

Renesas RA4W1 グループ

ユーザーズマニュアル ハードウェア編

32

32-bit MCU

Renesas Advanced (RA) Family

Renesas RA4 - Efficiency Series

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器・システムの設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含まれます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 当社製品、本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
3. 当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
4. 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、改変、複製、リバースエンジニアリング、その他、不適切に使用しないでください。かかる改造、改変、複製、リバースエンジニアリング等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。

標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、
家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等

高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通制御（信号）、大規模通信機器、
金融端末基幹システム、各種安全制御装置等

当社製品は、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（宇宙機器と、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することは想定していません。たとえ、当社が想定していない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。

6. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
8. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。かかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
10. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものいたします。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。
12. 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明な点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社が直接的、間接的に支配する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

1. 静電気対策

CMOS 製品の取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。CMOS 製品は強い静電気によってゲート絶縁破壊を生じることがあります。運搬や保存の際には、当社が出荷梱包に使用している導電性のトレーやマガジンケース、導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。また、CMOS 製品を実装したボードについても同様の扱いをしてください。

2. 電源投入時の処置

電源投入時は、製品の状態は不定です。電源投入時には、LSI の内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。

3. 電源オフ時における入力信号

当該製品の電源がオフ状態のときに、入力信号や入出力プルアップ電源を入れないでください。入力信号や入出力プルアップ電源からの電流注入により、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。資料中に「電源オフ時における入力信号」についての記載のある製品は、その内容を守ってください。

4. 未使用端子の処理

未使用端子は、「未使用端子の処理」に従って処理してください。CMOS 製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI 周辺のノイズが印加され、LSI 内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。

5. クロックについて

リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後、切り替えてください。リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。

6. 入力端子の印加波形

入力ノイズや反射波による波形歪みは誤動作の原因になりますので注意してください。CMOS 製品の入力がノイズなどに起因して、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域にとどまるような場合は、誤動作を引き起こす恐れがあります。入力レベルが固定の場合はもちろん、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズなどが入らないように使用してください。

7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

リザーブアドレス（予約領域）のアクセスを禁止します。アドレス領域には、将来の拡張機能用に割り付けられている リザーブアドレス（予約領域）があります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

8. 製品間の相違について

型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。同じグループのマイコンでも型名が違えば、フラッシュメモリ、レイアウトパターンの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が違う製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

はじめに

1. このマニュアルについて

このマニュアルは主に、製品の概要、CPU、システム制御機能、周辺機能、電気的特性の仕様および使用上の注意事項で構成されています。このマニュアルはマイクロコントローラ（MCU）のスーパーセットの製品特性を記述します。お客様の製品によっていくつかの端子、レジスタまたは機能が存在しないものがある場合があります。使用できないレジスタが割り当てられているアドレス空間は予約されています。

2. 対象読者

このマニュアルは、本 MCU を使用したプログラミングアプリケーションを設計およびプログラミングするシステム設計者を対象としています。読者には、電気回路、論理回路および MCU に関する基本的な知識が求められます。

3. 関連ドキュメント

弊社では、本 MCU 用に下記のドキュメントを提供しています。

| ドキュメントの種類 | 内容 |
|--------------------|--|
| データシート | 特長、概要およびMCUの電気的特性 |
| ユーザーズマニュアル ハードウェア編 | ピン配置、メモリマップ、周辺機能、電気特性、タイミング図、および動作記述などのMCU仕様 |
| アプリケーションノート | テクニカルノート、ボードデザインのガイドラインおよびソフトウェア移行情報 |
| テクニカルアップデート (TU) | 制限や正誤表などの製品仕様に関する予備レポート |

4. 数値の表記法

数値には、このマニュアル全体を通じて下記の表記法が用いられています。

| 例 | 内容 |
|------|---|
| 011b | 2進数。たとえば、数値3を2進数で表記すると011bになります。 |
| 1Fh | 16進数。たとえば、数値31を16進数で表記すると1Fhになります。場合によっては、C/C++フォーマットに基づいて、プレフィックス0xが付いた16進数が示されます。 |
| 1234 | 10進数。一般的に10進数には後付き記号を付けません。 |

5. シンボルの表記法

シンボルには、このマニュアル全体を通じて下記の表記法が用いられています。

| 例 | 内容 |
|-----------------|---|
| ICU.NMICR.NMIMD | 機能モジュールのシンボル (ICU)、レジスタのシンボル (NMICR)、およびビットフィールドのシンボル (NMIMD) は、ピリオドで区切られます。 |
| ICU.NMICR | 機能モジュールのシンボル (ICU) とレジスタのシンボル (NMICR) は、ピリオドで区切られます。 |
| NMICR.NMIMD | レジスタのシンボル (NMICR) とビットフィールドのシンボル (NMIMD) は、ピリオドで区切られます。 |
| NFCLKSEL[1:0] | レジスタビット名において、角括弧内に記されたビット範囲は、その位置におけるフィールドのビット番号を示します。たとえば、NFCLKSEL[1:0]はNMI端子割り込みコントロールレジスタ (NMICR)の指定位置の2ビットフィールドを表します。 |

6. 単位記号

下記の単位記号は誤解を招くことがあります。これらの単位記号は、このマニュアル全体を通して下記の意味で用いられます。

| 例 | 内容 |
|---|---|
| b | Bit |
| B | Byte この単位記号は、一般にMCUおよびアドレススペースのメモリ指定に使用されます。 |
| k | $1000 = 10^3$ kは1024 (2^{10}) を表すのにも使用されますが、この単位記号はこのマニュアル全体を通して1000 (10^3) 表すために使用されます。 |
| K | $1024 = 2^{10}$ この単位記号は、このマニュアル全体を通して1000 (10^3) ではなく1024 (2^{10}) を表すために使用されます。 |

7. 特殊用語

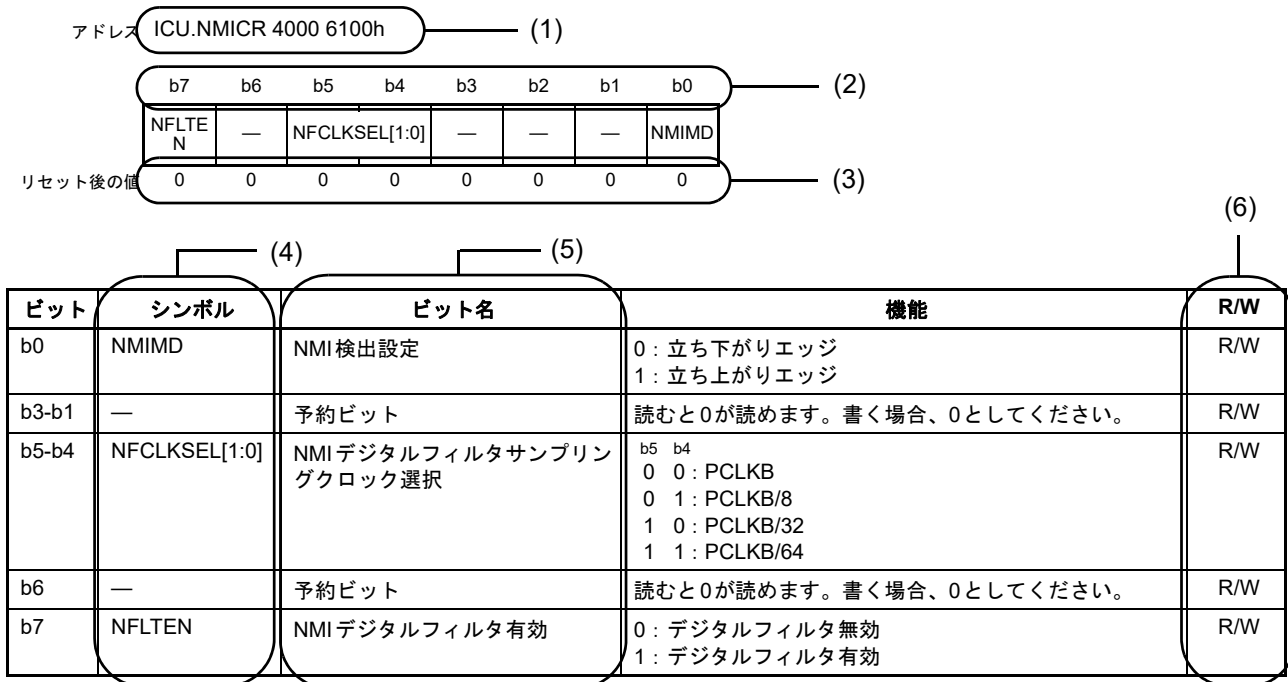
下記の用語には特殊な意味があります。

| 用語 | 内容 |
|------|-------------------------------------|
| NC | 非接続の端子。NCは、端子がMCUに接続されていないことを意味します。 |
| Hi-Z | ハイインピーダンス |

8. レジスタの説明

各章の「レジスタの説明」には、ビットの並びを示すレジスタ配置図と、各ビットの内容を説明するレジスタのビット機能表があります。これらの表で使用されている記号例については、以降の項で説明します。以下は、レジスタの説明および関連するビットフィールド定義の例です。

X.X.X NMI 端子割り込みコントロールレジスタ (NMICR)



(1) 機能モジュールのシンボル、レジスタのシンボル、およびアドレス割り当て

この部分には、通常、機能モジュールのシンボル、レジスタのシンボル、およびこのレジスタのアドレス割り当てが記載されます。たとえば、ICU.NMICR 4000 6100h は、割り込みコントローラユニット (ICU) の NMI 端子割り込みコントロールレジスタ (NMICR) がアドレス 4000 6100h に割り当てられることを表します。

(2) ビット番号

この番号はビット番号を表します。32 ビットレジスタの場合は b31 ~ b0 の順に、16 ビットレジスタの場合は b15 ~ b0 の順に、8 ビットレジスタの場合は b7 ~ b0 の順に示されます。

(3) リセット後の値

これらのシンボルや数字は、ハードリセット後の各ビット値を示しています。特に記載のない限り、値は 2 進数で示されます。

- 0: ハードリセット後、値は 0
- 1: ハードリセット後、値は 1
- x: ハードリセット後、値は不定

(4) ビットシンボル

ビットシンボルは、ビットフィールドの略名です。予約ビットの場合は、— と表記されます。

(5) ビット名

ビット名は、ビットフィールドの正式名です。

(6) R/W

R/W 列は、そのビットフィールドが読み出し可能であるか書き込み可能であることを示します。

R/W: 読み出しも書き込みも可能

R(W): 読み出しも書き込みも可能。しかし、本ビットフィールドに書き込むにはいくつかの制限があります。制限の詳細については、それぞれのレジスタの説明または注釈を参照してください。

R: 読み出しのみ可能。書き込みは無効

W: 書き込みのみ可能。読み出し値は不定

9. 略称

このマニュアルで使用する略称が下表に示されています。

| 略称 | 内容 |
|--------|--|
| AES | Advanced Encryption Standard (高度暗号化標準) |
| AHB | Advanced High-performance Bus (アドバンストハイパフォーマンスバス) |
| AHB-AP | AHB Access Port (AHBアクセスポート) |
| APB | Advanced Peripheral Bus (アドバンスト周辺バス) |
| ARC | Alleged RC (Alleged RC暗号) |
| ATB | Advanced Trace Bus (アドバンストトレースバス) |
| BCD | Binary Coded Decimal (2進化10進数) |
| BSDL | Boundary Scan Description Language (パウンダリスキャン記述言語) |
| DES | Data Encryption Standard (データ暗号化標準) |
| DSA | Digital Signature Algorithm (デジタル署名アルゴリズム) |
| ECC | Error Correction Code (誤り訂正コード) |
| ETB | Embedded Trace Buffer (エンベデッドトレースバッファ) |
| ETM | Embedded Trace Macrocell (エンベデッドトレースマクロセル) |
| FLL | Frequency Locked Loop (周波数安定化ループ回路) |
| FPU | Floating Point Unit (浮動小数点ユニット) |
| GSM | Global System for Mobile communications (第2世代移動通信システム (2G) 規格) |
| HMI | Human Machine Interface (ヒューマンマシンインタフェース) |
| IrDA | Infrared Data Association (赤外線通信協会/規格) |
| LSB | Least Significant Bit (最下位ビット) |
| MSB | Most Significant Bit (最上位ビット) |
| NVIC | Nested Vector Interrupt Controller (ネスト型ベクタ割り込みコントローラ) |
| PC | Program Counter (プログラムカウンタ) |
| PFS | Port Function Select (ポート機能選択) |
| PLL | Phase Locked Loop (位相同期回路) |
| POR | Power-on Reset (パワーオンリセット) |
| PWM | Pulse Width Modulation (パルス幅変調) |
| RSA | Rivest Shamir Adleman (Rivest/Shamir/Adlemanによる公開鍵暗号方式) |
| SHA | Secure Hash Algorithm (セキュアハッシュアルゴリズム) |
| S/H | Sample and Hold (サンプルアンドホールド) |
| SP | Stack Pointer (スタックポインタ) |
| SWD | Serial Wire Debug (シリアルワイヤデバッグ) |
| SW-DP | Serial Wire-Debug Port (シリアルワイヤデバッグポート) |
| TRNG | True Random Number Generator (真性乱数発生器) |
| UART | Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (調歩同期式シリアルインタフェース) |

10. 所有権通知

このマニュアルに含まれるすべてのテキスト、画像、写真、商標、ロゴ、挿絵、コンピュータコード（総称して「コンテンツ」）は、ルネサスが所有、管理、またはライセンス保持するものであり、トレードドレス法、著作権法、特許法、商標法、その他の知的所有権法、不当競争法で保護されています。このマニュアルに明示的に記述されている場合を除いて、ルネサスから事前に承諾書を得ることなく、このマニュアルの一部またはコンテンツを、公開または頒布目的で、あるいは営利目的で、コピー、複製、再版、掲載、開示、エンコード、翻訳、伝送すること、およびいかなる媒体においても配布することは禁じられています。

Arm® および Cortex® は、Arm Limited の登録商標です。CoreSight™ は Arm Limited の商標です。

CoreMark® は、Embedded Microprocessor Benchmark Consortium の登録商標です。

Magic Packet™ は、Advanced Micro Devices、Inc. の商標です。

SuperFlash® は、Silicon Storage Technology、Inc. の日本と米国を含むいくつかの国での登録商標です。

Bluetooth® は Bluetooth SIG, Inc. の登録商標です。

このマニュアルに記載されているその他のブランド名は、それぞれの所有者の商標または登録商標です。

目次

| | |
|--|----|
| 特長 | 47 |
| 1. 概要 | 48 |
| 1.1 機能の概要 | 48 |
| 1.2 ブロック図 | 54 |
| 1.3 型名 | 55 |
| 1.4 機能の比較 | 56 |
| 1.5 端子機能 | 57 |
| 1.6 ピン配置図 | 60 |
| 1.7 端子一覧 | 61 |
| 2. CPU | 64 |
| 2.1 概要 | 64 |
| 2.1.1 CPU | 64 |
| 2.1.2 デバッグ | 64 |
| 2.1.3 動作周波数 | 65 |
| 2.2 MCU の実装オプション | 66 |
| 2.3 トレースインタフェース | 67 |
| 2.4 JTAG/SWD インタフェース | 67 |
| 2.5 デバッグモード | 67 |
| 2.5.1 デバッグモード定義 | 67 |
| 2.5.2 デバッグモードの影響 | 68 |
| 2.5.2.1 低消費電力モード | 68 |
| 2.5.2.2 リセット | 68 |
| 2.6 プログラマモデル | 69 |
| 2.6.1 アドレス空間 | 69 |
| 2.6.2 Cortex-M4 ペリフェラルアドレスマップ | 69 |
| 2.6.3 CoreSight ROM テーブル | 70 |
| 2.6.3.1 ROM エントリ | 70 |
| 2.6.3.2 CoreSight コンポーネントレジスタ | 70 |
| 2.6.4 DBGREG モジュール | 71 |
| 2.6.4.1 デバッグステータスレジスタ (DBGSTR) | 71 |
| 2.6.4.2 デバッグストップコントロールレジスタ (DBGSTOPCR) | 72 |
| 2.6.4.3 トレースコントロールレジスタ (TRACECTR) | 73 |
| 2.6.4.4 DBGREG CoreSight コンポーネントレジスタ | 73 |
| 2.6.5 OCDREG モジュール | 74 |
| 2.6.5.1 ID 認証コードレジスタ (IAUTH0 ~ 3) | 74 |
| 2.6.5.2 MCU ステータスレジスタ (MCUSTAT) | 75 |
| 2.6.5.3 MCU コントロールレジスタ (MCUCTRL) | 76 |
| 2.6.5.4 OCDREG CoreSight コンポーネントレジスタ | 76 |
| 2.7 CoreSight ATB ファネル | 77 |

| | | |
|----------|----------------------------------|-----|
| 2.8 | フラッシュパッチ & ブレークユニット | 77 |
| 2.9 | SysTick システムタイマ | 77 |
| 2.10 | CoreSight タイムスタンプジェネレータ | 78 |
| 2.11 | OCD エミュレータ接続 | 78 |
| 2.11.1 | DBGEN | 78 |
| 2.11.2 | アンロック ID コード | 78 |
| 2.11.3 | OCD エミュレータ接続における制限 | 79 |
| 2.11.3.1 | 低消費電力モード中の接続開始 | 79 |
| 2.11.3.2 | OCD モードにおける低消費電力モードの切り替え | 79 |
| 2.11.3.3 | OSIS におけるアンロック ID コードの変更 | 79 |
| 2.11.3.4 | 接続順序と JTAG/SWD 認証 | 79 |
| 2.12 | 参考資料 | 81 |
| 3. | 動作モード | 82 |
| 3.1 | 概要 | 82 |
| 3.2 | 動作モードの説明 | 82 |
| 3.2.1 | シングルチップモード | 82 |
| 3.2.2 | SCI ブートモード | 82 |
| 3.2.3 | USB ブートモード | 82 |
| 3.3 | 動作モード遷移 | 83 |
| 3.3.1 | モード設定端子による動作モード遷移 | 83 |
| 4. | アドレス空間 | 84 |
| 4.1 | 概要 | 84 |
| 5. | メモリミラー機能 (MMF) | 85 |
| 5.1 | 概要 | 85 |
| 5.2 | レジスタの説明 | 86 |
| 5.2.1 | MemMirror 特殊機能レジスタ (MMSFR) | 86 |
| 5.2.2 | MemMirror イネーブルレジスタ (MMEN) | 87 |
| 5.3 | 動作説明 | 88 |
| 5.3.1 | メモリミラー機能動作 | 88 |
| 5.3.2 | 設定例 | 92 |
| 6. | リセット | 93 |
| 6.1 | 概要 | 93 |
| 6.2 | レジスタの説明 | 97 |
| 6.2.1 | リセットステータスレジスタ 0 (RSTSR0) | 97 |
| 6.2.2 | リセットステータスレジスタ 1 (RSTSR1) | 99 |
| 6.2.3 | リセットステータスレジスタ 2 (RSTSR2) | 101 |
| 6.3 | 動作説明 | 102 |
| 6.3.1 | RES 端子リセット | 102 |
| 6.3.2 | パワーオンリセット | 103 |
| 6.3.3 | 電圧監視リセット | 104 |
| 6.3.4 | 独立ウォッチドッグタイマリセット | 105 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 6.3.5 | ウォッチドッグタイマリセット | 105 |
| 6.3.6 | ソフトウェアリセット | 105 |
| 6.3.7 | コールドスタート／ウォームスタート判定機能 | 106 |
| 6.3.8 | リセット発生要因の判定 | 107 |
| 7. | オプション設定メモリ | 108 |
| 7.1 | 概要 | 108 |
| 7.2 | レジスタの説明 | 109 |
| 7.2.1 | オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) | 109 |
| 7.2.2 | オプション機能選択レジスタ 1 (OFS1) | 113 |
| 7.2.3 | MPU レジスタ | 114 |
| 7.2.4 | アクセスウィンドウ設定コントロールレジスタ (AWSC) | 115 |
| 7.2.5 | アクセスウィンドウ設定レジスタ (AWS) | 116 |
| 7.2.6 | OCD / シリアルプログラマ ID 設定レジスタ (OSIS) | 118 |
| 7.3 | オプション設定メモリの設定方法 | 119 |
| 7.3.1 | オプション設定メモリへのデータの配置方法 | 119 |
| 7.3.2 | オプション設定メモリにプログラムするデータの設定方法 | 119 |
| 7.4 | 使用上の注意事項 | 119 |
| 7.4.1 | オプション設定メモリの予約領域および予約ビットにプログラムするデータ | 119 |
| 8. | 低電圧検出 (LVD) | 120 |
| 8.1 | 概要 | 120 |
| 8.2 | レジスタの説明 | 122 |
| 8.2.1 | 電圧モニタ 1 回路コントロールレジスタ 1 (LVD1CR1) | 122 |
| 8.2.2 | 電圧モニタ 1 回路ステータスレジスタ (LVD1SR) | 122 |
| 8.2.3 | 電圧モニタ回路コントロールレジスタ (LVCMPCR) | 123 |
| 8.2.4 | 電圧検出レベル選択レジスタ (LVDLVLR) | 123 |
| 8.2.5 | 電圧モニタ 1 回路コントロールレジスタ 0 (LVD1CR0) | 124 |
| 8.3 | VCC 入力電圧のモニタ | 125 |
| 8.3.1 | V_{det0} のモニタ | 125 |
| 8.3.2 | V_{det1} のモニタ | 125 |
| 8.4 | 電圧監視 0 リセット | 126 |
| 8.5 | 電圧監視 1 割り込み、電圧監視 1 リセット | 127 |
| 8.6 | イベントリンク出力機能 | 129 |
| 8.6.1 | 割り込み処理とイベントリンクの関係 | 129 |
| 9. | クロック発生回路 | 130 |
| 9.1 | 概要 | 130 |
| 9.2 | レジスタの説明 | 135 |
| 9.2.1 | システムクロック分周コントロールレジスタ (SCKDIVCR) | 135 |
| 9.2.2 | システムクロックソースコントロールレジスタ (SCKSCR) | 137 |
| 9.2.3 | PLL クロックコントロールレジスタ 2 (PLLCCR2) | 138 |
| 9.2.4 | PLL コントロールレジスタ (PLLCR) | 139 |
| 9.2.5 | メモリウェイトサイクルコントロールレジスタ (MEMWAIT) | 140 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 9.2.6 | メインクロック発振器コントロールレジスタ (MOSCCR) | 143 |
| 9.2.7 | サブクロック発振器コントロールレジスタ (SOSCCR) | 144 |
| 9.2.8 | 低速オンチップオシレータコントロールレジスタ (LOCOCR) | 145 |
| 9.2.9 | 高速オンチップオシレータコントロールレジスタ (HOCOCR) | 146 |
| 9.2.10 | 中速オンチップオシレータコントロールレジスタ (MOCOCR) | 147 |
| 9.2.11 | 発振安定フラグレジスタ (OSCSF) | 148 |
| 9.2.12 | 発振停止検出コントロールレジスタ (OSTDCR) | 150 |
| 9.2.13 | 発振停止検出ステータスレジスタ (OSTDSR) | 151 |
| 9.2.14 | メインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ (MOSCWTCR) | 152 |
| 9.2.15 | 高速オンチップオシレータウェイトコントロールレジスタ (HOCOWTCR) | 153 |
| 9.2.16 | メインクロック発振器モードコントロールレジスタ (MOMCR) | 154 |
| 9.2.17 | サブクロック発振器モードコントロールレジスタ (SOMCR) | 154 |
| 9.2.18 | セグメント LCD ソースクロックコントロールレジスタ (SLCDSCKCR) | 155 |
| 9.2.19 | クロックアウトコントロールレジスタ (CKOCR) | 156 |
| 9.2.20 | LOCO ユーザトリミングコントロールレジスタ (LOCOUTCR) | 157 |
| 9.2.21 | MOCO ユーザトリミングコントロールレジスタ (MOCOUTCR) | 158 |
| 9.2.22 | HOCO ユーザトリミングコントロールレジスタ (HOCOUTCR) | 159 |
| 9.2.23 | トレースクロックコントロールレジスタ (TRCKCR) | 159 |
| 9.2.24 | USB クロックコントロールレジスタ (USBCKCR) | 160 |
| 9.3 | メインクロック発振器 | 161 |
| 9.3.1 | 水晶振動子を接続する方法 | 161 |
| 9.3.2 | 外部クロックを入力する方法 | 161 |
| 9.3.3 | 外部クロック入力に関する注意事項 | 161 |
| 9.4 | サブクロック発振器 | 162 |
| 9.4.1 | 32.768kHz 水晶振動子を接続する方法 | 162 |
| 9.5 | Bluetooth 専用クロック発振器 | 163 |
| 9.5.1 | 発振子を接続する方法 | 163 |
| 9.5.2 | Bluetooth 専用クロック出力端子の接続方法 | 163 |
| 9.6 | 発振停止検出機能 | 164 |
| 9.6.1 | 発振停止検出と検出後の動作 | 164 |
| 9.6.2 | 発振停止検出割り込み | 166 |
| 9.7 | PLL 回路 | 166 |
| 9.8 | 内部クロック | 167 |
| 9.8.1 | システムクロック (ICLK) | 168 |
| 9.8.2 | 周辺モジュールクロック (PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD) | 169 |
| 9.8.3 | フラッシュインタフェースクロック (FCLK) | 169 |
| 9.8.4 | USB クロック (UCLK) | 169 |
| 9.8.5 | CAN クロック (CANMCLK) | 169 |
| 9.8.6 | CAC クロック (CACCLK) | 170 |
| 9.8.7 | RTC 専用クロック (RTCSCCLK、RTCLCLK) | 170 |
| 9.8.8 | IWDT 専用クロック (IWDTCLK) | 170 |

| | | |
|---------|---------------------------------|-----|
| 9.8.9 | AGT 専用クロック (AGTSCLK、AGTLCLK) | 170 |
| 9.8.10 | SysTick タイマ専用クロック (SYSTICCLK) | 170 |
| 9.8.11 | セグメント LCDC ソースクロック (LCDSRCCLK) | 170 |
| 9.8.12 | クロック/ブザー出力クロック (CLKOUT) | 171 |
| 9.8.13 | JTAG クロック (JTAGTCK) | 171 |
| 9.8.14 | BLE のクロック | 171 |
| 9.9 | 使用上の注意事項 | 172 |
| 9.9.1 | クロック発生回路に関する注意事項 | 172 |
| 9.9.2 | 発振子に関する注意事項 | 172 |
| 9.9.3 | ボード設計に関する注意事項 | 172 |
| 9.9.4 | 発振子接続端子に関する注意事項 | 172 |
| 10. | クロック周波数精度測定回路 (CAC) | 173 |
| 10.1 | 概要 | 173 |
| 10.2 | レジスタの説明 | 175 |
| 10.2.1 | CAC コントロールレジスタ 0 (CACR0) | 175 |
| 10.2.2 | CAC コントロールレジスタ 1 (CACR1) | 176 |
| 10.2.3 | CAC コントロールレジスタ 2 (CACR2) | 177 |
| 10.2.4 | CAC 割り込みコントロールレジスタ (CAICR) | 178 |
| 10.2.5 | CAC ステータスレジスタ (CASTR) | 179 |
| 10.2.6 | CAC 上限値設定レジスタ (CAULVR) | 180 |
| 10.2.7 | CAC 下限値設定レジスタ (CALLVR) | 180 |
| 10.2.8 | CAC カウンタバッファレジスタ (CACNTBR) | 180 |
| 10.3 | 動作説明 | 181 |
| 10.3.1 | クロック周波数測定 | 181 |
| 10.3.2 | CACREF 端子のデジタルフィルタ機能 | 182 |
| 10.4 | 割り込み要求 | 182 |
| 10.5 | 使用上の注意事項 | 182 |
| 10.5.1 | モジュールストップ機能の設定 | 182 |
| 11. | 低消費電力モード | 183 |
| 11.1 | 概要 | 183 |
| 11.2 | レジスタの説明 | 188 |
| 11.2.1 | スタンバイコントロールレジスタ (SBYCR) | 188 |
| 11.2.2 | モジュールストップコントロールレジスタ A (MSTPCRA) | 189 |
| 11.2.3 | モジュールストップコントロールレジスタ B (MSTPCRB) | 190 |
| 11.2.4 | モジュールストップコントロールレジスタ C (MSTPCRC) | 192 |
| 11.2.5 | モジュールストップコントロールレジスタ D (MSTPCRD) | 193 |
| 11.2.6 | 動作電力コントロールレジスタ (OPCCR) | 194 |
| 11.2.7 | サブ動作電力コントロールレジスタ (SOPCCR) | 195 |
| 11.2.8 | スヌーズコントロールレジスタ (SNZCR) | 196 |
| 11.2.9 | スヌーズ終了コントロールレジスタ (SNZEDCR) | 197 |
| 11.2.10 | スヌーズ要求コントロールレジスタ (SNZREQCR) | 199 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 11.2.11 | フラッシュ動作コントロールレジスタ (FLSTOP) | 201 |
| 11.2.12 | パワーセーブメモリコントロールレジスタ (PSMCR) | 202 |
| 11.2.13 | システムコントロール OCD コントロールレジスタ (SYOCDCCR) | 202 |
| 11.3 | クロックの切り替えによる消費電力の低減 | 203 |
| 11.4 | モジュールストップ機能 | 203 |
| 11.5 | 低消費電力機能 | 203 |
| 11.5.1 | 動作電力制御モードの設定方法 | 203 |
| 11.5.2 | 動作範囲 | 206 |
| 11.6 | スリープモード | 209 |
| 11.6.1 | スリープモードへの遷移 | 209 |
| 11.6.2 | スリープモードの解除 | 209 |
| 11.7 | ソフトウェアスタンバイモード | 211 |
| 11.7.1 | ソフトウェアスタンバイモードへの遷移 | 211 |
| 11.7.2 | ソフトウェアスタンバイモードの解除 | 212 |
| 11.7.3 | ソフトウェアスタンバイモードの応用例 | 213 |
| 11.8 | スヌーズモード | 214 |
| 11.8.1 | スヌーズモードへの遷移 | 214 |
| 11.8.2 | スヌーズモードの解除 | 215 |
| 11.8.3 | ソフトウェアスタンバイモードへの復帰 | 216 |
| 11.8.4 | スヌーズモードの動作例 | 218 |
| 11.9 | 使用上の注意事項 | 221 |
| 11.9.1 | レジスタアクセス | 221 |
| 11.9.2 | I/O ポートの状態 | 223 |
| 11.9.3 | DMAC と DTC のモジュールストップ状態 | 223 |
| 11.9.4 | 内部割り込み要因 | 223 |
| 11.9.5 | 低消費電力モードへの遷移 | 223 |
| 11.9.6 | WFI 命令のタイミング | 223 |
| 11.9.7 | スリープモード／スヌーズモード時の DMAC または DTC による WDT/IWDT レジスタの書き込みについて | 223 |
| 11.9.8 | スヌーズモードにおける発振器について | 224 |
| 11.9.9 | RXD0 の立ち下がリエッジによるスヌーズモードエントリ | 224 |
| 11.9.10 | スヌーズモードにおける SCI0 の使用 | 224 |
| 11.9.11 | スヌーズモードにおける A/D 変換開始条件 | 224 |
| 11.9.12 | スヌーズモードにおける CTSU の条件 | 224 |
| 11.9.13 | スヌーズモードにおける ELC イベント | 225 |
| 11.9.14 | ADC140 に対するモジュールストップ機能 | 225 |
| 11.9.15 | 未使用回路に対するモジュールストップ機能 | 225 |
| 12. | バッテリーバックアップ機能 | 226 |
| 12.1 | 概要 | 226 |
| 12.1.1 | バッテリーバックアップ機能 | 226 |
| 12.1.2 | バッテリー電源スイッチ | 226 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 12.1.3 | VBATT 端子低電圧検出 | 226 |
| 12.1.4 | VBATT_R 低電圧検出 | 226 |
| 12.1.5 | バックアップレジスタ | 227 |
| 12.1.6 | VBATT ウェイクアップコントロール機能 | 227 |
| 12.1.7 | 時間キャプチャ端子検出 | 227 |
| 12.2 | レジスタの説明 | 229 |
| 12.2.1 | VBATT コントロールレジスタ 1 (VBTCR1) | 229 |
| 12.2.2 | VBATT コントロールレジスタ 2 (VBTCR2) | 230 |
| 12.2.3 | VBATT ステータスレジスタ (VBTSR) | 231 |
| 12.2.4 | VBATT コンパレータコントロールレジスタ (VBTCMPCR) | 232 |
| 12.2.5 | VBATT 端子低電圧検出割り込みコントロールレジスタ (VBTLVDICR) | 232 |
| 12.2.6 | VBATT バックアップレジスタ (VBTBKRn) (n = 0 ~ 511) | 233 |
| 12.2.7 | VBATT ウェイクアップコントロールレジスタ (VBTWCTLR) | 233 |
| 12.2.8 | VBATT ウェイクアップ I/O 0 出力トリガ選択レジスタ (VBTWCH0OTSR) | 234 |
| 12.2.9 | VBATT 入力コントロールレジスタ (VBTICTLR) | 234 |
| 12.2.10 | VBATT 出力コントロールレジスタ (VBTOCTLR) | 235 |
| 12.2.11 | VBATT ウェイクアップトリガ要因イネーブルレジスタ (VBTWTER) | 236 |
| 12.2.12 | VBATT ウェイクアップトリガ要因エッジレジスタ (VBTWEGR) | 236 |
| 12.2.13 | VBATT ウェイクアップトリガ要因フラグレジスタ (VBTWFR) | 237 |
| 12.2.14 | バックアップレジスタアクセスコントロールレジスタ (BKRACR) | 238 |
| 12.3 | 動作説明 | 239 |
| 12.3.1 | バッテリーバックアップ機能 | 239 |
| 12.3.2 | VBATT バッテリ電源スイッチの使用法 | 241 |
| 12.3.3 | VBATT 端子低電圧検出の手順 | 241 |
| 12.3.4 | VBATT バックアップレジスタの使用法 | 242 |
| 12.3.5 | VBATT ウェイクアップコントロール機能の使用法 | 243 |
| 12.4 | 使用上の注意事項 | 245 |
| 13. | レジスタライトプロテクション | 246 |
| 13.1 | 概要 | 246 |
| 13.2 | レジスタの説明 | 247 |
| 13.2.1 | プロテクトレジスタ (PRCR) | 247 |
| 14. | 割り込みコントローラユニット (ICU) | 248 |
| 14.1 | 概要 | 248 |
| 14.2 | レジスタの説明 | 250 |
| 14.2.1 | IRQ コントロールレジスタ i (IRQCRi) (i = 0 ~ 4, 6, 7, 9, 11, 14, 15) | 250 |
| 14.2.2 | ノンマスクブル割り込みステータスレジスタ (NMISR) | 252 |
| 14.2.3 | ノンマスクブル割り込みイネーブルレジスタ (NMIER) | 255 |
| 14.2.4 | ノンマスクブル割り込みステータスクリアレジスタ (NMICLR) | 257 |
| 14.2.5 | NMI 端子割り込みコントロールレジスタ (NMICR) | 259 |
| 14.2.6 | ICU イベントリンク設定レジスタ n (IELSRn) | 260 |
| 14.2.7 | DMAC イベントリンク設定レジスタ n (DELSRn) | 262 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 14.2.8 | SYS イベントリンク設定レジスタ (SELSR0) | 263 |
| 14.2.9 | ウェイクアップ割り込みイネーブルレジスタ (WUPEN) | 264 |
| 14.3 | ベクタテーブル | 266 |
| 14.3.1 | 割り込みベクタテーブル | 266 |
| 14.3.2 | イベント番号 | 268 |
| 14.4 | 割り込み動作 | 273 |
| 14.4.1 | 割り込みの検出 | 273 |
| 14.4.2 | 割り込み要求先の選択 | 275 |
| 14.4.2.1 | CPU 割り込み要求 | 275 |
| 14.4.2.2 | DTC の起動 | 275 |
| 14.4.2.3 | DMAC の起動 | 276 |
| 14.4.3 | デジタルフィルタ | 276 |
| 14.4.4 | 外部端子割り込み | 277 |
| 14.5 | ノンマスクブル割り込み動作 | 278 |
| 14.6 | 低消費電力モードからの復帰 | 279 |
| 14.6.1 | スリープモードからの復帰 | 279 |
| 14.6.2 | ソフトウェアスタンバイモードからの復帰 | 279 |
| 14.6.3 | スヌーズモードからの復帰 | 279 |
| 14.7 | ノンマスクブル割り込みとともに WFI 命令を使用する場合 | 280 |
| 14.8 | 参考資料 | 280 |
| 15. | バス | 281 |
| 15.1 | 概要 | 281 |
| 15.2 | バスの説明 | 283 |
| 15.2.1 | メインバス | 283 |
| 15.2.2 | スレーブインタフェース | 283 |
| 15.2.3 | 並列動作 | 284 |
| 15.2.4 | エンディアン形式に関する制限事項 | 284 |
| 15.3 | レジスタの説明 | 285 |
| 15.3.1 | マスタバスコントロールレジスタ (BUSMCNT<master>) | 285 |
| 15.3.2 | スレーブバスコントロールレジスタ (BUSSCNT<slave>) | 286 |
| 15.3.3 | バスエラーアドレスレジスタ (BUSnERRADD) (n = 1 ~ 4) | 287 |
| 15.3.4 | バスエラーステータスレジスタ (BUSnERRSTAT) (n = 1 ~ 4) | 288 |
| 15.4 | バスエラー監視部 | 289 |
| 15.4.1 | バスに生じるエラーの種類 | 289 |
| 15.4.2 | バスエラー発生時の動作 | 289 |
| 15.4.3 | 不正アドレスアクセスエラーを引き起こす条件 | 290 |
| 15.4.4 | タイムアウト | 291 |
| 15.5 | フラッシュキャッシュ使用時の注意事項 | 291 |
| 15.6 | 参考資料 | 291 |
| 16. | メモリプロテクションユニット (MPU) | 292 |
| 16.1 | 概要 | 292 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 16.2 | CPU スタックポインタモニタ | 293 |
| 16.2.1 | レジスタの保護 | 295 |
| 16.2.2 | オーバフローエラーとアンダーフローエラー | 295 |
| 16.2.3 | レジスタの説明 | 296 |
| 16.2.3.1 | メインスタックポインタ (MSP) モニタ開始アドレスレジスタ (MSPMPUSA) | 296 |
| 16.2.3.2 | メインスタックポインタ (MSP) モニタ終了アドレスレジスタ (MSPMPUEA) | 296 |
| 16.2.3.3 | プロセススタックポインタ (PSP) モニタ開始アドレスレジスタ (PSPMPUSA) | 297 |
| 16.2.3.4 | プロセススタックポインタ (PSP) モニタ終了アドレスレジスタ (PSPMPUEA) | 297 |
| 16.2.3.5 | スタックポインタモニタ検出後動作レジスタ (MSPMPUOAD, PSPMPUOAD) | 298 |
| 16.2.3.6 | スタックポインタモニタアクセスコントロールレジスタ (MSPMPUCTL, PSPMPUCTL) | 299 |
| 16.2.3.7 | スタックポインタモニタ保護レジスタ (MSPMPUPT, PSPMPUPT) | 300 |
| 16.3 | Arm MPU | 301 |
| 16.4 | バスマスタ MPU | 302 |
| 16.4.1 | レジスタの説明 | 304 |
| 16.4.1.1 | グループ A 領域 n 開始アドレスレジスタ (MMPUSAn) (n = 0 ~ 15) | 304 |
| 16.4.1.2 | グループ A 領域 n 終了アドレスレジスタ (MMPUEAn) (n = 0 ~ 15) | 304 |
| 16.4.1.3 | グループ A 領域 n アクセスコントロールレジスタ (MMPUACAn) (n = 0 ~ 15) | 305 |
| 16.4.1.4 | バスマスタ MPU コントロールレジスタ (MMPUCTLA) | 307 |
| 16.4.1.5 | グループ A レジスタ保護 (MMPUPTA) | 308 |
| 16.4.2 | 動作説明 | 309 |
| 16.4.2.1 | メモリプロテクション | 309 |
| 16.4.2.2 | レジスタの保護 | 311 |
| 16.4.2.3 | メモリプロテクションエラー | 311 |
| 16.5 | バススレーブ MPU | 312 |
| 16.5.1 | レジスタの説明 | 313 |
| 16.5.1.1 | メモリバス 3 アクセスコントロールレジスタ (SMPUMBIU) | 313 |
| 16.5.1.2 | 内部周辺バス 9 アクセスコントロールレジスタ (SMPUFBIU) | 314 |
| 16.5.1.3 | メモリバス 4 アクセスコントロールレジスタ (SMPUSRAM0) | 315 |
| 16.5.1.4 | 内部周辺バス 1 アクセスコントロールレジスタ (SMPUP0BIU) | 316 |
| 16.5.1.5 | 内部周辺バス 3 アクセスコントロールレジスタ (SMPUP2BIU) | 317 |
| 16.5.1.6 | 内部周辺バス 7 アクセスコントロールレジスタ (SMPUP6BIU) | 318 |
| 16.5.1.7 | スレーブ MPU コントロールレジスタ (SMPUCTL) | 319 |
| 16.5.2 | 機能説明 | 320 |
| 16.5.2.1 | メモリプロテクション | 320 |
| 16.5.2.2 | レジスタの保護 | 320 |
| 16.5.2.3 | メモリプロテクションエラー | 320 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 16.6 | セキュリティ MPU | 321 |
| 16.6.1 | レジスタの説明 (オプション設定メモリ) | 322 |
| 16.6.1.1 | セキュリティ MPU プログラムカウンタ開始アドレスレジスタ (SECMUPPCSn) (n = 0, 1) | 322 |
| 16.6.1.2 | セキュリティ MPU プログラムカウンタ終了アドレスレジスタ (SECMUPPCEn) (n = 0, 1) | 323 |
| 16.6.1.3 | セキュリティ MPU 領域 0 開始アドレスレジスタ (SECMUPUS0) | 323 |
| 16.6.1.4 | セキュリティ MPU 領域 0 終了アドレスレジスタ (SECMUPUE0) | 324 |
| 16.6.1.5 | セキュリティ MPU 領域 1 開始アドレスレジスタ (SECMUPUS1) | 324 |
| 16.6.1.6 | セキュリティ MPU 領域 1 終了アドレスレジスタ (SECMUPUE1) | 325 |
| 16.6.1.7 | セキュリティ MPU 領域 2 開始アドレスレジスタ (SECMUPUS2) | 325 |
| 16.6.1.8 | セキュリティ MPU 領域 2 終了アドレスレジスタ (SECMUPUE2) | 326 |
| 16.6.1.9 | セキュリティ MPU 領域 3 開始アドレスレジスタ (SECMUPUS3) | 326 |
| 16.6.1.10 | セキュリティ MPU 領域 3 終了アドレスレジスタ (SECMUPUE3) | 327 |
| 16.6.1.11 | セキュリティ MPU アクセスコントロールレジスタ (SECMUPUAC) | 328 |
| 16.6.2 | メモリプロテクション | 329 |
| 16.6.3 | デバッグに関する注意事項 | 330 |
| 16.7 | 参考資料 | 330 |
| 17. | DMA コントローラ (DMAC) | 331 |
| 17.1 | 概要 | 331 |
| 17.2 | レジスタの説明 | 333 |
| 17.2.1 | DMA 転送元アドレスレジスタ (DMSAR) | 333 |
| 17.2.2 | DMA 転送先アドレスレジスタ (DMDAR) | 333 |
| 17.2.3 | DMA 転送カウントレジスタ (DMCRA) | 334 |
| 17.2.4 | DMA ブロック転送カウントレジスタ (DMCRB) | 335 |
| 17.2.5 | DMA 転送モードレジスタ (DMTMD) | 336 |
| 17.2.6 | DMA 割り込み設定レジスタ (DMINT) | 337 |
| 17.2.7 | DMA アドレスモードレジスタ (DMAMD) | 339 |
| 17.2.8 | DMA オフセットレジスタ (DMOFR) | 342 |
| 17.2.9 | DMA 転送イネーブルレジスタ (DMCNT) | 342 |
| 17.2.10 | DMA ソフトウェア起動レジスタ (DMREQ) | 343 |
| 17.2.11 | DMA ステータスレジスタ (DMSTS) | 344 |
| 17.2.12 | DMACA モジュール起動レジスタ (DMAST) | 345 |
| 17.3 | 動作説明 | 346 |
| 17.3.1 | 転送モード | 346 |
| 17.3.2 | 拡張リポート領域機能 | 350 |
| 17.3.3 | オフセットを使用したアドレス更新機能 | 352 |
| 17.3.4 | 起動要因 | 356 |
| 17.3.5 | 動作タイミング | 357 |
| 17.3.6 | DMAC の実行サイクル | 358 |
| 17.3.7 | DMAC の起動 | 359 |
| 17.3.8 | DMA 転送の開始 | 360 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 17.3.9 | DMA 転送中のレジスタ | 360 |
| 17.3.10 | チャンネル優先順位 | 361 |
| 17.4 | DMA 転送の終了 | 362 |
| 17.4.1 | 設定した総転送回数完了による転送終了 | 362 |
| 17.4.2 | リピートサイズ終了割り込みによる転送終了 | 362 |
| 17.4.3 | 拡張リピート領域オーバーフロー割り込みによる転送終了 | 362 |
| 17.4.4 | DMA 転送の終了に関する注意事項 | 363 |
| 17.5 | 割り込み | 364 |
| 17.6 | イベントリンク | 366 |
| 17.7 | 低消費電力機能 | 366 |
| 17.8 | 使用上の注意事項 | 367 |
| 17.8.1 | DMA 転送中のレジスタアクセスについて | 367 |
| 17.8.2 | 予約領域への DMA 転送について | 367 |
| 17.8.3 | 割り込みコントローラユニットの DMAC イベントリンク設定レジスタ (ICU.DELSRn) の設定 | 367 |
| 17.8.4 | DMA 起動の保留／再開方法 | 367 |
| 18. | データトランスファコントローラ (DTC) | 368 |
| 18.1 | 概要 | 368 |
| 18.2 | レジスタの説明 | 370 |
| 18.2.1 | DTC モードレジスタ A (MRA) | 370 |
| 18.2.2 | DTC モードレジスタ B (MRB) | 371 |
| 18.2.3 | DTC 転送元レジスタ (SAR) | 372 |
| 18.2.4 | DTC 転送先レジスタ (DAR) | 372 |
| 18.2.5 | DTC 転送カウントレジスタ A (CRA) | 373 |
| 18.2.6 | DTC 転送カウントレジスタ B (CRB) | 374 |
| 18.2.7 | DTC コントロールレジスタ (DTCCR) | 374 |
| 18.2.8 | DTC ベクタベースレジスタ (DTCVBR) | 375 |
| 18.2.9 | DTC モジュール起動レジスタ (DTCST) | 375 |
| 18.2.10 | DTC ステータスレジスタ (DTCSTS) | 376 |
| 18.3 | 起動要因 | 377 |
| 18.3.1 | 転送情報の配置と DTC ベクタテーブル | 377 |
| 18.4 | 動作説明 | 379 |
| 18.4.1 | 転送情報のリードスキップ機能 | 381 |
| 18.4.2 | 転送情報のライトバックスキップ機能 | 382 |
| 18.4.3 | ノーマル転送モード | 382 |
| 18.4.4 | リピート転送モード | 383 |
| 18.4.5 | ブロック転送モード | 384 |
| 18.4.6 | チェーン転送 | 386 |
| 18.4.7 | 動作タイミング | 387 |
| 18.4.8 | DTC の実行サイクル | 389 |
| 18.4.9 | DTC のバス権解放タイミング | 389 |
| 18.5 | DTC の設定手順 | 390 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 18.6 | DTC の使用例 | 391 |
| 18.6.1 | ノーマル転送 | 391 |
| 18.6.2 | チェーン転送 | 392 |
| 18.6.3 | カウンタ = 0 のときのチェーン転送 | 394 |
| 18.7 | 割り込み要因 | 396 |
| 18.8 | イベントリンク | 396 |
| 18.9 | スヌーズ制御インタフェース | 396 |
| 18.10 | モジュールストップ機能 | 397 |
| 18.11 | 使用上の注意事項 | 397 |
| 18.11.1 | 転送情報の開始アドレス | 397 |
| 19. | イベントリンクコントローラ (ELC) | 398 |
| 19.1 | 概要 | 398 |
| 19.2 | レジスタの説明 | 399 |
| 19.2.1 | イベントリンクコントローラレジスタ (ELCR) | 399 |
| 19.2.2 | イベントリンクソフトウェアイベント発生レジスタ n (ELSEGRn) (n = 0, 1) | 400 |
| 19.2.3 | イベントリンク設定レジスタ n (ELSRn) (n = 0 ~ 9, 12, 14 ~ 18) | 401 |
| 19.3 | 動作説明 | 406 |
| 19.3.1 | 割り込み処理とイベントリンクの関係 | 406 |
| 19.3.2 | イベントのリンク | 406 |
| 19.3.3 | イベントリンクの動作設定手順例 | 406 |
| 19.4 | 使用上の注意事項 | 407 |
| 19.4.1 | DMAC または DTC 転送終了のイベントリンクを使用する場合 | 407 |
| 19.4.2 | クロック設定について | 407 |
| 19.4.3 | モジュールストップ機能の設定 | 407 |
| 19.4.4 | ELC 遅延時間 | 407 |
| 20. | I/O ポート | 408 |
| 20.1 | 概要 | 408 |
| 20.2 | レジスタの説明 | 410 |
| 20.2.1 | ポートコントロールレジスタ 1 (PCNTR1/PODR/PDR) | 410 |
| 20.2.2 | ポートコントロールレジスタ 2 (PCNTR2/EIDR/PIDR) | 411 |
| 20.2.3 | ポートコントロールレジスタ 3 (PCNTR3/PORR/POSR) | 412 |
| 20.2.4 | ポートコントロールレジスタ 4 (PCNTR4/EORR/EOSR) | 413 |
| 20.2.5 | ポート mn 端子機能選択レジスタ (PmnPFS/PmnPFS_HA/PmnPFS_BY) (m = 0 ~ 5, 9; n = 00 ~ 15) | 414 |
| 20.2.6 | 書き込みプロテクトレジスタ (PWPR) | 416 |
| 20.3 | 動作説明 | 417 |
| 20.3.1 | 汎用入出力ポート | 417 |
| 20.3.2 | ポート機能選択 | 417 |
| 20.3.3 | ELC のポートグループ機能 | 418 |
| 20.3.3.1 | ELC から ELC_PORT1, 2, 3, 4 が入力された場合の動作 | 418 |
| 20.3.3.2 | イベントパルスが ELC に出力された場合の動作 | 419 |
| 20.4 | 未使用端子の処理 | 420 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 20.5 | 使用上の注意事項 | 421 |
| 20.5.1 | 端子機能の設定手順 | 421 |
| 20.5.2 | ポートグループ入力の使用手順 | 421 |
| 20.5.3 | ポート出力データレジスタ (PODR) の概要 | 421 |
| 20.5.4 | アナログ機能を使う場合の注意事項 | 421 |
| 20.5.5 | 入出力バッファの仕様 | 422 |
| 20.5.6 | USB_DP 端子および USB_DM 端子の選択 | 422 |
| 20.5.7 | USBFS/GPIO 機能を使用した P914 および P915 のプルアップ/プルダウン設定 | 422 |
| 20.6 | 製品ごとの周辺選択設定 | 423 |
| 21. | キー割り込み機能 (KINT) | 429 |
| 21.1 | 概要 | 429 |
| 21.2 | レジスタの説明 | 431 |
| 21.2.1 | キーリターンコントロールレジスタ (KRCTL) | 431 |
| 21.2.2 | キーリターンフラグレジスタ (KRF) | 431 |
| 21.2.3 | キーリターンモードレジスタ (KRM) | 432 |
| 21.3 | 動作説明 | 433 |
| 21.3.1 | キー割り込みフラグを使用しない場合 (KRMD = 0) | 433 |
| 21.3.2 | キー割り込みフラグを使用する場合の動作 (KRMD = 1) | 434 |
| 21.4 | 使用上の注意事項 | 436 |
| 22. | GPT 用ポートアウトプットイネーブル (POEG) | 437 |
| 22.1 | 概要 | 437 |
| 22.2 | レジスタの説明 | 439 |
| 22.2.1 | POEG グループ n 設定レジスタ (POEGGn) (n = A, B) | 439 |
| 22.3 | 出力禁止制御の動作 | 440 |
| 22.3.1 | 端子入力レベル検出時の動作 | 440 |
| 22.3.1.1 | デジタルフィルタ | 440 |
| 22.3.2 | GPT からの出力禁止要求 | 441 |
| 22.3.3 | 発振停止検出による出力禁止制御 | 441 |
| 22.3.4 | レジスタによる出力禁止制御 | 441 |
| 22.3.5 | 出力禁止状態の解除 | 441 |
| 22.4 | 割り込み要因 | 442 |
| 22.5 | GPT に対する外部トリガ出力 | 442 |
| 22.6 | 使用上の注意事項 | 443 |
| 22.6.1 | ソフトウェアスタンバイモードへの遷移 | 443 |
| 22.6.2 | GPT 対応端子の指定 | 443 |
| 23. | 汎用 PWM タイマ (GPT) | 444 |
| 23.1 | 概要 | 444 |
| 23.2 | レジスタの説明 | 448 |
| 23.2.1 | 汎用 PWM タイマ書き込み保護レジスタ (GTWP) | 449 |
| 23.2.2 | 汎用 PWM タイマソフトウェアスタートレジスタ (GTSTR) | 449 |
| 23.2.3 | 汎用 PWM タイマソフトウェアストップレジスタ (GTSTP) | 450 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 23.2.4 | 汎用 PWM タイマソフトウェアクリアレジスタ (GTCLR) | 450 |
| 23.2.5 | 汎用 PWM タイマスタート要因選択レジスタ (GTSSR) | 451 |
| 23.2.6 | 汎用 PWM タイマストップ要因選択レジスタ (GTPSR) | 454 |
| 23.2.7 | 汎用 PWM タイマクリア要因選択レジスタ (GTCSR) | 457 |
| 23.2.8 | 汎用 PWM タイマアップカウント要因選択レジスタ (GTUPSR) | 460 |
| 23.2.9 | 汎用 PWM タイマダウンカウント要因選択レジスタ (GTDNSR) | 463 |
| 23.2.10 | 汎用 PWM タイマインプットキャプチャ要因選択レジスタ A (GTICASR) | 466 |
| 23.2.11 | 汎用 PWM タイマインプットキャプチャ要因選択レジスタ B (GTICBSR) | 469 |
| 23.2.12 | 汎用 PWM タイマコントロールレジスタ (GTCR) | 472 |
| 23.2.13 | 汎用 PWM タイマカウント方向、デューティ設定レジスタ (GTUDDTYC) | 474 |
| 23.2.14 | 汎用 PWM タイマ I/O コントロールレジスタ (GTIOR) | 476 |
| 23.2.15 | 汎用 PWM タイマ割り込み出力設定レジスタ (GTINTAD) | 480 |
| 23.2.16 | 汎用 PWM タイマステータスレジスタ (GTST) | 481 |
| 23.2.17 | 汎用 PWM タイマバッファイネーブルレジスタ (GTBER) | 486 |
| 23.2.18 | 汎用 PWM タイマカウンタ (GTCNT) | 488 |
| 23.2.19 | 汎用 PWM タイマコンペアキャプチャレジスタ n (GTCCRn) (n = A ~ F) | 488 |
| 23.2.20 | 汎用 PWM タイマ周期設定レジスタ (GTPR) | 489 |
| 23.2.21 | 汎用 PWM タイマ周期設定バッファレジスタ (GTPBR) | 489 |
| 23.2.22 | 汎用 PWM タイマデッドタイムコントロールレジスタ (GTDTCR) | 490 |
| 23.2.23 | 汎用 PWM タイマデッドタイム値レジスタ U (GTDVU) | 491 |
| 23.2.24 | 出力相切り替えコントロールレジスタ (OPSCR) | 492 |
| 23.3 | 動作説明 | 495 |
| 23.3.1 | 基本動作 | 495 |
| 23.3.1.1 | カウンタ動作 | 495 |
| 23.3.1.2 | コンペアマッチによる波形出力機能 | 500 |
| 23.3.1.3 | インプットキャプチャ機能 | 504 |
| 23.3.2 | バッファ動作 | 506 |
| 23.3.2.1 | GTPR レジスタのバッファ動作 | 506 |
| 23.3.2.2 | GTCCRA、GTCCRB レジスタのバッファ動作 | 509 |
| 23.3.3 | PWM 出力動作モード | 515 |
| 23.3.3.1 | のこぎり波 PWM モード | 515 |
| 23.3.3.2 | のこぎり波ワンショットパルスモード | 517 |
| 23.3.3.3 | 三角波 PWM モード 1 (谷 32 ビット転送) | 520 |
| 23.3.3.4 | 三角波 PWM モード 2 (山/谷 32 ビット転送) | 522 |
| 23.3.3.5 | 三角波 PWM モード 3 (谷 64 ビット転送) | 524 |
| 23.3.4 | デッドタイム自動設定機能 | 527 |
| 23.3.5 | カウント方向切り替え機能 | 532 |
| 23.3.6 | 出力デューティ 0% および出力デューティ 100% 機能 | 533 |
| 23.3.7 | ハードウェアカウントスタート/カウントストップ、カウントクリア動作 | 535 |
| 23.3.7.1 | ハードウェアスタート動作 | 535 |
| 23.3.7.2 | ハードウェアストップ動作 | 537 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 23.3.7.3 | ハードウェアクリア動作 | 541 |
| 23.3.8 | 同期動作 | 544 |
| 23.3.8.1 | ソフトウェアによる同期動作 | 544 |
| 23.3.8.2 | ハードウェアによる同期動作 | 546 |
| 23.3.9 | PWM 出力動作例 | 548 |
| 23.3.10 | 位相計数機能 | 554 |
| 23.3.11 | 出力相切り替え (GPT_OPS) | 564 |
| 23.3.11.1 | 外部入力信号の同期および入力選択 | 567 |
| 23.3.11.2 | 入力サンプリング | 567 |
| 23.3.11.3 | 入力相デコード | 568 |
| 23.3.11.4 | 出力選択制御 | 569 |
| 23.3.11.5 | 出力選択制御 (グループ出力禁止機能) | 570 |
| 23.3.11.6 | イベントリンクコントローラ (ELC) 出力 | 570 |
| 23.3.11.7 | GPT_OPS スタート動作設定フロー | 571 |
| 23.4 | 割り込み要因 | 572 |
| 23.4.1 | 割り込み要因 | 572 |
| 23.4.2 | DMAC/DTC の起動 | 575 |
| 23.5 | ELC によるリンク動作 | 576 |
| 23.5.1 | ELC へのイベント信号出力 | 576 |
| 23.5.2 | ELC からのイベント信号入力 | 576 |
| 23.6 | ノイズフィルタ機能 | 577 |
| 23.7 | 保護機能 | 578 |
| 23.7.1 | レジスタの書き込み保護 | 578 |
| 23.7.2 | バッファ動作の禁止 | 578 |
| 23.7.3 | GTIOC 端子出力のネゲート制御 | 579 |
| 23.8 | 出力端子の初期化方法 | 580 |
| 23.8.1 | リセット後の端子設定 | 580 |
| 23.8.2 | 動作中の異常による端子の初期化 | 580 |
| 23.9 | 使用上の注意事項 | 581 |
| 23.9.1 | モジュールストップ機能の設定 | 581 |
| 23.9.2 | コンペアマッチ動作時の GTCCRn レジスタの設定 (n = A ~ F) | 581 |
| 23.9.3 | GTCNT カウンタの範囲設定 | 582 |
| 23.9.4 | GTCNT カウンタのスタート/ストップ | 582 |
| 23.9.5 | イベントごとの優先順位 | 583 |
| 24. | 非同期汎用タイマ (AGT) | 584 |
| 24.1 | 概要 | 584 |
| 24.2 | レジスタの説明 | 586 |
| 24.2.1 | AGT カウンタレジスタ (AGT) | 586 |
| 24.2.2 | AGT コンペアマッチ A レジスタ (AGTCMA) | 586 |
| 24.2.3 | AGT コンペアマッチ B レジスタ (AGTCMB) | 587 |
| 24.2.4 | AGT コントロールレジスタ (AGTCR) | 588 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 24.2.5 | AGT モードレジスタ 1 (AGTMR1) | 590 |
| 24.2.6 | AGT モードレジスタ 2 (AGTMR2) | 591 |
| 24.2.7 | AGT I/O コントロールレジスタ (AGTIOC) | 592 |
| 24.2.8 | AGT イベント端子選択レジスタ (AGTISR) | 593 |
| 24.2.9 | AGT コンペアマッチ機能選択レジスタ (AGTCMSR) | 593 |
| 24.2.10 | AGT 端子選択レジスタ (AGTIOSEL) | 594 |
| 24.3 | 動作説明 | 595 |
| 24.3.1 | リロードレジスタおよびカウンタの書き換え動作 | 595 |
| 24.3.2 | リロードレジスタおよびコンペアレジスタ A/B の書き換え動作 | 597 |
| 24.3.3 | タイマモード | 598 |
| 24.3.4 | パルス出力モード | 599 |
| 24.3.5 | イベントカウンタモード | 600 |
| 24.3.6 | パルス幅測定モード | 602 |
| 24.3.7 | パルス周期測定モード | 603 |
| 24.3.8 | コンペアマッチ機能 | 604 |
| 24.3.9 | 各モードの出力設定 | 606 |
| 24.3.10 | スタンバイモード | 607 |
| 24.3.11 | 割り込み要因 | 607 |
| 24.3.12 | ELC へのイベント信号出力 | 607 |
| 24.4 | 使用上の注意事項 | 608 |
| 24.4.1 | カウント動作の開始および停止制御 | 608 |
| 24.4.2 | カウンタレジスタへのアクセス | 609 |
| 24.4.3 | モード変更時 | 609 |
| 24.4.4 | デジタルフィルタ | 609 |
| 24.4.5 | イベント番号、パルス幅、およびパルス周期の計算方法 | 609 |
| 24.4.6 | TSTOP ビットで強制的にカウントを停止した場合 | 609 |
| 24.4.7 | カウントソースとして AGT0 アンダーフローを選択した場合 | 610 |
| 24.4.8 | I/O レジスタのリセット | 610 |
| 24.4.9 | カウントソースとして PCLKB、PCLKB/8、または PCLKB/2 を選択した場合 | 610 |
| 24.4.10 | カウントソースとして AGTLCLK または AGTSCLK を選択した場合 | 610 |
| 24.4.11 | クロックソースを切り替える場合 | 610 |
| 25. | リアルタイムクロック (RTC) | 611 |
| 25.1 | 概要 | 611 |
| 25.2 | レジスタの説明 | 613 |
| 25.2.1 | 64Hz カウンタ (R64CNT) | 613 |
| 25.2.2 | 秒カウンタ (RSECCNT) / バイナリカウンタ 0 (BCNT0) | 614 |
| 25.2.3 | 分カウンタ (RMINCNT) / バイナリカウンタ 1 (BCNT1) | 615 |
| 25.2.4 | 時カウンタ (RHRCNT) / バイナリカウンタ 2 (BCNT2) | 616 |
| 25.2.5 | 曜日カウンタ (RWKCNT) / バイナリカウンタ 3 (BCNT3) | 617 |
| 25.2.6 | 日カウンタ (RDAYCNT) | 618 |
| 25.2.7 | 月カウンタ (RMONCNT) | 618 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 25.2.8 | 年カウンタ (RYRCNT) | 619 |
| 25.2.9 | 秒アラームレジスタ (RSECAR) / バイナリカウンタ 0 アラームレジスタ (BCNT0AR) | 620 |
| 25.2.10 | 分アラームレジスタ (RMINAR) / バイナリカウンタ 1 アラームレジスタ (BCNT1AR) | 621 |
| 25.2.11 | 時アラームレジスタ (RHRAR) / バイナリカウンタ 2 アラームレジスタ (BCNT2AR) | 622 |
| 25.2.12 | 曜日アラームレジスタ (RWKAR) / バイナリカウンタ 3 アラームレジスタ (BCNT3AR) | 624 |
| 25.2.13 | 日アラームレジスタ (RDAYAR) / バイナリカウンタ 0 アラームイネーブルレジスタ (BCNT0AER) | 625 |
| 25.2.14 | 月アラームレジスタ (RMONAR) / バイナリカウンタ 1 アラームイネーブルレジスタ (BCNT1AER) | 626 |
| 25.2.15 | 年アラームレジスタ (RYRAR) / バイナリカウンタ 2 アラームイネーブルレジスタ (BCNT2AER) | 627 |
| 25.2.16 | 年アラームイネーブルレジスタ (RYRAREN) / バイナリカウンタ 3 アラームイネーブルレジスタ (BCNT3AER) | 628 |
| 25.2.17 | RTC コントロールレジスタ 1 (RCR1) | 629 |
| 25.2.18 | RTC コントロールレジスタ 2 (RCR2) | 630 |
| 25.2.19 | RTC コントロールレジスタ 4 (RCR4) | 633 |
| 25.2.20 | 周波数レジスタ (RFRH/RFRL) | 634 |
| 25.2.21 | 時計誤差補正レジスタ (RADJ) | 635 |
| 25.2.22 | 時間キャプチャコントロールレジスタ 0 (RTCCR0) | 636 |
| 25.2.23 | 秒キャプチャレジスタ 0 (RSECCP0) / BCNT0 キャプチャレジスタ 0 (BCNT0CP0) | 638 |
| 25.2.24 | 分キャプチャレジスタ 0 (RMINCP0) / BCNT1 キャプチャレジスタ 0 (BCNT1CP0) | 639 |
| 25.2.25 | 時キャプチャレジスタ 0 (RHRCPO) / BCNT2 キャプチャレジスタ 0 (BCNT2CP0) | 640 |
| 25.2.26 | 日キャプチャレジスタ 0 (RDAYCP0) / BCNT3 キャプチャレジスタ 0 (BCNT3CP0) | 641 |
| 25.2.27 | 月キャプチャレジスタ 0 (RMONCP0) | 642 |
| 25.3 | 動作説明 | 643 |
| 25.3.1 | 電源投入後のレジスタ初期設定の概要 | 643 |
| 25.3.2 | クロックおよびカウントモードの設定手順 | 644 |
| 25.3.3 | 時刻の設定 | 645 |
| 25.3.4 | 30 秒調整 | 646 |
| 25.3.5 | 64Hz カウンタと時刻の読み出し | 647 |
| 25.3.6 | アラーム機能 | 648 |
| 25.3.7 | アラーム割り込み禁止手順 | 649 |
| 25.3.8 | 時間誤差補正機能 | 650 |
| 25.3.8.1 | 自動補正 | 650 |
| 25.3.8.2 | ソフトウェアによる補正 | 651 |
| 25.3.8.3 | 補正モードの変更手順 | 651 |
| 25.3.8.4 | 補正の停止手順 | 651 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 25.3.8.5 | 時間キャプチャ | 652 |
| 25.4 | 割り込み要因 | 653 |
| 25.5 | イベントリンク出力機能 | 654 |
| 25.5.1 | 割り込み処理とイベントリンク機能 | 654 |
| 25.6 | 使用上の注意事項 | 655 |
| 25.6.1 | カウント動作時のレジスタ書き込みについて | 655 |
| 25.6.2 | 周期割り込みの使用について | 656 |
| 25.6.3 | RTCOUT (1Hz/64Hz) クロック出力について | 656 |
| 25.6.4 | レジスタ設定後の低消費電力モードへの遷移について | 656 |
| 25.6.5 | レジスタの書き込み／読み出し時の注意事項 | 657 |
| 25.6.6 | カウントモードの変更について | 657 |
| 25.6.7 | リアルタイムクロックを使用しない場合の初期化手順 | 658 |
| 25.6.8 | クロックソースを切り替える場合 | 658 |
| 26. | ウォッチドッグタイマ (WDT) | 659 |
| 26.1 | 概要 | 659 |
| 26.2 | レジスタの説明 | 661 |
| 26.2.1 | WDT リフレッシュレジスタ (WDTRR) | 661 |
| 26.2.2 | WDT コントロールレジスタ (WDTCR) | 662 |
| 26.2.3 | WDT ステータスレジスタ (WDTSR) | 665 |
| 26.2.4 | WDT リセットコントロールレジスタ (WDTRCR) | 666 |
| 26.2.5 | WDT カウント停止コントロールレジスタ (WDTCSNPR) | 666 |
| 26.2.6 | オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) | 666 |
| 26.3 | 動作説明 | 667 |
| 26.3.1 | スタートモード別のカウント動作 | 667 |
| 26.3.1.1 | レジスタスタートモード | 667 |
| 26.3.1.2 | オートスタートモード | 669 |
| 26.3.2 | WDTCR、WDTRCR、および WDTCSNPR レジスタへの書き込み制御 | 671 |
| 26.3.3 | リフレッシュ動作 | 672 |
| 26.3.4 | リセット出力 | 673 |
| 26.3.5 | 割り込み要因 | 673 |
| 26.3.6 | ダウンカウンタ値の読み出し | 673 |
| 26.3.7 | オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) と WDT レジスタの対応関係 | 674 |
| 26.4 | ELC によるリンク動作 | 674 |
| 26.5 | 使用上の注意事項 | 674 |
| 26.5.1 | ICU イベントリンク設定レジスタ n (IELSRn) の設定 | 674 |
| 27. | 独立ウォッチドッグタイマ (IWDT) | 675 |
| 27.1 | 概要 | 675 |
| 27.2 | レジスタの説明 | 677 |
| 27.2.1 | IWDT リフレッシュレジスタ (IWDTRR) | 677 |
| 27.2.2 | IWDT ステータスレジスタ (IWDTSR) | 678 |
| 27.2.3 | オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) | 679 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 27.3 | 動作説明 | 682 |
| 27.3.1 | オートスタートモード | 682 |
| 27.3.2 | リフレッシュ動作 | 684 |
| 27.3.3 | ステータスフラグ | 685 |
| 27.3.4 | リセット出力 | 685 |
| 27.3.5 | 割り込み要因 | 686 |
| 27.3.6 | ダウンカウンタ値の読み出し | 686 |
| 27.4 | ELCによるリンク動作 | 686 |
| 27.5 | 使用上の注意事項 | 687 |
| 27.5.1 | リフレッシュ動作 | 687 |
| 27.5.2 | クロック分周比の設定 | 687 |
| 28. | USB2.0 フルスピードモジュール (USBFS) | 688 |
| 28.1 | 概要 | 688 |
| 28.2 | レジスタの説明 | 690 |
| 28.2.1 | システムコンフィグレーションコントロールレジスタ (SYSCFG) | 690 |
| 28.2.2 | システムコンフィグレーションステータスレジスタ 0 (SYSSTS0) | 692 |
| 28.2.3 | デバイスステートコントロールレジスタ 0 (DVSTCTRO) | 693 |
| 28.2.4 | CFIFO ポートレジスタ (CFIFO/CFIFOL) D0FIFO ポートレジスタ (D0FIFO/D0FIFOL) D1FIFO ポートレジスタ (D1FIFO/D1FIFOL) | 696 |
| 28.2.5 | CFIFO ポート選択レジスタ (CFIFOSEL) D0FIFO ポート選択レジスタ (D0FIFOSEL) D1FIFO ポート選択レジスタ (D1FIFOSEL) | 698 |
| 28.2.6 | CFIFO ポートコントロールレジスタ (CFIFOCTR) D0FIFO ポートコントロールレジスタ (D0FIFOCTR) D1FIFO ポートコントロールレジスタ (D1FIFOCTR) | 702 |
| 28.2.7 | 割り込みイネーブルレジスタ 0 (INTENB0) | 704 |
| 28.2.8 | 割り込みイネーブルレジスタ 1 (INTENB1) | 705 |
| 28.2.9 | BRDY 割り込みイネーブルレジスタ (BRDYENB) | 706 |
| 28.2.10 | NRDY 割り込みイネーブルレジスタ (NRDYENB) | 707 |
| 28.2.11 | BEMP 割り込みイネーブルレジスタ (BEMPENB) | 708 |
| 28.2.12 | SOF 出力コンフィグレーションレジスタ (SOFCFG) | 709 |
| 28.2.13 | 割り込みステータスレジスタ 0 (INTSTS0) | 710 |
| 28.2.14 | 割り込みステータスレジスタ 1 (INTSTS1) | 713 |
| 28.2.15 | BRDY 割り込みステータスレジスタ (BRDYSTS) | 716 |
| 28.2.16 | NRDY 割り込みステータスレジスタ (NRDYSTS) | 717 |
| 28.2.17 | BEMP 割り込みステータスレジスタ (BEMPSTS) | 718 |
| 28.2.18 | フレームナンバレジスタ (FRMNUM) | 719 |
| 28.2.19 | USB リクエストタイプレジスタ (USBREQ) | 720 |
| 28.2.20 | USB リクエストバリュージスタ (USBVAL) | 721 |
| 28.2.21 | USB リクエストインデックスレジスタ (USBINDX) | 722 |
| 28.2.22 | USB リクエストレンゲスレジスタ (USBLENG) | 723 |
| 28.2.23 | DCP コンフィグレーションレジスタ (DCPCFG) | 724 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 28.2.24 | DCP マックスパケットサイズレジスタ (DCPMAXP) | 725 |
| 28.2.25 | DCP コントロールレジスタ (DCPCTR) | 726 |
| 28.2.26 | パイプウィンドウ選択レジスタ (PIPESEL) | 729 |
| 28.2.27 | パイプコンフィグレーションレジスタ (PIPECFG) | 730 |
| 28.2.28 | パイプマックスパケットサイズレジスタ (PIPEMAXP) | 732 |
| 28.2.29 | パイプ周期コントロールレジスタ (PIPEPERI) | 733 |
| 28.2.30 | パイプ n コントロールレジスタ (PIPEnCTR) (n = 1 ~ 9) | 734 |
| 28.2.31 | パイプ n トランザクションカウンタイネーブルレジスタ (PIPEnTRE) (n = 1 ~ 5) | 741 |
| 28.2.32 | パイプ n トランザクションカウンタレジスタ (PIPEnTRN) (n = 1 ~ 5) | 742 |
| 28.2.33 | デバイスアドレス n コンフィグレーションレジスタ (DEVADDn) (n = 0 ~ 5) | 743 |
| 28.2.34 | USB モジュールコントロールレジスタ (USBMC) | 744 |
| 28.2.35 | BC コントロールレジスタ 0 (USBBCCTRL0) | 745 |
| 28.3 | 動作説明 | 747 |
| 28.3.1 | システム制御 | 747 |
| 28.3.1.1 | USBFS 関連レジスタへのデータ設定 | 747 |
| 28.3.1.2 | コントローラ機能の選択 | 747 |
| 28.3.1.3 | 抵抗による USB データバス制御 | 747 |
| 28.3.1.4 | USB 外部接続回路の例 | 748 |
| 28.3.2 | 割り込み | 753 |
| 28.3.3 | 割り込みの説明 | 755 |
| 28.3.3.1 | BRDY 割り込み | 755 |
| 28.3.3.2 | NRDY 割り込み | 758 |
| 28.3.3.3 | BEMP 割り込み | 761 |
| 28.3.3.4 | デバイスステート遷移割り込み (デバイスコントローラモード) | 762 |
| 28.3.3.5 | コントロール転送ステージ遷移割り込み (デバイスコントローラモード) | 763 |
| 28.3.3.6 | フレーム番号更新割り込み | 765 |
| 28.3.3.7 | VBUS 割り込み | 765 |
| 28.3.3.8 | レジューム割り込み | 765 |
| 28.3.3.9 | OVRCCR 割り込み | 765 |
| 28.3.3.10 | BCHG 割り込み | 765 |
| 28.3.3.11 | DTCH 割り込み | 765 |
| 28.3.3.12 | SACK 割り込み | 765 |
| 28.3.3.13 | SIGN 割り込み | 765 |
| 28.3.3.14 | ATTCH 割り込み | 766 |
| 28.3.3.15 | EOFERR 割り込み | 766 |
| 28.3.3.16 | ポータブルデバイス検出割り込み | 766 |
| 28.3.4 | パイプコントロール | 767 |
| 28.3.4.1 | パイプコントロールレジスタの切り替え手順 | 768 |
| 28.3.4.2 | 転送タイプ | 768 |
| 28.3.4.3 | エンドポイント番号 | 768 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 28.3.4.4 | 最大パケットサイズ設定 | 769 |
| 28.3.4.5 | トランザクションカウンタ（受信方向パイプ 1～5） | 769 |
| 28.3.4.6 | 応答 PID | 769 |
| 28.3.4.7 | データ PID シーケンスビット | 771 |
| 28.3.4.8 | 応答 PID = NAK 機能 | 771 |
| 28.3.4.9 | 自動応答モード | 771 |
| 28.3.4.10 | OUT-NAK モード | 771 |
| 28.3.4.11 | Null 自動応答モード | 772 |
| 28.3.5 | FIFO バッファメモリ | 773 |
| 28.3.6 | FIFO バッファクリア | 774 |
| 28.3.7 | FIFO ポートの機能 | 775 |
| 28.3.8 | DMA 転送（D0FIFO/D1FIFO ポート） | 776 |
| 28.3.9 | DCP を使用したコントロール転送 | 777 |
| 28.3.9.1 | ホストコントローラモードでのコントロール転送 | 777 |
| 28.3.9.2 | デバイスコントローラモードでのコントロール転送 | 778 |
| 28.3.10 | バルク転送（パイプ 1～5） | 779 |
| 28.3.11 | インタラプト転送（パイプ 6～9） | 780 |
| 28.3.11.1 | ホストコントローラモードでのインタラプト転送時のインターバル カウンタ | 780 |
| 28.3.12 | アイソクロナス転送（パイプ 1～2） | 781 |
| 28.3.12.1 | アイソクロナス転送のエラー検出 | 781 |
| 28.3.12.2 | DATA-PID | 782 |
| 28.3.12.3 | インターバルカウンタ | 783 |
| 28.3.13 | SOF 補完機能 | 788 |
| 28.3.14 | パイプスケジュール | 789 |
| 28.3.14.1 | トランザクション発行条件 | 789 |
| 28.3.14.2 | 転送スケジュール | 789 |
| 28.3.14.3 | USB 通信許可 | 789 |
| 28.3.15 | バッテリーチャージング検出処理 | 790 |
| 28.3.15.1 | デバイスコントローラモードでの処理 | 790 |
| 28.3.15.2 | ホストコントローラ選択時の処理 | 792 |
| 28.4 | 使用上の注意事項 | 795 |
| 28.4.1 | モジュールストップ状態の設定 | 795 |
| 28.4.2 | ソフトウェアスタンバイモード終了時の割り込みステータスレジスタのクリア | 795 |
| 28.4.3 | ポート機能設定後の割り込みステータスレジスタのクリア | 795 |
| 29. | シリアルコミュニケーションインタフェース（SCI） | 796 |
| 29.1 | 概要 | 796 |
| 29.2 | レジスタの説明 | 800 |
| 29.2.1 | 受信シフトレジスタ（RSR） | 800 |
| 29.2.2 | 受信データレジスタ（RDR） | 800 |
| 29.2.3 | 受信 9 ビットデータレジスタ（RDRHL） | 800 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 29.2.4 | 受信 FIFO データレジスタ H, L, HL (FRDRH, FRDRL, FRDRHL) | 801 |
| 29.2.5 | 送信データレジスタ (TDR) | 802 |
| 29.2.6 | 送信 9 ビットデータレジスタ (TDRHL) | 803 |
| 29.2.7 | 送信 FIFO データレジスタ H, L, HL (FTDRH, FTDRL, FTDRHL) | 804 |
| 29.2.8 | 送信シフトレジスタ (TSR) | 805 |
| 29.2.9 | 非スマートカードインタフェースモード用シリアルモードレジスタ (SMR) (SCMR.SMIF = 0) | 805 |
| 29.2.10 | スマートカードインタフェースモード用シリアルモードレジスタ (SMR_SMCI) (SCMR.SMIF = 1) | 807 |
| 29.2.11 | 非スマートカードインタフェースモード用シリアルコントロールレジスタ (SCR) (SCMR.SMIF = 0) | 809 |
| 29.2.12 | スマートカードインタフェースモード用シリアルコントロールレジスタ (SCR_SMCI) (SCMR.SMIF = 1) | 811 |
| 29.2.13 | 非スマートカードインタフェースおよび非 FIFO モード用シリアルステータス レジスタ (SSR) (SCMR.SMIF = 0 および FCR.FM = 0) | 813 |
| 29.2.14 | 非スマートカードインタフェースおよび FIFO モード用シリアルステータス レジスタ (SSR_FIFO) (SCMR.SMIF = 0 および FCR.FM = 1) | 816 |
| 29.2.15 | スマートカードインタフェースモード用シリアルステータスレジスタ (SSR_SMCI) (SCMR.SMIF = 1) | 819 |
| 29.2.16 | スマートカードモードレジスタ (SCMR) | 822 |
| 29.2.17 | ビットレートレジスタ (BRR) | 824 |
| 29.2.18 | モジュレーションデューティレジスタ (MDDR) | 833 |
| 29.2.19 | シリアル拡張モードレジスタ (SEMR) | 835 |
| 29.2.20 | ノイズフィルタ設定レジスタ (SNFR) | 837 |
| 29.2.21 | I ² C モードレジスタ 1 (SIMR1) | 838 |
| 29.2.22 | I ² C モードレジスタ 2 (SIMR2) | 839 |
| 29.2.23 | I ² C モードレジスタ 3 (SIMR3) | 840 |
| 29.2.24 | I ² C ステータスレジスタ (SISR) | 842 |
| 29.2.25 | SPI モードレジスタ (SPMR) | 843 |
| 29.2.26 | FIFO コントロールレジスタ (FCR) | 845 |
| 29.2.27 | FIFO データ数レジスタ (FDR) | 846 |
| 29.2.28 | ラインステータスレジスタ (LSR) | 847 |
| 29.2.29 | コンペアマッチデータレジスタ (CDR) | 848 |
| 29.2.30 | データコンペアマッチコントロールレジスタ (DCCR) | 849 |
| 29.2.31 | シリアルポートレジスタ (SPTR) | 851 |
| 29.3 | 調歩同期式モードの動作 | 852 |
| 29.3.1 | シリアル転送フォーマット | 853 |
| 29.3.2 | 調歩同期式モードの受信データサンプリングタイミングと受信マージン | 855 |
| 29.3.3 | クロック | 856 |
| 29.3.4 | 倍速動作とビットレートの 6 倍の周波数 | 856 |
| 29.3.5 | CTS、RTS 機能 | 857 |
| 29.3.6 | アドレス一致 (受信データ一致) 検出機能 | 858 |
| 29.3.7 | SCI の初期化 (調歩同期式モード) | 861 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 29.3.8 | シリアルデータの送信（調歩同期式モード） | 863 |
| 29.3.9 | シリアルデータの受信（調歩同期式モード） | 869 |
| 29.4 | マルチプロセッサ通信機能 | 876 |
| 29.4.1 | マルチプロセッサシリアルデータ送信 | 878 |
| 29.4.2 | マルチプロセッサシリアルデータ受信 | 881 |
| 29.5 | クロック同期式モードの動作 | 886 |
| 29.5.1 | クロック | 886 |
| 29.5.2 | CTS、RTS 機能 | 887 |
| 29.5.3 | SCI の初期化（クロック同期式モード） | 888 |
| 29.5.4 | シリアルデータの送信（クロック同期式モード） | 890 |
| 29.5.5 | シリアルデータの受信（クロック同期式モード） | 896 |
| 29.5.6 | シリアルデータの同時送受信動作（クロック同期式モード） | 901 |
| 29.6 | スマートカードインタフェースモードの動作 | 905 |
| 29.6.1 | 接続例 | 905 |
| 29.6.2 | データフォーマット（ブロック転送モード時を除く） | 905 |
| 29.6.3 | ブロック転送モード | 907 |
| 29.6.4 | 受信データのサンプリングタイミングと受信マージン | 908 |
| 29.6.5 | SCI の初期化 | 909 |
| 29.6.6 | シリアルデータの送信（ブロック転送モード時を除く） | 911 |
| 29.6.7 | シリアルデータの受信（ブロック転送モード時を除く） | 914 |
| 29.6.8 | クロック出力制御 | 916 |
| 29.7 | 簡易 IIC モードの動作 | 917 |
| 29.7.1 | 開始条件、再開条件、停止条件の生成 | 919 |
| 29.7.2 | クロック同期化 | 920 |
| 29.7.3 | SDA 出力遅延 | 921 |
| 29.7.4 | SCI の初期化（簡易 IIC モード） | 922 |
| 29.7.5 | マスタ送信動作（簡易 IIC モード） | 923 |
| 29.7.6 | マスタ受信動作（簡易 IIC モード） | 925 |
| 29.8 | 簡易 SPI モードの動作 | 927 |
| 29.8.1 | マスタモード、スレーブモードと各端子の状態 | 928 |
| 29.8.2 | マスタモード時の SS 機能 | 928 |
| 29.8.3 | スレーブモード時の SS 機能 | 928 |
| 29.8.4 | クロックと送受信データの関係 | 929 |
| 29.8.5 | SCI の初期化（簡易 SPI モード） | 929 |
| 29.8.6 | シリアルデータの送受信（簡易 SPI モード） | 929 |
| 29.9 | ビットレートモジュレーション機能 | 930 |
| 29.10 | 割り込み要因 | 931 |
| 29.10.1 | SCIn_TXI および SCIn_RXI 割り込みのバッファ動作（非 FIFO 選択時） | 931 |
| 29.10.2 | SCIn_TXI および SCIn_RXI 割り込みのバッファ動作（FIFO 選択時） | 931 |
| 29.10.3 | 調歩同期式モード、クロック同期式モード、および簡易 SPI モードにおける 割り込み | 931 |
| 29.10.4 | スマートカードインタフェースモードにおける割り込み | 933 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 29.10.5 | 簡易 IIC モードにおける割り込み | 934 |
| 29.11 | イベントリンク機能 | 935 |
| 29.12 | アドレス不一致イベント出力 (SCIO_DCUF) | 936 |
| 29.13 | ノイズ除去機能 | 937 |
| 29.14 | 使用上の注意事項 | 938 |
| 29.14.1 | モジュールストップ状態の設定 | 938 |
| 29.14.2 | 低消費電力状態での SCI 動作 | 938 |
| 29.14.3 | ブレークの検出と処理について | 943 |
| 29.14.4 | マーク状態とブレークの送付 | 943 |
| 29.14.5 | 受信エラーフラグと送信動作 (クロック同期式モードおよび簡易 SPI モード) | 943 |
| 29.14.6 | クロック同期送信に関する制約事項 (クロック同期式モードおよび簡易 SPI モード) | 944 |
| 29.14.7 | DMAC または DTC 使用時の制約事項 | 945 |
| 29.14.8 | 通信の開始に関する注意事項 | 945 |
| 29.14.9 | クロック同期式モードおよび簡易 SPI モードにおける外部クロック入力 | 945 |
| 29.14.10 | 簡易 SPI モードに関する制約事項 | 946 |
| 30. | I ² C バスインタフェース (IIC) | 947 |
| 30.1 | 概要 | 947 |
| 30.2 | レジスタの説明 | 950 |
| 30.2.1 | I ² C バスコントロールレジスタ 1 (ICCR1) | 950 |
| 30.2.2 | I ² C バスコントロールレジスタ 2 (ICCR2) | 953 |
| 30.2.3 | I ² C バスモードレジスタ 1 (ICMR1) | 957 |
| 30.2.4 | I ² C バスモードレジスタ 2 (ICMR2) | 958 |
| 30.2.5 | I ² C バスモードレジスタ 3 (ICMR3) | 960 |
| 30.2.6 | I ² C バスファンクションイネーブルレジスタ (ICFER) | 962 |
| 30.2.7 | I ² C バスステータスイネーブルレジスタ (ICSER) | 964 |
| 30.2.8 | I ² C バス割り込みイネーブルレジスタ (ICIER) | 966 |
| 30.2.9 | I ² C バスステータスレジスタ 1 (ICSR1) | 967 |
| 30.2.10 | I ² C バスステータスレジスタ 2 (ICSR2) | 970 |
| 30.2.11 | I ² C バスウェイクアップユニットレジスタ (ICWUR) | 974 |
| 30.2.12 | I ² C バスウェイクアップユニットレジスタ 2 (ICWUR2) | 975 |
| 30.2.13 | スレーブアドレスレジスタ Ly (SARLy) (y = 0 ~ 2) | 976 |
| 30.2.14 | スレーブアドレスレジスタ Uy (SARUy) (y = 0 ~ 2) | 977 |
| 30.2.15 | I ² C バスビットレート Low レジスタ (ICBRL) | 978 |
| 30.2.16 | I ² C バスビットレート High レジスタ (ICBRH) | 979 |
| 30.2.17 | I ² C バス送信データレジスタ (ICDRT) | 981 |
| 30.2.18 | I ² C バス受信データレジスタ (ICDRR) | 981 |
| 30.2.19 | I ² C バスシフトレジスタ (ICDRS) | 981 |
| 30.3 | 動作説明 | 982 |
| 30.3.1 | 通信データフォーマット | 982 |
| 30.3.2 | 初期設定 | 983 |

| | | |
|---------|--|------|
| 30.3.3 | マスタ送信動作 | 984 |
| 30.3.4 | マスタ受信動作 | 988 |
| 30.3.5 | スレーブ送信動作 | 993 |
| 30.3.6 | スレーブ受信動作 | 996 |
| 30.4 | SCL 同期回路 | 998 |
| 30.5 | SDA 出力遅延機能 | 999 |
| 30.6 | デジタルノイズフィルタ回路 | 1000 |
| 30.7 | アドレス一致検出機能 | 1001 |
| 30.7.1 | スレーブアドレス一致検出機能 | 1001 |
| 30.7.2 | ジェネラルコールアドレス検出機能 | 1003 |
| 30.7.3 | デバイス ID アドレス検出機能 | 1003 |
| 30.7.4 | ホストアドレス検出機能 | 1005 |
| 30.8 | ウェイクアップ機能 | 1006 |
| 30.8.1 | ノーマルウェイクアップモード 1 | 1007 |
| 30.8.2 | ノーマルウェイクアップモード 2 | 1011 |
| 30.8.3 | コマンドリカバリモード / EEP 応答モード (特殊ウェイクアップモード) | 1014 |
| 30.8.4 | WFI 命令の実行に関する注意事項 | 1017 |
| 30.9 | SCL の自動 Low ホールド機能 | 1018 |
| 30.9.1 | 送信データの誤送信防止機能 | 1018 |
| 30.9.2 | NACK 受信転送中断機能 | 1019 |
| 30.9.3 | 受信データ取りこぼし防止機能 | 1020 |
| 30.10 | アービトレーションロスト検出機能 | 1022 |
| 30.10.1 | マスタアービトレーションロスト検出機能 (MALE ビット) | 1022 |
| 30.10.2 | NACK 送信中のアービトレーションロスト検出機能 (NALE ビット) | 1024 |
| 30.10.3 | スレーブアービトレーションロスト検出機能 (SALE ビット) | 1025 |
| 30.11 | スタートコンディション、リスタートコンディション、ストップコンディション 発行機能 | 1026 |
| 30.11.1 | スタートコンディション発行動作 | 1026 |
| 30.11.2 | リスタートコンディション発行動作 | 1026 |
| 30.11.3 | ストップコンディション発行動作 | 1029 |
| 30.12 | バスハングアップ | 1030 |
| 30.12.1 | タイムアウト検出機能 | 1030 |
| 30.12.2 | SCL クロック追加出力機能 | 1032 |
| 30.12.3 | IIC リセット、内部リセット | 1033 |
| 30.13 | SMBus 動作 | 1034 |
| 30.13.1 | SMBus タイムアウト測定 | 1034 |
| 30.13.2 | パケットエラーコード (PEC) | 1035 |
| 30.13.3 | SMBus ホスト通知プロトコル (Notify ARP Master コマンド) | 1035 |
| 30.14 | 割り込み要因 | 1036 |
| 30.14.1 | IICn_TXI 割り込みおよび IICn_RXI 割り込みのバッファ動作 | 1036 |
| 30.15 | 各コンディション発行時のレジスタの状態 | 1037 |
| 30.16 | イベントリンク出力機能 | 1038 |

| | | |
|---------|--|------|
| 30.16.1 | 割り込み処理とイベントリンク機能 | 1038 |
| 30.17 | 使用上の注意事項 | 1038 |
| 30.17.1 | モジュールストップ状態の設定 | 1038 |
| 30.17.2 | 転送開始に関する注意事項 | 1038 |
| 31. | CAN (Controller Area Network) モジュール | 1039 |
| 31.1 | 概要 | 1039 |
| 31.2 | レジスタの説明 | 1042 |
| 31.2.1 | コントロールレジスタ (CTRL) | 1042 |
| 31.2.2 | ビットコンフィグレーションレジスタ (BCR) | 1046 |
| 31.2.3 | マスクレジスタ k (MKRk) (k = 0 ~ 7) | 1048 |
| 31.2.4 | FIFO 受信 ID 比較レジスタ 0、1 (FIDCR0, FIDCR1) | 1049 |
| 31.2.5 | マスク無効レジスタ (MKIVLR) | 1050 |
| 31.2.6 | メールボックスレジスタ j (MBj_ID、MBj_DL、MBj_Dm、MBj_TS) (j = 0 ~ 31; m = 0 ~ 7) | 1051 |
| 31.2.7 | メールボックス割り込みイネーブルレジスタ (MIER) | 1055 |
| 31.2.8 | FIFO メールボックスモード用メールボックス割り込みイネーブルレジスタ (MIER_FIFO) | 1056 |
| 31.2.9 | 送信用メッセージコントロールレジスタ (MCTL_TXj) (j = 0 ~ 31) | 1057 |
| 31.2.10 | 受信用メッセージコントロールレジスタ (MCTL_RXj) (j = 0 ~ 31) | 1060 |
| 31.2.11 | 受信 FIFO コントロールレジスタ (RFCCR) | 1062 |
| 31.2.12 | 受信 FIFO ポインタコントロールレジスタ (RFPCR) | 1064 |
| 31.2.13 | 送信 FIFO コントロールレジスタ (TFCCR) | 1065 |
| 31.2.14 | 送信 FIFO ポインタコントロールレジスタ (TFPCR) | 1066 |
| 31.2.15 | ステータスレジスタ (STR) | 1067 |
| 31.2.16 | メールボックスサーチモードレジスタ (MSMR) | 1069 |
| 31.2.17 | メールボックスサーチステータスレジスタ (MSSR) | 1070 |
| 31.2.18 | チャネルサーチサポートレジスタ (CSSR) | 1071 |
| 31.2.19 | アクセプタンスフィルタサポートレジスタ (AFSR) | 1072 |
| 31.2.20 | エラー割り込みイネーブルレジスタ (EIER) | 1073 |
| 31.2.21 | エラー割り込み要因判定レジスタ (EIFR) | 1075 |
| 31.2.22 | 受信エラーカウントレジスタ (RECR) | 1077 |
| 31.2.23 | 送信エラーカウントレジスタ (TECR) | 1077 |
| 31.2.24 | エラーコード格納レジスタ (ECSR) | 1078 |
| 31.2.25 | タイムスタンプレジスタ (TSR) | 1079 |
| 31.2.26 | テストコントロールレジスタ (TCR) | 1080 |
| 31.3 | 動作モード | 1082 |
| 31.3.1 | CAN リセットモード | 1083 |
| 31.3.2 | CAN halt モード | 1084 |
| 31.3.3 | CAN スリープモード | 1085 |
| 31.3.4 | CAN オペレーションモード (バスオフ状態以外) | 1085 |
| 31.3.5 | CAN オペレーションモード (バスオフ状態) | 1086 |
| 31.4 | データ転送レートの設定 | 1087 |

| | | |
|----------|---|------|
| 31.4.1 | クロックの設定 | 1087 |
| 31.4.2 | ビットタイムの設定 | 1087 |
| 31.4.3 | データ転送レート | 1088 |
| 31.5 | メールボックスとマスクレジスタの構成 | 1089 |
| 31.6 | アクセプタンスフィルタ機能とマスク機能 | 1091 |
| 31.7 | 受信／送信 | 1094 |
| 31.7.1 | 受信 | 1095 |
| 31.7.2 | 送信 | 1097 |
| 31.8 | 割り込み | 1098 |
| 31.9 | 使用上の注意事項 | 1099 |
| 31.9.1 | モジュールストップ状態の設定 | 1099 |
| 31.9.2 | 動作クロックの設定 | 1099 |
| 32. | シリアルペリフェラルインタフェース (SPI) | 1100 |
| 32.1 | 概要 | 1100 |
| 32.2 | レジスタの説明 | 1104 |
| 32.2.1 | SPI コントロールレジスタ (SPCR) | 1104 |
| 32.2.2 | SPI スレーブ選択極性レジスタ (SSLP) | 1105 |
| 32.2.3 | SPI 端子コントロールレジスタ (SPPCR) | 1106 |
| 32.2.4 | SPI ステータスレジスタ (SPSR) | 1107 |
| 32.2.5 | SPI データレジスタ (SPDR/SPDR_HA) | 1110 |
| 32.2.6 | SPI シーケンスコントロールレジスタ (SPSCR) | 1114 |
| 32.2.7 | SPI シーケンスステータスレジスタ (SPSSR) | 1115 |
| 32.2.8 | SPI ビットレートレジスタ (SPBR) | 1116 |
| 32.2.9 | SPI データコントロールレジスタ (SPDCR) | 1117 |
| 32.2.10 | SPI クロック遅延レジスタ (SPCKD) | 1119 |
| 32.2.11 | SPI スレーブ選択ネゲート遅延レジスタ (SSLND) | 1120 |
| 32.2.12 | SPI 次アクセス遅延レジスタ (SPND) | 1121 |
| 32.2.13 | SPI コントロールレジスタ 2 (SPCR2) | 1122 |
| 32.2.14 | SPI コマンドレジスタ (SPCMDm) (SPI0 の場合 m = 0 ~ 7、 SPI1 の場合 m = 0) | 1123 |
| 32.3 | 動作説明 | 1126 |
| 32.3.1 | SPI 動作の概要 | 1126 |
| 32.3.2 | SPI 端子の制御 | 1127 |
| 32.3.3 | SPI システム構成例 | 1128 |
| 32.3.3.1 | シングルマスタとシングルスレーブ (MCU はマスタ) | 1128 |
| 32.3.3.2 | シングルマスタとシングルスレーブ (MCU はスレーブ) | 1129 |
| 32.3.3.3 | シングルマスタとマルチスレーブ (MCU はマスタ) | 1130 |
| 32.3.3.4 | シングルマスタとマルチスレーブ (MCU はスレーブ) | 1131 |
| 32.3.3.5 | マルチマスタとマルチスレーブ (MCU はマスタ) | 1132 |
| 32.3.3.6 | クロック同期式モードのマスタとスレーブ (MCU はマスタ) | 1133 |
| 32.3.3.7 | クロック同期式モードのマスタとスレーブ (MCU はスレーブ) | 1133 |

| | | |
|-----------|---|------|
| 32.3.4 | データフォーマット | 1134 |
| 32.3.4.1 | パリティ機能無効時の動作 (SPCR2.SPPE = 0) | 1136 |
| 32.3.4.2 | パリティ機能有効時 (SPCR2.SPPE = 1) | 1140 |
| 32.3.5 | 転送フォーマット | 1144 |
| 32.3.5.1 | CPHA ビット = 0 の場合 | 1144 |
| 32.3.5.2 | CPHA ビット = 1 の場合 | 1145 |
| 32.3.6 | データ転送モード | 1146 |
| 32.3.6.1 | 全二重同期式シリアル通信 (SPCR.TXMD = 0) | 1146 |
| 32.3.6.2 | 送信のみ動作 (SPCR.TXMD = 1) | 1147 |
| 32.3.7 | 送信バッファエンプティ/受信バッファフル割り込み | 1148 |
| 32.3.8 | エラー検出 | 1150 |
| 32.3.8.1 | オーバーランエラー | 1151 |
| 32.3.8.2 | パリティエラー | 1153 |
| 32.3.8.3 | モードフォルトエラー | 1154 |
| 32.3.8.4 | アンダーランエラー | 1154 |
| 32.3.9 | SPI の初期化 | 1155 |
| 32.3.9.1 | SPE ビットのクリアによる初期化 | 1155 |
| 32.3.9.2 | システムリセットによる初期化 | 1155 |
| 32.3.10 | SPI 動作 | 1156 |
| 32.3.10.1 | マスタモード動作 | 1156 |
| 32.3.10.2 | スレーブモード動作 | 1167 |
| 32.3.11 | クロック同期式動作 | 1171 |
| 32.3.11.1 | マスタモード動作 | 1171 |
| 32.3.11.2 | スレーブモード動作 | 1177 |
| 32.3.12 | ループバックモード | 1179 |
| 32.3.13 | パリティビット機能の自己診断 | 1180 |
| 32.3.14 | 割り込み要因 | 1181 |
| 32.4 | イベントリンク動作 | 1182 |
| 32.4.1 | 受信バッファフルイベント出力 | 1182 |
| 32.4.2 | 送信バッファエンプティイベント出力 | 1182 |
| 32.4.3 | モードフォルト/アンダーラン/オーバーラン/パリティエラーイベント出力 ... | 1182 |
| 32.4.4 | SPI アイドルイベント出力 | 1183 |
| 32.4.5 | 送信完了イベント出力 | 1183 |
| 32.5 | 使用上の注意事項 | 1184 |
| 32.5.1 | モジュールストップ状態の設定 | 1184 |
| 32.5.2 | 低消費電力機能に関する制約 | 1184 |
| 32.5.3 | 転送の開始に関する制限 | 1184 |
| 32.5.4 | モードフォルト/アンダーラン/オーバーラン/パリティエラーイベント出力に 関する制限 | 1184 |
| 32.5.5 | SPRF および SPTEF フラグに関する制限 | 1184 |

| | | |
|---------|--|------|
| 33. | 巡回冗長検査 (CRC) 演算器 | 1185 |
| 33.1 | 概要 | 1185 |
| 33.2 | レジスタの説明 | 1186 |
| 33.2.1 | CRC コントロールレジスタ 0 (CRCCR0) | 1186 |
| 33.2.2 | CRC コントロールレジスタ 1 (CRCCR1) | 1187 |
| 33.2.3 | CRC データ入力レジスタ (CRCDIR/CRCDIR_BY) | 1187 |
| 33.2.4 | CRC データ出力レジスタ (CRCDOR/CRCDOR_HA/CRCDOR_BY) | 1188 |
| 33.2.5 | スヌープアドレスレジスタ (CRCSAR) | 1189 |
| 33.3 | 動作説明 | 1190 |
| 33.3.1 | 基本動作 | 1190 |
| 33.3.2 | CRC スヌープ | 1194 |
| 33.4 | 使用上の注意事項 | 1195 |
| 33.4.1 | モジュールストップ状態の設定 | 1195 |
| 33.4.2 | 送信時の注意事項 | 1195 |
| 34. | 14 ビット A/D コンバータ (ADC14) | 1196 |
| 34.1 | 概要 | 1196 |
| 34.2 | レジスタの説明 | 1200 |
| 34.2.1 | A/D データレジスタ y (ADDRy)、A/D データ 2 重化レジスタ (ADBLDR)、 A/D データ 2 重化レジスタ A (ADBLDRA)、A/D データ 2 重化レジスタ B (ADBLDRB)、A/D 温度センサデータレジスタ (ADTSR)、 A/D 内部基準電圧データレジスタ (ADOCDR) | 1200 |
| 34.2.2 | A/D 自己診断データレジスタ (ADRD) | 1204 |
| 34.2.3 | A/D コントロールレジスタ (ADCSR) | 1206 |
| 34.2.4 | A/D チャンネル選択レジスタ A0 (ADANSA0) | 1210 |
| 34.2.5 | A/D チャンネル選択レジスタ A1 (ADANSA1) | 1211 |
| 34.2.6 | A/D チャンネル選択レジスタ B0 (ADANSB0) | 1212 |
| 34.2.7 | A/D チャンネル選択レジスタ B1 (ADANSB1) | 1213 |
| 34.2.8 | A/D 変換値加算/平均チャンネル選択レジスタ 0 (ADADS0) | 1214 |
| 34.2.9 | A/D 変換値加算/平均チャンネル選択レジスタ 1 (ADADS1) | 1215 |
| 34.2.10 | A/D 変換値加算/平均回数選択レジスタ (ADADC) | 1217 |
| 34.2.11 | A/D コントロール拡張レジスタ (ADCER) | 1218 |
| 34.2.12 | A/D 変換開始トリガ選択レジスタ (ADSTRGR) | 1220 |
| 34.2.13 | A/D 変換拡張入力コントロールレジスタ (ADEXICR) | 1222 |
| 34.2.14 | A/D サンプリングステートレジスタ n (ADSSTRn) (n = 00, 04 ~ 06, 09, 10, L, T, O) | 1224 |
| 34.2.15 | A/D 断線検出コントロールレジスタ (ADDISCR) | 1225 |
| 34.2.16 | A/D グループスキャン優先コントロールレジスタ (ADGSPCR) | 1226 |
| 34.2.17 | A/D コンペア機能コントロールレジスタ (ADCMPCR) | 1227 |
| 34.2.18 | A/D コンペア機能ウィンドウ A チャンネル選択レジスタ 0 (ADCMPANSR0) | 1229 |
| 34.2.19 | A/D コンペア機能ウィンドウ A チャンネル選択レジスタ 1 (ADCMPANSR1) | 1230 |
| 34.2.20 | A/D コンペア機能ウィンドウ A 拡張入力選択レジスタ (ADCMPANSER) | 1230 |
| 34.2.21 | A/D コンペア機能ウィンドウ A 比較条件設定レジスタ 0 (ADCMPLR0) | 1231 |

| | | |
|----------|---|------|
| 34.2.22 | A/D コンペア機能ウィンドウ A 比較条件設定レジスタ 1 (ADCMPLR1) | 1233 |
| 34.2.23 | A/D コンペア機能ウィンドウ A 拡張入力比較条件設定レジスタ (ADCMPLER) .. | 1234 |
| 34.2.24 | A/D コンペア機能ウィンドウ A 下側レベル設定レジスタ (ADCMPPDR0)、 A/D コンペア機能ウィンドウ A 上側レベル設定レジスタ (ADCMPPDR1)、 A/D コンペア機能ウィンドウ B 下側レベル設定レジスタ (ADWINLLB)、 A/D コンペア機能ウィンドウ B 上側レベル設定レジスタ (ADWINULB) | 1235 |
| 34.2.25 | A/D コンペア機能ウィンドウ A チャネルステータスレジスタ 0 (ADCMPSR0) ... | 1237 |
| 34.2.26 | A/D コンペア機能ウィンドウ A チャネルステータスレジスタ 1 (ADCMPSR1) ... | 1238 |
| 34.2.27 | A/D コンペア機能ウィンドウ A 拡張入力チャネルステータスレジスタ (ADCMPSER) | 1239 |
| 34.2.28 | A/D コンペア機能ウィンドウ B チャネル選択レジスタ (ADCMPBNSR) | 1240 |
| 34.2.29 | A/D コンペア機能ウィンドウ B ステータスレジスタ (ADCMPBSR) | 1242 |
| 34.2.30 | A/D コンペア機能ウィンドウ A/B ステータスマニタレジスタ (ADWINMON) | 1243 |
| 34.2.31 | A/D 高電位/低電位基準電圧コントロールレジスタ (ADHVREFCNT) | 1244 |
| 34.3 | 動作説明 | 1245 |
| 34.3.1 | スキンの動作説明 | 1245 |
| 34.3.2 | シングルスキャンモード | 1246 |
| 34.3.2.1 | 基本動作 | 1246 |
| 34.3.2.2 | チャネル選択と自己診断 | 1247 |
| 34.3.2.3 | 温度センサ出力/内部基準電圧選択時の A/D 変換動作 | 1248 |
| 34.3.2.4 | ダブルトリガモード選択時の A/D 変換動作 | 1249 |
| 34.3.2.5 | ダブルトリガモード選択時の拡張動作 | 1250 |
| 34.3.3 | 連続スキャンモード | 1251 |
| 34.3.3.1 | 基本動作 | 1251 |
| 34.3.3.2 | チャネル選択と自己診断 | 1252 |
| 34.3.4 | グループスキャンモード | 1253 |
| 34.3.4.1 | 基本動作 | 1253 |
| 34.3.4.2 | ダブルトリガモード選択時の A/D 変換動作 | 1254 |
| 34.3.4.3 | グループ A 優先制御動作 | 1255 |
| 34.3.5 | コンペア機能 (ウィンドウ A、ウィンドウ B) | 1265 |
| 34.3.5.1 | コンペア機能 | 1265 |
| 34.3.5.2 | コンペア機能のイベント出力 | 1267 |
| 34.3.5.3 | コンペア機能の制限事項 | 1269 |
| 34.3.6 | アナログ入力のサンプリング時間とスキャン変換時間 | 1269 |
| 34.3.7 | A/D データレジスタの自動クリア機能の使用例 | 1272 |
| 34.3.8 | A/D 変換値加算/平均モード | 1272 |
| 34.3.9 | 断線検出アシスト機能 | 1273 |
| 34.3.10 | 非同期トリガによる A/D 変換の開始 | 1274 |
| 34.3.11 | 周辺モジュールからの同期トリガによる A/D 変換の開始 | 1275 |
| 34.4 | 割り込み要因と DTC/DMAC 転送要求 | 1276 |
| 34.4.1 | 割り込み要求 | 1276 |
| 34.5 | イベントリンク機能 | 1277 |

| | | |
|---------|--|------|
| 34.5.1 | ELC へのイベント出力 | 1277 |
| 34.5.2 | ELC からのイベントによる ADC14 の動作 | 1277 |
| 34.6 | 基準電圧の選択 | 1277 |
| 34.7 | 高電位基準電圧に内部基準電圧を選択する A/D 変換手順 | 1278 |
| 34.8 | 使用上の注意事項 | 1279 |
| 34.8.1 | データレジスタの読み出し注意事項 | 1279 |
| 34.8.2 | A/D 変換停止時の注意事項 | 1280 |
| 34.8.3 | A/D 変換強制停止と開始時の動作タイミング | 1281 |
| 34.8.4 | スキャン終了割り込み処理の制限事項 | 1281 |
| 34.8.5 | モジュールストップ機能の設定 | 1281 |
| 34.8.6 | 低消費電力状態への遷移に関する制限事項 | 1281 |
| 34.8.7 | 断線検出アシスト機能使用時の絶対精度誤差 | 1281 |
| 34.8.8 | ADHSC ビット書き換え手順 | 1281 |
| 34.8.9 | 動作モードおよびステータスビットについての注意事項 | 1282 |
| 34.8.10 | ボード設計に関する注意事項 | 1282 |
| 34.8.11 | ノイズ低減についての注意事項 | 1282 |
| 34.8.12 | 14 ビット A/D コンバータ入力を使用する場合のポートの設定 | 1283 |
| 34.8.13 | ADC14、OPAMP、ACMPLP 間の関係 | 1283 |
| 34.8.14 | ソフトウェアスタンバイモードの解除についての注意事項 | 1283 |
| 35. | 12 ビット D/A コンバータ (DAC12) | 1284 |
| 35.1 | 概要 | 1284 |
| 35.2 | レジスタの説明 | 1285 |
| 35.2.1 | D/A データレジスタ 0 (DADR0) | 1285 |
| 35.2.2 | D/A コントロールレジスタ (DACR) | 1285 |
| 35.2.3 | DADR0 フォーマット選択レジスタ (DADPR) | 1286 |
| 35.2.4 | D/A A/D 同期スタートコントロールレジスタ (DAADSCR) | 1286 |
| 35.2.5 | D/A VREF コントロールレジスタ (DAVREFCR) | 1287 |
| 35.3 | 動作説明 | 1288 |
| 35.3.1 | D/A 変換と A/D 変換の干渉低減 | 1289 |
| 35.3.2 | 内部基準電圧を基準電圧として使用するときの注意事項 | 1291 |
| 35.4 | イベントリンクの動作設定手順 | 1292 |
| 35.5 | イベントリンク動作における注意事項 | 1292 |
| 35.6 | 使用上の注意事項 | 1293 |
| 35.6.1 | モジュールストップ機能の設定 | 1293 |
| 35.6.2 | モジュールストップ状態での DAC12 の動作 | 1293 |
| 35.6.3 | ソフトウェアスタンバイモード時の DAC12 の動作 | 1293 |
| 35.6.4 | D/A 変換と A/D 変換の干渉低減有効時の制限事項 | 1293 |
| 36. | 温度センサ (TSN) | 1294 |
| 36.1 | 概要 | 1294 |
| 36.2 | レジスタの説明 | 1295 |
| 36.2.1 | 温度センサ較正データレジスタ H (TSCDRH) | 1295 |

| | | |
|--------|--|------|
| 36.2.2 | 温度センサ較正データレジスタ L (TSCDRL) | 1295 |
| 36.3 | 温度センサの使用方式 | 1296 |
| 36.3.1 | 使用前の準備 | 1296 |
| 36.3.2 | 温度センサの使用手順 | 1297 |
| 37. | オペアンプ (OPAMP) | 1298 |
| 37.1 | 概要 | 1298 |
| 37.2 | レジスタの説明 | 1299 |
| 37.2.1 | オペアンプモードコントロールレジスタ (AMPMC) | 1299 |
| 37.2.2 | オペアンプトリガモードコントロールレジスタ (AMPTRM) | 1300 |
| 37.2.3 | オペアンプ起動トリガ選択レジスタ (AMPTRS) | 1300 |
| 37.2.4 | オペアンプコントロールレジスタ (AMPC) | 1301 |
| 37.2.5 | オペアンプモニタレジスタ (AMPMON) | 1302 |
| 37.3 | 動作説明 | 1303 |
| 37.3.1 | 状態遷移 | 1303 |
| 37.3.2 | オペアンプ制御動作 | 1304 |
| 37.4 | ソフトウェアトリガモード | 1308 |
| 37.5 | 起動トリガモード | 1309 |
| 37.6 | 起動および A/D トリガモード | 1310 |
| 37.7 | 使用上の注意事項 | 1310 |
| 38. | 低消費電力アナログコンパレータ (ACMPLP) | 1311 |
| 38.1 | 概要 | 1311 |
| 38.2 | レジスタの説明 | 1314 |
| 38.2.1 | ACMPLP モード設定レジスタ (COMPMDR) | 1314 |
| 38.2.2 | ACMPLP フィルタコントロールレジスタ (COMPFIR) | 1315 |
| 38.2.3 | ACMPLP 出力コントロールレジスタ (COMPOCR) | 1316 |
| 38.2.4 | コンパレータ入力選択レジスタ (COMPSEL0) | 1316 |
| 38.2.5 | コンパレータ基準電圧選択レジスタ (COMPSEL1) | 1317 |
| 38.3 | 動作説明 | 1318 |
| 38.4 | ノイズフィルタ | 1321 |
| 38.5 | ACMPLP 割り込み | 1322 |
| 38.6 | ELC イベント出力 | 1322 |
| 38.7 | 割り込み処理と ELC リンクの関係 | 1322 |
| 38.8 | コンパレータ端子出力 | 1322 |
| 38.9 | 使用上の注意事項 | 1322 |
| 38.9.1 | モジュールストップ機能の設定 | 1322 |
| 38.9.2 | A/D コンバータとの関係 | 1322 |
| 39. | 8 ビット D/A コンバータ (DAC8) | 1323 |
| 39.1 | 概要 | 1323 |
| 39.2 | レジスタの説明 | 1324 |
| 39.2.1 | D/A 変換値設定レジスタ n (DACSn) (n = 0, 1) | 1324 |
| 39.2.2 | D/A コンバータモードレジスタ (DAM) | 1324 |

| | | |
|----------|--|------|
| 39.3 | 動作説明 | 1325 |
| 39.4 | 使用上の注意事項 | 1325 |
| 39.4.1 | モジュールストップ状態 | 1325 |
| 39.4.2 | モジュールストップ状態での 8 ビット D/A コンバータの動作 | 1325 |
| 39.4.3 | ソフトウェアスタンバイモード時の 8 ビット D/A コンバータの動作 | 1325 |
| 39.4.4 | D/A コンバータを使用しないとき | 1325 |
| 40. | 静電容量式タッチセンシングユニット (CTSUS) | 1326 |
| 40.1 | 概要 | 1326 |
| 40.2 | レジスタの説明 | 1329 |
| 40.2.1 | CTSUS コントロールレジスタ 0 (CTSUCR0) | 1329 |
| 40.2.2 | CTSUS コントロールレジスタ 1 (CTSUCR1) | 1331 |
| 40.2.3 | CTSUS 同期ノイズ低減設定レジスタ (CTSUSDPRS) | 1332 |
| 40.2.4 | CTSUS センサ安定待ち時間コントロールレジスタ (CTSUSST) | 1333 |
| 40.2.5 | CTSUS 計測チャンネルレジスタ 0 (CTSUSMCH0) | 1334 |
| 40.2.6 | CTSUS 計測チャンネルレジスタ 1 (CTSUSMCH1) | 1335 |
| 40.2.7 | CTSUS チャンネルイネーブルコントロールレジスタ 0 (CTSUSCHAC0) | 1335 |
| 40.2.8 | CTSUS チャンネルイネーブルコントロールレジスタ 1 (CTSUSCHAC1) | 1336 |
| 40.2.9 | CTSUS チャンネルイネーブルコントロールレジスタ 2 (CTSUSCHAC2) | 1336 |
| 40.2.10 | CTSUS チャンネルイネーブルコントロールレジスタ 3 (CTSUSCHAC3) | 1337 |
| 40.2.11 | CTSUS チャンネルイネーブルコントロールレジスタ 4 (CTSUSCHAC4) | 1337 |
| 40.2.12 | CTSUS チャンネル送受信コントロールレジスタ 0 (CTSUSCHTRC0) | 1338 |
| 40.2.13 | CTSUS チャンネル送受信コントロールレジスタ 1 (CTSUSCHTRC1) | 1338 |
| 40.2.14 | CTSUS チャンネル送受信コントロールレジスタ 2 (CTSUSCHTRC2) | 1339 |
| 40.2.15 | CTSUS チャンネル送受信コントロールレジスタ 3 (CTSUSCHTRC3) | 1339 |
| 40.2.16 | CTSUS チャンネル送受信コントロールレジスタ 4 (CTSUSCHTRC4) | 1340 |
| 40.2.17 | CTSUS 高域ノイズ低減コントロールレジスタ (CTSUSDCLKC) | 1340 |
| 40.2.18 | CTSUS ステータスレジスタ (CTSUSST) | 1341 |
| 40.2.19 | CTSUS 高域ノイズ低減スペクトラム拡散コントロールレジスタ (CTSUSSSC) | 1343 |
| 40.2.20 | CTSUS センサオフセットレジスタ 0 (CTSUSO0) | 1344 |
| 40.2.21 | CTSUS センサオフセットレジスタ 1 (CTSUSO1) | 1345 |
| 40.2.22 | CTSUS センサカウンタ (CTSUSC) | 1346 |
| 40.2.23 | CTSUS リファレンスカウンタ (CTSUSRC) | 1347 |
| 40.2.24 | CTSUS エラーステータスレジスタ (CTSUSERRS) | 1348 |
| 40.3 | 動作説明 | 1349 |
| 40.3.1 | 計測動作原理 | 1349 |
| 40.3.2 | 計測モード | 1351 |
| 40.3.2.1 | 初期設定フロー | 1352 |
| 40.3.2.2 | ステータスカウンタ | 1353 |
| 40.3.2.3 | 自己容量シングルスキャンモードの動作 | 1354 |
| 40.3.2.4 | 自己容量マルチスキャンモードの動作 | 1356 |
| 40.3.2.5 | 相互容量フルスキャンモードの動作 | 1358 |

| | | |
|----------|---|------|
| 40.3.3 | 複数モードに関わる共通事項 | 1361 |
| 40.3.3.1 | センサ安定待ち時間と計測時間 | 1361 |
| 40.3.3.2 | 割り込み | 1362 |
| 40.4 | 使用上の注意事項 | 1364 |
| 40.4.1 | 計測結果データ (CTSUSC カウンタ、CTSURC カウンタ) | 1364 |
| 40.4.2 | ソフトウェアトリガに対する制限 | 1364 |
| 40.4.3 | 外部トリガに対する制限 | 1364 |
| 40.4.4 | 強制終了に関する制限 | 1364 |
| 40.4.5 | TSCAP 端子 | 1365 |
| 40.4.6 | 計測動作時 (CTSUCR0.CTSUSTRT ビット = 1) の制限 | 1365 |
| 41. | データ演算回路 (DOC) | 1366 |
| 41.1 | 概要 | 1366 |
| 41.2 | レジスタの説明 | 1367 |
| 41.2.1 | DOC コントロールレジスタ (DOCR) | 1367 |
| 41.2.2 | DOC データインプットレジスタ (DODIR) | 1368 |
| 41.2.3 | DOC データ設定レジスタ (DODSR) | 1368 |
| 41.3 | 動作説明 | 1369 |
| 41.3.1 | データ比較モード | 1369 |
| 41.3.2 | データ加算モード | 1370 |
| 41.3.3 | データ減算モード | 1371 |
| 41.4 | イベントリンクコントローラ (ELC) への割り込み要求と出力 | 1371 |
| 41.5 | 使用上の注意事項 | 1371 |
| 41.5.1 | モジュールストップ状態の設定 | 1371 |
| 42. | SRAM | 1372 |
| 42.1 | 概要 | 1372 |
| 42.2 | レジスタの説明 | 1373 |
| 42.2.1 | SRAM パリティエラー検出後動作レジスタ (PARIOAD) | 1373 |
| 42.2.2 | SRAM プロテクトレジスタ (SRAMPRCR) | 1373 |
| 42.2.3 | ECC 動作モードコントロールレジスタ (ECCMODE) | 1374 |
| 42.2.4 | ECC 2 ビットエラーステータスレジスタ (ECC2STS) | 1374 |
| 42.2.5 | ECC 1 ビットエラー情報更新イネーブルレジスタ (ECC1STSEN) | 1375 |
| 42.2.6 | ECC 1 ビットエラーステータスレジスタ (ECC1STS) | 1375 |
| 42.2.7 | ECC プロテクトレジスタ (ECCPRCR) | 1376 |
| 42.2.8 | ECC プロテクトレジスタ 2 (ECCPRCR2) | 1376 |
| 42.2.9 | ECC テストコントロールレジスタ (ECCETST) | 1377 |
| 42.2.10 | SRAM ECC エラー検出後動作レジスタ (ECCOAD) | 1377 |
| 42.3 | 動作説明 | 1378 |
| 42.3.1 | 消費電力低減機能 | 1378 |
| 42.3.2 | ECC 機能 | 1378 |
| 42.3.3 | ECC エラー発生 | 1379 |
| 42.3.4 | ECC デコーダのテスト方法 | 1380 |

| | | |
|----------|--|------|
| 42.3.5 | パリティ計算機能 | 1381 |
| 42.3.6 | SRAM エラー要因 | 1382 |
| 42.3.7 | アクセスサイクル | 1383 |
| 42.4 | 使用上の注意事項 | 1383 |
| 42.4.1 | SRAM 領域からの命令フェッチ | 1383 |
| 42.4.2 | SRAM のストアバッファ | 1383 |
| 43. | フラッシュメモリ | 1384 |
| 43.1 | 概要 | 1384 |
| 43.2 | メモリ構成 | 1386 |
| 43.3 | フラッシュキャッシュ | 1387 |
| 43.3.1 | 概要 | 1387 |
| 43.3.2 | レジスタの説明 | 1388 |
| 43.3.2.1 | フラッシュキャッシュイネーブルレジスタ (FCACHEE) | 1388 |
| 43.3.2.2 | フラッシュキャッシュインバリデートレジスタ (FCACHEIV) | 1388 |
| 43.3.2.3 | データフラッシュコントロールレジスタ (DFLCTL) | 1389 |
| 43.4 | 動作説明 | 1390 |
| 43.4.1 | フラッシュキャッシュ使用における注意 | 1390 |
| 43.5 | フラッシュメモリ関連の動作モード | 1391 |
| 43.5.1 | ID コードプロテクト機能 | 1391 |
| 43.6 | 機能概要 | 1393 |
| 43.6.1 | 構成領域ビットマップ | 1395 |
| 43.6.2 | スタートアップ領域選択 | 1395 |
| 43.6.3 | アクセスウィンドウによるプロテクション | 1396 |
| 43.7 | プログラムコマンド | 1397 |
| 43.8 | サスペンド動作 | 1397 |
| 43.9 | プロテクション機能 | 1397 |
| 43.10 | シリアルプログラミングモード | 1397 |
| 43.10.1 | SCI ブートモード | 1397 |
| 43.10.2 | USB ブートモード | 1398 |
| 43.11 | シリアルプログラマを使用する場合 | 1399 |
| 43.11.1 | シリアルプログラミング | 1399 |
| 43.11.2 | プログラミング環境 | 1399 |
| 43.12 | セルフプログラミング | 1400 |
| 43.12.1 | 概要 | 1400 |
| 43.12.2 | バックグラウンドオペレーション | 1400 |
| 43.13 | フラッシュメモリの読み出し | 1401 |
| 43.13.1 | コードフラッシュメモリの読み出し | 1401 |
| 43.13.2 | データフラッシュメモリの読み出し | 1401 |
| 43.14 | 使用上の注意事項 | 1401 |
| 43.14.1 | イレースを中断した領域 | 1401 |
| 43.14.2 | イレースサスペンドコマンドによる中断 | 1401 |
| 43.14.3 | 追加の書き込みに関する制限 | 1401 |

| | | |
|---------|-------------------------------------|------|
| 43.14.4 | プログラム/イレース中のリセット | 1401 |
| 43.14.5 | プログラム/イレース中に禁止されるノンマスクブル割り込み | 1401 |
| 43.14.6 | プログラム/イレース中における割り込みベクタの配置 | 1402 |
| 43.14.7 | Low-speed モードでのプログラム/イレース | 1402 |
| 43.14.8 | プログラム/イレース中の異常終了 | 1402 |
| 43.14.9 | プログラム/イレース中に禁止の動作 | 1402 |
| 44. | セグメント LCD コントローラ (SLCDC) | 1403 |
| 44.1 | 概要 | 1403 |
| 44.2 | レジスタの説明 | 1405 |
| 44.2.1 | LCD モードレジスタ 0 (LCDM0) | 1405 |
| 44.2.2 | LCD モードレジスタ 1 (LCDM1) | 1406 |
| 44.2.3 | LCD クロックコントロールレジスタ 0 (LCDC0) | 1407 |
| 44.3 | LCD 表示データレジスタ | 1408 |
| 44.4 | LCD 表示データレジスタの選択 | 1409 |
| 44.4.1 | A パターン領域と B パターン領域のデータ表示 | 1409 |
| 44.4.2 | 点滅表示 (A パターン領域と B パターン領域のデータを交互に表示) | 1410 |
| 44.5 | LCD コントローラ/ドライバの設定 | 1411 |
| 44.6 | 動作停止手順 | 1412 |
| 44.7 | LCD 駆動電圧 (VL1、VL2、VL4) の供給 | 1413 |
| 44.7.1 | 外部抵抗分割方式 | 1413 |
| 44.8 | コモン信号とセグメント信号 | 1415 |
| 44.9 | 表示モード | 1420 |
| 44.9.1 | 4 時分割表示例 | 1420 |
| 45. | セキュア暗号エンジン (SCE5) | 1424 |
| 45.1 | 概要 | 1424 |
| 45.2 | 動作説明 | 1426 |
| 45.2.1 | 暗号エンジン | 1426 |
| 45.2.2 | 暗号化と復号 | 1427 |
| 45.3 | 使用上の注意事項 | 1427 |
| 45.3.1 | ソフトウェアスタンバイモード | 1427 |
| 45.3.2 | モジュールストップ機能の設定 | 1427 |
| 46. | Bluetooth Low Energy (BLE) | 1428 |
| 46.1 | 概要 | 1428 |
| 46.2 | 動作説明 | 1431 |
| 46.2.1 | 状態遷移図 | 1431 |
| 46.3 | 割り込み | 1432 |
| 46.4.1 | RF トランシーバ用電源 | 1433 |
| 46.4.2 | 無線規格 | 1434 |
| 46.4.3 | ボード設計上の注意事項 | 1434 |
| 47. | 内部電圧レギュレータ | 1435 |
| 47.1 | 概要 | 1435 |

| | | |
|---------|--|------|
| 47.2 | 動作説明 | 1435 |
| 48. | 電気的特性 | 1436 |
| 48.1 | 絶対最大定格 | 1437 |
| 48.2 | DC 特性 | 1439 |
| 48.2.1 | Tj/Ta の定義 | 1439 |
| 48.2.2 | I/O VIH, V _{IL} | 1439 |
| 48.2.3 | I/O I _{OH} , I _{OL} | 1441 |
| 48.2.4 | I/O V _{OH} , V _{OL} , その他の特性 | 1443 |
| 48.2.5 | 低駆動能力の入出力端子出力特性 | 1445 |
| 48.2.6 | 中駆動能力の入出力端子出力特性 | 1447 |
| 48.2.7 | 中駆動能力の P409 入出力端子出力特性 | 1449 |
| 48.2.8 | IIC 入出力端子出力特性 | 1450 |
| 48.2.9 | 動作電流とスタンバイ電流 | 1451 |
| 48.2.10 | VCC 立ち上がり/立ち下がり勾配とリップル周波数 | 1460 |
| 48.3 | AC 特性 | 1461 |
| 48.3.1 | 周波数 | 1461 |
| 48.3.2 | クロックタイミング | 1464 |
| 48.3.3 | リセットタイミング | 1467 |
| 48.3.4 | ウェイクアップ時間 | 1468 |
| 48.3.5 | NMI/IRQ ノイズフィルタ | 1471 |
| 48.3.6 | I/O ポート、POEG、GPT、AGT、KINT、ADC14 のトリガタイミング | 1472 |
| 48.3.7 | CAC タイミング | 1473 |
| 48.3.8 | SCI タイミング | 1474 |
| 48.3.9 | SPI タイミング | 1479 |
| 48.3.10 | IIC タイミング | 1484 |
| 48.3.11 | CLKOUT タイミング | 1486 |
| 48.4 | USB 特性 | 1487 |
| 48.4.1 | USBFS タイミング | 1487 |
| 48.5 | ADC14 特性 | 1489 |
| 48.6 | DAC12 特性 | 1497 |
| 48.7 | TSN 特性 | 1499 |
| 48.8 | OSC 停止検出特性 | 1499 |
| 48.9 | POR/LVD 特性 | 1500 |
| 48.10 | VBATT 特性 | 1504 |
| 48.11 | CTSU 特性 | 1507 |
| 48.12 | セグメント LCD コントローラ特性 | 1507 |
| 48.12.1 | 抵抗分割方式 | 1507 |
| 48.13 | コンパレータ特性 | 1508 |
| 48.14 | OPAMP 特性 | 1509 |
| 48.15 | フラッシュメモリ特性 | 1510 |
| 48.15.1 | コードフラッシュメモリ特性 | 1510 |
| 48.15.2 | データフラッシュメモリ特性 | 1512 |

| | | |
|---------|--------------------------------|------|
| 48.16 | ジョイントテストアクショングループ (JTAG) | 1513 |
| 48.16.1 | シリアルワイヤデバッグ (SWD) | 1515 |
| 48.17 | BLE 特性 | 1517 |
| 48.17.1 | 送信特性 | 1517 |
| 48.17.2 | 受信特性 (2Mbps) | 1517 |
| 48.17.3 | 受信特性 (1Mbps) | 1518 |
| 48.17.4 | 受信特性 (500kbps) | 1518 |
| 48.17.5 | 受信特性 (125kbps) | 1519 |
| 付録 1. | 各プロセスモードのポート状態 | 1520 |
| 付録 2. | 外形寸法図 | 1522 |
| 付録 3. | I/O レジスタ | 1524 |
| 3.1 | 周辺機能のベースアドレス | 1524 |
| 3.2 | アクセスサイクル | 1526 |
| 3.3 | レジスタの説明 | 1528 |
| 改訂記録 | | 1548 |

高効率48MHz Arm® Cortex®-M4 コア、512KBのコードフラッシュメモリ、96KB SRAM、セグメントLCDコントローラ、静電容量式タッチセンシングユニット、Bluetooth Low Energy、USB2.0 フルスピード、14ビットA/Dコンバータ、12ビットD/Aコンバータ、セキュリティ&セーフティ機能

特長

■ 浮動小数点ユニット (FPU) 内蔵

Arm Cortex-M4 コア

- Armv7E-M アーキテクチャ (DSP 命令セット搭載)
- 最大動作周波数: 48MHz
- 4GB アドレス空間をサポート
- Arm メモリプロテクションユニット (Arm MPU) (8 領域)
- デバッグ&トレース: ITM, DWT, FPB, TPIU, ETB
- CoreSight™ デバッグポート: JTAG-DP および SW-DP

■ メモリ

- 512KB のコードフラッシュメモリ
- 8KB データフラッシュメモリ (最大 100000 回のイレース/ライトサイクル)
- 96KB の SRAM
- フラッシュキャッシュ (FCACHE)
- メモリプロテクションユニット
- メモリミラー機能 (MMF)
- 128 ビットの固有の ID

■ 接続性

- Bluetooth Low Energy (1 チャンネル)
 - Bluetooth5.0に準拠したRFトランシーバおよびLink Layerを内蔵
 - LE 1M PHY、LE 2M PHY、LE Coded PHY (125kbps、500kbps)、LE Advertising Extensions に対応
- Bluetooth 専用 AES-CCM (128 ビット) 暗号回路を内蔵
- USB2.0 フルスピードモジュール (USBFS)
 - オンチップトランシーバ
 - USB バッテリチャージング規格 1.2 に準拠
- シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI) × 4
 - UART
 - 簡易 IIC
 - 簡易 SPI
- シリアルペリフェラルインタフェース (SPI) × 2
- I²C バスインタフェース (IIC) × 2
- コントローラエリアネットワーク (CAN) モジュール

■ アナログ

- 14 ビット A/D コンバータ (ADC14)
- 12 ビット D/A コンバータ (DAC12)
- 8 ビット D/A コンバータ (DAC8) × 2 (ACMPLP 用)
- 低消費電力アナログコンパレータ (ACMPLP) × 2
- オペアンプ (OPAMP) × 1
- 温度センサ (TSN)

■ タイマ

- 32 ビット汎用 PWM タイマ (GPT32) × 4
- 16 ビット汎用 PWM タイマ (GPT16) × 3
- 非同期汎用タイマ (AGT) × 2
- ウォッチドッグタイマ (WDT)

■ セーフティ

- エラーコレクションコード (ECC) 搭載の SRAM
- SRAM のパリティエラー検査
- フラッシュ領域の保護
- ADC 自己診断機能
- クロック周波数精度測定回路 (CAC)
- 巡回冗長検査 (CRC) 演算器
- データ演算回路 (DOC)
- GPT 用のポートアウトプットイネーブル (POEG)
- 独立ウォッチドッグタイマ (IWDT)
- GPIO リードバックレベル検出
- レジスタライトプロテクション

- メインクロック発振器停止検出
- 不正メモリアクセス

■ システムおよびパワーマネジメント

- 低消費電力モード
- カレンダーおよびバッテリーバックアップ対応のリアルタイムクロック (RTC)
- イベントリンクコントローラ (ELC)
- DMA コントローラ (DMAC) × 4
- データトランスファコントローラ (DTC)
- キー割り込み機能 (KINT)
- パワーオンリセット
- 電圧設定が可能な低電圧検出 (LVD)

■ セキュリティおよび暗号化

- AES128/256
- GHASH
- 真性乱数発生器 (TRNG)

■ ヒューマンマシンインタフェース (HMI)

- セグメント LCD コントローラ (SLCDC)
 - 最大 9 セグメント × 4 コモン
- 静電容量式タッチセンシングユニット (CTSU)

■ マルチクロックソース

- メインクロック発振器 (MOSC)
 - (1 ~ 20MHz、VCC = 2.4 ~ 3.6V の場合)
 - (1 ~ 8MHz、VCC = 1.8 ~ 2.4V の場合)
- サブクロック発振器 (SOSC) (32.768kHz)
- 高速オンチップオシレータ (HOCO)
 - (24, 32, 48, 64MHz、VCC = 2.4 ~ 3.6V の場合)
 - (24, 32, 48MHz、VCC = 1.8 ~ 3.6V の場合)
- 中速オンチップオシレータ (MOCO) (8MHz)
- 低速オンチップオシレータ (LOCO) (32.768kHz)
- IWDT 専用オンチップオシレータ (15kHz)
- HOCO/MOCO/LOCO に対するクロックトリム機能
- クロックアウトのサポート

■ 汎用入出力ポート

- 最大 35 本の入出力端子
 - 最大 3 本の CMOS 入力
 - 最大 32 本の CMOS 入出力
 - 最大 4 本の 5V トレラント入出力
 - 最大 1 本の大電流端子 (20mA)

■ 動作電圧

- VCC: 1.8 ~ 3.6V

■ 動作温度およびパッケージ

- Ta = -40 °C ~ +85 °C
 - 56 ピン QFN (7mm × 7mm、0.4mm ピッチ)

1. 概要

本 MCU は、さまざまなシリーズのソフトウェアおよび端子と互換性のある Arm® ベースの 32 ビットコア MCU で構成されています。同じ一連のルネサス周辺デバイスを共有することで、設計の拡張性やプラットフォームベースの製品開発の効率が高まります。

本 MCU は、最大 48MHz で動作する低消費電力で高性能な Arm Cortex®-M4 コアと、以下の各機能を最適な形で組み合わせています。

- 512KB のコードフラッシュメモリ
- 96KB の SRAM
- Bluetooth Low Energy (BLE)
- セグメント LCD コントローラ (SLCDC)
- 静電容量式タッチセンシングユニット (CTSU)
- USB2.0 フルスピードモジュール (USBFS)
- 14 ビット A/D コンバータ (ADC14)
- 12 ビット D/A コンバータ (DAC12)
- セキュリティ機能

1.1 機能の概要

表 1.1 Arm コア

| 機能 | 機能の説明 |
|---------------|--|
| Arm Cortex-M4 | <ul style="list-style-type: none"> • 最高動作周波数 : 48MHz • Arm Cortex-M4 <ul style="list-style-type: none"> - リビジョン : r0p1-01rel0 - Armv7E-M アーキテクチャプロファイル - 単精度浮動小数点ユニット (ANSI/IEEE 規格 754-2008 に準拠) • Arm メモリプロテクションユニット (Arm MPU) <ul style="list-style-type: none"> - Armv7 保護メモリシステムアーキテクチャ - 8つのメモリ保護領域 • SysTick タイマ <ul style="list-style-type: none"> - SYSTICLK (LOCO) または ICLK クロックによる駆動 |

表 1.2 メモリ

| 機能 | 機能の説明 |
|----------------|--|
| コードフラッシュメモリ | 最大 512KB のコードフラッシュメモリ。「43. フラッシュメモリ」を参照してください。 |
| データフラッシュメモリ | 8KB のデータフラッシュメモリ。「43. フラッシュメモリ」を参照してください。 |
| オプション設定メモリ | オプション設定メモリは、MCU のリセット後の状態を決定します。「7. オプション設定メモリ」を参照してください。 |
| メモリミラー機能 (MMF) | MMF を構成することで、コードフラッシュメモリ内のアプリケーションイメージのロードアドレスを、23 ビットの未使用メモリ空間におけるアプリケーションイメージのリンクアドレス (メモリミラー空間アドレス) へミラーすることが可能です。ユーザアプリケーションコードを開発する場合、この MMF 転送先アドレスから実行するようにリンクします。アプリケーションコードでは、コードフラッシュメモリ内に格納されるときにロードアドレスを認識する必要がありません。「5. メモリミラー機能 (MMF)」を参照してください。 |
| SRAM | パリティビットまたは誤り訂正コード (ECC) を備えた高速 SRAM を内蔵しています。ECC 誤り訂正機能は SRAM0 の領域にあります。「42. SRAM」を参照してください。 |

表 1.3 システム (1/2)

| 機能 | 機能の説明 |
|----------------------|---|
| 動作モード | 2種類の動作モード： <ul style="list-style-type: none"> • シングルチップモード • SCI/USBブートモード 「3. 動作モード」を参照してください。 |
| リセット | 14種類のリセット： <ul style="list-style-type: none"> • RES端子リセット • パワーオンリセット • VBATT選択電圧のパワーオンリセット • 独立ウォッチドッグタイマリセット • ウォッチドッグタイマリセット • 電圧監視0リセット • 電圧監視1リセット • SRAMパリティエラーリセット • SRAM ECCエラーリセット • バスマスタMPUエラーリセット • バススレーブMPUエラーリセット • スタックポインタエラーリセット • ソフトウェアリセット 「6. リセット」を参照してください。 |
| 低電圧検出 (LVD) | 低電圧検出 (LVD) 機能は、VCC端子へ入力された電圧レベルを監視します。検出レベルはソフトウェアプログラムで選択できます。「8. 低電圧検出 (LVD)」を参照してください。 |
| クロック | <ul style="list-style-type: none"> • メインクロック発振器 (MOSC) • サブクロック発振器 (SOSC) • 高速オンチップオシレータ (HOCO) • 中速オンチップオシレータ (MOCO) • 低速オンチップオシレータ (LOCO) • PLL周波数シンセサイザ • IWDT専用オンチップオシレータ • Bluetooth専用クロック発振器 • Bluetooth専用低速オンチップオシレータ • クロックアウトのサポート 「9. クロック発生回路」を参照してください。 |
| クロック周波数精度測定回路 (CAC) | クロック周波数精度測定回路 (CAC) は、測定基準として使用するクロック (測定基準クロック) で生成した時間内に、測定対象となるクロック (測定対象クロック) のパルス数をカウントし、パルス数が許容範囲内であるかどうかを判定します。測定が完了した場合、または測定基準クロックで生成した時間内のパルス数が許容範囲内でない場合は、割り込み要求が発生します。「10. クロック周波数精度測定回路 (CAC)」を参照してください。 |
| 割り込みコントローラユニット (ICU) | 割り込みコントローラユニット (ICU) は、NVIC/DTCモジュールとDMACモジュールにリンクされるイベント信号を制御します。また、NMI割り込みも制御します。「14. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。 |
| キー割り込み機能 (KINT) | キー割り込みは、キーリターンモードレジスタ (KRM) を設定し、キー割り込み入力端子に立ち上がりまたは立ち下がりエッジを入力することで発生させることができます。「21. キー割り込み機能 (KINT)」を参照してください。 |
| 低消費電力モード | クロック分周器の設定、モジュールストップ設定、通常動作時の電力制御モード選択、低消費電力モードへの遷移など、さまざまな方法で消費電力を低減できます。「11. 低消費電力モード」を参照してください。 |
| バッテリーバックアップ機能 | バッテリーバックアップ機能により、バッテリーによる部分電力供給が可能です。バッテリー電源領域に含まれるものには、RTC、SOSC、LOCO、ウェイクアップコントロール、バックアップメモリ、VBATT_R低電圧検出、およびVCCとVBATT間の切り替えがあります。正常に動作しているとき、バッテリー電源領域にはメイン電源 (VCC端子) から電力が供給されます。VCC端子に電圧低下が検出されると、電源は専用のバッテリーバックアップ用電源端子 (VBATT端子) に切り替わります。再び電圧が上昇すると、電源は再びVBATT端子からVCC端子へ切り替わります。「12. バッテリーバックアップ機能」を参照してください。 |
| レジスタライトプロテクション | レジスタライトプロテクション機能は、ソフトウェアエラーによって重要なレジスタが書き換えられないように保護します。「13. レジスタライトプロテクション」を参照してください。 |

表 1.3 システム (2/2)

| 機能 | 機能の説明 |
|----------------------|---|
| メモリプロテクションユニット (MPU) | メモリ保護のために4つのメモリプロテクションユニット (MPU) とCPUスタックポインタモニタ機能が備えられています。「16. メモリプロテクションユニット (MPU) 」を参照してください。 |
| ウォッチドッグタイマ (WDT) | ウォッチドッグタイマ (WDT) は14ビットのダウンカウンタです。システムが暴走してWDTをリフレッシュできないためにカウンタがアンダーフローした場合、本MCUをリセットするために使用できます。さらに、アンダーフローによって、ノンマスカブル割り込みまたは割り込みを発生させることも可能です。カウンタのリフレッシュには、リフレッシュ許可期間を設定することができ、この許可期間を暴走検知の条件として使用できます。「26. ウォッチドッグタイマ (WDT) 」を参照してください。 |
| 独立ウォッチドッグタイマ (IWDT) | 独立ウォッチドッグタイマ (IWDT) は14ビットのダウンカウンタで構成されます。このカウンタはアンダーフロー防止のため周期的に動作させる必要があります。IWDTには、本MCUをリセットする機能や、タイマのアンダーフローに備えて割り込み/ノンマスカブル割り込みを生成する機能があります。タイマは独立した専用のクロックソースで動作するため、システムが暴走したとき、本MCUをフェールセーフ機構と呼ばれる状態に戻すことに特に役立ちます。独立ウォッチドッグタイマ (IWDT) は、リセット、アンダーフロー、リフレッシュエラー時に自動的に起動します。あるいはレジスタのカウンタ値のリフレッシュによっても起動します。「27. 独立ウォッチドッグタイマ (IWDT) 」を参照してください。 |

表 1.4 イベントリンク

| 機能 | 機能の説明 |
|---------------------|---|
| イベントリンクコントローラ (ELC) | イベントリンクコントローラ (ELC) は、各周辺モジュールで発生する割り込み要求をイベント信号として使用し、それらを異なるモジュールに接続することにより、CPUを介さずにモジュール間の直接的な相互作用を可能にします。「19. イベントリンクコントローラ (ELC) 」を参照してください。 |

表 1.5 ダイレクトメモリアクセス

| 機能 | 機能の説明 |
|-----------------------|--|
| データトランスファコントローラ (DTC) | データトランスファコントローラ (DTC) モジュールは割り込み要求による起動時に、データ転送を行います。「18. データトランスファコントローラ (DTC) 」を参照してください。 |
| DMAコントローラ (DMAC) | 4チャネルのDMAコントローラ (DMAC) モジュールは、CPUを介さずにデータ転送が可能です。DMA転送要求が発生すると、DMACは転送元アドレスに格納されているデータを転送先アドレスへ転送します。「17. DMAコントローラ (DMAC) 」を参照してください。 |

表 1.6 タイマ

| 機能 | 機能の説明 |
|----------------------------|--|
| 汎用PWMタイマ (GPT) | 汎用PWMタイマ (GPT) は、4チャネルの32ビットタイマの場合と、3チャネルの16ビットタイマの場合があります。PWM波形は、アップカウンタ、ダウンカウンタ、またはアップダウンカウンタを制御することで発生させることができます。さらに、ブラシレスDCモータ制御用のPWM波形を発生させることもできます。GPTは汎用タイマとしても使用可能です。「23. 汎用PWMタイマ (GPT) 」を参照してください。 |
| GPT用のポートアウトプットイネーブル (POEG) | 汎用PWMタイマ (GPT) の出力端子を出力禁止状態とするには、GPT用のポートアウトプットイネーブル (POEG) 機能を使用します。「22. GPT用ポートアウトプットイネーブル (POEG) 」を参照してください。 |
| 非同期汎用タイマ (AGT) | 非同期汎用タイマ (AGT) は、パルスの出力、外部パルスの幅または周期の測定、および外部イベントのカウンタに利用可能な16ビットタイマです。この16ビットタイマは、リロードレジスタとダウンカウンタで構成されます。これらのリロードレジスタとダウンカウンタは、同一アドレスに配置され、AGTレジスタでアクセスが可能です。「24. 非同期汎用タイマ (AGT) 」を参照してください。 |
| リアルタイムクロック (RTC) | リアルタイムクロック (RTC) は、カレンダーカウントモードとバイナリカウントモードの2種類のカウントモードを持ちます。これらはレジスタ設定で制御されます。カレンダーカウントモードでは、RTCは2000年から2099年までの100年間のカレンダーを内蔵しており、うるう年を自動調整します。バイナリカウントモードでは、RTCは秒をカウントし、その情報をシリアル値として保持します。バイナリカウントモードは、西暦以外のカレンダーに利用可能です。「25. リアルタイムクロック (RTC) 」を参照してください。 |

表 1.7 通信インタフェース

| 機能 | 機能の説明 |
|-------------------------------------|--|
| シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI) | シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI) は、下記の5種類の調歩同期式および同期式シリアルインタフェースとして設定が可能です。 <ul style="list-style-type: none"> 調歩同期式インタフェース (UART および調歩同期式通信インタフェースアダプタ (ACIA)) 8ビットクロック同期式インタフェース 簡易IIC (マスタのみ) 簡易SPI スマートカードインタフェース スマートカードインタフェースは、電子信号と伝送プロトコルに関してISO/IEC 7816-3規格に準拠しています。 SCI0およびSCI1はFIFOバッファを内蔵しており、連続した全二重通信が可能です。また、内蔵のボーレートジェネレータを用いて、データの転送速度を個別に設定することが可能です。「29. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)」を参照してください。 |
| I ² Cバスインタフェース (IIC) | 2チャンネルI ² Cバスインタフェース (IIC) モジュールは、NXP社が提唱するI ² Cバス (Inter-Integrated Circuit Bus) インタフェース機能に準拠しており、そのサブセット機能を提供しています。「30. I ² Cバスインタフェース (IIC)」を参照してください。 |
| シリアルペリフェラルインタフェース (SPI) | 独立した2つのシリアルペリフェラルインタフェース (SPI) チャンネルによって、複数のプロセッサおよび周辺デバイスとの高速な全二重同期式シリアル通信が可能です。「32. シリアルペリフェラルインタフェース (SPI)」を参照してください。 |
| CAN (Controller Area Network) モジュール | CAN (Controller Area Network) モジュールは、電磁ノイズの多い応用機器において、複数のスレーブ・マスタ間でメッセージベースのプロトコルを用いたデータの送受信機能を提供します。 CANモジュールは、ISO 11898-1 (CAN 2.0A/CAN 2.0B) 規格に準拠しており、通常のメールボックスモードおよびFIFOモードを送信用に設定可能な最大32個のメールボックスをサポートしています。標準 (11ビット) と拡張 (29ビット) の両方のメッセージフォーマットに対応しています。「31. CAN (Controller Area Network) モジュール」を参照してください。 |
| USB2.0フルスピードモジュール (USBFS) | USB2.0フルスピードモジュール (USBFS) は、ホストコントローラまたはデバイスコントローラとして動作可能です。本モジュールは、ユニバーサルシリアルバス規格2.0のフルスピード転送とロースピード転送 (ホストコントローラのみ) に対応しています。また、USBトランシーバを内蔵しており、ユニバーサルシリアルバス規格2.0で定義されている全転送タイプに対応しています。 データ転送用にバッファメモリを内蔵し、最大10本のパイプを使用できます。 パイプ1~9に対しては、通信を行う周辺デバイスやユーザシステムに合わせて任意のエンドポイント番号の割り付けが可能です。 本MCUは、バッテリーチャージング規格のリビジョン1.2に準拠しています。「28. USB2.0フルスピードモジュール (USBFS)」を参照してください。 |
| Bluetooth low energy (BLE) | <ul style="list-style-type: none"> Bluetooth 5.0 Low Energyの仕様に準拠したRFトランシーバおよびリンク層 ビットレート : 1Mbps, 2Mbps, 500kbps, 125kbps LE Advertising Extensions RFトランシーバ電源供給を含む (DC-DCコンバータとリニアレギュレータを選択可能) 外部部品削減のためのオンチップマッチング回路 送信電力 : +4dBmをサポート |

表 1.8 アナログ

| 機能 | 機能の説明 |
|-------------------------------|--|
| 14ビットA/Dコンバータ (ADC14) | 逐次比較方式の14ビットA/Dコンバータを内蔵しています。アナログ入力チャネルは最大8チャネルまで選択可能です。変換には温度センサ出力と内部基準電圧を選択できます。A/D変換精度には12ビット変換と14ビット変換が選択可能であり、デジタル値生成における速度と分解能のバランスを最適化できます。「34. 14ビットA/Dコンバータ (ADC14)」を参照してください。 |
| 12ビットD/Aコンバータ (DAC12) | 出力アンプ付きの12ビットD/Aコンバータ (DAC12) です。「35. 12ビットD/Aコンバータ (DAC12)」を参照してください。 |
| 8ビットD/Aコンバータ (DAC8) (ACMPLP用) | 出力アンプなしの8ビットD/Aコンバータ (DAC8) です。DAC8はACMPLPの基準電圧としてのみ使用します。「39. 8ビットD/Aコンバータ (DAC8)」を参照してください。 |
| 温度センサ (TSN) | デバイス動作の信頼性確保のため、内蔵の温度センサでダイ温度の測定と監視が可能です。このセンサはダイ温度に正比例した電圧を出力するため、ダイ温度と出力電圧はリニアな関係にあります。出力された電圧はADC14で変換されてから、末端の応用機器で使用できます。「36. 温度センサ (TSN)」を参照してください。 |
| 低消費電力アナログコンパレータ (ACMPLP) | 低消費電力アナログコンパレータ (ACMPLP) は、基準入力電圧とアナログ入力電圧を比較します。比較結果はソフトウェアで読み取ることも、外部に出力することもできます。基準入力電圧は、CMPREFi (i = 0, 1) 端子への入力、内部8ビットD/Aコンバータ出力、またはMCU内部に生成された内部基準電圧 (Vref) から選択できます。ACMPLPの応答速度は、動作開始前に設定可能です。高速モードを設定すると、応答遅延時間が短くなりますが、電流消費は増加します。低速モードを設定すると、応答遅延時間が長くなりますが、電流消費は低減します。「38. 低消費電力アナログコンパレータ (ACMPLP)」を参照してください。 |
| オペアンプ (OPAMP) | オペアンプ (OPAMP) は、小さいアナログ入力電圧を増幅してその増幅電圧の出力が可能です。入力端子2つと出力端子1つを備えた差動オペアンプユニットが搭載されています。「37. オペアンプ (OPAMP)」を参照してください。 |

表 1.9 ヒューマンマシンインタフェース

| 機能 | 機能の説明 |
|---------------------------|--|
| セグメントLCDコントローラ (SLCDC) | SLCDCには下記の機能があります。 <ul style="list-style-type: none"> • A波形またはB波形の選択が可能 • LCD駆動電圧生成回路は外部抵抗分割方式を使用 • 表示データレジスタの自動読み出しによるセグメント信号とコモン信号の自動出力 • LCDの点滅が可能 「44. セグメントLCDコントローラ (SLCDC)」を参照してください。 |
| 静電容量式タッチセンシングユニット (CTSUS) | 静電容量式タッチセンシングユニット (CTSUS) は、タッチセンサの静電容量を測定します。ソフトウェアで静電容量の変化を判定することによって、指などがタッチセンサに接触したことを検出できます。通常、タッチセンサの電極表面は電気絶縁体で覆われており、指が電極に直接接触することはありません。「40. 静電容量式タッチセンシングユニット (CTSUS)」を参照してください。 |

表 1.10 データ処理

| 機能 | 機能の説明 |
|------------------|---|
| 巡回冗長検査 (CRC) 演算器 | 巡回冗長検査 (CRC) 演算器は、CRCコードを生成してデータエラーを検出します。LSBファーストまたはMSBファーストでの通信用に、CRC演算結果のビットオーダを切り替えることができます。さらに、いくつかのCRC生成多項式が利用可能です。スヌープ機能により、特定のアドレスに対する読み出しと書き込みをモニタできます。この機能は、シリアル送信バッファへの書き込みとシリアル受信バッファからの読み出しをモニタする場合など、特定のイベントでCRCコードの自動生成が必要となるアプリケーションで役立ちます。「33. 巡回冗長検査 (CRC) 演算器」を参照してください。 |
| データ演算回路 (DOC) | データ演算回路 (DOC) は、16ビットのデータを比較、加算、または減算する機能です。「41. データ演算回路 (DOC)」を参照してください。 |

表 1.11 セキュリティ

| 機能 | 機能の説明 |
|----------------------|--|
| セキュアクリプトエンジン5 (SCE5) | <ul style="list-style-type: none">• セキュリティアルゴリズム：<ul style="list-style-type: none">- 対称暗号方式：AES• その他のサポート機能：<ul style="list-style-type: none">- TRNG（真性乱数発生器）- ハッシュ値生成：GHASH |

1.2 ブロック図

図 1.1 に、本 MCU のスーパーセットのブロック図を示します。グループ内の個々のデバイスは、その機能のサブセットを持つ場合があります。

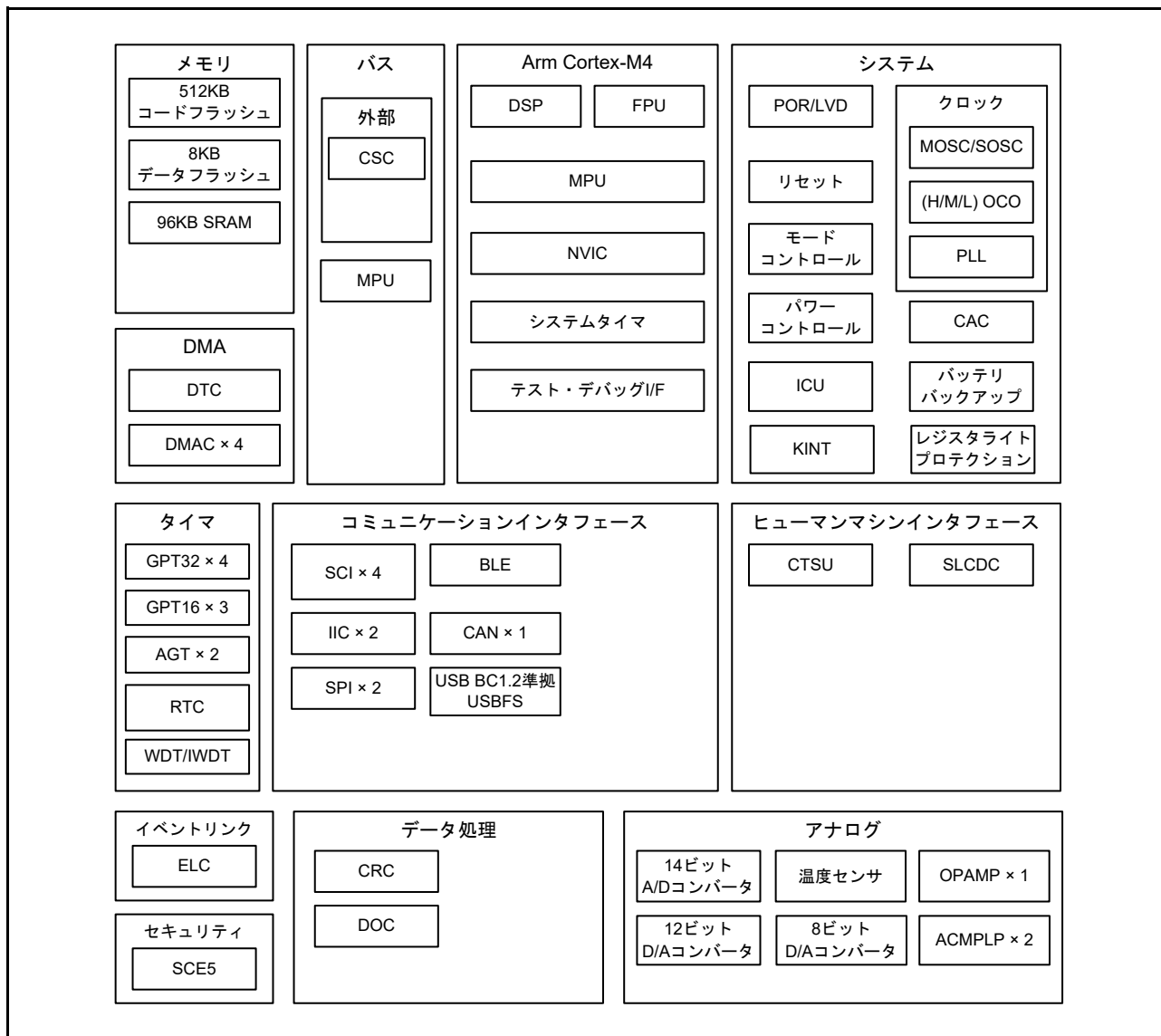


図 1.1 ブロック図

1.3 型名

図 1.2 に、メモリ容量およびパッケージタイプを含む製品型名情報を示します。表 1.12 に製品一覧を示します。

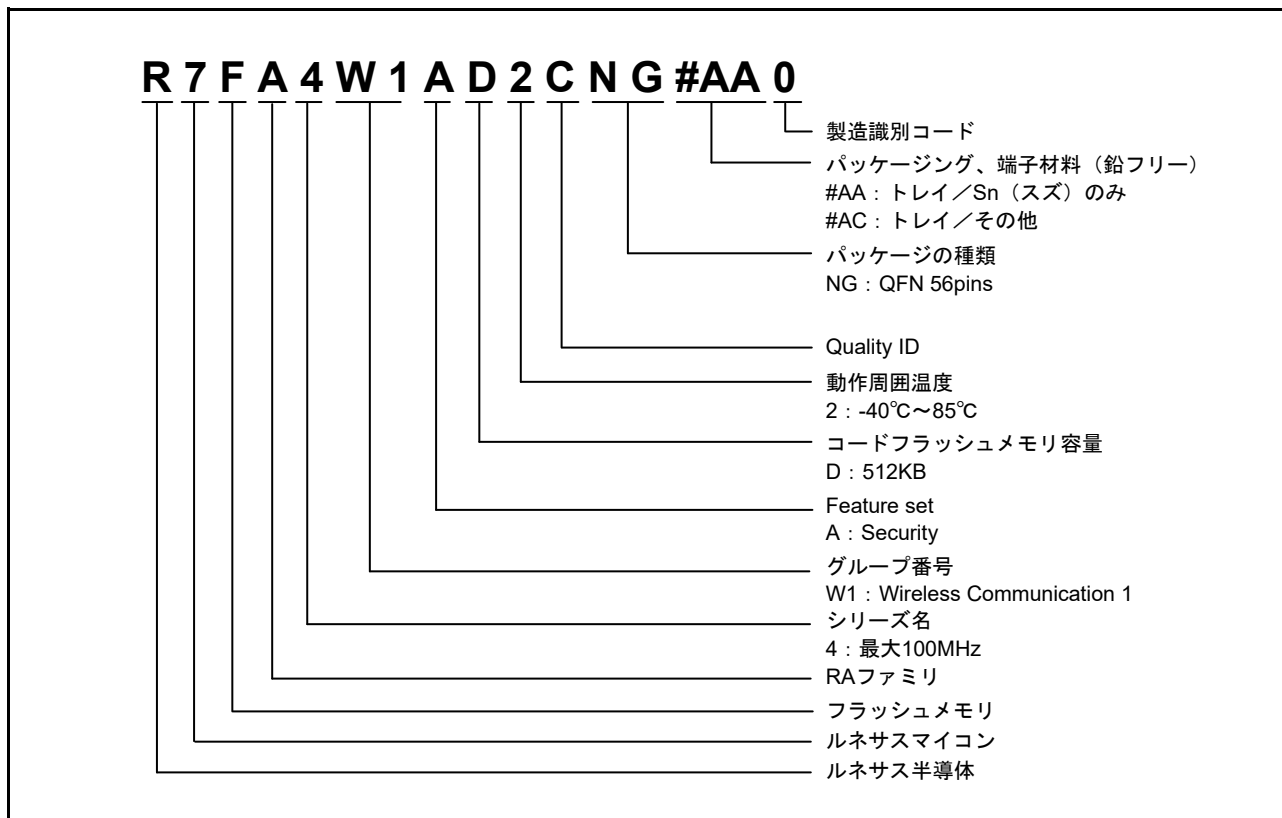


図 1.2 型名の読み方

表 1.12 製品一覧

| 製品型名 | オーダー用型名 | コードフラッシュ | データフラッシュ | SRAM | 動作温度 |
|---------------|-------------------|----------|----------|------|--------------|
| R7FA4W1AD2CNG | R7FA4W1AD2CNG#AA0 | 512KB | 8KB | 96KB | -40 ~ +85 °C |

1.4 機能の比較

表 1.13 機能の比較

| 型名 | | R7FA4W1AD2CNG |
|-------------|------------|-----------------------------------|
| 端子総数 | | 56 |
| パッケージ | | QFN |
| コードフラッシュメモリ | | 512KB |
| データフラッシュメモリ | | 8KB |
| SRAM | | 96KB |
| | パリティ | 80KB |
| | ECC | 16KB |
| システム | | |
| | CPUクロック | 48MHz |
| | バックアップレジスタ | 512バイト |
| | ICU | あり |
| | KINT | 8 |
| イベントコントロール | | ELC |
| | ELC | あり |
| DMA | | |
| | DTC | あり |
| | DMAC | 4 |
| タイマ | | |
| | GPT32 | 4 |
| | GPT16 | 3 |
| | AGT | 2 |
| | RTC | あり |
| | WDT/IWDT | あり |
| 通信 | | |
| | SCI | 6 |
| | IIC | 2 |
| | SPI | 2 |
| | CAN | 1 |
| | USBFS | あり |
| | BLE | Bluetooth5.0準拠RFトランシーバ、Link Layer |
| アナログ | | |
| | ADC14 | 8 |
| | DAC12 | 1 |
| | DAC8 | 2 |
| | ACMPLP | 2 |
| | OPAMP | 1 |
| | TSN | あり |
| HMI | | |
| | SLCDC | 4com × 9seg |
| | CTSU | 11 |
| データ処理 | | |
| | CRC | あり |
| | DOC | あり |
| セキュリティ | | SCE5 |

1.5 端子機能

| 機能 | 端子名 | 入出力 | 説明 | |
|--------------|--|----------------|---|------------------|
| 電源 | VCC | 入力 | 電源端子。システムの電源に接続してください。この端子は0.1μFのコンデンサを介してVSSに接続してください。コンデンサは端子近くに配置してください。 | |
| | VCL | 入力 | この端子は、内部電源を安定化するための平滑コンデンサを介してVSS端子に接続してください。コンデンサは端子近くに配置してください。 | |
| | VSS | 入力 | グラウンド端子。システムの電源（0V）に接続してください。 | |
| | VBATT | 入力 | バックアップ電源端子 | |
| クロック | XTAL | 出力 | 水晶振動子用の接続端子。EXTAL端子を通じて外部クロック信号の入力が可能です。 | |
| | EXTAL | 入力 | | |
| | XCIN | 入力 | サブクロック発振器用の入出力端子。XCOUTとXCINの間には、水晶振動子を接続してください。 | |
| | XCOUT | 出力 | | |
| | CLKOUT_RF | 出力 | 4MHz、2MHz、1MHz Bluetooth専用クロック出力 | |
| | XTAL1_RF | 入力 | Bluetooth専用発振子接続端子。32MHzの発振子を接続してください。 | |
| | XTAL2_RF | 出力 | | |
| | CLKOUT | 出力 | クロック出力端子 | |
| 動作モードコントロール | MD | 入力 | 動作モード設定用の端子。これらの端子の信号レベルは、リセット解除時の動作モードの遷移中に変更しないでください。 | |
| システム制御 | RES | 入力 | リセット信号入力端子。本端子がLowになると、本MCUはリセット状態となります。 | |
| CAC | CACREF | 入力 | 測定基準クロックの入力端子 | |
| インタラプト | NMI | 入力 | ノンマスクابل割り込み要求端子 | |
| | IRQ0~IRQ4, IRQ6, IRQ7, IRQ9, IRQ11, IRQ14, IRQ15 | 入力 | マスクابل割り込み要求端子 | |
| KINT | KR00~KR07 | 入力 | キー割り込みは、キー割り込み入力端子に立ち下がりエッジを入力することで生成することが可能です。 | |
| オンチップデバッグ | TMS | 入出力 | オンチップエミュレータ用端子 | |
| | TDI | 入力 | | |
| | TCK | 入力 | | |
| | TDO | 出力 | | |
| | SWDIO | 入出力 | シリアルワイヤデバッグデータの入出力端子 | |
| | SWCLK | 入力 | シリアルワイヤクロック端子 | |
| | SWO | 出力 | シリアルワイヤトレース出力端子 | |
| バッテリーバックアップ | VBATWIO0 | 入出力 | VBATTウェイクアップコントロール機能用のウェイクアップ信号出力 VBATTウェイクアップコントロール機能用の外部イベント入力 | |
| GPT | GTETRGA, GTETRGB | 入力 | 外部トリガ入力端子 | |
| | GTIO0A~GTIO5A, GTIO8A, GTIO0B~GTIO5B, GTIO8B | 入出力 | インプットキャプチャ、アウトプットキャプチャ、またはPWM出力端子 | |
| | GTIU | 入力 | ホールセンサ入力端子U | |
| | GTIV | 入力 | ホールセンサ入力端子V | |
| | GTIW | 入力 | ホールセンサ入力端子W | |
| | GTOUUP | 出力 | BLDCモータ制御用3相PWM出力（正相U相） | |
| | GTOULO | 出力 | BLDCモータ制御用3相PWM出力（逆相U相） | |
| | GTOVUP | 出力 | BLDCモータ制御用3相PWM出力（正相V相） | |
| | GTOVLO | 出力 | BLDCモータ制御用3相PWM出力（逆相V相） | |
| | GTOWUP | 出力 | BLDCモータ制御用3相PWM出力（正相W相） | |
| | GTOWLO | 出力 | BLDCモータ制御用3相PWM出力（逆相W相） | |
| | AGT | AGTEE0, AGTEE1 | 入力 | 外部イベント入力 |
| | | AGTIO0, AGTIO1 | 入出力 | 外部イベント入力およびパルス出力 |
| AGTO0, AGTO1 | | 出力 | パルス出力 | |
| AGTOB0 | | 出力 | 出力コンペアマッチB出力 | |

| 機能 | 端子名 | 入出力 | 説明 |
|----------|--|-----|--|
| RTC | RTCOOUT | 出力 | 1Hz/64Hzのクロック出力端子 |
| | RTCIC0, RTCIC2 | 入力 | 時間キャプチャイベント入力端子 |
| SCI | SCK0, SCK1, SCK4, SCK9 | 入出力 | クロック用の入出力端子 (クロック同期モード) |
| | RXD0, RXD1, RXD4, RXD9 | 入力 | 受信データ用の入力端子 (調歩同期モード/クロック同期モード) |
| | TXD0, TXD1, TXD4, TXD9 | 出力 | 送信データ用の出力端子 (調歩同期モード/クロック同期モード) |
| | CTS0_RTS0, CTS1_RTS1, CTS4_RTS4, CTS9_RTS9 | 入出力 | 送受信の開始制御用の入出力端子 (調歩同期モード/クロック同期モード)、アクティブLow |
| | SCL0, SCL1, SCL4, SCL9 | 入出力 | I ² Cクロック用の入出力端子 (簡易IIC) |
| | SDA0, SDA1, SDA4, SDA9 | 入出力 | I ² Cデータ用の入出力端子 (簡易IIC) |
| | SCK0, SCK1, SCK4, SCK9 | 入出力 | クロック用の入出力端子 (簡易SPI) |
| | MISO0, MISO1, MISO4, MISO9 | 入出力 | データのスレーブ送信用の入出力端子 (簡易SPI) |
| | MOSI0, MOSI1, MOSI4, MOSI9 | 入出力 | データのマスタ送信用の入出力端子 (簡易SPI) |
| | SS0, SS1, SS4, SS9 | 入力 | スレーブ選択入力端子 (簡易SPI)、アクティブLow |
| IIC | SCL0~SCL1 | 入出力 | クロック用の入出力端子 |
| | SDA0~SDA1 | 入出力 | データ用の入出力端子 |
| SPI | RSPCKA, RSPCKB | 入出力 | クロック入出力端子 |
| | MOSIA, MOSIB | 入出力 | マスタから出力されたデータの入出力 |
| | MISOA, MISOB | 入出力 | スレーブから出力されたデータの入出力 |
| | SSLA0, SSLB0 | 入出力 | スレーブ選択用の入出力端子 |
| | SSLA1, SSLA2, SSLA3, SSLB1, SSLB3 | 出力 | スレーブ選択用の出力端子 |
| CAN | CRX0 | 入力 | 受信データ |
| | CTX0 | 出力 | 送信データ |
| USBFS | VSS_USB | 入力 | グラウンド端子 |
| | VCC_USB_LDO | 入力 | USBトランシーバ用の電源端子。 VCC_USBと同じ電圧を印可してください。 |
| | VCC_USB | 入出力 | 入力: USBトランシーバ用の電源端子 |
| | USB_DP | 入出力 | USB内蔵トランシーバD+入出力端子。この端子はUSBバスのD+端子に接続してください。 |
| | USB_DM | 入出力 | USB内蔵トランシーバD-入出力端子。この端子はUSBバスのD-端子に接続してください。 |
| | USB_VBUS | 入力 | USBケーブル接続モニタ端子。USBバスのVBUSに接続してください。 デバイスコントローラ機能選択時のVBUSの接続/切断を検出することが可能です。 |
| | USB_VBUSEN | 出力 | 外部電源チップへのVBUS (5V) 供給許可信号 |
| | USB_OVRCURA, USB_OVRCURB | 入力 | 外部オーバーカレント検出信号を接続してください。 |
| アナログ電源 | AVCC0 | 入力 | アナログ部の電源端子 |
| | AVSS0 | 入力 | アナログ部の電源グラウンド端子 |
| | VREFH0 | 入力 | 基準電源端子 |
| | VREFL0 | 入力 | 基準電源グラウンド端子 |
| ADC14 | AN004~AN006, AN009, AN010, AN017, AN019, AN020 | 入力 | A/Dコンバータで処理されるアナログ信号用の入力端子 |
| | ADTRG0 | 入力 | A/D変換を開始する外部トリガ信号用の入力端子、アクティブLow |
| DAC12 | DA0 | 出力 | D/Aコンバータのアナログ出力端子 |
| コンパレータ出力 | VCOUT | 出力 | コンパレータ出力端子 |

| 機能 | 端子名 | 入出力 | 説明 |
|----------------------|---|-----|---|
| ACMPLP | CMPREF0, CMPREF1 | 入力 | 基準電圧入力端子 |
| | CMPIN0, CMPIN1 | 入力 | アナログ電圧入力端子 |
| OPAMP | AMP2+ | 入力 | アナログ電圧入力端子 |
| | AMP2- | 入力 | アナログ電圧入力端子 |
| | AMP2O | 出力 | アナログ電圧出力端子 |
| CTSU | TS00, TS01, TS03, TS10, TS12, TS13, TS18, TS28, TS30, TS31, TS34 | 入力 | 静電容量式タッチ検出端子（タッチ端子） |
| | TSCAP | — | タッチドライバ用の二次電源端子 |
| I/Oポート | P004, P010, P011, P014, P015 | 入出力 | 汎用入出力端子 |
| | P100～P111 | 入出力 | 汎用入出力端子 |
| | P200 | 入力 | 汎用入力端子 |
| | P201, P204～P206, P212, P213 | 入出力 | 汎用入出力端子 |
| | P214, P215 | 入力 | 汎用入力端子 |
| | P300 | 入出力 | 汎用入出力端子 |
| | P402, P404, P407, P409, P414 | 入出力 | 汎用入出力端子 |
| | P501 | 入出力 | 汎用入出力端子 |
| | P914, P915 | 入出力 | 汎用入出力端子 |
| SLCDC | VL1, VL2, VL4 | 入出力 | LCD駆動用の電圧端子 |
| | COM0～COM3 | 出力 | LCDコントローラ／ドライバ用のコモン信号出力端子 |
| | SEG6, SEG9, SEG11, SEG12, SEG20, SEG23, SEG49, SEG52, SEG53 | 出力 | LCDコントローラ／ドライバ用のセグメント信号出力端子 |
| Bluetooth low energy | ANT | 入出力 | RFトランシーバのRF単一入出力端子 (信号ラインは50Ωインピーダンスにしてください) |
| | DCLOUT | 出力 | RFトランシーバ用電源出力端子 |
| | DCLIN_A | 入力 | RFトランシーバ用電源出力接続端子 |
| | DCLIN_D | 入力 | RFトランシーバ用電源出力接続端子 |
| | VCC_RF | 入力 | RFトランシーバ用電源端子 |
| | AVCC_RF | 入力 | RFトランシーバ用電源端子 |
| | VSS_RF | 入力 | RFトランシーバ用グランド端子 |

1.6 ピン配置図

図 1.3 にピン配置図を示します。

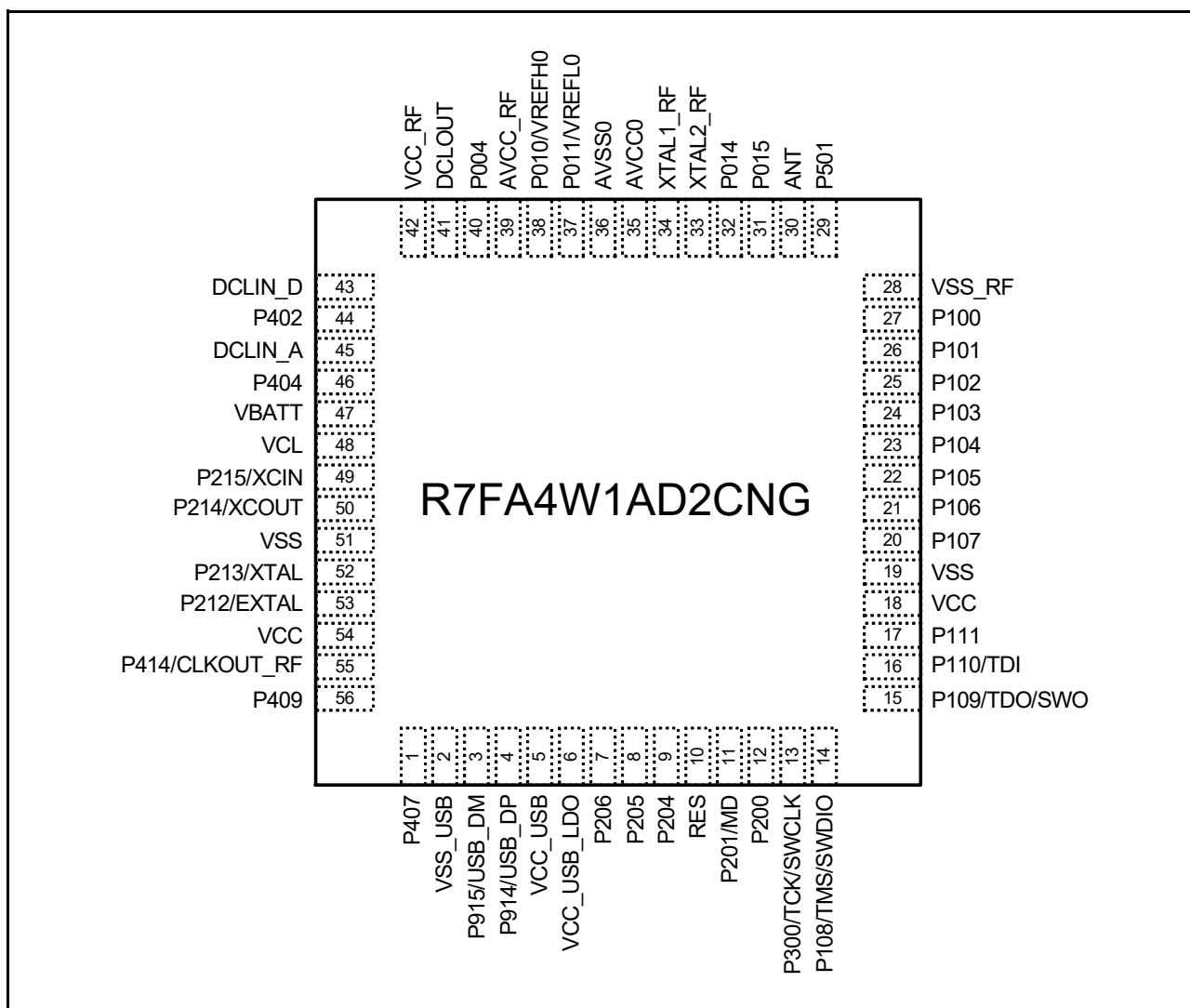


図 1.3 56-pin QFN のピン配置図（上面透視図）

注 . VSS_RF は exposed die pad 端子です。
 詳細は「2. 外形寸法図」を参照してください。

1.7 端子一覧

| ピン番号 | QFN56 | 電源、システム、クロック、デバッグ、CAC、VBATT | インタラプト | I/Oポート | タイマ | | | | 通信インターフェース | | | | | | アナログ | | | HMI | |
|------|-----------------|-----------------------------|------------|--------|--------|---------------|---------|--------------|-----------------------------------|----------------|--------|--------|---------------|------|---------|--------------|--------|-------|------|
| | | | | | AGT | GPT_OPS, POEG | GPT | RTCOUT | USB_VBUS | USBFS, CAN | SCI | IIC | SPI | RF | ADC14 | DAC12, OPAMP | ACMP1P | SLDC | CTSU |
| 1 | | | | P407 | AGTIO0 | | | | USB_VBUS | CTS4_RT S4/SS4 | SDA0 | SSLB3 | | | ADTRG0 | | | SEG11 | TS3 |
| 2 | VSS_USB | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | P915 | | | | | USB_DM | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | P914 | | | | | USB_DP | | | | | | | | | | |
| 5 | VCC_USB | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | VCC_USB_LDO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | IRQ0 | P206 | | GTIU | | USB_VBUS EN | RXD4/ MISO4/ SCL4 | SDA1 | SSLB1 | | | | | | SEG12 | TS1 | |
| 8 | CLKOUT | | IRQ1 | P205 | AGTO1 | GTIV | GTIOC4A | USB_OVRC URA | TXD4/ MOSI4/ SDA4/ CTS9_RT S9/SS9 | SCL1 | SSLB0 | | | | | | SEG20 | TSCAP | |
| 9 | CACREF | | | P204 | AGTO1 | GTIW | GTIOC4B | USB_OVRC URB | SCK4/ SCK9 | SCL0 | RSPCKB | | | | | | SEG23 | TS0 | |
| 10 | RES | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | MD | | | P201 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | NMI | P200 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | TCK/ SWCLK | | | P300 | | GTOUUP | GTIOC0A | | | | SSLB1 | | | | | | | | |
| 14 | TMS/ SWDIO | | | P108 | | GTOULO | GTIOC0B | | CTS9_RT S9/SS9 | | SSLB0 | | | | | | | | |
| 15 | TDO/SWO/ CLKOUT | | | P109 | | GTOVUP | GTIOC1A | CTX0 | SCK1/ TXD9/ MOSI9/ SDA9 | | MOSIB | | | | | | SEG52 | TS10 | |
| 16 | TDI | | IRQ3 | P110 | | GTOVLO | GTIOC1B | CRX0 | RXD9/ MISO9/ SCL9 | | MISOB | | | VCOU | | | SEG53 | | |
| 17 | | | IRQ4 | P111 | | | GTIOC3A | | SCK9 | | RSPCKB | | | | | | | TS12 | |
| 18 | VCC | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | VSS | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | KR07 | P107 | | | GTIOC8A | | | | | | | | | | | COM3 | |
| 21 | | | KR06 | P106 | | | GTIOC8B | | | | SSLA3 | | | | | | | COM2 | |
| 22 | | | KR05/ IRQ0 | P105 | | GTETRGA | GTIOC1A | | | | SSLA2 | | | | | | | COM1 | TS34 |
| 23 | | | KR04/ IRQ1 | P104 | | GTETRGB | GTIOC1B | | RXD0/ MISO0/ SCL0 | | SSLA1 | | | | | | | COM0 | TS13 |
| 24 | | | KR03 | P103 | | GTOUUP | GTIOC2A | CTX0 | CTS0_RT S0/SS0 | | SSLA0 | | AN019 | | CMPREF1 | | VL4 | | |
| 25 | | | KR02 | P102 | AGTO0 | GTOVLO | GTIOC2B | CRX0 | SCK0 | | RSPCKA | | AN020/ ADTRG0 | | CMPIN1 | | | | |
| 26 | | | KR01/ IRQ1 | P101 | AGTEE0 | GTETRGB | GTIOC5A | | TXD0/ MOSI0/ SDA0/ CTS1_RT S1/SS1 | SDA1 | MOSIA | | | | CMPREF0 | | VL2 | | |
| 27 | | | KR00/ IRQ2 | P100 | AGTIO0 | GTETRGA | GTIOC5B | | RXD0/ MISO0/ SCL0/ SCK1 | SCL1 | MISOA | | | | CMPIN0 | | VL1 | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | VSS_RF | | | | | | | |
| 29 | | | IRQ11 | P501 | AGTOB0 | GTIV | GTIOC2B | USB_OVRC URA | | | | | AN017 | | CMPIN1 | SEG49 | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | ANT | | | | | | | |

| ピン番号 | QFN56 | 電源、システム、クロック、デバッグ、CAC、VBATT | インタラプト | I/Oポート | タイマ | | | | 通信インタフェース | | | | | アナログ | | | HMI | | |
|------|----------|-----------------------------|--------|-------------------|---------|---------------|--------|------|-------------------------|-----|-----|-------|---------------|---------|--------------|---------|-------|------|------|
| | | | | | AGT | GPT_OPS, POEG | GPT | RTC | USBFS, CAN | SCI | IIC | SPI | RF | ADC14 | DAC12, OPAMP | ACMPPLP | SLCDC | CTSU | |
| 31 | | | IRQ7 | P015 | | | | | | | | | | AN010 | | | | | TS28 |
| 32 | | | | P014 | | | | | | | | | | AN009 | DA0 | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | XTAL2_RF | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | XTAL1_RF | | | | | | |
| 35 | AVCC0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | AVSS0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | VREFL0 | IRQ15 | P011 | | | | | | | | | | | AN006 | AMP2+ | | | | TS31 |
| 38 | VREFH0 | IRQ14 | P010 | | | | | | | | | | | AN005 | AMP2- | | | | TS30 |
| 39 | | | | | | | | | | | | | AVCC_RF | | | | | | |
| 40 | | IRQ3 | P004 | | | | | | | | | | | AN004 | AMP20 | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | DCLOUT | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | VCC_RF | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | DCLIN_D | | | | | |
| 44 | VBATWIO0 | IRQ4 | P402 | AGTIO0/ AGTIO1 | | | RTCIC0 | CRX0 | RXD1/ MISO1/ SCL1 | | | | | | | | | SEG6 | TS18 |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | DCLIN_A | | | | | |
| 46 | | | | P404 | | GTIOC3B | RTCIC2 | | | | | | | | | | | | |
| 47 | VBATT | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | VCL | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | XCIN | | | P215 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | XCOUT | | | P214 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | VSS | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | XTAL | IRQ2 | P213 | | GTETRGA | GTIOC0A | | | TXD1/ MOSI1/ SDA1 | | | | | | | | | | |
| 53 | EXTAL | IRQ3 | P212 | AGTEE1 | GTETRGA | GTIOC0B | | | RXD1/ MISO1/ SCL1 | | | | | | | | | | |
| 54 | VCC | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | IRQ9 | P414 | | | GTIOC0B | | | | | | SSLA1 | CLKOUT_ RF | | | | | | |

| ピン番号 | QFN56 電源、システム、クロック、 デバッグ、CAC、VBATT | インタラプト | I/Oポート | タイマ | | | | 通信インターフェース | | | | | アナログ | | | HMI | | |
|------|--|--------|--------|-----|---------------|---------|-----|----------------|-----|-----|-----|----|-------|--------------|--------|-------|------|--|
| | | | | AGT | GPT_OPS, POEG | GPT | RTC | USBFS, CAN | SCI | IIC | SPI | RF | ADC14 | DAC12, OPAMP | ACMPLP | SLCDC | CTSU | |
| 56 | | IRQ6 | P409 | | GTOWUP | GTIOC5A | | USB_EXIC EN | | | | | | | | | SEG9 | |

注： VSS_RF は exposed die pad 端子です。
 詳細は「[2. 外形寸法図](#)」を参照してください。

2. CPU

本 MCU は、Arm® Cortex®-M4 コアをベースにしています。

2.1 概要

2.1.1 CPU

- Arm Cortex-M4
 - リビジョン : r0p1-01rel0
 - Armv7E-M アーキテクチャプロファイル
 - 単精度浮動小数点ユニット (ANSI/IEEE 規格 754-2008 に準拠)
- メモリプロテクションユニット (MPU)
 - Armv7 保護メモリシステムアーキテクチャ
 - 8つのメモリ保護領域
- SysTick タイマ
 - SYSTICCLK (LOCO) または ICLK クロックによる駆動

詳細は、[参考資料 1](#) および [2](#) を参照してください。

2.1.2 デバッグ

- Arm CoreSight™ ETM™-M4
 - リビジョン : r0p1-00rel0
 - Arm ETM アーキテクチャバージョン 3.5
- CoreSight 計装トレースマクロセル (ITM)
- データウォッチポイント & トレース (DWT) ユニット
 - ウォッチポイントとトリガ用の4つのコンパレータ
- フラッシュパッチ & ブレークポイント (FPB) ユニット
 - フラッシュパッチ (リマップ) 機能は使用できません。ブレークポイント機能のみ使用可能です
 - 6つの命令コンパレータ
 - 2つのリテラルコンパレータ
- CoreSight タイムスタンプジェネレータ (TSG)
 - ETM および ITM 用タイムスタンプ
 - CPU クロックによる駆動
- デバッグレジスタモジュール (DBGREG)
 - リセットコントロール
 - 停止コントロール
- CoreSight デバッグアクセスポート (DAP)
 - JTAG デバッグポート (JTAG-DP)
 - シリアルワイヤデバッグポート (SW-DP)

- Cortex-M4 トレースポートインタフェースユニット (TPIU)
 - シリアルワイヤ出力 (SWO)
- CoreSight エンベデッドトレースバッファ (ETB)
 - CoreSight トレースメモリコントローラ (ETB コンフィグレーション内蔵)
 - バッファサイズ: 1KB

詳細は、[参考資料 1](#) および [2](#) を参照してください。

2.1.3 動作周波数

本 MCU の動作周波数は以下のとおりです。

- CPU: 最大 48MHz
- シリアルワイヤ出力 (SWO) トレースインタフェース: 最大 12.5MHz
- Joint Test Action Group (JTAG) インタフェース: 最大 12.5MHz
- シリアルワイヤデバッグ (SWD) インタフェース: 最大 12.5MHz

[図 2.1](#) に Cortex-M4 CPU のブロック図を示します。

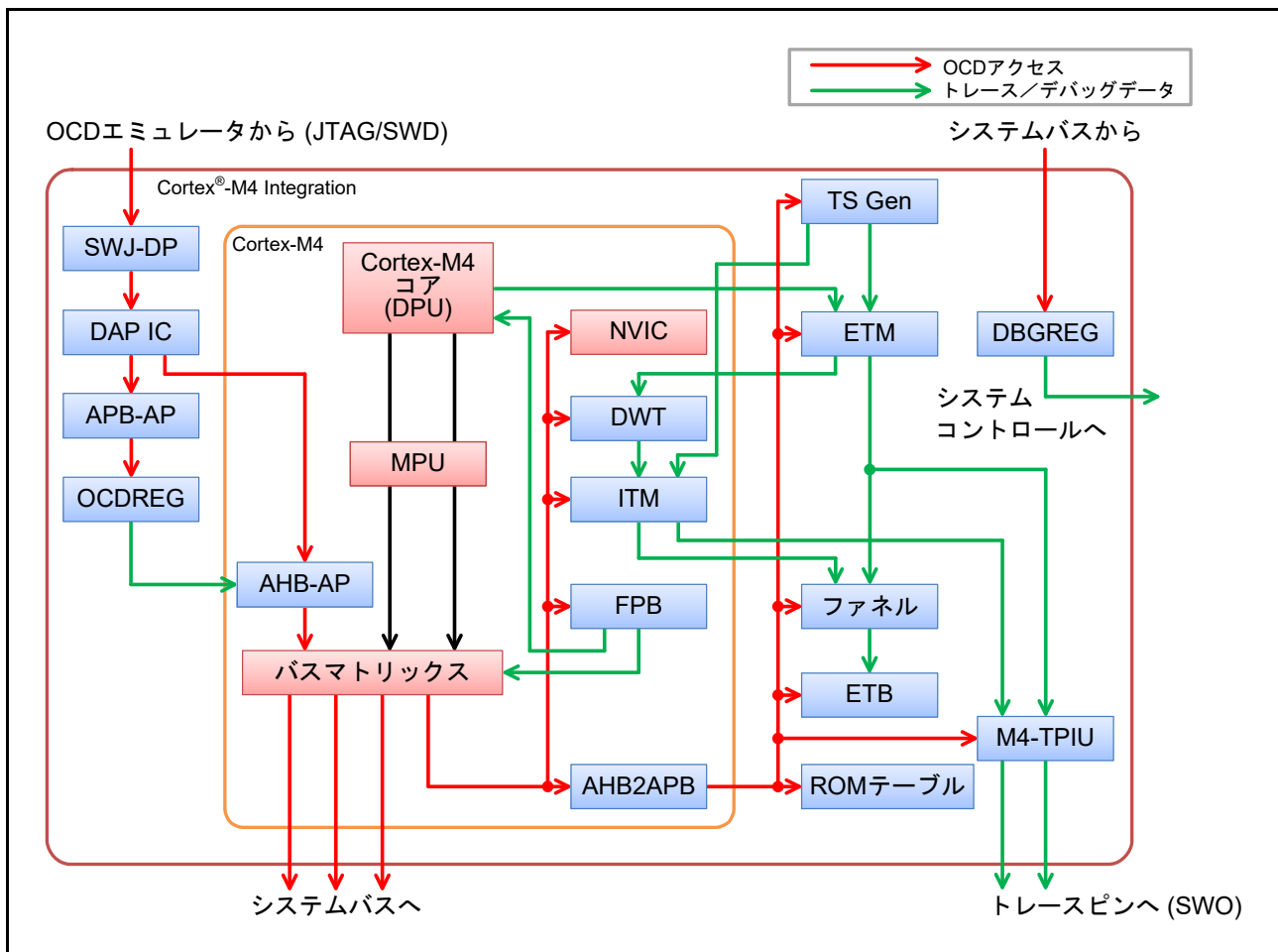


図 2.1 Cortex-M4 CPU ブロック図

2.2 MCUの実装オプション

表 2.1 に MCU の実装オプションを示します。これは、[参考資料 2.](#) の構成可能オプションを基にしています。

表 2.1 実装オプション

| コンポーネント | 説明 |
|---------------------|--|
| MPU | あり (8つのメモリ保護領域) |
| FPB | フラッシュパッチ (リマップ) 機能は使用できず、ブレイクポイント機能のみ使用可能です。 |
| DWT | あり |
| ITM | あり |
| ETM | あり |
| AHB-AP | あり |
| HTMインタフェース | なし |
| TPIU | あり シリアルワイヤ出力のみ |
| WIC (注1) | なし |
| デバッグポート | SWJ-DP |
| FPU | あり |
| 割り込み数 | 32 |
| プライオリティビット数 | 4ビット (16レベル) |
| エンディアン形式 | リトルエンディアン |
| タイムスタンプジェネレータ | あり |
| ETB | あり |
| スリープモードパワーセーブ | スリープモードなどの低消費電力モードがサポートされています。詳細は、「 11. 低消費電力モード 」を参照してください。 SCB.SCR.SLEEPDEEPは無視されます。 |
| メモリ特性 | 本MCUではキャッシュ可能属性を利用しています。 詳細は、「 15. バス 」を参照してください。 |
| SysTickタイマ | あり SYST_CALIB = 4000 0147h ビット [31] = 0 基準クロック提供 ビット [30] = 1 TERMS値が精度異常 ビット [29:24] = 00h 予約ビット ビット [23:0] = 000147h TERM: (32768 × 10ms) - 1 / 32.768kHz = 326.66 (10進) = 327 (スキューを含む) = 000147h |
| イベント入出力 | 実装なし |
| システムリセット要求出力 | アプリケーション割り込みおよびリセットコントロールレジスタのSYSRESETREQビットによってCPUがリセットされます。 |
| 補助フォルト入力 (AUXFAULT) | 実装なし |

注 1. ウェイクアップ割り込みコントローラ (WIC) の代わりに、ICUによってCPUのウェイクアップが可能です。
詳細は、「[14. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。

2.3 トレースインタフェース

シリアルワイヤ出力 (SWO) はトレース出力を行います。表 2.2 はトレース機能用の MCU 端子を示します。この端子は他機能と兼用されます。

表 2.2 トレース機能の端子

| 名称 | 入出力 | 幅 | 機能 | 使用しない場合 |
|---------|-----|------|----------------------------|---------|
| TDO/SWO | 出力 | 1ビット | シリアルワイヤ出力 JTAG TDO端子と兼用 | オープン |

2.4 JTAG/SWD インタフェース

表 2.3 は JTAG/SWD 端子を示します。

表 2.3 JTAG/SWD 端子

| 名称 | 入出力 | P/N | 幅 | 機能 | 使用しない場合 |
|-----------|-----|------|------|----------------------------|---------|
| TCK/SWCLK | 入力 | Pos. | 1ビット | JTAGクロック端子／SWDクロック端子 | プルアップ |
| TMS/SWDIO | 入出力 | Neg. | 1ビット | JTAG TMS端子／SWD入出力端子 | プルアップ |
| TDI | 入力 | Pos. | 1ビット | JTAG TDI端子 | プルアップ |
| TDO/SWO | 出力 | Neg. | 1ビット | JTAG TDO端子 シリアルワイヤ出力と兼用 | オープン |

2.5 デバッグモード

2.5.1 デバッグモード定義

シングルチップモードでは、デバッガを接続した状態を OCD (オンチップデバッガ) モード、デバッガを接続していない状態をユーザモードと定義します。表 2.4 に、2つの CPU デバッグモードおよびその使用条件を示します。

表 2.4 CPU デバッグモードおよび条件

| 条件 | | モード | |
|-------|------------|---------|--------|
| OCD接続 | JTAG/SWD認証 | デバッグモード | デバッグ認証 |
| 未接続 | — | ユーザモード | 禁止 |
| 接続 | 不合格 | ユーザモード | 禁止 |
| 接続 | 合格 | OCDモード | 許可 |

- 注 . OCD 接続は、SWJ-DP レジスタの CDBGPWUPREQ ビット出力によって判別されます。このビットは OCD によってのみ書き込み可能です。ただし、このビットのレベルは、DBGSTR.CDBGPWUPREQ ビットを読み出すことで確認できます。
- 注 . デバッグ認証は、ARMv7-M アーキテクチャによって定義されます。「許可」とは、侵入型と非侵入型の両方の CPU デバッグが許可されることを意味します。「禁止」とは、両方とも許可されないことを意味します。

2.5.2 デバッグモードの影響

この節ではデバッグモードの影響について説明します。デバッグモードはCPUの内部および外部に影響を与えます。

2.5.2.1 低消費電力モード

すべてのCoreSight デバッグコンポーネントは、CPUがソフトウェアスタンバイモードまたはスヌーズモードへ遷移した場合でも、レジスタの設定値を格納することが可能です。ただし、これらの低消費電力モードにおいては、AHB-APはオンチップデバッグ(OCD)アクセスに応答できません。CoreSight デバッグコンポーネントにアクセスするには、OCDは低消費電力モードが解除されるのを待つ必要があります。OCDはMCUCTRLレジスタのDBIRQビットを設定することで、低消費電力モードの解除を要求できます。詳細は、[2.6.5.3 MCUコントロールレジスタ\(MCUCTRL\)](#)を参照してください。

2.5.2.2 リセット

OCDモードでは、一部のリセットはCPU状態とDBGSTOPPCRの設定内容に依存します。

表 2.5 リセットまたは割り込みおよびモード設定

| リセット/割り込み名称 | オンチップデバッグ(OCD)モード時の制御 | |
|-----------------------|------------------------|------------------------|
| | OCDブレークモード | OCD RUNモード |
| RES端子リセット | ユーザモードと同じ | |
| パワーオンリセット | ユーザモードと同じ | |
| 独立ウォッチドッグタイマリセット/割り込み | 発生しない(注1) | DBGSTOPPCRの設定内容に依存(注2) |
| ウォッチドッグタイマリセット/割り込み | 発生しない(注1) | DBGSTOPPCRの設定内容に依存(注2) |
| 電圧監視0リセット | DBGSTOPPCRの設定内容に依存(注3) | |
| 電圧監視1リセット/割り込み | DBGSTOPPCRの設定内容に依存(注3) | |
| SRAMパリティエラーリセット/割り込み | DBGSTOPPCRの設定内容に依存(注3) | |
| SRAM ECCエラーリセット/割り込み | DBGSTOPPCRの設定内容に依存(注3) | |
| MPUバスマスタリセット/割り込み | ユーザモードと同じ | |
| MPUバススレーブリセット/割り込み | ユーザモードと同じ | |
| スタックポインタエラーリセット/割り込み | ユーザモードと同じ | |
| ソフトウェアリセット | ユーザモードと同じ | |

注. OCDブレークモードではCPUが停止しています。OCD RUNモードではCPUがOCDモードにあって、停止していません。

注1. このモードではIWDTとWDTは常に停止しています。

注2. IWDTとWDTの動作は、DBGSTOPPCRの設定内容に依存します。

注3. リセットまたは割り込みのマスク処理は、DBGSTOPPCRの設定内容に依存します。

2.6 プログラマモデル

2.6.1 アドレス空間

本MCUのデバッグシステムには、次の2つのCoreSightアクセスポート（AP）があります。

- AHB-AP：CPUバスマトリックスに接続され、CPUと同様にシステムアドレス空間にアクセスします
- APB-AP：専用のアドレス空間（OCDアドレス空間）を持ち、OCDレジスタに接続されます

図 2.2 は、AP 接続とアドレス空間のブロック図です。

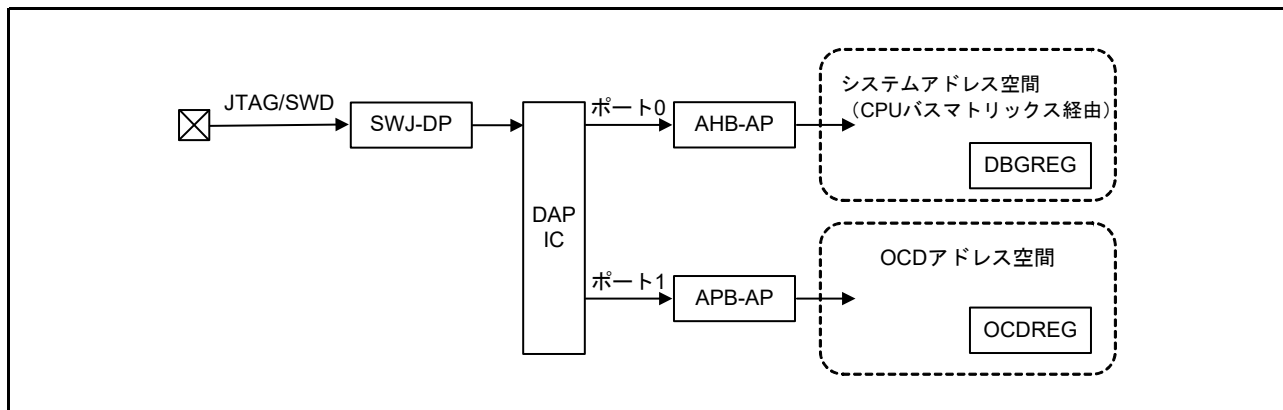


図 2.2 JTAG/SWD 認証のブロック図

デバッグ用に、DBGREG と OCDREG の 2 つのレジスタモジュールが存在します。DBGREG はシステムアドレス空間に配置され、OCD エミュレータ、CPU、および MCU の他のバスマスタからアクセスが可能です。OCDREG は OCD アドレス空間に配置され、OCD ツールからのみアクセスが可能です。CPU と他のバスマスタは OCD レジスタにアクセスできません。

2.6.2 Cortex-M4 ペリフェラルアドレスマップ

システムアドレス空間では、Cortex-M4 コアは専用周辺バス（PPB）を備えます。このバスは CPU および OCD エミュレータからのみアクセスが可能です。PPB は、本 MCU に対する Cortex-M4 最初の実装から拡張されます。表 2.6 は、本 MCU のアドレスマップを示しています。

表 2.6 Cortex-M4ペリフェラルアドレスマップ

| コンポーネント名 | 開始アドレス | 終了アドレス | 備考 |
|---------------|------------|------------|--|
| ITM | E000 0000h | E000 0FFFh | 参考資料 2. を参照してください。 |
| DWT | E000 1000h | E000 1FFFh | 参考資料 2. を参照してください。 |
| FPB | E000 2000h | E000 2FFFh | 参考資料 2. を参照してください。 |
| SCS | E000 E000h | E000 EFFFh | 参考資料 2. を参照してください。 |
| TPIU | E004 0000h | E004 0FFFh | 参考資料 2. を参照してください。 |
| ETM | E004 1000h | E004 1FFFh | 参考資料 5. を参照してください。 |
| ATB ファネル | E004 2000h | E004 2FFFh | 2.7 を参照してください。 参考資料 4. を参照してください。 |
| ETB | E004 3000h | E004 3FFFh | 参考資料 6. を参照してください。 |
| タイムスタンプジェネレータ | E004 4000h | E004 4FFFh | 2.10 を参照してください。 参考資料 4. を参照してください。 |
| ROM テーブル | E00F F000h | E00F FFFFh | 2.6.3 を参照してください。 参考資料 7. を参照してください。 |

2.6.3 CoreSight ROM テーブル

本 MCU には 1 つの CoreSight ROM テーブルがあります。これは Arm コンポーネントの一覧表です。

2.6.3.1 ROM エントリ

表 2.7 に、CoreSight ROM テーブルの ROM エントリを示します。OCD エミュレータは、この ROM エントリを使用して、システムに実装されているコンポーネントを識別できます。詳細は、[参考資料 7](#) を参照してください。

表 2.7 CoreSight ROM テーブル

| # | アドレス | アクセスサイズ | R/W | 値 | 対象モジュール |
|---|------------|---------|-----|------------|----------|
| 0 | E00F F000h | 32ビット | R | FFF0_F003h | SCS |
| 1 | E00F F004h | 32ビット | R | FFF0_2003h | DWT |
| 2 | E00F F008h | 32ビット | R | FFF0_3003h | FPB |
| 3 | E00F F00Ch | 32ビット | R | FFF0_1003h | ITM |
| 4 | E00F F010h | 32ビット | R | FFF4_1003h | TPIU |
| 5 | E00F F014h | 32ビット | R | FFF4_2003h | ETM |
| 6 | E00F F018h | 32ビット | R | FFF4_3003h | ファネル |
| 7 | E00F F01Ch | 32ビット | R | FFF4_4003h | ETB |
| 8 | E00F F020h | 32ビット | R | FFF4_5003h | TSG |
| 9 | E00F F024h | 32ビット | R | 0000_0000h | (エントリ終了) |

2.6.3.2 CoreSight コンポーネントレジスタ

CoreSightROM テーブルは、Arm CoreSight アーキテクチャで定義された CoreSight コンポーネントレジスタの一覧です。表 2.8 にこれらのレジスタを示します。各レジスタの詳細は、[参考資料 7](#) を参照してください。

表 2.8 CoreSight ROM テーブルの CoreSight コンポーネントレジスタ

| 名称 | アドレス | アクセスサイズ | R/W | 初期値 |
|---------|------------|---------|-----|------------|
| DEVTYPE | E00F FFCCh | 32ビット | R | 0000_0001h |
| PID4 | E00F FFD0h | 32ビット | R | 0000_0004h |
| PID5 | E00F FFD4h | 32ビット | R | 0000_0000h |
| PID6 | E00F FFD8h | 32ビット | R | 0000_0000h |
| PID7 | E00F FFDCh | 32ビット | R | 0000_0000h |
| PID0 | E00F FFE0h | 32ビット | R | 0000_0013h |
| PID1 | E00F FFE4h | 32ビット | R | 0000_0030h |
| PID2 | E00F FFE8h | 32ビット | R | 0000_000Ah |
| PID3 | E00F FFECh | 32ビット | R | 0000_0000h |
| CID0 | E00F FFF0h | 32ビット | R | 0000_000Dh |
| CID1 | E00F FFF4h | 32ビット | R | 0000_0010h |
| CID2 | E00F FFF8h | 32ビット | R | 0000_0005h |
| CID3 | E00F FFFCh | 32ビット | R | 0000_00B1h |

2.6.4 DBGREG モジュール

DBGREG レジスタモジュールはデバッグ機能を制御し、CoreSight 準拠のコンポーネントとして実装されています。表 2.9 に、CoreSight コンポーネントレジスタ以外の DBGREG レジスタを示します。

表 2.9 CoreSight ではないDBGREG レジスタ

| 名称 | DAPポート | アドレス | アクセスサイズ | R/W |
|--------------------|--------|------------|---------|-----|
| デバッグステータスレジスタ | ポート0 | 4001 B000h | 32ビット | R |
| デバッグストップコントロールレジスタ | ポート0 | 4001 B010h | 32ビット | R/W |
| トレースコントロールレジスタ | ポート0 | 4001 B020h | 32ビット | R/W |

2.6.4.1 デバッグステータスレジスタ (DBGSTR)

アドレス DBG.DBGSTR 4001 B000h

| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
|---------|-----|-----|------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | — | — | CDBGPW RUPACK | CDBGPW RUPREQ | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|--------------|------------------|---|-----|
| b27-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b28 | CDBGPWRUPREQ | デバッグパワーアップ要求 | 0 : OCDはデバッグパワーアップを要求していない 1 : OCDはデバッグパワーアップを要求している | R |
| b29 | CDBGPWRUPACK | デバッグパワーアップアクノリッジ | 0 : デバッグパワーアップ要求は承認されていない 1 : デバッグパワーアップ要求は承認されている | R |
| b31-b30 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |

2.6.4.2 デバッグストップコントロールレジスタ (DBGSTOPCR)

アドレス DBG.DBGSTOPCR 4001 B010h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------|----------------|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | — | — | — | — | — | — | DBGSTOP_RECCR | DBGSTOP_RPER | — | — | — | — | — | — | DBGSTOP_LVD[1:0] | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | DBGSTOP_P_WDT | DBGSTOP_P_IWDT |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|------------------|------------------------------|---|-----|
| b0 | DBGSTOP_IWDT | IWDTリセット／割り込み用のマスクビット | 0 : IWDTリセット／割り込みを許可 1 : IWDTリセット／割り込みをマスクし、CPUがOCDブレークモードの場合はWDTカウントを停止 | R/W |
| b1 | DBGSTOP_WDT | WDTリセット／割り込み用のマスクビット | 0 : WDTリセット／割り込みを許可 1 : WDTリセット／割り込みをマスクし、CPUがOCDブレークモードの場合はWDTカウントを停止 | R/W |
| b15-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b16 | DBGSTOP_LVD[1:0] | LVD0リセット／割り込み用のマスクビット | 0 : LVD0リセットを許可 1 : LVD0リセットをマスク | R/W |
| b17 | | LVD1リセット／割り込み用のマスクビット | 0 : LVD1リセット／割り込みを許可 1 : LVD1リセット／割り込みをマスク | R/W |
| b23-b18 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b24 | DBGSTOP_RPER | SRAMパリティエラーリセット／割り込み用のマスクビット | 0 : SRAMパリティエラーリセット／割り込みを許可 1 : SRAMパリティエラーリセット／割り込みをマスク | R/W |
| b25 | DBGSTOP_RECCR | SRAM ECCエラーリセット／割り込み用のマスクビット | 0 : SRAM ECCエラーリセット／割り込みを許可 1 : SRAM ECCエラーリセット／割り込みをマスク | R/W |
| b31-b26 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

デバッグストップコントロールレジスタ (DBGSTOPCR) は、OCD モード時の機能停止を指定します。このレジスタの全ビットは、チップが OCD モードでないときは、0 とみなされます。

2.6.4.3 トレースコントロールレジスタ (TRACECTR)

アドレス **DBG.TRACECTR 4001 B020h**

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | ENETB FULL | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|------------------|----------------------|---|-----|
| b30-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b31 | ENETBFULL | ETB フルによる停止要求用の許可ビット | 0 : ETB フルはCPUを停止させない 1 : ETB フルはCPUを停止させる | R/W |

2.6.4.4 DBGREG CoreSight コンポーネントレジスタ

DBGREG モジュールは、Arm CoreSight アーキテクチャで定義された CoreSight コンポーネントレジスタを備えています。表 2.10 は、これらのレジスタの一覧です。各レジスタの詳細は、[参考資料 7](#) を参照してください。

表 2.10 DBGREG CoreSight コンポーネントレジスタ

| 名称 | アドレス | アクセスサイズ | R/W | 初期値 |
|------|-------------|---------|-----|------------|
| PID4 | 4001 BFD0h | 32ビット | R | 0000_0004h |
| PID5 | 4001 BFD4h | 32ビット | R | 0000_0000h |
| PID6 | 4001 BFD8h | 32ビット | R | 0000_0000h |
| PID7 | 4001 BFDCh | 32ビット | R | 0000_0000h |
| PID0 | 4001 BFE0h | 32ビット | R | 0000_0005h |
| PID1 | 4001 BFE4h | 32ビット | R | 0000_0030h |
| PID2 | 4001 BFE8h | 32ビット | R | 0000_001Ah |
| PID3 | 4001 BFECCh | 32ビット | R | 0000_0000h |
| CID0 | 4001 BFF0h | 32ビット | R | 0000_000Dh |
| CID1 | 4001 BFF4h | 32ビット | R | 0000_00F0h |
| CID2 | 4001 BFF8h | 32ビット | R | 0000_0005h |
| CID3 | 4001 BFFCh | 32ビット | R | 0000_00B1h |

2.6.5.2 MCU ステータスレジスタ (MCUSTAT)

アドレス MCUSTAT 8000 0400h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|-------------|------|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | CPUSTOPCLK | CPUSLEEP | AUTH |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1/0 (注1) | 1/0 (注1) | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|------------|---------|--|-----|
| b0 | AUTH | 認証ステータス | 0: 認証失敗 1: 認証成功 | R |
| b1 | CPUSLEEP | — | 0: CPUは非スリープモード 1: CPUはスリープモード | R |
| b2 | CPUSTOPCLK | — | 0: CPUクロックを停止させない。MCUがノーマルモードまたはスリープモードであることを示す 1: CPUクロックを停止させる。MCUがスヌーズモードまたはソフトウェアスタンバイモードであることを示す | R |
| b31-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |

注 1. MCU 状態に依存します。

2.6.5.3 MCU コントロールレジスタ (MCUCTRL)

アドレス MCUCTRL 8000 0410h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | DBIRQ | — | — | — | — | — | — | — | EDBGRQ |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------|------------|--|-----|
| b0 | EDBGRQ | 外部デバッグ要求 | このビットに1を書き込むと、CPUが停止するかデバッグモニタ例外となります。 0：デバッグイベント要求なし 1：デバッグイベント要求あり EDBGRQビットが0に設定されたとき、またはCPUが停止したときはEDBGRQビットはクリアされます。 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b8 | DBIRQ | デバッグ割り込み要求 | このビットに1を書き込むと、MCUは低消費電力モードから復帰します。 0：デバッグ割り込み要求なし 1：デバッグ割り込み要求あり この条件はDBIRQビットに0を書き込むことで解除できます。 | R/W |
| b31-b9 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注． DBIRQ ビットと EDBGRQ ビットには同じ値を設定してください。

2.6.5.4 OCDREG CoreSight コンポーネントレジスタ

OCDREG モジュールは、Arm CoreSight アーキテクチャで定義された CoreSight コンポーネントレジスタを備えています。表 2.12 は、これらのレジスタの一覧です。各レジスタの詳細は、参考資料 7. を参照してください。

表 2.12 DBGREG の CoreSight コンポーネントレジスタ一覧

| 名称 | アドレス | アクセスサイズ | R/W | 初期値 |
|------|------------|---------|--------|------------|
| PID4 | 8000 0FD0h | 32ビット | 読み出し専用 | 0000_0004h |
| PID5 | 8000 0FD4h | 32ビット | 読み出し専用 | 0000_0000h |
| PID6 | 8000 0FD8h | 32ビット | 読み出し専用 | 0000_0000h |
| PID7 | 8000 0FDCh | 32ビット | 読み出し専用 | 0000_0000h |
| PID0 | 8000 0FE0h | 32ビット | 読み出し専用 | 0000_0004h |
| PID1 | 8000 0FE4h | 32ビット | 読み出し専用 | 0000_0030h |
| PID2 | 8000 0FE8h | 32ビット | 読み出し専用 | 0000_000Ah |
| PID3 | 8000 0FECh | 32ビット | 読み出し専用 | 0000_0000h |
| CID0 | 8000 0FF0h | 32ビット | 読み出し専用 | 0000_000Dh |
| CID1 | 8000 0FF4h | 32ビット | 読み出し専用 | 0000_00F0h |
| CID2 | 8000 0FF8h | 32ビット | 読み出し専用 | 0000_0005h |
| CID3 | 8000 0FFCh | 32ビット | 読み出し専用 | 0000_00B1h |

2.7 CoreSight ATB ファネル

MCUには、1個のCoreSight ATB ファネルがあります。このファネルは、2個のATB スレーブと1個のATB マスタを持ち、ETM および ITM から ETB へのデバッグトレースのソースを選択します。図 2.3 は、MCU における CoreSight ATB 接続を示しています。

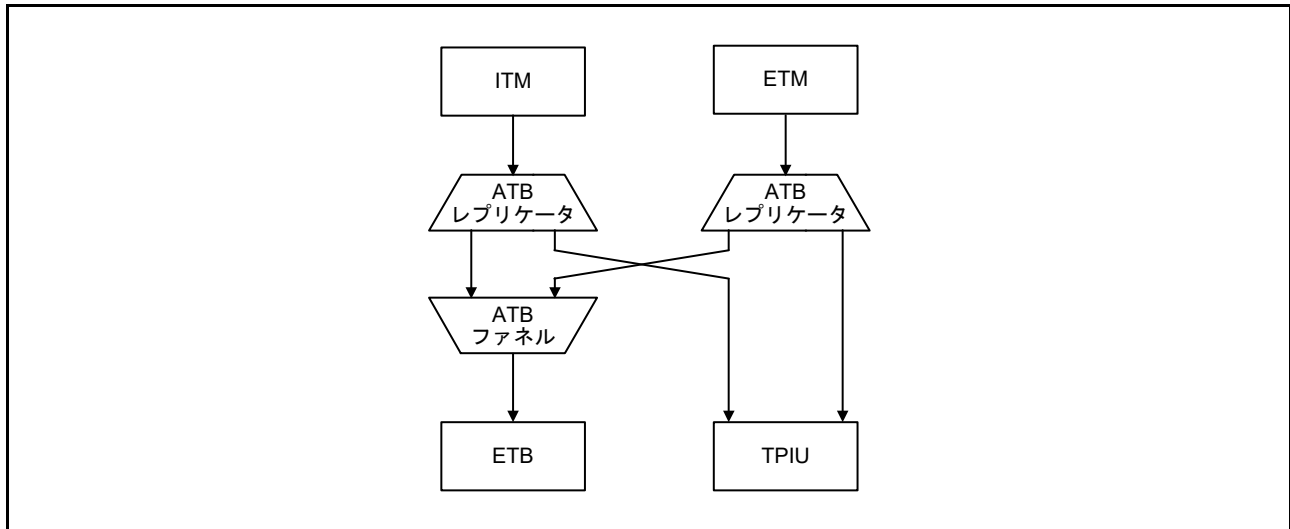


図 2.3 CoreSight ATB 接続

表 2.13 は ATB ファネルのスレーブ接続を示しています。

表 2.13 ATBスレーブ接続

| ATBスレーブ番号 | 接続されるトレースソース |
|-----------|--------------|
| #0 | ITM |
| #1 | ETM |

ATB とファネルの詳細は、参考資料 4. を参照してください。

2.8 フラッシュパッチ & ブレークユニット

本 MCU は、フラッシュパッチ & ブレークユニットを備えています。ブレークポイント機能は使用可能ですが、フラッシュパッチ（リマップ）機能は使用できません。したがって、FP_COMPn レジスタの REPLACE ビット [31:30] を 0 に設定しないでください。FP_REMAP レジスタのビット 28 は、常に 1 に設定されています。本レジスタに書き込む場合は、ビット [28] に 1 を書き込んでください。本レジスタを読み出す場合は、ビット [28] は常に 1 が読み出されます。詳細は、参考資料 1. を参照してください。

2.9 SysTick システムタイマ

SysTick システムタイマは、簡易的な 24 ビットダウンカウンタを備えています。このタイマの基準クロックには、CPU クロック (ICLK) または SysTick タイマクロック (SYSTICCLK) を選択できます。詳細は、「9. クロック発生回路」および参考資料 1. (注 1) を参照してください。

注 1. 参考資料 1. では、IMPLEMENTATION DEFINED 外部基準クロックは SYSTICCLK (LOCO)、プロセッサクロックは ICLK です。

2.10 CoreSight タイムスタンプジェネレータ

CoreSight タイムスタンプジェネレータは、CPU クロックベースのタイムスタンプを ITM と ETM に供給します。64 ビットカウンタの 48 LSB ビットが、これら 2 つのコンポーネントに用いられます。詳細は、[参考資料 4](#) を参照してください。

2.11 OCD エミュレータ接続

JTAG/SWD 認証機構はデバッグと MCU リソースへのアクセス許可をチェックします。全デバッグ機能を取得するには、この認証機構の合格結果が必要です。[図 2.4](#) に、認証機構のブロック図を示します。

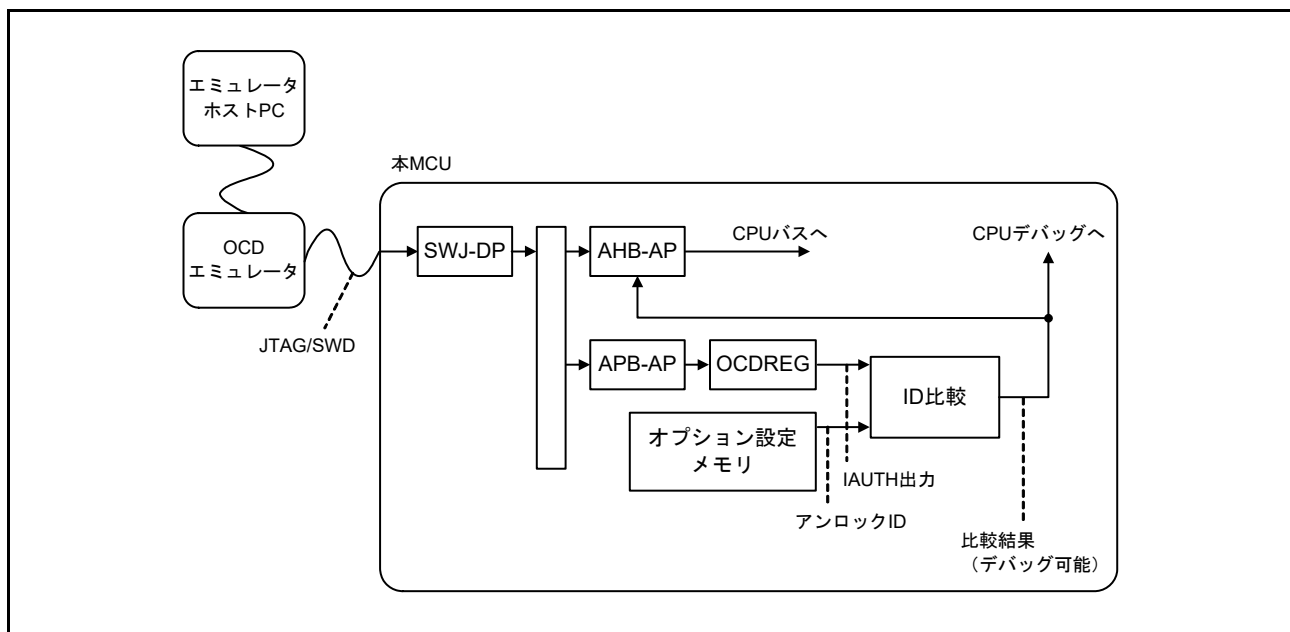


図 2.4 認証機構のブロック図

本 MCU には認証用の ID コンパレータがあります。このコンパレータは、OCDREG からの 128 ビットの IAUTH 出力と、オプション設定メモリからの 128 ビットのアンロック ID コードを比較します。これら 2 つの出力が同一であると、CPU デバッグ機能と、OCD エミュレータからのシステムバスアクセスが許可されます。

2.11.1 DBGEN

OCD エミュレータは、アクセス許可を取得した後、システムコントロール OCD コントロールレジスタ (SYOCD CR) の DBGEN ビットを設定する必要があります。また、OCD エミュレータは DBGEN ビットをクリアしないと切断されません。詳細は、「[11. 低消費電力モード](#)」を参照してください。

2.11.2 アンロック ID コード

アンロック ID コードは、デバッグとオンチップリソースへのアクセスの許可を判定するために用いられます。アンロック ID コードが ID 認証レジスタ 0 ~ 3 に書き込まれた 128 ビットデータと一致した場合、JTAG/SWD デバッガはアクセス許可を取得します。アンロック ID コードは、オプション設定メモリの OCD / シリアルプログラマ ID 設定レジスタ (OSIS) に書き込まれます。アンロック ID コードの初期値は、すべて 1 (FFFFFFFF_FFFFFFFF_FFFFFFFF_FFFFFFFFh) です。詳細は、「[7. オプション設定メモリ](#)」を参照してください。

2.11.3 OCD エミュレータ接続における制限

この節では、エミュレータのアクセス制限について説明します。

2.11.3.1 低消費電力モード中の接続開始

OCD エミュレータから JTAG/SWD 接続を開始するとき、MCU はノーマルモードかスリープモードでなければいけません。MCU がソフトウェアスタンバイモードかスヌーズモードであると、OCD エミュレータは MCU をハングさせる場合があります。

2.11.3.2 OCD モードにおける低消費電力モードの切り替え

MCU が OCD モードであるとき、MCU の低消費電力モードへの切り替えが可能です。ただし、AHB-AP からのシステムバスアクセスは、ソフトウェアスタンバイモードまたはスヌーズモードでは禁止されます。これらのモードでは、SWJ-DP、APB-AP、および OCDREG に対してのみ、OCD エミュレータからのアクセスが可能です。表 2.14 に制限事項を示します。

表 2.14 モード別の制限

| アクティブモード | OCDエミュレータの接続開始 | 低消費電力モードへの切り替え | AHB-APとシステムバスへのアクセス | APB-APとOCDREGへのアクセス |
|-------------|----------------|----------------|---------------------|---------------------|
| ノーマル | 可能 | 可能 | 可能 | 可能 |
| スリープ | 可能 | 可能 | 可能 | 可能 |
| ソフトウェアスタンバイ | 不可能 | 可能 | 不可能 | 可能 |
| スヌーズ | 不可能 | 可能 | 不可能 | 可能 |

ソフトウェアスタンバイモードまたはスヌーズモードにおいてシステムバスアクセスが必要な場合は、OCDREG の MCUCTRL.DBIRQ ビットを設定して、MCU を低消費電力モードから復帰させてください。同時に、OCDREG の MCUCTRL.EDBGRQ ビットを用いることで、OCD エミュレータは CPU ブレークによって CPU の実行を開始することなく、MCU を復帰させることが可能です。

2.11.3.3 OSIS におけるアンロック ID コードの変更

OSIS においてアンロック ID コードを変更した後、OCD エミュレータは、RES 端子をアサートするか、またはシステムコントロールブロックのアプリケーション割り込みおよびリセットコントロールレジスタの SYSRESETREQ ビットを 1 にすることによって、本 MCU をリセットする必要があります。変更されたアンロック ID コードは、リセット後に反映されます。

2.11.3.4 接続順序と JTAG/SWD 認証

OCD エミュレータは JTAG/SWD 認証機構で保護されているため、OCD では認証レジスタに対し ID コードの入力が必要となる場合があります。オプション設定メモリの OSIS 値によって、コード入力が必要かを決定します。リセットネゲート後、コールドスタート時の OSIS 値を比較する前に 44 μ s の待ち時間が必要です。

(1) OSIS の MSB が 0 (ビット [127] = 0) のとき

ID コードは常に不一致であり、OCD への接続は禁止されます。

(2) OSIS がすべて 1 (デフォルト) のとき

OCD 認証は不要であり、OCD は認証なしで AHB-AP を使用できます。

- JTAG または SWD インタフェースを介して OCD エミュレータを本 MCU に接続します。
- DAP バスにアクセスするよう SWJ-DP を設定します。この設定において、OCD エミュレータは、SWJ-DP コントロールステータスレジスタの CDBGPWRUPREQ をアサートする必要があります。その後、

同じレジスタの CSDBGPWRUPACK がアサートされるまで待ちます。

3. システムアドレス空間にアクセスするよう AHB-AP を設定します。この AHB-AP は DAP バスのポート 0 に接続されます。
4. AHB-AP を使用して、CPU デバッグリソースへのアクセスを開始します。

(3) OSIS[127:126] が 10b のとき

OCD 認証が必要であり、OCD は、OCDREG の IAUTH レジスタ 0～3 にアンロックコードを書き込んでから、AHB-AP を使用する必要があります。

1. JTAG または SWD インタフェースを介して OCD デバッガを本 MCU に接続します。
2. DAP バスにアクセスするよう SWJ-DP を設定します。この設定において、OCD エミュレータは SWJ-DP コントロールステータスレジスタの CDBGPWRUPREQ をアサートする必要があります。その後、同じレジスタの CSDBGPWRUPACK がアサートされるまで待ちます。
3. OCDREG にアクセスするよう APB-AP を設定します。この APB-AP は DAP バスのポート 1 に接続されます。
4. APB-AP を使用して、OCDREG の IAUTH レジスタ 0～3 に 128 ビット ID コードを書き込みます。
5. この 128 ビット ID コードが OSIS の値と一致した場合、AHB-AP に対して AHB トランザクションを発行する権限が与えられます。認証結果は、MCUSTAT レジスタの AUTH ビット、または AHB-AP コントロールステータスワードレジスタの DbgStatus ビットで確認できます。
 - DbgStatus ビットが 1 の場合、128 ビット ID コードが OSIS 値と一致している。AHB 転送が許可される
 - DbgStatus ビットが 0 の場合、128 ビット ID コードが OSIS 値と一致していない。AHB 転送は許可されない
6. システムアドレス空間にアクセスするよう AHB-AP を設定します。この AHB-AP は DAP バスのポート 0 に接続されます。
7. AHB-AP を使用して、CPU デバッグリソースへのアクセスを開始します。

(4) OSIS[127:126] が 11b のとき

OCD 認証が必要であり、OCD は、OCDREG の IAUTH レジスタ 0～3 にアンロック ID コードを書き込む必要があります。接続順序は、「ALeRASE」機能を除いて、OSIS[127:126]=10b の場合と同じです。

IAUTH レジスタ 0～3 に ASCII コードで「ALeRASE」と書き込まれている場合、コードフラッシュ、データフラッシュ、および構成領域の内容はただちに消去されます。詳細は、「43. フラッシュメモリ」を参照してください。

ALeRASE のシーケンスは下記のとおりです。

1. JTAG または SWD インタフェースを介して OCD デバッガを本 MCU に接続します。
2. DAP バスにアクセスするよう SWJ-DP を設定します。この設定において、OCD エミュレータは SWJDP コントロールステータスレジスタの CDBGPWRUPREQ をアサートする必要があります。その後、同じレジスタの CSDBGPWRUPACK がアサートされるまで待ちます。
3. OCDREG にアクセスするよう APB-AP を設定します。この APB-AP は DAP バスのポート 1 に接続されます。
4. APB-AP を使用して、OCDREG の IAUTH レジスタ 0～3 に 128 ビット ID コードを書き込みます。
5. 128 ビット ID コードが ASCII コードの「ALeRASE」(414C_6552_4153_45FF_FFFF_FFFF_FFFF_FFFFh) の場合、コードフラッシュ、データフラッシュ、および構成領域の内容は消去されます。その後、MCU はスリープモードに遷移します。

2.12 参考資料

1. *ARM®v7-M Architecture Reference Manual (ARM DDI 0403D)*
2. *ARM® Cortex®-M4 Processor Technical Reference Manual (ARM DDI 0439D)*
3. *ARM®Cortex®-M4 Devices Generic User Guide (ARM DUI 0553A)*
4. *ARM® CoreSight™ SoC-400 Technical Reference Manual (ARM DDI 0480F)*
5. *ARM® CoreSight™ ETM-M4 Technical Reference Manual (ARM DDI 0440C)*
6. *ARM® CoreSight™ Trace Memory Controller Technical Reference Manual (ARM DDI 0461B)*
7. *ARM® CoreSight™ Architecture Specification (ARM IHI 0029D)*

3. 動作モード

3.1 概要

表 3.1 は、モード設定端子による動作モードの選択を示しています。詳細は、[3.2 動作モードの説明](#)を参照してください。どのモードで起動しても、内蔵フラッシュメモリが有効な場合に動作を開始します。

表 3.1 モード設定端子による動作モードの選択

| モード設定端子 | 動作モード | 内蔵フラッシュメモリ |
|---------|----------------|------------|
| MD | | |
| 1 | シングルチップモード | 有効 |
| 0 | SCI/USB ブートモード | 有効 |

3.2 動作モードの説明

3.2.1 シングルチップモード

シングルチップモードでは、すべての入出力端子が、入出力ポート、周辺機能入出力、または割り込み入力として使用可能です。MD 端子が High になっているときにリセットが解除されると、チップはシングルチップモードで起動し、内蔵フラッシュメモリが有効になります。

3.2.2 SCI ブートモード

このモードでは、本 MCU 内部の専用領域に格納された、内蔵フラッシュメモリ書き込みルーチン（SCI ブートプログラム）が用いられます。シリアルコミュニケーションインタフェース（SCI）を使用して、本 MCU 外部からコードフラッシュメモリとデータフラッシュメモリを含む内蔵フラッシュメモリを書き換えることが可能です。詳細は、「[43. フラッシュメモリ](#)」を参照してください。MD 端子を Low に保持してリセットを解除すると、ブートモードで起動します。

3.2.3 USB ブートモード

このモードでは、本 MCU 内部のブート領域に格納された、内蔵フラッシュメモリ書き込みルーチン（USB ブートプログラム）が用いられます。USB を使用して、本 MCU 外部から内蔵フラッシュメモリ（コードフラッシュメモリ、データフラッシュメモリ）を書き換えることが可能です。詳細は、「[43. フラッシュメモリ](#)」を参照してください。MD 端子を Low に保持してリセットを解除すると、USB ブートモードで起動します。

3.3 動作モード遷移

3.3.1 モード設定端子による動作モード遷移

MD 端子の設定による動作モード遷移について、[図 3.1](#) に状態遷移図を示します。

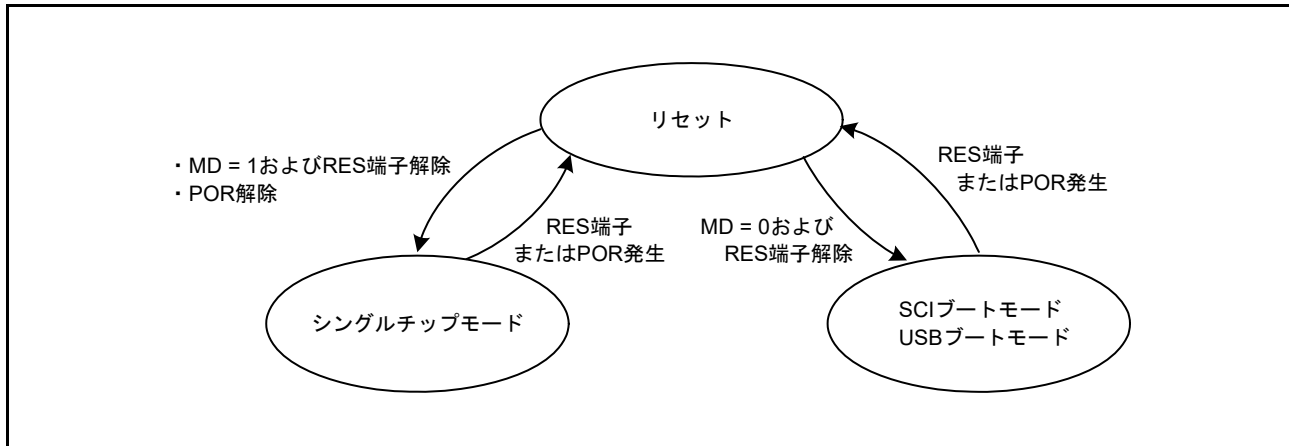


図 3.1 モード設定端子のレベルと動作モード

4. アドレス空間

4.1 概要

本 MCU は、プログラムとデータの両方を格納できる 4GB のリニアアドレス空間（0000 0000h ~ FFFF FFFFh）をサポートしています。図 4.1 にメモリマップを示します。

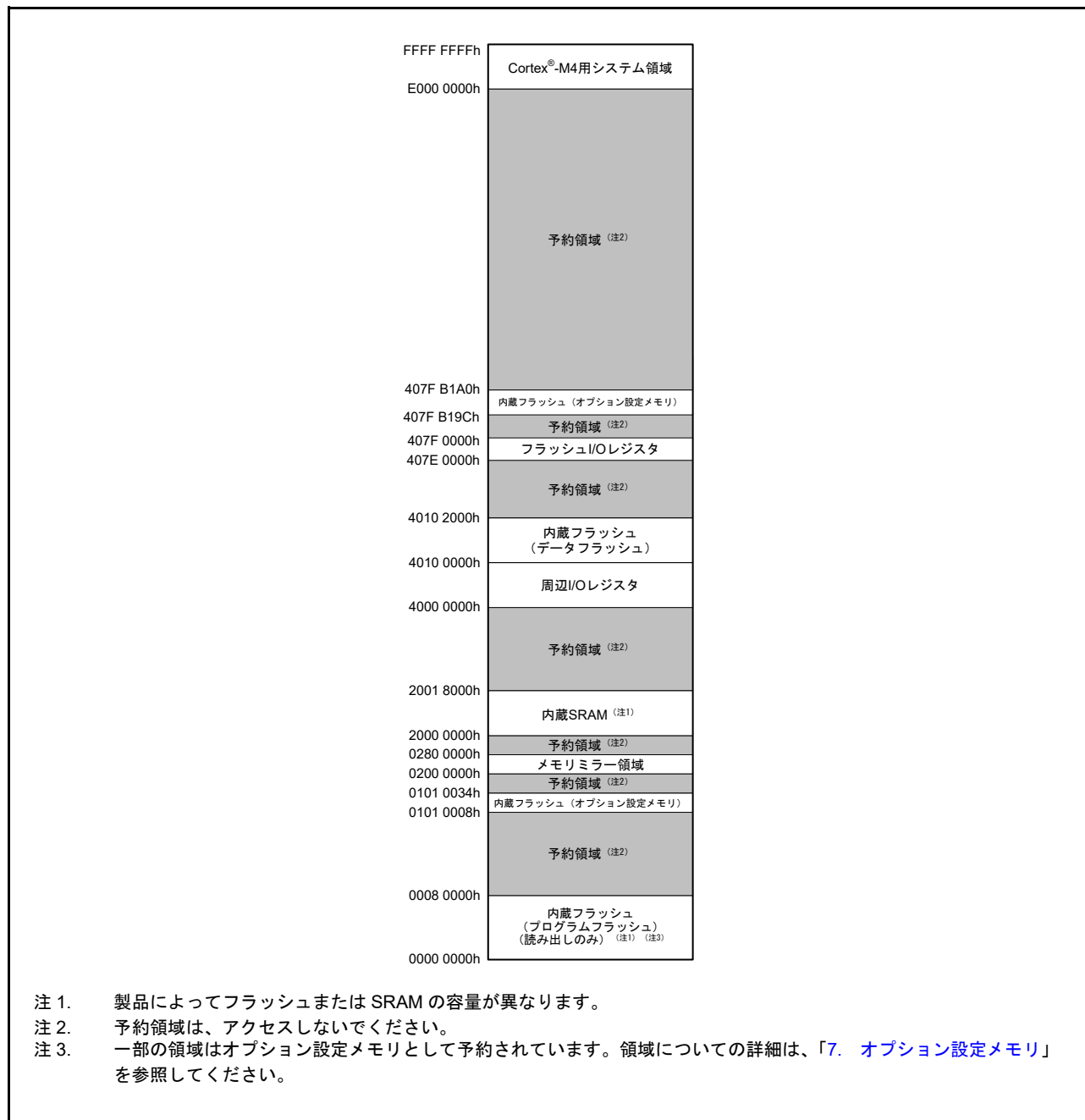


図 4.1 メモリマップ

5. メモリミラー機能 (MMF)

5.1 概要

本 MCU はメモリミラー機能 (MMF) を備えています。MMF を構成することによって、コードフラッシュメモリ内のアプリケーションイメージのロードアドレスを、未使用の 23 ビットメモリミラー空間アドレスにおけるアプリケーションイメージのリンクアドレスへマップすることが可能です。ユーザアプリケーションコードを開発する場合、この MMF 転送先アドレスから実行するようにリンクする必要があります。ユーザアプリケーションコードでは、コードフラッシュメモリ内に格納される際のロードアドレスを認識する必要はありません。

表 5.1 に MMF の仕様を示します。

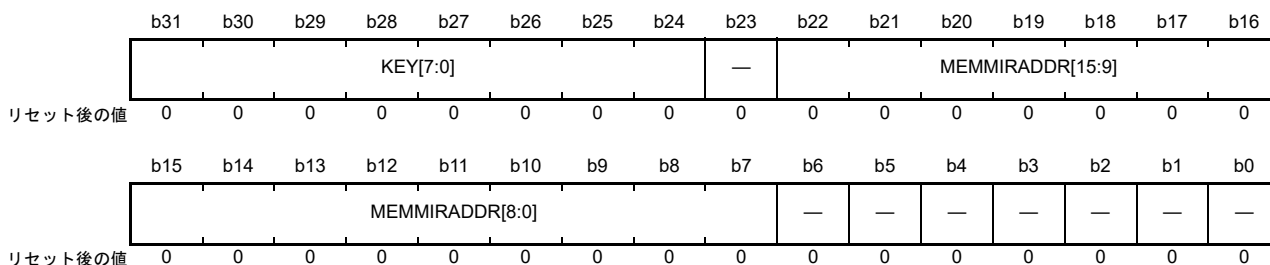
表 5.1 MMF の仕様

| 項目 | 内容 |
|----------|-------------------------------|
| メモリミラー空間 | 8MB (0200 0000h ~ 027F FFFFh) |
| メモリミラー境界 | 128 バイト |

5.2 レジスタの説明

5.2.1 MemMirror 特殊機能レジスタ (MMSFR)

アドレス [MMF.MMSFR 4000 1000h](#)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|------------------|------------|-------------------------------|-----|
| b6-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b22-b7 | MEMMIRADDR[15:0] | メモリミラーアドレス | 0000h~FFFFh (8MB) | R/W |
| b23 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b31-b24 | KEY[7:0] | MMSFRキーコード | MEMMIRADDRビットの書き換えを有効/無効にします。 | R/W |

MEMMIRADDR[15:0] ビット (メモリミラーアドレス)

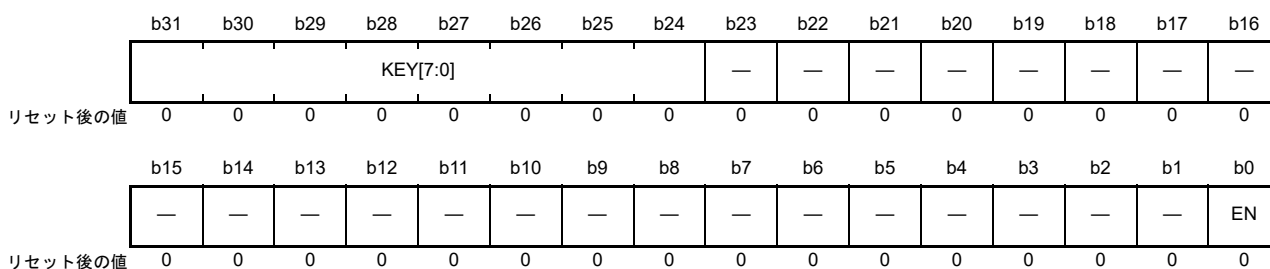
メモリミラーアドレスの [22:7] ビットを指定します。これらのビットでは、メモリミラー空間アドレスの開始アドレス (0200 0000h) のリンク先を設定します。これらのビットへの書き込みは、このレジスタが 32 ビット単位でアクセスされ、かつ DBh の値が KEY[7:0] ビットに書き込まれた場合にのみ有効になります。

KEY[7:0] ビット (MMSFR キーコード)

MEMMIRADDR[15:0] ビットの書き換えの可否を制御します。KEY ビットへの書き込みデータは保存されません。読むと 0 が読めます。このキーコードと MEMMIRADDR は、同じサイクルで書き込む必要があります。

5.2.2 MemMirror イネーブルレジスタ (MMEN)

アドレス MMF.MMEN 4000 1004h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|----------|------------|----------------------------------|-----|
| b0 | EN | メモリミラー機能有効 | 0: メモリミラー機能は無効 1: メモリミラー機能は有効 | R/W |
| b23-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b31-b24 | KEY[7:0] | MMENキーコード | ENビットの書き換えの可否を制御します。 | R/W |

EN ビット (メモリミラー機能有効)

EN ビットへの書き込みは、MemMirror イネーブルレジスタが 32 ビット単位でアクセスされ、かつ DBh が KEY[7:0] ビットに書き込まれた場合にのみ有効になります。

KEY[7:0] ビット (MMEN キーコード)

EN ビットの書き換えの可否を制御します。KEY[7:0] ビットへの書き込みデータは保存されません。読むと 0 が読めます。このキーコードと EN ビットは、同じサイクルで書き込む必要があります。

5.3 動作説明

5.3.1 メモリミラー機能動作

メモリミラー機能は、メモリミラー空間 (0200 0000h ~ 027F FFFFh) をコードフラッシュメモリ領域にリンクさせます。MMEN.EN=1 の場合、CPU は通常のアドレス (開始アドレス : 0000 0000h) とメモリミラー空間アドレス (開始アドレス : 0200 0000h) の両方を使用してコードフラッシュメモリにアクセスできます。図 5.1 にメモリミラー機能の概要を示します。MMSFR.MEMMIRADDR ビットでは、メモリミラー空間アドレスの開始アドレス (0200 0000h) のリンク先を指定します。図 5.2、図 5.3、および図 5.4 に、メモリミラー機能の動作を示します。また、図 5.5 にメモリミラー機能の設定手順を示します。

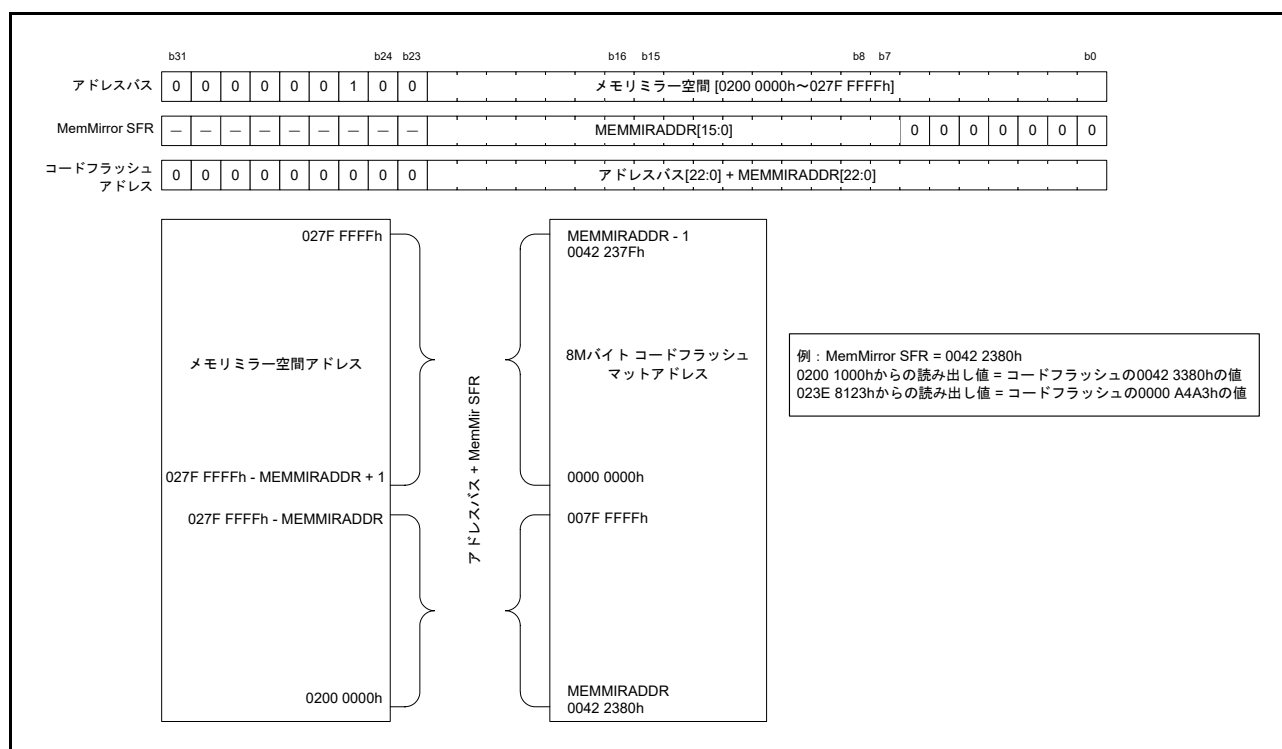


図 5.1 メモリミラー機能動作

図 5.3 に、各モジュールで処理されるアドレスを示します。ARM® MPU は CPU のオリジナルアドレスを使用します。セキュリティ MPU およびコードフラッシュメモリはどちらも、メモリミラー機能による変換後のアドレスを使用します。

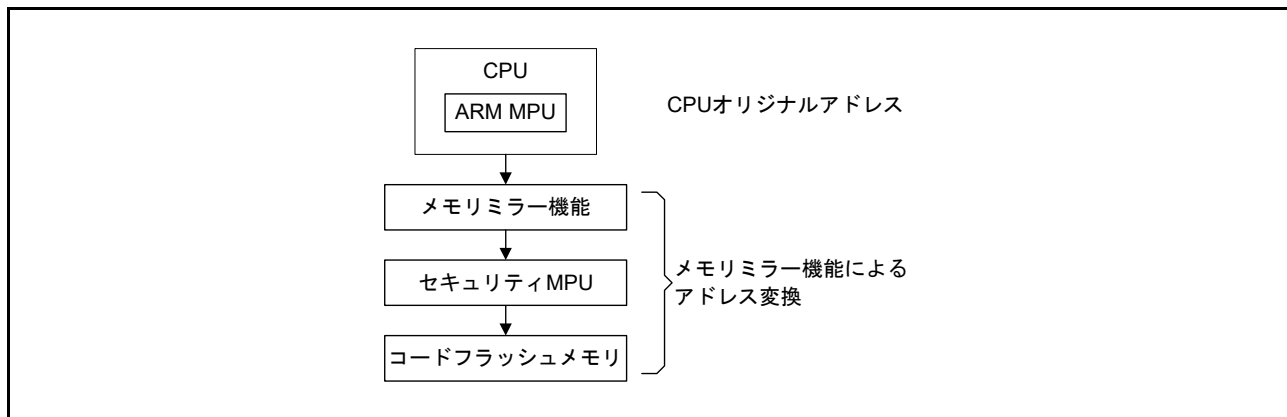


図 5.3 メモリミラー機能のアドレス処理

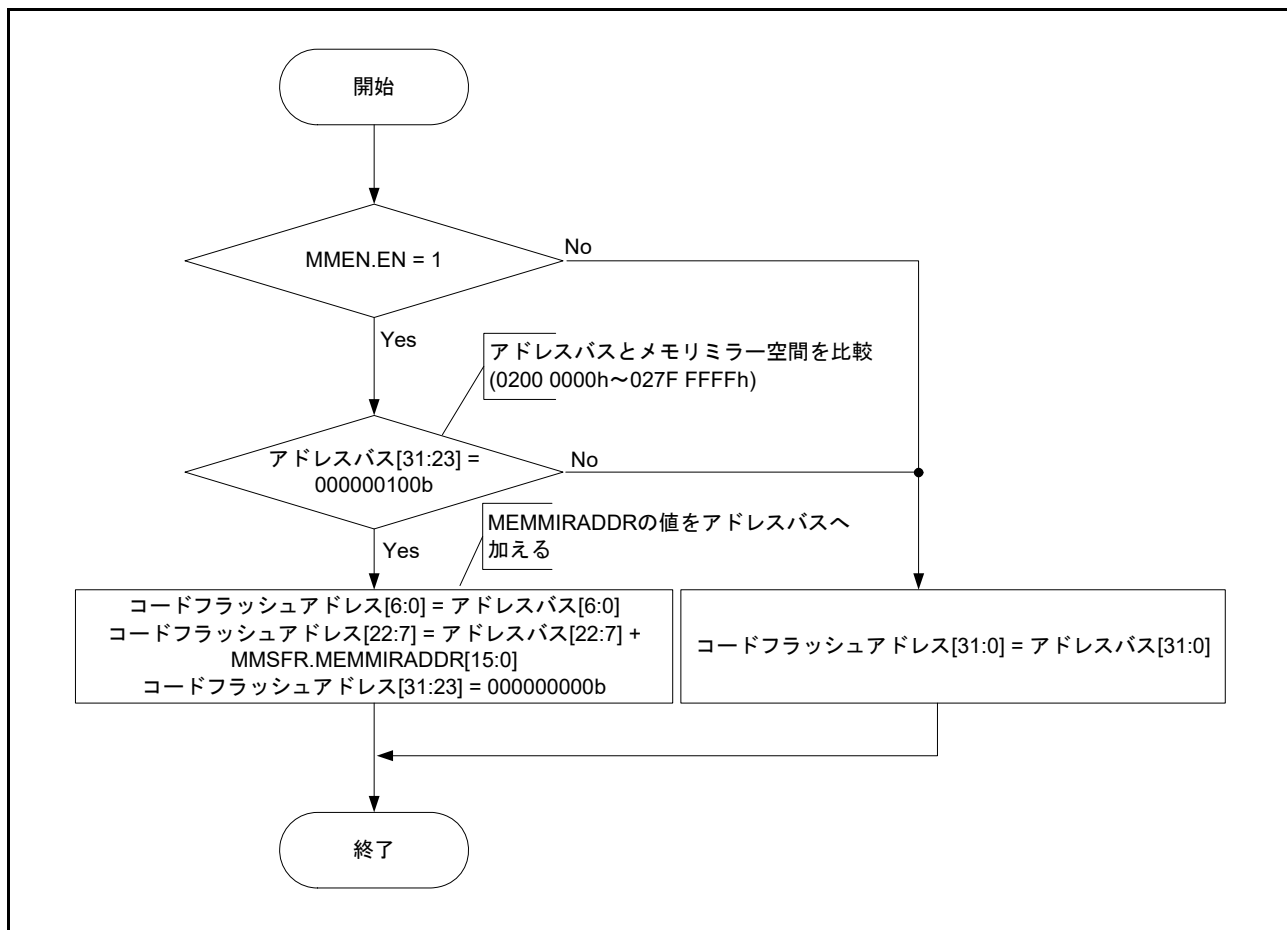


図 5.4 メモリミラー機能の動作フローチャート

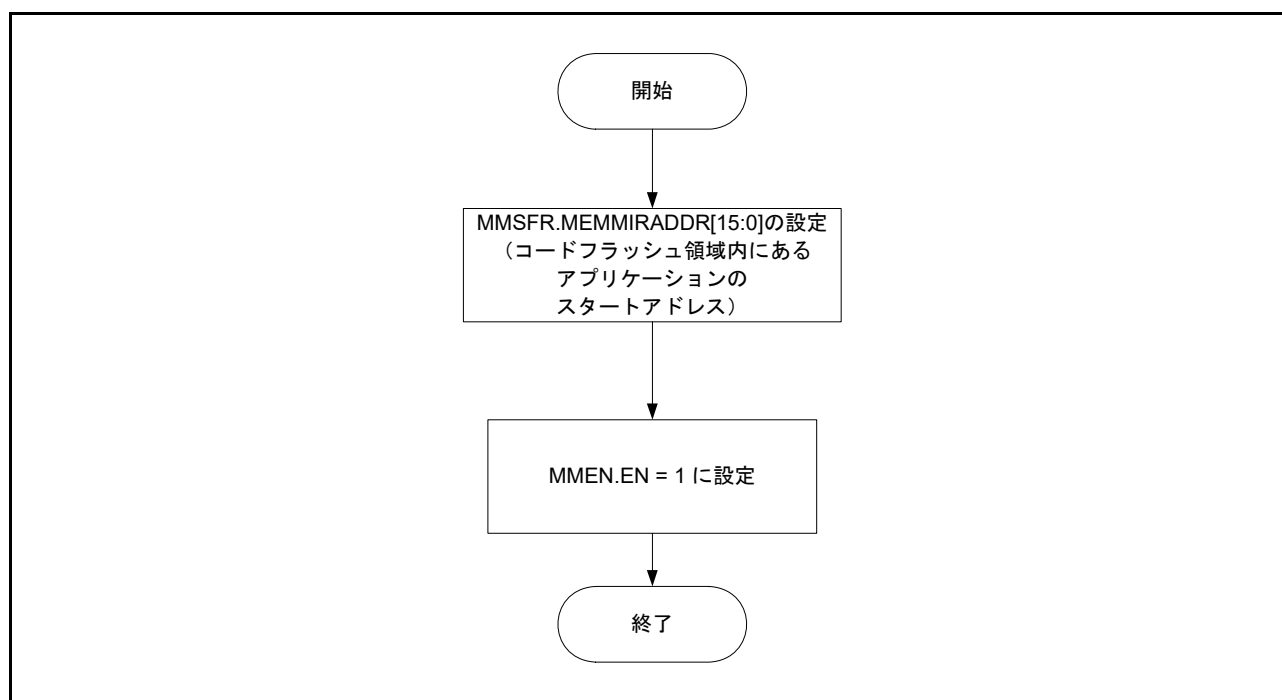


図 5.5 メモリミラー機能の設定フローチャート

5.3.2 設定例

コードフラッシュ上のアプリケーションコードは、MMSFR.MEMMIRADDR でコードフラッシュアドレスを設定し、MMEN.EN を 1 に設定することによって、メモリミラー空間上のアドレス 0200 0000h からアクセスすることが可能です。

図 5.6 に、メモリミラー機能の使用方法の例を示します。

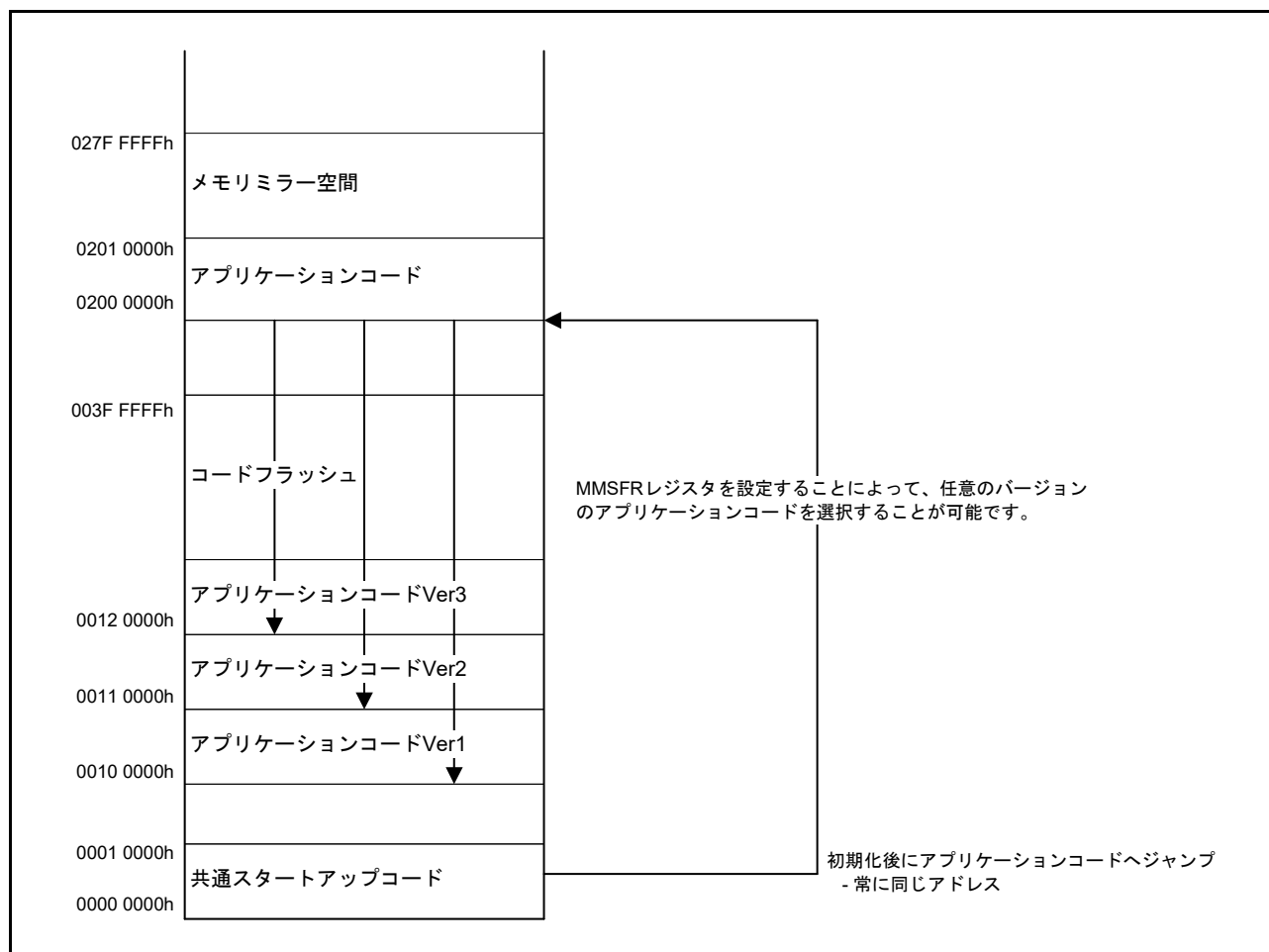


図 5.6 メモリミラー機能

アプリケーションコード Ver.1 を使用する場合は、MMSFR レジスタを DB10 0000h に設定
 アプリケーションコード Ver.2 を使用する場合は、MMSFR レジスタを DB11 0000h に設定
 アプリケーションコード Ver.3 を使用する場合は、MMSFR レジスタを DB12 0000h に設定

6. リセット

6.1 概要

本 MCU は、以下の 14 種類のリセットをサポートしています。

- RES 端子リセット
- パワーオンリセット
- VBATT 選択電圧のパワーオンリセット
- 独立ウォッチドッグタイマリセット
- ウォッチドッグタイマリセット
- 電圧監視 0 リセット
- 電圧監視 1 リセット
- SRAM パリティエラーリセット
- SRAM ECC エラーリセット
- バスマスタ MPU エラーリセット
- バススレーブ MPU エラーリセット
- スタックポインタエラーリセット
- ソフトウェアリセット

表 6.1 にリセットの名称と要因を示します。

表 6.1 リセットの名称と要因

| リセット名 | 要因 |
|----------------------|--|
| RES 端子リセット | RES 端子への入力電圧が Low |
| パワーオンリセット | VCC の上昇 (監視電圧 : V_{POR}) (注1) |
| VBATT 選択電圧のパワーオンリセット | VCC の下降 (監視電圧 : V_{DET_BATT}) (注1) |
| 独立ウォッチドッグタイマリセット | 独立ウォッチドッグタイマのアンダーフロー、またはリフレッシュエラーの発生 |
| ウォッチドッグタイマリセット | ウォッチドッグタイマのアンダーフロー、またはリフレッシュエラーの発生 |
| 電圧監視 0 リセット | VCC の下降 (監視電圧 : V_{det0}) (注1) |
| 電圧監視 1 リセット | VCC の下降 (監視電圧 : V_{det1}) (注1) |
| SRAM パリティエラーリセット | SRAM パリティエラーの検出 |
| SRAM ECC エラーリセット | SRAM ECC エラーの検出 |
| バスマスタ MPU エラーリセット | バスマスタ MPU エラーの検出 |
| バススレーブ MPU エラーリセット | バススレーブ MPU エラーの検出 |
| スタックポインタエラーリセット | スタックポインタエラーの検出 |
| ソフトウェアリセット | レジスタ設定 (Arm®ソフトウェアリセットビット、AIRCR.SYSRESETREQ) |

注 1. 監視電圧 (V_{POR} 、 V_{det0} 、 V_{det1} 、および V_{DET_BATT}) については、「8. 低電圧検出 (LVD)」および「48. 電気的特性」を参照してください。

リセットによって内部状態は初期化され、端子は初期状態になります。表 6.2 と表 6.3 に、リセット種類の初期化対象を示します。

表 6.2 リセット要因ごとの初期化対象リセット検出フラグ

| 初期化対象フラグ | リセット要因 | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------------------|------------------------|---------------|----------------|
| | RES端子 リセット | パワーオン リセット | 電圧監視 0リセット | 独立ウォッチ ドッグタイマ リセット | ウォッチ ドッグタイマ リセット | 電圧監視 1リセット | ソフトウェア リセット |
| パワーオンリセット検出フラグ (RSTSR0.PORF) | ○ | × | × | × | × | × | × |
| 電圧監視0リセット検出フラグ (RSTSR0.LVD0RF) | ○ | ○ | × | × | × | × | × |
| 独立ウォッチドッグタイマリセット検出フラグ (RSTSR1.IWDTRF) | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × |
| ウォッチドッグタイマリセット検出フラグ (RSTSR1.WDTRF) | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × |
| 電圧監視1リセット検出フラグ (RSTSR0.LVD1RF) | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × |
| ソフトウェアリセット検出フラグ (RSTSR1.SWRF) | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × |
| SRAMパリティエラーリセット検出フラグ (RSTSR1.RPERF) | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × |
| SRAM ECCエラーリセット検出フラグ (RSTSR1.REERF) | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × |
| バススレーブMPUエラーリセット検出フラグ (RSTSR1.BUSSRF) | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × |
| バスマスタMPUエラーリセット検出フラグ (RSTSR1.BUSMRF) | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × |
| スタックポインタエラーリセット検出フラグ (RSTSR1.SPERF) | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × |
| コールドスタート/ウォームスタート判別フラグ (RSTSR2.CWSF) | × | ○ | × | × | × | × | × |

| 初期化対象フラグ | リセット要因 | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------|--|
| | SRAM パリティ エラー リセット | SRAM ECC エラー リセット | バスマスタ MPUエラー リセット | バススレーブ MPUエラー リセット | スタック ポインタ エラー リセット | VBATT_ POR (注1) | |
| パワーオンリセット検出フラグ (RSTSR0.PORF) | × | × | × | × | × | × | |
| 電圧監視0リセット検出フラグ (RSTSR0.LVD0RF) | × | × | × | × | × | × | |
| 独立ウォッチドッグタイマリセット検出フラグ (RSTSR1.IWDTRF) | × | × | × | × | × | × | |
| ウォッチドッグタイマリセット検出フラグ (RSTSR1.WDTRF) | × | × | × | × | × | × | |
| 電圧監視1リセット検出フラグ (RSTSR0.LVD1RF) | × | × | × | × | × | × | |
| ソフトウェアリセット検出フラグ (RSTSR1.SWRF) | × | × | × | × | × | × | |
| SRAMパリティエラーリセット検出フラグ (RSTSR1.RPERF) | × | × | × | × | × | × | |
| SRAM ECCエラーリセット検出フラグ (RSTSR1.REERF) | × | × | × | × | × | × | |
| バススレーブMPUエラーリセット検出フラグ (RSTSR1.BUSSRF) | × | × | × | × | × | × | |
| バスマスタMPUエラーリセット検出フラグ (RSTSR1.BUSMRF) | × | × | × | × | × | × | |
| スタックポインタエラーリセット検出フラグ (RSTSR1.SPERF) | × | × | × | × | × | × | |
| コールドスタート/ウォームスタート判別フラグ (RSTSR2.CWSF) | × | × | × | × | × | × | |

○：0に初期化される。×：初期化されない。

注 1. VBATT_PORの詳細は、「12. バッテリバックアップ機能」を参照してください。

表 6.3 リセット要因ごとの初期化対象モジュール関連レジスタ

| 初期化対象レジスタ | レジスタ名 | リセット要因 | | | | | | |
|------------------------|---|---------------|---------------|---------------|----------------------------------|----------------------------|---------------|----------------|
| | | RES端子 リセット | パワーオン リセット | 電圧監視0 リセット | 独立 ウォッチ ドッグ タイマ リセット | ウォッチ ドッグ タイマ リセット | 電圧監視1 リセット | ソフトウェア リセット |
| ウォッチドッグタイマ関連の レジスタ | WDTRR, WDTCR, WDTSR, WDTRCR, WDTCSSTPR | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 電圧監視機能1関連のレジスタ | LVD1CR0, LVCMPCR.LVD1E, LVDLVL.R.LVD1LVL | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × |
| | LVD1CR1/LVD1SR | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × |
| SOSC関連のレジスタ | SOSCCR | × | × | × | × | × | × | × |
| | SOMCR | × | × | × | × | × | × | × |
| LOCO関連のレジスタ | LOCOCR | × | × | × | × | × | × | × |
| | LOCOUTCR | × | × | × | × | × | × | × |
| MOSC関連のレジスタ | MOMCR | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| リアルタイムクロック関連のレジスタ (注2) | | × | × | × | × | × | × | × |
| AGT関連のレジスタ | | × | ○ | ○ | × | × | ○ | × |
| MPU関連のレジスタ | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 端子状態 (XCIN/XCOUT端子以外) | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 端子状態 (XCIN/XCOUT端子) | | × | × | × | × | × | × | × |
| バッテリーバックアップ | VBTCR1 | × | ○ | × | × | × | × | × |
| | VBTCR2, VBTSR, VBTCMPCR, VBTLDICR, VBTWCTLR, VBTWCH00TSR, VBTICTLR, VBTCTLR, VBTWTER, VBTWEGR, VBTWFR | × | × | × | × | × | × | × |
| | VBTKRn (n = 0 ~ 511) | × | × | × | × | × | × | × |
| 上記以外のレジスタ、CPU、および内部状態 | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

| 初期化対象レジスタ | レジスタ名 | リセット要因 | | | | | |
|------------------------|---|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|
| | | SRAM パリティ エラー リセット | SRAM ECC エラー リセット | バスマスタ MPU エラー リセット | バスマスタ MPU エラー リセット | スタック ポインタ エラー リセット | VBATT_ POR (注3) |
| ウォッチドッグタイマ関連の レジスタ | WDTRR, WDTCR, WDTSR, WDTRCR, WDTCSSTPR | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × |
| 電圧監視機能1関連のレジスタ | LVD1CR0, LVCMPCR.LVD1E, LVDLVL.R.LVD1LVL | × | × | × | × | × | × |
| | LVD1CR1/LVD1SR | × | × | × | × | × | × |
| SOSC関連のレジスタ | SOSCCR | × | × | × | × | × | ○ (注1) |
| | SOMCR | × | × | × | × | × | ○ |
| LOCO関連のレジスタ | LOCOCR | × | × | × | × | × | ○ |
| | LOCOUTCR | × | × | × | × | × | ○ |
| MOSC関連のレジスタ | MOMCR | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × |
| リアルタイムクロック関連のレジスタ (注2) | | × | × | × | × | × | × |
| AGT関連のレジスタ | | × | × | × | × | × | × |
| MPU関連のレジスタ | | ○ | ○ | × | × | × | × |
| 端子状態 (XCIN/XCOUT端子以外) | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × |
| 端子状態 (XCIN/XCOUT端子) | | × | × | × | × | × | ○ |
| バッテリーバックアップ | VBTCR1 | × | × | × | × | × | × |
| | VBTCR2, VBTSR, VBTCMPCR, VBTLDICR, VBTWCTLR, VBTWCH00TSR, VBTICTLR, VBTCTLR, VBTWTER, VBTWEGR, VBTWFR | × | × | × | × | × | ○ |
| | VBTKRn (n = 0 ~ 511) | × | × | × | × | × | × |
| 上記以外のレジスタ、CPU、および内部状態 | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × |

○：初期化される。×：初期化されない。

注 1. 各レジスタの初期値については、「9. クロック発生回路」を参照してください。

注 2. RTCにはソフトウェアリセットがあります。一部の制御ビットは、いずれのリセットによっても初期化されません。対象ビットの詳細については、「25. リアルタイムクロック (RTC)」を参照してください。

注 3. VBATT_PORの詳細については、「12. バッテリーバックアップ機能」を参照してください。

RTC はいずれのリセット要因によっても初期化されません。SOSC と LOCO は、RTC と AGT のクロックソースとして選択可能です。表 6.4 および表 6.5 は、リセット発生時の SOSC と LOCO の状態を示しています。

表 6.4 リセット発生時の SOSC の状態

| | | リセット要因 | |
|------|------------|-------------|----------------------|
| | | VBATT_POR | その他 |
| SOSC | 有効または無効 | 無効に初期化 | リセット発生前に選択されていた状態を継続 |
| | 駆動能力 | ノーマルモードに初期化 | リセット発生前に選択されていた状態を継続 |
| | XGIN/XCOUT | 汎用入力端子に初期化 | リセット発生前に選択されていた状態を継続 |

表 6.5 リセット発生時の LOCO の状態

| | | リセット要因 | |
|------|---------|-----------------------------------|---------------------------|
| | | VBATT_POR | その他 |
| LOCO | 有効または無効 | 有効に初期化 | リセット発生前に選択されていた状態を継続 |
| | 発振精度 | LOCOUTCRによるトリミング前の精度に初期化（精度：±15%） | LOCOUTCRによってトリミングされた精度を継続 |

リセットが解除されると、リセット例外処理を開始します。

表 6.6 にリセット機能に関連する入出力端子を示します。

表 6.6 リセット関連の入出力端子

| 端子名 | 入出力 | 機能 |
|-----|-----|--------|
| RES | 入力 | リセット端子 |

6.2 レジスタの説明

6.2.1 リセットステータスレジスタ 0 (RSTSR0)

アドレス SYSTEM.RSTSR0 4001 E410h

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|----|----|----|----|----|------------|------------|--------|
| | — | — | — | — | — | LVD1R F | LVD0R F | PORF |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | x | x (注1) | x (注1) | x (注1) |

x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|----------------|-----------------------------------|---------------|
| b0 | PORF | パワーオンリセット検出フラグ | 0: パワーオンリセット未検出 1: パワーオンリセット検出 | R(/W) (注2) |
| b1 | LVD0RF | 電圧監視0リセット検出フラグ | 0: 電圧監視0リセット未検出 1: 電圧監視0リセット検出 | R(/W) (注2) |
| b2 | LVD1RF | 電圧監視1リセット検出フラグ | 0: 電圧監視1リセット未検出 1: 電圧監視1リセット検出 | R(/W) (注2) |
| b3 | — | 予約ビット | 読み出し値は不定です。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. リセット後の値は、リセット要因で異なります。

注2. フラグをクリアするための0の書き込みのみ可能です。このフラグは、1を読んだ後、0を書くことでクリアする必要があります。

PORF フラグ (パワーオンリセット検出フラグ)

パワーオンリセットが発生したことを示します。

[1になる条件]

- パワーオンリセットが発生したとき

[0になる条件]

- 表 6.2 に示すリセットを行ったとき
- 1を読んだ後、0を書いたとき

LVD0RF フラグ (電圧監視0リセット検出フラグ)

VCC 電圧が V_{det0} レベル以下になったことを示します。

[1になる条件]

- 電圧監視0リセットが発生したとき

[0になる条件]

- 表 6.2 に示すリセットを行ったとき
- 1を読んだ後、0を書いたとき

LVD1RF フラグ (電圧監視 1 リセット検出フラグ)

VCC 電圧が V_{det1} レベル以下になったことを示します。

[1 になる条件]

- 電圧監視 1 リセットが発生したとき

[0 になる条件]

- [表 6.2](#) に示すリセットを行ったとき
- 1 を読んだ後、0 を書いたとき

6.2.2 リセットステータスレジスタ 1 (RSTSR1)

アドレス SYSTEM.RSTSR1 4001 E0C0h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|----|----|----|----|----|--------|--------|--------|
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | SPERF | BUSMRF | BUSSRF | REERF | RPERF | — | — | — | — | — | SWRF | WDTRF | IWDTRF |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | x (注1) | x (注1) | x (注1) | x (注1) | x (注1) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | x (注1) | x (注1) | x (注1) |

x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|--------|-----------------------|---|--------------|
| b0 | IWDTRF | 独立ウォッチドッグタイマリセット検出フラグ | 0: 独立ウォッチドッグタイマリセット未検出 1: 独立ウォッチドッグタイマリセット検出 | R(W) (注2) |
| b1 | WDTRF | ウォッチドッグタイマリセット検出フラグ | 0: ウォッチドッグタイマリセット未検出 1: ウォッチドッグタイマリセット検出 | R(W) (注2) |
| b2 | SWRF | ソフトウェアリセット検出フラグ | 0: ソフトウェアリセット未検出 1: ソフトウェアリセット検出 | R(W) (注2) |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b8 | RPERF | SRAMパリティエラーリセット検出フラグ | 0: SRAMパリティエラーリセット未検出 1: SRAMパリティエラーリセット検出 | R(W) (注2) |
| b9 | REERF | SRAM ECCエラーリセット検出フラグ | 0: SRAM ECCエラーリセット未検出 1: SRAM ECCエラーリセット検出 | R(W) (注2) |
| b10 | BUSSRF | バススレーブMPUエラーリセット検出フラグ | 0: バススレーブMPUエラーリセット未検出 1: バススレーブMPUエラーリセット検出 | R(W) (注2) |
| b11 | BUSMRF | バスマスタMPUエラーリセット検出フラグ | 0: バスマスタMPUエラーリセット未検出 1: バスマスタMPUエラーリセット検出 | R(W) (注2) |
| b12 | SPERF | SPエラーリセット検出フラグ | 0: SPエラーリセット未検出 1: SPエラーリセット検出 | R(W) (注2) |
| b15-b13 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. リセット後の値は、リセット要因で異なります。

注2. フラグをクリアするための0の書き込みのみ可能です。このフラグは、1を読んだ後、0を書くことでクリアする必要があります。

IWDTRF フラグ (独立ウォッチドッグタイマリセット検出フラグ)

独立ウォッチドッグタイマリセットが発生したことを示します。

[1になる条件]

- 独立ウォッチドッグタイマリセットが発生したとき

[0になる条件]

- 表 6.2 に示すリセットを行ったとき
- 1を読んだ後、0を書いたとき

WDTRF フラグ (ウォッチドッグタイマリセット検出フラグ)

ウォッチドッグタイマリセットが発生したことを示します。

[1になる条件]

- ウォッチドッグタイマリセットが発生したとき

[0になる条件]

- 表 6.2 に示すリセットを行ったとき
- 1を読んだ後、0を書いたとき

SWRF フラグ (ソフトウェアリセット検出フラグ)

ソフトウェアリセットが発生したことを示します。

[1 になる条件]

- ソフトウェアリセットが発生したとき

[0 になる条件]

- 表 6.2 に示すリセットを行ったとき
- 1 を読んだ後、0 を書いたとき

RPERF フラグ (SRAM パリティエラーリセット検出フラグ)

SRAM パリティエラーリセットが発生したことを示します。

[1 になる条件]

- SRAM パリティエラーリセットが発生したとき

[0 になる条件]

- 表 6.2 に示すリセットを行ったとき
- 1 を読んだ後、0 を書いたとき

REERF フラグ (SRAM ECC エラーリセット検出フラグ)

SRAM ECC エラーリセットが発生したことを示します。

[1 になる条件]

- SRAM ECC エラーリセットが発生したとき

[0 になる条件]

- 表 6.2 に示すリセットを行ったとき
- 1 を読んだ後、0 を書いたとき

BUSSRF フラグ (バススレーブ MPU エラーリセット検出フラグ)

バススレーブ MPU エラーリセットが発生したことを示します。

[1 になる条件]

- バススレーブ MPU エラーリセットが発生したとき

[0 になる条件]

- 表 6.2 に示すリセットを行ったとき
- 1 を読んだ後、0 を書いたとき

BUSMRF フラグ (バスマスタ MPU エラーリセット検出フラグ)

バスマスタ MPU エラーリセットが発生したことを示します。

[1 になる条件]

- バスマスタ MPU エラーリセットが発生したとき

[0 になる条件]

- 表 6.2 に示すリセットを行ったとき
- 1 を読んだ後、0 を書いたとき

SPERF フラグ (SP エラーリセット検出フラグ)

スタックポインタエラーリセットが発生したことを示します。

[1 になる条件]

- スタックポインタエラーリセットが発生したとき

[0 になる条件]

- 表 6.2 に示すリセットを行ったとき
- 1 を読んだ後、0 を書いたとき

6.2.3 リセットステータスレジスタ 2 (RSTSR2)

アドレス SYSTEM.RSTSR2 4001 E411h

| | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | CWSF |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | x (注1) |

x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------|------------------------|----------------------------|---------------|
| b0 | CWSF | コールドスタート/ウォームスタート判別フラグ | 0: コールドスタート 1: ウォームスタート | R/(W) (注2) |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. リセット後の値は、リセット要因で異なります。

注2. フラグをセットするための1の書き込みのみ可能です。

RSTSR2 レジスタは、電源が投入されたときのリセット処理（コールドスタート）なのか、動作中にリセット信号が入力されたときのリセット処理（ウォームスタート）なのかを判定するレジスタです。

CWSF フラグ (コールドスタート/ウォームスタート判別フラグ)

リセット処理の種類（コールドスタートまたはウォームスタート）を示します。CWSF フラグは、パワーオンリセットで初期化されます。RES 端子リセットでは初期化されません。

[1 になる条件]

- ソフトウェアで1を書いたとき。0を書いても変化しない

[0 になる条件]

- 表 6.2 に示すリセットを行ったとき

6.3 動作説明

6.3.1 RES 端子リセット

RES 端子によるリセットです。RES 端子が Low になると実行中の処理はすべて打ち切れ、本 MCU はリセット状態になります。本 MCU を適切にリセットするには、電源投入時に指定された電源安定時間だけ RES 端子は Low を保持していなければいけません。

RES 端子が Low から High になったとき、RES 解除後待機時間 (t_{RESWT}) 経過後に内部リセットが解除されます。その後 CPU はリセット例外処理を開始します。

詳細は、「[48. 電気的特性](#)」を参照してください。

6.3.2 パワーオンリセット

パワーオンリセット (POR) は、パワーオンリセット回路による内部リセットです。

RES 端子を High にした状態で電源を投入すると、パワーオンリセットが発生します。VCC が V_{POR} を超えると、指定されたパワーオンリセット時間経過後、内部リセットが解除され、CPU がリセット例外処理を開始します。パワーオンリセット時間とは、外部電源と MCU 回路のための安定期間です。パワーオンリセットが発生すると、RSTSR0.PORF フラグが 1 になります。PORF フラグは、RES 端子リセットによって初期化されます。

電圧監視 0 リセットは、電圧監視回路による内部リセットです。オプション機能選択レジスタ 1 (OFS1) の電圧検出 0 回路起動ビット (LVDAS) が 0 (リセット後、電圧監視 0 リセット有効) の状態で、VCC が V_{det0} 以下になると、RSTSR0.LVD0RF フラグが 1 になり、電圧検出回路は電圧監視 0 リセットを発生させます。電圧監視 0 リセットを使用する場合は、OFS1.LVDAS ビットを 0 にしてください。

VCC が V_{det0} を超えると、電圧監視 0 リセット時間 (t_{LVD0}) 経過後、内部リセットが解除され、CPU がリセット例外処理を開始します。 V_{det0} の電圧検出レベルは、オプション機能選択レジスタ 1 (OFS1) の VDSEL1[2:0] ビットの設定により変更できます。

図 6.1 に、パワーオンリセットおよび電圧監視 0 リセット時の動作例を示します。

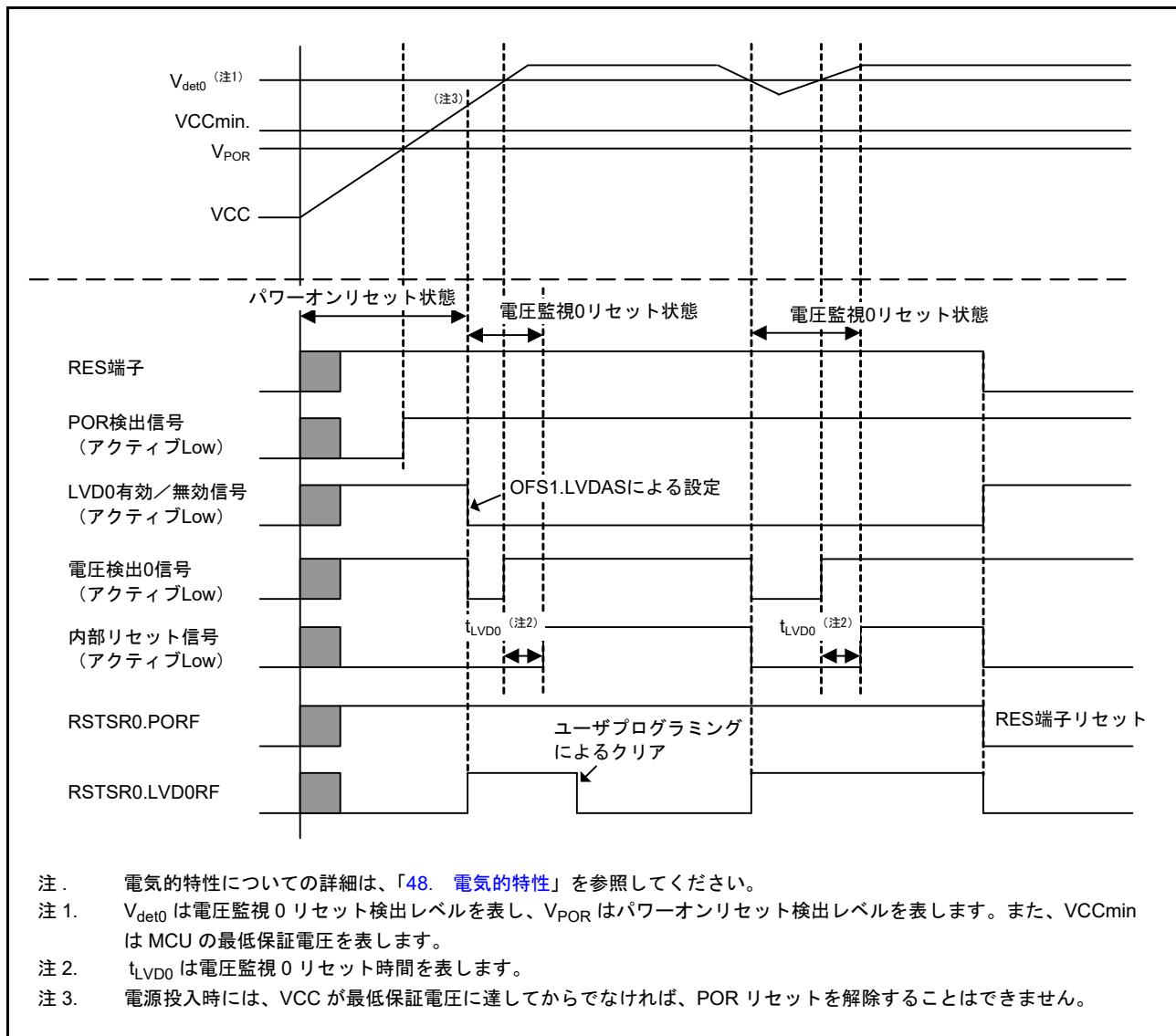


図 6.1 パワーオンリセットおよび電圧監視 0 リセット時の動作例

6.3.3 電圧監視リセット

電圧監視0リセットは、電圧監視回路による内部リセットです。オプション機能選択レジスタ1 (OFS1) の電圧検出0回路起動ビット (LVDAS) が0 (リセット後、電圧監視0リセット有効) の状態で、VCCが V_{det0} 以下になると、RSTSR0.LVD0RFフラグが1になり、電圧検出回路は電圧監視0リセットを発生させます。電圧監視0リセットを使用する場合は、OFS1.LVDASビットを0にしてください。VCCが V_{det0} を超えると、電圧監視0リセット時間 (t_{LVD0}) 経過後、内部リセットが解除され、CPUがリセット例外処理を開始します。

電圧監視1回路コントロールレジスタ0 (LVD1CR0) の電圧監視1割り込み/リセット許可ビット (RIE) が1 (電圧検出回路によるリセット/割り込み有効) で、かつ電圧監視1回路モード選択ビット (RI) が1 (低電圧検出時、リセット発生) の状態にあるとき、VCCが V_{det1} 以下になると、RSTSR0.LVD1RFフラグが1になり、電圧検出回路は電圧監視1リセットを発生させます。

電圧監視1リセットの解除タイミングは、LVD1CR0レジスタの電圧監視1リセットネゲート選択ビット (RN) で選択可能です。LVD1CR0.RNビットが0で、かつVCCが V_{det1} 以下になっている場合、 V_{det1} を超えてからLVD1リセット時間 (t_{LVD1}) が経過すると、内部リセットが解除され、CPUがリセット例外処理を開始します。また、LVD1CR0.RNビットが1で、かつVCCが V_{det1} 以下になっている場合、LVD1リセット時間 (t_{LVD1}) が経過すると、内部リセットは解除され、CPUがリセット例外処理を開始します。

V_{det1} の電圧検出レベルは、電圧検出レベル選択レジスタ (LVDLVLR) で変更できます。

図6.2に電圧監視1リセット時の動作例を示します。電圧監視1リセットの詳細は、「8. 低電圧検出 (LVD)」を参照してください。

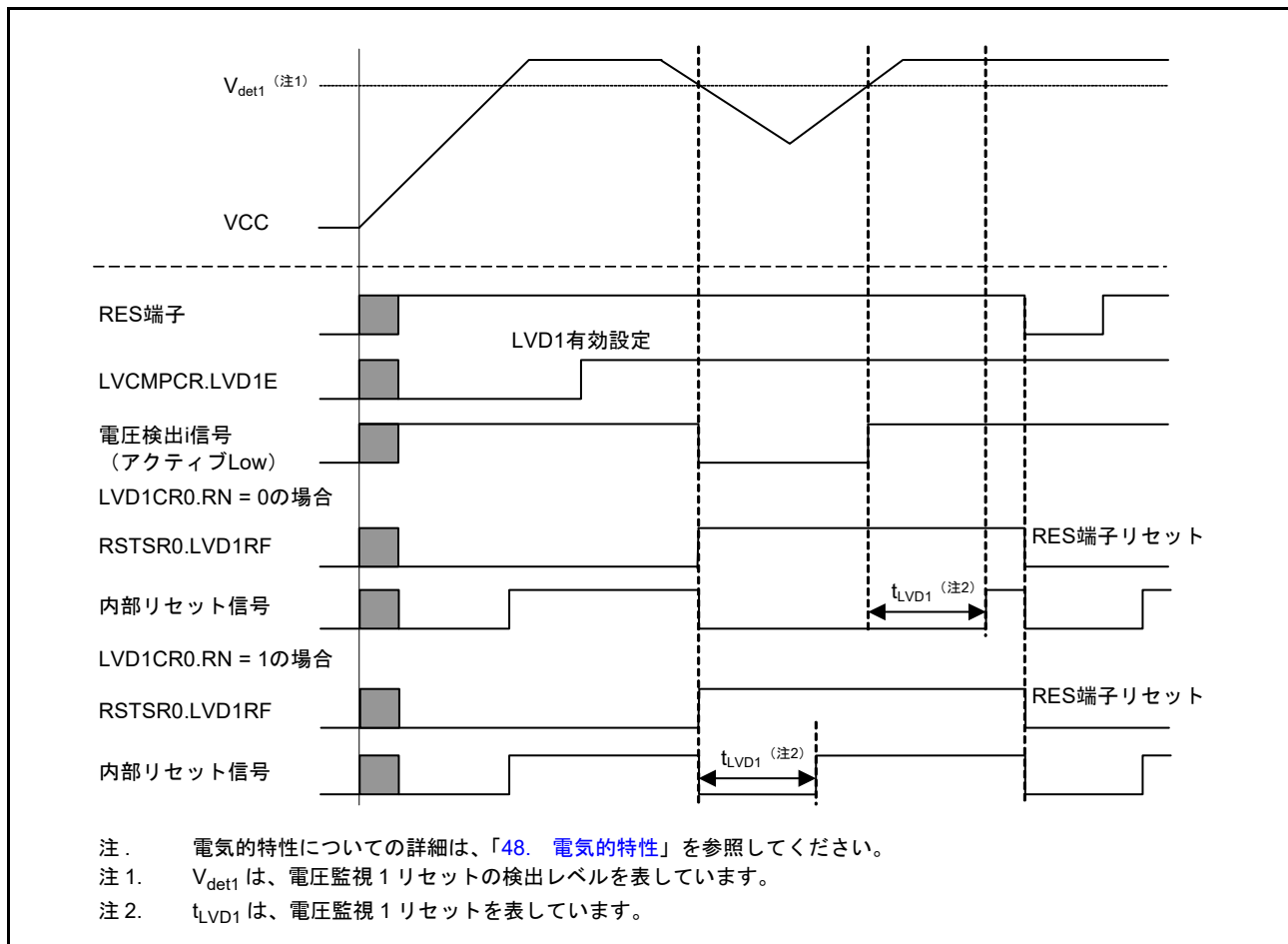


図 6.2 電圧監視1リセット時の動作例

6.3.4 独立ウォッチドッグタイマリセット

独立ウォッチドッグタイマリセットは、独立ウォッチドッグタイマ (IWDT) により生成された内部リセットです。IWDT から独立ウォッチドッグタイマリセットを出力するかどうかをオプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) で選択できます。

独立ウォッチドッグタイマリセットの出力を選択した場合、IWDT がアンダーフローしたとき、あるいはリフレッシュ動作禁止時に書き込みを行ったときに、独立ウォッチドッグタイマリセットが生成されます。独立ウォッチドッグタイマリセットの生成後に、内部リセット時間 (t_{RESW2}) が経過すると、内部リセットは解除され、CPU がリセット例外処理を開始します。

独立ウォッチドッグタイマリセットの詳細は、「27. 独立ウォッチドッグタイマ (IWDT)」を参照してください。

6.3.5 ウォッチドッグタイマリセット

ウォッチドッグタイマリセットは、ウォッチドッグタイマ (WDT) による内部リセットです。WDT リセットコントロールレジスタ (WDTRCR) またはオプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) によって、WDT からウォッチドッグタイマリセットを出力するかどうかを選択できます。

ウォッチドッグタイマリセットの出力を選択した場合、WDT がアンダーフローしたとき、あるいはリフレッシュ動作禁止時に書き込みを行ったときに、このリセットが発生します。ウォッチドッグタイマリセットの発生後に、内部リセット時間 (t_{RESW2}) が経過すると、内部リセットは解除され、CPU がリセット例外処理を開始します。

ウォッチドッグタイマリセットの詳細は、「26. ウォッチドッグタイマ (WDT)」を参照してください。

6.3.6 ソフトウェアリセット

ソフトウェアリセットは、Arm コア内部の AIRCR レジスタの SYSRESETREQ ビットに対するソフトウェア設定によって発生する内部リセットです。SYSRESETREQ ビットを 1 にすると、ソフトウェアリセットが発生します。ソフトウェアリセットの発生後に、内部リセット時間 (t_{RESW2}) が経過すると、内部リセットは解除され、CPU がリセット例外処理を開始します。

SYSRESETREQ ビットについての詳細は、ARM® Cortex®-M4 Technical Reference Manual を参照してください。

6.3.7 コールドスタート/ウォームスタート判定機能

RSTSR2.CWSF フラグの読み出しによって、リセット処理の原因を判定できます。このフラグは、電源が投入されたときのリセット処理（コールドスタート）なのか、動作中にリセット信号が入力されたときのリセット処理（ウォームスタート）なのかを示します。

CWSF フラグは、パワーオンリセットが発生すると 0（コールドスタート）になります。その他のリセットを行っても 0 になりません。また、ソフトウェアで 1 を書くと 1 になります。0 を書いても 0 になりません。

図 6.3 にコールドスタート/ウォームスタート判定機能の動作例を示します。

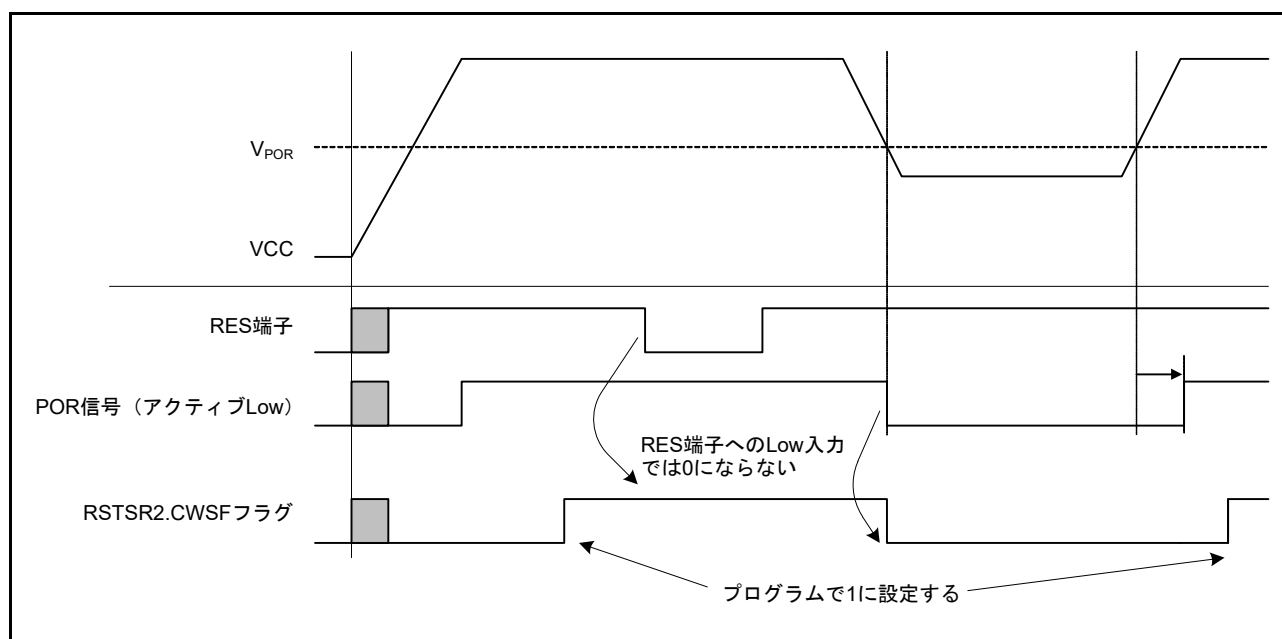


図 6.3 コールドスタート/ウォームスタート判定機能の動作例

6.3.8 リセット発生要因の判定

RSTSR0レジスタとRSTSR1レジスタを読むことで、いずれのリセット発生によってリセット例外処理が実行されたかを確認できます。図6.4にリセット発生要因の判定フロー例を示します。リセットフラグは、1を読んだ後に0を書く必要があります。

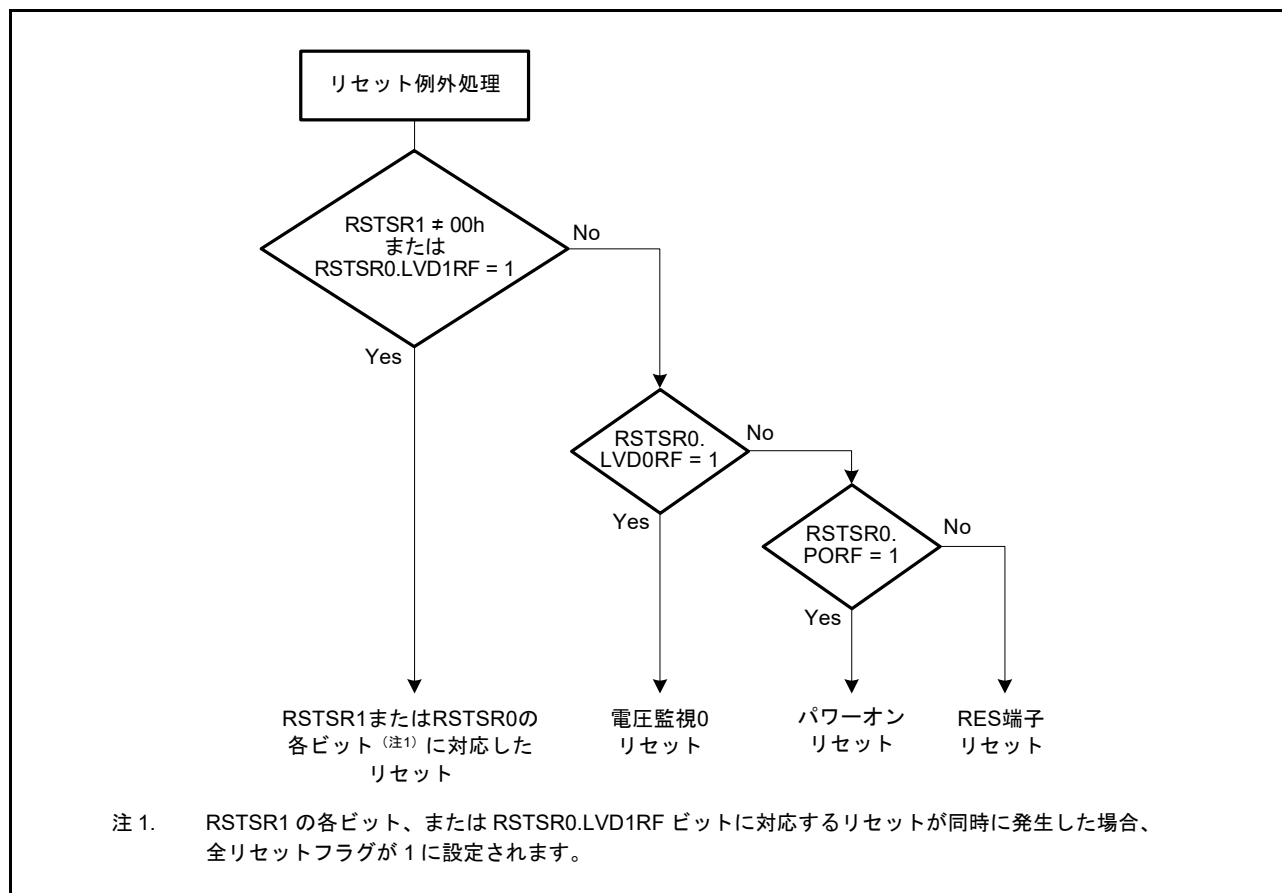


図 6.4 リセット発生要因の判定フロー例

7. オプション設定メモリ

7.1 概要

オプション設定メモリは、MCUのリセット後の状態を決定します。オプション設定メモリは、フラッシュメモリのコンフィグレーション設定領域とプログラムフラッシュ領域にあり、これら2つの領域では設定方法が異なります。図 7.1 にオプション設定メモリの領域を示します。

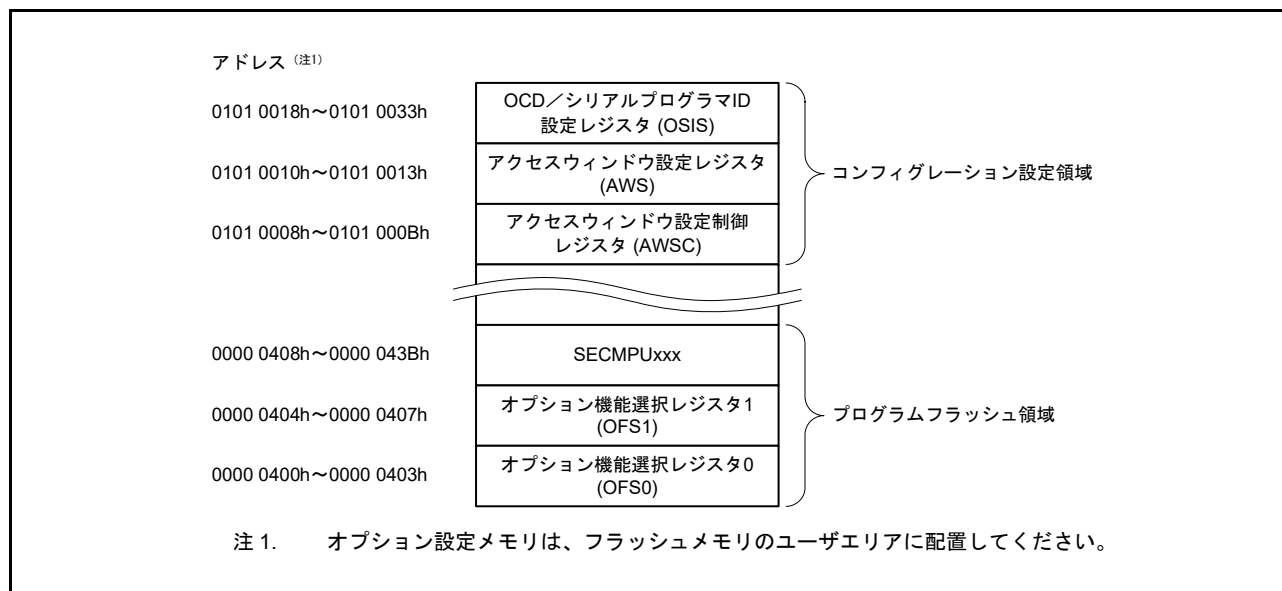


図 7.1 オプション設定メモリの領域

7.2 レジスタの説明

7.2.1 オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0)

アドレス OFS0 0000 0400h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|----------------|-----|-----------------|---------------|---------------|--------------|-----|-----|---------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| — | WDTST PCTL | — | WDTR STIRQ | WDTRPSS[1:0] | WDTRPES[1:0] | WDTCKS[3:0] | | | WDTTOPS[1:0] | WDTST RT | — | | | | |
| リセット後の値 | | | | | | | | | | | | | | | |
| ユーザの設定値 (注1) | | | | | | | | | | | | | | | |
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | IWDTS TPCTL | — | IWDTR STIRQS | IWDTRPSS[1:0] | IWDTRPES[1:0] | IWDTCKS[3:0] | | | IWDTTOPS[1:0] | IWDTS TRT | — | | | | |
| リセット後の値 | | | | | | | | | | | | | | | |
| ユーザの設定値 (注1) | | | | | | | | | | | | | | | |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------------|------------------|--|-----|
| b0 | — | 予約ビット | 読んだ場合は、プログラムした値が読めます。 | R |
| b1 | IWDTSTRT | IWDTスタートモード選択 | 0: リセット後、IWDTは自動的に起動 (オートスタートモード) 1: IWDTは無効 | R |
| b3-b2 | IWDTTOPS[1:0] | IWDTタイムアウト期間選択 | b3 b2 0 0: 128サイクル (007Fh) 0 1: 512サイクル (01FFh) 1 0: 1024サイクル (03FFh) 1 1: 2048サイクル (07FFh) | R |
| b7-b4 | IWDTCKS[3:0] | IWDT専用クロック分周比選択 | b7 b4 0 0 0 0: 1分周 0 0 1 0: 16分周 0 0 1 1: 32分周 0 1 0 0: 64分周 1 1 1 1: 128分周 0 1 0 1: 256分周 上記以外は設定しないでください。 | R |
| b9-b8 | IWDTRPES[1:0] | IWDTウィンドウ終了位置選択 | b9 b8 0 0: 75% 0 1: 50% 1 0: 25% 1 1: 0% (ウィンドウ終了位置の設定なし) | R |
| b11-b10 | IWDTRPSS[1:0] | IWDTウィンドウ開始位置選択 | b11 b10 0 0: 25% 0 1: 50% 1 0: 75% 1 1: 100% (ウィンドウ開始位置の設定なし) | R |
| b12 | IWDTRSTIRQS | IWDTリセット割り込み要求選択 | 0: ノンマスカブル割り込み要求、または割り込み要求を許可 1: リセットを許可 | R |
| b13 | — | 予約ビット | 読んだ場合は、書き込んだ値が読めます。書き込む場合は1としてください。 | R |
| b14 | IWDTSTPCTL | IWDT停止制御 | 0: カウント継続 1: スリープモード、スヌーズモード、またはソフトウェアスタンバイモードのとき、カウント停止 | R |
| b16-b15 | — | 予約ビット | 読んだ場合は、書き込んだ値が読めます。書き込む場合は1としてください。 | R |
| b17 | WDTSTRT | WDTスタートモード選択 | 0: リセット後、WDTは自動的に起動 (オートスタートモード) 1: リセット後、WDTは停止状態 (レジスタスタートモード) | R |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|--------------|-----------------|--|-----|
| b19-b18 | WDTTOPS[1:0] | WDTタイムアウト期間選択 | b19 b18 0 0 : 1024サイクル (03FFh) 0 1 : 4096サイクル (0FFFh) 1 0 : 8192サイクル (1FFFh) 1 1 : 16384サイクル (3FFFh) | R |
| b23-b20 | WDTCKS[3:0] | WDTクロック分周比選択 | b23 b20 0 0 0 1 : PCLKB/4 0 1 0 0 : PCLKB/64 1 1 1 1 : PCLKB/128 0 1 1 0 : PCLKB/512 0 1 1 1 : PCLKB/2048 1 0 0 0 : PCLKB/8192 上記以外は設定しないでください。 | R |
| b25-b24 | WDRPES[1:0] | WDTウィンドウ終了位置選択 | b25 b24 0 0 : 75% 0 1 : 50% 1 0 : 25% 1 1 : 0% (ウィンドウ終了位置の設定なし) | R |
| b27-b26 | WDRPSS[1:0] | WDTウィンドウ開始位置選択 | b27 b26 0 0 : 25% 0 1 : 50% 1 0 : 75% 1 1 : 100% (ウィンドウ開始位置の設定なし) | R |
| b28 | WDRSTIRQS | WDTリセット割り込み要求選択 | WDT動作の選択 0 : 割り込み 1 : リセット | R |
| b29 | — | 予約ビット | 読んだ場合は、書き込んだ値が読めます。書き込む場合は1としてください。 | R |
| b30 | WDTSTPCTL | WDT停止制御 | 0 : カウント継続 1 : スリープモード遷移時にカウント停止 | R |
| b31 | — | 予約ビット | 読んだ場合は、書き込んだ値が読めます。書き込む場合は1としてください。 | R |

注1. ブランク品は、FFFF_FFFFhです。ユーザがプログラムした値になります。

IWDTSTRT ビット (IWDT スタートモード選択)

リセット後のIWDTの起動モード（停止状態または起動状態）を選択します。

IWDTTOPS[1:0] ビット (IWDT タイムアウト期間選択)

ダウンカウンタがアンダーフローするまでのタイムアウト期間を、IWDTCKS[3:0] ビットで設定した分周クロックを1サイクルとして、128、512、1024、2048の各サイクルで選択します。リフレッシュ後、IWDTがアンダーフローするまでのクロックサイクル数は、IWDTCKS[3:0] ビットとIWDTTOPS[1:0] ビットの組み合わせで決定されます。

詳細は、「27. 独立ウォッチドッグタイマ (IWDT)」を参照してください。

IWDTCKS[3:0] ビット (IWDT 専用クロック分周比選択)

IWDT専用クロックを分周するプリスケアラの分周比設定を、1/1、1/16、1/32、1/64、1/128、1/256の各分周から選択します。この設定をIWDTTOPS[1:0] ビット設定と組み合わせることで、IWDTのカウント期間は128から524288までのIWDTクロックサイクルに設定可能です。

詳細は、「27. 独立ウォッチドッグタイマ (IWDT)」を参照してください。

IWDTRPES[1:0] ビット (IWDT ウィンドウ終了位置選択)

ダウンカウンタのウィンドウ終了位置を、カウント値の 0%、25%、50%、75% から選択します。ウィンドウ終了位置の値はウィンドウ開始位置の値よりも小さくなければいけません。ウィンドウ終了位置をウィンドウ開始位置よりも大きい値にした場合、ウィンドウ開始位置の設定値のみが有効となります。

IWDTRPSS[1:0] および IWDTRPES[1:0] ビットで設定したウィンドウ開始および終了位置に対応するカウンタ値は、IWDTTOPS[1:0] ビットの設定によって変わります。

詳細は、「27. 独立ウォッチドッグタイマ (IWDT)」を参照してください。

IWDTRPSS[1:0] ビット (IWDT ウィンドウ開始位置選択)

ダウンカウンタのウィンドウ開始位置を、カウント値の 25%、50%、75%、100% から選択します。このとき、カウント開始時が 100%、アンダーフロー発生時が 0% です。ウィンドウ開始位置からウィンドウ終了位置までの期間がリフレッシュ許可期間となります。ただし、それ以外の期間でのリフレッシュはできません。

詳細は、「27. 独立ウォッチドッグタイマ (IWDT)」を参照してください。

IWDTRSTIRQS ビット (IWDT リセット割り込み要求選択)

ダウンカウンタのアンダーフロー、またはリフレッシュエラー発生時の動作を選択します。独立ウォッチドッグタイマリセット、ノンマスカブル割り込み要求、または割り込み要求のいずれかの動作を選択できます。

詳細は、「27. 独立ウォッチドッグタイマ (IWDT)」を参照してください。

IWDTSTPCTL ビット (IWDT 停止制御)

スリープモード、スヌーズモードまたはソフトウェアスタンバイモード遷移時にカウントを停止するかどうかを指定します。

詳細は、「27. 独立ウォッチドッグタイマ (IWDT)」を参照してください。

WDTSTRT ビット (WDT スタートモード選択)

リセット後の WDT の起動モード (停止状態、またはオートスタートモードでの起動) を選択します。WDT がオートスタートモードで起動された場合、WDT の設定は OFS0 レジスタの設定が有効となります。

WDTTOPS[1:0] ビット (WDT タイムアウト期間選択)

ダウンカウンタがアンダーフローするまでのタイムアウト期間を、WDTCKS[3:0] ビットで設定した分周クロックを 1 サイクルとして、1024、4096、8192、16384 の各サイクル数で指定します。リフレッシュ後、カウンタがアンダーフローするまでの PCLKB サイクル数は、WDTCKS[3:0] ビットと WDTTOPS[1:0] ビットの組み合わせで決定されます。

詳細は、「26. ウォッチドッグタイマ (WDT)」を参照してください。

WDTCKS[3:0] ビット (WDT クロック分周比選択)

PCLKB を分周するプリスケアラの分周比設定を、1/4、1/64、1/128、1/512、1/2048、1/8192 の各分周から選択します。この設定を WDTTOPS[1:0] ビット設定と組み合わせることで、WDT のカウント期間は 4096 から 134217728 までの PCLKB サイクルに設定可能です。

詳細は、「26. ウォッチドッグタイマ (WDT)」を参照してください。

WDRPES[1:0] ビット (WDT ウィンドウ終了位置選択)

ダウンカウンタのウィンドウ終了位置を、カウント値の 0%、25%、50%、75% から指定します。ウィンドウ終了位置の値はウィンドウ開始位置の値よりも小さくなければいけません。ウィンドウ終了位置をウィンドウ開始位置よりも大きい値にした場合、ウィンドウ開始位置の設定値のみが有効となります。

WDRPSS[1:0] および WDRPES[1:0] ビットで設定したウィンドウ開始および終了位置に関連するカウンタ値は、WDTTOPS[1:0] ビットの設定によって変わります。

詳細は、「26. ウォッチドッグタイマ (WDT)」を参照してください。

WDTRPSS[1:0] ビット (WDT ウィンドウ開始位置選択)

ダウンカウンタのウィンドウ開始位置を、カウント値の25%、50%、75%、100%から選択します。このとき、カウント開始時が100%、アンダーフロー発生時が0%です。ウィンドウ開始位置からウィンドウ終了位置までの期間がリフレッシュ許可期間となります。ただしそれ以外の期間でのリフレッシュはできません。

詳細は、「26. ウォッチドッグタイマ (WDT)」を参照してください。

WDRSTIRQS ビット (WDT リセット割り込み要求選択)

ダウンカウンタのアンダーフロー、またはリフレッシュエラー発生時の動作を設定します。ウォッチドッグタイマリセット、ノンマスカブル割り込み要求、または割り込み要求のいずれかを選択できます。

詳細は、「26. ウォッチドッグタイマ (WDT)」を参照してください。

WDTSTPCTL ビット (WDT 停止制御)

スリープモード遷移時に、カウントを停止させるかどうかを選択します。

詳細は、「26. ウォッチドッグタイマ (WDT)」を参照してください。

7.2.2 オプション機能選択レジスタ 1 (OFS1)

アドレス OFS1 0000 0404h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-------------|-----|-------|-----|-----|-----|
| b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 ユーザの設定値 (注1) | | | | | | | | | | | | | | | |
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | HOCOFRQ1[2:0] | | — | — | — | — | HOCOEN | — | — | VDSEL1[2:0] | | LVDAS | — | — | |
| リセット後の値 ユーザの設定値 (注1) | | | | | | | | | | | | | | | |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------------|------------|---|-----|
| b1-b0 | — | 予約ビット | 読んだ場合は、書き込んだ値が読めます。書き込む場合は1としてください。 | R |
| b2 | LVDAS | 電圧検出0回路起動 | 0: リセット後、電圧監視0リセット有効 1: リセット後、電圧監視0リセット無効 | R |
| b5-b3 | VDSEL1[2:0] | 電圧検出0レベル選択 | b5 b3 0 0 0: 設定禁止 0 0 1: 2.82Vを選択 0 1 0: 2.51Vを選択 0 1 1: 1.90Vを選択 上記以外は設定しないでください。 | R |
| b7-b6 | — | 予約ビット | 読んだ場合は、書き込んだ値が読めます。書き込む場合は1としてください。 | R |
| b8 | HOCOEN | HOCO発振有効 | 0: リセット後、HOCO発振が有効 1: リセット後、HOCO発振が無効 | R |
| b11-b9 | — | 予約ビット | 読んだ場合は、書き込んだ値が読めます。書き込む場合は1としてください。 | R |
| b14-b12 | HOCOFRQ1[2:0] | HOCO周波数設定1 | b14 b12 0 0 0: 24MHz 0 1 0: 32MHz 1 0 0: 48MHz 1 0 1: 64MHz 上記以外は設定しないでください。 | R |
| b31-b15 | — | 予約ビット | 読んだ場合は、書き込んだ値が読めます。書き込む場合は1としてください。 | R |

注1. ブランク品は、FFFF_FFFFhです。ユーザがプログラムした値になります。

LVDAS ビット (電圧検出 0 回路起動)

リセット後、電圧監視 0 リセットを有効にするか無効にするかを選択します。

VDSEL1[2:0] ビット (電圧検出 0 レベル選択)

電圧検出 0 回路の電圧検出レベルを選択します。

HOCOEN ビット (HOCO 発振有効)

リセット後、HOCO 用発振許可ビットを有効にするか無効にするかを選択します。本ビットを 0 にすることにより、CPU が動作する前に HOCO の発振を開始することができ、発振安定の待ち時間を減らすことができます。

注． HOCOEN ビットを 0 にしても、システムクロックソースは HOCO に切り替わりません。クロックソース選択ビット (SCKSCR.CKSEL[2:0]) を設定することによってのみ、システムクロックソースは HOCO に切り替わります。HOCO クロックを使用する場合は、OFS1.HOCOFREQ1 ビットを最適な値に設定してください。

リセット解除後、動作は Low-voltage モードとなるので、HOCOCR.HCSTP ビットをすぐに 0 にする必要があります。

HOCOFREQ1[2:0] ビット (HOCO 周波数設定 1)

リセット後の HOCO 周波数を、24、32、48、または 64MHz から選択します。

7.2.3 MPU レジスタ

表 7.1 に、MPU 機能に関連したレジスタを示します。詳細は、「16. メモリプロテクションユニット (MPU)」を参照してください。

フラッシュメモリを消去すると、セキュリティ MPU は無効になります。MPU レジスタに不正なデータを書きこむと、MCU が動作しないことがあります。適切なデータを設定するには、「16. メモリプロテクションユニット (MPU)」を参照してください。

表 7.1 MPU レジスタ

| レジスタ名 | シンボル | 機能 | アドレス | サイズ (バイト) |
|----------------------------------|------------|--------------------------------|------------|-----------|
| セキュリティ MPU プログラムカウンタ開始アドレスレジスタ 0 | SECMPUPCS0 | フラッシュのセキュリティフェッチ領域または SRAM を指定 | 0000 0408h | 4 |
| セキュリティ MPU プログラムカウンタ終了アドレスレジスタ 0 | SECMPUPCE0 | フラッシュのセキュリティフェッチ領域または SRAM を指定 | 0000 040Ch | 4 |
| セキュリティ MPU プログラムカウンタ開始アドレスレジスタ 1 | SECMPUPCS1 | フラッシュのセキュリティフェッチ領域または SRAM を指定 | 0000 0410h | 4 |
| セキュリティ MPU プログラムカウンタ終了アドレスレジスタ 1 | SECMPUPCE1 | フラッシュのセキュリティフェッチ領域または SRAM を指定 | 0000 0414h | 4 |
| セキュリティ MPU 領域 0 開始アドレスレジスタ | SECMPUS0 | セキュリティプログラムとフラッシュデータを指定 | 0000 0418h | 4 |
| セキュリティ MPU 領域 0 終了アドレスレジスタ | SECMPUE0 | セキュリティプログラムとフラッシュデータを指定 | 0000 041Ch | 4 |
| セキュリティ MPU 領域 1 開始アドレスレジスタ | SECMPUS1 | SRAM のセキュアデータを指定 | 0000 0420h | 4 |
| セキュリティ MPU 領域 1 終了アドレスレジスタ | SECMPUE1 | SRAM のセキュアデータを指定 | 0000 0424h | 4 |
| セキュリティ MPU 領域 2 開始アドレスレジスタ | SECMPUS2 | セキュリティ機能のセキュアデータを指定 | 0000 0428h | 4 |
| セキュリティ MPU 領域 2 終了アドレスレジスタ | SECMPUE2 | セキュリティ機能のセキュアデータを指定 | 0000 042Ch | 4 |
| セキュリティ MPU 領域 3 開始アドレスレジスタ | SECMPUS3 | セキュリティ機能のセキュアデータを指定 | 0000 0430h | 4 |
| セキュリティ MPU 領域 3 終了アドレスレジスタ | SECMPUE3 | セキュリティ機能のセキュアデータを指定 | 0000 0434h | 4 |
| セキュリティ MPU アクセスコントロールレジスタ | SECMPUAC | セキュリティ有効/無効領域を指定 | 0000 0438h | 4 |

7.2.4 アクセスウィンドウ設定コントロールレジスタ (AWSC)

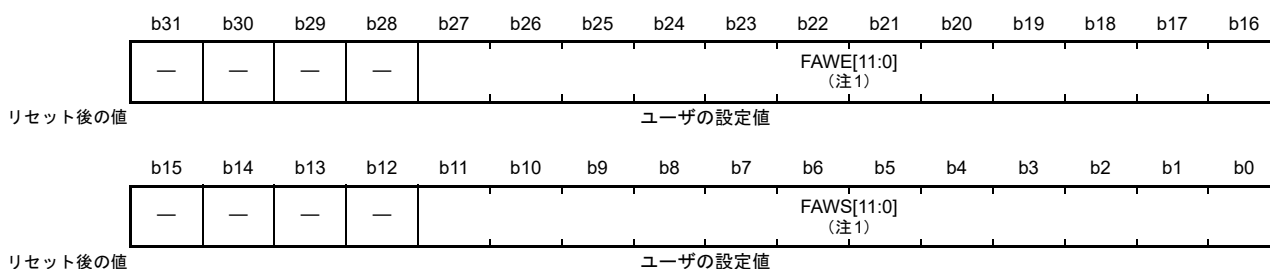
アドレス AWSC 0101 0008h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 ユーザの設定値 | | | | | | | | | | | | | | | |
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | FSPR | — | — | — | — | — | BTFLG | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 ユーザの設定値 | | | | | | | | | | | | | | | |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-------|----------------------------|---|-----|
| b7-b0 | — | 予約ビット | 読んだ場合は、書き込んだ値が読めます。書き込む場合は1としてください。 | R |
| b8 | BTFLG | スタートアップ領域選択フラグ | スタートアップ領域のアドレスをブートスワップ機能用に入れ替えるかどうかを指定します。 0: 最初の8KB領域 (0000 0000h~0000 1FFFh) と次の8KB領域 (0000 2000h~0000 3FFFh) が入れ替わる 1: 最初の8KB領域 (0000 0000h~0000 1FFFh) と次の8KB領域 (0000 2000h~0000 3FFFh) は入れ替わらない | R |
| b13-b9 | — | 予約ビット | 読んだ場合は、書き込んだ値が読めます。書き込む場合は1としてください。 | R |
| b14 | FSPR | アクセスウィンドウとスタートアップ領域選択機能の保護 | アクセスウィンドウ、スタートアップ領域選択フラグ (BTFLG)、およびテンポラリブートスワップ制御に対するライト/イレースのプログラミングを制御します。本ビットは0にした場合、1に変更できません。 0: アクセスウィンドウ (FAWE[11:0]、FAWS[11:0]) とスタートアップ領域選択フラグ (BTFLG) のプログラミングに対するコンフィグレーション設定コマンドの実行は無効。 1: アクセスウィンドウ (FAWE[11:0]、FAWS[11:0]) とスタートアップ領域選択フラグ (BTFLG) のプログラミングに対するコンフィグレーション設定コマンドの実行は有効。 | R |
| b31-b15 | — | 予約ビット | 読んだ場合は、書き込んだ値が読めます。書き込む場合は1としてください。 | R |

7.2.5 アクセスウィンドウ設定レジスタ (AWS)

アドレス AWS 0101 0010h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|------------|--------------------------|---|-----|
| b11-b0 | FAWS[11:0] | アクセスウィンドウ開始ブロックアドレス (注1) | アクセスウィンドウの開始ブロックアドレスを指定します。これらのビットは、アクセスウィンドウのブロック番号を表すものではありません。アクセスウィンドウはプログラムフラッシュ領域でのみ有効です。このブロックアドレスでは、ブロックの先頭アドレスを設定します。アドレスビット[21:10]で構成されます。 | R |
| b15-b12 | — | 予約ビット | 読んだ場合は、書き込んだ値が読めます。書き込む場合は1としてください。 | R |
| b27-b16 | FAWE[11:0] | アクセスウィンドウ終了ブロックアドレス (注1) | アクセスウィンドウの終了ブロックアドレスを指定します。これらのビットは、アクセスウィンドウのブロック番号を表すものではありません。アクセスウィンドウはプログラムフラッシュ領域でのみ有効です。アクセスウィンドウの終了ブロックアドレスは、アクセスウィンドウで定義される受け付け可能プログラムおよびイレース領域の次のブロックです。このブロックアドレスでは、ブロックの先頭アドレスを指定します。アドレスビット[21:10]で構成されます。 | R |
| b31-b28 | — | 予約ビット | 読んだ場合は、書き込んだ値が読めます。書き込む場合は1としてください。 | R |

注1. FAWE[0] ビットと FAWS[0] ビットにプログラムする場合、0としてください。

アクセスウィンドウ外の領域にプログラムまたはイレースコマンドを発行すると、コマンドロック状態に陥ります。アクセスウィンドウはプログラムフラッシュ領域でのみ有効です。アクセスウィンドウは、セルフプログラミングモード、シリアルプログラミングモード、およびオンチップデバッグモードにおいて、プロテクション機能を提供します。アクセスウィンドウはFSPR ビットでロックすることが可能です。

アクセスウィンドウは、FAWS[11:0] ビットおよびFAWE[11:0] ビットの両方で指定されています。以下に、FAWS[11:0] ビットとFAWE[11:0] ビットの設定方法を説明します。

- FAWE[11:0] = FAWS[11:0] : P/E コマンドは、全プログラムフラッシュ領域に対して実行が許可される
- FAWE[11:0] > FAWS[11:0] : P/E コマンドは、FAWS[11:0] ビットで指示されたブロックから、FAWE[11:0] ビットで指示されたブロックより 1 つ下のブロックまでのウィンドウでのみ実行が許可される
- FAWE[11:0] ≤ FAWS[11:0] : P/E コマンドは、プログラムフラッシュ領域に対して実行が禁止される

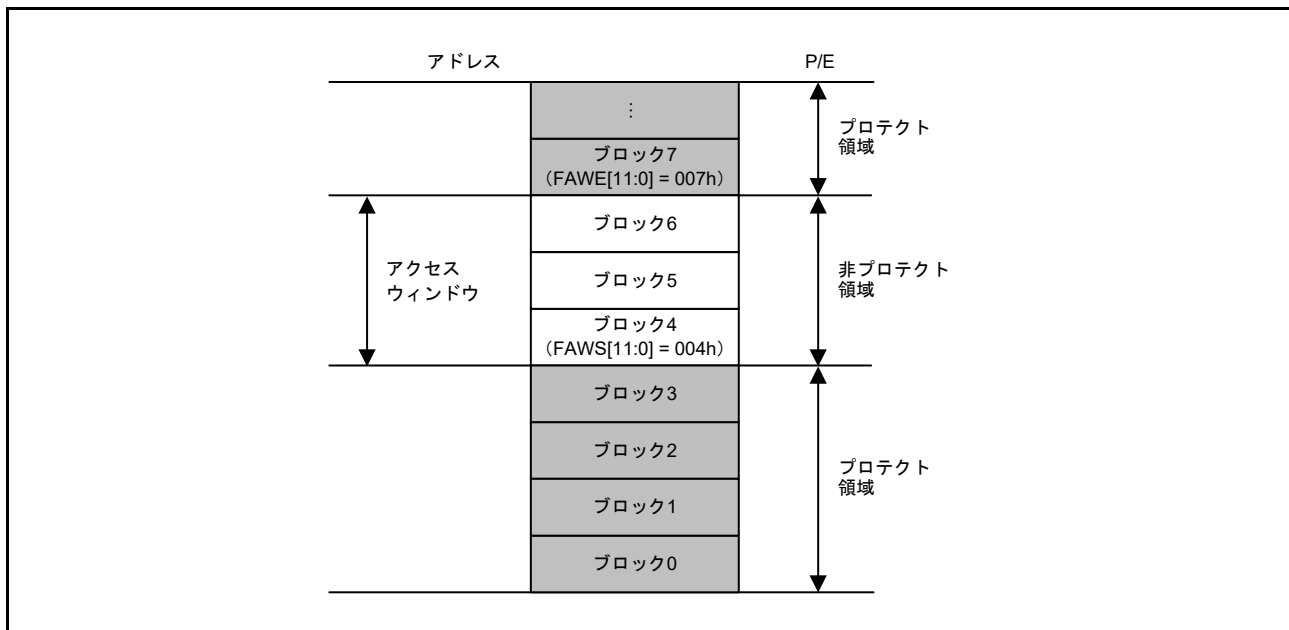


図 7.2 アクセスウィンドウの概要

7.2.6 OCD / シリアルプログラマ ID 設定レジスタ (OSIS)

OSIS レジスタは、OCD / シリアルプログラマの ID コードプロテクト機能の ID を格納します。OCD / シリアルプログラマを接続する場合、MCU がその接続を許可するか否かを判定できるようにするための値を書き込んでください。本レジスタは、OCD / シリアルプログラマから送られてくるコードが、オプション設定メモリ上の ID コードと一致するか否かを判定します。ID コードが一致した場合、OCD / シリアルプログラマとの接続が許可されます。一致しない場合、OCD / シリアルプログラマとの接続はできません。OSIS レジスタは 32 ビット単位で設定する必要があります。

アドレス OSIS 0101 0018h, OSIS 0101 0020h, OSIS 0101 0028h, OSIS 0101 0030h



OCD / シリアルプログラマの ID 認証に使用する ID を格納します。

ID コードのビット 127 とビット 126 は、ID コードプロテクト機能が有効か判定し、ホストで使用する認証方法を決定します。ID コードがどのように認証方法を決定するかについて、表 7.2 に示します。

表 7.2 IDコードプロテクト機能の仕様

| ブートアップ時の動作モード | IDコード | プロテクト状態 | プログラマまたはオンチップデバッグ接続時の動作 |
|------------------------------------|--|---------|--|
| シリアルプログラミングモード (SCI/USB ブートモード) | FFh, ..., FFh (全バイトがFFh) | プロテクト無効 | IDコードはチェックされません。IDコードは常に一致して、プログラマまたはオンチップデバッグへの接続が許可されます。 |
| オンチップデバッグモード (JTAG/SWD ブートモード) | ビット 127 = 1 および ビット 126 = 1、 かつ 16 バイトのうち 少なくとも 1 つが FFh 以外 | プロテクト有効 | IDコードの一致 = 認証が完了し、プログラマまたはオンチップデバッグへの接続が許可されます。 IDコードの不一致 = IDコードプロテクト待ち状態へ遷移します。 プログラマまたはオンチップデバッグから送られてきた IDコードが ASCIIコードの ALeRASE (414C_6552_4153_45FF_FFFF_FFFF_FFFF_FFFF) であると、ユーザフラッシュ (コードおよびデータ) 領域と構成領域の内容は消去されます。 ただし、FSPRビットが 0 であれば、強制消去は実行されません。 |
| | ビット 127 = 1 および ビット 126 = 0 | プロテクト有効 | IDコードが一致すると認証が完了し、プログラマまたはオンチップデバッグとの接続が許可されます。 IDコードが不一致の場合、IDコードプロテクト待ち状態へ遷移します。 |
| | ビット 127 = 0 | プロテクト有効 | IDコードはチェックされません。IDコードは常に不一致であり、プログラマまたはオンチップデバッグへの接続は禁止されます。 |

7.3 オプション設定メモリの設定方法

7.3.1 オプション設定メモリへのデータの配置方法

プログラムデータは、[図 7.1](#)に示すオプション設定メモリのアドレスに配置されます。配置したデータは、フラッシュ書き込みソフトウェアやオンチップデバッガなどのツールで使用されます。

注． プログラムの書式はコンパイラによって異なります。詳細は、コンパイラのマニュアルを参照してください。

7.3.2 オプション設定メモリにプログラムするデータの設定方法

[7.3.1 オプション設定メモリへのデータの配置方法](#)に記載した方法でデータを配置するだけでは、オプション設定メモリにデータを書き込めません。同時に、本節に記載されている方法のいずれかを実施する必要があります。

(1) セルフプログラミングでオプション設定メモリを変更する場合

プログラムコマンドを用いて、プログラムフラッシュ領域へデータを書き込んでください。また、コンフィグレーション設定コマンドを使用して、コンフィグレーション設定領域のオプション設定メモリへデータを書き込んでください。さらに、スタートアップ領域選択機能を使用して、オプション設定メモリを含むブートプログラムを安全に更新してください。

プログラムコマンド、コンフィグレーション設定コマンド、およびスタートアップ領域選択機能の詳細については、「[43. フラッシュメモリ](#)」を参照してください。

(2) OCD によるデバッグ時またはフラッシュライターによってプログラムする場合

この手順は使用するツールによって異なるため、詳細はツールのマニュアルを参照してください。

MCU は以下の 2 つの設定手順を提供します：

- [7.3.1 オプション設定メモリへのデータの配置方法](#)に示すように配置されたデータを、コンパイラが生成するオブジェクトファイルやモトローラ S 形式ファイルから読み取り、本 MCU へプログラムする
- ツールの GUI インタフェースを使用して、[7.3.1 オプション設定メモリへのデータの配置方法](#)に示すものと同じデータをプログラムする

7.4 使用上の注意事項

7.4.1 オプション設定メモリの予約領域および予約ビットにプログラムするデータ

オプション設定メモリの予約領域および予約ビットがプログラム範囲内にある場合、予約領域の全ビットおよび全予約ビットには 1 を書き込んでください。これらのビットに 0 を書き込むと、正常動作は保証されません。

8. 低電圧検出 (LVD)

8.1 概要

低電圧検出 (LVD) モジュールは、VCC 端子へ入力された電圧レベルを監視し、検出レベルはソフトウェアプログラムで選択できます。LVD モジュールは、2つの独立した電圧レベル検出器（電圧検出 0、1 回路）で構成され、それぞれが VCC 端子への入力電圧レベルを測定します。LVD 電圧検出レジスタにより、さまざまな電圧しきい値で VCC の変動を検出するようにユーザアプリケーションを設定できます。

それぞれの電圧レベル検出器には、電圧監視 0、1 などの電圧監視回路が対応しています。電圧監視レジスタにより、電圧しきい値を通過したときに、割り込み、イベントリンク出力、またはリセットを発生させるように LVD を設定できます。

表 8.1 に、LVD の仕様を示します。また、図 8.1 に電圧検出 0、1 回路のブロック図を、図 8.2 に電圧監視 1 割り込み/リセット発生回路のブロック図を示します。

表 8.1 LVD の仕様

| 項目 | | 電圧監視 0 | 電圧監視 1 |
|-----------|--------|--|---|
| VCC 監視 | 監視電圧 | V_{det0} | V_{det1} |
| | 検出イベント | V_{det0} 以下に下降 | 上昇または下降して V_{det1} を通過 |
| | 検出電圧 | OFS1.VDSEL1[2:0] ビットで 3 レベルから選択可能 | LVDLVL.R.LVD1LVL[4:0] ビットで 10 レベルから選択可能 |
| | モニタフラグ | なし | LVD1SR.MON フラグ：電圧が V_{det1} より高いか低いかを監視 LVD1SR.DET フラグ： V_{det1} 通過検出 |
| 電圧検出時の処理 | リセット | 電圧監視 0 リセット | 電圧監視 1 リセット |
| | | $V_{det0} > VCC$ でリセット。 $VCC > V_{det0}$ の一定時間後に CPU 動作再開 | $V_{det1} > VCC$ でリセット。 CPU 動作再開タイミングとして、 $VCC > V_{det1}$ の一定時間後、または $V_{det1} > VCC$ の一定時間後を選択可能 |
| | 割り込み | なし | 電圧監視 1 割り込み ノンマスクابل割り込み、またはマスクابل割り込みを選択可能 $V_{det1} > VCC$ または $VCC > V_{det1}$ のとき割り込み要求 |
| イベントリンク機能 | | なし | あり V_{det1} 通過検出時にイベント信号出力 |

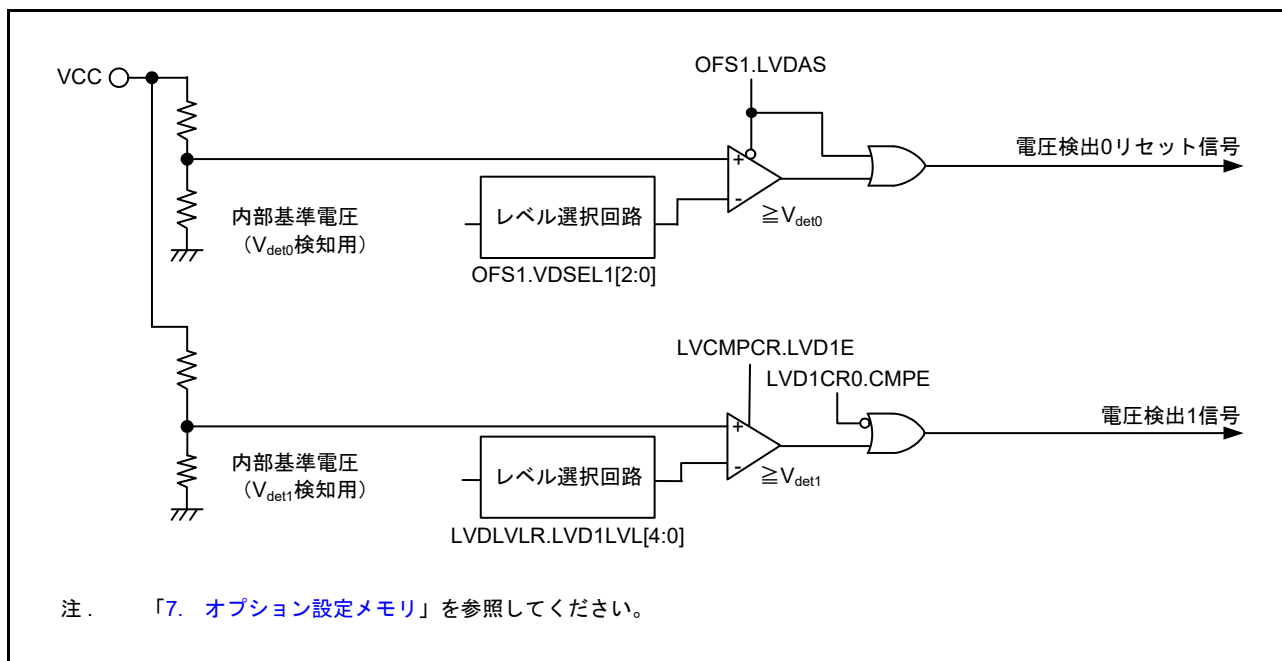


図 8.1 電圧検出 0、1 回路のブロック図

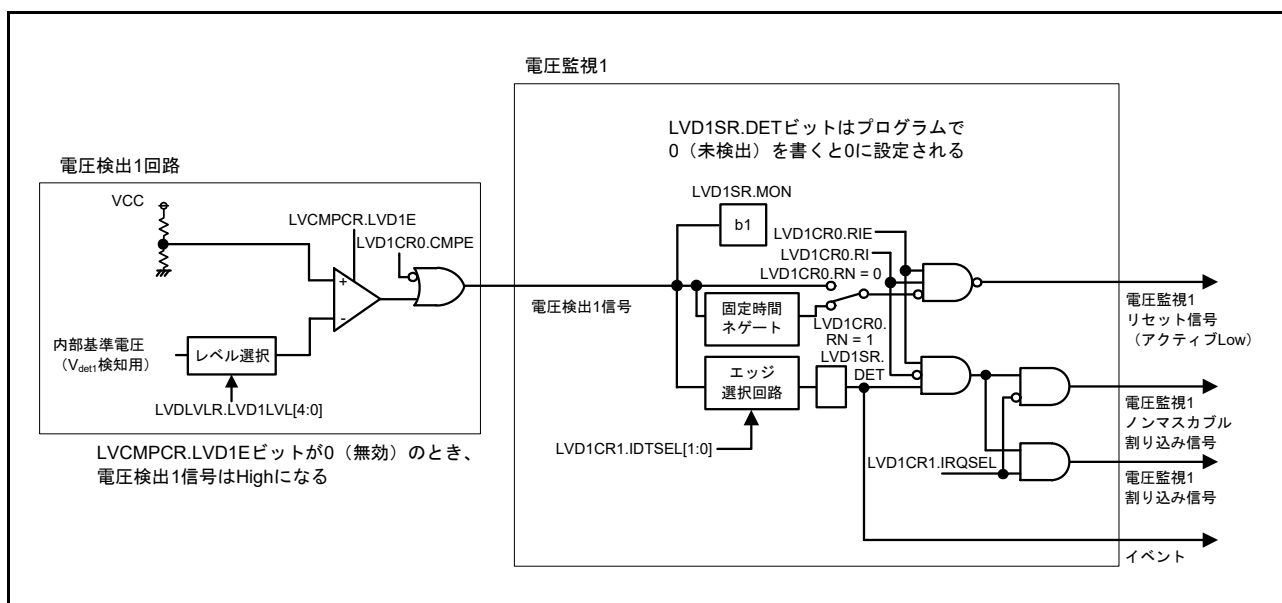


図 8.2 電圧監視 1 割り込み/リセット発生回路のブロック図

8.2 レジスタの説明

8.2.1 電圧モニタ 1 回路コントロールレジスタ 1 (LVD1CR1)

アドレス SYSTEM.LVD1CR1 4001 E0E0h

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|--------|-------------|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | IRQSEL | IDTSEL[1:0] | |
| | | | | | L | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------------|-------------------|---|-----|
| b1-b0 | IDTSEL[1:0] | 電圧監視 1 割り込み発生条件選択 | b1 b0 0 0: VCC ≥ V _{det1} (上昇) 検出時 0 1: VCC < V _{det1} (下降) 検出時 1 0: 下降および上昇検出時 1 1: 設定禁止 | R/W |
| b2 | IRQSEL | 電圧監視 1 割り込み種類選択 | 0: ノンマスクブル割り込み 1: マスクブル割り込み (注1) | R/W |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注. PRCR.PRC3 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

注 1. マスクブル割り込みを設定する場合、ICU の NMIER.LVD1EN ビットをリセット状態から変更しないでください。

8.2.2 電圧モニタ 1 回路ステータスレジスタ (LVD1SR)

アドレス SYSTEM.LVD1SR 4001 E0E1h

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|-----|-----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | MON | DET |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------|------------------|---|---------------|
| b0 | DET | 電圧監視 1 電圧変化検出フラグ | 0: 未検出 1: V _{det1} 通過検出 | R/(W) (注1) |
| b1 | MON | 電圧監視 1 信号モニタフラグ | 0: VCC < V _{det1} 1: VCC ≥ V _{det1} または MON 無効 | R |
| b7-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注. PRCR.PRC3 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

注 1. 本ビットには 0 のみ書けます。0 を書いた後、本ビットの読み出し値に反映されるまでにシステムクロックの 2 サイクルが必要で

DET フラグ (電圧監視 1 電圧変化検出フラグ)

DET フラグは、LVCMPCR.LVD1E ビットが 1 (電圧検出 1 回路有効) であり、かつ LVD1CR0.CMPE ビットが 1 (電圧監視 1 回路比較結果出力許可) のときに有効になります。

DET フラグを 0 にするときは、LVD1CR0.RIE を 0 (禁止) にしてから行う必要があります。LVD1CR0.RIE を 0 にした後、再度 1 (許可) にする場合は、PCLKB サイクルが 2 サイクル以上経過してから行ってください。

MON フラグ (電圧監視 1 信号モニタフラグ)

MON フラグは、LVCMPCR.LVD1E ビットが 1 (電圧検出 1 回路有効) であり、かつ LVD1CR0.CMPE ビットが 1 (電圧監視 1 回路比較結果出力許可) のときに有効になります。

8.2.3 電圧モニタ回路コントロールレジスタ (LVCMPPCR)

アドレス SYSTEM.LVCMPPCR 4001 E417h

| | | | | | | | |
|---------|----|-------|----|----|----|----|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | LVD1E | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|---------|------------------------------|-----|
| b4-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b5 | LVD1E | 電圧検出1有効 | 0: 電圧検出1回路無効 1: 電圧検出1回路有効 | R/W |
| b7-b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注. PRCR.PRC3 ビットを1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

LVD1E ビット (電圧検出1有効)

電圧検出1の割り込み/リセットを使用する場合、または LVD1SR.MON ビットを使用する場合、LVD1E ビットを1にしてください。LVD1E ビットを0から1に変更した後、 $t_{d(E-A)}$ 経過すると、電圧検出1回路が動作します。

8.2.4 電圧検出レベル選択レジスタ (LVDLVLR)

アドレス SYSTEM.LVDLVLR 4001 E418h

| | | | | | | | | |
|---------|----|----|--------------|----|----|----|----|---|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 | |
| — | — | — | LVD1LVL[4:0] | | | | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------------|----------------------------|--|-----|----|--|-----------|---|---------------------------|-----------|---|---------------------------|-----------|---|---------------------------|-----------|---|---------------------------|-----------|---|---------------------------|-----------|---|---------------------------|-----------|---|---------------------------|-----------|---|---------------------------|-----------|---|---------------------------|-----------|---|---------------------------|-----|
| b4-b0 | LVD1LVL[4:0] | 電圧検出1レベル選択 (電圧下降時の標準電圧) | <table border="0"> <tr> <td>b4</td><td>b0</td><td></td></tr> <tr> <td>0 0 1 0 0</td><td>0</td><td>: 3.10V (V_{det1_4})</td></tr> <tr> <td>0 0 1 0 1</td><td>1</td><td>: 3.00V (V_{det1_5})</td></tr> <tr> <td>0 0 1 1 0</td><td>0</td><td>: 2.90V (V_{det1_6})</td></tr> <tr> <td>0 0 1 1 1</td><td>1</td><td>: 2.79V (V_{det1_7})</td></tr> <tr> <td>0 1 0 0 0</td><td>0</td><td>: 2.68V (V_{det1_8})</td></tr> <tr> <td>0 1 0 0 1</td><td>1</td><td>: 2.58V (V_{det1_9})</td></tr> <tr> <td>0 1 0 1 0</td><td>0</td><td>: 2.48V (V_{det1_A})</td></tr> <tr> <td>0 1 0 1 1</td><td>1</td><td>: 2.20V (V_{det1_B})</td></tr> <tr> <td>0 1 1 0 0</td><td>0</td><td>: 1.96V (V_{det1_C})</td></tr> <tr> <td>0 1 1 0 1</td><td>1</td><td>: 1.86V (V_{det1_D})</td></tr> </table> 上記以外は設定しないでください。 | b4 | b0 | | 0 0 1 0 0 | 0 | : 3.10V (V_{det1_4}) | 0 0 1 0 1 | 1 | : 3.00V (V_{det1_5}) | 0 0 1 1 0 | 0 | : 2.90V (V_{det1_6}) | 0 0 1 1 1 | 1 | : 2.79V (V_{det1_7}) | 0 1 0 0 0 | 0 | : 2.68V (V_{det1_8}) | 0 1 0 0 1 | 1 | : 2.58V (V_{det1_9}) | 0 1 0 1 0 | 0 | : 2.48V (V_{det1_A}) | 0 1 0 1 1 | 1 | : 2.20V (V_{det1_B}) | 0 1 1 0 0 | 0 | : 1.96V (V_{det1_C}) | 0 1 1 0 1 | 1 | : 1.86V (V_{det1_D}) | R/W |
| b4 | b0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 1 0 0 | 0 | : 3.10V (V_{det1_4}) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 1 0 1 | 1 | : 3.00V (V_{det1_5}) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 1 1 0 | 0 | : 2.90V (V_{det1_6}) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 1 1 1 | 1 | : 2.79V (V_{det1_7}) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 0 0 0 | 0 | : 2.68V (V_{det1_8}) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 0 0 1 | 1 | : 2.58V (V_{det1_9}) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 0 1 0 | 0 | : 2.48V (V_{det1_A}) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 0 1 1 | 1 | : 2.20V (V_{det1_B}) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 1 0 0 | 0 | : 1.96V (V_{det1_C}) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 1 0 1 | 1 | : 1.86V (V_{det1_D}) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

注. PRCR.PRC3 ビットを1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

LVDLVLR レジスタは、LVCMPPCR.LVD1E ビットが0 (電圧検出1回路無効) の場合のみ変更可能です。

8.2.5 電圧モニタ 1 回路コントロールレジスタ 0 (LVD1CR0)

アドレス SYSTEM.LVD1CR0 4001 E41Ah

| | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|------|----|-----|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | RN | RI | — | — | — | CMPE | — | RIE |
| リセット後の値 | 1 | 0 | 0 | 0 | x | 0 | 0 | 0 |

x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------|--------------------|--|-----|
| b0 | RIE | 電圧監視 1 割り込み／リセット許可 | 0: 禁止 1: 許可 | R/W |
| b1 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。 | R/W |
| b2 | CMPE | 電圧監視 1 回路比較結果出力許可 | 0: 電圧監視 1 回路比較結果出力禁止 1: 電圧監視 1 回路比較結果出力許可 | R/W |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと不定値が読めます。書く場合、1 としてください。 | R/W |
| b5-b4 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。 | R/W |
| b6 | RI | 電圧監視 1 回路モード選択 | 0: V_{det1} 通過時に電圧監視 1 割り込み発生 1: V_{det1} 以下に下降時、電圧監視 1 リセット許可 | R/W |
| b7 | RN | 電圧監視 1 リセットネゲート選択 | 0: $VCC > V_{det1}$ 検出時、安定時間 (t_{LVD1}) 経過後にネゲート 1: LVD1 リセットアサート時、安定時間 (t_{LVD1}) 経過後にネゲート | R/W |

注. PRCR.PRC3 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

RIE ビット (電圧監視 1 割り込み／リセット許可)

電圧監視 1 割り込み／リセットを許可または禁止にします。このビットが 1 に設定されている状態で、かつフラッシュメモリのプログラム／イレース中の場合には、電圧監視 1 割り込みと電圧監視 1 リセットをどちらも発生させないようにしてください。

RN ビット (電圧監視 1 リセットネゲート選択)

RN ビットを 1 (LVD1 リセットアサート時、安定時間経過後にネゲート) にする場合は、MOCO CR.MCSTP ビットは 0 (MOCO 動作) にしてください。また、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、RN ビットは 0 ($VCC > V_{det1}$ 検出時、安定時間経過後にネゲート) のみが可能です。この場合、RN ビットを 1 (LVD1 リセットアサート時、安定時間経過後にネゲート) にしないでください。

8.3 VCC 入力電圧のモニタ

8.3.1 V_{det0} のモニタ

電圧監視 0 の比較結果は、読み出すことができません。

8.3.2 V_{det1} のモニタ

表 8.2 に V_{det1} のモニタの設定手順を示します。設定が完了すると、LVD1SR.MON フラグで電圧監視 1 の比較結果をモニタできます。

表 8.2 V_{det1} のモニタの設定手順

| 手順 | 電圧監視1の比較結果のモニタ | |
|------------|----------------|---|
| 電圧検出1回路の設定 | 1 | LVDLVLRレジスタへ書き込む前に、LVCMPCR.LVD1E = 0にして、電圧検出1を無効にする |
| | 2 | LVDLVLR.LVD1LVL[4:0]ビットで検出電圧を選択する |
| | 3 | LVCMPCR.LVD1E = 1にして、電圧検出1を有効にする |
| | 4 | $t_{d(E-A)}$ (LVD有効切り替え後のLVD動作安定時間) 以上待つ |
| 出力許可の設定 | 5 | LVD1CR0.CMPE = 1にして、電圧監視1の比較結果出力を許可する |

8.4 電圧監視0リセット

電圧監視0リセットを使用する場合は、OFS1.LVDAS ビットを0にして、リセット後の電圧監視0リセットを有効にしてください。ただし、ブートモード時は、OFS1.LVDAS ビットの値にかかわらず、電圧監視0リセットは無効です。図 8.3 に電圧監視0リセットの動作例を示します。

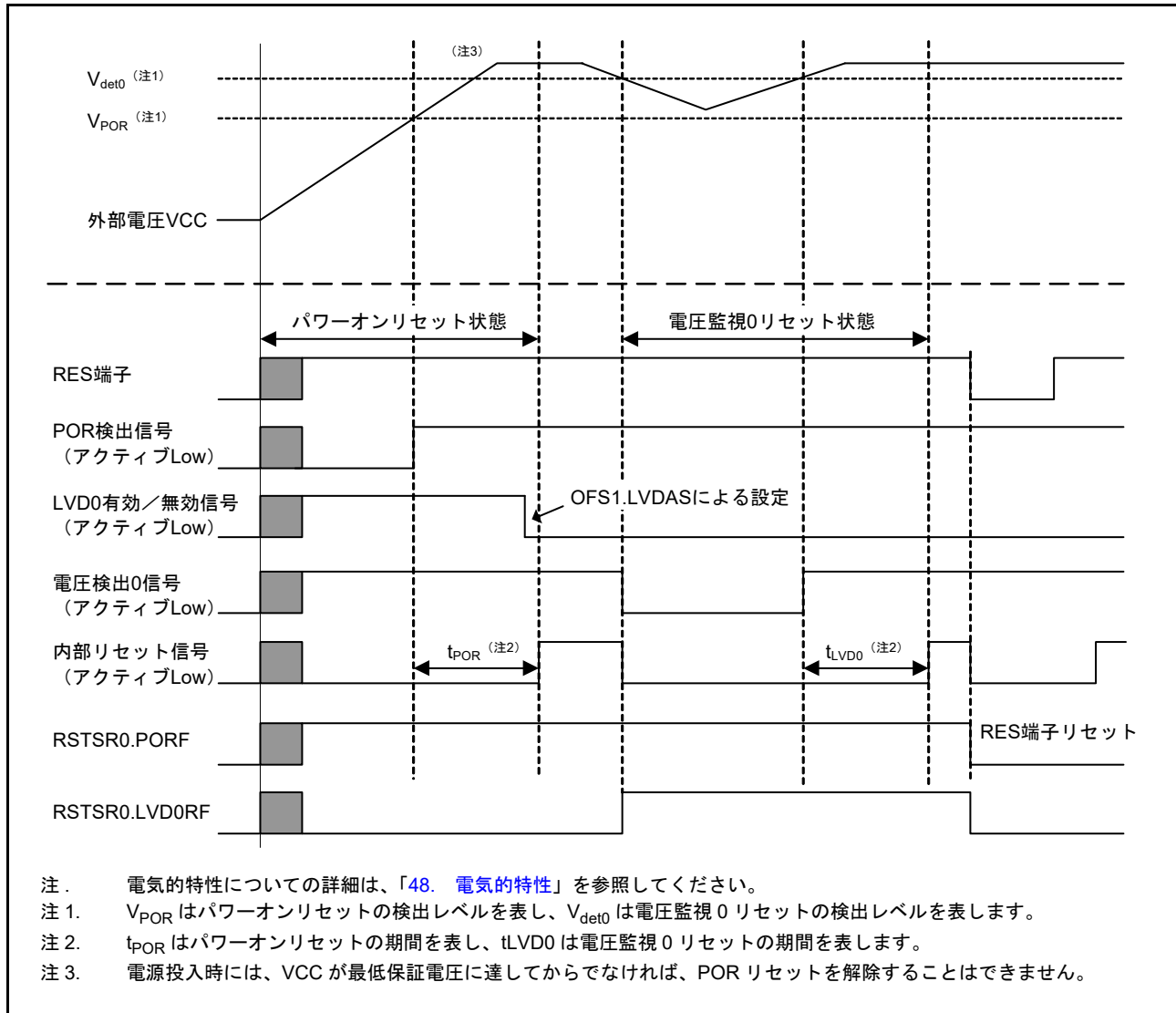


図 8.3 電圧監視0リセットの動作例

8.5 電圧監視 1 割り込み、電圧監視 1 リセット

電圧監視 1 回路での比較結果により、割り込みやリセットを発生させることができます。

表 8.3 に、電圧監視 1 割り込み/リセット関連ビットの動作設定手順を示します。表 8.4 に、電圧監視 1 割り込み/リセット関連ビットの停止設定手順を示します。図 8.4 に電圧監視 1 割り込みの動作例を示します。電圧監視 1 リセットの動作については、「6. リセット」の図 6.2 を参照してください。

なお、ソフトウェアスタンバイモードで電圧監視 1 回路を使用する場合は、以下の手順で電圧監視 1 回路を設定してください。

(1) ソフトウェアスタンバイモード時の設定

- $VCC > V_{det1}$ が検出された場合、安定時間経過後に電圧監視 1 リセット信号をネグート (LVD1CR0.RN = 0) してください

表 8.3 電圧監視 1 割り込み、電圧監視 1 リセット関連ビットの動作設定手順

| 手順 | 電圧監視 1 割り込み (電圧監視 1 ELC イベント出力) | 電圧監視 1 リセット |
|-------------------------|------------------------------------|--|
| 電圧検出 1 回路の設定 | 1 | LVDLVLRLレジスタへ書き込む前に、LVCMPCLR.LVD1E = 0 にして、電圧検出 1 回路を無効にする |
| | 2 | LVDLVLRL.LVD1LVL[3:0] ビットで検出電圧を選択する |
| | 3 | LVCMPCLR.LVD1E = 1 にして、電圧検出 1 回路を有効にする |
| | 4 | $t_{d(E-A)}$ (LVD 有効切り替え後の LVD 動作安定時間) 以上待つ (注1) |
| 電圧監視 1 割り込み/ リセットの設定 | 5 | LVD1CR0.RI = 0 にして、電圧監視 1 割り込みを選択する |
| | 6 | <ul style="list-style-type: none"> • LVD1CR1.IDTSEL[1:0] ビットで割り込み要求のタイミングを選択する • LVD1CR1.IRQSEL ビットで割り込みの種類を選択する |
| 出力許可の設定 | 7 | LVD1SR.DET = 0 にする |
| | 8 | LVD1CR0.RIE = 1 にして、電圧監視 1 割り込み/リセットを許可する (注2) |
| | 9 | LVD1CR0.CMPE = 1 にして、電圧監視 1 の比較結果出力を許可する |

注 1. 手順 4 の待ち時間中に手順 5 ~ 8 を行うことができます。 $t_{d(E-A)}$ の詳細は、「48. 電氣的特性」を参照してください。

注 2. ELC イベント信号のみを出力させる場合、手順 8 は不要です。

表 8.4 電圧監視 1 割り込み、電圧監視 1 リセット関連ビットの停止設定手順

| 手順 | 電圧監視 1 割り込み (電圧監視 1 ELC イベント出力)、電圧監視 1 リセット | |
|----------------|---|--|
| 出力許可停止の設定 | 1 | LVD1CR0.CMPE = 0 にして、電圧監視 1 の比較結果出力を禁止する |
| | 2 | LVD1CR0.RIE = 0 にして、電圧監視 1 割り込み/リセットを禁止する (注1) |
| 電圧検出 1 回路停止の設定 | 3 | LVCMPCLR.LVD1E = 0 にして、電圧検出 1 回路を無効にする |

注 1. ELC イベント信号のみを出力させる場合、手順 2 は不要です。

電圧監視 1 割り込みや電圧監視 1 リセットを使用した後に、いったん停止してから再度設定する場合は、条件によって停止手順と再設定手順における以下の段階を省略してください。

- 電圧検出 1 回路の設定を変更しない場合、電圧検出 1 回路の設定または停止は不要
- 電圧監視 1 割り込みまたはリセットの設定を変更しない場合、電圧監視 1 割り込みまたはリセットの設定は不要

図 8.4 に電圧監視 1 割り込みの動作例を示します。

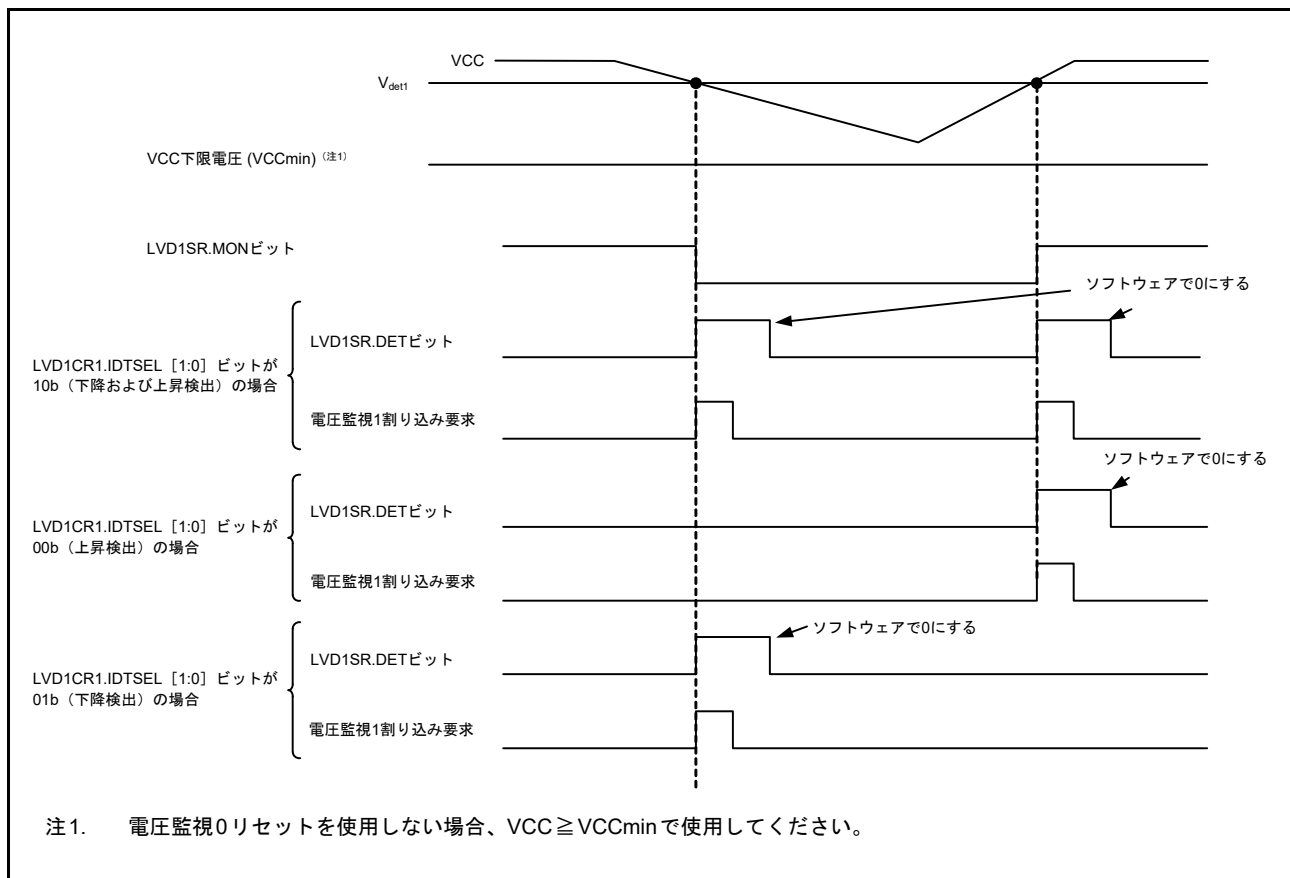


図 8.4 電圧監視 1 割り込みの動作例

8.6 イベントリンク出力機能

LVDは、イベントリンクコントローラ (ELC) に対してイベント信号出力を行うことができます。

(1) V_{det1} 通過検出イベント

電圧検出1回路有効かつ電圧監視1回路比較結果出力許可の状態において、V_{det1} 通過を検出した場合、LVDはイベント信号を出力します。

LVDのイベントリンク出力機能を有効にする場合、LVDを有効にしてから、ELC側のLVDイベントリンク機能を有効にする必要があります。LVDのイベントリンク出力機能を停止する場合は、LVDの停止設定を行う前に、ELC側のLVDイベントリンク機能を無効にしてください。

8.6.1 割り込み処理とイベントリンクの関係

LVDには、電圧監視1割り込みに割り込み許可または禁止を制御するビットがあります。割り込み要因が発生すると、割り込み許可ビットが許可の場合は、割り込み信号 (LVD1CR0.RIE) がCPUへ出力されます。

一方、割り込み要因が発生するとすぐに、割り込み許可ビットの状態にかかわらず、イベントリンク信号がイベント信号として、ELCを介して他のモジュールに出力されます。

ソフトウェアスタンバイモードにおいても、電圧監視1割り込み信号を出力することが可能です。ソフトウェアスタンバイモードでは、ELC用のイベント信号が以下のように出力されます。

- ソフトウェアスタンバイモード期間中にV_{det1} 通過イベントを検出した場合、ソフトウェアスタンバイモードではクロックが供給されていないためELC用のイベント信号は出力されません。V_{det1} 通過検出フラグは保持されているため、ソフトウェアスタンバイモードから復帰してクロック供給が再開されると、V_{det1} 検出フラグの状態に基づいてELC用のイベント信号が出力されます。

9. クロック発生回路

9.1 概要

本 MCU はクロック発生回路を内蔵しています。

表 9.1 と表 9.2 にクロック発生回路の仕様を示します。図 9.1 にクロック発生回路のブロック図を示します。

表 9.1 クロックソース用のクロック発生回路の仕様

| クロックソース | 項目 | 内容 |
|-----------------------------|-----------------------------|---|
| メインクロック発振器 (MOSC) | 発振子周波数 | <ul style="list-style-type: none"> 1MHz～20MHz (最大3.6V) 1MHz～8MHz (最大2.4V) |
| | 外部クロック入力周波数 | 最大20MHz |
| | 外部発振子または付加回路：セラミック発振子、水晶振動子 | あり |
| | 接続端子：EXTAL、XTAL | |
| | 駆動能力切り替え 発振停止検出機能 | |
| サブクロック発振器 (SOSC) | 発振子周波数 | 32.768kHz |
| | 外部発振子または付加回路：水晶振動子 | あり |
| | 接続端子：XCIN、XCOUT 駆動能力切り替え | |
| PLL回路 | 入力クロックソース | MOSC |
| | 入力周波数 | 4MHz～12.5MHz |
| | 逡倍比 | 8～31逡倍から選択可能 (1ステップ単位) |
| | 出力分周比 | 2、4分周から選択可能 |
| | PLL出力周波数 | 24MHz～64MHz (出力分周比：2) 24MHz～32MHz (出力分周比：4) |
| 高速オンチップオシレータ (HOCO) | 発振周波数 | 24/32/48/64MHz |
| | ユーザトリミング | あり |
| 中速オンチップオシレータ (MOCO) | 発振周波数 | 8MHz |
| | ユーザトリミング | あり |
| 低速オンチップオシレータ (LOCO) | 発振周波数 | 32.768kHz |
| | ユーザトリミング | あり |
| IWDV専用オンチップオシレータ (IWDVLOCO) | 発振周波数 | 15kHz |
| | ユーザトリミング | 不可 |
| JTAG用外部クロック入力 (TCK) | 入力クロック周波数 | 最大12.5MHz |
| SWDV用外部クロック入力 (SWDVCLK) | 入力クロック周波数 | 最大12.5MHz |
| Bluetooth専用クロック発振器 | 発振子周波数 | 32MHz |
| | 付加回路：水晶振動子 | あり |
| | 接続端子：XTAL1_RF、XTAL2_RF | |
| Bluetooth専用低速クロック (BLELOCO) | 発振周波数 | 32.768kHz |
| | ユーザトリミング | なし |

表 9.2 内部クロック用のクロック発生回路の仕様

| 項目 | クロックソース | クロック供給 | 内容 |
|--------------------------------|----------------------------------|--|--|
| システムクロック (ICLK) | MOSC/SOSC/HOCO/MOCO/ LOCO/PLL | CPU, DTC, DMAC, Flash, SRAM | 最大48MHz 分周比： 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 |
| 周辺モジュールクロック A (PCLKA) | MOSC/SOSC/HOCO/MOCO/ LOCO/PLL | 周辺モジュール (SPI, SCI, SCE5, CRC, GPTバスク ロック) | 最大48MHz 分周比： 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 |
| 周辺モジュールクロック B (PCLKB) | MOSC/SOSC/HOCO/MOCO/ LOCO/PLL | 周辺モジュール (DAC12, IIC, DOC, CAC, CAN, AGT, POEG, CTSU) | 最大32MHz 分周比： 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 |
| 周辺モジュールクロック C (PCLKC) | MOSC/SOSC/HOCO/MOCO/ LOCO/PLL | 周辺モジュール (ADC14変換クロック) | 最大64MHz 分周比： 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 |
| 周辺モジュールクロック D (PCLKD) | MOSC/SOSC/HOCO/MOCO/ LOCO/PLL | 周辺モジュール (GPTカウントクロック) | 最大64MHz 分周比： 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 |
| フラッシュインタフェース クロック (FCLK) | MOSC/SOSC/HOCO/MOCO/ LOCO/PLL | フラッシュインタフェース | 1MHz~32MHz (P/E) 最大32MHz (読み出し) 分周比： 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 |
| USBクロック (UCLK) | HOCO (注1) /PLL | USBFS | 48MHz |
| CANクロック (CANMCLK) | MOSC | CAN | 1MHz~20MHz |
| セグメントLCDクロック (LCDSRCCLK) | MOSC/SOSC/HOCO/MOCO/ LOCO | SLCDC | 最大64MHz |
| AGTクロック (AGTSCLK/AGTLCLK) | SOSC/LOCO | AGT | 32.768kHz |
| CACメインクロック (CACMCLK) | MOSC | CAC | 最大20MHz |
| CACサブクロック (CACSCLK) | SOSC | CAC | 32.768kHz |
| CAC LOCOクロック (CACLCLK) | LOCO | CAC | 32.768kHz |
| CAC MOCOクロック (CACMOCLK) | MOCO | CAC | 8MHz |
| CAC HOCOクロック (CACHCLK) | HOCO | CAC | 24/32/48/64MHz |
| CAC IWDTLOCOクロック (CACILCLK) | IWDTLOCO | CAC | 15kHz |
| RTCクロック (RTCSCLK/ RTCLCLK) | SOSC/LOCO | RTC | 32.768kHz |
| IWDTクロック (IWDTCLK) | IWDTLOCO | IWDT | 15kHz |
| SysTickタイマクロック (SYSTICCLK) | LOCO | SysTick タイマ | 32.768kHz |
| JTAGクロック (JTAGTCK) | TCK端子 | JTAG | 最大12.5MHz |
| クロック/ブザー出力 (CLKOUT) | MOSC/SOSC/LOCO/MOCO/ HOCO | CLKOUT端子 | 最大16MHz 分周比： 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 |
| シリアルワイヤクロック (SWCLK) | SWCLK端子 | OCD | 最大12.5MHz |
| トレースクロック (TRCLK) | MOSC/SOSC/HOCO/MOCO/ LOCO/PLL | CPU-OCD | 最大48MHz 分周比：1, 2, 4 |
| Bluetooth専用クロック (BLECK) | Bluetooth専用クロック発振器 | BLE | 32MHz |
| Bluetooth専用低速クロック (BLELOCO) | Bluetooth専用低速オンチップ 発振器 | BLE | 32.768kHz |

- 注 . クロック周波数の設定に関する制限 : $ICLK \geq PCLKA \geq PCLKB$ 、 $PCLKD \geq PCLKA \geq PCLKB$ 、 $ICLK \geq FCLK$
クロック周波数比に関する制限 (N : 整数、最大 64) :
ICLK:FCLK = N:1、ICLK:PCLKA = N:1、ICLK:PCLKB = N:1
ICLK:PCLKC = N:1 または 1:N、ICLK:PCLKD = N:1 または 1:N
PCLKB:PCLKC = 1:1、1:2、1:4、2:1、4:1、または 8:1
- 注 . プログラム/イレース (P/E) モードでの最小 FCLK 周波数は 1MHz
- 注 1. USBFS をデバイスコントローラとして使用しているときのみ

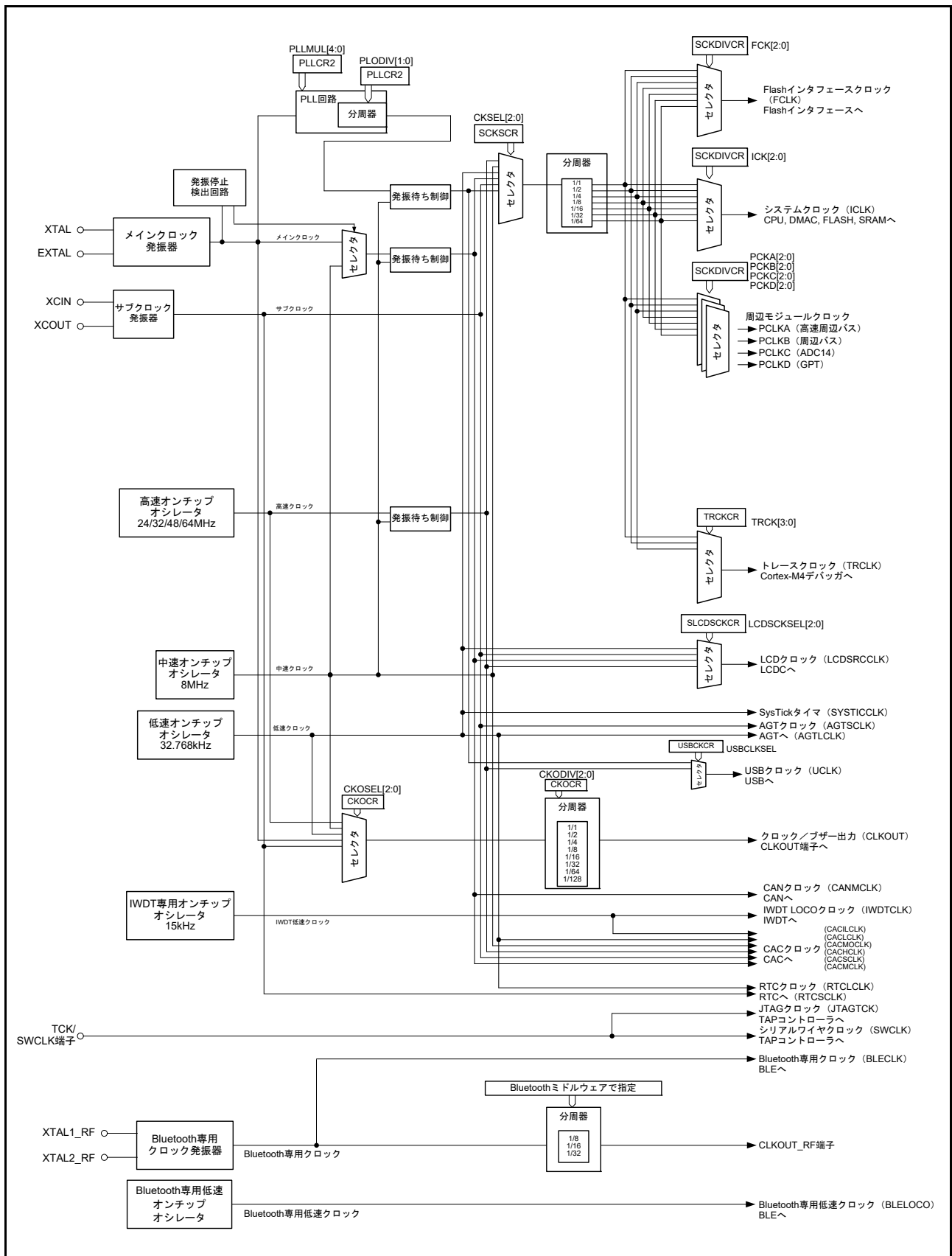


図 9.1 クロック発生回路のブロック図

表 9.3 にクロック発生回路の入出力端子を示します。

表 9.3 クロック発生回路の入出力端子

| 端子名 | 入出力 | 機能 |
|-----------|-----|---|
| XTAL | 出力 | 水晶振動子用の接続端子。EXTAL端子は外部クロックの入力にも使用可能です。 詳細は、 9.3.2 外部クロックを入力する方法 を参照してください。 |
| EXTAL | 入力 | |
| XCIN | 入力 | 32.768kHz水晶振動子接続端子 |
| XCOU | 出力 | |
| TCK/SWCLK | 入力 | JTAG用のクロック入力 |
| CLKOUT | 出力 | CLKOUT/BUZZERクロック用の出力端子 |
| XTAL1_RF | 入力 | 32MHz発振子接続端子 |
| XTAL2_RF | 出力 | |
| CLKOUT_RF | 出力 | Bluetooth専用クロック出力端子 |

9.2 レジスタの説明

9.2.1 システムクロック分周コントロールレジスタ (SCKDIVCR)

アドレス SYSTEM.SCKDIVCR 4001 E020h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|---|
| b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 | |
| — | FCK[2:0] | | | — | ICK[2:0] | | | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| リセット後の値 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 | |
| — | PCKA[2:0] | | | — | PCKB[2:0] | | | — | PCKC[2:0] | | | — | PCKD[2:0] | | | |
| リセット後の値 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|-------------------------------|--|-----|
| b2-b0 | PCKD[2:0] | 周辺モジュールクロック D (PCLKD) 選択 (注3) | b2 b0 0 0 0: 1分周 0 0 1: 2分周 0 1 0: 4分周 0 1 1: 8分周 1 0 0: 16分周 1 0 1: 32分周 1 1 0: 64分周 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6-b4 | PCKC[2:0] | 周辺モジュールクロック C (PCLKC) 選択 (注3) | b6 b4 0 0 0: 1分周 0 0 1: 2分周 0 1 0: 4分周 0 1 1: 8分周 1 0 0: 16分周 1 0 1: 32分周 1 1 0: 64分周 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b10-b8 | PCKB[2:0] | 周辺モジュールクロック B (PCLKB) 選択 (注2) | b10 b8 0 0 0: 1分周 0 0 1: 2分周 0 1 0: 4分周 0 1 1: 8分周 1 0 0: 16分周 1 0 1: 32分周 1 1 0: 64分周 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b11 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b14-b12 | PCKA[2:0] | 周辺モジュールクロック A (PCLKA) 選択 (注2) | b14 b12 0 0 0: 1分周 0 0 1: 2分周 0 1 0: 4分周 0 1 1: 8分周 1 0 0: 16分周 1 0 1: 32分周 1 1 0: 64分周 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b15 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b18-b16 | — | 予約ビット | PCKB[2:0]と同じビットを書いてください。 | R/W |
| b23-b19 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|----------|---|--|-----|
| b26-b24 | ICK[2:0] | システムクロック (ICLK) 選択 (注1) (注2) (注3) (注4) | b26 b24 0 0 0: 1分周 0 0 1: 2分周 0 1 0: 4分周 0 1 1: 8分周 1 0 0: 16分周 1 0 1: 32分周 1 1 0: 64分周 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b27 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b30-b28 | FCK[2:0] | フラッシュインタフェースクロック (FCLK) 選択 (注1) | b30 b28 0 0 0: 1分周 0 0 1: 2分周 0 1 0: 4分周 0 1 1: 8分周 1 0 0: 16分周 1 0 1: 32分周 1 1 0: 64分周 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b31 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

- 注 1. システムクロック (ICLK) とフラッシュインタフェースクロック (FCLK) の間には以下の周波数関係が必要です。
ICLK:FCLK = N:1 (N: 整数)
ICLK < FCLK となる設定の場合、その設定は無視されます。
- 注 2. システムクロック (ICLK) と周辺モジュールクロック (PCLKA, PCLKB) の間には以下の周波数関係が必要です。
ICLK:PCLKA = N:1, ICLK:PCLKB = N:1 (N: 整数)
ICLK < PCLKA または ICLK < PCLKB となる設定の場合、その設定は無視されます。
- 注 3. システムクロック (ICLK) と周辺モジュールクロック (PCLKC, PCLKD) の間には以下の周波数関係が必要です。
ICLK:PCLKC = N:1 または 1:N, ICLK:PCLKD = N:1 または 1:N (N: 整数)
- 注 4. SCKSCR.CKSEL[2:0] ビットで 32MHz よりも速いシステムクロックを選択し、かつ MEMWAIT.MEMWAIT = 0 の場合、ICLK を 1 分周に設定するのは禁止です。

SCKDIVCR レジスタは、システムクロック (ICLK)、周辺モジュールクロック (PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD)、およびフラッシュインタフェースクロック (FCLK) の周波数を選択するレジスタです。

PCKD[2:0] ビット (周辺モジュールクロック D (PCLKD) 選択)

周辺モジュールクロック D (PCLKD) の周波数を選択します。

PCKC[2:0] ビット (周辺モジュールクロック C (PCLKC) 選択)

周辺モジュールクロック C (PCLKC) の周波数を選択します。

PCKB[2:0] ビット (周辺モジュールクロック B (PCLKB) 選択)

周辺モジュールクロック B (PCLKB) の周波数を選択します。

PCKA[2:0] ビット (周辺モジュールクロック A (PCLKA) 選択)

周辺モジュールクロック A (PCLKA) の周波数を選択します。

ICK[2:0] ビット (システムクロック (ICLK) 選択)

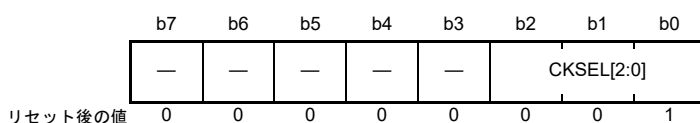
CPU、DMAC、および DTC 用システムクロックの周波数を選択します。

FCK[2:0] ビット (フラッシュインタフェースクロック (FCLK) 選択)

フラッシュインタフェースクロック (FCLK) の周波数を選択します。

9.2.2 システムクロックソースコントロールレジスタ (SCKSCR)

アドレス SYSTEM.SCKSCR 4001 E026h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|----------------|---|-----|
| b2-b0 | CKSEL[2:0] | クロックソース選択 (注1) | b2 b0 0 0 0: HOCO 0 0 1: MOCO 0 1 0: LOCO 0 1 1: メインクロック発振器 (MOSC) 1 0 0: サブクロック発振器 (SOSC) 1 0 1: PLL 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. SCKDIVCR.ICK[2:0] ビットで1分周を選択し、かつ MEMWAIT.MEMWAIT = 0 の場合、32MHz よりも速いシステムクロックソース (システムクロックソース > 32MHz) の選択は禁止です。

SCKSCR レジスタは、システムクロックのクロックソースを選択するレジスタです。

CKSEL[2:0] ビット (クロックソース選択)

CKSEL[2:0] ビットは下記モジュールのクロックソースを選択します：

- システムクロック (ICLK)
- 周辺モジュールクロック (PCLKA、PCLKB、PCLKC、および PCLKD)
- フラッシュインタフェースクロック (FCLK)

ビットは下記のソースの1つから選択します：

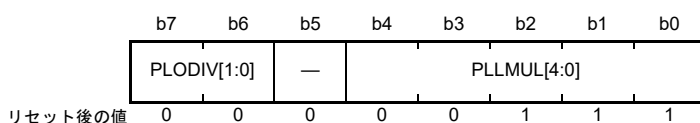
- 低速オンチップオシレータ (LOCO)
- 中速オンチップオシレータ (MOCO)
- 高速オンチップオシレータ (HOCO)
- メインクロック発振器 (MOSC)
- サブクロック発振器 (SOSC)
- PLL 回路

内部非同期割り込みが発生していないときに、クロックソースの切り替えを行ってください。

停止しているクロックソースへの切り替えは禁止されています。

9.2.3 PLL クロックコントロールレジスタ 2 (PLLCCR2)

アドレス SYSTEM.PLLCCR2 4001 E02Bh



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------------|-----------------|---|-----|
| b4-b0 | PLLMUL[4:0] | PLL周波数逡倍率選択(注1) | b4 b0 0 0 1 1 1 : × 8 0 1 0 0 0 : × 9 0 1 0 0 1 : × 10 : 1 1 1 0 1 : × 30 1 1 1 1 0 : × 31 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7-b6 | PLODIV[1:0] | PLL出力分周比選択(注1) | b7 b6 0 0 : 予約 0 1 : 2分周 1 0 : 4分周 上記以外は設定しないでください。 | R/W |

注1. PLLMUL[4:0] ビットと PLODIV[1:0] ビットは、PLL の出力周波数が表 9.1 の範囲に収まるように設定する必要があります。

PLLCCR2 レジスタは、PLL 回路の動作を設定するレジスタです。PLLCCR.PLLSTP ビットが 0 (PLL 動作) の場合、PLLCCR2 レジスタへの書き込みは禁止です。

PLLMUL[4:0] ビット (PLL 周波数逡倍率選択)

PLL 回路の周波数逡倍率を選択します。

PLODIV[1:0] ビット (PLL 出力分周比選択)

PLL 出力の分周比を選択します。

9.2.4 PLL コントロールレジスタ (PLLCR)

アドレス SYSTEM.PLLCR 4001 E02Ah

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|------------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | PLLST P |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|----------|-------------------------------|-----|
| b0 | PLLSTP | PLL 停止制御 | 0 : PLL 動作 (注1) 1 : PLL 停止 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. PLL 動作時は、VCC は 2.4V 以上 ($VCC \geq 2.4V$) でなければいけません。また、動作電力制御モードは、High-speed モードまたは Middle-speed モードに設定する必要があります。

PLLCR レジスタは、PLL 回路の動作を制御するレジスタです。

PLLSTP ビット (PLL 停止制御)

PLL 回路を起動または停止させます。

PLLSTP ビットを 0 にした後、OSCSF.PLLSF ビットが 1 になっていることを確認してから、PLL クロックを使用してください。PLL を動作するように設定してから、一定の安定待機時間を要します。PLL 動作が停止してから、発振が停止するまでにも一定の待機時間を要します。

PLL 動作の開始および停止に関しては、以下の制限があります。

- PLL の停止後、動作を再開させる前に OSCSF.PLLSF ビットが 0 であることを確認すること
- PLL を停止させる前に、PLL が動作していること、および OSCSF.PLLSF ビットが 1 であることを確認すること
- PLL クロックをシステムクロックとして選択しているかどうかにかかわらず、PLL を動作開始に設定して MCU をソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、OSCSF.PLLSF ビットが 1 になっていることを確認した上で WFI 命令を実行すること
- PLL の停止設定後にソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、OSCSF.PLLSF ビットが 0 に設定されていることを確認した上で WFI 命令を実行すること

以下の条件下で PLLSTP ビットに 1 を書き込むことは禁止されています。

- SCKSCR.CKSEL[2:0] = 101b (システムクロックソース = PLL)

PLLSTP に 0 を書き込む前に、以下の条件が満たされていることを確認してください。

- OSCSF.MOSCSF ビットが 1 であること
- PLLSTP = 1 (PLL 停止) に設定してから 4 μ s 以上が経過していること
- PLLMUL[4:0] ビットの設定 (PLL 周波数通倍率選択) から 1 μ s 以上が経過していること

9.2.5 メモリウェイトサイクルコントロールレジスタ (MEMWAIT)

アドレス SYSTEM.MEMWAIT 4001 E031h

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|-------------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | MEMW AIT |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------|---------------|--------------------------|-----|
| b0 | MEMWAIT | メモリウェイトサイクル選択 | 0: ウェイトなし 1: ウェイトあり | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注. SCKDIVCR.ICLK ビットで1分周を選択し、かつ SCKSCR.CKSEL[2:0] ビットで32MHz よりも速いシステムクロックソース (ICLK > 32MHz) を選択した場合、MEMWAIT ビットへの0の書き込みは禁止されています。

このレジスタはFlash リードアクセスのウェイトサイクルを制御します。

MEMWAIT ビット (メモリウェイトサイクル選択)

Flash リードアクセスのウェイトサイクルを選択します。リセット解除後は、Flash アクセスのウェイトサイクルは0ウェイト (MEMWAIT = 0) に設定されます。

MEMWAIT ビットへ書き込む前に、ICLK 周波数と動作電力制御モードを確認してください。ICLK、動作電力制御モード、および MEMWAIT ビットを設定する場合、以下の制限があります。

- ICLK を32MHz よりも速く設定する場合 (ICLK > 32MHz)、ICLK が32MHz 以下 (ICLK ≤ 32MHz) で、かつ動作電力制御モードが High-speed モード (OPCCR.OPCM[1:0] = 00b) の状態で、MEMWAIT ビットを1にしてください。

動作モードが High-speed モード以外の場合、MEMWAIT を1にすることは禁止されています。

MEMWAIT = 0 の状態で、ICLK を32MHz よりも速く設定することは禁止されています。

- ICLK を32MHz よりも速い設定 (ICLK > 32MHz) から32MHz 以下 (ICLK ≤ 32MHz) の設定にする場合は、MEMWAIT = 1 の状態で、ICLK 周波数を32MHz 以下にする必要があります。ICLK が32MHz よりも速い状態で、MEMWAIT を0に設定することは禁止されています。動作モードが High-speed モード以外の場合、MEMWAIT を1に設定することは禁止されています。ICLK 周波数が32MHz 以下で、かつ動作電力制御モードが High-speed モード (OPCCR.OPCM[1:0] = 00b) のときに、MEMWAIT を0に設定できます。

表 9.4 MEMWAIT ビットの設定

| MEMWAIT ビット | MCU 動作電力制御 | | |
|-------------|-----------------------|----------------|--------------|
| | モード: High-speed モード以外 | High-speed モード | |
| | | ICLK ≤ 32MHz | ICLK > 32MHz |
| 0 | ○ | ○ | × |
| 1 | × | ○ | ○ |

○: 設定可能

×: 設定不可

図 9.2 に、ICLK を 32MHz よりも速く設定する場合のフロー例を示します。

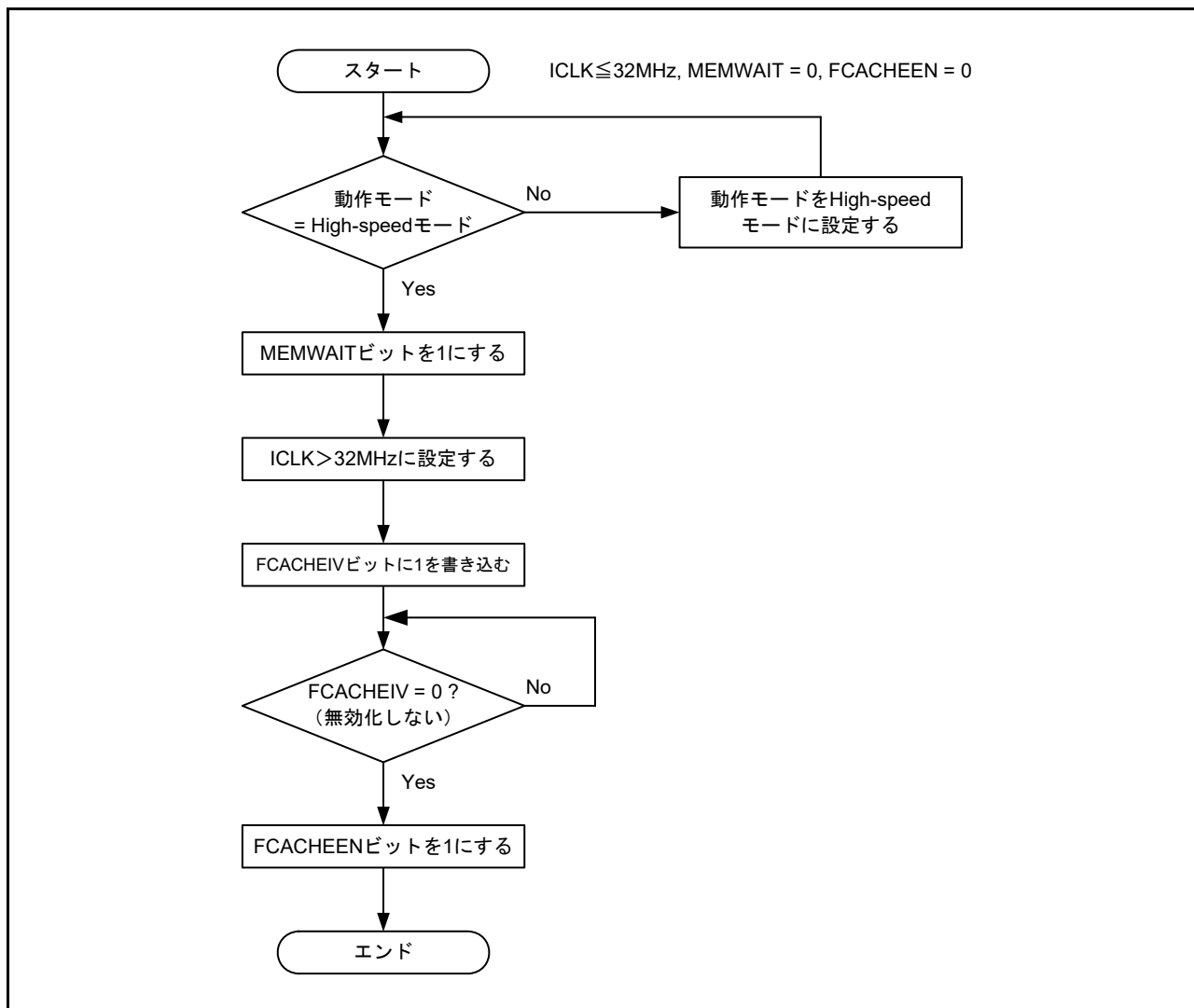


図 9.2 ICLK > 32MHz に設定する場合

図 9.3 に、ICLK が 32MHz 超の場合に、ICLK を 32MHz 以下に設定する例を示します。

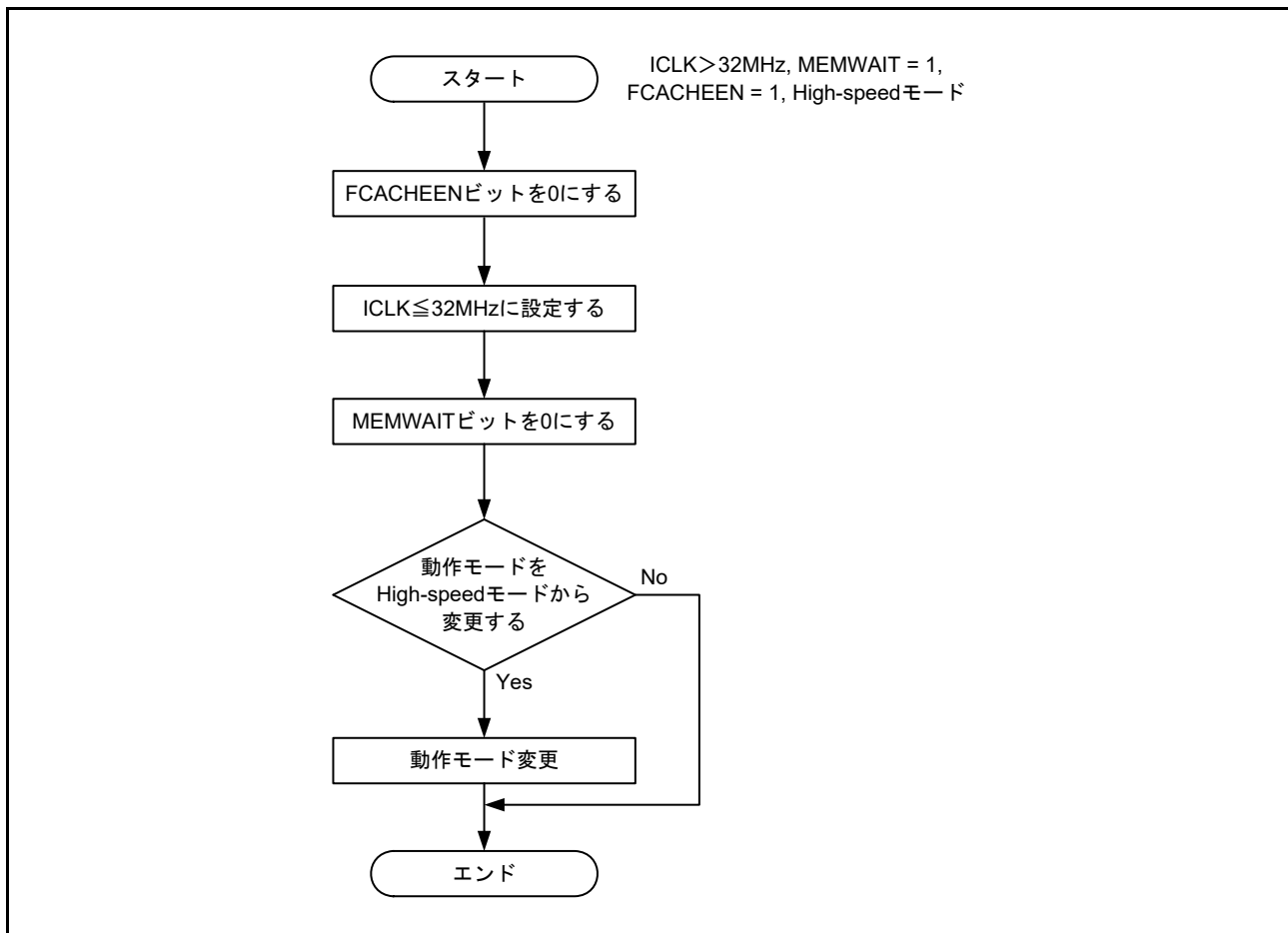


図 9.3 ICLK > 32MHz の状態から ICLK ≤ 32MHz に設定する場合

9.2.6 メインクロック発振器コントロールレジスタ (MOSCCR)

アドレス SYSTEM.MOSCCR 4001 E032h

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|-------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | MOSTP |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|--------------|---|-----|
| b0 | MOSTP | メインクロック発振器停止 | 0: メインクロック発振器動作 (注1) 1: メインクロック発振器停止 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. MOSTP を0にする前に、MOMCR レジスタを設定する必要があります。

MOSCCR レジスタは、メインクロック発振器を制御するレジスタです。

MOSTP ビット (メインクロック発振器停止)

メインクロック発振器を起動または停止させます。

MOSTP ビットを動作に設定することで、メインクロック発振器を起動させることができます。MOSTP ビット値を変更した場合、必ずそのビット値を読み出して、値が更新されていることを確認してから、次の命令を実行してください。

メインクロックを使用する場合は、MOSTP ビットを0にする前に、メインクロック発振器モードコントロールレジスタ (MOMCR) およびメインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ (MOSCWTCR) を設定する必要があります。MOSCCR.MOSTP ビット設定でメインクロックを動作させるように変更した場合、必ず OSCSF.MOSCSF ビットが1になっていることを確認してから、メインクロックを使用してください。

メインクロック発振器を動作させるように設定してから、発振が安定するまでに一定の時間を要します。また、メインクロックが停止した後も、発振が停止するまでに一定の時間を要します。

動作の開始および停止に関しては、以下の制限があります。

- メインクロック発振器の停止後、動作を再開させる前に OSCSF.MOSCSF ビットが0であることを確認すること
- メインクロック発振器を停止させる前に、メインクロック発振器が動作していること、および OSCSF.MOSCSF ビットが1であることを確認すること
- メインクロック発振器をシステムクロックとして選択しているかどうかにかかわらず、MCU をソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、OSCSF.MOSCSF ビットが1になっていることを確認した上で WFI 命令を実行すること
- メインクロック発振器を停止させるように設定した後、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、OSCSF.MOSCSF ビットが0にクリアされていることを確認した上で WFI 命令を実行すること

以下の条件下で MOSTP ビットに1を書き込むことは禁止されています。

- SCKSCR.CKSEL[2:0] = 011b (システムクロックソース = MOSC)
- SCKSCR.CKSEL[2:0] = 101b (システムクロックソース = PLL)
- PLLCR.PLLSTP = 0 (PLL 動作)

9.2.7 サブクロック発振器コントロールレジスタ (SOSCCR)

アドレス SYSTEM.SOSCCR 4001 E480h

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|-------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | SOSTP |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|-------------|--|-----|
| b0 | SOSTP | サブクロック発振器停止 | 0 : サブクロック発振器動作 (注1) (注2) 1 : サブクロック発振器停止 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. SOSTP を0にする前に、SOMCR レジスタを設定する必要があります。

注2. VBATT 機能を使用しない場合、SOSC を動作させるように設定する前に、VBTCR1.BPWSWSTP ビットを設定する必要があります。VBTCR1.BPWSWSTP ビットについての詳細は、「12. バッテリバックアップ機能」を参照してください。

SOSCCR レジスタは、サブクロック発振器を制御するレジスタです。

SOSTP ビット (サブクロック発振器停止)

サブクロック発振器を起動または停止させます。

SOSTP ビット値を変更した場合、必ずそのビット値を読み出して、値が更新されていることを確認してから、次の命令を実行してください。RTC など一部のモジュールに対するソースとしてサブクロックを使用する場合、SOSTP ビットを使用します。

サブクロック発振器を使用する場合は、SOSTP ビットを0にする前に、サブクロック発振器モードコントロールレジスタ (SOMCR) を設定してください。SOSTP ビットを0にした後、必ずサブクロック発振安定時間 (tSUBOSCOWT) が経過してから、サブクロックを使用してください。SOSTP ビットでサブクロックを動作するように設定してから、一定の安定待機時間を要します。また、SOSTP ビットを停止に設定した後も、発振が停止するまでに一定の待機時間を要します。

動作の開始および停止に関しては、以下の制限があります。

- サブクロック発振器の停止後、動作を再開させるまでに SOSC で5サイクル以上の待ち時間が必要
- サブクロック発振器を停止させる場合、サブクロック発振器が安定していることを確認すること
- サブクロック発振器をシステムクロックとして選択しているかどうかにかかわらず、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、サブクロック発振器の発振が安定していることを確認した上で WFI 命令を実行すること
- サブクロック発振器を停止させた後、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、サブクロック発振器を停止させてから SOSC で3クロックサイクル以上待った後、WFI 命令を実行すること

以下の条件下で SOSTP ビットに1を書き込むことは禁止されています。

- SCKSCR.CKSEL[2:0] = 100b (システムクロックソース = SOSC)

9.2.8 低速オンチップオシレータコントロールレジスタ (LOCOCR)

アドレス SYSTEM.LOCOCR 4001 E490h

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|-------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | LCSTP |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|--------|---------------------------------------|-----|
| b0 | LCSTP | LOCO停止 | 0 : LOCOクロック動作 (注1) 1 : LOCOクロック停止 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. VBATT 機能を使用しない場合、LOCO の動作設定の前に、VBTCR1.BPWSWSTP ビットを設定する必要があります。VBTCR1.BPWSWSTP については、「12. バッテリバックアップ機能」を参照してください。

LOCOCR レジスタは、LOCO を制御するレジスタです。

LCSTP ビット (LOCO 停止)

LOCO クロックを起動または停止させます。

LCSTP ビットを LOCO クロック開始に設定した後、必ず LOCO クロック発振安定待機時間 (tLOCOWT) が経過してから LOCO クロックを使用してください。LOCO クロックを動作を開始するように設定してから、一定の安定待機時間を要します。また、停止に設定した後も、LOCO クロックが停止するまでに一定の時間を要します。

動作の開始および停止に関しては、以下の制限があります。

- LOCO クロックの停止後、動作を再開させるまでに LOCO で 5 クロックサイクル以上の間隔が必要
- LOCO クロックを停止させる前に、LOCO クロックの発振が安定していることを確認すること
- LOCO クロックをシステムクロックとして選択しているかどうかにかかわらず、MCU をソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、LOCO の発振が安定していることを確認した上で WFI 命令を実行すること
- LOCO クロックを停止させた後、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、LOCO で 3 サイクル以上待ってから WFI 命令を実行すること

以下の条件下で LOSTP ビットに 1 を書き込むことは禁止されています。

- SCKSCR.CKSEL[2:0] = 010b (システムクロックソース = LOCO)

9.2.9 高速オンチップオシレータコントロールレジスタ (HOCOOCR)

アドレス SYSTEM.HOCOOCR 4001 E036h

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|-------------|
| | — | — | — | — | — | — | — | HCSTP |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0/1 (注1) |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|--------|--|-----|
| b0 | HCSTP | HOCO停止 | 0 : HOCOクロック動作 (注2) (注3) 1 : HOCOクロック停止 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

- 注 . HOCOOCR.HCSTP = 0 および OSCSF.HOCOSF = 0 (HOCO は安定待機時間カウント中) の状態にあるとき、OPCCR.OPCM[1:0] ビットへの書き込みは禁止されています。
- 注 . OPCCR.OPCMTSF = 1、SOPCCR.SOPCMTSF = 1 (動作電力制御モードの遷移中)、または FLSTOP.CFLSTOPF = 1 (フラッシュの遷移中) の状態にあるとき、HCSTP ビットへの書き込みは禁止されています。
- 注 1. OFS1.HOCOEN ビットが 0 のとき、HCSTP ビットのリセット後の値は 0 になります。OFS1.HOCOEN ビットが 1 のとき、HCSTP ビットのリセット後の値は 1 になります。
- 注 2. HOCO の動作周波数が 48MHz の場合、HOCO 動作時の VCC は 1.8V 以上 (VCC \geq 1.8V) である必要があります。HOCO の動作周波数が 64MHz の場合、HOCO 動作時の VCC は 2.4V 以上 (VCC \geq 2.4V) である必要があります。
- 注 3. HOCO を使用する場合 (HCSTP = 0)、OFS1.HOCOFREQ1 ビットを最適な値に設定する必要があります。Low-voltage モードの間中は、HOCOOCR.HCSTP は常に 0 でなければいけません。

HOCOOCR レジスタは、HOCO を制御するレジスタです。

HCSTP ビット (HOCO 停止)

HOCO クロックを起動または停止させます。HOCO クロックを動作させるには、高速オンチップオシレータウェイトコントロールレジスタ (HOCOWTCR) も設定してください。

HCSTP ビットで HOCO が動作するように変更した場合、必ず OSCSF.HOCOSF ビットが 1 になっていることを確認してから、発振器を使用してください。OFS1.HOCOEN ビットが 0 になっている場合、OSCSF.HOCOSF ビットが 1 になっていることを確認してからクロックを使用してください。HOCO が動作するように設定してから、一定の安定待機時間を要します。また、HOCO クロックを停止に設定した後も、発振が停止するまでに一定の時間を要します。

動作の開始および停止に関しては、以下の制限があります。

- HOCO クロックの停止後、動作を再開させる前に OSCSF.HOCOSF ビットが 0 であることを確認すること
- HOCO クロックを停止させる前に、HOCO クロックが動作していること、および OSCSF.HOCOSF ビットが 1 であることを確認すること
- HOCO クロックをシステムクロックとして選択しているかどうかにかかわらず、HCSTP ビットで HOCO を動作設定にしてソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、OSCSF.HOCOSF ビットが 1 になっていることを確認した上で WFI 命令を実行すること
- HOCO クロックを停止させた後、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、OSCSF.HOCOSF ビットが 0 になっていることを確認した上で WFI 命令を実行すること

以下の条件下で HCSTP ビットに 1 を書き込むことは禁止されています。

- SCKSCR.CKSEL[2:0] = 000b (システムクロックソース = HOCO)

9.2.10 中速オンチップオシレータコントロールレジスタ (MOCOOCR)

アドレス SYSTEM.MOCOOCR 4001 E038h

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|-------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | MCSTP |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|--------|----------------------------------|-----|
| b0 | MCSTP | MOCO停止 | 0 : MOCOクロック動作 1 : MOCOクロック停止 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

MOCOOCR レジスタは、MOCO クロックを制御するレジスタです。

MCSTP ビット (MOCO 停止)

MOCO クロックを起動または停止させます。

MCSTP ビットを 0 にした後、必ず MOCO クロック発振安定時間 (tMOCOWT) が経過してから、MOCO クロックを使用してください。MCSTP ビットを 0 にしてから、一定の安定待機時間を要します。また、MCSTP ビットを 1 にした後、発振が停止するまでに一定の時間を要します。

発振器の開始および停止に関しては、以下の制限が適用されます。

- MOCO クロックの停止後、動作を再開させるまでに MOCO で 5 クロックサイクル以上の間隔が必要
- MOCO クロックを停止させる場合、MOCO の発振が安定していることを確認すること
- MOCO クロックをシステムクロックとして選択しているかどうかにかかわらず、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、MOCO の発振が安定していることを確認した上で WFI 命令を実行すること
- MOCO クロックを停止させた後、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、MOCO で 3 クロックサイクル以上待つから WFI 命令を実行すること

以下の条件下で MCSTP ビットに 1 を書き込むことは禁止されています。

- SCKSCR.CKSEL[2:0] = 001b (システムクロックソース = MOCO)

発振停止検出コントロールレジスタの発振停止検出機能有効ビット (OSTDCR.OSTDE) で発振停止検出を有効にしているとき、MCSTP ビットを 1 (MOCO 停止) にすることは禁止されています。

MOCO クロックは他の発振器の待機時間の計測に使用されるため、MOCOOCR.MCSTP ビットの設定値にかかわらず、他の発振器の待機時間が計測されているときは MOCO クロックが発振しています。MCSTP ビットが停止に設定されていても、意図せず MOCO クロックが供給される場合があります。

9.2.11 発振安定フラグレジスタ (OSCSF)

アドレス SYSTEM.OSCSF 4001 E03Ch

| | | | | | | | |
|---------|----|-------|----|------------|----|----|-------------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | PLLSF | — | MOSC SF | — | — | HOCO SF |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0/1 (注1) |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|-----------------|--|-----|
| b0 | HOCOSF | HOCOクロック発振安定フラグ | 0: HOCOクロックは停止、または発振安定待ち中 1: HOCOクロックは安定、システムクロックとして使用可能 | R |
| b2-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b3 | MOSC SF | メインクロック発振安定フラグ | 0: メインクロック発振器は停止 (MOSTP = 1)、または発振安定待ち中 (注2) 1: メインクロック発振器は安定、システムクロックとして使用可能 | R |
| b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b5 | PLLSF | PLLクロック発振安定フラグ | 0: PLLクロックは停止、または発振安定待ち中 1: PLLクロックは安定、システムクロックとして使用可能 | R |
| b7-b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |

注 1. リセット後の値は、OFS1.HOCOEN ビットで決まります。

OFS1.HOCOEN が 1 になっている場合、HOCOSF のリセット後の値は 0 です。

OFS1.HOCOEN が 0 になっている場合は、リセット解除直後に HOCOSF の値が 0 になり、HOCO 発振安定待機時間の経過後に HOCOSF の値が 1 になります。

注 2. 該当する発振器のウェイトコントロールレジスタに適切な値が設定されます。待機時間が不十分な場合、発振が安定する前に発振安定フラグが 1 になり、内部回路へクロック信号の供給が開始されます。

OSCSF レジスタは、各発振器の発振安定待ち回路内にあるカウンタの動作ステータスを示します。

これらのカウンタは、発振開始後、各発振器の出力クロックが内部回路に供給されるまでの待機時間を計測します。カウンタのオーバーフローは、対応する発振器から内部回路へクロックの供給が開始されたことを示します。

HOCOSF フラグ (HOCO クロック発振安定フラグ)

高速クロック発振器 (HOCO) の待機時間を計測するカウンタの動作状態を示します。

OFS1.HOCOEN ビットが 0 になっている場合、OSCSF.HOCOSF ビットが 1 になっていることを確認してから、HOCO クロックを使用してください。

[1 になる条件]

- HOCO クロックの停止時に、HOCOCR.HCSTP ビットを 0 にした結果、HOCOWTCR.HSTS[2:0] ビットに設定された中速クロックのサイクルの経過後に、MCU 内部へ高速クロックの供給が開始されたとき

[0 になる条件]

- 高速クロック発振器の動作時に、HOCOCR.HCSTP ビットを 1 にした結果、高速クロック発振器が発振停止になったとき

MOSCSF フラグ (メインクロック発振安定フラグ)

メインクロック発振器の待機時間を計測するカウンタの動作状態を示します。

[1になる条件]

- メインクロック発振器の停止時に、MOSCCR.MOSTP ビットを 0 にした結果、MOSCWTCR.MSTS[3:0] ビットに設定された中速クロックサイクルが経過し、MCU 内部へメインクロックの供給が開始されたとき

[0になる条件]

- メインクロック発振器の動作時に、MOSCCR.MOSTP ビットを 1 にした結果、メインクロック発振器が発振停止になったとき

PLLSF フラグ (PLLクロック発振安定フラグ)

PLL の待機時間を計測するカウンタの動作状態を示します。

[1になる条件]

- PLL の停止時に、PLLCR.PLLSTP ビットを 0 にした結果、中速クロックの 370 サイクルがカウントされて、MCU 内で PLL クロック供給が開始されたとき。ただし、PLLSTP ビットを 0 にしたときに PLL クロックソースの発振が安定していなければ、PLL クロックソースの発振が安定した後も、中速クロックサイクルのカウントが継続する

[0になる条件]

- PLL の動作時に、PLLCR.PLLSTP ビットを 1 にした結果、PLL が発振停止になったとき

9.2.12 発振停止検出コントロールレジスタ (OSTDCR)

アドレス SYSTEM.OSTDCR 4001 E040h

| | | | | | | | | |
|---------|-------|----|----|----|----|----|----|--------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | OSTDE | — | — | — | — | — | — | OSTDIE |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|--------------|--|-----|
| b0 | OSTDIE | 発振停止検出割り込み許可 | 0 : 発振停止検出割り込みを禁止 (POEGへの通知なし) 1 : 発振停止検出割り込みを許可 (POEGへの通知あり) | R/W |
| b6-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | OSTDE | 発振停止検出機能有効 | 0 : 発振停止検出機能は無効 1 : 発振停止検出機能は有効 | R/W |

OSTDCR レジスタは、発振停止検出機能を制御するレジスタです。

OSTDIE ビット (発振停止検出割り込み許可)

発振停止検出機能割り込みを許可します。また本ビットは、発振停止検出を POEG に通知するかどうかを制御します。

発振停止検出ステータスレジスタの発振停止検出フラグ (OSTDSR.OSTDF) をクリアする必要がある場合、OSTDIE ビットを 0 にしてから OSTDF を 0 にしてください。OSTDIE ビットを 1 にする場合は、PCLKB で 2 サイクル以上待ってから行ってください。I/O レジスタの読み出しに要するサイクル数によっては、PCLKB の 2 サイクルを超える待ち時間が必要になる場合があります。

OSTDE ビット (発振停止検出機能有効)

発振停止検出機能を有効にします。

本ビットを 1 (発振停止検出機能は有効) にすると、MOCO 停止ビット (MOCO CR.MCSTP) が 0 となり MOCO が起動します。発振停止検出機能が有効の間は、MOCO は停止できません。MOCO CR.MCSTP ビットへの 1 の書き込み (MOCO 停止) は無効です。

発振停止検出ステータスレジスタの発振停止検出フラグ (OSTDSR.OSTDF) が 1 (メインクロック発振停止検出) のとき、OSTDE ビットへの 0 の書き込みは無効です。

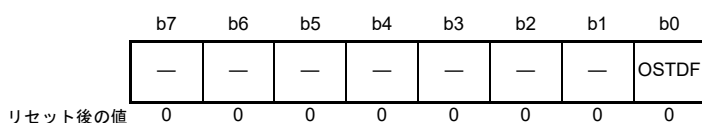
ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に必ず OSTDE ビットを 0 にしてください。ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、最初に OSTDE ビットを 0 にしてから WFI 命令を実行してください。

発振停止検出機能を使用する場合、以下の制限があります。

- Low-speed モードでは、ICLK、FCLK、PCLKA、PCLKB、PCLKC、および PCLKD に対する 1 分周、2 分周、4 分周、8 分周の設定は禁止
- Low-voltage モードでは、ICLK、FCLK、PCLKA、PCLKB、PCLKC、および PCLKD に対する 1 分周と 2 分周の設定は禁止

9.2.13 発振停止検出ステータスレジスタ (OSTDSR)

アドレス SYSTEM.OSTDSR 4001 E041h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|-----------|---|---------------|
| b0 | OSTDF | 発振停止検出フラグ | 0: メインクロック発振停止を未検出 1: メインクロック発振停止を検出 | R(/W) (注1) |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. 0のみ書けます。

OSTDSR レジスタは、メインクロック発振器の発振停止の検出状態を示します。

OSTDF フラグ (発振停止検出フラグ)

メインクロックの状態を示します。本フラグが1のとき、メインクロックの発振停止が検出されたことを示します。この発振停止が検出された後、メインクロックの発振が再開しても OSTDF フラグは0になりません。OSTDF フラグは、1を読み出した後に0を書き込むことで0になります。

OSTDF に0を書き込んでから、0を読み出せるようになるまで、ICLK で3サイクル以上待つ必要があります。メインクロックの発振が停止しているとき、OSTDF フラグを0にすると、OSTDF フラグはいったん0になった後、再度1に戻ります。

以下の条件下では、OSTDSR.OSTDF は0にできません。

- SCKSCR.CKSEL[2:0] = 011b (システムクロックソース = MOSC)

クロックソースをメインクロック発振器と PLL 以外に切り替えた後、OSTDF フラグを0にする必要があります。

[1になる条件]

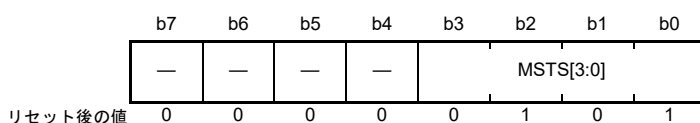
- OSTDCR.OSTDE が1 (発振停止検出機能は有効) の状態で、メインクロックの発振が停止したとき

[0になる条件]

- SCKSCR.CKSEL[2:0] ビットが011b (システムクロックが MOSC) でも101b (システムクロックが PLL) でもない場合に、1を読んだ後、0を書いたとき

9.2.14 メインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ (MOSCWTCR)

アドレス SYSTEM.MOSCWTCR 4001 E0A2h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------|----------------------|--|-----|
| b3-b0 | MSTS[3:0] | メインクロック発振器 待機時間設定 | b3 b0 0 0 0 0 : 待機時間 = 2サイクル (0.25 μ s) 0 0 0 1 : 待機時間 = 1024サイクル (128 μ s) 0 0 1 0 : 待機時間 = 2048サイクル (256 μ s) 0 0 1 1 : 待機時間 = 4096サイクル (512 μ s) 0 1 0 0 : 待機時間 = 8192サイクル (1024 μ s) 0 1 0 1 : 待機時間 = 16384サイクル (2048 μ s) (リセット後の値) 0 1 1 0 : 待機時間 = 32768サイクル (4096 μ s) 0 1 1 1 : 待機時間 = 65536サイクル (8192 μ s) 1 0 0 0 : 待機時間 = 131072サイクル (16384 μ s) 1 0 0 1 : 待機時間 = 262144サイクル (32768 μ s) 上記以外は設定しないでください。 待機時間は "MOCO = 8MHz (標準は0.125 μ s) " として計算されます。 | R/W |
| b7-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

MSTS[3:0] ビット (メインクロック発振器 待機時間設定)

メインクロック発振器の発振安定待機時間を設定します。

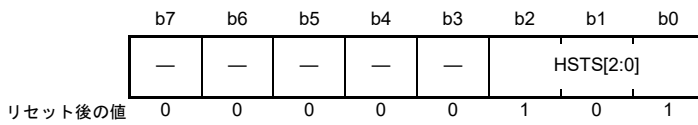
発振器メーカーが推奨する安定時間以上の時間をメインクロック発振安定時間に設定してください。メインクロックが外部から入力される場合、発振安定時間は必要ないので 0000b に設定してください。

MSTS[3:0] ビットに設定した待機時間は、MOCO クロックでカウントされます。MOCO は、必要であれば、MOCOCR.MCSTP ビットの値にかかわらず、自動的に発振を開始します。設定した待機時間が経過すると、MCU 内部へメインクロックの供給が開始され、OSCSF.MOSCSF フラグは 1 になります。設定した待機時間が短いと、クロックの発振が安定になる前に、メインクロックの供給が開始されます。

MOSCWTCR レジスタの書き換えは、MOSCCR.MOSTP ビットが 1 で、かつ OSCSF.MOSCSF フラグが 0 の場合にのみ行ってください。それ以外では、このレジスタを書き換えしないでください。

9.2.15 高速オンチップオシレータウェイトコントロールレジスタ (HOCOWTCR)

アドレス SYSTEM.HOCOWTCR 4001 E0A5h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------|------------|---|-----|
| b2-b0 | HSTS[2:0] | HOCO待機時間設定 | b2 b0 1 0 1: <ul style="list-style-type: none"> 待機時間 = 245サイクル (29.13μs) HOCOの動作周波数が24MHzまたは32MHzで、かつ動作電力制御モードが低電圧モード以外の場合 待機時間 = 287サイクル (35.875μs) (リセット後の値) HOCOの動作周波数が48MHzで、かつ動作電力制御モードが低電圧モード以外の場合 待機時間 = 679サイクル (84.88μs) (リセット後の値) 動作電力制御モードが低電圧モードの場合 1 1 0: <ul style="list-style-type: none"> 待機時間 = 541サイクル (67.63μs) HOCOの動作周波数が64MHzの場合 上記以外は設定しないでください。 待機時間は "MOCO = 8MHz (標準は0.125 μ s)" として計算されます。 | R/W |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

HOCOWTCR レジスタは、高速クロック発振器の出力を内部回路に供給するまでの待機時間を制御するレジスタです。HOCOCR.HCSTP ビットが1の場合、または OCSF.HOCOSF フラグが1の場合にのみ、HOCOWTCR に値を書き込むことができます。それ以外では、HOCOWTCR に書き込まないでください。

HSTS[2:0] ビット (HOCO 待機時間設定)

発振安定待ち回路は、待機時間を計測し、MCU 内部へのクロック供給を制御します。高速クロック発振器が動作を開始すると、発振安定待ち回路は、HOCOWTCR レジスタに設定された中速クロックサイクル数のカウントを開始します。設定したサイクル数のカウントが完了するまでの間にわたって、MCU クロック供給は行われません。カウント完了後、MCU のクロック信号の供給が開始され、OCSF.HOCOSF フラグが1になります。

MOCOCR.MCSTP ビット設定にかかわらず、発振安定待機回路による中速クロックサイクルのカウントは続きます。待機時間の計測時には、ハードウェアで自動的に中速発振器の動作/停止が制御されます。

9.2.16 メインクロック発振器モードコントロールレジスタ (MOMCR)

アドレス SYSTEM.MOMCR 4001 E413h

| | | | | | | | |
|---------|-------|----|----|---------|----|----|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | MOSEL | — | — | MODR V1 | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|---------------------|---------------------------------|-----|
| b2-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b3 | MODRV1 | メインクロック発振器駆動能力1切り替え | 0: 10MHz~20MHz 1: 1MHz~10MHz | R/W |
| b5-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6 | MOSEL | メインクロック発振器切り替え | 0: 発振子 1: 外部クロック入力 | R/W |
| b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

- 注. EXTAL/XTAL 端子もポートとして使用されます。初期設定状態では、この端子がポートとして設定されています。
 注. 本レジスタを変更する前に、MOSTP ビットを1 (MOSC 停止) にする必要があります。

MODRV1 ビット (メインクロック発振器駆動能力1切り替え)

メインクロック発振器の駆動能力を切り替えます。

MOSEL ビット (メインクロック発振器切り替え)

メインクロック発振器の発振源を切り替えます。

9.2.17 サブクロック発振器モードコントロールレジスタ (SOMCR)

アドレス SYSTEM.SOMCR 4001 E481h

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|------------|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | SODRV[1:0] | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|-------------------|---|-----|
| b1-b0 | SODRV[1:0] | サブクロック発振器駆動能力切り替え | b1 b0 0 0: 通常モード 0 1: 低消費電力モード1 1 0: 低消費電力モード2 1 1: 低消費電力モード3 | R/W |
| b7-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

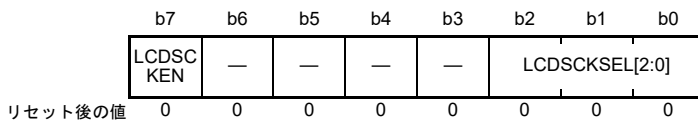
このレジスタの変更は、SOSCCR.SOSTP が1 (SOSC 停止) のときに行う必要があります。

SODRV[1:0] ビット (サブクロック発振器駆動能力切り替え)

サブクロック発振器の駆動能力を切り替えます。

9.2.18 セグメント LCD ソースクロックコントロールレジスタ (SLCDSCKCR)

アドレス SYSTEM.SLCDSCKCR 4001 E050h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------------|----------------------------|---|-----|
| b2-b0 | LCDSCKSEL[2:0] | LCD ソースクロック (LCDSRCCLK) 選択 | b2 b0 0 0 0: LOCO 0 0 1: SOSC 0 1 0: MOSC 1 0 0: HOCO 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b6-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | LCDSCKEN | LCD ソースクロックアウト許可 | 0: LCD ソースクロックアウトを禁止 1: LCD ソースクロックアウトを許可 | R/W |

LCDSCKEN ビットと LCDSCKSEL[2:0] ビットを同時に設定することはしないでください。

LCDSCKSEL[2:0] ビット (LCD ソースクロック (LCDSRCCLK) 選択)

LOCO、SOSC、MOSC、または HOCO クロックを LCD クロックソースとして設定します。LCD ソースクロックを変更する場合、LCDSCKEN ビットを 0 にしてください。

これらのビットを変更する際は、以下の手順に従ってください。

1. LCDSCKEN を 0 (LCD ソースクロックアウトを禁止) にする。
2. 変更する前に、LCD ソースクロックの 3 サイクル分と、ICLK の 2 サイクル分待つ。
3. LCDSCKSEL[2:0] ビットに変更値を書く。
4. LCDSCKSEL[2:0] ビットを読み出して、変更されたことを確認する。

LCDSCKEN ビット (LCD ソースクロックアウト許可)

LCD モジュールへの LCD ソースクロック出力を許可します。

本ビットを 1 にすると、選択したクロックが出力されます。本ビットを変更する場合は、LCDSCKSEL[2:0] ビットで選択した LCD ソースクロックが安定していることを確認してください。変更後にソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、以下の手順に従ってください。

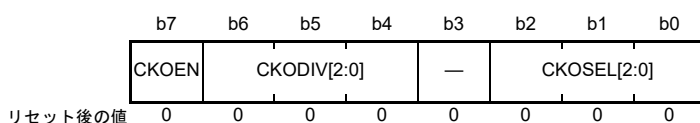
1. 本ビットを変更する。
2. LCDSCKSEL[2:0] ビットで選択したソースクロックの 2 サイクル分以上待つ。
3. WFI 命令を実行する。

本ビットを 0 にした後、LCDSCKSEL[2:0] ビットで選択したソースクロックを停止する場合は、以下の手順に従ってください。

1. 本ビットを 0 (LCD ソースクロック出力を禁止) にする。
2. LCDSCKSEL[2:0] ビットで選択したソースクロックの 2 サイクル分以上待つ。
3. LCDSCKSEL[2:0] ビットで選択したソースクロックを停止する。

9.2.19 クロックアウトコントロールレジスタ (CKOCR)

アドレス SYSTEM.CKOCR 4001 E03Eh



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------------|----------------|--|-----|
| b2-b0 | CKOSEL[2:0] | クロックアウトソース選択 | b2 b0 0 0 0: HOCO 0 0 1: MOCO 0 1 0: LOCO 0 1 1: MOSC 1 0 0: SOSC 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6-b4 | CKODIV[2:0] | クロックアウト入力分周比選択 | b6 b4 0 0 0: 1分周 0 0 1: 2分周 0 1 0: 4分周 0 1 1: 8分周 1 0 0: 16分周 1 0 1: 32分周 1 1 0: 64分周 1 1 1: 128分周 | R/W |
| b7 | CKOEN | クロックアウト許可 | 0: クロックアウトを禁止 1: クロックアウトを許可 | R/W |

CKOSEL[2:0] ビット (クロックアウトソース選択)

HOCO、MOCO、LOCO、MOSC、または SOSC クロックを、CLKOUT 端子から出力するソースクロックとして選択するために設定します。

CLKOUT ソースクロックを変更する場合、CKOEN ビットを 0 にしてください。

CKODIV[2:0] ビット (クロックアウト入力分周比選択)

クロック分周比を選択するために設定します。

分周比を変更する場合、CKOEN ビットを 0 にしてください。出力クロック周波数の分周比は、CLKOUT 端子出力周波数の特性を超えない値に設定する必要があります。CLKOUT 端子の特性の詳細については、「48. 電気的特性」を参照してください。

CKOEN ビット (クロックアウト許可)

CLKOUT 端子からの出力を許可します。

本ビットを 1 にすると、選択したクロックが出力されます。本ビットを 0 にすると、Low が出力されます。本ビットを変更する場合は、CKOSEL[3:0] ビットで選択したクロックソースが安定していることを確認してください。安定していないと、出力にグリッチを生じる恐れがあります。

ソフトウェアスタンバイモードに遷移し、選択したクロックソースをこのモードで停止させる場合、モード遷移前に本ビットをクリアしてください。

9.2.24 USB クロックコントロールレジスタ (USBCKCR)

アドレス SYSTEM.USBCKCR 4001 E0D0h

| | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | USBCLKSEL |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------|--------------|-------------------------------|-----|
| b0 | USBCLKSEL | USBクロックソース選択 | 0 : PLL (リセット後の値) 1 : HOCO | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

USBCLKSEL ビット (USB クロックソース選択)

USBCLKSEL ビットは USB クロック (UCLK) のソースを選択します。

- USBCKCR レジスタの書き換えは、SYSCFG.SCKE ビットが 0 の状態で行ってください
- USBCKCR.USBCLKSEL ビットは、USBFS をデバイスコントローラとして使用しているときにのみ 1 にできます。
ホストコントローラを使用するには、USBCKSR.USBCLKSEL ビットを 0 にしてください
- USBCKCR.USBCLKSEL ビットが 1 の場合は、ユーザトリミング機能は使用できません。HOCO ユーザトリミング機能を使用する場合は、HOCOUTCR.HOCOUTRM[7:0] ビットを 00h にしてください

9.3 メインクロック発振器

メインクロック発振器にクロック信号を供給するには、下記のいずれかの方法を使用します。

- 発振器を接続
- 外部クロック信号の入力を接続

9.3.1 水晶振動子を接続する方法

水晶振動子の接続例を図 9.4 に示します。

必要に応じてダンピング抵抗 (R_d) を挿入することが可能です。この抵抗値は、振動子と発振駆動能力によって異なるので、振動子メーカーの推奨する値を使用してください。また、メーカーが外部帰還抵抗 (R_f) の使用を推奨している場合は、その指示に従って EXTAL と XTAL の間に R_f を挿入してください。

振動子を接続してクロックを供給する場合、その振動子の周波数は、表 9.1 に記載されているように、メインクロック発振器の発振子周波数の範囲内としてください。

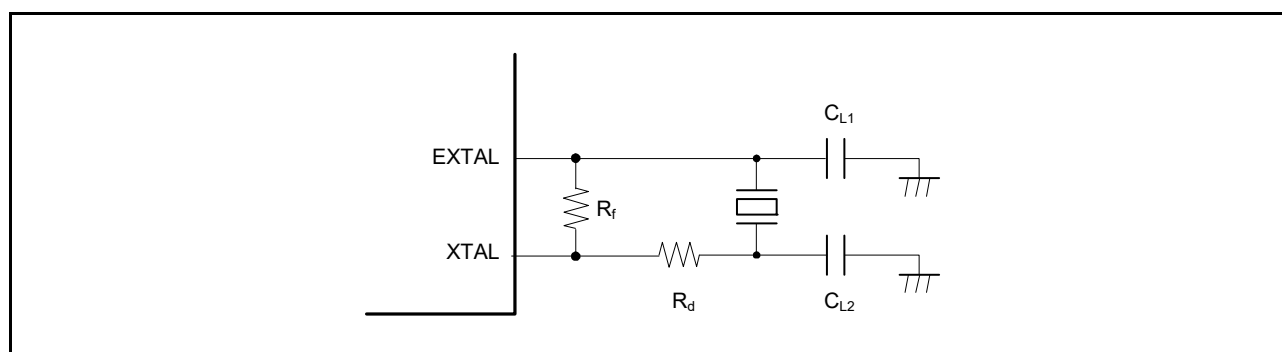


図 9.4 水晶振動子の接続例

9.3.2 外部クロックを入力する方法

外部クロック入力の接続例を図 9.5 に示します。外部クロックで発振器を動作させるには、MOMCR.MOSEL ビットを 1 にしてください。XTAL 端子はハイインピーダンスになります。

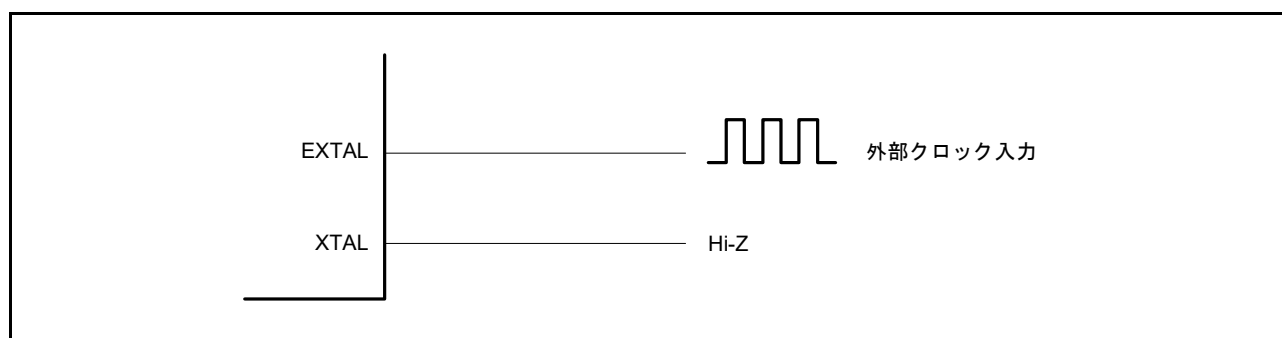


図 9.5 外部クロックの等価回路

9.3.3 外部クロック入力に関する注意事項

外部クロック入力周波数の変更は、メインクロック発振器が動作を停止しているときのみ可能です。メインクロック発振器の停止ビット (MOSCCR.MOSTP) が 0 の場合、外部クロック入力周波数を変更しないでください。

9.4 サブクロック発振器

サブクロック発振器へクロックを供給する唯一の方法は、水晶振動子を接続することです。

9.4.1 32.768kHz 水晶振動子を接続する方法

サブクロック発振器へクロックを供給するには、[図 9.6](#) に示すように 32.768kHz の水晶振動子を接続します。

必要に応じてダンピング抵抗 (R_d) を挿入することが可能です。この抵抗値は、振動子と発振駆動能力によって異なるので、振動子メーカーの推奨する値を使用してください。振動子メーカーが外部帰還抵抗 (R_f) の使用を推奨している場合は、その指示に従って XCIN と XCOUT の間に R_f を挿入してください。振動子を接続してクロックを供給する場合、その振動子の周波数は、[表 9.1](#) に記載されているように、サブクロック発振器の発振子周波数の範囲内としてください。

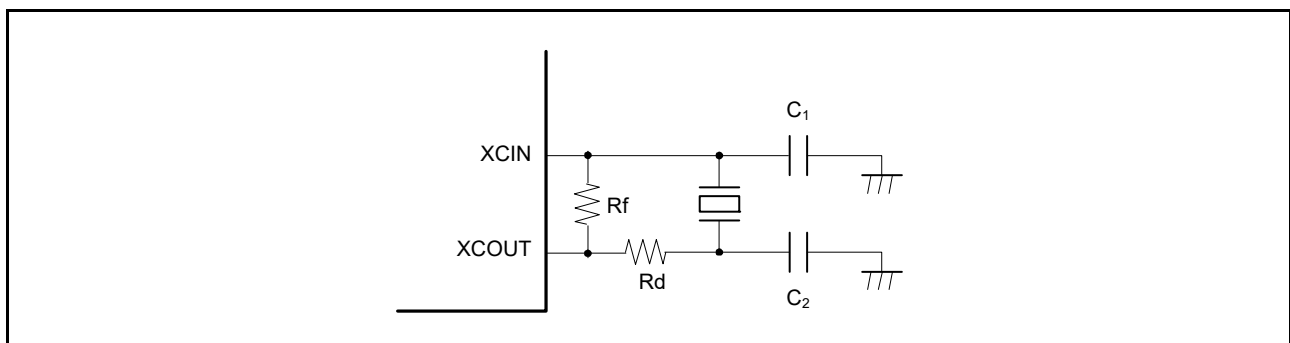


図 9.6 32.768kHz 水晶振動子の接続例

9.5 Bluetooth 専用クロック発振器

Bluetooth には、32MHz クロック発振子の接続が必要となります。

9.5.1 発振子を接続する方法

発振子を接続する場合の接続例を図 9.7 に示します。

必要に応じてダンピング抵抗 (R_d) を挿入してください。抵抗値は発振子、発振駆動能力によって異なりますので発振子メーカーの推奨する値に設定してください。また、発振子メーカーから外部に帰還抵抗 (R_f) を追加するよう指示があった場合は、その指示に従って XTAL1_RF、XTAL2_RF 間に R_f を挿入してください。

発振回路の制御は、ルネサスエレクトロニクスが提供する Bluetooth ミドルウェアによって行います。また、同ミドルウェアから内蔵可変コンデンサ CL1、CL2 の値を変更し発振周波数の調整を行う事ができます。Bluetooth 専用クロックの発振周波数の調整は、アプリケーションノート「Bluetooth 専用クロック周波数の調整手順」(R01AN4887) で説明していますので、最新版をルネサスエレクトロニクスホームページから入手して参照ください。

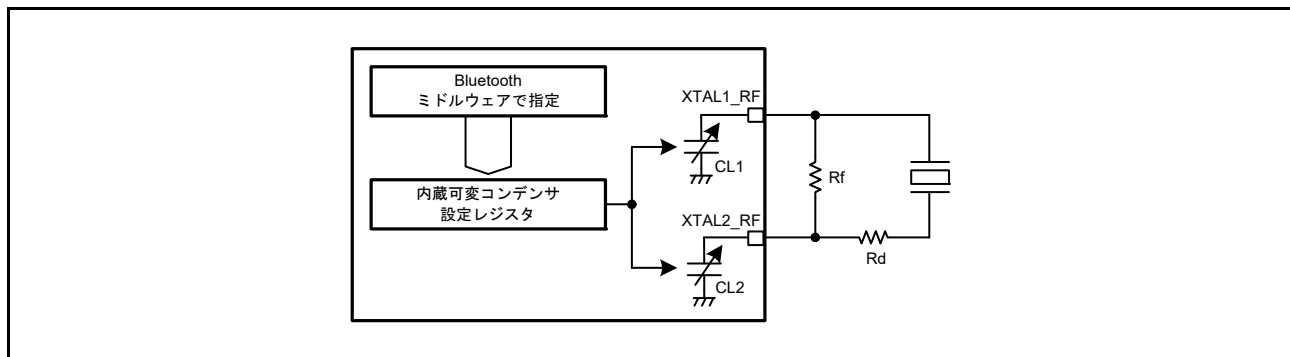


図 9.7 32MHz 水晶振動子の接続例

9.5.2 Bluetooth 専用クロック出力端子の接続方法

Bluetooth ミドルウェアで Bluetooth 専用クロック出力を設定し、かつ BLE が RF パワーダウンモードから待機モードに遷移すると、Bluetooth 専用クロックの分周クロックを CLKOUT_RF 端子から出力します。この後、RF パワーダウンモードに遷移すると、Bluetooth 専用クロックの出力は停止します。また Bluetooth 専用クロックの分周比は Bluetooth ミドルウェアで指定します。

CLKOUT_RF 端子と EXTAL 端子を基板上で外部接続することで、Bluetooth 専用クロックの出力をメインクロック発振器の外部クロックの入力として使用できます。図 9.8 に Bluetooth 専用クロックの出力をメインクロック発振器の外部クロックの入力として使用する場合の構成例を示します。

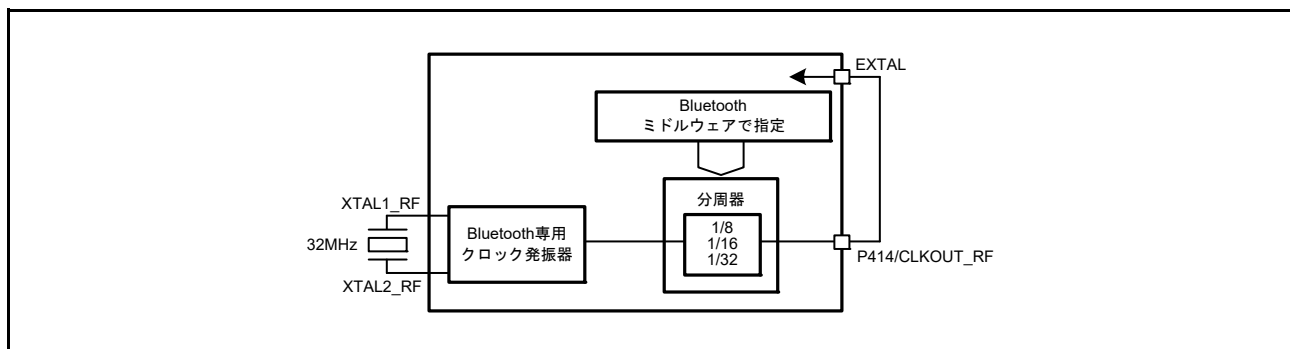


図 9.8 Bluetooth 専用クロック出力端子の接続例

9.6 発振停止検出機能

9.6.1 発振停止検出と検出後の動作

発振停止検出機能は、メインクロック発振器停止の検出に使用されます。

発振停止が検出されると、システムクロックは以下のように切り替わります。

- SCKSCR.CKSEL[2:0] = 011b (システムクロックソース = MOSC) で発振停止が検出された場合、システムクロックソースは MOCO クロックに切り替わります
- SCKSCR.CKSEL[2:0] = 101b (システムクロックソース = PLL) で発振停止が検出されると、PLL クロックはシステムクロックソースのままとなります。周波数はフリーラン発振周波数となり、SCKSCR.CKSEL[2:0] の設定は変わりません

発振停止が検出されたとき、発振停止検出割り込み要求を発生させることができます。さらに、検出時の汎用 PWM タイマ (GPT) 出力をハイインピーダンスにすることが可能です。

メインクロック発振器の異常などによって、入力クロックが一定期間 0 または 1 のままとなった場合、メインクロック発振器停止が検出されます (「48. 電気的特性」を参照してください)。

メインクロックと MOCO クロックの切り替え、または PLL クロックと PLL フリーランクロックの切り替えは、発振停止検出フラグ (OSTDSR.OSTDF) によって制御されます。

OSTDF は切り替えたクロックを以下のように制御します。

- SCKSCR.CKSEL[2:0] = 011b (システムクロックソース = MOSC) の場合：
OSTDF が 0 から 1 になると、クロックソースは MOCO クロックに切り替わる
OSTDF が 1 から 0 になると、クロックソースは MOSC クロックに戻る
- SCKSCR.CKSEL[2:0] = 101b (システムクロックソース = PLL) の場合：
OSTDF が 0 から 1 になると、クロックソースは PLL フリーラン発振クロックに切り替わる
OSTDF が 1 から 0 になると、クロックソースは PLL に戻る

発振停止検出後にクロックソースをメインクロックあるいは PLL クロックに戻したい場合は、いったん CKSEL[2:0] ビットの設定をメインクロックまたは PLL クロック以外に変更し、OSTDF フラグを 0 にしてください。さらに、OSTDF フラグが 1 になっていないことを確認した後、所定の発振安定時間が経過してから、CKSEL[2:0] ビットの設定をメインクロックまたは PLL クロックに変更してください。

リセット解除後、メインクロック発振器は停止して、発振停止検出機能は無効になります。発振停止検出機能を有効にするには、メインクロック発振器を動作させた後、所定の発振安定時間が経過してから、発振停止検出機能有効ビット (OSTDCR.OSTDE) に 1 を書き込んでください。

発振停止検出機能は、外部要因によってメインクロックが停止したことを検出します。そのため、ソフトウェアでメインクロック発振器を停止させる場合や、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、あらかじめ発振停止検出機能は無効にする必要があります。

発振停止検出機能は、以下のクロックを MOCO クロック (システムクロックが MOSC の場合) に切り替えます。

- CLKOUT 以外の MOSC または PLL を選択できるすべてのクロック
- MOCO 動作中 (システムクロックが MOSC の場合) または PLL フリーラン動作中 (システムクロックが PLL の場合) のシステムクロック (ICLK) 周波数は、MOCO 発振周波数と、システムクロック選択ビット (SCKDIVCR.ICK[2:0]) で設定された分周比に指定される

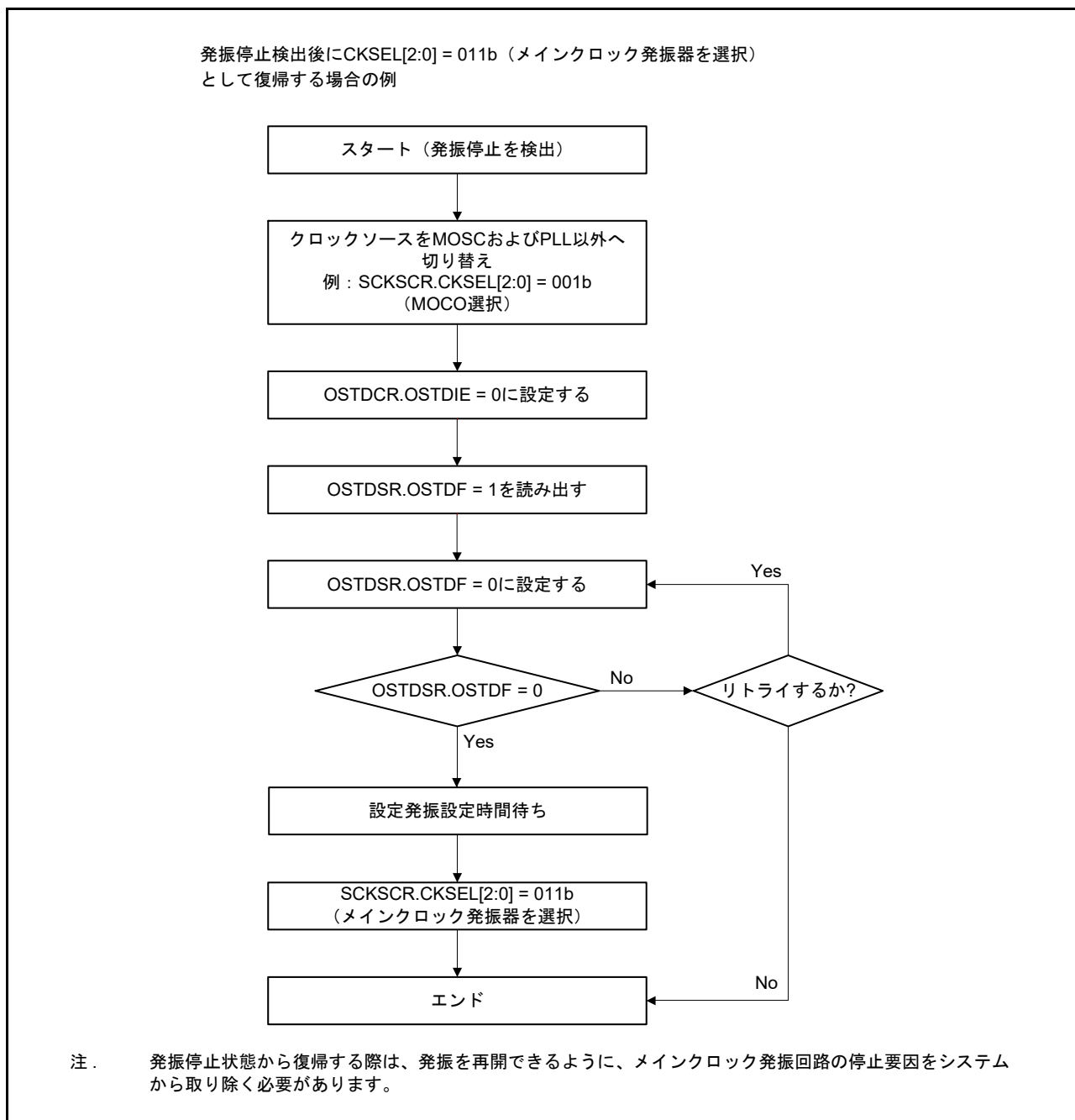


図 9.9 発振停止検出時の復帰フロー

9.6.2 発振停止検出割り込み

発振停止検出フラグ (OSTDSR.OSTDF) が 1 で、かつ発振停止検出コントロールレジスタの発振停止検出割り込み許可ビット (OSTDCR.OSTDIE) が 1 (許可) のとき、発振停止検出割り込み (MOSC_STOP) が発生します。このとき GPT 用ポートアウトプットイネーブル (POEG) に対して、メインクロック発振器の停止が通知されます。POEG はこの通知を受けて、POEG Group n 設定レジスタの発振停止検出フラグ (POEGGm.OSTPF) を 1 にします (n = A, B)。

この POEGGn.OSTPF フラグに対しては、発振停止を検出後、PCLKB で 10 サイクル以上経過するまで書き込みできません。OSTDSR.OSTDF フラグのクリアは、発振停止検出コントロールレジスタの発振停止検出割り込み許可ビット (OSTDCR.OSTDIE) を 0 にした後に行ってください。OSTDCR.OSTDIE ビットを再度 1 にする場合は、PCLKB で 2 サイクルクロック以上待ってから行ってください。I/O レジスタの読み出しに要するサイクル数によっては、これ以上の PCLKB 待ち時間が必要になる場合があります。

発振停止検出割り込みはノンマスクابل割り込みです。リセット解除後の初期状態ではノンマスクابل割り込みは禁止されているため、発振停止検出割り込みを使用する前にソフトウェアでノンマスクابل割り込みを許可してください。詳細は、「14. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

9.7 PLL 回路

PLL 回路は、発振器からの周波数を逡倍する機能を持っています。

9.8 内部クロック

内部クロック用のクロックソースには以下のものがあります。

- メインクロック発振器
- サブクロック発振器
- HOCO クロック
- MOCO クロック
- LOCO クロック
- PLL クロック
- IWDT 専用クロック
- JTAG 用外部クロック

これらのソースから、以下の内部クロックが生成されます。

- CPU、DMAC、DTC、フラッシュメモリ、およびSRAMの動作クロック — システムクロック (ICLK)
- 周辺モジュールの動作クロック — PCLKA、PCLKB、PCLKC、およびPCLKD
- フラッシュインタフェースの動作クロック — FCLK
- USBFSの動作クロック — UCLK
- CANの動作クロック — CANMCLK
- CACの動作クロック — CACCLK
- RTC LOCO クロックの動作クロック — RTCLCLK
- RTC サブクロックの動作クロック — RTCCLK
- IWDTの動作クロック — IWDTCCLK
- AGT LOCO クロックの動作クロック — AGTLCLK
- AGT サブクロックの動作クロック — AGTSCLK
- SysTick タイマの動作クロック — SYSTICCLK
- SLCDCのソースクロック — LCDSRCCLK
- 外部端子出力のクロック — CLKOUT
- JTAGの動作クロック — JTAGTCK
- BLEの動作クロック — Bluetooth 専用クロック (BLECLK)、および Bluetooth 専用低速クロック (BLELOCO)

内部クロックの周波数設定に使用するレジスタの詳細については、[9.8.1 システムクロック \(ICLK\) ～ 9.8.13 JTAG クロック \(JTAGTCK\)](#) を参照してください。

各ビットを書き換えると、変更後の周波数で動作します。

9.8.1 システムクロック (ICLK)

システムクロック (ICLK) は、CPU、DMAC、DTC、フラッシュメモリ、およびSRAMの動作クロックです。

ICLKの周波数は、SCKDIVCR.ICK[2:0] ビット、SCKSCR.CKSEL[2:0] ビット、PLLCCR2.PLLMUL[4:0] ビット、PLLCCR2.PLODIV[1:0] ビット、およびOFS1.HOCOFRQ1[2:0] ビットで設定します。

ICLKのクロックソースを切り替えると、クロックソース遷移期間中にICLKのクロックサイクルの期間が長くなります。図9.10および図9.11を参照してください。

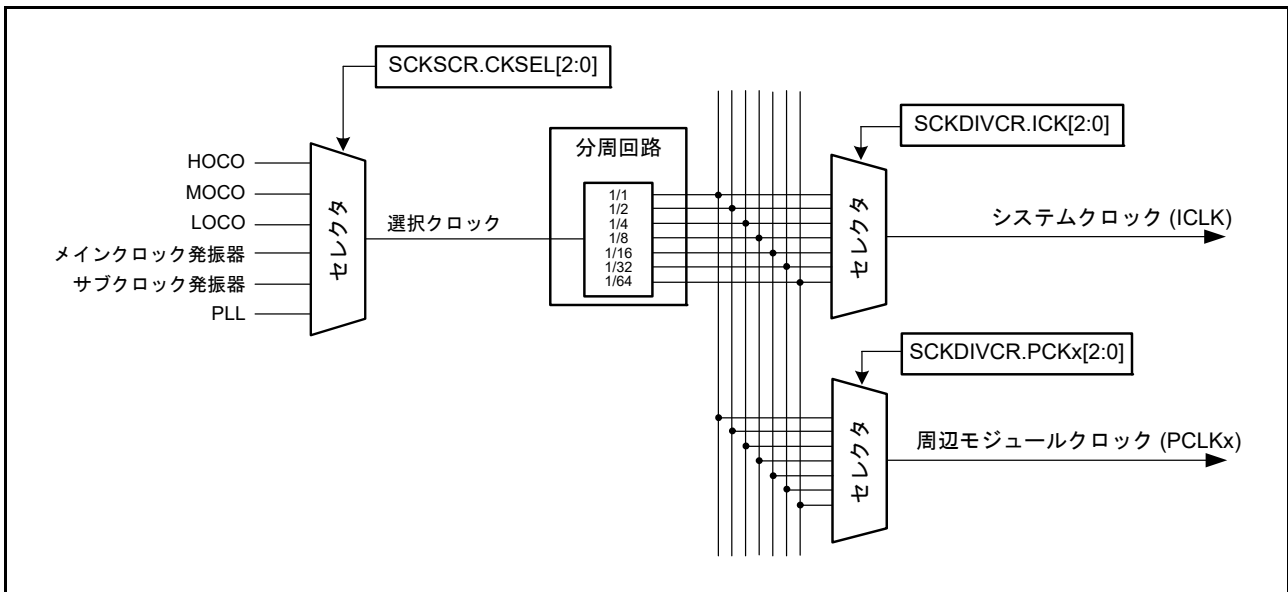


図 9.10 クロックソース選択ブロック図

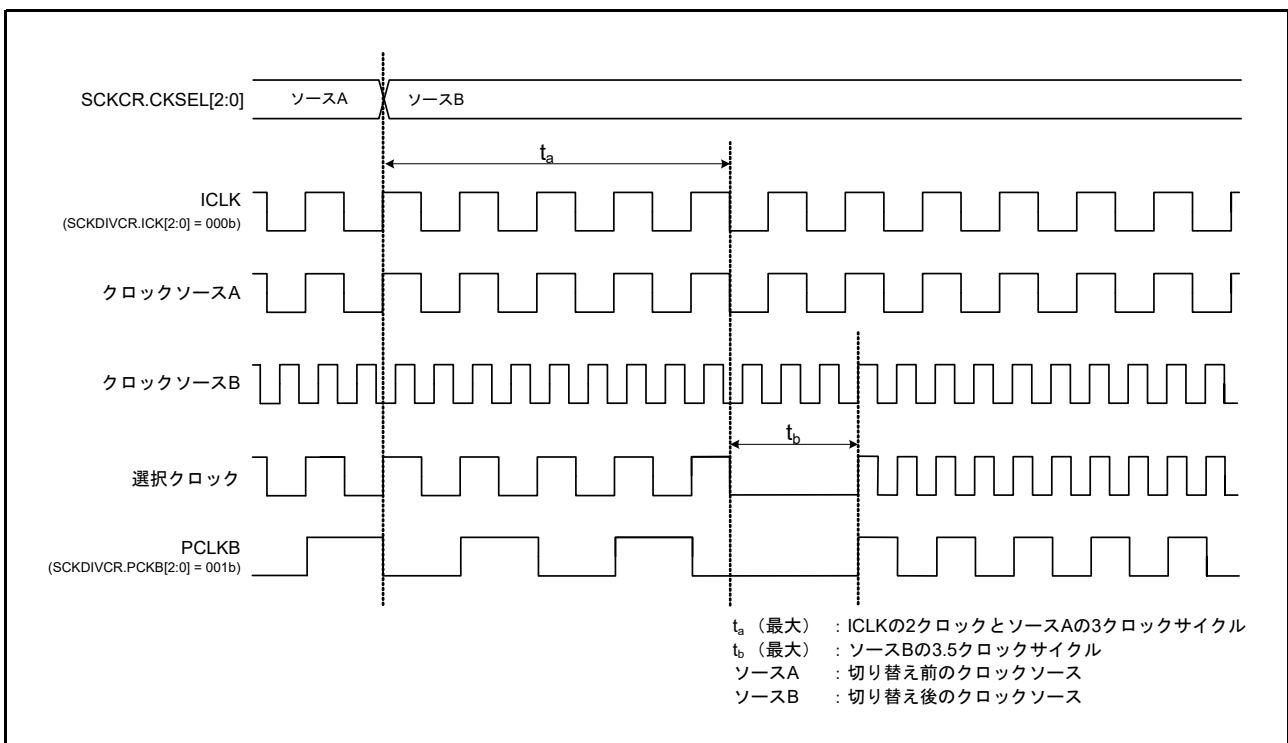


図 9.11 クロックソース切り替えタイミング図

9.8.2 周辺モジュールクロック (PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD)

周辺モジュールクロック (PCLKA、PCLKB、PCLKC、およびPCLKD) は、周辺モジュールの動作クロックです。

各クロックの周波数は、下記ビットで設定します。

- SCKDIVCR.PCKA[2:0] ビット、SCKDIVCR.PCKB[2:0] ビット、SCKDIVCR.PCKC[2:0] ビット、およびSCKDIVCR.PCKD[2:0] ビット
- SCKSCR.CKSEL[2:0] ビット
- PLLCCR2.PLLMUL[4:0] ビットおよびPLLCCR2.PLODIV[1:0] ビット
- OFS1.HOCOFRQ1[2:0] ビット

周辺モジュールクロックのクロックソースを切り替えると、クロックソースの遷移期間中に周辺モジュールクロックサイクルの期間が長くなります。図 9.10 および図 9.11 を参照してください。

9.8.3 フラッシュインタフェースクロック (FCLK)

フラッシュインタフェースクロック (FCLK) は、フラッシュメモリインタフェースの動作クロックです。FCLK はデータフラッシュからの読み出しに加え、コードフラッシュとデータフラッシュのプログラミングおよびイレースに使用されます。

FCLK の周波数は、下記ビットで設定します。

- SCKDIVCR.FCK[2:0] ビット
- SCKSCR.CKSEL[2:0] ビット
- PLLCCR2.PLLMUL[4:0] ビットおよびPLLCCR2.PLODIV[1:0] ビット
- OFS1.HOCOFRQ1[2:0] ビット

9.8.4 USB クロック (UCLK)

USB クロック (UCLK) は、USBFS モジュールの動作クロックです。USBFS モジュールには 48MHz クロックを供給する必要があります。USBFS モジュールを使用する場合は、UCLK クロックを 48MHz に設定してください。

UCLK の周波数は、下記ビットで設定します。

- SCKSCR.CKSEL[2:0] ビット
- PLLCCR2.PLLMUL[4:0] ビットおよびPLLCCR2.PLODIV[1:0] ビット
- OFS1.HOCOFRQ1[2:0] ビット

9.8.5 CAN クロック (CANMCLK)

CAN クロック (CANMCLK) は、CAN モジュールの動作クロックです。CANMCLK は、メインクロック発振器で生成されます。

9.8.6 CAC クロック (CACCLK)

CAC クロック (CACCLK) は、CAC の動作クロックです。

CACCLK は下記の発振器で生成されます。

- メインクロック発振器
- サブクロック発振器
- 高速クロック発振器
- 中速クロック発振器
- 低速オンチップオシレータ
- IWDT 専用オンチップオシレータ

9.8.7 RTC 専用クロック (RTCSCLK、RTCLCLK)

RTC 専用クロック (RTCSCLK および RTCLCLK) は、RTC の動作クロックです。

RTCSCLK はサブクロック発振器で生成され、RTCLCLK は LOCO クロックで生成されます。

9.8.8 IWDT 専用クロック (IWDTCLK)

IWDT 専用クロック (IWDTCLK) は、IWDT の動作クロックです。

IWDTCLK は、IWDT 専用オンチップオシレータの内部発振によって生成されます。

9.8.9 AGT 専用クロック (AGTSCLK、AGTLCLK)

AGT 専用クロック (AGTSCLK および AGTLCLK) は、AGT の動作クロックです。

AGTSCLK はサブクロック発振器で生成され、AGTLCLK は LOCO クロックで生成されます。

9.8.10 SysTick タイマ専用クロック (SYSTICCLK)

SysTick タイマ専用クロック (SYSTICCLK) は、SYSTICCLK の動作クロックです。

SYSTICCLK は、LOCO クロックで生成されます。

9.8.11 セグメント LCDC ソースクロック (LCDSRCCLK)

セグメント LCDC ソースクロック (LCDSRCCLK) は、SLCDC の動作クロックです。

LCDSRCCLK は、SLCDSCKCR.LCDSCKSEL[2:0] ビットで設定します。

SLCDSCKCR.LCDSCKEN を 1 にすると、LCDSRCCLK が出力されます。SLCDSCKCR.LCDSCKSEL[2:0] ビットの値を変更する場合は、SLCDSCKCR.LCDSCKEN ビットが 0 になっているか確認してください。

9.8.12 クロック／ブザー出力クロック (CLKOUT)

CLKOUT は、クロック出力またはブザー出力用に CLKOUT 端子から外部に出力されます。

CKOCR.CKOEN を 1 にすると、CLKOUT が CLKOUT 端子に出力されます。CKOCR.CKODIV[2:0] ビットまたは CKOCR.CKOSEL[2:0] ビットの値を変更する場合は、CKOCR.CKOEN ビットの値が 0 になっているか確認してください。

CLKOUT の周波数は、下記ビットで指定します。

- CKOCR.CKODIV[2:0] ビットまたは CKOCR.CKOSEL[2:0] ビット
- PLLCCR2.PLLMUL[4:0] ビットおよび PLLCCR2.PLODIV[1:0] ビット
- OFS1.HOCOFRQ1[2:0] ビット

9.8.13 JTAG クロック (JTAGTCK)

JTAG 専用クロック (JTAGTCK) は、JTAG の動作クロックです。

JTAGTCK は、JTAG の外部クロック (TCK) で生成されます。

9.8.14 BLE のクロック

Bluetooth 専用クロック (BLECLK) および Bluetooth 専用低速クロック (BLKLOCO) は BLE の動作クロックです。ルネサスが提供する Bluetooth ミドルウェアを使用することで、これらのクロックを制御することができます。

9.9 使用上の注意事項

9.9.1 クロック発生回路に関する注意事項

各モジュールに供給されるシステムクロック (ICLK)、周辺モジュールクロック (PCLKA ~ PCLKD)、およびフラッシュインタフェースクロック (FCLK) の周波数は、SCKDIVCR レジスタの設定に応じて変化します。各周波数は、以下の条件を満たす必要があります。

- 各周波数は、AC 電気的特性で規定されるクロックサイクル時間 (t_{cyc}) の動作保証範囲内に収まるように選択すること。「48. 電気的特性」を参照してください
- 周波数は表 9.2 に記載の周波数範囲を超えないこと
- 周辺モジュールは PCLKA および PCLKB を基準に動作するため、周波数変更の前後で、タイマや SCI などのモジュールは動作速度が変化する
- システムクロック (ICLK)、周辺モジュールクロック (PCLKA ~ PCLKD)、およびフラッシュインタフェースクロック (FCLK) は、表 9.2 に従って設定すること

クロック周波数変更後の処理を確実に実行するには、最初に該当するクロックコントロールレジスタを書き換えて周波数を変更し、次にレジスタ値を読み出して確認し、最後にその後の処理を実行してください。

9.9.2 発振子に関する注意事項

発振子の諸特性はユーザのボード設計に密接に関係するので、使用する前に十分な評価が必要です。発振子の接続例については図 9.6 を参照してください。発振子の回路定数は、使用する発振子および実装回路の浮動容量によって異なります。そのため、回路定数に関しては振動子メーカーと相談して決定してください。発振端子に印加される電圧が最大定格を超えないようにしてください。

9.9.3 ボード設計に関する注意事項

水晶振動子を使用する場合は、振動子およびコンデンサはできるだけ XTAL/EXTAL 端子の近くに配置してください。図 9.12 に示すように、発振回路の近くには信号線を通させないでください。電磁誘導によって正常に発振しなくなることがあります。

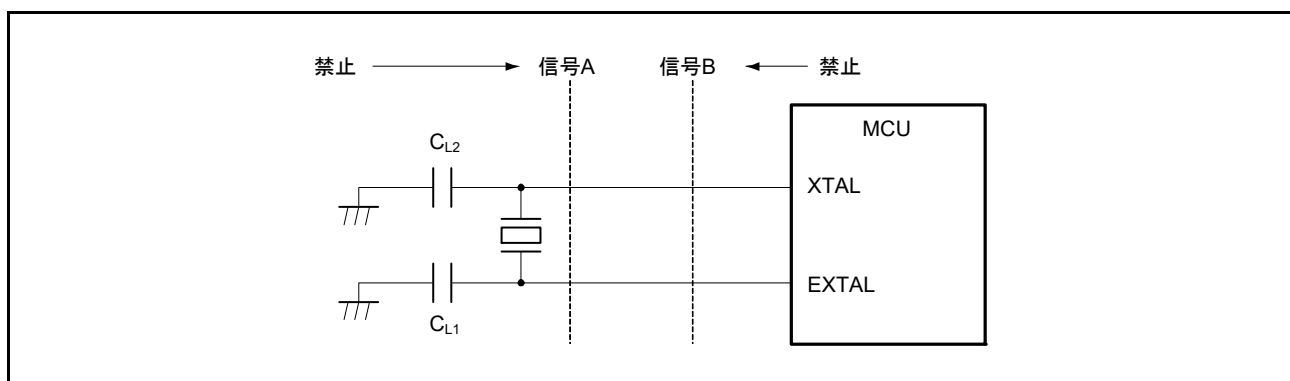


図 9.12 発振回路部のボード設計での信号ルーティング (サブクロック発振器、Bluetooth 専用発振器と同様に、メインクロック発振器にも適用可能)

9.9.4 発振子接続端子に関する注意事項

メインクロックを使用しない場合、EXTAL 端子と XTAL 端子は、汎用ポート P212 および P213 として使用可能です。これらの端子を汎用ポートとして使用する場合は、メインクロックを停止させる (MOSCCR.MOSTP ビットを 1 にする) 必要があります。

10. クロック周波数精度測定回路 (CAC)

10.1 概要

クロック周波数精度測定回路 (CAC) は、測定基準として使用するクロック (測定基準クロック) で生成した時間内に、測定対象となるクロック (測定対象クロック) のパルスをカウントし、パルス数が許容範囲内であるかどうかを判定します。

測定が完了している場合、または測定基準クロックで生成した時間内のパルス数が許容範囲内でない場合は、割り込み要求が発生します。

表 10.1 に CAC の仕様を、図 10.1 にブロック図を、表 10.2 に入出力端子を示します。

表 10.1 CACの仕様

| 項目 | 内容 |
|-------------|---|
| 測定対象クロック | 以下のクロックの周波数を測定可能 : <ul style="list-style-type: none"> • メインクロック発振器 • サブクロック発振器 • HOCOクロック • MOCOクロック • LOCOクロック • IWDTCLKクロック • 周辺モジュールクロック B (PCLKB) |
| 測定基準クロック | 以下のクロックを基準として使用可能 : <ul style="list-style-type: none"> • 外部からCACREF端子に入力したクロック • メインクロック発振器 • サブクロック発振器 • HOCOクロック • MOCOクロック • LOCOクロック • IWDTCLKクロック • 周辺モジュールクロック B (PCLKB) |
| 選択機能 | デジタルフィルタ |
| 割り込み要因 | <ul style="list-style-type: none"> • 測定終了 • 周波数エラー • オーバーフロー |
| モジュールストップ機能 | モジュールストップ状態に設定して消費電力を削減 |

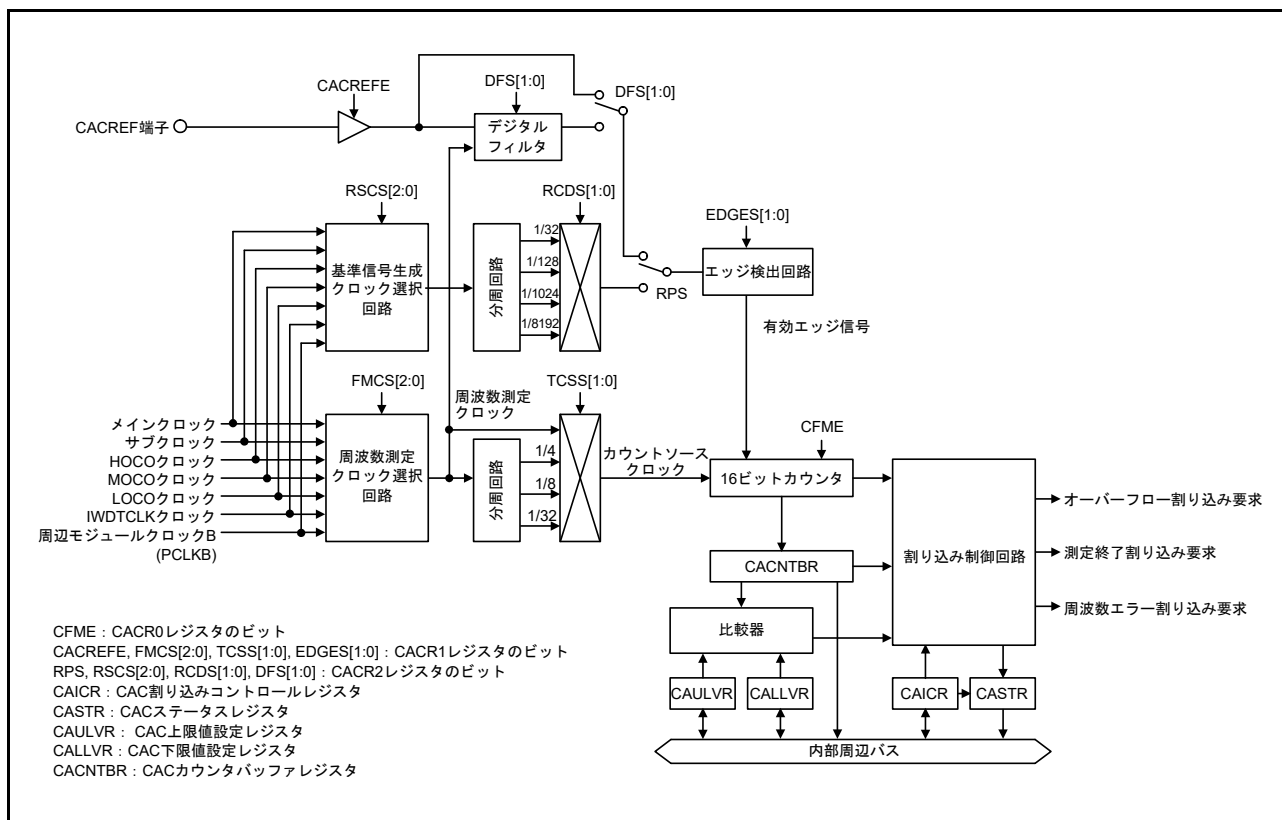


図 10.1 CAC のブロック図

表 10.2 CAC の入出力端子

| 端子名 | 入出力 | 機能 |
|--------|-----|---------------|
| CACREF | 入力 | 測定基準クロックの入力端子 |

10.2 レジスタの説明

10.2.1 CAC コントロールレジスタ 0 (CACR0)

アドレス CAC.CACR0 4004 4600h

| | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | CFME |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

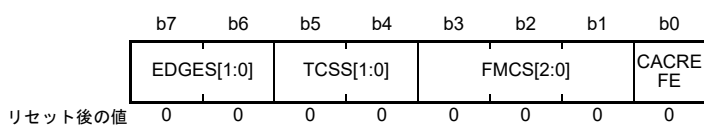
| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------|-------------|--------------------------|-----|
| b0 | CFME | クロック周波数測定有効 | 0 : 無効 1 : 有効 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

CFME ビット (クロック周波数測定有効)

クロック周波数測定を有効にします。CFME ビットを読み出すことで、本ビットが変更されたことを確認できます。変更が完了するまでは、追加の書き込みは無視されます。

10.2.2 CAC コントロールレジスタ 1 (CACR1)

アドレス CAC.CACR1 4004 4601h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|---------------|---|-----|
| b0 | CACREFE | CACREF 端子入力有効 | 0 : 無効 1 : 有効 | R/W |
| b3-b1 | FMCS[2:0] | 測定対象クロック選択 | b3 b1 0 0 0 : メインクロック発振器 0 0 1 : サブクロック発振器 0 1 0 : HOCOクロック 0 1 1 : MOCOクロック 1 0 0 : LOCOクロック 1 0 1 : 周辺モジュールクロック (PCLKB) 1 1 0 : IWDTCCLKクロック 1 1 1 : 設定禁止 | R/W |
| b5-b4 | TCSS[1:0] | 測定対象クロック分周比選択 | b5 b4 0 0 : 分周なしクロック 0 1 : 4分周クロック 1 0 : 8分周クロック 1 1 : 32分周クロック | R/W |
| b7-b6 | EDGES[1:0] | 有効エッジ選択 | b7 b6 0 0 : 立ち上がりエッジ 0 1 : 立ち下がりエッジ 1 0 : 立ち上がり/立ち下がり両エッジ 1 1 : 設定禁止 | R/W |

注. CACR1 レジスタは、CACR0.CFME ビットが0のときに設定してください。

CACREFE ビット (CACREF 端子入力有効)

CACREF 端子入力を有効にします。

FMCS[2:0] ビット (測定対象クロック選択)

周波数を測定する測定対象クロックを選択します。

TCSS[1:0] ビット (測定対象クロック分周比選択)

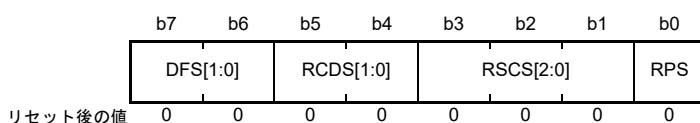
測定対象クロックの分周比を選択します。

EDGES[1:0] ビット (有効エッジ選択)

基準信号の有効エッジを選択します。

10.2.3 CAC コントロールレジスタ 2 (CACR2)

アドレス CAC.CACR2 4004 4602h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------|---------------|---|-----|
| b0 | RPS | 基準信号選択 | 0 : CACREF 端子入力 1 : 内部クロック (内部生成信号) | R/W |
| b3-b1 | RSCS[2:0] | 測定基準クロック選択 | b3 b1 0 0 0 : メインクロック発振器 0 0 1 : サブクロック発振器 0 1 0 : HOCOクロック 0 1 1 : MOCOクロック 1 0 0 : LOCOクロック 1 0 1 : 周辺モジュールクロック (PCLKB) 1 1 0 : IWDTCCLKクロック 1 1 1 : 設定禁止 | R/W |
| b5-b4 | RCDS[1:0] | 測定基準クロック分周比選択 | b5 b4 0 0 : 32分周クロック 0 1 : 128分周クロック 1 0 : 1024分周クロック 1 1 : 8192分周クロック | R/W |
| b7-b6 | DFS[1:0] | デジタルフィルタ機能選択 | b7 b6 0 0 : デジタルフィルタ機能無効 0 1 : デジタルフィルタ用のサンプリングクロックを周波数測定クロックとして使用 1 0 : デジタルフィルタ用のサンプリングクロックを周波数測定クロックの4分周クロックとして使用 1 1 : デジタルフィルタ用のサンプリングクロックを周波数測定クロックの16分周クロックとして使用 | R/W |

注. CACR2 レジスタは、CACR0.CFME ビットが0のときに設定してください。

RPS ビット (基準信号選択)

基準信号として CACREF 端子入力と内部クロック (内部生成信号) のどちらを使用するかを選択します。

RSCS[2:0] ビット (測定基準クロック選択)

測定基準クロックを選択します。

RCDS[1:0] ビット (測定基準クロック分周比選択)

内部基準クロック選択時 (RPS = 1) に基準クロックの分周比を選択します。RPS = 0 (CACREF 端子を基準クロックソースとして使用) の場合、基準クロックは分周されません。

DFS[1:0] ビット (デジタルフィルタ機能選択)

デジタルフィルタを有効または無効にします。また、そのサンプリングクロックを選択します。

10.2.4 CAC 割り込みコントロールレジスタ (CAICR)

アドレス CAC.CAICR 4004 4603h

| | | | | | | | | |
|---------|----|------------|-------------|-------------|----|-------|------------|------------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | OVFFC L | MENDF CL | FERRF CL | — | OVFIE | MENDI E | FERRI E |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|---------|-----------------|--|-----|
| b0 | FERRIE | 周波数エラー割り込み要求許可 | 0: 周波数エラー割り込み要求禁止 1: 周波数エラー割り込み要求許可 | R/W |
| b1 | MENDIE | 測定終了割り込み要求許可 | 0: 測定終了割り込み要求禁止 1: 測定終了割り込み要求許可 | R/W |
| b2 | OVFIE | オーバーフロー割り込み要求許可 | 0: オーバーフロー割り込み要求禁止 1: オーバーフロー割り込み要求許可 | R/W |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | FERRFCL | FERRF フラグクリア | 本ビットを1にするとFERRFフラグをクリアします。読むと0が読めます。 | R/W |
| b5 | MENDFCL | MENDF フラグクリア | 本ビットを1にするとMENDFフラグをクリアします。読むと0が読めます。 | R/W |
| b6 | OVFFCL | OVFF フラグクリア | 本ビットを1にするとOVFFフラグをクリアします。読むと0が読めます。 | R/W |
| b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

FERRIE ビット (周波数エラー割り込み要求許可)

周波数エラー割り込み要求を許可します。

MENDIE ビット (測定終了割り込み要求許可)

測定終了割り込み要求を許可します。

OVFIE ビット (オーバーフロー割り込み要求許可)

オーバーフロー割り込み要求を許可します。

FERRFCL ビット (FERRF フラグクリア)

本ビットを1にすると FERRF フラグをクリアします。

MENDFCL ビット (MENDF フラグクリア)

本ビットを1にすると MENDF フラグをクリアします。

OVFFCL ビット (OVFF フラグクリア)

本ビットを1にすると OVFF フラグをクリアします。

10.2.5 CAC ステータスレジスタ (CASTR)

アドレス CAC.CASTR 4004 4604h

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|------|-------|-------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | OVFF | MENDF | FERRF |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|------------|--|-----|
| b0 | FERRF | 周波数エラーフラグ | 0: クロック周波数は許容範囲内 1: クロック周波数が許容範囲を外れた (周波数エラー) | R |
| b1 | MENDF | 測定終了フラグ | 0: 測定中 1: 測定終了 | R |
| b2 | OVFF | オーバーフローフラグ | 0: カウンタがオーバーフローしていない 1: カウンタがオーバーフローした | R |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |

FERRF フラグ (周波数エラーフラグ)

クロック周波数が設定値から外れた (周波数エラー) ことを示します。

[1 になる条件]

- クロック周波数が CAULVR と CALLVR の両レジスタで定義された許容範囲を外れたとき

[0 になる条件]

- FERRFCL ビットに 1 を書いたとき

MENDF フラグ (測定終了フラグ)

測定が終了したことを示します。

[1 になる条件]

- 測定が終了したとき

[0 になる条件]

- MENDFCL ビットに 1 を書いたとき

OVFF フラグ (オーバーフローフラグ)

カウンタがオーバーフローしたことを示します。

[1 になる条件]

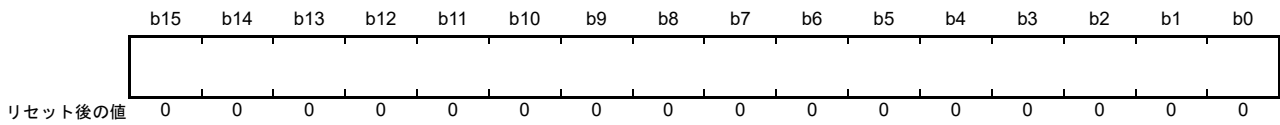
- カウンタがオーバーフローしたとき

[0 になる条件]

- OVFFCL ビットに 1 を書いたとき

10.2.6 CAC 上限値設定レジスタ (CAULVR)

アドレス CAC.CAULVR 4004 4606h

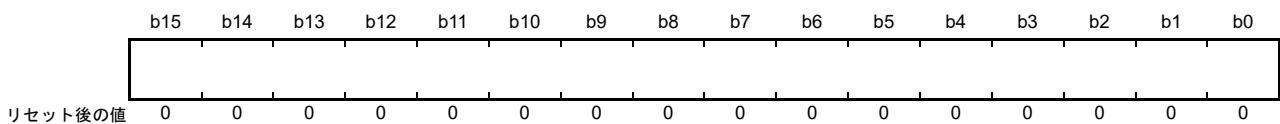


CAULVR レジスタは、許容範囲の上限値を指定する 16 ビットの読み出し/書き込みレジスタです。カウンタ値がこのレジスタに指定された値を上回った場合、周波数エラーが検出されます。CACR0.CFME ビットが 0 のときに設定してください。

デジタルフィルタやエッジ検出回路と CACREF 端子入力信号との位相差によって、CACNTBR レジスタに格納されるカウンタ値がずれる可能性があります。そのため、余裕を持った値を設定してください。

10.2.7 CAC 下限値設定レジスタ (CALLVR)

アドレス CAC.CALLVR 4004 4608h



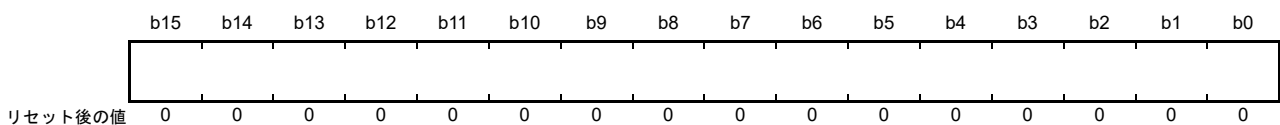
CALLVR レジスタは、許容範囲の下限値を指定する 16 ビットの読み出し/書き込みレジスタです。カウンタ値がこのレジスタに指定された値を下回った場合、周波数エラーが検出されます。

CACR0.CFME ビットが 0 のときに設定してください。

デジタルフィルタやエッジ検出回路と CACREF 端子入力信号との位相差によって、CACNTBR レジスタに格納されるカウンタ値がずれる可能性があります。そのため、余裕を持った値を設定してください。

10.2.8 CAC カウンタバッファレジスタ (CACNTBR)

アドレス CAC.CACNTBR 4004 460Ah



CACNTBR レジスタは、測定結果を格納する 16 ビットの読み出し専用レジスタです。

10.3 動作説明

10.3.1 クロック周波数測定

CACは、CACREF端子入力または内部クロックを基準にしてクロック周波数を測定します。図10.2にCACの動作例を示します。

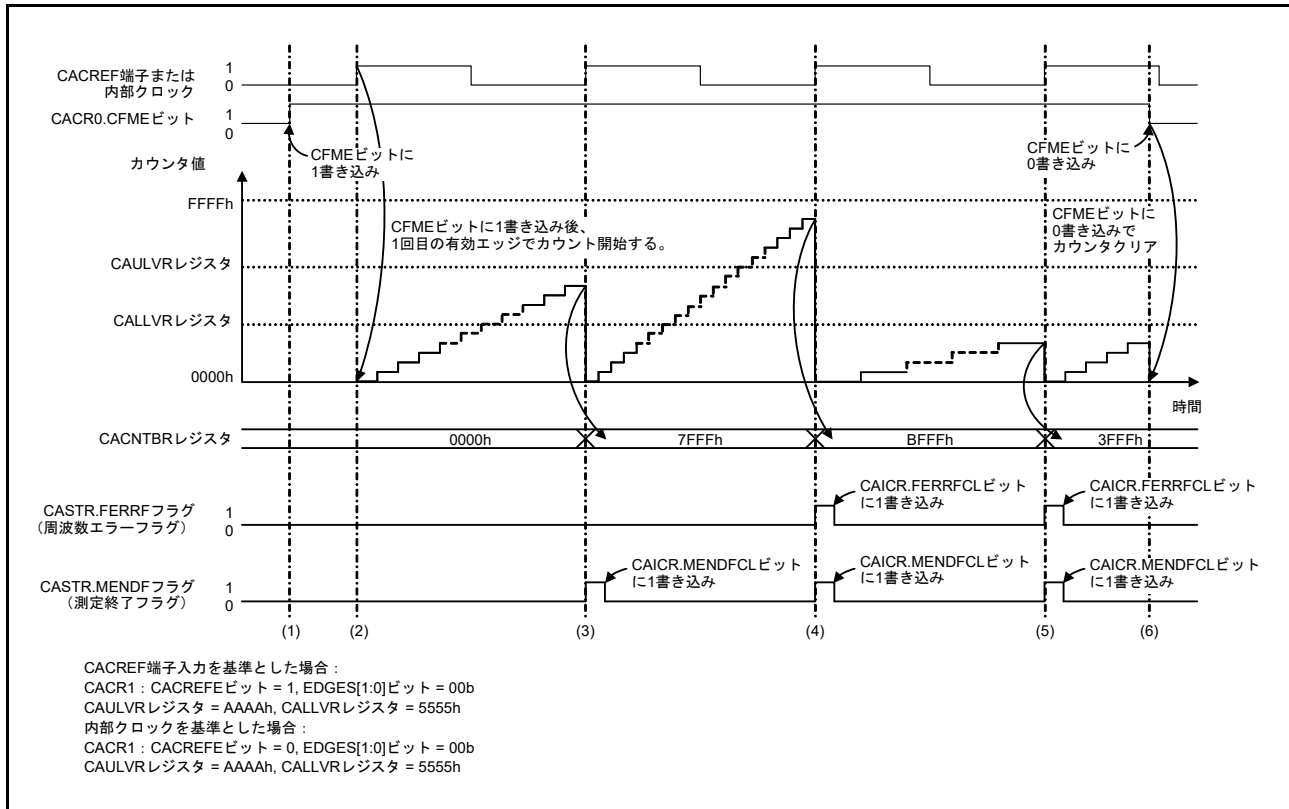


図 10.2 CACの動作例

1. CACR0.CFMEビットに1を書き込む前に、測定対象クロックと測定基準クロックを定義するためにCACR1レジスタとCACR2レジスタを設定する必要があります。CACR0.CFMEビットに1を書き込むと、クロック周波数測定が有効になります。
2. CACR1.EDGES[1:0]ビットで選択した有効エッジが測定基準クロックから入力されると、タイマがカウントアップを開始します。図10.2に示すように、有効エッジは立ち上がりエッジ (CACR1.EDGES[1:0] = 00b) です。
3. 次の有効エッジが入力されると、カウンタ値をCACNTBRレジスタに転送し、CAULVRレジスタ値およびCALLVRレジスタ値と比較します。CACNTBR ≤ CAULVRおよびCACNTBR ≥ CALLVRが成立する場合、クロック周波数は正常なのでCASTR.MENDFフラグのみが1になります。また、CAICR.MENDIEビットが1の場合は、測定終了割り込みが発生します。
4. 次の有効エッジが入力されると、カウンタ値をCACNTBRレジスタに転送し、CAULVRレジスタ値およびCALLVRレジスタ値と比較します。CACNTBR > CAULVRの場合、クロック周波数は異常なのでCASTR.FERRFフラグが1になります。また、CAICR.FERRIEビットを1にしている場合は、周波数エラー割り込みが発生します。測定終了時にCASTRのMENDFフラグは1になります。また、CAICR.MENDIEビットが1の場合は、測定終了割り込みが発生します。
5. 次の有効エッジが入力されると、カウンタ値をCACNTBRレジスタに転送し、CAULVRレジスタ値およびCALLVRレジスタ値と比較します。CACNTBR < CALLVRの場合、クロック周波数は異常なのでCASTR.FERRFフラグが1になります。また、CAICR.FERRIEビットが1の場合は、周波数エラー割り込みが発生します。測定終了時にCASTRのMENDFフラグは1になります。また、CAICR.MENDIEビットが1の場合は、測定終了割り込みが発生します。

6. CACR0.CFME ビットが1のときは、有効エッジが入力されるたびにカウンタ値を CACNTBR レジスタに転送し、CAULVR レジスタ値および CALLVR レジスタ値と比較します。CACR0.CFME ビットに0を書き込むと、カウンタをクリアしてカウントアップが停止します。

10.3.2 CACREF 端子のデジタルフィルタ機能

CACREF 端子はデジタルフィルタ機能を持っています。デジタルフィルタ機能は、設定したサンプリング周期で CACREF 端子レベルが3回連続で一致した場合、内部回路に一致したレベルを送信します。再度サンプリングした端子のレベルが3回連続で一致するまで内部へ同じレベルを送信し続けます。デジタルフィルタ機能では、デジタルフィルタ機能の有効/無効と、サンプリングクロックの設定が可能です。

デジタルフィルタと CACREF 端子入力信号の位相差によって、CACNTBR レジスタに転送されるカウンタ値には、サンプリングクロックの最大1周期分の誤差が生じる場合があります。カウントソースクロックに分周クロックを選択している場合は、以下の計算式を使ってカウンタ値の誤差を表すことができます。

$$\text{カウンタ値誤差} = (\text{カウントソースクロック 1 周期}) / (\text{サンプリングクロック 1 周期})$$

10.4 割り込み要求

CAC は次の3種類の割り込み要求を発生させます。

- 周波数エラー割り込み
- 測定終了割り込み
- オーバーフロー割り込み

割り込み要因が発生すると、対応するステータスフラグが1になります。表 10.3 に、CAC の割り込み要求に関する情報を示します。

表 10.3 CACの割り込み要求

| 割り込み要求 | 割り込み許可ビット | ステータスフラグ | 割り込み要因 |
|-------------|--------------|-------------|--|
| 周波数エラー割り込み | CAICR.FERRIE | CASTR.FERRF | CACNTBR レジスタを CAULVR レジスタおよび CALLVR レジスタと比較した結果が、CACNTBR > CAULVR または CACNTBR < CALLVR のとき |
| 測定終了割り込み | CAICR.MENDIE | CASTR.MENDF | <ul style="list-style-type: none"> • CACREF 端子または内部クロックから有効エッジが入力されたとき • CACR0.CFME ビットに1を書き込んだ後の1回目の有効エッジでは、測定終了割り込みの発生なし |
| オーバーフロー割り込み | CAICR.OVFIE | CASTR.OVFF | カウンタがオーバーフローしたとき |

10.5 使用上の注意事項

10.5.1 モジュールストップ機能の設定

モジュールストップコントロールレジスタ C (MSTPCRC) によって、CAC の動作を許可または禁止することが可能です。リセット後の初期状態では、CAC モジュールの動作は停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細は、「11. 低消費電力モード」を参照してください。

11. 低消費電力モード

11.1 概要

本 MCU は、クロック分周器の設定、モジュールストップ設定、通常モード時の電力制御モード選択、低消費電力モードへの遷移など、さまざまな消費電力低減機能を提供します。

表 11.1 に低消費電力モード機能の仕様を示します。表 11.2 に、低消費電力モードへの遷移条件、CPU と周辺モジュールの状態、および各モードの解除方法を示します。リセット後、MCU はプログラム実行状態に遷移しますが、DMAC、DTC、および SRAM のみが動作しています。

表 11.1 低消費電力モード機能の仕様

| 項目 | 内容 |
|---------------------|---|
| クロックの切り替えによる消費電力の低減 | システムクロック (ICLK)、周辺モジュールクロック (PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD)、フラッシュインタフェースクロック (FCLK) に対して、個別に分周比の選択が可能 ^(注1) |
| モジュールストップ | 周辺モジュール機能を個別に停止可能 |
| 低消費電力モード | <ul style="list-style-type: none"> スリープモード ソフトウェアスタンバイモード スヌーズモード |
| 電力制御モード | 動作周波数と動作電圧に応じて適切な動作電力制御モードを選択することにより、通常モード、スリープモード、スヌーズモード時の消費電力の低減が可能 5つの動作電力制御モードが利用可能： <ul style="list-style-type: none"> High-speed モード Middle-speed モード Low-speed モード Low-voltage モード Subosc-speed モード |

注 1. 詳細は、「9. クロック発生回路」を参照してください。

表 11.2 各低消費電力モードの動作状態

| 項目 | スリープモード | ソフトウェアスタンバイモード | スヌーズモード (注1) |
|--|--------------------------------------|---|--|
| 遷移条件 | SBYCR.SSBY = 0の状態 でWFI命令 | SBYCR.SSBY = 1の状態 でWFI命令 | ソフトウェアスタンバイ モード時のスヌーズ要求 SNZCR.SNZE = 1 |
| 解除方法 | すべての割り込み。 このモードで利用可能な すべてのリセット | 表 11.3に示す割り込み。この モードで利用可能なすべての リセット | 表 11.3に示す割り込み。この モードで利用可能なすべての リセット |
| 割り込みによる解除後の状態 | プログラム実行状態 (割り込み処理) | プログラム実行状態 (割り込み処理) | プログラム実行状態 (割り込み処理) |
| リセットによる解除後の状態 | リセット状態 | リセット状態 | リセット状態 |
| メインクロック発振器 | 選択可能 | 停止 | 選択可能 (注2) |
| サブクロック発振器 | 選択可能 | 選択可能 | 選択可能 |
| 高速オンチップオシレータ | 選択可能 | 停止 | 選択可能 |
| 中速オンチップオシレータ | 選択可能 | 停止 | 選択可能 |
| 低速オンチップオシレータ | 選択可能 | 選択可能 | 選択可能 |
| IWDT専用オンチップオシレータ | 選択可能 (注4) | 選択可能 (注4) | 選択可能 (注4) |
| PLL | 選択可能 | 停止 | 選択可能 (注2) |
| 発振停止検出機能 | 選択可能 | 動作禁止 | 動作禁止 |
| クロック/ブザー出力機能 | 選択可能 | 選択可能 (注3) | 選択可能 |
| CPU | 停止 (保持) | 停止 (保持) | 停止 (保持) |
| SRAM (ECC SRAMを含む) | 選択可能 | 停止 (保持) | 選択可能 |
| フラッシュメモリ | 動作 | 停止 (保持) | 停止 (保持) |
| DMAコントローラ (DMAC) | 選択可能 | 停止 (保持) | 動作禁止 |
| データトランスファコントローラ (DTC) | 選択可能 | 停止 (保持) | 選択可能 |
| USB2.0フルスピードモジュール (USBFS) | 選択可能 | 停止 (保持) (注5) | 動作禁止 (注5) |
| ウォッチドッグタイマ (WDT) | 選択可能 (注4) | 停止 (保持) | 停止 (保持) |
| 独立ウォッチドッグタイマ (IWDT) | 選択可能 (注4) | 選択可能 (注4) | 選択可能 (注4) |
| リアルタイムクロック (RTC) | 選択可能 | 選択可能 | 選択可能 |
| 非同期汎用タイマ (AGTn: n = 0, 1) | 選択可能 | 選択可能 (注6) | 選択可能 (注6) |
| 14ビットA/Dコンバータ (ADC14) | 選択可能 | 停止 (保持) | 選択可能 (注11) |
| 12ビットD/Aコンバータ (DAC12) | 選択可能 | 停止 (保持) | 選択可能 |
| 静電容量式タッチセンシングユニット (CTS) | 選択可能 | 停止 (保持) | 選択可能 |
| セグメントLCDコントローラ (SLCDC) | 選択可能 | 選択可能 (注7) | 選択可能 |
| データ演算回路 (DOC) | 選択可能 | 停止 (保持) | 選択可能 |
| シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI0) | 選択可能 | 停止 (保持) | 選択可能 (注10) |
| シリアルコミュニケーションインタフェース (SCIn: n = 1, 4, 9) | 選択可能 | 停止 (保持) | 動作禁止 |
| I ² Cバスインタフェース (IIC0) | 選択可能 | 選択可能 | 選択可能 |
| I ² Cバスインタフェース (IIC1) | 選択可能 | 停止 (保持) | 動作禁止 |
| イベントリンクコントローラ (ELC) | 選択可能 | 停止 (保持) | 選択可能 (注8) |
| 低消費電力アナログコンパレータ (ACMPLP0) | 選択可能 | 選択可能 (注9) | 選択可能 (注9) |
| 低消費電力アナログコンパレータ (ACMPLP1) | 選択可能 | 選択可能 (注9) | 選択可能 (注9) |
| オペアンプ (OPAMP) | 選択可能 | 選択可能 | 選択可能 |
| NMI、IRQn (n = 0~4, 6, 7, 9, 11, 14, 15) 端子 割り込み | 選択可能 | 選択可能 | 選択可能 |
| キー割り込み機能 (KINT) | 選択可能 | 選択可能 | 選択可能 |
| 低電圧検出 (LVD) | 選択可能 | 選択可能 | 選択可能 |
| パワーオンリセット回路 | 動作 | 動作 | 動作 |
| その他の周辺モジュール | 選択可能 | 停止 (保持) | 動作禁止 |
| I/Oポート | 動作 | 保持 | 動作 |

- 注 . 「選択可能」とは、動作/停止がコントロールレジスタで選択できることを意味します。
「停止（保持）」とは、内部レジスタの内容は保持されるが、動作は中断されることを意味します。
「動作禁止」とは、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に、その機能を停止させる必要があることを意味します。
- 注 1. モジュールストップビットが 0 に設定されているモジュールはすべて、スヌーズモード遷移後に PCLK が供給されると、ただちに起動します。スヌーズモード時に消費電力の増大を防ぐには、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に、スヌーズモードで不要なモジュールのストップビットを 1 にしてください。
- 注 2. スヌーズモードで SCI0 を使用する場合、MOSCCR.MOSTP ビットと PLLCR.PLLSTP ビットは 1 でなければいけません。
- 注 3. クロックアウトソース選択ビット (CKOCR.CKOSEL[2:0]) が 010b (LOCO) および 100b (SOSC) 以外の値に設定されている場合は停止します。
- 注 4. IWDT 専用オンチップオシレータおよび IWDT の場合、IWDT オートスタートモード時、オプション機能選択レジスタ 0 の IWDT 停止制御ビット (OFS0.IWDTSTPCTL) の設定により、動作/停止を選択することが可能です。WDT の場合、IWDT オートスタートモード時、オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の IWDT 停止制御ビット (WDTSTPCTL) の設定により、動作/停止を選択することが可能です。
- 注 5. USBFS レジューム検出が可能です。
- 注 6. AGT0.AGTMR1.TCK[2:0] ビットで 100b (LOCO) または 110b (SOSC) が選択されている場合、AGT0 は動作可能です。AGT1.AGTMR1.TCK[2:0] ビットで 100b (LOCO)、110b (SOSC)、または 101 (AGT0 からのアンダーフローイベント信号) が選択されている場合、AGT1 は動作可能です。
- 注 7. SLCDSCKCR.LCDSCKSEL[2:0] ビットで 000b (LOCO) または 001b (SOSC) が選択されている場合、動作可能です。SLCDSCKCR.LCDSCKSEL[2:0] ビットが 000b または 001b 以外の値に設定されている場合、停止が選択されます。
- 注 8. イベントは、[11.9.13 スヌーズモードにおける ELC イベント](#)に記載のものに限定されます。
- 注 9. VCOOUT 機能のみが許可されます。ACMPLP がデジタルフィルタを使用していない場合に、VCOOUT 端子は動作します。デジタルフィルタの詳細については、「[38. 低消費電力アナログコンパレータ \(ACMPLP\)](#)」を参照してください。
- 注 10. SCI0 のシリアル通信モードは、調歩同期式モードに限定されます。
- 注 11. スヌーズモードで 14 ビット A/D コンバータを使用する場合、ADCMPCR.CMPAE ビットまたは ADCMPCR.CMPBE ビットは 1 でなければいけません。

表 11.3 スヌーズモードとソフトウェアスタンバイモードから通常モードへ遷移する場合の割り込み要因

| 割り込み要因 | 名称 | ソフトウェアスタンバイモード | スヌーズモード |
|--------|------------------------|----------------|---------------------|
| NMI | | 可能 | 可能 |
| VBATT | VBATT_LVD | 可能 | 可能 |
| ポート | PORT_IRQn (n = 0 ~ 15) | 可能 | 可能 |
| LVD | LVD_LVD1 | 可能 | 可能 |
| IWDT | IWDT_NMIUNDF | 可能 | 可能 |
| USBFS | USBFS_USBR | 可能 | 可能 |
| RTC | RTC_ALM | 可能 | 可能 |
| | RTC_PRD | 可能 | 可能 |
| KINT | KEY_INTKR | 可能 | 可能 |
| AGT1 | AGT1_AGTI | 可能 | 可能 (注3) |
| | AGT1_AGTCMAI | 可能 | 可能 |
| | AGT1_AGTCMBI | 可能 | 可能 |
| ACMPLP | ACMP_LP0 | 可能 | 可能 |
| IIC0 | IIC0_WUI | 可能 | 可能 |
| ADC140 | ADC140_WCMPPM | 不可能 | SELSR0で可能 (注1) (注3) |
| | ADC140_WCMPUM | 不可能 | SELSR0で可能 (注1) (注3) |
| SCI0 | SCI0_AM | 不可能 | SELSR0で可能 (注1) (注2) |
| | SCI0_RXI_OR_ERI | 不可能 | SELSR0で可能 (注1) (注2) |
| DTC | DTC_COMPLETE | 不可能 | SELSR0で可能 (注1) (注3) |
| DOC | DOC_DOPCI | 不可能 | SELSR0で可能 (注1) |
| CTSU | CTSU_CTSUFN | 不可能 | SELSR0で可能 (注1) |

注 1. 割り込み要求をスヌーズモードからの復帰トリガとして使用するには、この割り込み要求を SELSR0 で選択する必要があります。「14. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。SELSR0 で選択したトリガが、WFI 命令の実行後、通常モードからソフトウェアスタンバイモードへの遷移途中に発生した場合は、その要求が受け付けられるかどうかはトリガ発生のタイミングに依存します。

注 2. SCI0_AM または SCI0_RXI_OR_ERI のいずれか一方のみ選択可能です。

注 3. SNZEDCR レジスタで許可されたイベントを使用してはいけません。

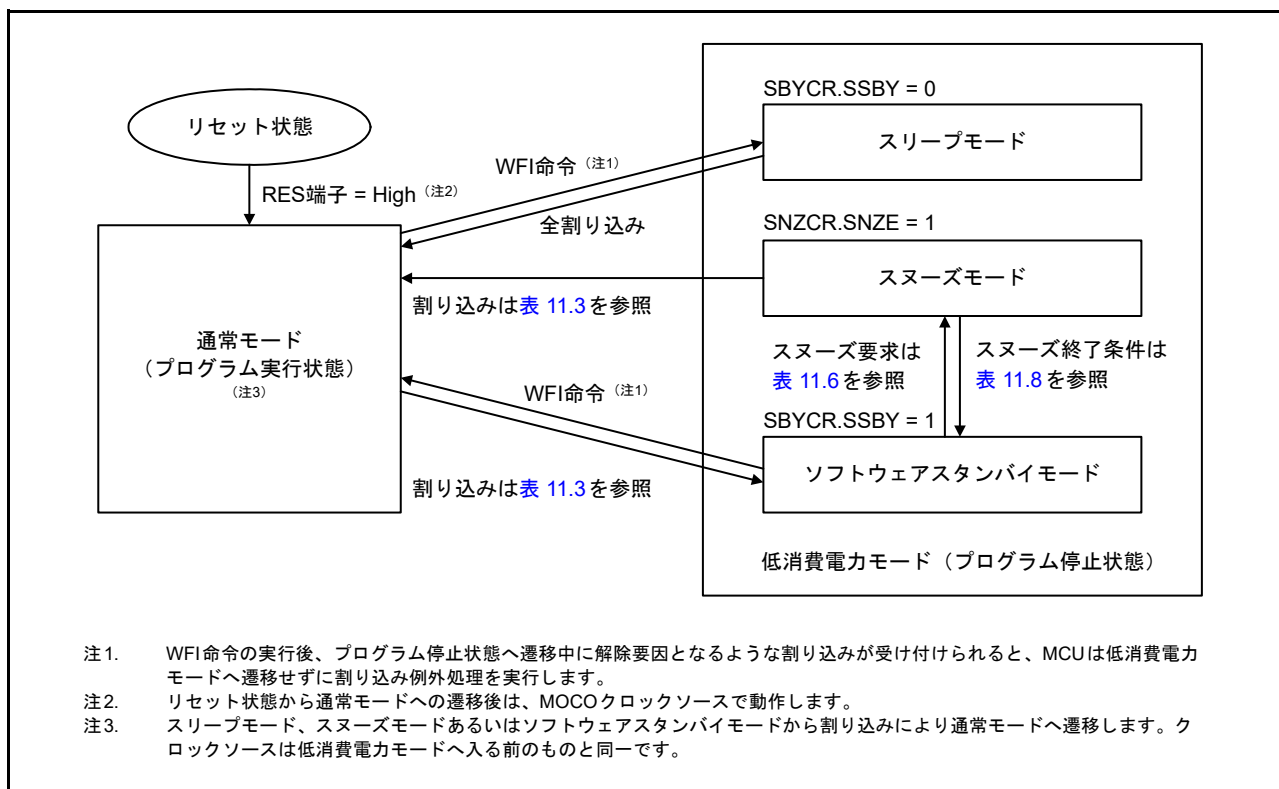


図 11.1 モード遷移

11.2 レジスタの説明

11.2.1 スタンバイコントロールレジスタ (SBYCR)

アドレス SYSTEM.SBYCR 4001 E00Ch

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | SSBY | OPE | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|------|-------------|---|-----|
| b13-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b14 | OPE | 出力ポート許可 | 0: ソフトウェアスタンバイモード時、アドレスバスとバス制御信号はハイインピーダンス状態になる。スヌーズモード時、アドレスバスとバス制御信号はソフトウェアスタンバイモード遷移前と同じ 1: ソフトウェアスタンバイモード時、アドレスバスとバス制御信号は出力状態を維持 | R/W |
| b15 | SSBY | ソフトウェアスタンバイ | 0: スリープモード 1: ソフトウェアスタンバイモード | R/W |

OPE ビット (出力ポート許可)

ソフトウェアスタンバイモードまたはスヌーズモード時に、アドレスバスとバス制御信号 (CS0 ~ CS3、RD、WR0 ~ WR1、WR、BC0、BC1、および ALE) がハイインピーダンス状態となるか、出力状態を維持するかを選択します。

SSBY ビット (ソフトウェアスタンバイ)

WFI 命令実行後の遷移先を設定します。

SSBY ビットが 1 の状態で WFI 命令を実行すると、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。なお、割り込みによってソフトウェアスタンバイモードから通常モードへ復帰したときは、SSBY ビットは 1 のままです。SSBY ビットに 0 を書き込むことにより、クリアできます。

OSTDCR.OSTDE ビットが 1 のときは、SSBY ビットの設定は無視されます。SSBY ビットが 1 であっても、WFI 命令を実行するとスリープモードへ遷移します。

FENTRYR.FENTRY0 ビットが 1、または FENTRYR.FENTRYD ビットが 1 の場合、SSBY ビットの設定値は無視されます。SSBY ビットが 1 であっても、WFI 命令を実行するとスリープモードへ遷移します。

11.2.2 モジュールストップコントロールレジスタ A (MSTPCRA)

アドレス SYSTEM.MSTPCRA 4001 E01Ch

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|------------|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | MSTPA 22 | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | MSTPA 6 | — | — | — | — | — | MSTPA 0 |
| リセット後の値 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------|---|--|-----|
| b0 | MSTPA0 | SRAM0モジュールストップ設定 (注1) | 対象モジュール：SRAM0 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b5-b1 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b6 | MSTPA6 | ECCSRAMモジュールストップ設定 (注1) | 対象モジュール：ECCSRAM 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b21-b7 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b22 | MSTPA22 | DMAコントローラ/データ転送ファコントローラモジュールストップ設定 (注2) | 対象モジュール：DMAC/DTC 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b31-b23 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |

注 1. MSTPA0 ビットと MSTPA6 ビットの設定値は同じでなければいけません。

注 2. MSTPA22 ビットを 0 から 1 に書き換える場合、DMAC および DTC を無効にしてから MSTPA22 ビットを設定してください。

11.2.3 モジュールストップコントロールレジスタ B (MSTPCRB)

アドレス MSTP.MSTPCRB 4004 7000h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------------|-------------|-----|-------------|-------------|-----|------------|------------|-----|-------------|-----|-----|-------------|-------------|-----|-----|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | MSTPB 31 | MSTPB 30 | — | MSTPB 28 | MSTPB 27 | — | — | — | — | MSTPB 22 | — | — | MSTPB 19 | MSTPB 18 | — | — |
| リセット後の値 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | MSTPB 11 | — | MSTPB 9 | MSTPB 8 | — | — | — | — | — | MSTPB 2 | — | — |
| リセット後の値 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------|--|--|-----|
| b1-b0 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b2 | MSTPB2 | コントローラエリアネットワーク モジュールストップ設定 (注1) | 対象モジュール：CAN0 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b8 | MSTPB8 | I2Cバスインタフェース1モジュール ストップ設定 | 対象モジュール：IIC1 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b9 | MSTPB9 | I2Cバスインタフェース0モジュール ストップ設定 | 対象モジュール：IIC0 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b10 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b11 | MSTPB11 | ユニバーサルシリアルバス2.0フル スピードインタフェースモジュール ストップ設定 (注2) | 対象モジュール：USBFS 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b17-b12 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b18 | MSTPB18 | シリアルペリフェラルインタフェー ス1モジュールストップ設定 | 対象モジュール：SPI1 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b19 | MSTPB19 | シリアルペリフェラルインタフェー ス0モジュールストップ設定 | 対象モジュール：SPI0 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b21-b20 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b22 | MSTPB22 | シリアルコミュニケーションインタ フェース9モジュールストップ設定 | 対象モジュール：SCI9 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b26-b23 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b27 | MSTPB27 | シリアルコミュニケーションインタ フェース4モジュールストップ設定 | 対象モジュール：SCI4 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b28 | MSTPB28 | BLEのシリアルコミュニケーション インタフェースモジュールストップ 設定 (注3) | 対象モジュール：BLE対応SCI 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b29 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b30 | MSTPB30 | シリアルコミュニケーションインタ フェース1モジュールストップ設定 | 対象モジュール：SCI1 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b31 | MSTPB31 | シリアルコミュニケーションインタ フェース0モジュールストップ設定 | 対象モジュール：SCI0 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |

- 注 1. MSTPB2 ビットの書き換えは、本ビットによって制御されるクロックの発振が安定しているときに行う必要があります。本ビットを書き換えた後、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移するには、書き換え後に CAN クロック (CANMCLK) が 2 サイクル経過してから WFI 命令を実行してください。
- 注 2. MSTPB11 ビットを書き換えた後、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移するには、書き換え後に USB クロック (UCLK) が 2 サイクル経過してから WFI 命令を実行してください。
- 注 3. Bluetooth ミドルウェアはこのモジュールストップ設定に対応した処理を行います。このビットの設定を変更しないでください。

11.2.4 モジュールストップコントロールレジスタ C (MSTPCRC)

アドレス MSTP.MSTPCRC 4004 7004h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|--------|-----|--------|--------|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | MSTPC31 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | MSTPC14 | MSTPC13 | — | — | — | — | — | — | — | — | MSTPC4 | MSTPC3 | — | MSTPC1 | MSTPC0 |
| リセット後の値 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------|-------------------------------|---|-----|
| b0 | MSTPC0 | クロック周波数精度測定回路モジュールストップ設定 (注1) | 対象モジュール：CAC 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b1 | MSTPC1 | 巡回冗長検査演算器モジュールストップ設定 | 対象モジュール：CRC 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b2 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b3 | MSTPC3 | 静電容量式タッチセンシングユニットモジュールストップ設定 | 対象モジュール：CTSU 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b4 | MSTPC4 | セグメントLCDコントローラモジュールストップ設定 | 対象モジュール：SLCDC 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b12-b5 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b13 | MSTPC13 | データ演算回路モジュールストップ設定 | 対象モジュール：DOC 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b14 | MSTPC14 | イベントリンクコントローラモジュールストップ設定 | 対象モジュール：ELC 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b30-b15 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b31 | MSTPC31 | SCE5モジュールストップ設定 (注2) | 対象モジュール：SCE5 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |

注 1. MSTPC0 ビットの書き換えは、本ビットによって制御されるクロックの発振が安定しているときに行う必要があります。本ビットを書き換えた後、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移するには、発振器によって出力されるクロックのうち、最も遅いクロックが2サイクル経過してから WFI 命令を実行してください。

注 2. 本 MCU で SCE5 を使用しない場合でも、未使用回路を初期化するために、プログラムの最初で MSTPC31 ビットを 0 にしてください。11.9.15 未使用回路に対するモジュールストップ機能を参照してください。

11.2.5 モジュールストップコントロールレジスタ D (MSTPCRD)

アドレス MSTP.MSTPCRD 4004 7008h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------------|-------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|------------|-------------|-------------|------------|-----|-------------|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | MSTPD 31 | — | MSTPD 29 | — | — | — | — | — | — | — | — | MSTPD 20 | MSTPD 19 | — | — | MSTPD 16 |
| リセット後の値 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | MSTPD 14 | — | — | — | — | — | — | — | MSTPD 6 | MSTPD 5 | — | MSTPD 3 | MSTPD 2 | — | — |
| リセット後の値 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------|-------------------------------|--|-----|
| b1-b0 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b2 | MSTPD2 | 非同期汎用タイマ1モジュールストップ設定 (注1) | 対象モジュール：AGT1 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b3 | MSTPD3 | 非同期汎用タイマ0モジュールストップ設定 (注2) | 対象モジュール：AGT0 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b4 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b5 | MSTPD5 | 汎用PWMタイマ323～320モジュールストップ設定 | 対象モジュール：GPT323～GPT320 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b6 | MSTPD6 | 汎用PWMタイマ169～164モジュールストップ設定 | 対象モジュール：GPT168, GPT165, GPT164 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b13-b7 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b14 | MSTPD14 | GPT用ポートアウトプットイネーブルモジュールストップ設定 | 対象モジュール：POEG 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b15 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b16 | MSTPD16 | 14ビットA/Dコンバータモジュールストップ設定 | 対象モジュール：ADC140 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b18-b17 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b19 | MSTPD19 | 8ビットD/Aコンバータモジュールストップ設定 (注3) | 対象モジュール：DAC8 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b20 | MSTPD20 | 12ビットD/Aコンバータモジュールストップ設定 | 対象モジュール：DAC12 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b28-b21 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b29 | MSTPD29 | 低消費電力アナログコンパレータモジュールストップ設定 | 対象モジュール：ACMPLP 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |
| b30 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b31 | MSTPD31 | オペアンプモジュールストップ設定 | 対象モジュール：OPAMP 0：モジュールストップ状態の解除 1：モジュールストップ状態へ遷移 | R/W |

- 注 1. カウントソースがサブクロック発振器または LOCO の場合、MSTPD2 ビットを 1 にしても、AGT1 のカウントは停止しません。カウントソースがサブクロック発振器または LOCO の場合、AGT1 レジスタにアクセスする場合を除いて、本ビットを 1 にする必要があります。
- 注 2. カウントソースがサブクロック発振器または LOCO の場合、MSTPD3 ビットを 1 にしても、AGT0 のカウントは停止しません。カウントソースがサブクロック発振器または LOCO の場合、AGT0 レジスタにアクセスする場合を除いて、本ビットを 1 にする必要があります。
- 注 3. 8 ビット D/A コンバータを使用する場合 (MSTPD19 = 0)、ACMPLP の MSTPD29 ビットを 0 にしてください。

11.2.6 動作電力コントロールレジスタ (OPCCR)

アドレス SYSTEM.OPCCR 4001 E0A0h

| | | | | | | | |
|---------|----|----|-------------|----|----|-----------|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | OPCM TSF | — | — | OPCM[1:0] | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------|------------------|--|-----|
| b1-b0 | OPCM[1:0] | 動作電力制御モード選択 | b1 b0 0 0 : High-speed モード 0 1 : Middle-speed モード 1 0 : Low-voltage モード (注1) 1 1 : Low-speed モード | R/W |
| b3-b2 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。 | R/W |
| b4 | OPCMTSF | 動作電力制御モード遷移状態フラグ | 0 : 遷移完了 1 : 遷移中 | R |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。 | R/W |

注 1. HOCO.CR.HCSTP は常に 0 でなければいけません。

OPCCR レジスタは、通常モード、スリープモード、およびスヌーズモード時に消費電力を低減させるためのレジスタです。OPCCR レジスタを設定することにより、使用する動作周波数、動作電圧に応じて消費電力を低減させることができます。

動作電力制御モードの変更手順については、[11.5 低消費電力機能](#)を参照してください。

OPCM[1:0] ビット (動作電力制御モード選択)

通常モード、スリープモード、およびスヌーズモード時の動作電力制御モードを選択します。

表 11.4 は、各動作電力制御モードと、OPCM[1:0] ビットおよび SOPCM ビットの設定値との関係を示しています。

HOCO.CR.HCSTP と OSCSF.HOCOSF が 0 の状態にある間は、HOCO クロックの発振がまだ安定していないので、OPCCR.OPCM[1:0] への書き込みは禁止されます。

OPCMTSF フラグ (動作電力制御モード遷移状態フラグ)

動作電力制御モード切り替え時の切り替え制御状態を示します。本フラグは、OPCM[1:0] ビットが書き換えられると 1、モード遷移が完了すると 0 になります。本フラグを読み取って 0 であることを確認してから次の処理を行ってください。

11.2.7 サブ動作電力コントロールレジスタ (SOPCCR)

アドレス SYSTEM.SOPCCR 4001 E0AAh

| | | | | | | | |
|---------|----|----|--------------|----|----|----|-----------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | SOPC MTSF | — | — | — | SOPC M |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|--------------------|--|-----|
| b0 | SOPCM | サブ動作電力制御モード選択 | 0 : Subosc-speed モード以外 1 : Subosc-speed モード | R/W |
| b3-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | SOPCMTSF | サブ動作電力制御モード遷移状態フラグ | 0 : 遷移完了 1 : 遷移中 | R |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

SOPCCR レジスタは、通常モード、スリープモードおよびスヌーズモード時に消費電力を低減させるために使用します。本レジスタを設定することによって、Subosc-speed モードへの遷移およびこのモードからの復帰が開始されます。Subosc-speed モードは、サブクロック発振器または分周なしの LOCO を使用した場合に限り利用可能です。

CACHEE.FCACHEEN ビットを0にしてフラッシュキャッシュ機能を禁止してから、動作電力制御モードを変更してください。詳細は、「43. フラッシュメモリ」を参照してください。

動作電力制御モードの変更手順については、11.5 低消費電力機能を参照してください。

SOPCM ビット (サブ動作電力制御モード選択)

通常モード、スリープモード、およびスヌーズモード時の動作電力制御モードを選択します。本ビットを1にすることで、Subosc-speed モードへまたは Subosc-speed モードから遷移できます。また、本ビットを0にすることで、Subosc-speed モード遷移前の動作モード (OPCCR.OPCM[1:0] で設定された動作モード) へ復帰できます。

表 11.4 は、各動作電力制御モードと、OPCM[1:0] ビットおよび SOPCM ビットの設定値との関係を示しています。

SOPCMTSF フラグ (サブ動作電力制御モード遷移状態フラグ)

動作電力制御モードを Subosc-speed モードからまたは Subosc-speed モードへ切り替えたときの切り替え制御状態を示します。本フラグは、SOPCM ビットが書き換えられると1、モード遷移が完了すると0になります。本フラグを読み取って0であることを確認してから次の処理を行ってください。

表 11.4 は、各動作電力制御モードを示しています。

表 11.4 動作電力制御モード

| 動作電力制御モード | OPCM[1:0] ビット | SOPCM ビット | 消費電力 |
|------------------|---------------|-----------|-------------|
| High-speed モード | 00b | 0 | 高 ↓ 低 |
| Middle-speed モード | 01b | 0 | |
| Low-voltage モード | 10b | 0 | |
| Low-speed モード | 11b | 0 | |
| Subosc-speed モード | xxb | 1 | |

11.2.8 スヌーズコントロールレジスタ (SNZCR)

アドレス SYSTEM.SNZCR 4001 E092h

| | | | | | | | | |
|---------|------|----|----|----|----|----|----------|----------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | SNZE | — | — | — | — | — | SNZDTCEN | RXDREQEN |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|------------------|--|-----|
| b0 | RXDREQEN | RXD0 スヌーズ要求許可 | 0: ソフトウェアスタンバイモード時に RXD0 の立ち下がりエッジを無視 1: ソフトウェアスタンバイモード時に RXD0 の立ち下がりエッジを検出 | R/W |
| b1 | SNZDTCEN | スヌーズモード時の DTC 許可 | スヌーズモード時に DTC 動作を許可 0: DTC 動作を禁止 1: DTC 動作を許可 | R/W |
| b6-b2 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。 | R/W |
| b7 | SNZE | スヌーズモード許可 | 0: スヌーズモードを禁止 1: スヌーズモードを許可 | R/W |

RXDREQEN ビット (RXD0 スヌーズ要求許可)

ソフトウェアスタンバイモード時に RXD0 端子の立ち下がりエッジを検出するか否かを指定します。本ビットは、SCI0 が調歩同期式モードで動作している場合にのみ使用可能です。RXD0 端子の立ち下がりエッジを検出するには、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に、本ビットを設定してください。本ビットが 1 の場合、ソフトウェアスタンバイモード時に RXD0 端子の立ち下がりエッジが検出されると、MCU はスヌーズモードへ遷移します。

SNZDTCEN ビット (スヌーズモード時の DTC 許可)

スヌーズモード時に DTC と SRAM を使用するか否かを指定します。スヌーズモードで DTC と SRAM を使用するには、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に、本ビットを 1 にしてください。本ビットが 1 の場合、IELSRn (ICU イベントリンク設定レジスタ n) の設定によって、DTC を起動することが可能です。

SNZE ビット (スヌーズモード許可)

ソフトウェアスタンバイモードからスヌーズモードへの遷移を許可するか否かを指定します。スヌーズモードを使用するには、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に、本ビットを 1 にしてください。本ビットが 1 の場合、ソフトウェアスタンバイモード時に表 11.6 に示すトリガによって、MCU はスヌーズモードへ遷移します。ソフトウェアスタンバイモードまたはスヌーズモードから通常モードへ遷移した後、ソフトウェアスタンバイモードへ再遷移する場合は、あらかじめ SNZE ビットをいったんクリアしてから再設定してください。詳細は、11.8 スヌーズモードを参照してください。

11.2.9 スヌーズ終了コントロールレジスタ (SNZEDCR)

アドレス SYSTEM.SNZEDCR 4001 E094h

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|-----------|----|----|----------|----------|----------|---------|----------|
| | SCI0UMTED | — | — | AD0UMTED | AD0MATED | DTCNZRED | DTCZRED | AGTUNFED |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------|-----------------------|--------------------------------|-----|
| b0 | AGTUNFED | AGT1アンダーフロー時スヌーズ終了許可 | 0: スヌーズ終了要求禁止 1: スヌーズ終了要求許可 | R/W |
| b1 | DTCZRED | 最後のDTC送信完了時スヌーズ終了許可 | 0: スヌーズ終了要求禁止 1: スヌーズ終了要求許可 | R/W |
| b2 | DTCNZRED | 最後以外のDTC送信完了時スヌーズ終了許可 | 0: スヌーズ終了要求禁止 1: スヌーズ終了要求許可 | R/W |
| b3 | AD0MATED | ADC140コンペアマッチスヌーズ終了許可 | 0: スヌーズ終了要求禁止 1: スヌーズ終了要求許可 | R/W |
| b4 | AD0UMTED | ADC140コンペア不一致スヌーズ終了許可 | 0: スヌーズ終了要求禁止 1: スヌーズ終了要求許可 | R/W |
| b6-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | SCI0UMTED | SCI0アドレス不一致スヌーズ終了許可 | 0: スヌーズ終了要求禁止 1: スヌーズ終了要求許可 | R/W |

表 11.8 に示すトリガの1つをスヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの切り替え条件として使用するには、SNZEDCR レジスタの対応するビットを1にしてください。

表 11.3 に示したような、スヌーズモードから通常モードへ復帰させるためのイベントは、SNZEDCR レジスタで許可しないでください。

AGTUNFED ビット (AGT1 アンダーフロー時スヌーズ終了許可)

AGT1 アンダーフローによるスヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの遷移を許可するか否かを指定します。トリガ条件については、「24. 非同期汎用タイマ (AGT)」を参照してください。

DTCZRED ビット (最後の DTC 送信完了時スヌーズ終了許可)

最後の DTC 送信完了 (すなわち、DTC の CRA または CRB レジスタが 0) による、スヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの遷移を許可するか否かを指定します。トリガ条件については、「18. データトランスファコントローラ (DTC)」を参照してください。

DTCNZRED ビット (最後以外の DTC 送信完了時スヌーズ終了許可)

各 DTC 送信完了 (すなわち、DTC の CRA または CRB レジスタが 0 以外) による、スヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの遷移を許可するか否かを指定します。トリガ条件については、「18. データトランスファコントローラ (DTC)」を参照してください。

AD0MATED ビット (ADC140 コンペアマッチスヌーズ終了許可)

変換結果が期待値と一致した場合に、ADC140 イベントによるスヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの遷移を許可するか否かを指定します。トリガ条件については、「34. 14 ビット A/D コンバータ (ADC14)」を参照してください。

AD0UMTED ビット (ADC140 コンペア不一致スヌーズ終了許可)

変換結果が期待値と一致しない場合に、ADC140 イベントによるスヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの遷移を許可するか否かを指定します。トリガ条件については、「34. 14 ビット A/D コンバータ (ADC14)」を参照してください。

SCI0UMTED ビット (SCI0 アドレス不一致スヌーズ終了許可)

ソフトウェアスタンバイモード時に受信したアドレスが期待値と一致しない場合に、SCI0 イベントによるスヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの遷移を許可するか否かを指定します。トリガ条件については、「[29. シリアルコミュニケーションインタフェース \(SCI\)](#)」を参照してください。本ビットは、SCI0 が調歩同期式モードで動作している場合にのみ 1 にしてください。

11.2.10 スヌーズ要求コントロールレジスタ (SNZREQCR)

アドレス SYSTEM.SNZREQCR 4001 E098h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|-----|------------|------------|------------|-----------|-----|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| — | SNZREQEN30 | SNZREQEN29 | SNZREQEN28 | — | — | SNZREQEN25 | SNZREQEN24 | SNZREQEN23 | — | — | — | — | — | SNZREQEN17 | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| SNZREQEN15 | SNZREQEN14 | — | — | SNZREQEN11 | — | SNZREQEN9 | — | SNZREQEN7 | SNZREQEN6 | — | SNZREQEN4 | SNZREQEN3 | SNZREQEN2 | SNZREQEN1 | SNZREQEN0 |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|------------|------------|--|-----|
| b0 | SNZREQEN0 | スヌーズ要求許可0 | IRQ0端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求禁止 1: スヌーズ要求許可 | R/W |
| b1 | SNZREQEN1 | スヌーズ要求許可1 | IRQ1端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求禁止 1: スヌーズ要求許可 | R/W |
| b2 | SNZREQEN2 | スヌーズ要求許可2 | IRQ2端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求禁止 1: スヌーズ要求許可 | R/W |
| b3 | SNZREQEN3 | スヌーズ要求許可3 | IRQ3端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求禁止 1: スヌーズ要求許可 | R/W |
| b4 | SNZREQEN4 | スヌーズ要求許可4 | IRQ4端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求禁止 1: スヌーズ要求許可 | R/W |
| b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6 | SNZREQEN6 | スヌーズ要求許可6 | IRQ6端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求禁止 1: スヌーズ要求許可 | R/W |
| b7 | SNZREQEN7 | スヌーズ要求許可7 | IRQ7端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求禁止 1: スヌーズ要求許可 | R/W |
| b8 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b9 | SNZREQEN9 | スヌーズ要求許可9 | IRQ9端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求禁止 1: スヌーズ要求許可 | R/W |
| b10 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b11 | SNZREQEN11 | スヌーズ要求許可11 | IRQ11端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求禁止 1: スヌーズ要求許可 | R/W |
| b13-b12 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b14 | SNZREQEN14 | スヌーズ要求許可14 | IRQ14端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求禁止 1: スヌーズ要求許可 | R/W |
| b15 | SNZREQEN15 | スヌーズ要求許可15 | IRQ15端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求禁止 1: スヌーズ要求許可 | R/W |
| b16 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b17 | SNZREQEN17 | スヌーズ要求許可17 | キー割り込みのスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求禁止 1: スヌーズ要求許可 | R/W |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|------------|------------|---|-----|
| b22-b18 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b23 | SNZREQEN23 | スヌーズ要求許可23 | ACMPLPのスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求禁止 1: スヌーズ要求許可 | R/W |
| b24 | SNZREQEN24 | スヌーズ要求許可24 | RTCアラームのスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求禁止 1: スヌーズ要求許可 | R/W |
| b25 | SNZREQEN25 | スヌーズ要求許可25 | RTC周期のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求禁止 1: スヌーズ要求許可 | R/W |
| b27-b26 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b28 | SNZREQEN28 | スヌーズ要求許可28 | AGT1アンダーフローのスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求禁止 1: スヌーズ要求許可 | R/W |
| b29 | SNZREQEN29 | スヌーズ要求許可29 | AGT1コンペアマッチAのスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求禁止 1: スヌーズ要求許可 | R/W |
| b30 | SNZREQEN30 | スヌーズ要求許可30 | AGT1コンペアマッチBのスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求禁止 1: スヌーズ要求許可 | R/W |
| b31 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

SNZREQCR レジスタは、ソフトウェアスタンバイモードからスヌーズモードへ切り替えるためのトリガを制御します。WUPEN レジスタ（「[14. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照）の設定によって、トリガがソフトウェアスタンバイモードの解除要求として選択されている場合、SNZREQCR レジスタの対応するビットが1であっても、そのトリガが発生するとMCUは通常モードへ遷移します。WUPEN レジスタ設定はSNZREQCR レジスタ設定よりも常に優先順位は高くなります。詳細は、[11.8 スヌーズモード](#)と「[14. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。

11.2.11 フラッシュ動作コントロールレジスタ (FLSTOP)

アドレス SYSTEM.FLSTOP 4001 E09Eh

| | | | | | | | |
|---------|----|----|------------|----|----|----|------------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | FLSTP F | — | — | — | FLSTO P |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|--------------------|--|-----|
| b0 | FLSTOP | フラッシュメモリ動作ON/OFF選択 | 0: コードフラッシュメモリとデータフラッシュメモリは動作 1: コードフラッシュメモリとデータフラッシュメモリは停止 | R/W |
| b3-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | FLSTPF | フラッシュメモリ動作ステータスフラグ | 0: 遷移完了 1: 遷移中 (フラッシュ停止状態からフラッシュ動作状態へ、またはフラッシュ動作状態からフラッシュ停止状態へ) | R |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

FLSTOP ビット (フラッシュメモリ動作 ON/OFF 選択)

フラッシュメモリを有効または無効にします。FLSTOP ビットは SRAM で実行されるプログラムによって書き込む必要があります。FLSTOP ビットが 1 のときに割り込みを使用する場合は、SRAM 内に割り込みベクタを配置してください。Low-voltage モードが選択されていない場合、本ビットを 0 にしてください。

- 注. フラッシュメモリの動作を開始するために FLSTOP ビットの値を 1 から 0 に変更した場合、フラッシュメモリへのアクセスを再開する前に、FLSTPF フラグが 0 であること、および OSCSF.HOCOSF が 1 であることを確認してください。その後、命令はコードフラッシュメモリで実行可能になります。
- 注. HOCOCR.HCSTP と OSCSF.HOCOSF が 0 (HOCO は発振安定待ちカウント中) の状態にあるとき、FLSTOP.FLSTOP への書き込みは禁止されます。

FLSTPF フラグ (フラッシュメモリ動作ステータスフラグ)

フラッシュ停止状態からフラッシュ動作状態へ、またはフラッシュ動作状態からフラッシュ停止状態への遷移状態を表します。遷移が完了したとき、本フラグを読むと 0 が読めます。フラッシュメモリ停止後、再度フラッシュメモリを使用する場合は、FLSTPF フラグが 0 であることを確認してから処理を進めてください。

11.2.12 パワーセーブメモリコントロールレジスタ (PSMCR)

アドレス SYSTEM.PSMCR 4001 E09Fh

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|-----------|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | PSMC[1:0] | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------|-------------|---|-----|
| b1-b0 | PSMC[1:0] | パワーセーブメモリ制御 | b1 b0 0 0: ソフトウェアスタンバイモード時に全SRAMがON 0 1: ソフトウェアスタンバイモード時に48KB SRAM (2000 0000h~2000 BFFFh) がON 1 0: 設定禁止 1 1: 設定禁止 | R/W |
| b7-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

PSMC[1:0] ビット (パワーセーブメモリ制御)

ソフトウェアスタンバイモード時のSRAM保持域を選択します。これらのビットを01b (ソフトウェアスタンバイモード時に48KB SRAM) にすることによって、供給電流を削減できます。WFI命令は、PSMCレジスタの設定後に実行する必要があります。

11.2.13 システムコントロールOCDコントロールレジスタ (SYOCDR)

アドレス SYSTEM.SYOCDR 4001 E40Eh

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| DBGEN | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|--------|---|-----|
| b6-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | DBGEN | デバッグ有効 | 0: オンチップデバッグは無効 1: オンチップデバッグは有効 オンチップデバッグモードで最初に1にしてください。 | R/W |

DBGEN ビット (デバッグ有効)

オンチップデバッグモードを有効にします。本ビットは、オンチップデバッグモードで最初に1にする必要があります。

[1になる条件]

- デバッグの接続時に1を書いたとき

[0になる条件]

- パワーオンリセットが発生したとき
- 0を書いたとき

11.3 クロックの切り替えによる消費電力の低減

SCKDIVCR.FCK[2:0]、ICK[2:0]、PCKA[2:0]、PCKB[2:0]、PCKC[2:0]、PCKD[2:0]の各ビットを設定すると、クロック周波数が切り替わります。CPU、DMAC、DTC、フラッシュ、およびSRAMは、ICK[2:0]ビットで設定された動作クロックを使用します。

周辺モジュールは、PCKA[2:0]、PCKB[2:0]、PCKC[2:0]、およびPCKD[2:0]の各ビットで設定された動作クロックを使用します。

フラッシュメモリインタフェースは、FCK[2:0]ビットで設定された動作クロックを使用します。

詳細は、「9. クロック発生回路」を参照してください。

11.4 モジュールストップ機能

モジュールストップ機能は、内蔵周辺モジュール単位で設定することが可能です。

MSTPCRA ~ MSTPCRDレジスタのMSTPmiビット (m=A ~ D, i=31 ~ 0) を1にすると、指定したモジュールは動作を停止してモジュールストップ状態へ遷移します。このときCPUは動作を継続します。MSTPmiビットを0にすることによって、モジュールストップ状態は解除され、バスサイクルの終了時点でモジュールは動作を再開します。モジュールストップ状態では、モジュール内部の状態が保持されます。

リセット解除後は、DMAC、DTC、およびSRAM以外の全モジュールがモジュールストップ状態になります。MSTPmiビットが1であるときは、対応するモジュールにアクセスしないでください。そうでないと、そのモジュールに対するデータの読み出し/書き込みやモジュールの動作は保証されません。また、対応するモジュールにアクセス中であるときは、MSTPmiビットを1にしないでください。

11.5 低消費電力機能

動作周波数と動作電圧に応じて適切な動作電力制御モードを選択することにより、通常モード時、スリープモード時、およびスヌーズモード時の消費電力を削減できます。

11.5.1 動作電力制御モードの設定方法

動作電力制御モードを切り替える場合は、その前後において、電圧範囲や周波数範囲などの動作条件が仕様範囲内に収まっていることを必ず確認してください。

動作電力制御モードの切り替え手順例を以下に示します。

表 11.5 各モードで使用可能な発振子

| モード | 発振器 | | | | | | |
|--------------|----------|--------------|--------------|--------------|------------|-----------|------------------|
| | PLL (注1) | 高速オンチップオシレータ | 中速オンチップオシレータ | 低速オンチップオシレータ | メインクロック発振器 | サブクロック発振器 | IWDT専用オンチップオシレータ |
| High-speed | 可能 | 可能 | 可能 | 可能 | 可能 | 可能 | 可能 |
| Middle-speed | 可能 | 可能 | 可能 | 可能 | 可能 | 可能 | 可能 |
| Low-voltage | 不可能 | 可能 | 可能 | 可能 | 可能 | 可能 | 可能 |
| Low-speed | 不可能 | 可能 | 可能 | 可能 | 可能 | 可能 | 可能 |
| Subosc-speed | 不可能 | 不可能 | 不可能 | 可能 | 不可能 | 可能 | 可能 |

注 1. PLLのVCC範囲は2.4 ~ 3.6Vです。

(1) 消費電力が大きいモードから小さいモードへ切り替える場合

例 1 : High-speed モードから Low-speed モードへの切り替え

最初は High-speed モードで動作しています。

1. フラッシュキャッシュが High-speed モードでキャッシュャブルなときに、FCACHEE.FCACHEEN をリセットしてフラッシュキャッシュを禁止する。
2. 発振器を Low-speed モードで使用するものに変更する。
3. 各クロックの周波数を、Low-speed モードにおける最大動作周波数未満にする。
4. Low-speed モードで不要な発振器をオフにする。
5. OPCCR.OPCMTSF フラグが 0 (遷移完了) であることを確認する。
6. OPCCR.OPCM ビットを 11b (Low-speed モード) に設定する。
7. OPCCR.OPCMTSF フラグが 0 (遷移完了) であることを確認する。
8. フラッシュキャッシュが Low-speed モードでキャッシュャブルなときに、以下の手順で設定してください。
 - a. FCACHEIV.FCACHEIV を設定してフラッシュキャッシュをインバリデートする。
 - b. FCACHEIV.FCACHEIV ビットが 0 であることを確認する。
 - c. FCACHEE.FCACHEEN ビットを設定してフラッシュキャッシュを許可する。

動作は Low-speed モードになります。

例 2 : High-speed モードから Subosc-speed モードへの切り替え

最初は High-speed モードで動作しています。

1. フラッシュキャッシュが High-speed モードでキャッシュャブルなときに、FCACHEE.FCACHEEN をリセットしてフラッシュキャッシュを禁止する。
2. クロックソースをサブクロック発振器に切り替える。HOCO、MOCO、メイン発振器、および PLL をオフにする。
3. サブクロック発振器以外の全クロックソースが停止していることを確認する。
4. SOPCCR.SOPCMTSF フラグが 0 (遷移完了) であることを確認する。
5. SOPCCR.SOPCM ビットを 1 (Subosc-speed モード) にする。
6. SOPCCR.SOPCMTSF フラグが 0 (遷移完了) であることを確認する。
7. フラッシュキャッシュが Subosc-speed モードでキャッシュャブルなときに、以下の手順で設定してください。
 - a. FCACHEIV.FCACHEIV を設定してフラッシュキャッシュをインバリデートする。
 - b. FCACHEIV.FCACHEIV が 0 であることを確認します。
 - c. FCACHEE.FCACHEEN を設定してフラッシュキャッシュを許可します。

動作は Subosc-speed モードになります。

(2) 消費電力が小さいモードから大きいモードへ切り替える場合

例 1 : Subosc-speed モードから High-speed モードへの切り替え

最初は Subosc-speed モードで動作しています。

1. フラッシュキャッシュが Subosc-speed モードでキャッシュャブルなときに、FCACHEE.FCACHEEN ビットをリセットしてフラッシュキャッシュを禁止する。
2. SOPCCR.SOPCMSF フラグが 0 (遷移完了) であることを確認する。
3. SOPCCR.SOPCM ビットを 0 (High-speed モード) にする。
4. SOPCCR.SOPCMSF フラグが 0 (遷移完了) であることを確認する。
5. High-speed モードで必要な発振器をオンにする。
6. 各クロックの周波数を、High-speed モードにおける最大動作周波数未満にする。
7. フラッシュキャッシュ High-speed モードでキャッシュャブルなときに、以下の手順で設定してください。
 - a. FCACHEIV.FCACHEIV を設定してフラッシュキャッシュをインバリデートする。
 - b. FCACHEIV.FCACHEIV が 0 であることを確認する。
 - c. FCACHEE.FCACHEEN を設定してフラッシュキャッシュを許可する。

動作は High-speed モードになります。

例 2 : Low-speed モードから High-speed モードへの切り替え

最初は Low-speed モードで動作しています。

1. フラッシュキャッシュが Low-speed モードでキャッシュャブルなときに、FCACHEE.FCACHEEN をリセットしてフラッシュキャッシュを禁止する。
2. OPCCR.OPCMSF フラグが 0 (遷移完了) であることを確認する。
3. OPCCR.OPCM ビットを 00b (High-speed モード) にする。
4. OPCCR.OPCMSF フラグが 0 (遷移完了) であることを確認する。
5. High-speed モードで必要な発振器をオンにする。
6. 各クロックの周波数を、High-speed モードにおける最大動作周波数未満にする。
7. フラッシュキャッシュ High-speed モードでキャッシュャブルなときに、以下の手順で設定してください。
 - a. FCACHEIV.FCACHEIV を設定してフラッシュキャッシュをインバリデートする。
 - b. FCACHEIV.FCACHEIV が 0 であることを確認する。
 - c. FCACHEE.FCACHEEN を設定してフラッシュキャッシュを許可する。

動作は High-speed モードになります。

11.5.2 動作範囲

High-speed モード

フラッシュリード時の最大動作周波数は、ICLK では 48MHz、FCLK では 32MHz です。フラッシュリード時の動作電圧範囲は 2.4 ~ 3.6V です。ただし、ICLK と FCLK では、動作電圧が 2.4V 以上かつ 2.7V 未満の場合、フラッシュリード時の最大動作周波数は 16MHz になります。

フラッシュプログラムおよびイレース時では、動作周波数範囲は 1 ~ 48MHz、動作電圧範囲は 2.7 ~ 3.6V です。

動作電圧が 2.4V 以上の場合、PLL が使用可能です。

図 11.2 に、High-speed モードにおける動作電圧と動作周波数を示します。

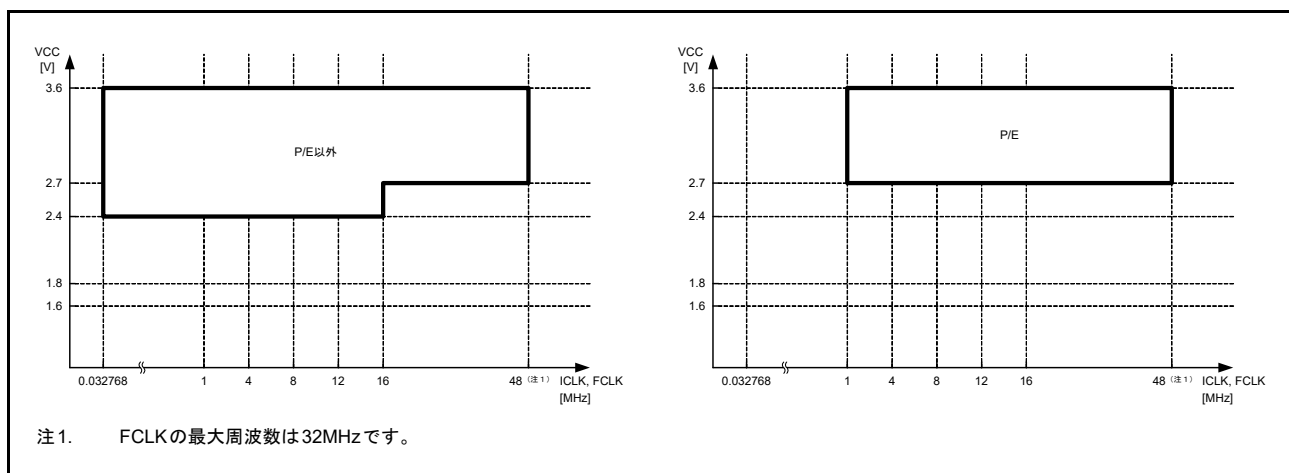


図 11.2 High-speed モードにおける動作電圧と動作周波数

Middle-speed モード

このモードでは、同じ条件下で High-speed モードよりも消費電力を低減できます。

フラッシュリード時の最大動作周波数は、ICLK と FCLK で 12MHz です。フラッシュリード時の動作電圧範囲は 1.8 ~ 3.6V です。ただし、ICLK と FCLK では、動作電圧が 1.8V 以上かつ 2.4V 未満の場合、フラッシュリード時の最大動作周波数は 8MHz になります。

フラッシュプログラムおよびイレース時では、動作周波数範囲は 1 ~ 12MHz で、動作電圧範囲は 1.8 ~ 3.6V です。動作電圧が 1.8V 以上かつ 2.4V 未満の場合、フラッシュプログラムおよびイレース時の最大動作周波数は 8MHz になります。

動作電圧が 2.4V 以上の場合、PLL が使用可能です。

図 11.3 に、Middle-speed モードにおける動作電圧と動作周波数を示します。

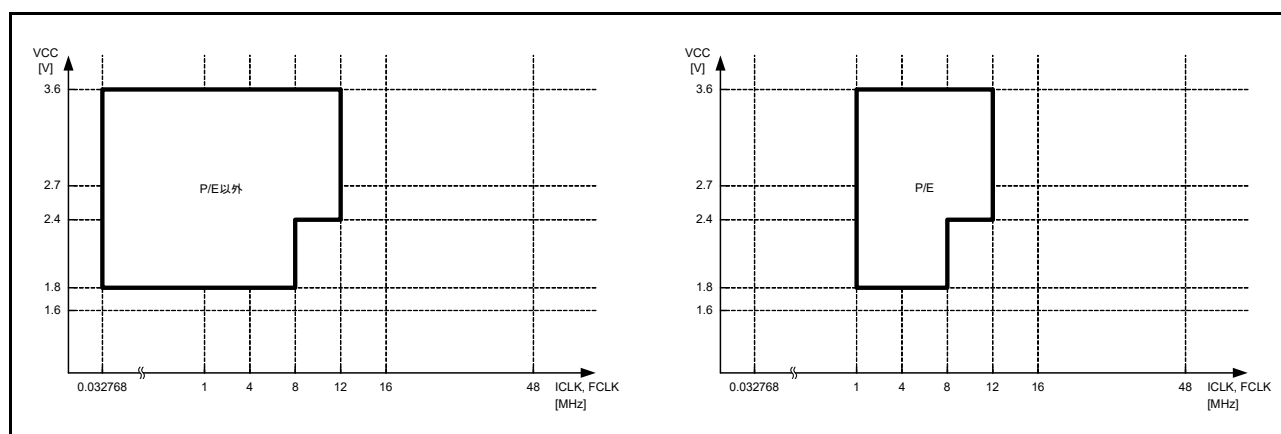


図 11.3 Middle-speed モードにおける動作電圧と動作周波数

Low-voltage モード

リセット解除後、このモードで動作が開始されます。PLL は使用禁止です。

フラッシュリード時の最大動作周波数は、ICLK と FCLK で 4MHz です。フラッシュリード時の動作電圧範囲は 1.8 ~ 3.6V です。

フラッシュプログラムおよびイレース時では、動作周波数範囲は 1 ~ 4MHz で、動作電圧範囲は 1.8 ~ 3.6V です。PLL は使用禁止です。

図 11.4 に、Low-voltage モードにおける動作電圧と動作周波数を示します。

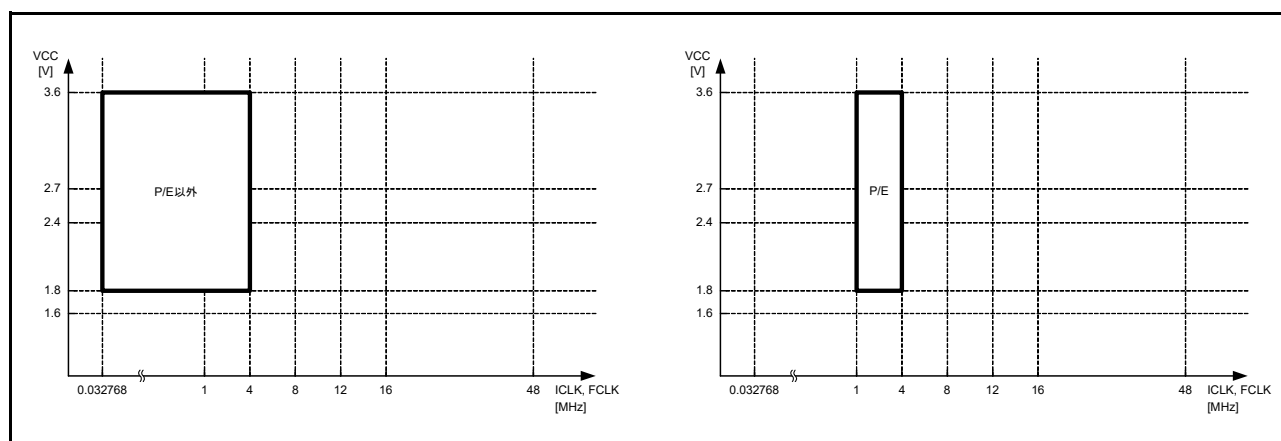


図 11.4 Low-voltage モードにおける動作電圧と動作周波数

Low-speed モード

フラッシュリード時の最大動作周波数は、ICLK と FCLK で 1MHz です。フラッシュリード時の動作電圧範囲は 1.8 ～ 3.6V です。

フラッシュメモリの P/E 動作は禁止です。PLL は使用禁止です。

図 11.5 に、Low-speed モードにおける動作電圧と動作周波数を示します。

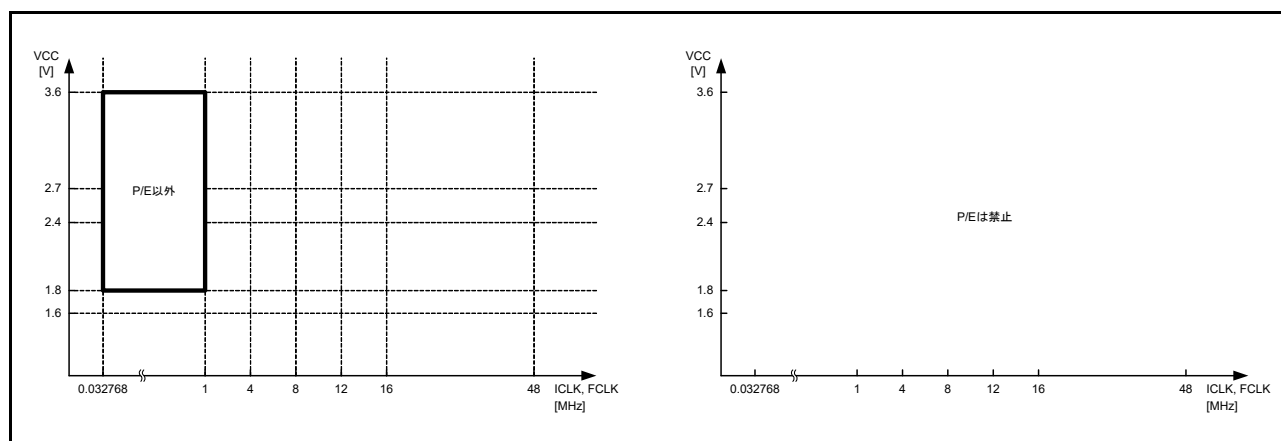


図 11.5 Low-speed モードにおける動作電圧と動作周波数

Subosc-speed モード

フラッシュリード時の最大動作周波数は、ICLK と FCLK で 37.6832kHz です。フラッシュリード時の動作電圧範囲は 1.8 ～ 3.6V です。

フラッシュメモリの P/E 動作は禁止です。サブクロック発振器と低速オンチップオシレータ以外の発振器は使用禁止です。

図 11.6 に、Subosc-speed モードにおける動作電圧と動作周波数を示します。

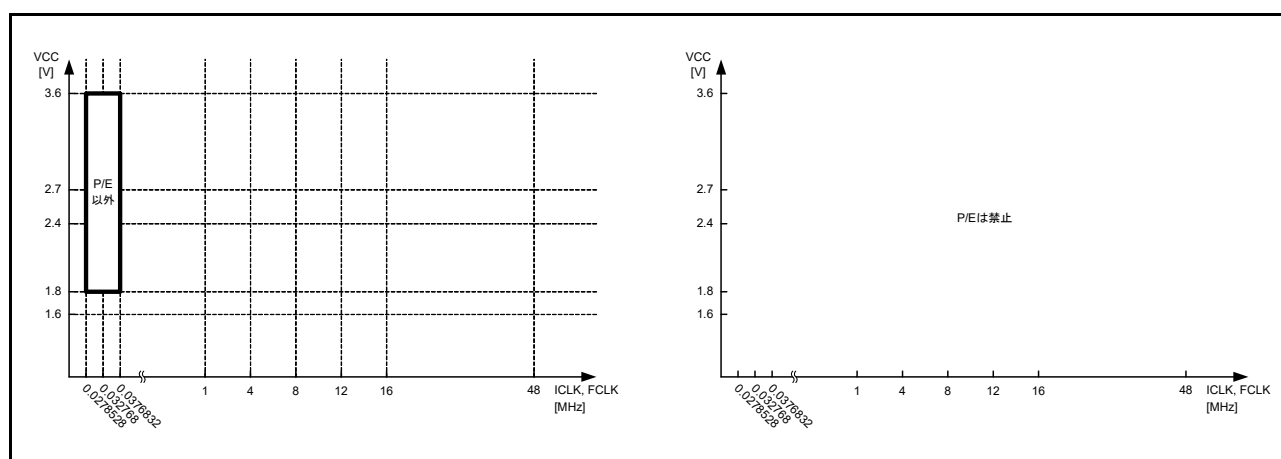


図 11.6 Subosc-speed モードにおける動作電圧と動作周波数

11.6 スリープモード

11.6.1 スリープモードへの遷移

SBYCR.SSBY ビットが 0 の状態で WFI 命令を実行すると、MCU はスリープモードへ遷移します。このモードでは、CPU は動作を停止しますが、CPU の内部レジスタの値は保持されます。CPU 以外の周辺機能は停止しません。スリープモードで利用可能なリセットまたは割り込みが発生すると、スリープモードが解除されます。すべての割り込み要因が利用可能です。割り込みを使用してスリープモードを解除する場合、WFI 命令の実行前に、対応する IELSRn レジスタを設定する必要があります。詳細は、「[14. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。

IWDT がオートスタートモードであり、かつ OFS0.IWDTSTPCTL ビットが 1 (スリープモード、ソフトウェアスタンバイモード、またはスヌーズモード時に IWDT カウント停止) の場合、MCU がスリープモードへ遷移すると IWDT はカウントを停止します。IWDT がオートスタートモードであり、かつ OFS0.IWDTSTPCTL ビットが 0 (スリープモード、ソフトウェアスタンバイモード、またはスヌーズモード時に IWDT カウント継続) の場合、MCU がスリープモードへ遷移しても IWDT はカウントを継続します。

WDT がオートスタートモードであり、かつ OFS0.WDTSTPCTL ビットが 1 (スリープモード時に WDT カウント停止) の場合、MCU がスリープモードへ遷移すると WDT はカウントを停止します。同様に、WDT がレジスタスタートモードであり、かつ WDTCS1PR.SLCSTP ビットが 1 (スリープモード時に WDT カウント停止) の場合、MCU がスリープモードへ遷移すると WDT はカウントを停止します。

WDT がオートスタートモードであり、かつ OFS0.WDTSTPCTL ビットが 0 (スリープモード時に WDT カウント継続) の場合、MCU がスリープモードへ遷移しても WDT はカウントを継続します。同様に、WDT がレジスタスタートモードであり、かつ WDTCS1PR.SLCSTP ビットが 0 (スリープモード時に WDT カウント継続) の場合、MCU がスリープモードへ遷移しても WDT はカウントを継続します。

11.6.2 スリープモードの解除

スリープモードは、割り込みによって解除されます：

- RES 端子リセット
- パワーオンリセット
- 電圧監視リセット
- SRAM パリティエラーリセット
- SRAM ECC エラーリセット
- バスマスタ MPU エラーリセット
- バススレーブ MPU エラーリセット
- IWDT または WDT アンダーフローによるリセット

動作は以下の通りです：

1. 割り込みによる解除
利用可能な割り込み要求が発生すると、スリープモードが解除されて、MCU は割り込み処理を開始します。
2. RES 端子リセットによる解除
RES 端子を Low にすると、MCU はリセット状態になります。「[48. 電気的特性](#)」に示す規定の期間に従って、RES 端子を Low に保つようにしてください。規定の期間が経過した後、RES 端子を High にすると、CPU はリセット例外処理を開始します。
3. IWDT リセットによる解除
IWDT アンダーフローによる内部リセットが発生すると、スリープモードが解除されて、MCU はリセット例外処理を開始します。ただし、下記の条件下では、スリープモード時に IWDT が停止して、スリープモードを解除するための内部リセットが発生しません。
 - OFS0.IWDTSTRT = 0 かつ OFS0.IWDTSTPCTL = 1

4. WDT リセットによる解除

WDT アンダーフローによる内部リセットが発生すると、スリープモードが解除されて、MCU はリセット例外処理を開始します。ただし、下記の条件下では、通常モード時にカウントしている場合でも WDT はスリープモードで停止して、スリープモードを解除するための内部リセットが発生しません。

- OFS0.WDTSTRT = 0 (オートスタートモード) かつ OFS0.WDTSTPCTL = 1
- OFS0.WDTSTRT = 1 (レジスタスタートモード) かつ WDTCSSTPR.SLCSTP = 1

5. スリープモードで利用可能な他のリセットによる解除

その他の利用可能なリセットによってスリープモードは解除され、MCU はリセット例外処理を開始します。

注 . 割り込みの正しい設定方法については、「[14. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。

11.7 ソフトウェアスタンバイモード

11.7.1 ソフトウェアスタンバイモードへの遷移

SBYCR.SSBY ビットが1の状態では WFI 命令を実行すると、MCU はソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。このモードでは、CPU、ほとんどの内蔵周辺機能、および発振器が停止します。ただし、CPU の内部レジスタの値と SRAM データ、内蔵周辺機能と I/O ポートの状態は保持されます。ソフトウェアスタンバイモードでは、ほとんどの発振器が停止するため、消費電力が大幅に削減されます。表 11.2 には、各内蔵周辺機能と発振器の状態が示されています。ソフトウェアスタンバイモードで利用可能なリセットまたは割り込みが発生すると、ソフトウェアスタンバイモードが解除されます。利用可能な割り込み要因については表 11.3 を、ソフトウェアスタンバイモードから復帰させる方法については、14.2.9 ウェイクアップ割り込みネーブルレジスタ (WUPEN) を参照してください。割り込みを使用してソフトウェアスタンバイモードを解除する場合、WFI 命令の実行前に、対応する IELSRn レジスタを設定する必要があります。詳細は、「14. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

スヌーズモード時に DTC を使用する場合を除き、DMAST.DMST ビットと DTCST.DTCST ビットを0に設定してから WFI 命令を実行してください。スヌーズモード時に DTC が必要な場合は、DTCST.DTCST ビットを1にしてから WFI 命令を実行してください。

IWDT がオートスタートモードであり、かつ OFS0.IWDTSTPCTL ビットが1 (スリープモード、ソフトウェアスタンバイモード、およびスヌーズモード時に IWDT カウント停止) の場合、MCU がソフトウェアスタンバイモードへ遷移すると IWDT はカウントを停止します。IWDT がオートスタートモードであり、かつ OFS0.IWDTSTPCTL ビットが0 (スリープモード、ソフトウェアスタンバイモード、またはスヌーズモード時に IWDT カウント継続) の場合、MCU がソフトウェアスタンバイモードへ遷移しても IWDT はカウントを継続します。

MCU がソフトウェアスタンバイモードへ遷移すると、WDT はカウントを停止します。

OSTDCR.OSTDE = 1 (発振停止検出機能が有効) の状態で、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移しないでください。ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、発振停止検出機能を無効 (OSTDCR.OSTDE = 0) にした後、WFI 命令を実行してください。OSTDCR.OSTDE = 1 の状態で WFI 命令を実行すると、SBYCR.SSBY = 1 であっても、MCU はスリープモードへ遷移します。また、フラッシュメモリのプログラム/イレース処理中は、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移しないでください。ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、プログラム/イレース処理が完了してから WFI 命令を実行してください。

11.7.2 ソフトウェアスタンバイモードの解除

ソフトウェアスタンバイモードは以下の要因により解除されます。

- [表 11.3](#) に示す利用可能な割り込み
- RES 端子リセット
- パワーオンリセット
- 電圧監視リセット
- IWDT アンダーフローによるリセット

ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に動作していた発振器が動作を再開します。すべての発振器が安定してから、MCU はソフトウェアスタンバイモードから通常モードへ復帰します。ソフトウェアスタンバイモードから復帰させる方法については、[14.2.9 ウェイクアップ割り込みイネーブルレジスタ \(WUPEN\)](#) を参照してください。

以下の方法のいずれかによって、ソフトウェアスタンバイモードを解除できます。

1. 割り込みによる解除
利用可能な割り込み要求 ([表 11.3](#) を参照) が発生すると、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に動作していた発振器が動作を再開します。すべての発振器が安定してから、MCU はソフトウェアスタンバイモードから通常モードへ復帰し、割り込み処理を開始します。
2. RES 端子リセットによる解除
RES 端子を Low にすると、MCU はリセット状態に遷移し、デフォルト状態で動作している発振器が発振を開始します。「[48. 電气的特性](#)」に示す規定の期間に従って、RES 端子を Low に保つようしてください。規定の期間が経過した後、RES 端子を High にすると、CPU はリセット例外処理を開始します。
3. パワーオンリセットによる解除
パワーオンリセットによってソフトウェアスタンバイモードが解除され、MCU はリセット例外処理を開始します。
4. 電圧監視リセットによる解除
電圧検出回路による電圧監視リセットによってソフトウェアスタンバイモードが解除され、MCU はリセット例外処理を開始します。
5. IWDT リセットによる解除
IWDT アンダーフローによる内部リセットが発生すると、ソフトウェアスタンバイモードが解除され、MCU はリセット例外処理を開始します。ただし、下記の条件下では、ソフトウェアスタンバイモード時に IWDT が停止して、ソフトウェアスタンバイモードを解除するための内部リセットが発生しません。
 - `OFS0.IWDTSTRT = 0` かつ `OFS0.IWDTSTPCTL = 1`

11.7.3 ソフトウェアスタンバイモードの応用例

IRQn 端子の立ち下がりエッジ検出時のソフトウェアスタンバイモードへの遷移と、IRQn 端子の立ち上がりエッジによるソフトウェアスタンバイモードの解除の例を図 11.7 に示します。

この例では、通常モードにおいて、ICU の IRQCRI.IRQMD[1:0] ビットが 01b (立ち下がりエッジ) の状態で IRQn 端子の割り込みを受け付けた後、IRQCRI.IRQMD[1:0] ビットを 10b (立ち上がりエッジ) にしています。続いて、SBYCR.SSBY ビットを 1 にした後、WFI 命令を実行しています。その結果、ソフトウェアスタンバイモードへの遷移が完了し、その後、IRQn 端子の立ち上がりエッジによってソフトウェアスタンバイモードが解除されます。

ソフトウェアスタンバイモードからの復帰には、ICU の設定も必要になります。詳細は、「14. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。図 11.7 の発振安定時間については、「48. 電気的特性」に示されています。

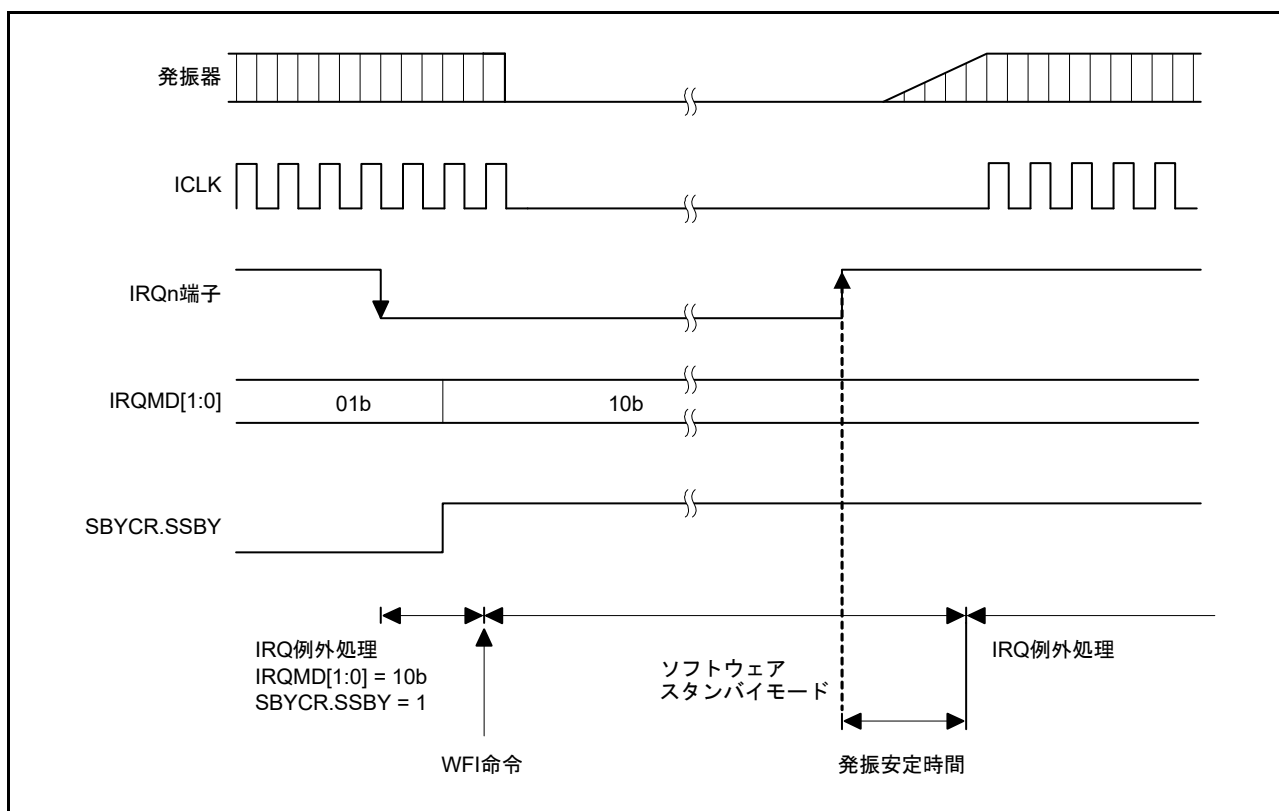


図 11.7 ソフトウェアスタンバイモードの応用例

11.8 スヌーズモード

11.8.1 スヌーズモードへの遷移

図 11.8 に、スヌーズモードエントリの構成を示します。ソフトウェアスタンバイモード時に、スヌーズ制御回路がスヌーズ要求を受信すると、MCU はスヌーズモードへ遷移します。このモードでは、CPU が復帰していなくても一部の周辺モジュールは動作します。スヌーズモードで動作可能な周辺モジュールを、表 11.2 各低消費電力モードの動作状態に示します。また、スヌーズモード時の DTC の動作は、SNZCR.SNZDTCEN ビットで選択できます。

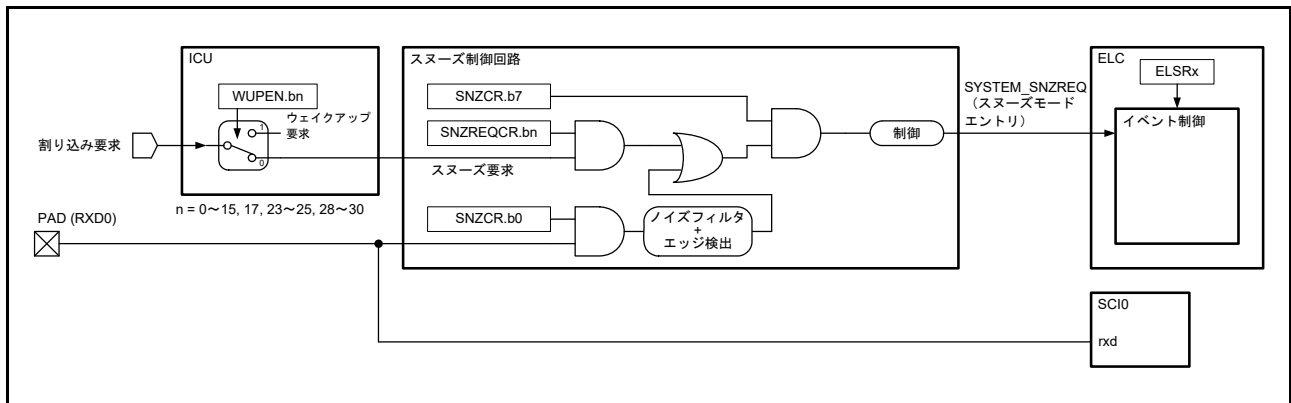


図 11.8 スヌーズモードエントリの構成

表 11.6 に、ソフトウェアスタンバイモードからスヌーズモードへの切り替えに利用可能なスヌーズ要求を示します。これらのスヌーズ要求をスヌーズモードへ切り替えるためのトリガとして使用するには、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に、SNZREQCR レジスタの対応する SNZREQENn ビット、または SNZCR レジスタの RXDREQEN ビットを設定する必要があります。同時に複数のスヌーズ要求を有効にしないでください。

表 11.6 スヌーズモードへの切り替えに利用可能なスヌーズ要求

| スヌーズ要求 | コントロールレジスタ | |
|--|------------|----------------------|
| | レジスタ | ビット |
| PORT_IRQn (n = 0~4, 6, 7, 9, 11, 14, 15) | SNZREQCR | SNZREQENn (n = 0~15) |
| KEY_INTKR | SNZREQCR | SNZREQEN17 |
| ACMP_LP0 | SNZREQCR | SNZREQEN23 |
| RTC_ALM | SNZREQCR | SNZREQEN24 |
| RTC_PRD | SNZREQCR | SNZREQEN25 |
| AGT1_AGTI | SNZREQCR | SNZREQEN28 |
| AGT1_AGTCMAI | SNZREQCR | SNZREQEN29 |
| AGT1_AGTCMBI | SNZREQCR | SNZREQEN30 |
| RXD0立ち下がリエッジ | SNZCR | RXDREQEN (注1) |

注 1. 調歩同期式モード以外の場合、RXDREQEN ビットを 1 にしないでください。

11.8.2 スヌーズモードの解除

スヌーズモードは、ソフトウェアスタンバイモードで利用可能な割り込み要求、またはすべてのリセットで解除されます。各モードを解除するために使用可能な要求を、表 11.3 に示します。スヌーズモードの解除後、MCU は通常モードへ遷移して、該当の割り込みまたはリセットの例外処理を開始します。SELSR0 レジスタで選択した割り込み要求によって引き起こされる動作が、スヌーズモードを解除します。スヌーズモードを解除するための割り込みは、対応する割り込み処理の NVIC とリンクさせるため、IELSRn (n = 0 ~ 31) で選択する必要があります。SELSR0 レジスタと IELSRn レジスタについては、「14. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

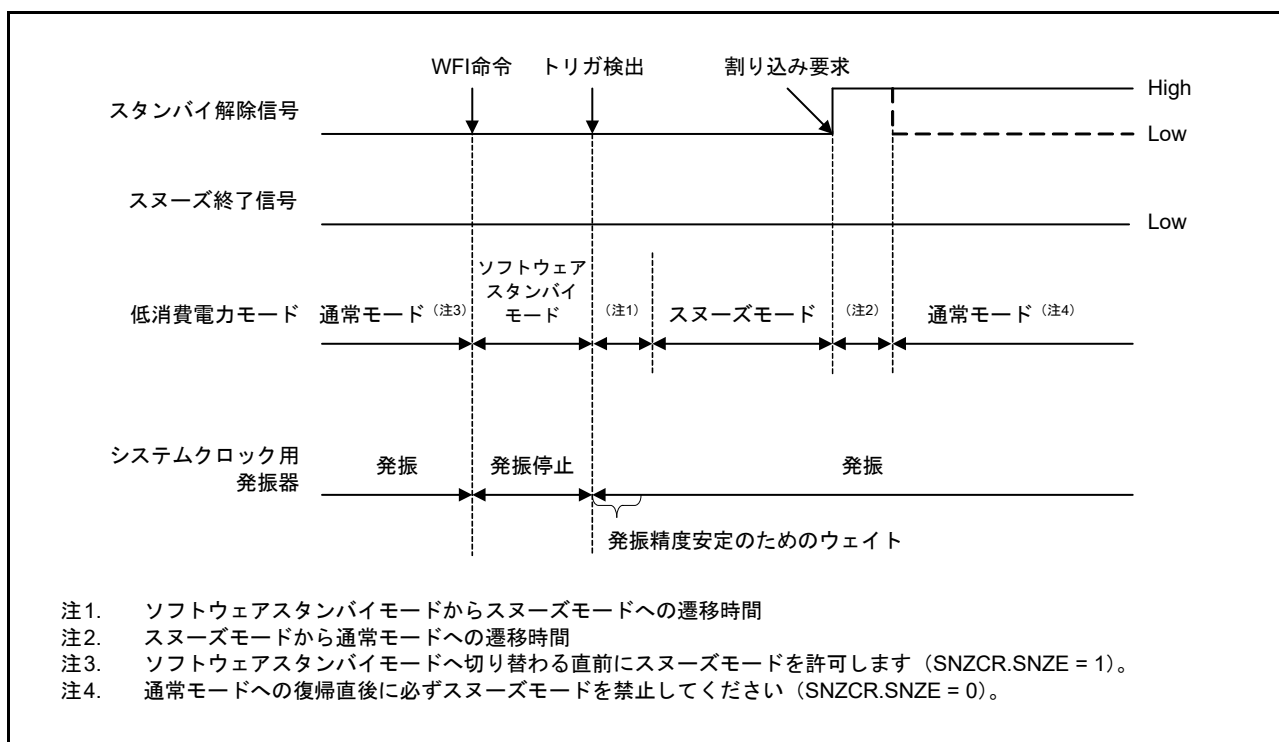


図 11.9 スヌーズモード時に割り込み要求信号が発生する場合

11.8.3 ソフトウェアスタンバイモードへの復帰

表 11.7 に、ソフトウェアスタンバイモードへ復帰するためのトリガとして使用可能なスヌーズ終了要求を示します。スヌーズ終了要求は、スヌーズモードでのみ利用可能です。MCU がスヌーズモード状態でないときに要求が発生しても、それらは無視されます。複数の要求を選択した場合、それぞれの要求がスヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの遷移を行います。

表 11.8 に、スヌーズ終了条件を構成するスヌーズ終了要求と周辺モジュールの条件を示します。CTSU、SCI0、ADC140、および DTC は、それらの動作が完了するまで MCU をスヌーズモード状態に保ちます。ただし、ソフトウェアスタンバイモードへの復帰トリガとしての AGT1 アンダーフローは、SCI0 の動作完了を待たずにスヌーズモードを解除します。

図 11.10 に、スヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへ遷移する際のタイミング図を示します。このようなモード遷移は、SNZEDCR レジスタで設定したスヌーズ終了要求に従って発生します。ソフトウェアスタンバイモードへ遷移後、スヌーズ要求は自動的にクリアされます。

表 11.7 利用可能なスヌーズ終了要求（ソフトウェアスタンバイモードへの遷移トリガ）

| スヌーズ終了要求 | 許可/禁止制御 | |
|--|---------|-----|
| | レジスタ | ビット |
| AGT1 アンダーフローまたは測定終了 (AGT1_AGTI) | SNZEDCR | b0 |
| DTC 転送終了時 (DTC_COMPLETE) | SNZEDCR | b1 |
| DTC 転送終了前 (DTC_TRANSFER) | SNZEDCR | b2 |
| ADC140 ウィンドウ A/B コンペアマッチ (ADC140_WCMPPM) | SNZEDCR | b3 |
| ADC140 ウィンドウ A/B コンペア不一致 (ADC140_WCMPUM) | SNZEDCR | b4 |
| SCI0 アドレス不一致 (SCI0_DCUF) | SNZEDCR | b7 |

表 11.8 スヌーズ終了条件

| スヌーズ終了要求発生時の動作モジュール | スヌーズ終了要求 | |
|---------------------|--|---|
| | AGT1 アンダーフロー | AGT1 アンダーフロー以外 |
| DTC | 左記の全モジュールの動作完了後、MCU はソフトウェアスタンバイモードへ遷移する。 | 左記の全モジュールの動作完了後、MCU はソフトウェアスタンバイモードへ遷移する。 |
| ADC140 | | |
| CTSU | | |
| SCI0 | スヌーズ終了要求の発生後、MCU はただちにソフトウェアスタンバイモードへ遷移する。 | |
| 上記以外 | スヌーズ終了要求の発生後、MCU はただちにソフトウェアスタンバイモードへ遷移する。 | |

注． DTC を用いて ADC140、CTSU、または SCI を起動した場合は、スヌーズ終了要求の発生後、MCU はソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。

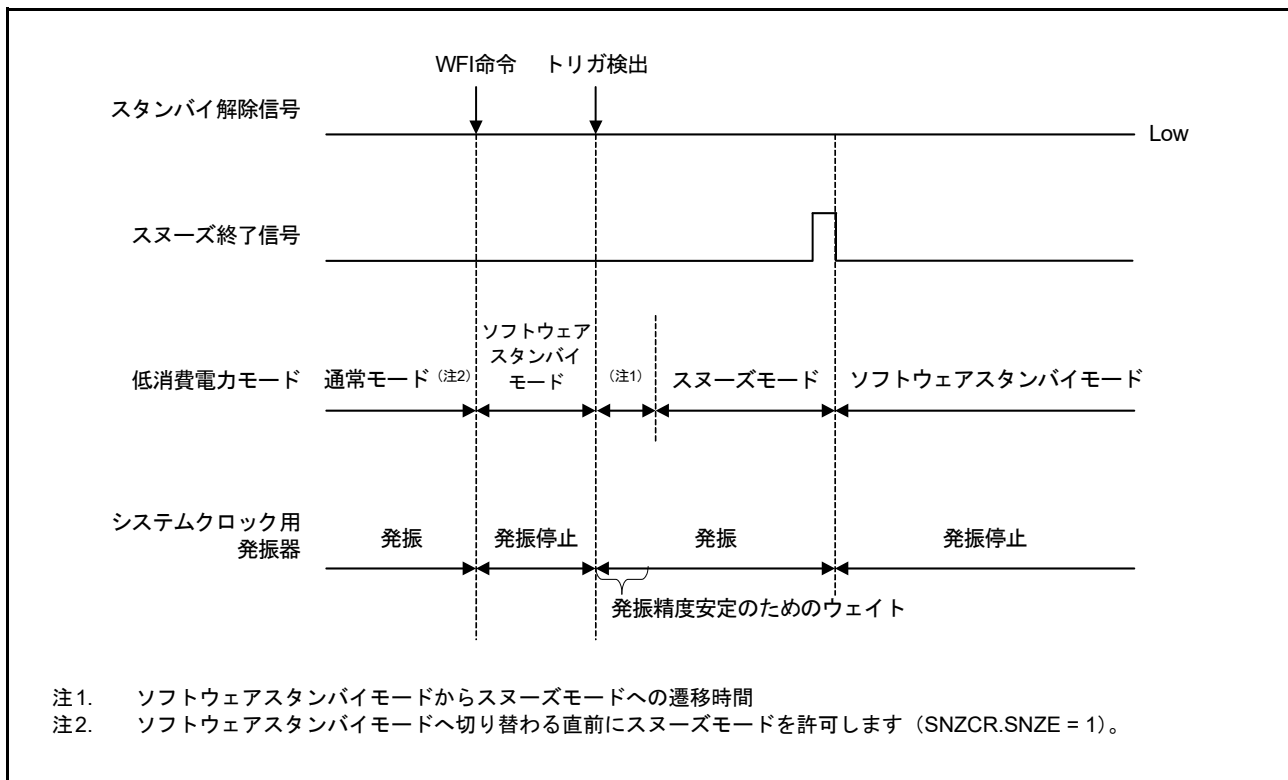


図 11.10 スヌーズモード時に割り込み要求信号が発生しない場合

11.8.4 スヌーズモードの動作例

図 11.11 に、スヌーズモードで ELC を使用する場合の設定例を示します。

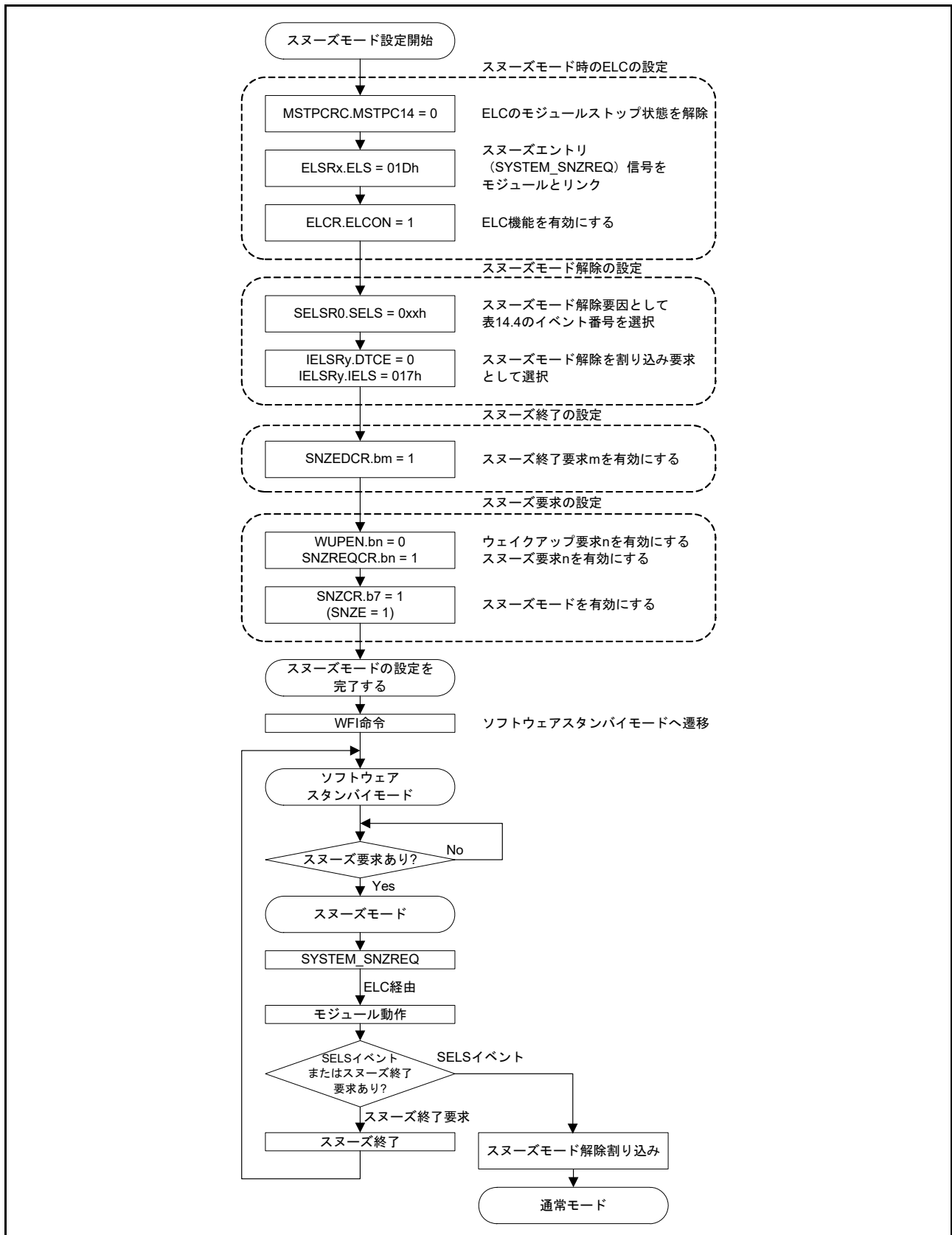


図 11.11 スヌーズモードで ELC を使用するための設定例

本 MCU は、CPU を介さずに SCI0 の調歩同期式モードでデータの送受信が可能です。表 11.9 および表 11.10 に、スヌーズモードにおける SCI0 の最大転送速度を示します。スヌーズモードで SCI0 を使用する場合、以下の動作モードのいずれかを使用してください：

- High-speed モード
- Middle-speed モード
- Low-speed モード

Low-voltage モードと Subosc-speed モードは使用しないでください。

表 11.9 および表 11.10 に、スヌーズモードにおける SCI0 の最大転送速度を示します。SCI0 をスヌーズモードで使用している場合は BGDM ビットを 0 に、ABCS ビットを 0 に、ABCSE ビットを 0 にしてください。詳細は、「29. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)」を参照してください。

High-speed モード、Middle-speed モード、Low-speed モード

表 11.9 HOCO: $\pm 1.0\%$ ($T_a = -20 \sim +85^\circ\text{C}$)

(単位 : bps)

| ICLK, PCLKA, PCLKB, PCLKC, PCLKD, FCLK, TRCLK の 最大分周比 | HOCO 周波数 | | | |
|---|-----------|-----------|-------|-------|
| | 24MHz | 32MHz | 48MHz | 64MHz |
| 1 | 9600 (注1) | — | — | — |
| 2 | 9600 (注2) | 9600 (注4) | 4800 | — |
| 4 | 9600 (注3) | 9600 (注5) | 4800 | 2400 |
| 8 | 4800 | 4800 | 4800 | 2400 |
| 16 | 4800 | 4800 | 4800 | 2400 |
| 32 | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 |
| 64 | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 |

注 1. 9600bps の場合は、SCI0.SMR.CKS[1:0] = 00b、SCI0.SEMR.BRME = 1、SCI0.BRR = 3Dh、SCI0.MDDR = CEh を使用する必要があります。

注 2. 9600bps の場合は、SCI0.SMR.CKS[1:0] = 00b、SCI0.SEMR.BRME = 1、SCI0.BRR = 1Eh、SCI0.MDDR = CEh を使用する必要があります。

注 3. 9600bps の場合は、SCI0.SMR.CKS[1:0] = 00b、SCI0.SEMR.BRME = 1、SCI0.BRR = 0Dh、SCI0.MDDR = BAh を使用する必要があります。

注 4. 9600bps の場合は、SCI0.SMR.CKS[1:0] = 00b、SCI0.SEMR.BRME = 1、SCI0.BRR = 32h、SCI0.MDDR = FEh を使用する必要があります。

注 5. 9600bps の場合は、SCI0.SMR.CKS[1:0] = 00b、SCI0.SEMR.BRME = 1、SCI0.BRR = 18h、SCI0.MDDR = F9h を使用する必要があります。

High-speed モード、Middle-speed モード、Low-speed モード

表 11.10 HOCO: $\pm 2.0\%$ ($T_a = -40 \sim -20^\circ\text{C}$)

(単位 : bps)

| ICLK, PCLKA, PCLKB, PCLKC, PCLKD, FCLK, TRCLK の 最大分周比 | HOCO 周波数 | | | |
|---|----------|-------|-------|-------|
| | 24MHz | 32MHz | 48MHz | 64MHz |
| 1 | 2400 | — | — | — |
| 2 | 2400 | 2400 | 2400 | — |
| 4 | 2400 | 2400 | 2400 | 1200 |
| 8 | 2400 | 2400 | 2400 | 1200 |
| 16 | 2400 | 2400 | 2400 | 1200 |
| 32 | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 |
| 64 | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 |

図 11.12 に、スヌーズモードエントリで SCIO を使用する場合の設定例を示します。

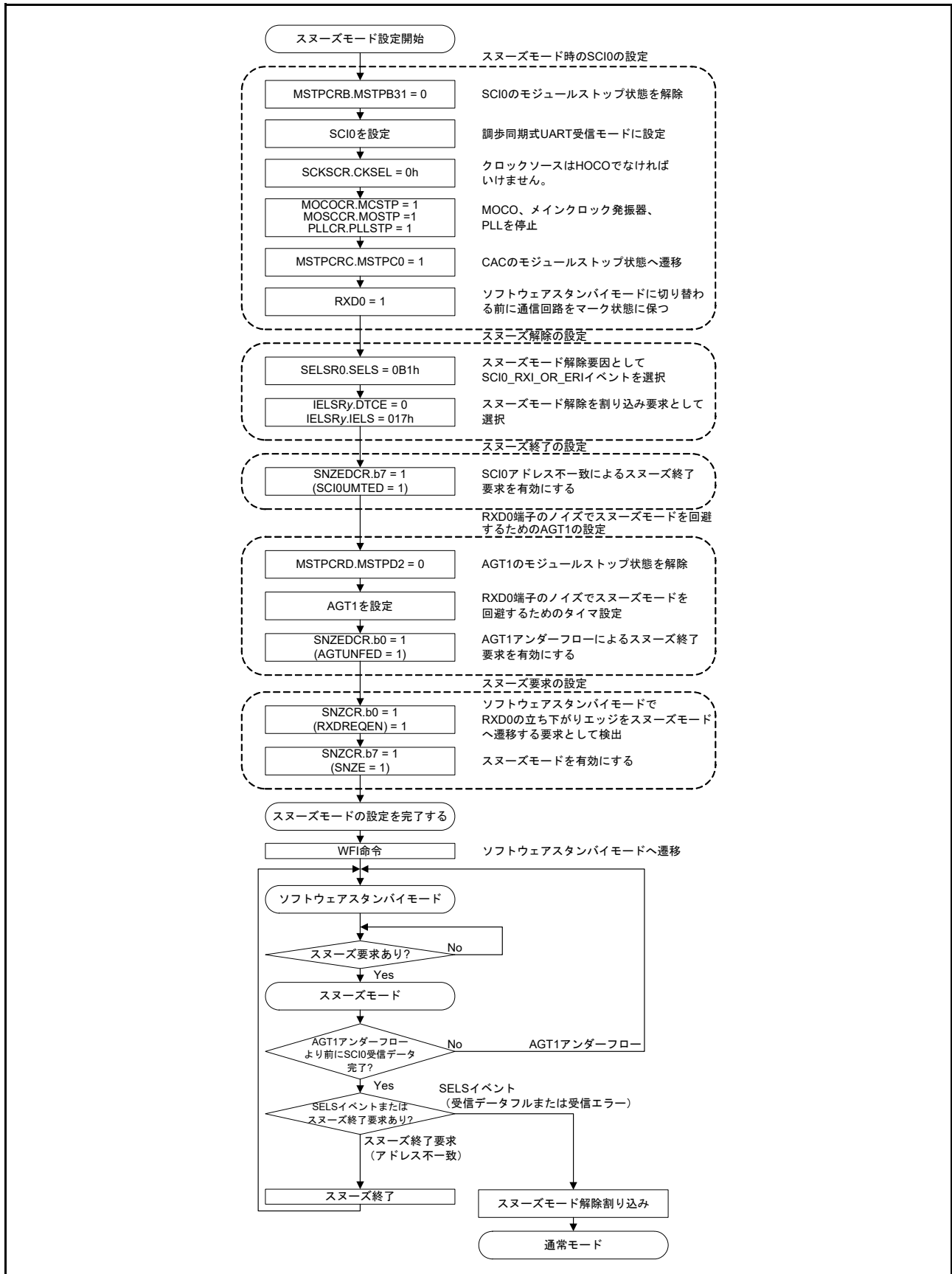


図 11.12 スヌーズモードエントリで SCIO を使用するための設定例

11.9 使用上の注意事項

11.9.1 レジスタアクセス

(1) 下記の条件のいずれかに当てはまる場合、下記のレジスタに書き込まないでください。

[レジスタ]

- SYSTEM という周辺名をもつ全レジスタ

[条件]

- OPCCR.OPCMTSF = 1 または SOPCCR.SOPCMTSF = 1 (動作電力制御モードへの遷移中)
- WFI 命令の実行から、通常モードへ復帰するまでの期間中
- FENTRYR.FENTRY0 = 1 または FENTRYR.FENTRYD = 1 (フラッシュ P/E モード、データフラッシュ P/E モード)
- FLSTOP.FLSTPF = 1 (遷移中)

(2) クロック関連レジスタの有効な設定値

表 11.11 と表 11.12 に、各動作電力制御モードにおけるクロック関連レジスタの有効な設定値を示します。これら有効な設定値以外を書き込まないようにしてください。書き込んでも無視されます。また、各レジスタには、動作電力制御モード以外の特定の条件下で禁止される設定値もあります。各レジスタに対する他の条件については、「9. クロック発生回路」を参照してください。

表 11.11 クロック関連レジスタに対する有効な設定値 (1)

| モード | 有効な設定値 | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|---|--|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| | SCKSCR. CKSEL[2:0], CKOCR. CKOSEL[2:0] | SCKDIVCR. FCK[2:0], SCKDIVCR. ICK[2:0] | SLCDSCSCR. LCDSCSEL[2:0] | PLLCR. PLLSTP | HOCOOCR. HCSTP | MOCOOCR. MCSTP | LOCOOCR. LCSTP | MOSCCR. MOSTP | SOSCCR. SOSTP |
| High-speed, Middle-speed | 000b (HOCO) 001b (MOCO) 010b (LOCO) 011b (MOSC) 100b (SOSC) 101b (PLL) (注1) | 000b (1/1) 001b (1/2) 010b (1/4) 011b (1/8) 100b (1/16) 101b (1/32) 110b (1/64) | 000b (LOCO) 001b (SOSC) 010b (MOSC) 011b (HOCO) | 0 (動作) 1 (停止) | 0 (動作) 1 (停止) | 0 (動作) 1 (停止) | 0 (動作) 1 (停止) | 0 (動作) 1 (停止) | 0 (動作) 1 (停止) |
| Low-speed, Low-voltage | 000b (HOCO) 001b (MOCO) 010b (LOCO) 011b (MOSC) 100b (SOSC) | | | 1 (停止) | | | | | |
| Subosc-speed | 010b (LOCO) 100b (SOSC) | 000b (1/1) | 000b (LOCO) 001b (SOSC) | 1 (停止) | 1 (停止) | 1 (停止) | 0 (動作) 1 (停止) | 1 (停止) | 0 (動作) 1 (停止) |

注 1. SCKSCR.CKSEL[2:0] のみ

表 11.12 クロック関連レジスタの有効な設定値 (2)

| 動作発振器 | 有効な設定値 | |
|------------------|--------------|--------------------|
| | SOPCCR.SOPCM | OPCCR.OPCM[1:0] |
| PLL | 0 | 00b, 01b |
| 高速オンチップオシレータ | 0 | 00b, 01b, 10b, 11b |
| 中速オンチップオシレータ | | |
| メインクロック発振器 | | |
| 低速オンチップオシレータ | 0, 1 | 00b, 01b, 10b, 11b |
| サブクロック発振器 | | |
| IWDT専用オンチップオシレータ | | |

(3) 下記の条件に当てはまる場合、下記のレジスタに書き込まないでください。

[レジスタ]

- SCKSCR, OPCCR

[条件]

- SOPCCR.SOPCM = 1 (Subosc-speed モード)

(4) DTC または DMAC によって、下記のレジスタに書き込まないでください。

[レジスタ]

- MSTPCRA

(5) スヌーズモード時に、下記のレジスタに書き込まないでください。これらのレジスタの設定は、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に行ってください。

[レジスタ]

- SNZCR, SNZEDCR, SNZREQCR

(6) 下記の条件のいずれかに当てはまる場合、FLSTOP.FLSTOP ビットを 1 にしないでください。

[条件]

- SOPCCR.SOPCM = 0、OPCCR.OPCM[1:0] = 00b (High-speed モード)
- SOPCCR.SOPCM = 0、OPCCR.OPCM[1:0] = 01b (Middle-speed モード)
- SOPCCR.SOPCM = 0、OPCCR.OPCM[1:0] = 11b (Low-speed モード)
- SOPCCR.SOPCM = 1 (Subosc-speed モード)

(7) 下記の条件のいずれかに当てはまる場合、MEMWAIT.MEMWAIT ビットを 1 にしないでください。

[条件]

- SOPCCR.SOPCM = 0、OPCCR.OPCM[1:0] = 01 (Middle-speed モード)
- SOPCCR.SOPCM = 0、OPCCR.OPCM[1:0] = 10 (Low-voltage モード)
- SOPCCR.SOPCM = 0、OPCCR.OPCM[1:0] = 11 (Low-speed モード)
- SOPCCR.SOPCM = 1 (Subosc-speed モード)

(8) PRCR.PRC1 ビットが 0 の場合、下記のレジスタに対する書き込みは無効です。

[レジスタ]

- SBYCR, SNZCR, SNZEDCR, SNZREQCR, FLSTOP, PSMCR, OPCCR, SOPCCR

11.9.2 I/O ポートの状態

ソフトウェアスタンバイモードおよびスヌーズモード（スヌーズモード時に書き換える場合を除く）における I/O ポートの状態は、各モードへ遷移する前と同じです。したがって、High を出力している間、供給電流は低減されません。

11.9.3 DMAC と DTC のモジュールストップ状態

MSTPCRA.MSTPA22 ビットを 1 にする前に、DMAC の DMAST.DMST ビットと、DTC の DTCST.DTCST ビットを 0 にしてください。詳細は、「[17. DMA コントローラ \(DMAC\)](#)」と「[18. データトランスファコントローラ \(DTC\)](#)」を参照してください。

11.9.4 内部割り込み要因

モジュールストップ状態では、割り込みの動作ができません。割り込み要求が発生した状態でモジュールストップビットを設定すると、CPU の割り込み要因または DMAC、DTC の起動要因のクリアができません。そのため、事前に対応する割り込みを禁止してから、モジュールストップビットを設定してください。

11.9.5 低消費電力モードへの遷移

本 MCU はイベントによるウェイクアップをサポートしていないため、WFE 命令の実行によって低消費電力モード（スリープモードまたはソフトウェアスタンバイモード）へ遷移させないでください。また、本 MCU は SLEEPDEEP による低消費電力モードをサポートしていないため、Cortex[®]-M4 コアが内蔵するシステムコントロールレジスタの SLEEPDEEP ビットは設定しないでください。

11.9.6 WFI 命令のタイミング

WFI 命令は、I/O レジスタと CS 領域の書き込みが完了する前に実行されることがあり、その場合、意図しない動作を起こす恐れがあります。これは、I/O レジスタおよび CS 領域への書き込み直後に WFI 命令が実行された場合に生じます。この問題を避けるには、書き込まれたレジスタおよび CS 領域を読み戻すことにより、書き込みの完了を確認することが推奨されます。たとえば、WFI 命令の実行前に MSTPCRB レジスタを読み出すことにより、I/O レジスタへの書き込みを完了させる時間を確保することが可能です。

11.9.7 スリープモード／スヌーズモード時の DMAC または DTC による WDT/IWDT レジスタの書き込みについて

スリープモードやスヌーズモードへ遷移すると WDT や IWDT が停止します。停止中は、DMAC または DTC によって WDT または IWDT 関連のレジスタを書き換えしないでください。

11.9.8 スヌーズモードにおける発振器について

ソフトウェアスタンバイモードへ遷移して停止した発振器は、スヌーズモードへの切り替えトリガが発生すると、自動的に動作を再開します。すべての発振器が安定するまで、MCUはスヌーズモードへ遷移しません。スヌーズモード時には、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に、必ずスヌーズモードで不要な発振器を無効にしてください。そうしないと、ソフトウェアスタンバイモードからスヌーズモードへの遷移に時間がかかります。

11.9.9 RXD0の立ち下がりエッジによるスヌーズモードエントリ

SNZCR.RXDREQENビットが1の場合、RXD0端子のノイズが原因で、MCUがソフトウェアスタンバイモードからスヌーズモードへ遷移する場合があります。またRXD0端子のノイズによって、スヌーズモード時に後続のRXD0データを受信する可能性があります。ノイズ発生後、MCUがRXD0データを受信しなければ、割り込み(SCI0_ERIやSCI0_RXIなど)もアドレス不一致イベントも発生せず、MCUはスヌーズモードを維持します。この問題を避けるには、スヌーズモードでSCI0を使用する場合、AGT1アンダーフロー割り込みを用いてソフトウェアスタンバイモードまたは通常モードへ復帰するようにしてください。ただしSCI通信中は、AGT1アンダーフロー割り込みがソフトウェアスタンバイモードへの復帰要因とならないようにAGT1を設定してください。これは、SCI0の動作を中途半端に停止させます。

11.9.10 スヌーズモードにおけるSCI0の使用

スヌーズモードでSCI0を使用する場合、AGT1アンダーフロー以外のウェイクアップ要求を使用しないでください。

スヌーズモードでSCI0を使用する場合は、下記の条件が満たされなければいけません。

- クロックソースはHOCOであること
- MOCO、メインクロック発振器、およびPLLは、ソフトウェアスタンバイモード遷移前に停止していること
- RXD0端子は、ソフトウェアスタンバイモード遷移前にHighレベルを維持していること
- SCI通信中は、ソフトウェアスタンバイモードへの遷移が生じないこと
- ソフトウェアスタンバイモード遷移前に、MSTPCRC.MSTPC0ビットが1であること

11.9.11 スヌーズモードにおけるA/D変換開始条件

スヌーズモードでは、ELCのみがA/Dコンバータの開始トリガとなれます。ソフトウェアトリガやADTRG0端子は使用しないでください。

11.9.12 スヌーズモードにおけるCTSUの条件

スヌーズモードでは、ELCのみがCTSUを起動できます。

11.9.13 スヌーズモードにおける ELC イベント

スヌーズモードで利用可能な ELC イベントを下記に示します。これ以外のイベントは使用しないでください。スヌーズモードへ遷移後、初めて周辺モジュールを起動する場合は、イベントリンク設定レジスタ (ELSRn) において、スヌーズモードエントリイベント (SYSTEM_SNZREQ) をトリガとして設定する必要があります。

- スヌーズモードエントリ (SYSTEM_SNZREQ)
- DTC 転送終了 (DTC_DTCEND)
- ADC140 ウィンドウ A/B コンペアマッチ (ADC140_WCMPPM)
- ADC140 ウィンドウ A/B コンペア不一致 (ADC140_WCMPUM)
- データ演算回路割り込み (DOC_DOPCI)

11.9.14 ADC140 に対するモジュールストップ機能

ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、ADC140 をモジュールストップ状態に設定して消費電力を削減することが推奨されます。この場合、DTC を用いて ADC140 のモジュールストップ状態を解除すると、スヌーズモードで ADC140 が利用可能になります。同様に、スヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへ復帰する前に、DTC を使用してモジュールストップ状態に戻してください。

11.9.15 未使用回路に対するモジュールストップ機能

ユーザモードで使用されない回路はリセットされない可能性があります。また、MCU のリセット中はクロックが供給されないため不安定な状態のまま動作する恐れもあります。このような場合は、MCU が Low-speed モードまたはソフトウェアスタンバイモードへ遷移すると、供給電流が、本ユーザーズマニュアルで指定された値よりも最大で 600 μ A 高い値に上昇する可能性があります。未使用回路は図 11.13 に示す手順を用いて初期化してください。

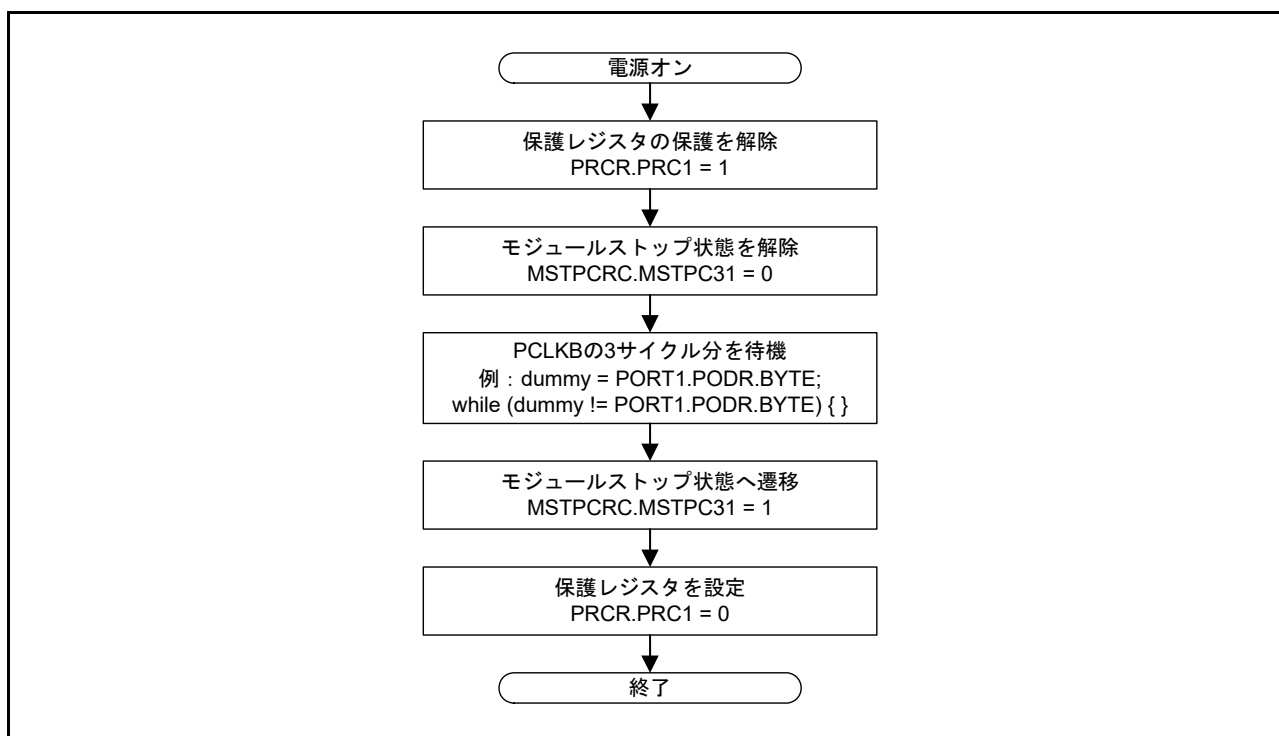


図 11.13 未使用回路の初期設定フロー例

12. バッテリバックアップ機能

12.1 概要

本 MCU は電力損失が生じた場合にバッテリーによる部分給電を維持するバッテリーバックアップ機能を提供します。VCC 端子と VBATT 端子の切り替えによるバッテリー電源領域には、RTC、SOSC、LOCO、ウェイクアップコントロール/バックアップメモリ、VBATT_R 低電圧検出、および VBATT 低電圧検出が含まれます。

正常に動作しているとき、バッテリー電源領域には主電源（VCC 端子）から電源が供給されます。VCC 端子に電圧降下が検出されると、電源は専用のバッテリーバックアップ用電源端子（VBATT 端子）に切り替わります。そして電圧が上昇すると、電源は再び VBATT 端子から VCC 端子へ切り替わります。VBATT ウェイクアップ入出力端子の構成を表 12.1 に示します。

表 12.1 VBATT ウェイクアップ入出力端子の構成

| 端子名 | 入出力 | 機能 |
|----------|-----|---|
| VBATWIO0 | 入出力 | VBATT ウェイクアップコントロール機能用のウェイクアップ信号出力 VBATT ウェイクアップコントロール機能用の外部イベント入力 |

12.1.1 バッテリバックアップ機能

以下の機能で構成されます。

- バッテリ電源スイッチ
- VBATT 端子低電圧検出
- VBATT_R 低電圧検出
- バックアップレジスタ
- VBATT ウェイクアップコントロール機能
- 時間キャプチャ端子検出

12.1.2 バッテリ電源スイッチ

VCC 端子の印加電圧が低下すると、この機能によって、電源が VCC 端子から VBATT 端子に切り替わります。そして電圧が上昇すると、再び VBATT 端子から VCC 端子へ切り替わります。この切り替えは VBTCR1.BPWSWSTP ビットで制御されます。デフォルトで切り替えは有効ですが、VBTCR1.BPWSWSTP ビットを 1 にすることで無効にできます。

12.1.3 VBATT 端子低電圧検出

バッテリー電源領域は、VBATT 端子の低電圧検出機能によってサポートされています。この機能は、VBATT 端子へ供給される電圧状態を監視します。この電源の低電圧状態を検出することが可能です。VBATT ステータスレジスタには、低電圧検出をチェックするフラグがあります。

12.1.4 VBATT_R 低電圧検出

バッテリー電源領域は、VBATT_R 低電圧検出機能によってサポートされています。この機能は、VBATT_R の電圧レベルを監視します。VBATT_R とは、バッテリー電源スイッチの出力電圧です。低電圧検出によって VBATT_POR リセットが発生し、バッテリー電源領域が初期化されます。詳細は、各レジスタの説明を参照してください。VBATT ステータスレジスタには、低電圧検出をチェックするフラグがあります。

12.1.5 バックアップレジスタ

バッテリー電源領域には、512 個の 1 バイトバックアップレジスタが搭載されています。これらのレジスタは、電源が VBATT 端子に供給され、VCC 端子がパワーオフ状態にあるときに限りデータを保持します。このメモリは VBATT 端子の低電圧検出によってチェックされます。

12.1.6 VBATT ウェイクアップコントロール機能

VBATT ウェイクアップコントロール機能とは、VBATT 端子による VBATT_R 供給時に、RTC アラーム/周期信号がアサートされた場合に VBATWIO0 端子のトグル動作を可能にする機能です。

注． ウェイクアップコントロール機能によるこのトグル動作では、ICU での割り込み、およびリセット対象モジュールへのリセットは発生しません。この機能は、トグルの出力によって、ボードに搭載されている他のデバイスに VCC 電源を制御させる場合などに使用します。詳細は、[12.3.5 VBATT ウェイクアップコントロール機能の使用法](#)を参照してください。

12.1.7 時間キャプチャ端子検出

RTC は、時間キャプチャ端子 RTCIC0 の入力レベルの変化を検出します。RTCIC0 端子の機能については、「[25. リアルタイムクロック \(RTC\)](#)」を参照してください。RTCIC0 端子を使用するには、[12.2 レジスタの説明](#)に従って VBTICTLR レジスタを設定してください。

注． バッテリバックアップ機能を使用しない場合は、VBATT 端子を VCC 端子に接続する必要があります。
注． 電源投入時、VBTCR1.BPWSWSTP ビットを 1 にするまで、RTC、SOSC (マルチプレクスポートを含む)、LOCO には電源が供給されません。「[48. 電気的特性](#)」に示すように、VBTCR1.BPWSWSTP ビットの設定後、モジュールに電源が供給されるまでには VBATT_POR のリセット時間 tVBATPOR が必要です。VBATT 機能を使用するか否かにかかわらず、パワーオンリセット後は、VBTCR1.BPWSWSTP ビットを 1 にする必要があります。詳細は、[12.2.1 VBATT コントロールレジスタ 1 \(VBTCR1\)](#)を参照してください。

図 12.1 に、バッテリバックアップ機能の構成図を示します。

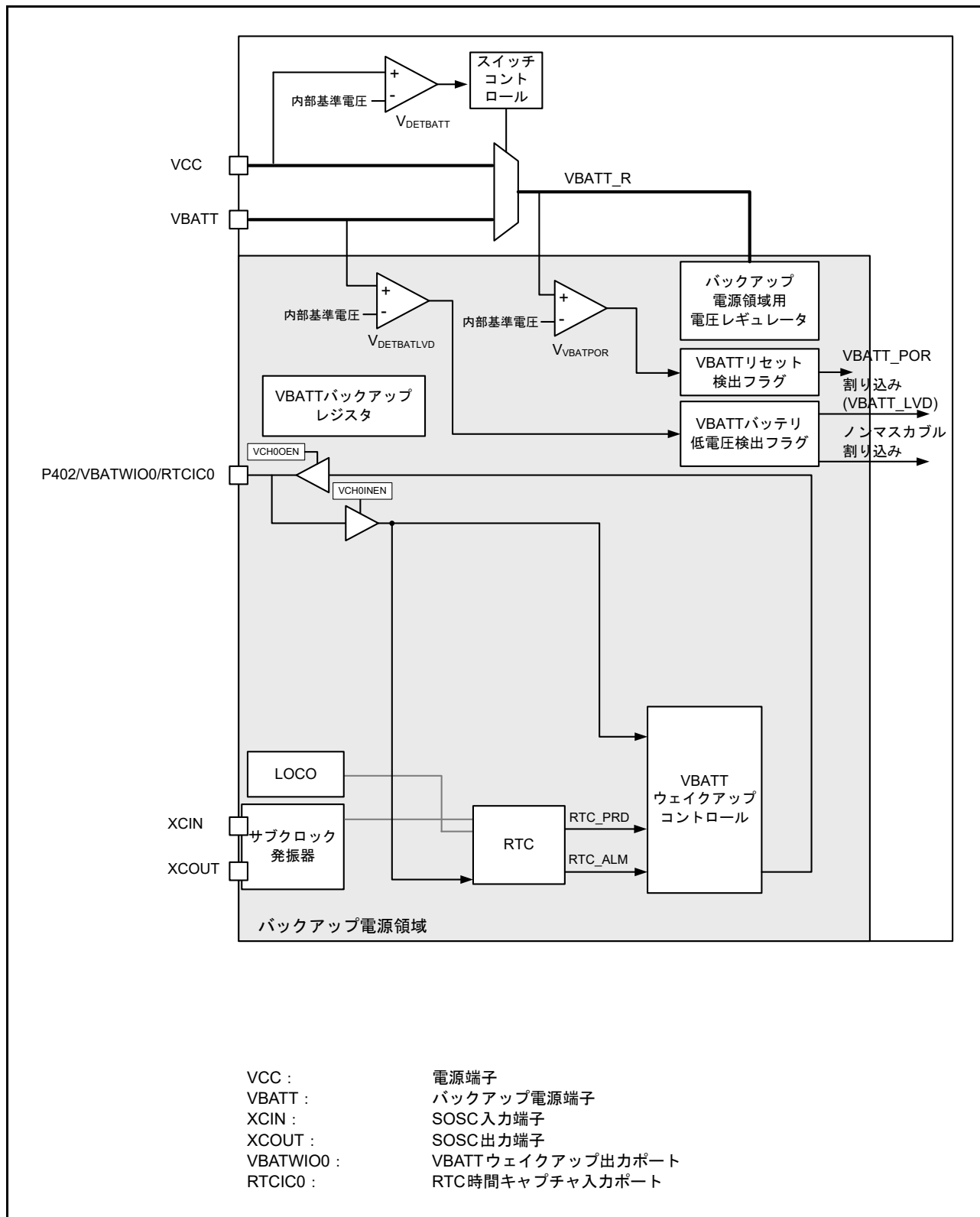


図 12.1 バッテリバックアップ機能の構成図

12.2 レジスタの説明

12.2.1 VBATT コントロールレジスタ 1 (VBTCR1)

アドレス SYSTEM.VBTCR1 4001 E41Fh

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----------|
| | — | — | — | — | — | — | — | BPWSWSTP |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|---------------|--------------------------------------|-----|
| b0 | BPWSWSTP | バッテリー電源スイッチ停止 | 0 : バッテリ電源スイッチ有効 1 : バッテリ電源スイッチ停止 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

BPWSWSTP ビット (バッテリー電源スイッチ停止)

BPWSWSTP ビットでバッテリー電源スイッチを有効にすると、VCC 端子の印加電圧が低下した場合、バッテリーバックアップモジュールの供給電圧は VCC 端子から VBATT 端子へ切り替わります。停止にすると、バッテリーバックアップモジュールの電源は常に VCC から供給されます。バッテリーバックアップ機能を無効にするには、本ビットに 1 を書いてください。本ビットはパワーオンリセットによってのみ初期化されます。

- 注 . 本ビットは、VBATSR.VBTRVLD ビットの状態をチェックすることなく設定可能です。
- 注 . VBATT 機能を使用するか否かにかかわらず、パワーオンリセット後は、VBTCR1.BPWSWSTP ビットを 1 にする必要があります。VBTCR1.BPWSWSTP ビットの設定フローが、[図 12.2](#) に示されています。また、VBATT 機能を使用する際は、他の関連レジスタの設定後に、VBTCR1.BPWSWSTP ビットをクリアする必要があります。

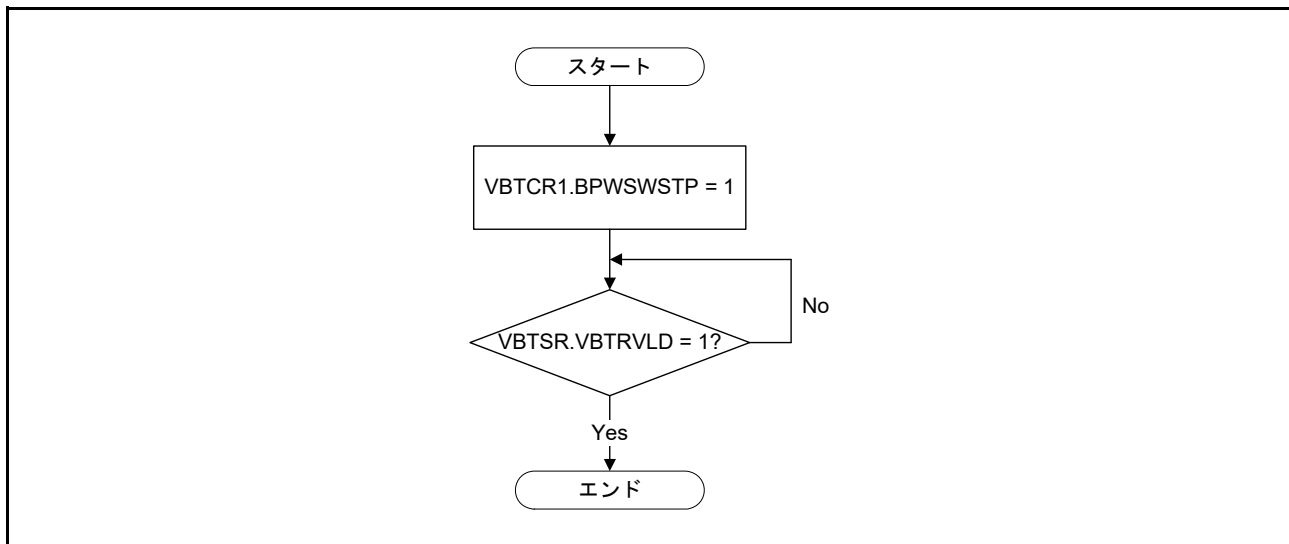


図 12.2 VBTCR1.BPWSWSTP ビットの設定フロー

注 . [図 12.2](#) では、VBATSR.VBTRVLD ビットが 1 でない場合、ループを抜け出すために VBATT_POR のリセット時間 tVBATPOR (「[48. 電気的特性](#)」を参照) を必要とします。

VBATSR.VBTRVLD が 0 の場合、下記のレジスタにはアクセスできません。その他のレジスタは、この条件とは無関係にアクセス可能です。

- 「[9. クロック発生回路](#)」に記載の LOCOCR、LOCOUTCR、SOSCCR、および SOMCR
- VBTCR1 レジスタと VBATSR.VBTRVLD ビットを除く、本章に記載の全レジスタ
- 「[25. リアルタイムクロック \(RTC\)](#)」に記載の全レジスタ

12.2.2 VBATT コントロールレジスタ 2 (VBTCR2)

アドレス SYSTEM.VBTCR2 4001 E4B0h

| | | | | | | | |
|----------------|----|----------|----|----|----|----|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| VBTLVDLVL[1:0] | — | VBTLVDEN | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------------|--------------------|---|-----|
| b3-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | VBTLVDEN | VBATT 端子低電圧検出有効 | 0 : VBATT 端子の低電圧検出は無効 1 : VBATT 端子の低電圧検出は有効 | R/W |
| b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7-b6 | VBTLVDLVL[1:0] | VBATT 端子低電圧検出レベル選択 | b7 b6 0 0 : 予約 0 1 : 設定禁止 1 0 : 2.3V 1 1 : 2.1V | R/W |

VBTCR2 レジスタは、VBATT 端子の低電圧検出機能を制御するレジスタです。VBTCR2 レジスタは VBATT_POR 信号によってリセットされます。

VBTLVDEN ビット (VBATT 端子低電圧検出有効)

VBATT 端子の低電圧検出を制御します。

VBTLVDLVL[1:0] ビット (VBATT 端子低電圧検出レベル選択)

VBATT 端子の低電圧検出レベルを選択します。

12.2.3 VBATT ステータスレジスタ (VBTSR)

アドレス SYSTEM.VBTSR 4001 E4B1h

| | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|---------|----|----|---------|--------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | VBTRVLD | — | — | VBTBLDF | VBTRDF |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 (注5) | 0 | 0 | 0 (注2) | 1 (注1) |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------|----------------------------|--|---------------|
| b0 | VBTRDF | VBATT_Rリセット検出フラグ | 0 : VBATT_R電圧のパワーオンリセット未検出 1 : VBATT_R選択電圧のパワーオンリセットを検出 | R/(W) (注3) |
| b1 | VBTLDF | VBATTバッテリー低電圧検出フラグ (注4) | 0 : VBATT端子の低電圧未検出 1 : VBATT端子の低電圧を検出 | R/(W) (注3) |
| b3-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | VBTRVLD | VBATT_R有効 | 0 : VBATT_R領域は無効 1 : VBATT_R領域は有効 | R |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

- 注1. 本フラグはVBATT_PORリセットによってのみ設定されます。
 注2. 本フラグはVBATT_PORリセットによってのみリセットされます。
 注3. 1を読んだ後に0を書くことのみ可能です。
 注4. 本フラグはVBTLVDENビットが1の場合にのみ有効です。VBTLVDENビットが0の場合、本フラグは読むと0が読めません。
 注5. VBATT_R電圧レベルに依存します。

VBTRDF フラグ (VBATT_R リセット検出フラグ)

VBATT_R (VCC または VBATT の選択電圧) のパワーオンリセットが発生したことを示します。

[1になる条件]

- VBATT_R 電圧のパワーオンリセットが発生したとき

[0になる条件]

- 1を読んだ後、0を書いたとき

VBTLDF フラグ (VBATT バッテリ低電圧検出フラグ)

VBATT 端子の低電圧が検出されたことを示します。

[1になる条件]

- VBATT 端子の低電圧を検出したとき

[0になる条件]

- 1を読んだ後、0を書いたとき

VBTRVLD ビット (VBATT_R 有効)

VBATT 領域が有効かどうかをチェックします。

VBATT_R 領域が有効かどうかをチェックするために使用されます。下記のレジスタに対して読み出した書き込みを行う場合は、最初にVBTRVLDビットが1であることを確認する必要があります。

- 「9. クロック発生回路」に記載の LOCOCR、LOCOUTCR、SOSCCR、および SOMCR
- VBTCR1 レジスタと VBTSR.VBTRVLD ビットを除く、本章に記載の全レジスタ
- 「25. リアルタイムクロック (RTC)」に記載の全レジスタ

12.2.4 VBATT コンパレータコントロールレジスタ (VBTCMPCR)

アドレス SYSTEM.VBTCMPCR 4001 E4B2h

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|---------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | VBTCMPE |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------|---------------------|--|-----|
| b0 | VBTCMPE | VBATT 端子低電圧検出回路出力許可 | 0 : VBATT 端子の低電圧検出回路出力を禁止 1 : VBATT 端子の低電圧検出回路出力を許可 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

VBTCMPE ビット (VBATT 端子低電圧検出回路出力許可)

VBATT 端子の低電圧検出回路出力を制御します。本ビットは VBATT_POR 信号によって初期化されます。

12.2.5 VBATT 端子低電圧検出割り込みコントロールレジスタ (VBTLVDICR)

アドレス SYSTEM.VBTLVDICR 4001 E4B4h

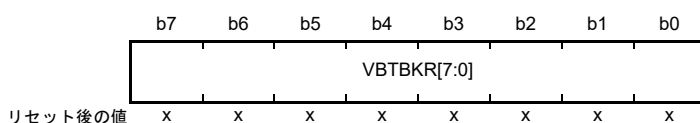
| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|------------|----------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | VBTLVDISEL | VBTLVDIE |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|---------------------|--|-----|
| b0 | VBTLVDIE | VBATT 端子低電圧検出割り込み許可 | 0 : VBATT 端子の低電圧検出割り込みを禁止 1 : VBATT 端子の低電圧検出割り込みを許可 | R/W |
| b1 | VBTLVDISEL | 端子低電圧検出割り込み選択 | 0 : ノンマスクابل割り込み 1 : マスクابل割り込み | R/W |
| b7-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

VBTLVDICR レジスタは VBATT_POR 信号によってリセットされます。

12.2.6 VBATT バックアップレジスタ (VBTBKRn) (n = 0 ~ 511)

アドレス SYSTEM.VBTBKR0 4001 E500h ~ SYSTEM.VBTBKR511 4001 E6FFh



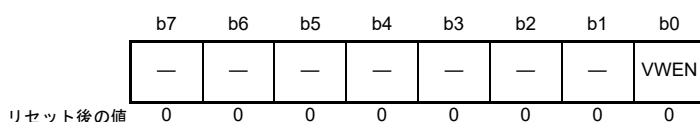
x: 不定

VBTBKRn レジスタは、8ビット単位で読み出し/書き込みが可能なレジスタであり、VBATT 電源供給時にデータを格納します。本レジスタの値は、VBATT モードでも保持されます。このレジスタはいずれのリセットによっても初期化されません。

注. このVBATT バックアップレジスタにアクセスする場合、VCC レベルは $V_{_BKBATT}$ を上回っていなければいけません（「48. 電気的特性」を参照してください）。

12.2.7 VBATT ウェイクアップコントロールレジスタ (VBTWCTLR)

アドレス SYSTEM.VBTWCTLR 4001 E4B6h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------|-----------------|------------------------------------|-----|
| b0 | VWEN | VBATT ウェイクアップ有効 | 0: ウェイクアップ機能は無効 1: ウェイクアップ機能は有効 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

VBTWCTLR レジスタは、VBATT ウェイクアップ機能を制御します。VBTWCTLR レジスタは VBATT_POR 信号によってリセットされます。

VWEN ビット (VBATT ウェイクアップ有効)

VBATT ウェイクアップコントロール機能を有効にします。VWEN ビットを 0 にして、VBTWCTLR.VCH00EN ビットを 1 にした場合、VBATWIO0 端子出力は Low になります。VWEN ビットを 1 にすると、VBATWIO0 端子出力は、VBTWCTLR.VOUT0LSEL ビットで指定したレベルに変化します。

VWEN ビットは、以下のレジスタの設定完了後にのみ 1 にしてください。以下のレジスタを書き換える場合は、事前に VWEN ビットを 0 にしてください。

- VBTWCH00TSR
- VBTICTLR
- VBTWCTLR
- VBTWTER
- VBTWEGR

12.2.8 VBATT ウェイクアップ I/O 0 出カトリガ選択レジスタ (VBTWCH00TSR)

アドレス SYSTEM.VBTWCH00TSR 4001 E4B8h

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----------------|----------------|----|----|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | CH0VR TCATE | CH0VR TCATE | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|-----------------------|--|-----|
| b2-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b3 | CH0VRTCTE | VBATWIO0出力RTC周期信号許可 | 0: RTC周期信号によるVBATTウェイクアップ入出力0の出カトリガを禁止 1: RTC周期信号によるVBATTウェイクアップ入出力0の出カトリガを許可 | R/W |
| b4 | CH0VRTCATE | VBATWIO0出力RTCアラーム信号許可 | 0: RTCアラーム信号によるVBATTウェイクアップ入出力0の出カトリガを禁止 1: RTCアラーム信号によるVBATTウェイクアップ入出力0の出カトリガを許可 | R/W |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

VBTWCH00TSR レジスタは、VBATT ウェイクアップ入出力0の出カトリガ要因を制御するレジスタです。

本レジスタのビットを1にして、VBTWFR レジスタの対応するウェイクアップトリガフラグを設定すると、VBATWIO0 端子は VBTCTLR レジスタの VOUT0LSEL ビットに従った信号を出力します。

VBTWCH00TSR レジスタは VBATT_POR 信号によって初期化されます。

12.2.9 VBATT 入カコントロールレジスタ (VBTICTLR)

アドレス SYSTEM.VBTICTLR 4001 E4BBh

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|--------------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | VCH0I NEN |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|-----------------------|--|-----|
| b0 | VCH0INEN | VBATT ウェイクアップ入出力0入力許可 | 0: VBATWIO0、RTCIC0入力禁止 1: VBATWIO0、RTCIC0入力許可 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

VBTICTLR レジスタは、VBATT ウェイクアップ入出力端子の入力方向を選択するレジスタです。

VBTICTLR レジスタは VBATT_POR 信号によってリセットされます。

VCH0INEN ビット (VBATT ウェイクアップ入出力0 入力許可)

VBATT ウェイクアップ入出力端子の入力を許可します。VBATT ウェイクアップコントロール機能だけでなく、RTC (RTCIC0) の時間キャプチャ機能も使用する場合は、VBTICTLR レジスタを設定する必要があります。これらの機能については、「25. リアルタイムクロック (RTC)」を参照してください。

12.2.10 VBATT 出力コントロールレジスタ (VBTOCTLR)

アドレス SYSTEM.VBTOCTLR 4001 E4BCh

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|---------------|----|----|-------------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | VOUT0 LSEL | — | — | VCH00 EN |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------|--------------------------|--|-----|
| b0 | VCH00EN | VBATT ウェイクアップ入出力0出力許可 | 0 : VBATWIO0の出力を禁止 1 : VBATWIO0の出力を許可 (注1) | R/W |
| b2-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b3 | VOUT0LSEL | VBATT ウェイクアップ入出力0出力レベル選択 | 0 : VBATT ウェイクアップトリガ前にLを出力 1 : VBATT ウェイクアップトリガ前にHを出力 | R/W |
| b7-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

VBTOCTLR レジスタは、VBATT ウェイクアップ入出力端子 (VBATWIO0) の出力方向と出力レベルを選択するレジスタです。VBTOCTLR レジスタは VBATT_POR 信号によってリセットされます。

VCH00EN ビット (VBATT ウェイクアップ入出力0出力許可)

VBATT 出力を許可します。

注1. VCH00EN ビットを1にした場合、P402PFS.PMR ビットは0にする必要があります。

VOUT0LSEL ビット (VBATT ウェイクアップ入出力0出力レベル選択)

VBATT ウェイクアップ入出力0端子からの出力レベルを選択します。VOUT0LSEL ビットを0にした場合、VBATWIO0端子は、VBATT ウェイクアップトリガ受信前はLowを出力し、VBATT ウェイクアップトリガ受信後はHighを出力します。VOUT0LSEL ビットを1にした場合、VBATWIO0端子は、VBATT ウェイクアップトリガ受信前はHighを出力し、VBATT ウェイクアップトリガ受信後はLowを出力します。

12.2.11 VBATT ウェイクアップトリガ要因イネーブルレジスタ (VBTWTER)

アドレス SYSTEM.VBTWTER 4001 E4BDh

| | | | | | | | |
|---------|----|----|--------|--------|----|----|-------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | VRTCAE | VRTCIE | — | — | VCH0E |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|--------------|--|-----|
| b0 | VCH0E | VBATWIO0端子許可 | 0: VBATWIO0端子によるVBATTウェイクアップトリガを禁止 1: VBATWIO0端子によるVBATTウェイクアップトリガを許可 | R/W |
| b2-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b3 | VRTCIE | RTC周期信号許可 | 0: RTC周期信号によるVBATTウェイクアップトリガを禁止 1: RTC周期信号によるVBATTウェイクアップトリガを許可 | R/W |
| b4 | VRTCAE | RTCアラーム信号許可 | 0: RTCアラーム信号によるVBATTウェイクアップトリガを禁止 1: RTCアラーム信号によるVBATTウェイクアップトリガを許可 | R/W |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

VBTWTER レジスタは、VBATT ウェイクアップトリガを許可/禁止します。VBTWTER レジスタはVBATT_POR 信号によってリセットされます。

複数のトリガ要因の選択が可能です。

12.2.12 VBATT ウェイクアップトリガ要因エッジレジスタ (VBTWEGR)

アドレス SYSTEM.VBTWEGR 4001 E4BEh

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|--------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | VCH0EG |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|---------------------------|--|-----|
| b0 | VCH0EG | VBATWIO0ウェイクアップトリガ要因エッジ選択 | 0: 立ち下がりエッジでウェイクアップトリガを発生 1: 立ち上がりエッジでウェイクアップトリガを発生 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

VBTWEGR レジスタは、各VBATT ウェイクアップトリガ要因のエッジを選択するレジスタです。VBTWEGR レジスタはVBATT_POR 信号によってリセットされます。

12.2.13 VBATT ウェイクアップトリガ要因フラグレジスタ (VBTWFR)

アドレス SYSTEM.VBTWFR 4001 E4BFh

| | | | | | | | |
|---------|----|----|--------|--------|----|----|-------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | VRTCAF | VRTCIF | — | — | VCH0F |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|----------------------------|--|---------------|
| b0 | VCH0F | VBATWIO0ウェイクアップトリガフラグ | 0: VBATWIO0端子によるウェイクアップトリガの発生なし 1: VBATWIO0端子によるウェイクアップトリガの発生あり | R/(W) (注1) |
| b2-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/(W) (注1) |
| b3 | VRTCIF | VBATT RTC周期ウェイクアップトリガフラグ | 0: RTC周期信号によるウェイクアップトリガの発生なし 1: RTC周期信号によるウェイクアップトリガの発生あり | R/(W) (注1) |
| b4 | VRTCAF | VBATT RTCアラームウェイクアップトリガフラグ | 0: RTCアラーム信号によるウェイクアップトリガの発生なし 1: RTCアラーム信号によるウェイクアップトリガの発生あり | R/(W) (注1) |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. フラグをクリアするため、1を読んだ後に0を書き込むことのみ可能です。

VBTWFR レジスタは、VBATT ウェイクアップコントロール機能のトリガ要因を示します。このレジスタは、VWEN ビット (VBTWCTLR レジスタ) で保護されています。VBTWFR レジスタは、VWEN ビットに1を書いた後、PCLKB が5サイクル経過すると有効になります。同様に VBTWFR レジスタを無効にする場合も、VWEN ビットに0を書いた後、PCLKB の5サイクルを必要とします。

それぞれのフラグは、VBTWEGR レジスタで設定したトリガ要求が発生したときに1になります。

VBTWFR レジスタはVBATT_PORによって初期化されます。

VCH0F フラグ (VBATT ウェイクアップ入出力0 ウェイクアップトリガフラグ)

VBATWIO0 端子によるトリガ要求が発生したことを示します。

[1になる条件]

- VBTWEGR レジスタで設定した VBATWIO0 端子によるトリガ要求が発生したとき

[0になる条件]

- 1を読んだ後、0を書いたとき

VRTCIF フラグ (VBATT RTC 周期ウェイクアップトリガフラグ)

RTC 周期信号によるトリガ要求が発生したことを示します。

[1になる条件]

- RTC 周期信号によるトリガ要求が発生したとき

[0になる条件]

- 1を読んだ後、0を書いたとき

VRTCAF フラグ (VBATT RTC アラームウェイクアップトリガフラグ)

RTC アラーム信号によるトリガ要求が発生したことを示します。

[1 になる条件]

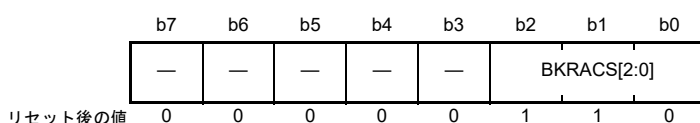
- RTC アラーム信号によるトリガ要求が発生したとき

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき

12.2.14 バックアップレジスタアクセスコントロールレジスタ (BKRACR)

アドレス SYSTEM.BKRACR 4001 E0C6h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------------|--------------------------|---|-----|
| b2-b0 | BKRACS[2:0] | バックアップレジスタ アクセスサイクル選択 | b2 b0 0 0 0: アクセスサイクル制御無効 システムクロックソースがSOSCまたはLOCOの場合 1 1 0: アクセスサイクル制御有効 システムクロックソースがSOSC、LOCO以外の場合 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

BKRACR レジスタは、バックアップレジスタのアクセスサイクルを制御して消費電力を削減します。アクセスサイクル制御有効 (110b) の場合、バックアップレジスタのアクセスサイクルは、アクセスサイクル制御無効 (000b) の場合の 64 倍です。本レジスタは、VBATT_POR 以外のすべてのリセットで初期化されます。

[設定手順]

SOSC / LOCO 以外のシステムクロックを SOSC / LOCO に変更するには、以下を実行します：

1. SCKSCR.CKSEL[2:0] ビットを変更する。
2. BKRACR.BKRACS[2:0] ビットを 000b に変更する。

システムクロックを SOSC / LOCO から SOSC / LOCO 以外に変更するには、以下を実行します：

1. BKRACR.BKRACS[2:0] ビットを 110b に変更する。
2. SCKSCR.CKSEL[2:0] ビットを変更する。

12.3 動作説明

12.3.1 バッテリバックアップ機能

VCC 端子の電圧が低下すると、VBATT 端子から RTC、LOCO、およびサブクロック発振器への電源供給が可能です。VCC 端子の電圧降下が検出されると、電源との接続は電源から VBATT 端子に切り替わります。また、VCC 端子の電圧が VDET_{BATT} を超えると、VCC 端子からの電源供給に戻ります。電源の切り替わりは RTC の動作に影響を与えません。VBATT 端子の電圧レベルが動作保証電圧よりも低下した場合、VBATT ステータスレジスタの VBTBLDF ビットをモニタすることが可能です。

バッテリバックアップ機能は、電圧監視 0 リセットを許可に設定した上で使用可能です。

VBATT 端子が電源を供給しているとき、ウェイクアップコントロール機能は、RTC アラーム/周期信号をトリガすることによって、VBATWIO0 の出力端子をトグルさせることができます。

RTC は、時間キャプチャ端子の入力レベルが変化したときの時間キャプチャ端子検出をサポートしていません。

VBATT 端子からは、以下のモジュールに電力が供給されます。

- RTC
- サブクロック発振器 (XCIN、XCOUT 端子を含む)
- VBATWIO0 端子 (RTCIC0 を含む)
- LOCO
- VBATT バックアップレジスタ
- VBATT ウェイクアップコントローラ

表 12.2 に、VBATT モード時の動作状態を示します。

表 12.2 VBATT モード時の動作状態 (1/2)

| 動作状態 | VBATT モード |
|---------------------|--|
| 遷移条件 | VCC 電圧降下の検出 |
| リセット以外の解除方法 | VCC 電圧上昇の検出 |
| メインクロック発振器 | 停止 |
| サブクロック発振器 | 動作は SOSCCR.SOSTP ビットで選択可能。発振器の状態は VBATT モード遷移前と同じ。 |
| 高速オンチップオシレータ | 停止 |
| 中速オンチップオシレータ | 停止 |
| 低速オンチップオシレータ | 動作/非動作を LOCOCR.LCSTP ビットで選択可能。発振器の状態は VBATT モード遷移前と同じ。 |
| IWDT 専用オンチップオシレータ | 停止 |
| PLL | 停止 |
| CPU | 停止 (不定) |
| SRAM (ECC SRAM を含む) | 停止 (不定) |
| VBATT バックアップレジスタ | 停止 (保持) |
| フラッシュメモリ | 停止 (保持) |
| リアルタイムクロック (RTC) | 選択クロックがカウントソースとして動作しているときに選択可能。 |
| AGTn (n = 0, 1) | 停止 (不定) |
| 低電圧検出 (LVD) | 停止 |
| パワーオンリセット回路 | 停止 |
| バッテリバックアップ電圧監視 | 動作 |
| その他の周辺モジュール | 停止 (不定) |

表 12.2 VBATTモード時の動作状態 (2/2)

| 動作状態 | VBATTモード |
|--------|--|
| I/Oポート | <ul style="list-style-type: none"> • RTCIC0ポート：動作 • 指定ポート以外：不定 • VBATWIO0ポート：動作 |

注． 「選択可能」とは、動作がコントロールレジスタによって選択できることを意味します。モジュールによっては、対応するモジュールストップビットで制御できるものもあります。
「停止（保持）」とは、内部レジスタの内容は保持されますが、動作は中断されることを意味します。
「停止（不定）」とは、内部レジスタの内容が不定で、内部回路への通電が遮断されることを意味します。

図 12.3 に、バッテリバックアップ機能の切り替え順序を示します。

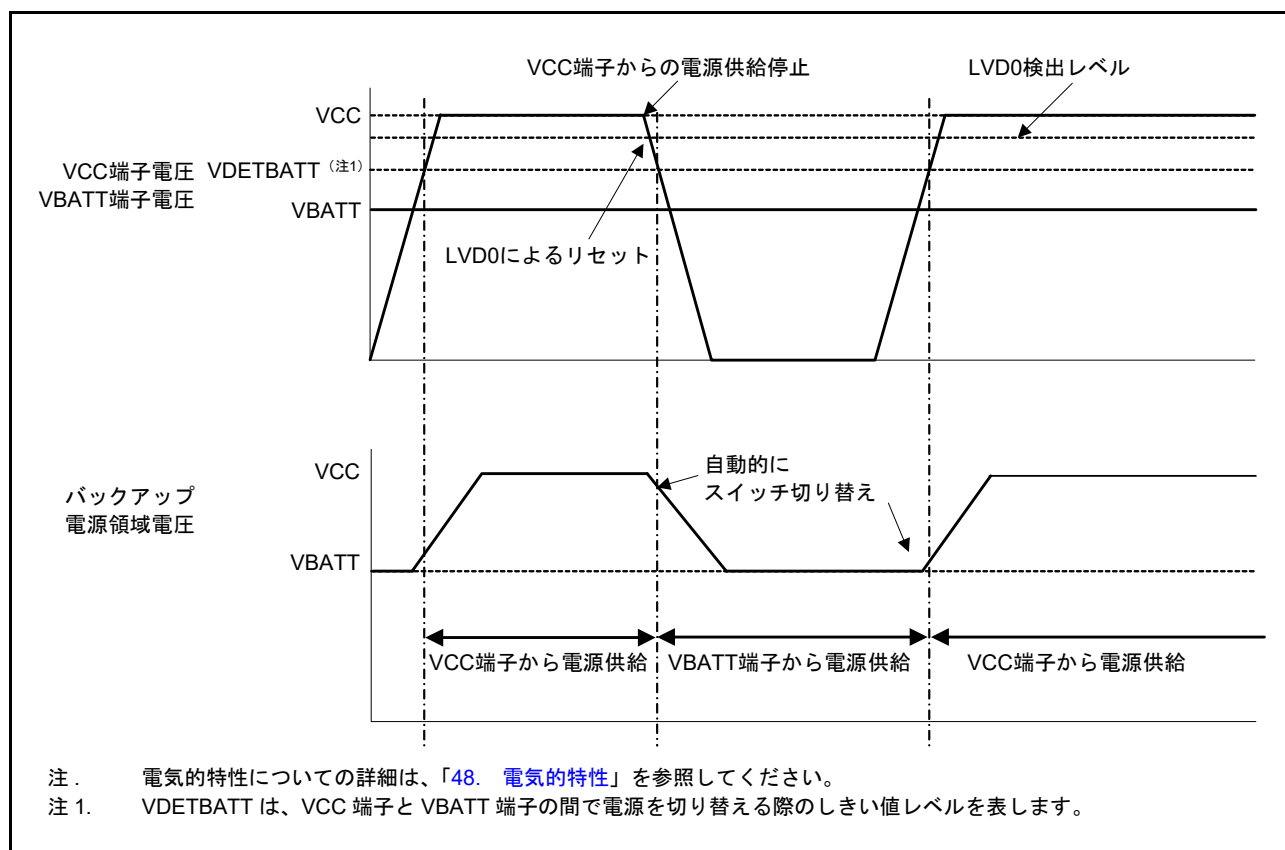


図 12.3 バッテリバックアップ機能の切り替え順序

12.3.2 VBATT バッテリ電源スイッチの使用法

VCC 端子の印加電圧が低下すると、バッテリ電源スイッチによって、電源が VCC 端子から VBATT 端子に切り替わります。そして電圧が上昇すると、再び VBATT 端子から VCC 端子へ切り替わります。この切り替えは VBTCR1.BPWSWSTP ビットで制御されます。

BPWSWSTP ビットでバッテリ電源スイッチを有効にすると、VCC 電圧が低下した際に、バッテリバックアップモジュールの供給電圧を VCC から VBATT へ切り替えることができます。バッテリ電源スイッチが停止すると、バッテリバックアップモジュールの電源は常に VCC から供給されます。バッテリバックアップ機能を使用しない場合は、本ビットに 1 を書き込む必要があります。

注． バッテリバックアップ機能は、電圧監視 0 リセットを許可 (OFS1.LVDAS ビットを 0) に設定した上で使用可能です。電圧監視 0 レベルは、VDET BATT レベルよりも高い値 (OFS1.VDSEL1[2:0] ビットを 001b、または 010b) に設定してください。

注． 本ビットは、VBTSR.VBTRVLD ビットの状態を確認することなく設定可能です。

12.3.3 VBATT 端子低電圧検出の手順

以下の手順にしたがって VBTSR.VBTBLDF フラグと割り込みを用いた VBATT 端子の低電圧検出のモニタが可能です。

以下の手順は、VBATT 端子の低電圧検出を有効にする方法を示しています。

1. 電圧監視 0 リセットを設定します。「[8. 低電圧検出 \(LVD\)](#)」を参照してください。
2. パワーオンリセット後、VBTCR1.BPWSWSTP ビットに初めてアクセスする場合は、本ビットを 1 にします。
3. VBTSR.VBTRVLD ビットが 1 になるまで待つてから、VBTCR2.VBTLVDEN、VBTLVDICR.VBTLVDIE、および VBTCMPCR.VBTCMPE の各ビットが 0 であることを確認します。
4. VBTCR2.VBTLVDLVL[1:0] ビット (VBATT 端子電圧検出レベル選択) で検出電圧を指定します。
5. VBTLVDICR.VBTLVDISEL ビットで割り込みの種類を選択します。
6. VBTCR2.VBTLVDEN ビットを 1 にして、VBATT 端子の低電圧検出を有効にします。
7. 「[48. 電気的特性](#)」に記載されているように、VBATT コンパレータ動作安定時間 ($t_{d, vbat}$) 経過後に、有効化する VBATT 端子の電圧検出回路に対する VBTCMPCR.VBTCMPE ビットを 1 にします。
8. VBTSR.VBTBLDF フラグが 0 であることを確認した後、許可対象の VBATT 端子の低電圧検出割り込み出力に対する VBTLVDICR.VBTLVDIE ビットを 1 にします。
9. VBTCR1.BPWSWSTP ビットを 0 にクリアして、バッテリ電源スイッチを有効にします。 [12.3.2 VBATT バッテリ電源スイッチの使用法](#)を参照してください。

VBATT の低電圧が検出された場合は、[図 12.4](#) に示すように、VBATT の低電圧検出を無効にしてください。

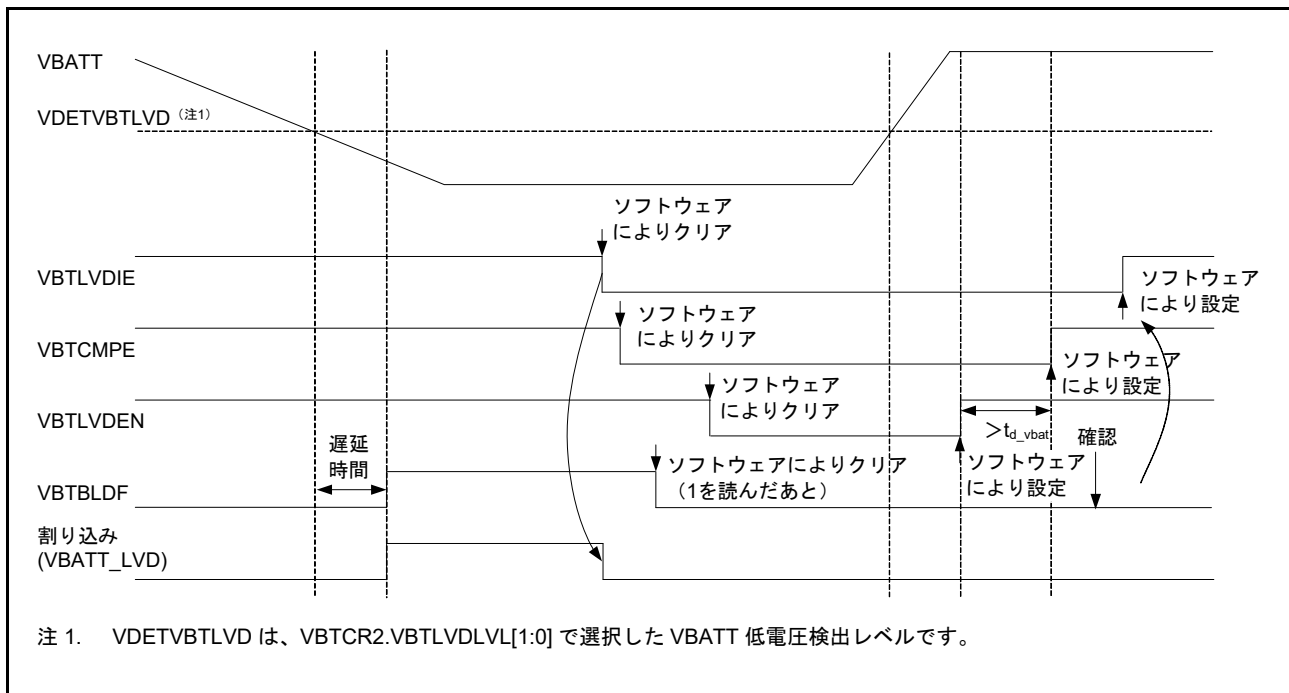


図 12.4 VBATT 低電圧検出割り込みの基本動作

以下の手順は、VBATT 端子の低電圧検出を無効にする方法を示しています。

1. VBTSR.VBTRVLD ビットが 1 であることを確認します。
2. VBTLVDICR.VBTLVDIE ビットを 0 にして、電圧検出割り込みを禁止します。
3. VBTCMPCR.VBTCMPE ビットを 0 にして、VBATT 端子の電圧検出回路出力を無効にします。
4. VBTCR2.VBTLVDEN ビットを 0 にして、VBATT 端子の低電圧出力を無効にします。
5. VBTCR2.VBTLVDEN、VBTCMPCR.VBTCMPE、および VBTLVDICR.VBTLVDIE 以外の、VBATT 端子低電圧検出レジスタに関連するビットの設定を変更します。

12.3.4 VBATT バックアップレジスタの使用法

VBATT バックアップレジスタ VBTBKRn (n=0~511) を使用して、以下の手順に示すように、データの格納/復元が可能です。

1. パワーオンリセット後、VBTCR1.BPWSWSTP ビットに初めてアクセスする場合は、本ビットを 1 にします。
2. VBTSR.VBTRVLD ビットが 1 になるのを待ちます。
3. VBTBKRn (n=0~511) に対して 8 ビット単位で読み出し/書き込みが可能になります。
4. VBTCR1.BPWSWSTP ビットを 0 にクリアして、バッテリー電源スイッチを有効にします。12.3.2 VBATT バッテリ電源スイッチの使用法を参照してください。

12.3.5 VBATT ウェイクアップコントロール機能の使用法

ウェイクアップコントロール機能とは、VBATT 端子による VBATT_R 供給時に、RTC アラーム/周期信号がアサートされた場合、VBATWIO0 出力端子のトグル動作を可能にする機能です。

注. このウェイクアップコントロール機能によるトグル動作では、ICU での割り込み、およびリセット対象モジュールへのリセットは発生しません。

以下の手順は、VBATT ウェイクアップトリガによって、低電圧監視 0 リセット (LVD0) 以降に MCU が起動した後のレジスタの設定方法を示しています。

1. VBTCR1.BPWSWSTP ビットを 1 にします。
2. VBTSR.VBTRVLD ビットが 1 になるまで待つてから、VBTSR.VBTRDF ビットが 0 であることを確認します。
3. VBTWFR レジスタを読み出して、VBATT ウェイクアップトリガ要因を確認します。図 12.5 の例では、VBTWFR.VRTCIF ビットが 1 になります。
4. VBTWFR レジスタの対応するビットを 0 にクリアすると、VBATWIO0 ポートでトグル出力が開始されます。図 12.5 の例では、VBATWIO0 ポートは High から Low にトグルします。
5. 必要に応じて、電源停止コントロール信号の I/O レジスタが外付けパワーマネジメント IC へ 0 または 1 を出力するように設定します。
6. VBATT ウェイクアップ動作を繰り返したい場合は、VBTCR1.BPWSWSTP ビットを 0 にクリアし、再度、電源供給の停止を要求するために、電源停止コントロール信号の I/O レジスタが外付けパワーマネジメント IC へ 0 または 1 を出力するように設定します。
ウェイクアップトリガ条件を変更したい場合は、VBTWCTLR.VWEN ビットを 0 にクリアし、VBATT に関連する他のレジスタを設定する前に、VBTWTER レジスタの全ビットをクリアします。

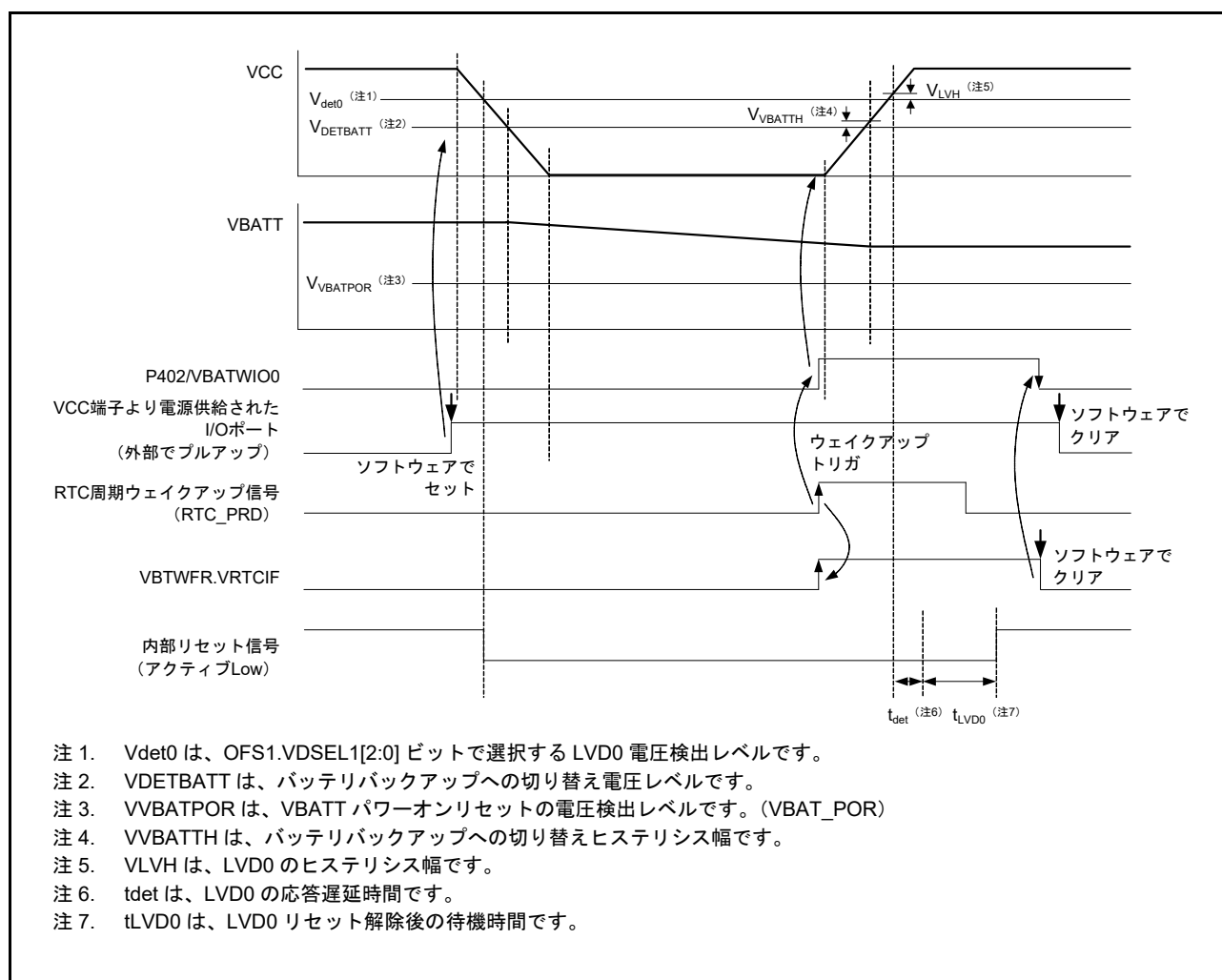


図 12.5 VBAT ウェイクアップ機能のタイミング図

12.4 使用上の注意事項

1. VBATT 端子を使用しない場合は、VBATT 端子を VCC 端子に接続してください。
2. VBATT の電圧レベルが動作保証範囲を下回ったときは、サブクロック発振器と RTC の動作は保証されません。この電圧降下は VBTSR レジスタで確認できます。
3. 本項で説明した各レジスタへの書き込み中にリセットが発生した場合、レジスタ値が失われることがあります。
4. VBATT 端子からの給電によって RTC が動作しているとき、RTC は、カレンダー／バイナリカウント動作、VBATT ウェイクアップ機能のためのアラーム／周期トリガ、および時間キャプチャ機能をサポートします。
5. VBATT ウェイクアップコントロール機能は、VBATT_R が VBATT 端子からのみ給電されている場合に使用可能です。
6. VCC 端子から給電される I/O ポートの電圧レベルは、電源供給が停止するとハイインピーダンスに変化します。上記ポートを VBATT ウェイクアップ機能のための電源停止コントロール端子として使用する場合は、これらのポートは外部でプルアップまたはプルダウンしてください。

13. レジスタライトプロテクション

13.1 概要

レジスタライトプロテクション機能は、ソフトウェアエラーによって重要なレジスタが書き換えられないように保護します。保護されるレジスタは、プロテクトレジスタ (PRCR) で設定します。

表 13.1 に PRCR レジスタのビットと保護されるレジスタの対応関係を示します。

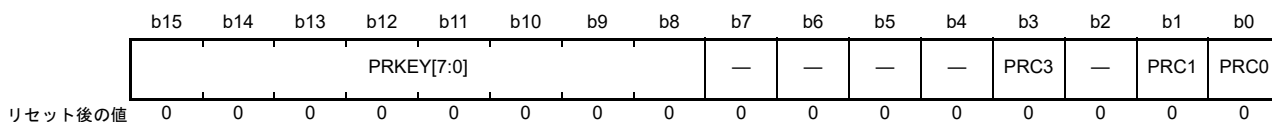
表 13.1 PRCR レジスタのビットと保護されるレジスタの対応関係

| PRCR レジスタ | 保護されるレジスタ |
|-----------|---|
| PRC0 ビット | <ul style="list-style-type: none"> クロック発生回路関連レジスタ SCKDIVCR, SCKSCR, PLLCR, PLLCCR2, BCKCR, MEMWAIT, MOSCCR, HOCOCR, MOCOOCR, CKOCR, TRCKCR, OSTDCR, OSTDSR, SLCDSCKCR, EBCKOCR, MOCOUTCR, HOCOUTCR, MOSCWTCR, MOMCR, SOSCCR, SOMCR, LOCOOCR, LOCOUTCR, HOCOWTCR, USBCKCR |
| PRC1 ビット | <ul style="list-style-type: none"> 低消費電力モード関連レジスタ SBYCR, SNZCR, SNZEDCR, SNZREQCR, FLSTOP, PSMCR, OPCCR, SOPCCR, SYOCDCCR バッテリバックアップ機能関連レジスタ VBTCR1, VBTCR2, VBTSR, VBTCMPPCR, VBTLVDICR, VBTWCTLR, VBTWCH0OTSR, VBTICTLR, VBTOCTLR, VBTWTER, VBTWEGR, VBTWFR, VBTBKR_n (n = 0 ~ 511), BKRACR |
| PRC3 ビット | <ul style="list-style-type: none"> LVD 関連レジスタ LVD1CR1, LVD1SR, LVCMPPCR, LVDLVLR, LVD1CR0 |

13.2 レジスタの説明

13.2.1 プロテクトレジスタ (PRCR)

アドレス SYSTEM.PRCR 4001 E3FEh



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|------------|-----------|--|-----------|
| b0 | PRC0 | プロテクトビット0 | クロック発生回路関連レジスタへの書き込み許可 0: 書き込み禁止 1: 書き込み許可 | R/W |
| b1 | PRC1 | プロテクトビット1 | 低消費電力モードおよびバッテリーバックアップ機能関連レジスタへの書き込み許可 0: 書き込み禁止 1: 書き込み許可 | R/W |
| b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b3 | PRC3 | プロテクトビット3 | LVD関連レジスタへの書き込み許可 0: 書き込み禁止 1: 書き込み許可 | R/W |
| b7-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b15-b8 | PRKEY[7:0] | PRCキーコード | PRCRレジスタへの書き込みを制御します。PRCRレジスタを書き換える場合、上位8ビットにA5h、下位8ビットに目的の値を、16ビット単位で書いてください。 | W (注1) |

注 1. 書き込みデータは保持されません。読むと 00h が読めます。

PRCn ビット (プロテクトビット n) (n = 0, 1, 3)

保護されるレジスタ (表 13.1 を参照) への書き込みを許可または禁止します。PRCn ビットを 1 にすると書き込み許可、0 にすると書き込み禁止になります。

14. 割り込みコントローラユニット (ICU)

14.1 概要

割り込みコントローラユニット (ICU) は、NVIC、DTC、およびDMAC モジュールにリンクされるイベント信号を制御します。ICU はノンマスクابل割り込みも制御します。表 14.1 に ICU の仕様を示します。図 14.1 に ICU のブロック図を、表 14.2 に入出力端子を示します。

表 14.1 ICUの仕様

| 項目 | | 内容 |
|------------------------------|---|--|
| 割り込み | 周辺機能割り込み | <ul style="list-style-type: none"> 周辺モジュールからの割り込み 要因数：209 |
| | 外部端子割り込み | <ul style="list-style-type: none"> 割り込み検出：Lowレベル^(注4)、立ち下がりエッジ、立ち上がりエッジ、両エッジ これらの検出法は要因ごとに1つ設定可能 デジタルフィルタ機能をサポート 11要因 (IRQ0~IRQ4, IRQ6, IRQ7, IRQ9, IRQ11, IRQ14, IRQ15端子からの割り込み) |
| | DTC/DMAC制御 | 割り込み要因によってDTCとDMACの起動が可能 ^(注1) |
| | NVICへの割り込み要因 | <ul style="list-style-type: none"> 32要因 |
| ノンマスクابل割り込み ^(注2) | NMI端子割り込み | <ul style="list-style-type: none"> NMI端子からの割り込み 割り込み検出：立ち下がりエッジまたは立ち上がりエッジ デジタルフィルタ機能をサポート |
| | 発振停止検出割り込み ^(注3) | メイン発振停止検出時の割り込み |
| | WDTアンダーフロー/リフレッシュエラー ^(注3) | ダウンカウンタのアンダーフローまたはリフレッシュエラー発生時の割り込み |
| | IWDTアンダーフロー/リフレッシュエラー ^(注3) | ダウンカウンタのアンダーフローまたはリフレッシュエラー発生時の割り込み |
| | 電圧監視1割り込み ^(注3) | 低電圧検出1回路 (LVD_LVD1) の電圧監視割り込み |
| | VBATT割り込み | VBATT監視による電圧監視割り込み |
| | RPEST | SRAMパリティエラー発生時の割り込み |
| | RECCST | SRAM ECCエラー発生時の割り込み |
| | BUSSST | MPUバススレーブエラー発生時の割り込み |
| | BUSMST | MPUバスマスタエラー発生時の割り込み |
| SPEST | CPUスタックポインタモニタによる割り込み | |
| 低消費電力モードからの復帰 | <ul style="list-style-type: none"> スリープモード：ノンマスクابل割り込みまたはその他の割り込み要因によって復帰 ソフトウェアスタンバイモード：ノンマスクابل割り込みによって復帰 割り込みはWUPENレジスタで選択可能 スヌーズモード：ノンマスクابل割り込みによって復帰 割り込みはSELSR0およびWUPENレジスタで選択可能 <p>14.2.8 SYSイベントリンク設定レジスタ (SELSR0) および14.2.9 ウェイクアップ割り込みイネーブルレジスタ (WUPEN) を参照してください。</p> | |

注 1. DTC と DMAC の起動要因については、表 14.4 イベントテーブルを参照してください。

注 2. リセット解除後に 1 回だけノンマスクابل割り込みを許可することが可能です

注 3. これらのノンマスクابل割り込みは、イベント信号としても使用可能です。割り込みとして使用する場合、NMIER レジスタの値をリセット状態から変更しないでください。電圧監視 1 の割り込みを許可するには、LVD1CR1.IRQSEL ビットを 1 にしてください。VBATT 監視割り込みを許可するには、VBTLVDICR.VBTLVDISEL ビットを 1 にしてください。

注 4. Low レベル：検出された後にクリアしなければ、割り込みは解除されません。

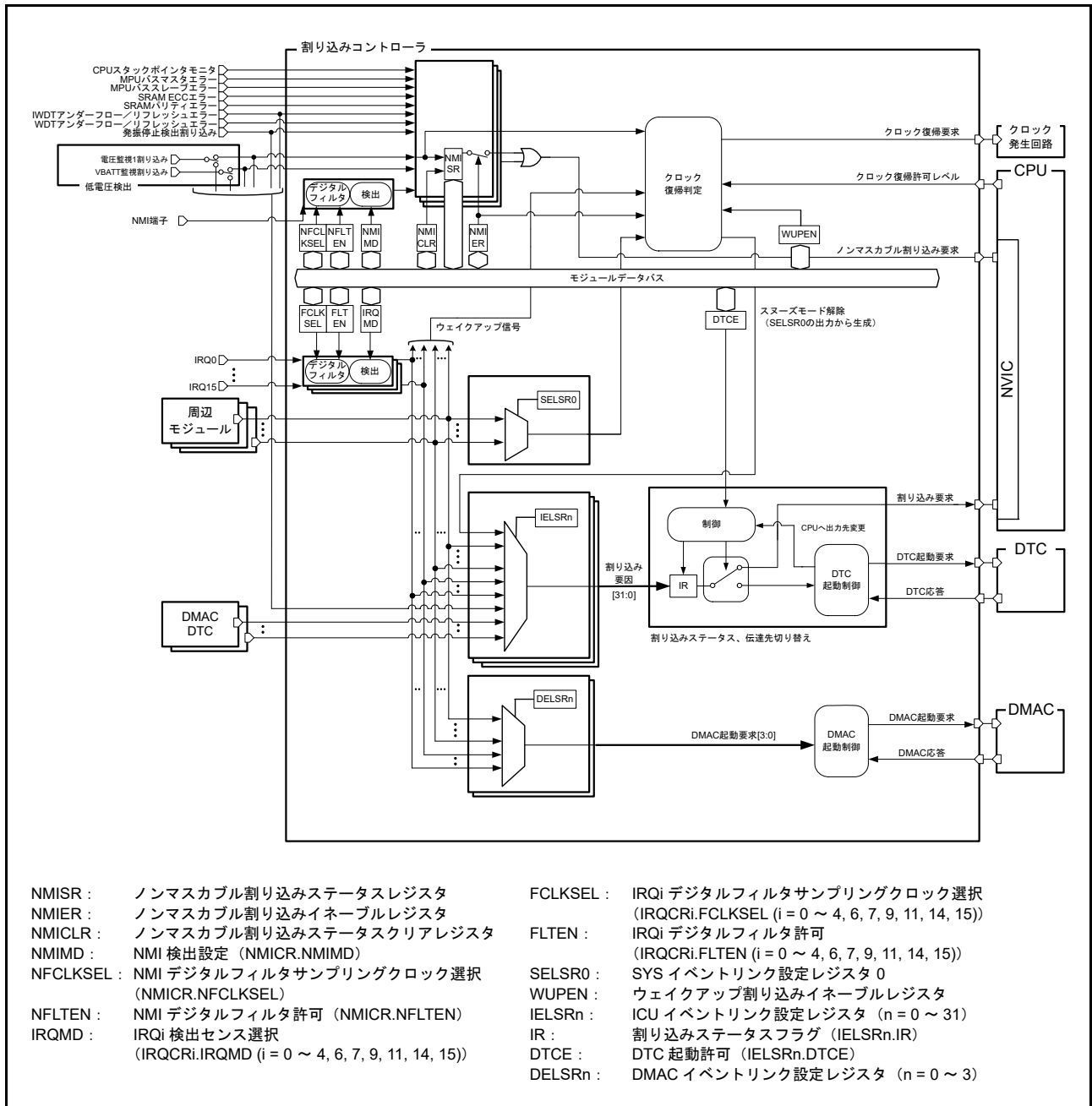


図 14.1 ICU のブロック図

表 14.2 ICU の入出力端子

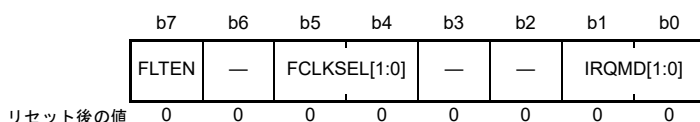
| 端子名 | 入出力 | 機能 |
|--|-----|------------------|
| NMI | 入力 | ノンマスクابل割り込み要求端子 |
| IRQ0 ~ IRQ4, IRQ6, IRQ7, IRQ9, IRQ11, IRQ14, IRQ15 | 入力 | 外部割り込み要求端子 |

14.2 レジスタの説明

本章では、Arm® NVIC の内部レジスタについては説明していません。これらのレジスタについては、*ARM® Cortex®-M4 Processor Technical Reference Manual (ARM DDI 0439D)* を参照してください。

14.2.1 IRQ コントロールレジスタ i (IRQCRi) (i = 0 ~ 4, 6, 7, 9, 11, 14, 15)

アドレス [ICU.IRQCR0 4000 6000h](#), [ICU.IRQCR1 4000 6001h](#), [ICU.IRQCR2 4000 6002h](#), [ICU.IRQCR3 4000 6003h](#),
[ICU.IRQCR4 4000 6004h](#), [ICU.IRQCR6 4000 6006h](#), [ICU.IRQCR7 4000 6007h](#), [ICU.IRQCR9 4000 6009h](#),
[ICU.IRQCR11 4000 600Bh](#), [ICU.IRQCR14 4000 600Eh](#), [ICU.IRQCR15 4000 600Fh](#)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------------------------|-------------------------------|---|-----|
| b1-b0 | IRQMD[1:0] | IRQi 検出センス選択 | b1 b0 0 0: 立ち下がりエッジ 0 1: 立ち上がりエッジ 1 0: 両エッジ 1 1: Lowレベル | R/W |
| b3-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b5-b4 | FCLKSEL[1:0] | IRQi デジタルフィルタサンプリング クロック選択 | b5 b4 0 0: PCLKB 0 1: PCLKB/8 1 0: PCLKB/32 1 1: PCLKB/64 | R/W |
| b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | FLTEN | IRQi デジタルフィルタ有効 | 0: デジタルフィルタ無効 1: デジタルフィルタ有効 | R/W |

IRQCRi レジスタの変更には、以下の条件があります。

- CPU 割り込みまたは DTC 起動要因の場合：
IRQCRi レジスタの設定を変更してから、対象の IELSRn レジスタ (n = 0 ~ 31) を設定する必要があります。
対象の IELSRn レジスタが 0000h の場合にのみ、レジスタ値の変更が可能です
- DMAC 起動要因の場合：
IRQCRi レジスタの設定を変更してから、対象の DELSRn (n = 0 ~ 3) レジスタを設定する必要があります。
対象の DELSRn.DELS[7:0] ビットが 00h の場合にのみ、レジスタ値の変更が可能です
- ウェイクアップ許可信号の場合：
IRQCRi レジスタの設定を変更してから、対象の WUPEN.IRQWUPENn ビット (n = 0 ~ 4, 6, 7, 9, 11, 14, 15) を設定する必要があります。
対象の WUPEN.IRQWUPENn ビットが 0 の場合にのみ、レジスタ値の変更が可能です

[IRQMD\[1:0\]](#) ビット (IRQi 検出センス選択)

IRQi 外部端子割り込み要因の検出センシング方法を設定します。設定値に関する詳細は、[14.4.4 外部端子割り込み](#)を参照してください。

FCLKSEL[1:0] ビット (IRQi デジタルフィルタサンプリングクロック選択)

IRQi 外部端子割り込み要求のデジタルフィルタサンプリングクロックを選択します。下記から選択できます。

- PCLKB (毎サイクル)
- PCLKB/8 (8 サイクルに 1 回)
- PCLKB/32 (32 サイクルに 1 回)
- PCLKB/64 (64 サイクルに 1 回)

デジタルフィルタの詳細については、[14.4.3 デジタルフィルタ](#)を参照してください。

FLTEN ビット (IRQi デジタルフィルタ有効)

IRQi 外部端子割り込み要因に使用するデジタルフィルタを有効にします。デジタルフィルタは、IRQCRI.FLTEN ビットが 1 の場合に有効になり、IRQCRI.FLTEN ビットが 0 の場合に無効になります。IRQi 端子レベルは、IRQCRI.FCLKSEL[1:0] ビットで指定されたサイクルでサンプリングされます。サンプリングされたレベルが 3 回一致すると、デジタルフィルタからの出力レベルが変化します。デジタルフィルタの詳細については、[14.4.3 デジタルフィルタ](#)を参照してください。

14.2.2 ノンマスクابل割り込みステータスレジスタ (NMISR)

アドレス ICU.NMISR 4000 6140h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-------|--------|---------|--------|-------|-------|-------|----|---------|----|--------|-------|--------|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | SPEST | BUSMST | BUSSSST | RECCST | RPEST | NMIST | OSTST | — | VBATTST | — | LVD1ST | WDTST | IWDTST |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------|-------------------------------|--|-----|
| b0 | IWDTST | IWDTアンダーフロー／リフレッシュエラーステータスフラグ | 0: 割り込み要求なし 1: 割り込み要求あり | R |
| b1 | WDTST | WDTアンダーフロー／リフレッシュエラーステータスフラグ | 0: 割り込み要求なし 1: 割り込み要求あり | R |
| b2 | LVD1ST | 電圧監視1割り込みステータスフラグ | 0: 割り込み要求なし 1: 割り込み要求あり | R |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b4 | VBATTST | VBATT監視割り込みステータスフラグ | 0: 割り込み要求なし 1: 割り込み要求あり | R |
| b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b6 | OSTST | 発振停止検出割り込みステータスフラグ | 0: メイン発振停止検出割り込み要求なし 1: メイン発振停止検出割り込み要求あり | R |
| b7 | NMIST | NMIステータスフラグ | 0: NMI端子割り込み要求なし 1: NMI端子割り込み要求あり | R |
| b8 | RPEST | SRAMパリティエラー割り込みステータスフラグ | 0: 割り込み要求なし 1: 割り込み要求あり | R |
| b9 | RECCST | SRAM ECCエラー割り込みステータスフラグ | 0: 割り込み要求なし 1: 割り込み要求あり | R |
| b10 | BUSSSST | MPUバススレーブエラー割り込みステータスフラグ | 0: 割り込み要求なし 1: 割り込み要求あり | R |
| b11 | BUSMST | MPUバスマスタエラー割り込みステータスフラグ | 0: 割り込み要求なし 1: 割り込み要求あり | R |
| b12 | SPEST | CPUスタックポインタモニタ割り込みステータスフラグ | 0: 割り込み要求なし 1: 割り込み要求あり | R |
| b15-b13 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |

NMISRレジスタは、ノンマスクابل割り込み要因のステータスを監視します。NMISRレジスタへの書き込みは無視されます。ノンマスクابل割り込みイネーブルレジスタ (NMIER) の設定は、このレジスタのステータスフラグには影響しません。ノンマスクابل割り込みの処理ルーチンでは、このレジスタの全ビットが0になっていることをチェックして、他のNMI要求が発生していないことを確認してから、処理を終了してください。

IWDTST フラグ (IWDTアンダーフロー／リフレッシュエラーステータスフラグ)

IWDTアンダーフロー／リフレッシュエラー割り込み要求を示します。本フラグは読み出し専用であり、NMICLR.IWDTCLR ビットでクリアされます。

[1になる条件]

- IWDTアンダーフロー／リフレッシュエラー割り込みが発生し、この割り込みが許可されているとき

[0になる条件]

- NMICLR.IWDTCLR ビットに1を書いたとき

WDTST フラグ (WDT アンダーフロー/リフレッシュエラーステータスフラグ)

WDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込み要求を示します。本フラグは読み出し専用であり、NMICLR.WDTCLR ビットでクリアされます。

[1 になる条件]

- WDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込みが発生したとき

[0 になる条件]

- NMICLR.WDTCLR ビットに 1 を書いたとき

LVD1ST フラグ (電圧監視 1 割り込みステータスフラグ)

電圧監視 1 割り込み要求を示します。本フラグは読み出し専用であり、NMICLR.LVD1CLR ビットでクリアされます。

[1 になる条件]

- 電圧監視 1 割り込みが発生し、この割り込みが許可されているとき

[0 になる条件]

- NMICLR.LVD1CLR ビットに 1 を書いたとき

VBATTST フラグ (VBATT 監視割り込みステータスフラグ)

VBATT 監視割り込み要求を示します。本フラグは読み出し専用であり、NMICLR.VBATTCLR ビットでクリアされます。

[1 になる条件]

- VBATT 監視割り込みが発生したとき

[0 になる条件]

- NMICLR.VBATTCLR ビットに 1 を書いたとき

OSTST フラグ (発振停止検出割り込みステータスフラグ)

メイン発振停止検出割り込み要求を示します。本フラグは読み出し専用であり、NMICLR.OSTCLR ビットでクリアされます。

[1 になる条件]

- 発振停止検出割り込みが発生したとき

[0 になる条件]

- NMICLR.OSTCLR ビットに 1 を書いたとき

NMIST フラグ (NMI ステータスフラグ)

NMI 端子割り込み要求を示します。本フラグは読み出し専用であり、NMICLR.NMICLR ビットでクリアされます。

[1 になる条件]

- NMICR.NMIMD ビットで指定したエッジが NMI 端子に入力されたとき

[0 になる条件]

- NMICLR.NMICLR ビットに 1 を書いたとき

RPEST フラグ (SRAM パリティエラー割り込みステータスフラグ)

SRAM パリティエラー割り込み要求を示します。

[1 になる条件]

- SRAM パリティエラーにより、割り込みが発生したとき

[0 になる条件]

- NMICLR.RPECLR ビットに 1 を書いたとき

RECCST フラグ (SRAM ECC エラー割り込みステータスフラグ)

SRAM ECC エラー割り込み要求を示します。

[1 になる条件]

- SRAM ECC エラーにより、割り込みが発生したとき

[0 になる条件]

- NMICLR.RECCCLR ビットに 1 を書いたとき

BUSST フラグ (MPU バススレーブエラー割り込みステータスフラグ)

バススレーブエラー割り込み要求を示します。

[1 になる条件]

- バススレーブエラーにより、割り込みが発生したとき

[0 になる条件]

- NMICLR.BUSSCLR ビットに 1 を書いたとき

BUSMST フラグ (MPU バスマスタエラー割り込みステータスフラグ)

バスマスタエラー割り込み要求を示します。

[1 になる条件]

- バスマスタエラーにより、割り込みが発生したとき

[0 になる条件]

- NMICLR.BUSMCLR ビットに 1 を書いたとき

SPEST フラグ (CPU スタックポインタモニタ割り込みステータスフラグ)

CPU スタックポインタモニタ割り込み要求を示します。

[1 になる条件]

- CPU スタックポインタモニタにより、割り込みが発生したとき

[0 になる条件]

- NMICLR.SPECLR ビットに 1 を書いたとき

14.2.3 ノンマスクブル割り込みイネーブルレジスタ (NMIER)

アドレス ICU.NMIER 4000 6120h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|----|---------|----|--------|-------|--------|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | SPEEN | BUSMEN | BUSSEN | RECCEN | RPEEN | NMIEN | OSTEN | — | VBATTEN | — | LVD1EN | WDTEN | IWDTEN |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------|
| b0 | IWDTEN | IWDTアンダーフロー／リフレッシュエラー割り込み許可 | 0：禁止 1：許可 | R/(W) (注1) (注2) |
| b1 | WDTEN | WDTアンダーフロー／リフレッシュエラー割り込み許可 | 0：禁止 1：許可 | R/(W) (注1) (注2) |
| b2 | LVD1EN | 電圧監視1割り込み許可 | 0：禁止 1：許可 | R/(W) (注1) (注2) |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | VBATTEN | VBATT監視割り込み許可 | 0：禁止 1：許可 | R/(W) (注1) (注2) |
| b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6 | OSTEN | 発振停止検出割り込み許可 | 0：禁止 1：許可 | R/(W) (注1) (注2) |
| b7 | NMIEN | NMI端子割り込み許可 | 0：禁止 1：許可 | R/(W) (注1) |
| b8 | RPEEN | SRAMパリティエラー割り込み許可 | 0：禁止 1：許可 | R/(W) (注1) (注2) |
| b9 | RECCEN | SRAM ECCエラー割り込み許可 | 0：禁止 1：許可 | R/(W) (注1) (注2) |
| b10 | BUSSEN | MPUバススレーブエラー割り込み許可 | 0：禁止 1：許可 | R/(W) (注1) (注2) |
| b11 | BUSMEN | MPUバスマスターエラー割り込み許可 | 0：禁止 1：許可 | R/(W) (注1) (注2) |
| b12 | SPEEN | CPUスタックポインタモニタ割り込み許可 | 0：禁止 1：許可 | R/(W) (注1) (注2) |
| b15-b13 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. リセット後、1回だけ1を書き込むことができ、以後のライトアクセスは無効です。0の書き込みは無効です。

注2. イベント信号として使用する場合、1にしないでください。

IWDTEN ビット (IWDTアンダーフロー／リフレッシュエラー割り込み許可)

NMIの起動要因となるIWDTアンダーフロー／リフレッシュエラー割り込みを許可します。

WDTEN ビット (WDTアンダーフロー／リフレッシュエラー割り込み許可)

NMIの起動要因となるWDTアンダーフロー／リフレッシュエラー割り込みを許可します。

LVD1EN ビット (電圧監視 1 割り込み許可)

NMI の起動要因となる電圧監視 1 割り込みを許可します。

VBATTEN ビット (VBATT 監視割り込み許可)

NMI の起動要因となる VBATT 監視割り込みを許可します。

OSTEN ビット (発振停止検出割り込み許可)

NMI の起動要因となるメイン発振停止検出割り込みを許可します。

NMIEN ビット (NMI 端子割り込み許可)

NMI の起動要因となる NMI 端子割り込みを許可します。

RPEEN ビット (SRAM パリティエラー割り込み許可)

NMI の起動要因となる SRAM パリティエラー割り込みを許可します。

RECCEN ビット (SRAM ECC エラー割り込み許可)

NMI の起動要因となる SRAM ECC エラー割り込みを許可します。

BUSSEN ビット (MPU バススレーブエラー割り込み許可)

NMI の起動要因となるバススレーブエラー割り込みを許可します。

BUSMEN ビット (MPU バスマスタエラー割り込み許可)

NMI の起動要因となるバスマスタエラー割り込みを許可します。

SPEEN ビット (CPU スタックポインタモニタ割り込み許可)

NMI の起動要因となる CPU スタックポインタモニタ割り込みを許可します。

14.2.4 ノンマスクブル割り込みステータスクリアレジスタ (NMICLR)

アドレス ICU.NMICLR 4000 6130h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|----|--------------|----|-------------|------------|-------------|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | SPECL R | BUSM CLR | BUSSC LR | RECC LR | RPECL R | NMICL R | OSTCL R | — | VBATT CLR | — | LVD1C LR | WDTCL R | IWDTCL R |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|----------|-----------------------|----------------------------------|---------------|
| b0 | IWDTCLR | IWDTクリア | 0: 無効 1: NMISR.IWDTSTフラグをクリア | R/(W) (注1) |
| b1 | WDTCLR | WDTクリア | 0: 無効 1: NMISR.WDTSTフラグをクリア | R/(W) (注1) |
| b2 | LVD1CLR | LVD1クリア | 0: 無効 1: NMISR.LVD1STフラグをクリア | R/(W) (注1) |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | VBATTCLR | VBATTクリア | 0: 無効 1: NMISR.VBATTSTフラグをクリア | R/(W) (注1) |
| b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6 | OSTCLR | OSTクリア | 0: 無効 1: NMISR.OSTSTフラグをクリア | R/(W) (注1) |
| b7 | NMICLR | NMIクリア | 0: 無効 1: NMISR.NMISTフラグをクリア | R/(W) (注1) |
| b8 | RPECLR | SRAMパリティエラークリア | 0: 無効 1: NMISR.RPESTフラグをクリア | R/(W) (注1) |
| b9 | RECCCLR | SRAM ECCエラークリア | 0: 無効 1: NMISR.RECCSTフラグをクリア | R/(W) (注1) |
| b10 | BUSSCLR | バススレーブエラークリア | 0: 無効 1: NMISR.BUSSSTフラグをクリア | R/(W) (注1) |
| b11 | BUSMCLR | バスマスタエラークリア | 0: 無効 1: NMISR.BUSMSTフラグをクリア | R/(W) (注1) |
| b12 | SPECLR | CPUスタックポインタモニタ割り込みクリア | 0: 無効 1: NMISR.SPESTフラグをクリア | R/(W) (注1) |
| b15-b13 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. 本ビットには1のみ書けます。

IWDTCLR ビット (IWDT クリア)

1を書き込むことにより、NMISR.IWDTSTフラグをクリアします。読むと0が読めます。

WDTCLR ビット (WDT クリア)

1を書き込むことにより、NMISR.WDTSTフラグをクリアします。読むと0が読めます。

LVD1CLR ビット (LVD1 クリア)

1を書き込むことにより、NMISR.LVD1STフラグをクリアします。読むと0が読めます。

VBATTCLR ビット (VBATT クリア)

1を書き込むことにより、NMISR.VBATTSTフラグをクリアします。読むと0が読めます。

OSTCLR ビット (OST クリア)

1を書き込むことにより、NMISR.OSTSTフラグをクリアします。読むと0が読めます。

NMICLR ビット (NMI クリア)

1 を書き込むことにより、NMISR.NMIST フラグをクリアします。読むと 0 が読めます。

RPECLR ビット (SRAM パリティエラークリア)

1 を書き込むことにより、NMISR.RPEST フラグをクリアします。読むと 0 が読めます。

RECCCLR ビット (SRAM ECC エラークリア)

1 を書き込むことにより、NMISR.RECCST フラグをクリアします。読むと 0 が読めます。

BUSSCLR ビット (バススレーブエラークリア)

1 を書き込むことにより、NMISR.BUSSST フラグをクリアします。読むと 0 が読めます。

BUSMCLR ビット (バスマスタエラークリア)

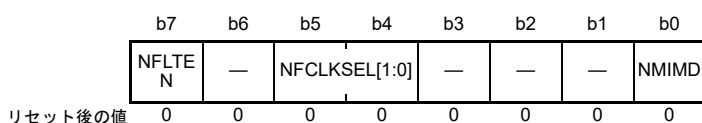
1 を書き込むことにより、NMISR.BUSMSST フラグをクリアします。読むと 0 が読めます。

SPECLR ビット (CPU スタックポインタモニタ割り込みクリア)

1 を書き込むことにより、NMISR.SPEST フラグをクリアします。読むと 0 が読めます。

14.2.5 NMI 端子割り込みコントロールレジスタ (NMICR)

アドレス ICU.NMICR 4000 6100h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------------|-------------------------|---|-----|
| b0 | NMIMD | NMI検出設定 | 0: 立ち下がりエッジ 1: 立ち上がりエッジ | R/W |
| b3-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b5-b4 | NFCLKSEL[1:0] | NMIデジタルフィルタサンプリングクロック選択 | b5 b4 0 0: PCLKB 0 1: PCLKB/8 1 0: PCLKB/32 1 1: PCLKB/64 | R/W |
| b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | NFLTEN | NMIデジタルフィルタ有効 | 0: デジタルフィルタ無効 1: デジタルフィルタ有効 | R/W |

NMICR レジスタの設定を変更してから、NMI 端子割り込みを許可 (NMIER.NMIEN ビットを 1) にしてください。

NMIMD ビット (NMI 検出設定)

NMI 端子割り込みの検出センシング方法を選択します。

NFCLKSEL[1:0] ビット (NMI デジタルフィルタサンプリングクロック選択)

NMI 端子割り込みのデジタルフィルタサンプリングクロックを選択します。下記から選択できます。

- PCLKB (毎サイクル)
- PCLKB/8 (8 サイクルに 1 回)
- PCLKB/32 (32 サイクルに 1 回)
- PCLKB/64 (64 サイクルに 1 回)

デジタルフィルタの詳細については、[14.4.3 デジタルフィルタ](#)を参照してください。

NFLTEN ビット (NMI デジタルフィルタ有効)

NMI 端子割り込みのデジタルフィルタを有効にします。デジタルフィルタは、NFLTEN ビットが 1 の場合に有効になり、NFLTEN ビットが 0 の場合に無効になります。NMI 端子レベルは、NMIFLTC.NFCLKSEL[1:0] ビットで指定されたクロックサイクルでサンプリングされます。サンプリングされたレベルが 3 回一致すると、デジタルフィルタからの出力レベルが変化します。デジタルフィルタの詳細については、[14.4.3 デジタルフィルタ](#)を参照してください。

14.2.6 ICU イベントリンク設定レジスタ n (IELSRn)

アドレス ICU.IELSR0 4000 6300h, ICU.IELSR1 4000 6304h, ICU.IELSR2 4000 6308h, ICU.IELSR3 4000 630Ch.....
.....ICU.IELSR28 4000 6370h, ICU.IELSR29 4000 6374h, ICU.IELSR30 4000 6378h, ICU.IELSR31 4000 637Ch

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 | | |
| | — | — | — | — | — | — | — | DTCE | — | — | — | — | — | — | — | IR | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 | | |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | IELS[7:0] | | | | | | | | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|---------------|--|---------------|
| b7-b0 | IELS[7:0] | ICU イベントリンク選択 | b7 b0 00000000 : 対応する NVIC または DTC モジュールへの割り込みは禁止 00000001 ~ 11011001 : リンクするイベント信号の番号。詳細は、表 14.4 を参照してください。 | R/W |
| b15-b8 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。 | R/W |
| b16 | IR | 割り込みステータスフラグ | 0 : 割り込み要求の発生なし 1 : 割り込み要求の発生あり | R/(W) (注1) |
| b23-b17 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。 | R/W |
| b24 | DTCE | DTC 起動許可 | 0 : DTC 起動を禁止 1 : DTC 起動を許可 | R/W |
| b31-b25 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。 | R/W |

注. このレジスタにはハーフワードまたはワードアクセスが必要です。

注. Bluetooth ミドルウェアは IELSR31 レジスタに対応する処理を行います。IELSR31 の設定は変更しないでください。

注 1. IR フラグを 1 にする書き込みは禁止です。

IELSRn レジスタでは、NVIC で使用する IRQ 要因を選択します。詳細は、表 14.4 イベントテーブルを参照してください。IELSRn (n=0~31) は、NVIC IRQ 入力要因番号 0~31 に対応しています。

IELS[7:0] ビット (ICU イベントリンク選択)

対応する NVIC/DTC モジュールにリンクするイベント信号を指定します。

IR フラグ (割り込みステータスフラグ)

IELS[7:0] で指定されたイベントからの割り込み要求の有無を示します。

[1 になる条件]

- 対応する周辺モジュールまたは IRQi 端子から割り込み要求を受信したとき

[0 になる条件]

- 0 を書いたとき。DTCE ビットを 0 にしてから、IR フラグを 0 にすること

IR フラグのクリア方法：

1. 入力信号をネゲートする。
2. 周辺リードアクセスを 1 回実行し、対象モジュールクロックの 2 クロックサイクル分待つ。
3. 0 を書き込んで IR フラグをクリアする。

DTCE ビット (DTC 起動許可)

DTCE ビットを1にすると、対応するイベントが DTC 起動要因として選択されます。

[1になる条件]

- 1を書いたとき

[0になる条件]

- 設定の転送数が終了したとき。チェーン転送の場合は、指定された最後のチェーン転送の転送数が終了したとき
- 0を書いたとき

14.2.7 DMAC イベントリンク設定レジスタ n (DELSRn)

アドレス ICU.DELSR0 4000 6280h, ICU.DELSR1 DELSR1, ICU.DELSR2 4000 6288h, ICU.DELSR3 4000 628Ch

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | IR | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | DELS[7:0] | | | | | | | | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|-------------------|--|-------------|
| b7-b0 | DELS[7:0] | DMAC イベントリンク選択 | b7 b0 00000000 : 対応するDMACモジュールへのDMA起動要求は無効 00000001 ~ 11011001 : リンクするイベント信号の番号 上記以外は設定しないでください。詳細は、表 14.4 イベントテーブルを参照してください。 | R/W |
| b15-b8 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b16 | IR | DMACの割り込みステータスフラグ | 0 : 割り込み要求なし 1 : 割り込み要求あり | R/W (注1) |
| b31-b17 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注. このレジスタにはハーフワードまたはワードアクセスが必要です。

注 1. IR フラグを 1 にする書き込みは禁止です。

DELS[7:0] ビット (DMAC イベントリンク選択)

DMAC モジュールにリンクするイベント信号を指定します。

IR フラグ (DMAC の割り込みステータスフラグ)

各 DMA 転送要求のステータスフラグです。

本フラグは、同じレジスタの DELS[7:0] ビットに対応します。

[1 になる条件]

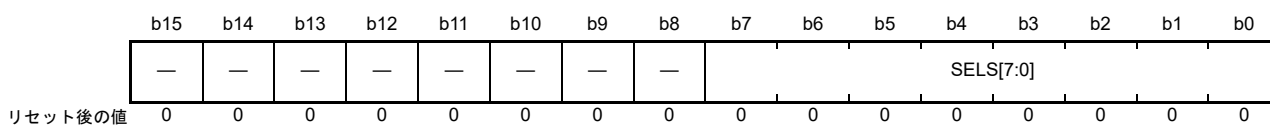
- 本フラグは、対応する周辺モジュールまたは IRQ_i 端子から DMA 転送要求が発生したときに、1 に設定されます

[0 になる条件]

- 0 を書いたとき
- DMA 転送要求の発生後、DMA 転送を開始したとき

14.2.8 SYS イベントリンク設定レジスタ (SELSR0)

アドレス ICU.SELSR0 4000 6200h

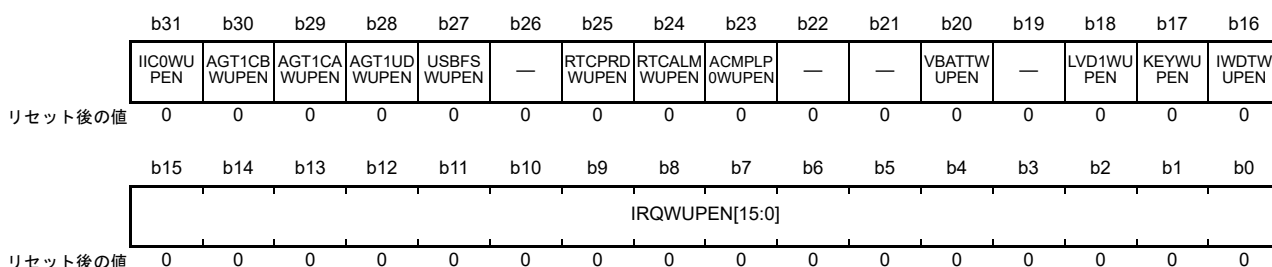


| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|-----------|---------------|---|-----|
| b7-b0 | SELS[7:0] | SYS イベントリンク選択 | b7 b0 00000000 : 対応する低消費電力モードモジュールへのイベント出力は無効 00000001 ~ 11011001 : リンクするイベント信号の番号 上記以外は設定しないでください。詳細は、表 14.4 イベントテーブルを参照してください。 | R/W |
| b15-b8 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

SELSR0 レジスタでは、スヌーズモードから CPU を復帰させるためのイベントを選択します。表 14.4 において「スヌーズモードの解除／SELSR0 の使用」欄に○印が付いたイベントのみを使用できます。このレジスタで指定されるイベントは、表 14.4 では ICU_SNZCANCEL (017h) と定義されています。IELSRn.IELS ビットに 017h が設定されると、SELSR0 イベント割り込みが発生します。

14.2.9 ウェイクアップ割り込みイネーブルレジスタ (WUPEN)

アドレス ICU.WUPEN 4000 61A0h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|----------------|---------------------------------|--|-----|
| b15-b0 | IRQWUPEN[15:0] | IRQ割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可 | 0: IRQ割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰禁止 1: IRQ割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰許可 | R/W |
| b16 | IWDTWUPEN | IWDT割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可 | 0: IWDT割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰禁止 1: IWDT割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰許可 | R/W |
| b17 | KEYWUPEN | キー割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可 | 0: キー割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰禁止 1: キー割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰許可 | R/W |
| b18 | LVD1WUPEN | LVD1割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可 | 0: LVD1割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰禁止 1: LVD1割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰許可 | R/W |
| b19 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b20 | VBATTWUPEN | VBATT監視割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可 | 0: VBATT監視割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰禁止 1: VBATT監視割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰許可 | R/W |
| b22-b21 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b23 | ACMPLP0WUPEN | ACMPLP0割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可 | 0: ACMPLP0割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰禁止 1: ACMPLP0割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰許可 | R/W |
| b24 | RTCALMWUPEN | RTCアラーム割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可 | 0: RTCアラーム割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰禁止 1: RTCアラーム割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰許可 | R/W |
| b25 | RTCPRDWUPEN | RTC周期割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可 | 0: RTC周期割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰禁止 1: RTC周期割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰許可 | R/W |
| b26 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b27 | USBFSWUPEN | USBFS割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可 | 0: USBFS割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰禁止 1: USBFS割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰許可 | R/W |
| b28 | AGT1UDWUPEN | AGT1アンダーフロー割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可 | 0: AGT1アンダーフロー割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰禁止 1: AGT1アンダーフロー割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰許可 | R/W |
| b29 | AGT1CAWUPEN | AGT1コンペアマッチA割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可 | 0: AGT1コンペアマッチA割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰禁止 1: AGT1コンペアマッチA割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰許可 | R/W |
| b30 | AGT1CBWUPEN | AGT1コンペアマッチB割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可 | 0: AGT1コンペアマッチB割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰禁止 1: AGT1コンペアマッチB割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰許可 | R/W |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|-----------|-------------------------------|--|-----|
| b31 | IIC0WUPEN | IIC0アドレス一致割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可 | 0: IIC0アドレス一致割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰禁止 1: IIC0アドレス一致割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰許可 | R/W |

このレジスタの各ビットは、対応する割り込みがソフトウェアスタンバイモードからCPUを復帰させることができるかどうかを制御します。

IRQWUPEN[15:0] ビット (IRQ 割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可)

ソフトウェアスタンバイモードを解除するため IRQn 割り込みの使用を許可します。0 ~ 4, 6, 7, 9, 11, 14, 15 ビットのみ使用可能です。

IWDTWUPEN ビット (IWDWT 割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可)

ソフトウェアスタンバイモードを解除するため IWDWT 割り込みの使用を許可します。

KEYWUPEN ビット (キー割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可)

ソフトウェアスタンバイモードを解除するためキー割り込みの使用を許可します。

LVD1WUPEN ビット (LVD1 割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可)

ソフトウェアスタンバイモードを解除するため LVD1 割り込みの使用を許可します。

VBATTWUPEN ビット (VBATT 監視割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可)

ソフトウェアスタンバイモードを解除するため VBATT 監視割り込みの使用を許可します。

ACMPLP0WUPEN ビット (ACMPLP0 割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可)

ソフトウェアスタンバイモードを解除するため ACMPLP0 割り込みの使用を許可します。

RTCALMWUPEN ビット (RTC アラーム割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可)

ソフトウェアスタンバイモードを解除するため RTC アラーム割り込みの使用を許可します。

RTCPRDWUPEN ビット (RTC 周期割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可)

ソフトウェアスタンバイモードを解除するため RTC 周期割り込みの使用を許可します。

USBFSWUPEN ビット (USBFS 割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可)

ソフトウェアスタンバイモードを解除するため USBFS 割り込みの使用を許可します。

AGT1UDWUPEN ビット (AGT1 アンダーフロー割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可)

ソフトウェアスタンバイモードを解除するため AGT1 アンダーフロー割り込みの使用を許可します。

AGT1CAWUPEN ビット (AGT1 コンペアマッチ A 割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可)

ソフトウェアスタンバイモードを解除するため AGT1 コンペアマッチ A 割り込みの使用を許可します。

AGT1CBWUPEN ビット (AGT1 コンペアマッチ B 割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可)

ソフトウェアスタンバイモードを解除するため AGT1 コンペアマッチ B 割り込みの使用を許可します。

IIC0WUPEN ビット (IIC0 アドレス一致割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可)

ソフトウェアスタンバイモードを解除するため IIC0 割り込みの使用を許可します。

14.3 ベクタテーブル

ICUは、マスカブル割り込みとノンマスカブル割り込みを検出します。割り込み優先順位は Arm NVIC で設定されます。ARM® Cortex®-M4 Processor Technical Reference Manual (ARM DDI 0439D) の NVIC の章を参照してください。

14.3.1 割り込みベクタテーブル

表 14.3 に割り込みベクタテーブルの内容を示します。割り込みベクタアドレスは、NVIC の仕様に従います。

表 14.3 割り込みベクタテーブル (1/2)

| 例外番号 | IRQ番号 | ベクタオフセット | 発生元 | 内容 |
|------|-------|----------|-------------|--------------------------------------|
| 0 | — | 000h | Arm | 初期スタックポインタ |
| 1 | — | 004h | Arm | 初期プログラムカウンタ (リセットベクタ) |
| 2 | — | 008h | Arm | ノンマスカブル割り込み (NMI) |
| 3 | — | 00Ch | Arm | ハード障害 |
| 4 | — | 010h | Arm | MemManage障害 |
| 5 | — | 014h | Arm | バス障害 |
| 6 | — | 018h | Arm | 使用障害 |
| 7 | — | 01Ch | Arm | 予約 |
| 8 | — | 020h | Arm | 予約 |
| 9 | — | 024h | Arm | 予約 |
| 10 | — | 028h | Arm | 予約 |
| 11 | — | 02Ch | Arm | スーパーバイザコール (SVCall) |
| 12 | — | 030h | Arm | デバッグ監視 |
| 13 | — | 034h | Arm | 予約 |
| 14 | — | 038h | Arm | システムサービスに対する保留可能な要求 (PendableSrvReq) |
| 15 | — | 03Ch | Arm | システムティックタイマ (SysTick) |
| 16 | 0 | 040h | ICU.IELSR0 | ICU.IELSR0レジスタで選択されたイベント |
| 17 | 1 | 044h | ICU.IELSR1 | ICU.IELSR1レジスタで選択されたイベント |
| 18 | 2 | 048h | ICU.IELSR2 | ICU.IELSR2レジスタで選択されたイベント |
| 19 | 3 | 04Ch | ICU.IELSR3 | ICU.IELSR3レジスタで選択されたイベント |
| 20 | 4 | 050h | ICU.IELSR4 | ICU.IELSR4レジスタで選択されたイベント |
| 21 | 5 | 054h | ICU.IELSR5 | ICU.IELSR5レジスタで選択されたイベント |
| 22 | 6 | 058h | ICU.IELSR6 | ICU.IELSR6レジスタで選択されたイベント |
| 23 | 7 | 05Ch | ICU.IELSR7 | ICU.IELSR7レジスタで選択されたイベント |
| 24 | 8 | 060h | ICU.IELSR8 | ICU.IELSR8レジスタで選択されたイベント |
| 25 | 9 | 064h | ICU.IELSR9 | ICU.IELSR9レジスタで選択されたイベント |
| 26 | 10 | 068h | ICU.IELSR10 | ICU.IELSR10レジスタで選択されたイベント |
| 27 | 11 | 06Ch | ICU.IELSR11 | ICU.IELSR11レジスタで選択されたイベント |
| 28 | 12 | 070h | ICU.IELSR12 | ICU.IELSR12レジスタで選択されたイベント |
| 29 | 13 | 074h | ICU.IELSR13 | ICU.IELSR13レジスタで選択されたイベント |
| 30 | 14 | 078h | ICU.IELSR14 | ICU.IELSR14レジスタで選択されたイベント |
| 31 | 15 | 07Ch | ICU.IELSR15 | ICU.IELSR15レジスタで選択されたイベント |
| 32 | 16 | 080h | ICU.IELSR16 | ICU.IELSR16レジスタで選択されたイベント |
| 33 | 17 | 084h | ICU.IELSR17 | ICU.IELSR17レジスタで選択されたイベント |
| 34 | 18 | 088h | ICU.IELSR18 | ICU.IELSR18レジスタで選択されたイベント |
| 35 | 19 | 08Ch | ICU.IELSR19 | ICU.IELSR19レジスタで選択されたイベント |

表 14.3 割り込みベクタテーブル (2/2)

| 例外番号 | IRQ番号 | ベクタオフセット | 発生元 | 内容 |
|------|-------|----------|-------------|---------------------------|
| 36 | 20 | 090h | ICU.IELSR20 | ICU.IELSR20レジスタで選択されたイベント |
| 37 | 21 | 094h | ICU.IELSR21 | ICU.IELSR21レジスタで選択されたイベント |
| 38 | 22 | 098h | ICU.IELSR22 | ICU.IELSR22レジスタで選択されたイベント |
| 39 | 23 | 09Ch | ICU.IELSR23 | ICU.IELSR23レジスタで選択されたイベント |
| 40 | 24 | 0A0h | ICU.IELSR24 | ICU.IELSR24レジスタで選択されたイベント |
| 41 | 25 | 0A4h | ICU.IELSR25 | ICU.IELSR25レジスタで選択されたイベント |
| 42 | 26 | 0A8h | ICU.IELSR26 | ICU.IELSR26レジスタで選択されたイベント |
| 43 | 27 | 0ACh | ICU.IELSR27 | ICU.IELSR27レジスタで選択されたイベント |
| 44 | 28 | 0B0h | ICU.IELSR28 | ICU.IELSR28レジスタで選択されたイベント |
| 45 | 29 | 0B4h | ICU.IELSR29 | ICU.IELSR29レジスタで選択されたイベント |
| 46 | 30 | 0B8h | ICU.IELSR30 | ICU.IELSR30レジスタで選択されたイベント |
| 47 | 31 | 0BCh | ICU.IELSR31 | ICU.IELSR31レジスタで選択されたイベント |

14.3.2 イベント番号

下表は、イベント番号を記した表 14.4 の各項目の説明です。

| 項目 | 内容 |
|-------------------|---|
| 割り込み要求の発生元 | 割り込み要求の発生元の名称 |
| 名称 | 割り込みの名称 |
| 割り込み検出の形式 (信号) | 割り込み検出法としての「エッジ」または「レベル」 NMI割り込みとして使用可能なものが○印で示されています。 |
| NVICへの接続 | CPU割り込み (IELSRnの設定) として使用可能な割り込みが○印で示されています。 |
| DTCの起動 | DTCの起動要求 (IELSRnの設定) に使用可能な割り込みが○印で示されています。 |
| DMACの起動 | DMACの起動要求 (DELSRnの設定) に使用可能な割り込みが○印で示されています。 |
| スヌーズモードの解除 | SELSR0を使用したスヌーズモードからの復帰要求に使用可能な割り込みが○印で示されています。それ以外では、直接使用可能な割り込みが○印で示されています。 |
| ソフトウェアスタンバイモードの解除 | ソフトウェアスタンバイモードからの復帰要求に使用可能な割り込みが○印で示されています。 |

表 14.4 イベントテーブル (1/5)

| イベント番号 | 割り込み要求の発生元 | 名称 | IELSRn | | DELSRn | スヌーズモードの解除 | ソフトウェアスタンバイモードの解除 |
|--------|------------|---------------|-------------|--------|---------|------------|-------------------|
| | | | NVICへの接続 | DTCの起動 | DMACの起動 | | |
| 001h | ポート | PORT_IRQ0 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 002h | | PORT_IRQ1 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 003h | | PORT_IRQ2 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 004h | | PORT_IRQ3 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 005h | | PORT_IRQ4 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 007h | | PORT_IRQ6 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 008h | | PORT_IRQ7 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 009h | | BLE | BLEIRQ (注5) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 00Ah | ポート | PORT_IRQ9 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 00Ch | | PORT_IRQ11 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 00Fh | | PORT_IRQ14 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 010h | | PORT_IRQ15 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 011h | DMAC0 | DMAC0_INT | ○ | ○ | | | |
| 012h | DMAC1 | DMAC1_INT | ○ | ○ | | | |
| 013h | DMAC2 | DMAC2_INT | ○ | ○ | | | |
| 014h | DMAC3 | DMAC3_INT | ○ | ○ | | | |
| 015h | DTC | DTC_COMPLETE | ○ | | | ○ (注4) | |
| 017h | ICU | ICU_SNZCANCEL | ○ | | | ○ | |
| 018h | FCU | FCU_FRDYI | ○ | | | | |
| 019h | LVD | LVD_LVD1 | ○ | | | ○ | ○ |
| 01Bh | VBATT | VBATT_LVD | ○ | | | ○ | ○ |
| 01Ch | MOSC | MOSC_STOP | ○ | | | | |
| 01Dh | 低消費電力モード | SYSTEM_SNZREQ | | ○ | | | |
| 01Eh | AGT0 | AGT0_AGTI | ○ | ○ | ○ | | |
| 01Fh | | AGT0_AGTCMAI | ○ | ○ | ○ | | |
| 020h | | AGT0_AGTCMBI | ○ | ○ | ○ | | |

表 14.4 イベントテーブル (2/5)

| イベント 番号 | 割り込み要求の発生元 | 名称 | IELSRn | | DELSRn | スヌーズ モードの 解除 | ソフトウェア スタンバイ モードの解除 |
|------------|------------|---------------|----------|--------|---------|--------------------|---------------------------|
| | | | NVICへの接続 | DTCの起動 | DMACの起動 | | |
| 021h | AGT1 | AGT1_AGTI | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 022h | | AGT1_AGTCMAI | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 023h | | AGT1_AGTCMBI | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 024h | IWDT | IWDT_NMIUNDF | ○ | | | ○ | ○ |
| 025h | WDT | WDT_NMIUNDF | ○ | | | | |
| 026h | RTC | RTC_ALM | ○ | | | ○ | ○ |
| 027h | | RTC_PRD | ○ | | | ○ | ○ |
| 028h | | RTC_CUP | ○ | | | | |
| 029h | ADC140 | ADC140_ADI | ○ | ○ | ○ | | |
| 02Ah | | ADC140_GBADI | ○ | ○ | ○ | | |
| 02Bh | | ADC140_CMPAI | ○ | | | | |
| 02Ch | | ADC140_CMPBI | ○ | | | | |
| 02Dh | | ADC140_WCMPPM | | ○ | ○ | ○ (注4) | |
| 02Eh | | ADC140_WCMPUM | | ○ | ○ | ○ (注4) | |
| 02Fh | ACMPLP | ACMP_LP0 | ○ | | | ○ | ○ |
| 030h | | ACMP_LP1 | ○ | | | | |
| 031h | USBFS | USBFS_D0FIFO | ○ | ○ | ○ | | |
| 032h | | USBFS_D1FIFO | ○ | ○ | ○ | | |
| 033h | | USBFS_USBI | ○ | | | | |
| 034h | | USBFS_USBR | ○ | | | ○ | ○ |
| 035h | IIC0 | IIC0_RXI | ○ | ○ | ○ | | |
| 036h | | IIC0_TXI | ○ | ○ | ○ | | |
| 037h | | IIC0_TEI | ○ | | | | |
| 038h | | IIC0_EEI | ○ | | | | |
| 039h | | IIC0_WUI | ○ | | | ○ | ○ |
| 03Ah | IIC1 | IIC1_RXI | ○ | ○ | ○ | | |
| 03Bh | | IIC1_TXI | ○ | ○ | ○ | | |
| 03Ch | | IIC1_TEI | ○ | | | | |
| 03Dh | | IIC1_EEI | ○ | | | | |
| 046h | CTSU | CTSU_CTSUWR | ○ | ○ | ○ | | |
| 047h | | CTSU_CTSURD | ○ | ○ | ○ | | |
| 048h | | CTSU_CTSUFN | ○ | | | ○ (注4) | |
| 049h | KINT | KEY_INTKR | ○ | | | ○ (注1) | ○ (注1) |
| 04Ah | DOC | DOC_DOPCI | ○ | | | ○ (注4) | |
| 04Bh | CAC | CAC_FERRI | ○ | | | | |
| 04Ch | | CAC_MENDI | ○ | | | | |
| 04Dh | | CAC_OVFI | ○ | | | | |
| 04Eh | CAN0 | CAN0_ERS | ○ | | | | |
| 04Fh | | CAN0_RXF | ○ | | | | |
| 050h | | CAN0_TXF | ○ | | | | |
| 051h | | CAN0_RXM | ○ | | | | |
| 052h | | CAN0_TXM | ○ | | | | |

表 14.4 イベントテーブル (3/5)

| イベント 番号 | 割り込み要求の発生元 | 名称 | IELSRn | | DELSRn | スヌーズ モードの 解除 | ソフトウェア スタンバイ モードの解除 |
|------------|------------|---------------|------------|--------|---------|--------------------|---------------------------|
| | | | NVICへの接続 | DTCの起動 | DMACの起動 | | |
| 053h | I/Oポート | IOPORT_GROUP1 | ○ | ○ (注2) | ○ (注2) | | |
| 054h | | IOPORT_GROUP2 | ○ | ○ (注2) | ○ (注2) | | |
| 055h | | IOPORT_GROUP3 | ○ | ○ (注2) | ○ (注2) | | |
| 056h | | IOPORT_GROUP4 | ○ | ○ (注2) | ○ (注2) | | |
| 057h | ELC | ELC_SWEVT0 | ○ (注3) | ○ | | | |
| 058h | | ELC_SWEVT1 | ○ (注3) | ○ | | | |
| 059h | POEG | POEG_GROUP0 | ○ | | | | |
| 05Ah | | POEG_GROUP1 | ○ | | | | |
| 05Bh | GPT320 | GPT0_CCMPA | ○ | ○ | ○ | | |
| 05Ch | | GPT0_CCMPB | ○ | ○ | ○ | | |
| 05Dh | | GPT0_CMPC | ○ | ○ | ○ | | |
| 05Eh | | GPT0_CMPD | ○ | ○ | ○ | | |
| 05Fh | | GPT0_CMPE | ○ | ○ | ○ | | |
| 060h | | GPT0_CMPF | ○ | ○ | ○ | | |
| 061h | | GPT0_OVF | ○ | ○ | ○ | | |
| 062h | | GPT0_UDF | ○ | ○ | ○ | | |
| 063h | | GPT321 | GPT1_CCMPA | ○ | ○ | ○ | |
| 064h | GPT1_CCMPB | | ○ | ○ | ○ | | |
| 065h | GPT1_CMPC | | ○ | ○ | ○ | | |
| 066h | GPT1_CMPD | | ○ | ○ | ○ | | |
| 067h | GPT1_CMPE | | ○ | ○ | ○ | | |
| 068h | GPT1_CMPF | | ○ | ○ | ○ | | |
| 069h | GPT1_OVF | | ○ | ○ | ○ | | |
| 06Ah | GPT1_UDF | | ○ | ○ | ○ | | |
| 06Bh | GPT322 | GPT2_CCMPA | ○ | ○ | ○ | | |
| 06Ch | | GPT2_CCMPB | ○ | ○ | ○ | | |
| 06Dh | | GPT2_CMPC | ○ | ○ | ○ | | |
| 06Eh | | GPT2_CMPD | ○ | ○ | ○ | | |
| 06Fh | | GPT2_CMPE | ○ | ○ | ○ | | |
| 070h | | GPT2_CMPF | ○ | ○ | ○ | | |
| 071h | | GPT2_OVF | ○ | ○ | ○ | | |
| 072h | | GPT2_UDF | ○ | ○ | ○ | | |
| 073h | GPT323 | GPT3_CCMPA | ○ | ○ | ○ | | |
| 074h | | GPT3_CCMPB | ○ | ○ | ○ | | |
| 075h | | GPT3_CMPC | ○ | ○ | ○ | | |
| 076h | | GPT3_CMPD | ○ | ○ | ○ | | |
| 077h | | GPT3_CMPE | ○ | ○ | ○ | | |
| 078h | | GPT3_CMPF | ○ | ○ | ○ | | |
| 079h | | GPT3_OVF | ○ | ○ | ○ | | |
| 07Ah | | GPT3_UDF | ○ | ○ | ○ | | |

表 14.4 イベントテーブル (4/5)

| イベント 番号 | 割り込み要求の発生元 | 名称 | IELSRn | | DELSRn | スヌーズ モードの 解除 | ソフトウェア スタンバイ モードの解除 |
|------------|------------|-----------------|----------|--------|---------|--------------------|---------------------------|
| | | | NVICへの接続 | DTCの起動 | DMACの起動 | | |
| 07Bh | GPT164 | GPT4_CCMPA | ○ | ○ | ○ | | |
| 07Ch | | GPT4_CCMPB | ○ | ○ | ○ | | |
| 07Dh | | GPT4_CMPC | ○ | ○ | ○ | | |
| 07Eh | | GPT4_CMPD | ○ | ○ | ○ | | |
| 07Fh | | GPT4_CMPE | ○ | ○ | ○ | | |
| 080h | | GPT4_CMPF | ○ | ○ | ○ | | |
| 081h | | GPT4_OVF | ○ | ○ | ○ | | |
| 082h | | GPT4_UDF | ○ | ○ | ○ | | |
| 083h | GPT165 | GPT5_CCMPA | ○ | ○ | ○ | | |
| 084h | | GPT5_CCMPB | ○ | ○ | ○ | | |
| 085h | | GPT5_CMPC | ○ | ○ | ○ | | |
| 086h | | GPT5_CMPD | ○ | ○ | ○ | | |
| 087h | | GPT5_CMPE | ○ | ○ | ○ | | |
| 088h | | GPT5_CMPF | ○ | ○ | ○ | | |
| 089h | | GPT5_OVF | ○ | ○ | ○ | | |
| 08Ah | | GPT5_UDF | ○ | ○ | ○ | | |
| 09Bh | GPT168 | GPT8_CCMPA | ○ | ○ | ○ | | |
| 09Ch | | GPT8_CCMPB | ○ | ○ | ○ | | |
| 09Dh | | GPT8_CMPC | ○ | ○ | ○ | | |
| 09Eh | | GPT8_CMPD | ○ | ○ | ○ | | |
| 09Fh | | GPT8_CMPE | ○ | ○ | ○ | | |
| 0A0h | | GPT8_CMPF | ○ | ○ | ○ | | |
| 0A1h | | GPT8_OVF | ○ | ○ | ○ | | |
| 0A2h | | GPT8_UDF | ○ | ○ | ○ | | |
| 0ABh | GPT | GPT_UVWEDGE | ○ | | | | |
| 0ACh | SCI0 | SCI0_RXI | ○ | ○ | ○ | | |
| 0ADh | | SCI0_TXI | ○ | ○ | ○ | | |
| 0AEh | | SCI0_TEI | ○ | | | | |
| 0AFh | | SCI0_ERI | ○ | | | | |
| 0B0h | | SCI0_AM | ○ | | | | ○ (注4) |
| 0B1h | | SCI0_RXI_OR_ERI | | | | | ○ (注4) |
| 0B2h | | SCI1 | SCI1_RXI | ○ | ○ | ○ | |
| 0B3h | SCI1_TXI | | ○ | ○ | ○ | | |
| 0B4h | SCI1_TEI | | ○ | | | | |
| 0B5h | SCI1_ERI | | ○ | | | | |
| 0B6h | SCI1_AM | | ○ | | | | |
| 0C1h | SCI4 | SCI4_RXI | ○ | ○ | ○ | | |
| 0C2h | | SCI4_TXI | ○ | ○ | ○ | | |
| 0C3h | | SCI4_TEI | ○ | | | | |
| 0C4h | | SCI4_ERI | ○ | | | | |
| 0C5h | | SCI4_AM | ○ | | | | |

表 14.4 イベントテーブル (5/5)

| イベント 番号 | 割り込み要求の発生元 | 名称 | IELSRn | | DELSRn | スヌーズ モードの 解除 | ソフトウェア スタンバイ モードの解除 |
|------------|------------|-------------|----------|--------|---------|--------------------|---------------------------|
| | | | NVICへの接続 | DTCの起動 | DMACの起動 | | |
| 0C6h | SCI9 | SCI9_RXI | ○ | ○ | ○ | | |
| 0C7h | | SCI9_TXI | ○ | ○ | ○ | | |
| 0C8h | | SCI9_TEI | ○ | | | | |
| 0C9h | | SCI9_ERI | ○ | | | | |
| 0CAh | | SCI9_AM | ○ | | | | |
| 0CBh | SPI0 | SPI0_SPRI | ○ | ○ | ○ | | |
| 0CCh | | SPI0_SPTI | ○ | ○ | ○ | | |
| 0CDh | | SPI0_SPII | ○ | | | | |
| 0CEh | | SPI0_SPEI | ○ | | | | |
| 0CFh | | SPI0_SPTEND | ○ | | | | |
| 0D0h | SPI1 | SPI1_SPRI | ○ | ○ | ○ | | |
| 0D1h | | SPI1_SPTI | ○ | ○ | ○ | | |
| 0D2h | | SPI1_SPII | ○ | | | | |
| 0D3h | | SPI1_SPEI | ○ | | | | |
| 0D4h | | SPI1_SPTEND | ○ | | | | |

- 注 1. KRCTL.KRMD = 1 の場合にのみサポートされます。
- 注 2. 最初のエッジ検出のみが有効です。
- 注 3. DTC 転送後の割り込みのみがサポートされます。
- 注 4. SELSR0 の使用
- 注 5. Bluetooth ミドルウェアは BLEIRQ に対応する処置を行います。この要因を使用しないでください。

14.4 割り込み動作

ICU は下記の機能を実行します。

- 割り込みの検出
- 割り込みの許可／禁止
- 割り込み要求先の選択 (CPU 割り込み、DTC 起動、DMAC 起動など)

14.4.1 割り込みの検出

外部端子割り込み要求は、割り込み信号のエッジまたはレベル (立ち下がりエッジ／立ち上がりエッジ／両エッジ／Low レベル) のいずれかで検出されます。IRQ_i 端子検出モードを選択するには、IRQCR_i レジスタの IRQMD[1:0] ビットを設定します。周辺モジュールに関連した割り込み要因については、[14.3.2 イベント番号](#)を参照してください。イベントは、割り込みが発生して CPU に受け付けられる前に、NVIC で受け付けられる必要があります。

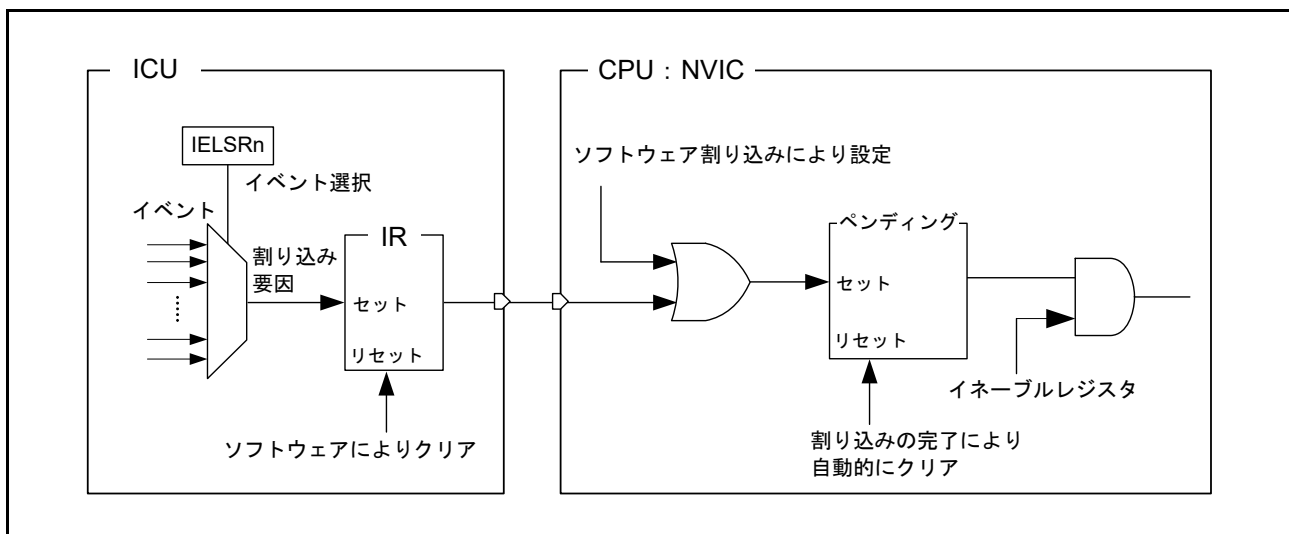


図 14.2 ICU および CPU: NVIC の割り込み経路

- 割り込み中の一般的動作
 - 非ソフトウェア割り込みが発生したとき：
 - IELSRn.IR フラグと割り込みセット／クリア保留レジスタ (NVIC) が設定される
 - ソフトウェア割り込みが発生したとき：
 - 割り込みセット保留レジスタを設定する
 - 割り込みが完了したとき：
 - ソフトウェアで IELSRn.IR フラグをクリアする。
 - 割り込みセット／クリア保留レジスタは自動的にクリアされる

- 割り込みが許可される場合：
 - 1) 割り込みセットイネーブルレジスタを設定する。
 - 2) IELSRn.IELSビットを割り込み要因として設定する。
 - 3) イベント要因に対し動作設定値を指定する。
- 割り込みが禁止される場合：
 - 1) イベント要因に対し設定値を無効にする。
 - 2) IELSRn.IELSビットをクリアする (IELSRn.IELS[7:0] = 000h)。必要に応じて、IELSRn.IRフラグをクリアする。
 - 3) 割り込みクリアイネーブルレジスタをクリアする。必要に応じて、割り込みクリア保留レジスタをクリアする。
- 割り込みのポーリングを行う場合：
 - 1) 割り込みクリアイネーブルレジスタを設定 (割り込みを禁止) する。
 - 2) IELSRn.IELSビットを設定 (割り込み要因を選択) する。
 - 3) イベント要因に対し動作設定値を指定する。
 - 4) 割り込みセット保留レジスタをポーリングする。
 - 5) ポーリングが不要になった場合、割り込みが完了したときに、そのクリア手順に従う。

14.4.2 割り込み要求先の選択

割り込み出力先 (CPU、DTC、またはDMAC) は、割り込み要因ごとに個別に選択できます。利用可能な出力先は、表 14.4 イベントテーブルに示されているように、割り込みごとに固定されています。

注. イベントリスト (表 14.4) で○印が付いていない割り込み要求先の設定は使用しないでください。

1つのIELSRnレジスタでCPUまたはDTCを選択した場合、他のIELSRnレジスタで同じ割り込み要因を設定しないでください。同様に、1つのDELSRnレジスタでDMACを選択した場合、他のDELSRnレジスタで同じ割り込み要因を設定しないでください。

注. IELSRnやDELSRnで同じ割り込みを設定することは禁止されています。

DMACまたはDTCがIRQi端子からの要求先として選択された場合、その割り込みに対してIRQCRiのIRQMD[1:0]ビットをエッジ検出の選択に設定する必要があります。

14.4.2.1 CPU 割り込み要求

IELSRn.DTCE = 0 のとき、IELSRnレジスタで指定されたイベントがNVICに出力されます。IELSRn.IELSビットを設定し、IELSRn.DTCEビットを0にしてください。

14.4.2.2 DTC の起動

IELSRn.DTCE = 1 のとき、IELSRnレジスタで指定されたイベントがDTCに出力されます。DTC送信の完了後、対応する割り込みが発生します。以下の手順に従ってください。

1. IELSRn.IELSビットを対象のイベントに設定し、IELSRn.DTCEビットを1にする。
2. DTCモジュール起動ビット (DTCST.DTCST) を1にする。

DTCが要求先となる場合の動作を表 14.5 に示します。

表 14.5 DTCが起動するときの動作

| 割り込み要求先 | DISEL (注1) | 残り転送動作 | 1要求あたりの動作 | IR (注2) | 転送後の割り込み要求先 |
|----------|------------|--------|----------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| DTC (注3) | 1 | ≠ 0 | DTC転送→CPUに割り込み | CPUによる割り込み受け付け時にクリアされる。 | DTC |
| | | = 0 | DTC転送→CPUに割り込み | CPUによる割り込み受け付け時にクリアされる。 | IELSRn.DTCEビットがクリアされ、CPUが要求先になる。 |
| | 0 | ≠ 0 | DTC転送 | DTC転送データの読み出し後、DTCデータ転送の開始時にクリアされる。 | DTC |
| | | = 0 | DTC転送→CPUに割り込み | CPUによる割り込み受け付け時にクリアされる。 | IELSRn.DTCEビットがクリアされ、CPUが要求先になる。 |

注 1. DTC.MRB.DISELビットでDTC用の割り込み要求モードを設定します。

注 2. IELSRn.IRフラグが1のとき、再度発生した割り込み要求 (DTC起動要求) は無視されます。

注 3. チェーン転送の場合は、最後のチェーン転送が終了するまでDTC転送が継続します。このとき、DISELビットの状態と残りの転送数によって、転送後のCPU割り込み発生の有無、IELSRn.IRフラグクリアのタイミング、および割り込み要求先が決まります。「18. データトランスファコントローラ (DTC)」の表 18.3 チェーン転送の条件を参照してください。

14.4.2.3 DMAC の起動

IELSRn.DTCE = 0 のとき、IELSRn レジスタで指定されたイベントが NVIC に出力されます。DMAC に対して割り込み要因を設定するには、以下の手順に従ってください。

1. DELSRn.DELS[7:0] ビットを設定する。
2. IELSRn.IELS ビットを対象のイベントに設定し、IELSRn.DTCE ビットを 1 にする。
3. 対象の DMAC チャンルの起動要因 (DMACm.DMTMD.DCTG[1:0]) を 01b (割り込みモジュール検出) にする。
4. 対象の DMAC チャンルの DMAC 転送許可ビット (DMACm.DMCNT.DTE) を 1 にする。
5. DMAC 動作許可ビット (DMAST.DMST) を 1 にする。

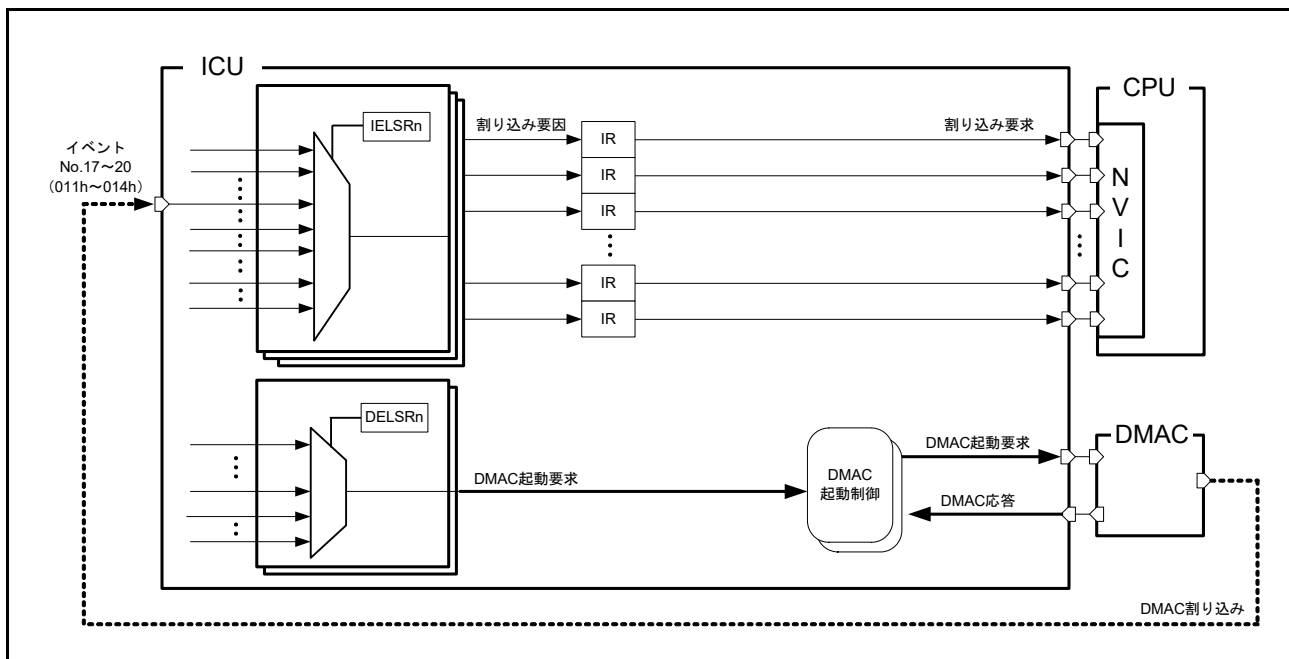


図 14.3 DMAC 要求トリガと割り込み経路

14.4.3 デジタルフィルタ

デジタルフィルタ機能は、外部割り込み要求端子 (IRQ_i, i = 0 ~ 4, 6, 7, 9, 11, 14, 15) と NMI 端子割り込みのために準備されています。この機能は、入力信号をフィルタサンプリングクロック (PCLKB) でサンプリングし、3 サンプリグサイクル未満のパルス幅を持つ信号を除去します。

- IRQ_i 端子に対するデジタルフィルタの使用法 :

- 1) IRQCRi.FCLKSEL[1:0] ビット (i = 0 ~ 4, 6, 7, 9, 11, 14, 15) で、サンプリングクロックサイクルを PCLKB、PCLKB/8、PCLKB/32、または PCLKB/64 に設定する。
- 2) IRQCRi.FLTEN ビット (i = 0 ~ 4, 6, 7, 9, 11, 14, 15) を 1 (デジタルフィルタ有効) にする。

- NMI 端子に対するデジタルフィルタの使用法 :

- 1) NMICR.NFCLKSEL[1:0] ビットで、サンプリングクロックサイクルを PCLKB、PCLKB/8、PCLKB/32、または PCLKB/64 に設定する。
- 2) NMICR.NFLTEN ビットを 1 (デジタルフィルタ有効) にする。

図 14.4 にデジタルフィルタの動作例を示します。

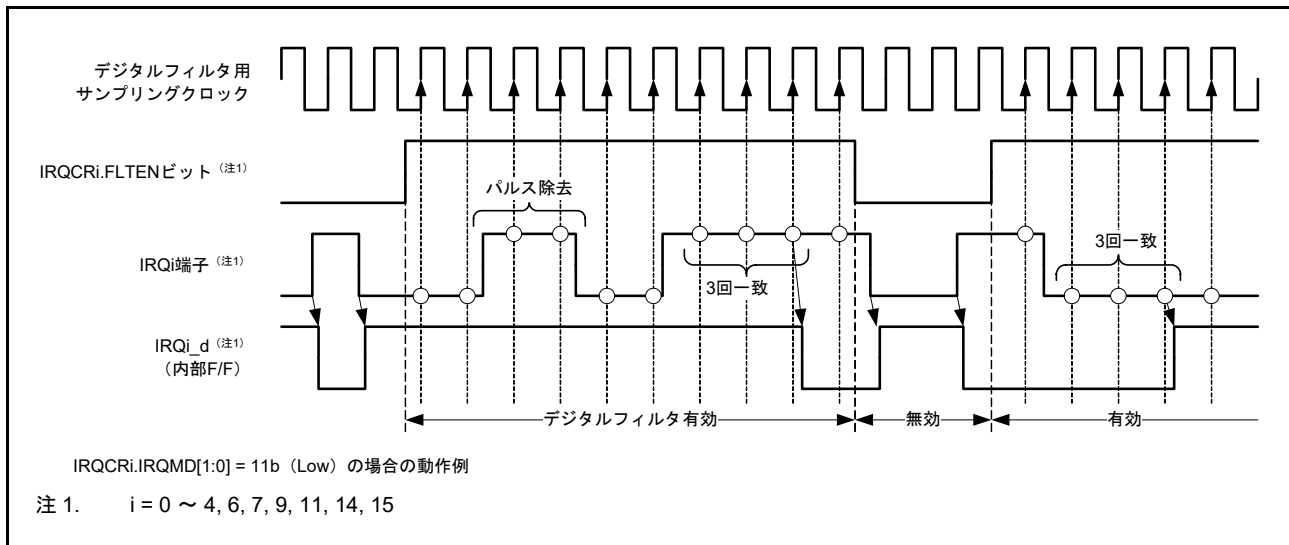


図 14.4 デジタルフィルタの動作例

ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に、IRQCRi.FLTEN ビットと NMICR.NFLTEN ビットをクリアして、デジタルフィルタを無効にしてください。ICU のクロックはソフトウェアスタンバイモードでは停止します。ソフトウェアスタンバイモードの終了時、回路はスタンバイ前の状態をスタンバイ解除後の状態と比較することでエッジを検出します。ソフトウェアスタンバイモード中に入力に変化すると、誤ったエッジが検出される可能性があります。ソフトウェアスタンバイモードの終了後、デジタルフィルタを再度有効にできます。

14.4.4 外部端子割り込み

外部端子割り込みの使用方法：

1. IRQCRi.FLTEN ビット (i = 0 ~ 4, 6, 7, 9, 11, 14, 15) を 0 (デジタルフィルタ無効) にする。
2. I/O ポートの設定値を設定または確認する。
3. IRQCRi レジスタの IRQMD[1:0] ビット、FCLKSEL[1:0] ビット、および FLTEN ビットを設定する。
4. IRQ 端子を以下のように選択する。
 - IRQ 端子を CPU 割り込み要求に使用する場合、IELSRn.IELS[7:0] ビットを設定し、IELSRn.DTCE ビットを 0 にする
 - IRQ 端子を DTC 起動に使用する場合、IELSRn.IELS[7:0] ビットを設定し、IELSRn.DTCE ビットを 1 にする
 - IRQ 端子を DMAC 起動に使用する場合、DELSRn.DELS ビットを設定する

14.5 ノンマスカブル割り込み動作

ノンマスカブル割り込みをトリガできるのは、以下の要因です。

- NMI 端子割り込み
- 発振停止検出割り込み
- WDT アンダーフロー／リフレッシュエラー割り込み
- IWDT アンダーフロー／リフレッシュエラー割り込み
- 電圧監視 1 割り込み
- VBATT 監視割り込み
- SRAM パリティエラー割り込み
- SRAM ECC エラー割り込み
- MPU バスマスタエラー割り込み
- MPU バススレーブエラー割り込み
- CPU スタックポインタモニタ割り込み

ノンマスカブル割り込みは CPU でのみ使用可能です。DTC または DMAC の起動には使用できません。ノンマスカブル割り込みは他のすべての割り込みよりも優先します。ノンマスカブル割り込みの状態は、ノンマスカブル割り込みステータスレジスタ (NMISR) で確認できます。NMI 処理ルーチンから復帰する前に、NMISR のビットがすべて 0 であることを確認してください。

ノンマスカブル割り込みはデフォルトで無効になっています。ノンマスカブル割り込みを使用するには、以下の手順に従う必要があります。

NMI 端子を使用するには、手順 1～3 に従ってください。

1. NMICR.NFLTEN ビットを 0 (デジタルフィルタ無効) にする。
2. NMICR レジスタの NMIMD ビット、NFCLKSEL[1:0] ビット、および NFLTEN ビットを設定する。
3. NMICLR.NMICLR ビットを 1 にして NMISR.NMIST フラグを 0 にする。
4. ノンマスカブル割り込みイネーブルレジスタ (NMIER) の対応するビットを 1 にしてノンマスカブル割り込みを許可にする。

NMIER レジスタに 1 を書いた後は、NMIER レジスタの NMIEN ビットに対する後続のライトアクセスは無視されます。NMI 割り込みは、リセットの場合を除いて、許可されたものを禁止することはできません。

14.6 低消費電力モードからの復帰

スリープモードまたはソフトウェアスタンバイモードを終了させるために使用可能な割り込み要因は、表 14.4 イベントテーブルに示されています。詳細は、「11. 低消費電力モード」を参照してください。14.6.1 ~ 14.6.3 には、割り込みを使用してスリープモード、ソフトウェアスタンバイモード、およびスヌーズモードから復帰する方法が示されています。

14.6.1 スリープモードからの復帰

割り込みによってスリープモードから復帰する方法：

1. 割り込み要求先として CPU を選択する。
2. NVIC で割り込みを許可にする。

ノンマスクابل割り込みによってスリープモードから復帰するには、NMIER レジスタを使用して該当の割り込み要求を許可します。

14.6.2 ソフトウェアスタンバイモードからの復帰

ICU は、ノンマスクابل割り込みを用いるか、または WUPEN レジスタで選択された割り込みを用いて、ソフトウェアスタンバイモードからの復帰を可能にします。14.2.9 ウェイクアップ割り込みイネーブルレジスタ (WUPEN) を参照してください。

ソフトウェアスタンバイモードからの復帰方法：

1. ソフトウェアスタンバイモードからの復帰を許可する割り込み要因を選択する。
 - ノンマスクابل割り込みの場合、NMIER レジスタを使用して対象の割り込み要求を許可する
 - マスクابل割り込みの場合、WUPEN レジスタを使用して対象の割り込み要求を許可する
2. 割り込み要求先として CPU を選択する。
3. NVIC で割り込みを許可にする。

これらの条件を満たさない IRQ 端子による割り込み要求は、ソフトウェアスタンバイモードでクロックが停止している間は検出されません。

14.6.3 スヌーズモードからの復帰

ICU は、スヌーズモード用の割り込みを用いて、スヌーズモードから通常モードへの復帰を可能にします。

スヌーズモードから通常モードへの復帰方法：

1. 以下の方法のうちいずれかを使用して、スヌーズモードから通常モードへの復帰をトリガしたいイベントを選択する：
 - a. スヌーズモードから通常モードへの復帰をトリガしたいイベントを SELSR0.SEL に設定し、IELSRn.IELS に値 017h (ICU_SNZCANCEL) を設定する
 - b. スヌーズモードから通常モードへの復帰をトリガしたいイベントを IELSRn.IELS に設定する
2. 割り込み要求先として CPU を選択する。
3. NVIC で割り込みを許可にする。

注． スヌーズモードでは、クロックが ICU に供給されます。IELSRn で選択したイベントが検出された場合、ソフトウェアスタンバイモードから通常モードに復帰した後、CPU は割り込みアクノリッジを実行できます。DELSRn で選択したイベントが検出された場合、ソフトウェアスタンバイモードから通常モードに復帰した後、DMAC は割り込みアクノリッジを実行できます。

14.7 ノンマスカブル割り込みとともに WFI 命令を使用する場合

WFI 命令を実行するときは、常に NMISR レジスタのステータスフラグがすべて 0 であることを確認してください。

14.8 参考資料

ARM® Cortex®-M4 Processor Technical Reference Manual (ARM DDI 0439D)

15. バス

15.1 概要

表 15.1 にバスの仕様を、図 15.1 にバスの構成図を、表 15.2 にバス種類別アドレス対応表を示します。

表 15.1 バスの仕様

| バスの種類 | | 内容 |
|-------------|---------------|--|
| メインバス | ICodeバス (CPU) | <ul style="list-style-type: none"> • CPUを接続 • 内蔵メモリ (コードフラッシュメモリ) を接続 |
| | DCodeバス (CPU) | <ul style="list-style-type: none"> • CPUを接続 • 内蔵メモリ (コードフラッシュメモリ) を接続 |
| | システムバス (CPU) | <ul style="list-style-type: none"> • CPUを接続 • 内蔵メモリ、内部周辺バスを接続 |
| | DMAバス | <ul style="list-style-type: none"> • DMAC/DTCを接続 • 内蔵メモリ、内部周辺バスを接続 |
| スレーブインタフェース | メモリバス1 | <ul style="list-style-type: none"> • コードフラッシュメモリを接続 |
| | メモリバス3 | <ul style="list-style-type: none"> • DMAバスを介してコードフラッシュメモリを接続 |
| | メモリバス4 | <ul style="list-style-type: none"> • SRAM0を接続 |
| | 内部周辺バス1 | <ul style="list-style-type: none"> • 周辺モジュール関連のシステムコントロール |
| | 内部周辺バス3 | <ul style="list-style-type: none"> • 周辺モジュール (CAC, ELC, I/Oポート, POEG, RTC, WDT, IWD, IIC, CAN, ADC14, DAC12, DOC) を接続 |
| | 内部周辺バス4 | <ul style="list-style-type: none"> • 周辺モジュール (SCI, SPI, CRC, GPT) を接続 |
| | 内部周辺バス5 | <ul style="list-style-type: none"> • 周辺モジュール (KINT, AGT, USBFS, OPAMP, ACMPLP, DAC8, SLCDC, CTSU) を接続 |
| | 内部周辺バス7 | <ul style="list-style-type: none"> • セキュアIPを接続 |
| | 内部周辺バス9 | <ul style="list-style-type: none"> • フラッシュメモリ (P/E時^(注1)) とデータフラッシュメモリを接続 |

注 1. P/E = プログラムノイレース

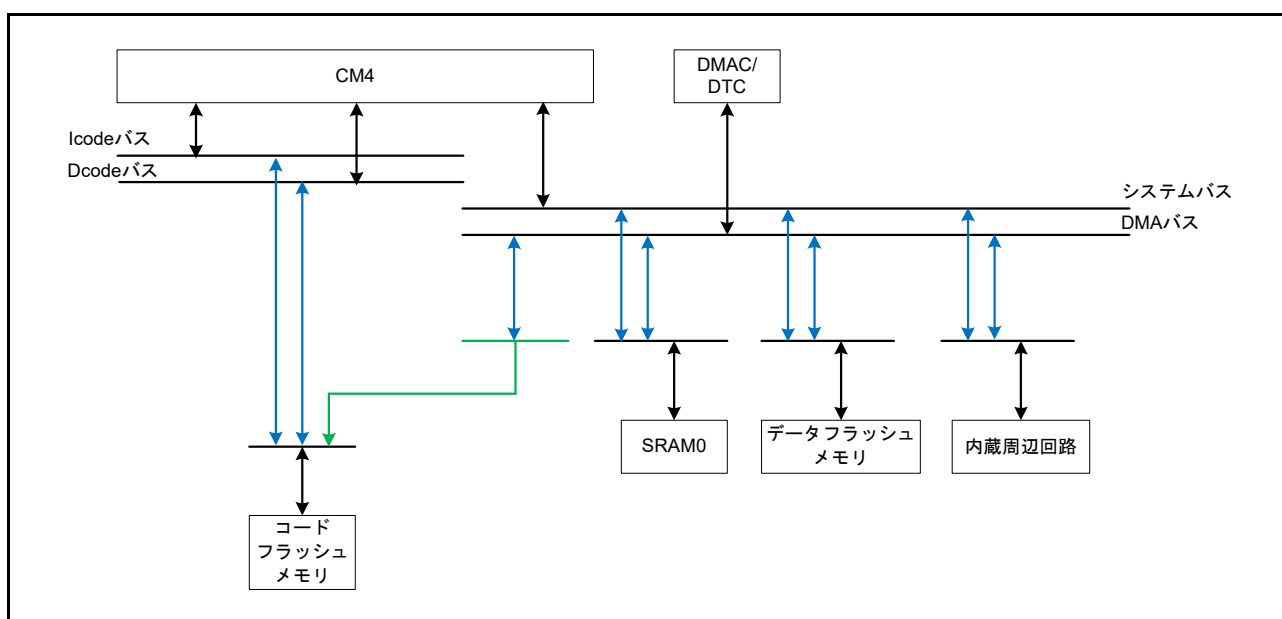


図 15.1 バスの構成図

表 15.2 バス種類別アドレス対応表

| アドレス | バス | 領域 |
|-----------------------|-----------|---|
| 0000 0000h~01FF FFFFh | メモリバス 1、3 | コードフラッシュメモリ |
| 2000 0000h~2001 7FFFh | メモリバス 4 | SRAM0 |
| 4000 0000h~4001 FFFFh | 内部周辺バス 1 | 周辺 I/O レジスタ |
| 4004 0000h~4005 FFFFh | 内部周辺バス 3 | |
| 4006 0000h~4007 FFFFh | 内部周辺バス 4 | |
| 4008 0000h~4009 FFFFh | 内部周辺バス 5 | |
| 400C 0000h~400D FFFFh | 内部周辺バス 7 | セキュア IP |
| 4010 0000h~407F FFFFh | 内部周辺バス 9 | フラッシュメモリ (P/E時 ^(注1)) とデータフラッシュメモリ |

注 1. P/E = プログラム/イレース

15.2 バスの説明

15.2.1 メインバス

CPU用のメインバスは、ICodeバス、DCodeバス、およびシステムバスで構成されます。

- ICodeバスとDCodeバス：コードフラッシュメモリに接続。ICodeバスはCPUへの命令アクセスに使用、DCodeバスはCPUへのデータアクセスに使用
- システムバス：SRAM0、データフラッシュメモリ、および内部周辺バスに接続。CPUへの命令アクセスおよびデータアクセスに使用

CPU以外のモジュール用のメインバスは、DMAバスで構成されます。DMAバスは、コードフラッシュメモリ、SRAM0、データフラッシュメモリ、および内部周辺バスに接続されます。

マスタ転送とスレーブ転送のさまざまな組み合わせの同時通信が可能です。

DMACおよびDTCブロックでは、DMACとDTCの間でDMAバス権の調停が行われます。下記の固定優先順位が用いられます。

DMAC0 > DMAC1 > DMAC2 > DMAC3 > DTC

起動要求を受け付けたDTCまたはDMACのチャンネルのみ、バス権要求の発行が可能です。また、DTCの転送制御情報を読み出している間は、DTC以外のマスタからのバスアクセス要求は受け付けません。

15.2.2 スレーブインタフェース

Cortex®-M4コアを用いた製品には、ICodeおよびDCodeバス領域とシステムバス領域が含まれています。ICodeおよびDCodeバス領域を作成するため、バスマトリックスは、メインバスからコードフラッシュメモリのスレーブインタフェースまで、ICodeバス、DCodeバス、およびメモリバス3を接続しています。システムバス領域を作成するため、バスマトリックスは、メインバスからSRAM0、データフラッシュメモリ、および内部周辺バスのスレーブインタフェースまで、システムバスとDMAバスを接続しています。メインバスからスレーブインタフェースへの接続については、表15.1に記載のスレーブインタフェースを参照してください。

ICodeバス、DCodeバス、およびメモリバス3の間の調停は、ICodeおよびDCodeバス領域のスレーブインタフェースで行われます。調停法には、優先順位固定とラウンドロビンが選択可能です。詳細は、15.3.2 [スレーブバスコントロールレジスタ \(BUSSCNT<slave>\)](#) を参照してください。

システムバスとDMAバス間の調停は、システムバス領域のスレーブインタフェースで行われます。調停法には、優先順位固定とラウンドロビンが選択可能です。詳細は、15.3.2 [スレーブバスコントロールレジスタ \(BUSSCNT<slave>\)](#) を参照してください。

マスタ転送とスレーブ転送のさまざまな組み合わせの同時通信が可能です。

15.2.3 並列動作

それぞれのバスマスタが異なるスレーブにアクセスする場合、並列に動作することが可能です。たとえば、CPUがフラッシュから命令、SRAMからオペランドをフェッチする場合、同時にDMACは、周辺バスからの転送処理が可能です。

図15.2に並列動作の例を示します。この例では、CPUは命令バスとオペランドバスを使用して、それぞれフラッシュとSRAMに同時にアクセスしています。また、CPUがフラッシュとSRAMにアクセスする間、DMAC/DTCはDMAバスを使用して、周辺バスに同時にアクセスしています。

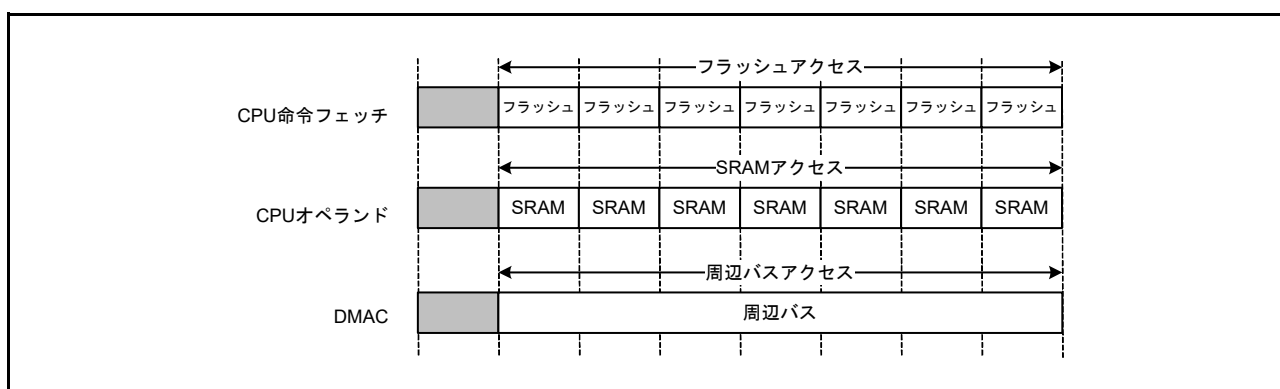


図 15.2 並列動作の例

15.2.4 エンディアン形式に関する制限事項

Cortex[®]-M4 コアでコードを実行する場合、メモリ空間はリトルエンディアンでなければいけません。

15.3 レジスタの説明

15.3.1 マスタバスコントロールレジスタ (BUSMCNT<master>)

アドレス [BUS.BUSMCNTM4I 4000 4000h](#), [BUS.BUSMCNTM4D 4000 4004h](#), [BUS.BUSMCNTSYS 4000 4008h](#),
[BUS.BUSMCNTDMA 4000 400Ch](#)

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | IERES | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|-------|---------|-----------------------------------|-----|
| b14-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b15 | IERES | エラー応答無視 | 0 : バスエラーを通知する 1 : バスエラーを通知しない | R/W |

注 . 予約ビットを初期値 0 から書き換えることは禁止されています。書き換え中の動作は保証されません。

IERES ビット (エラー応答無視)

AHB-Lite プロトコルのエラー応答を有効または無効にします。

表 15.3 に、バスの種類とレジスタの対応を示します。

表 15.3 バスの種類とレジスタの対応

| バスの種類 | マスタバス コントロールレジスタ | スレーブバス コントロールレジスタ | バスエラー アドレスレジスタ | バスエラー ステータスレジスタ |
|----------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------|
| ICodeバス (CPU) | BUSMCNTM4I | — | BUS1ERRADD | BUS1ERRSTAT |
| DCodeバス (CPU) | BUSMCNTM4D | — | BUS2ERRADD | BUS2ERRSTAT |
| システムバス (CPU) | BUSMCNTSYS | — | BUS3ERRADD | BUS3ERRSTAT |
| DMAバス | BUSMCNTDMA | — | BUS4ERRADD | BUS4ERRSTAT |
| メモリバス1 | — | BUSSCNTFLI | — | — |
| メモリバス3 | — | BUSSCNTMBIU | — | — |
| メモリバス4 | — | BUSSCNTRAM0 | — | — |
| 内部周辺バス 1, 3, 4, 5, 7 | — | BUSSCNTPhB [n = 0, 2, 3, 4, 6] | — | — |
| 内部周辺バス9 | — | BUSSCNTFBU | — | — |

15.3.2 スレーブバスコントロールレジスタ (BUSSCNT<slave>)

アドレス BUS.BUSSCNTFLI 4000 4100h, BUS.BUSSCNTMBIU 4000 4108h, BUS.BUSSCNTRAM0 4000 410Ch,
 BUS.BUSSCNTPOB 4000 4114h, BUS.BUSSCNTP2B 4000 4118h, BUS.BUSSCNTP3B 4000 411Ch,
 BUS.BUSSCNTP4B 4000 4120h, BUS.BUSSCNTP6B 4000 4128h, BUS.BUSSCNTFBU 4000 4130h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ARBMET[1:0] | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|-------------|-------|---|-----|
| b3-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b5-b4 | ARBMET[1:0] | 調停法 | グループ間の優先順位を指定 b5 b4 0 0: 優先順位固定 0 1: ラウンドロビン 1 0: 設定禁止 1 1: 設定禁止 | R/W |
| b15-b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注. 予約ビットを初期値 0 から書き換えることは禁止されています。書き換え中の動作は保証されません。

ARBMET[1:0] ビット (調停法)

調停法を、すべてのバスマスタに定義される優先順位で指定します。

優先順位固定については、表 15.4 を参照してください。ラウンドロビンについては、表 15.5 を参照してください。

表 15.3 に、バスの種類に対応したレジスタを示します。

表 15.4 優先順位固定 (ARBMET = 00b)

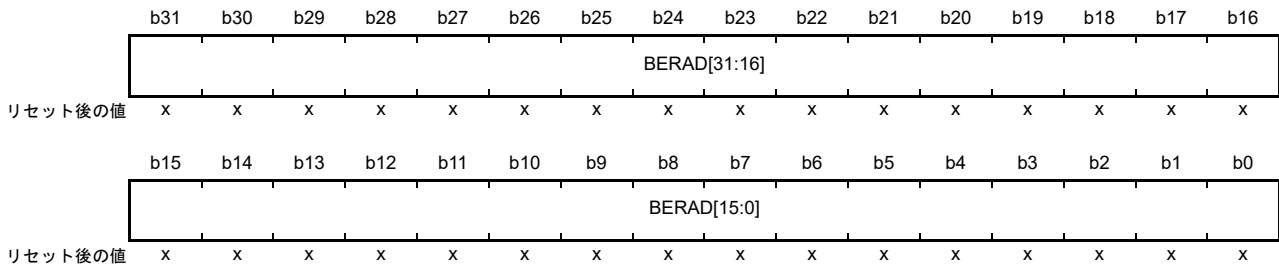
| スレーブバスコントロールレジスタ | スレーブインタフェース | 優先順位 |
|--------------------------------|----------------------|--|
| BUSSCNTFLI | メモリバス1 | メモリバス3 > DCodeバス (CPU) > ICodeバス (CPU) |
| BUSSCNTRAM0 | メモリバス4 | DMAバス > システムバス (CPU) |
| BUSSCNTPnB [n = 0, 2, 3, 4, 6] | 内部周辺バス 1, 3, 4, 5, 7 | DMAバス > システムバス (CPU) |
| BUSSCNTFBU | 内部周辺バス9 | DMAバス > システムバス (CPU) |

表 15.5 ラウンドロビン (ARBMET = 01b)

| スレーブバスコントロールレジスタ | スレーブインタフェース | 優先順位“↔”: ラウンドロビン |
|--------------------------------|----------------------|---|
| BUSSCNTFLI | メモリバス1 | メモリバス3 ↔ DCodeバス (CPU) ↔ ICodeバス (CPU) |
| BUSSCNTRAM0 | メモリバス4 | DMAバス ↔ システムバス (CPU) |
| BUSSCNTPnB [n = 0, 2, 3, 4, 6] | 内部周辺バス 1, 3, 4, 5, 7 | DMAバス ↔ システムバス (CPU) |
| BUSSCNTFBU | 内部周辺バス9 | DMAバス ↔ システムバス (CPU) |

15.3.3 バスエラーアドレスレジスタ (BUSnERRADD) (n = 1 ~ 4)

アドレス [BUS.BUS1ERRADD 4000 4800h](#), [BUS.BUS2ERRADD 4000 4810h](#),
[BUS.BUS3ERRADD 4000 4820h](#), [BUS.BUS4ERRADD 4000 4830h](#)



x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|-------------|-----------|-------------------------------|-----|
| b31-b0 | BERAD[31:0] | バスエラーアドレス | バスエラーが発生した場合、そのエラーアドレスを格納します。 | R |

注. 本レジスタは、MPU 関連リセット以外のリセットによってのみクリアされます。詳細については、「[6. リセット](#)」と「[16. メモリプロテクションユニット \(MPU\)](#)」を参照してください。

[表 15.3](#) に、バスの種類とレジスタの対応を示します。

BERAD[31:0] ビット (バスエラーアドレス)

バスエラーが発生した場合、そのアクセスアドレスを格納します。詳細については、BUSnERRSTAT.ERRSTAT ビットの説明と [15.4 バスエラー監視部](#) を参照してください。BUSnERRADDn.BERAD[31:0] ビット (n=1~4) の値は、BUSnERRSTAT.ERRSTAT ビット (n=1~4) が 1 の場合にのみ有効です。

15.3.4 バスエラーステータスレジスタ (BUSnERRSTAT) (n = 1 ~ 4)

アドレス [BUS.BUS1ERRSTAT 4000 4804h](#), [BUS.BUS2ERRSTAT 4000 4814h](#),
[BUS.BUS3ERRSTAT 4000 4824h](#), [BUS.BUS4ERRSTAT 4000 4834h](#)

| | | | | | | | | |
|---------|-------------|----|----|----|----|----|----|-------------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | ERRST AT | — | — | — | — | — | — | ACCST AT |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------------------------|-----------|---|-----|
| b0 | ACCSTAT | エラーアクセス状態 | エラー発生時のアクセス状態 1: ライトアクセス 0: リードアクセス | R |
| b6-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b7 | ERRSTAT | バスエラー状態 | 0: バスエラー発生なし 1: バスエラー発生あり | R |

注. 本レジスタは、MPU 関連リセット以外のリセットによってのみクリアされます。詳細については、「[6. リセット](#)」と「[16. メモリプロテクションユニット \(MPU\)](#)」を参照してください。

表 15.3 に、バスの種類とレジスタの対応を示します。

ACCSTAT ビット (エラーアクセス状態)

対応するバスにエラーが発生した場合、そのアクセス状態 (ライトアクセスまたはリードアクセス) を示します。詳細については、BUSnERRSTAT.ERRSTAT ビットの説明と [15.4 バスエラー監視部](#) を参照してください。

このビットの値は、BUSnERRSTAT.ERRSTAT ビット (n = 1 ~ 4) が 1 の場合にのみ有効です。

ERRSTAT ビット (バスエラー状態)

バスエラーの発生の有無を示します。バスエラーが発生した場合、そのアクセスアドレスとアクセス状態 (ライトアクセスまたはリードアクセス) が格納されます。BUSnERRSTAT.ERRSTAT ビット (n = 1 ~ 4) は 1 になります。

それぞれのバスでは、次の 4 種類のエラーが生じる可能性があります。

- 不正アドレスアクセス
- バスマスタ MPU エラー
- バススレーブ MPU エラー
- タイムアウト

バスマスタ MPU エラーまたはバススレーブ MPU エラーを検出時に、各 OAD ビットがリセットを選択している場合、ウェイトの設定によっては、MPU エラーの原因となるバスアクセスが内部リセット信号の生成後に完了し、BUSnERRSTAT.ERRSTAT (n = 1 ~ 4) が 1 にならないことがあります。

バスマスタ MPU エラーまたはバススレーブ MPU エラーを検出時に、各 OAD ビットでノンマスクブル割り込みを選択している場合は、MPU エラーの原因となるバスアクセスの完了後に、BUSnERRSTAT.ERRSTAT (n = 1 ~ 4) が 1 になります。

各バスに生じるエラーについては、[15.4 バスエラー監視部](#)、および「[16. メモリプロテクションユニット \(MPU\)](#)」を参照してください。

15.4 バスエラー監視部

この監視システムは、個々の領域を監視して、エラーを検出すると AHB-Lite エラー応答プロトコルを用いてそのエラーを要求マスタ IP に返します。

15.4.1 バスに生じるエラーの種類

それぞれのバスでは、次の 4 種類のエラーが生じる可能性があります。

- 不正アドレスアクセス
- バスマスタ MPU エラー
- バススレーブ MPU エラー
- タイムアウト

表 15.6 に、アクセスによって不正アドレスアクセスエラーが引き起こされるアドレスレンジを示します。ただし、スレーブの予約領域は、不正アドレスアクセスエラーを引き起こしません。バスマスタ MPU とバススレーブ MPU については、「16. メモリプロテクションユニット (MPU)」を参照してください。

15.4.2 バスエラー発生時の動作

バスエラーが発生すると、動作は保証されず、要求マスタ IP にエラーが返されます。マスタごとに発生するバスエラーが、BUSnERRADD レジスタと BUSnERRSTAT レジスタに格納されます。これらのレジスタは必ずリセットでクリアする必要があります。詳細については、15.3.3 と 15.3.4 を参照してください。

注 . DMAC と DTC はバスエラーを受信しません。DMAC または DTC がバスにアクセスした場合、転送は継続されます。

15.4.3 不正アドレスアクセスエラーを引き起こす条件

表 15.6 に、不正アドレスアクセスエラーを引き起こす、バスごとのアドレス空間を示します。

表 15.6 不正アドレスアクセスエラーを引き起こす条件

| アドレス | スレーブバス名 | マスタバス | |
|-------------------------|------------------|----------------------------|-----|
| | | CPU (ICode/DCode/ システム) | DMA |
| 0000 0000h ~ 01FF FFFFh | メモリバス1 メモリバス3 | — | — |
| 0200 0000h ~ 027F FFFFh | メモリミラー領域 | (注1) | E |
| 0280 0000h ~ 1FFF FFFFh | 予約領域 | E | E |
| 2000 0000h ~ 2001 7FFFh | メモリバス4 | — | — |
| 2001 8000h ~ 3FFF FFFFh | 予約領域 | E | E |
| 4000 0000h ~ 4001 FFFFh | 周辺バス1 | — | — |
| 4002 0000h ~ 4003 FFFFh | 予約領域 | E | E |
| 4004 0000h ~ 4005 FFFFh | 周辺バス3 | — | — |
| 4006 0000h ~ 4007 FFFFh | 周辺バス4 | — | — |
| 4008 0000h ~ 4009 FFFFh | 周辺バス5 | — | — |
| 400A 0000h ~ 400B FFFFh | 予約領域 | — | — |
| 400C 0000h ~ 400D FFFFh | 周辺バス7 | — | — |
| 400E 0000h ~ 400F FFFFh | 予約領域 | E | E |
| 4010 0000h ~ 407F FFFFh | 周辺バス9 | — | — |
| 4080 0000h ~ 5FFF FFFFh | 予約領域 | E | E |
| 6000 0000h ~ 67FF FFFFh | 予約領域 | — | — |
| 6800 0000h ~ 7FFF FFFFh | 予約領域 | E | E |
| 8000 0000h ~ 97FF FFFFh | 予約領域 | — | — |
| 9800 0000h ~ DFFF FFFFh | 予約領域 | E | E |
| E000 0000h ~ FFFF FFFFh | Cortex-M4用システム | — | E |

E は、不正アドレスアクセスエラーが生じる経路を示します。

“—” は、不正アドレスアクセスエラーが生じない経路、またはアクセスが行われない経路を示します。

注 . MMF (メモリミラー機能) が有効な場合、マッピングされた領域 (0200 0000h ~ 027F FFFFh) へのアクセスは、特定のユーザエリアに切り替わります (MMF 出力アドレス = CPU 出力アドレス + オフセット)。

バスモジュールは、MMF がアドレスを切り替えたか否かの検出を行いません。そのため、MMF が有効な状態で CPU が 0200 0000h にアクセスしても、エラーは発生しません (切り替えられたアドレスに依存します)。MMF が無効な状態で CPU が 0200 0000h にアクセスすると、バスモジュールがエラーを検出することが可能です。

注 1. バスモジュールは、MMF がアドレスを切り替えたか否かの検出を行いません。そのため、MMF が有効な状態で CPU が 0200 0000h にアクセスしても、エラーは発生しません (切り替えられたアドレスに依存します)。

MMF が無効な状態で CPU が 0200 0000h にアクセスすると、バスモジュールがエラーを検出することが可能です。

注 2. バスモジュールは、スレーブに対して何も領域が割り当てられていない場合など、予約領域へのアクセスに起因したアクセスエラーを検出します。

0280 0000h ~ 1FFF FFFFh : アクセスエラーを検出

0000 0000h ~ 01FF FFFFh : メモリバス 1 のアクセスエラー検出なし

15.4.4 タイムアウト

一部の周辺モジュールでは、モジュールストップ機能によってタイムアウトエラーが発生します。一定期間スレーブから応答がないと、タイムアウトエラーが検出されます。タイムアウトエラーは、AHB-Lite エラー応答プロトコルを用いて要求マスタ IP に返されます。

15.5 フラッシュキャッシュ使用時の注意事項

CPU からのアクセスを通じてフラッシュキャッシュを使用する場合は、Arm® MPU もキャッシング対象に設定する必要があります。詳細については、参考資料の 1. および 2. を参照してください。

15.6 参考資料

1. *ARM® v7-M Architecture Reference Manual (ARM DDI 0403D)*
2. *ARM® Cortex®-M4 Devices Generic User Guide (ARM DUI 0553A)*
3. *ARM® AMBA3 AHB-Lite Protocol v1.0 Specification (ARM IHI 0033A)*

16. メモリプロテクションユニット (MPU)

16.1 概要

本 MCU は、4つのメモリプロテクションユニット (MPU) と、CPU スタックポインタモニタ機能を備えています。表 16.1 に MPU の仕様を、表 16.2 に各 MPU エラー検出時の動作を示します。

表 16.1 MPUの仕様

| 項目 | モジュール/機能 | 内容 |
|------------|---------------------|--|
| 不正メモリアクセス | Arm® Cortex®-M4 CPU | <ul style="list-style-type: none"> Arm CPUはデフォルトのメモリマップを内蔵。CPUが不正アクセスを行うと、例外割り込みが発生 デフォルトのメモリマップはMPUで変更可能 |
| | CPUスタックポインタモニタ | <ul style="list-style-type: none"> 2領域 メインスタックポインタ (MSP) プロセススタックポインタ (PSP) |
| メモリプロテクション | Arm MPU | CPU用のメモリプロテクション機能 <ul style="list-style-type: none"> 8 MPU領域 (サブ領域とバックグラウンド領域を含む) |
| | バスマスタ MPU | CPUを除く各バスマスタ用のメモリプロテクション機能 <ul style="list-style-type: none"> バスマスタ MPUグループA : 16領域 |
| | バスマスレーブ MPU | 各バスマスレーブ用のメモリプロテクション機能 |
| セキュリティ | セキュリティ MPU | 非セキュアプログラムによる以下のセキュリティ領域へのアクセスを保護 <ul style="list-style-type: none"> 2領域 (PC) 4領域 (コードフラッシュ、SRAM、2つのセキュリティ機能) |

表 16.2 MPUエラー検出時の動作

| MPUの種類 | 通知法 | エラー検出時のバスアクセス | エラーアクセス情報の保持 |
|----------------|--|--|---------------------|
| CPUスタックポインタモニタ | リセットまたはノンマスクابل割り込み | Don't care | 保持しない |
| Arm MPU | ハード障害 | <ul style="list-style-type: none"> 正しくライトアクセスできない 正しくリードアクセスできない | Cortex-M4 プロセッサ内に保持 |
| バスマスタ MPU | リセットまたはノンマスクابل割り込み | <ul style="list-style-type: none"> 保護領域にライトアクセス 保護領域にリードアクセス | 保持 |
| バスマスレーブ MPU | <ul style="list-style-type: none"> リセットまたはノンマスクابل割り込み ハード障害 | <ul style="list-style-type: none"> ライトアクセスは無視 リードアクセスは0が読める | 保持 |
| セキュリティ MPU | 通知なし | <ul style="list-style-type: none"> 正しくライトアクセスできない 正しくリードアクセスできない | 保持しない |

Arm MPU に対するエラーアクセスについては、16.7 を参照してください。他の MPU に対するエラーアクセスについては、「15. バス」の 15.3.3 バスエラーアドレスレジスタ (BUSnERRADD) (n = 1 ~ 4) および 15.3.4 バスエラーステータスレジスタ (BUSnERRSTAT) (n = 1 ~ 4) を参照してください。

16.2 CPU スタックポインタモニタ

CPU スタックポインタモニタは、スタックポインタのオーバーフローとアンダーフローを検出します。Arm CPU には、メインスタックポインタ (MSP) とプロセススタックポインタ (PSP) の2つのスタックポインタがあるため、2つのCPU スタックポインタモニタをサポートしています。スタックポインタのアンダーフローやオーバーフローを検出すると、CPU スタックポインタモニタはリセットまたはノンマスカブル割り込みを発生させます。CPU スタックポインタモニタを有効にするには、スタックポインタモニタアクセスコントロールレジスタ (MSPMPUCTL、PSPMPUCTL) のスタックポインタモニタ有効ビットを1にします。

表 16.3 に、CPU スタックポインタモニタの仕様を示します。図 16.1 に CPU スタックポインタモニタのブロック図を、図 16.2 にレジスタの設定フローを示します。

表 16.3 CPUスタックポインタモニタの仕様

| 項目 | 内容 |
|------------------------|--|
| SRAM領域 | メモリプロテクション対象領域 |
| 領域数 | 2領域 : <ul style="list-style-type: none"> • メインスタックポインタ (MSP) • プロセススタックポインタ (PSP) |
| 各領域のアドレス仕様 | 領域の開始および終了アドレスの設定可能 |
| 各領域のスタックポインタモニタ有効/無効設定 | 対応する領域に対し、有効/無効を設定 |
| エラー検出時の動作 | リセットまたはノンマスカブル割り込みを生成可能 |
| レジスタの保護 | レジスタに対する不正書き込みを防止 |

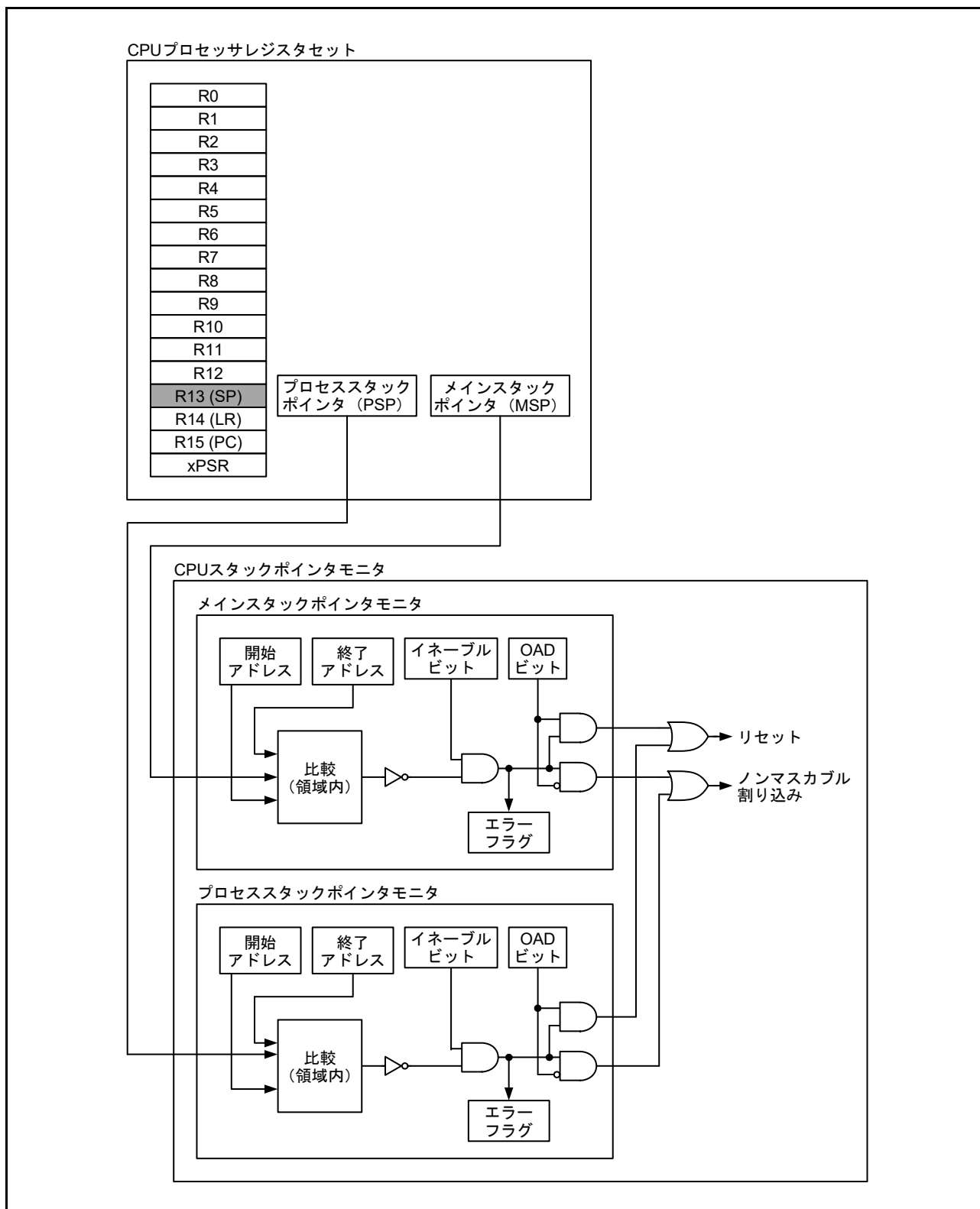


図 16.1 CPU スタックポインタモニタのブロック図

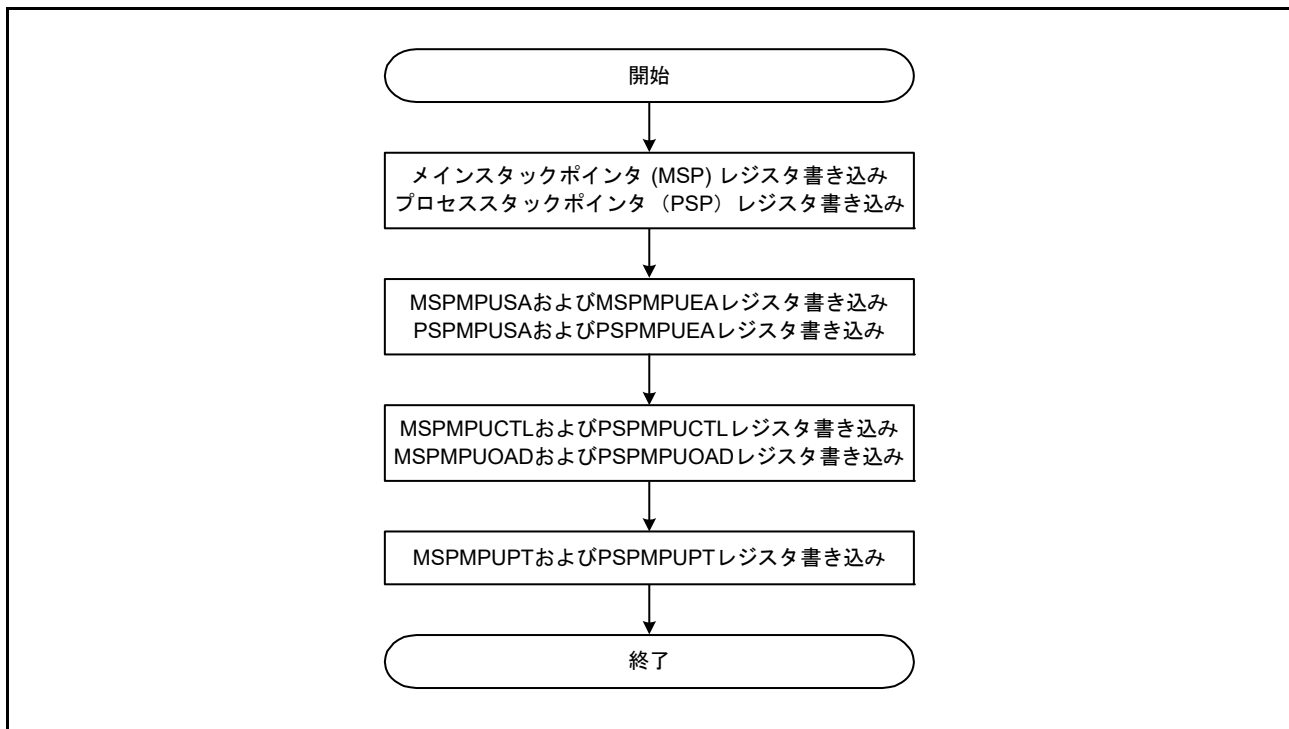


図 16.2 レジスタの設定フロー

16.2.1 レジスタの保護

CPU スタックポインタモニタ関連のレジスタは、スタックポインタモニタ保護レジスタ (MSPMPUPT、PSPMPUPT) の PROTECT ビットで保護することが可能です。

16.2.2 オーバーフローエラーとアンダーフローエラー

オーバーフローやアンダーフローが検出されると、CPU スタックポインタモニタはオーバーフローエラーまたはアンダーフローエラーを発生させます。メモリプロテクションエラーは、ノンマスカブル割り込みまたはリセットのいずれかを OAD ビット設定で選択できます。

ノンマスカブル割り込みの状態は ICU.NMISR.SPEST フラグに示されます。詳細は、「[14. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。リセットの状態は SYSTEM.RSTSR1.SPERF フラグに示されます。詳細は、「[6. リセット](#)」を参照してください。ICU.NMISR.SPEST フラグが CPU スタックポインタモニタ割り込みの発生を示した場合、MSPMPUCTL レジスタと PSPMPUCTL レジスタの ERROR ビットを確認して、それがメインスタックポインタモニタエラーなのか、プロセススタックポインタモニタエラーなのかを判定してください。

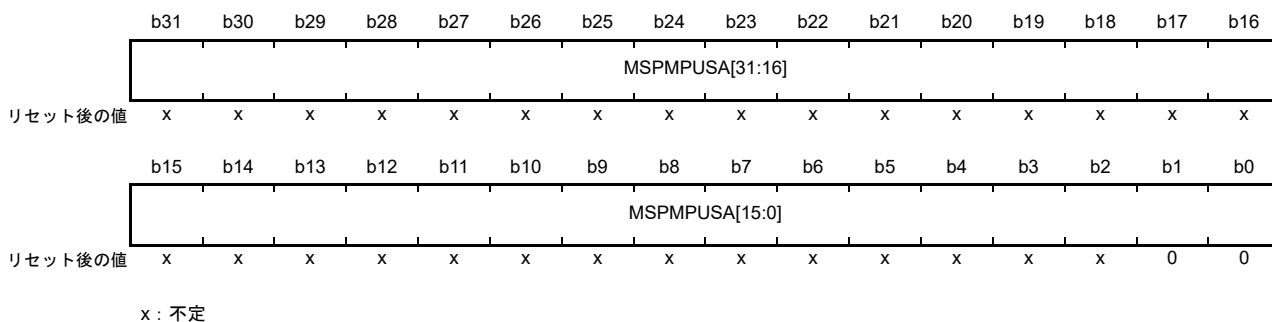
スタックポインタがアンダーフローまたはオーバーフローすると、ノンマスカブル割り込みが連続して発生します。ノンマスカブル割り込みフラグをクリアするには、指定された領域内のスタックポインタを設定し、ICU.NMICLR.SPECLR ビットを 1 に設定してノンマスカブル割り込みフラグをクリアしてください。次に、MSPMPUCTL レジスタと PSPMPUCTL レジスタの ERROR ビットに 0 を書いてクリアしてください。

16.2.3 レジスタの説明

注. MPUレジスタに書き込みを行う前に、バスアクセスを停止してください。

16.2.3.1 メインスタックポインタ (MSP) モニタ開始アドレスレジスタ (MSPMPUSA)

アドレス `SPMON.MSPMPUSA 4000 0D08h`

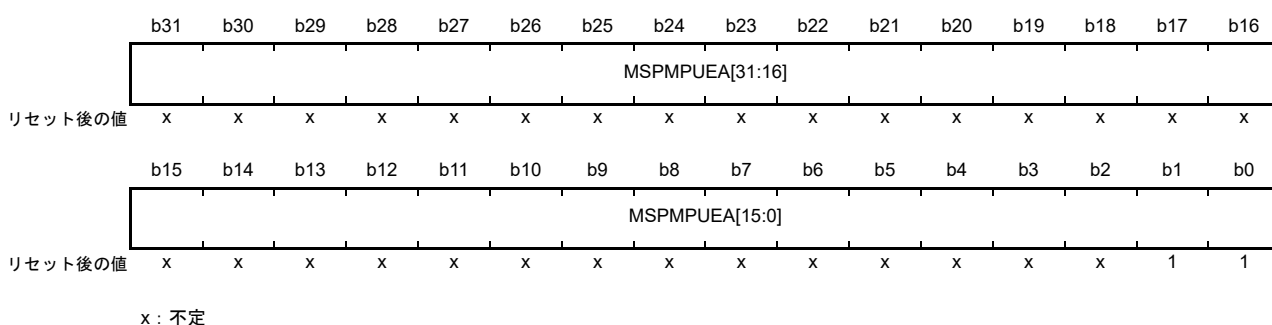


| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------------|----------|---|-----|
| b31-b0 | MSPMPUSA[31:0] | 領域開始アドレス | 領域判定に使用する領域開始アドレス。 下位2ビットは0にしてください。値の範囲は、予約領域を除く2000 0000h~200F FFFChでなければいけません。 | R/W |

MSPMPUSA レジスタと MSPMPUEA レジスタでは、SRAM の CPU スタック領域を指定します (対象は 2000 0000h ~ 200F FFFFh のうち、予約領域を除く領域です)。カバーされる SRAM 領域については、[図 4.1](#) のメモリマップを参照してください。

16.2.3.2 メインスタックポインタ (MSP) モニタ終了アドレスレジスタ (MSPMPUEA)

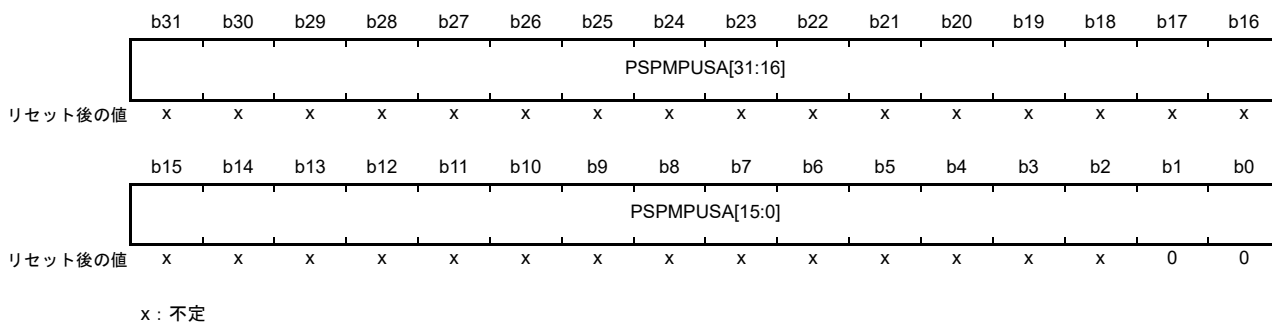
アドレス `SPMON.MSPMPUEA 4000 0D0Ch`



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------------|----------|---|-----|
| b31-b0 | MSPMPUEA[31:0] | 領域終了アドレス | 領域判定に使用する領域終了アドレス。 下位2ビットは1にしてください。値の範囲は、予約領域を除く2000 0003h~200F FFFFhでなければいけません。 | R/W |

16.2.3.3 プロセススタックポインタ (PSP) モニタ開始アドレスレジスタ (PSPMPUSA)

アドレス [SPMON.PSPMPUSA 4000 0D18h](#)

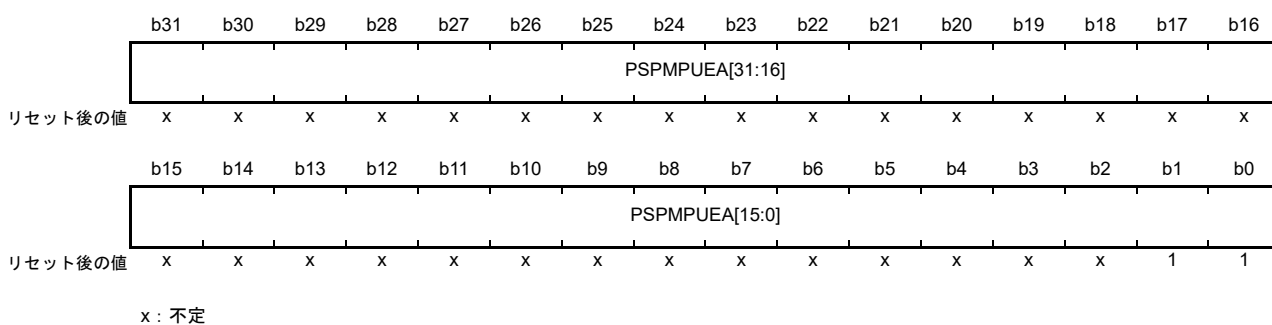


| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------------|----------|---|-----|
| b31-b0 | PSPMPUSA[31:0] | 領域開始アドレス | 領域判定に使用する領域開始アドレス。 下位2ビットは0にしてください。値の範囲は、予約領域を除く2000 0000h～200F FFFChでなければいけません。 | R/W |

PSPMPUSA レジスタと **PSPMPUEA** レジスタでは、SRAMのCPUスタック領域を指定します（対象は2000 0000h～200F FFFFhのうち、予約領域を除く領域です。カバーされるSRAM領域については、[図 4.1](#)のメモリマップを参照してください）。

16.2.3.4 プロセススタックポインタ (PSP) モニタ終了アドレスレジスタ (PSPMPUEA)

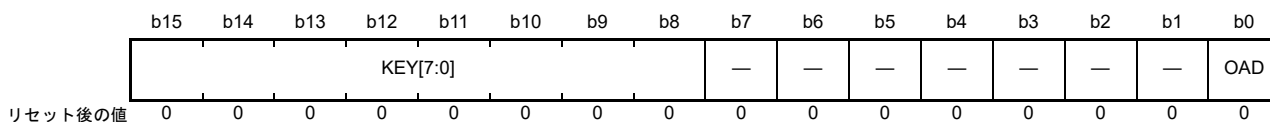
アドレス [SPMON.PSPMPUEA 4000 0D1Ch](#)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------------|----------|---|-----|
| b31-b0 | PSPMPUEA[31:0] | 領域終了アドレス | 領域判定に使用する領域終了アドレス。 下位2ビットは1にしてください。値の範囲は、予約領域を除く2000 0003h～200F FFFFhでなければいけません。 | R/W |

16.2.3.5 スタックポインタモニタ検出後動作レジスタ (MSPMPUOAD, PSPMPUOAD)

アドレス SPMON.MSPMPUOAD 4000 0D00h, SPMON.PSPMPUOAD 4000 0D10h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------|--------|---------------------------|---------------|
| b0 | OAD | 検出後の動作 | 0: ノンマスカブル割り込み 1: リセット | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b15-b8 | KEY[7:0] | キーコード | OADビットへの書き込みを許可または禁止します。 | R/(W) (注1) |

注 1. 書き込みデータは保持されません。

OAD ビット (検出後の動作)

CPU スタックポインタモニタによってスタックポインタのアンダーフローまたはオーバーフローが検出されたとき、リセットまたはノンマスカブル割り込みのどちらを発生させるか選択します。メインスタックポインタモニタとプロセススタックポインタモニタは、この OAD ビットを使用して、スタックポインタのアンダーフローまたはオーバーフロー検出時に発生させる信号を決定します。OAD ビットへ書き込む際は、同時にハーフワードアクセスによって KEY[7:0] ビットに A5h を書き込んでください。

KEY[7:0] ビット (キーコード)

OAD ビットへの書き込みを許可または禁止します。OAD ビットへ書き込む際は、同時に KEY[7:0] ビットに A5h を書き込んでください。A5h 以外の値を KEY[7:0] ビットに書き込むと、OAD ビットは更新されません。KEY[7:0] ビットは読むと常に 00h が読み出されます。

16.2.3.6 スタックポインタモニタアクセスコントロールレジスタ (MSPMPUCTL, PSPMPUCTL)

アドレス SPMON.MSPMPUCTL 4000 0D04h, SPMON.PSPMPUCTL 4000 0D14h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | ERROR | — | — | — | — | — | — | — | ENABLE |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0/1 (注1) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------|-------------------|--|-----|
| b0 | ENABLE | スタックポインタモニタ有効 | 0: スタックポインタモニタ無効 1: スタックポインタモニタ有効 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b8 | ERROR | スタックポインタモニタエラーフラグ | 0: スタックポインタにオーバーフロー/アンダーフローなし 1: スタックポインタにオーバーフロー/アンダーフローあり | R/W |
| b15-b9 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. 初期値はリセット発生要因によって異なります。

ENABLE ビット (スタックポインタモニタ有効)

スタックポインタモニタ機能を有効または無効にします。メインスタックポインタモニタとプロセススタックポインタモニタを個別に設定できます。

MSPMPUCTL.ENABLE ビットを1にした場合、以下のレジスタが利用可能になります。

- MSPMPUSA
- MSPMPUEA
- MSPMPUOAD

PSPMPUCTL.ENABLE ビットを1にした場合、以下のレジスタが利用可能になります。

- PSPMPUSA
- PSPMPUEA
- PSPMPUOAD

ERROR ビット (スタックポインタモニタエラーフラグ)

スタックポインタモニタの状態を示します。各スタックポイントモニタは独立した ERROR ビットを持っています。

[1になる条件]

- スタックポインタがアンダーフローまたはオーバーフローしたとき

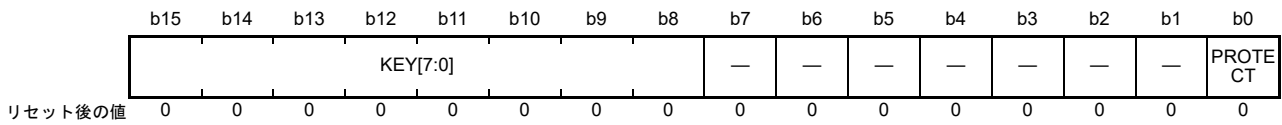
[0になる条件]

- 0を書き込んだとき
- バスマスタ MPU リセット、バスマスレーブ MPU エラーリセット、およびスタックポインタエラーリセット以外のリセットのとき

注. ERROR ビットには0のみ書けます。

16.2.3.7 スタックポインタモニタ保護レジスタ (MSPMPUPT, PSPMPUPT)

アドレス SPMON.MSPMPUPT 4000 0D06h, SPMON.PSPMPUPT 4000 0D16h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------|---------|--|---------------|
| b0 | PROTECT | レジスタの保護 | 0: スタックポインタモニタ関連レジスタへの書き込みが可能 1: スタックポインタモニタ関連レジスタへの書き込みから保護 (読み出しは可能) | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b15-b8 | KEY[7:0] | キーコード | PROTECTビットへの書き込みを許可または禁止します。 | R/(W) (注1) |

注 1. 書き込みデータは保持されません。

PROTECT ビット (レジスタの保護)

保護するレジスタへの書き込みを許可または禁止します。メインスタックポインタモニタとプロセススタックポインタモニタをそれぞれ個別に設定できます。

MSPMPUPT.PROTECT ビットは、下記のメインスタックポインタ関連レジスタへの書き込みアクセスを制御します。

- MSPMPUCTL
- MSPMPUSA
- MSPMPUEA

PSPMPUPT.PROTECT ビットは、下記のプロセススタックポインタ関連レジスタへの書き込みアクセスを制御します。

- PSPMPUCTL
- PSPMPUSA
- PSPMPUEA

PROTECT ビットへ書き込む際は、同時にハーフワードアクセスによって KEY[7:0] ビットに A5h を書き込んでください。

KEY[7:0] ビット (キーコード)

PROTECT ビットへの書き込みを許可または禁止します。A5h 以外の値を KEY[7:0] ビットに書き込むと、PROTECT ビットは更新されません。KEY[7:0] ビットは読むと常に 0 が読み出されます。

16.3 Arm MPU

Arm MPU は 8 つの領域のメモリプロテクションユニットを備えており、下記の項目をサポートしています。

- 保護領域
- 保護領域のオーバーラップ (優先順位は昇順)
 - 7 = 最高優先順位
 - 0 = 最低優先順位
- アクセス許可
- メモリ属性のシステムへのエクスポート

Arm MPU の不一致およびアクセス違反によって、優先順位のプログラムが可能な MemManage フォルト (ハード障害) ハンドラが呼び出されます。詳細は、[16.7 参考資料の 2.](#) を参照してください。

16.4 バスマスタ MPU

バスマスタ MPU は、全アドレス空間 (0000 0000h ~ FFFF FFFFh) を対象にバスマスタがアクセスするアドレスを監視しています。アクセス制御情報は、読み出し許可と書き込み許可からなり、最大 16 の領域に対して個別に設定が可能です。バスマスタ MPU は、これらの設定に基づいて各領域へのアクセスを監視します。保護領域に対するアクセスが検出されると、バスマスタ MPU は内部リセットまたはノンマスクブル割り込みを発生させます。エラーアクセスについては、「15. バス」の 15.3.3 および 15.3.4 を参照してください。

表 16.4 にバスマスタ MPU の仕様を、図 16.3 にブロック図を示します。

表 16.4 バスマスタ MPU の仕様

| 項目 | 内容 |
|-----------------------|-------------------------|
| 保護されるマスタグループ | バスマスタ MPUグループA : DMAバス |
| 保護領域 | 0000 0000h ~ FFFF FFFFh |
| 領域数 | バスマスタ MPUグループA : 16 領域 |
| 各領域のアドレス仕様 | 領域の開始および終了アドレスの設定可能 |
| 各領域のメモリプロテクション有効/無効設定 | 対応する領域に対し、有効/無効を設定 |
| 各領域のアクセス制御設定 | 読み出し許可と書き込み許可 |
| エラー検出時の動作 | リセットまたはノンマスクブル割り込み |
| レジスタの保護 | レジスタに対する不正書き込みの防止が可能 |

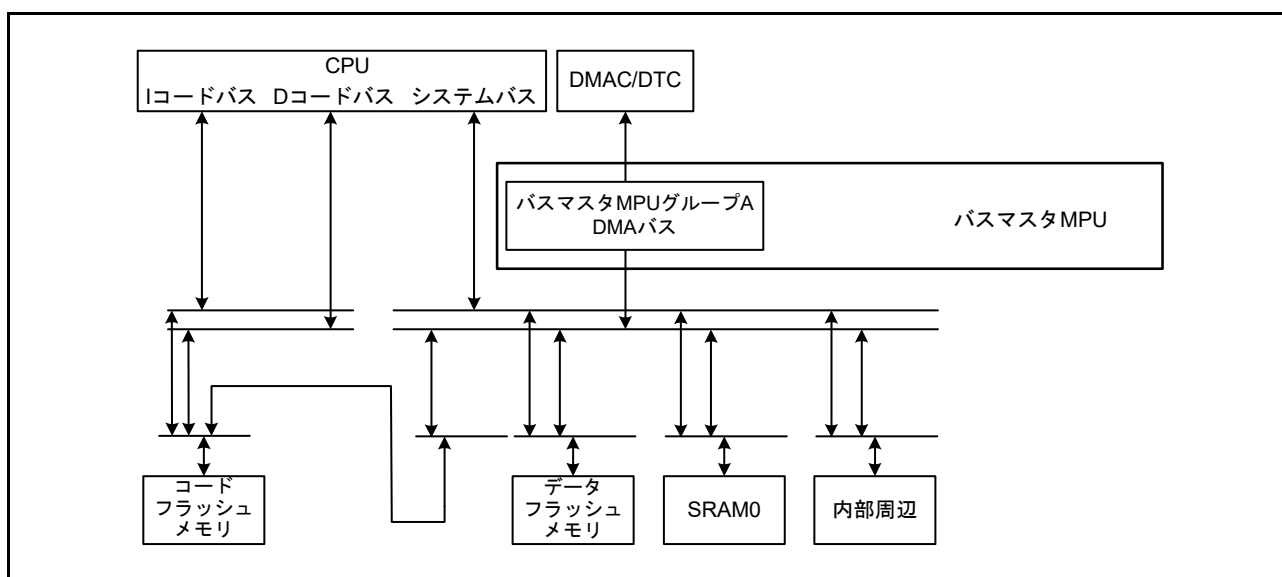


図 16.3 バスマスタ MPU のブロック図

図 16.4 に、バスマスタ MPU グループ A の構成を示します。

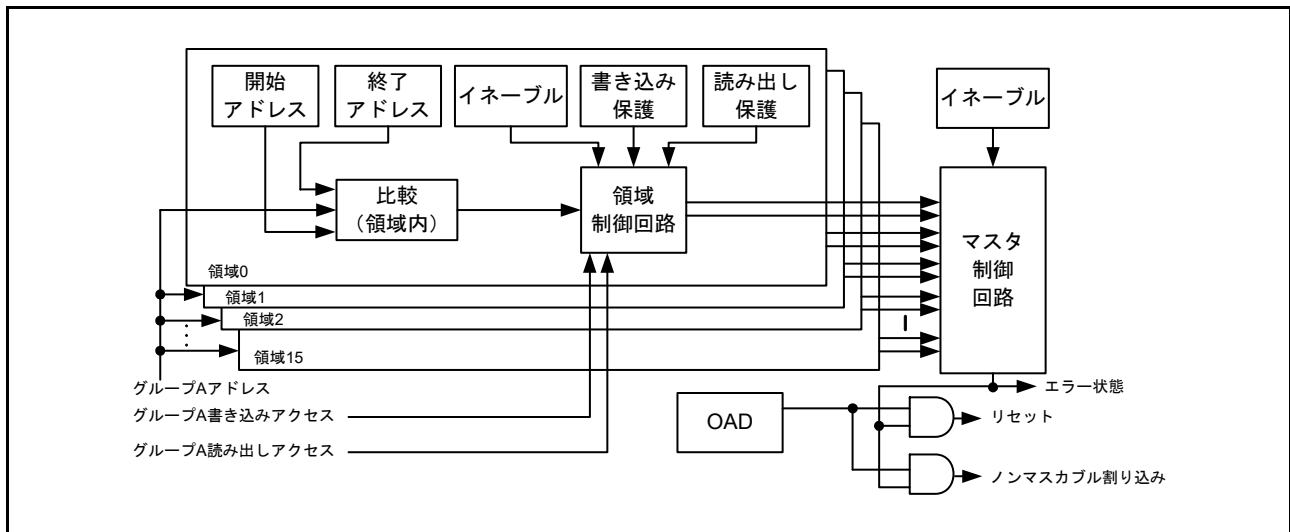


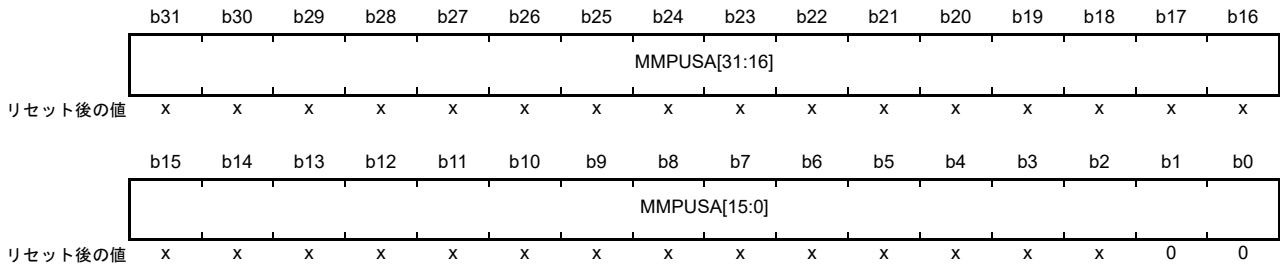
図 16.4 バスマスタ MPU グループ A の構成

16.4.1 レジスタの説明

注. MPUレジスタに書き込みを行う前に、バスアクセスを停止してください。

16.4.1.1 グループ A 領域 n 開始アドレスレジスタ (MMPUSAn) (n = 0 ~ 15)

アドレス [MMPU.MMPUSA0 4000 0204h](#), [MMPU.MMPUSA1 4000 0214h](#), [MMPU.MMPUSA2 4000 0224h](#), [MMPU.MMPUSA3 4000 0234h](#), [MMPU.MMPUSA4 4000 0244h](#), [MMPU.MMPUSA5 4000 0254h](#), [MMPU.MMPUSA6 4000 0264h](#), [MMPU.MMPUSA7 4000 0274h](#), [MMPU.MMPUSA8 4000 0284h](#), [MMPU.MMPUSA9 4000 0294h](#), [MMPU.MMPUSA10 4000 02A4h](#), [MMPU.MMPUSA11 4000 02B4h](#), [MMPU.MMPUSA12 4000 02C4h](#), [MMPU.MMPUSA13 4000 02D4h](#), [MMPU.MMPUSA14 4000 02E4h](#), [MMPU.MMPUSA15 4000 02F4h](#)

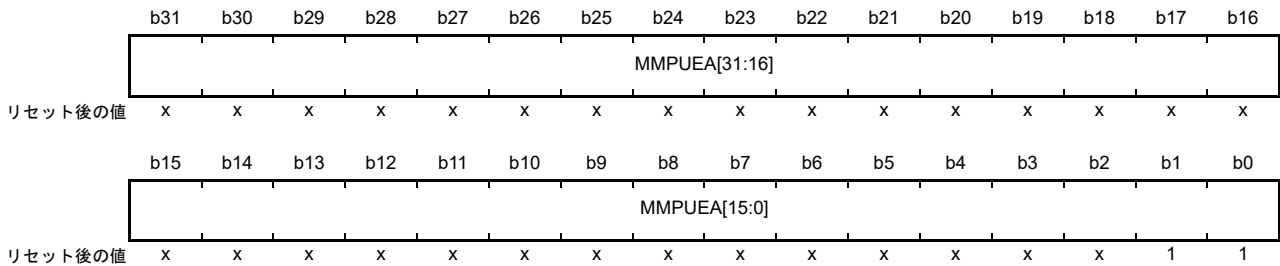


x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------------|----------|------------------------------------|-----|
| b31-b0 | MMPUSA[31:0] | 領域開始アドレス | 領域判定に使用する領域開始アドレス。下位2ビットは0にしてください。 | R/W |

16.4.1.2 グループ A 領域 n 終了アドレスレジスタ (MMPUEAn) (n = 0 ~ 15)

アドレス [MMPU.MMPUEA0 4000 0208h](#), [MMPU.MMPUEA1 4000 0218h](#), [MMPU.MMPUEA2 4000 0228h](#), [MMPU.MMPUEA3 4000 0238h](#), [MMPU.MMPUEA4 4000 0248h](#), [MMPU.MMPUEA5 4000 0258h](#), [MMPU.MMPUEA6 4000 0268h](#), [MMPU.MMPUEA7 4000 0278h](#), [MMPU.MMPUEA8 4000 0288h](#), [MMPU.MMPUEA9 4000 0298h](#), [MMPU.MMPUEA10 4000 02A8h](#), [MMPU.MMPUEA11 4000 02B8h](#), [MMPU.MMPUEA12 4000 02C8h](#), [MMPU.MMPUEA13 4000 02D8h](#), [MMPU.MMPUEA14 4000 02E8h](#), [MMPU.MMPUEA15 4000 02F8h](#)



x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------------|----------|------------------------------------|-----|
| b31-b0 | MMPUEA[31:0] | 領域終了アドレス | 領域判定に使用する領域終了アドレス。下位2ビットは1にしてください。 | R/W |

16.4.1.3 グループ A 領域 n アクセスコントロールレジスタ (MMPUACAn) (n = 0 ~ 15)

アドレス MMPU.MMPUACA0 4000 0200h, MMPU.MMPUACA1 4000 0210h, MMPU.MMPUACA2 4000 0220h, MMPU.MMPUACA3 4000 0230h, MMPU.MMPUACA4 4000 0240h, MMPU.MMPUACA5 4000 0250h, MMPU.MMPUACA6 4000 0260h, MMPU.MMPUACA7 4000 0270h, MMPU.MMPUACA8 4000 0280h, MMPU.MMPUACA9 4000 0290h, MMPU.MMPUACA10 4000 02A0h, MMPU.MMPUACA11 4000 02B0h, MMPU.MMPUACA12 4000 02C0h, MMPU.MMPUACA13 4000 02D0h, MMPU.MMPUACA14 4000 02E0h, MMPU.MMPUACA15 4000 02F0h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | WP | RP | ENABLE |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------|--------|--|-----|
| b0 | ENABLE | 領域有効 | 0 : グループ A 領域 n ユニットの無効 1 : グループ A 領域 n ユニットの有効 | R/W |
| b1 | RP | 読み出し保護 | 0 : 読み出し許可 1 : 読み出し保護 | R/W |
| b2 | WP | 書き込み保護 | 0 : 書き込み許可 1 : 書き込み保護 | R/W |
| b15-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

ENABLE ビット、RP ビット、および WP ビットは、グループ A 領域 n ごとに個別に設定が可能です。

ENABLE ビット (領域有効)

グループ A 領域 n ユニットの有効または無効にします。ENABLE ビットを 1 にした場合、MMPUSAn レジスタと MMPUEAn レジスタに設定した領域へのアクセスを、RP ビットと WP ビットで許可または保護することが可能です。ENABLE ビットを 0 にした場合、グループ A 領域 n のアクセスに対して領域は指定されません。

RP ビット (読み出し保護)

グループ A 領域 n の読み出し保護を有効または無効にします。ENABLE ビットを 1 にした場合に RP ビットを使用できます。

WP ビット (書き込み保護)

グループ A 領域 n の書き込み保護を有効または無効にします。ENABLE ビットを 1 にした場合に WP ビットを使用できます。

表 16.5 領域制御回路の機能

| MMPUACAn. ENABLE | MMPUACAn. RP | MMPUACAn. WP | アクセス | 領域 | グループA領域 nユニットの出力 |
|---------------------|-----------------|-----------------|------|------|---------------------|
| 0 | — | — | 読み出し | — | 領域外 |
| | | | 書き込み | | 領域外 |
| 1 | 0 | 0 | 読み出し | 内部 | 許可領域 |
| | | | | 外部 | 領域外 |
| | | | 書き込み | 内部 | 許可領域 |
| | | | | 外部 | 領域外 |
| | 0 | 1 | 読み出し | 内部 | 許可領域 |
| | | | | 外部 | 領域外 |
| | | | 書き込み | 内部 | 保護領域 |
| | | | | 外部 | 領域外 |
| | 1 | 0 | 読み出し | 内部 | 保護領域 |
| | | | | 外部 | 領域外 |
| | | | 書き込み | 内部 | 許可領域 |
| | | | | 外部 | 領域外 |
| 1 | 1 | 読み出し | 内部 | 保護領域 | |
| | | | 外部 | 領域外 | |
| | | 書き込み | 内部 | 保護領域 | |
| | | | 外部 | 領域外 | |

n = 0 ~ 15

表 16.6 マスタ制御回路の機能

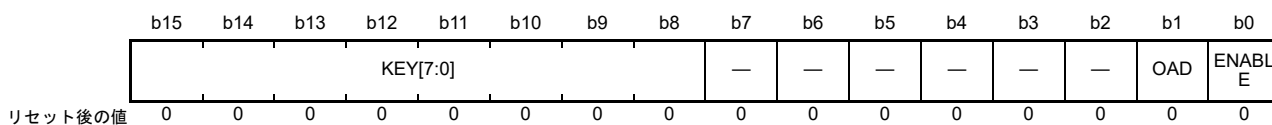
| MMPUCTLA. ENABLE | グループA領域 0ユニットの出力 | グループA領域 1ユニットの出力 | グループA領域 2~15ユニットの出力 | グループAの機能 |
|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|----------|
| 1 | 保護領域 | Don't care | Don't care | エラー発生 |
| 1 | Don't care | 保護領域 | Don't care | エラー発生 |
| 1 | Don't care | Don't care | 保護領域 | エラー発生 |
| 1 | 領域外 | 領域外 | 領域外 | エラー発生 |
| その他の場合 | | | | エラーなし |

マスタ MPU エラーは下記の条件で発生します。

- MMPUCTLA.ENABLE = 1 で、かつ 1 つ以上の領域 n ユニットの出力が保護領域の場合
- MMPUCTLA.ENABLE = 1 で、かつすべての領域 n ユニットの出力が領域外の場合
- その他の場合は許可領域として処理される

16.4.1.4 バスマスタ MPU コントロールレジスタ (MMPUCTLA)

アドレス MMPU.MMPUCTLA 4000 0000h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------|-----------|------------------------------------|---------------|
| b0 | ENABLE | マスタグループ有効 | 0: マスタグループAは無効 1: マスタグループAは有効 | R/W |
| b1 | OAD | 検出後の動作 | 0: ノンマスカブル割り込み 1: リセット | R/W |
| b7-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b15-b8 | KEY[7:0] | キーコード | OADビットとENABLEビットへの書き込みを許可または禁止します。 | R/(W) (注1) |

注 1. 書き込みデータは保持されません。

ENABLE ビット (マスタグループ有効)

マスタグループ A のバスマスタ MPU 機能を有効または無効にします。本ビットが 1 になっていれば、MMPUACAn が利用可能です。本ビットを 0 にすると、すべての領域の許可領域を含めて、MMPUACAn レジスタが使用できなくなります。ENABLE ビットを設定する際は、同時にハーフワードアクセスを使って KEY[7:0] ビットに A5h を書き込んでください。

OAD ビット (検出後の動作)

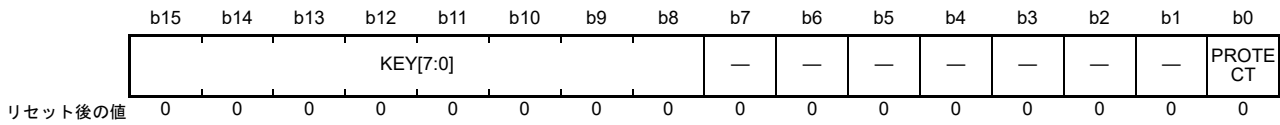
バスマスタ MPU によって保護領域へのアクセスが検出されたとき、リセットまたはノンマスカブル割り込みのどちらを発生させるか選択します。OAD ビットを設定する際は、同時にハーフワードアクセスを使って KEY[7:0] ビットに A5h を書き込んでください。

KEY[7:0] ビット (キーコード)

ENABLE ビットと OAD ビットへの書き込みを許可または禁止します。ENABLE ビットと OAD ビットへ書き込む際は、同時に KEY[7:0] ビットに A5h を書き込んでください。A5h 以外の値を KEY[7:0] ビットに書き込むと、ENABLE ビットと OAD ビットは更新されません。KEY[7:0] ビットは読むと常に 00h が読み出されます。

16.4.1.5 グループ A レジスタ保護 (MMPUPTA)

アドレス `MMPU.MMPUPTA 4000 0102h`



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------|---------|---|---------------|
| b0 | PROTECT | レジスタの保護 | 0: 全バスマスタ MPUグループAレジスタの書き込みを許可 1: 全バスマスタ MPUグループAレジスタの書き込みから保護 (読み出しは可能) | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b15-b8 | KEY[7:0] | キーコード | PROTECTビットへの書き込みを許可または禁止します。 | R/(W) (注1) |

注1. 書き込みデータは保持されません。

PROTECT ビット (レジスタの保護)

保護するレジスタへの書き込みを許可または禁止します。MMPUPTA.PROTECT ビットは、バスマスタ MPU グループ A 関連レジスタへの書き込み保護を制御します。下記のレジスタが MMPUPTA.PROTECT ビットで保護されます。

- MMPUSAn
- MMPUEAn
- MMPUACAn
- MMPUCTLA

PROTECT ビットを設定する際は、同時にハーフワードアクセスを使って KEY[7:0] ビットに A5h を書き込んでください。

KEY[7:0] ビット (キーコード)

PROTECT ビットへの書き込みを許可または禁止します。PROTECT ビットへ書き込む際は、同時に KEY[7:0] ビットに A5h を書き込んでください。A5h 以外の値を KEY[7:0] ビットに書き込むと、PROTECT ビットは更新されません。KEY[7:0] ビットは読むと常に 00h が読み出されます。

16.4.2 動作説明

16.4.2.1 メモリプロテクション

バスマスタ MPU は、アクセス制御領域に対して個別に設定された制御情報を用いてメモリアクセスを監視します。保護領域に対するアクセスが検出されると、バスマスタ MPU はメモリプロテクションエラーを発生させます。

バスマスタ MPU は、最大 16 の保護領域に対して設定することが可能です。保護領域には、許可領域と保護領域のオーバーラップした領域と、2 つの許可領域がオーバーラップした領域が含まれます。

バスマスタ MPU にはグループ A があります。メモリプロテクション機能は、マスタグループに対してバスのアドレスをチェックし、マスタグループの全アクセスが保護されます。バスマスタ MPU は、リセット後、すべての領域を許可に設定します。MMPUCTLA.ENABLE ビットを 1 にすることで、全領域が保護されます。各領域は、保護領域上に許可領域を設定します。保護領域に対するアクセスが検出されると、バスマスタ MPU はエラーを発生させます。

図 16.5 に、バスマスタ MPU の使用例を示します。

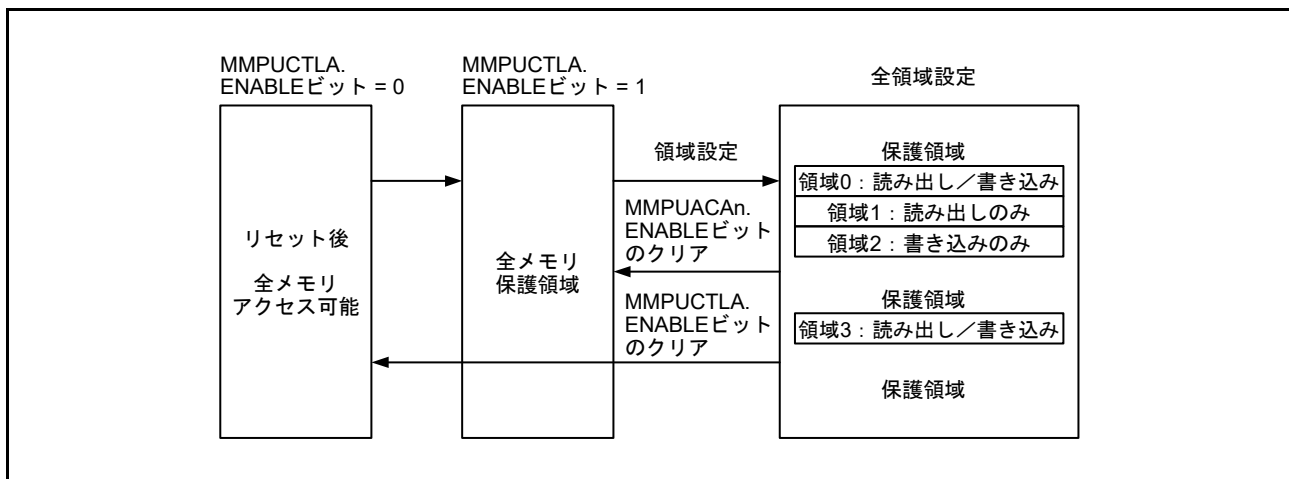


図 16.5 バスマスタ MPU の使用例

図 16.6 に、バスマスタ MPU のオーバーラップ領域に対するアクセスの許可または保護について示します。オーバーラップ領域に対するアクセス制御は以下のとおりです。

- 1 つ以上の領域ユニットの出力が保護領域の場合、領域は保護領域として処理される
- すべての領域ユニットの出力が領域外の場合、領域は保護領域として処理される
- その他の場合は許可領域として処理される

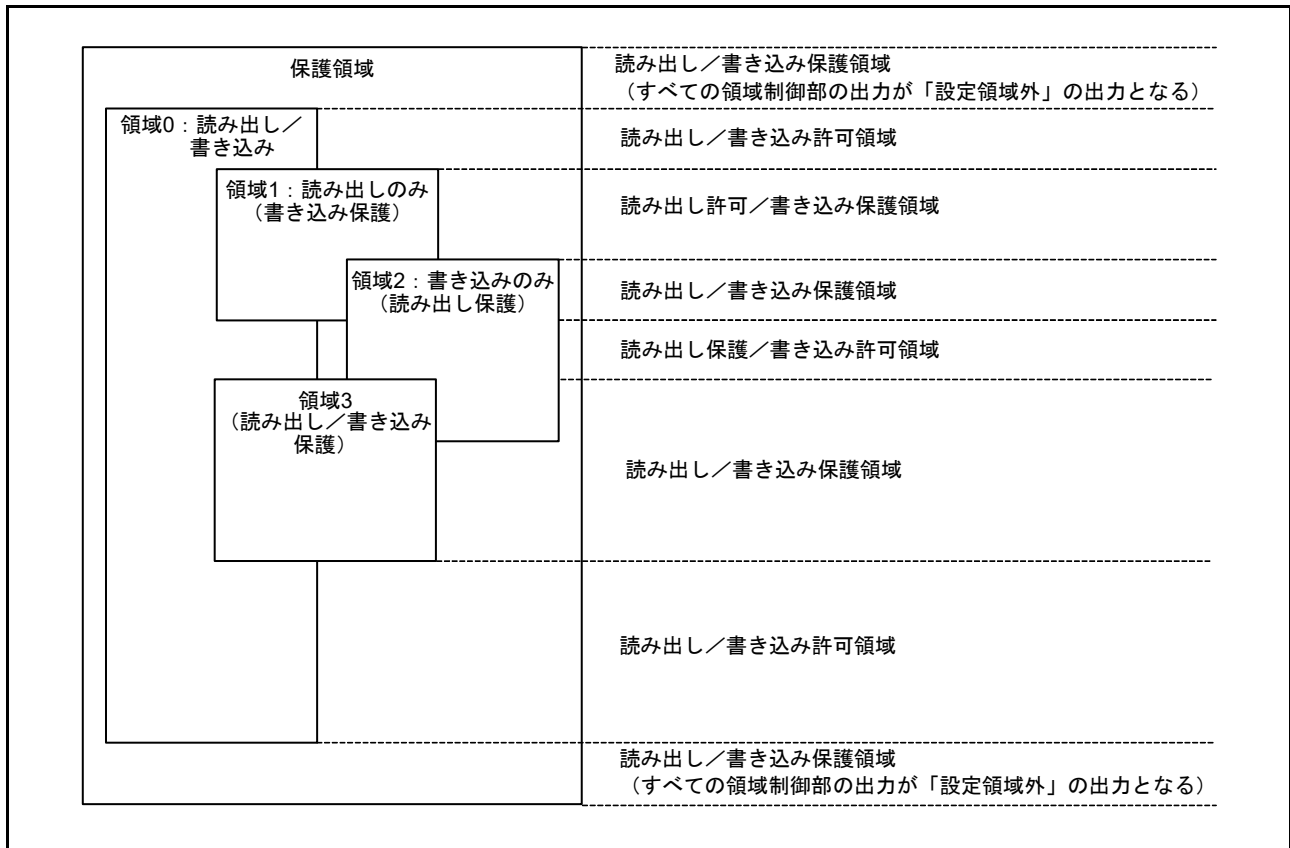


図 16.6 バスマスタ MPU 領域のオーバーラップによるアクセスの許可または保護

図 16.7 に、リセット後のレジスタ設定フローを示します。本レジスタ設定中は、CPU を除く全マスタを停止してください。

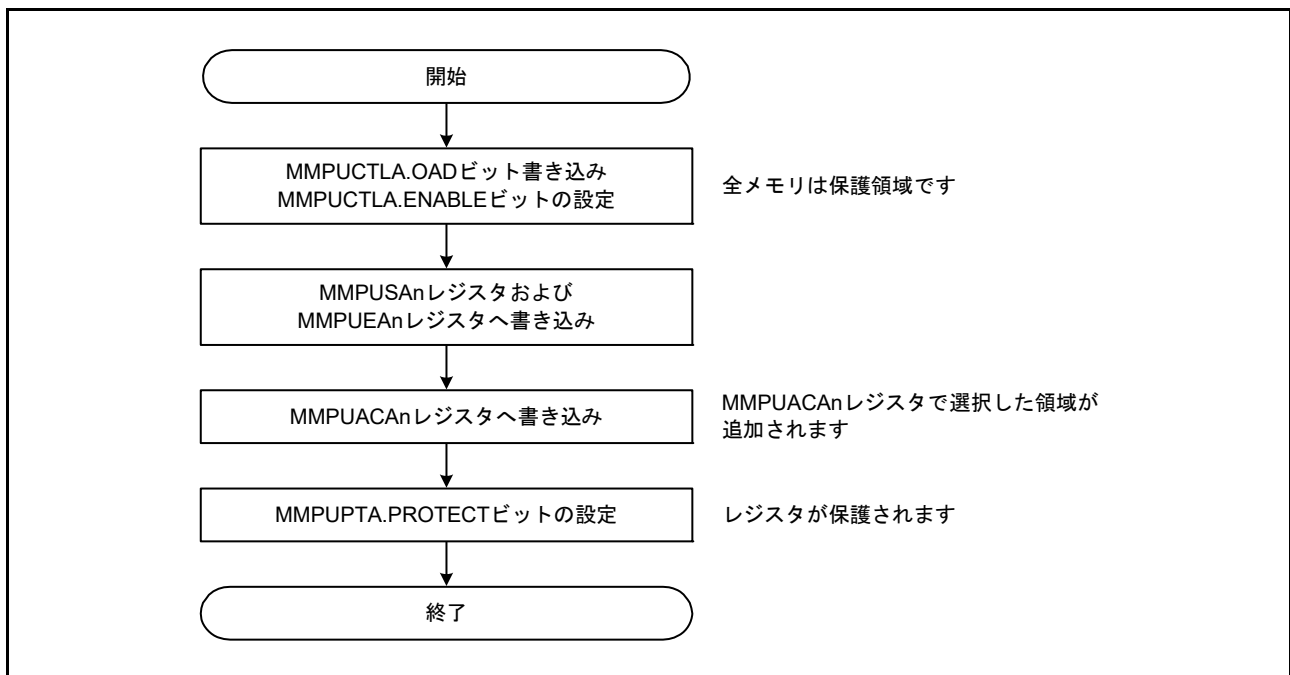


図 16.7 リセット後のレジスタ設定フロー

図 16.8 に、領域を追加するためのレジスタ設定フローを示します。本レジスタ設定中は、CPU を除く全マスタを停止してください。

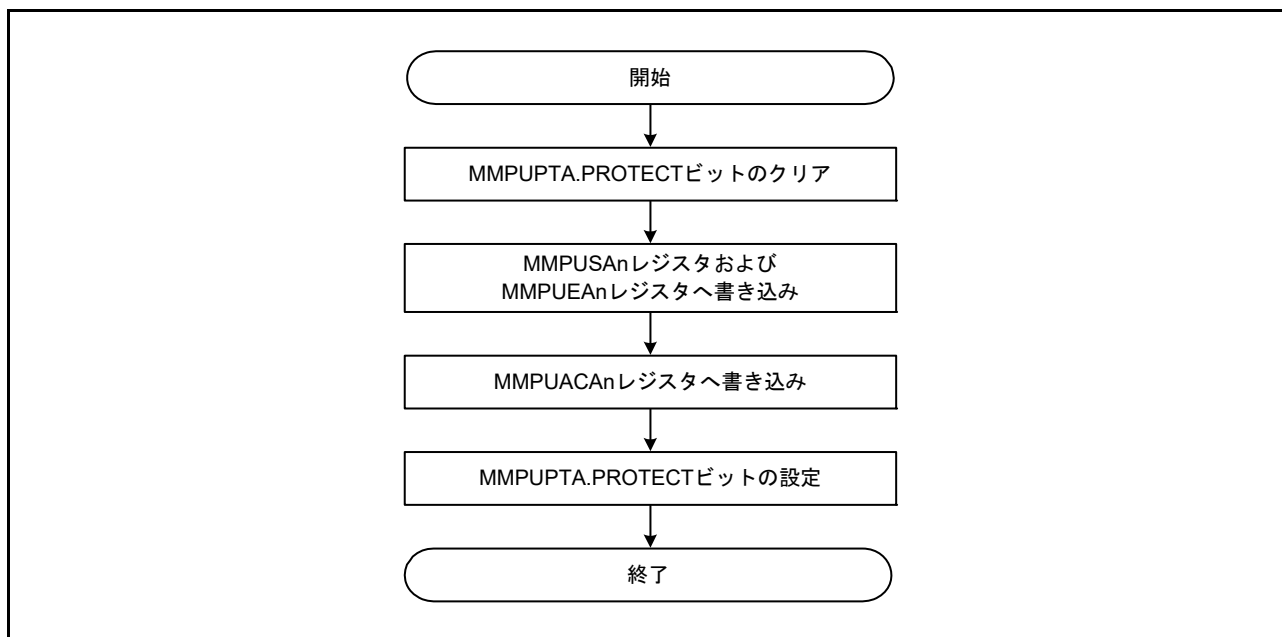


図 16.8 領域追加のレジスタ設定フロー

16.4.2.2 レジスタの保護

バスマスタ MPU 関連のレジスタを保護するには、MMPUPTA レジスタの PROTECT ビットを設定します。

16.4.2.3 メモリプロテクションエラー

保護領域に対するアクセスが検出されると、バスマスタ MPU はメモリプロテクションエラーを発生させます。OAD ビットを設定することで、このエラーをノンマスカブル割り込みとリセットのどちらで通知するか選択できます。ノンマスカブル割り込み状態は ICU.NMISR.BUSMST フラグに示されます。詳細は、「14. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。リセット状態は SYSTEM.RSTSR1.BUSMRF フラグに示されます。詳細は、「6. リセット」を参照してください。

16.5 バススレーブ MPU

バススレーブ MPU は、フラッシュや SRAM などのバススレーブ機能に対するアクセスを監視します。

バススレーブ機能は、2つのバスマスタ、CPU、およびバスマスタ MPU グループ A からアクセスできます。バススレーブ MPU は、2つのバスマスタごとに独立したプロテクトレジスタを備えており、それぞれ個別にアクセス保護が可能です。保護領域に対するアクセスが検出されると、バススレーブ MPU はリセットまたはノンマスカブル割り込みを発生させ、バスエラー状態、エラーアクセス状態、およびバスエラーアドレスを I/O レジスタに格納できます。詳細は「15. バス」の 15.3.3 および 15.3.4 を参照してください。各領域のアクセス制御情報は、読み出し許可と書き込み許可で構成されます。

表 16.7 にバススレーブ MPU の仕様を、図 16.9 にブロック図を示します。

表 16.7 バススレーブ MPU の仕様

| 項目 | 内容 |
|----------------|---|
| バスマスタの保護 | バスマスタ MPU グループ A : DMA バス |
| スレーブ機能の保護 | メモリバス3 : コードフラッシュメモリ メモリバス4 : SRAM0 内部周辺バス1 : システムコントロール関連の周辺モジュール 内部周辺バス3 : CAC, ELC, I/O ポート, POEG, RTC, WDT, IWDT, IIC, CAN, ADC14, DAC12, DOC 内部周辺バス4 : SCI, SPI, CRC 内部周辺バス5 : KINT, AGT, USBFS, DAC8, OPAMP, ACMPLP, CTSU 内部周辺バス7 : セキュア IP (SCE5) 内部周辺バス9 : フラッシュメモリ (P/E 時) とデータフラッシュメモリ |
| 各領域のアクセス制御情報設定 | 読み出し許可、書き込み許可 |
| 検出後の動作 | リセット、ノンマスカブル割り込み、または例外 |
| レジスタの保護 | レジスタに対する不正書き込みの防止が可能 |

バススレーブ MPU はそれぞれのバススレーブ側に配置され、各バスマスタから各バススレーブへのアクセスを許可または保護します。

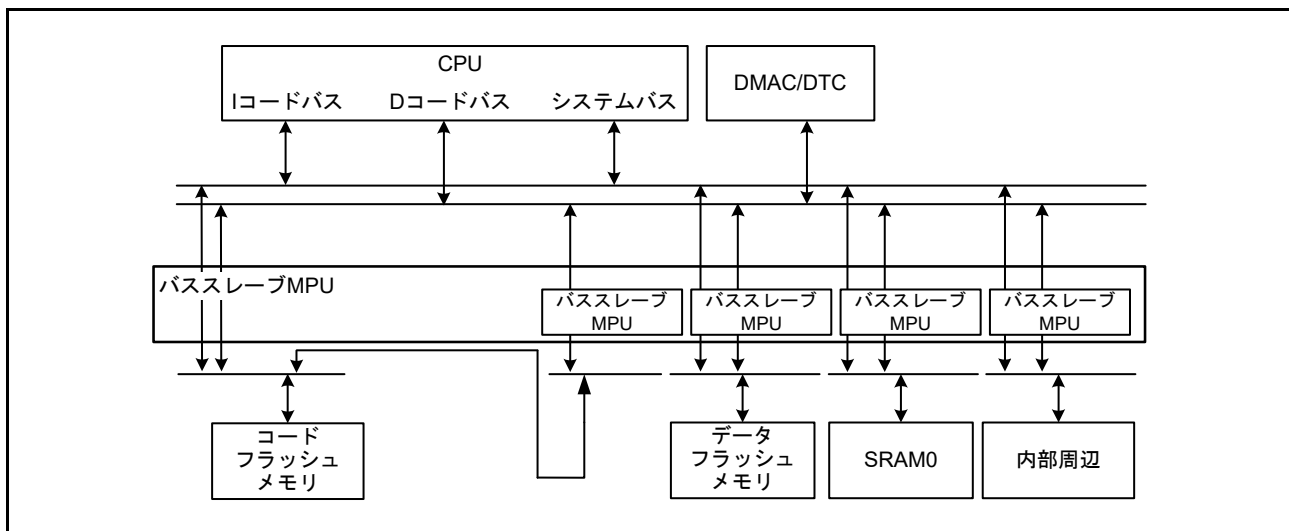


図 16.9 バススレーブ MPU のブロック図

16.5.1 レジスタの説明

注. MPUレジスタに書き込みを行う前に、バスアクセスを停止してください。

16.5.1.1 メモリバス3アクセスコントロールレジスタ (SMPUMBIU)

アドレス SMPU.SMPUMBIU 4000 0C10h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|------------|------------|----|----|
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | WPGR PA | RPGRP A | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------|----------------|--|-----|
| b1-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b2 | RPGRPA | マスタグループA読み出し保護 | 0: マスタグループA読み出しのメモリプロテクションは無効 1: マスタグループA読み出しのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b3 | WPGRPA | マスタグループA書き込み保護 | 0: マスタグループA書き込みのメモリプロテクションは無効 1: マスタグループA書き込みのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b15-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

RPGRPA ビット (マスタグループA読み出し保護)

メモリバス3でのマスタグループAによる読み出しに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

WPGRPA ビット (マスタグループA書き込み保護)

メモリバス3でのマスタグループAによる書き込みに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

16.5.1.2 内部周辺バス 9 アクセスコントロールレジスタ (SMPUFBIU)

アドレス SMPU.SMPUFBIU 4000 0C14h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|------------|------------|-----------|-------|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | WPGR PA | RPGRP A | WPCP U | RPCPU |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------|----------------|--|-----|
| b0 | RPCPU | CPU読み出し保護 | 0: CPU読み出しのメモリプロテクションは無効 1: CPU読み出しのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b1 | WPCPU | CPU書き込み保護 | 0: CPU書き込みのメモリプロテクションは無効 1: CPU書き込みのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b2 | RPGRPA | マスタグループA読み出し保護 | 0: マスタグループA読み出しのメモリプロテクションは無効 1: マスタグループA読み出しのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b3 | WPGRPA | マスタグループA書き込み保護 | 0: マスタグループA書き込みのメモリプロテクションは無効 1: マスタグループA書き込みのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b15-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

RPCPU ビット (CPU 読み出し保護)

内部周辺バス 9 での CPU による読み出しに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

WPCPU ビット (CPU 書き込み保護)

内部周辺バス 9 での CPU による書き込みに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

RPGRPA ビット (マスタグループ A 読み出し保護)

内部周辺バス 9 でのマスタグループ A による読み出しに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

WPGRPA ビット (マスタグループ A 書き込み保護)

内部周辺バス 9 でのマスタグループ A による書き込みに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

16.5.1.3 メモリバス4アクセスコントロールレジスタ (SMPUSRAM0)

アドレス SMPU.SMPUSRAM0 4000 0C18h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|------------|------------|-----------|-------|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | WPGR PA | RPGRP A | WPCP U | RPCPU |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------|----------------|--|-----|
| b0 | RPCPU | CPU読み出し保護 | 0: CPU読み出しのメモリプロテクションは無効 1: CPU読み出しのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b1 | WPCPU | CPU書き込み保護 | 0: CPU書き込みのメモリプロテクションは無効 1: CPU書き込みのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b2 | RPGRPA | マスタグループA読み出し保護 | 0: マスタグループA読み出しのメモリプロテクションは無効 1: マスタグループA読み出しのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b3 | WPGRPA | マスタグループA書き込み保護 | 0: マスタグループA書き込みのメモリプロテクションは無効 1: マスタグループA書き込みのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b15-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

RPCPU ビット (CPU 読み出し保護)

メモリバス4でのCPUによる読み出しに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

WPCPU ビット (CPU 書き込み保護)

メモリバス4でのCPUによる書き込みに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

RPGRPA ビット (マスタグループA 読み出し保護)

メモリバス4でのマスタグループAによる読み出しに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

WPGRPA ビット (マスタグループA 書き込み保護)

メモリバス4でのマスタグループAによる書き込みに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

16.5.1.4 内部周辺バス 1 アクセスコントロールレジスタ (SMPUP0BIU)

アドレス SMPU.SMPUP0BIU 4000 0C20h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|------------|------------|-----------|-------|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | WPGR PA | RPGRP A | WPCP U | RPCPU |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------|----------------|--|-----|
| b0 | RPCPU | CPU読み出し保護 | 0: CPU読み出しのメモリプロテクションは無効 1: CPU読み出しのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b1 | WPCPU | CPU書き込み保護 | 0: CPU書き込みのメモリプロテクションは無効 1: CPU書き込みのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b2 | RPGRPA | マスタグループA読み出し保護 | 0: マスタグループA読み出しのメモリプロテクションは無効 1: マスタグループA読み出しのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b3 | WPGRPA | マスタグループA書き込み保護 | 0: マスタグループA書き込みのメモリプロテクションは無効 1: マスタグループA書き込みのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b15-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

RPCPU ビット (CPU 読み出し保護)

内部周辺バス 1 での CPU による読み出しに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

WPCPU ビット (CPU 書き込み保護)

内部周辺バス 1 での CPU による書き込みに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

RPGRPA ビット (マスタグループ A 読み出し保護)

内部周辺バス 1 でのマスタグループ A による読み出しに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

WPGRPA ビット (マスタグループ A 書き込み保護)

内部周辺バス 1 でのマスタグループ A による書き込みに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

16.5.1.5 内部周辺バス 3 アクセスコントロールレジスタ (SMPUP2BIU)

アドレス SMPU.SMPUP2BIU 4000 0C24h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|------------|------------|-----------|-------|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | WPGR PA | RPGRP A | WPCP U | RPCPU |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------|----------------|--|-----|
| b0 | RPCPU | CPU読み出し保護 | 0: CPU読み出しのメモリプロテクションは無効 1: CPU読み出しのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b1 | WPCPU | CPU書き込み保護 | 0: CPU書き込みのメモリプロテクションは無効 1: CPU書き込みのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b2 | RPGRPA | マスタグループA読み出し保護 | 0: マスタグループA読み出しのメモリプロテクションは無効 1: マスタグループA読み出しのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b3 | WPGRPA | マスタグループA書き込み保護 | 0: マスタグループA書き込みのメモリプロテクションは無効 1: マスタグループA書き込みのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b15-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

RPCPU ビット (CPU 読み出し保護)

内部周辺バス 3、4、5 での CPU による読み出しに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

WPCPU ビット (CPU 書き込み保護)

内部周辺バス 3、4、5 での CPU による書き込みに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

RPGRPA ビット (マスタグループ A 読み出し保護)

内部周辺バス 3、4、5 でのマスタグループ A による読み出しに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

WPGRPA ビット (マスタグループ A 書き込み保護)

内部周辺バス 3、4、5 でのマスタグループ A による書き込みに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

16.5.1.6 内部周辺バス7アクセスコントロールレジスタ (SMPUP6BIU)

アドレス SMPU.SMPUP6BIU 4000 0C28h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|------------|------------|-----------|-------|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | WPGR PA | RPGRP A | WPCP U | RPCPU |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------|----------------|--|-----|
| b0 | RPCPU | CPU読み出し保護 | 0: CPU読み出しのメモリプロテクションは無効 1: CPU読み出しのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b1 | WPCPU | CPU書き込み保護 | 0: CPU書き込みのメモリプロテクションは無効 1: CPU書き込みのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b2 | RPGRPA | マスタグループA読み出し保護 | 0: マスタグループA読み出しのメモリプロテクションは無効 1: マスタグループA読み出しのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b3 | WPGRPA | マスタグループA書き込み保護 | 0: マスタグループA書き込みのメモリプロテクションは無効 1: マスタグループA書き込みのメモリプロテクションは有効 | R/W |
| b15-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

RPCPU ビット (CPU 読み出し保護)

内部周辺バス7でのCPUによる読み出しに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

WPCPU ビット (CPU 書き込み保護)

内部周辺バス7でのCPUによる書き込みに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

RPGRPA ビット (マスタグループA 読み出し保護)

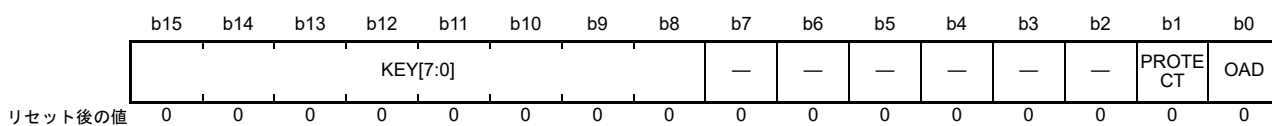
内部周辺バス7でのマスタグループAによる読み出しに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

WPGRPA ビット (マスタグループA 書き込み保護)

内部周辺バス7でのマスタグループAによる書き込みに対してメモリプロテクションを有効または無効にします。

16.5.1.7 スレーブ MPU コントロールレジスタ (SMPUCTL)

アドレス SMPU.SMPUCTL 4000 0C00h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------|---------|---|---------------|
| b0 | OAD | 検出後の動作 | 0: ノンマスカブル割り込み 1: リセット | R/W |
| b1 | PROTECT | レジスタの保護 | 0: 全バススレーブレジスタの書き込みを許可 1: 全バススレーブレジスタの書き込みから保護 (読み出しは許可) | R/W |
| b7-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b15-b8 | KEY[7:0] | キーコード | OADビットとPROTECTビットへの書き込みを許可または禁止します。 | R/(W) (注1) |

注 1. 書き込みデータは保持されません。

OAD ビット (検出後の動作)

バススレーブ MPU によって保護領域へのアクセスが検出されたとき、リセットまたはノンマスカブル割り込みのどちらを発生させるか選択します。OAD ビットを設定する際は、同時にハーフワードアクセスによって KEY[7:0] ビットに A5h を書き込んでください。

PROTECT ビット (レジスタの保護)

保護するレジスタへの書き込みを許可または禁止します。下記のレジスタが SMPUCTL.PROTECT ビットで保護されます。

- SMPUMBIU
- SMPUFBIU
- SMPUSRAM0
- SMPUP0BIU
- SMPUP2BIU
- SMPUP6BIU

PROTECT ビットを設定する際は、同時にハーフワードアクセスによって KEY[7:0] ビットに A5h を書き込んでください。

KEY[7:0] ビット (キーコード)

OAD ビットと PROTECT ビットへの書き込みを許可または禁止します。OAD ビットと PROTECT ビットへ書き込む際は、同時に KEY[7:0] ビットに A5h を書き込んでください。A5h 以外の値を KEY[7:0] ビットに書き込むと、OAD ビットと PROTECT ビットは更新されません。KEY[7:0] ビットは読むと常に 00h が読み出されます。

16.5.2 機能説明

16.5.2.1 メモリプロテクション

バススレーブ MPU は、各アクセスコントロールレジスタに設定されたアクセス制御情報を用いて、バススレーブによるアクセスがアクセス制御設定に違反していないか監視します。保護領域に対するアクセスが検出されると、バススレーブ MPU はメモリプロテクションエラーを発生させます。

バススレーブ MPU は、各アクセスコントロールレジスタ (SMPUMBIU, SMPUFBIU, SMPUSRAM0, SMPUP0BIU, SMPUP2BIU, SMPUP6BIU) の書き込み保護 (WPCPU または WPGRPA) ビットまたは読み出し保護 (RPCPU または RPGRPA) ビットを 1 にすることで有効になります。

16.5.2.2 レジスタの保護

バススレーブ MPU 関連のレジスタは、SMPUCTL レジスタの PROTECT ビットで保護することが可能です。

16.5.2.3 メモリプロテクションエラー

保護領域に対するアクセスが検出されると、バススレーブ MPU はメモリプロテクションエラーを発生させます。OAD ビットを設定することで、このエラーをノンマスカブル割り込みとリセットのどちらで通知するか選択できます。

ノンマスカブル割り込みの状態は ICU.NMISR.BUSSST フラグに示されます。詳細は、「[14. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。リセットの状態は SYSTEM.RSTSR1.BUSSRF フラグに示されます。詳細は、「[6. リセット](#)」を参照してください。

16.6 セキュリティ MPU

本 MCU には 4 つのセキュリティ領域を持つセキュリティ MPU が内蔵されており、セキュリティ領域にはコードフラッシュ、SRAM、および 2 つのセキュリティ機能が含まれます。セキュリティ領域を、非セキュアプログラムのアクセスから保護することが可能です。非セキュアプログラムから保護領域へのアクセスは許可されていません。

表 16.8 に、セキュリティ MPU の仕様を、図 16.10 にセキュリティ MPU のブロック図を示します。

表 16.8 セキュリティ MPU の仕様

| 項目 | 内容 |
|-----------------------|--|
| セキュリティ領域 | コードフラッシュ、SRAM、2つのセキュリティ機能 |
| 保護領域 | 0000 0000h ~ 00FF FFFFh (コードフラッシュメモリ) 1FF0 0000h ~ 200F FFFFh (SRAM) 400C 0000h ~ 400D FFFFh 4010 0000h ~ 407F FFFFh (セキュリティ機能のセキュアデータ) |
| 領域数 | プログラムカウンタ = 2領域 データアクセス = 4領域 |
| 各領域のアドレス仕様 | 領域の開始および終了アドレスの設定 |
| 各領域のメモリプロテクション有効/無効設定 | 対応する領域に対し、有効/無効を設定 |

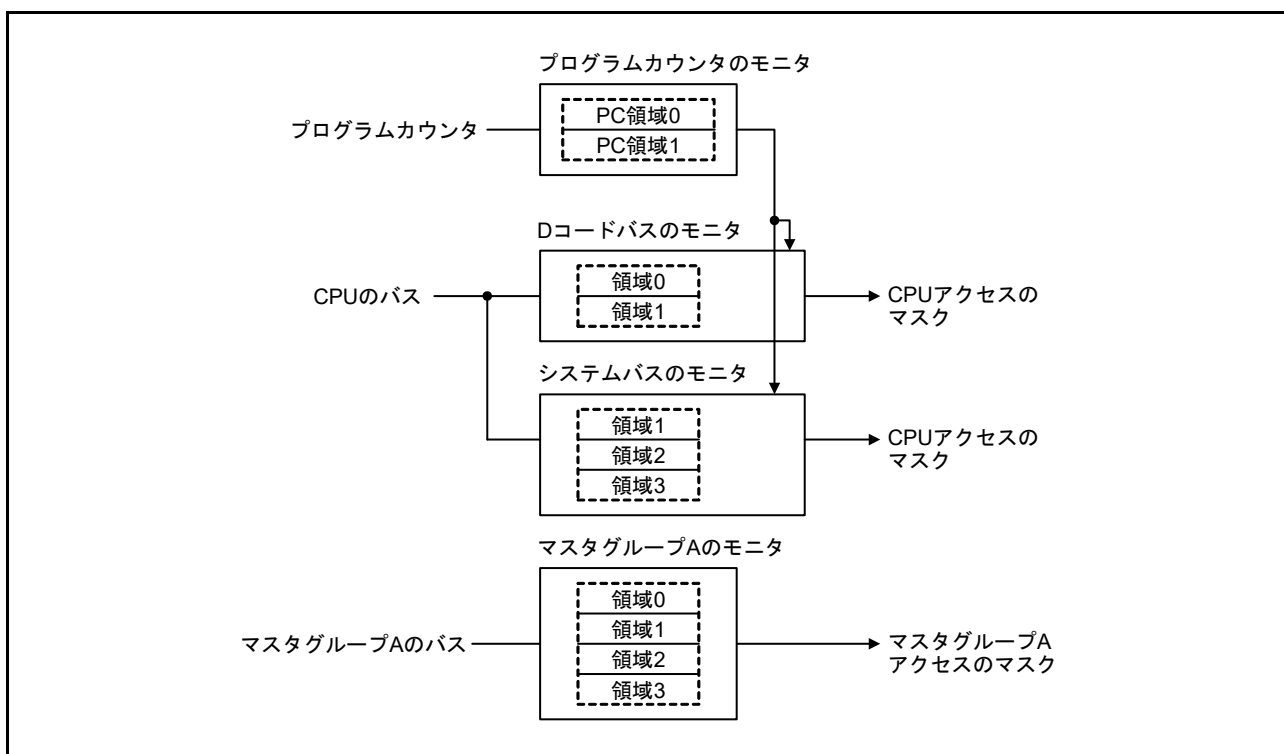


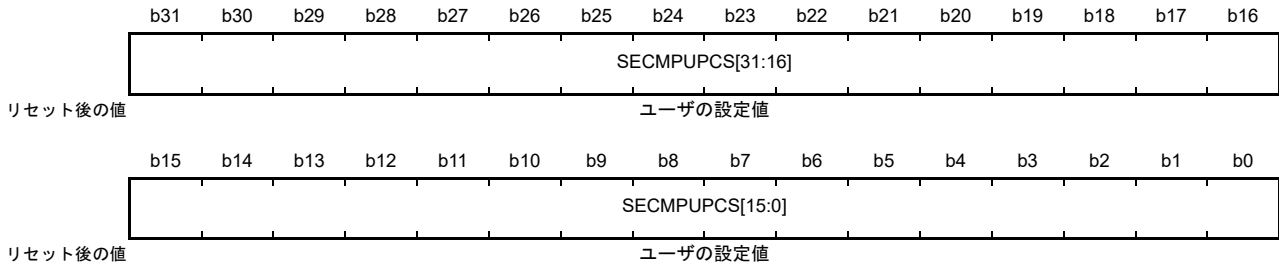
図 16.10 セキュリティ MPU のブロック図

16.6.1 レジスタの説明 (オプション設定メモリ)

セキュリティ MPU のすべてのレジスタは、オプション設定メモリです。オプション設定メモリとは、リセット後のマイコンの状態を選択するために利用可能な一連のレジスタを指します。オプション設定メモリはフラッシュに配置されます。

16.6.1.1 セキュリティ MPU プログラムカウンタ開始アドレスレジスタ (SECMUPCSn) (n = 0, 1)

アドレス [SECMUPCS0 0000 0408h](#), [SECMUPCS1 0000 0410h](#)



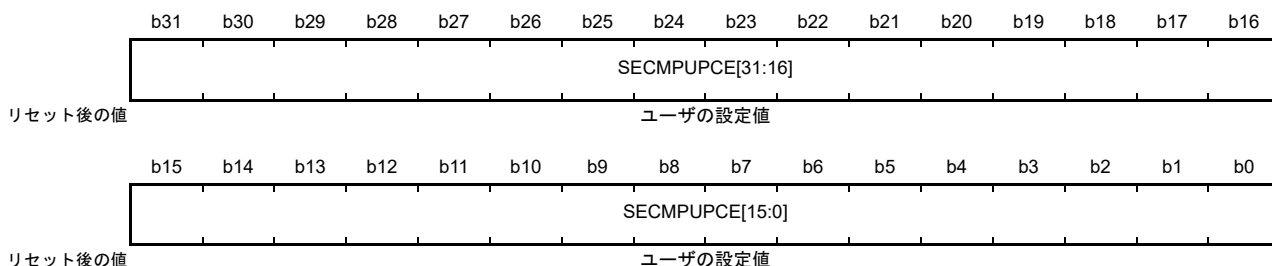
| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------------|----------|--|-----|
| b31-b0 | SECMUPCS[31:0] | 領域開始アドレス | 領域判定に使用する領域開始アドレス。 下位2ビットは読むと0が読めます。値の範囲は、予約領域を除く 0000 0000h ~ 00FF FFFCh および 1FF0 0000h ~ 200F FFFCh でなければいけません。オプション設定メモリに設定する場合、下位2ビットへの書き込みは0にしてください。 | R |

SECMUPCSn レジスタと SECMUPCEn レジスタには、コードフラッシュ (予約領域を除く 0000 0000h ~ 00FF FFFFh) または SRAM (予約領域を除く 1FF0 0000h ~ 200FFFFFh) のセキュリティフェッチ領域を指定してください。セキュアプログラムは、SECMUPCSn レジスタおよび SECMUPCEn レジスタで定義されたメモリ空間で実行され、SECMUPSm レジスタおよび SECMUPEm レジスタ (m = 0 ~ 3) で指定されたセキュアデータにアクセスできます。メモリミラー空間 (0200 0000h ~ 027F FFFFh) を MMF に設定することは禁止です。

非セキュアプログラムの最後の命令とセキュアプログラムの最初の命令の間には 12 バイトより長い時間間隔が必要です。

16.6.1.2 セキュリティ MPU プログラムカウンタ終了アドレスレジスタ (SECMUPCEn) (n = 0, 1)

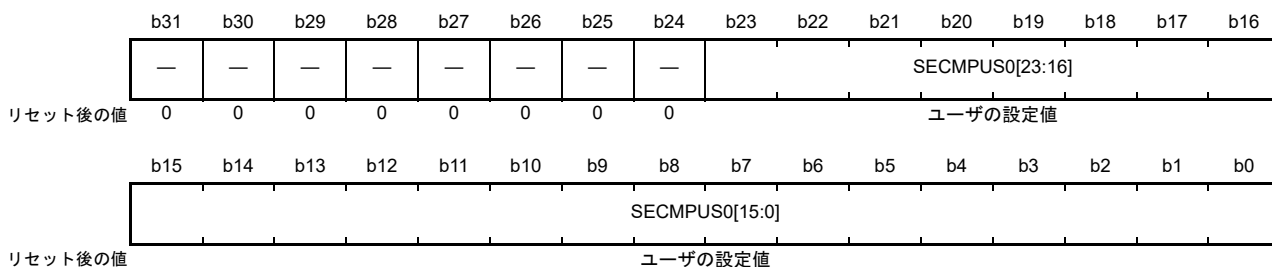
アドレス [SECMUPCE0 0000 040Ch](#), [SECMUPCE1 0000 0414h](#)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------------|----------|--|-----|
| b31-b0 | SECMUPCE[31:0] | 領域終了アドレス | 領域判定に使用する領域終了アドレス。 下位2ビットは読むと1が読めます。値の範囲は、予約領域を除く 0000 0003h ~ 00FF FFFFh および 1FF0 0003h ~ 200F FFFFh でなければいけません。 オプション設定メモリに設定する場合、下位2ビットへの書き込みは1にしてください。 | R |

16.6.1.3 セキュリティ MPU 領域 0 開始アドレスレジスタ (SECMUPUS0)

アドレス [SECMUPUS0 0000 0418h](#)



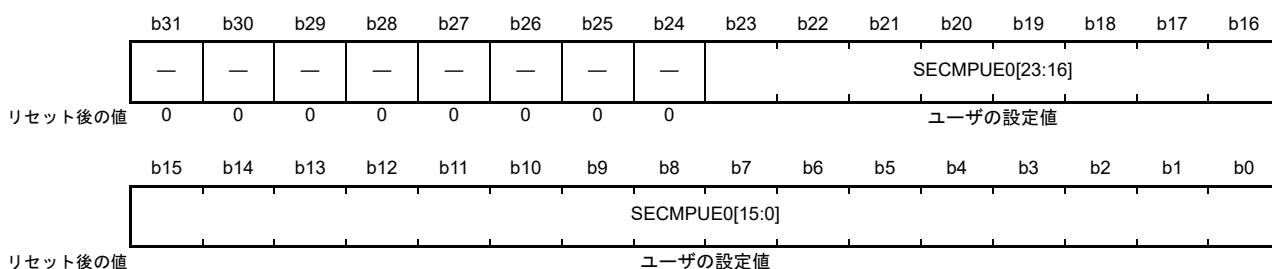
| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------------|----------|--|-----|
| b23-b0 | SECMUPUS0[23:0] | 領域開始アドレス | 領域判定に使用する領域開始アドレス。 下位2ビットは読むと0が読めます。値の範囲は、予約領域を除く 0000 0000h ~ 00FF FFFCh でなければいけません。 オプション設定メモリに設定する場合、下位2ビットへの書き込みは0にしてください。 | R |
| b31-b24 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 オプション設定メモリに設定する場合、これらのビットへの書き込みは0にしてください。 | R |

SECMUPUS0 レジスタと SECMUPUE0 レジスタには、セキュアプログラムとフラッシュデータ（予約領域を除く 0000 0000h ~ 00FF FFFFh）を設定してください。SECMUPUS0 レジスタおよび SECMUPUE0 レジスタで定義されたメモリ空間は、SECMUPPCSn レジスタおよび SECMUPPCEn レジスタで設定されたセキュアプログラムからのみアクセス可能です。

ベクタテーブル領域の設定は禁止されています。

16.6.1.4 セキュリティ MPU 領域 0 終了アドレスレジスタ (SECMPUE0)

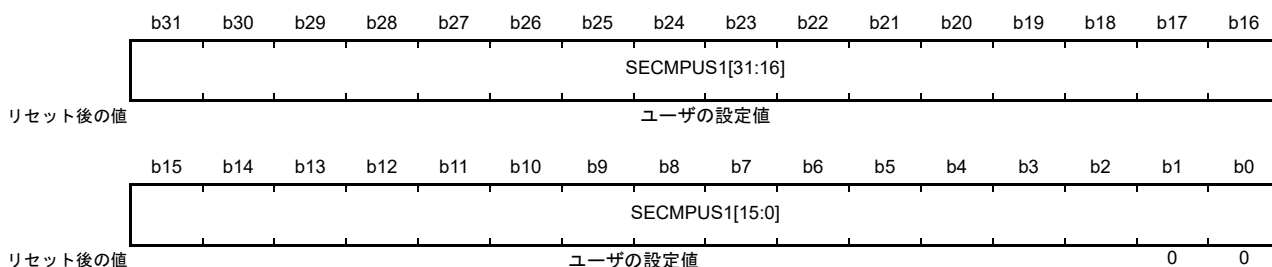
アドレス SECMPUE0 0000 041Ch



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|----------------|----------|--|-----|
| b23-b0 | SECMPUE0[23:0] | 領域終了アドレス | 領域判定に使用する領域終了アドレス。 下位2ビットは読むと1が読めます。値の範囲は、予約領域を除く 0000 0003h ~ 00FF FFFFh でなければいけません。 オプション設定メモリに設定する場合、下位2ビットへの書き込みは1にしてください。 | R |
| b31-b24 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 オプション設定メモリに設定する場合、これらのビットへの書き込みは0にしてください。 | R |

16.6.1.5 セキュリティ MPU 領域 1 開始アドレスレジスタ (SECMPUS1)

アドレス SECMPUS1 0000 0420h



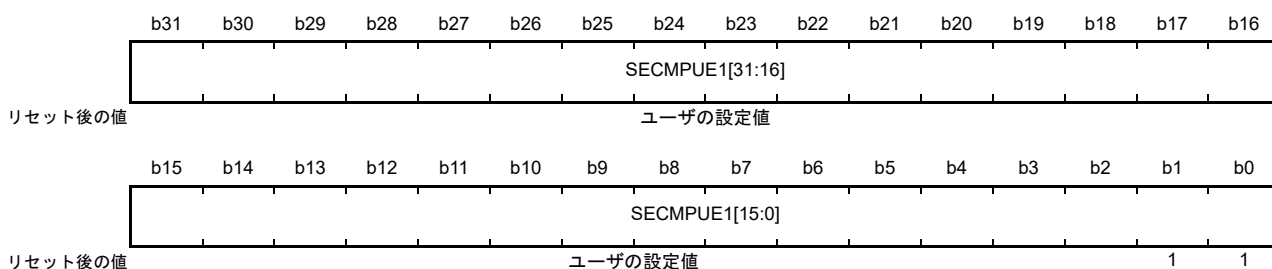
| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------------|----------|--|-----|
| b31-b0 | SECMPUS1[31:0] | 領域開始アドレス | 領域判定に使用する領域開始アドレス。 下位2ビットは読むと0が読めます。値の範囲は、予約領域を除く 1FF0 0000h ~ 200F FFFCh でなければいけません。 オプション設定メモリに設定する場合、下位2ビットへの書き込みは0に、ビット [31:20] への書き込みは 1FFh または 200h にしてください。 | R |

SECMPUS1 レジスタと SECMPUE1 レジスタには、SRAM のセキュアデータ（予約領域を除く 1FF0 0000h ~ 200F FFFFh）を設定してください。SECMPUS1 レジスタおよび SECMPUE1 レジスタで定義されたメモリ空間は、SECMPUPCSn レジスタおよび SECMPUPCEn レジスタで設定されたセキュアプログラムからのみアクセス可能です。

スタック領域およびベクタテーブルの設定は禁止されています。

16.6.1.6 セキュリティ MPU 領域 1 終了アドレスレジスタ (SECMPUE1)

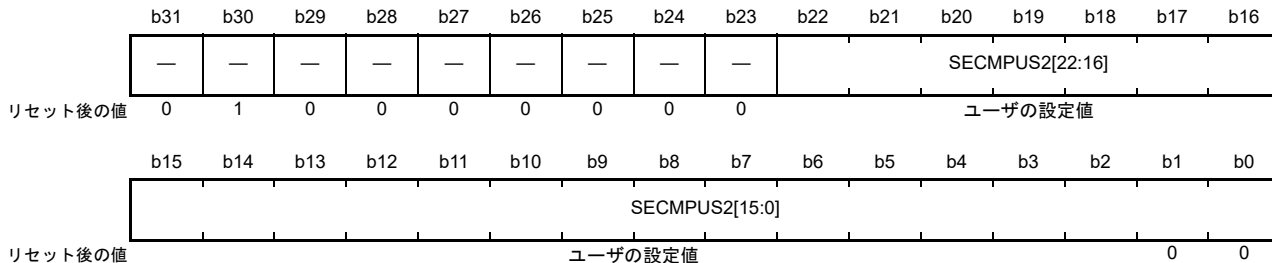
アドレス SECMPUE1 0000 0424h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------------|----------|--|-----|
| b31-b0 | SECMPUE1[31:0] | 領域終了アドレス | 領域判定に使用する領域終了アドレス。 下位2ビットは読むと1が読めます。値の範囲は、予約領域を除く 1FF0 0003h～200F FFFFh でなければいけません。 オプション設定メモリに設定する場合、下位2ビットへの書き込みは1に、ビット[31:20]への書き込みは1FFhまたは200hにしてください。 | R |

16.6.1.7 セキュリティ MPU 領域 2 開始アドレスレジスタ (SECMPUS2)

アドレス SECMPUS2 0000 0428h

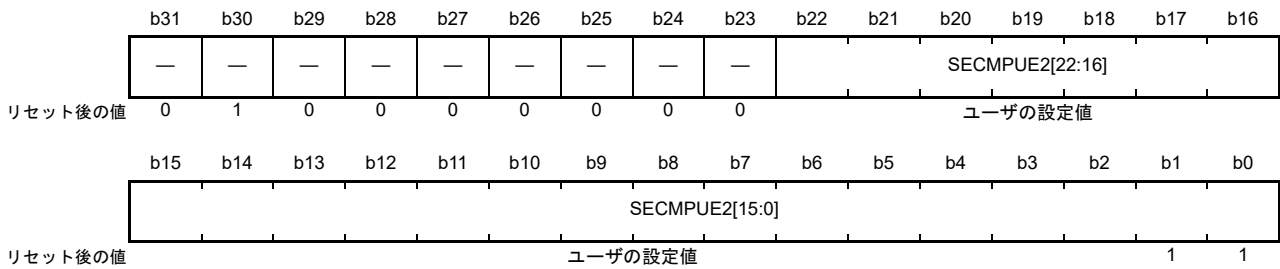


| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|----------------|----------|---|-----|
| b22-b0 | SECMPUS2[22:0] | 領域開始アドレス | 領域判定に使用する領域開始アドレス。 下位2ビットは読むと0が読めます。値の範囲は、400C 0000h～400D FFFChおよび4010 0000h～407F FFFChでなければいけません。オプション設定メモリに設定する場合、下位2ビットへの書き込みは0にしてください。 | R |
| b31-b23 | — | 予約ビット | 読むと0100 0000 0bが読めます。オプション設定メモリに設定する場合、これらのビットへの書き込みは0100 0000 0bにしてください。 | R |

SECMPUS2 および SECMPUE2 レジスタには、セキュリティ機能のセキュアデータ (400C 0000 ～ 400D FFFFh および 4010 0000 ～ 407F FFFFh) を指定します。SECMPUS2 レジスタおよび SECMPUE2 レジスタで定義されたメモリ空間は、SECMPUPCSn レジスタおよび SECMPUPCEn レジスタで設定されたセキュアプログラムからのみアクセス可能です。

16.6.1.8 セキュリティ MPU 領域 2 終了アドレスレジスタ (SECMPUE2)

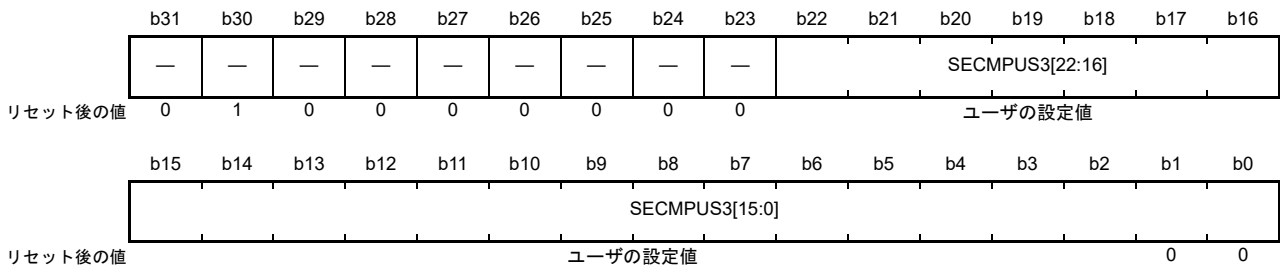
アドレス SECMPUE2 0000 042Ch



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|----------------|----------|---|-----|
| b22-b0 | SECMPUE2[22:0] | 領域終了アドレス | 領域判定に使用する領域終了アドレス。下位2ビットは読むと1が読めます。値の範囲は、400C 0003h～400D FFFFhおよび4010 0003h～407F FFFFhでなければいけません。オプション設定メモリに設定する場合、下位2ビットへの書き込みは1にしてください。 | R |
| b31-b23 | — | 予約ビット | 読むと0100 0000 0bが読めます。オプション設定メモリに設定する場合、これらのビットへの書き込みは0100 0000 0bにしてください。 | R |

16.6.1.9 セキュリティ MPU 領域 3 開始アドレスレジスタ (SECMPUS3)

アドレス SECMPUS3 0000 0430h

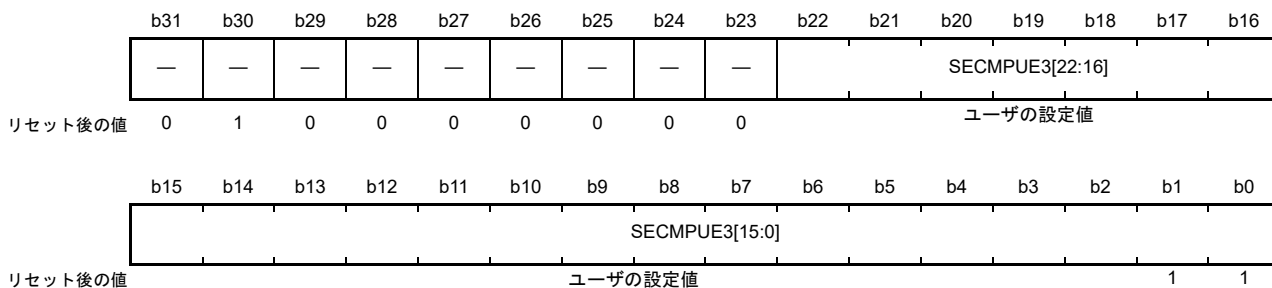


| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|----------------|----------|---|-----|
| b22-b0 | SECMPUS3[22:0] | 領域開始アドレス | 領域判定に使用する領域開始アドレス。下位2ビットは読むと0が読めます。値の範囲は、400C 0000h～400D FFFChおよび4010 0000h～407F FFFChでなければいけません。オプション設定メモリに設定する場合、下位2ビットへの書き込みは0にしてください。 | R |
| b31-b23 | — | 予約ビット | 読むと0100 0000 0bが読めます。オプション設定メモリに設定する場合、これらのビットへの書き込みは0100 0000 0bにしてください。 | R |

SECMPUS3 および SECMPUE3 レジスタには、セキュリティ機能のセキュアデータ (400C 0000h ~ 400D FFFFh および 4010 0000h ~ 407F FFFFh) を指定します。SECMPUS3 レジスタおよび SECMPUE3 レジスタで定義されたメモリ空間は、SECMPUPCSn レジスタおよび SECMPUPCEn レジスタで設定されたセキュアプログラムからのみアクセス可能です。

16.6.1.10 セキュリティ MPU 領域 3 終了アドレスレジスタ (SECMPUE3)

アドレス SECMPUE3 0000 0434h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|----------------|----------|---|-----|
| b22-b0 | SECMPUE3[22:0] | 領域終了アドレス | 領域判定に使用する領域終了アドレス。 下位2ビットは読むと1が読めます。値の範囲は、400C 0003h ~ 400D FFFFhおよび4010 0003h ~ 407F FFFFhでなければいけません。オプション設定メモリに設定する場合、下位2ビットへの書き込みは1にしてください。 | R |
| b31-b23 | — | 予約ビット | 読むと0100 0000 0bが読めます。オプション設定メモリに設定する場合、これらのビットへの書き込みは0100 0000 0bにしてください。 | R |

16.6.1.11 セキュリティ MPU アクセスコントロールレジスタ (SECMPUAC)

アドレス SECMPUAC 0000 0438h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|------------|----|----|----|----|---------|---------|---------|---------|
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | DISPC 1 | DISPC 0 | — | — | — | — | DIS3 | DIS2 | DIS1 | DIS0 |
| リセット後の値 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ユーザの設定値 | ユーザの設定値 | 1 | 1 | 1 | 1 | ユーザの設定値 | ユーザの設定値 | ユーザの設定値 | ユーザの設定値 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|--------|---------|--|-----|
| b0 | DIS0 | 領域0無効 | 0: セキュリティ MPUの領域0は有効 1: セキュリティ MPUの領域0は無効 | R |
| b1 | DIS1 | 領域1無効 | 0: セキュリティ MPUの領域1は有効 1: セキュリティ MPUの領域1は無効 | R |
| b2 | DIS2 | 領域2無効 | 0: セキュリティ MPUの領域2は有効 1: セキュリティ MPUの領域2は無効 | R |
| b3 | DIS3 | 領域3無効 | 0: セキュリティ MPUの領域3は有効 1: セキュリティ MPUの領域3は無効 | R |
| b7-b4 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。 オプション設定メモリに設定する場合、ビット[7:4]への書き込みは1にしてください。 | R |
| b8 | DISPC0 | PC領域0無効 | 0: セキュリティ MPUのPC領域0は有効 1: セキュリティ MPUのPC領域0は無効 | R |
| b9 | DISPC1 | PC領域1無効 | 0: セキュリティ MPUのPC領域1は有効 1: セキュリティ MPUのPC領域1は無効 | R |
| b15-b10 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。 オプション設定メモリに設定する場合、ビット[15:10]への書き込みは1にしてください。 | R |

注. フラッシュメモリが消去されると、セキュリティ MPUは無効になります。

注. セキュリティ MPUを有効または無効にする方法については、16.6.2 メモリプロテクションを参照してください。

DIS0 ビット (領域 0 無効)

セキュリティ MPUの領域0を有効または無効にします。セキュリティ MPUの領域0を有効にすると、SECMPUS0レジスタとSECMPUE0レジスタで設定した範囲内のコードフラッシュ領域がセキュアデータとなります。

DIS1 ビット (領域 1 無効)

セキュリティ MPUの領域1を有効または無効にします。セキュリティ MPUの領域1を有効にすると、SECMPUS1レジスタとSECMPUE1レジスタで設定した範囲内のSRAM領域がセキュアデータとなります。

DIS2 ビット (領域 2 無効)

セキュリティ MPUの領域2を有効または無効にします。セキュリティ MPUの領域2を有効にすると、SECMPUS2レジスタとSECMPUE2レジスタで設定した範囲内のセキュリティ機能領域のセキュアデータがセキュアデータとなります。

DIS3 ビット (領域 3 無効)

セキュリティ MPUの領域3を有効または無効にします。セキュリティ MPUの領域3を有効にすると、SECMPUS3レジスタとSECMPUE3レジスタで設定した範囲内のセキュリティ機能領域のセキュアデータがセキュアデータとなります。

DISPC0 ビット (PC 領域 0 無効)

セキュリティ MPUのPC領域0を有効または無効にします。セキュリティ MPUのPC領域0を有効にすると、SECMPUPCS0レジスタとSECMPUPCE0レジスタで設定した範囲内のコードフラッシュ領域またはSRAM領域にセキュアプログラムが含まれます。

DISPC1 ビット (PC 領域 1 無効)

セキュリティ MPU の PC 領域 1 を有効または無効にします。セキュリティ MPU の PC 領域 1 を有効にすると、SECMPUPCS1 レジスタと SECMPUPCE1 レジスタで設定した範囲内のコードフラッシュ領域または SRAM 領域にセキュアプログラムが含まれます。

16.6.2 メモリプロテクション

セキュリティ MPU は、セキュアプログラム以外のプログラムからアクセスできないようにセキュリティ領域 (コードフラッシュ、SRAM、2つのセキュリティ機能) を保護します。保護領域に対するアクセスが検出されると、そのアクセスは無効になります。

セキュリティ MPU を有効にする場合、セキュリティ MPU アクセスコントロールレジスタ (SECMPUAC) の DISPC0 ビットまたは DISPC1 ビットを 0 にする必要があります。さらに、セキュリティ MPU アクセスコントロールレジスタ (SECMPUAC) の DIS0、DIS1、DIS2、または DIS3 ビットを 0 にする必要があります。セキュリティ MPU を無効にする場合、セキュリティ MPU アクセスコントロールレジスタ (SECMPUAC) の DISPC0、DISPC1、DIS0、DIS1、DIS2 および DIS3 ビットをすべて 1 にする必要があります。セキュリティ MPU アクセスコントロールレジスタ (SECMPUAC) の上記以外の設定は禁止です。

セキュリティ MPU は、以下の条件下でアクセス保護を行います。

- セキュアデータが非セキュアプログラムからアクセスされる時
- セキュアデータが CPU 以外 (DMAC、DTC) からアクセスされる時
- セキュアデータがデバッガからアクセスされる時

セキュアデータは以下の条件下でアクセス可能です。

- セキュアデータがセキュアプログラムからアクセスされる時

注. セキュアプログラム : SECMPUPCS0 レジスタと SECMPUPCE0 レジスタで設定した範囲内にあるコードフラッシュ領域または SRAM 領域、SECMPUPCS1 レジスタと SECMPUPCE1 レジスタで設定した範囲内にあるコードフラッシュ領域または SRAM 領域

非セキュアプログラム : セキュアプログラム領域外の全領域

セキュアデータ : SECMPUS0 レジスタと SECMPUE0 レジスタで設定した範囲内にあるコードフラッシュ領域
SECMPUS1 と SECMPUE1 で設定された範囲内にある SRAM 領域
SECMPUS2 と SECMPUE2 で設定された範囲内にあるセキュリティ機能領域
SECMPUS3 と SECMPUE3 で設定された範囲内にあるセキュリティ機能領域

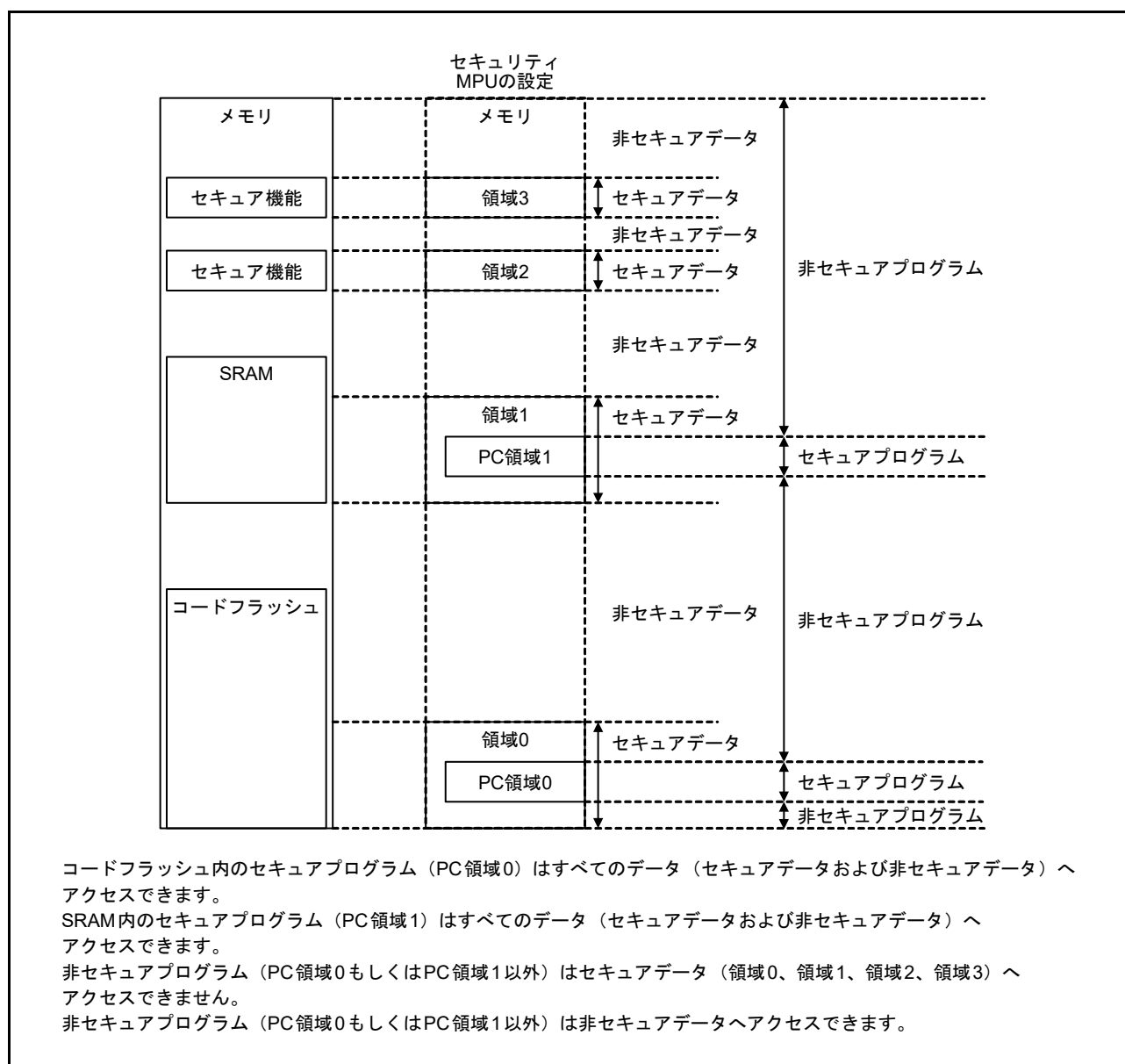


図 16.11 セキュリティ MPU の使用例

16.6.3 デバッグに関する注意事項

セキュリティ MPU を有効にすると、保護されたメモリをデバッグできません。セキュアプログラムをデバッグするには、セキュリティ MPU を無効にしてください。

16.7 参考資料

1. ARM® v7-M Architecture Reference Manual (ARM DDI 0403D)
2. ARM® Cortex®-M4 Processor Technical Reference Manual (ARM DDI 0439D)
3. ARM® Cortex®-M4 Devices Generic User Guide (ARM DUI 0553A)

17. DMAコントローラ (DMAC)

17.1 概要

本MCUは、4チャンネルのDMAコントローラ(DMAC)を内蔵しており、CPUを介さずにデータ転送が可能です。DMA転送要求が発生すると、DMACは転送元アドレスに格納されているデータを転送先アドレスへ転送します。表17.1にDMACの仕様を、図17.1にブロック図を示します。

表 17.1 DMACの仕様

| 項目 | | 内容 |
|-----------------------|-------------------|--|
| チャンネル数 | | 4チャンネル (DMACm, m = 0~3) |
| 転送空間 | | 4Gバイト (0000 0000h~FFFF FFFFhのうち、予約領域を除く領域) |
| 最大転送データ数 | | 64Mデータ (ブロック転送モードにおける最大総転送数 : 1024データ × 65536ブロック) |
| DMA起動要因 | | チャンネルごとに選択可能 <ul style="list-style-type: none"> ソフトウェアトリガ 周辺モジュールからの割り込み要求/外部割り込み入力端子からのトリガ (注1) |
| チャンネル優先順位 | | チャンネル0 > チャンネル1 > チャンネル2 > チャンネル3 (チャンネル0 : 最優先) |
| 転送データ | 1データ | ビット長 : 8ビット、16ビット、32ビット |
| | ブロックサイズ | データ数 : 1~1024データ |
| 転送モード | ノーマル転送モード | <ul style="list-style-type: none"> 1回のDMA転送要求で1データを転送 総データ転送数を指定しない設定 (フリーランニングモード) を選択可能 |
| | リピート転送モード | <ul style="list-style-type: none"> 1回のDMA転送要求で1データを転送 転送元または転送先に指定したリピートサイズ分のデータを転送すると、転送開始時のアドレスに復帰 設定可能な最大リピートサイズ : 1024 |
| | ブロック転送モード | <ul style="list-style-type: none"> 1回のDMA転送要求で1ブロックを転送 設定可能な最大ブロックサイズ : 1024データ |
| 選択機能 | 拡張リピート領域機能 | <ul style="list-style-type: none"> 転送アドレスレジスタの上位ビット値を固定したまま、特定範囲のアドレスを繰り返すことでデータ転送が可能 拡張リピート領域は2バイトから128Mバイトまで転送元、転送先別に設定可能 |
| 割り込み要求 (DMACm_INT) | 転送終了割り込み | 転送カウンタで設定したデータ数の転送終了時に発生 |
| | 転送エスケープ終了 割り込み | 下記の条件で発生 <ul style="list-style-type: none"> リピートサイズ分のデータ転送を終了したとき 拡張リピート領域の転送元アドレスがオーバーフローしたとき 拡張リピート領域の転送先アドレスがオーバーフローしたとき |
| イベントリンク起動 (DMACm_INT) | | 各データ転送後 (ブロックの場合は各ブロック転送後)、イベントリンク要求を発生 |
| モジュールストップ機能 | | モジュールストップ状態に設定して消費電力を削減 |

注 1. DMACの起動要因については、「14. 割り込みコントローラユニット (ICU)」の表 14.3 を参照してください。

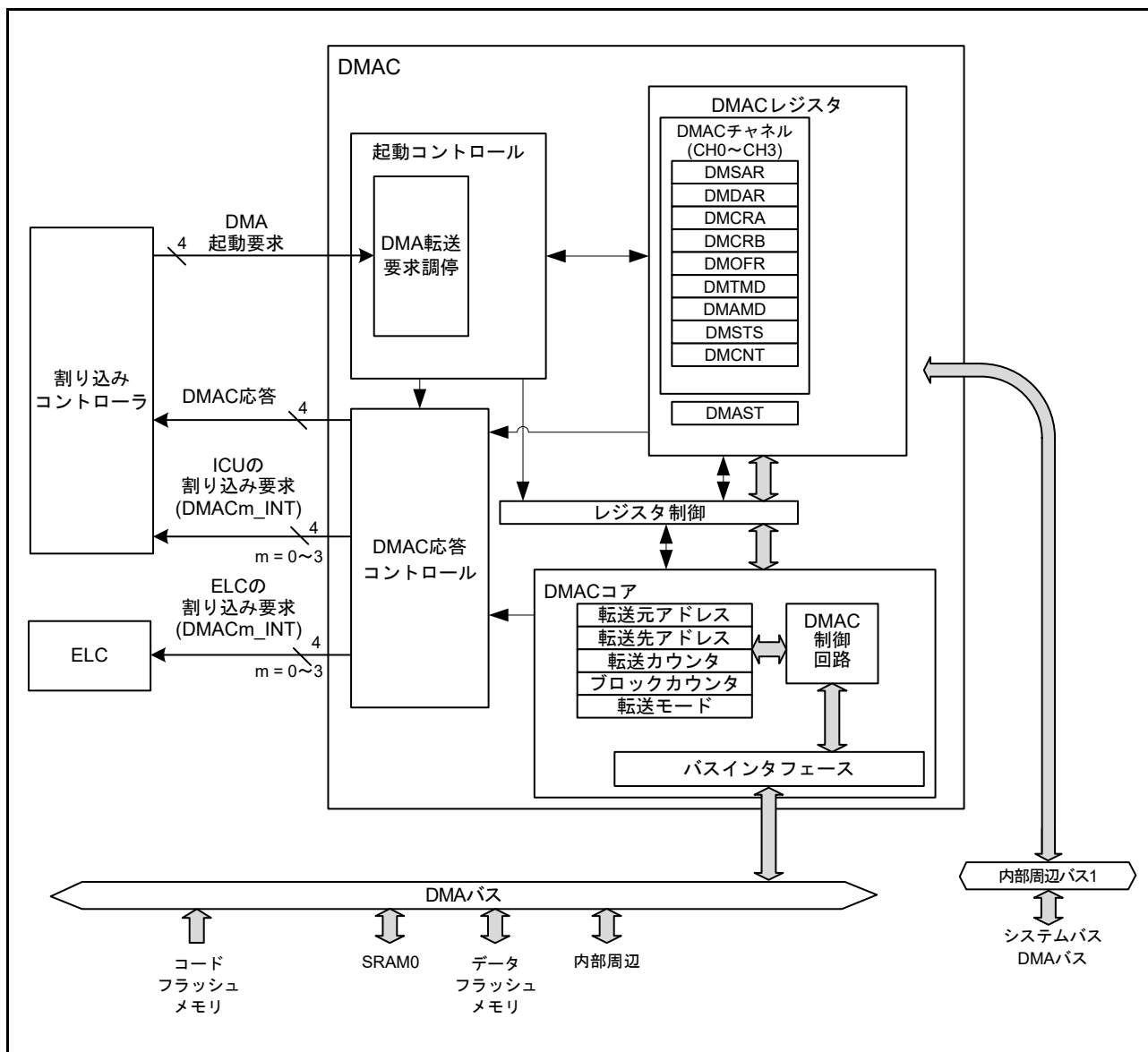
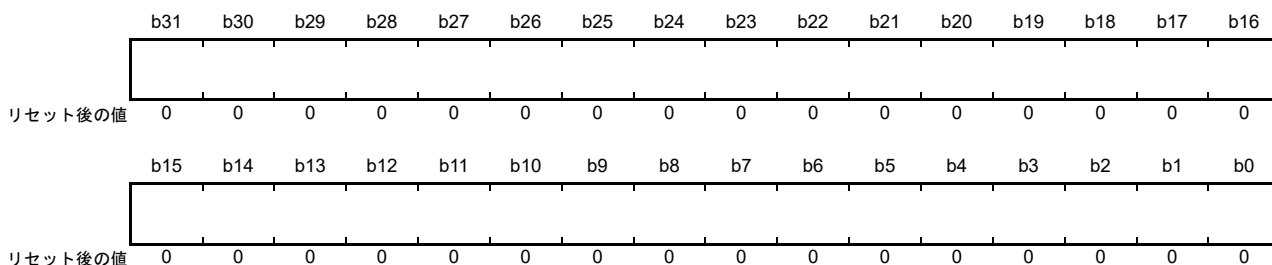


図 17.1 DMAC のブロック図

17.2 レジスタの説明

17.2.1 DMA 転送元アドレスレジスタ (DMSAR)

アドレス [DMAC0.DMSAR 4000 5000h](#), [DMAC1.DMSAR 4000 5040h](#), [DMAC2.DMSAR 4000 5080h](#), [DMAC3.DMSAR 4000 50C0h](#)



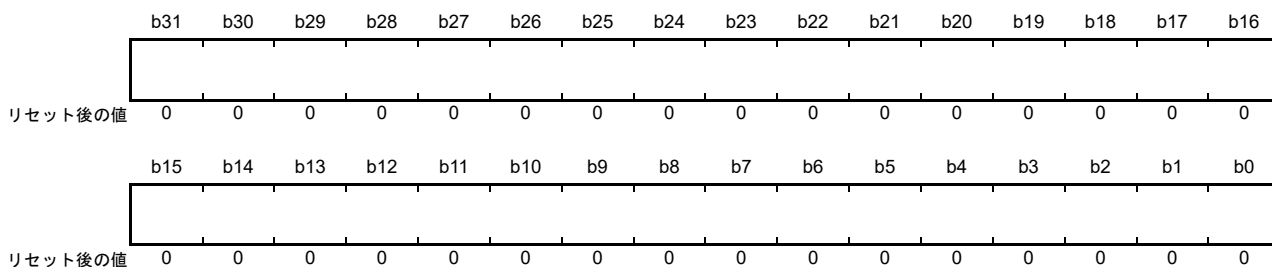
| ビット | 機能 | 設定範囲 | R/W |
|--------|---------------|-------------------------------|-----|
| b31-b0 | 転送元の開始アドレスを設定 | 0000 0000h~FFFF FFFFh (4Gバイト) | R/W |

DMSAR レジスタは、DMAC 起動禁止 (DMAST.DMST ビット = 0)、または DMA 転送禁止 (DMCNT.DTE ビット = 0) のときに設定してください。

注. 本レジスタのアドレスアライメントは、DMTMD レジスタの SZ ビットで選択した転送データサイズ値と一致している必要があります。

17.2.2 DMA 転送先アドレスレジスタ (DMDAR)

アドレス [DMAC0.DMDAR 4000 5004h](#), [DMAC1.DMDAR 4000 5044h](#), [DMAC2.DMDAR 4000 5084h](#), [DMAC3.DMDAR 4000 50C4h](#)



| ビット | 機能 | 設定範囲 | R/W |
|--------|---------------|-------------------------------|-----|
| b31-b0 | 転送先の開始アドレスを設定 | 0000 0000h~FFFF FFFFh (4Gバイト) | R/W |

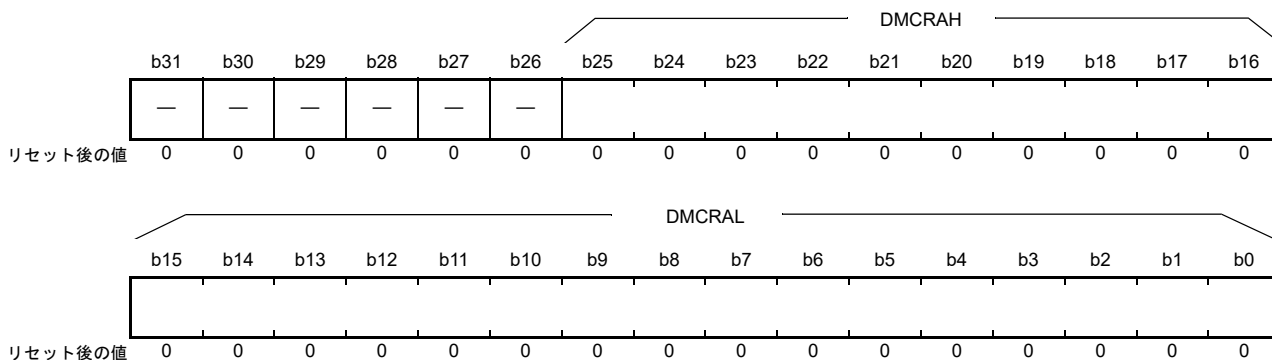
DMDAR レジスタは、DMAC 起動禁止 (DMAST.DMST ビット = 0)、または DMA 転送禁止 (DMCNT.DTE ビット = 0) のときに設定してください。

注. 本レジスタのアドレスアライメントは、DMTMD レジスタの SZ ビットで選択した転送データサイズ値と一致している必要があります。

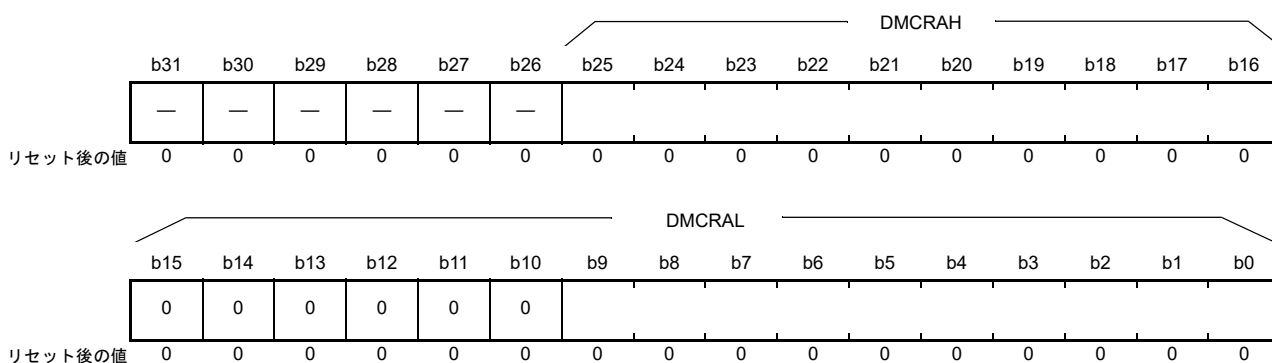
17.2.3 DMA 転送カウントレジスタ (DMCRA)

アドレス DMCRA0.DMCRA 4000 5008h, DMAC1.DMCRA 4000 5048h, DMAC2.DMCRA 4000 5088h, DMAC3.DMCRA 4000 50C8h

• ノーマル転送モード



• リピート転送モード、ブロック転送モード



| シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|-------------|---------|-----|
| DMCRAL | 転送カウント下位ビット | 転送回数を設定 | R/W |
| DMCRAH | 転送カウント上位ビット | | R/W |

注. リピート転送モードとブロック転送モードでは、DMCRAH レジスタと DMCRAL レジスタに同じ値を設定してください。

(1) ノーマル転送モード (DMACm.DMTMD.MD[1:0] ビット = 00b) のとき

ノーマル転送モードでは、DMCRAL レジスタは 16 ビットの転送カウンタとして機能します。転送回数は、設定値が 0001h のときは 1 回、FFFFh のときは 65535 回となります。1 回のデータ転送を行うたびにデクリメント (-1) されます。設定値が 0000h のときは転送回数の指定なしとなり、転送カウンタが停止した状態でデータ転送を行います (フリーランニングモード)。

ノーマル転送モードでは、DMCRAH レジスタを使用しないでください。DMCRAH レジスタへは 0000h を書いてください。

(2) リピート転送モード (DMACm.DMTMD.MD[1:0] ビット = 01b) のとき

リピート転送モードでは、DMCRAH レジスタはリピートサイズを指定し、DMCRAL レジスタは 10 ビットの転送カウンタとして機能します。転送回数は、設定値が 001h のときは 1 回、3FFh のときは 1023 回、000h のときは 1024 回となります。このモードでは、DMCRAH レジスタと DMCRAL レジスタの設定可能範囲は、000h ~ 3FFh (1 ~ 1024 回) です。

DMCRAL[15:10] ビットの設定は無効です。これらのビットには 0 を書いてください。DMCRAL レジスタは 1 回のデータ転送を行うたびにデクリメント (-1) され、000h になると DMCRAH レジスタの値が DMCRAL レジスタにロードされます。

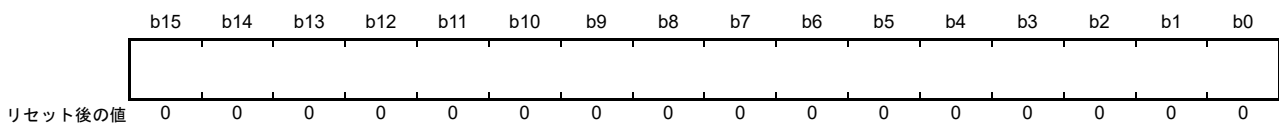
(3) ブロック転送モード (DMACm.DMTMD.MD[1:0] ビット = 10b) のとき

ブロック転送モードでは、DMCRAHレジスタはブロックサイズを指定し、DMCRALレジスタは10ビットのブロックサイズカウンタとして機能します。設定値が001hのときはブロックサイズ1、3FFhのときはブロックサイズ1023、000hのときはブロックサイズ1024となります。このモードでは、DMCRAHレジスタとDMCRALレジスタの設定可能範囲は、000h～3FFhです。

DMCRAL[15:10]ビットの設定は無効です。これらのビットには0を書いてください。DMCRALレジスタは1回のデータ転送を行うたびにデクリメント (-1) され、000hになるとDMCRAHレジスタの値がDMCRALレジスタにロードされます。

17.2.4 DMA ブロック転送カウントレジスタ (DMCRB)

アドレス DMAC0.DMCRB 4000 500Ch, DMAC1.DMCRB 4000 504Ch, DMAC2.DMCRB 4000 508Ch, DMAC3.DMCRB 4000 50CCh



| ビット | 機能 | 設定範囲 | R/W |
|--------|------------------------|--|-----|
| b15-b0 | ブロック転送回数またはリピート転送回数を設定 | 0001h～FFFFh (1～65535回) 0000h (65536回) | R/W |

DMCRBレジスタは、ブロック転送モード時とリピート転送モード時の転送回数を指定するレジスタです。転送回数は、設定値が0001hのときは1回、FFFFhのときは65535回、0000hのときは65536回となります。

リピート転送モードの場合、1リピートサイズの最終データ転送時にデクリメント (-1) されます。ブロック転送モードの場合、1ブロックサイズの最終データ転送時にデクリメント (-1) されます。ノーマル転送モードでは、設定は無効ですので、DMCRBレジスタは使用しないでください。

17.2.5 DMA 転送モードレジスタ (DMTMD)

アドレス DMAC0.DMTMD 4000 5010h, DMAC1.DMTMD 4000 5050h, DMAC2.DMTMD 4000 5090h, DMAC3.DMTMD 4000 50D0h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----|----------|-----|-----|-----|---------|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| MD[1:0] | | DTS[1:0] | | — | — | SZ[1:0] | | — | — | — | — | — | — | DCTG[1:0] | |
| リセット後の値 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | | | | | | | | | | | | | | | |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|------------|---|-----|
| b1-b0 | DCTG[1:0] | 転送要求元選択 | b1 b0 0 0: ソフトウェア 0 1: 周辺モジュールまたは外部割り込み入力端子からの割り込み (注1) 1 0: 設定禁止 1 1: 設定禁止 | R/W |
| b7-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b9-b8 | SZ[1:0] | データ転送サイズ選択 | b9 b8 0 0: 8ビット 0 1: 16ビット 1 0: 32ビット 1 1: 設定禁止 | R/W |
| b11-b10 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b13-b12 | DTS[1:0] | リピート領域選択 | b13 b12 0 0: 転送先をリピート領域またはブロック領域に設定 0 1: 転送元をリピート領域またはブロック領域に設定 1 0: リピート領域、ブロック領域の設定なし 1 1: 設定禁止 | R/W |
| b15-b14 | MD[1:0] | 転送モード選択 | b15 b14 0 0: ノーマル転送 0 1: リピート転送 1 0: ブロック転送 1 1: 設定禁止 | R/W |

注 1. DMAC の起動要因を選択するには、ICU.DELSRn レジスタを使用してください。DMAC の起動要因については、「14. 割り込みコントローラユニット (ICU)」の表 14.4 イベントテーブルを参照してください。

DTS[1:0] ビット (リピート領域選択)

転送元または転送先を、リピート転送モードではリピート領域、ブロック転送モードではブロック領域として選択します。ノーマル転送モードでは、これらのビットの設定値は無効です。

17.2.6 DMA 割り込み設定レジスタ (DMINT)

アドレス DMAC0.DMINT 4000 5013h, DMAC1.DMINT 4000 5053h, DMAC2.DMINT 4000 5093h, DMAC3.DMINT 4000 50D3h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|------------------------------|--------------------------|-----|
| b0 | DARIE | 転送先アドレス拡張リピート領域オーバーフロー割り込み許可 | 0: 禁止 1: 許可 | R/W |
| b1 | SARIE | 転送元アドレス拡張リピート領域オーバーフロー割り込み許可 | 0: 禁止 1: 許可 | R/W |
| b2 | RPTIE | リピートサイズ終了割り込み許可 | 0: 禁止 1: 許可 | R/W |
| b3 | ESIE | 転送エスケープ終了割り込み許可 | 0: 禁止 1: 許可 | R/W |
| b4 | DTIE | 転送終了割り込み許可 | 0: 禁止 1: 許可 | R/W |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

DARIE ビット (転送先アドレス拡張リピート領域オーバーフロー割り込み許可)

本ビットが1のときに、転送先アドレスの拡張リピート領域オーバーフローが発生すると、DMCNT.DTE ビットが0になります。同時に DMSTS.ESIF フラグが1になり、転送先アドレスの拡張リピート領域オーバーフローによって割り込み要求がトリガされたことを示します。

拡張リピート領域機能をブロック転送モードと併用する場合は、1ブロック分のデータ転送終了後に割り込みが発生します。割り込みにより転送を終了したチャンネルの DMACm.DMCNT.DTE ビットを1にすると、転送終了時の状態から再び転送を開始することが可能です。転送先アドレスに拡張リピート領域を設定していない場合は、本ビットは無視されます。

SARIE ビット (転送元アドレス拡張リピート領域オーバーフロー割り込み許可)

本ビットが1のときに、転送元アドレスの拡張リピート領域オーバーフローが発生すると、DMCNT.DTE ビットが0になります。同時に DMSTS.ESIF フラグが1になり、転送元アドレスの拡張リピート領域オーバーフローによって割り込み要求がトリガされたことを示します。

拡張リピート領域機能をブロック転送モードと併用する場合は、1ブロック分のデータ転送終了後に割り込みが発生します。割り込みにより転送を終了したチャンネルの DMACm.DMCNT.DTE ビットを1にすると、転送終了時の状態から再び転送を開始することが可能です。転送元アドレスに拡張リピート領域を設定していない場合は、本ビットは無視されます。

RPTIE ビット (リピートサイズ終了割り込み許可)

リピート転送モードにおいて本ビットを1にすると、1リピートサイズ分のデータ転送終了後に DMCNT.DTE ビットが0になります。同時に DMSTS.ESIF フラグが1になり、リピートサイズ終了割り込み要求が発生したことを示します。DMTMD.DTS[1:0] ビットを10b (リピート領域、ブロック領域の指定なし) にしたときも、リピートサイズ終了割り込み要求を発生させることができます。

本ビットをブロック転送モードで1にしたときも、リピート転送モードの場合と同様に1ブロックの転送終了後に DMCNT.DTE ビットが0になります。同時に DMSTS.ESIF フラグが1になり、リピートサイズ終了割り込み要求が発生したことを示します。DMTMD.DTS[1:0] ビットを10b (リピート領域、ブロック領域の指定なし) にしたときも、リピートサイズ終了割り込み要求を発生させることができます。

ESIE ビット (転送エスケープ終了割り込み許可)

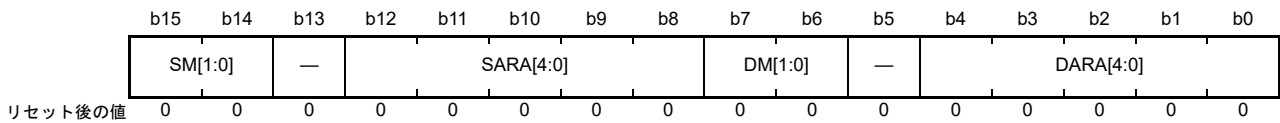
DMA 転送中に発生した転送エスケープ終了割り込み要求 (リピートサイズ終了割り込み要求、拡張リピート領域オーバーフロー割り込み要求) を許可します。本ビットが 1 のとき割り込みが発生して、DMSTS.ESIF フラグが 1 になります。転送エスケープ終了割り込みを解除するには、本ビットまたは DMSTS.ESIF フラグを 0 にします。

DTIE ビット (転送終了割り込み許可)

指定した回数のデータ転送が終了したときに発生する転送終了割り込み要求を許可します。本ビットが 1 のとき割り込みが発生して、DMSTS.DTIF フラグが 1 になります。転送終了割り込みを解除するには、本ビットまたは DMSTS.DTIF フラグを 0 にします。

17.2.7 DMA アドレスモードレジスタ (DMAMD)

アドレス DMAC0.DMAMD 4000 5014h, DMAC1.DMAMD 4000 5054h, DMAC2.DMAMD 4000 5094h, DMAC3.DMAMD 4000 50D4h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|-------------------|--|-----|
| b4-b0 | DARA[4:0] | 転送先アドレス拡張リピート領域設定 | 転送先アドレスに拡張リピート領域を設定します。設定値についての詳細は、表 17.2 を参照してください。 | R/W |
| b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7-b6 | DM[1:0] | 転送先アドレス更新モード設定 | b7 b6 0 0: 転送先アドレス固定 0 1: オフセット加算 1 0: 転送先アドレスインクリメント 1 1: 転送先アドレスデクリメント | R/W |
| b12-b8 | SARA[4:0] | 転送元アドレス拡張リピート領域設定 | 転送元アドレスに拡張リピート領域を設定します。設定値についての詳細は、表 17.2 を参照してください。 | R/W |
| b13 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b15-b14 | SM[1:0] | 転送元アドレス更新モード設定 | b15 b14 0 0: 転送元アドレス固定 0 1: オフセット加算 1 0: 転送元アドレスインクリメント 1 1: 転送元アドレスデクリメント | R/W |

DARA[4:0] ビット (転送先アドレス拡張リピート領域設定)

転送先アドレスに拡張リピート領域を設定します。拡張リピート領域機能は、指定した下位アドレスビットを更新し、残りの上位アドレスビットを固定することで実現されます。拡張リピート領域のサイズは、2 バイトから 128M バイトまで設定可能です。設定間隔は2 のべき乗バイト単位です。アドレスのインクリメントにより下位アドレスが拡張リピート領域をオーバーフローすると、拡張リピート領域の開始アドレスが設定されます。同様にアドレスのデクリメントにより下位アドレスが拡張リピート領域をアンダーフローすると、拡張リピート領域の終了アドレスが設定されます。

転送先にリピート領域またはブロック領域を設定している場合、転送先アドレスに拡張リピート領域を設定しないでください。リピート転送またはブロック転送を選択した場合、DMACm.DMTMD.DTS[1:0] = 00b (転送先にリピート領域またはブロック領域を設定) であれば、DARA[4:0] ビットには 00000b を書いてください。

拡張リピート領域にオーバーフローまたはアンダーフローが発生したとき、割り込みを要求するには、DMINT.DARIE ビットを 1 にしてください。表 17.2 には、各設定値に対応した拡張リピート領域が示されています。

DM[1:0] ビット (転送先アドレス更新モード設定)

転送先アドレスの更新モードを選択します。

- インクリメントを選択し、DMTMD.SZ[1:0] ビットに 00b、01b、または 10b を設定した場合、転送先アドレスはそれぞれ 1、2、または 4 ごとにインクリメントされる
- デクリメントを選択し、DMTMD.SZ[1:0] ビットに 00b、01b、または 10b を設定した場合、転送先アドレスはそれぞれ 1、2、または 4 ごとにデクリメントされる
- オフセット加算を選択した場合、DMACm.DMOFR レジスタで設定したオフセット値をアドレスに加算

SARA[4:0] ビット (転送元アドレス拡張リピート領域設定)

転送元アドレスに拡張リピート領域を設定します。拡張リピート領域機能は、指定した下位アドレスビットを更新し、残りの上位アドレスビットを固定することで実現されます。拡張リピート領域のサイズは、2バイトから128Mバイトまで設定可能です。設定間隔は2のべき乗バイト単位です。アドレスのインクリメントにより下位アドレスが拡張リピート領域をオーバーフローすると、拡張リピート領域の開始アドレスが設定されます。同様にアドレスのデクリメントにより下位アドレスが拡張リピート領域をアンダーフローすると、拡張リピート領域の終了アドレスが設定されます。

転送元にリピート領域またはブロック領域を設定している場合、転送元アドレスに拡張リピート領域を設定しないでください。リピート転送またはブロック転送を選択した場合、DMACm.DMTMD.DTS[1:0] = 01b (転送元にリピート領域またはブロック領域を設定) であれば、SARA[4:0] ビットには00000bを書いてください。

拡張リピート領域でオーバーフローまたはアンダーフローが発生したとき、割り込みを要求するには、DMINT.SARIE ビットを1にしてください。表 17.2 には、各設定値に対応した拡張リピート領域が示されています。

SM[1:0] ビット (転送元アドレス更新モード設定)

転送元アドレスの更新モードを選択します。

- インクリメントを選択し、DMTMD.SZ[1:0] ビットに 00b、01b、または 10b を設定した場合、転送元アドレスはそれぞれ1、2、または4ごとにインクリメントされる
- デクリメントを選択し、DMTMD.SZ[1:0] ビットに 00b、01b、または 10b を設定した場合、転送元アドレスはそれぞれ1、2、または4ごとにデクリメントされる
- オフセット加算を選択した場合、DMACm.DMOFR レジスタで設定したオフセット値をアドレスに加算

表 17.2 SARA[4:0] または DARA[4:0] の設定値と対応するリピート領域 (1/2)

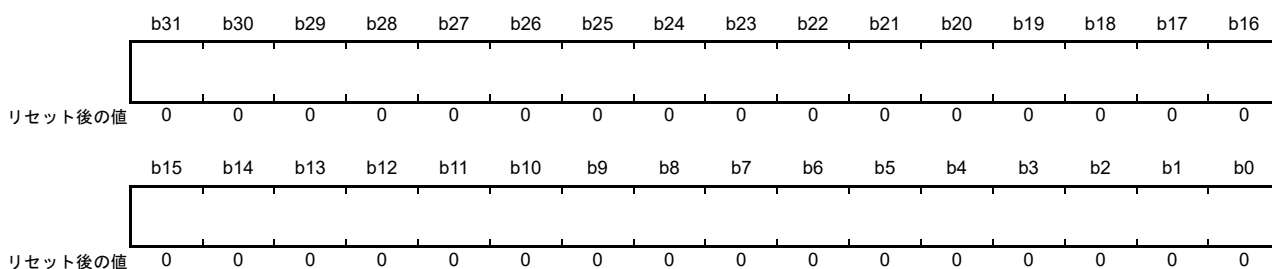
| SARA[4:0] または DARA[4:0] | 拡張リピート領域 |
|-------------------------|---------------------------------------|
| 00000b | 拡張リピート領域を設定しない |
| 00001b | 当該アドレスの下位1ビット (2バイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 00010b | 当該アドレスの下位2ビット (4バイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 00011b | 当該アドレスの下位3ビット (8バイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 00100b | 当該アドレスの下位4ビット (16バイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 00101b | 当該アドレスの下位5ビット (32バイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 00110b | 当該アドレスの下位6ビット (64バイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 00111b | 当該アドレスの下位7ビット (128バイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 01000b | 当該アドレスの下位8ビット (256バイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 01001b | 当該アドレスの下位9ビット (512バイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 01010b | 当該アドレスの下位10ビット (1Kバイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 01011b | 当該アドレスの下位11ビット (2Kバイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 01100b | 当該アドレスの下位12ビット (4Kバイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 01101b | 当該アドレスの下位13ビット (8Kバイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 01110b | 当該アドレスの下位14ビット (16Kバイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 01111b | 当該アドレスの下位15ビット (32Kバイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 10000b | 当該アドレスの下位16ビット (64Kバイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 10001b | 当該アドレスの下位17ビット (128Kバイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 10010b | 当該アドレスの下位18ビット (256Kバイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 10011b | 当該アドレスの下位19ビット (512Kバイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 10100b | 当該アドレスの下位20ビット (1Mバイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 10101b | 当該アドレスの下位21ビット (2Mバイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 10110b | 当該アドレスの下位22ビット (4Mバイト) を拡張リピート領域に設定 |

表 17.2 SARA[4:0]またはDARA[4:0]の設定値と対応するリピート領域 (2/2)

| SARA[4:0]またはDARA[4:0] | 拡張リピート領域 |
|-----------------------|---------------------------------------|
| 10111b | 当該アドレスの下位23ビット (8Mバイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 11000b | 当該アドレスの下位24ビット (16Mバイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 11001b | 当該アドレスの下位25ビット (32Mバイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 11010b | 当該アドレスの下位26ビット (64Mバイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 11011b | 当該アドレスの下位27ビット (128Mバイト) を拡張リピート領域に設定 |
| 11100b~11111b | 設定禁止 |

17.2.8 DMA オフセットレジスタ (DMOFR)

アドレス **DMAC0.DMOFR 4000 5018h, DMAC1.DMOFR 4000 5058h, DMAC2.DMOFR 4000 5098h, DMAC3.DMOFR 4000 50D8h**

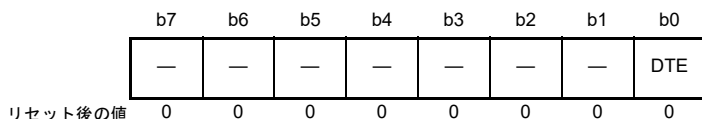


| ビット | 機能 | 設定範囲 | R/W |
|--------|---|--|-----|
| b31-b0 | 転送元または転送先のアドレス更新モードとしてオフセット加算が選択されている場合、そのオフセット値を設定 | 0000 0000h~00FF FFFFh (0バイト~(16M-1)バイト) FF00 0000h~FFFF FFFFh (-16Mバイト~-1バイト) | R/W |

本レジスタへの書き込みは、データ転送中ではなく、DMAC 動作停止中または DMA 転送が禁止されているときに行ってください。[31:25] ビットの設定は無効です。[24] ビットの値が [31:25] ビットへ拡張されません。DMOFR レジスタを読み出した場合、ビット拡張された値が読み出されます。

17.2.9 DMA 転送イネーブルレジスタ (DMCNT)

アドレス **DMAC0.DMCNT 4000 501Ch, DMAC1.DMCNT 4000 505Ch, DMAC2.DMCNT 4000 509Ch, DMAC3.DMCNT 4000 50DCh**



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------|----------|--------------------------|-----|
| b0 | DTE | DMA 転送許可 | 0: 禁止 1: 許可 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

DTE ビット (DMA 転送許可)

DMA 転送を許可します。DMA 転送を許可するには、DMAST.DMST ビットを 1 (DMAC 起動許可) にした後、DTE ビットを 1 (対応するチャンネルの DMA 転送許可) にしてください。

[1 になる条件]

- 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- 0 を書いたとき
- 設定された総転送データ数の転送が終了したとき
- リpeatサイズ終了割り込みによって DMA 転送が停止したとき
- 拡張リpeat領域オーバーフロー割り込みによって DMA 転送が停止したとき

17.2.10 DMA ソフトウェア起動レジスタ (DMREQ)

アドレス DMAC0.DMREQ 4000 501Dh, DMAC1.DMREQ 4000 505Dh, DMAC2.DMREQ 4000 509Dh, DMAC3.DMREQ 4000 50DDh

| | | | | | | | |
|----|----|----|------|----|----|----|-------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | CLRS | — | — | — | SWREQ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

リセット後の値

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|-----------------------|---|-----|
| b0 | SWREQ | DMAソフトウェア起動 | 0: DMA転送を要求しない 1: DMA転送を要求する | R/W |
| b3-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | CLRS | DMAソフトウェア起動ビット自動クリア選択 | 0: ソフトウェアによるDMA転送開始後にSWREQビットをクリアする 1: ソフトウェアによるDMA転送開始後にSWREQビットをクリアしない | R/W |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

SWREQ ビット (DMA ソフトウェア起動)

本ビットを1にするとDMA転送要求が発生します。DMA転送の開始後、CLRSビットが0の場合、SWREQビットが0になります。CLRSビットが1の場合、SWREQビットはクリアされません。DMA転送要求は、転送終了後に再発行できます。

注. DMTMD.DCTG[1:0]ビットが00b (DMA起動要因がソフトウェア) になっている場合のみ、本ビットの設定が有効となり、ソフトウェアによるDMA転送が可能となります。DMTMD.DCTG[1:0]ビットが00b以外になっている場合、本ビットの設定は無効です。

CLRSビットが0の状態ではソフトウェアによるDMA転送を行う場合、SWREQビットが0であることを確認してからSWREQビットに1を書いてください。

[1になる条件]

- 1を書いたとき

[0になる条件]

- CLRSビットが0 (ソフトウェアによるDMA転送開始後にSWREQビットをクリアする) の場合に、ソフトウェアによるDMA転送要求が受け付けられてDMA転送が開始したとき
- 0を書いたとき

CLRS ビット (DMA ソフトウェア起動ビット自動クリア選択)

SWREQビットを1にして転送要求が発生させた場合、DMA転送が開始した後、SWREQビットを0にするか否かをCLRSビットで設定します。CLRSビットを0にすると、DMA転送の開始後、SWREQビットは0になります。CLRSビットを1にすると、SWREQビットは0にクリアされません。DMA転送要求は、転送終了後に再発行できます。

17.2.11 DMA ステータスレジスタ (DMSTS)

アドレス DMAC0.DMSTS 4000 501Eh, DMAC1.DMSTS 4000 505Eh, DMAC2.DMSTS 4000 509Eh, DMAC3.DMSTS 4000 50DEh

| | | | | | | | |
|---------|----|----|------|----|----|----|------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| ACT | — | — | DTIF | — | — | — | ESIF |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------|------------------|------------------------------|-------------|
| b0 | ESIF | 転送エスケープ終了割り込みフラグ | 0 : 割り込み発生なし 1 : 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b3-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書き込みは無効です。 | R/W |
| b4 | DTIF | 転送終了割り込みフラグ | 0 : 割り込み発生なし 1 : 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b6-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書き込みは無効です。 | R/W |
| b7 | ACT | DMAアクティブフラグ | 0 : DMACが停止中 1 : DMACが動作中 | R |

注1. フラグをクリアするための0の書き込みのみ可能です。

ESIF フラグ (転送エスケープ終了割り込みフラグ)

転送エスケープ終了割り込みが発生したことを示します。

[1になる条件]

- リポート転送モードにおいて、DMINT.RPTIE ビットが1の状態でも1リポートサイズ分のデータ転送が終了したとき
- ブロック転送モードにおいて、DMINT.RPTIE ビットが1の状態でも1ブロック分のデータ転送が終了したとき
- DMINT.SARIE ビットが1で、かつ DMAMD.SARA[4:0] ビットが 00000b 以外 (転送元アドレスに拡張リポート領域を設定) の状態で、転送元アドレスに拡張リポート領域オーバーフローが発生したとき
- DMINT.DARIE ビットが1で、かつ DMAMD.DARA[4:0] ビットが 00000b 以外 (転送先アドレスに拡張リポート領域を設定) の状態で、転送先アドレスに拡張リポート領域オーバーフローが発生したとき

[0になる条件]

- 0を書いたとき
- DMCNT.DTE ビットに1を書いたとき

DTIF フラグ (転送終了割り込みフラグ)

転送終了割り込みが発生したことを示します。

[1になる条件]

- ノーマル転送モードにおいて、指定した回数のデータ転送が終了したとき (DMCRAL レジスタが0になり転送が終了したとき)
- リポート転送モードにおいて、指定した回数のリポート転送が終了したとき (DMCRB レジスタが0になり転送が終了したとき)
- ブロック転送モードにおいて、指定したブロック数の転送が終了したとき (DMCRB レジスタが0になり転送が終了したとき)

[0になる条件]

- 0を書いたとき
- DMCNT.DTE ビットに1を書いたとき

ACT フラグ (DMA アクティブフラグ)

DMAC がアイドル状態であるか、または動作中であることを示します。

[1になる条件]

- DMAC がデータ転送を開始したとき

[0になる条件]

- 1 転送要求に対するデータ転送が終了したとき

17.2.12 DMACA モジュール起動レジスタ (DMAST)

アドレス DMA.DMAST 4000 5200h

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | DMST |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------|----------|--------------------------|-----|
| b0 | DMST | DMAC動作許可 | 0: 禁止 1: 許可 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

DMST ビット (DMAC 動作許可)

本ビットを1にすると、DMAC 全チャネルの起動が許可されます。本ビットを1 (DMAC 起動許可) にした場合、複数チャネルの DMACm.DMCNT.DTE ビットを1 (DMA 転送許可) にすることで、対応する全チャネルが同時に転送要求受け付け可能状態になります。

DMA 転送中に DMST ビットを0にすると、実行中の1 転送要求に対するデータ転送が終了した後、DMA 転送が一時停止します。DMA 転送を再開するには、再度 DMST ビットを1にしてください。

[1になる条件]

- 1を書いたとき

[0になる条件]

- 0を書いたとき

17.3 動作説明

17.3.1 転送モード

(1) ノーマル転送モード

ノーマル転送モードでは、1転送要求に対して1データの転送を行います。DMACm.DMCRALレジスタで転送回数を最大65535回まで指定できます。また、DMACm.DMCRALレジスタを0000hにすると、転送回数は指定なしとなり、転送カウンタが停止した状態でデータ転送を行います（フリーランニングモード）。フリーランニングモードの場合を除き、指定した転送回数の終了後に転送終了割り込み要求を発生させることができます。ノーマル転送モードでは、DMACm.DMCRBレジスタの設定は無効です。

ノーマル転送モードにおけるレジスタ更新動作を表17.3に示します。

表 17.3 ノーマル転送モードでのレジスタ更新値

| レジスタ | 機能 | 1転送要求に対する転送終了後の更新動作 |
|--------------|---------|---------------------------|
| DMACm.DMSAR | 転送元アドレス | インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算 |
| DMACm.DMDAR | 転送先アドレス | インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算 |
| DMACm.DMCRAL | 転送カウンタ | 1減算/更新なし（フリーランニングモード時） |
| DMACm.DMCRAH | — | 更新なし（ノーマル転送モードでは使用しない） |
| DMACm.DMCRB | — | 更新なし（ノーマル転送モードでは使用しない） |

ノーマル転送モードにおける転送動作を図17.2に示します。

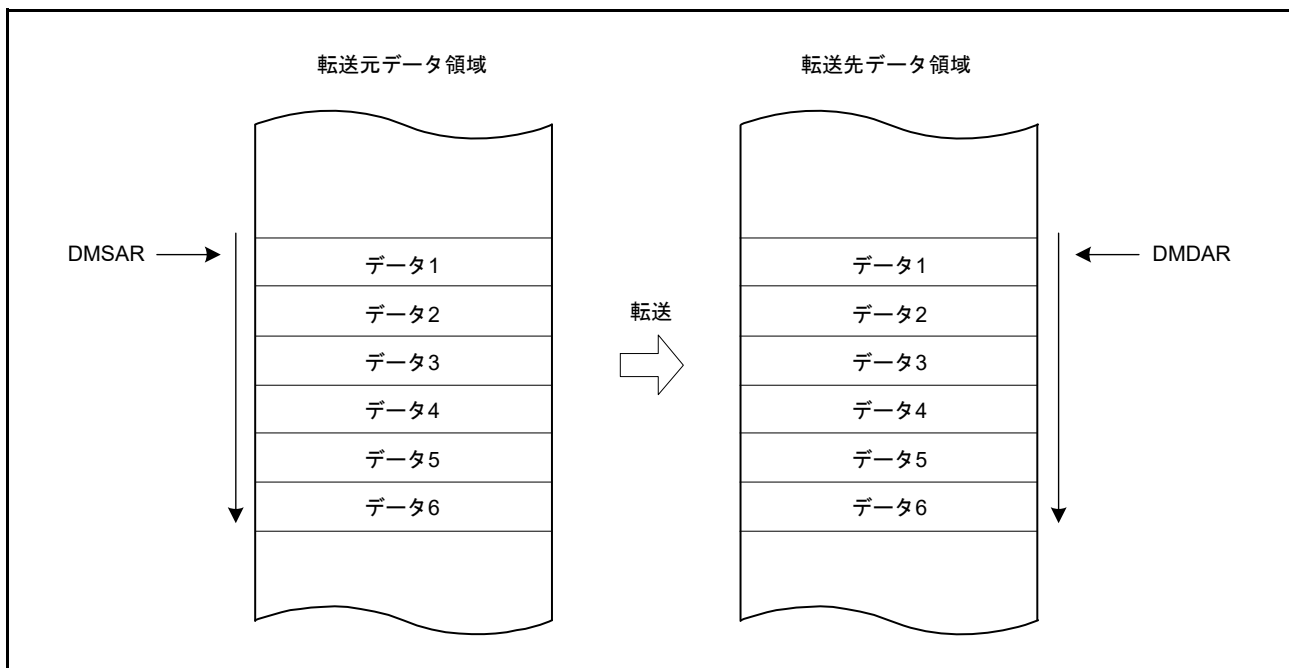


図 17.2 ノーマル転送モードにおける転送動作

(2) リピート転送モード

リピート転送モードでは、1転送要求に対して1データの転送を行います。

DMACm.DMCRAレジスタで最大1Kデータのリピート転送サイズを設定します。DMACm.DMCRBで最大64Kのリピート転送回数を設定します。総データ転送サイズは、最大64Mデータ(1Kデータ×64Kリピート転送回数)まで設定可能です。

転送元または転送先のどちらか一方をリピート領域に指定することが可能です。リピート領域に指定された方のアドレスレジスタ(DMACm.DMSARまたはDMACm.DMDAR)は、リピートサイズ分のデータ転送が終了すると、転送開始時のアドレスに復帰します。このモードでは、指定したリピートサイズ分のデータ転送が終了したとき、DMA転送を停止させて、リピートサイズ終了割り込みを要求することが可能です。DMA転送を再開させるには、リピートサイズ終了割り込み処理でDMACm.DMCNT.DTEビットに1を書き込んでください。

また、指定したリピート転送回数の終了後に、転送終了割り込み要求を発生させることができます。

リピート転送モードにおけるレジスタ更新動作を表17.4に、リピート転送モードにおける転送動作を図17.3に示します。

表 17.4 リピート転送モードにおけるレジスタ更新動作

| レジスタ | 機能 | 1転送要求に対する転送終了後の更新動作 | |
|--------------|---------------|---------------------------|--|
| | | DMACm.DMCRALレジスタが1以外するとき | DMACm.DMCRALレジスタが1のとき (リピートサイズの最終データ転送) |
| DMACm.DMSAR | 転送元アドレス | インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算 | <ul style="list-style-type: none"> DMACm.DMTMD.DTS[1:0] = 00b インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算 DMACm.DMTMD.DTS[1:0] = 01b DMACm.DMSARの初期値 DMACm.DMTMD.DTS[1:0] = 10b インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算 |
| DMACm.DMDAR | 転送先アドレス | インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算 | <ul style="list-style-type: none"> DMACm.DMTMD.DTS[1:0] = 00b DMACm.DMDARの初期値 DMACm.DMTMD.DTS[1:0] = 01b インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算 DMACm.DMTMD.DTS[1:0] = 10b インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算 |
| DMACm.DMCRAH | リピートサイズ | 更新なし | 更新なし |
| DMACm.DMCRAL | 転送カウント | 1減算 | DMACm.DMCRAH |
| DMACm.DMCRB | リピート転送回数のカウント | 更新なし | 1減算 |

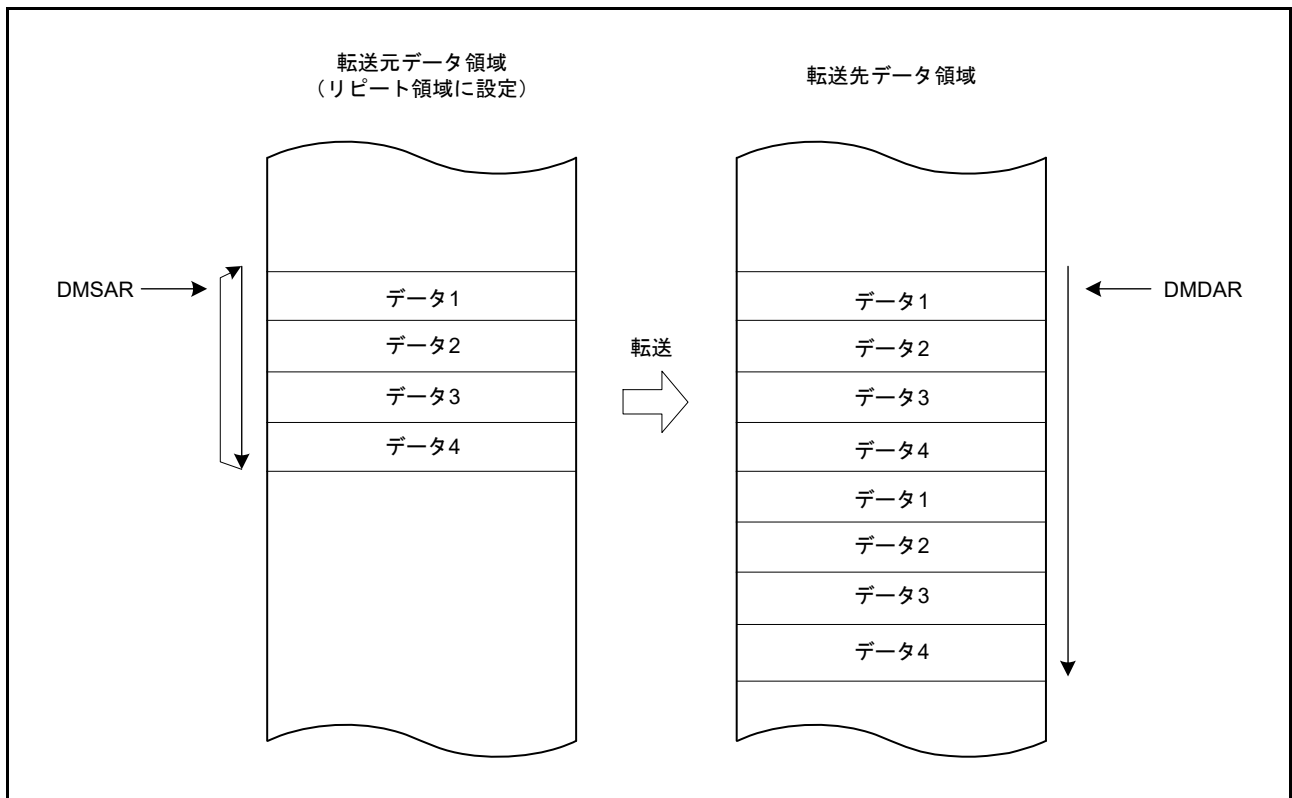


図 17.3 リピート転送モードにおける転送動作

(3) ブロック転送モード

ブロック転送モードでは、1転送要求に対して1ブロックのデータ転送を行います。

DMACm.DMCRA レジスタで最大 1K データのブロック転送サイズを設定します。DMACm.DMCRB で最大 64K のブロック転送回数を設定します。総データ転送サイズは、最大 64M データ (1K データ × 64K ブロック転送回数) まで設定可能です。

転送元または転送先のどちらか一方をブロック領域に指定することが可能です。ブロック領域に指定された方のアドレスレジスタ (DMACm.DMSAR または DMACm.DMDAR) は、1 ブロックのデータ転送が終了すると、転送開始時のアドレスに復帰します。このモードでは、1 ブロックのデータ転送が終了したとき、DMA 転送を停止させて、リピートサイズ終了割り込みを要求することが可能です。DMA 転送を再開させるには、リピートサイズ終了割り込み処理で DMACm.DMCNT.DTE ビットに 1 を書き込んでください。

また、指定したブロック転送回数の終了後に、転送終了割り込み要求を発生させることができます。ブロック転送モードにおけるレジスタ更新動作を表 17.5 に、ブロック転送モードにおける転送動作を図 17.4 に示します。

表 17.5 ブロック転送モードにおけるレジスタ更新動作

| レジスタ | 機能 | 1転送要求に対する1ブロック転送終了後の更新動作 |
|--------------|---------------|--|
| DMACm.DMSAR | 転送元アドレス | <ul style="list-style-type: none"> DMACm.DMTMD.DTS[1:0] = 00b インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算 DMACm.DMTMD.DTS[1:0] = 01b DMACm.DMSARの初期値 DMACm.DMTMD.DTS[1:0] = 10b インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算 |
| DMACm.DMDAR | 転送先アドレス | <ul style="list-style-type: none"> DMACm.DMTMD.DTS[1:0] = 00b DMACm.DMDARの初期値 DMACm.DMTMD.DTS[1:0] = 01b インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算 DMACm.DMTMD.DTS[1:0] = 10b インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算 |
| DMACm.DMCRAH | ブロックサイズ | 更新なし |
| DMACm.DMCRAL | 転送カウント | DMACm.DMCRAH |
| DMACm.DMCRB | ブロック転送回数のカウント | 1減算 |

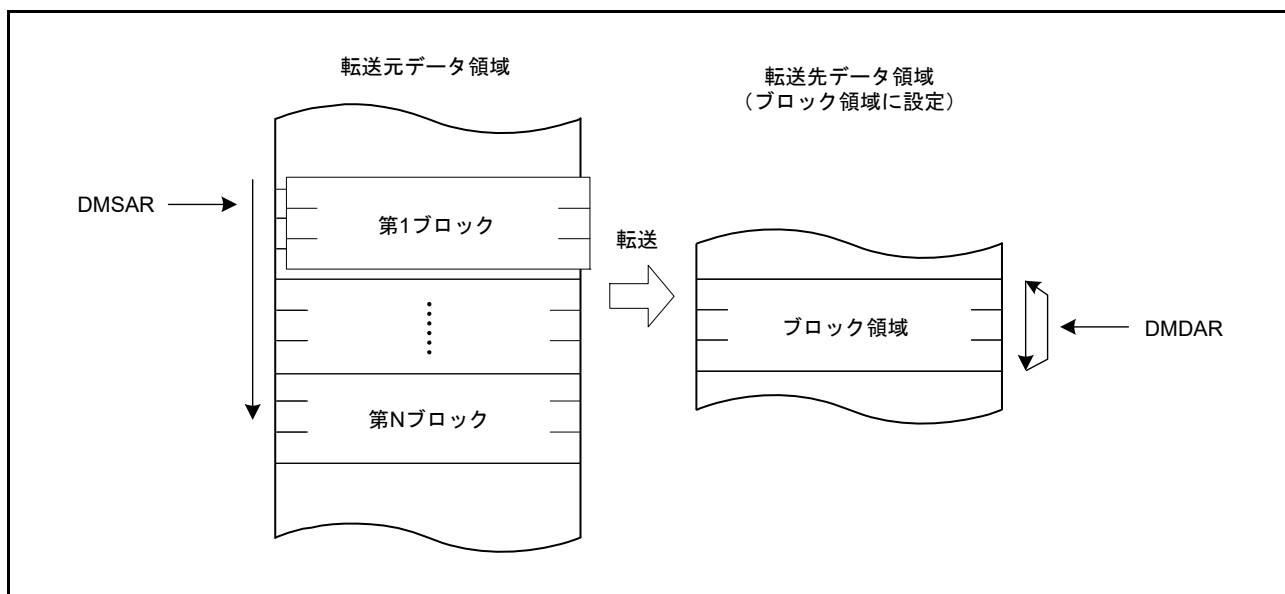


図 17.4 ブロック転送モードにおける転送動作

17.3.2 拡張リピート領域機能

DMACは転送元アドレスと転送先アドレスに対して拡張リピート領域をサポートしています。DMA転送元アドレスレジスタ (DMSAR) およびDMA転送先アドレスレジスタ (DMDAR) でそれぞれ個別に設定可能です。この機能を設定すると、アドレスレジスタは拡張リピート領域に指定した範囲のアドレス値を繰り返します。転送元アドレスの拡張リピート領域は、DMACm.DMAMD.SARA[4:0] ビットで設定します。

転送先アドレスの拡張リピート領域は、DMACm.DMAMD.DARA[4:0] ビットで設定します。転送元と転送先に異なるサイズの設定が可能です。ただし、リピート領域またはブロック領域として設定した転送元または転送先に、拡張リピート領域を設定することはできません。

アドレスレジスタの値が拡張リピート領域の終了アドレスに到達し、拡張リピート領域がオーバーフローすると、DMA転送を停止させて、拡張リピート領域オーバーフロー割り込み要求を発生させることができます。DMACm.DMINT.SARIE ビットが1のとき、転送元の拡張リピート領域がオーバーフローすると、DMACm.DMSTS.ESIF フラグが1になり、DMACm.DMCNT.DTE ビットを0にしてDMA転送を終了させます。このとき、DMACm.DMINT.ESIE ビットが1になっていると、拡張リピート領域オーバーフロー割り込み要求が発生します。DMACm.DMINT.DARIE ビットが1の場合、この機能は転送先アドレスレジスタが対象になります。DMA転送を再開させるには、割り込み処理でDMACm.DMCNT.DTE ビットに1を書き込んでください。

図 17.5 に、拡張リピート領域の動作例を示します。

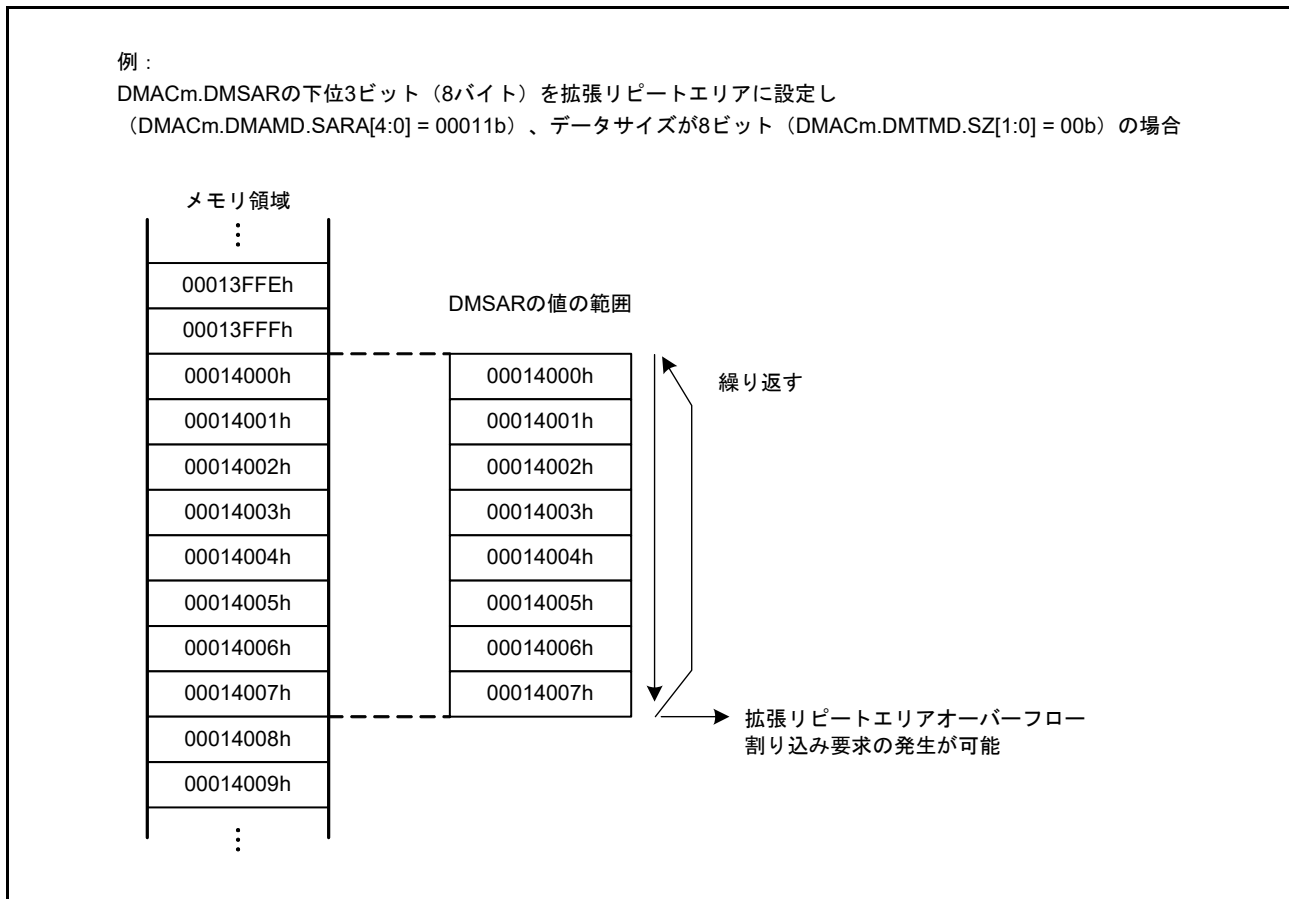


図 17.5 拡張リピート領域の動作例

ブロック転送モードで拡張リピート領域オーバーフロー割り込みを使用する場合は、以下の点を考慮してください。

- 拡張リピート領域オーバーフロー割り込みで転送を終了させる場合、ブロックサイズを2のべき乗になるように設定するか、またはブロックサイズの境界と拡張リピート領域の範囲の境界が一致するようにアドレスレジスタの値を設定する必要があります。また、1ブロックの転送中に拡張リピート領域にオーバーフローが発生した場合、そのブロックの転送が終了するまで拡張リピート領域オーバーフロー割り込みは保留され、転送はオーバーランします

図 17.6 に、ブロック転送モードにおける拡張リピート領域機能の使用例を示します。

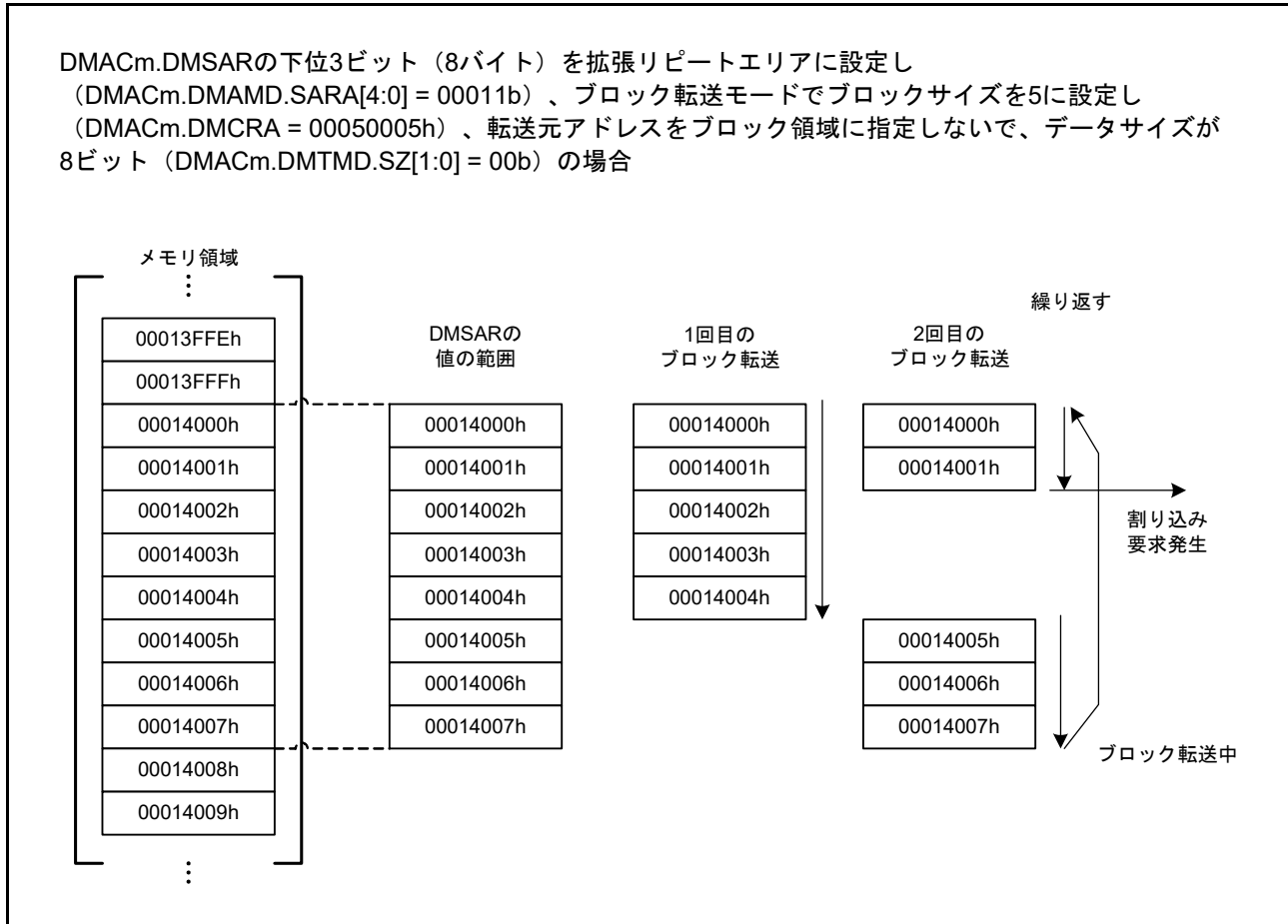


図 17.6 ブロック転送モードにおける拡張リピート領域機能の使用例

17.3.3 オフセットを使用したアドレス更新機能

転送元アドレスと転送先アドレスの更新方法には、固定、インクリメント、デクリメントの他にオフセット加算があります。オフセット加算では、DMACが1データの転送を実行するたびに、DMA オフセットレジスタ (DMACm.DMOFR) で設定したオフセット値がアドレスに加算されます。この機能によって、分散した領域にアドレスが割り付けられた状態でデータ転送を実施できます。また、DMACm.DMOFR に負の値を設定すると、オフセットによる減算も可能です。負の値は2の補数で設定する必要があります。

各アドレス更新モードにおけるアドレス更新方法を表 17.6 に示します。

表 17.6 各アドレス更新モードにおけるアドレス更新方法

| アドレス更新モード | DMACm.DMAMD.SM[1:0]および DMACm.DMAMD.DM[1:0]の アドレス更新モード設定値 | DMACm.DMTMD.SZ[1:0]の設定値別アドレス更新方法 | | |
|-----------|--|----------------------------------|---------------|---------------|
| | | SZ[1:0] = 00b | SZ[1:0] = 01b | SZ[1:0] = 10b |
| アドレス固定 | 00b | 固定 | | |
| オフセット加算 | 01b | + DMACm.DMOFR (注1) | | |
| インクリメント | 10b | + 1 | + 2 | + 4 |
| デクリメント | 11b | - 1 | - 2 | - 4 |

注 1. DMA オフセットレジスタに負の値を設定する場合、その値は次式で計算される2の補数でなければいけません。
負のオフセット値の2の補数表現 = \sim (オフセット値) + 1 (\sim : ビット反転)

(1) オフセット加算を使用した基本的な転送

オフセット加算によるアドレス更新機能の動作例を図 17.7 に示します。

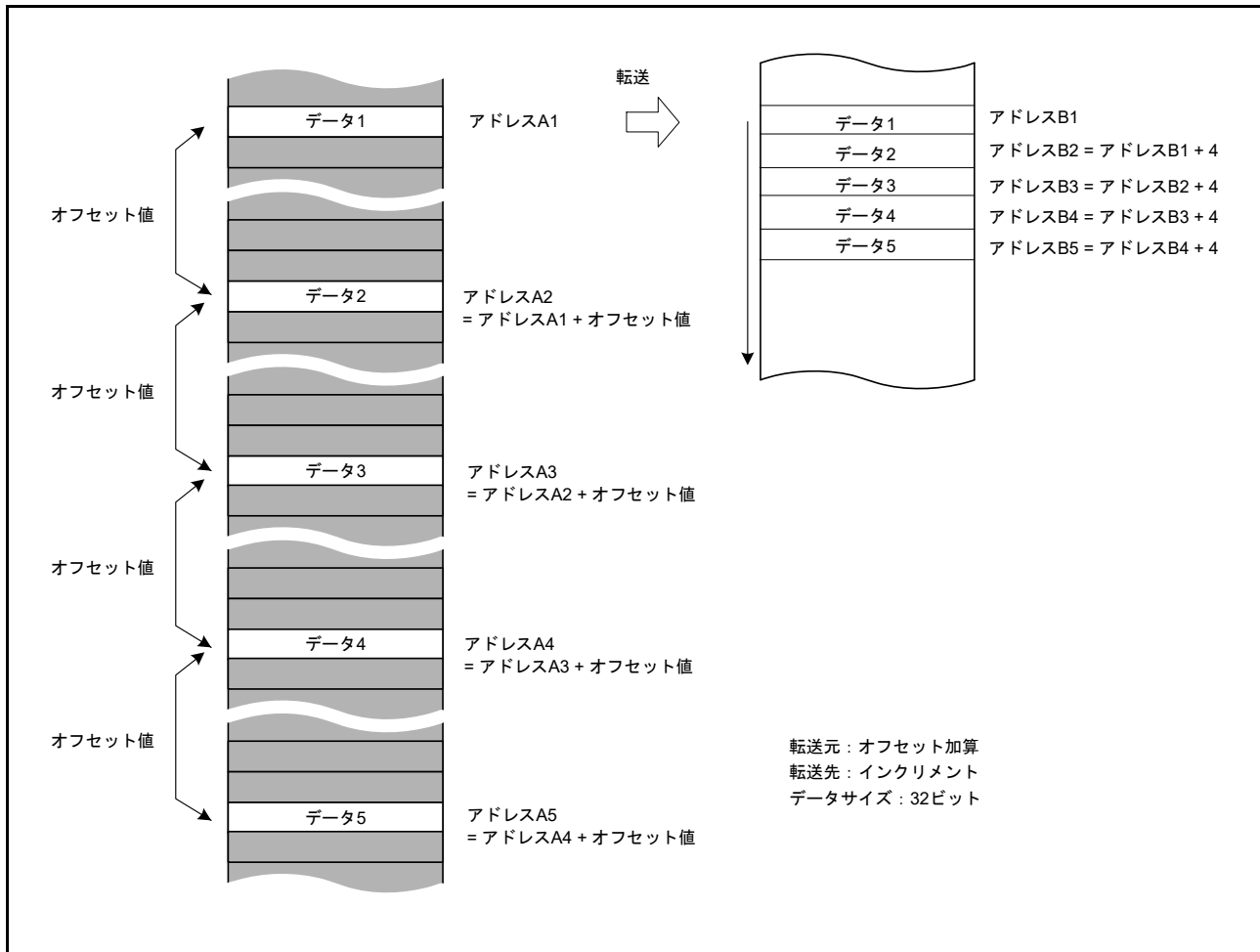


図 17.7 オフセット加算によるアドレス更新機能の動作例

図 17.7 では、以下のように設定しています。

- 転送データサイズは 32 ビット
- 転送元アドレスの更新モードはオフセット加算
- 転送先アドレスの更新モードはインクリメント

2 回目以降のデータは、前回のアドレスにオフセット値を加算することで得られる転送元アドレスから読み出されます。指定された間隔で読み出されたデータは、転送先では連続した領域に書き込まれます。

(2) オフセット加算を使用した XY 変換例

図 17.8 に、リピート転送モードとオフセット加算を組み合わせる XY 変換を行うときの動作を示します。設定方法は以下のとおりです。

- DMAC0.DMAMD — 転送元アドレス更新モード設定：オフセット加算
- DMAC0.DMAMD — 転送先アドレス更新モード設定：インクリメント
- DMAC0.DMTMD — データ転送サイズ選択：32 ビット
- DMAC0.DMTMD — 転送モード設定：リピート転送
- DMAC0.DMTMD — リピート領域選択：転送元をリピート領域に設定

- DMAC0.DMOFR — オフセットアドレス : 10h
- DMAC0.DMCRA — リポートサイズ : 4h
- DMAC0.DMINT — リポートサイズ終了割り込みを許可

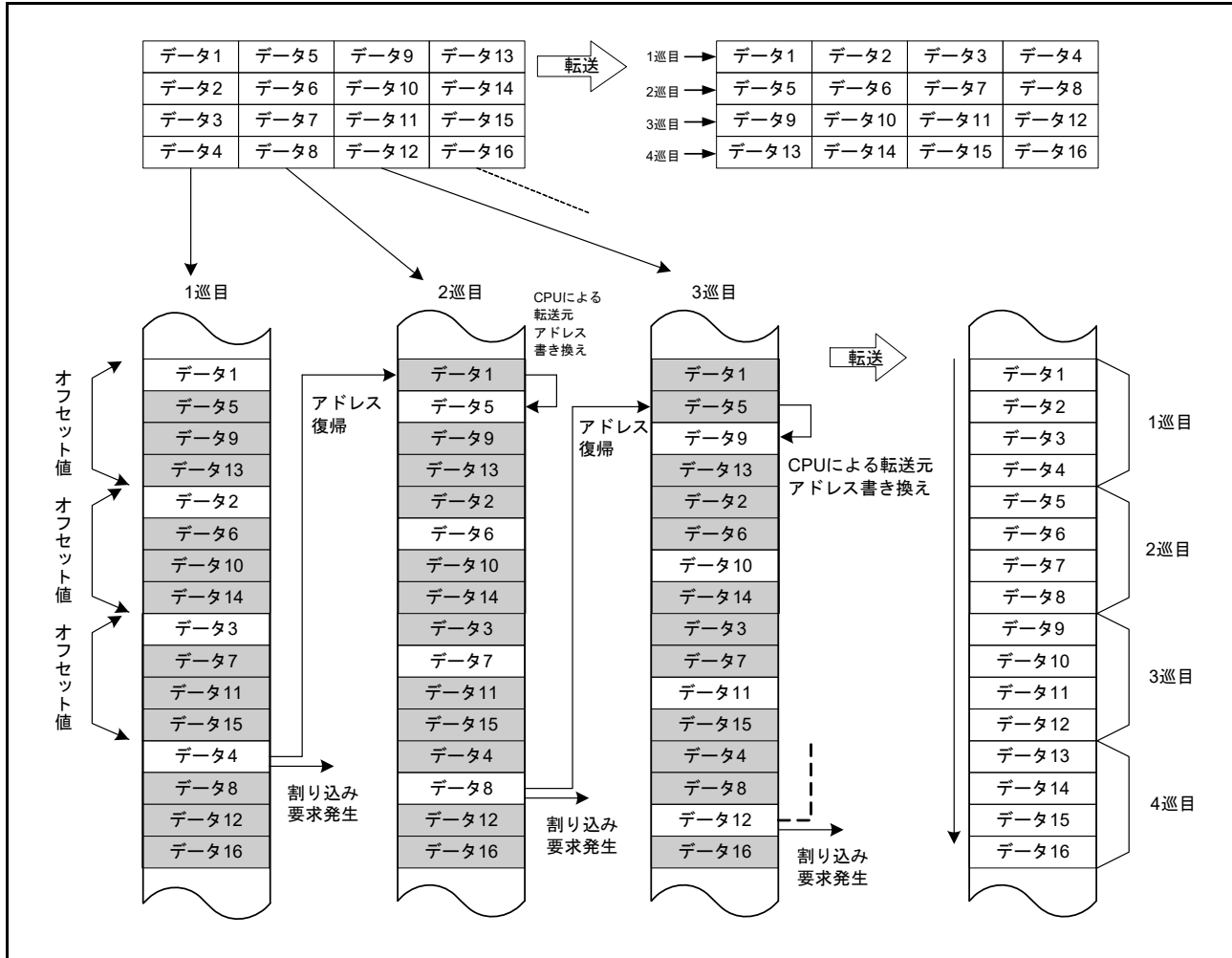


図 17.8 リポート転送モード+オフセット加算によるXY変換動作

転送が開始されると、毎回、転送元アドレスにオフセット値を加算してデータ転送が行われます。転送データは、連続した転送先アドレスに書き込まれます。“データ4”まで転送されたときの動作は以下のとおりです。

- リポートサイズ分のデータ転送が終了する
- 転送元アドレスは転送開始時のアドレス（転送元の“データ1”のアドレス）に復帰する
- リポートサイズ終了割り込要求が発生する

この割り込みによって転送が一時停止している間、以下の処理を行います。

- DMAC0.DMSAR — DMA 転送元アドレスを“データ5”のアドレスに書き換える（この例では“データ1”のアドレスに4を加算）
- DMAC0.DMCNT — DTE ビットを1にする

DMA 転送が中断したときの状態から DMA 転送が再開されます。以降、同じ処理を繰り返すと、転送元のデータが転送先で配置を入れ替えられます (XY 変換)。

図 17.9 に XY 変換の処理フローを示します。

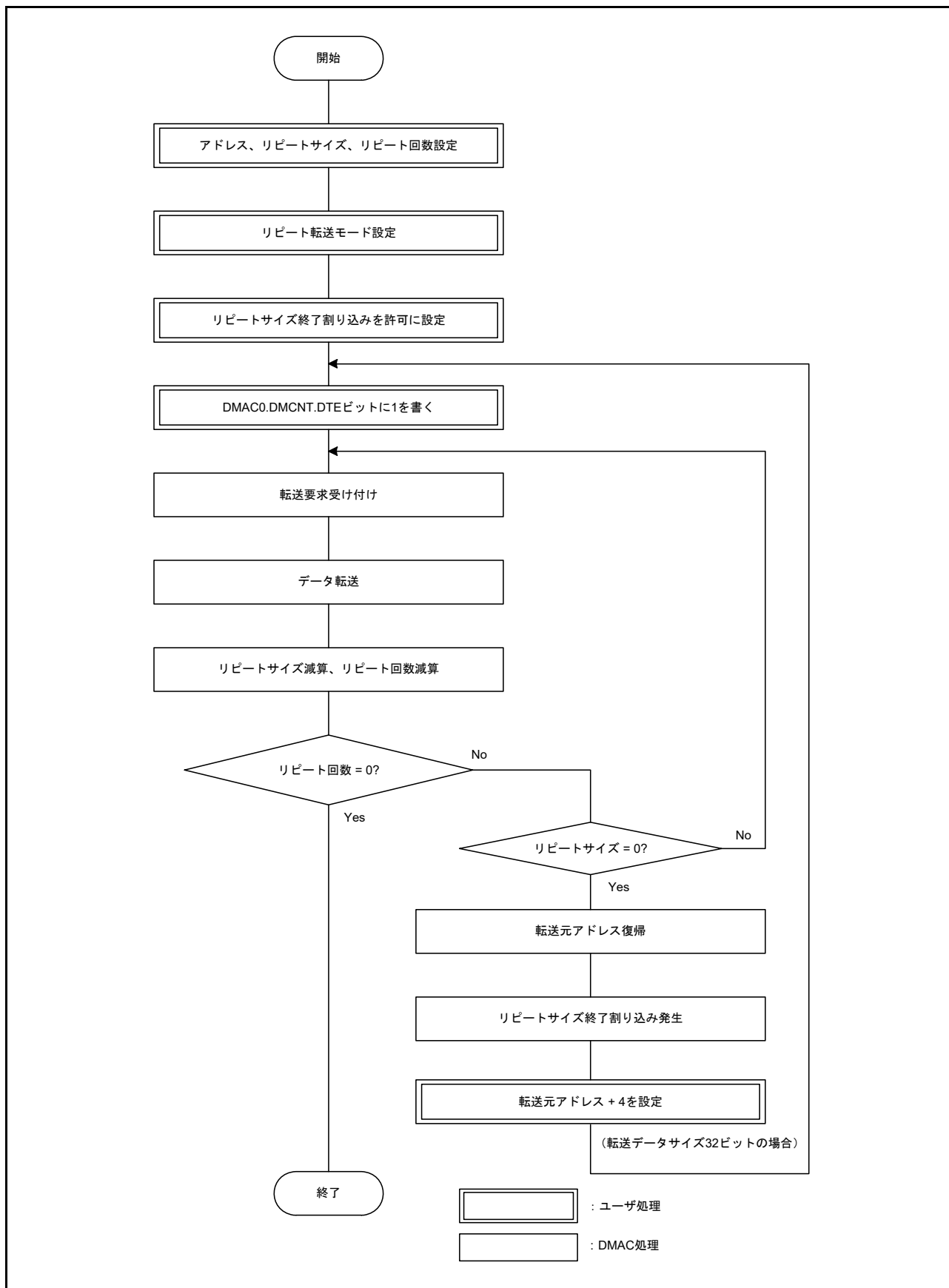


図 17.9 リピート転送モード + オフセット加算による XY 変換フロー

17.3.4 起動要因

ソフトウェア、周辺モジュールからの割り込み要求、および外部割り込み要求は、すべてDMAC起動要因として指定可能です。起動要因を選択するには、DMACm.DMTMD.DCTG[1:0]ビットを設定します。

(1) ソフトウェアによるDMAC起動

ソフトウェアによってDMA転送を開始する場合、以下の手順に従います。

1. DMACm.DMTMD.DCTG[1:0]ビットを00bにする。
2. DMACm.DMCNT.DTEビットを1 (DMA転送許可) にする。
3. DMAST.DMSTビットを1 (DMAC起動許可) にする。
4. DMACm.DMREQ.SWREQビットを1 (DMA転送要求あり) にする。

DMACm.DMREQ.CLRSビットが0の状態ではソフトウェアによるDMAC起動を行った場合、DMA転送要求に対する転送が開始されるとDMACm.DMREQ.SWREQビットが0になります。

DMACm.DMREQ.CLRSビットが1の状態ではソフトウェアによるDMAC起動を行った場合は、転送を開始してもDMACm.DMREQ.SWREQビットは0になりません。要求に対する転送終了後、再びDMA転送要求が発生します。

(2) 内蔵周辺モジュール／外部割り込み要求によるDMAC起動

内蔵周辺モジュールからの割り込み要求と外部割り込み要求を、DMAC起動要因に指定することが可能です。起動要因は、ICU.DELSRn.DELS[7:0]ビット (n=0~3) でチャンネルごとに個別に選択できます。

内蔵周辺モジュールからの割り込み要求または外部割り込み要求によってDMAC転送を開始する場合、以下の手順に従います。

1. DMACm.DMTMD.DCTG[1:0]ビットを01b (周辺モジュールまたは外部割り込み端子からの割り込み) にする。
2. DMACm.DMCNT.DTEビットを1 (DMA転送許可) にする。
3. ICU.DELSRn.DSELビットにイベント番号を設定する (DMACイベントリンクを選択する)。
4. DMAST.DMSTビットを1 (DMAC起動許可) にする。

DMAC起動要因となる割り込み要求については、「[14. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」の表14.3を参照してください。

17.3.5 動作タイミング

以下に示すタイミング図は、最小実行サイクル数を示しています。

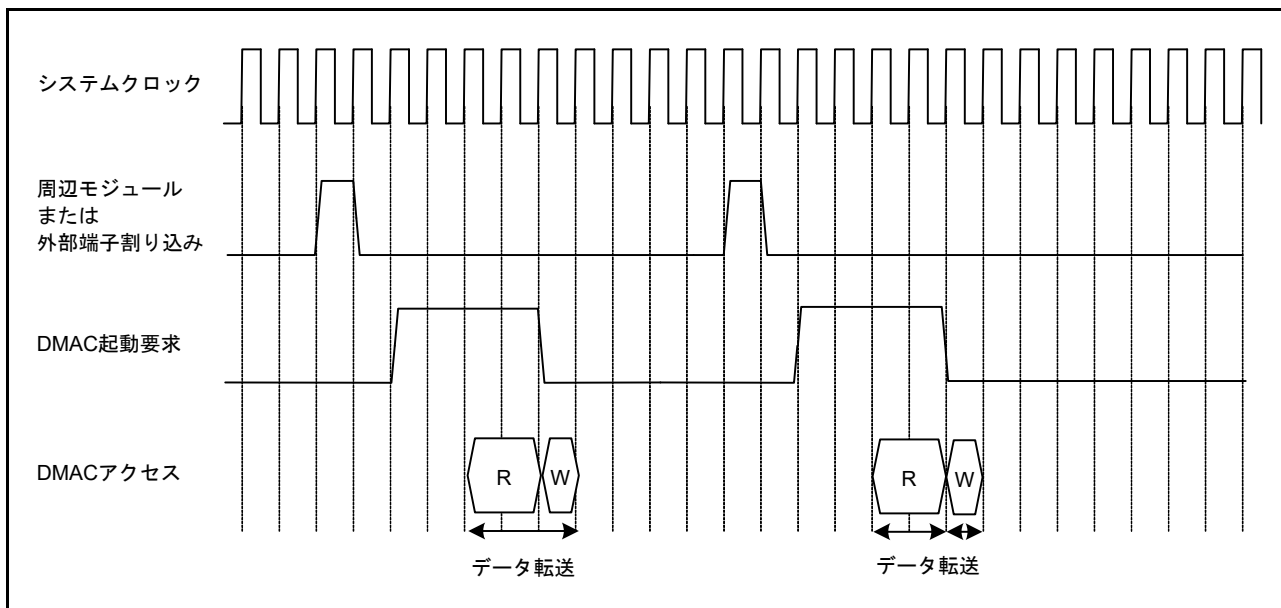


図 17.10 DMAC 動作タイミング例 1 (ノーマル転送モードまたはリピート転送モードでの周辺モジュール/外部割り込み入力端子からの割り込みによる DMA 起動)

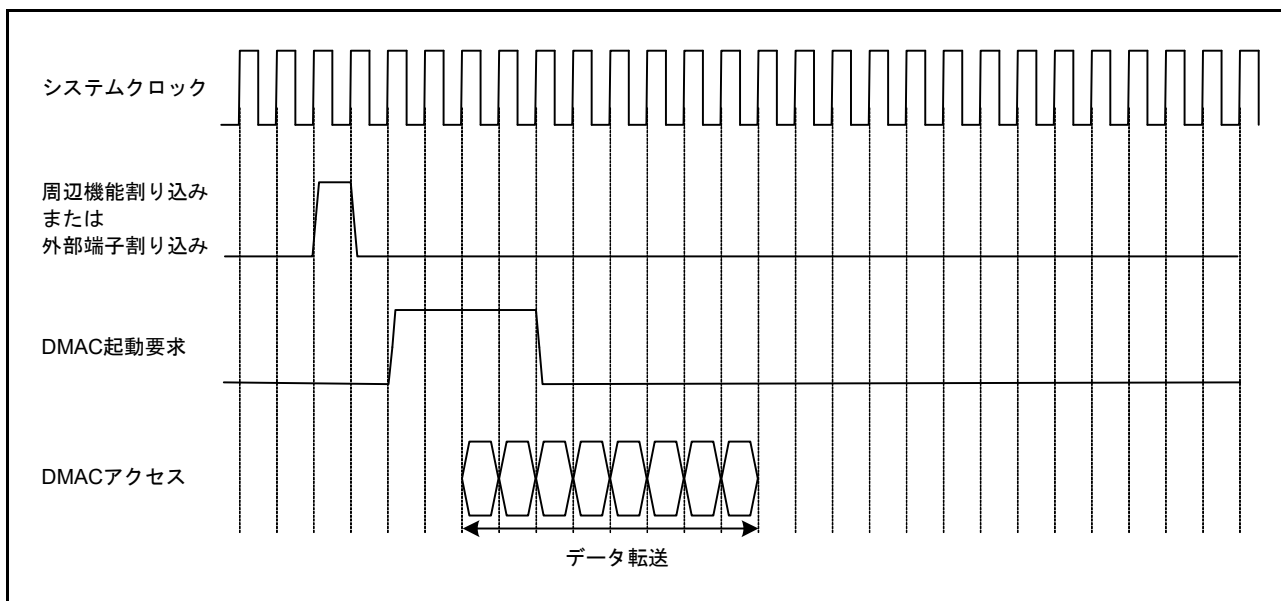


図 17.11 DMAC 動作タイミング例 2 (ブロックサイズ = 4 のブロック転送モードでの周辺モジュール/外部割り込み入力端子からの割り込みによる DMA 起動)

17.3.6 DMAC の実行サイクル

表 17.7 に、1 回の DMAC データ転送動作における実行サイクルを示します。

表 17.7 DMACの実行サイクル

| 転送モード | データ転送 (読み出し) | データ転送 (書き込み) |
|-----------|---------------|---------------|
| ノーマル | $Cr + 1$ | Cw |
| リピート | $Cr + 1$ | Cw |
| ブロック (注1) | $P \times Cr$ | $P \times Cw$ |

注. P = ブロックサイズ (DMCRAH レジスタの設定値)
 Cr = データリード先アクセスサイクル
 Cw = データライト先アクセスサイクル

注1. ブロックサイズが2以上の場合です。ブロックサイズが1の場合は、ノーマル転送のサイクル数となります。

Cr と Cw はアクセス先で異なります。アクセス先ごとのサイクル数については、「42. SRAM」、「43. フラッシュメモリ」、および「15. バス」を参照してください。システムクロックと周辺クロックの周波数比も考慮されています。

データ転送 (読み出し) 列の「+1」の単位は、システムクロック (ICLK) の1サイクルです。動作例については、17.3.5 動作タイミングを参照してください。

DMAC の応答時間は、DMAC の起動要因が検出されてから DMAC 転送が始まるまでの時間です。表 17.7 には、DMAC の起動要因がアクティブになってから DMAC 転送が始まるまでの時間は含まれていません。

17.3.7 DMACの起動

図 17.12 にレジスタの設定手順を示します。



図 17.12 レジスタの設定手順

17.3.8 DMA 転送の開始

チャンネル *m* の DMA 転送を有効にするには、DMACm.DMCNT.DTE ビットを 1 (DMA 転送許可) にして、DMAST.DMST ビットを 1 (DMAC 起動許可) にします。他の DMAC チャンネルや DTC の転送中は、新たな起動要求は受け付けられません。先行する転送が終了した時点で最も優先順位の高いチャンネルの DMA 転送要求が選択され、そのチャンネルの DMA 転送が開始されます。DMA 転送が始まると、DMACm.DMSTS.ACT フラグが 1 (DMAC 動作中) になります。

17.3.9 DMA 転送中のレジスタ

DMAC のレジスタは、DMA 転送処理によって値が更新されます。更新される値は、各種設定や転送の状態によって変わります。更新されるレジスタは、DMACm.DMSAR、DMACm.DMDAR、DMACm.DMCRA、DMACm.DMCRB、DMACm.DMCNT、および DMACm.DMSTS です。これらの説明を下記に示します。各転送モードにおけるレジスタの更新動作については、表 17.3 ~ 表 17.5 を参照してください。

(1) DMA 転送元アドレスレジスタ (DMACm.DMSAR)

1 転送要求に対するデータ転送が終了すると、DMSAR レジスタの内容は、次の転送要求でアクセスするアドレスに更新されます。

(2) DMA 転送先アドレスレジスタ (DMACm.DMDAR)

1 転送要求に対するデータ転送が終了すると、DMDAR レジスタの内容は、次の転送要求でアクセスするアドレスに更新されます。

(3) DMA 転送カウントレジスタ (DMACm.DMCRA)

1 転送要求に対するデータ転送が終了すると、カウント値が更新されます。更新動作は、選択した転送モードによって異なります。

(4) DMA ブロック転送カウントレジスタ (DMACm.DMCRB)

1 転送要求に対するデータ転送が終了すると、カウント値が更新されます。更新動作は、選択した転送モードによって異なります。

(5) DMA 転送許可ビット (DMACm.DMCNT.DTE)

DMACm.DMCNT.DTE ビットは、レジスタを書くことによってデータ転送の許可/禁止を制御します。DMA 転送の状態に応じて自動的に DMAC によって 0 になります。

DMAC が本ビットをクリアする条件は、以下のとおりです。

- 設定された総転送データ数の転送が終了したとき
- リピートサイズ終了割り込みによって DMA 転送が停止したとき
- 拡張リピート領域オーバーフロー割り込みによって DMA 転送が停止したとき

対応する DMACm.DMCNT.DTE ビットが 1 になっているチャンネルのレジスタへの書き込みは禁止です (DMACm.DMCNT レジスタを除く)。DTE ビットを 0 にした後のみ、書き込みが可能になります。

(6) DMA アクティブフラグ (DMACm.DMSTS.ACT)

DMACm.DMSTS.ACT フラグは、DMACm がアイドル状態であるか、または動作中であることを示します。本フラグは DMAC がデータ転送を開始すると 1 になり、1 転送要求に対するデータ転送が終了すると 0 になります。DMA 転送中に DMACm.DMCNT.DTE ビットに 0 を書いて DMA 転送を停止させた場合でも、本フラグは DMA 転送が終了するまで 1 を保持します。

(7) 転送終了割り込みフラグ (DMACm.DMSTS.DTIF)

総転送サイズ分のDMA転送が終了すると、DMACm.DMSTS.DTIFフラグは1になります。本フラグとDMACm.DMINT.DTIEビットがともに1の場合、転送終了割り込み要求が発生します。本フラグが1になるタイミングは、DMA転送のバスサイクルが終了し、DMACm.DMSTS.ACTフラグが0になってDMA転送終了を示したときです。割り込み処理中にDMACm.DMCNT.DTEビットを1にした場合、本フラグは自動的に0にクリアされます。

(8) 転送エスケープ終了割り込みフラグ (DMACm.DMSTS.ESIF)

リポートサイズ終了割り込み、または拡張リポート領域オーバーフロー割り込み要求が発生したとき、DMACm.DMSTS.ESIFフラグは1になります。本フラグとDMACm.DMINT.ESIEビットがともに1の場合、転送エスケープ終了割り込み要求が発生します。本フラグが1になるタイミングは、割り込み要求を発生させる要因になったDMA転送のバスサイクルが終了し、DMACm.DMSTS.ACTフラグが0になってDMA転送終了を示したときです。割り込み処理中にDMACm.DMCNT.DTEビットを1にした場合、本フラグは自動的に0にクリアされます。

DMACからの割り込み要求をCPUまたはDTCへ送信する前に、割り込みコントロールレジスタを設定する必要があります。詳細は、「[14. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。

17.3.10 チャネル優先順位

DMACは、複数のDMA転送要求が発生したとき、DMA転送要求のあるチャネルの優先順位を判断します。

チャネル優先順位は、チャネル0 > チャネル1 > チャネル2 > チャネル3の順で固定です (チャネル0が最優先)。

データ転送中にDMA転送要求が発生した場合は、最終データの転送後にチャネルアービトレーションを行い、最も優先順位の高いチャネルの転送が開始されます。

17.4 DMA 転送の終了

DMA 転送の終了は、転送終了条件によって動作が異なります。DMA 転送が終了すると、DMACm.DMCNT.DTE ビットと DMACm.DMSTS.ACT フラグが 1 から 0 になります。

17.4.1 設定した総転送回数完了による転送終了

(1) ノーマル転送モード (DMACm.DMTMD.MD[1:0] = 00b) の場合

DMACm.DMCRAL レジスタが 1 から 0 になると、対応するチャンネルの DMA 転送が終了し、DMACm.DMCNT.DTE ビットが 0 になり、DMACm.DMSTS.DTIF フラグが 1 になります。このとき DMACm.DMINT.DTIE ビットが 1 であると、CPU または DTC へ転送終了割り込み要求が送信されます。

(2) リピート転送モード (DMACm.DMTMD.MD[1:0] = 01b) の場合

DMACm.DMCRB レジスタが 1 から 0 になると、対応するチャンネルの DMA 転送が終了し、DMACm.DMCNT.DTE ビットが 0 になり、DMACm.DMSTS.DTIF フラグが 1 になります。このとき DMACm.DMINT.DTIE ビットが 1 であると、CPU または DTC へ割り込み要求が送信されます。

(3) ブロック転送モード (DMACm.DMTMD.MD[1:0] = 10b) の場合

DMACm.DMCRB レジスタが 1 から 0 になると、対応するチャンネルの DMA 転送が終了し、DMACm.DMCNT.DTE ビットが 0 になり、DMACm.DMSTS.DTIF フラグが 1 になります。このとき DMACm.DMINT.DTIE ビットが 1 であると、CPU または DTC へ割り込み要求が送信されます。

DMAC からの割り込み要求を CPU または DTC へ送信する前に、割り込みコントロールレジスタを設定する必要があります。詳細は、「14. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

17.4.2 リピートサイズ終了割り込みによる転送終了

リピート転送モードにおいて、DMACm.DMINT.RPTIE ビットが 1 であれば、1 リピートサイズ分の転送終了時にリピートサイズ終了割り込み要求が発生します。DMACm.DMCNT.DTE ビットが 0 になり、DMACm.DMSTS.ESIF フラグが 1 になります。このとき DMACm.DMINT.ESIE ビットが 1 であると、CPU または DTC へ割り込み要求が送信されます。転送を再開させるには、DMACm.DMCNT.DTE ビットに 1 を書き込んでください。

ブロック転送モードにおいても、リピートサイズ終了割り込み要求が発生させることができます。1 ブロックサイズ分の転送終了時に、リピート転送モードと同様に割り込み要求が発生します。

DMAC からの割り込み要求を CPU または DTC へ送信する前に、割り込みコントロールレジスタを設定する必要があります。詳細は、「14. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

17.4.3 拡張リピート領域オーバーフロー割り込みによる転送終了

拡張リピート領域が指定され、かつ DMACm.DMINT.SARIE ビットまたは DMACm.DMINT.DARIE ビットが 1 の場合に、拡張リピート領域がオーバーフローすると、拡張リピート領域オーバーフロー割り込み要求が発生します。DMA 転送が停止して、DMACm.DMCNT.DTE ビットが 0 になり、DMACm.DMSTS.ESIF フラグが 1 になります。このとき DMACm.DMINT.ESIE ビットが 1 であると、CPU または DTC へ割り込み要求が送信されます。

この割り込み要求がリードサイクル中に発生しても、以降のライトサイクルは実行されます。ブロック転送モードでは、割り込み要求が 1 ブロックの転送中に発生しても、そのブロックの残りのデータが転送されるまで、転送は終了しません。

DMAC からの割り込み要求を CPU または DTC へ送信する前に、割り込みコントロールレジスタを設定する必要があります。詳細は、「14. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

17.4.4 DMA 転送の終了に関する注意事項

DMA 転送終了後、次の要求時に DMA 起動要求が発生する場合があります。このような状況が生じた場合、DMA 転送が開始され、DMA 起動要求は DMAC 内に保持されます。これを避けるには、ICU の DELSRn.DELS[7:0] ビットを 0 にして、DMA 起動要求を停止してください。

最後の DMA 転送後に DMA 起動要求が発生した場合は、DMA 起動要求をクリアしてください。

17.5 割り込み

各 DMAC チャンネルは、1 要求分の転送終了後、CPU または DTC へ割り込み要求 (DMACm_INT) を出力することが可能です。

表 17.8 に、各割り込み要因とそれらに対応するステータスフラグおよび許可ビットを示します。図 17.13 に、割り込み出力 (DMAC0 ~ DMAC3) の概略論理図を示します。また、DMAC 割り込み処理ルーチンで DMA 転送を再開/終了する手順を図 17.14 に示します。

表 17.8 割り込み要因、割り込みステータスフラグ、割り込み許可ビットの対応関係

| 割り込み要因 | | 割り込み許可ビット | 割り込みステータスフラグ | 要求出力許可ビット |
|---------------|----------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| 転送終了 | | — | DMACm.DMSTS.DTIF | DMACm.DMINT.DTIE |
| エスケープ 転送終了 | リピートサイズ終了 | DMACm.DMINT.RPTIE | DMACm.DMSTS.ESIF | DMACm.DMINT.ESIE |
| | 転送元アドレス拡張リピート領域 オーバーフロー | DMACm.DMINT.SARIE | | |
| | 転送先アドレス拡張リピート領域 オーバーフロー | DMACm.DMINT.DARIE | | |

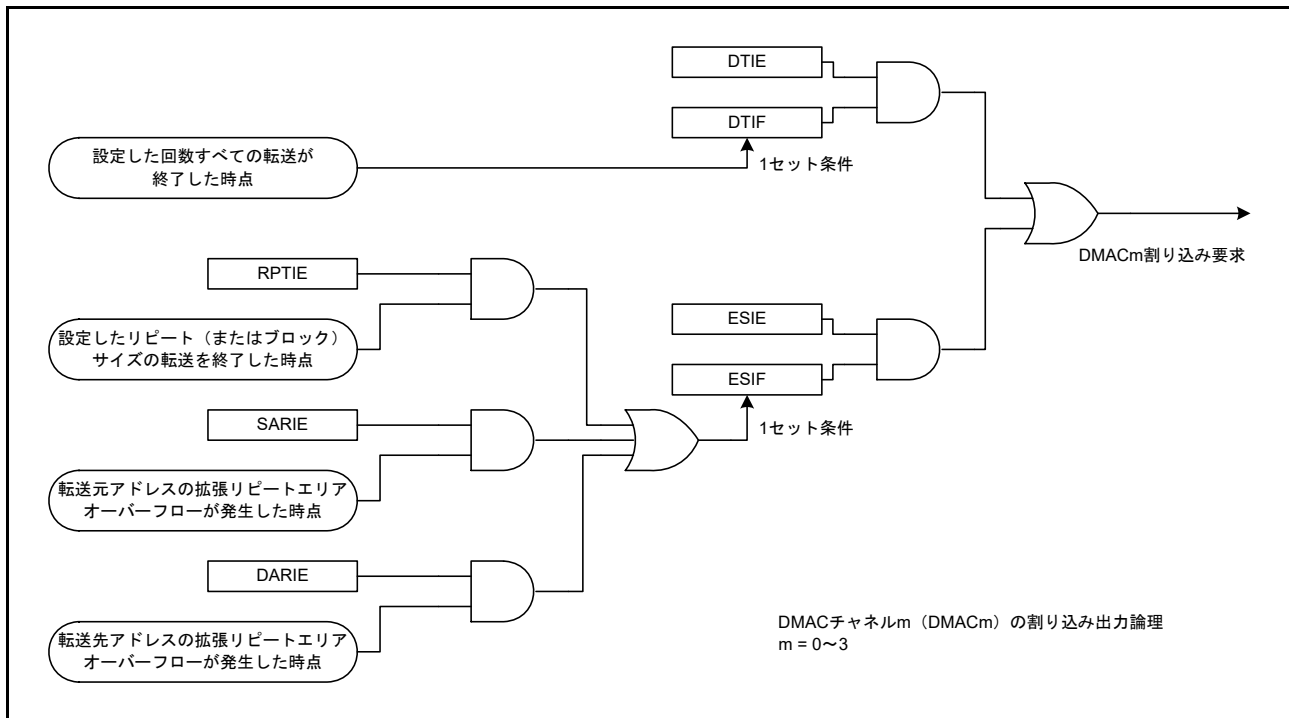


図 17.13 割り込み出力 (DMAC0 ~ DMAC3) の概略論理図

割り込みを解除して DMA 転送を再開する方法は、以下のケースで異なります。

- DMA 転送を終了した場合
- DMA 転送を継続した場合

(1) DMA 転送を終了した場合

転送終了割り込みの場合は、DMACm.DMSTS.DTIF フラグに 0 を書いてください。また、リピートサイズ割り込みと拡張リピート領域オーバーフロー割り込みの場合は、DMACm.DMSTS.ESIF フラグに 0 を書いてください。割り込み要因がクリアされます。DMACm は停止状態を保ちます。その後、新たな DMA 転送を開始する場合は、必要なレジスタを設定して、DMACm.DMCNT.DTE ビットを 1 (DMA 転送許可) にしてください。

(2) DMA 転送を継続した場合

DMACm.DMCNT.DTE ビットに 1 を書いてください。自動的に DMACm.DMSTS.ESIF フラグが 0 にクリア (割り込み要因がクリア) され、DMA 転送が再開します。

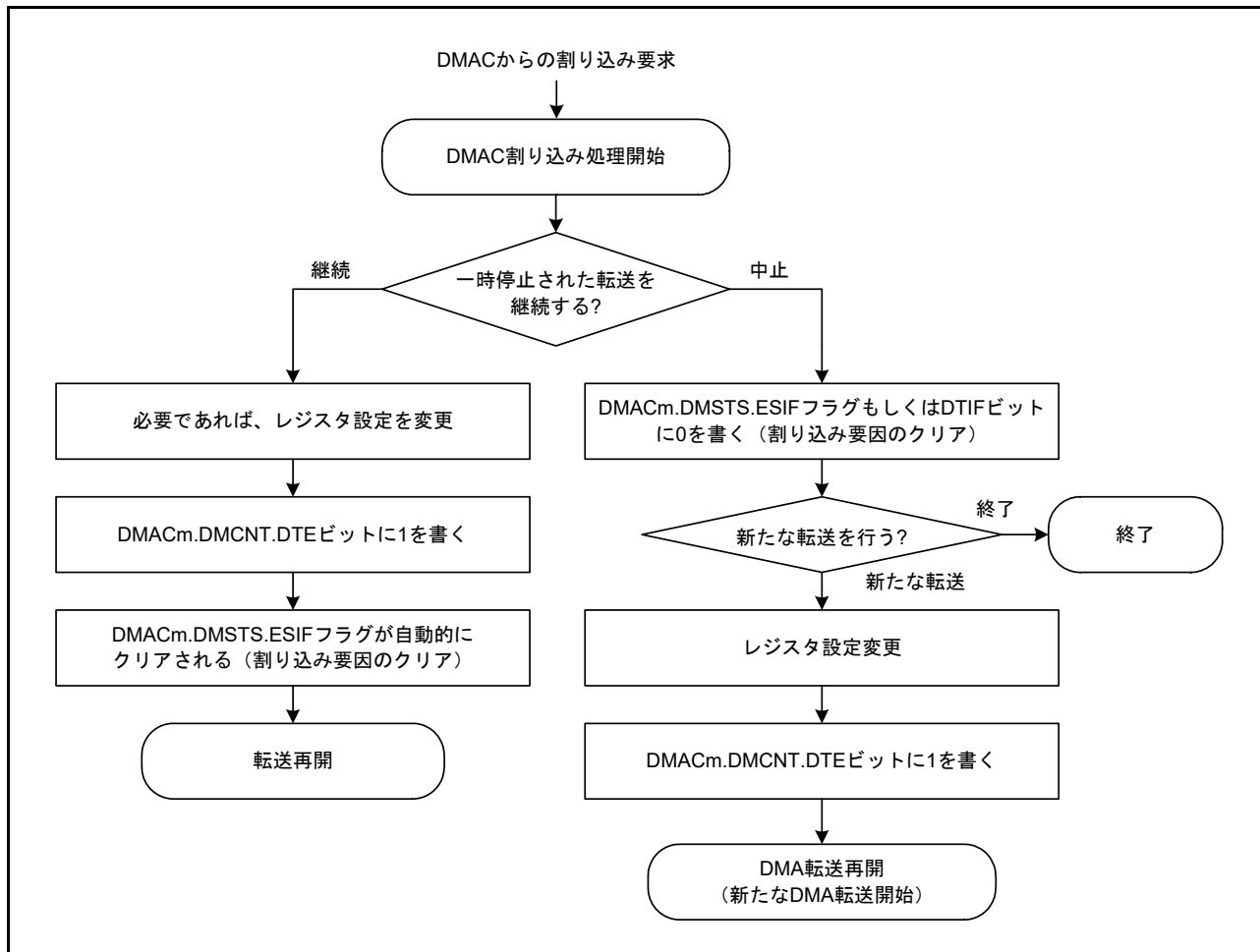


図 17.14 DMAC 割り込み処理ルーチンで DMA 転送を再開/終了する手順

17.6 イベントリンク

各 DMAC チャネルは、1 回のデータ転送（ブロック転送モードの場合は 1 ブロックの転送）が終了するたびに、イベントリンク要求信号 (DMACm_INT) を出力します。詳細は、「[19. イベントリンクコントローラ \(ELC\)](#)」を参照してください。

17.7 低消費電力機能

モジュールストップ状態、またはソフトウェアスタンバイモードへ遷移する際は、最初に DMAST.DMST ビットを 0 (DMAC モジュール停止) にして、以下の各項に示すように設定してください。

(1) モジュールストップ機能

MSTPCRA.MSTPA22 ビットに 1 を書くことによって、DMAC のモジュールストップ機能が有効になります。MSTPCRA.MSTPA22 ビットに 1 を書いたとき、DMA 転送が動作中の場合は、DMA 転送終了後にモジュールストップ状態へ遷移します。MSTPCRA.MSTPA22 ビットが 1 のとき、DMAC のレジスタにアクセスすることは禁止されています。MSTPCRA.MSTPA22 ビットに 0 を書くことで、DMAC のモジュールストップ状態は解除されます。

(2) ソフトウェアスタンバイモード

[11.7.1 ソフトウェアスタンバイモードへの遷移](#)の手順に従って設定してください。

WFI 命令実行時に DMA 転送が動作中の場合、DMA 転送が終了してからソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。

(3) 低消費電力機能に関する注意事項

WFI 命令とレジスタの設定については、[11.9.6 WFI 命令のタイミング](#)を参照してください。

低消費電力モードから復帰後、DMA 転送を行うには、再度 DMAST.DMST ビットを 1 にしてください。ソフトウェアスタンバイモード時に発生した要求を、DMAC 起動要求ではなく CPU への割り込み要求として使用する場合は、[14.4.2 割り込み要求先の選択](#)に示すように、割り込み要求先を CPU に切り替えてから WFI 命令を実行してください。

17.8 使用上の注意事項

17.8.1 DMA 転送中のレジスタアクセスについて

DMACm.DMSTS.ACT フラグが 1 (DMAC 動作中)、または DMACm.DMCNT.DTE ビットが 1 (DMA 転送許可) の状態で、同じチャンネルの下記のレジスタに書き込まないでください。

- DMSAR
- DMDAR
- DMCRA
- DMCRB
- DMTMD
- DMINT
- DMAMD
- DMOFR

17.8.2 予約領域への DMA 転送について

予約領域への DMA 転送は禁止です。予約領域へアクセスが発生した場合の転送結果は保証されません。予約領域の詳細は、「[4. アドレス空間](#)」を参照してください。

17.8.3 割り込みコントローラユニットの DMAC イベントリンク設定レジスタ (ICU.DELSRn) の設定

DMAC イベントリンク設定レジスタ (ICU.DELSRn) を設定する前に、DMA 転送許可ビット (DMACm.DMCNT.DTE ビット) が 0 (DMA 転送禁止) であることを確認してください。また、ICU.DELSRn レジスタで設定したイベント番号に対応する DTC 起動許可レジスタビット (ICU.IELSRn.DTCE) を 1 にしないでください。ICU.IELSRn.DTCE レジスタと ICU.DELSRn レジスタの詳細は、「[14. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。

17.8.4 DMA 起動の保留／再開方法

DMA 起動要求を保留する場合、DMAC イベントリンク選択 (ICU.DELSRn.DELS[7:0]) ビットを 0 にしてください。DMA 転送を再開するには、[17.3.7 DMAC の起動](#)に示す設定を行った上で、ICU.DELSRn.DELS[7:0] ビットにイベント番号を書き込んでください。

18. データトランスファコントローラ (DTC)

18.1 概要

本 MCU は割り込み要求によって起動するとデータ転送を行うデータトランスファコントローラ (DTC) を内蔵しています。表 18.1 に DTC の仕様を、図 18.1 にブロック図を示します。

表 18.1 DTCの仕様

| 項目 | 内容 |
|-------------|---|
| 転送モード | <ul style="list-style-type: none"> ノーマル転送モード 1回の起動で1データを転送 リピート転送モード 1回の起動で1データを転送 リピートサイズ分のデータを転送すると転送開始時のアドレスに復帰 リピート回数は最大256回設定可能で、最大256 × 32ビット (1024バイト) 転送可能 ブロック転送モード 1回の起動で1ブロックを転送 ブロックサイズは、最大256 × 32ビット = 1024バイト設定可能 |
| 転送チャンネル | <ul style="list-style-type: none"> 割り込み要因に対応するチャンネルの転送が可能 (ICUからのDTC起動要求で転送) 1つの起動要因に対して複数データの転送が可能 (チェーン転送) チェーン転送は「カウンタが0のとき実施」または「毎回実施」のいずれかを選択可能 |
| 転送空間 | <ul style="list-style-type: none"> 0000 0000h ~ FFFF FFFFhのうち予約領域を除く4Gバイトの領域 |
| データ転送単位 | <ul style="list-style-type: none"> 1データ: 1バイト (8ビット)、1ハーフワード (16ビット)、1ワード (32ビット) 1ブロックサイズ: 1~256データ |
| CPU割り込み要因 | <ul style="list-style-type: none"> DTCを起動した割り込みでCPUへの割り込み要求を発生可能 1回のデータ転送後にCPUへの割り込み要求を発生可能 指定したデータ数のデータ転送終了後にCPUへの割り込み要求を発生可能 |
| イベントリンク機能 | 1回のデータ転送後 (ブロックの場合は1ブロック転送後)、イベントリンク要求を発生 |
| リードスキップ | 転送情報の読み出しをスキップ可能 |
| ライトバックスキップ | 転送元アドレスまたは転送先アドレスが固定の場合、転送情報のライトバックをスキップ可能 |
| モジュールストップ機能 | モジュールストップ状態に設定して消費電力を削減 |

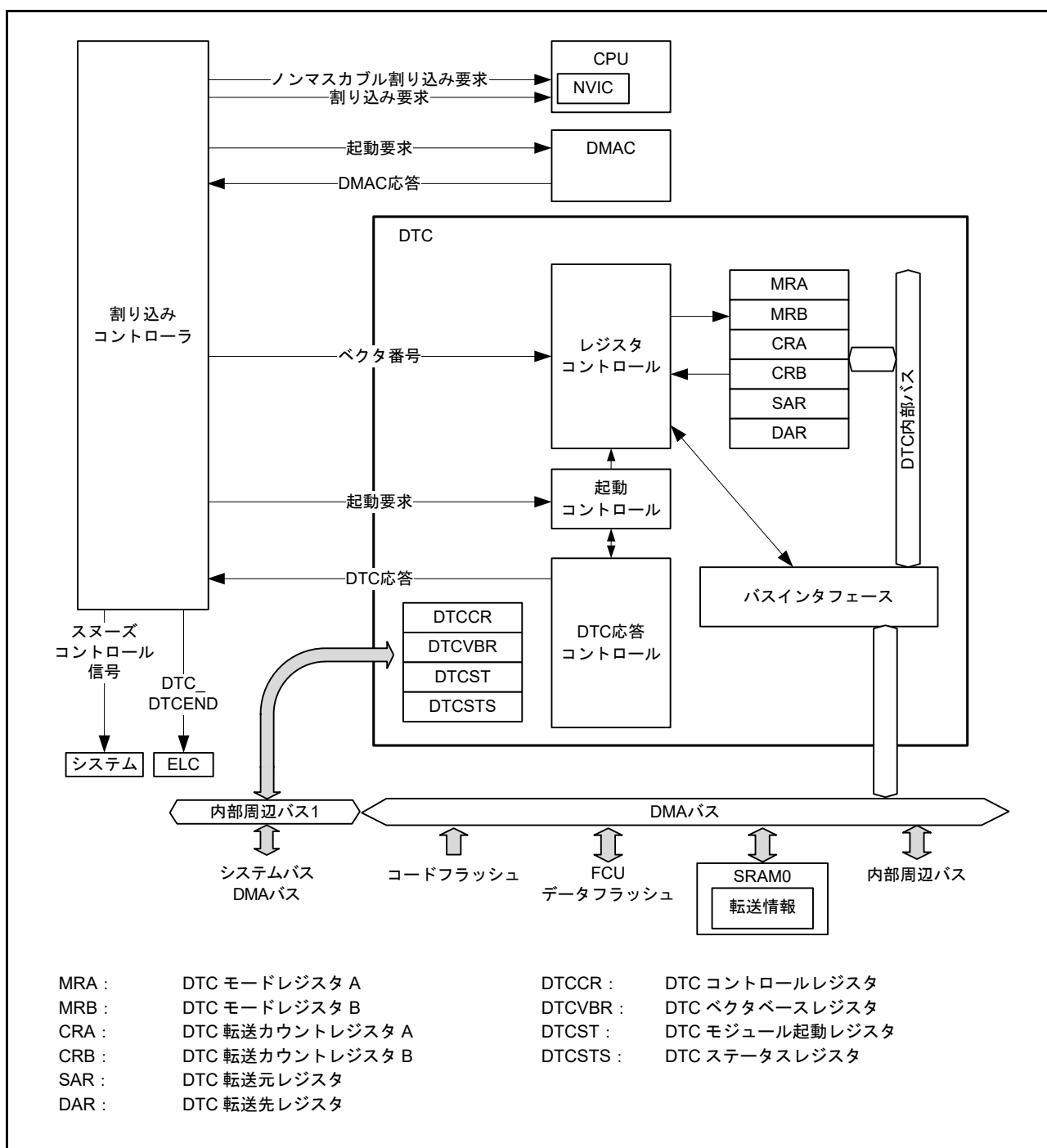


図 18.1 DTC のブロック図

DTC と NVIC (CPU 内) の接続関係については、「14. 割り込みコントローラユニット (ICU)」の 14.1 概要を参照してください。

18.2 レジスタの説明

MRA、MRB、SAR、DAR、CRA、CRBは、すべてDTCの内部レジスタであり、CPUから直接アクセスすることはできません。これらDTC内部レジスタの設定値は、SRAM領域に転送情報として配置されます。起動要求が発生すると、DTCはSRAM領域から転送情報を読み出して、それをDTCの内部レジスタに設定します。データ転送の終了後、内部レジスタの内容は転送情報としてSRAM領域にライトバックされます。

18.2.1 DTC モードレジスタ A (MRA)

アドレス (CPUから直接アクセス不可。18.3.1を参照してください)

| | | | | | | | |
|---------|----|---------|----|---------|----|----|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| MD[1:0] | | SZ[1:0] | | SM[1:0] | | — | — |
| リセット後の値 | x | x | x | x | x | x | x |

x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------|-------------------|--|-----|
| b1-b0 | — | 予約ビット | 読むと、不定値が読めます。書く場合、0としてください。 | — |
| b3-b2 | SM[1:0] | 転送元アドレスアドレッシングモード | b3 b2 0 0: SARレジスタはアドレス固定 (SARレジスタへのライトバックをスキップ) 0 1: SARレジスタはアドレス固定 (SARレジスタへのライトバックをスキップ) 1 0: 転送後SARレジスタをインクリメント SZ[1:0] = 00bのとき + 1 SZ[1:0] = 01bのとき + 2 SZ[1:0] = 10bのとき + 4 1 1: 転送後SARレジスタをデクリメント SZ[1:0] = 00bのとき - 1 SZ[1:0] = 01bのとき - 2 SZ[1:0] = 10bのとき - 4 | — |
| b5-b4 | SZ[1:0] | DTCデータトランスファサイズ | b5 b4 0 0: バイト (8ビット) 転送 0 1: ハーフワード (16ビット) 転送 1 0: ワード (32ビット) 転送 1 1: 設定禁止 | — |
| b7-b6 | MD[1:0] | DTC転送モード選択 | b7 b6 0 0: ノーマル転送モード 0 1: リピート転送モード 1 0: ブロック転送モード 1 1: 設定禁止 | — |

MRAレジスタは、CPUから直接アクセスすることはできません。CPUはSRAM領域 (転送情報 (n) の開始アドレス + 03h) にアクセス可能なので、DTCによってMRAレジスタから (およびMRAレジスタへ) 自動的にMRA転送情報が転送されます。18.3.1 転送情報の配置とDTCベクタテーブルを参照してください。

18.2.2 DTC モードレジスタ B (MRB)

アドレス (CPUから直接アクセス不可。18.3.1を参照してください)

| | | | | | | | | |
|---------|------|------|-------|-----|---------|----|----|----|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | CHNE | CHNS | DISEL | DTS | DM[1:0] | — | — | |
| リセット後の値 | x | x | x | x | x | x | x | x |

x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------|-------------------|--|-----|
| b1-b0 | — | 予約ビット | 読むと、不定値が読めます。書く場合、0としてください。 | — |
| b3-b2 | DM[1:0] | 転送先アドレスアドレッシングモード | b3 b2 0 0: DARレジスタはアドレス固定 (DARレジスタへのライトバックをスキップ) 0 1: DARレジスタはアドレス固定 (DARレジスタへのライトバックをスキップ) 1 0: 転送後DARレジスタをインクリメント MRA.SZ[1:0] = 00bのとき + 1 SZ[1:0] = 01bのとき + 2 SZ[1:0] = 10bのとき + 4 1 1: 転送後DARレジスタをデクリメント MRA.SZ[1:0] = 00bのとき - 1 SZ[1:0] = 01bのとき - 2 SZ[1:0] = 10bのとき - 4 | — |
| b4 | DTS | DTC転送モード選択 | 0: 転送先にリポート領域またはブロック領域を選択 1: 転送元にリポート領域またはブロック領域を選択 | — |
| b5 | DISEL | DTC割り込み選択 | 0: 指定されたデータ転送の終了時、CPUへの割り込み要求が発生 1: DTCデータ転送のたびに、CPUへの割り込み要求が発生 | — |
| b6 | CHNS | DTCチェーン転送選択 | 0: 連続してチェーン転送を行う 1: 転送カウンタが1→0、または1→CRAHとなったとき、チェーン転送を行う | — |
| b7 | CHNE | DTCチェーン転送許可 | 0: チェーン転送禁止 1: チェーン転送許可 | — |

MRBレジスタは、CPUから直接アクセスすることはできません。CPUはSRAM領域(転送情報(n)の開始アドレス+02h)にアクセス可能なので、DTCによってMRBレジスタから(およびMRBレジスタへ)自動的にMRB転送情報が転送されます。18.3.1 転送情報の配置とDTCベクタテーブルを参照してください。

DTS ビット (DTC 転送モード選択)

リポート転送モードあるいはブロック転送モードにおいて、転送元または転送先をリポート領域またはブロック領域に設定します。

CHNS ビット (DTC チェーン転送選択)

チェーン転送の条件を選択します。CHNEビットが0のとき、CHNSビットの設定は無視されます。チェーン転送の条件については、表 18.3 チェーン転送の条件を参照してください。

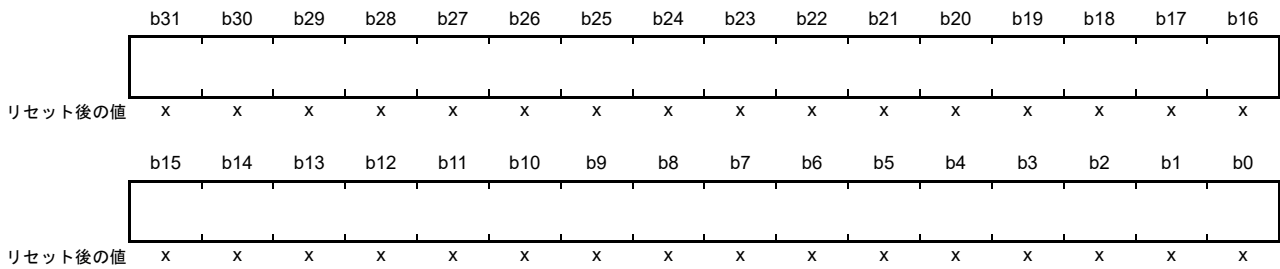
次の転送がチェーン転送の場合、指定した転送回数の終了判定も、起動要因フラグのクリアも行われず、CPUへの割り込み要求は発生しません。

CHNE ビット (DTC チェーン転送許可)

チェーン転送を許可します。チェーン転送条件の選択は、CHNSビットで行います。詳細は 18.4.6 チェーン転送を参照してください。

18.2.3 DTC 転送元レジスタ (SAR)

アドレス (CPUから直接アクセス不可。18.3.1を参照してください)



x: 不定

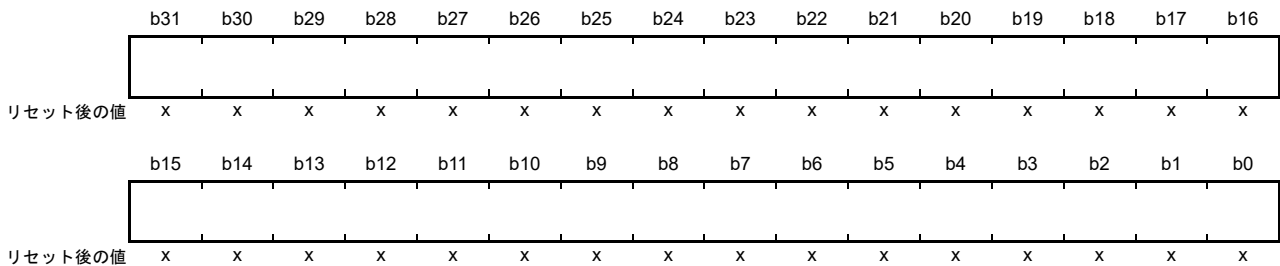
SAR レジスタは、転送元の開始アドレスを設定するレジスタです。SAR レジスタは CPU から直接アクセスすることはできません。CPU は SRAM 領域 (転送情報 (n) の開始アドレス + 04h) にアクセス可能なので、DTC によって SAR レジスタから (および SAR レジスタへ) 自動的に転送情報が転送されます。18.3.1 転送情報の配置と DTC ベクタテーブルを参照してください。

注. DTC 転送では、アドレスの不整合は禁止です。

MRA.SZ[1:0] = 01b の場合、ビット [0] は 0 でなければいけません。MRA.SZ[1:0] = 10b の場合、ビット [1] およびビット [0] は 0 でなければいけません。

18.2.4 DTC 転送先レジスタ (DAR)

アドレス (CPUから直接アクセス不可。18.3.1を参照してください)



x: 不定

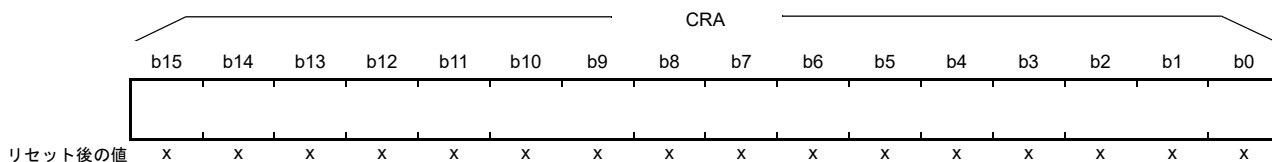
DAR レジスタは、転送先の開始アドレスを設定するレジスタです。CPU から直接アクセスすることはできません。CPU は SRAM 領域 (転送情報 (n) の開始アドレス + 08h) にアクセス可能なので、DTC によって DAR レジスタから (および DAR レジスタへ) 自動的に転送情報が転送されます。18.3.1 転送情報の配置と DTC ベクタテーブルを参照してください。

注. DTC 転送では、アドレスの不整合は禁止です。MRA.SZ[1:0] = 01b の場合、ビット [0] は 0 でなければいけません。MRA.SZ[1:0] = 10b の場合、ビット [1] およびビット [0] は 0 でなければいけません。

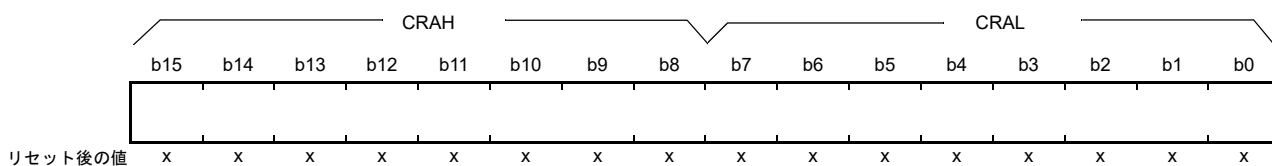
18.2.5 DTC 転送カウンタレジスタ A (CRA)

アドレス (CPUから直接アクセス不可。18.3.1を参照してください)

- ノーマル転送モード



- リピート転送モード/ブロック転送モード



x: 不定

| シンボル | レジスタ名 | 機能 | R/W |
|------|---------------|---------|-----|
| CRAL | 転送カウンタA下位レジスタ | 転送回数を設定 | — |
| CRAH | 転送カウンタA上位レジスタ | | — |

注. 転送モードによって機能が異なります。

注. リピート転送モードとブロック転送モードでは、CRAH および CRAL レジスタには同じ値を設定してください。

CRA レジスタは、CPU から直接アクセスすることはできません。CPU は SRAM 領域 (転送情報 (n) の開始アドレス + 0Eh) にアクセス可能なので、DTC によって CRA レジスタから (および CRA レジスタへ) 自動的に転送情報が転送されます。18.3.1 転送情報の配置と DTC ベクタテーブルを参照してください。

(1) ノーマル転送モード (MRA.MD[1:0] ビット = 00b) の場合

ノーマル転送モードでは、CRA レジスタは 16 ビットの転送カウンタとして機能します。転送回数は、設定値が 0001h のときは 1 回、FFFFh のときは 65535 回、0000h のときは 65536 回となります。CRA レジスタの値は、データ転送を 1 回行うたびにデクリメント (-1) されます。

(2) リピート転送モード (MRA.MD[1:0] ビット = 01b) の場合

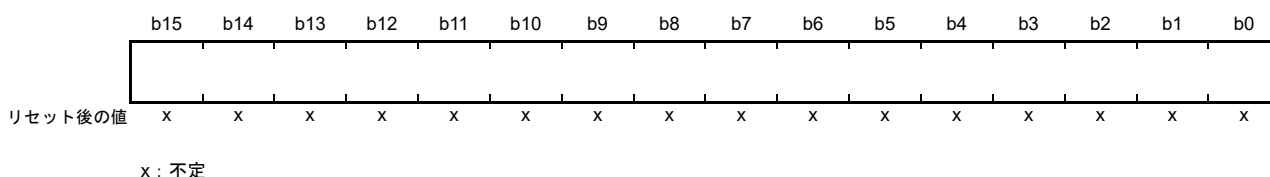
リピート転送モードでは、CRAH レジスタは転送回数を保持し、CRAL レジスタは 8 ビットの転送カウンタとして機能します。転送回数は、設定値が 01h のときは 1 回、FFh のときは 255 回、00h のときは 256 回となります。CRAL レジスタの値は、データ転送を 1 回行うたびにデクリメント (-1) されます。00h に達すると、CRAH レジスタの値が CRAL レジスタへ転送されます。

(3) ブロック転送モード (MRA.MD[1:0] ビット = 10b) の場合

ブロック転送モードでは、CRAH レジスタはブロックサイズを保持し、CRAL レジスタは 8 ビットのブロックサイズカウンタとして機能します。転送回数は、設定値が 01h のときは 1 回、FFh のときは 255 回、00h のときは 256 回となります。CRAL レジスタの値は、データ転送を 1 回行うたびにデクリメント (-1) されます。00h に達すると、CRAH レジスタの値が CRAL レジスタへ転送されます。

18.2.6 DTC 転送カウントレジスタ B (CRB)

アドレス (CPUから直接アクセス不可。18.3.1を参照してください)

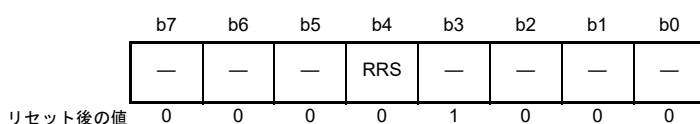


CRB レジスタは、ブロック転送モードのブロック転送回数を指定するレジスタです。転送回数は、設定値が 0001h のときは 1 回、FFFFh のときは 65535 回、0000h のときは 65536 回となります。CRB レジスタの値は、1 ブロックサイズの最終データ転送時にデクリメント (-1) されます。ノーマル転送モードまたはリピート転送モードを選択した場合、CRB レジスタは使用されず、設定値は無視されます。

CRB レジスタは、CPU から直接アクセスすることはできません。CPU は SRAM 領域 (転送情報 (n) の開始アドレス + 0Ch) にアクセス可能なので、DTC によって CRB レジスタから (および CRB レジスタへ) 自動的に転送情報が転送されます。18.3.1 転送情報の配置と DTC ベクタテーブルを参照してください。

18.2.7 DTC コントロールレジスタ (DTCCR)

アドレス DTCCR 4000 5400h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------|-------------------|---|-----|
| b2-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b4 | RRS | DTC 転送情報リードスキップ許可 | 0: 転送情報のリードスキップを行わない 1: ベクタ番号が一致したとき、転送情報のリードスキップを行う | R/W |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

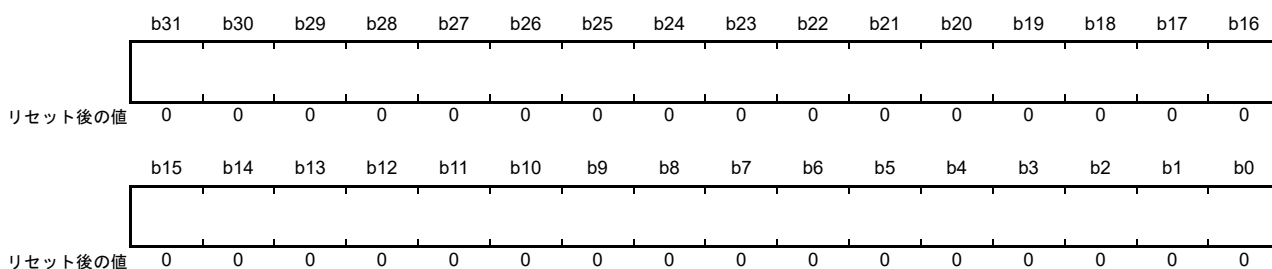
RRS ビット (DTC 転送情報リードスキップ許可)

ベクタ番号が一致したとき、転送情報のリードスキップを許可します。DTC ベクタ番号は、前回起動時のベクタ番号と比較されます。ベクタ番号が一致し、かつ RRS ビットが 1 になっていると、転送情報の読み出しを行わずに DTC のデータ転送が行われます。ただし、前回の転送がチェーン転送のときは、RRS ビットにかかわらず転送情報の読み出しが行われます。

前回の転送がノーマル転送で転送カウンタ (CRA レジスタ) が 0 になっている場合と、ブロック転送で転送カウンタ (CRB レジスタ) が 0 になっている場合も、RRS ビットの値にかかわらず転送情報の読み出しが行われます。

18.2.8 DTC ベクタベースレジスタ (DTCVBR)

アドレス **DTC.DTCVBR 4000 5404h**

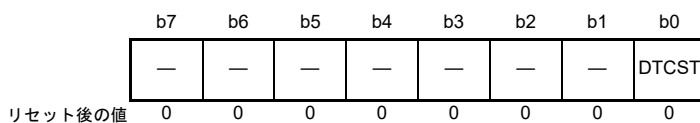


| ビット | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|---------------|------------------------------------|-----|
| b31-b0 | DTCベクタベースアドレス | DTCベクタベースアドレスを設定（下位10ビットは0にしてください） | R/W |

DTCVBR レジスタは、DTC ベクタテーブルのアドレス計算に用いられるベースアドレスを設定するレジスタです。0000 0000h ~ FFFF FFFFh（4G バイト）の範囲内で 1K バイト単位の設定が可能です。

18.2.9 DTC モジュール起動レジスタ (DTCST)

アドレス **DTC.DTCST 4000 540Ch**



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------------|------------|----------------------------------|-----|
| b0 | DTCST | DTCモジュール起動 | 0 : DTCモジュール停止 1 : DTCモジュール動作 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

DTCST ビット (DTC モジュール起動)

DTC が転送要求を受け付けられるようにするには、DTCST ビットを 1 にしてください。DTCST ビットを 0 にすると、新たな転送要求を受け付けません。データ転送中に 0 に書き換えた場合、受け付け済みの転送要求は処理が終了するまで有効です。

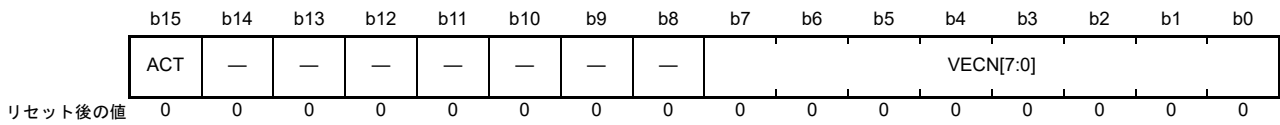
下記の状態またはモードへ遷移する際は、事前に DTCST ビットを 0 にする必要があります。

- モジュールストップ状態
- スリープモードへの遷移を伴わないソフトウェアスタンバイモード

これらの遷移については、[18.10 モジュールストップ機能](#)と「[11. 低消費電力モード](#)」を参照してください。

18.2.10 DTC ステータスレジスタ (DTCSTS)

アドレス DTC.DTCSTS 4000 540Eh



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|-----------|----------------------|---|-----|
| b7-b0 | VECN[7:0] | DTCアクティブベクタ番号 モニタ | DTC転送動作中にその起動要因をベクタ番号で示します。 この値は、DTC転送動作中（ACTフラグが1）の場合にのみ有効 です。 | R |
| b14-b8 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b15 | ACT | DTCアクティブフラグ | 0 : DTC転送動作なし 1 : DTC転送動作中 | R |

VECN[7:0] ビット (DTC アクティブベクタ番号モニタ)

DTC 転送動作中に、その転送の起動要因をベクタ番号で示します。ACT フラグが 1 (DTC 転送動作中) であれば、読み出された VECN[7:0] の値は有効であり、ACT フラグが 0 (DTC 転送動作なし) であれば、読み出された VECN[7:0] の値は無効です。

ACT フラグ (DTC アクティブフラグ)

DTC の転送動作状態を示します。

[1 になる条件]

- 転送要求によって DTC が起動したとき

[0 になる条件]

- 転送要求に対する DTC の転送が完了したとき

18.3 起動要因

DTC は割り込み要求によって起動します。ICU.IELSRn.DTCE ビットを 1 にすると、対応する割り込みによって DTC が起動します。ICU.IELSRn に設定されたセクタ出力番号 n ($n=0 \sim 31$) は、割り込みベクタ番号として定義されます。「14. 割り込みコントローラユニット (ICU)」の表 14.4 イベントテーブルに示すように、許可された割り込みに対して、各割り込みベクタ番号 n に対応した特定の DTC 割り込み要因が、ICU.IELSRn.IELS[7:0] ($n=0 \sim 31$) によって選択されます。ソフトウェアによる起動については、19.2.2 イベントリンクソフトウェアイベント発生レジスタ n (ELSEGRn) ($n=0, 1$) を参照してください。

割り込みベクタ番号は DTC ベクタテーブル番号と同等です。DTC が起動要求を受け付けると、その要求に対する転送が終了するまで、新たな起動要求は優先順位にかかわらず受け付けません。DMAC または DTC 転送中に複数の起動要求が発生した場合、転送の終了時点で最も優先順位の高い要求が受け付けられます。DTC モジュール起動ビット (DTCST.DTCST) が 0 の状態で、複数の起動要求が発生した場合、DTC は、その後 DTCST.DTCST が 1 になったときに最も優先順位の高い要求を受け付けます。割り込みベクタ番号が小さいほど優先順位は高くなります。

1 回のデータ転送開始時 (チェーン転送の場合、連続した最後の転送時)、DTC は以下のように動作します。

- 指定した回数のデータ転送が終了すると、ICU.IELSRn.DTCE ビットが 0 になり、CPU に対して割り込み要求が送信される
- MRB.DISEL ビットが 1 の場合、データ転送完了時に CPU に対して割り込み要求が送信される
- 上記のいずれでもない場合、起動要因となった ICU.IELSRn.IR ビットはデータ転送開始時に 0 になる

18.3.1 転送情報の配置と DTC ベクタテーブル

DTC は、起動要因ごとにベクタテーブルから転送情報の開始アドレスを読み出して、このアドレスから始まる転送情報を読み出します。

ベクタテーブルのベースアドレス (開始アドレス) は、下位 10 ビットが 0 になるように配置する必要があります。DTC ベクタベースレジスタ (DTCVBR) を用いて、DTC ベクタテーブルのベースアドレスを設定してください。転送情報は SRAM 領域に配置します。SRAM 領域では、ベクタ番号 n を持つ転送情報 (n) の開始アドレスは、ベクタテーブルのベースアドレス + $4n$ 番地でなければいけません。

DTC ベクタテーブルと転送情報の対応関係を図 18.2 に示します。SRAM 領域上の転送情報の配置を図 18.3 に示します。

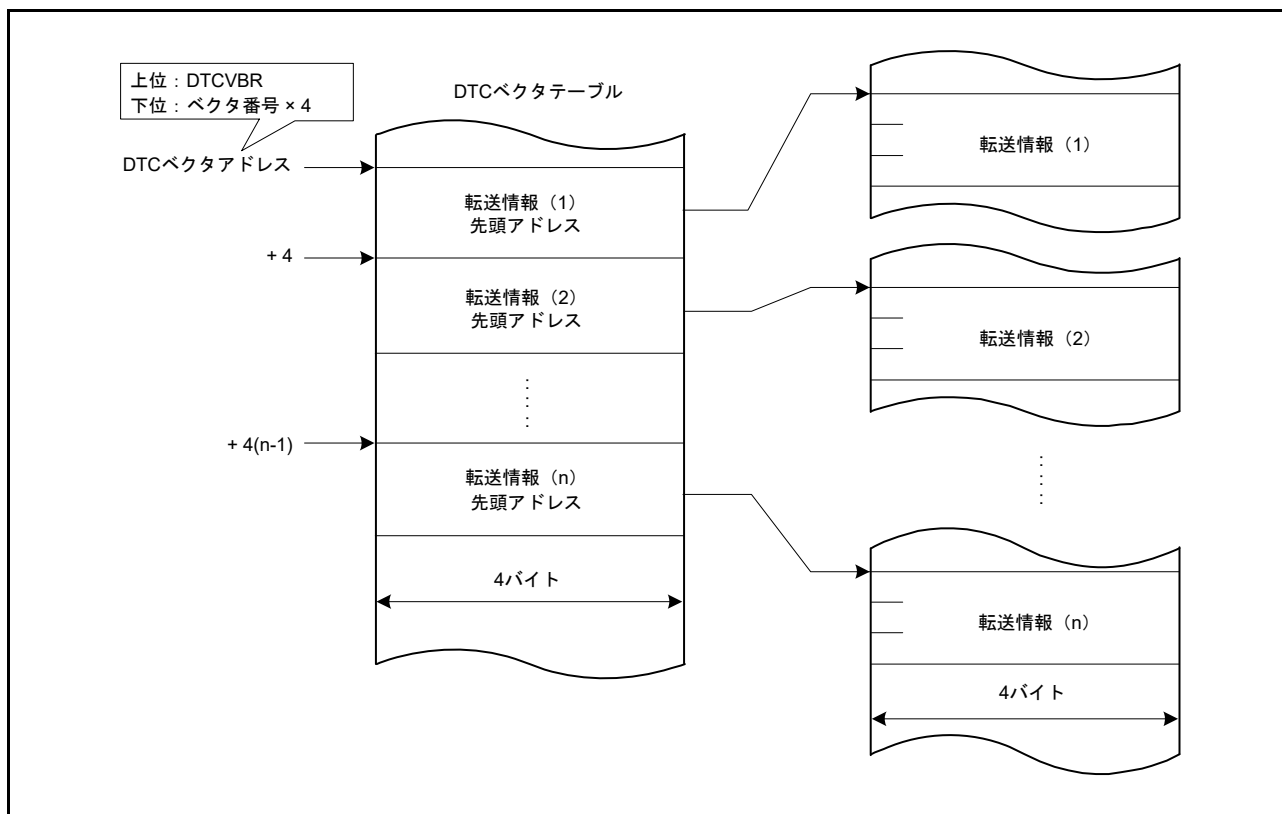


図 18.2 DTC ベクタテーブルと転送情報の対応関係

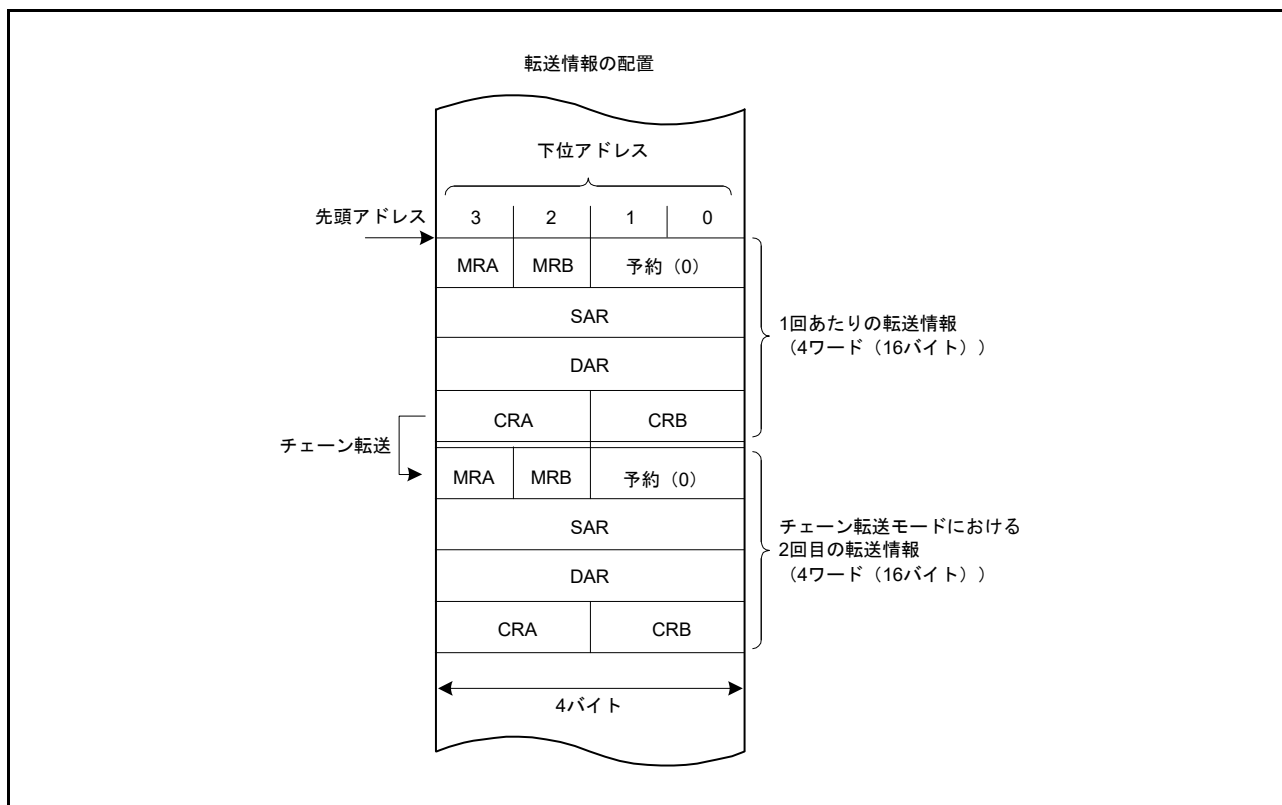


図 18.3 SRAM 領域上の転送情報の配置

18.4 動作説明

DTC は、転送情報に従ってデータを転送します。DTC を動作させるには、あらかじめ転送情報を SRAM 領域に格納しておく必要があります。DTC が起動すると、DTC はベクタ番号に対応する DTC ベクタを読み出します。次に DTC は、DTC ベクタが示す転送情報格納アドレスから転送情報を読み出して、データ転送を行います。データ転送後に、DTC は転送情報のライトバックを行います。転送情報を SRAM 領域に格納することで、任意のチャンネル数のデータ転送が可能になります。

転送モードには、下記の 3 種類があります。

- ノーマル転送モード
- リピート転送モード
- ブロック転送モード

DTC は転送元アドレスを SAR レジスタ、転送先アドレスを DAR レジスタで指定します。これらのレジスタ値は、データの転送後、それぞれ個別にインクリメント、デクリメント、あるいはアドレス固定されます。

DTC の転送モードを表 18.2 に示します。

表 18.2 DTC の転送モード

| 転送モード | 1回の転送要求で転送可能なデータサイズ | メモリアドレスの増減 | 指定可能な転送回数 |
|-------------------|--|------------------------------------|-------------|
| ノーマル転送モード | 1バイト (8ビット)、1ハーフワード (16ビット)、または1ワード (32ビット) | 1、2、4ずつインクリメントまたはデクリメント、あるいはアドレス固定 | 1～65536回 |
| リピート転送モード (注1) | 1バイト (8ビット)、1ハーフワード (16ビット)、または1ワード (32ビット) | 1、2、4ずつインクリメントまたはデクリメント、あるいはアドレス固定 | 1～256回 (注3) |
| ブロック転送モード (注2) | CRAHレジスタで指定したブロックサイズ (1～256バイト、1～256ハーフワード (2～512バイト)、または1～256ワード (4～1024バイト)) | 1、2、4ずつインクリメントまたはデクリメント、あるいはアドレス固定 | 1～65536回 |

- 注 1. 転送元または転送先のいずれかをリピート領域に設定します。
 注 2. 転送元または転送先のいずれかをブロック領域に設定します。
 注 3. 指定回数の転送終了後は、初期状態を回復し動作を再開します。

MRB.CHNE ビットを 1 にすると、1 つの起動要因で複数転送またはチェーン転送が可能です。指定されたデータ転送終了時にチェーン転送を行う設定も可能です。

DTC の動作フローを図 18.4 に示します。チェーン転送の条件を表 18.3 に示します。この表では、2 番目以降の転送に対する制御情報の組み合わせは省略されています。

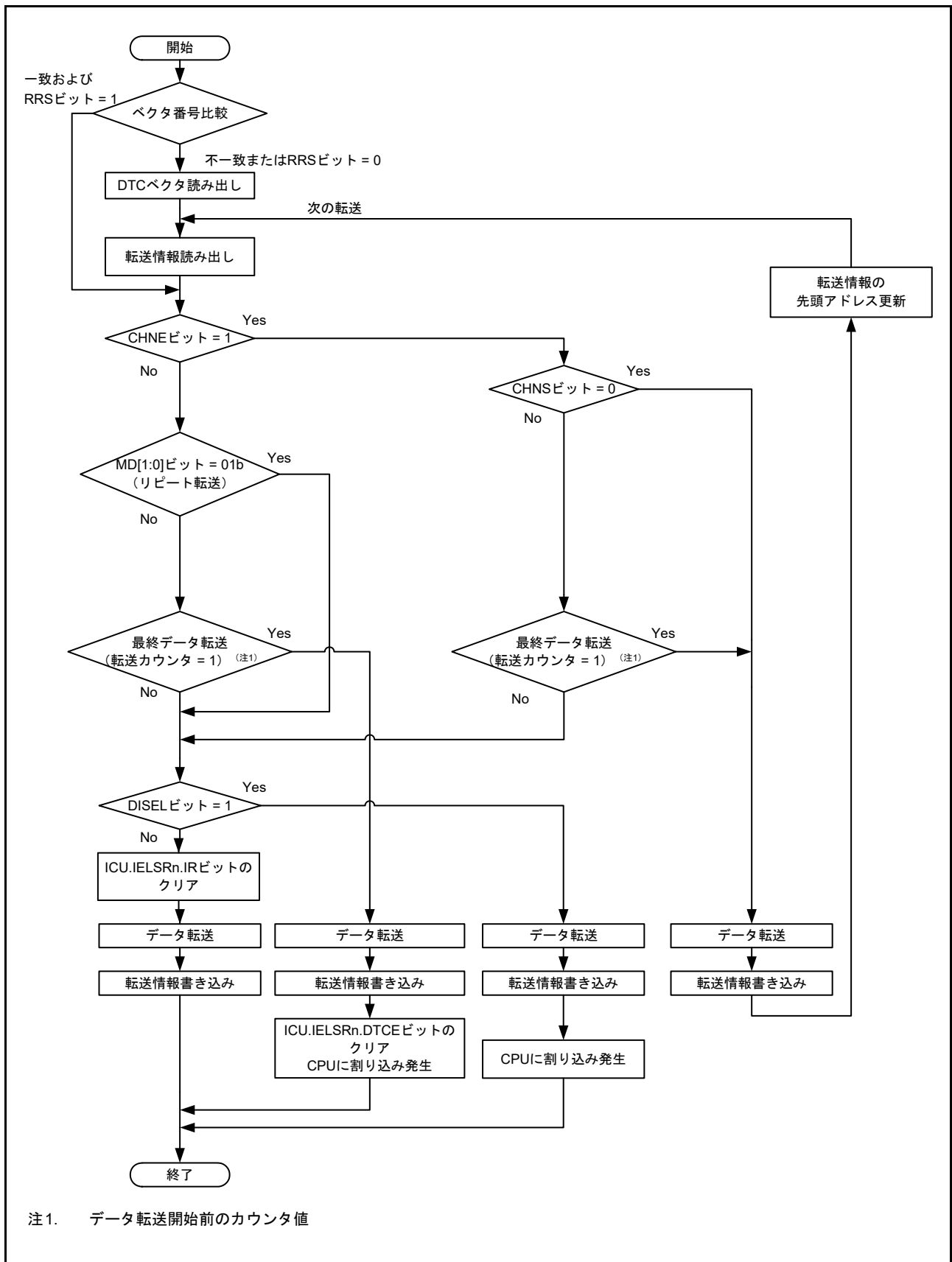


図 18.4 DTC の動作フロー

表 18.3 チェーン転送の条件

| 第1転送 | | | | 第2転送 (注3) | | | | DTC 転送 |
|-------------|-------------|--------------|---------------------|-------------|-------------|--------------|---------------------|------------------------|
| CHNE ビット | CHNS ビット | DISEL ビット | 転送カウンタ (注1) (注2) | CHNE ビット | CHNS ビット | DISEL ビット | 転送カウンタ (注1) (注2) | |
| 0 | — | 0 | (1→0) 以外 | — | — | — | — | 第1転送で終了 |
| 0 | — | 0 | (1→0) | — | — | — | — | 第1転送で終了しCPU へ割り込み要求 |
| 0 | — | 1 | — | — | — | — | — | |
| 1 | 0 | — | — | 0 | — | 0 | (1→0) 以外 | 第2転送で終了 |
| | | | | 0 | — | 0 | (1→0) | 第2転送で終了しCPU へ割り込み要求 |
| | | | | 0 | — | 1 | — | |
| 1 | 1 | 0 | (1→*) 以外 | — | — | — | — | 第1転送で終了 |
| 1 | 1 | — | (1→*) | 0 | — | 0 | (1→0) 以外 | 第2転送で終了 |
| | | | | 0 | — | 0 | (1→0) | 第2転送で終了しCPU へ割り込み要求 |
| | | | | 0 | — | 1 | — | |
| 1 | 1 | 1 | (1→*) 以外 | — | — | — | — | 第1転送で終了しCPU へ割り込み要求 |

注 1. 使用する転送カウンタは、以下のように、各転送モードで異なります。

ノーマル転送モード：CRA レジスタ

リピート転送モード：CRAL レジスタ

ブロック転送モード：CRB レジスタ

注 2. 転送終了時のカウンタ動作は以下のとおりです。

ノーマル転送モード、ブロック転送モードでは (1→0)

リピート転送モードでは (1→CRAH)

表中の (1→*) は、モードに応じて、これら両方の動作を表します。

注 3. 2 番目以降の転送に対してチェーン転送の選択が可能です。第 2 転送と CHNE ビットが 1 の組み合わせに対する条件は省略されています。

18.4.1 転送情報のリードスキップ機能

DTCCR.RRS ビットを設定することにより、ベクタアドレスと転送情報の読み出しをスキップできます。DTC 起動要求時に、今回の DTC ベクタ番号と前回起動時の DTC ベクタ番号が比較されます。ベクタ番号が一致し、かつ DTCCR.RRS ビットが 1 になっているときは、ベクタアドレスと転送情報の読み出しを行わずに DTC のデータ転送が行われます。ただし、前回の転送がチェーン転送の場合は、ベクタアドレスと転送情報が読み出されます。また、前回の転送がノーマル転送で、転送カウンタ (CRA レジスタ) が 0 になっている場合、またはブロック転送で転送カウンタ (CRB レジスタ) が 0 になっている場合も、DTCCR.RRS ビットにかかわらず転送情報が読み出されます。転送情報のリードスキップの動作例を図 18.12 に示します。

DTC ベクタテーブルと転送情報を更新する場合は、DTCCR.RRS ビットを 0 にして、DTC ベクタテーブルと転送情報を更新した後、DTCCR.RRS ビットを 1 に戻してください。DTCCR.RRS ビットをいったん 0 にすることによって、格納されていたベクタ番号が破棄されます。次の起動時には、更新された DTC ベクタテーブルと転送情報が読み出されます。

18.4.2 転送情報のライトバックスキップ機能

MRA.SM[1:0] ビットまたは MRB.DM[1:0] ビットを「アドレス固定」に設定すると、転送情報の一部はライトバックされません。転送情報のライトバックスキップ条件と対応するレジスタを表 18.4 に示します。CRA レジスタと CRB レジスタはライトバックされますが、MRA レジスタと MRB レジスタのライトバックはスキップされます。

表 18.4 転送データのライトバックスキップ条件と適用されるレジスタ

| MRA.SM[1:0]ビット | | MRB.DM[1:0]ビット | | SARレジスタ | DARレジスタ |
|----------------|----|----------------|----|---------|---------|
| b3 | b2 | b3 | b2 | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | スキップ | スキップ |
| 0 | 0 | 0 | 1 | | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | スキップ | ライトバック |
| 0 | 0 | 1 | 1 | | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | ライトバック | スキップ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | ライトバック | ライトバック |
| 1 | 0 | 1 | 1 | | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | | |

18.4.3 ノーマル転送モード

ノーマル転送モードでは、1つの起動要因で、1バイト (8ビット)、1ハーフワード (16ビット)、1ワード (32ビット) のデータ転送が可能です。転送回数は1～65536回まで設定できます。転送元アドレスと転送先アドレスは、それぞれ個別に、インクリメント、デクリメント、または固定に設定できます。指定回数の転送が終了すると、CPUへの割り込み要求を発生させることができます。

ノーマル転送モードのレジスタ機能を表 18.5 に、ノーマル転送モードのメモリマップを図 18.5 に示します。

表 18.5 ノーマル転送モードのレジスタ機能

| レジスタ | 機能 | 転送情報のライトバックによって書き戻される値 |
|------|---------|------------------------|
| SAR | 転送元アドレス | インクリメント/デクリメント/固定 (注1) |
| DAR | 転送先アドレス | インクリメント/デクリメント/固定 (注1) |
| CRA | 転送カウンタA | CRA - 1 |
| CRB | 転送カウンタB | 更新なし |

注1. アドレス固定のとき、ライトバックはスキップされます。

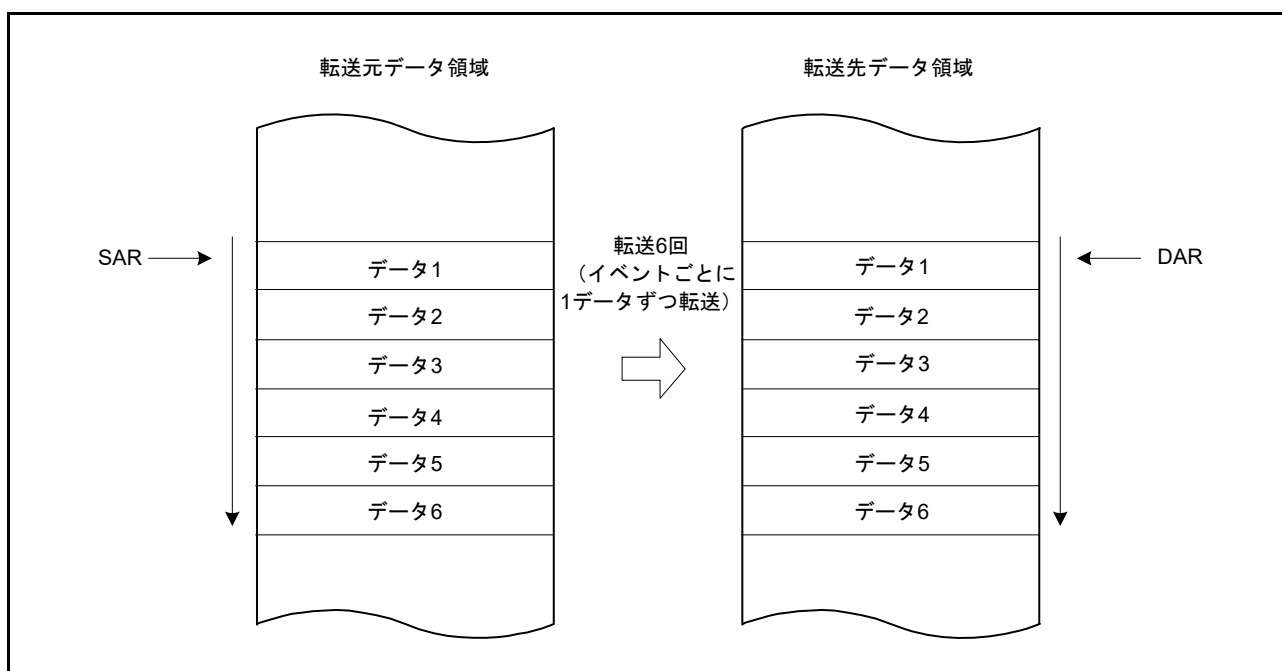


図 18.5 ノーマル転送モードのメモリマップ (MRA.SM[1:0] = 10b, MRB.DM[1:0] = 10b, CRA = 0006h)

18.4.4 リピート転送モード

このモードでは、1つの起動要因で、1バイト (8ビット)、1ハーフワード (16ビット)、または1ワード (32ビット) のデータ転送が可能です。MRB.DTS ビットで、転送元と転送先のいずれかをリピート領域に指定する必要があります。転送回数は1~256回まで設定できます。指定回数の転送が終了すると、リピート領域に設定された方のアドレスレジスタは初期値に戻り、転送カウンタも初期値に戻ります。そして転送が繰り返されます。他方のアドレスレジスタは、連続してインクリメントまたはデクリメントされるか、あるいはアドレス固定になります。

リピート転送モードでは、転送カウンタ (CRAL レジスタ) が 00h になると、CRAL レジスタの値は CRAH レジスタで設定した値に更新されます。このため、転送カウンタが 00h にならないので、MRB.DISEL ビットが 0 になっていると、CPU への割り込み要求は禁止されます。指定されたデータ転送が終了したとき、CPU への割り込みが発生します。

リピート転送モードのレジスタ機能を表 18.6 に、リピート転送モードのメモリマップを図 18.6 に示します。

表 18.6 リピート転送モードのレジスタ機能

| レジスタ | 機能 | 転送情報のライトバックによって書き戻される値 | |
|------|----------|------------------------|---|
| | | CRALが1以外のとき | CRALが1のとき |
| SAR | 転送元アドレス | インクリメント/デクリメント/固定 (注1) | <ul style="list-style-type: none"> MRB.DTSビット=0のとき インクリメント、デクリメント、固定 (注1) MRB.DTSビット=1のとき SARレジスタの初期値 |
| DAR | 転送先アドレス | インクリメント/デクリメント/固定 (注1) | <ul style="list-style-type: none"> MRB.DTSビット=0のとき DARレジスタの初期値 MRB.DTSビット=1のとき インクリメント、デクリメント、固定 (注1) |
| CRAH | 転送カウンタ保持 | CRAH | CRAH |
| CRAL | 転送カウンタA | CRAL - 1 | CRAH |
| CRB | 転送カウンタB | 更新なし | 更新なし |

注 1. アドレス固定のとき、ライトバックはスキップされます。

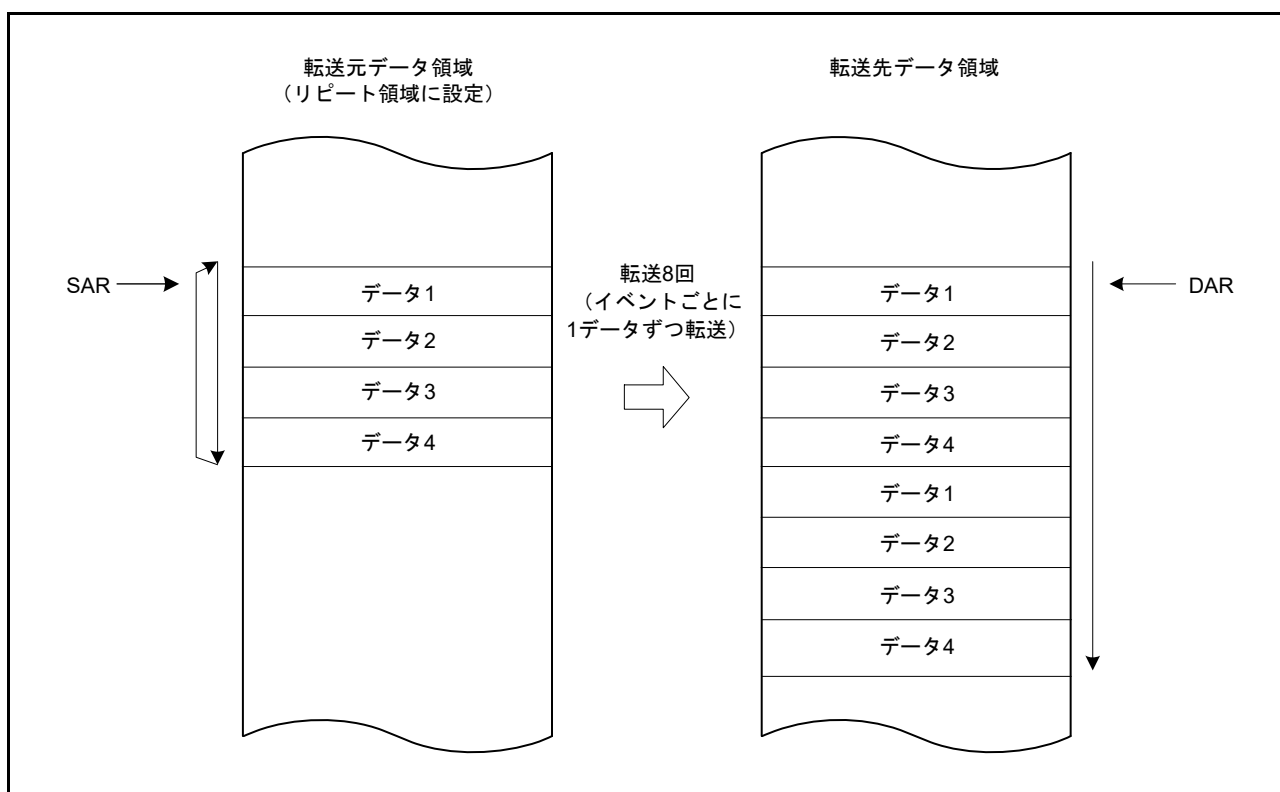


図 18.6 リピート転送モードのメモリマップ (転送元をリピート領域に設定した場合) (MRA.SM[1:0] = 10b, MRB.DM[1:0] = 10b, CRAH = 04h)

18.4.5 ブロック転送モード

このモードでは、1つの起動要因で1ブロックのデータ転送が可能です。MRB.DTS ビットで、転送元と転送先のいずれかをブロック領域に指定する必要があります。ブロックサイズは、1～256 バイト、1～256 ハーフワード (2～512 バイト)、または1～256 ワード (4～1024 バイト) に設定できます。指定された1ブロックの転送が終了すると、ブロックサイズカウンタ (CRAL レジスタ) と、ブロック領域に指定したアドレスレジスタ (MRB.DTS ビットが1のとき SAR レジスタ、DTS ビットが0のとき DAR レジスタ) は初期値に戻ります。他方のアドレスレジスタは、連続してインクリメントまたはデクリメントされるか、あるいはアドレス固定になります。

転送回数 (ブロック数) は、1～65536 まで指定可能です。指定回数 of ブロック転送が終了すると、CPU への割り込み要求を発生させることができます。

ブロック転送モードのレジスタ機能を表 18.7 に、ブロック転送モードのメモリマップを図 18.7 に示します。

表 18.7 ブロック転送モードのレジスタ機能

| レジスタ | 機能 | 転送情報のライトバックによって書き戻される値 |
|------|--------------|---|
| SAR | 転送元アドレス | <ul style="list-style-type: none"> • MRB.DTSビット=0のとき インクリメント/デクリメント/固定 (注1) • MRB.DTSビット=1のとき SARレジスタの初期値 |
| DAR | 転送先アドレス | <ul style="list-style-type: none"> • MRB.DTSビット=0のとき DARレジスタの初期値 • MRB.DTSビット=1のとき インクリメント/デクリメント/固定 (注1) |
| CRAH | ブロックサイズ保持 | CRAH |
| CRAL | ブロックサイズカウンタ | CRAH |
| CRB | ブロック転送回数カウンタ | CRB - 1 |

注 1. アドレス固定のとき、ライトバックはスキップされます。

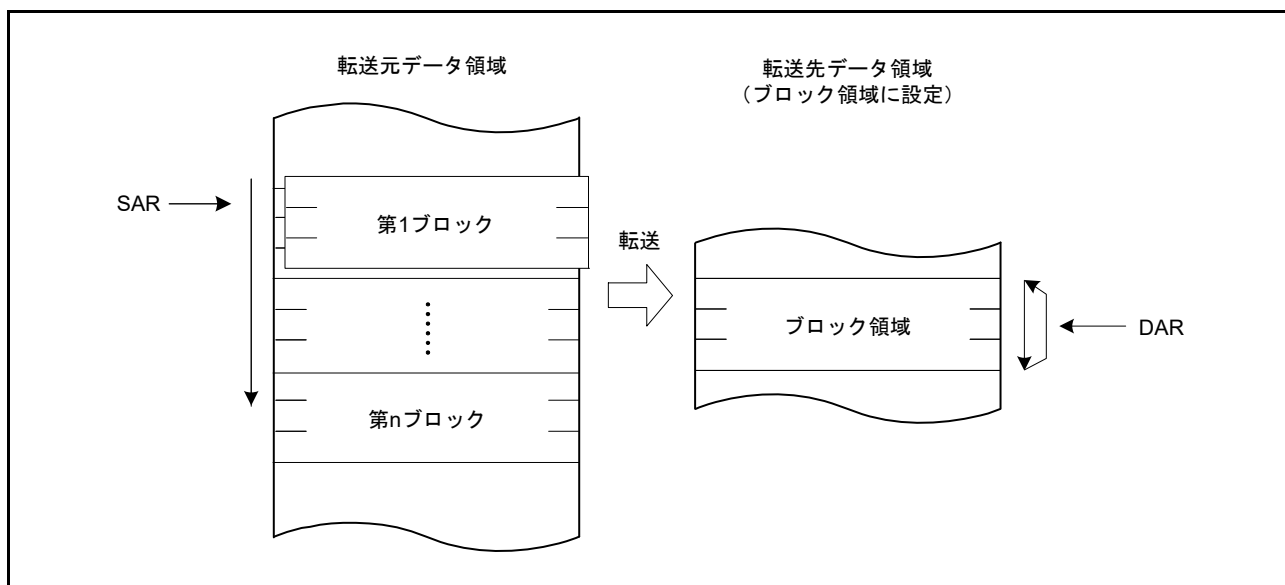


図 18.7 ブロック転送モードのメモリマップ

18.4.6 チェーン転送

MRB.CHNE ビットを1にすると、1つの起動要因で複数のデータ転送を連続して行うチェーン転送が可能になります。MRB.CHNE ビットを1にして、MRB.CHNS ビットを0にした場合は、指定した転送回数の終了によるCPUへの割り込み要求も、MRB.DISEL ビット=1によるCPUへの割り込み要求も発生しません。割り込み要求は、DTCデータ転送のたびにCPUに送信されます。データ転送が、起動要因のICU.IELSRn.IR ビットに影響を与えることはありません。

データ転送を定義するためのSAR、DAR、CRA、CRB、MRA、およびMRBレジスタは、それぞれ個別に設定可能です。図18.8にチェーン転送の動作を示します。

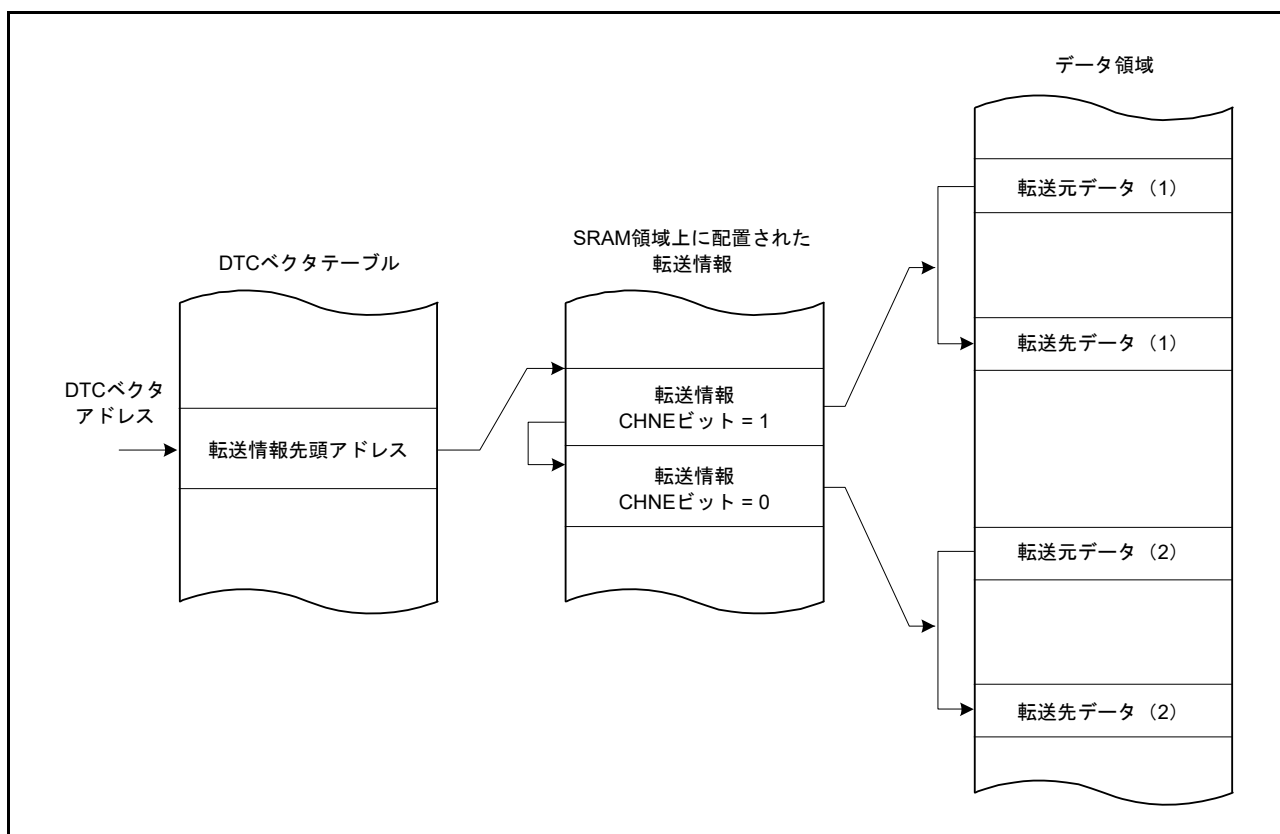


図 18.8 チェーン転送の動作

MRB.CHNE ビットと MRB.CHNS ビットを1にした場合、指定されたデータ転送終了時にのみチェーン転送を行います。リピート転送モードでも、指定されたデータ転送の終了時にチェーン転送が実行されます。チェーン転送の条件については、表 18.3 [チェーン転送の条件](#)を参照してください。

18.4.7 動作タイミング

図 18.9 ~ 図 18.12 に示すタイミング図は、最小実行サイクル数を示しています。

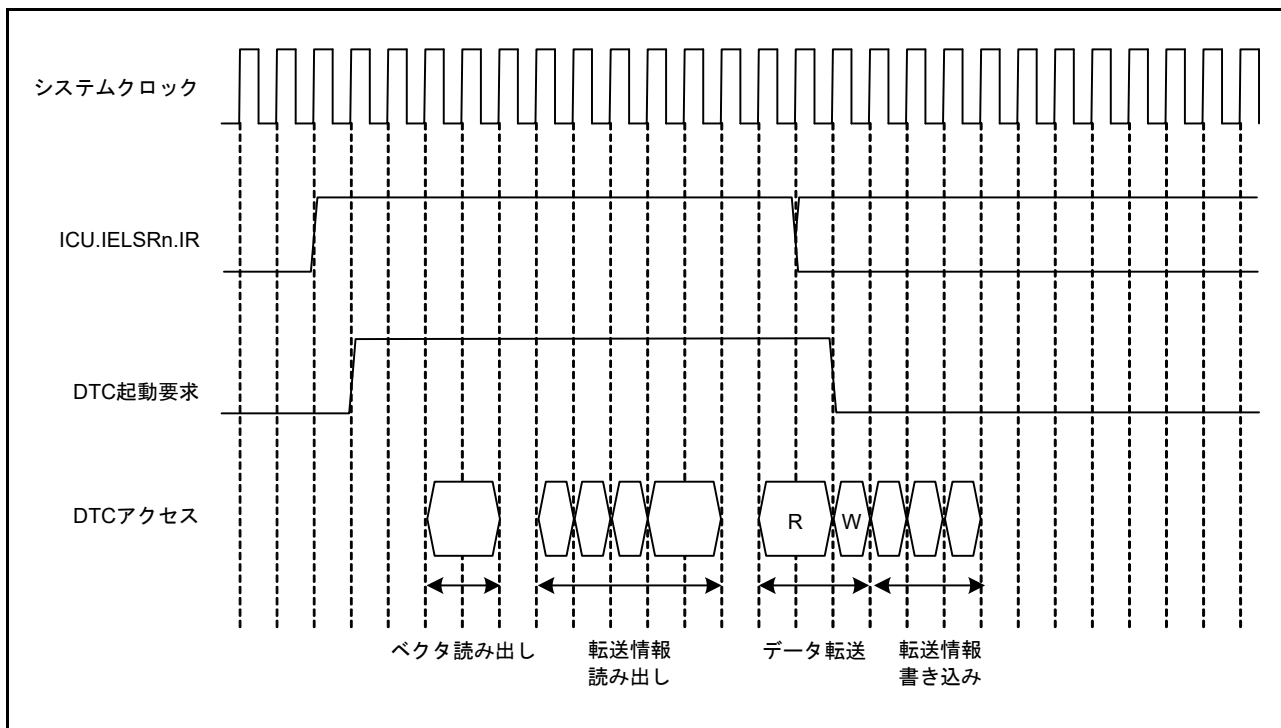


図 18.9 DTC 動作タイミング例 1 (ノーマル転送モードおよびリピート転送モードの場合)

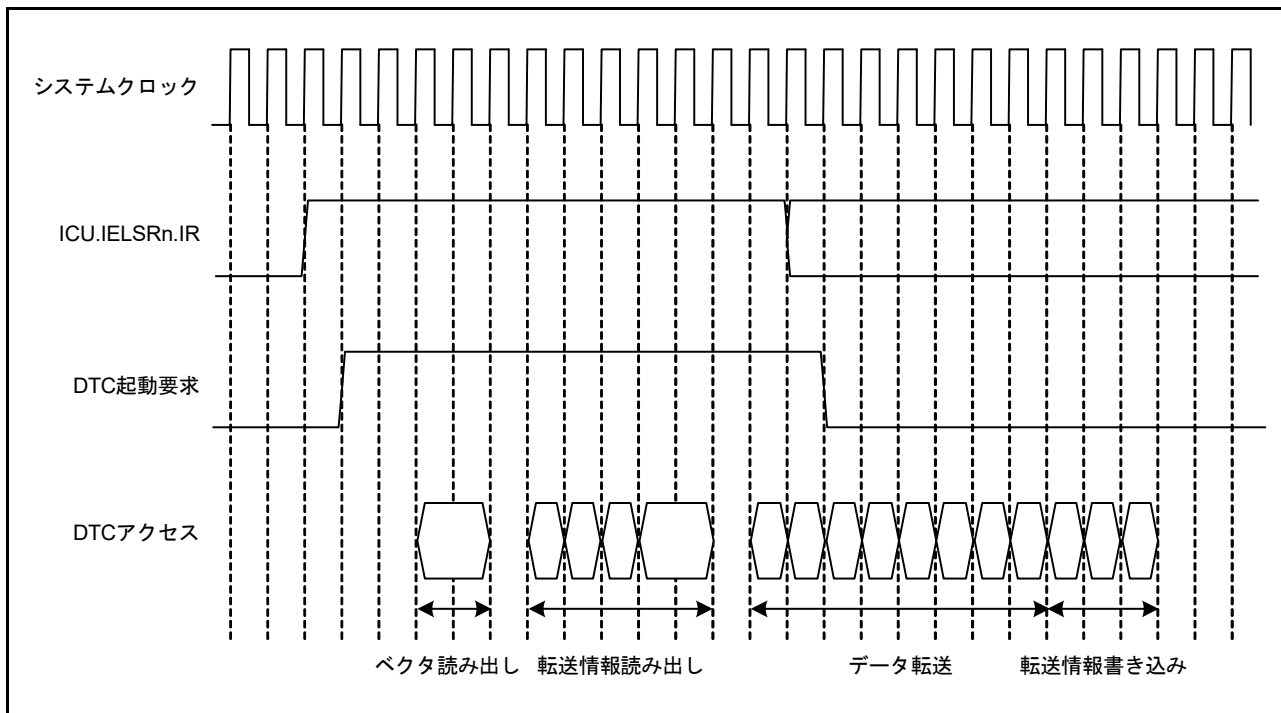


図 18.10 DTC 動作タイミング例 2 (ブロック転送モードでブロックサイズ = 4 の場合)

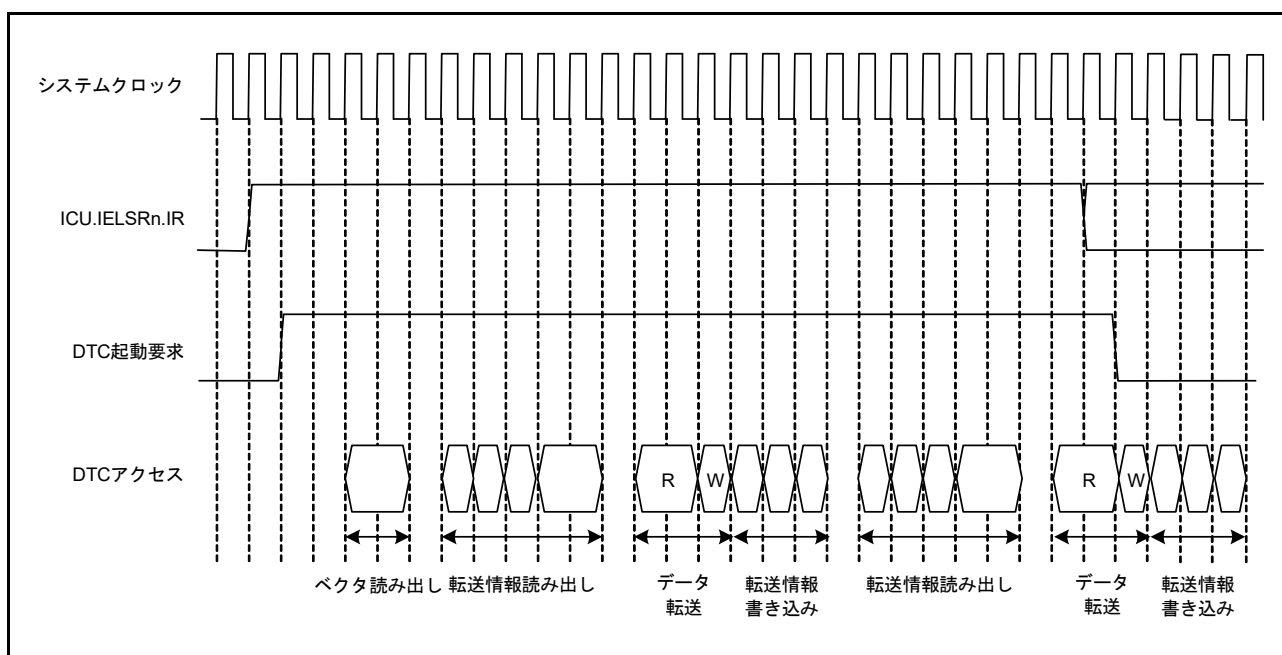


図 18.11 DTC 動作タイミング例 3 (チェーン転送の場合)

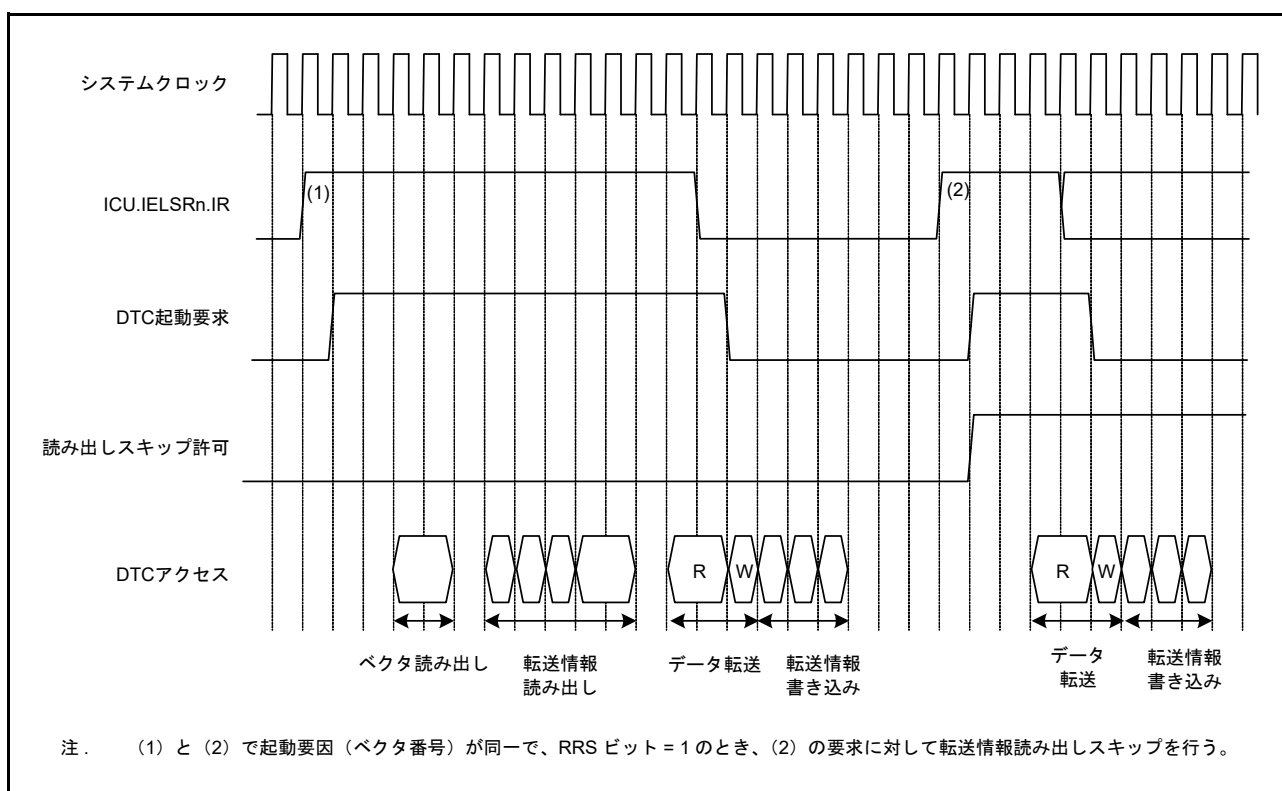


図 18.12 転送情報の読み取りスキップ時の動作例 (ベクタ、転送情報、転送先データが SRAM にあり、転送元データが周辺モジュールにある場合)

18.4.8 DTC の実行サイクル

DTC の 1 回のデータ転送の実行サイクルを表 18.8 に示します。

各実行状態の順序については、18.4.7 動作タイミングを参照してください。

表 18.8 DTC の実行サイクル

| 転送モード | ベクタ読み出し | | 転送情報読み出し | | 転送情報書き込み | | | データ転送 | | 内部動作 | |
|--------------|----------|--------|-------------------|--------|---------------------------|---------------------------|-----------|---------------|---------------|------|--------|
| | $Cv + 1$ | 0 (注1) | $4 \times Ci + 1$ | 0 (注1) | $3 \times Ci + 1$ (注2) | $2 \times Ci + 1$ (注3) | Ci (注4) | 読み出し | 書き込み | | |
| ノーマル | | | | | | | | $Cr + 1$ | $Cw + 1$ | 2 | 0 (注1) |
| リポート | | | | | | | | $Cr + 1$ | $Cw + 1$ | | |
| ブロック (注5) | | | | | | | | $P \times Cr$ | $P \times Cw$ | | |

注 1. 転送情報がリードスキップされる場合

注 2. SAR レジスタと DAR レジスタがともにアドレス固定でない場合

注 3. SAR レジスタと DAR レジスタのいずれかがアドレス固定の場合

注 4. SAR レジスタと DAR レジスタがともにアドレス固定の場合

注 5. ブロックサイズが 2 以上の場合。ブロックサイズが 1 の場合は、ノーマル転送のサイクル数となります。

P: ブロックサイズ (CRAH および CRAL レジスタの初期設定値)

Cv: ベクタ転送情報格納先へのアクセスサイクル

Ci: 転送情報格納先アドレスへのアクセスサイクル

Cr: データリード先へのアクセスサイクル

Cw: データライト先へのアクセスサイクル

ベクタ読み出し、転送情報読み出し、データ転送読み出しの各列に記載の + 1 の単位と、内部動作の列に記載の 2 の単位は、いずれもシステムクロック (ICLK) です。

Cv、Ci、Cr、Cw は対応するアクセス先で異なります。それぞれのアクセス先に対するサイクル数については、「42. SRAM」、「43. フラッシュメモリ」および「15. バス」を参照してください。

システムクロックと周辺クロックの周波数比も考慮されています。

DTC の応答時間は、DTC の起動要因が検出されてから DTC 転送が始まるまでの時間です。

この表には、DTC の起動要因がアクティブになってから DTC データ転送が始まるまでの時間は含まれていません。

18.4.9 DTC のバス権解放タイミング

DTC は、転送情報の読み出し中はバス権を解放しません。転送情報の読み出しや書き込みが実施される前に、バスマスタ調停部によって決定された優先順位に従ってバス調停が行われます。バス調停については、「15. バス」を参照してください。

18.5 DTC の設定手順

DTC を使用する前に、DTC ベクタベースレジスタ (DTCVBR) を設定してください。図 18.13 に、DTC の設定手順を示します。

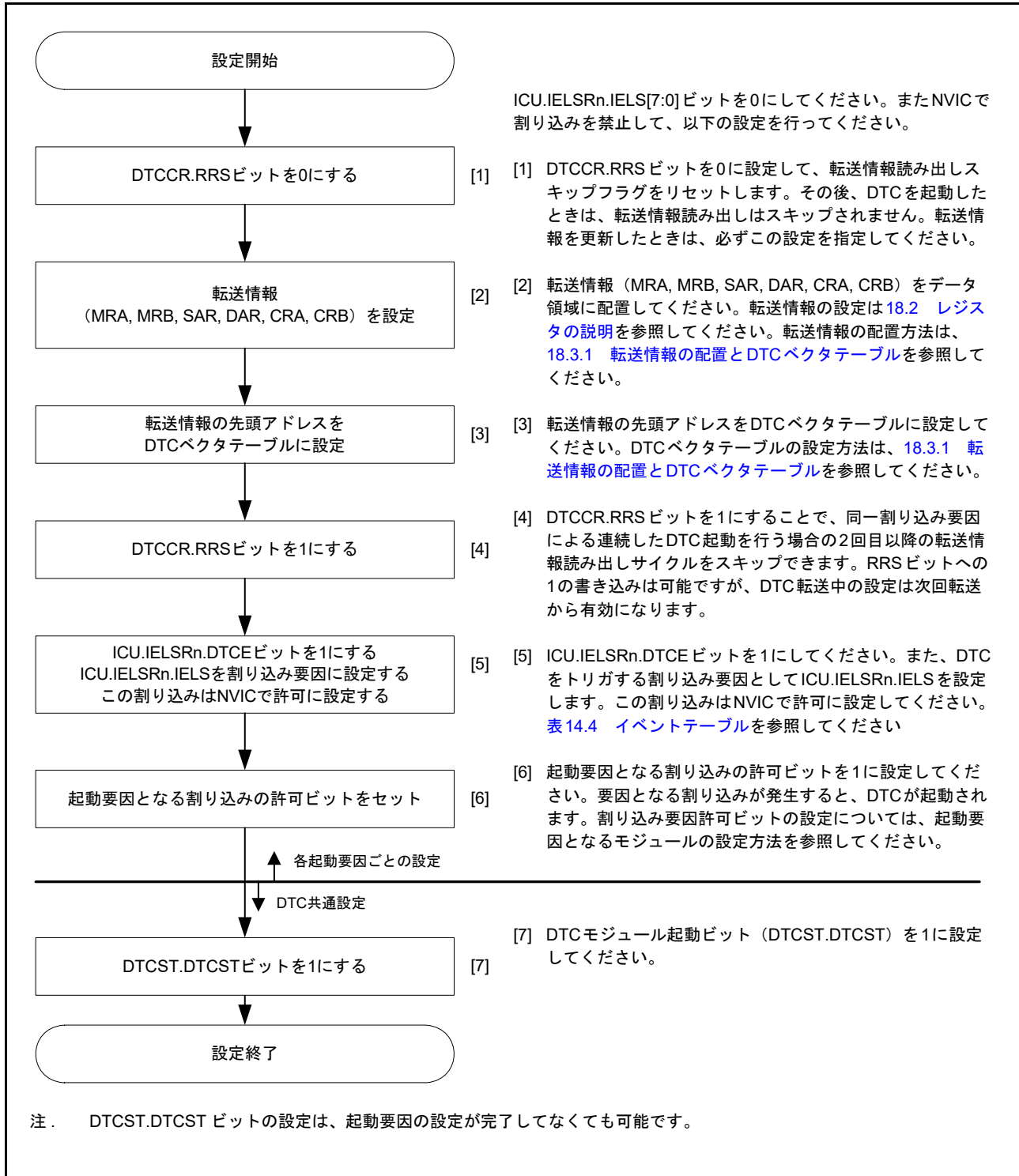


図 18.13 DTC の設定手順

18.6 DTC の使用例

18.6.1 ノーマル転送

ここでは、DTC の使用例として、SCI から 128 バイトのデータ受信を行う場合を示します。

(1) 転送情報の設定

MRA レジスタに、転送元アドレス固定 (MRA.SM[1:0] ビット = 00b)、ノーマル転送モード (MRA.MD[1:0] ビット = 00b)、およびバイト転送 (MRA.SZ[1:0] ビット = 00b) を設定します。MRB レジスタには、転送先アドレスのインクリメント (MRB.DM[1:0] ビット = 10b) と、1 回の割り込みで 1 回のデータ転送 (MRB.CHNE ビット = 0、MRB.DISEL ビット = 0) を設定します。MRB.DTS ビットは任意の値を設定できます。SAR レジスタには SCI の RDR レジスタのアドレス、DAR レジスタにはデータを格納する SRAM 領域の開始アドレス、CRA レジスタには 128 回 (0080h) を設定します。CRB レジスタは任意の値を設定できます。

(2) DTC ベクタテーブルの設定

RXI 割り込み用の転送情報の開始アドレスを、DTC のベクタテーブルに設定します。

(3) ICU の設定と DTC モジュールの起動

ICU.IELSRn.DTCE ビットを 1 にします。また、SCI 割り込みとして ICU.IELSRn.IELS ビットを設定します。この割り込みは NVIC で許可に設定する必要があります。DTCST.DTCST ビットを 1 にします。

(4) SCI の設定

SCI の SCR.RIE ビットを 1 にして RXI 割り込みを許可します。なお、SCI の受信動作中に受信エラーが発生すると、受信が停止します。これに対処するため、CPU が受信エラー割り込みを受け付けられるように設定してください。

(5) DTC 転送

SCI が 1 バイトのデータ受信を完了するごとに RXI 割り込みが発生し、DTC が起動します。DTC によって、受信データが SCI の RDR レジスタから SRAM へ転送され、DAR レジスタのインクリメント、CRA レジスタのデクリメントが行われます。

(6) 割り込み処理

128 回のデータ転送が終了して CRA レジスタが 0 になると、CPU に対する RXI 割り込み要求が発生します。割り込み処理ルーチンで終了処理を行ってください。

18.6.2 チェーン転送

ここでは、DTCのチェーン転送の例として、汎用PWMタイマ (GPT) によってパルスを出力する場合を示します。チェーン転送を利用して、PWMタイマのコンペア値を転送し、GPT用PWMタイマの周期を変更することが可能です。

チェーン転送の最初の転送には、GPTm.GTCCRCレジスタ ($m = 320 \sim 323, 164, 165, 168$) への転送用にノーマル転送モードを指定します。チェーン転送の2番目の転送には、GPTm.GTCCREレジスタへの転送用にノーマル転送モードを指定します。チェーン転送の3番目の転送には、GPTm.GTPBRレジスタへの転送用にノーマル転送モードを指定します。これは、起動要因のクリアや指定回数の転送終了時の割り込み発生が、チェーン転送の3番目の転送、すなわちMRB.CHNEビット=0のときの転送にのみ行われるからです。

以下の例では、DTCの起動要因として、GPT320.GTPRレジスタによるカウンタオーバーフロー割り込みの使用方法を説明します。

(1) 第1転送情報の設定

GPT320.GTCCRCレジスタへの転送を設定します。

1. MRAレジスタで、転送元アドレスのインクリメント (MRA.SM[1:0] ビット = 10b) を選択します。
2. ノーマル転送モード (MRA.MD[1:0] ビット = 00b) と、ワード転送 (MRA.SZ[1:0] ビット = 10b) を設定します。
3. MRBレジスタで、転送先アドレスの固定 (MRB.DM[1:0] ビット = 00b) を選択し、チェーン転送 (MRB.CHNE ビット = 1、MRB.CHNS ビット = 0) を設定します。
4. SARレジスタにデータテーブルの先頭アドレスを設定します。
5. DARレジスタにGPT320.GTCCRCレジスタのアドレスを設定します。
6. CRAHおよびCRALレジスタにデータテーブルのサイズを設定します。CRBレジスタは任意の値を設定できます。

(2) 第2転送情報の設定

GPT320.GTCCREレジスタへの転送を設定します。

1. MRAレジスタで、転送元アドレスのインクリメント (MRA.SM[1:0] ビット = 10b) を選択します。
2. ノーマル転送モード (MRA.MD[1:0] ビット = 00b) と、ワード転送 (MRA.SZ[1:0] ビット = 10b) を設定します。
3. MRBレジスタで、転送先アドレスの固定 (MRB.DM[1:0] ビット = 00b) を選択し、チェーン転送 (MRB.CHNE ビット = 1、MRB.CHNS ビット = 0) を設定します。
4. SARレジスタにデータテーブルの先頭アドレスを設定します。
5. DARレジスタにGPT320.GTCCREレジスタのアドレスを設定します。
6. CRAHおよびCRALレジスタにデータテーブルのサイズを設定します。CRBレジスタは任意の値を設定できます。

(3) 第3転送情報の設定

GPT320.GTPBRレジスタへの転送を設定します。

1. MRAレジスタで、転送元アドレスのインクリメント (MRA.SM[1:0] ビット = 10b) を選択します。
2. ノーマル転送モード (MRA.MD[1:0] ビット = 00b) と、ワード転送 (MRA.SZ[1:0] ビット = 10b) を設定します。
3. MRBレジスタで、転送先アドレスの固定 (MRB.DM[1:0] ビット = 00b) を選択し、1回の割り込みで1回のデータ転送 (MRB.CHNE ビット = 0、MRB.DISEL ビット = 0) を設定します。MRB.DTS ビットは、任意の値を設定できます。
4. SARレジスタにデータテーブルの先頭アドレスを設定します。
5. DARレジスタにGPT320.GTPBRレジスタのアドレスを設定します。

6. CRA レジスタにデータテーブルのサイズを設定します。CRB レジスタは任意の値を設定できます。

(4) 転送情報の配置

GPT320.GTPBR レジスタへの転送で使用する転送情報は、GPT320.GTCCRC レジスタと GPT320.GTCCRE レジスタで使用する転送制御情報のすぐ後に配置します。

(5) DTC ベクタテーブルの設定

DTC ベクタテーブルで、GPT320.GTCCRC レジスタと GPT320.GTCCRE レジスタへの転送で使用する転送制御情報の開始アドレスを設定します。

(6) ICU の設定と DTC モジュールの起動

1. GPT320 カウンタオーバーフロー割り込みに対応する ICU.IELSRn.DTCE ビットを設定します。
2. ICU.IELSRn.IELS[7:0] ビットを 97 (61h) にして、GPT320 カウンタオーバーフローを指定します。
3. DTCST.DTCST ビットを 1 にします。

(7) GPT の設定

1. GTCCRA および GTCCRB レジスタがアウトプットコンペアレジスタとして動作できるように、GPT320.GTIOR レジスタを設定します。
2. GPT320.GTCCRA レジスタと GPT320.GTCCRB レジスタには、デフォルトの PWM タイマコンペア値を設定し、GPT320.GTCCRC レジスタと GPT320.GTCCRE レジスタには、次の PWM タイマコンペア値を設定します。
3. GPT320.GTPR レジスタには、デフォルトの PWM タイマ周期を設定し、GPT320.GTPBR レジスタには、次の PWM タイマ周期を設定します。
4. PmnPFS.PDR の出力ビットを 1 にして、PmnPFS.PSEL[4:0] の周辺選択ビットを 00011b にします。

(8) GPT の起動

GPT320.GTSTR.CSTRT ビットを 1 にして、GPT320.GTCNT カウンタのカウント動作を開始します。

(9) DTC 転送

GPT320.GTPR レジスタで GPT320 カウンタオーバーフローが発生するたびに、次の PWM タイマコンペア値が GPT320.GTCCRC レジスタと GPT320.GTCCRE レジスタへ転送されます。また、次の PWM タイマ周期の設定値が GPT320.GTPBR レジスタへ転送されます。

(10) 割り込み処理

指定した回数の転送終了後 (たとえば、GPT 転送用 CRA レジスタの値が 0 になると)、CPU に対して GPT320 カウンタオーバーフロー割り込みが要求されます。割り込み処理ルーチンで終了処理を行ってください。

18.6.3 カウンタ = 0 のときのチェーン転送

第2転送は第1データ転送の転送カウンタが0になったときにだけ実行されます。第1データ転送情報は第2転送が実行されるたびに繰り返し変更されます。チェーン転送によって、256回以上のリピート転送が可能になります。

以下に、128K バイトの入力バッファを構成する例を示します。入力バッファは下位アドレスが0000h から始まるように設定されています。カウンタ=0のときのチェーン転送を図18.14に示します。

1. 第1データ転送のデータ入力用にノーマル転送モードを設定します。以下のように設定してください。
 - a. 転送元アドレス = 固定
 - b. CRAレジスタ = 0000h (65536回)
 - c. MRB.CHNEビット = 1 (チェーン転送許可)
 - d. MRB.CHNSビット = 1 (転送カウンタが0の場合のみチェーン転送を行う)
 - e. MRB.DISELビット = 0 (指定されたデータ転送の終了時、CPUへの割り込み要求が発生)
2. 第1データ転送の転送先アドレスの65536回ごとに、開始アドレスの上位8ビットアドレスを別の領域(フラッシュなど)に用意してください。たとえば、入力バッファを20 0000h ~ 21 FFFFhにする場合は、21hと20hを用意します。
3. 第2データ転送は以下のように設定してください。
 - f. 第1データ転送の転送先アドレスをリセットするため、リピート転送モード(転送元をリピート領域)に設定
 - g. 転送先として、第1転送情報領域のDARレジスタの上位8ビットを指定
 - h. MRB.CHNEビット = 0 (チェーン転送禁止)
 - i. MRB.DISELビット = 0 (指定されたデータ転送の終了時、CPUへの割り込み要求が発生)
 - j. 入力バッファを20 0000h ~ 21 FFFFhにした場合は、転送カウンタ = 2
4. 1回の割り込みで、第1データ転送が65536回実行されます。第1データ転送の転送カウンタが0になると、第2データ転送がスタートします。第1データ転送の転送先アドレスの上位8ビットを21hにしてください。転送先アドレスの下位16ビットおよび第1データ転送の転送カウンタは0000hになっています。
5. 引き続き1回の割り込みで、第1データ転送用に指定された65536回だけ、第1データ転送が実行されます。第1データ転送の転送カウンタが0になると、第2データ転送がスタートします。第1データ転送の転送先アドレスの上位8ビットを20hにしてください。転送先アドレスの下位16ビットおよび第1データ転送の転送カウンタは0000hになっています。
6. 手順4と5が無限に繰り返されます。第2データ転送はリピート転送モードのため、CPUへの割り込み要求は発生しません。

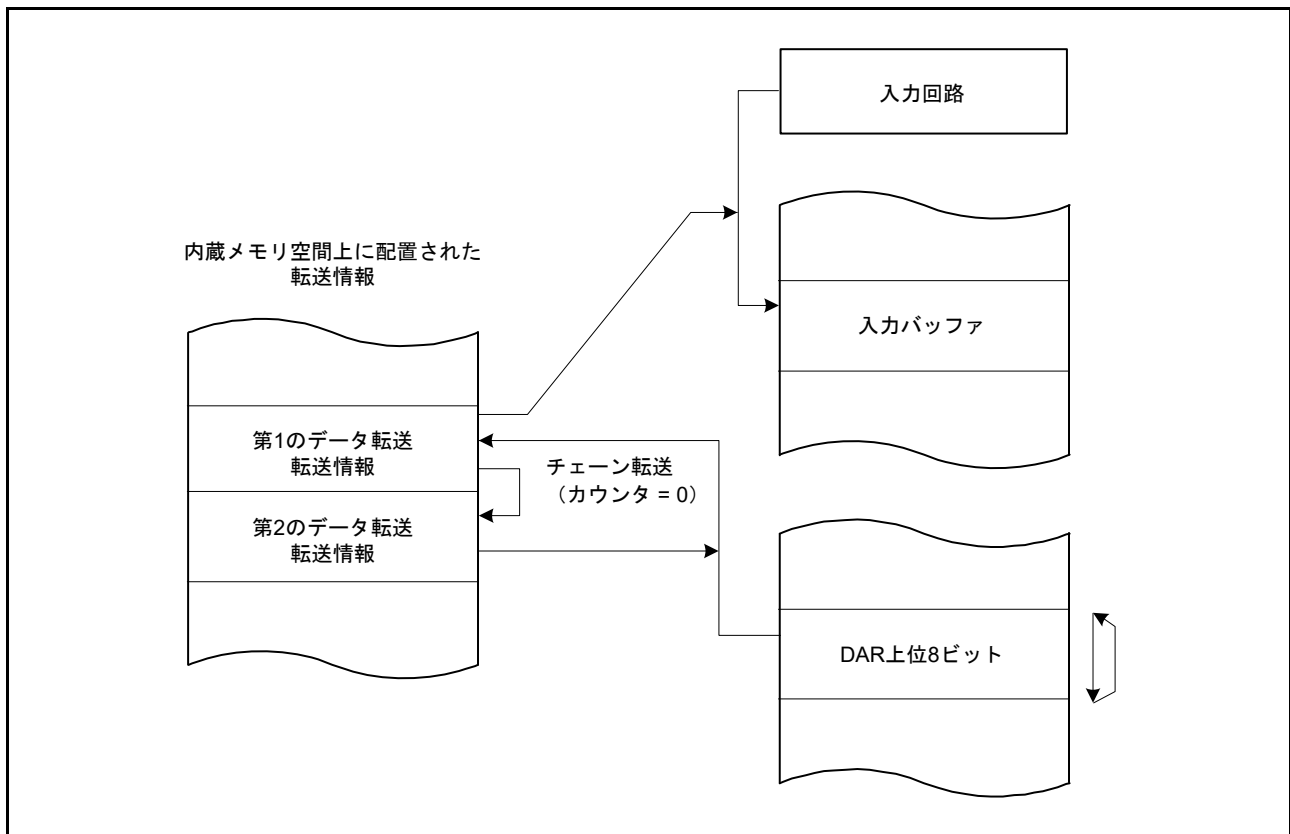


図 18.14 カウンタ = 0 のときのチェーン転送

18.7 割り込み要因

DTC が指定された回数のデータ転送を終了したとき、または MRB.DISEL ビットが 1 の状態でデータ転送が完了したとき、DTC の起動要因によって CPU に対する割り込みが発生します。CPU に対する割り込みは、NVIC および ICU.IELSRn.IELS[7:0] ビットの設定に従って制御されます。「[14. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。

DTC が決定する起動要因の優先順位は、割り込みベクタ番号が小さいほど高くなります。CPU への割り込みの優先順位は、NVIC の優先順位で決定されます。

18.8 イベントリンク

1 転送要求分の転送完了時に、DTC はイベントリンク要求を出力できます。

18.9 スヌーズ制御インタフェース

DTC によってスヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへ復帰させるには、SYSTEM.SNZEDCR.DTCZRED または SYSTEM.SNZEDCR.DTCNZRED を 1 にしてください。[11.8.3 ソフトウェアスタンバイモードへの復帰](#)を参照してください。

SYSTEM.SNZEDCR.DTCZRED は、最後の DTC 送信完了 (CRA と CRB が 0 であることによって検出) 時に、スヌーズ終了要求を許可または禁止にします。

SYSTEM.SNZEDCR.DTCNZRED は、最後以外の DTC 送信完了 (CRA と CRB が 0 以外であることによって検出) 時に、スヌーズ終了要求を許可または禁止にします。

18.10 モジュールストップ機能

モジュールストップ機能へ遷移、またはスヌーズモードへの遷移を伴わないソフトウェアスタンバイモードへ遷移する際は、事前にDTCST.DTCSTビットを0にしてください。その後、本項に示す次の動作を実行してください。SYSTEM.SNZCR.SNZDTCENビットを1にすると、DTCはスヌーズモードでも利用可能です。「11. 低消費電力モード」を参照してください。

(1) モジュールストップ機能

MSTPCRA.MSTPA22ビットに1を書くことによって、DTCのモジュールストップ機能が有効になります。MSTPCRA.MSTPA22ビットに1を書いたときにDTC転送が動作中の場合、DTC転送終了後にモジュールストップ状態へ遷移します。MSTPCRA.MSTPA22ビットが1のときは、DTCのレジスタにアクセスしないでください。

MSTPCRA.MSTPA22ビットに0を書くことで、DTCのモジュールストップ状態が解除されます。

(2) ソフトウェアスタンバイモード

11.7.1 ソフトウェアスタンバイモードへの遷移の手順に従って設定してください。

WFI命令実行時点でDTC転送が動作中の場合、DTC転送が終了してからソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。

ソフトウェアスタンバイモード時に、スヌーズ制御回路がスヌーズ要求を受信すると、MCUはスヌーズモードへ遷移します。**11.8.1 スヌーズモードへの遷移**を参照してください。スヌーズモード時のDTCの動作は、SYSTEM.SNZCR.SNZDTCENビットで選択できます。スヌーズモード時にDTC動作を許可にする場合、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に、DTCST.DTCSTビットを1にしてください。DTCによってソフトウェアスタンバイモードへ復帰させるには、SYSTEM.SNZEDCR.DTCZREDまたはSYSTEM.SNZEDCR.DTCNZREDを1にしてください。**11.8.3 ソフトウェアスタンバイモードへの復帰**を参照してください。ソフトウェアスタンバイモード中はICUからのDTC起動要求は停止しますが、スヌーズモード中は停止しません。

(3) モジュールストップ機能の注意事項

WFI命令とレジスタの設定手順については、「11. 低消費電力モード」を参照してください。

スヌーズモードへ遷移しないで低消費電力モードから復帰した後にDTC転送を行うには、再度DTCST.DTCSTビットを1にしてください。

ソフトウェアスタンバイモード時に発生した要求を、DTC起動要求ではなくCPUへの割り込み要求として使用する場合は、**14.4.2 割り込み要求先の選択**に示すように、割り込み要求先をCPUに切り替えてからWFI命令を実行してください。スヌーズモード時にDTC動作を許可する場合、DTCのモジュールストップ機能を使用しないでください。

18.11 使用上の注意事項

18.11.1 転送情報の開始アドレス

ベクタテーブルに指定する転送情報の開始アドレスは4n番地でなければいけません。4n番地以外を指定すると、アドレスの最下位2ビットは00bとしてアクセスされます。

19. イベントリンクコントローラ (ELC)

19.1 概要

イベントリンクコントローラ (ELC) は、各周辺モジュールで発生するイベント要求をソース信号として使用し、それらのモジュールを別のモジュールと接続することによって、CPU を介さずにモジュール間の直接リンクを実現します。

表 19.1 に ELC の仕様を、図 19.1 にブロック図を示します。

表 19.1 ELCの仕様

| 項目 | 内容 |
|-------------|---|
| イベントリンク機能 | 135種類のイベント信号を、直接モジュールに接続可能。ELCイベント信号と、DTC起動用のイベントの発生が可能 |
| モジュールストップ機能 | モジュールストップ状態に設定 |

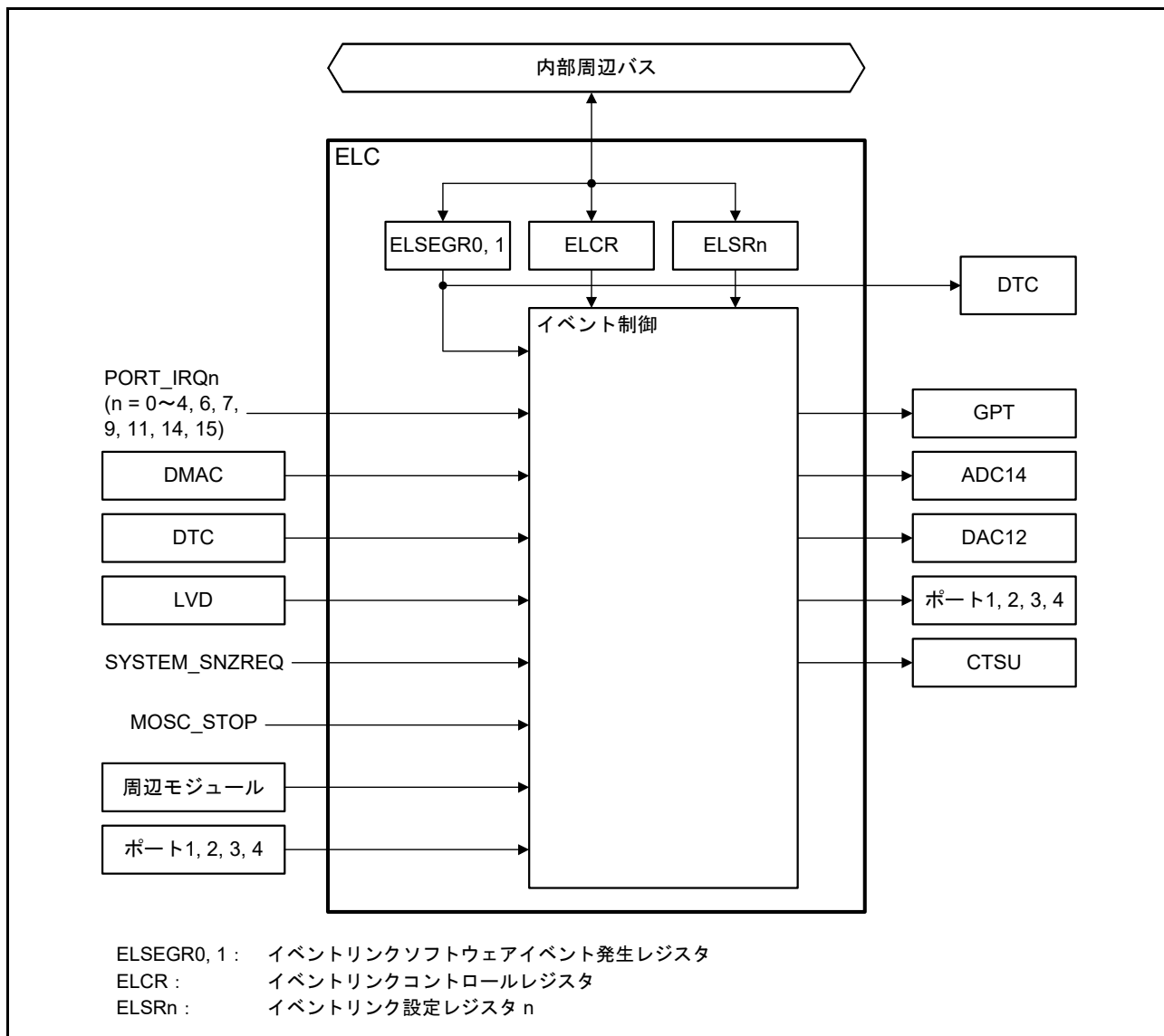


図 19.1 ELCのブロック図 (n = 0 ~ 9、12、14 ~ 18)

19.2 レジスタの説明

19.2.1 イベントリンクコントローラレジスタ (ELCR)

アドレス [ELC.ELCR 4004 1000h](#)

| | | | | | | | | |
|---------|-------|----|----|----|----|----|----|----|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | ELCON | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------------------|------------|------------------------------|-----|
| b6-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | ELCON | 全イベントリンク有効 | 0 : ELC機能は無効 1 : ELC機能は有効 | R/W |

ELCR レジスタは、ELC の動作を制御するレジスタです。

19.2.2 イベントリンクソフトウェアイベント発生レジスタ n (ELSEGRn) (n = 0, 1)

アドレス ELC.ELSEGR0 4004 1002h, ELC.ELSEGR1 4004 1004h

| | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | WI | WE | — | — | — | — | — | SEG |
| リセット後の値 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------|------------------|--|-----|
| b0 | SEG | ソフトウェアイベント発生 | 0 : 通常動作 1 : ソフトウェアイベント発生 | W |
| b5-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6 | WE | SEGビット書き込み許可 | 0 : SEGビットへの書き込み禁止 1 : SEGビットへの書き込み許可 | R/W |
| b7 | WI | ELSEGRレジスタ書き込み禁止 | 0 : ELSEGRレジスタへの書き込み許可 1 : ELSEGRレジスタへの書き込み禁止 | W |

SEG ビット (ソフトウェアイベント発生)

WE ビットが1の状態では本ビットに1を書くとソフトウェアイベントが発生します。読むと0が読めません。1を書いてもデータは格納されません。WE ビットを1にしてから、本ビットを書く必要があります。

ソフトウェアイベントは、DTC に対してイベントリンクをトリガすることが可能です。

WE ビット (SEG ビット書き込み許可)

WE ビットが1の場合にのみ、SEG ビットへの書き込みが可能になります。WI ビットを0にクリアしてから、本ビットを書く必要があります。

[1になる条件]

- WI ビットが0の状態では1を書いたとき

[0になる条件]

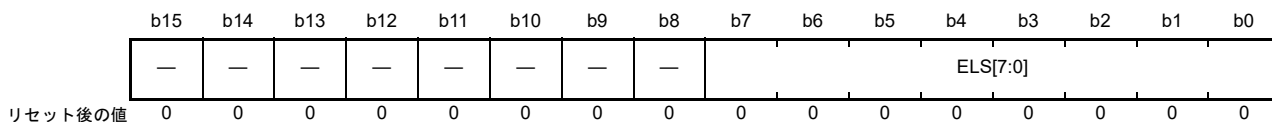
- WI ビットが0の状態では0を書いたとき

WI ビット (ELSEGR レジスタ書き込み禁止)

WI ビットへの書き込み値が0の場合にのみ、ELSEGR レジスタに対する書き込みが可能になります。読むと1が読めます。WI ビットを0にしてから、WE または SEG ビットを設定する必要があります。

19.2.3 イベントリンク設定レジスタ n (ELSRn) (n = 0 ~ 9, 12, 14 ~ 18)

アドレス [ELC.ELSR0 4004 1010h](#), [ELC.ELSR1 4004 1014h](#), [ELC.ELSR2 4004 1018h](#), [ELC.ELSR3 4004 101Ch](#), [ELC.ELSR4 4004 1020h](#),
[ELC.ELSR5 4004 1024h](#), [ELC.ELSR6 4004 1028h](#), [ELC.ELSR7 4004 102Ch](#), [ELC.ELSR8 4004 1030h](#), [ELC.ELSR9 4004 1034h](#),
[ELC.ELSR12 4004 1040h](#), [ELC.ELSR14 4004 1048h](#), [ELC.ELSR15 4004 104Ch](#), [ELC.ELSR16 4004 1050h](#), [ELC.ELSR17 4004 1054h](#),
[ELC.ELSR18 4004 1058h](#)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------------------------|-----------|---|-----|
| b7-b0 | ELS[7:0] | イベントリンク選択 | b7 b0 00000000 : 対応する周辺モジュールへのイベント出力は禁止 00000001 ~ 11010100 : リンクするイベント信号の番号を指定 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b15-b8 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

ELSRn レジスタは、周辺モジュールごとに、リンクするイベント信号を指定するレジスタです。ELSRn レジスタと周辺モジュールの対応関係を表 19.2 に示します。また、ELSRn レジスタに設定するイベント信号名と信号番号の対応関係を表 19.3 に示します。

表 19.2 ELSRn レジスタと周辺機能の対応

| レジスタ名 | 周辺機能 (モジュール) | イベント名 |
|--------|--------------|-----------|
| ELSR0 | GPT (A) | ELC_GPTA |
| ELSR1 | GPT (B) | ELC_GPTB |
| ELSR2 | GPT (C) | ELC_GPTC |
| ELSR3 | GPT (D) | ELC_GPTD |
| ELSR4 | GPT (E) | ELC_GPTE |
| ELSR5 | GPT (F) | ELC_GPTF |
| ELSR6 | GPT (G) | ELC_GPTG |
| ELSR7 | GPT (H) | ELC_GPTH |
| ELSR8 | ADC14A | ELC_AD00 |
| ELSR9 | ADC14B | ELC_AD01 |
| ELSR12 | DAC12 | ELC_DA0 |
| ELSR14 | PORT 1 | ELC_PORT1 |
| ELSR15 | PORT 2 | ELC_PORT2 |
| ELSR16 | PORT 3 | ELC_PORT3 |
| ELSR17 | PORT 4 | ELC_PORT4 |
| ELSR18 | CTSU | ELC_CTSU |

表 19.3 ELSRn.ELSビットに設定するイベント信号名と信号番号の対応関係 (1/4)

| イベント番号 | 割り込み要求の発生元 | 名称 | 内容 |
|--------|------------|-------------------------|----------------------|
| 001h | ポート | PORT_IRQ0 (注1) | 外部端子割り込み0 |
| 002h | | PORT_IRQ1 (注1) | 外部端子割り込み1 |
| 003h | | PORT_IRQ2 (注1) | 外部端子割り込み2 |
| 004h | | PORT_IRQ3 (注1) | 外部端子割り込み3 |
| 005h | | PORT_IRQ4 (注1) | 外部端子割り込み4 |
| 007h | | PORT_IRQ6 (注1) | 外部端子割り込み6 |
| 008h | | PORT_IRQ7 (注1) | 外部端子割り込み7 |
| 00Ah | | PORT_IRQ9 (注1) | 外部端子割り込み9 |
| 00Ch | | PORT_IRQ11 (注1) | 外部端子割り込み11 |
| 00Fh | | PORT_IRQ14 (注1) | 外部端子割り込み14 |
| 010h | | PORT_IRQ15 (注1) | 外部端子割り込み15 |
| 011h | DMAC0 | DMAC0_INT | DMAC転送終了0 |
| 012h | DMAC1 | DMAC1_INT | DMAC転送終了1 |
| 013h | DMAC2 | DMAC2_INT | DMAC転送終了2 |
| 014h | DMAC3 | DMAC3_INT | DMAC転送終了3 |
| 016h | DTC | DTC_DTCEND (注3) | DTC転送終了 |
| 019h | LVD | LVD_LVD1 | 電圧監視1割り込み |
| 01Ch | MOSC | MOSC_STOP | メインクロック発振停止 |
| 01Dh | 低消費電力モード | SYSTEM_SNZREQ (注2) (注3) | スヌーズエントリ |
| 01Eh | AGT0 | AGT0_AGTI | AGT割り込み |
| 01Fh | | AGT0_AGTCMAI | コンペアマッチA |
| 020h | | AGT0_AGTCMBI | コンペアマッチB |
| 021h | AGT1 | AGT1_AGTI | AGT割り込み |
| 022h | | AGT1_AGTCMAI | コンペアマッチA |
| 023h | | AGT1_AGTCMBI | コンペアマッチB |
| 024h | IWDT | IWDT_NMIUNDF | IWDTアンダーフロー |
| 025h | WDT | WDT_NMIUNDF | WDTアンダーフロー |
| 027h | RTC | RTC_PRD | 周期割り込み |
| 029h | ADC140 | ADC140_ADI | A/Dスキャン変換終了割り込み |
| 02Dh | | ADC140_WCMPPM (注3) | コンペアマッチ |
| 02Eh | | ADC140_WCMPUM (注3) | コンペア不一致 |
| 02Fh | ACMPLP | ACMP_LP0 | 低消費電力アナログコンパレータ割り込み0 |
| 030h | | ACMP_LP1 | 低消費電力アナログコンパレータ割り込み1 |
| 035h | IIC0 | IIC0_RXI | 受信データフル |
| 036h | | IIC0_TXI | 送信データエンプティ |
| 037h | | IIC0_TEI | 送信終了 |
| 038h | | IIC0_EEI | 通信エラー |
| 03Ah | IIC1 | IIC1_RXI | 受信データフル |
| 03Bh | | IIC1_TXI | 送信データエンプティ |
| 03Ch | | IIC1_TEI | 送信終了 |
| 03Dh | | IIC1_EEI | 通信エラー |
| 04Ah | DOC | DOC_DOPCI (注3) | データ演算回路割り込み |

表 19.3 ELSRn.ELSビットに設定するイベント信号名と信号番号の対応関係 (2/4)

| イベント番号 | 割り込み要求の発生元 | 名称 | 内容 | |
|--------|------------|---------------|-------------|----------|
| 053h | I/Oポート | IOPORT_GROUP1 | ポート1イベント | |
| 054h | | IOPORT_GROUP2 | ポート2イベント | |
| 055h | | IOPORT_GROUP3 | ポート3イベント | |
| 056h | | IOPORT_GROUP4 | ポート4イベント | |
| 057h | ELC | ELC_SWEVT0 | ソフトウェアイベント0 | |
| 058h | | ELC_SWEVT1 | ソフトウェアイベント1 | |
| 05Bh | GPT320 | GPT0_CCMPA | コンペアマッチA | |
| 05Ch | | GPT0_CCMPB | コンペアマッチB | |
| 05Dh | | GPT0_CMPC | コンペアマッチC | |
| 05Eh | | GPT0_CMPD | コンペアマッチD | |
| 05Fh | | GPT0_CMPE | コンペアマッチE | |
| 060h | | GPT0_CMPF | コンペアマッチF | |
| 061h | | GPT0_OVF | オーバーフロー | |
| 062h | | GPT0_UDF | アンダーフロー | |
| 063h | | GPT321 | GPT1_CCMPA | コンペアマッチA |
| 064h | | | GPT1_CCMPB | コンペアマッチB |
| 065h | GPT1_CMPC | | コンペアマッチC | |
| 066h | GPT1_CMPD | | コンペアマッチD | |
| 067h | GPT1_CMPE | | コンペアマッチE | |
| 068h | GPT1_CMPF | | コンペアマッチF | |
| 069h | GPT1_OVF | | オーバーフロー | |
| 06Ah | GPT1_UDF | | アンダーフロー | |
| 06Bh | GPT322 | GPT2_CCMPA | コンペアマッチA | |
| 06Ch | | GPT2_CCMPB | コンペアマッチB | |
| 06Dh | | GPT2_CMPC | コンペアマッチC | |
| 06Eh | | GPT2_CMPD | コンペアマッチD | |
| 06Fh | | GPT2_CMPE | コンペアマッチE | |
| 070h | | GPT2_CMPF | コンペアマッチF | |
| 071h | | GPT2_OVF | オーバーフロー | |
| 072h | | GPT2_UDF | アンダーフロー | |
| 073h | GPT323 | GPT3_CCMPA | コンペアマッチA | |
| 074h | | GPT3_CCMPB | コンペアマッチB | |
| 075h | | GPT3_CMPC | コンペアマッチC | |
| 076h | | GPT3_CMPD | コンペアマッチD | |
| 077h | | GPT3_CMPE | コンペアマッチE | |
| 078h | | GPT3_CMPF | コンペアマッチF | |
| 079h | | GPT3_OVF | オーバーフロー | |
| 07Ah | | GPT3_UDF | アンダーフロー | |

表 19.3 ELSRn.ELSビットに設定するイベント信号名と信号番号の対応関係 (3/4)

| イベント番号 | 割り込み要求の発生元 | 名称 | 内容 |
|--------|---------------|---------------|---------------|
| 07Bh | GPT164 | GPT4_CCMPA | コンペアマッチA |
| 07Ch | | GPT4_CCMPB | コンペアマッチB |
| 07Dh | | GPT4_CMPC | コンペアマッチC |
| 07Eh | | GPT4_CMPD | コンペアマッチD |
| 07Fh | | GPT4_CMPE | コンペアマッチE |
| 080h | | GPT4_CMPF | コンペアマッチF |
| 081h | | GPT4_OVF | オーバーフロー |
| 082h | | GPT4_UDF | アンダーフロー |
| 083h | | GPT165 | GPT5_CCMPA |
| 084h | GPT5_CCMPB | | コンペアマッチB |
| 085h | GPT5_CMPC | | コンペアマッチC |
| 086h | GPT5_CMPD | | コンペアマッチD |
| 087h | GPT5_CMPE | | コンペアマッチE |
| 088h | GPT5_CMPF | | コンペアマッチF |
| 089h | GPT5_OVF | | オーバーフロー |
| 08Ah | GPT5_UDF | | アンダーフロー |
| 09Bh | GPT168 | | GPT8_CCMPA |
| 09Ch | | GPT8_CCMPB | コンペアマッチB |
| 09Dh | | GPT8_CMPC | コンペアマッチC |
| 09Eh | | GPT8_CMPD | コンペアマッチD |
| 09Fh | | GPT8_CMPE | コンペアマッチE |
| 0A0h | | GPT8_CMPF | コンペアマッチF |
| 0A1h | | GPT8_OVF | オーバーフロー |
| 0A2h | | GPT8_UDF | アンダーフロー |
| 0ABh | | GPT | GPT_UVWEDGE |
| 0ACh | SCI0 | SCI0_RXI (注4) | 受信データフル |
| 0ADh | | SCI0_TXI (注4) | 送信データエンプティ |
| 0AEh | | SCI0_TEI | 送信終了 |
| 0AFh | | SCI0_ERI (注4) | 受信エラー |
| 0B0h | | SCI0_AM | アドレス一致イベント |
| 0B2h | | SCI1 | SCI1_RXI (注4) |
| 0B3h | SCI1_TXI (注4) | | 送信データエンプティ |
| 0B4h | SCI1_TEI | | 送信終了 |
| 0B5h | SCI1_ERI (注4) | | 受信エラー |
| 0B6h | SCI1_AM | | アドレス一致イベント |
| 0C1h | SCI4 | | SCI4_RXI (注4) |
| 0C2h | | SCI4_TXI (注4) | 送信データエンプティ |
| 0C3h | | SCI4_TEI | 送信終了 |
| 0C4h | | SCI4_ERI (注4) | 受信エラー |
| 0C5h | | SCI4_AM | アドレス一致イベント |
| 0C6h | | SCI9 | SCI9_RXI (注4) |
| 0C7h | SCI9_TXI (注4) | | 送信データエンプティ |
| 0C8h | SCI9_TEI | | 送信終了 |
| 0C9h | SCI9_ERI (注4) | | 受信エラー |
| 0CAh | SCI9_AM | | アドレス一致イベント |

表 19.3 ELSRn.ELSビットに設定するイベント信号名と信号番号の対応関係 (4/4)

| イベント番号 | 割り込み要求の発生元 | 名称 | 内容 |
|--------|-------------|-------------|-------------|
| 0CBh | SPI0 | SPI0_SPRI | 受信バッファフル |
| 0CCh | | SPI0_SPTI | 送信バッファエンプティ |
| 0CDh | | SPI0_SPII | アイドル |
| 0CEh | | SPI0_SPEI | エラー |
| 0CFh | | SPI0_SPTEND | 送信完了イベント |
| 0D0h | | SPI1 | SPI1_SPRI |
| 0D1h | SPI1_SPTI | | 送信バッファエンプティ |
| 0D2h | SPI1_SPII | | アイドル |
| 0D3h | SPI1_SPEI | | エラー |
| 0D4h | SPI1_SPTEND | | 送信完了イベント |

- 注 1. パルス（エッジ検出）のみがサポートされています。
- 注 2. ELSR8、9、および ELSR14 ~ ELSR18 が、このイベントを選択できます。
- 注 3. このイベントはスヌーズモードでも発生可能です。
- 注 4. このイベントは FIFO モードではサポートされていません。

19.3 動作説明

19.3.1 割り込み処理とイベントリンクの関係

イベントリンクのイベント番号は、対応する割り込み要因のイベント番号と同一です。イベント信号の発生方法については、各イベント出力元モジュールの章を参照してください。

19.3.2 イベントのリンク

イベントリンク設定レジスタ (ELSRn) に設定しておいたイベントが発生すると、対応するモジュールが起動します。起動するモジュールの動作設定は、前もって完了しておく必要があります。表 19.4 に、イベントが発生したときのモジュール別動作一覧を示します。

表 19.4 イベント発生時のモジュールの動作

| モジュール | イベント発生時の動作 |
|--------|--|
| GPT | <ul style="list-style-type: none"> • カウント開始 • カウント停止 • カウントクリア • アップカウント • ダウンカウント • インプットキャプチャ |
| ADC14 | A/D変換開始 |
| DAC12 | D/A変換開始 |
| I/Oポート | <ul style="list-style-type: none"> • EORR (リセット) または EOSR (セット) に基づく端子出力の変化 • 端子状態を EIDR にラッチ • ELC で使用可能なポート : PORT 1 PORT 2 PORT 3 PORT 4 |
| CTSU | 測定動作開始 |
| DTC | DTC データ転送開始 |

19.3.3 イベントリンクの動作設定手順例

イベントのリンク方法は以下のとおりです。

1. イベントをリンクするモジュールの動作設定を行います。
2. イベントをリンクするモジュールに対して、ELSRn レジスタを設定します。
3. ELCR.ELCON ビットを 1 にして、すべてのイベントリンクを有効にします。
4. イベント出力元モジュールの設定を行い、起動させます。これによって、2つのモジュール間のリンクがアクティブになります。
5. モジュール単位でイベントリンク動作を停止させるには、そのモジュールに対応する ELSRn.ELS[7:0] ビットを 00000000b にします。すべてのイベントリンクを停止させるには、ELCR.ELCON ビットを 0 にします。

RTC のイベントリンク出力機能を使用する場合は、RTC の設定 (初期化、時刻設定など) を行った後、ELC を設定してください。ELC の設定後に RTC の設定を行うと、意図しないイベント出力が発生する可能性があります。

19.4 使用上の注意事項

19.4.1 DMAC または DTC 転送終了のイベントリンクを使用する場合

DMAC または DTC 転送終了のイベントリンクを使用する場合、DMAC または DTC の転送先とイベントのリンク先を同一周辺モジュールに設定しないでください。設定すると、周辺モジュールへの DMAC または DTC 転送が完了する前に、周辺モジュールが起動する場合があります。

19.4.2 クロック設定について

イベントリンクを使用するには、ELC と対象モジュールが動作可能な状態でなければいけません。対象モジュールがモジュールストップ状態の場合、または、対象モジュールが停止するような低消費電力モード（ソフトウェアスタンバイモード）の場合、そのモジュールは動作できません。モジュールによっては、スリープモードで動作できるものもあります。詳細については、表 19.3 と「11. 低消費電力モード」を参照してください。

19.4.3 モジュールストップ機能の設定

モジュールストップコントロールレジスタ C (MSTPCRC) によって、ELC 動作を許可または禁止することが可能です。リセット後の初期状態では、ELC の動作は停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。モジュールストップコントロールレジスタを用いて ELC の動作を禁止する場合は、事前に ELCON ビットを 0 にする必要があります。詳細は、「11. 低消費電力モード」を参照してください。

19.4.4 ELC 遅延時間

図 19.2 に示すように、モジュール A は ELC を介してモジュール B にアクセスします。モジュール A とモジュール B の間には、ELC モジュールでの遅延時間（ELC 遅延時間）が存在します。表 19.5 に ELC 遅延時間を示します。

モジュール A とモジュール B のクロックドメインが同一であれば、遅延時間は 0 です。しかし、モジュール A とモジュール B のクロックドメインが異なっていれば、ELC モジュールにある程度の遅延が生じます。この時間遅延は、モジュール A とモジュール B の各クロックのうち遅い方のクロック周波数で決まります。

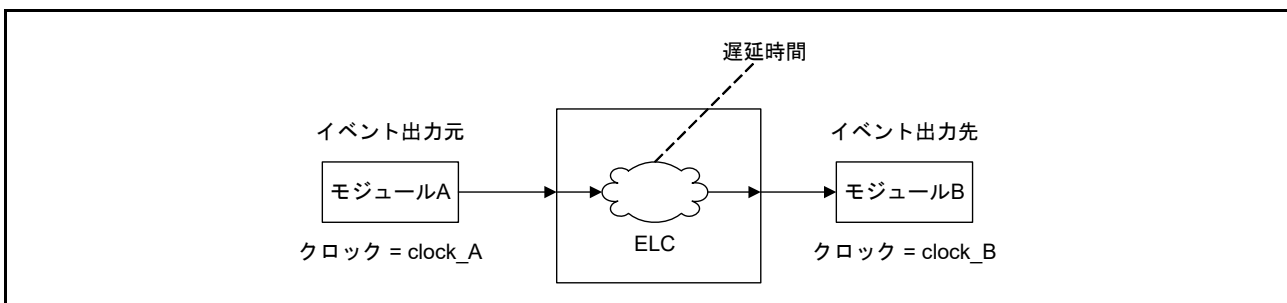


図 19.2 ELC 遅延時間

表 19.5 ELC 遅延時間

| クロックドメイン | クロック周波数 | ELC 遅延時間 |
|-------------------|-------------------|--------------|
| clock_A = clock_B | clock_A = clock_B | 0 サイクル |
| clock_A ≠ clock_B | clock_A = clock_B | 1~2 サイクル |
| | clock_A > clock_B | B の 1~2 サイクル |
| | clock_A < clock_B | A の 1~2 サイクル |

20. I/Oポート

20.1 概要

I/Oポート端子は、汎用入出力ポート端子、周辺モジュールの入出力端子、割り込み入力端子、アナログ入出力、ELCのポートグループ機能、またはバス制御端子として動作します。すべての端子は、リセット直後は入力端子として動作しますが、レジスタの設定によって機能を切り替えることができます。各端子のI/Oポートと周辺モジュールは、対応するレジスタで設定します。図 20.1 に、I/Oポートレジスタの接続図を示します。パッケージによってI/Oポートの構成は異なります。表 20.1 にI/Oポートの仕様を、表 20.2 にI/Oポートの機能を示します。

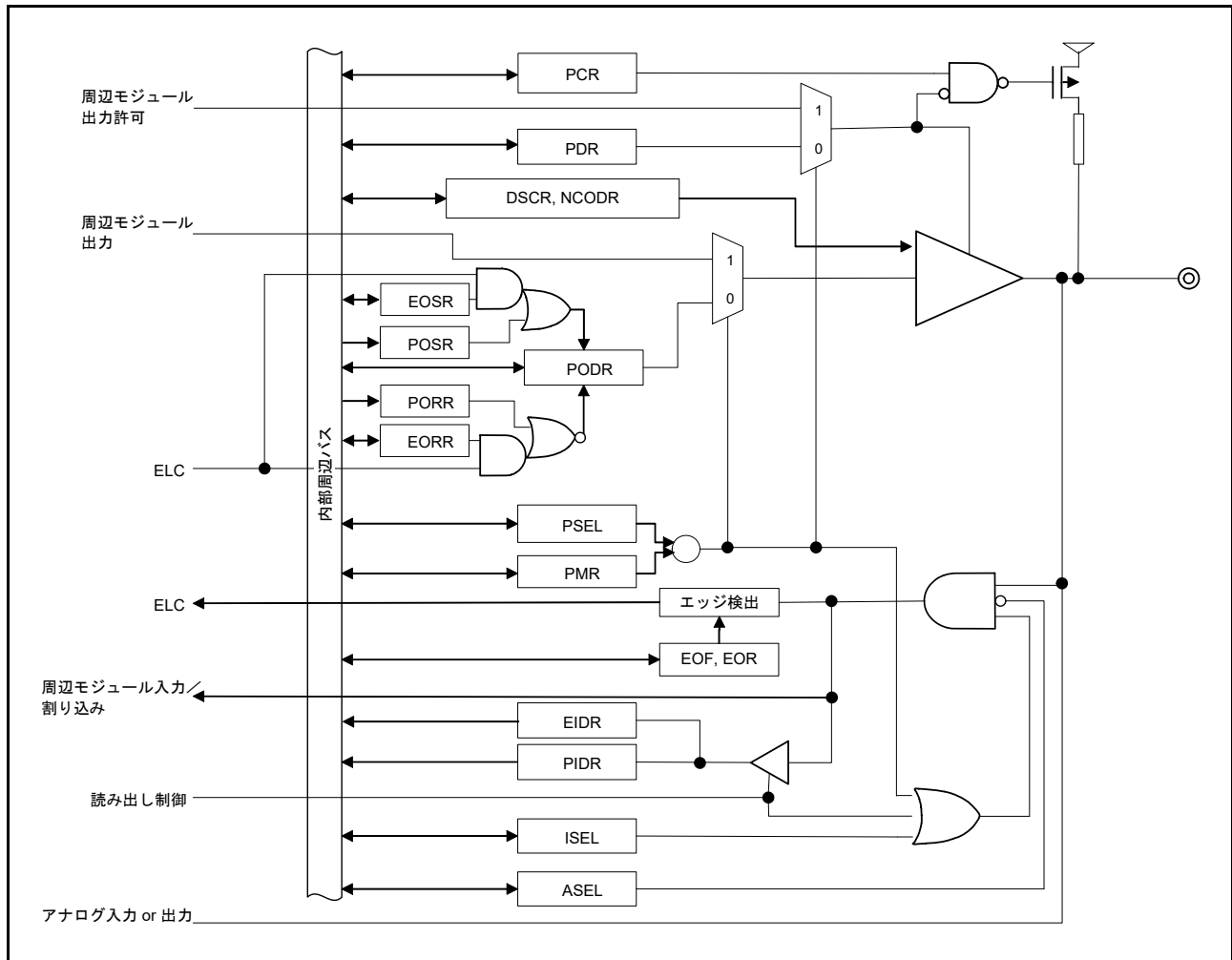


図 20.1 I/Oポートレジスタの接続図

注. この図はポートの基本構成を示しています。ポートによって構成は異なります。

表 20.1 I/Oポートの仕様

| ポート | パッケージ | |
|------|----------------------------------|----|
| | 56ピン | 本数 |
| ポート0 | P004, P010, P011, P014, P015 | 5 |
| ポート1 | P100～P111 | 12 |
| ポート2 | P200, P201, P204～P206, P212～P215 | 9 |
| ポート3 | P300 | 1 |
| ポート4 | P402, P404, P407, P409, P414 | 5 |
| ポート5 | P501 | 1 |
| ポート9 | P914, P915 | 2 |
| 合計本数 | | 35 |

表 20.2 I/Oポートの機能

| ポート | ポート名 | 入力プルアップ | オープン ドレイン出力 | 駆動能力切り替え | 5Vトレラント |
|------|------------------------------|---------|----------------|----------|---------|
| ポート0 | P004, P010, P011, P014, P015 | ○ | — | 低/中 | — |
| ポート1 | P100～P111 | ○ | ○ | 低/中 | — |
| ポート2 | P200, P214, P215 | — | — | — | — |
| | P201, P204 | ○ | ○ | 低/中 | — |
| | P205, P206 | ○ | ○ | 低/中 | ○ |
| | P212, P213 | ○ | ○ | — | — |
| ポート3 | P300 | ○ | ○ | 低/中 | — |
| ポート4 | P402, P407 | ○ | ○ | 低/中 | ○ |
| | P404, P409, P414 | ○ | ○ | 低/中 | — |
| ポート5 | P501 | ○ | ○ | 低/中 | — |
| ポート9 | P914, P915 | — | — | — | — |

20.2 レジスタの説明

20.2.1 ポートコントロールレジスタ 1 (PCNTR1/PODR/PDR)

アドレス PORT0.PCNTR1 4004 0000h, PORT1.PCNTR1 4004 0020h, PORT2.PCNTR1 4004 0040h, PORT3.PCNTR1 4004 0060h, PORT4.PCNTR1 4004 0080h, PORT5.PCNTR1 4004 00A0h, PORT9.PCNTR1 4004 0120h

PORT0.PODR 4004 0000h, PORT1.PODR 4004 0020h, PORT2.PODR 4004 0040h, PORT3.PODR 4004 0060h, PORT4.PODR 4004 0080h, PORT5.PODR 4004 00A0h, PORT9.PODR 4004 0120h,

PORT0.PDR 4004 0002h, PORT1.PDR 4004 0022h, PORT2.PDR 4004 0042h, PORT3.PDR 4004 0062h, PORT4.PDR 4004 0082h, PORT5.PDR 4004 00A2h, PORT9.PDR 4004 0122h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | PODR 15 | PODR 14 | PODR 13 | PODR 12 | PODR 11 | PODR 10 | PODR 09 | PODR 08 | PODR 07 | PODR 06 | PODR 05 | PODR 04 | PODR 03 | PODR 02 | PODR 01 | PODR 00 |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | PDR15 | PDR14 | PDR13 | PDR12 | PDR11 | PDR10 | PDR09 | PDR08 | PDR07 | PDR06 | PDR05 | PDR04 | PDR03 | PDR02 | PDR01 | PDR00 |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-------|----------|--|-----|
| b15-b0 | PDRn | Pmn方向 | 0 : 入力 (入力端子として機能) 1 : 出力 (出力端子として機能) | R/W |
| b31-b16 | PODRn | Pmn出力データ | 0 : Low出力 1 : High出力 | R/W |

m = 0 ~ 5, 9

n = 00 ~ 15

ポートコントロールレジスタ 1 (PCNTR1/PODR/PDR) は、32 ビットおよび 16 ビットの読み出し/書き込み可能なレジスタで、ポート方向およびポート出力データを制御します。

PCNTR1 はポート方向とポート出力データを指定し、32 ビット単位でアクセスされます。PODRn (PCNTR1 のビット [31:16]) および PDRn (PCNTR1 のビット [15:0]) はそれぞれ 16 ビット単位でアクセスされます。

PDRn ビットは、汎用入出力端子として設定されている個々のポート端子の入力/出力方向を選択します。ポート m の各端子はそれぞれ PORTm.PCNTR1.PDRn ビットに対応しています。入出力方向は 1 ビット単位で指定できます。存在しない端子に対応するビットは予約ビットです。予約ビットは読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。P200、P214、P215 は入力専用です。そのため PORT2.PCNTR1.PDR00、PORT2.PCNTR1.PDR14、および PORT2.PCNTR1.PDR15 は予約ビットです。PORTm.PCNTR1 レジスタの PDRn ビットは、PFS.PmnPFS レジスタの PDR ビットと同じ働きをします。

PODRn ビットは、汎用入出力端子から出力されるデータを格納します。存在しないポート m のビットは予約ビットです。これらのビットには 0 を書いてください。存在しない端子のビットは予約ビットです。P200、P214、P215 は入力専用なので、PORT2.PCNTR1.PODR00、PORT2.PCNTR1.PODR14、および PORT2.PCNTR1.PODR15 は予約ビットです。予約ビットは、読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。PORTm.PCNTR1 レジスタの PODRn ビットは、PFS.PmnPFS レジスタの PODR ビットと同じ働きをします。

20.2.2 ポートコントロールレジスタ 2 (PCNTR2/EIDR/PIDR)

アドレス PORT0.PCNTR2 4004 0004h, PORT1.PCNTR2 4004 0024h, PORT2.PCNTR2 4004 0044h, PORT3.PCNTR2 4004 0064h, PORT4.PCNTR2 4004 0084h, PORT5.PCNTR2 4004 00A4h, PORT9.PCNTR2 4004 0124h

PORT1.EIDR 4004 0024h, PORT2.EIDR 4004 0044h, PORT3.EIDR 4004 0064h, PORT4.EIDR 4004 0084h,

PORT0.PIDR 4004 0006h, PORT1.PIDR 4004 0026h, PORT2.PIDR 4004 0046h, PORT3.PIDR 4004 0066h, PORT4.PIDR 4004 0086h, PORT5.PIDR 4004 00A6h, PORT9.PIDR 4004 0126h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | EIDR15 | EIDR14 | EIDR13 | EIDR12 | EIDR11 | EIDR10 | EIDR09 | EIDR08 | EIDR07 | EIDR06 | EIDR05 | EIDR04 | EIDR03 | EIDR02 | EIDR01 | EIDR00 |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | PIDR15 | PIDR14 | PIDR13 | PIDR12 | PIDR11 | PIDR10 | PIDR09 | PIDR08 | PIDR07 | PIDR06 | PIDR05 | PIDR04 | PIDR03 | PIDR02 | PIDR01 | PIDR00 |
| リセット後の値 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |

x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-------|-------------------|--|-----|
| b15-b0 | PIDRn | Pmn 状態 | 0 : Low レベル 1 : High レベル | R |
| b31-b16 | EIDRn | ポートイベント入力データ (注1) | ELC_PORTxの発生時 : 0 : Low 入力 1 : High 入力 | R |

m = 0 ~ 5, 9

n = 00 ~ 15

x = 1 ~ 4

注1. ポート 1 ~ 4 に対応しています。

ポートコントロールレジスタ 2 (PCNTR2/EIDR/PIDR) は、32 ビットおよび 16 ビット単位での、Pmn 状態およびポートイベント入力データへのリードアクセスを可能にします。

PCNTR2 は、Pmn 状態およびポートイベント入力データを設定し、32 ビット単位でアクセスされます。EIDRn (PCNTR2 のビット [31:16]) および PIDRn (PCNTR2 のビット [15:0]) はそれぞれ 16 ビット単位でアクセスがされます。存在しない端子に対応するビットは予約ビットです。予約ビットは、読むと不定値が読めます。

PIDRn ビットは、PmnPFS.PMR ビットと PmnPFS.PDR ビットの設定値にかかわらず、ポートの個々の端子状態を反映します。PORTm.PCNTR2 レジスタの PIDRn ビットは、PFS.PmnPFS レジスタの PIDR ビットと同じ働きをします。

以下の機能のいずれかが有効な場合、端子の状態は PIDRn ビットに反映されません。

- メインクロック発振器 (MOSC)
- サブクロック発振器 (SOSC)
- CS 領域コントローラ (CSC)
- アナログ機能 (ASEL = 1)
- 静電容量式タッチセンシングユニット (CTSU)
- セグメント LCD コントローラ (SLCDC)
- USB2.0 フルスピードモジュール (USBFS)

EIDRn ビットは、ELC_PORTx 信号の発生時に端子の状態をラッチします。PmnPFS.PMR ビットおよび PmnPFS.PDR ビットが 0 の場合にのみ、EIDRn ビットに端子状態を入力できます。PmnPFS.ASEL ビットが 1 の場合は、対応する端子の状態は EIDRn ビットに反映されません。

20.2.3 ポートコントロールレジスタ 3 (PCNTR3/PORR/POSR)

アドレス PORT0.PCNTR3 4004 0008h, PORT1.PCNTR3 4004 0028h, PORT2.PCNTR3 4004 0048h, PORT3.PCNTR3 4004 0068h, PORT4.PCNTR3 4004 0088h, PORT5.PCNTR3 4004 00A8h, PORT9.PCNTR3 4004 0128h

PORT0.PORR 4004 0008h, PORT1.PORR 4004 0028h, PORT2.PORR 4004 0048h, PORT3.PORR 4004 0068h, PORT4.PORR 4004 0088h, PORT5.PORR 4004 00A8h, PORT9.PORR 4004 0128h,

PORT0.POSR 4004 000Ah, PORT1.POSR 4004 002Ah, PORT2.POSR 4004 004Ah, PORT3.POSR 4004 006Ah, PORT4.POSR 4004 008Ah, PORT5.POSR 4004 00AAh, PORT9.POSR 4004 012Ah

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | PORR 15 | PORR 14 | PORR 13 | PORR 12 | PORR 11 | PORR 10 | PORR 09 | PORR 08 | PORR 07 | PORR 06 | PORR 05 | PORR 04 | PORR 03 | PORR 02 | PORR 01 | PORR 00 |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | POSR 15 | POSR 14 | POSR 13 | POSR 12 | POSR 11 | POSR 10 | POSR 09 | POSR 08 | POSR 07 | POSR 06 | POSR 05 | POSR 04 | POSR 03 | POSR 02 | POSR 01 | POSR 00 |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-------|-----------|---------------------------|-----|
| b15-b0 | POSRn | Pmn出力設定 | 0 : 出力に影響なし 1 : High出力 | W |
| b31-b16 | PORRn | Pmn出力リセット | 0 : 出力に影響なし 1 : Low出力 | W |

m = 0 ~ 5, 9

n = 00 ~ 15

注. EORRnまたはEOSRnを設定した場合、PODRn、PORRn、およびPOSRnへの書き込みは禁止されます。

注. PORRnビットとPOSRnビットを同時に設定してはいけません。

ポートコントロールレジスタ 3 (PCNTR3/PORR/POSR) は、32 ビットおよび 16 ビットの書き込み可能なレジスタで、ポート出力データの設定またはリセットを制御します。

PCNTR3 はポート出力データの設定またはリセットを制御し、32 ビット単位で設定されます。

PORR (PCNTR3 のビット [31:16]) および POSR (PCNTR3 のビット [15:0]) はそれぞれ 16 ビット単位でアクセスされます。

POSR ビットがソフトウェア書き込みによって設定されると、PODR ビットが変更されます。たとえば P100 の場合、PORT1.PCNTR3.POSR00 = 1 であると、PORT1.PCNTR1.PODR00 は 1 を出力します。存在しない端子に対応するビットは予約ビットです。書く場合、常に 0 としてください。P200、P214、P215 は入力専用です。そのため PORT2.PCNTR3.POSR00、PORT2.PCNTR3.POSR14、PORT2.PCNTR3.POSR15 は予約ビットです。

PORR ビットがソフトウェア書き込みによってリセットされると、PODR ビットが変更されます。たとえば P100 の場合、PORT1.PCNTR3.PORR00 = 1 であると、PORT1.PCNTR1.PODR00 は 0 を出力します。存在しない端子に対応するビットは予約ビットです。書く場合、常に 0 としてください。P200、P214、P215 は入力専用です。そのため PORT2.PCNTR3.PORR00、PORT2.PCNTR3.PORR14、PORT2.PCNTR3.PORR15 は予約ビットです。

20.2.4 ポートコントロールレジスタ 4 (PCNTR4/EORR/EOSR)

アドレス PORT1.PCNTR4 4004 002Ch, PORT2.PCNTR4 4004 004Ch, PORT3.PCNTR4 4004 006Ch, PORT4.PCNTR4 4004 008Ch
 PORT1.EORR 4004 002Ch, PORT2.EORR 4004 004Ch, PORT3.EORR 4004 006Ch, PORT4.EORR 4004 008Ch,
 PORT1.EOSR 4004 002Eh, PORT2.EOSR 4004 004Eh, PORT3.EOSR 4004 006Eh, PORT4.EOSR 4004 008Eh

| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | EORR 15 | EORR 14 | EORR 13 | EORR 12 | EORR 11 | EORR 10 | EORR 09 | EORR 08 | EORR 07 | EORR 06 | EORR 05 | EORR 04 | EORR 03 | EORR 02 | EORR 01 | EORR 00 |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | EOSR 15 | EOSR 14 | EOSR 13 | EOSR 12 | EOSR 11 | EOSR 10 | EOSR 09 | EOSR 08 | EOSR 07 | EOSR 06 | EOSR 05 | EOSR 04 | EOSR 03 | EOSR 02 | EOSR 01 | EOSR 00 |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-------|---------------|---|-----|
| b15-b0 | EOSRn | Pmnイベント出力設定 | ELC_PORTxの発生時： 0：出力に影響なし 1：High出力 | R/W |
| b31-b16 | EORRn | Pmnイベント出力リセット | ELC_PORTxの発生時： 0：出力に影響なし 1：Low出力 | R/W |

m = 1 ~ 4

n = 00 ~ 15

x = 1 ~ 4

注． EORRnまたはEOSRnを設定した場合、PODRn、PORRn、およびPOSRnへの書き込みは禁止されます。

注． EORRnビットとEOSRnビットを同時に設定してはいけません。

ポートコントロールレジスタ 4 は、32 ビットおよび 16 ビットの読み出し／書き込み可能なレジスタで、ELC からのイベント入力によりポート出力データの設定またはリセットを制御します。

PCNTR4 は、ELC からのイベント入力によりポート出力データの設定またはリセットを制御し、32 ビット単位で設定されます。

EORR (PCNTR4 のビット [31:16]) および EOSR (PCNTR4 のビット [15:0]) は 16 ビット単位でアクセスされます。

EOSR ビットが ELC_PORTx 信号の発生によって設定されると、PODR ビットが変更されます。たとえば P100 の場合、ELC_PORTx 信号の発生時に PORT1.PCNTR4.EOSR00 が 1 になると、PORT1.PCNTR1.PODR00 は 1 を出力します。存在しない端子に対応するビットは予約ビットです。書く場合、常に 0 としてください。P200、P214、P215 は入力専用です。そのため PORT2.PCNTR4.EOSR00、PORT2.PCNTR4.EOSR14、および PORT2.PCNTR4.EOSR15 は予約ビットです。

EORR ビットが ELC_PORTx 信号の発生によってリセットされると、PODR ビットが変更されます。たとえば P100 の場合、ELC_PORTx の発生時に PORT1.PCNTR4.EORR00 が 1 になると、PORT1.PCNTR1.PODR00 は 0 を出力します。存在しない端子に対応するビットは予約ビットです。書く場合、常に 0 としてください。P200、P214、P215 は入力専用です。そのため PORT2.PCNTR4.EORR00、PORT2.PCNTR4.EORR14、PORT2.PCNTR4.EORR15 は予約ビットです。

20.2.5 ポート mn 端子機能選択レジスタ (PmnPFS/PmnPFS_HA/PmnPFS_BY) (m = 0 ~ 5, 9; n = 00 ~ 15)

アドレス PFS.P004PFS 4004 0810h, PFS.P010PFS 4004 0828h, PFS.P011PFS 4004 082Ch, PFS.P014PFS 4004 0838h, PFS.P015PFS 4004 083Ch, PFS.P100PFS 4004 0840h ~ PFS.P111PFS 4004 086Ch, PFS.P200PFS 4004 0880h, PFS.P201PFS 4004 0884h, PFS.P204PFS 4004 0890h ~ PFS.P206PFS 4004 0898h, PFS.P212PFS 4004 08B0h ~ PFS.P215PFS 4004 08BCh, PFS.P300PFS 4004 08C0h, PFS.P402PFS 4004 0908h, PFS.P404PFS 4004 0910h, PFS.P407PFS 4004 091Ch, PFS.P409PFS 4004 0924h, PFS.P414PFS 4004 0938h, PFS.P501PFS 4004 0944h, PFS.P914PFS 4004 0A78h, PFS.P915PFS 4004 0A7Ch,

PFS.P004PFS_HA 4004 0812h, PFS.P010PFS_HA 4004 082Ah, PFS.P011PFS_HA 4004 082Eh, PFS.P014PFS_HA 4004 083Ah, PFS.P015PFS_HA 4004 083Eh, PFS.P100PFS_HA 4004 0842h ~ PFS.P111PFS_HA 4004 086Eh, PFS.P200PFS_HA 4004 0882h, PFS.P201PFS_HA 4004 0886h, PFS.P204PFS_HA 4004 0892h ~ PFS.P206PFS_HA 4004 089Ah, PFS.P212PFS_HA 4004 08B2h ~ PFS.P215PFS_HA 4004 08BEh, PFS.P300PFS_HA 4004 08C2h, PFS.P402PFS_HA 4004 090Ah, PFS.P404PFS_HA 4004 0912h, PFS.P407PFS_HA 4004 091Eh, PFS.P409PFS_HA 4004 0926h, PFS.P414PFS_HA 4004 093Ah, PFS.P501PFS_HA 4004 0946h, PFS.P914PFS_HA 4004 0A7Ah, PFS.P915PFS_HA 4004 0A7Eh,

PFS.P004PFS_BY 4004 0813h, PFS.P004PFS_BY 4004 082Bh, PFS.P004PFS_BY 4004 082Fh, PFS.P004PFS_BY 4004 083Bh, PFS.P015PFS_BY 4004 083Fh, PFS.P100PFS_BY 4004 0843h ~ PFS.P004PFS_BY 4004 086Fh, PFS.P200PFS_BY 4004 0883h, PFS.P201PFS_BY 4004 0887h, PFS.P204PFS_BY 4004 0893h ~ PFS.P206PFS_BY 4004 089Bh, PFS.P212PFS_BY 4004 08B3h ~ PFS.P215PFS_BY 4004 08BFh, PFS.P300PFS_BY 4004 08C3h, PFS.P402PFS_BY 4004 090Bh, PFS.P404PFS_BY 4004 0913h, PFS.P407PFS_BY 4004 091Fh, PFS.P409PFS_BY 4004 0927h, PFS.P414PFS_BY 4004 093Bh, PFS.P501PFS_BY 4004 0947h, PFS.P914PFS_BY 4004 0A7Bh, PFS.P915PFS_BY 4004 0A7Fh

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------|------|-----|-----------|-----|--------|-----|-----|-----|-------|-----|--------|-----|-----|------|--------|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | — | — | — | PSEL[4:0] | | | | — | — | — | — | — | — | — | — | PMR |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 (注2) |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | ASEL | ISEL | EOF | EOR | — | DSCR | — | — | — | NCODR | — | PCR | — | PDR | PIDR | PODR |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 (注2) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 (注2) | 0 | 0 | x | 0 |

x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------|----------------------------|---|-----|
| b0 | PODR | ポート出力データ | 0 : Low出力 1 : High出力 | R/W |
| b1 | PIDR | ポート入力データ | 0 : Low入力 1 : High入力 | R |
| b2 | PDR | ポート方向 | 0 : 入力 (入力端子として機能) 1 : 出力 (出力端子として機能) | R/W |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | PCR | プルアップ制御 | 0 : 入力プルアップ無効 1 : 入力プルアップ有効 | R/W |
| b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6 | NCODR | Nチャンネルオープンドレイン制御 | 0 : CMOS出力 1 : NMOSオープンドレイン出力 | R/W |
| b9-b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b10 | DSCR | ポート駆動能力 | 0 : 低駆動 1 : 中駆動 | R/W |
| b11 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b13-b12 | EOF/EOR | 立ち下がり時イベント/立ち上がり時イベント (注1) | b13 b12 0 0 : Don't care 0 1 : 立ち上がりエッジ検出 1 0 : 立ち下がりエッジ検出 1 1 : 両エッジ検出 | R/W |
| b14 | ISEL | IRQ入力許可 | 0 : IRQn入力端子として使用しない 1 : IRQn入力端子として使用する | R/W |
| b15 | ASEL | アナログ入力許可 | 0 : アナログ端子として使用しない 1 : アナログ端子として使用する | R/W |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|----------|---|-----|
| b16 | PMR | ポートモード制御 | 0: 汎用入出力端子として使用する 1: 周辺機能用の入出力ポートとして使用する | R/W |
| b23-b17 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b28-b24 | PSEL[4:0] | 周辺機能選択 | 周辺機能を選択します。各端子の機能については、本章の関連する表を参照してください。 | R/W |
| b31-b29 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注 1. ポート 1～4 に対応しています。

注 2. P108、P109、P110、P201、P300、P914、P915 の初期値は 0000_0000h 以外になります。

P108 は 0001_0010h、P109 は 0001_0000h、P110 は 0001_0010h、P201 は 0000_0010h、P300 は 0001_0010h、P914 は 0001_0000h、P915 は 0001_0000h となります。

ポート mn 端子機能選択レジスタ (PmnPFS) は、端子機能を選択します。

ポート mn 端子機能選択レジスタ (PmnPFS/PmnPFS_HA/PmnPFS_BY) は、32 ビット、16 ビットおよび 8 ビットの読み出し/書き込み可能なコントロールレジスタです。PmnPFS はポート mn 機能の選択を制御し、32 ビット単位で設定されます。PmnPFS_HA (PmnPFS のビット [15:0]) は 16 ビット単位でアクセスされます。PmnPFS_BY (ビット [7:0]) は 8 ビット単位でアクセスされます。

PDR ビット、PIDR ビット、PODR ビットは、PCNTR レジスタと同じ機能を果たします。これらのビットを読むと、PCNTR 値が読めます。

PCR ビットは、ポートの各端子に対して入力プルアップ抵抗を有効または無効にします。端子が入力状態にあって、PORTm.PCR の対応するビットが 1 になっている場合、その端子に接続されたプルアップ抵抗が有効になります。汎用ポート出力端子、または周辺機能出力端子に設定されている場合は、PCR の設定値にかかわらず、プルアップ抵抗は無効になります。リセット状態でもプルアップ抵抗は無効になります。存在しない端子に対応するビットは予約ビットです。予約ビットは読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。

NCODR ビットは、ポート端子の出力タイプを設定します。存在しない端子に対応するビットは予約ビットです。予約ビットは読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。

DSCR ビットは、ポートの駆動能力を切り替えます。端子の駆動能力が固定されている場合、対応するビットは読み出し/書き込み可能ですが、駆動能力は変更できません。存在しない端子に対応するビットは予約ビットです。予約ビットは読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。

EOF/EOR ビットは、ポートグループ入力信号のエッジ検出方法を選択します。立ち上がりエッジ検出、立ち下がりエッジ検出、または両エッジ検出を選択できます。EOR/EOF ビットを 01b、10b、または 11b にすると、入出力セルの入力許可がアサートされます。それに続いて、外部端子からイベントパルスが入力され、GPIO が ELC にイベントパルスを出力します。存在しない端子に対応するビットは予約ビットです。予約ビットは読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。

ISEL ビットは、IRQ 入力端子を設定します。周辺機能と組み合わせて使用することも可能です。ただし、同じ番号の IRQn (外部端子割り込み) を 2 つ以上の端子で許可することは禁止です。

ASEL ビットは、アナログ端子を設定します。本ビットでアナログ端子に設定する場合、以下のように指定します。

1. ポートモード制御ビット (PmnPFS.PMR) で、汎用入出力ポートに指定します。
2. プルアップ制御ビット (PmnPFS.PCR) で、入力プルアップ抵抗を無効にします。
3. ポート方向ビット (PmnPFS.PDR) で、入力に設定します。このとき、端子状態を読むことはできません。PmnPFS レジスタは、ライトプロテクトレジスタ (PWPR) によって保護されています。書き込み禁止を解除してから、レジスタを書き換えてください。

未指定の IRQ_n に対する ISEL ビットは予約ビットです。未指定のアナログ入出力に対する ASEL ビットは予約ビットです。

PMR ビットは、ポートの端子機能を設定します。存在しない端子に対応するビットは予約ビットです。予約ビットは読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。

PSEL[4:0] ビットは、周辺機能を割り当てます。

製品ごとの周辺選択設定の詳細は、[20.6 製品ごとの周辺選択設定](#)を参照してください。

20.2.6 書き込みプロテクトレジスタ (PWPR)

アドレス [PMISC.PWPR 4004 0D03h](#)

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|------|-------|----|----|----|----|----|----|
| | BOWI | PFSWE | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|-------------------|--|-----|
| b5-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6 | PFSWE | PmnPFS レジスタ書き込み許可 | 0 : PmnPFS レジスタへの書き込みを禁止 1 : PmnPFS レジスタへの書き込みを許可 | R/W |
| b7 | BOWI | PFSWE ビット書き込み禁止 | 0 : PFSWE ビットへの書き込みを許可 1 : PFSWE ビットへの書き込みを禁止 | R/W |

PFSWE ビット (PmnPFS レジスタ書き込み許可)

PFSWE ビットを 1 にしたときのみ、PmnPFS レジスタに対する書き込みが許可されます。最初に BOWI ビットに 0 を書いてから、PFSWE ビットを 1 にする必要があります。

BOWI ビット (PFSWE ビット書き込み禁止)

BOWI ビットを 0 にしたときのみ、PFSWE ビットに対する書き込みが許可されます。

20.3 動作説明

20.3.1 汎用入出力ポート

P108、P109、P110、P300、P914、P915 以外のすべての端子は、リセット後は汎用入出力ポートとして動作します。汎用入出力ポートは各ポート 16 ビットで構成され、ポートコントロールレジスタ (PCNTRn、n = 1 ~ 4) によるポート単位のアクセス、または端子機能選択レジスタによる端子単位のアクセスが可能です。これらのレジスタの詳細は、[20.2 レジスタの説明](#)を参照してください。

各ポートのレジスタを以下に示します。

- ポート方向ビット (PDRn) : 入力/出力の方向を選択する
- ポート出力データビット (PODRn) : 出力用データを格納する
- ポート入力データビット (PIDRn) : 端子状態を示す
- イベント入力データビット (EIDRn) : ELC_PORT1, 2, 3, 4 信号発生時の端子状態を示す
- ポート出力設定ビット (POSRn) : ソフトウェア書き込み発生時の出力値を示す
- ポート出力リセットビット (PORRn) : ソフトウェア書き込み発生時の出力値を示す
- イベント出力設定ビット (EOSRn) : ELC_PORT1, 2, 3, 4 信号発生時の出力値を示す
- イベント出力リセットビット (EORRn) : ELC_PORT1, 2, 3, 4 信号発生時の出力値を示す

20.3.2 ポート機能選択

下記のポート機能を使用して、各端子の設定が可能です。

- 入出力設定 : 相補出力またはオープンドレイン出力、プルアップ制御、および駆動強度
- 汎用入出力 : ポート方向、出力データ設定、および読み出し入力データ
- 代替機能 : 端子への設定機能の割り当て

各端子はそれぞれ端子機能選択レジスタ (PmnPFS) に対応しており、PODR、PIDR、PDR などの対応ビットを持ちます。さらに、PmnPFS レジスタは以下のビットを持ちます。

- PCR : 入力プルアップ MOS のオン/オフを切り替えるためのプルアップ抵抗制御ビット
- NCODR : 各端子の出力タイプを選択するための N チャネルオープンドレイン制御ビット
- DSCR : 駆動能力を選択するための駆動能力制御ビット
- EOR : ポート入力の立ち上がりエッジ検出に使用する立ち上がり時イベントビット
- EOF : ポート入力の立ち下がりエッジ検出に使用する立ち下がり時イベントビット
- ISEL : IRQ 入力端子を設定するための IRQ 入力許可ビット
- ASEL : アナログ端子を設定するためのアナログ入力許可ビット
- PMR : 各ポートの端子機能を設定するためのポートモードビット
- PSEL : 対応する周辺機能を選択するためのポート機能選択ビット

これらの設定を実行するには、端子機能選択レジスタに対して単一レジスタアクセスを行います。詳細は、[20.2.5 ポート mn 端子機能選択レジスタ \(PmnPFS/PmnPFS_HA/PmnPFS_BY\) \(m = 0 ~ 5, 9; n = 00 ~ 15\)](#)を参照してください。

20.3.3 ELC のポートグループ機能

本 MCU では、ポート 1～4 がポートグループ機能に割り当てられています。

20.3.3.1 ELC から ELC_PORT1, 2, 3, 4 が入力された場合の動作

本 MCU は、ELC から ELC_PORT1, 2, 3, 4 信号が入力されたとき、以下の 2 つの機能をサポートしています。

(1) EIDR への入力

GPI 機能 (PmnPFS レジスタで PDR = 0 および PMR = 0) では、ELC から ELC_PORT1, 2, 3, 4 信号が入力されると、入出力セルの入力許可がアサートされ、外部端子からのデータが EIDR ビットに読み出されます。

GPO 機能 (PDR = 1) または周辺モード (PMR = 1) では、外部端子から EIDR ビットに 0 が入力されます。

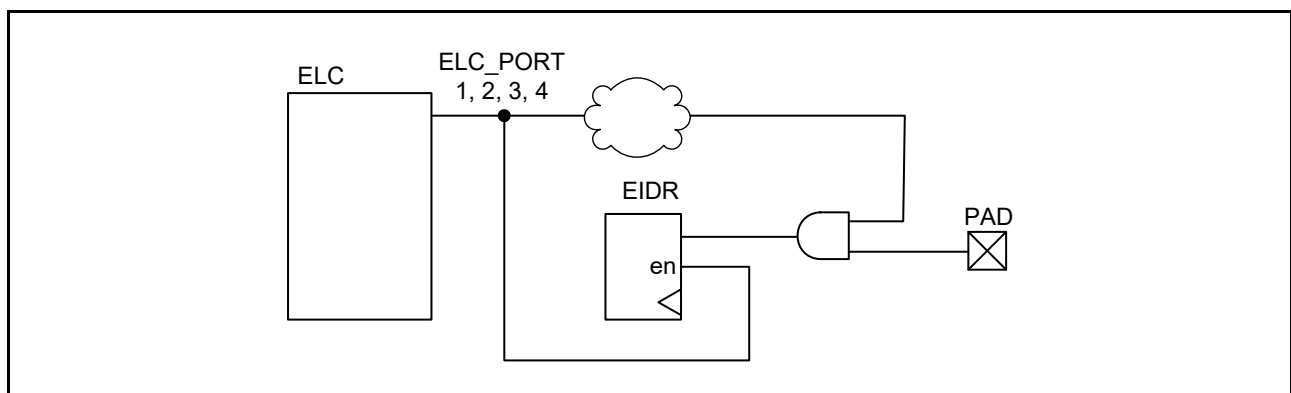


図 20.2 イベントポート入力データ

(2) EOSR/EORR による PODR からの出力

ELC_PORT1, 2, 3, 4 信号の発生時に、EOSR/EORR ビットの設定値に基づいて、PODR から外部端子へデータが出力されます。

- EOSR を 1 にすると、ELC_PORT1, 2, 3, 4 信号発生時に PODR レジスタは外部端子へ 1 を出力します。EOSR = 0 の場合、PODR の値はそのままです
- EORR を 1 にすると、ELC_PORT1, 2, 3, 4 信号発生時に PODR レジスタは外部端子へ 0 を出力します。EORR = 0 の場合、PODR の値はそのままです

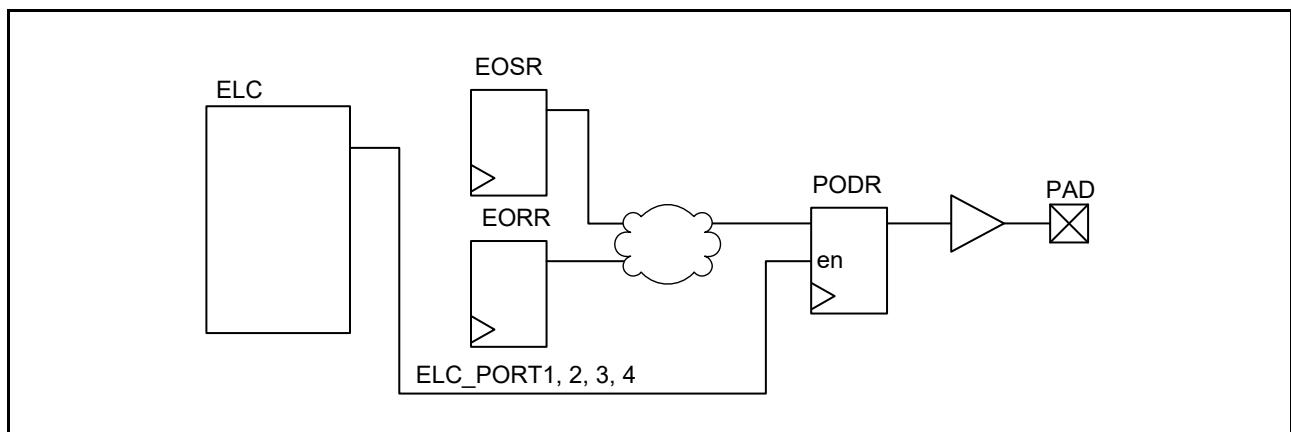


図 20.3 イベントポート出力データ

20.3.3.2 イベントパルスが ELC に出力された場合の動作

外部端子から ELC にイベントパルスを出力するには、PmnPFS.EOR/EOF ビットを設定します。詳細は、[20.2.5 ポート mn 端子機能選択レジスタ \(PmnPFS/PmnPFS_HA/PmnPFS_BY\) \(m = 0 ~ 5, 9; n = 00 ~ 15\)](#) を参照してください。EOR/EOF ビットを設定すると、入出力セルの入力許可がアサートされます。

外部端子のデータが入力となります。たとえばポート 1 に対して、P100 から P111 へデータが入力されると、これら 12 端子のデータは OR 論理で構成されます。このデータは、ワンショットパルスとして形成され、ELC に入力されます。ポート 2 ~ 4 の動作も同じです。

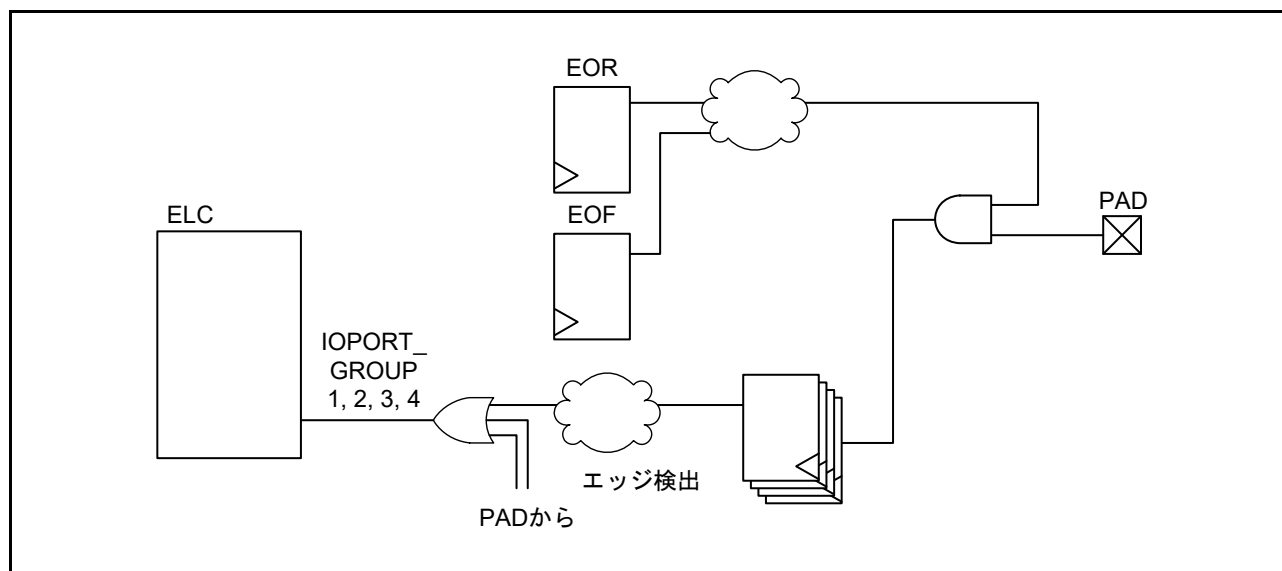


図 20.4 イベントパルスの発生

20.4 未使用端子の処理

表 20.3 に、未使用端子の処理方法を示します。

表 20.3 未使用端子の処理

| 端子名 | 内容 |
|---|---|
| P201/MD | モード端子として使用 |
| RES | 抵抗を介してVCCに接続（プルアップ） |
| USB_DP, USB_DM | P914PFS.PMRおよびP915PFS.PMRビットがともに1の場合、端子を開放。 P914PFS.PMRまたはP915PFS.PMRビットのいずれかが0の場合、ポート1～9と同じ方法で設定 |
| P200/NMI | 抵抗を介してVCCに接続（プルアップ） |
| P212/EXTAL | メインクロック発振器を使用しない場合、MOSCCR.MOSTPビットを1（汎用ポートP212）に設定。 本端子をポートP212として使用しない場合、ポート1～9と同じ方法で設定 |
| P213/XTAL | メインクロック発振器を使用しない場合、MOSCCR.MOSTPビットを1（汎用ポートP213）に設定。 本端子をポートP213として使用しない場合、ポート1～9と同じ方法で設定 外部クロックがEXTAL端子に入力される場合、この端子は開放したまま |
| P215/XCIN | サブクロック発振器を使用しない場合、SOSCCR.SOSTPビットを1（汎用ポートP215）に設定。 本端子をポートP215として使用しない場合、ポート1～9と同じ方法で設定 |
| P214/XCOUT | サブクロック発振器を使用しない場合、SOSCCR.SOSTPビットを1（汎用ポートP214）に設定。 本端子をポートP214として使用しない場合、ポート1～9と同じ方法で設定 |
| P004, P010, P011, P014, P015 | 入力（PCNTR1.PDRn = 0）に設定した場合、対応する端子は抵抗を介してAVCC0に接続（プルアップ）、または抵抗を介してAVSS0に接続（プルダウン）（注1） |
| P1x～P9x （P200, P201, P212 ～P215を除く） | 入力（PCNTR1.PDRn = 0）に設定した場合、対応する端子は抵抗を介してVCCに接続（プルアップ）、または抵抗を介してVSSに接続（プルダウン）（注1）（注2） 出力（PCNTR1.PDRn = 1）に設定した場合、端子を開放（注1）（注3） |

- 注 1. PmnPFS.PMR ビット、PmnPFS.ISEL ビット、PmnPFS.PCR ビット、および PmnPFS.ASEL ビットを 0 にクリアしてください。
- 注 2. P108、P110、および P300 端子は、初期値（PmnPFS.PCR = 1）から有効にされた入力プルアップなので、抵抗を介して VCC に接続（プルアップ）することを推奨します。
- 注 3. P109 端子は、初期値から出力であるため、出力（PCNTR1.PDRn = 1）として設定することを推奨します。

20.5 使用上の注意事項

20.5.1 端子機能の設定手順

入出力端子機能を設定するには、下記の手順に従ってください。

1. PWPR.BOWI ビットをクリアします。PWPR.PFSWE ビットに書き込みできるようになります。
2. PWPR.PFSWE ビットを1にします。PmnPFS レジスタに書き込みできるようになります。
3. 当該端子のPMRのポートモード制御ビットをクリアして、汎用入出力ポートに設定します。
4. PmnPFS.PSEL[4:0] ビットによって、この端子の入出力機能を設定します。
5. 必要に応じてPMRを1にして、選択した入出力機能に切り替えます。
6. PWPR.PFSWE ビットをクリアします。PmnPFS レジスタへの書き込みが禁止されます。
7. PWPR.BOWI ビットを1にします。PWPR.PFSWE ビットへの書き込みが禁止されます。

20.5.2 ポートグループ入力の使用手順

ポートグループ入力（ポート1～4）を使用するには、下記の手順に従ってください。

1. ELSRx.ELS[7:0] ビットを00000000bにして、意図しないパルスが無視します。詳細は、「[19. イベントリンクコントローラ \(ELC\)](#)」を参照してください。
2. PmnPFS.EOF/EOR ビットを設定して、立ち上がりエッジ検出、立ち下がりエッジ検出、または両エッジ検出を指定します。
3. ダミーリードを実行するか、少しの間（たとえば100ns）待ちます。意図しないパルスが無視するかどうかは、外部端子の初期値によって異なります。
4. ELSRx.ELS[8:0] ビットを設定して、イベント信号を許可します。

20.5.3 ポート出力データレジスタ (PODR) の概要

本レジスタは下記のようにデータを出力します。

1. ELC_PORT1, 2, 3, 4 信号の発生時にPCNTR4.EORRが1になると、0を出力する。
2. PCNTR4.EOSR ビットを1にすると、ELCからのELC_PORT1, 2, 3, 4 発生時に1を出力する。
3. PCNTR3.PORR ビットを1にすると、0を出力する。
4. PCNTR3.POSR ビットを1にすると、1を出力する。
5. PCNTR1.PODR ビットが設定されると、0または1を出力する。
6. PmnPFS.PODR ビットが設定されると、0または1を出力する。

上記の番号は、PODR への書き込み優先順位に相当しています。たとえば、上記の1.と3.が同時に発生した場合、優先度の高い1.が実行されます。

20.5.4 アナログ機能を使う場合の注意事項

アナログ機能を使用するには、ポートモードコントロールビット (PMR) とポート方向ビット (PDR) の対応するビットを両方とも0にして、端子が汎用入力ポートとして動作できるようにしてください。その後、ポート mn 端子機能選択レジスタのアナログ入力許可ビット (ASEL) を1にしてください。

20.5.5 入出力バッファの仕様

P402 端子が内部プルアップ抵抗で出力または入力に構成されている場合は、バッテリーバックアップ機能を使用するか否かにかかわらず、I/O レジスタを設定する前に、VBTCR1.BPWSWSTP ビットを 1 にしてください。この設定は、パワーオンリセット後に一度だけ必要です。バッテリーバックアップ機能を使用する場合は、バッテリーバックアップ機能関連のレジスタを設定した後、再度 VBTCR1.BPWSWSTP ビットを 0 にしてください。

VBTCR1.BPWSWSTP ビットの設定フローが、[図 12.2](#) に示されています。

P402 端子は、RTC 入力端子 RTCIC0 として使用できます。VBTICTLR レジスタでこれらの入力端子を有効にすると、端子の出力機能は強制的に無効になります。そのため、ポート機能を使用するには、VBTICTLR レジスタを 0 にする必要があります。

注． VBTICTLR レジスタは、リセット時に初期化されません。詳細は、「[12. バッテリーバックアップ機能](#)」を参照してください。

20.5.6 USB_DP 端子および USB_DM 端子の選択

USB_DP 端子は P914 と、USB_DM 端子 P915 端子と共有されます。USB_DP 端子と P914 端子は PFS.P914PFS.PMR ビットで設定できます。USB_DM 端子と P915 端子は PFS.P915PFS.PMR ビットで設定できます。[表 20.4](#) に、選択した端子ごとの、PFS.P914PFS.PMR ビットおよび PFS.P915PFS.PMR ビットの設定値を示します。

表 20.4 USB 端子/PORT 端子の選択

| PMR ビットの設定 | | 選択した端子 | |
|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| P914PFS.PMR ビット | P915PFS.PMR ビット | P914/USB_DP 端子 | P915/USB_DM 端子 |
| 0 | 0 | P914 | P915 |
| 0 | 1 | P914 | P915 |
| 1 | 0 | P914 | P915 |
| 1 | 1 | USB_DP | USB_DM |

注． P914/USB_DP および P915/USB_DM を GPIO 端子（P914 および P915）として使用する場合、USB レジスタは初期値で使用してください。

注． P914/USB_DP および P915/USB_DM を USB 端子（USB_DP および USB_DM）として使用する場合、P914 と P915 の GPIO レジスタは初期値で使用してください。

注． P914/USB_DP および P915/USB_DM を GPIO 端子または USB 端子として使用する場合、これらの端子はリセット後に 1 回だけ設定してください。

20.5.7 USBFS/GPIO 機能を使用した P914 および P915 のプルアップ/プルダウン設定

P914 および P915 を GPIO 端子として使用する場合、それらの動作は USBFS レジスタのプルアップ/プルダウン機能による影響を受けます。

そのため、GPIO 機能を使用する場合は SYSCFG.DMRPU、SYSCFG.DPRPU および SYSCFG.DRPD ビットを使用して、あらかじめ USBFS レジスタのプルアップ/プルダウン制御を無効にしてください。

20.6 製品ごとの周辺選択設定

本節では、PmnPFSレジスタによる端子機能選択設定について詳しく説明します。ただし、同じ機能を2つ以上の端子に同時に割り当てないでください。

表 20.5 入出力端子機能のレジスタ設定 (ポート0)

| PSEL[4:0] ビット設定値 | 機能 | 端子 | | | | |
|---------------------|---------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|---------------|-------|
| | | P004 | P010 | P011 | P014 | P015 |
| 00000b (リセット後の値) | Hi-Z/JTAG/SWD | Hi-Z | | | | |
| 01100b | CTS0 | — | TS30 | TS31 | — | TS28 |
| ASELビット | | AN004/ AMP20 | AN005/ VREFH0/ AMP2- | AN006/ VREFL0/ AMP2+ | AN009/ DA0 | AN010 |
| ISELビット | | IRQ3 | IRQ14 | IRQ15 | — | IRQ7 |
| PCRビット | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| DSCRビット | | 低/中 | 低/中 | 低/中 | 低/中 | 低/中 |

○：使用可能
—：設定禁止

表 20.6 入出力端子機能のレジスタ設定 (ポート1) (1)

| PSEL[4:0] ビット設定値 | 機能 | 端子 | | | | | | | |
|---------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|---------|---------|---------|
| | | P100 | P101 | P102 | P103 | P104 | P105 | P106 | P107 |
| 00000b (リセット後の値) | Hi-Z/JTAG/SWD | Hi-Z | | | | | | | |
| 00001b | AGT | AGTIO0 | AGTEE0 | AGTO0 | — | — | — | — | — |
| 00010b | GPT | GTETRGA | GTETRGB | GTOWLO | GTOWUP | GTETRGR | GTETRGA | — | — |
| 00011b | GPT | GTIOC5B | GTIOC5A | GTIOC2B | GTIOC2A | GTIOC1B | GTIOC1A | GTIOC8B | GTIOC8A |
| 00100b | SCI | RXD0/ MISO0/ SCL0 | TXD0/ MOSI0/ SDA0 | SCK0 | CTS0_RTS0/ SS0 | RXD0/ MISO0/ SCL0 | — | — | — |
| 00101b | SCI | SCK1 | CTS1_RTS1/ SS1 | TXD2/ MOSI2/ SDA2 | — | — | — | — | — |
| 00110b | SPI | MISOA | MOSIA | RSPCKA | SSLA0 | SSLA1 | SSLA2 | SSLA3 | — |
| 00111b | IIC | SCL1 | SDA1 | — | — | — | — | — | — |
| 01000b | KINT | KR00 | KR01 | KR02 | KR03 | KR04 | KR05 | KR06 | KR07 |
| 01001b | CLKOUT/ ACMPLP/ RTC | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 01010b | CAC/ADC14 | — | — | ADTRG0 | — | — | — | — | — |
| 01100b | CTS0 | — | — | — | — | TS13 | TS34 | — | — |
| 01101b | SLCDC | VL1 | VL2 | — | VL4 | COM0 | COM1 | COM2 | COM3 |
| 10000h | CAN | — | — | CRX0 | CTX0 | — | — | — | — |
| ASELビット | | CMPIN0 | CMPREF0 | AN020/ CMPIN1 | AN019/ CMPREF1 | — | — | — | — |
| ISELビット | | IRQ2 | IRQ1 | — | — | IRQ1 | IRQ0 | — | — |
| NCODRビット | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| PCRビット | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| DSCRビット | | 低/中 | 低/中 | 低/中 | 低/中 | 低/中 | 低/中 | 低/中 | 低/中 |

○：使用可能
—：設定禁止

表 20.7 入出力端子機能のレジスタ設定（ポート1）（2）

| PSEL[4:0] ビット設定値 | 機能 | 端子 | | | |
|---------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|---------|
| | | P108 | P109 | P110 | P111 |
| 00000b (リセット後の値) | Hi-Z/JTAG/SWD | TMS/ SWDIO | TDO/ TRACESWO | TDI | Hi-Z |
| 00001b | AGT | — | — | — | — |
| 00010b | GPT | GTOULO | GTOVUP | GTOVLO | — |
| 00011b | GPT | GTIOC0B | GTIOC1A | GTIOC1B | GTIOC3A |
| 00100b | SCI | — | SCK1 | CTS2_RTS2/ SS2 | SCK2 |
| 00101b | SCI | CTS9_RTS9/ SS9 | TXD9/ MOSI9/ SDA9 | RXD9/ MISO9/ SCL9 | SCK9 |
| 00110b | SPI | SSLB0 | MOSIB | MISOB | RSPCKB |
| 00111b | IIC | — | — | — | — |
| 01000b | KINT | — | — | — | — |
| 01001b | CLKOUT/ ACMPLP/ RTC | — | CLKOUT | VCOUT | — |
| 01010b | CAC/ADC14 | — | — | — | — |
| 01100b | CTSU | — | TS10 | — | TS12 |
| 01101b | SLCDC | — | SEG52 | SEG53 | — |
| 10000b | CAN | — | CTX0 | CRX0 | — |
| ASELビット | | — | — | — | — |
| ISELビット | | — | — | IRQ3 | IRQ4 |
| NCODRビット | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| PCRビット | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| DSCRビット | | 低/中 | 低/中 | 低/中 | 低/中 |

○：使用可能

—：設定禁止

表 20.8 入出力端子機能のレジスタ設定（ポート2）（1）

| PSEL[4:0] ビット設定値 | 機能 | 端子 | | | | |
|---------------------|---------------------------|------|------|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| | | P200 | P201 | P204 | P205 | P206 |
| 00000b (リセット後の値) | Hi-Z/JTAG/SWD | Hi-Z | | | | |
| 00001b | AGT | — | — | AGTIO1 | AGTO1 | — |
| 00010b | GPT | — | — | GTIW | GTIV | GTIU |
| 00011b | GPT | — | — | GTIOC4B | GTIOC4A | — |
| 00100b | SCI | — | — | SCK4 | TXD4/ MOSI4/ SDA4 | RXD4/ MISO4/ SCL4 |
| 00101b | SCI | — | — | SCK9 | CTS9_RTS9/ SS9 | — |
| 00110b | SPI | — | — | RSPCKB | SSLB0 | SSLB1 |
| 00111b | IIC | — | — | SCL0 | SCL1 | SDA1 |
| 01001b | CLKOUT/ ACMPLP/ RTC | — | — | — | CLKOUT | — |
| 01010b | CAC/ADC14 | — | — | CACREF | — | — |
| 01100b | CTSU | — | — | TS00 | TSCAP | TS01 |
| 01101b | SLCDC | — | — | SEG23 | SEG20 | SEG12 |
| 10011b | USBFS | — | — | USB_OVRCUR B | USB_OVRCUR A | USB_VBUSEN |
| ISEL ビット | | NMI | — | — | IRQ1 | IRQ0 |
| NCODR ビット | | — | ○ | ○ | ○ | ○ |
| PCR ビット | | — | ○ | ○ | ○ | ○ |
| DSCR ビット | | — | 低/中 | 低/中 | 低/中 | 低/中 |

○：使用可能
—：設定禁止

表 20.9 入出力端子機能のレジスタ設定（ポート2）（2）

| PSEL[4:0] ビット設定値 | 機能 | 端子 | | | |
|---------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|------|------|
| | | P212 | P213 | P214 | P215 |
| 00000b (リセット後の値) | Hi-Z/JTAG/SWD | Hi-Z | | | |
| 00001b | AGT | AGTEE1 | — | — | — |
| 00010b | GPT | GTETRGB | GTETRGA | — | — |
| 00011b | GPT | GTIOC0B | GTIOC0A | — | — |
| 00100b | SCI | — | — | — | — |
| 00101b | SCI | RXD1/ MISO1/ SCL1 | TXD1/ MOSI1/ SDA1 | — | — |
| 00110b | SPI | — | — | — | — |
| 00111b | IIC | — | — | — | — |
| 01001b | CLKOUT/ ACMPLP/ RTC | — | — | — | — |
| 01010b | CAC/ADC14 | — | — | — | — |
| 01100b | CTSU | — | — | — | — |
| 01101b | SLCDC | — | — | — | — |
| 10011b | USBFS | — | — | — | — |
| ISEL ビット | | IRQ3 | IRQ2 | — | — |
| NCODR ビット | | ○ | ○ | — | — |
| PCR ビット | | ○ | ○ | — | — |
| DSCR ビット | | — | — | — | — |

○：使用可能
—：設定禁止

表 20.10 入出力端子機能のレジスタ設定（ポート3）

| PSEL[4:0] ビット設定値 | 機能 | 端子 |
|---------------------|---------------|---------------|
| | | P300 |
| 00000b (リセット後の値) | Hi-Z/JTAG/SWD | TCK/ SWCLK |
| 00001b | AGT | — |
| 00010b | GPT | GTOUUP |
| 00011b | GPT | GTIOC0A |
| 00110b | SPI | SSLB1 |
| ISEL ビット | | — |
| NCODR ビット | | ○ |
| PCR ビット | | ○ |
| DSCR ビット | | 低/中 |

○：使用可能
—：設定禁止

表 20.11 入出力端子機能のレジスタ設定（ポート4）（1）

| PSEL[4:0] ビット設定値 | 機能 | 端子 | | |
|---------------------|---------------------------|------------------------------|---------|-------------------|
| | | P402 | P404 | P407 |
| 00000b (リセット後の値) | Hi-Z/JTAG/SWD | Hi-Z | | |
| 00001b | AGT | AGTIO0 (注2) / AGTIO1 (注2) | — | AGTIO0 |
| 00010b | GPT | — | — | — |
| 00011b | GPT | — | GTIOC3B | — |
| 00100b | SCI | — | — | CTS4_RTS4/ SS4 |
| 00101b | SCI | RXD1/ MISO1/ SCL1 | — | — |
| 00110b | SPI | — | — | SSLB3 |
| 00111b | IIC | — | — | SDA0 |
| 01001b | CLKOUT/ ACMPLP/ RTC | — | — | RTCOUT |
| 01010b | CAC/ADC14 | — | — | ADTRG0 |
| 01100b | CTSU | TS18 | — | TS03 |
| 01101b | SLCDC | SEG06 | — | SEG11 |
| 10000b | CAN | CRX0 | — | — |
| 10011b | USBFS | — | — | USB_VBUS |
| Don't care | | RTCIC0 (注1) | — | — |
| ISEL ビット | | IRQ4 | — | — |
| NCODR ビット | | ○ | ○ | ○ |
| PCR ビット | | ○ | ○ | ○ |
| DSCR ビット | | 低/中 | 低/中 | 低/中 |

○：使用可能
—：設定禁止

- 注 1. この端子機能を使用する場合は、該当端子を汎用入力（PmnPFS.PDR ビットおよび PmnPFS.PMR ビットを 0）にしてください。
- 注 2. この端子機能を使用する場合は、PmnPFS.PSEL[4:0] ビットおよび AGTIOSEL.SEL[1:0] ビットを設定してください（詳細は、「24.2.10 AGT 端子選択レジスタ (AGTIOSEL)」を参照）。

表 20.12 入出力端子機能のレジスタ設定（ポート4）（2）

| PSEL[4:0] ビット設定値 | 機能 | 端子 | |
|---------------------|---------------------------|---------|---------|
| | | P409 | P414 |
| 00000b (リセット後の値) | Hi-Z/JTAG/SWD | Hi-Z | |
| 00001b | AGT | — | — |
| 00010b | GPT | GTOWUP | — |
| 00011b | GPT | GTIOC5A | GTIOC0B |
| 00100b | SCI | — | — |
| 00101b | SCI | — | — |
| 00110b | SPI | — | SSLA1 |
| 00111b | IIC | — | — |
| 01001b | CLKOUT/ ACMPLP/ RTC | — | — |
| 01010b | CAC/ADC14 | — | — |
| 01100b | CTSU | — | — |
| 01101b | SLCDC | SEG09 | — |
| 10000b | CAN | — | — |
| 10011b | USBFS | — | — |
| Don't care | | — | — |
| ISELビット | | IRQ6 | IRQ9 |
| NCODRビット | | ○ | ○ |
| PCRビット | | ○ | ○ |
| DSCRビット | | 低/中 | 低/中 |

○：使用可能

—：設定禁止

注． この端子機能を使用する場合は、該当端子の設定を汎用入力にしてください（PmnPFS.PDR ビットおよび PmnPFS.PMR ビットを 0 にする）。

注． この端子機能を使用する場合は、PmnPFS.PSEL[4:0] ビットおよび AGTIOSEL.SEL[1:0] ビットを設定してください（詳細は、「[24.2.10 AGT 端子選択レジスタ \(AGTIOSEL\)](#)」を参照）。

表 20.13 入出力端子機能のレジスタ設定（ポート5）

| PSEL[4:0] ビット設定値 | 機能 | 端子 |
|---------------------|---------------|------------------|
| | | P501 |
| 00000b (リセット後の値) | Hi-Z/JTAG/SWD | Hi-Z |
| 00001b | AGT | AGTOB0 |
| 00010b | GPT | GTIV |
| 00011b | GPT | GTIOC2B |
| 01101b | SLCDC | SEG49 |
| 10011b | USBFS | USB_OVRCURA |
| ASELビット | | AN017/ CMPIN1 |
| ISELビット | | IRQ11 |
| NCODRビット | | ○ |
| PCRビット | | ○ |
| DSCRビット | | 低/中 |

○：使用可能

—：設定禁止

表 20.14 入出力端子機能のレジスタ設定（ポート9）

| PSEL[4:0] ビット設定値 | 機能 | 端子 | |
|---------------------|---------------|----------|----------|
| | | P914 | P915 |
| 00000b (リセット後の値) | Hi-Z/JTAG/SWD | Hi-Z | |
| 00001b | AGT | — | — |
| 00100b | SCI | — | — |
| 01011b | BUS | — | — |
| Don't care | | (USB_DP) | (USB_DM) |
| NCODRビット | | — | — |
| PCRビット | | — | — |
| DSCRビット | | — | — |

○：使用可能
—：設定禁止

21. キー割り込み機能 (KINT)

21.1 概要

キー割り込み (KEY_INTKR) は、キーリターンモードレジスタ (KRM) を設定し、キー割り込み入力端子 KR00 ~ KR07 に立ち上がりエッジまたは立ち下がりエッジを入力することで発生させることができます。表 21.1 にキー割り込み検出端子の配置、表 21.2 に機能の構成、そして図 21.1 にブロック図を示します。

表 21.1 キー割り込み検出端子の配置

| フラグ | 内容 |
|------|------------------|
| KRM0 | 1ビット単位でKR00信号を制御 |
| KRM1 | 1ビット単位でKR01信号を制御 |
| KRM2 | 1ビット単位でKR02信号を制御 |
| KRM3 | 1ビット単位でKR03信号を制御 |
| KRM4 | 1ビット単位でKR04信号を制御 |
| KRM5 | 1ビット単位でKR05信号を制御 |
| KRM6 | 1ビット単位でKR06信号を制御 |
| KRM7 | 1ビット単位でKR07信号を制御 |

表 21.2 キー割り込み機能 (KINT) の構成

| 項目 | 構成 |
|------------|--|
| 入力 | KR00 ~ KR07 |
| コントロールレジスタ | キーリターンコントロールレジスタ (KRCTL) キーリターンモードレジスタ (KRM) キーリターンフラグレジスタ (KRF) |

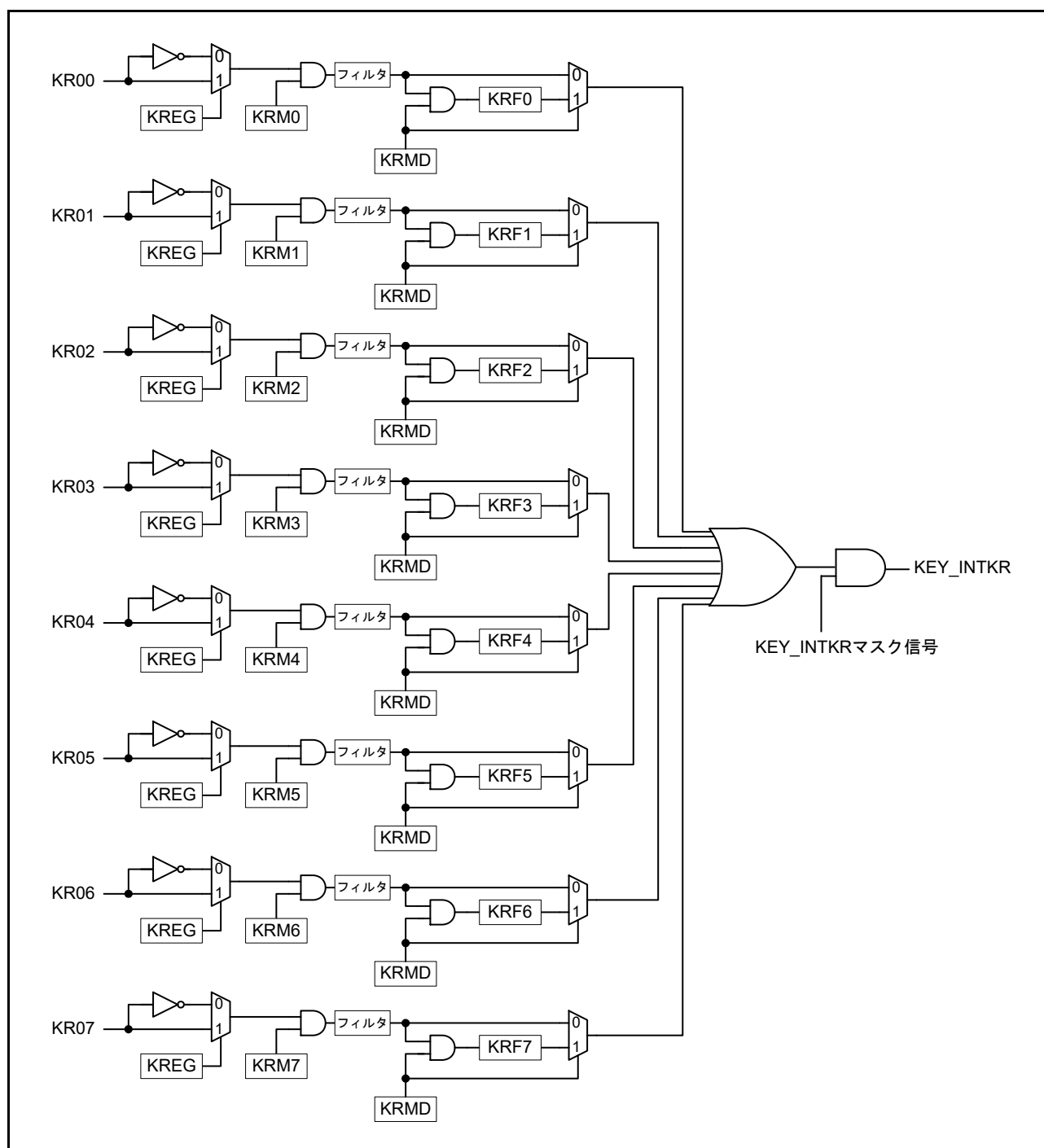


図 21.1 キー割り込み機能のブロック図

図 21.1 において、すべてのキーリターン要因が OR ゲートでマージされ、マージされたキーリターン要因が AND ゲートで KEY_INTKR マスク信号によってマスクされ、AND ゲートの出力がキー割り込み (KEY_INTKR) になります。KRFn (KRMD=1) を使用する場合、KEY_INTKR マスク信号は、KRFn をクリアすることでアサートされる出力マスクとして使用されます。

21.2 レジスタの説明

21.2.1 キーリターンコントロールレジスタ (KRCTL)

アドレス [KINT.KRCTL 4008 0000h](#)

| | | | | | | | | |
|---------|------|----|----|----|----|----|----|------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | KRMD | — | — | — | — | — | — | KREG |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------|---------------------------|---|-----|
| b0 | KREG | 検出エッジ選択 (KR00~KR07) | 0 : 立ち下がりエッジ 1 : 立ち上がりエッジ | R/W |
| b6-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | KRMD | キー割り込みフラグ使用状態 (KRF0~KRF7) | 0 : キー割り込みフラグを使用しない 1 : キー割り込みフラグを使用する | R/W |

KRCTL レジスタは、キー割り込みフラグ (KRF0 ~ KRF7) の使用状態を制御し、検出エッジを設定するためのレジスタです。

21.2.2 キーリターンフラグレジスタ (KRF)

アドレス [KINT.KRF 4008 0004h](#)

| | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | KRF7 | KRF6 | KRF5 | KRF4 | KRF3 | KRF2 | KRF1 | KRF0 |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------|------------|------------------------------------|-----|
| b7-b0 | KRFn | キー割り込みフラグn | 0 : キー割り込みの検出なし 1 : キー割り込みの検出あり | R/W |

n = 0 ~ 7

注. KRMD = 0 の場合、KRFn ビットを 1 にすることは禁止されます。

KRFn ビットを 1 に設定しても KRFn の値は変化しません。

KRFn ビットをクリアする場合は、0 を書き込む前に該当ビットが 1 であることを確認し、その後でその他のビットには 1 を書き込んでください。

KRF レジスタは、キー割り込みフラグ (KRF0 ~ KRF7) を制御するレジスタです。

21.2.3 キーリターンモードレジスタ (KRM)

アドレス KINT.KRM 4008 0008h

| | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | KRM7 | KRM6 | KRM5 | KRM4 | KRM3 | KRM2 | KRM1 | KRM0 |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------|--------------|---|-----|
| b7-b0 | KRMn | キー割り込みモード制御n | 0 : キー割り込み信号を検出しない 1 : キー割り込み信号を検出する | R/W |

n = 0 ~ 7

注. 対応するキー割り込み入力端子をプルアップ抵抗に設定することで、内蔵プルアップ抵抗の適用が可能です。詳細は、「[20. I/Oポート](#)」を参照してください。

キー割り込みは PmnPFS.PSEL ビットで割り当てることができます。詳細は、「[20. I/Oポート](#)」を参照してください。
キー割り込み入力端子へ入力中の信号が Low レベル (KREG = 0 の場合) または High レベル (KREG = 1 の場合) のとき、KRM レジスタの対象ビットがセットされると割り込みが発生します。この割り込みを無視するには、割り込み処理を禁止してから、KRM レジスタを設定してください。

KRM レジスタは、キー割り込みモードの設定を行うレジスタです。

21.3 動作説明

21.3.1 キー割り込みフラグを使用しない場合 (KRMD = 0)

キー割り込み端子 KR00 ~ KR07 に、KREG ビットで指定された有効エッジが入力されたとき、キー割り込み (KEY_INTKR) が発生します。有効エッジが入力されたチャンネルを判別するには、キー割り込み (KEY_INTKR) の発生後にポートレジスタを読み出して、ポートのレベルをチェックしてください。

KEY_INTKR 信号は、キー割り込み入力端子 (KR00 ~ KR07) の入力レベルに応じて変化します。

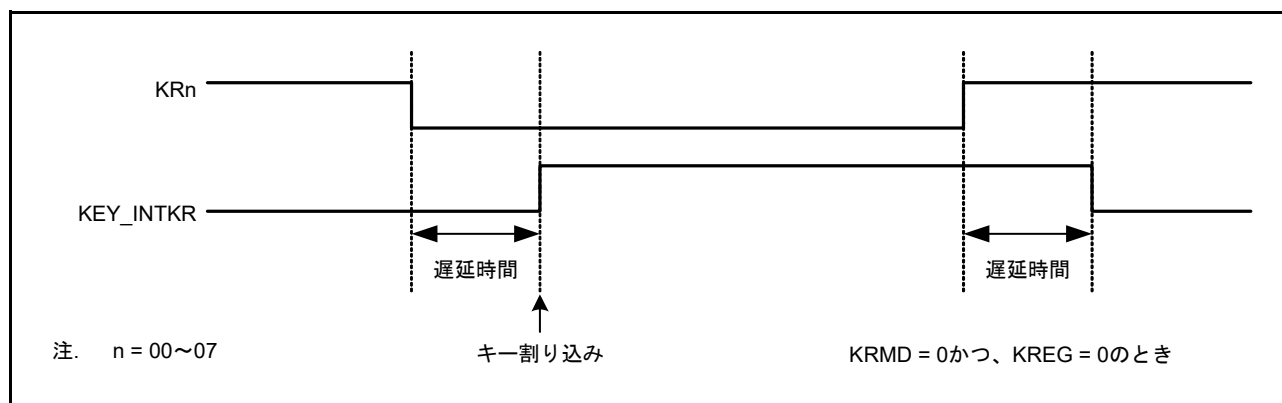


図 21.2 キー割り込みが1つのチャンネルに入力された場合の KEY_INTKR 信号の動作

有効エッジが複数のキー割り込み入力端子に入力された場合の動作を図 21.3 に示します。一方の端子に Low レベルが入力中であるとき、すなわち KREG ビットが 0 の場合、KEY_INTKR 信号がセットされます。そのため、この期間中に他方の端子に立ち下がりエッジが入力されても、再度キー割り込み (KEY_INTKR) は発生しません。図 21.3 の [1] を参照してください。

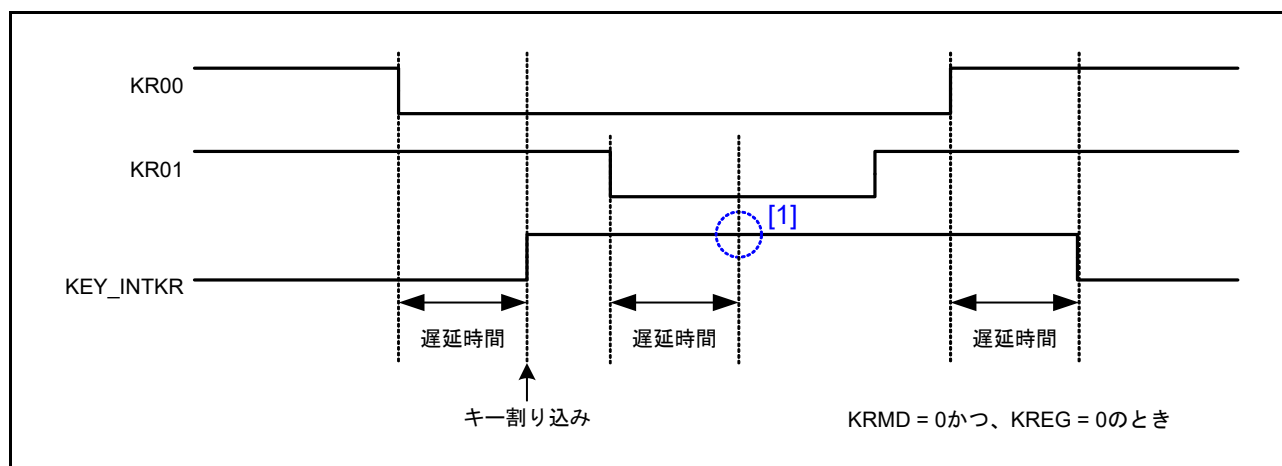


図 21.3 キー割り込みが複数のチャンネルに入力された場合の KEY_INTKR 信号の動作

21.3.2 キー割り込みフラグを使用する場合の動作 (KRMD = 1)

キー割り込み端子 KR00 ~ KR07 に、KREG ビットで指定された有効エッジが入力されたとき、キー割り込み (KEY_INTKR) が発生します。有効エッジが入力されたチャンネルを判別するには、キー割り込み (KEY_INTKR) の発生後にキーリターンフラグレジスタ (KRF) を読み出します。KRMD ビットが 1 になっている場合は、KRF レジスタの対応するビットをクリアして、KEY_INTKR 信号をクリアしてください。

図 21.4 に示すように、KREG ビットが 0 の場合、1 つのチャンネルに立ち下がりエッジが入力されるごとに、1 回だけ割り込みが発生します。立ち上がりエッジが入力される前や後に KRFn ビットがクリアされても、それ以上割り込みは発生しません。

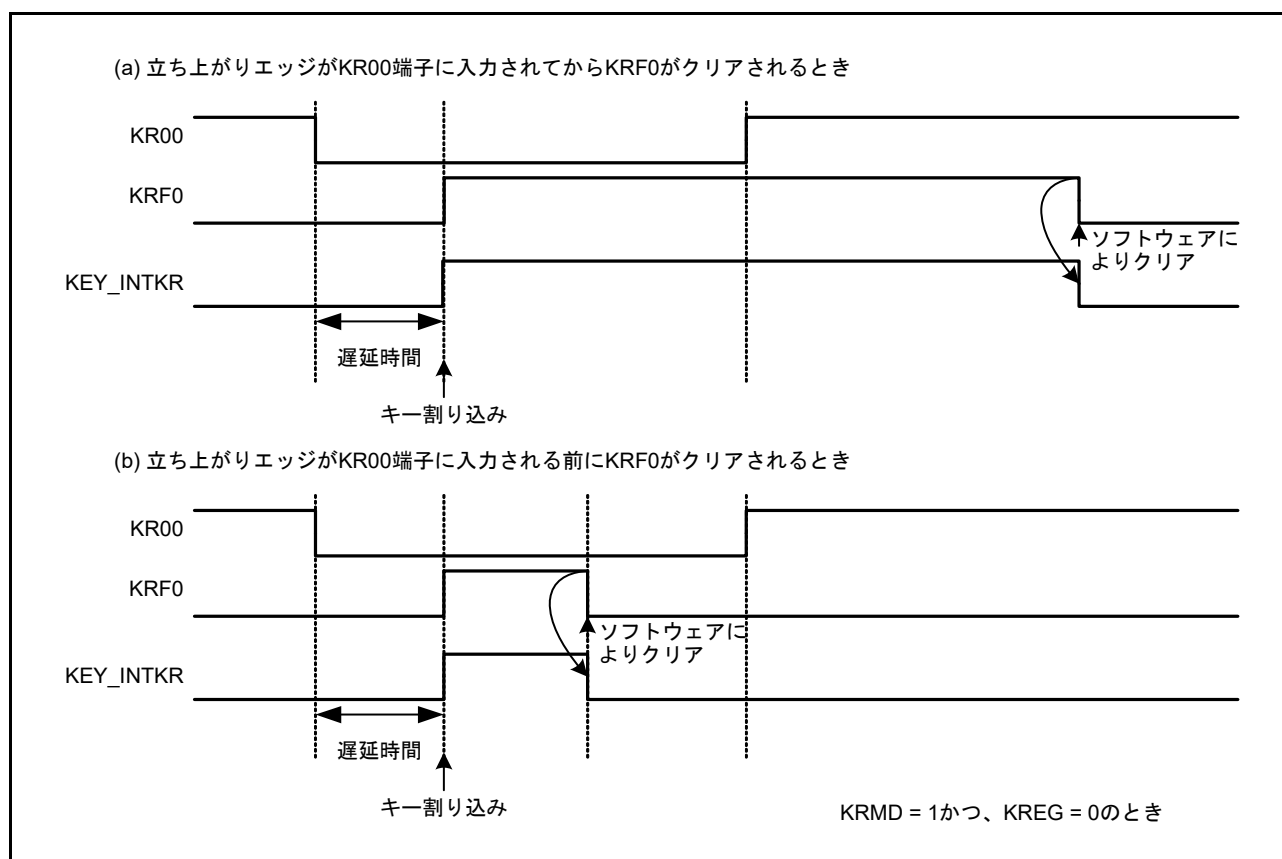


図 21.4 キー割り込みフラグを使用する場合の KEY_INTKR 信号の基本動作

有効エッジが複数のキー割り込み入力端子に入力された場合の動作を図 21.5 に示します。KR00 端子に立ち下がりエッジが入力された後に、すなわち KREG = 0 の場合に、KR01 端子と KR05 端子にも立ち下がりエッジが入力されます。KRF0 ビットがクリアされたとき、KRF1 ビットはセット状態になっています。そのため、KRF0 ビットがクリアされると、キー割り込みが 1 クロックサイクル (PCLKB) を生成します。図 21.5 の [1] を参照してください。また、KR05 端子に立ち下がりエッジが入力された後に、KRF5 ビットがセットされます。KRF1 ビットがクリアされたとき、図中の [2] の状態になります。そのため、KRF1 ビットがクリアされると、キー割り込みが 1 クロックサイクル (PCLKB) を生成します。図中の [3] を参照してください。したがって、複数チャンネルに有効エッジが入力されたとき、それぞれキー割り込みを発生させることが可能です。

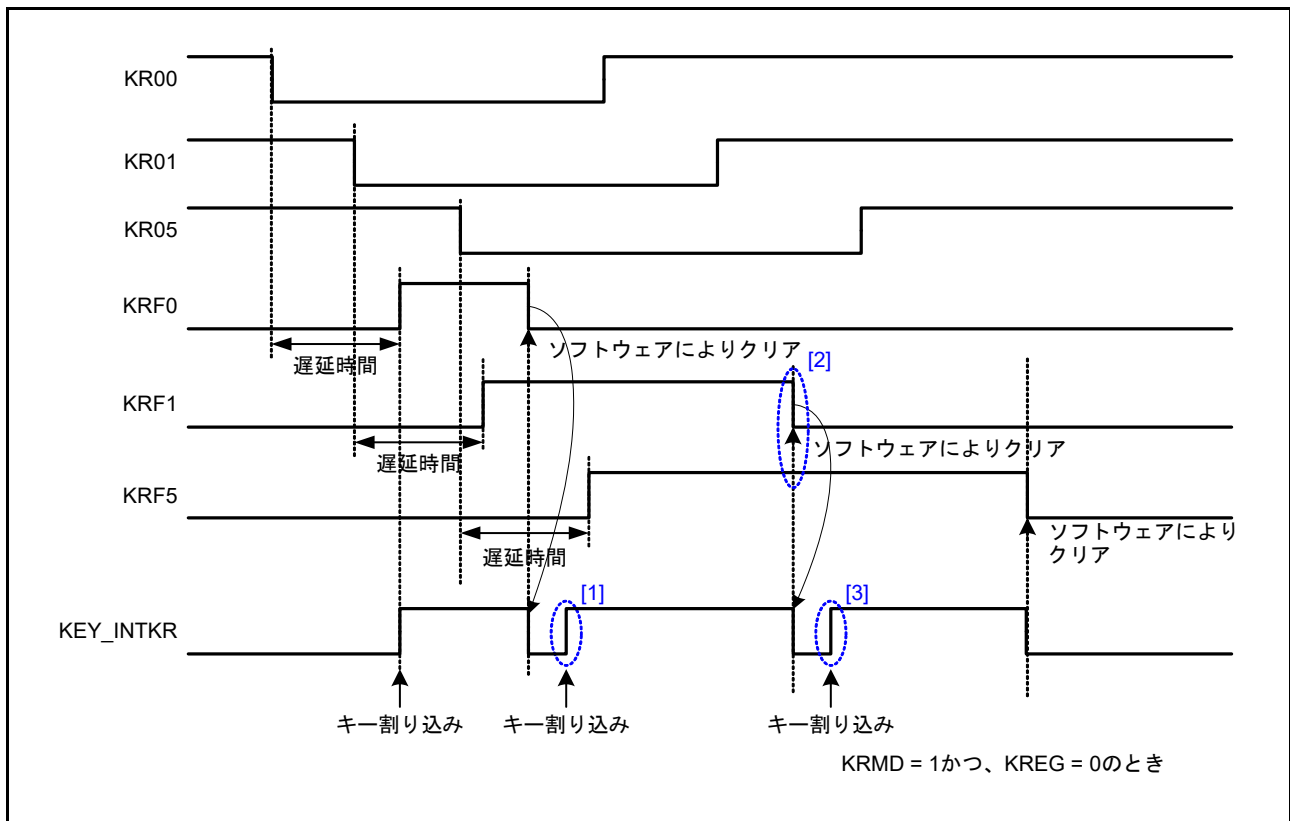


図 21.5 キー割り込みが複数のチャンネルに入力された場合の KEY_INTKR 信号の動作

21.4 使用上の注意事項

- KEY_INTKR をスヌーズ要求として用いる場合は、KRMD を 0 にすること
- KEY_INTKR をスヌーズモードおよびソフトウェアスタンバイモードから通常モードへ復帰するための割り込み要因として用いる場合は、KRMD ビットを 1 にすること
- キー割り込み機能 (KINT) が端子に割り当てられる場合、この端子入力はソフトウェアスタンバイモード時に常に許可される。また、この端子レベルが変化すると、対応する KRFn がセットされる可能性がある。そのため、ソフトウェアスタンバイモードの解除時に、キー割り込みが発生する可能性がある

ソフトウェアスタンバイモード時のキー割り込み端子の変化を無視するには、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に、対応する KRM ビットをクリアしてください。ソフトウェアスタンバイモードの解除後は、対応する KRM ビットがセットされる前に、KRFn をクリアする必要があります。

22. GPT 用ポートアウトプットイネーブル (POEG)

汎用 PWM タイマ (GPT) の出力端子を出力禁止状態とするには、ポートアウトプットイネーブル (POEG) 機能において、以下の方法の1つを使用します。

- GTETR_{Gn} 端子 (n = A, B) の入力レベル検出
- GPT からの出力禁止要求
- コンパレータ割り込み要求検出
- クロック発生回路の発振停止検出
- レジスタ設定

GTETR_{Gn} 端子 (n = A, B) は、GPT への外部トリガ入力端子としても利用可能です。

22.1 概要

表 22.1 に POEG の仕様を、図 22.1 にブロック図を、表 22.2 に入力端子を示します。

表 22.1 POEGの仕様

| 項目 | 内容 |
|--|---|
| 入力レベル検出による出力禁止制御 | 極性とフィルタの選択後、GTETR _{Gn} 端子の立ち上がりエッジまたはHighレベルをサンプリングした場合に、GPT出力端子を出力禁止に設定可能 |
| GPTからの出力禁止要求 | GTIOCA端子とGTIOCB端子が同時にアクティブレベルとなる場合、GPTはPOEGに対して出力禁止要求を発生させる。POEGは、これらの出力禁止要求を受信して、GTIOCAおよびGTIOCB端子を出力禁止にするか否かの制御が可能 |
| 発振停止検出による出力禁止制御 | クロック発生回路による発振が停止した場合に、GPT出力端子を出力禁止に設定可能 |
| ソフトウェア (レジスタ) による出力禁止制御 | レジスタの設定値を書き換えることにより、GPT出力端子を出力禁止に設定可能 |
| 割り込み | <ul style="list-style-type: none"> • 入力レベル検出による出力禁止制御が可能 • GPTからの出力禁止要求が可能 |
| GPTに対する外部トリガ出力機能 (カウント開始/カウント停止/カウントクリア/アップカウント/ダウンカウント/インプットキャプチャ機能) | 極性とフィルタの選択後、GTETR _{Gn} 信号をGPTへ出力可能 |
| ノイズフィルタリング | <ul style="list-style-type: none"> • どの入力端子 (GTETR_{Gn}) に対しても、PCLKB/1、PCLKB/8、PCLKB/32、またはPCLKB/128クロックごとに3回のサンプリングを設定可能 • どの入力端子 (GTETR_{Gn}) に対しても、正または負の極性を選択可能 • 極性およびフィルタ選択後の信号状態のモニタが可能 |

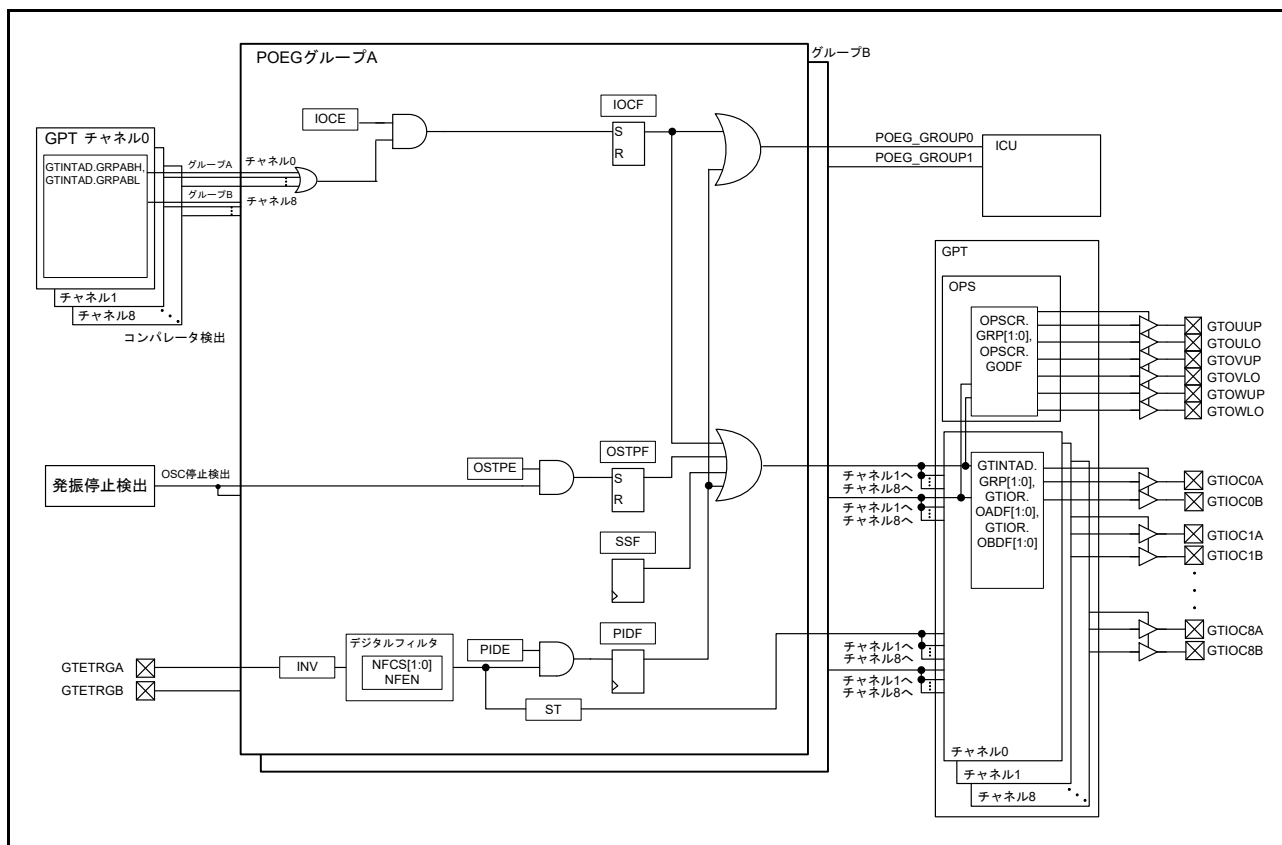


図 22.1 POEG のブロック図

表 22.2 POEGの入力端子

| 端子名 | 入出力 | 機能 |
|---------|-----|----------------------------------|
| GTETRGA | 入力 | GPT出力端子の出力禁止要求信号およびGPT外部トリガ入力端子A |
| GTETRGB | 入力 | GPT出力端子の出力禁止要求信号およびGPT外部トリガ入力端子B |

22.2 レジスタの説明

22.2.1 POEGグループn設定レジスタ (POEGGn) (n = A, B)

アドレス POEG.POEGGA 4004 2000h, POEG.POEGGB 4004 2100h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|------|-----|-------|------|------|
| b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| NFCS[1:0] | NFEN | INV | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ST |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | OSTPE | IOCE | PIDE | SSF | OSTPF | IOCF | PIDF |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|------------------|--|--------------|
| b0 | PIDF | ポート入力検出フラグ | 0 : GTETRn端子からの出力禁止要求なし 1 : GTETRn端子からの出力禁止要求あり | R(W) (注1) |
| b1 | IOCF | GPT出力禁止要求検出フラグ | 0 : GPTの禁止要求による出力禁止要求なし 1 : GPTの禁止要求による出力禁止要求あり | R(W) (注1) |
| b2 | OSTPF | 発振停止検出フラグ | 0 : 発振停止検出による出力禁止要求なし 1 : 発振停止検出による出力禁止要求あり | R(W) (注1) |
| b3 | SSF | ソフトウェア停止フラグ | 0 : ソフトウェアによる出力禁止要求なし 1 : ソフトウェアによる出力禁止要求あり | R/W |
| b4 | PIDE | ポート入力検出許可 | 0 : GTETRn端子からの出力禁止要求なし 1 : GTETRn端子からの出力禁止要求あり | R/W (注2) |
| b5 | IOCE | GPT出力禁止要求許可 | 0 : GPTの禁止要求による出力禁止要求なし 1 : GPTの禁止要求による出力禁止要求あり | R/W (注2) |
| b6 | OSTPE | 発振停止検出許可 | 0 : 発振停止検出による出力禁止要求を禁止 1 : 発振停止検出による出力禁止要求を許可 | R/W (注2) |
| b15-b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b16 | ST | GTETRn入カステータスフラグ | 0 : フィルタリング後のGTETRn入力は0 1 : フィルタリング後のGTETRn入力は1 | R |
| b27-b17 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b28 | INV | GTETRn入力反転 | 0 : GTETRnをそのまま入力 1 : GTETRnを反転して入力 | R/W |
| b29 | NFEN | ノイズフィルタ有効 | 0 : ノイズのフィルタリングを禁止 1 : ノイズのフィルタリングを許可 | R/W |
| b31-b30 | NFCS[1:0] | ノイズフィルタクロック選択 | b1 b0 0 0 : GTETRn端子の入カレベルをPCLKB/1クロックごとに3回サンプリング 0 1 : GTETRn端子の入カレベルをPCLKB/8クロックごとに3回サンプリング 1 0 : GTETRn端子の入カレベルをPCLKB/32クロックごとに3回サンプリング 1 1 : GTETRn端子の入カレベルをPCLKB/128クロックごとに3回サンプリング | R/W |

注1. フラグをクリアするための0書き込みのみ可能です。

注2. リセット後、1回のみ書き込み可能です。

POEGGA ~ POEGGD レジスタは、GPT端子の出力禁止状態、割り込み、およびGPTへの外部トリガ入力を制御するレジスタです。以下の説明でPOEGGnとは、POEGGA ~ POEGGDレジスタのすべてを表しています。

22.3 出力禁止制御の動作

以下のいずれかの条件が成立したとき、GTIOCxA、GTIOCxB、およびBLDCモータ制御用3相PWM出力端子を出力禁止に設定できます。

- GTETRnGn 端子の入力レベルまたはエッジ検出
POEGn.PIDE ビットが1の場合、POEGn.PIDF フラグが1になります
- GPTからの出力禁止要求
POEGn.IOCE ビットが1の場合、GTINTAD.GRPABH ビットまたはGTINTAD.GRPABL ビットで許可された禁止要求が、GPTレジスタのGTINTAD.GRP[1:0] ビットとOPSCR.GRP[1:0] ビットで選択されたグループに適用されると、POEGn.IOCF フラグが1になります
- クロック発生回路の発振停止検出
POEGn.OSTPE ビットが1の場合、POEGn.OSTPF フラグが1になります
- SSF ビットの設定
POEGn.SSF ビットが1の場合、PWM出力は禁止です
出力禁止状態はGPTで制御されます。GTIOCxA端子およびGTIOCxB端子の出力禁止は、GPTのGTINTAD.GRP[1:0] ビット、GTIOR.OADF[1:0] ビット、およびGTIOR.OBDF[1:0] ビットで設定されます。BLDCモータ制御用3相PWM出力端子の出力禁止は、GPT OPSのOPSCR.GRP[1:0] ビットおよびOPSCR.GODF ビットで設定されます

22.3.1 端子入力レベル検出時の動作

POEGn.PIDE、POEGn.NFCS[1:0]、POEGn.NFEN、およびPOEGn.INV ビットに設定した入力条件が、GTETRnGn 端子で発生した場合、GPT出力端子は出力禁止になります。

22.3.1.1 デジタルフィルタ

図 22.2 に、デジタルフィルタによる High 検出時の動作を示します。POEGn.INV ビットの極性の設定に対応した High 状態が、POEGn.NFCS[1:0] ビットと POEGn.NFEN ビットで選択したサンプリングクロックにおいて3回連続して検出されたとき、High 検出とみなされて、GPT出力端子は出力禁止状態になります。このとき、一度でも Low を検出した場合は High 検出とみなされません。さらに、サンプリングクロックが出力されていない期間、GTETRnGn 端子のレベル変化が無視されます。

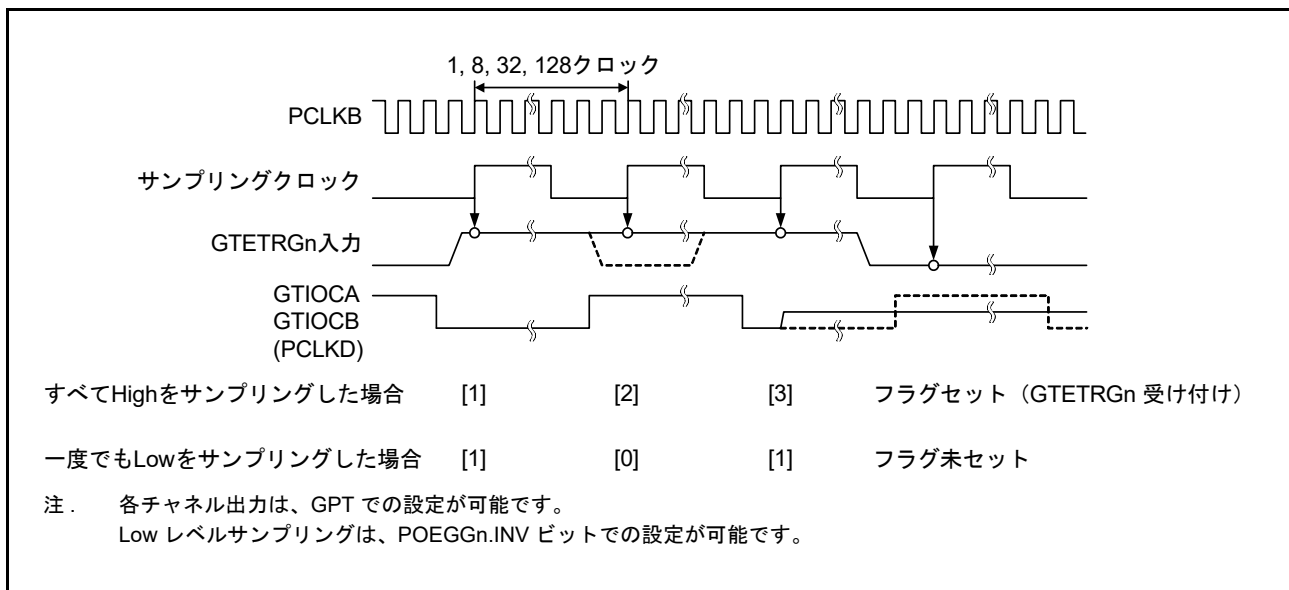


図 22.2 デジタルフィルタの動作例

22.3.2 GPT からの出力禁止要求

この動作の詳細については、「[23. 汎用 PWM タイマ \(GPT\)](#)」を参照してください。

22.3.3 発振停止検出による出力禁止制御

POEGn.OSTPE ビットが 1 の場合、クロック発生回路の発振停止検出機能が発振停止を検出すると、GPT 出力端子はグループごとに出力禁止になります。

22.3.4 レジスタによる出力禁止制御

GPT 出力端子は、ソフトウェア停止フラグ (POEGn.SSF) に書き込むことで直接制御が可能です。

22.3.5 出力禁止状態の解除

出力禁止状態になっている GPT 出力端子を解放するには、リセットによって初期状態に復帰させるか、または下記のフラグをすべてクリアします。

- POEGn.PIDF フラグ
- POEGn.IOCF フラグ
- POEGn.OSTPF フラグ
- POEGn.SSF フラグ

外部入力端子 GTETRn が無効ではなく、かつ POEGn.ST ビットが 0 になっていなければ、POEGn.PIDF フラグに 0 を書いても無視されます (フラグはクリアされません)。

GPT の GTST.OABHF フラグ、および GTST.OABLF フラグがすべて 0 になっている場合にのみ、POEGn.IOCF フラグに 0 を書くこと (フラグをクリアすること) が可能です。

クロック発生回路の OSTDSR.OSTDF フラグが 0 になっていない場合、POEGn.OSTPF フラグに 0 を書いても無視されます (フラグはクリアされません)。また、フラグのセットとクリアが同時に発生した場合、セットが優先されます。

[図 22.3](#) に、出力禁止状態の解除タイミングを示します。フラグがクリアされた後、次の GPT カウント周期の開始時に、出力禁止状態が解除されます。

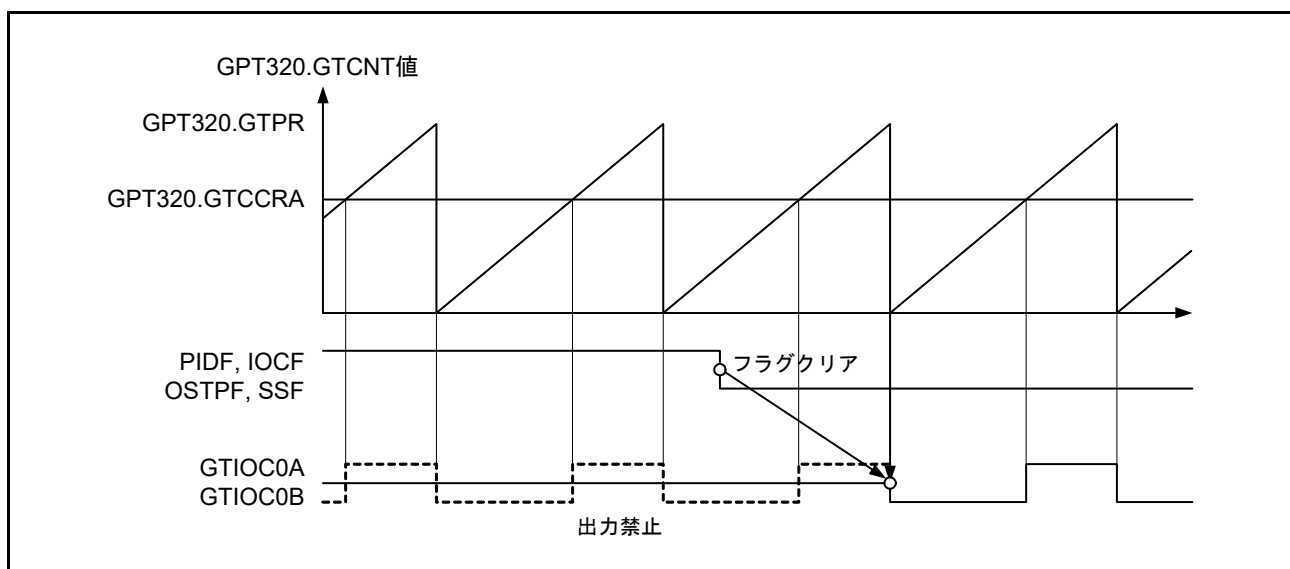


図 22.3 GPT 端子出力の出力禁止状態の解除タイミング

22.4 割り込み要因

POEGは、以下の要因によってトリガされたとき、割り込み要求を発生させます。

- 入力レベル検出による出力禁止制御
- GPTからの出力禁止要求

表 22.3 に、割り込み要求の条件を示します。

表 22.3 割り込み要因と条件

| 割り込み要因 | シンボル | 対応するフラグ | トリガ条件 |
|---------------|-------------|-------------|------------------------|
| POEGグループA割り込み | POEG_GROUP0 | POEGGA.IOCF | GPTからの出力禁止要求の発生 |
| | | POEGGA.PIDF | GTETRG A端子からの出力禁止要求の発生 |
| POEGグループB割り込み | POEG_GROUP1 | POEGGB.IOCF | GPTからの出力禁止要求の発生 |
| | | POEGGB.PIDF | GTETRG B端子からの出力禁止要求の発生 |

22.5 GPT に対する外部トリガ出力

POEGは、下記のGPT動作のトリガ信号として、GTETRGN信号を出力します。

- カウント開始
- カウント停止
- カウントクリア
- アップカウント
- ダウンカウント
- インพุットキャプチャ

POEGG.INV ビットで設定した極性信号に対し、POEGGn.NFCS[1:0] および POEGGn.NFEN ビットで選択したサンプリングクロックで同じレベルが3回連続して入力されたとき、その値が出力されます。22.3.1 端子入力レベル検出時の動作に記載のコントロールレジスタと同じものを設定してください。フィルタリング後の状態は POEGGn.ST フラグでモニタできます。

図 22.4 に、GPT に対する外部トリガ出力のタイミングを示します。

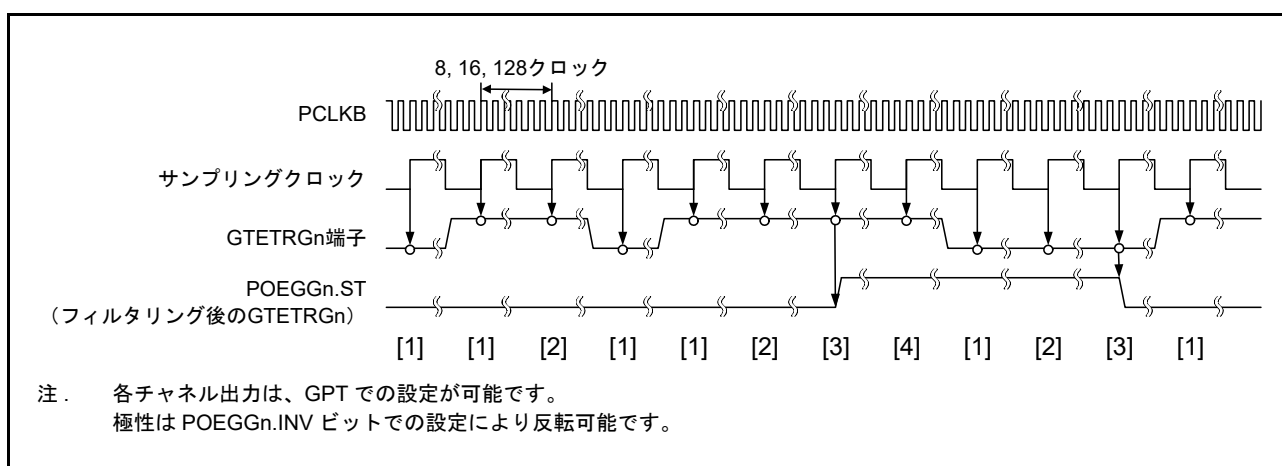


図 22.4 GPT に対する外部トリガ出力のタイミング

22.6 使用上の注意事項

22.6.1 ソフトウェアスタンバイモードへの遷移

POEGを使用する場合は、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移させないでください。このモードではPOEGが停止するため、端子の出力禁止を制御することができません。

22.6.2 GPT 対応端子の指定

POEGは、PmnPFS.PMR および PmnPFS.PSEL ビットによって、GPT 対応端子として指定された場合にのみ出力禁止制御を行います。端子が汎用入出力端子として指定されている場合、POEGは出力禁止制御を行いません。

23. 汎用 PWM タイマ (GPT)

23.1 概要

汎用 PWM タイマ (GPT) は、4 チャネルの 32 ビットタイマ (GPT32) と、3 チャネルの 16 ビットタイマ (GPT16) で構成されます。PWM 波形は、アップカウンタ、ダウンカウンタ、またはアップダウンカウンタを制御することで発生させることができます。さらに、ブラシレス DC モータ制御用の PWM 波形を発生させることもできます。GPT は汎用タイマとしても使用可能です。

表 23.1 に GPT の仕様を、表 23.2 に GPT の機能一覧を、図 23.1 にブロック図を、図 23.2 に GPT チャネルとモジュール名の対応関係を、表 23.3 に入出力端子を示します。

表 23.1 GPTの仕様

| 項目 | 内容 |
|----|--|
| 機能 | <ul style="list-style-type: none"> • 32ビット×4チャネル • 16ビット×3チャネル • 各カウンタは、アップカウントもしくはダウンカウント (のこぎり波)、またはアップダウンカウント (三角波) • チャネルごとに独立したクロックソースを選択可能 • チャネルごとに2本の入出力端子 • チャネルごとにアウトプットコンペア/インプットキャプチャ用レジスタが2本 • 各チャネル2本のアウトプットコンペア/インプットキャプチャレジスタに対し、それぞれバッファレジスタとして4本のレジスタがあり、バッファ動作しないときにはコンペアレジスタとしても動作可能 • アウトプットコンペア動作時に山/谷それぞれバッファ動作可能で左右非対称なPWM波形を生成 • チャネルごとにフレーム周期設定用レジスタを搭載 (オーバーフロー/アンダーフローで割り込み可能) • PWM動作の際にデッドタイム生成が可能 • 任意チャネルのカウンタの同期スタート/ストップ/クリア • 最大8個のELCイベントに対応したカウンタのスタート/ストップ/クリア/アップ/ダウン • 入力レベル比較に対応したカウンタのスタート/ストップ/クリア/アップ/ダウン • 最大4個の外部トリガに対応したカウンタのスタート/ストップ/クリア/アップ/ダウン • 出力端子間の短絡検出による出力端子無効機能 • ブラシレスDCモータ制御用のPWM波形生成が可能 • コンペアマッチA~Fイベント、オーバーフローイベント/アンダーフローイベント、および入力UVWエッジイベントをELCに出力可能 • インプットキャプチャおよび入力UVWのノイズフィルタを使用可能 • バスクロック: PCLKA • コアクロック: PCLKD • 周波数比: PCLKA: PCLKD = 1: N (N = 1/2/4/8/16/32/64) |

表 23.2 GPTの機能一覧

| 項目 | | GPT32, GPT16 |
|-----------------------------------|--------|---|
| カウントクロック | | PCLKD PCLKD/4 PCLKD/16 PCLKD/64 PCLKD/256 PCLKD/1024 |
| アウトプットコンペア/インプットキャプチャレジスタ (GTCCR) | | GTCCRA GTCCRB |
| コンペア/バッファレジスタ | | GTCCRC GTCCRD GTCCRE GTCCRF |
| 周期設定レジスタ | | GTPR |
| 周期設定バッファレジスタ | | GTPBR |
| 入出力端子 | | GTIOCA GTIOCB |
| 外部トリガ入力端子 (注1) | | GTETRGA GTETRGB |
| カウンタクリア要因 | | GTPRレジスタコンペアマッチ、インプットキャプチャ、入力端子状態、ELCイベント入力、およびGTETR _{Gn} (n = A, B) 端子入力 |
| コンペアマッチ出力 | Low出力 | 可能 |
| | High出力 | 可能 |
| | トグル出力 | 可能 |
| インプットキャプチャ機能 | | 可能 |
| デッドタイム自動付加機能 | | 可能 (デッドタイムバッファなし) |
| PWMモード | | 可能 |
| 位相計数機能 | | 可能 |
| バッファ動作 | | ダブルバッファ |
| ワンショット動作 | | 可能 |
| DTCの起動 | | すべての割り込み要因 |
| ブラシレスDCモータ制御機能 | | 可能 |
| 割り込み要因 | | 8要因 : <ul style="list-style-type: none"> • GTCCRAコンペアマッチ/インプットキャプチャ (GPT_n_CCMPA) • GTCCRBコンペアマッチ/インプットキャプチャ (GPT_n_CCMPB) • GTCCRCコンペアマッチ (GPT_n_CMPC) • GTCCRDコンペアマッチ (GPT_n_CMPD) • GTCCREコンペアマッチ (GPT_n_CMPE) • GTCCRFコンペアマッチ (GPT_n_CMPF) • GTCNTオーバーフロー (GTPRコンペアマッチ) (GPT_n_OVF) • GTCNTアンダーフロー (GPT_n_UDF) 注. n = 0 ~ 5, 8 |
| イベントリンク (ELC) 機能 | | 可能 |
| ノイズフィルタ機能 | | 可能 |

注 1. GTRETR_{Gn} は、POEG モジュールを経由して GPT に接続します。そのため、GPT 機能を使用するには、MSTPD14 ビットをクリアして POEG にクロックを供給する必要があります。

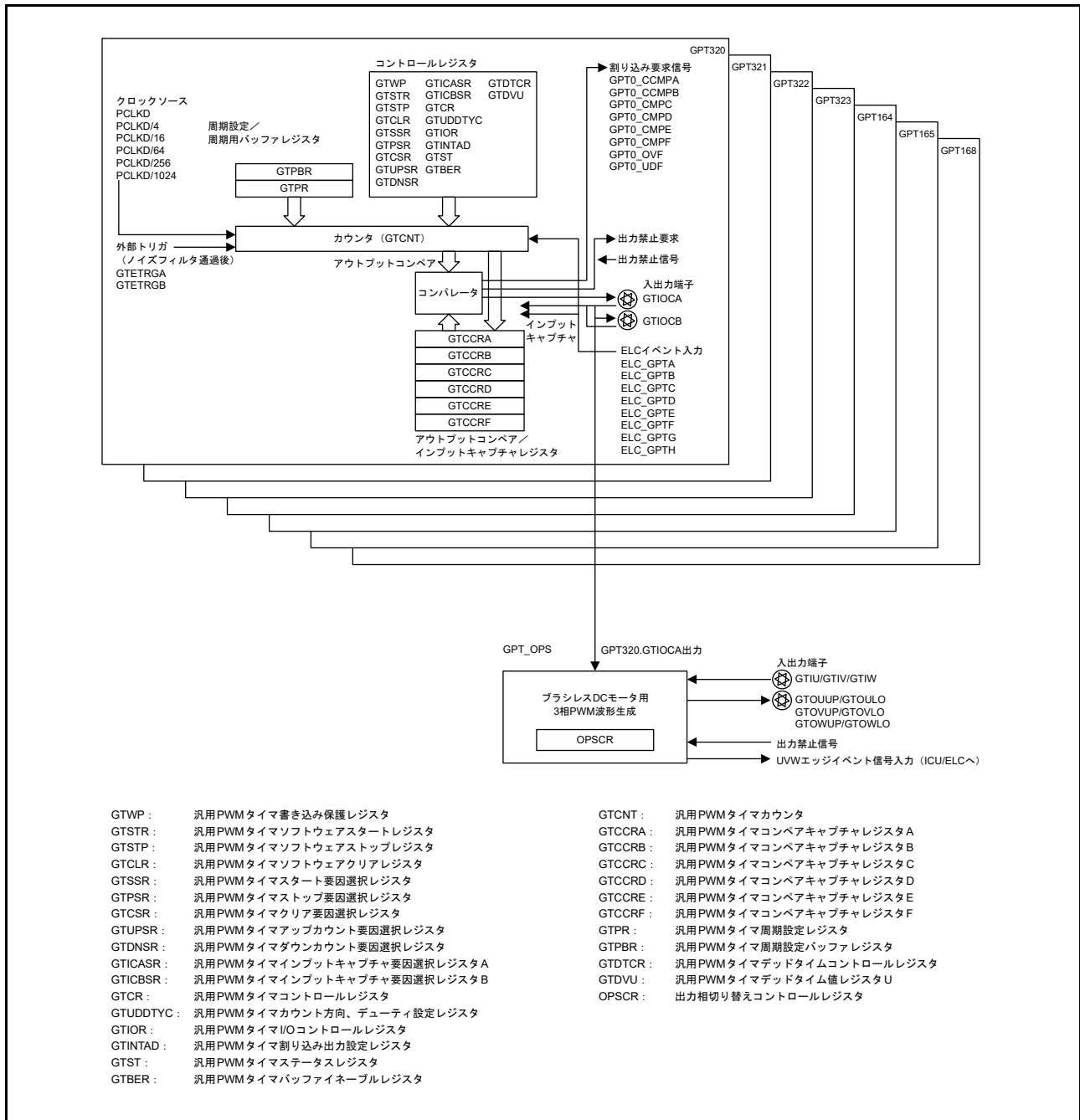


図 23.1 GPT のブロック図

図 23.2 に複数の GPT の使用例を示します。

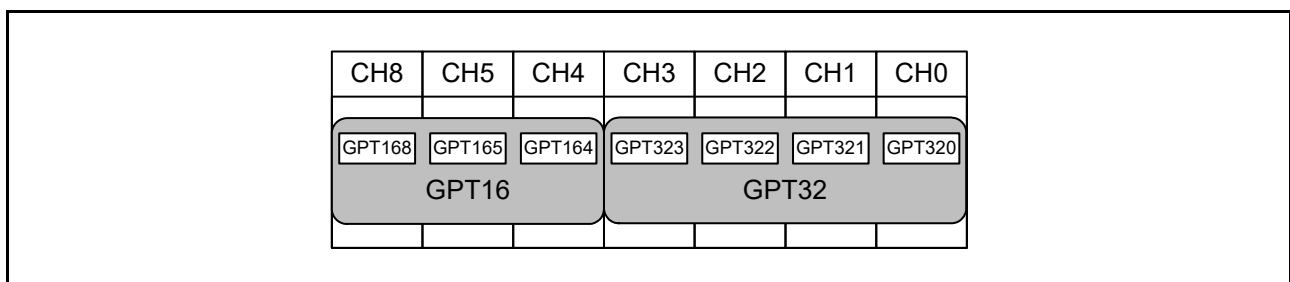


図 23.2 GPT チャンネルとモジュール名の対応関係

表 23.3 GPTの入出力端子

| チャンネル | 端子名 | 入出力 | 機能 |
|---------|---------|--------------------------|--|
| 共通 | GTETRGA | 入力 | 外部トリガ入力端子A (ノイズフィルタリング後) |
| | GTETRGB | 入力 | 外部トリガ入力端子B (ノイズフィルタリング後) |
| GPT320 | GTIOC0A | 入出力 | GTCCRAレジスタのインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM出力端子 |
| | GTIOC0B | 入出力 | GTCCRBレジスタのインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM出力端子 |
| GPT321 | GTIOC1A | 入出力 | GTCCRAレジスタのインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM出力端子 |
| | GTIOC1B | 入出力 | GTCCRBレジスタのインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM出力端子 |
| GPT322 | GTIOC2A | 入出力 | GTCCRAレジスタのインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM出力端子 |
| | GTIOC2B | 入出力 | GTCCRBレジスタのインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM出力端子 |
| GPT323 | GTIOC3A | 入出力 | GTCCRAレジスタのインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM出力端子 |
| | GTIOC3B | 入出力 | GTCCRBレジスタのインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM出力端子 |
| GPT164 | GTIOC4A | 入出力 | GTCCRAレジスタのインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM出力端子 |
| | GTIOC4B | 入出力 | GTCCRBレジスタのインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM出力端子 |
| GPT165 | GTIOC5A | 入出力 | GTCCRAレジスタのインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM出力端子 |
| | GTIOC5B | 入出力 | GTCCRBレジスタのインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM出力端子 |
| GPT168 | GTIOC8A | 入出力 | GTCCRAレジスタのインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM出力端子 |
| | GTIOC8B | 入出力 | GTCCRBレジスタのインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM出力端子 |
| GPT OPS | GTIU | 入力 | ホールセンサ入力端子U |
| | GTIV | 入力 | ホールセンサ入力端子V |
| | GTIW | 入力 | ホールセンサ入力端子W |
| | GTOUUP | 出力 | BLDCモータ制御用3相PWM出力 (正相U相) |
| | GTOULO | 出力 | BLDCモータ制御用3相PWM出力 (逆相U相) |
| | GTOVUP | 出力 | BLDCモータ制御用3相PWM出力 (正相V相) |
| | GTOVLO | 出力 | BLDCモータ制御用3相PWM出力 (逆相V相) |
| | GTOWUP | 出力 | BLDCモータ制御用3相PWM出力 (正相W相) |
| GTOWLO | 出力 | BLDCモータ制御用3相PWM出力 (逆相W相) | |

23.2 レジスタの説明

表 23.4 に GPT のレジスタ一覧を示します。

表 23.4 GPT レジスタ

| モジュール シンボル | レジスタ名 | レジスタ シンボル | リセット値 | アドレス | アクセス サイズ |
|----------------------------------|-----------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| GPT32m (注1) GPT16m (注2) | 汎用PWMタイマ書き込み保護レジスタ | GTWP | 0000_0000h | 4007 8000h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマソフトウェアスタートレジスタ | GTSTR | 0000_0000h | 4007 8004h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマソフトウェアストップレジスタ | GTSTP | FFFF_FFFFh | 4007 8008h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマソフトウェアクリアレジスタ | GTCLR | 0000_0000h | 4007 800Ch + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマスタート要因選択レジスタ | GTSSR | 0000_0000h | 4007 8010h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマストップ要因選択レジスタ | GTCSR | 0000_0000h | 4007 8014h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマクリア要因選択レジスタ | GTCSR | 0000_0000h | 4007 8018h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマアップカウント要因選択レジスタ | GTUPSR | 0000_0000h | 4007 801Ch + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマダウンカウント要因選択レジスタ | GTDNSR | 0000_0000h | 4007 8020h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマインプットキャプチャ要因選択レジスタA | GTICASR | 0000_0000h | 4007 8024h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマインプットキャプチャ要因選択レジスタB | GTICBSR | 0000_0000h | 4007 8028h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマコントロールレジスタ | GTCR | 0000_0000h | 4007 802Ch + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマカウント方向、デューティ設定レジスタ | GTUDDTYC | 0000_0001h | 4007 8030h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマI/Oコントロールレジスタ | GTIOR | 0000_0000h | 4007 8034h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマ割り込み出力設定レジスタ | GTINTAD | 0000_0000h | 4007 8038h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマステータスレジスタ | GTST | 0000_8000h | 4007 803Ch + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマバッファイネーブルレジスタ | GTBER | 0000_0000h | 4007 8040h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマカウンタ | GTCNT | 0000_0000h | 4007 8048h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマコンペアキャプチャレジスタA | GTCCRA | FFFF_FFFFh (注3) | 4007 804Ch + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマコンペアキャプチャレジスタB | GTCCRB | FFFF_FFFFh (注3) | 4007 8050h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマコンペアキャプチャレジスタC | GTCCRC | FFFF_FFFFh (注3) | 4007 8054h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマコンペアキャプチャレジスタE | GTCCRE | FFFF_FFFFh (注3) | 4007 8058h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマコンペアキャプチャレジスタD | GTCCRD | FFFF_FFFFh (注3) | 4007 805Ch + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマコンペアキャプチャレジスタF | GTCCRF | FFFF_FFFFh (注3) | 4007 8060h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマ周期設定レジスタ | GTPR | FFFF_FFFFh (注3) | 4007 8064h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマ周期設定バッファレジスタ | GTPBR | FFFF_FFFFh (注3) | 4007 8068h + 0100h × m | 32 |
| | 汎用PWMタイマデッドタイムコントロールレジスタ | GTDTCR | 0000_0000h | 4007 8088h + 0100h × m | 32 |
| 汎用PWMタイマデッドタイム値レジスタU | GTDVU | FFFF_FFFFh (注3) | 4007 808Ch + 0100h × m | 32 | |
| GPT_OPS | 出力相切り替えコントロールレジスタ | OPSCR | 0000_0000h | 4007 8FF0h | 32 |

注 1. GPT32m (m = 0 ~ 3)

注 2. GPT16m (m = 4, 5, 8)

注 3. GPT16m のリセット値は 0000FFFFh です。

23.2.1 汎用 PWM タイマ書き込み保護レジスタ (GTWP)

アドレス GPT32m.GTWP 4007 8000h + 0100h × m (m = 0~3),
GPT16m.GTWP 4007 8000h + 0100h × m (m = 4, 5, 8)

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | PRKEY[7:0] | | | | | | | — | — | — | — | — | — | — | — | WP |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|------------|------------|---|-----|
| b0 | WP | レジスタ書き込み禁止 | 0: レジスタへの書き込みを許可 1: レジスタへの書き込みを禁止 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b15-b8 | PRKEY[7:0] | GTWP キーコード | これらのビットにA5hを書き込むと、WPビットへの書き込みが許可されます。読むと0が読めます。 | R/W |
| b31-b16 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

GTWP レジスタは、誤書き込み防止のためレジスタへの書き込みを許可/禁止するレジスタです。書き込みが許可/禁止されるレジスタは以下のとおりです。

GTSSR, GTPSR, GTCSR, GTUPSR, GTDNSR, GTICASR, GTICBSR, GTCR, GTUDDTYC, GTIOR, GTINTAD, GTST, GTBER, GTCNT, GTCCRA, GTCCRB, GTCCRC, GTCCRD, GTCCRE, GTCCRF, GTPR, GTPBR, GTDTCR, GTDVU

23.2.2 汎用 PWM タイマソフトウェアスタートレジスタ (GTSTR)

アドレス GPT32m.GTSTR 4007 8004h + 0100h × m (m = 0~3),
GPT16m.GTSTR 4007 8004h + 0100h × m (m = 4, 5, 8)

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|-----|-----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | CSTRT ₈ | — | — | CSTRT ₅ | CSTRT ₄ | CSTRT ₃ | CSTRT ₂ | CSTRT ₁ | CSTRT ₀ |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

GTSTR レジスタは、各チャネル n (n = 0 ~ 5, 8) の GTCNT カウンタ動作を開始します。

GTSTR レジスタのビット番号はチャネル番号に相当します。GTSTR レジスタは各チャネル共通です。1 が書き込まれた GTSTR レジスタのビット番号に対応するチャネルの GTCNT カウンタが動作を開始します。0 を書き込んでも、GTCNT カウンタの状態と GTSTR レジスタの値には影響しません。GTSTR のビット番号とチャネル番号の対応関係については、[図 23.2](#) を参照してください。

CSTRT[8:0] ビット (チャネル n GTCNT カウントスタート) (n = 0 ~ 5, 8)

チャネル n の GTCNT カウンタ動作を開始します。GPTm.GTSSR.CSTRTn ビットを 1 にしないかぎり、GTSTR.CSTRTn ビットへの書き込みは無効です (n = 0 ~ 5, 8, m = 320 ~ 323, 164, 165, 168)。

リードデータは各チャネルのカウンタ状態 (GTCR.CST ビット値) を示します。0 はカウンタストップを、1 はカウンタ動作を意味します。

23.2.3 汎用 PWM タイマソフトウェアストップレジスタ (GTSTP)

アドレス GPT32m.GTSTP 4007 8008h + 0100h × m (m = 0 ~ 3),
GPT16m.GTSTP 4007 8008h + 0100h × m (m = 4, 5, 8)

| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| リセット後の値 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| リセット後の値 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

GTSTP レジスタは、各チャンネル n ($n = 0 \sim 5, 8$) の GTCNT カウンタ動作を停止します。

GTSTP レジスタのビット番号はチャンネル番号に相当します。GTSTP レジスタの各チャンネルはすべてのチャンネルに共通です。1 が書き込まれた GTSTP レジスタのビット番号に対応するチャンネルの GTCNT カウンタが停止します。0 を書き込んでも、GTCNT カウンタの状態および GTSTP レジスタの値には影響しません。

GTSTP のビット番号とチャンネル番号の対応関係については、[図 23.2](#) を参照してください。

CSTOP[8:0] ビット (チャンネル n GTCNT カウントストップ) ($n = 0 \sim 5, 8$)

チャンネル n の GTCNT カウンタ動作を停止します。GPT32m.GTPSR.CSTOP n ビットを 1 にしないかぎり、GTSTP.CSTOP n ビットへの書き込みは無効です ($n = 0 \sim 5, 8, m = 320 \sim 323, 164, 165, 168$)。リードデータは各チャンネルのカウンタ状態 (GTCR.CST ビットの反転値) を示します。0 はカウンタ動作を、1 はカウンタストップを意味します。

23.2.4 汎用 PWM タイマソフトウェアクリアレジスタ (GTCLR)

アドレス GPT32m.GTCLR 4007 800Ch + 0100h × m (m = 0 ~ 3),
GPT16m.GTCLR 4007 800Ch + 0100h × m (m = 4, 5, 8)

| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

GTCLR レジスタは書き込み専用レジスタであり、各チャンネル n ($n = 0 \sim 5, 8$) の GTCNT カウンタ動作をクリアします。

GTCLR レジスタのビット番号はチャンネル番号に相当します。GTCLR レジスタの各チャンネルはすべてのチャンネルに共通です。1 が書き込まれた GTCLR レジスタのビット番号に対応するチャンネルの GTCNT カウンタがクリアされます。0 を書き込んでも GTCNT カウンタの状態には影響しません。GTCLR のビット番号とチャンネル番号の対応関係については、[図 23.2](#) を参照してください。

CCLR[8:0] ビット (チャンネル n GTCNT カウントクリア) ($n = 0 \sim 5, 8$)

1 を書き込むと、チャンネル n の GTCNT カウンタ値がクリアされます。読むと 0 が読めます。

23.2.5 汎用PWMタイマスタート要因選択レジスタ (GTSSR)

アドレス GPT32m.GTSSR 4007 8010h + 0100h × m (m = 0~3),
GPT16m.GTSSR 4007 8010h + 0100h × m (m = 4, 5, 8)

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | CSTRT | — | — | — | — | — | — | — | SSELC H | SSELC G | SSELC F | SSELC E | SSELC D | SSELC C | SSELC B | SSELC A |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | SSCBF AH | SSCBF AL | SSCBR AH | SSCBR AL | SSCAF BH | SSCAF BL | SSCAR BH | SSCAR BL | — | — | — | — | SSGTR GBF | SSGTR GBR | SSGTR GAF | SSGTR GAR |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|--|--|-----|
| b0 | SSGTRGAR | GTETRGA端子立ち上がり入力要因カウンタスタート許可 | 0: GTETRGA入力の立ち上がりエッジでのカウンタスタートを禁止 1: GTETRGA入力の立ち上がりエッジでのカウンタスタートを許可 | R/W |
| b1 | SSGTRGAF | GTETRGA端子立ち下がり入力要因カウンタスタート許可 | 0: GTETRGA入力の立ち下がりエッジでのカウンタスタートを禁止 1: GTETRGA入力の立ち下がりエッジでのカウンタスタートを許可 | R/W |
| b2 | SSGTRGBR | GTETRGB端子立ち上がり入力要因カウンタスタート許可 | 0: GTETRGB入力の立ち上がりエッジでのカウンタスタートを禁止 1: GTETRGB入力の立ち上がりエッジでのカウンタスタートを許可 | R/W |
| b3 | SSGTRGBF | GTETRGB端子立ち下がり入力要因カウンタスタート許可 | 0: GTETRGB入力の立ち下がりエッジでのカウンタスタートを禁止 1: GTETRGB入力の立ち下がりエッジでのカウンタスタートを許可 | R/W |
| b7-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b8 | SSCARBL | GTIOCB値LowでのGTIOCA端子立ち上がり入力要因カウンタスタート許可 | 0: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタスタートを禁止 1: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタスタートを許可 | R/W |
| b9 | SSCARBH | GTIOCB値HighでのGTIOCA端子立ち上がり入力要因カウンタスタート許可 | 0: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタスタートを禁止 1: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタスタートを許可 | R/W |
| b10 | SSCAFBL | GTIOCB値LowでのGTIOCA端子立ち下がり入力要因カウンタスタート許可 | 0: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタスタートを禁止 1: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタスタートを許可 | R/W |
| b11 | SSCAFBH | GTIOCB値HighでのGTIOCA端子立ち下がり入力要因カウンタスタート許可 | 0: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタスタートを禁止 1: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタスタートを許可 | R/W |
| b12 | SSCBRAL | GTIOCA値LowでのGTIOCB端子立ち上がり入力要因カウンタスタート許可 | 0: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタスタートを禁止 1: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタスタートを許可 | R/W |
| b13 | SSCBRAH | GTIOCA値HighでのGTIOCB端子立ち上がり入力要因カウンタスタート許可 | 0: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタスタートを禁止 1: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタスタートを許可 | R/W |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------|--|--|-----|
| b14 | SSCBFAL | GTIOCA値LowでのGTIOCB端子立ち下がり入力要因カウンタスタート許可 | 0: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのカウンタスタートを禁止 1: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのカウンタスタートを許可 | R/W |
| b15 | SSCBFAH | GTIOCA値HighでのGTIOCB端子立ち下がり入力要因カウンタスタート許可 | 0: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのカウンタスタートを禁止 1: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのカウンタスタートを許可 | R/W |
| b16 | SSELCA | ELC_GPTAイベント要因カウンタスタート許可 | 0: ELC_GPTAイベント入力でのカウンタスタートを禁止 1: ELC_GPTAイベント入力でのカウンタスタートを許可 | R/W |
| b17 | SSELCB | ELC_GPTBイベント要因カウンタスタート許可 | 0: ELC_GPTBイベント入力でのカウンタスタートを禁止 1: ELC_GPTBイベント入力でのカウンタスタートを許可 | R/W |
| b18 | SSELCC | ELC_GPTCイベント要因カウンタスタート許可 | 0: ELC_GPTCイベント入力でのカウンタスタートを禁止 1: ELC_GPTCイベント入力でのカウンタスタートを許可 | R/W |
| b19 | SSELCD | ELC_GPTDイベント要因カウンタスタート許可 | 0: ELC_GPTDイベント入力でのカウンタスタートを禁止 1: ELC_GPTDイベント入力でのカウンタスタートを許可 | R/W |
| b20 | SSELCE | ELC_GPTEイベント要因カウンタスタート許可 | 0: ELC_GPTEイベント入力でのカウンタスタートを禁止 1: ELC_GPTEイベント入力でのカウンタスタートを許可 | R/W |
| b21 | SSELCF | ELC_GPTFイベント要因カウンタスタート許可 | 0: ELC_GPTFイベント入力でのカウンタスタートを禁止 1: ELC_GPTFイベント入力でのカウンタスタートを許可 | R/W |
| b22 | SSELCG | ELC_GPTGイベント要因カウンタスタート許可 | 0: ELC_GPTGイベント入力でのカウンタスタートを禁止 1: ELC_GPTGイベント入力でのカウンタスタートを許可 | R/W |
| b23 | SSELCH | ELC_GPTHイベント要因カウンタスタート許可 | 0: ELC_GPTHイベント入力でのカウンタスタートを禁止 1: ELC_GPTHイベント入力でのカウンタスタートを許可 | R/W |
| b30-b24 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b31 | CSTRT | ソフトウェア要因カウンタスタート許可 | 0: GTSTRレジスタによるカウンタスタートを禁止 1: GTSTRレジスタによるカウンタスタートを許可 | R/W |

GTSSRレジスタはGTCNTカウンタの開始要因を設定するレジスタです。

SSGTRGAR ビット (GTETRGA 端子立ち上がり入力要因カウンタスタート許可)

GTETRGA 端子入力の立ち上がりエッジでのGTCNTカウンタスタートの許可/禁止を選択します。

SSGTRGAF ビット (GTETRGA 端子立ち下がり入力要因カウンタスタート許可)

GTETRGA 端子入力の立ち下がりエッジでのGTCNTカウンタスタートの許可/禁止を選択します。

SSGTRGBR ビット (GTETRGB 端子立ち上がり入力要因カウンタスタート許可)

GTETRGB 端子入力の立ち上がりエッジでのGTCNTカウンタスタートの許可/禁止を選択します。

SSGTRGBF ビット (GTETRGB 端子立ち下がり入力要因カウンタスタート許可)

GTETRGB 端子入力の立ち下がりエッジでのGTCNTカウンタスタートの許可/禁止を選択します。

SSCARBL ビット (GTIOCB 値 Low での GTIOCA 端子立ち上がり入力要因カウンタスタート許可)

GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA端子入力の立ち上がりエッジでのGTCNTカウンタスタートの許可/禁止を選択します。

SSCARBH ビット (GTIOCB 値 High での GTIOCA 端子立ち上がり入力要因カウンタスタート許可)

GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA端子入力の立ち上がりエッジでのGTCNTカウンタスタートの許可/禁止を選択します。

SSCAFBL ビット (GTIOCB 値 Low での GTIOCA 端子立ち下がり入力要因カウンタスタート許可)

GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA端子入力の立ち下がりエッジでのGTCNTカウンタスタートの許可/禁止を選択します。

SSCAFBH ビット (GTIOCB 値 High での GTIOCA 端子立ち下がり入力要因カウンタスタート許可)

GTIOCB 入力が 1 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタスタートの許可／禁止を選択します。

SSCBRAL ビット (GTIOCA 値 Low での GTIOCB 端子立ち上がり入力要因カウンタスタート許可)

GTIOCA 入力が 0 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタスタートの許可／禁止を選択します。

SSCBRAH ビット (GTIOCA 値 High での GTIOCB 端子立ち上がり入力要因カウンタスタート許可)

GTIOCA 入力が 1 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタスタートの許可／禁止を選択します。

SSCBFAL ビット (GTIOCA 値 Low での GTIOCB 端子立ち下がり入力要因カウンタスタート許可)

GTIOCA 入力が 0 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタスタートの許可／禁止を選択します。

SSCBFAH ビット (GTIOCA 値 High での GTIOCB 端子立ち下がり入力要因カウンタスタート許可)

GTIOCA 入力が 1 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタスタートの許可／禁止を選択します。

SSELCm ビット (ELC_GPTm イベント要因カウンタスタート許可) (m = A ~ H)

ELC_GPTm イベント入力での GTCNT カウンタスタートの許可／禁止を選択します。

CSTRT ビット (ソフトウェア要因カウンタスタート許可)

GTSTR レジスタによる GTCNT カウンタスタートの許可／禁止を選択します。

23.2.6 汎用 PWM タイマストップ要因選択レジスタ (GTPSR)

アドレス GPT32m.GTPSR 4007 8014h + 0100h × m (m = 0 ~ 3),
GPT16m.GTPSR 4007 8014h + 0100h × m (m = 4, 5, 8)

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| CSTOP | — | — | — | — | — | — | — | PSELC H | PSELC G | PSELC F | PSELC E | PSELC D | PSELC C | PSELC B | PSELC A |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| PSCBF AH | PSCBF AL | PSCBR AH | PSCBR AL | PSCAF BH | PSCAF BL | PSCAR BH | PSCAR BL | — | — | — | — | PSGTR GBF | PSGTR GBR | PSGTR GAF | PSGTR GAR |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|--|--|-----|
| b0 | PSGTRGAR | GTETRGA端子立ち上がり入力要因カウンタストップ許可 | 0: GTETRGA入力の立ち上がりエッジでのカウンタストップを禁止 1: GTETRGA入力の立ち上がりエッジでのカウンタストップを許可 | R/W |
| b1 | PSGTRGAF | GTETRGA端子立ち下がり入力要因カウンタストップ許可 | 0: GTETRGA入力の立ち下がりエッジでのカウンタストップを禁止 1: GTETRGA入力の立ち下がりエッジでのカウンタストップを許可 | R/W |
| b2 | PSGTRGBR | GTETRGB端子立ち上がり入力要因カウンタストップ許可 | 0: GTETRGB入力の立ち上がりエッジでのカウンタストップを禁止 1: GTETRGB入力の立ち上がりエッジでのカウンタストップを許可 | R/W |
| b3 | PSGTRGBF | GTETRGB端子立ち下がり入力要因カウンタストップ許可 | 0: GTETRGB入力の立ち下がりエッジでのカウンタストップを禁止 1: GTETRGB入力の立ち下がりエッジでのカウンタストップを許可 | R/W |
| b7-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b8 | PSCARBL | GTIOCB値LowでのGTIOCA端子立ち上がり入力要因カウンタストップ許可 | 0: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタストップを禁止 1: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタストップを許可 | R/W |
| b9 | PSCARBH | GTIOCB値HighでのGTIOCA端子立ち上がり入力要因カウンタストップ許可 | 0: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタストップを禁止 1: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタストップを許可 | R/W |
| b10 | PSCAFBL | GTIOCB値LowでのGTIOCA端子立ち下がり入力要因カウンタストップ許可 | 0: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタストップを禁止 1: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタストップを許可 | R/W |
| b11 | PSCAFBH | GTIOCB値HighでのGTIOCA端子立ち下がり入力要因カウンタストップ許可 | 0: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタストップを禁止 1: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタストップを許可 | R/W |
| b12 | PSCBRAL | GTIOCA値LowでのGTIOCB端子立ち上がり入力要因カウンタストップ許可 | 0: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタストップを禁止 1: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタストップを許可 | R/W |
| b13 | PSCBRAH | GTIOCA値HighでのGTIOCB端子立ち上がり入力要因カウンタストップ許可 | 0: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタストップを禁止 1: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタストップを許可 | R/W |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------|--|--|-----|
| b14 | PSCBFAL | GTIOCA値LowでのGTIOCB端子立ち下がり入力要因カウンタストップ許可 | 0: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのカウンタストップを禁止 1: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのカウンタストップを許可 | R/W |
| b15 | PSCBFAH | GTIOCA値HighでのGTIOCB端子立ち下がり入力要因カウンタストップ許可 | 0: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのカウンタストップを禁止 1: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのカウンタストップを許可 | R/W |
| b16 | PSELCA | ELC_GPTAイベント要因カウンタストップ許可 | 0: ELC_GPTAイベント入力でのカウンタストップを禁止 1: ELC_GPTAイベント入力でのカウンタストップを許可 | R/W |
| b17 | PSELCB | ELC_GPTBイベント要因カウンタストップ許可 | 0: ELC_GPTBイベント入力でのカウンタストップを禁止 1: ELC_GPTBイベント入力でのカウンタストップを許可 | R/W |
| b18 | PSELCC | ELC_GPTCイベント要因カウンタストップ許可 | 0: ELC_GPTCイベント入力でのカウンタストップを禁止 1: ELC_GPTCイベント入力でのカウンタストップを許可 | R/W |
| b19 | PSELCD | ELC_GPTDイベント要因カウンタストップ許可 | 0: ELC_GPTDイベント入力でのカウンタストップを禁止 1: ELC_GPTDイベント入力でのカウンタストップを許可 | R/W |
| b20 | PSELCE | ELC_GPTEイベント要因カウンタストップ許可 | 0: ELC_GPTEイベント入力でのカウンタストップを禁止 1: ELC_GPTEイベント入力でのカウンタストップを許可 | R/W |
| b21 | PSELCF | ELC_GPTFイベント要因カウンタストップ許可 | 0: ELC_GPTFイベント入力でのカウンタストップを禁止 1: ELC_GPTFイベント入力でのカウンタストップを許可 | R/W |
| b22 | PSELCG | ELC_GPTGイベント要因カウンタストップ許可 | 0: ELC_GPTGイベント入力でのカウンタストップを禁止 1: ELC_GPTGイベント入力でのカウンタストップを許可 | R/W |
| b23 | PSELCH | ELC_GPTHイベント要因カウンタストップ許可 | 0: ELC_GPTHイベント入力でのカウンタストップを禁止 1: ELC_GPTHイベント入力でのカウンタストップを許可 | R/W |
| b30-b24 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b31 | CSTOP | ソフトウェア要因カウンタストップ許可 | 0: GTSTPレジスタによるカウンタストップを禁止 1: GTSTPレジスタによるカウンタストップを許可 | R/W |

GPSPRレジスタはGTCNTカウンタの停止要因を設定するレジスタです。

PSGTRGAR ビット (GTETRGA 端子立ち上がり入力要因カウンタストップ許可)

GTETRGA 端子入力の立ち上がりエッジでのGTCNTカウンタストップの許可/禁止を選択します。

PSGTRGAF ビット (GTETRGA 端子立ち下がり入力要因カウンタストップ許可)

GTETRGA 端子入力の立ち下がりエッジでのGTCNTカウンタストップの許可/禁止を選択します。

PSGTRGBR ビット (GTETRGB 端子立ち上がり入力要因カウンタストップ許可)

GTETRGB 端子入力の立ち上がりエッジでのGTCNTカウンタストップの許可/禁止を選択します。

PSGTRGBF ビット (GTETRGB 端子立ち下がり入力要因カウンタストップ許可)

GTETRGB 端子入力の立ち下がりエッジでのGTCNTカウンタストップの許可/禁止を選択します。

PSCARBL ビット (GTIOCB 値 Low での GTIOCA 端子立ち上がり入力要因カウンタストップ許可)

GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA端子入力の立ち上がりエッジでのGTCNTカウンタストップの許可/禁止を選択します。

PSCARBH ビット (GTIOCB 値 High での GTIOCA 端子立ち上がり入力要因カウンタストップ許可)

GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA端子入力の立ち上がりエッジでのGTCNTカウンタストップの許可/禁止を選択します。

PSCAFBL ビット (GTIOCB 値 Low での GTIOCA 端子立ち下がり入力要因カウンタストップ許可)

GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA端子入力の立ち下がりエッジでのGTCNTカウンタストップの許可/禁止を選択します。

PSCAFBH ビット (GTIOCB 値 High での GTIOCA 端子立ち下がり入力要因カウンタストップ許可)

GTIOCB 入力が 1 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタストップの許可/禁止を選択します。

PSCBRAL ビット (GTIOCA 値 Low での GTIOCB 端子立ち上がり入力要因カウンタストップ許可)

GTIOCA 入力が 0 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタストップの許可/禁止を選択します。

PSCBRAH ビット (GTIOCA 値 High での GTIOCB 端子立ち上がり入力要因カウンタストップ許可)

GTIOCA 入力が 1 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタストップの許可/禁止を選択します。

PSCBFAL ビット (GTIOCA 値 Low での GTIOCB 端子立ち下がり入力要因カウンタストップ許可)

GTIOCA 入力が 0 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタストップの許可/禁止を選択します。

PSCBFAH ビット (GTIOCA 値 High での GTIOCB 端子立ち下がり入力要因カウンタストップ許可)

GTIOCA 入力が 1 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタストップの許可/禁止を選択します。

PSELCm ビット (ELC_GPTm イベント要因カウンタストップ許可) (m = A ~ H)

ELC_GPTm イベント入力での GTCNT カウンタストップの許可/禁止を選択します。

CSTOP ビット (ソフトウェア要因カウンタストップ許可)

GTSTP レジスタによる GTCNT カウンタストップの許可/禁止を選択します。

23.2.7 汎用PWMタイマクリア要因選択レジスタ (GTCSR)

アドレス GPT32m.GTCSR 4007 8018h + 0100h × m (m = 0~3),
GPT16m.GTCSR 4007 8018h + 0100h × m (m = 4, 5, 8)

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| CCLR | — | — | — | — | — | — | — | CSELC H | CSELC G | CSELC F | CSELC E | CSELC D | CSELC C | CSELC B | CSELC A |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| CSCBF AH | CSCBF AL | CSCBR AH | CSCBR AL | CSCAF BH | CSCAF BL | CSCAR BH | CSCAR BL | — | — | — | — | CSGTR GBF | CSGTR GBR | CSGTR GAF | CSGTR GAR |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|---|--|-----|
| b0 | CSGTRGAR | GTETRGA端子立ち上がり入力要因カウンタクリア許可 | 0: GTETRGA入力の立ち上がりエッジでのカウンタクリアを禁止 1: GTETRGA入力の立ち上がりエッジでのカウンタクリアを許可 | R/W |
| b1 | CSGTRGAF | GTETRGA端子立ち下がり入力要因カウンタクリア許可 | 0: GTETRGA入力の立ち下がりエッジでのカウンタクリアを禁止 1: GTETRGA入力の立ち下がりエッジでのカウンタクリアを許可 | R/W |
| b2 | CSGTRGBR | GTETRGB端子立ち上がり入力要因カウンタクリア許可 | 0: GTETRGB入力の立ち上がりエッジでのカウンタクリアを禁止 1: GTETRGB入力の立ち上がりエッジでのカウンタクリアを許可 | R/W |
| b3 | CSGTRGBF | GTETRGB端子立ち下がり入力要因カウンタクリア許可 | 0: GTETRGB入力の立ち下がりエッジでのカウンタクリアを禁止 1: GTETRGB入力の立ち下がりエッジでのカウンタクリアを許可 | R/W |
| b7-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b8 | CSCARBL | GTIOCB値LowでのGTIOCA端子立ち上がり入力要因カウンタクリア許可 | 0: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタクリアを禁止 1: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタクリアを許可 | R/W |
| b9 | CSCARBH | GTIOCB値HighでのGTIOCA端子立ち上がり入力要因カウンタクリア許可 | 0: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタクリアを禁止 1: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタクリアを許可 | R/W |
| b10 | CSCAFBL | GTIOCB値LowでのGTIOCA端子立ち下がり入力要因カウンタクリア許可 | 0: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタクリアを禁止 1: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタクリアを許可 | R/W |
| b11 | CSCAFBH | GTIOCB値HighでのGTIOCA端子立ち下がり入力要因カウンタクリア許可 | 0: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタクリアを禁止 1: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタクリアを許可 | R/W |
| b12 | CSCBRAL | GTIOCA値LowでのGTIOCB端子立ち上がり入力要因カウンタクリア許可 | 0: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタクリアを禁止 1: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタクリアを許可 | R/W |
| b13 | CSCBRAH | GTIOCA値HighでのGTIOCB端子立ち上がり入力要因カウンタクリア許可 | 0: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタクリアを禁止 1: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタクリアを許可 | R/W |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------|---|--|-----|
| b14 | CSCBFAL | GTIOCA値LowでのGTIOCB端子立ち下がり入力要因カウンタクリア許可 | 0: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのカウンタクリアを禁止 1: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのカウンタクリアを許可 | R/W |
| b15 | CSCBFAH | GTIOCA値HighでのGTIOCB端子立ち下がり入力要因カウンタクリア許可 | 0: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのカウンタクリアを禁止 1: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのカウンタクリアを許可 | R/W |
| b16 | CSELCA | ELC_GPTAイベント要因カウンタクリア許可 | 0: ELC_GPTAイベント入力でのカウンタクリアを禁止 1: ELC_GPTAイベント入力でのカウンタクリアを許可 | R/W |
| b17 | CSELCB | ELC_GPTBイベント要因カウンタクリア許可 | 0: ELC_GPTBイベント入力でのカウンタクリアを禁止 1: ELC_GPTBイベント入力でのカウンタクリアを許可 | R/W |
| b18 | CSELCC | ELC_GPTCイベント要因カウンタクリア許可 | 0: ELC_GPTCイベント入力でのカウンタクリアを禁止 1: ELC_GPTCイベント入力でのカウンタクリアを許可 | R/W |
| b19 | CSELCD | ELC_GPTDイベント要因カウンタクリア許可 | 0: ELC_GPTDイベント入力でのカウンタクリアを禁止 1: ELC_GPTDイベント入力でのカウンタクリアを許可 | R/W |
| b20 | CSELCE | ELC_GPTEイベント要因カウンタクリア許可 | 0: ELC_GPTEイベント入力でのカウンタクリアを禁止 1: ELC_GPTEイベント入力でのカウンタクリアを許可 | R/W |
| b21 | CSELCF | ELC_GPTFイベント要因カウンタクリア許可 | 0: ELC_GPTFイベント入力でのカウンタクリアを禁止 1: ELC_GPTFイベント入力でのカウンタクリアを許可 | R/W |
| b22 | CSELCG | ELC_GPTGイベント要因カウンタクリア許可 | 0: ELC_GPTGイベント入力でのカウンタクリアを禁止 1: ELC_GPTGイベント入力でのカウンタクリアを許可 | R/W |
| b23 | CSELCH | ELC_GPTHイベント要因カウンタクリア許可 | 0: ELC_GPTHイベント入力でのカウンタクリアを禁止 1: ELC_GPTHイベント入力でのカウンタクリアを許可 | R/W |
| b30-b24 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b31 | CCLR | ソフトウェア要因カウンタクリア許可 | 0: GTCLRレジスタによるカウンタクリアを禁止 1: GTCLRレジスタによるカウンタクリアを許可 | R/W |

GTCSR レジスタは GTCNT カウンタのクリア要因を設定するレジスタです。

CSGTRGAR ビット (GTETRGA 端子立ち上がり入力要因 カウンタクリア許可)

GTETRGA 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSGTRGAF ビット (GTETRGA 端子立ち下がり入力要因 カウンタクリア許可)

GTETRGA 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSGTRGBR ビット (GTETRGB 端子立ち上がり入力要因 カウンタクリア許可)

GTETRGB 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSGTRGBF ビット (GTETRGB 端子立ち下がり入力要因 カウンタクリア許可)

GTETRGB 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSCARBL ビット (GTIOCB 値 Low での GTIOCA 端子立ち上がり入力要因カウンタクリア許可)

GTIOCB 入力が 0 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSCARBH ビット (GTIOCB 値 High での GTIOCA 端子立ち上がり入力要因カウンタクリア許可)

GTIOCB 入力が 1 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSCAFBL ビット (GTIOCB 値 Low での GTIOCA 端子立ち下がり入力要因カウンタクリア許可)

GTIOCB 入力が 0 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSCAFBH ビット (GTIOCB 値 High での GTIOCA 端子立ち下がり入力要因カウンタクリア許可)

GTIOCB 入力が 1 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSCBRAL ビット (GTIOCA 値 Low での GTIOCB 端子立ち上がり入力要因カウンタクリア許可)

GTIOCA 入力が 0 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSCBRAH ビット (GTIOCA 値 High での GTIOCB 端子立ち上がり入力要因カウンタクリア許可)

GTIOCA 入力が 1 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSCBFAL ビット (GTIOCA 値 Low での GTIOCB 端子立ち下がり入力要因カウンタクリア許可)

GTIOCA 入力が 0 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSCBFAH ビット (GTIOCA 値 High での GTIOCB 端子立ち下がり入力要因カウンタクリア許可)

GTIOCA 入力が 1 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSELCm ビット (ELC_GPTm イベント要因カウンタクリア許可) (m = A ~ H)

ELC_GPTm イベント入力での GTCNT カウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CCLR ビット (ソフトウェア要因カウンタクリア許可)

GTCLR レジスタによる GTCNT カウンタクリアの許可/禁止を選択します。

23.2.8 汎用 PWM タイマアップカウント要因選択レジスタ (GTUPSR)

アドレス GPT32m.GTUPSR 4007 801Ch + 0100h × m (m = 0~3),
GPT16m.GTUPSR 4007 801Ch + 0100h × m (m = 4, 5, 8)

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | USELCH | USELCE | USELCE | USELCE | USELCE | USELCE | USELCE | USELCE |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| USCBFAH | USCBFAL | USCBRAH | USCBRAL | USCAF BH | USCAF BL | USCAR BH | USCAR BL | — | — | — | — | USGTR GBF | USGTR GBR | USGTR GAF | USGTR GAR |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|---|--|-----|
| b0 | USGTRGAR | GTETRGA端子立ち上がり入力要因カウンタカウントアップ許可 | 0: GTETRGA入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントアップを禁止 1: GTETRGA入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントアップを許可 | R/W |
| b1 | USGTRGAF | GTETRGA端子立ち下がり入力要因カウンタカウントアップ許可 | 0: GTETRGA入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントアップを禁止 1: GTETRGA入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントアップを許可 | R/W |
| b2 | USGTRGBR | GTETRGB端子立ち上がり入力要因カウンタカウントアップ許可 | 0: GTETRGB入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントアップを禁止 1: GTETRGB入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントアップを許可 | R/W |
| b3 | USGTRGBF | GTETRGB端子立ち下がり入力要因カウンタカウントアップ許可 | 0: GTETRGB入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントアップを禁止 1: GTETRGB入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントアップを許可 | R/W |
| b7-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b8 | USCARBL | GTIOCB値LowでのGTIOCA端子立ち上がり入力要因カウンタカウントアップ許可 | 0: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントアップを禁止 1: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントアップを許可 | R/W |
| b9 | USCARBH | GTIOCB値HighでのGTIOCA端子立ち上がり入力要因カウンタカウントアップ許可 | 0: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントアップを禁止 1: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントアップを許可 | R/W |
| b10 | USCAFBL | GTIOCB値LowでのGTIOCA端子立ち下がり入力要因カウンタカウントアップ許可 | 0: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントアップを禁止 1: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントアップを許可 | R/W |
| b11 | USCAF BH | GTIOCB値HighでのGTIOCA端子立ち下がり入力要因カウンタカウントアップ許可 | 0: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントアップを禁止 1: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントアップを許可 | R/W |
| b12 | USCBRAL | GTIOCA値LowでのGTIOCB端子立ち上がり入力要因カウンタカウントアップ許可 | 0: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントアップを禁止 1: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントアップを許可 | R/W |
| b13 | USCBRAH | GTIOCA値HighでのGTIOCB端子立ち上がり入力要因カウンタカウントアップ許可 | 0: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントアップを禁止 1: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントアップを許可 | R/W |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------|--|--|-----|
| b14 | USCBFAL | GTIOCA 値 Low での GTIOCB 端子立ち下がり入力要因カウンタカウントアップ許可 | 0 : GTIOCA 入力が 0 のとき、GTIOCB 入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントアップを禁止 1 : GTIOCA 入力が 0 のとき、GTIOCB 入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントアップを許可 | R/W |
| b15 | USCBFAH | GTIOCA 値 High での GTIOCB 端子立ち下がり入力要因カウンタカウントアップ許可 | 0 : GTIOCA 入力が 1 のとき、GTIOCB 入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントアップを禁止 1 : GTIOCA 入力が 1 のとき、GTIOCB 入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントアップを許可 | R/W |
| b16 | USELCA | ELC_GPTA イベント要因カウンタカウントアップ許可 | 0 : ELC_GPTA イベント入力でのカウンタカウントアップを禁止 1 : ELC_GPTA イベント入力でのカウンタカウントアップを許可 | R/W |
| b17 | USELCB | ELC_GPTB イベント要因カウンタカウントアップ許可 | 0 : ELC_GPTB イベント入力でのカウンタカウントアップを禁止 1 : ELC_GPTB イベント入力でのカウンタカウントアップを許可 | R/W |
| b18 | USELCC | ELC_GPTC イベント要因カウンタカウントアップ許可 | 0 : ELC_GPTC イベント入力でのカウンタカウントアップを禁止 1 : ELC_GPTC イベント入力でのカウンタカウントアップを許可 | R/W |
| b19 | USELCD | ELC_GPTD イベント要因カウンタカウントアップ許可 | 0 : ELC_GPTD イベント入力でのカウンタカウントアップを禁止 1 : ELC_GPTD イベント入力でのカウンタカウントアップを許可 | R/W |
| b20 | USELCE | ELC_GPTE イベント要因カウンタカウントアップ許可 | 0 : ELC_GPTE イベント入力でのカウンタカウントアップを禁止 1 : ELC_GPTE イベント入力でのカウンタカウントアップを許可 | R/W |
| b21 | USELCF | ELC_GPTF イベント要因カウンタカウントアップ許可 | 0 : ELC_GPTF イベント入力でのカウンタカウントアップを禁止 1 : ELC_GPTF イベント入力でのカウンタカウントアップを許可 | R/W |
| b22 | USELCG | ELC_GPTG イベント要因カウンタカウントアップ許可 | 0 : ELC_GPTG イベント入力でのカウンタカウントアップを禁止 1 : ELC_GPTG イベント入力でのカウンタカウントアップを許可 | R/W |
| b23 | USELCH | ELC_GPTH イベント要因カウンタカウントアップ許可 | 0 : ELC_GPTH イベント入力でのカウンタカウントアップを禁止 1 : ELC_GPTH イベント入力でのカウンタカウントアップを許可 | R/W |
| b31-b24 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。 | R/W |

GTUPSR レジスタは GTCNT カウンタのカウントアップ要因を設定するレジスタです。

GTUPSR レジスタの少なくとも 1 つのビットを 1 にすると、そのビットに対応する要因によって GTCNT カウンタがカウントアップされます。この場合、GTCR.TPCS ビットは無効です。

USGTRGAR ビット (GTETRGA 端子立ち上がり入力要因カウンタカウントアップ許可)

GTETRGA 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタカウントアップの許可/禁止を選択します。

USGTRGAF ビット (GTETRGA 端子立ち下がり入力要因カウンタカウントアップ許可)

GTETRGA 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタカウントアップの許可/禁止を選択します。

USGTRGBR ビット (GTETRGB 端子立ち上がり入力要因カウンタカウントアップ許可)

GTETRGB 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタカウントアップの許可/禁止を選択します。

USGTRGBF ビット (GTETRGB 端子立ち下がり入力要因カウンタカウントアップ許可)

GTETRGB 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタカウントアップの許可/禁止を選択します。

USCARBL ビット (GTIOCB 値 Low での GTIOCA 端子立ち上がり入力要因カウンタカウントアップ許可)

GTIOCB 入力が 0 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタカウントアップの許可/禁止を選択します。

USCARBH ビット (GTIOCB 値 High での GTIOCA 端子立ち上がり入力要因カウンタカウントアップ許可)

GTIOCB 入力が 1 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタカウントアップの許可/禁止を選択します。

USCAFBL ビット (GTIOCB 値 Low での GTIOCA 端子立ち下がり入力要因カウンタカウントアップ許可)

GTIOCB 入力が 0 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタカウントアップの許可/禁止を選択します。

USCAFBH ビット (GTIOCB 値 High での GTIOCA 端子立ち下がり入力要因カウンタカウントアップ許可)

GTIOCB 入力が 1 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタカウントアップの許可/禁止を選択します。

USCBRAL ビット (GTIOCA 値 Low での GTIOCB 端子立ち上がり入力要因カウンタカウントアップ許可)

GTIOCA 入力が 0 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタカウントアップの許可/禁止を選択します。

USCBRAH ビット (GTIOCA 値 High での GTIOCB 端子立ち上がり入力要因カウンタカウントアップ許可)

GTIOCA 入力が 1 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタカウントアップの許可/禁止を選択します。

USCBFAL ビット (GTIOCA 値 Low での GTIOCB 端子立ち下がり入力要因カウンタカウントアップ許可)

GTIOCA 入力が 0 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタカウントアップの許可/禁止を選択します。

USCBFAH ビット (GTIOCA 値 High での GTIOCB 端子立ち下がり入力要因カウンタカウントアップ許可)

GTIOCA 入力が 1 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタカウントアップの許可/禁止を選択します。

USELCm ビット (ELC_GPTm イベント要因カウンタカウントアップ許可) (m = A ~ H)

ELC_GPTm イベント入力での GTCNT カウンタカウントアップの許可/禁止を選択します。

23.2.9 汎用 PWM タイマダウンカウント要因選択レジスタ (GTDNSR)

アドレス GPT32m.GTDNSR 4007 8020h + 0100h × m (m = 0 ~ 3),
GPT16m.GTDNSR 4007 8020h + 0100h × m (m = 4, 5, 8)

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | DSELC H | DSELC G | DSELC F | DSELC E | DSELC D | DSELC C | DSELC B | DSELC A |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| DSCBF AH | DSCBF AL | DSCBR AH | DSCBR AL | DSCAF BH | DSCAF BL | DSCAR BH | DSCAR BL | — | — | — | — | DSGTR GBF | DSGTR GBR | DSGTR GAF | DSGTR GAR |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|---|--|-----|
| b0 | DSGTRGAR | GTETRGA端子立ち上がり入力要因カウンタカウントダウン許可 | 0: GTETRGA入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントダウンを禁止 1: GTETRGA入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |
| b1 | DSGTRGAF | GTETRGA端子立ち下がり入力要因カウンタカウントダウン許可 | 0: GTETRGA入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントダウンを禁止 1: GTETRGA入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |
| b2 | DSGTRGBR | GTETRGB端子立ち上がり入力要因カウンタカウントダウン許可 | 0: GTETRGB入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントダウンを禁止 1: GTETRGB入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |
| b3 | DSGTRGBF | GTETRGB端子立ち下がり入力要因カウンタカウントダウン許可 | 0: GTETRGB入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントダウンを禁止 1: GTETRGB入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |
| b7-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b8 | DSCARBL | GTIOCB値LowでのGTIOCA端子立ち上がり入力要因カウンタカウントダウン許可 | 0: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントダウンを禁止 1: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |
| b9 | DSCARBH | GTIOCB値HighでのGTIOCA端子立ち上がり入力要因カウンタカウントダウン許可 | 0: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントダウンを禁止 1: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |
| b10 | DSCAFBL | GTIOCB値LowでのGTIOCA端子立ち下がり入力要因カウンタカウントダウン許可 | 0: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントダウンを禁止 1: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |
| b11 | DSCAFBH | GTIOCB値HighでのGTIOCA端子立ち下がり入力要因カウンタカウントダウン許可 | 0: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントダウンを禁止 1: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |
| b12 | DSCBRAL | GTIOCA値LowでのGTIOCB端子立ち上がり入力要因カウンタカウントダウン許可 | 0: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントダウンを禁止 1: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |
| b13 | DSCBRAH | GTIOCA値HighでのGTIOCB端子立ち上がり入力要因カウンタカウントダウン許可 | 0: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントダウンを禁止 1: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------|---|--|-----|
| b14 | DSCBFAL | GTIOCA値LowでのGTIOCB端子立ち下がり入力要因カウンタカウントダウン許可 | 0: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントダウンを禁止 1: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |
| b15 | DSCBFAH | GTIOCA値HighでのGTIOCB端子立ち下がり入力要因カウンタカウントダウン許可 | 0: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントダウンを禁止 1: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |
| b16 | DSELCA | ELC_GPTAイベント要因カウンタカウントダウン許可 | 0: ELC_GPTAイベント入力でのカウンタカウントダウンを禁止 1: ELC_GPTAイベント入力でのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |
| b17 | DSELCB | ELC_GPTBイベント要因カウンタカウントダウン許可 | 0: ELC_GPTBイベント入力でのカウンタカウントダウンを禁止 1: ELC_GPTBイベント入力でのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |
| b18 | DSELCC | ELC_GPTCイベント要因カウンタカウントダウン許可 | 0: ELC_GPTCイベント入力でのカウンタカウントダウンを禁止 1: ELC_GPTCイベント入力でのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |
| b19 | DSELCD | ELC_GPTDイベント要因カウンタカウントダウン許可 | 0: ELC_GPTDイベント入力でのカウンタカウントダウンを禁止 1: ELC_GPTDイベント入力でのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |
| b20 | DSELCE | ELC_GPTEイベント要因カウンタカウントダウン許可 | 0: ELC_GPTEイベント入力でのカウンタカウントダウンを禁止 1: ELC_GPTEイベント入力でのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |
| b21 | DSELCF | ELC_GPTFイベント要因カウンタカウントダウン許可 | 0: ELC_GPTFイベント入力でのカウンタカウントダウンを禁止 1: ELC_GPTFイベント入力でのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |
| b22 | DSELCG | ELC_GPTGイベント要因カウンタカウントダウン許可 | 0: ELC_GPTGイベント入力でのカウンタカウントダウンを禁止 1: ELC_GPTGイベント入力でのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |
| b23 | DSELCH | ELC_GPTHイベント要因カウンタカウントダウン許可 | 0: ELC_GPTHイベント入力でのカウンタカウントダウンを禁止 1: ELC_GPTHイベント入力でのカウンタカウントダウンを許可 | R/W |
| b31-b24 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

GTDNSR レジスタは GTCNT カウンタのカウントダウン要因を設定するレジスタです。

GTDNSR レジスタの少なくとも1つのビットを1にすると、そのビットに対応する要因によって GTCNT カウンタがカウントダウンされますが、GTCR.TPCS ビットで設定した GTCNT カウンタはカウントを実行しません。

DSGTRGAR ビット (GTETRGA 端子立ち上がり入力要因カウンタカウントダウン許可)

GTETRGA 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタカウントダウンの許可/禁止を選択します。

DSGTRGAF ビット (GTETRGA 端子立ち下がり入力要因カウンタカウントダウン許可)

GTETRGA 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタカウントダウンの許可/禁止を選択します。

DSGTRGBR ビット (GTETRGB 端子立ち上がり入力要因カウンタカウントダウン許可)

GTETRGB 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタカウントダウンの許可/禁止を選択します。

DSGTRGBF ビット (GTETRGB 端子立ち下がり入力要因カウンタカウントダウン許可)

GTETRGB 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタカウントダウンの許可/禁止を選択します。

DSCARBL ビット (GTIOCB 値 Low での GTIOCA 端子立ち上がり入力要因カウンタカウントダウン許可)

GTIOCB 入力が 0 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタカウントダウンの許可/禁止を選択します。

DSCARBH ビット (GTIOCB 値 High での GTIOCA 端子立ち上がり入力要因カウンタカウントダウン許可)

GTIOCB 入力が 1 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタカウントダウンの許可/禁止を選択します。

DSCAFBL ビット (GTIOCB 値 Low での GTIOCA 端子立ち下がり入力要因カウンタカウントダウン許可)

GTIOCB 入力が 0 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタカウントダウンの許可/禁止を選択します。

DSCAFBH ビット (GTIOCB 値 High での GTIOCA 端子立ち下がり入力要因カウンタカウントダウン許可)

GTIOCB 入力が 1 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタカウントダウンの許可/禁止を選択します。

DSCBRAL ビット (GTIOCA 値 Low での GTIOCB 端子立ち上がり入力要因カウンタカウントダウン許可)

GTIOCA 入力が 0 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタカウントダウンの許可/禁止を選択します。

DSCBRAH ビット (GTIOCA 値 High での GTIOCB 端子立ち上がり入力要因カウンタカウントダウン許可)

GTIOCA 入力が 1 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCNT カウンタカウントダウンの許可/禁止を選択します。

DSCBFAL ビット (GTIOCA 値 Low での GTIOCB 端子立ち下がり入力要因カウンタカウントダウン許可)

GTIOCA 入力が 0 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタカウントダウンの許可/禁止を選択します。

DSCBFAH ビット (GTIOCA 値 High での GTIOCB 端子立ち下がり入力要因カウンタカウントダウン許可)

GTIOCA 入力が 1 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCNT カウンタカウントダウンの許可/禁止を選択します。

DSELCm ビット (ELC_GPTm イベント要因カウンタカウントダウン許可) (m = A ~ H)

ELC_GPTm イベント入力での GTCNT カウンタカウントダウンの許可/禁止を選択します。

23.2.10 汎用PWM タイマインプットキャプチャ要因選択レジスタ A (GTICASR)

アドレス GPT32m.GTICASR 4007 8024h + 0100h × m (m = 0~3),
GPT16m.GTICASR 4007 8024h + 0100h × m (m = 4, 5, 8)

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | ASELCH | ASELHG | ASELHF | ASELHE | ASELHD | ASELHC | ASELHB | ASELHA |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| ASCBFAH | ASCBFAL | ASCBRAH | ASCBRAL | ASCAF BH | ASCAFBL | ASCAR BH | ASCARBL | — | — | — | — | ASGTR GBF | ASGTR GBR | ASGTR GAF | ASGTR GAR |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|--|--|-----|
| b0 | ASGTRGAR | GTETRGA端子立ち上がり入力要因 GTCCRAインプットキャプチャ許可 | 0: GTETRGA入力の立ち上がりエッジでのGTCCRAイン プットキャプチャを禁止 1: GTETRGA入力の立ち上がりエッジでのGTCCRAイン プットキャプチャを許可 | R/W |
| b1 | ASGTRGAF | GTETRGA端子立ち下がり入力要因 GTCCRAインプットキャプチャ許可 | 0: GTETRGA入力の立ち下がりエッジでのGTCCRAイン プットキャプチャを禁止 1: GTETRGA入力の立ち下がりエッジでのGTCCRAイン プットキャプチャを許可 | R/W |
| b2 | ASGTRGBR | GTETRGB端子立ち上がり入力要因 GTCCRAインプットキャプチャ許可 | 0: GTETRGB入力の立ち上がりエッジでのGTCCRAイン プットキャプチャを禁止 1: GTETRGB入力の立ち上がりエッジでのGTCCRAイン プットキャプチャを許可 | R/W |
| b3 | ASGTRGBF | GTETRGB端子立ち下がり入力要因 GTCCRAインプットキャプチャ許可 | 0: GTETRGB入力の立ち下がりエッジでのGTCCRAイン プットキャプチャを禁止 1: GTETRGB入力の立ち下がりエッジでのGTCCRAイン プットキャプチャを許可 | R/W |
| b7-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b8 | ASCARBL | GTIOCB値LowでのGTIOCA端子立 ち上がり入力要因GTCCRAインプ ットキャプチャ許可 | 0: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち上がり エッジでのGTCCRAインプットキャプチャを禁止 1: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち上がり エッジでのGTCCRAインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b9 | ASCARBH | GTIOCB値HighでのGTIOCA端子立 ち上がり入力要因GTCCRAインプ ットキャプチャ許可 | 0: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち上がり エッジでのGTCCRAインプットキャプチャを禁止 1: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち上がり エッジでのGTCCRAインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b10 | ASCAFBL | GTIOCB値LowでのGTIOCA端子立 ち下がり入力要因GTCCRAインプ ットキャプチャ許可 | 0: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち下がり エッジでのGTCCRAインプットキャプチャを禁止 1: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち下がり エッジでのGTCCRAインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b11 | ASCAF BH | GTIOCB値HighでのGTIOCA端子立 ち下がり入力要因GTCCRAインプ ットキャプチャ許可 | 0: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち下がり エッジでのGTCCRAインプットキャプチャを禁止 1: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち下がり エッジでのGTCCRAインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b12 | ASCBRAL | GTIOCA値LowでのGTIOCB端子立 ち上がり入力要因GTCCRAインプ ットキャプチャ許可 | 0: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち上がり エッジでのGTCCRAインプットキャプチャを禁止 1: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち上がり エッジでのGTCCRAインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b13 | ASCBRAH | GTIOCA値HighでのGTIOCB端子立 ち上がり入力要因GTCCRAインプ ットキャプチャ許可 | 0: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち上がり エッジでのGTCCRAインプットキャプチャを禁止 1: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち上がり エッジでのGTCCRAインプットキャプチャを許可 | R/W |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------|--|--|-----|
| b14 | ASCBFAL | GTIOCA値LowでのGTIOCB端子立ち下がり入力要因GTCCRAインプットキャプチャ許可 | 0: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのGTCCRAインプットキャプチャを禁止 1: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのGTCCRAインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b15 | ASCBFAH | GTIOCA値HighでのGTIOCB端子立ち下がり入力要因GTCCRAインプットキャプチャ許可 | 0: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのGTCCRAインプットキャプチャを禁止 1: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのGTCCRAインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b16 | ASELCA | ELC_GPTAイベント要因GTCCRAインプットキャプチャ許可 | 0: ELC_GPTAイベント入力でのGTCCRAインプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTAイベント入力でのGTCCRAインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b17 | ASELCB | ELC_GPTBイベント要因GTCCRAインプットキャプチャ許可 | 0: ELC_GPTBイベント入力でのGTCCRAインプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTBイベント入力でのGTCCRAインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b18 | ASELCC | ELC_GPTCイベント要因GTCCRAインプットキャプチャ許可 | 0: ELC_GPTCイベント入力でのGTCCRAインプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTCイベント入力でのGTCCRAインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b19 | ASELCD | ELC_GPTDイベント要因GTCCRAインプットキャプチャ許可 | 0: ELC_GPTDイベント入力でのGTCCRAインプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTDイベント入力でのGTCCRAインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b20 | ASELCE | ELC_GPTEイベント要因GTCCRAインプットキャプチャ許可 | 0: ELC_GPTEイベント入力でのGTCCRAインプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTEイベント入力でのGTCCRAインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b21 | ASELCF | ELC_GPTFイベント要因GTCCRAインプットキャプチャ許可 | 0: ELC_GPTFイベント入力でのGTCCRAインプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTFイベント入力でのGTCCRAインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b22 | ASELCG | ELC_GPTGイベント要因GTCCRAインプットキャプチャ許可 | 0: ELC_GPTGイベント入力でのGTCCRAインプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTGイベント入力でのGTCCRAインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b23 | ASELCH | ELC_GPTHイベント要因GTCCRAインプットキャプチャ許可 | 0: ELC_GPTHイベント入力でのGTCCRAインプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTHイベント入力でのGTCCRAインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b31-b24 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

GTICASR レジスタは GTCCRA のインプットキャプチャ要因を設定するレジスタです。

ASGTRGAR ビット (GTETRGA 端子立ち上がり入力要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可)

GTETRGA 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCCRA インプットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASGTRGAF ビット (GTETRGA 端子立ち下がり入力要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可)

GTETRGA 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCCRA インプットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASGTRGBR ビット (GTETRGB 端子立ち上がり入力要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可)

GTETRGB 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCCRA インプットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASGTRGBF ビット (GTETRGB 端子立ち下がり入力要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可)

GTETRGB 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCCRA インプットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASCARBL ビット (GTIOCB 値 Low での GTIOCA 端子立ち上がり入力要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

GTIOCB 入力が 0 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCCRA インพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASCARBH ビット (GTIOCB 値 High での GTIOCA 端子立ち上がり入力要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

GTIOCB 入力が 1 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCCRA インพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASCAFBL ビット (GTIOCB 値 Low での GTIOCA 端子立ち下がり入力要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

GTIOCB 入力が 0 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCCRA インพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASCAFBH ビット (GTIOCB 値 High での GTIOCA 端子立ち下がり入力要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

GTIOCB 入力が 1 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCCRA インพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASCBRAL ビット (GTIOCA 値 Low での GTIOCB 端子立ち上がり入力要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

GTIOCA 入力が 0 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCCRA インพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASCBRAH ビット (GTIOCA 値 High での GTIOCB 端子立ち上がり入力要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

GTIOCA 入力が 1 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCCRA インพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASCBFAL ビット (GTIOCA 値 Low での GTIOCB 端子立ち下がり入力要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

GTIOCA 入力が 0 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCCRA インพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASCBFAH ビット (GTIOCA 値 High での GTIOCB 端子立ち下がり入力要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

GTIOCA 入力が 1 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCCRA インพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASELCm ビット (ELC_GPTm イベント要因カウンタ GTCCRA インพุットキャプチャ許可) (m = A ~ H)

ELC_GPTm イベント入力での GTCCRA インพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

23.2.11 汎用PWM タイマインプットキャプチャ要因選択レジスタ B (GTICBSR)

アドレス GPT32m.GTICBSR 4007 8028h + 0100h × m (m = 0~3),
GPT16m.GTICBSR 4007 8028h + 0100h × m (m = 4, 5, 8)

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | BSELC H | BSELC G | BSELC F | BSELC E | BSELC D | BSELC C | BSELC B | BSELC A |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| BSCBF AH | BSCBF AL | BSCBR AH | BSCBR AL | BSCAF BH | BSCAF BL | BSCAR BH | BSCAR BL | — | — | — | — | BSGTR GBF | BSGTR GBR | BSGTR GAF | BSGTR GAR |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|--|--|-----|
| b0 | BSGTRGAR | GTETRGA端子立ち上がり入力要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: GTETRGA入力の立ち上がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: GTETRGA入力の立ち上がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b1 | BSGTRGAF | GTETRGA端子立ち下がり入力要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: GTETRGA入力の立ち下がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: GTETRGA入力の立ち下がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b2 | BSGTRGBR | GTETRGB端子立ち上がり入力要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: GTETRGB入力の立ち上がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: GTETRGB入力の立ち上がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b3 | BSGTRGBF | GTETRGB端子立ち下がり入力要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: GTETRGB入力の立ち下がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: GTETRGB入力の立ち下がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b7-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b8 | BSCARBL | GTIOCB値LowでのGTIOCA端子立ち上がり入力要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b9 | BSCARBH | GTIOCB値HighでのGTIOCA端子立ち上がり入力要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち上がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b10 | BSCAFBL | GTIOCB値LowでのGTIOCA端子立ち下がり入力要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: GTIOCB入力が0のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b11 | BSCAFBH | GTIOCB値HighでのGTIOCA端子立ち下がり入力要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: GTIOCB入力が1のとき、GTIOCA入力の立ち下がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b12 | BSCBRAL | GTIOCA値LowでのGTIOCB端子立ち上がり入力要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b13 | BSCBRAH | GTIOCA値HighでのGTIOCB端子立ち上がり入力要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち上がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------|--|--|-----|
| b14 | BSCBFAL | GTIOCA値LowでのGTIOCB端子立ち下がり入力要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: GTIOCA入力が0のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b15 | BSCBFAH | GTIOCA値HighでのGTIOCB端子立ち下がり入力要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: GTIOCA入力が1のとき、GTIOCB入力の立ち下がりエッジでのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b16 | BSELCA | ELC_GPTAイベント要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: ELC_GPTAイベント入力でのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTAイベント入力でのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b17 | BSELCB | ELC_GPTBイベント要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: ELC_GPTBイベント入力でのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTBイベント入力でのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b18 | BSELCC | ELC_GPTCイベント要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: ELC_GPTCイベント入力でのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTCイベント入力でのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b19 | BSELCD | ELC_GPTDイベント要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: ELC_GPTDイベント入力でのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTDイベント入力でのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b20 | BSELCE | ELC_GPTEイベント要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: ELC_GPTEイベント入力でのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTEイベント入力でのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b21 | BSELCF | ELC_GPTFイベント要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: ELC_GPTFイベント入力でのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTFイベント入力でのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b22 | BSELCG | ELC_GPTGイベント要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: ELC_GPTGイベント入力でのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTGイベント入力でのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b23 | BSELCH | ELC_GPTHイベント要因GTCCRBインプットキャプチャ許可 | 0: ELC_GPTHイベント入力でのGTCCRBインプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTHイベント入力でのGTCCRBインプットキャプチャを許可 | R/W |
| b31-b24 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

GTICBSR レジスタは GTCCRB のインプットキャプチャ要因を設定するレジスタです。

BSGTRGAR ビット (GTETRGA 端子立ち上がり入力要因 GTCCRB インプットキャプチャ許可)

GTETRGA 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCCRB インプットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSGTRGAF ビット (GTETRGA 端子立ち下がり入力要因 GTCCRB インプットキャプチャ許可)

GTETRGA 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCCRB インプットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSGTRGBR ビット (GTETRGB 端子立ち上がり入力要因 GTCCRB インプットキャプチャ許可)

GTETRGB 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCCRB インプットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSGTRGBF ビット (GTETRGB 端子立ち下がり入力要因 GTCCRB インプットキャプチャ許可)

GTETRGB 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCCRB インプットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSCARBL ビット (GTIOCB 値 Low での GTIOCA 端子立ち上がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

GTIOCB 入力が 0 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCCRB インพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSCARBH ビット (GTIOCB 値 High での GTIOCA 端子立ち上がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

GTIOCB 入力が 1 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCCRB インพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSCAFBL ビット (GTIOCB 値 Low での GTIOCA 端子立ち下がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

GTIOCB 入力が 0 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCCRB インพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSCAFBH ビット (GTIOCB 値 High での GTIOCA 端子立ち下がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

GTIOCB 入力が 1 のとき、GTIOCA 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCCRB インพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSCBRAL ビット (GTIOCA 値 Low での GTIOCB 端子立ち上がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

GTIOCA 入力が 0 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCCRB インพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSCBRAH ビット (GTIOCA 値 High での GTIOCB 端子立ち上がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

GTIOCA 入力が 1 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち上がりエッジでの GTCCRB インพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSCBFAL ビット (GTIOCA 値 Low での GTIOCB 端子立ち下がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

GTIOCA 入力が 0 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCCRB インพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSCBFAH ビット (GTIOCA 値 High での GTIOCB 端子立ち下がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

GTIOCA 入力が 1 のとき、GTIOCB 端子入力の立ち下がりエッジでの GTCCRB インพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSELCm ビット (ELC_GPTm イベント要因カウンタ GTCCRB インพุットキャプチャ許可) (m = A ~ H)

ELC_GPTm イベント入力での GTCCRB インพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

23.2.12 汎用 PWM タイマコントロールレジスタ (GTCR)

アドレス GPT32m.GTCR 4007 802Ch + 0100h × m (m = 0~3),
GPT16m.GTCR 4007 802Ch + 0100h × m (m = 4, 5, 8)

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | — | — | — | — | — | TPCS[2:0] | | | — | — | — | — | — | MD[2:0] | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | CST |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|-------------|---|-----|
| b0 | CST | カウントスタート | 0 : カウント動作を停止 1 : カウント動作を実行 | R/W |
| b15-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b18-b16 | MD[2:0] | モード選択 | b18 b16 0 0 0 : のこぎり波PWMモード (シングル/ダブルバッファ可) 0 0 1 : のこぎり波ワンショットパルスモード (バッファ動作固定) 0 1 0 : 設定禁止 0 1 1 : 設定禁止 1 0 0 : 三角波PWMモード1 (谷32ビット転送) (シングル/ダブルバッファ可) 1 0 1 : 三角波PWMモード2 (山/谷32ビット転送) (シングル/ダブルバッファ可) 1 1 0 : 三角波PWMモード3 (谷64ビット転送) (バッファ動作固定) 1 1 1 : 設定禁止 | R/W |
| b23-b19 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b26-b24 | TPCS[2:0] | タイマプリスケアラ選択 | b26 b24 0 0 0 : PCLKD/1 0 0 1 : PCLKD/4 0 1 0 : PCLKD/16 0 1 1 : PCLKD/64 1 0 0 : PCLKD/256 1 0 1 : PCLKD/1024 | R/W |
| b31-b27 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

GTCR レジスタは、GTCNT カウンタを制御するレジスタです。

CST ビット (カウントスタート)

GTCNT カウンタのスタート/ストップを制御します。

[1 になる条件]

- GTSSR.CSTRT ビットが 1 の状態で、GTSTR レジスタの値 (チャンネル番号はビット番号に対応) を 1 にしたとき
- ELC イベント入力、またはカウンタスタート要因により GTSSR レジスタで許可した GTIOCA/GTIOCB/GTETR_{Gn} ポート入力が発生したとき
- ソフトウェアで直接 1 を書き込んだとき

[0になる条件]

- GTSSR.CSTOP ビットが 1 の状態で、GTSTP レジスタの値 (チャンネル番号はビット番号に対応) を 1 にしたとき
- ELC イベント入力、またはカウンタストップ要因により GTSSR レジスタで許可した GTIOCA/GTIOCB/GTETR_{Gn} ポート入力が発生したとき
- ソフトウェアで直接 0 を書き込んだとき

MD[2:0] ビット (モード選択)

GPT の動作モードを選択します。MD[2:0] ビットの設定は、GTCNT 動作が停止しているときに行ってください。

TPCS[2:0] ビット (タイマプリスケアラ選択)

GTCNT カウンタのクロックを選択します。チャンネルごとに個別にクロックプリスケアラの選択が可能です。TPCS[2:0] ビットの設定は、GTCNT カウンタの動作が停止しているときに行ってください。

23.2.13 汎用 PWM タイマカウンタ方向、デューティ設定レジスタ (GTUDDTYC)

アドレス GPT32m.GTUDDTYC 4007 8030h + 0100h × m (m = 0~3),
GPT16m.GTUDDTYC 4007 8030h + 0100h × m (m = 4, 5, 8)

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|------------|------------|------------|-----|-----|-----|-----|------------|------------|------------|-----|-----|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | — | — | — | — | OBDTY R | OBDTY F | OBDTY[1:0] | — | — | — | — | OADTY R | OADTY F | OADTY[1:0] | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | UDF | UD |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|------------|-------------------------------|---|-----|
| b0 | UD | カウンタ方向設定 | 0 : GTCNTカウンタはダウンカウンタ 1 : GTCNTカウンタはアップカウンタ | R/W |
| b1 | UDF | カウンタ方向強制設定 | 0 : 強制設定しない 1 : 強制設定する | R/W |
| b15-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b17-b16 | OADTY[1:0] | GTIOCA出力デューティ設定 | b17 b16 0 x : GTIOCA端子のデューティはコンペアマッチに依存 1 0 : GTIOCA端子のデューティは0% 1 1 : GTIOCA端子のデューティは100% | R/W |
| b18 | OADTYF | GTIOCA出力デューティ強制設定 | 0 : 強制設定しない 1 : 強制設定する | R/W |
| b19 | OADTYR | 0%/100%デューティ設定解除後のGTIOCA出力値選択 | 0 : 0%/100%デューティ設定解除後に、0%/100%デューティに設定された出力値をGTIOA[3:2]機能に適用 1 : 0%/100%デューティ設定解除後に、マスクされたコンペアマッチ出力値をGTIOA[3:2]機能に適用 | R/W |
| b23-b20 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b25-b24 | OBDTY[1:0] | GTIOCB出力デューティ設定 | b25 b24 0 x : GTIOCB端子のデューティはコンペアマッチに依存 1 0 : GTIOCB端子のデューティは0% 1 1 : GTIOCB端子のデューティは100% | R/W |
| b26 | OBDTYF | GTIOCB出力デューティ強制設定 | 0 : 強制設定しない 1 : 強制設定する | R/W |
| b27 | OBDTYR | 0%/100%デューティ設定解除後のGTIOCB出力値選択 | 0 : 0%/100%デューティ設定解除後に、0%/100%デューティに設定された出力値をGTIOB[3:2]機能に適用 1 : 0%/100%デューティ設定解除後に、マスクされたコンペアマッチ出力値をGTIOB[3:2]機能に適用 | R/W |
| b31-b28 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

x: Don't care

GTUDDTYC レジスタは、GTCNT カウンタのカウンタ方向 (アップ/ダウン) および GTIOCA/GTIOCB 端子出力のデューティを設定するレジスタです。

【カウンタ方向】

- のこぎり波モードの場合

アップカウンタ中に UD ビットを 0 にした場合、オーバーフロー時に (GTCNT カウンタ値が GTPR 値になった後、カウンタクロックに同期したタイミングで) カウンタ方向が切り替わります。ダウンカウンタ中に UD 値を 1 にした場合、アンダーフロー時に (GTCNT カウンタ値が 0 になった後、カウンタクロックに同期したタイミングで) カウンタ方向が切り替わります。

カウンタストップ中に UDF ビットが 0 の状態で UD 値を 1 から 0 に変更した場合、カウンタ動作はアップカウンタとなり、オーバーフロー時に (GTCNT カウンタ値が GTPR 値になった後、カウンタクロックに

同期したタイミングで) カウント方向が切り替わります。カウントストップ中に UDF ビットが 0 の状態で UD 値を 0 から 1 に変更した場合、カウント動作はダウンカウントとなり、アンダーフロー時に (GTCNT カウンタ値が 0 になった後、カウントクロックに同期したタイミングで) カウント方向が切り替わります。

カウントストップ中に UDF ビットを 1 にすると、UD ビット値がカウントスタート時のカウント方向に反映されます。

- 三角波モードの場合

カウント中に UD 値を変更しても、カウント方向は切り替わりません。カウントストップ中に UDF ビットが 0 の状態で UD 値を変更しても、カウントスタート時のカウント方向には反映されません。

カウントストップ中に UDF ビットを 1 にすると、そのときの UD 値がカウントスタート時のカウント方向に反映されます。

UD ビット (カウント方向設定)

GTCNT カウンタのカウント方向 (アップ/ダウン) を設定します。

UDF ビット (カウント方向強制設定)

GTCNT カウンタ動作スタート時のカウント方向を強制的に UD ビットの値に設定します。カウンタが動作している間は、本ビットに 0 以外を書き込まないでください。カウントストップ中に 1 を書いた場合、カウントがスタートする前に 0 に戻してください。

【出力デューティ】

- のこぎり波モードの場合

アップカウント中に OADTY/OBDTY 値を変更すると、オーバーフロー時 (GTCNT = GTPR) にデューティが反映されます。ダウンカウント中に OADTY/OBDTY 値を変更すると、アンダーフロー時 (GTCNT = 0) にデューティが反映されます。

カウントストップ中に、OADTYF/OBDTYF ビットが 0 の状態で OADTY/OBDTY 値を 1 に変更すると、カウンタスタート時に出力デューティは反映されません。カウント方向がアップカウントの場合、オーバーフロー時 (GTCNT = GTPR) に出力デューティが反映されます。カウント方向がダウンカウントの場合、アンダーフロー時 (GTCNT = 0) に出力デューティが反映されます。カウントストップ中に、OADTYF/OBDTYF ビットが 1 の状態で OADTY/OBDTY 値を 0 に変更すると、カウンタスタート時に出力デューティが反映されます。

- 三角波モードの場合

カウント中に OADTY/OBDTY 値を変更すると、アンダーフロー時にデューティが反映されます。

カウントストップ中に、OADTYF/OBDTYF ビットが 0 の状態で OADTY/OBDTY 値を 1 に変更すると、カウンタ動作開始時に出力デューティは反映されません。アンダーフロー時に出力デューティが反映されます。カウントストップ中に、OADTYF/OBDTYF ビットが 1 の状態で OADTY/OBDTY 値を 0 に変更すると、カウンタスタート時に出力デューティが反映されます。

OmDTY[1:0] ビット (GTIOCm 出力デューティ設定) (m = A, B)

GTIOCm 端子の出力デューティ (0%、100%、またはコンペアマッチ制御) を設定します。

OmDTYF ビット (GTIOCm 出力デューティ強制設定) (m = A, B)

出力デューティサイクルを OmDTY の設定値に強制的に設定します。カウンタの動作中は、本ビットを 0 にする必要があります。カウントストップ中に本ビットを 1 にした場合は、カウンタの動作開始後、最初の周期が終わるまでに本ビットを 0 に戻してください。

OmDTYR ビット (0%/100% デューティ設定解除後の GTIOCm 出力値選択) (m = A, B)

制御が 0%/100% デューティ設定から GTIOCm 端子および GTIOR レジスタのコンペアマッチに変更された場合、周期の終わりで出力保持/トグル出力の対象となる値を選択します。GTIOm[3:2] ビットが 00b (周期の終わりで出力保持) に、または GTIOR.GTIOm[3:2] ビットが 11b (周期の終わりでトグル出力) に設定されます。

デューティ 0%/100% 設定動作実行中、GPT32 内では、コンペアマッチ動作が継続されます。OmDTYR ビットを 1 にすると、GTIOCm 端子は、コンペアマッチ動作中の周期の終わりで GTIOR.GTIOm[3:2] ビットで選択された出力状態になります。

23.2.14 汎用PWMタイマ I/O コントロールレジスタ (GTIOR)

アドレス GPT32m.GTIOR 4007 8034h + 0100h × m (m = 0~3),
GPT16m.GTIOR 4007 8034h + 0100h × m (m = 4, 5, 8)

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-----|-----|------------|-----|-------|--------------------|-----|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| NFCB[1:0] | NFBEN | — | — | OBDFL[1:0] | OBE | OBHLD | OBDFL _T | — | GTIOB[4:0] | | | | | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| NFCSA[1:0] | NFAEN | — | — | OADF[1:0] | OAE | OAHL | OADFL _T | — | GTIOA[4:0] | | | | | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|------------|-------------------------------|---|-----|
| b4-b0 | GTIOA[4:0] | GTIOCA 端子機能選択 | 表 23.5を参照してください。 | R/W |
| b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6 | OADFLT | カウントストップ時のGTIOCA 端子出力値設定 | 0: カウントストップ時にGTIOCA 端子はLowを出力 1: カウントストップ時にGTIOCA 端子はHighを出力 | R/W |
| b7 | OAHL | カウントスタート/ストップ時 のGTIOCA 端子出力設定 | 0: カウントスタート/ストップ時のGTIOCA 端子出力レ ベルはレジスタ設定値に従う 1: カウントスタート/ストップ時にGTIOCA 端子の出力 レベルを保持する | R/W |
| b8 | OAE | GTIOCA 端子出力許可 | 0: 出力を禁止 1: 出力を許可 | R/W |
| b10-b9 | OADF[1:0] | GTIOCA 端子禁止値設定 | b10 b9 0 0: 出力禁止を禁止 0 1: 出力禁止時にGTIOCA 端子をHi-Zにする 1 0: 出力禁止時にGTIOCA 端子を0にする 1 1: 出力禁止時にGTIOCA 端子を1にする | R/W |
| b12-b11 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b13 | NFAEN | ノイズフィルタA有効 | 0: GTIOCA 端子のノイズフィルタは無効 1: GTIOCA 端子のノイズフィルタは有効 | R/W |
| b15-b14 | NFCSA[1:0] | ノイズフィルタAサンプリングク ロック選択 | b15 b14 0 0: PCLKD/1 0 1: PCLKD/4 1 0: PCLKD/16 1 1: PCLKD/64 | R/W |
| b20-b16 | GTIOB[4:0] | GTIOCB 端子機能選択 | 表 23.5を参照してください。 | R/W |
| b21 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b22 | OBDFLT | カウントストップ時のGTIOCB 端子出力値設定 | 0: カウントストップ時にGTIOCB 端子はLowを出力 1: カウントストップ時にGTIOCB 端子はHighを出力 | R/W |
| b23 | OBHL | カウントスタート/ストップ時 のGTIOCB 端子出力設定 | 0: カウントスタート/ストップ時のGTIOCB 端子出力レ ベルはレジスタ設定値に従う 1: カウントスタート/ストップ時のGTIOCB 端子出力レ ベルは保持される | R/W |
| b24 | OBE | GTIOCB 端子出力許可 | 0: 出力を禁止 1: 出力を許可 | R/W |
| b26-b25 | OBDF[1:0] | GTIOCB 端子禁止値設定 | b26 b25 0 0: 出力禁止を禁止 0 1: 出力禁止時にGTIOCB 端子をHi-Zにする 1 0: 出力禁止時にGTIOCB 端子を0にする 1 1: 出力禁止時にGTIOCB 端子を1にする | R/W |
| b28-b27 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b29 | NFBEN | ノイズフィルタB有効 | 0: GTIOCB 端子のノイズフィルタは無効 1: GTIOCB 端子のノイズフィルタは有効 | R/W |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-------------|----------------------|---|-----|
| b31-b30 | NFC SB[1:0] | ノイズフィルタBサンプリングクロック選択 | b31 b30 0 0 : PCLKD/1 0 1 : PCLKD/4 1 0 : PCLKD/16 1 1 : PCLKD/64 | R/W |

GTIOR レジスタは、GTIOCA 端子および GTIOCB 端子の機能を設定するレジスタです。

GTIOA[4:0] ビット (GTIOCA 端子機能選択)

GTIOCA 端子の機能を選択します。詳細は、表 23.5 を参照してください。

OADFLT ビット (カウントストップ時の GTIOCA 端子出力値設定)

カウントストップ時に、GTIOCA 端子が Low または High のいずれを出力するかを設定します。

OAHLDB ビット (カウントスタート/ストップ時の GTIOCA 端子出力設定)

GTIOCA 端子の出力レベルを保持するか、カウントスタート/ストップ時のレベルをレジスタ設定に依存させるかを指定します。

[OAHLDB ビットを 0 にした場合]

- カウントスタート時に、GTIOA[4:0] ビットの b4 で指定した値を出力
- カウントストップ時に、OADFLT ビットで指定した値を出力
- カウントストップ中に OADFLT ビットを書き換えた場合、新しい値がただちに出力に反映される

[OAHLDB ビットを 1 にした場合]

- カウントスタート/ストップ時に出力が保持される

OAE ビット (GTIOCA 端子出力許可)

GTIOCA 端子出力の許可/禁止を選択します。

GTCCRA レジスタをインプットキャプチャレジスタとして使用する場合 (GTICASR レジスタの少なくとも 1 つのビットを 1 にした場合)、OAE ビット値に関わらず、GTIOCA 端子を出力しません。

OADF[1:0] ビット (GTIOCA 端子禁止値設定)

出力禁止要求発生時に GTIOCA 端子の出力値を選択します。

NFAEN ビット (ノイズフィルタ A 有効)

GTIOCA 端子からの入力に対してノイズフィルタの許可/停止を設定します。本ビット値を変更すると予想外のエッジが内部で発生する恐れがあるため、GTIOR レジスタの該当端子に対シアウトプットコンペア機能を選択してから、本ビットを変更してください。

NFC SA[1:0] ビット (ノイズフィルタ A サンプリングクロック選択)

GTIOCA 端子のノイズフィルタのサンプリング周期を設定します。これらのビットを設定する場合、選択したサンプリング周期の 2 周期分待った後、インプットキャプチャ機能を設定してください。

GTIOCB[4:0] ビット (GTIOCB 端子機能選択)

GTIOCB 端子の機能を選択します。詳細は、表 23.5 を参照してください。

OBDFLT ビット (カウントストップ時の GTIOCB 端子出力値設定)

カウントストップ時に、GTIOCB 端子が High または Low のいずれを出力するかを設定します。

OBHLD ビット (カウントスタート/ストップ時の GTIOCB 端子出力設定)

GTIOCB 端子の出力レベルを保持するか、カウントスタート/ストップ時のレベルをレジスタ設定に依存させるかを指定します。

[OBHLD ビットを 0 にした場合]

- カウントスタート時に、GTIOB[4:0] ビットの b4 で指定した値を出力
- カウントストップ時に、OBDFLT ビットで指定した値を出力
- カウントストップ中に OBDFLT ビットを書き換えた場合、新しい値がただちに出力に反映される

[OBHLD ビットを 1 にした場合]

- カウントスタート/ストップ時に出力が保持される

OBE ビット (GTIOCB 端子出力許可)

GTIOCB 端子出力の許可/禁止を選択します。

GTCCRB レジスタをインプットキャプチャレジスタとして使用する場合 (GTICBSR レジスタの少なくとも 1 つのビットを 1 にした場合)、OBE ビット値に関わらず、GTIOCB 端子を出力しません。

OBDF[1:0] ビット (GTIOCB 端子禁止値設定)

出力禁止要求発生時に GTIOCB 端子の出力値を選択します。

NFBEN ビット (ノイズフィルタ B 有効)

GTIOCB 端子からの入力に対してノイズフィルタ機能の許可/停止を設定します。本ビット値を変更すると予想外のエッジが内部で発生する恐れがあるため、GTIOR レジスタの該当端子に対しアウトプットコンペア機能を選択してから、本ビットを変更してください。

NFCSB[1:0] ビット (ノイズフィルタ B サンプリングクロック選択)

GTIOCB 端子のノイズフィルタのサンプリング周期を設定します。これらのビットを設定する場合、選択したサンプリング周期の 2 周期分待った後、インプットキャプチャ機能を設定してください。

表 23.5 GTIOA[4:0] ビットと GTIOB[4:0] ビットの設定値 (1/2)

| GTIOA/GTIOB[4:0] ビット | | | | | 機能 | | |
|----------------------|----|----|----|----|----------|----------------------|------------------------------|
| b4 | b3 | b2 | b1 | b0 | b4 | b3-b2 (注1) (注2) (注3) | b1-b0 (注2) |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 初期出力はLow | 周期の終わりで出力保持 | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで出力保持 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでLow出力 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでHigh出力 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでトグル出力 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 周期の終わりでLow出力 | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで出力保持 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでLow出力 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでHigh出力 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでトグル出力 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 周期の終わりでHigh出力 | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで出力保持 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでLow出力 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでHigh出力 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでトグル出力 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | | 周期の終わりでトグル出力 | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで出力保持 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでLow出力 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでHigh出力 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでトグル出力 |

表 23.5 GTIOA[4:0]ビットとGTIOB[4:0]ビットの設定値 (2/2)

| GTIOA/GTIOB[4:0]ビット | | | | | 機能 | | |
|---------------------|----|----|----|----|-----------|----------------------|------------------------------|
| b4 | b3 | b2 | b1 | b0 | b4 | b3-b2 (注1) (注2) (注3) | b1-b0 (注2) |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 初期出力はHigh | 周期の終わりで出力保持 | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで出力保持 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでLow出力 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでHigh出力 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでトグル出力 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 周期の終わりでLow出力 | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで出力保持 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでLow出力 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでHigh出力 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでトグル出力 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 周期の終わりでHigh出力 | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで出力保持 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでLow出力 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでHigh出力 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでトグル出力 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | | 周期の終わりでトグル出力 | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで出力保持 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでLow出力 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでHigh出力 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでトグル出力 |

- 注 1. 周期の終わりとは、オーバーフロー（アップカウント時に GTCNT カウンタが GTPR 値から 0 に変化）、またはアンダーフロー（ダウンカウント時に GTCNT カウンタが 0 から GTPR 値に変化）を意味します。GTCNT カウンタはのこぎり波に対してクリアされます。また三角波の谷（GTCNT カウンタが 0 から 1 に変化）に対してクリアされます。
- 注 2. コンペアマッチ動作時に、周期の終わりと GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチのタイミングが一致した場合、のこぎり波 PWM モードでは b3-b2 の設定値が優先され、それ以外のモードでは b1-b0 の設定値が優先されます。
- 注 3. GTUPSR レジスタまたは GTDNSR レジスタの少なくとも 1 つのビットが 1 の場合のイベントカウント動作では、b3-b2 の設定値は無視されます。

23.2.15 汎用 PWM タイマ割り込み出力設定レジスタ (GTINTAD)

アドレス GPT32m.GTINTAD 4007 8038h + 0100h × m (m = 0~3),
GPT16m.GTINTAD 4007 8038h + 0100h × m (m = 4, 5, 8)

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|--------|--------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | — | GRPABL | GRPABH | — | — | — | GRP[1:0] | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|----------|-------------------|---|-----|
| b23-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b25-b24 | GRP[1:0] | 出力禁止要因選択 | b25 b24 0 0 : グループA出力禁止要求 0 1 : グループB出力禁止要求 1 x : 設定禁止 | R/W |
| b28-b26 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b29 | GRPABH | 同時出力レベルHigh禁止要求許可 | 0 : 同時出力レベルHigh禁止要求を禁止 1 : 同時出力レベルHigh禁止要求を許可 | R/W |
| b30 | GRPABL | 同時出力レベルLow禁止要求許可 | 0 : 同時出力レベルLow禁止要求を禁止 1 : 同時出力レベルLow禁止要求を許可 | R/W |
| b31 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

GTINTAD レジスタは、割り込み要求と出力禁止要求を許可または禁止するレジスタです。

GRP[1:0] ビット (出力禁止要因選択)

GTIOCA 端子または GTIOCB 端子の出力禁止要因を選択します。

GRPABH で同時出力レベル High が有効になる、または GRPABL で同時出力レベル Low が有効になると、POEG に対する出力禁止要求が GRP[1:0] ビットで選択されたグループに出力されます。

GTST.ODF が、GRP[1:0] ビットで選択した出力禁止要因グループの要求を示します。GRP[1:0] ビットの設定は、GTIOR.OAE ビットと GTIOR.OBE ビットの両方が 0 のときに行ってください。

GRPABH ビット (同時出力レベル High 禁止要求許可)

GTIOCA 端子と GTIOCB 端子が同時に 1 を出力する場合の出力禁止要求を許可/禁止します。

GRPABL ビット (同時出力レベル Low 禁止要求許可)

GTIOCA 端子と GTIOCB 端子が同時に 0 を出力する場合の出力禁止要求を許可/禁止します。

23.2.16 汎用PWMタイマステータスレジスタ (GTST)

アドレス GPT32m.GTST 4007 803Ch + 0100h × m (m = 0~3),
GPT16m.GTST 4007 803Ch + 0100h × m (m = 4, 5, 8)

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| — | OABLF | OABHF | — | — | — | — | ODF | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| TUCF | — | — | — | — | — | — | — | TCFPU | TCFPO | TCFF | TCFE | TCFD | TCFC | TCFB | TCFA |
| リセット後の値 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-------|------------------------|--|---------------|
| b0 | TCFA | インプットキャプチャ/コンペアマッチフラグA | 0: GTCCRAインプットキャプチャ/コンペアマッチの発生なし 1: GTCCRAインプットキャプチャ/コンペアマッチの発生あり | R/(W) (注1) |
| b1 | TCFB | インプットキャプチャ/コンペアマッチフラグB | 0: GTCCRBインプットキャプチャ/コンペアマッチの発生なし 1: GTCCRBインプットキャプチャ/コンペアマッチの発生あり | R/(W) (注1) |
| b2 | TCFC | インプットコンペアマッチフラグC | 0: GTCCRCコンペアマッチの発生なし 1: GTCCRCコンペアマッチの発生あり | R/(W) (注1) |
| b3 | TCFD | インプットコンペアマッチフラグD | 0: GTCCRDコンペアマッチの発生なし 1: GTCCRDコンペアマッチの発生あり | R/(W) (注1) |
| b4 | TCFE | インプットコンペアマッチフラグE | 0: GTCCREコンペアマッチの発生なし 1: GTCCREコンペアマッチの発生あり | R/(W) (注1) |
| b5 | TCFF | インプットコンペアマッチフラグF | 0: GTCCRFコンペアマッチの発生なし 1: GTCCRFコンペアマッチの発生あり | R/(W) (注1) |
| b6 | TCFPO | オーバーフローフラグ | 0: オーバーフロー (山) の発生なし 1: オーバーフロー (山) の発生あり | R/(W) (注1) |
| b7 | TCFPU | アンダーフローフラグ | 0: アンダーフロー (谷) の発生なし 1: アンダーフロー (谷) の発生あり | R/(W) (注1) |
| b14-b8 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b15 | TUCF | カウント方向フラグ | 0: GTCNTカウンタはダウンカウント 1: GTCNTカウンタはアップカウント | R |
| b23-b16 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b24 | ODF | 出力禁止フラグ | 0: 出力禁止要求の発生なし 1: 出力禁止要求の発生あり | R |
| b28-b25 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b29 | OABHF | 同時出力レベルHighフラグ | 0: GTIOCA端子とGTIOCB端子は同時に1を出力しない 1: GTIOCA端子とGTIOCB端子は同時に1を出力する | R |
| b30 | OABLF | 同時出力レベルLowフラグ | 0: GTIOCA端子とGTIOCB端子は同時に0を出力しない 1: GTIOCA端子とGTIOCB端子は同時に0を出力する | R |
| b31 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. 本ビットには0のみ書けます。1を書き込まないでください。

GTSTレジスタは、GPTの状態を示します。

TCFA フラグ (インプットキャプチャ/コンペアマッチフラグ A)

GTCCRA のインプットキャプチャまたはコンペアマッチのステータスフラグです。

[1 になる条件]

- GTCCRA レジスタがコンペアマッチレジスタとして機能している場合、GTCNT カウンタ値 = GTCCRA 値になったとき
- GTCCRA レジスタがインプットキャプチャレジスタとして機能している場合、インプットキャプチャ信号によって GTCNT カウンタ値が GTCCRA レジスタに転送されたとき

[0 になる条件]

- 本ビットに 0 を書いたとき

TCFB フラグ (インプットキャプチャ/コンペアマッチフラグ B)

GTCCRB のインプットキャプチャまたはコンペアマッチのステータスフラグです。

[1 になる条件]

- GTCCRB レジスタがコンペアマッチレジスタとして機能している場合、GTCNT カウンタ値 = GTCCRB 値になったとき
- GTCCRB レジスタがインプットキャプチャレジスタとして機能している場合、インプットキャプチャ信号によって GTCNT カウンタの値が GTCCRB レジスタに転送されたとき

[0 になる条件]

- 本ビットに 0 を書いたとき

TCFC フラグ (インプットコンペアマッチフラグ C)

GTCCRC のコンペアマッチのステータスフラグです。

[1 になる条件]

- GTCNT カウンタ値 = GTCCRC 値になったとき

[0 になる条件]

- 本ビットに 0 を書いたとき

[比較を行わない条件]

- GTCR.MD[2:0] ビット = 001b (のこぎり波ワンショットパルスモード)
- GTCR.MD[2:0] ビット = 110b (三角波 PWM モード 3)
- GTBER.CCRA[1:0] ビット = 01b、10b、11b (GTCCRC レジスタがバッファ動作)

TCFD フラグ (インプットコンペアマッチフラグ D)

GTCCRD のコンペアマッチのステータスフラグです。

[1 になる条件]

- GTCNT カウンタ値 = GTCCRD 値になったとき

[0 になる条件]

- 本ビットに 0 を書いたとき

[比較を行わない条件]

- GTCR.MD[2:0] ビット = 001b (のこぎり波ワンショットパルスモード)
- GTCR.MD[2:0] ビット = 110b (三角波 PWM モード 3)
- GTBER.CCRA[1:0] ビット = 10b、11b (GTCCRD レジスタがバッファ動作)

TCFE フラグ (インプットコンペアマッチフラグ E)

GTCCRE のコンペアマッチのステータスフラグです。

[1 になる条件]

- GTCNT カウンタ値 = GTCCRE 値になったとき

[0 になる条件]

- 本ビットに 0 を書いたとき

[比較を行わない条件]

- GTCR.MD[2:0] ビット = 001b (のこぎり波ワンショットパルスモード)
- GTCR.MD[2:0] ビット = 110b (三角波 PWM モード 3)
- GTBER.CCRB[1:0] ビット = 01b、10b、11b (GTCCRE レジスタがバッファ動作)

TCFF フラグ (インプットコンペアマッチフラグ F)

GTCCRF のコンペアマッチのステータスフラグです。

[1 になる条件]

- GTCNT カウンタ値 = GTCCRF 値になったとき

[0 になる条件]

- 本ビットに 0 を書いたとき

[比較を行わない条件]

- GTCR.MD[2:0] ビット = 001b (のこぎり波ワンショットパルスモード)
- GTCR.MD[2:0] ビット = 110b (三角波 PWM モード 3)
- GTBER.CCRB[1:0] ビット = 10b、11b (GTCCRF レジスタがバッファ動作)

TCFPO フラグ (オーバーフローフラグ)

オーバーフローまたは山が発生したことを示します。

[1 になる条件]

- のこぎり波モードにおいて、オーバーフロー (アップカウント時に GTCNT カウンタが GTPR 値から 0 に変化) が発生したとき
- 三角波モードにおいて、山 (GTCNT カウンタが GTPR 値から GTPR 値 - 1 に変化) が発生したとき
- ハードウェア要因によるカウントで、オーバーフロー (アップカウント時に GTCNT カウンタ値が GTPR 値から 0 に変化) が発生したとき

[0 になる条件]

- 本ビットに 0 を書いたとき

TCFPU フラグ (アンダーフローフラグ)

アンダーフローまたは谷が発生したことを示します。

[1になる条件]

- のこぎり波モードにおいて、アンダーフロー (ダウンカウント時に GTCNT カウンタが 0 から GTPR 値に変化) が発生したとき
- 三角波モードにおいて、谷 (GTCNT カウンタが 0 から 1 に変化) が発生したとき
- ハードウェア要因によるカウントで、アンダーフロー (ダウンカウント時に GTCNT カウンタが 0 から GTPR 値に変化) が発生したとき

[0になる条件]

- 本ビットに 0 を書いたとき

TUCF フラグ (カウント方向フラグ)

GTCNT カウンタのカウント方向を示します。イベントカウント動作で、本フラグはアップカウント時に 1、ダウンカウント時に 0 になります。

ODF フラグ (出力禁止フラグ)

GRP[1:0] ビットで選択した出力禁止要因グループの要求を示します。

出力禁止時、出力禁止要求がネゲートされる周期の間、出力禁止制御は解除されません。次の周期に解除されます。

OABHF フラグ (同時出力レベル High フラグ)

GTIOCA 端子と GTIOCB 端子が同時に 1 を出力したことを示します。

GTIOCA 端子または GTIOCB 端子が 0 を出力すると、本フラグは 0 に戻ります。本フラグは読み出し専用です。本フラグをクリアするために 0 を書き込むことは禁止されています。

OABHF フラグによる割り込みが許可されている (GTINTAD.GRPABH ビット = 1) 場合、OABHF フラグが出力禁止要求として POEG に出力されます。

[1になる条件]

- OAE ビットと OBE ビットがどちらも 1 で、GTIOCA 端子と GTIOCB 端子が同時に 1 を出力するとき

[0になる条件]

- OAE ビットと OBE ビットがどちらも 1 で、GTIOCA 端子と GTIOCB 端子の出力値が異なるとき
- OAE ビットと OBE ビットがどちらも 1 で、GTIOCA 端子と GTIOCB 端子が同時に 0 を出力するとき
- OAE ビットと OBE ビットのどちらかが 0 になったとき

OABLF フラグ (同時出力レベル Low フラグ)

GTIOCA 端子と GTIOCB 端子が同時に 0 を出力したことを示します。

GTIOCA 端子または GTIOCB 端子が 1 を出力すると、本フラグは 0 に戻ります。本フラグは読み出し専用です。本フラグをクリアするために 0 を書き込むことは禁止されていません。OABLF フラグによる割り込みが許可されている (GTINTAD.GRPABL ビット=1) 場合、OABLF フラグが出力禁止要求として POEG に出力されます。

[1 になる条件]

- OAE ビットと OBE ビットがどちらも 1 で、GTIOCA 端子と GTIOCB 端子が同時に 0 を出力するとき

[0 になる条件]

- OAE ビットと OBE ビットがどちらも 1 で、GTIOCA 端子と GTIOCB 端子の出力値が異なるとき
- OAE ビットと OBE ビットがどちらも 1 で、GTIOCA 端子と GTIOCB 端子が同時に 1 を出力するとき
- OAE ビットと OBE ビットのどちらかが 0 になったとき

OABHF/OABLF フラグを生成する比較対象信号は、出力禁止機能でマスクされる前のコンペアマッチ出力 (PWM 出力) 信号です。出力禁止状態が実行される場合、コンペアマッチも GPT 内部で継続して実行され、OABHF/OABLF フラグは比較値の結果に従って更新されます。

23.2.17 汎用PWM タイマバッファイネーブルレジスタ (GTBER)

アドレス GPT32m.GTBER 4007 8040h + 0100h × m (m = 0~3),
GPT16m.GTBER 4007 8040h + 0100h × m (m = 4, 5, 8)

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|---------|-----------|-----------|-----|-------|-------|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | CCRS WT | PR[1:0] | CCRB[1:0] | CCRA[1:0] | | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | BD[1] | BD[0] |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|-----------------------|--|-----|
| b0 | BD[0] | GTCCRバッファ動作禁止 | 0 : バッファ動作を許可 1 : バッファ動作を禁止 | R/W |
| b1 | BD[1] | GTPRバッファ動作禁止 | | R/W |
| b15-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b17-b16 | CCRA[1:0] | GTCCRAバッファ動作 | b17 b16 0 0 : バッファ動作しない 0 1 : シングルバッファ動作 (GTCCRAレジスタ⇔GTCCRCレジスタ) 1 x : ダブルバッファ動作 (GTCCRAレジスタ⇔GTCCRCレジスタ⇔GTCCRDレジスタ) | R/W |
| b19-b18 | CCRB[1:0] | GTCCRBバッファ動作 | b19 b18 0 0 : バッファ動作しない 0 1 : シングルバッファ動作 (GTCCRBレジスタ⇔GTCCREレジスタ) 1 x : ダブルバッファ動作 (GTCCRBレジスタ⇔GTCCREレジスタ⇔GTCCRFレジスタ) | R/W |
| b21-b20 | PR[1:0] | GTPRバッファ動作 | b21 b20 0 0 : バッファ動作しない 0 1 : シングルバッファ動作 (GTPBRレジスタ⇔GTPRレジスタ) 1 x : 設定禁止 | R/W |
| b22 | CCRSWT | GTCCRA・GTCCRB強制バッファ動作 | 1を書くとGTCCRAおよびGTCCRBレジスタのバッファ転送を強制的に行います。本ビットは1を書いた後、自動的に0に戻ります。読むと0が読めます。 | R/W |
| b31-b23 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

GTBERレジスタは、バッファ動作を設定するレジスタです。GTCNTカウンタが停止しているときに設定する必要があります。

BD[0] ビット (GTCCR バッファ動作禁止)

GTCCRA、GTCCRC、GTCCRDレジスタを組み合わせたバッファ動作、およびGTCCRB、GTCCRE、GTCCRFレジスタを組み合わせたバッファ動作を禁止します。

GTDTCR.TDEビットが1のとき、BD[0]ビットを0にしても、GTCCRBレジスタはバッファ動作を行いません。GTCCRBレジスタは、デッドタイム付き逆相波形のコンペアマッチ値に自動的に設定されます。

BD[1] ビット (GTPR バッファ動作禁止)

GTPRレジスタとGTPBRレジスタを組み合わせたバッファ動作を禁止します。

CCRA[1:0] ビット (GTCCRA バッファ動作)

GTCCRA、GTCCRC、およびGTCCRDレジスタを組み合わせたバッファ動作を設定します。GTCCRレジスタで設定した動作モードによってバッファ動作が制限される場合は、GTCCRレジスタの設定が優先されません。(注1)

CCRB[1:0] ビット (GTCCRB バッファ動作)

GTCCRB、GTCCRE、およびGTCCRFレジスタを組み合わせたバッファ動作を設定します。GTCRレジスタで設定した動作モードによってバッファ動作が制限される場合は、GTCRレジスタの設定が優先されます。(注1)

PR[1:0] ビット (GTPR バッファ動作)

GTPR および GTPBR レジスタを組み合わせたバッファ動作を設定します。

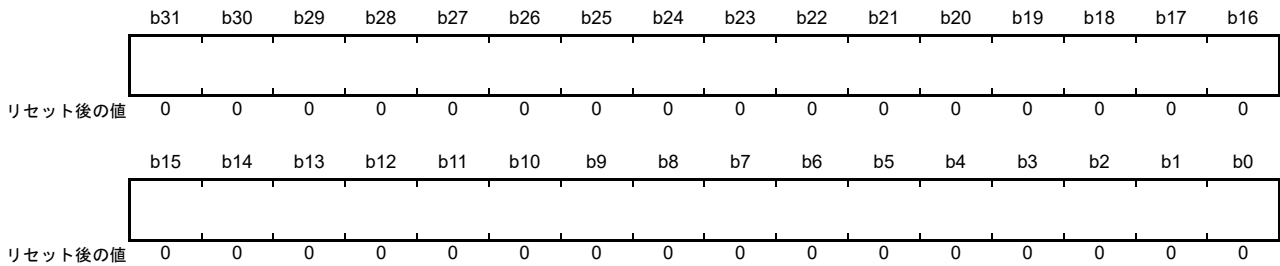
CCRSWT ビット (GTCCRA・GTCCRB 強制バッファ動作)

CCRSWT ビットに1を書くと、強制的にGTCCRAレジスタとGTCCRBレジスタのバッファ転送を行います。本ビットは1を書いた後、自動的に0に戻ります。読むと0が読めます。カウントストップ時にコンペッチ動作が設定されている場合にのみ有効です。

注1. のこぎり波ワンショットパルスモード、または三角波PWMモード3(谷64ビット転送)では、バッファ動作モードは固定されます。

23.2.18 汎用 PWM タイマカウンタ (GTCNT)

アドレス GPT32m.GTCNT 4007 8048h + 0100h × m (m = 0 ~ 3),
GPT16m.GTCNT 4007 8048h + 0100h × m (m = 4, 5, 8)



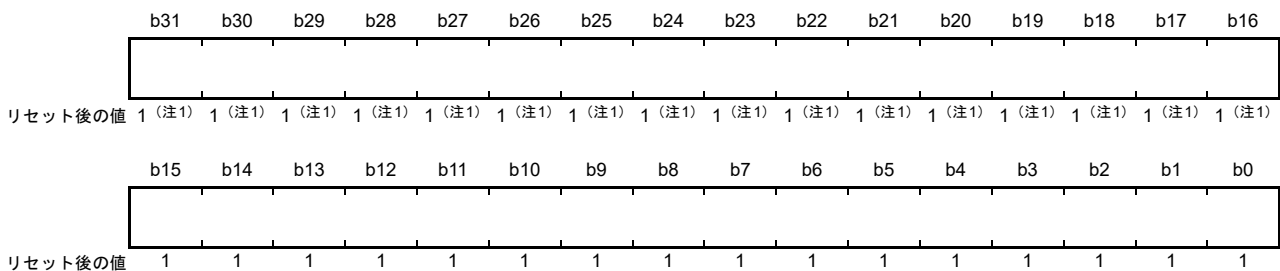
GTCNT は、GPT32m (m = 0 ~ 3) 用の 32 ビットの読み出し/書き込みカウンタです。GPT16m (m = 4, 5, 8) の場合、GTCNT は 16 ビットレジスタになります。GTCNT への書き込みは、カウントストップ後のみ可能です。32 ビット単位でアクセスしてください。8 ビット単位/16 ビット単位でのアクセスはしないでください。

GPT16m (m = 4, 5, 8) の場合、32 ビット単位アクセス時の上位 16 ビットは、読むと常に 0000h が読み出され、書き込みは無視されます。

GTCNT レジスタは、 $0 \leq \text{GTCNT} \leq \text{GTPR}$ の範囲に収まるように設定する必要があります。

23.2.19 汎用 PWM タイマコンペアキャプチャレジスタ n (GTCCRn) (n = A ~ F)

アドレス GPT32m.GTCCRA 4007 804Ch + 0100h × m (m = 0 ~ 3),
GPT16m.GTCCRA 4007 804Ch + 0100h × m (m = 4, 5, 8),
GPT32m.GTCCRB 4007 8050h + 0100h × m (m = 0 ~ 3),
GPT16m.GTCCRB 4007 8050h + 0100h × m (m = 4, 5, 8),
GPT32m.GTCCRC 4007 8054h + 0100h × m (m = 0 ~ 3),
GPT16m.GTCCRC 4007 8054h + 0100h × m (m = 4, 5, 8),
GPT32m.GTCCRD 4007 805Ch + 0100h × m (m = 0 ~ 3),
GPT16m.GTCCRD 4007 805Ch + 0100h × m (m = 4, 5, 8),
GPT32m.GTCCRE 4007 8058h + 0100h × m (m = 0 ~ 3),
GPT16m.GTCCRE 4007 8058h + 0100h × m (m = 4, 5, 8),
GPT32m.GTCCRF 4007 8060h + 0100h × m (m = 0 ~ 3),
GPT16m.GTCCRF 4007 8060h + 0100h × m (m = 4, 5, 8)



注 1. GPT16m (m = 4, 5, 8) の場合、リセット後の上位 16 ビットの値は 0000h です。

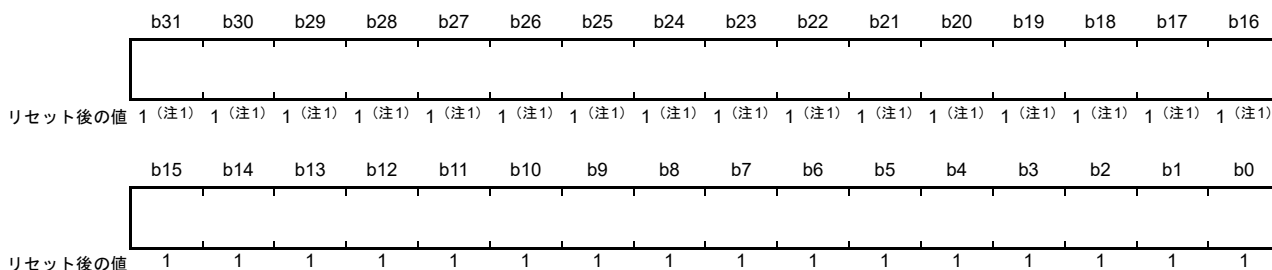
GTCCRn レジスタは読み出し/書き込みレジスタです。GTCCRn レジスタの有効サイズは、GTCNT レジスタ (16 ビットまたは 32 ビット) と同一です。GTCCRn レジスタの有効サイズが 16 ビットの場合、32 ビット単位アクセス時の上位 16 ビットは、読むと常に 0000h が読み出され、書き込みは無視されます。

GTCCRA レジスタと GTCCRB レジスタは、アウトプットコンペア/インプットキャプチャ兼用のレジスタです。GTCCRC レジスタと GTCCRE レジスタは、コンペアマッチレジスタですが、GTCCRA レジスタと GTCCRB レジスタ用のバッファレジスタとしても機能します。

GTCCRD レジスタと GTCCRF レジスタは、コンペアマッチレジスタですが、GTCCRC レジスタと GTCCRE レジスタ用のバッファレジスタ (GTCCRA レジスタと GTCCRB レジスタ用のダブルバッファレジスタ) としても機能します。

23.2.20 汎用 PWM タイマ周期設定レジスタ (GTPR)

アドレス GPT32m.GTPR 4007 8064h + 0100h × m (m = 0~3),
GPT16m.GTPR 4007 8064h + 0100h × m (m = 4, 5, 8)



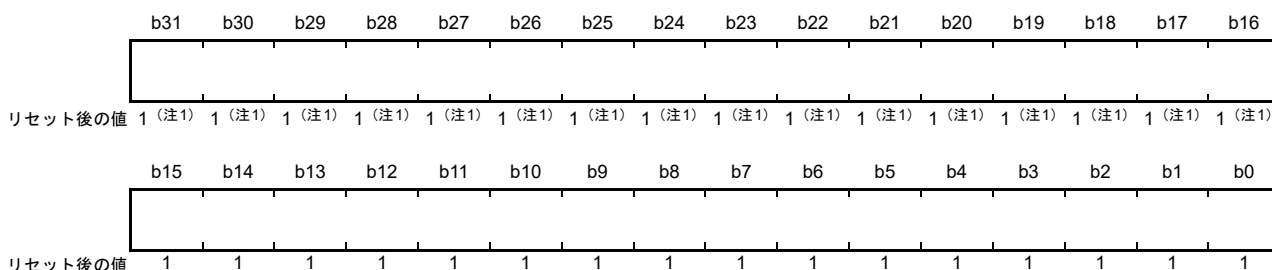
注1. GPT16m (m = 4, 5, 8) の場合、リセット後の上位 16 ビットの値は 0000h です。

GTPR レジスタは、GTCNT カウンタの最大カウント値を設定する、読み出し/書き込みレジスタです。GTPR レジスタの有効サイズは、GTCNT レジスタ (16 ビットまたは 32 ビット) と同一です。GTPR レジスタの有効サイズが 16 ビットの場合、32 ビット単位アクセス時の上位 16 ビットは、読むと常に 0000h が読み出され、書き込みは無視されます。

のこぎり波の場合、GTPR 値 + 1 がカウント周期になります。三角波の場合、GTPR 値 × 2 がカウント周期になります。

23.2.21 汎用 PWM タイマ周期設定バッファレジスタ (GTPBR)

アドレス GPT32m.GTPBR 4007 8068h + 0100h × m (m = 0~3),
GPT16m.GTPBR 4007 8068h + 0100h × m (m = 4, 5, 8)



注1. GPT16m (m = 4, 5, 8) の場合、リセット後の上位 16 ビットの値は 0000h です。

GTPBR レジスタは、読み出し/書き込み可能なレジスタであり、GTPR レジスタ用のバッファレジスタとして機能します。GTPBR レジスタの有効サイズは、GTCNT レジスタ (16 ビットまたは 32 ビット) と同一です。GTPBR レジスタの有効サイズが 16 ビットの場合、32 ビット単位アクセス時の上位 16 ビットは、読むと常に 0000h が読み出され、書き込みは無視されます。

23.2.22 汎用 PWM タイマデッドタイムコントロールレジスタ (GTDTCCR)

アドレス GPT32m.GTDTCCR 4007 8088h + 0100h × m (m = 0~3),
GPT16m.GTDTCCR 4007 8088h + 0100h × m (m = 4, 5, 8)

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | TDE |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|------|--------|--|-----|
| b0 | TDE | 逆相波形設定 | 0 : GTDVUレジスタを使用しないで、GTCCRBレジスタを設定する 1 : GTDVUレジスタを使用して、デッドタイム付き逆相波形のコンペアマッチ値をGTCCRBレジスタに自動設定する | R/W |
| b31-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

GTDTCCR レジスタは、デッドタイム付き逆相波形のコンペアマッチ値の自動設定を許可するレジスタです。GPT にはデッドタイム制御機能があります。デッドタイム値の設定には GTDVU レジスタを使用します。

TDE ビット (逆相波形設定)

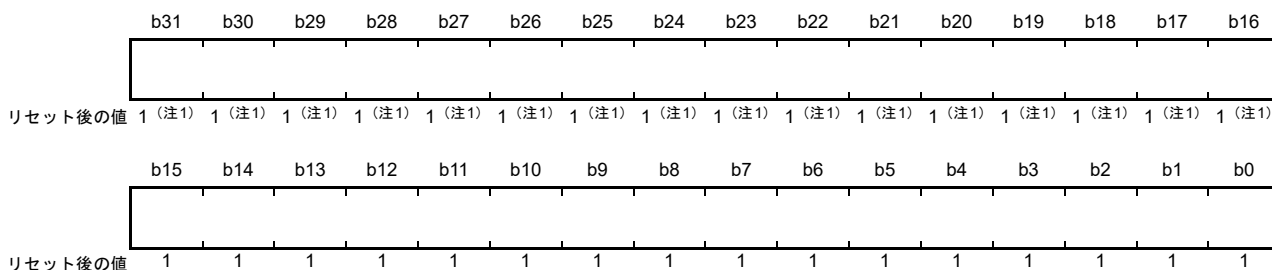
GTDVU レジスタを使用するか否かを指定します。GTDVU レジスタを使用する場合、正相波形のコンペアマッチ値 (GTCCRA 値) とデッドタイム値 (GTDVU 値) から算出されたデッドタイム付き逆相波形のコンペアマッチ値が、GTCCRB レジスタに自動設定されます。TDE ビットの設定値は、のこぎり波 PWM モードでは無視され、自動設定は行われません。

GTCCRB レジスタ値が自動設定される時、下記のような上限/下限値があります。算出された GTCCRB 値がこの範囲に収まらない場合、GTCCRB レジスタには下記の制限値が設定されます。

- 三角波の場合
 - 上限値 : GTPR レジスタ値 - 1
 - 下限値 : アップカウント時は 1、ダウンカウント時は 0
- のこぎり波ワンショットパルスモードの場合
 - 上限値 : GTPR レジスタ値
 - 下限値 : 0

23.2.23 汎用 PWM タイマデッドタイム値レジスタ U (GTDVU)

アドレス GPT32m.GTDVU 4007 808Ch + 0100h × m (m = 0~3),
GPT16m.GTDVU 4007 808Ch + 0100h × m (m = 4, 5, 8)



注 1. GPT16m (m = 4, 5, 8) の場合、リセット後の上位 16 ビットの値は 0000h です。

GTDVU レジスタは、PWM 波形を生成するためのデッドタイム値を設定する、読み出し/書き込みレジスタです。GTDVU レジスタの有効サイズは GTCNT (16 ビットまたは 32 ビット) と同じです。GTDVU の有効サイズが 16 ビットの場合、32 ビット単位の上位 16 ビットでのアクセスの読み取り値は常に 0000h で、本ビットへの書き込みは無視されます。

周期を超えるデッドタイム値の設定はしないでください。GTCCR B レジスタを読み出すことによって、設定された値の確認が可能です。GTDVU レジスタを使用する場合、GTCCR B レジスタへの書き込みはしないでください。本レジスタ値を 0 にすると、デッドタイムなしの波形が出力されます。

GPT の動作中は、GTDVU レジスタ値の変更はしないでください。GTDVU を新しい値に変更するには、GTCR レジスタの CST ビットで GPT を停止してください。GTDVU レジスタは 32 ビット単位でアクセスしてください。8 ビット単位/16 ビット単位でのアクセスはしないでください。

23.2.24 出力相切り替えコントロールレジスタ (OPSCR)

アドレス GPT_OPS.OPSCR 4007 8FF0h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|-----|-----|------|----------|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| NFCS[1:0] | NFEN | — | — | GODF | GRP[1:0] | — | — | ALIGN | — | INV | N | P | FB | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | EN | — | W | V | U | — | WF | VF | UF |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|-------------------|---|-----|
| b0 | UF | 入力相ソフト設定 | ソフトウェア設定からの入力相を設定します。OPSCR.FBビットが1のとき、これらのビットの設定が有効になります。 | R/W |
| b1 | VF | | | R/W |
| b2 | WF | | | R/W |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | U | 入力U相監視 | 入力相の状態を監視します。 | R |
| b5 | V | 入力V相監視 | OPSCR.FB = 0 : PCLKDによって同期化した外部入力、これらのビットに監視される | R |
| b6 | W | 入力W相監視 | OPSCR.FB = 1 : ソフトウェア設定 (UF/VF/WFビット) | R |
| b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b8 | EN | イネーブル相出力制御 | 0 : 出力しない ("Hi-Z"外部端子) 1 : 出力する (注1) | R/W |
| b15-b9 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b16 | FB | 外部フィードバック信号許可 | ソフトウェア設定および外部入力から入力相を選択します。 0 : 外部入力を選択 1 : ソフトウェア設定 (OPSCR.UF/VF/WFビット) を選択 | R/W |
| b17 | P | 正相出力 (P) 制御 | 0 : レベル信号を出力 1 : PWM信号を出力 (GPT320のPWM) | R/W |
| b18 | N | 逆相出力 (N) 制御 | 0 : レベル信号を出力 1 : PWM信号を出力 (GPT320のPWM) | R/W |
| b19 | INV | 反転相出力制御 | 0 : 正論理 (アクティブHigh) を出力 1 : 負論理 (アクティブLow) を出力 | R/W |
| b20 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b21 | ALIGN | 入力相アライメント | 0 : 入力相をPCLKDに調整 1 : 入力相をPWMに調整 | R/W |
| b23-b22 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b25-b24 | GRP[1:0] | 出力禁止要因選択 | b25 b24 0 0 : グループA出力禁止要因を選択 0 1 : グループB出力禁止要因を選択 1 x : 設定禁止 | R/W |
| b26 | GODF | グループ出力禁止機能 | 0 : 本ビット機能を無視 1 : グループ禁止でOPSCR.ENビットをクリア (注1) | R/W |
| b28-b27 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b29 | NFEN | 外部入力ノイズフィルタ有効 | 0 : 外部入力にノイズフィルタを使用しない 1 : 外部入力にノイズフィルタを使用する | R/W |
| b31-b30 | NFCS[1:0] | 外部入力ノイズフィルタクロック選択 | 外部入力のノイズフィルタサンプリングクロック設定 b31 b30 0 0 : PCLKD/1 0 1 : PCLKD/4 1 0 : PCLKD/16 1 1 : PCLKD/64 | R/W |

注1. OPSCR.GODF ビット = 1、かつ OPSCR.GRP[1:0] ビットで選択した信号値が High の場合、OPSCR.EN ビットは 0 になります。

OPSCR レジスタは、ブラシレス DC モータ制御に必要な信号波形の出力を設定するレジスタです。

UF、VF、WF ビット (入力相ソフト設定)

ソフトウェア設定からの入力相を設定します。OPSCR.FB ビットが 0 のとき、これらのビットが有効になります。UF/VF/WF ビットの設定値が U/V/W 外部入力に代わります。

U、V、W ビット (入力相監視)

OPSCR.FB ビットが 0 のとき、PCLKD と同期した外部入力を監視します。OPSCR.FB ビットが 1 の場合、OPSCR.U、OPSCR.V、OPSCR.W ビットは、OPSCR.UF、OPSCR.VF、OPSCR.WF ビットを読み出せます。

EN ビット (イネーブル相出力制御)

出力許可信号出力相 (正相/逆相) を制御します。

OPSCR.EN ビットが 1 の場合に、信号波形が出力されます。

OPSCR.EN ビット = 0 のとき、最初に OPSCR.FB、OPSCR.UF/VF/WF (ソフトウェア設定を選択)、OPSCR.P/N、OPSCR.INV、OPSCR.ALIGN、OPSCR.RV、OPSCR.GRP[1:0]、OPSCR.GODF、OPSCR.NFEN、OPSCR.NFCS[1:0] ビットを設定してください。次に EN ビットを 1 にします。また、OPSCR.GODF ビット = 1、かつ OPSCR.GRP[1:0] ビットで選択した信号値が High の場合、OPSCR.EN ビットは 0 になります。

FB ビット (外部フィードバック信号許可)

ソフトウェア設定 (OPSCR.UF、VF、WF ビット)、およびホール素子などの外部入力からの入力相を選択します。

P ビット (正相出力 (P) 制御)

レベル信号出力 (GPT320 の PWM)、または正相出力の PWM 信号出力 (GTOUUP 端子、GTOVUP 端子、GTOWUP 端子) のどちらかを選択します。

N ビット (逆相出力 (N) 制御)

レベル信号出力 (GPT320 の PWM)、または逆相出力の PWM 信号出力 (GTOULO 端子、GTOVLO 端子、GTOWLO 端子) のどちらかを選択します。

INV ビット (反転相出力制御)

出力相として、正論理 (アクティブ High) 出力、または負論理 (アクティブ Low) 出力のどちらかを選択します。

ALIGN ビット (入力相アライメント)

入力相のサンプリングとして、PCLKD または PWM を選択します (入力相は OPSCR.FB ビットで指定)。

OPSCR.ALIGN ビット = 0 のとき、入力相は PCLKD に調整されます。

注. PWM 出力 (OPSCR.P/N ビット = 1) を選択して、PCLKD 入力相を調整すると、PWM パルスは短パルスになる場合があります。

注. OPSCR.ALIGN ビット = 1 のとき、入力相は PWM 出力に調整されます。

GRP[1:0] ビット (出力禁止要因選択)

出力禁止要因 (A, B) を選択します。

GODF ビット (グループ出力禁止機能)

OPSCR.GODF ビット = 1、かつ OPSCR.GRP[1:0] ビットで選択した信号値が High の場合、OPSCR.EN ビットは 0 になります。OPSCR.GODF ビット = 0 のとき、本ビットは無視されます。

NFEN ビット (外部入力ノイズフィルタ有効)

外部入力用のノイズフィルタを選択します。

OPSCR.NFEN ビット=0 の場合、外部入力にノイズフィルタは使用されません。

注. 意図しない内部エッジにより本ビットが切り替わった場合、OPSCR.EN ビットを0にしてください。

NFCS[1:0] ビット (外部入力ノイズフィルタクロック選択)

外部入力用のノイズフィルタ用クロックを選択します。OPSCR.NFEN ビット=1 の場合、外部入力のノイズフィルタサンプリングクロック設定が有効になります。

1. NFCS[1:0] ビットを設定します。
2. クロックの2周期分待ちます。
3. OPSCR.EN ビットを1にします。

23.3 動作説明

23.3.1 基本動作

各チャンネルには32ビットタイマがあり、各タイマは、カウントクロックとハードウェア要因を用いて周期的なカウント動作を実行します。カウント機能には、アップカウントとダウンカウントの両方があります。GTPRレジスタがカウント周期を制御します。GTCNTカウンタ値がGTCCRAまたはGTCCRBレジスタの値に一致すると、対応するGTIOCA端子またはGTIOCB端子からの出力を変更できます。GTCCRAまたはGTCCRBレジスタは、ハードウェア要因による入力キャプチャレジスタとして使用可能です。GTCCRCおよびGTCCRDレジスタは、GTCCRAレジスタ用のバッファレジスタとしても機能します。また、GTCCREおよびGTCCRFレジスタは、GTCCRBレジスタ用のバッファレジスタとしても機能します。

23.3.1.1 カウンタ動作

(1) カウンタスタート/ストップ

各チャンネルのカウンタは、GTCR.CSTビットを1にするとカウント動作を開始します。GTCR.CSTビット値は以下の要因によって変化します。

- GTCRレジスタへの書き込み
- GTSSR.CSTRTビットが1の場合、GTSTRレジスタのGPTチャンネル番号に対応したビットへの1の書き込み
- GTPSR.CSTOPビットが1の場合、GTSTPレジスタのGPTチャンネル番号に対応したビットへの1の書き込み
- GTSSRレジスタで選択したハードウェア要因
- GTPSRレジスタで選択したハードウェア要因

(2) カウントクロックによるアップカウント時の周期カウント動作

各チャンネルのGTCNTカウンタは、GTUPSRおよびGTDNSRレジスタを00000000hにした状態で、対応するGTCR.CSTビットを1にすると、アップカウントを開始します。GTCNTカウンタ値がGTPR値から0に変化（オーバーフロー）すると、GTST.TCFPOフラグが1になります。GTCNTカウンタがオーバーフローすると、00000000hからアップカウントを再開します。

アップカウント時の周期カウント動作例を図23.3に示します。

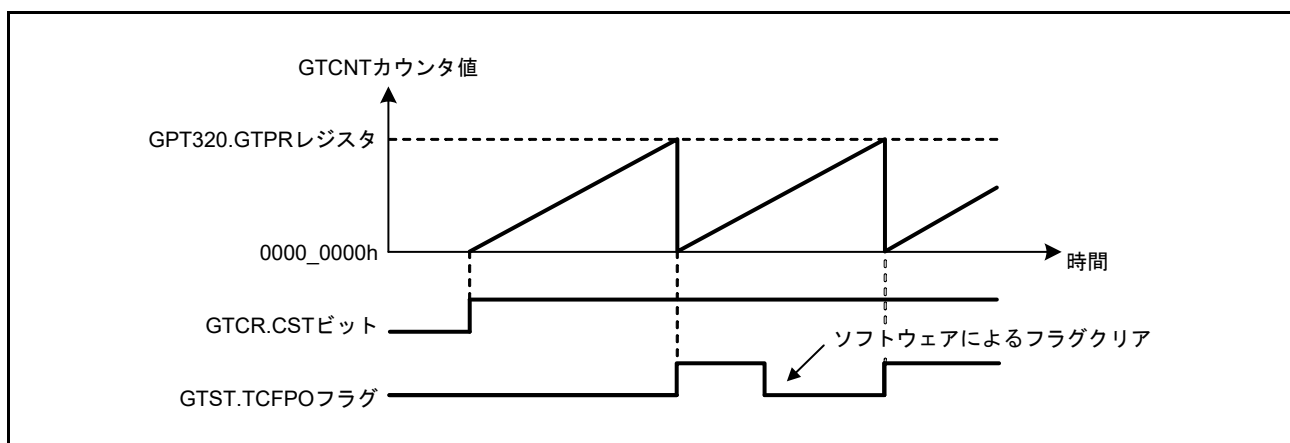


図 23.3 カウントクロックによるアップカウント時の周期カウント動作例

アップカウント時の周期カウント動作の設定例を図 23.4 に示します。

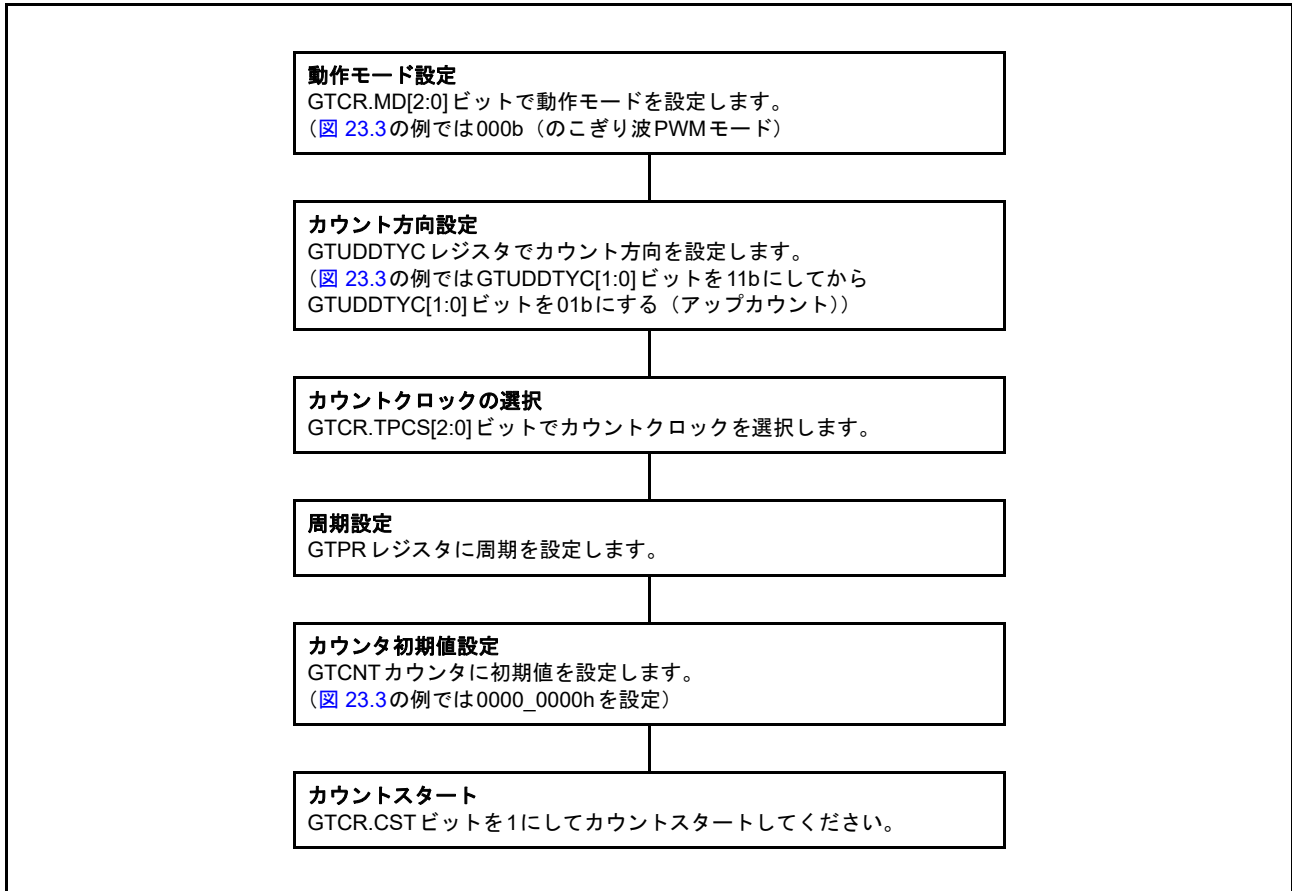


図 23.4 カウントクロックによるアップカウント時の周期カウント動作の設定例

(3) カウントクロックによるダウンカウント時の周期カウント動作

各チャネルのGTCNTカウンタは、GTUPSRおよびGTDNSRレジスタを00000000hにした状態で、GTUDDTYC.UDビットを設定することにより、ダウンカウントを実行できます。GTCNTカウンタ値が0からGTPR値に変化(アンダーフロー)すると、GTST.TCFPUビットが1になります。GTCNTカウンタがアンダーフローすると、GTPR値からダウンカウントを再開します。

カウントクロックによるダウンカウント時の周期カウント動作例を図 23.5 に示します。

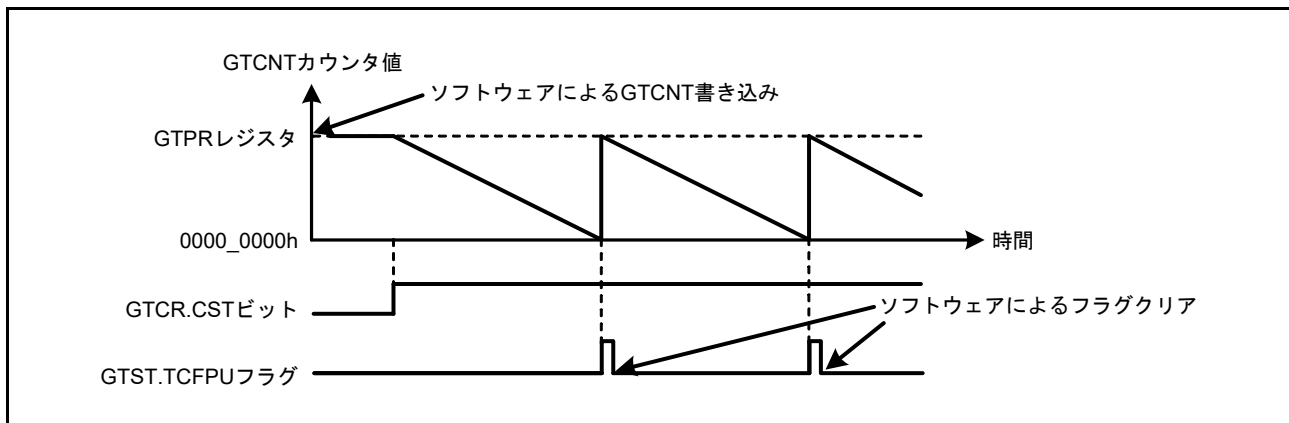


図 23.5 カウントクロックによるダウンカウント時の周期カウント動作例

カウントクロックによるダウンカウント時の周期カウント動作の設定例を図 23.6 に示します。

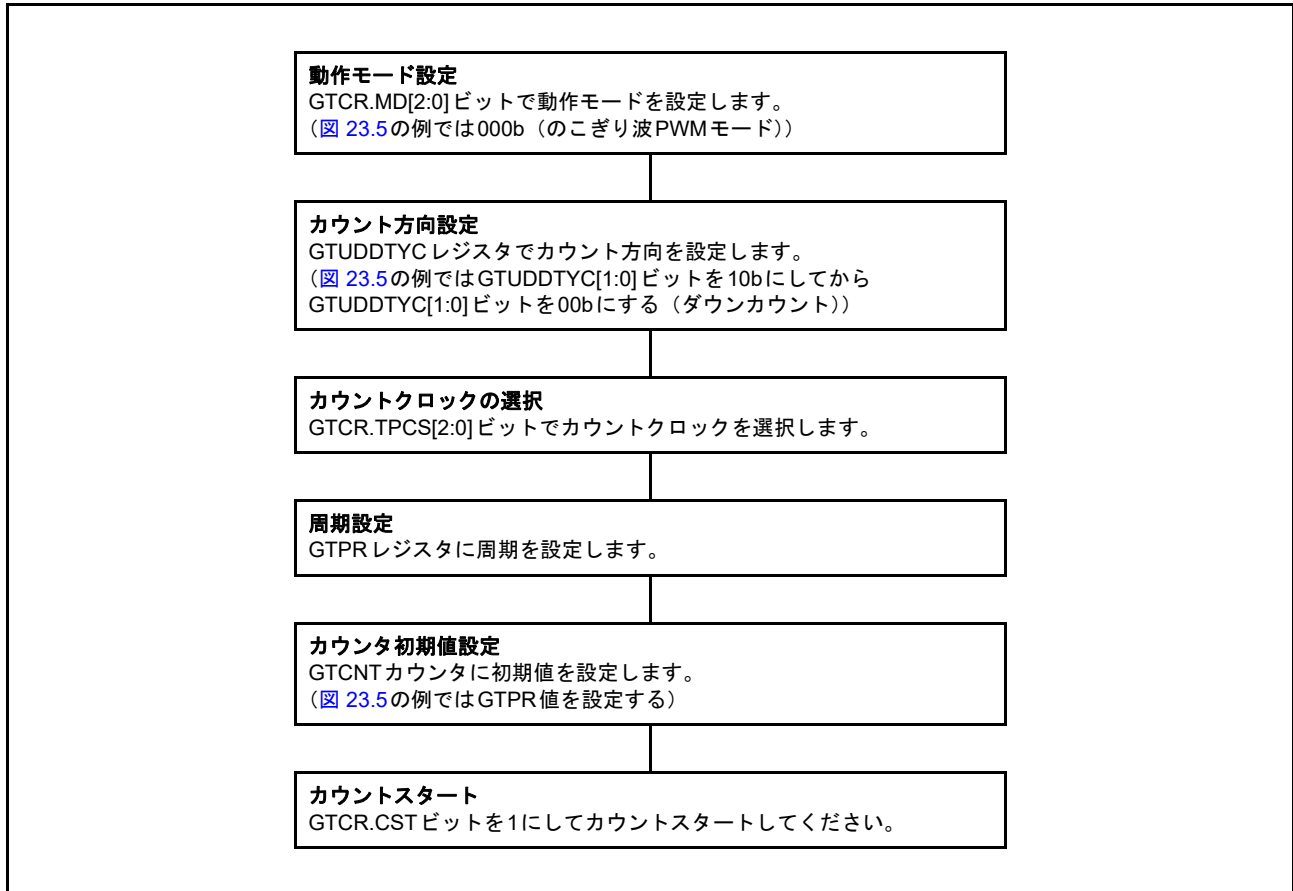


図 23.6 カウントクロックによるダウンカウント時の周期カウント動作の設定例

(4) ハードウェア要因によるアップカウント時のイベントカウント動作

各チャネルのGTCNTカウンタは、GTUPSRレジスタで設定したハードウェア要因によるアップカウントを実行できます。

GTUPSRレジスタを許可に設定すると、GTCR.TPCS[2:0]ビットで選択したカウントクロックと、GTUDDTYC.UDビットで選択したカウント方向は無視されます。ハードウェア要因によるアップカウントとダウンカウントが同時に発生した場合、GTCNTカウンタ値は変化しません。ハードウェア要因によるアップカウントのオーバーフロー動作は、カウントクロックによるアップカウントのオーバーフロー動作と同じです。

GTCR.CSTビットを1にしてハードウェア要因によるカウントアップを行うと、カウント動作が有効になります。GTCR.CSTビットを1にすると、GTCR.TPCS[2:0]ビットで指定した1クロック周期の間カウンタはカウントアップされません。これは、カウント動作がGTCR.TPCS[2:0]ビットで選択したカウントクロックと同期するためです。PCLKD1クロック遅れでカウントアップを行う場合、GTCR.TPCS[2:0]ビットを000bにしてください。

ハードウェア要因 (GTETRGA 端子の立ち上がりエッジ) によるアップカウント時の周期カウント動作例を [図 23.7](#) に示します。

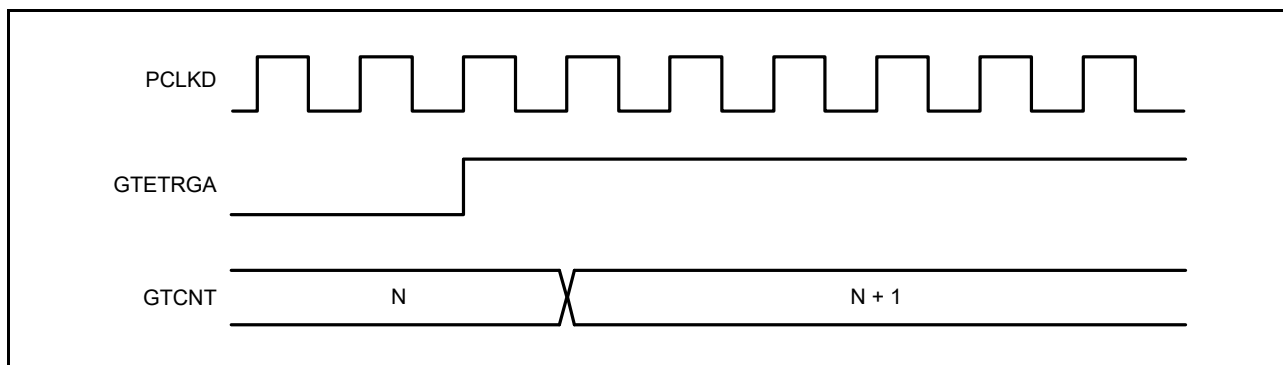


図 23.7 ハードウェア要因によるアップカウント時の周期カウント動作例

カウントクロックによるダウンカウント時の周期カウント動作の設定例を [図 23.8](#) に示します。

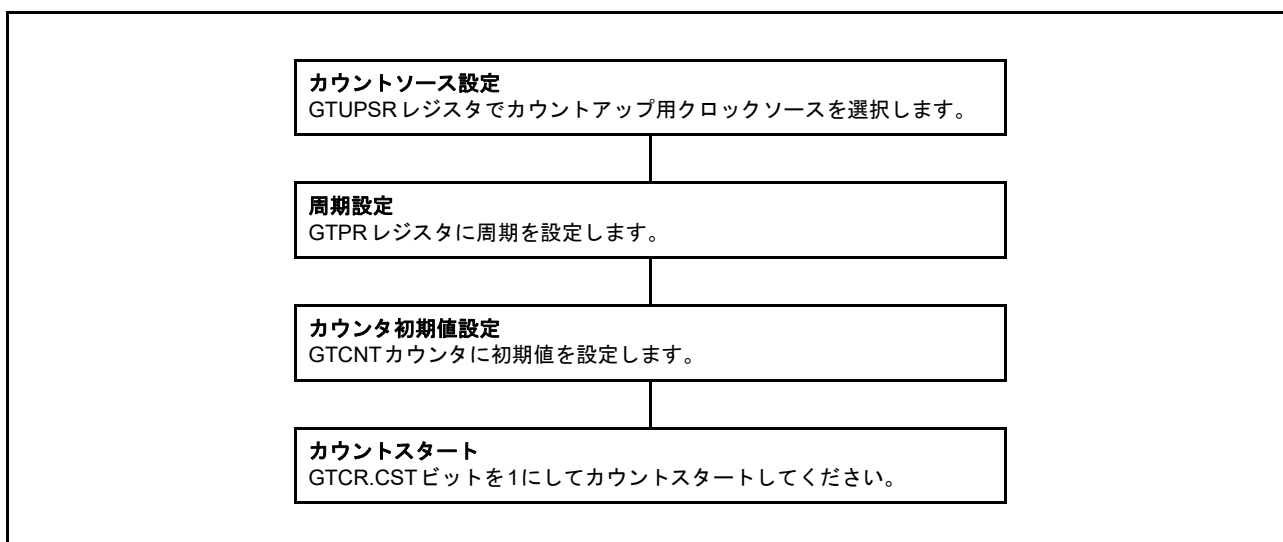


図 23.8 ハードウェア要因によるアップカウント時のイベントカウント動作の設定例

(5) ハードウェア要因によるダウンカウント時のイベントカウント動作

各チャンネルの GTCNT カウンタは、GTDNSR レジスタで設定したハードウェア要因によるダウンカウントを実行できます。

GTDNSR レジスタを許可に設定すると、GTCR.TPCS[2:0] ビットで選択したカウントクロックと、GTUDDTYC.UD ビットで選択したカウント方向は無視されます。ハードウェア要因によるアップカウントとダウンカウントが同時に発生した場合、GTCNT カウンタ値は変化しません。ハードウェア要因によるダウンカウントのアンダーフロー動作は、カウントクロックによるダウンカウントのアンダーフロー動作と同じです。

GTCR.CST ビットを 1 にしてハードウェア要因によるカウントダウンを行うと、カウント動作が有効になります。GTCR.CST ビットを 1 にすると、GTCR.TPCS[2:0] ビットで指定した 1 クロック周期の間カウンタはカウントダウンされません。これは、カウント動作が GTCR.TPCS[2:0] ビットで選択したカウントクロックと同期するためです。PCLKD1 クロック遅れでカウントダウンを行う場合、GTCR.TPCS[2:0] ビットを 000b にしてください。

ハードウェア要因 (GTETRGA 端子の立ち上がりエッジ) によるダウンカウント時の周期カウント動作例を [図 23.9](#) に示します。

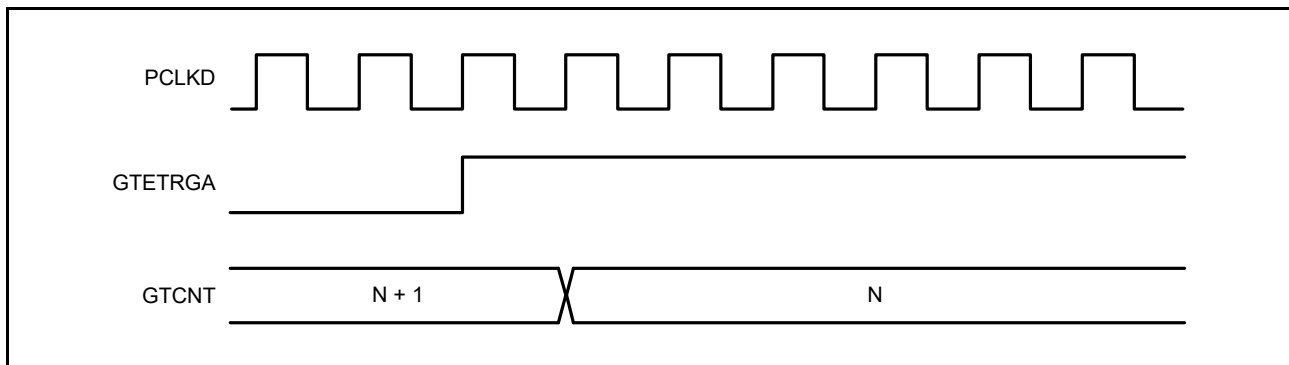


図 23.9 ハードウェア要因によるダウンカウント時のイベントカウント動作

ハードウェア要因によるダウンカウント時の周期カウント動作の設定例を図 23.10 に示します。

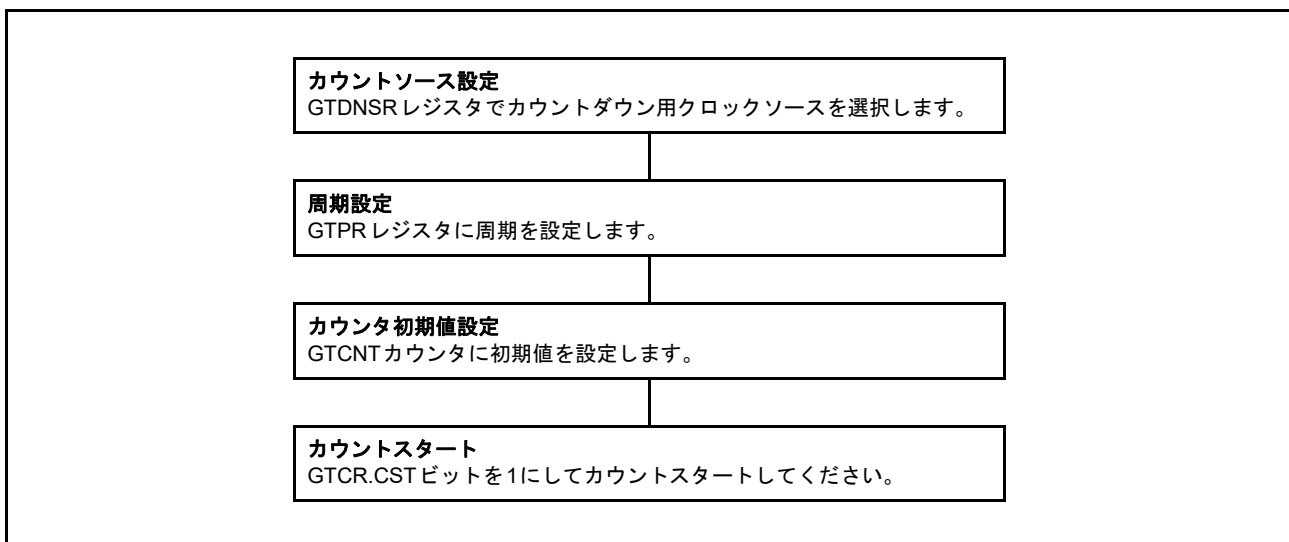


図 23.10 ハードウェア要因によるダウンカウント時のイベントカウント動作の設定例

(6) カウンタクリア動作

各チャネルのカウンタは、下記の要因でクリアされます。

- GTCNT レジスタへの 0 の書き込み
- GTCSR.CCLR ビットが 1 の場合、GTCLR レジスタの GPT チャネル番号に対応したビットへの 1 の書き込み
- GTCSR レジスタで選択したハードウェア要因

カウント動作時は、GTCNT レジスタへの書き込みはしないでください。GTCNT カウンタは、カウント中でも (GTCR.CST ビット = 1)、カウント中でなくても (GTCR.CST ビット = 0)、GTCLR レジスタへの 1 の書き込みとハードウェア要因のクリア要求の両方の方法でクリアできます。

GTCR.MD[2:0] ビットおよびダウンカウント (GTST.TUCF ビット = 0) を示すカウント方向フラグで指定したのこぎり波の場合、GTCLR レジスタに 1 を書き込んだとき、またはハードウェア要因によりクリアされたときに、GTCNT レジスタは GTPR レジスタの値に設定されます。のこぎり波モードでもダウンカウントでもない場合、GTCLR レジスタへの 1 の書き込みと、ハードウェア要因によるクリアの実行時に、GTCNT レジスタは 0 になります。

GTUPSR または GTDNSR レジスタの少なくとも 1 ビットが 1 の場合のイベントカウント動作では、クリア要因発生後、GTCLR レジスタへの書き込みとハードウェア要因によるクリアがただちに実行され、PCLKD と同期が取られます。その他の設定を使用すると、GTCR.TPCS[2:0] ビットで選択したカウンタクロックと同期してクリアが実行されます。

23.3.1.2 コンペアマッチによる波形出力機能

コンペアマッチとは、GTCNT カウンタ値が GTCCRA または GTCCRB レジスタ値と一致することを意味します。コンペアマッチが発生すると、イベントカウントを含むカウントクロックと同期して、コンペアマッチフラグが発生します。同時に、GPT は、対応する GTIOCA または GTIOCB 出力端子から Low 出力 / High 出力 / トグル出力を行うことができます。また、GTPR レジスタで決定される“周期の終わり”においても、GTIOCA または GTIOCB 端子出力を Low 出力 / High 出力 / トグル出力とすることが可能です。

“周期の終わり”とは、以下の場合です。

- のこぎり波でアップカウントの場合：GTCNT カウンタが GTPR 値から 0 に変化したとき（オーバーフロー）
- のこぎり波でダウンカウントの場合：GTCNT カウンタが 0 から GTPR 値に変化したとき（アンダーフロー）
- のこぎり波の場合：GTCNT カウンタがクリアされたとき
- 三角波の場合：GTCNT カウンタが 0 から 1 に変化したとき（谷）

(1) Low 出力 / High 出力

GTCCRA および GTCCRB レジスタのコンペアマッチによる Low 出力 / High 出力の動作例を図 23.11 に示します。

この例では、GPT320.GTCNT カウンタがアップカウント動作を行い、GPT320.GTCCRA レジスタのコンペアマッチによって GTIOC0A 端子から High が出力され、GPT320.GTCCRB レジスタのコンペアマッチによって GTIOC0B 端子から Low が出力されるように設定しています。設定したレベルと端子レベルが一致した場合、端子レベルは変化しません。

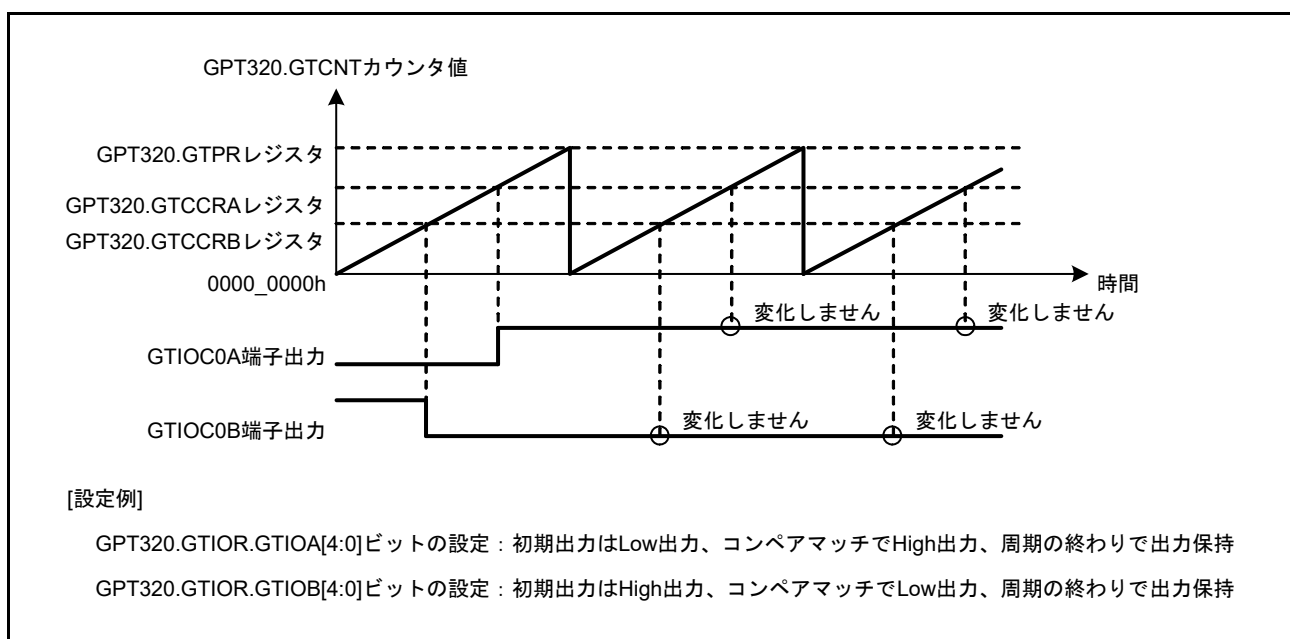


図 23.11 Low 出力 / High 出力動作例

Low 出力 / High 出力動作の設定例を図 23.12 に示します。

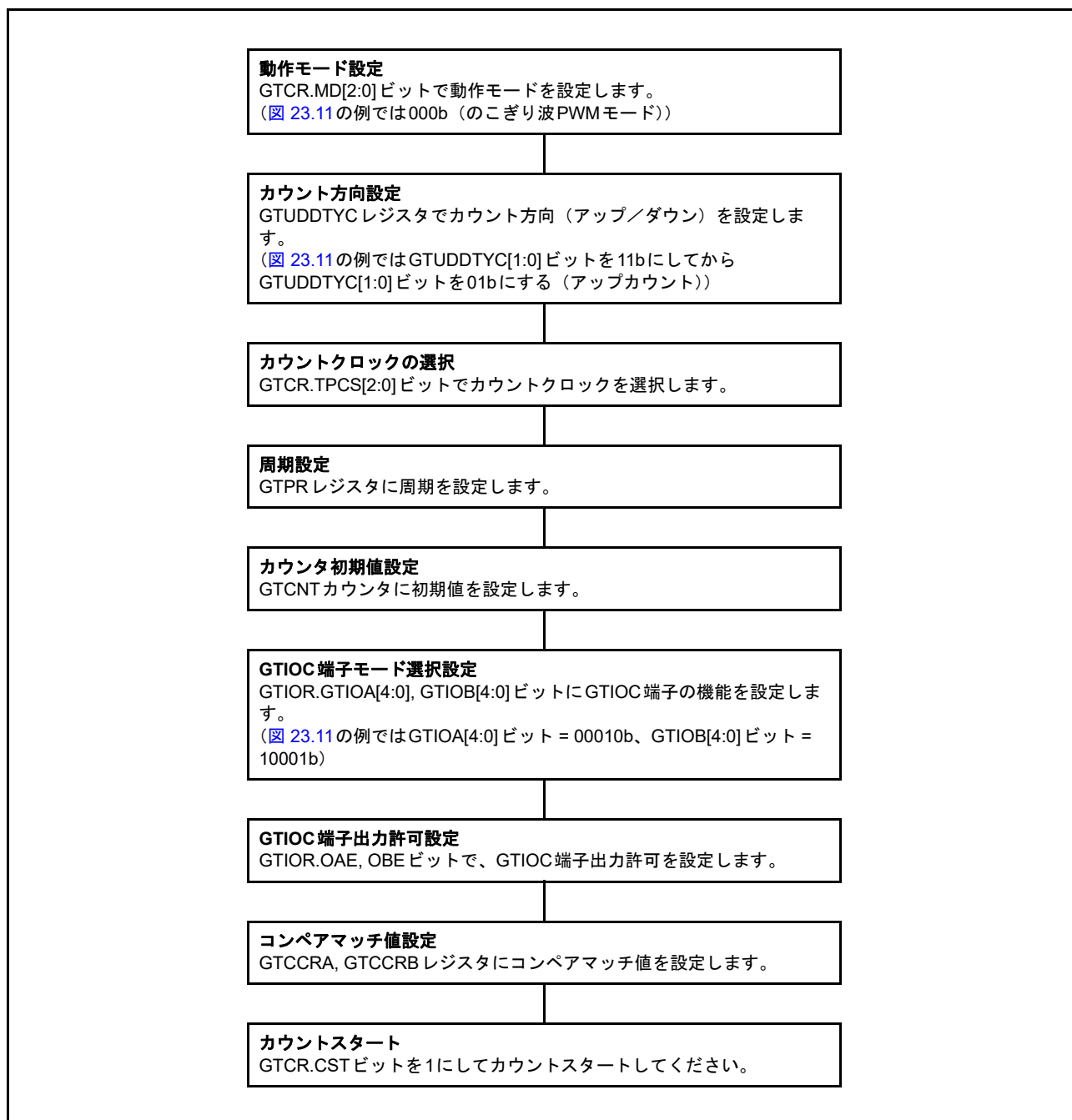


図 23.12 Low 出力 / High 出力動作の設定例

(2) トグル出力

GTCCRA および GTCCRB レジスタのコンペアマッチによるトグル出力の動作例を、[図 23.13](#) および [図 23.14](#) に示します。[図 23.13](#) では、GPT320.GTCNT カウンタがアップカウント動作を行い、GPT320.GTCCRA レジスタのコンペアマッチと、GPT320.GTCCRB レジスタのコンペアマッチによって、それぞれ GTIOC0A 端子と GTIOC0B 端子がトグル出力となるように設定しています。

[図 23.14](#) では、GPT320.GTCNT カウンタがアップカウント動作を行い、GPT320.GTCCRA レジスタのコンペアマッチによって GTIOC0A 端子がトグル出力となり、周期の終わりで GTIOC0B 端子がトグル出力となるように設定しています。

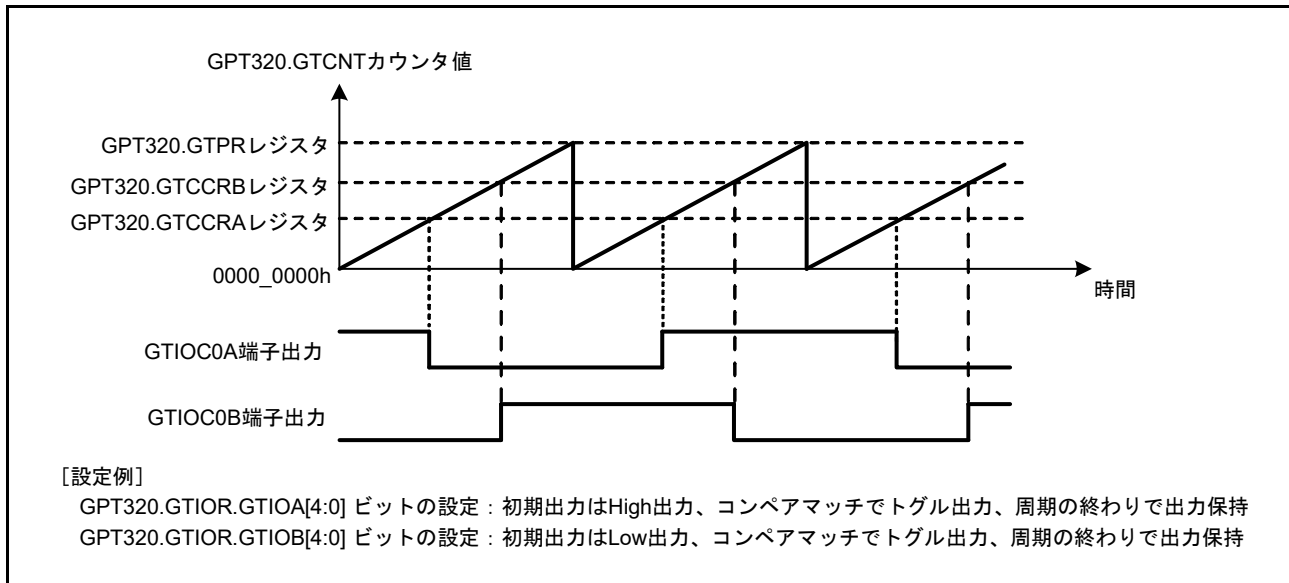


図 23.13 トグル出力動作例 (1)

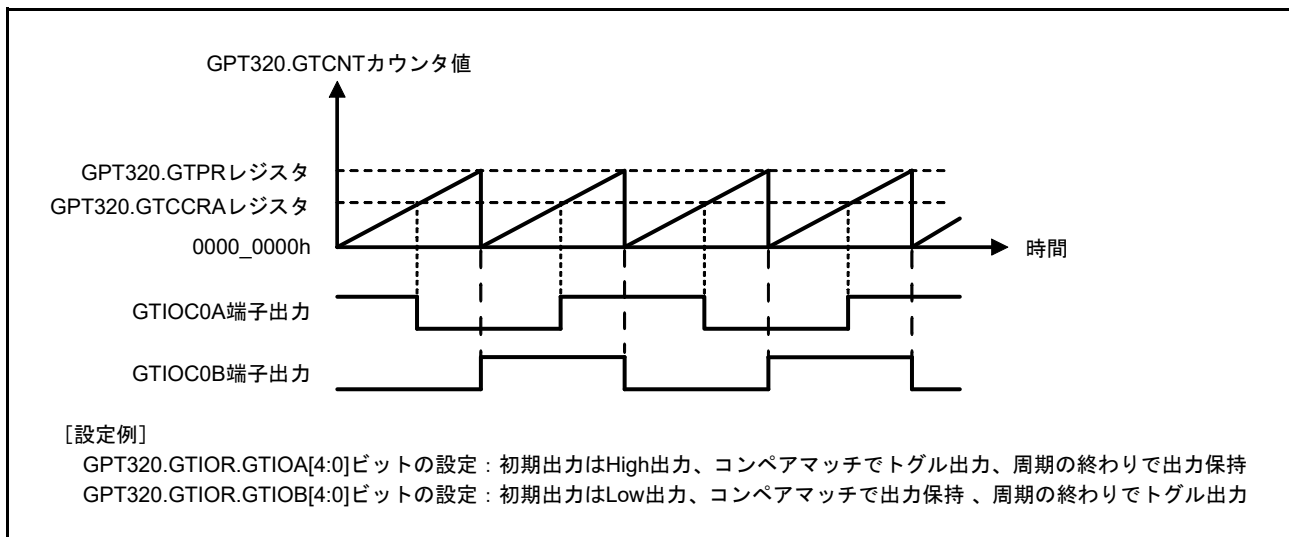


図 23.14 トグル出力動作例 (2)

トグル出力動作設定例を図 23.15 に示します。

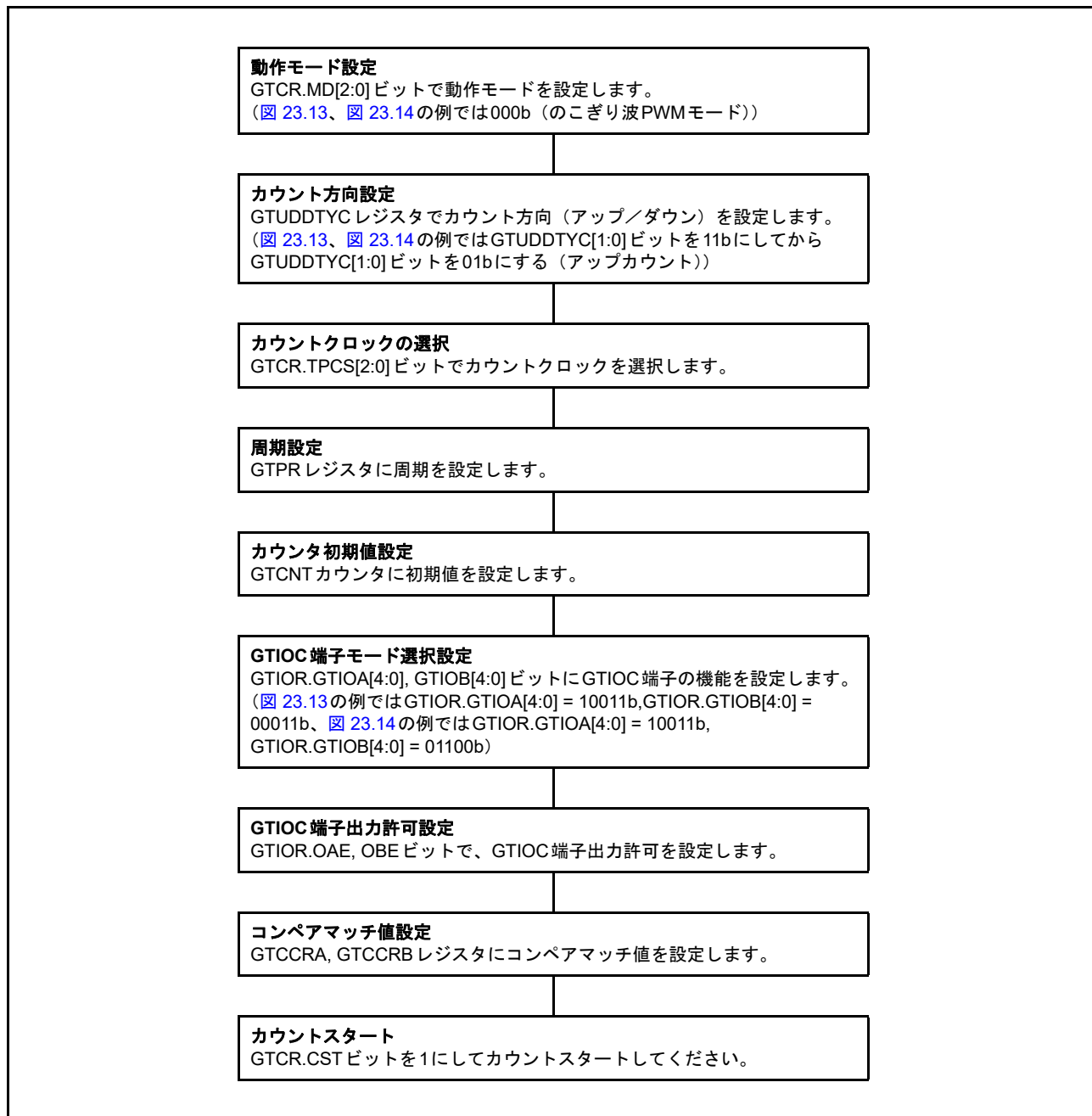


図 23.15 トグル出力動作の設定例

23.3.1.3 インพุットキャプチャ機能

GTICASR および GTICBSR レジスタに設定されたハードウェア要因の検出時に、GTCCRA レジスタまたは GTCCRB レジスタのいずれか一方に GTCNT カウンタ値を転送できます。

インพุットキャプチャ機能の動作例を図 23.16 に示します。

この例では、カウントクロックで GPT320.GTCNT カウンタがアップカウント動作を行い、GTIOC0A 入力端子の両エッジで GTICCRB レジスタにインพุットキャプチャを実行し、GTIOC0B 入力端子の立ち上がりエッジで GTICCRB レジスタにインพุットキャプチャを実行するように設定しています。

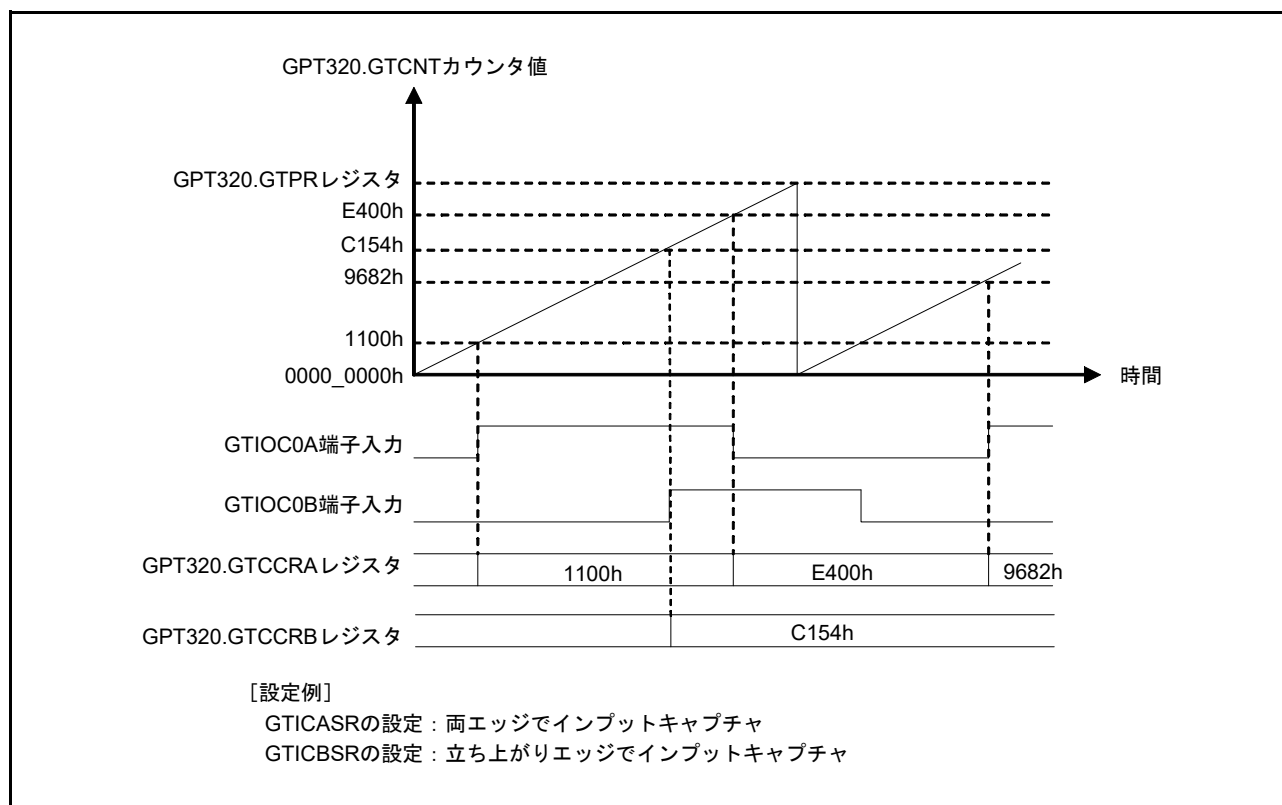


図 23.16 インพุットキャプチャ動作例

カウントクロックによるカウント動作でのインプットキャプチャ動作の設定例を図 23.17 に示します。

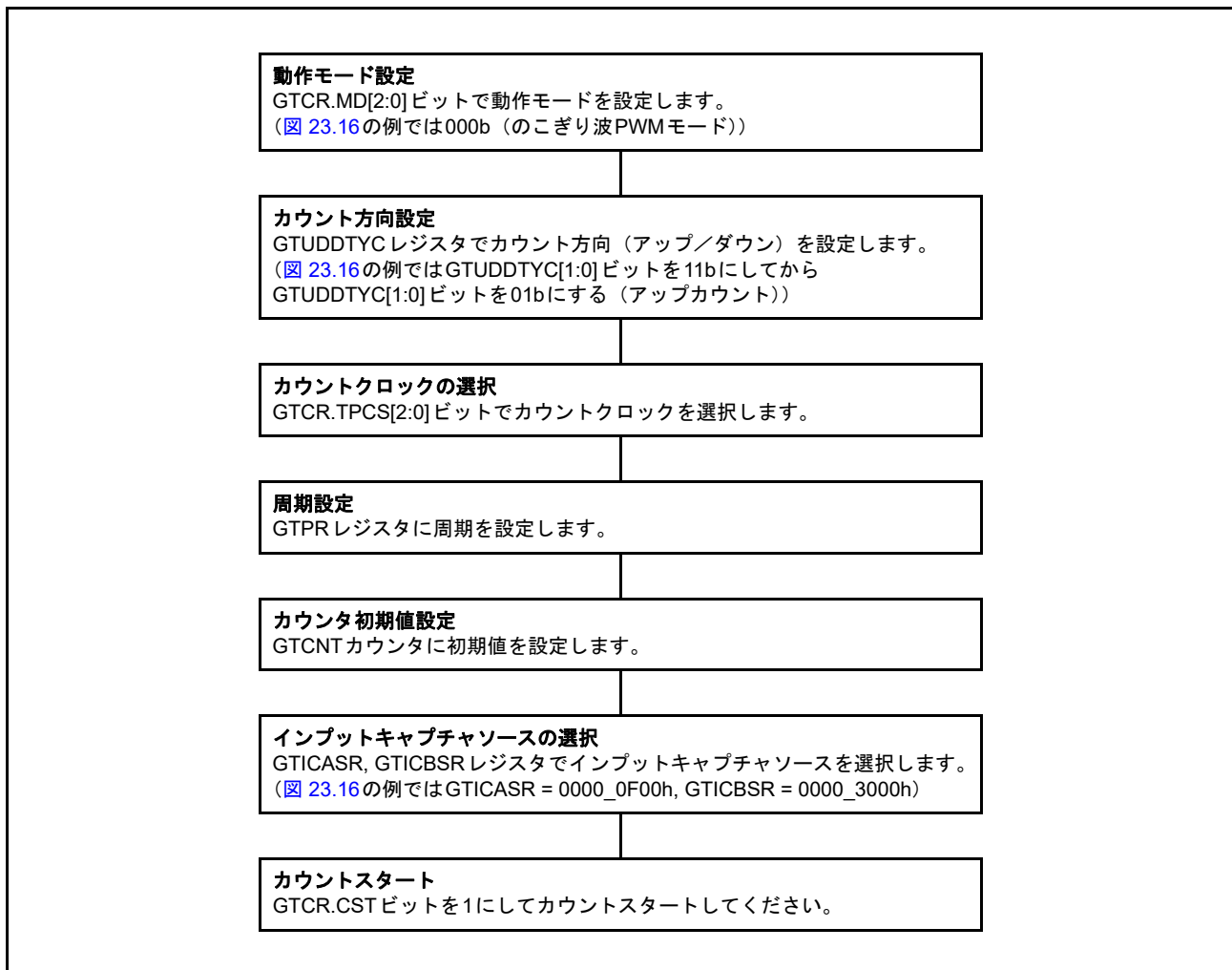


図 23.17 インプットキャプチャ動作設定例

23.3.2 バッファ動作

GTBER レジスタによって、以下のバッファ動作の設定が可能です。

- GTPR レジスタと GTPBR レジスタ
- GTCCRA レジスタ、GTCCRC レジスタ、および GTCCRD レジスタ
- GTCCRB レジスタ、GTCCRE レジスタ、および GTCCRF レジスタ

23.3.2.1 GTPR レジスタのバッファ動作

GTPBR レジスタは、GTPR レジスタ用のバッファレジスタとして機能します。バッファ転送は、のこぎり波モードまたはイベントカウントでは、オーバーフロー時（アップカウント中）またはアンダーフロー時（ダウンカウント中）に実行されます。また、三角波モードでは谷で実行されます。

のこぎり波モードまたはイベントカウントでは、カウント中に以下のカウンタクリア動作が発生すると、バッファ転送が実行されます。

- ハードウェア要因によるクリア（クリア要因は GTCSR[23:0] ビットで選択）
- ソフトウェアによるクリア（GTCSR.CCLR ビットが 1、GTCLR[n] ビットが 1、n = チャネル番号）

GTPR レジスタのバッファ動作例を図 23.18 ~ 図 23.20 に、GTPR レジスタのバッファ動作設定例を図 23.21 に示します。

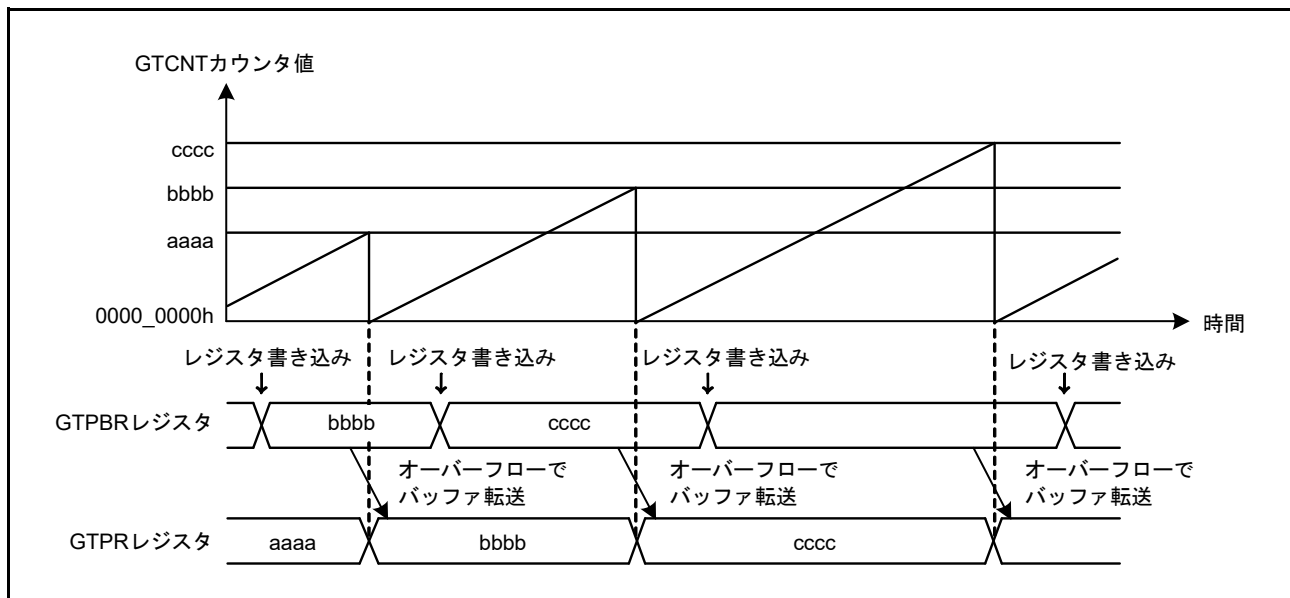


図 23.18 GTPR レジスタのバッファ動作例（のこぎり波でアップカウントの場合）

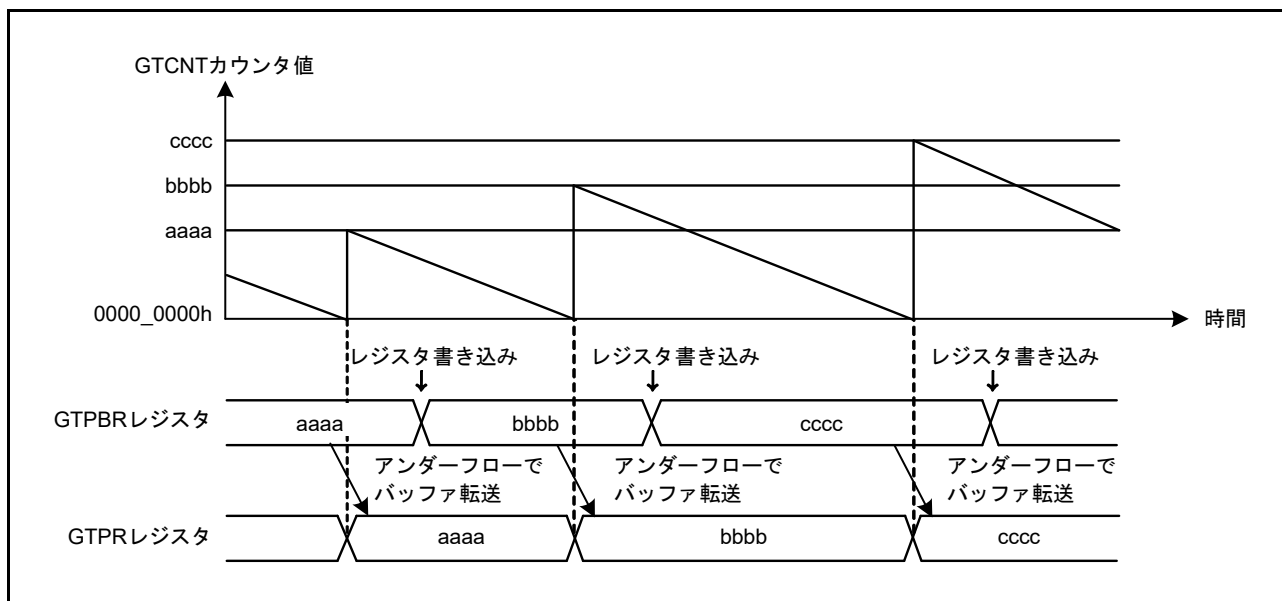


図 23.19 GTPR レジスタのバッファ動作例 (のこぎり波でダウンカウントの場合)

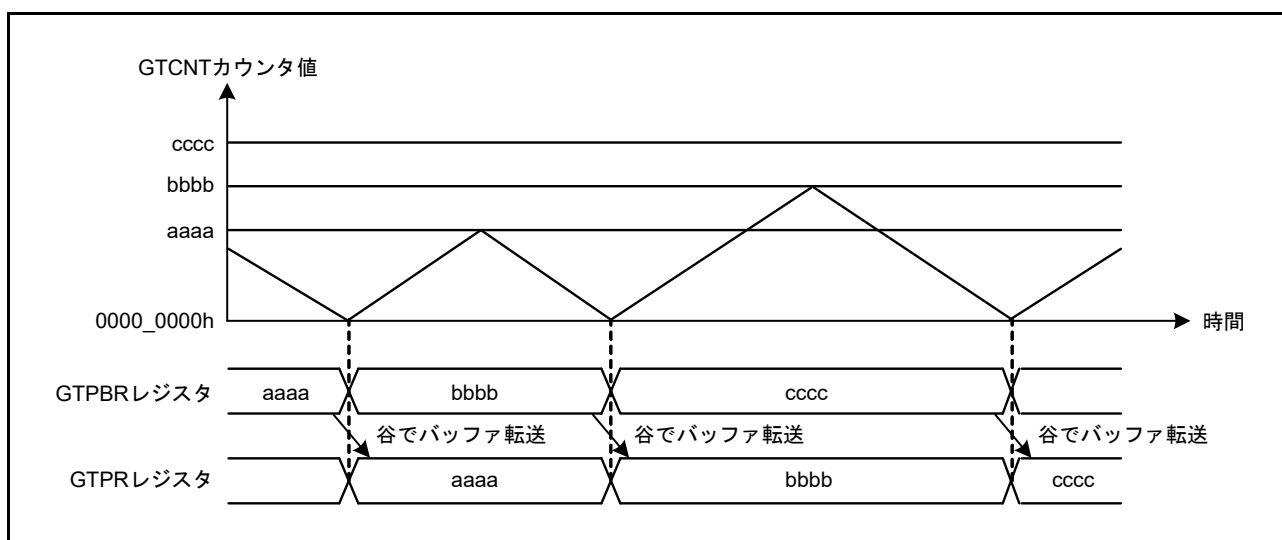


図 23.20 GTPR レジスタのバッファ動作例 (三角波の場合)

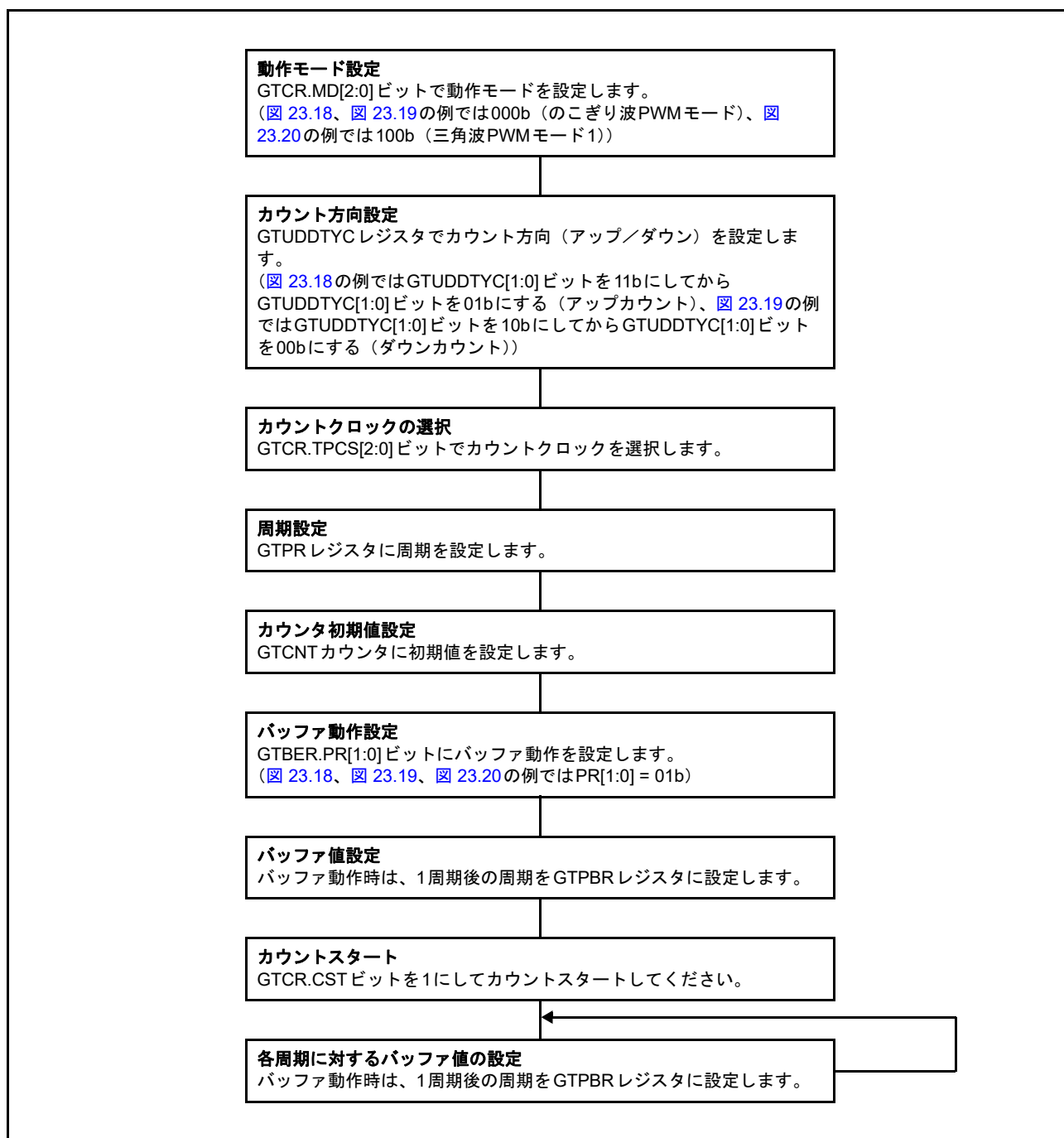


図 23.21 GTPR レジスタのバッファ動作の設定例

23.3.2.2 GTCCRA、GTCCRB レジスタのバッファ動作

GTCCRC レジスタは GTCCRA レジスタ用のバッファレジスタとして、GTCCRD レジスタは GTCCRC レジスタ用のバッファレジスタ (すなわち、GTCCRA レジスタ用のダブルバッファレジスタ) として機能します。同様に、GTCCRE レジスタは GTCCRB レジスタ用のバッファレジスタとして、GTCCRF レジスタは GTCCRE レジスタ用のバッファレジスタ (すなわち、GTCCRB レジスタ用のダブルバッファレジスタ) として機能します。

GTCCRA または GTCCRB レジスタのダブルバッファ動作を設定するには、GTBER.CCRA[1:0] または GTBER.CCRB[1:0] ビットを 10b または 11b にしてください。シングルバッファ動作を設定するには、GTBER.CCRA[1:0] または GTBER.CCRB[1:0] ビットを 01b にしてください。GTCCRA または GTCCRB レジスタのバッファ動作を設定しない場合は、GTBER.CCRA[1:0] または GTBER.CCRB[1:0] ビットを 00b にしてください。

(1) GTCCRA または GTCCRB レジスタがアウトプットコンペアレジスタとして動作している場合

バッファ転送は次の場合に実行されます。

- オーバーフロー／アンダーフローによるバッファ転送
のこぎり波モードまたはイベントカウント動作では、オーバーフロー時 (アップカウント中) またはアンダーフロー時 (ダウンカウント中) に、バッファ転送が実行されます。三角波モードでは、谷 (三角波 PWM モード 1) または山と谷 (三角波 PWM モード 2) で、バッファ転送が実行されます
- カウンタクリアによるバッファ転送
のこぎり波モードまたはイベントカウント動作では、カウント中に [23.3.2.1 GTPR レジスタのバッファ動作](#) の場合と同じカウンタクリア要因によって、バッファ転送が (同じく、アップカウント中のオーバーフロー時またはダウンカウント中のアンダーフロー時に) 実行されます。三角波モードでは、カウンタクリアによるバッファ転送は実行されません
- バッファ強制転送
カウントストップ中に GTBER.CCRSWT ビットを 1 にすると、のこぎり波モード、イベントカウント動作、および三角波モードでは、GTCCRA および GTCCRB レジスタのバッファ転送が強制的に実行されます。さらに、のこぎり波ワンショットパルスモードまたは三角波 PWM モード 3 では、GTCCRD レジスタから一時レジスタ A へのバッファ転送、および GTCCRF レジスタから一時レジスタ B へのバッファ転送が実行されます

GTCCRA および GTCCRB レジスタのバッファ動作例を [図 23.22](#) ~ [図 23.24](#) に、GTCCRA および GTCCRB レジスタのバッファ動作の設定例を [図 23.25](#) に示します。

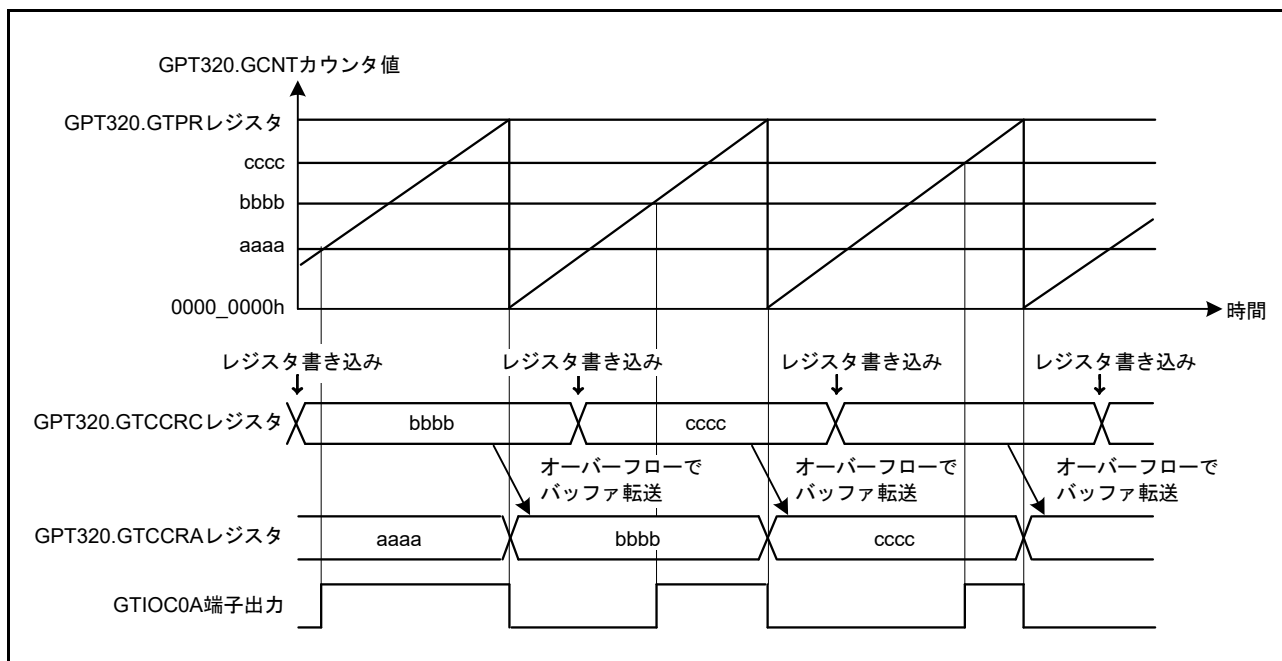


図 23.22 GTCCRA、GTCCRB レジスタのバッファ動作例 (アウトプットコンペア、アップカウント時ののこぎり波、GTCCRA レジスタのコンペアマッチで High 出力、周期の終わりで Low 出力の場合)

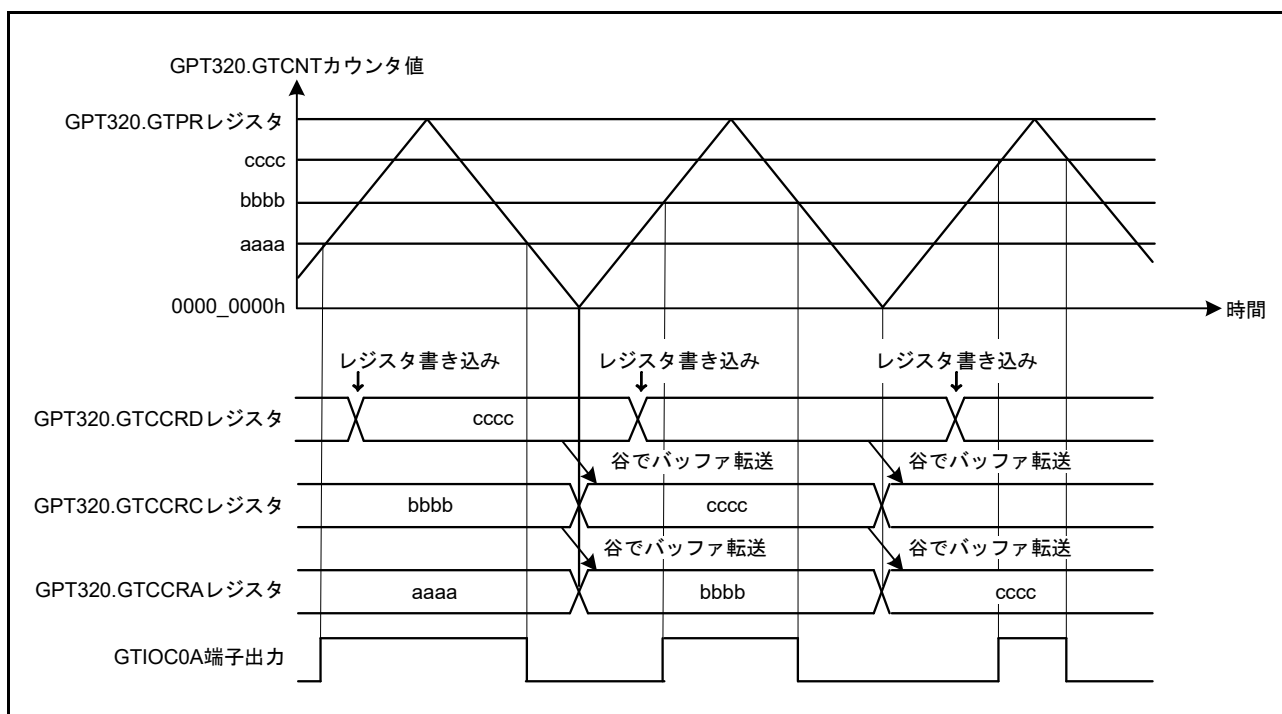


図 23.23 GTCCRA、GTCCRB レジスタのダブルバッファ動作例 (アウトプットコンペア、三角波、谷でバッファ動作、GTCCRA レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力保持の場合)

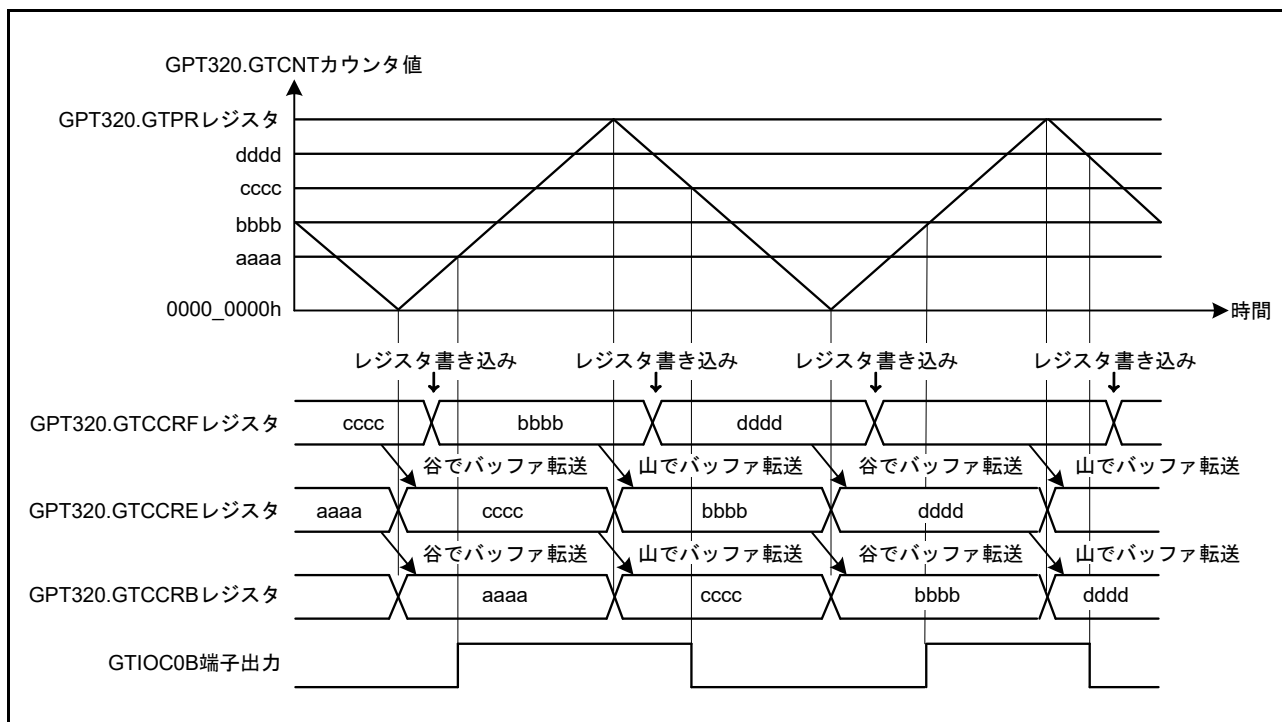


図 23.24 GTCCRA、GTCCRB レジスタのダブルバッファ動作例 (アウトプットコンペア、三角波、山と谷でバッファ動作、GTCCRB レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力保持の場合)

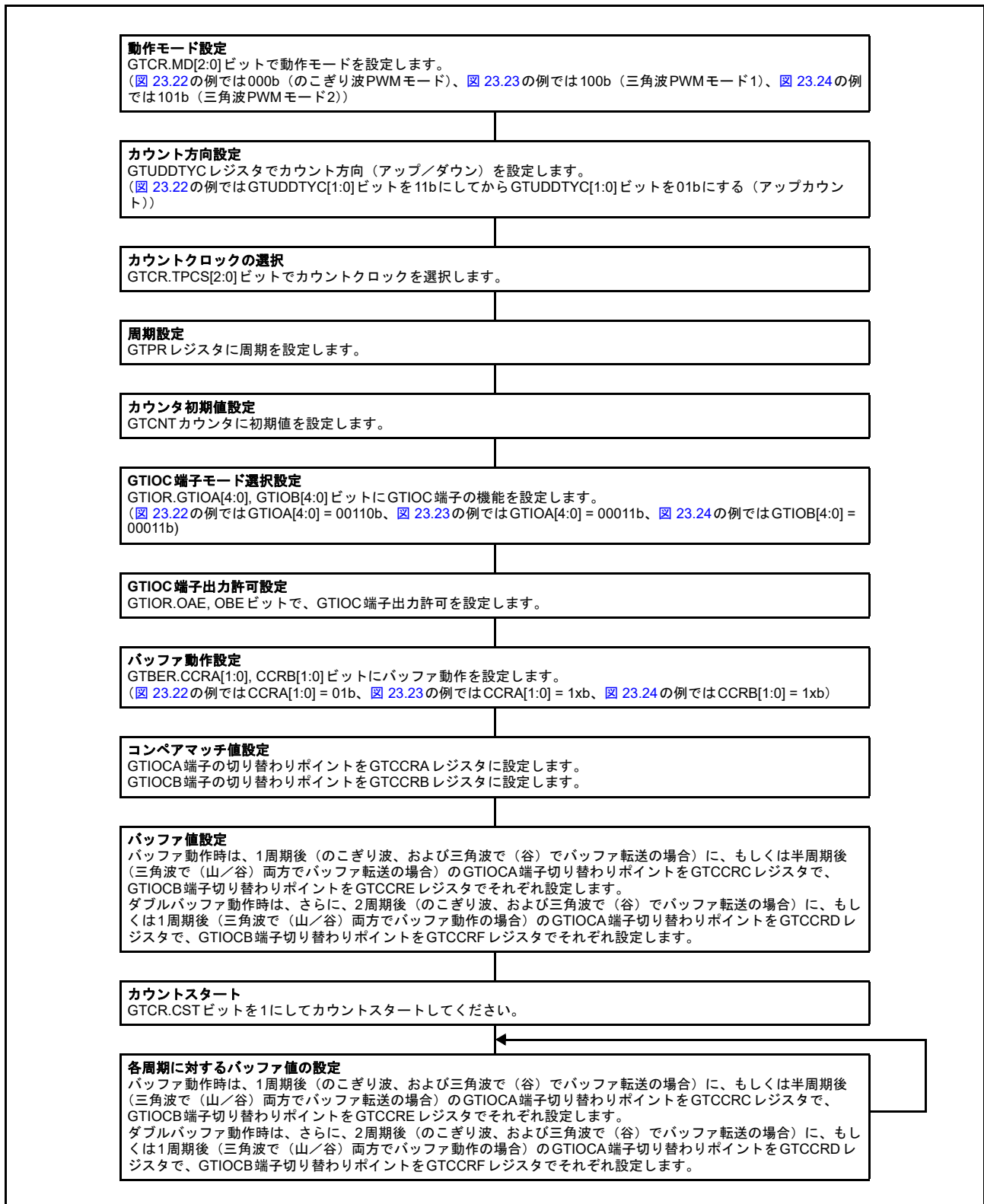


図 23.25 GTCCRA、GTCCRB レジスタのバッファ動作の設定例 (アウトプットコンペア時)

(2) GTCCRA または GTCCRB レジスタがインプットキャプチャレジスタとして動作している場合

インプットキャプチャが発生すると、GTCNT カウンタ値が GTCCRA および GTCCRB レジスタに転送されると同時に、それまで格納されていた GTCCRA および GTCCRB レジスタ値がバッファレジスタに転送されます。インプットキャプチャ動作では、カウンタクリアによるバッファ転送は実行されません。

GTCCRA および GTCCRB レジスタのバッファ動作例を図 23.26 と図 23.27 に、GTCCRA および GTCCRB レジスタのバッファ動作の設定例を図 23.28 に示します。

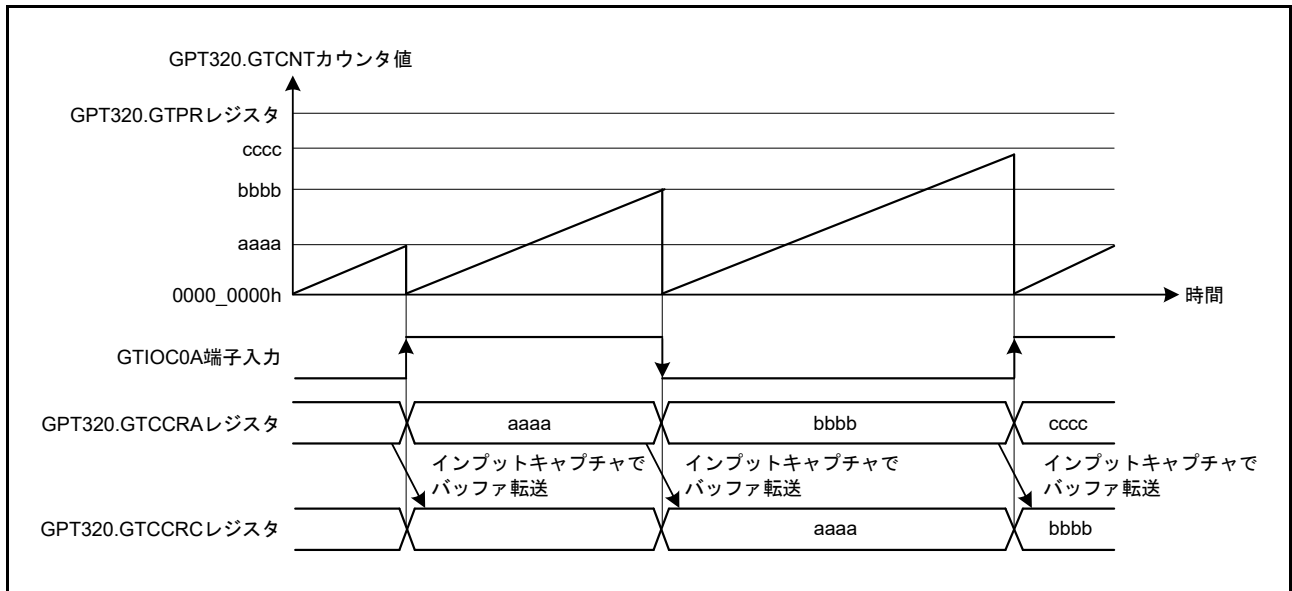


図 23.26 GTCCRA、GTCCRB レジスタのバッファ動作例 (GTIOC0A 端子入力の両エッジでインプットキャプチャ、のこぎり波でアップカウント、GTIOC0A 端子入力の両エッジで GTCNT カウンタクリアの場合)

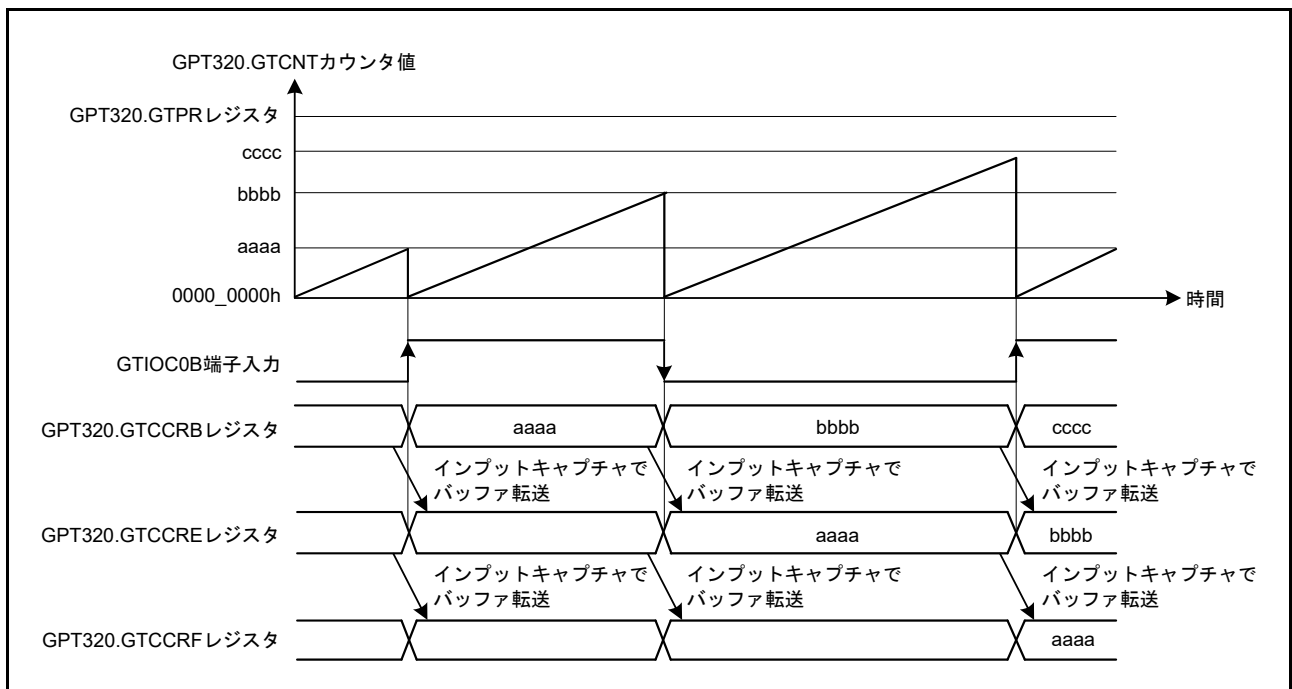


図 23.27 GTCCRA、GTCCRB レジスタのダブルバッファ動作例 (GTIOC0B 端子入力の両エッジでインプットキャプチャ、のこぎり波でアップカウント、GTIOC0B 端子入力の両エッジで GTCNT カウンタクリアの場合)

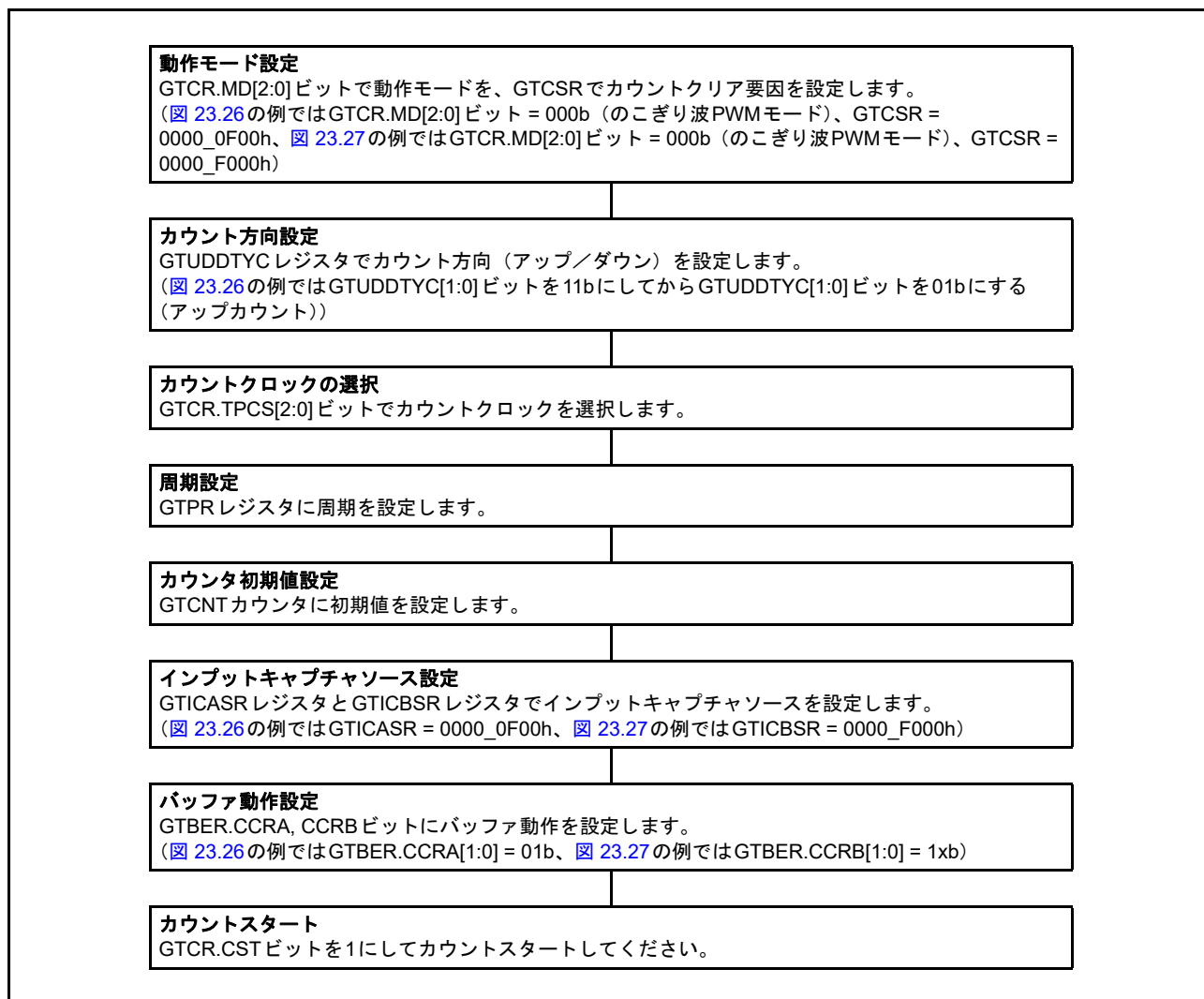


図 23.28 GTCRA、GTCCRB レジスタのバッファ動作設定例 (入力キャプチャ時)

23.3.3 PWM 出力動作モード

GPT は、GTCNT カウンタと GTCCRA または GTCCRB レジスタとのコンペアマッチに基づいて、GTIOCA 端子または GTIOCB 端子へ PWM 波形を出力することが可能です。また、GTDTCR および GTDVU レジスタを設定することにより、デッドタイム付き逆相波形のコンペアマッチ値を、GTCCRB レジスタに自動設定することが可能です。

23.3.3.1 のこぎり波 PWM モード

のこぎり波 PWM モードでは、GTPR レジスタに周期を設定することにより、GTCNT カウンタにのこぎり波（半波）動作を実行させます。また、GTCCRA または GTCCRB レジスタのコンペアマッチ発生時に、GTIOCA または GTIOCB 端子に PWM 波形を出力させます。端子の出力値は、GTIOR レジスタの設定によって、コンペアマッチ時と周期の終わりでそれぞれ個別に Low 出力 / High 出力 / トグル出力から選択できます。

図 23.29 にのこぎり波 PWM モードの動作例を、図 23.30 にのこぎり波 PWM モードの設定例を示します。

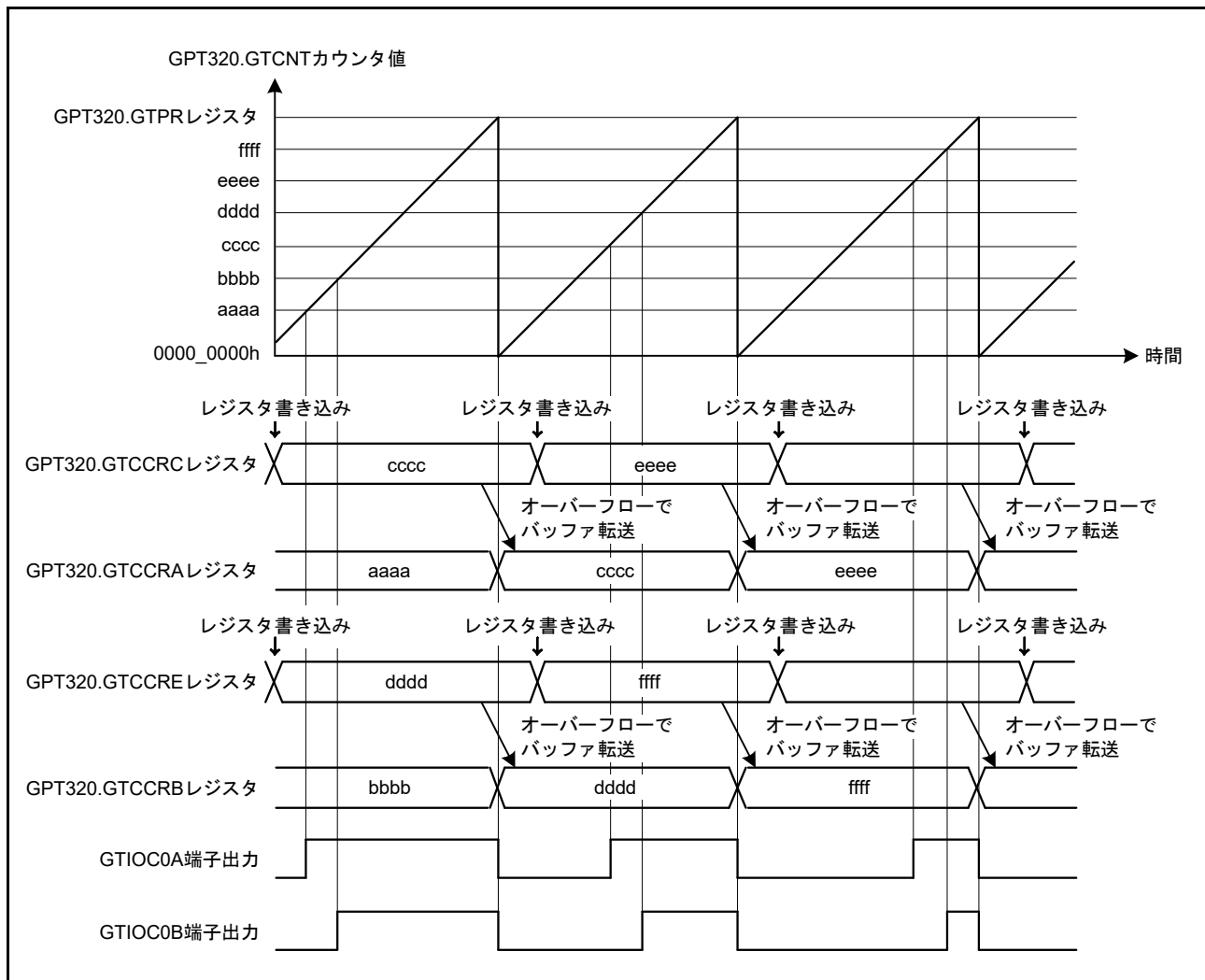


図 23.29 のこぎり波 PWM モード動作例（アップカウント、バッファ動作、GTCCRA/GTCCRB レジスタのコンペアマッチで High 出力、周期の終わりで Low 出力の場合）

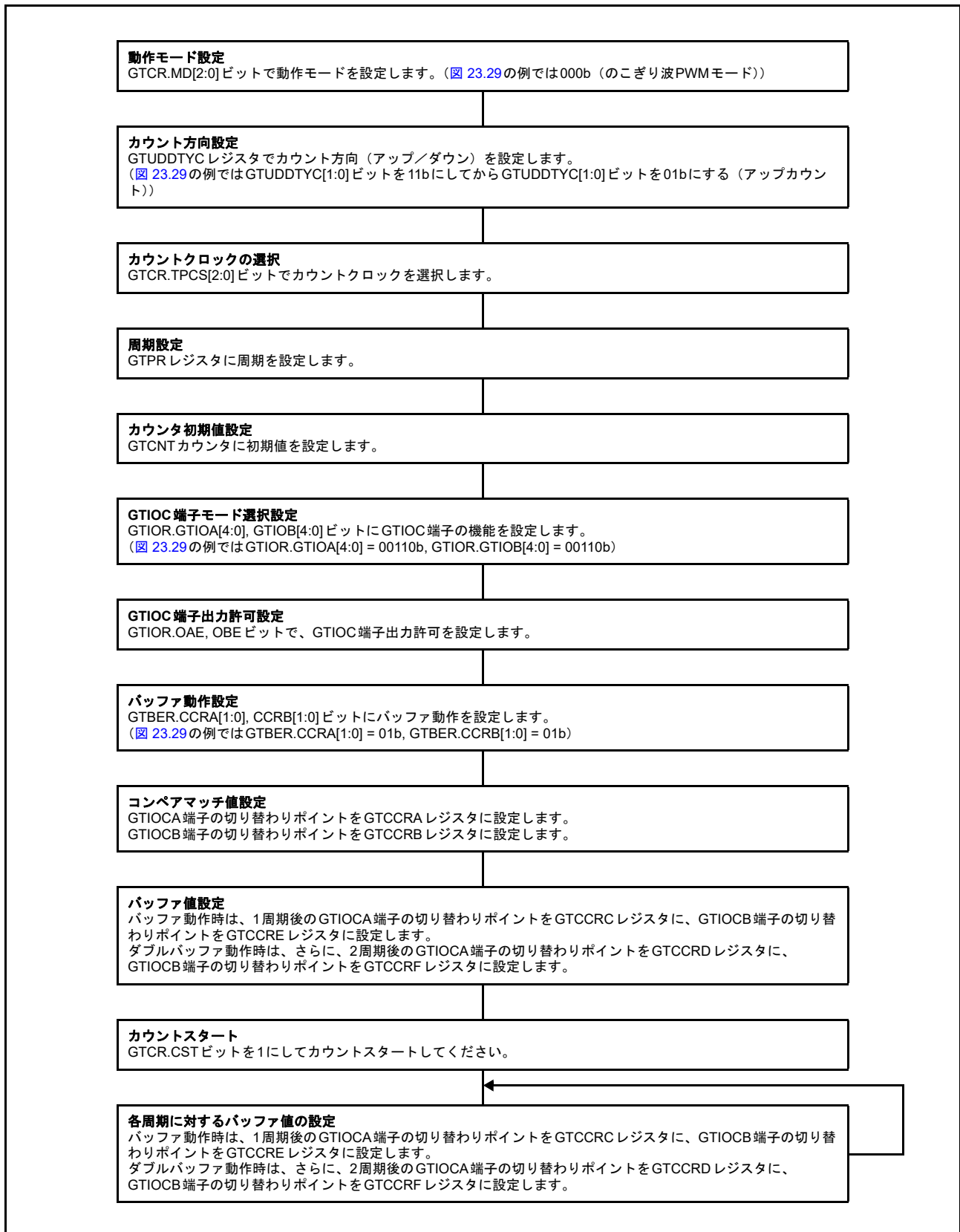


図 23.30 のこぎり波 PWM モードの設定例

23.3.3.2 のこぎり波ワンショットパルスモード

のこぎり波ワンショットパルスモードは、GTPRレジスタに周期を設定するモードです。GTCNTカウンタにのこぎり波（半波）動作を実行させ、バッファ動作を固定させた状態でGTCCRAまたはGTCCRBレジスタのコンペアマッチ発生時にGTIOCAまたはGTIOCB端子にPWM波形を出力させます。

のこぎり波ワンショットパルスモードでのバッファ動作は、通常のバッファ動作とは異なります。バッファ転送は以下のように実行されます。

- 周期の終わりにGTCCRCレジスタからGTCCRAレジスタへ
- 周期の終わりにGTCCREレジスタからGTCCRBレジスタへ
- 周期の終わりにGTCCRDレジスタから一時レジスタAへ
- 周期の終わりにGTCCRFレジスタから一時レジスタBへ
- GTCCRAレジスタのコンペアマッチ時に、一時レジスタAからGTCCRAレジスタへ
- GTCCRBレジスタのコンペアマッチ時に、一時レジスタBからGTCCRBレジスタへ

端子の出力値は、GTIORレジスタの設定によって、コンペアマッチ時と周期の終わりでそれぞれ個別にLow出力／High出力／トグル出力から選択できます。カウントストップ中にGTBER.CCRSWTビットを1にすると、GTCCRDレジスタから一時レジスタAへ、およびGTCCRFレジスタから一時レジスタBへ、バッファ転送が強制的に実行されます。また、GTDTCRおよびGTDVUレジスタを設定することにより、デッドタイム付き逆相波形のコンペアマッチ値はGTCCRBレジスタに自動設定されます。

図 23.31 に、のこぎり波ワンショットパルスモードの動作例を、図 23.32 に、のこぎり波ワンショットパルスモードの設定例を示します。

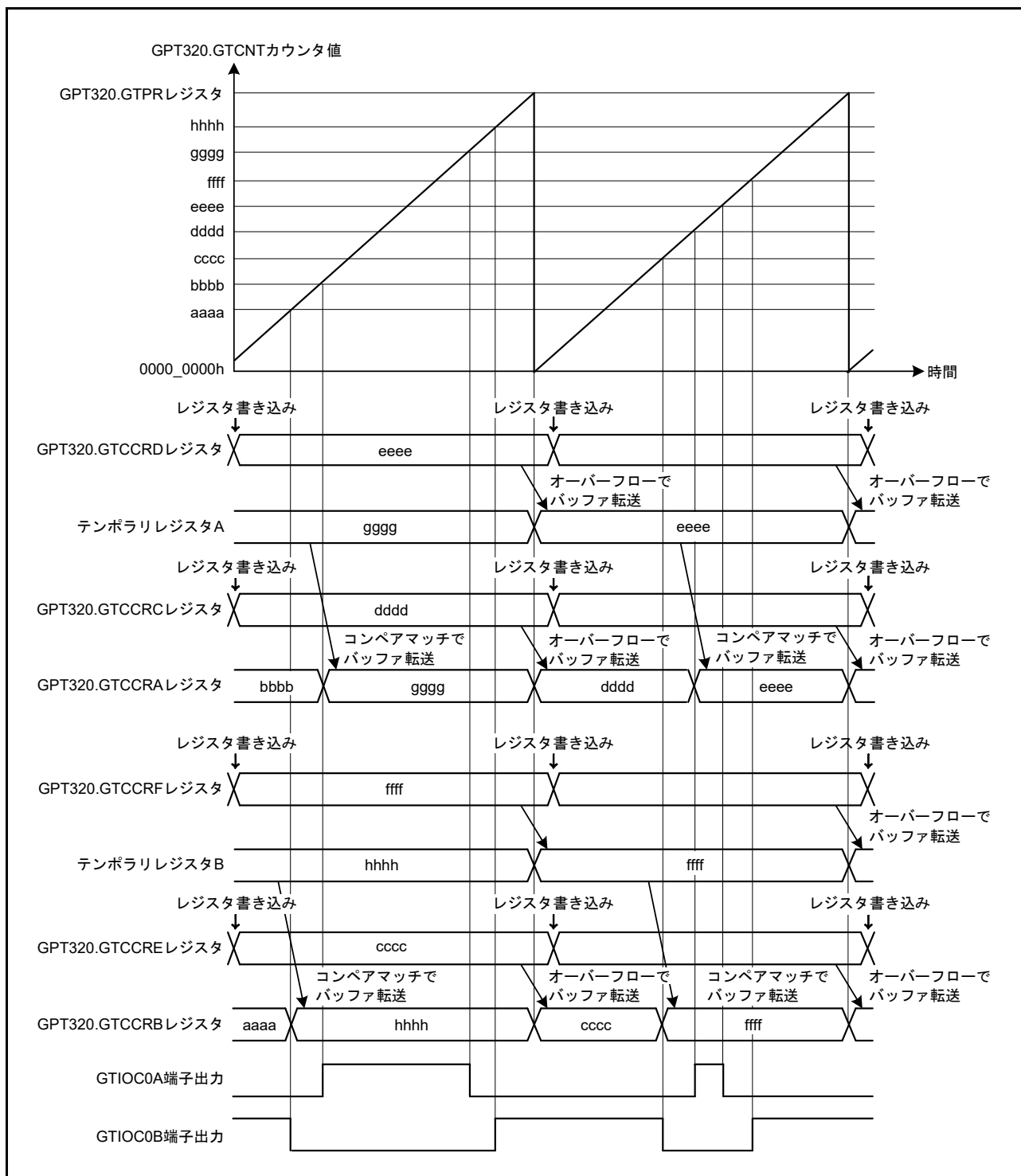


図 23.31 のこぎり波ワンショットパルスモード動作例 (アップカウント、カウントスタート時 GTIOC0A 端子 = Low 出力 / GTIOC0B 端子 = High 出力、GTCCRA/GTCCRB レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力保持の場合)

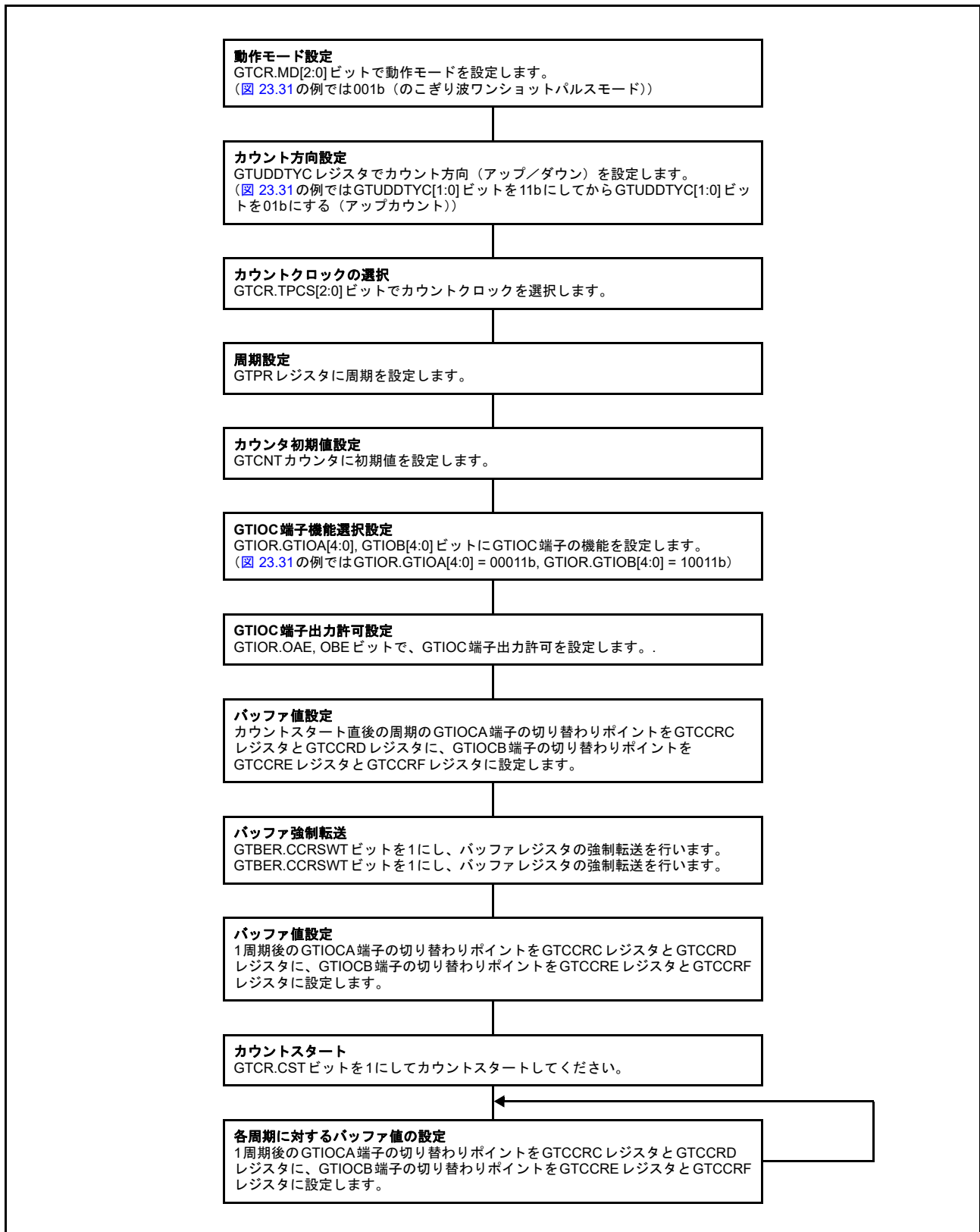


図 23.32 のこぎり波ワンショットパルスモードの設定例

23.3.3.3 三角波 PWM モード 1 (谷 32 ビット転送)

三角波 PWM モード 1 は、GTPR レジスタに周期を設定するモードです。GTCNT カウンタに三角波 (全波) 動作を実行させ、GTCCRA または GTCCRB レジスタのコンペアマッチ発生時に GTIOCA または GTIOCB 端子に PWM 波形を出力させます。バッファ転送は谷で行われます。端子の出力値は、GTIOR レジスタの設定によって、コンペアマッチ時と周期の終わりでそれぞれ個別に Low 出力 / High 出力 / トグル出力から選択できます。

また、GDTDCR および GTDVU レジスタを設定することにより、デッドタイム付き逆相波形のコンペアマッチ値を GTCCRB レジスタに自動設定することが可能です。

図 23.33 に三角波 PWM モード 1 の動作例を、図 23.34 に三角波 PWM モード 1 の設定例を示します。

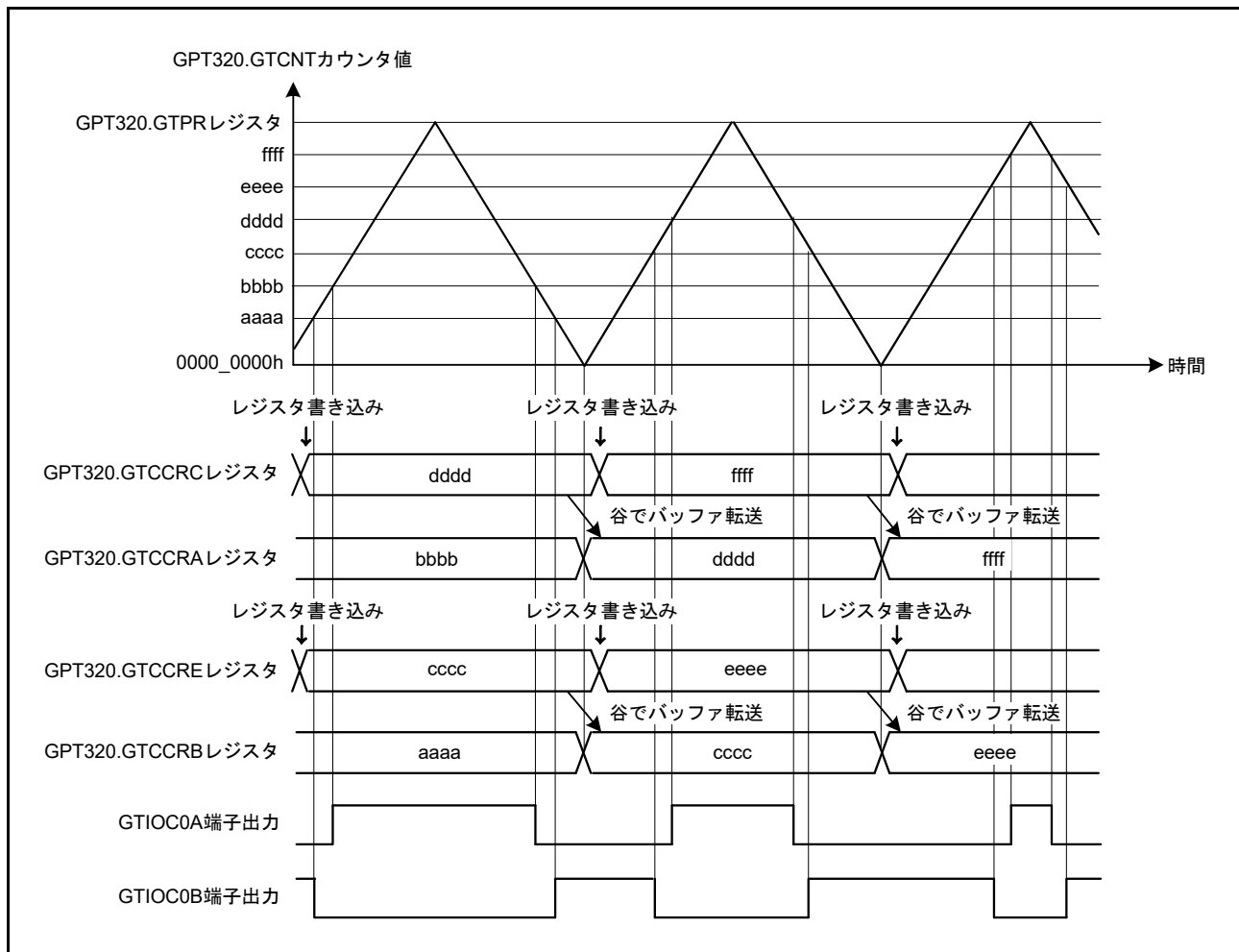


図 23.33 三角波 PWM モード 1 動作例 (バッファ動作、カウントスタート時 GTIOC0A 端子 = Low 出力 / GTIOC0B 端子 = High 出力、GTCCRA/GTCCRB レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力保持の場合)

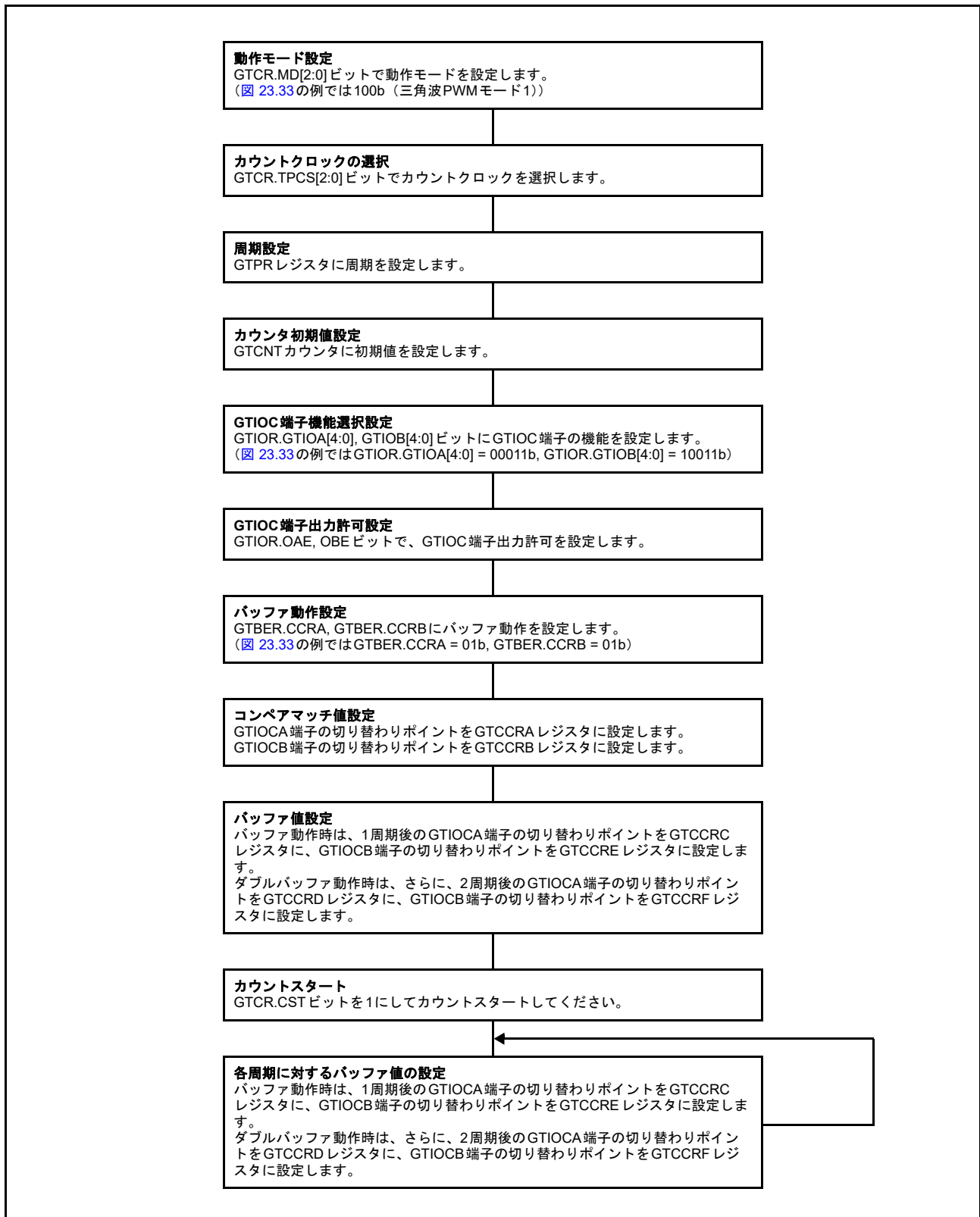


図 23.34 三角波 PWM モード 1 の設定例

23.3.3.4 三角波 PWM モード 2 (山/谷 32 ビット転送)

三角波 PWM モード 1 と同様に、三角波 PWM モード 2 でも GTPR レジスタに周期を設定します。GTCNT カウンタに三角波 (全波) 動作を実行させ、GTCCRA または GTCCRB レジスタのコンペアマッチ発生時に GTIOCA または GTIOCB 端子に PWM 波形を出力させます。山と谷の両方でバッファ転送が行われます。端子の出力値は、GTIOR レジスタの設定によって、コンペアマッチ時と周期の終わりでそれぞれ個別に Low 出力 / High 出力 / トグル出力から選択できます。また、GTDTCR および GTDVU レジスタを設定することにより、デッドタイム付き逆相波形のコンペアマッチ値を GTCCRB レジスタに自動設定することが可能です。

図 23.35 に三角波 PWM モード 2 の動作例を、図 23.36 に三角波 PWM モード 2 の設定例を示します。

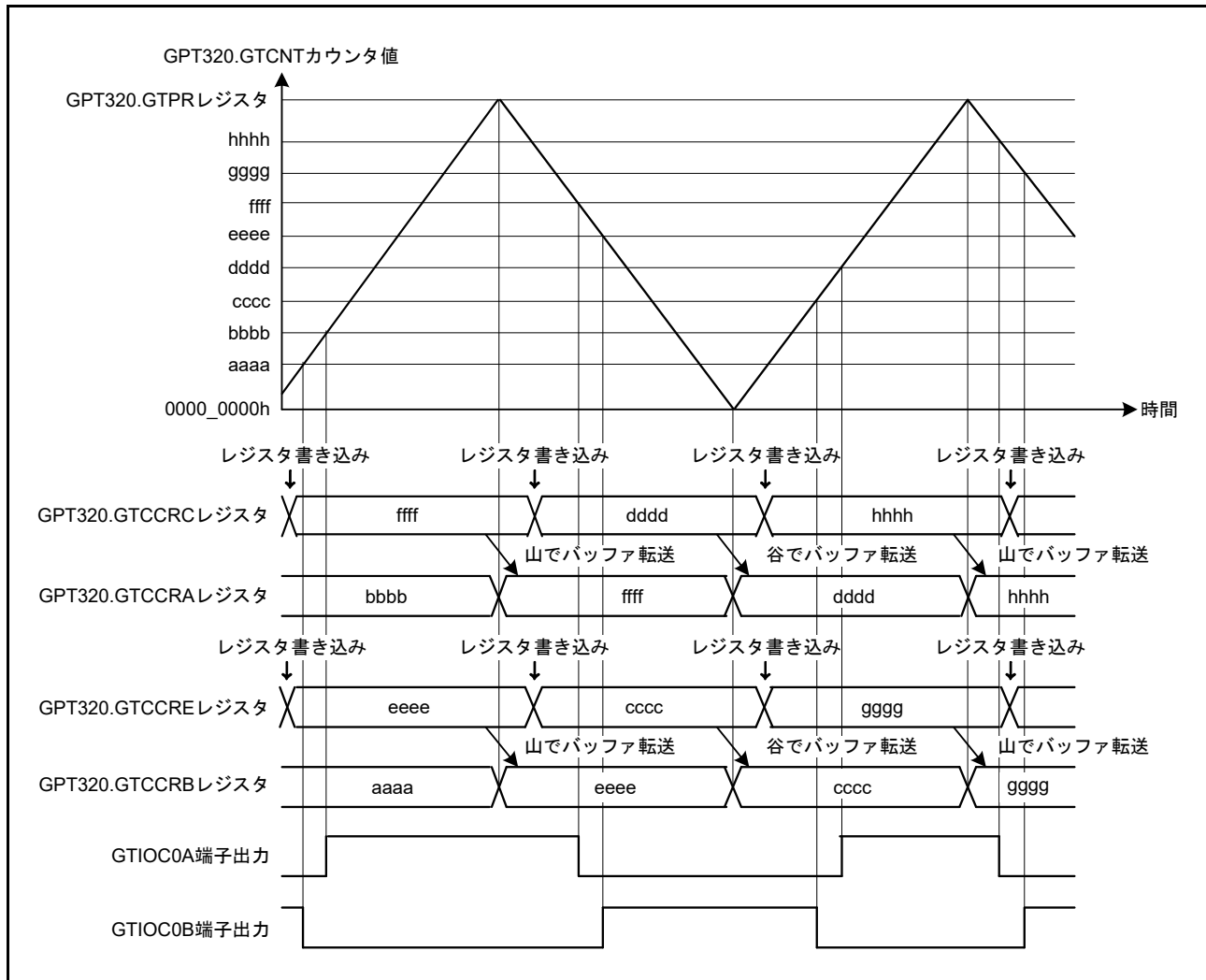


図 23.35 三角波 PWM モード 2 動作例 (バッファ動作、カウントスタート時 GTIOCA 端子 = Low 出力 / GTIOCB 端子 = High 出力、GTCCRA/GTCCRB レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力保持の場合)

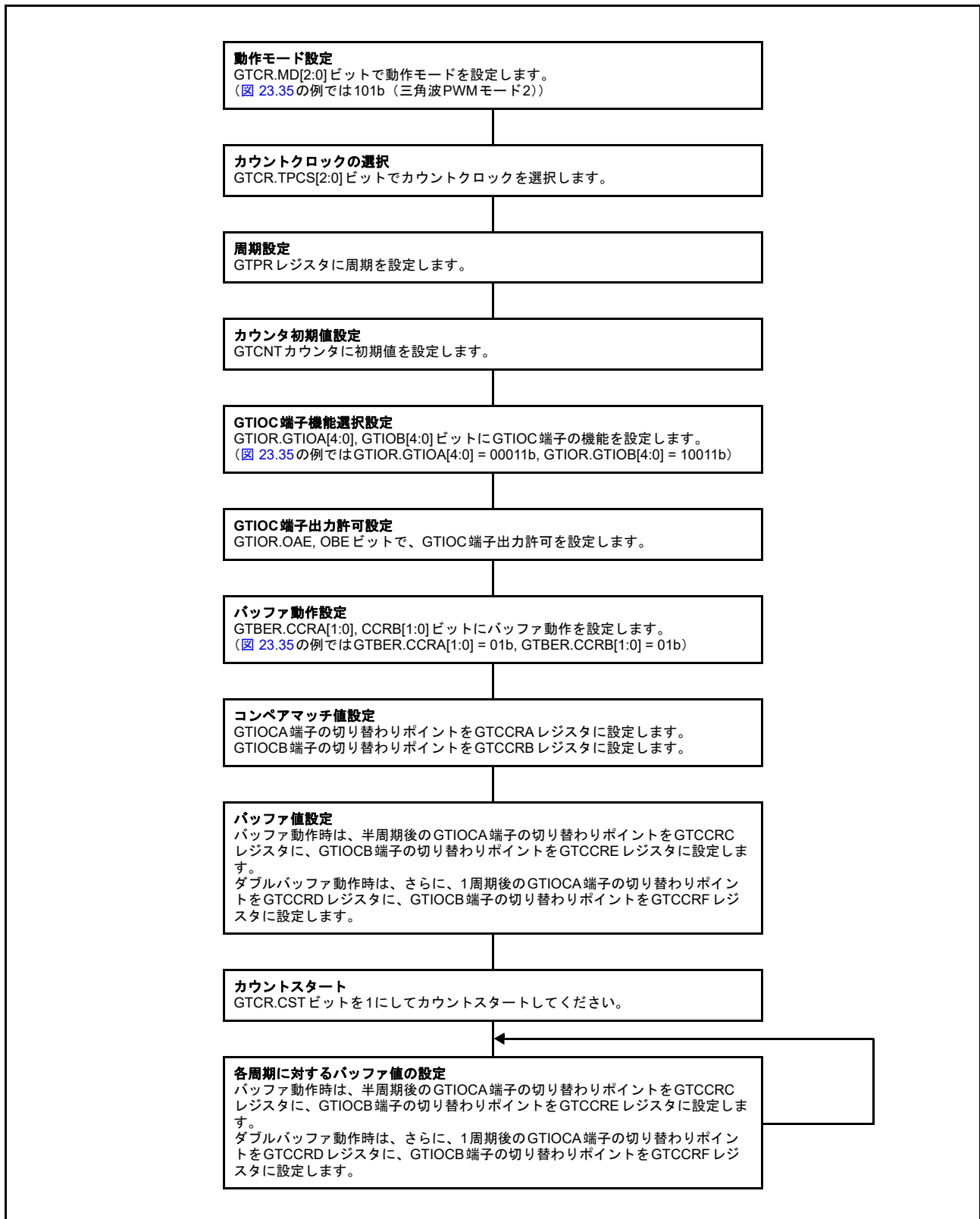


図 23.36 三角波 PWM モード 2 の設定例

23.3.3.5 三角波 PWM モード 3 (谷 64 ビット転送)

三角波 PWM モード 3 は、GTPR レジスタに周期を設定するモードです。GTCNT カウンタに三角波 (全波) 動作を実行させ、バッファ動作を固定させた状態で GTCCRA または GTCCRB レジスタのコンペアマッチ発生時に GTIOCA または GTIOCB 端子に PWM 波形を出力させます。三角波 PWM モード 3 でのバッファ動作は、通常のバッファ動作とは異なります。バッファ転送は以下のように実行されます。

- 谷で GTCCRC レジスタから GTCCRA レジスタへ
- 谷で GTCCRE レジスタから GTCCRB レジスタへ
- 谷で GTCCRD レジスタから一時レジスタ A へ
- 谷で GTCCRF レジスタから一時レジスタ B へ
- 山で一時レジスタ A から GTCCRA レジスタへ
- 山で一時レジスタ B から GTCCRB レジスタへ

端子の出力値は、GTIOR レジスタの設定によって、コンペアマッチ時と周期の終わりでそれぞれ個別に Low 出力 / High 出力 / トグル出力から選択できます。また、GDTCCR および GTDVU レジスタを設定することにより、デッドタイム付き逆相波形のコンペアマッチ値を GTCCRB レジスタに自動設定することが可能です。

図 23.37 に三角波 PWM モード 3 の動作例を、図 23.38 に三角波 PWM モード 3 の設定例を示します。

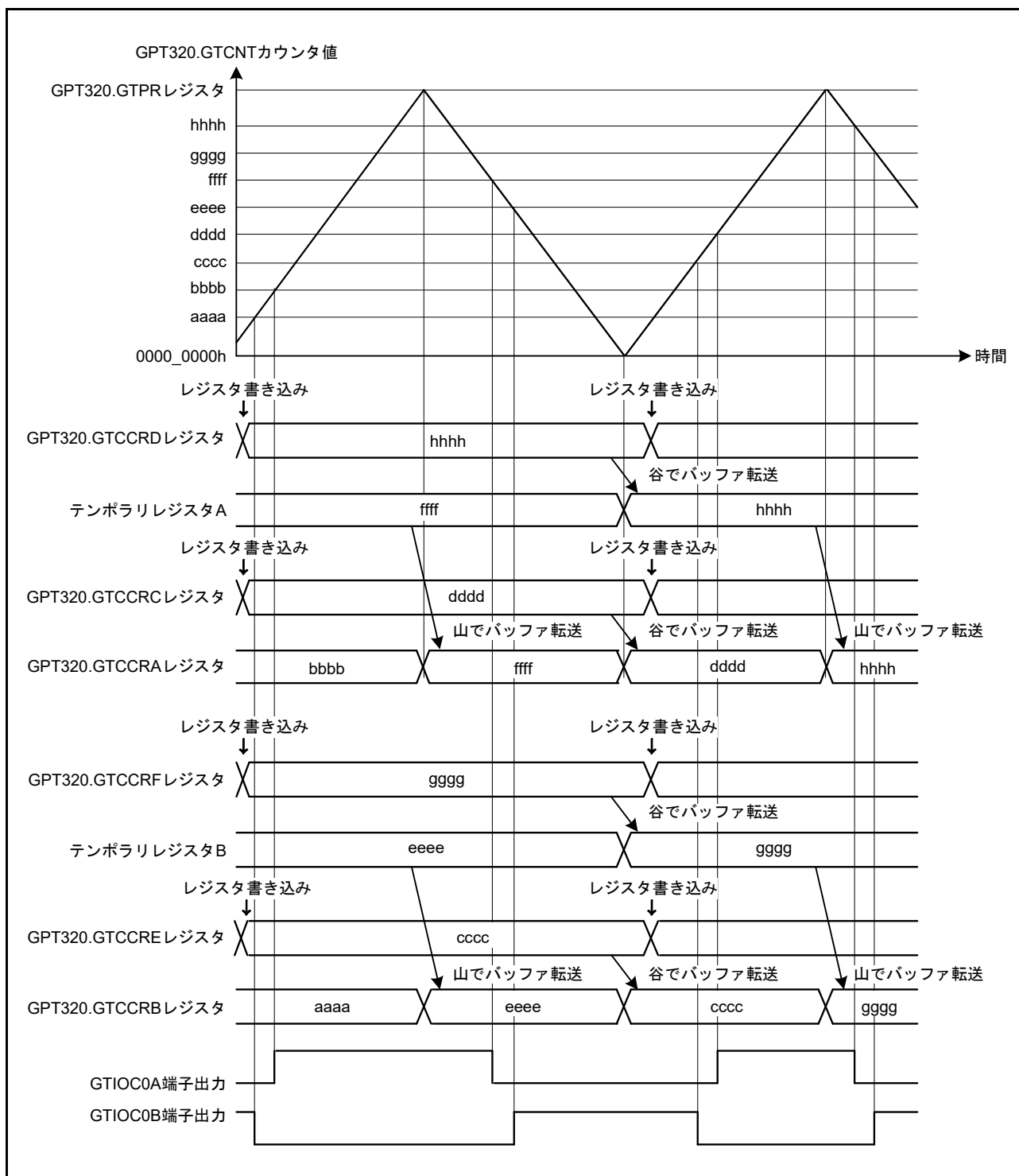


図 23.37 三角波 PWM モード 3 動作例 (カウントスタート時 GTIOC0A 端子 = Low 出力 / GTIOC0B 端子 = High 出力、GTCCRA/GTCCRB レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力保持の場合)

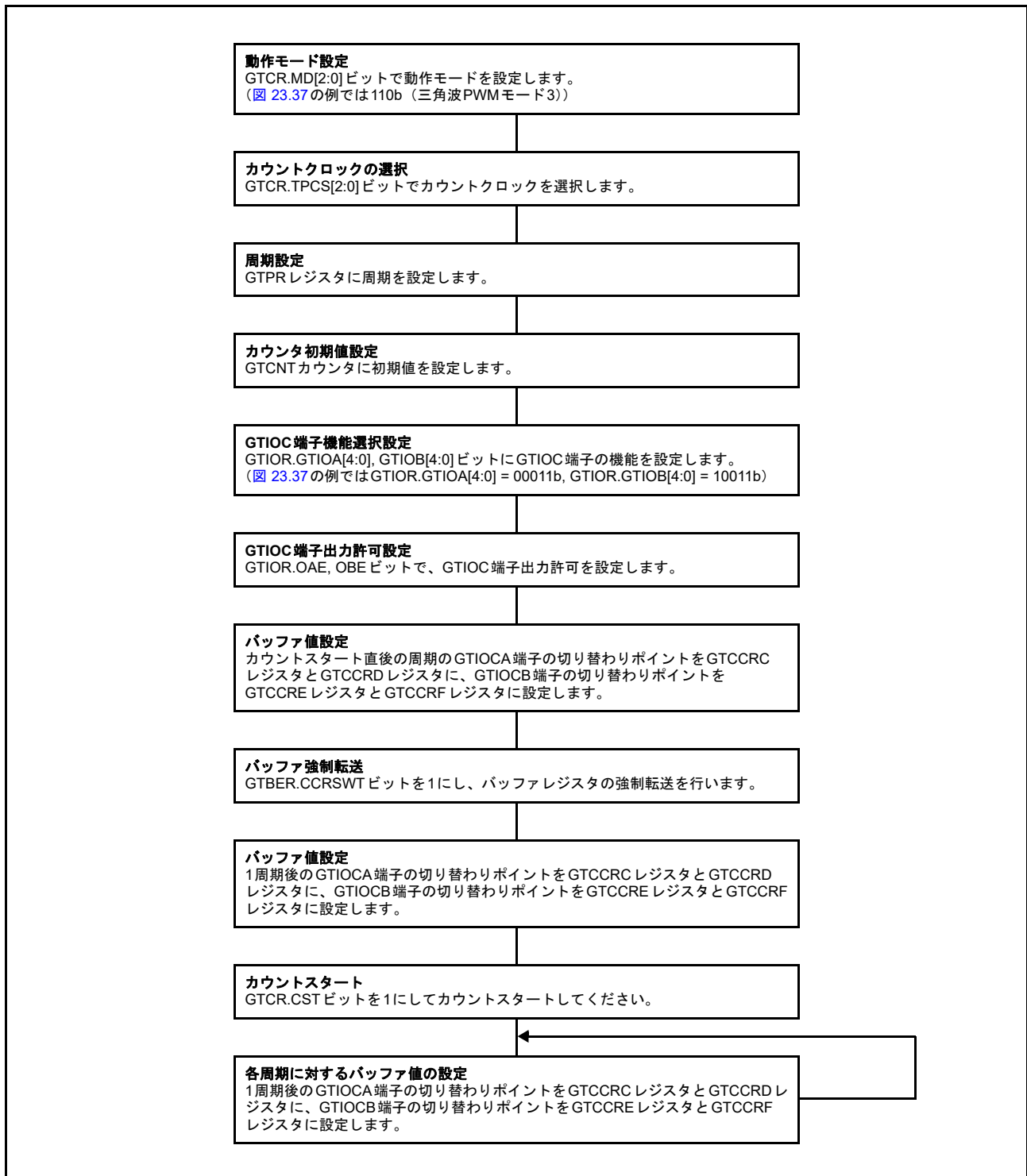


図 23.38 三角波 PWM モード 3 の設定例

23.3.4 デッドタイム自動設定機能

GTDTCR レジスタを設定することにより、正相波形のコンペアマッチ値 (GTCCRA 値) と指定したデッドタイム値 (GTDVU 値) から算出されたデッドタイム付き逆相波形のコンペアマッチ値を、GTCCRB レジスタに自動設定することが可能です。このデッドタイム自動設定機能は、のこぎり波ワンショットパルスモードと、すべての三角波 PWM モードで使用できます。

なお、デッドタイム自動設定機能を使用する場合、GTCCRB レジスタへの書き込みはしないでください。また、周期を超えるデッドタイムの設定もしないでください。デッドタイム自動設定値は、GTCCRB レジスタ値を読むことで確認できます。GTCCRB レジスタにデッドタイム値が自動設定されるのは、次のカウントクロック周期で、デッドタイム自動設定値の計算用レジスタが更新されるときです。

デッドタイム自動設定機能の動作例を図 23.39 ~ 図 23.42 に示します。設定例を図 23.43 および図 23.44 に示します。

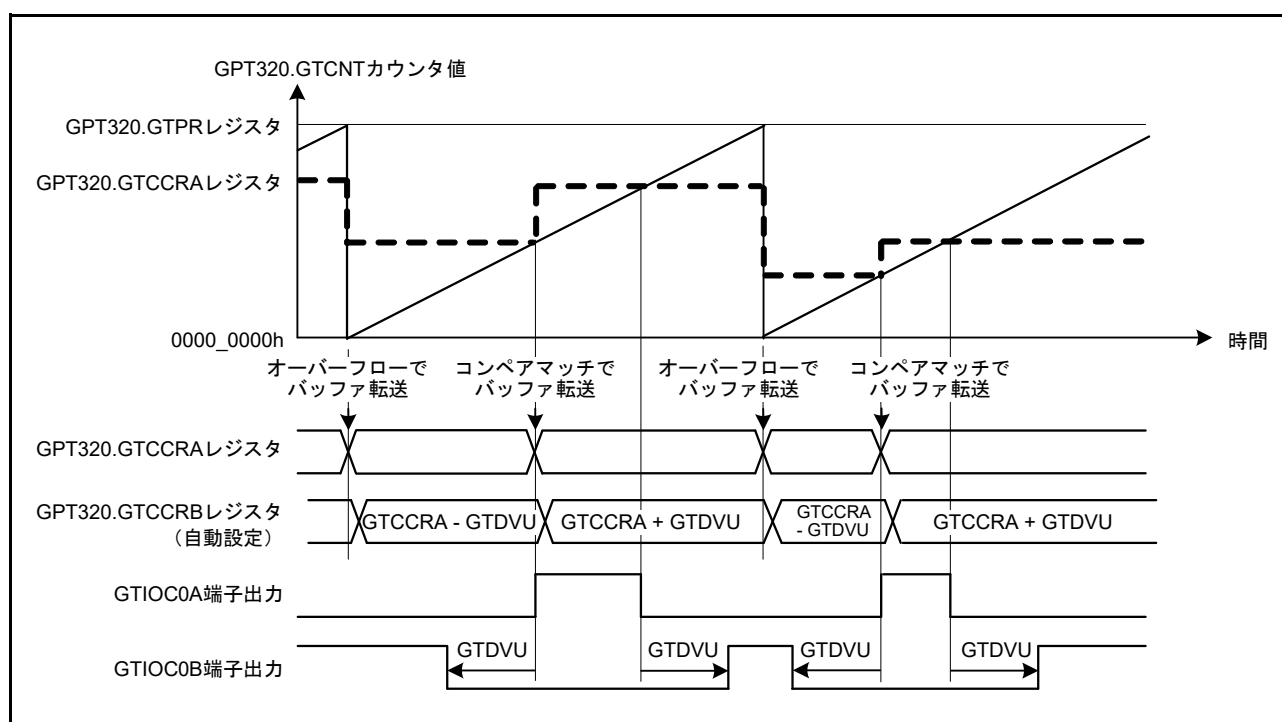


図 23.39 デッドタイム自動設定機能の動作例 (のこぎり波ワンショットパルスモード、アップカウント、アクティブ High の場合)

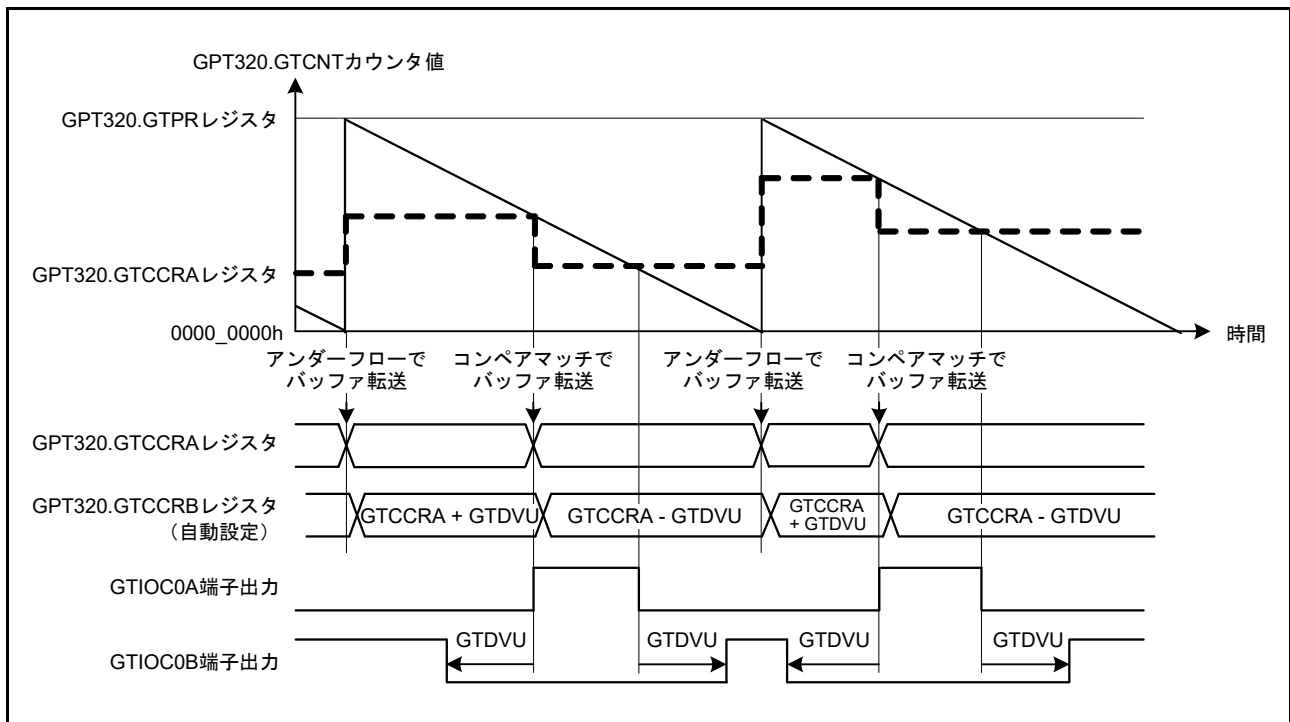


図 23.40 デッドタイム自動設定機能の動作例 (のこぎり波ワンショットパルスモード、ダウンカウント、アクティブ High の場合)

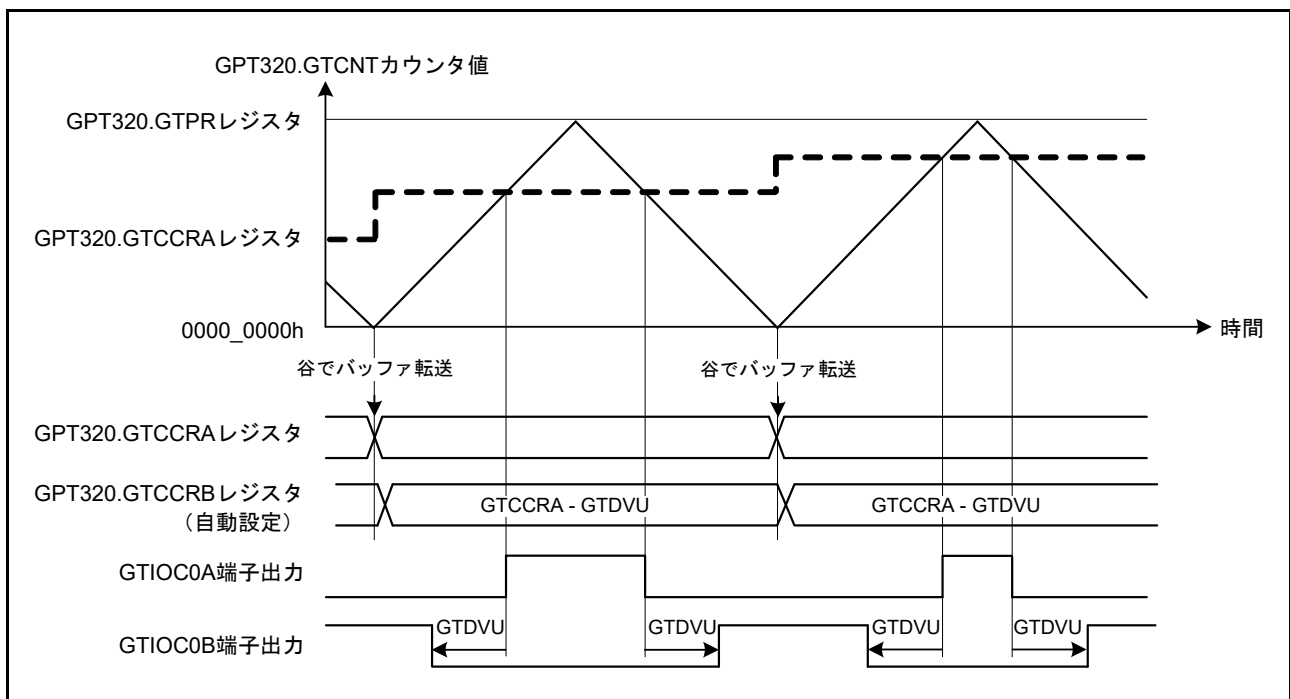


図 23.41 デッドタイム付きコンペアマッチ値の自動設定機能の動作例 (三角波 PWM モード1、アクティブ High の場合)

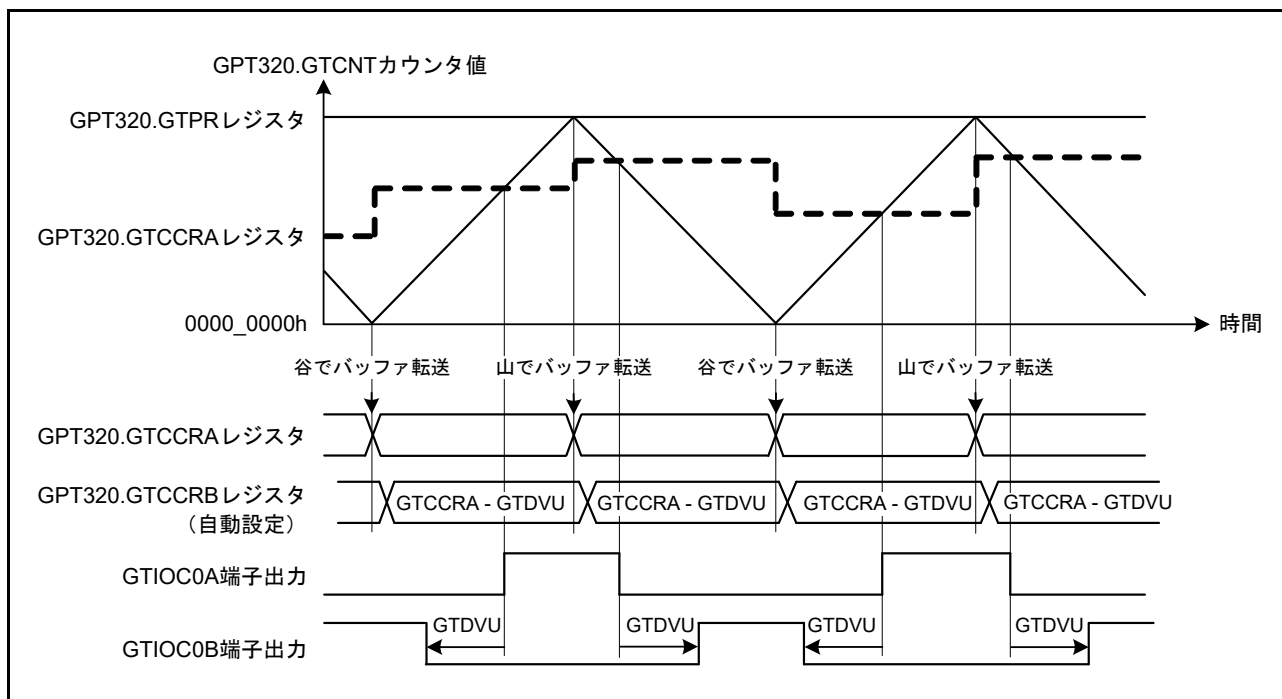


図 23.42 デッドタイム付きコンペアマッチ値の自動設定機能の動作例 (三角波 PWM モード 2 または 3、アクティブ High の場合)

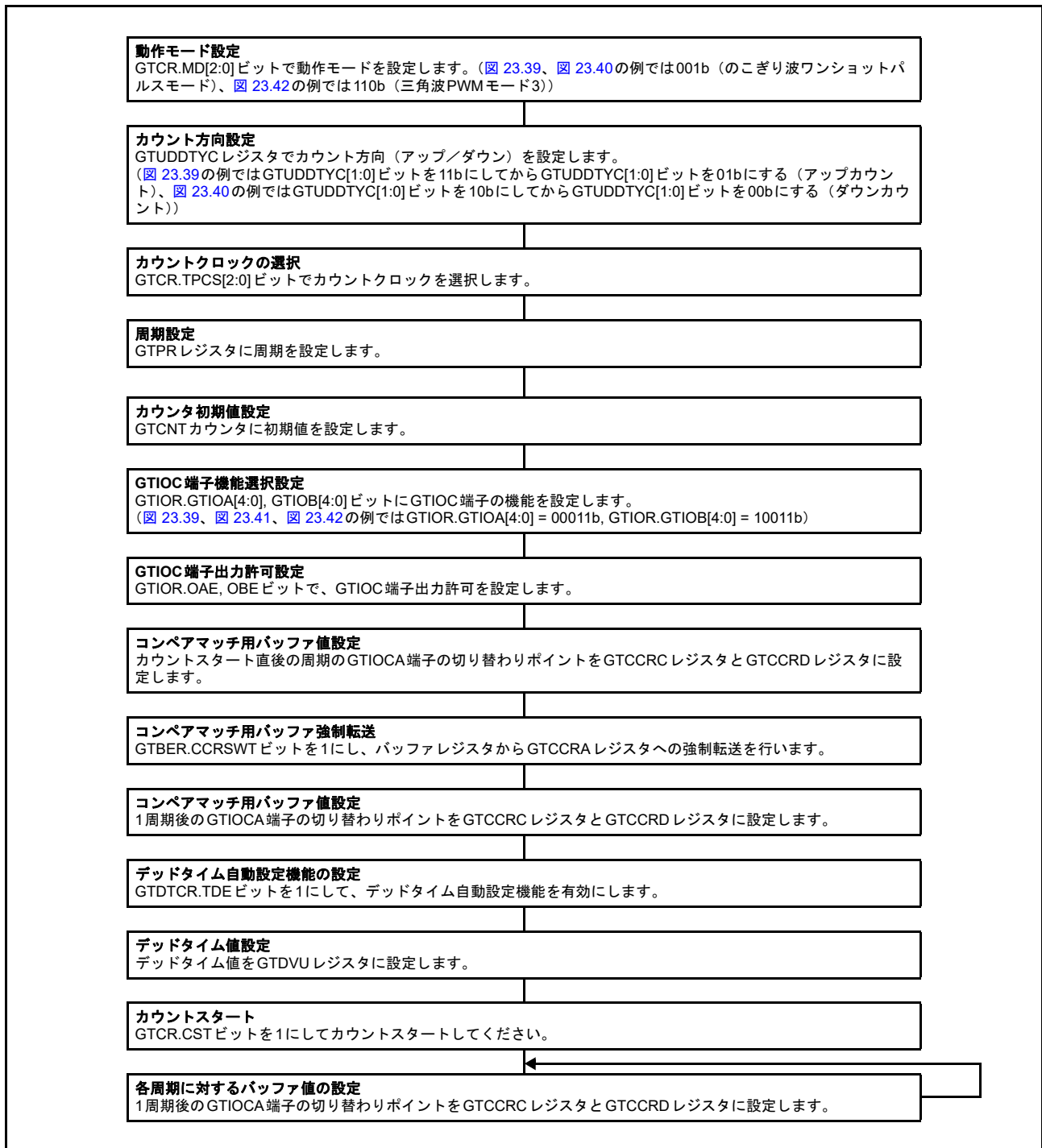


図 23.43 デッドタイム自動設定機能の設定例 (のこぎり波ワンショットパルスモード、三角波PWMモード3の場合)

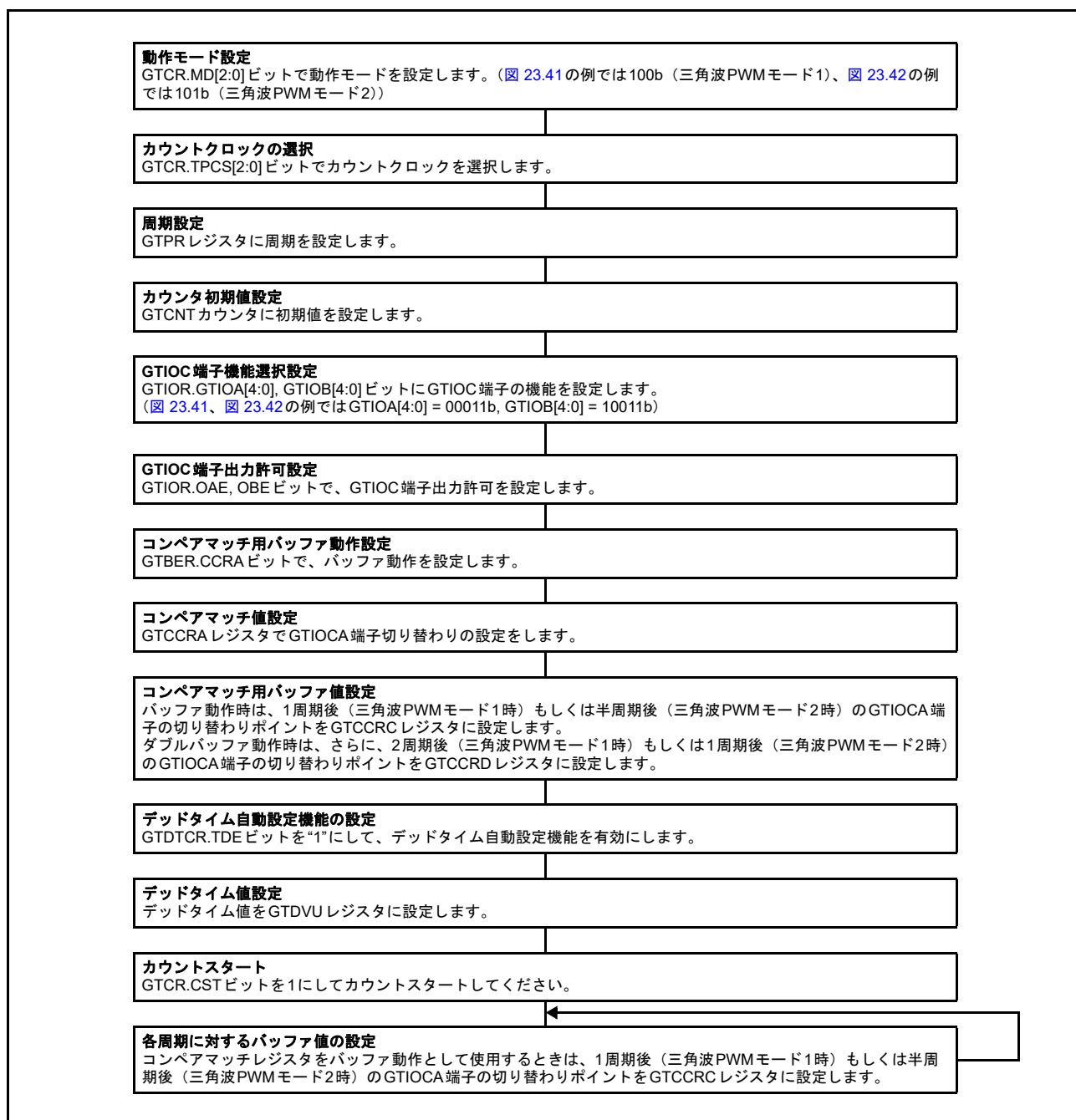


図 23.44 デッドタイム自動設定機能の設定例 (三角波 PWM モード 1 または 2 の場合)

23.3.5 カウント方向切り替え機能

GTUDDTYC.UD ビットの値を書き換えることにより、GTCNT カウンタのカウント方向を切り替えることが可能です。

のこぎり波モードの場合、カウント動作中に GTUDDTYC.UD ビット値を変更すると、オーバーフロー（アップカウント中に変更した場合）またはアンダーフロー（ダウンカウント中に変更した場合）発生時に、カウント方向が切り替わります。カウントストップ中に GTUDDTYC.UDF ビットが 0 の状態で GTUDDTYC.UD ビット値を変更しても、その変更値はカウントスタート時に反映されず、オーバーフローまたはアンダーフロー発生時にカウント方向が切り替わります。カウントストップ中に GTUDDTYC.UDF ビットを 1 にすると、そのときの GTUDDTYC.UD ビット値がカウントスタート時に反映されます。

三角波モードの場合、カウント動作中に GTUDDTYC.UD ビット値を変更しても、カウント方向は切り替わりません。同様に、カウントストップ中に GTUDDTYC.UDF ビットが 0 の状態で GTUDDTYC.UD ビット値を変更しても、その値はカウント動作に反映されません。カウントストップ中に GTUDDTYC.UDF ビットを 1 にすると、そのときの GTUDDTYC.UD ビット値がカウントスタート時に反映されます。

のこぎり波のカウント動作中にカウント方向を変更すると、アップカウント中はアップカウントスタート後の GTPR 値がカウント周期に反映され、ダウンカウント中はダウンカウントスタート前の GTPR 値が反映されます。

図 23.45 にカウント方向切り替え機能の動作例を示します。

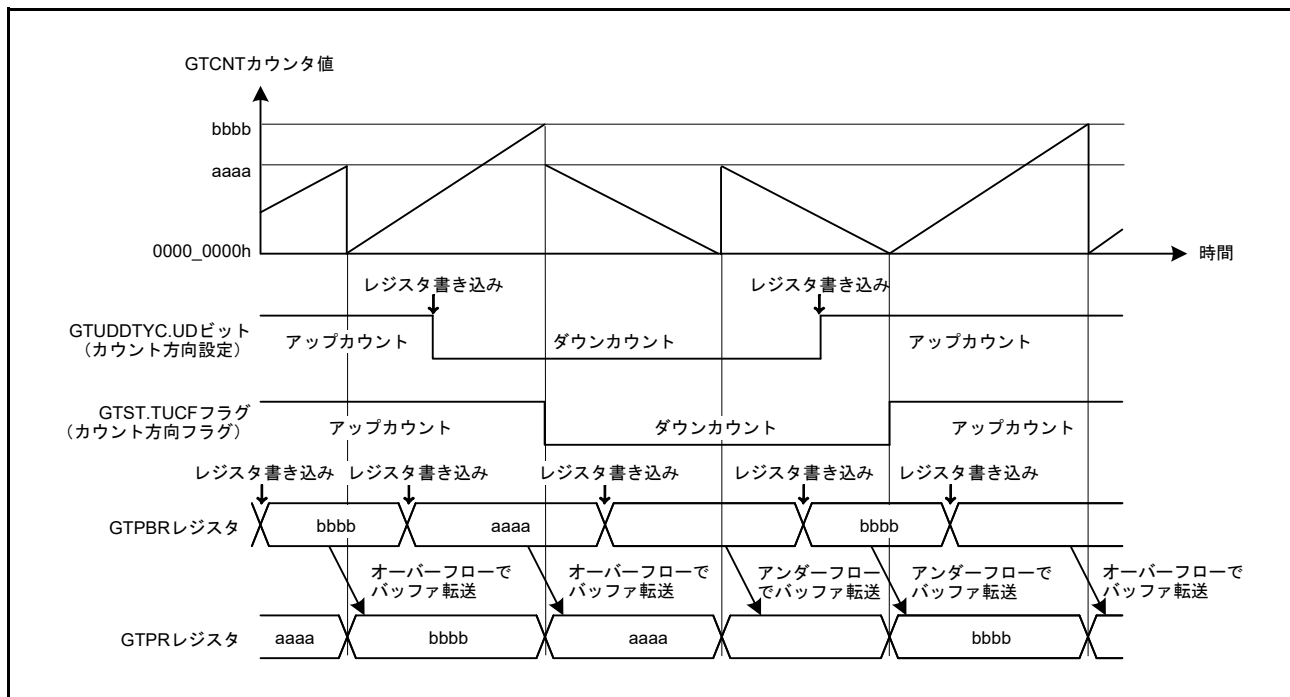


図 23.45 カウント方向切り替え機能の動作例（バッファ動作時）

23.3.6 出力デューティ 0% および出力デューティ 100% 機能

GTUDDTYC.OADTY ビットまたは GTUDDTYC.OBDTY ビットを変更することにより、GTIOCA 端子と GTIOCB 端子の出力デューティが 0% または 100% に設定されます。

のこぎり波モードの場合、カウント動作中に GTUDDTYC.OADTY ビットまたは GTUDDTYC.OBDTY ビットを変更すると、オーバーフロー（アップカウント中に変更した場合）またはアンダーフロー（ダウンカウント中に変更した場合）発生時に、出力デューティの設定値が反映されます。カウントストップ中に GTUDDTYC.OADTYF ビットまたは GTUDDTYC.OBDTYF ビットが 0 の状態で GTUDDTYC.OADTY ビットまたは GTUDDTYC.OBDTY ビットを変更しても、出力デューティの変更値はカウントスタート時に反映されません。出力デューティはオーバーフローまたはアンダーフロー発生時に変更されます。カウントストップ中に GTUDDTYC.OADTYF ビットまたは GTUDDTYC.OBDTYF ビットを 1 にすると、そのときの GTUDDTYC.OADTY ビットまたは GTUDDTYC.OBDTY ビット値がカウントスタート時に反映されます。

三角波モードの場合、カウント動作中に GTUDDTYC.OADTY ビットまたは GTUDDTYC.OBDTY ビットを変更すると、アンダーフロー発生時に出力デューティの設定値が反映されます。

カウントストップ中に GTUDDTYC.OADTYF ビットまたは GTUDDTYC.OBDTYF ビットが 0 の状態で GTUDDTYC.OADTY ビットまたは GTUDDTYC.OBDTY ビットを変更しても、出力デューティの変更値はカウントスタート時に反映されません。アンダーフロー時に出力デューティが変更されます。カウントストップ中に GTUDDTYC.OADTYF ビットまたは GTUDDTYC.OBDTYF ビットが 1 の状態で GTUDDTYC.OADTY ビットまたは GTUDDTYC.OBDTY ビットを変更すると、出力デューティの変更値はカウントスタート時に反映されます。

0% または 100% デューティ動作の実行時、GPT は内部で以下の動作を継続します。

- コンペアマッチ動作の実行
- コンペアマッチフラグの設定
- 割り込み出力
- バッファ動作の実行

0% または 100% デューティ設定からコンペアマッチに制御が変更されると、周期の終わりでの GTIOCA 端子の出力値は、GTIOR.GTIOA[3:2] ビットと GTUDDTYC.OADTYR ビットで決定されます。周期の終わりでの GTIOCB 端子の出力値は、GTIOR.GTIOB[3:2] ビットと GTUDDTYC.OBDTYR ビットで決定されます。

GTIOR.GTIOA[3:2] ビットと GTIOR.GTIOB[3:2] ビットを 01b にすると、出力端子は周期の終わりで Low 出力となります。GTIOR.GTIOA[3:2] ビットと GTIOR.GTIOB[3:2] ビットを 10b にすると、出力端子は周期の終わりで High 出力となります。

GTIOR.GTIOm[3:2] ビットが 00b（周期の終わりで出力保持）または 11b（周期の終わりでトグル出力）になっている場合、GTUDDTYC.OADTYR ビットでは、周期の終わりで出力保持／トグル出力の対象となる値を選択します。周期の終わりでの GTIOCA/GTIOCB 端子の出力値を [表 23.6](#) に示します。

表 23.6 0%または100% デューティ設定解除後の出力値 (m = A, B)

| GTIOR.GTIOm[3:2] | 0%または100%デューティ 設定でマスクされた周期の 終わりでのコンペアマッチ値 | GTUDDTYC.OmDTYR (デューティ 0% 設定時) | | GTUDDTYC.OmDTYR (デューティ 100% 設定時) | |
|-----------------------|---|-----------------------------------|---|-------------------------------------|---|
| | | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 00 (周期の終わりで出力保持) | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 01 (周期の終わりでLow出力) | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 (周期の終わりでHigh出力) | — | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 11 (周期の終わりでトグル出力) | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

図 23.46 に出力デューティ 0%、100% 機能動作例を示します。

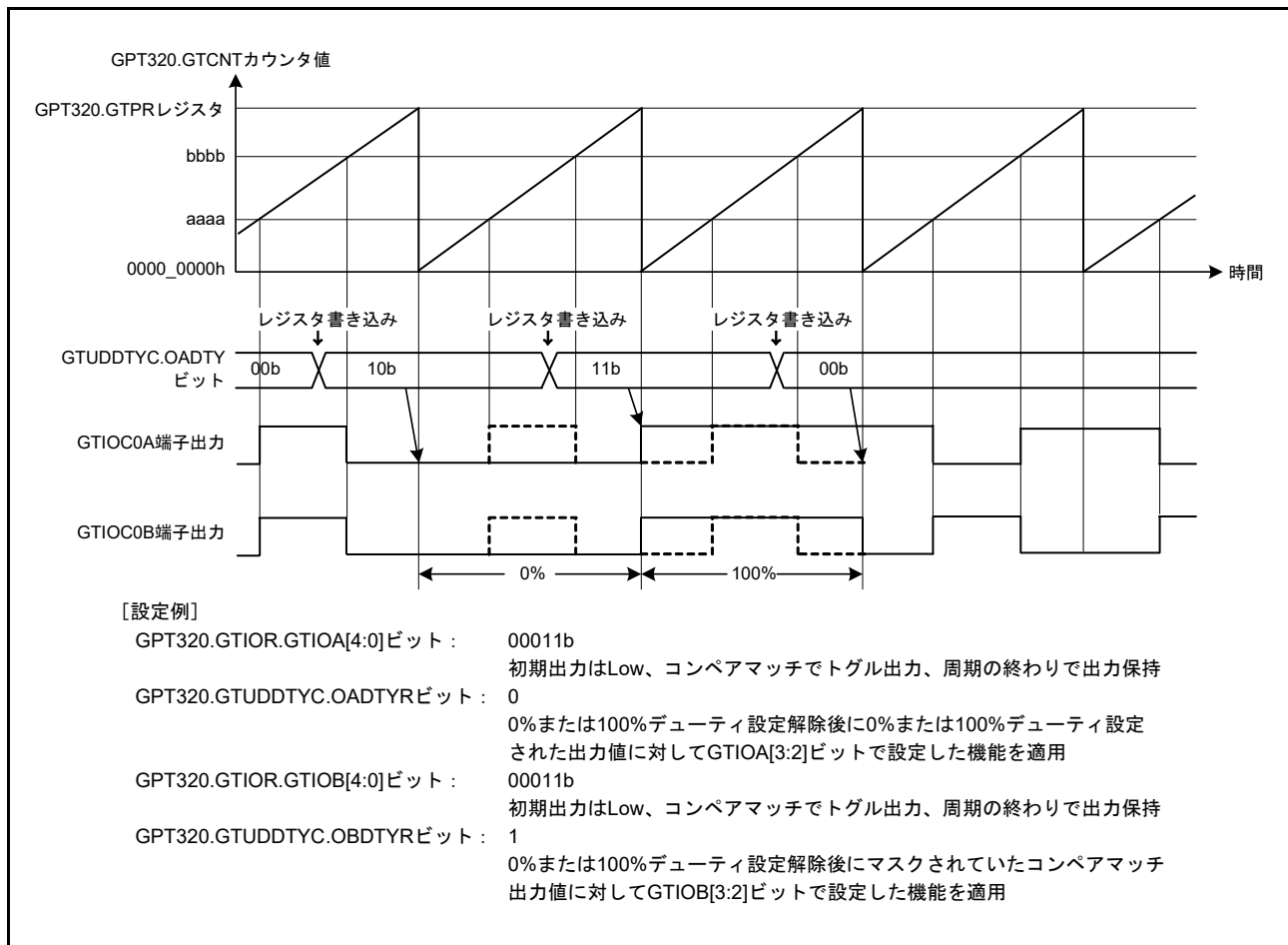


図 23.46 出力デューティ 0%、100% 機能動作例

23.3.7 ハードウェアカウントスタート/カウントストップ、カウントクリア動作

下記のハードウェア要因によって、GTCNTカウンタのカウントスタート、カウントストップ、またはカウントクリアが可能です。

- 出力トリガ入力
- ELC イベント入力
- GTIOCA/GTIOCB 端子入力

23.3.7.1 ハードウェアスタート動作

GTSSRレジスタでハードウェア要因を選択することにより、GTCNTカウンタのカウントスタートが可能です。

図 23.47 にハードウェア要因によるカウントスタートの動作例を示します。図 23.48 に設定例を示します。

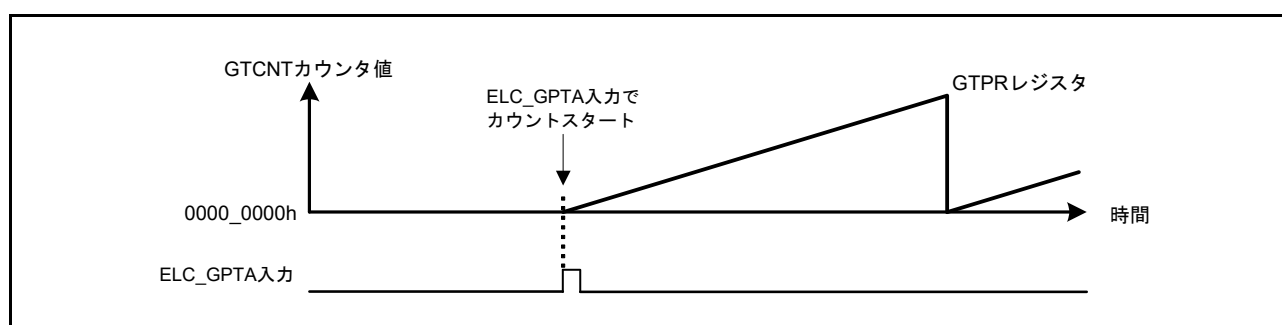


図 23.47 ハードウェア要因によるカウントスタート動作例 (ELC_GPTA イベントからの信号入力時のスタート)

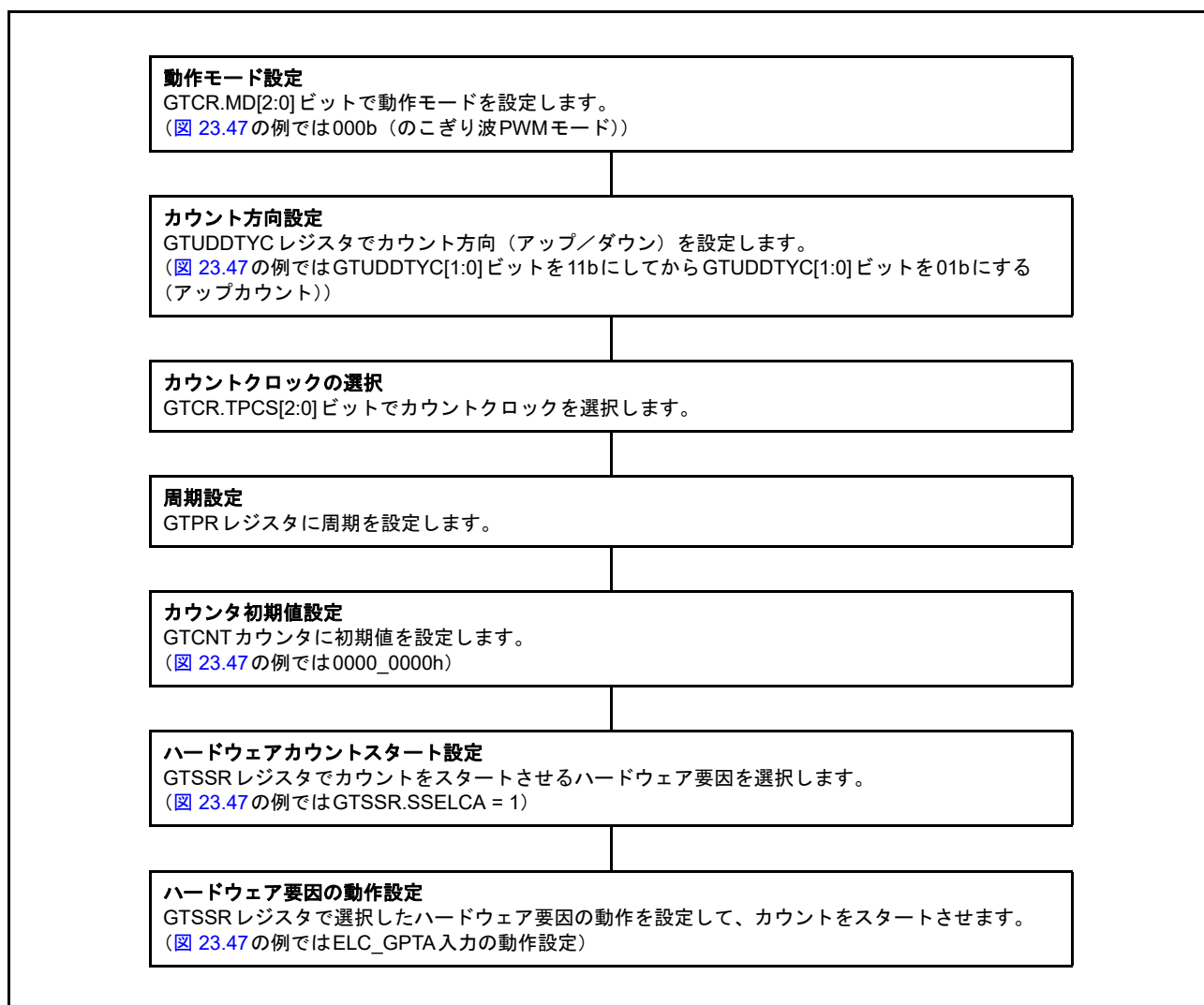


図 23.48 ハードウェア要因によるカウントスタート動作設定例

23.3.7.2 ハードウェアストップ動作

GTPSRレジスタでハードウェア要因を選択することにより、GTCNTカウンタのカウントストップが可能です。

図 23.49 にハードウェア要因によるカウントストップの動作例を示します。図 23.50 に設定例を示します。この例では、カウント動作がストップし、ELC イベント入力のエッジで再スタートしています。

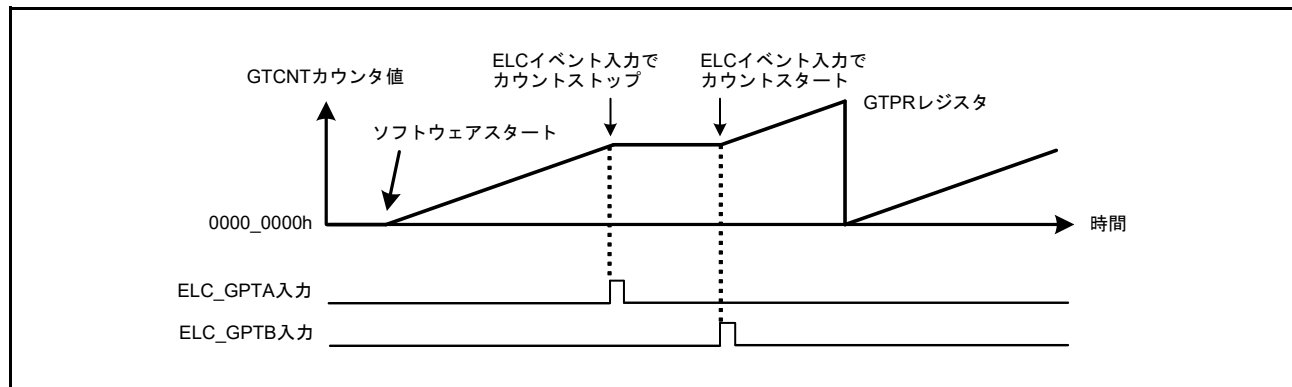


図 23.49 ハードウェア要因によるカウントストップ動作例
(ソフトウェアによるスタート、ELC_GPTA 入力でのストップ、ELC_GPTB 入力での再スタートの場合)

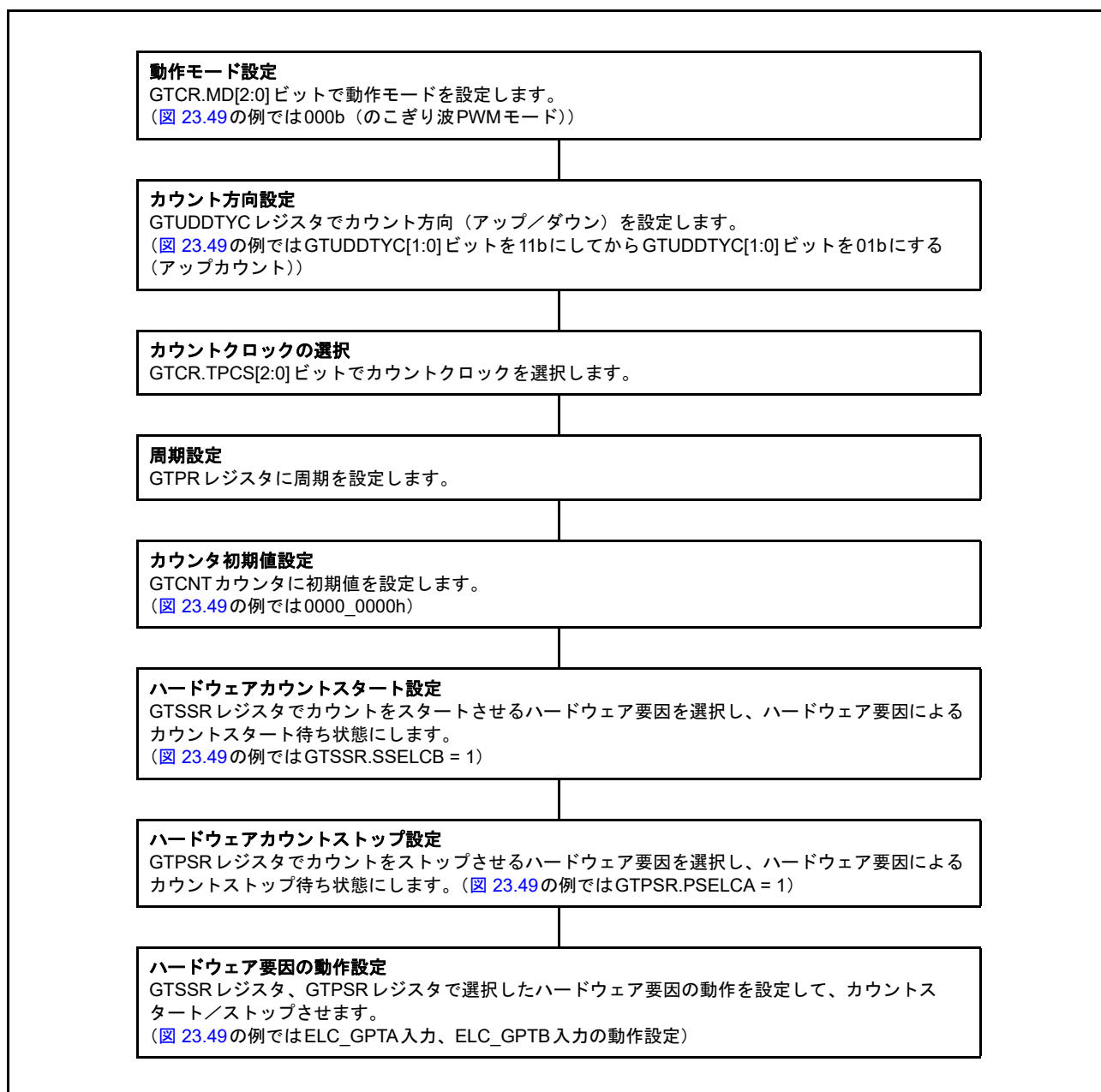


図 23.50 ハードウェア要因によるカウントストップ動作設定例

図 23.51 にハードウェア要因によるカウントスタート/ストップ動作例を示します。図 23.52 に設定例を示します。この例では、外部トリガ入力 GTETRGA 端子が High の期間に、カウンタが動作しています。

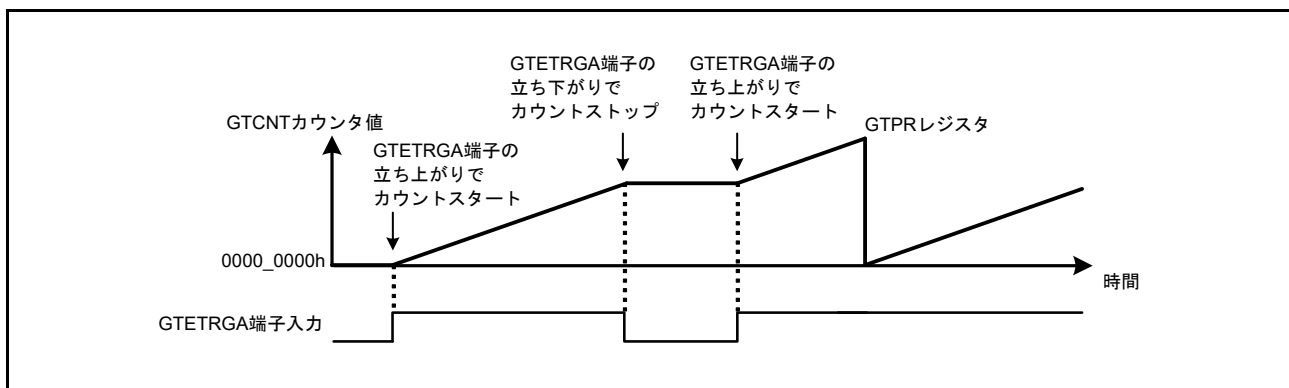


図 23.51 ハードウェア要因によるカウントスタート/ストップ動作例 (GTETRGA 端子入力の立ち上がりエッジでスタート、GTETRGA 端子入力の立ち下がりエッジでストップの場合)

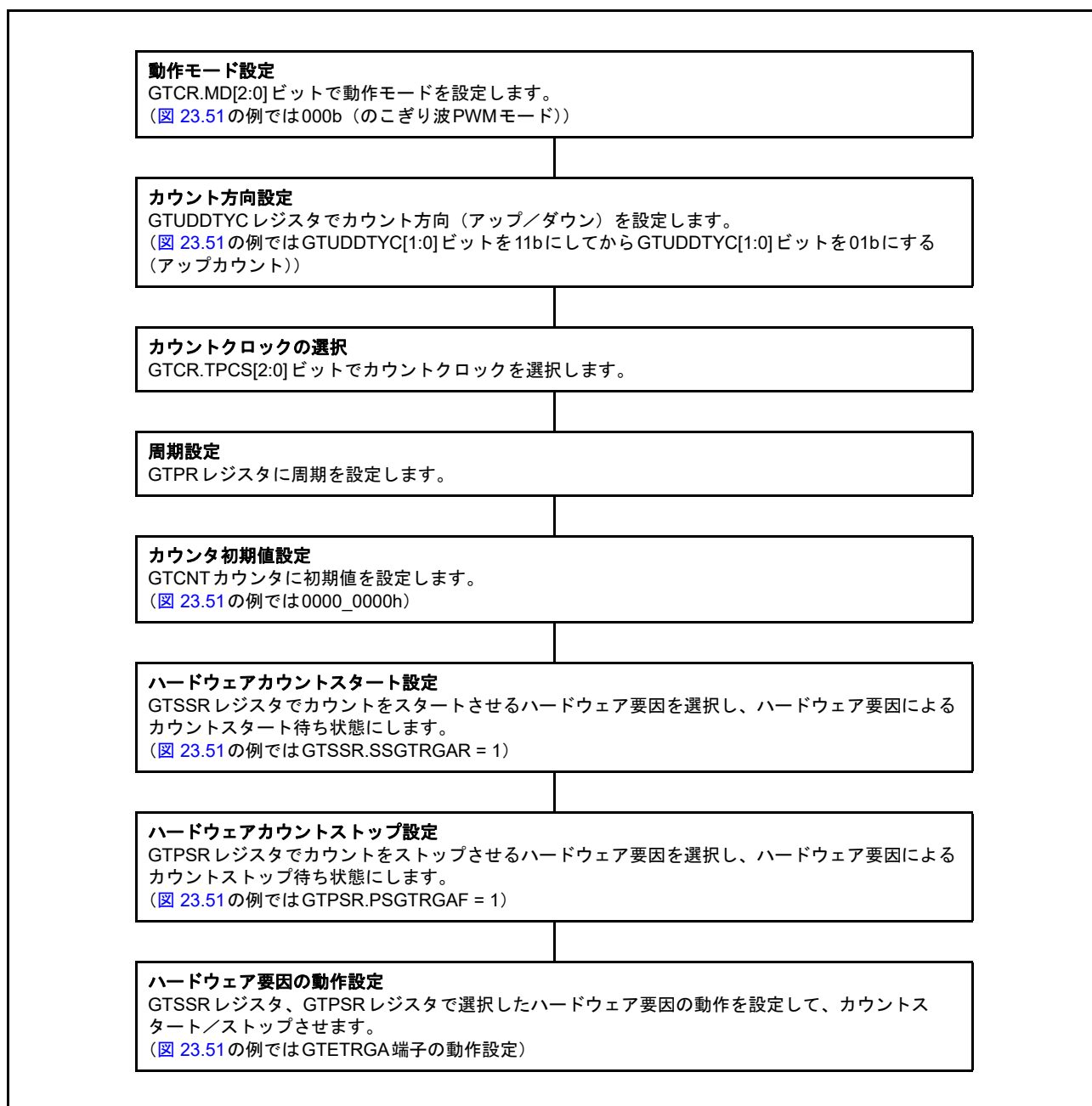


図 23.52 ハードウェア要因によるカウントスタート/ストップ動作設定例

23.3.7.3 ハードウェアクリア動作

GTCSR レジスタでハードウェア要因を選択することにより、GTCNT カウンタのカウンタクリアが可能です。ハードウェア要因またはソフトウェアによって GTCNT カウンタがクリアされても、GPTn_OVF/GPTn_UDF (n=0~5,8) 割り込み (オーバーフロー/アンダーフロー割り込み) は発生しません。

図 23.53 および図 23.54 に、ハードウェア要因による GTCNT カウンタのクリア動作例を示します。図 23.55 に設定例を示します。この例では、GTCNT カウンタは ELC_GPTA 入力のエッジでスタートし、ELC_GPTB 入力のエッジでストップおよびクリアされています。

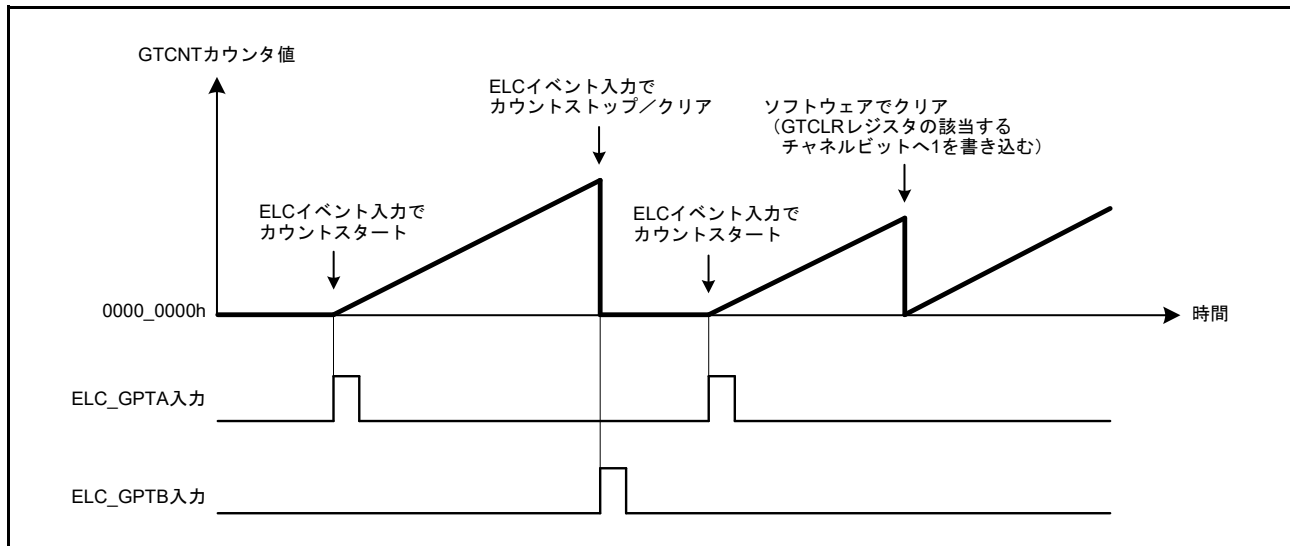


図 23.53 ハードウェア要因によるカウンタクリア動作例 (のこぎり波アップカウント、ELC_GPTA 入力でスタート、ELC_GPTB 入力でストップ/クリアの場合)

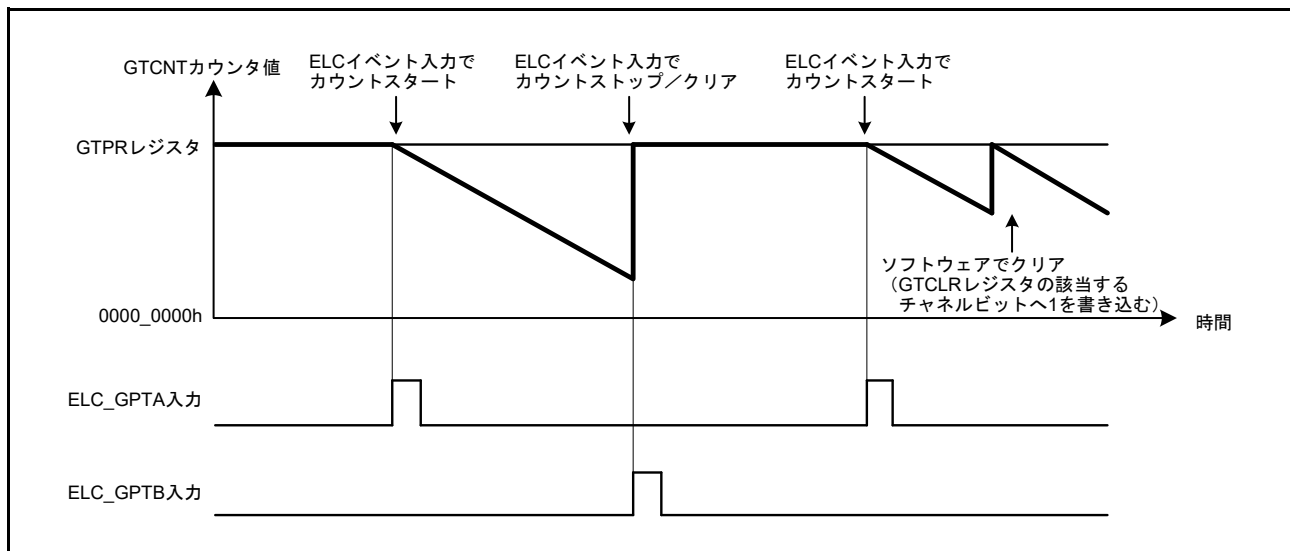


図 23.54 ハードウェア要因によるカウンタクリア動作例 (のこぎり波ダウンカウント、ELC_GPTA 入力でスタート、ELC_GPTB 入力でストップ/クリアの場合)

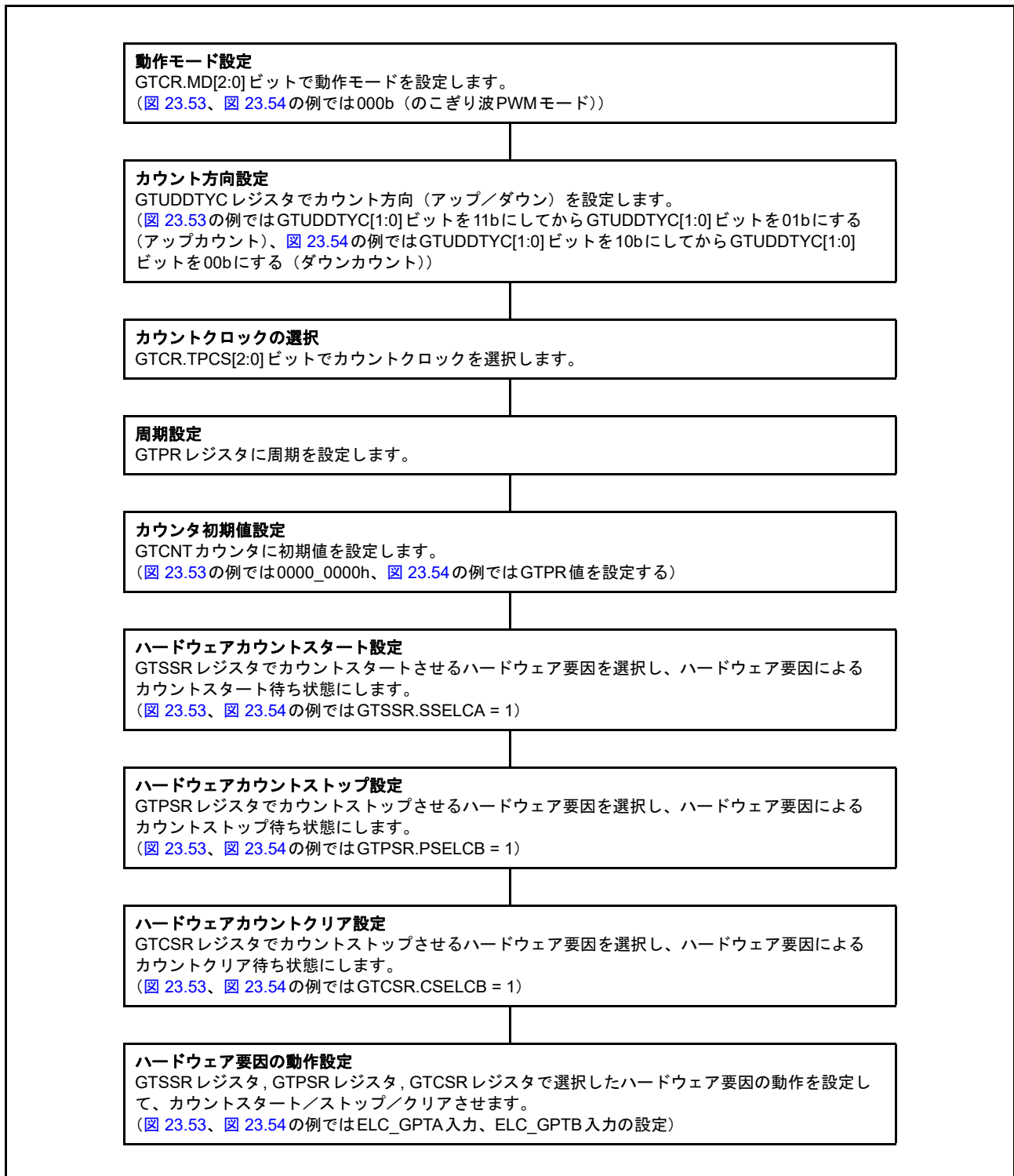


図 23.55 ハードウェア要因によるカウントクリア動作設定例

ハードウェア要因またはソフトウェアによってカウンタがクリアされても、GPTn_OVF/GPTn_UDF (n = 0 ~ 5, 8) 割り込み (オーバーフロー/アンダーフロー割り込み) は発生しません。

図 23.56 にハードウェア要因によるカウンタクリアと GPTn_OVF (n = 0 ~ 5, 8) 割り込みの関係を示します。

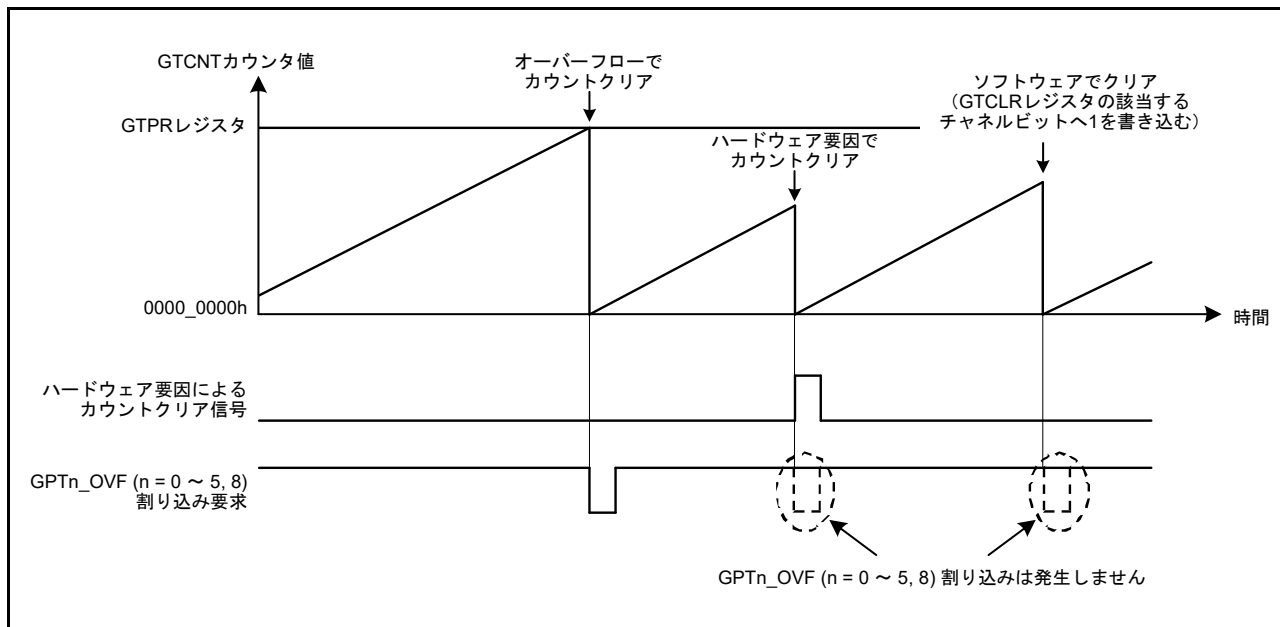


図 23.56 ハードウェア要因によるカウンタクリアと GPTn_OVF (n = 0 ~ 5, 8) 割り込みの関係

23.3.8 同期動作

同期スタート/ストップ/クリア動作など、チャンネル間の同期動作を実行できます。

23.3.8.1 ソフトウェアによる同期動作

GTCNT カウンタは、対応する GTSTR ビット、GTSTP ビット、または GTCLR ビットを同時に 1 にすることにより、複数のチャンネル上でスタート/ストップ/クリアが可能です。

また、GTCNT カウンタの初期値を設定し、対応する GTSTR ビットを同時に 1 にすることにより、位相の異なるカウントスタートが可能です。

図 23.57 に、ソフトウェアによる同時スタート/ストップ/クリアの動作例を示します。図 23.58 に、ソフトウェアによる位相スタートの動作例を示します。

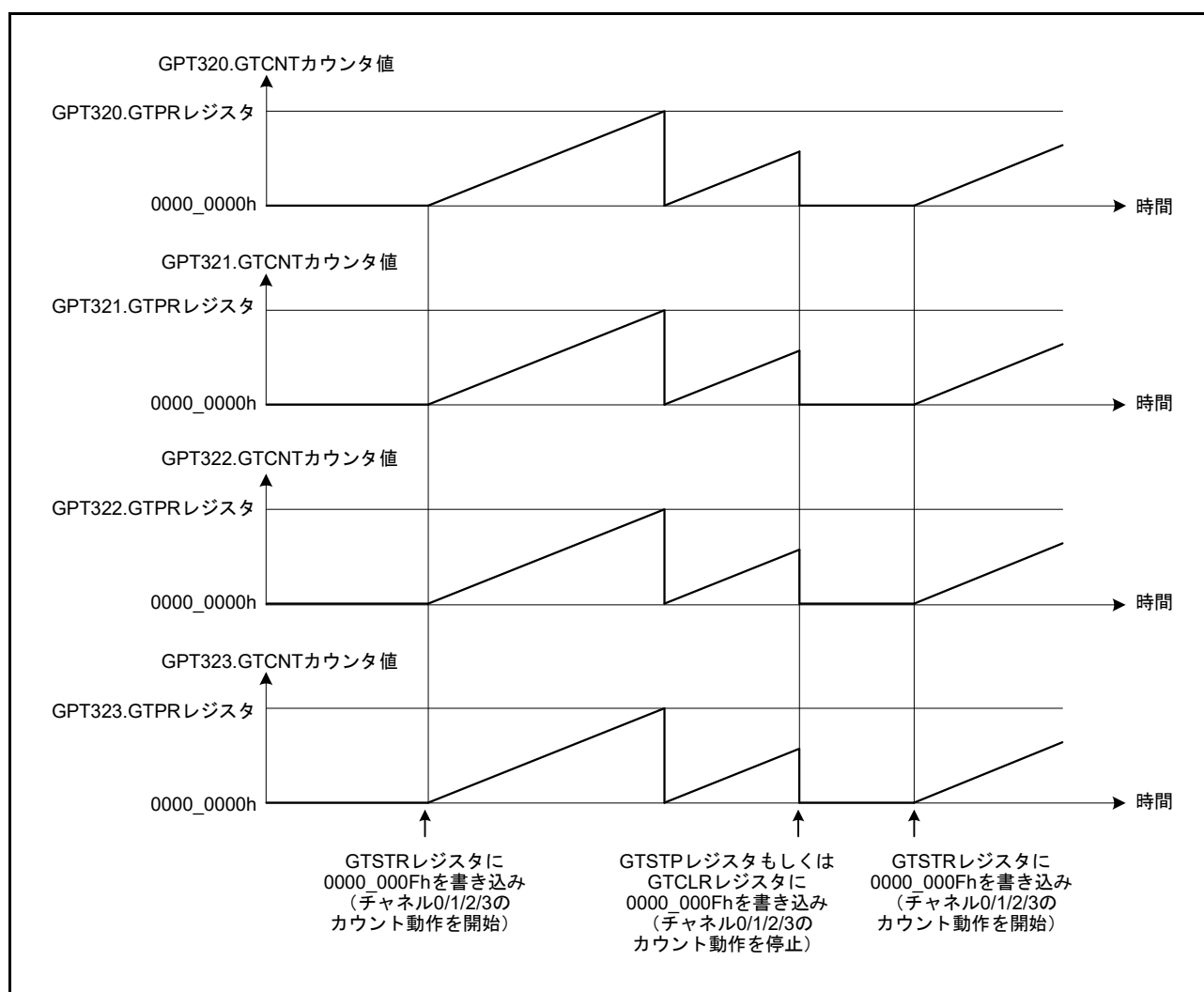


図 23.57 ソフトウェアによる同時スタート/ストップ/クリアの例 (カウント周期 (GTPR レジスタ値) が同一のとき)

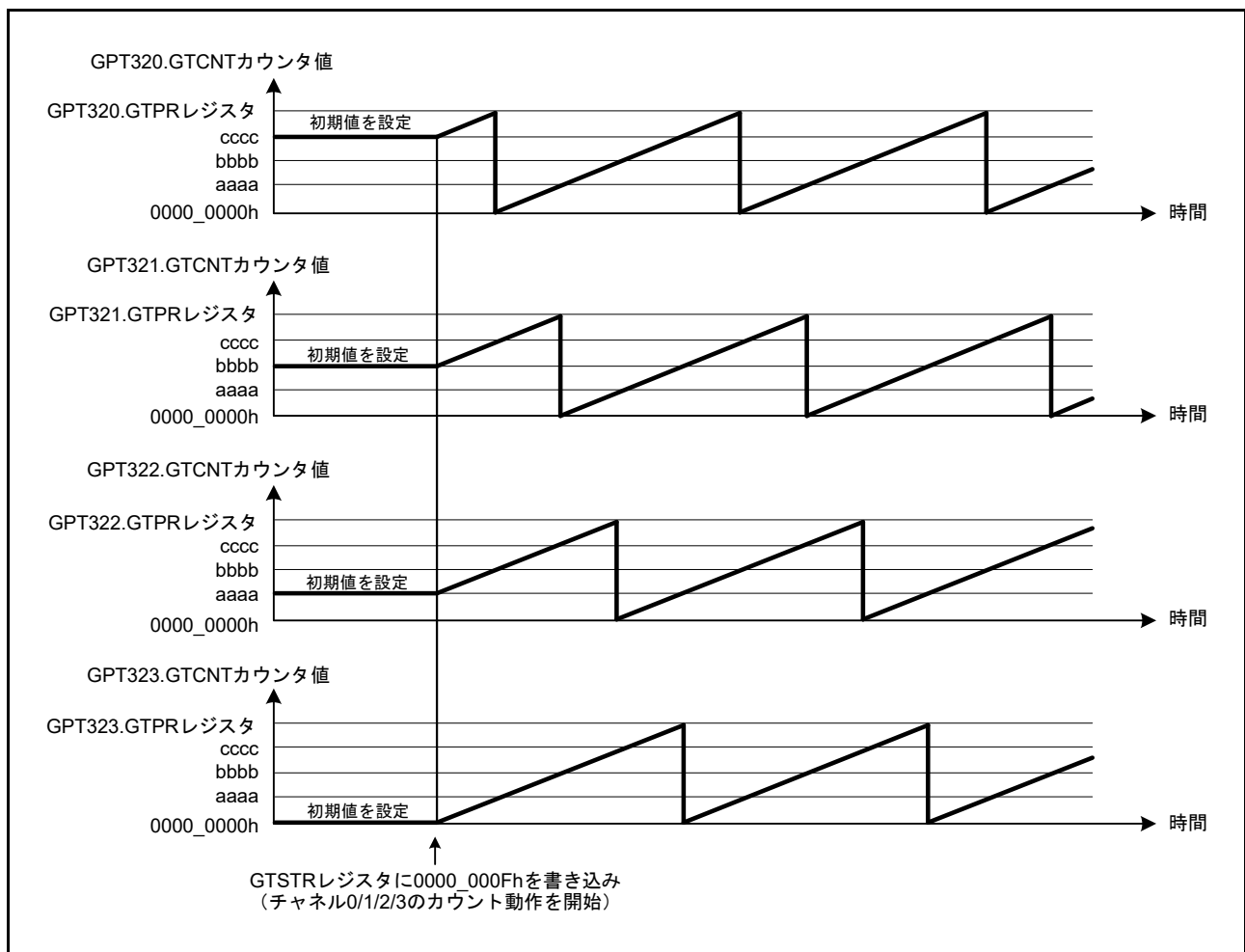


図 23.58 ソフトウェアによる位相スタート動作例 (カウント周期 (GTPR レジスタ値) が同一のとき)

23.3.8.2 ハードウェアによる同期動作

下記のハードウェア要因によって、GTCNTカウンタを同時にスタートさせることができます。

- 外部トリガ入力
- ELC イベント入力

図 23.59 にハードウェア要因による同時スタート/ストップ/クリアの動作例を示します。図 23.60 に設定例を示します。

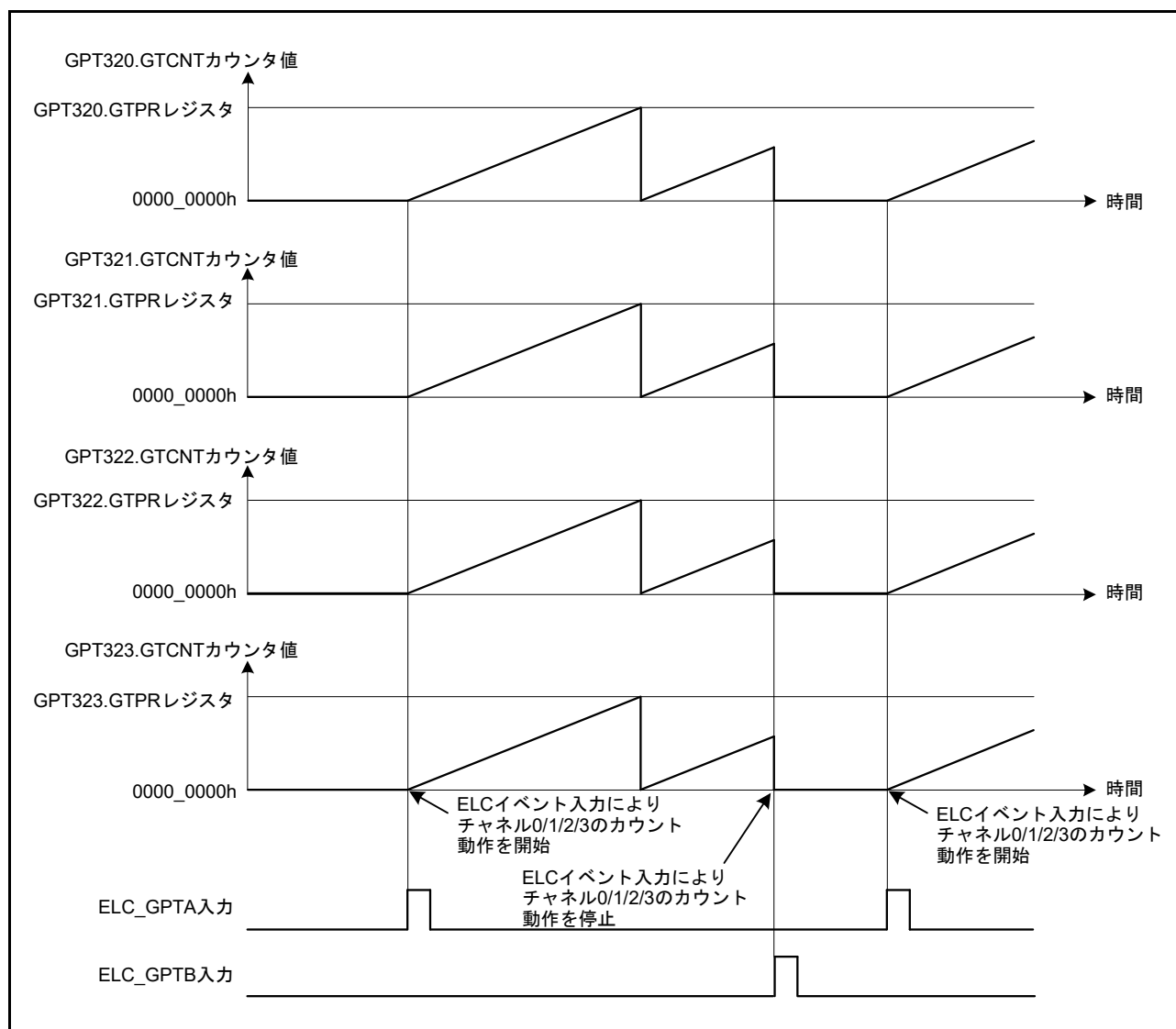


図 23.59 ハードウェア要因による同時スタート/ストップ/クリア動作例 (カウント周期 (GTPR レジスタ値) が同一のとき)

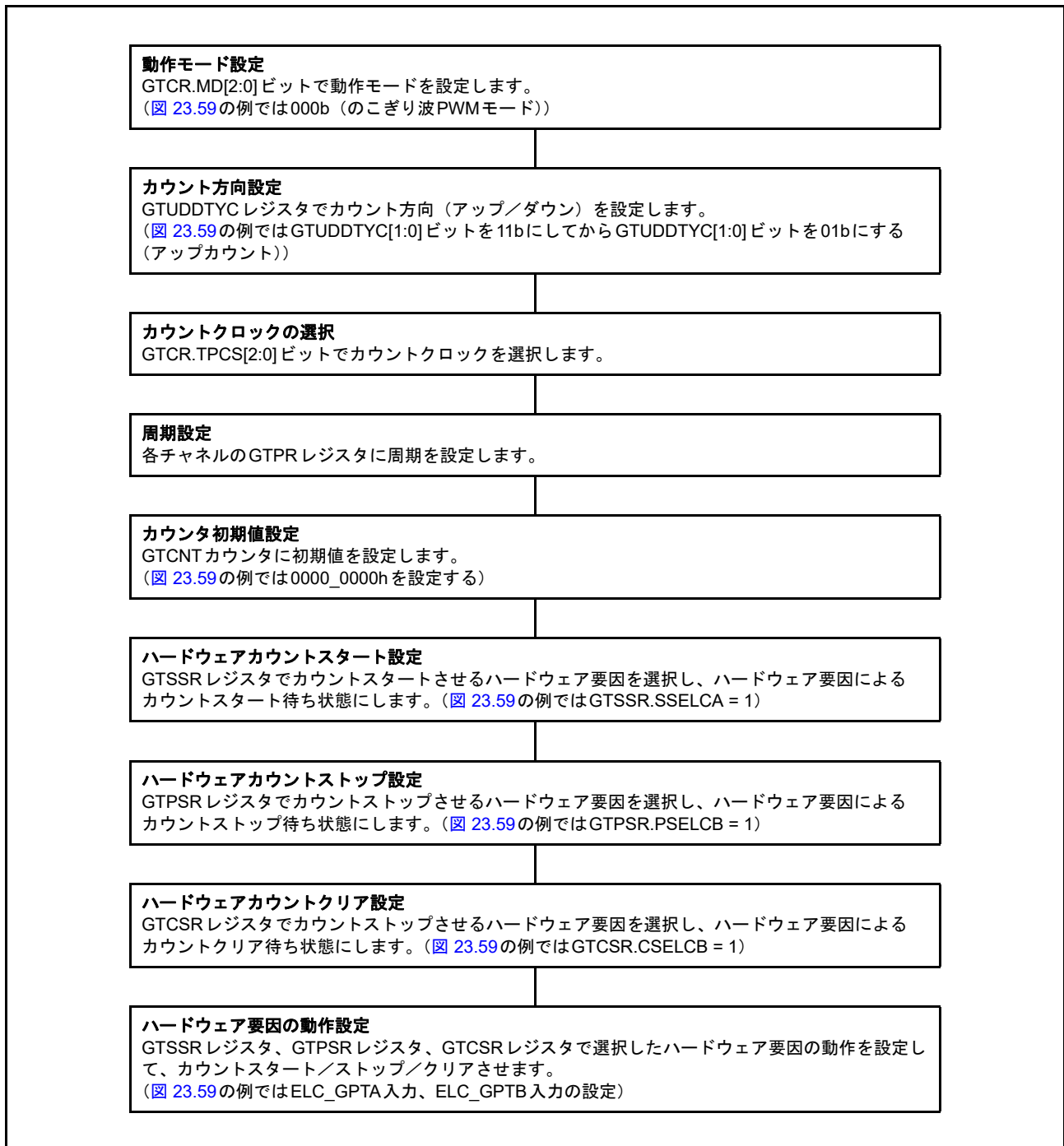


図 23.60 ハードウェア要因による同時スタート設定例

23.3.9 PWM 出力動作例

(1) 同期 PWM 出力

複数の GPT を使用することで、最大 10 チャンネル 20 相の連動した PWM 波形を出力します。

図 23.61 に、4 チャンネルをのこぎり波 PWM モードで同期動作させて、8 相の PWM 波形を出力させる例を示します。GTIOCA 端子は、初期値として Low 出力、GTCCRA レジスタのコンペアマッチで High 出力、周期の終わりで Low 出力するように設定されています。GTIOCB 端子は、初期値として Low 出力、GTCCRB レジスタのコンペアマッチで High 出力、周期の終わりで Low 出力するように設定されています。

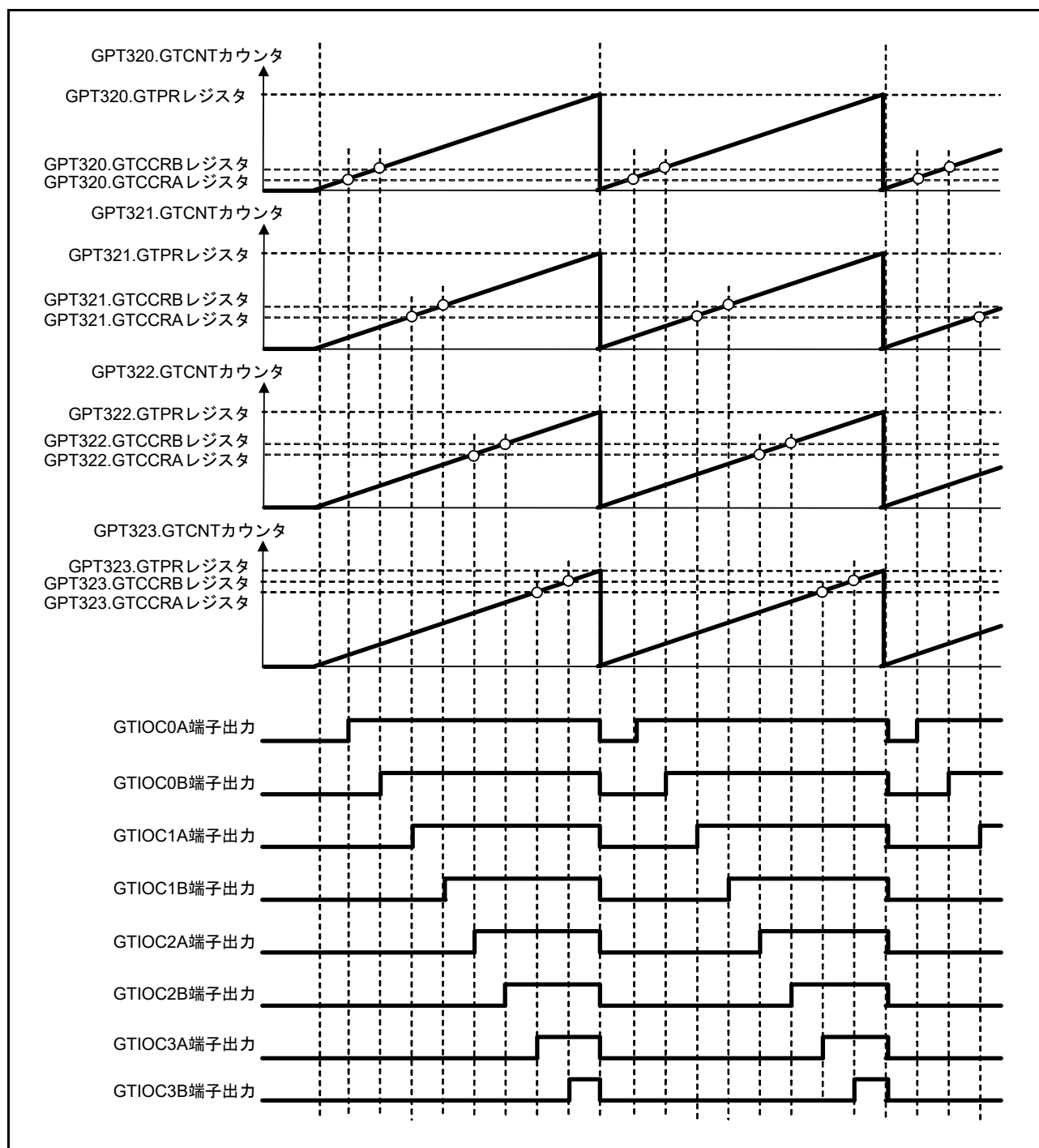


図 23.61 同期 PWM 出力例

(2) のこぎり波 3 相相補 PWM 出力

図 23.62 に、3 チャネルをのこぎり波 PWM モードで同期動作させて、3 相の相補 PWM 波形を出力させる例を示します。GTIOCA 端子は、初期値として Low 出力、GTCCRA レジスタのコンペアマッチで High 出力、周期の終わりで Low 出力するように設定されています。GTIOCB 端子は、初期値として High 出力、GTCCRB レジスタのコンペアマッチで Low 出力、周期の終わりで High 出力するように設定されています。

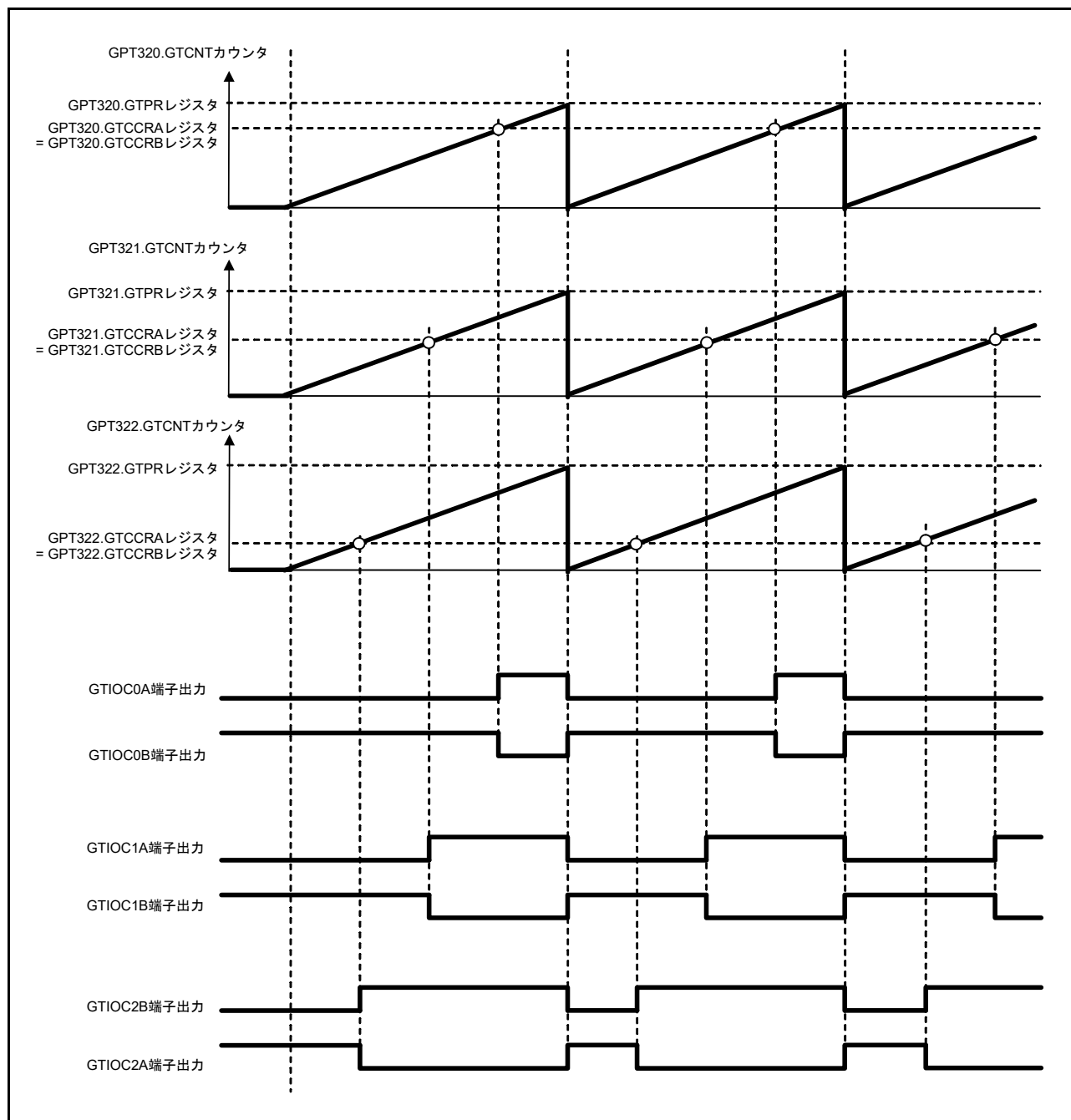


図 23.62 のこぎり波 3 相相補 PWM 出力例

(3) のこぎり波 3 相相補 PWM 出力 (デッドタイム自動設定)

図 23.63 に、デッドタイム自動設定機能を使用して、3 チャネルをのこぎり波ワンショットパルスモードで同期動作させ、3 相の相補 PWM 波形を出力させる例を示します。GTIOCA 端子は、初期値として Low 出力、GTCCRA レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力を保持するように設定されています。GTIOCB 端子は、初期値として High 出力、GTCCRB レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力を保持するように設定されています。

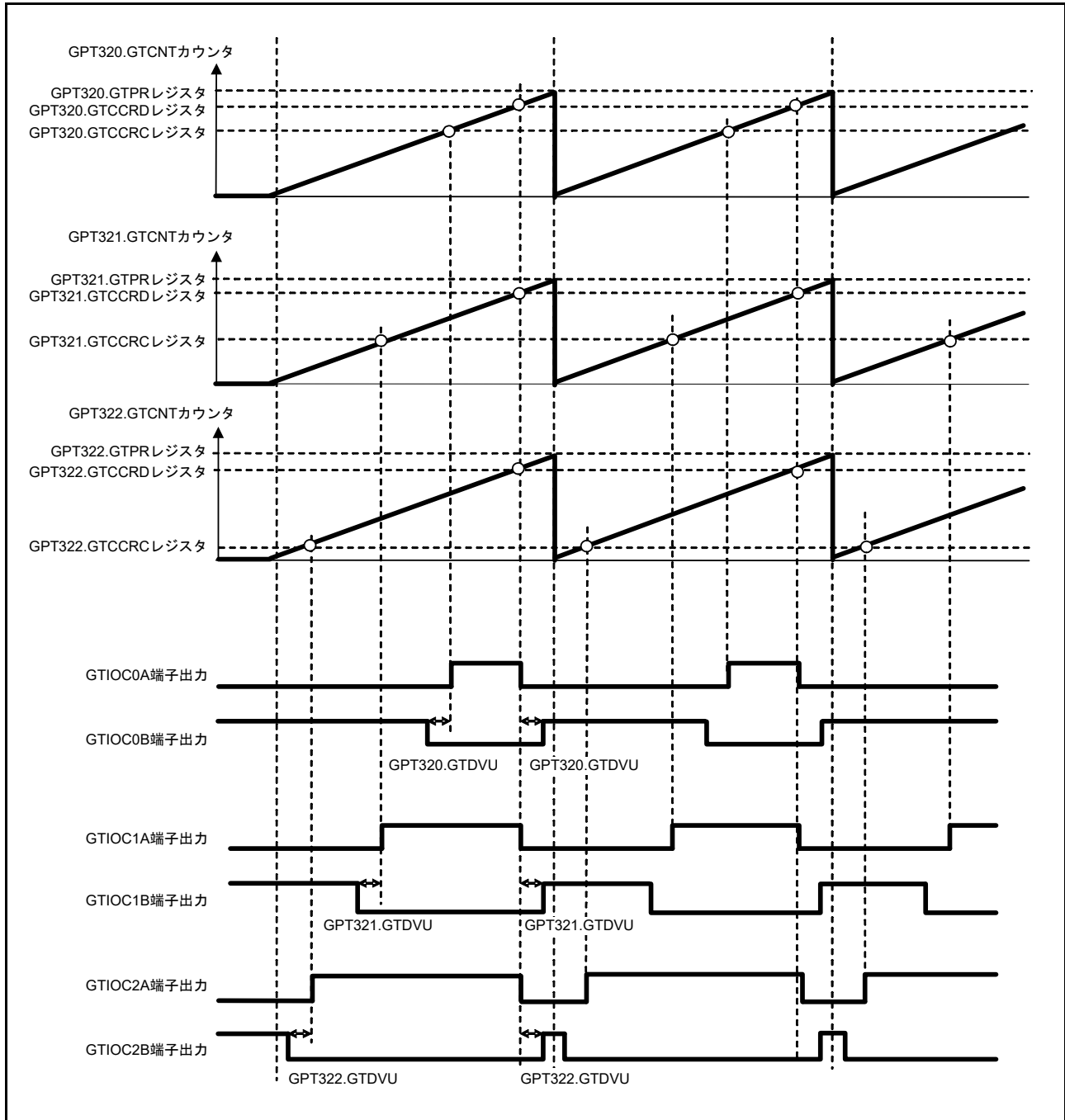


図 23.63 のこぎり波 3 相相補 PWM 出力例 (デッドタイム自動設定)

(4) 三角波 3 相相補 PWM 出力

図 23.64 に、3 チャンネルを三角波 PWM モード 1 で同期動作させて、3 相の相補 PWM 波形を出力させる例を示します。GTIOCA 端子は、初期値として Low 出力、GTCCRA レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力を保持するように設定されています。GTIOCB 端子は、初期値として High 出力、GTCCRB レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力を保持するように設定されています。

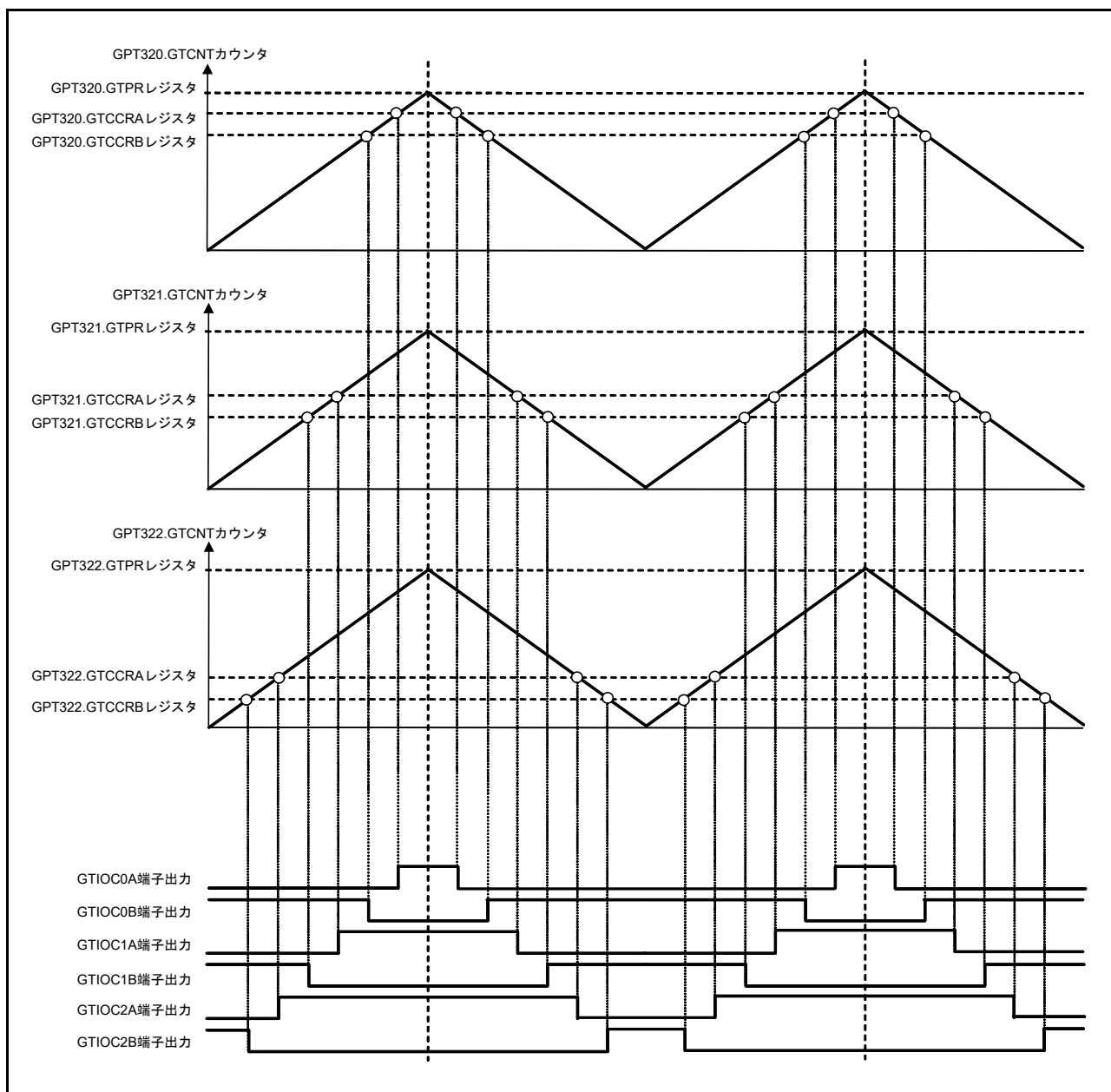


図 23.64 三角波 3 相相補 PWM 出力例

(5) 三角波 3 相相補 PWM 出力 (デッドタイム自動設定)

図 23.65 に、デッドタイム自動設定機能を使用して、3 チャンネルを三角波 PWM モード 1 で同期動作させ、3 相の相補 PWM 波形を出力させる例を示します。GTIOCA 端子は、初期値として Low 出力、GTCCRA レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力を保持するように設定されています。GTIOCB 端子は、初期値として High 出力、GTCCRB レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力を保持するように設定されています。

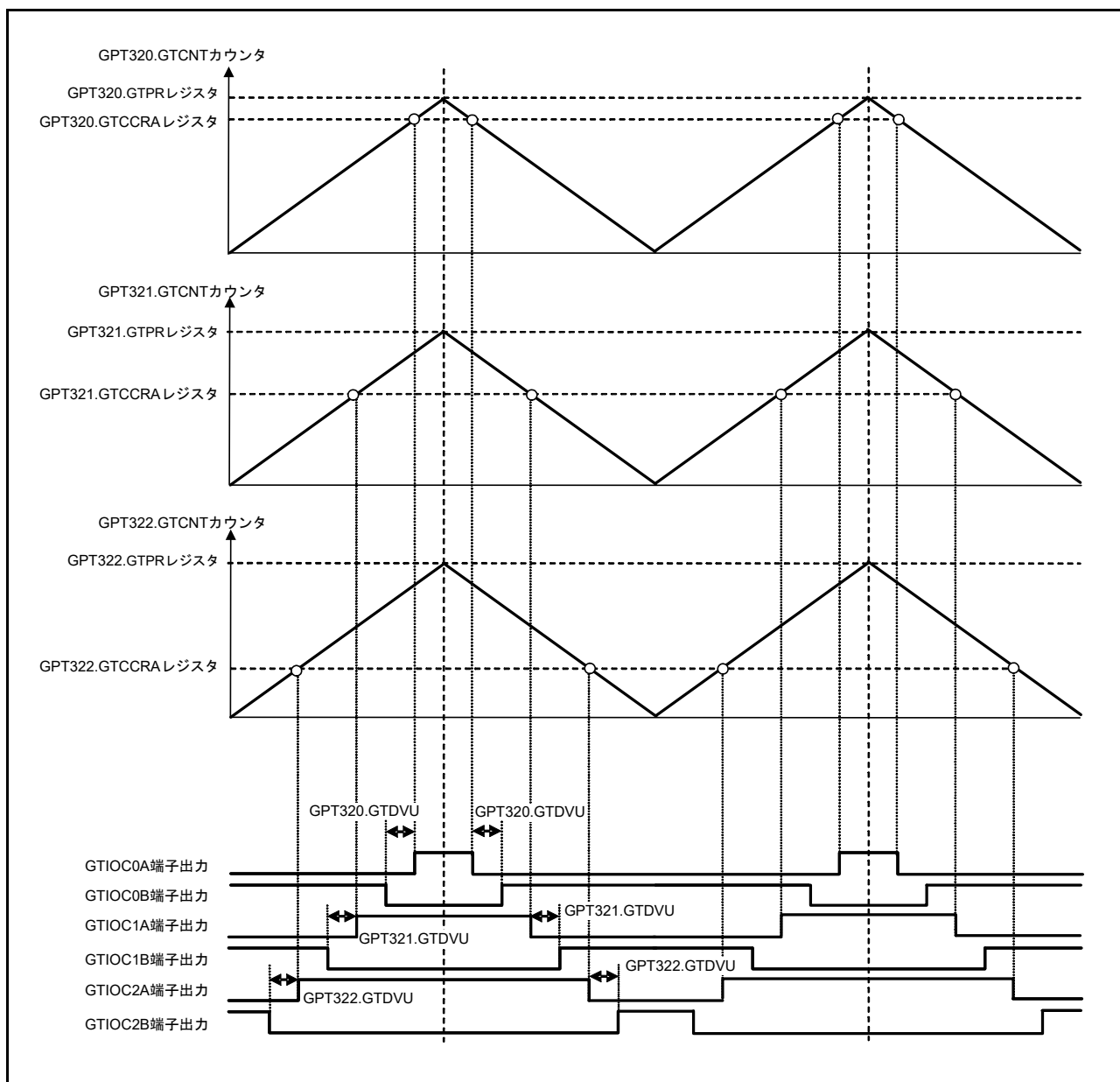


図 23.65 三角波 3 相相補 PWM 出力例 (デッドタイム自動設定)

(6) 非対称三角波 3 相相補 PWM 出力 (デッドタイム自動設定)

図 23.66 に、デッドタイム自動設定機能を使用して、3 チャネルを三角波 PWM モード 3 で同期動作させ、3 相の相補 PWM 波形を出力させる例を示します。GTIOCA 端子は、初期値として Low 出力、GTCCRA レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力を保持するように設定されています。GTIOCB 端子は、初期値として High 出力、GTCCRB レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力を保持するように設定されています。

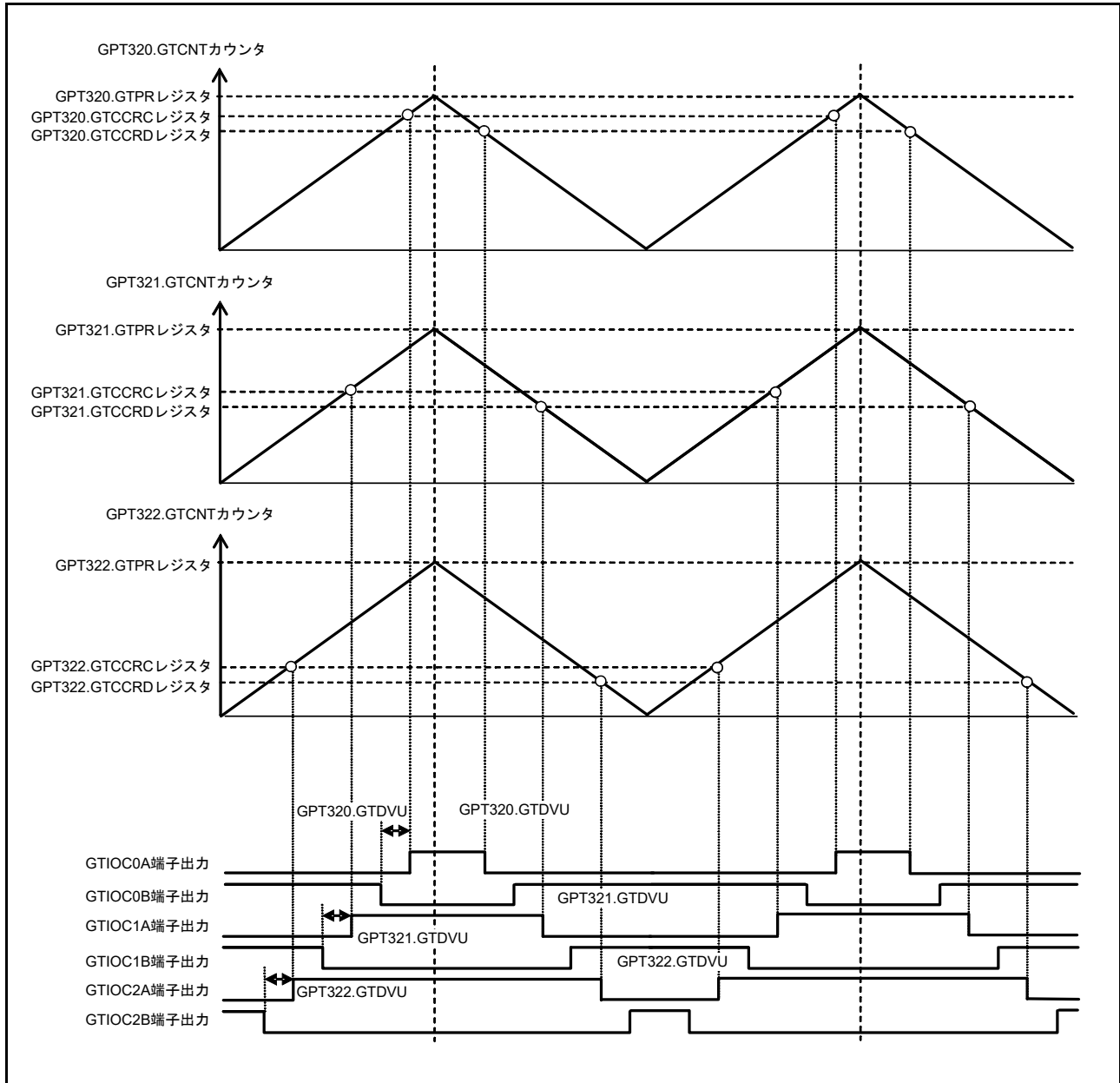


図 23.66 非対称三角波 3 相相補 PWM 出力例 (デッドタイム自動設定)

23.3.10 位相計数機能

GTIOCA 端子入力と GTIOCB 端子入力の間で位相差が検出されると、対応する GTCNT カウンタがカウントアップまたはカウントダウンを実行します。GTUPSR および GTDNSR レジスタに設定されている GTIOCA 端子入力と GTIOCB 端子入力のレベルとエッジの関係が、どのような組み合わせであっても位相差を検出できます。カウント動作については、[23.3.1.1 カウンタ動作](#)を参照してください。

[図 23.67](#) ~ [図 23.76](#) に、位相計数モード 1 ~ 5 を示します。[表 23.7](#) ~ [表 23.16](#) に、アップカウント/ダウンカウントの条件と、GTUPSR および GTDNSR レジスタの設定値を示します。

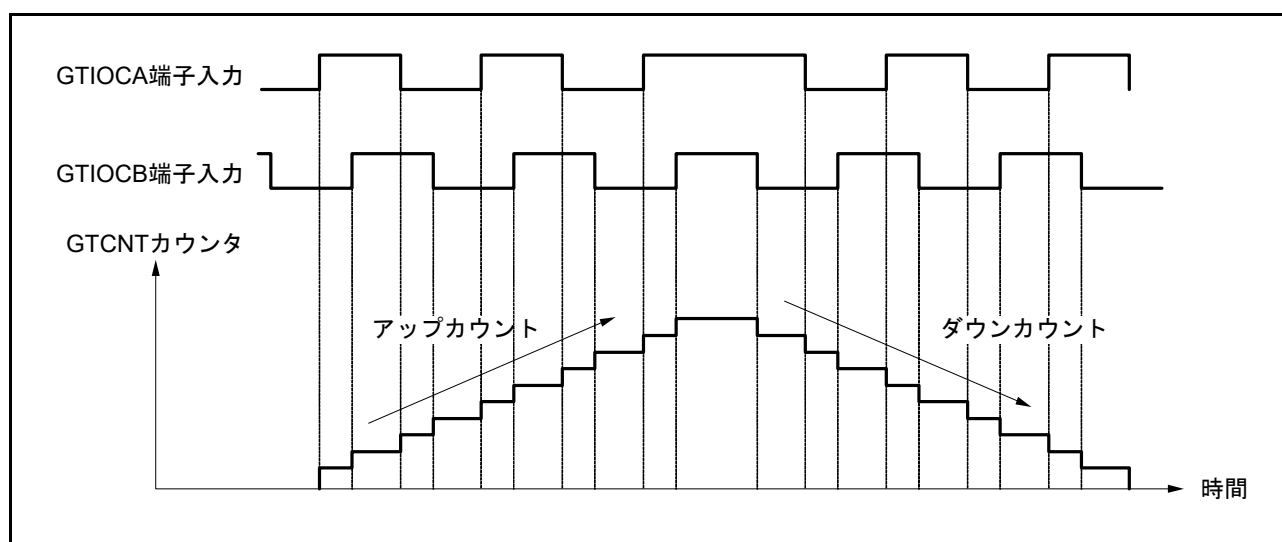


図 23.67 位相計数モード 1 動作例

表 23.7 位相計数モード1でのアップカウント/ダウンカウントの条件

| GTIOCA 端子入力 | GTIOCB 端子入力 | 動作 | レジスタ設定値 |
|-------------|-------------|---------|--|
| High | | アップカウント | GTUPSR レジスタ = 00006900h GTDNSR レジスタ = 00009600h |
| Low | | | |
| | Low | | |
| | High | | |
| High | | ダウンカウント | |
| Low | | | |
| | High | | |
| | Low | | |

: 立ち上がりエッジ

: 立ち下がりエッジ

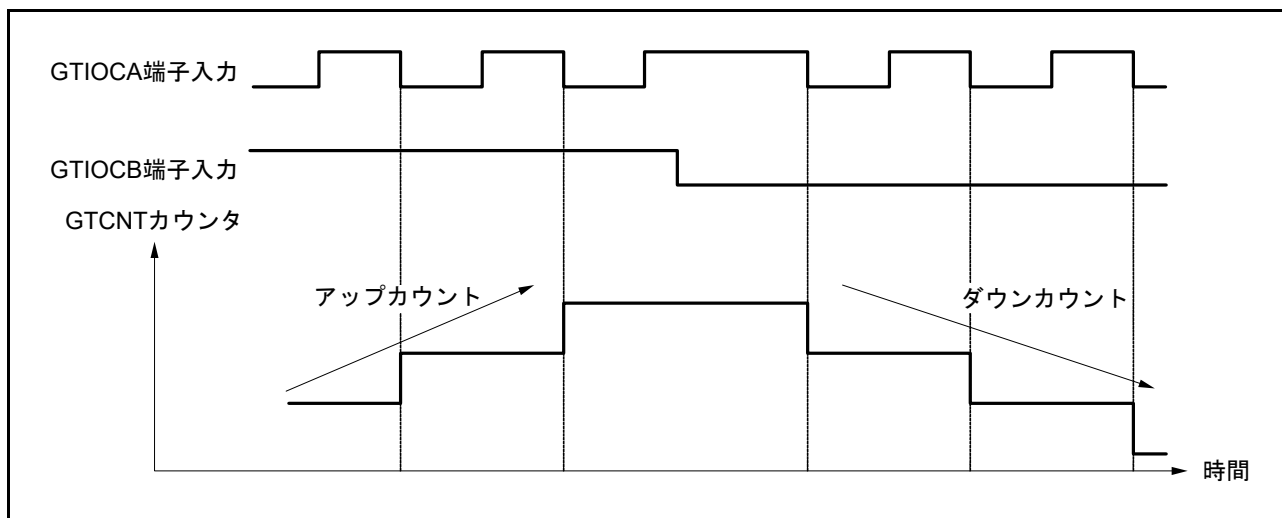


図 23.68 位相計数モード2 動作例 (A)

表 23.8 位相計数モード2でのアップカウント/ダウンカウントの条件 (A)

| GTIOCA 端子入力 | GTIOCB 端子入力 | 動作 | レジスタ設定値 |
|-------------|-------------|------------|--|
| High | ↑ | Don't care | GTUPSR レジスタ = 00000800h GTDNSR レジスタ = 00000400h |
| Low | ↓ | | |
| ↑ | Low | アップカウント | |
| ↓ | High | | |
| High | ↓ | Don't care | |
| Low | ↑ | | |
| ↑ | High | ダウンカウント | |
| ↓ | Low | | |

↑ : 立ち上がりエッジ

↓ : 立ち下がりエッジ

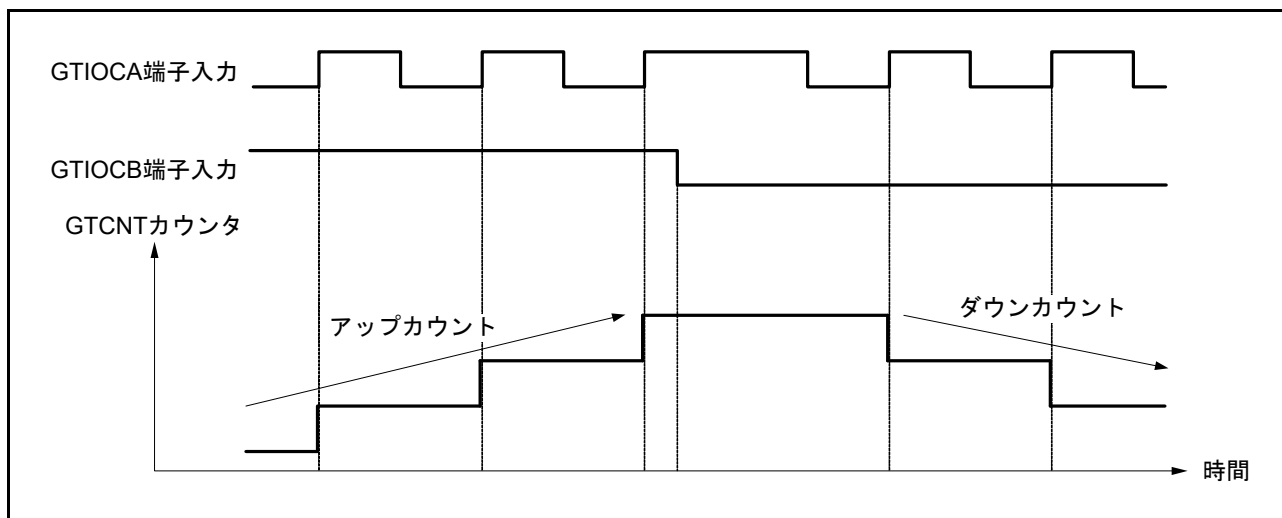


図 23.69 位相計数モード2 動作例 (B)

表 23.9 位相計数モード2でのアップカウント/ダウンカウントの条件 (B)

| GTIOCA 端子入力 | GTIOCB 端子入力 | 動作 | レジスタ設定値 |
|-------------|-------------|------------|--|
| High | ↑ | Don't care | GTUPSR レジスタ = 00000200h GTDNSR レジスタ = 00000100h |
| Low | ↓ | Don't care | |
| ↑ | Low | ダウンカウント | |
| ↓ | High | Don't care | |
| High | ↓ | Don't care | |
| Low | ↑ | Don't care | |
| ↑ | High | アップカウント | |
| ↓ | Low | Don't care | |

↑ : 立ち上がりエッジ
↓ : 立ち下がりエッジ

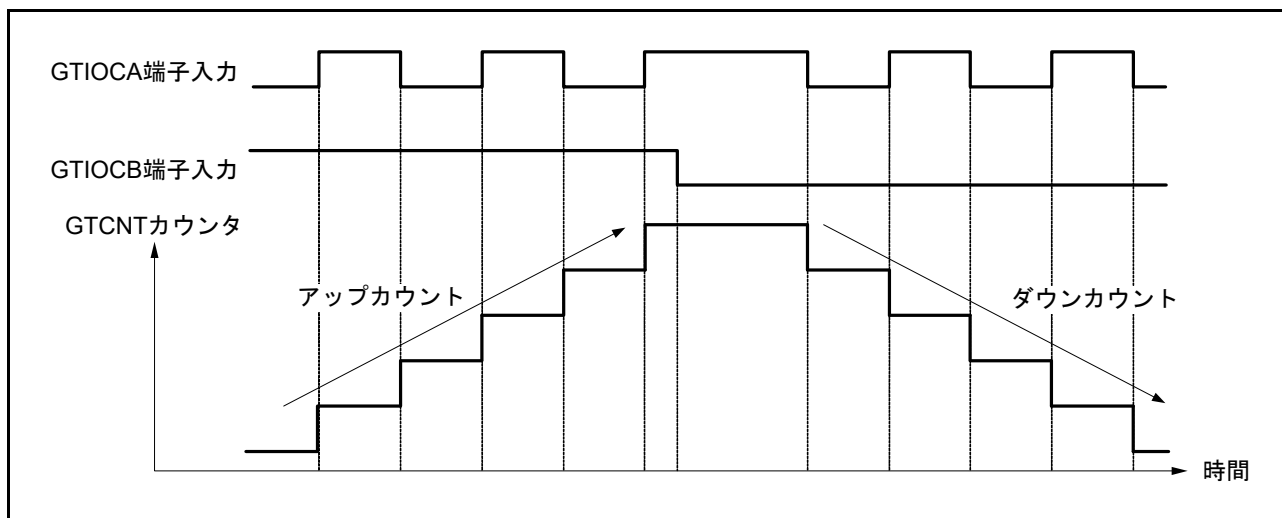


図 23.70 位相計数モード2 動作例 (C)

表 23.10 位相計数モード2でのアップカウント/ダウンカウントの条件 (C)

| GTIOCA 端子入力 | GTIOCB 端子入力 | 動作 | レジスタ設定値 |
|-------------|-------------|------------|--|
| High | | Don't care | GTUPSR レジスタ = 00000A00h GTDNSR レジスタ = 00000500h |
| Low | | Don't care | |
| | Low | ダウンカウント | |
| | High | アップカウント | |
| High | | Don't care | |
| Low | | Don't care | |
| | High | アップカウント | |
| | Low | ダウンカウント | |

: 立ち上がりエッジ

: 立ち下がりエッジ

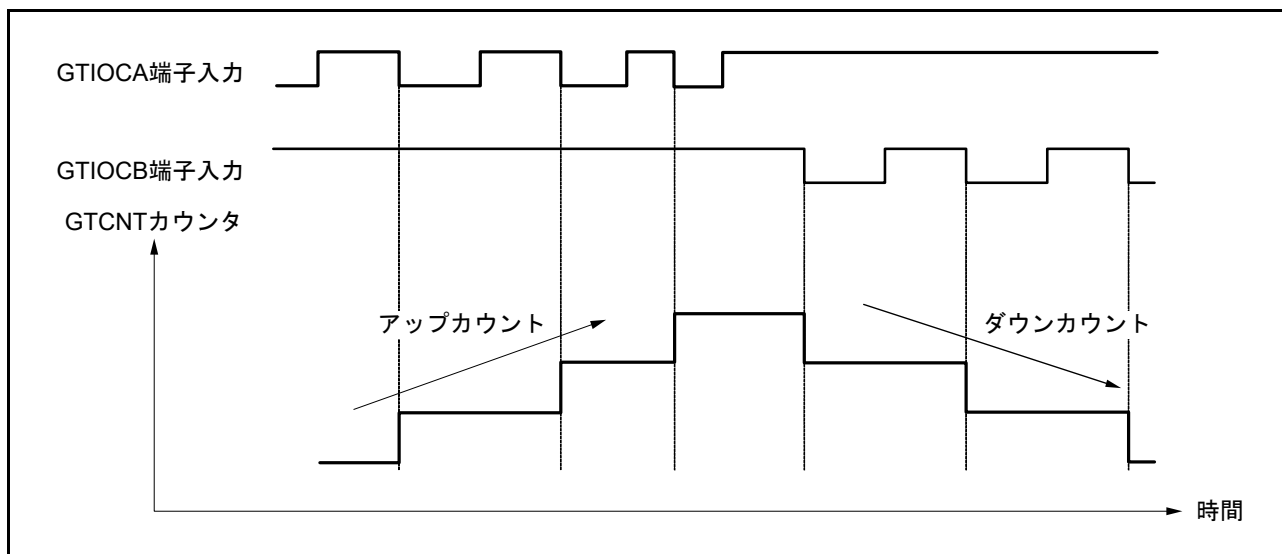


図 23.71 位相計数モード3 動作例 (A)

表 23.11 位相計数モード3でのアップカウント/ダウンカウントの条件 (A)

| GTIOCA 端子入力 | GTIOCB 端子入力 | 動作 | レジスタ設定値 |
|-------------|-------------|------------|--|
| High | | Don't care | GTUPSR レジスタ = 00000800h GTDNSR レジスタ = 00008000h |
| Low | | | |
| | Low | アップカウント | |
| | High | ダウンカウント | |
| High | | Don't care | |
| Low | | | |
| | High | | |
| | Low | | |

: 立ち上がりエッジ
 : 立ち下がりエッジ

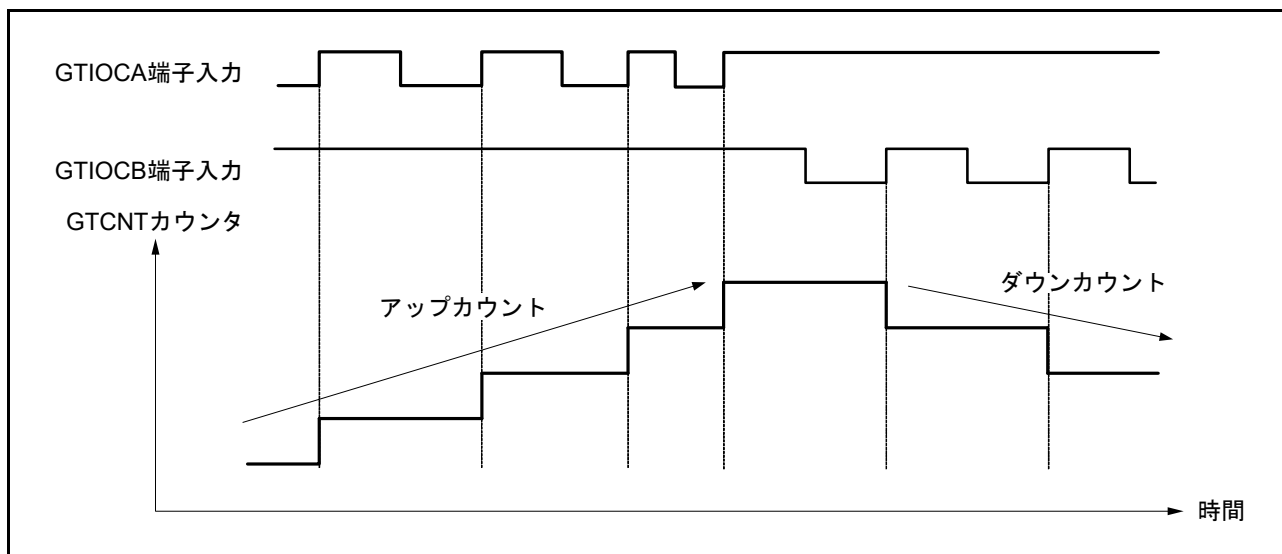


図 23.72 位相計数モード3 動作例 (B)

表 23.12 位相計数モード3でのアップカウント/ダウンカウントの条件 (B)

| GTIOCA 端子入力 | GTIOCB 端子入力 | 動作 | レジスタ設定値 |
|-------------|-------------|------------|--|
| High | | ダウンカウント | GTUPSR レジスタ = 00000200h GTDNSR レジスタ = 00002000h |
| Low | | Don't care | |
| | Low | | |
| | High | | |
| High | | | |
| Low | | | |
| | High | アップカウント | |
| | Low | Don't care | |

: 立ち上がりエッジ
 : 立ち下がりエッジ

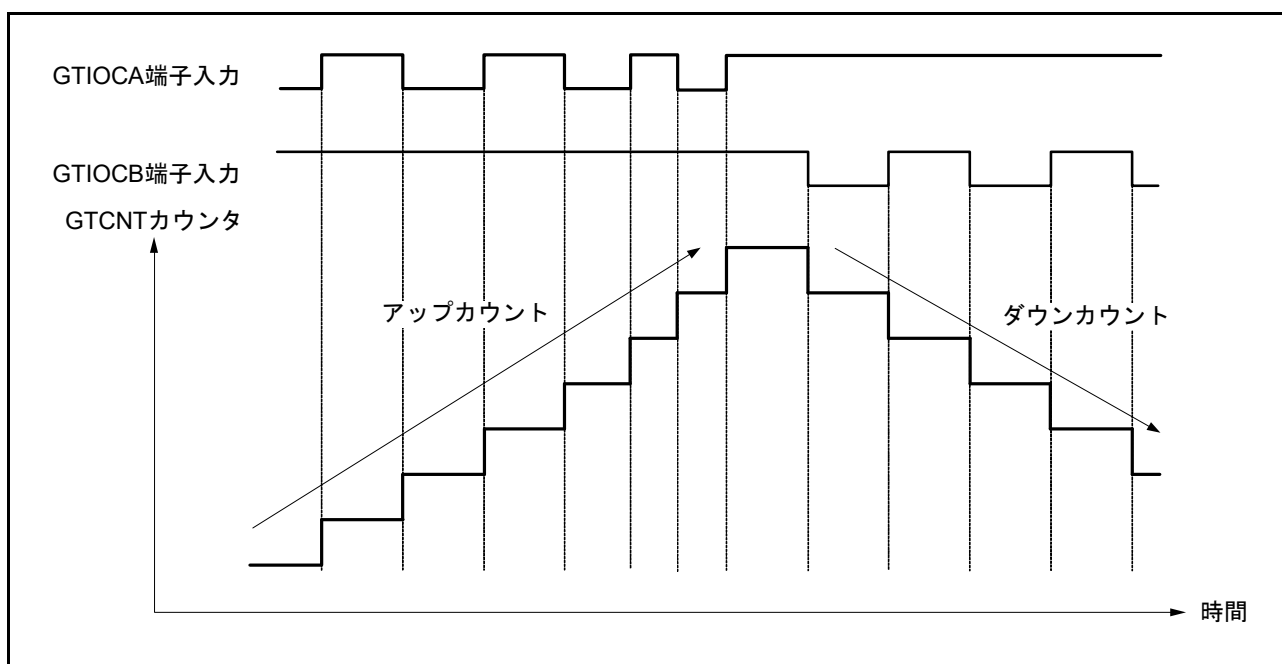


図 23.73 位相計数モード3 動作例 (C)

表 23.13 位相計数モード3でのアップカウント/ダウンカウントの条件 (C)

| GTIOCA 端子入力 | GTIOCB 端子入力 | 動作 | レジスタ設定値 |
|-------------|-------------|------------|--|
| High | | ダウンカウント | GTUPSR レジスタ = 00000A00h GTDNSR レジスタ = 0000A000h |
| Low | | Don't care | |
| | Low | | |
| | High | アップカウント | |
| High | | ダウンカウント | |
| Low | | Don't care | |
| | High | アップカウント | |
| | Low | Don't care | |

: 立ち上がりエッジ

: 立ち下がりエッジ

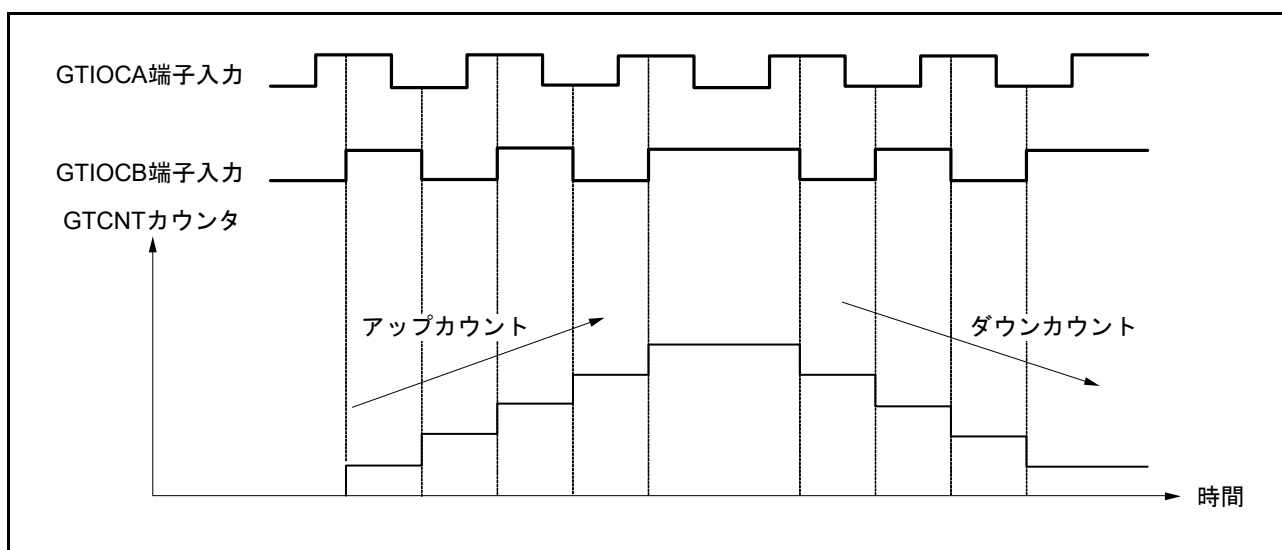


図 23.74 位相計数モード4 動作例

表 23.14 位相計数モード4でのアップカウント/ダウンカウントの条件

| GTIOCA 端子入力 | GTIOCB 端子入力 | 動作 | レジスタ設定値 |
|-------------|-------------|------------|--|
| High | ↑ | アップカウント | GTUPSR レジスタ = 00006000h GTDNSR レジスタ = 00009000h |
| Low | ↓ | アップカウント | |
| ↑ | Low | Don't care | |
| ↓ | High | Don't care | |
| High | ↓ | ダウンカウント | |
| Low | ↑ | ダウンカウント | |
| ↑ | High | Don't care | |
| ↓ | Low | Don't care | |

↑ : 立ち上がりエッジ
↓ : 立ち下がりエッジ

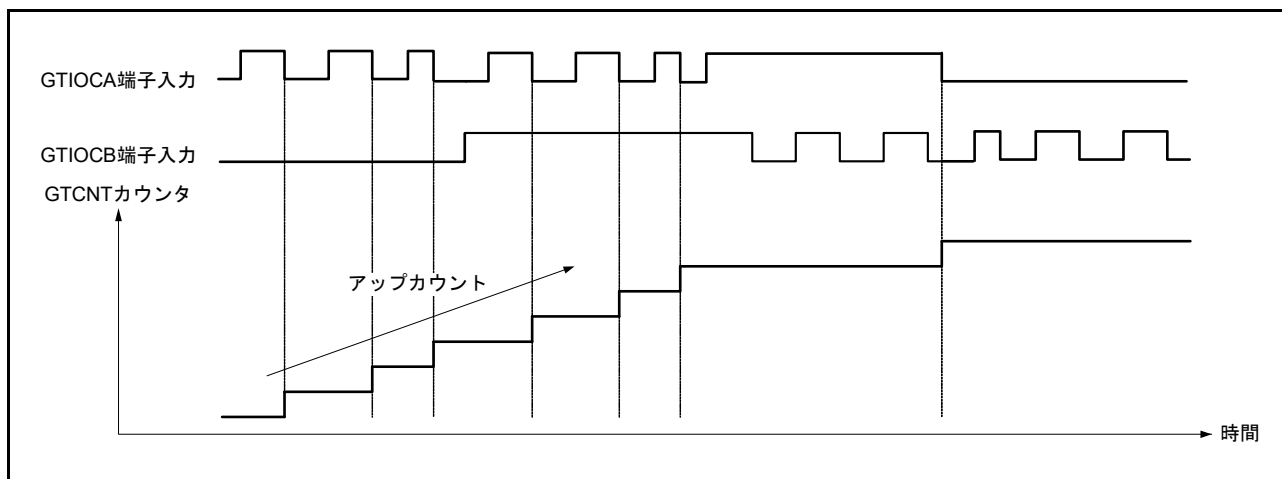


図 23.75 位相計数モード5 動作例 (A)

表 23.15 位相計数モード5でのアップカウント/ダウンカウントの条件 (A)

| GTIOCA 端子入力 | GTIOCB 端子入力 | 動作 | レジスタ設定値 |
|-------------|-------------|------------|--|
| High | | Don't care | GTUPSR レジスタ = 00000C00h GTDNSR レジスタ = 00000000h |
| Low | | | |
| | Low | アップカウント | |
| | High | | |
| High | | Don't care | |
| Low | | | |
| | High | アップカウント | |
| | Low | | |

: 立ち上がりエッジ

: 立ち下がりエッジ

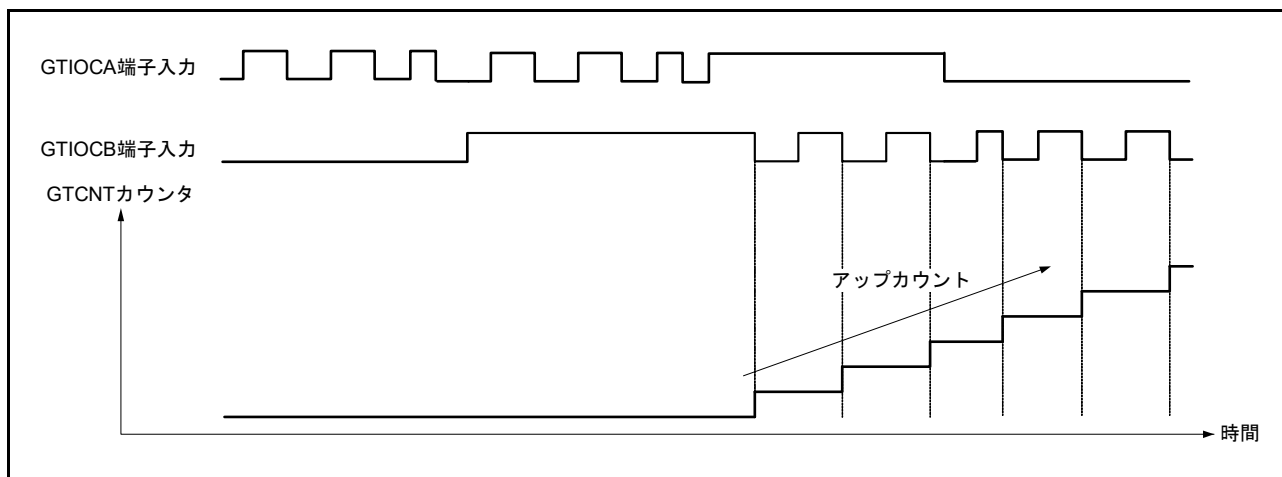


図 23.76 位相計数モード5 動作例 (B)

表 23.16 位相計数モード5でのアップカウント/ダウンカウントの条件 (B)

| GTIOCA端子入力 | GTIOCB端子入力 | 動作 | レジスタ設定値 |
|------------|------------|------------|--|
| High | | Don't care | GTUPSR レジスタ = 0000C000h GTDNSR レジスタ = 00000000h |
| Low | | アップカウント | |
| | Low | Don't care | |
| | High | Don't care | |
| High | | アップカウント | |
| Low | | Don't care | |
| | High | Don't care | |
| | Low | Don't care | |

: 立ち上がりエッジ

: 立ち下がりエッジ

23.3.11 出力相切り替え (GPT_OPS)

GPT_OPS は、出力相切り替えコントロールレジスタ (OPSCR) によるブラシレス DC モータ動作の簡易制御機能を提供しています。

GPT_OPS は、6相モータ制御の各相 (U 正相/逆相、V 正相/逆相、W 正相/逆相) のレベル信号またはチョップ制御に使用する PWM 信号を出力します。この機能では、ソフトウェアで設定したソフト設定値 (OPSCR.UF、VF、WF ビット)、ホール素子により検知した外部信号、GPT320.GTIOCA 端子の PWM 波形などを使用します。

図 23.77 に GPT_OPS 制御フローの概念図を示します。

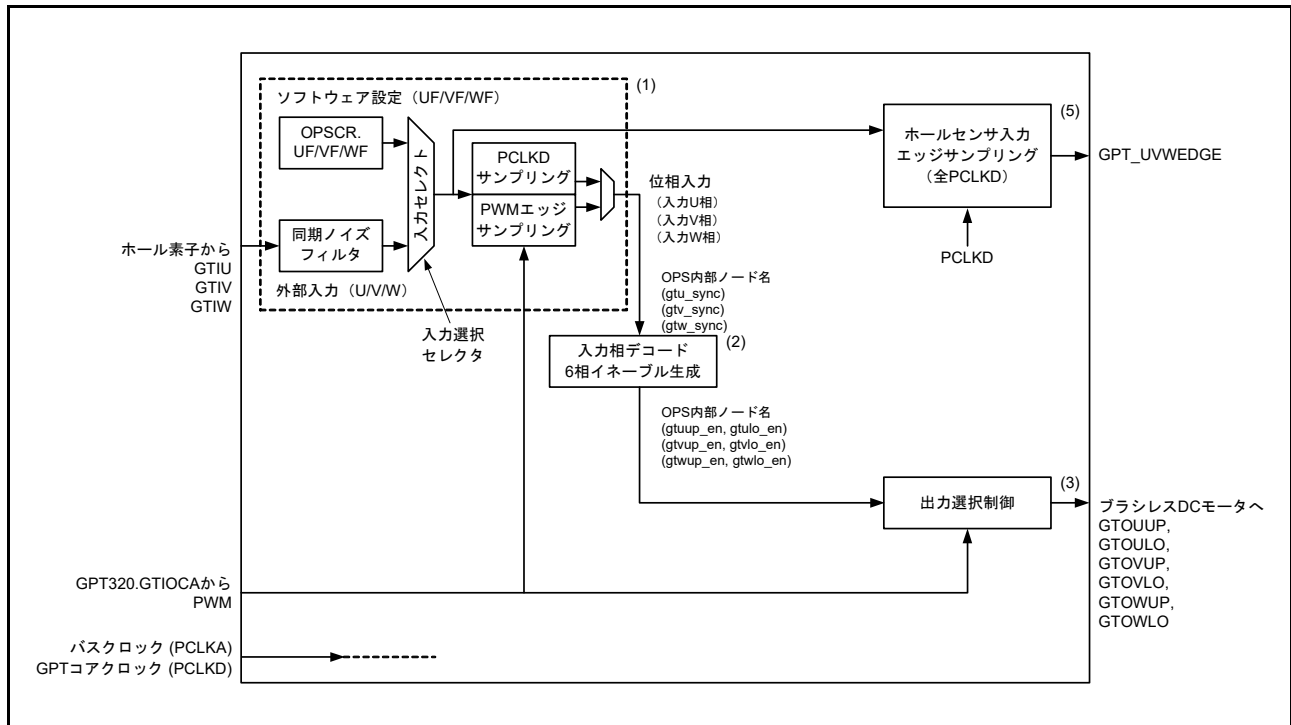


図 23.77 GPT_OPS 制御フロー概念図

図 23.78 に GPT_OPS 動作の 6 相レベル信号出力例を示します。

図 23.78 の GPT_UVWEDGE 信号は、ELC 出力へのホールセンサ入力エッジです。

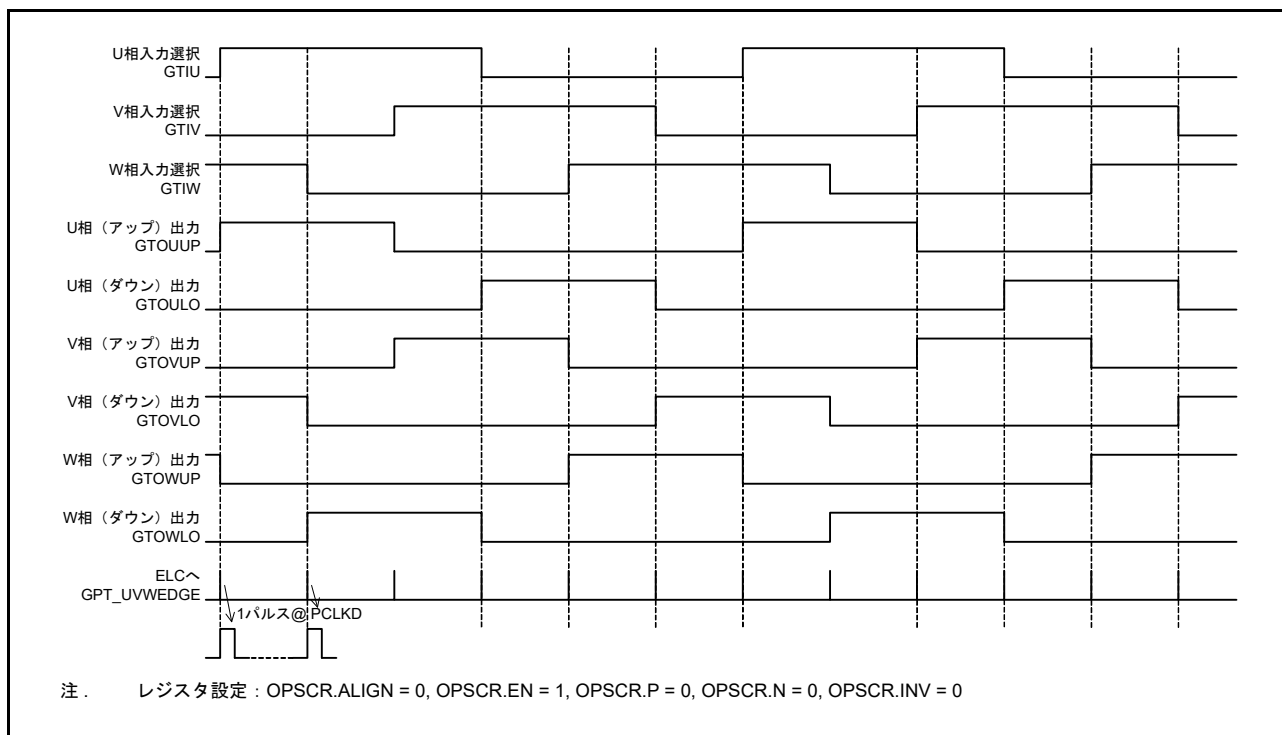


図 23.78 6 相レベル出力動作例

図 23.79 に GPT_OPS 動作の 6 相 PWM 出力例 (チョップ制御) を示します。

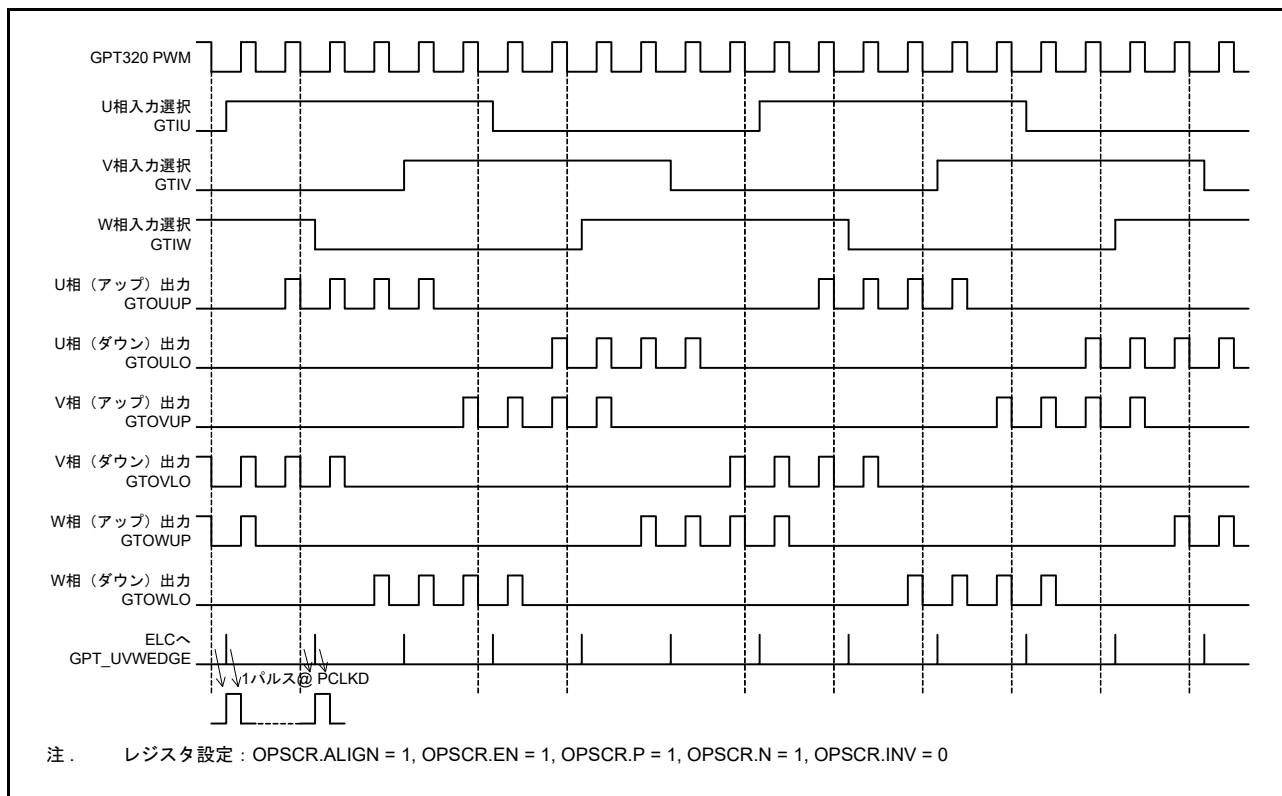


図 23.79 6 相 PWM 出力動作例 (チョップ制御)

図 23.80 に出力禁止制御の例 (6相PWM出力動作) を示します。

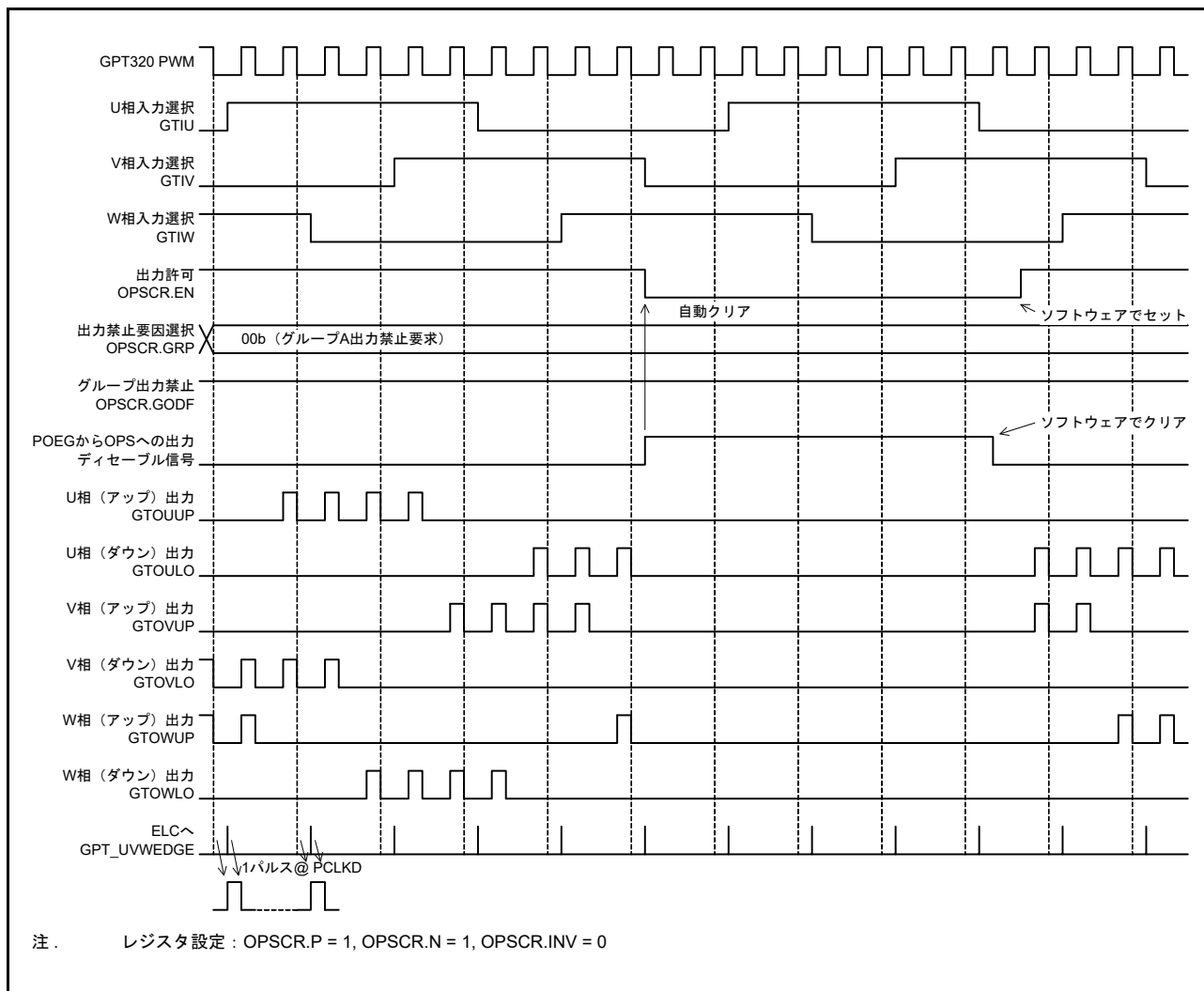


図 23.80 グループ出力禁止制御動作例

23.3.11.1 外部入力信号の同期および入力選択

図 23.77 に示す GPT_OPS 制御フロー概念図の (1) の部分では、ソフトウェア設定による入力相と OPSCR.FB ビットによる外部入力を選択します。

OPSCR.FB ビット=0 の場合、外部入力を選択してください。GPT コアクロック (PCLKD) で同期してから入力信号を許可してください。ノイズフィルタ (オプション) 実施後、OPSCR.ALIGN ビット=1 でサンプリングした立ち下がりエッジで、外部入力を PWM (GPT320.GTIOCA 端子の PWM) の入力相に設定してください。

OPSCR.FB ビット=1 の場合、OPSCR.ALIGN ビット=1 でサンプリングした立ち下がりエッジで、PWM (GPT320.GTIOCA 端子の PWM) の入力相の値でソフト設定 (OPSCR.UF、VF、WF ビット) を選択してください。

OPSCR.ALIGN ビット=0 の場合、OPSCR.FB ビット=0 または 1 のいずれにおいても、GPT_OPS は PCLKD 同期の入力相で動作します。ただし、切り替えタイミング (直前/直後) の出力 U/V/W 相 (PWM 出力モード) の PWM パルス幅が狭くなる場合があります。

表 23.17 に、入力選択処理と対応する OPSCR レジスタのビット設定を示します。

表 23.17 入力選択処理方法

| OPSCR レジスタ | | 入力相サンプリング方法の選択 (U/V/W相) | 同期入出力選択処理 (GPT_OPS内部ノード名) |
|------------|----------|---|--|
| FBビット | ALIGNビット | | |
| 0 | 1 | PWM立ち下がりエッジサンプリングでの外部入力 (PCLKD同期 + 立ち下がりエッジサンプル) | 入力相 入力U相 (gtu_sync) 入力V相 (gtv_sync) 入力W相 (gtw_sync) |
| | 0 | PCLKD同期出力での外部入力 (PCLKD同期 + スルーモード) | |
| 1 | 1 | PWM立ち下がりエッジサンプリングでのソフトウェア設定 (立ち下がりエッジサンプルのOPSCR.UF、VF、WFビット) | |
| | 0 | ソフトウェア設定値選択 (= OPSCR.UF/VF/WF ビット値) (= PCLKD同期) | |

23.3.11.2 入力サンプリング

OPSCR.U、V、W ビットは、OPSCR.FB ビットで選択した入力の PCLKD サンプリング結果を示します。

OPSCR.FB ビット=0 の場合、GPT コアクロック (PCLKD) との同期およびノイズフィルタリング (オプション) 後に、OPSCR.U、V、W ビットは外部入力のサンプリング結果を示します。OPSCR.FB ビット=1 の場合、OPSCR.U、V、W ビットはソフト設定値 (OPSCR.UF、VF、WF ビット) です。

23.3.11.3 入力相デコード

図 23.77 に示す GPT_OPS 制御フロー概念図の (2) の部分では、OPSCR.FB ビットで選択した入力相をデコードすることにより、6 相信号を有効にします。6 相許可信号は、GPT_OPS の内部処理に使用されます。

表 23.18 に入力相のデコード表を示します。

表 23.18 入力相デコード表

| 入力相 (U/V/W) (GPT_OPS内部ノード名) | | | 入力相のデコードによる6相許可[U/V/W (Up/Lo)] (GPT_OPS内部ノード名) | | | | | |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 入力U相 (gtu_sync) | 入力V相 (gtv_sync) | 入力W相 (gtw_sync) | U相 (Up) (gtuup_en) | U相 (Lo) (gtulo_en) | V相 (Up) (gtvup_en) | V相 (Lo) (gtvlo_en) | W相 (Up) (gtwup_en) | W相 (Lo) (gtwlo_en) |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

23.3.11.4 出力選択制御

図 23.77 に示す GPT_OPS 制御フロー概念図の (3) の部分では、OPSCR レジスタのビットを設定することによって出力波形を選択します。

出力選択に関連するビットを以下に示します。

- OPSCR.EN ビット : 6 相出力の出力/停止を制御
- OPSCR.P ビットおよび OPSCR.N ビット : 出力相に対してレベル信号/ PWM 信号 (チョッパ出力) を選択可能
- 出力相の極性は、OPSCR.INV ビットで正論理/負論理に設定可能

表 23.19 および表 23.20 に、OPSCR レジスタのビットを使用した出力選択制御方法を示します。

表 23.19 出力選択制御方法 (正相)

| イネーブル相出力制御 | 正相出力 (P) 制御 | 反転相出力制御 | 出力ポート名 (正相 = Up) (出力選択内部ノード割り当て) | |
|--------------|-------------|---------------|---|---------------------------------------|
| OPSCR.EN ビット | OPSCR.P ビット | OPSCR.INV ビット | GTOUUP GTOVUP GTOWUP | モード |
| 0 | x | x | 0 | 出力停止 (外部端子 Hi-Z) GPT_OPS → 0 出力 |
| 1 | 0 | 0 | レベル信号 (gtuup_en) (gtvup_en) (gtwup_en) | レベル出力モード (正相) (正論理) |
| 1 | 0 | 1 | レベル信号 (~gtuup_en) (~gtvup_en) (~gtwup_en) | レベル出力モード (正相) (負論理) |
| 1 | 1 | 0 | PWM 信号 (PWM & gtuup_en) (PWM & gtvup_en) (PWM & gtwup_en) | PWM 出力モード (正相) (正論理) |
| 1 | 1 | 1 | PWM 信号 (~(PWM & gtuup_en)) (~(PWM & gtvup_en)) (~(PWM & gtwup_en)) | PWM 出力モード (正相) (負論理) |

表 23.20 出力選択制御方法 (逆相)

| イネーブル相出力制御 | 逆相出力 (N) 制御 | 反転相出力制御 | 出力ポート名 (逆相 = Lo) (出力選択内部ノード割り当て) | |
|--------------|-------------|---------------|---|---------------------------------------|
| | | | GTOULO GTOVLO GTOWLO | モード |
| OPSCR.EN ビット | OPSCR.N ビット | OPSCR.INV ビット | | |
| 0 | x | x | 0 | 出力停止 (外部端子 Hi-Z) GPT_OPS → 0 出力 |
| 1 | 0 | 0 | レベル信号 (gtulo_en) (gtvlo_en) (gtwlo_en) | レベル出力モード (逆相) (正論理) |
| 1 | 0 | 1 | レベル信号 (~gtulo_en) (~gtvlo_en) (~gtwlo_en) | レベル出力モード (逆相) (負論理) |
| 1 | 1 | 0 | PWM 信号 (PWM & gtulo_en) (PWM & gtvlo_en) (PWM & gtwlo_en) | PWM 出力モード (逆相) (正論理) |
| 1 | 1 | 1 | PWM 信号 (~(PWM & gtulo_en)) (~(PWM & gtvlo_en)) (~(PWM & gtwlo_en)) | PWM 出力モード (逆相) (負論理) |

23.3.11.5 出力選択制御 (グループ出力禁止機能)

OPSCR.GODF ビット = 1 の場合、OPSCR.GRP[1:0] ビットで選択した信号値が High (出力禁止要求) であると、GPT_OPS 出力端子は非同期に Hi-Z に変化し、PCLKD と同期した出力禁止要求信号によって OPSCR.EN ビットは 0 になります。その応答として、ソフトウェアで出力禁止要求をクリアした後、OPSCR.EN ビットを 1 にしてください。

OPSCR.EN ビットが 0 になるタイミングは、出力禁止要求が発生してから PCLKD の 3 サイクル後です。出力禁止制御を確実に実行するには、(POEG の出力禁止要求フラグのクリアによる) 出力禁止要求の発生から停止まで、少なくとも PCLKD の 4 サイクル分待つ必要があります。グループ出力禁止制御の動作例については、[図 23.80](#) を参照してください。

23.3.11.6 イベントリンクコントローラ (ELC) 出力

[図 23.77](#) に示す GPT_OPS 制御フロー概念図の (5) の部分では、ホールセンサ入力信号エッジを ELC に出力します。

ホールセンサ入力エッジ信号は、PCLKD で検出したパルスと、入力相の U 相 / V 相 / W 相それぞれの立ち上がり / 立ち下がりエッジ信号との OR 論理となります。すなわち、入力相の U 相 / V 相 / W 相それぞれの High レベル持続期間が短いと、その時点でホールセンサエッジ入力信号は出力されません。

OPSCR.FB ビット = 0 の場合、ホールセンサ入力エッジ信号は、外部入力相の PCLKD エッジで検出したパルスの OR 論理となります。OPSCR.FB ビット = 1 の場合、ホールセンサ入力エッジ信号は、ソフト設定 (OPSCR.UF、VF、WF ビット) の PCLKD エッジで検出したパルスの OR 論理となります。

ELC への出力信号の例については、[図 23.78](#) ~ [図 23.80](#) を参照してください。

23.3.11.7 GPT OPS スタート動作設定フロー

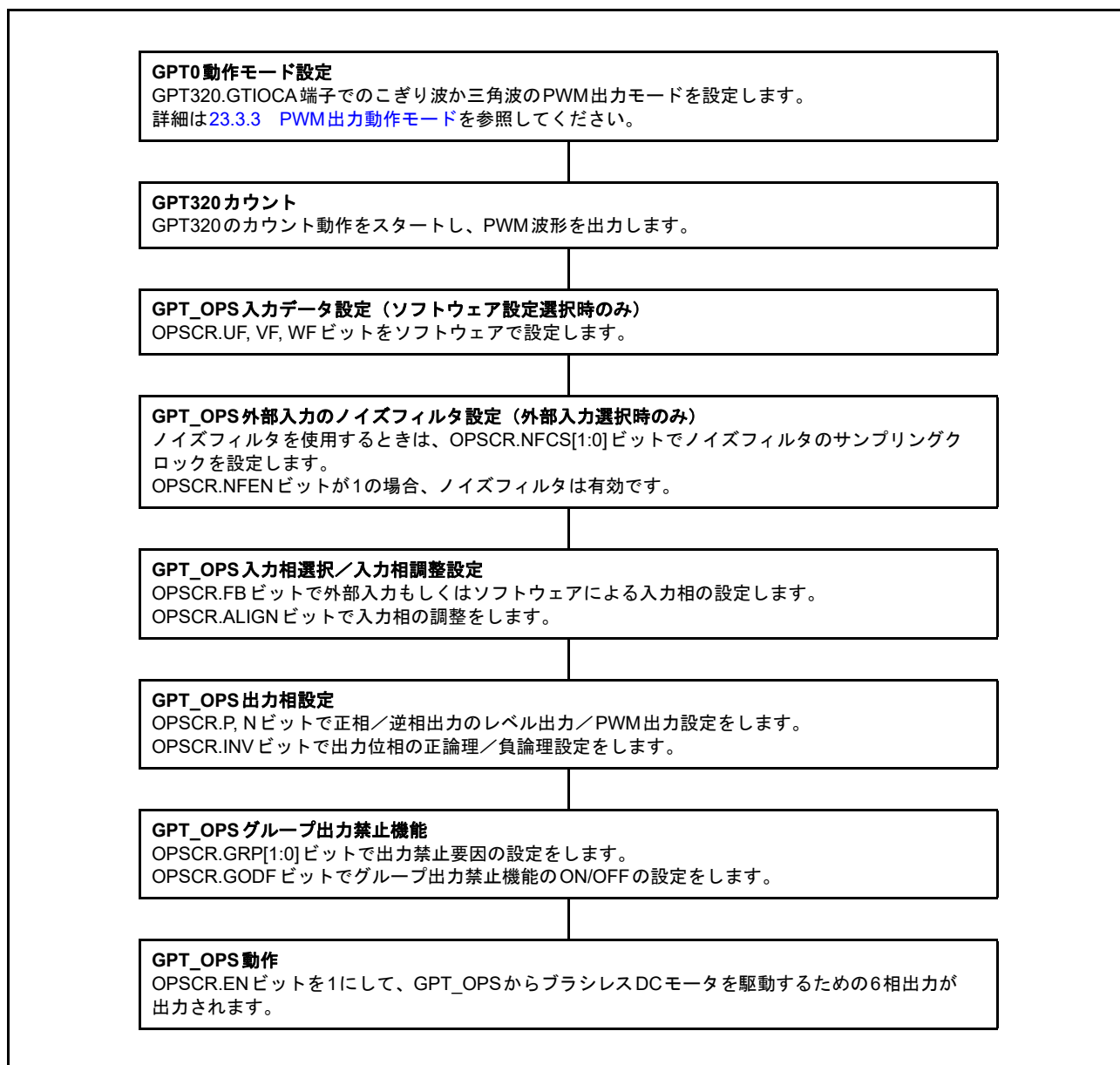


図 23.81 GPT OPS スタート動作の設定例

23.4 割り込み要因

23.4.1 割り込み要因

GPTには以下の割り込み要因があります。

- GTCCR インพุットキャプチャ/コンペアマッチ
- GTCNT カウンタオーバーフロー (GTPR コンペアマッチ) /アンダーフロー

各割り込み要因には、それぞれ専用のステータスフラグがあります。割り込み要因信号が発生すると、GTSTレジスタの対応するステータスフラグが1になります。GTSTレジスタの対応するステータスフラグは、0を書き込むことでクリアできます。フラグのセットとクリアが同時に発生した場合、フラグのクリアが優先されます。これらのフラグは、内部状態により自動更新されます。表 23.21 は、GPTの割り込み要因の一覧です。

表 23.21 割り込み要因 (1/2)

| チャネル | 名称 | 割り込み要因 | 割り込みフラグ | DMAC/DTCの起動 |
|------|------------|--|---------|-------------|
| 0 | GPT0_CCMPA | GPT320.GTCCRAインพุットキャプチャ/コンペアマッチ | TCFA | 可能 |
| | GPT0_CCMPB | GPT320.GTCCRBインพุットキャプチャ/コンペアマッチ | TCFB | 可能 |
| | GPT0_CMPC | GPT320.GTCCRCコンペアマッチ | TCFC | 可能 |
| | GPT0_CMPD | GPT320.GTCCRDコンペアマッチ | TCFD | 可能 |
| | GPT0_CMPE | GPT320.GTCCREコンペアマッチ | TCFE | 可能 |
| | GPT0_CMPF | GPT320.GTCCRFコンペアマッチ | TCFF | 可能 |
| | GPT0_OVF | GPT320.GTCNTオーバーフロー (GPT320.GTPRコンペアマッチ) | TCFPO | 可能 |
| | GPT0_UDF | GPT320.GTCNTアンダーフロー | TCFPU | 可能 |
| 1 | GPT1_CCMPA | GPT321.GTCCRAインพุットキャプチャ/コンペアマッチ | TCFA | 可能 |
| | GPT1_CCMPB | GPT321.GTCCRBインพุットキャプチャ/コンペアマッチ | TCFB | 可能 |
| | GPT1_CMPC | GPT321.GTCCRCコンペアマッチ | TCFC | 可能 |
| | GPT1_CMPD | GPT321.GTCCRDコンペアマッチ | TCFD | 可能 |
| | GPT1_CMPE | GPT321.GTCCREコンペアマッチ | TCFE | 可能 |
| | GPT1_CMPF | GPT321.GTCCRFコンペアマッチ | TCFF | 可能 |
| | GPT1_OVF | GPT321.GTCNTオーバーフロー (GPT321.GTPRコンペアマッチ) | TCFPO | 可能 |
| | GPT1_UDF | GPT321.GTCNTアンダーフロー | TCFPU | 可能 |
| 2 | GPT2_CCMPA | GPT322.GTCCRAインพุットキャプチャ/コンペアマッチ | TCFA | 可能 |
| | GPT2_CCMPB | GPT322.GTCCRBインพุットキャプチャ/コンペアマッチ | TCFB | 可能 |
| | GPT2_CMPC | GPT322.GTCCRCコンペアマッチ | TCFC | 可能 |
| | GPT2_CMPD | GPT322.GTCCRDコンペアマッチ | TCFD | 可能 |
| | GPT2_CMPE | GPT322.GTCCREコンペアマッチ | TCFE | 可能 |
| | GPT2_CMPF | GPT322.GTCCRFコンペアマッチ | TCFF | 可能 |
| | GPT2_OVF | GPT322.GTCNTオーバーフロー (GPT322.GTPRコンペアマッチ) | TCFPO | 可能 |
| | GPT2_UDF | GPT322.GTCNTアンダーフロー | TCFPU | 可能 |
| 3 | GPT3_CCMPA | GPT323.GTCCRAインพุットキャプチャ/コンペアマッチ | TCFA | 可能 |
| | GPT3_CCMPB | GPT323.GTCCRBインพุットキャプチャ/コンペアマッチ | TCFB | 可能 |
| | GPT3_CMPC | GPT323.GTCCRCコンペアマッチ | TCFC | 可能 |
| | GPT3_CMPD | GPT323.GTCCRDコンペアマッチ | TCFD | 可能 |
| | GPT3_CMPE | GPT323.GTCCREコンペアマッチ | TCFE | 可能 |
| | GPT3_CMPF | GPT323.GTCCRFコンペアマッチ | TCFF | 可能 |
| | GPT3_OVF | GPT323.GTCNTオーバーフロー (GPT323.GTPRコンペアマッチ) | TCFPO | 可能 |
| | GPT3_UDF | GPT323.GTCNTアンダーフロー | TCFPU | 可能 |

表 23.21 割り込み要因 (2/2)

| チャンネル | 名称 | 割り込み要因 | 割り込みフラグ | DMAC/DTCの起動 |
|-------|------------|--|---------|-------------|
| 4 | GPT4_CCMPA | GPT164.GTCCRAインプットキャプチャ/コンペアマッチ | TCFA | 可能 |
| | GPT4_CCMPB | GPT164.GTCCRBインプットキャプチャ/コンペアマッチ | TCFB | 可能 |
| | GPT4_CMPC | GPT164.GTCCRCコンペアマッチ | TCFC | 可能 |
| | GPT4_CMPD | GPT164.GTCCRDコンペアマッチ | TCFD | 可能 |
| | GPT4_CMPE | GPT164.GTCCREコンペアマッチ | TCFE | 可能 |
| | GPT4_CMPF | GPT164.GTCCRFコンペアマッチ | TCFF | 可能 |
| | GPT4_OVF | GPT164.GTCNTオーバーフロー (GPT164.GTPRコンペアマッチ) | TCFPO | 可能 |
| | GPT4_UDF | GPT164.GTCNTアンダーフロー | TCFPU | 可能 |
| 5 | GPT5_CCMPA | GPT165.GTCCRAインプットキャプチャ/コンペアマッチ | TCFA | 可能 |
| | GPT5_CCMPB | GPT165.GTCCRBインプットキャプチャ/コンペアマッチ | TCFB | 可能 |
| | GPT5_CMPC | GPT165.GTCCRCコンペアマッチ | TCFC | 可能 |
| | GPT5_CMPD | GPT165.GTCCRDコンペアマッチ | TCFD | 可能 |
| | GPT5_CMPE | GPT165.GTCCREコンペアマッチ | TCFE | 可能 |
| | GPT5_CMPF | GPT165.GTCCRFコンペアマッチ | TCFF | 可能 |
| | GPT5_OVF | GPT165.GTCNTオーバーフロー (GPT165.GTPRコンペアマッチ) | TCFPO | 可能 |
| | GPT5_UDF | GPT165.GTCNTアンダーフロー | TCFPU | 可能 |
| 8 | GPT8_CCMPA | GPT168.GTCCRAインプットキャプチャ/コンペアマッチ | TCFA | 可能 |
| | GPT8_CCMPB | GPT168.GTCCRBインプットキャプチャ/コンペアマッチ | TCFB | 可能 |
| | GPT8_CMPC | GPT168.GTCCRCコンペアマッチ | TCFC | 可能 |
| | GPT8_CMPD | GPT168.GTCCRDコンペアマッチ | TCFD | 可能 |
| | GPT8_CMPE | GPT168.GTCCREコンペアマッチ | TCFE | 可能 |
| | GPT8_CMPF | GPT168.GTCCRFコンペアマッチ | TCFF | 可能 |
| | GPT8_OVF | GPT168.GTCNTオーバーフロー (GPT168.GTPRコンペアマッチ) | TCFPO | 可能 |
| | GPT8_UDF | GPT168.GTCNTアンダーフロー | TCFPU | 可能 |

(1) GPTn_CCMPA 割り込み (n = 0 ~ 5, 8)

割り込み要求は以下の条件で発生します。

- GTCCRAレジスタがコンペアマッチレジスタとして機能している場合、GTCNTカウンタ値がGTCCRAレジスタ値と一致したとき
- GTCCRAレジスタがインプットキャプチャレジスタとして機能している場合、インプットキャプチャ信号によってGTCNTカウンタ値がGTCCRAレジスタに転送されたとき

(2) GPTn_CCMPB 割り込み (n = 0 ~ 5, 8)

割り込み要求は以下の条件で発生します。

- GTCCRBレジスタがコンペアマッチレジスタとして機能している場合、GTCNTカウンタ値がGTCCRBレジスタ値と一致したとき
- GTCCRBレジスタがインプットキャプチャレジスタとして機能している場合、インプットキャプチャ信号によってGTCNTカウンタ値がGTCCRBレジスタに転送されたとき

(3) GPTn_CMPC 割り込み (n = 0 ~ 5, 8)

割り込み要求は以下の条件で発生します。

- GTCCRCレジスタがコンペアマッチレジスタとして機能している場合、GTCNTカウンタ値がGTCCRCレジスタ値と一致したとき

以下の条件ではコンペアマッチが行われなため、割り込み要求は発生しません。

- GTCR.MD[2:0] ビット = 001b (のこぎり波ワンショットパルスモード)
- GTCR.MD[2:0] ビット = 110b (三角波 PWM モード 3)
- GTBER.CCRA[1:0] ビット = 01b、10b、11b (GTCCRC レジスタがバッファ動作)

(4) GPTn_CMPD 割り込み (n = 0 ~ 5, 8)

割り込み要求は以下の条件で発生します。

- GTCCRD レジスタがコンペアマッチレジスタとして機能している場合、GTCNT カウンタ値が GTCCRD レジスタ値と一致したとき

以下の条件ではコンペアマッチが行われなため、割り込み要求は発生しません。

- GTCR.MD[2:0] ビット = 001b (のこぎり波ワンショットパルスモード)
- GTCR.MD[2:0] ビット = 110b (三角波 PWM モード 3)
- GTBER.CCRA[1:0] ビット = 10b、11b (GTCCRD レジスタがバッファ動作)

(5) GPTn_CMPE 割り込み (n = 0 ~ 5, 8)

割り込み要求は以下の条件で発生します。

- GTCCRE レジスタがコンペアマッチレジスタとして機能している場合、GTCNT カウンタ値が GTCCRE レジスタ値と一致したとき

以下の条件ではコンペアマッチが行われなため、割り込み要求は発生しません。

- GTCR.MD[2:0] ビット = 001b (のこぎり波ワンショットパルスモード)
- GTCR.MD[2:0] ビット = 110b (三角波 PWM モード 3)
- GTBER.CCRB[1:0] ビット = 01b、10b、11b (GTCCRE レジスタがバッファ動作)

(6) GPTn_CMPF 割り込み (n = 0 ~ 5, 8)

割り込み要求は以下の条件で発生します。

- GTCCRF レジスタがコンペアマッチレジスタとして機能している場合、GTCNT カウンタ値が GTCCRF レジスタ値と一致したとき

以下の条件ではコンペアマッチが行われなため、割り込み要求は発生しません。

- GTCR.MD[2:0] ビット = 001b (のこぎり波ワンショットパルスモード)
- GTCR.MD[2:0] ビット = 110b (三角波 PWM モード 3)
- GTBER.CCRB[1:0] ビット = 10b、11b (GTCCRF レジスタがバッファ動作)

(7) GPTn_OVF 割り込み (n = 0 ~ 5, 8)

割り込み要求は以下の条件で発生します。

- のこぎり波モードの場合、オーバーフロー (アップカウント時に GTCNT カウンタ値が GTPR 値から 0 に変化) によって割り込み要求が許可されたとき
- 三角波モードの場合、山 (GTCNT カウンタ値が GTPR 値から GTPR 値 - 1 に変化) によって割り込み要求が許可されたとき
- ハードウェア要因によるカウントで、オーバーフロー (アップカウント時に GTCNT カウンタ値が GTPR 値から 0 に変化) が発生したとき

(8) GPTn_UDF 割り込み (n = 0 ~ 5, 8)

割り込み要求は以下の条件で発生します。

- のこぎり波モードの場合、アンダーフロー (ダウンカウント時に GTCNT カウンタ値が 0 から GTPR 値に変化) によって割り込み要求が許可されたとき

- 三角波モードの場合、谷 (GTCNT カウンタ値が 0 から 1 に変化) によって割り込み要求が許可されたとき
- ハードウェア要因によるカウントで、アンダーフロー (ダウンカウント時に GTCNT カウンタ値が 0 から GTPR 値に変化) が発生したとき

表 23.22 割り込み信号と割り込みステータスフラグ

| 割り込み信号 | 割り込みステータスフラグ |
|------------|-----------------|
| GPTn_UDF | GTST[7] (TCFPU) |
| GPTn_OVF | GTST[6] (TCFPO) |
| GPTn_CMPF | GTST[5] (TCFF) |
| GPTn_CMPE | GTST[4] (TCFE) |
| GPTn_CMPD | GTST[3] (TCFD) |
| GPTn_CMPC | GTST[2] (TCFC) |
| GPTn_CCMPB | GTST[1] (TCFB) |
| GPTn_CCMPA | GTST[0] (TCFA) |

注. n = 0 ~ 5, 8

23.4.2 DMAC/DTC の起動

各チャンネルの割り込みによって、DMAC および DTC を起動することが可能です。詳細は、「[14. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」、「[17. DMA コントローラ \(DMAC\)](#)」、および「[18. データトランスファコントローラ \(DTC\)](#)」を参照してください。

23.5 ELCによるリンク動作

23.5.1 ELC へのイベント信号出力

GPT では、その割り込み要求信号がイベントリンクコントローラ (ELC) でイベント信号として使用された場合、あらかじめ設定しておいたモジュールとのリンク動作が可能です。

GPT には以下の ELC イベント信号があります。

- コンペアマッチ A 割り込み発生 (GPTn_CCMPA)
- コンペアマッチ B 割り込み発生 (GPTn_CCMPB)
- コンペアマッチ C 割り込み発生 (GPTn_CMPC)
- コンペアマッチ D 割り込み発生 (GPTn_CMPD)
- コンペアマッチ E 割り込み発生 (GPTn_CMPE)
- コンペアマッチ F 割り込み発生 (GPTn_CMPF)
- オーバーフロー割り込み発生 (GPTn_OVF)
- アンダーフロー割り込み発生 (GPTn_UDF)

注. n = 0 ~ 5, 8

23.5.2 ELC からのイベント信号入力

GPT は、ELC からの最大 8 個のイベントに対して、以下の動作を実行できます。

- カウントスタート/ストップ/クリア
- アップカウント/ダウンカウント
- インพุットキャプチャ

ハードウェア要因についての詳細は、[23.3 動作説明](#)を参照してください。

23.6 ノイズフィルタ機能

GPTのインプットキャプチャ入力端子とホールセンサ入力端子には、ノイズフィルタが装備されています。ノイズフィルタは、入力信号をサンプリングクロックでサンプリングし、3サンプリング周期に満たない長さのパルスを除去します。

ノイズフィルタ機能では、端子ごとにノイズフィルタ機能を有効/無効にすることや、チャンネルごとにサンプリングクロックを設定することが可能です。

図 23.82 にノイズフィルタのタイミングを示します。

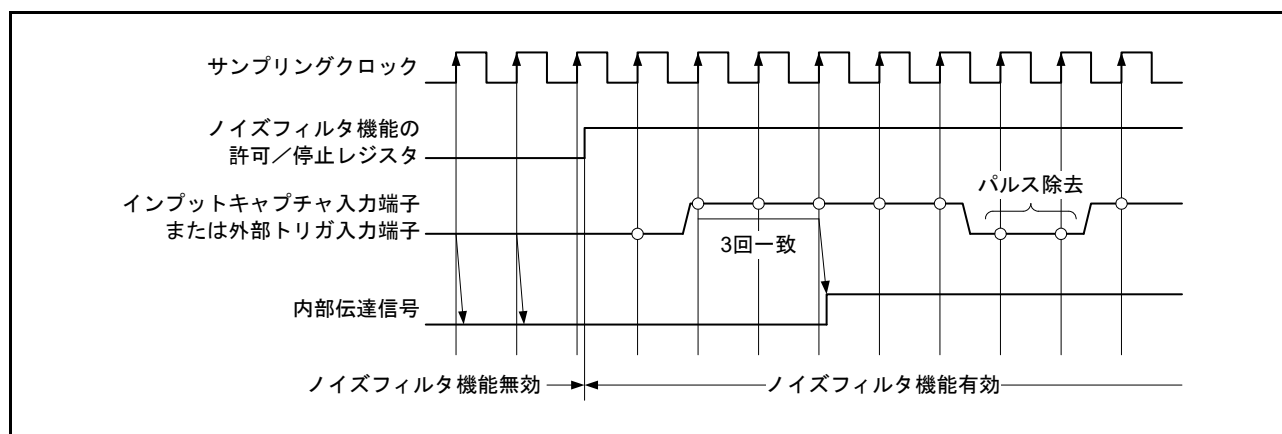


図 23.82 ノイズフィルタのタイミング

ノイズフィルタ機能を有効にすると、「サンプリング周期 × 3 + PCLKD」の遅延の後、ノイズフィルタ対象信号の両エッジでインプットキャプチャ動作または外部トリガ動作が実行されます。この遅延は、インプットキャプチャ入力または外部トリガ動作に対するノイズフィルタリングに起因するものです。

23.7 保護機能

23.7.1 レジスタの書き込み保護

レジスタへの誤書き込みを防止するため、GTWP.WP ビットを設定することで、チャンネル単位でレジスタへの書き込みを禁止できます。下記のレジスタに対して、書き込み保護の設定が可能です。

GTSSR, GTPSR, GTCR, GTUPSR, GTDNSR, GTICASR, GTICBSR, GTCR, GTUDDTYC, GTIOR, GTINTAD, GTST, GTBER, GTCNT, GTCCRA, GTCCRB, GTCCRC, GTCCRD, GTCCRE, GTCCRF, GTPR, GTPBR, GTDTCR, GTDVU

23.7.2 バッファ動作の禁止

バッファレジスタへの書き込みタイミングが、バッファの転送タイミングに対して遅延した場合、GTBER.BD ビットの設定でバッファ動作の中断が可能です。バッファレジスタの書き込み中にバッファ転送条件が発生しても、バッファ転送を一時的に禁止することが可能です。そのためには、バッファレジスタの書き込み前に対応する GTBER.BD ビットを 1 (バッファ動作禁止) にしておき、すべてのバッファレジスタへの書き込み終了後に 0 (バッファ動作許可) に戻します。

図 23.83 にバッファ動作を禁止するための動作例を示します。

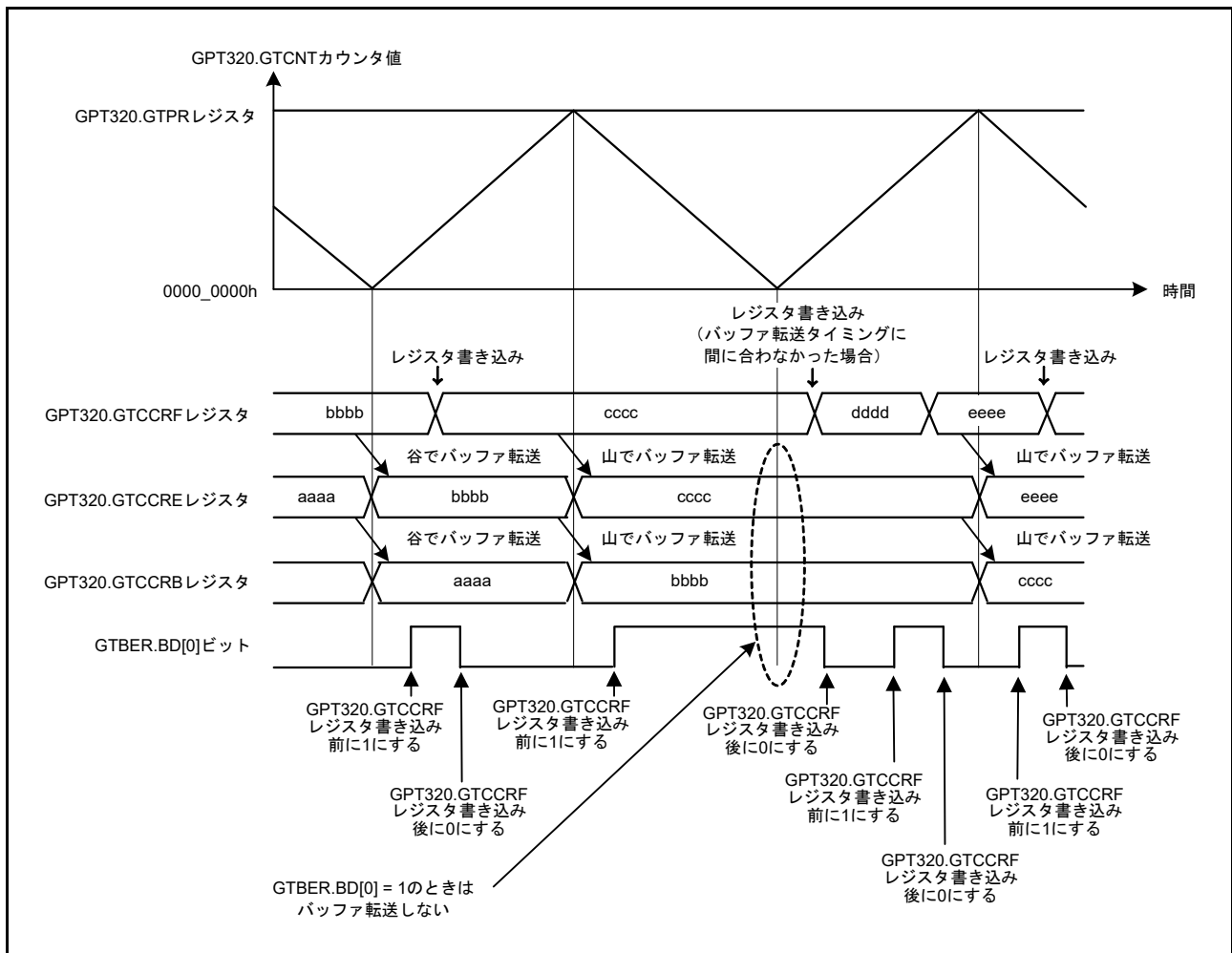


図 23.83 バッファ動作禁止の動作例 (三角波、ダブルバッファ動作、谷と山の両方でバッファ転送の場合)

23.7.3 GTIOC 端子出力のネゲート制御

システム障害から保護するために、POEG からの出力禁止要求によって、GTIOC 端子の出力値を強制的に変更する出力禁止制御が備えられています。

デッドタイムエラーが発生した場合や、GTIOCA 端子の出力値が GTIOCB 端子の出力値と同じ場合には、出力保護が必要です。GPT はこのような条件を検出すると、GTINAD.GRPABH ビットや GTINTAD.GRPABL ビットなどの出力禁止要求許可ビットの設定に応じて、POEG に対して出力禁止要求を生成します。POEG は、各チャンネルから出力禁止要求を受信すると、OR 演算を用いて外部入力を計算し、GPT に対して出力禁止要求を発生させます。

POEG が生成した 4 つの出力禁止要求のうちの 1 つの出力要求信号 (GTIOCA 端子および GTIOCB 端子の共通出力禁止要求信号) を GTINTAD.GRP[1:0] ビットの設定で選択します。選択した出力禁止要求の状態は、GTST.ODF ビットを読むことでモニタできます。出力禁止中の出力レベルは、GTIOCA 端子については GTIOR.OADF[1:0] ビットの設定、GTIOCB 端子については GTIOR.OBDF[1:0] ビットの設定に依存します。

出力禁止状態への変更は、POEG から出力禁止要求を発生させることで非同期に実行されます。出力禁止状態の解除は、出力禁止要求を停止させることで周期の終わりに実行されます。出力禁止状態の解除タイミングは、出力禁止要求の停止から、早くとも PCLKD の 3 サイクル後です。出力禁止制御を確実に実行するには、(POEG の出力禁止要求フラグのクリアによる) 出力禁止要求の発生から停止まで、少なくとも PCLKD の 4 サイクル分待つ必要があります。

イベントカウント実行時、または出力禁止状態を周期の終わりを待たずにただちに解除する必要がある場合は、GTIOR.OADF[1:0] ビットを 00b (GTIOCA 端子の場合) にするか、GTIOR.OBDF[1:0] ビットを 00b (GTIOCB 端子の場合) にしてください。

図 23.84 に GTIOC 端子出力禁止制御の動作例を示します。

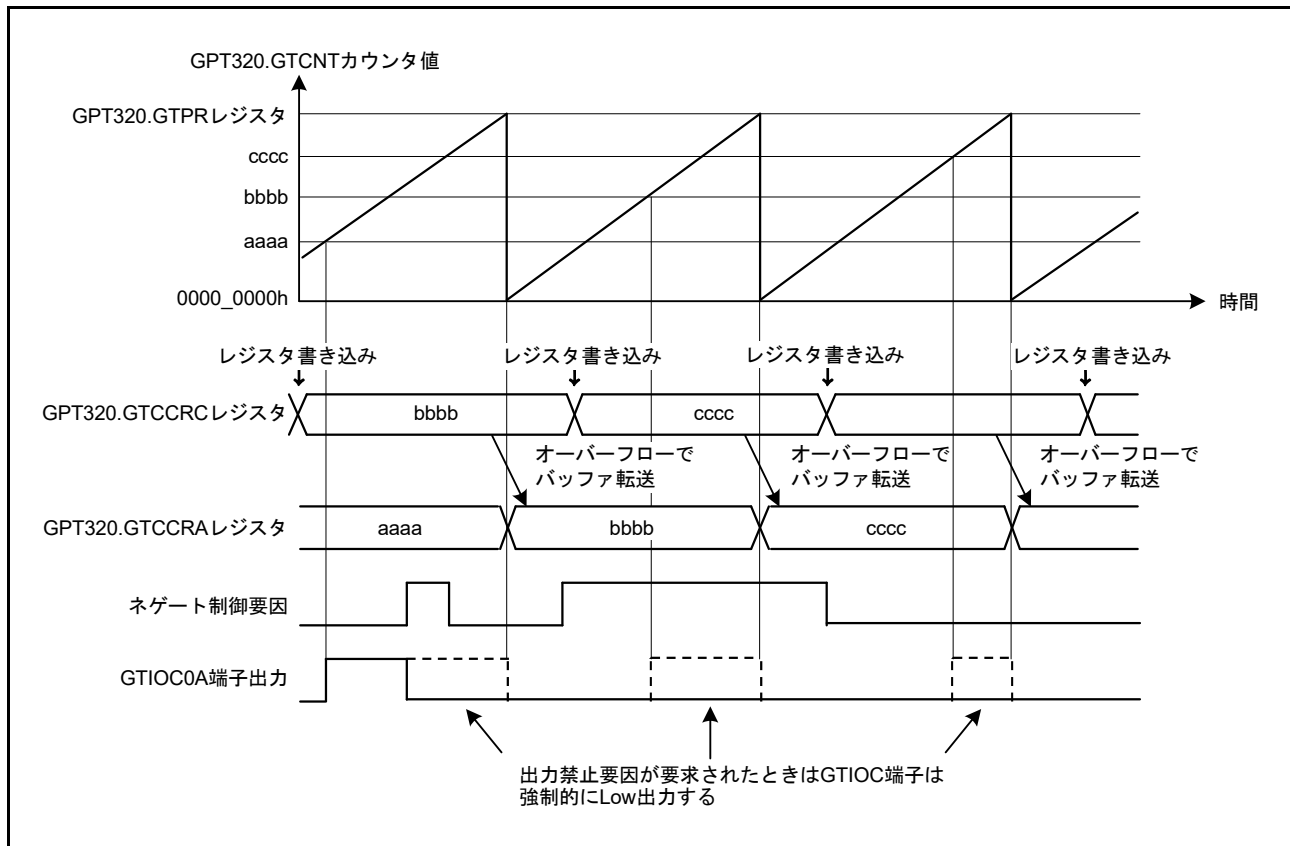


図 23.84 GTIOC 端子出力禁止制御動作例 (のこぎり波でアップカウント、バッファ動作、アクティブレベル 1、GTCCRA レジスタのコンペアマッチで High 出力、周期の終わりで Low 出力、出力禁止で Low 出力の場合)

23.8 出力端子の初期化方法

23.8.1 リセット後の端子設定

GPT のレジスタはリセット時に初期化されます。ポート端子機能を PmnPFS レジスタで選択し、GTIOR.OAE および GTIOR.OBE ビットを設定し、GPT 機能を外部端子に出力してから、カウントを開始してください。

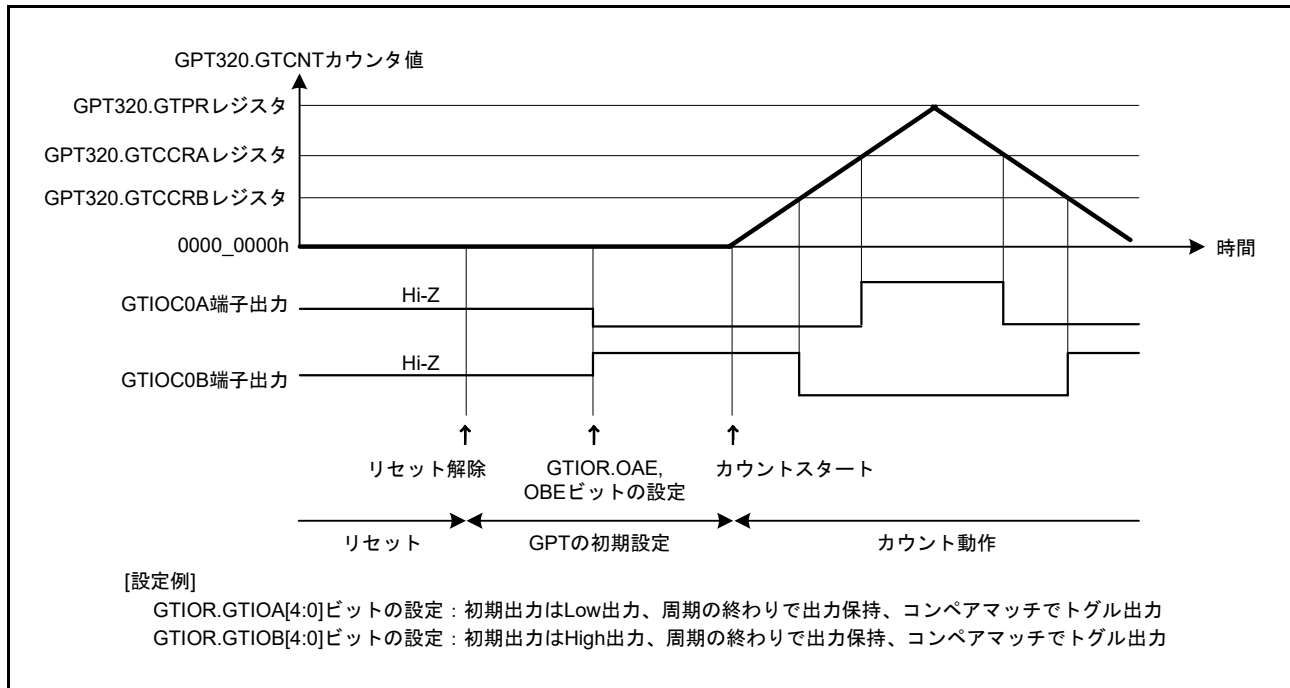


図 23.85 リセット後の端子設定例

23.8.2 動作中の異常による端子の初期化

GPT の動作中に異常が発生した場合、端子を初期化する前に、下記の 4 種類の端子処理を実行できます。

- GTIOR レジスタの OAHLD および OBHLD ビットを 1 にして、カウントストップ時の出力を保持する
- GTIOR レジスタの OAHLD および OBHLD ビットを 0 にするとともに、GTIOR レジスタの OADFLT および OBDFLT ビットに任意の出力値を設定して、カウントストップ時に任意の値を出力させる
- あらかじめ I/O ポートの PDR、PODR、PmnPFS レジスタを設定することにより、端子が汎用出力ポートとして任意の値を出力するように設定する。GTIOR レジスタの OAE および OBE ビットを 0 にするとともに、端子に対応した PmnPFS.PMR の制御ビットを 0 にして、エラー発生時に、汎用出力ポートとして設定した端子から任意の値が出力されるように設定する
- POEG 機能を使用して、出力をハイインピーダンス状態にする

デッドタイムの自動設定を行った場合は、カウントストップ後に GTDTCR.TDE ビットを 0 にしてください。カウントストップ時は、GPT の外部要因によって変更されたレジスタ値のみが変化します。カウントが再開すると、停止していた状態から動作が継続します。カウントを停止させた場合は、各レジスタを初期化してからカウントを再開してください。

23.9 使用上の注意事項

23.9.1 モジュールストップ機能の設定

モジュールストップコントロールレジスタによって、GPTの動作を禁止または許可することが可能です。初期設定では、リセット後、GPTの動作は停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタのアクセスが可能になります。詳細は、「11. 低消費電力モード」を参照してください。

23.9.2 コンペアマッチ動作時の GTCCRn レジスタの設定 (n = A ~ F)

(1) 三角波 PWM モードでデッドタイムの自動設定を行う場合

GTCCRA レジスタは次の条件を満たす必要があります： $GTDVU < GTCCRA$ かつ $0 < GTCCRA < GTPR$

(2) 三角波 PWM モードでデッドタイムの自動設定を行わない場合

GTCCRA レジスタは、 $0 < GTCCRA < GTPR$ の範囲に収まるように設定する必要があります。GTCCRA = 0 または GTCCRA = GTPR に設定すると、GTCCRA = 0 または GTCCRA = GTPR が成立した場合にのみ、コンペアマッチが周期内で発生します。GTCCRA > GTPR に設定すると、コンペアマッチは発生しません。

同様に、GTCCRB レジスタも、 $0 < GTCCRB < GTPR$ の範囲に収まるように設定してください。GTCCRB = 0 または GTCCRB = GTPR に設定すると、GTCCRB = 0 または GTCCRB = GTPR が成立した場合にのみ、コンペアマッチが周期内で発生します。GTCCRB > GTPR に設定すると、コンペアマッチは発生しません。

(3) のこぎり波ワンショットパルスモードでデッドタイムの自動設定を行う場合

GTCCRC および GTCCRD レジスタは、以下の制限を満たすように設定する必要があります。この制限を満たさない場合、デッドタイムを確保した正常な出力波形が得られない場合があります。

- アップカウント時： $GTCCRC < GTCCRD$ 、 $GTCCRC > GTDVU$ 、 $GTCCRD < (GTPR - GTDVU)$
- ダウンカウント時： $GTCCRC > GTCCRD$ 、 $GTCCRC < (GTPR - GTDVU)$ 、 $GTCCRD > GTDVU$

(4) のこぎり波ワンショットパルスモードでデッドタイムの自動設定を行わない場合

GTCCRC および GTCCRD レジスタは、以下の制限を満たすように設定する必要があります。この制限を満たさない場合、コンペアマッチが2回発生せず、パルス出力が得られません。

- アップカウント時： $0 < GTCCRC < GTCCRD < GTPR$
- ダウンカウント時： $GTPR > GTCCRC > GTCCRD > 0$

同様に、GTCCRE および GTCCRF レジスタは、以下の制限を満たすように設定する必要があります。この制限を満たさない場合、コンペアマッチが2回発生せず、パルス出力が得られません。

- アップカウント時： $0 < GTCCRE < GTCCRF < GTPR$
- ダウンカウント時： $GTPR > GTCCRE > GTCCRF > 0$

(5) のこぎり波 PWM モードの場合

GTCRA レジスタは、 $0 < \text{GTCRA} < \text{GTPR}$ の範囲に収まるように設定する必要があります。GTCRA = 0 または GTCRA = GTPR に設定すると、GTCRA = 0 または GTCRA = GTPR が成立した場合にのみ、コンペアマッチが周期内で発生します。GTCRA > GTPR に設定すると、コンペアマッチは発生しません。

同様に、GTCCRB レジスタは、 $0 < \text{GTCCRB} < \text{GTPR}$ の範囲に収まるように設定する必要があります。GTCCRB = 0 または GTCCRB = GTPR に設定すると、GTCCRB = 0 または GTCCRB = GTPR が成立した場合にのみ、コンペアマッチが周期内で発生します。GTCCRB > GTPR に設定すると、コンペアマッチは発生しません。

23.9.3 GTCNT カウンタの範囲設定

GTCNT カウンタレジスタは、 $0 \leq \text{GTCNT} \leq \text{GTPR}$ の範囲に収まるように設定する必要があります。

23.9.4 GTCNT カウンタのスタート/ストップ


GTCR.CST ビットによる GTCNT カウンタのスタート/ストップ制御タイミングは、GTCR.TPCS[2:0] ビットで選択したカウントクロックと同期しています。GTCR.CST ビットを更新すると、GTCR.TPCS[2:0] ビットで選択したカウントクロックに従って、GTCNT カウンタがスタート/ストップします。このため、GTCNT カウンタが実際にスタートする前に発生したイベントは無視されます。一方、GTCR.CST ビットが 0 になった後にイベントが受け付けられたり、割り込みが発生する可能性があります。

23.9.5 イベントごとの優先順位

(1) GTCNT レジスタ

表 23.23 に、GTCNT レジスタを更新するイベントの優先順位を示します。

表 23.23 GTCNT を更新する要因の優先順位

| GTCNT を更新する要因 | 優先順位 |
|--|---|
| CPUによる書き込み (GTCNT/GTCLRレジスタへの書き込み) | 高  低 |
| GTCSRレジスタで設定したハードウェア要因によるクリア | |
| GTUPSR/GTDNSRレジスタで設定したハードウェア要因によるカウントアップ/ダウン | |
| カウント動作 | |

ハードウェア要因によるアップカウントとダウンカウントが同時に発生した場合、GTCNT カウンタ値は変化しません。GTCNT レジスタの更新と CPU による読み出しの間で競合があると、更新前のデータが読み出されます。

(2) GTCR.CST ビット

GTSSR/GTPSR レジスタで設定したハードウェア要因によるスタート/ストップと CPU による書き込み (GTCR/GTSTR/GTSTP レジスタへの書き込み) の間で競合があると、CPU による書き込みが優先されます。

GTSSR レジスタで設定したハードウェア要因によるスタートと GTPSR レジスタに設定したハードウェア要因によるストップの間で競合があると、GTCR.CST ビット値は変化しません。GTCR.CST ビットの更新と CPU による読み出しの間で競合があると、更新前のデータが読み出されます。

(3) GTCCRm レジスタ (m = A ~ F)

インプットキャプチャ/バッファ転送動作と GTCCRm レジスタへの書き込みの間で競合があると、GTCCRm レジスタへの書き込みが優先されます。インプットキャプチャと CPU によるカウンタレジスタへの書き込みまたはハードウェア要因によるカウンタレジスタの更新の間で競合があると、更新前のカウンタ値がキャプチャされます。GTCCRm レジスタの更新と CPU による読み出しの間で競合があると、更新前のデータが読み出されます。

(4) GTPR レジスタ

バッファ転送動作と GTPR レジスタへの書き込みの間で競合があると、GTPR レジスタへの書き込みが優先されます。GTPR レジスタの更新と CPU による読み出しの間で競合があると、更新前のデータが読み出されます。

24. 非同期汎用タイマ (AGT)

24.1 概要

非同期汎用タイマ (AGT) は、パルス出力、外部パルスの幅または周期の測定、および外部イベントのカウントに利用可能な 16 ビットのタイマです。

この 16 ビットタイマは、リロードレジスタとダウンカウンタで構成されています。これらのリロードレジスタとダウンカウンタは、同一アドレスに配置され、AGT レジスタでアクセス可能です。

表 24.1 に AGT の仕様を、図 24.1 にブロック図を、表 24.2 に端子構成を示します。

表 24.1 AGTの仕様

| 項目 | | 内容 |
|-----------------------|-------------|--|
| 動作モード | タイマモード | カウントソースをカウント |
| | パルス出力モード | タイマがアンダーフローするごとにカウントソースをカウントし、出力を反転 |
| | イベントカウンタモード | 外部イベントをカウント |
| | パルス幅測定モード | 外部パルス幅を測定 |
| | パルス周期測定モード | 外部パルス周期を測定 |
| カウントソース (動作クロック) (注2) | | PCLKB、PCLKB/2、PCLKB/8、AGTLCLK/d、AGTSCLK/d、またはAGT0 (注1) のアンダーフロー信号を選択可能 (d = 1、2、4、8、16、32、64、または128) |
| 割り込み/イベントリンク機能 (出力) | | <ul style="list-style-type: none"> • アンダーフローイベント信号または測定完了イベント信号 <ul style="list-style-type: none"> - カウンタのアンダーフロー時 - パルス幅測定モードで、外部入力 (AGTIO_n) のアクティブ幅の測定が終了したとき - パルス周期測定モードで、外部入力 (AGTIO_n) の設定エッジが入力されたとき • コンペアマッチAイベント信号 <ul style="list-style-type: none"> - AGTとAGTCMAの値が一致したとき (コンペアマッチA機能有効時) (注3) • コンペアマッチBイベント信号 <ul style="list-style-type: none"> - AGTとAGTCMBの値が一致したとき (コンペアマッチB機能有効時) • AGT1_AGTI、AGT1_AGTCMAI、またはAGT1_AGTCMBIによる、ソフトウェアスタンバイモードからの復帰が可能 |
| 選択可能な機能 | | <ul style="list-style-type: none"> • コンペアマッチ機能 コンペアマッチAレジスタおよびコンペアマッチBレジスタの両方または一方を選択可能 |

注 1. AGT0 では使用できません。AGT1 が、AGT0 タイマからのアンダーフローイベント信号に直接接続します。

注 2. 周辺モジュールクロック (PCLKB) 周波数 \geq カウントソースクロック周波数となるように設定してください。

注 3. コンペアマッチ A のコンペアマッチ出力端子はありません。

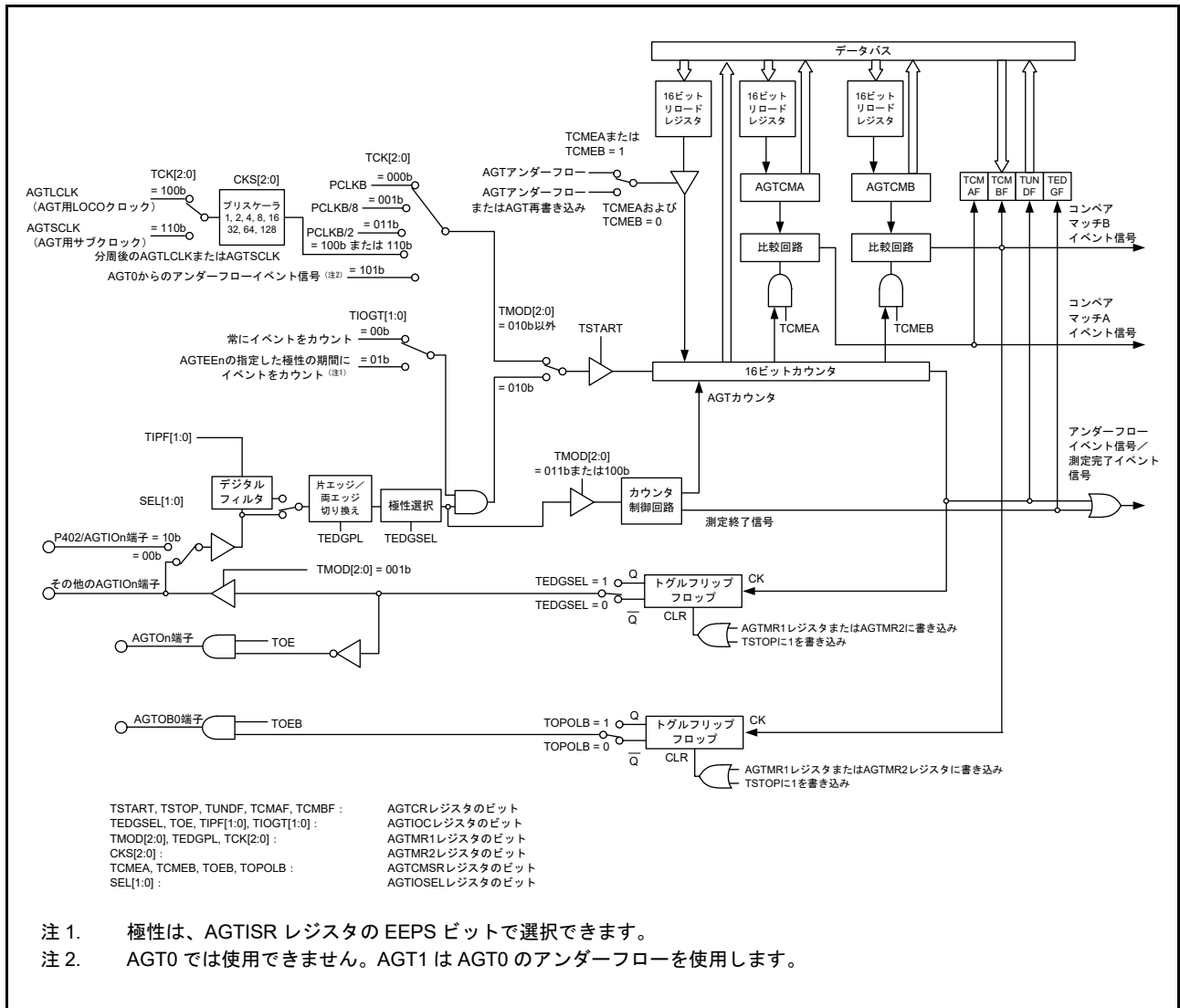


図 24.1 AGT のブロック図

表 24.2 AGT の入出力端子

| 端子名 | 入出力 | 機能 |
|--------------|----------|----------------------|
| AGTEEn | 入力 | AGTの外部イベント入力 |
| AGTIOOn (注1) | 入出力 (注1) | AGTの外部イベント入力およびパルス出力 |
| AGTOn | 出力 | AGTのパルス出力 |
| AGTOB0 | 出力 | AGTのアウトプットコンペアマッチB出力 |

注. n : 0, 1 (チャネル番号)

注 1. AGTIO1 が P402 に割り当てられている場合、AGTIO1 は入力にのみ使用できます。

24.2 レジスタの説明

24.2.1 AGT カウンタレジスタ (AGT)

アドレス [AGT0.AGT 4008 4000h](#), [AGT1.AGT 4008 4100h](#)



| ビット | 機能 | 設定範囲 | R/W |
|--------|--------------------------------|-------------|-----|
| b15-b0 | 16ビットのカウンタおよびリロードレジスタ (注1)(注2) | 0000h~FFFFh | R/W |

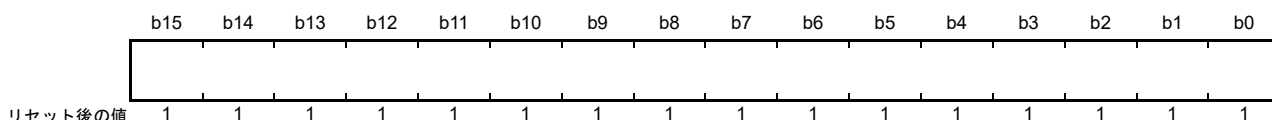
- 注1. AGTCR レジスタの TSTOP ビットに 1 を書き込むと、この 16 ビットカウンタは強制的に停止して、FFFFh になります。
- 注2. AGTMR1 レジスタの TCK[2:0] ビットの設定値が 001b (PCLKB/8) または 011b (PCLKB/2) 以外の場合、AGT レジスタが 0000h になると、ICU、DTC、および ELC への要求信号が、カウント開始直後に一度発生します。AGTOn および AGTIOh はトグル出力となります。
- イベントカウンタモードで AGT レジスタが 0000h になると、TCK[2:0] ビットの値にかかわらず、ICU、DTC、および ELC への要求信号が、カウント開始直後に一度発生します。
- また、指定したカウント期間以外の期間も AGTOn はトグル出力となります。AGT レジスタが 0001h 以上になると、AGT がアンダーフローするたびに要求信号が発生します。

AGT は 16 ビットのレジスタです。書き込み値はリロードレジスタに書き込まれ、読み出し値はカウンタから読み出されます。

リロードレジスタとカウンタの状態は、AGTCR レジスタの TSTART ビットと AGTCMSR レジスタの TCMEA/TCMEB ビットに応じて変化します。詳細は、[24.3.1 リロードレジスタおよびカウンタの書き換え動作](#)を参照してください。AGT レジスタは、16 ビットのメモリ操作命令によって設定できます。

24.2.2 AGT コンペアマッチ A レジスタ (AGTCMA)

アドレス [AGT0.AGTCMA 4008 4002h](#), [AGT1.AGTCMA 4008 4102h](#)



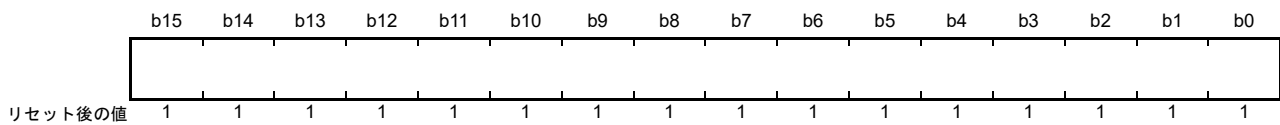
| ビット | 機能 | 設定範囲 | R/W |
|--------|---------------------------|-------------|-----|
| b15-b0 | 16ビットのコンペアマッチAデータを格納 (注1) | 0000h~FFFFh | R/W |

- 注1. コンペアマッチ A を使用しない場合、AGTCMA レジスタは FFFFh にしてください。

AGTCMA レジスタは、AGT カウンタとのコンペアマッチ値を設定するための、読み出し/書き込みレジスタです。リロードレジスタとコンペアレジスタ A の状態は、AGTCR レジスタの TSTART ビットに応じて変化します。詳細は、[24.3.2 リロードレジスタおよびコンペアレジスタ A/B の書き換え動作](#)を参照してください。AGTCMA レジスタは、16 ビットのメモリ操作命令によって設定できます。

24.2.3 AGT コンペアマッチ B レジスタ (AGTCMB)

アドレス AGT0.AGTCMB 4008 4004h, AGT1.AGTCMB 4008 4104h



| ビット | 機能 | 設定範囲 | R/W |
|--------|--------------------------|-------------|-----|
| b15-b0 | 16ビットのコンペアマッチBデータを格納(注1) | 0000h~FFFFh | R/W |

注1. コンペアマッチ B を使用しない場合、AGTCMB レジスタは FFFFh にしてください。

AGTCMB レジスタは、AGT カウンタとのコンペアマッチ値を設定するための、読み出し/書き込み可能なレジスタです。リロードレジスタとコンペアレジスタ B の状態は、AGTCR レジスタの TSTART ビットに応じて変化します。詳細は、[24.3.2 リロードレジスタおよびコンペアレジスタ A/B の書き換え動作](#)を参照してください。AGTCMB レジスタは、16 ビットのメモリ操作命令によって設定できます。

24.2.4 AGT コントロールレジスタ (AGTCR)

アドレス AGT0.AGTCR 4008 4008h, AGT1.AGTCR 4008 4108h

| | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|--------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | TCMBF | TCMAF | TUNDF | TEDGF | — | TSTOP | TCSTF | TSTART |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|--------|--------------------|---------------------------------|---------------|
| b0 | TSTART | AGT カウント開始 (注2) | 0: カウント停止 1: カウント開始 | R/W |
| b1 | TCSTF | AGT カウント状態フラグ (注2) | 0: カウント停止 1: カウント実行中 | R |
| b2 | TSTOP | AGT カウント強制停止 (注1) | 0: 書き込みは無効 1: 強制的にカウント停止 | W |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | TEDGF | アクティブエッジ判定フラグ | 0: アクティブエッジ未受信 1: アクティブエッジ受信 | R/(W) (注3) |
| b5 | TUNDF | アンダーフローフラグ | 0: アンダーフローなし 1: アンダーフローあり | R/(W) (注3) |
| b6 | TCMAF | コンペアマッチAフラグ | 0: 不一致 1: 一致 | R/(W) (注3) |
| b7 | TCMBF | コンペアマッチBフラグ | 0: 不一致 1: 一致 | R/(W) (注3) |

- 注1. TSTOP ビットに1 (強制的にカウント停止) を書き込むと、TSTART および TCSTF ビットが同時に初期化されます。パルス出力レベルも初期化されます。読むと0が読めます。
- 注2. TSTART および TCSTF ビットの使用方法については、[24.4.1 カウント動作の開始および停止制御](#)を参照してください。
- 注3. フラグをクリアするための0の書き込みのみ可能です。

TSTART ビット (AGT カウント開始)

TSTART ビットに1を書き込むとカウント動作が開始し、0を書き込むとカウント動作が停止します。本ビットを1にすると、カウントソースと同期して、TCSTF ビットが1 (カウント実行中) になります。また、TSTART ビットに0を書き込むと、カウントソースと同期して、TCSTF ビットが0 (カウント停止) になります。詳細は、[24.4.1 カウント動作の開始および停止制御](#)を参照してください。

TCSTF ビット (AGT カウント状態フラグ)

[1になる条件]

- TSTART ビットに1を書いたとき (カウントソースと同期して、TCSTF ビットが1になる)

[0になる条件]

- TSTART ビットに0を書いたとき (カウントソースと同期して、TCSTF ビットが0になる)
- TSTOP ビットに1を書いたとき

TSTOP ビット (AGT カウント強制停止)

本ビットに1を書くと、強制的にカウントが停止します。読むと0が読めます。

TEDGF ビット (アクティブエッジ判定フラグ)

[1 になる条件]

- パルス幅測定モードで、外部入力 (AGTIO_n) のアクティブ幅の測定が終了したとき
- パルス周期測定モードで、外部入力 (AGTIO_n) の設定エッジが入力されたとき

[0 になる条件]

- ソフトウェアで 0 を書いたとき

TUNDF ビット (アンダーフローフラグ)

[1 になる条件]

- カウンタがアンダーフローしたとき

[0 になる条件]

- ソフトウェアで 0 を書いたとき

TCMAF ビット (コンペアマッチ A フラグ)

[1 になる条件]

- AGT レジスタ値が AGTCMA レジスタ値と一致したとき

[0 になる条件]

- ソフトウェアで 0 を書いたとき

TCMBF ビット (コンペアマッチ B フラグ)

[1 になる条件]

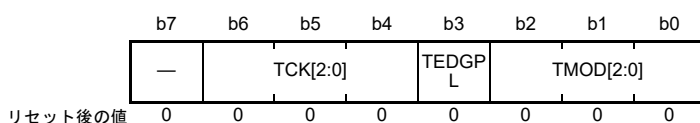
- AGT レジスタ値が AGTCMB レジスタ値と一致したとき

[0 になる条件]

- ソフトウェアで 0 を書いたとき

24.2.5 AGT モードレジスタ 1 (AGTMR1)

アドレス AGT0.AGTMR1 4008 4009h, AGT1.AGTMR1 4008 4109h

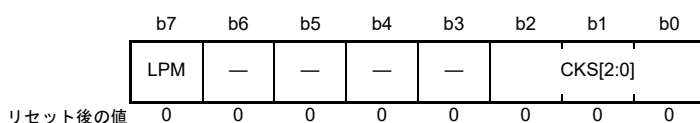


| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------|------------------------|---|-----|
| b2-b0 | TMOD[2:0] | 動作モード (注3) | b2 b0 0 0 0: タイマモード 0 0 1: パルス出力モード 0 1 0: イベントカウンタモード 0 1 1: パルス幅測定モード 1 0 0: パルス周期測定モード 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b3 | TEDGPL | エッジ極性 (注4) | 0: 片エッジ 1: 両エッジ | R/W |
| b6-b4 | TCK[2:0] | カウントソース (注1) (注2) (注5) | b6 b4 0 0 0: PCLKB 0 0 1: PCLKB/8 0 1 1: PCLKB/2 1 0 0: AGTMR2 レジスタのCKS[2:0] ビットで設定した分周クロック AGTLCLK 1 0 1: AGT0からのアンダーフローイベント信号 (注6) 1 1 0: AGTMR2 レジスタのCKS[2:0] ビットで設定した分周クロック AGTSCLK 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

- 注 . AGTMR1 レジスタへライトアクセスすると、AGT の AGTOn、AGTIO_n、および AGTOB₀ 端子 (n = 0, 1) からの出力が初期化されます。初期化時の出力レベルについては、24.2.7 AGT I/O コントロールレジスタ (AGTIOC) の説明を参照してください。
- 注 1. イベントカウンタモードを選択した場合、TCK[2:0] ビットの設定にかかわらず、カウントソースとして外部入力 (AGTIO_n) が選択されます。
- 注 2. カウント動作中は、カウントソースを切り替えないでください。カウントソースは、AGTCR レジスタの TSTART および TCSTF ビットが、どちらも 0 (カウント停止) の場合にのみ切り替えてください。
- 注 3. AGTCR レジスタの TSTART および TCSTF ビットが、どちらも 0 (カウント停止) の状態で、カウントが停止している場合にのみ、動作モードを変更できます。カウント動作中は、動作モードを変更しないでください。
- 注 4. TEDGPL ビットは、イベントカウンタモードでのみ有効です。
- 注 5. AGT をソフトウェアスタンバイモードで動作させるには、AGTLCLK または AGTSCLK を選択してください。
- 注 6. AGT0 では使用できません (設定禁止)。AGT1 が、AGT0 のアンダーフローを使用します。

24.2.6 AGT モードレジスタ 2 (AGTMR2)

アドレス AGT0.AGTMR2 4008 400Ah, AGT1.AGTMR2 4008 410Ah



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------|--|---|-----|----|----|--|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|--------|---|---|---|--------|---|---|---|--------|---|---|---|---------|-----|
| b2-b0 | CKS[2:0] | AGTLCLK/AGTSCCLK カウントソース クロック周波数分周比 (注1) (注2) (注3) | <table border="0"> <tr> <td>b2</td> <td>b1</td> <td>b0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>: 1/1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>: 1/2</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>: 1/4</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>: 1/8</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>: 1/16</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>: 1/32</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>: 1/64</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>: 1/128</td> </tr> </table> | b2 | b1 | b0 | | 0 | 0 | 0 | : 1/1 | 0 | 0 | 1 | : 1/2 | 0 | 1 | 0 | : 1/4 | 0 | 1 | 1 | : 1/8 | 1 | 0 | 0 | : 1/16 | 1 | 0 | 1 | : 1/32 | 1 | 1 | 0 | : 1/64 | 1 | 1 | 1 | : 1/128 | R/W |
| b2 | b1 | b0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | : 1/1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | : 1/2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | : 1/4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | : 1/8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | : 1/16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | : 1/32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | : 1/64 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | : 1/128 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b6-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b7 | LPM | 低消費電力モード | 0: 通常モード 1: 低消費電力モード | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

- 注 1. カウント動作中は、CKS[2:0] ビットを書き換えしないでください。AGTCR レジスタの TSTART および TCSTF ビットが、どちらも 0 (カウント停止) の場合にのみ、CKS[2:0] を書き換えてください。
- 注 2. カウントソースが AGTLCLK または AGTSCCLK の場合に、CKS[2:0] の切り替えが有効となります。
- 注 3. CKS[2:0] ビットが 000b 以外の場合は、AGTMR1 レジスタの TCK[2:0] ビットを切り替えしないでください。CKS[2:0] を 000b にした後、AGTMR1 レジスタの TCK[2:0] ビットを切り替えて、カウントソースの 1 サイクル待機してください。

LPM ビット (低消費電力モード)

低消費電力モードに設定します。これによって、特定の AGT レジスタへのアクセスに影響が及びます。低消費電力で動作させるには 1 にしてください。本ビットが 1 の場合、下記のレジスタへはアクセスしないでください。

- AGT/AGTCMA/AGTCMB/AGTCR

本ビットを 1 から 0 に切り替えた後は、最初のレジスタアクセスが以下のように制限されます

- AGT: レジスタを 2 回読む必要があります。2 回目の読み出しデータのみが有効です
- AGT、AGTCMA、AGTCMB、および AGTCR: レジスタに書き込む場合、カウントソースクロックで 2 サイクル以上の余裕が必要です

24.2.7 AGT I/O コントロールレジスタ (AGTIOC)

アドレス AGT0.AGTIOC 4008 400Ch, AGT1.AGTIOC 4008 410Ch

| | | | | | | | |
|------------|-----------|----|-----|----|---------|----|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| TIOGT[1:0] | TIPF[1:0] | — | TOE | — | TEDGSEL | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|------------------|--|-----|
| b0 | TEDGSEL | I/O極性切り替え | 動作モードによって機能が異なります (表 24.3 および表 24.4 参照)。TEDGSEL ビットは、AGTOn の出力極性、および AGTIO n の入出力エッジと極性を切り替えます。パルス出力モードでは、AGTOn の出力極性と AGTIO n の出力極性のみが制御されます。AGTMR1 レジスタに書き込みを行った場合、および AGTCR レジスタの TSTOP ビットに 1 を書いた場合、AGTOn 出力と AGTIO n 出力が初期化されます。 | R/W |
| b1 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。 | R/W |
| b2 | TOE | AGTOn 出力許可 | 0 : AGTOn 出力を禁止 1 : AGTOn 出力を許可 | R/W |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。 | R/W |
| b5-b4 | TIPF[1:0] | 入力フィルタ (注3) | b5 b4 0 0 : フィルタなし 0 1 : PCLKB でのフィルタサンプリング 1 0 : PCLKB/8 でのフィルタサンプリング 1 1 : PCLKB/32 でのフィルタサンプリング これらのビットは、AGTIO n 入力用フィルタのサンプリング周波数を指定します。AGTIO n 端子への入力がサンプリングされ、3回連続して値が一致すると、その値が入力値とみなされます。 | R/W |
| b7-b6 | TIOGT[1:0] | カウント制御 (注1) (注2) | b7 b6 0 0 : 常にイベントをカウントする 0 1 : AGTEEn に指定された極性期間の間、イベントをカウントする 上記以外は設定しないでください。 | R/W |

注 1. AGTEEn を使用する場合、イベントをカウントするための極性は AGTISR レジスタの EEPS ビットで選択できます。

注 2. TIOGT[1:0] ビットは、イベントカウンタモード時に限り有効です。

注 3. ソフトウェアスタンバイモード中にイベントカウンタモード動作が実行される場合、デジタルフィルタ機能は使用できません。

表 24.3 AGTIO n の入出力エッジおよび極性切り替え

| 動作モード | 機能 |
|-------------|--|
| タイマモード | 使用しない |
| パルス出力モード | 0 : High で出力開始 (初期レベル : High) 1 : Low で出力開始 (初期レベル : Low) |
| イベントカウンタモード | 0 : 立ち上がりエッジでカウント 1 : 立ち下がりエッジでカウント |
| パルス幅測定モード | 0 : Low レベル幅を測定 1 : High レベル幅を測定 |
| パルス周期測定モード | 0 : ある立ち上がりエッジから次の立ち上がりエッジまで測定 1 : ある立ち下がりエッジから次の立ち下がりエッジまで測定 |

表 24.4 AGTOn の出力極性切り替え

| 動作モード | 機能 |
|-------|--|
| 全モード | 0 : Low で出力開始 (初期レベル : Low) 1 : High で出力開始 (初期レベル : High) |

24.2.8 AGT イベント端子選択レジスタ (AGTISR)

アドレス AGT0.AGTISR 4008 400Dh, AGT1.AGTISR 4008 410Dh

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|------|----|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | EEPS | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------|------------|---|-----|
| b1-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b2 | EEPS | AGTEEn極性選択 | 0 : Lowの期間、イベントをカウントする 1 : Highの期間、イベントをカウントする | R/W |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

24.2.9 AGT コンペアマッチ機能選択レジスタ (AGTCMSR)

アドレス AGT0.AGTCMSR 4008 400Eh, AGT1.AGTCMSR 4008 410Eh

| | | | | | | | |
|---------|--------|------|-------|----|----|----|-------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | TOPOLB | TOEB | TCMEB | — | — | — | TCMEA |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|-----------------------------|---|-----|
| b0 | TCMEA | コンペアマッチAレジスタ有効 (注1) (注2) | 0 : コンペアマッチAレジスタは無効 1 : コンペアマッチAレジスタは有効 | R/W |
| b3-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | TCMEB | コンペアマッチBレジスタ有効 (注1) (注2) | 0 : コンペアマッチBレジスタは無効 1 : コンペアマッチBレジスタは有効 | R/W |
| b5 | TOEB | AGTOBn出力許可 (注1) (注2) (注3) | 0 : AGTOBn出力を禁止 1 : AGTOBn出力を許可 | R/W |
| b6 | TOPOLB | AGTOBn極性選択 (注1) (注2) (注3) | 0 : AGTOBn出力をLowで開始 1 : AGTOBn出力をHighで開始 | R/W |
| b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

- 注1. カウント動作中は、AGTCMSR レジスタを書き換えしないでください。AGTCMSR レジスタは、AGTCR レジスタの TSTART および TCSTF ビットが、どちらも0 (カウント停止) の場合にのみ書き換えてください。
- 注2. パルス幅測定モードまたはパルス周期測定モード時は、1にしないでください。
- 注3. AGT1 では使用できません。

24.2.10 AGT 端子選択レジスタ (AGTIOSEL)

アドレス AGT0.AGTIOSEL 4008 400Fh, AGT1.AGTIOSEL 4008 410Fh

| | | | | | | | |
|---------|----|----|------|----|----|----------|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | TIES | — | — | SEL[1:0] | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|----------------|---|-----|
| b1-b0 | SEL[1:0] | AGTIOn端子選択(注1) | b1 b0 0 0: 下記端子以外はAGTIOnを選択 0 1: 設定禁止 1 0: P402/AGTIOnを選択 P402/AGTIOnは入力専用です。出力することはできません。 1 1: 設定禁止 | R/W |
| b3-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | TIES | AGTIOn入力許可 | 0: ソフトウェアスタンバイモード中、外部イベント入力を禁止 1: ソフトウェアスタンバイモード中、外部イベント入力を許可 | R/W |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注 1. 端子機能選択レジスタを設定する必要があります。「20. I/Oポート」を参照してください。

AGTIOSEL レジスタは、ソフトウェアスタンバイモード時に AGTIOn を使用する場合、AGTIOn 端子を設定するためのレジスタです。AGTIOSEL レジスタは、8 ビットのメモリ操作命令によって設定できます。

SEL[1:0] ビット (AGTIOn 端子選択)

AGTIOn 端子の機能を選択します。

TIES ビット (AGTIOn 入力許可)

外部イベント入力を許可または禁止します。

24.3 動作説明

24.3.1 リロードレジスタおよびカウンタの書き換え動作

動作モードにかかわらず、リロードレジスタとカウンタへの書き換え動作のタイミングは、AGTCR レジスタの TSTART ビット値、および AGTCMSR レジスタの TCMEA または TCMEB ビット値によって異なります。TSTART ビットが 0 (カウント停止) の場合、カウント値がリロードレジスタとカウンタに直接書き込まれます。TSTART ビットが 1 (カウント開始) で、かつ TCMEA または TCMEB ビットが 0 (コンペアマッチ A/B レジスタが無効) の場合、値がカウントソースと同期してリロードレジスタに書き込まれた後、次のカウントソースと同期してカウンタに書き込まれます。TSTART ビットが 1 (カウント開始) で、かつ TCMEA または TCMEB ビットが 1 (コンペアマッチ A/B レジスタが有効) の場合、値がカウントソースと同期してリロードレジスタに書き込まれた後、カウンタのアンダーフローと同期してカウンタに書き込まれます。

TSTART ビット値と TCMEA または TCMEB ビット値による書き換え動作のタイミングを図 24.2 および図 24.3 に示します。

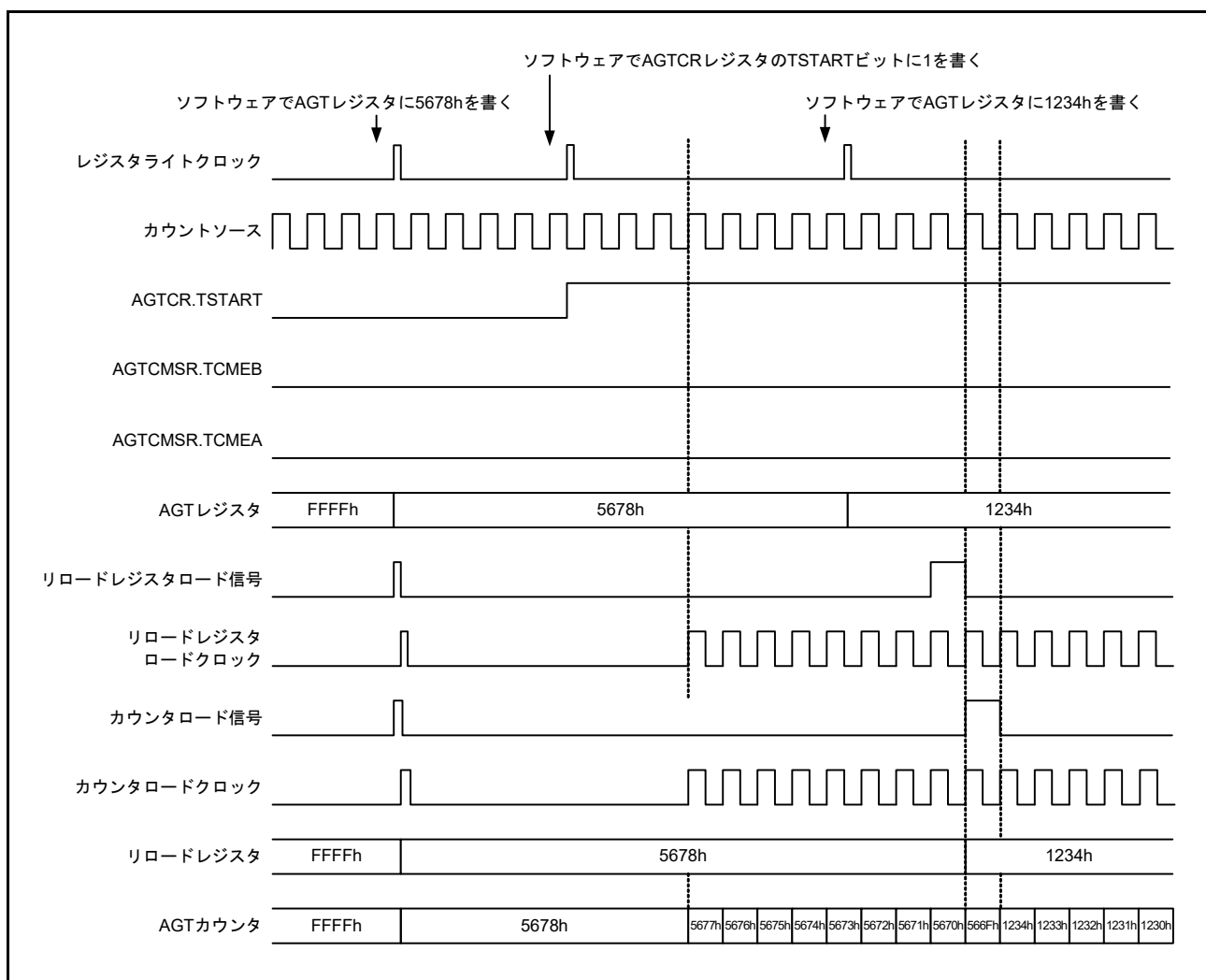


図 24.2 TSTART ビット値および TCMEA または TCMEB ビット値による書き換え動作のタイミング (コンペアマッチ A レジスタまたはコンペアマッチ B レジスタが無効の場合)

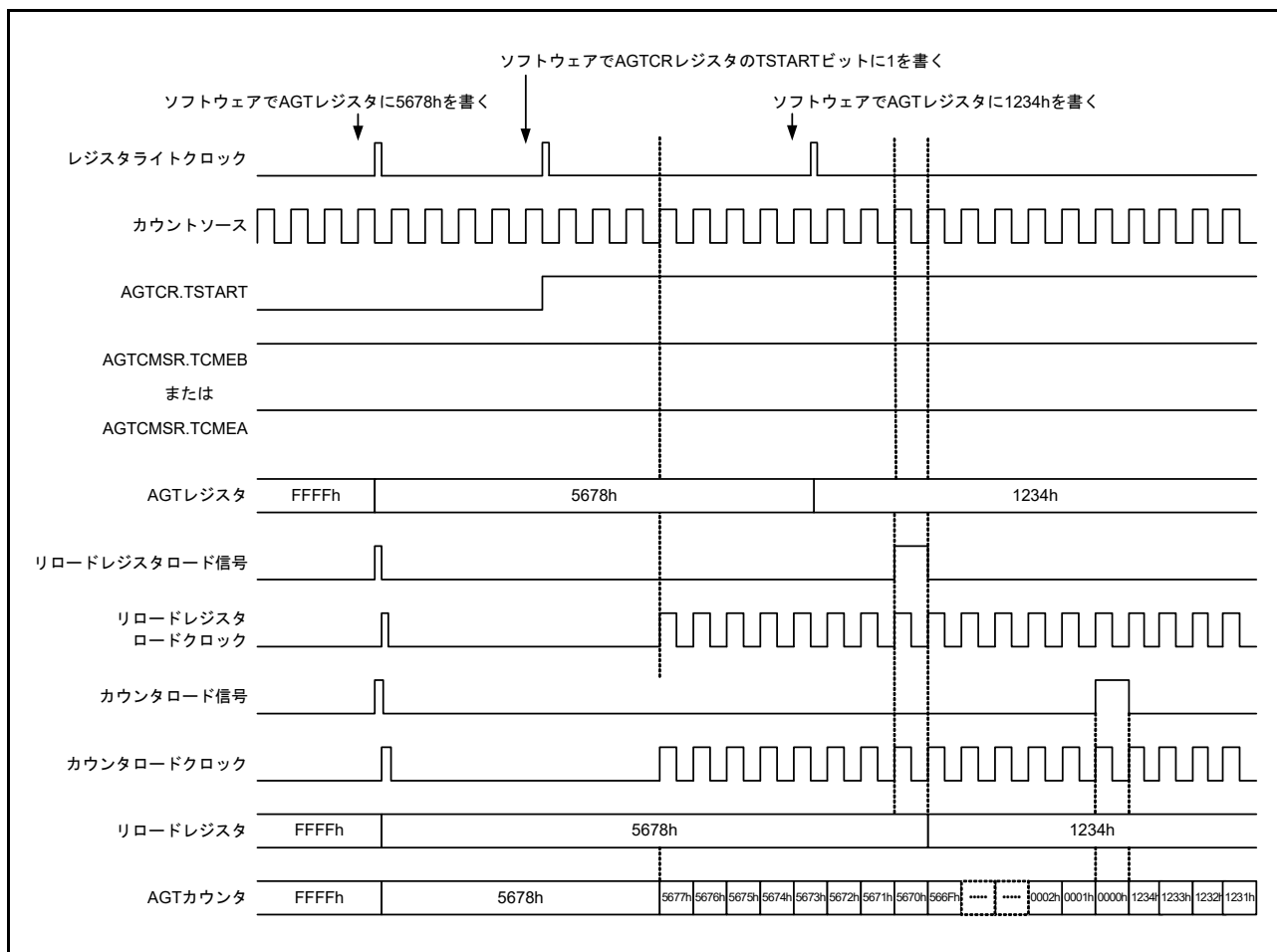


図 24.3 TSTART ビット値および TCMEA または TCMEB ビット値による書き換え動作のタイミング (コンペアマッチ A レジスタまたはコンペアマッチ B レジスタが有効の場合)

24.3.2 リロードレジスタおよびコンペアレジスタ A/B の書き換え動作

動作モードにかかわらず、コンペアレジスタ A/B への書き換え動作のタイミングは、AGTCR レジスタの TSTART ビット値によって異なります。TSTART ビットが 0 (カウント停止) の場合、カウント値がリロードレジスタとコンペアレジスタ A/B に直接書き込まれます。TSTART ビットが 1 (カウント開始) の場合、値がカウントソースと同期してリロードレジスタに書き込まれた後、カウンタのアンダーフローと同期してコンペアレジスタに書き込まれます。

TSTART ビット値によるコンペアレジスタ A への書き換え動作のタイミングを図 24.4 に示します。コンペアレジスタ B の場合もコンペアレジスタ A と同じです。

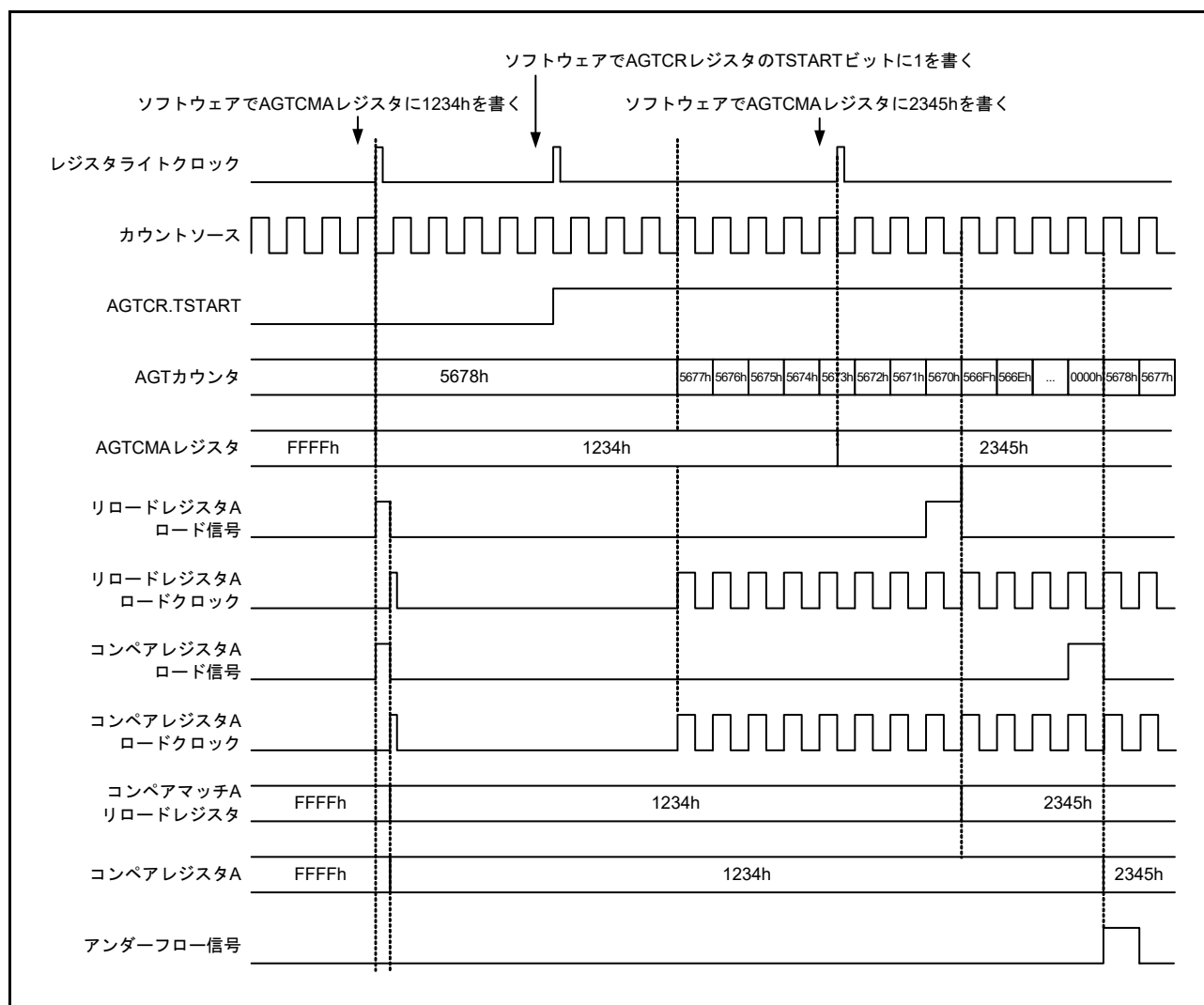


図 24.4 コンペアレジスタ A の TSTART ビット値による書き換え動作のタイミング

24.3.3 タイマモード

このモードでは、AGTカウンタはAGTMR1レジスタのTCK[2:0]ビットで選択したカウントソースによってデクリメントします。タイマモードでは、カウント値がカウントソースの立ち上がりエッジごとに1ずつデクリメントします。カウント値が0000hに達して、次のカウントソースが入力されると、アンダーフローが発生して割り込み要求が生成されます。

タイマモードでの動作例を図24.5に示します。

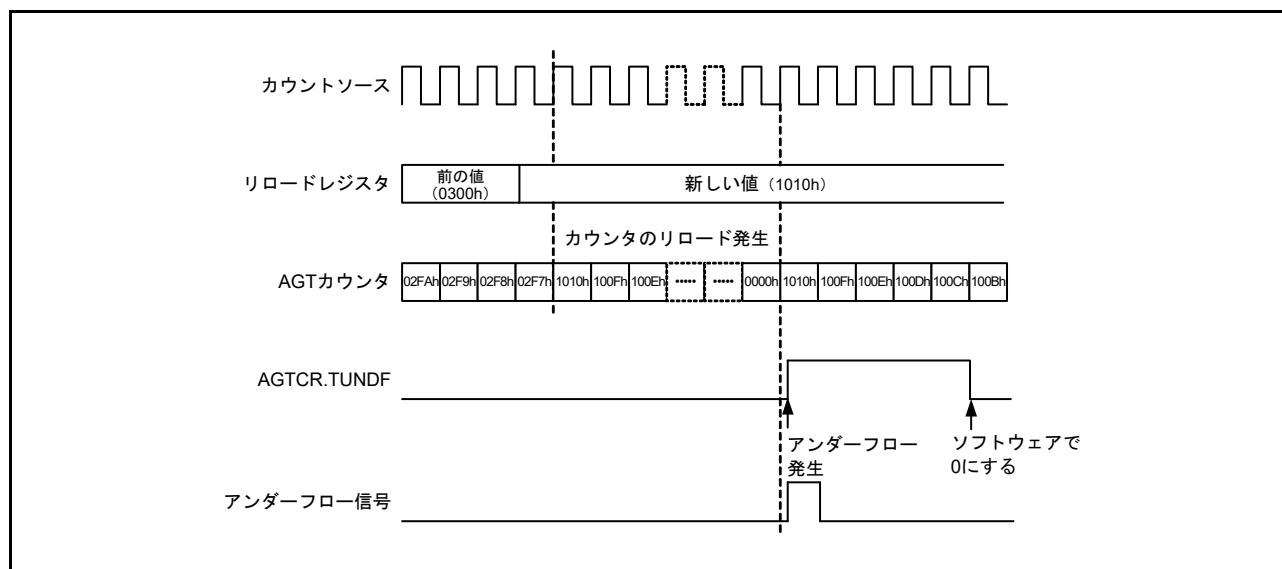


図 24.5 タイマモードでの動作例

24.3.4 パルス出力モード

このモードでは、カウンタはAGTMR1レジスタのTCK[2:0]ビットで選択したカウントソースによってデクリメントし、アンダーフローが発生するたびにAGTIO_nおよびAGTO_n端子の出力レベルは反転します。

パルス出力モードでは、カウント値がカウントソースの立ち上がりエッジごとに1ずつデクリメントします。カウント値が0000hに達して、次のカウントソースが入力されると、アンダーフローが発生して割り込み要求が生成されます。さらに、AGTIO_nおよびAGTO_n端子からパルスを出力できます。その出力レベルは、アンダーフローが発生するたびに反転します。AGTO_n端子からのパルス出力は、AGTIOCレジスタのTOEビットで停止できます。出力レベルは、AGTIOCレジスタのTEDGSELビットで選択できます。

パルス出力モードでの動作例を図24.6に示します。

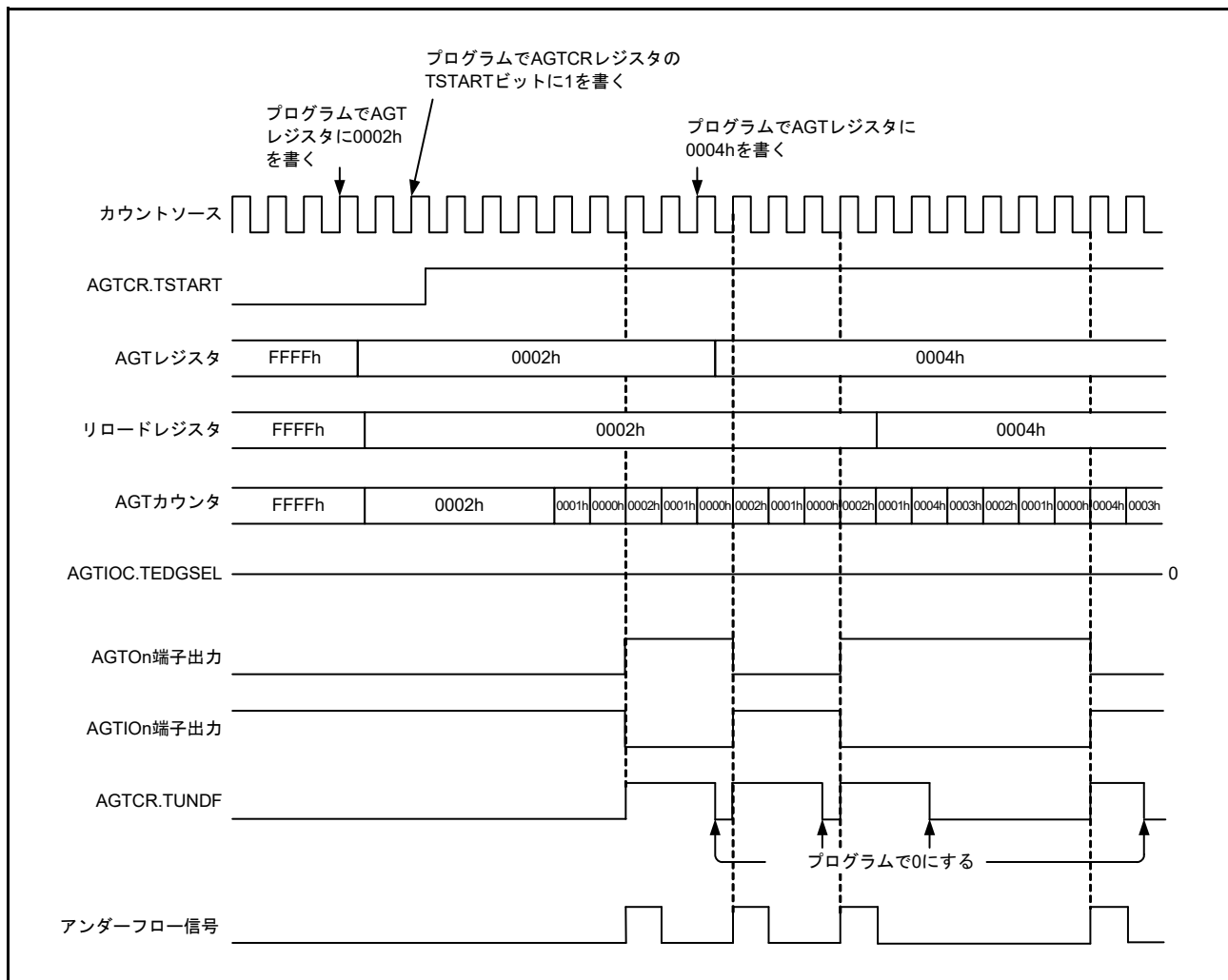


図 24.6 パルス出力モードでの動作例

24.3.5 イベントカウンタモード

このモードでは、カウンタはAGTIO_n端子への外部イベント信号入力によってデクリメントします。イベントをカウントする期間は、AGTIOCレジスタのTIOGT[1:0]ビットとAGTISRレジスタによってさまざまな設定が可能です。さらに、AGTIOCレジスタのTIPF[1:0]ビットによって、AGTIO_n入力用のフィルタ機能を指定できます。イベントカウンタモードでも、AGTIO_n端子からトグル出力が可能です。

イベントカウンタモードでの動作例を図24.7に示します。

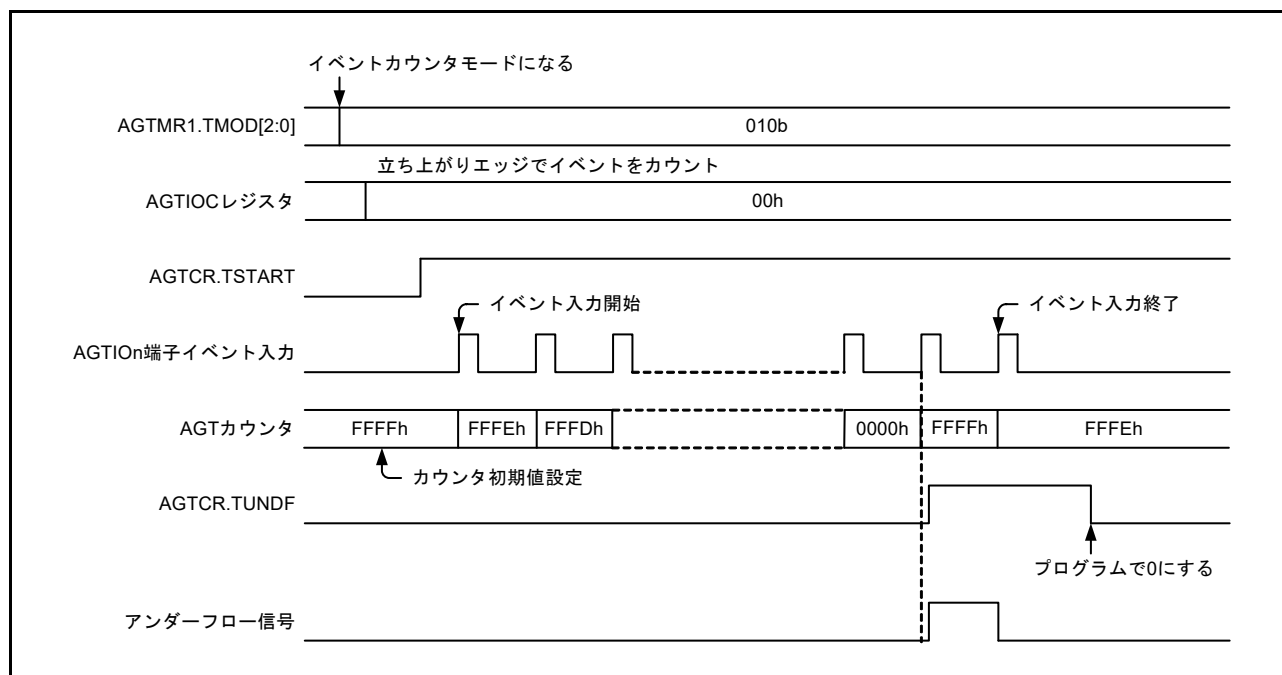


図 24.7 イベントカウンタモードでの動作例 1

イベントカウンタモード時に、指定された期間にイベントがカウントされるように (AGTIOC レジスタの TIOGT[1:0] ビットを 01b に設定) した場合の動作例を図 24.8 に示します。

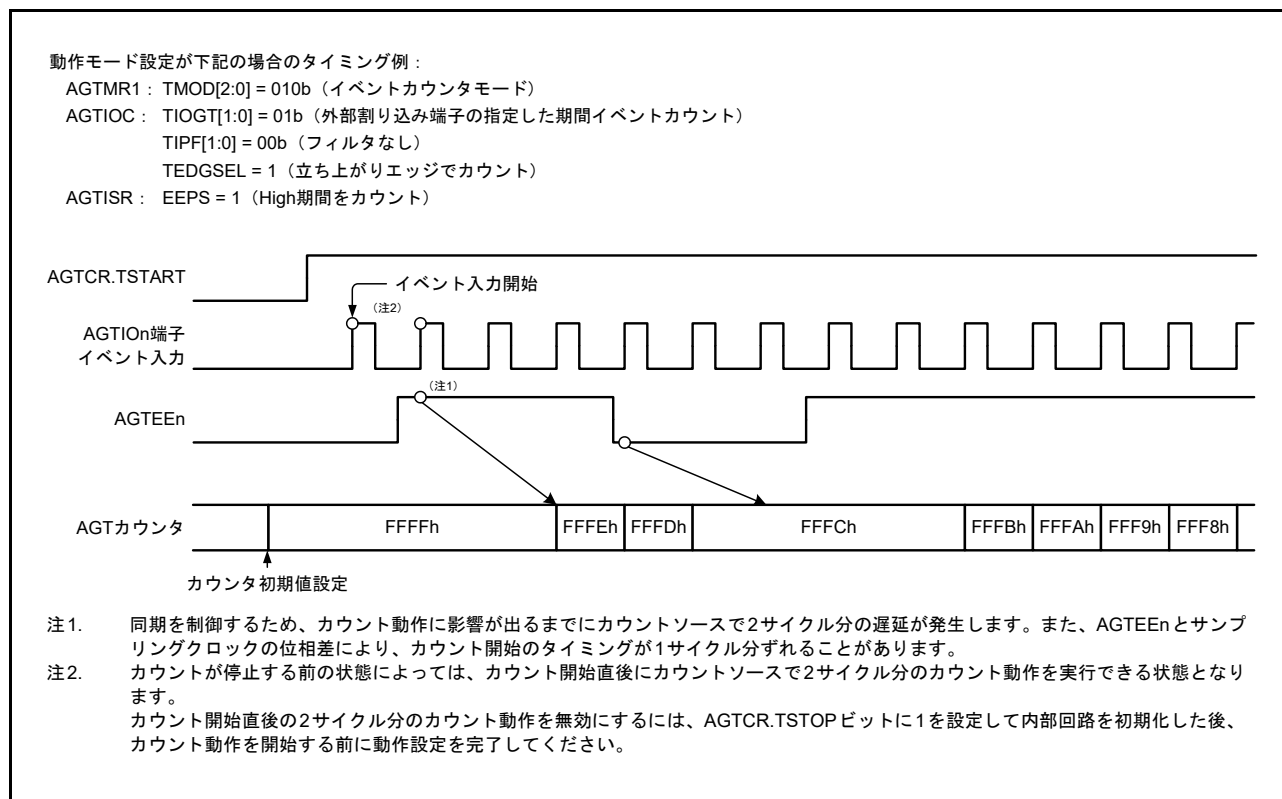


図 24.8 イベントカウンタモードでの動作例 2

24.3.6 パルス幅測定モード

このモードでは、AGTIO_n 端子に入力される外部信号のパルス幅を測定します。

AGTIOC レジスタの TEDGSEL ビットで指定したレベルが AGTIO_n 端子に入力されると、カウンタは AGTMR1 レジスタの TCK[2:0] ビットで選択したカウントソースによってデクリメントします。指定した AGTIO_n 端子レベルが終了すると、カウンタは停止して、AGTCR レジスタの TEDGF ビットが 1 (アクティブエッジ受信) になり、割り込み要求が発生します。カウンタの停止中にカウント値を読み込むことで、パルス幅データが測定されます。また、測定中にカウンタがアンダーフローすると、AGTCR レジスタの TUNDF ビットが 1 になり、割り込み要求が発生します。

パルス幅測定モードでの動作例を図 24.9 に示します。

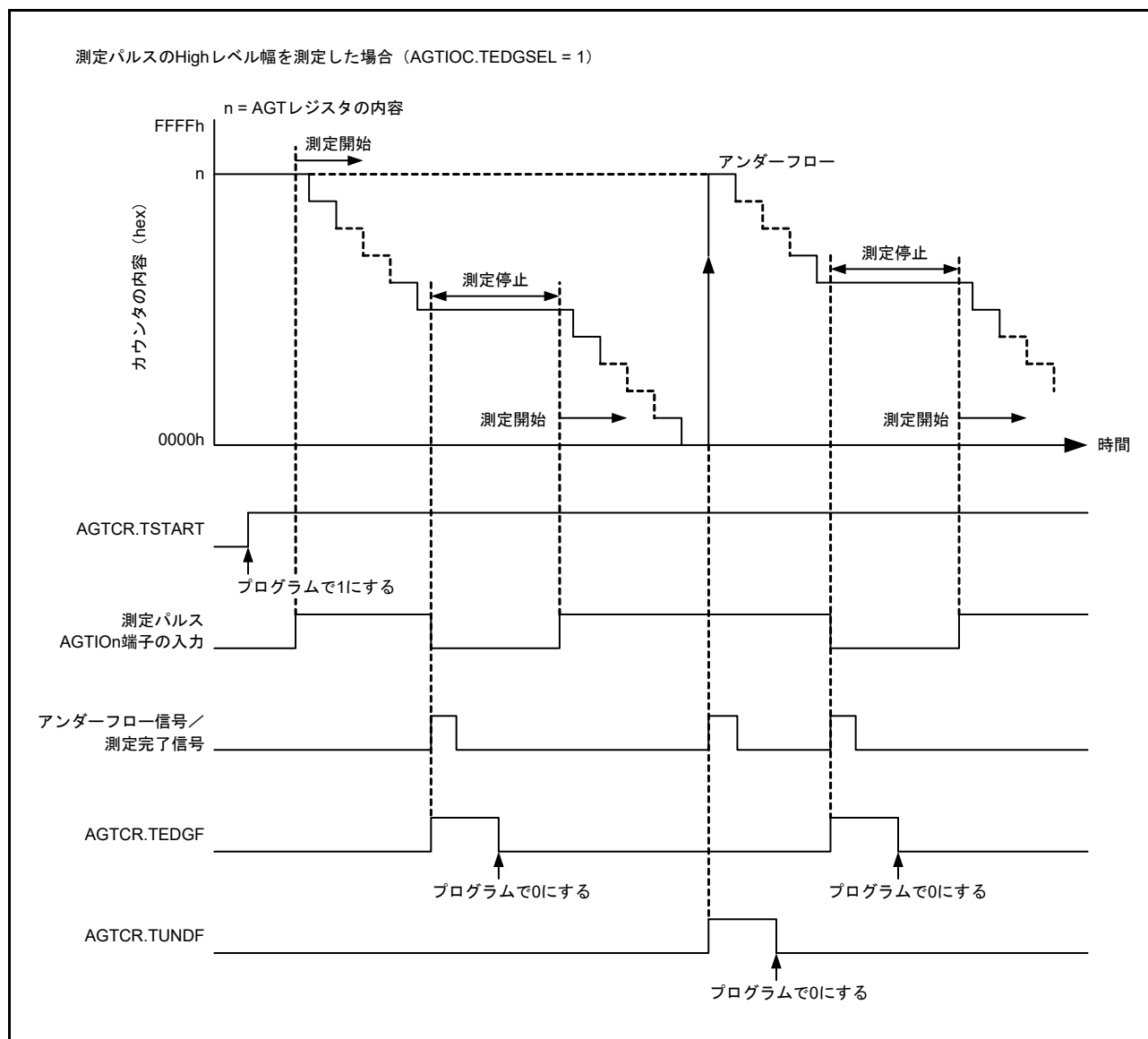


図 24.9 パルス幅測定モードでの動作例

24.3.7 パルス周期測定モード

このモードでは、AGTIO_n 端子に入力される外部信号のパルス周期を測定します。カウンタは AGTMR1 レジスタの TCK[2:0] ビットで選択したカウントソースによってデクリメントします。AGTIOC レジスタの TEDGSEL ビットで指定した周期のパルスが AGTIO_n 端子に入力されると、カウント値が、カウントソースの立ち上がりエッジで読み出しバッファに転送されます。リロードレジスタの値は、次の立ち上がりエッジでカウンタにロードされます。同時に、AGTCR レジスタの TEDGF ビットが 1 (アクティブエッジ受信) になり、割り込み要求が発生します。この時点で読み出しバッファ (AGT レジスタ) が読み出され、リロード値 (24.4.5 イベント番号、パルス幅、およびパルス周期の計算方法を参照) との差が入力パルスの周期データとなります。この周期データは、読み出しバッファが読み出されるまで保持されます。カウンタがアンダーフローすると、AGTCR レジスタの TUNDF ビットが 1 になり、割り込み要求が発生します。

パルス周期測定モードでの動作例を図 24.10 に示します。

カウントソース周期の 2 倍よりも長い周期を持つ入力パルスのみが測定されます。また、Low 幅と High 幅は、両方ともカウントソースの周期より長くなければいけません。これらの条件よりも短いパルス周期が入力されると、その入力は無視される場合があります。

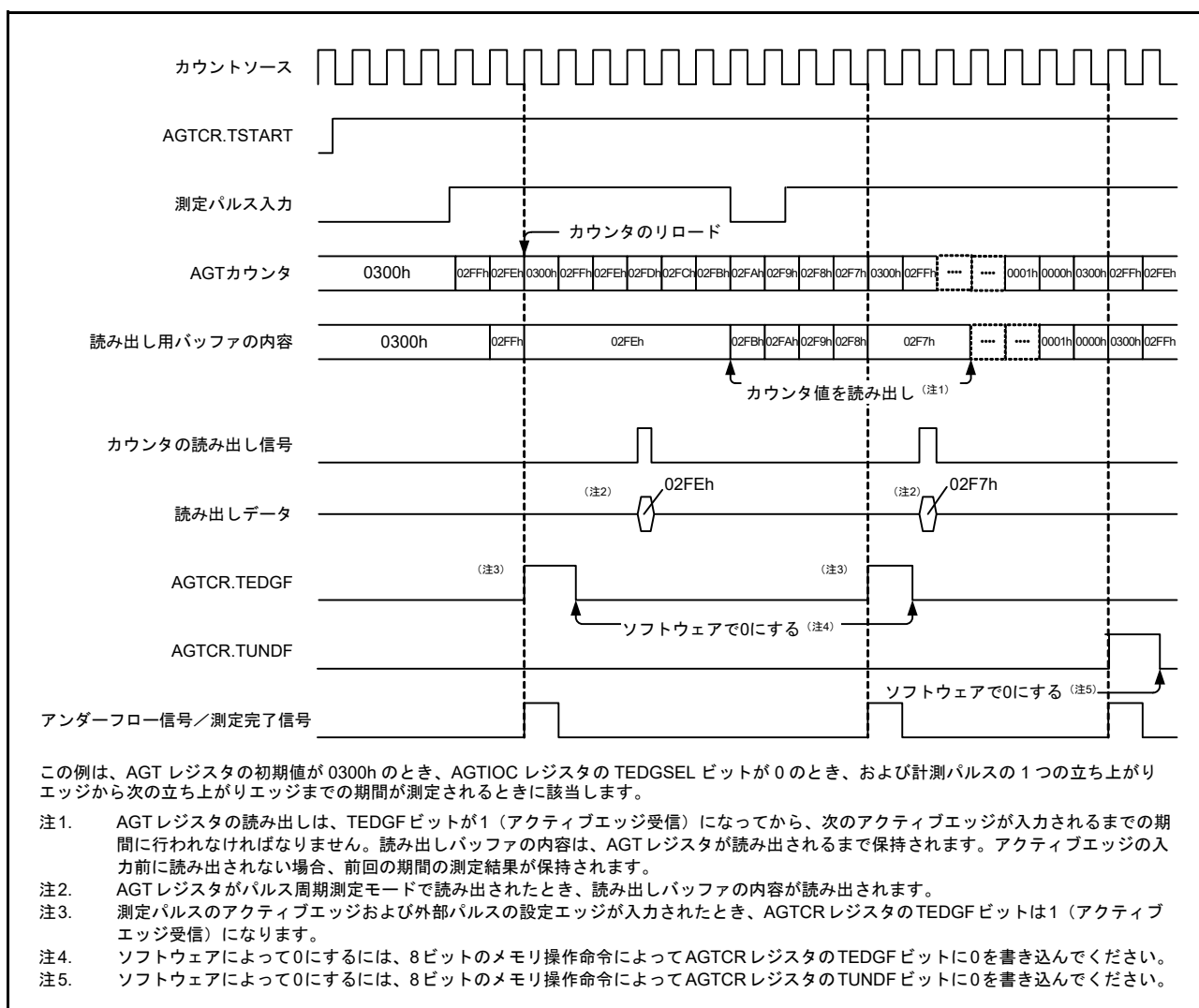


図 24.10 パルス周期測定モードでの動作例

24.3.8 コンペアマッチ機能

この機能は、AGTCMA または AGTCMB レジスタの内容と AGT レジスタの内容の一致（コンペアマッチ）を検出します。この機能は、AGTCMSR レジスタの TCMEA または TCMEB ビットが 1（コンペアマッチ A/B レジスタが有効）の場合に有効となります。カウンタは AGTMR1 レジスタの TCK[2:0] ビットで選択したカウントソースによってデクリメントします。AGT の値と AGTCMA または AGTCMB の値が一致した場合、AGTCR レジスタの TCMAF/TCMBF ビットが 1（一致）になり、割り込み要求が発生します。

コンペアマッチ機能が有効の場合、リロードレジスタとカウンタでは、書き替え動作のタイミングは異なります。詳細は、[24.3.1 リロードレジスタおよびカウンタの書き換え動作](#)を参照してください。また、AGTOB0 端子の出力レベルは、一致およびアンダーフローによって反転します。出力レベルは、AGTCMSR レジスタの TOPOLB ビットで選択できます。

コンペアマッチモードでの動作例を **図 24.11** に示します。

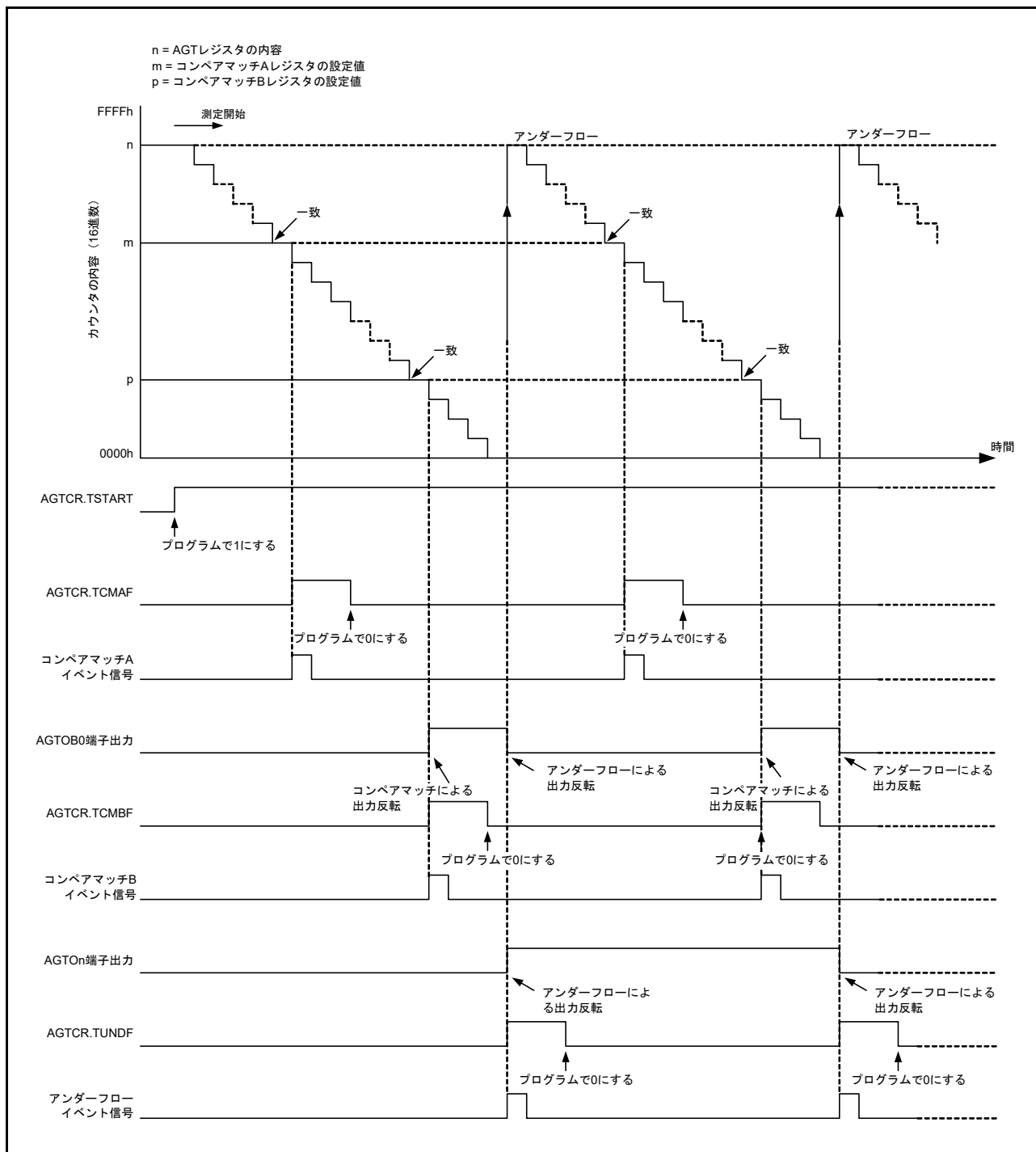


図 24.11 コンペアマッチモードでの動作例 (TOPOLB = 0 の場合)

24.3.9 各モードの出力設定

各モードでの AGTOn、AGTIO_n、および AGTOB0 端子の状態を表 24.5 ~ 表 24.7 に示します。

表 24.5 AGTOn端子の設定

| 動作モード | AGTIOCレジスタ | | AGTOn端子出力 |
|-------|------------|------------|-----------|
| | TOEビット | TEDGSELビット | |
| 全モード | 1 | 1 | 反転出力 |
| | | 0 | 通常出力 |
| | 0 | 0または1 | 出力禁止 |

表 24.6 AGTIO0端子の設定

| 動作モード | AGTIOCレジスタ | AGTIO _n 端子入出力 |
|-------------|------------|--------------------------|
| | TEDGSELビット | |
| タイマモード | 0または1 | 入力 (使用しない) |
| パルス出力モード | 1 | 通常出力 |
| | 0 | 反転出力 |
| イベントカウンタモード | 0または1 | 入力 |
| パルス幅測定モード | | |
| パルス周期測定モード | | |

表 24.7 AGTOB0端子の設定

| 動作モード | AGTCMSRレジスタ | | AGTOB0端子出力 |
|-------------|-------------|-----------|--------------|
| | TOEBビット | TOPOLBビット | |
| タイマモード | 1 | 1 | 反転出力 |
| | | 0 | 通常出力 |
| | 0 | 0または1 | 出力禁止 (使用しない) |
| パルス出力モード | 1 | 1 | 反転出力 |
| | | 0 | 通常出力 |
| | 0 | 0または1 | 出力禁止 (使用しない) |
| イベントカウンタモード | 1 | 1 | 反転出力 |
| | | 0 | 通常出力 |
| | 0 | 0または1 | 出力禁止 (使用しない) |
| パルス幅測定モード | 0 | 0 | 禁止 |
| パルス周期測定モード | | | |

24.3.10 スタンバイモード

AGTはソフトウェアスタンバイモードでも動作可能です。カウント開始 (TSTART = 1 および TCSTF = 1) の状態で、ソフトウェアスタンバイモードに設定してください。

ソフトウェアスタンバイモードで使用可能な設定を表 24.8 および表 24.9 に示します。

表 24.8 ソフトウェアスタンバイモードで使用可能な設定 (AGT0)

| 動作モード | AGTMR1レジスタのTCK[2:0]ビット | 動作クロック | CPUの回復要因 |
|-------------|------------------------|--------------------|----------|
| タイマモード | 100bまたは110b | AGTLCLKまたはAGTSCLK | — |
| パルス出力モード | 100bまたは110b | AGTLCLKまたはAGTSCLK | — |
| イベントカウンタモード | — (無効) | AGTIO _n | — |
| パルス幅測定モード | 100bまたは110b | AGTLCLKまたはAGTSCLK | — |
| パルス周期測定モード | 100bまたは110b | AGTLCLKまたはAGTSCLK | — |

表 24.9 ソフトウェアスタンバイモードで使用可能な設定 (AGT1)

| 動作モード | AGTMR1レジスタのTCK[2:0]ビット | 動作クロック | CPUの回復要因 |
|-------------|------------------------|--------------------------------|---|
| タイマモード | 100b、110b、または101b (注1) | AGTLCLK、AGTSCLK、またはAGT0アンダーフロー | <ul style="list-style-type: none"> アンダーフロー コンペアマッチA/B |
| パルス出力モード | 100b、110b、または101b (注1) | AGTLCLK、AGTSCLK、またはAGT0アンダーフロー | <ul style="list-style-type: none"> アンダーフロー コンペアマッチA/B |
| イベントカウンタモード | — (無効) | AGTIO _n | <ul style="list-style-type: none"> アンダーフロー コンペアマッチA/B |
| パルス幅測定モード | 100b、110b、または101b (注1) | AGTLCLK、AGTSCLK、またはAGT0アンダーフロー | <ul style="list-style-type: none"> アンダーフロー アクティブエッジ |
| パルス周期測定モード | 100b、110b、または101b (注1) | AGTLCLK、AGTSCLK、またはAGT0アンダーフロー | <ul style="list-style-type: none"> アンダーフロー アクティブエッジ |

注. ソフトウェアスタンバイモードの解除はAGT1のみです。

注1. AGT0が表 24.8 の状態で動作している場合のみ。

24.3.11 割り込み要因

AGTには、表 24.10 に示すように、3種類の割り込み要因があります。

表 24.10 AGTの割り込み要因

| 名称 | 割り込み要因 | DMAC/DTCの起動 |
|---------------------------|--|-------------|
| AGT _n _AGTI | <ul style="list-style-type: none"> カウンタがアンダーフローしたとき 外部入力 (AGTIO_n) のアクティブ幅の測定がパルス幅測定モードで終了したとき 外部入力 (AGTIO_n) の設定エッジがパルス周期測定モードで入力されたとき | 可能 |
| AGT _n _AGTCMAI | AGTとAGTCMAの値が一致したとき | 可能 |
| AGT _n _AGTCMBI | AGTとAGTCMBの値が一致したとき | 可能 |

注. チャンネル番号 (n = 0, 1)

24.3.12 ELC へのイベント信号出力

AGTはイベントリンクコントローラ (ELC) を用いて、割り込み要求信号をイベント信号として使用することにより、指定したモジュールに対するリンク動作の実行が可能です。AGTは、コンペアマッチA、コンペアマッチB、およびアンダーフロー/測定完了信号をイベント信号として出力します。詳細は、「19. イベントリンクコントローラ (ELC)」を参照してください。

24.4 使用上の注意事項

24.4.1 カウント動作の開始および停止制御

- イベントカウントモード以外に動作モード (表 24.1 参照) が設定されている場合、またはカウントソースが AGT0 アンダーフロー (TCK[2:0]=101b) 以外に設定されている場合
- カウント停止中に AGTCR レジスタの TSTART ビットに 1 (カウント開始) を書き込んでも、カウントソースの 3 サイクル中は、AGTCR レジスタの TCSTF ビットは 0 (カウント停止) のままです。TCSTF ビットが 1 (カウント実行中) になるまで、TCSTF ビット以外の AGT 関連レジスタ (注 1) にはアクセスしないでください
- カウント動作中に TSTART ビットに 0 (カウント停止) を書き込んでも、カウントソースの 3 サイクル中は、TCSTF ビットは 1 のままです。TCSTF ビットが 0 になったとき、カウントが停止します。TCSTF ビットが 0 になるまで、TCSTF ビット以外の AGT 関連レジスタ (注 1) にはアクセスしないでください
- TSTART ビットを 0 から 1 に変更する前に、割り込みレジスタをクリアしてください。詳細は、「14. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください

注 1. AGT 関連レジスタ : AGT、AGTCMA、AGTCMB、AGTCR、AGTMR1、AGTMR2、AGTIOC、AGTISR、および AGTCMSR

- イベントカウントモードに動作モード (表 24.1 参照) が設定されている場合、またはカウントソースが AGT0 アンダーフロー (TCK[2:0]=101b) に設定されている場合
- カウント停止中に AGTCR レジスタの TSTART ビットに 1 (カウント開始) を書き込んでも、PCLKB の 2 サイクル中は、AGTCR レジスタの TCSTF ビットは 0 (カウント停止) のままです。TCSTF ビットが 1 (カウント実行中) になるまで、TCSTF ビット以外の AGT 関連レジスタ (注 1) にはアクセスしないでください
- カウント動作中に TSTART ビットに 0 (カウント停止) を書き込んでも、PCLKB の 2 サイクル中は、TCSTF ビットは 1 のままです。TCSTF ビットが 0 になったとき、カウントが停止します。TCSTF ビットが 0 になるまで、TCSTF ビット以外の AGT 関連レジスタ (注 1) にはアクセスしないでください
- TSTART ビットを 0 から 1 に変更する前に、割り込みレジスタをクリアしてください。詳細は、「14. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください

注 1. AGT 関連レジスタ : AGT、AGTCMA、AGTCMB、AGTCR、AGTMR1、AGTMR2、AGTIOC、AGTISR、および AGTCMSR

24.4.2 カウンタレジスタへのアクセス

AGTCR レジスタの TSTART および TCSTF ビットがともに 1 (カウント開始) の場合、AGT レジスタへ連続して書き込むときの書き込み間隔には、カウントソースクロックで 3 サイクル以上の余裕が必要です。

24.4.3 モード変更時

AGT の動作モードに関連するレジスタ (AGTMR1、AGTMR2、AGTIOC、AGTISR、AGTCMSR、AGTIOC) は、TSTART および TCSTF ビットがともに 0 (カウント停止) になって、カウントが停止した場合にのみ変更可能です。カウント動作中は、これらのレジスタを変更しないでください。

AGT の動作モードに関連するレジスタが変更されると、TEDGF、TUNDF、TCMAF、および TCMBF ビットの値は不定となります。カウントを開始する前に、以下のビットに 0 を書き込んでください。

- TEDGF (アクティブエッジ未受信)
- TUNDF (アンダーフローなし)
- TCMAF (不一致)
- TCMBF (不一致)

24.4.4 デジタルフィルタ

デジタルフィルタの使用時に、TIPF[1:0] ビットを設定した後、および AGTIOC レジスタの TEDGSEL ビットを変更した場合は、デジタルフィルタクロックの 5 サイクル中はタイマ動作を開始しないでください。

24.4.5 イベント番号、パルス幅、およびパルス周期の計算方法

- イベントカウントモードでは、イベント番号が次式で計算されます。
イベント番号 = カウンタ [AGT レジスタ] の初期値 - アクティブイベント終了のカウンタ値
- パルス幅測定モードでは、パルス幅が次式で計算されます。
パルス幅 = 測定停止のカウンタ値 - 次の測定停止のカウンタ値
- パルス周期測定モードでは、入力パルス周期が次式で計算されます。
入力パルス周期 = (カウンタ [AGT レジスタ] の初期値 - 読み出しバッファの読み出し値) + 1

24.4.6 TSTOP ビットで強制的にカウントを停止した場合

AGTCR レジスタの TSTOP ビットでカウンタを強制的に停止した後、カウントソースの 1 サイクル中は、下記の I/O レジスタにアクセスしないでください。

- AGT
- AGTCMA
- AGTCMB
- AGTCR
- AGTMR1
- AGTMR2

24.4.7 カウントソースとして AGT0 アンダーフローを選択した場合

カウントソースとして AGT のアンダーフロー信号を選択した場合、以下の手順に従って AGT を操作してください。

(1) 動作開始手順

1. AGT0 および AGT1 を設定します。
2. AGT1 のカウント動作を開始します。
3. AGT0 のカウント動作を開始します。

(2) 動作停止手順

1. AGT0 のカウント動作を停止します。
2. AGT1 のカウント動作を停止します。
3. AGT1 のカウントソースクロックを停止します (AGT1.AGTMR1.TCK[2:0] ビットに 000b を書き込みます)。

24.4.8 I/O レジスタのリセット

AGT の I/O レジスタは、リセットの種類によっては初期化されません。詳細は、「6. リセット」を参照してください。

24.4.9 カウントソースとして PCLKB、PCLKB/8、または PCLKB/2 を選択した場合

リセット発生後、AGT の動作は保証されません。AGT 関連レジスタを再設定してください。

24.4.10 カウントソースとして AGTLCLK または AGTSCLK を選択した場合

MSTPCRD レジスタの MSTPD2 ビットは、AGT1 レジスタにアクセスする場合を除き、1 にする必要があります。MSTPCRD レジスタの MSTPD3 ビットは、AGT0 レジスタにアクセスする場合を除き、1 にする必要があります。MSTPD2 または MSTPD3 ビットが 0 の状態でリセットが発生した場合、AGT1 または AGT0 の動作は保証されません。AGT 関連レジスタを再設定してください。

24.4.11 クロックソースを切り替える場合

SCKCR.CKSEL[2:0] を変更することによりクロックソースを切り替える場合、セレクタからのクロック出力は、切り替えたクロックで 4 サイクル間停止します。したがって、外部イベント入力として AGTIO_n、AGTEEn、またはこれら両方の入力を使用する場合、クロックソースを切り替えないでください。もし外部イベント入力使用中にクロックソースを切り替える場合は、切り替えたソースクロックサイクルで 4 サイクル分入力パルス幅を拡張してください。

25. リアルタイムクロック (RTC)

25.1 概要

RTCには、カレンダーカウントモードとバイナリカウントモードの2種類のカウントモードがあり、レジスタ設定を切り替えることで使用します。カレンダーカウントモードでは、RTCは2000年から2099年まで100年間のカレンダーを保持し、うるう年の日付を自動補正します。バイナリカウントモードでは、RTCは秒をカウントし、その情報をシリアル値として保持します。バイナリカウントモードは、西暦以外のカレンダーに利用可能です。

時計カウンタのカウントソースとして、サブクロック発振器またはLOCOを選択できます。RTCは、カウントソースをプリスケアラで分周して得られた128Hzクロックを使用します。年、月、日、曜日、午前/午後(12時間モード時)、時、分、秒、または32ビットバイナリを1/128秒単位でカウントします。

注. コールドスタート後は、VBATT機能を使用するか否かにかかわらず、VBTCR1.BPWSWSTPビットを1にしてから、RTCレジスタにアクセスしてください。詳細は、「12. バッテリバックアップ機能」の図12.2 VBTCR1.BPWSWSTPビットの設定フローを参照してください。

表25.1にRTCの仕様を、図25.1にRTCのブロック図を、表25.2にRTCの入出力端子を示します。

表 25.1 RTCの仕様

| 項目 | 内容 |
|--------------|---|
| カウントモード | カレンダーカウントモード/バイナリカウントモード |
| カウントソース (注1) | サブクロック (XCIN) またはLOCO |
| 時計/カレンダー機能 | <ul style="list-style-type: none"> • カレンダーカウントモード 年、月、日、曜日、時、分、秒をカウント、BCD表示 12時間/24時間モード切り替え機能 30秒調整機能 (30秒未満は00秒に切り捨て、30秒以上は1分に切り上げ) うるう年自動補正機能 • バイナリカウントモード 秒を32ビットでカウント、バイナリ表示 • 両モード共通 スタート/ストップ機能 秒以下の桁のバイナリ表示 (1Hz、2Hz、4Hz、8Hz、16Hz、32Hz、64Hz) 時計誤差補正機能 クロック (1Hz/64Hz) 出力 |
| 割り込み | <ul style="list-style-type: none"> • アラーム割り込み (RTC_ALM) アラーム割り込み条件として、比較対象を下記から選択可能 カレンダーカウントモード: 年、月、日、曜日、時、分、秒 バイナリカウントモード: 32ビットバイナリカウンタの各ビット • 周期割り込み (RTC_PRD) 割り込み周期として、2秒、1秒、1/2秒、1/4秒、1/8秒、1/16秒、1/32秒、1/64秒、1/128秒、1/256秒から選択可能 • 桁上げ割り込み (RTC_CUP) 次のいずれかの条件で割り込み発生 <ul style="list-style-type: none"> • 64Hzカウンタから秒カウンタへ桁上げが生じたとき • 64Hzカウンタの変化とR64CNTレジスタの読み出しタイミングが重なったとき • アラーム割り込みまたは周期割り込みによる、ソフトウェアスタンバイモードからの復帰が可能 |
| 時間キャプチャ機能 | <ul style="list-style-type: none"> • 時間キャプチャイベント入力端子のエッジ検出時に、時間のキャプチャが可能 イベント入力ごとに、月、日、時、分、および秒をキャプチャ、または32ビットバイナリカウンタ値をキャプチャ |
| イベントリンク機能 | 周期イベント出力 (RTC_PRD) |

注1. 周辺モジュールクロック (PCLKB) 周波数 \geq カウントソースクロック周波数となるように設定してください。

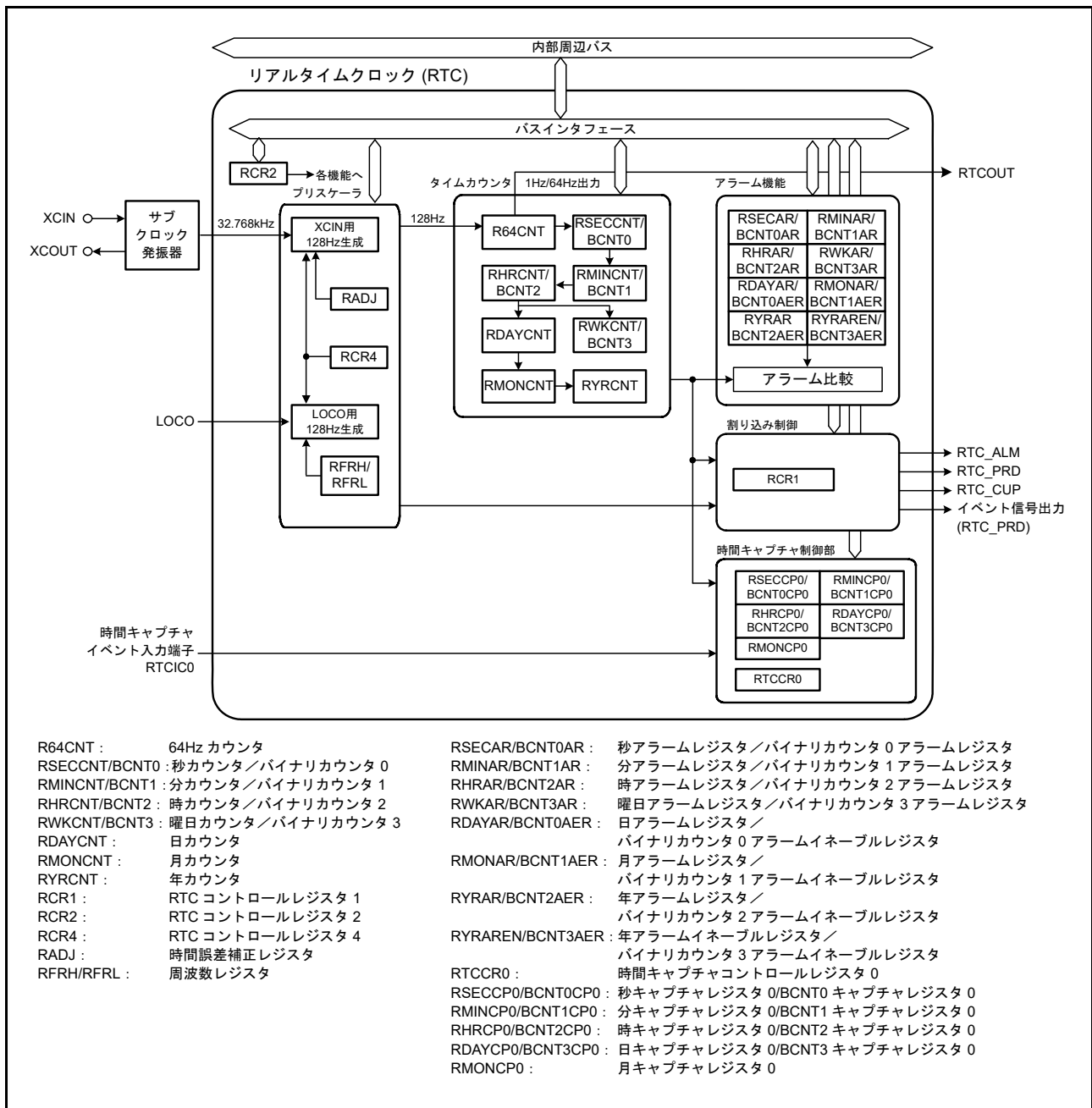


図 25.1 RTC のブロック図

表 25.2 RTC 端子の構成

| 端子名 | 入出力 | 機能 |
|--------|-----|-----------------------|
| XGIN | 入力 | 32.768kHzの水晶振動子を接続します |
| XCOU | 出力 | |
| RTCOUT | 出力 | 1Hz/64Hz波形出力に使用します |
| RTCIC0 | 入力 | 時間キャプチャイベント入力端子です |

25.2 レジスタの説明

RTC レジスタの書き込み／読み出しは、[25.6.5 レジスタの書き込み／読み出し時の注意事項](#)に従って行ってください。

RTC レジスタのビット一覧で、リセット後の値が x (不定) になっているビットは、リセットで初期化されません。カウント動作時 (たとえば RCR2.START ビットが 1 のとき) に、RTC がリセット状態または低消費電力状態へ遷移した場合、年／月／曜日／日／時／分／秒／64Hz カウンタは動作を継続します。

注. レジスタへの書き込み中にリセットが発生すると、レジスタ値が破壊される可能性があります。また、どのレジスタに対しても、その設定直後は、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移しないでください。詳細は、[25.6.4 レジスタ設定後の低消費電力モードへの遷移について](#)を参照してください。

25.2.1 64Hz カウンタ (R64CNT)

アドレス [RTC.R64CNT 4004 4000h](#)

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|----|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | — | F1HZ | F2HZ | F4HZ | F8HZ | F16HZ | F32HZ | F64HZ |
| リセット後の値 | 0 | x | x | x | x | x | x | x |

x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|-----------------------|-------|---------------------------|-----|
| b0 | F64HZ | 64Hz | 秒以下の桁の 1Hz～64Hz の状態を示します。 | R |
| b1 | F32HZ | 32Hz | | R |
| b2 | F16HZ | 16Hz | | R |
| b3 | F8HZ | 8Hz | | R |
| b4 | F4HZ | 4Hz | | R |
| b5 | F2HZ | 2Hz | | R |
| b6 | F1HZ | 1Hz | | R |
| b7 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。 | R |

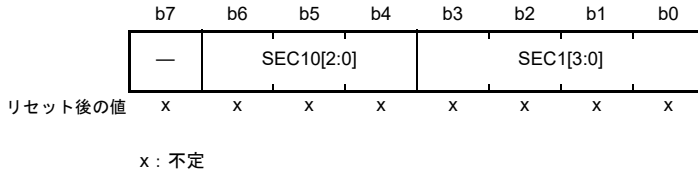
R64CNT カウンタは、カレンダーカウントモード／バイナリカウントモード共通で使用します。64Hz カウンタ (R64CNT) は、128Hz クロックでアップカウントするカウンタで、秒周期を生成します。このカウンタを読み出すことで、秒以下の領域の状態を確認できます。

このカウンタは、RTC ソフトウェアリセットまたは 30 秒調整によって 00h になります。このカウンタを読み出す際は、[25.3.5 64Hz カウンタと時刻の読み出し](#)に示す手順に従ってください。

25.2.2 秒カウンタ (RSECNT) / バイナリカウンタ 0 (BCNT0)

(1) カレンダーカウントモード時

アドレス [RTC.RSECNT 4004 4002h](#)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------------------------|---------|---|-----|
| b3-b0 | SEC1[3:0] | 1秒カウント | 1秒ごとに0から9までカウントします。桁上げが生じると、十の位が+1されます。 | R/W |
| b6-b4 | SEC10[2:0] | 10秒カウント | 0から5までカウントして、60秒カウントを行います。 | R/W |
| b7 | — | 予約ビット | 0を設定してください。読むと設定値が読めます。 | R/W |

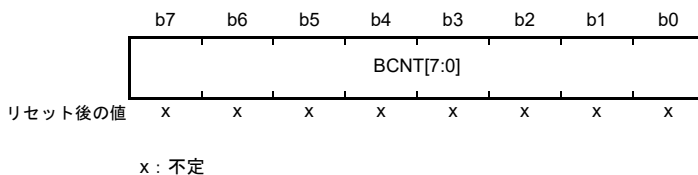
RSECNT カウンタは、BCD コード化された秒の値を設定およびカウントします。64Hz カウンタでの1秒ごとの桁上げによってカウントします。

設定可能範囲は10進で00～59です。これ以外の値が設定されると、RTCは正常に動作しません。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前にスタートビット (RCR2.START) でカウント動作を停止させてください。

このカウンタを読み出す際は、[25.3.5 64Hz カウンタと時刻の読み出し](#)に示す手順に従ってください。

(2) バイナリカウントモード時

アドレス [RTC.BCNT0 4004 4002h](#)

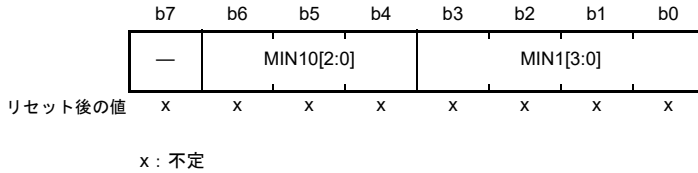


BCNT0は、書き込み/読み出し可能な32ビットバイナリカウンタのb7～b0です。32ビットバイナリカウンタは、64Hz カウンタでの1秒ごとの桁上げによってカウント動作を行います。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前にスタートビット (RCR2.START) でカウント動作を停止させてください。このカウンタを読み出す際は、[25.3.5 64Hz カウンタと時刻の読み出し](#)に示す手順に従ってください。

25.2.3 分カウンタ (RMINCNT) / バイナリカウンタ 1 (BCNT1)

(1) カレンダーカウントモード時

アドレス [RTC.RMINCNT 4004 4004h](#)



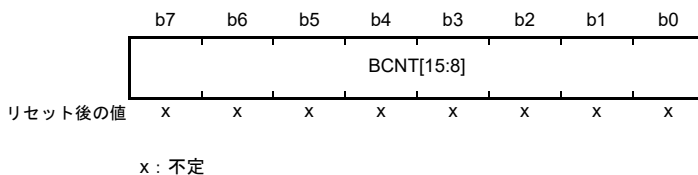
| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------------------------|---------|---|-----|
| b3-b0 | MIN1[3:0] | 1分カウント | 1分ごとに0から9までカウントします。桁上げが生じると、十の位が+1されます。 | R/W |
| b6-b4 | MIN10[2:0] | 10分カウント | 0から5までカウントして、60分カウントを行います。 | R/W |
| b7 | — | 予約ビット | 0を設定してください。読むと設定値が読めます。 | R/W |

RMINCNT カウンタは、BCD コード化された分の値を設定およびカウントします。秒カウンタでの1分ごとの桁上げによってカウントします。

設定可能範囲は10進 (BCD) で00～59です。この範囲にない値が設定されると、RTCは正常に動作しません。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前にスタートビット (RCR2.START) でカウント動作を停止させてください。このカウンタを読み出す際は、[25.3.5 64Hz カウンタと時刻の読み出し](#)に示す手順に従ってください。

(2) バイナリカウントモード時

アドレス [RTC.BCNT1 4004 4004h](#)

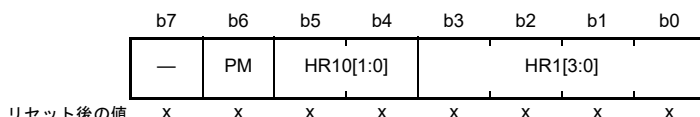


BCNT1 カウンタは、書き込み/読み出し可能な32ビットバイナリカウンタのb15～b8です。32ビットバイナリカウンタは、64Hz カウンタでの1秒ごとの桁上げによってカウント動作を行います。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前にスタートビット (RCR2.START) でカウント動作を停止させてください。このカウンタを読み出す際は、[25.3.5 64Hz カウンタと時刻の読み出し](#)に示す手順に従ってください。

25.2.4 時カウンタ (RHRCNT) / バイナリカウンタ 2 (BCNT2)

(1) カレンダーカウントモード時

アドレス RTC.RHRCNT 4004 4006h



x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------|----------|---|-----|
| b3-b0 | HR1[3:0] | 1時間カウンタ | 1時間に1回、0から9までカウントします。桁上げが生じると、十の位が+1されます。 | R/W |
| b5-b4 | HR10[1:0] | 10時間カウンタ | 一の位からの桁上げごとに1回、0から2までカウントします。 | R/W |
| b6 | PM | PM | 時計カウンタのAM/PMの設定 0: 午前 1: 午後 | R/W |
| b7 | — | 予約ビット | 0を設定してください。読むと設定値が読めます。 | R/W |

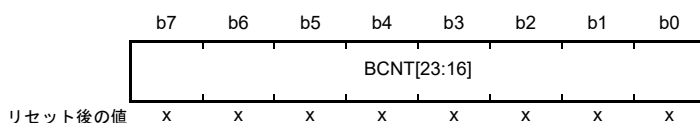
RHRCNT カウンタは、BCD コード化された時間の値を設定およびカウントします。分カウンタでの1時間ごとの桁上げによってカウントします。設定可能範囲は、時間モードビット (RCR2.HR24) の設定値に応じて以下のように異なります。

- RCR2.HR24 ビットが 0 の場合、00 ~ 11 (BCD)
- RCR2.HR24 ビットが 1 の場合、00 ~ 23 (BCD)

この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前にスタートビット (RCR2.START) でカウント動作を停止させてください。PM ビットは、RCR2.HR24 ビットが 0 の場合にのみ有効です。それ以外では、PM ビットの設定値は無効です。このカウンタを読み出す際は、[25.3.5 64Hz カウンタと時刻の読み出し](#)に示す手順に従ってください。

(2) バイナリカウントモード時

アドレス RTC.BCNT2 4004 4006h

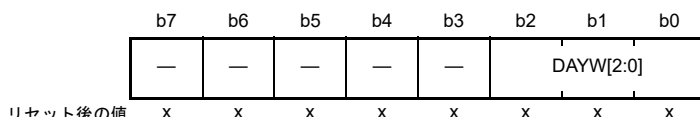


x: 不定

BCNT2 カウンタは、書き込み/読み出し可能な 32 ビットバイナリカウンタの b23 ~ b16 です。32 ビットバイナリカウンタは、64Hz カウンタでの1秒ごとの桁上げによってカウント動作を行います。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前にスタートビット (RCR2.START) でカウント動作を停止させてください。このカウンタを読み出す際は、[25.3.5 64Hz カウンタと時刻の読み出し](#)に示す手順に従ってください。

25.2.5 曜日カウンタ (RWKCNT) / バイナリカウンタ 3 (BCNT3)

(1) カレンダーカウントモード時

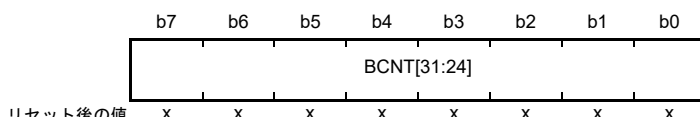
アドレス [RTC.RWKCNT 4004 4008h](#)

x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---------------------------|--------|--|-----|----|----|--|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|--------|-----|
| b2-b0 | DAYW[2:0] | 曜日カウンタ | <table border="0"> <tr> <td>b2</td><td>b1</td><td>b0</td><td></td> </tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>: 日</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>: 月</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>: 火</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>: 水</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>: 木</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>: 金</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>: 土</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>: 設定禁止</td> </tr> </table> | b2 | b1 | b0 | | 0 | 0 | 0 | : 日 | 0 | 0 | 1 | : 月 | 0 | 1 | 0 | : 火 | 0 | 1 | 1 | : 水 | 1 | 0 | 0 | : 木 | 1 | 0 | 1 | : 金 | 1 | 1 | 0 | : 土 | 1 | 1 | 1 | : 設定禁止 | R/W |
| b2 | b1 | b0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | : 日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | : 月 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | : 火 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | : 水 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | : 木 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | : 金 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | : 土 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | : 設定禁止 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 0を設定してください。読むと設定値が読めます。 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

RWKCNT カウンタは、コード化された曜日の値を設定およびカウントします。時カウンタでの1日ごとの桁上げによってカウントします。設定可能範囲は0～6です。この範囲にない値が設定されると、RTCは正常に動作しません。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前にスタートビット (RCR2.START) でカウント動作を停止させてください。このカウンタを読み出す際は、[25.3.5 64Hz カウンタと時刻の読み出し](#)に示す手順に従ってください。

(2) バイナリカウントモード時

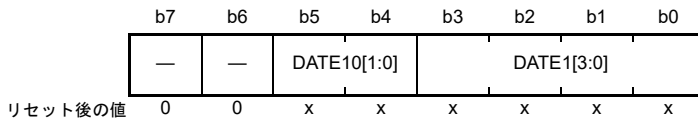
アドレス [RTC.BCNT3 4004 4008h](#)

x: 不定

BCNT3 は、書き込み/読み出し可能な32ビットバイナリカウンタのb31～b24です。64Hzカウンタでの1秒ごとの桁上げによってカウント動作を行います。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前にスタートビット (RCR2.START) でカウント動作を停止させてください。このカウンタを読み出す際は、[25.3.5 64Hz カウンタと時刻の読み出し](#)に示す手順に従ってください。

25.2.6 日カウンタ (RDAYCNT)

アドレス [RTC.RDAYCNT 4004 400Ah](#)



x: 不定

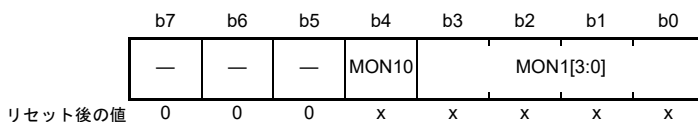
| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------------------------|---------|--|-----|
| b3-b0 | DATE1[3:0] | 1日カウンタ | 1日に1回、0から9までカウントします。桁上げが生じると、十の位が+1されます。 | R/W |
| b5-b4 | DATE10[1:0] | 10日カウンタ | 一の位からの桁上げごとに1回、0から3までカウントします。 | R/W |
| b7-b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

RDAYCNT カウンタは、カレンダーカウントモード時に使用され、BCD コード化された日の値を設定およびカウントします。時カウンタでの1日ごとの桁上げによってカウントします。カウント動作は、月によっても、うるう年か否かによっても異なります。うるう年は、年カウンタ (RYRCNT) の値が400、100、および4で割り切れるか否かで判定されます。

設定可能範囲は10進 (BCD) で01～31です。この範囲にない値が設定されると、RTCは正常に動作しません。値を設定する際は、指定可能な日数範囲が月によっても、うるう年か否かによっても異なるので注意してください。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前にスタートビット (RCR2.START) でカウント動作を停止させてください。このカウンタを読み出す際は、[25.3.5 64Hz カウンタと時刻の読み出し](#)に示す手順に従ってください。

25.2.7 月カウンタ (RMONCNT)

アドレス [RTC.RMONCNT 4004 400Ch](#)



x: 不定

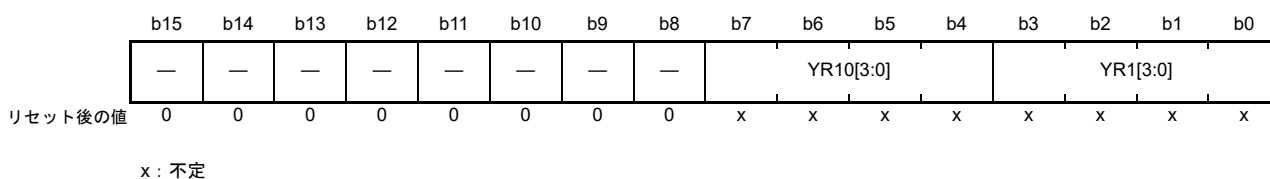
| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------------------------|---------|--|-----|
| b3-b0 | MON1[3:0] | 1月カウンタ | 1月に1回、0から9までカウントします。桁上げが生じると、十の位が+1されます。 | R/W |
| b4 | MON10 | 10月カウンタ | 一の位からの桁上げごとに1回、0から1までカウントします。 | R/W |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

RMONCNT カウンタは、カレンダーカウントモード時に使用され、BCD コード化された月の値を設定およびカウントします。日カウンタでの1月ごとの桁上げによってカウントします。

設定可能範囲は10進 (BCD) で01～12です。この範囲にない値が設定されると、RTCは正常に動作しません。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前にスタートビット (RCR2.START) でカウント動作を停止させてください。このカウンタを読み出す際は、[25.3.5 64Hz カウンタと時刻の読み出し](#)に示す手順に従ってください。

25.2.8 年カウンタ (RYRCNT)

アドレス RTC.RYRCNT 4004 400Eh



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|-----------|---------|---|-----|
| b3-b0 | YR1[3:0] | 1年カウンタ | 1年に1回、0から9までカウントします。桁上げが生じると、十の位が+1されます。 | R/W |
| b7-b4 | YR10[3:0] | 10年カウンタ | 一の位からの桁上げごとに1回、0から9までカウントします。十の位に桁上げが生じると、百の位が+1されます。 | R/W |
| b15-b8 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

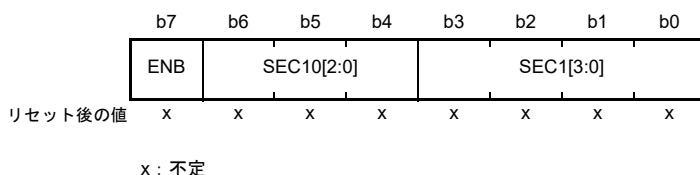
RYRCNT カウンタは、カレンダーカウンタモード時に使用され、BCD コード化された年の値を設定およびカウントします。月カウンタでの1年ごとの桁上げによってカウントします。

設定可能範囲は10進 (BCD) で00～99です。この範囲にない値が設定されると、RTCは正常に動作しません。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前にスタートビット (RCR2.START) でカウント動作を停止させてください。このカウンタを読み出す際は、[25.3.5 64Hz カウンタと時刻の読み出し](#)に示す手順に従ってください。

25.2.9 秒アラームレジスタ (RSECAR) / バイナリカウンタ 0 アラームレジスタ (BCNT0AR)

(1) カレンダーカウントモード時

アドレス [RTC.RSECAR 4004 4010h](#)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------------------------|------|--|-----|
| b3-b0 | SEC1[3:0] | 1秒 | 一秒の位の設定値 | R/W |
| b6-b4 | SEC10[2:0] | 10秒 | 十秒の位の設定値 | R/W |
| b7 | ENB | ENB | 0: このレジスタ値とRSECCNTカウンタ値との比較を行わない 1: このレジスタ値とRSECCNTカウンタ値との比較を行う | R/W |

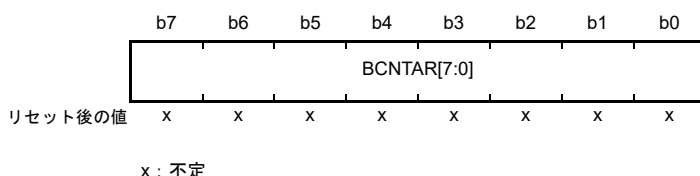
RSECAR レジスタは、BCD コード化された秒カウンタ (RSECCNT) に対応するアラームレジスタです。ENB ビットが 1 であれば、RSECAR レジスタ値が RSECCNT カウンタ値と比較されます。以下のアラームレジスタのうち、ENB ビットが 1 になっているものだけが、対応するカウンタと比較されます。

- RSECAR
- RMINAR
- RHRAR
- RWKAR
- RDAYAR
- RMONAR
- RYRAREN

それぞれの値がすべて一致すると、RTC_ALM 割り込みに対応した IR フラグが 1 になります。RSECAR レジスタの設定可能範囲は、10 進 (BCD) で 00 ~ 59 です。この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。

(2) バイナリカウントモード時

アドレス [RTC.BCNT0AR 4004 4010h](#)

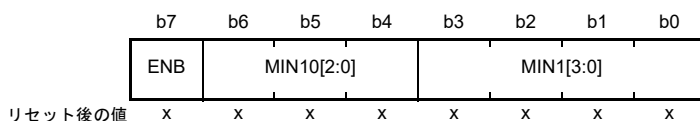


BCNT0AR は、書き込み/読み出し可能な、32 ビットバイナリカウンタの b7 ~ b0 に対応するアラームレジスタです。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。

25.2.10 分アラームレジスタ (RMINAR) / バイナリカウンタ 1 アラームレジスタ (BCNT1AR)

(1) カレンダカウントモード時

アドレス [RTC.RMINAR 4004 4012h](#)



x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------------------------|------|--|-----|
| b3-b0 | MIN1[3:0] | 1分 | 一分の位の設定値 | R/W |
| b6-b4 | MIN10[2:0] | 10分 | 十分の位の設定値 | R/W |
| b7 | ENB | ENB | 0: このレジスタ値とRMINCNTカウンタ値との比較を行わない 1: このレジスタ値とRMINCNTカウンタ値との比較を行う | R/W |

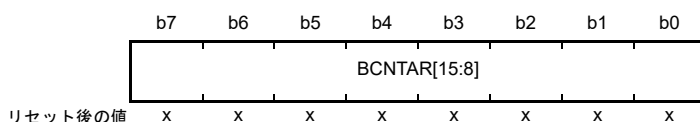
RMINAR レジスタは、BCD コード化された分カウンタ (RMINCNT) に対応するアラームレジスタです。ENB ビットが 1 であれば、RMINAR レジスタ値が RMINCNT カウンタ値と比較されます。以下のアラームレジスタのうち、ENB ビットが 1 になっているものだけが、対応するカウンタと比較されます。

- RSECAR
- RMINAR
- RHRAR
- RWKAR
- RDAYAR
- RMONAR
- RYRAREN

それぞれの値がすべて一致すると、RTC_ALM 割り込みに対応した IR フラグが 1 になります。RMINAR レジスタの設定可能範囲は、10 進 (BCD) で 00 ~ 59 です。この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。

(2) バイナリカウントモード時

アドレス [RTC.BCNT1AR 4004 4012h](#)



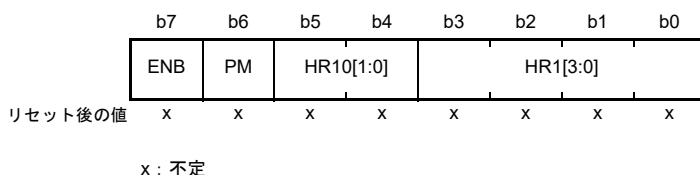
x: 不定

BCNT1AR は、書き込み/読み出し可能な、32 ビットバイナリカウンタの b15 ~ b8 に対応するアラームレジスタです。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。

25.2.11 時アラームレジスタ (RHRAR) / バイナリカウンタ 2 アラームレジスタ (BCNT2AR)

(1) カレンダーカウントモード時

アドレス [RTC.RHRAR 4004 4014h](#)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------------------------|------|--|-----|
| b3-b0 | HR1[3:0] | 1時間 | 一時間の位の設定値 | R/W |
| b5-b4 | HR10[1:0] | 10時間 | 十時間の位の設定値 | R/W |
| b6 | PM | PM | 時計アラームの設定 0: 午前 1: 午後 | R/W |
| b7 | ENB | ENB | 0: このレジスタ値とRHCNTカウンタ値との比較を行わない 1: このレジスタ値とRHCNTカウンタ値との比較を行う | R/W |

RHRAR レジスタは、BCD コード化されたときカウンタ (RHCNT) に対応するアラームレジスタです。ENB ビットが 1 であれば、RHRAR レジスタ値が RHCNT カウンタ値と比較されます。以下のアラームレジスタのうち、ENB ビットが 1 になっているものだけが、対応するカウンタと比較されます。

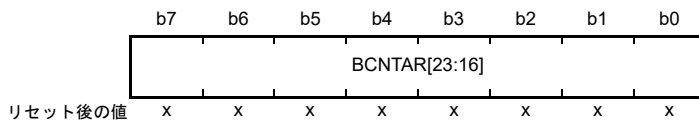
- RSECAR
- RMINAR
- RHRAR
- RWKAR
- RDAYAR
- RMONAR
- RYRAREN

それぞれの値がすべて一致すると、RTC_ALM 割り込みに対応した IR フラグが 1 になります。設定可能範囲は、時間モードビット (RCR2.HR24) の設定値に応じて以下のように異なります。

- RCR2.HR24 ビットが 0 の場合、00 ~ 11 (BCD)
- RCR2.HR24 ビットが 1 の場合、00 ~ 23 (BCD)

この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。RCR2.HR24 ビットが 0 の場合、必ず PM ビットを設定してください。RCR2.HR24 ビットが 1 の場合、PM ビットの設定値は無効です。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。

(2) バイナリカウントモード時

アドレス [RTC.BCNT2AR 4004 4014h](#)

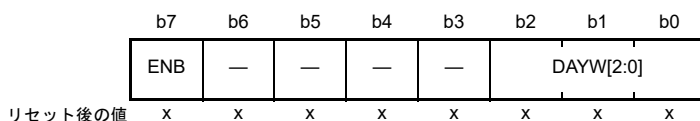
x: 不定

BCNT2AR は、書き込み/読み出し可能な、32 ビットバイナリカウンタの b23 ~ b16 に対応するアラームレジスタです。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。

25.2.12 曜日アラームレジスタ (RWKAR) / バイナリカウンタ 3 アラームレジスタ (BCNT3AR)

(1) カレンダカウントモード時

アドレス [RTC.RWKAR 4004 4016h](#)



x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------------------------|-------|--|-----|
| b2-b0 | DAYW[2:0] | 曜日設定 | b2 b0 0 0 0: 日 0 0 1: 月 0 1 0: 火 0 1 1: 水 1 0 0: 木 1 0 1: 金 1 1 0: 土 1 1 1: 設定禁止 | R/W |
| b6-b3 | — | 予約ビット | 0を設定してください。読むと設定値が読めます。 | R/W |
| b7 | ENB | ENB | 0: このレジスタ値とRWKCNTカウンタ値との比較を行わない 1: このレジスタ値とRWKCNTカウンタ値との比較を行う | R/W |

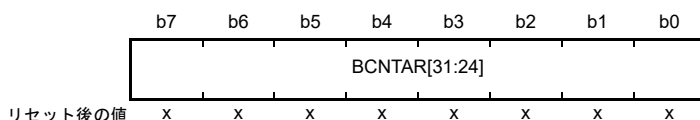
RWKAR レジスタは、コード化された曜日カウンタ (RWKCNT) に対応するアラームレジスタです。ENB ビットが 1 であれば、RWKAR レジスタ値が RWKCNT カウンタ値と比較されます。以下のアラームレジスタのうち、ENB ビットが 1 になっているものだけが、対応するカウンタと比較されます。

- RSECAR
- RMINAR
- RHRAR
- RWKAR
- RDAYAR
- RMONAR
- RYRAREN

それぞれの値がすべて一致すると、RTC_ALM 割り込みに対応した IR フラグが 1 になります。RWKAR レジスタの設定可能範囲は、10 進 (BCD) で 0 ~ 6 です。この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。

(2) バイナリカウントモード時

アドレス [RTC.BCNT3AR 4004 4016h](#)



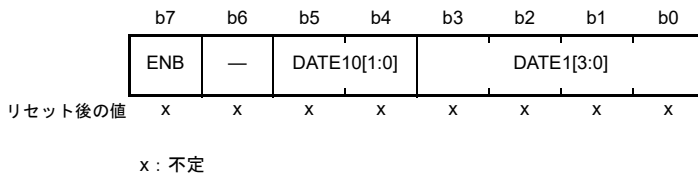
x: 不定

BCNT3AR は、書き込み/読み出し可能な、32 ビットバイナリカウンタの b31 ~ b24 に対応するアラームレジスタです。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。

25.2.13 日アラームレジスタ (RDAYAR) / バイナリカウンタ 0 アラームイネーブルレジスタ (BCNTOAER)

(1) カレンダーカウントモード時

アドレス [RTC.RDAYAR 4004 4018h](#)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------------------------|-------|--|-----|
| b3-b0 | DATE1[3:0] | 1日 | 一日の位の設定値 | R/W |
| b5-b4 | DATE10[1:0] | 10日 | 十日の位の設定値 | R/W |
| b6 | — | 予約ビット | 0を設定してください。読むと設定値が読めます。 | R/W |
| b7 | ENB | ENB | 0: このレジスタ値とRDAYCNTカウンタ値との比較を行わない 1: このレジスタ値とRDAYCNTカウンタ値との比較を行う | R/W |

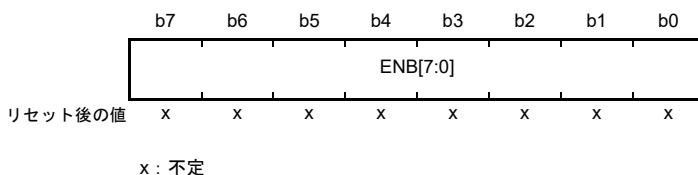
RDAYAR レジスタは、BCD コード化された日カウンタ (RDAYCNT) に対応するアラームレジスタです。ENB ビットが 1 であれば、RDAYAR レジスタ値が RDAYCNT カウンタ値と比較されます。以下のアラームレジスタのうち、ENB ビットが 1 になっているものだけが、対応するカウンタと比較されます。

- RSECAR
- RMINAR
- RHRAR
- RWKAR
- RDAYAR
- RMONAR
- RYRAREN

それぞれの値がすべて一致すると、RTC_ALM 割り込みに対応した IR フラグが 1 になります。RDAYAR レジスタの設定可能範囲は、10 進 (BCD) で 01 ~ 31 です。この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。

(2) バイナリカウントモード時

アドレス [RTC.BCNTOAER 4004 4018h](#)

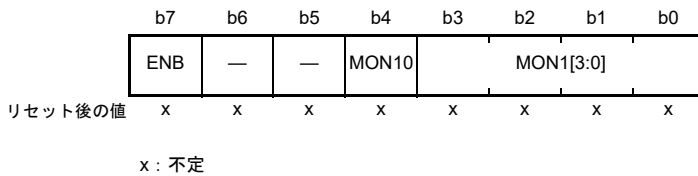


BCNTOAER は、書き込み/読み出し可能な、32 ビットバイナリカウンタの b7 ~ b0 に対応するアラーム許可設定用のレジスタです。ENB[31:0] ビットのうち、1 になっているビットに対応するバイナリカウンタ (BCNT[31:0]) が、バイナリアラームレジスタ (BCNTAR[31:0]) と比較されて、すべてが一致すると、RTC_ALM 割り込みに対応した IR フラグが 1 になります。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。

25.2.14 月アラームレジスタ (RMONAR) / バイナリカウンタ 1 アラームイネーブルレジスタ (BCNT1AER)

(1) カレンダーカウントモード時

アドレス [RTC.RMONAR 4004 401Ah](#)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------------------------|-------|--|-----|
| b3-b0 | MON1[3:0] | 1月 | 一月の位の設定値 | R/W |
| b4 | MON10 | 10月 | 十月の位の設定値 | R/W |
| b6-b5 | — | 予約ビット | 0を設定してください。読むと設定値が読めます。 | R/W |
| b7 | ENB | ENB | 0: このレジスタ値とRMONCNTカウンタ値との比較を行わない 1: このレジスタ値とRMONCNTカウンタ値との比較を行う | R/W |

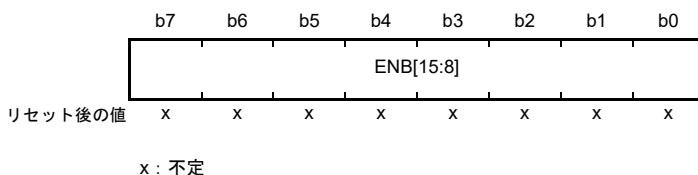
RMONAR レジスタは、BCD コード化された月カウンタ (RMONCNT) に対応するアラームレジスタです。ENB ビットが 1 であれば、RMONAR レジスタ値が RMONCNT カウンタ値と比較されます。以下のアラームレジスタのうち、ENB ビットが 1 になっているものだけが、対応するカウンタと比較されます。

- RSECAR
- RMINAR
- RHRAR
- RWKAR
- RDAYAR
- RMONAR
- RYRAREN

それぞれの値がすべて一致すると、RTC_ALM 割り込みに対応した IR フラグが 1 になります。RMONAR レジスタの設定可能範囲は、10 進 (BCD) で 01 ~ 12 です。この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。

(2) バイナリカウントモード時

アドレス [RTC.BCNT1AER 4004 401Ah](#)

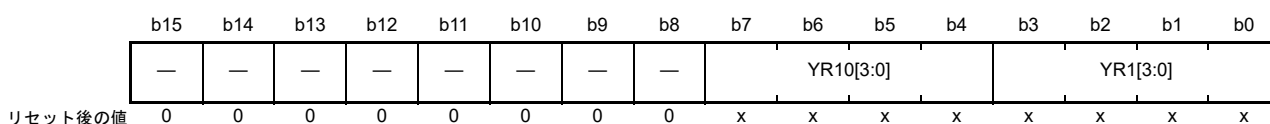


BCNT1AER は、書き込み/読み出し可能な、32 ビットバイナリカウンタの b15 ~ b8 に対応するアラーム許可設定用のレジスタです。ENB[31:0] ビットのうち、1 になっているビットに対応するバイナリカウンタ (BCNT[31:0]) が、バイナリアラームレジスタ (BCNTAR[31:0]) と比較されて、すべてが一致すると、RTC_ALM 割り込みに対応した IR フラグが 1 になります。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。

25.2.15 年アラームレジスタ (RYRAR) / バイナリカウンタ 2 アラームイネーブルレジスタ (BCNT2AER)

(1) カレンダカウントモード時

アドレス [RTC.RYRAR 4004 401Ch](#)



リセット後の値

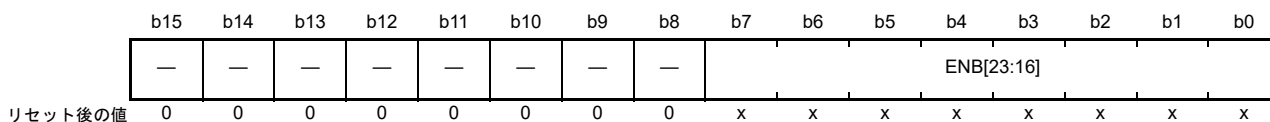
x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|---------------------------|-------|--------------------------|-----|
| b3-b0 | YR1[3:0] | 1年 | 一年の位の設定値 | R/W |
| b7-b4 | YR10[3:0] | 10年 | 十年の位の設定値 | R/W |
| b15-b8 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

RYRAR レジスタは、BCD コード化された年カウンタ (RYRCNT) に対応するアラームレジスタです。RYRAR レジスタの設定可能範囲は、10進 (BCD) で 00 ~ 99 です。この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0000h になります。

(2) バイナリカウントモード時

アドレス [RTC.BCNT2AER 4004 401Ch](#)



リセット後の値

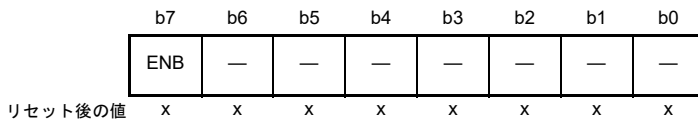
x: 不定

BCNT2AER は、書き込み/読み出し可能な、32 ビットバイナリカウンタの b23 ~ b16 に対応するアラーム許可設定用のレジスタです。ENB[31:0] ビットのうち、1 になっているビットに対応するバイナリカウンタ (BCNT[31:0]) が、バイナリアラームレジスタ (BCNTAR[31:0]) と比較されて、すべてが一致すると、RTC_ALM 割り込みに対応した IR フラグが 1 になります。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0000h になります。

25.2.16 年アラームイネーブルレジスタ (RYRAREN) / バイナリカウンタ 3 アラームイネーブルレジスタ (BCNT3AER)

(1) カレンダーカウントモード時

アドレス [RTC.RYRAREN 4004 401Eh](#)



x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------|-------|--|-----|
| b6-b0 | — | 予約ビット | 0を設定してください。読むと設定値が読めます。 | R/W |
| b7 | ENB | ENB | 0: このレジスタ値とRYRCNTカウンタ値との比較を行わない 1: このレジスタ値とRYRCNTカウンタ値との比較を行う | R/W |

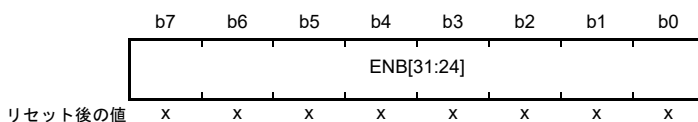
RYRAREN レジスタの ENB ビットが 1 であれば、RYRAR レジスタ値が RYRCNT カウンタ値と比較されます。以下のアラームレジスタのうち、ENB ビットが 1 になっているものだけが、対応するカウンタと比較されます。

- RSECAR
- RMINAR
- RHRAR
- RWKAR
- RDAYAR
- RMONAR
- RYRAREN

それぞれの値がすべて一致すると、RTC_ALM 割り込みに対応した IR フラグが 1 になります。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。

(2) バイナリカウントモード時

アドレス [RTC.BCNT3AER 4004 401Eh](#)

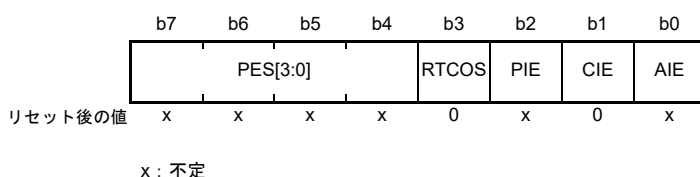


x: 不定

BCNT3AER は、書き込み/読み出し可能な、32 ビットバイナリカウンタの b31 ~ b24 に対応するアラーム許可設定用のレジスタです。ENB[31:0] ビットのうち、1 になっているビットに対応するバイナリカウンタ (BCNT[31:0]) が、バイナリアラームレジスタ (BCNTAR[31:0]) と比較されて、すべてが一致すると、RTC_ALM 割り込みに対応した IR フラグが 1 になります。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。

25.2.17 RTC コントロールレジスタ 1 (RCR1)

アドレス RTC.RCR1 4004 4022h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|-------------|---|-----|
| b0 | AIE | アラーム割り込み許可 | 0 : アラーム割り込み要求を禁止 1 : アラーム割り込み要求を許可 | R/W |
| b1 | CIE | 桁上げ割り込み許可 | 0 : 桁上げ割り込み要求を禁止 1 : 桁上げ割り込み要求を許可 | R/W |
| b2 | PIE | 周期割り込み許可 | 0 : 周期割り込み要求を禁止 1 : 周期割り込み要求を許可 | R/W |
| b3 | RTCOS | RTCOUT 出力選択 | 0 : RTCOUTは1Hzを出力 1 : RTCOUTは64Hzを出力 | R/W |
| b7-b4 | PES[3:0] | 周期割り込み選択 | b7 b4 0 1 1 0 : 1/256秒ごとに周期割り込みが発生 (注1) 0 1 1 1 : 1/128秒ごとに周期割り込みが発生 1 0 0 0 : 1/64秒ごとに周期割り込みが発生 1 0 0 1 : 1/32秒ごとに周期割り込みが発生 1 0 1 0 : 1/16秒ごとに周期割り込みが発生 1 0 1 1 : 1/8秒ごとに周期割り込みが発生 1 1 0 0 : 1/4秒ごとに周期割り込みが発生 1 1 0 1 : 1/2秒ごとに周期割り込みが発生 1 1 1 0 : 1秒ごとに周期割り込みが発生 1 1 1 1 : 2秒ごとに周期割り込みが発生 上記以外 : 周期割り込みは発生しない | R/W |

注 1. PES[3:0] ビット = 0110b のときに LOCO を選択 (RCR4.RCKSEL ビット = 1) すると、周期割り込みは 1/128 秒ごとに発生します。

RCR1 レジスタは、カレンダーカウントモード/バイナリカウントモード共通で使用します。AIE、PIE、PES[3:0] ビットは、カウントソースに同期して更新されます。RCR1 レジスタを書き換えた場合は、全ビットが更新されたことを確認してから次の処理を実行してください。

AIE ビット (アラーム割り込み許可)

アラーム割り込み要求を許可または禁止します。

CIE ビット (桁上げ割り込み許可)

RSECCNT/BCNT0 カウンタへの桁上げが生じたとき、または 64Hz カウンタの読み出し中に 64Hz カウンタ (R64CNT) への桁上げが生じたときの割り込み要求の許可および禁止を選択します。

PIE ビット (周期割り込み許可)

周期割り込み要求を許可または禁止します。

RTCOS ビット (RTCOUT 出力選択)

RTCOUT の出力周期を選択します。RTCOS ビットは、カウント動作停止 (RCR2.START ビット = 0)、かつ RTCOUT 出力禁止 (RCR2.RTCOE ビット = 0) のときに書き換えてください。RTCOUT を外部端子に出力する場合は、RCR2.RTCOE ビットを許可にする必要があります。I/O ポートの制御については、[20.5.1 端子機能の設定手順](#)を参照してください。

PES[3:0] ビット (周期割り込み選択)

周期割り込みの周期を設定します。これらのビットで設定した周期に応じて周期割り込みが発生します。

25.2.18 RTC コントロールレジスタ 2 (RCR2)

(1) カレンダーカウントモード時

アドレス RTC.RCR2 4004 4024h

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | CNTMD | HR24 | AADJP | AADJE | RTCOE | ADJ30 | RESET | START |
| リセット後の値 | x | x | x | x | 0 | 0 | 0 | x |

x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|-------|---------------|--|-----|
| b0 | START | スタート | 0: プリスケアラと時計カウンタは停止 1: プリスケアラと時計カウンタは通常動作 | R/W |
| b1 | RESET | RTCソフトウェアリセット | <ul style="list-style-type: none"> 書き込み時 0: 無効 (0の書き込みは無効です) 1: プリスケアラおよびRTCソフトウェアリセット対象レジスタ (注1) を初期化 読み出し時 0: 通常の時計動作中またはRTCソフトウェアリセット完了 1: RTCソフトウェアリセット処理中 | R/W |
| b2 | ADJ30 | 30秒調整 | <ul style="list-style-type: none"> 書き込み時 0: 無効 (0の書き込みは無効です) 1: 30秒調整を実行 読み出し時 0: 通常の時計動作中または30秒調整が完了 1: 30秒調整処理中 | R/W |
| b3 | RTCOE | RTCOUT出力許可 | 0: RTCOUT出力を禁止 1: RTCOUT出力を許可 | R/W |
| b4 | AADJE | 自動補正有効 (注3) | 0: 自動補正は無効 1: 自動補正は有効 | R/W |
| b5 | AADJP | 自動補正周期選択 (注3) | 0: 1分ごとにプリスケアラのカウンタ値に対して RADJ.ADJ[5:0] ビット値を加減算 1: 10秒ごとにプリスケアラのカウンタ値に対して RADJ.ADJ[5:0] ビット値を加減算 | R/W |
| b6 | HR24 | 時間モード | 0: RTCは12時間モードで動作 1: RTCは24時間モードで動作 | R/W |
| b7 | CNTMD | カウンタモード選択 | 0: カレンダーカウンタモード 1: バイナリカウンタモード | R/W |

- 注1. R64CNT, RSECCAR/BCNT0AR, RMINAR/BCNT1AR, RHRAR/BCNT2AR, RWKAR/BCNT3AR, RDAYAR/BCNT0AER, RMONAR/BCNT1AER, RYRAR/BCNT2AER, RYRAREN/BCNT3AER, RADJ, RTCCR0, RSECCP0/BCNT0CP0, RMINCP0
注2. BCNT1CP0, RHRCPO/BCNT2CP0, RDAYCP0/BCNT3CP0, RMONCP0, RCR2.ADJ30, RCR2.AADJE, RCR2.AADJP
注3. LOCO を選択した場合、本ビットの設定は無効です。

RCR2 レジスタは、時間モード、自動補正機能、RTCOUT 出力許可、30 秒調整、RTC ソフトウェアリセット、およびカウンタ制御に関するレジスタです。

START ビット (スタート)

プリスケアラまたは時計カウンタの動作を停止または再開します。

START ビットは、カウンタソースの次の周期に同期して更新されます。START ビットを書き換えた場合は、このビットが更新されたことを確認してから次の処理を実行してください。

RESET ビット (RTC ソフトウェアリセット)

プリスケアラと RTC ソフトウェアリセット対象レジスタを初期化します。

RESET ビットに 1 を書くと、カウントソースに同期して初期化が始まります。初期化が完了すると、RESET ビットは自動的に 0 になります。本ビットが 0 になったことを確認してから次の処理を実行してください。

ADJ30 ビット (30 秒調整)

30 秒調整を行います。

ADJ30 ビットに 1 を書くと、RSECCNT カウンタ値が 30 秒未満の場合は 00 秒に切り捨てられ、30 秒以上の場合は 1 分に切り上げられます。

30 秒調整は、カウントソースに同期して行われます。ADJ30 ビットに 1 を書いた場合、30 秒調整が完了すると ADJ30 ビットは自動的に 0 になります。ADJ30 ビットに 1 を書いた場合は、このビットが 0 になったことを確認してから次の処理を実行してください。30 秒調整を実行すると、プリスケアラと R64CNT カウンタもリセットされます。ADJ30 ビットは、RTC ソフトウェアリセットによって 0 になります。

RTC OE ビット (RTC OUT 出力許可)

RTC OUT 端子からの 1Hz/64Hz クロック信号出力を許可します。

RTC OE ビット値を変更する前に、START ビットでカウント動作を停止させてください。カウント動作の停止 (START ビットへの 0 の書き込み) と、RTC OE ビット値の変更は、同時に行わないでください。

RTC OUT を外部端子から出力する場合は、RTC OE ビットを許可にするとともに、この端子にポート制御を設定してください。

AADJE ビット (自動補正有効)

自動補正を制御 (有効または無効に) します。

AADJE ビット値を変更する前に、プラスマイナスビット (RADJ.PMADJ[1:0]) を 00b (補正を行わない) にしてください。

AADJE ビットは、RTC ソフトウェアリセットによって 0 になります。

AADJP ビット (自動補正周期選択)

自動補正の周期を選択します。

AADJP ビット値を変更する前に、プラスマイナスビット (RADJ.PMADJ[1:0]) を 00b (補正を行わない) にしてください。

AADJP ビットは、RTC ソフトウェアリセットによって 0 になります。

HR24 ビット (時間モード)

RTC を 12 時間モードと 24 時間モードのどちらで動作させるかを指定します。

HR24 ビット値を変更する前に、START ビットでカウント動作を停止させてください。カウント動作の停止 (START ビットへの 0 の書き込み) と、HR24 ビット値の変更は、同時に行わないでください。

CNTMD ビット (カウントモード選択)

RTC をカレンダーカウントモードとバイナリカウントモードのどちらで動作させるかを指定します。

カウントモードを設定した場合は、RTC ソフトウェアリセットを実行し、初期設定からやり直してください。本ビットはカウントソースに同期して更新され、RTC ソフトウェアリセットが完了する前に値が確定します。

初期設定の詳細は、25.3.1 電源投入後のレジスタ初期設定の概要を参照してください。

(2) バイナリカウントモード時

アドレス RTC.RCR2 4004 4024h

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|-----------|----|-------|-------|-------|----|-------|-------|
| | CNTM D | — | AADJP | AADJE | RTCOE | — | RESET | START |
| リセット後の値 | x | x | x | x | 0 | 0 | 0 | x |

x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|-------|---------------|--|-----|
| b0 | START | スタート | 0: 32ビットバイナリカウンタ、64Hzカウンタ、およびプリスケアラは停止 1: 32ビットバイナリカウンタ、64Hzカウンタ、およびプリスケアラは通常動作 | R/W |
| b1 | RESET | RTCソフトウェアリセット | <ul style="list-style-type: none"> 書き込み時 0: 無効 (0の書き込みは無効です) 1: プリスケアラおよびRTCソフトウェアリセット対象レジスタ (注1) を初期化 読み出し時 0: 通常の時計動作中またはRTCソフトウェアリセット完了 1: RTCソフトウェアリセット処理中 | R/W |
| b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b3 | RTCOE | RTCCOUT出力許可 | 0: RTCCOUT出力を禁止 1: RTCCOUT出力を許可 | R/W |
| b4 | AADJE | 自動補正有効 (注3) | 0: 自動補正は無効 1: 自動補正は有効 | R/W |
| b5 | AADJP | 自動補正周期選択 (注3) | 0: 32秒ごとにプリスケアラのカウンタ値に対して RADJ.ADJ[5:0] ビット値を加減算 1: 8秒ごとにプリスケアラのカウンタ値に対して RADJ.ADJ[5:0] ビット値を加減算 | R/W |
| b6 | — | 予約ビット | 値は不定です。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | CNTMD | カウントモード選択 | 0: カレンダーカウントモード 1: バイナリカウントモード | R/W |

注 1. R64CNT, RSECAR/BCNT0AR, RMINAR/BCNT1AR, RHRAR/BCNT2AR, RWKAR/BCNT3AR, RDAYAR/BCNT0AER,

RMONAR/BCNT1AER, RYRAR/BCNT2AER, RYRAREN/BCNT3AER, RTCCR0, RSECCP0/BCNT0CP0, RMINCP0

注 2. BCNT1CP0, RHRCPO/BCNT2CP0, RDAYCP0/BCNT3CP0, RMONCP0, RCR2.ADJ30, RCR2.AADJE, RCR2.AADJP

注 3. LOCO を選択した場合、本ビットの設定は無効です。

START ビット (スタート)

プリスケアラまたはカウンタ (時計) の動作を停止または再開します。

START ビットは、カウントソースに同期して更新されます。START ビットを書き換えた場合は、このビットが更新されたことを確認してから次の処理を実行してください。

RESET ビット (RTC ソフトウェアリセット)

プリスケアラと RTC ソフトウェアリセット対象レジスタを初期化します。

RESET ビットに 1 を書くと、カウントソースに同期して初期化が始まります。初期化が完了すると、RESET ビットは自動的に 0 になります。RESET ビットに 1 を書いた場合は、このビットが 0 になったことを確認してから次の処理を実行してください。

RTCOE ビット (RTCOUT 出力許可)

RTCOUT 端子からの 1Hz/64Hz クロック信号出力を許可します。

RTCOE ビット値を変更する前に、START ビットでカウント動作を停止させてください。カウント動作の停止 (START ビットへの 0 の書き込み) と、RTCOE ビット値の変更は、同時に行わないでください。RTCOUT 信号を外部端子から出力する場合は、本ビットを許可にするとともに、ポート制御を有効にしてください。

AADJE ビット (自動補正有効)

自動補正を制御 (有効または無効に) します。

AADJE ビット値を変更する前に、プラスマイナスビット (RADJ.PMADJ[1:0]) を 00b (補正を行わない) にしてください。AADJE ビットは、RTC ソフトウェアリセットによって 0 になります。

AADJP ビット (自動補正周期選択)

自動補正の周期を選択します。

バイナリカウントモードでは、32 秒ごとまたは 8 秒ごとの補正周期を選択できます。

AADJP ビット値を変更する前に、プラスマイナスビット (RADJ.PMADJ[1:0]) を 00b (補正を行わない) にしてください。AADJP ビットは、RTC ソフトウェアリセットによって 0 になります。

CNTMD ビット (カウントモード選択)

RTC をカレンダーカウントモードとバイナリカウントモードのどちらで動作させるかを指定します。

カウントモードを設定した場合は、RTC ソフトウェアリセットを実行し、初期設定からやり直してください。本ビットはカウントソースに同期して更新され、RTC ソフトウェアリセットが完了する前に値が確定します。

初期設定の詳細は、25.3.1 電源投入後のレジスタ初期設定の概要を参照してください。

25.2.19 RTC コントロールレジスタ 4 (RCR4)

アドレス RTC.RCR4 4004 4028h

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|-------------|
| | — | — | — | — | — | — | — | RCKSEL L |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | x |

x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|-----------|--------------------------------|-----|
| b0 | RCKSEL | カウントソース選択 | 0: サブクロック発振器を選択 1: LOCO を選択 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。 | R/W |

RCR4 レジスタは、カウントソースを選択するためのレジスタです。カレンダーカウントモード/バイナリカウントモード共通で使用します。

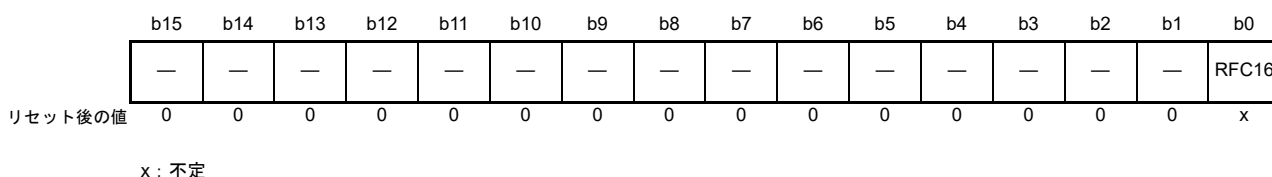
RCKSEL ビットを 0 にすると、サブクロック発振器を使用して時計のカウント動作が行われます。RCKSEL ビットを 1 にすると、LOCO を使用して時計のカウント動作が行われます。

RCKSEL ビット (カウントソース選択)

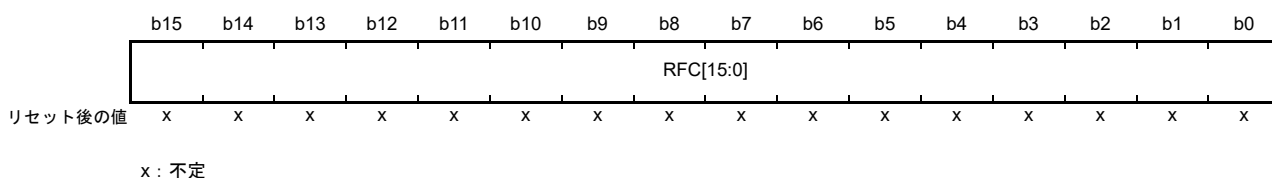
カウントソースを、サブクロック発振器と LOCO から選択します。

カウントソースの選択は、電源投入後、RTC レジスタの初期設定前に一度だけ行ってください。

25.2.20 周波数レジスタ (RFRH/RFRL)

アドレス [RTC.RFRH 4004 402Ah](#)

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|-----------------------|-------|-------------------------------------|-----|
| b0 | RFC16 | 予約ビット | コールドスタート後、RFRLレジスタに書き込む前に0を書いてください。 | R/W |
| b15-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

アドレス [RTC.RFRL 4004 402Ch](#)

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|---------------------------|--------|--------------------------------|-----|
| b15-b0 | RFC[15:0] | 周波数比較値 | LOCO使用時は、このレジスタに00FFhを書いてください。 | R/W |

RFRLレジスタは、LOCO選択時のプリスケアラを制御するレジスタです。

RTCの時計カウンタは、128Hzクロック信号を基本クロックとして動作します。そのため、LOCOを選択した場合、プリスケアラでLOCOが分周されて128Hzクロック信号が生成されます。RFC[15:0]ビットには、LOCO周波数から128Hzクロックを生成するための周波数比較値を設定します。コールドスタート後、RFC[15:0]へ書き込む前に、RFRHに0000hを書き込んでください。

周波数比較値の設定可能範囲は、0007h～01FFhです。この範囲にない値が設定されると、RTCは正常に動作しません。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前にRCR2.STARTビットでカウント動作を停止させてください。周辺モジュールクロックとLOCOの動作周波数は、「周辺モジュールクロック ≧ LOCO」となるようにしてください。

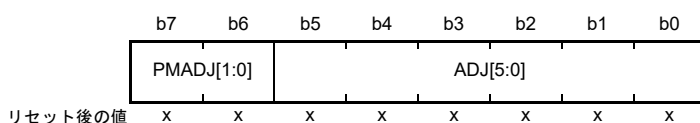
周波数比較値の計算方法：

$$\text{RFC}[15:0] = (\text{LOCOクロック周波数}) \div 128 - 1$$

LOCO周波数が32.768kHzの場合、RFRLレジスタは00FFhにしてください。

25.2.21 時計誤差補正レジスタ (RADJ)

アドレス RTC.RADJ 4004 402Eh



x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|---------|--|-----|
| b5-b0 | ADJ[5:0] | 補正值 | プリスケアラの補正值を設定します。 | R/W |
| b7-b6 | PMADJ[1:0] | プラスマイナス | b7 b6 0 0: 補正を行わない 0 1: プリスケアラに対して値を加算して補正を行う 1 0: プリスケアラに対して値を減算して補正を行う 1 1: 設定禁止 | R/W |

プリスケアラに対して値を加算または減算することによって補正が行われます。自動補正有効ビット (RCR2.AADJE) が 0 であると、RADJ レジスタへの書き込み時に補正が行われます。RCR2.AADJE ビットが 1 であると、自動補正周期選択ビット (RCR2.AADJP) で設定した間隔で補正が行われます。

ソフトウェア設定による補正 (自動補正が無効) では、レジスタの設定後、カウントソースの 320 サイクル中に次の補正值を設定すると、現在の補正值の設定が無効となる場合があります。連続して補正を行う場合は、レジスタの設定後、カウントソースで 320 サイクル以上待ってから次の補正值を設定してください。

RADJ レジスタは、カウントソースに同期して更新されます。RADJ レジスタを書き換えた場合は、全ビットの値が更新されたことを確認してから次の処理を実行してください。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。サブクロックを選択した場合にのみ、このレジスタの設定が有効になります。LOCO を選択した場合、補正は行われません。

ADJ[5:0] ビット (補正值)

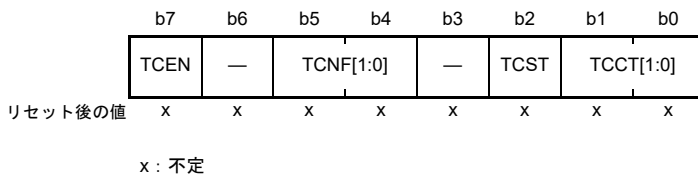
プリスケアラに対する補正值 (サブクロックのサイクル数) を設定します。

PMADJ[1:0] ビット (プラスマイナス)

ADJ[5:0] ビットで設定した誤差補正值に従って、時計を進めるか、遅らせるかを選択します。

25.2.22 時間キャプチャコントロールレジスタ 0 (RTCCR0)

アドレス RTC.RTCCR0 4004 4040h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------|-------------------|---|-----|
| b1-b0 | TCCT[1:0] | 時間キャプチャ制御 | b1 b0 0 0: イベントを検出しない 0 1: 立ち上がりエッジを検出 1 0: 立ち下がりエッジを検出 1 1: 両エッジを検出 | R/W |
| b2 | TCST | 時間キャプチャステータス | 0: イベント検出なし 1: イベント検出あり (注1) | R/W |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b5-b4 | TCNF[1:0] | 時間キャプチャノイズフィルタ制御 | b5 b4 0 0: ノイズフィルタ OFF 0 1: 設定禁止 1 0: ノイズフィルタ ON (カウントソース) 1 1: ノイズフィルタ ON (カウントソースの32分周) | R/W |
| b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | TCEN | 時間キャプチャイベント入力端子有効 | 0: RTCIC0端子は時間キャプチャイベント入力として無効 1: RTCIC0端子は時間キャプチャイベント入力として有効 | R/W |

注1. イベントが検出されたことを示します。1の書き込みは無効です。0を書き込むと0になります。

RTCCR0 レジスタは、カレンダーカウントモード/バイナリカウントモード共通で使用します。RTCCR0 レジスタは RTCIC0 端子を制御します。

RTCCR0 レジスタは、カウントソースに同期して更新されます。RTCCR0 レジスタを書き換えた場合は、TCST ビット以外の全ビットが更新されたことを確認してから次の処理を実行してください。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。RTCIC0 を時間キャプチャ端子として使用する場合、VBTICTLR.VCH0IEN ビットを 1 にする必要があります。詳細は、「12. バッテリバックアップ機能」を参照してください。

TCCT[1:0] ビット (時間キャプチャ制御)

時間キャプチャイベント入力端子 (RTCIC0) のエッジ検出を制御します。検出するエッジの選択が可能です。TCCT[1:0] ビットは、VBTICTLR.VCH0IEN ビットが 1 の状態で設定してください。

TCST ビット (時間キャプチャステータス)

時間キャプチャイベント入力端子 (RTCIC0) のイベントが検出されたことを示します。TCST ビットが 0 の場合、イベントは検出されていません。TCST ビットが 1 の場合、対応する端子のイベントが検出されたこと、およびキャプチャレジスタが有効であることを示します。複数回イベントが検出された場合は、最初のイベントのキャプチャ時刻が保持されます。

カウント動作が停止中 (すなわち RCR2.START ビットが 0 のとき) にイベントが検出された場合、そのキャプチャ値は保証されません。その場合は、TCST ビットを 0 にしてキャプチャ値を削除してください。TCST ビットに 0 を書き込むことで、TCST ビットを 0 にできます。0 以外の値の書き込みは無効です。

TCST ビットの設定は、TCCT[1:0] ビットが 00b (イベントを検出しない) の状態で行ってください。TCST ビットは、カウントソースに同期して 0 になります。TCST ビットを 0 にした場合、このビットが更新されたことを確認してから次の処理を実行してください。

TCNF[1:0] ビット (時間キャプチャノイズフィルタ制御)

時間キャプチャイベント入力端子 (RTCIC0) のイベントが時間キャプチャイベント入力端子 (RTCIC0) のノイズフィルタを制御します。出されたことを示します。

ノイズフィルタが ON の場合、カウントソースの 1 分周または 32 分周を選択できます。このとき、時間キャプチャイベント入力端子の入力レベルが設定したサンプリング周期で 3 回連続して一致すると、その入力レベルが確定されます。

TCNF[1:0] ビットの設定は、TCCT[1:0] ビットが 00b (イベントを検出しない) の状態で行ってください。ノイズフィルタを使用する場合は、TCNF[1:0] ビットの設定後、設定したサンプリング周期の 3 周期分待った後、TCCT[1:0] ビットの設定を行ってください。また、TCNF[1:0] ビットの設定は、VBTICTLR.VCH0IEN ビットが 1 の状態で行ってください。

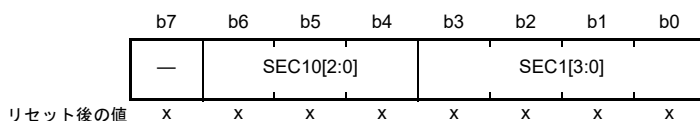
TCEN ビット (時間キャプチャイベント入力端子有効)

時間キャプチャイベント入力端子 (RTCIC0) を有効または無効にします。時間キャプチャイベント入力端子 (RTCTC0) に複数の機能を割り当てる場合は、最初に VBTICTLR レジスタを設定してください。TCEN ビットを 0 にする場合、TCCT[1:0] ビットも 00b にしてください。

25.2.23 秒キャプチャレジスタ 0 (RSECCP0) / BCNT0 キャプチャレジスタ 0 (BCNT0CP0)

(1) カレンダーカウントモード時

アドレス [RTC.RSECCP0 4004 4052h](#)



x: 不定

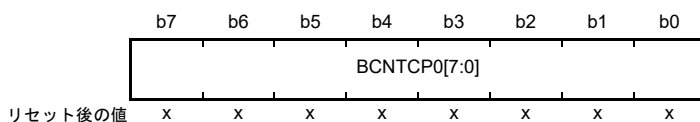
| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------------------------|----------|---------------------------|-----|
| b3-b0 | SEC1[3:0] | 1秒キャプチャ | 一秒の位のキャプチャ値を示します。 | R |
| b6-b4 | SEC10[2:0] | 10秒キャプチャ | 十秒の位のキャプチャ値を示します。 | R |
| b7 | — | 予約ビット | RTCソフトウェアリセット後、読むと0が読めます。 | R |

RSECCP0 レジスタは、時間キャプチャイベント検出時に RSECCNT カウンタ値をキャプチャする読み出し専用のレジスタです。

RTCIC0 端子によるイベント検出時は RSECCP0 レジスタにイベント検出時刻が格納されます。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。このレジスタから値を読み出す際は、必ず事前に RTCCR0.TCCT[1:0] ビットで時間キャプチャイベント検出を停止させてください。

(2) バイナリカウントモード時

アドレス [RTC.BCNT0CP0 4004 4052h](#)



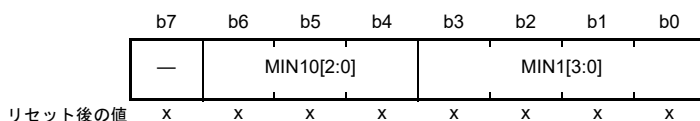
x: 不定

BCNT0CPy レジスタは、時間キャプチャイベント検出時に BCNT0 カウンタ値をキャプチャする読み出し専用のレジスタです。RTCIC0 端子によるイベント検出時は BCNT0CP0 レジスタにイベント検出時刻が格納されます。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。このレジスタから値を読み出す際は、必ず事前に RTCCR0.TCCT[1:0] ビットで時間キャプチャイベント検出を停止させてください。

25.2.24 分キャプチャレジスタ 0 (RMINCP0) / BCNT1 キャプチャレジスタ 0 (BCNT1CP0)

(1) カレンダーカウントモード時

アドレス [RTC.RMINCP0 4004 4054h](#)



x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|----------|---------------------------|-----|
| b3-b0 | MIN1[3:0] | 1分キャプチャ | 一分の位のキャプチャ値を示します。 | R |
| b6-b4 | MIN10[2:0] | 10分キャプチャ | 十分の位のキャプチャ値を示します。 | R |
| b7 | — | 予約ビット | RTCソフトウェアリセット後、読むと0が読めます。 | R |

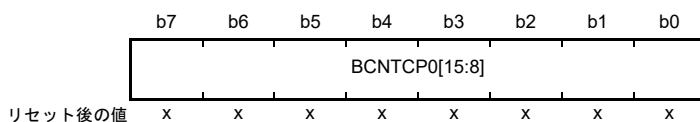
RMINCP0 レジスタは、時間キャプチャイベント検出時に RMINCNT カウンタ値をキャプチャする読み出し専用のレジスタです。

RTCIC0 端子によるイベント検出時は RMINCP0 レジスタにイベント検出時刻が格納されます。

このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。このレジスタから値を読み出す際は、必ず事前に RTCCR0.TCCT[1:0] ビットで時間キャプチャイベント検出を停止させてください。

(2) バイナリカウントモード時

アドレス [RTC.BCNT1CP0 4004 4054h](#)



x: 不定

BCNT1CP0 レジスタは、時間キャプチャイベント検出時に BCNT1 カウンタ値をキャプチャする読み出し専用のレジスタです。

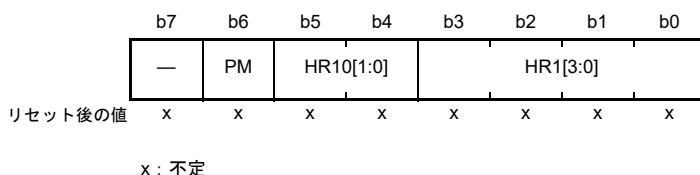
RTCIC0 端子によるイベント検出時は BCNT1CP0 レジスタにイベント検出時刻が格納されます。

このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。このレジスタから値を読み出す際は、必ず事前に RTCCR0.TCCT[1:0] ビットで時間キャプチャイベント検出を停止させてください。

25.2.25 時キャプチャレジスタ 0 (RHRCPO) / BCNT2 キャプチャレジスタ 0 (BCNT2CP0)

(1) カレンダーカウントモード時

アドレス [RTC.RHRCPO 4004 4056h](#)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------------------------|-----------|---------------------------|-----|
| b3-b0 | HR1[3:0] | 1時間キャプチャ | 一時間の位のキャプチャ値を示します。 | R |
| b5-b4 | HR10[1:0] | 10時間キャプチャ | 十時間の位のキャプチャ値を示します。 | R |
| b6 | PM | PM | 0: 午前 1: 午後 | R |
| b7 | — | 予約ビット | RTCソフトウェアリセット後、読むと0が読めます。 | R |

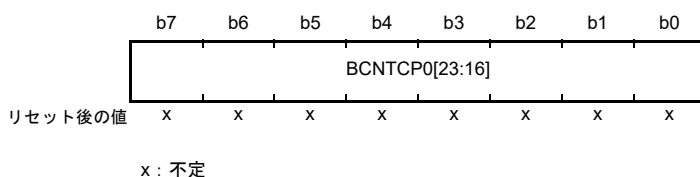
RHRCPO レジスタは、時間キャプチャイベント検出時に RHRCNT カウンタ値をキャプチャする読み出し専用のレジスタです。

RTCIC0 端子によるイベント検出時は RHRCPO レジスタにイベント検出時刻が格納されます。RCR2.HR24 ビットが 0 (12 時間モード) の場合にのみ、PM ビットが有効になります。

このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。このレジスタから値を読み出す際は、必ず事前に RTCCR0.TCCT[1:0] ビットで時間キャプチャイベント検出を停止させてください。

(2) バイナリカウントモード時

アドレス [RTC.BCNT2CP0 4004 4056h](#)



BCNT2CP0 レジスタは、時間キャプチャイベント検出時に BCNT2 カウンタ値をキャプチャする読み出し専用のレジスタです。

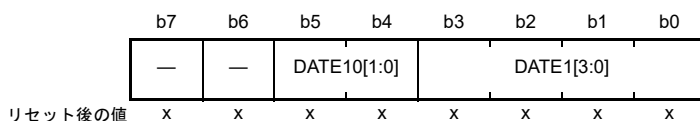
RTCIC0 端子によるイベント検出時は BCNT2CP0 レジスタにイベント検出時刻が格納されます。

このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。このレジスタから値を読み出す際は、必ず事前に RTCCR0.TCCT[1:0] ビットで時間キャプチャイベント検出を停止させてください。

25.2.26 日キャプチャレジスタ 0 (RDAYCP0) / BCNT3 キャプチャレジスタ 0 (BCNT3CP0)

(1) カレンダーカウントモード時

アドレス [RTC.RDAYCP0 4004 405Ah](#)



x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------------|----------|---------------------------|-----|
| b3-b0 | DATE1[3:0] | 1日キャプチャ | 一日の位のキャプチャ値を示します。 | R |
| b5-b4 | DATE10[1:0] | 10日キャプチャ | 十日の位のキャプチャ値を示します。 | R |
| b7-b6 | — | 予約ビット | RTCソフトウェアリセット後、読むと0が読めます。 | R |

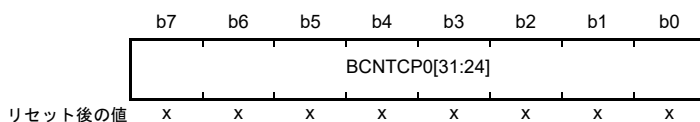
RDAYCP0 レジスタは、時間キャプチャイベント検出時に RDAYCNT カウンタ値をキャプチャする読み出し専用のレジスタです。

RTCIC0 端子によるイベント検出時は RDAYCP0 レジスタにイベント検出時刻が格納されます。

このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。このレジスタから値を読み出す際は、必ず事前に RTCCR0.TCCT[1:0] ビットで時間キャプチャイベント検出を停止させてください。

(2) バイナリカウントモード時

アドレス [RTC.BCNT3CP0 4004 405Ah](#)



x: 不定

BCNT3CP0 レジスタは、時間キャプチャイベント検出時に BCNT3 カウンタ値をキャプチャする読み出し専用のレジスタです。

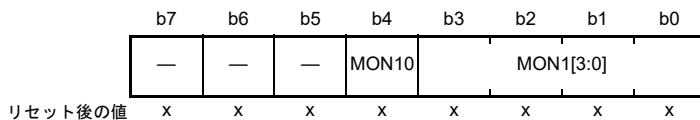
RTCTC0 端子によるイベント検出時は BCNT3CP0 レジスタにイベント検出時刻が格納されます。

このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。このレジスタから値を読み出す際は、必ず事前に RTCCR0.TCCT[1:0] ビットで時間キャプチャイベント検出を停止させてください。

25.2.27 月キャプチャレジスタ 0 (RMONCP0)

(1) カレンダーカウントモード時

アドレス RTC.RMONCP0 4004 405Ch



x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------|----------|-------------------|-----|
| b3-b0 | MON1[3:0] | 1月キャプチャ | 一月の位のキャプチャ値を示します。 | R |
| b4 | MON10 | 10月キャプチャ | 十月の位のキャプチャ値を示します。 | R |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |

RMONCP0 レジスタは、時間キャプチャイベント検出時に RMONCNT カウンタ値をキャプチャする読み出し専用のレジスタです。

RTCIC0 端子によるイベント検出時は RMONCP0 レジスタにイベント検出時刻が格納されます。

このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 00h になります。このレジスタから値を読み出す際は、必ず事前に RTCCR0.TCCT[1:0] ビットで時間キャプチャイベント検出を停止させてください。

25.3 動作説明

25.3.1 電源投入後のレジスタ初期設定の概要

電源投入後は、クロック設定、カウントモード設定、時間誤差補正、時刻設定、アラーム、割り込み、および時間キャプチャコントロールレジスタに対して、初期設定を行ってください。

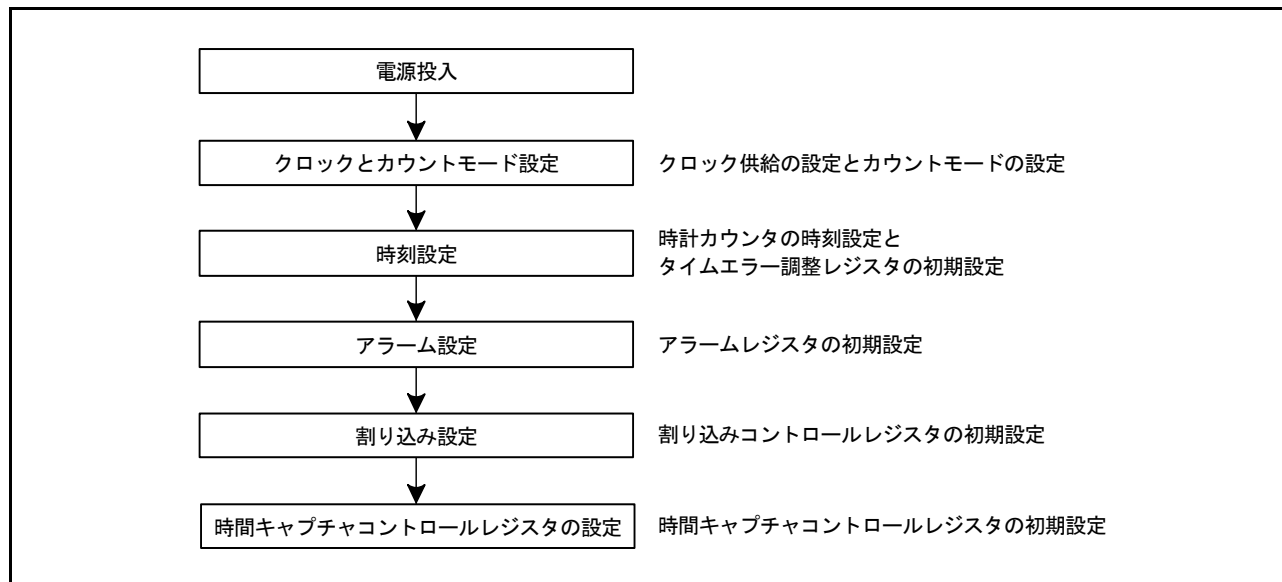


図 25.2 電源投入後の初期設定の概要

25.3.2 クロックおよびカウントモードの設定手順

図 25.3 にクロックおよびカウントモードの設定手順を示します。

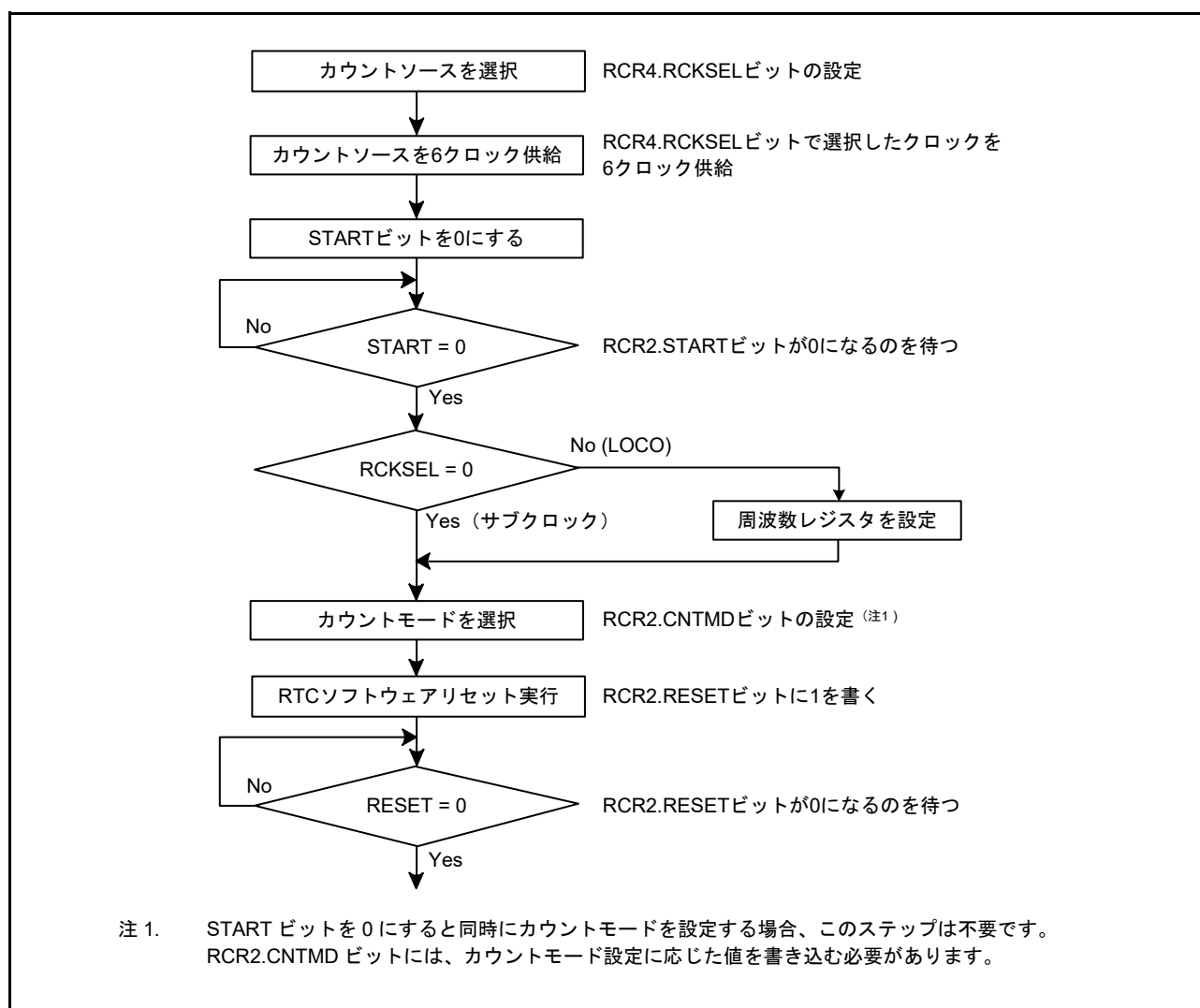


図 25.3 クロックおよびカウントモードの設定手順

25.3.3 時刻の設定

図 25.4 に時刻の設定手順を示します。

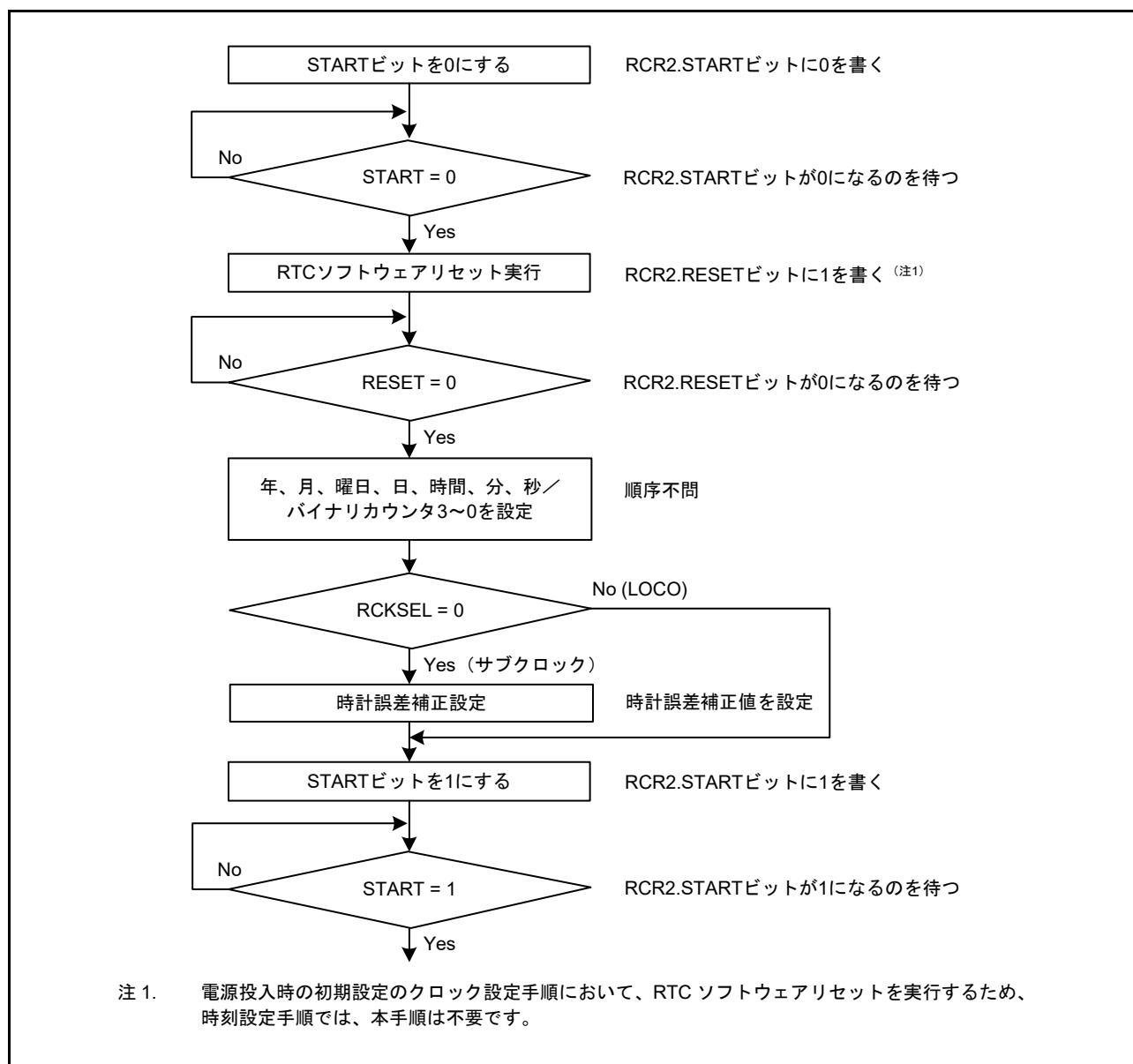


図 25.4 時刻の設定

25.3.4 30秒調整

図 25.5 に 30 秒調整の実行手順を示します。

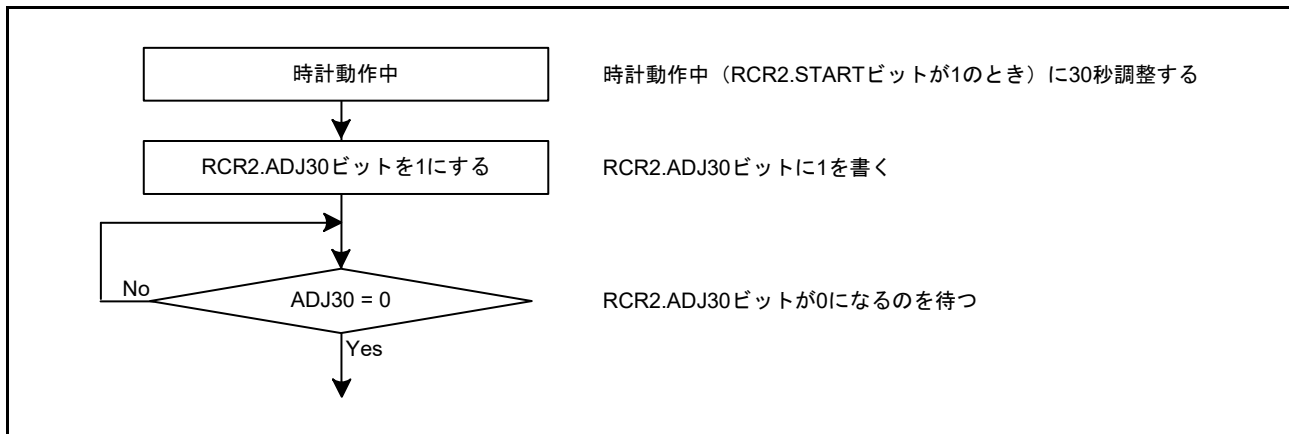


図 25.5 30 秒調整

25.3.5 64Hz カウンタと時刻の読み出し

図 25.6 に 64Hz カウンタと時刻の読み出し手順を示します。

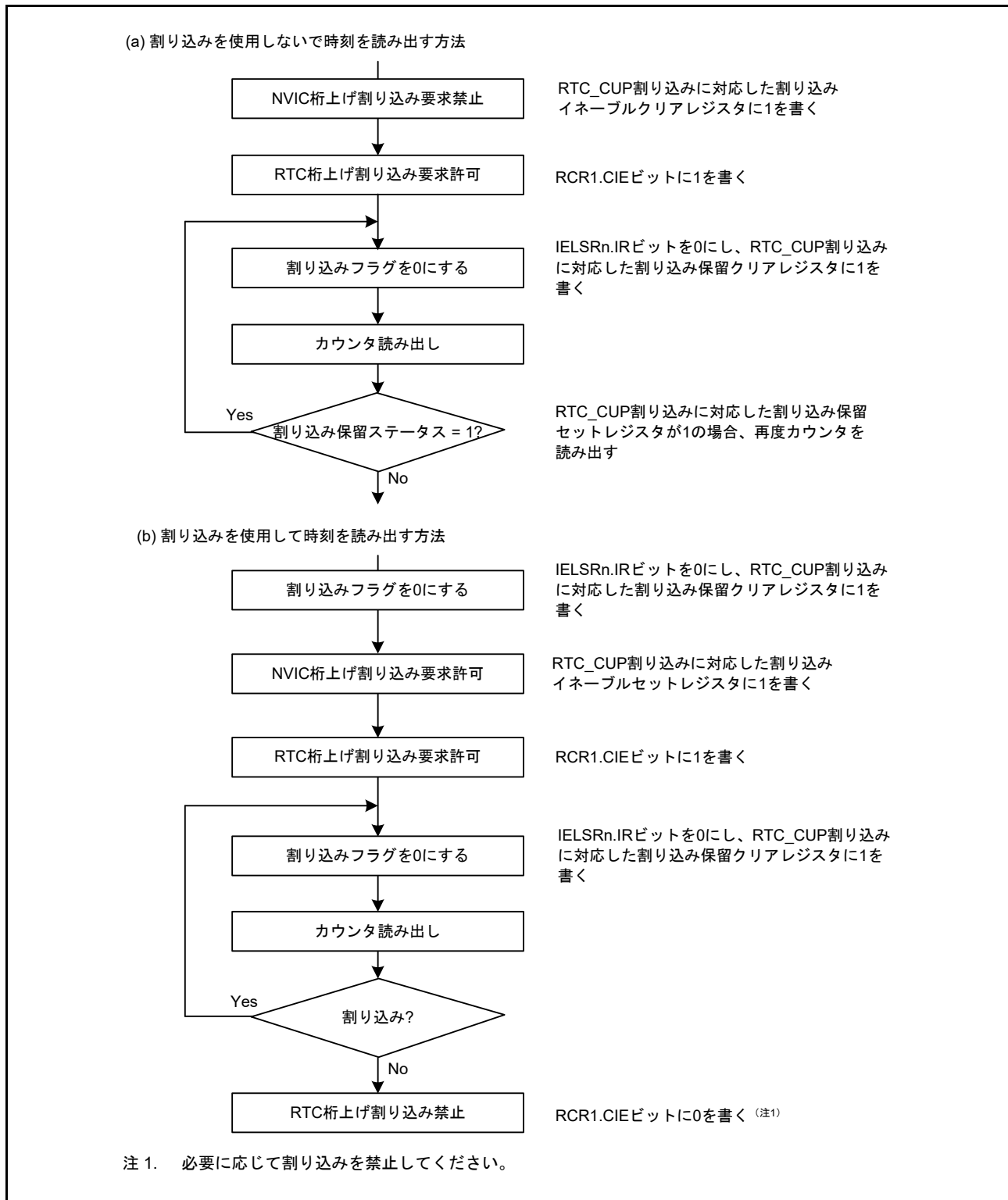


図 25.6 時刻読み出し

64Hz カウンタと時刻の読み出し中に桁上げが生じると、正しい時刻が得られないため、再度読み出す必要があります。割り込みを使用しないで時刻を読み出す場合の手順を図 25.6 の (a) に、桁上げ割り込みを使用する場合の手順を (b) に示します。通常は、プログラムを容易にするために、方法 (a) を使用してください。

25.3.6 アラーム機能

図 25.7 にアラーム機能の使用方法を示します。

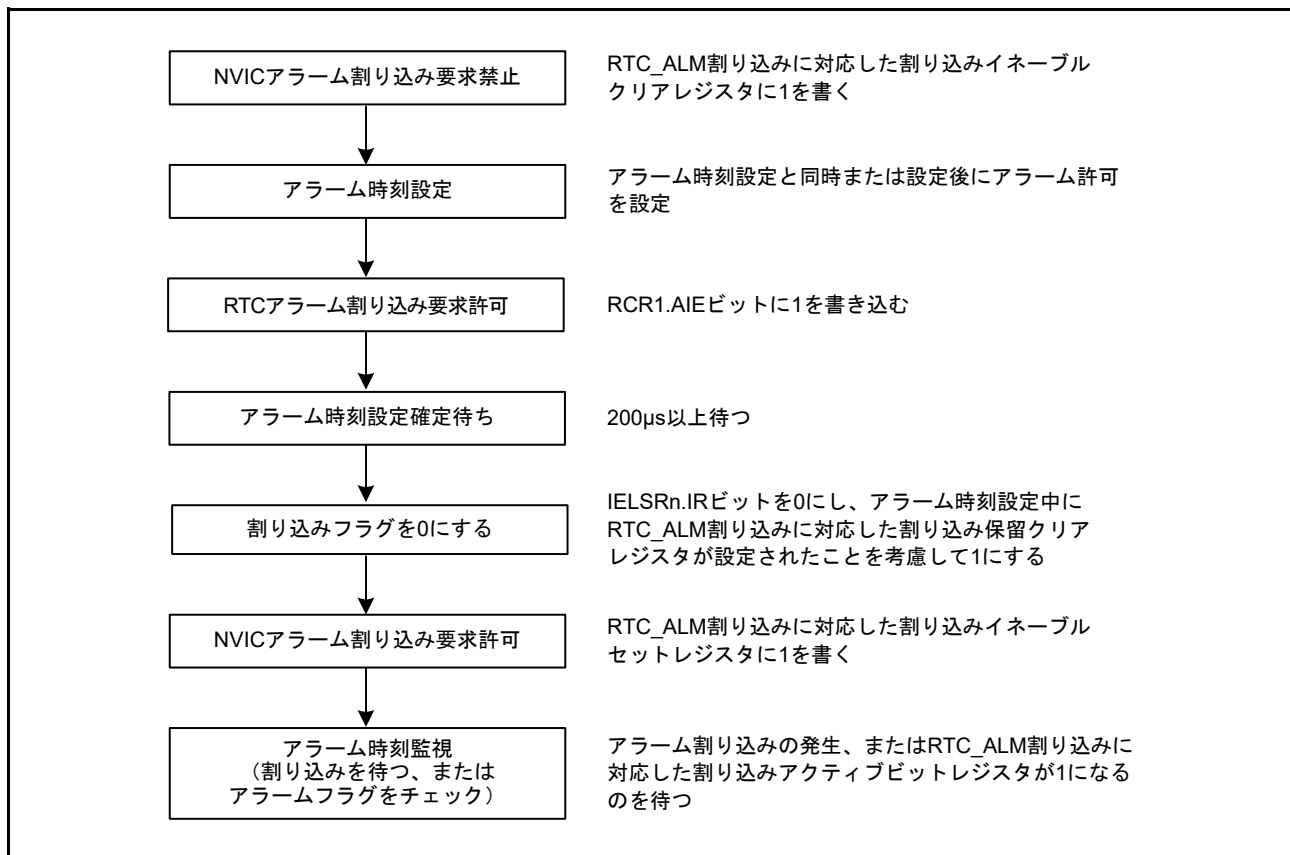


図 25.7 アラーム機能の使用法

カレンダーカウントモードでは、年、月、日、曜日、時、分、秒のいずれか1つ、またはこれらの任意の組み合わせで、アラームを発生させることができます。アラーム設定を必要とする各アラームレジスタのENBビットに1を書き込み、下位ビットにアラーム時刻を設定します。アラームの対象外のレジスタはENBビットに0を書き込みます。

バイナリカウントモードでは、32ビットの任意ビットの組み合わせでアラームを発生させることができます。アラームの対象とするビットに対応するアラームイネーブルレジスタのENBビットに1を書き込み、アラームレジスタにアラーム時刻を設定します。アラームの対象外とするビットに対しては、アラームイネーブルレジスタのENBビットに0を書き込みます。

カウンタとアラーム時刻が一致すると、IELSRn.IRビットと、RTC_ALM割り込みに対応した割り込みセット保留/クリア保留レジスタが1になります。アラームの検出は、RTC_ALM割り込みに対応した割り込みセット保留レジスタを読み出すことで確認できますが、通常は割り込みを使用してください。RTC_ALM割り込みに対応した割り込みセットイネーブルレジスタが1になっていると、アラームイベント発生時にアラーム割り込みが発生し、アラームの検出が可能になります。

RTC_ALM割り込みに対応したIELSRn.IRビットは、0を書き込むと0になります。割り込みを許可した場合、割り込みハンドラの終了後、RTC_ALM割り込みに対応した割り込みセット保留/クリア保留レジスタと割り込みアクティブビットレジスタが自動的にクリアされます。割り込みを禁止した場合は、RTC_ALM割り込みに対応した割り込みクリア保留レジスタに1を書いてクリアしてください。

低消費電力状態のときにカウンタとアラーム時刻が一致すると、MCUは低消費電力状態から復帰します。

25.3.7 アラーム割り込み禁止手順

図 25.8 に、許可状態のアラーム割り込み要求を禁止する手順を示します。

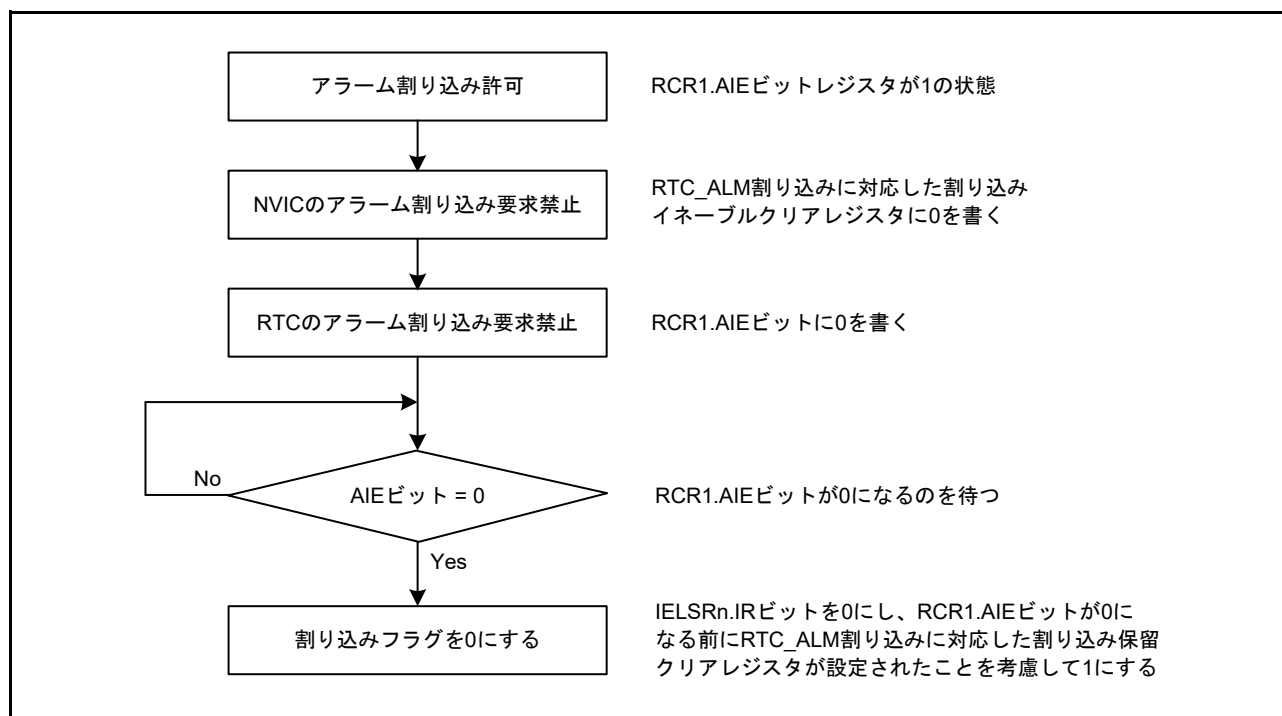


図 25.8 アラーム割り込み要求の禁止手順

25.3.8 時間誤差補正機能

時間誤差補正機能は、サブクロックによる発振精度の変動に起因した、時間の誤差（遅れ／進み）を補正するために使用します。サブクロックを選択した場合、サブクロックの 32768 サイクルが 1 秒の動作に相当するため、サブクロックの周波数が高いと時計が進み、低いと時計が遅れます。時間誤差補正機能には下記の 2 種類があります。

- 自動補正
- ソフトウェアによる補正

自動補正またはソフトウェアによる補正は、RCR2.AADJE ビットで選択してください。

25.3.8.1 自動補正

RCR2.AADJE ビットを 1 にすると、自動補正が有効になります。自動補正では、RCR2.AADJE ビットで選択した補正周期ごとに、プリスケアラでカウントした値に対して RADJ レジスタ値を加算または減算します。

(1) 例 1：サブクロックが 32.769kHz で動作している場合

(a) 補正方法

サブクロックが 32.769kHz で動作している場合、32769 クロックサイクルごとに 1 秒経過します。RTC は、32768 クロックサイクルで動作するように設計されているため、1 秒ごとに 1 クロックサイクル分時計が進みます。時計は、1 分当たり 60 クロックサイクルのペースで早くなるため、1 分ごとに 60 クロックサイクルだけ遅らせる方法で補正が可能です。

レジスタ設定値 (RCR2.CNTMD = 0 の場合)

- RCR2.AADJP ビット = 0 (1 分ごとに補正)
- RADJ.PMADJ[1:0] ビット = 10b (プリスケアラに対して値を減算して補正)
- RADJ.ADJ[5:0] ビット = 60 (3Ch)

(2) 例 2：サブクロックが 32.766kHz で動作している場合

(a) 補正方法

サブクロックが 32.766kHz で動作している場合、32766 クロックサイクルごとに 1 秒経過します。RTC は、32768 クロックサイクルで動作するように設計されているため、1 秒ごとに 2 クロックサイクル分、時計が遅れます。時計は、10 秒当たり 20 クロックサイクルのペースで遅くなるため、10 秒ごとに 20 クロックサイクル分時計を進める方法で補正が可能です。

レジスタ設定値：(RCR2.CNTMD = 0 の場合)

- RCR2.AADJP ビット = 1 (10 秒ごとに補正)
- RADJ.PMADJ[1:0] ビット = 01b (プリスケアラに対して値を加算して補正)
- RADJ.ADJ[5:0] ビット = 20 (14h)

(3) 例 3：サブクロックが 32.764kHz で動作している場合

(a) 補正方法

32.764kHz で動作している場合、32764 クロックサイクルで 1 秒経過します。RTC は、32768 クロックサイクルを 1 秒として動作するため、時計は 1 秒間に 4 クロックサイクル分遅れます。8 秒間では 32 クロックサイクル遅れるため、8 秒ごとに 32 クロックサイクル分時計を進める方法で補正が可能です。

レジスタ設定値 (RCR2.CNTMD = 1 の場合)

- RCR2.AADJP ビット = 1 (8 秒ごとに補正)
- RADJ.PMADJ[1:0] ビット = 01b (プリスケアラに対して値を加算して補正)
- RADJ.ADJ[5:0] ビット = 32 (20h)

25.3.8.2 ソフトウェアによる補正

RCR2.AADJE ビットを 0 にすると、ソフトウェアによる補正が有効になります。ソフトウェアによる補正では、RADJ レジスタへの書き込み命令を実行したタイミングで、プリスケアラでカウントした値に対し RADJ レジスタ値を加算または減算します。

(1) 例 1 : サブクロックが 32.769kHz で動作している場合

(a) 補正方法

サブクロックが 32.769kHz で動作している場合、32769 クロックサイクルごとに 1 秒経過します。RTC は、32768 クロックサイクルで動作するように設計されているため、1 秒ごとに 1 クロックサイクル分時計が進みます。時計は、1 秒当たり 1 クロックサイクルのペースで早くなるため、1 秒ごとに 1 クロックサイクル分時計を遅らせる方法で補正が可能です。

(b) レジスタ設定値

- RADJ.PMADJ[1:0] ビット = 10b (プリスケアラに対して値を減算して補正)
- RADJ.ADJ[5:0] ビット = 1 (01h)
この値を、1 秒の割り込みにつき 1 回、RADJ レジスタに書き込みます

25.3.8.3 補正モードの変更手順

補正モードを変更する場合は、RADJ.PMADJ[1:0] ビットを 00b (補正を行わない) にした後、RCR2.AADJE ビットの値を変更してください。

ソフトウェアによる補正から自動補正へ切り替える場合

1. RADJ.PMADJ[1:0] ビットを 00b (補正を行わない) にします。
2. RCR2.AADJE ビットを 1 (自動補正を有効) にします。
3. RCR2.AADJP ビットで補正周期を選択します。
4. RADJ.PMADJ[1:0] ビットに加算または減算を設定し、RADJ.ADJ[5:0] ビットに時間誤差補正值を設定します。

自動補正からソフトウェアによる補正へ切り替える場合

1. RADJ.PMADJ[1:0] ビットを 00b (補正を行わない) にします。
2. RCR2.AADJE ビットを 0 (ソフトウェアによる補正を有効) にします。
3. 任意のタイミングで、RADJ.PMADJ[1:0] ビットに加算または減算を設定し、RADJ.ADJ[5:0] ビットに時間誤差補正值を設定することにより、補正を開始します。以降、RADJ レジスタに値を書き込むごとに時間補正が行われます。

25.3.8.4 補正の停止手順

補正を停止するには、RADJ.PMADJ[1:0] ビットを 00b (補正を行わない) にします。

25.3.8.5 時間キャプチャ

RTCは、時間キャプチャイベント入力端子のエッジ検出によって、月、日、時、分、および秒の値、またはバイナリカウンタ3～0の値を格納することが可能です。

また、RTCの時間キャプチャイベント入力端子には、ノイズフィルタを使用できます。ノイズフィルタを有効にした場合、端子の入力レベルが3回一致するとTCSTビットが1になります。

時間キャプチャイベント入力端子は、端子ごとにノイズフィルタのON/OFFを設定できます。VBTICTLR.VCH0IENビットを1にして、RTCIC0入力を有効にしてください。ノイズフィルタOFFの場合の動作を図25.9に、ノイズフィルタONの場合の動作を図25.10に示します。

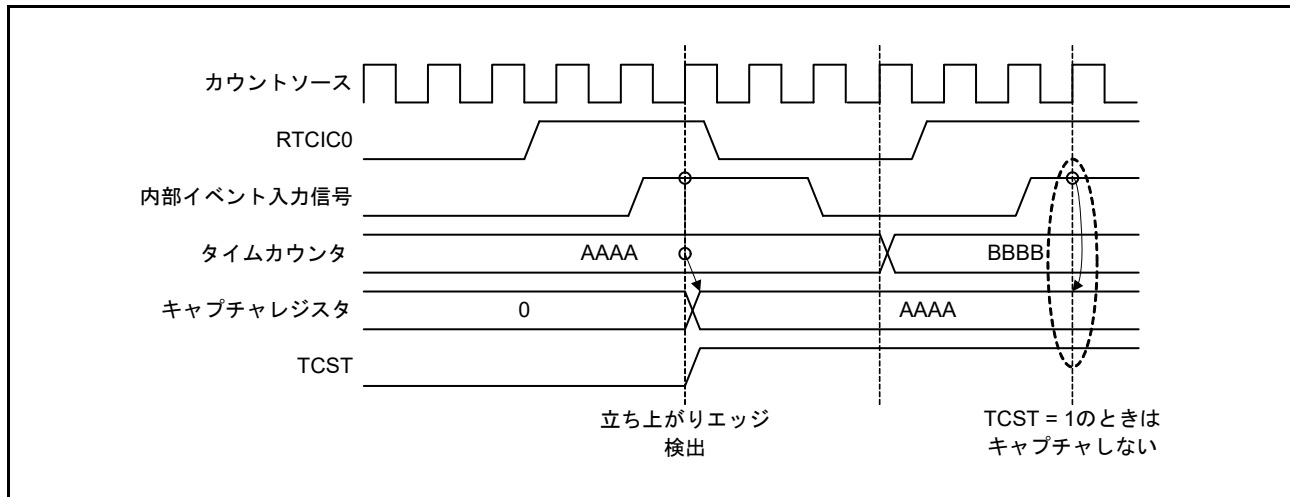


図 25.9 フィルタ OFF 時の時間キャプチャ動作のタイミング

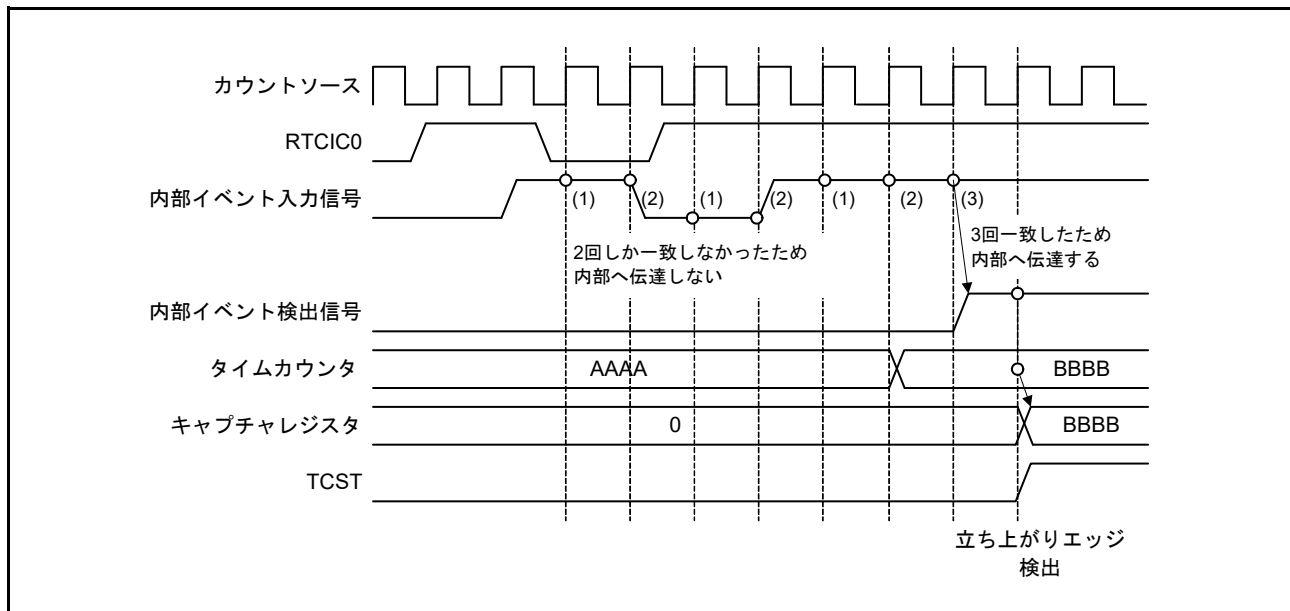


図 25.10 フィルタ ON 時の時間キャプチャ動作のタイミング

25.4 割り込み要因

RTCには、表 25.3 に示すように、3種類の割り込み要因があります。

表 25.3 RTC割り込み要因

| 名称 | 割り込み要因 |
|---------|----------|
| RTC_ALM | アラーム割り込み |
| RTC_PRD | 周期割り込み |
| RTC_CUP | 桁上げ割り込み |

(1) アラーム割り込み (RTC_ALM)

この割り込みは、アラームレジスタとリアルタイムクロックカウンタの比較結果に基づいて発生します。詳細は、25.3.6 アラーム機能を参照してください。

アラームレジスタの設定値が時計カウンタと一致したとき、割り込みフラグが1になる可能性があるため、アラームレジスタの値を変更した後は、アラーム時刻の設定が確定されるまで待って、IELSRn.IRビットと、RTC_ALM割り込みに対応する割り込みセット保留レジスタを再び0にクリアしてください。アラーム割り込みの割り込みフラグが1になった後、アラームレジスタと時計カウンタを不一致状態に戻すと、再び一致するかアラームレジスタの値の再設定を行うまでフラグは1になりません。

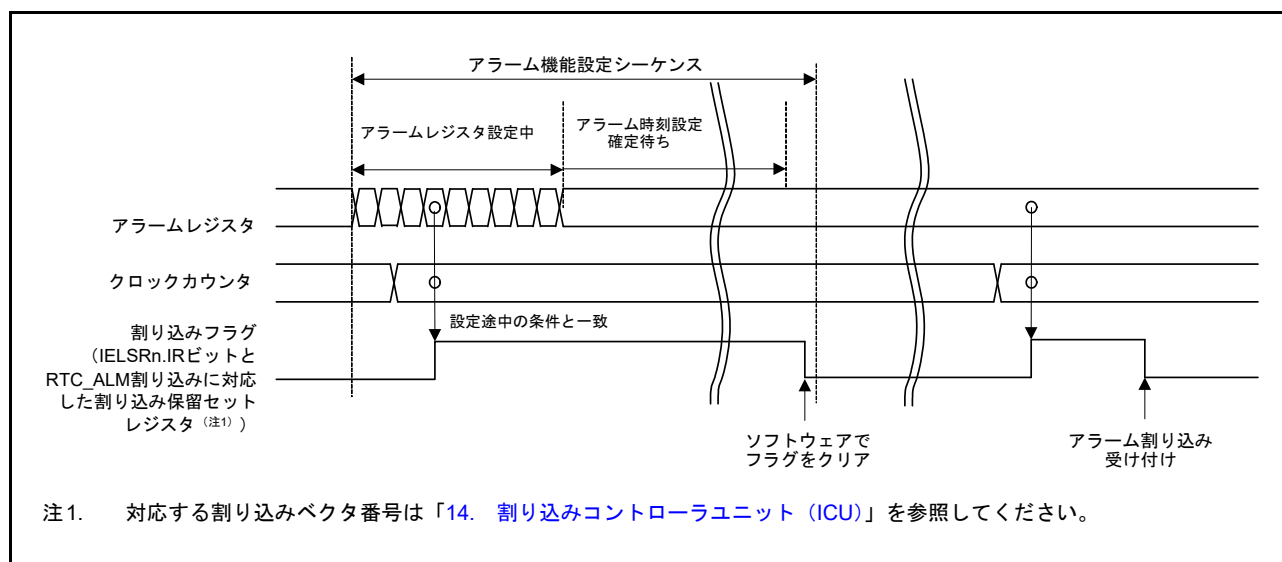


図 25.11 アラーム割り込み (RTC_ALM) のタイミング図

(2) 周期割り込み (RTC_PRD)

この割り込みは、2秒、1秒、1/2秒、1/4秒、1/8秒、1/16秒、1/32秒、1/64秒、1/128秒、または1/256秒周期で発生します。RCR1.PES[3:0]ビットによって割り込み周期の選択が可能です。

(3) 桁上げ割り込み (RTC_CUP)

この割り込みは、秒カウンタ/バイナリカウンタ 0 への桁上げが生じたとき、または 64Hz カウンタの読み出しと R64CNT カウンタへの桁上げが重なったときに発生します。

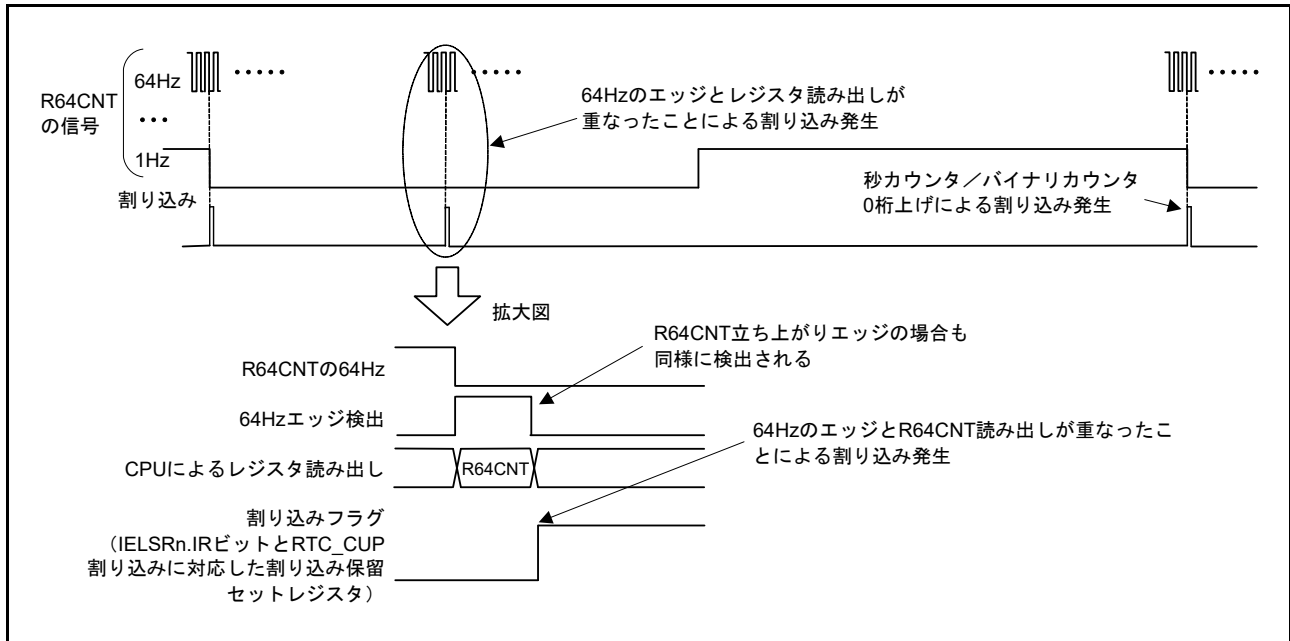


図 25.12 桁上げ割り込み (RTC_CUP) のタイミング図

25.5 イベントリンク出力機能

RTC は、イベントリンクコントローラ (ELC) に対して周期イベント出力 (RTC_PRD) のイベント信号を発生させることで、あらかじめ選択しておいた他のモジュールを動作させることが可能です。

RCR1.PES[3:0] ビットの設定により、2 秒、1 秒、1/2 秒、1/4 秒、1/8 秒、1/16 秒、1/32 秒、1/64 秒、1/128 秒、1/256 秒から選択した周期でイベントを出力します。イベント発生を選択した直後のイベント発生周期は保証されません。

注. RTC からのイベントリンク機能を使用する場合は、必ず RTC の設定 (初期化、時刻設定など) を行った後、ELC を設定してください。ELC の設定後に RTC を設定すると、意図しないイベント信号が出力される場合があります。

25.5.1 割り込み処理とイベントリンク機能

RTC には、周期割り込みを許可または禁止する許可ビットがあります。割り込み要因が発生すると、対応する割り込み許可ビットが許可の場合に、CPU に対して割り込み要求信号が出力されます。

これに対して、イベントリンク出力信号は、対応する割り込み許可ビットの設定とは無関係に、割り込み要因が発生すると、ELC を介して他のモジュールにイベント信号として送信されます。

注. ソフトウェアスタンバイモード中も、アラーム割り込みと周期割り込みの出力は可能ですが、ELC 用の周期イベント信号は出力されません。

25.6 使用上の注意事項

25.6.1 カウント動作時のレジスタ書き込みについて

カウント動作時 (RCR2.START ビット = 1 のとき) は、以下のレジスタやビットに書き込みを行わないでください。

- RSECCNT/BCNT0
- RMINCNT/BCNT1
- RHRCNT/BCNT2
- RDAYCNT
- RWKCNT/BCNT3
- RMONCNT
- RYRCNT
- RCR1.RTCOS
- RCR2.RTCOE
- RCR2.HR24
- RFRL

上記のレジスタのいずれかに書き込みを行う場合は、前もってカウント動作を停止する必要があります。

25.6.2 周期割り込みの使用について

周期割り込みの使用法を図 25.13 に示します。

周期割り込みの発生とその周期は、RCR1.PES[3:0] ビットの設定で変更できます。ただし、割り込みの生成にはプリスケアラ R64CNT と RSECCNT/BCNT0 カウンタが使用されるため、RCR1.PES[3:0] ビットの設定直後は、割り込み発生周期が保証されません。さらに、以下のいずれかによって、割り込み発生周期が影響される可能性があります。

- カウンタ動作の停止／動作／リセット
- RTC ソフトウェアリセット
- RCR2 値の変更による 30 秒調整

時間誤差補正機能を使用した場合、補正後の割り込み発生周期は、補正值に従って加算または減算されます。

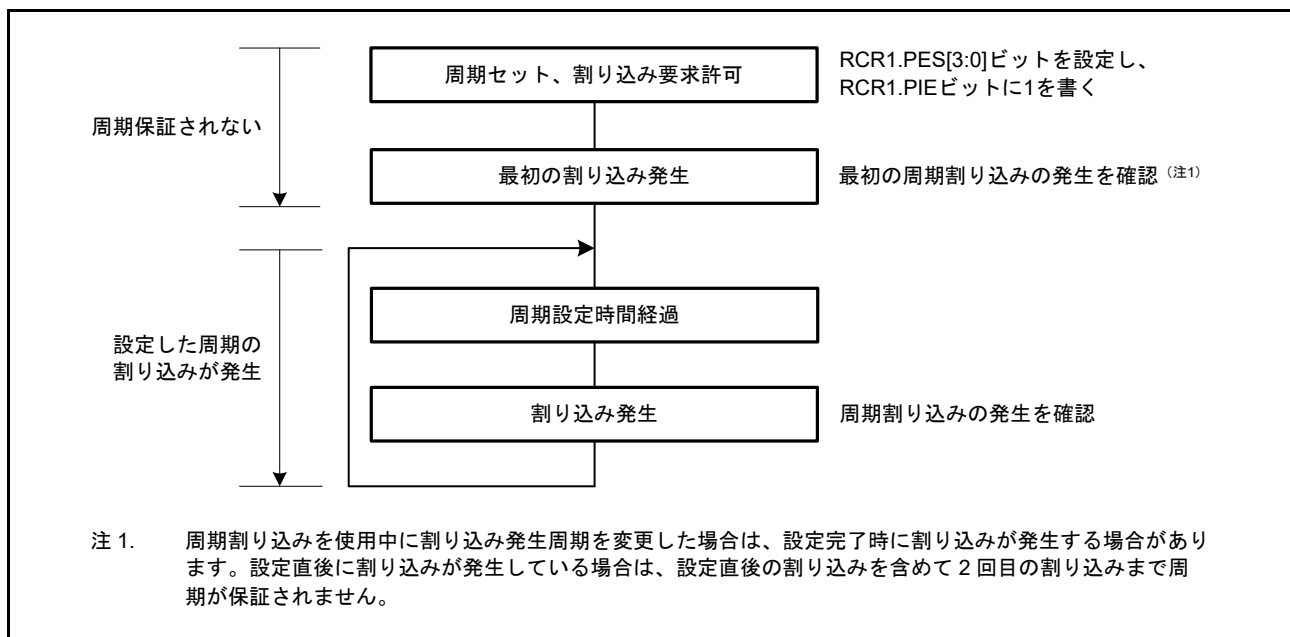


図 25.13 周期割り込み機能の使用法

25.6.3 RTCOUT (1Hz/64Hz) クロック出力について

RCR2 レジスタ値を変更して、カウント動作の停止／動作／リセット、RTC ソフトウェアリセット、および 30 秒調整を行うと、RTCOUT (1Hz/64Hz) 出力の周期に影響を与えます。時間誤差補正機能を使用した場合、補正後の RTCOUT (1Hz/64Hz) 出力の周期は、補正值に従って加算または減算されます。

25.6.4 レジスタ設定後の低消費電力モードへの遷移について

RTC レジスタの書き込み中に低消費電力状態（ソフトウェアスタンバイモードまたはバッテリーバックアップ状態）へ遷移すると、レジスタ値が破壊される場合があります。レジスタの設定後は、設定が確定されたことを確認してから低消費電力状態へ遷移してください。

25.6.5 レジスタの書き込み／読み出し時の注意事項

- カウンタレジスタ（秒カウンタなど）へ書き込んだ後、そのカウンタレジスタを読み出す際は、[25.3.5 64Hz カウンタと時刻の読み出し](#)に示す手順に従ってください
- カウントレジスタ、アラームレジスタ、年アラームイネーブルレジスタ、RCR2.AADJE、AADJP、HR24 ビット、RCR4 レジスタ、または周波数レジスタに書いた値は、書き込み後、4 回目の読み出しから反映されます
- RCR1.CIE ビット、RCR1.RTCOS ビット、および RCR2.RTCOE ビットは、書き込み直後に書いた値を読み出すことができます
- リセット、ソフトウェアスタンバイモード、またはバッテリーバックアップ状態から復帰した後、時計カウンタ値を読み出す際は、時計が動作中（RCR2.START ビット=1）の状態で 1/128 秒待ってください
- リセット発生後、カウントソースクロックが 6 サイクル経過してから、RTC レジスタへ書き込んでください

25.6.6 カウントモードの変更について

カウントモード（カレンダー／バイナリ）を変更する場合は、RCR2.START ビットを 0 にしてカウント動作を停止させた後、初期設定からやり直してください。初期設定の詳細は、[25.3.1 電源投入後のレジスタ初期設定の概要](#)を参照してください。

25.6.7 リアルタイムクロックを使用しない場合の初期化手順

RTC 内のレジスタは、リセットによって初期化されません。初期状態によっては、意図しない割り込み要求の発生やカウンタの動作によって、消費電力が増大する場合があります。

リアルタイムクロックを必要としない製品では、[図 25.14](#) に示す初期化手順に従って、レジスタを初期化してください。

他の方法として、サブクロックをシステムクロックにもリアルタイムクロックにも使用しない場合は、RCR4.RCKSEL ビットを 0 (サブクロック発振器を選択) にした後、サブクロックを停止させることでカウンタを停止できます。サブクロックを停止させるには、SOSCCR.SOSTP ビットに 1 を書き込んでください。

SOSCCR.SOSTP ビットの設定については、「[9. クロック発生回路](#)」を参照してください。

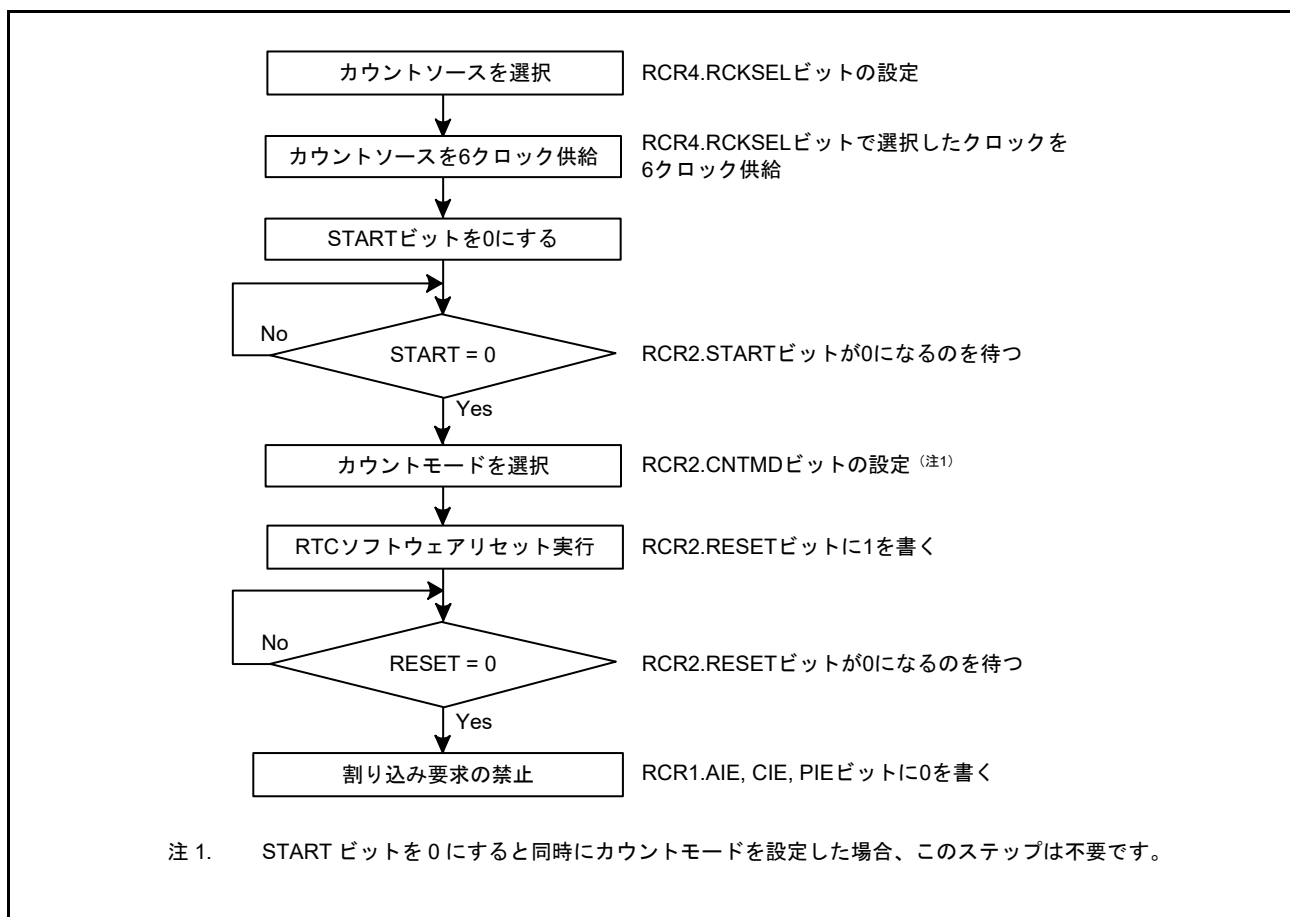


図 25.14 初期化手順

25.6.8 クロックソースを切り替える場合

SCKCR.CKSEL[2:0] を変更することによりクロックソースを切り替える場合、セクタからのクロック出力は、切り替えたクロックで 4 サイクル間停止します。このとき RTC 定期割り込みまたは RTC 定期イベント出力が発生した場合は、その割り込みまたはイベントは無効です。

26. ウォッチドッグタイマ (WDT)

26.1 概要

ウォッチドッグタイマ (WDT) は 14 ビットのダウンカウンタです。システムが暴走して WDT をリフレッシュできなくなったため、カウンタがアンダーフローした場合、MCU をリセットするために使用できます。さらに、ノンマスカブル割り込みやアンダーフロー割り込みを発生させるためにも使用できます。リフレッシュ許可期間を設定することで、カウンタのリフレッシュやシステムの暴走検知が可能になります。表 26.1 に WDT の仕様を、図 26.1 にブロック図を示します。

表 26.1 WDTの仕様

| 項目 | 内容 |
|--------------------|--|
| カウンタソース | 周辺クロック (PCLKB) |
| クロック分周比 | 4分周/64分周/128分周/512分周/2048分周/8192分周 |
| カウンタ動作 | 14ビットのダウンカウンタによるダウンカウント |
| カウンタ開始条件 | <ul style="list-style-type: none"> オートスタートモード：リセット後、またはアンダーフロー/リフレッシュエラー発生後に自動的にカウント開始 レジスタスタートモード：WDTRRレジスタへの書き込みによるリフレッシュ動作でカウント開始 |
| カウンタ停止条件 | <ul style="list-style-type: none"> リセット (ダウンカウンタおよび他のレジスタが初期値に戻る) カウンタのアンダーフローまたはリフレッシュエラー発生時 |
| ウィンドウ機能 | ウィンドウ開始/終了位置を設定可能 (リフレッシュ許可/禁止期間) |
| ウォッチドッグタイマリセット要因 | <ul style="list-style-type: none"> ダウンカウンタのアンダーフロー リフレッシュ許可期間外でのリフレッシュ動作 (リフレッシュエラー) |
| ノンマスカブル割り込み/割り込み要因 | <ul style="list-style-type: none"> ダウンカウンタのアンダーフロー リフレッシュ許可期間外でのリフレッシュ動作 (リフレッシュエラー) |
| カウンタ値の読み出し | WDTSRレジスタを読み出すことで、ダウンカウンタ値の読み出しが可能 |
| イベントリンク機能 (出力) | <ul style="list-style-type: none"> ダウンカウンタアンダーフローイベント出力 リフレッシュエラーイベント出力 |
| 出力信号 (内部信号) | <ul style="list-style-type: none"> リセット出力 割り込み要求出力 スリープモードカウント停止制御出力 |

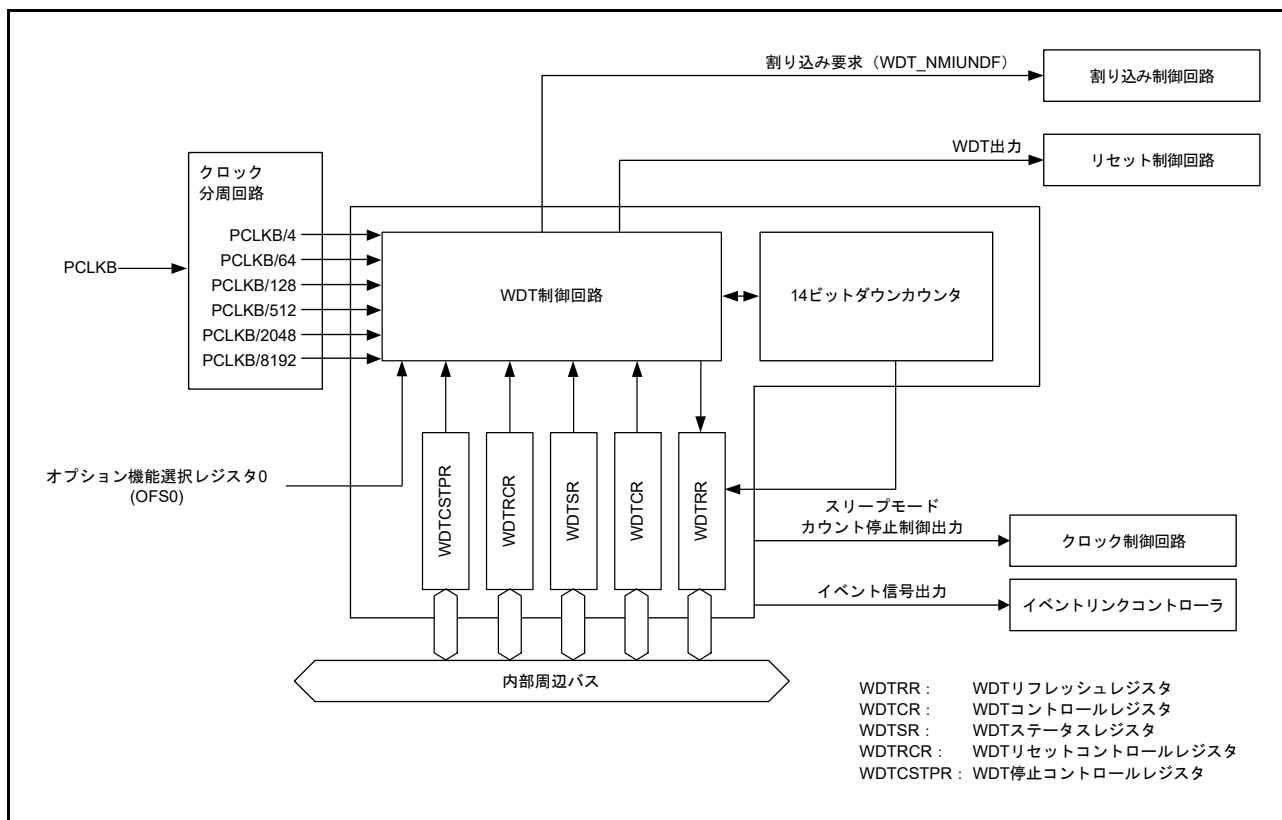


図 26.1 WDT のブロック図

26.2 レジスタの説明

26.2.1 WDT リフレッシュレジスタ (WDTRR)

アドレス [WDT.WDTRR 4004 4200h](#)



| ビット | 機能 | R/W |
|-------|--|-----|
| b7-b0 | このレジスタに対して、00hの書き込み後、FFhの書き込みでダウンカウンタがリフレッシュ | R/W |

WDTRR レジスタは、WDT のダウンカウンタをリフレッシュするためのレジスタです。

リフレッシュ許可期間内に、WDTRR レジスタに 00h を書き込んだ後、FFh を書き込むこと（リフレッシュ動作）により、WDT のダウンカウンタがリフレッシュされます。

オートスタートモードでは、ダウンカウンタがリフレッシュされると、オプション機能選択レジスタ 0 の WDT タイムアウト期間選択ビット (OFS0.WDTTOPS[1:0]) で設定した値からダウンカウンタがスタートします。レジスタスタートモードでは、WDT コントロールレジスタのタイムアウト期間選択ビット (WDTCR.TOPS[1:0]) で設定した値からダウンカウンタがスタートします。

読み出し値は、00h を書き込んだ場合は 00h であり、00h 以外の値を書き込んだ場合は FFh となります。リフレッシュ動作の詳細は、[26.3.3 リフレッシュ動作](#)を参照してください。

26.2.2 WDT コントロールレジスタ (WDTCR)

アドレス WDT.WDTCR 4004 4202h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----------|-----|-----|-----------|----------|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|---|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 | |
| — | — | RPSS[1:0] | — | — | RPES[1:0] | CKS[3:0] | | | — | — | TOPS[1:0] | | | | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------------------------|-------------|--|-----|
| b1-b0 | TOPS[1:0] | タイムアウト期間選択 | b1 b0 0 0 : 1024サイクル (03FFh) 0 1 : 4096サイクル (0FFFh) 1 0 : 8192サイクル (1FFFh) 1 1 : 16384サイクル (3FFFh) | R/W |
| b3-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書き込みは無効です。 | R/W |
| b7-b4 | CKS[3:0] | クロック分周比選択 | b7 b4 0 0 0 1 : PCLKB/4 0 1 0 0 : PCLKB/64 1 1 1 1 : PCLKB/128 0 1 1 0 : PCLKB/512 0 1 1 1 : PCLKB/2048 1 0 0 0 : PCLKB/8192 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b9-b8 | RPES[1:0] | ウィンドウ終了位置選択 | b9 b8 0 0 : 75% 0 1 : 50% 1 0 : 25% 1 1 : 0% (ウィンドウ終了位置の設定なし) | R/W |
| b11-b10 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書き込みは無効です。 | R/W |
| b13-b12 | RPSS[1:0] | ウィンドウ開始位置選択 | b13 b12 0 0 : 25% 0 1 : 50% 1 0 : 75% 1 1 : 100% (ウィンドウ開始位置の設定なし) | R/W |
| b15-b14 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書き込みは無効です。 | R/W |

WDTCR レジスタへの書き込みには、いくつかの制限があります。詳細は、[26.3.2 WDTCR、WDTRCR、および WDTCSR レジスタへの書き込み制御](#)を参照してください。

オートスタートモードの場合、WDTCR レジスタの設定値は無効となり、オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の設定値が有効となります。WDTCR レジスタの設定は、OFS0 レジスタでも可能です。詳細は、[26.3.7 オプション機能選択レジスタ 0 \(OFS0\) と WDT レジスタの対応関係](#)を参照してください。

TOPS[1:0] ビット (タイムアウト期間選択)

タイムアウト期間 (ダウンカウンタがアンダーフローするまでの期間) を、CKS[3:0] ビットで設定した分周クロックを 1 サイクルとして、1024 サイクル、4096 サイクル、8192 サイクル、16384 サイクルから選択します。

ダウンカウンタのリフレッシュ後、アンダーフローするまでの時間 (PCLKB サイクル数) は、CKS[3:0] ビットと TOPS[1:0] ビットの組み合わせで決定されます。

表 26.2 に、CKS[3:0] および TOPS[1:0] ビットの設定値、タイムアウト期間、および PCLKB サイクル数の関係を示します。

表 26.2 タイムアウト期間の設定

| CKS[3:0] ビット | | | | TOPS[1:0] ビット | | クロック分周比 | タイムアウト期間 (サイクル数) | PCLKB クロックサイクル数 |
|--------------|----|----|----|---------------|----|------------|---------------------|--------------------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b1 | b0 | | | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | PCLKB/4 | 1024 | 4096 |
| | | | | 0 | 1 | | 4096 | 16384 |
| | | | | 1 | 0 | | 8192 | 32768 |
| | | | | 1 | 1 | | 16384 | 65536 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | PCLKB/64 | 1024 | 65536 |
| | | | | 0 | 1 | | 4096 | 262144 |
| | | | | 1 | 0 | | 8192 | 524288 |
| | | | | 1 | 1 | | 16384 | 1048576 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | PCLKB/128 | 1024 | 131072 |
| | | | | 0 | 1 | | 4096 | 524288 |
| | | | | 1 | 0 | | 8192 | 1048576 |
| | | | | 1 | 1 | | 16384 | 2097152 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | PCLKB/512 | 1024 | 524288 |
| | | | | 0 | 1 | | 4096 | 2097152 |
| | | | | 1 | 0 | | 8192 | 4194304 |
| | | | | 1 | 1 | | 16384 | 8388608 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | PCLKB/2048 | 1024 | 2097152 |
| | | | | 0 | 1 | | 4096 | 8388608 |
| | | | | 1 | 0 | | 8192 | 16777216 |
| | | | | 1 | 1 | | 16384 | 33554432 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | PCLKB/8192 | 1024 | 8388608 |
| | | | | 0 | 1 | | 4096 | 33554432 |
| | | | | 1 | 0 | | 8192 | 67108864 |
| | | | | 1 | 1 | | 16384 | 134217728 |

CKS[3:0] ビット (クロック分周比選択)

ダウンカウンタで使用するクロックの分周比を設定します。分周比は、周辺クロック (PCLKB) の 4 分周 / 64 分周 / 128 分周 / 512 分周 / 2048 分周 / 8192 分周から選択できます。TOPS[1:0] ビット設定と組み合わせて、WDT のカウント期間を PCLKB クロックの 4096 ~ 134217728 サイクルから選択できます。

RPES[1:0] ビット (ウィンドウ終了位置選択)

リフレッシュ許可期間を示すウィンドウ終了位置を設定します。ウィンドウ終了位置は、タイムアウト期間の 75%、50%、25%、0% から選択できます。ウィンドウ終了位置には、ウィンドウ開始位置より小さい値を選択してください (ウィンドウ開始位置 > ウィンドウ終了位置)。ウィンドウ終了位置がウィンドウ開始位置よりも大きいと、ウィンドウ開始位置の設定のみが有効となります。

RPSS[1:0] ビット (ウィンドウ開始位置選択)

リフレッシュ許可期間を示すウィンドウ開始位置を設定します。ウィンドウ終了位置は、タイムアウト期間の 100%、75%、50%、25% から選択できます。ウィンドウ開始位置には、ウィンドウ終了位置より大きい値を設定してください。ウィンドウ開始位置に対してウィンドウ終了位置以下の値を設定した場合、ウィンドウ終了位置は 0% になります。

表 26.3 に、TOPS[1:0] ビットで設定されるタイムアウト期間を、図 26.2 に RPSS[1:0] ビットおよび RPES[1:0] ビットで設定されるリフレッシュ許可期間を示します。

表 26.3 タイムアウト期間とウィンドウ開始/終了カウンタ値の対応表

| TOPS[1:0]ビット | | タイムアウト期間 | | ウィンドウ開始/終了カウンタ値 | | | |
|--------------|---|----------|-------|-----------------|-------|-------|-------|
| | | サイクル数 | カウンタ値 | 100% | 75% | 50% | 25% |
| 0 | 0 | 1024 | 03FFh | 03FFh | 02FFh | 01FFh | 00FFh |
| 0 | 1 | 4096 | 0FFFh | 0FFFh | 0BFFh | 07FFh | 03FFh |
| 1 | 0 | 8192 | 1FFFh | 1FFFh | 17FFh | 0FFFh | 07FFh |
| 1 | 1 | 16384 | 3FFFh | 3FFFh | 2FFFh | 1FFFh | 0FFFh |

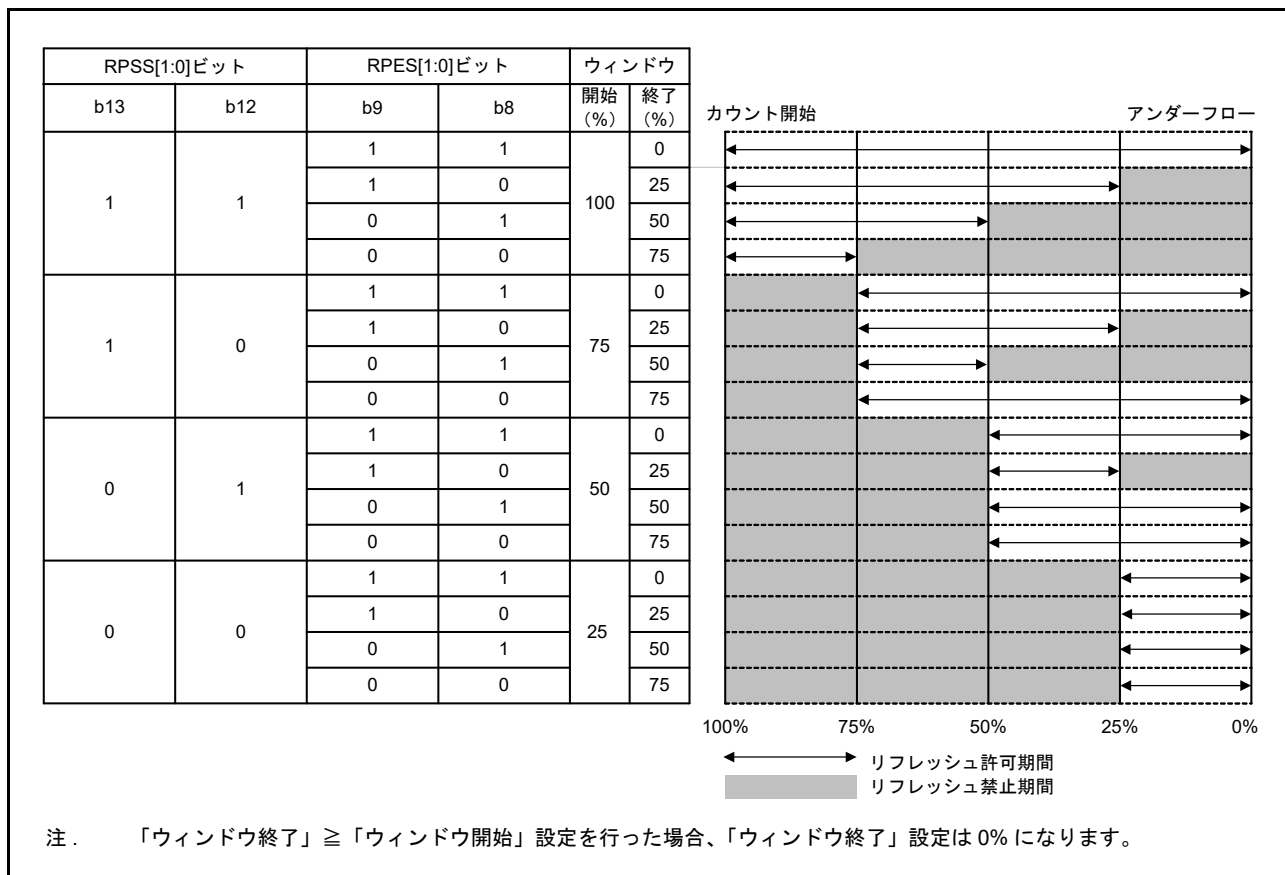
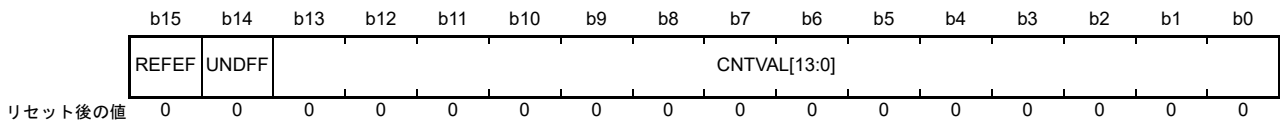


図 26.2 RPSS[1:0] および RPES[1:0] ビットとリフレッシュ許可期間

26.2.3 WDT ステータスレジスタ (WDTSR)

アドレス WDT.WDTSR 4004 4204h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------------|--------------|--------------------------------------|--------------|
| b13-b0 | CNTVAL[13:0] | ダウンカウンタ値 | ダウンカウンタのカウンタ値 | R |
| b14 | UNDFE | アンダーフローフラグ | 0: アンダーフロー発生なし 1: アンダーフロー発生あり | R(W) (注1) |
| b15 | REFEF | リフレッシュエラーフラグ | 0: リフレッシュエラー発生なし 1: リフレッシュエラー発生あり | R(W) (注1) |

注1. フラグをクリアするための0の書き込みのみ可能です。

CNTVAL[13:0] ビット (ダウンカウンタ値)

本ビットを読み出すことにより、ダウンカウンタの値を確認できます。読み出し値は、実際のカウンタ値から1カウントずれる場合があります。

UNDFE フラグ (アンダーフローフラグ)

本フラグを読み出すことにより、ダウンカウンタのアンダーフロー発生状態を確認できます。読み出し値が1のとき、ダウンカウンタがアンダーフローしたことを示します。値を0にするには0を書き込んでください。1の書き込みは無効です。

UNDFE フラグのクリアには、(N+1) PCLKB サイクルを要します。さらに、アンダーフローの発生から(N+1) PCLKB サイクルの間は、このフラグをクリアしても無視されます。Nは、次式のように、WDTCR.CKS[3:0] ビットで指定されます。

- WDTCR.CKS[3:0] = 0001b のとき、N = 4
- WDTCR.CKS[3:0] = 0100b のとき、N = 64
- WDTCR.CKS[3:0] = 1111b のとき、N = 128
- WDTCR.CKS[3:0] = 0110b のとき、N = 512
- WDTCR.CKS[3:0] = 0111b のとき、N = 2048
- WDTCR.CKS[3:0] = 1000b のとき、N = 8192

REFEF フラグ (リフレッシュエラーフラグ)

本フラグを読み出すことにより、リフレッシュエラー発生状態を確認できます。読み出し値が1のとき、リフレッシュエラーが発生したことを示します。値を0にするには0を書き込んでください。1の書き込みは無効です。

REFEF フラグのクリアには、(N+1) PCLKB サイクルを要します。さらに、リフレッシュエラーの発生から(N+1) PCLKB サイクルの間は、このフラグをクリアしても無視されます。Nは、次式のように、WDTCR.CKS[3:0] ビットで指定されます。

- WDTCR.CKS[3:0] = 0001b のとき、N = 4
- WDTCR.CKS[3:0] = 0100b のとき、N = 64
- WDTCR.CKS[3:0] = 1111b のとき、N = 128
- WDTCR.CKS[3:0] = 0110b のとき、N = 512
- WDTCR.CKS[3:0] = 0111b のとき、N = 2048
- WDTCR.CKS[3:0] = 1000b のとき、N = 8192

26.2.4 WDT リセットコントロールレジスタ (WDTRCR)

アドレス [WDT.WDTRCR 4004 4206h](#)

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSTIR QS | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------|--------------|---|-----|
| b6-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書き込みは無効です。 | R/W |
| b7 | RSTIRQS | リセット割り込み要求選択 | 0: ノンマスクブル割り込み要求または割り込み要求の出力を許可 1: リセット出力を許可 | R/W |

WDTRCR レジスタへの書き込みには、いくつかの制限があります。詳細は、[26.3.2 WDTCR、WDTRCR、および WDTCSPTPR レジスタへの書き込み制御](#)を参照してください。

オートスタートモードの場合、WDTRCR レジスタの設定値は無効となり、オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の設定値が有効となります。OFS0 レジスタの設定は、WDTCR レジスタと同様の設定が可能です。詳細は、[26.3.7 オプション機能選択レジスタ 0 \(OFS0\) と WDT レジスタの対応関係](#)を参照してください。

26.2.5 WDT カウント停止コントロールレジスタ (WDTCSPTPR)

アドレス [WDT.WDTCSPTPR 4004 4208h](#)

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| SLCST P | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|-----------------|--------------------------------------|-----|
| b6-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書き込みは無効です。 | R/W |
| b7 | SLCSTP | スリープモードカウント停止制御 | 0: カウント停止を禁止 1: スリープモード遷移時にカウント停止 | R/W |

WDTCSPTPR レジスタは、低消費電力状態において、WDT カウンタを停止させるか否かを制御します。WDTCSPTPR レジスタへの書き込みには、いくつかの制限があります。詳細は、[26.3.2 WDTCR、WDTRCR、および WDTCSPTPR レジスタへの書き込み制御](#)を参照してください。

オートスタートモードの場合、WDTCSPTPR レジスタの設定値は無効となり、オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の設定値が有効となります。OFS0 レジスタの設定は、WDTCSPTPR レジスタと同様の設定が可能です。詳細は、[26.3.7 オプション機能選択レジスタ 0 \(OFS0\) と WDT レジスタの対応関係](#)を参照してください。

SLCSTP ビット (スリープモードカウント停止制御)

スリープモード遷移時に、カウントを停止させるかどうかを選択します。

26.2.6 オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0)

OFS0 レジスタの詳細については、[26.3.7 オプション機能選択レジスタ 0 \(OFS0\) と WDT レジスタの対応関係](#)を参照してください。

26.3 動作説明

26.3.1 スタートモード別のカウント動作

WDTには2つのスタートモードがあります。

- オートスタートモード：リセット状態の解除後、自動的にカウント開始
- レジスタスタートモード：リフレッシュ（レジスタへの書き込み）によってカウント開始

オートスタートモードでは、リセット状態の解除後、フラッシュ内のオプション機能選択レジスタ0 (OFS0) の設定に従って自動的にカウントがスタートします。

レジスタスタートモードでは、リセット状態の解除後、各レジスタを設定してからリフレッシュ（レジスタへの書き込み）を行うと、カウントがスタートします。

オートスタートモードまたはレジスタスタートモードの選択は、OFS0レジスタのWDTスタートモード選択ビット (OFS0.WDTSTRT) で行います。

オートスタートモードを選択した場合、WDTコントロールレジスタ (WDTCR)、WDTリセットコントロールレジスタ (WDTRCR)、およびWDTカウント停止コントロールレジスタ (WDTCSSTPR) の設定値は無効となり、OFS0レジスタの設定値が有効となります。

レジスタスタートモードを選択した場合、OFS0レジスタの設定値は無効となり、WDTコントロールレジスタ (WDTCR)、WDTリセットコントロールレジスタ (WDTRCR)、およびWDTカウント停止コントロールレジスタ (WDTCSSTPR) の設定値が有効となります。

26.3.1.1 レジスタスタートモード

WDTスタートモード選択ビット (OFS0.WDTSTRT) が1の場合、レジスタスタートモードが選択されて、WDTコントロールレジスタ (WDTCR)、WDTリセットコントロールレジスタ (WDTRCR)、およびWDTカウント停止コントロールレジスタ (WDTCSSTPR) が有効となります。

リセット状態の解除後に、WDTCSSTPRレジスタにおいて以下をスリープモードに設定してください。

- クロック分周比
- ウィンドウ開始/終了位置
- WDTCRレジスタにおいて、タイムアウト期間
- WDTRCRレジスタにおいて、リセット出力または割り込み要求出力
- WDTCSSTPRレジスタにおいて、スリープモード遷移時のカウント停止制御

ダウンカウンタをリフレッシュして、タイムアウト期間選択ビット (WDTCR.TOPS[1:0]) で設定した値からダウンカウントを開始してください。

以降、リフレッシュ許可期間内にカウンタがリフレッシュされる限り、リフレッシュごとにカウンタ値がリセットされて、ダウンカウント動作が継続します。カウントが継続する間、WDTはリセット信号を出力しません。ただし、プログラムの暴走によってダウンカウンタをリフレッシュできなかったため、ダウンカウンタがアンダーフローした場合や、リフレッシュ許可期間外にカウンタをリフレッシュしたため、リフレッシュエラーが発生した場合は、WDTはリセット信号を出力するか、またはノンマスクブル割り込み要求/割り込み要求 (WDT_NMIUNDF) を出力します。リセット出力または割り込み要求出力の選択は、WDTリセット割り込み要求選択ビット (WDTRCR.RSTIRQS) で行います。ノンマスクブル割り込み要求または割り込み要求の選択は、WDTアンダーフロー/リフレッシュエラー割り込み許可ビット (NMIER.WDTEN) で行います。

図 26.3 に、下記の条件下での動作例を示します。

- レジスタスタートモード (OFS0.WDTSTRT = 1)
- リセット出力を許可 (WDTRCR.RSTIRQS = 1)
- ウィンドウ開始位置 75% (WDTCR.RPSS[1:0] = 10b)
- ウィンドウ終了位置 25% (WDTCR.RPES[1:0] = 10b)

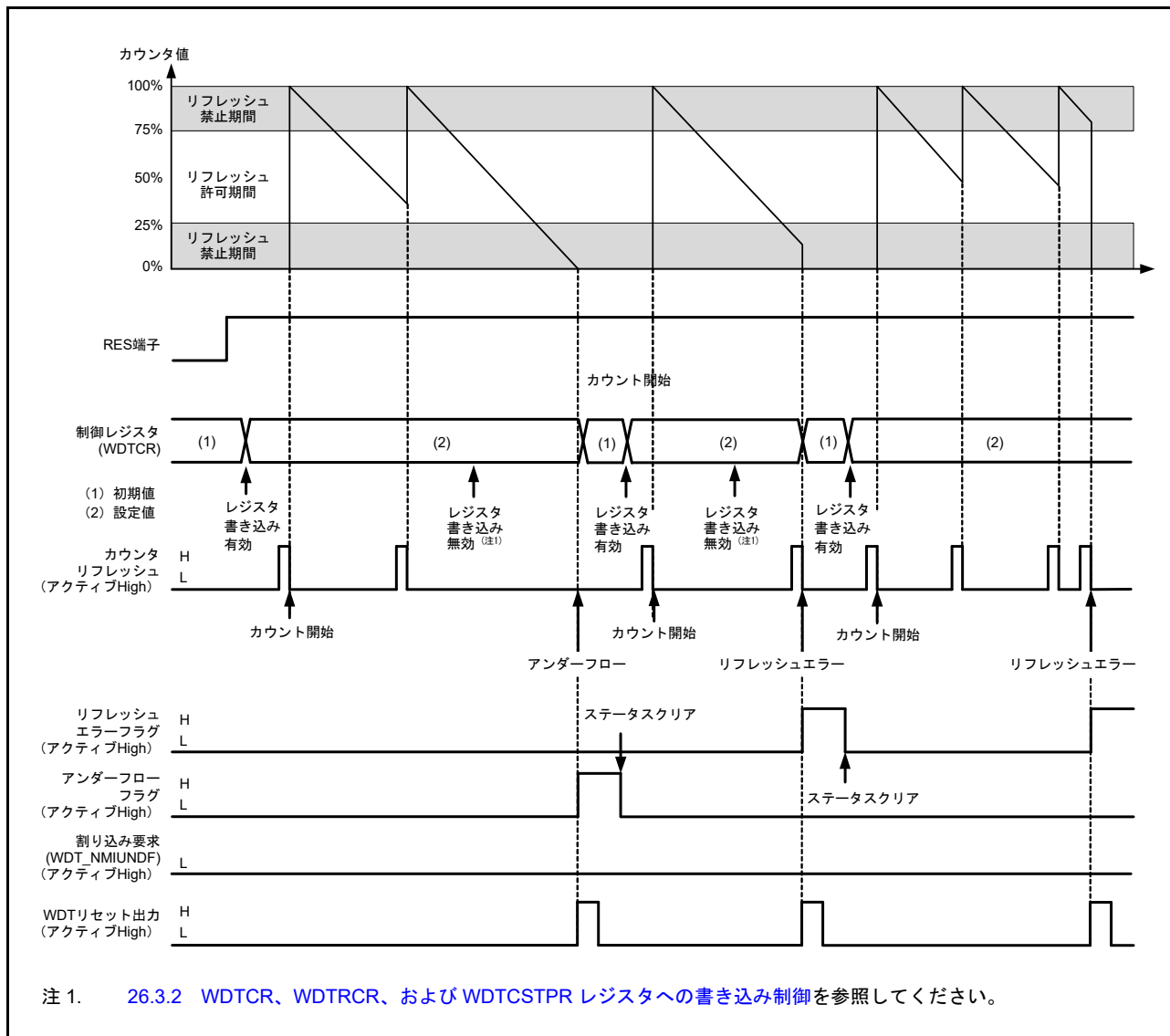


図 26.3 レジスタスタートモードでの動作例

26.3.1.2 オートスタートモード

オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の WDT スタートモード選択ビット (OFS0.WDTSTRT) が 0 の場合、オートスタートモードが選択されて、WDT コントロールレジスタ (WDTCR)、WDT リセットコントロールレジスタ (WDTRCR)、および WDT カウント停止コントロールレジスタ (WDTCSSTPR) の設定値は無効となり、OFS0 レジスタの設定値が有効となります。

リセット状態の間に、オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の下記の設定値が WDT のレジスタに設定されます。

- クロック分周比
- ウィンドウ開始/終了位置
- タイムアウト期間
- リセット出力または割り込み要求
- スリープモード遷移時のカウント停止制御

リセット状態が解除されると、WDT タイムアウト期間選択ビット (OFS0.WDTPPS[1:0]) で設定された値からダウンカウンタが自動でダウンカウントを開始します。

以降、リフレッシュ許可期間内にカウンタがリフレッシュされる限り、リフレッシュごとにカウンタ値がリセットされて、ダウンカウント動作が継続します。カウンタが継続する間、WDT はリセット信号を出力しません。

ただし、プログラムの暴走によってダウンカウンタをリフレッシュできなかったため、ダウンカウンタがアンダーフローした場合や、リフレッシュ許可期間外にカウンタをリフレッシュしたため、リフレッシュエラーが発生した場合は、WDT はリセット信号を出力するか、またはノンマスカブル割り込み要求/割り込み要求 (WDT_NMIUNDF) を出力します。

リセット信号またはノンマスカブル割り込み要求/割り込み要求が発生してから 1 サイクルカウント後に、カウンタはタイムアウト期間をリロードします。ダウンカウンタにタイムアウト期間の値が設定され、カウントが再開します。

リセット出力または割り込み要求出力の選択は、WDT リセット割り込み要求選択ビット (OFS0.WDTRSTIRQS) で行います。ノンマスカブル割り込み要求または割り込み要求の選択は、WDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込み許可ビット (NMIER.WDTEN) で行います。

図 26.4 に、下記の条件下での動作（ノンマスカブル割り込み）例を示します。

- オートスタートモード (OFS0.WDTSTRT = 0)
- ノンマスカブル割り込み要求出力を許可 (OFS0.WDTRSTIRQS = 0)
- ウィンドウ開始位置 75% (WDTCR.RPSS[1:0] = 10b)
- ウィンドウ終了位置 25% (WDTCR.RPES[1:0] = 10b)

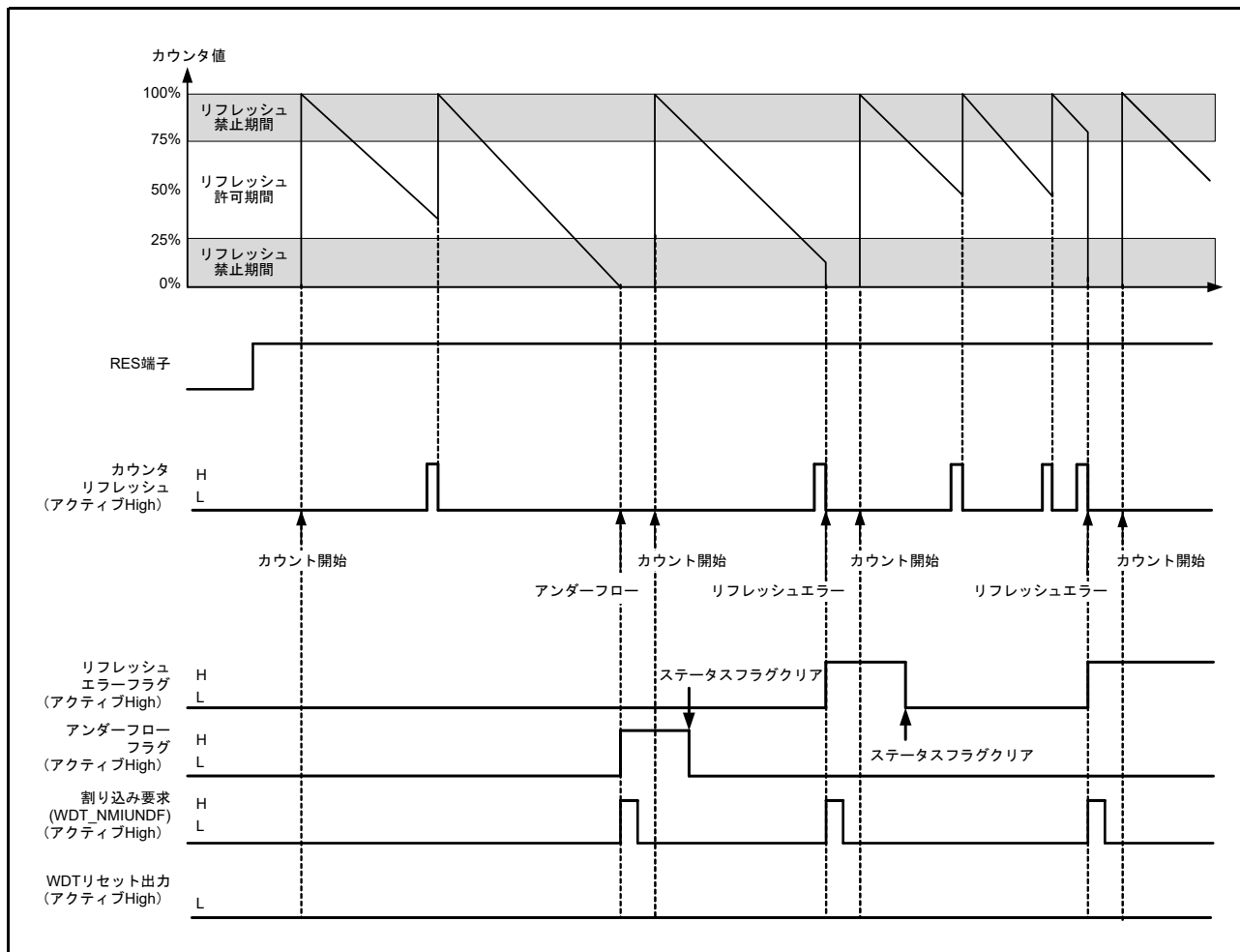


図 26.4 オートスタートモードでの動作例

26.3.2 WDTCR、WDTRCR、および WDTCSPTPR レジスタへの書き込み制御

WDT コントロールレジスタ (WDTCR)、WDT リセットコントロールレジスタ (WDTRCR)、および WDT カウント停止コントロールレジスタ (WDTCSPTPR) への書き込みは、リセット状態の解除から最初のリフレッシュ動作までの間に可能です。

リフレッシュ (カウントスタート) 後、あるいは WDTCR、WDTRCR、または WDTCSPTPR レジスタへ書き込み後に、WDT 内部のプロテクト信号が 1 となり、以後の書き込みから WDTCR、WDTRCR、および WDTCSPTPR レジスタを保護します。この保護動作は、WDT のリセット要因によって解除されます。それ以外のリセット要因では解除されません。

図 26.5 に、WDTCR レジスタへの書き込みに対して生成される制御波形を示します。

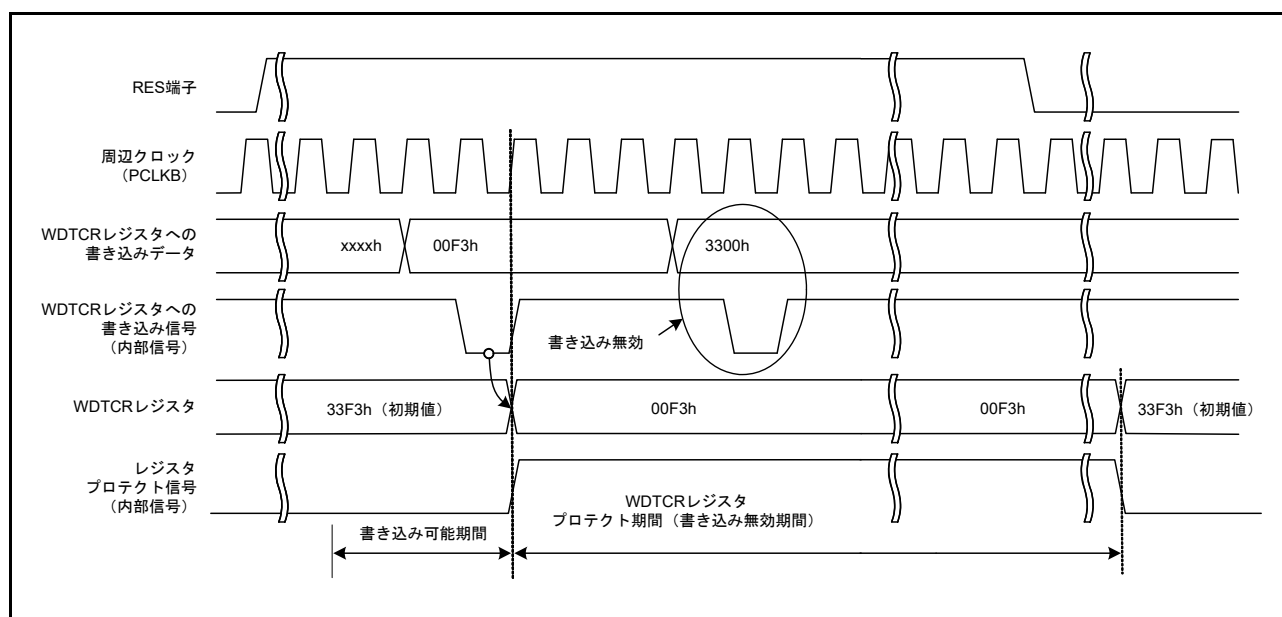


図 26.5 WDTCR レジスタへの書き込みに対して生成される制御波形

26.3.3 リフレッシュ動作

ダウンカウンタは、WDT リフレッシュレジスタ (WDTRR) に 00h と FFh を書き込むことによってリフレッシュされます。00h の後に FFh 以外の値を書き込むと、ダウンカウンタはリフレッシュされません。無効な値を書き込んだ場合は、WDTRR レジスタへ 00h と FFh を書き込むと、正常なリフレッシュが再開します。

また、WDTRR レジスタへの 00h の書き込みと FFh の書き込みの間で、WDTRR 以外のレジスタにアクセスしたり、WDTRR レジスタを読み出したりしても、正常にリフレッシュが行われます。

カウンタをリフレッシュするための書き込みは、リフレッシュ許可期間中に行う必要があります。この判定は FFh の書き込み時に行われます。そのため、00h の書き込みがリフレッシュ許可期間外であっても、リフレッシュは正常に行われます。

【カウンタのリフレッシュに有効な書き込み順序の例】

- 00h → FFh
- 00h (n - 1 回目) → 00h (n 回目) → FFh
- 00h → 別レジスタへのアクセスまたは WDTRR レジスタの読み出し → FFh

【カウンタのリフレッシュに無効な書き込み順序の例】

- 23h (00h 以外の値) → FFh
- 00h → 54h (FFh 以外の値)
- 00h → AAh (00h および FFh 以外の値) → FFh

ダウンカウンタのリフレッシュには、WDT リフレッシュレジスタ (WDTRR) に FFh を書き込んでから、カウント信号のサイクル数で最大 4 サイクルを要します。この要件を満たすには、ダウンカウンタのアンダーフローが発生する 4 カウントサイクル前までに、WDTRR レジスタへの FFh の書き込みを完了する必要があります。

図 26.6 に、クロック分周比が PCLKB/64 である場合の WDT リフレッシュ動作波形を示します。

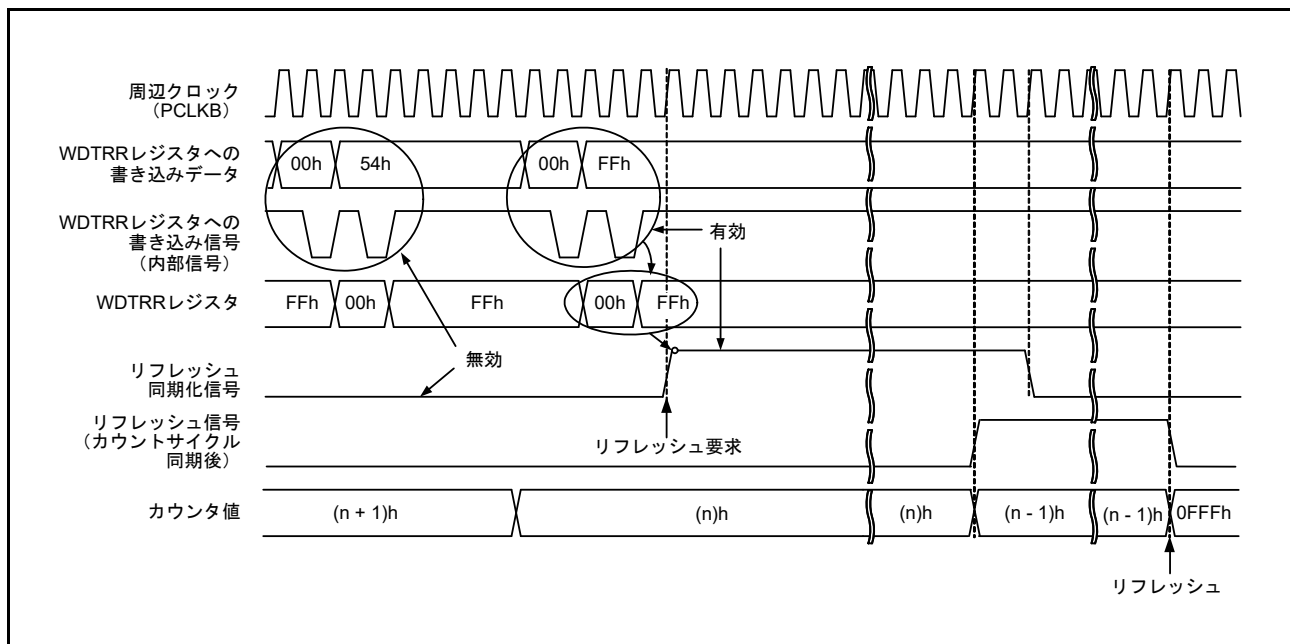


図 26.6 WDT リフレッシュ動作波形 (WDTCR.CKS[3:0] = 0100b、WDTCR.TOPS[1:0] = 01b の場合)

26.3.4 リセット出力

レジスタスタートモードでリセット割り込み選択ビット (WDTRCR.RSTIRQS) を 1 にした場合、またはオートスタートモードでオプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の WDT リセット割り込み要求選択ビット (OFS0.WDTRSTIRQS) を 1 にした場合、ダウンカウンタのアンダーフローまたはリフレッシュエラー発生時に、リセット信号が 1 サイクル間出力されます。

レジスタスタートモードでは、リセット信号の出力後、ダウンカウンタが初期化され (全ビットが 0 になり)、その状態のまま停止します。リセット状態が解除されて、プログラムが再起動した後は、リフレッシュ動作によってカウンタが設定され、ダウンカウントが再開します。オートスタートモードでは、リセット状態の解除後、自動的にダウンカウントがスタートします。

26.3.5 割り込み要因

レジスタスタートモードでリセット割り込み選択ビット (WDTRCR.RSTIRQS) を 0 にした場合、またはオートスタートモードでオプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の WDT リセット割り込み要求選択ビット (OFS0.WDTRSTIRQS) を 0 にした場合、カウンタのアンダーフローまたはリフレッシュエラー発生時に、割り込み (WDT_NMIUNDF) 信号が生成されます。この割り込みは、ノンマスカブル割り込みと割り込みの両方に対応しています。詳細は、「14. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

表 26.4 WDTの割り込み要因

| 名称 | 割り込み要因 | DTCの起動 |
|-------------|--|--------|
| WDT_NMIUNDF | <ul style="list-style-type: none"> ダウンカウンタのアンダーフロー リフレッシュエラー | 不可能 |

26.3.6 ダウンカウンタ値の読み出し

WDT は、カウンタ値を WDT ステータスレジスタのダウンカウンタ値ビット (WDTSR.CNTVAL[13:0]) に格納します。これらのビットを確認して、カウンタ値を取得してください。

図 26.7 に、クロック分周比が PCLKB/64 である場合の WDT ダウンカウンタ値の読み出し処理を示します。

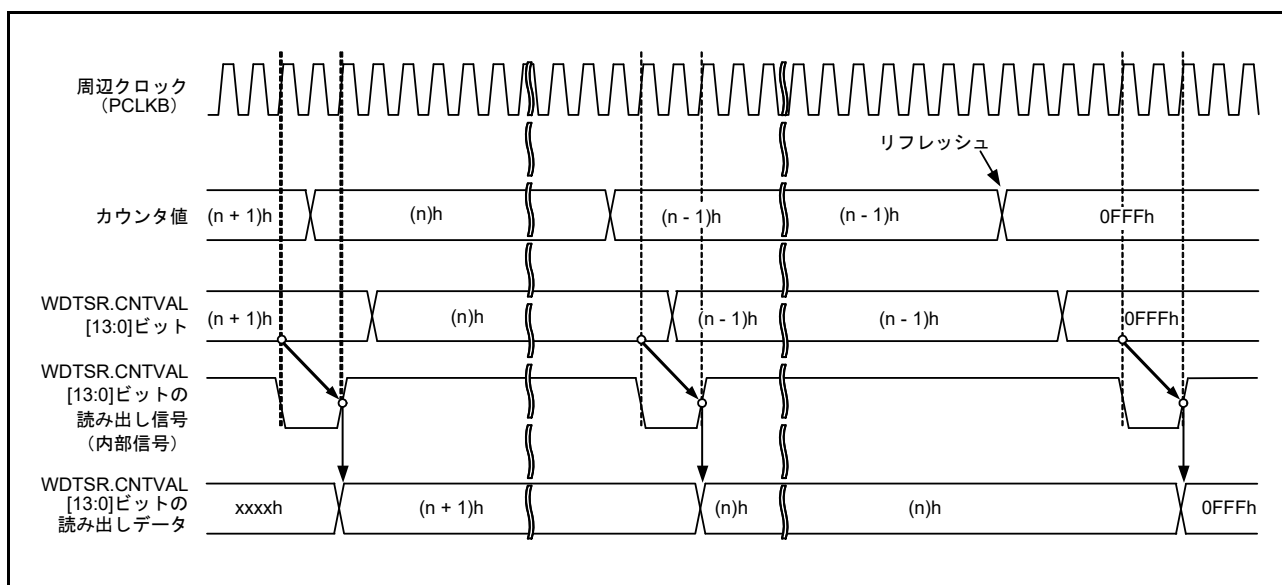


図 26.7 WDT ダウンカウンタ値の読み出し処理
(WDTCR.CKS[3:0] = 0100b、WDTCR.TOPS[1:0] = 01b の場合)

26.3.7 オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) と WDT レジスタの対応関係

表 26.5 に、オートスタートモードで使用するオプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) と、レジスタスタートモードで使用するレジスタの対応関係を示します。

OFS0 レジスタの設定値は、WDT 動作中は変更しないでください。オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) については、[7.2.1 オプション機能選択レジスタ 0 \(OFS0\)](#) を参照してください。

表 26.5 オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) と WDT レジスタの対応関係

| 制御対象 | 機能 | OFS0 レジスタ (オートスタートモード時有効) OFS0.WDTSTRT = 0 | WDT レジスタ (レジスタスタートモード時有効) OFS0.WDTSTRT = 1 |
|---------------------|-----------------------|--|--|
| ダウンカウンタ | タイムアウト期間選択 | OFS0.WDTPPS[1:0] | WDTCR.TOPS[1:0] |
| | クロック分周比選択 | OFS0.WDTCKS[3:0] | WDTCR.CKS[3:0] |
| | ウィンドウ開始位置選択 | OFS0.WDTRPSS[1:0] | WDTCR.RPSS[1:0] |
| | ウィンドウ終了位置選択 | OFS0.WDTRPES[1:0] | WDTCR.RPES[1:0] |
| リセット出力/ 割り込み要求出力 | リセット出力/割り込み要求出力 選択 | OFS0.WDTRSTIRQS | WDTCR.RSTIRQS |
| カウント停止 | スリープモードカウント停止制御 | OFS0.WDTSTPCTL | WDTCSR.SLCSTP |

26.4 ELC によるリンク動作

ELC が割り込み要求信号をイベント信号として使用する場合、WDT は前もって設定しておいたモジュールに対してリンク動作が可能です。イベント信号は、カウンタのアンダーフローおよびリフレッシュエラーによって出力されます。

イベント信号は、レジスタスタートモードまたはオートスタートモードでのリセット割り込み要求選択ビット (WDTCR.RSTIRQS) の設定とは無関係に出力されます。また、リフレッシュエラーフラグ (WDTSR.REFEF) またはアンダーフローフラグ (WDTSR.UNDF) が 1 の状態で次の割り込み要因が発生した場合も、イベント信号の出力が可能です。詳細は、「[19. イベントリンクコントローラ \(ELC\)](#)」を参照してください。

26.5 使用上の注意事項

26.5.1 ICU イベントリンク設定レジスタ n (IELSRn) の設定

WDT リセットアサートを許可 (OFS0.WDTRSTIRQS = 0 または WDTCR.RSTIRQS = 0) にした場合、またはイベントリンク動作を許可 (IELSRm.ELS[7:0] = 25h) にした場合、ICU イベントリンク設定レジスタ n (IELSRn.IELS[7:0]) には 25h を設定しないでください。

27. 独立ウォッチドッグタイマ (IWDT)

27.1 概要

独立ウォッチドッグタイマ (IWDT) は 14 ビットのダウンカウンタです。このカウンタはアンダーフロー防止のため周期的に動作させる必要があります。IWDT には、MCU をリセットする機能や、タイマのアンダーフロー発生時に割り込み/ノンマスクابل割り込みを生成する機能があります。このタイマは独立した専用のクロックソースで動作するため、システムが暴走したとき、MCU をフェールセーフ機構と呼ばれる状態に戻すことに特に役立ちます。IWDT は、リセット、アンダーフロー、リフレッシュエラー、またはレジスタのカウンタ値のリフレッシュで自動的に起動します。

IWDT の機能は、WDT とは以下の点で異なります。

- カウントソースとして IWDT 専用クロック (IWDTCLK) の分周したものを使用 (PCLKB の影響を受けない)
- IWDT はレジスタスタートモードを非サポート
- 低消費電力モードへ遷移したとき、OFS0.IWDTSTPCTL ビットを使用してカウンタを停止する/しないの選択が可能

表 27.1 に IWDT の仕様を、図 27.1 にブロック図を示します。

表 27.1 IWDT の仕様

| 項目 | 内容 |
|---------------------|---|
| カウントソース (注1) | IWDT 専用クロック (IWDTCLK) |
| クロック分周比 | 1分周 / 16分周 / 32分周 / 64分周 / 128分周 / 256分周 |
| カウンタ動作 | 14 ビットのダウンカウンタによるダウンカウント |
| カウンタ開始条件 | <ul style="list-style-type: none"> • リセット後、自動的にカウンタ開始 |
| カウンタ停止条件 | <ul style="list-style-type: none"> • リセット (ダウンカウンタおよび他のレジスタが初期値に戻る) • カウンタのアンダーフローまたはリフレッシュエラーの発生 (自動的にカウンタ再スタート) |
| ウィンドウ機能 | ウィンドウ開始/終了位置を設定可能 (リフレッシュ許可/禁止期間) |
| リセット出力要因 | <ul style="list-style-type: none"> • ダウンカウンタのアンダーフロー • リフレッシュ許可期間外でのリフレッシュ動作 (リフレッシュエラー) |
| ノンマスクابل割り込み/割り込み要因 | <ul style="list-style-type: none"> • ダウンカウンタのアンダーフロー • リフレッシュ許可期間外でのリフレッシュ動作 (リフレッシュエラー) |
| カウンタ値の読み出し | IWDTSR レジスタを読み出すことで、ダウンカウンタ値の読み出しが可能 |
| イベントリンク機能 (出力) | <ul style="list-style-type: none"> • ダウンカウンタアンダーフローイベント出力 • リフレッシュエラーイベント出力 |
| 出力信号 (内部信号) | <ul style="list-style-type: none"> • リセット出力 • 割り込み要求出力 • スリープモードカウンタ停止制御出力 |
| オートスタートモード | <ul style="list-style-type: none"> • リセット後のクロック分周比の選択 (OFS0.IWDTCKS[3:0] ビット) • 独立ウォッチドッグタイマのタイムアウト期間の選択 (OFS0.IWDTTOPS[1:0] ビット) • 独立ウォッチドッグタイマのウィンドウ開始位置の選択 (OFS0.IWDTRPSS[1:0] ビット) • 独立ウォッチドッグタイマのウィンドウ終了位置の選択 (OFS0.IWDRPES[1:0] ビット) • リセット出力または割り込み要求出力の選択 (OFS0.IWDRSTIRQS ビット) • スリープモード、ソフトウェアスタンバイモード、またはスヌーズモード遷移時のダウンカウンタ停止機能の選択 (OFS0.IWDTSTPCTL ビット) |

注 1. 周辺モジュールクロック (PCLKB) 周波数 $\geq 4 \times$ (カウンタクロックソースの分周後周波数) となるように設定してください。

IWDTを使用するには、IWDT専用クロック (IWDTCLK) を供給してください。バスインタフェース部とレジスタ部はPCLKBで動作し、14ビットカウンタと制御回路はIWDTCLKで動作します。

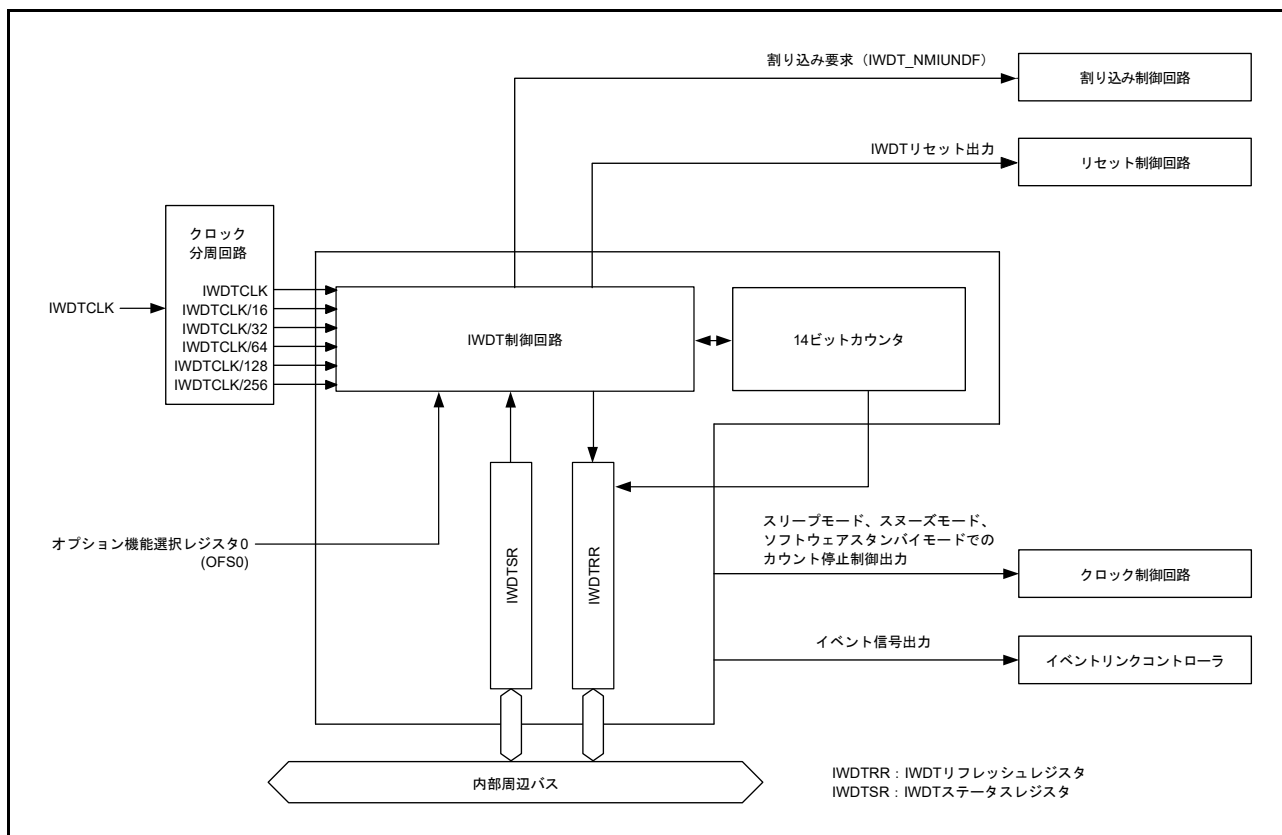
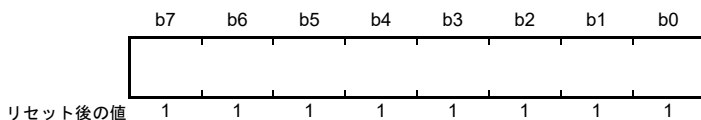


図 27.1 IWDT のブロック図

27.2 レジスタの説明

27.2.1 IWDT リフレッシュレジスタ (IWDTRR)

アドレス IWDTRR 4004 4400h



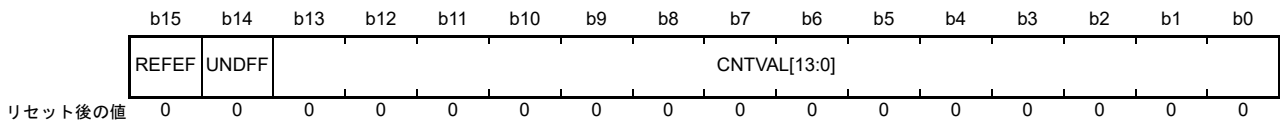
| ビット | 機能 | R/W |
|-------|---|-----|
| b7-b0 | このレジスタに対して、00hの書き込み後、FFhの書き込みでカウンタがリフレッシュ | R/W |

IWDTRR レジスタは、IWDT のダウンカウンタをリフレッシュするためのレジスタです。リフレッシュ許可期間内に、IWDTRR レジスタに 00h を書き込んだ後、FFh を書き込むこと（リフレッシュ動作）により、IWDT のダウンカウンタがリフレッシュされます。ダウンカウンタがリフレッシュされると、オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の IWDT タイムアウト期間選択ビット (OFS0.IWDTTOPS[1:0]) で設定した値からダウンカウンタがスタートします。

読み出し値は、00h を書き込んだ場合は 00h であり、00h 以外の値を書き込んだ場合は FFh となります。リフレッシュ動作の詳細は、[27.3.2 リフレッシュ動作](#)を参照してください。

27.2.2 IWDT ステータスレジスタ (IWDTSR)

アドレス IWDT.IWDTSR 4004 4404h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------------|--------------|--------------------------------------|---------------|
| b13-b0 | CNTVAL[13:0] | カウンタ値 | ダウンカウンタのカウンタ値 | R |
| b14 | UNDFE | アンダーフローフラグ | 0: アンダーフロー発生なし 1: アンダーフロー発生あり | R/(W) (注1) |
| b15 | REFEF | リフレッシュエラーフラグ | 0: リフレッシュエラー発生なし 1: リフレッシュエラー発生あり | R/(W) (注1) |

注1. フラグをクリアするための0の書き込みのみ可能です。

CNTVAL[13:0] ビット (カウンタ値)

本ビットを読み出すことにより、ダウンカウンタの値を確認できます。読み出し値は、実際のカウント値から1カウントずれる場合があります。

UNDFE フラグ (アンダーフローフラグ)

本フラグを読み出すことにより、ダウンカウンタのアンダーフロー発生状態を確認できます。読み出し値が1のとき、ダウンカウンタがアンダーフローしたことを示します。値を0にするには0を書き込んでください。1の書き込みは無効です。

UNDFE フラグのクリアには、(N+2) IWDTCLK サイクルと2 PCLKB サイクルを要します。さらに、アンダーフローの発生から(N+2) IWDTCLK サイクルの間は、このフラグをクリアしても無視されます。Nは、次式のように、IWDTCKS[3:0] ビットで指定されます。

- IWDTCKS[3:0] = 0000b のとき、N = 1
- IWDTCKS[3:0] = 0010b のとき、N = 16
- IWDTCKS[3:0] = 0011b のとき、N = 32
- IWDTCKS[3:0] = 0100b のとき、N = 64
- IWDTCKS[3:0] = 1111b のとき、N = 128
- IWDTCKS[3:0] = 0101b のとき、N = 256

REFEF フラグ (リフレッシュエラーフラグ)

本フラグを読み出すことにより、リフレッシュエラー発生状態を確認できます。読み出し値が1のとき、リフレッシュエラーが発生したことを示します。値を0にするには0を書き込んでください。1の書き込みは無効です。

REFEF フラグのクリアには、(N+2) IWDTCLK サイクルと2 PCLKB サイクルを要します。さらに、リフレッシュエラーの発生から(N+2) IWDTCLK サイクルの間は、このフラグをクリアしても無視されます。Nは、次式のように、IWDTCKS[3:0] ビットで指定されます。

- IWDTCKS[3:0] = 0000b のとき、N = 1
- IWDTCKS[3:0] = 0010b のとき、N = 16
- IWDTCKS[3:0] = 0011b のとき、N = 32
- IWDTCKS[3:0] = 0100b のとき、N = 64
- IWDTCKS[3:0] = 1111b のとき、N = 128
- IWDTCKS[3:0] = 0101b のとき、N = 256

27.2.3 オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0)

オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の詳細については、[7.2.1 オプション機能選択レジスタ 0 \(OFS0\)](#) を参照してください。

IWDTTOPS[1:0] ビット (IWDT タイムアウト期間選択)

タイムアウト期間 (ダウンカウンタがアンダーフローするまでの期間) について、IWDTCKS[3:0] ビットで設定した分周クロックを 1 サイクルとして、128 サイクル / 512 サイクル / 1024 サイクル / 2048 サイクルから選択します。

ダウンカウンタのリフレッシュ後、アンダーフローするまでの時間 (IWDTCLK サイクル数) は、IWDTCKS[3:0] ビットと IWDTTOPS[1:0] ビットの組み合わせで決定されます。

[表 27.2](#) に、IWDTCKS[3:0] および IWDTTOPS[1:0] ビットの設定値、タイムアウト期間、および IWDTCLK サイクル数の関係を示します。

表 27.2 タイムアウト期間の設定

| IWDTCKS[3:0] ビット | | | | IWDTTOPS[1:0] ビット | | クロック分周比 | タイムアウト期間 (サイクル数) | IWDTCLKの クロックサイクル数 |
|------------------|----|----|----|-------------------|----|-------------|---------------------|-----------------------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b1 | b0 | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | IWDTCLK/1 | 128 | 128 |
| | | | | 0 | 1 | | 512 | 512 |
| | | | | 1 | 0 | | 1024 | 1024 |
| | | | | 1 | 1 | | 2048 | 2048 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | IWDTCLK/16 | 128 | 2048 |
| | | | | 0 | 1 | | 512 | 8192 |
| | | | | 1 | 0 | | 1024 | 16384 |
| | | | | 1 | 1 | | 2048 | 32768 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | IWDTCLK/32 | 128 | 4096 |
| | | | | 0 | 1 | | 512 | 16384 |
| | | | | 1 | 0 | | 1024 | 32768 |
| | | | | 1 | 1 | | 2048 | 65536 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | IWDTCLK/64 | 128 | 8192 |
| | | | | 0 | 1 | | 512 | 32768 |
| | | | | 1 | 0 | | 1024 | 65536 |
| | | | | 1 | 1 | | 2048 | 131072 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | IWDTCLK/128 | 128 | 16384 |
| | | | | 0 | 1 | | 512 | 65536 |
| | | | | 1 | 0 | | 1024 | 131072 |
| | | | | 1 | 1 | | 2048 | 262144 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | IWDTCLK/256 | 128 | 32768 |
| | | | | 0 | 1 | | 512 | 131072 |
| | | | | 1 | 0 | | 1024 | 262144 |
| | | | | 1 | 1 | | 2048 | 524288 |

IWDTCKS[3:0] ビット (IWDT 専用クロック分周比選択)

ダウンカウンタで使用するクロックの分周比を設定します。分周比は、IWDT 専用クロック (IWDTCLK) の 1 分周 / 16 分周 / 32 分周 / 64 分周 / 128 分周 / 256 分周から選択できます。IWDTTOPS[1:0] ビット設定と組み合わせて、IWDT のカウント期間を IWDTCLK クロックの 128 ~ 524288 サイクルから選択できます。

IWDRPES[1:0] ビット (IWDT ウィンドウ終了位置選択)

リフレッシュ許可期間を示すウィンドウの終了位置を設定します。ウィンドウ終了位置は、タイムアウト期間の75%、50%、25%、0%から選択できます。ウィンドウ終了位置には、ウィンドウ開始位置より小さい値を選択してください。ウィンドウ終了位置がウィンドウ開始位置よりも大きいと、ウィンドウ開始位置の設定のみが有効となります。

IWDRPSS[1:0] ビット (IWDT ウィンドウ開始位置選択)

リフレッシュ許可期間を示すウィンドウの開始位置を設定します。ウィンドウ開始位置は、タイムアウト期間の100%、75%、50%、25%から選択できます。ウィンドウ開始位置には、ウィンドウ終了位置より大きい値を設定してください。ウィンドウ開始位置がウィンドウ終了位置以下であると、ウィンドウ終了位置は0%になります。

IWDRPSS[1:0]、WDTRPES[1:0]、IWDTTOPS[1:0] ビットで設定されるウィンドウ開始、終了位置のカウンタ値を表 27.3 に、リフレッシュ許可期間を図 27.2 に示します。

表 27.3 タイムアウト期間とウィンドウ開始/終了カウンタ値の対応表

| IWDTTOPS[1:0]ビット | | タイムアウト期間 | | ウィンドウ開始/終了カウンタ値 | | | |
|------------------|----|----------|-------|-----------------|-------|-------|-------|
| b1 | b0 | サイクル数 | カウンタ値 | 100% | 75% | 50% | 25% |
| 0 | 0 | 128 | 007Fh | 007Fh | 005Fh | 003Fh | 001Fh |
| 0 | 1 | 512 | 01FFh | 01FFh | 017Fh | 00FFh | 007Fh |
| 1 | 0 | 1024 | 03FFh | 03FFh | 02FFh | 01FFh | 00FFh |
| 1 | 1 | 2048 | 07FFh | 07FFh | 05FFh | 03FFh | 01FFh |

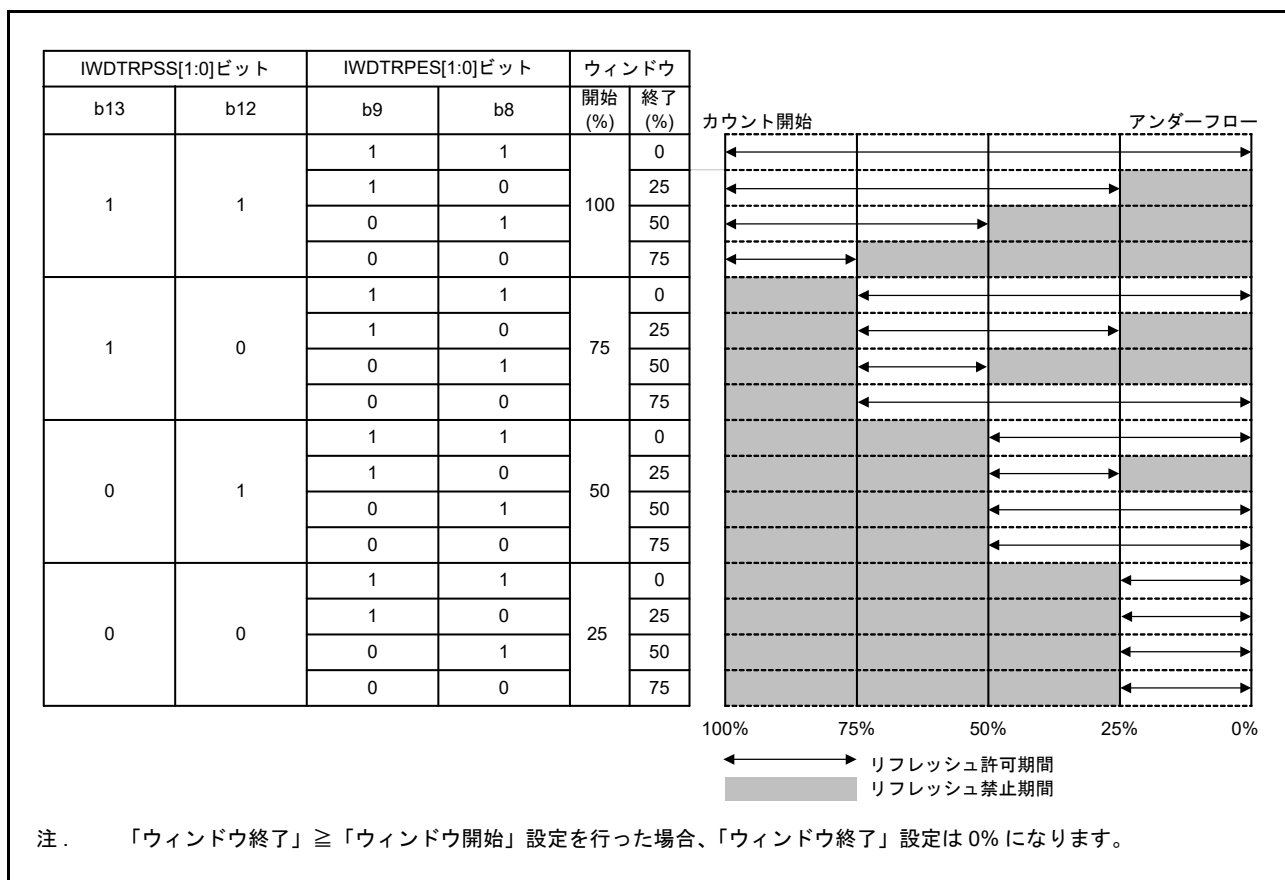


図 27.2 IWDRPSS[1:0] および IWDRPES[1:0] ビットとリフレッシュ許可期間

IWDTRSTIRQS ビット (IWDT リセット割り込み要求選択)

アンダーフローまたはリフレッシュエラー発生時の動作を指定します。1にすると、リセット出力が選択されます。0にすると、ノンマスクابل割り込み/割り込みが選択されます。

IWDSTPCTL ビット (IWDT 停止制御)

スリープモード、スヌーズモード、またはソフトウェアスタンバイモード遷移時に、カウントを停止させるか否かを選択します。

27.3 動作説明

27.3.1 オートスタートモード

オプション機能選択レジスタ 0 の IWDT スタートモード選択ビット (OFS0.IWDTSTRT) が 0 の場合、オートスタートモードが選択されています。それ以外では IWDT は無効です。

リセット状態の間に、オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の下記の設定値が IWDT のレジスタに設定されます。

- クロック分周比
- ウィンドウ開始/終了位置
- タイムアウト期間
- リセット出力または割り込み要求
- 低消費電力モード遷移時のカウンタ停止制御

リセット状態が解除されると、IWDT タイムアウト期間選択ビット (OFS0.IWDTTOPS[1:0]) で選択した値からカウンタが自動でダウンカウントを開始します。

以降、プログラムが正常に動作し続けて、許可期間内にカウンタがリフレッシュされる限り、リフレッシュごとにカウンタ値がリセットされて、ダウンカウント動作が継続します。カウントが継続する間、IWDT はリセット信号を出力しません。ただし、プログラムのクラッシュや、リフレッシュ許可期間外のリフレッシュ動作に起因したリフレッシュエラーの発生によって、カウンタがアンダーフローすると、IWDT はリセット信号またはノンマスカブル割り込み要求/割り込み要求 (IWDT_NMIUNDF) をアサートします。

リセット信号またはノンマスカブル割り込み要求/割り込み要求が発生してから 1 サイクルカウント後に、カウンタはタイムアウト期間をリロードして、カウント動作を再開します。リセット出力または割り込み要求の選択は、IWDT リセット割り込み要求選択ビット (OFS0.IWDRSTIRQS) で行います。ノンマスカブル割り込み要求または割り込み要求の選択は、IWDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込み許可ビット (NMIER.IWDTEN) で行います。

図 27.3 に、下記の条件下での動作例を示します。

- オートスタートモード (OFS0.IWDTSTRT = 0)
- ノンマスカブル割り込み要求出力を許可 (OFS0.IWDRSTIRQS = 0)
- ウィンドウ開始位置 75% (OFS0.IWDRPSS[1:0] = 10b)
- ウィンドウ終了位置 25% (OFS0.IWDRPES[1:0] = 10b)

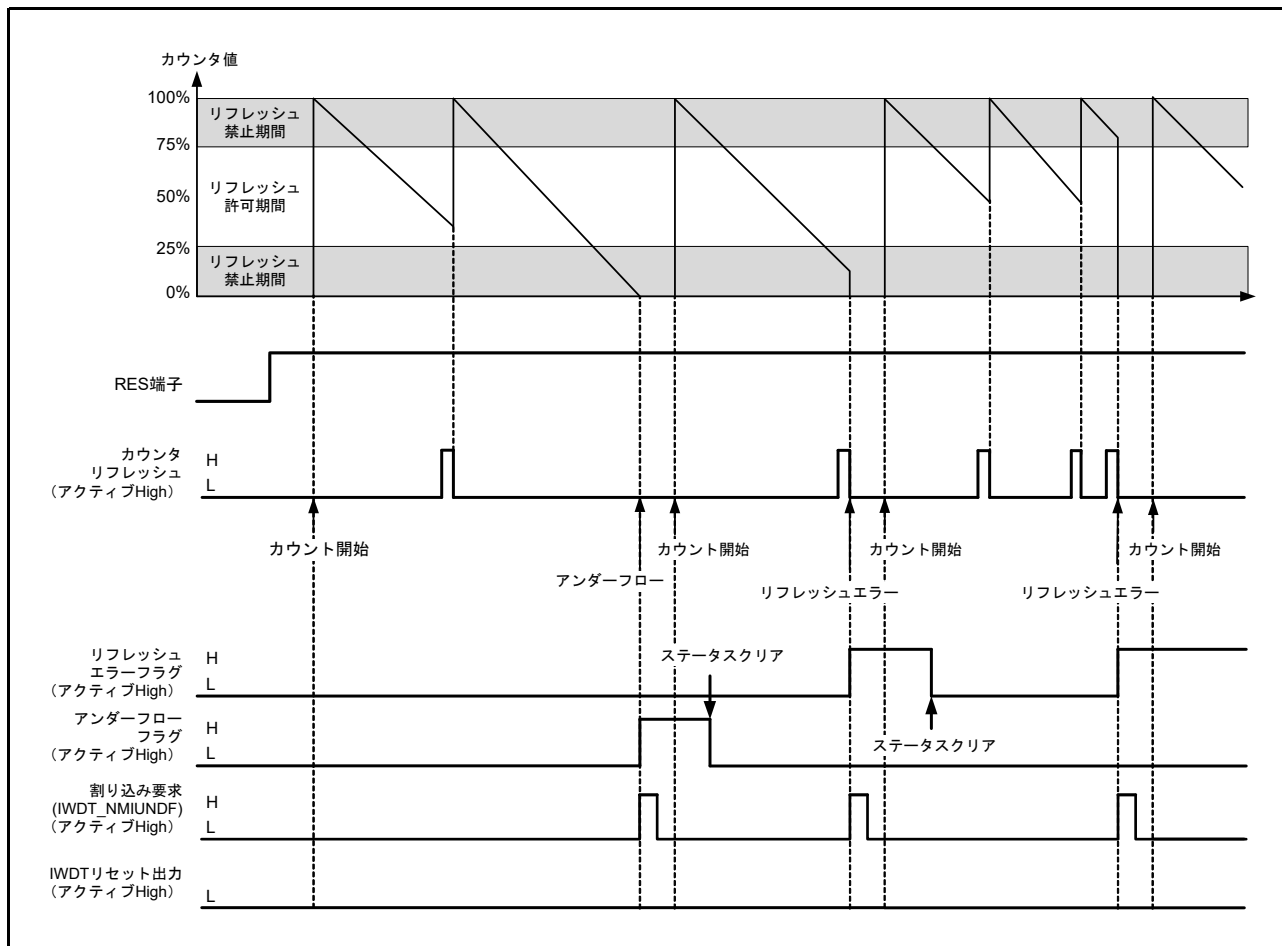


図 27.3 オートスタートモードでの動作例

27.3.2 リフレッシュ動作

ダウンカウンタは、IWDT リフレッシュレジスタ (IWDTRR) に 00h と FFh を書き込むことによってリフレッシュされます (カウントはリフレッシュによって開始されます)。00h の後に FFh 以外の値を書き込むと、カウンタはリフレッシュされません。無効な値を書き込んだ場合は、再度、IWDT リフレッシュレジスタ (IWDTRR) へ 00h と FFh を書き込むと、正常にリフレッシュが行われます。

00h (1 回目) → 00h (2 回目) の順で書き込みを行った場合でも、その後に FFh を書き込めば、00h → FFh の書き込み順序が成立します。00h (n - 1 回目) → 00h (n 回目) → FFh という書き込み順序は有効であり、正常にリフレッシュが行われます。00h より前の書き込み値が 00h 以外であっても、動作に 00h → FFh という書き込み順序が含まれていれば、正常にリフレッシュが行われます。また、IWDTRR レジスタへの 00h の書き込みと FFh の書き込みの間で、IWDTRR 以外のレジスタにアクセスしたり、IWDTRR レジスタを読み出したりしても、正常にリフレッシュが行われます。

【カウンタのリフレッシュに有効な書き込み順序の例】

- 00h → FFh
- 00h (n - 1 回目) → 00h (n 回目) → FFh
- 00h → 別レジスタへのアクセスまたは IWDTRR レジスタの読み出し → FFh

【カウンタのリフレッシュに無効な書き込み順序の例】

- 23h (00h 以外の値) → FFh
- 00h → 54h (FFh 以外の値)
- 00h → AAh (00h および FFh 以外の値) → FFh

リフレッシュ許可期間外に IWDTRR レジスタへ 00h を書き込んだ場合でも、リフレッシュ許可期間内に IWDTRR レジスタへ FFh を書き込めば、この書き込み順序は有効であり、リフレッシュ動作が行われます。

カウンタのリフレッシュには、IWDTRR レジスタに FFh を書き込んだ後、カウント信号のサイクル数で最大 4 サイクル必要です (カウントの 1 サイクルが、IWDT 専用クロック (IWDTCCLK) の何サイクルに相当するかは、IWDT 専用クロック分周比選択ビット (OFS0.IWDTCCKS[3:0]) で決まります)。そのため、リフレッシュ許可期間の終了またはカウンタアンダーフローの 4 カウントサイクル前までに、IWDTRR レジスタへの FFh の書き込みを完了してください。カウンタの値はカウンタ値ビット (IWDTSR.CNTVAL[13:0]) で確認できます。

【リフレッシュ動作タイミング例】

- ウィンドウ開始位置を 1FFFh とした場合、IWDTSR.CNTVAL[13:0] ビット値が 1FFFh に達する前 (たとえば 2002h) に IWDTRR レジスタへ 00h を書き込んだとしても、1FFFh に達した後に IWDTRR レジスタへ FFh を書き込めば、リフレッシュが行われます
- ウィンドウ終了位置を 1FFFh とした場合、IWDTRR レジスタへ 00h → FFh を書き込んだ直後に IWDTSR.CNTVAL[13:0] ビットから読み出した値が 2003h (1FFFh の 4 カウントサイクル前) 以上であれば、リフレッシュが行われます
- リフレッシュ許可期間が 0000h まで続く場合、アンダーフローの直前でリフレッシュが可能です。この場合、IWDTRR レジスタへ 00h → FFh を書き込んだ直後に IWDTSR.CNTVAL[13:0] ビットから読み出した値が 0003h (アンダーフローの 4 カウントサイクル前) 以上であれば、アンダーフローが発生することなく、リフレッシュが行われます

図 27.4 に、 $PCLKB > IWDTCLK$ のとき、クロック分周比が $IWDTCLK$ である場合の IWDT リフレッシュ動作波形を示します。

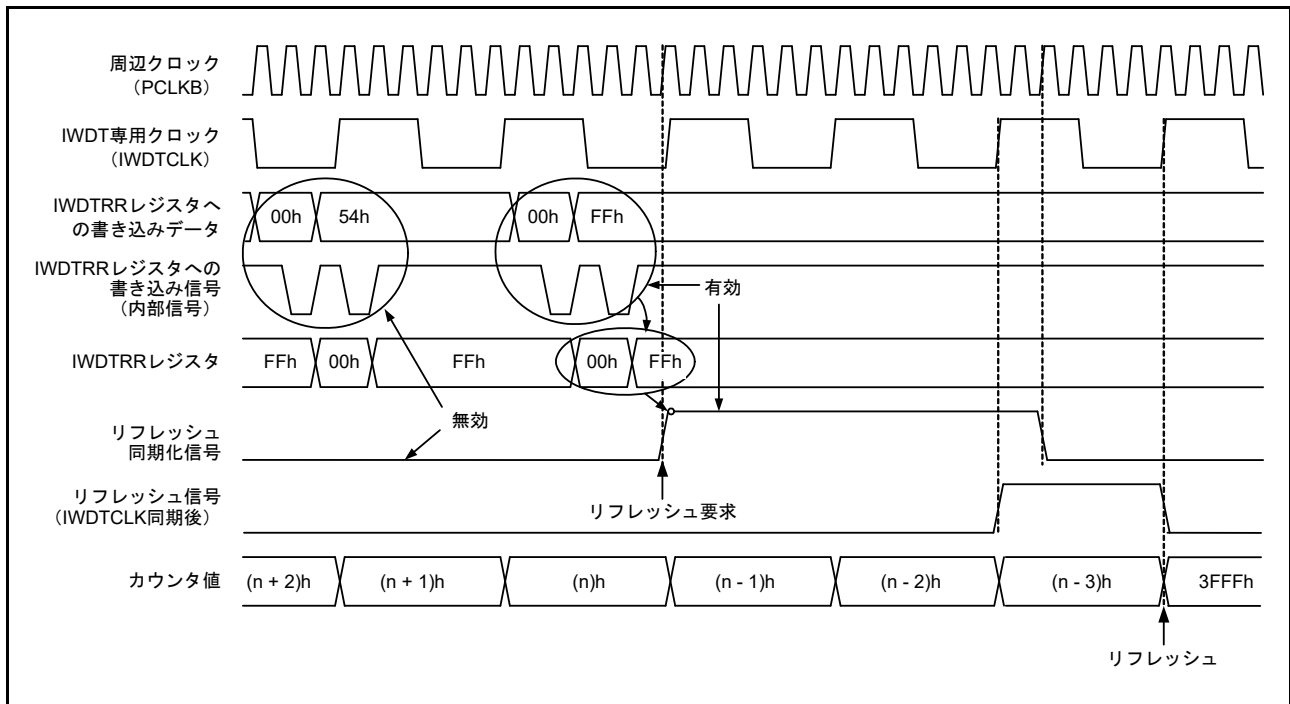


図 27.4 IWDT リフレッシュ動作波形 ($OFS0.IWDTCKS[3:0] = 0000b$ 、 $OFS0.IWDTTOPS[1:0] = 11b$ の場合)

27.3.3 ステータスフラグ

リフレッシュエラーフラグ (IWDTSR.REFEF) とアンダーフローフラグ (IWDTSR.UNDF) は、IWDT がリセット信号を出力した場合のリセット要因、または IWDT の割り込み要求が発生した場合の割り込み要因を保持します。そのため、リセット状態の解除後、または割り込み要求の発生後に、IWDTSR.REFEF フラグや UNDF フラグを読み出すことで、リセット要因や割り込み要因の発生状態を確認できます。各フラグは、0 を書くことによってクリアされます。1 の書き込みは無効です。

ステータスフラグをそのままにしても、動作に影響を与えません。次に IWDT がリセットまたは割り込み要求を出力したとき、フラグがクリアされていない場合は、古いリセット要因や割り込み要因はクリアされて、新しいリセット要因や割り込み要因が書き込まれます。なお、各フラグに 0 を書いてから、その値が反映されるまでに、最大で 3 IWDTCLK サイクルと 2 PCLKB サイクルを要します。

27.3.4 リセット出力

オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の IWDT リセット割り込み要求選択ビット ($OFS0.IWDRSTIRQS$) を 1 にした場合、カウンタのアンダーフローまたはリフレッシュエラー発生時に、リセット信号が出力されます。リセット出力後、自動でダウンカウントがスタートします。

27.3.5 割り込み要因

オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の IWDT リセット割り込み要求選択ビット (OFS0.IWDRSTRIRS) を 0 にした場合、カウンタのアンダーフローまたはリフレッシュエラー発生時に、割り込み (IWDT_NMIUNDF) 信号が生成されます。この割り込みは、ノンマスクابل割り込みと割り込みの両方に対応しています。詳細は、「14. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

表 27.4 IWDTの割り込み要因

| 名称 | 割り込み要因 | DTCの起動 |
|--------------|------------------------------|--------|
| IWDT_NMIUNDF | ダウンカウンタのアンダーフロー リフレッシュエラー | 不可能 |

27.3.6 ダウンカウンタ値の読み出し

IWDT のカウンタは IWDT 専用クロック (IWDTCLK) で動作しているため、カウンタ値を直接読み出すことはできません。IWDT は、カウンタ値を周辺クロック (PCLKB) に同期させて、IWDT ステータスレジスタのダウンカウンタ値ビット (IWDTSR.CNTVAL[13:0]) へ格納します。したがって、カウンタ値は IWDTSR.CNTVAL[13:0] ビットで間接的に確認できます。

ただし、カウンタ値の読み出しには PCLKB で数クロックサイクル (最大 4 クロックサイクル) を要するため、読み出されるカウンタ値は、カウンタの実際の値に対し 1 カウントずれることがあります。

図 27.5 に、 $PCLKB > IWDTCLK$ のとき、クロック分周比が IWDTCLK である場合の IWDT カウンタ値の読み出し処理を示します。

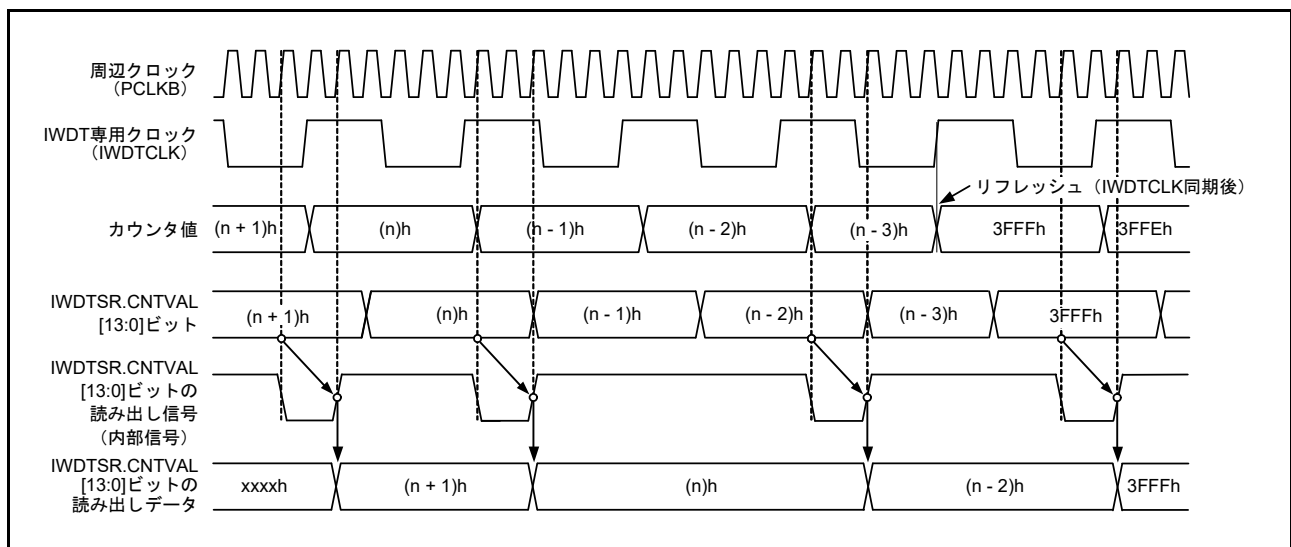


図 27.5 IWDT カウンタ値の読み出し処理
(OFS0.IWDTCK[3:0] = 0000b、OFS0.IWDTTOPS[1:0] = 11b の場合)

27.4 ELC によるリンク動作

イベントリンクコントローラ (ELC) が割り込み要求信号をイベント信号として使用する場合、IWDT は設定されたモジュールに対してリンク動作が可能です。イベント信号は、カウンタのアンダーフローおよびリフレッシュエラーによって出力されます。

イベント信号は、OFS0.WDRSTRIRS ビットの設定とは無関係に出力されます。また、リフレッシュエラーフラグ (IWDTSR.REFEF) またはアンダーフローフラグ (IWDTSR.UNDF) が 1 の状態で、次の割り込み要因が発生した場合も、イベント信号の出力が可能です。詳細は、「19. イベントリンクコントローラ (ELC)」を参照してください。

27.5 使用上の注意事項

27.5.1 リフレッシュ動作

リフレッシュ時間を設定する際は、PCLKB と IWDTCLK の精度における誤差範囲内での変動を考慮してください。その上で、リフレッシュできる値を設定してください。

27.5.2 クロック分周比の設定

周辺モジュールクロック (PCLKB) 周波数 $\geq 4 \times$ (カウントクロックソースの分周後周波数) となるように設定してください。

28. USB2.0 フルスピードモジュール (USBFS)

28.1 概要

本 MCU は、Universal Serial Bus (USB) 2.0 規格に準拠したホストコントローラまたはデバイスコントローラとして動作する USB2.0 フルスピードモジュール (USBFS) を内蔵しています。ホストコントローラは USB2.0 フルスピード転送とロースピード転送に対応し、デバイスコントローラは USB2.0 フルスピード転送に対応しています。また、USBFS は USB トランシーバを内蔵しており、USB2.0 規格で定義されている全転送タイプに対応しています。

USBFS はデータ転送用に FIFO バッファを備え、最大 10 本のパイプが使用可能です。パイプ 1～9 に対しては、周辺デバイスやユーザシステムの通信要件に合わせた任意のエンドポイント番号の割り付けが可能です。

本 MCU は、バッテリーチャージング規格のリビジョン 1.2 に準拠しています。

表 28.1 に USBFS の仕様を、図 28.1 にブロック図を、表 28.2 に入出力端子を示します。

表 28.1 USBFS の仕様

| 項目 | 内容 |
|---------------|--|
| 特徴 | <ul style="list-style-type: none"> ホストコントローラ、デバイスコントローラに対応した USB デバイスコントローラ (UDC) と USB2.0 トランシーバ ホストコントローラとデバイスコントローラはソフトウェアで切り替え可能 セルフパワーモードまたはバスパワーモードの選択が可能 バッテリーチャージング仕様のリビジョン 1.2 に準拠 <p>ホストコントローラの特長：</p> <ul style="list-style-type: none"> フルスピード転送 (12Mbps) およびロースピード転送 (1.5Mbps) SOF およびパケット送信のスケジューリングを自動化 アイソクロナス転送およびインタラプト転送の転送インターバル設定機能 <p>デバイスコントローラの特長：</p> <ul style="list-style-type: none"> フルスピード転送 (12Mbps) およびロースピード転送 (1.5Mbps) コントロール転送ステージ管理機能 デバイスステート管理機能 SET_ADDRESS リクエストに対する自動応答機能 SOF 補完 |
| 通信データ転送タイプ | <ul style="list-style-type: none"> コントロール転送 バルク転送 インタラプト転送 アイソクロナス転送 |
| パイプコンフィグレーション | <ul style="list-style-type: none"> USB 通信用の FIFO バッファ 最大 10 本のパイプを選択可能 (デフォルトコントロールパイプを含む) パイプ 1～9 に対して任意のエンドポイント番号を割り付け可能 <p>パイプごとに転送条件を指定可能：</p> <ul style="list-style-type: none"> パイプ 0：64 バイトシングルバッファによるコントロール転送 パイプ 1, 2：64 バイトダブルバッファによるバルク転送 256 バイトダブルバッファによるアイソクロナス転送 パイプ 3～5：64 バイトダブルバッファによるバルク転送 パイプ 6～9：64 バイトシングルバッファによるインタラプト転送 |
| その他 | <ul style="list-style-type: none"> トランザクションカウントによる受信終了機能 BRDY 割り込みイベント通知タイミング変更機能 (BFRE) DnFIFO ポート (n = 0, 1) で指定したパイプのデータ読み出し後の FIFO バッファ自動クリア機能 (DCLRM) 転送終了時に発生する応答 PID の NAK 設定機能 (SHTNAK) USB_DP/USB_DM のプルアップ抵抗、プルダウン抵抗をチップに内蔵 USB クロックとして使用可能な HOCO クロック |
| モジュールストップ機能 | モジュールストップ状態に設定して消費電力を削減 |

図 28.1 に USBFS のブロック図を示します。

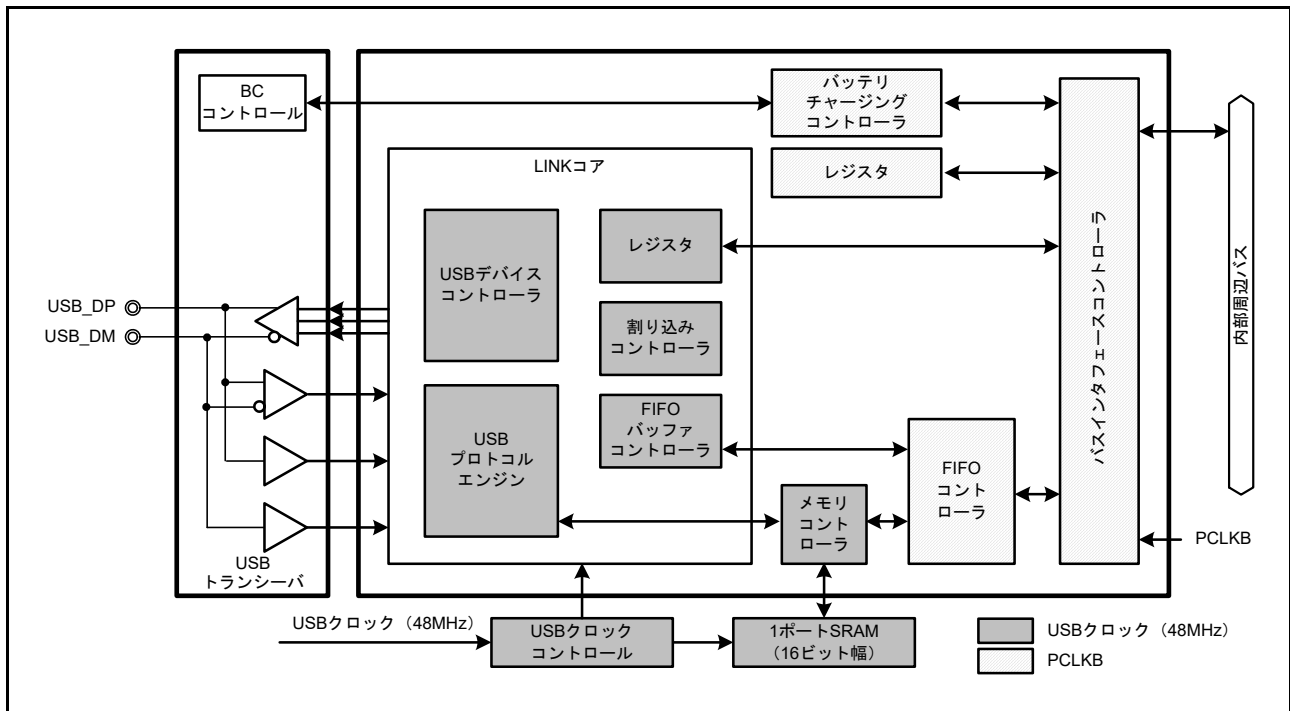


図 28.1 USBFS のブロック図

表 28.2 に USBFS の入出力端子を示します。

表 28.2 USBFS の入出力端子

| ポート | 端子名 | 入出力 | 機能 |
|-------|----------------------------|-----|---|
| USBFS | USB_DP | 入出力 | USB内蔵トランシーバD+ 入出力端子 USBバスのD+端子に接続してください。 |
| | USB_DM | 入出力 | USB内蔵トランシーバD- 入出力端子 USBバスのD-端子に接続してください。 |
| | USB_VBUS | 入力 | USBケーブル接続モニタ端子 USBバス上のVBUS信号に接続してください。USBFSがデバイスコントローラの場合、VBUS端子状態（アタッチ/デタッチ）の検出が可能です。（注1） |
| | USB_VBUSEN | 出力 | 外部電源IC用のVBUS（5V）イネーブル信号 |
| | USB_OVRCURA USB_OVRCURB | 入力 | USBFSのオーバーカレント端子 外部オーバーカレント検出信号に接続してください。 |
| 共通 | VCC_USB | 入力 | USBトランシーバ用の電源端子 |
| | VCC_USB_LDO | 入力 | USBトランシーバ用の電源端子 VCC_USBと同じ電圧を印可してください。 |
| | VSS_USB | 入力 | USB用グランド端子 |

注 1. P407 は 5V トレラントです。

28.2 レジスタの説明

28.2.1 システムコンフィグレーションコントロールレジスタ (SYSCFG)

アドレス USBFS.SYSCFG 4009 0000h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|------|----|------|----|------|------|-------|-------|----|----|------|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | SCKE | — | CNEN | — | DCFM | DRPD | DPRPU | DMRPU | — | — | USBE |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-------|-------------------|--|-----|
| b0 | USBE | USBFS動作許可 | 0: 禁止 1: 許可 | R/W |
| b2-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b3 | DMRPU | D-ライン抵抗制御(注1) | 0: ラインのプルアップを禁止 1: ラインのプルアップを許可 | R/W |
| b4 | DPRPU | D+ライン抵抗制御(注1) | 0: ラインのプルアップを禁止 1: ラインのプルアップを許可 | R/W |
| b5 | DRPD | D+/D-ライン抵抗制御 | 0: ラインのプルダウンを禁止 1: ラインのプルダウンを許可 | R/W |
| b6 | DCFM | コントローラ機能選択 | 0: デバイスコントローラを選択 1: ホストコントローラを選択 | R/W |
| b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b8 | CNEN | CNENシングルエンドレシーバ許可 | 0: シングルエンドレシーバを禁止 1: シングルエンドレシーバを許可 | R/W |
| b9 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b10 | SCKE | USBクロック許可(注2) | 0: USBFSへのクロック供給を停止 1: USBFSへのクロック供給を許可 | R/W |
| b15-b11 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. DMRPU ビットと DPRPU ビットを同時に許可にしないでください。

注2. SCKE ビットに1を書き込んだ後は、SCKE ビットを読み出して、1になっていることを確認してください。

USBE ビット (USBFS 動作許可)

USBFS の動作を許可または禁止します。

USBE ビットを1から0に変更したときに初期化されるビットを表 28.3 に示します。本ビットの変更は、SCKE ビットが1のときに限り行ってください。ホストコントローラモードでは、DRPD ビットを1にした後、SYSSTS0.LNST[1:0] ビットのチャタリング除去を行い、USB バスの状態が安定したことを確認した上で、USBE ビットを1にしてください。

表 28.3 SYSCFG.USBE ビットへの0の書き込みにより初期化されるレジスタ

| 選択機能 | レジスタ | ビット | 注意点 |
|------------|----------|--------------------------------------|--------------------------|
| デバイスコントローラ | SYSSTS0 | LNST[1:0] | ホストコントローラモードでは値が保持されます。 |
| | DVSTCTR0 | RHST[2:0] | — |
| | INTSTS0 | DVSQ[2:0] | ホストコントローラモードでは値が保持されます。 |
| | USBREQ | BREQUEST[7:0]、 BMREQUESTTYPE[7:0] | ホストコントローラモードでは値が保持されます。 |
| | USBVAL | WVALUE[15:0] | ホストコントローラモードでは値が保持されます。 |
| | USBINDX | WINDEX[15:0] | ホストコントローラモードでは値が保持されます。 |
| | USBLENG | WLENTUH[15:0] | ホストコントローラモードでは値が保持されます。 |
| ホストコントローラ | DVSTCTR0 | RHST[2:0] | — |
| | FRMNUM | FRNM[10:0] | デバイスコントローラモードでは値が保持されます。 |

DMRPU ビット (D-ライン抵抗制御)

デバイスコントローラモードで、D-ラインのプルアップを許可または禁止します。

デバイスコントローラモードで DMRPU ビットを 1 にすると、USBFS は D-ラインをプルアップし、それがロースピードデバイスとしてアタッチされたことを USB ホストに通知します。DMRPU ビットを 1 から 0 に変更すると、プルアップが解除され、結果としてそれがデタッチされたことを USB ホストに通知します。

ホストコントローラモードでは、本ビットを 0 にしてください。

DPRPU ビット (D+ライン抵抗制御)

デバイスコントローラモードで、D+ラインのプルアップを許可または禁止します。

デバイスコントローラモードで DPRPU ビットを 1 にすると、USBFS は D+ラインをプルアップし、それがアタッチされたことを USB ホストに通知します。DPRPU ビットを 1 から 0 に変更すると、プルアップが解除され、結果としてそれがデタッチされたことを USB ホストに通知します。

ホストコントローラモードでは、本ビットを 0 にしてください。

DRPD ビット (D+/D-ライン抵抗制御)

ホストコントローラモードで、D+/D-ラインのプルダウンを許可または禁止します。

本ビットは、ホストコントローラモードでは 1、デバイスコントローラモードでは 0 にしてください。

DCFM ビット (コントローラ機能選択)

USBFS の機能をホスト機能にするか、デバイス機能にするかを選択します。

本ビットの変更は、DMRPU ビット、DPRPU ビット、および DRPD ビットが 0 の場合に限り行ってください。

CNEN ビット (CNEN シングルエンドレシーバ許可)

CNEN ビットを 1 にすると、シングルエンドレシーバが許可され、D+/D-ラインのステータスをモニタするように LNST ビットが設定されます。

CNEN ビットを使用するのは、USBFS がバッテリーチャージ用ポータブルデバイスとして動作する場合です。

SCKE ビット (USB クロック許可)

USB への 48MHz クロック供給を停止または許可します。

このビットが 0 の場合、SYSCFG レジスタのみ読み出し/書き込みが許可されます。他の USB 関連レジスタの読み出し/書き込みはしないでください。

28.2.2 システムコンフィギュレーションステータスレジスタ 0 (SYSSTS0)

アドレス USBFS.SYSSTS0 4009 0004h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-------|----|----|----|----|-----------|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| OVCMON[1:0] | — | — | — | — | — | — | — | — | HTACT | — | — | — | — | LNST[1:0] | |
| リセット後の値 0 (注1) | 0 (注1) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | x | 0 | 0 |

x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-------------|--|--|-----|
| b1-b0 | LNST[1:0] | USB データラインステータスマニタ | USB データラインのステータスを示します。表 28.4 を参照してください。 | R |
| b2 | — | 予約ビット | 読むと不定値が読めます。 | R |
| b5-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b6 | HTACT | USB ホストシーケンサステータスマニタ | 0: ホストシーケンサが完全に停止している 1: ホストシーケンサが完全に停止していない | R |
| b13-b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b15-b14 | OVCMON[1:0] | 外部 USB_OVRCURA/ USB_OVRCURB 入力端子モニタ | OVCMON[1] ビットは、USB_OVRCURA 端子のステータスを示します。 OVCMON[0] ビットは、USB_OVRCURB 端子のステータスを示します。 | R |

注 1. USB_OVRCURA/USB_OVRCURB 端子のステータスに依存します。

LNST[1:0] ビット (USB データラインステータスマニタ)

USB データライン (D+ および D-) のステータスを示します。詳細は、表 28.4 を参照してください。

LNST[1:0] ビットの読み出しは、デバイスコントローラモードではアタッチ処理 (SYSCFG.DPRPU ビット = 1) 後に、ホストコントローラモードではラインのプルダウン許可 (SYSCFG.DRPD ビット = 1) 後に行ってください。

HTACT ビット (USB ホストシーケンサステータスマニタ)

USBFS のホストシーケンサが完全に停止しているとき、HTACT ビットは 0 になります。

ホストコントローラモードで、DVSTCTR0.UACT ビットを 0 にして USBFS を Suspended ステートにする場合や、SCKE ビットを 0 にして通信中にクロック供給を停止する場合は、事前に HTACT ビットが 0 であることを確認してください。

OVCMON[1:0] ビット (外部 USB_OVRCURA/USB_OVRCURB 入力端子モニタ)

外部電源 IC からのオーバーカレント信号のステータスを示します。

表 28.4 USB データバスライン (D+ライン、D-ライン) のステータス

| LNST[1:0] ビット | フルスピード動作時 | ロースピード動作時 |
|---------------|-----------|-----------|
| 00b | SE0 | SE0 |
| 01b | J-State | K-State |
| 10b | K-State | J-State |
| 11b | SE1 | SE1 |

28.2.3 デバイスステートコントロールレジスタ 0 (DVSTCTR0)

アドレス USBFS.DVSTCTR0 4009 0008h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|------------|------|-----------|--------|------------|------|----|-----------|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | VBUSE N | WKUP | RWUP E | USBRST | RESU ME | UACT | — | RHST[2:0] | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|------------------|---|-----|
| b2-b0 | RHST[2:0] | USBバスリセットステータス | <ul style="list-style-type: none"> • ホストコントローラモードの場合 b2 b0 0 0 0: 通信速度は不確定 (パワード時あるいは非接続時) 1 x x: USBバスリセット処理中 0 0 1: ロースピード接続時 0 1 0: フルスピード接続時 • デバイスコントローラモードの場合 b2 b0 0 0 0: 通信速度は不確定 0 0 1: USBバスリセット処理中またはロースピード接続時 0 1 0: USBバスリセット処理中またはフルスピード接続時 | R |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | UACT | USBバス許可 | 0: ダウンポート動作禁止 (SOF送出禁止) 1: ダウンポート動作許可 (SOF送出許可) | R/W |
| b5 | RESUME | レジューム出力 | 0: レジューム信号を出力しない 1: レジューム信号を出力する | R/W |
| b6 | USBRST | USBバスリセット出力 | 0: USBバスリセット信号を出力しない 1: USBバスリセット信号を出力する | R/W |
| b7 | RWUPE | ウェイクアップ検出許可 | 0: ダウンポートウェイクアップ禁止 1: ダウンポートウェイクアップ許可 | R/W |
| b8 | WKUP | ウェイクアップ出力 | 0: リモートウェイクアップ信号を出力しない 1: リモートウェイクアップ信号を出力する | R/W |
| b9 | VBUSEN | USB_VBUSEN出力端子制御 | 0: 外部USB_VBUSEN端子はLowを出力 1: 外部USB_VBUSEN端子はHighを出力 | R/W |
| b15-b10 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

x: Don't care

RHST[2:0] ビット (USBバスリセットステータス)

USBバスリセットのステータスを示します。

ホストコントローラモードでは、USBRST ビットを 1 にすると RHST[2:0] ビットが 100b になります。USBRST ビットを 0 にして USBFS が SE0 ステートを終了すると、RHST[2:0] ビットが新しい値に更新されます。

デバイスコントローラモードでは、USBFS が USB バスリセットを検出すると、DPRPU ビットが 1 の場合は RHST[2:0] ビットが 010b に、DMRPU ビットが 1 の場合は RHST[2:0] ビットが 001b になり、DVST 割り込みが発生します。

UACT ビット (USB バス許可)

ホストコントローラモードで UACT ビットを 1 にすると、UACT ビットは USB バスへの SOF パケットの送信（データと受信を含む）を制御することで、USB バス動作を許可します。UACT ビットを 1 にしてから 1 フレーム期間内に、USBFS は SOF パケット出力を開始します。UACT ビットを 0 にすると、USB は SOF パケット出力後にアイドル状態に遷移します。

本ビットを 0 にした場合、USB は SOF パケットを出力した後、アイドル状態に遷移します。

以下のいずれかの場合に、USB は UACT ビットを 0 にします。

- 通信中 (UACT ビットが 1 のとき) に DTCH 割り込みを検出したとき
- 通信中 (UACT ビットが 1 のとき) に EOFERR 割り込みを検出したとき

USB バスリセット処理の終了時 (USBRSST ビットへの 0 書き込み時)、または Suspended ステートからのレジューム処理の終了時 (RESUME ビットへの 0 書き込み時) には、常に UACT ビットに 1 を書いてください。

デバイスコントローラモードでは、常に本ビットを 0 にしてください。

RESUME ビット (レジューム出力)

ホストコントローラモードで、レジューム信号の出力を制御します。

本ビットを 1 にすると、USBFS は USB ポートを K-State にドライブし、レジューム信号を出力します。RWUPE ビットが 1 で、USB Suspended ステートのとき、USBFS がリモートウェイクアップ信号を検出すると、本ビットを 1 にします。

また、RESUME ビットが 1 のとき、ソフトウェアで RESUME ビットを 0 にするまで、USBFS は K-State を出力し続けます。RESUME ビットが 1 の期間 (レジューム期間) は、USB2.0 規格に定められた時間を確保してください。インタフェースが Suspended ステートのときにのみ、RESUME ビットを 1 にしてください。レジューム処理の終了 (RESUME ビットへの 0 書き込み) と同時に UACT ビットに 1 を書いてください。

デバイスコントローラモードでは、常に本ビットを 0 にしてください。

USBRSST ビット (USB バスリセット出力)

ホストコントローラモードで、USB バスリセット信号の出力を制御します。USBRSST ビットを 1 にすると、USBFS は USB ポートを SE0 ステートにドライブして、USB バスをリセットします。USBFS は、USBRSST ビットが 1 の期間、ソフトウェアで USBRSST ビットを 1 にするまで SE0 を出力し続けます。USBRSST ビットが 1 の期間 (USB バスリセット期間) は、USB2.0 規格に定められた時間を確保してください。

通信中 (UACT ビット = 1) またはレジューム処理中 (RESUME ビット = 1) に、本ビットに 1 を書き込むと、UACT ビットと RESUME ビットの両方が 0 になるまで、USBFS は USB バスリセット処理を開始できません。USB バスリセット処理の終了 (USBRSST ビットへの 0 書き込み) と同時に UACT ビットに 1 を書いてください。

デバイスコントローラモードでは、常に本ビットを 0 にしてください。

RWUPE ビット (ウェイクアップ検出許可)

ホストコントローラモードにで、下流周辺デバイスからのリモートウェイクアップ信号 (レジューム信号) の受け付けを許可または禁止します。本ビットを 1 にすると、USBFS は下流周辺デバイスからのリモートウェイクアップ信号 (2.5μs 間の K-State) を検出し、レジューム処理を実行して K-State にします。

本ビットを 0 にすると、USBFS は USB ポートに接続された周辺デバイスからのリモートウェイクアップ信号 (K-State) を無視します。RWUPE ビットが 1 のときは、Suspended ステートであっても、内部クロックを停止しないでください (SYSCFG.SCKE ビットは 1 にする必要があります)。

デバイスコントローラモードでは、常に本ビットを 0 にしてください。

WKUP ビット (ウェイクアップ出力)

デバイスコントローラモードで、USB バスへのリモートウェイクアップ信号 (レジューム信号) の受け付けを許可または禁止します。

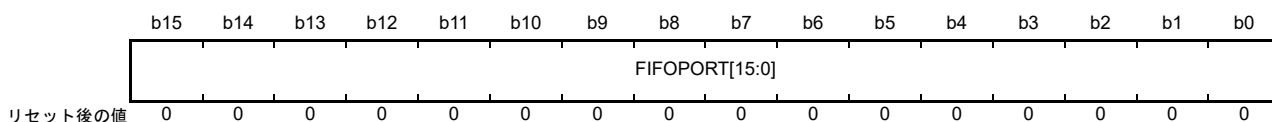
USBFS は、リモートウェイクアップ信号の出力タイミングを管理しています。WKUP ビットを 1 にすると、USBFS は 10ms の K-State を出力した後、本ビットをクリアして 0 にします。USB2.0 規格では、リモートウェイクアップ信号の送信までに最短 5ms の USB バスアイドル状態を保持する必要があります。そのため、USB が Suspended ステータスを検出した直後に本ビットを 1 にすると、2ms 後に K-State が出力されます。

本ビットへの 1 の書き込みは、デバイスが Suspended ステータス (INTSTS0.DVSQ[2:0] ビット = 1xxb) で、かつ USB ホストがリモートウェイクアップ信号を許可している場合にのみ行ってください。本ビットが 1 のときは、Suspended ステータスであっても、内部クロックを停止しないでください (SYSCFG.SCKE ビットを 1 にする必要があります)。ホストコントローラモードでは、本ビットを 0 にしてください。

28.2.4 CFIFO ポートレジスタ (CFIFO/CFIFOL) D0FIFO ポートレジスタ (D0FIFO/D0FIFOL) D1FIFO ポートレジスタ (D1FIFO/D1FIFOL)

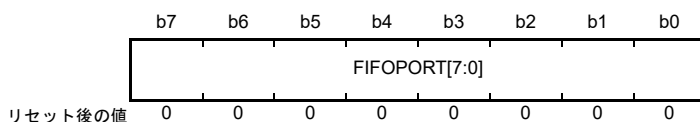
(1) MBW ビットが 1 の場合

アドレス [USBFS.CFIFO 4009 0014h](#), [USBFS.D0FIFO 4009 0018h](#), [USBFS.D1FIFO 4009 001Ch](#)



(2) MBW ビットが 0 の場合

アドレス [USBFS.CFIFOL 4009 0014h](#), [USBFS.D0FIFOL 4009 0018h](#), [USBFS.D1FIFOL 4009 001Ch](#)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--|---------|--|-----|
| b15-b0 | FIFOPORT[15:0] (注1) | FIFOポート | これらのビットにアクセスして、FIFOバッファから受信データを読み出すか、またはFIFOバッファへ送信データを書き込みます。 | R/W |

注 1. 有効ビットは、関連するポート選択レジスタの MBW ビット (CFIFOSEL.MBW、D0FIFOSEL.MBW、D1FIFOSEL.MBW) の設定値と、BIGEND ビット (CFIFOSEL.BIGEND、D0FIFOSEL.BIGEND、D1FIFOSEL.BIGEND) の設定値で決まります。表 28.5 と表 28.6 を参照してください。

下記の 3 つの FIFO ポートが用意されています。

- CFIFO
- D0FIFO
- D1FIFO

各 FIFO ポートは下記のレジスタで構成されます。

- FIFO バッファからのデータリードと、FIFO バッファへのデータライトを処理するポートレジスタ (CFIFO、D0FIFO、または D1FIFO)
- FIFO ポートに割り当てられたパイプを選択するためのポート選択レジスタ (CFIFOSEL、D0FIFOSEL、または D1FIFOSEL)
- ポートコントロールレジスタ (CFIFOCTR、D0FIFOCTR、または D1FIFOCTR)

各 FIFO ポートには、下記の制限事項があります。

- DCP コントロール転送用 FIFO バッファにアクセスする場合、CFIFO ポート経由で行う
- DMA または DTC 転送用 FIFO バッファにアクセスする場合、D0FIFO または D1FIFO ポート経由で行う
- D0FIFO および D1FIFO ポートへのアクセスは、CPU によっても可能
- DMA または DTC 転送機能など、FIFO ポートに固有の機能を使用する場合、ポート選択レジスタの CURPIPE[3:0] ビットで選択したパイプ番号は変更不可
- 1 つの FIFO ポートを設定するレジスタ群が、他の FIFO ポートに影響を与えることはない
- 同一パイプを複数の FIFO ポートに割り当てることは禁止

- FIFO バッファの状態には、アクセス権が CPU 側にある場合と SIE (Serial Interface Engine) 側にある場合の2種類がある。SIE 側にアクセス権がある場合、CPU から FIFO バッファへのアクセスは不可

FIFOPORT[15:0] ビット (FIFO ポート)

FIFOPORT[15:0] ビットへのアクセス時に、USBFS は FIFO バッファから受信データを読み出すか、または FIFO バッファへ送信データを書き込みます。FIFO ポートレジスタへのアクセスは、対応するポートコントロールレジスタ (CFIFOCTR、D0FIFOCTR、または D1FIFOCTR) の FRDY ビットが1のときに限り可能です。

FIFO ポートレジスタの有効ビットは、ポート選択レジスタ (CFIFOSEL、D0FIFOSEL、または D1FIFOSEL) の MBW および BIGEND ビットの設定値で決まります。表 28.5 と表 28.6 を参照してください。

表 28.5 16ビットアクセス時のエンディアン動作

| CFIFOSEL.BIGEND ビット D0FIFOSEL.BIGEND ビット D1FIFOSEL.BIGEND ビット | ビット15~8 | ビット7~0 |
|---|---------|--------|
| 0 | N+1データ | N+0データ |
| 1 | N+0データ | N+1データ |

表 28.6 8ビットアクセス時のエンディアン動作

| CFIFOSEL.BIGEND ビット D0FIFOSEL.BIGEND ビット D1FIFOSEL.BIGEND ビット | ビット15~8 | ビット7~0 |
|---|-------------|--------|
| 0 | アクセス禁止 (注1) | N+0データ |
| 1 | アクセス禁止 (注1) | N+0データ |

注 1. アクセス禁止領域に対する書き込みや読み出しはしないでください。

28.2.5 CFIFO ポート選択レジスタ (CFIFOSEL) D0FIFO ポート選択レジスタ (D0FIFOSEL) D1FIFO ポート選択レジスタ (D1FIFOSEL)

CFIFOSEL

アドレス USBFS.CFIFOSEL 4009 0020h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----|------------|----|----|------|----|--------------|----|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| RCNT | REW | — | — | — | MBW | — | BIGEN D | — | — | ISEL | — | CURPIPE[3:0] | | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|--------------|----------------------|--|-------------|
| b3-b0 | CURPIPE[3:0] | CFIFOポートアクセスパイプ指定 | b3 b0 0 0 0 0 : DCP (デフォルトコントロールパイプ) 0 0 0 1 : パイプ1 0 0 1 0 : パイプ2 0 0 1 1 : パイプ3 0 1 0 0 : パイプ4 0 1 0 1 : パイプ5 0 1 1 0 : パイプ6 0 1 1 1 : パイプ7 1 0 0 0 : パイプ8 1 0 0 1 : パイプ9 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b5 | ISEL | DCP選択時CFIFOポートアクセス方向 | 0 : バッファメモリからの読み出しを選択 1 : バッファメモリへの書き込みを選択 | R/W |
| b7-b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b8 | BIGEND | CFIFOポートエンディアン制御 | 0 : リトルエンディアン 1 : ビッグエンディアン | R/W |
| b9 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b10 | MBW | CFIFOポートアクセスビット幅 | 0 : 8ビット幅 1 : 16ビット幅 | R/W |
| b13-b11 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b14 | REW | バッファポインタリワインド | 0 : バッファポインタのリワインドを行わない 1 : バッファポインタのリワインドを行う | R/W (注1) |
| b15 | RCNT | リードカウントモード | 0 : CFIFOからすべての受信データを読み出したときに、DTLN[8:0]ビット (CFIFOCTR.DTLN[8:0]、D0FIFOCTR.DTLN[8:0]、D1FIFOCTR.DTLN[8:0]) をクリア ダブルバッファモードの場合は、1面のみ全データを読み出したときにDTLN[8:0]ビット値をクリア 1 : CFIFOから受信データを読み出すごとにDTLN[8:0]ビットをダウンカウント | R/W |

注 1. 読むと0が読み出されます。

CFIFOSEL、D0FIFOSEL、およびD1FIFOSELレジスタのCURPIPE[3:0]ビットには、同じパイプ番号を指定しないでください。D0FIFOSELおよびD1FIFOSELレジスタのCURPIPE[3:0]ビットを0000bにすると、パイプ指定なしとなります。

DMA または DTC 転送が許可されているとき、パイプ番号を変更しないでください。

CURPIPE[3:0] ビット (CFIFO ポートアクセスパイプ指定)

CFIFO ポート経由のデータリード/ライトに使用するパイプ番号を指定します。これらのビットに書き込む際は、書き込み後に読み出して、書き込み値と読み出し値が一致していることを確認してから、次の処理に進んでください。

CFIFOSEL、D0FIFOSEL、および D1FIFOSEL レジスタの CURPIPE[3:0] ビットに同じパイプ番号を設定しないでください。

FIFO バッファへのアクセス中は、ソフトウェアが CURPIPE[3:0] ビット値を変更しようとしても、アクセスが完了するまで現在のパイプ指定が維持されます。CURPIPE[3:0] ビットに現在値を書き戻すと、アクセスが継続されます。

ISEL ビット (DCP 選択時 CFIFO ポートアクセス方向)

選択パイプが DCP のときに ISEL ビットへの新しい値の書き込みを行ったときは、その後で ISEL ビットの読み出しを行い、書き込み値と読み出し値が一致することを確認してから次の処理に進んでください。ISEL ビットと CURPIPE[3:0] ビットは、同時に設定してください。

MBW ビット (CFIFO ポートアクセスビット幅)

CFIFO ポートへのアクセスビット幅を指定します。

選択パイプが受信方向の場合、CURPIPE[3:0] ビットと MBW ビットを同時に設定してください。これらのビットへの書き込みによって FIFO バッファからのデータリードが開始したら、すべてのデータが読み出されるまで、これらのビットを変更しないでください。FIFO バッファを読み出す場合、MBW ビットで設定されたアクセスサイズで読み出してください。

選択パイプが送信方向の場合、バッファメモリへのデータライト中は、ビット幅を 8 ビット幅から 16 ビット幅へ切り替えることはできません。

16 ビット幅を選択した場合でも、バイトアクセス制御を通じて、奇数バイトの書き込みが可能です。

REW ビット (バッファポインタリワインド)

バッファポインタのリワインドを行うか否かを指定します。

選択パイプが受信方向の場合、FIFO バッファの読み出し中に本ビットを 1 にすると、FIFO バッファの最初のデータから再読み出しが可能になります。ダブルバッファモードでは、この設定によって、現在読み出している FIFO バッファ面の最初のデータから再読み出しが可能になります。

CURPIPE[3:0] ビットを変更すると同時に、本ビットを 1 にしないでください。REW ビットを 1 にする前に、必ず FRDY ビットが 1 であることを確認してください。

送信方向のパイプに対して FIFO バッファの最初のデータから書き込みをやり直す場合は、BCLR ビットを使用してください。

D0FIFOSEL、D1FIFOSEL

アドレス USBFS.D0FIFOSEL 4009 0028h, USBFS.D1FIFOSEL 4009 002Ch

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-------|-------|-----|-----|----|--------|----|----|----|----|--------------|----|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| RCNT | REW | DCLRM | DREQE | — | MBW | — | BIGEND | — | — | — | — | CURPIPE[3:0] | | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------------|----------------------------------|---|-------------|
| b3-b0 | CURPIPE[3:0] | FIFOポートアクセスパイプ指定 | b3 b0 0 0 0 0 : パイプ指定なし 0 0 0 1 : パイプ1 0 0 1 0 : パイプ2 0 0 1 1 : パイプ3 0 1 0 0 : パイプ4 0 1 0 1 : パイプ5 0 1 1 0 : パイプ6 0 1 1 1 : パイプ7 1 0 0 0 : パイプ8 1 0 0 1 : パイプ9 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b7-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b8 | BIGEND | FIFOポートエンディアン制御 | 0 : リトルエンディアン 1 : ビッグエンディアン | R/W |
| b9 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b10 | MBW | FIFOポートアクセスビット幅 | 0 : 8ビット幅 1 : 16ビット幅 | R/W |
| b11 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b12 | DREQE | DMA/DTC転送要求許可 | 0 : DMA/DTC転送要求を禁止 1 : DMA/DTC転送要求を許可 | R/W |
| b13 | DCLRM | 指定パイプデータ読み出し後自動バッファメモリクリアモードアクセス | 0 : 自動バッファクリアモードを禁止 1 : 自動バッファクリアモードを許可 | R/W |
| b14 | REW | バッファポインタリワインド | 0 : バッファポインタのリワインドを行わない 1 : バッファポインタのリワインドを行う | R/W (注1) |
| b15 | RCNT | リードカウントモード | 0 : DnFIFOからすべての受信データを読み出したときに、DTLN[8:0]ビット (CFIFOCTR.DTLN[8:0]、D0FIFOCTR.DTLN[8:0]、D1FIFOCTR.DTLN[8:0]) をクリア (ダブルバッファモードの場合は、1面のみの全データを読み出したときにDTLNビット値をクリア) 1 : DnFIFOから受信データを読み出すごとにDTLN[8:0]ビットをダウンカウント (n = 0, 1) | R/W |

注 1. 読むと0が読み出されます。

CFIFOSEL、D0FIFOSEL、D1FIFOSEL レジスタの CURPIPE[3:0] ビットには、同じパイプ番号を指定しないでください。D0FIFOSEL および D1FIFOSEL レジスタの CURPIPE[3:0] ビットを 0000b にすると、パイプ指定なしとなります。DMA または DTC 転送が許可されているとき、パイプ番号を変更しないでください。

CURPIPE[3:0] ビット (FIFOポートアクセスパイプ指定)

D0FIFO ポートまたは D1FIFO ポート経由のデータリード/ライトに使用するパイプ番号を指定します。これらのビットに書き込む際は、書き込み後に読み出して、書き込み値と読み出し値が一致していることを確認してから、次の処理に進んでください。CFIFOSEL、D0FIFOSEL、および D1FIFOSEL レジスタの CURPIPE[3:0] ビットには、同じパイプ番号を設定しないでください。

FIFO バッファへのアクセス中は、ソフトウェアが CURPIPE[3:0] ビット値を変更しようとしても、アクセスが完了するまで現在のパイプ指定が維持されます。CURPIPE[3:0] ビットに現在値を書き戻すと、アクセスが継続されます。

MBW ビット (FIFO ポートアクセスビット幅)

D0FIFO ポートまたは D1FIFO ポートへのアクセスビット幅を指定します。

選択パイプが受信方向の場合、これらのビットへの書き込みによって FIFO バッファからのデータリードが開始したら、すべてのデータが読み出されるまで、これらのビットを変更しないでください。FIFO バッファを読み出す場合、MBW ビットで設定されたアクセスサイズで読み出してください。CURPIPE[3:0] ビットと MBW ビットは、同時に設定してください。

選択パイプが送信方向の場合、FIFO メモリへのデータライト中は、ビット幅を 8 ビット幅から 16 ビット幅へ切り替えることはできません。

16 ビット幅を選択した場合でも、バイトアクセス制御を通じて、奇数バイトの書き込みが可能です。

DREQ ビット (DMA/DTC 転送要求許可)

DREQ ビットは、DMA または DTC 転送要求の発行を許可または禁止します。DMA または DTC 転送要求を許可するには、CURPIPE[3:0] ビットの設定後に、本ビットを 1 にしてください。CURPIPE[3:0] ビットを変更する場合は、最初に本ビットを 0 にしてください。

DCLRM ビット (指定パイプデータ読み出し後自動バッファメモリクリアモードアクセス)

選択パイプのデータを読み出した後の自動 FIFO バッファクリアを許可または禁止します。

本ビットを 1 にすると、選択パイプに割り当てられた FIFO バッファが空の状態での Zero-Length パケットを受信したとき、または PIPECFG.BFRE ビットが 1 の状態で受信したショートパケットの読み出しが完了したとき、USBFS は FIFO ポートコントロールレジスタの BCLR ビットを 1 にします。

SOFCFG.BRDYM ビットを 1 にして USBFS を使用する場合は、DCLRM ビットを 0 にしてください。

REW ビット (バッファポインタリワインド)

バッファポインタのリワインドを行うか否かを指定します。

選択パイプが受信方向の場合、FIFO バッファの読み出し中に本ビットを 1 にすると、FIFO バッファの最初のデータから再読み出しが可能になります。ダブルバッファモードでは、この設定によって、現在読み出している FIFO バッファ面の最初のデータから再読み出しが可能になります。

CURPIPE[3:0] ビットを変更すると同時に、本ビットを 1 にしないでください。本ビットを 1 にする前に、必ず FRDY ビットが 1 であることを確認してください。

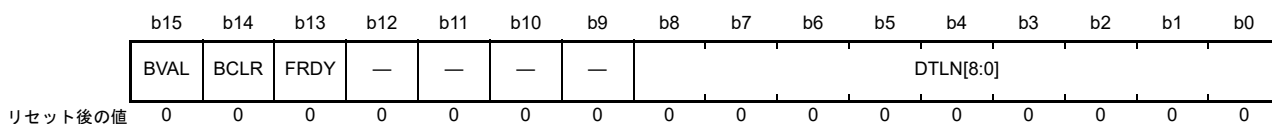
送信方向のパイプに対して FIFO バッファの最初のデータから書き込みをやり直す場合は、BCLR ビットを使用してください。

RCNT ビット (リードカウントモード)

CFIFOCTR.DTLN ビット値の読み出しモードを指定します。PIPECFG.BFRE ビットを 1 にして DnFIFO にアクセスする場合、RCNT ビットを 0 にしてください。

28.2.6 CFIFO ポートコントロールレジスタ (CFIFOCTR) D0FIFO ポートコントロールレジスタ (D0FIFOCTR) D1FIFO ポートコントロールレジスタ (D1FIFOCTR)

アドレス USBFS.CFIFOCTR 4009 0022h, USBFS.D0FIFOCTR 4009 002Ah, USBFS.D1FIFOCTR 4009 002Eh



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|-----------|--------------|---|-------------|
| b8-b0 | DTLN[8:0] | 受信データ長 | 受信データ長を示します。 ポート選択レジスタのRCNTビットの設定値によって値の意味が異なります。詳細は、DTLN[8:0]ビットの説明を参照してください。 | R |
| b12-b9 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b13 | FRDY | FIFOポートレディ | 0 : FIFOポートアクセス不可能 1 : FIFOポートアクセス可能 | R |
| b14 | BCLR | CPUバッファクリア | 0 : 何もしない 1 : CPU側FIFOバッファをクリア | R/W (注1) |
| b15 | BVAL | バッファメモリ有効フラグ | 0 : 無効 1 : 書き込み終了 | R/W |

注 1. 読むと0が読み出されます。

CFIFOCTR、D0FIFOCTR、およびD1FIFOCTRレジスタは、それぞれCFIFO、D0FIFO、およびD1FIFOバッファに対応しています。

DTLN[8:0] ビット (受信データ長)

受信データ長を表示します。

FIFO バッファの読み出し中、DTLN[8:0] ビットは、以下のようにDnFIFOSEL.RCNT ビット (n=0, 1) に応じて異なる値を示します。

- RCNT = 0
CPU または DMAC/DTC が FIFO バッファ 1 面分の全受信データの読み出しを完了するまで、USBFS は受信データ長を DTLN[8:0] ビットに表示します。
PIPECFG.BFRE ビットが 1 のときは、全データが読み出された後も、BCLR ビットが 1 になるまで、USB は受信データ長を保持します。
- RCNT = 1
FIFO バッファからデータを読み出すごとに USBFS は DTLN[8:0] ビットの表示値をダウンカウントします。MBW ビットが 0 のときは -1 ずつ、MBW ビットが 1 のときは -2 ずつ値がダウンカウントされます。
1 面分の FIFO バッファ読み出し完了時に、USBFS は DTLN[8:0] ビットを 0 にします。ただしダブルバッファモードでは、FIFO バッファ 1 面分の受信データの読み出しを完了する前に、もう 1 面分の FIFO バッファにデータを受信した場合、USBFS は、最初の 1 面分の読み出し完了時に、次の 1 面分の受信データ長を DTLN[8:0] ビットに表示します。

FRDY ビット (FIFO ポートレディ)

CPU または DMAC/DTC から FIFO ポートにアクセス可能かどうかを表示します。

以下の場合、USBFS は FRDY ビットを 1 にしますが、読み出すべきデータがないため、FIFO ポート経由のデータ読み出しはできません。

- 選択パイプに割り当てられている FIFO バッファが空の状態 Zero-Length パケットを受信した場合
- PIPECFG.BFRE ビットが 1 のときに、ショートパケットを受信し、データ読み出しを完了した場合

このような場合は、BCLR ビットを 1 にして FIFO バッファをクリアし、次のデータ送受信が可能な状態にしてください。

BCLR ビット (CPU バッファクリア)

選択パイプの CPU の FIFO バッファをクリアする場合、BCLR ビットを 1 にしてください。

選択パイプに割り当てられた FIFO バッファに、ダブルバッファモードが設定されている場合、FIFO バッファの両面とも読み出し可能な状態であっても、USBFS はその片面のみをクリアします。

選択パイプが DCP の場合は、CPU 側と SIE 側のどちらにアクセス権があるかにかかわらず、BCLR ビットを 1 にすると、USBFS は FIFO バッファのクリアが可能になります。SIE 側にアクセス権がある場合、FIFO バッファをクリアするには、DCPCTR.PID[1:0] ビットを 00b (NAK 応答) にしてから、BCLR ビットを 1 にしてください。

選択パイプが送信方向の場合、BVAL フラグと BCLR ビットへ同時に 1 を書き込むと、USBFS は書き込み済みのデータをクリアして、Zero-Length パケットの送信を可能にします。

選択パイプが DCP 以外の場合、BCLR ビットへの 1 の書き込みは、FIFO ポートコントロールレジスタの FRDY ビットが (USBFS によって) 1 になっている場合にのみ行ってください。

BVAL フラグ (バッファメモリ有効フラグ)

CURPIPE[3:0] ビットで選択したパイプの CPU 側の FIFO バッファへデータライトが完了したとき、BVAL フラグを 1 にしてください。

選択パイプが送信方向のとき、以下の場合に、本フラグを 1 にしてください。

- ショートパケットを送信する場合、データライト後に本フラグを 1 にする
- Zero-Length パケットを送信する場合、FIFO バッファへのデータライト前に本フラグを 1 にする

USBFS は、CPU の FIFO バッファを SIE に切り替え、それにより送信可能な状態にします。

連続転送モード時にパイプに対して最大パケットサイズ分のデータを書き込むと、USBFS は BVAL フラグを 1 にし、FIFO バッファを CPU から SIE に切り替え、それにより送信可能な状態にします。

BVAL フラグへの 1 の書き込みは、FRDY ビットが (USBFS によって) 1 になっている場合にのみ行ってください。選択パイプが受信方向の場合、BVAL フラグは 1 にしないでください。

28.2.7 割り込みイネーブルレジスタ 0 (INTENB0)

アドレス USBFS.INTENB0 4009 0030h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|-------|-------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| VBSE | RSME | SOFE | DVSE | CTRE | BEMPE | NRDYE | BRDYE | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|------------------------------|------------------------------|-----|
| b7-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b8 | BRDYE | バッファレディ割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b9 | NRDYE | バッファノットレディ応答割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b10 | BEMPE | バッファエンプティ割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b11 | CTRE | コントロール転送ステージ遷移割り込み許可 (注1) | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b12 | DVSE | デバイスステート遷移割り込み許可(注1) | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b13 | SOFE | フレーム番号更新割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b14 | RSME | レジューム割り込み許可(注1) | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b15 | VBSE | VBUS割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |

注1. RSME、DVSE、およびCTREビットは、デバイスコントローラモード時にのみ1にできます。ホストコントローラモードでは、これらのビットを1にしないでください。

INTSTS0レジスタのステータスフラグが1で、INTENB0レジスタの関連する割り込み要求許可ビットが1の場合、USBFSはUSBFS割り込み要求を発行します。

INTENB0レジスタの設定値にかかわらず、関連する条件を満たすステート切り替えに応じて、INTSTS0レジスタのステータスフラグは1となります。

INTSTS0レジスタの対応するステータスフラグが1の状態、INTENB0レジスタの割り込み要求許可ビットが0から1に切り替わると、USBFS割り込み要求が発行されます。

28.2.8 割り込みイネーブルレジスタ 1 (INTENB1)

アドレス USBFS.INTENB1 4009 0032h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------|-------|-----|-------|---------|-----|----|----|----|---------|-------|-------|----|----|----|------------|
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | OVRCRE | BCHGE | — | DTCHE | ATTCH E | — | — | — | — | EOFERRE | SIGNE | SACKE | — | — | — | PDDETINTE0 |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|------------|-------------------------|------------------------------|-----|
| b0 | PDDETINTE0 | PDDETINT0検出割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b3-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | SACKE | SETUPトランザクション正常応答割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b5 | SIGNE | SETUPトランザクションエラー割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b6 | EOFERRE | EOFエラー検出割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b10-b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b11 | ATTCH E | アタッチ検出割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b12 | DTCHE | デタッチ検出割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b13 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b14 | BCHGE | USBバス変化割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b15 | OVRCRE | オーバーカレント入力変化割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |

注. INTENB1 レジスタのビットは、ホストコントローラモード時のみ1にできます。デバイスコントローラモードでは、1にしないでください。

INTENB1 レジスタは、ホストコントローラモード時の SETUP トランザクションに対する割り込みマスクを指定します。

INTSTS1 レジスタのステータスフラグが1で、INTENB1 レジスタの関連する割り込み要求許可ビットが1の場合、USBFS は USBFS 割り込み要求を発行します。

INTENB1 レジスタの設定値にかかわらず、関連する条件を満たすステート切り替えに応じて、INTSTS1 レジスタのステータスフラグは1となります。

INTSTS1 レジスタの対応するステータスフラグが1の状態、INTENB1 レジスタの割り込み要求許可ビットが0から1に切り替わると、USBFS 割り込み要求が発行されます。

デバイスコントローラモードでは、割り込みを許可しないでください。

28.2.9 BRDY 割り込みイネーブルレジスタ (BRDYENB)

アドレス USBFS.BRDYENB 4009 0036h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | PIPE9B RDYE | PIPE8B RDYE | PIPE7B RDYE | PIPE6B RDYE | PIPE5B RDYE | PIPE4B RDYE | PIPE3B RDYE | PIPE2B RDYE | PIPE1B RDYE | PIPE0B RDYE |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|------------|-----------------|------------------------------|-----|
| b0 | PIPE0BRDYE | パイプ0のBRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b1 | PIPE1BRDYE | パイプ1のBRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b2 | PIPE2BRDYE | パイプ2のBRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b3 | PIPE3BRDYE | パイプ3のBRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b4 | PIPE4BRDYE | パイプ4のBRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b5 | PIPE5BRDYE | パイプ5のBRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b6 | PIPE6BRDYE | パイプ6のBRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b7 | PIPE7BRDYE | パイプ7のBRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b8 | PIPE8BRDYE | パイプ8のBRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b9 | PIPE9BRDYE | パイプ9のBRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b15-b10 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

BRDYENB レジスタは、各パイプの BRDY 割り込み検出時に、INTSTS0.BRDY ビットを 1 にすることを許可または禁止します。

BRDYSTS レジスタのステータスフラグが 1 で、BRDYENB レジスタの関連する PIPE_nBRDYE ビット (n = 0 ~ 9) が 1 の場合、INTSTS0.BRDY フラグは 1 になります。このとき、INTENB0 レジスタの BRDYE ビットが 1 であれば、USBFS は BRDY 割り込み要求を発生させます。

PIPE_nBRDY ビットの少なくとも 1 つが 1 のとき、ソフトウェアで BRDYENB レジスタの対応する割り込み許可ビットを 0 から 1 に変更すると、USBFS は BRDY 割り込み要求を発生させます。

28.2.10 NRDY 割り込みイネーブルレジスタ (NRDYENB)

アドレス USBFS.NRDYENB 4009 0038h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | PIPE9N RDYE | PIPE8N RDYE | PIPE7N RDYE | PIPE6N RDYE | PIPE5N RDYE | PIPE4N RDYE | PIPE3N RDYE | PIPE2N RDYE | PIPE1N RDYE | PIPE0N RDYE |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|------------|-----------------|------------------------------|-----|
| b0 | PIPE0NRDYE | パイプ0のNRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b1 | PIPE1NRDYE | パイプ1のNRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b2 | PIPE2NRDYE | パイプ2のNRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b3 | PIPE3NRDYE | パイプ3のNRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b4 | PIPE4NRDYE | パイプ4のNRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b5 | PIPE5NRDYE | パイプ5のNRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b6 | PIPE6NRDYE | パイプ6のNRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b7 | PIPE7NRDYE | パイプ7のNRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b8 | PIPE8NRDYE | パイプ8のNRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b9 | PIPE9NRDYE | パイプ9のNRDY割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b15-b10 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

NRDYENB レジスタは、各パイプの NRDY 割り込み検出時に、INTSTS0.NRDY ビットを 1 にすることを許可または禁止します。

NRDYSTS レジスタのステータスフラグが 1 で、NRDYENB レジスタの関連する PIPE n NRDYE ビット ($n = 0 \sim 9$) が 1 の場合、INTSTS0.NRDY フラグは 1 になります。このとき、INTENB0 レジスタの NRDYE ビットが 1 であれば、USBFS は NRDY 割り込み要求を発生させます。

PIPE n NRDY ビットの少なくとも 1 つが 1 のとき、ソフトウェアで NRDYENB レジスタの対応する割り込み要求許可ビットを 0 から 1 に変更すると、USBFS は NRDY 割り込み要求を発生させます。

28.2.11 BEMP 割り込みイネーブルレジスタ (BEMPENB)

アドレス USBFS.BEMPENB 4009 003Ah

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | PIPE9B EMPE | PIPE8B EMPE | PIPE7B EMPE | PIPE6B EMPE | PIPE5B EMPE | PIPE4B EMPE | PIPE3B EMPE | PIPE2B EMPE | PIPE1B EMPE | PIPE0B EMPE |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|------------|-----------------|------------------------------|-----|
| b0 | PIPE0BEMPE | パイプ0のBEMP割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b1 | PIPE1BEMPE | パイプ1のBEMP割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b2 | PIPE2BEMPE | パイプ2のBEMP割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b3 | PIPE3BEMPE | パイプ3のBEMP割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b4 | PIPE4BEMPE | パイプ4のBEMP割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b5 | PIPE5BEMPE | パイプ5のBEMP割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b6 | PIPE6BEMPE | パイプ6のBEMP割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b7 | PIPE7BEMPE | パイプ7のBEMP割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b8 | PIPE8BEMPE | パイプ8のBEMP割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b9 | PIPE9BEMPE | パイプ9のBEMP割り込み許可 | 0: 割り込み出力を禁止 1: 割り込み出力を許可 | R/W |
| b15-b10 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

BEMPENB レジスタは、各パイプの BEMP 割り込み検出時に、INTSTS0.BEMP ビットを 1 にすることを禁止または許可します。

BEMPSTS レジスタのステータスフラグが 1 で、BEMPENB レジスタの関連する PIPE n BEMPE ビット ($n = 0 \sim 9$) が 1 の場合、INTSTS0.BEMP フラグは 1 になります。このとき、INTENB0 レジスタの BEMPE ビットが 1 であれば、USBFS は BEMP 割り込み要求を発生させます。

PIPE n BEMPE ビットの少なくとも 1 つが 1 のとき、ソフトウェアで BEMPENB レジスタの対応する割り込み要求許可ビットを 0 から 1 に変更すると、USBFS は BEMP 割り込み要求を発生させます。

28.2.12 SOF 出力コンフィグレーションレジスタ (SOFCFG)

アドレス USBFS.SOFCFG 4009 003Ch

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----------|----|--------|----|---------|----|----|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | TRNENSEL | — | BRDY M | — | EDGESTS | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------|----------------------------|--|-----|
| b3-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | EDGESTS | エッジ割り込み出力ステータスマニタ (注1) | エッジ割り込み出力信号のエッジ処理中は1になります。 | R |
| b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6 | BRDY M | BRDY 割り込みステータスクリアタイ ミング | 0: ソフトウェアでBRDYフラグをクリア 1: FIFOバッファに対するデータリード/ライトを介して、USBFSがBRDYフラグをクリア | R/W |
| b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b8 | TRNENSEL | トランザクション有効期間切り替え (注1) | 0: ロースピード通信非対応 1: ロースピード通信対応 | R/W |
| b15-b9 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. USBFS へのクロック供給を停止するときは、事前に本ビットが0であることを確認してください。

EDGESTS ビット (エッジ割り込み出力ステータスマニタ)

エッジ割り込み出力信号のエッジ処理中は1を示します。USBFS へのクロック供給を停止するときは、事前に本ビットが0であることを確認してください。

BRDY M ビット (BRDY 割り込みステータスクリアタイミング)

パイプの BRDY 割り込みステータスフラグのクリアタイミングを指定します。

TRNENSEL ビット (トランザクション有効期間切り替え)

USB ポートでフルスピードまたはロースピード通信を行う場合に、1フレーム中に USBFS がトークン発行を行う期間 (トランザクション有効期間) を指定します。

ロースピードデバイスが接続されたとき、本ビットを1にしてください。本ビットは、ホストコントローラモードでのみ有効です。デバイスコントローラモードでは、本ビットを0にしてください。

28.2.13 割り込みステータスレジスタ 0 (INTSTS0)

アドレス USBFS.INTSTS0 4009 0040h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|-------------|------|------|------|-------|-----------|--------|--------|-------------|----|----|----|---|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 | |
| VBINT | RESM | SOFR | DVST | CTRT | BEMP | NRDY | BRDY | VBSTS | DVSQ[2:0] | | VALID | CTSQ[2:0] | | | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0/1 (注1) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 (注2) | 0 (注3) | 0 (注3) | 0/1 (注3) | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------|------------------------------|--|-------------|
| b2-b0 | CTSQ[2:0] | コントロール転送ステージ | b2 b0 0 0 0: アイドルまたはセットアップステージ 0 0 1: コントロールリードデータステージ 0 1 0: コントロールリードステータスステージ 0 1 1: コントロールライトデータステージ 1 0 0: コントロールライトステータスステージ 1 0 1: コントロールライト (ノーデータ) ステータスステージ 1 1 0: コントロール転送シーケンスエラー | R |
| b3 | VALID | USB リクエスト受信 | 0: Setupパケットの受信なし 1: Setupパケットの受信あり | R/W (注4) |
| b6-b4 | DVSQ[2:0] | デバイスステート | b6 b4 0 0 0: Poweredステート 0 0 1: Defaultステート 0 1 0: Addressステート 0 1 1: Configuredステート 1 x x: Suspendedステート | R |
| b7 | VBSTS | VBUS入カステータス | 0: USB_VBUS端子がLow 1: USB_VBUS端子がHigh | R |
| b8 | BRDY | バッファレディ割り込みステータス | 0: BRDY割り込み発生なし 1: BRDY割り込み発生あり | R |
| b9 | NRDY | バッファノットレディ割り込みステータス | 0: NRDY割り込み発生なし 1: NRDY割り込み発生あり | R |
| b10 | BEMP | バッファエンプティ割り込みステータス | 0: BEMP割り込み発生なし 1: BEMP割り込み発生あり | R |
| b11 | CTRT | コントロール転送ステージ遷移割り込みステータス (注5) | 0: コントロール転送ステージ遷移割り込み発生なし 1: コントロール転送ステージ遷移割り込み発生あり | R/W (注4) |
| b12 | DVST | デバイスステート遷移割り込みステータス (注5) | 0: デバイスステート遷移割り込み発生なし 1: デバイスステート遷移割り込み発生あり | R/W (注4) |
| b13 | SOFR | フレーム番号更新割り込みステータス | 0: SOF割り込み発生なし 1: SOF割り込み発生あり | R/W (注4) |
| b14 | RESM | レジューム割り込みステータス (注5) (注6) | 0: レジューム割り込み発生なし 1: レジューム割り込み発生あり | R/W (注4) |
| b15 | VBINT | VBUS割り込みステータス (注6) | 0: VBUS割り込み発生なし 1: VBUS割り込み発生あり | R/W (注4) |

x: Don't care

- 注 1. MCUのリセット時は0、USBバスリセット後は1です。
- 注 2. USB_VBUS端子がHighのとき1、Lowのとき0です。
- 注 3. MCUのリセット時は000b、USBバスリセット後は001bです。
- 注 4. VBINT、RESM、SOFR、DVST、CTRT、またはVALIDビットをクリアする場合は、クリアしたいビットにのみ0を書き込んでください。その他のビットには1を書いてください。0を示しているステータスビットには、0を書き込まないでください。
- 注 5. RESM、DVST、およびCTRTビットのステータスは、デバイスコントローラモードでのみ変化します。ホストコントローラモードでは、対応する割り込み許可ビットを0 (禁止) にしてください。
- 注 6. USBFSは、VBINTビットおよびRESMビットが示すステータス変化をクロック停止中 (SCKEビット=0) でも検出し、対応する割り込み要求ビットが1であれば、その割り込みを要求します。ソフトウェアによるステータスのクリアは、クロック供給を許可にしてから行ってください。

CTSQ[2:0] ビット (コントロール転送ステージ)

ホストコントローラモードでは、CTSQ[2:0] ビットの読み出し値は無効です。

VALID ビット (USB リクエスト受信)

ホストコントローラモードでは、VALID ビットの読み出し値は無効です。

DVSQ[2:0] ビット (デバイスステート)

USB パスリセットでDVSQ[2:0] ビットは初期化されます。ホストコントローラモードでは、読み出し値は無効です。

BRDY ビット (バッファレディ割り込みステータス)

BRDY 割り込みステータスを示します。

BRDY 割り込みが許可 (BRDYENB.PIPE_nBRDYE = 1) になっているパイプの少なくとも1つで、USBFS が BRDY 割り込みステータス (PIPE_nBRDY = 1、n = 0 ~ 9) を検出すると、BRDY ビットを1にします。

PIPE_nBRDY ステータスがアサートされる条件については、[28.3.3.1 BRDY 割り込み](#)を参照してください。

1 になっている PIPE_nBRDYE ビットに対応した PIPE_nBRDY ビットのすべてに、ソフトウェアで0を書くと、USBFS は BRDY ビットを0にします。ソフトウェアで BRDY ビットに0を書き込んでも、BRDY ビットを0に設定することはできません。

NRDY ビット (バッファノットレディ割り込みステータス)

1 になっている PIPE_nNRDYE ビット (n = 0 ~ 9) に対応した PIPE_nNRDY ビットのうち、少なくとも1つの PIPE_nNRDY ビット (n = 0 ~ 9) が1になると (ソフトウェアで NRDY 割り込み出力を許可しているパイプのうち、少なくとも1つで USBFS が NRDY 割り込みステータスを検出すると)、USBFS は NRDY ビットを1にします。

PIPE_nNRDY ステータスがアサートされる条件については、[28.3.3.2 NRDY 割り込み](#)を参照してください。

1 になっている PIPE_nNRDYE ビットに対応した PIPE_nNRDY ビットのすべてに、ソフトウェアで0を書くと、USBFS は NRDY ビットを0にします。ソフトウェアで NRDY ビットに0を書き込んでも、NRDY ビットを0に設定することはできません。

BEMP ビット (バッファエンプティ割り込みステータス)

BEMP 割り込みステータスを示します。

BEMP 割り込みが許可されている (BEMPENB.PIPE_nBEMPE = 1) パイプの少なくとも1つで、USBFS が BEMP 割り込みステータス (PIPE_nBEMP = 1、n = 0 ~ 9) を検出すると、BEMP ビットを1にします。

PIPE_nBEMP ステータスがアサートされる条件については、[28.3.3.3 BEMP 割り込み](#)を参照してください。

1 になっている PIPE_nBEMPE ビットに対応した PIPE_nBEMP ビットのすべてに、ソフトウェアで0を書くと、USBFS は BEMP ビットを0にします。ソフトウェアで BEMP ビットに0を書き込んでも、BEMP ビットはクリアされません。

CTRT ビット (コントロール転送ステージ遷移割り込みステータス)

デバイスコントローラモードでは、USBFS がコントロール転送ステージ遷移を検出すると、CTSQ[2:0] ビット値を更新して、CTRT ビットを1にします。コントロール転送ステージ遷移割り込みが発生した場合、USBFS が次のコントロール転送ステージ遷移を検出する前に、CTRT ビットをクリアしてください。

ホストコントローラモードでは、CTRT ビットからの読み出し値は無効です。

DVST ビット (デバイスステート遷移割り込みステータス)

デバイスコントローラモードでは、USBFS がデバイスステートの変化を検出すると、DVSQ[2:0] ビット値を更新して、DVST ビットを 1 にします。デバイスステート遷移割り込みが発生した場合、USBFS が次のデバイスステート遷移を検出する前に、DVST ビットをクリアしてください。

ホストコントローラモードでは、DVST ビットからの読み出し値は無効です。

SOFR ビット (フレーム番号更新割り込みステータス)

ホストコントローラモードでは、ソフトウェアで DVSTCTR0.UACT ビットを 1 にしている場合、USBFS はフレーム番号の更新時に SOFR ビットを 1 にします。SOFR 割り込みは、1ms ごとに検出されます。

デバイスコントローラモードでは、USBFS はフレーム番号の更新時に SOFR ビットを 1 にします。SOFR 割り込みは、1ms ごとに検出されます。

USB ホストから受信した SOF パケットが破損していても、USBFS は内部補完機能によって SOFR 割り込みを検出できます。

RESM ビット (レジューム割り込みステータス)

デバイスコントローラモードでは、USBFS は、Suspended ステート時 (DVSQ[2:0]=1xxb) に USB_DP 端子で信号の立ち下がりを検出すると、RESM ビットを 1 にします。ホストコントローラモードでは、RESM ビットからの読み出し値は無効です。

VBINT ビット (VBUS 割り込みステータス)

USBFS は、USB_VBUS 端子入力値のレベル変化 (High から Low または Low から High) を検出すると、VBINT ビットを 1 にします。USBFS は、USB_VBUS 端子の入力値を VBSTS ビットに表示します。VBUS 割り込みが発生した場合は、ソフトウェアで VBSTS フラグを 3 回以上読み出すことでトランジェント成分を除去し、同じ値が読み出されたことを確認してください。

28.2.14 割り込みステータスレジスタ 1 (INTSTS1)

アドレス USBFS.INTSTS1 4009 0042h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|------|-----|------|-------|-----|----|----|----|--------|------|------|----|----|----|------------|
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | OVRCR | BCHG | — | DTCH | ATTCH | — | — | — | — | EOFERR | SIGN | SACK | — | — | — | PDEDETINT0 |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|------------|---------------------------------------|--|-------------|
| b0 | PDEDETINT0 | PDEDET0検出割り込みステータス | 0: PDEDET0検出割り込み発生なし 1: PDEDET0検出割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b3-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | SACK | SETUPトランザクション正常応答割り込みステータス | 0: SACK割り込み発生なし 1: SACK割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b5 | SIGN | SETUPトランザクションエラー割り込みステータス | 0: SIGN割り込み発生なし 1: SIGN割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b6 | EOFERR | EOFエラー検出割り込みステータス | 0: EOFERR割り込み発生なし 1: EOFERR割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b10-b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b11 | ATTCH | ATTCH割り込みステータス | 0: ATTCH割り込み発生なし 1: ATTCH割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b12 | DTCH | USBデータタッチ検出割り込みステータス | 0: DTCH割り込み発生なし 1: DTCH割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b13 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b14 | BCHG | USBバス変化割り込みステータス ^(注2) | 0: BCHG割り込み発生なし 1: BCHG割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b15 | OVRCR | オーバーカレント入力変化割り込みステータス ^(注2) | 0: OVRCR割り込み発生なし 1: OVRCR割り込み発生あり | R/W (注1) |

- 注1. INTSTS1レジスタの各ビットを0にする場合は、クリアしたいビットにのみ0を書いてください。その他のビットには1を書いてください。
- 注2. USBFSは、OVRCRまたはBCHGビットのステータス変化をクロック供給の停止中(SYSCFG.SCKE = 0)でも検出し、対応する割り込み要求ビットが1であれば割り込みを要求します。ソフトウェアでステータスをクリアする前にクロック供給を許可してください(SYSCFG.SCKE = 1)。その他の割り込みは、クロック停止中(SYSCFG.SCKEビット = 0)は検出することができません。

INTSTS1レジスタは、ホストコントローラモードでの各割り込みのステータスを確認するためのレジスタです。INTSTS1レジスタの各ビットが示すステータス変化の割り込みは、ホストコントローラモードでのみ許可にしてください。

PDEDETINT0 ビット (PDEDET0 検出割り込みステータス)

ホストコントローラモード時、ポータブルデバイス検出割り込みのステータスを示します。USBFSがUSB物理層トランシーバ(PHY)のVDPDET端子入力値にレベル変化(HighからLowまたはLowからHigh)を検出すると、本ビットが1になります。USBFSは、VDPDET端子の入力値をPDEDETSTS0ビットに表示します。PDEDETINT割り込みが発生した場合は、ソフトウェアでPDEDETSTS0ビットを3回以上読み出すことでトランジエント成分を除去し、同じ値が読み出されたことを確認してください。

SACK ビット (SETUP トランザクション正常応答割り込みステータス)

ホストコントローラモード時、SETUPトランザクション正常応答割り込みのステータスを示します。

USBFSが発行したSETUPトランザクション中に、周辺デバイスからACK応答が返されると、USBFSはSACK割り込みを検出して、本ビットを1にします。ソフトウェアで対応する割り込み許可ビットを1にしている場合、USBFSは割り込みを発生させます。

デバイスコントローラモードでは、SACKビットからの読み出し値は無効です。

SIGN ビット (SETUP トランザクションエラー割り込みステータス)

ホストコントローラモード時、SETUP トランザクションエラー割り込みのステータスを示します。

USBFS が発行した SETUP トランザクション中に、周辺デバイスから ACK 応答が 3 回連続で返されない場合、USBFS は SIGN 割り込みを検出し、本ビットを 1 にします。ソフトウェアで対応する割り込み許可ビットを 1 にしている場合、USBFS は割り込みを発生させます。

3 回連続した SETUP トランザクションに対して、以下のいずれかの応答条件が発生したとき、USBFS は SIGN 割り込みを検出します。

- 周辺デバイスが何も応答しない状態で USBFS がタイムアウトを検出したとき
- 破損した ACK パケットを受信したとき
- ACK 以外のハンドシェイク (NAK、NYET、または STALL) を受信したとき

デバイスコントローラモードでは、SIGN ビットからの読み出し値は無効です。

EOFERR ビット (EOF エラー検出割り込みステータス)

ホストコントローラモード時、EOFERR 割り込みのステータスを示します。

USBFS は、USB2.0 規格で定められている EOF2 のタイミングで通信が完了しなかったことを検出すると、EOFERR 割り込みを検出し、本ビットを 1 にします。ソフトウェアで対応する割り込み許可ビットを 1 にしている場合、USBFS は割り込みを発生させます。

EOFERR 割り込みの検出後、USBFS は対応する割り込み許可ビットの設定値とは無関係に、以下のようハードウェアを制御します。

- EOFERR 割り込みが検出されたポートに対して、DVSTCTR0.UACT ビットを 0 にする
- EOFERR 割り込みが発生したポートをアイドル状態に遷移させる

ソフトウェアは通信を行っているすべてのパイプを終了させた後、USB ポートへの再エニュメレーションを行ってください。

デバイスコントローラモードでは、EOFERR ビットからの読み出し値は無効です。

ATTCH ビット (ATTCH 割り込みステータス)

ホストコントローラモード時、USB アタッチ検出割り込みのステータスを示します。

USBFS は、フルスピードまたはロースピード信号レベルの J-State または K-State を 2.5 μ s 間検出すると、ATTCH 割り込みを検出して、本ビットを 1 にします。ソフトウェアで対応する割り込み許可ビットを 1 にしている場合、USBFS は割り込みを発生させます。

以下のいずれかの条件が発生したとき、USBFS は ATTCH 割り込みを検出します。

- K-State、SE0、または SE1 から J-State に変化し、J-State が 2.5 μ s 間継続したとき
- J-State、SE0、または SE1 から K-State に変化し、K-State が 2.5 μ s 間継続したとき

デバイスコントローラモードでは、ATTCH ビットからの読み出し値は無効です。

DTCH ビット (USB デタッチ検出割り込みステータス)

ホストコントローラモード時、USB デタッチ検出割り込みのステータスを示します。

USBFS は、USB バスデタッチイベントを検出すると、DTCH 割り込みを検出して、本ビットを 1 にします。ソフトウェアで対応する割り込み許可ビットを 1 にしている場合、USBFS は割り込みを発生させます。

USBFS は、USB2.0 規格に基づいてバスデタッチイベントを検出します。

DTCH 割り込みの検出後、USBFS は対応する割り込み許可ビットの設定値とは無関係に、以下のようにハードウェアを制御します。

- DTCH 割り込みが検出されたポートに対して、DVSTCTR0.UACT ビットを 0 にする
- DTCH 割り込みが発生したポートをアイドル状態に遷移させる

ソフトウェアで、通信を行っているすべてのパイプを終了させ、USB ポートへのアタッチ待ちの状態 (ATTCH 割り込み発生待ちの状態) を呼び出してください。

デバイスコントローラモードでは、DTCH フラグからの読み出し値は無効です。

BCHG ビット (USB バス変化割り込みステータス)

ホストコントローラモード時、USB バス変化割り込みのステータスを示します。

USB ポート上でフルスピードまたはロースピード信号レベルの変化が生じると、USBFS は BCHG 割り込みを検出して、本ビットを 1 にします。対象となる変化は、J-State、K-State、または SE0 から、J-State、K-State、または SE0 へのすべての変化です。ソフトウェアで対応する割り込み許可ビットを 1 にしている場合、USBFS は割り込みを発生させます。

USBFS は、USB ポートの現在の入力状態を LNST[1:0] ビットに表示します。BCHG 割り込みが発生した場合は、同じ値が 3 回以上読み出されるまで、ソフトウェアで LNST[1:0] ビットの読み出しを繰り返し、トランジェント成分を除去してください。

USB バス状態の変化は、内部クロックが停止しているときも検出可能です。

デバイスコントローラモードでは、BCHG フラグからの読み出し値は無効です。

OVRCCR ビット (オーバercurrent入力変化割り込みステータス)

USB_OVRCURA および USB_OVRCURB 入力端子変化割り込みのステータスを示します。

USB_OVRCURA 端子と USB_OVRCURB 端子の入力値の少なくとも一方に変化 (High から Low または Low から High) が生じると、USBFS は OVRCCR 割り込みを検出して、本ビットを 1 にします。ソフトウェアで対応する割り込み許可ビットを 1 にしている場合、USBFS は割り込みを発生させます。

28.2.15 BRDY 割り込みステータスレジスタ (BRDYSTS)

アドレス USBFS.BRDYSTS 4009 0046h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | PIPE9B RDY | PIPE8B RDY | PIPE7B RDY | PIPE6B RDY | PIPE5B RDY | PIPE4B RDY | PIPE3B RDY | PIPE2B RDY | PIPE1B RDY | PIPE0B RDY |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|-------------------------|----------------------------|-------------|
| b0 | PIPE0BRDY | パイプ0のBRDY割り込みステータス (注2) | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b1 | PIPE1BRDY | パイプ1のBRDY割り込みステータス (注2) | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b2 | PIPE2BRDY | パイプ2のBRDY割り込みステータス (注2) | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b3 | PIPE3BRDY | パイプ3のBRDY割り込みステータス (注2) | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b4 | PIPE4BRDY | パイプ4のBRDY割り込みステータス (注2) | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b5 | PIPE5BRDY | パイプ5のBRDY割り込みステータス (注2) | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b6 | PIPE6BRDY | パイプ6のBRDY割り込みステータス (注2) | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b7 | PIPE7BRDY | パイプ7のBRDY割り込みステータス (注2) | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b8 | PIPE8BRDY | パイプ8のBRDY割り込みステータス (注2) | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b9 | PIPE9BRDY | パイプ9のBRDY割り込みステータス (注2) | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b15-b10 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

- 注1. SOFCFG.BRDYM ビットが0の場合、BRDYSTS レジスタの各ビットが示すステータスをクリアするには、クリアしたいビットにのみ0を書いてください。その他のビットには1を書いてください。
- 注2. SOFCFG.BRDYM ビットが0の場合、BRDY 割り込みのクリアは、FIFOにアクセスする前に行ってください。

28.2.16 NRDY 割り込みステータスレジスタ (NRDYSTS)

アドレス USBFS.NRDYSTS 4009 0048h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | PIPE9N RDY | PIPE8N RDY | PIPE7N RDY | PIPE6N RDY | PIPE5N RDY | PIPE4N RDY | PIPE3N RDY | PIPE2N RDY | PIPE1N RDY | PIPE0N RDY |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|--------------------|----------------------------|-------------|
| b0 | PIPE0NRDY | パイプ0のNRDY割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b1 | PIPE1NRDY | パイプ1のNRDY割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b2 | PIPE2NRDY | パイプ2のNRDY割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b3 | PIPE3NRDY | パイプ3のNRDY割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b4 | PIPE4NRDY | パイプ4のNRDY割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b5 | PIPE5NRDY | パイプ5のNRDY割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b6 | PIPE6NRDY | パイプ6のNRDY割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b7 | PIPE7NRDY | パイプ7のNRDY割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b8 | PIPE8NRDY | パイプ8のNRDY割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b9 | PIPE9NRDY | パイプ9のNRDY割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b15-b10 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注 1. NRDYSTS レジスタの各ビットが示すステータスをクリアするには、クリアしたいビットにのみ0を書いてください。その他のビットには1を書いてください。

28.2.17 BEMP 割り込みステータスレジスタ (BEMPSTS)

アドレス USBFS.BEMPSTS 4009 004Ah

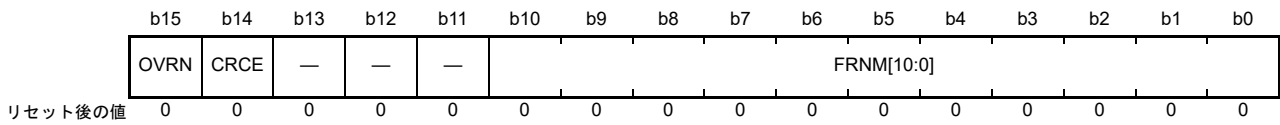
| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | PIPE9B EMP | PIPE8B EMP | PIPE7B EMP | PIPE6B EMP | PIPE5B EMP | PIPE4B EMP | PIPE3B EMP | PIPE2B EMP | PIPE1B EMP | PIPE0B EMP |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|--------------------|----------------------------|-------------|
| b0 | PIPE0BEMP | パイプ0のBEMP割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b1 | PIPE1BEMP | パイプ1のBEMP割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b2 | PIPE2BEMP | パイプ2のBEMP割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b3 | PIPE3BEMP | パイプ3のBEMP割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b4 | PIPE4BEMP | パイプ4のBEMP割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b5 | PIPE5BEMP | パイプ5のBEMP割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b6 | PIPE6BEMP | パイプ6のBEMP割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b7 | PIPE7BEMP | パイプ7のBEMP割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b8 | PIPE8BEMP | パイプ8のBEMP割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b9 | PIPE9BEMP | パイプ9のBEMP割り込みステータス | 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり | R/W (注1) |
| b15-b10 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注 1. BEMPSTS レジスタの各ビットが示すステータスをクリアするには、クリアしたいビットにのみ0を書いてください。その他のビットには1を書いてください。

28.2.18 フレームナンバレジスタ (FRMNUM)

アドレス USBFS.FRMNUM 4009 004Ch



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|------------|----------------------|--------------------------|-------------|
| b10-b0 | FRNM[10:0] | フレーム番号 | 最新のフレーム番号 | R |
| b13-b11 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b14 | CRCE | 受信データエラー | 0: エラーなし 1: エラー発生 | R/W (注1) |
| b15 | OVRN | オーバーラン/アンダーラン検出ステータス | 0: エラーなし 1: エラー発生 | R/W (注1) |

注1. ステータスをクリアするには、クリアしたいビットにのみ0を書いてください。その他のビットには1を書いてください。

FRNM[10:0] ビット (フレーム番号)

FRNM[10:0] ビットは、1ms ごとの SOF パケット発行後、または SOF パケット受信時に FRNM[10:0] ビットに書き込んだ後、USBFS に対し最新のフレーム番号を示します。

CRCE ビット (受信データエラー)

アイソクロナス転送中に CRC エラーやビットスタッフィングエラーが発生すると、CRCE ビットが1になります。ホストコントローラモードでの CRC エラー検出時に、USBFS は内部 NRDY 割り込みを発生させます。

CRCE ビットをクリアするには、本ビットに0を書き、FRMNUM レジスタの他のビットには1を書いてください。

OVRN ビット (オーバーラン/アンダーラン検出ステータス)

アイソクロナス転送中にオーバーランエラーやアンダーランエラーが発生すると、OVRN ビットが1になります。OVRN ビットをクリアするには、本ビットに0を書き、FRMNUM レジスタの他のビットには1を書いてください。

ホストコントローラモードでは、以下のいずれかの条件で、OVRN ビットが1になります。

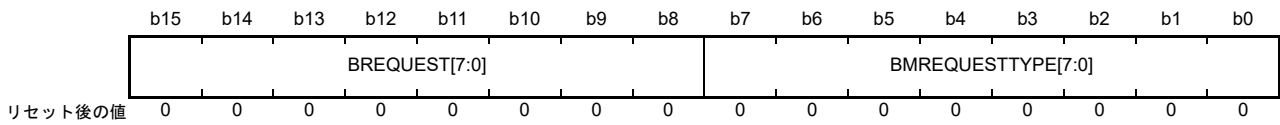
- アイソクロナス転送の送信パイプにおいて、すべての送信データが FIFO バッファに書き込まれていない状態で、OUT トークンの発行タイミングに達したとき
- アイソクロナス転送の受信パイプにおいて、FIFO バッファのすべての面に空きがない状態で、IN トークンの発行タイミングに達したとき

デバイスコントローラモードでは、以下のいずれかの条件で、OVRN ビットが1になります。

- アイソクロナス転送の送信パイプにおいて、すべての送信データが FIFO バッファに書き込まれていない状態で、IN トークンを受信したとき
- アイソクロナス転送の受信パイプにおいて、FIFO バッファのすべての面に空きがない状態で、OUT トークンを受信したとき

28.2.19 USB リクエストタイプレジスタ (USBREQ)

アドレス **USBFS.USBREQ 4009 0054h**



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|---------------------------|----------|----------------------------|-------------|
| b7-b0 | BMREQUESTTYPE[7:0] | リクエストタイプ | USB リクエストの bmRequestType 値 | R/W (注1) |
| b15-b8 | BREQUEST[7:0] | リクエスト | USB リクエストの bRequest 値 | R/W (注1) |

注1. デバイスコントローラモードでは、これらのビットは読み出し可能ですが、書き込みは無効です。ホストコントローラモードでは、これらのビットは読み出し/書き込みが可能です。

USBREQ レジスタは、コントロール転送のセットアップリクエストを格納するレジスタです。

デバイスコントローラモードでは、USBREQ レジスタは、受信した bRequest および bmRequestType 値を格納します。ホストコントローラモードでは、送信する bRequest および bmRequestType 値を設定します。

USBREQ レジスタは、USB バスリセットで初期化されます。

BMREQUESTTYPE[7:0] ビット (リクエストタイプ)

USB リクエストの bmRequestType 値を格納します。

- ホストコントローラモード時：
送信する SETUP トランザクションの USB リクエストデータ値を設定してください。DCPCTR.SUREQ ビットが 1 のときは、これらのビット値を変更しないでください。
- デバイスコントローラモード時：
SETUP トランザクションで受信した USB リクエストデータ値を示します。書き込みは無効です。

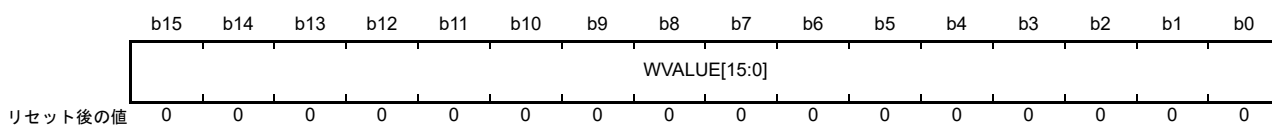
BREQUEST[7:0] ビット (リクエスト)

USB リクエストの bRequest 値を格納します。

- ホストコントローラモード時：
送信用 SETUP トランザクションの USB リクエストデータ値を設定してください。DCPCTR.SUREQ ビットが 1 のときは、これらのビット値を変更しないでください。
- デバイスコントローラモード時：
受信用 SETUP トランザクションの USB リクエストデータ値を示します。書き込みは無効です。

28.2.20 USB リクエストバリュeregister (USBVAL)

アドレス USBFS.USBVAL 4009 0056h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------------|------|----------------------------|-------------|
| b15-b0 | WVALUE[15:0] | バリュー | USB リクエストの wValue 値を格納します。 | R/W (注1) |

注1. デバイスコントローラモードでは、これらのビットは読み出し可能ですが、書き込みは無効です。ホストコントローラモードでは、これらのビットは読み出し/書き込みの両方が可能です。

デバイスコントローラモードでは、USBVAL レジスタは、受信した wValue 値を格納します。ホストコントローラモードでは、送信する wValue の値を設定します。

USBVAL レジスタは、USB バスリセットで初期化されます。

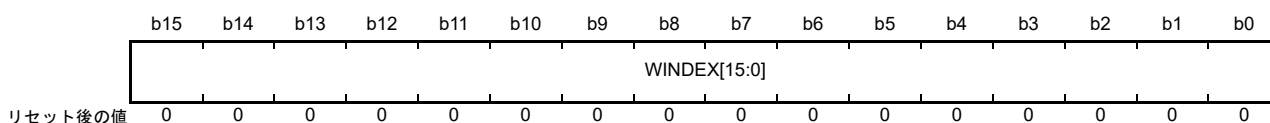
WVALUE[15:0] ビット (バリュー)

USB リクエスト wValue の値を格納します。

- ホストコントローラモード時：
送信用 SETUP トランザクションの USB リクエストの wValue 値を設定してください。DCPCTR.SUREQ ビットが 1 のときは、これらのビット値を変更しないでください。
- デバイスコントローラモード時：
受信用 SETUP トランザクションの USB リクエストの wValue 値を表示します。書き込みは無効です。

28.2.21 USB リクエストインデックスレジスタ (USBINDX)

アドレス **USBFS.USBINDX 4009 0058h**



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------------|--------|----------------------------|-------------|
| b15-b0 | WINDEX[15:0] | インデックス | USB リクエストの wIndex 値を格納します。 | R/W (注1) |

注1. デバイスコントローラモードでは、これらのビットは読み出し可能ですが、書き込みは無効です。ホストコントローラモードでは、これらのビットは読み出し/書き込みの両方が可能です。

USBINDX レジスタは、コントロール転送のセットアップリクエストを格納するレジスタです。

デバイスコントローラモードでは、USBINDX レジスタは受信した wIndex 値を格納します。ホストコントローラモードでは、送信する wIndex の値を設定します。

USBINDX レジスタは、USB バスリセットで初期化されます。

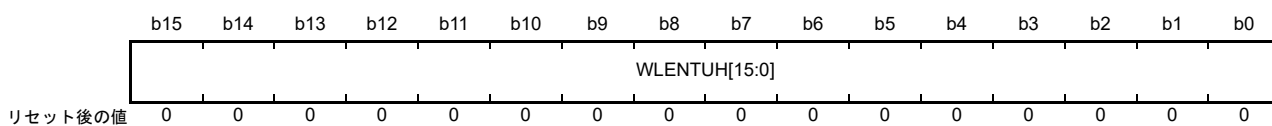
WINDEX[15:0] ビット (インデックス)

USB リクエストの値を格納します。

- ホストコントローラモード時：
送信用 SETUP トランザクションの USB リクエストの wIndex 値を設定してください。DCPCTR.SUREQ ビットが 1 のときは、これらのビット値を変更しないでください。
- デバイスコントローラモード時：
受信用 SETUP トランザクションの USB リクエストの wIndex 値を示します。書き込みは無効です。

28.2.22 USB リクエストレングスレジスタ (USBLENG)

アドレス USBFS.USBLENG 4009 005Ah



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|---------------|------|-----------------------------|-------------|
| b15-b0 | WLENTUH[15:0] | レングス | USB リクエストの wLength 値を格納します。 | R/W (注1) |

注1. デバイスコントローラモードでは、これらのビットは読み出し可能ですが、書き込みは無効です。ホストコントローラモードでは、これらのビットは読み出し/書き込みの両方が可能です。

USBLENG レジスタは、コントロール転送のセットアップリクエストを格納するレジスタです。

デバイスコントローラモードの場合、受信した wLength 値を格納します。ホストコントローラモードでは、送信する wLength 値を設定します。

USBLENG レジスタは、USB バスリセットで初期化されます。

WLENTUH[15:0] ビット (レングス)

USB リクエストの wLength 値を格納します。

- ホストコントローラモード時：
送信用 SETUP トランザクションの USB リクエストの wLength 値を設定してください。
DCPCTR.SUREQ ビットが 1 のときは、これらのビット値を変更しないでください。
- デバイスコントローラモード時：
受信用 SETUP トランザクションの USB リクエストの wLength 値を示します。書き込みは無効です。

28.2.23 DCP コンフィグレーションレジスタ (DCPCFG)

アドレス USBFS.DCPCFG 4009 005Ch

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|------------|----|----|-----|----|----|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | SHTNA K | — | — | DIR | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------|-----------------------------|-----------------------------------|-----|
| b3-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | DIR | 転送方向 ^(注1) | 0: データ受信方向 1: データ送信方向 | R/W |
| b6-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | SHTNAK | 転送終了時のパイプ禁止 ^(注1) | 0: 転送終了時にパイプを継続 1: 転送終了時にパイプ禁止 | R/W |
| b15-b8 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. 本ビットは、必ずPID = NAK のときに設定してください。本ビットを設定するときは、事前に DCPCTR.PBUSY ビットが0であることを確認した後、DCP の DCPCTR.PID[1:0] ビットを BUF から NAK へ変更してください。USBFS が PID[1:0] ビットを NAK に変更した場合は、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は不要です。

DIR ビット (転送方向)

ホストコントローラモード時、コントロール転送のデータステージとステータスステージの転送方向を設定します。デバイスコントローラモードでは、DIR ビットは0にしてください。

SHTNAK ビット (転送終了時のパイプ禁止)

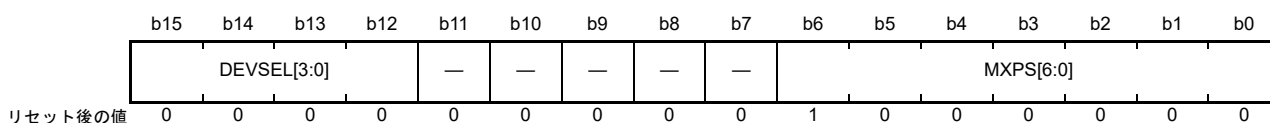
選択パイプが受信方向の場合に、転送終了時にPIDをNAKに変更するかどうかを指定します。選択パイプが受信方向の場合のみ有効です。

SHTNAK ビットが1の場合、USBFSは、転送の終了を判定したときにDCPのDCPCTR.PID[1:0] ビットをNAKに変更します。USBFSは、以下の場合に転送終了と判定します。

- ショートパケット (Zero-Length パケットを含む) を正常に受信したとき

28.2.24 DCP マックスパケットサイズレジスタ (DCPMAXP)

アドレス USBFS.DCPMAXP 4009 005Eh



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|---------------|--|-----|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-----|
| b6-b0 | MXPS[6:0] | 最大パケットサイズ(注1) | DCPのペイロード内の最大データ量(最大パケットサイズ)を設定します。 <table border="0"> <tr><td>b6</td><td>b0</td></tr> <tr><td>0 0 0 1 0 0</td><td>0: 8バイト</td></tr> <tr><td>0 0 1 0 0 0</td><td>0: 16バイト</td></tr> <tr><td>0 0 1 1 0 0</td><td>0: 24バイト</td></tr> <tr><td>0 1 0 0 0 0</td><td>0: 32バイト</td></tr> <tr><td>0 1 0 1 0 0</td><td>0: 40バイト</td></tr> <tr><td>0 1 1 0 0 0</td><td>0: 48バイト</td></tr> <tr><td>0 1 1 1 0 0</td><td>0: 56バイト</td></tr> <tr><td>1 0 0 0 0 0</td><td>0: 64バイト</td></tr> <tr><td>1 0 0 1 0 0</td><td>0: 72バイト</td></tr> <tr><td>1 0 1 0 0 0</td><td>0: 80バイト</td></tr> <tr><td>1 0 1 1 0 0</td><td>0: 88バイト</td></tr> <tr><td>1 1 0 0 0 0</td><td>0: 96バイト</td></tr> <tr><td>1 1 0 1 0 0</td><td>0: 104バイト</td></tr> <tr><td>1 1 1 0 0 0</td><td>0: 112バイト</td></tr> <tr><td>1 1 1 1 0 0</td><td>0: 120バイト</td></tr> </table> 上記以外は設定しないでください。 | b6 | b0 | 0 0 0 1 0 0 | 0: 8バイト | 0 0 1 0 0 0 | 0: 16バイト | 0 0 1 1 0 0 | 0: 24バイト | 0 1 0 0 0 0 | 0: 32バイト | 0 1 0 1 0 0 | 0: 40バイト | 0 1 1 0 0 0 | 0: 48バイト | 0 1 1 1 0 0 | 0: 56バイト | 1 0 0 0 0 0 | 0: 64バイト | 1 0 0 1 0 0 | 0: 72バイト | 1 0 1 0 0 0 | 0: 80バイト | 1 0 1 1 0 0 | 0: 88バイト | 1 1 0 0 0 0 | 0: 96バイト | 1 1 0 1 0 0 | 0: 104バイト | 1 1 1 0 0 0 | 0: 112バイト | 1 1 1 1 0 0 | 0: 120バイト | R/W |
| b6 | b0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 0 1 0 0 | 0: 8バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 1 0 0 0 | 0: 16バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 1 1 0 0 | 0: 24バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 0 0 0 0 | 0: 32バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 0 1 0 0 | 0: 40バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 1 0 0 0 | 0: 48バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 1 1 0 0 | 0: 56バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 0 0 0 0 0 | 0: 64バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 0 0 1 0 0 | 0: 72バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 0 1 0 0 0 | 0: 80バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 0 1 1 0 0 | 0: 88バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1 0 0 0 0 | 0: 96バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1 0 1 0 0 | 0: 104バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1 1 0 0 0 | 0: 112バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1 1 1 0 0 | 0: 120バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b11-b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b15-b12 | DEVSEL[3:0] | デバイス選択(注2) | <table border="0"> <tr><td>b15</td><td>b12</td></tr> <tr><td>0 0 0 0</td><td>: アドレス 0000</td></tr> <tr><td>0 0 0 1</td><td>: アドレス 0001</td></tr> <tr><td>0 0 1 0</td><td>: アドレス 0010</td></tr> <tr><td>0 0 1 1</td><td>: アドレス 0011</td></tr> <tr><td>0 1 0 0</td><td>: アドレス 0100</td></tr> <tr><td>0 1 0 1</td><td>: アドレス 0101</td></tr> </table> 上記以外は設定しないでください。 | b15 | b12 | 0 0 0 0 | : アドレス 0000 | 0 0 0 1 | : アドレス 0001 | 0 0 1 0 | : アドレス 0010 | 0 0 1 1 | : アドレス 0011 | 0 1 0 0 | : アドレス 0100 | 0 1 0 1 | : アドレス 0101 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b15 | b12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 0 0 | : アドレス 0000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 0 1 | : アドレス 0001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 1 0 | : アドレス 0010 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 1 1 | : アドレス 0011 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 0 0 | : アドレス 0100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 0 1 | : アドレス 0101 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

注 1. MXPS[6:0] ビットは、必ず PID = NAK のときに設定してください。これらのビットを設定するときは、事前に DCPCTR.PBUSY ビットが 0 であることを確認した後、DCP の DCPCTR.PID[1:0] ビットを BUF から NAK へ変更してください。USBFS が PID[1:0] ビットを NAK に変更した場合は、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は不要です。MXPS[6:0] ビットの設定後は、ポート選択レジスタの CURPIPE[3:0] ビットに DCP を設定してから、ポートコントロールレジスタの BCLR ビットを 1 にしてバッファをクリアしてください。

注 2. DEVSEL[3:0] ビットは、必ず PID = NAK のときに、DCPCTR.SUREQ ビットが 0 の状態で設定してください。これらのビットを設定するときは、事前に DCPCTR.PBUSY ビットが 0 であることを確認した後、DCP の DCPCTR.PID[1:0] ビットを BUF から NAK へ変更してください。USBFS が PID[1:0] ビットを NAK に変更した場合は、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は不要です。

MXPS[6:0] ビット (最大パケットサイズ)

DCP の最大データ量(最大パケットサイズ)を指定します。ビットの初期値は 40h (64 バイト) です。本ビットには、USB2.0 規格に準じた値を設定してください。MXPS[6:0] ビットを 0 にした状態で、FIFO バッファへの書き込みも、PID = BUF の設定も行わないでください。

DEVSEL[3:0] ビット (デバイス選択)

ホストコントローラモード時、コントロール転送の対象の周辺デバイスのアドレスを指定します。最初に、関連の DEVADD_n (n=0~5) レジスタでデバイスアドレスを設定し、次に、これらのビットを対応する値に設定してください。たとえば、DEVSEL[3:0] ビットを 0010b にする場合は、最初に DEVADD2 レジスタにそのアドレスを設定します。

デバイスコントローラモードでは、これらのビットを 0000b にしてください。

28.2.25 DCP コントロールレジスタ (DCPCTR)

アドレス USBFS.DCPCTR 4009 0060h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|-----|-----|-----------|-----|----|-------|-------|-------|-------|----|----|------|----------|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| BSTS | SUREQ | — | — | SUREQ CLR | — | — | SQCLR | SQSET | SQMON | PBUSY | — | — | CCPL | PID[1:0] | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|----------|------------------------|--|-------------|
| b1-b0 | PID[1:0] | 応答PID | b1 b0 0 0: NAK 応答 0 1: BUF 応答 (バッファ状態に従う) 1 0: STALL 応答 1 1: STALL 応答 | R/W |
| b2 | CCPL | コントロール転送終了許可 | 0: 無効 1: コントロール転送終了を許可 | R/W |
| b4-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b5 | PBUSY | パイプビジー | 0: DCPはトランザクションで未使用 1: DCPはトランザクションで使用中 | R |
| b6 | SQMON | シーケンストグルビットモニタ | 0: DATA0 1: DATA1 | R |
| b7 | SQSET | シーケンストグルビットセット (注2) | DCP 転送時にシーケンストグルビットを設定します。 0: 無効 (0を書いても何も影響なし) 1: 次回トランザクションの期待値をDATA1に設定 | R/W (注1) |
| b8 | SQCLR | シーケンストグルビットクリア (注2) | DCP 転送時にシーケンストグルビットをクリアします。 0: 無効 (0を書いても何も影響なし) 1: 次回トランザクションの期待値をDATA0にクリア 読むと0が読めます。 | R/W (注1) |
| b10-b9 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b11 | SUREQCLR | SUREQビットクリア | ホストコントローラモード時にSUREQビットをクリアします。 0: 無効 (0を書いても何も影響なし) 1: SUREQを0にクリア 読むと0が読めます。 | R/W |
| b13-b12 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b14 | SUREQ | SETUP トークン送出 | ホストコントローラモード時のトークン送出を設定します。 0: 無効 (0を書いても何も影響なし) 1: Setup パケットを送出 | R/W |
| b15 | BSTS | バッファステータス | 0: バッファアクセス不可 1: バッファアクセス可能 | R |

注 1. 読むと0が読めます。

注 2. PID = NAK の状態のときに SQSET ビットおよび SQCLR ビットに1を書き込んでください。これらのビットを設定するときは、事前に PBUSY ビットが0であることを確認した後、DCP の PID[1:0] ビットを BUF から NAK へ変更してください。USBFS が PID[1:0] ビットを NAK に変更した場合は、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は不要です。

PID[1:0] ビット (応答 PID)

コントロール転送における USBFS 応答の種類を制御します。

ホストコントローラモードでは、以下のように PID[1:0] ビットの設定を NAK から BUF に変更します。

- 送信方向設定時：
 - a. DVSTCTR0.UACT ビットが 1、かつ PID = NAK の状態で、FIFO バッファにすべての送信データを書き込みます
 - b. PID[1:0] ビットを 01b (BUF) にします。
これにより、USBFS が OUT トランザクションを実行します
- 受信方向設定時：
 - a. DVSTCTR0.UACT ビットが 1、かつ PID = NAK の状態で、FIFO バッファが空であることを確認します (または空の状態にします)
- PID[1:0] ビットを 01b (BUF) にします。
これにより、USBFS が IN トランザクションを実行します

USBFS は、PID[1:0] ビットの設定値を以下のように変更します。

- ソフトウェアで PID[1:0] ビットを BUF (01b) に設定した場合、USBFS は MaxPacketSize を超えるデータを受信すると、PID[1:0] ビットを STALL (11b) に設定します
 - CRC エラーなどの受信エラーを 3 回連続で検出した場合、USBFS は PID[1:0] ビットを NAK (00b) に設定します
 - STALL ハンドシェイクを受信すると、USBFS は PID[1:0] ビットを STALL (11b) に設定します
- デバイスコントローラモードでは、USBFS は PID[1:0] ビットの設定値を以下のように変更します。
- Setup パケットを受信すると、USBFS は PID[1:0] ビットを NAK (00b) に設定します。このとき、USBFS は INTSTS0.VALID フラグを 1 にするため、ソフトウェアで VALID フラグを 0 にクリアするまで、PID[1:0] ビットの設定値は変更できなくなります
 - ソフトウェアで PID[1:0] ビットを BUF (01b) に設定した場合、USBFS は MaxPacketSize を超えるデータを受信すると、PID[1:0] ビットを STALL (11b) に設定します
 - USBFS はコントロール転送シーケンスエラーを検出すると、PID[1:0] ビットを STALL (1xb) に設定します
 - USBFS は USBFS バスリセットを検出すると、PID[1:0] ビットを NAK に設定します

USBFS は、SET_ADDRESS リクエストの処理中、PID[1:0] ビットの設定値を参照しません。

PID[1:0] ビットは USB バスリセットで初期化されます。

CCPL ビット (コントロール転送終了許可)

デバイスコントローラモード時、CCPL ビットを 1 にすると、コントロール転送のステータスステージの終了が許可されます。対応する PID[1:0] ビットが BUF に設定されている場合、ソフトウェアで CCPL ビットを 1 にすると、USBFS はコントロール転送ステータスステージを終了します。

コントロールリード転送中、USBFS は USB ホストからの OUT トランザクションに対して ACK ハンドシェイクを送信します。コントロールライト転送またはノーデータコントロール転送中は、USBFS は USB ホストからの IN トランザクションに対して Zero-Length パケットを送信します。SET_ADDRESS リクエスト検出時は、CCPL ビットの設定値とは無関係に、USBFS はセットアップステージからステータスステージ完了まで、自動応答モードで動作します。

新たな Setup パケットを受信すると、USBFS は CCPL ビットを 1 から 0 に変更します。INTSTS0.VALID ビットが 1 のとき、ソフトウェアは CCPL ビットに 1 を書き込むことはできません。CCPL ビットは USB バスリセットで初期化されます。

ホストコントローラモードでは、常に CCPL ビットには 0 を書いてください。

PBUSY ビット (パイプビジ)

USBFS が PID[1:0] ビットを BUF から NAK に変更したときに、DCP がトランザクションで使用されているかどうかを示します。USBFS は、選択パイプに対する USBFS トランザクションの開始時に、PBUSY ビットを 0 から 1 へ変更します。そして、1 回のトランザクションが完了すると、PBUSY ビットを 1 から 0 に変更します。

ソフトウェアで PID を NAK に設定した後、PBUSY ビットの値はパイプ設定の変更が可能かどうかを示します。

詳細は、[28.3.4.1 パイプコントロールレジスタの切り替え手順](#)を参照してください。

SQMON ビット (シーケンスストグルビットモニタ)

DCP 転送時、次回トランザクションのシーケンスストグルビットの期待値を示します。

トランザクションが正常終了すると、USBFS は SQMON ビットをトグルします。ただし、受信方向での転送時に DATA-PID 不一致が発生すると、USBFS は本ビットをトグルしません。

デバイスコントローラモードでは、Setup パケットが正常に受信されると、USBFS は SQMON ビットを 1 に (期待値を DATA1 に) 設定します。

デバイスコントローラモードでは、USBFS はステータスステージの IN または OUT トランザクション中に本ビットを参照しません。また、正常終了しても本ビットをトグルしません。

SQSET ビット (シーケンスストグルビットセット)

DCP 転送時、次回トランザクションのシーケンスストグルビットの期待値として DATA1 を指定します。

SQCLR ビットと SQSET ビットを同時に 1 にしないでください。

SQCLR ビット (シーケンスストグルビットクリア)

DCP 転送時、次回トランザクションのシーケンスストグルビットの期待値として DATA0 を指定します。読むと 0 が読めます。

SQCLR ビットと SQSET ビットを同時に 1 にしないでください。

SUREQCLR ビット (SUREQ ビットクリア)

ホストコントローラモード時、SUREQCLR ビットを 1 にすると、SUREQ ビットが 0 にクリアされます。読むと 0 が読めます。

SETUP トランザクションで SUREQ ビットが 1 であるときに転送が停止した場合は、ソフトウェアで SUREQCLR ビットを 1 にしてください。正常な SETUP トランザクションでは、その終了時に USBFS が自動的に SUREQ ビットを 0 にクリアするため、ソフトウェアによるクリアは不要です。

SUREQCLR ビットによる SUREQ ビットの制御は、DVSTCTR0.UACT ビットが 0 の場合にのみ行ってください。UACT ビットが 0 の場合は、通信が停止しているか、またはバスデタッチが検出されたために転送が行われていません。

デバイスコントローラモードでは、常に本ビットには 0 を書いてください。

SUREQ ビット (SETUP トークン送出)

ホストコントローラモード時、SUREQ ビットを 1 にすると、USBFS に対して Setup パケット送信がトリガされます。SETUP トランザクション処理が終了すると、USBFS は SACK 割り込みまたは SIGN 割り込みのいずれかを発生させ、SUREQ ビットを 0 にクリアします。また、ソフトウェアで SUREQCLR ビットを 1 にした場合も、USBFS は SUREQ ビットを 0 にクリアします。

SUREQ ビットを 1 にする前に、DCPMAXP.DEVSEL[3:0] ビット、USBREQ レジスタ、USBVAL レジスタ、USBINDX レジスタ、および USBLENG レジスタを正しく設定し、SETUP トランザクションで対象の USB リクエストを送信してください。また、DCP の PID[1:0] ビットが NAK に設定されていることを確認してください。SUREQ ビットを 1 にした後、SETUP トランザクションが終了するまで (SUREQ ビット = 1) の期間は、DCPMAXP.DEVSEL[3:0] ビット、USBREQ レジスタ、USBVAL レジスタ、USBINDX レジスタ、および USBLENG レジスタの値を変更しないでください。SETUP トークンを送出する場合にのみ、SUREQ ビットに 1 を書いてください。それ以外では、0 を書いてください。

デバイスコントローラモードでは、常に本ビットには 0 を書いてください。

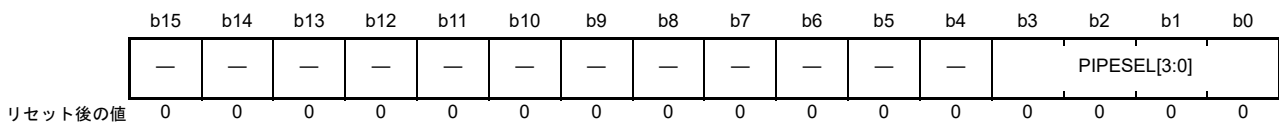
BSTS ビット (バッファステータス)

DCP FIFO バッファアクセスのステータスを示します。本ビットの意味は、以下のように、CFIFOSEL.ISEL ビットの設定値で異なります。

- ISEL ビット = 0 の場合、バッファから受信データの読み出しが可能かどうかを示す
- ISEL ビット = 1 の場合、バッファへの送信データの書き込みが可能かどうかを示す

28.2.26 パイプウィンドウ選択レジスタ (PIPESEL)

アドレス **USBFS.PIPESEL 4009 0064h**



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------------|------------|---|-----|
| b3-b0 | PIPESEL[3:0] | パイプウィンドウ選択 | b3 b0 0 0 0 0: パイプ選択なし 0 0 0 1: パイプ1 0 0 1 0: パイプ2 0 0 1 1: パイプ3 0 1 0 0: パイプ4 0 1 0 1: パイプ5 0 1 1 0: パイプ6 0 1 1 1: パイプ7 1 0 0 0: パイプ8 1 0 0 1: パイプ9 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b15-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

パイプ 1 ~ 9 の設定は、PIPESEL、PIPECFG、PIPEMAXP、PIPEPERI、PIPEnCTR、PIPEnTRE、および PIPEnTRN レジスタ (n = 0 ~ 9) で行います。

PIPESEL レジスタでパイプを選択した後、対応する PIPECFG、PIPEMAXP、および PIPEPERI でパイプ機能設定してください。PIPEnCTR、PIPEnTRE、および PIPEnTRN レジスタは、PIPESEL レジスタによるパイプ選択とは無関係に設定可能です。

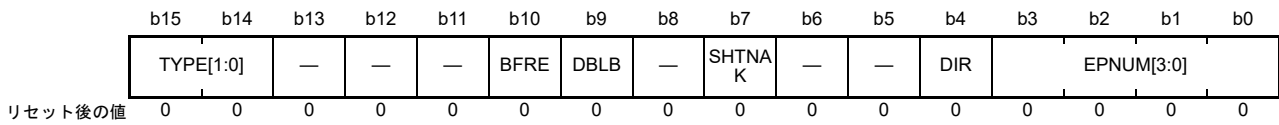
PIPESEL[3:0] ビット (パイプウィンドウ選択)

データの読み出し/書き込みに使用するための PIPECFG、PIPEMAXP、および PIPEPERI レジスタに対応させるパイプ番号を選択します。PIPESEL[3:0] ビットでパイプ番号を選択することにより、その番号に対応した PIPECFG、PIPEMAXP、および PIPEPERI レジスタの読み出し/書き込みが可能になります。

PIPESEL[3:0] ビット = 0000b の場合は、PIPECFG、PIPEMAXP、および PIPEPERI レジスタのすべてのビットから 0 が読み出されます。書き込みは無効です。

28.2.27 パイプコンフィグレーションレジスタ (PIPECFG)

アドレス USBFS.PIPECFG 4009 0068h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|------------|-----------------------|---|-----|
| b3-b0 | EPNUM[3:0] | エンドポイント番号(注1) | 選択パイプのエンドポイント番号を指定します。0000bの設定は、未使用パイプを意味します。 | R/W |
| b4 | DIR | 転送方向(注2)(注3) | 0: 受信方向 1: 送信方向 | R/W |
| b6-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | SHTNAK | 転送終了時のパイプ禁止(注1) | 0: 転送終了後、パイプ動作を継続 1: 転送終了後、パイプ動作を禁止 | R/W |
| b8 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b9 | DBLB | ダブルバッファモード(注2)(注3) | 0: シングルバッファ 1: ダブルバッファ | R/W |
| b10 | BFRE | BRDY 割り込み動作指定(注2)(注3) | 0: データ送受信時のBRDY 割り込み 1: データ読み出し完了時のBRDY 割り込み | R/W |
| b13-b11 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b15-b14 | TYPE[1:0] | 転送タイプ(注1) | <ul style="list-style-type: none"> • パイプ1および2 b15 b14 0 0: パイプ不使用 0 1: バルク転送 1 0: 設定禁止 1 1: アイソクロナス転送 • パイプ3~5 b15 b14 0 0: パイプ不使用 0 1: バルク転送 1 0: 設定禁止 1 1: 設定禁止 • パイプ6~9 b15 b14 0 0: パイプ不使用 0 1: 設定禁止 1 0: インタラプト転送 1 1: 設定禁止 | R/W |

- 注 1. TYPE[1:0]、SHTNAK、および EPNUM[3:0] ビットの設定は、必ず PID が NAK であるときに行ってください。これらのビットを設定するときは、事前に PIPEnCTR.PBUSY ビットが 0 であることを確認した後、PIPEnCTR.PID[1:0] ビットを 01b (BUF) から 00b (NAK) に変更してください。USBFS が PID[1:0] ビットを 00 (NAK) に変更した場合は、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は不要です。
- 注 2. BFRE、DBLB、および DIR ビットの設定は、必ず PID が NAK であるときに、ポート選択レジスタの CURPIPE[3:0] ビットでパイプを選択する前に行ってください。これらのビットを設定するときは、事前に PIPEnCTR.PBUSY ビットが 0 であることを確認した後、PIPEnCTR.PID[1:0] ビットを 01b (BUF) から 00b (NAK) に変更してください。USBFS が PID[1:0] ビットを 00 (NAK) に変更した場合は、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は不要です。
- 注 3. 選択パイプを使用した USB 通信が終了した後、BFRE、DBLB、および DIR ビットを変更する場合は、注 2 の制限事項に加えて、ソフトウェアで PIPEnCTR.ACLRM ビットに 1 と 0 を連続して書き込み、選択パイプに割り当てられた FIFO バッファをクリアしてください。

PIPECFG レジスタは、パイプ 1 ~ 9 に対して、転送タイプ、FIFO バッファのアクセス方向、およびエンドポイント番号を指定するレジスタです。また、シングルまたはダブルバッファモードの選択と、転送終了時にパイプ動作を継続するか禁止するかの選択を行います。

EPNUM[3:0] ビット (エンドポイント番号)

選択パイプのエンドポイント番号を指定します。0000b の設定は、未使用パイプを意味します。

DIR ビットと EPNUM[3:0] ビットの設定値の組み合わせが、他のパイプと重複しないように設定してください。すべてのパイプに対して、EPNUM[3:0] ビットを 0000b にすることは可能です。

DIR ビット (転送方向)

選択パイプの転送方向を指定します。

ソフトウェアで DIR ビットを 0 にすると、USBFS は選択パイプを受信方向で使用します。ソフトウェアで DIR ビットを 1 にすると、USBFS は選択パイプを送信方向で使用します。

SHTNAK ビット (転送終了時のパイプ禁止)

選択パイプの転送方向が受信の場合、転送終了時に PIPEnCTR.PID[1:0] ビットを 00b (NAK) に変更するかどうかを指定します。本ビットは、受信方向のパイプ 1～5 に対して有効です。

受信方向のパイプに対して、ソフトウェアで本ビットを 1 にすると、USBFS は、転送終了と判定したときに、対応する PIPEnCTR.PID[1:0] ビットを 00b (NAK) に変更します。USBFS は、以下の場合に転送終了と判定します。

- ショートパケット (Zero-Length パケットを含む) を正常に受信したとき
- トランザクションカウンタを使用し、トランザクションカウンタに指定した数のパケットを正常に受信したとき

DBLB ビット (ダブルバッファモード)

選択パイプが使用する FIFO バッファに対して、シングルまたはダブルバッファモードのいずれか一方を選択します。本ビットはパイプ 1～5 に対して有効です。

BFRE ビット (BRDY 割り込み動作指定)

選択パイプに対して、USBFS から CPU への BRDY 割り込みの発行タイミングを指定します。

ソフトウェアで BFRE ビットを 1 にした場合、選択パイプが受信方向であると、USBFS は転送終了を検出して、パケットの読み出し時に BRDY 割り込みを発生させます。

この設定で BRDY 割り込みが発生した場合、ソフトウェアでポートコントロールレジスタの BCLR ビットに 1 を書く必要があります。BCLR ビットに 1 を書くまで、選択パイプに割り当てられた FIFO バッファは受信可能な状態になりません。

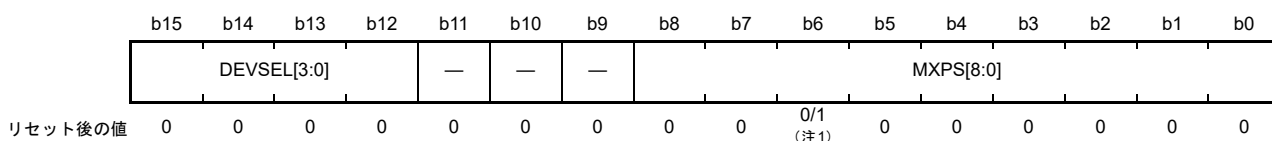
ソフトウェアで BFRE ビットを 1 にしても、選択パイプが送信方向であると、USBFS は BRDY 割り込みを発生させません。詳細は、[28.3.3.1 BRDY 割り込み](#)を参照してください。

TYPE[1:0] ビット (転送タイプ)

PIPESEL.PIPESEL[3:0] ビットで選択したパイプに対して、転送タイプを指定します。PID を BUF に設定して選択パイプで USB 通信を開始する前に、TYPE[1:0] ビットを 00b 以外の値にしてください。

28.2.28 パイプマックスパケットサイズレジスタ (PIPEMAXP)

アドレス USBFS.PIPEMAXP 4009 006Ch



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------------|---------------|--|-----|----|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|-----|
| b8-b0 | MXPS[8:0] | 最大パケットサイズ(注2) | <ul style="list-style-type: none"> パイプ1, 2 : 1バイト (001h) ~ 256バイト (100h) パイプ3~5 : 8バイト (008h)、16バイト (010h) 32バイト (020h)、64バイト (040h) ([8:7]ビットおよび[2:0]ビットはサポートされていません) パイプ6~9 : 1バイト (001h) ~ 64バイト (040h) ([8:7]ビットはサポートされていません) | R/W | | | | | | | | | | | | | | |
| b11-b9 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W | | | | | | | | | | | | | | |
| b15-b12 | DEVSEL[3:0] | デバイス選択(注3) | <table border="0"> <tr> <td>b3</td><td>b0</td> </tr> <tr> <td>0 0 0 0</td><td>: アドレス0000</td> </tr> <tr> <td>0 0 0 1</td><td>: アドレス0001</td> </tr> <tr> <td>0 0 1 0</td><td>: アドレス0010</td> </tr> <tr> <td>0 0 1 1</td><td>: アドレス0011</td> </tr> <tr> <td>0 1 0 0</td><td>: アドレス0100</td> </tr> <tr> <td>0 1 0 1</td><td>: アドレス0101</td> </tr> </table> 上記以外は設定しないでください。 | b3 | b0 | 0 0 0 0 | : アドレス0000 | 0 0 0 1 | : アドレス0001 | 0 0 1 0 | : アドレス0010 | 0 0 1 1 | : アドレス0011 | 0 1 0 0 | : アドレス0100 | 0 1 0 1 | : アドレス0101 | R/W |
| b3 | b0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 0 0 | : アドレス0000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 0 1 | : アドレス0001 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 1 0 | : アドレス0010 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 1 1 | : アドレス0011 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 0 0 | : アドレス0100 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 0 1 | : アドレス0101 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

注1. MXPS[8:0] ビットの値は、PIPESEL.PIPESEL[3:0] ビットでパイプを選択していないときは000h、選択しているときは040hです。

注2. MXPS[8:0] ビットの設定は、必ずPIDがNAKであるときに、ポート選択レジスタのCURPIPE[3:0] ビットでパイプを選択する前に行ってください。これらのビットを設定するときは、事前にPIPEnCTR.PBUSY ビットが0であることを確認した後、PIPEnCTR.PID[1:0] ビットを01b (BUF) から00b (NAK) に変更してください。USBFSがPID[1:0] ビットを00 (NAK) に変更した場合は、ソフトウェアによるPBUSYビットの確認は不要です。

注3. DEVSEL[3:0] ビットの設定は、必ずPIDがNAKであるときに行ってください。これらのビットを設定するときは、事前にPIPEnCTR.PBUSY ビットが0であることを確認した後、PIPEnCTR.PID[1:0] ビットを01b (BUF) から00b (NAK) に変更してください。USBFSがPID[1:0] ビットを00 (NAK) に変更した場合は、ソフトウェアによるPBUSYビットの確認は不要です。

PIPEMAXP レジスタは、パイプ1~9に対して、最大パケットサイズを指定するレジスタです。

MXPS[8:0] ビット (最大パケットサイズ)

選択パイプの最大データペイロード (最大パケットサイズ) を指定します。

これらのビットは、転送タイプごとにUSB2.0規格に従って適切な値を設定してください。MXPS[8:0] ビット=0のときは、FIFOバッファへの書き込みも、PIDをBUFにする設定も行わないでください。これらの書き込みは無効です。

DEVSEL[3:0] ビット (デバイス選択)

ホストコントローラモード時、USB通信の対象デバイスのアドレスを指定します。最初に、関連のDEVADDn (n=0~5) レジスタでデバイスアドレスを設定し、次に、これらのビットを対応する値に設定してください。たとえば、DEVSEL[3:0] ビットを0010bにする場合は、最初にDEVADD2レジスタにそのアドレスを設定します。

デバイスコントローラモードでは、これらのビットを0000bにしてください。

28.2.29 パイプ周期コントロールレジスタ (PIPEPERI)

アドレス USBFS.PIPEPERI 4009 006Eh

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | IFIS | — | — | — | — | — | — | — | — | — | IITV[2:0] | | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------------------------|--------------------|--|-----|
| b2-b0 | IITV[2:0] ^(注1) | インターバルエラー検出間隔 | 選択パイプのインターバルエラー検出タイミングを、フレームタイミングの2のn乗で指定してください。 | R/W |
| b11-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b12 | IFIS | アイソクロナスINバッファフラッシュ | 0: バッファフラッシュしない 1: バッファフラッシュする | R/W |
| b15-b13 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. IITV[2:0] ビットの設定は、必ずPIDがNAKであるときに行ってください。これらのビットを設定するときは、事前にPBUSYビットが0であることを確認した後、PID[1:0] ビットを01b (BUF) から00b (NAK) に変更してください。USBFSがPID[1:0] ビットを00 (NAK) に変更した場合は、ソフトウェアによるPBUSYビットの確認は不要です。

PIPEPERI レジスタは、アイソクロナス IN 転送時にインターバルエラーが発生した場合、バッファフラッシュ機能を動作させるか否かの選択、およびパイプ1～9に対してインターバルエラーの検出間隔の設定をするレジスタです。

IITV[2:0] ビット (インターバルエラー検出間隔)

IITV[2:0] ビットを設定し、USB通信を行った後でIITV[2:0] ビットを別の値に変更する場合は、PIPEEnCTR.PID[1:0] ビットを00b (NAK) にした後、PIPEEnCTR.ACLRM ビットを1にして、インターバルタイムを初期化してください。

パイプ3～5に対しては、IITV[2:0] ビットは存在しません。パイプ3～5に対応するIITV[2:0] ビット位置には、000bを書いてください。

IFIS ビット (アイソクロナス IN バッファフラッシュ)

PIPESEL.PIPESEL[3:0] ビットで選択したパイプがアイソクロナス IN 転送で 사용되는場合に、バッファフラッシュの有無を指定します。

デバイスコントローラモードでは、選択パイプの転送タイプがアイソクロナス IN 転送の場合、IITV[2:0] ビットに設定したインターバルごとのフレーム中に、USBFSがUSBホストからINトークンを受信できないと、USBFSは自動的にFIFOバッファをクリアします。

ダブルバッファ (PIPECFG.DBLB ビット=1) が設定されている場合、USBFSは前回使用した1面分のデータのみをクリアします。

USBFSは、INトークンの受信が期待されているフレーム直後のSOFパケット受信時に、FIFOバッファをクリアします。SOFパケットが破損している場合でも、内部補完機能によって、SOFパケットを受信する予定のタイミングでFIFOバッファをクリアします。

ホストコントローラ機能が選択されている場合、このビットを0にしてください。選択パイプがアイソクロナス転送に使用されない場合は、このビットを0にしてください。

28.2.30 パイプ n コントロールレジスタ (PIPEnCTR) (n = 1 ~ 9)

PIPEnCTR (n = 1 ~ 5)

アドレス USBFS.PIPE1CTR 4009 0070h, USBFS.PIPE2CTR 4009 0072h, USBFS.PIPE3CTR 4009 0074h,
USBFS.PIPE4CTR 4009 0076h, USBFS.PIPE5CTR 4009 0078h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------|-----|-----|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|----|----|----------|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| BSTS | INBUFM | — | — | — | ATREPM | ACLRM | SQCLR | SQSET | SQMON | PBUSY | — | — | — | PID[1:0] | |
| リセット後の値 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|----------|---------------------|--|-------------|
| b1-b0 | PID[1:0] | 応答PID | b1 b0 0 0: NAK 応答 0 1: BUF 応答 (バッファ状態に従う) 1 0: STALL 応答 1 1: STALL 応答 | R/W |
| b4-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b5 | PBUSY | パイプビジー | 0: パイプnはトランザクションで未使用 1: パイプnはトランザクションで使用中 | R |
| b6 | SQMON | シーケンスストグルビット確認 | 0: DATA0 1: DATA1 | R |
| b7 | SQSET | シーケンスストグルビットセット(注2) | パイプnにシーケンスストグルビットを設定します。 0: 無効 (0を書いても何も影響なし) 1: 次回トランザクションの期待値をDATA1に設定 読むと0が読めます。 | R/W (注1) |
| b8 | SQCLR | シーケンスストグルビットクリア(注2) | パイプnのシーケンスストグルビットをクリアします。 0: 無効 (0を書いても何も影響なし) 1: 次回トランザクションの期待値をDATA0にクリア 読むと0が読めます。 | R/W (注1) |
| b9 | ACLRM | 自動バッファクリアモード(注3) | 0: 禁止 1: 許可 (全バッファ初期化) | R/W |
| b10 | ATREPM | 自動応答モード(注2) | 0: 自動応答を禁止 1: 自動応答を許可 | R/W |
| b13-b11 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b14 | INBUFM | 送信バッファモニタ | 0: FIFOバッファに送信可能データなし 1: FIFOバッファに送信可能データあり | R |
| b15 | BSTS | バッファステータス | 0: CPUからのバッファアクセス不可 1: CPUからのバッファアクセス可能 | R |

注 1. 読むと0が読み出されます。

注 2. ATREPM ビットの設定と、SQCLR ビットまたは SQSET ビットへの1書き込みは、必ずPIDがNAKであるときに行ってください。これらのビットを設定するときは、事前にPBUSYビットが0であることを確認した後、PID[1:0]ビットを01b (BUF) から00b (NAK)に変更してください。USBFSがPID[1:0]ビットを00 (NAK)に変更した場合は、ソフトウェアによるPBUSYビットの確認は不要です。

注 3. ACLRM ビットの設定は、必ずPIDがNAKであるときに、ポート選択レジスタのCURPIPE[3:0]ビットでパイプを選択する前に行ってください。本ビットを設定するときは、事前にPBUSYビットが0であることを確認した後、PID[1:0]ビットを01b (BUF) から00b (NAK)に変更してください。USBFSがPID[1:0]ビットを00 (NAK)に変更した場合は、ソフトウェアによるPBUSYビットの確認は不要です。

PIPEnCTR レジスタは、PIPESEL レジスタで選択したどのパイプに対しても設定可能です。

PID[1:0] ビット (応答 PID)

選択パイプの次回トランザクションにおける応答の種類を指定します。

PID[1:0] ビットの初期値は NAK です。当該パイプで USBFS 転送を行う場合には PID[1:0] ビットの設定を BUF に変更してください。PID[1:0] ビットの設定値に基づく USBFS の基本動作 (通信パケットにエラーがない場合) を、表 28.7 と表 28.8 に示します。

選択パイプの USBFS 通信中に、ソフトウェアで PID[1:0] ビット設定を BUF から NAK に変更したときは、そのパイプの USBFS 転送が実際に NAK 状態に遷移したかどうかを判定するため、PBUSY ビットが 1 であることを確認してください。USBFS が PID[1:0] ビットを NAK に変更した場合は、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は不要です。

以下の場合に、USBFS が PIPEnCTR.PID[1:0] ビットの設定値を変更します。

- 選択パイプが受信方向で、かつソフトウェアで選択パイプの PIPECFG.SHTNAK ビットを 1 にしている場合、USBFS は転送終了を認識したときに PID を NAK に設定する
- 選択パイプの最大パケットサイズを超えるペイロードのデータパケットを受信したとき、USBFS は PID を STALL (11b) に設定する
- デバイスコントローラモード時に、USB バスリセットを検出したとき、USBFS は PID を NAK に設定する
- ホストコントローラモード時に、CRC エラーなどの受信エラーを 3 回連続で検出したとき、USBFS は PID を NAK に設定する
- ホストコントローラモード時に、STALL ハンドシェイクを受信したとき、USBFS は PID を STALL (11b) に設定する

応答種類を指定するには、PID[1:0] ビットを以下のように設定してください。

- NAK (00b) から STALL へ遷移させるには、10b を設定
- BUF (01b) から STALL へ遷移させるには、11b を設定
- STALL (11b) から NAK へ遷移させるには、10b を設定してから 00b を設定
- STALL から BUF へ遷移させるには、NAK から BUF への遷移を設定

表 28.7 ホストコントローラモード時の PID[1:0] ビット設定値に基づく USBFS の動作

| PID[1:0] ビット値 | 転送タイプ | 転送方向 (DIR ビット) | USBFS の動作 |
|--------------------------------|--------------|----------------|---|
| 00b (NAK) | 設定値に依存しない | 設定値に依存しない | トークンを発行しない。 |
| 01b (BUF) | バルクまたはインタラプト | 設定値に依存しない | DVSTCTR0.UACT ビットが 1 であり、かつ選択パイプに対応する FIFO バッファが送受信可能な状態にあるとき、トークンを発行する。 DVSTCTR0.UACT ビットが 0 であるか、または選択パイプに対応する FIFO バッファが送受信可能な状態にないとき、トークンを発行しない。 |
| | アイソクロナス | 設定値に依存しない | 選択パイプに対応する FIFO バッファの状態にかかわらず、トークンを発行する。 |
| 10b (STALL) または 11b (STALL) | 設定値に依存しない | 設定値に依存しない | トークンを発行しない。 |

表 28.8 デバイスコントローラモード時のPID[1:0]ビット設定値に基づくUSBFSの動作

| PID[1:0]ビット値 | 転送タイプ | 転送方向 (DIRビット) | USBFSの動作 |
|----------------------------------|--------------|----------------------|--|
| 00b (NAK) | バルクまたはインタラプト | 設定値に依存しない | USBホストからのトークンに対してNAK応答を行う。 |
| | アイソクロナス | 設定値に依存しない | USBホストからのトークンに対して何も応答しない。 |
| 01b (BUF) | バルク | 受信方向 (DIRビット = 0) | USBホストからのOUTトークンに対して、選択パイプに対応するFIFOバッファが受信可能な状態であればデータを受信し、ACK応答を行う。 |
| | インタラプト | 受信方向 (DIRビット = 0) | USBホストからのOUTトークンに対して、選択パイプに対応するFIFOバッファが受信可能な状態であればデータを受信し、ACK応答を行う。 |
| | バルクまたはインタラプト | 送信方向 (DIRビット = 1) | USBホストからのトークンに対して、選択パイプに対応するFIFOバッファが送信可能な状態であればデータを送信する。送信可能でなければNAK応答を行う。 |
| | アイソクロナス | 受信方向 (DIRビット = 0) | USBホストからのOUTトークンに対して、選択パイプに対応するFIFOバッファが受信可能な状態であればデータを受信する。受信可能でなければデータを破棄する。 |
| | アイソクロナス | 送信方向 (DIRビット = 1) | USBホストからのトークンに対して、対応するFIFOバッファが送信可能な状態であればデータを送信する。送信可能でなければ、Zero-Lengthパケットを送信する。 |
| 10b (STALL) または11b (STALL) | バルクまたはインタラプト | 設定値に依存しない | USBホストからのトークンに対してSTALL応答を行う。 |
| | アイソクロナス | 設定値に依存しない | USBホストからのトークンに対して何も応答しない。 |

PBUSY ビット (パイプビジー)

選択パイプが現在トランザクションで使用中心かどうかを示します。

USBFS は、選択パイプに対する USBFS トランザクションの開始時に、PBUSY ビットを 0 から 1 に変更します。1 回のトランザクションが終了すると、PBUSY ビットを 1 から 0 に変更します。

PID を NAK に設定した後、ソフトウェアで PBUSY ビットを読み出すことにより、パイプ設定の変更が可能かどうかを確認できます。詳細は、[28.3.4.1 パイプコントロールレジスタの切り替え手順](#)を参照してください。

SQMON ビット (シーケンストグルビット確認)

選択パイプの次回トランザクションにおけるシーケンストグルビットの期待値を示します。

選択パイプの転送タイプがアイソクロナス転送ではない場合、USBFS は、トランザクションの正常完了時に SQMON ビットをトグルします。ただし、受信方向での転送時に DATA-PID 不一致が発生すると、USBFS は SQMON フラグをトグルしません。

SQSET ビット (シーケンストグルビットセット)

ソフトウェアで SQSET ビットを 1 にすると、USBFS は選択パイプの次回トランザクションにおけるシーケンストグルビットの期待値として DATA1 を設定します。USBFS は、SQSET ビットを 0 にクリアします。

SQCLR ビット (シーケンストグルビットクリア)

ソフトウェアで SQCLR ビットを 1 にすると、USBFS は選択パイプの次回トランザクションにおけるシーケンストグルビットの期待値を DATA0 にクリアします。USBFS は、SQCLR ビットを 0 にクリアします。

ACLRM ビット (自動バッファクリアモード)

選択パイプの自動バッファクリアモードを許可または禁止します。選択パイプに割り当てられた FIFO バッファ内のデータを完全にクリアするには、ACLRM ビットに 1 を書いた後、引き続き 0 を書いてください。

表 28.9 に、ACLRM ビットに 1 と 0 を連続して書くことでクリアされるデータと、この処理が必要となる状況を示します。

表 28.9 ACLRM = 1 設定時に USBFS がクリアするデータ

| 番号 | ACLRM ビット設定によってクリアされるデータ | データのクリアが必要となる状況 |
|----|---|-----------------------------|
| 1 | 選択パイプに割り当てられた FIFO バッファ内の全データ (ダブルバッファモードでは2つの FIFO バッファ) | 選択パイプを初期化する場合 |
| 2 | 選択パイプの転送タイプがアイソクロナス転送のときは、インターバルカウント値 | インターバルカウント値をリセットする場合 |
| 3 | PIPECFG.BFRE ビットに関する内部フラグ | PIPECFG.BFRE ビットの設定値を変更する場合 |
| 4 | FIFO バッファトグル制御 | PIPECFG.DBLB ビットの設定値を変更する場合 |
| 5 | トランザクションカウントに関する内部フラグ | トランザクションカウント機能を強制終了する場合 |

ATREPM ビット (自動応答モード)

選択パイプの自動応答モードを許可または禁止します。

デバイスコントローラモードで、選択パイプの転送タイプがバルク転送の場合に、ATREPM ビットを 1 にすることが可能です。ATREPM ビットを 1 にした場合、USB ホストからのトークンに対し USBFS は以下のように応答します。

- 選択パイプがバルク IN 転送 (PIPECFG.TYPE[1:0] = 01b かつ PIPECFG.DIR = 1) に設定されている場合 :
 - a. ATREPM ビット = 1 かつ PID = BUF の場合、IN トークンに対して USBFS は Zero-Length パケットを送信します
 - b. USB ホストから ACK を受信するたびに、USBFS はシーケンストグルビット (DATA-PID) を更新 (トグルを許可に) します。1 回のトランザクションでは、IN トークン受信 → Zero-Length パケット送信 → ACK 受信の順に発生します。USBFS は、BRDY 割り込みも BEMP 割り込みも発生させません
- 選択パイプがバルク OUT 転送 (PIPECFG.TYPE[1:0] = 01b かつ PIPECFG.DIR = 0) に設定されている場合 :

ATREPM ビット = 1 かつ PID = BUF の場合、OUT トークンに対して USBFS は NAK 応答を行い、NRDY 割り込みを発生させます

自動応答モードで USB 通信を行う場合、FIFO バッファが空の状態では ATREPM ビットを 1 にしてください。自動応答モードでの USB 通信中は、FIFO バッファに書き込みを行わないでください。選択パイプの転送タイプがアイソクロナス転送の場合は、常に本ビットを 0 にしてください。

ホストコントローラモードでは、常に ATREPM ビットを 0 にしてください。

INBUFM ビット (送信バッファモニタ)

選択パイプが送信方向の場合に、そのパイプの FIFO バッファステータスを示します。

選択パイプが送信方向 (PIPECFG.DIR = 1) の場合、CPU または DMAC/DTC が FIFO バッファに少なくとも 1 面分のデータの書き込みを完了すると、USBFS は本ビットを 1 にします。

書き込みが完了している面の FIFO バッファ上のデータを、USBFS がすべて送信完了したときに、USBFS は本ビットを 0 にします。ダブルバッファモード (PIPECFG.DBLB = 1) では、CPU または DMAC/DTC が FIFO バッファの 1 面分のデータ書き込みを完了する前に、USBFS が FIFO バッファの 2 面分のデータ送信を完了すると、USBFS は INBUFM ビットを 0 にします。

選択パイプが受信方向 (PIPECFG.DIR = 0) の場合は、INBUFM ビットは BSTS ビットと同じ値を示します。

BSTS ビット (バッファステータス)

選択パイプの FIFO バッファステータスを示します。

BSTS ビットの意味は、表 28.10 に示すように、PIPECFG.DIR ビット、PIPECFG.BFRE ビット、および DnFIFOSEL.DCLRM ビットの設定値で異なります。

表 28.10 BSTS ビットの動作

| DIR ビット値 | BFRE ビット値 | DCLRM ビット値 | BSTS ビットの機能 |
|----------|-----------|------------|---|
| 0 | 0 | 0 | FIFOバッファからの受信データの読み出しが可能な場合は1に、データ読み出し完了時には0になります。 |
| | | 1 | 設定禁止 |
| | 1 | 0 | FIFOバッファからの受信データの読み出しが可能な場合は1に、データ読み出し完了後にソフトウェアがポートコントロールレジスタのBCLRビットを1にすると0になります。 |
| | | 1 | FIFOバッファからの受信データの読み出しが可能な場合は1に、データ読み出し完了時には0になります。 |
| 1 | 0 | 0 | FIFOバッファへの送信データの書き込みが可能な場合は1に、データ書き込み完了時には0になります。 |
| | | 1 | 設定禁止 |
| | 1 | 0 | 設定禁止 |
| | | 1 | 設定禁止 |

PIPEnCTR (n = 6 ~ 9)

アドレス [USBFS.PIPE6CTR 4009 007Ah](#), [USBFS.PIPE7CTR 4009 007Ch](#), [USBFS.PIPE8CTR 4009 007Eh](#), [USBFS.PIPE9CTR 4009 0080h](#)

| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|----|----|----|----------|----|
| | BSTS | — | — | — | — | — | ACLRM | SQCLR | SQSET | SQMON | PBUSY | — | — | — | PID[1:0] | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|----------|------------------------|--|----------|
| b1-b0 | PID[1:0] | 応答PID | b1 b0 0 0: NAK 応答 0 1: BUF 応答 (バッファ状態に従う) 1 0: STALL 応答 1 1: STALL 応答 | R/W |
| b4-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b5 | PBUSY | パイプビジー | 0: パイプnはトランザクションで未使用 1: パイプnはトランザクションで使用中 | R |
| b6 | SQMON | シーケンスストグルビット確認 | 0: DATA0 1: DATA1 | R |
| b7 | SQSET | シーケンスストグルビットセット (注2) | パイプnにシーケンスストグルビットを設定します。 0: 無効 (0を書いても何も影響なし) 1: 次回トランザクションの期待値をDATA1に設定 読むと0が読めます。 | R/W (注1) |
| b8 | SQCLR | シーケンスストグルビットクリア (注2) | パイプnのシーケンスストグルビットをクリアします。 0: 無効 (0を書いても何も影響なし) 1: 次回トランザクションの期待値をDATA0にクリア 読むと0が読めます。 | R/W (注1) |
| b9 | ACLRM | 自動バッファクリアモード (注2) (注3) | 0: 禁止 1: 許可 (全バッファ初期化) | R/W |
| b14-b10 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b15 | BSTS | バッファステータス | 0: バッファアクセス不可 1: バッファアクセス可能 | R |

注 1. 読むと0が読み出されます。1のみ書けます。

注 2. SQCLR または SQSET ビットへの1書き込みは、必ずPIDがNAKであるときに行ってください。これらのビットを設定するときは、事前にPBUSYビットが0であることを確認した後、PID[1:0]ビットを01b (BUF) から00b (NAK) に変更してください。USBFSがPID[1:0]ビットを00 (NAK) に変更した場合は、ソフトウェアによるPBUSYビットの確認は不要です。

注3. ACLRM ビットの設定は、必ず PID が NAK であるときに、ポート選択レジスタの CURPIPE[3:0] ビットでパイプを選択する前に行ってください。本ビットを設定するときは、事前に PIPEnCTR.PBUSY ビットが 0 であることを確認した後、PIPEnCTR.PID[1:0] ビットを 01b (BUF) から 00b (NAK) に変更してください。USBFS が PID[1:0] ビットを 00 (NAK) に変更した場合は、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は不要です。

PID[1:0] ビット (応答 PID)

選択パイプの次回トランザクションにおける応答の種類を指定します。

PID[1:0] ビットの初期値は NAK です。当該パイプで USB 転送を行う場合には PID[1:0] ビットの設定を BUF に変更してください。PID[1:0] ビットの設定値に基づく USBFS の通信パケットにエラーがない場合の基本動作を、表 28.7 および表 28.7 に示します。

選択パイプの USB 通信中に、ソフトウェアで PID[1:0] ビット設定を BUF から NAK に変更したときは、そのパイプの USB 転送が実際に NAK 状態に遷移したかどうかを判定するため、PBUSY ビットが 1 であることを確認してください。USBFS が PID[1:0] ビットを NAK に変更した場合は、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は不要です。

以下の場合に、USBFS が PIPEnCTR.PID[1:0] ビットの設定値を変更します。

- 選択パイプの最大パケットサイズを超えるペイロードのデータパケットを受信したとき、USBFS は PID を STALL (11b) に設定する
- デバイスコントローラモード時に USB バスリセットを検出した場合、USBFS は PID を NAK に設定する
- ホストコントローラモード時に CRC エラーなどの受信エラーを 3 回連続で検出した場合、USBFS は PID を NAK に設定する
- ホストコントローラモード時に、STALL ハンドシェイクを受信した場合、USBFS は PID を STALL (11b) に設定する

応答の種類を指定するには、PID[1:0] ビットを以下のように設定してください。

- NAK (00b) から STALL へ遷移させるには、10b を設定
- BUF (01b) から STALL へ遷移させるには、11b を設定
- STALL (11b) から NAK へ遷移させるには、10b を設定してから 00b を設定
- STALL から BUF へ遷移させるには、00b (NAK) を設定してから 01b (BUF) を設定

PBUSY ビット (パイプビジー)

選択パイプが現在トランザクションで使用かどうかを示します。

USBFS は、選択パイプに対する USBFS トランザクションの開始時に、PBUSY ビットを 0 から 1 に変更します。1 回のトランザクションが終了すると、PBUSY ビットを 1 から 0 に変更します。

PID を NAK に設定した後、ソフトウェアで PBUSY ビットを読み出すことにより、パイプ設定の変更が可能かどうかを確認できます。

SQMON ビット (シーケンスストグルビット確認)

選択パイプの次回トランザクションにおけるシーケンスストグルビットの期待値を示します。

トランザクションが正常終了すると、USBFS は SQMON ビットをトグルします。ただし、受信方向での転送時に DATA-PID 不一致が発生すると、USBFS は SQMON ビットをトグルしません。

SQSET ビット (シーケンスストグルビットセット)

ソフトウェアで SQSET ビットを 1 にすると、USBFS は選択パイプの次回トランザクションにおけるシーケンスストグルビットの期待値として DATA1 を設定します。USBFS は、SQSET ビットを 0 にします。

SQCLR ビット (シーケンスストグルビットクリア)

ソフトウェアで SQCLR ビットを 1 にすると、USBFS は選択パイプの次回トランザクションにおけるシーケンスストグルビットの期待値を DATA0 にクリアします。USBFS は、SQCLR ビットを 0 にします。

ACLRM ビット (自動バッファクリアモード)

選択パイプの自動バッファクリアモードを許可または禁止します。選択パイプに割り当てられた FIFO バッファ内のデータを完全にクリアするには、ACLRM ビットに 1 を書いた後、引き続き 0 を書いてください。

表 28.11 に、ACLRM ビットに 1 と 0 を連続して書くことでクリアされるデータと、この処理が必要となる状況を示します。

表 28.11 ACLRM = 1 設定時に USBFS がクリアするデータ

| 番号 | ACLRM ビット設定によってクリアされるデータ | データのクリアが必要となる状況 |
|----|--|-----------------------------|
| 1 | 選択パイプに割り当てられた FIFO バッファの全データ | 選択パイプを初期化する場合 |
| 2 | ホストコントローラ機能選択時、選択パイプの転送タイプがインタラプト転送の場合、インターバルカウント値 | インターバルカウント値をリセットする場合 |
| 3 | PIPECFG.BFRE ビットに関する内部フラグ | PIPECFG.BFRE ビットの設定値を変更する場合 |
| 4 | トランザクションカウントに関する内部フラグ | トランザクションカウント機能を強制終了する場合 |

BSTS ビット (バッファステータス)

選択パイプの FIFO バッファステータスを示します。

BSTS ビットの意味は、表 28.10 に示すように、PIPECFG.DIR ビット、PIPECFG.BFRE ビット、および DnFIFOSEL.DCLRM ビットの設定値で異なります。

28.2.31 パイプ n トランザクションカウンタインーブルレジスタ (PIPE_nTRE) (n = 1 ~ 5)

アドレス USBFS.PIPE1TRE 4009 0090h, USBFS.PIPE2TRE 4009 0094h, USBFS.PIPE3TRE 4009 0098h,
USBFS.PIPE4TRE 4009 009Ch, USBFS.PIPE5TRE 4009 00A0h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | TRENB | TRCLR | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-------|-----------------|--|-----|
| b7-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b8 | TRCLR | トランザクションカウンタクリア | 0: 無効 (0を書いても何も影響なし) 1: カレントカウンタ値をクリア | R/W |
| b9 | TRENB | トランザクションカウンタ有効 | 0: トランザクションカウンタは無効 1: トランザクションカウンタは有効 | R/W |
| b15-b10 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注. PIPE_nTRE レジスタの各ビットの設定は、PID が NAK であるときに行ってください。これらのビットを設定する前に、PIPE_nCTR.PBUSY ビットが 0 であることを確認してください。その後、選択パイプの PIPE_nCTR.PID[1:0] ビットを BUF から NAK へ変更してください。もし USBFS が PID[1:0] ビットを NAK に変更した場合は、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は不要です。

TRCLR ビット (トランザクションカウンタクリア)

TRCLR ビットが 1 の場合、USBFS は選択パイプに対応するトランザクションカウンタの現在の値をクリアし、その後、TRCLR ビットを 0 にします。

TRENB ビット (トランザクションカウンタ有効)

トランザクションカウンタを有効または無効にします。

受信パイプに対して、ソフトウェアで PIPE_nTRN.TRNCNT[15:0] ビットに総受信パケット数を設定した後、TRENB ビットを 1 にすると、USBFS は TRNCNT[15:0] ビットの設定値と同数のパケットを受信し終えた時点で、以下のようにハードウェアを制御します。

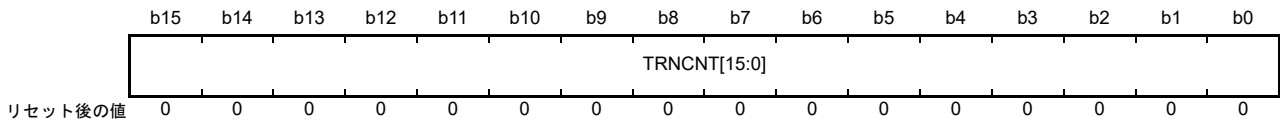
- PIPECFG.SHTNAK ビットが 1 のとき、TRNCNT[15:0] ビットの設定値と同数のパケットを受信し終えた時点で、USBFS は対応するパイプの PIPE_nCTR.PID[1:0] ビットを NAK に変更
- PIPECFG.BFRE ビットが 1 のとき、TRNCNT[15:0] ビットの設定値と同数のパケットを受信し、その最後の受信データを読み出し終えた時点で、USBFS は BRDY 割り込みをアサート

送信パイプに対しては、TRENB ビットを 0 にしてください。

トランザクションカウンタを使用しない場合は、本ビットを 0 にしてください。トランザクションカウンタを使用する場合は、TRNCNT[15:0] ビットを設定してから、本ビットを 1 にしてください。トランザクションカウンタのカウンタ対象となる最初のパケットを受信する前に、本ビットを 1 にしてください。

28.2.32 パイプ n トランザクションカウンタレジスタ (PIPE_nTRN) (n = 1 ~ 5)

アドレス [USBFS.PIPE1TRN 4009 0092h](#), [USBFS.PIPE2TRN 4009 0096h](#), [USBFS.PIPE3TRN 4009 009Ah](#),
[USBFS.PIPE4TRN 4009 009Eh](#), [USBFS.PIPE5TRN 4009 00A2h](#)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------------|--------------|---|-----|
| b15-b0 | TRNCNT[15:0] | トランザクションカウンタ | <ul style="list-style-type: none"> 書き込み時： 選択したパイプで受信したパケットの合計数（トランザクション数）を指定します。 読み出し時： PIPE_nTRE.TRENBが0の場合、指定されたトランザクション数を示します。 PIPE_nTRE.TRENBが1の場合、現在カウントされたトランザクション数を示します。 | R/W |

PIPE_nTRN レジスタは、USB バスリセット時も、現在の設定値を保持します。

TRNCNT[15:0] ビット (トランザクションカウンタ)

USBFS は、パケット受信時に下記の条件がすべて満たされたとき、TRNCNT[15:0] ビット値を 1 インクリメントします。

- PIPE_nTRE.TRENB ビット = 1
- パケット受信時に「TRNCNT[15:0] 設定値 ≠ 現在のカウンタ値 + 1」です
- 受信したパケットのペイロードが PIPEMAXP.MXPS[8:0] ビットの設定値と一致した

USBFS は、下記の条件のいずれかが満たされたとき、TRNCNT[15:0] ビット値を 0 にします。

以下の条件がすべて満たされたとき：

- PIPE_nTRE.TRENB ビット = 1
- パケット受信時に「TRNCNT[15:0] 設定値 = 現在のカウンタ値 + 1」です
- 受信したパケットのペイロードが PIPEMAXP.MXPS[8:0] ビットの設定値と一致した

以下の条件がどちらも満たされたとき：

- PIPE_nTRE.TRENB ビット = 1
- USBFS がショートパケットを受信した

以下の条件がどちらも満たされたとき：

- PIPE_nTRE.TRENB ビット = 1
- PIPE_nTRE.TRCLR ビットがソフトウェアによって 1 にされた

送信パイプに対しては、TRNCNT[15:0] ビットを 0 にしてください。トランザクションカウンタを使用しない場合、TRNCNT[15:0] ビットを 0 にしてください。

転送するトランザクションの回数を TRNCNT[15:0] ビットに設定することは、PIPE_nTRE.TRENB ビットが 0 の場合にのみ可能です。転送するトランザクションの回数を設定する場合は、PIPE_nTRE.TRENB ビットを 1 にする前に、TRCLR ビットを 1 にして、現在のカウンタ値をクリアしてください。

28.2.33 デバイスアドレス n コンフィグレーションレジスタ (DEVADDn) (n = 0 ~ 5)

アドレス [USBFS.DEVADD0 4009 00D0h](#), [USBFS.DEVADD1 4009 00D2h](#), [USBFS.DEVADD2 4009 00D4h](#),
[USBFS.DEVADD3 4009 00D6h](#), [USBFS.DEVADD4 4009 00D8h](#), [USBFS.DEVADD5 4009 00DAh](#)

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | USBSPD[1:0] | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|-----------------------------|--------------|--|-----|
| b5-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7-b6 | USBSPD[1:0] | 通信対象デバイス転送速度 | b7 b6 0 0 : DEVADDnレジスタを使用しない 0 1 : ロースピード 1 0 : フルスピード 1 1 : 設定禁止 | R/W |
| b15-b8 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

DEVADDn レジスタは、パイプ 0 ~ 9 に対して、通信対象の周辺デバイスの転送速度を指定するレジスタです。

ホストコントローラモードでは、パイプへの通信を開始する前に、DEVADDn レジスタのビットをすべて設定してください。DEVADDn レジスタの各ビットを変更する場合は、有効なパイプがこれらのビット設定値を使用していないときに行ってください。有効なパイプとは、以下の両方の条件を満たしているパイプです。

- DEVADDn レジスタが、DEVSEL[3:0] ビットで選択されている
- 選択パイプの PID[1:0] ビットが BUF に設定されているか、または選択パイプが DCP であり DCPCTR.SUREQ ビットが 1 になっている

デバイスコントローラモードでは、このレジスタの全ビットを 0 にしてください。

USBSPD[1:0] ビット (通信対象デバイス転送速度)

対象の周辺デバイスの USB 転送速度を設定します。

ホストコントローラモードでは、USBFS は USBSPD[1:0] の設定値に基づいてパケットを生成します。デバイスコントローラモードでは、これらのビットを 00b にしてください。

28.2.34 USB モジュールコントロールレジスタ (USBMC)

アドレス USBFS.USBMC 4009 00CCh

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | VDDUS BE |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|---------|----------------------|---|-----|
| b0 | VDDUSBE | USB 基準電源回路 ON/OFF 制御 | 0 : USB 基準電源回路 OFF 1 : USB 基準電源回路 ON | R/W |
| b1 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b15-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

VDDUSBE ビット (USB 基準電源回路 ON/OFF 制御)

USB 基準電源回路はバッテリーチャージ用の基準電圧を発生させます。バッテリーチャージ機能の使用時は、本ビットを1にしてください。

28.2.35 BC コントロールレジスタ 0 (USBBCCTRL0)

アドレス USBFS.USBBCCTRL0 4009 00B0h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|------------|----------|----|----------|-----------|----------|-----------|----------|--------|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | PDDETSTS0 | CHGDETSTS0 | BATCHGEO | — | VDMSRCE0 | IDPSINKE0 | VDPSRCE0 | IDMSINKE0 | IDPSRCE0 | RPDME0 |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|------------|---------------------------------|--|-----|
| b0 | RPDME0 | D-端子プルダウン制御 | 0: プルダウンOFF 1: プルダウンON | R/W |
| b1 | IDPSRCE0 | D+ 端子IDPSRC 出力制御 | 0: 停止 1: 10 μ A出力 | R/W |
| b2 | IDMSINKE0 | D-端子0.6V入力検出 (コンパレータ & シンク) 制御 | 0: 検出OFF 1: 検出ON (コンパレータ & シンク電流ON) | R/W |
| b3 | VDPSRCE0 | D+ 端子VDPSRC (0.6V) 出力制御 | 0: 停止 1: 0.6V出力 | R/W |
| b4 | IDPSINKE0 | D+ 端子0.6V入力検出 (コンパレータ & シンク) 制御 | 0: 検出OFF 1: 検出ON (コンパレータ & シンク電流ON) | R/W |
| b5 | VDMSRCE0 | D- 端子VDMSRC (0.6V) 出力制御 | 0: 停止 1: 0.6V出力 | R/W |
| b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | BATCHGEO | BC (バッテリーチャージャ) 機能汎用許可制御 | 0: 禁止 1: 許可 | R/W |
| b8 | CHGDETSTS0 | D- 端子0.6V入力検出ステータス (注1) | 0: 未検出 1: 検出あり | R |
| b9 | PDDETSTS0 | D+ 端子0.6V入力検出ステータス (注2) | 0: 未検出 1: 検出あり | R |
| b15-b10 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注 1. IDMSINKE0 = 1 のときに有効

注 2. IDPSINKE0 = 1 のときに有効

RPDME0 ビット (D- 端子プルダウン制御)

バッテリーチャージ機能の使用時は、RPDME0 ビットを1にしてD- 端子のプルダウン抵抗を制御してください。

IDPSRCE0 ビット (D+ 端子 IDPSRC 出力制御)

デバイスコントローラモードでは、IDPSRCE0 ビットを1にすると、データ接続端子が検出されたときに電流出力が許可され、D+ 端子がプルアップされます。

IDMSINKE0 ビット (D- 端子 0.6V 入力検出 (コンパレータ & シンク) 制御)

デバイスコントローラモードでは、IDMSINKE0 ビットを1にすると、USBFS は、一次検出時にホストからD- に出力されるVDMSRC (0.6V) が接続されたか否か、または、ファンクションからD+ に出力されるVDPSRC (0.6V) がホスト経由でD- のファンクションに接続されたか否かを検出します。

VDPSRCE0 ビット (D+ 端子 VDPSRC (0.6V) 出力制御)

デバイスコントローラモードでは、VDPSRCE0 ビットを1にすると、一次検出時に出力が許可されて、D+ にVDPSRC (0.6V) が印加されます。

IDPSINKE0 ビット (D+ 端子 0.6V 入力検出 (コンパレータ & シンク) 制御)

デバイスコントローラモードでは、IDPSINKE0 ビットを 1 にすると、USBFS は、ファンクションから D- に出力される VDMSRC (0.6V) が、ホスト経由で D+ (DCP) のファンクションに接続されたか否かを検出します。ホストコントローラモードでは、USBFS は、一次検出時にデバイスから D+ に出力される VDPSRC (0.6V) が接続されたか否かを検出します。

VDMSRCE0 ビット (D- 端子 VDMSRC (0.6V) 出力制御)

デバイスコントローラモードでは、VDMSRCE0 ビットを 1 にすると、二次検出時に出力が許可されて、D- に VDMSRC (0.6V) が印加されます。ホストコントローラモードでは、一次検出時に出力が許可されて、D- に VDMSRC (0.6V) が印加されます。

CHGDETSTS0 フラグ (D- 端子 0.6V 入力検出ステータス)

ホストコントローラモードでは、一次検出中にホストから D- に出力される VDMSRC (0.6V) が接続されたか、または、ファンクションから D+ に出力される VDPSRC (0.6V) がホスト経由で D- のファンクションに接続されたかを USBFS が検出すると、CHGDETSTS0 フラグが 1 になります。

PDDTSTS0 フラグ (D+ 端子 0.6V 入力検出ステータス)

デバイスコントローラモードでは、二次検出中にファンクションから D- に出力される VDMSRC (0.6V) がホスト経由で D+ (DCP) のファンクションに接続されたかを USBFS が検出すると、PDDTSTS0 フラグが 1 になります。

ホストコントローラモードでは、一次検出中にファンクションから D+ に出力される VDPSRC (0.6V) が接続されたかを USBFS が検出すると、本ビットが 1 になります。

28.3 動作説明

28.3.1 システム制御

本節では、USBFS の初期化および消費電力制御に必要なレジスタ設定について説明します。

28.3.1.1 USBFS 関連レジスタへのデータ設定

クロック供給を開始 (SYSCFG.SCKE ビット=1 に) した後、SYSCFG.USBE ビットを 1 にすると、USBFS の動作が許可されて、USBFS は動作を開始します。

28.3.1.2 コントローラ機能の選択

USBFS の動作は、ホストコントローラとデバイスコントローラの 2 種類の機能から選択できます。

どちらの機能にするかは、SYSCFG.DCFM ビットで選択できます。DCFM ビットを変更するときは、リセット直後の初期設定時、または D+ プルアップ禁止状態 (SYSCFG.DPRPU ビット=0) かつ D+/D- プルダウン禁止状態 (SYSCFG.DRPD ビット=0) のときに行ってください。

28.3.1.3 抵抗による USB データバス制御

USBFS は、D+/D- ライン用のプルアップ抵抗とプルダウン抵抗を内蔵しています。SYSCFG.DPRPU、SYSCFG.DMRPU、SYSCFG.DRPD の各ビットを設定して、これらのラインをプルアップまたはプルダウンしてください。

デバイスコントローラモードでは、USB ホストへの接続を確認した後で、SYSCFG.DPRPU ビットを 1 にし、D+ ライン (フルスピード通信時) をプルアップしてください。あるいは、SYSCFG.DMRPU ビットを 1 にし、D- ライン (ロースピード通信時) をプルアップしてください。

PC との通信中に SYSCFG.DPRPU ビット (フルスピード時) を 0 にするか、または SYSCFG.DMRPU ビット (ロースピード時) を 0 にすると、USBFS が USB データラインのプルアップ抵抗を無効にするので、USB ホストに対して切断を通知することが可能です。

ホストコントローラモードでは、SYSCFG.DRPD ビットを 1 にして、D+/D- ラインをプルダウンしてください。

表 28.12 USB データバス抵抗制御

| SYSCFG レジスタの設定値 | | | D- | D+ | 機能 |
|-----------------|--------------|--------------|-------|-------|-----------------------------|
| DRPD ビット | DPRPU ビット | DMRPU ビット | | | |
| 0 | 0 | 0 | オープン | オープン | 抵抗を使用しない場合 |
| 0 | 1 | 0 | オープン | プルアップ | デバイスコントローラとしてフルスピードで動作させる場合 |
| 0 | 0 | 1 | プルアップ | オープン | デバイスコントローラとしてロースピードで動作させる場合 |
| 1 | 0 | 0 | プルダウン | プルダウン | ホストコントローラとして動作させる場合 |
| 上記以外の設定 | | | — | — | 設定禁止 |

28.3.1.4 USB 外部接続回路の例

データラインの1つがプルアップされると、ホストはUSBデバイスを認識します。本MCUでは、このために内蔵プルアップ抵抗を切り替えることができます。また、本MCUはUSB-PHYに電源を内蔵しているため、バスパワーデバイスでは外部レギュレータを必要としません。

図 28.2 に、USB 接続用外部回路の例を示します。

USBFS は、D+ ラインのプルアップ抵抗と、D+ および D- ラインのプルダウン抵抗を制御します。SYSCFG.DPRPU ビットと SYSCFG.DRPD ビットで、ラインのプルアップとプルダウンを選択してください。デバイスコントローラモードでは、USB ホストとの通信中に SYSCFG.DPRPU ビットを 0 にすると、USB データラインのプルアップ抵抗が無効になります。USBFS はこれを利用して、USB ホストに対してデバイスのデータタッチを通知できます。

図 28.2 に、セルフパワー状態での USB コネクタのファンクション接続例を示します。

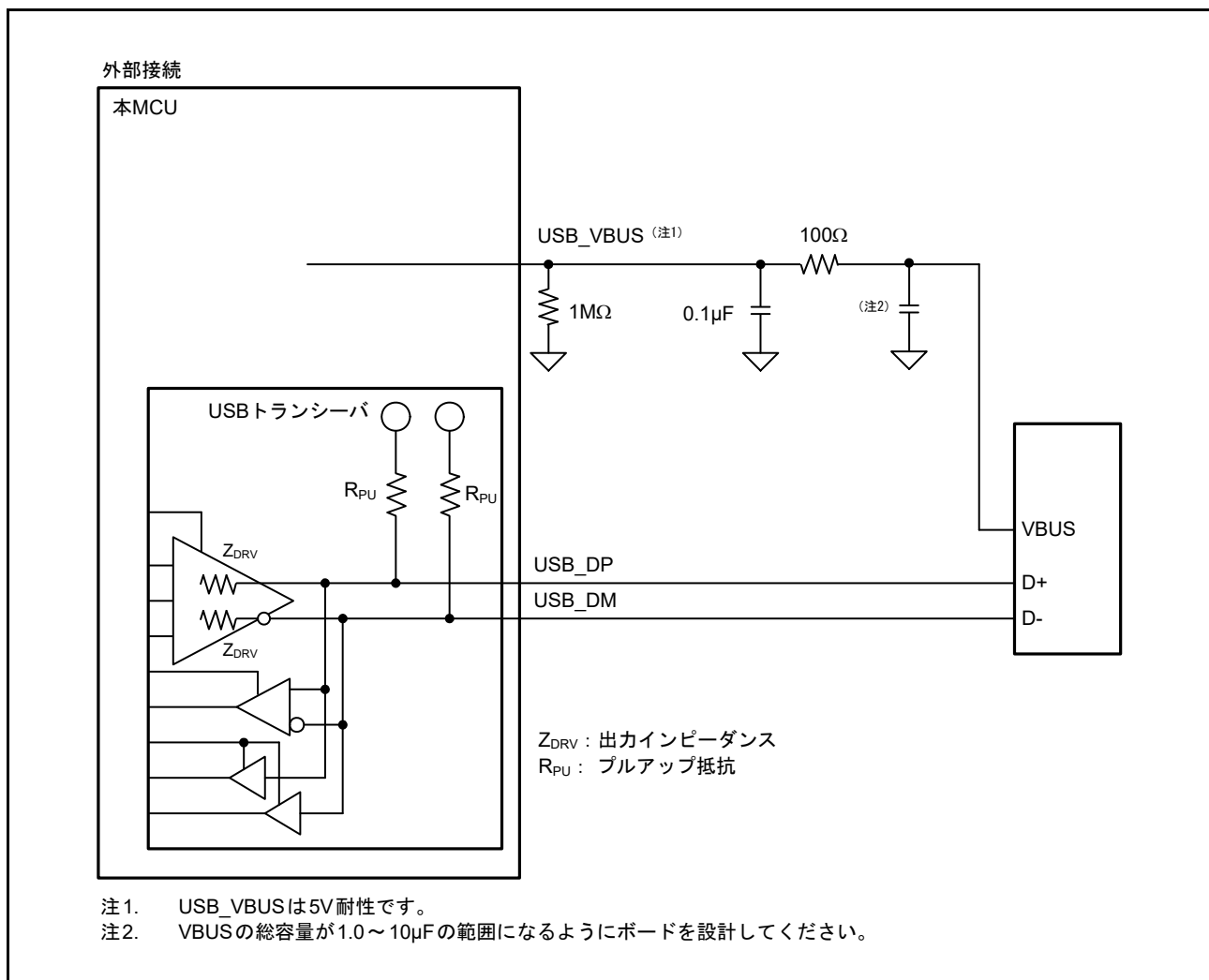


図 28.2 セルフパワー状態でのデバイス接続例

図 28.3 に、USB コネクタのホスト接続例を示します。

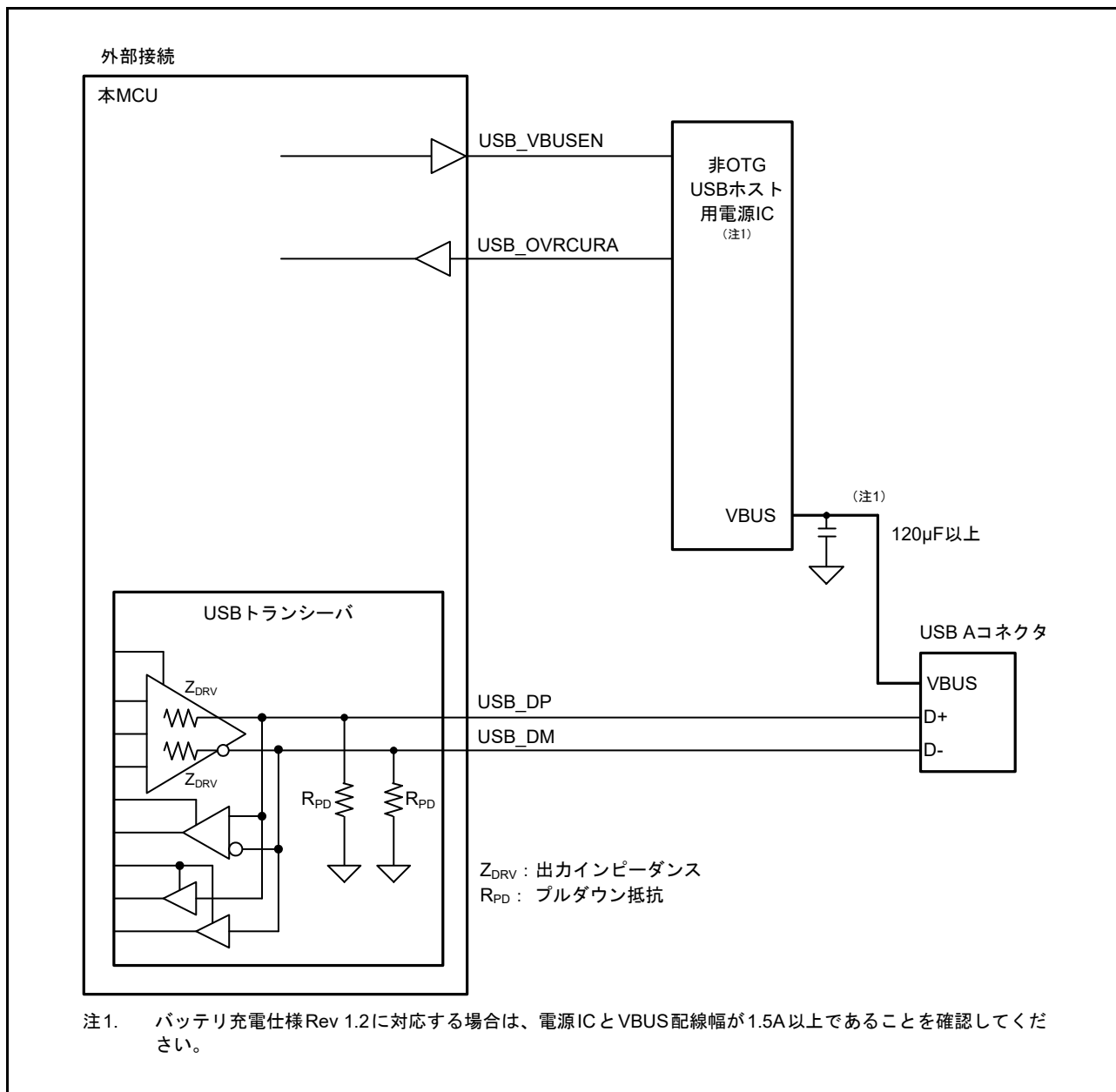


図 28.3 ホスト接続例

図 28.4 に、バスパワー状態での USB コネクタのファンクション接続例を示します。

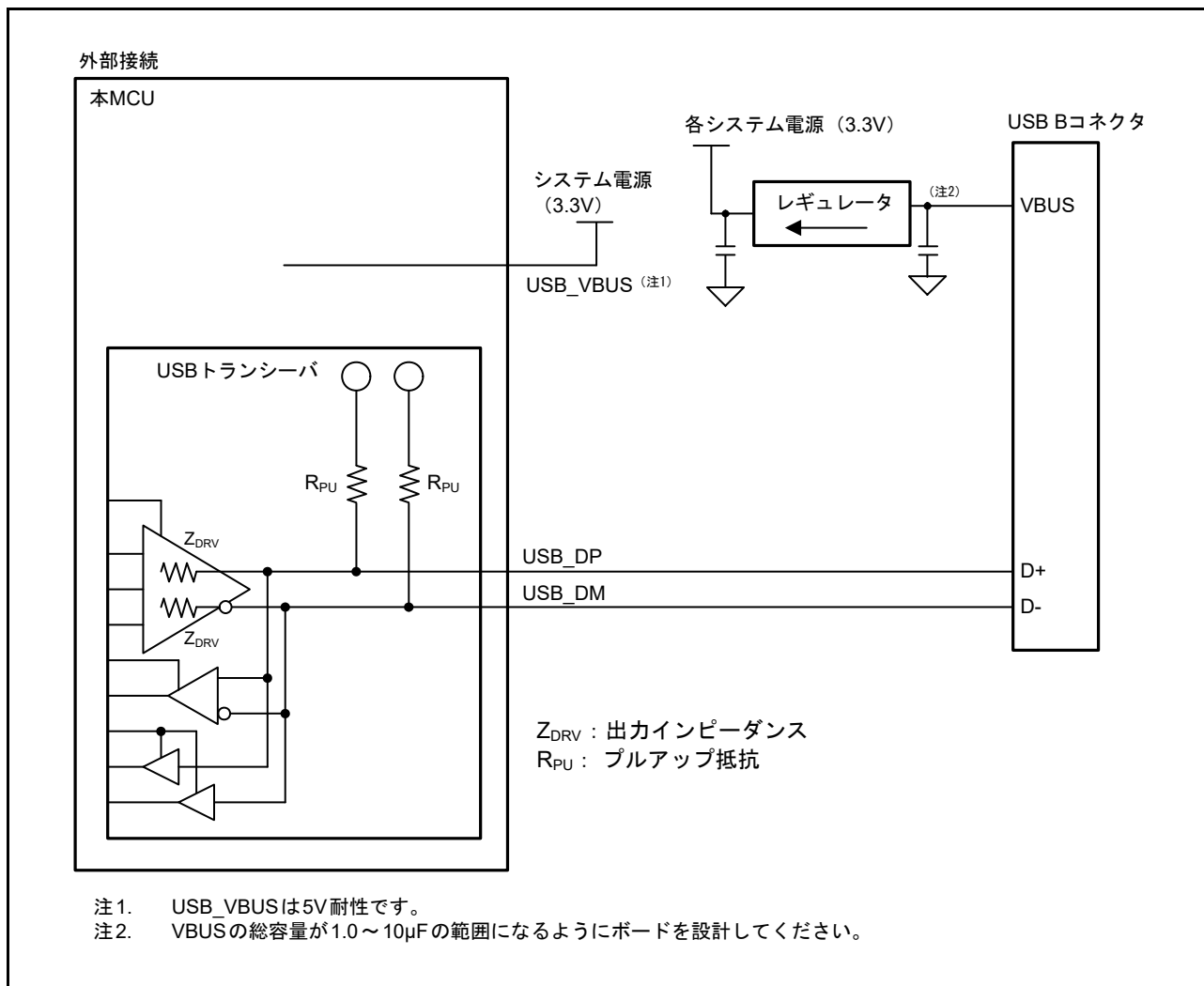


図 28.4 バスパワー状態 1 でのデバイス接続例

図 28.5 に、バスパワー状態 2 での USB コネクタのファンクション接続例を示します。

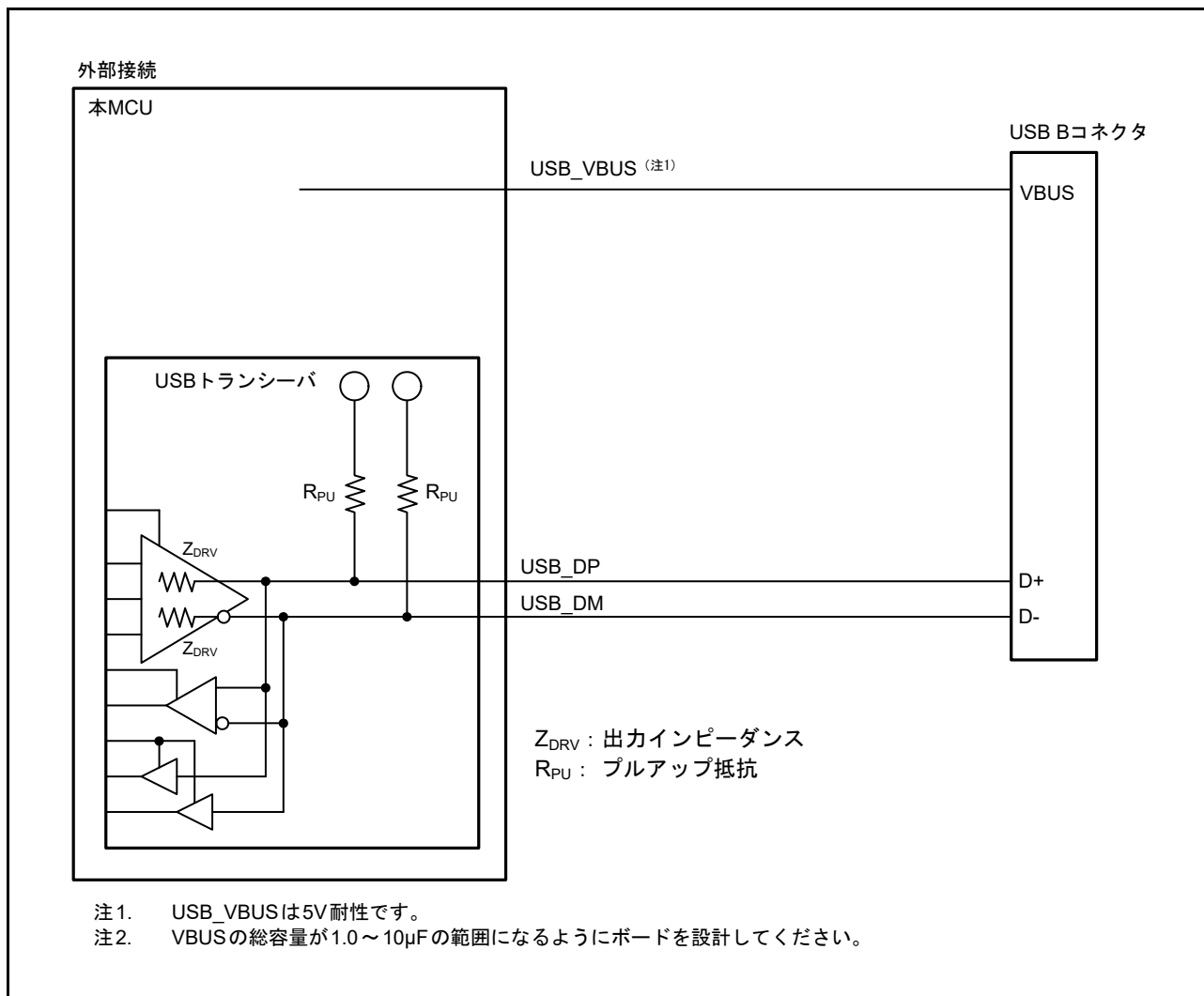


図 28.5 バスパワー状態 2 でのデバイス接続例

この節に記載の外部回路の例は、概略回路であり、すべてのシステムにおいて動作を保証するものではありません。

図 28.6 に、バッテリーチャージング仕様リビジョン 1.2 に対応した USB コネクタのファンクション接続例を示します。

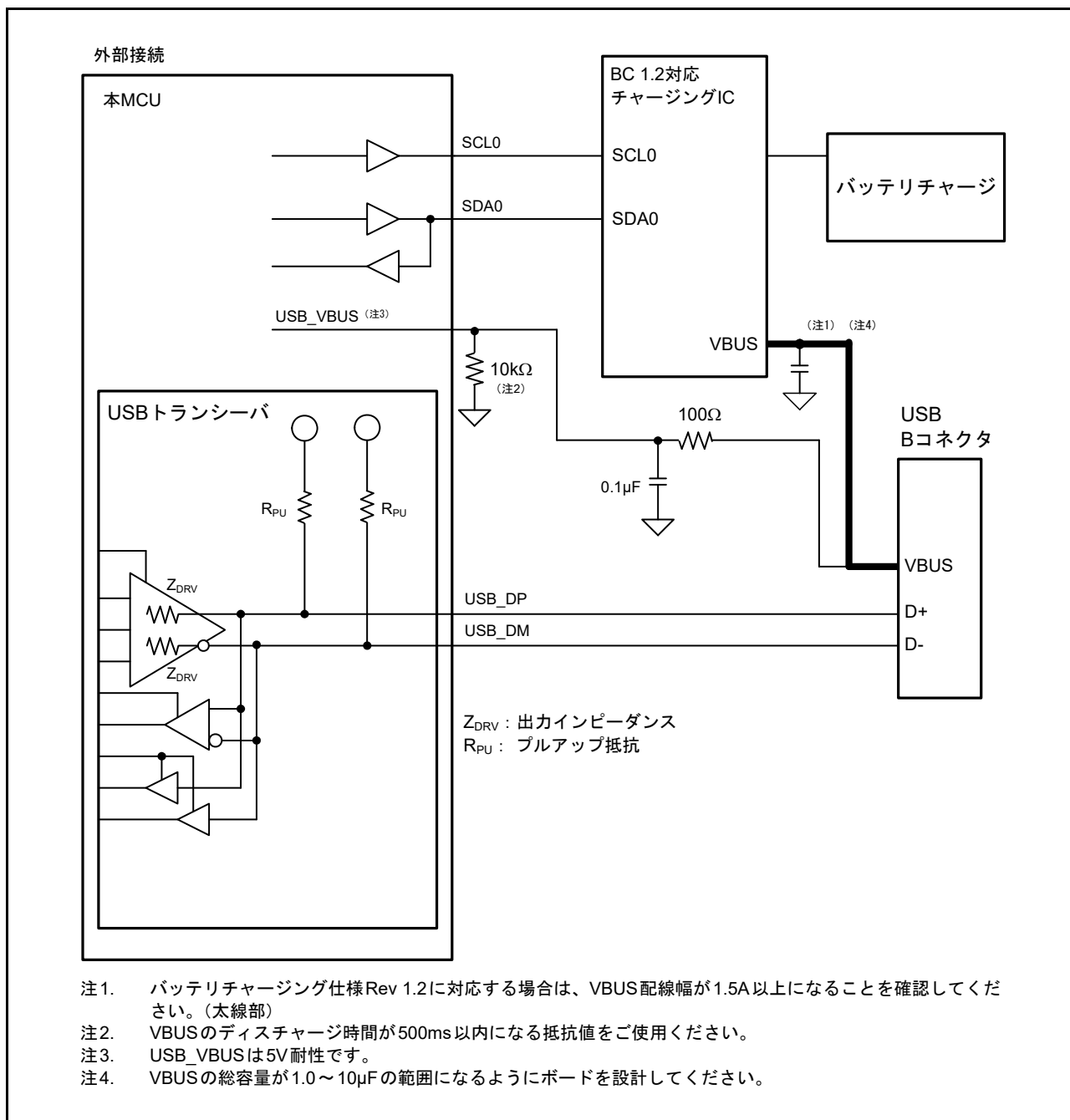


図 28.6 バッテリーチャージング仕様リビジョン 1.2 に対応したファンクション接続例

28.3.2 割り込み

表 28.13 に、USBFS の割り込み要因一覧を示します。これらの割り込み発生条件が成立し、かつ対応する割り込みイネーブルレジスタで割り込み出力が許可されていると、**割り込みコントローラユニット (ICU)** に対して USBFS 割り込み要求が発行されて、USBFS 割り込みが発生します。「14. **割り込みコントローラユニット (ICU)**」を参照してください。

表 28.13 割り込み要因 (1/2)

| 1にするビット | 名称 | 割り込み要因 | 対象となるコントローラ機能 | ステータスフラグ |
|---------|--------------------|--|-----------------|------------------------|
| VBINT | VBUS 割り込み | <ul style="list-style-type: none"> USB_VBUS 入力端子の状態変化 (Low→High または High→Low) を検出したとき | ホストまたはデバイス (注1) | INTSTS0. VBSTS |
| RESM | レジューム割り込み | <ul style="list-style-type: none"> Suspended ステートにおいて USB バスの状態変化を検出したとき (J-State→K-State または J-State→SE0) | デバイス | — |
| SOFR | フレーム番号更新割り込み | ホストコントローラモード時： <ul style="list-style-type: none"> フレーム番号の異なる SOF パケットを送信したとき デバイスコントローラモード時： <ul style="list-style-type: none"> フレーム番号の異なる SOF パケットを受信したとき | ホスト/ デバイス | — |
| DVST | デバイスステート遷移割り込み | 以下のいずれかのデバイスステート遷移を検出したとき <ul style="list-style-type: none"> USB バスリセットの検出 Suspended ステートの検出 SET_ADDRESS リクエストの受信 SET_CONFIGURATION リクエストの受信 | デバイス | INTSTS0. DVSQ[2:0] |
| CTRT | コントロール転送ステージ遷移割り込み | 以下のいずれかによってコントロール転送ステージ遷移を検出したとき <ul style="list-style-type: none"> セットアップステージの完了 コントロールライト転送ステータスステージ遷移の発生 コントロールリード転送ステータスステージ遷移の発生 コントロール転送の完了 コントロール転送シーケンスエラーの発生 | デバイス | INTSTS0. CTSQ[2:0] |
| BEMP | バッファエンブレティ割り込み | <ul style="list-style-type: none"> FIFO バッファ内の全データを送信してバッファが空になったとき 最大パケットサイズを超えるパケットを受信したとき | ホスト/ デバイス | BEMPSTS. PIPEnBEMP |
| NRDY | バッファノットレディ割り込み | ホストコントローラモード時： <ul style="list-style-type: none"> 発行したトークンに対して周辺デバイスから STALL 応答を受信したとき 発行したトークンに対して周辺デバイスから応答を正しく受信できなかったとき (無応答が 3 回連続、またはパケット受信エラーが 3 回連続で発生) アイソクロナス転送中にオーバーランエラーまたはアンダーランエラーが発生したとき デバイスコントローラモード時： <ul style="list-style-type: none"> PID[1:0] ビットが 01b (BUF) のときに、IN トークンまたは OUT トークンに対して NAK を応答したとき アイソクロナス転送でのデータ受信中に CRC エラーまたはビットスタッフィングエラーが発生したとき アイソクロナス転送でのデータ受信中にオーバーランまたはアンダーランが発生したとき | ホスト/ デバイス | NRDYSTS. PIPEnNRDY |
| BRDY | バッファレディ割り込み | <ul style="list-style-type: none"> バッファがレディ (読み出しまたは書き込み可能状態) になったとき | ホスト/ デバイス | BRDYSTS. PIPEnBRDY |
| OVRCCR | オーバーカレント入力変化割り込み | <ul style="list-style-type: none"> USB_OVRCURA または USB_OVRCURB 入力端子の状態変化 (Low→High または High→Low) を検出したとき | ホスト | INTSTS1. OVRCCR |
| BCHG | バス変化割り込み | <ul style="list-style-type: none"> USB バスの状態変化を検出したとき | ホスト/ デバイス | SYSSTS0. LNST[1:0] |
| DTCH | フルスピード動作時デタッチ検出 | <ul style="list-style-type: none"> フルスピード動作時に周辺デバイスのデタッチを検出したとき | ホスト | DVSTCTR0. RHST[2:0] |
| ATTCH | デバイスアタッチ検出 | <ul style="list-style-type: none"> J-State または K-State を USB バスで 2.5μs 連続して検出したとき この割り込みは、周辺デバイスの接続の確認に使用できます | ホスト | — |
| EOFERR | EOF エラー検出 | <ul style="list-style-type: none"> 周辺デバイスの EOF エラーを検出したとき | ホスト | — |

表 28.13 割り込み要因 (2/2)

| 1にするビット | 名称 | 割り込み要因 | 対象となるコントローラ機能 | ステータスフラグ |
|----------|-----------------|---|---------------|-------------------|
| SACK | SETUP正常 | • SETUPトランザクションの正常応答 (ACK) を受信したとき | ホスト | — |
| SIGN | SETUPエラー | • SETUPトランザクションエラー (無応答またはACKパケット破損) を3回連続で検出したとき | ホスト | — |
| PDDEINT0 | ポータブルデバイス検出割り込み | • ポータブルデバイスのアタッチを検出したとき | ホスト | INTSTS1.PDDETINT0 |

注1. この割り込みは、ホストコントローラモードでも発生しますが、通常はホストコントローラモードでは使用しません。

図 28.7 に、USBFS の割り込みに関連する回路を示します。

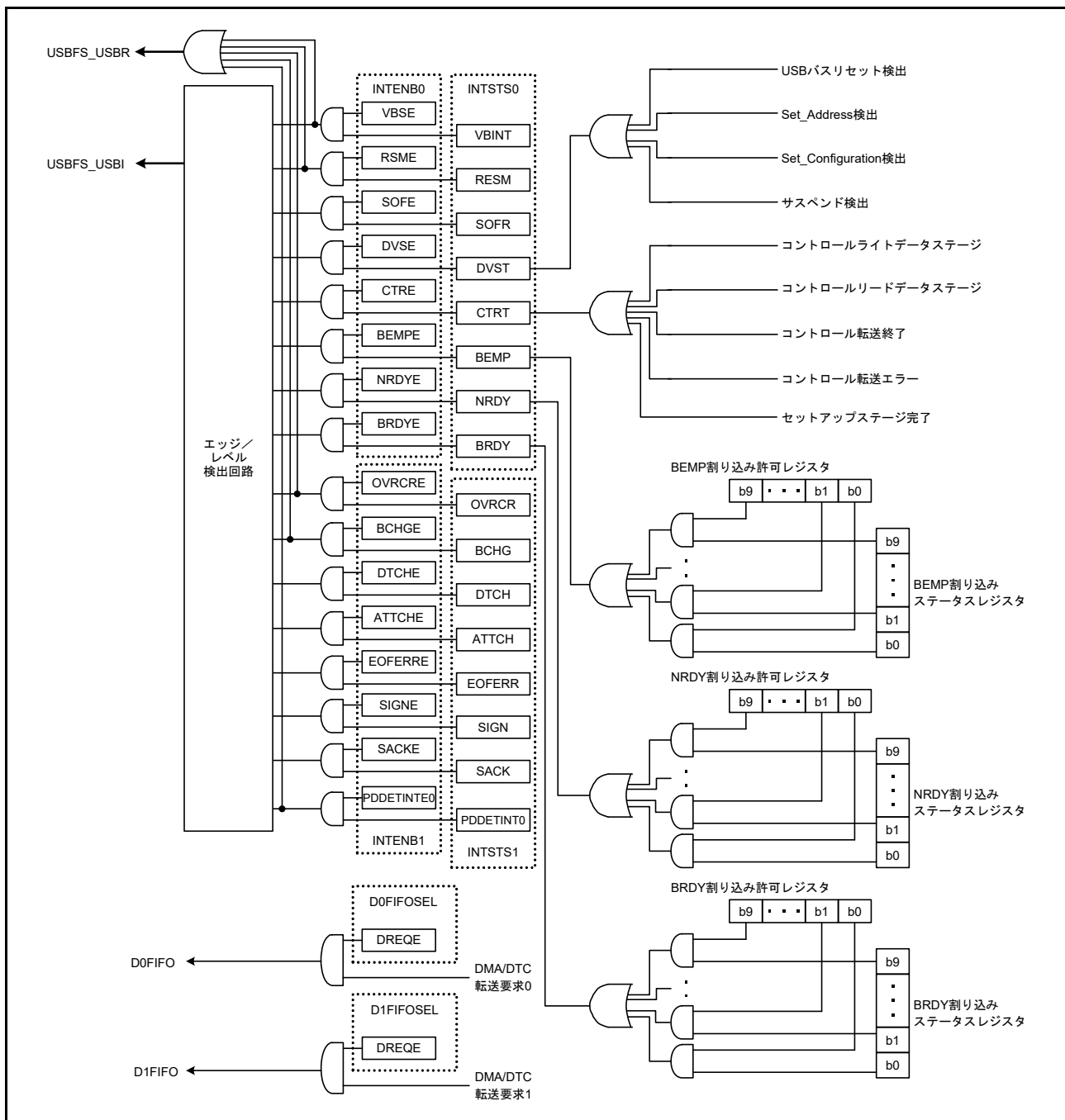


図 28.7 USBFS の割り込みに関連する回路

表 28.14 に、USBFS が発生させる割り込みを示します。

表 28.14 USBFSの割り込み

| 割り込み名 | 割り込みステータスフラグ | DTCの起動 | DMACの起動 | 優先順位 |
|------------|--|--------|---------|--------|
| D0FIFO | DMA転送要求0 | 可能 | 可能 | 高 ↑ |
| D1FIFO | DMA転送要求1 | 可能 | 可能 | |
| USBFS_USBI | VBUS割り込み、レジューム割り込み、フレーム番号更新割り込み、デバイスステート遷移割り込み、コントロール転送ステージ遷移割り込み、バッファエンプティ割り込み、バッファノットレディ割り込み、バッファレディ割り込み、オーバーカレント入力変化割り込み、バス変化割り込み、フルスピード動作時データ検出、デバイスアタッチ検出、EOFエラー検出、SETUP正常、SETUPエラー、ポータブルデバイス検出割り込み | 不可能 | 不可能 | 低 |
| USBFS_USBR | VBUS割り込み、レジューム割り込み、オーバーカレント入力変化割り込み、ポータブルデバイス検出割り込み | 不可能 | 不可能 | — |

28.3.3 割り込みの説明

28.3.3.1 BRDY 割り込み

BRDY 割り込みは、ホストコントローラモードとデバイスコントローラモードの両方で発生します。本節では、USBFS が BRDYSTS レジスタの対応するビットを 1 にする条件について説明します。これらの条件下では、ソフトウェアで当該パイプに対応する BRDYENB レジスタのビットを 1 にして、さらに INTENB0.BRDYE ビットを 1 にしていると、USBFS は BRDY 割り込みを発生させます。

BRDY 割り込みの発生およびクリア条件は、以下のように、各パイプの SOFCFG.BRDYM ビットと PIPECFG.BFRE ビットの設定値によって異なります。

(1) SOFCFG.BRDYM = 0 かつ PIPECFG.BFRE = 0 のとき

この設定の場合、BRDY 割り込みは FIFO ポートがアクセス可能であることを示します。

下記条件のいずれかに該当する場合、USBFS は内部 BRDY 割り込み要求トリガを発生させ、選択パイプに対応する BRDYSTS.PIPEnBRDY ビットを 1 にします。

(a) 送信パイプの場合

- ソフトウェアで DIR ビットを 0 から 1 に変更したとき
- CPU からパイプの FIFO バッファへのライトアクセスが不可能な (BSTS ビットの読み出し値が 0 の) 状態で、そのパイプの packets 送信が完了したとき
- ダブルバッファモードにおいて、一方の FIFO バッファへの書き込み完了時に、もう一方の FIFO バッファが空であったとき
- 一方の FIFO バッファへの送信が完了しても、現在書き込み中の FIFO バッファへの書き込みが完了するまで、要求トリガは発生しません
- アイソクロナス転送のパイプにおいて、ハードウェアによるバッファフラッシュが発生したとき
- PIPEnCTR.ACLRM ビットに 1 を書くことで、FIFO バッファが書き込み不可能な状態から書き込み可能な状態になったとき

DCP に対しては (すなわち、コントロール転送でのデータ送信においては)、要求トリガは発生しません。

(b) 受信パイプの場合

- CPUから当該パイプのFIFOバッファへのリードアクセスが不可能な(BSTSビットの読み出し値が0)状態で、パケット受信が正常に完了したため、FIFOバッファの読み出しが可能になったとき。DATA-PID不一致が発生したトランザクションに対しては、要求トリガは発生しません
- ダブルバッファモードにおいて、一方のFIFOバッファからの読み出し完了時に、もう一方のFIFOバッファも読み出し可能なとき。一方のFIFOバッファが受信を完了しても、現在読み出し中のFIFOバッファからの読み出しが完了するまで、要求トリガは発生しません

デバイスコントローラモードでは、コントロール転送のステータスステージでBRDY割り込みは発生しません。選択パイプのPIPE_nBRDY割り込みステータスは、ソフトウェアで対応するPIPE_nBRDYビットに0を書くことにより、0にすることが可能です。この場合、他のパイプの他のPIPEBRDYビットは1である必要があります。

BRDYステータスのクリアは、FIFOバッファへアクセスする前に行ってください。

(2) SOFCFG.BRDYM = 0 かつ PIPECFG.BFRE = 1 のとき

この設定の場合、受信パイプによって1転送分の全データがすべて読み出されたときに、USBFSはBRDY割り込みを発生させ、当該パイプに対応するBRDYSTSレジスタのビットを1にします。

下記条件のいずれかに該当する場合、USBFSは1転送分の最後のデータが受信されたと判定します。

- ショートパケット (Zero-Length パケットを含む) を受信したとき
- パイプ_nトランザクションカウンタレジスタ (PIPE_nTRN) を使用し、PIPE_nTRN.TRNCNT[15:0]ビットで設定したパケット数をすべて受信したとき

上記条件のいずれかが満たされた後、データの読み出しが完了したときに、USBFSは1転送分の全データがすべて読み出されたと判定します。

FIFOバッファが空の状態でZero-Lengthパケットを受信した場合、FIFOポートコントロールレジスタのFRDYビットが1、DTLN[8:0]ビットが0の時点で、USBFSは1転送分の全データがすべて読み出されたと判定します。この場合、次の転送を開始するには、対応するポートコントロールレジスタのBCLRビットにソフトウェアで1を書いてください。この設定の場合、USBFSは送信パイプに対してBRDY割り込みを検出しません。

パイプのPIPE_nBRDY割り込みステータスは、ソフトウェアで対応するBRDYSTS.PIPE_nBRDYビットに0を書くことにより、0にすることが可能です。この場合、他のパイプの他のPIPE_nBRDYビットは1である必要があります。

このモードを使用する場合、1転送分の全データを処理するまで、PIPECFG.BFREビットの設定値を変更しないでください。処理の途中でPIPECFG.BFREビットを変更する必要がある場合は、PIPE_nCTR.ACLRMビットを用いてパイプのFIFOバッファをすべてクリアする必要があります。

(3) SOFCFG.BRDYM = 1 かつ PIPECFG.BFRE = 0 のとき

この設定の場合、BRDYSTS.PIPE_nBRDYビット値は、各パイプのBSTSビットの設定値に連動します。すなわち、BRDY割り込みステータスビット (PIPE_nBRDY) は、FIFOバッファの状態に応じてUSBが1または0にします。

(a) 送信パイプの場合

BRDY割り込みステータスビットは、FIFOバッファが書き込み可能な状態であれば1になり、そうでなければ0になります。送信方向のDCPが書き込み可能であっても、BRDY割り込みは発生しません。

(b) 受信パイプの場合

BRDY割り込みステータスビットは、FIFOバッファが読み出し可能な状態であれば1になり、全データが読み出されたとき (リードアクセスが不可能な状態で) 0になります。

FIFOバッファが空の状態でZero-Lengthパケットを受信した場合、ソフトウェアでBCLRビットに1を書くまで、当該ビットは1になり、BRDY割り込みが発生し続けます。この設定の場合、ソフトウェアでPIPE_nBRDYビットを0にすることはできません。

SOFCFG.BRDYMビットが1のときは、全パイプのPIPECFG.BFREビットを0にしてください。

図 28.8 に、BRDY 割り込みの発生タイミングを示します。

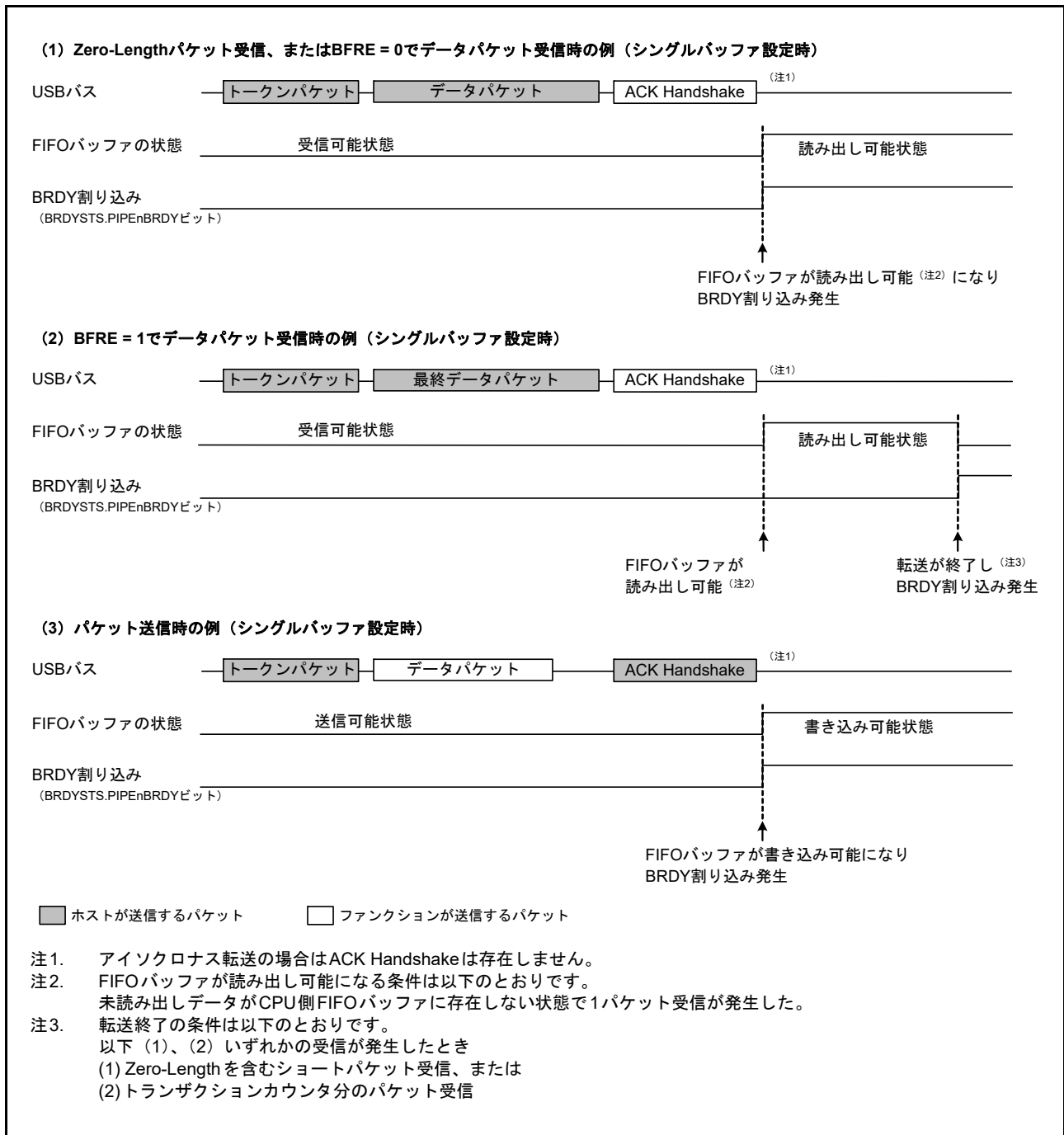


図 28.8 BRDY 割り込みの発生タイミング

INTSTS0.BRDY ビットのクリア条件は、表 28.15 に示すように、SOFCFG.BRDYM ビットの設定値によって異なります。

表 28.15 BRDY ビットのクリア条件

| BRDYM ビット | BRDY ビットのクリア条件 |
|-----------|---|
| 0 | ソフトウェアでBRDYSTSレジスタの全ビットを0にすると、USBFSはBRDYビットを0にクリアします。 |
| 1 | 全パイプのBSTSビットが0になったとき、USBFSはBRDYビットを0にクリアします。 |

28.3.3.2 NRDY 割り込み

ソフトウェアで PID ビットを BUF に設定したパイプに内部 NRDY 割り込み要求が発生すると、USBFS は対応する NRDYSTS.PIPEnNRDY ビットを 1 にします。ソフトウェアで NRDYENB レジスタの対応するビットを 1 にしている場合、USBFS は INTSTS0.NRDY ビットを 1 にして、USBFS 割り込みを発生させます。

USBFS が、あるパイプに対して内部 NRDY 割り込み要求を発生させる条件を以下に示します。

ホストコントローラモードでは、SETUP トランザクションの実行中に、内部 NRDY 割り込み要求は発生しません。ホストコントローラモードでは、SETUP トランザクション中に、SACK または SIGN 割り込みを検出します。

デバイスコントローラモードでは、コントロール転送ステータスステージの実行中に、内部 NRDY 割り込み要求は発生しません。

(1) ホストコントローラモード時

(a) 送信パイプの場合

以下のいずれかの条件で、USBFS は NRDY 割り込みを検出します。

- アイソクロナス転送のパイプにおいて、FIFO バッファに送信すべきデータがない状態で OUT トークンの発行タイミングに達したとき。このとき USBFS は、OUT トークンに続けて Zero-Length パケットを送信し、対応する NRDYSTS.PIPEnNRDY ビットと、FRMNUM.OVRN ビットを 1 にします
- アイソクロナス転送以外のパイプにおいて、SETUP トランザクション以外の通信中に、以下の 2 つのケースの任意の組み合わせが 3 回連続して発生したとき：
 - 周辺デバイスから応答がないとき（周辺デバイスからのハンドシェイクパケットを検出する前に、タイムアウトが検出されたとき）
 - 周辺デバイスからのパケットにエラーが検出されたとき。このとき USBFS は、対応する PIPEnNRDY ビットを 1 にして、当該パイプに対応する PID[1:0] ビット設定値を NAK に変更します
- SETUP トランザクション以外の通信中に、周辺デバイスから STALL ハンドシェイクを受信したとき。このとき USBFS は、対応する PIPEnNRDY ビットを 1 にして、当該パイプの PID[1:0] ビット設定値を STALL (11b) に変更します

(b) 受信パイプの場合

- アイソクロナス転送のパイプにおいて、IN トークンの発行タイミングに達したが、FIFO バッファに空きがないとき。このとき USBFS は、IN トークンに対する受信データを破棄し、当該パイプに対応する PIPEnNRDY ビットと、OVRN ビットを 1 にします。さらに、IN トークンに対する受信データにパケットエラーを検出した場合は、USBFS は FRMNUM.CRCE ビットも 1 にします
- アイソクロナス転送以外のパイプにおいて、以下の 2 つのケースの任意の組み合わせが 3 回連続で発生したとき：
 - USBFS が発行した IN トークンに対して周辺デバイスから応答がないとき（周辺デバイスからの DATA パケットを検出する前に、タイムアウトが検出されたとき）
 - 周辺デバイスからのパケットにエラーが検出されたとき。このとき USBFS は、対応する PIPEnNRDY ビットを 1 にし、当該パイプに対応する PID[1:0] ビット設定値を NAK に変更します
- アイソクロナス転送のパイプにおいて、IN トークンに対して周辺デバイスから応答がないとき（周辺デバイスからの DATA パケットを検出する前に、タイムアウトが検出されたとき）、または周辺デバイスからのパケットにエラーが検出されたとき。このとき USBFS は、当該パイプに対応する PIPEnNRDY ビットを 1 にします。当該パイプの PID[1:0] ビットの設定値は変更されません
- アイソクロナス転送のパイプにおいて、受信したデータパケットに CRC エラーまたはビットスタッフィングエラーが検出されたとき。このとき USBFS は、当該パイプに対応する PIPEnNRDY ビットと、CRCE ビットを 1 にします

- STALL ハンドシェイクを受信したとき。このとき USBFS は、当該パイプに対応する PIPEnNRDY ビットを 1 にして、そのパイプの PID[1:0] ビットの設定値を STALL に変更します

(2) デバイスコントローラモード時

(a) 送信パイプの場合

- FIFO バッファに送信すべきデータがない状態で IN トークンを受信したとき。このとき USBFS は、IN トークン受信時に NRDY 割り込み要求を発生させ、NRDYSTS.PIPEnNRDY ビットを 1 にします。割り込みが発生したアイソクロナス転送のパイプに対して、USBFS は Zero-Length パケットを送信し、FRMNUM.OVRN ビットを 1 にします

(b) 受信パイプの場合

- OUT トークンを受信したが、FIFO バッファに空きがないとき。割り込みが発生したアイソクロナス転送のパイプに対して、USBFS は OUT トークン受信時に NRDY 割り込み要求を発生させ、PIPEnNRDY ビットを 1 にして、OVRN ビットを 1 にします。割り込みが発生したアイソクロナス転送以外のパイプに対しては、USBFS は、OUT トークンに続くデータ受信後の NAK ハンドシェイクを送信するときに、NRDY 割り込み要求を発生させ、PIPEnNRDY ビットを 1 にします。DATA-PID 不一致による再送信時には、NRDY 割り込み要求は発生しません。また、DATA パケットにエラーがある場合も、NRDY 割り込み要求は発生しません
- アイソクロナス転送のパイプにおいて、インターバルフレーム内にトークンが正常に受信されなかったとき。このとき USBFS は、SOF 受信時に NRDY 割り込み要求を発生させ、PIPEnNRDY ビットを 1 にします

図 28.9 に、デバイスコントローラ選択時の NRDY 割り込みの発生タイミングを示します。

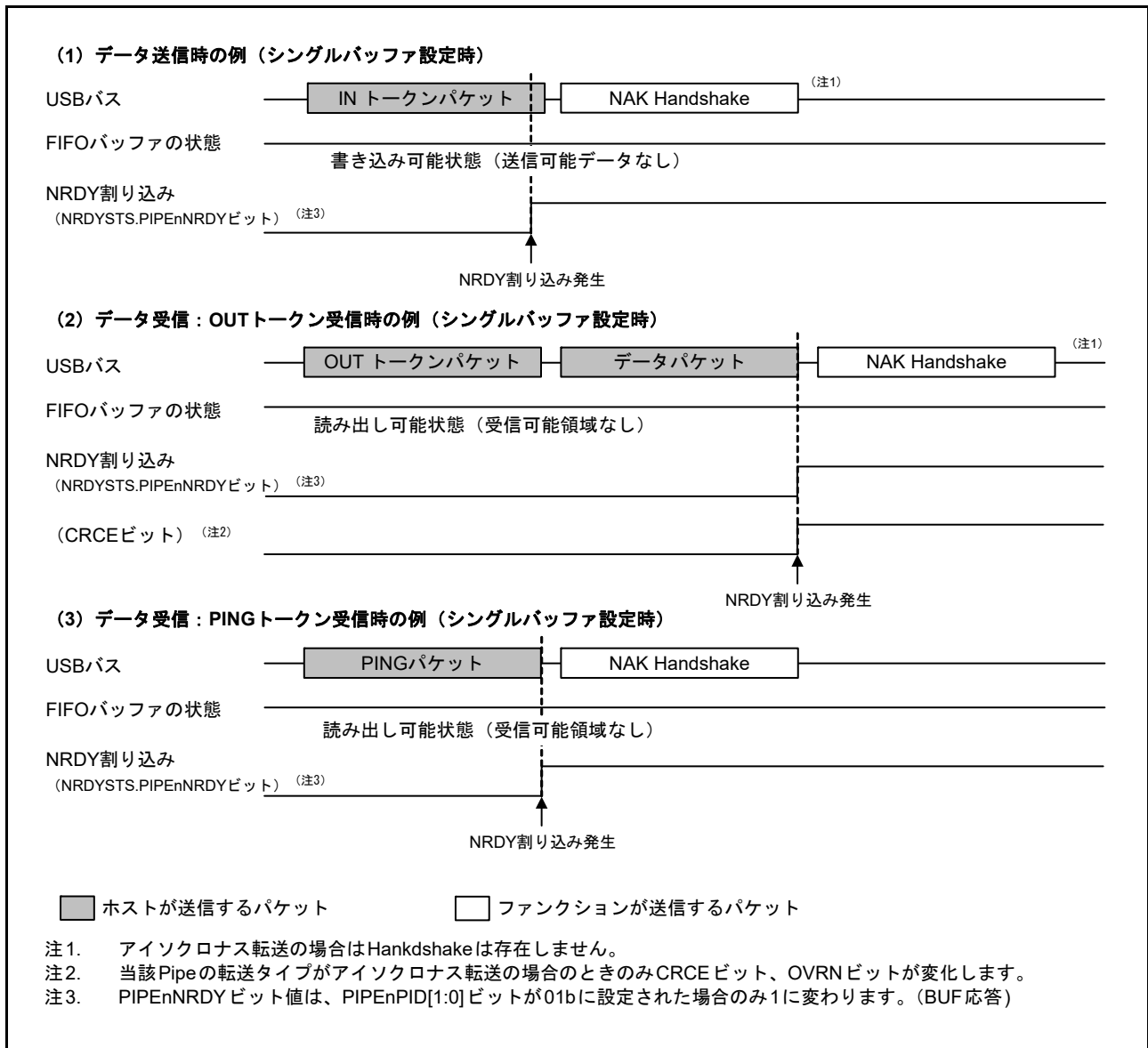


図 28.9 デバイスコントローラモードにおける NRDY 割り込みの発生タイミング

28.3.3.3 BEMP 割り込み

ソフトウェアで PID ビットを BUF に設定したパイプに、BEMP 割り込みが検出されると、USBFS は対応する BEMPSTS.PIPEnBEMP ビットを 1 にします。ソフトウェアで BEMPENB レジスタの対応するビットを 1 にしている場合、USBFS は INTSTS0.BEMP ビットを 1 にして、USBFS 割り込みを発生させます。本節では、USBFS が内部 BEMP 割り込み要求を発生させる条件について説明します。

(1) 送信パイプの場合

送信完了時 (Zero-Length パケットの送信時を含む) に、対応するパイプの FIFO バッファが空のとき、シングルバッファモードでは、DCP 以外のパイプに対して BRDY 割り込みと同時に内部 BEMP 割り込み要求が発生します。下記条件のいずれかに該当する場合、内部 BEMP 割り込み要求は発生しません。

- ダブルバッファモードで、片方の FIFO バッファからのデータ送信完了時に、CPU または DMAC/DTC が、CPU 側の FIFO バッファへのデータ書き込みをすでに開始しているとき
- PIPEnCTR.ACLRM ビットまたはポートコントロールレジスタの BCLR ビットを 1 にして、バッファをクリア (空に) したとき
- デバイスコントローラモードのコントロール転送ステータスステージにおいて、IN 転送 (Zero-Length パケット送信) を実行したとき

(2) 受信パイプの場合

正常に受信したデータの packet サイズが、設定された最大 packet サイズを超えたとき。この場合、USBFS は BEMP 割り込み要求を発生させ、対応する BEMPSTS.PIPEnBEMP ビットを 1 にして、受信データを破棄し、当該パイプに対応する PID[1:0] ビット設定値を STALL (11b) に変更します。USBFS は、ホストコントローラモードでは応答を返しません。デバイスコントローラモードでは STALL 応答を行います。

下記条件のいずれかに該当する場合、内部 BEMP 割り込み要求は発生しません。

- 受信データに CRC エラーまたはビットスタッフィングエラーが検出されたとき
- SETUP トランザクションが実行されたとき
 - BEMPSTS.PIPEnBEMP ビットに 0 を書くと、ステータスがクリアされます
 - BEMPSTS.PIPEnBEMP ビットに 1 を書いても、何の影響もありません

図 28.10 に、デバイスコントローラモード時の BEMP 割り込みの発生タイミングを示します。

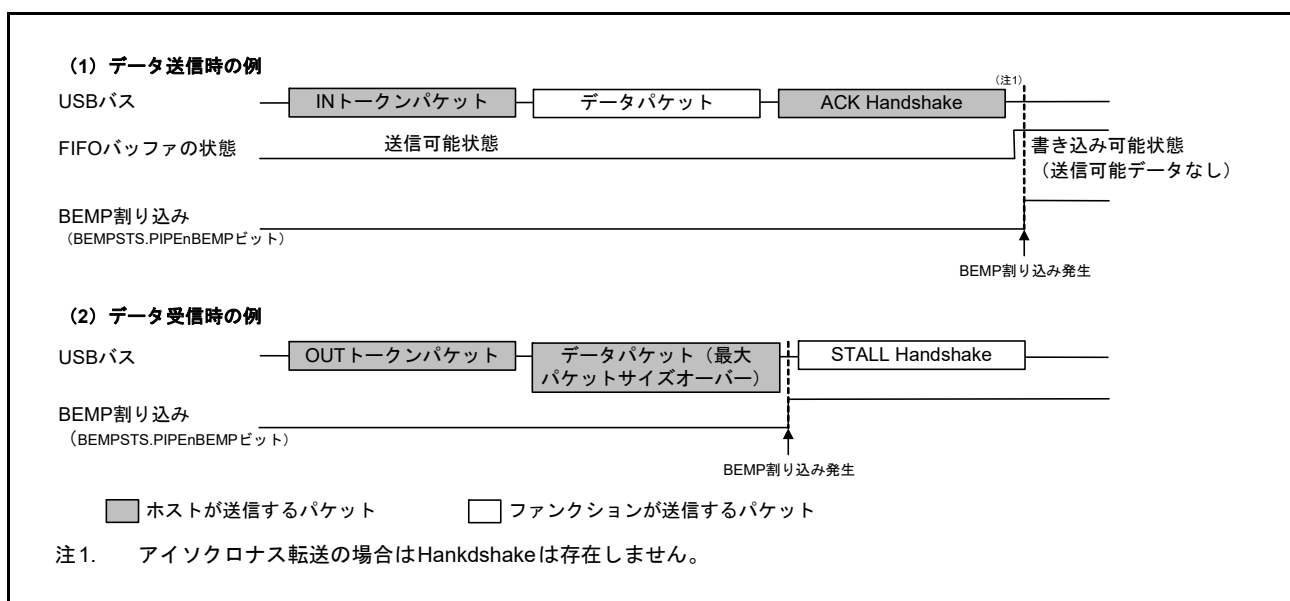


図 28.10 デバイスコントローラモード時の BEMP 割り込みの発生タイミング

28.3.3.4 デバイスステート遷移割り込み (デバイスコントローラモード)

図 28.11 に、USBFS のデバイスステート遷移図を示します。USBFS は、デバイスステートを管理して、デバイスステート遷移割り込みを発生させます。ただし、Suspended ステートからの復帰 (レジューム信号検出) は、レジューム割り込みによって検出します。デバイスステート遷移割り込みは、INTENB0 レジスタを用いて個別に許可または禁止にできます。ステートが変化したデバイスは、INTSTS0.DVSQ[2:0] ビットで確認できます。

Default ステートに遷移する場合は、USB バスリセットの検出後に、デバイスステート遷移割り込みが発生します。

USBFS はデバイスステートを管理して、デバイスコントローラモードでのみデバイスステート遷移割り込みを発生させます。

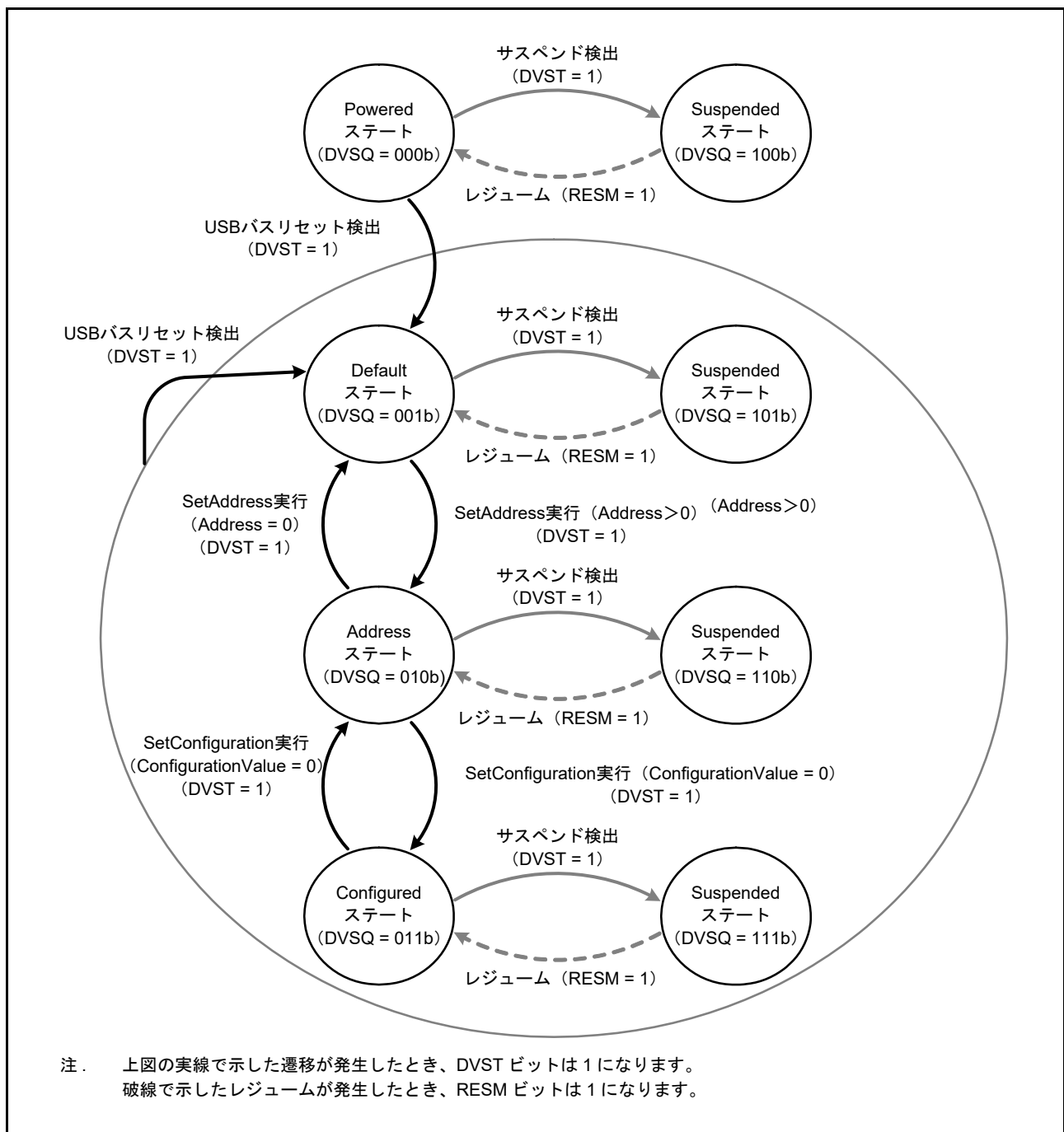


図 28.11 デバイスステートの遷移

28.3.3.5 コントロール転送ステージ遷移割り込み (デバイスコントローラモード)

図 28.12 に、USBFS のコントロール転送ステージ遷移図を示します。USBFS は、コントロール転送のシーケンスを管理して、コントロール転送ステージ遷移割り込みを発生させます。コントロール転送ステージ遷移割り込みは、INTENB0 レジスタで個別に許可または禁止できます。遷移した転送ステージは、INTSTS0.CTSQ[2:0] ビットで確認できます。

コントロール転送ステージ遷移割り込みは、デバイスコントローラモードでのみ発生します。本節では、コントロール転送のシーケンスエラーについて説明します。エラーが発生した場合は、DCPCTR.PID[1:0] ビットが 1xb (STALL 応答) になります。

(1) コントロールリード転送エラー

- データステージの IN トークンに対して、一度もデータ転送していない状態で OUT トークンを受信
- ステータスステージで IN トークンを受信
- ステータスステージで DATAPID = DATA0 のデータパケットを受信

(2) コントロールライト転送エラー

- データステージの OUT トークンに対して、一度も ACK 応答していない状態で IN トークンを受信
- データステージで最初のデータパケットとして DATAPID = DATA0 のパケットを受信
- ステータスステージで OUT トークンを受信

(3) コントロールライトノーデータ転送エラー

- ステータスステージで OUT トークンを受信

コントロールライト転送のデータステージでは、受信データ長が USB リクエストの wLength 値を超えても、コントロール転送シーケンスエラーと認識されません。コントロールリード転送のステータスステージでは、Zero-Length パケット以外のパケットが ACK 応答によって受信され、転送が正常に終了します。

シーケンスエラーに対して CTRT 割り込みが発生した場合 (INTSTS0.CTRT = 1)、CTRT ビットが 0 になって割り込みステータスがクリアされるまで、CTSQ[2:0] = 110b の値が保持されます。CTSQ[2:0] = 110b が保持されている状態では、新しい USB リクエストを受信しても、セットアップステージ完了の CTRT 割り込みは発生しません。セットアップステージ完了のステータスは USBFS が保持しており、ソフトウェアによって割り込みステータスがクリアされると、USBFS が CTRT 割り込みを発生させます。

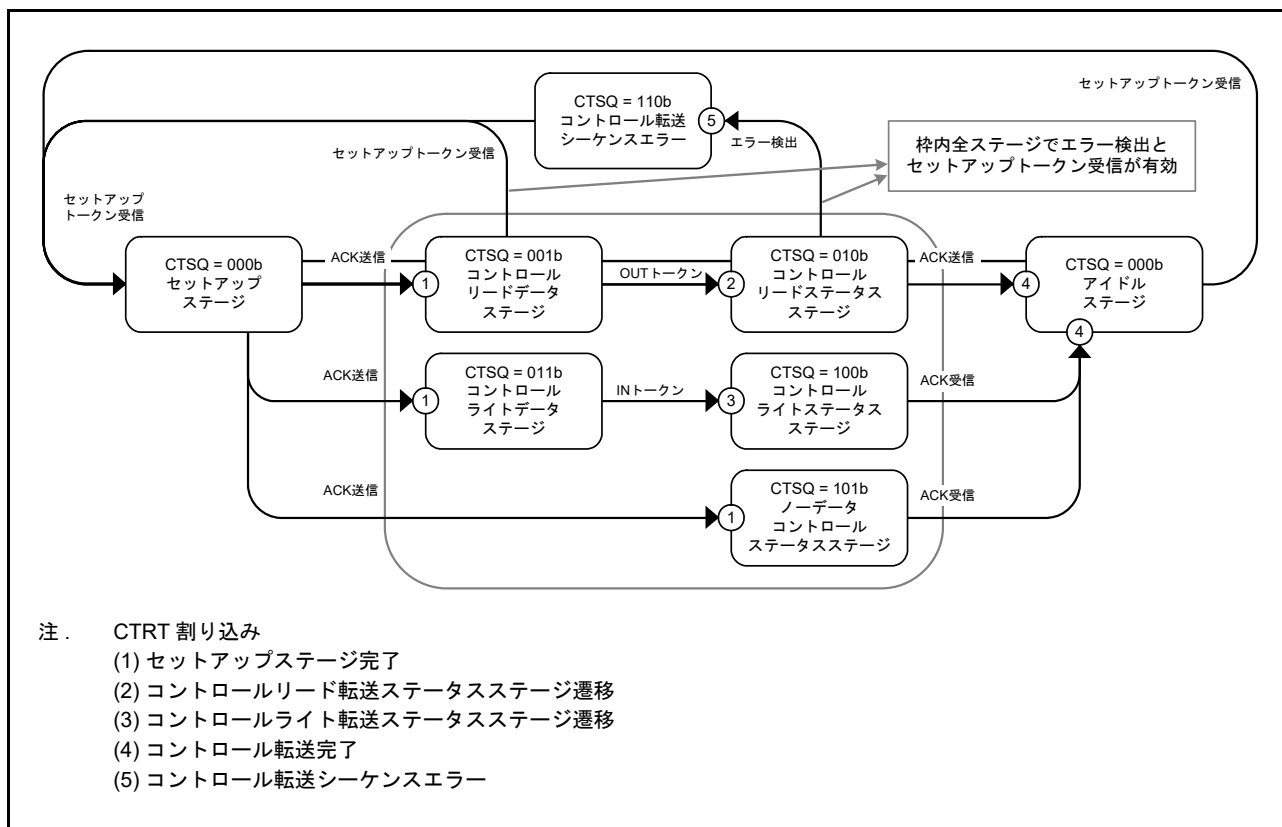


図 28.12 コントロール転送ステージの遷移

28.3.3.6 フレーム番号更新割り込み

ホストコントローラモードでは、フレーム番号が更新されると割り込みが発生します。

デバイスコントローラモードでは、フレーム番号が更新されると SOFR 割り込みが発生します。USBFS は、フルスピード動作中に新しい SOF パケットを検出すると、フレーム番号を更新して SOFR 割り込みを発生させます。

28.3.3.7 VBUS 割り込み

USB_VBUS 端子レベルに変化があった場合、VBUS 割り込みが発生します。USB_VBUS 端子のレベルは、INTSTS0.VBSTS ビットで確認できます。VBUS 割り込みによって、ホストコントローラの接続/切断の確認が可能です。ホストコントローラが接続された状態でシステムが起動された場合は、USB_VBUS 端子レベルが変化しないため、最初の VBUS 割り込みは発生しません。

28.3.3.8 レジューム割り込み

デバイスコントローラモードでは、デバイスが Suspended ステートのとき、USB バス状態が変化 (J-State から K-State へ、または J-State から SE0 へ変化) すると、レジューム割り込みが発生します。レジューム割り込みによって Suspended ステートからの復帰を検出します。

ホストコントローラモードでは、レジューム割り込みは発生しません。BCHG 割り込みを用いて、USB バス状態の変化を検出してください。

28.3.3.9 OVRCCR 割り込み

USB_OVRCURA または USB_OVRCURB 端子のレベルが変化した場合に、OVRCCR 割り込みが発生します。USB_OVRCURA 端子と USB_OVRCURB 端子のレベルは、SYSSTS0.OVCMON[1:0] ビットで確認できます。外部電源 IC は、OVRCCR 割り込みを用いてオーバーカレントが検出されたかどうかの確認が可能です。

28.3.3.10 BCHG 割り込み

USB バス状態に変化があった場合に、BCHG 割り込みが発生します。ホストコントローラモードでは、BCHG 割り込みを用いて周辺デバイスのアタッチ検出が可能であり、また、リモートウェイクアップの検出にも利用できます。BCHG 割り込みは、ホストコントローラモードとデバイスコントローラモードの両方で発生します。

28.3.3.11 DTCH 割り込み

ホストコントローラモードでは、USB バスデータタッチが検出されると、DTCH 割り込みが発生します。USBFS は、USB2.0 規格に従ってバスデータタッチを検出します。

割り込みを検出した場合は、該当ポートに対して通信を行っている全パイプをソフトウェアで終了させる必要があります。通信を終了したパイプは、当該ポートへのバス接続 (ATTCH 割り込み発生) 待ちの状態に遷移します。対応する割り込み許可ビットとは無関係に、USBFS ハードウェアは以下の処理を行います。

- DTCH 割り込みが検出されたポートの DVSTCTR0.UACT ビットを 0 にする
- DTCH 割り込みが発生したポートをアイドル状態に遷移させる

28.3.3.12 SACK 割り込み

ホストコントローラモードでは、送信した Setup パケットに対して周辺デバイスから ACK 応答を受信すると、SACK 割り込みが発生します。SACK 割り込みを用いて、SETUP トランザクションが正常に終了したことを確認できます。

28.3.3.13 SIGN 割り込み

ホストコントローラモードでは、送信した Setup パケットに対して周辺デバイスから ACK 応答を 3 回連続して正常に受信できなかった場合に、SIGN 割り込みが発生します。SIGN 割り込みを用いて、周辺デバイスから ACK 応答が送信されないことや、ACK パケットの破損を検出することが可能です。

28.3.3.14 ATTCH 割り込み

ホストコントローラモードでは、USBポートにフルスピード信号レベルの J-State または K-State が 2.5 μ s 間検出されると、ATTCH 割り込みが発生します。具体的には、ATTCH 割り込みは以下のいずれかの条件下で検出されます。

- K-State、SE0、または SE1 から J-State へ変化し、J-State が 2.5 μ s 間継続したとき
- J-State、SE0、または SE1 から K-State へ変化し、K-State が 2.5 μ s 間継続したとき

28.3.3.15 EOFERR 割り込み

USB2.0 規格で定められている EOF2 のタイミングで通信が終了しないことを USBFS が検出すると、EOFERR 割り込みが発生します。

割り込みが検出された場合、該当ポートに対して通信を行っている全パイプをソフトウェアで終了させ、そのポートを再エネumerেশョンする必要があります。対応する割り込み許可ビットとは無関係に、USBFS ハードウェアは以下の処理を行います。

- EOFERR 割り込みが検出されたポートの DVSTCTR0.UACT ビットを 0 にする
- EOFERR 割り込みが発生したポートをアイドル状態に遷移させる

28.3.3.16 ポータブルデバイス検出割り込み

USB-PHY から出力された PDDET のレベル変化 (High から Low または Low から High) を USBFS が検出すると、ポータブルデバイス検出割り込みが発生します。ポータブルデバイス検出割り込みが発生した場合、信号のチャタリングを除去するため、同じ値が 3 回以上読み出されるまでソフトウェアで PDDETSTS0 ビットの読み出しを繰り返してください。

28.3.4 パイプコントロール

表 28.16 に、USBFS のパイプ設定項目一覧を示します。USB データ転送では、ソフトウェアがエンドポイントに関連付けた論理パイプによって、データ転送が行われます。USBFS にはデータ転送用に 10 本のパイプがあります。各パイプは、システムの仕様に合わせて設定してください。

表 28.16 パイプ設定項目

| レジスタ名 | ビット名 | 設定内容 | 備考 |
|---------------------|----------|----------------------|---|
| DCPCFG PIPECFG | TYPE | 転送タイプ | パイプ1~9：設定可能 |
| | BFRE | BRDY 割り込みモード | パイプ1~5：設定可能 |
| | DBLB | ダブルバッファ選択 | パイプ1~5：設定可能 |
| | DIR | 転送方向選択 | IN または OUT 設定可能 |
| | EPNUM | エンドポイント番号 | パイプ1~9：設定可能 パイプ使用時は0000b以外に設定 |
| | SHTNAK | 転送終了時のパイプ禁止選択 | パイプ1~2：バルク転送時のみ設定可能 パイプ3~5：設定可能 |
| DCPMAXP PIPEMAXP | DEVSEL | デバイス選択 | ホストコントローラモード時のみ参照 |
| | MXPS | 最大パケットサイズ | USB2.0規格に準拠 |
| PIPEPERI | IFIS | バッファフラッシュ | パイプ1~2：アイソクロナス転送時のみ設定可能 パイプ3~9：設定不可能 |
| | IITV | インターバルカウンタ | パイプ1~2：アイソクロナス転送時のみ設定可能 パイプ3~5：設定不可能 パイプ6~9：ホストコントローラモード時のみ設定可能 |
| DCPCTR PIPECTR | BSTS | バッファステータス | DCPは、ISELビットで受信/送信バッファ状態を切り替えます。 |
| | INBUFM | INバッファモニタ | パイプ1~5のみ搭載 |
| | SUREQ | SETUPリクエスト | DCPのみ設定可能、ホストコントローラモード時のみ制御 |
| | SUREQCLR | SUREQクリア | DCPのみ設定可能、ホストコントローラモード時のみ制御 |
| | ATREPM | 自動応答モード | パイプ1~5：デバイスコントローラモード時のみ設定可能 |
| | ACLRM | 自動バッファクリア | パイプ1~9：設定可能 |
| | SQCLR | シーケンスクリア | データトグルビットのクリア |
| | SQSET | シーケンスセット | データトグルビットのセット |
| | SQMON | シーケンスモニタ | データトグルビットの監視 |
| | PBUSY | パイプビジーステータス | - |
| | PID | 応答PID | 28.3.4.6 応答PIDを参照してください。 |
| PIPEnTRE | TRENB | トランザクションカウンタ許可 | パイプ1~5：設定可能 |
| | TRCLR | カレントトランザクションカウンタのクリア | パイプ1~5：設定可能 |
| PIPEnTRN | TRNCNT | トランザクションカウンタ | パイプ1~5：設定可能 |

28.3.4.1 パイプコントロールレジスタの切り替え手順

パイプコントロールレジスタの以下のビットは、USB 通信が禁止 (PID = NAK) されている場合に限り、書き換え可能です。

USB 通信が許可 (PID = BUF) されているときは、以下のレジスタおよびビットを変更しないでください。

- DCPCFG および DCPMAXP レジスタの各ビット
- DCPCTR レジスタの SQCLR および SQSET ビット
- PIPECFG レジスタ、PIPEMAXP レジスタ、PIPEPERI レジスタの各ビット
- PIPEnCTR レジスタの ATREPM、ACLRM、SQCLR、および SQSET ビット
- PIPEnTRE および PIPEnTRN レジスタの各ビット

USB 通信が許可 (PID = BUF) されている場合に、上記の各ビットを設定するには、以下の手順で行ってください。

1. パイプコントロールレジスタのビット変更要求が発生します。
2. 当該パイプの PID[1:0] ビットを NAK に設定します。
3. 当該パイプの PBUSY ビットが 0 になるまで待ちます。
4. パイプコントロールレジスタのビットを設定します。

パイプコントロールレジスタの以下のビットは、CFIFOSEL、D0FIFOSEL、および D1FIFOSEL レジスタの CURPIPE[3:0] ビットに選択パイプの情報が設定されていない場合に限り、書き換え可能です。

CURPIPE[3:0] ビットが設定されているときは、以下のレジスタを設定しないでください。

- DCPCFG および DCPMAXP レジスタの各ビット
- PIPECFG レジスタ、PIPEMAXP レジスタ、PIPEPERI レジスタの各ビット

パイプ情報を変更する場合は、ポート選択レジスタの CURPIPE[3:0] ビットを、変更するパイプ以外のパイプに設定する必要があります。DCP については、パイプ情報の変更後、ポートコントロールレジスタの BCLR ビットを用いてバッファをクリアしなければいけません。

28.3.4.2 転送タイプ

PIPECFG.TYPE[1:0] ビットで、各パイプの転送タイプを以下のように指定します。

- DCP : 設定不要 (コントロール転送固定)
- パイプ 1 ~ 2 : バルク転送またはアイソクロナス転送に設定
- パイプ 3 ~ 5 : バルク転送に設定
- パイプ 6 ~ 9 : インタラプト転送に設定

28.3.4.3 エンドポイント番号

PIPECFG.EPNUM[3:0] ビットで、各パイプのエンドポイント番号を設定します。DCP は、エンドポイント 0 に固定されています。他のパイプは、エンドポイント 1 からエンドポイント 15 までの設定が可能です。

- DCP : 設定不要 (エンドポイント 0 固定)
- パイプ 1 ~ 9 : 1 から 15 までのエンドポイント番号を選択して設定してください。ただし、PIPECFG.DIR ビットと EPNUM[3:0] ビットの組み合わせが重複しないようにしてください

28.3.4.4 最大パケットサイズ設定

DCP $\text{MAXP.MXPS}[6:0]$ ビットと PIPE $\text{MAXP.MXPS}[8:0]$ ビットで、各パイプの最大パケットサイズを指定します。DCP とパイプ 1～5 は、USB2.0 規格で定義されているすべての最大パイプサイズに設定可能です。パイプ 6～9 では、最大パケットサイズは 64 バイトです。最大パケットサイズは、転送を開始 (PID = BUF) する前に、以下のように設定してください。

- DCP : 8、16、32、または 64 に設定
- パイプ 1～5 : バルク転送時は 8、16、32、または 64 に設定
- パイプ 1～2 : アイソクロナス転送時は 1～256 の値に設定
- パイプ 6～9 : 1～64 の値に設定

28.3.4.5 トランザクションカウンタ (受信方向パイプ 1～5)

USBFS は、データパケット受信方向で、指定回数のトランザクションが終了した場合に、転送終了と認識します。トランザクションカウンタには、実行するトランザクション回数を指定する PIPE EnTRN レジスタと、実行されたトランザクション回数を内部でカウントするカレントカウンタがあります。PIPE CFG.SHTNAK ビットが 1 の状態で、カレントカウンタ値がトランザクションの指定回数に一致すると、対応する PIPE $\text{EnCTR.PID}[1:0]$ ビットが NAK に設定され、次の転送を禁止状態にします。PIPE EnTRE.TRCLR ビットで、トランザクションカウンタ機能のカレントカウンタを初期化することにより、トランザクションを最初からカウントし直すことができます。PIPE EnTRN レジスタから読み出されるデータは、PIPE EnTRE.TRENB ビットの設定値に応じて以下のように異なります。

- TRENB ビット = 0 : 指定したトランザクションカウンタ値の読み出しが可能
- TRENB ビット = 1 : 内部でカウントした実行済みトランザクション回数を示すカレントカウンタ値の読み出しが可能

TRCLR ビットの操作には、以下の制約事項があります。

- トランザクションのカウント中で、PID = BUF の場合、カレントカウンタはクリアできない
- バッファ内にデータが残っている場合、カレントカウンタはクリアできない

28.3.4.6 応答 PID

DCP CTR および PIPE EnCTR レジスタの PID $[1:0]$ ビットで、各パイプの応答 PID を設定します。本節では、各応答 PID の設定値に対する USBFS の動作について説明します。

(1) ソフトウェアの応答 PID 設定 (ホストコントローラモード時)

応答 PID を選択して、以下のようにトランザクションの実行を指定します。

- NAK 設定 : パイプ禁止状態かつトランザクション実行なし
- BUF 設定 : FIFO バッファの状態に応じて下記のトランザクションを実行
 - OUT 方向の場合 : FIFO バッファに送信データがある場合、OUT トークンを発行
 - IN 方向の場合 : FIFO バッファに空きがあり受信可能な場合に、IN トークンを発行
- STALL 設定 : パイプ禁止状態かつトランザクション実行なし

注 . DCP の SETUP トランザクションを実行するには、DCP CTR.SUREQ ビットを使用してください。

(2) ソフトウェアの応答 PID 設定 (デバイスコントローラモード時)

応答 PID を選択して、以下のようにホストからのトランザクションに対する応答を指定します。

- NAK 設定：発生したすべてのトランザクションに対して NAK 応答を返す
- BUF 設定：FIFO バッファの状態に応じてトランザクションに応答する
- STALL 設定：発生したすべてのトランザクションに対して STALL 応答を返す

注. SETUP トランザクションに対しては、PID[1:0] ビットの設定にかかわらず、常に ACK 応答を返し、レジスタに USB リクエストを格納します。

以下の (3) および (4) では、特定のトランザクションの結果に従って、USBFS が PID[1:0] ビットに書き込みを行う状況について説明します。

(3) ハードウェアの応答 PID 設定 (ホストコントローラモード時)

- NAK 設定：以下の場合に PID = NAK となり、トークンの発行が自動的に停止
 - アイソクロナス以外の転送で、NRDY 割り込みが発生したとき
(詳細は、[28.3.3.2 NRDY 割り込み](#)を参照してください)
 - バルク転送において PIPECFG.SHTNAK ビットが 1 の場合に、ショートパケットを受信したとき
 - バルク転送において SHTNAK ビットが 1 の場合に、トランザクションカウンタが終了したとき
- BUF 設定：USBFS によるこの設定の書き込みなし
- STALL 設定：以下の場合に PID = STALL となり、トークンの発行が自動的に停止
 - 送信したトークンに対して STALL を受信したとき
 - 受信したデータの packetsize が、最大 packetsize を超えたとき

(4) ハードウェアの応答 PID 設定 (デバイスコントローラモード時)

- NAK 設定：以下の場合に PID = NAK となり、トランザクションに対して NAK 応答を返す
 - SETUP トークンを正常に受信したとき (DCP のみ)
 - バルク転送において PIPECFG.SHTNAK ビットが 1 の場合に、トランザクションカウンタが終了したとき、またはショートパケットを受信したとき
- BUF 設定：USBFS による BUF 書き込みなし
- STALL 設定：以下の場合に PID = STALL となり、トランザクションに対して STALL 応答を返す
 - 受信したデータの packetsize が、最大 packetsize を超えたとき
 - コントロール転送シーケンスエラーが検出されたとき (DCP のみ)

28.3.4.7 データ PID シーケンスビット

コントロール転送のデータステージ、バルク転送、およびインタラプト転送において、データが正常に転送されると、USBFS がデータ PID のシーケンスビットを自動的にトグルします。次に送出されるデータ PID のシーケンスビットは、DCPCTR レジスタおよび PIPEnCTR レジスタの SQMON ビットで確認できません。データ送信時は ACK ハンドシェイク受信のタイミングでシーケンスビットが切り替わります。データ受信時は ACK ハンドシェイク送信のタイミングでシーケンスビットが切り替わります。DCPCTR レジスタの SQCLR ビットと PIPEnCTR レジスタの SQSET ビットで、データ PID シーケンスビットの変更が可能です。

デバイスコントローラモードでのコントロール転送では、ステージ遷移時に USBFS が自動的にシーケンスビットを設定します。セットアップステージ終了時は DATA1 が返されます。ステータスステージではシーケンスビットは参照せず、PID=DATA1 で応答します。このため、ソフトウェアによる設定は必要ありません。ただし、ホストコントローラモードでのコントロール転送では、ステージ遷移時にシーケンスビットをソフトウェアで設定する必要があります。

ホストコントローラモードとデバイスコントローラモードのどちらの場合でも、ClearFeature リクエストの送受信では、ソフトウェアでデータ PID シーケンスビットを設定する必要があります。

28.3.4.8 応答 PID = NAK 機能

USBFS には、トランザクションの最後のデータパケットを受信したとき、パイプ動作を禁止（応答 PID = NAK）にする機能があります。USBFS は、ショートパケット受信またはトランザクションカウンタに基づいて、トランザクションの終了を自動識別します。PIPECFG.SHTNAK ビットを 1 にすると、この機能が有効になります。

この機能を使用することで、FIFO バッファをダブルバッファモードで使用している場合に、転送単位でのデータパケットの受信が可能です。パイプ動作を禁止した場合は、ソフトウェアで再度パイプを許可（応答 PID = BUF）にする必要があります。

なお、応答 PID = NAK 機能は、バルク転送でのみ使用可能です。

28.3.4.9 自動応答モード

バルク転送のパイプ（1～5）において、PIPEnCTR.ATREPM ビットを 1 にすると、自動応答モードとなります。OUT 転送時（PIPECFG.DIR ビット = 0）では OUT-NAK モードとなり、IN 転送時（DIR ビット = 1）では Null 自動応答モードとなります。

28.3.4.10 OUT-NAK モード

バルク OUT 転送のパイプにおいて、PIPEnCTR.ATREPM ビットを 1 にすると、OUT トークンに対して NAK が返され、NRDY 割り込みを出力しません。通常モードから OUT-NAK モードへ遷移させるためには、パイプ動作が禁止（PID[1:0] ビット = 00b (NAK 応答)）の状態、OUT-NAK モードを指定してください。その後、パイプ動作を許可（PID[1:0] ビット = 01b (BUF 応答)）にすると、OUT-NAK モードが有効になります。パイプ動作を禁止する直前で OUT トークンを受け付けた場合は、そのトークンのデータが正常に受信されて、ホストへ ACK が返されます。

OUT-NAK モードから通常モードへ遷移させるには、パイプ動作禁止 (NAK) の状態で OUT-NAK モードを解除してください。その後、パイプ動作を許可 (BUF) してください。通常モードでは、OUT データ受信が可能となります。

28.3.4.11 Null 自動応答モード

バルク IN 転送のパイプにおいて、PIPEnCTR.ATREPM ビットを 1 にすると、Zero-Length パケットを送信し続けます。

通常モードから Null 自動応答モードへ遷移させるには、パイプ動作禁止 (応答 PID = NAK) の状態で Null 自動応答モードを指定してください。その後、パイプ動作を許可 (応答 PID = BUF) にすると、Null 自動応答モードが有効になります。Null 自動応答モードの設定は、バッファが空でなければ不可能なため、事前に PIPEnCTR.INBUFM ビットが 0 であることを確認してください。INBUFM ビットが 1 の場合は、PIPEnCTR.ACLRM ビットでバッファを空にしてください。また、Null 自動応答モードへの遷移中は、FIFO ポートからのデータ書き込みは行わないでください。

Null 自動応答モードから通常モードへ遷移させるには、パイプ動作禁止 (応答 PID = NAK) の状態を Zero-Length パケット送信期間 (約 10 μ s) だけ維持した後、Null 自動応答モードを解除してください。通常モードでは、FIFO ポートへデータ書き込みが可能となり、パイプ動作許可 (応答 PID = BUF) に設定することで、ホストへのパケット送信が可能となります。

28.3.5 FIFO バッファメモリ

USBFS は、データ転送用の FIFO バッファを備えており、各パイプに使用されるメモリ領域を管理しています。FIFO バッファには、アクセス権がシステム (CPU 側) にある場合と、USBFS (SIE 側) にある場合の 2 種類の状態があります。

(1) バッファステータス

表 28.17 と表 28.18 に、USBFS のバッファステータスを示します。FIFO バッファのステータスは、DCPCTR.BSTS および PIPE_nCTR.INBUFM ビットで確認できます。FIFO バッファの転送方向は、PIPECFG.DIR ビットまたは CFIFOSEL.ISEL ビット (DCP 選択時) のいずれかで指定できます。

INBUFM ビットは、送信方向のパイプ 0 ~ 5 に対して有効です。

送信側の転送パイプがダブルバッファモードを使用している場合、ソフトウェアは BSTS ビットを読み出して CPU 側の FIFO バッファステータスを監視することや、INBUFM ビットを読み出して SIE 側の FIFO バッファステータスを監視することが可能です。CPU または DMAC/DTC による FIFO ポートへのライトアクセスが遅く、BEMP 割り込みではバッファの空き状態を判別できない場合に、ソフトウェアは INBUFM ビットで送信の終了を確認できます。

表 28.17 BSTS ビットが示すバッファステータス

| ISEL または DIR | BSTS | バッファメモリのステータス |
|--------------|------|--|
| 0 (受信方向) | 0 | 受信データなし、またはデータ受信中 FIFO ポートからの読み出し不可能 |
| 0 (受信方向) | 1 | 受信データあり、または Zero-Length パケット受信 FIFO ポートからの読み出し可能。Zero-Length パケット受信時は読み出し不可能のためバッファクリアが必要 |
| 1 (送信方向) | 0 | 送信未完了 FIFO ポートへの書き込み不可能 |
| 1 (送信方向) | 1 | 送信完了 CPU は書き込み可能 |

表 28.18 INBUFM ビットが示すバッファステータス

| DIR | INBUFM | バッファメモリのステータス |
|----------|--------|---|
| 0 (受信方向) | 無効 | 無効 |
| 1 (送信方向) | 0 | 送信完了 送信待ちデータなし |
| 1 (送信方向) | 1 | データが FIFO ポートからバッファへ書き込まれた状態 送信データあり |

28.3.6 FIFO バッファクリア

表 28.19 に、FIFO バッファのクリア方式を示します。FIFO バッファは、ポートコントロールレジスタの BCLR ビット、DnFIFOSEL.DCLRM ビット、または PIPEnCTR.ACLRM ビットでクリアできます。

パイプ 1～5 に対しては、PIPECFG.DBLB ビットでシングルバッファまたはダブルバッファを選択できます。

表 28.19 バッファクリア方式一覧

| FIFO バッファ クリアモード | CPU側FIFOバッファ のクリア | 指定パイプのデータ読み出し後に 自動でFIFOバッファをクリアする モード | すべての受信パケットを 破棄するための自動バッファクリア モード |
|---------------------|-----------------------|---|--|
| 使用するレジスタ | CFIFOCTR DnFIFOCTR | DnFIFOSEL | PIPEnCTR |
| 使用するビット | BCLR | DCLRM | ACLRM |
| クリア条件 | 1書き込みでクリア | 1：モード有効 0：モード無効 | 1：モード有効 0：モード無効 |

(1) 自動バッファクリアモード機能

PIPEnCTR.ACLRM ビットを 1 にすると、USBFS は受信したすべてのデータパケットを破棄します。正常なデータパケットを受信した場合は、ホストコントローラに対して ACK 応答を行います。自動バッファクリアモード機能は、FIFO バッファ読み出し方向にのみ設定可能です。

ACLRM ビットを 1 にした後、続けて 0 にすると、アクセス方向に関係なく、選択パイプの FIFO バッファがクリアされます。ハードウェアの内部シーケンス実行時間として、ACLRM ビットへの 1 書き込みと 0 書き込みの間隔を 100ns 以上とってください。

28.3.7 FIFO ポートの機能

表 28.20 に、FIFO ポート機能の設定内容を示します。ライトアクセス時は、最大パケットサイズに達するまで書き込みを行うと、自動的にデータ送信が可能になります。最大パケットサイズに達する前に送信を可能とするには、ポートコントロールレジスタの BVAL フラグを書き込み終了に設定してください。Zero-Length パケットを送信するには、BCLR ビットでバッファをクリアした後、BVAL フラグを書き込み終了に設定してください。

読み出し時は、すべてのデータを読み出すと、自動的に新しいパケットの受信が可能になります。Zero-Length パケット受信時 (DTLN[8:0] ビット=0) は、データは読み出せないで、BCLR ビットによるバッファクリアが必要です。受信データ長は、ポートコントロールレジスタの DTLN[8:0] ビットで確認できます。

表 28.20 FIFOポート機能の設定

| レジスタ名 | ビット名 | 内容 |
|--------------------------------------|---------|---|
| CFIFOSEL, DnFIFOSEL (n = 0, 1) | RCNT | DTLN[8:0]読み出しモードを選択 |
| | REW | FIFOバッファをリワインド (再読み出し、再書き込み) |
| | DCLRM | 指定パイプの受信データ読み出し後、受信データの自動クリア (DnFIFO専用) |
| | DREQE | DMA/DTC転送許可 (DnFIFO専用) |
| | MBW | FIFOポートアクセスビット幅 |
| | BIGEND | FIFOポートエンディアンを選択 |
| | ISEL | FIFOポートアクセス方向 (DCP専用) |
| | CURPIPE | カレントパイプを選択 |
| CFIFOCTR, DnFIFOCTR (n = 0, 1) | BVAL | FIFOメモリへの書き込みを終了 |
| | BCLR | CPU側FIFOバッファをクリア |
| | DTLN | 受信データ長の確認 |

(1) FIFO ポート選択

表 28.21 に、各 FIFO ポートで選択可能なパイプを示します。ポート選択レジスタの CURPIPE[3:0] ビットで、アクセスするパイプを選択する必要があります。パイプを選択した後、書き込み値が CURPIPE[3:0] ビットから正しく読み出せたかどうかをソフトウェアで確認してください (前回のパイプ番号が読み出された場合は、USBFS がパイプ変更処理中であることを示します)。次に、ポートコントロールレジスタの FRDY ビットが 1 であることをソフトウェアで確認します。

また、ポート選択レジスタの MBW ビットでアクセスするバス幅をソフトウェアで指定する必要があります。FIFO バッファアクセス方向は、PIPECFG.DIR ビットの設定値に従います。DCP のみ、ポート選択レジスタの ISEL ビットによって方向が決まります。

表 28.21 パイプ別FIFOポートアクセス

| パイプ | アクセス方法 | 使用可能なポート |
|--------|-------------|--|
| DCP | CPUアクセス | CFIFOポートレジスタ |
| パイプ1~9 | CPUアクセス | <ul style="list-style-type: none"> CFIFOポートレジスタ D0FIFO/D1FIFOポートレジスタ |
| | DMA/DTCアクセス | D0FIFO/D1FIFOポートレジスタ |

(2) REW ビット

現在アクセス中のパイプへのアクセスを一時的に中断し、別のパイプにアクセスした後、再度、現在のパイプ処理を続行することが可能です。このような処理には、ポート選択レジスタの REW ビットを使用します。

REW ビットを 1 にした状態で、ポート選択レジスタの CURPIPE[3:0] ビットでパイプを選択すると、FIFO バッファの読み出しまたは書き込みポインタがリセットされ、先頭バイトからの読み出しまたは書き込みが可能になります。REW ビットを 0 にした状態でパイプを選択すると、ポインタをリセットせずに、前回選択時の続きから継続してデータの読み出しや書き込みが可能です。

FIFO ポートにアクセスするには、パイプの選択後、ポートコントロールレジスタの FRDY ビットが 1 であることをソフトウェアで確認する必要があります。

28.3.8 DMA 転送 (D0FIFO/D1FIFO ポート)

(1) DMA 転送の概要

パイプ 1～9 に対して、DMAC による FIFO ポートのアクセスが可能です。DMA 転送用パイプのバッファアクセスを可能にすると、DMA 転送要求が発行されます。

DnFIFOSEL.MBW ビットで FIFO ポートへの転送単位を選択するとともに、DnFIFOSEL.CURPIPE[3:0] ビットで DMA 転送用のパイプを選択してください。なお、DMA 転送中は選択パイプを変更しないでください。

(2) DnFIFO 自動クリアモード (D0FIFO/D1FIFO ポート読み出し方向)

DnFIFOSEL.DCLRM ビットを 1 にすると、FIFO バッファからのデータ読み出し完了時に、USBFS は選択パイプの FIFO バッファを自動的にクリアします。

表 28.22 に、設定値ごとのパケット受信とソフトウェアによる FIFO バッファクリア処理を示します。この表に示すように、PIPECFG.BFRE ビットの設定値によってバッファクリア条件が異なります。バッファクリアが必要なすべての状況において、DnFIFOSEL.DCLRM ビットを使用することにより、ソフトウェアによるクリアが不要になります。すなわち、ソフトウェアの介在しない DMA 転送が可能となります。

DnFIFO 自動クリアモードは、FIFO バッファ読み出し方向でのみ設定可能です。

表 28.22 パケット受信とソフトウェアによる FIFO バッファクリア処理

| パケット受信時の バッファステータス | レジスタ設定値 | | | |
|-----------------------|-----------|----------|-----------|----------|
| | DCLRM = 0 | | DCLRM = 1 | |
| | BFRE = 0 | BFRE = 1 | BFRE = 0 | BFRE = 1 |
| バッファフル | クリア不要 | クリア不要 | クリア不要 | クリア不要 |
| Zero-Lengthパケット受信 | クリア必要 | クリア必要 | クリア不要 | クリア不要 |
| 通常のショートパケット受信 | クリア不要 | クリア必要 | クリア不要 | クリア不要 |
| トランザクションカウント終了 | クリア不要 | クリア必要 | クリア不要 | クリア不要 |

28.3.9 DCP を使用したコントロール転送

コントロール転送データステージでは、デフォルトコントロールパイプ (DCP) を使用してデータ転送が行われます。DCP の FIFO バッファは、コントロールリードとコントロールライトで共通の固定領域を持つ 64 バイトシングルバッファです。FIFO バッファは、CFIFO ポートでのみアクセス可能です。

28.3.9.1 ホストコントローラモードでのコントロール転送

(1) セットアップステージ

USREQ、USBVAL、USBINDX、および USBLENG レジスタは、SETUP トランザクションの USB リクエストを送信するためのレジスタです。Setup パケットのデータをレジスタに書き込み、DCPCTR.SUREQ ビットに 1 を書き込むことで、設定されているデータが SETUP トランザクションとして送出されます。SUREQ ビットは、トランザクションが終了すると 0 になります。SUREQ ビットが 1 のときは、上記 USB リクエストレジスタを変更しないでください。

アタッチされたファンクションデバイスが検出された場合、ソフトウェアによって、DCPMAXP.DEVSEL[3:0] ビットを 0 にし、DEVADD0.USBSPD[1:0] ビットを適切に設定した上で、前述のシーケンスに従って当該デバイスの最初の SETUP トランザクションを発行してください。

アタッチされたファンクションデバイスが Address ステートに遷移した場合、ソフトウェアによって、割り当てられた USB アドレスを DEVSEL[3:0] ビットに設定し、指定された USB アドレスに対応する DEVADDn レジスタのビットを適切に設定した上で、前述のシーケンスに従って SETUP トランザクションを発行してください。たとえば、PIPEMAXP.DEVSEL[3:0] = 0010b であれば、DEVADD2 レジスタを適切に設定してください。PIPEMAXP.DEVSEL[3:0] = 0101b であれば、DEVADD5 レジスタを適切に設定してください。

SETUP トランザクションのデータが送信されると、周辺デバイスからの応答に基づいて割り込み要求が発生します (INTSTS1 レジスタの SIGN ビットまたは SACK ビット)。この割り込み要求により、ソフトウェアで SETUP トランザクションの結果を確認できます。

SETUP トランザクションの DATA0 データパケット (USB リクエスト) は、DCPCTR.SQMON ビットの状態にかかわらず、常に送信されます。

(2) データステージ

データステージは、DCP の FIFO バッファを使用してデータを転送するために使用します。

DCP の FIFO バッファにアクセスする前に、CFIFOSEL.ISEL ビットでアクセス方向を指定してください。また、DCPCFG.DIR ビットで転送方向を指定してください。

データステージの第 1 データパケットは、データ PID を DATA1 として転送する必要があります。DCPCTR.SQSET ビットでデータ PID を DATA1 に設定し、PID ビットを BUF に設定してください。データ転送の完了は、BRDY 割り込みまたは BEMP 割り込みによって検出します。

コントロールライト転送では、送信データのバイト数が最大パケットサイズの整数倍であるときに、ソフトウェアで最後に Zero-Length パケットを送出してください。

(3) ステータスステージ

ステータスステージは、データステージとは逆方向の Zero-Length パケットのデータ転送を行うために使用します。データステージと同様に、DCP の FIFO バッファを使用してデータを転送します。データステージと同じ手順で、トランザクションを実行します。

ステータスステージのデータパケットは、DCPCTR.SQSET ビットでデータ PID を DATA1 に設定して送受信する必要があります。

Zero-Length パケットを受信した場合は、BRDY 割り込み発生後に CFIFOCTR.DTLN[8:0] ビットで受信データ長を確認してから、BCLR ビットで FIFO バッファをクリアしてください。

28.3.9.2 デバイスコントローラモードでのコントロール転送

(1) セットアップステージ

USBFS は、USBFS に対する正常な Setup パケットに対して ACK 応答を送信します。セットアップステージでの USBFS の動作を以下に示します。

新しい Setup パケットを受信すると、USBFS は以下のビットを設定します。

- INTSTS0.VALID ビットを 1 にする
- DCPCTR.PID[1:0] ビットを NAK にする
- DCPCTR.CCPL ビットを 0 にする

Setup パケットの後にデータパケットを受信すると、USBFS は、USB リクエストのパラメータを、USBREQ レジスタ、USBVAL レジスタ、USBINDX レジスタ、および USBLENG レジスタに格納します。

コントロール転送に対する応答処理は、VALID フラグを 0 にしてから実行してください。VALID ビットが 1 の状態では、PID = BUF に設定できず、データステージを終了することができません。

VALID ビットの機能により、USBFS は、コントロール転送中に新しい USB リクエストを受信すると、実行中の現在のリクエスト処理を中断し、最新のリクエストに対する応答を行うことができます。

また、USBFS は、受信した USB リクエスト内の方向ビット (bmRequestType のビット 8) およびリクエストデータ長 (wLength) を自動検出します。USBFS は他にも、コントロールリード転送、コントロールライト転送、およびノーデータコントロール転送を判別し、ステージ遷移を管理します。間違っただけシーケンスに対しては、コントロール転送ステージ遷移割り込みでシーケンスエラーが発生し、その割り込みがソフトウェアに通知されます。USBFS のステージ管理については、[図 28.12](#) を参照してください。

(2) データステージ

受信した USB リクエストに対応したデータ転送は、DCP を用いて行ってください。DCP の FIFO バッファにアクセスする前に、CFIFOSEL.ISEL ビットでアクセス方向を指定してください。

転送データが DCP の FIFO バッファサイズより大きい場合は、コントロールライト転送では BRDY 割り込みを、コントロールリード転送では BEMP 割り込みを使用してデータ転送を行ってください。

(3) ステータスステージ

DCPCTR.PID[1:0] ビットが BUF に設定された状態で、DCPCTR.CCPL ビットを 1 にすることにより、コントロール転送が終了します。

この設定後、セットアップステージで確定したデータ転送方向に従い、USBFS が自動的にステータスステージを実行します。手順を以下に示します。

- コントロールリード転送の場合
USBFS は、USB ホストから Zero-Length パケットを受信し、ACK 応答を送信します。
- コントロールライト転送、ノーデータコントロール転送の場合
USBFS は、Zero-Length パケットを送信し、USB ホストから ACK 応答を受信します。

(4) コントロール転送自動応答機能

USBFS は、正常な SET_ADDRESS リクエストに自動応答します。SET_ADDRESS リクエストに下記のエラーのいずれかが発生した場合は、ソフトウェアによる応答が必要です。

- bmRequestType が 00h でない場合：コントロールライト転送以外
- wIndex が 00h でない場合：リクエストエラー
- wLength が 00h でない場合：ノーデータコントロール転送以外
- wValue が 7Fh より大きい場合：リクエストエラー
- INTSTS0.DVSQ[2:0] ビットが 011b (Configured ステート) の場合：デバイスステートエラーのコントロール転送

SET_ADDRESS リクエスト以外のすべてのリクエストには、対応するソフトウェアによる応答が必要です。

28.3.10 バルク転送 (パイプ 1 ~ 5)

バルク転送では、FIFO バッファの使用方法 (シングル/ダブルバッファ設定) の構成が可能です。USBFS は、バルク転送用として下記の機能を備えています。

- BRDY 割り込み機能 (PIPECFG.BFRE ビット): [28.3.3.1 \(2\) SOFCFG.BRDYM = 0 かつ PIPECFG.BFRE = 1 のとき](#)を参照してください
- トランザクションカウント機能 (PIPE_nTRE.TRENB ビット、PIPE_nTRE.TRCLR ビット、PIPE_nTRN.TRNCNT[15:0] ビット): [28.3.4.5 トランザクションカウンタ \(受信方向パイプ 1 ~ 5\)](#) を参照してください
- 応答 PID = NAK 機能 (PIPECFG.SHTNAK ビット): [28.3.4.8 応答 PID = NAK 機能](#)を参照してください
- 自動応答モード (PIPE_nCTR.ATREPM ビット): [28.3.4.9 自動応答モード](#)を参照してください

28.3.11 インタラプト転送 (パイプ 6 ~ 9)

デバイスコントローラモードでは、USBFS は、ホストコントローラが指示するタイミングに基づいてインタラプト転送を行います。

ホストコントローラモードでは、インターバルカウンタを使用して、ソフトウェアでトークン発行タイミングを設定できます。

28.3.11.1 ホストコントローラモードでのインタラプト転送時のインターバルカウンタ

インタラプト転送を行う場合、PIPEPERI.IITV[2:0] ビットにトランザクションのインターバルを指定します。

(1) USBFS は、このインターバルに基づいてインタラプト転送のトークンを発行します。カウンタの初期化

USBFS は、以下の条件でインターバルカウンタを初期化します。

- パワーオンリセット
IITV[2:0] ビットが初期化されます。
- PIPEnCTR.ACLRM ビットを使用した FIFO バッファの初期化
IITV[2:0] ビットは初期化されませんが、カウント値は初期化されます。PIPEnCTR.ACLRM ビットを 0 にすると、IITV[2:0] ビットの設定値からカウントを開始します。

なお、下記の場合にはインターバルカウンタは初期化されません。

- USB バスリセット、または USB Suspended ステート
IITV[2:0] ビットは初期化されません。DVSTCTR0.UACT ビットを 1 にすることにより、USB バスリセット状態または USB Suspended ステートとなる前に保存された値からカウントが開始します。

(2) トークン発生タイミングにもかかわらずトークンの送受信ができない場合の動作

以下の場合、トークンの発生タイミングであってもトークンは発生しません。このような場合、USBFS は次のインターバルにトランザクションの実行を試みます。

- PID を NAK または STALL に設定した場合
- 受信 (IN) 方向でのトークン送信時に、FIFO バッファに空き領域がない場合
- 送信 (OUT) 方向でのトークン送信時に、FIFO バッファに送信データがない場合

28.3.12 アイソクロナス転送 (パイプ 1 ~ 2)

USBFS は、アイソクロナス転送用として下記の機能を備えています。

- アイソクロナス転送のエラー通知
- インターバルカウンタ (PIPEPERL.IITV[2:0] ビットで指定)
- アイソクロナス IN 転送データセットアップ制御 (IDLY 機能)
- アイソクロナス IN 転送バッファフラッシュ機能 (PIPEPERL.IFIS ビットで指定)

28.3.12.1 アイソクロナス転送のエラー検出

USBFS は、アイソクロナス転送時に発生したエラーをソフトウェアで管理できるようにするため、下記エラーの検出機能を備えています。表 28.23 および表 28.24 に、USBFS によるエラー検出の優先順位と、関連する割り込みを示します。

(a) PID エラー

- 受信パケットの PID 値が不正な場合

(b) CRC エラー、ビットスタッフィングエラー

- 受信パケットに CRC エラーがあった場合、またはビットスタッフィングが無効な場合

(c) 最大パケットサイズオーバーエラー

- 受信パケットのデータサイズが、最大パケットサイズの設定値を越えた場合

(d) オーバーランエラー、アンダーランエラー

ホストコントローラモード時：

- IN (受信) 方向でのトークン送信時に、FIFO バッファに空き領域がない場合
- OUT (送信) 方向でのトークン送信時に、FIFO バッファに送信データがない場合

デバイスコントローラモード時：

- IN (送信) 方向でのトークン受信時に、FIFO バッファに送信データがない場合
- OUT (受信) 方向でのトークン受信時に、FIFO バッファに空き領域がない場合

(e) インターバルエラー

デバイスコントローラモードでは、以下の場合にインターバルエラーとして処理されます。

- アイソクロナス IN 転送時に、インターバルフレーム内に IN トークンを受信できなかった場合
- アイソクロナス OUT 転送時に、インターバルフレーム内に OUT トークンを受信できなかった場合

表 28.23 トークンの送受信に関するエラー検出

| 検出の優先順位 | エラー | 発生する割り込みとステータス |
|---------|----------------------|---|
| 1 | PIDエラー | ホストコントローラモードでも、デバイスコントローラモードでも、割り込みは発生しません (破損パケットとして無視されます)。 |
| 2 | CRCエラー、ビットスタッフィングエラー | ホストコントローラモードでも、デバイスコントローラモードでも、割り込みは発生しません (破損パケットとして無視されます)。 |
| 3 | オーバーランエラー、アンダーランエラー | ホストコントローラモードでも、デバイスコントローラモードでも、NRDY 割り込みが発生し、FRMNUM.OVRN ビットが1になります。 デバイスコントローラモードでは、IN トークンに対して Zero-Length パケットを送信します。OUT トークンに対してはデータパケットを受信しません。 |
| 4 | インターバルエラー | デバイスコントローラモードでは、NRDY 割り込みが発生します。ホストコントローラモードでは、割り込みは発生しません。 |

表 28.24 データパケットの受信に関するエラー検出

| 検出の優先順位 | エラー | 発生する割り込みとステータス |
|---------|----------------------|---|
| 1 | PIDエラー | 割り込みは発生しません（破損パケットとして無視されます）。 |
| 2 | CRCエラー、ビットスタッフィングエラー | ホストコントローラモードでも、デバイスコントローラモードでも、NRDY割り込みが発生し、FRMNUM.CRCEビットが1になります。 |
| 3 | 最大パケットサイズオーバーエラー | ホストコントローラモードでも、デバイスコントローラモードでも、BEMP割り込みが発生し、PID[1:0]ビットがSTALLに設定されます。 |

28.3.12.2 DATA-PID

デバイスコントローラモードでは、USBFS は受信 PID に対して以下のように応答します。

(1) IN 方向の場合

- DATA0：データパケットの PID として送信
- DATA1：送信しない
- DATA2：送信しない
- mData：送信しない

(2) OUT 方向の場合

- DATA0：データパケットの PID として正常受信
- DATA1：データパケットの PID として正常受信
- DATA2：パケットを無視
- mData：パケットを無視

28.3.12.3 インターバルカウンタ

アイソクロナス転送のインターバルは、PIPEPERI.IITV[2:0] ビットで設定できます。デバイスコントローラモードでは、インターバルカウンタによって、表 28.25 に示す機能を実現します。ホストコントローラモードでは、USBFS はトークン発行タイミングを生成し、インターバルカウンタの動作はインタラプト転送の場合と同じです。

表 28.25 デバイスコントローラモード時のインターバルカウンタ機能

| 転送方向 | 機能 | 検出条件 |
|------|-------------|---|
| IN | 送信バッファフラッシュ | アイソクロナスIN転送時にインターバルフレーム内にINトークンを正常受信できない。 |
| OUT | トークン未受信の通知 | アイソクロナスOUT転送時にインターバルフレーム内にOUTトークンを正常受信できない。 |

インターバルのカウンタは、SOF の受信時または補完された SOF で行われるので、SOF が破損していても等時性を保つことができます。設定できるフレーム間隔は 2IITV フレームです。

(1) デバイスコントローラモードでのカウンタの初期化

USBFS は、以下の条件でインターバルカウンタを初期化します。

- パワーオンリセット：
PIPEPERI.IITV[2:0] ビットが初期化されます。
- ACLRM ビットを使用した FIFO バッファの初期化：
IITV[2:0] ビットは初期化されませんが、カウンタ値は初期化されます。

インターバルカウンタが初期化されると、パケットを正常に転送した後に、下記のどちらかの条件でインターバルのカウンタを開始します。

- PID=BUF のときに IN トークンに対してデータを送信後、SOF を受信した場合
- PID=BUF のときに OUT トークンに対してデータを受信後、SOF を受信した場合

なお、下記の条件ではインターバルカウンタは初期化されません。

- PID[1:0] ビットを NAK または STALL に設定した場合
インターバルタイマは停止しません。USBFS は次のインターバルにトランザクションの実行を試みます。
- USB バスリセットまたは USBFS サスペンドの場合
IITV[2:0] ビットは初期化されません。SOF を受信すると、SOF 受信前の設定値からインターバルカウンタのカウンタを開始します。

(2) ホストコントローラモードでのインターバルカウンタと転送制御

USBFS は、PIPEPERI.IITV[2:0] ビットの設定値に従って、トークン発行間隔を制御します。具体的には、USBFS は 2IITV 回のフレームに 1 回の間隔で、選択パイプに対するトークンを発行します。

USBFS は、ソフトウェアで PID[1:0] ビットを BUF に設定したフレームの次のフレームから、トークン発行間隔のカウンタを開始します。

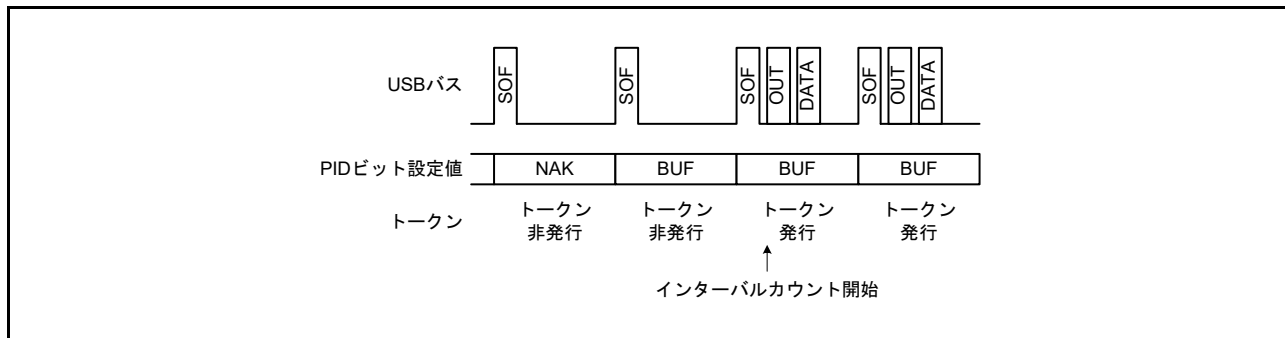


図 28.13 IITV = 0 の場合のトークン発行

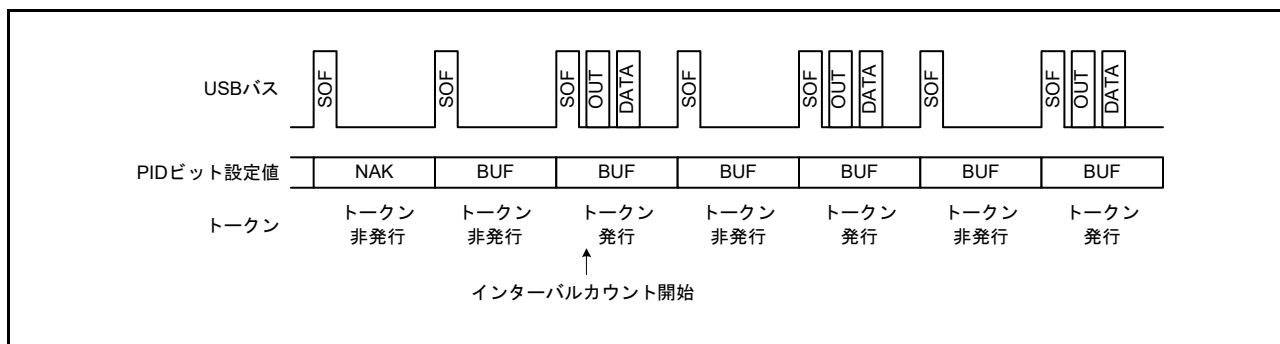


図 28.14 IITV = 1 の場合のトークン発行

選択パイプの転送タイプがアイソクロナスの場合、USB はトークン発行間隔の制御に付随して以下の動作を行います。NRDY 割り込み発生条件が成立する場合でも、USB はトークンを発行します。

(a) 選択パイプがアイソクロナス IN 転送パイプの場合

USBFS は、IN トークンを発行しても周辺デバイスからパケットを正常受信しなかった場合（無応答やパケットエラーの場合）、NRDY 割り込みを発生させます。

CPU または DMAC/DTC が FIFO バッファからデータを読み出すのが遅いことが原因で FIFO バッファがフルであるため、USBFS がデータを受信できない状態で IN トークン発行タイミングに至った場合、USBFS は FRMNUM.OVRN ビットを 1 にして、NRDY 割り込みを発生させます。

(b) 選択パイプがアイソクロナス OUT 転送パイプの場合

CPU または DMAC/DTC が FIFO バッファにデータを書き込むのが遅いことが原因で、送信可能なデータが FIFO バッファにない状態で OUT トークン発行タイミングに至った場合、USBFS は OVRN ビットを 1 にして、NRDY 割り込みを発生させ、Zero-Length パケットを送信します。

以下のいずれかの条件で、トークン発行間隔がリセットされます。

- USBFS がリセット端子でリセットされた場合
IITV[2:0] ビットが初期化されます。
- ソフトウェアで PIPEnCTR.ACLRM ビットを 1 にした場合

(3) デバイスコントローラモードでのインターバルカウントと転送制御

(a) 選択パイプがアイソクロナス OUT 転送パイプの場合

PIPEPERI.IITV[2:0] ビットに設定したインターバル中にデータパケットを受信できなかった場合、USBFS は NRDY 割り込みを発生させます。

データパケットに CRC エラーなどのエラーが含まれていた場合や、FIFO バッファがフルのために USBFS がデータを受信できなかった場合も、USBFS は NRDY 割り込みを発生させます。

NRDY 割り込みの発生タイミングは、SOF パケットの受信時です。SOF パケットが破損している場合でも、内部補完機能によって、SOF パケットの受信時に割り込みを発生させることが可能です。ただし、IITV ビットが 0 以外になっていると、インターバルカウント開始後のインターバルごとに、USBFS は SOF パケットの受信時に NRDY 割り込みを発生させます。

インターバルタイマの起動後、ソフトウェアで PID[1:0] ビットを NAK に設定した場合は、USBFS は SOF パケットを受信しても NRDY 割り込みを発生させません。

インターバルのカウント開始タイミングは、下記のように、IITV[2:0] ビットの設定値によって異なります。

- IITV[2:0] ビット = 0 の場合：
選択パイプの PID[1:0] ビットを 01b (BUF) に変更した時点でインターバルのカウントを開始します。

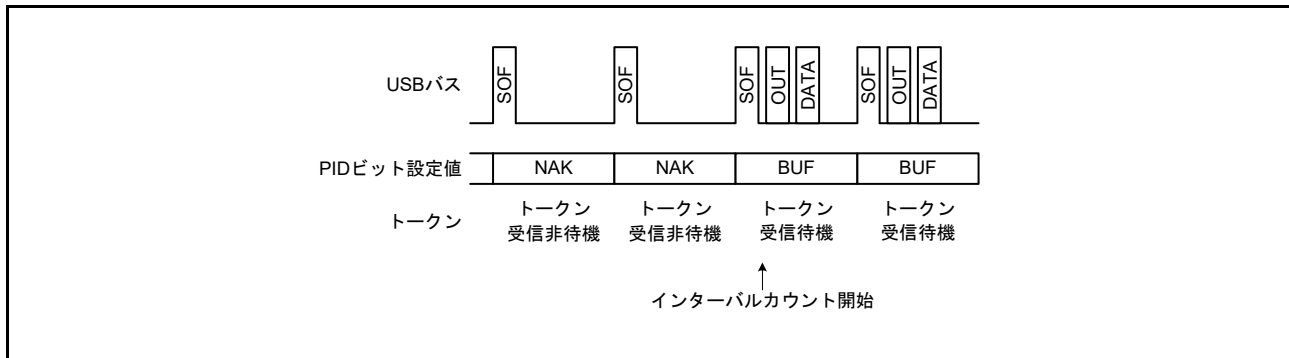


図 28.15 フレームとトークン受信待機の関係 (IITV = 0 の場合)

- IITV ≠ 0 の場合: 選択パイプの PID[1:0] ビットが BUF に変更された後、最初のデータパケットの正常受信完了時にインターバルのカウントが開始されます

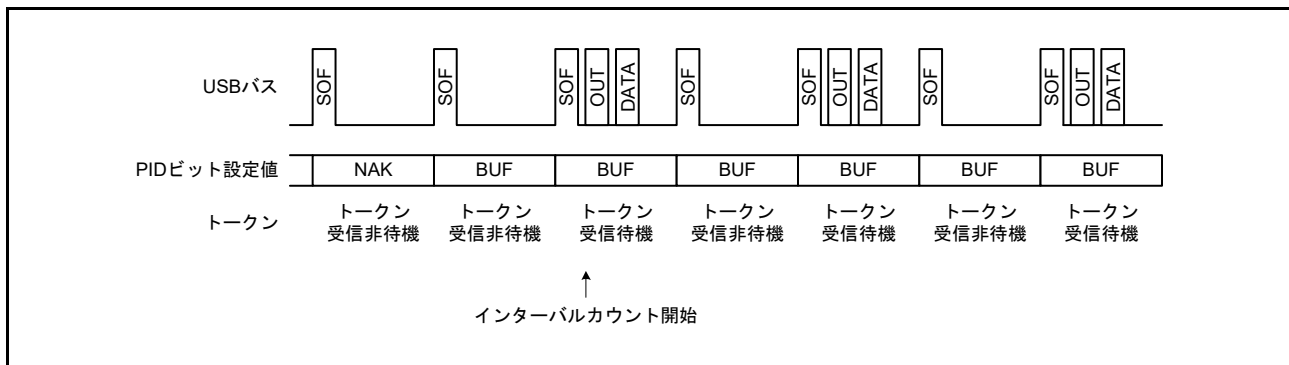


図 28.16 フレームとトークン受信待機の関係 (IITV ≠ 0 の場合)

(b) 選択パイプがアイソクロナス IN 転送パイプの場合

この場合、PIPEPERI.IFIS ビットを 1 にする必要があります。IFIS ビットが 0 の場合、PIPEPERI.IITV[2:0] ビットの設定値とは無関係に、USBFS は受信したトークンにตอบสนองしてデータパケットを送信します。

IFIS ビットが 1 で、FIFO バッファに送信可能なデータがある場合、IITV[2:0] ビットに設定したインターバルでフレーム中に IN トークンを受信できないと、USBFS は FIFO バッファをクリアします。

IN トークンに CRC エラーなどのバスエラーが含まれているため、IN トークンを正常受信できなかった場合も、USBFS は FIFO バッファをクリアします。

FIFO バッファクリアのタイミングは、SOF パケット受信時です。SOF パケットが破損している場合でも、内部補完機能によって、SOF パケットの受信時に FIFO バッファをクリアすることが可能です。

インターバルのカウント開始タイミングは、OUT 転送の場合と同様に、IITV[2:0] ビットの設定値によって異なります。

デバイスコントローラモードでは、以下のいずれかの条件でインターバルがカウントされます。

- USBFS がハードウェアリセットされた場合 (IITV[2:0] ビットも 000b になります)
- ソフトウェアで PIPEnCTR.ACLRm ビットを 1 にした場合
- USBFS が USB バスリセットを検出した場合

(4) デバイスコントローラモードでのアイソクロナス転送用送信データセットアップ

デバイスコントローラモードでの USBFS を用いたアイソクロナスデータ送信では、FIFO バッファにデータが書き込まれた後、SOF パケット検出後の最初のフレームでデータパケットの送出が可能になります。このアイソクロナス転送用送信データのセットアップ機能により、送信を開始したフレームを特定することが可能です。

ダブルバッファモードを使用している場合、両方のバッファへの書き込みが完了した後であっても、送信可能なバッファは、先にデータ書き込みが終了したバッファだけです。このため、複数の IN トークンを受信しても、送出される FIFO バッファデータは 1 パケット分のみとなります。

IN トークン受信時に FIFO バッファがデータを送信できる状態であれば、データが転送されて正常応答が返されます。ただし、FIFO バッファがデータを送信できない状態であれば、Zero-Length パケットが送出されてアンダーランエラーが発生します。

図 28.17 に、IITV = 0 (毎フレーム) に設定した場合のアイソクロナス転送用送信データのセットアップ機能を用いた送信例を示します。

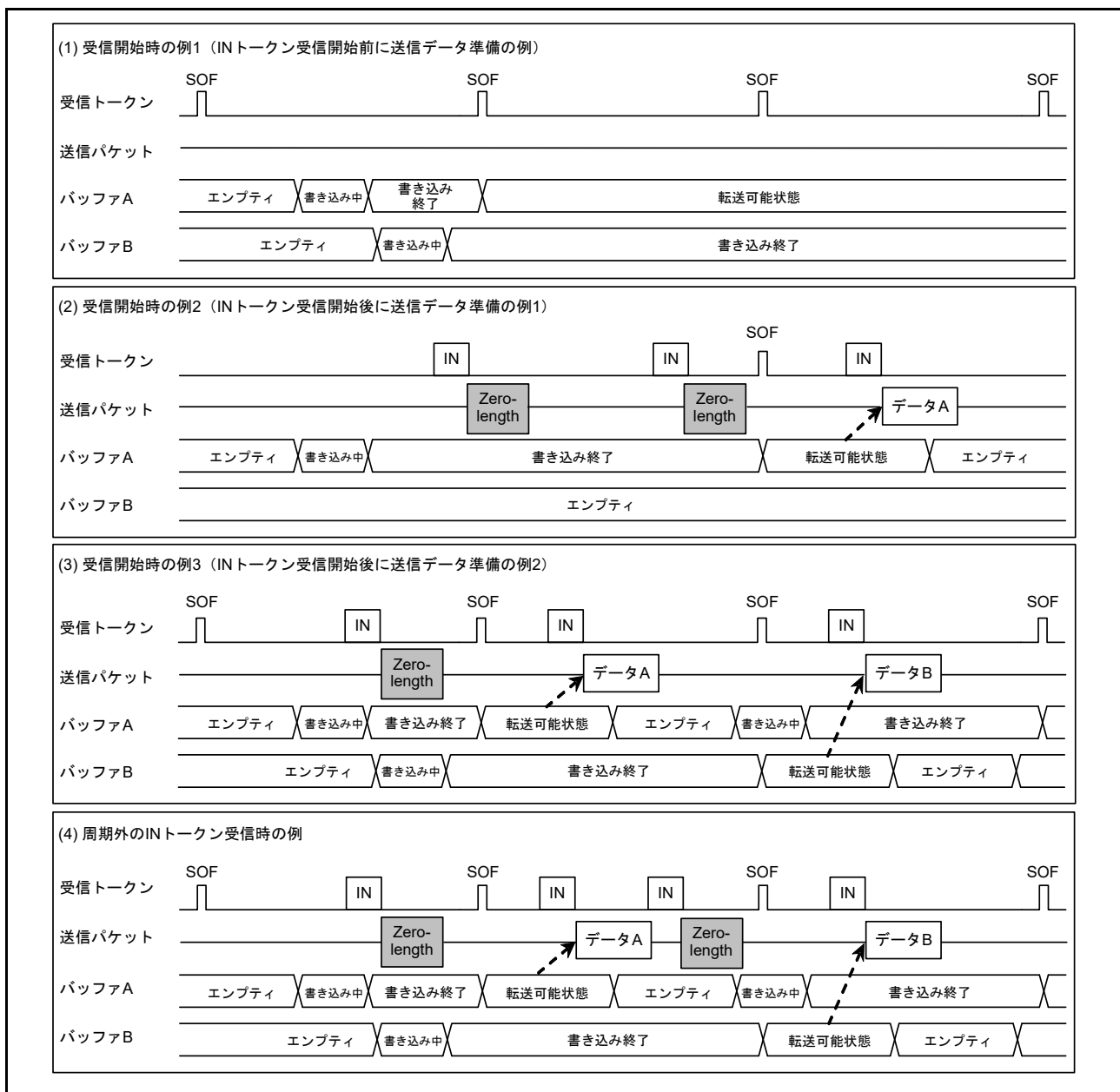


図 28.17 データセットアップ動作例

(5) デバイスコントローラモードでのアイソクロナス転送用送信バッファフラッシュ

デバイスコントローラモードでのアイソクロナスデータ転送時に、USBFS がインターバルフレーム内に IN トークンを受信しないまま、次フレームの SOF パケットを受信した場合は、USBFS はそれを IN トークン破損として扱い、送信可能状態となっているバッファをクリアし、そのバッファを書き込み可能な状態とします。

ダブルバッファモードを使用している場合、両方のバッファへの書き込みが完了していれば、クリアされた FIFO バッファ内のデータが同インターバルフレームで送信されたものとみなして、SOF パケット受信時にクリアされていない FIFO バッファを送信可能な状態とします。

バッファフラッシュ機能のタイミングは、以下のように、PIPEPERI.IITV[2:0] ビットの設定値によって異なります。

- IITV = 0 の場合 :
パイプが有効となった後の最初のフレームから、バッファフラッシュ動作を開始します。
- IITV ≠ 0 の場合 :
最初の正常なトランザクション以降に、バッファフラッシュ動作を開始します。

図 28.18 にバッファフラッシュの例を示します。インターバルフレーム前に予期しないトークンを受信した場合、データセットアップ状態に応じて、USBFS は書き込みデータを送出するか、またはアンダーランエラーとして Zero-Length パケットを送出します。

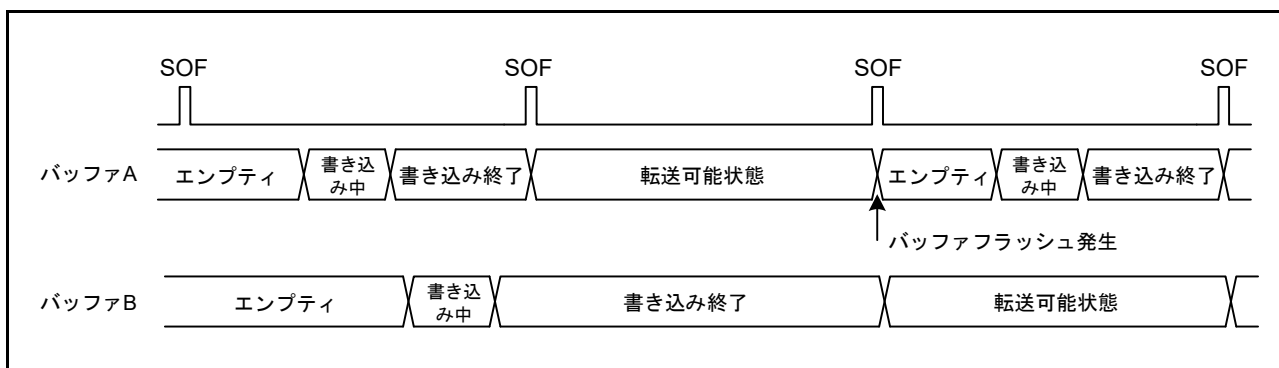


図 28.18 バッファフラッシュ動作例

図 28.19 に、インターバルエラーの発生例を示します。この図に示すように、インターバルエラーには 5 種類あります。図中の①のタイミングでインターバルエラーが発生し、バッファフラッシュ機能が動作します。

IN 転送時にインターバルエラーが発生した場合は、バッファフラッシュ機能が動作します。OUT 転送時にインターバルエラーが発生した場合は、NRDY 割り込みが発生します。FRMNUM.OVRN ビットを用いて、この NRDY 割り込みであるか、または受信パケットエラーやオーバーランエラーによる NRDY 割り込みであるかを識別してください。

図中に網掛けで示したトークンに対しては、FIFO バッファの状態に応じて応答が返されます。

- IN 方向の場合 :
 - バッファがデータを転送できる状態であれば、データが転送されて正常応答が返される
 - バッファがデータを転送できない状態であれば、Zero-Length パケットが送信されてアンダーランエラーが発生する
- OUT 方向の場合 :
 - バッファがデータを受信できる状態であれば、データが受信されて正常応答が返される
 - バッファがデータを受信できない状態であれば、受信データが破棄されてオーバーランエラーが発生する

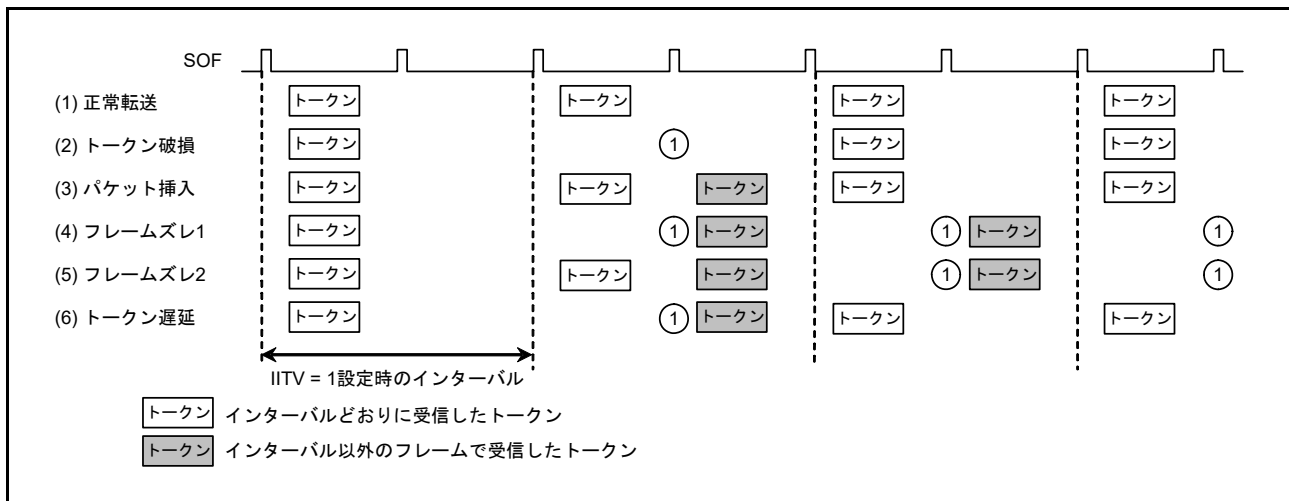


図 28.19 IITV = 1 の場合のインターバルエラー発生例

28.3.13 SOF 補完機能

デバイスコントローラモードでは、SOF パケットの破損または欠落のために 1ms 間隔でパケット受信ができなかった場合、USBFS が SOF を補完します。SOF 補完は、SYSCFG.USBE ビットと SYSCFG.SCKE ビットが 1 のときに、SOF パケットの受信時に開始します。下記の条件で、補完機能が初期化されます。

- MCU リセット
- USB バスリセット
- Suspended ステート検出

SOF 補完の動作は以下のとおりです。

- SOF パケットを受信するまでは補完機能は動作しない
- 最初の SOF パケット受信時に、48MHz の内部クロックで 1ms をカウントして補完を実行する
- 2 回目以降の SOF パケット受信時には、前回の受信間隔で補完を実行する
- Suspended ステート時または USB バスリセット時には、補完を実行しない

USBFS は、SOF パケット受信で制御される下記の機能を動作させます。SOF パケットが欠落していても、これらの機能は SOF 補完によって正常に動作します。

- フレーム番号の更新
- SOFR 割り込みタイミング
- アイソクロナス転送インターバルカウント

フルスピード動作時に SOF パケットが欠落していた場合、FRMNUM.FRNM[10:0] ビットは更新されません。

28.3.14 パイプスケジュール

28.3.14.1 トランザクション発行条件

ホストコントローラモードにおいて、DVSTCTR0.UACT ビットを 1 にすると、USBFS は表 28.26 に示す条件でトランザクションを発行します。

表 28.26 トランザクション発行条件

| トランザクション | 発行条件 | | | | |
|----------------------------------|--------|--------|--------|---------|--------|
| | DIR | PID | IITV0 | バッファ状態 | SUREQ |
| Setup | — (注1) | — (注1) | — (注1) | — (注1) | 1 設定 |
| コントロール転送のデータステージ、ステータスステージ、バルク転送 | IN | BUF | 無効 | 受信領域あり | — (注1) |
| | OUT | BUF | 無効 | 送信データあり | — (注1) |
| インタラプト転送 | IN | BUF | 有効 | 受信領域あり | — (注1) |
| | OUT | BUF | 有効 | 送信データあり | — (注1) |
| アイソクロナス転送 | IN | BUF | 有効 | (注2) | — (注1) |
| | OUT | BUF | 有効 | (注3) | — (注1) |

- 注 1. 表中の「—」は、トークンの発行に関係のない条件であることを意味します。「有効」とは、インタラプト転送とアイソクロナス転送において、インターバルカウンタによる転送フレームでのみトランザクションを発行することを意味します。「無効」とは、インターバルカウンタにかかわらず、トランザクションを発行することを意味します。
- 注 2. 受信領域の有無にかかわらず、トランザクションを発行します。ただし、受信領域がない場合、受信データを破棄します。
- 注 3. 送信データの有無にかかわらず、トランザクションを発行します。ただし、送信データがない場合、Zero-Length パケットを送信します。

28.3.14.2 転送スケジュール

この節では、USBFS のフレーム内の転送スケジューリング方法について説明します。USBFS は SOF を送信後、以下に示す順序で転送を行います。

1. 周期的転送の実行：
パイプ 1 → パイプ 2 → パイプ 6 → パイプ 7 → パイプ 8 → パイプ 9 の順にパイプを検索し、アイソクロナス転送またはインタラプト転送のトランザクション発行が可能なパイプがあれば、トランザクションを発行します。
2. コントロール転送の SETUP トランザクション：
DCP を確認して、SETUP トランザクションが可能であれば送信します。
3. バルク転送、コントロール転送データステージ、およびコントロール転送ステータスステージの実行：
DCP → パイプ 1 → パイプ 2 → パイプ 3 → パイプ 4 → パイプ 5 の順にパイプを検索し、バルク転送、コントロール転送データステージ、コントロール転送ステータスステージのトランザクション発行が可能なパイプがあれば、トランザクションを発行します。
トランザクションが発行されると、周辺デバイスからの応答が ACK であるか NAK であるかにかかわらず、処理は次のパイプのトランザクションに移ります。また、フレーム内に転送を行う時間があれば、ステップ 3. を繰り返します。

28.3.14.3 USB 通信許可

DVSTCTR0.UACT ビットを 1 にすると、SOF の送信が開始され、トランザクションの発行が可能となります。UACT ビットを 0 にすると、SOF の送信が停止して、Suspended ステートとなります。UACT ビットを 1 から 0 に変更すると、次の SOF を送信した後、処理が停止します。

28.3.15 バッテリチャージング検出処理

バッテリチャージング仕様で規定されている、データコンタクト検出 (D+ ラインコンタクトチェック)、一次検出 (チャージャ検出)、および二次検出 (チャージャ検証) の処理を制御することが可能です。以下では、個々のファンクションデバイスとホストデバイスに求められる動作について説明します。

28.3.15.1 デバイスコントローラモードでの処理

USBFS モジュールをバッテリチャージ用のポータブルデバイスとして動作させる場合、以下の処理が必要です。

1. データライン (D+/D-) がコンタクトしたタイミングを検出し、一次検出処理を開始します。
2. 一次検出の開始後、マスク処理のため 40ms 待機してから D- の電圧レベルをチェックし、一次検出結果を確認します。
3. 一次検出中にチャージャが検出された場合は、二次検出を開始します。
4. 二次検出の開始後、マスク処理のため 40ms 待機してから D+ の電圧レベルをチェックし、二次検出結果を確認します。

ステップ 1 では、VBINT ビットと VBSTS ビットで VBUS を検出した後、以下の処理を行う必要があります。

1. 300 ~ 900ms 待機し、その後、USBBCCTRL0 レジスタの VDPSRCE0 ビットと IDMSINKE0 ビットを設定します。
2. IDPSRCE0 ビットを設定します。
3. D+ ラインが High から Low へ変化したことを LNST ビットで検出した後、IDPSRCE0 ビットを 0 にクリアし、VDPSRCE0 ビットと IDMSINKE0 ビットを同時に設定します。(注 1)

ステップ 2 では、VDPSRCE0 ビットと IDMSINKE0 ビットを設定して、40ms 待機した後、CHGDETSTS0 ビットで一次検出結果を検証してください。(注 2)

ステップ 3 では、ステップ 2 で CHGDETSTS0 ビットを設定した場合に、チャージャの検出を検証した後、VDPSRCE0 ビットと IDMSINKE0 ビットをクリアし、VDMSRCE0 ビットと IDPSINKE0 ビットを設定してください。

ステップ 4 では、VDMSRCE0 ビットと IDPSINKE0 ビットを設定して、40ms 待機した後、PDDTSTS0 ビットで二次検出結果を検証してください。

 **28.20** に、この処理フローを示します。

- 注 1. バッテリチャージング仕様は、データコンタクト検出 (D+/D- ラインのコンタクトチェック) に関して 2 つの実施方法を記述しています。1 つは、D+ ラインに 7 ~ 13 μ A の電流を印加することで D+ ラインを Logic High に保持し、D+/D- ラインがターゲットと接続したとき、ホストデバイスのプルダウン抵抗により生じる Logic Low への変化を検出する方法です。もう 1 つは、VBUS を検出した後、300 ~ 900ms 待機する方法です。
- 注 2. 一次検出中に、D- ラインの電圧が 0.25 ~ 0.4V 以上かつ 0.8 ~ 2.0V 以下であることが検出されると、ターゲットデバイスが、バッテリチャージ用ホストデバイス (チャージングダウンストリームポート) として認識されます。使用中の USB 送信に対して、CHGDETSTS0 ビットで D- ラインの電圧が 0.25 ~ 0.4V 以上であることだけが判明した場合、必要に応じて、LNST ビットを用いて D- ラインの電圧が 0.8 ~ 2.0V 以下であることをチェックするための処理を追加してください。

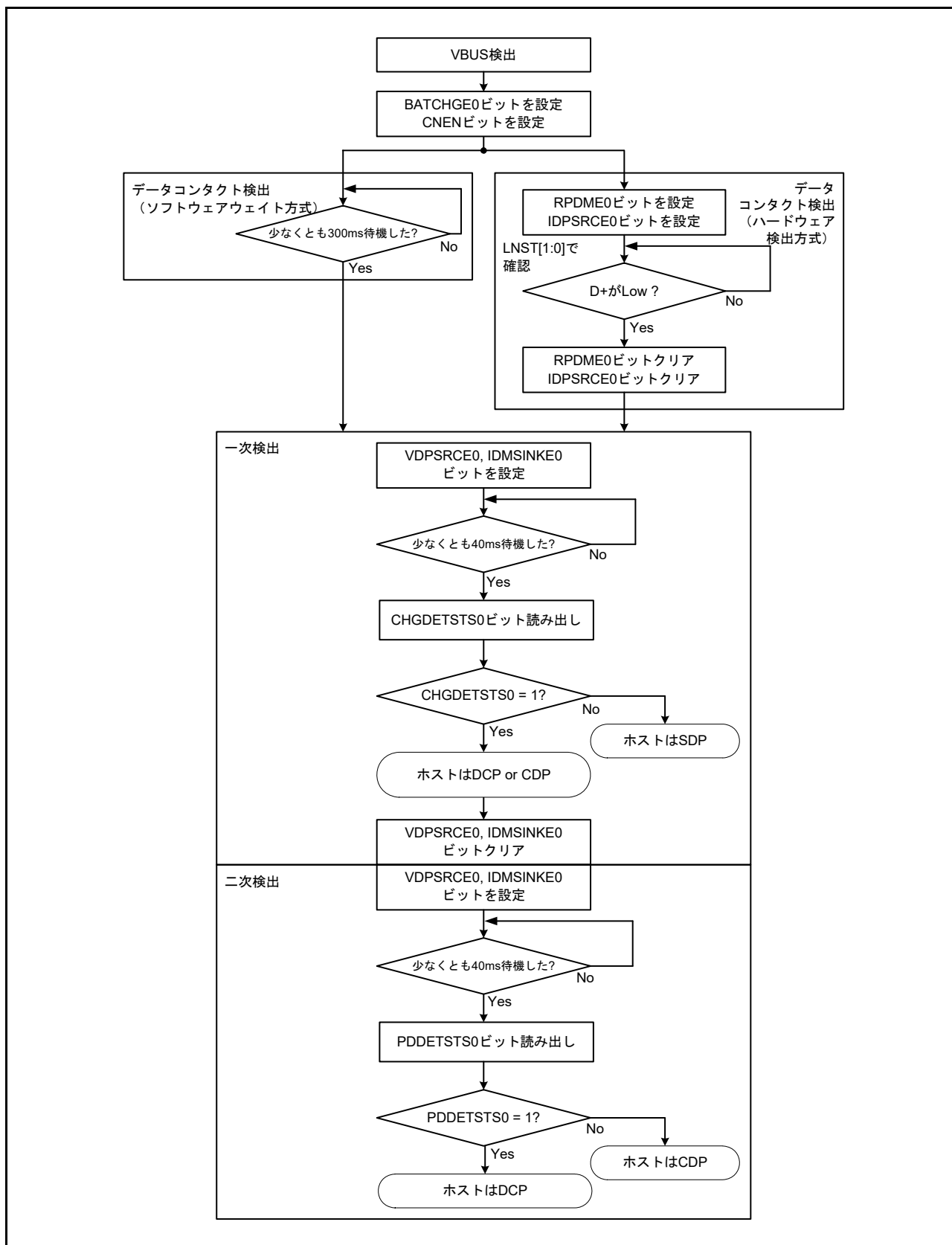


図 28.20 ポータブルデバイスとして動作時の処理フロー

28.3.15.2 ホストコントローラ選択時の処理

USBFS モジュールをバッテリー充電用のチャージングダウンストリームポートとして動作させる場合、以下の処理が必要です。

1. VBUS のドライブを開始します。
2. ポータブルデバイス検出回路を有効にします。
3. ポータブルデバイス検出信号をモニタし、検出信号が High であれば D- ラインのドライブを開始します。
4. ポータブルデバイス検出信号のレベルが Low になるタイミングを検出し、D- ラインのドライブを停止します。

バッテリーチャージング仕様に関連して、以下の処理も利用可能です。

- a. デタッチ検出後、200ms以内にD-ラインのドライブを開始する。
- b. アタッチ検出後、10ms以内にD-ラインのドライブを停止する。

28.3.15.1 デバイスコントローラモードでの処理で説明したように、ポータブルデバイスが一次検出を検出できるようにするには、D- ラインをドライブする必要があります。ステップ 1～4 は、ハードウェアがポータブルデバイス検出機能を備えている場合の手順です。この方法では、ポータブルデバイスが検出されたときに D- ラインをドライブします。

ステップ a と b は、ポータブルデバイス機能がハードウェアに備わっていない場合や利用できない場合の手順です。ポータブルデバイスの検出とは無関係に、D- ラインがデタッチ状態でドライブされ、アタッチ状態ではドライブされません。バッテリーチャージング仕様では、これらの方法のどちらかを選択して用いることができます。

ステップ 3 と 4 では、ポータブルデバイス検出信号の変化を PDDDETINT 割り込みを利用して検出した後、PDDDETSTS0 ビットを読み出すことで現在の信号状態を確認することが可能です。ステップ a と b は、ソフトウェアタイマでのみ実施可能です。

図 28.21 に、ステップ 1～4 の処理フローと、ステップ a～b の処理フローをそれぞれ示します。

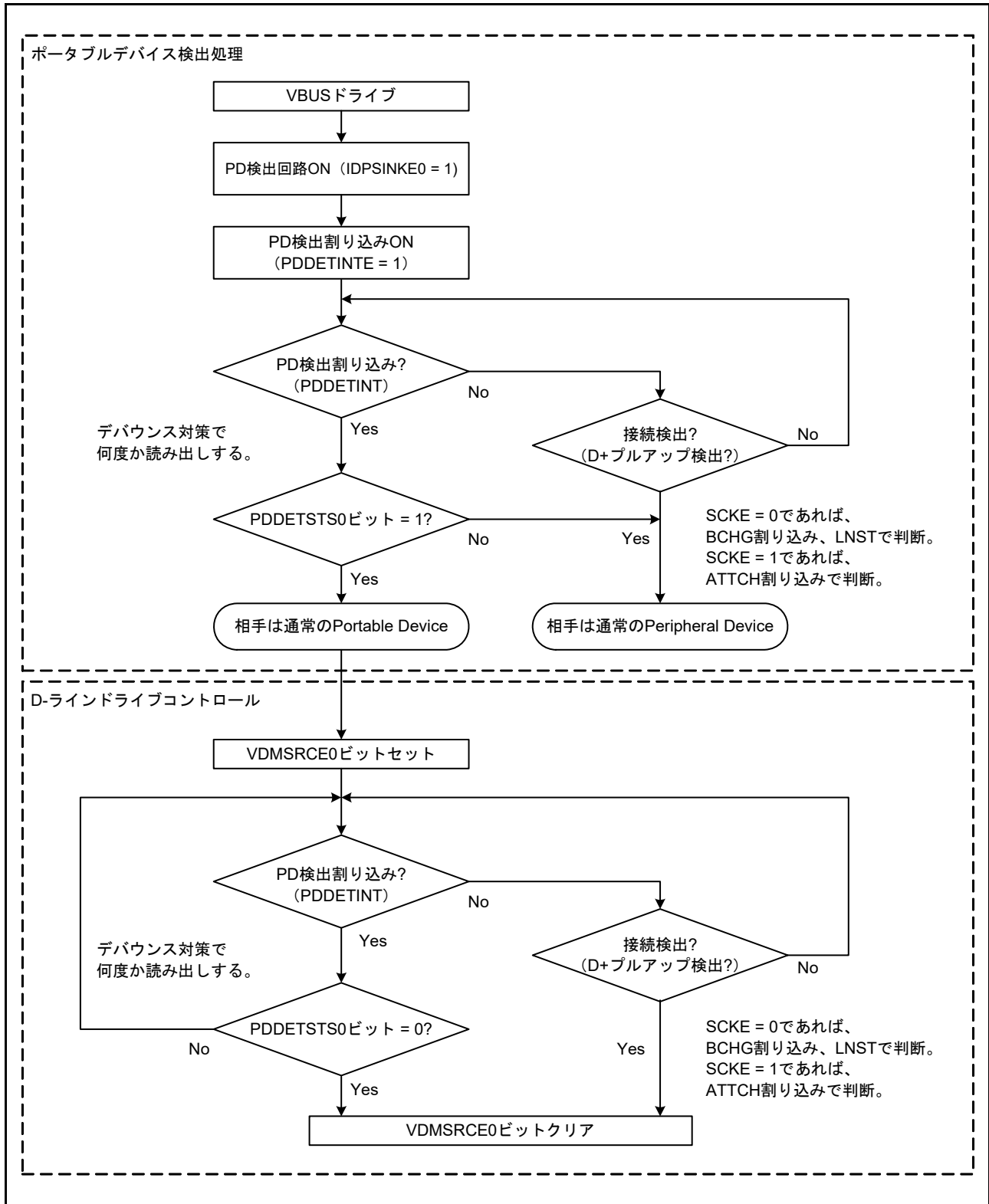


図 28.21 チャージングダウンストリームポートとして動作する場合の処理フロー (ステップ 1～4)

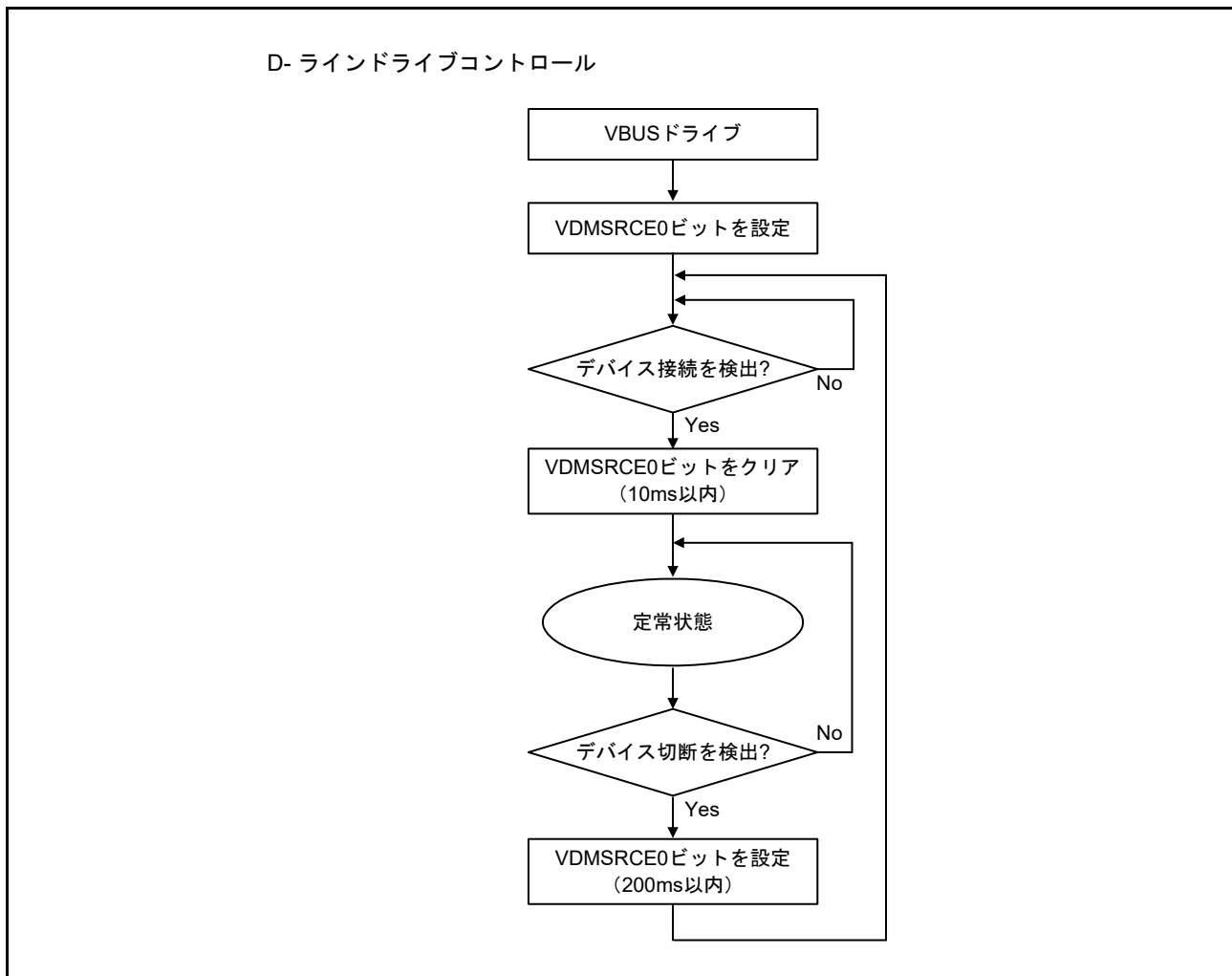


図 28.22 チャージングダウンストリームポートとして動作する場合の処理フロー (ステップ a ~ b)

28.4 使用上の注意事項

28.4.1 モジュールストップ状態の設定

モジュールストップコントロールレジスタ B (MSTPCRB) によって、USBFS の動作を禁止または許可することが可能です。リセット後の初期状態では、USBFS の動作は停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細は、「11. 低消費電力モード」を参照してください。

28.4.2 ソフトウェアスタンバイモード終了時の割り込みステータスレジスタのクリア

ソフトウェアスタンバイモードでは入力バッファが常に有効となるため、下記条件下では、予期せぬ割り込みが発生する場合があります。

- 通常モードで、割り込みが許可されている
- ソフトウェアスタンバイモードで、割り込みが禁止されている
- ソフトウェアスタンバイを解除する端子の入力レベルがソフトウェアスタンバイモードで変更されている

これらの条件下では、割り込みステータスレジスタの対応する割り込みフラグが、予期せず設定されることがあります。MCU がソフトウェアスタンバイモードを終了した後に、予期せぬ割り込みが割り込みコントローラに送信される場合があります。この問題を避けるために、解除シーケンスでは INTSTS0 および INTSTS1 レジスタを必ずクリアしてください。

28.4.3 ポート機能設定後の割り込みステータスレジスタのクリア

入力バッファは、PmnPFS.PSEL および PmnPFS.PMR ポートの設定前に無効にされるため、内部信号が High または Low に固定されます。ポートの設定後に入力バッファが有効になると、外部端子の状態が MCU に伝播します。このとき、予期せぬ割り込みが発生する場合があります。INTSTS0 レジスタと INTSTS1 レジスタの VBINT および OVRCCR ビットなどの割り込みステータスフラグが 1 になります。誤作動を回避するために、ポート設定後は INTSTS0 および INTSTS1 レジスタを必ずクリアしてください。

29. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

29.1 概要

シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI) は、下記の 5 種類の調歩同期式および同期式シリアルインタフェースとして設定が可能です。

- 調歩同期式インタフェース (UART および調歩同期式通信インタフェースアダプタ (ACIA))
- 8 ビットクロック同期式インタフェース
- 簡易 IIC (マスタのみ)
- 簡易 SPI
- スマートカードインタフェース

スマートカードインタフェースは、電子信号と伝送プロトコルに関して ISO/IEC 7816-3 規格に準拠しています。各 SCI チャンネルは FIFO バッファを内蔵しており、連続した全二重通信が可能です。また、内蔵のボーレートジェネレータを用いて、データの転送速度を個別に設定することが可能です。表 29.1 に SCI の仕様を、図 29.1 にそのブロック図を、表 29.2 に入出力端子をモードごとに示します。

注. 本章に記載している PCLK とは PCLKA を指します。

表 29.1 SCIの仕様 (1/2)

| 項目 | 内容 |
|-------------|--|
| シリアル通信方式 | <ul style="list-style-type: none"> • 調歩同期式 • クロック同期式 • スマートカードインタフェース • 簡易 IIC • 簡易 SPI |
| 転送速度 | 内蔵のボーレートジェネレータにより任意のビットレートを設定可能 |
| 全二重通信 | 送信部：ダブルバッファ構成による連続送信が可能 受信部：ダブルバッファ構成による連続受信が可能 |
| 入出力端子 | 表 29.2 を参照してください。 |
| データ転送 | LSB ファースト / MSB ファーストの選択が可能 |
| 割り込み要因 | 送信終了、送信データエンプティ、受信データフル、受信エラー、受信データレディ、およびアドレス一致 開始条件 / 再開条件 / 停止条件の生成完了 (簡易 IIC モード用) |
| モジュールストップ機能 | チャンネルごとにモジュールストップ状態の設定が可能 |
| スヌーズ終了要求 | SCI0 アドレス不一致 (SCI0_DCUF) |

表 29.1 SCIの仕様 (2/2)

| 項目 | 内容 | |
|-------------------|---|---|
| 調歩同期式モード | データ長 | 7ビット/8ビット/9ビット |
| | 送信ストップビット | 1ビット/2ビット |
| | パリティ機能 | 偶数パリティ/奇数パリティ/パリティなし |
| | 受信エラー検出機能 | パリティエラー、オーバーランエラー、フレーミングエラー |
| | ハードウェアフロー制御 | CTS _n _RTS _n 端子を用いた送受信制御が可能 |
| | 送受信 | 1段レジスタまたは16段FIFOの選択が可能 (SCI0およびSCI1のみFIFO対応) |
| | アドレス一致 | 受信データとコンペアマッチレジスタの値が一致したとき、割り込み要求/イベント出力の発行が可能 |
| | アドレス不一致 (SCI0のみ) 受信データ | 受信データとコンペアマッチレジスタの値が一致しないとき、スヌーズ終了要求の発行が可能 |
| | スタートビットの検出 | Low検出または立ち下がりエッジ検出の選択が可能 |
| | ブレークの検出 | SPTRレジスタを読み出すことで、フレーミングエラーからのブレークの検出が可能 |
| | クロックソース | 内部クロックまたは外部クロックの選択が可能 |
| | 倍速モード | ボーレートジェネレータ倍速モードの選択が可能 |
| | マルチプロセッサ通信機能 | 複数プロセッサ間のシリアル通信機能が有効 |
| | ノイズ除去 | RXD _n 端子入力経路にデジタルノイズフィルタを内蔵 |
| クロック同期式モード | データ長 | 8ビット |
| | 受信エラー検出機能 | オーバーランエラー |
| | クロックソース | 内部クロック (マスタモード) または外部クロック (スレーブモード) の選択が可能 |
| | ハードウェアフロー制御 | CTS _n _RTS _n 端子を用いた送受信制御が可能 |
| | 送受信 | 1段レジスタまたは16段FIFOの選択が可能 |
| スマートカードインタフェースモード | エラー処理 | 受信中にパリティエラーを検出するとエラーシグナルを自動送出 送信中にエラーシグナルを受信するとデータを自動再送信 |
| | データタイプ | ダイレクトコンベンション/インバースコンベンションをサポート |
| 簡易IICモード | 通信フォーマット | I ² Cバスフォーマット (MSBファーストのみ) |
| | 動作モード | マスタ (シングルマスタ動作のみ) |
| | 転送速度 | 最大400kbps |
| | ノイズ除去 | SCL _n 端子とSDA _n 端子の入力経路にデジタルノイズフィルタを内蔵し、ノイズ除去幅の調整が可能 |
| 簡易SPIモード | データ長 | 8ビット |
| | エラーの検出 | オーバーランエラー |
| | クロックソース | 内部クロック (マスタモード) または外部クロック (スレーブモード) の選択が可能 |
| | SS入力端子機能 | SS _n 端子をHighにすることで、出力端子をハイインピーダンスにすることが可能 |
| | クロック設定 | クロック位相、クロック極性の設定を4種類から選択が可能 |
| ビットレートモジュレーション機能 | 内蔵ボーレートジェネレータの出力補正により誤差の低減が可能 | |
| イベントリンク機能 | 受信エラーまたはエラーシグナル検出のためのエラーイベント出力 (SCL _n _ERI (注1)) | |
| | 受信データフルイベント出力 (SCL _n _RXI (注1) (注2)) | |
| | 送信データエンptyイベント出力 (SCL _n _TXI (注1) (注2)) | |
| | 送信終了イベント出力 (SCL _n _TEI (注1) (注2)) | |
| | アドレス一致イベント出力 (SCL _n _AM (注1)) | |

注 1. チャネル番号 (n = 0, 1, 4, 9)

注 2. 本イベントリンク機能は、調歩同期式モードにおいて FIFO 動作が選択された場合、使用禁止となります。

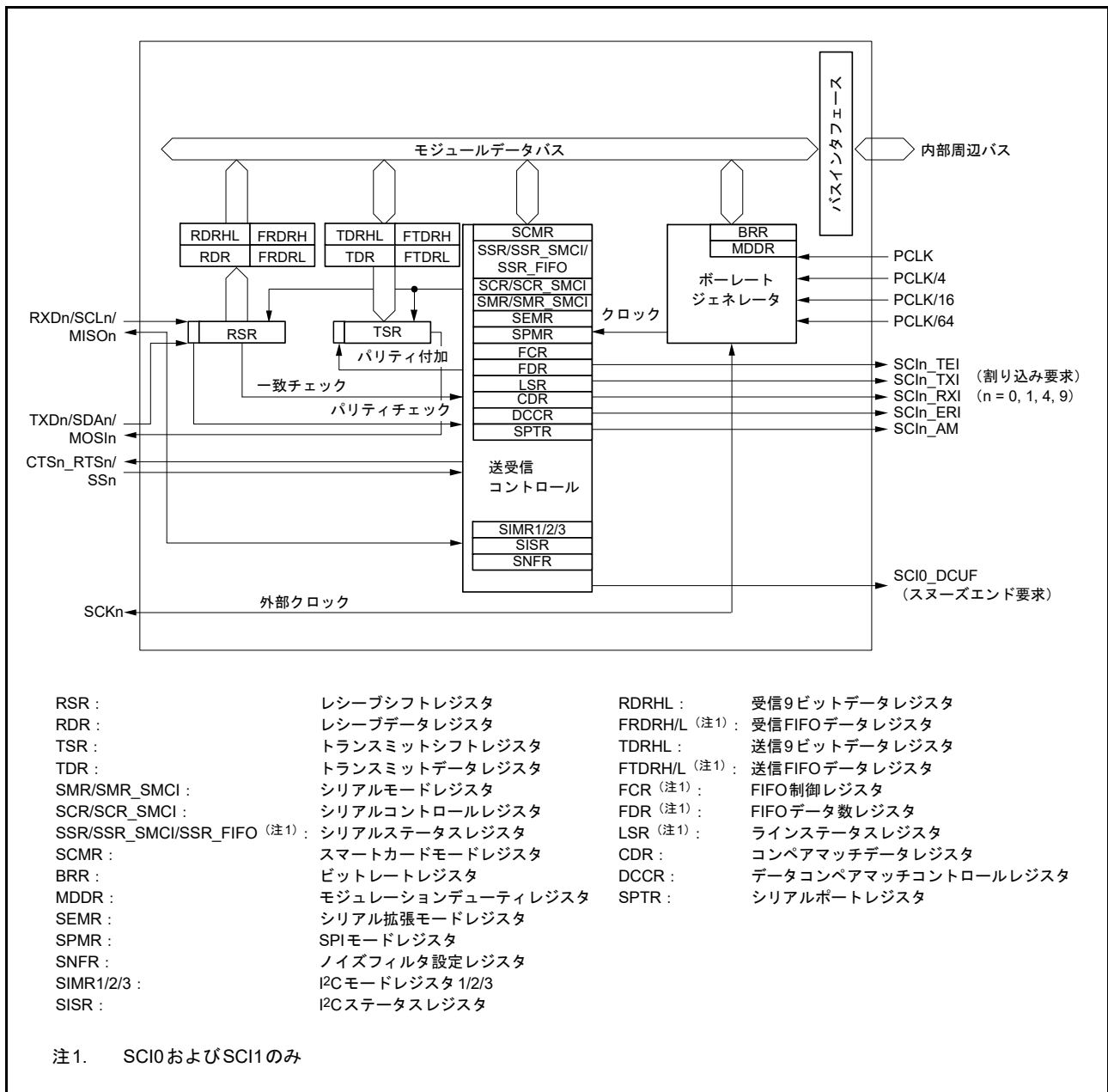


図 29.1 SCIのブロック図

表 29.2 SCIの入出力端子

| チャンネル | 端子名 | 入出力 | 機能 |
|-------|---------------------|-----|--|
| SCI0 | SCK0 | 入出力 | SCI0のクロック入出力端子 |
| | RXD0/SCL0/ MISO0 | 入出力 | SCI0の受信データ入力端子 SCI0のIICクロック入出力端子 SCI0のスレーブ送出データ入出力端子 |
| | TXD0/SDA0/ MOSI0 | 入出力 | SCI0の送信データ出力端子 SCI0のIICデータ入出力端子 SCI0のマスタ送出データ入出力端子 |
| | SS0/CTS0_RTS0 | 入出力 | SCI0のチップセレクト入力端子、アクティブLow SCI0の送受信開始制御用入出力端子、アクティブLow |
| SCI1 | SCK1 | 入出力 | SCI1のクロック入出力端子 |
| | RXD1/SCL1/ MISO1 | 入出力 | SCI1の受信データ入力端子 SCI1のIICクロック入出力端子 SCI1のスレーブ送出データ入出力端子 |
| | TXD1/SDA1/ MOSI1 | 入出力 | SCI1の送信データ出力端子 SCI1のIICデータ入出力端子 SCI1のマスタ送出データ入出力端子 |
| | SS1/CTS1_RTS1 | 入出力 | SCI1のチップセレクト入力端子、アクティブLow SCI1の送受信開始制御用入出力端子、アクティブLow |
| SCI4 | SCK4 | 入出力 | SCI4のクロック入出力端子 |
| | RXD4/SCL4/ MISO4 | 入出力 | SCI4の受信データ入力端子 SCI4のIICクロック入出力端子 SCI4のスレーブ送出データ入出力端子 |
| | TXD4/SDA4/ MOSI4 | 入出力 | SCI4の送信データ出力端子 SCI4のIICデータ入出力端子 SCI4のマスタ送出データ入出力端子 |
| | SS4/CTS4_RTS4 | 入出力 | SCI4のチップセレクト入力端子、アクティブLow SCI4の送受信開始制御用入出力端子、アクティブLow |
| SCI9 | SCK9 | 入出力 | SCI9のクロック入出力端子 |
| | RXD9/SCL9/ MISO9 | 入出力 | SCI9の受信データ入力端子 SCI9のIICクロック入出力端子 SCI9のスレーブ送出データ入出力端子 |
| | TXD9/SDA9/ MOSI9 | 入出力 | SCI9の送信データ出力端子 SCI9のIICデータ入出力端子 SCI9のマスタ送出データ入出力端子 |
| | SS9/CTS9_RTS9 | 入出力 | SCI9のチップセレクト入力端子、アクティブLow SCI9の送受信開始制御用入出力端子、アクティブLow |

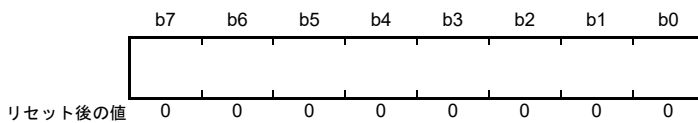
29.2 レジスタの説明

29.2.1 受信シフトレジスタ (RSR)

RSR レジスタは、RXDn 端子から入力されたシリアルデータをパラレルデータに変換するための受信用シフトレジスタです。1 フレーム分のデータを受信すると、データは自動的に RDR レジスタ、RDRHL レジスタ、または受信 FIFO へ転送されます。CPU から RSR レジスタに直接アクセスすることはできません。

29.2.2 受信データレジスタ (RDR)

アドレス SCI0.RDR 4007 0005h, SCI1.RDR 4007 0025h, SCI4.RDR 4007 0085h, SCI9.RDR 4007 0125h



RDR レジスタは、受信データを格納するための 8 ビットのレジスタです。1 フレーム分のシリアルデータを受信すると、受信データは RSR レジスタから本レジスタへ転送され、RSR レジスタは次のデータを受信できるようになります。RSR レジスタと RDR レジスタはダブルバッファとして機能するため、連続受信動作が可能になります。

RDR レジスタの読み出しは、受信データフル割り込み (SCIIn_RXI) 要求が発生したときに 1 回だけ行ってください。

注． 受信データを RDR から読み出す前に次のフレームのデータを受け取ると、オーバーランエラーになります。CPU から RDR レジスタに書き込むことはできません。

29.2.3 受信 9 ビットデータレジスタ (RDRHL)

アドレス SCI0.RDRHL 4007 0010h, SCI1.RDRHL 4007 0030h, SCI4.RDRHL 4007 0090h, SCI9.RDRHL 4007 0130h



RDRHL レジスタは、受信データを格納するための 16 ビットのレジスタです。調歩同期式モードおよび 9 ビットデータ長選択時に使用します。

RDRHL レジスタの下位 8 ビットは RDR レジスタのシャドールレジスタです。たとえば、RDRHL レジスタへアクセスすると RDR レジスタに影響を与えます。7 ビットまたは 8 ビットのデータ長を選択した場合、RDRHL レジスタへアクセスしないでください。

1 フレーム分のデータを受信すると、受信データは RSR レジスタから RDR レジスタまたは RDRHL レジスタへ転送されるため、RSR レジスタは次のデータを受信できるようになります。

RSR レジスタと RDRHL レジスタはダブルバッファとして機能するため、連続受信動作が可能になります。RDRHL レジスタの読み出しは、受信データフル割り込み (SCIIn_RXI) 要求が発生した場合にのみ行ってください。受信データを RDRHL から読み出す前に次の 1 フレーム分のデータを受け取ると、オーバーランエラーになります。CPU から RDRHL レジスタに書き込むことはできません。

RDRHL レジスタのビット [15:9] は 0 に固定されています。読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。

29.2.4 受信 FIFO データレジスタ H, L, HL (FRDRH, FRDRL, FRDRHL)

受信 FIFO データレジスタ H (FRDRH)

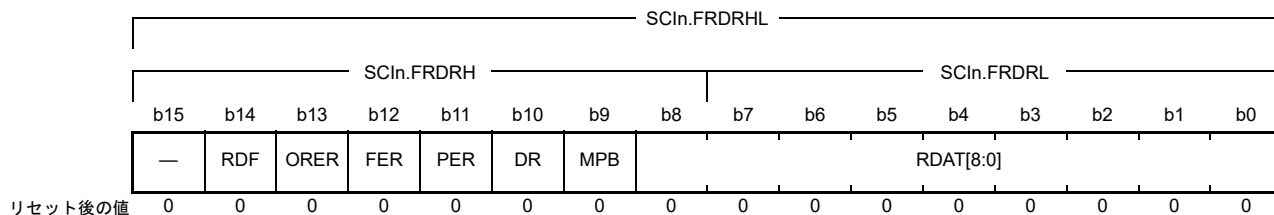
アドレス SCI0.FRDRH 4007 0010h, SCI1.FRDRH 4007 0030h

受信 FIFO データレジスタ L (FRDRL)

アドレス SCI0.FRDRL 4007 0011h, SCI1.FRDRL 4007 0031h

受信 FIFO データレジスタ HL (FRDRHL)

アドレス SCI0.FRDRHL 4007 0010h, SCI1.FRDRHL 4007 0030h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------|----------------|---|-----------|
| b8-b0 | RDAT[8:0] | シリアル受信データ | 受信したシリアルデータ（調歩同期式モード（マルチプロセッサを含む）またはクロック同期式モードにおいて、FIFO選択時のみ有効です） | R |
| b9 | MPB | マルチプロセッサビットフラグ | シリアル受信データ（RDAT[8:0]）に対応したマルチプロセッサビット 0：データ送信サイクル 1：ID送信サイクル MPBビットは、調歩同期式モードにおいて、SMR.MP = 1およびFIFO選択時のみ有効です。 | R |
| b10 | DR | 受信データレディフラグ | 0：受信中であるか、または正常に受信を完了した後、FRDRHおよびFRDRLに受信データが残っていない 1：正常に受信を完了した後、次の受信データが一定期間来ない | R (注1) |
| b11 | PER | パリティエラーフラグ | 0：FRDRHおよびFRDRLの第1データにパリティエラーの発生なし 1：FRDRHおよびFRDRLの第1データにパリティエラーの発生あり | R |
| b12 | FER | フレーミングエラーフラグ | 0：FRDRHおよびFRDRLの第1データにフレーミングエラーの発生なし 1：FRDRHおよびFRDRLの第1データにフレーミングエラーの発生あり | R |
| b13 | ORER | オーバーランエラーフラグ | 0：オーバーランエラーの発生なし 1：オーバーランエラーの発生あり | R (注1) |
| b14 | RDF | 受信FIFOデータフルフラグ | 0：FRDRHおよびFRDRLに書き込まれた受信データ量が指定された受信トリガ数より少ない 1：FRDRHおよびFRDRLに書き込まれた受信データ量が指定された受信トリガ数以上です | R (注1) |
| b15 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |

注 1. 本フラグを読むと、SSR_FIFO レジスタと同じ値が読み出されます。フラグをクリアするには、SSR_FIFO レジスタに0を書きください。

FRDRHL レジスタは、FRDRL と FRDRH からなる 16 ビットのレジスタです。FRDRH と FRDRL は、シリアル受信データと関連するステータス情報を格納するための 16 段の FIFO レジスタを構成します。本レジスタは、調歩同期式モード（マルチプロセッサモードを含む）またはクロック同期式モードでのみ有効です。

SCIは、受信データをRSRレジスタからFRDRHおよびFRDRLへ転送し格納することで、1フレーム分のシリアルデータの受信動作を完了します。16段が格納されるまで連続受信が実行されます。FRDRHとFRDRLに受信データが存在しない場合、データを読み出すと、その値は不定です。FRDRHおよびFRDRLがいっぱいになると、それ以降のシリアル受信データは失われます。CPUからFRDRHとFRDRLを読み出すことはできますが、書き込むことはできません。

FRDRHレジスタのRDF、ORER、またはDRフラグから1を読むことは、SSR_FIFOレジスタの対応するビットを読むことと同等です。FRDRHレジスタの読み出し後、SSR_FIFOレジスタのフラグに0を書いてクリアする場合は、クリアするフラグにのみ0を書いて、他のフラグには1を書いてください。

FRDRHレジスタとFRDRLレジスタの両方を読み出す場合は、FRDRHからFRDRLの順に読んでください。FRDRHLレジスタは16ビット単位でアクセスが可能です。

29.2.5 送信データレジスタ (TDR)

アドレス SCI0.TDR 4007 0003h, SCI1.TDR 4007 0023h, SCI4.TDR 4007 0083h, SCI9.TDR 4007 0123h



TDRレジスタは、送信データを格納するための8ビットのレジスタです。

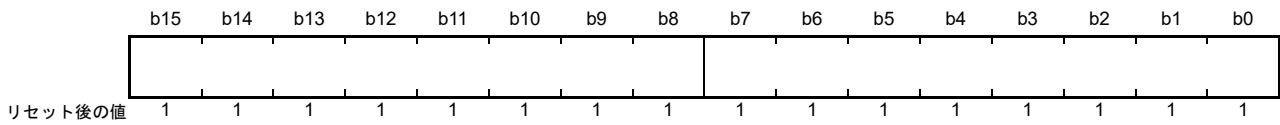
SCIは、TSRレジスタに空きを検出すると、TDRレジスタに書き込まれた送信データをTSRレジスタへ転送し、送信を開始します。

TDRレジスタとTSRレジスタはダブルバッファとして機能するため、連続送信動作が可能になります。1フレーム分のデータを送信したとき、TDRレジスタに次の送信データが書き込まれていれば、SCIはそれをTSRレジスタへ転送して送信を続けます。

CPUからいつでもTDRレジスタの読み出し/書き込みが可能です。TDRレジスタへの送信データの書き込みは、送信データエンプティ割り込み(SCIn_TXI)要求が発生するごとに1回だけ行ってください。

29.2.6 送信 9 ビットデータレジスタ (TDRHL)

アドレス SCI0.TDRHL 4007 000Eh, SCI1.TDRHL 4007 002Eh, SCI4.TDRHL 4007 008Eh, SCI9.TDRHL 4007 012Eh



TDRHL レジスタは、送信データを格納するための 16 ビットのレジスタです。調歩同期式モードおよび 9 ビットデータ長選択時に使用します。

TDRHL レジスタの下位 8 ビットは TDR レジスタのシャドールレジスタであるため、TDRHL レジスタへアクセスすると TDR レジスタに影響を与えます。7 ビットまたは 8 ビットのデータ長を選択した場合、TDRHL レジスタへアクセスしないでください。

TSR レジスタに空きが検出されると、TDRHL レジスタに書き込まれている送信データが TSR レジスタへ転送されて、送信が開始されます。

TSR レジスタと TDRHL レジスタはダブルバッファとして機能するため、連続送信動作が可能になります。1 フレーム分のデータを送信したとき、TDRHL レジスタに次の送信データが書き込まれていれば、TSR レジスタへ転送されて、送信動作が継続します。

CPU から TDRHL レジスタの読み出し/書き込みが可能です。TDRHL レジスタのビット [15:9] は 1 に固定されているため、読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。

TDRHL レジスタへの送信データの書き込みは、送信データエンプティ割り込み (SCIIn_TXI) 要求が発行されたときに 1 回だけ行ってください。

29.2.7 送信 FIFO データレジスタ H, L, HL (FTDRH, FTDRL, FTDRHL)

送信 FIFO データレジスタ H (FTDRH)

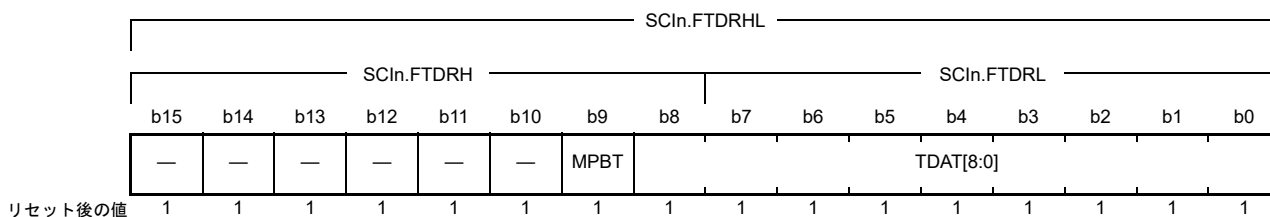
アドレス SCI0.FTDRH 4007 000Eh, SCI1.FTDRH 4007 002Eh

送信 FIFO データレジスタ L (FTDRL)

アドレス SCI0.FTDRL 4007 000Fh, SCI1.FTDRL 4007 002Fh

送信 FIFO データレジスタ HL (FTDRHL)

アドレス SCI0.FTDRHL 4007 000Eh, SCI1.FTDRHL 4007 002Eh



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|------------------|--|-----|
| b8-b0 | TDAT[8:0] | シリアル送信データ | シリアルライトデータ（調歩同期式モード（マルチプロセッサを含む）およびクロック同期式モードにおいて、FIFO選択時にのみ有効です） | W |
| b9 | MPBT | マルチプロセッサ通信ビットフラグ | 送信フレーム中のマルチプロセッサビットの値： 0：データ送信サイクル 1：ID送信サイクル MPBTビットは、調歩同期式モードにおいて、SMR.MP = 1 およびFIFO選択時にのみ有効です。 | W |
| b15-b10 | — | 予約ビット | 書く場合、1としてください。 | W |

FTDRHL レジスタは、FTDRH と FTDRL からなる 16 ビットのレジスタです。

FTDRH と FTDRL は、シリアル送信データとマルチプロセッサ通信ビットを格納するための 16 段の FIFO レジスタを構成します。本レジスタは、調歩同期式モード（マルチプロセッサモードを含む）およびクロック同期式モードでのみ有効です。

SCI は、TSR レジスタに空きを検出すると、FTDRH と FTDRL に書き込まれた送信データを TSR に転送し、シリアル送信を開始します。FTDRH と FTDRL に送信データが残っていない状態になるまで、連続シリアル送信が実行されます。FTDRHL レジスタが送信データでいっぱいになると、次のデータを書き込むことはできません。新たに書き込みを試みても、そのデータは無視されます。CPU から FTDRH と FTDRL に書き込むことはできますが、読み出すことはできません。

FTDRH レジスタと FTDRL レジスタの両方に書き込む場合は、FTDRH から FTDRL の順に書いてください。

MPBT フラグ（マルチプロセッサ通信ビットフラグ）

送信フレームのマルチプロセッサビットを選択します。FCR.FM = 1 の場合、SSR.MPBT ビットは無効です。

29.2.8 送信シフトレジスタ (TSR)

TSR レジスタは、シリアルデータを送信するためのシフトレジスタです。シリアルデータ送信を行う場合、SCI は最初、TDR、TDRHL、または送信 FIFO から TSR レジスタへ送信データを自動転送し、その後、そのデータを TXDn 端子に送出します。CPU から TSR レジスタに直接アクセスすることはできません。

29.2.9 非スマートカードインタフェースモード用シリアルモードレジスタ (SMR) (SCMR.SMIF = 0)

アドレス SCI0.SMR 4007 0000h, SCI1.SMR 4007 0020h, SCI4.SMR 4007 0080h, SCI9.SMR 4007 0120h

| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|-----|----|----|------|----|----------|----|
| CM | CHR | PE | PM | STOP | MP | CKS[1:0] | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|-------------|--|-------------|
| b1-b0 | CKS[1:0] | クロック選択 | b1 b0 0 0: PCLKクロック (n = 0) (注1) 0 1: PCLK/4クロック (n = 1) (注1) 1 0: PCLK/16クロック (n = 2) (注1) 1 1: PCLK/64クロック (n = 3) (注1) | R/W (注4) |
| b2 | MP | マルチプロセッサモード | 調歩同期式モードでのみ有効です。 0: マルチプロセッサ通信機能は無効 1: マルチプロセッサ通信機能は有効 | R/W (注4) |
| b3 | STOP | ストップビット長 | 調歩同期式モードでのみ有効です。 0: 1ストップビット 1: 2ストップビット | R/W (注4) |
| b4 | PM | パリティモード | PE ビット = 1 の場合にのみ有効です。 0: 偶数パリティを選択 1: 奇数パリティを選択 | R/W (注4) |
| b5 | PE | パリティ許可 | 調歩同期式モードでのみ有効です。 • 送信時 0: パリティビットを付加しない 1: パリティビットを付加する • 受信時 0: パリティビットをチェックしない 1: パリティビットをチェックする | R/W (注4) |
| b6 | CHR | キャラクタ長 | SCMR.CHR1 ビットと組み合わせてキャラクタ長を選択します。 CHR1 CHR 0 0: データ長9ビットで送受信 0 1: データ長9ビットで送受信 1 0: データ長8ビットで送受信 (初期値) 1 1: データ長7ビットで送受信 (注3) CHR ビットは調歩同期式モードでのみ有効です。(注2) | R/W (注4) |
| b7 | CM | 通信モード | 0: 調歩同期式モード、または簡易IICモード 1: クロック同期式モード、または簡易SPIモード | R/W (注4) |

- 注 1. n は BRR の設定値を 10 進表記で示します。29.2.17 ビットレートレジスタ (BRR) を参照してください。
 注 2. 調歩同期式モード以外では、本ビットの設定は無効であり、データ長は 8 ビット固定です。
 注 3. LSB ファースト固定となり、TDR レジスタの MSB (ビット 7) は送信されません。
 注 4. SCR.TE ビットと SCR.RE ビットが 0 (シリアル送信動作およびシリアル受信動作を禁止) の場合にのみ書き込み可能です。

SMR レジスタは、通信フォーマットと、内蔵ボーレートジェネレータのクロックソースを設定するためのレジスタです。

CKS[1:0] ビット (クロック選択)

内蔵ボーレートジェネレータのクロックソースを選択します。

これらのビットの設定値とボーレートの関係については、[29.2.17 ビットレートレジスタ \(BRR\)](#) を参照してください。

MP ビット (マルチプロセッサモード)

マルチプロセッサ通信機能を有効または無効にします。マルチプロセッサモードでは、PE および PM ビットの設定は無効です。

STOP ビット (ストップビット長)

送信データのストップビット長を選択します。

受信時には、本ビットの設定にかかわらず、受信したストップビットの1ビット目のみがチェックされます。2ビット目が0の場合は、次の送信フレームのスタートビットとみなされます。

PM ビット (パリティモード)

送受信時のパリティ (偶数パリティまたは奇数パリティ) を選択します。

マルチプロセッサモードでは、PM ビットの設定は無効です。

PE ビット (パリティ許可)

PE ビットが1のとき、送信時はパリティビットを付加し、受信時はパリティチェックを行います。

マルチプロセッサフォーマットでは、PE ビットの設定にかかわらず、パリティビットの付加、チェックは行いません。

CHR ビット (キャラクタ長)

SCMR.CHR1 ビットと組み合わせて、送受信データのデータ長を選択します。

調歩同期式モード以外では、データ長は8ビット固定です。

CM ビット (通信モード)

通信モードを以下から選択します。

- 調歩同期式モード、または簡易 IIC モード
- クロック同期式モード、または簡易 SPI モード

29.2.10 スマートカードインタフェースモード用シリアルモードレジスタ (SMR_SMCI) (SCMR.SMIF = 1)

アドレス SCI0.SMR_SMCI 4007 0000h, SCI1.SMR_SMCI 4007 0020h, SCI4.SMR_SMCI 4007 0080h, SCI9.SMR_SMCI 4007 0120h

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|----|-----|----|----|----------|----|----------|----|
| | GM | BLK | PE | PM | BCP[1:0] | | CKS[1:0] | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|-----------|---|-------------|
| b1-b0 | CKS[1:0] | クロック選択 | b1 b0 0 0: PCLKクロック (n=0) (注1) 0 1: PCLK/4クロック (n=1) (注1) 1 0: PCLK/16クロック (n=2) (注1) 1 1: PCLK/64クロック (n=3) (注1) | R/W (注2) |
| b3-b2 | BCP[1:0] | 基本クロックパルス | SCMR.BCP2ビットと組み合わせて基本クロックのサイクル数を選択します。 表 29.3に、SCMR.BCP2ビットとSMR.BCP[1:0]ビットの組み合わせを示します。 | R/W (注2) |
| b4 | PM | パリティモード | PEビット=1の場合にのみ有効です。 0: 偶数パリティを選択 1: 奇数パリティを選択 | R/W (注2) |
| b5 | PE | パリティ許可 | PEビットが1のとき、送信時はパリティビットを付加し、受信時はパリティチェックを行います。スマートカードインタフェースモードでは、本ビットを1にしてください。 | R/W (注2) |
| b6 | BLK | ブロック転送モード | 0: 非ブロック転送モードで動作 1: ブロック転送モードで動作 | R/W (注2) |
| b7 | GM | GSMモード | 0: 非GSMモードで動作 1: GSMモードで動作 | R/W (注2) |

注1. nはBRRの設定値を10進表記で示します。29.2.17 ビットレートレジスタ (BRR) を参照してください。

注2. SCR_SMCI.TE ビットと SCR_SMCI.RE ビットが0 (シリアル送信動作およびシリアル受信動作を禁止) の場合のみ書き込み可能です。

SMR_SMCI レジスタは、通信フォーマットと、内蔵ボーレートジェネレータのクロックソースを設定するためのレジスタです。

CKS[1:0] ビット (クロック選択)

内蔵ボーレートジェネレータのクロックソースを選択します。

これらのビットの設定値とボーレートの関係については、29.2.17 ビットレートレジスタ (BRR) を参照してください。

BCP[1:0] ビット (基本クロックパルス)

スマートカードインタフェースモードにおいて、1ビット転送時間中の基本クロックのサイクル数を選択します。

SCMR.BCP2 ビットと組み合わせて設定します。

詳細は、29.6.4 受信データのサンプリングタイミングと受信マージンを参照してください。

表 29.3 SCMR.BCP2ビットとSMR_SMCI.BCP[1:0]ビットの組み合わせ

| SCMR.BCP2ビット | SMR_SMCI.BCP[1:0]ビット | | 1ビット転送時間中の基本クロックのサイクル数 |
|--------------|----------------------|---|--------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 93クロックサイクル (S = 93) (注1) |
| 0 | 0 | 1 | 128クロックサイクル (S = 128) (注1) |
| 0 | 1 | 0 | 186クロックサイクル (S = 186) (注1) |
| 0 | 1 | 1 | 512クロックサイクル (S = 512) (注1) |
| 1 | 0 | 0 | 32クロックサイクル (S = 32) (注1) (初期値) |
| 1 | 0 | 1 | 64クロックサイクル (S = 64) (注1) |
| 1 | 1 | 0 | 372クロックサイクル (S = 372) (注1) |
| 1 | 1 | 1 | 256クロックサイクル (S = 256) (注1) |

注1. SはBRRレジスタのSの値を表します(29.2.17 ビットレートレジスタ(BRR)を参照してください)。

PMビット (パリティモード)

送受信時のパリティモード(偶数パリティまたは奇数パリティ)を選択します。

スマートカードインタフェースモードにおける本ビットの使用方法については、29.6.2 データフォーマット(ブロック転送モード時を除く)を参照してください。

PEビット (パリティ許可)

PEビットは1にしてください。

送信時はパリティビットを付加し、受信時はパリティチェックを行います。

BLKビット (ブロック転送モード)

BLKビットを1にすると、ブロック転送モードで動作します。

詳細は、29.6.3 ブロック転送モードを参照してください。

GMビット (GSMモード)

GMビットを1にすると、GSMモードで動作します。

GSMモードでは、SSR_SMCI.TENDフラグのセットタイミングが、先頭から11.0ETU(ETU: Elementary Time Unit = 1ビット転送時間)に繰り上げられ、クロック出力制御機能が有効になります。詳細は、29.6.6 シリアルデータの送信(ブロック転送モード時を除く)と29.6.8 クロック出力制御を参照してください。

29.2.11 非スマートカードインタフェースモード用シリアルコントロールレジスタ (SCR) (SCMR.SMIF = 0)

アドレス SCI0.SCR 4007 0002h, SCI1.SCR 4007 0022h, SCI4.SCR 4007 0082h, SCI9.SCR 4007 0122h

| | | | | | | | |
|---------|-----|----|----|------|------|----------|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| TIE | RIE | TE | RE | MPIE | TEIE | CKE[1:0] | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|----------------|---|-------------|
| b1-b0 | CKE[1:0] | クロック許可 | 調歩同期式モード： b1 b0 0 0：内蔵ポーレートジェネレータ I/Oポートの設定によって、SCKn端子は入出力ポートとして使用できます。 0 1：内蔵ポーレートジェネレータ SCKn端子からビットレートと同じ周波数のクロックを出力します。 1 x：外部クロック SEMR.ABCSビットが0の場合、SCKn端子からビットレートの16倍の周波数のクロックを入力してください。SEMR.ABCSビットが1の場合、8倍の周波数のクロック信号を入力してください。 クロック同期式モード： b1 b0 0 x：内部クロック SCKn端子はクロック出力端子となります。 1 x：外部クロック SCKn端子はクロック入力端子となります。 | R/W (注1) |
| b2 | TEIE | 送信終了割り込み許可 | 0：SCI _n _TEI割り込み要求を禁止 1：SCI _n _TEI割り込み要求を許可 | R/W |
| b3 | MPIE | マルチプロセッサ割り込み許可 | 調歩同期式モードで、SMR.MPビット=1のとき有効です。 0：非マルチプロセッサの受信動作 1：マルチプロセッサビットが0のデータを受信した場合、そのデータは読み飛ばし、SSRレジスタのRDRF、ORER、およびFERの各ステータスフラグを1にすることはできない。マルチプロセッサビットが1のデータを受信した場合、MPIEビットは自動的に0になり、非マルチプロセッサの受信動作に戻る。 | R/W (注3) |
| b4 | RE | 受信許可 | 0：シリアル受信動作を禁止 1：シリアル受信動作を許可 | R/W (注2) |
| b5 | TE | 送信許可 | 0：シリアル送信動作を禁止 1：シリアル送信動作を許可 | R/W (注2) |
| b6 | RIE | 受信割り込み許可 | 0：SCI _n _RXIおよびSCI _n _ERI割り込み要求を禁止 1：SCI _n _RXIおよびSCI _n _ERI割り込み要求を許可 | R/W |
| b7 | TIE | 送信割り込み許可 | 0：SCI _n _TXI割り込み要求を禁止 1：SCI _n _TXI割り込み要求を許可 | R/W |

x: Don't care

注 1. TE ビット = 0 かつ RE ビット = 0 の場合にのみ書き込み可能です。

注 2. TE ビットおよび RE ビットが 0、かつ SMR.CM ビットが 1 のときのみ、1 の書き込みが可能です。TE ビットまたは RE ビットを 1 にした後は、TE ビットと RE ビットには 0 の書き込みのみが可能です。SMR.CM ビットが 0、かつ SIMR1.IICM ビットが 0 の場合、任意のタイミングで書き込みが可能です。

注 3. マルチプロセッサモード (SMR.MP ビット = 1) では、このレジスタの MPIE ビット以外のビットに新しい値を書き込む場合、ビット操作命令を用いたときにリードモディファイライトによって MPIE ビットが誤って 1 になってしまうのを防ぐため、ストア命令を用いて MPIE ビットに 0 を書いてください。

SCR レジスタは、送受信の制御とクロックソース選択を行うためのレジスタです。

CKE[1:0] ビット (クロック許可)

クロックソースおよび SCKn 端子の機能を選択します。

TEIE ビット (送信終了割り込み許可)

SCIn_TEI 割り込み要求を許可または禁止します。この割り込み要求を禁止にするには、TEIE ビットを 0 にしてください。

簡易 IIC モードでは、開始/再開/停止条件の発行完了時の割り込み (STI 割り込み) に SCIn_TEI 割り込みが割り当てられます。この場合、TEIE ビットによって STI 割り込み要求を許可または禁止にできます。

MPIE ビット (マルチプロセッサ割り込み許可)

MPIE ビットを 1 にすると、マルチプロセッサビットが 0 のデータを受信した場合、そのデータは読み飛ばされて、SSR/SSR_FIFO レジスタの RDRF、RDF、ORER、および FER の各ステータスフラグを 1 にすることはできません。マルチプロセッサビットが 1 のデータを受信した場合、MPIE ビットは自動的に 0 になり、非マルチプロセッサの受信動作に戻ります。詳細は、29.4 マルチプロセッサ通信機能を参照してください。

SSR.MPB ビットが 0 のデータを受信した場合、RSR レジスタから RDR レジスタへ受信データは転送されず、受信エラーも検出されません。また、ORER および FER フラグを 1 にすることができません。

MPB ビットが 1 のデータを受信した場合、MPIE ビットが自動的に 0 になり、SCIn_RXI および SCIn_ERI 割り込み要求が許可されます (SCR.RIE ビットが 1 の場合)。また、ORER および FER フラグを 1 にすることが可能です。

マルチプロセッサ通信機能を使用しない場合、MPIE ビットを 0 にしてください。

RE ビット (受信許可)

シリアル受信動作を許可または禁止します。

RE ビットを 1 にすると、調歩同期式モードの場合はスタートビットを、クロック同期式モードの場合は同期クロック入力を検出することによって、シリアル受信を開始します。RE ビットを 1 にする前に、SMR に受信フォーマットを設定してください。

非 FIFO 選択時は、RE ビットを 0 にして受信動作を停止させても、SSR レジスタの RDRF、ORER、FER、PER の各フラグは影響を受けず、以前の値が保持されます。

FIFO 選択時は、RE ビットを 0 にして受信動作を停止させても、SSR_FIFO レジスタの RDF、ORER、FER、PER、BRK、DR の各フラグは影響を受けず、以前の値が保持されます。

TE ビット (送信許可)

シリアル送信動作を許可または禁止します。

このビットを 1 にすると、TDR レジスタに送信データを書き込むことによって、シリアル送信が開始されます。なお、TE ビットを 1 にする前に SMR レジスタの設定を行い、送信フォーマットを設定してください。

RIE ビット (受信割り込み許可)

SCIn_RXI および SCIn_ERI 割り込み要求を許可または禁止します。

RIE ビットを 0 にすると、SCIn_RXI および SCIn_ERI 割り込み要求は禁止されます。

SCIn_ERI 割り込み要求の解除は、SSR/SSR_FIFO レジスタの ORER、FER、または PER フラグから 1 を読んだ後に 0 にするか、RIE ビットを 0 にすることで行うことができます。

TIE ビット (送信割り込み許可)

SCIn_TXI 割り込み要求を許可または禁止します。

TIE ビットを 0 にすると、SCIn_TXI 割り込み要求は禁止されます。TIE ビットは、TE ビットが 1 のときに 1 にしてください。SCIn_TXI 割り込みは、転送開始前に TE ビットと TIE ビットが同時に 1 になった後に発生します。

29.2.12 スマートカードインタフェースモード用シリアルコントロールレジスタ (SCR_SMCI) (SCMR.SMIF = 1)

アドレス SCI0.SCR_SMCI 4007 0002h, SCI1.SCR_SMCI 4007 0022h, SCI4.SCR_SMCI 4007 0082h, SCI9.SCR_SMCI 4007 0122h

| | | | | | | | |
|---------|-----|----|----|------|------|----------|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| TIE | RIE | TE | RE | MPIE | TEIE | CKE[1:0] | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|----------------|---|-------------|
| b1-b0 | CKE[1:0] | クロック許可 | <ul style="list-style-type: none"> SMR_SMCI.GMビット = 0の場合 b1 b0 0 0: 出力禁止 I/Oポートの設定によって、SCKn端子は入出力ポートとして使用できます。 0 1: クロック出力 1 x: 設定禁止 SMR_SMCI.GMビット = 1の場合 b1 b0 0 0: Low出力固定 x 1: クロック出力 1 0: High出力固定 | R/W (注1) |
| b2 | TEIE | 送信終了割り込み許可 | スマートカードインタフェースモードでは、本ビットを0にしてください。 | R/W |
| b3 | MPIE | マルチプロセッサ割り込み許可 | スマートカードインタフェースモードでは、本ビットを0にしてください。 | R/W |
| b4 | RE | 受信許可 | 0: シリアル受信動作を禁止 1: シリアル受信動作を許可 | R/W (注2) |
| b5 | TE | 送信許可 | 0: シリアル送信動作を禁止 1: シリアル送信動作を許可 | R/W (注2) |
| b6 | RIE | 受信割り込み許可 | 0: SCIn_RXIおよびSCIn_ERI割り込み要求を禁止 1: SCIn_RXIおよびSCIn_ERI割り込み要求を許可 | R/W |
| b7 | TIE | 送信割り込み許可 | 0: SCIn_TXI割り込み要求を禁止 1: SCIn_TXI割り込み要求を許可 | R/W |

x: Don't care

注1. TEビット=0かつREビット=0の場合にのみ書き込み可能です。

注2. TEビット=0かつREビット=0の場合にのみ、1の書き込みが可能です。TEビットまたはREビットを1にした後は、TEビットとREビットには0の書き込みのみが可能です。

SCR_SMCIレジスタは、送信制御、割り込みの制御と受信、および送受信のクロックソース選択を行うためのレジスタです。

各割り込み要求については、[29.10 割り込み要因](#)を参照してください。

CKE[1:0] ビット (クロック許可)

SCKn端子からのクロック出力を制御します。

GSMモードでは、クロック出力を動的に切り替えることが可能です。詳細は、[29.6.8 クロック出力制御](#)を参照してください。

TEIE ビット (送信終了割り込み許可)

スマートカードインタフェースモードでは、TEIEビットを0にしてください。

RE ビット (受信許可)

シリアル受信動作を許可または禁止します。

本ビットを1にすると、スタートビットを検出することによって、シリアル受信を開始します。RE ビットを1にする前に、SMR_SMCI レジスタに受信フォーマットを設定してください。

RE ビットを0にして受信動作を停止しても、SSR_SMCI レジスタの ORER、FER、PER の各フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

TE ビット (送信許可)

シリアル送信動作を許可または禁止します。

本ビットを1にすると、TDR レジスタに送信データを書き込むことでシリアル送信が開始されます。TE ビットを1にする前に、SMR_SMCI レジスタに送信フォーマットを設定してください。

RIE ビット (受信割り込み許可)

SCIn_RXI および SCIn_ERI 割り込み要求を許可または禁止します。

RIE ビットを0にすると、SCIn_RXI および SCIn_ERI 割り込み要求が禁止されます。

SCIn_ERI 割り込み要求の解除は、SSR_SMCI レジスタの ORER、FER、または PER フラグから1を読んだ後に0にするか、RIE ビットを0にすることで行うことができます。

TIE ビット (送信割り込み許可)

SCIn_TXI 割り込み要求を許可または禁止します。

TIE ビットを0にすると、SCIn_TXI 割り込み要求は禁止されます。TIE ビットは、TE ビットが1のときに1にしてください。SCIn_TXI 割り込みは、転送開始前に TE ビットと TIE ビットが同時に1になった後に発生します。

29.2.13 非スマートカードインタフェースおよび非 FIFO モード用シリアルステータスレジスタ (SSR) (SCMR.SMIF = 0 および FCR.FM = 0)

アドレス SCI0.SSR 4007 0004h, SCI1.SSR 4007 0024h, SCI4.SSR 4007 0084h, SCI9.SSR 4007 0124h

| | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|-----|-----|------|-----|------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | TDRE | RDRF | ORER | FER | PER | TEND | MPB | MPBT |
| リセット後の値 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|------|---------------|--|---------------|
| b0 | MPBT | マルチプロセッサビット転送 | 送信フレームにマルチプロセッサビットを設定します。 0: データ送信サイクル 1: ID送信サイクル | R/W |
| b1 | MPB | マルチプロセッサ | 受信フレーム中のマルチプロセッサビットの値: 0: データ送信サイクル 1: ID送信サイクル | R |
| b2 | TEND | 送信終了フラグ | 0: キャラクタを送信中 1: キャラクタを送信終了 | R |
| b3 | PER | パリティエラーフラグ | 0: パリティエラーの発生なし 1: パリティエラーの発生あり | R/(W) (注1) |
| b4 | FER | フレーミングエラーフラグ | 0: フレーミングエラーの発生なし 1: フレーミングエラーの発生あり | R/(W) (注1) |
| b5 | ORER | オーバーランエラーフラグ | 0: オーバーランエラーの発生なし 1: オーバーランエラーの発生あり | R/(W) (注1) |
| b6 | RDRF | 受信データフルフラグ | 0: RDR レジスタに受信データなし 1: RDR レジスタに受信データあり | R/(W) (注1) |
| b7 | TDRE | 送信データエンプティフラグ | 0: TDR レジスタに送信データあり 1: TDR レジスタに送信データなし | R/(W) (注1) |

注1. フラグをクリアするため、1を読み出した後に0を書き込むことのみ可能です。

SSR レジスタは、SCI ステータスフラグと送受信マルチプロセッサビットを設定するためのレジスタです。

MPBT ビット (マルチプロセッサビット転送)

送信フレーム中のマルチプロセッサビットを選択します。

MPB ビット (マルチプロセッサ)

受信フレーム中のマルチプロセッサビットの値を格納します。SCR.RE ビットが0のときは変化しません。

TEND フラグ (送信終了フラグ)

送信が終了したことを示します。

[1になる条件]

- SCR.TE ビットが0 (シリアル送信動作を禁止)、かつ FCR.FM ビットが0 (非 FIFO 選択時) のとき SCR.TE ビットが1のときは、TEND フラグは影響を受けず、1の値を保持します
- 送信キャラクタの最後尾ビットの送信時、TDR レジスタが更新されないとき

[0になる条件]

- SCR.TE ビットが1の状態、TDR レジスタに送信データを書き込んだとき
- SCR.TE ビットが1の状態、TDRE = 1 を読んだ後、TDRE に0を書いたとき

PER フラグ (パリティエラーフラグ)

調歩同期式モードでの受信時に、パリティエラーが発生して受信が異常終了したことを示します。

[1 になる条件]

- 調歩同期式モードでの受信時に、パリティエラーが検出され、アドレス一致検出機能が無効 (DCCR.DCME = 0) のとき

パリティエラーが発生した場合、受信データは RDR レジスタへ転送されますが、SCIn_RXI 割り込み要求は発生しません。PER フラグが 1 の状態では、以降の受信データは RDR レジスタへ転送されません。

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき
PER フラグに 0 を書き込んだ後は PER ビットを読み出して、実際に 0 になっていることを確認してください。

SCR.RE ビットを 0 (シリアル受信動作を禁止) にしても、PER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

FER フラグ (フレーミングエラーフラグ)

調歩同期式モードでの受信時に、フレーミングエラーが発生して受信が異常終了したことを示します。

[1 になる条件]

- 調歩同期式モードでの受信時に、ストップビットとして 0 がサンプリングされ、アドレス一致検出機能が無効 (DCCR.DCME = 0) のとき

2 ストップビットモードでは、ストップビットの 1 ビット目のみがチェックされますが 2 ビット目はチェックされません。フレーミングエラーが発生した場合、受信データは RDR レジスタへ転送されますが SCIn_RXI 割り込み要求は発生しません。さらに、FER フラグが 1 の状態では、以降の受信データは RDR レジスタへ転送されません。

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき
FER フラグに 0 を書き込んだ後は、FER ビットを読み出して実際に 0 になっていることを確認してください。

SCR.RE ビットを 0 にしても、FER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

ORER フラグ (オーバーランエラーフラグ)

受信時にオーバーランエラーが発生して受信が異常終了したことを示します。

[1 になる条件]

- RDR レジスタからパリティエラーもフレーミングエラーもない受信データを読み出す前に、次のデータを受信したとき

オーバーランエラーが発生する前に受信したデータは RDR レジスタに保持されますが、発生後に受信したデータは失われます。ORER フラグが 1 の状態では、受信データは RDR レジスタへ転送されません。クロック同期式モードでは、シリアル送受信は停止します。

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき
ORER フラグに 0 を書き込んだ後は、OPER ビットを読み出して、実際に 0 になっていることを確認してください。

SCR.RE ビットを 0 にしても、ORER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

RDRF フラグ (受信データフルフラグ)

RDR レジスタ内の受信データの有無を示します。

[1 になる条件]

- 受信が正常終了し、RSR レジスタから RDR レジスタへ受信データが転送されたとき

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき
- RDR レジスタからデータを読み出したとき

注. 通信が中断しない限り、SSR レジスタの RDRF ビットにアクセスすることによって RDRF フラグをクリアしないでください。

TDRE フラグ (送信データエンプティフラグ)

TDR レジスタ内の送信データの有無を示します。

[1 になる条件]

- SCR.TE ビットが 0 のとき
- TDR レジスタから TSR レジスタへデータが転送されたとき

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき
- SCR.TE ビットが 1 の状態で、データを TDR レジスタに書き込んだとき

注. 通信が中断しない限り、SSR レジスタの TDRE ビットにアクセスすることによって TDRE フラグをクリアしないでください。

29.2.14 非スマートカードインタフェースおよび FIFO モード用シリアルステータスレジスタ (SSR_FIFO) (SCMR.SMIF = 0 および FCR.FM = 1)

アドレス SCI0.SSR_FIFO 4007 0004h, SCI1.SSR_FIFO 4007 0024h

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|------|-----|------|-----|-----|------|----|----|
| | TDFE | RDF | ORER | FER | PER | TEND | — | DR |
| リセット後の値 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | x | 0 |

x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|------|-------------------|--|---------------|
| b0 | DR | 受信データレディフラグ | 0: 受信中であるか、または正常に受信を完了した後、FRDRHLに受信データが残っていない（受信FIFOが空です） 1: FIFOに格納されているデータ量が受信トリガ数以下であるとき、正常に受信を完了した後、次の受信データが一定期間来ない | R/(W) (注1) |
| b1 | — | 予約ビット | 読むと不定値が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b2 | TEND | 送信終了フラグ | 0: キャラクタを送信中 1: キャラクタを送信終了 | R/(W) (注1) |
| b3 | PER | パリティエラーフラグ | 0: パリティエラーの発生なし 1: パリティエラーの発生あり | R/(W) (注1) |
| b4 | FER | フレーミングエラーフラグ | 0: フレーミングエラーの発生なし 1: フレーミングエラーの発生あり | R/(W) (注1) |
| b5 | ORER | オーバーランエラーフラグ | 0: オーバーランエラーの発生なし 1: オーバーランエラーの発生あり | R/(W) (注1) |
| b6 | RDF | 受信FIFOデータフルフラグ | 0: FRDRHLに書き込まれた受信データ量が指定された受信トリガ数より少ない 1: FRDRHLに書き込まれた受信データ量が指定された受信トリガ数以上です | R/(W) (注1) |
| b7 | TDFE | 送信FIFOデータエンプティフラグ | 0: FTDRHLに書き込まれた送信データ量が指定された送信トリガ数を超過している 1: FTDRHLに書き込まれた送信データ量が指定された送信トリガ数以下です | R/(W) (注1) |

注1. フラグをクリアするため、1を読み出した後に0を書き込むことのみ可能です。

SSR_FIFO レジスタは、FIFO モード用のステータスフラグのためのレジスタです。

DR フラグ (受信データレディフラグ)

受信 FIFO データレジスタ (FRDRHL) に格納されたデータ量が指定された受信トリガ数より少ないこと、および、調歩同期式モードにおいて最後のストップビットから 15ETU (Elementary Time Units) 経過しても次のデータが受信されていないことを示します。本フラグは、調歩同期式モード (マルチプロセッサモードを含む) において、FIFO 選択時にのみ有効です。

クロック同期式モードでは、本フラグは1になりません。

[1になる条件]

- FRDRHL 内のデータ数が指定された受信トリガ数より少なく、最後のストップビットから 15ETU (注1) 経過しても次のデータが受信されておらず、かつ SSR_FIFO.FER および SSR_FIFO.PER フラグが 0 のとき

[0になる条件]

- 受信データをすべて読み出した後、DR フラグから 1 を読み出したとき
- FCR.FM ビットが 0 から 1 に切り替わったとき

注1. 15ETU は、8 ビットフォーマットで 1 ストップビットが選択されている場合の 1.5 フレーム分に相当します。

TEND フラグ (送信終了フラグ)

シリアルキャラクタの最後尾ビットの送信時に、FTDRHL レジスタに有効なデータがなく、送信が停止したことを示します。

[1になる条件]

- 1 バイトのシリアル送信キャラクタの最後尾ビット送信時に、FTDRHL レジスタに送信データがないとき

[0になる条件]

- SCR.TE ビットが 1 の状態で、FTDRHL レジスタに送信データを書き込んだとき
- SCR.TE ビットが 1 の状態で、TEND から 1 を読み出した後、TEND に 0 を書き込んだとき
- FCR.FM ビットが 0 から 1 に切り替わったとき

PER フラグ (パリティエラーフラグ)

調歩同期式モードにおいて、アドレス一致検出機能が無効 (DCCR.DCME = 0) のとき、FRDRHL レジスタから読み出したデータにパリティエラーが存在するか否かを示します。

[1になる条件]

- データ受信時にパリティエラーが検出され、アドレス一致検出機能が無効 (DCCR.DCME = 0) のとき

[0になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき

データ受信時にパリティエラーが発生しても、受信動作は継続し、受信データが FRDRHL レジスタに格納されます。

SCR.RE ビットが 0 のときは、PER フラグは影響を受けず、以前の状態を保持します。

FER フラグ (フレーミングエラーフラグ)

調歩同期式モードにおいて、アドレス一致検出機能が無効 (DCCR.DCME = 0) のとき、FRDRHL レジスタから読み出したデータにフレーミングエラーが存在するか否かを示します。

[1になる条件]

- 受信時にストップビットとして 0 がサンプリングされ、アドレス一致検出機能が無効 (DCCR.DCME = 0) のとき

[0になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき

データ受信中にフレーミングエラーが発生しても、受信動作は継続し、受信データが FRDRHL レジスタに格納されます。

SCR.RE ビットが 0 のときは、FER フラグは影響を受けず、以前の状態を保持します。

ORER フラグ (オーバーランエラーフラグ)

オーバーランエラーの発生が原因で受信動作が異常停止したことを示します。

[1 になる条件]

- 受信 FIFO が 16 バイトの受信データでいっぱいになった状態で、次のシリアル受信を完了したとき

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき

SCR.RE ビットが 0 のときは、ORER フラグは影響を受けず、以前の状態を保持します。

RDF フラグ (受信 FIFO データフルフラグ)

受信データが FRDRHL レジスタへ転送されて、レジスタ内のデータ数が指定した受信トリガ数以上となったことを示します。RTRG が 0 の場合は、受信 FIFO 内のデータ量が 0 であっても、RDF フラグはセットされません。

[1 になる条件]

- 指定された受信トリガ数以上の受信データ量が FRDRHL レジスタ (注1) に格納され、かつ FIFO が空状態でないとき

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき
- FRDRHL レジスタが DMAC または DTC によって読み出されたとき (ブロック転送が最終送信の場合のみ)
- 1 になる条件と 0 になる条件が同時に発生したときその後、FRDRHL レジスタに格納されたデータ量が RTRG の値以上になると、1PCLK 後に RDF フラグは 1 になります

注. 通信が中断しない限り、受信データを読み出す前に SSR レジスタの RDF ビットにアクセスすることによって RDF フラグをクリアしないでください。

注 1. FRDRHL は 16 段の FIFO レジスタであるため、RDF が 1 のときに読み出し可能な最大のデータ量は、指定された受信トリガ数と同等です。FRDRHL 内のデータをすべて読み出した後に、さらに読み出しを実行すると、不定値が読み出されます。

TDFE フラグ (送信 FIFO データエンptyフラグ)

データが FTDRHL レジスタから TSR レジスタへ転送されて、FTDRHL 内のデータ量が指定された送信トリガ数を下回り、FTDRHL への送信データの書き込みが可能になったことを示します。

[1 になる条件]

- SCR.TE ビットが 0 のとき
- FTDRHL に書き込まれた送信データ量が、指定された送信トリガ数以下であるとき (注1)

[0 になる条件]

- DTC または DMAC が起動している状態で、最終送信に対する FTDRHL への書き込みが実行されたとき
- 1 を読んだ後、0 を書いたとき
1 になる条件と 0 になる条件が同時に発生した場合、TDFE フラグは 0 にクリアされます。その後、FTDRHL レジスタに格納されたデータ量が TTRG の値以下になると、1PCLK 後に TDFE フラグは 1 になります。

注. 通信が中断しない限り、送信データを書き込む前に SSR レジスタの TDFE ビットにアクセスすることによって TDFE フラグをクリアしないでください。

注 1. FTDRHL レジスタは 16 段の FIFO レジスタであるため、TDFE フラグが 1 のときに書き込み可能な最大のデータ数は "16 - FDR.T[4:0]" です。さらにデータを書き込んでも、そのデータは破棄されます。

29.2.15 スマートカードインタフェースモード用シリアルステータスレジスタ (SSR_SMCI) (SCMR.SMIF = 1)

アドレス SCI0.SSR_SMCI 4007 0004h, SCI1.SSR_SMCI 4007 0024h, SCI4.SSR_SMCI 4007 0084h, SCI9.SSR_SMCI 4007 0124h

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|------|------|------|-----|-----|------|-----|------|
| | TDRE | RDRF | ORER | ERS | PER | TEND | MPB | MPBT |
| リセット後の値 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|------|-----------------|---|---------------|
| b0 | MPBT | マルチプロセッサビット転送 | スマートカードインタフェースモードでは、本ビットを0にしてください。 | R/W |
| b1 | MPB | マルチプロセッサ | スマートカードインタフェースモードでは、本ビットを0にしてください。 | R |
| b2 | TEND | 送信終了フラグ | 0: キャラクタを送信中 1: キャラクタを送信終了 | R |
| b3 | PER | パリティエラーフラグ | 0: パリティエラーの発生なし 1: パリティエラーの発生あり | R/(W) (注1) |
| b4 | ERS | エラーシグナルステータスフラグ | 0: エラーシグナルLowをサンプリングしない 1: エラーシグナルLowをサンプリングする | R/(W) (注1) |
| b5 | ORER | オーバーランエラーフラグ | 0: オーバーランエラーの発生なし 1: オーバーランエラーの発生あり | R/(W) (注1) |
| b6 | RDRF | 受信データフルフラグ | 0: RDRレジスタに受信データなし 1: RDRレジスタに受信データあり | R/(W) (注1) |
| b7 | TDRE | 送信データエンプティフラグ | 0: TDRレジスタに送信データあり 1: TDRレジスタに送信データなし | R/(W) (注1) |

注1. フラグをクリアするため、1を読み出した後に0を書き込むことのみ可能です。

SSR_SMCIレジスタは、スマートカードインタフェースモード用のステータスフラグの設定レジスタです。

TEND フラグ (送信終了フラグ)

受信側からエラーシグナルがなく、次のデータがTDRレジスタに転送可能となったとき、TENDビットが1になります。

[1になる条件]

- SCR_SMCI.TEビット=0(シリアル送信動作を禁止)のときSCR_SMCI.TEビットを0から1に変更しても、TENDフラグは影響を受けず、1の値を保持します
- 1バイトのデータを送信してから指定した期間が経過した後、ERSフラグが0で、TDRレジスタが更新されないとき

1になるタイミングは、以下のように、レジスタの設定値によって決定されます。

- SMR_SMCI.GM=0およびSMR_SMCI.BLK=0のとき、送信開始から12.5ETU経過後
- SMR_SMCI.GM=0およびSMR_SMCI.BLK=1のとき、送信開始から11.5ETU経過後
- SMR_SMCI.GM=1およびSMR_SMCI.BLK=0のとき、送信開始から11.0ETU経過後
- SMR_SMCI.GM=1およびSMR_SMCI.BLK=1のとき、送信開始から11.0ETU経過後

[0になる条件]

- SCR_SMCI.TEビットが1の状態、TDRレジスタに送信データを書いたとき
- SCR_SMCI.TEビットが1の状態、TDRE=1を読んだ後、TDREに0を書いたとき

PER フラグ (パリティエラーフラグ)

調歩同期式モードで、受信中にパリティエラーが発生して受信が異常終了したことを示します。

[1 になる条件]

- 受信中にパリティエラーが検出されたとき。パリティエラーが発生した場合、受信データは RDR レジスタへ転送されますが、SCI_{In}_RXI 割り込み要求は発生しません。PER フラグが 1 の状態では、以降の受信データは RDR レジスタへ転送されません

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき
PER ビットに 0 を書き込んだ後は、PER ビットを読み出して実際に 0 になっていることを確認してください。

SCR_SMCLRRE ビットを 0 (シリアル受信動作を禁止) にしても、PER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

ERS フラグ (エラーシグナルステータスフラグ)

[1 になる条件]

- エラーシグナル Low をサンプリングしたとき

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき

ORER フラグ (オーバーランエラーフラグ)

受信中にオーバーランエラーが発生して異常終了したことを示します。

[1 になる条件]

- RDR レジスタからパリティエラーのない受信データを読み出す前に、次のデータを受信したとき。オーバーランエラーが発生する前に受信したデータは RDR レジスタに保持されますが、発生後に受信したデータは失われます。ORER フラグが 1 の状態では、受信データは RDR レジスタへ転送されません

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき
ORER ビットに 0 を書き込んだ後は、ORER ビットを読み出して、実際に 0 になっていることを確認してください。

SCR_SMCLRRE ビットを 0 にしても、ORER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

RDRF フラグ (受信データフルフラグ)

RDR レジスタ内の受信データの有無を示します。

[1 になる条件]

- 受信が正常終了し、RSR レジスタから RDR レジスタへ受信データが転送されたとき

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき
- RDR レジスタからデータを読み出したとき

注. 通信が中断しない限り、SSR レジスタの RDRF ビットにアクセスすることによって RDRF フラグをクリアしないでください。

TDRE フラグ (送信データエンプティフラグ)

TDR レジスタ内の送信データの有無を示します。

[1 になる条件]

- SCR_SMCI.TE ビットが 0 のとき
- TDR レジスタから TSR レジスタへデータが転送されたとき

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき
- SCR_SMCI.TE ビットが 1 の状態で、データを TDR レジスタへ転送したとき

注. 通信が中断しない限り、SSR レジスタの TDRE ビットにアクセスすることによって TDRE フラグをクリアしないでください。

29.2.16 スマートカードモードレジスタ (SCMR)

アドレス SCI0.SCMR 4007 0006h, SCI1.SCMR 4007 0026h, SCI4.SCMR 4007 0086h, SCI9.SCMR 4007 0126h

| | | | | | | | | |
|---------|------|----|----|------|------|------|----|------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | BCP2 | — | — | CHR1 | SDIR | SINV | — | SMIF |
| リセット後の値 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------|---------------------|---|-------------|
| b0 | SMIF | スマートカードインタフェースモード選択 | 0: 非スマートカードインタフェースモード (調歩同期式モード、クロック同期式モード、簡易SPIモード、または簡易IICモード) 1: スマートカードインタフェースモード | R/W (注1) |
| b1 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b2 | SINV | 送受信データ反転 | 0: TDRレジスタの内容をそのまま送信。受信データをそのままRDRレジスタに格納 1: TDRレジスタの内容を反転して送信。受信データを反転してRDRレジスタに格納 以下のモードで使用可能です。 • スマートカードインタフェースモード • 調歩同期式モード (マルチプロセッサモード) • クロック同期式モード • 簡易SPIモード 簡易IICモードで動作させる場合は、本ビットを0にしてください。 | R/W (注1) |
| b3 | SDIR | 送受信データ転送方向 | 0: LSBファースト転送 1: MSBファースト転送 以下のモードで使用可能です。 • スマートカードインタフェースモード • 調歩同期式モード (マルチプロセッサモード) • クロック同期式モード • 簡易SPIモード 簡易IICモードで動作させる場合は、本ビットを1にしてください。 | R/W (注1) |
| b4 | CHR1 | キャラクタ長1 | 調歩同期式モードでのみ有効 (注2) SMR.CHRビットと組み合わせてキャラクタ長を選択します。 CHR1 CHR 0 0: データ長9ビットで送受信 0 1: データ長9ビットで送受信 1 0: データ長8ビットで送受信 (初期値) 1 1: データ長7ビットで送受信 (注3) | R/W (注1) |
| b6-b5 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b7 | BCP2 | 基本クロックパルス2 | SMR_SMCI.BCP[1:0]ビットと組み合わせて基本クロックのサイクル数を選択します。 表 29.4に、SCMR.BCP2ビットとSMR_SMCI.BCP[1:0]ビットの組み合わせを示します。 | R/W (注1) |

注 1. SCR/SCR_SMCI レジスタの TE ビットと RE ビットが0 (シリアル送信動作および受信動作を禁止) の場合にのみ書き込み可能です。

注 2. 調歩同期式モード以外では、本ビットの設定は無効であり、データ長は8ビット固定となります。

注 3. LSBファースト固定となり、送信ではTDRレジスタのMSBビット7の値は送信されません。

SCMR レジスタは、スマートカードインタフェースと通信フォーマットを選択するためのレジスタです。

SMIF ビット (スマートカードインタフェースモード選択)

SMIF ビットを1にすると、スマートカードインタフェースモードが選択されます。本ビットを0にすると、下記のすべてのモードが選択されます。

- 調歩同期式モード (マルチプロセッサモードを含む)
- クロック同期式モード
- 簡易 SPI モード
- 簡易 IIC モード

SINV ビット (送受信データ反転)

送受信データのロジックレベルを反転します。本ビットは、パリティビットのロジックレベルには影響を与えません。パリティビットを反転させる場合は、SMR または SMR_SMCI レジスタの PM ビットを反転してください。

CHR1 ビット (キャラクタ長 1)

SMR レジスタの CHR ビットと組み合わせて、送受信データのデータ長を選択します。

調歩同期式モード以外では、データ長は 8 ビット固定です。

BCP2 ビット (基本クロックパルス 2)

スマートカードインタフェースモードにおいて、1 ビット転送時間中の基本クロックのサイクル数を選択します。SMR_SMCI.BCP[1:0] ビットと組み合わせて設定します。

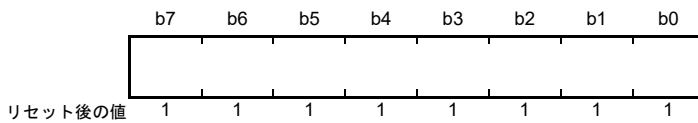
表 29.4 SCMR.BCP2 ビットと SMR_SMCI.BCP[1:0] ビットの組み合わせ

| SCMR.BCP2 ビット | SMR_SMCI.BCP[1:0] ビット | 1 ビット転送時間中の基本クロックのサイクル数 |
|---------------|-----------------------|---------------------------------|
| 0 | 00 | 93 クロックサイクル (S = 93) (注1) |
| 0 | 01 | 128 クロックサイクル (S = 128) (注1) |
| 0 | 10 | 186 クロックサイクル (S = 186) (注1) |
| 0 | 11 | 512 クロックサイクル (S = 512) (注1) |
| 1 | 00 | 32 クロックサイクル (S = 32) (注1) (初期値) |
| 1 | 01 | 64 クロックサイクル (S = 64) (注1) |
| 1 | 10 | 372 クロックサイクル (S = 372) (注1) |
| 1 | 11 | 256 クロックサイクル (S = 256) (注1) |

注 1. S はビットレートレジスタ (BRR) の S 値です。29.2.17 ビットレートレジスタ (BRR) を参照してください。

29.2.17 ビットレートレジスタ (BRR)

アドレス SCI0.BRR 4007 0001h, SCI1.BRR 4007 0021h, SCI4.BRR 4007 0081h, SCI9.BRR 4007 0121h



BRR レジスタは、ビットレートを調整するための 8 ビットのレジスタです。

SCI はチャンネルごとにボーレートジェネレータが独立しているため、それぞれ異なるビットレートの設定が可能です。調歩同期式モード、マルチプロセッサ通信、クロック同期式モード、スマートカードインタフェースモード、簡易 SPI モード、および簡易 IIC モードにおける、BRR レジスタの設定値 N とビットレート B の関係を表 29.5 に示します。

BRR レジスタの初期値は FFh です。BRR レジスタは、CPU から読み出しは可能ですが、書き込みは SCR/SCR_SMCI レジスタの TE および RE ビットが 0 の場合にのみ可能です。

表 29.5 BRR レジスタの設定値 N とビットレート B の関係

| モード | SEMR レジスタの設定値 | | | BRR レジスタの設定値 | 誤差 |
|----------------------|---------------|------------|-----------|--|--|
| | BGDM ビット | ABCS ビット | ABCSE ビット | | |
| 調歩同期式、 マルチプロセッサ通信 | 0 | 0 | 0 | $N = \frac{PCLK \times 10^6}{64 \times 2^{2n-1} \times B} - 1$ | 誤差 (%) = $\left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times 64 \times 2^{2n-1} \times (N + 1)} - 1 \right\} \times 100$ |
| | 1 | 0 | 0 | $N = \frac{PCLK \times 10^6}{32 \times 2^{2n-1} \times B} - 1$ | 誤差 (%) = $\left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times 32 \times 2^{2n-1} \times (N + 1)} - 1 \right\} \times 100$ |
| | 0 | 1 | 0 | | |
| | 1 | 1 | 0 | $N = \frac{PCLK \times 10^6}{16 \times 2^{2n-1} \times B} - 1$ | 誤差 (%) = $\left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times 16 \times 2^{2n-1} \times (N + 1)} - 1 \right\} \times 100$ |
| | Don't care | Don't care | 1 | $N = \frac{PCLK \times 10^6}{12 \times 2^{2n-1} \times B} - 1$ | 誤差 (%) = $\left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times 12 \times 2^{2n-1} \times (N + 1)} - 1 \right\} \times 100$ |
| クロック同期式、 簡易 SPI | | | | $N = \frac{PCLK \times 10^6}{8 \times 2^{2n-1} \times B} - 1$ | |
| スマートカードインタフェース | | | | $N = \frac{PCLK \times 10^6}{S \times 2^{2n+1} \times B} - 1$ | 誤差 (%) = $\left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times S \times 2^{2n+1} \times (N + 1)} - 1 \right\} \times 100$ |
| 簡易 IIC (注1) | | | | $N = \frac{PCLK \times 10^6}{64 \times 2^{2n-1} \times B} - 1$ | |

B : ビットレート (bps)

N : 内蔵ボーレートジェネレータの BRR の設定値 ($0 \leq N \leq 255$)

PCLK : 動作周波数 (MHz)

n および S : 表 29.7 と表 29.8 に示すように、SMR/SMR_SMCI レジスタと SCMR レジスタの設定値によって決まります。

注 1. 簡易 IIC モードでは、SCLn 出力の High/Low 幅が I²C 規格を満たすように、ビットレートを調整してください。

表 29.6 SCL High/Low幅算出式

| モード | SCL | 算出式 (結果は秒単位) |
|-----|--------------|--|
| IIC | High幅 (min値) | $(N + 1) \times 4 \times 2^{2n-1} \times 7 \times \frac{1}{\text{PCLK} \times 10^6}$ |
| | Low幅 (min値) | $(N + 1) \times 4 \times 2^{2n-1} \times 8 \times \frac{1}{\text{PCLK} \times 10^6}$ |

表 29.7 クロックソースの設定

| SMR/SMR_SMCI.CKS[1:0] ビットの設定値 | クロックソース | n |
|----------------------------------|-------------|---|
| CKS[1:0]ビット | | |
| 0 0 | PCLKクロック | 0 |
| 0 1 | PCLK/4クロック | 1 |
| 1 0 | PCLK/16クロック | 2 |
| 1 1 | PCLK/64クロック | 3 |

表 29.8 スマートカードインタフェースモード時の基本クロックの設定

| SCMR.BCP2 ビットの設定値 | SMR_SMCI.BCP[1:0] ビットの設定値 | 1ビット期間中の基本クロックのサイクル数 | S |
|----------------------|------------------------------|----------------------|-----|
| 0 | 0 0 | 93クロックサイクル | 93 |
| 0 | 0 1 | 128クロックサイクル | 128 |
| 0 | 1 0 | 186クロックサイクル | 186 |
| 0 | 1 1 | 512クロックサイクル | 512 |
| 1 | 0 0 | 32クロックサイクル | 32 |
| 1 | 0 1 | 64クロックサイクル | 64 |
| 1 | 1 0 | 372クロックサイクル | 372 |
| 1 | 1 1 | 256クロックサイクル | 256 |

調歩同期式モードにおける、BRR レジスタ値 N の設定例を表 29.9 と表 29.10 に示します。各動作周波数において選択可能な最大ビットレートを表 29.11 に示します。また、スマートカードインタフェースモードにおける、BRR レジスタ値 N の設定例を表 29.14 に示します。

簡易 IIC モードにおける、BRR レジスタ値 N の設定例を表 29.17 に示します。スマートカードインタフェースモードでは、1 ビット転送時間における基本クロックのサイクル数 S を選択できます。詳細は、[29.6.4 受信データのサンプリングタイミングと受信マージン](#)を参照してください。また、[表 29.12](#) と [表 29.13](#) に、外部クロック入力時の最大ビットレートを示します。

調歩同期式モードにおいて、シリアル拡張モードレジスタ (SEMR) の調歩同期基本クロック選択ビット (ABCS) またはボーレートジェネレータ倍速モード選択ビット (BGDM) のいずれか一方を 1 にした場合、ビットレートは表 29.16 に記載された値の 2 倍になります。両ビットとも 1 にした場合、ビットレートは記載値の 4 倍になります。

表 29.9 各ビットレートに対するBRRの設定例 (調歩同期式モード) (1)

| ビット レート (bps) | 動作周波数PCLK (MHz) | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------|-----|--------|--------|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|--------|-----|--------|
| | 8 | | | 9.8304 | | | 10 | | | 12 | | | 12.288 | | |
| | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) |
| 110 | 2 | 141 | 0.03 | 2 | 174 | -0.26 | 2 | 177 | -0.25 | 2 | 212 | 0.03 | 2 | 217 | 0.08 |
| 150 | 2 | 103 | 0.16 | 2 | 127 | 0.00 | 2 | 129 | 0.16 | 2 | 155 | 0.16 | 2 | 159 | 0.00 |
| 300 | 1 | 207 | 0.16 | 1 | 255 | 0.00 | 2 | 64 | 0.16 | 2 | 77 | 0.16 | 2 | 79 | 0.00 |
| 600 | 1 | 103 | 0.16 | 1 | 127 | 0.00 | 1 | 129 | 0.16 | 1 | 155 | 0.16 | 1 | 159 | 0.00 |
| 1200 | 0 | 207 | 0.16 | 0 | 255 | 0.00 | 1 | 64 | 0.16 | 1 | 77 | 0.16 | 1 | 79 | 0.00 |
| 2400 | 0 | 103 | 0.16 | 0 | 127 | 0.00 | 0 | 129 | 0.16 | 0 | 155 | 0.16 | 0 | 159 | 0.00 |
| 4800 | 0 | 51 | 0.16 | 0 | 63 | 0.00 | 0 | 64 | 0.16 | 0 | 77 | 0.16 | 0 | 79 | 0.00 |
| 9600 | 0 | 25 | 0.16 | 0 | 31 | 0.00 | 0 | 32 | -1.36 | 0 | 38 | 0.16 | 0 | 39 | 0.00 |
| 19200 | 0 | 12 | 0.16 | 0 | 15 | 0.00 | 0 | 15 | 1.73 | 0 | 19 | -2.34 | 0 | 19 | 0.00 |
| 31250 | 0 | 7 | 0.00 | 0 | 9 | -1.70 | 0 | 9 | 0.00 | 0 | 11 | 0.00 | 0 | 11 | 2.40 |
| 38400 | — | — | — | 0 | 7 | 0.00 | 0 | 7 | 1.73 | 0 | 9 | -2.34 | 0 | 9 | 0.00 |

| ビット レート (bps) | 動作周波数PCLK (MHz) | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------|-----|--------|----|-----|--------|---------|-----|--------|----|-----|--------|---------|-----|--------|
| | 14 | | | 16 | | | 17.2032 | | | 18 | | | 19.6608 | | |
| | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) |
| 110 | 2 | 248 | -0.17 | 3 | 70 | 0.03 | 3 | 75 | 0.48 | 3 | 79 | -0.12 | 3 | 86 | 0.31 |
| 150 | 2 | 181 | 0.16 | 2 | 207 | 0.16 | 2 | 223 | 0.00 | 2 | 233 | 0.16 | 2 | 255 | 0.00 |
| 300 | 2 | 90 | 0.16 | 2 | 103 | 0.16 | 2 | 111 | 0.00 | 2 | 116 | 0.16 | 2 | 127 | 0.00 |
| 600 | 1 | 181 | 0.16 | 1 | 207 | 0.16 | 1 | 223 | 0.00 | 1 | 233 | 0.16 | 1 | 255 | 0.00 |
| 1200 | 1 | 90 | 0.16 | 1 | 103 | 0.16 | 1 | 111 | 0.00 | 1 | 116 | 0.16 | 1 | 127 | 0.00 |
| 2400 | 0 | 181 | 0.16 | 0 | 207 | 0.16 | 0 | 223 | 0.00 | 0 | 233 | 0.16 | 0 | 255 | 0.00 |
| 4800 | 0 | 90 | 0.16 | 0 | 103 | 0.16 | 0 | 111 | 0.00 | 0 | 116 | 0.16 | 0 | 127 | 0.00 |
| 9600 | 0 | 45 | -0.93 | 0 | 51 | 0.16 | 0 | 55 | 0.00 | 0 | 58 | -0.69 | 0 | 63 | 0.00 |
| 19200 | 0 | 22 | -0.93 | 0 | 25 | 0.16 | 0 | 27 | 0.00 | 0 | 28 | 1.02 | 0 | 31 | 0.00 |
| 31250 | 0 | 13 | 0.00 | 0 | 15 | 0.00 | 0 | 16 | 1.20 | 0 | 17 | 0.00 | 0 | 19 | -1.70 |
| 38400 | — | — | — | 0 | 12 | 0.16 | 0 | 13 | 0.00 | 0 | 14 | -2.34 | 0 | 15 | 0.00 |

注. この例は、SEMR.ABCS = 0、SEMR.ABCSE = 0、およびSEMR.BGDM = 0の場合を示しています。
 ABCSビットまたはBGDMビットのいずれか一方を1にした場合は、ビットレートが2倍になります。
 ABCSビットとBGDMビットの両方を1にした場合は、ビットレートが4倍になります。

表 29.10 各ビットレートに対するBRRの設定例 (調歩同期式モード) (2)

| ビット レート (bps) | 動作周波数PCLK (MHz) | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|
| | 20 | | | 25 | | | 30 | | | 33 | | | 40 | | |
| | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) |
| 110 | 3 | 88 | -0.25 | 3 | 110 | -0.02 | 3 | 132 | 0.13 | 3 | 145 | 0.33 | 3 | 177 | -0.25 |
| 150 | 3 | 64 | 0.16 | 3 | 80 | 0.47 | 3 | 97 | -0.35 | 3 | 106 | 0.39 | 3 | 129 | 0.16 |
| 300 | 2 | 129 | 0.16 | 2 | 162 | -0.15 | 2 | 194 | 0.16 | 2 | 214 | -0.07 | 3 | 64 | 0.16 |
| 600 | 2 | 64 | 0.16 | 2 | 80 | 0.47 | 2 | 97 | -0.35 | 2 | 106 | 0.39 | 2 | 129 | 0.16 |
| 1200 | 1 | 129 | 0.16 | 1 | 162 | -0.15 | 1 | 194 | 0.16 | 1 | 214 | -0.07 | 2 | 64 | 0.16 |
| 2400 | 1 | 64 | 0.16 | 1 | 80 | 0.47 | 1 | 97 | -0.35 | 1 | 106 | 0.39 | 1 | 129 | 0.16 |
| 4800 | 0 | 129 | 0.16 | 0 | 162 | -0.15 | 0 | 194 | 0.16 | 0 | 214 | -0.07 | 1 | 64 | 0.16 |
| 9600 | 0 | 64 | 0.16 | 0 | 80 | 0.47 | 0 | 97 | -0.35 | 0 | 106 | 0.39 | 0 | 129 | 0.16 |
| 19200 | 0 | 32 | -1.36 | 0 | 40 | -0.76 | 0 | 48 | -0.35 | 0 | 53 | -0.54 | 0 | 64 | 0.16 |
| 31250 | 0 | 19 | 0.00 | 0 | 24 | 0.00 | 0 | 29 | 0.00 | 0 | 32 | 0.00 | 0 | 39 | 0.00 |
| 38400 | 0 | 15 | 1.73 | 0 | 19 | 1.73 | 0 | 23 | 1.73 | 0 | 26 | -0.54 | 0 | 32 | -1.36 |

注. この例は、SEMR.ABCS = 0、SEMR.ABCSE = 0、および SEMR.BGDM = 0 の場合を示しています。
 ABCS ビットまたは BGDM ビットのいずれか一方を 1 にした場合は、ビットレートが 2 倍になります。
 ABCS ビットと BGDM ビットの両方を 1 にした場合は、ビットレートが 4 倍になります。

表 29.11 各動作周波数における最大ビットレート (調歩同期式モード) (1/2)

| PCLK (MHz) | SEMRレジスタの設定値 | | | | | 最大ビット レート (bps) | PCLK (MHz) | SEMRレジスタの設定値 | | | | | 最大ビット レート (bps) |
|---------------|--------------|-------------|--------------|---|---|-----------------------|---------------|--------------|-------------|--------------|---|---|-----------------------|
| | BGDM ビット | ABCS ビット | ABCSE ビット | n | N | | | BGDM ビット | ABCS ビット | ABCSE ビット | n | N | |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 250000 | 17.2032 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 537600 |
| | | 1 | 0 | 0 | 0 | 500000 | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 1075200 |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1000000 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2150400 |
| | | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| | Don't care | Don't care | 1 | 0 | 0 | 1333333 | | Don't care | Don't care | 1 | 0 | 0 | 3000000 |
| 9.8304 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 307200 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 562500 |
| | | 1 | 0 | 0 | 0 | 614400 | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 1125000 |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1228800 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2250000 |
| | | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| | Don't care | Don't care | 1 | 0 | 0 | 1638400 | | Don't care | Don't care | 1 | 0 | 0 | 3000000 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 312500 | 19.6608 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 614400 |
| | | 1 | 0 | 0 | 0 | 625000 | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 1228800 |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1250000 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2457600 |
| | | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| | Don't care | Don't care | 1 | 0 | 0 | 1666666 | | Don't care | Don't care | 1 | 0 | 0 | 3276800 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 375000 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 625000 |
| | | 1 | 0 | 0 | 0 | 750000 | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 1250000 |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1500000 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2500000 |
| | | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| | Don't care | Don't care | 1 | 0 | 0 | 2000000 | | Don't care | Don't care | 1 | 0 | 0 | 3333333 |

表 29.11 各動作周波数における最大ビットレート (調歩同期式モード) (2/2)

| PCLK (MHz) | SEMRレジスタの設定値 | | | | | 最大ビット レート (bps) | PCLK (MHz) | SEMRレジスタの設定値 | | | | | 最大ビット レート (bps) |
|---------------|--------------|-------------|--------------|---|---|-----------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---|---|-----------------------|
| | BGDM ビット | ABCS ビット | ABCSE ビット | n | N | | | BGDM ビット | ABCS ビット | ABCSE ビット | n | N | |
| 12.288 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 384000 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 781250 |
| | | 1 | 0 | 0 | 0 | 768000 | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 1562500 |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1536000 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3125000 |
| | | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | Don't care | Don't care | 1 | 0 | |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 437500 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 937500 |
| | | 1 | 0 | 0 | 0 | 875000 | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 1875000 |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1750000 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3750000 |
| | | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | Don't care | Don't care | 1 | 0 | |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 500000 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1031250 |
| | | 1 | 0 | 0 | 0 | 1000000 | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 2062500 |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2000000 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4125000 |
| | | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | Don't care | Don't care | 1 | 0 | |
| 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1250000 | | | | | | | |
| | | 1 | 0 | 0 | 0 | 2500000 | | | | | | | |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5000000 | | | | | | | |
| | | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | 6666666 | | | | |

表 29.12 外部クロック入力時の最大ビットレート (調歩同期式モード)

| PCLK (MHz) | 外部入力クロック (MHz) | 最大ビットレート (bps) | |
|------------|----------------|------------------|------------------|
| | | SEMR.ABCSビット = 0 | SEMR.ABCSビット = 1 |
| 8 | 2.0000 | 125000 | 250000 |
| 9.8304 | 2.4576 | 153600 | 307200 |
| 10 | 2.5000 | 156250 | 312500 |
| 12 | 3.0000 | 187500 | 375000 |
| 12.288 | 3.0720 | 192000 | 384000 |
| 14 | 3.5000 | 218750 | 437500 |
| 16 | 4.0000 | 250000 | 500000 |
| 17.2032 | 4.3008 | 268800 | 537600 |
| 18 | 4.5000 | 281250 | 562500 |
| 19.6608 | 4.9152 | 307200 | 614400 |
| 20 | 5.0000 | 312500 | 625000 |
| 25 | 6.2500 | 390625 | 781250 |
| 30 | 7.5000 | 468750 | 937500 |
| 33 | 8.2500 | 515625 | 1031250 |
| 40 | 10.0000 | 625000 | 1250000 |

表 29.13 各ビットレートに対するBRRの設定例 (クロック同期式モード、簡易SPIモード)

| ビットレート (bps) | 動作周波数PCLK (MHz) | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----|----|-----------|----|-----|----|-----------|----|-----|----|-----------|----|-----|----|-----|
| | 8 | | 10 | | 16 | | 20 | | 25 | | 30 | | 33 | | 40 | |
| | n | N | n | N | n | N | n | N | n | N | n | N | n | N | n | N |
| 110 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 250 | 3 | 124 | — | — | 3 | 249 | | | | | | | | | | |
| 500 | 2 | 249 | — | — | 3 | 124 | — | — | | | 3 | 233 | | | | |
| 1k | 2 | 124 | — | — | 2 | 249 | — | — | 3 | 97 | 3 | 116 | 3 | 128 | 3 | 155 |
| 2.5k | 1 | 199 | 1 | 249 | 2 | 99 | 2 | 124 | 2 | 155 | 2 | 187 | 2 | 205 | 2 | 249 |
| 5k | 1 | 99 | 1 | 124 | 1 | 199 | 1 | 249 | 2 | 77 | 2 | 93 | 2 | 102 | 2 | 124 |
| 10k | 0 | 199 | 0 | 249 | 1 | 99 | 1 | 124 | 1 | 155 | 1 | 187 | 1 | 205 | 1 | 249 |
| 25k | 0 | 79 | 0 | 99 | 0 | 159 | 0 | 199 | 0 | 249 | 1 | 74 | 1 | 82 | 1 | 99 |
| 50k | 0 | 39 | 0 | 49 | 0 | 79 | 0 | 99 | 0 | 124 | 0 | 149 | 0 | 164 | 1 | 49 |
| 100k | 0 | 19 | 0 | 24 | 0 | 39 | 0 | 49 | 0 | 62 | 0 | 74 | 0 | 82 | 0 | 99 |
| 250k | 0 | 7 | 0 | 9 | 0 | 15 | 0 | 19 | 0 | 24 | 0 | 29 | 0 | 32 | 0 | 39 |
| 500k | 0 | 3 | 0 | 4 | 0 | 7 | 0 | 9 | — | — | 0 | 14 | — | — | 0 | 19 |
| 1M | 0 | 1 | | | 0 | 3 | 0 | 4 | — | — | — | — | — | — | 0 | 9 |
| 2.5M | | | 0 | 0 (注1) | | | 0 | 1 | — | — | 0 | 2 | — | — | 0 | 3 |
| 5M | | | | | | | 0 | 0 (注1) | — | — | — | — | — | — | 0 | 1 |
| 7.5M | | | | | | | | | | | 0 | 0 (注1) | | | | |

空欄：設定禁止

—：設定可能ですが誤差が生じます。

注 1. 連続送受信はできません。1フレームの送受信後、次のフレームの送受信を開始するまでに1ビット期間の間隔が空きます。すなわち、同期クロックの出力が1ビット期間停止します。そのため、1フレーム(8ビット)のデータ転送に9ビット分の時間がかかり、平均転送レートはビットレートの8/9倍になります。

表 29.14 外部クロック入力時の最大ビットレート (クロック同期式モード、簡易SPIモード)

| PCLK (MHz) | 外部入力クロック (MHz) | 最大ビットレート (Mbps) |
|------------|----------------|-----------------|
| 8 | 1.3333 | 1.3333333 |
| 10 | 1.6667 | 1.6666667 |
| 12 | 2.0000 | 2.0000000 |
| 14 | 2.3333 | 2.3333333 |
| 16 | 2.6667 | 2.6666667 |
| 18 | 3.0000 | 3.0000000 |
| 20 | 3.3333 | 3.3333333 |
| 25 | 4.1667 | 4.1666667 |
| 30 | 5.0000 | 5.0000000 |
| 33 | 5.5000 | 5.5000000 |
| 40 | 6.6667 | 6.6666667 |

表 29.15 各ビットレートに対するBRRの設定例 (スマートカードインタフェースモード、n = 0、S = 372の場合)

| ビットレート (bps) | 動作周波数PCLK (MHz) | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----------------|---|--------|-------|---|--------|---------|---|--------|-------|---|--------|
| | 7.1424 | | | 10.00 | | | 10.7136 | | | 13.00 | | |
| | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) |
| 9600 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 1 | 30 | 0 | 1 | 25 | 0 | 1 | 8.99 |

| ビットレート (bps) | 動作周波数PCLK (MHz) | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----------------|---|--------|-------|---|--------|-------|---|--------|-------|---|--------|
| | 14.2848 | | | 16.00 | | | 18.00 | | | 20.00 | | |
| | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) |
| 9600 | 0 | 1 | 0.00 | 0 | 1 | 12.01 | 0 | 2 | 15.99 | 0 | 2 | 6.66 |

| ビットレート (bps) | 動作周波数PCLK (MHz) | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----------------|---|--------|-------|---|--------|-------|---|--------|-------|---|--------|
| | 25.00 | | | 30.00 | | | 33.00 | | | 40.00 | | |
| | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) |
| 9600 | 0 | 3 | 12.49 | 0 | 3 | 5.01 | 0 | 4 | 7.59 | 0 | 5 | -6.66 |

表 29.16 各動作周波数における最大ビットレート (スマートカードインタフェースモード、S = 32の場合)

| PCLK (MHz) | 最大ビットレート (bps) | n | N |
|------------|----------------|---|---|
| 10.00 | 156250 | 0 | 0 |
| 10.7136 | 167400 | 0 | 0 |
| 13.00 | 203125 | 0 | 0 |
| 16.00 | 250000 | 0 | 0 |
| 18.00 | 281250 | 0 | 0 |
| 20.00 | 312500 | 0 | 0 |
| 25.00 | 390625 | 0 | 0 |
| 30.00 | 468750 | 0 | 0 |
| 33.00 | 515625 | 0 | 0 |
| 40.00 | 625000 | 0 | 0 |

表 29.17 各ビットレートに対するBRRの設定例 (簡易IICモード)

| ビット レート (bps) | 動作周波数PCLK (MHz) | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------|----|--------|----|----|--------|----|----|--------|----|----|--------|----|----|-----------|
| | 8 | | | 10 | | | 16 | | | 20 | | | 25 | | |
| | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) |
| 10k | 0 | 24 | 0.0 | 0 | 30 | 0.8 | 1 | 12 | -3.8 | 1 | 15 | -2.3 | 1 | 19 | -2.3 |
| 25k | 0 | 9 | 0.0 | 0 | 12 | -3.8 | 1 | 4 | 0.0 | 1 | 5 | 4.2 | 1 | 7 | -2.3 |
| 50k | 0 | 4 | 0.0 | 0 | 5 | 4.2 | 1 | 2 | -16.7 | 1 | 2 | 4.2 | 1 | 3 | -2.3 |
| 100k (注1) | 0 | 2 | -16.7 | 0 | 3 | -21.9 | 0 | 4 | 0.0 | 0 | 6 | -10.7 | 1 | 1 | -2.3 |
| 250k | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 1 | 0.0 | 0 | 2 | -16.7 | 0 | 2 | 4.2 |
| 350k | | | | | | | | | | 0 | 1 | -10.7 | 0 | 1 | 11.6 (注2) |
| 400k (注1) | | | | | | | | | | 0 | 1 | -21.9 | 0 | 1 | -2.3 (注2) |

| ビット レート (bps) | 動作周波数PCLK (MHz) | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------|----|--------|----|----|--------|----|-----|--------|
| | 30 | | | 33 | | | 40 | | |
| | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) | n | N | 誤差 (%) |
| 10k | 1 | 22 | 1.9 | 1 | 25 | -0.8 | 0 | 124 | 0.0 |
| 25k | 1 | 8 | 4.2 | 1 | 9 | 3.1 | 0 | 49 | 0.0 |
| 50k | 1 | 4 | -6.3 | 1 | 4 | 3.1 | 0 | 24 | 0.0 |
| 100k (注1) | 1 | 2 | -21.9 | 1 | 2 | -14.1 | 0 | 12 | -3.9 |
| 250k | 0 | 3 | -6.3 | 0 | 3 | 3.1 | 0 | 4 | 0.0 |
| 350k | 0 | 2 | -10.7 | 0 | 2 | -1.8 | 0 | 3 | -10.7 |
| 400k (注1) | 0 | 2 | -21.9 | 0 | 2 | -14.1 | 0 | 3 | -21.9 |

注 1. 100kbps と 400kbps のビットレートは、設定値の誤差が負 (マイナス) の側にあることを意味しています。

注 2. Low 幅の最小値は、ファストモードでの標準値である 1.3 μ s 未満です。

表 29.18 各ビットレートでのSCL High/Low幅最小値 (簡易IICモード)

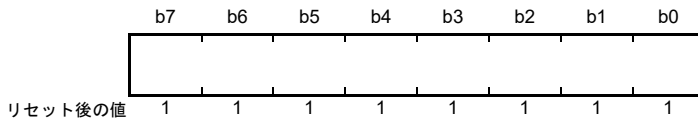
| ビット レート (bps) | 動作周波数PCLK (MHz) | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------|----|---------------------------|----|----|---------------------------|----|----|---------------------------|----|----|---------------------------|
| | 8 | | | 10 | | | 16 | | | 20 | | |
| | n | N | SCL High/Low 幅最小値 (μs) | n | N | SCL High/Low 幅最小値 (μs) | n | N | SCL High/Low 幅最小値 (μs) | n | N | SCL High/Low 幅最小値 (μs) |
| 10k | 0 | 24 | 43.75/50.00 | 0 | 30 | 43.40/49.60 | 1 | 12 | 45.5/52.00 | 1 | 15 | 44.80/51.20 |
| 25k | 0 | 9 | 17.50/20.00 | 0 | 12 | 18.2/20.80 | 1 | 4 | 17.50/20.00 | 1 | 5 | 16.80/19.20 |
| 50k | 0 | 4 | 8.75/10.00 | 0 | 5 | 8.40/9.60 | 1 | 2 | 10.50/12.00 | 1 | 2 | 8.40/9.60 |
| 100k | 0 | 2 | 5.25/6.00 | 0 | 3 | 5.60/6.40 | 0 | 4 | 4.38/5.00 | 0 | 6 | 4.90/5.60 |
| 250k | 0 | 0 | 1.75/2.00 | 0 | 0 | 1.40/1.60 | 0 | 1 | 1.75/2.00 | 0 | 2 | 2.10/2.40 |
| 350k | | | | | | | | | | 0 | 1 | 1.40/1.60 |
| 400k | | | | | | | | | | 0 | 1 | 1.40/1.60 |

| ビット レート (bps) | 動作周波数PCLK (MHz) | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------|----|---------------------------|----|----|---------------------------|----|----|---------------------------|----|-----|---------------------------|
| | 25 | | | 30 | | | 33 | | | 40 | | |
| | n | N | SCL High/Low 幅最小値 (μs) | n | N | SCL High/Low 幅最小値 (μs) | n | N | SCL High/Low 幅最小値 (μs) | n | N | SCL High/Low 幅最小値 (μs) |
| 10k | 1 | 19 | 44.80/51.20 | 1 | 22 | 42.93/49.60 | 1 | 25 | 44.12/50.42 | 0 | 124 | 43.75/50.00 |
| 25k | 1 | 7 | 17.92/20.48 | 1 | 8 | 16.80/19.20 | 1 | 9 | 16.97/19.39 | 0 | 49 | 17.50/20.00 |
| 50k | 1 | 3 | 8.96/10.24 | 1 | 4 | 9.33/10.66 | 1 | 4 | 8.48/9.70 | 0 | 24 | 8.75/10.00 |
| 100k | 1 | 1 | 4.48/5.12 | 1 | 2 | 5.60/6.40 | 1 | 2 | 5.09/5.82 | 0 | 12 | 4.55/5.20 |
| 250k | 0 | 2 | 1.68/1.92 | 0 | 3 | 1.86/2.13 | 0 | 3 | 1.70/1.94 | 0 | 4 | 1.75/2.00 |
| 350k | 0 | 1 | 1.12/1.28 (注1) | 0 | 2 | 1.40/1.60 | 0 | 2 | 1.27/1.45 | 0 | 3 | 1.40/1.60 |
| 400k | 0 | 1 | 1.12/1.28 (注1) | 0 | 2 | 1.40/1.60 | 0 | 2 | 1.27/1.45 | 0 | 3 | 1.40/1.60 |

注 1. Low 幅の最小値は、ファストモードの標準値である 1.3μs 未満です。設定値は表 29.17 と同一です。

29.2.18 モジュレーションデューティレジスタ (MDDR)

アドレス SCI0.MDDR 4007 0012h, SCI1.MDDR 4007 0032h, SCI4.MDDR 4007 0092h, SCI9.MDDR 4007 0132h



MDDR レジスタは、BRR レジスタで調整されたビットレートを補正するためのレジスタです。

SEMR.BRME ビットが 1 のとき、内蔵ボーレートジェネレータにより生成されるビットレートは、MDDR レジスタの設定に応じて均一に補正されます (M/256)。MDDR レジスタの設定値 M とビットレート B の関係を表 29.19 に示します。

MDDR レジスタの初期値は FFh です。ビット 7 は 1 に固定されています。

MDDR レジスタは、CPU から読み出しは可能ですが、書き込みは SCR/SCR_SMCI レジスタの TE ビットと RE ビットが 0 の場合にのみ可能です。

表 29.19 ビットレートモジュレーション機能使用時のMDDRレジスタ設定値MとビットレートBの関係

| モード | SEMRレジスタの設定値 | | | BRRレジスタの設定値 | 誤差 |
|-------------------------|--------------|------------|----------|---|--|
| | BGDMビット | ABCSビット | ABCSEビット | | |
| 調歩同期式、マルチプロセッサ通信 | 0 | 0 | 0 | $N = \frac{PCLK \times 10^6}{64 \times 2^{2n-1} \times (256/M) \times B} - 1$ | 誤差 (%) $= \left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times 64 \times 2^{2n-1} \times (256/M) \times (N+1)} - 1 \right\} \times 100$ |
| | 1 | 0 | 0 | $N = \frac{PCLK \times 10^6}{32 \times 2^{2n-1} \times (256/M) \times B} - 1$ | 誤差 (%) $= \left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times 32 \times 2^{2n-1} \times (256/M) \times (N+1)} - 1 \right\} \times 100$ |
| | 0 | 1 | 0 | $N = \frac{PCLK \times 10^6}{16 \times 2^{2n-1} \times (256/M) \times B} - 1$ | 誤差 (%) $= \left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times 16 \times 2^{2n-1} \times (256/M) \times (N+1)} - 1 \right\} \times 100$ |
| | 1 | 1 | 0 | $N = \frac{PCLK \times 10^6}{12 \times 2^{2n-1} \times (256/M) \times B} - 1$ | 誤差 (%) $= \left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times 12 \times 2^{2n-1} \times (256/M) \times (N+1)} - 1 \right\} \times 100$ |
| | Don't care | Don't care | 1 | $N = \frac{PCLK \times 10^6}{8 \times 2^{2n-1} \times (256/M) \times B} - 1$ | 誤差 (%) $= \left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times 8 \times 2^{2n-1} \times (256/M) \times (N+1)} - 1 \right\} \times 100$ |
| クロック同期式、簡易SPI (注1) | | | | $N = \frac{PCLK \times 10^6}{8 \times 2^{2n-1} \times (256/M) \times B} - 1$ | |
| スマートカードインタフェース | | | | $N = \frac{PCLK \times 10^6}{S \times 2^{2n+1} \times (256/M) \times B} - 1$ | 誤差 (%) $= \left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times S \times 2^{2n+1} \times (256/M) \times (N+1)} - 1 \right\} \times 100$ |
| 簡易I ² C (注2) | | | | $N = \frac{PCLK \times 10^6}{64 \times 2^{2n-1} \times (256/M) \times B} - 1$ | |

B : ビットレート (bps)

M : MDDR レジスタの設定値 (128 ≤ MDDR ≤ 255)

N : ボーレートジェネレータの BRR の設定値 (0 ≤ N ≤ 255)

PCLK : 動作周波数 (MHz)

n および S : 表 29.7 と表 29.8 に示すように、SMR/SMR_SMCI レジスタと SCMR レジスタの設定値によって決まります。詳細は、29.2.17 ビットレートレジスタ (BRR) を参照してください。

注 1. クロック同期式モードと、簡易 SPI モードの最高速設定 (SMR.CKS[1:0] ビット = 00b, SCR.CKE[1] ビット = 0、および BRR = 0) では、この機能を使用しないでください。

注 2. 簡易 I²C モードでは、SCLn 出力の High/Low 幅が I²C 規格を満たすように、ビットレートを調整してください。

通常の調歩同期式モードにおける BRR レジスタ値 N と MDDR レジスタ値 M の設定例を表 29.20 に示します。

表 29.20 各ビットレートに対する BRR と MDDR の設定例 (調歩同期式モード) (1)

| ビット レート (bps) | 動作周波数PCLK (MHz) | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------|---|-----|-------------|-----------|--------|---|---------------|-------------|-----------|----|----|-----|-------------|-----------|
| | 8 | | | | | 9.8304 | | | | | 16 | | | | |
| | n | N | M | BGDM ビット | 誤差 (%) | n | N | M | BGDM ビット | 誤差 (%) | n | N | M | BGDM ビット | 誤差 (%) |
| 38400 | 0 | 5 | 236 | 0 | 0.03 | 0 | 7 | (256) (注1) | 0 | 0.00 | 0 | 10 | 173 | 1 | -0.01 |
| 57600 | 0 | 3 | 236 | 0 | 0.03 | 0 | 4 | 240 | 0 | 0.00 | 0 | 4 | 236 | 0 | 0.03 |
| 115200 | 0 | 1 | 236 | 0 | 0.03 | 0 | 1 | 192 | 0 | 0.00 | 0 | 4 | 236 | 1 | 0.03 |
| 230400 | 0 | 0 | 236 | 0 | 0.03 | 0 | 0 | 192 | 0 | 0.00 | 0 | 1 | 189 | 1 | 0.14 |
| 460800 | 0 | 0 | 236 | 1 | 0.03 | 0 | 0 | 192 | 1 | 0.00 | 0 | 0 | 189 | 1 | 0.14 |

| ビット レート (bps) | 動作周波数PCLK (MHz) | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------|---|-----|-------------|-----------|--------|---|---------------|-------------|-----------|----|----|-----|-------------|-----------|
| | 12 | | | | | 12.288 | | | | | 14 | | | | |
| | n | N | M | BGDM ビット | 誤差 (%) | n | N | M | BGDM ビット | 誤差 (%) | n | N | M | BGDM ビット | 誤差 (%) |
| 38400 | 0 | 8 | 236 | 0 | 0.03 | 0 | 9 | (256) (注1) | 0 | 0.00 | 0 | 16 | 191 | 1 | 0.00 |
| 57600 | 0 | 5 | 236 | 0 | 0.03 | 0 | 4 | 192 | 0 | 0.00 | 0 | 13 | 236 | 1 | 0.03 |
| 115200 | 0 | 2 | 236 | 0 | 0.03 | 0 | 4 | 192 | 1 | 0.00 | 0 | 6 | 236 | 1 | 0.03 |
| 230400 | 0 | 2 | 236 | 1 | 0.03 | 0 | 2 | 230 | 1 | -0.17 | 0 | 2 | 202 | 1 | -0.11 |
| 460800 | 0 | 0 | 157 | 1 | -0.18 | 0 | 0 | 154 | 1 | -0.26 | 0 | 0 | 135 | 1 | 0.14 |

| ビット レート (bps) | 動作周波数PCLK (MHz) | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------|----|-----|-------------|-----------|---------|----|---------------|-------------|-----------|----|----|-----|-------------|-----------|
| | 16 | | | | | 17.2032 | | | | | 18 | | | | |
| | n | N | M | BGDM ビット | 誤差 (%) | n | N | M | BGDM ビット | 誤差 (%) | n | N | M | BGDM ビット | 誤差 (%) |
| 38400 | 0 | 11 | 236 | 0 | 0.03 | 0 | 13 | (256) (注1) | 0 | 0.00 | 0 | 18 | 166 | 1 | -0.01 |
| 57600 | 0 | 7 | 236 | 0 | 0.03 | 0 | 6 | 192 | 0 | 0.00 | 0 | 18 | 249 | 1 | -0.01 |
| 115200 | 0 | 3 | 236 | 0 | 0.03 | 0 | 6 | 192 | 1 | 0.00 | 0 | 8 | 236 | 1 | 0.03 |
| 230400 | 0 | 1 | 236 | 0 | 0.03 | 0 | 3 | 219 | 1 | -0.20 | 0 | 1 | 210 | 0 | 0.14 |
| 460800 | 0 | 1 | 236 | 1 | 0.03 | 0 | 1 | 219 | 1 | -0.20 | 0 | 0 | 210 | 0 | 0.14 |

| ビット レート (bps) | 動作周波数PCLK (MHz) | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------|----|---------------|-------------|-----------|----|----|-----|-------------|-----------|----|----|-----|-------------|-----------|
| | 19.6608 | | | | | 20 | | | | | 25 | | | | |
| | n | N | M | BGDM ビット | 誤差 (%) | n | N | M | BGDM ビット | 誤差 (%) | n | N | M | BGDM ビット | 誤差 (%) |
| 38400 | 0 | 15 | (256) (注1) | 0 | 0.00 | 0 | 10 | 173 | 0 | -0.01 | 0 | 11 | 151 | 0 | 0.00 |
| 57600 | 0 | 9 | 240 | 0 | 0.00 | 0 | 9 | 236 | 0 | 0.03 | 0 | 7 | 151 | 0 | 0.00 |
| 115200 | 0 | 4 | 240 | 0 | 0.00 | 0 | 4 | 236 | 0 | 0.03 | 0 | 3 | 151 | 0 | 0.00 |
| 230400 | 0 | 1 | 192 | 0 | 0.00 | 0 | 4 | 236 | 1 | 0.03 | 0 | 1 | 151 | 0 | 0.00 |
| 460800 | 0 | 0 | 192 | 0 | 0.00 | 0 | 0 | 189 | 0 | 0.14 | 0 | 0 | 151 | 0 | 0.00 |

| ビット レート (bps) | 動作周波数PCLK (MHz) | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------|----|-----|-------------|-----------|----|----|-----|-------------|-----------|----|----|-----|-------------|-----------|
| | 30 | | | | | 33 | | | | | 40 | | | | |
| | n | N | M | BGDM ビット | 誤差 (%) | n | N | M | BGDM ビット | 誤差 (%) | n | N | M | BGDM ビット | 誤差 (%) |
| 38400 | 0 | 36 | 194 | 1 | 0.01 | 0 | 14 | 143 | 0 | 0.01 | 0 | 21 | 173 | 0 | -0.01 |
| 57600 | 0 | 10 | 173 | 0 | -0.01 | 0 | 9 | 143 | 0 | 0.01 | 0 | 38 | 230 | 1 | -0.01 |
| 115200 | 0 | 10 | 173 | 1 | -0.01 | 0 | 4 | 143 | 0 | 0.01 | 0 | 9 | 236 | 0 | 0.03 |
| 230400 | 0 | 6 | 220 | 1 | -0.09 | 0 | 4 | 143 | 1 | 0.01 | 0 | 4 | 236 | 0 | 0.03 |
| 460800 | 0 | 3 | 252 | 1 | 0.14 | 0 | 1 | 229 | 0 | 0.10 | 0 | 4 | 236 | 1 | 0.03 |

注 1. この例は、SEMR レジスタの ABCS ビットと ABCSE ビットが 0 の場合を示しています。
SEMR.BRME = 0 (M = 256) の場合、ビットレートモジュレーション機能は無効になります。

29.2.19 シリアル拡張モードレジスタ (SEMR)

アドレス SCI0.SEMR 4007 0007h, SCI1.SEMR 4007 0027h, SCI4.SEMR 4007 0087h, SCI9.SEMR 4007 0127h

| | | | | | | | | |
|---------|---------|------|------|------|-------|------|----|----|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | RXDESEL | BGDM | NFEN | ABCS | ABCSE | BRME | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------|--------------------|--|-------------|
| b1-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b2 | BRME | ビットレートモジュレーション有効 | 0: ビットレートモジュレーション機能は無効 1: ビットレートモジュレーション機能は有効 | R/W (注1) |
| b3 | ABCSE | 調歩同期拡張基本クロック選択1 | 調歩同期式モードにおいて、SCR.CKE[1] = 0の場合にのみ有効です。 0: 1ビット期間のクロックサイクル数は、SEMRレジスタのBGDMとABCSの組み合わせにより決定 1: ポーレートは1ビット期間に対して基本クロックの6サイクル | R/W (注1) |
| b4 | ABCS | 調歩同期基本クロック選択 | 調歩同期式モードでのみ有効 0: 基本クロックの16サイクルを1ビット期間として選択 1: 基本クロックの8サイクルを1ビット期間として選択 | R/W (注1) |
| b5 | NFEN | デジタルノイズフィルタ機能有効 | 調歩同期式モードの場合 0: RXDn入力信号のノイズ除去機能は無効 1: RXDn入力信号のノイズ除去機能は有効 簡易IICモードの場合 0: SCLnおよびSDAn入力信号のノイズ除去機能は無効 1: SCLnおよびSDAn入力信号のノイズ除去機能は有効 他のすべてのモードでは、NFENビットは0でなければなりません。 | R/W (注1) |
| b6 | BGDM | ポーレートジェネレータ倍速モード選択 | 調歩同期式モードにおいて、SCR.CKE[1] = 0の場合にのみ有効です。 0: ポーレートジェネレータから通常の周波数のクロックを出力 1: ポーレートジェネレータから2倍の周波数のクロックを出力 | R/W (注1) |
| b7 | RXDESEL | 調歩同期スタートビットエッジ検出選択 | 調歩同期式モードでのみ有効です。 0: RXDn端子入力のLowレベルでスタートビットを検出 1: RXDn端子入力の立ち下がりがエッジでスタートビットを検出 | R/W (注1) |

注1. SCR/SCR_SMCI レジスタのTEビットとREビットが0（シリアル送信動作および受信動作を禁止）の場合にのみ書き込み可能です。

SEMRレジスタは、調歩同期式モードにおいて、1ビット期間のクロックソースを選択するためのレジスタです。

BRME ビット (ビットレートモジュレーション有効)

ビットレートモジュレーション機能を有効または無効にします。有効にすると、内蔵ポーレートジェネレータによって生成されるビットレートが均一に補正されます。

ABCSE ビット (調歩同期拡張基本クロック選択1)

1ビット期間における基本クロックのパルス数は6であり、ポーレートジェネレータから2倍の周波数のクロックが出力されます。バスクロック周波数を分周しているときにビットレートを6にする場合、ABCSEビットを使用し、かつSMR.CKS[1:0] = 00b、BRR = 0に設定してください。本ビットは、調歩同期式モード以外では0にしてください。

ABCS ビット (調歩同期基本クロック選択)

1ビット期間の基本クロックのサイクル数を選択します。本ビットは、調歩同期式モード以外では0にしてください。

NFEN ビット (デジタルノイズフィルタ機能有効)

デジタルノイズフィルタ機能を有効または無効にします。

デジタルノイズフィルタ機能を有効にした場合：

- 調歩同期式モードでは、RXDn 入力信号のノイズを除去する
- 簡易 IIC モードでは、SDAn および SCLn の入力信号のノイズを除去する

他のすべてのモードでは、NFEN ビットを 0 にして、デジタルノイズフィルタ機能を無効にしてください。

デジタルノイズフィルタ機能を無効にすると、受信した信号がそのまま転送されます。

BGDM ビット (ポーレートジェネレータ倍速モード選択)

ポーレートジェネレータの出力クロックの周期を通常の周波数にするか 2 倍の周波数にするかを選択します。

本ビットは、調歩同期式モード (SMR.CM ビット = 0) において、クロックソースに内蔵ポーレートジェネレータ (SCR.CKE[1] ビット = 0) を選択したとき有効です。内蔵ポーレートジェネレータから通常の周波数のクロックを出力するか、2 倍の周波数のクロックを出力するかを選択できます。ポーレートジェネレータから出力されるクロックは基本クロックの生成に使用されます。BGDM ビットを 1 にすると、基本クロックの周期が 1/2 倍になり、ビットレートが 2 倍になります。

本ビットは、調歩同期式モード以外では 0 にしてください。

RXDESEL ビット (調歩同期スタートビットエッジ検出選択)

調歩同期式モードで受信する場合のスタートビットの検出方法を選択します。ブレイク中に受信を停止する場合、またはブレイク終了後に RXDn 端子入力を 1 フレーム期間以上 High レベルに保持せずに受信を開始する場合、本ビットを 1 にしてください。

本ビットは、調歩同期式モード以外では 0 にしてください。

29.2.20 ノイズフィルタ設定レジスタ (SNFR)

アドレス SCI0.SNFR 4007 0008h, SCI1.SNFR 4007 0028h, SCI4.SNFR 4007 0088h, SCI9.SNFR 4007 0128h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------|-------------------|---|-------------|
| b2-b0 | NFCS[2:0] | ノイズフィルタクロック 選択 | 調歩同期式モード時、基本クロックの標準設定は下記のとおりです。 b2 b0 0 0 0: 1分周のクロック信号をノイズフィルタに使用 簡易IICモード時、SMR.CKS[1:0]ビットで選択した内蔵ポーレート ジェネレータのクロックソースの標準設定は下記のとおりです。 b2 b0 0 0 1: 1分周のクロック信号をノイズフィルタに使用 0 1 0: 2分周のクロック信号をノイズフィルタに使用 0 1 1: 4分周のクロック信号をノイズフィルタに使用 1 0 0: 8分周のクロック信号をノイズフィルタに使用 上記以外は設定しないでください。 | R/W (注1) |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. SCR/SCR_SMCI レジスタの TE ビットと RE ビットが0 (シリアル送信動作およびシリアル受信動作を禁止) の場合にのみ書き込み可能です。

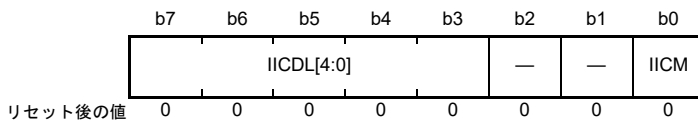
SNFR レジスタは、デジタルノイズフィルタのクロックを設定するためのレジスタです。

NFCS[2:0] ビット (ノイズフィルタクロック選択)

デジタルノイズフィルタのサンプリングクロックを選択します。調歩同期式モードでノイズフィルタを使用する場合、これらのビットを 000b にしてください。簡易 IIC モードでは、これらのビットを 001b ~ 100b の範囲で設定してください。

29.2.21 I²C モードレジスタ 1 (SIMR1)

アドレス SCI0.SIMR1 4007 0009h, SCI1.SIMR1 4007 0029h, SCI4.SIMR1 4007 0089h, SCI9.SIMR1 4007 0129h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|------------|--|-------------|
| b0 | IICM | 簡易IICモード選択 | SMIF IICM 0 0 : 調歩同期式モード、マルチプロセッサモード、 クロック同期式モード、または簡易SPIモード 0 1 : 簡易IICモード 1 0 : スマートカードインタフェースモード 1 1 : 設定禁止 | R/W (注1) |
| b2-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7-b3 | IICDL[4:0] | SDA遅延出力選択 | 下記のサイクル数は、内蔵ポーレートジェネレータからのクロック信号のサイクル数です。 b7 b3 0 0 0 0 0 : 出力遅延なし 0 0 0 0 1 : 0~1サイクル 0 0 0 1 0 : 1~2サイクル 0 0 0 1 1 : 2~3サイクル 0 0 1 0 0 : 3~4サイクル 0 0 1 0 1 : 4~5サイクル : 1 1 1 1 0 : 29~30サイクル 1 1 1 1 1 : 30~31サイクル | R/W (注1) |

注1. SCR.TE ビットと SCR.RE ビットが0 (シリアル送信動作およびシリアル受信動作を禁止) の場合にのみ書き込み可能です。

SIMR1 レジスタは、簡易 IIC モードと、SDAn 出力の遅延段数を選択するためのレジスタです。

IICM ビット (簡易 IIC モード選択)

IICM ビットは、SCMR.SMIF ビットとの組み合わせで動作モードを選択します。

IICDL[4:0] ビット (SDA 遅延出力選択)

SCLn 端子出力の立ち下がりに対する SDAn 端子出力の遅延を設定します。

内蔵ポーレートジェネレータからのクロック信号を基準として、「遅延なし」から 31 サイクルまでの範囲で設定が可能です。SMR.CKS[1:0] ビットの設定によって分周された PCLK クロックが、内蔵ポーレートジェネレータからのクロック信号として供給されます。簡易 IIC モード以外では、これらのビットを 00000b にしてください。簡易 IIC モードでは、これらのビットを 00001b ~ 11111b の範囲で設定してください。

29.2.22 I²C モードレジスタ 2 (SIMR2)

アドレス SCI0.SIMR2 4007 000Ah, SCI1.SIMR2 4007 002Ah, SCI4.SIMR2 4007 008Ah, SCI9.SIMR2 4007 012Ah

| | | | | | | | |
|---------|----|-------------|----|----|----|------------|-------------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | IICACK T | — | — | — | IICCS C | IICINT M |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------|--------------|---|-------------|
| b0 | IICINTM | IIC割り込みモード選択 | 0 : ACK/NACK割り込みを使用 1 : 受信割り込み、送信割り込みを使用 | R/W (注1) |
| b1 | IICCS | クロック同期化 | 0 : クロック信号と同期しない 1 : クロック信号と同期する | R/W (注1) |
| b4-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b5 | IICACKT | ACK送信データ | 0 : ACK送信 1 : NACK送信またはACK/NACK受信 | R/W |
| b7-b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. SCR.TE ビットと SCR.RE ビットが0 (シリアル受信動作およびシリアル送信動作を禁止) の場合のみ書き込み可能です。

SIMR2 レジスタは、簡易 IIC モードにおいて、送受信の制御方法を選択するためのレジスタです。

IICINTM ビット (IIC 割り込みモード選択)

簡易 IIC モードにおいて、割り込み要求の要因を選択します。

IICCS ビット (クロック同期化)

たとえば、他のデバイスによりウェイトが挿入されたため SCLn 端子を Low にしたとき、内部で生成する SCLn クロック信号を同期化する場合は、IICCS ビットを 1 にしてください。

本ビットを 0 にすると、SCLn クロック信号の同期化を行いません。SCLn 端子の入力レベルにかかわらず、BRR レジスタで選択したビットレートに従って SCLn クロック信号を生成します。

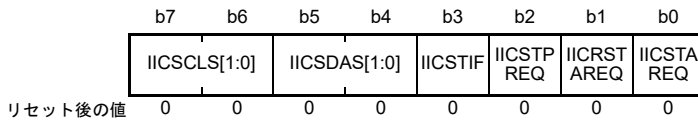
デバッグ時を除いて、本ビットは 1 にしてください。

IICACKT ビット (ACK 送信データ)

送信データの ACK ビットを格納します。ACK/NACK ビット受信時は、IICACKT ビットを 1 にしてください。

29.2.23 I²C モードレジスタ 3 (SIMR3)

アドレス SCI0.SIMR3 4007 000Bh, SCI1.SIMR3 4007 002Bh, SCI4.SIMR3 4007 008Bh, SCI9.SIMR3 4007 012Bh



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------------|-------------------|--|-------------|
| b0 | IICSTAREQ | 開始条件生成 | 0: 開始条件を生成しない 1: 開始条件を生成する (注1) (注3) (注5) (注6) | R/W |
| b1 | IICRSTAREQ | 再開条件生成 | 0: 再開条件を生成しない 1: 再開条件を生成する (注2) (注3) (注5) (注6) | R/W |
| b2 | IICSTPREQ | 停止条件生成 | 0: 停止条件を生成しない 1: 停止条件を生成する (注2) (注3) (注5) (注6) | R/W |
| b3 | IICSTIF | 開始/再開/停止条件生成完了フラグ | 0: 各条件の生成要求がない状態、または生成中の状態 1: 開始条件、再開条件、または停止条件の生成が完了した状態 IICSTIFビットに0を書くと、0になります。(注4) | R/W (注4) |
| b5-b4 | IICSDAS[1:0] | SDA出力選択 | b5 b4 0 0: シリアルデータ出力 0 1: 開始条件、再開条件、または停止条件の生成 1 0: SDA _n 端子はLowを出力 1 1: SDA _n 端子はハイインピーダンス状態 | R/W |
| b7-b6 | IICSCLS[1:0] | SCL出力選択 | b7 b6 0 0: シリアルクロック出力 0 1: 開始条件、再開条件、または停止条件の生成 1 0: SCL _n 端子はLowを出力 1 1: SCL _n 端子はハイインピーダンス状態 | R/W |

- 注1. バスの状態を確認し、バスフリー状態のときにのみ開始条件を生成してください。
- 注2. バスの状態を確認し、バスビジー状態のときに再開条件または停止条件を生成してください。
- 注3. IICSTAREQ ビット、IICRSTAREQ ビット、IICSTPREQ ビットは、2つ以上を1にしないでください。
- 注4. 0のみを書いてください。1を書くと、その値は無視されます。
- 注5. IICSTIF フラグを0にしてから、各条件生成を行ってください。
- 注6. 1の状態にあるとき、0を書かないでください。本ビットが1の状態にあるとき0を書くと、条件生成が中断します。

IICSTAREQ ビット (開始条件生成)

開始条件の生成を行うときは、IICSTAREQ ビットを1にするとともに、IICSDAS[1:0] ビットと IICSCLS[1:0] ビットをそれぞれ 01b にしてください。

[1 になる条件]

- 1を書いたとき

[0 になる条件]

- 開始条件の生成が完了したとき

IICRSTAREQ ビット (再開条件生成)

再開条件の生成を行うときは、IICSDAS[1:0] ビットと IICSCLS[1:0] ビットをそれぞれ 01b にし、IICRSTAREQ ビットを1にしてください。

[1 になる条件]

- 1を書いたとき

[0 になる条件]

- 再開条件の生成が完了したとき

IICSTPREQ ビット (停止条件生成)

停止条件の生成を行うときは、IICSDAS[1:0] ビットと IICSCLS[1:0] ビットをそれぞれ 01b にし、IICSTPREQ ビットを 1 にしてください。

[1 になる条件]

- 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- 停止条件の生成が完了したとき

IICSTIF フラグ (開始/再開/停止条件生成完了フラグ)

各条件の生成後に、生成が完了したことを示します。IICSTAREQ ビット、IICRSTAREQ ビット、または IICSTPREQ ビットを用いて各条件の生成を行うときは、IICSTIF フラグを 0 にしてから生成を実行してください。

SCR.TEIE ビットで割り込み要求が許可されているとき、IICSTIF フラグが 1 の場合に STI 要求が出力されます。

[1 になる条件]

- 開始条件、再開条件、または停止条件の生成が完了したとき
本フラグが 0 になる条件と競合した場合は、0 になる条件が優先されます。

[0 になる条件]

- 本ビットに 0 を書き込んだとき (IICSTIF フラグが 0 であることを確認してください)
- SIMR1.IICM ビットに 0 を書き込んだとき (簡易 IIC モード以外の場合)
- SCR.TE ビットに 0 を書き込んだとき

IICSDAS[1:0] ビット (SDA 出力選択)

SDAn 端子からの出力を制御します。

IICSDAS[1:0] ビットと IICSCLS[1:0] ビットは同じ値にしてください。

IICSCLS[1:0] ビット (SCL 出力選択)

SCLn 端子からの出力を制御します。

IICSCLS[1:0] ビットと IICSDAS[1:0] ビットは同じ値にしてください。

29.2.24 I²C ステータスレジスタ (SISR)

アドレス SCI0.SISR 4007 000Ch, SCI1.SISR 4007 002Ch, SCI4.SISR 4007 008Ch, SCI9.SISR 4007 012Ch

| | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|-------------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | IICACK R |
| リセット後の値 | 0 | 0 | x | x | 0 | x | 0 | 0 |

x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------|-------------|-----------------------|-----|
| b0 | IICACKR | ACK受信データフラグ | 0: ACK受信 1: NACK受信 | R |
| b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b2 | — | 予約ビット | 読むと不定値が読めます。 | R |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b5-b4 | — | 予約ビット | 読むと不定値が読めます。 | R |
| b7-b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |

SISR レジスタは、簡易 IIC モードにおける状態をモニタするためのレジスタです。

IICACKR フラグ (ACK 受信データフラグ)

IICACKR フラグから、受信した ACK/NACK ビットを読み出すことができます。

IICACKR フラグは、ACK/NACK を受信するビットの SCLn クロックの立ち上がりのタイミングで更新されます。

29.2.25 SPI モードレジスタ (SPMR)

アドレス SCI0.SPMR 4007 000Dh, SCI1.SPMR 4007 002Dh, SCI4.SPMR 4007 008Dh, SCI9.SPMR 4007 012Dh

| | | | | | | | |
|---------|-------|----|-----|----|-----|------|-----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| CKPH | CKPOL | — | MFF | — | MSS | CTSE | SSE |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|-------|------------|---|-------------|
| b0 | SSE | SSn 端子機能有効 | 0 : SSn 端子機能は無効 1 : SSn 端子機能は有効 | R/W (注1) |
| b1 | CTSE | CTS 有効 | 0 : CTS 機能は無効 (RTS 出力機能は有効) 1 : CTS 機能は有効 | R/W (注1) |
| b2 | MSS | マスタスレーブ選択 | 0 : TXDn 端子は送信、RXDn 端子は受信 (マスタモード) 1 : TXDn 端子は受信、RXDn 端子は送信 (スレーブモード) | R/W (注1) |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | MFF | モードフォルトフラグ | 0 : モードフォルトエラーなし 1 : モードフォルトエラーあり | R/W (注2) |
| b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6 | CKPOL | クロック極性選択 | 0 : クロック極性反転なし 1 : クロック極性反転あり | R/W (注1) |
| b7 | CKPH | クロック位相選択 | 0 : クロック遅延なし 1 : クロック遅延あり | R/W (注1) |

- 注 1. SCR.TE ビットと SCR.RE ビットが0 (シリアル送信動作およびシリアル受信動作を禁止) の場合にのみ書き込み可能です。
注 2. フラグをクリアするため、0 を書き込むことのみ可能です。

SPMR レジスタは、調歩同期式モードおよびクロック同期式モードの拡張設定を選択するためのレジスタです。

SSE ビット (SSn 端子機能有効)

簡易 SPI モードで SSn 端子を用いて送受信制御を行うには、SSE ビットを1にしてください。他のすべてのモードでは0にしてください。マスタモード (SCR.CKE[1:0] = 00b および MSS = 0) 選択時にシングルマスタ構成が存在する場合は、送受信制御にマスタ側 SSn 端子は必要ありません。そのような場合は、SSE ビットを0にします。SSE ビットと CTSE ビットの両方を有効にしないでください (両方を有効にした場合、両ビットを0にしたときと同じ動作になります)。

CTSE ビット (CTS 有効)

SSn 端子を CTS 制御信号入力として用いて送受信制御を行う場合、本ビットを1にしてください。本ビットを0にした場合は RTS 信号が出力されます。スマートカードインタフェースモード、簡易 SPI モード、および簡易 IIC モードでは、本ビットを0にしてください。CTSE ビットと SSE ビットの両方を1にしないでください (両方を有効にした場合、両ビットを0にしたときと同じ動作になります)。

MSS ビット (マスタスレーブ選択)

簡易 SPI モードにおいて、マスタ動作またはスレーブ動作を選択します。MSS ビットを1にすると、TXDn 端子と RXDn 端子の機能が逆になり、データは TXDn 端子を介して受信され、RXDn 端子を介して送信されます。簡易 SPI モード以外では0にしてください。

MFF フラグ (モードフォルトフラグ)

モードフォルトエラーが発生したことを示します。マルチマスタ構成では、本フラグを読み出すことでモードフォルトエラーの発生を判定できます。

[1になる条件]

- 簡易 SPI モードでマスタモード (SSE ビット = 1 かつ MSS ビット = 0) の場合に、SSn 端子入力が Low になったとき

[0になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき

CKPOL ビット (クロック極性選択)

SCKn 端子からのクロック出力の極性を選択します。詳細は、[図 29.70](#) を参照してください。

簡易 SPI モードおよびクロック同期式モード以外では 0 としてください。

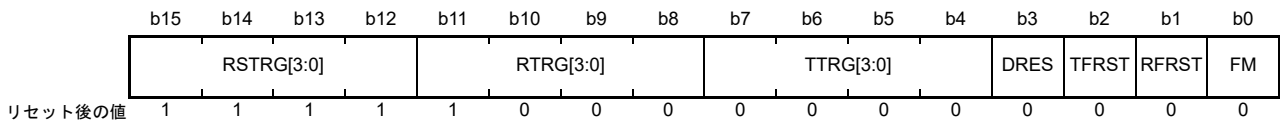
CKPH ビット (クロック位相選択)

SCKn 端子からのクロック出力の位相を選択します。詳細は、[図 29.70](#) を参照してください。

簡易 SPI モードおよびクロック同期式モード以外では 0 としてください。

29.2.26 FIFO コントロールレジスタ (FCR)

アドレス SCI0.FCR 4007 0014h, SCI1.FCR 4007 0034h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|------------|-------------------|---|-------------|
| b0 | FM | FIFOモード選択 | 調歩同期モード（マルチプロセッサを含む）またはクロック同期モードでのみ有効です。 0：非FIFOモード 通信にはTDR/RDRまたはTDRHL/RDRHLレジスタが選択されます。 1：FIFOモード 通信にはFTDRHL/FRDRHLレジスタが選択されます。 | R/W (注1) |
| b1 | RFRST | 受信FIFOデータレジスタリセット | FCR.FM = 1の場合にのみ有効です。 0：FRDRHLレジスタをリセットしない 1：FRDRHLレジスタをリセットする | R/W |
| b2 | TFRST | 送信FIFOデータレジスタリセット | FCR.FM = 1の場合にのみ有効です。 0：FTDRHLレジスタをリセットしない 1：FTDRHLレジスタをリセットする | R/W |
| b3 | DRES | 受信データレディエラー選択 | 受信データレディ検出時に割り込み要求を選択します。 0：受信データフル割り込み (SCIn_RXI) 1：受信エラー割り込み (SCIn_ERI) | R/W |
| b7-b4 | TTRG[3:0] | 送信FIFOデータトリガ数 | 調歩同期モード（マルチプロセッサを含む）またはクロック同期モードでのみ有効です。 0000：トリガ数0 : 1111：トリガ数15 | R/W |
| b11-b8 | RTRG[3:0] | 受信FIFOデータトリガ数 | 調歩同期モード（マルチプロセッサを含む）またはクロック同期モードでのみ有効です。 0000：トリガ数0 : 1111：トリガ数15 | R/W |
| b15-b12 | RSTRG[3:0] | RTS出力アクティブトリガ数選択 | 調歩同期モード（マルチプロセッサを含む）またはクロック同期モードにおいて、FCR.FM = 1、SPMR.CTSE = 0、およびSPMR.SSE = 0の場合にのみ有効です。 0000：トリガ数0 : 1111：トリガ数15 | R/W |

注1. TEビット=0かつREビット=0の場合にのみ書き込み可能です。

FCRレジスタは、FIFOモードの選択、FTDRHL/FRDRHLレジスタのリセット、送受信FIFOデータトリガ数の選択、およびRTS出力アクティブトリガ数の選択を行います。

FMビット (FIFOモード選択)

FMビットを1にすると、通信にはFTDRHLとFRDRHLが選択されます。FMビットを0にすると、通信にはTDRとRDR、またはTDRHLとRDRHLが選択されます。

RFRSTビット (受信FIFOデータレジスタリセット)

RFRSTビットを1にすると、FRDRHLレジスタがリセットされ、受信データ数は0にリセットされます。本ビットは、1を書き込んでから1PCLK経過後に0になります。

TFRST ビット (送信 FIFO データレジスタリセット)

TFRST ビットを 1 にすると、FTDRHL レジスタがリセットされ、送信データ数は 0 にリセットされます。本ビットは、1 を書き込んでから 1PCLK 経過後 0 になります。

DRES ビット (受信データレディエラー選択)

受信データレディエラー検出時、DRES ビットは、SCI_{In}_RXI 割り込み要求または SCI_{In}_ERI 割り込み要求を選択します。DMAC または DTC の開始、および FRDRH レジスタまたは FRDRL レジスタの読み出しを行う場合に DRES ビットを 1 にします。

TTRG[3:0] ビット (送信 FIFO データトリガ数)

送信 FIFO データレジスタ (FTDRHL) 内の送信データ数が指定された送信トリガ数以下の場合、TDFE フラグが 1 になり、ソフトウェアによる FTDRHL レジスタへのデータ書き込みが可能になります。SCR.TIE = 1 であれば、SCI_{In}_TXI 割り込み要求が発生しています。

RTRG[3:0] ビット (受信 FIFO データトリガ数)

受信 FIFO データレジスタ (FRDRHL) 内の受信データ数が指定された受信トリガ数以上の場合、RDF フラグが 1 になり、ソフトウェアによる FRDRHL レジスタからのデータ読み出しが可能になります。SCR.RIE = 1 であれば、SCI_{In}_RXI 割り込み要求が発生しています。RTRG が 0 の場合は、受信 FIFO 内のデータ数が 0 であっても、RDF フラグはセットされません。また、SCI_{In}_RXI 割り込みは発生しません。

RSTRG[3:0] ビット (RTS 出力アクティブトリガ数選択)

受信 FIFO データレジスタ (FRDRHL) に格納された受信データ数が指定された受信トリガ数以上の場合、RTS 信号は High 状態になります。RSTRG が 0 の場合は、受信 FIFO 内のデータ数が 0 であっても、RTS 信号は High 状態になりません。

29.2.27 FIFO データ数レジスタ (FDR)

アドレス SCI0.FDR 4007 0016h, SCI1.FDR 4007 0036h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|--------|-----|-----|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | T[4:0] | | | | — | — | — | R[4:0] | | | | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|--------|--------------|---|-----|
| b4-b0 | R[4:0] | 受信 FIFO データ数 | FRDRHL レジスタに格納された受信データ数を示します (調歩同期モード (マルチプロセッサを含む) またはクロック同期モードにおいて、FCR.FM = 1 の場合にのみ有効です)。 | R |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。 | R |
| b12-b8 | T[4:0] | 送信 FIFO データ数 | FTDRHL レジスタに格納された未送信データ数を示します (調歩同期モード (マルチプロセッサを含む) またはクロック同期モードにおいて、FCR.FM = 1 の場合にのみ有効です)。 | R |
| b15-b13 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。 | R |

このレジスタは、FRDRHL/FTDRHL レジスタに格納されたデータ数を示します。

R[4:0] ビット (受信 FIFO データ数)

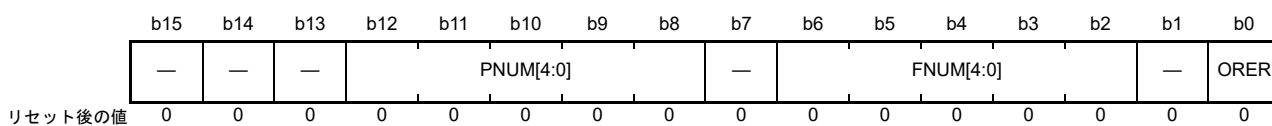
FRDRHL レジスタに格納された受信データ数を示します。値 00h は受信データがないことを意味します。また、値 10h は最大数の受信データが FRDRHL レジスタに格納されていることを意味します。

T[4:0] ビット (送信 FIFO データ数)

FTDRHL レジスタに格納された未送信データ数を示します。値 00h は送信データがないことを意味します。また、値 10h は全送信データ (最大数) が FTDRHL レジスタに格納されていることを意味します。

29.2.28 ラインステータスレジスタ (LSR)

アドレス SCI0.LSR 4007 0018h, SCI1.LSR 4007 0038h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|--------------|--|-----------|
| b0 | ORER | オーバーランエラーフラグ | 調歩同期式モード（マルチプロセッサを含む）またはクロック同期式モードにおいて、FIFO選択時にのみ有効です。 0：オーバーランエラーの発生なし 1：オーバーランエラーの発生あり | R (注1) |
| b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b6-b2 | FNUM[4:0] | フレーミングエラー数 | 受信FIFOデータレジスタ（FRDRHL）に格納された受信データの中でフレーミングエラーを含むデータ数を示します。 | R |
| b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b12-b8 | PNUM[4:0] | パリティエラー数 | 受信FIFOデータレジスタ（FRDRHL）に格納された受信データの中でパリティエラーを含むデータ数を示します。 | R |
| b15-b13 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |

注1. 本フラグが1の場合は、SSR_FIFO.ORERに0を書き込んでクリアしてください。

LSRレジスタは、受信エラーのステータスを示すためのレジスタです。

ORER ビット (オーバーランエラーフラグ)

SSR_FIFO.ORER の値を反映します。

FNUM[4:0] ビット (フレーミングエラー数)

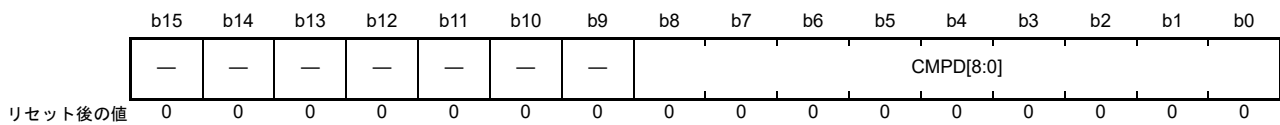
FRDRHL レジスタに格納されたフレーミングエラーを含むデータ数を示します。

PNUM[4:0] ビット (パリティエラー数)

FRDRHL レジスタに格納されたパリティエラーを含むデータ数を示します。

29.2.29 コンペアマッチデータレジスタ (CDR)

アドレス SCI0.CDR 4007 001Ah, SCI1.CDR 4007 003Ah, SCI4.CDR 4007 009Ah, SCI9.CDR 4007 013Ah



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|-----------|------------|----------------------------|-----|
| b8-b0 | CMPD[8:0] | コンペアマッチデータ | アドレス一致ウェイクアップ機能用の比較データパターン | R/W |
| b15-b9 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

CDR レジスタは、アドレス一致検出機能を設定するためのレジスタです。

CMPD[8:0] ビット (コンペアマッチデータ)

アドレス一致検出機能が有効 (DCCR.DCME = 1) のとき、アドレス一致検出機能で受信データと比較するデータを設定します。

3種類のビット長から1つ選択できます。

- 7ビット長の CMPD[6:0]
- 8ビット長の CMPD[7:0]
- 9ビット長の CMPD[8:0]

29.2.30 データコンペアマッチコントロールレジスタ (DCCR)

アドレス SCI0.DCCR 4007 0013h, SCI1.DCCR 4007 0033h, SCI4.DCCR 4007 0093h, SCI9.DCCR 4007 0133h

| | | | | | | | |
|---------|-------|----|------|------|----|----|------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| DCME | IDSEL | — | DFER | DPER | — | — | DCMF |
| リセット後の値 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|------------------------|--|---------------|
| b0 | DCMF | データコンペアマッチフラグ | 0 : 不一致 1 : 一致 | R/(W) (注1) |
| b2-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b3 | DPER | データコンペアマッチパリティエラーフラグ | 0 : パリティエラーの発生なし 1 : パリティエラーの発生あり | R/(W) (注1) |
| b4 | DFER | データコンペアマッチフレーミングエラーフラグ | 0 : フレーミングエラーの発生なし 1 : フレーミングエラーの発生あり | R/(W) (注1) |
| b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6 | IDSEL | IDフレーム選択 | 調歩同期式モード (マルチプロセッサを含む) でのみ有効です。 0 : MPB ビット値とは無関係に、常にデータを比較する 1 : MPB ビットが1 (IDフレーム) のデータを比較する | R/W |
| b7 | DCME | データコンペアマッチ有効 | 調歩同期式モード (マルチプロセッサを含む) でのみ有効です。 0 : アドレス一致検出機能は無効 1 : アドレス一致検出機能は有効 | R/W |

注1. フラグをクリアするため、1を読み出した後に0を書き込むことのみ可能です。

DCCR レジスタは、アドレス一致検出機能を制御するためのレジスタです。

DCMF フラグ (データコンペアマッチフラグ)

SCIによって受信データと比較データ (CDR.CMPD) の一致が検出されたことを示します。

[1になる条件]

- DCCR.DCME = 1 の状態で、受信データが比較データ (CDR.CMPD) と一致したとき

[0になる条件]

- 1を読んだ後、0を書いたとき

シリアルコントロールレジスタ (SCR) の RE ビットを0にしても、DCMF フラグは影響を受けず、以前の状態を保持します。

DPER フラグ (データコンペアマッチパリティエラーフラグ)

アドレス一致検出 (受信データの一致検出) 時に、パリティエラーが発生したことを示します。

[1になる条件]

- アドレス一致が検出されたフレームでパリティエラーが検出されるとき

[0になる条件]

- 1を読んだ後、0を書いたとき

SCR.RE ビットを0 (シリアル受信動作を禁止) にしても、DPER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

DFER フラグ (データコンペアマッチフレーミングエラーフラグ)

アドレス一致検出 (受信データ的一致検出) 時に、フレーミングエラーが発生したことを示します。

[1 になる条件]

- アドレス一致が検出されたフレームにおいてストップビットが 0 のとき
- 2 ストップモードにおいて、ストップビットの 1 ビット目のみが 1 であるかチェックされ、2 ビット目はチェックされないとき

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき

SCR.RE ビットを 0 (シリアル受信動作を禁止) にしても、DFER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

IDSEL ビット (ID フレーム選択)

アドレス一致検出機能が有効な場合、MPB ビットの値とは無関係に比較を行うか、または MPB ビット = 1 (ID フレーム) の場合にのみ比較を行うかを選択します。

DCME ビット (データコンペアマッチ有効)

アドレス一致検出機能 (データコンペアマッチ機能) を使用するか否かを選択します。

SCI によって受信データと比較データ (CDR.CMPD) の一致が検出された場合、DCME は自動的にクリアされ、その後、SCI は通常のデータコンペアマッチ機能なしの受信モードで動作します。[29.3.6 アドレス一致 \(受信データ一致\) 検出機能](#)を参照してください。

調歩同期式モード以外では、書き込み値は 0 にしてください。

29.2.31 シリアルポートレジスタ (SPTR)

アドレス SCI0.SPTR 4007 001Ch, SCI1.SPTR 4007 003Ch, SCI4.SPTR 4007 009Ch, SCI9.SPTR 4007 013Ch

| | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|--------|--------|--------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | SPB2IO | SPB2DT | RXDMON |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|------------------|--|-----|
| b0 | RXDMON | シリアル入力データモニタ | RXD端子の状態を示します。 0: RXD端子はLow 1: RXD端子はHigh | R |
| b1 | SPB2DT | シリアルポートブ레이크データ選択 | SCR.TE = 0の場合、TXD端子の出力レベルを選択します。 0: TXD端子はLow出力 1: TXD端子はHigh出力 | R/W |
| b2 | SPB2IO | シリアルポートブ레이크入出力 | TXD端子へSPB2DTの値を出力するか否かを選択します。 0: SPB2DTビットの値をTXD端子に出力しない 1: SPB2DTビットの値をTXD端子に出力する | R/W |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

SPTRレジスタは、シリアル受信端子 (RXDn 端子) の状態を確認し、送信端子 (TXDn 端子) の状態を設定するためのレジスタです。

このレジスタは調歩同期式モードでのみ使用可能です。

表 29.21 に示すように、TXDn 端子の状態は、SCR.TE、SPTR.SPB2IO、および SPTR.SPB2DT の各ビット設定値の組み合わせで決定されます。

表 29.21 TXDn 端子の状態

| SCR.TE ビット値 | SPTR.SPB2IO ビット値 | SPTR.SPB2DT ビット値 | TXDn 端子の状態 |
|-------------|------------------|------------------|---------------|
| 0 | 0 | x | Hi-Z (初期値) |
| 0 | 1 | 0 | Low を出力 |
| 0 | 1 | 1 | High を出力 |
| 1 | x | x | シリアル送信データ を出力 |

x: Don't care

注. SPTRレジスタは調歩同期式モードでのみ使用してください。本レジスタを他のモードで使用した場合の動作は保障されません。

29.3 調歩同期式モードの動作

調歩同期式シリアル通信の一般的なデータフォーマットを、[図 29.2](#) に示します。

1 フレームは、スタートビット (Low) で始まり、送受信データ、パリティビット、ストップビット (High) の順に構成されます。

調歩同期式シリアル通信では、通信していないときの通信回線はマーク状態 (High) に保たれています。

SCI は通信回線を監視しています。Low を検出すると、スタートビットとみなしてシリアル通信を開始します。

SCI 内部では送信部と受信部は独立しており、全二重通信が可能です。また、送信部と受信部はどちらも FIFO モードに加えてダブルバッファ構成になっているため、送受信中でもデータの読み出し/書き込みが可能であり、連続送受信動作が実現されます。

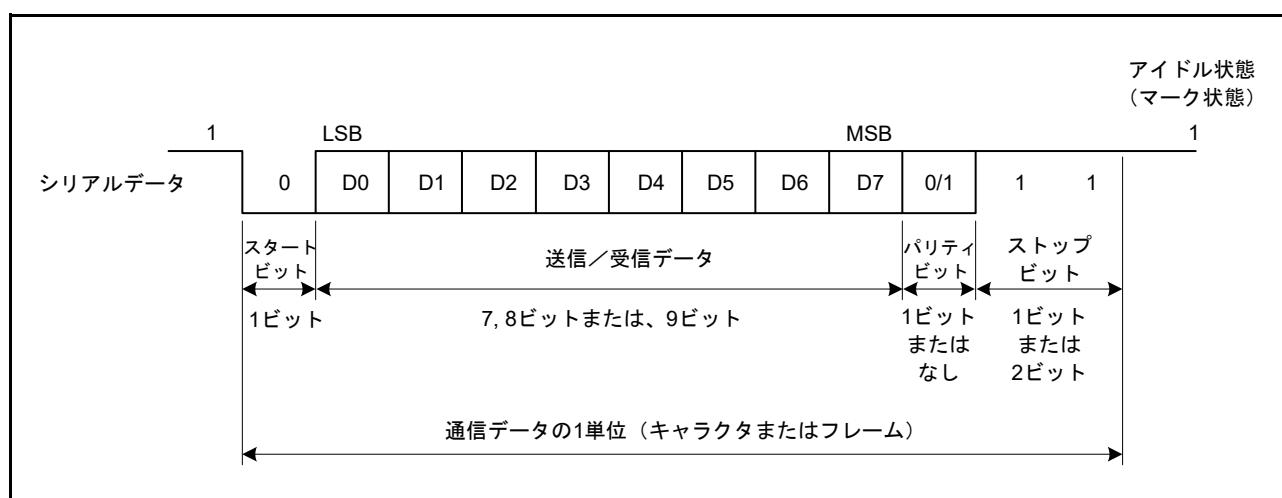


図 29.2 調歩同期式シリアル通信のデータフォーマット
(8 ビットデータ/パリティあり/2 ストップビットの場合)

29.3.1 シリアル転送フォーマット

調歩同期式モードで設定できるシリアル転送フォーマットを表 29.22 に示します。

フォーマットは 18 種類あり、SMR レジスタおよび SCMR レジスタの設定で選択できます。マルチプロセッサ機能の詳細については、29.4 マルチプロセッサ通信機能を参照してください。

表 29.22 シリアル転送フォーマット (調歩同期式モード) (1/2)

| SCMR の設定 値 | SMRの設定値 | | | | シリアル転送フォーマットとフレーム長 | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------|-----|----|----|--------------------|---|---------|---|---|---|---|---|------|------|------|------|------|
| | CHR1 | CHR | PE | MP | STOP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | S | 9ビットデータ | | | | | | | | STOP | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | S | 9ビットデータ | | | | | | | | STOP | | STOP |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | S | 9ビットデータ | | | | | | | | P | STOP | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | S | 9ビットデータ | | | | | | | | P | STOP | STOP |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | S | 8ビットデータ | | | | | | | STOP | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | S | 8ビットデータ | | | | | | | STOP | STOP | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | S | 8ビットデータ | | | | | | | P | STOP | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | S | 8ビットデータ | | | | | | | P | STOP | STOP | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | S | 7ビットデータ | | | | | | STOP | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | S | 7ビットデータ | | | | | | STOP | STOP | | | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | S | 7ビットデータ | | | | | | P | STOP | | | |

表 29.22 シリアル転送フォーマット (調歩同期式モード) (2/2)

| SCMR の設定 値 | SMRの設定値 | | | | シリアル転送フォーマットとフレーム長 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------|-----|----|----|--------------------|---|---------|---|---|---|---|---|---|-----|------|------|------|------|--|--|--|--|
| | CHR1 | CHR | PE | MP | STOP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | S | 7ビットデータ | | | | | | | P | STOP | STOP | | | | | | |
| 0 | 0 | — | 1 | 0 | 0 | S | 9ビットデータ | | | | | | | | | MPB | STOP | | | | | |
| 0 | 0 | — | 1 | 1 | 0 | S | 9ビットデータ | | | | | | | | | MPB | STOP | STOP | | | | |
| 1 | 0 | — | 1 | 0 | 0 | S | 8ビットデータ | | | | | | | | MPB | STOP | | | | | | |
| 1 | 0 | — | 1 | 1 | 0 | S | 8ビットデータ | | | | | | | | MPB | STOP | STOP | | | | | |
| 1 | 1 | — | 1 | 0 | 0 | S | 7ビットデータ | | | | | | | MPB | STOP | | | | | | | |
| 1 | 1 | — | 1 | 1 | 0 | S | 7ビットデータ | | | | | | | MPB | STOP | STOP | | | | | | |

S : スタートビット
 STOP : ストップビット
 P : パリティビット
 MPB : マルチプロセッサビット

29.3.2 調歩同期式モードの受信データサンプリングタイミングと受信マージン

調歩同期式モードでは、SCIはビットレートの16倍(注1)の周波数の基本クロックで動作します。

受信時はスタートビットの立ち下がり基本クロックでサンプリングして内部を同期化します。

また、図29.3に示すように、受信データは基本クロックの8パルス目(注1)の立ち上がりエッジでサンプリングされるため、各ビットの途中でデータが取り込まれます。調歩同期式モードでの受信マージンは以下の式(1)のように表すことができます。

$$M = \left| \left(0.5 - \frac{1}{2N} \right) - (L - 0.5) F - \frac{|D - 0.5|}{N} (1 + F) \right| \times 100 [\%] \cdots \text{式 (1)}$$

M: 受信マージン

N: クロックに対するビットレートの比

(SEMR.ABCSEビット=0かつSEMR.ABCSビット=0のときN=16、

SEMR.ABCSビット=1のときN=8、SEMR.ABCSEビット=1のときN=6)

D: クロックのデューティ (D=0.5~1.0)

L: フレーム長 (L=9~13)

F: クロック周波数の偏差の絶対値

式(1)で、F(クロック周波数の偏差の絶対値)=0、D(クロックのデューティ)=0.5とすると、受信マージンは次式で算出されます。

$$M = \{0.5 - 1/(2 \times 16)\} \times 100 (\%) = 46.875\%$$

ただし、これはあくまでも計算上の値なので、システム設計の際には20~30%の余裕を持たせてください。

注1. この例では、SEMRレジスタのABCSビットとABCSEビットが0です。ABCSビットが1でABCSEビットが0の場合は、ビットレートの8倍の周波数が基本クロックとなり、受信データは基本クロックの4パルス目の立ち上がりエッジでサンプリングされます。ABCSEビットが1の場合は、ビットレートの6倍の周波数が基本クロックとなり、受信データは基本クロックの3パルス目の立ち上がりエッジでサンプリングされます。

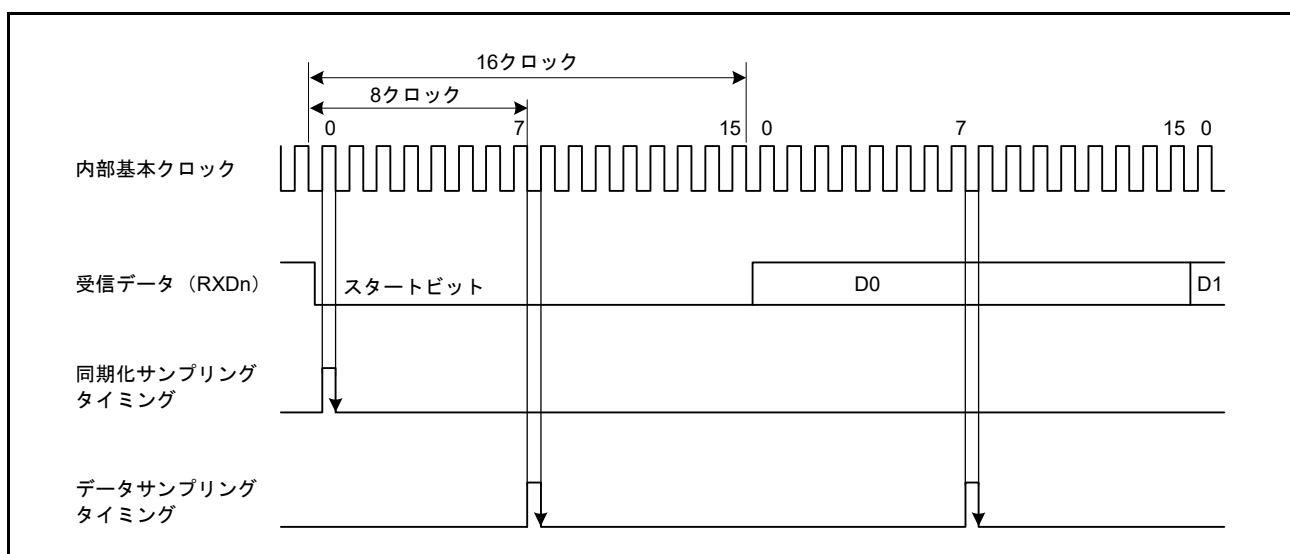


図 29.3 調歩同期式モードでの受信データのサンプリングタイミング

29.3.3 クロック

SCI 送受信クロックには、SMR.CM ビットと SCR.CKE[1:0] ビットの設定により、内蔵ポーレートジェネレータが生成する内部クロック、SCKn 端子に入力される外部クロックのいずれかを選択できます。

外部クロックを使用する場合は、SCKn 端子にビットレートの 16 倍 (SEMR.ABCS ビット=0 のとき)、または 8 倍 (SEMR.ABCS ビット=1 のとき) の周波数のクロックを入力する必要があります。

内部クロックで動作させるときは、SCKn 端子からクロックを出力させることができます。このとき出力されるクロックの周波数はビットレートと等しく、位相は図 29.4 のようになるため、送信データの間でクロックが立ち上がります。

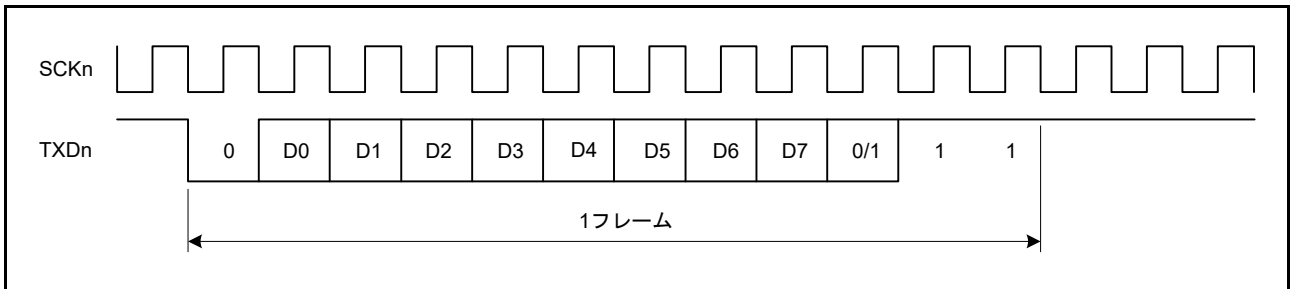


図 29.4 出力クロックと送信データの位相関係
(調歩同期式モード : SMR.CHR = 0、PE = 1、MP = 0、STOP = 1)

29.3.4 倍速動作とビットレートの 6 倍の周波数

SEMR.ABCS ビットを 1 にして、1 ビット期間として基本クロックの 8 パルスを選択した場合、ABCS ビットが 0 の場合に比べて、SCI は 2 倍のビットレートで動作します。SEMR.BGDM ビットが 1 になっていると、基本クロックの周期は 1/2 倍になり、ビットレートは BGDM ビットが 0 の場合の 2 倍になります。SCR.CKE[1] ビットを 0 にして、内蔵ポーレートジェネレータを選択した場合、ABCS ビットと BGDM ビットを 1 にすることにより、ABCS ビットと BGDM ビットが 0 の場合に比べて、SCI は 4 倍のビットレートで動作できるようになります。SEMR.ABCSE ビットが 1 になっている場合、基本クロックのパルス数は 1 ビット期間中 6 になり、SEMR.ABCS、SEMR.BGDM、および SEMR.ABCSE が 0 の場合に比べて、SCI は 16/3 倍のビットレートで動作します。

29.3.2 調歩同期式モードの受信データサンプリングタイミングと受信マージンの式 (1) に示すとおり、SEMR.ABCS ビットまたは SEMR.ABCSE ビットが 1 の場合、受信マージンは減少します。そのため、ABCS ビットまたは ABCSE ビットが 0 の状態で、目的とするビットレートが達成できるのであれば、ABCS ビットと ABCSE ビットを 0 にして SCI を使用することが推奨されます。

29.3.5 CTS、RTS 機能

CTS 機能は、CTS_n_RTS_n 端子入力を使用して送信制御を行います。SPMR.CTSE ビットを 1 にすると、CTS 機能が有効になります。CTS 機能が有効な場合、CTS_n_RTS_n 端子入力が Low になると送信が開始されます。

送信中に CTS_n_RTS_n 端子入力を High にしても、送信中のフレームは影響を受けません。

RTS 機能は、CTS_n_RTS_n 端子出力を使用して受信要求を行います。受信可能な状態になると Low が出力されます。出力が Low になる条件および High になる条件は以下のとおりです。

[Low になる条件]

(a) 非 FIFO 選択時に、下記条件がすべて満たされたとき

- SCR.RE ビットが 1
- 受信動作中ではない
- 読み出し前の受信データがない
- SSR レジスタの ORER、FER、PER フラグがすべて 0

(b) FIFO 選択時に、下記条件がすべて満たされたとき

- SCR.RE ビットが 1
- FRDRHL に書き込まれた受信データ数が指定された受信トリガ数以下
- SSR_FIFO.ORER フラグ (FRDRH.ORER フラグ) が 0

[High になる条件]

(a) 非 FIFO 選択時に、下記条件がすべて満たされたとき

- Low になる条件を満たさない場合
- 受信完了後に RDR レジスタを読み出すことなく、SCR.RE = 0 によって受信を終了させた場合、RTS は High を維持します。このとき、SCR.RE に 0 を書き込んだ後に SCR レジスタをダミーリードしてください。

(b) FIFO 選択時

- Low になる条件を満たさない場合

29.3.6 アドレス一致（受信データ一致）検出機能

アドレス一致検出機能は、調歩同期式モードでのみ使用可能です。

DCCR.DCME ビットが1 (注4) の場合、1 フレーム分のデータを受信すると、SCIは受信データと CDR.CMPD ビットの値を比較します。SCIによって受信データと比較データ (CDR.CMPD (注3)) の一致が検出された場合、SCI_{In}_RXI 割り込み要求を発生させることができます。

SMR.MP ビットが0 の場合は、受信フォーマットの有効データのみが比較対象になります。マルチプロセッサモード (SMR.MP=1) では、DCCR.IDSEL ビットが1 の場合、MPB ビット=1 の受信データがアドレス一致の比較対象となります。MPB ビット=0 の受信データは、常に不一致として処理されます。

DCCR.IDSEL ビットが0 の場合、SCIは受信データのMPB ビット値にかかわらず、アドレス一致または不一致の検出を実行します。受信データと比較データ (CDR.CMPD (注3)) の一致が検出されるまで、受信データが読み飛ばされる (廃棄される) ので、SCIはパリティエラーもフレーミングエラーも検出することができません。SCIが一致を検出すると、DCCR.DCME ビットは自動的にクリアされ、DCCR.DCMF フラグは1になります。

DCCR.IDSEL ビットが1であれば、SCR.MPIE ビットが自動的にクリアされます。また、DCCR.IDSEL ビットが0であれば、SCR.MPIE ビットの値が保持されます。SCR.RIE ビットが1になっていると、SCIはSCI_{In}_RXI 割り込み要求を発行します。一致が検出された受信データに対して、SCIがフレーミングエラーを検出すると、DCCR.DFER フラグが1になります。また、そのフレームにパリティエラーを検出すると、DCCR.DPER フラグが1になります。比較された受信データはRDR レジスタ (注1) に格納されません。また、SSR.RDRF フラグは0を保持します。(注2)

SCIが一致を検出すると、DCCR.DCME ビットは自動的にクリアされ、現在のレジスタ設定に基づいて、SCIは次のデータを連続して受信します。

DCCR.DFER フラグまたはDCCR.DPER フラグが1の状態では、アドレス一致検出は実行されません。アドレス一致検出機能を有効にする場合は、事前にDCCR.DFER フラグとDCCR.DPER フラグを0にしてください。

アドレス一致検出機能の例を図 29.5 および図 29.6 に示します。

- 注 1. FCR.FM = 1 の場合、これはFRDRHL レジスタになります。
- 注 2. FCR.FM = 1 の場合、これはSSR_FIFO.RDF フラグになります。
- 注 3. 比較対象は、3種類のビット長 (7ビット長のCMPD[6:0]、8ビット長のCMPD[7:0]、または9ビット長のCMPD[8:0]) から1つ選択できます。
- 注 4. アドレス一致検出を実行する受信フレームのスタートビットを受信する前に、DCCR.DCME ビットを1にしてください。

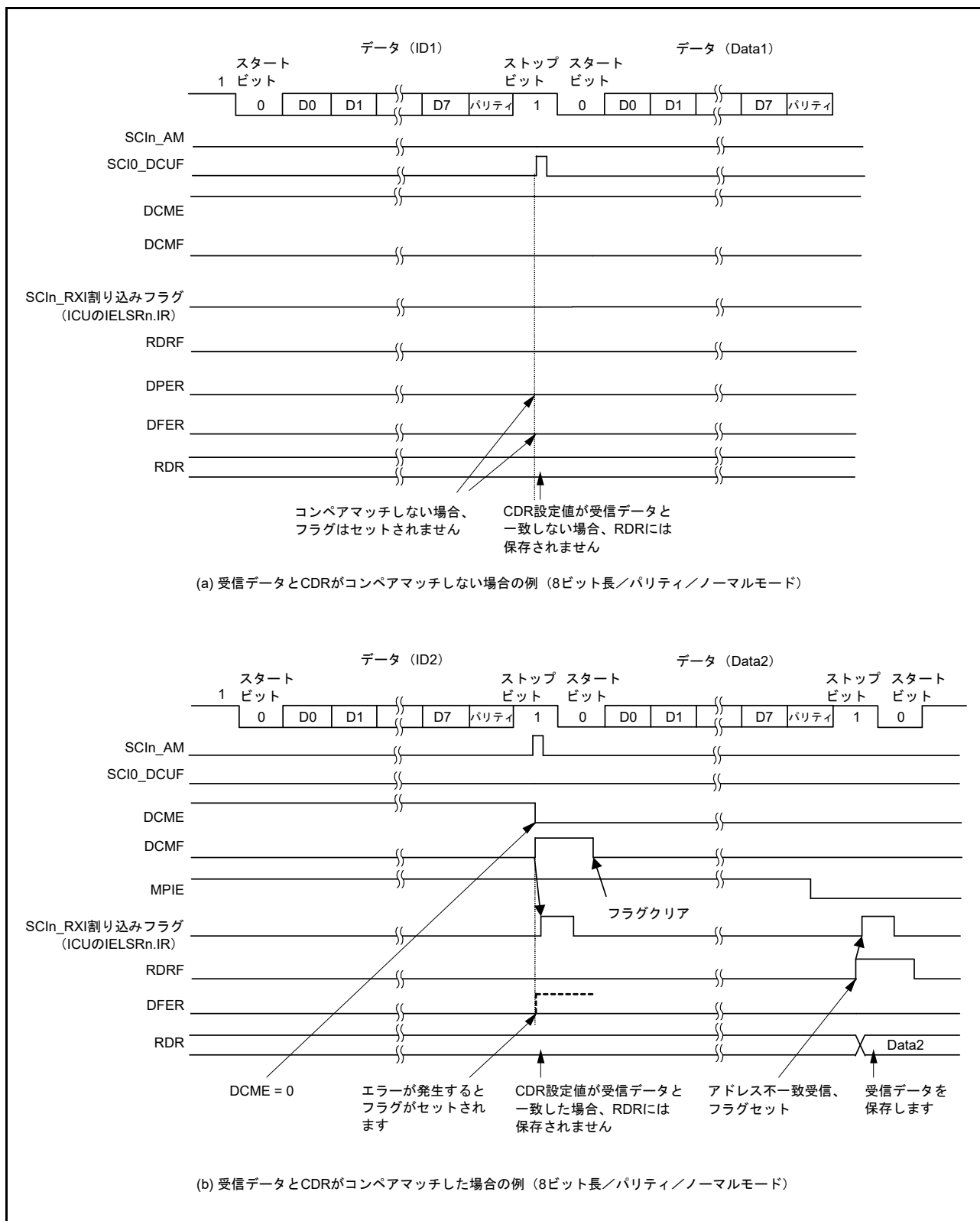


図 29.5 アドレス一致検出の例 (1) (通常モード)

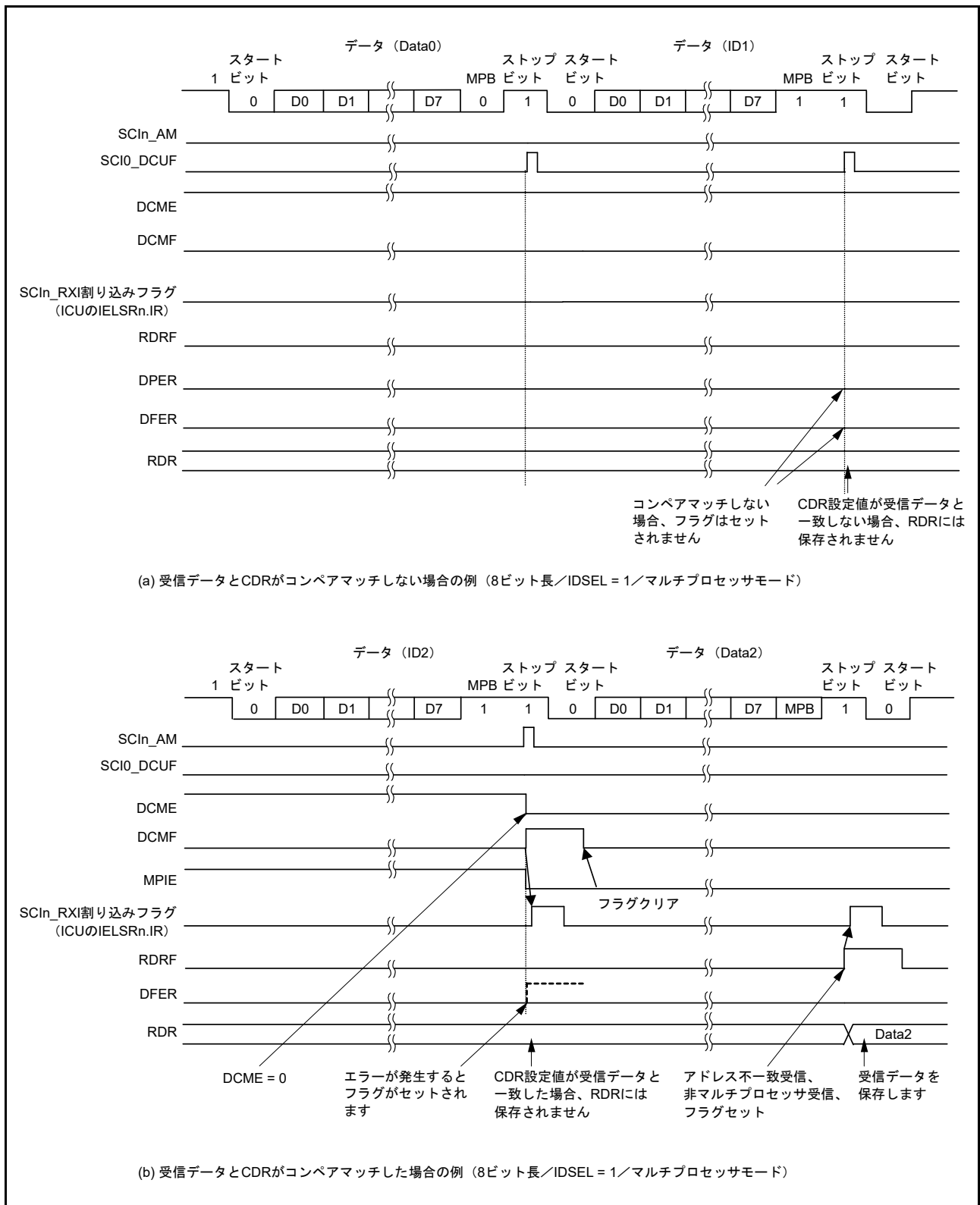


図 29.6 アドレス一致検出の例 (2) (マルチプロセッサモード)

29.3.7 SCIの初期化（調歩同期式モード）

データを送受信する前に、最初に SCR レジスタに初期値 00h を書き込み、次に図 29.7 および図 29.8 のフローチャートに従って SCI の設定（非 FIFO 選択時または FIFO 選択時）を続けてください。動作モードまたは通信フォーマットを変更する場合も、かならず SCR を初期値にしてから変更してください。

調歩同期式モードで外部クロックを使用する場合は、初期化の間も含めてクロックを供給してください。

- 注． SCR.RE ビットを 0 にしても、SSR レジスタまたは SSR_FIFO レジスタの ORER フラグ、FER フラグ、RDRF フラグ、RDF フラグ、PER フラグ、および DR フラグは初期化されません。また、RDR レジスタと RDRHL レジスタも初期化されません。SCR.TE ビットが 0 の場合、選択した FIFO バッファに対する TEND フラグは初期化されません。
- 注． SCR.TIE ビットが 1 の状態で、SCR.TE ビットを 1 から 0、または 0 から 1 に変更すると、SCI_n_TXI 割り込み要求が発生します。

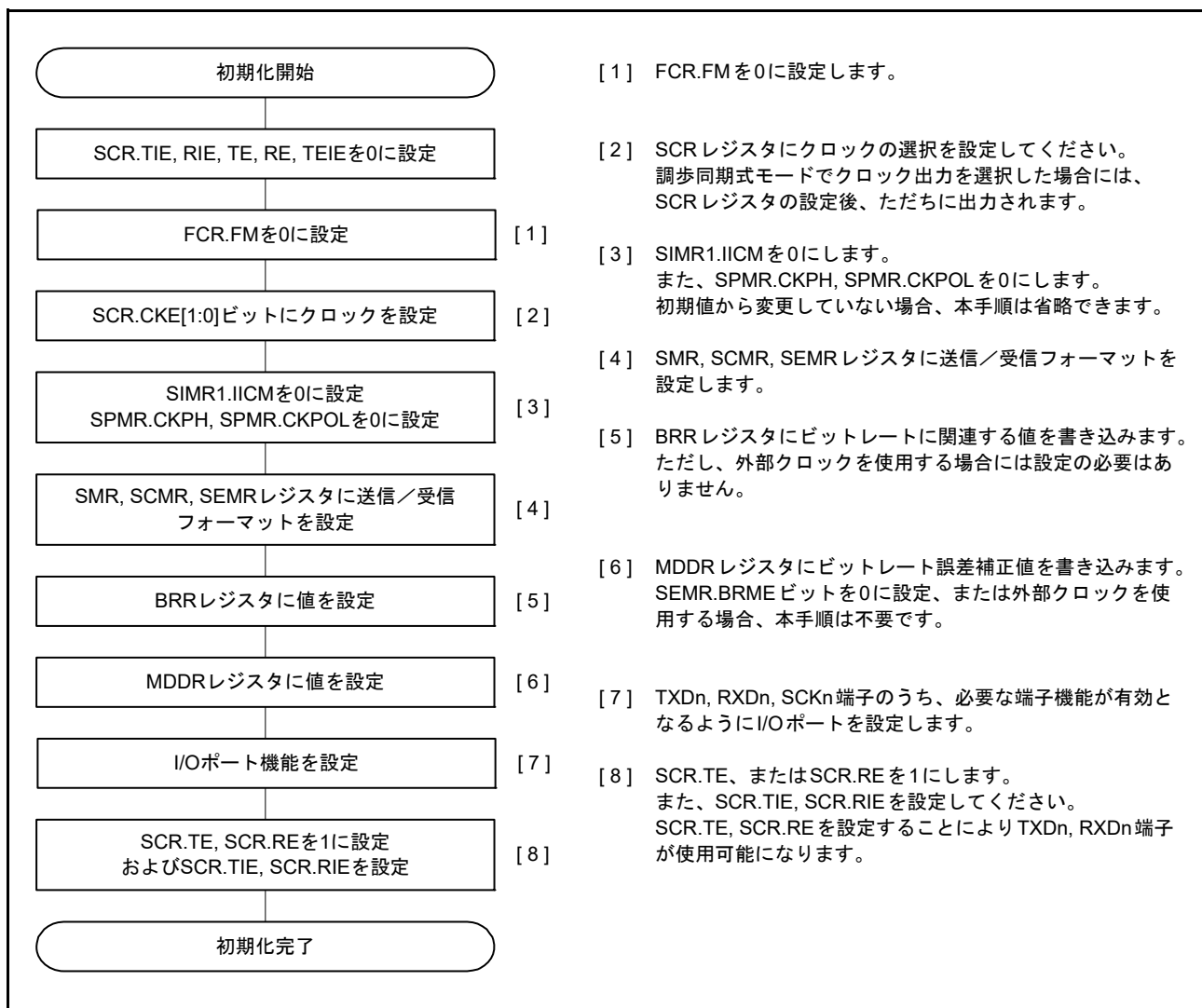


図 29.7 調歩同期式モードにおける SCI の初期化フローチャート例（非 FIFO 選択時）

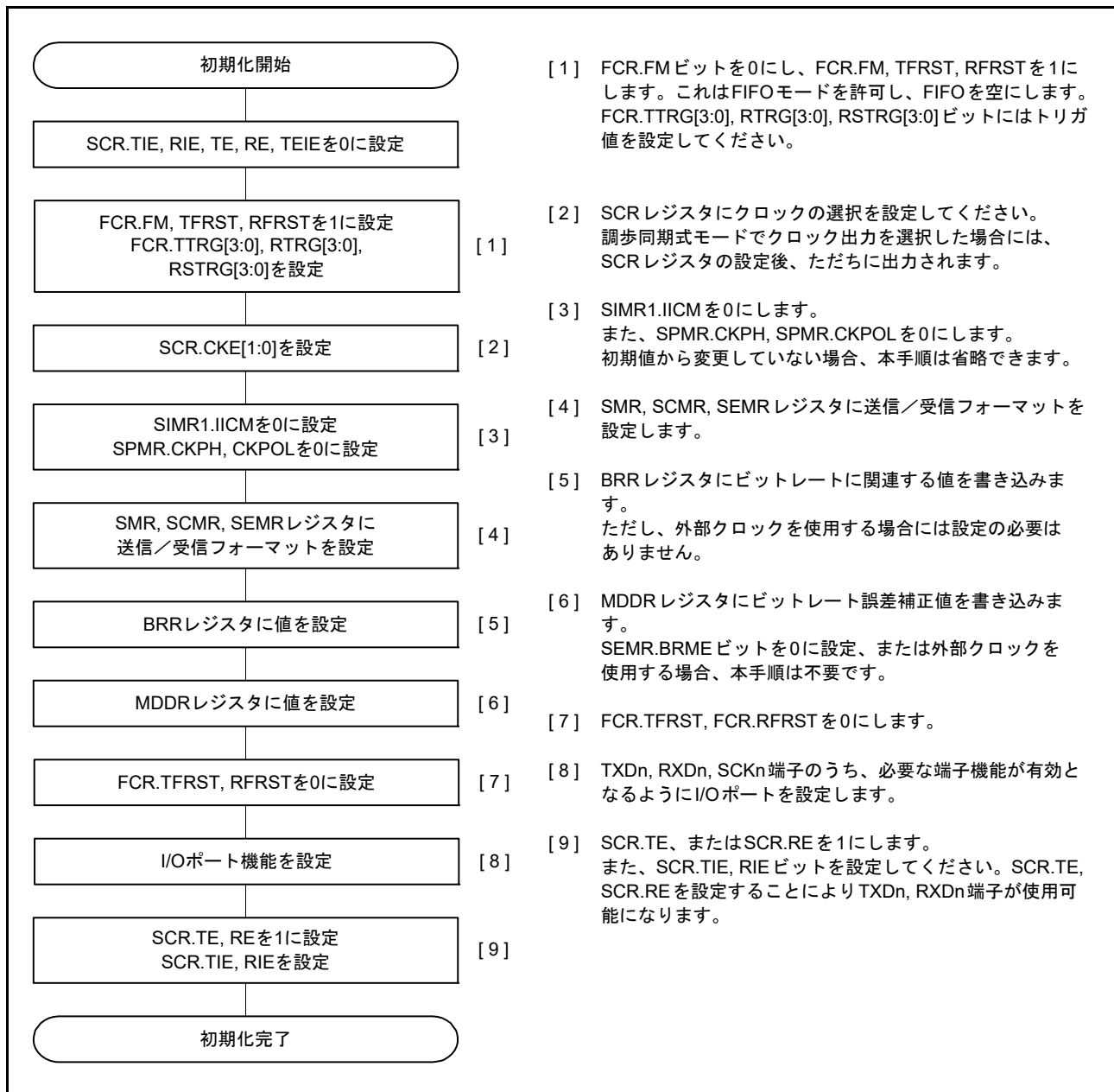


図 29.8 調歩同期式モードにおけるSCIの初期化フローチャート例 (FIFO選択時)

29.3.8 シリアルデータの送信 (調歩同期式モード)

(1) 非 FIFO 選択時

図 29.9、図 29.10、および図 29.11 に、調歩同期式モードにおけるシリアル送信の動作例を示します。

本節では、シリアルデータ送信時の SCI の動作について説明します。SCR.TE ビットが 1 の場合、1 フレーム (プリアンブル) 分の High レベルが TXD 端子に出力されます。

1. SCIn_TXI 割り込み処理ルーチンで TDR レジスタ (注1) にデータが書き込まれると、SCI は TDR レジスタ (注1) から TSR レジスタへデータを転送します。
なお、送信開始時の SCIn_TXI 割り込み要求は、SCR.TE ビットと SCR.TIE ビットを 1 命令で同時に 1 にすることで発生します。
2. SPMR.CTSE ビットが 0 (CTS 機能は無効) であるか、または CTSn_RTSn 端子入力が Low であると、TDR レジスタ (注1) から TSR レジスタへデータが転送され、送信が開始されます。このとき、SCR.TIE ビットが 1 になっていると、SCIn_TXI 割り込み要求が発生します。この SCIn_TXI 割り込み処理ルーチンにおいて、現在のデータ送信が終了する前に、TDR レジスタ (注1) に次の送信データを書き込むことで連続送信が可能になります。SCIn_TEI 割り込み要求を使用する場合は、SCIn_TXI 割り込み要求に対応する処理ルーチン内で最終送信データを TDR レジスタ (注1) に書き込んだ後、SCR レジスタにおいて、TIE ビットを 0 (SCIn_TXI 割り込み要求を禁止) に、TEIE ビットを 1 (SCIn_TEI 割り込み要求を許可) にします。
3. データは、以下の順に TXDn 端子から送り出されます。
 - スタートビット
 - 送信データ
 - パリティビットまたはマルチプロセッサビット (フォーマットによっては、ない場合もある)
 - ストップビット
4. ストップビットを送り出すタイミングで、SCI は TDR レジスタの更新をチェックします。
5. TDR レジスタが更新されていると、SPMR.CTSE ビットが 0 (CTS 機能は無効)、または CTSn_RTSn 端子入力が Low で、次の送信データが TDR レジスタ (注1) から TSR レジスタへ転送され、ストップビット送出後、次のフレームのシリアル送信が開始されます。
6. TDR レジスタが更新されていない場合は、SSR.TEND フラグが 1 になり、ストップビットを送り出した後、1 を出力するマーク状態になります。このとき、SCR.TEIE ビットが 1 になっていると、SSR.TEND フラグが 1 になり、SCIn_TEI 割り込み要求が発生します。

注 1. データ長 9 ビット選択時は、TDRHL レジスタになります。

図 29.9、図 29.10、および図 29.11 に、調歩同期式モードにおけるシリアル送信の動作例を示します。

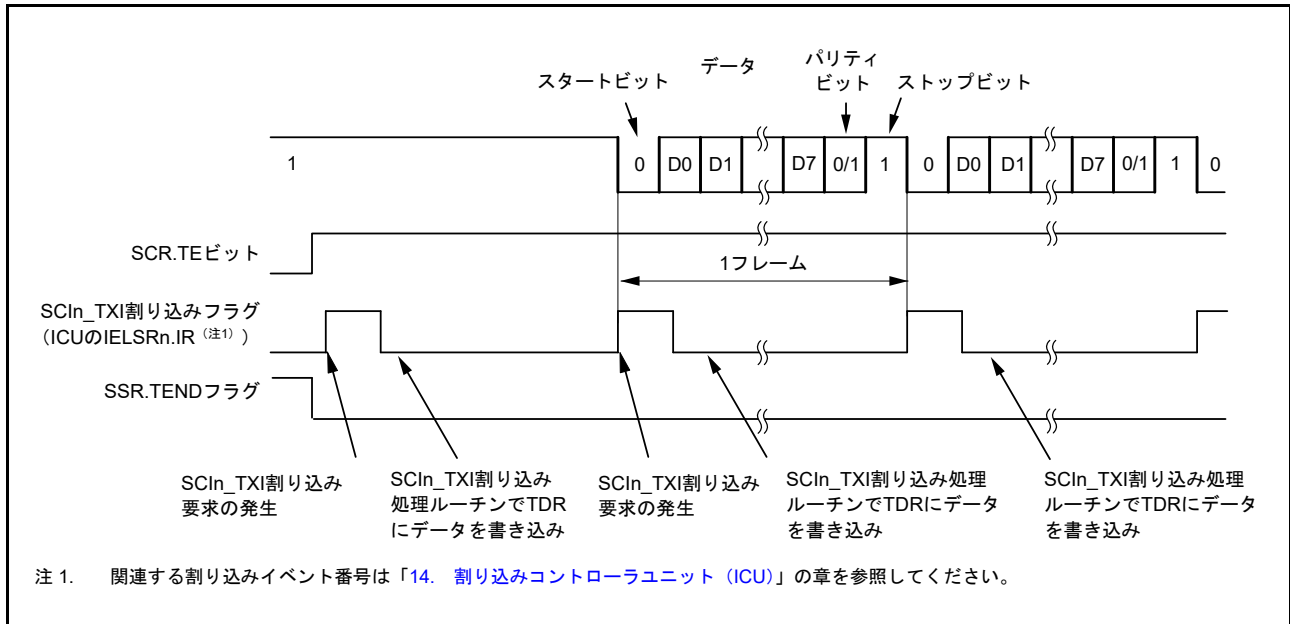


図 29.9 調歩同期式モードにおけるシリアル送信の動作例 (1)
(8ビットデータ/パリティあり/1ストップビット/CTS機能不使用/送信開始時)

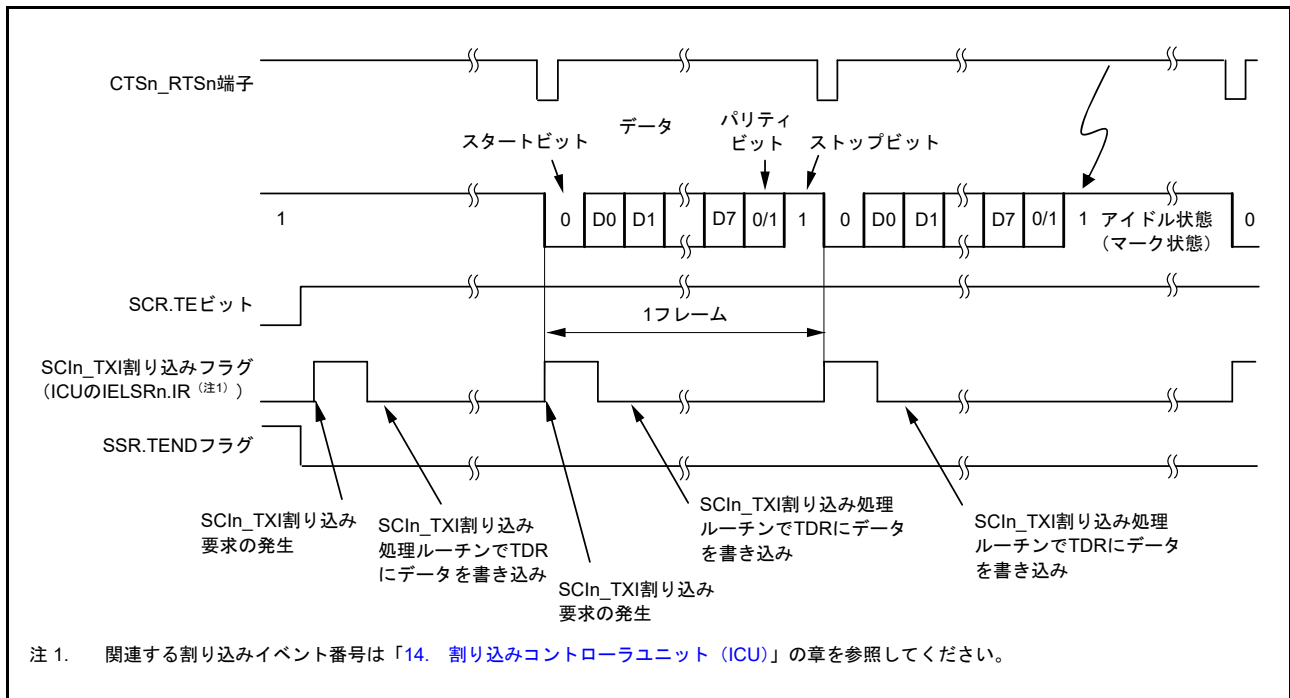


図 29.10 調歩同期式モードにおけるシリアル送信の動作例 (2)
(8ビットデータ/パリティあり/1ストップビット/CTS機能使用/送信開始時)

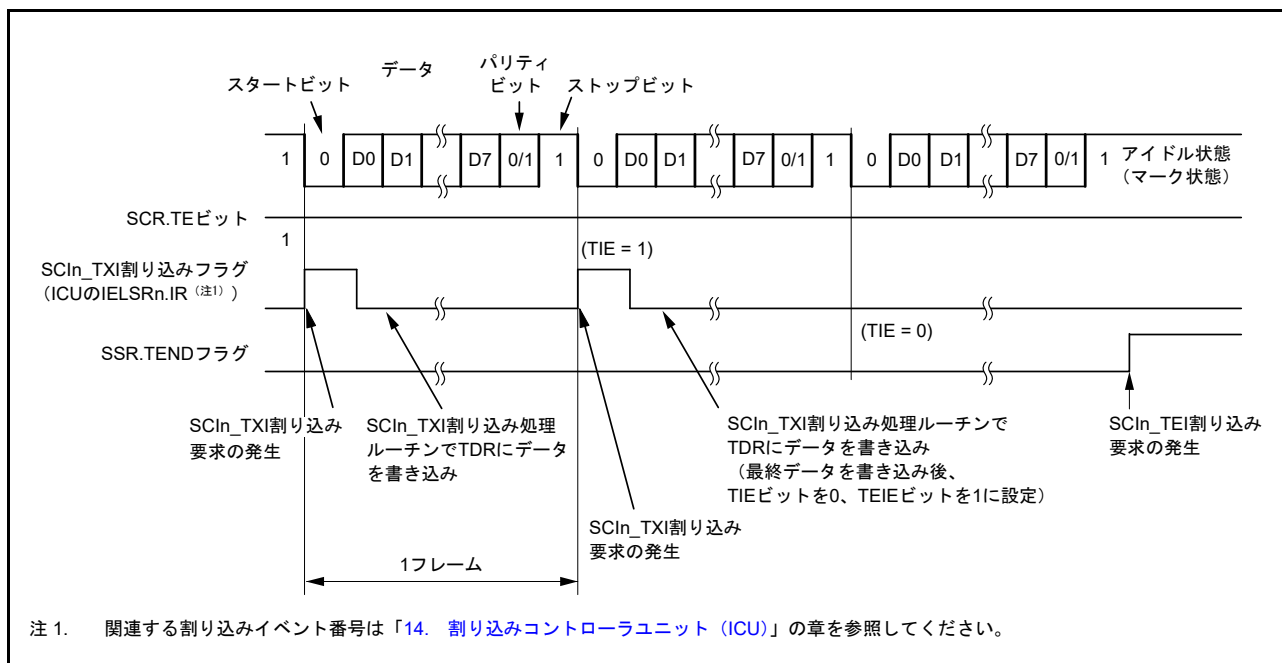


図 29.11 調歩同期式モードにおけるシリアル送信の動作例 (3)
(8ビットデータ/パリティあり/1ストップビット/CTS機能不使用/送信中~送信終了時)

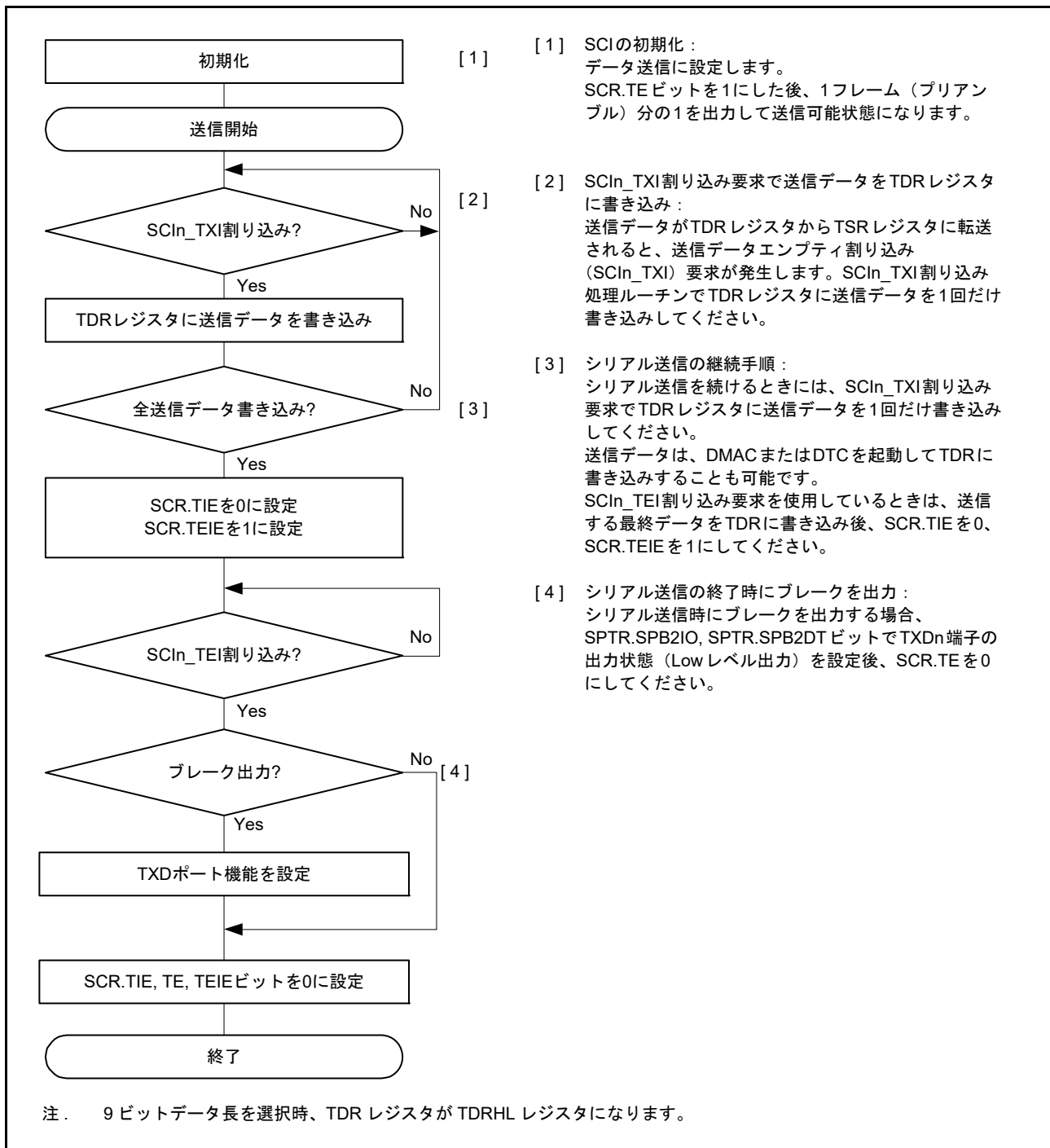


図 29.12 調歩同期式モードにおけるシリアル送信のフローチャート例（非 FIFO 選択時）

(2) FIFO 選択時

図 29.13 に、調歩同期式モードにおいて FTDRH レジスタと FTDRL レジスタに書き込まれるデータフォーマットの例を示します。

データ長に対応したデータが FTDRH レジスタと FTDRL レジスタに設定されます。使用しないビットには 0 を書いてください。FTDRH から FTDRL の順に書いてください。

| データ長 | レジスタ設定 | | FTDRH, FTDRLの送信データ | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------------|---------------|--------------------|----|----|----|----|----|----|-----------|-----------|----|-----------|----|----|----|----|----|
| | | | FTDRH | | | | | | | | FTDRL | | | | | | | |
| | SCMR. CHR1 | SMR. CHR | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| 7ビット | 1 | 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7ビット送信データ | | | | | |
| 8ビット | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | 8ビット送信データ | | | | | | | |
| 9ビット | 0 | Don't care | — | — | — | — | — | — | — | 9ビット送信データ | | | | | | | | |

—: 無効ビット。書く場合、0としてください。

図 29.13 FTDRH と FTDRL に書き込まれるデータフォーマット (FIFO 選択時)

本節では、シリアルデータ送信時の SCI の動作について説明します。SCR.TE ビットが 1 の場合、1 フレーム (プリアンブル) 分の High レベルが TXD 端子に出力されます。

- SCI_n_TXI 割り込み処理ルーチンで FTDRL レジスタ (注1) にデータが書き込まれると、SCI は FTDRL レジスタ (注1) から TSR レジスタへデータを転送します。
FTDRL レジスタに書き込み可能なデータのバイト数は 16 - FDR.T[4:0] です。なお、送信開始時の SCI_n_TXI 割り込み要求は、SCR.TE ビットと SCR.TIE ビットを 1 命令で同時に 1 にすることで発生します。
- SPMR.CTSE ビットが 0 (CTS 機能は無効) であり、かつ CTS_n_RTS_n 端子入力が Low であると、FTDRL レジスタ (注1) から TSR レジスタへデータが転送され、送信が開始されます。FTDRL に書き込まれた送信データ数が指定された送信トリガ数以下のとき、SSR_FIFO.TDFE ビットが 1 になります。このとき、SCR.TIE ビットが 1 になっていると、SCI_n_TXI 割り込み要求が発生します。この SCI_n_TXI 割り込み処理ルーチンにおいて、現在のデータ送信が終了する前に、FTDRL レジスタ (注1) に次の送信データを書き込むことで連続送信が可能になります。SCI_n_TEI 割り込み要求を使用する場合は、SCI_n_TXI 割り込み要求に対応する処理ルーチン内で最終送信データを FTDRL レジスタ (注1) (注2) に書き込んだ後、SCR.TIE ビットを 0 (SCI_n_TXI 割り込み要求を禁止) にして、SCR.TEIE ビットを 1 (SCI_n_TEI 割り込み要求を許可) にします。
- データは、以下の順に TXD_n 端子から送り出されます。
 - スタートビット
 - 送信データ
 - パリティビットまたはマルチプロセッサビット (フォーマットによっては、ない場合もある)
 - ストップビット
- ストップビットを送り出すタイミングで、SCI は FTDRL レジスタ (注3) に未送信データが残っていないかチェックします。
- FTDRL レジスタ (注3) にデータがある場合、SPMR.CTSE ビットが 0 (CTS 機能は無効) であるか、または CTS_n_RTS_n 端子入力が Low であると、次の送信データが FTDRL レジスタ (注1) から TSR レジスタへ転送され、ストップビット送過後、次のフレームのシリアル送信が開始されます。
- FTDRL レジスタ (注3) にデータがない場合、SSR_FIFO レジスタの TEND フラグが 1 になり、ストップビットを送り出した後、1 を出力するマーク状態になります。このとき、SCR.TEIE ビットが 1 になっていると、SSR_FIFO.TEND フラグが 1 になり、SCI_n_TEI 割り込み要求が発生します。

- 注 1. データ長 9 ビット選択時は、データを FTDRH レジスタおよび FTDRL レジスタに書き込んでください。
- 注 2. データ長 9 ビット選択時は、FTDRH レジスタ→FTDRL レジスタの順にデータを書き込んでください。
- 注 3. データ長 9 ビット選択時は、SCIによって FTDRL レジスタの更新のみがチェックされ、FTDRH レジスタの更新はチェックされません。

図 29.14 に、調歩同期式モードにおける FIFO 選択時のシリアル送信のフローチャート例を示します。

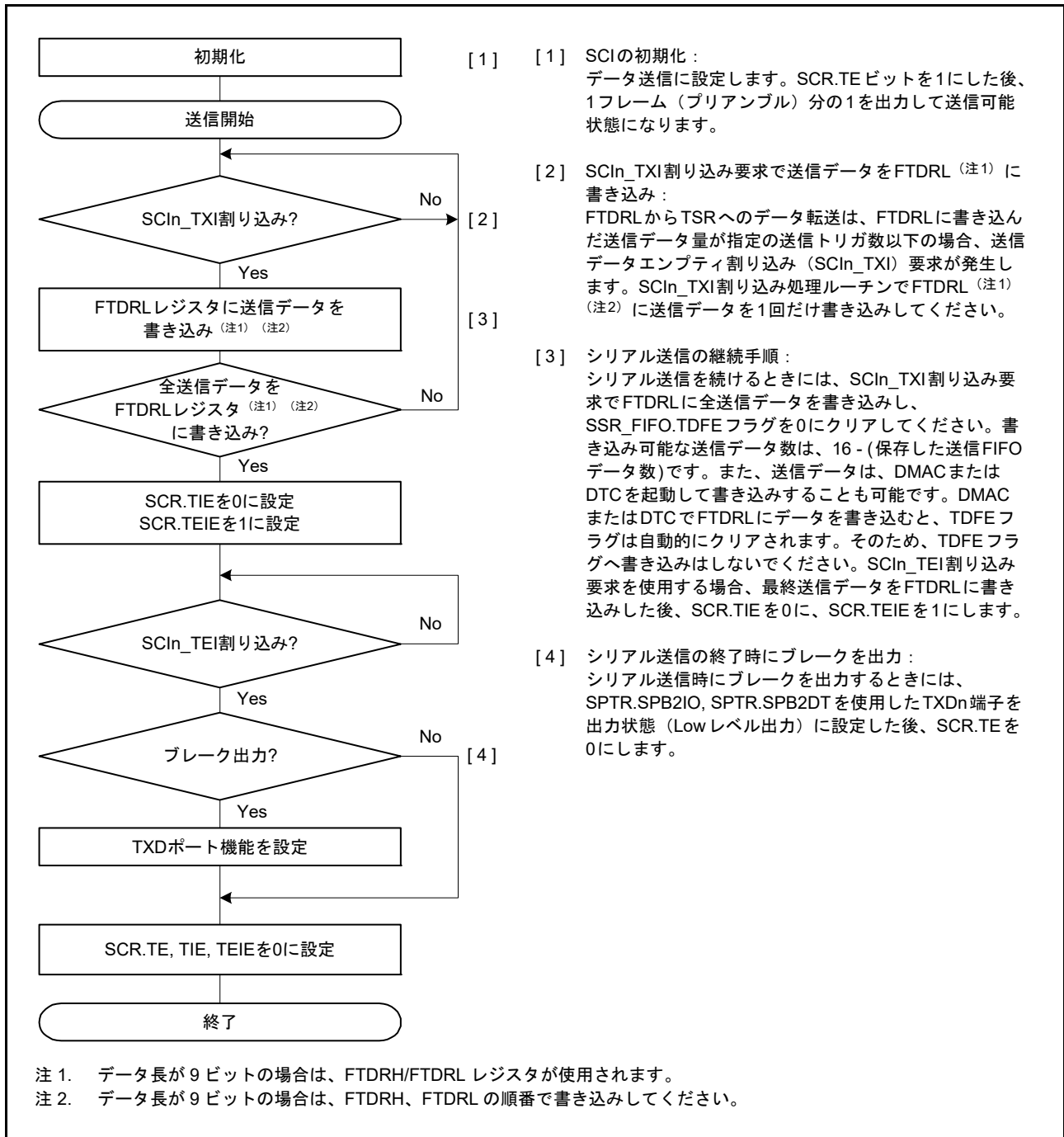


図 29.14 調歩同期式モードにおけるシリアル送信のフローチャート例 (FIFO 選択時)

29.3.9 シリアルデータの受信（調歩同期式モード）

(1) 非 FIFO 選択時

図 29.15 と図 29.16 に、調歩同期式モードにおけるシリアル受信の動作例を示します。

シリアルデータの受信時、SCI は以下のように動作します。

1. SCR.RE ビットが 1 になると、CTS_n_RTS_n 端子出力が Low になります。
2. SCI が通信回線を監視し、スタートビットを検出すると、内部を同期化して受信データを RSR レジスタに取り込み、パリティビットとストップビットをチェックします。
3. オーバーランエラーが発生した場合、SSR.ORER フラグが 1 になります。このとき、SCR.RIE ビットが 1 になっていると、SCIn_ERI 割り込み要求が発生します。受信データは RDR レジスタ (注1) へ転送されません。
4. パリティエラーが検出された場合は、SSR.PER フラグが 1 になり、受信データが RDR レジスタ (注1) へ転送されます。このとき、SCR.RIE ビットが 1 になっていると、SCIn_ERI 割り込み要求が発生します。
5. フレーミングエラーが検出された場合は、SSR.FER フラグが 1 になり、受信データが RDR レジスタ (注1) へ転送されます。このとき、SCR.RIE ビットが 1 になっていると、SCIn_ERI 割り込み要求が発生します。
6. 正常に受信したときは、受信データが RDR レジスタ (注1) へ転送されます。このとき、SCR.RIE ビットが 1 になっていると、SCIn_RXI 割り込み要求が発生します。SCIn_RXI 割り込み処理ルーチンにおいて、次のデータ受信が終了する前に、RDR レジスタへ転送された受信データを読み出すことで連続受信が可能になります。RDR レジスタへ転送された受信データを読み出されると、CTS_n_RTS_n 端子出力が Low になります。

注 1. データ長 9 ビット選択時は、RDRHL レジスタになります。

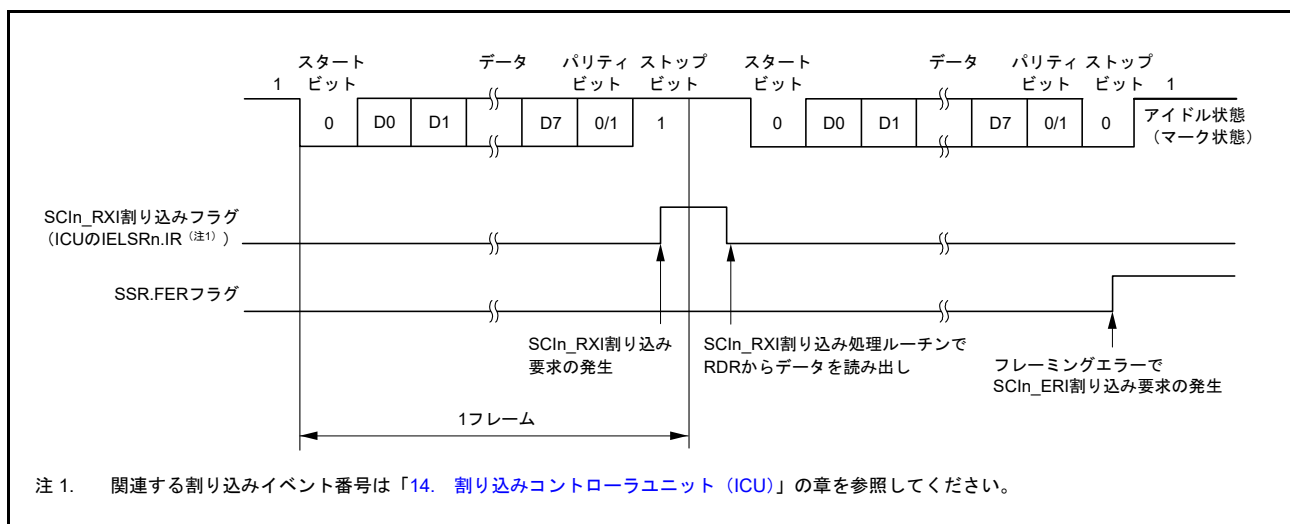


図 29.15 調歩同期式モードにおけるシリアル受信の動作例 (1) (RTS 機能を使用しない場合) (8 ビットデータ / パリティあり / 1 ストップビットの場合)

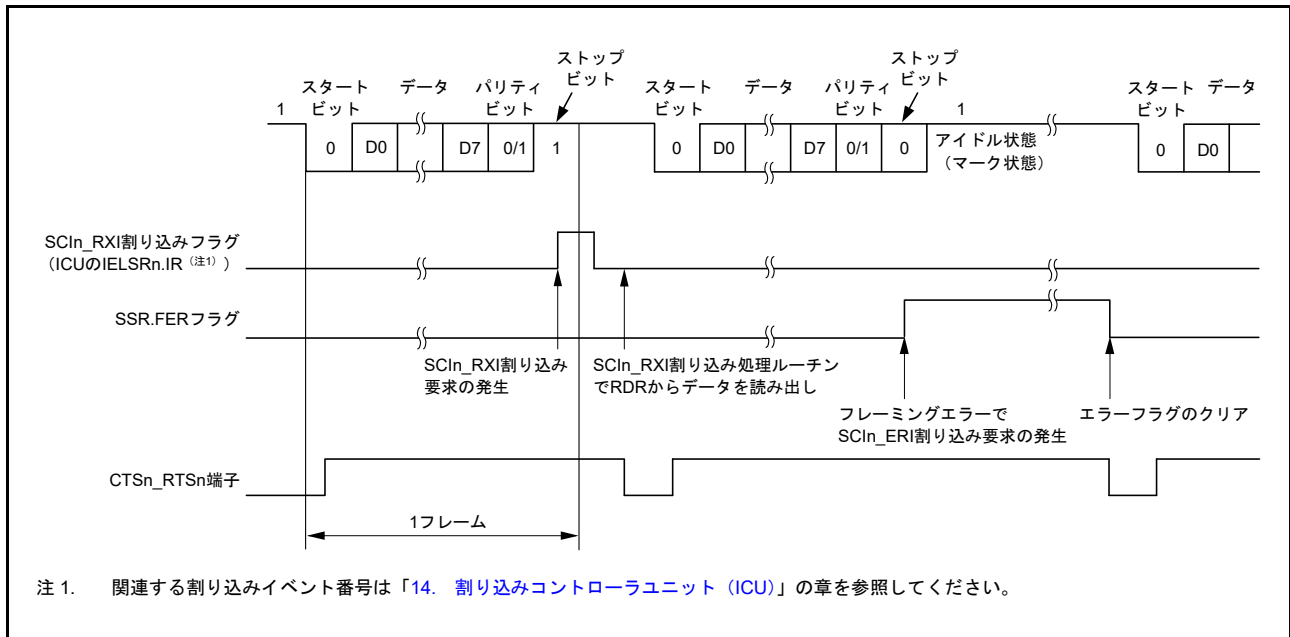


図 29.16 調歩同期式モードにおけるシリアル受信の動作例 (2)
(RTS 機能を使用する場合) (8 ビットデータ/パリティあり/1 ストップビットの場合)

受信エラーを検出した場合の SSR レジスタの各ステータスフラグの状態と受信データの処理を表 29.23 に示します。

受信エラーが検出されると、SCI_n_ERI 割り込み要求は発生しますが、SCI_n_RXI 割り込み要求は発生しません。受信エラーフラグが 1 の状態では、受信動作を再開できません。受信を再開する前に、ORER、FER、および PER の各ビットを 0 にする必要があります。また、オーバーランエラー処理では、必ず RDR レジスタまたは RDRHL レジスタを読み出してください。受信動作中に SCR.RE ビットを 0 にして受信動作を強制終了させた場合、RDR レジスタまたは RDRHL レジスタに読み出し前の受信データが残っている可能性があるため、RDR レジスタまたは RDRHL レジスタを読み出す必要があります。

図 29.17 および図 29.18 に、シリアル受信のフローチャート例を示します。

表 29.23 SSR レジスタのステータスフラグの状態と受信データの処理

| SSR レジスタのステータスフラグ | | | 受信データ | 受信エラーの種類 |
|-------------------|-----|-----|---------|---------------------------------|
| ORER | FER | PER | | |
| 1 | 0 | 0 | 消失 | オーバーランエラー |
| 0 | 1 | 0 | RDR へ転送 | フレーミングエラー |
| 0 | 0 | 1 | RDR へ転送 | パリティエラー |
| 1 | 1 | 0 | 消失 | オーバーランエラー + フレーミングエラー |
| 1 | 0 | 1 | 消失 | オーバーランエラー + パリティエラー |
| 0 | 1 | 1 | RDR へ転送 | フレーミングエラー + パリティエラー |
| 1 | 1 | 1 | 消失 | オーバーランエラー + フレーミングエラー + パリティエラー |

注. データ長 9 ビット選択時は、RDRHL レジスタになります。

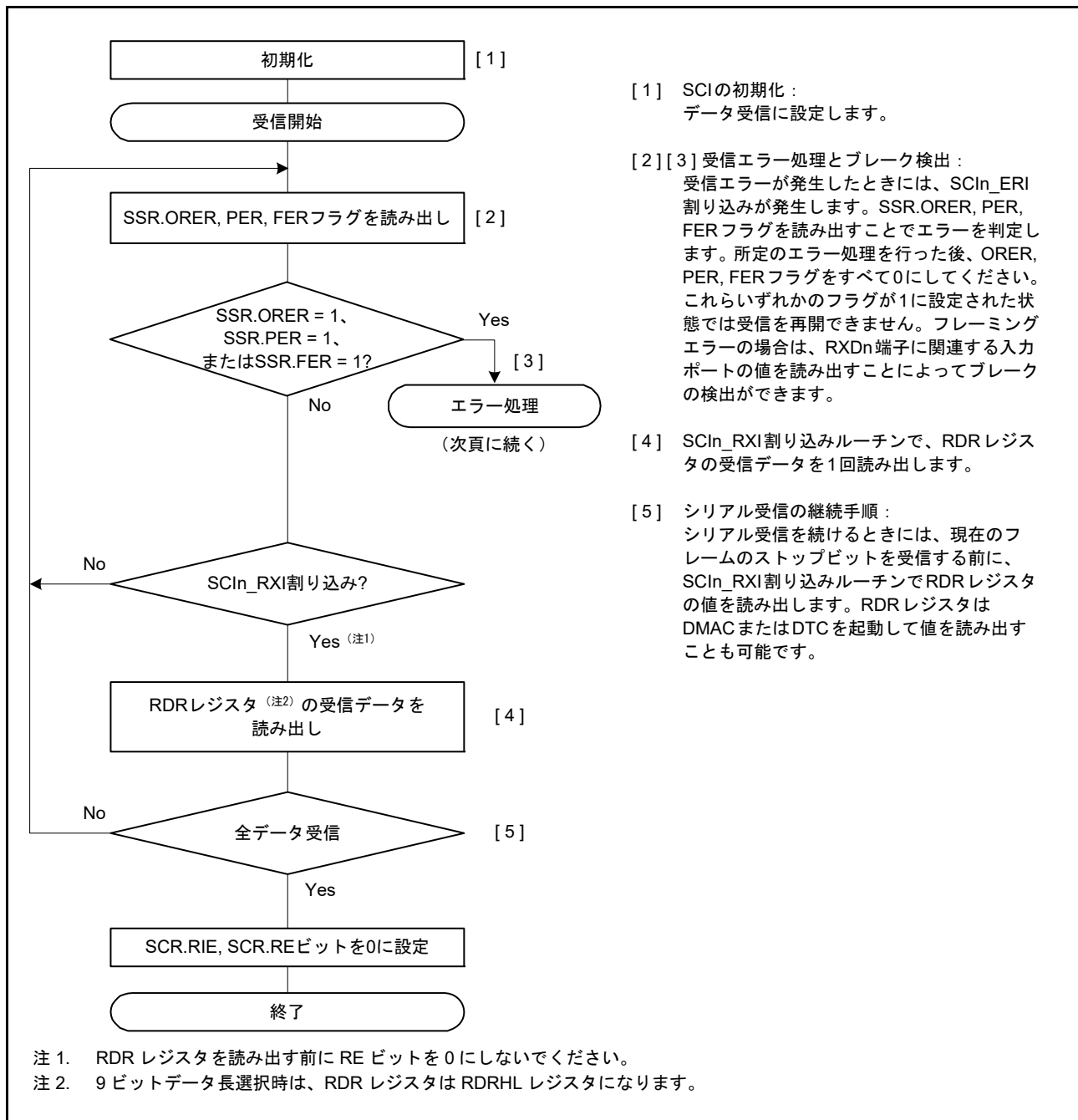


図 29.17 調歩同期式モードにおけるシリアル受信のフローチャート例 (非 FIFO 選択時) (1)

(2) FIFO 選択時

図 29.19 に、調歩同期式モードにおいて FRDRH レジスタと FRDRL レジスタに書き込まれるデータフォーマットの例を示します。

調歩同期式モードでは、FRDRH レジスタの MPB フラグに 0 が書き込まれます。データ長に対応したデータが FRDRH レジスタと FRDRL レジスタに書き込まれます。使用されないビットには、0 が書き込まれます。FRDRH から FRDRL の順に読み出してください。ソフトウェアが FRDRL レジスタを読み出すと、SCI は FER、PER、および FRDRL レジスタの受信データ (RDAT[8:0]) を次のデータで更新します。FRDRH レジスタの RDF、ORER、および DR フラグは、常に SSR_FIFO レジスタの対応するフラグを反映しています。

| データ長 | レジスタ設定 | | FRDRH, FRDRLの受信データ | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------------|---------------|--------------------|-----|------|-----|-----|----|----|-----------|-----------|-----------|----|----|----|----|----|
| | | | FRDRH | | | | | | | | FRDRL | | | | | | |
| | SCMR. CHR1 | SMR. CHR | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 |
| 7ビット | 1 | 0 | — | RDF | ORER | FER | PER | DR | 0 | 0 | 0 | 7ビット受信データ | | | | | |
| 8ビット | 1 | 1 | — | RDF | ORER | FER | PER | DR | 0 | 0 | 8ビット受信データ | | | | | | |
| 9ビット | 0 | Don't care | — | RDF | ORER | FER | PER | DR | 0 | 9ビット受信データ | | | | | | | |

注. MPB フラグからは常に 0 が読み出されます (FRDRH[1]).
 データ長が 7 ビットするとき、FRDRH[0], FRDRL[7] からは常に 0 が読み出されます。
 データ長が 8 ビットするとき、FRDRH[0] から常に 0 が読み出されます。
 FRDRH[7] ビットの読み出し値は不定です。

図 29.19 FRDRH と FRDRL に格納されるデータフォーマット (FIFO 選択時)

シリアルデータの受信時、SCI は以下のように動作します。

- SCR.RE ビットが 1 になると、CTS_n_RTS_n 端子出力が Low になります。
- SCI が通信回線を監視し、スタートビットを検出すると、内部を同期化して受信データを RSR レジスタに取り込み、パリティビットとストップビットをチェックします。
- FRDRL レジスタがいっぱいであると、オーバーランエラーが発生します。オーバーランエラーが発生した場合、SSR_FIFO.ORER フラグが 1 になります。このとき、RIE ビットが 1 になっていると、SCI_{In}_ERI 割り込み要求が発生します。受信データは FRDRL レジスタ (注1) へ転送されません。
- パリティエラーが検出された場合は、PER フラグと受信データが FRDRL レジスタ (注1) へ転送されます。このとき、RIE ビットが 1 になっていると、SCI_{In}_ERI 割り込み要求が発生します。
- フレーミングエラーが検出された場合は、FER フラグと受信データが FRDRL レジスタ (注1) へ転送されます。このとき、RIE ビットが 1 になっていると、SCI_{In}_ERI 割り込み要求が発生します。
- フレーミングエラーが検出された後、SCI によって連続受信データが 1 フレーム分であることが検出された場合、受信動作が停止します。
- 受信 FIFO データレジスタ (FRDRL) に格納されたデータ数が指定された受信トリガ数より少なく、かつ、調歩同期式モードにおいて最後のストップビットから 15ETU 経過しても次のデータが受信されていない場合は、SSR_FIFO.DR ビットが 1 になります。RIE ビットが 1 で、FCR.DRES ビットが 0 の場合、SCI は SCI_{In}_RXI 割り込み要求を発生させます。DRES ビットが 1 の場合、SCI は SCI_{In}_ERI 割り込み要求を発生させます。
- 正常に受信したときは、受信データが FRDRL レジスタ (注1) へ転送されます。FRDRHL に書き込まれた受信データ数が指定された受信トリガ数以上であると、RDF フラグが 1 になります。このとき、SCR.RIE ビットが 1 になっていると、SCI_{In}_RXI 割り込み要求が発生します。この SCI_{In}_RXI 割り込み処理ルーチンにおいて、オーバーランエラーが発生する前に、FRDRL レジスタ (注2) へ転送された受信データを読み出すことで連続受信が可能になります。FRDRL レジスタ (注3) へ転送された受信データ数が RTS トリガ数未満であると、CTS_n_RTS_n 端子出力が Low になります。

- 注1. データ長9ビット選択時は、FRDRHレジスタとFRDRLレジスタのデータだけを読み出してください。
 注2. データ長9ビット選択時は、FRDRHレジスタ→FRDRLレジスタの順にデータを読み出してください。
 注3. データ長9ビット選択時は、SCIによってFRDRLレジスタの更新のみがチェックされ、FRDRHレジスタの更新はチェックされません。

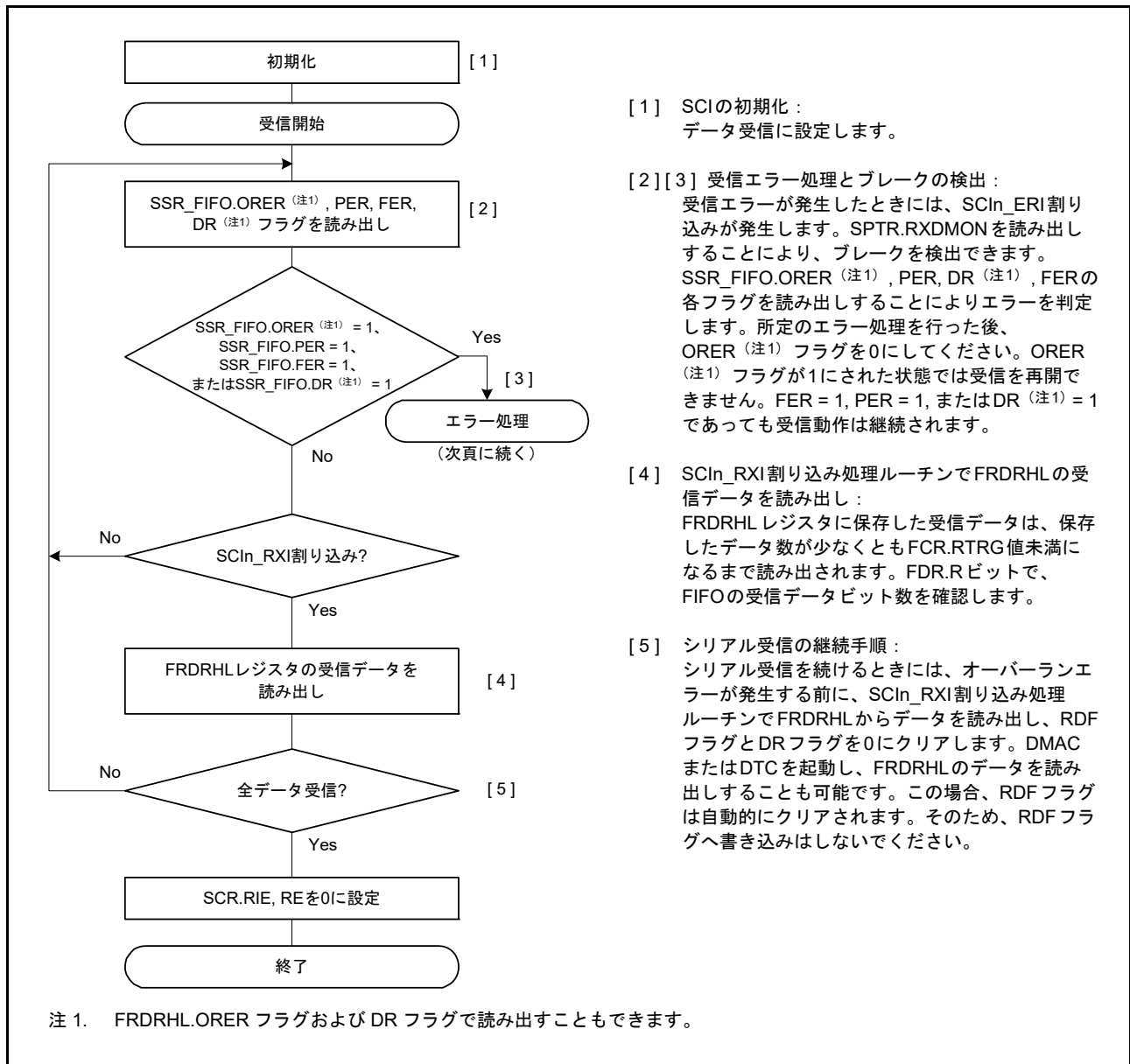


図 29.20 調歩同期式モードにおけるシリアル受信のフローチャート例 (FIFO 選択時) (1)

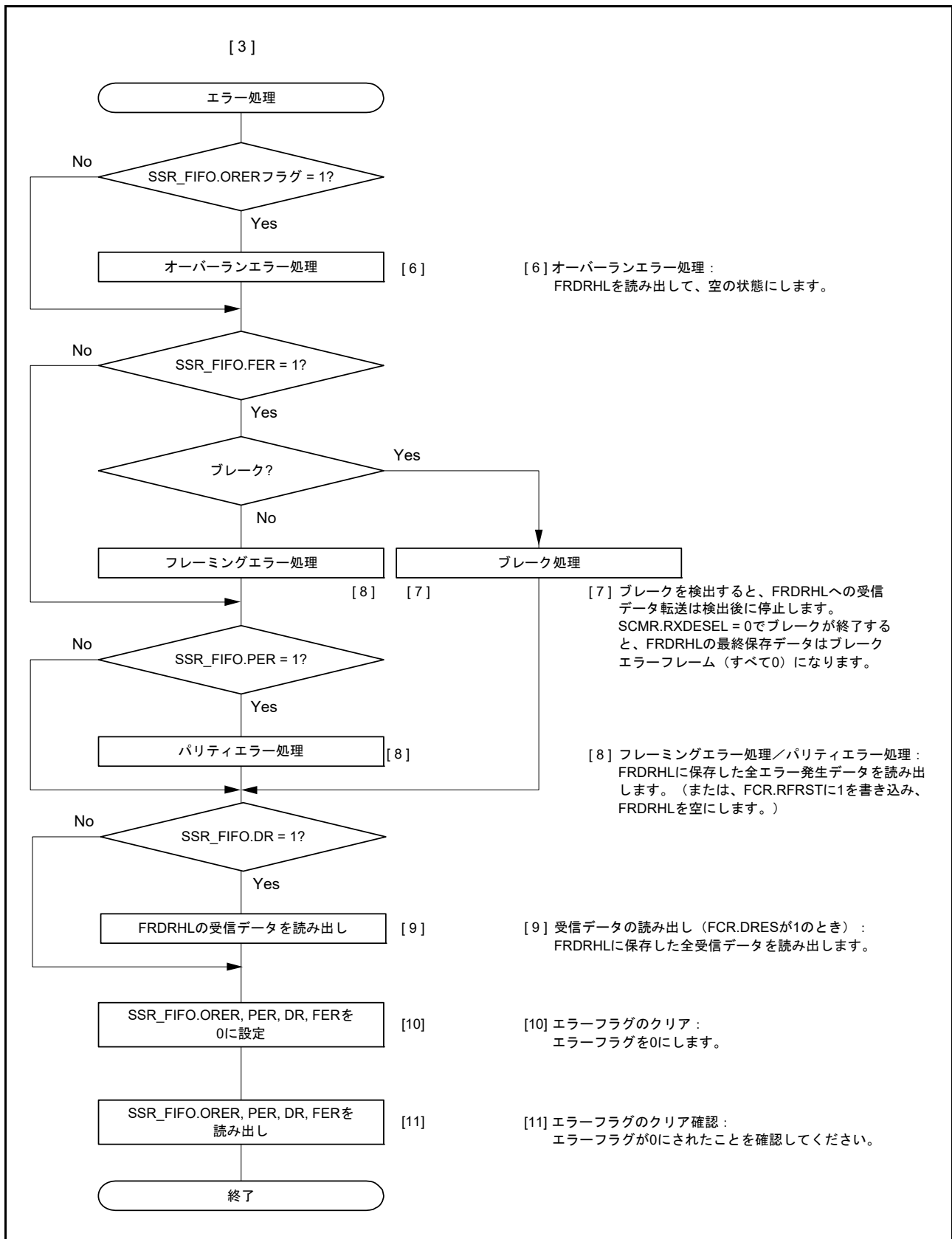


図 29.21 調歩同期式モードにおけるシリアル受信のフローチャート例（FIFO 選択時）（2）

29.4 マルチプロセッサ通信機能

マルチプロセッサ通信機能を使用すると、マルチプロセッサビットを付加した調歩同期式シリアル通信により、複数のプロセッサ間で通信回線を共有したデータの送受信が可能になります。マルチプロセッサ通信では、各受信局にそれぞれ固有の ID コードが割り付けられます。シリアル通信サイクルは、受信局を指定する ID 送信サイクルと、指定された受信局にデータを送信するためのデータ送信サイクルで構成されます。

ID 送信サイクルとデータ送信サイクルの区別はマルチプロセッサビットで行います。

- マルチプロセッサビットが 1 のとき、送信サイクルは ID 送信サイクル
- マルチプロセッサビットが 0 のとき、送信サイクルはデータ送信サイクル

図 29.22 に、マルチプロセッサフォーマットを使用したプロセッサ間通信の例を示します。送信局は、まず受信局の ID コードにマルチプロセッサビット 1 を付加した通信データを送信します。続いて、送信データにマルチプロセッサビット 0 を付加した通信データを送信します。受信局は、マルチプロセッサビットが 1 の通信データを受信すると、受信した ID を自局の ID と比較します。2 つが一致した場合、受信局は、続いて送信される通信データを受信します。一致しなかった場合、再びマルチプロセッサビットが 1 の通信データを受信するまで、受信局は通信データを読み飛ばします。

(1) 非 FIFO 選択時

SCI はこの機能をサポートするため、SCR.MPIE ビットを設けています。MPIE ビットを 1 にすると、マルチプロセッサビットが 1 のデータを受信するまで、下記の動作が禁止されます。

- RSR レジスタから RDR レジスタ (データ長 9 ビット選択時は RDRHL レジスタ) への受信データの転送
- 受信エラーの検出
- SSR.RDRF、ORER、FER の各ステータスフラグのセット

マルチプロセッサビットが 1 のキャラクタを受信すると、SSR.MPBT ビットが 1 になるとともに、SCR.MPIE ビットが自動的にクリアされ、非マルチプロセッサの受信動作に戻ります。このとき、SCR.RIE ビットがセットされていると、SCIn_RXI 割り込みが発生します。

マルチプロセッサフォーマットを指定した場合は、パリティビット機能は無効です。それ以外は、非マルチプロセッサの調歩同期式モードと変わりません。マルチプロセッサ通信を行うときのクロックも、非マルチプロセッサの調歩同期式モードで使用するクロックと同一です。

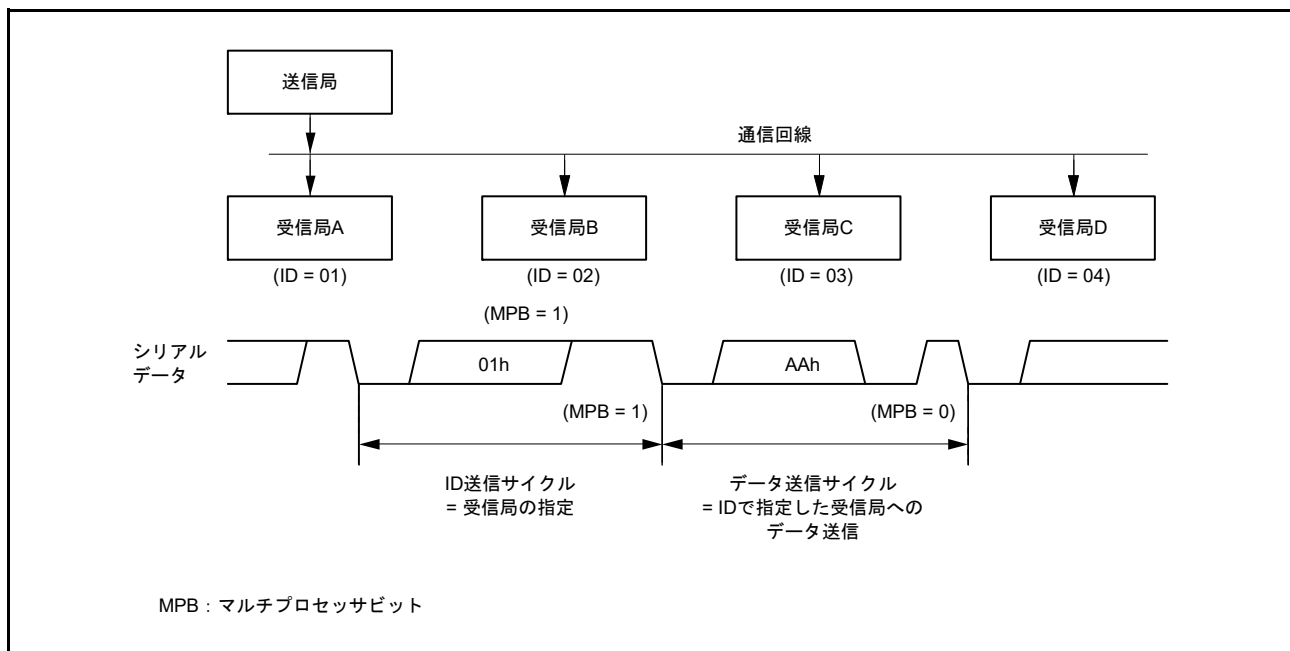


図 29.22 マルチプロセッサフォーマットを使用した通信例 (データ AAh を受信局 A に送信する場合)

(2) FIFO 選択時

データ送信では、ソフトウェアはデータを FTDRHL レジスタの MPBT ビットへ書き込む必要があります。このデータは、FTDRHL レジスタの TDAT ビットの送信データに対応します。データ受信では、受信データの一部であるマルチプロセッサビットが FTDRHL レジスタの MPB ビットに書き込まれ、受信データは FRDRL レジスタに書き込まれます。

MPIE ビットを 1 にすると、マルチプロセッサビットが 1 のデータを受信するまで、下記の動作が禁止されます。

- RSR レジスタから FRDRHL レジスタへの受信データの転送
- 受信エラーの検出
- ブレーク
- SSR_FIFO レジスタの RDF、ORER、および FER の各ステータスフラグのセット

マルチプロセッサビットが 1 の 8 ビットキャラクタを受信すると、FTDRHL.MPB ビットが 1 になるとともに、受信データが FRDRHL レジスタの RDAT ビットに書き込まれます。SCR.MPIE ビットが自動的にクリアされるので、SCI は非マルチプロセッサの受信動作に戻ります。このとき、SCR.RIE ビットがセットされていると、SCI_{In}_RXI 割り込みが発生します。

マルチプロセッサフォーマットを指定した場合は、パリティビット機能は無効です。それ以外は、非マルチプロセッサの調歩同期式モードの FIFO 選択時と変わりません。

29.4.1 マルチプロセッサシリアルデータ送信

(1) 非 FIFO 選択時

図 29.23 に、マルチプロセッサデータ送信のフローチャート例を示します。ID 送信サイクルでは、SSR.MPBT ビットを 1 にして ID を送信してください。データ送信サイクルでは、MPBT ビットを 0 にしてデータを送信してください。その他の動作は、調歩同期式モードの動作と同じです。

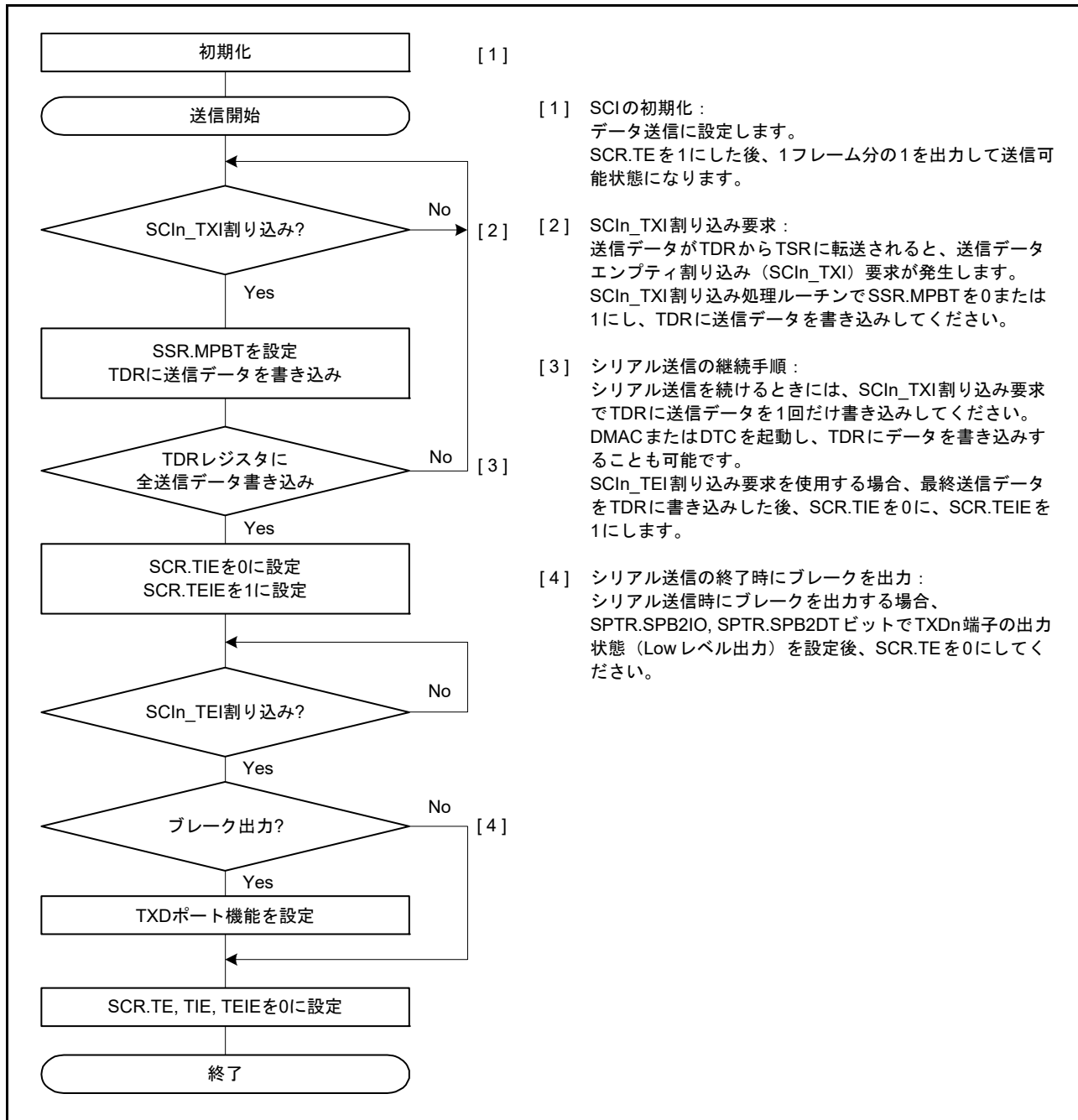


図 29.23 マルチプロセッサシリアル送信のフローチャート例 (非 FIFO 選択時)

(2) FIFO 選択時

図 29.24 に、マルチプロセッサモードにおいて FTDRH レジスタと FTDRL レジスタに書き込まれるデータフォーマットの例を示します。

FTDRH レジスタの MPBT ビットが 1 になります。適切なデータ長のデータが FTDRH レジスタと FTDRL レジスタに書き込まれます。使用しないビットには 0 を書いてください。FTDRH から FTDRL の順に書いてください。

| データ長 | レジスタ設定 | | FTDRH, FTDRLの送信データ | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------------|---------------|--------------------|----|----|----|----|----|------|-----------|-----------|-----------|----|----|----|----|----|----|
| | SCMR. CHR1 | SMR. CHR | FTDRHL | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | FTDRH | | | | | | | FTDRL | | | | | | | | |
| | | | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| 7ビット | 1 | 0 | — | — | — | — | — | — | MPBT | — | — | 7ビット送信データ | | | | | | |
| 8ビット | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — | MPBT | — | 8ビット送信データ | | | | | | | |
| 9ビット | 0 | Don't care | — | — | — | — | — | — | MPBT | 9ビット送信データ | | | | | | | | |

—: 無効ビット。書く場合、0としてください。

図 29.24 マルチプロセッサモードにおいて FTDRH と FTDRL に書き込まれるデータフォーマット (FIFO 選択時)

図 29.25 に、FIFO 選択時のマルチプロセッサデータ送信のフローチャート例を示します。ID 送信サイクルでは、FTDRH.MPBT ビットを 1 にして ID を送信してください。データ送信サイクルでは、MPBT ビットを 0 にしてデータを送信してください。その他の動作は、調歩同期式モードにおける FIFO 選択時の動作と同じです。

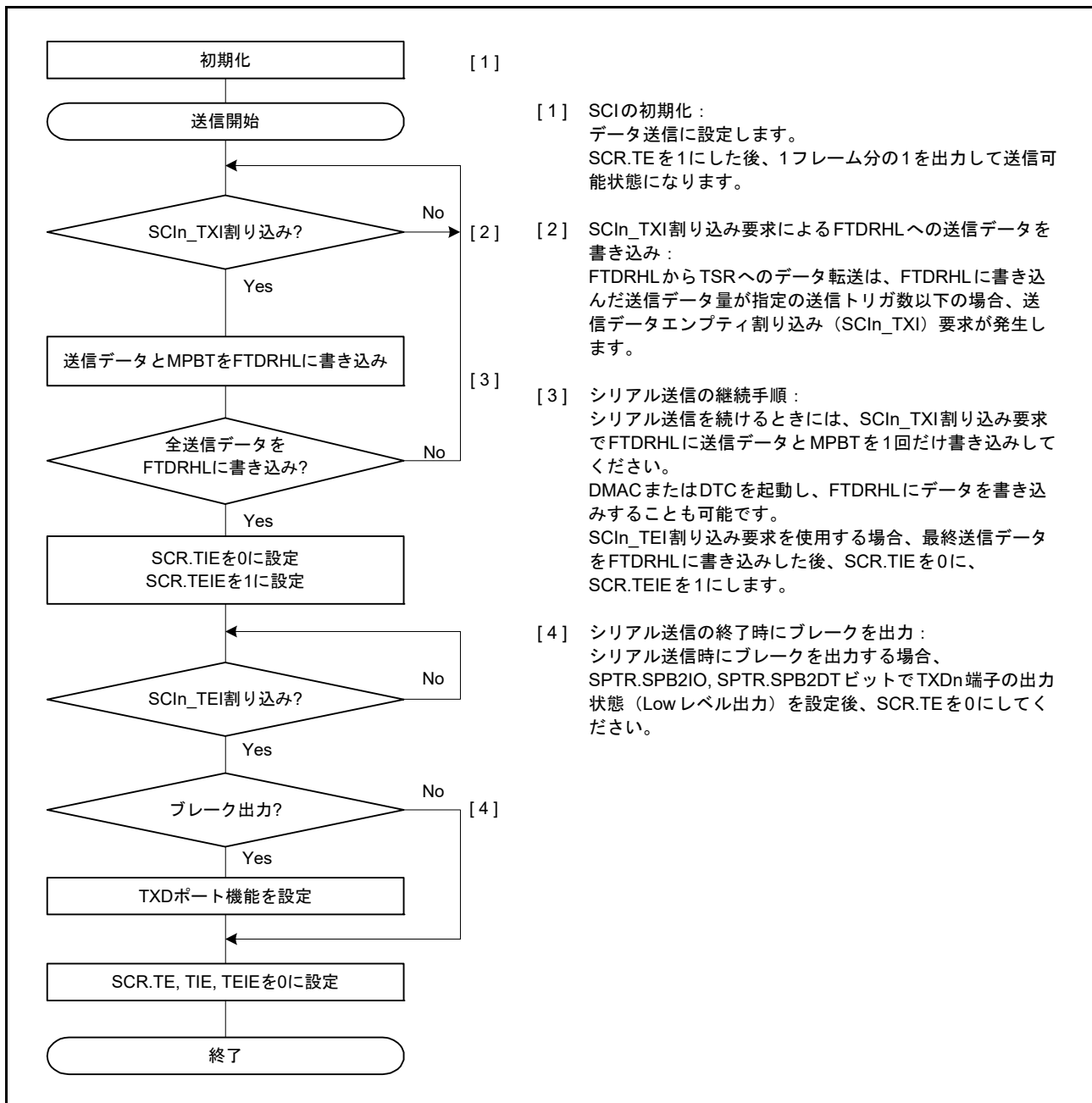


図 29.25 マルチプロセッサモードにおけるシリアル送信のフローチャート例 (FIFO 選択時)

29.4.2 マルチプロセッサシリアルデータ受信

(1) 非 FIFO 選択時

図 29.26 および図 29.27 に、マルチプロセッサデータ受信のフローチャート例を示します。SCR.MPIE ビットを 1 にすると、マルチプロセッサビットが 1 の通信データを受信するまで、通信データが読み飛ばされます。マルチプロセッサビットが 1 の通信データを受信すると、その受信データは RDR レジスタ（データ長 9 ビット選択時は RDRHL レジスタ）へ転送され、SCIn_RXI 割り込み要求が発生します。その他の動作は、調歩同期式モードの動作と同じです。

図 29.26 に、データ受信時の動作例を示します。

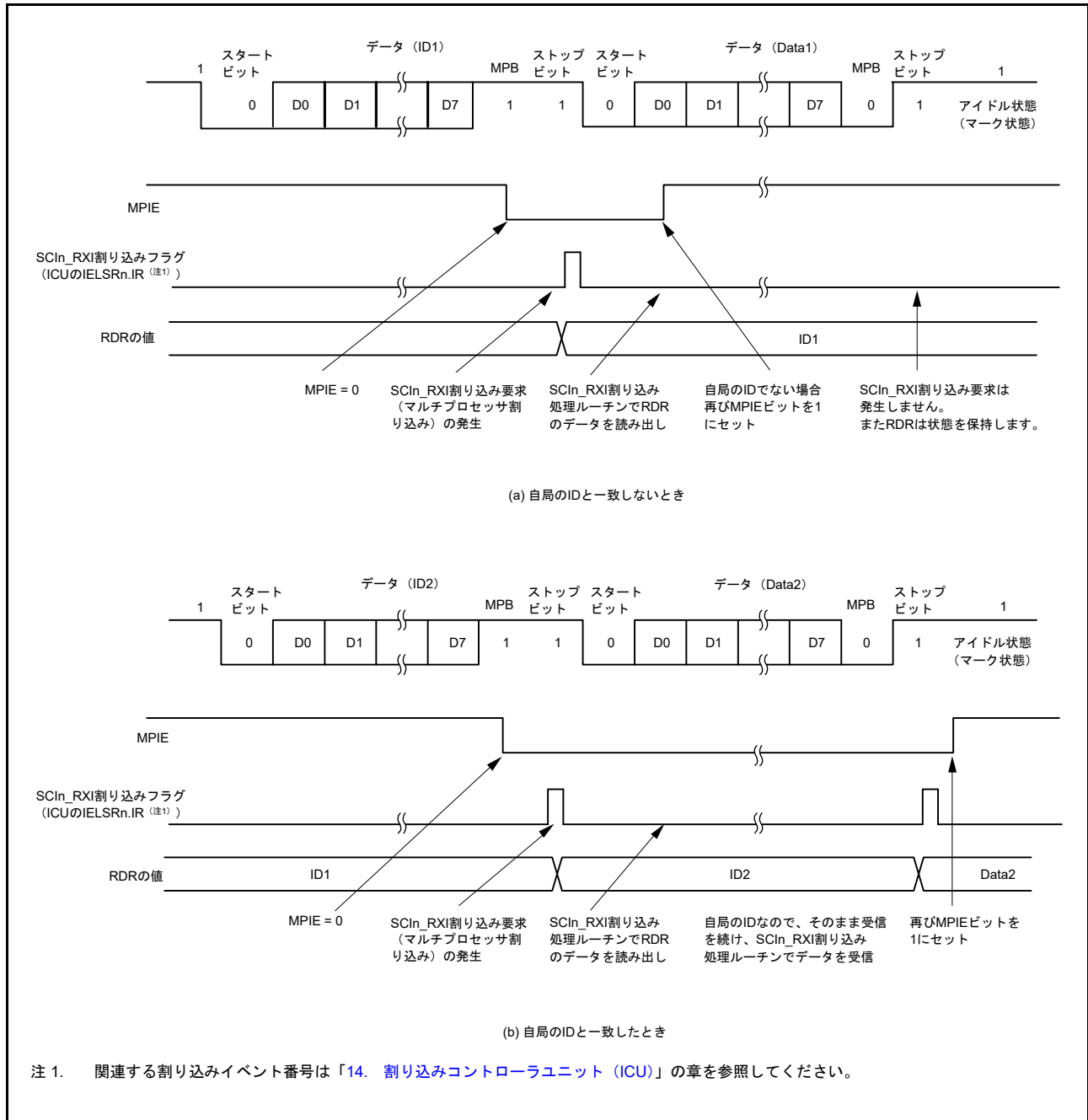


図 29.26 SCI の受信時の動作例 (8 ビットデータ/マルチプロセッサビットあり/1 ストップビットの場合)

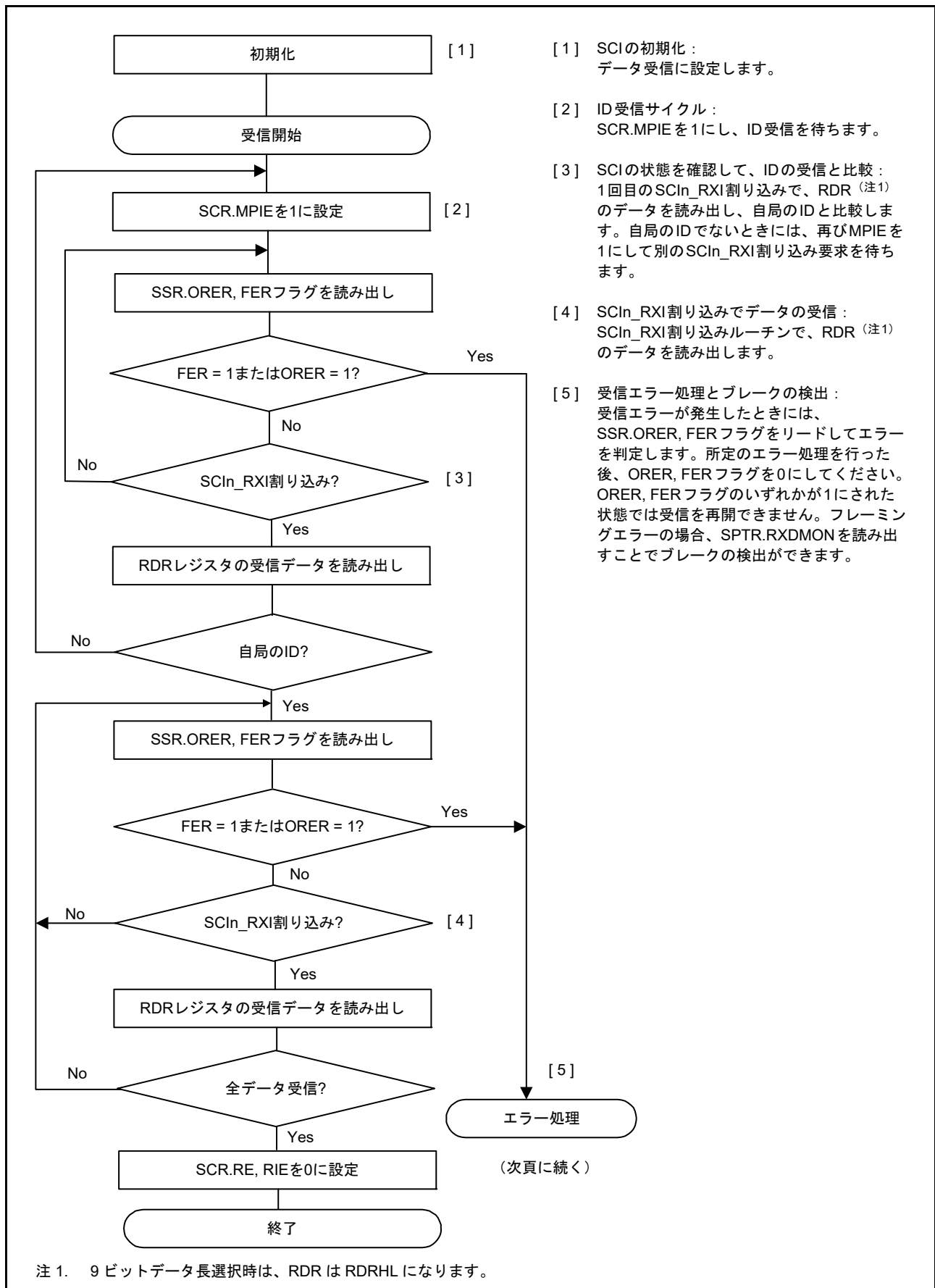


図 29.27 マルチプロセッサシリアル受信のフローチャート例 (1) (非 FIFO 選択時)

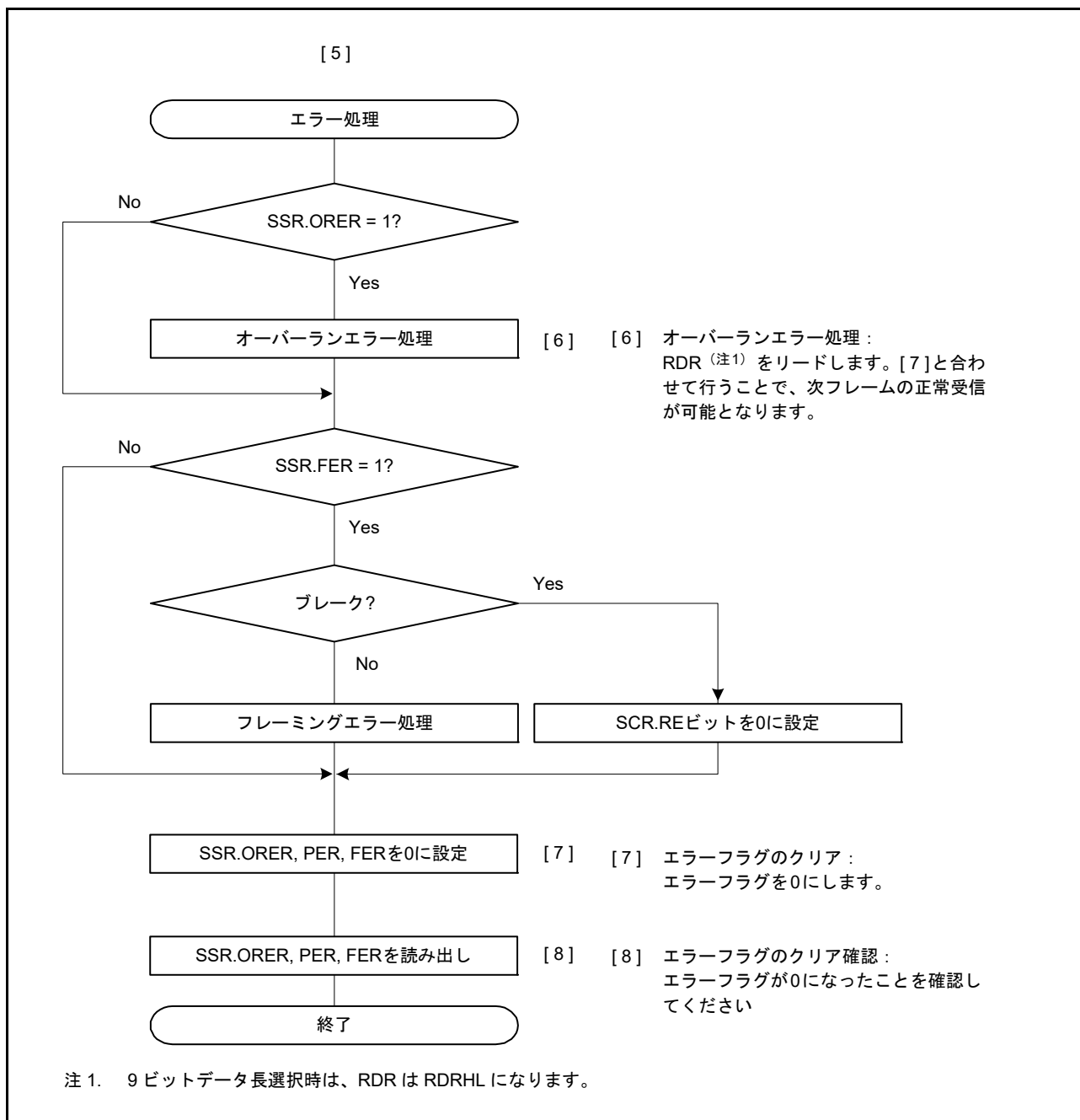


図 29.28 マルチプロセッサシリアル受信のフローチャート例 (2) (非 FIFO 選択時)

(2) FIFO 選択時

図 29.29 に、マルチプロセッサモードにおいて FRDRH レジスタと FRDRL レジスタに書き込まれるデータフォーマットの例を示します。

マルチプロセッサモードでは、受信データの一部である MPB の値が FRDRH レジスタの MPB フラグに書き込まれます。FRDRH レジスタの PER フラグに 0 が書き込まれます。適切なデータ長のデータが FRDRH レジスタと FRDRL レジスタに書き込まれます。使用されないビットには、0 が書き込まれます。読み出し順は FRDRH → FRDRL となります。ソフトウェアが FRDRL レジスタを読み出すと、SCI は FER、MPB、および FRDRL レジスタの受信データ (RDAT[8:0]) を次のデータで更新します。FRDRH レジスタの RDF、ORER、および DR フラグは、常に SSR_FIFO レジスタの対応するフラグを反映しています。

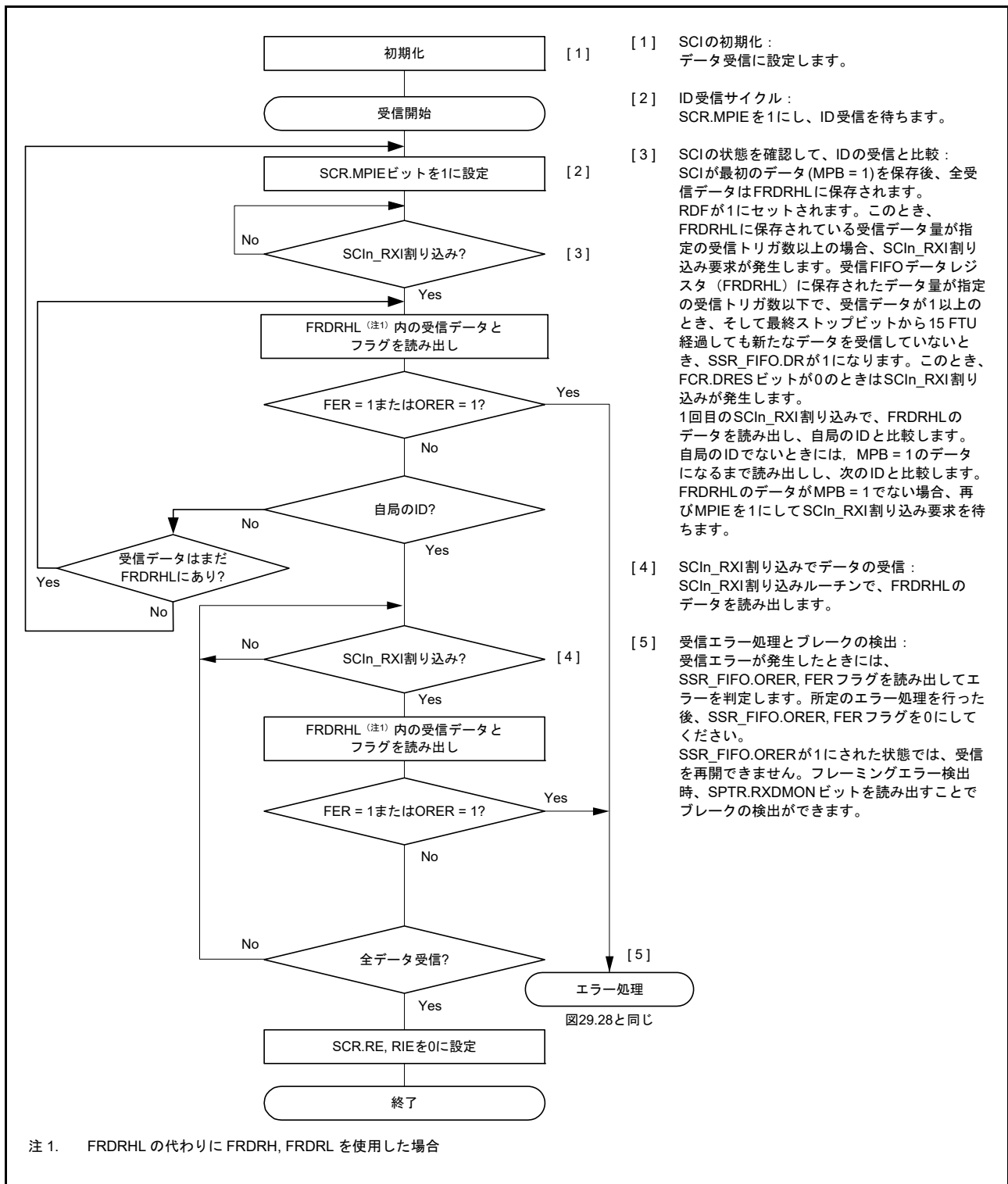
| データ長 | レジスタ設定 | | FRDRH, FRDRLの受信データ | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------------|---------------|--------------------|-----|------|-----|----|----|-----|-----------|-----------|-----------|----|----|----|----|----|----|
| | | | FRDRH | | | | | | | FRDRL | | | | | | | | |
| | SCMR. CHR1 | SMR. CHR | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| 7ビット | 1 | 0 | — | RDF | ORER | FER | 0 | DR | MPB | 0 | 0 | 7ビット受信データ | | | | | | |
| 8ビット | 1 | 1 | — | RDF | ORER | FER | 0 | DR | MPB | 0 | 8ビット受信データ | | | | | | | |
| 9ビット | 0 | Don't care | — | RDF | ORER | FER | 0 | DR | MPB | 9ビット受信データ | | | | | | | | |

注. データ長が7ビットのとき、FRDRH[0], FRDRL[7]からは常に0が読み出されます。
 データ長が8ビットのとき、FRDRH[0]から常に0が読み出されます。
 FRDRH[7]ビットの読み出し値は不定です。

図 29.29 マルチプロセッサモードにおいて FRDRH と FRDRL に格納されるデータフォーマット (FIFO 選択時)

図 29.30 に、FIFO 選択時のマルチプロセッサデータ受信のフローチャート例を示します。SCR.MPIE ビットを1にすると、マルチプロセッサビットが1の通信データを受信するまで、通信データは読み飛ばされます。マルチプロセッサビットが1の通信データを受信すると、その受信データ、MPB、および関連のエラーが FRDRHL レジスタへ転送されます。SCR.MPIE ビットが自動的にクリアされ、非マルチプロセッサの受信動作が継続します。

フレーミングエラーが発生して SSR_FIFO.FER フラグが1になると、SCI はデータ受信を継続します。その他の動作は、調歩同期式モードにおける FIFO 選択時の動作と同じです。



注 1. FRDRHL の代わりに FRDRH、FRDRL を使用した場合

図 29.30 マルチプロセッサモードにおけるシリアル受信のフローチャート例 (FIFO 選択時)

29.5 クロック同期式モードの動作

クロック同期式シリアル通信のデータフォーマットを図 29.31 に示します。

クロック同期式モードでは、クロックパルスに同期してデータを送受信します。通信データの 1 キャラクタは 8 ビットデータで構成されます。クロック同期式モードでは、パリティビットの付加はできません。

SCI は、データ送信時は同期クロックの立ち下がりから次の立ち上がりまで出力します。データ受信時は同期クロックの立ち上がりに同期してデータを取り込みます。

8 ビット出力後の送信ラインは、最終ビット出力状態を保ちます。スレーブモードにおいて SPMR.CKPH ビットが 1 の場合、SCI は第 1 ビットの出力状態を保ちます。

SCI 内部では送信部と受信部は独立しており、クロックを共有することで全二重通信が可能です。送信部と受信部はどちらもダブルバッファ構成になっているため、送信中に次の送信データを書き込むことや、受信中に前の受信データを読み出すことが可能であり、連続送受信動作が実現されます。

ただし、最高ビットレートの設定 (BRR = 00h かつ SMR.CKS[1:0] = 00b) では、連続送受信動作が不可能です。そのため FIFO 選択時は、この設定 (BRR = 00h かつ SMR.CKS[1:0] = 00b) は利用できません。

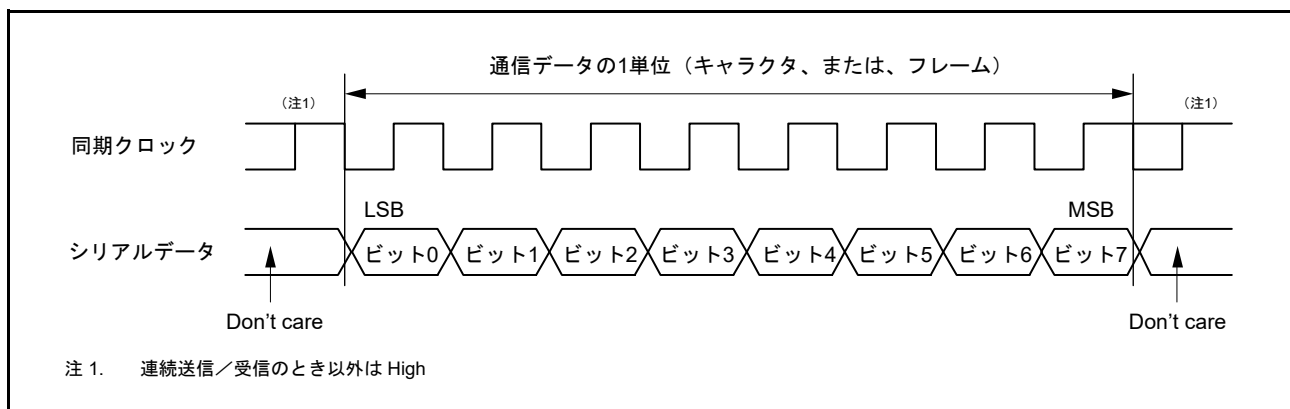


図 29.31 クロック同期式シリアル通信のデータフォーマット (LSB ファーストの場合)

29.5.1 クロック

SCR.CKE[1:0] ビットの設定に基づいて、内蔵ボーレートジェネレータが生成する内部クロック、または SCKn 端子に入力される外部同期クロックのいずれかを選択できます。

SCI が内部クロックで動作する場合は、SCKn 端子から同期クロックが出力されます。1 キャラクタの送受信で 8 パルスの同期クロックが出力されます。送受信を行わないとき、クロックは High に固定されます。ただし、受信動作のみで CTS 機能が無効な場合、SCR.RE ビットが 1 になると、同期クロックの出力が始まります。RE ビットが 0 のとき、またはオーバーランエラーが発生したとき、同期クロックは High レベル (注1) になったところで停止します。

受信動作のみで CTS 機能が有効な場合は、SCR.RE ビットが 1 になっても CTSn_RTSn 端子入力が High であれば、クロック出力は始まりません。SCR.RE ビットが 1 になったとき、CTSn_RTSn 端子入力が Low であれば、同期クロックの出力が始まります。フレームの受信が完了した時点で CTSn_RTSn 端子入力が High であれば、同期クロック出力は High レベルになったところで停止します。CTSn_RTSn 端子入力が Low のままである場合は、RE ビットが 0 のとき、またはオーバーランエラーが発生したとき、同期クロックは High レベル (注1) になったところで停止します。

注 1. (SPMR.CKPH ビット = 0、かつ SPMR.CKPOL ビット = 1) または (SPMR.CKPH ビット = 1、かつ SPMR.CKPOL ビット = 1) の状態にあるとき、信号は High に固定されます。
(SPMR.CKPH ビット = 0、かつ SPMR.CKPOL ビット = 1) または (SPMR.CKPH ビット = 1、かつ SPMR.CKPOL ビット = 0) の状態にあるとき、信号は Low に固定されます。

29.5.2 CTS、RTS 機能

CTS 機能では、クロックソースが内部クロックの場合に、CTS_n RTS_n 端子入力を使用してデータ送受信の開始制御を行います。SPMR.CTSE ビットを 1 にすると、CTS 機能が有効になります。CTS 機能が有効な場合、CTS_n RTS_n 端子入力が Low になると、データの送受信が開始されます。

送受信中に CTS_n RTS_n 端子入力を High にしても、処理中のフレームの送受信には影響を与えません。

RTS 機能では、クロックソースが外部同期クロックの場合に、CTS_n RTS_n 端子出力を使用してデータ送受信の開始要求を行います。シリアル通信が可能な状態になると、CTS_n RTS_n 端子出力が Low になります。CTS_n RTS_n 端子出力が Low および High となる条件は以下のとおりです。

[Low になる条件]

(a) 非 FIFO 選択時に、下記条件がすべて満たされたとき

- SCR.RE ビットまたは SCR.TE ビットが 1
- シリアル通信が許可されている
- 読み出し前の受信データがない (SCR.RE ビットが 1 の場合)
- TSR レジスタに送信用データがある (SCR.TE ビットが 1、SCR.CKE[1] ビットが 1 の場合)
- SSR.ORER フラグが 0

(b) FIFO 選択時に、下記条件がすべて満たされたとき

- SCR.RE ビットまたは SCR.TE ビットが 1
- シリアル通信が許可されている
- FRDRHL に書き込まれた受信データ数が指定された CTS_n RTS_n 出力トリガ数より少ない (SCR.RE = 1 の場合)
- FTDRHL レジスタに未送信データがある (SCR.TE ビットが 1、SCR.CKE[1] ビットが 0 の場合)
- TSR レジスタに送信用データがある (SCR.TE ビットが 1、SCR.CKE[1] ビットが 1 の場合)
- SSR_FIFO.ORER ビットが 0

[High になる条件]

(a) 非 FIFO 選択時

- Low になる条件を満たさない場合
- 受信完了後に RDR レジスタを読み出すことなく、SCR.RE = 0 によって受信を終了させた場合、RTS は High を維持します。このとき、SCR.RE に 0 を書き込んだ後に SCR レジスタをダミーリードしてください

(b) FIFO 選択時

- Low になる条件を満たさない場合

29.5.3 SCIの初期化（クロック同期式モード）

データを送受信する前に、最初に SCR レジスタに初期値 00h を書き込み、次に 29.5.2 CTS、RTS 機能に示す SCI 手順を続けてください。動作モードまたは通信フォーマットを変更する場合も、SCR レジスタを初期値にしてから変更してください。

- 注 . SCR.RE ビットを 0 にしても、SSR/SSR_FIFO レジスタの ORER フラグ、FER フラグ、RDRF フラグ、RDF フラグ、PER フラグ、および DR フラグは初期化されません。また、RDR レジスタおよび RDRHL レジスタも初期化されません。SCR.TE ビットが 0 の場合、選択した FIFO バッファに対する TEND フラグは初期化されません。
- 注 . SCR.TIE ビットが 1 の状態で、SCR.TE ビットを 1 から 0、または 0 から 1 に変更すると、SCI_n_TXI 割り込み要求が発生します。

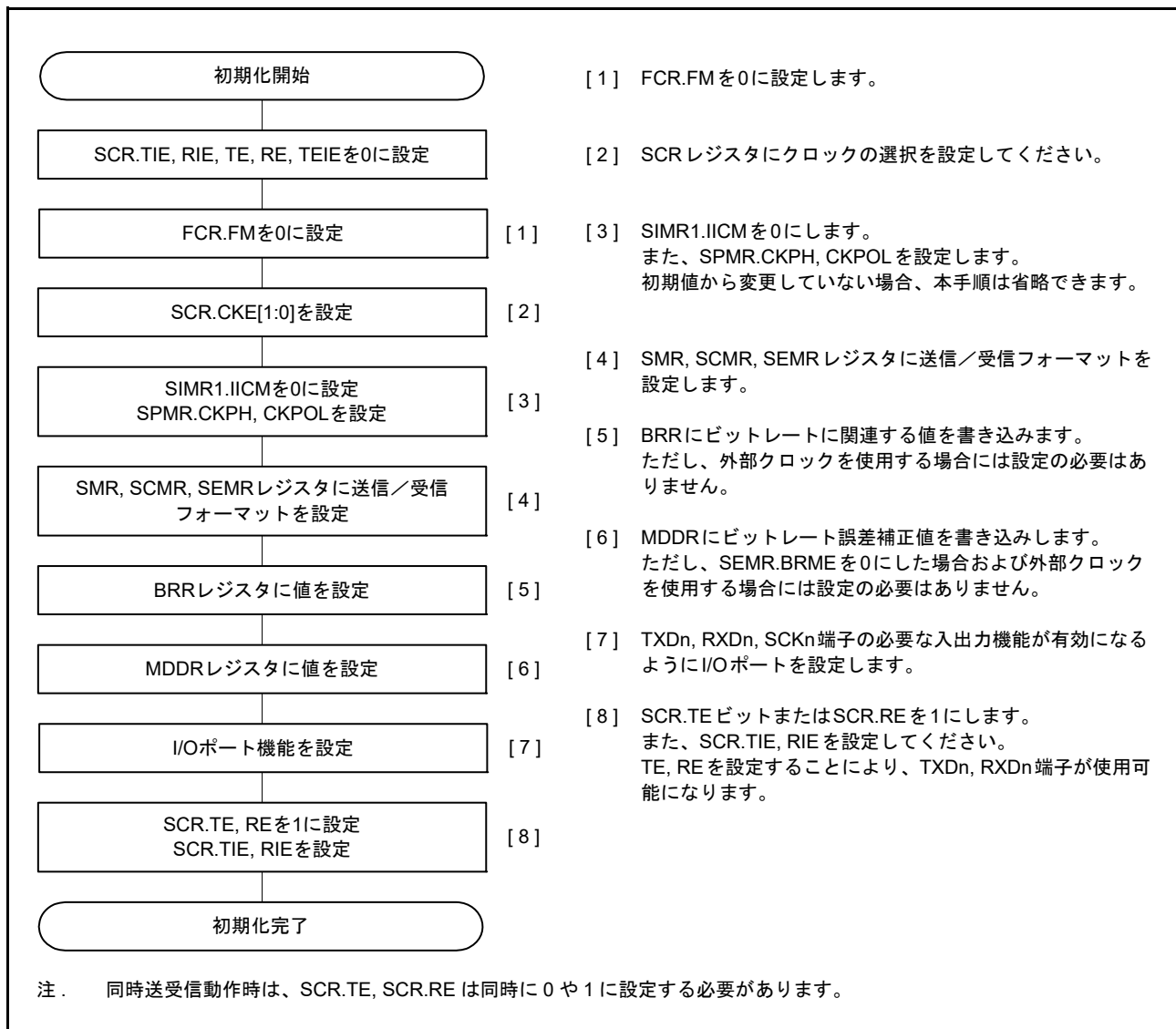


図 29.32 クロック同期式モードにおける SCI の初期化フローチャート例（非 FIFO 選択時）

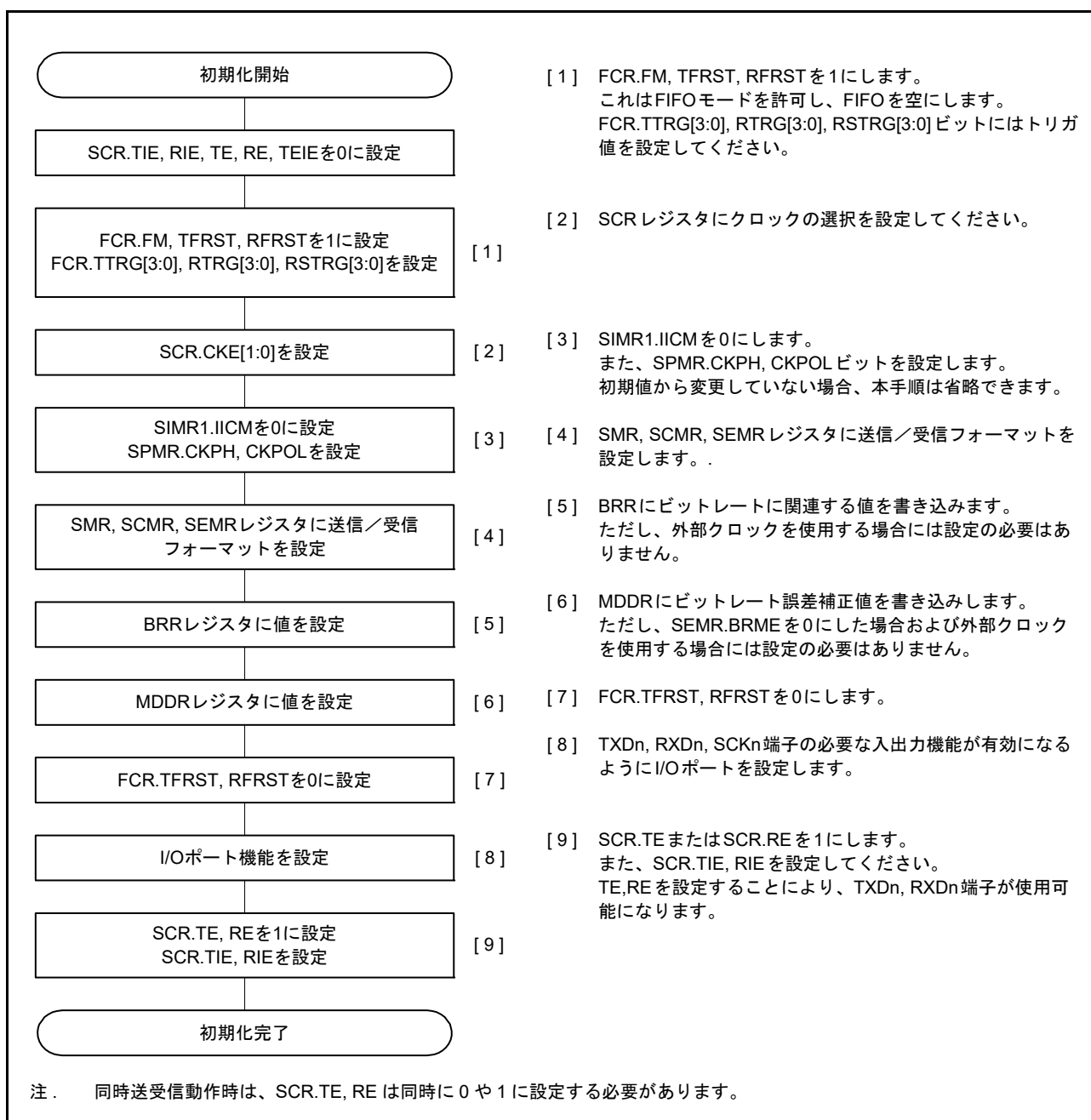


図 29.33 クロック同期式モードにおけるSCIの初期化フローチャート例 (FIFO 選択時)

29.5.4 シリアルデータの送信 (クロック同期式モード)

(1) 非 FIFO 選択時

図 29.34、図 29.35、および図 29.36 に、クロック同期式モードにおけるシリアル送信の動作例を示します。

シリアルデータの送信時、SCI は以下のように動作します。

1. SCIn_TXI 割り込み処理ルーチンで TDR レジスタにデータが書き込まれると、SCI は TDR レジスタから TSR レジスタへデータを転送します。なお、送信開始時の SCIn_TXI 割り込み要求は、SCR.TIE ビットを 1 にした後、SCR.TE ビットを 1 にするか、これら 2 つのビットを 1 命令で同時に 1 にすることで発生します。
2. SCI は、TDR レジスタから TSR レジスタへデータを転送した後、送信を開始します。このとき、SCR.TIE ビットが 1 になっていると、SCIn_TXI 割り込み要求が発生します。この SCIn_TXI 割り込み処理ルーチンにおいて、現在のデータ送信が終了する前に、TDR レジスタに次の送信データを書き込むことで連続送信が可能になります。SCIn_TEI 割り込み要求を使用する場合は、最終送信データを TDR レジスタに書き込んだ後、SCR.TIE ビットを 0 にして、SCR.TEIE ビットを 1 にします。
3. クロック出力モードを指定したときは出力クロックに同期して、外部クロックを指定したときは入力クロックに同期して、TXDn 端子から 8 ビットのデータが送信されます。クロック信号出力は、SPMR.CTSE ビットが 1 のとき、CTS_n_RTS_n 入力信号が Low になるまで待機します。
4. 最終ビットを送り出すタイミングで、SCI は TDR レジスタの更新をチェックします。
5. TDR レジスタが更新されていれば、TDR レジスタから TSR レジスタにデータを転送し、次のフレームの送信を開始します。
6. TDR レジスタが更新されていなければ、SSR.TEND フラグを 1 にします。TXDn 端子は最終ビットの出力状態を保持します。このとき、SCR.TEIE ビットが 1 になっていると、SCIn_TEI 割り込み要求が発生し、SCKn 端子は High に固定されます。

図 29.34、図 29.35、および図 29.36 に、シリアル送信のフローチャート例を示します。

受信エラーフラグ (SSR.ORER、FER、または PER) が 1 の状態では、送信は開始されません。送信を開始する前に、必ず受信エラーフラグを 0 にしてください。

注 . 受信エラーフラグは、SCR.RE ビットを 0 にしてもクリアされません。

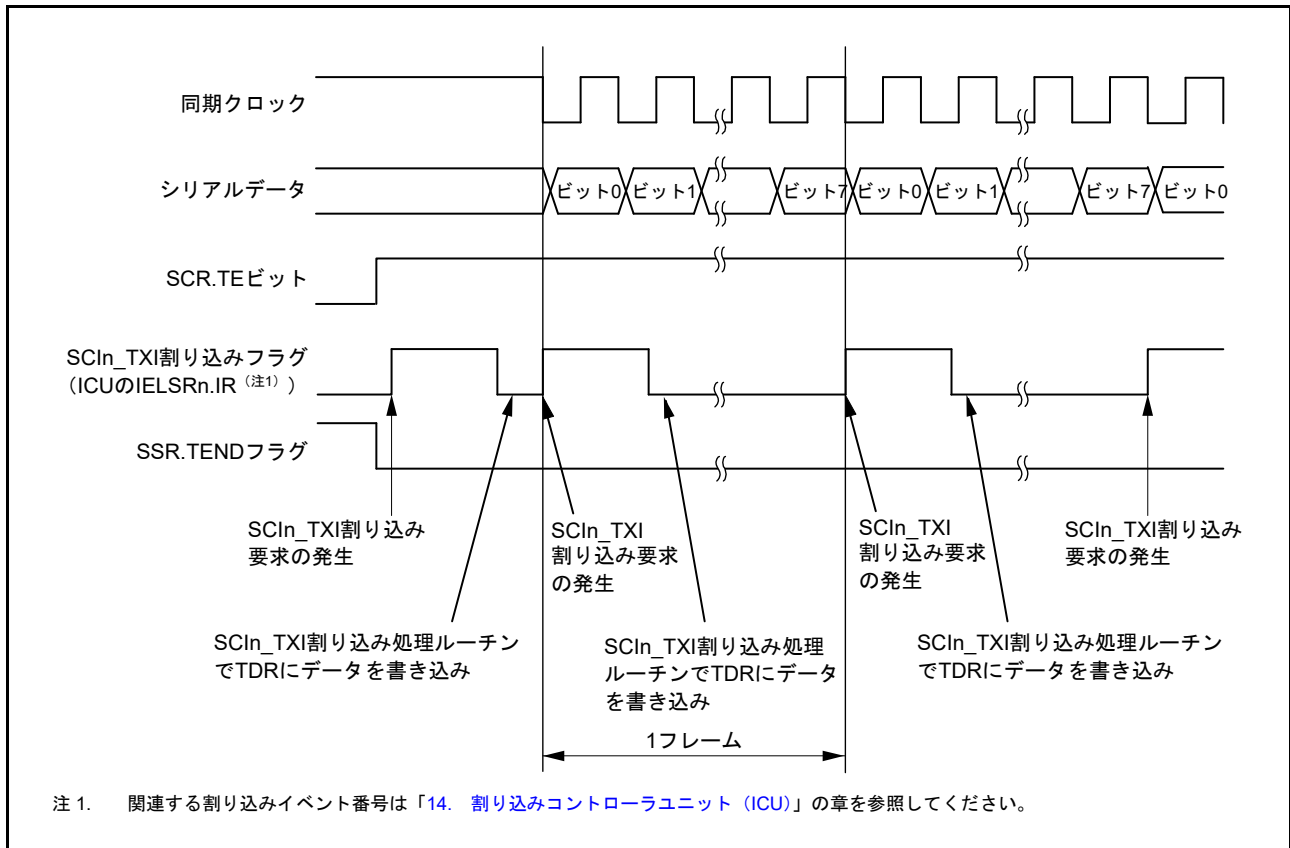


図 29.34 クロック同期式モードにおけるシリアル送信の動作例 (送信開始時に CTS 機能を使用しない場合)

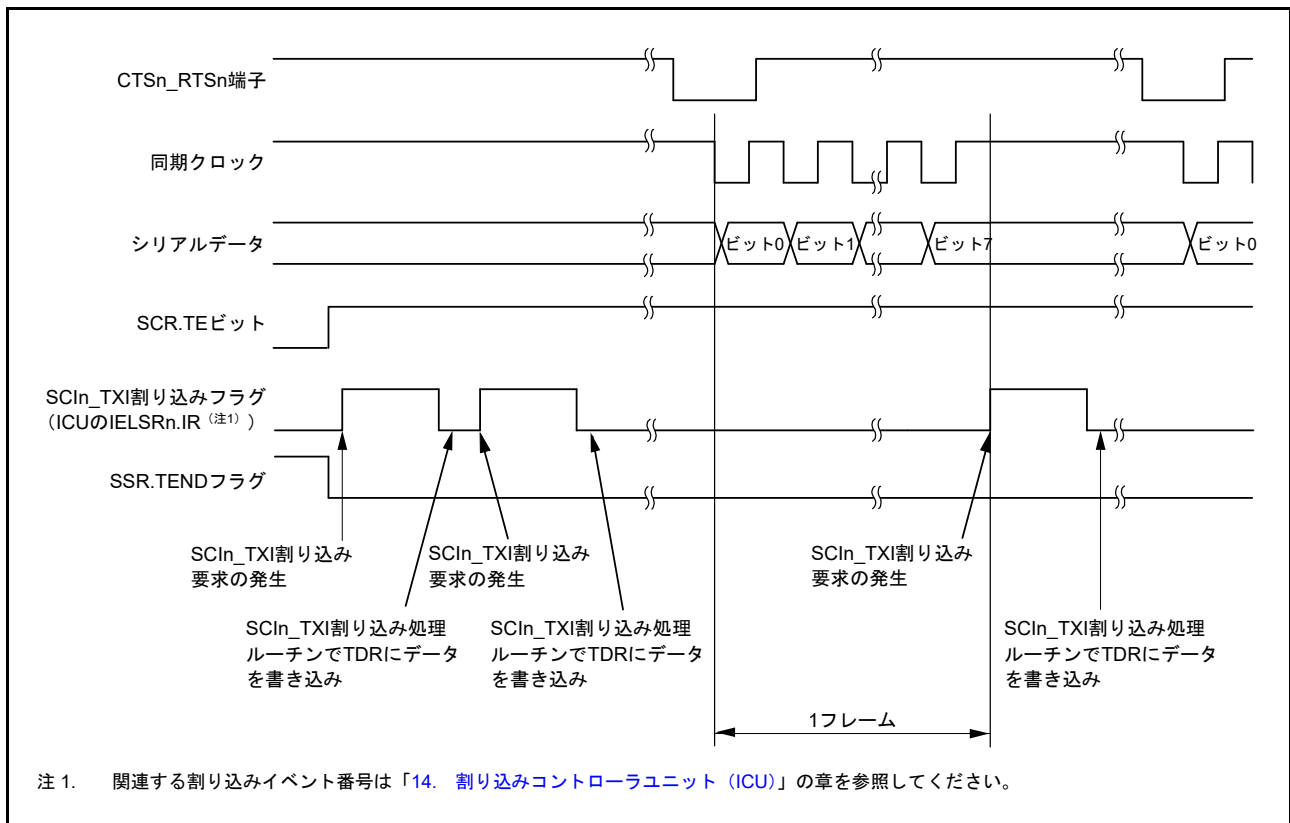


図 29.35 クロック同期式モードにおけるシリアル送信の動作例 (送信開始時に CTS 機能を使用する場合)

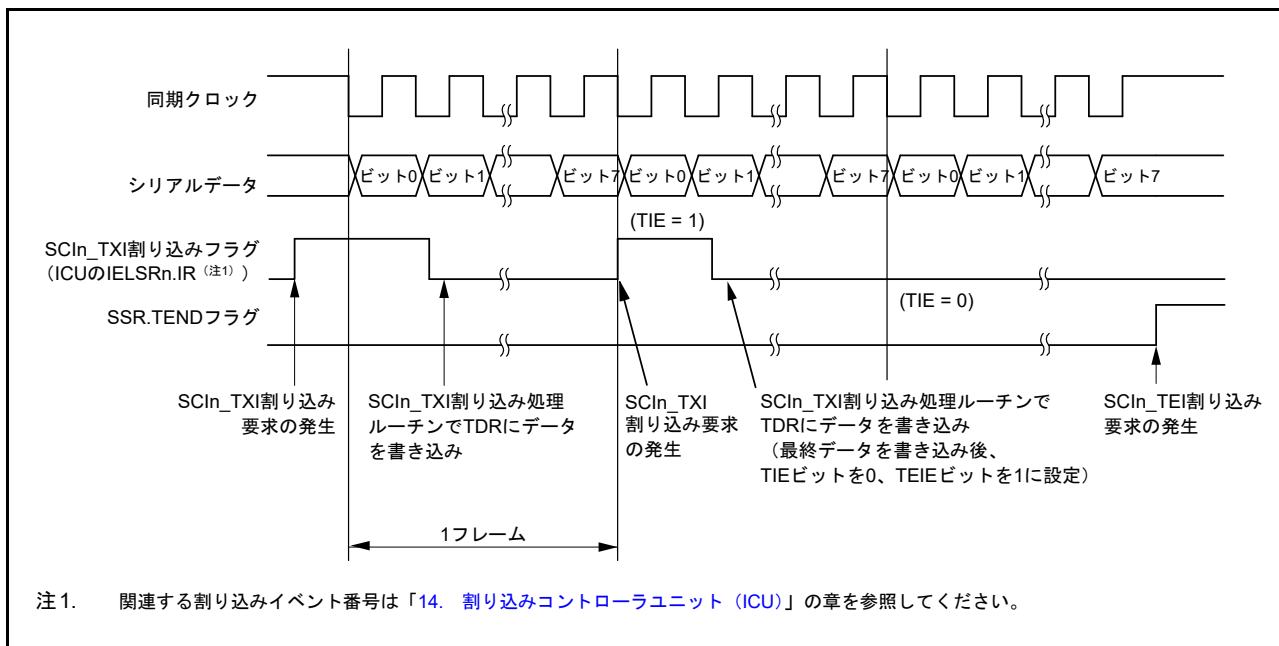


図 29.36 クロック同期式モードにおけるシリアル送信の動作例 (送信中～送信終了時)

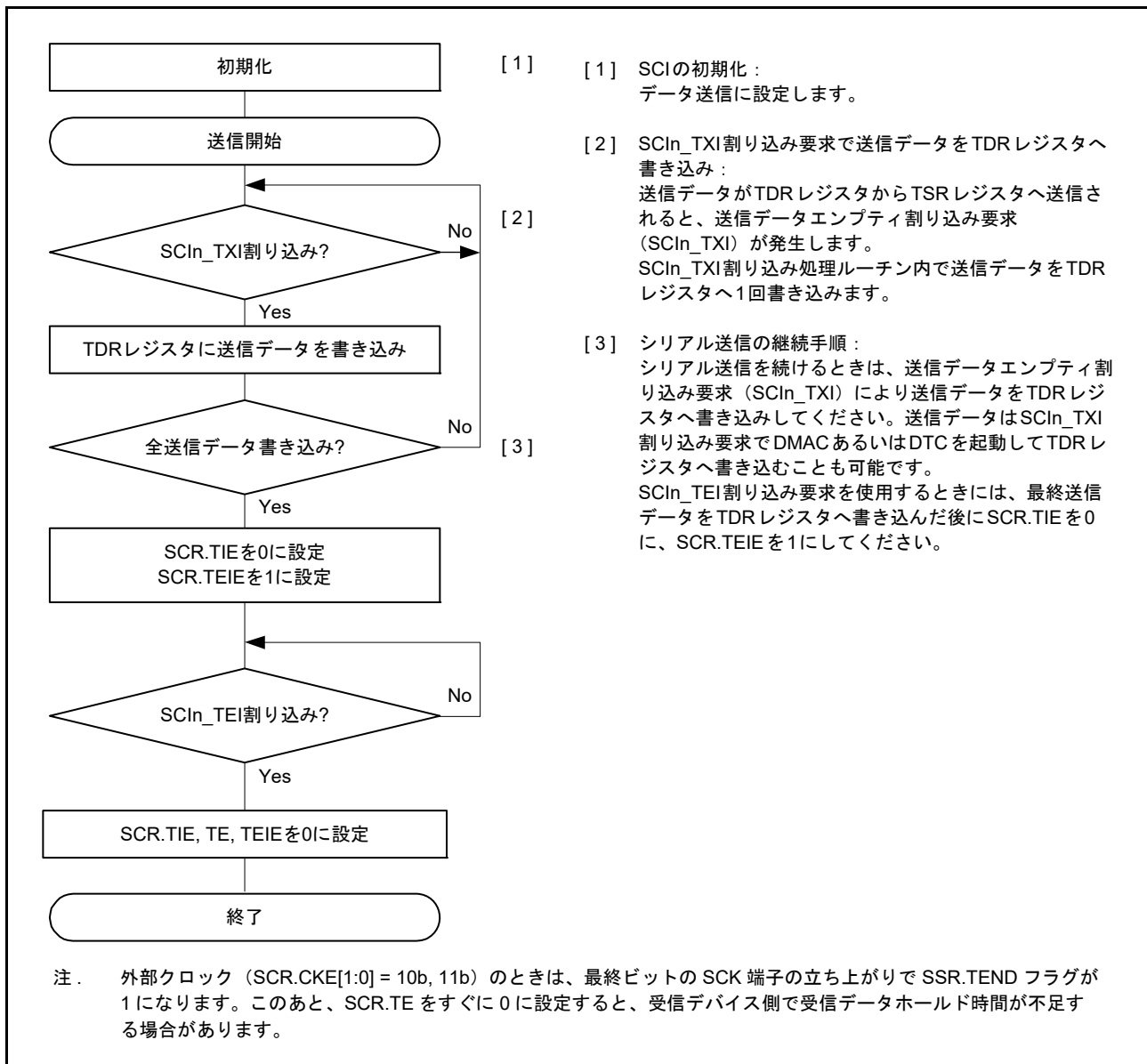


図 29.37 クロック同期式モードにおけるシリアル送信のフローチャート例 (非 FIFO 選択時)

(2) FIFO 選択時

図 29.34 に、クロック同期式モードにおける FIFO 選択時のシリアル送信のフローチャート例を示します。シリアルデータの送信時、SCI は以下のように動作します。

1. SCIn_TXI 割り込み処理ルーチンで FTDRL レジスタ (注1) にデータが書き込まれると、SCI は FTDRL レジスタ (注1) から TSR レジスタへデータを転送します。FTDRL レジスタに書き込み可能なデータのバイト数は“16 - FDR.T[4:0]”です。なお、送信開始時の SCIn_TXI 割り込み要求は、SCR.TIE ビットを 1 にした後に SCR.TE ビットを 1 にするか、これら 2 つのビットを 1 命令で同時に 1 にすることで発生します。
2. SCI は、FTDRL レジスタから TSR レジスタにデータを転送した後、送信を開始します。FTDRL に書き込まれた送信データ数が指定された送信トリガ数以下のとき、SSR_FIFO.TDFE フラグが 1 になります。このとき、SCR.TIE ビットが 1 になっていると、SCIn_TXI 割り込み要求が発生します。この SCIn_TXI 割り込み処理ルーチンにおいて、現在のデータ送信が終了する前に、FTDRL レジスタに次の送信データを書き込むことで連続送信が可能になります。SCIn_TEI 割り込み要求を使用する場合は、最終送信データを FTDRL レジスタに書き込んだ後、SCR.TIE ビットを 0 にして、SCR.TEIE ビットを 1 にします。
3. クロック出力モードを指定したときは出力クロックに同期して、外部クロックを指定したときは入力クロックに同期して、TXDn 端子から 8 ビットのデータが送信されます。クロック信号出力は、CTS_n_RTS_n 入力信号が Low になり、SPMR.CTSE ビットが 1 になるまで待機します。
4. ストップビットを送り出すタイミングで、SCI は FTDRL レジスタに未送信データが残っていないかチェックします。
5. FTDRL レジスタが更新されていれば、FTDRL レジスタから TSR レジスタにデータを転送し、次のフレームの送信を開始します。
6. FTDRL レジスタが更新されていなければ、SSR_FIFO.TEND フラグを 1 にします。TXDn 端子は最終ビットの出力状態を保持します。このとき、SCR.EIE ビットが 1 になっていると、SCIn_TEI 割り込み要求が発生し、SCKn 端子は High に固定されます。

注 1. クロック同期式モードでは、FTDRH レジスタを使用しません。

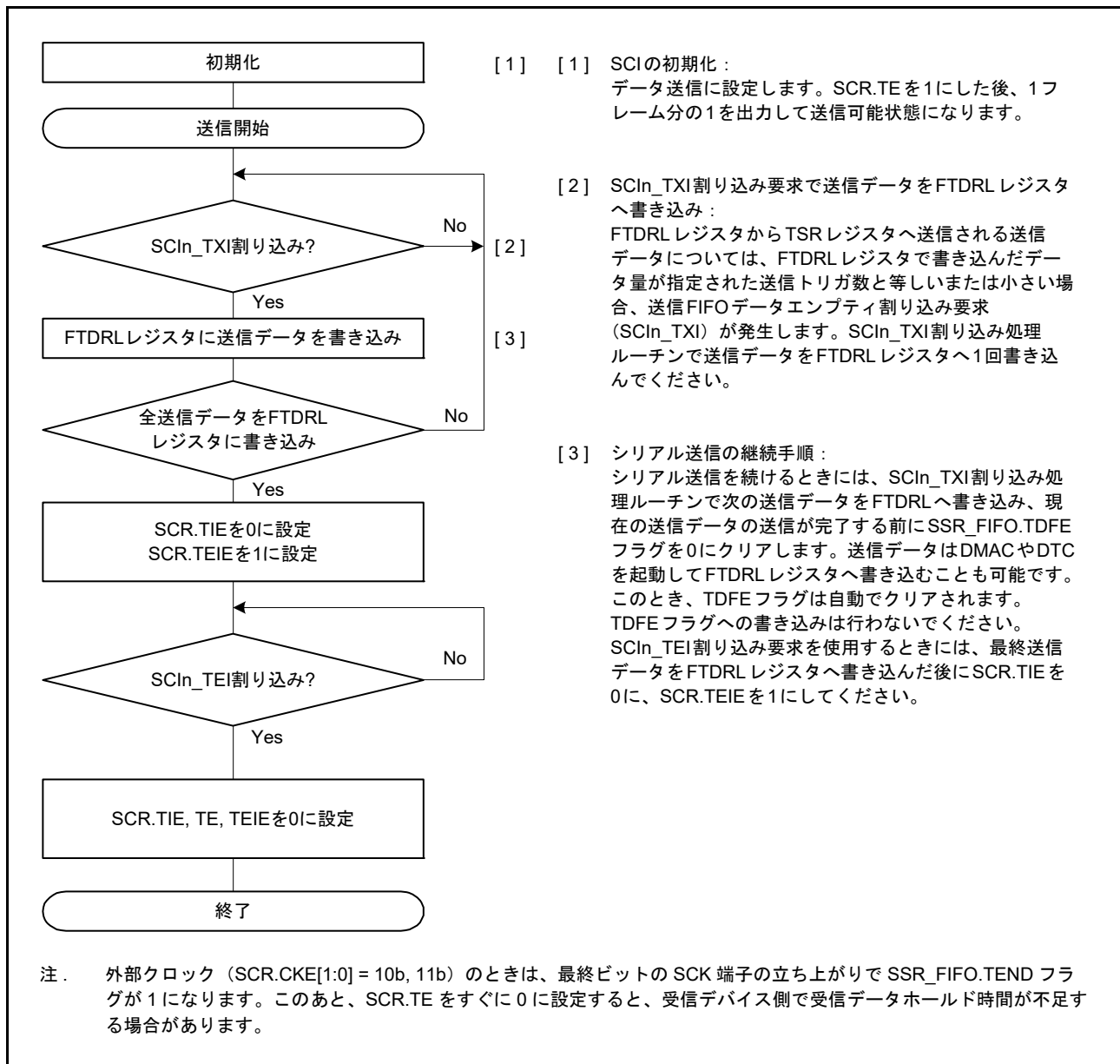


図 29.38 クロック同期式モードにおけるシリアル送信のフローチャート例 (FIFO 選択時)

29.5.5 シリアルデータの受信 (クロック同期式モード)

(1) 非 FIFO 選択時

図 29.39 と図 29.40 に、クロック同期式モードにおけるシリアル受信の動作例を示します。

シリアルデータの受信時、SCI は以下のように動作します。

1. SCR.RE ビットの値が 1 になると、CTS_n_RTS_n 端子出力は Low になります。
2. SCI は内部を初期化し、同期クロックの入力または出力に同期して受信を開始して、受信データを RSR レジスタに取り込みます。
3. オーバーランエラーが発生した場合、SSR.ORER フラグが 1 になります。このとき、SCR.RIE ビットが 1 になっていると、SCI_n_ERI 割り込み要求が発生します。受信データは RDR レジスタへ転送されません。
4. 正常に受信したときは、受信データが RDR レジスタへ転送されます。このとき、SCR.RIE ビットが 1 になっていると、SCI_n_RXI 割り込み要求が発生します。SCI_n_RXI 割り込み処理ルーチンにおいて、次のデータ受信が終了する前に、RDR レジスタへ転送された受信データを読み出すことで連続受信が可能になります。RDR レジスタから受信データが読み出されると、CTS_n_RTS_n 端子出力が Low になります。

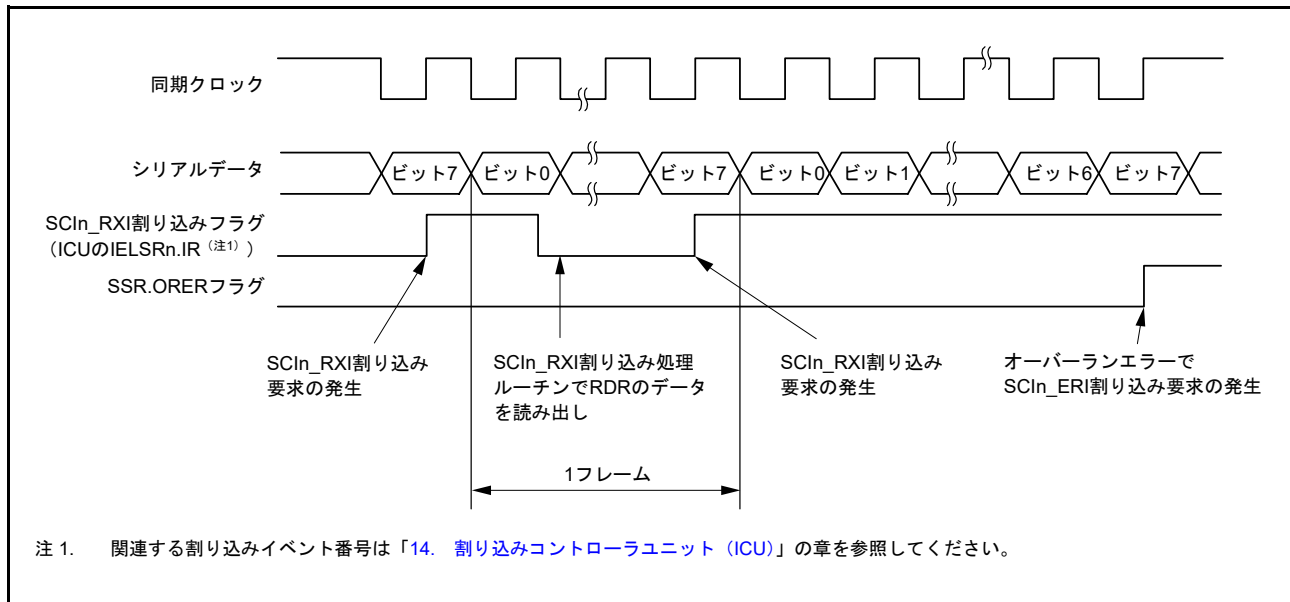


図 29.39 クロック同期式モードにおけるシリアル受信の動作例 (1) (RTS 機能を使用しない場合)

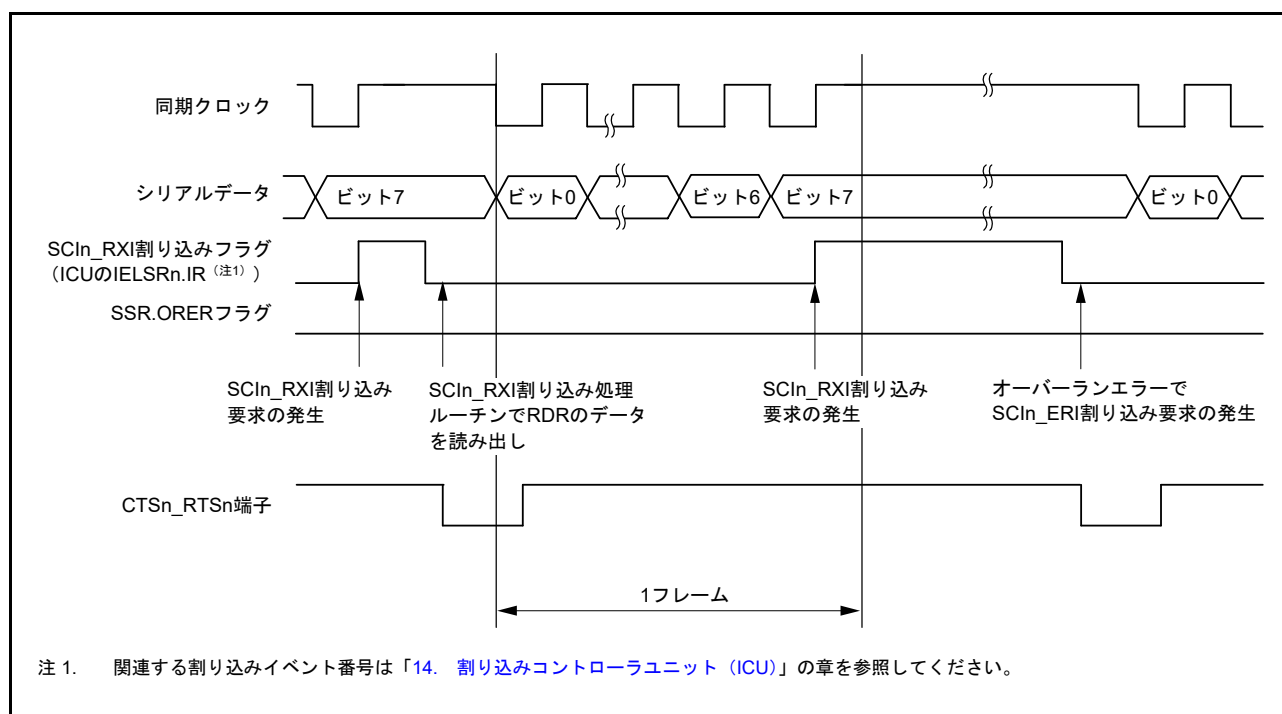


図 29.40 クロック同期式モードにおけるシリアル受信の動作例 (2) (RTS 機能を使用する場合)

受信エラーフラグが 1 の状態では、送受信動作を再開できません。したがって、SSR.ORER、FER、および PER フラグを 0 にしてから受信を再開してください。また、オーバーランエラー処理では、必ず RDR レジスタを読み出してください。また、受信動作中に SCR.RE ビットを 0 にして受信動作を強制終了させた場合、RDR レジスタに読み出し前の受信データが残っている可能性があるため、RDR レジスタを読み出す必要があります。

図 29.41 に、シリアル受信のフローチャート例を示します。

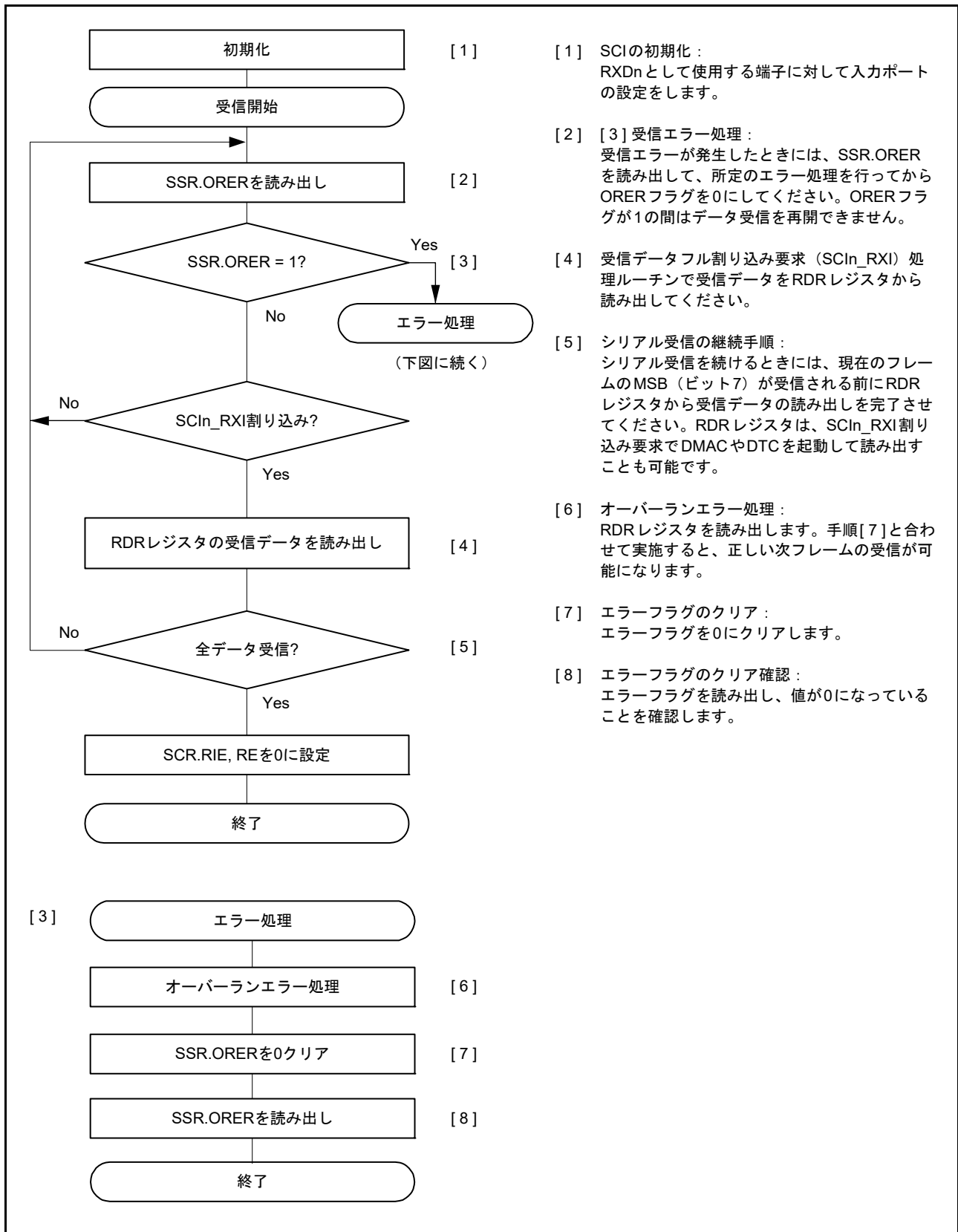


図 29.41 クロック同期式モードにおけるシリアル受信のフローチャート例 (非 FIFO 選択時)

(2) FIFO 選択時

図 29.42 に、クロック同期式モードにおける FIFO 選択時のシリアル受信のフローチャート例を示します。シリアルデータの受信時、SCI は以下のように動作します。

1. SCR.RE ビットの値が 1 になると、CTS_n_RTS_n 端子出力は Low になります。
2. SCI は内部を初期化し、同期クロックの入力または出力に同期して受信を開始して、受信データを RSR レジスタに取り込みます。
3. オーバーランエラーが発生した場合、SSR_FIFO.ORER フラグが 1 になります。このとき、SCR.RIE ビットが 1 になっていると、SCI_{In}_ERI 割り込み要求が発生します。受信データは FRDRL レジスタ^(注1) へ転送されません。
4. 正常に受信したときは、受信データが FRDRL レジスタ^(注1) へ転送されます。FRDRHL に格納された受信データ数が指定された受信トリガ数以上であると、SSR_FIFO.RDF フラグが 1 になります。このとき、SCR.RIE ビットが 1 になっていると、SCI_{In}_RXI 割り込み要求が発生します。この SCI_{In}_RXI 割り込み処理ルーチンにおいて、オーバーランエラーが発生する前に、FRDRL レジスタ^(注2) へ転送された受信データを読み出すことで連続受信が可能になります。FRDRL レジスタへ転送された受信データ数が RTS トリガ数未満であると、CTS_n_RTS_n 端子出力が Low になります。

注 1. クロック同期式モードでは、FRDRH レジスタを使用しません。

注 2. RDF と ORER を受信データとともに読み出す場合は、FRDRH → FRDRL の順に読み出してください。

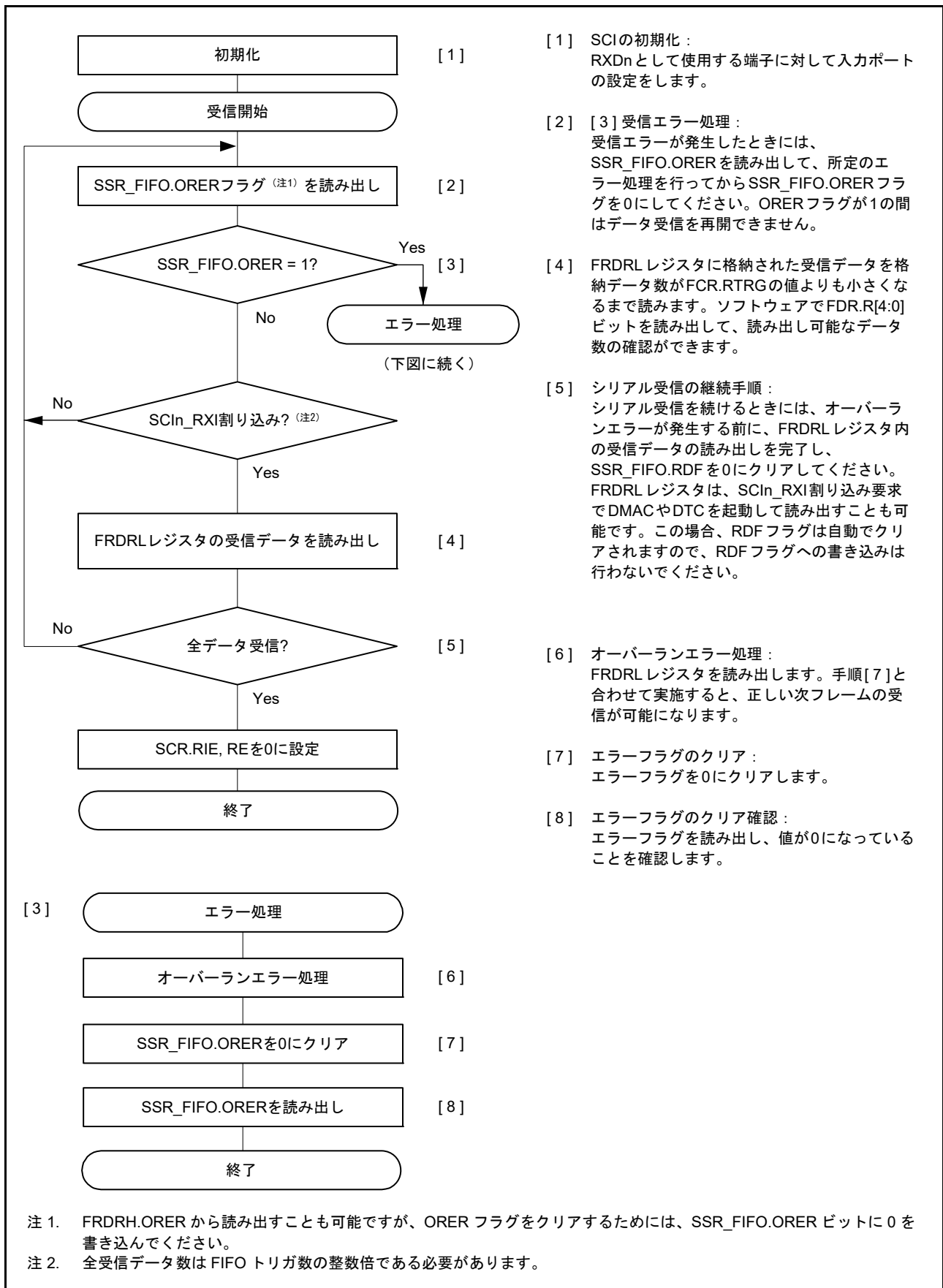


図 29.42 クロック同期式モードにおけるシリアル受信のフローチャート例 (FIFO 選択時)

29.5.6 シリアルデータの同時送受信動作 (クロック同期式モード)

(1) 非 FIFO 選択時

図 29.43 に、クロック同期式モードにおけるシリアル同時送受信動作のフローチャート例を示します。シリアル同時送受信動作は、SCI の初期化後、以下の手順に従って行ってください。

送信モードから同時送受信モードへの切り替えは次の手順で行います。

1. SCI が送信完了状態であることを SSR レジスタの TEND フラグが 1 になっていることで確認してください。
2. その後、SCR レジスタを初期化してから、SCR レジスタの TIE、RIE、TE、および RE の各ビットを 1 命令で同時に 1 にしてください。

受信モードから同時送受信モードへの切り替えは、次の手順で行います。

1. SCI が受信完了状態であることを確認してください。
2. SCR レジスタの RIE ビットと RE ビットを 0 にした後、SSR レジスタの受信エラーフラグ (ORER) が 0 になっていることを確認します。
3. その後、SCR レジスタの TIE、RIE、TE、および RE の各ビットを 1 命令で同時に 1 にしてください。

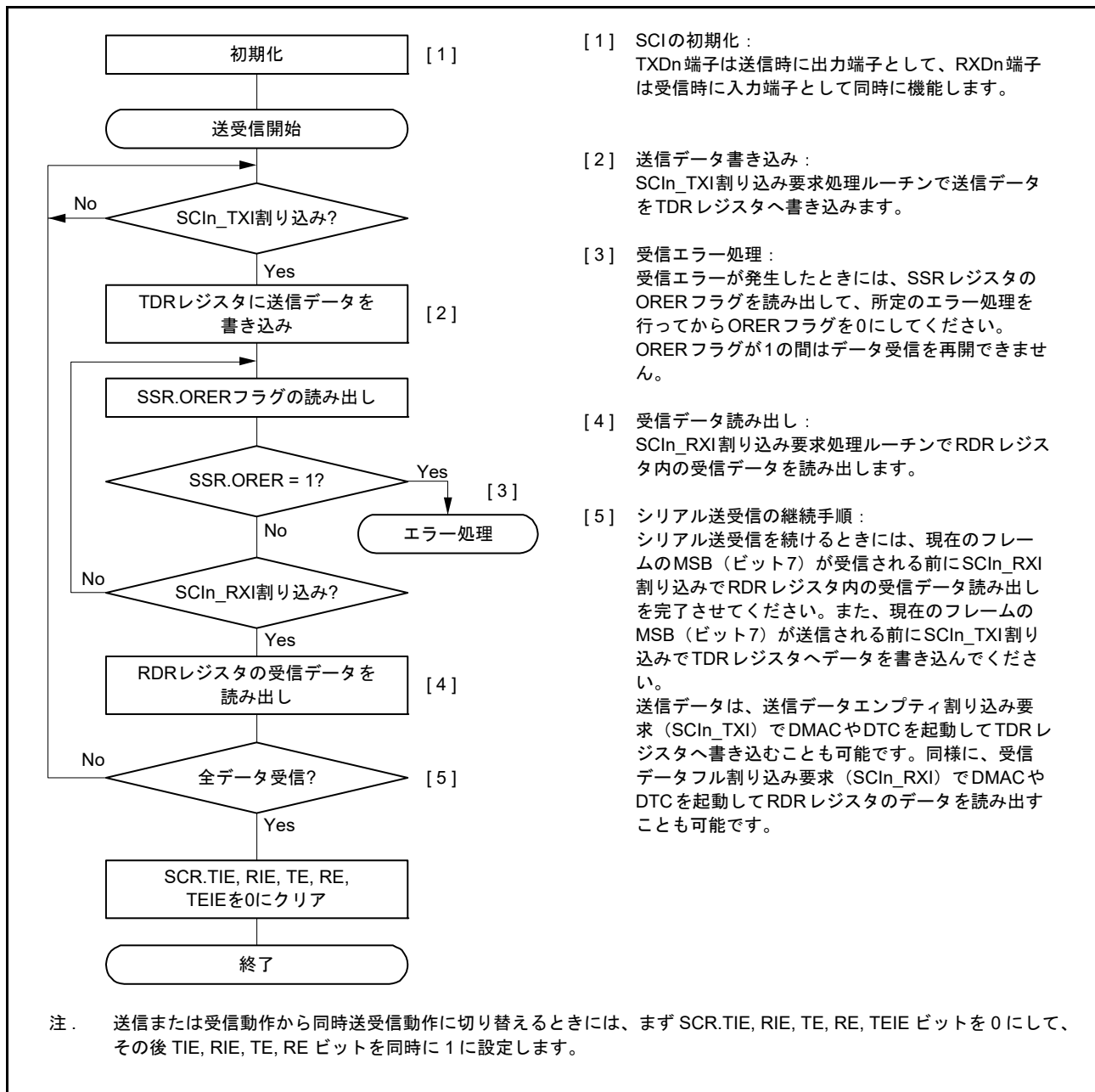


図 29.43 クロック同期式モードにおけるシリアル同時送受信動作のフローチャート例（非FIFO選択時）

(2) FIFO 選択時

図 29.44 に、クロック同期式モードにおける FIFO 選択時のシリアル同時送受信動作のフローチャート例を示します。

シリアル同時送受信動作は、SCI の初期化後、以下の手順に従って行ってください。

送信モードから同時送受信モードへの切り替えは次の手順で行います。

1. SCI が送信完了状態であることを SSR_FIFO レジスタの TEND フラグが 1 になっていることで確認してください。
2. その後、SCR レジスタを初期化してから、SCR レジスタの TIE、RIE、TE、および RE の各ビットを 1 命令で同時に 1 にしてください。

受信モードから同時送受信モードへの切り替えは、次の手順で行います。

1. SCI が受信完了状態であることを確認してください。
2. SCR レジスタの RIE ビットと RE ビットを 0 にした後、SSR_FIFO レジスタの受信エラーフラグ (ORER) が 0 になっていることを確認します。
3. その後、SCR レジスタの TIE、RIE、TE、および RE の各ビットを 1 命令で同時に 1 にしてください。

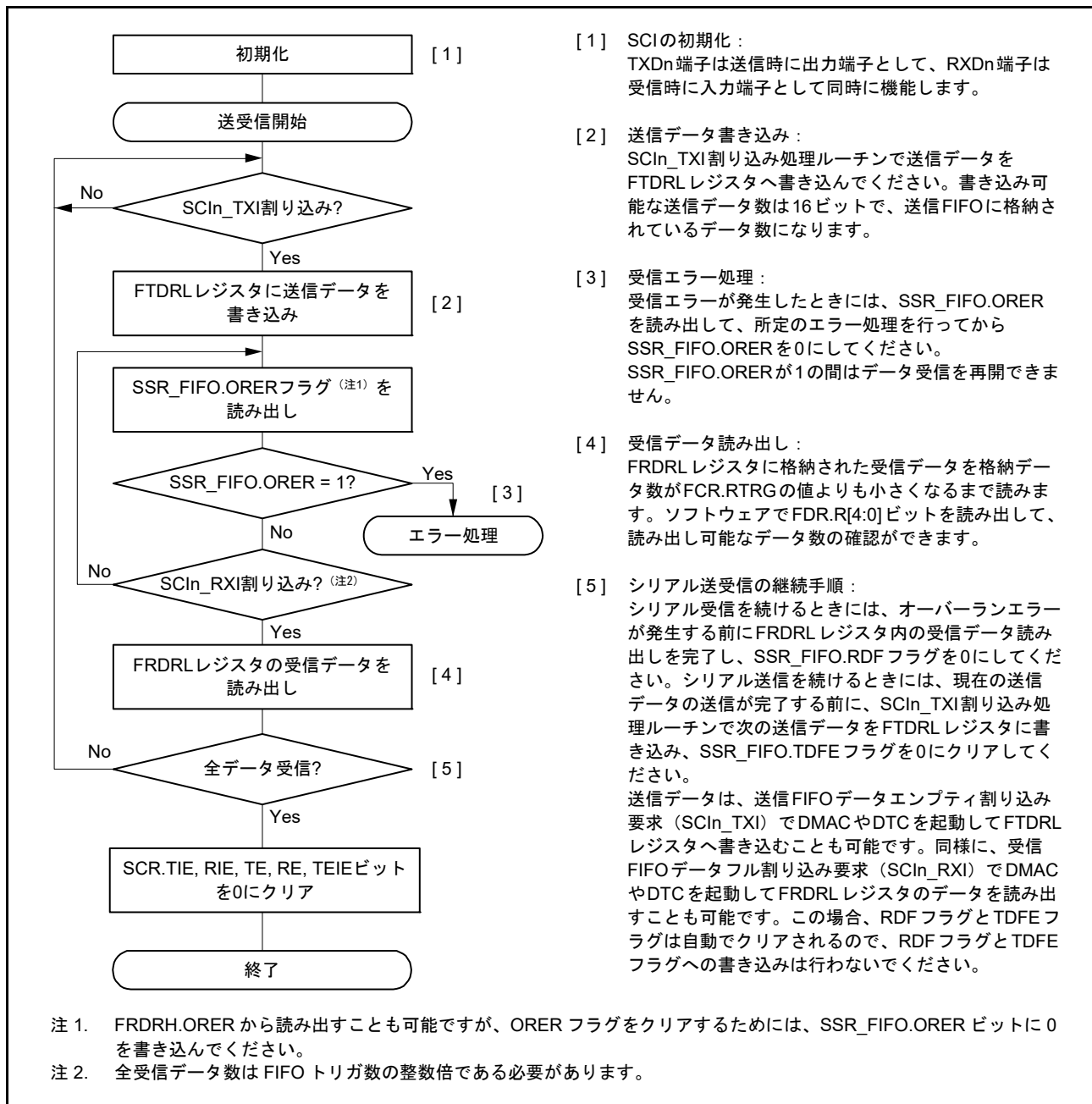


図 29.44 クロック同期式モードにおけるシリアル同時送受信動作のフローチャート例 (FIFO 選択時)

29.6 スマートカードインタフェースモードの動作

SCIは拡張機能として、ISO/IEC 7816-3 (Identification Card 規格) に対応したスマートカード (IC カード) インタフェースをサポートしています。

スマートカードインタフェースモードへの切り替えはレジスタにより行います。

29.6.1 接続例

図 29.45 に、スマートカード (IC カード) と本 MCU の接続例を示します。

図 29.45 に示すように、MCU と IC カードは 1 本のデータ伝送線で通信を行うため、TXDn 端子と RXDn 端子を結線し、データ伝送線を抵抗で電源 VCC 側にプルアップしてください。

IC カードを接続しない状態で SCR_SMCI レジスタの TE ビットと RE ビットを 1 にすると、閉ループの送受信が実現され、自己診断が可能になります。SCI で生成するクロックを IC カードに供給する場合は、SCKn 端子出力を IC カードの CLK 端子に入力してください。

リセット信号の出力には、本 MCU の出力ポートを使用できます。

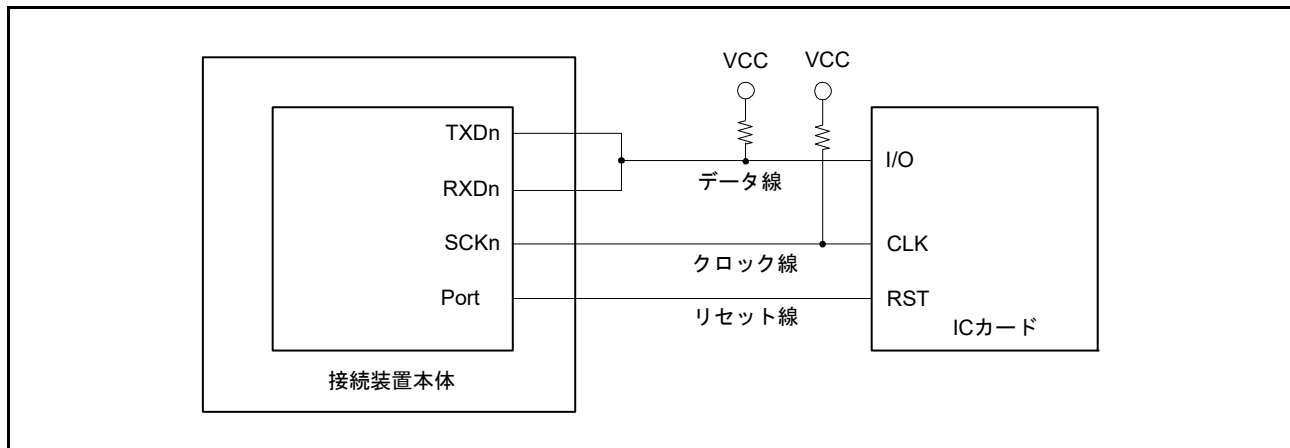


図 29.45 スマートカード (IC カード) との接続例

29.6.2 データフォーマット (ブロック転送モード時を除く)

図 29.46 に、スマートカードインタフェースモードでの送受信フォーマットを示します。

以下に、送受信フォーマットを説明します。

- 調歩同期式モードでは、1 フレームは 8 ビットデータとパリティビットで構成されます
- 送信中は、パリティビットの終了から次のフレーム開始まで、2ETU (Elementary Time Unit = 1 ビット転送時間) 以上のガードタイムが必要です
- 受信中にパリティエラーを検出した場合、スタートビットから 10.5ETU 経過後、エラーシグナル (Low) が 1ETU 期間出力されます
- 送信中にエラーシグナルをサンプリングすると、2ETU 以上経過後、自動的に同じデータが再送信されます

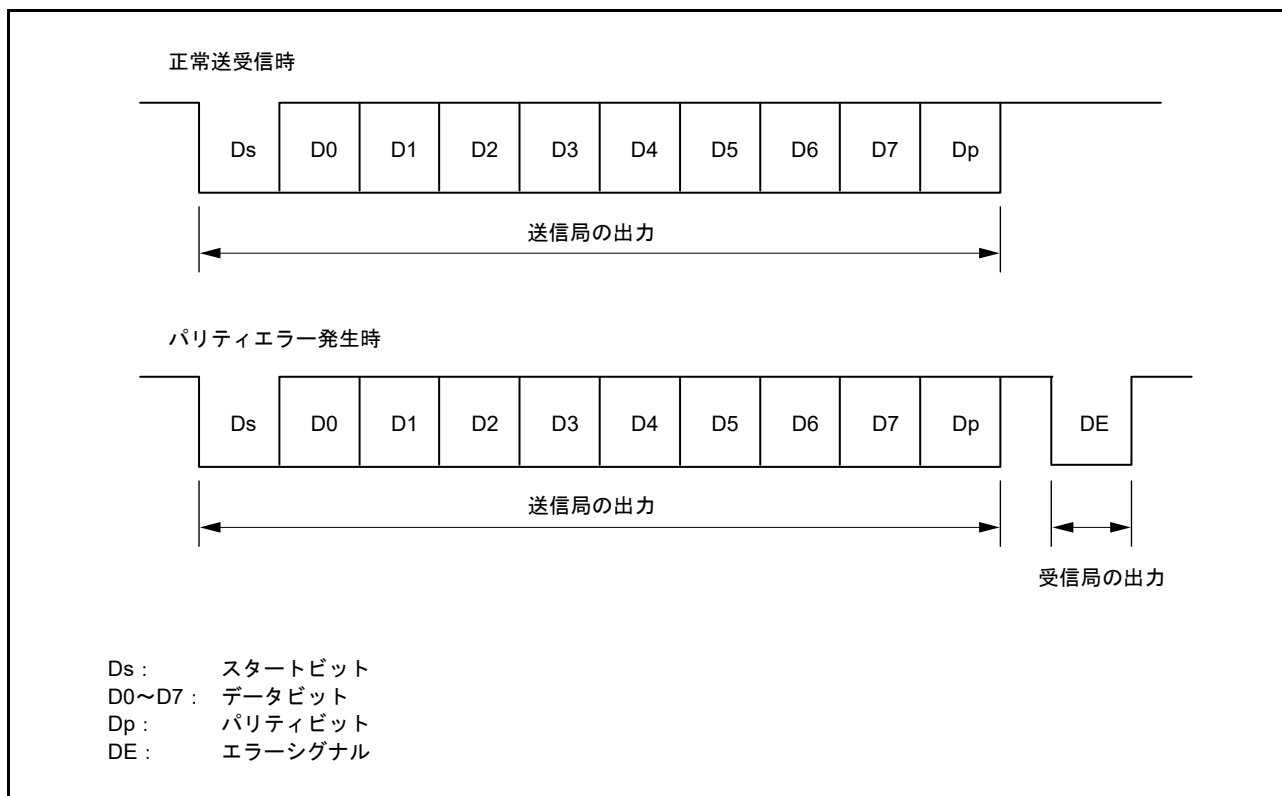


図 29.46 スマートカードインタフェースモードにおけるデータフォーマット

本節では、ダイレクトコンベンションタイプと、インバースコンベンションタイプの2種類のICカードと送受信する場合について説明します。

(1) ダイレクトコンベンションタイプ

ダイレクトコンベンションタイプでは、図 29.47 に示すように、ロジックレベル1は状態Zを、ロジックレベル0を状態Aをそれぞれ表し、開始キャラクタとしてLSBファーストでデータのが転送されます。したがって、図 29.47 の開始キャラクタでは、データは3Bhとなります。

ダイレクトコンベンションタイプを使用する場合、SCMR.SDIR ビットと SCMR.SINV ビットの両方を0にしてください。また、スマートカード規格に従って偶数パリティとするため、SMR_SMCI.PM ビットは0にしてください。

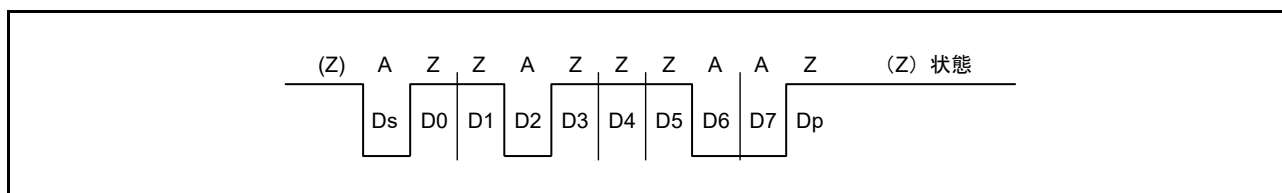


図 29.47 ダイレクトコンベンション (SCMR.SDIR ビット = 0、SCMR.SINV ビット = 0、SMR_SMCI.PM ビット = 0)

(2) インバースコンベンションタイプ

インバースコンベンションタイプでは、図 29.48 に示すように、ロジックレベル 1、ロジックレベル 0 はそれぞれ状態 A、状態 Z を示し、開始キャラクタとして、MSB ファーストでデータの送受信が行われます。したがって、図 29.48 の開始キャラクタでは、データは 3Fh となります。

インバースコンベンションを使用する場合、SCMR.SDIR ビットと SCMR.SINV ビットの両方を 1 にしてください。スマートカード規格に従って偶数パリティとするため、パリティビットは、状態 Z に対応するロジックレベル 0 になります。SINV ビットはデータビット D7～D0 のみを反転させます。そのため、送信時と受信時の両方において、SMR_SMCI.PM ビットには 1 を書いてパリティビットを反転させてください。

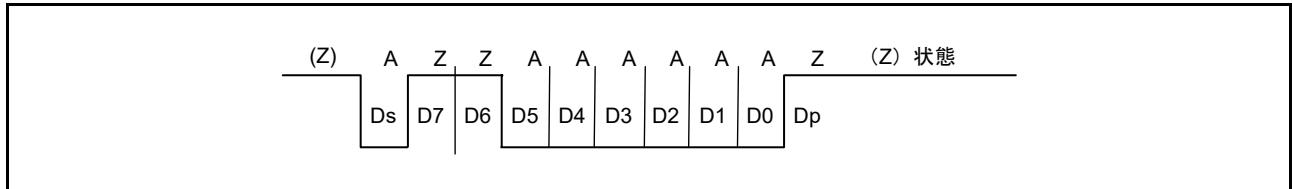


図 29.48 インバースコンベンション (SCMR.SDIR ビット = 1、SCMR.SINV ビット = 1、SMR_SMCI.PM ビット = 1)

29.6.3 ブロック転送モード

ブロック転送モードは、スマートカードインタフェースモードの非ブロック転送モードと比較して以下の点が異なります。

- 受信中にパリティエラーが検出されても、エラーシグナルは出力されません。エラー検出時に SSR_SMCI.PER ビットがセットされるので、次のフレームのパリティビットを受信する前にクリアしてください
- 送信中は、パリティビットの終了から次のフレーム開始までのガードタイムとして 1ETU 以上が必要です
- 同じデータの再送信を行わないため、送信開始から 11.5ETU 経過後に、SSR_SMCI.TEND フラグがセットされます
- ブロック転送モードでは、SSR_SMCI.ERS フラグは、スマートカードインタフェースモードの非ブロック転送モードと同様に、エラーシグナル状態を示します。ただし、エラーシグナルの送受信を行わないため、読むと 0 が読めます

29.6.4 受信データのサンプリングタイミングと受信マージン

スマートカードインタフェースモードで使用できる送受信クロックは、内蔵ボーレートジェネレータが生成するクロックのみです。

スマートカードインタフェースモードでは、SCIはSCMR.BCP2ビットとSMR_SMCI.BCP[1:0]ビットの設定により、ビットレートの32倍、64倍、372倍、256倍、93倍、128倍、186倍、または512倍の周波数の基本クロックで動作します。

受信時は、スタートビットの立ち下がり基本クロックでサンプリングして内部を同期化します。

また、[図 29.49](#)に示すように、受信データは基本クロックのそれぞれ16、32、186、128、46、64、93、256サイクルの立ち上がりエッジでサンプリングされるため、各ビットの中間でデータが取り込まれます。このときの受信マージンは次式で表わすことができます。

$$M = \left| \left(0.5 - \frac{1}{2N} \right) - (L - 0.5)F - \frac{|D - 0.5|}{N} (1 + F) \right| \times 100 [\%]$$

M : 受信マージン (%)

N : クロックに対するビットレートの比 (N = 32, 64, 372, 256)

D : クロックのデューティ (D = 0 ~ 1.0)

L : フレーム長 (L = 10)

F : クロック周波数の偏差の絶対値

上の式で、F = 0、D = 0.5、N = 372 とすると、受信マージンは次式のようにになります。

$$M = \{0.5 - 1/(2 \times 372)\} \times 100 [\%] = 49.866\%$$

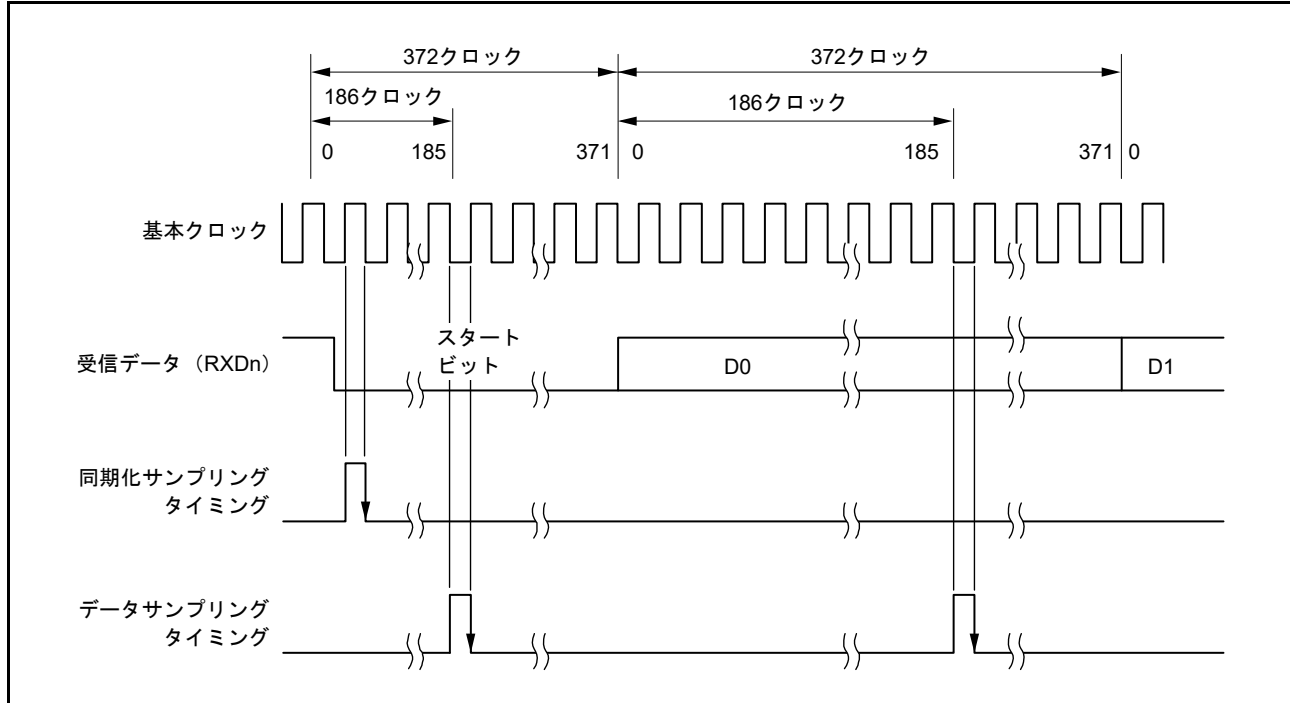


図 29.49 スマートカードインタフェースモードにおける受信データのサンプリングタイミング (ビットレートの372倍のクロック周波数の場合)

29.6.5 SCIの初期化

データの送受信前に、SCR_SMCIレジスタに初期値 00h を書き込み、図 29.50 に示す例に従って、SCI を初期化してください。

送信モードから受信モードへ（またはその逆へ）切り替える場合、必ず事前に SCR_SMCI レジスタの TIE、RIE、TE、RE、および TEIE ビットに初期値を設定してください。なお、SCR_SMCI.RE ビットを 0 にしても RDR レジスタは初期化されません。

受信モードから送信モードへ切り替える場合、受信動作が完了していることを確認してから、SCI を初期化してください。初期化の最後では、SCR_SMCI.TE ビット = 1、SCR_SMCI.RE ビット = 0 にしてください。受信動作の完了は、SCIn_RXI 割り込み要求、SSR_SMCI.ORER フラグ、あるいは SSR_SMCI.PER フラグで確認できます。

送信モードから受信モードへ切り替える場合、送信動作が完了していることを確認してから、SCI を初期化してください。初期化の最後では、SCR_SMCI.TE ビット = 0、SCR_SMCI.RE ビット = 1 にしてください。送信動作の完了は SSR_SMCI.TEND フラグで確認できます。

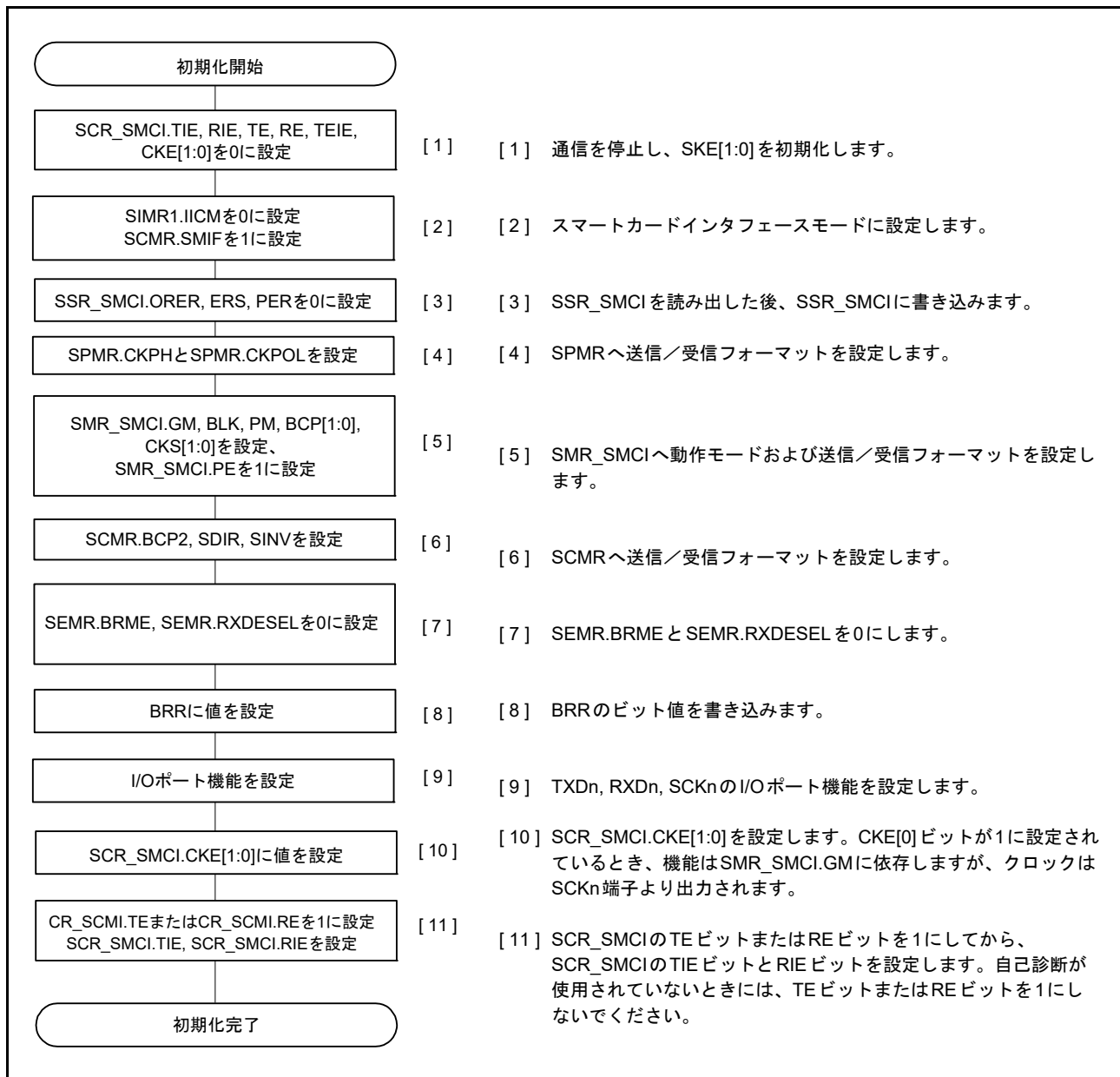


図 29.50 SCIの初期化フローチャート例（スマートカードインタフェースモード）

図 29.50 のフローにしたがってスマートカードインタフェースモードに遷移することでデータ送信が行われるときのタイミング図を図 29.51 に示します。図 29.51 は、SMR_SMCI レジスタの GM ビットが 0 になるタイミングを示します。図 29.51 のタイミングは、ポートが SCKn および TXDn として接続されている場合、SCR_SMCI レジスタの CKE[0] ビットは 0 になるため、端子は Hi-Z となることを示します。

SCR_SMCI レジスタの CKE[0] ビットを 1 にすることによって SCK 端子へのクロック出力を開始します。そして、SCR_SMCI レジスタの TE ビットを 1 にした後、送信データを書き込むことでデータ送信を開始します。SCR_SMCI レジスタの TE ビットを 0 から 1 に変更すると、データ送信の開始前に 1 フレーム分のプリアンブル期間が生じます。スマートカードインタフェースモードでは、プリアンブル期間がある場合、TXDn 端子は Hi-Z となります。MCU 外部で SCKn 端子および TXDn 端子に対するプルアップまたはプルダウンが必要です。

スマートカードインタフェースモードでは、クロック出力設定を使用すると、SCR_SMCI レジスタの TE ビットおよび RE ビットが 0 であっても、クロック出力は継続されます。

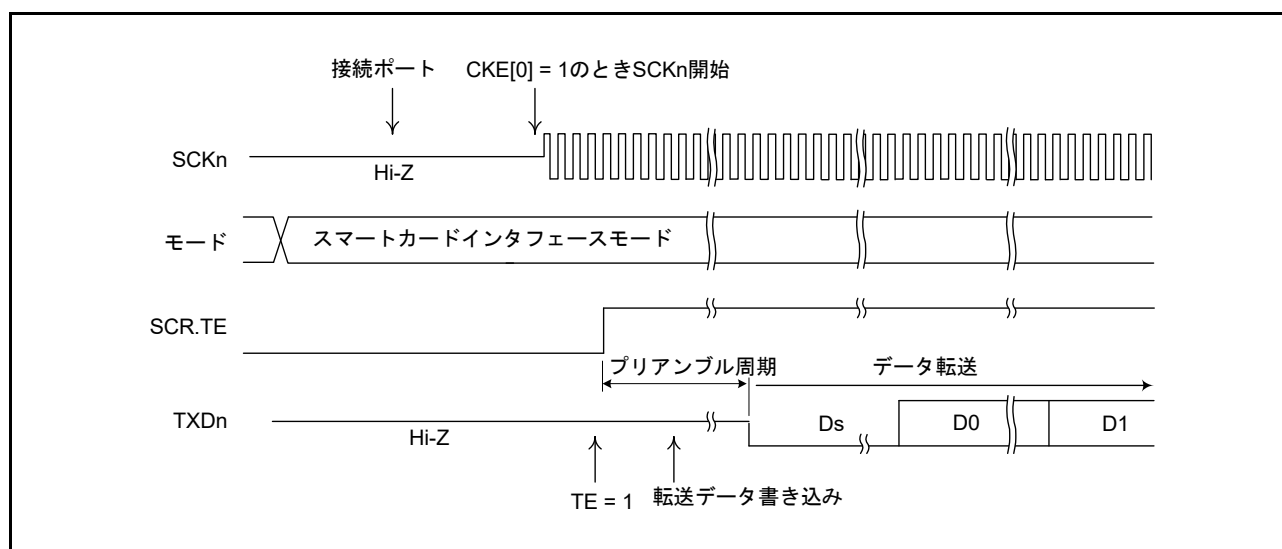


図 29.51 スマートカードインタフェースモードにおけるデータ送信のタイミング例

29.6.6 シリアルデータの送信（ブロック転送モード時を除く）

スマートカードインタフェースモードにおけるシリアル送信（ブロック転送モード時を除く）では、エラーシグナルのサンプリングと再送信処理があるため、非スマートカードインタフェースモードと動作が異なります。送信中の再転送動作を図 29.52 に示します。

- 1 フレーム分の送信を完了した後、受信側からのエラーシグナルがサンプリングされると、SSR_SMCI.ERS フラグが 1 になります。このとき、SCR_SMCI.RIE ビットが 1 になっていると、SCI_{In}_ERI 割り込み要求が発生します。次のパリティビットがサンプリングされる前に、SSR_SMCI.ERS フラグを 0 にクリアしてください。
- 2 エラーシグナルを受信したフレームでは、SSR_SMCI.TEND フラグはセットされません。TDR レジスタから TSR レジスタへ再度データが転送され、自動的に再送信が行われます。
- 3 受信側からエラーシグナルが返ってこない場合、ERS フラグは 1 になりません。
- 4 SCI は再転送を含む 1 フレーム分の送信が完了したと判断し、TEND フラグがセットされます。このとき、SCR_SMCI.TIE ビットが 1 になっていると、SCI_{In}_TXI 割り込み要求が発生します。TDR レジスタに送信データを書き込んで、次のデータの送信を開始してください。

図 29.53 に、シリアル送信のフローチャート例を示します。これら一連の処理は、SCI_{In}_TXI 割り込み要求で DMAC または DTC を起動することによって、自動的に行うことができます。

送信動作では、SSR_SMCI.TEND フラグが 1 になっている場合および SCR_SMCI.TIE ビットが 1 の場合、SCI_{In}_TXI 割り込み要求が発生します。

あらかじめ DMAC または DTC の起動要因として SCI_{In}_TXI 割り込み要求を設定しておけば、SCI_{In}_TXI 割り込み要求によって DMAC または DTC が起動されて、送信データの転送が可能になります。TEND フラグは、DMAC または DTC によるデータ転送時に自動的に 0 になります。

エラーが発生した場合は、SCI が自動的に同じデータを再送信します。この間、TEND フラグは 0 のまま保持され、DMAC または DTC は起動されません。したがって、エラー発生時の再送信を含め、SCI および DMAC または DTC が、指定されたバイト数を自動的に送信します。ただし、ERS フラグは自動的にクリアされないため、RIE ビットを 1 にしておくことで、エラー発生時に SCI_{In}_ERI 割り込み要求を発生させて、ERS フラグを 0 にクリアしてください。

なお、DMAC または DTC を使用して送受信を行う場合は、必ず DMAC または DTC を有効にしてから、SCI の設定を行ってください。

DMAC または DTC の設定方法については、「17. DMA コントローラ (DMAC)」と「18. データトランスファコントローラ (DTC)」を参照してください。

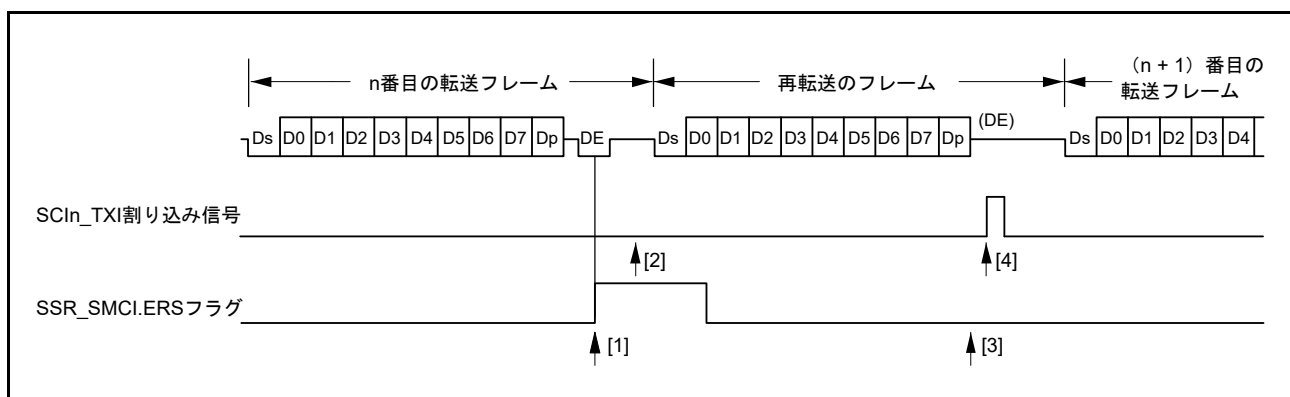


図 29.52 SCI 送信モードでの再転送動作

注. SMR_SMCI.GM ビットの設定によって、SSR_SMCI.TEND フラグのセットタイミングが異なります。

図 29.53 に、TEND フラグの発生タイミングを示します。

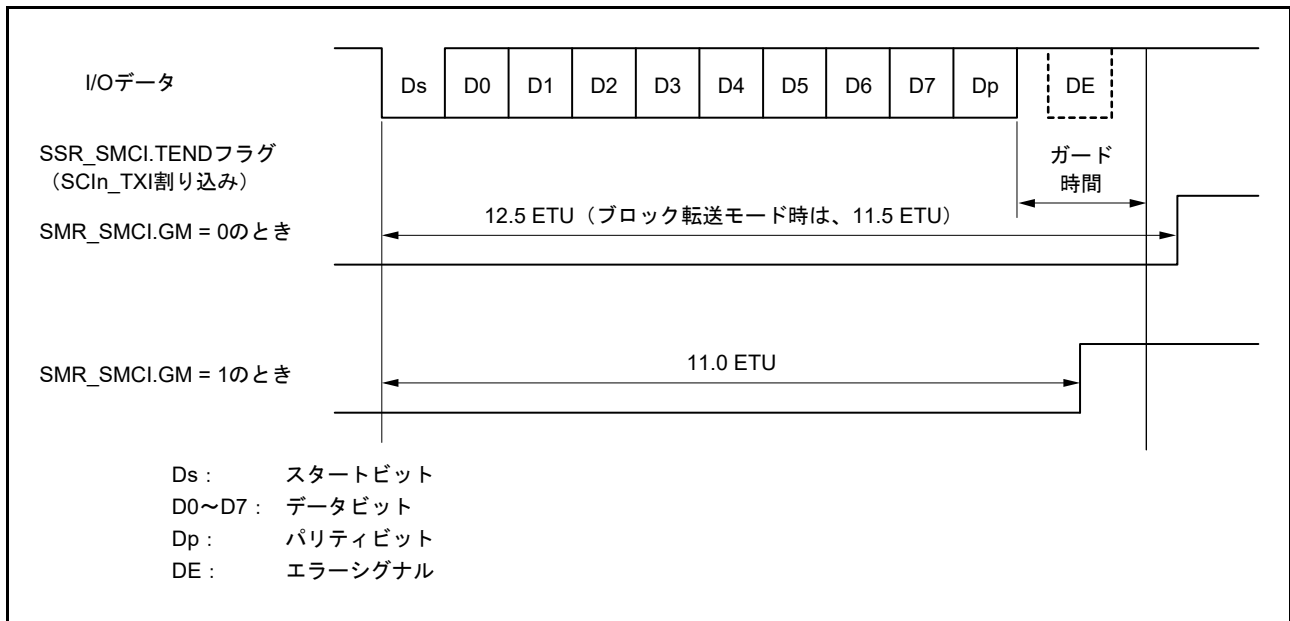


図 29.53 送信中の SSR.TEND フラグの発生タイミング

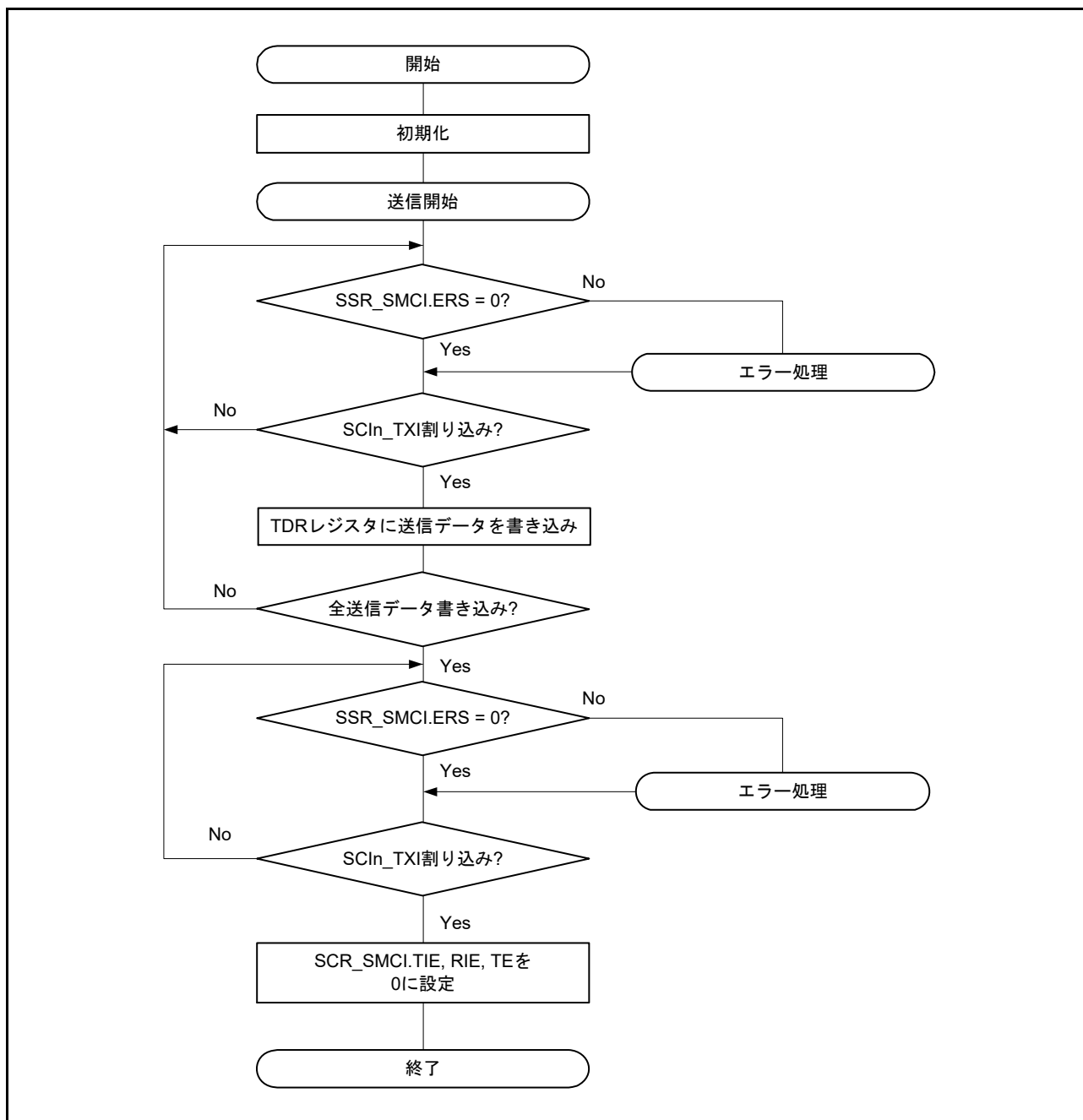


図 29.54 スマートカードインタフェース送信のフローチャート例

29.6.7 シリアルデータの受信（ブロック転送モード時を除く）

スマートカードインタフェースモードにおけるシリアル受信は、非スマートカードインタフェースモードと同様の処理手順になります。受信モードでの再転送動作を図 29.55 に示します。

1. 受信データにパリティエラーが検出されると、SSR_SMCI.PER フラグが 1 になります。このとき、SCR_SMCI.RIE ビットが 1 になっていると、SCI_{In}_ERI 割り込み要求が発生します。次のパリティビットがサンプリングされる前に、PER フラグをクリアしてください。
2. パリティエラーが検出されたフレームに対しては、SCI_{In}_RXI 割り込みは発生しません。
3. パリティエラーが検出されない場合、SSR_SMCI.PER フラグは 1 になりません。
4. この場合、正常に受信が完了したと判断されます。このとき、SCR_SMCI.RIE ビットが 1 になっていると、SCI_{In}_RXI 割り込み要求が発生します。

図 29.56 に、シリアル受信のフローチャート例を示します。これら一連の処理は、SCI_{In}_RXI 割り込み要求で DMAC または DTC を起動することによって、自動的に行うことができます。

受信動作では、RIE ビットを 1 にしておくことで、SCI_{In}_RXI 割り込み要求が発生します。あらかじめ DMAC または DTC の起動要因として SCI_{In}_RXI 割り込み要求を設定しておけば、SCI_{In}_RXI 割り込み要求によって DMAC または DTC が起動されて、受信データの転送が可能になります。

また、受信時にエラーが発生して SSR_SMCI.ORER フラグまたは SSR_SMCI.PER フラグのいずれかが 1 になると、受信エラー割り込み (SCI_{In}_ERI) 要求が発生します。エラー発生後に、エラーフラグをクリアしてください。エラーが発生した場合、DMAC または DTC は起動されず、受信データはスキップされます。そのため、DMAC または DTC に指定されたバイト数だけ受信データが転送されます。

なお、受信時にパリティエラーが発生して PER フラグが 1 になった場合でも、受信したデータは RDR レジスタへ転送されるので、このデータを読み出すことは可能です。

また、受信動作中に SCR_SMCI.RE ビットを 0 にして受信動作を強制終了させた場合、RDR レジスタに読み出し前の受信データが残っている可能性があるため、RDR レジスタを読み出す必要があります。

注 . ブロック転送モードの場合は、29.3 調歩同期式モードの動作を参照してください。

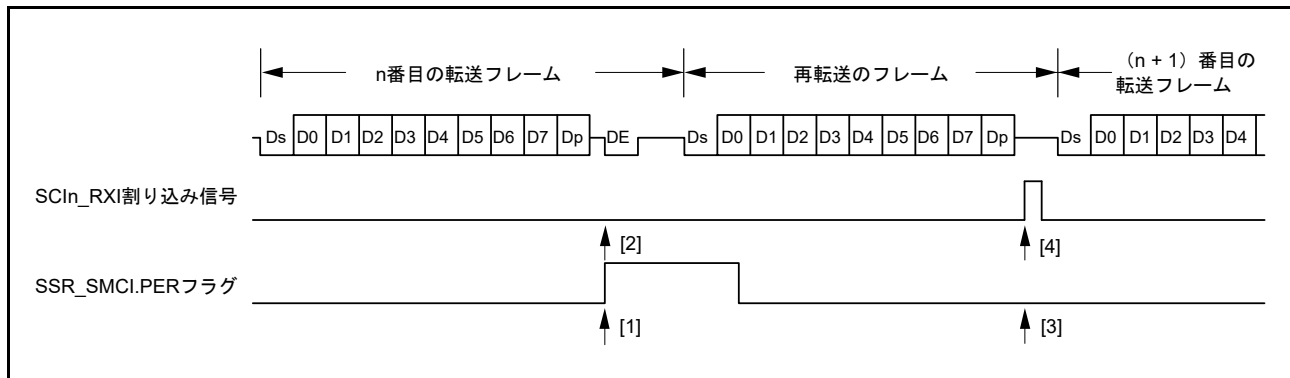


図 29.55 SCI 受信モードでの再転送動作（受信時の再転送動作）

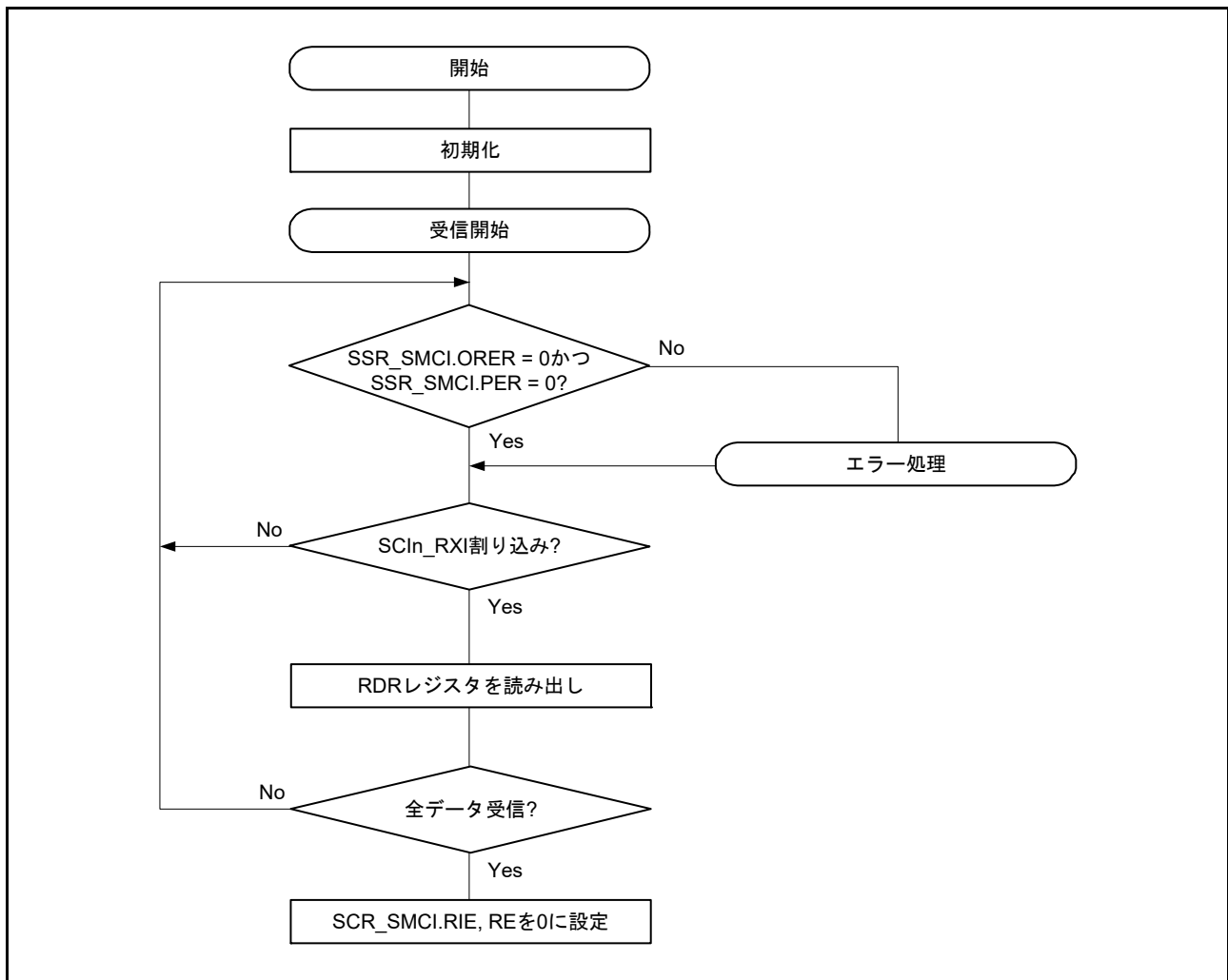


図 29.56 スマートカードインタフェース受信のフローチャート例

29.6.8 クロック出力制御

SMR_SMCI.GM ビットを 1 にすると、SCR_SMCI.CKE[1:0] ビットでクロック出力の制御が行えます。CKE[1:0] ビットの詳細については、[29.2.12 スマートカードインタフェースモード用シリアルコントロールレジスタ \(SCR_SMCI\) \(SCMR.SMIF = 1\)](#) を参照してください。クロック出力を設定すると、[29.6.4 受信データのサンプリングタイミングと受信マージン](#) で説明されている基本クロックが出力されます。

図 29.57 に、SCR_SMCI.CKE[1] ビットを 0 にして SCR_SMCI.CKE[0] ビットを制御する場合のクロック出力制御のタイミング例を示します。

SMR_SMCI.GM ビットを 0 にすると、SCR_SMCI.CKE[0] ビットによる出力制御がただちに SCK 端子に反映されるため、SCK 端子から意図しない幅のパルスが出力される可能性があります。

SMR_SMCI.GM ビットを 1 にすると、SCR_SMCI.CKE[0] ビットが変更されても、基本クロックと同じパルス幅で設定したクロックが出力されます。

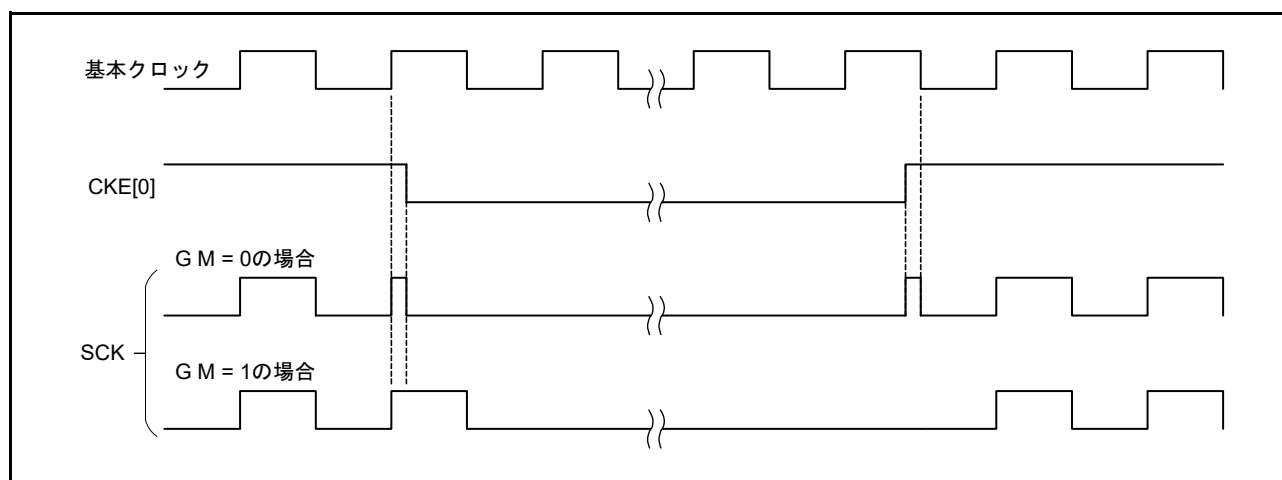


図 29.57 クロック出力制御

29.7 簡易 IIC モードの動作

簡易 I²C バスフォーマットは、8 ビットのデータと 1 ビットのアクノリッジから構成されます。開始条件および再開始条件に続くフレームはスレーブアドレスのフレームであり、マスタデバイスは、通信先であるスレーブデバイスを指定するために使用します。指定されたスレーブデバイスは、新たにスレーブデバイスが指定されるか、または停止条件が満たされるまで有効です。各フレーム内の 8 ビットのデータは、MSB から順に送信されます。

図 29.58 に、I²C バスフォーマットを、図 29.59 に、I²C バスタイミングを示します。

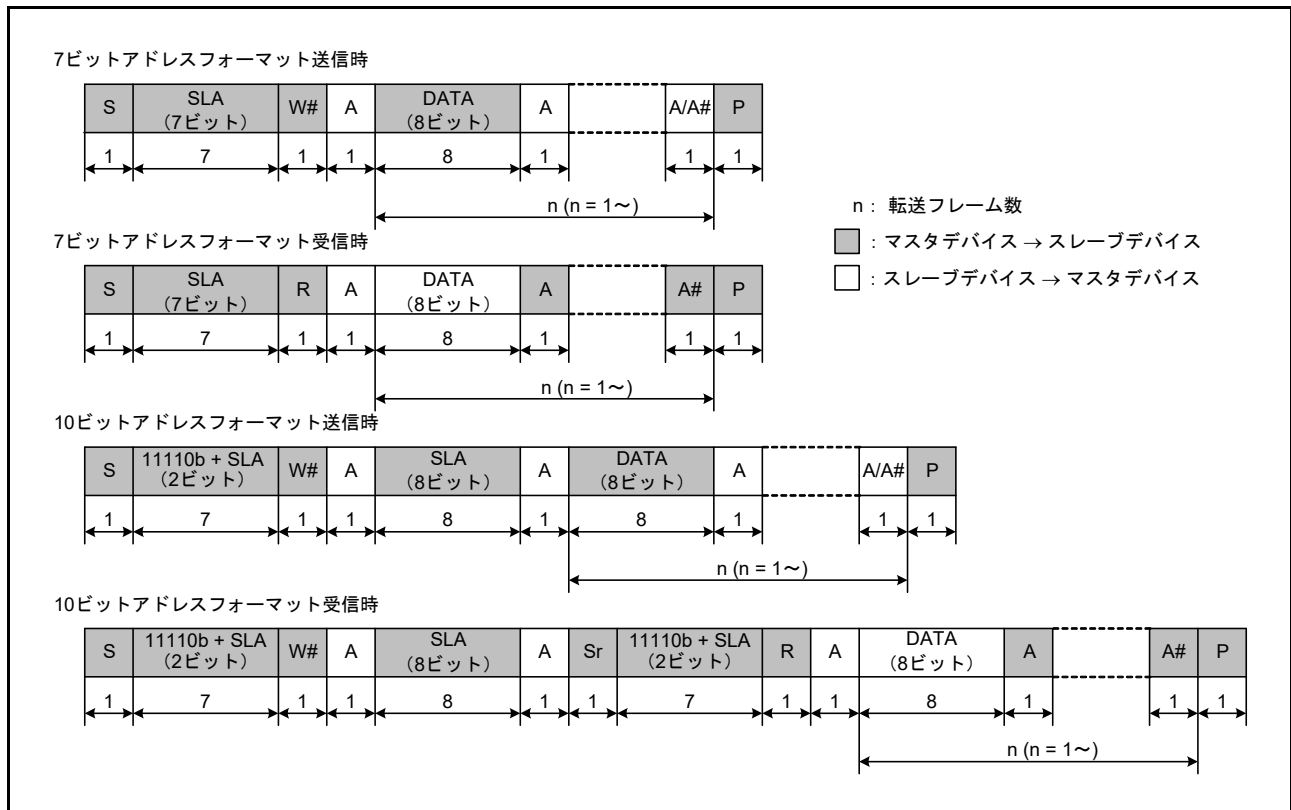


図 29.58 I²C バスフォーマット

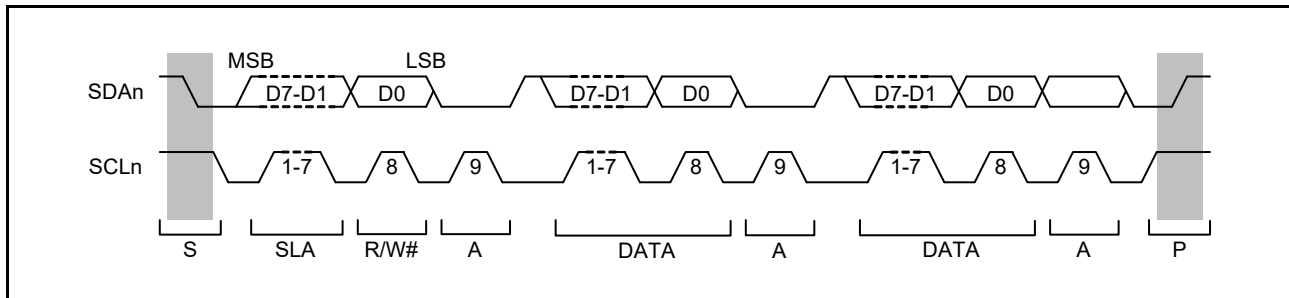


図 29.59 I²C バスタイミング (SLA = 7 ビットの場合)

- S : 開始条件を示します。マスタデバイスは、SCLn ラインが High 状態にあるとき、SDAn ラインのレベルを High から Low へ変化させます。
- SLA : スレーブアドレスを示します。これによってマスタデバイスがスレーブデバイスを選択します。
- R/W# : 転送方向 (送信/受信) を示します。値 1 のときはスレーブデバイスからマスタデバイスへ、値 0 のときはマスタデバイスからスレーブデバイスへデータを送信します。
- A/A# : アクノリッジを示します。マスタ送信モードでは、スレーブデバイスがアクノリッジを返します。マスタ受信モードでは、マスタデバイスがアクノリッジを返します。Low への復帰は ACK を、High への復帰は NACK を示します。
- Sr : 再開条件を示します。マスタデバイスは、SCLn ラインが High 状態にあるとき、セットアップ時間経過後に SDAn ラインのレベルを High から Low へ変化させます。
- DATA : 送受信データを示します。
- P : 停止条件を示します。マスタデバイスは、SCLn ラインが High 状態にあるとき、SDAn ラインのレベルを Low から High へ変化させます。

29.7.1 開始条件、再開条件、停止条件の生成

SIMR3.IICSTAREQ ビットに 1 を書き込むことにより、開始条件の生成を行います。開始条件の生成では、以下の動作が行われます。

- SDA_n ラインを立ち下げ (High から Low へ変化)、SCL_n ラインは開放状態を保持
- BRR レジスタで設定したビットレートでの 1 ビット期間の半分を、開始条件のホールド時間に設定
- SCL_n ラインを立ち下げ (High から Low へ変化)、SIMR3.IICSTAREQ ビットを 0 にして、開始条件生成割り込み要求を出力

SIMR3.IICRSTAREQ ビットに 1 を書き込むことにより、再開条件の生成を行います。再開条件の生成では、以下の動作が行われます。

- SDA_n ラインを開放、SCL_n ラインは Low を保持
- BRR レジスタで設定したビットレートでの 1 ビット期間の半分を、SCL_n ラインの Low 期間に設定
- SCL_n ラインを開放 (Low から High へ変化)
- SCL_n ラインの High を検出時、BRR レジスタで設定したビットレートでの 1 ビット期間の半分を、再開条件のセットアップ時間に設定
- SDA_n ラインを立ち下げ (High から Low へ変化)
- BRR レジスタで設定したビットレートでの 1 ビット期間の半分を、再開条件のホールド時間に設定
- SCL_n ラインを立ち下げ (High から Low へ変化)、SIMR3.IICRSTAREQ ビットを 0 にして、再開条件生成割り込み要求を出力

SIMR3.IICSTPREQ ビットに 1 を書き込むことにより、停止条件の生成を行います。停止条件の生成では、以下の動作が行われます。

- SDA_n ラインを立ち下げ (High から Low へ変化)、SCL_n ラインは Low を保持
- BRR レジスタで設定したビットレートでの 1 ビット期間の半分を、SCL_n ラインの Low 期間に設定
- SCL_n ラインを開放 (Low から High へ変化)
- SCL_n ラインの High を検出時、BRR レジスタで設定したビットレートでの 1 ビット期間の半分を、停止条件のセットアップ時間に設定
- SDA_n ラインを開放 (Low から High へ変化)、SIMR3.IICSTPREQ ビットを 0 にして、停止条件生成割り込み要求を出力

図 29.60 に、開始条件、再開条件、停止条件生成の動作タイミングを示します。

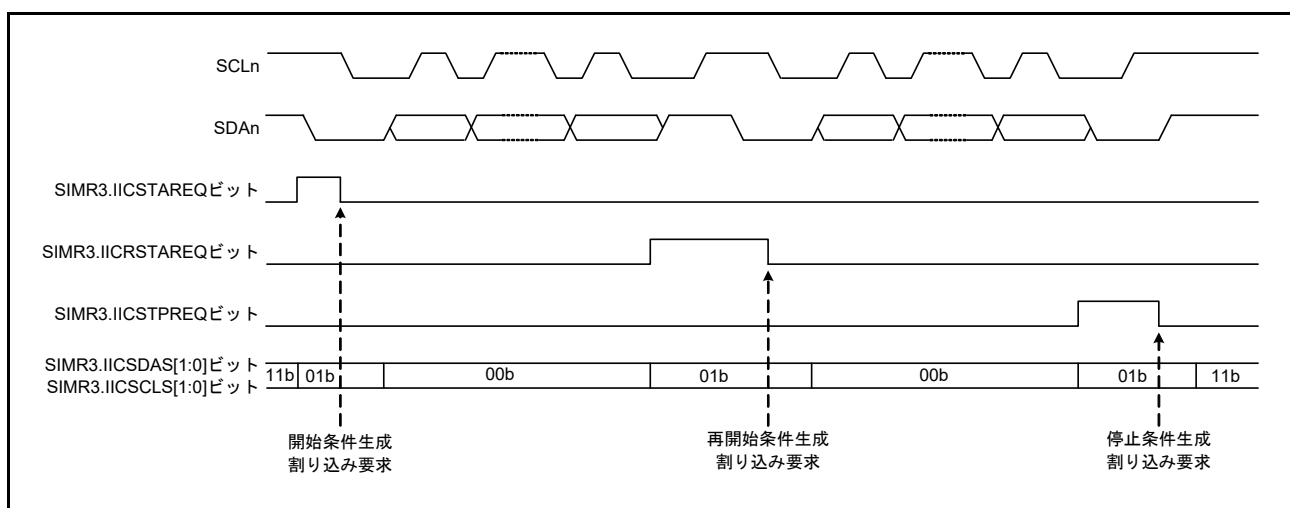


図 29.60 開始条件、再開条件、停止条件生成の動作タイミング

29.7.2 クロック同期化

通信先のスレーブデバイスがウェイトを挿入する目的で、SCLn ラインを Low にする場合があります。内部 SCLn クロック信号と SCLn 端子入力のレベルに差異が生じる場合、SIMR2.IICCSC ビットを 1 にすることで、クロック同期の制御が可能になります。

SIMR2.IICCSC ビットを 1 にすると、内部 SCLn クロック信号が Low から High へ変化します。SCLn 端子入力が Low の間は High 期間のカウントを停止します。SCLn 端子入力が High へ遷移すると、High 期間のカウントが開始します。

このとき、SCLn 端子が High へ変化して High 期間のカウントを開始するまでの間隔は、SCLn 端子入力遅延、SCLn 端子入力のノイズフィルタ遅延（ノイズフィルタのサンプリングクロックで 2～3 サイクル）、および内部処理遅延（PCLK で 1～2 サイクル）の合計になります。この間、他のデバイスが SCLn ラインを Low にしていなくても、内部 SCLn クロックの High 期間が延長されます。

SIMR2.IICCSC ビットが 1 の場合、データの送受信は、SCLn 端子入力と内部 SCLn クロックの論理積に同期して行われます。SIMR2.IICCSC ビットが 0 の場合は、データの送受信は内部 SCLn クロックに同期して行われます。

開始条件、再開条件、または停止条件の生成要求発行後、内部 SCLn クロックが Low から High へ変化するまでの間にスレーブデバイスからウェイトが挿入された場合、その期間分は生成までの時間が延長されます。

内部 SCLn クロック信号が Low から High へ変化した後、スレーブデバイスがウェイトを挿入した場合は、そのウェイト期間も停止はせず生成完了割り込み要求を発行しますが、条件生成自体は保証されません。図 29.61 に、クロック同期化の動作例を示します。

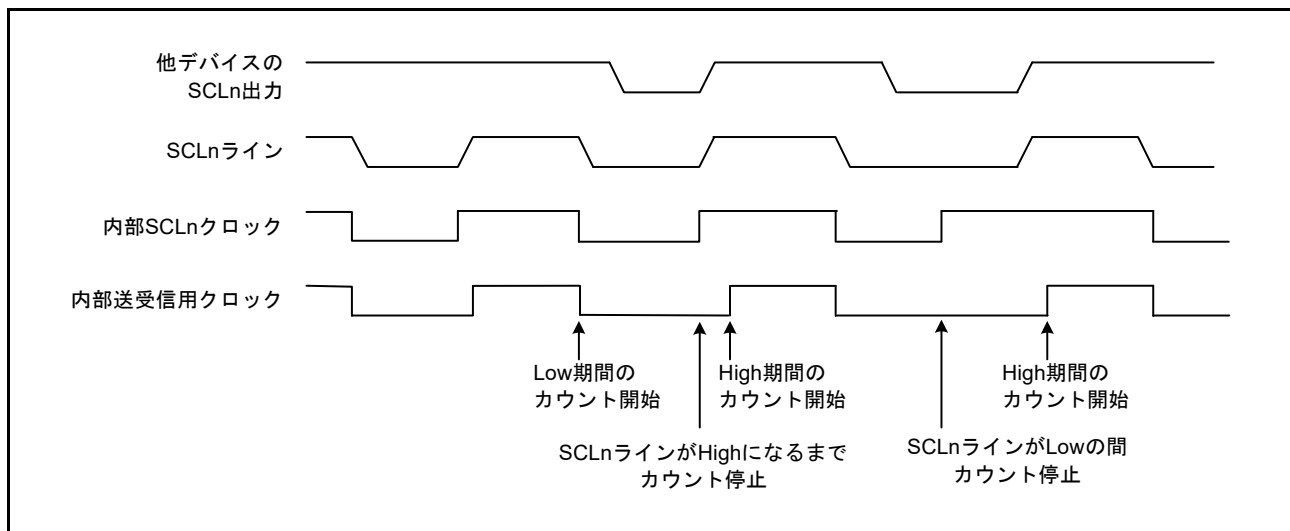


図 29.61 クロック同期化の動作例

29.7.3 SDA 出力遅延

SIMR1.IICDL[4:0] ビットを用いて、SCLn 端子出力の立ち下がりに対し、SDAn 端子出力を遅延させることが可能です。遅延設定は 0 ~ 31 サイクルの間で選択可能です。遅延設定は、対応する内蔵ポーレートジェネレータからのクロック信号のサイクル数を表します (SMR.CKS[1:0] ビットで選択した分周ベースクロック (PCLK) を基準とします)。SDAn 端子出力の遅延は、開始条件/再開条件/停止条件の各信号、8 ビットの送信データ、およびアクノリッジビットに適用されます。

SDAn 出力遅延が SCLn 端子出力の立ち下がりに要する時間より短い場合、SCLn 端子出力の立ち下がり中に SDAn 端子出力が変化を開始し、スレーブデバイスが誤動作する可能性があります。SDAn 出力遅延は、SCLn 端子出力の立ち下がり時間の最大値 (IIC の標準モードとファストモードでは 300ns) より大きい値を設定してください。

図 29.62 に、SDAn 出力遅延のタイミングを示します。

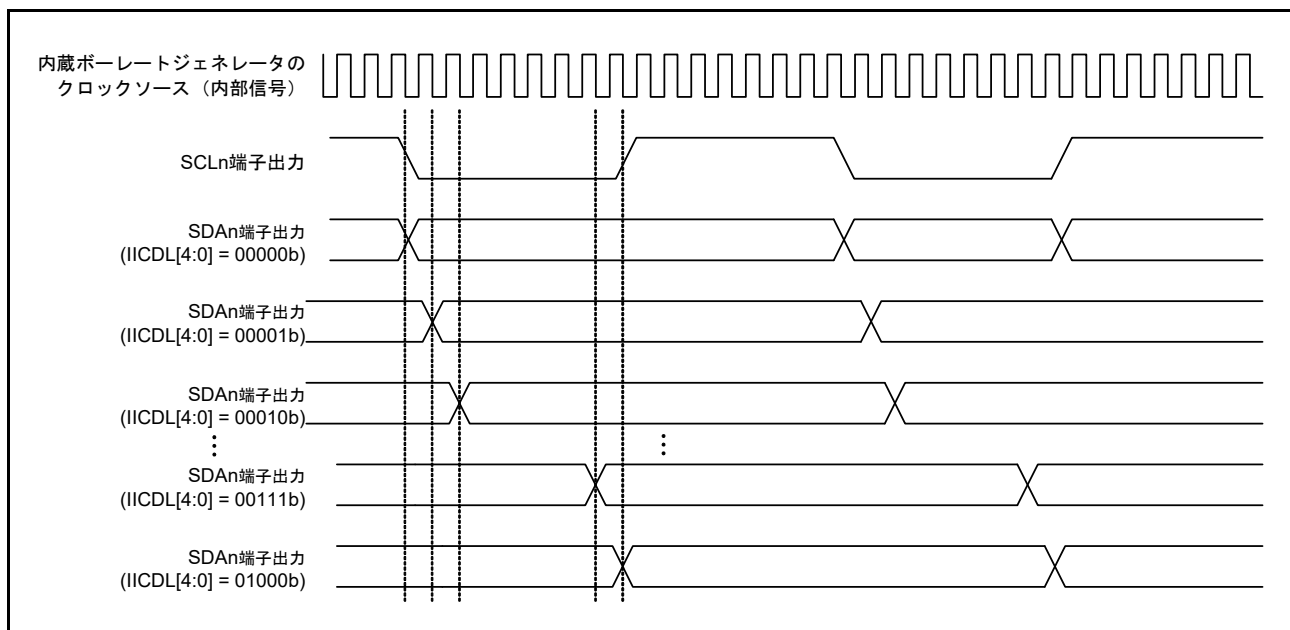


図 29.62 SDA 出力遅延のタイミング

29.7.4 SCIの初期化（簡易IICモード）

データの送受信前に、SCRレジスタに初期値00hを書き込み、[図 29.63](#)の例に示すようにインタフェースを初期化してください。

動作モードまたは通信フォーマットを変更する前に、必ずSCRレジスタを初期値にしてください。

また、簡易IICモード時の通信ポートのオープンドレイン設定は、ポート側で行ってください。

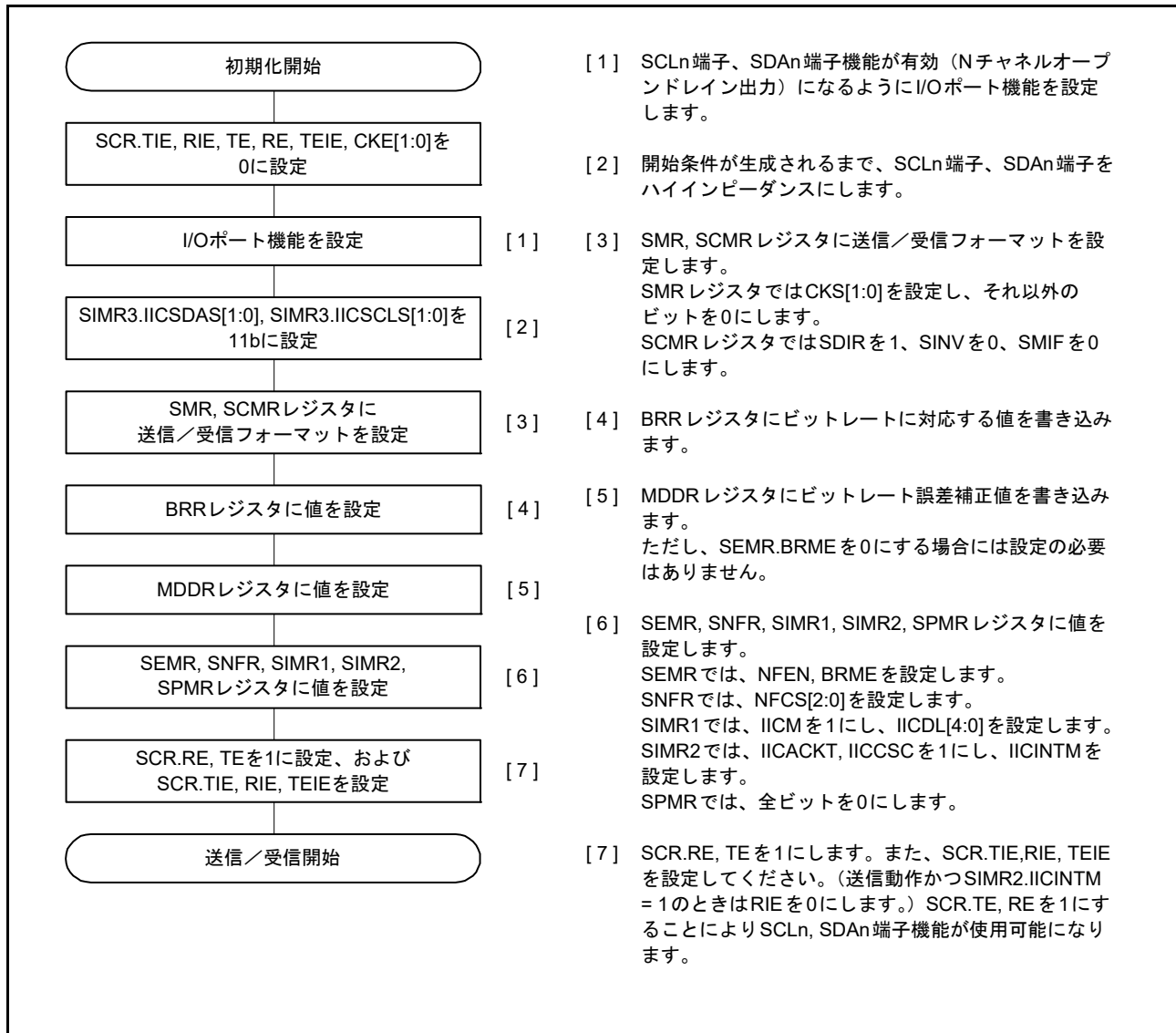


図 29.63 SCIの初期化フローチャート例（簡易IICモード）

29.7.5 マスタ送信動作 (簡易 IIC モード)

図 29.64 と図 29.65 に、マスタ送信の動作例を、図 29.66 に、データ送信のフローチャート例を示します。下図では、SIMR2.IICINTM ビットが 1 (受信割り込み、送信割り込みを使用) で、かつ SCR.RIE ビットが 0 (SCIn_RXI および SCIn_ERI 割り込み要求を禁止) の場合を想定しています。STI 割り込みについては、表 29.24 を参照してください。

10 ビットスレーブアドレス使用時は、図 29.66 の [3] ~ [4] の手順を 2 回繰り返します。

簡易 IIC モードでの送信データエンプティ割り込み (SCIn_TXI) は、クロック同期式送信時の SCIn_TXI 割り込み要求発生とのタイミングとは異なり、1 フレームの通信を完了した時点で発生します。

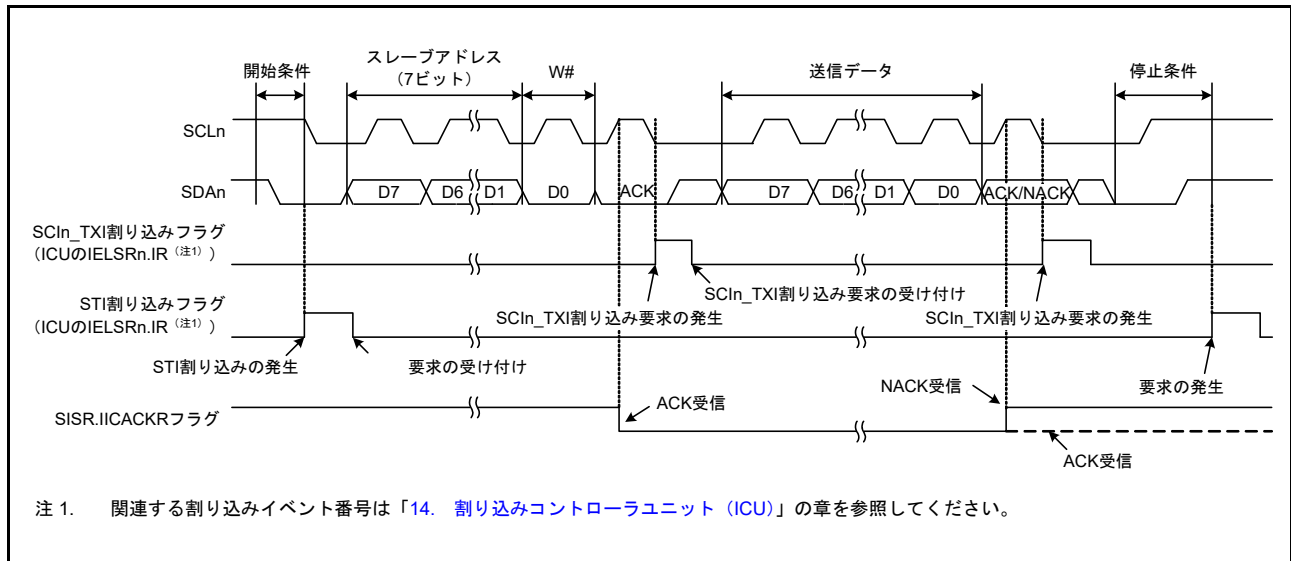


図 29.64 簡易 IIC モードにおけるマスタ送信の動作例 1 (7 ビットスレーブアドレス、送信割り込み、受信割り込み使用時)

マスタ送信中に SIMR2.IICINTM ビットを 0 (ACK 割り込み、NACK 割り込みを使用) にした場合、ACK 割り込みをトリガにして DMAC または DTC を起動し、データを必要バイト数送信します。NACK を受信した場合は、NACK 割り込みをトリガにして、送信中止や再送信などのエラー処理を行います。

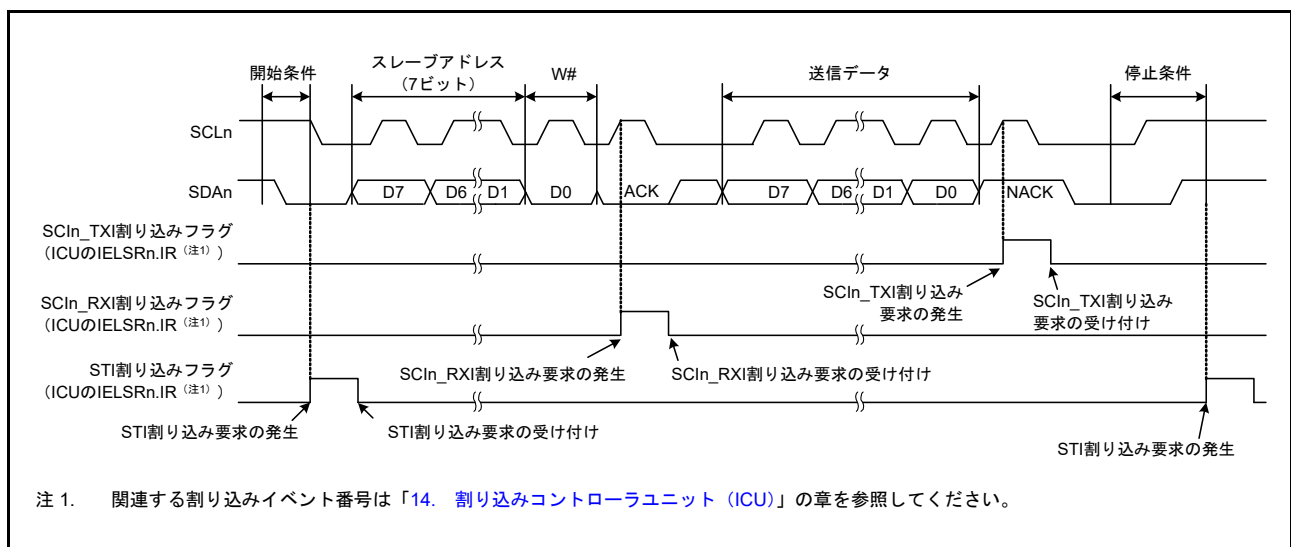


図 29.65 簡易 IIC モードにおけるマスタ送信の動作例 2 (7 ビットスレーブアドレス、ACK 割り込み、NACK 割り込み使用時)

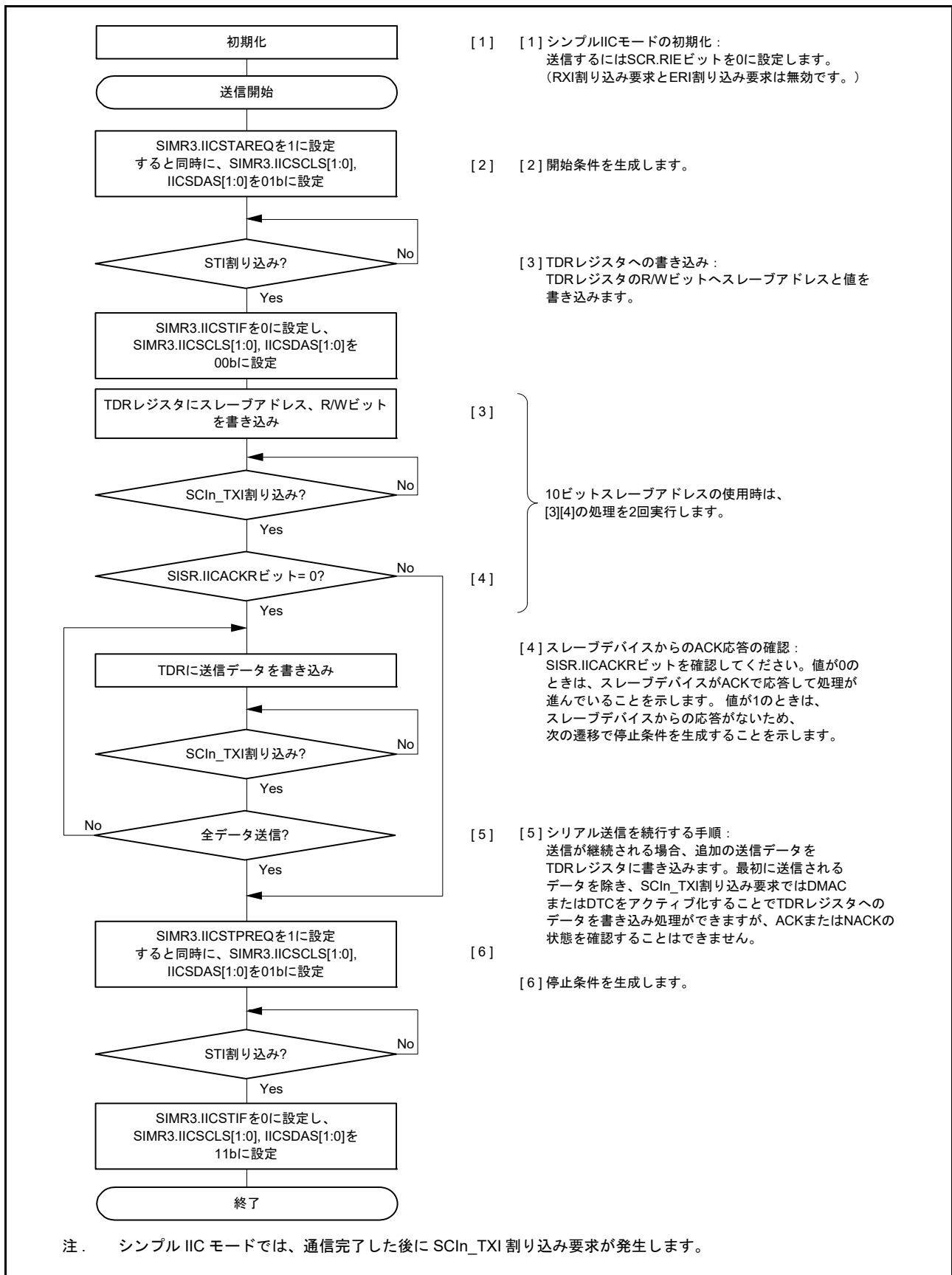


図 29.66 簡易 IIC モードにおけるマスタ送信の手順例 (送信割り込み、受信割り込み使用時)

29.7.6 マスタ受信動作 (簡易 IIC モード)

図 29.67 に簡易 IIC モードにおけるマスタ受信の動作例を、図 29.68 にマスタ受信のフローチャート例を示します。

下図では、SIMR2.IICINTM ビットを 1 にして受信割り込み、および送信割り込みを使用している場合を想定しています。

簡易 IIC モードでの送信データエンプティ割り込み (SCIn_TXI) は、クロック同期式送信時の SCIn_TXI 割り込み要求発生タイミングとは異なり、1 フレームの通信を完了した時点で発生します。

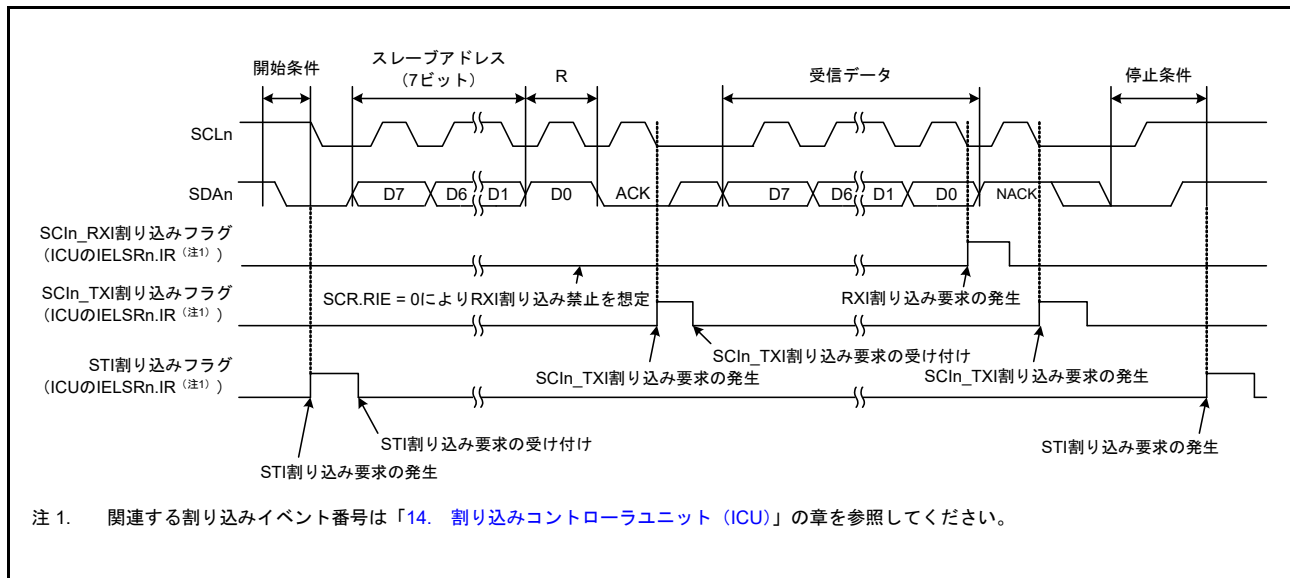


図 29.67 簡易 IIC モードにおけるマスタ受信の動作例
(7 ビットスレーブアドレス、送信割り込み、受信割り込み使用時)

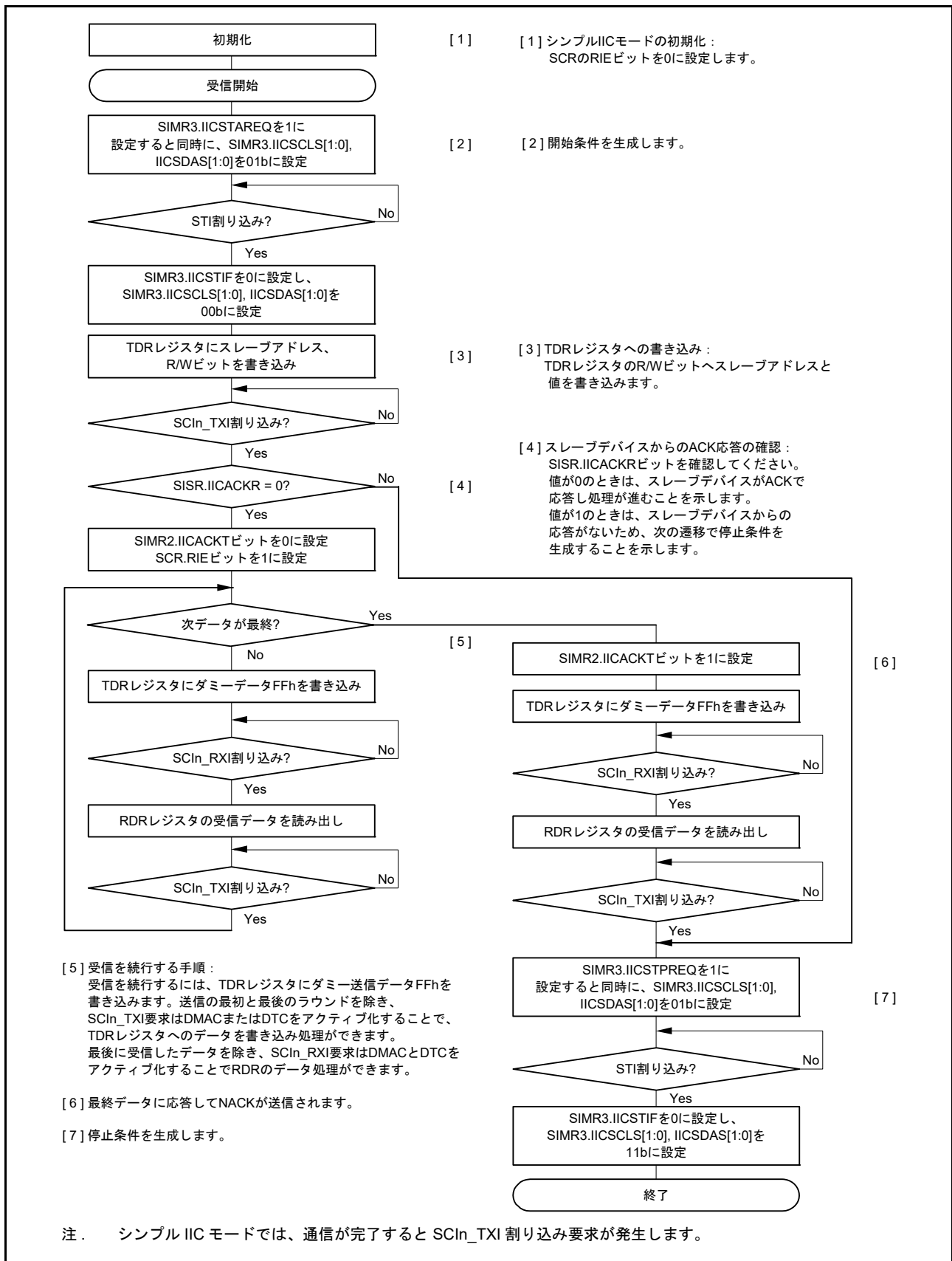


図 29.68 簡易 IIC モードにおけるマスタ受信のフローチャート例
(送信割り込み、受信割り込み使用時)

29.8 簡易 SPI モードの動作

SCI は拡張機能として、1 つまたは複数のマスタと複数のスレーブとの間で通信が可能な、簡易 SPI モードをサポートしています。

SCI を簡易 SPI モードにするには、クロック同期式モードの設定 (SCMR.SMIF = 0、SIMR1.IICM = 0、SMR.CM = 1) を使用し、SPMR.SSE ビットを 1 にします。マスタが一つしかない構成では、簡易 SPI モードでマスタとして使用されているデバイスへの接続に、SSn 端子機能は必要ありません。したがって、この場合、SPMR.SSE ビットを 0 にしてください。

図 29.69 に、簡易 SPI モードの接続例を示します。汎用ポート端子を使用して、マスタからの SSn 出力信号を生成してください。

簡易 SPI モードでは、クロック同期式モードと同様に、クロックパルスに同期してデータを送受信します。通信データの 1 キャラクタは 8 ビットデータで構成され、パリティビットの付加はできません。SCMR.SINV ビットを 1 にすることで、送受信データを反転できます。

SCI 内部では送信部と受信部は独立しており、クロックを共有することで全二重通信が可能です。また、送信部と受信部はどちらもバッファ構成になっているため、送信中に次の送信データを書き込むことや、受信中に前の受信データを読み出すことが可能です。これにより、連続転送が可能となります。

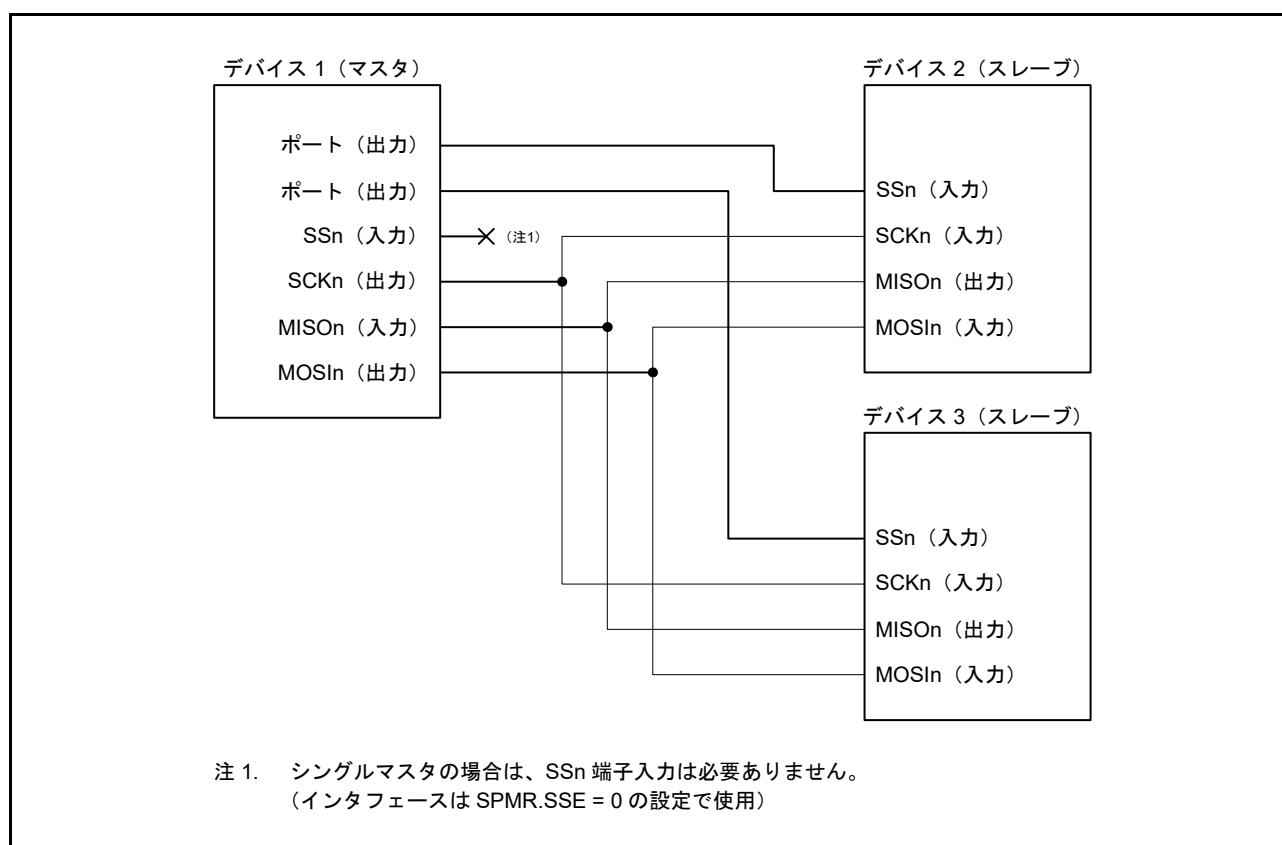


図 29.69 簡易 SPI モードでの接続例 (シングルマスタ時、SPMR.SSE ビット = 0)

29.8.1 マスタモード、スレーブモードと各端子の状態

簡易 SPI モードでは、マスタモード (SCR.CKE[1:0] = 00b または 01b、かつ SPMR.MSS = 0) と、スレーブモード (SCR.CKE[1:0] = 10b または 11b、かつ SPMR.MSS = 1) で、各端子の入出力方向が異なります。

表 29.24 に、端子状態、モード、および SSn 端子入力 の関係を示します。

表 29.24 モードごとの端子状態および SSn 端子の入力レベル

| モード | SSn 端子入力 | TXDn 端子状態 | RXDn 端子状態 | SCKn 端子状態 |
|-------------|-------------------|-----------------|--------------|----------------|
| マスタモード (注1) | High レベル (通信可) | 送信データ出力 (注2) | 受信データ入力 | クロック出力 (注3) |
| | Low レベル (通信不可) | ハイインピーダンス | 受信データ入力 (無効) | ハイインピーダンス |
| スレーブモード | High レベル (通信可) | 受信データ入力 (無効) | ハイインピーダンス | クロック入力 (無効) |
| | Low レベル (通信不可) | 受信データ入力 | 送信データ出力 | クロック入力 |

- 注 1. シングルマスタ構成 (SPMR.SSE ビット = 0) のみの場合、SSn 端子の入力レベルにかかわらず、通信可能となります。これは、SSn 端子入力が High のときと等価です。SSn 端子機能は不要であり、別の用途に使用できます。
- 注 2. シリアル送信禁止 (SCR.TE ビット = 0) の場合、MOSIn 端子出力はハイインピーダンスです。
- 注 3. マルチマスタ構成 (SPMR.SSE ビット = 1) では、シリアル送受信禁止 (SCR.TE および SCR.RE ビット = 00b) の場合、SCKn 端子出力はハイインピーダンスです。

29.8.2 マスタモード時の SS 機能

SCR.CKE[1:0] ビットを 00b にして、SPMR.MSS ビットを 0 にすると、マスタモードになります。シングルマスタ構成 (SPMR.SSE ビット = 0) では、SSn 端子が使用されないため、SSn 端子の値にかかわらず送受信動作が可能です。

マルチマスタ構成 (SPMR.SSE ビット = 1) において SSn 端子入力が High の場合、他にマスタが存在しないこと、あるいは、別のマスタが送受信動作を行っていることを示すため、マスタデバイスは SCKn 端子からクロックを出力した後、送受信動作を開始します。

マルチマスタ構成 (SPMR.SSE ビット = 1) において SSn 端子入力が Low の場合は、別のマスタが存在して、送受信を行っています。MOSIn 端子出力と SCKn 端子出力はハイインピーダンスになり、送受信動作を開始することができません。また、モードフォルトエラーとして SPMR.MFF ビットが 1 になります。マルチマスタ構成では、SPMR.MFF フラグを読み出すことでエラー処理を開始してください。なお、送受信動作中にモードフォルトが発生しても、送受信動作は停止しませんが、送受信動作完了後の MOSIn 端子出力と SCKn 端子出力はハイインピーダンス状態です。汎用ポート端子を使用して、マスタからの SS 出力信号を生成してください。

29.8.3 スレーブモード時の SS 機能

SCR.CKE[1:0] ビットを 10b にして、SPMR.MSS ビットを 1 にすると、スレーブモードになります。SSn 端子入力が High のとき、MISOIn 出力端子の状態はハイインピーダンスであり、SCKn 端子からのクロック入力は無視されます。SSn 端子入力が Low のとき、SCKn 端子からのクロック入力が有効になり、送受信動作が可能になります。

送受信動作中に SSn 端子入力が Low から High に変化した場合、MISOIn 端子出力がハイインピーダンスになります。なお、内部の送受信動作は SCKn 端子から入力されるクロックレートで継続し、1 キャラクタ分の送受信が完了すると、動作が停止して、割り込み (SCIn_TXI、SCIn_RXI、SCIn_TEI のいずれか) が発生します。

29.8.4 クロックと送受信データの関係

SPMR.CKPOL ビットと SPMR.CKPH ビットを用いて、送受信に用いるクロックを4種類から選択できます。クロック信号と送受信データの関係を図 29.70 に示します。マスタモードとスレーブモードの両方で、クロックと送受信データの関係は同一です。これは、SSn 端子入力が High のときと等価です。

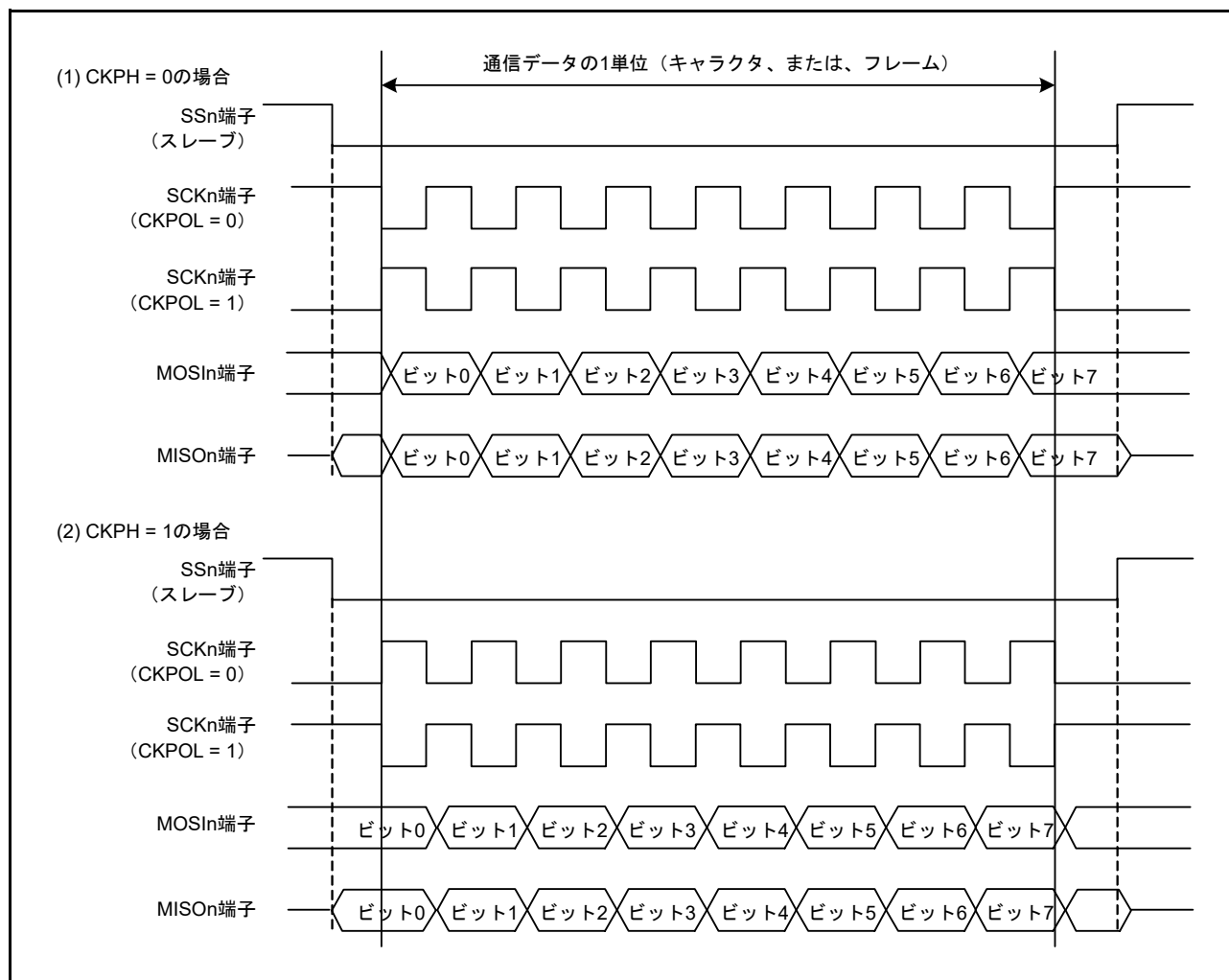


図 29.70 簡易 SPI モードにおけるクロックと送受信データの関係

29.8.5 SCI の初期化 (簡易 SPI モード)

簡易 SPI モードでの初期化は、クロック同期式モードの場合と同じです。初期化フローの例については、図 29.32 を参照してください。SPMR.CKPOL ビットと SPMR.CKPH ビットは、選択したクロック信号コンフィグレーションがマスタデバイスとスレーブデバイスの両方に適するように設定する必要があります。

動作モードや転送フォーマットに変更を加える場合は、必ず SCR レジスタを初期化してから行ってください。

注. 0 になるのは SCR.RE ビットのみです。SSR.ORER、FER、PER、RDR の各フラグは初期化されません。

SCR.TIE ビットが 1 のときに、SCR.TE ビットの値を 1 から 0、または 0 から 1 に変更すると、送信データエンプティ割り込み (SCIn_TXI) が発生します。

29.8.6 シリアルデータの送受信 (簡易 SPI モード)

マスタモードでは、送受信先のスレーブデバイスの SSn 端子を、送受信開始前に Low にして、送受信終了後に High にしてください。それ以外の手順はクロック同期式モードと同様です。

29.9 ビットレートモジュレーション機能

ビットレートモジュレーション機能では、PCLK が SMR/SMR_SMCI レジスタの CKS[1:0] ビットで選択された場合に、MDDR レジスタで指定した数を用いて、ビットレートを均一に補正することが可能です。

調歩同期式モードにおいて、PCLK が SMR/SMR_SMCI レジスタの CKS[1:0] ビットで選択されたとき、BRR と MDDR がそれぞれ 0 と 160 の場合の例を図 29.71 に示します。この例では、基本クロックの周期が均一に 256/160 に補正され、同時にビットレートも 160/256 に補正されています。

注. 内部クロックを有効にするとバイアスが発生し、内部基本クロックのパルス幅に伸縮が生じます。

クロック同期式モードと、簡易 SPI モードでの最高速設定 (SMR.CKS[1:0] ビット = 00b、SCR.CKE[1] ビット = 0、および BRR = 0) では、この機能を使用しないでください。

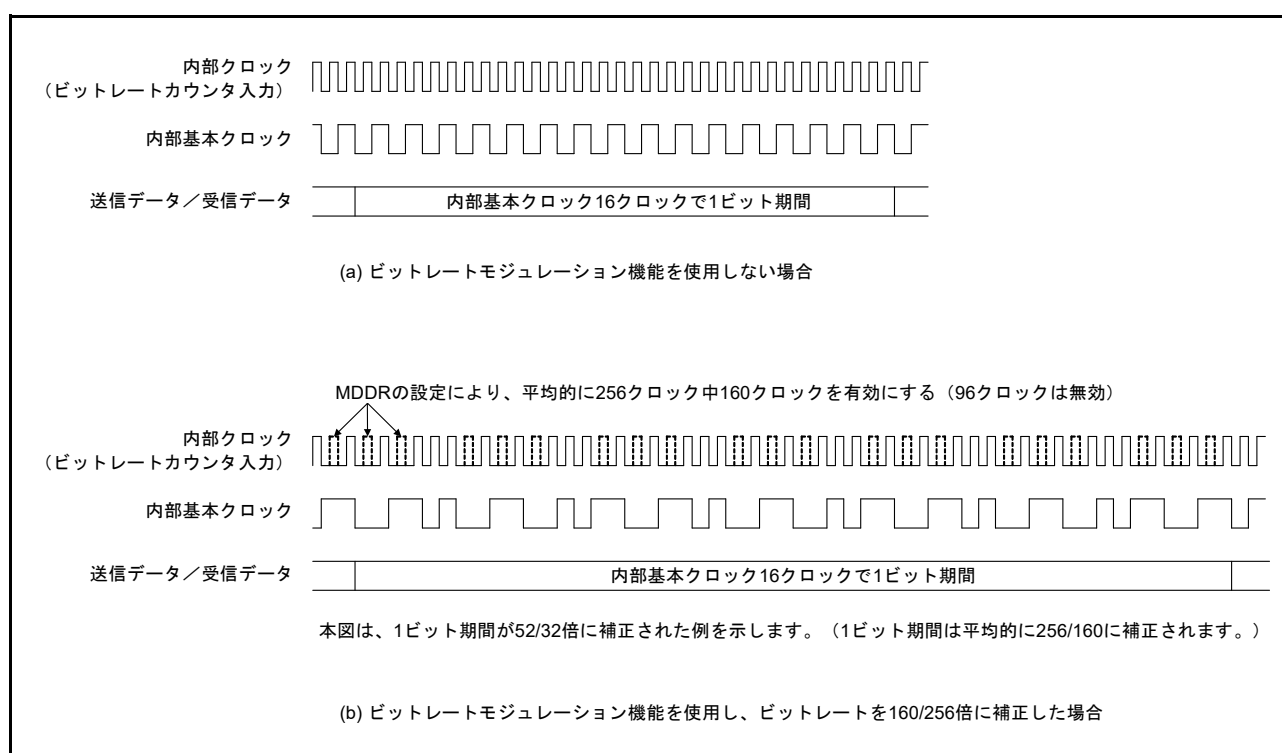


図 29.71 ビットレートモジュレーション機能使用時の内部基本クロックの例

29.10 割り込み要因

29.10.1 SCIn_TXI および SCIn_RXI 割り込みのバッファ動作 (非 FIFO 選択時)

ICU の割り込みステータスフラグが 1 のときは、SCIn_TXI 割り込みと SCIn_RXI 割り込みの発生条件が成立していても、ICU は割り込み要求を出力せず、内部で保存します (内部で保存できる容量は、1 要因ごとに 1 要求までです)。

ICU の割り込みステータスフラグが 0 になると、ICU 内で保持していた割り込み要求を出力します。割り込み要求が出力されると、内部で保持されていた割り込みは自動的に破棄されます。また、内部で保持されていた割り込み要求は、対応する割り込み許可ビット (SCR/SCR_SMCI レジスタの TIE ビットまたは RIE ビット) をクリアすることでも破棄できます。

29.10.2 SCIn_TXI および SCIn_RXI 割り込みのバッファ動作 (FIFO 選択時)

ICU の割り込みステータスフラグを 1 にすると、SCIn_TXI 割り込みと SCIn_RXI 割り込みは ICU に対して割り込み要求を出力しません。ICU の割り込みステータスフラグを 0 にした場合に、SCIn_TXI 割り込みと SCIn_RXI 割り込みの条件が満たされていれば、割り込み要求が発生します。

29.10.3 調歩同期式モード、クロック同期式モード、および簡易 SPI モードにおける割り込み

(1) 非 FIFO 選択時

表 29.25 に、調歩同期式モード、クロック同期式モード、および簡易 SPI モードにおける割り込み要因を示します。各割り込み要因には、異なる割り込みベクタの割り当てが可能です。SCR レジスタの許可ビットによって、割り込み要因を個別に許可または禁止することが可能です。

SCR.TIE ビットが 1 のとき、送信データが TDR レジスタまたは TDRHL レジスタ (注1) から TSR レジスタへ転送されると、SCIn_TXI 割り込み要求が発生します。また、SCR.TE ビットと SCR.TIE ビットを 1 命令で同時に 1 にすることも、SCIn_TXI 割り込み要求が発生することが可能です。SCIn_TXI 割り込み要求を用いて DMAC または DTC を起動し、データ転送を行うことができます。

SCR.TIE ビットが 0 のときに SCR.TE ビットを 1 にするか、SCR.TE ビットが 1 のときに SCR.TIE ビットを 1 にすると (注2)、SCIn_TXI 割り込み要求は発生しません。

SCR.TEIE ビットが 1 のとき、送信データの最終ビットを送信するタイミングまでに次のデータが書き込まれていないと、SSR.TEND フラグが 1 になり、SCIn_TEI 割り込み要求が発生します。また、SCR.TE ビットが 1 のとき、TDR レジスタまたは TDRHL レジスタ (注1) に送信データを書き込むまでの間は、SSR.TEND フラグは 1 を保持しており、SCR.TEIE ビットを 1 にすると SCIn_TEI 割り込み要求が発生します。

TDR レジスタまたは TDRHL レジスタ (注1) にデータを書き込むと、SSR.TEND フラグがクリアされて SCIn_TEI 割り込み要求は取り消されますが、取り消されるまである程度時間がかかります。

SCR.RIE ビットが 1 のとき、受信データが RDR レジスタに格納されると、SCIn_RXI 割り込み要求が発生します。SCIn_RXI 割り込み要求を用いて DMAC または DTC を起動し、データ転送を行うことができます。

SCR.RIE ビットが 1 のとき、SSR.ORER、FER、PER のいずれかのフラグが 1 になると、SCIn_ERI 割り込み要求が発生します。このとき、SCIn_RXI 割り込み要求は発生しません。これら 3 つのフラグ (ORER、FER、PER) のすべてをクリアすることによって、SCIn_ERI 割り込み要求を取り消すことができます。

(2) FIFO 選択時

表 29.26 に、FIFO モード選択時の割り込み要因を示します。

SCR.TIE ビットが 1 で、FTDRL レジスタに格納されたデータの数が FCR.TTRG ビットで示されたしきい値以下のとき、SCIn_TXI 割り込み要求が発生します。また、SCIn_TXI 割り込み要求は、SCR.TIE ビットと SCR.TE ビットを 1 命令で同時に 1 にすることでも発生します。

SCR.TIE ビットが 0 のときに SCR.TE ビットを 1 にするか、SCR.TE ビットが 1 のときに SCR.TIE ビットを 1 にすると、SCIn_TXI 割り込み要求は発生しません。

SCR.TEIE ビットが 1 のとき、送信データの最終ビットを送信するタイミングまでに次のデータが FTDRL レジスタに書き込まれていないと、SSR_FIFO.TEND フラグが 1 になり、SCIn_TEI 割り込み要求が発生します。

SCR.RIE ビットが 1 で、FRDRL レジスタに格納されたデータの数が FCR.RTRG ビットで示されたしきい値以下のとき、SCIn_RXI 割り込み要求が発生します。RTRG が 0 の場合は、受信 FIFO 内のデータ数が 0 であっても、SCIn_RXI 割り込み要求は発生しません。

SCR.RIE ビットが 1 のとき、SSR_FIFO.ORER フラグが 1 になるか、あるいは、フレーミングエラーまたはパリティエラーのあるデータが FRDRL レジスタに格納されると、SCIn_ERI 割り込み要求が発生します。FRDRL レジスタに格納されたデータ数がしきい値以上であると、同時に SCIn_RXI 割り込み要求も発生します。SSR_FIFO.ORER、FER、および PER フラグをすべてクリアすることで、SCIn_ERI 割り込み要求を取り消すことができます。

注 1. 調歩同期式モードにおいて、データ長 9 ビットを選択した場合です。

注 2. 最終データの送信時に SCIn_TXI 割り込みを一時的に禁止して、送信終了割り込みによる処理を行った後、新たにデータ送信を開始したい場合は、SCR.TIE ビットではなく、ICU の割り込み要求許可ビットを用いて、割り込みの発行を制御してください。この方法によって、新しいデータの送信時に、SCIn_TXI 割り込み要求の発生が抑止されるのを防ぐことができます。

表 29.25 SCIの割り込み要因 (非FIFO選択時)

| 名称 | 割り込み要因 | 割り込みフラグ | 割り込み許可 | DTCの起動 | DMACの起動 |
|----------|------------|----------------------------|--------|--------|---------|
| SCIn_ERI | 受信エラー (注1) | ORER, FER, PER, DFER, DPER | RIE | 不可能 | 不可能 |
| SCIn_RXI | 受信データフル | RDRF | RIE | 可能 | 可能 |
| | アドレス一致 | DCMF | RIE | 可能 | 可能 |
| SCIn_AM | アドレス一致 | DCMF | — | 可能 | 可能 |
| SCIn_TXI | 送信データエンプティ | TDRE | TIE | 可能 | 可能 |
| SCIn_TEI | 送信終了 | TEND | TEIE | 不可能 | 不可能 |

注 1. 割り込みフラグが ORER になるのはクロック同期式モードおよび簡易 SPI モードにおいてのみです。

表 29.26 SCIの割り込み要因 (FIFO選択時)

| 名称 | 割り込み要因 | 割り込みフラグ | 割り込み許可 | DTCの起動 | DMACの起動 |
|----------|------------|----------------------------|--------|--------|---------|
| SCIn_ERI | 受信エラー (注1) | ORER, FER, PER, DFER, DPER | RIE | 不可能 | 不可能 |
| | | DR (FCR.DRES = 1 の場合) | RIE | 不可能 | 不可能 |
| SCIn_RXI | 受信データフル | RDF | RIE | 可能 | 可能 |
| | 受信データレディ | DR (FCR.DRES = 0 の場合) | RIE | 可能 | 可能 |
| | アドレス一致 | DCMF | RIE | 可能 | 可能 |
| SCIn_AM | アドレス一致 | DCMF | — | 可能 | 可能 |
| SCIn_TXI | 送信データエンプティ | TDFE | TIE | 可能 | 可能 |
| SCIn_TEI | 送信終了 | TEND | TEIE | 不可能 | 不可能 |

注 1. 割り込みフラグが ORER になるのはクロック同期式モードおよび簡易 SPI モードにおいてのみです。

29.10.4 スマートカードインタフェースモードにおける割り込み

スマートカードインタフェースモードにおける割り込み要因を表 29.27 に示します。このモードでは、送信終了割り込み (SCIn_TEI) 要求とアドレス一致 (SCIn_AM) 要求は使用できません。

表 29.27 SCIの割り込み要因：スマートカードインタフェースモード

| 名称 | 割り込み要因 | 割り込みフラグ | 割り込み許可 | DTCの起動 | DMACの起動 |
|----------|-----------------|----------------|--------|--------|---------|
| SCIn_ERI | 受信エラー、エラーシグナル検出 | ORER, FER, ERS | RIE | 不可能 | 不可能 |
| SCIn_RXI | 受信データフル | RDRF | RIE | 可能 | 可能 |
| SCIn_TXI | 送信終了 | TEND | TIE | 可能 | 可能 |

スマートカードインタフェースモードの場合も、他の SCI モードと同様に、DMAC または DTC を使用した送受信が可能です。送信動作では、SSR_SMCI.TEND フラグが 1 になると、SCIn_TXI 割り込み要求が発生します。あらかじめ DMAC または DTC の起動要因として SCIn_TXI 割り込み要求を設定しておけば、SCIn_TXI 割り込み要求によって DMAC または DTC が起動されて、送信データの転送が可能になります。TEND フラグは、DMAC または DTC によるデータ転送時に自動的に 0 になります。

エラーが発生した場合は、SCI が自動的に同じデータを再送信します。再送信中は、TEND フラグは 0 のまま保持され、DMAC または DTC は起動されません。したがって、エラー発生時の再送信を含め、SCI および DMAC または DTC が、指定されたバイト数を自動的に送信します。ただし、エラー発生時に SSR_SMCI.ERS フラグは自動的に 0 になりません。そのため、SCR_SMCI.RIE ビットを 1 にしてエラー発生時に SCIn_ERI 割り込み要求が発生させることで、ERS フラグをクリアしてください。

なお、DMAC または DTC を使用して送受信を行う場合は、必ず DMAC または DTC を有効にしてから、SCI の設定を行ってください。DMAC または DTC の設定方法については、「[17. DMA コントローラ \(DMAC\)](#)」と「[18. データトランスファコントローラ \(DTC\)](#)」を参照してください。

受信動作では、受信データが RDR レジスタに格納されると、SCIn_RXI 割り込み要求が発生します。DMAC または DTC の起動要因として SCIn_RXI 割り込み要求を設定しておけば、SCIn_RXI 割り込み要求によって DMAC または DTC が起動されて、受信データの転送が可能になります。エラーが発生した場合は、エラーフラグがセットされます。そのため、DMAC または DTC は起動せず、代わりに CPU に対して SCIn_ERI 割り込み要求が発行されます。エラーフラグをクリアしてください。

29.10.5 簡易 IIC モードにおける割り込み

簡易 IIC モードにおける割り込み要因を表 29.28 に示します。STI 割り込みは、送信終了割り込み (SCIn_TEI) 要求に割り当てられます。受信エラー割り込み (SCIn_ERI) 要求とアドレス一致 (SCIn_AM) 要求は使用できません。

簡易 IIC モードにおいても、DMAC または DTC を使用した送受信が可能です。

SIMR2.IICINTM ビットが 1 のとき

- SCLn 信号の 8 ビット目の立ち下がり、SCIn_RXI 割り込み要求が発生します。あらかじめ DMAC または DTC の起動要因として SCIn_RXI 割り込み要求を設定しておけば、SCIn_RXI 割り込み要求によって DMAC または DTC が起動され、受信データの転送が可能になります
- また、SCLn 信号の 9 ビット目 (アクノリッジビット) の立ち下がり、SCIn_TXI 割り込み要求が発生します。あらかじめ DMAC または DTC の起動要因として SCIn_TXI 割り込み要求を設定しておけば、SCIn_TXI 割り込み要求によって DMAC または DTC が起動され、送信データの転送が可能になります

SIMR2.IICINTM ビットが 0 のとき

- SCLn 信号の 9 ビット目 (アクノリッジビット) の立ち上がり、SDAn 端子入力が Low であると、SCIn_RXI 割り込み要求 (ACK 検出) が発生します。あらかじめ DMAC または DTC の起動要因として SCIn_RXI 割り込み要求を設定しておけば、SCIn_RXI 割り込み要求によって DMAC または DTC が起動されて、受信データの転送が可能になります
- SCLn 信号の 9 ビット目 (アクノリッジビット) の立ち上がり、SDAn 端子入力が High であると、SCIn_TXI 割り込み要求 (NACK 検出) が発生します

DMAC または DTC を使用して送受信を行う場合は、前もって DMAC または DTC を有効にしてから SCI の設定を行ってください。

SIMR3.IICSTAREQ、IICRSTAREQ、IICSTPREQ の各ビットを用いて開始条件、再開条件、停止条件を生成した場合、生成が完了すると STI 割り込み要求が発生します。

表 29.28 SCI の割り込み要因：簡易 IIC モード

| 名称 | 割り込み要因 | 割り込みフラグ | 割り込み許可 | DTC の起動 | DMAC の起動 |
|----------|--------------------|---------|--------|---------|----------|
| SCIn_RXI | 受信、ACK 検出 | — | RIE | 可能 | 可能 |
| SCIn_TXI | 送信、NACK 検出 | — | TIE | 可能 | 可能 |
| STIn | 開始条件、再開条件、停止条件生成終了 | IICSTIF | TEIE | 不可能 | 不可能 |

注． SIMR2.IICINTM ビットが 1 (受信割り込み、送信割り込みを使用) の場合にのみ、DTC の起動が可能です。

29.11 イベントリンク機能

SCIは、各割り込み要因をイベントとして使用することで、イベントリンクコントローラ (ELC) を通じて、あらかじめ設定しておいたモジュールを動作させることが可能です。

イベントは、対応する割り込みの割り込み要求許可ビットの設定に関係なく出力させることが可能です。

(1) エラーイベント出力 (受信エラーまたはエラーシグナル検出時)

- 調歩同期式モードで、受信中にパリティエラーが発生して異常終了したことを示します
- 調歩同期式モードで、受信中にフレーミングエラーが発生して異常終了したことを示します
- 受信中にオーバーランエラーが発生して異常終了したことを示します
- スマートカードインタフェースモードで、送信時にエラー信号が検出されたことを示します
- FIFO選択時かつFCR.DRESビットが1の場合、SSR_FIFO.FERフラグとSSR_FIFO.PERフラグが0であり、受信FIFOデータトリガ数より少ない受信データが受信FIFOバッファに格納され、15ETU経過したことを示します

(2) 受信データフルイベント出力

- 簡易IICモードで、SIMR2.IICINTMビットが0のとき、ACKが検出されたことを示します
- 簡易IICモードで、SIMR2.IICINTMビットが1のとき、SCLn信号の8ビット目の立ち下がりが検出されたことを示します

簡易IICモードでのマスタ送信時に、SIMR2.IICINTMビットが1のときは、受信データフルイベントを使用しないようにイベントリンクコントローラ (ELC) を設定してください。

(a) 非FIFO選択時

- 受信データが受信データレジスタ (RDR または RDRHL) に格納されたことを示します

(b) FIFO選択時

- このイベント出力は使用しないでください

(3) 送信データエンptyイベント出力

- SCR/SCR_SMCLTEビットが0から1に変化したことを示します
- スマートカードインタフェースモードで、送信が完了したことを示します
- 簡易IICモードで、SIMR2.IICINTMビットが0のとき、NACKが検出されたことを示します
- 簡易IICモードで、SIMR2.IICINTMビットが1のとき、SCLn信号の9ビット目の立ち下がりが検出されたことを示します

(a) 非FIFO選択時

- 送信データが送信データレジスタ (TDR または TDRHL) から送信シフトレジスタ (TSR) へ転送されたことを示します

(b) FIFO選択時

- このイベント出力は使用しないでください

(4) 送信終了イベント出力

- 送信が完了したことを示します
- 簡易IICモードで、開始条件、再開始条件、または停止条件の生成が完了したことを示します

注. FIFOが選択されている場合、このイベント出力は使用しないでください。

(5) アドレス一致イベント出力

- 調歩同期式モード（マルチプロセッサモードを含む）において、DCCR.DCME ビットが1の場合、比較データ（CDR.CMPD）と受信データの1フレームが一致したことを示します

29.12 アドレス不一致イベント出力 (SCI0_DCUF)

調歩同期式モード（マルチプロセッサモードを含む）において、DCCR.DCME ビットが1の場合、比較データ（CDR.CMPD）と受信データの1フレームが一致しなかったことを示します。このイベントは、スヌーズ終了要求に対してのみ使用可能です

29.13 ノイズ除去機能

ノイズ除去機能に用いるノイズフィルタの構成を図 29.72 に示します。ノイズフィルタは2段のフリップフロップ回路と一致検出回路で構成されます。ノイズフィルタの入力信号と、2段のフリップフロップ回路の出力信号が完全に一致したとき、一致したレベルが内部信号として伝えられます。一致しない場合は前の値が保持されます。ノイズフィルタのサンプリングクロックで、同じレベルが3サイクル以上保持された場合、有効な受信信号とみなされます。3サイクルに達する前にパルスが変化した場合、それは受信信号ではなく、ノイズとみなされます。

SEMR.ABCS = 0 かつ SEMR.ABCSE = 0 の場合、周期は1ビット転送期間の1/16となります。

SEMR.ABCS = 1 かつ SEMR.ABCSE = 0 の場合、周期は1ビット転送期間の1/8となります。

SEMR.ABCSE = 1 の場合、周期は1ビット転送期間の1/6となります。

調歩同期モードでは、RXDn 端子に入力される受信信号にノイズ除去機能を使用できます。RXDn 端子の受信レベルは、調歩同期モードの基本クロックを使用して、ノイズフィルタのフリップフロップ回路でサンプリングされます。

簡易 IIC モードでは、SDAn 端子と SCLn 端子の各入力信号に、この機能を使用できます。ノイズ除去機能のサンプリングクロックは、SNFR.NFCS ビットでポーレートジェネレータのソースクロックを1、2、4、または8分周することにより選択します。

ノイズフィルタが有効な状態で基本クロックを停止させ、その後、基本クロック入力を再開させた場合、ノイズフィルタは、クロック停止時の状態から動作を再開します。基本クロックの入力中に SCR.TE ビットと SCR.RE ビットを0にすると、ノイズフィルタのフリップフロップ値はすべて1に初期化されます。したがって、受信再開時の入力データが1の場合は、レベル一致が検出されたと判断され、その結果が内部信号として伝えられます。入力レベルが0の場合は、サンプリングサイクルで連続して3回信号のレベルが一致するまで、ノイズフィルタの最初の出力値が保持されます。

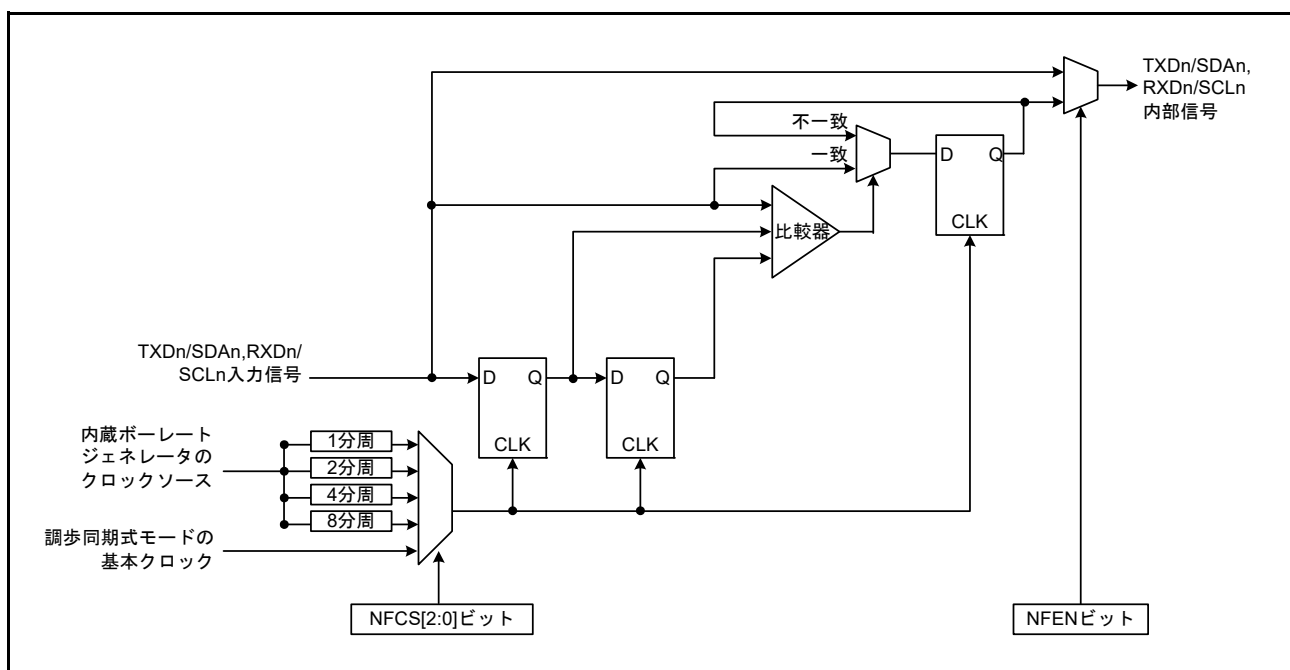


図 29.72 デジタルノイズフィルタ回路のブロック図

29.14 使用上の注意事項

29.14.1 モジュールストップ状態の設定

モジュールストップコントロールレジスタ B (MSTPCRB) により、SCI の動作許可または禁止を設定できます。SCI は、リセット後の初期状態では動作が停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細は、「11. 低消費電力モード」を参照してください。

29.14.2 低消費電力状態での SCI 動作

(1) 送信

モジュールストップ状態を設定する場合、またはソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、TXDn 端子を汎用入出力ポート機能に切り替えた後、送信動作を停止 (SCR/SCR_SMCI レジスタの TIE、TE、TEIE ビットを 0) にしてください。入出力ポートを SCI 接続に設定すると、SPTR レジスタによって TXDn 端子状態の制御が可能になります。TE ビットを 0 にすることにより、TSR レジスタが初期化されず、SSR/SSR_SMCI レジスタの TEND ビットは、非 FIFO 選択時には 1 にリセットされます。FIFO 選択時には値が保持されます。モジュールストップ状態またはソフトウェアスタンバイモードからの復帰後、出力端子は、ポートの設定と SPTR レジスタの設定に応じて、これらの低消費電力状態へ遷移する前のレベルを出力する場合があります。送信中に低消費電力状態へ遷移すると、送信データは不定になります。

低消費電力状態を解除した後、同じ送信モードで送信する場合は、以下の手順を実行します。

1. TE ビットを 1 にします。
2. SSR/SSR_FIFO/SSR_SMCI レジスタを読み出します。
3. 連続して TDR レジスタへの書き込みを行い、データ送信を開始します。

異なる送信モードで送信する場合は、SCI の初期化からやり直してください。

図 29.73 に、送信中にソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合のフローチャート例を示します。図 29.74 と図 29.75 に、ソフトウェアスタンバイモード遷移時のポートの端子状態を示します。

DTC 転送による送信モードから、モジュールストップ状態を設定する場合、またはソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、最初に、送信動作を停止 (TE ビットを 0) にしてください。低消費電力状態の解除後に DTC による送信を開始する場合は、TE ビットを 1 にしてください。SCI_{In}_TXI 割り込みフラグが 1 になり、DTC による送信が始まります。

(2) 受信

(a) ウェイクアップ条件としてアドレス一致検出機能を使用しない場合

モジュールストップ状態を設定する場合、またはソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、最初に、受信動作を停止 (SCR/SCR_SMCI.RE ビットを 0) にしてください。受信中に遷移すると、受信中のデータは無効になります。

図 29.73 に、受信時にソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合のフローチャート例を示します。

(b) ウェイクアップ条件としてアドレス一致検出機能を使用する場合

モジュールストップ状態を設定する場合、またはソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は最初に、

1. 低消費電力状態解除後の動作を設定してください。
2. CDR.CMPD ビットと DCCR.DCME ビットを 1 にしてください。
3. 受信動作を許可 (SCR/SCR_SMCI.RE = 1) にしてください。
4. モジュールストップ状態またはソフトウェアスタンバイモードを設定してください。

SCI が低消費電力モードへ遷移するとき、受信データ端子 (RXD) が Low であれば、SEMR.RXDESEL を 0 にしてください。SEMR.RXDESEL が 1 になっていると、低消費電力モードの解除時にスタートビット

(RXDn 端子の立ち下がり) が検出されない可能性があります。

図 29.73 に、アドレス一致を用いて受信中にソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合のフローチャート例を示します。

(c) SCI0 をスヌーズモードで使用する場合

SCI0 をスヌーズモードで使用する場合は、最大ビットレートなどのいくつかの制約事項があります。詳細は、「11. 低消費電力モード」を参照してください。

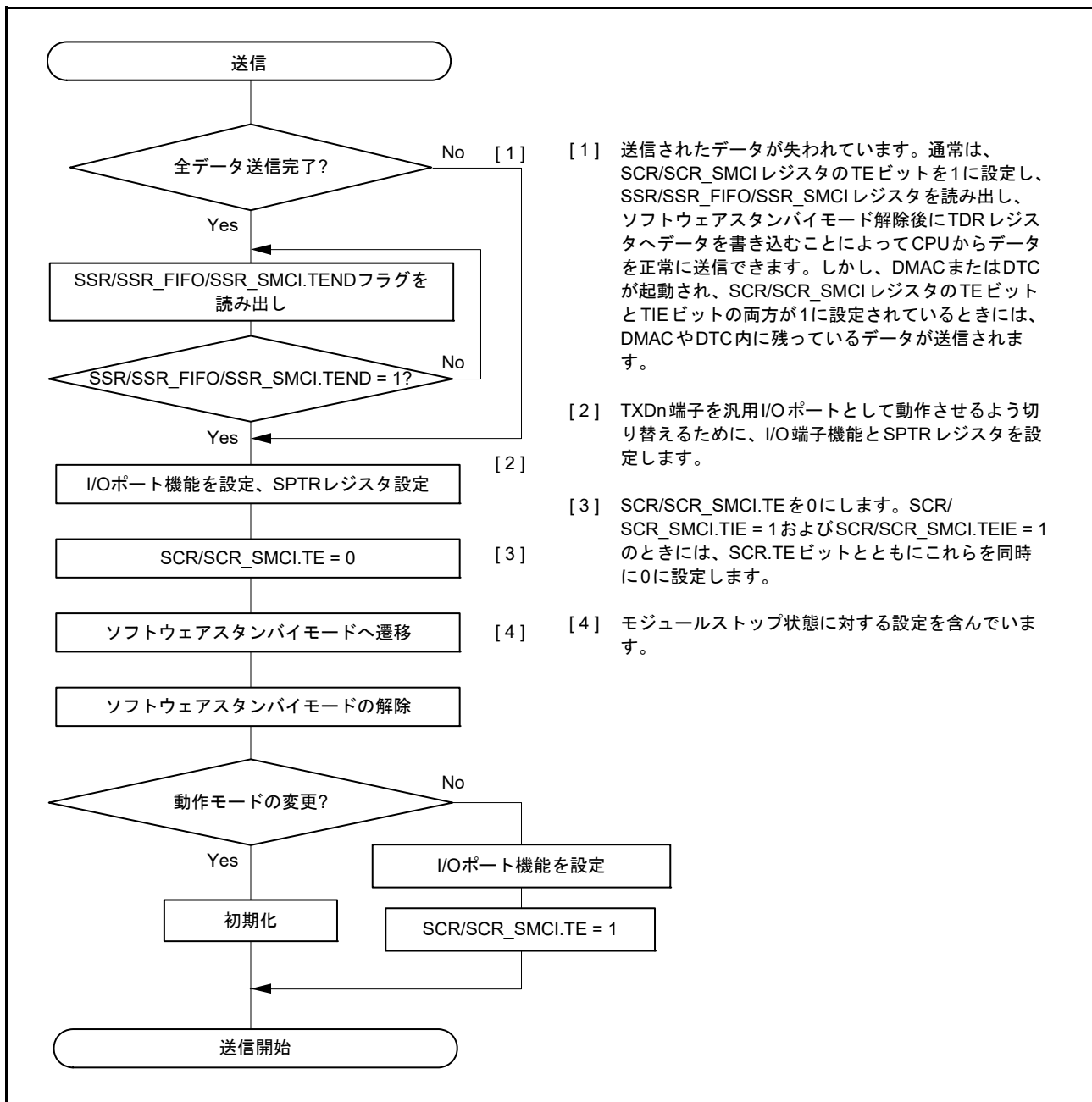


図 29.73 送信中にソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合のフローチャート例

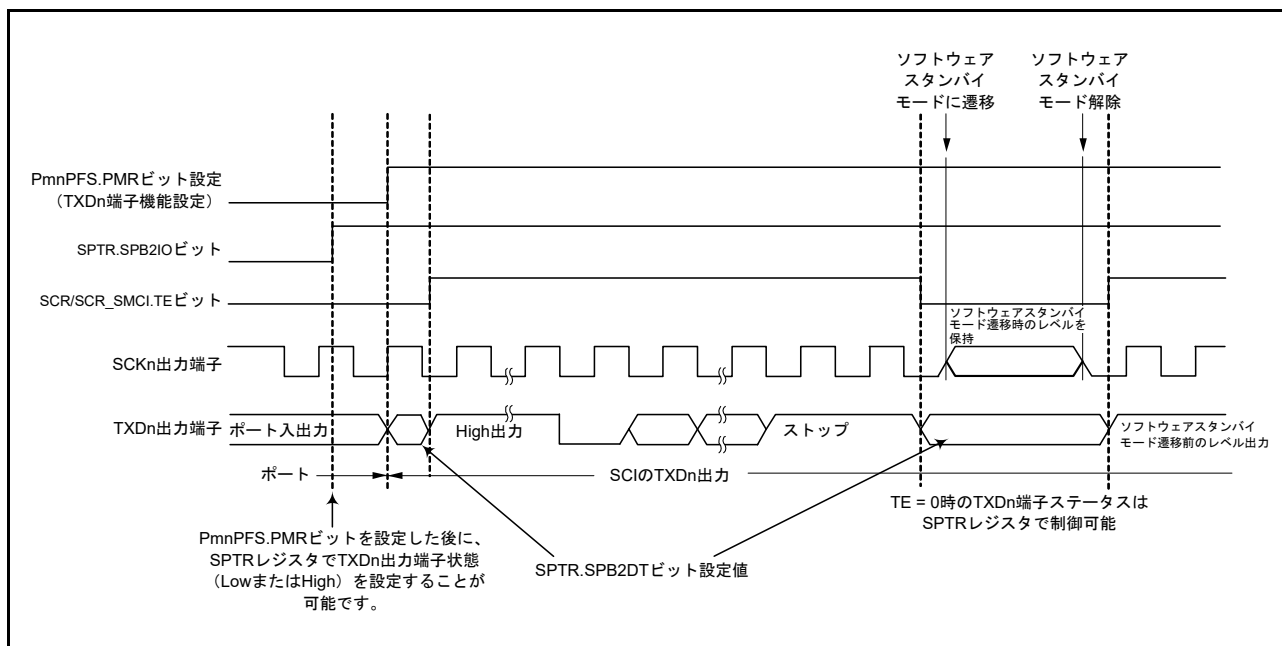


図 29.74 ソフトウェアスタンバイモード遷移中のポートの端子状態 (内部クロック、調歩同期送信)

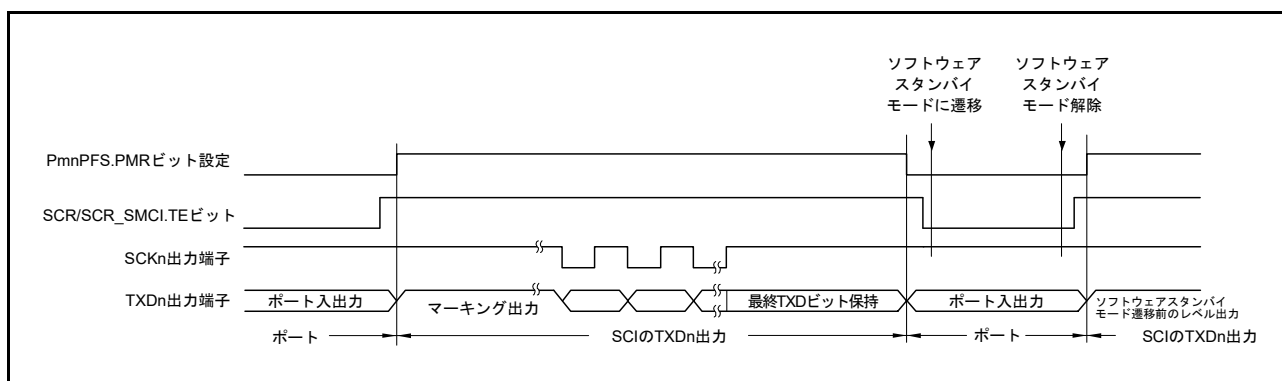


図 29.75 ソフトウェアスタンバイモード遷移中のポートの端子状態 (内部クロック、クロック同期送信)

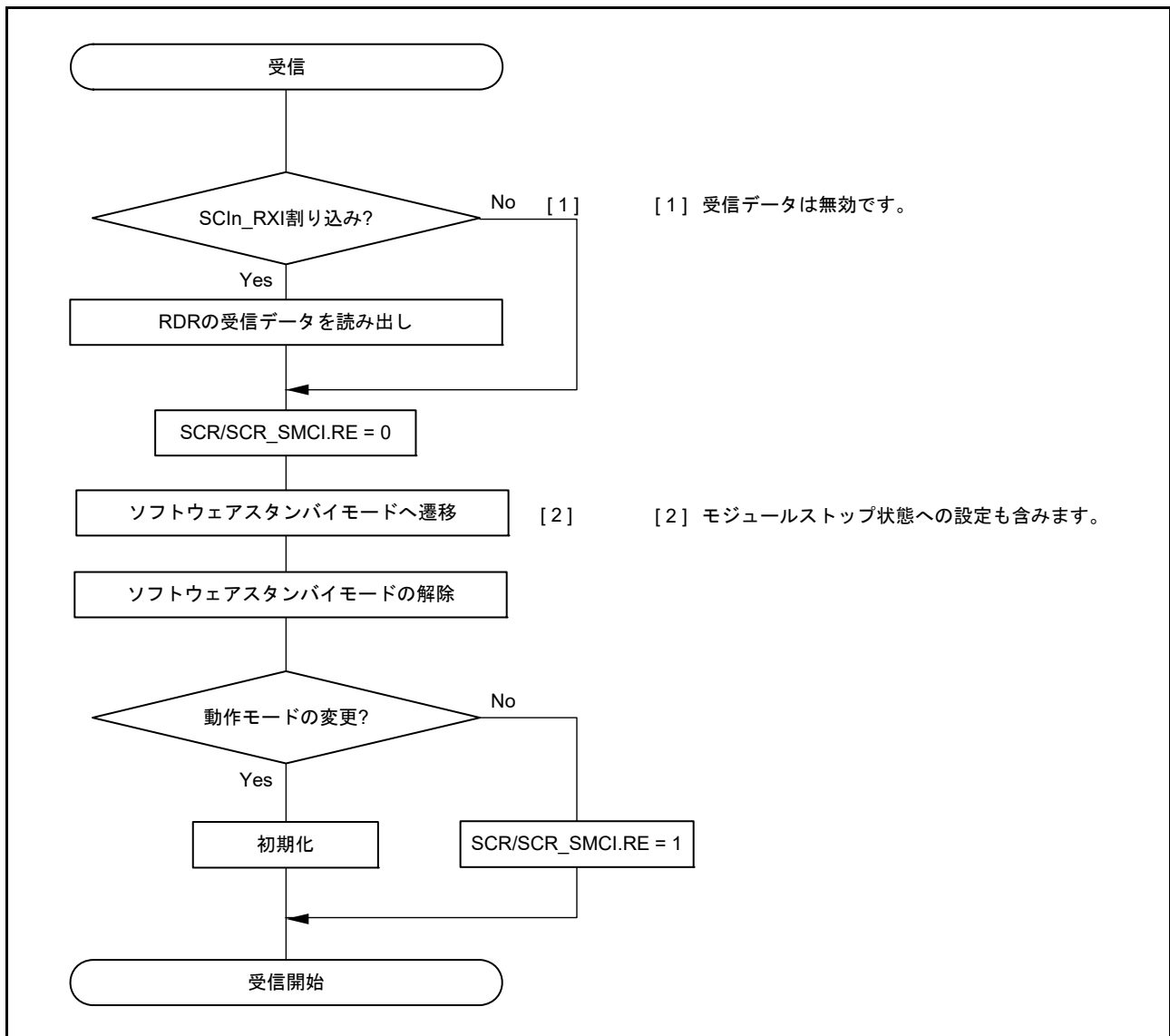


図 29.76 受信中にソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合のフローチャート例

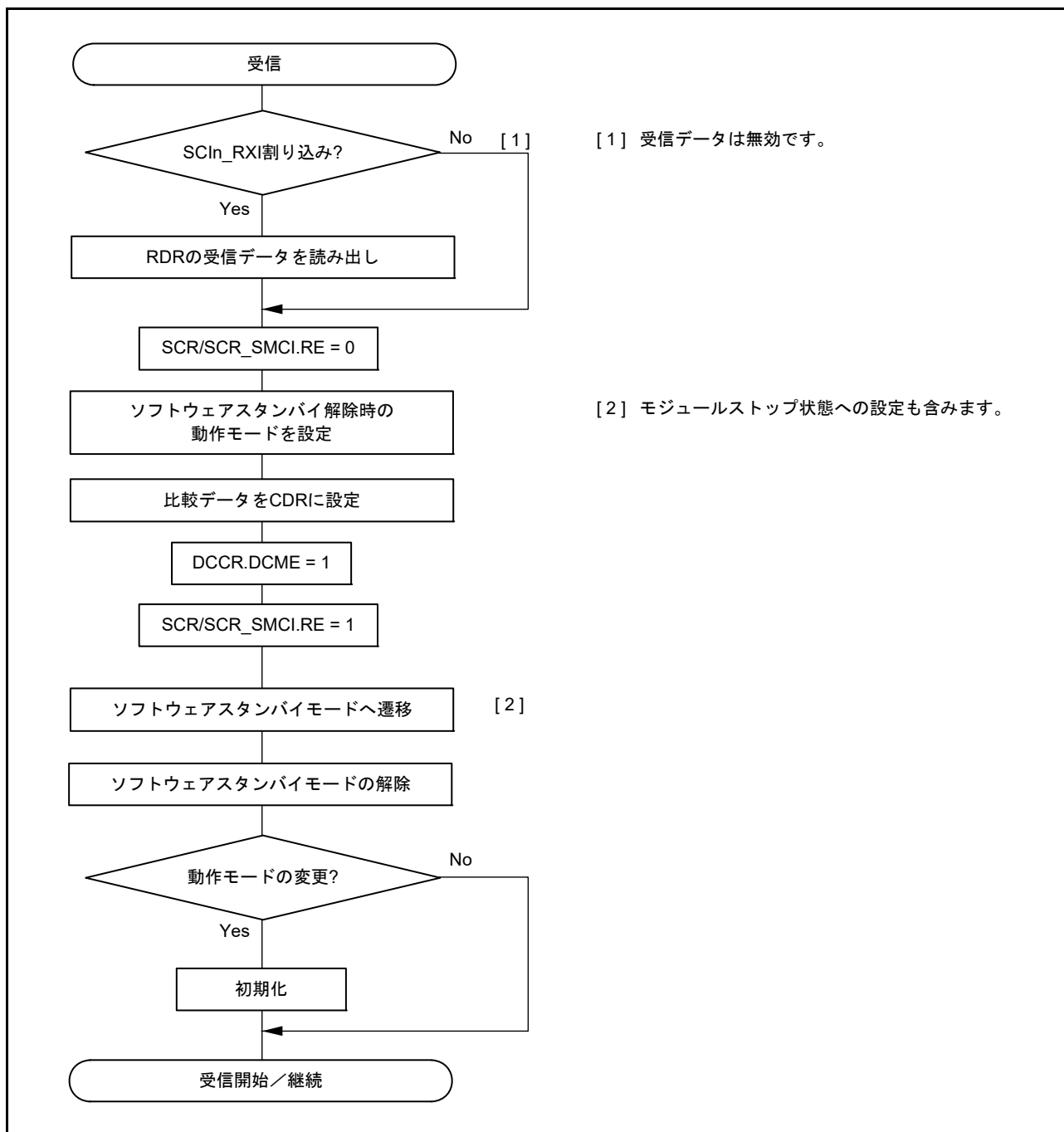


図 29.77 アドレス一致を用いて受信中にソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合のフローチャート例

29.14.3 ブレークの検出と処理について

(1) 非 FIFO 選択時

フレーミングエラー検出時に、RXDn 端子の値を直接読み出すことでブレークを検出できます。ブレークでは、RXDn 端子からの入力がすべて 0 になり、SSR.FER フラグが 1 (フレーミングエラーの発生あり) になります。さらに、SSR.PER フラグも 1 (パリティエラーの発生あり) になる可能性があります。SCI は、ブレークを受信した後も受信動作を続けます。したがって、FER フラグを 0 (フレーミングエラーの発生なし) にしても、再び FER フラグが 1 になります。SEMR.RXDESEL ビットが 1 のとき、SCI は、SSR.FER フラグを 1 にして、次のデータフレームのスタートビットが検出されるまで、受信動作を停止します。このとき、SSR.FER フラグが 0 であれば、ブレーク中は SSR.FER フラグは 0 を保持します。

RXDn 端子が 1 になってブレークが終了した後、最初の RXDn 端子の立ち下がりですタートビットの先頭を検出すれば、受信動作を開始させることが可能です。

(2) FIFO 選択時

フレーミングエラーが検出された後、SCI によって 1 フレーム分の連続する受信データが 0 であることが検出された場合、受信動作が停止します。フレーミングエラー検出時に、SPTR.RXDMON ビットの値を読み出すことでブレークを検出できます。RXD 信号がマーク状態になってブレークが終了した後、FRDRHL レジスタへのデータ受信が再開されます。

29.14.4 マーク状態とブレークの送出

SCR/SCR_SMCI.TE ビットが 0 (シリアル送信動作を禁止) のとき、SPTR.SPB2IO ビットおよび SPTR.SPB2DT ビットを用いて TXDn 端子状態の設定が可能です。この方法により、TXDn 端子をマーク状態にしてブレークを送出できます。

SCR/SCR_SMCI.TE ビットを 1 (シリアル送信動作を許可) にする前に、SPB2IO ビットと SPB2DT ビットによって通信回線をマーク状態 (1 の状態) に設定し、I/O ポート機能を用いて TXDn 端子を変更してください。データ送信時にブレークを出力したいときは、SPB2IO ビットと SPB2DT ビットによって TXDn 端子を 0 出力に設定した後、I/O ポート機能を用いて TXDn 端子を変更し、SCR/SCR_SMCI.TE ビットを 0 にしてください。SCR/SCR_SMCI.TE ビットを 0 にすると、現在の送信状態とは無関係に送信部は初期化されません。

29.14.5 受信エラーフラグと送信動作 (クロック同期式モードおよび簡易 SPI モード)

受信エラーフラグ (SSR/SSR_FIFO.ORER) が 1 の状態では、TDR または FTDR (注1) レジスタにデータを書き込んでも、送信は開始されません。送信を開始する前に、必ず受信エラーフラグを 0 にしてください。

注. SCR/SCR_SMCI.RE ビットを 0 にしてシリアル受信を禁止すると、受信エラーフラグは 0 になりません。

注 1. 簡易 SPI モードでは、FTDRH レジスタを使用しないでください。

29.14.6 クロック同期送信に関する制約事項（クロック同期式モードおよび簡易 SPI モード）

同期クロックに外部クロックソースを使用する場合、以下の制約があります。

(1) 送信開始時

TDR レジスタへの送信データの書き込みから、外部クロック入力の開始まで、下記に示す以上の待機時間を確保してください。

1PCLK + スレーブのデータ出力遅延時間 (tDO) + マスタのセットアップ時間 (tSU) (図 29.78 参照)。

(2) 連続送信時

送信クロックの 7 ビット目の立ち下がり以前に、TDR または TDRHL レジスタに次の送信データを書き込んでください (図 29.78 参照)。

ビット 7 送信開始以降に TDR を更新する場合は、同期クロックが Low の期間に TDR を更新し、かつ送信クロックの 7 ビット目の High 幅を、4PCLK 以上にしてください (図 29.78 参照)。

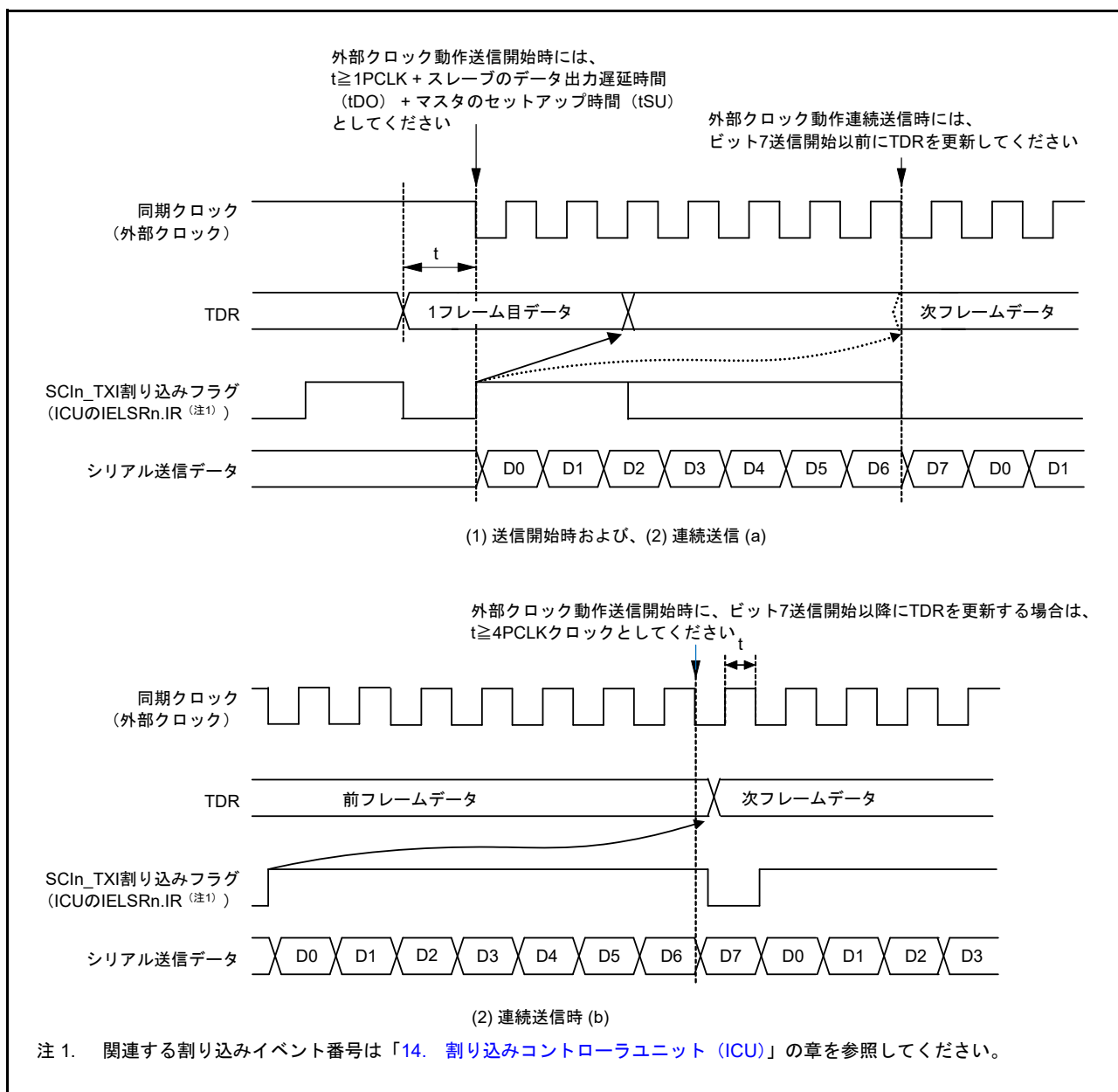


図 29.78 クロック同期送信時の外部クロック使用に関する制約事項

29.14.7 DMAC または DTC 使用時の制約事項

DMAC または DTC による送受信動作中は、DMAC または DTC に転送情報を設定しないでください。

(1) TDR (FTDRHL) レジスタへの書き込み

(a) 非 FIFO 選択時

TDR および TDRHL レジスタにデータを書き込むことが可能です。ただし、TDR または TDRHL レジスタに送信データが残っている状態で、TDR または TDRHL レジスタに新しいデータを書き込むと、残っていたデータは TSR レジスタへ転送されず、失われます。DMAC または DTC を使用する場合、TDR または TDRHL レジスタへの送信データの書き込みは、必ず SCI_{In}_TXI 割り込み要求処理ルーチンで行ってください。

(b) FIFO 選択時

SCR.TE ビットが 1 の場合に、FTDRH および FTDRL レジスタにデータを書き込むことが可能です。FDR.T[4:0] ビットによって、書き込み可能なデータ数を確認してください。

(2) RDR (FRDRHL) レジスタからの読み出し

DMAC または DTC を用いて RDR および RDRHL レジスタを読み出すときは、対応する SCI チャンネルの起動要因として、必ず受信データフル割り込み (SCI_{In}_RXI) を設定してください。

29.14.8 通信の開始に関する注意事項

通信開始時点で ICU の割り込みステータスフラグ (IELSR_n.IR フラグ) が 1 のときは、動作許可 (SCR/SCR_SMCI.TE ビットを 1、または SCR/SCR_SMCI.RE ビットを 1) にする前に、以下の手順で割り込み要求をクリアしてください。割り込みステータスフラグの詳細については、「[14. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。

1. 通信が停止していること (SCR/SCR_SMCI.TE ビットまたは SCR/SCR_SMCI.RE ビットが 0 になっていること) を確認します。
2. 対応する割り込み許可ビット (SCR/SCR_SMCI.TIE ビットまたは SCR/SCR_SMCI.RIE ビット) を 0 にします。
3. 対応する割り込み許可ビット (SCR/SCR_SMCI.TIE ビットまたは SCR/SCR_SMCI.RIE ビット) を読み出して、実際に 0 になっていることを確認します。
4. ICU の割り込みステータスフラグ (IELSR_n.IR フラグ) を 0 にします。

29.14.9 クロック同期式モードおよび簡易 SPI モードにおける外部クロック入力

クロック同期式モードと簡易 SPI モードでは、外部クロック SCK_n 入力を下記のように設定してください。

High パルス期間および Low パルス期間は 2PCLK 以上、周期は 6PCLK 以上

29.14.10 簡易 SPI モードに関する制約事項

(1) マスタモード

- SPMR.SSEビットが1の場合、SPMR.CKPHビットとSPMR.CKPOLビットで設定した送受信クロックの初期値に合わせて、クロック線を抵抗でプルアップまたはプルダウンしてください。これによって、SCR.TEビットを0にしたときにクロック線がハイインピーダンス状態になったり、SCR.TEビットを0から1に変更したりしたときにクロック線に意図しないエッジが発生したりするのを防止できます。シングルマスタモードでSPMR.SSEビットが0の場合は、SCR.TEビットを0にしてもクロック線はハイインピーダンスにならないので、プルアップまたはプルダウンは不要です
- クロック遅れあり (SPMR.CKPHビット=1) では、[図 29.79](#) に示すように、SCKn端子の最終クロックエッジ手前のクロックエッジで受信データフル割り込み (SCIn_RXI) が発生します。SCR.TEビットとSCR.REビットをSCKn端子の最終クロックエッジより前に0にすると、SCKn端子出力がハイインピーダンスとなり、送受信クロックの最後のクロックパルス幅が短くなります。また、SCIn_RXI割り込みの発生によって、SCKn端子の最終クロックエッジより前に接続先スレーブのSSn端子入力信号がHighになった場合、スレーブが誤動作する可能性があります
- マルチマスタ構成では、キャラクタの転送中にモードフォルトエラーが発生すると、SSn端子入力がLowの間に、SCKn端子出力がハイインピーダンスとなり、接続先スレーブへの送受信クロック供給が停止します。送受信動作再開時のビットずれを回避するために、接続先スレーブの再設定を行ってください

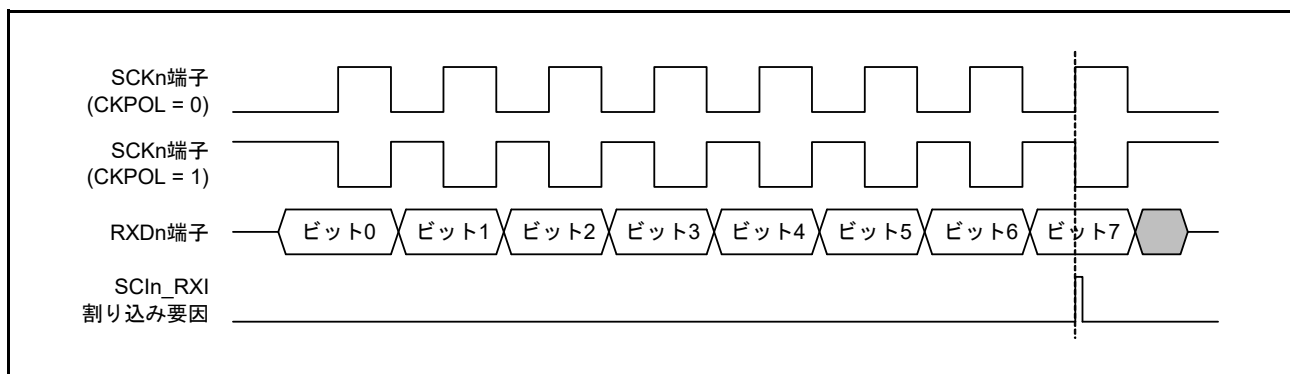


図 29.79 簡易 SPI モードにおける SCIn_RXI 割り込みの発生タイミング (クロック遅れあり)

(2) スレーブモード

- TDRレジスタへの送信データの書き込みから、外部クロック入力の開始まで、下記に示す以上の待機時間を確保してください
 $1PCLK + \text{スレーブのデータ出力遅延時間 (} t_{DO} \text{)} + \text{マスタのセットアップ時間 (} t_{SU} \text{)}$
- また、SSn端子へのLow入力から、外部クロック入力の開始までについても、5PCLK以上の待機時間を確保してください
- マスタからの外部クロックの供給は、転送データ長に合わせてください
 - SSn端子入力は、データ転送開始前と完了後に制御する必要があります
 - キャラクタ転送中にSSn端子への入力レベルがLowからHighに変化した場合は、SCR.TEビットとSCR.REビットを0にして、設定を回復後に1バイト目から転送をやり直してください

30. I²Cバスインタフェース (IIC)

30.1 概要

本MCUは、2チャンネルのI²Cバスインタフェース (IIC) を内蔵しています。IICモジュールは、NXP社のI²C (Inter-Integrated Circuit) バスインタフェース方式に準拠しており、そのサブセット機能を備えています。表 30.1 に IIC の仕様を、図 30.1 に IIC のブロック図を、図 30.2 に 入出力端子の外部回路接続例 (I²Cバス構成例) を示します。表 30.2 に、入出力端子を示します。

表 30.1 IICの仕様 (1/2)

| 項目 | 内容 |
|---------------------|---|
| 通信フォーマット | <ul style="list-style-type: none"> • I²CバスフォーマットまたはSMBusフォーマット • マスタ/スレーブモードを選択可能 • 転送速度に応じたセットアップ時間、ホールド時間、バスフリー時間を自動確保 |
| 転送速度 | ファストモード対応 (~400kbps) |
| SCLクロック | マスタ動作時、SCLクロックのデューティ比を4%~96%の範囲で設定可能 |
| コンディション発行・コンディション検出 | スタートコンディション/リスタートコンディション/ストップコンディションの自動生成、スタートコンディション (リスタートコンディション含む) /ストップコンディションの検出が可能 |
| スレーブアドレス | <ul style="list-style-type: none"> • 異なるスレーブアドレスを3種類まで設定可能 • 7ビット/10ビットアドレスフォーマット対応 (混在可能) • ジェネラルコールアドレス検出、デバイスIDアドレス検出、SMBusのホストアドレス検出可能 |
| アクノリッジ応答 | <ul style="list-style-type: none"> • 送信時、アクノリッジビットの自動ロード • ノットアクノリッジビット検出時に次送信データ転送の自動中断が可能 • 受信時、アクノリッジビットの自動送付 • 8クロック目と9クロック目の間にウェイトありを選択すると、受信値に応じたアクノリッジビット値のソフトウェア制御が可能 |
| ウェイト機能 | 受信時、SCLクロックのLowホールドによる下記期間のウェイトが可能 <ul style="list-style-type: none"> • 8クロック目と9クロック目の間をウェイト • 9クロック目と次転送の1クロック目の間をウェイト |
| SDA出力遅延機能 | アクノリッジ送信を含むデータ送信の出カタイミングを遅延させることが可能 |
| アービトレーション | <ul style="list-style-type: none"> • マルチマスタ対応 <ul style="list-style-type: none"> - 他のマスタとのSCLクロック衝突時、SCLクロックの同期が可能 - スタートコンディション発行がバスで競合する可能性がある場合、SDA内部信号とSDAラインの状態の不一致によるアービトレーションロストを検出可能 - マスタ動作時、SDA内部信号とSDAラインの状態の不一致によるアービトレーションロストを検出可能 • バスビジー中のスタートコンディション発生によるアービトレーションロストを検出可能 (スタートコンディションの二重発行防止) • ノットアクノリッジビット送信時、SDA内部信号とSDAラインの状態の不一致によるアービトレーションロストを検出可能 • スレーブ送信時、データのSDA内部信号とSDAラインの状態の不一致によるアービトレーションロストを検出可能 |
| タイムアウト検出機能 | SCLクロックの長時間停止を内部で検出 |
| ノイズ除去 | <ul style="list-style-type: none"> • SCLおよびSDA信号用のデジタルノイズフィルタ • フィルタによるノイズ除去幅をプログラマブルに調整可能 |
| 割り込み要因 | <ul style="list-style-type: none"> • 通信エラーまたはイベント発生：アービトレーション検出、NACK、タイムアウト、スタート/リスタートコンディション、またはストップコンディション • 受信データフル (スレーブアドレス一致時含む) • 送信データエンプティ (スレーブアドレス一致時含む) • 送信終了 |
| モジュールストップ機能 | モジュールストップ状態の設定が可能 |
| IICの動作モード | <ul style="list-style-type: none"> • マスタ送信 • マスタ受信 • スレーブ送信 • スレーブ受信 |

表 30.1 IICの仕様 (2/2)

| 項目 | 内容 |
|----------------|--|
| イベントリンク機能 (出力) | <ul style="list-style-type: none"> 通信エラーまたはイベント発生：アービトレーション検出、NACK、タイムアウト、スタート/リスタートコンディション、またはストップコンディション 受信データフル (スレーブアドレス一致時含む) 送信データエンプティ (スレーブアドレス一致時含む) 送信終了 |
| ウェイクアップ機能 (注1) | <ul style="list-style-type: none"> ウェイクアップイベントを使用したCPUのソフトウェアスタンバイモードからの復帰が可能 |

注 1. この機能は、IICのチャンネルIIC0でのみ利用可能です。

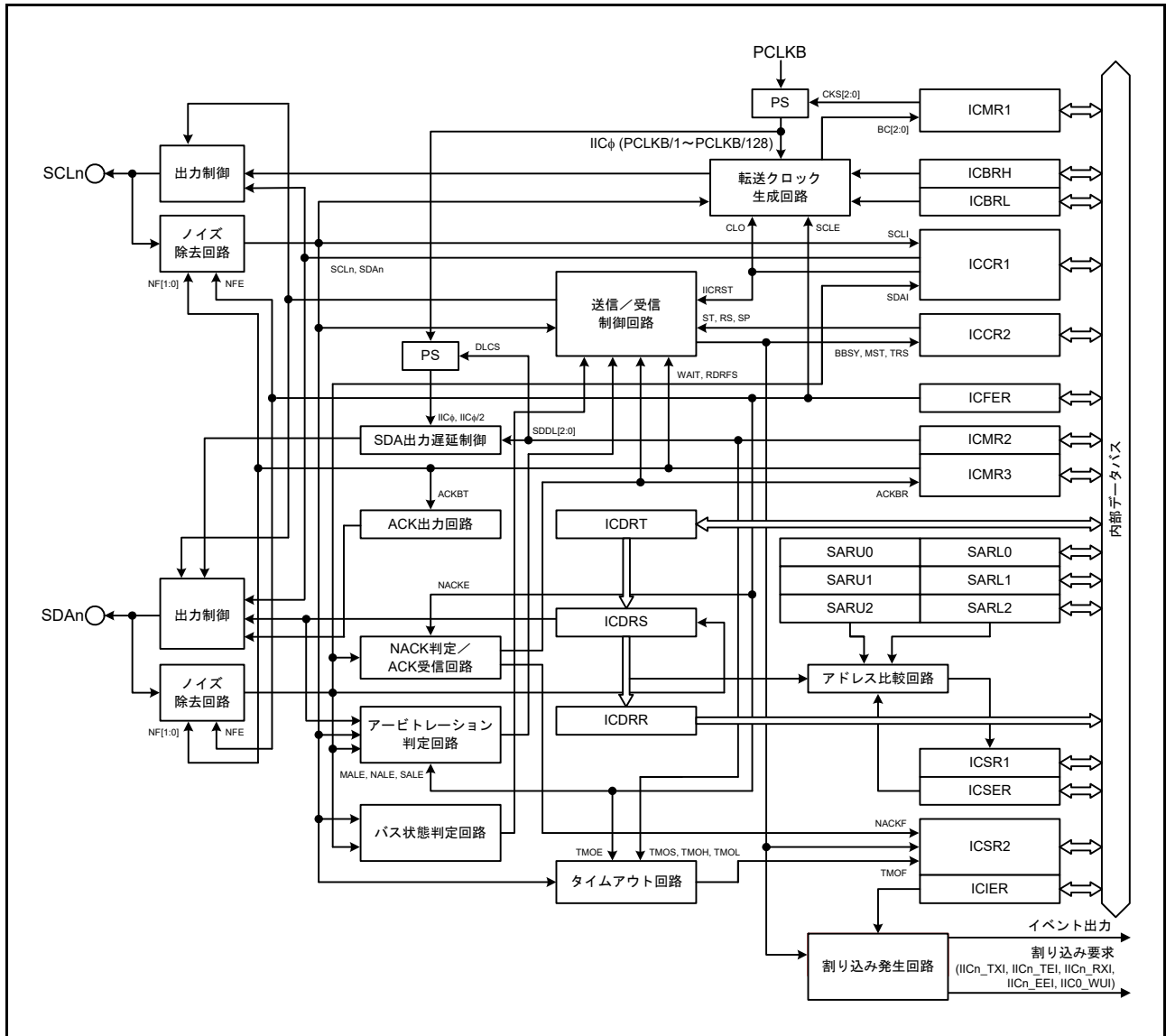


図 30.1 IICのブロック図

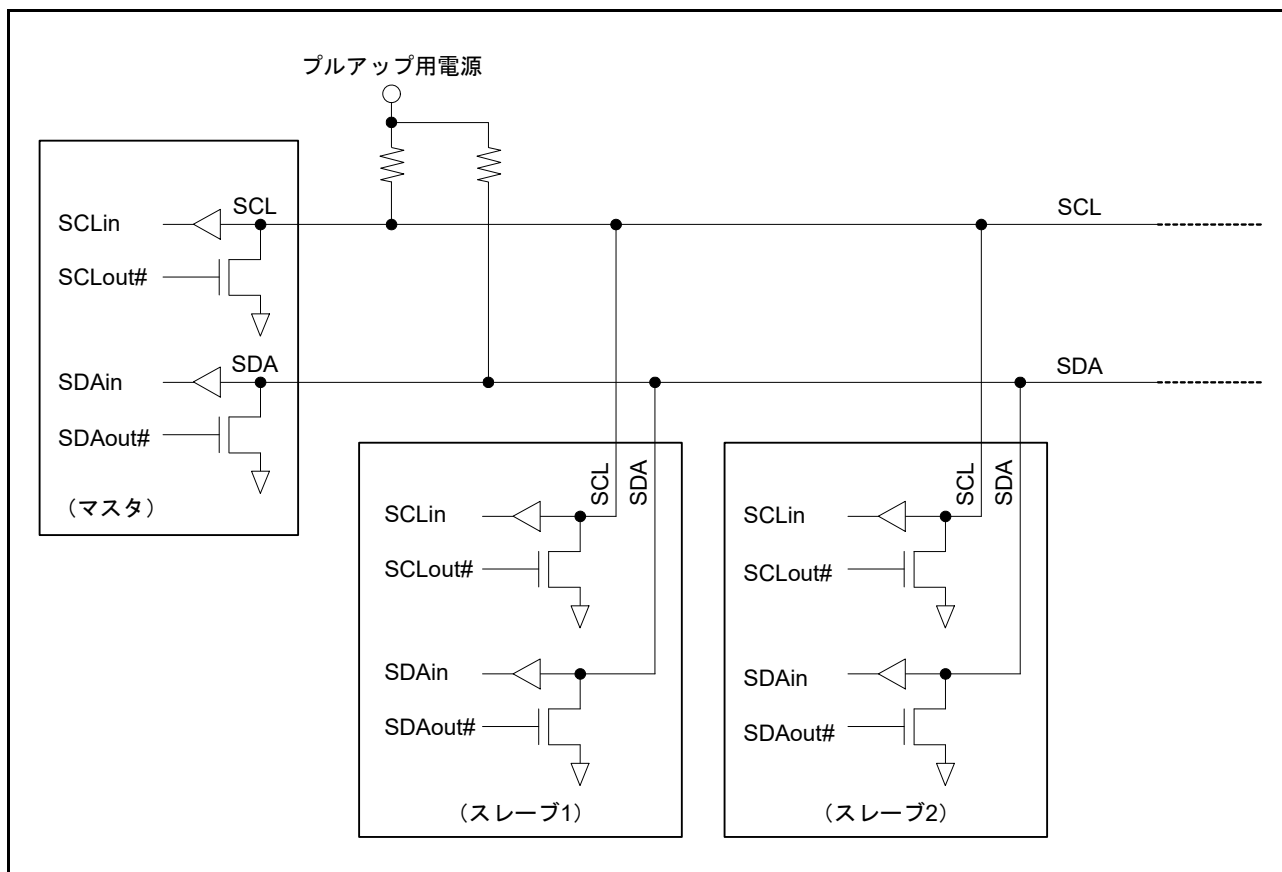


図 30.2 入出力端子の外部回路接続例 (I²C バス構成例)

IIC の各信号の入力レベルは、I²C バス選択時 (ICMR3.SMBS = 0) は CMOS レベルであり、SMBus 選択時 (ICMR3.SMBS = 1) は TTL レベルです。

表 30.2 IIC の端子構成

| チャンネル | 端子名 | 入出力 | 機能 |
|-------|------|-----|--------------------|
| IIC0 | SCL0 | 入出力 | IIC0 シリアルクロック入出力端子 |
| | SDA0 | 入出力 | IIC0 シリアルデータ入出力端子 |
| IIC1 | SCL1 | 入出力 | IIC1 シリアルクロック入出力端子 |
| | SDA1 | 入出力 | IIC1 シリアルデータ入出力端子 |

30.2 レジスタの説明

30.2.1 I²Cバスコントロールレジスタ 1 (ICCR1)

アドレス IIC0.ICCR1 4005 3000h, IIC1.ICCR1 4005 3100h

| | | | | | | | | |
|---------|-----|--------|-----|------|------|------|------|------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | ICE | IICRST | CLO | SOWP | SCLO | SDAO | SCLI | SDAI |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|--------|--------------------|--|-----|
| b0 | SDAI | SDAラインモニタ | 0 : SDA _n ラインはLow 1 : SDA _n ラインはHigh | R |
| b1 | SCLI | SCLラインモニタ | 0 : SCL _n ラインはLow 1 : SCL _n ラインはHigh | R |
| b2 | SDAO | SDA出力制御/モニタ | <ul style="list-style-type: none"> 読み出し時 0 : IICはSDA_n端子をLowにする 1 : IICはSDA_n端子を解放する 書き込み時 0 : IICはSDA_n端子をLowにする 1 : IICはSDA_n端子を解放する | R/W |
| b3 | SCLO | SCL出力制御/モニタ | <ul style="list-style-type: none"> 読み出し時 0 : IICはSCL_n端子をLowにする 1 : IICはSCL_n端子を解放する 書き込み時 0 : IICはSCL_n端子をLowにする 1 : IICはSCL_n端子を解放する 外部プルアップ抵抗を使用して信号をHighにしてください。 | R/W |
| b4 | SOWP | SCLO/SDAOライトプロテクト | 0 : SCLOおよびSDAOビットの書き込みを許可 1 : SCLOおよびSDAOビットの書き込みを禁止 読むと1が読めます。 | R/W |
| b5 | CLO | SCLクロック追加出力 | 0 : SCLクロックを追加で出力しない (デフォルト) 1 : SCLクロックを追加で出力する 1クロック出力後、自動的に0になります。 | R/W |
| b6 | IICRST | IICバスインタフェース内部リセット | 0 : IICリセットまたは内部リセットを解除する 1 : IICリセットまたは内部リセットを行う これにより、ビットカウンタをクリアし、SCL _n /SDA _n 出力ラッチを解除します。 | R/W |
| b7 | ICE | IICバスインタフェース許可 | 0 : 禁止 (SCL _n およびSDA _n 端子は非駆動状態) 1 : 許可 (SCL _n およびSDA _n 端子は駆動状態) IICRSTビットとの組み合わせで、IICリセット、または内部リセットを選択します。 | R/W |

SDAOビット (SDA出力制御/モニタ)、SCLOビット (SCL出力制御/モニタ)

IICから出力されるSDA_n信号とSCL_n信号を直接操作します。

これらのビットに書き込む場合は、SOWPビットにも0を書いてください。これらのビットを設定すると、入力バッファを介してIICに入力されます。スレープモードに設定していると、ビットの設定によってはスタートコンディションを検出してバスを解放することがあります。

スタートコンディション、ストップコンディション、リスタートコンディションの期間中、または送受信中に、これらのビットを書き換えしないでください。これらの期間に書き換えた場合の動作は保証されません。これらのビットを読んだ場合は、そのときIICが出力している信号の状態が読めます。

CLO ビット (SCL クロック追加出力)

SCL クロックを1クロック単位で追加出力できるようにするもので、デバッグ時またはエラー処理時に使用します。

通常は0にしてください。通常の通信状態で本ビットを1にすると、通信エラーの原因になります。この機能の詳細については、[30.12.2 SCL クロック追加出力機能](#)を参照してください。

IICRST ビット (IIC バスインタフェース内部 リセット)

IIC の内部状態をリセットします。

本ビットを1にすると、IIC リセットまたは内部リセットを起動できます。IIC リセットまたは内部リセットのどちらが起動するかは、ICE ビットと組み合わせた IICRST ビットの設定によって決定されます。[表 30.3](#)に IIC のリセットの種類を示します。

IIC リセットでは、ICCR1.ICE ビットと ICCR1.IICRST1 ビット以外の IIC の全レジスタと内部状態が初期化されます。

内部リセットは下記を初期化します。

- ビットカウンタ (ICMR1.BC[2:0] ビット)
- I²C バスシフトレジスタ (ICDRS)
- I²C バスステータスレジスタ (ICSR1 および ICSR2)
- SDAO および SCLO 出力制御/モニタ (ICCR1.SDAO ビットおよび ICCR1.SCLO ビット)
- I²C バスコントロールレジスタ 2 (ICCR2.BBSY ビット以外)

各レジスタのリセット条件については、[30.15 各コンディション発行時のレジスタの状態](#)を参照してください。

動作中に (ICE ビット=1 の状態で) IICRST ビットを1にして内部リセットを行うと、ポートの設定と IIC のコントロールレジスタや設定レジスタを初期化することなく、IIC の内部状態がリセットされます。また、IIC が Low を出力したままハングアップした場合、内部状態をリセットすることで、Low 出力状態が解除され、SCLn 端子と SDA_n 端子がハイインピーダンスの状態でバスが解放されます。

注. スレーブモード時に、マスタデバイスとの通信中に生じたバスのハングアップに対して IICRST ビットで内部リセットを行うと、ビットカウンタ情報の差異が原因で、スレーブデバイスとマスタデバイスが異なる状態になる可能性があります。そのため、スレーブモード時には内部リセットは行わないでください。復帰処理はマスタデバイスから行うようにしてください。スレーブモード時に SCLn ラインが Low 出力状態のまま IIC がハングアップしたため、内部リセットが必要になった場合は、内部リセット後にマスタデバイスからリスタートコンディションを発行するか、またはストップコンディションを発行して、スタートコンディションから通信をやり直してください。スレーブデバイスでのみ単独でリセットを行い、マスタデバイスからスタートコンディションまたはリスタートコンディション発行がないまま通信が再開されると、双方が非同期で動作することになるため同期ズレの原因になります。

表 30.3 IIC のリセット

| IICRST | ICE | 状態 | 内容 |
|--------|-----|----------|--|
| 1 | 0 | IIC リセット | ICCR1.ICE ビットと ICCR1.IICRST1 ビット以外の IIC の全レジスタと内部状態をリセット |
| | 1 | 内部リセット | 下記をリセット : <ul style="list-style-type: none"> • ICMR1.BC[2:0] ビット • ICSR1 レジスタ • ICSR2 レジスタ • ICDRS レジスタ • ICCR1.SCLO ビット • ICCR1.SDAO ビット • ICCR2 レジスタ (ICCR2.BBSY ビット以外) • IIC の内部状態 |

ICE ビット (IIC バスインタフェース許可)

SCLn および SDA_n 端子の駆動状態／非駆動状態を選択します。また、IICRST ビットと組み合わせて、実行するリセットを2種類から選ぶことができます。リセットの種類については、[表 30.3](#)を参照してください。

IIC を使用するときは、ICE ビットを1にしてください。ICE ビットを1にすると、SCLn および SDA_n 端子は駆動状態になります。IIC を使用しないときは、ICE ビットを0にしてください。ICE ビットを0にすると、SCLn および SDA_n 端子は非駆動状態になります。端子機能制御を設定するときに、SCLn または SDA_n 端子を IIC に割り当てないでください。これらの端子が IIC に割り当てられると、スレーブアドレス比較が行われます。

30.2.2 I²Cバスコントロールレジスタ 2 (ICCR2)

アドレス IIC0.ICCR2 4005 3001h, IIC1.ICCR2 4005 3101h

| | | | | | | | | |
|---------|------|-----|-----|----|----|----|----|----|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | BBSY | MST | TRS | — | SP | RS | ST | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|------|------------------|--|-------------|
| b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b1 | ST | スタートコンディション発行要求 | 0: スタートコンディション要求を発行しない 1: スタートコンディション要求を発行する | R/W |
| b2 | RS | リスタートコンディション発行要求 | 0: リスタートコンディション要求を発行しない 1: リスタートコンディション要求を発行する | R/W |
| b3 | SP | ストップコンディション発行要求 | 0: ストップコンディション要求を発行しない 1: ストップコンディション要求を発行する | R/W |
| b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b5 | TRS | 送信/受信モード | 0: 受信モード 1: 送信モード | R/W (注1) |
| b6 | MST | マスタ/スレーブモード | 0: スレーブモード 1: マスタモード | R/W (注1) |
| b7 | BBSY | バスビジー検出フラグ | 0: I ² Cバスは解放状態 (バスフリー状態) 1: I ² Cバスは占有状態 (バスビジー状態) | R |

注1. ICMR1.MTWP ビットが1の場合に、MST および TRS ビットへの書き込みが可能です。

ST ビット (スタートコンディション発行要求)

マスタモードへの遷移を要求し、スタートコンディションを発行します。

本ビットを1にすると、BBSY フラグが0 (バスフリー状態) のときに、スタートコンディションが発行されます。スタートコンディション発行の詳細については、[30.11 スタートコンディション、リスタートコンディション、ストップコンディション発行機能](#)を参照してください。

[1になる条件]

- 1を書いたとき

[0になる条件]

- 0を書いたとき
- スタートコンディションが発行されたとき (スタートコンディションが検出されたとき)
- ICSR2.AL (アービトレーションロスト) フラグが1になったとき
- ICCR1.IICRST ビットに1を書いて、IICリセットまたは内部リセットを行ったとき

注. BBSY フラグが0 (バスフリー状態) のときに、ST ビットを1 (スタートコンディション要求) にする設定のみ行ってください。BBSY フラグが1 (バスビジー状態) のときに、ST ビットを1 (スタートコンディション要求) にすると、アービトレーションロストが発生する場合があります。

RS ビット (リスタートコンディション発行要求)

マスタモード時にリスタートコンディションの発行を要求します。

本ビットを1にしてリスタートコンディションを要求すると、BBSY フラグが1 (バスビジー状態) かつ MST ビットが1 (マスタモード) のときに、リスタートコンディションが発行されます。リスタートコンディション発行の詳細については、[30.11 スタートコンディション、リスタートコンディション、ストップコンディション発行機能](#)を参照してください。

[1 になる条件]

- ICCR2.BBSY フラグが1の状態、1を書いたとき

[0 になる条件]

- 0を書いたとき
- リスタートコンディションが発行されたとき (スタートコンディションが検出されたとき)
- ICSR2.AL (アービトレーションロスト) フラグが1になったとき
- ICCR1.IICRST ビットに1を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

注. ストップコンディション発行中に RS ビットを1にしないでください。

注. スレーブモードで RS ビットを1 (リスタートコンディション要求) にすると、リスタートコンディションは発行されず、RS ビットは1のままになります。RS ビットがクリアされていない状態で動作モードをマスタモードに変更すると、リスタートコンディションが発行される場合があります。

SP ビット (ストップコンディション発行要求)

マスタモード時にストップコンディションの発行を要求します。

本ビットを1にすると、BBSY フラグが1 (バスビジー状態) かつ MST ビットが1 (マスタモード) のときに、ストップコンディションが発行されます。ストップコンディション発行の詳細については、[30.11 スタートコンディション、リスタートコンディション、ストップコンディション発行機能](#)を参照してください。

[1 になる条件]

- ICCR2.BBSY フラグと ICCR2.MST ビットが両方とも1の状態、1を書いたとき

[0 になる条件]

- 0を書いたとき
- ストップコンディションが発行されたとき (ストップコンディションが検出されたとき)
- ICSR2.AL (アービトレーションロスト) フラグが1になったとき
- スタートコンディションおよびリスタートコンディションが検出されたとき
- ICCR1.IICRST ビットに1を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

注. BBSY フラグが0 (バスフリー状態) のとき、SP ビットへの書き込みはできません。

注. リスタートコンディション発行中に SP ビットを1にしないでください。

TRS ビット (送信/受信モード)

送信/受信モードを示します。

IICは、TRS ビットが0のときは受信モード、1のときは送信モードになります。TRS ビットとMST ビットの組み合わせでIICの動作モードを示します。

スタートコンディションの発行または検出時、およびR/W# ビットの設定時に、TRS ビット値は自動的に1 (送信モード) または0 (受信モード) に変化します。ICMR1.MTWP ビットが1のとき、TRS ビットへ書き込むことは可能ですが、通常の使用時は、書き込む必要はありません。

[1になる条件]

- スタートコンディション要求によってスタートコンディションが正常に発行されたとき (ST ビットが1の状態、スタートコンディションが検出されたとき)
- リスタートコンディション要求によってリスタートコンディションが正常に発行されたとき (RS ビットが1の状態、リスタートコンディションが検出されたとき)
- マスタモード時、スレーブアドレスに付加したR/W# ビットが0になったとき
- スレーブモードで受信したアドレスがICSER レジスタで有効にしたアドレスと一致し、かつR/W# ビットが1になったとき
- ICMR1.MTWP ビットが1の状態、TRS ビットに1を書いたとき

[0になる条件]

- ストップコンディションが検出されたとき
- ICSR2.AL (アービトレーションロスト) フラグが1になったとき
- マスタモードで、R/W# ビットが付加されたスレーブアドレスに1が設定される時
- スレーブモード時、受信したアドレスがICSER レジスタで有効にしたアドレスと一致し、かつ受信したR/W# ビットの値が0のとき (ジェネラルコールアドレスを受信した場合を含む)
- スレーブモード時、リスタートコンディションが検出されたとき (ICCR2.BBSY = 1、ICCR2.MST = 0の状態、スタートコンディションが検出されたとき)
- ICMR1.MTWP ビットが1の状態、TRS ビットに0を書いたとき
- ICCR1.IICRST ビットに1を書いて、IICリセットまたは内部リセットを行ったとき

MST ビット (マスタ/スレーブモード)

マスタモード/スレーブモードを示します。

IICは、MST ビットが0のときはスレーブモード、1のときはマスタモードになります。MST ビットとTRS ビットの組み合わせでIICの動作モードを示します。

スタートコンディションの発行時、あるいはストップコンディションの発行または検出時、MST ビットの値は自動的に1 (マスタモード) または0 (スレーブモード) に変化します。ICMR1.MTWP ビットが1のとき、MST ビットへ書き込むことは可能ですが、通常の使用時は、書き込む必要はありません。

[1になる条件]

- スタートコンディション要求によってスタートコンディションが正常に発行されたとき (ST ビットが1の状態、スタートコンディションが検出されたとき)
- ICMR1.MTWP ビットが1の状態、MST ビットに1を書いたとき

[0になる条件]

- ストップコンディションが検出されたとき
- ICSR2.AL (アービトレーションロスト) フラグが1になったとき
- ICMR1.MTWP ビットが1の状態、MST ビットに0を書いたとき
- ICCR1.IICRST ビットに1を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

BBSY フラグ (バスビジー検出フラグ)

I²C バスが占有されているか (バスビジー状態)、解放されているか (バスフリー状態) を示します。

SCL_n ラインが High のときに SDA_n ラインが High から Low に変化すると、スタートコンディションが発行されたとみなされて、本フラグは1になります。

SCL_n ラインが High の状態で SDA_n ラインが Low から High に変化するとき、バスフリー時間 (ICBRL レジスタの設定) のスタートコンディションが検出されないと、ストップコンディションが発行されたとみなされて、本フラグは0になります。

[1になる条件]

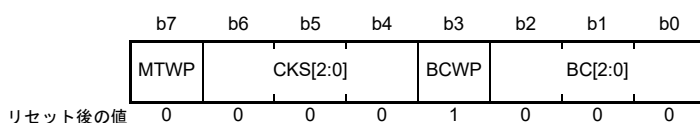
- スタートコンディションが検出されたとき

[0になる条件]

- ストップコンディション検出後、バスフリー時間 (ICBRL レジスタの設定) スタートコンディションが検出されないとき
- ICCR1.ICE ビットが0の状態、ICCR1.IICRST ビットに1を書いたとき (IIC リセット)

30.2.3 I²Cバスモードレジスタ 1 (ICMR1)

アドレス IIC0.ICMR1 4005 3002h, IIC1.ICMR1 4005 3102h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------|-----------------|--|-------------|----|--|-------|---|-------------|-------|---|---------------|-------|---|---------------|-------|---|---------------|-------|---|----------------|-------|---|----------------|-------|---|----------------|-------|---|-----------------|-------------|
| b2-b0 | BC[2:0] | ビットカウンタ | <table style="font-size: small; border: none;"> <tr><td>b2</td><td>b0</td><td></td></tr> <tr><td>0 0 0</td><td>0</td><td>: 9ビット</td></tr> <tr><td>0 0 1</td><td>1</td><td>: 2ビット</td></tr> <tr><td>0 1 0</td><td>0</td><td>: 3ビット</td></tr> <tr><td>0 1 1</td><td>1</td><td>: 4ビット</td></tr> <tr><td>1 0 0</td><td>0</td><td>: 5ビット</td></tr> <tr><td>1 0 1</td><td>1</td><td>: 6ビット</td></tr> <tr><td>1 1 0</td><td>0</td><td>: 7ビット</td></tr> <tr><td>1 1 1</td><td>1</td><td>: 8ビット</td></tr> </table> | b2 | b0 | | 0 0 0 | 0 | : 9ビット | 0 0 1 | 1 | : 2ビット | 0 1 0 | 0 | : 3ビット | 0 1 1 | 1 | : 4ビット | 1 0 0 | 0 | : 5ビット | 1 0 1 | 1 | : 6ビット | 1 1 0 | 0 | : 7ビット | 1 1 1 | 1 | : 8ビット | R/W (注1) |
| b2 | b0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 0 | 0 | : 9ビット | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 1 | 1 | : 2ビット | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 0 | 0 | : 3ビット | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 1 | 1 | : 4ビット | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 0 0 | 0 | : 5ビット | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 0 1 | 1 | : 6ビット | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1 0 | 0 | : 7ビット | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1 1 | 1 | : 8ビット | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b3 | BCWP | BCライトプロテクト | 0 : BC[2:0]ビットへの書き込み許可 1 : BC[2:0]ビットへの書き込み禁止 読むと1が読めます。 | R/W (注1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b6-b4 | CKS[2:0] | 内部基準クロック選択 | IICの内部基準クロックソース (IICφ) を選択します。 <table style="font-size: small; border: none;"> <tr><td>b6</td><td>b4</td><td></td></tr> <tr><td>0 0 0</td><td>0</td><td>: PCLKBクロック</td></tr> <tr><td>0 0 1</td><td>1</td><td>: PCLKB/2クロック</td></tr> <tr><td>0 1 0</td><td>0</td><td>: PCLKB/4クロック</td></tr> <tr><td>0 1 1</td><td>1</td><td>: PCLKB/8クロック</td></tr> <tr><td>1 0 0</td><td>0</td><td>: PCLKB/16クロック</td></tr> <tr><td>1 0 1</td><td>1</td><td>: PCLKB/32クロック</td></tr> <tr><td>1 1 0</td><td>0</td><td>: PCLKB/64クロック</td></tr> <tr><td>1 1 1</td><td>1</td><td>: PCLKB/128クロック</td></tr> </table> | b6 | b4 | | 0 0 0 | 0 | : PCLKBクロック | 0 0 1 | 1 | : PCLKB/2クロック | 0 1 0 | 0 | : PCLKB/4クロック | 0 1 1 | 1 | : PCLKB/8クロック | 1 0 0 | 0 | : PCLKB/16クロック | 1 0 1 | 1 | : PCLKB/32クロック | 1 1 0 | 0 | : PCLKB/64クロック | 1 1 1 | 1 | : PCLKB/128クロック | R/W |
| b6 | b4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 0 | 0 | : PCLKBクロック | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 1 | 1 | : PCLKB/2クロック | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 0 | 0 | : PCLKB/4クロック | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 1 | 1 | : PCLKB/8クロック | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 0 0 | 0 | : PCLKB/16クロック | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 0 1 | 1 | : PCLKB/32クロック | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1 0 | 0 | : PCLKB/64クロック | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1 1 | 1 | : PCLKB/128クロック | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b7 | MTWP | MST/TRSライトプロテクト | 0 : ICCR2.MST、TRSビットへの書き込み禁止 1 : ICCR2.MST、TRSビットへの書き込み許可 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

注 1. BC[2:0] ビットを書き換える場合は、同時に BCWP ビットを 0 にしてください。

BC[2:0] ビット (ビットカウンタ)

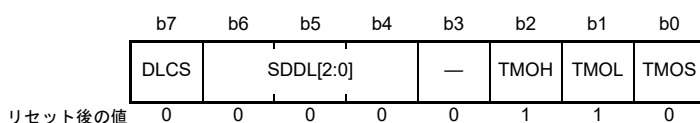
SCL_n ラインの立ち上がりエッジの検出時に、残りの転送ビット数を示すカウンタです。読み出しおよび書き込みは可能ですが、通常はこれらのビットへのアクセスは不要です。

なお、これらのビットへ書き込む場合は、SCL_n ラインが Low の状態で、転送するデータのビット数+1 (追加のアクノリッジビット分) を転送フレーム間で指定してください。

BC[2:0] ビットの値は、アクノリッジビットを含むデータ転送の終了時、あるいはスタートコンディション/リスタートコンディションの検出時に 000b に戻ります。

30.2.4 I²Cバスモードレジスタ 2 (ICMR2)

アドレス IIC0.ICMR2 4005 3003h, IIC1.ICMR2 4005 3103h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----------|---------------------|--|-----|----|--|---|---|-----------|---|---|---------------|---|---|---------------|---|---|---------------|---|---|---------------|---|---|---------------|---|---|---------------|---|---|---------------|----|----|--|---|---|-----------|---|---|-------------------|---|---|-------------------|---|---|-------------------|---|---|-------------------|---|---|--------------------|---|---|---------------------|---|---|---------------------|-----|
| b0 | TMOS | タイムアウト検出時間選択 | 0: ロングモードを選択 1: ショートモードを選択 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b1 | TMOL | タイムアウトLカウント制御 | 0: SCLnラインがLowの間カウントを禁止 1: SCLnラインがLowの間カウントを許可 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b2 | TMOH | タイムアウトHカウント制御 | 0: SCLnラインがHighの間カウントを禁止 1: SCLnラインがHighの間カウントを許可 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b6-b4 | SDDL[2:0] | SDA出力遅延カウンタ | <ul style="list-style-type: none"> ICMR2.DLCS = 0 (IICφ) のとき <table border="0"> <tr><td>b6</td><td>b4</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0: 出力遅延なし</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1: IICφの1サイクル</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0: IICφの2サイクル</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1: IICφの3サイクル</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0: IICφの4サイクル</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1: IICφの5サイクル</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0: IICφの6サイクル</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1: IICφの7サイクル</td></tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> ICMR2.DLCS = 1 (IICφ/2) のとき <table border="0"> <tr><td>b6</td><td>b4</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0: 出力遅延なし</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1: IICφの1または2サイクル</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0: IICφの3または4サイクル</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1: IICφの5または6サイクル</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0: IICφの7または8サイクル</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1: IICφの9または10サイクル</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0: IICφの11または12サイクル</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1: IICφの13または14サイクル</td></tr> </table> | b6 | b4 | | 0 | 0 | 0: 出力遅延なし | 0 | 0 | 1: IICφの1サイクル | 0 | 1 | 0: IICφの2サイクル | 0 | 1 | 1: IICφの3サイクル | 1 | 0 | 0: IICφの4サイクル | 1 | 0 | 1: IICφの5サイクル | 1 | 1 | 0: IICφの6サイクル | 1 | 1 | 1: IICφの7サイクル | b6 | b4 | | 0 | 0 | 0: 出力遅延なし | 0 | 0 | 1: IICφの1または2サイクル | 0 | 1 | 0: IICφの3または4サイクル | 0 | 1 | 1: IICφの5または6サイクル | 1 | 0 | 0: IICφの7または8サイクル | 1 | 0 | 1: IICφの9または10サイクル | 1 | 1 | 0: IICφの11または12サイクル | 1 | 1 | 1: IICφの13または14サイクル | R/W |
| b6 | b4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0: 出力遅延なし | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1: IICφの1サイクル | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0: IICφの2サイクル | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1: IICφの3サイクル | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0: IICφの4サイクル | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1: IICφの5サイクル | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0: IICφの6サイクル | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1: IICφの7サイクル | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b6 | b4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0: 出力遅延なし | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1: IICφの1または2サイクル | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0: IICφの3または4サイクル | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1: IICφの5または6サイクル | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0: IICφの7または8サイクル | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1: IICφの9または10サイクル | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0: IICφの11または12サイクル | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1: IICφの13または14サイクル | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b7 | DLCS | SDA出力遅延クロックソース選択 | 0: SDA出力遅延カウンタのクロックソースに内部基準クロック (IICφ) を選択 1: SDA出力遅延カウンタのクロックソースに内部基準クロックの2分周 (IICφ/2) を選択 (注1) | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

注1. DLCS = 1 (IICφ/2) の設定は、SCLがLowのときのみ有効です。SCLがHighのとき、DLCS = 1の設定は無効となり、クロックソースは内部基準クロック (IICφ) となります。

TMOS ビット (タイムアウト検出時間選択)

タイムアウト検出機能が有効 (ICFER.TMOE ビット = 1) の場合に、タイムアウト検出時間としてロングモードまたはショートモードを選択します。本ビットを0にすると、ロングモードが選択されます。TMOS ビットを1にすると、ショートモードが選択されます。ロングモードでは、タイムアウト検出用の内部カウンタが16ビットカウンタとして機能します。ショートモードでは、このカウンタが14ビットカウンタとして機能します。SCLnラインが、このカウンタをTMOHビットとTMOLビットの指定通り動作させる状態にあるとき、カウンタは内部基準クロック (IICφ) をカウントソースとしてアップカウントを行います。

タイムアウト検出機能の詳細については、30.12.1 タイムアウト検出機能を参照してください。

TMOL ビット (タイムアウトLカウント制御)

SCLnラインがLowホールドであり、かつタイムアウト検出機能が有効時 (ICFER.TMOE ビット = 1) に、タイムアウト検出機能の内部カウンタによるカウントアップを許可または禁止します。

TMOH ビット (タイムアウトHカウント制御)

SCL_n ラインが High ホールドであり、かつタイムアウト検出機能有効時 (ICFER.TMOE ビット=1) に、タイムアウト検出機能の内部カウンタによるカウントアップを許可または禁止します。

SDDL[2:0] ビット (SDA 出力遅延カウンタ)

SDDL[2:0] ビットの設定値を使用して、SDA 出力を遅延させることができます。SDA 出力遅延カウンタは、DLCS ビットで選択したクロックソースで動作します。この機能の設定値は、アクノリッジビット送出を含むすべての種類の SDA 出力で使用可能です。

SDA 出力遅延時間は、データ有効時間/アクノリッジ有効時間 (注1) に対する I²C バス規格、または SMBus 規格を満たすように、「データホールド時間 (300ns 以上 + SCL クロックの Low 幅) - データセットアップ時間 (250ns)」の範囲内で設定してください。規格外に設定すると、デバイス間の通信に誤動作を引き起こすか、バスの状態によってはスタートコンディションまたはストップコンディションを誤って表示する可能性があります。

この機能の詳細については、[30.5 SDA 出力遅延機能](#)を参照してください。

- 注 1. データ有効時間/アクノリッジ有効時間
3450ns (~ 100kbps) : スタンダードモード (Sm)
900ns (~ 400kbps) : ファストモード (Fm)

30.2.5 I²Cバスモードレジスタ 3 (ICMR3)

アドレス IIC0.ICMR3 4005 3004h, IIC1.ICMR3 4005 3104h

| | | | | | | | |
|---------|------|-------|-------|-------|-------|---------|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| SMBS | WAIT | RDRFS | ACKWP | ACKBT | ACKBR | NF[1:0] | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------|----------------------------|--|-------------|
| b1-b0 | NF[1:0] | ノイズフィルタ段数選択 | b1 b0 0 0: 1IICφサイクル以下のノイズを除去 (フィルタは1段) 0 1: 2IICφサイクル以下のノイズを除去 (フィルタは2段) 1 0: 3IICφサイクル以下のノイズを除去 (フィルタは3段) 1 1: 4IICφサイクル以下のノイズを除去 (フィルタは4段) | R/W |
| b2 | ACKBR | 受信アクノリッジ | 0: アクノリッジビットに0を受信 (ACK受信) 1: アクノリッジビットに1を受信 (NACK受信) | R |
| b3 | ACKBT | 送信アクノリッジ | 0: アクノリッジビットに0を送出 (ACK送信) 1: アクノリッジビットに1を送出 (NACK送信) | R/W (注1) |
| b4 | ACKWP | ACKBTライトプロテクト | 0: ACKBTビットへの書き込み禁止 1: ACKBTビットへの書き込み許可 | R/W (注1) |
| b5 | RDRFS | RDRFフラグセットタイミング選択 | 0: SCLクロックの9クロック目の立ち上がりでRDRFフラグをセット 8クロック目の立ち下がりでSCLnラインのLowホールドを行わない 1: SCLクロックの8クロック目の立ち上がりでRDRFフラグをセット 8クロック目の立ち下がりでSCLnラインのLowホールドを行う LowホールドはACKBTビットへの書き込みで解除されます。 | R/W (注2) |
| b6 | WAIT | WAIT | 0: ウェイトなし 9クロック目と1クロック目の間でSCLnのLowホールドを行わない 1: ウェイトあり 9クロック目と1クロック目の間でSCLnのLowホールドを行う LowホールドはICDRRレジスタの読み出しで解除されます。 | R/W (注2) |
| b7 | SMBS | SMBus/I ² Cバス選択 | 0: I ² Cバスを選択 1: SMBusを選択 | R/W |

注1. ACKBT ビットに書き込む場合は、ACKWP ビットがすでに1の状態であるときにのみ行ってください。ソフトウェアがACKWP ビットとACKBT ビットに同時に1を書き込んでも、ACKBT ビットは1になりません。

注2. WAIT ビットとRDRFS ビットは、受信モードでのみ有効 (送信モードでは無効) です。

NF[1:0] ビット (ノイズフィルタ段数選択)

デジタルノイズフィルタの段数を選択します。

デジタルノイズフィルタ機能の詳細については、30.6 デジタルノイズフィルタ回路を参照してください。

注. ノイズフィルタで除去するノイズ幅は、SCLnラインのHigh幅またはLow幅よりも狭くなるように設定してください。ノイズ幅の設定が [SCLクロックの幅: High幅またはLow幅のいずれか短い方] - [1.5内部基準クロック (IICφ) サイクル + アナログノイズフィルタ: 120ns (参考値)] の値以上の場合、IICのノイズフィルタ機能はSCLクロックをノイズとみなし、IICは正常に動作することができなくなる可能性があります。

ACKBR ビット (受信アクノリッジ)

送信モード時に受信デバイスから受け取ったアクノリッジビットの内容を格納します。

[1になる条件]

- ICCR2.TRS ビットが1の状態、アクノリッジビットに1を受信したとき

[0になる条件]

- ICCR2.TRS ビットが1の状態、アクノリッジビットに0を受信したとき
- ICCR1.ICE ビットが0の状態、ICCR1.IICRST ビットに1を書いたとき (IIC リセット)

ACKBT ビット (送信アクノリッジ)

受信モード時に送出されるアクノリッジビットを設定します。

[1になる条件]

- ACKWP ビットが1の状態、本ビットに1を書いたとき

[0になる条件]

- ACKWP ビットが1の状態、本ビットに0を書いたとき
- ICCR2.SP ビットが1の状態、ストップコンディションの発行を検出したとき
- ICCR1.ICE ビットが0の状態、ICCR1.IICRST ビットに1を書いたとき (IIC リセット)

ACKWP ビット (ACKBT ライトプロテクト)

ACKBT ビットの書き込み許可を制御します。

RDRFS ビット (RDRF フラグセットタイミング選択)

受信モード時の RDRF フラグのセットタイミングと、SCL クロックの8クロック目の立ち下がり、SCLn ラインの Low ホールドを行うかどうかを選択します。

RDRFS ビットが0のとき、SCL クロックの8クロック目の立ち下がり、SCLn ラインの Low ホールドは行わず、SCL クロックの9クロック目の立ち上がりで RDRF フラグを1にします。

RDRFS ビットが1のとき、SCL クロックの8クロック目の立ち下がり、SCLn ラインの Low ホールドを行い、SCL クロックの8クロック目の立ち上がりで RDRF フラグを1にします。この SCLn ラインの Low ホールドは、ACKBT ビットへの書き込みによって解除されます。

この設定でデータを受信した後、アクノリッジビット送出前に、SCLn ラインは自動的に Low ホールドされます。これによって、受信データの内容に応じた ACK (ACKBT ビットが0) または NACK (ACKBT ビットが1) の送出処理が可能となります。

WAIT ビット (WAIT)

受信モードにおいて1バイト受信ごとに、受信データバッファ (ICDRR レジスタ) の読み出しが完了するまで、SCL クロックの9クロック目と1クロック目の間を Low ホールドするかどうかを制御します。

WAIT ビットが0のとき、SCL クロックの9クロック目と1クロック目の間の Low ホールドは行わず、受信動作をそのまま継続します。RDRFS ビットと WAIT ビットがともに0のとき、ダブルバッファによる連続受信動作が可能です。

WAIT ビットが1のとき、1バイト受信ごとに、9クロック目の立ち下がり以降、ICDRR レジスタ値が読み出されるまでの間、SCLn ラインを Low にホールドします。これによって、1バイトごとの受信動作が可能になります。

注. WAIT ビットの値を読み出す場合は、必ず最初に ICDRR レジスタを読み出してください。

SMBS ビット (SMBus/I²C バス選択)

SMBS ビットを1にすると、SMBus が選択されて、ICSER.HOAE ビットが有効になります。

30.2.6 I²Cバスファンクションイネーブルレジスタ (ICFER)

アドレス IIC0.ICFER 4005 3005h, IIC1.ICFER 4005 3105h

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|----|------|-----|-------|------|------|------|------|
| | — | SCLE | NFE | NACKE | SALE | NALE | MALE | TMOE |
| リセット後の値 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|-------|------------------------|--|-----|
| b0 | TMOE | タイムアウト検出機能有効 | 0 : タイムアウト検出機能は無効 1 : タイムアウト検出機能は有効 | R/W |
| b1 | MALE | マスタアービトレーションロスト検出有効 | 0 : マスタアービトレーションロスト検出は無効 アービトレーションロスト発生時は、ICCR2.MSTビットとTRSビットの自動クリアも禁止する。 1 : マスタアービトレーションロスト検出は有効 アービトレーションロスト発生時は、ICCR2.MSTビットとTRSビットの自動クリアも許可する。 | R/W |
| b2 | NALE | NACK送信アービトレーションロスト検出有効 | 0 : NACK送信アービトレーションロスト検出は無効 1 : NACK送信アービトレーションロスト検出は有効 | R/W |
| b3 | SALE | スレーブアービトレーションロスト検出有効 | 0 : スレーブアービトレーションロスト検出は無効 1 : スレーブアービトレーションロスト検出は有効 | R/W |
| b4 | NACKE | NACK受信転送中断許可 | 0 : NACK受信時、転送を中断しない (転送中断禁止) 1 : NACK受信時、転送を中断する (転送中断許可) | R/W |
| b5 | NFE | デジタルノイズフィルタ回路有効 | 0 : デジタルノイズフィルタ回路を使用しない 1 : デジタルノイズフィルタ回路を使用する | R/W |
| b6 | SCLE | SCL同期回路有効 | 0 : SCL同期回路を使用しない 1 : SCL同期回路を使用する | R/W |
| b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

TMOE ビット (タイムアウト検出機能有効)

タイムアウト検出機能を有効または無効にします。

タイムアウト検出機能の詳細については、[30.12.1 タイムアウト検出機能](#)を参照してください。

MALE ビット (マスタアービトレーションロスト検出有効)

マスタモード時にアービトレーションロスト検出機能を使用するかどうかを指定します。通常の動作では、本ビットを1にしてください。

NALE ビット (NACK送信アービトレーションロスト検出有効)

受信モード時のNACK送出中にACKが検出された場合 (同じアドレスのスレーブがバス上に存在した場合や、2つ以上のマスタが同時に同一のスレーブデバイスを選択し、それぞれ受信バイト数が異なる場合など) に、アービトレーションロストを発生させるかどうかを選択します。

SALE ビット (スレーブアービトレーションロスト検出有効)

スレーブ送信モード時に、送出中の値と異なる値がバス上で検出された場合 (同じアドレスのスレーブがバス上に存在した場合や、ノイズが原因で送信データとの不一致が生じた場合など) に、アービトレーションロストを発生させるかどうかを選択します。

NACK ビット (NACK 受信転送中断許可)

送信モード時にスレーブデバイスから NACK を受信した場合、転送動作を継続するか中断するかを選択します。通常の動作では、本ビットを 1 にしてください。

NACK ビットが 1 の状態で NACK を受信した場合、次の転送動作が中断されます。NACK ビットが 0 の場合は、受信したアクノリッジの内容にかかわらず、次の転送動作が継続されます。

NACK 受信転送中断機能の詳細については、[30.9.2 NACK 受信転送中断機能](#)を参照してください。

SCLE ビット (SCL 同期回路有効)

SCL クロックを SCL 入力クロックと同期させるかどうかを選択します。通常の動作では、本ビットを 1 にしてください。

SCLE ビットを 0 (SCL 同期回路を使用しない) にすると、IIC は SCL クロックを SCL 入力クロックと同期させません。この設定の場合、SCL_n ラインの状態にかかわらず、IIC は、ICBRH および ICBRL レジスタで設定した転送速度の SCL クロックを出力します。そのため、I²C バスラインのバス負荷が規格値よりも大幅に大きい場合や、マルチマスタにおいて SCL クロック出力が重なった場合に、規格外の短い SCL クロックが出力される場合があります。また、SCL 同期回路を使用しないと、スタートコンディション/リスタートコンディション/ストップコンディションの発行と、追加 SCL クロックサイクルの連続出力にも影響します。

SCLE ビットは、設定した転送速度が出力されているか確認する場合を除き、0 にしないでください。

30.2.7 I²C バスステータスイネーブルレジスタ (ICSER)

アドレス IIC0.ICSER 4005 3006h, IIC1.ICSER 4005 3106h

| | | | | | | | | |
|---------|----|------|----|------|-------|-------|-------|---|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 | |
| HOAE | — | DIDE | — | GCAE | SAR2E | SAR1E | SAR0E | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|-------|-------------------|--|-----|
| b0 | SAR0E | スレーブアドレスレジスタ 0 有効 | 0 : SARL0 および SARU0 のスレーブアドレスは無効 1 : SARL0 および SARU0 のスレーブアドレスは有効 | R/W |
| b1 | SAR1E | スレーブアドレスレジスタ 1 有効 | 0 : SARL1 および SARU1 のスレーブアドレスは無効 1 : SARL1 および SARU1 のスレーブアドレスは有効 | R/W |
| b2 | SAR2E | スレーブアドレスレジスタ 2 有効 | 0 : SARL2 および SARU2 のスレーブアドレスは無効 1 : SARL2 および SARU2 のスレーブアドレスは有効 | R/W |
| b3 | GCAE | ジェネラルコールアドレス有効 | 0 : ジェネラルコールアドレス検出は無効 1 : ジェネラルコールアドレス検出は有効 | R/W |
| b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b5 | DIDE | デバイスIDアドレス検出有効 | 0 : デバイスIDアドレス検出は無効 1 : デバイスIDアドレス検出は有効 | R/W |
| b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | HOAE | ホストアドレス有効 | 0 : ホストアドレス検出は無効 1 : ホストアドレス検出は有効 | R/W |

SARyE ビット (スレーブアドレスレジスタ y 有効) (y = 0 ~ 2)

受信したスレーブアドレスと、SARLy および SARUy レジスタで設定したスレーブアドレスを有効または無効にします。

SARyE ビットを1にすると、SARLy および SARUy レジスタで設定したスレーブアドレスが有効になり、受信したスレーブアドレスと比較が行われます。SARyE ビットを0にすると、SARLy および SARUy レジスタで設定したスレーブアドレスが無効になり、受信したスレーブアドレスと一致しても無視されます。

GCAE ビット (ジェネラルコールアドレス有効)

ジェネラルコールアドレス (0000 000b + 0[W] : すべて 0) を受信した場合、それを無視するかどうかを選択します。

本ビットを1にした場合、受信したスレーブアドレスがジェネラルコールアドレスと一致すると、IIC は、SARLy および SARUy レジスタ (y=0 ~ 2) で設定したスレーブアドレスとは無関係に、受信したスレーブアドレスをジェネラルコールアドレスと認識し、データ受信動作を行います。本ビットを0にした場合、受信したスレーブアドレスは、ジェネラルコールアドレスと一致しても無視されます。

DIDE ビット (デバイスIDアドレス検出有効)

スタートコンディションまたはリスタートコンディション検出後の第1フレームでデバイスID (1111 100b) を受信した場合、デバイスIDアドレスと認識して動作させるかどうかを選択します。

DIDE ビットが1のときに、受信した第1フレームがデバイスIDと一致すると、IIC はデバイスIDアドレスを受信したと認識します。続く R/W# ビットが 0[W] の場合、IIC は第2フレーム以降をスレーブアドレスとみなして、受信動作を継続します。DIDE ビットが0の場合、IIC は受信した第1フレームがデバイスIDアドレスと一致してもそれを無視し、第1フレームを通常のスレーブアドレスと認識します。

デバイスIDアドレス検出機能の詳細については、30.7.3 デバイスIDアドレス検出機能を参照してください。

HOAE ビット (ホストアドレス有効)

ICMR3.SMBS ビットが1の場合、受信したホストアドレス (0001 000b) を無視するかどうかを指定します。

本ビットが1で、かつ ICMR3.SMBS ビットも1の場合、受信したスレーブアドレスがホストアドレスと一致すると、IIC は SARLy および SARUy レジスタ (y=0~2) で設定したスレーブアドレスとは無関係に、受信したスレーブアドレスをホストアドレスとして認識し、受信動作を行います。

ICMR3.SMBS ビットまたは HOAE ビットが0の場合、受信したスレーブアドレスがホストアドレスと一致しても無視されます。

30.2.8 I²Cバス割り込みイネーブルレジスタ (ICIER)

アドレス IIC0.ICIER 4005 3007h, IIC1.ICIER 4005 3107h

| | | | | | | | |
|---------|------|-----|-------|------|------|------|-------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| TIE | TEIE | RIE | NAKIE | SPIE | STIE | ALIE | TMOIE |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|-------|-----------------------|--|-----|
| b0 | TMOIE | タイムアウト割り込み要求許可 | 0 : タイムアウト割り込み (TMOIn) 要求を禁止 1 : タイムアウト割り込み (TMOIn) 要求を許可 | R/W |
| b1 | ALIE | アービトレーションロスト割り込み要求許可 | 0 : アービトレーションロスト割り込み (ALIn) 要求を禁止 1 : アービトレーションロスト割り込み (ALIn) 要求を許可 | R/W |
| b2 | STIE | スタートコンディション検出割り込み要求許可 | 0 : スタートコンディション検出割り込み (STIn) 要求を禁止 1 : スタートコンディション検出割り込み (STIn) 要求を許可 | R/W |
| b3 | SPIE | ストップコンディション検出割り込み要求許可 | 0 : ストップコンディション検出割り込み (SPIn) 要求を禁止 1 : ストップコンディション検出割り込み (SPIn) 要求を許可 | R/W |
| b4 | NAKIE | NACK受信割り込み要求許可 | 0 : NACK受信割り込み (NAKIn) 要求を禁止 1 : NACK受信割り込み (NAKIn) 要求を許可 | R/W |
| b5 | RIE | 受信データフル割り込み要求許可 | 0 : 受信データフル割り込み (IICn_RXI) 要求を禁止 1 : 受信データフル割り込み (IICn_RXI) 要求を許可 | R/W |
| b6 | TEIE | 送信終了割り込み要求許可 | 0 : 送信終了割り込み (IICn_TEI) 要求を禁止 1 : 送信終了割り込み (IICn_TEI) 要求を許可 | R/W |
| b7 | TIE | 送信データエンプティ割り込み要求許可 | 0 : 送信データエンプティ割り込み (IICn_TXI) 要求を禁止 1 : 送信データエンプティ割り込み (IICn_TXI) 要求を許可 | R/W |

TMOIE ビット (タイムアウト割り込み要求許可)

ICSR2.TMOF フラグが1のとき、タイムアウト割り込み (TMOIn) 要求を許可または禁止します。TMOI 割り込み要求を解除するには、TMOF フラグまたは TMOIE ビットを0にします。

ALIE ビット (アービトレーションロスト割り込み要求許可)

ICSR2.AL フラグが1のとき、アービトレーションロスト割り込み (ALIn) 要求を許可または禁止します。ALI 割り込み要求を解除するには、AL フラグまたは ALIE ビットを0にします。

STIE ビット (スタートコンディション検出割り込み要求許可)

ICSR2.START フラグが1のとき、スタートコンディション検出割り込み (STIn) 要求を許可または禁止します。STI 割り込み要求を解除するには、START フラグまたは STIE ビットを0にします。

SPIE ビット (ストップコンディション検出割り込み要求許可)

ICSR2.STOP フラグが1のとき、ストップコンディション検出割り込み (SPIn) 要求を許可または禁止します。SPI 割り込み要求を解除するには、STOP フラグまたは SPIE ビットを0にします。

NAKIE ビット (NACK 受信割り込み要求許可)

ICSR2.NACKF フラグが1のとき、NACK 受信割り込み (NAKIn) 要求を許可または禁止します。NAKI 割り込み要求を解除するには、NACKF フラグまたは NAKIE ビットを0にします。

RIE ビット (受信データフル割り込み要求許可)

ICSR2.RDRF フラグが1のとき、受信データフル割り込み (IICn_RXI) 要求を許可または禁止します。

TEIE ビット (送信終了割り込み要求許可)

ICSR2.TEND フラグが1のとき、送信終了割り込み (IICn_TEI) 要求を許可または禁止します。IICn_TEI 割り込み要求を解除するには、TEND フラグまたは TEIE ビットを0にします。

TIE ビット (送信データエンプティ割り込み要求許可)

ICSR2.TDRE フラグが1のとき、送信データエンプティ割り込み (IICn_TXI) 要求を許可または禁止します。

30.2.9 I²Cバスステータスレジスタ 1 (ICSR1)

アドレス IIC0.ICSR1 4005 3008h, IIC1.ICSR1 4005 3108h

| | | | | | | | | |
|---------|-----|----|-----|----|-----|------|------|------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | HOA | — | DID | — | GCA | AAS2 | AAS1 | AAS0 |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|------|-------------------|---|---------------|
| b0 | AAS0 | スレーブアドレス0検出フラグ | 0 : スレーブアドレス0未検出 1 : スレーブアドレス0検出 | R/(W) (注1) |
| b1 | AAS1 | スレーブアドレス1検出フラグ | 0 : スレーブアドレス1未検出 1 : スレーブアドレス1検出 | R/(W) (注1) |
| b2 | AAS2 | スレーブアドレス2検出フラグ | 0 : スレーブアドレス2未検出 1 : スレーブアドレス2検出 | R/(W) (注1) |
| b3 | GCA | ジェネラルコールアドレス検出フラグ | 0 : ジェネラルコールアドレス未検出 1 : ジェネラルコールアドレス検出 | R/(W) (注1) |
| b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b5 | DID | デバイスIDアドレス検出フラグ | 0 : デバイスIDコマンド未検出 1 : デバイスIDコマンド検出 スタートコンディション検出直後に受信した第1フレームが、[デバイスIDアドレス (1111 100b) + 0[W]]の値と一致した場合、1になります。 | R/(W) (注1) |
| b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | HOA | ホストアドレス検出フラグ | 0 : ホストアドレス未検出 1 : ホストアドレス検出 受信したスレーブアドレスが、ホストアドレス (0001 000b) と一致した場合、1になります。 | R/(W) (注1) |

注1. フラグをクリアするための0の書き込みのみ可能です。

AASy フラグ (スレーブアドレス y 検出フラグ) (y = 0 ~ 2)

[1になる条件]

【7ビットアドレスフォーマット選択時 (SARUy.FS = 0)】

- ICSER.SARyE ビットが1 (スレーブアドレス y 検出有効) の状態で、受信したスレーブアドレスが SARLy.SVA[6:0] ビット値と一致したとき。そのフレームの SCL クロックの9クロック目の立ち上がりで1になる

【10ビットアドレスフォーマット選択時 (SARUy.FS = 1)】

- ICSER.SARyE ビットが1 (スレーブアドレス y 検出有効) の状態で、受信したスレーブアドレスが (11110b + SARUy.SVA[1:0]) の値と一致し、かつ、それに続くアドレスが SARLy レジスタの値と一致したとき。そのフレームの SCL クロックの9クロック目の立ち上がりで1になる

[0になる条件]

- 1を読んだ後、0を書いたとき
- ストップコンディションが検出されたとき
- ICCR1.IICRST ビットに1を書いて、IICリセットまたは内部リセットを行ったとき

【7ビットアドレスフォーマット選択時 (SARUy.FS = 0)】

- ICSER.SARyE ビットが1 (スレーブアドレス y 検出有効) の状態で、受信したスレーブアドレスが SARLy.SVA[6:0] ビット値と不一致のとき。そのフレームの SCL クロックの9クロック目の立ち上がりで0になる

【10 ビットアドレスフォーマット選択時 (SARUy.FS = 1)】

- ICSEr.SARyE ビットが 1 (スレーブアドレス y 検出有効) の状態で、受信したスレーブアドレスが (11110b + SARUy.SVA[1:0]) の値と不一致のとき。そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 0 になる
- ICSEr.SARyE ビットが 1 (スレーブアドレス y 検出有効) の状態で、受信したスレーブアドレスが (11110b + SARUy.SVA[1:0]) の値と一致し、かつ、それに続くアドレスが SARLy レジスタの値と不一致のとき。そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 0 になる

GCA フラグ (ジェネラルコールアドレス検出フラグ)

[1 になる条件]

- ICSEr.GCAE ビットが 1 (ジェネラルコールアドレス検出有効) の状態で、受信したスレーブアドレスがジェネラルコールアドレス (0000 000b + 0[W]) と一致したとき。そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 1 になる

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき
- ストップコンディションが検出されたとき
- ICSEr.GCAE ビットが 1 (ジェネラルコールアドレス検出有効) の状態で、受信したスレーブアドレスがジェネラルコールアドレス (0000 000b + 0[W]) と不一致のとき。そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 0 になる
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

DID フラグ (デバイス ID アドレス検出フラグ)

[1 になる条件]

- ICSEr.DIDE ビットが 1 (デバイス ID アドレス検出有効) の状態で、スタートコンディションまたはリスタートコンディション検出直後に受信した第 1 フレームが (デバイス ID (1111 100b) + 0[W]) の値と一致したとき。そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 1 になる

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき
- ストップコンディションが検出されたとき
- ICSEr.DIDE ビットが 1 (デバイス ID アドレス検出有効) の状態で、スタートコンディションまたはリスタートコンディション検出直後に受信した第 1 フレームがデバイス ID (1111 100b) と不一致のとき。そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 0 になる
- ICSEr.DIDE ビットが 1 (デバイス ID アドレス検出有効) の状態で、スタートコンディションまたはリスタートコンディション検出直後に受信した第 1 フレームが (デバイス ID (1111 100b) + 0[W]) の値と一致し、かつ、第 2 フレームがスレーブアドレス 0 ~ 2 のすべてと不一致のとき。そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 0 になる
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

HOA フラグ (ホストアドレス検出フラグ)

[1になる条件]

- IC SER.HOAE ビットが 1 (ホストアドレス検出有効) の状態で、受信したスレーブアドレスがホストアドレス (0001 000b) と一致したとき。そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 1 になる

[0になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき
- ストップコンディションが検出されたとき
- IC SER.HOAE ビットが 1 (ホストアドレス検出有効) の状態で、受信したスレーブアドレスがホストアドレス (0001 000b) と不一致のとき。そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 0 になる
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

30.2.10 I²C バスステータスレジスタ 2 (ICSR2)

アドレス IIC0.ICSR2 4005 3009h, IIC1.ICSR2 4005 3109h

| | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|-------|------|-------|----|------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | TDRE | TEND | RDRF | NACKF | STOP | START | AL | TMOF |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|-------|------------------|--|---------------|
| b0 | TMOF | タイムアウト検出フラグ | 0 : タイムアウト未検出 1 : タイムアウト検出 | R/(W) (注1) |
| b1 | AL | アービトレーションロストフラグ | 0 : アービトレーションロスト未発生 1 : アービトレーションロスト発生 | R/(W) (注1) |
| b2 | START | スタートコンディション検出フラグ | 0 : スタートコンディション未検出 1 : スタートコンディション検出 | R/(W) (注1) |
| b3 | STOP | ストップコンディション検出フラグ | 0 : ストップコンディション未検出 1 : ストップコンディション検出 | R/(W) (注1) |
| b4 | NACKF | NACK検出フラグ | 0 : NACK未検出 1 : NACK検出 | R/(W) (注1) |
| b5 | RDRF | 受信データフルフラグ | 0 : ICDRRレジスタに受信データなし 1 : ICDRRレジスタに受信データあり | R/(W) (注1) |
| b6 | TEND | 送信終了フラグ | 0 : データ送信中 1 : データ送信完了 | R/(W) (注1) |
| b7 | TDRE | 送信データエンプティフラグ | 0 : ICERTレジスタに送信データあり 1 : ICERTレジスタに送信データなし | R |

注1. フラグをクリアするための0の書き込みのみ可能です。

TMOF フラグ (タイムアウト検出フラグ)

SCL_n ラインの状態が一定期間変化しなかったために、IIC がタイムアウトを検出したとき、TMOF フラグは1になります。

[1になる条件]

- マスタモードまたはスレーブモード時に、ICFER.TMOE ビットが1 (タイムアウト検出機能有効) で、かつ受信したスレーブアドレスが一致した状態で、ICMR2.TMOH、TMOL、TMOS ビットで指定した期間 SCL_n ライン状態が変化しなかったとき

[0になる条件]

- 1を読んだ後、0を書いたとき
- ICCR1.IICRST ビットに1を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

AL フラグ (アービトレーションロストフラグ)

スタートコンディション発行時やアドレスおよびデータ送信時に、バス競合などが原因で、バス占有権がアービトレーションロストしたことを示します。IIC は、送信中に SDA_n ラインのレベルを監視し、SDA_n ラインのレベルと出力中のビット値が一致していないと、AL フラグを1にすることで、バスが他のデバイスによって占有されていることを示します。

さらに IIC は、AL フラグをセットすることで、マスタモードでの NACK 送信中やスレーブモードでのデータ送信中に、アービトレーションロストが検出されたことも示します。

[1になる条件]

【マスタアービトレーションロスト検出有効時 (ICFER.MALE = 1)】

- マスタ送信モードでのデータ送信中のACK期間を除き、内部のSDA出力状態がSCLクロックの立ち上がりでSDAnラインレベルと不一致のとき
- ICCR2.STビットが1 (スタートコンディション発行要求) の状態でスタートコンディションが検出されたとき、または、内部のSDA出力状態がSDAnラインレベルと不一致のとき
- ICCR2.BBSYフラグが1の状態、ICCR2.STビットを1 (スタートコンディション発行要求) にしたとき

【NACKアービトレーションロスト検出有効時 (ICFER.NALE = 1)】

- 受信モードでのNACK送信中に、ACK期間において、内部のSDA出力状態がSCLクロックの立ち上がりでSDAnラインレベルと不一致のとき

【スレーブアービトレーションロスト検出有効時 (ICFER.SALE = 1)】

- スレーブ送信モードでのデータ送信中のACK期間を除き、内部のSDA出力状態がSCLクロックの立ち上がりでSDAnラインレベルと不一致のとき

[0になる条件]

- 1を読んだ後、0を書いたとき
- ICCR1.IICRSTビットに1を書いて、IICリセットまたは内部リセットを行ったとき

表 30.4 アービトレーションロスト発生要因と各アービトレーションロスト許可機能との関係

| ICFER | | | ICSR2 | エラー内容 | アービトレーションロスト発生要因 |
|-------|------|------|-------|------------------|--|
| MALE | NALE | SALE | AL | | |
| 1 | x | x | 1 | スタートコンディション発行エラー | ICCR2.STビットが1の状態、スタートコンディション検出時に、内部のSDA出力状態がSDAnラインレベルと不一致のとき ICCR2.BBSYが1の状態、ICCR2.STを1にしたとき |
| | | | 1 | 送信データ不一致 | マスタ送信モード時に、送信データ (スレーブアドレス含む) とバス状態が不一致のとき |
| x | 1 | x | 1 | NACK送信不一致 | マスタまたはスレーブ受信モード時に、NACK送信中にACKを検出したとき |
| x | x | 1 | 1 | 送信データ不一致 | スレーブ送信モード時に、送信データとバス状態が不一致のとき |

x: Don't care

START フラグ (スタートコンディション検出フラグ)

[1になる条件]

- スタートコンディション (またはリスタートコンディション) が検出されたとき

[0になる条件]

- 1を読んだ後、0を書いたとき
- ストップコンディションが検出されたとき
- ICCR1.IICRSTビットに1を書いて、IICリセットまたは内部リセットを行ったとき

STOP フラグ (ストップコンディション検出フラグ)

[1 になる条件]

- ストップコンディションが検出されたとき

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

NACKF フラグ (NACK 検出フラグ)

[1 になる条件]

- ICFER.NACKE ビットが 1 (転送中断許可) の状態で、送信モード時に受信デバイスからアクノリッジを受信しなかった (NACK を受信した) とき

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

注. NACKF フラグが 1 になると、IIC はデータ送受信動作を中断します。NACKF フラグが 1 の状態では、送信モードで ICDRT レジスタへ書き込みを行ったり、受信モードで ICDRR レジスタから読み出しを行ったりしても、データ送受信動作は許可されません。データ送受信動作を再開するには、NACKF フラグを 0 にしてください。

RDRF フラグ (受信データフルフラグ)

[1 になる条件]

- ICDRS レジスタから ICDRR レジスタへ受信データが転送されたとき。RDRF フラグは、SCL クロックの 8 クロック目または 9 クロック目 (ICMR3.RDRFS ビットで選択) の立ち上がりで 1 になる
- ICCR2.TRS ビットが 0 の状態で、スタートコンディションまたはリスタートコンディション検出後、受信したスレーブアドレスが一致したとき

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき
- ICDRR レジスタからデータを読んだとき
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

TEND フラグ (送信終了フラグ)

[1 になる条件]

- TDRE フラグが 1 の状態での SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がり時

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき
- ICDRT レジスタへデータを書いたとき
- ストップコンディションが検出されたとき
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

TDRE フラグ (送信データエンプティフラグ)

[1になる条件]

- ICDRT レジスタから ICDRS レジスタヘデータが転送され、ICDRT レジスタが空になったとき
- ICCR2.TRS ビットが1になったとき
- TRS ビットが1の状態、受信したスレーブアドレスが一致したとき

[0になる条件]

- ICDRT レジスタヘデータを書いたとき
- ICCR2.TRS ビットが0になったとき
- ICCR1.IICRST ビットに1を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

注. ICFER.NACKF ビットが1の状態、NACKF フラグが1になると、IIC はデータ送受信動作を中断します。このとき、TDRE フラグが0 (次の送信データがすでに書き込まれている状態) であれば、9クロック目の立ち上がりで ICDRS レジスタヘデータが転送され、ICDRT レジスタが空になりますが、TDRE フラグは1になりません。

30.2.11 I²Cバスウェイクアップユニットレジスタ (ICWUR)

アドレス IIC0.ICWUR 4005 3016h

| | | | | | | | |
|---------|------|-----|-------|----|----|----|------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| WUE | WUIE | WUF | WUACK | — | — | — | WUAF |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|---------------------|--|-----|
| b0 | WUAF | ウェイクアップアナログフィルタ追加選択 | 0 : ウェイクアップアナログフィルタを追加しない 1 : ウェイクアップアナログフィルタを追加する | R/W |
| b3-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | WUACK | ウェイクアップモード用ACK | IICR1.IICRSTビットとWUACKビットの組み合わせで、4つの応答モードから選択します。表 30.5を参照してください。 | R/W |
| b5 | WUF | ウェイクアップイベント発生フラグ | 0 : ウェイクアップ時にスレーブアドレス不一致 1 : ウェイクアップ時にスレーブアドレス一致 | R/W |
| b6 | WUIE | ウェイクアップ割り込み要求許可 | 0 : ウェイクアップ割り込み要求 (IIC0_WUI) 禁止 1 : ウェイクアップ割り込み要求 (IIC0_WUI) 許可 | R/W |
| b7 | WUE | ウェイクアップ機能有効 | 0 : ウェイクアップ機能は無効 1 : ウェイクアップ機能は有効 | R/W |

表 30.5 ウェイクアップモード

| IICRST | WUACK | 動作モード | 内容 |
|--------|-------|-----------------|---|
| 0 | 0 | ノーマルウェイクアップモード1 | SCLクロックの9クロック目でACK応答を行い、9クロック目の後でSCLのLowホールドを行う。 |
| 0 | 1 | ノーマルウェイクアップモード2 | 即時ACK応答せず、SCLクロックの8クロック目と9クロック目の間でSCLのLowホールドを行う。SCLクロックの9クロック目でSCLのLowホールドを解除し、ACK応答を行う。 |
| 1 | 0 | コマンドリカバリモード | SCLクロックの9クロック目でACK応答を行い、SCLのLowホールドは行わない。 |
| 1 | 1 | EEP応答モード | SCLクロックの9クロック目でNACK応答を行い、SCLのLowホールドは行わない。 |

WUF フラグ (ウェイクアップイベント発生フラグ)

[1になる条件]

- ウェイクアップモード時、最初のSCLクロックの8クロック目でSCLがLowとなり、スレーブアドレスが一致した後、PCLKBが供給されたとき

[0になる条件]

- 1を読んだ後、0を書いたとき
- ICEビットが0でIICRSTビットが1のとき

30.2.12 I²C バスウェイクアップユニットレジスタ 2 (ICWUR2)

アドレス IIC0.ICWUR2 4005 3017h

| | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|-----------|------------|-----------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | WUSY F | WUAS YF | WUSE N |
| リセット後の値 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|------------------------|---------------------------------|-----|
| b0 | WUSEN | ウェイクアップ機能同期有効 | 0: IIC非同期動作を許可 1: IIC同期動作を許可 | R/W |
| b1 | WUASYF | ウェイクアップ機能非同期動作ステータスフラグ | 0: IIC同期動作を許可 1: IIC非同期動作を許可 | R |
| b2 | WUSYF | ウェイクアップ機能同期動作ステータスフラグ | 0: IIC非同期動作を許可 1: IIC同期動作を許可 | R |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |

WUSEN ビット (ウェイクアップ機能同期有効)

ウェイクアップ機能が有効 (ICWUR.WUE = 1) のとき、WUSEN ビットは、WUASYF フラグ (または WUSYF フラグ) との組み合わせで、PCLKB の動作 (同期動作/非同期動作) の切り替えに使用されます。

PCLKB の動作は、以下の場合に同期動作から非同期動作に切り替わります：

- WUASYF フラグが0の状態では WUSEN ビットに0が書き込まれ、ICCR2.BBSY フラグが0 (バスフリーの状態) のとき、PCLKB 非同期動作に切り替わった後、ウェイクアップイベントを検出すると、PCLKB の動作状態に関係なく、(PCLKB 停止状態で) 受信が実行される

PCLKB の動作は、以下の場合に非同期動作から同期動作に切り替わります：

- WUASYF フラグが1の状態では WUSEN ビットに1が書き込まれ、ウェイクアップイベントを検出したとき、1が書き込まれると、WUASYF フラグはただちに0になる
- ウェイクアップイベントが未検出の状態ではストップコンディションを検出したとき

WUASYF フラグ (ウェイクアップ機能非同期動作ステータスフラグ)

本フラグは、ウェイクアップ機能が有効 (ICWUR.WUE = 1) のとき、IIC を PCLKB 非同期動作に切り替えることが可能です。

[1になる条件]

- ICCR2.BBSY フラグが0の場合に、ICWUR.WUE ビットが1の状態では WUSEN ビットを0にしたとき

[0になる条件]

- ICWUR.WUE ビットが1の状態ではウェイクアップイベント検出後、WUSEN ビットに1が書き込まれたとき
- WUASY フラグが1でICWUR.WUE ビットも1の状態ではウェイクアップイベントを検出する前に、WUSEN ビットが1の状態ではストップコンディションが検出されたとき
- WUASYF フラグが1の状態では WUSEN ビットに1が書き込まれ、ICWUR.WUE ビットが1の状態ではウェイクアップイベントを検出したとき
- ICCR1.ICE = 0 かつ ICCRST = 1 (ICC リセット)
- ICWUR.WUE = 0

WUSYF フラグ (ウェイクアップ機能同期動作ステータスフラグ)

本フラグは、ウェイクアップ機能が有効 (ICWUR.WUE = 1) のとき、IIC を PCLKB 同期動作に切り替えることが可能です。本フラグを使用すると、WUASYF フラグが予約されます。

[1 になる条件]

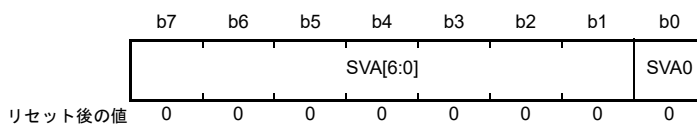
- WUSYF フラグが 0 で ICWUR.WUE ビットが 1 の状態でウェイクアップイベント検出後、WUSEN ビットに 1 が書き込まれたとき
- WUSYF フラグが 0 で ICWUR.WUE ビットが 0 の状態でウェイクアップイベントを検出する前に、WUSEN ビットが 1 の状態でストップコンディションが検出されたとき
- ICCR1.ICE = 0 かつ ICCRST = 1 (ICC リセット)
- ICWUR.WUE = 0

[0 になる条件]

- WUSEN ビットに 0 を書き込んだ後、ICWUR.WUE ビットが 1 の状態で ICCR2.BBSY フラグが 0 のとき

30.2.13 スレーブアドレスレジスタ Ly (SARLy) (y = 0 ~ 2)

アドレス IIC0.SARL0 4005 300Ah, IIC1.SARL0 4005 310Ah,
IIC0.SARL1 4005 300Ch, IIC1.SARL1 4005 310Ch,
IIC0.SARL2 4005 300Eh, IIC1.SARL2 4005 310Eh



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|-------------------------|------------|-----|
| b0 | SVA0 | 10ビットアドレス最下位ビット | スレーブアドレス設定 | R/W |
| b7-b1 | SVA[6:0] | 7ビットアドレス/10ビットアドレス下位ビット | スレーブアドレス設定 | R/W |

SVA0 ビット (10 ビットアドレス最下位ビット)

10 ビットアドレスフォーマット選択時 (SARUy.FS ビット = 1)、本ビットは 10 ビットアドレスの最下位ビットとして機能します。また、SVA[6:0] ビットと組み合わせて 10 ビットアドレスの下位 8 ビットを形成します。

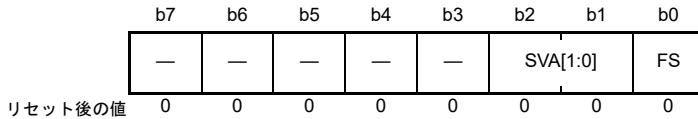
本ビットは、ICSER.SARyE ビットが 1 (SARLy および SARUy レジスタ有効) で、かつ SARUy.FS ビットが 1 の場合に有効です。SARUy.FS ビットまたは SARyE ビットが 0 の場合、本ビットの設定値は無視されます。

SVA[6:0] ビット (7 ビットアドレス/10 ビットアドレス下位ビット)

7 ビットアドレスフォーマット選択時 (SARUy.FS ビット = 0)、これらのビットは 7 ビットアドレスとして機能します。10 ビットアドレスフォーマット選択時 (SARUy.FS ビット = 1)、これらのビットは、SVA0 ビットと組み合わせて 10 ビットアドレスの下位 8 ビットを形成します。ICSER.SARyE ビットが 0 のとき設定値は無視されます。

30.2.14 スレーブアドレスレジスタ Uy (SARUy) (y = 0 ~ 2)

アドレス IIC0.SARU0 4005 300Bh, IIC1.SARU0 4005 310Bh,
IIC0.SARU1 4005 300Dh, IIC1.SARU1 4005 310Dh,
IIC0.SARU2 4005 300Fh, IIC1.SARU2 4005 310Fh



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|------------------------|---|-----|
| b0 | FS | 7ビット/10ビットアドレスフォーマット選択 | 0: 7ビットアドレスフォーマットを選択 1: 10ビットアドレスフォーマットを選択 | R/W |
| b2-b1 | SVA[1:0] | 10ビットアドレス上位ビット | スレーブアドレス設定 | R/W |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

FS ビット (7 ビット/10 ビットアドレスフォーマット選択)

スレーブアドレス y (SARLy および SARUy レジスタ) に対して、7ビットアドレスまたは10ビットアドレスを選択します。

ICSER.SARyE ビットが1 (SARLy および SARUy レジスタ有効) で、かつ SARUy.FS ビットが0の場合、スレーブアドレス y には7ビットアドレスフォーマットが選択され、SARLy.SVA[6:0] ビットの設定値が有効になり、SVA[1:0] ビットと SARLy.SVA0 ビットの設定値は無視されます。

ICSER.SARyE ビットが1 (SARLy および SARUy レジスタ有効) で、かつ SARUy.FS ビットが1の場合、スレーブアドレス y には10ビットアドレスフォーマットが選択され、SVA[1:0] ビットおよび SARLy レジスタの設定値が有効になります。

ICSER.SARyE ビットが0 (SARLy および SARUy レジスタ無効) の場合、SARUy.FS ビットの設定値は無効です。

SVA[1:0] ビット (10 ビットアドレス上位ビット)

10ビットアドレスフォーマット選択時 (FS ビット=1)、これらのビットは10ビットアドレスの上位2ビットとして機能します。

これらのビットは、ICSER.SARyE ビットが1 (SARLy および SARUy レジスタ有効) で、かつ SARUy.FS ビットが1の場合に有効です。SARUy.FS ビットまたは SARyE ビットが0の場合、これらのビットの設定値は無視されます。

30.2.15 I²Cバスビットレート Low レジスタ (ICBRL)

アドレス IIC0.ICBRL 4005 3010h, IIC1.ICBRL 4005 3110h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|--------------|--------------------------|-----|
| b4-b0 | BRL[4:0] | ビットレートLow幅設定 | SCLクロックのLow幅 | R/W |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |

BRL[4:0] ビット (ビットレート Low 幅設定)

BRL[4:0] ビットは、SCL クロックの Low 幅を設定します。ICBRL レジスタは、ICMR1.CKS[2:0] ビットで指定した内部基準クロックソース (IIC ϕ) で Low 幅をカウントします。ICBRL は、SCL 自動 Low ホールド機能のデータセットアップ時間も生成します (30.9 SCL の自動 Low ホールド機能を参照)。IIC をスレーブモードのみで使用する場合、ICBRL レジスタはデータセットアップ時間 (注1) 以上の値を設定してください。

デジタルノイズフィルタ回路を有効 (ICFER.NFE ビット = 1) にした場合、ICBRL レジスタにはノイズフィルタの段数 + 1 以上の値を設定してください。この段数については、ICMR3.NF[1:0] ビットの説明を参照してください。

- 注1. データセットアップ時間 (t_{SU:DAT})
 250ns (~ 100kbps) : スタンダードモード (Sm)
 100ns (~ 400kbps) : ファストモード (Fm)

30.2.16 I²C バスビットレート High レジスタ (ICBRH)

アドレス IIC0.ICBRH 4005 3011h, IIC1.ICBRH 4005 3111h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|-----------------|--------------------------|-----|
| b4-b0 | BRH[4:0] | ビットレート High 幅設定 | SCL クロックの High 幅 | R/W |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |

BRH[4:0] ビット (ビットレート High 幅設定)

SCL クロックの High 幅を設定します。BRH[4:0] ビットはマスタモードで有効になります。IIC をスレーブモードのみで使用する場合は、BRH[4:0] ビットを設定しないでください。

ICBRH レジスタは、ICMR1.CKS[2:0] ビットで指定した内部基準クロックソース (IICφ) で High 幅をカウントします。

デジタルノイズフィルタ回路を有効 (ICFER.NFE ビット = 1) にした場合、ICBRH レジスタにはノイズフィルタの段数 + 1 以上の値を設定してください。この段数については、ICMR3.NF[1:0] ビットの説明を参照してください。

IIC 転送速度および SCL クロックのデューティ比は以下の式で算定します。

- 1) ICFER.SCLE = 0 の場合
 転送速度 = $1 / \{[(BRH + 1) + (BRL + 1)] / IIC\phi + tr + tf\}$
 デューティ比 = $\{tr + [(BRH + 1) / IIC\phi]\} / \{tr + tf + [(BRH + 1) + (BRL + 1)] / IIC\phi\}$
- 2) ICFER.SCLE = 1、ICFER.NFE = 0、CKS[2:0] = 000b (IICφ = PCLKB) の場合
 転送速度 = $1 / \{[(BRH + 3) + (BRL + 3)] / IIC\phi + tr + tf\}$
 デューティ比 = $\{tr + [(BRH + 3) / IIC\phi]\} / \{tr + tf + [(BRH + 3) + (BRL + 3)] / IIC\phi\}$
- 3) ICFER.SCLE = 1、ICFER.NFE = 1、CKS[2:0] = 000b (IICφ = PCLKB) の場合
 転送速度 = $1 / \{[(BRH + 3 + nf) + (BRL + 3 + nf)] / IIC\phi + tr + tf\}$
 デューティ比 = $\{tr + [(BRH + 3 + nf) / IIC\phi]\} / \{tr + tf + [(BRH + 3 + nf) + (BRL + 3 + nf)] / IIC\phi\}$
- 4) ICFER.SCLE = 1、ICFER.NFE = 0、CKS[2:0] ≠ 000b の場合
 転送速度 = $1 / \{[(BRH + 2) + (BRL + 2)] / IIC\phi + tr + tf\}$
 デューティ比 = $\{tr + [(BRH + 2) / IIC\phi]\} / \{tr + tf + [(BRH + 2) + (BRL + 2)] / IIC\phi\}$
- 5) ICFER.SCLE = 1、ICFER.NFE = 1、CKS[2:0] ≠ 000b の場合
 転送速度 = $1 / \{[(BRH + 2 + nf) + (BRL + 2 + nf)] / IIC\phi + tr + tf\}$
 デューティ比 = $\{tr + [(BRH + 2 + nf) / IIC\phi]\} / \{tr + tf + [(BRH + 2 + nf) + (BRL + 2 + nf)] / IIC\phi\}$

注 1. IICφ = PCLKB × 分周比

注 2. SCLn ライン立ち上がり時間 [tr] および SCLn ライン立ち下がり時間 [tf] は、バスライン総容量 [Cb] とプルアップ抵抗 [Rp] に依存します。詳細については、NXP 社の I²C バス規格書を参照してください。

注 3. nf = ICMR3.NF ビットで選択したデジタルノイズフィルタの段数

表 30.6 SCLE = 0 の場合の ICBRH/ICBRL 転送速度設定例

| 転送速度 (kbps) | CKS[2:0] | BRH[4:0] (ICBRH) | BRL[4:0] (ICBRL) | PCLKB (MHz) | NF[1:0] | 計算式 |
|-------------|----------|---------------------|---------------------|-------------|---------|-----|
| 100 | 011 | 15 (EFh) | 18 (F2h) | 32 | — | 1) |
| 400 | 001 | 9 (E9h) | 20 (F4h) | 32 | — | 1) |

表 30.7 SCLE = 1かつNFE = 0の場合のICBRH/ICBRL転送速度設定例

| 転送速度 (kbps) | CKS[2:0] | BRH[4:0] (ICBRH) | BRL[4:0] (ICBRL) | PCLKB (MHz) | NF[1:0] | 計算式 |
|-------------|----------|---------------------|---------------------|-------------|---------|-----|
| 100 | 011 | 14 (EEh) | 17 (F1h) | 32 | — | 4) |
| 400 | 001 | 8 (E8h) | 19 (F3h) | 32 | — | 4) |

表 30.8 SCLE = 1かつNFE = 1の場合のICBRH/ICBRL転送速度設定例

| 転送速度 (kbps) | CKS[2:0] | BRH[4:0] (ICBRH) | BRL[4:0] (ICBRL) | PCLKB (MHz) | NF[1:0] | 計算式 |
|-------------|----------|---------------------|---------------------|-------------|---------|-----|
| 100 | 011 | 12 (ECh) | 15 (EFh) | 32 | 01b | 5) |
| 400 | 001 | 6 (E6h) | 17 (F1h) | 32 | 01b | 5) |

注 . SCLn ラインの立ち上がり時間 (tr) : 100kbps 以下、Sm : 1000ns、400kbps 以下、Fm : 300ns 以下
SCLn ラインの立ち下がり時間 (tf) : 400kbps 以下、Sm/Fm : 300ns 以下

30.2.17 I²C バス送信データレジスタ (ICDRT)

アドレス IIC0.ICDRT 4005 3012h, IIC1.ICDRT 4005 3112h



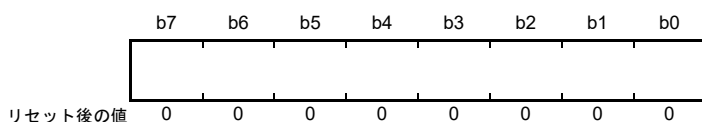
ICDRT レジスタは、I²C バスシフトレジスタ (ICDRS) の空きを検出すると、ICDRT レジスタに書き込まれた送信データを ICDRS レジスタへ転送し、送信モードでデータ送信を開始します。

ICDRT レジスタと ICDRS レジスタはダブルバッファ構成になっているため、ICDRS レジスタのデータ送信中に、次に送信するデータを ICDRT レジスタに書き込めば、連続送信動作が可能になります。

ICDRT レジスタは常に読み出し/書き込み可能です。ICDRT レジスタへの送信データの書き込みは、送信データエンプティ割り込み (IICn_TXI) 要求が発生したときに 1 回だけ行ってください。

30.2.18 I²C バス受信データレジスタ (ICDRR)

アドレス IIC0.ICDRR 4005 3013h, IIC1.ICDRR 4005 3113h

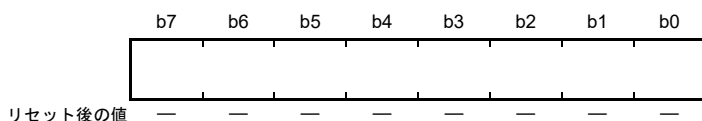


1 バイトのデータを受信すると、受信したデータは I²C バスシフトレジスタ (ICDRS) から ICDRR レジスタへ転送され、次のデータを受信可能にします。

ICDRS レジスタと ICDRR レジスタはダブルバッファ構成になっているため、ICDRS レジスタのデータ送信中に、すでに受信したデータを ICDRR レジスタから読み出せば、連続受信動作が可能になります。ICDRR レジスタに書き込むことはできません。ICDRR レジスタからの読み出しは、受信データフル割り込み (IICn_RXI) 要求が発生したときに 1 回だけ行ってください。

現在のデータを ICDRR レジスタから読み出す前に (ICSR2.RDRF フラグが 1 の状態のまま)、ICDRR レジスタが次の受信データを受け取ると、IIC は RDRF フラグが再び 1 になる前に自動的に SCL クロックを 1 クロック分 Low ホールドします。

30.2.19 I²C バスシフトレジスタ (ICDRS)



ICDRS レジスタは、データを送受信するための 8 ビットのシフトレジスタです。送信時は、送信データが ICDRT レジスタから ICDRS レジスタへ転送されて、SDAn 端子からデータが送出されます。受信時は、1 バイトのデータ受信後に、データが ICDRS レジスタから ICDRR レジスタへ転送されます。ICDRS レジスタは、直接アクセスすることはできません。

30.3 動作説明

30.3.1 通信データフォーマット

I²C バスフォーマットは、8 ビットのデータと 1 ビットのアクノリッジで構成されています。スタートコンディションまたはリスタートコンディションに続くフレームは、マスタデバイスの通信先であるスレーブデバイスを指定するアドレスフレームです。指定されたスレーブは、新たにスレーブが指定されるか、またはストップコンディションが発行されるまで有効です。

図 30.3 に I²C バスフォーマットを、図 30.4 に I²C バスタイミングを示します。

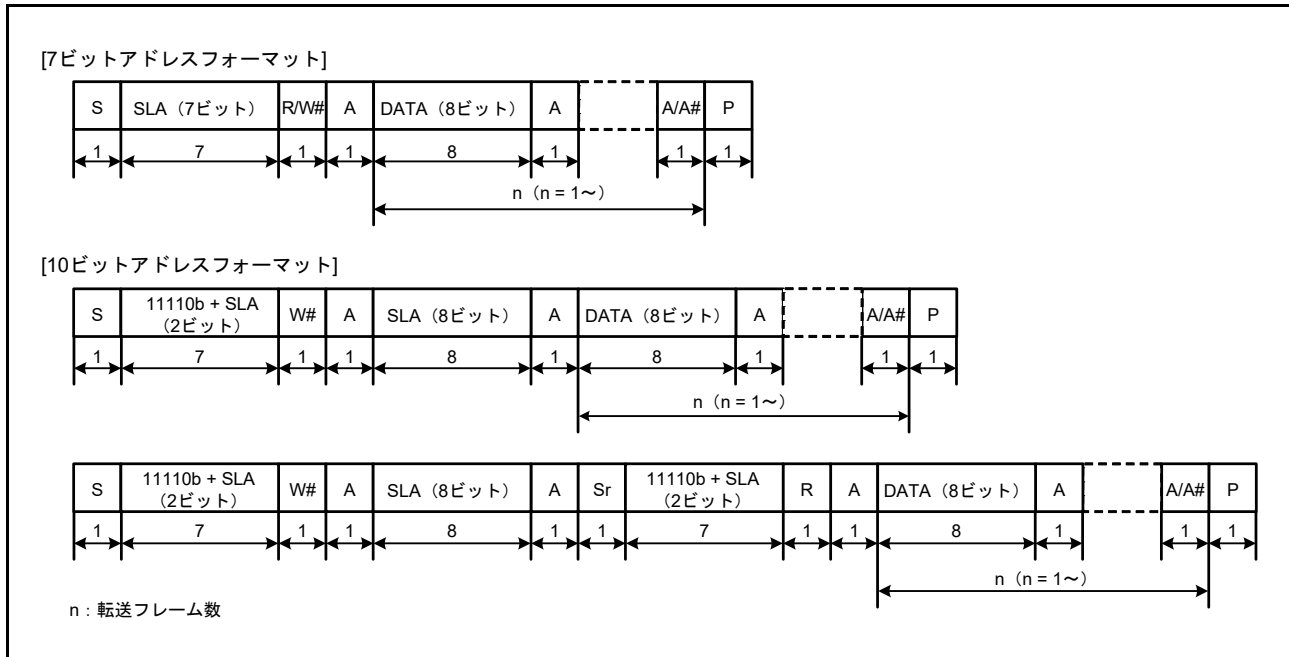


図 30.3 I²C バスフォーマット

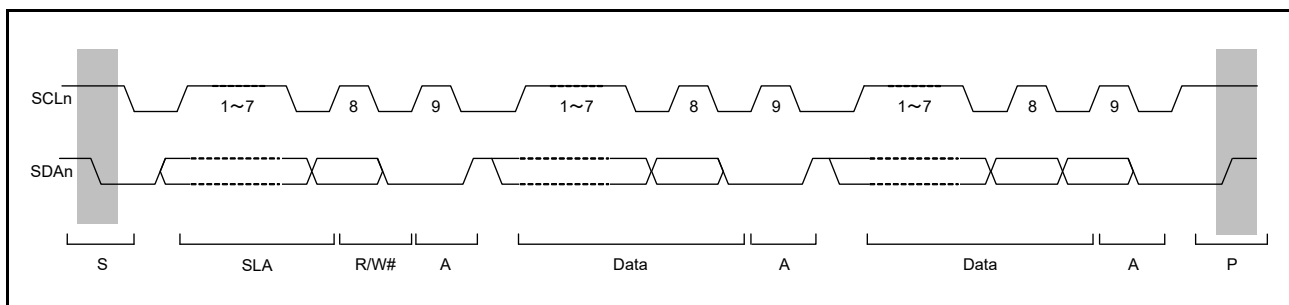


図 30.4 I²C バスタイミング (SLA = 7 ビットの場合)

- S : スタートコンディションを表します。SCLnラインがHighのときに、マスタデバイスがSDAnラインをHighからLowに変化させます。
- SLA : スレーブアドレスを表します。マスタデバイスがスレーブデバイスを選択します。
- R/W# : データ転送の方向を表します。R/W#が1のとき、スレーブデバイスからマスタデバイスの方向、R/W#が0のとき、マスタデバイスからスレーブデバイスの方向に送信します。
- A : アクノリッジを表します。受信デバイスがSDAnラインをLowにします。マスタ送信モード時はスレーブデバイスがアクノリッジを返します。マスタ受信モード時はマスタデバイスがアクノリッジを返します。
- A# : ノットアクノリッジを表します。受信デバイスがSDAnラインをHighにします。
- Sr : リスタートコンディションを表します。SCLnラインがHighのときに、セットアップ時間が経過した後、マスタデバイスがSDAnラインをHighからLowに変化させます。

DATA: 送信または受信されるデータを表します。

P: ストップコンディションを表します。SCLnラインがHighのときに、マスタデバイスがSDAnラインをLowからHighに変化させます。

30.3.2 初期設定

データの送受信を開始する前に、[図 30.5](#) に示す手順に従って IIC を初期化してください。

1. ICCR1.ICE ビットを 0 にして、SCLn 端子および SDAn 端子を非駆動状態にします。
2. ICCR1.IICRST ビットを 1 にして、IIC のリセットを行います。
3. ICCR1.ICE ビットを 1 にして、内部リセットを行います。
4. SARLy、SARUy、ICSER、ICMR1、ICBRH、ICBRL の各レジスタ (y=0~2) を設定します。必要に応じて、それ以外のレジスタも設定します。IIC の初期設定については、[図 30.5](#) を参照してください。
5. 必要なレジスタの設定が完了したら、ICCR1.IICRST ビットを 0 にして IIC リセットを解除してください。

注. すでに IIC の初期化が完了している場合、この手順は不要です。

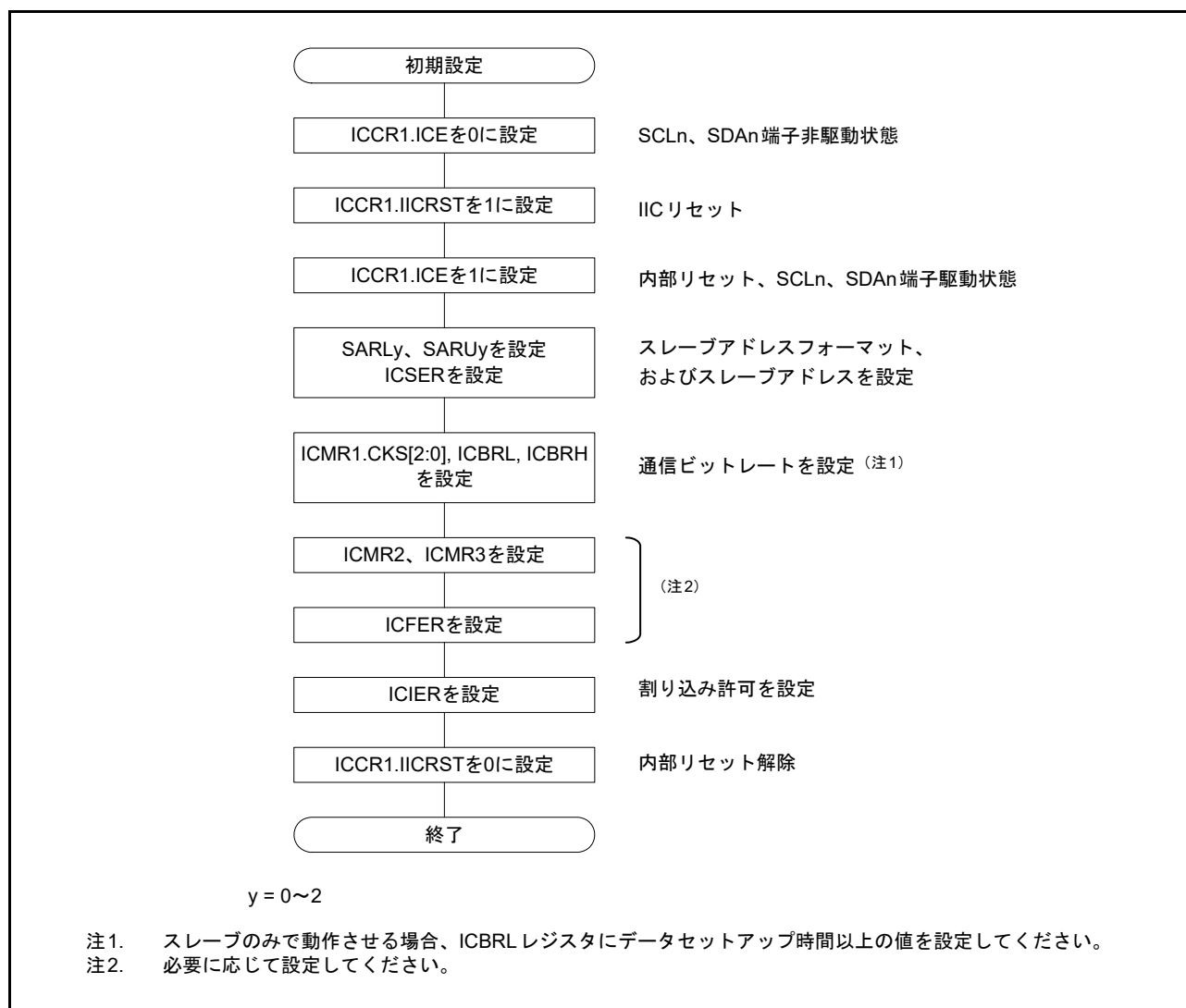


図 30.5 IIC の初期化フローチャート例

30.3.3 マスタ送信動作

マスタ送信動作では、マスタデバイスである IIC が SCL クロックと送信データ信号を出力し、スレーブデバイスがアクノリッジを返します。図 30.6 に、マスタ送信の例を示します。図 30.7 ~ 図 30.9 に、マスタ送信の動作タイミングを示します。

マスタ送信の設定および実行は以下の手順で行います。

1. 30.3.2 初期設定 に示す手順で IIC を初期化します。
2. ICCR2.BBSY フラグを読んでバスが解放状態であることを確認した後、ICCR2.ST ビットに 1 を書き込みます (スタートコンディション要求)。IIC はスタートコンディション要求を受け付けると、スタートコンディションを発行します。同時に、ICSR2.BBSY フラグと ICSR2.START フラグが自動的に 1 になり、ST ビットが自動的に 0 になります。ST ビットが 1 の状態でスタートコンディションが検出され、かつ SDA 出力の内部レベルと SDA_n ラインのレベルが一致したとき、IIC は ST ビットで要求したスタートコンディションが正しく完了したと認識し、ICCR2.MST ビットと ICCR2.TRS ビットが自動的に 1 になって、IIC はマスタ送信モードになります。TRS ビットが 1 になると、それに応じて、ICSR2.TDRE フラグは自動的に 1 になります。
3. ICSR2.TDRE フラグが 1 であることを確認した後、ICDRT レジスタに送信データ (スレーブアドレスと R/W# ビット) を書いてください。ICDRT レジスタに送信データが書き込まれると、TDRE フラグは自動的に 0 になり、ICDRT レジスタから ICDRS レジスタにデータが転送されて、再び TDRE フラグが 1 になります。スレーブアドレスと R/W# ビットを含むバイトの送信後、送信された R/W# ビットの値に応じて TRS ビットの値が自動的に更新され、マスタ送信モードまたはマスタ受信モードが選択されます。R/W# ビットの値が 0 の場合、IIC はマスタ送信モードの状態を継続します。
このとき ICSR2.NACKF フラグが 1 であると、アドレスを認識したスレーブデバイスが存在しないか、または通信エラーが発生していることを示しているため、ICCR2.SP ビットに 1 を書いて、ストップコンディションを発行してください。
データを 10 ビットフォーマットのアドレスで送信する場合は、最初に、1 回目のアドレス送信処理で ICDRT レジスタに 1111 0b (スレーブアドレスの上位 2 ビット) と W を書き込みます。次に、2 回目のアドレス送信処理では、ICDRT レジスタにスレーブアドレスの下位 8 ビットを書いてください。
4. ICSR2.TDRE フラグが 1 であることを確認した後、送信データを ICDRT レジスタに書いてください。
なお、送信データの準備ができるまで、またはストップコンディションが発行されるまで、IIC は自動的に SCL_n ラインを Low にホールドします。
5. 送信データの全バイトを ICDRT レジスタに書いた後、ICSR2.TEND フラグが 1 に戻るまで待ってから、ICCR2.SP ビットを 1 (ストップコンディション要求) にしてください。IIC はストップコンディション要求を受け付けると、ストップコンディションを発行します。詳細は、30.11.3 ストップコンディション発行動作 を参照してください。
6. IIC はストップコンディションを検出すると、ICCR2.MST ビットと ICCR2.TRS ビットを自動的に 00b にして、スレーブ受信モードへ遷移します。さらに IIC は、TDRE フラグと TEND フラグを自動的に 0 にして、ICSR2.STOP フラグを 1 にします。
7. ICSR2.STOP フラグが 1 であることを確認した後、次の転送動作のために、ICSR2.NACKF フラグと ICSR2.STOP フラグを 0 にしてください。

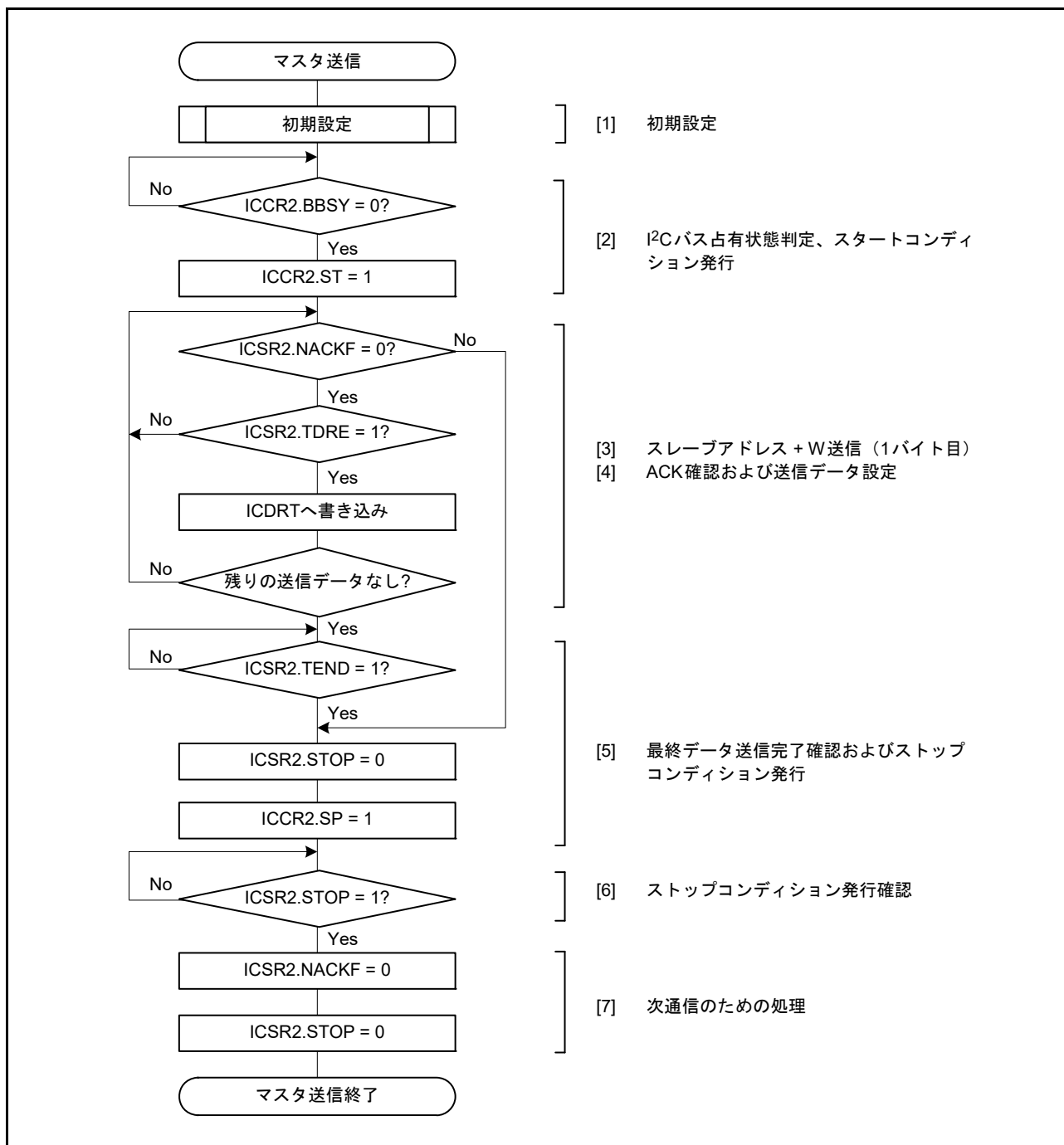


図 30.6 マスタ送信のフローチャート例

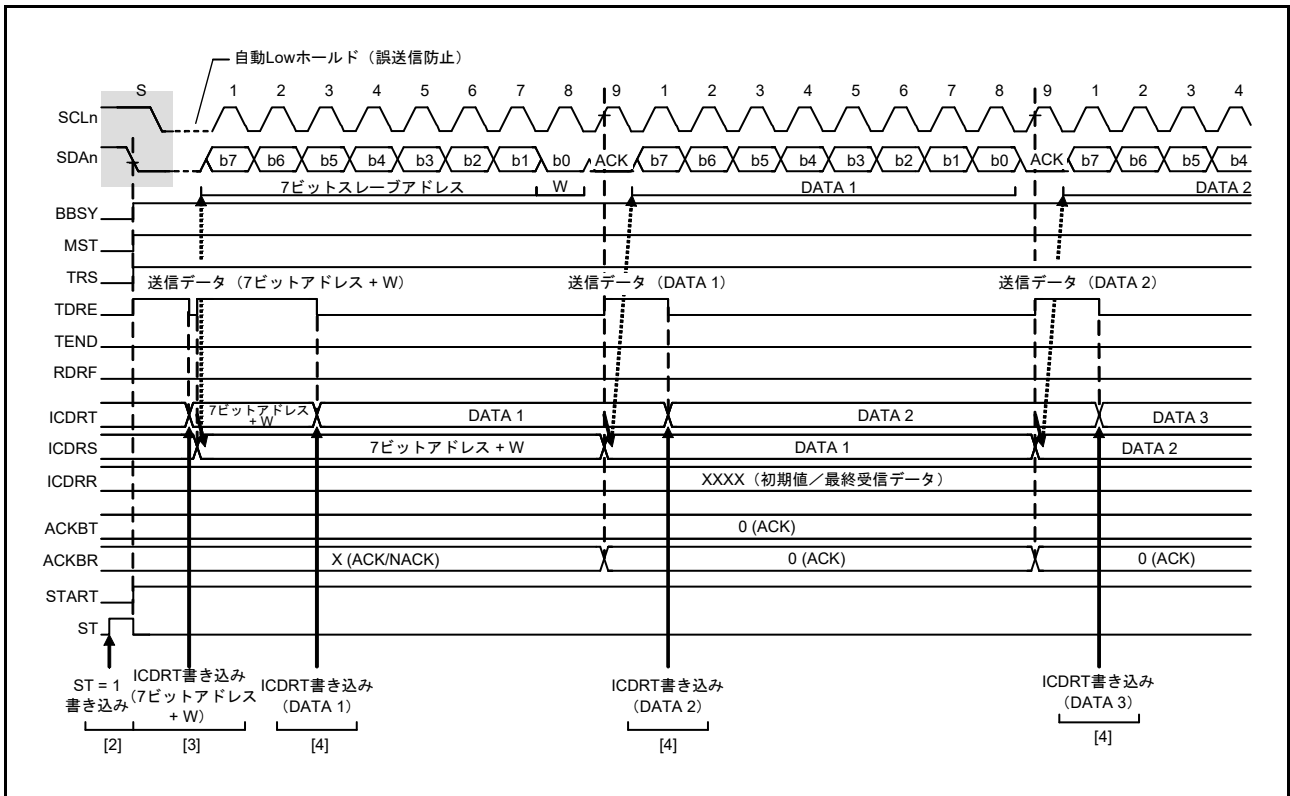


図 30.7 マスタ送信の動作タイミング (1) (7ビットアドレスフォーマット)

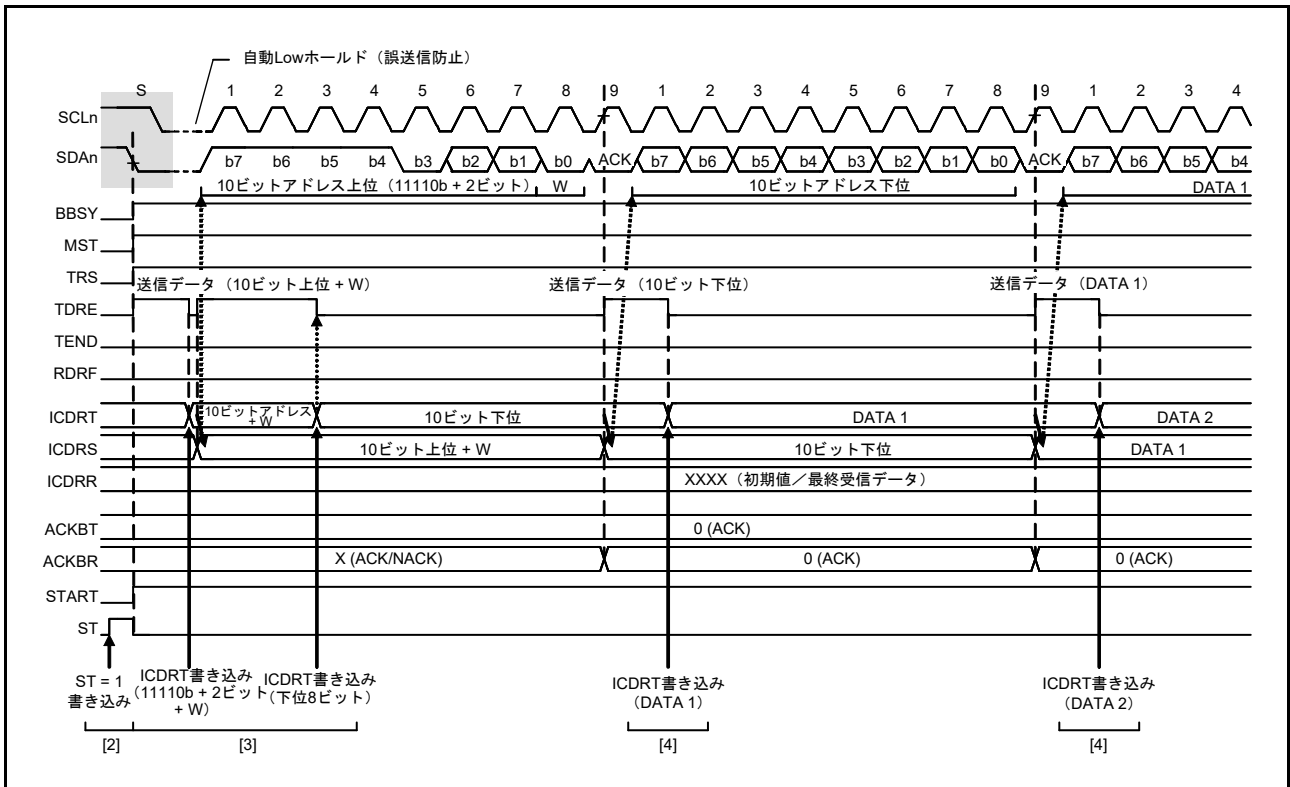


図 30.8 マスタ送信の動作タイミング (2) (10ビットアドレスフォーマット)

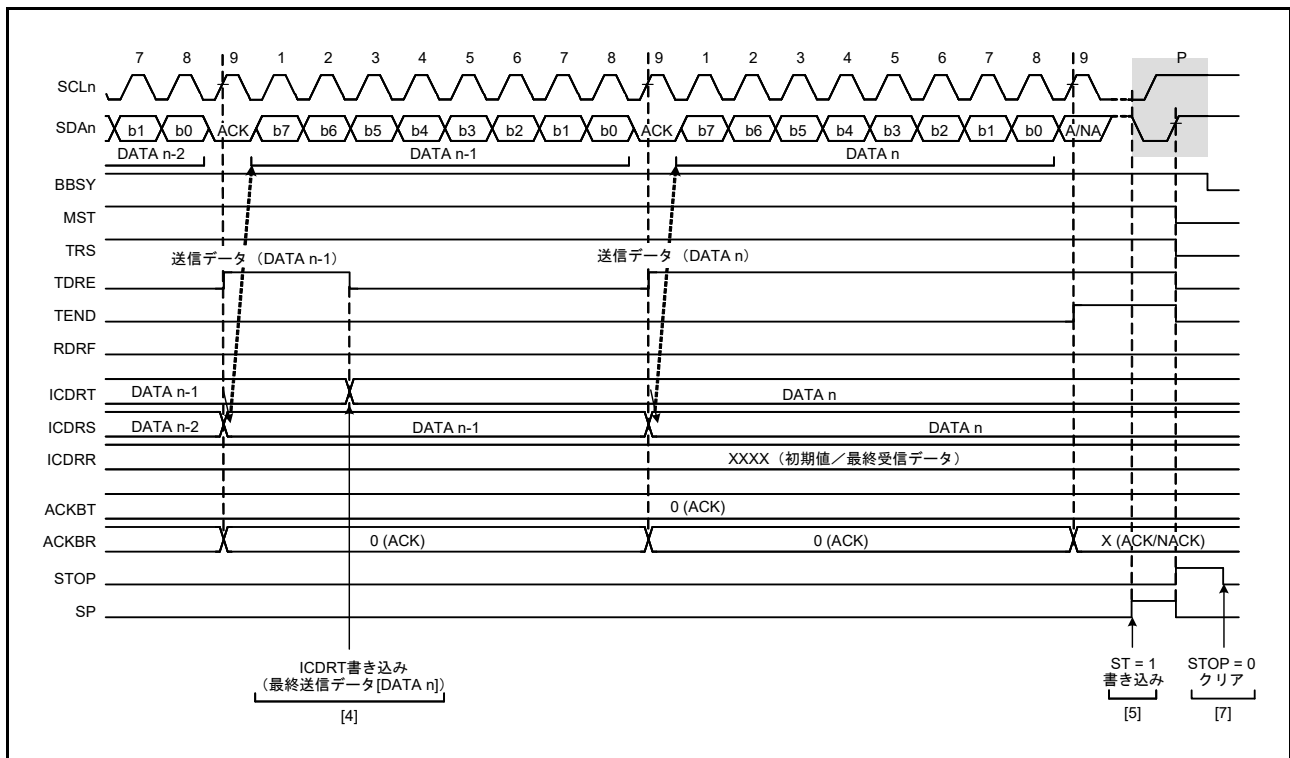


図 30.9 マスタ送信の動作タイミング (3)

30.3.4 マスタ受信動作

マスタ受信動作では、マスタデバイスである IIC が SCL クロックを出力し、スレーブデバイスからデータを受信して、アクノリッジを返します。最初に、対応するスレーブデバイスにスレーブアドレスを送信するため、スレーブアドレス段階の手順ではマスタ送信モードで実行し、その後の手順ではマスタ受信モードで実行します。

図 30.10 と図 30.11 に、マスタ受信の例（7 ビットアドレスフォーマットの場合）を示します。図 30.12 ～図 30.14 に、マスタ受信の動作タイミングを示します。

マスタ受信の設定および実行は以下の手順で行います。

1. 30.3.2 初期設定に示す手順で IIC を初期化します。
2. ICCR2.BBSY フラグを読み出してバスが解放状態であることを確認した後、ICCR2.ST ビットを 1 にしてスタートコンディションの発行を要求します。IIC はスタートコンディション要求を受け付けると、スタートコンディションを発行します。IIC がスタートコンディションを検出すると、ICSR2.BBSY フラグと ICSR2.START フラグが自動的に 1 になり、ST ビットは自動的に 0 になります。ST ビットが 1 の状態でスタートコンディションが検出され、かつ SDA 出力のレベルと SDA_n ラインのレベルが一致したとき、IIC は ST ビットで要求したスタートコンディション発行が正しく完了したと認識し、ICCR2.MST ビットと ICCR2.TRS ビットが自動的に 1 になって、IIC はマスタ送信モードになります。TRS ビットが 1 になると、それに応じて、ICSR2.TDRE フラグも自動的に 1 になります。
3. ICSR2.TDRE フラグが 1 であることを確認した後、ICDRT レジスタに送信データ（1 バイト目はスレーブアドレスと R/W# ビットの値を示す）を書いてください。ICDRT レジスタに送信データが書き込まれると、TDRE フラグは自動的に 0 になり、ICDRT レジスタから ICDRS レジスタにデータが転送されて、再び TDRE フラグが 1 になります。スレーブアドレスと R/W# ビットを含むバイトが送信されると、送信された R/W# ビットの値に応じて ICCR2.TRS ビットの値が自動的に更新され、送信モードまたは受信モードが選択されます。R/W# ビットの値が 1 の場合、SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで TRS ビットが 0 になり、IIC はマスタ受信モードになります。TDRE フラグが 0 になり、ICSR2.RDRF フラグが自動的に 1 になります。
このとき ICSR2.NACKF フラグが 1 であると、アドレスを認識したスレーブデバイスが存在しないか、または通信エラーが発生していることを示しているため、ICCR2.SP ビットに 1 を書いて、ストップコンディションを発行してください。
なお、10 ビットアドレスフォーマットでマスタ受信を行う場合は、まずマスタ送信で 10 ビットアドレスを送信した後、リスタートコンディションを発行します。その後、1111 0b（スレーブアドレスの上位 2 ビット）と R ビットを送信することで、IIC はマスタ受信モードになります。
4. ICSR2.RDRF フラグが 1 であることを確認した後、ICDRR レジスタをダミーリードします。これにより、IIC は SCL クロックの出力とデータ受信動作を開始します。
5. 1 バイトのデータの受信後、ICMR3.RDRFS ビットで設定した SCL クロックの 8 クロック目または 9 クロック目の立ち上がりで、ICSR2.RDRF フラグが 1 になります。ICDRR レジスタを読むと受信したデータを読むことができ、RDRF フラグは自動的に 0 になります。SCL クロックの 9 クロック目のアクノリッジビットには、ICMR3.ACKBT ビットに設定した値が返信されます。次に受信するバイトが最後から 2 番目のバイトの場合、最後から 2 番目のバイトを含む ICDRR レジスタを読む前に、ICMR3.WAIT ビットを 1（WAIT あり）にしてください。これにより、手順（6）の ICMR3.ACKBT ビットを 1（NACK）にする処理が割り込みなどの他の処理によって遅れた場合でも、NACK 出力が可能になるとともに、最終バイトの受信時に 9 クロック目の立ち上がりで SCL_n ラインを Low に固定して、ストップコンディションの発行が可能になります。
6. ICMR3.RDRFS ビットが 0 で、かつスレーブデバイスに対して、次および最終バイトの転送でデータ受信が終了すべきであることを通知する必要がある場合は、ICMR3.ACKBT ビットを 1（NACK）にしてください。
7. 最後から 2 番目のバイトを ICDRR レジスタから読み出した後、ICSR2.RDRF フラグが 1 であれば、（ストップコンディションを要求するために）ICCR2.SP ビットを 1 にした後、ICDRR レジスタの最終バイトを読み出してください。ICDRR レジスタの読み出し時、IIC はウェイト状態から解除され、9 クロック目の Low 出力終了後または SCL_n ラインの Low ホールド解除後に、ストップコンディションを発行します。

- 8. ストップコンディションの検出時に、IICはICCR2.MSTビットとICCR2.TRSビットを自動的に00bにして、スレーブ受信モードへ遷移します。また、ストップコンディションの検出によって、ICSR2.STOPフラグが1になります。
- 9. ICSR2.STOPフラグが1であることを確認した後、次の転送動作のために、ICSR2.NACKFフラグとICSR2.STOPフラグを0にしてください。

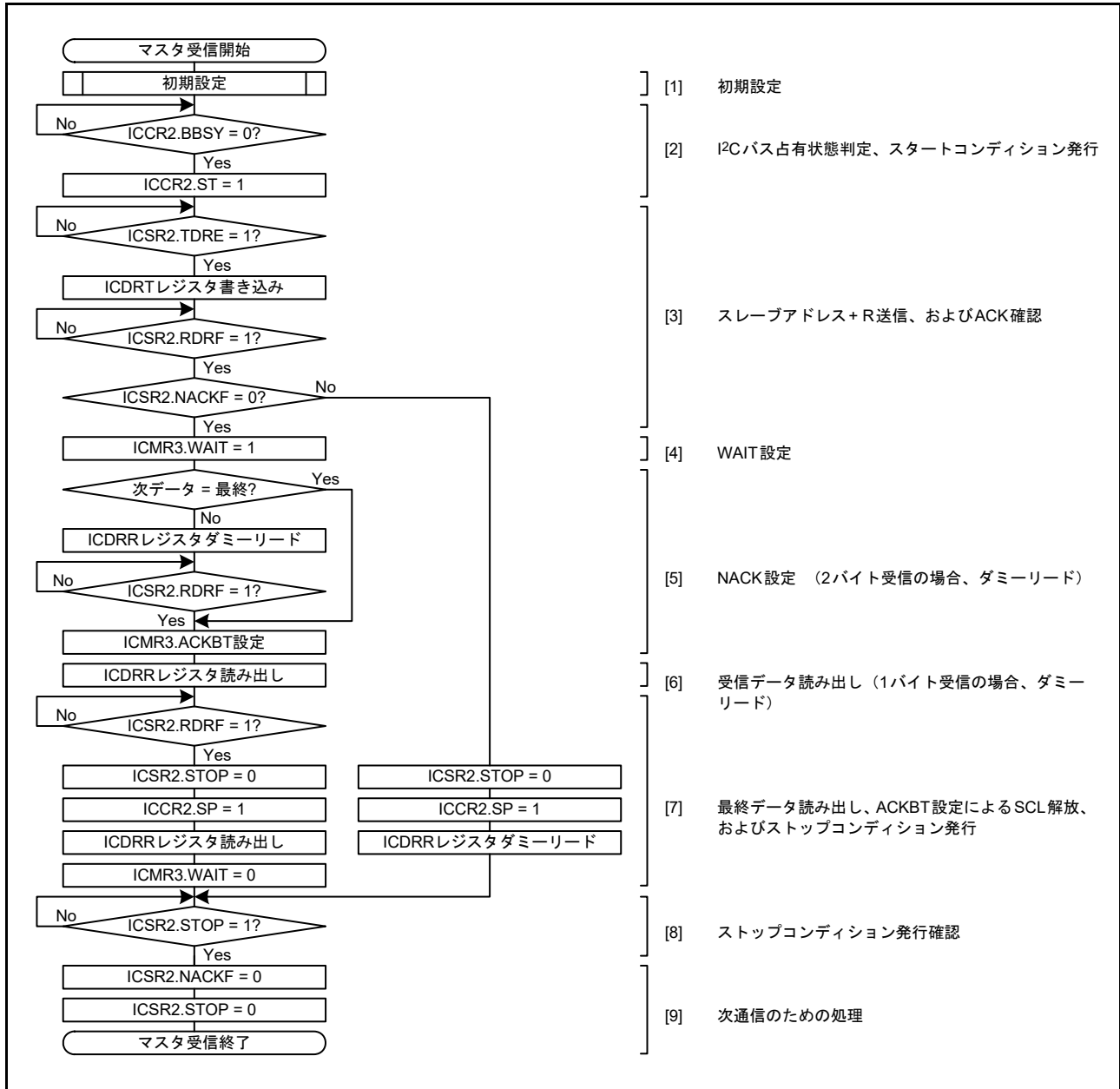


図 30.10 マスタ受信の例 (7ビットアドレスフォーマット、1～2バイト受信時)

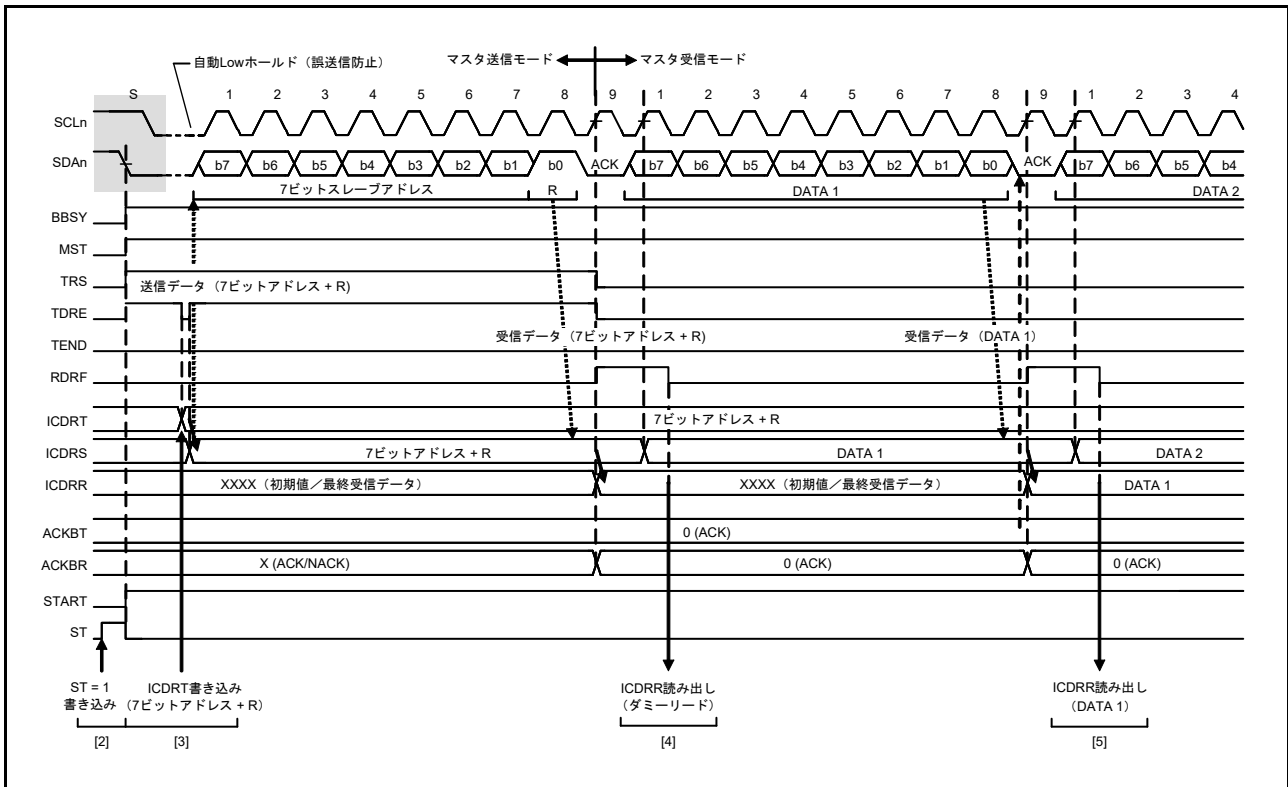


図 30.12 マスタ受信の動作タイミング (1) (7ビットアドレスフォーマットでRDRFS = 0の場合)

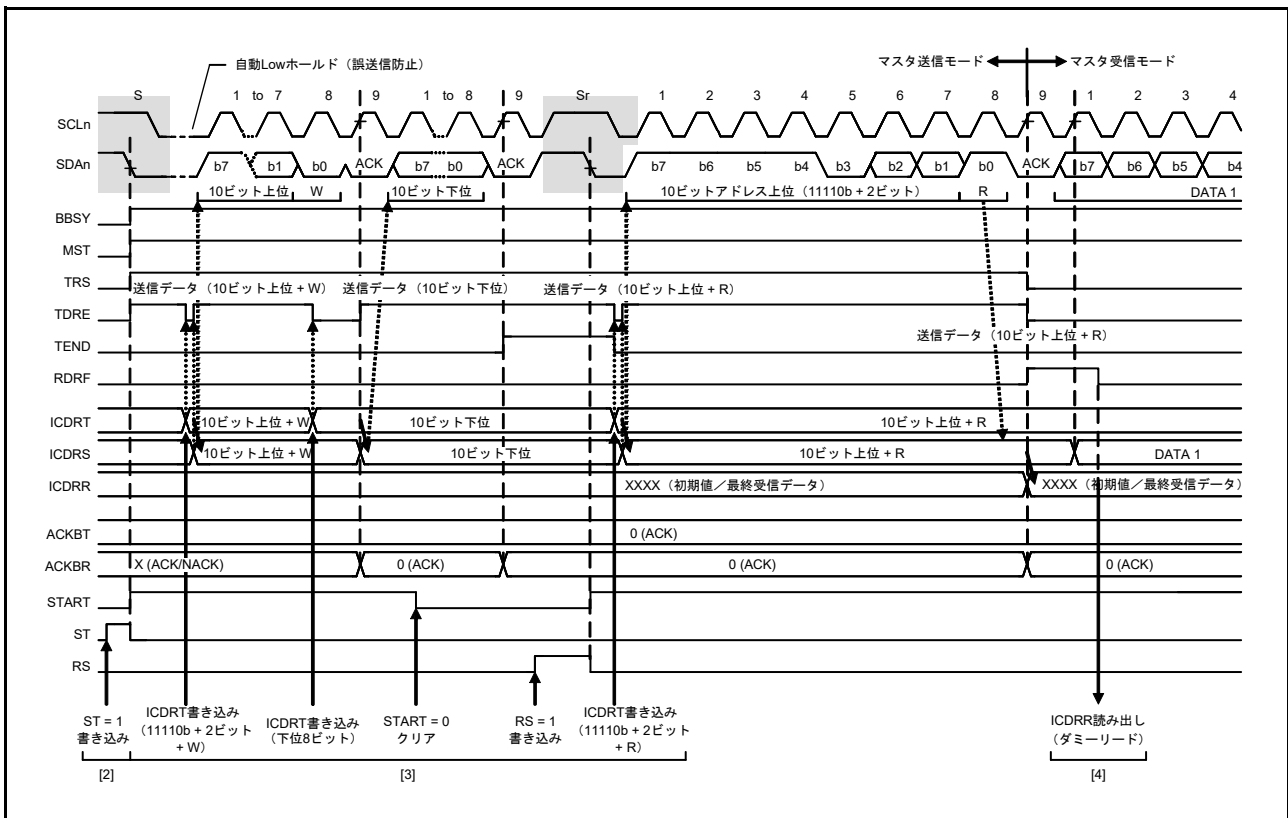


図 30.13 マスタ受信の動作タイミング (2) (10ビットアドレスフォーマットでRDRFS = 0の場合)

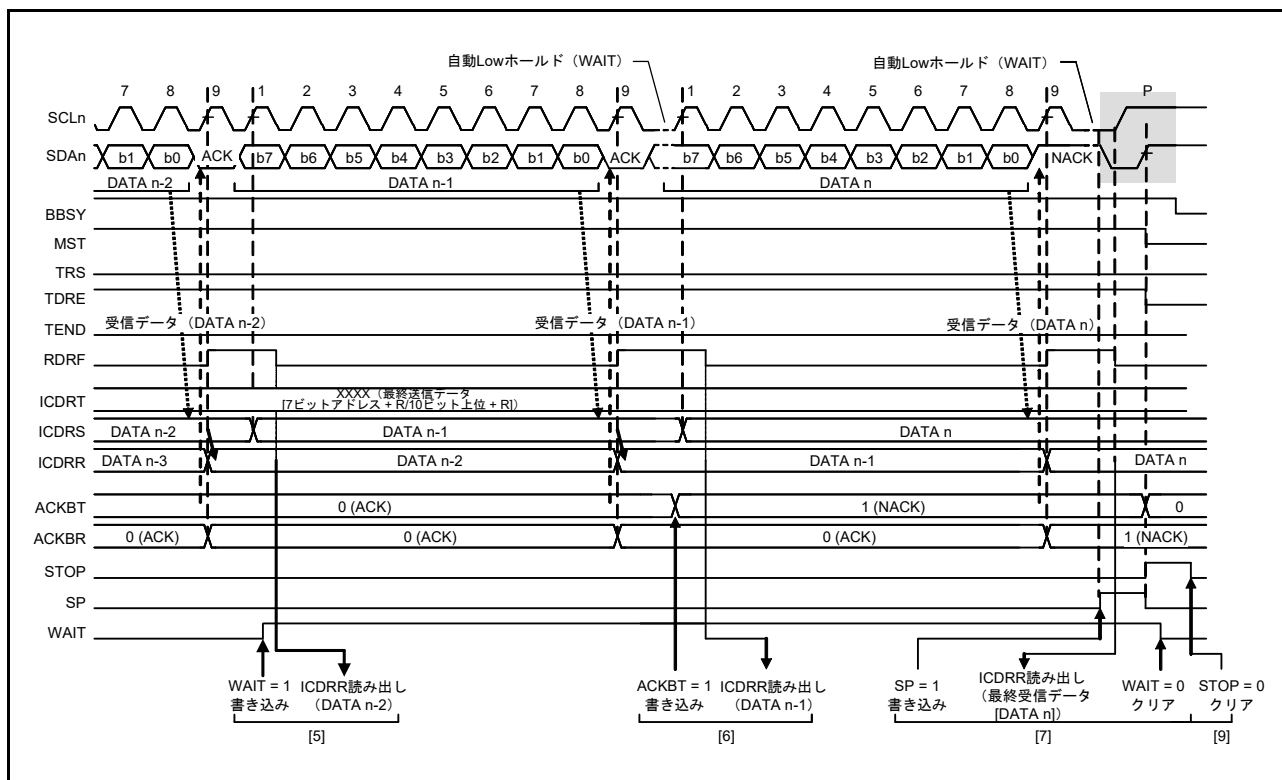


図 30.14 マスタ受信の動作タイミング (3) (RDRFS = 0 の場合)

30.3.5 スレーブ送信動作

スレーブ送信動作では、マスタデバイスが SCL クロックを出力し、スレーブデバイスである IIC がデータを送信し、マスタデバイスがアクノリッジを返します。

図 30.15 に、スレーブ送信の例を示します。図 30.16 および図 30.17 に、スレーブ送信の動作タイミングを示します。

スレーブ送信の設定および実行は以下の手順で行います。

1. IIC を初期化する場合は、30.3.2 初期設定 に示す手順に従ってください。
初期化の後、IIC は受信したスレーブアドレスが一致するまで待機状態となります。
2. スレーブアドレスが一致した後、IIC は対応する ICSR1.HOA, GCA, AAS_y ビット (y=0~2) のいずれかを SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 1 にして、SCL クロックの 9 クロック目のアクノリッジビットとして ICMR3.ACKBT ビットの設定値を出力します。受信した R/W# ビットの値が 1 のとき、IIC は ICCR2.TRS ビットと ICSR2.TDRE フラグの両方を 1 にすることで、自動的にスレーブ送信モードに切り替わります。
3. ICSR2.TEND フラグが 1 であることを確認し、送信データを ICDRT レジスタに書き込んでください。ICFER.NACKF ビットが 1 の状態でマスタデバイスからアクノリッジを受信しなかった (NACK を受信した) 場合、IIC は次の転送動作を中断します。
4. ICSR2.NACKF フラグが 1 になるか、または最終送信バイトを ICDRT レジスタに書いた後、ICSR2.TDRE フラグが 1 の状態で、ICSR2.TEND フラグが 1 になるまで待ってください。ICSR2.NACKF フラグが 1 または TEND フラグが 1 の場合、IIC は SCL クロックの 9 クロック目の立ち下がり SCL_n ラインを Low にします。
5. ICSR2.NACKF フラグが 1 または ICSR2.TEND フラグが 1 の場合、終了処理のため ICDRR レジスタをダミーリードしてください。これによって SCL_n ラインが開放されます。
6. IIC はストップコンディションを検出すると、ICSR1.HOA、GCA、AAS_y ビット (y=0~2)、ICSR2.TDRE、TEND フラグ、および ICCR2.TRS ビットを自動的に 0 にして、スレーブ受信モードへ遷移します。
7. ICSR2.STOP フラグが 1 であることを確認し、次の転送動作のために、ICSR2.NACKF フラグと ICSR2.STOP フラグを 0 にしてください。

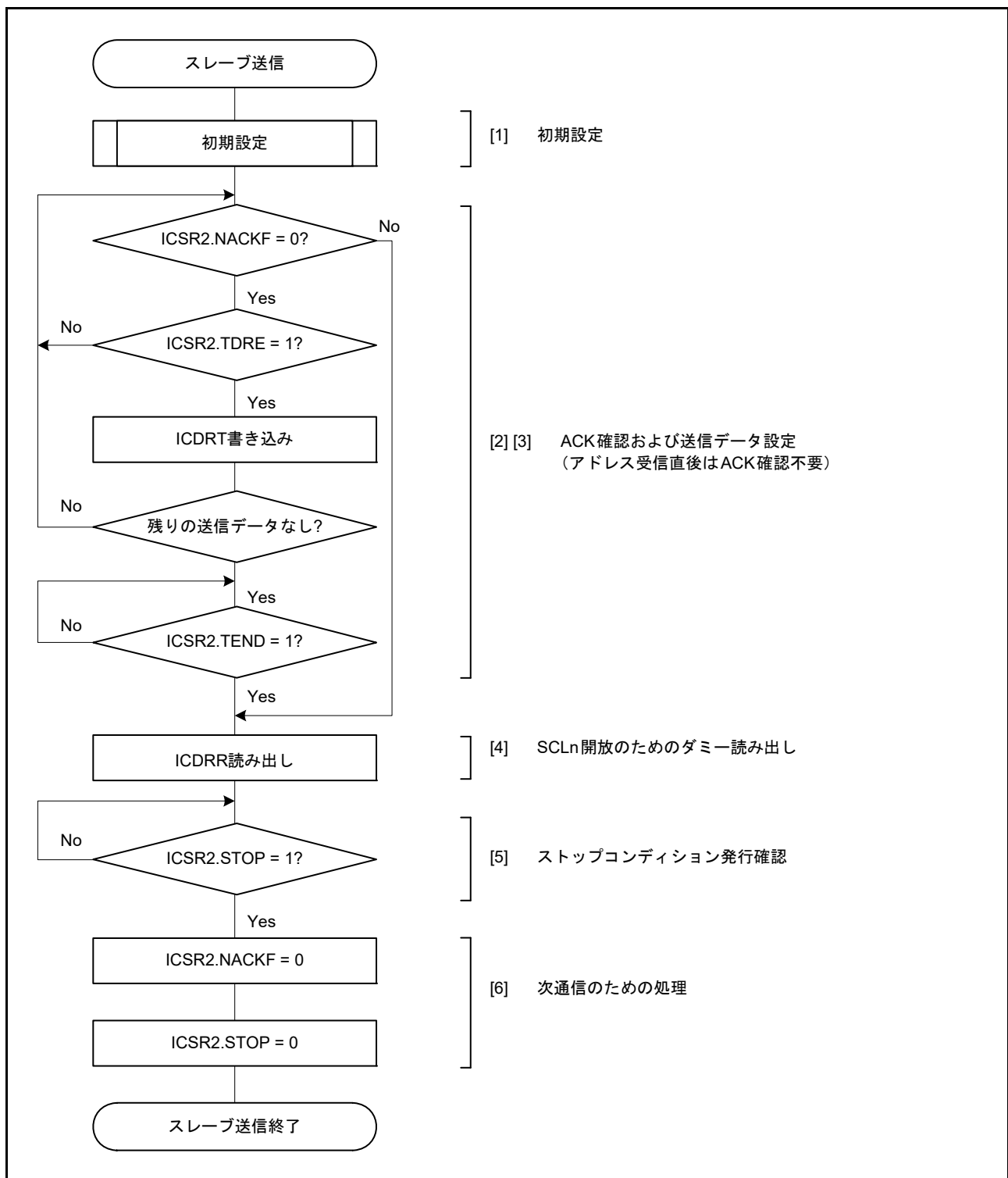


図 30.15 スレーブ送信のフロー例

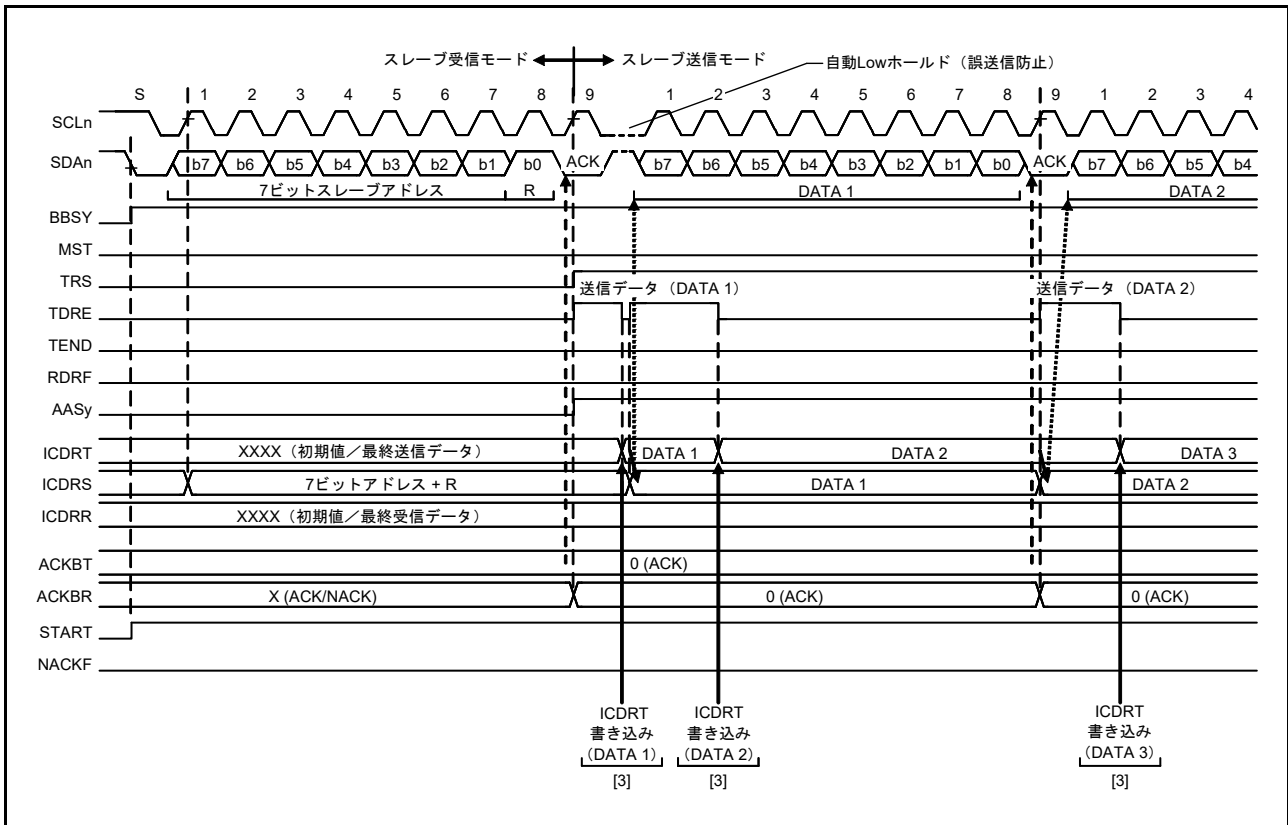


図 30.16 スレープ送信の動作タイミング (1) (7ビットアドレスフォーマット)

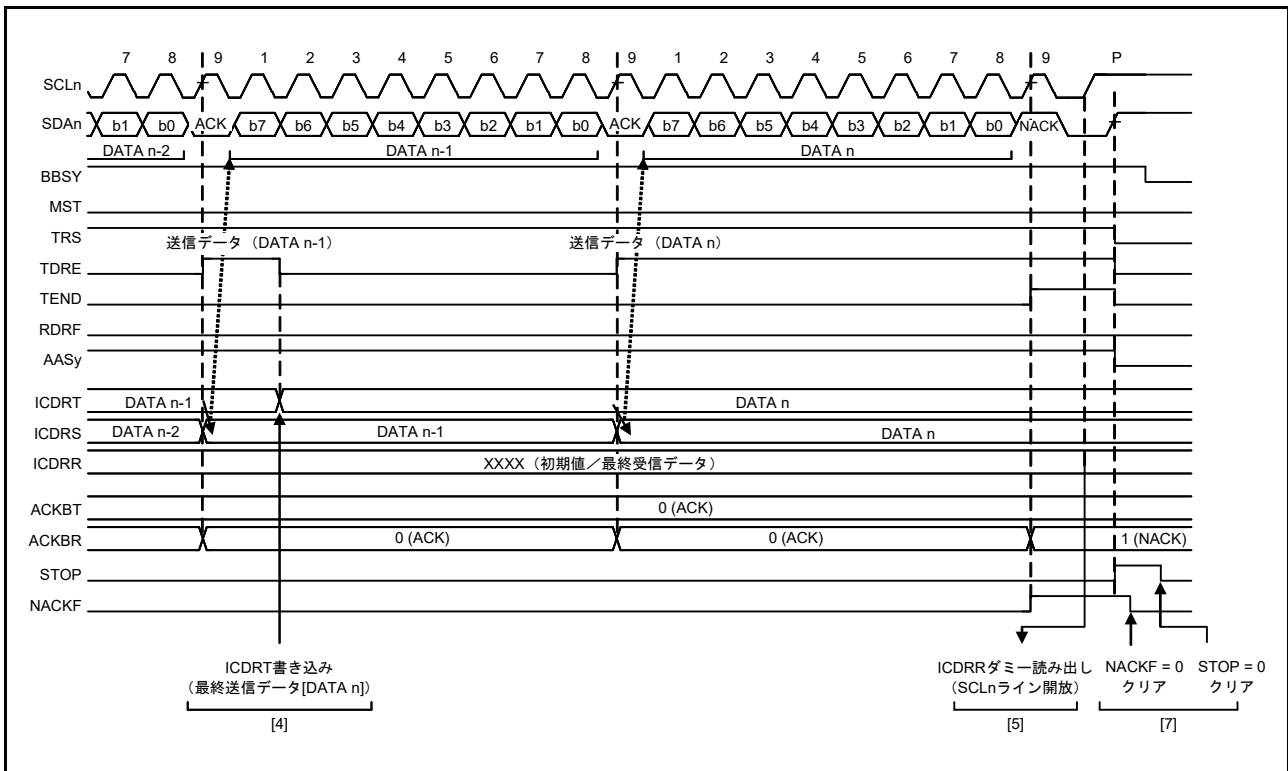


図 30.17 スレープ送信の動作タイミング (2)

30.3.6 スレーブ受信動作

スレーブ受信動作では、マスタデバイスが SCL クロックと送信データを出力し、スレーブデバイスである IIC がアクノリッジを返します。

図 30.18 に、スレーブ受信の例を示します。図 30.19 および図 30.20 に、スレーブ受信の動作タイミングを示します。

スレーブ受信の設定および実行は以下の手順で行います。

1. IIC を初期化する場合、30.3.2 初期設定に示す手順に従ってください。
初期化の後、IIC は受信したスレーブアドレスが一致するまで待機状態となります。
2. スレーブアドレスが一致した後、IIC は対応する ICSR1.HOA, GCA, AASy ビット (y=0~2) のいずれかを SCL クロックの9クロック目の立ち上がりで1にして、SCL クロックの9クロック目のアクノリッジビットに ICMR3.ACKBT ビットの設定値を出力します。
受信した R/W# ビットの値が0であれば、IIC はスレーブ受信モードを継続し、ICSR2.RDRF フラグを1にします。
3. ICSR2.STOP フラグが0であることと、ICSR2.RDRF フラグが1であることを確認し、ICDRR レジスタをダミーリードしてください。ダミーリードした値は、7ビットアドレスフォーマット選択時はスレーブアドレス+R/W# ビット、10ビットアドレスフォーマット選択時は下位8ビットアドレスです。
4. ICDRR レジスタが読み出されると、IIC は ICSR2.RDRF フラグを自動的に0にします。なお、ICDRR レジスタの読み出しが遅れて、RDRF フラグが1のまま次のバイトを受信すると、IIC は RDRF フラグが設定されるポイントの1つ手前の SCL クロックまで SCLn ラインを Low にホールドします。この場合、ICDRR レジスタを読み出すと、SCLn ラインが Low ホールド状態から解放されます。
ICSR2.STOP フラグが1で、かつ ICSR2.RDRF フラグが1の場合、全データの受信が完了するまで ICDRR レジスタを読み出してください。
5. IIC はストップコンディションを検出すると、ICSR1.HOA, GCA, AASy ビット (y=0~2) を自動的に0にします。
6. ICSR2.STOP フラグが1であることを確認した後、次の転送動作のために ICSR2.STOP フラグを0にしてください。

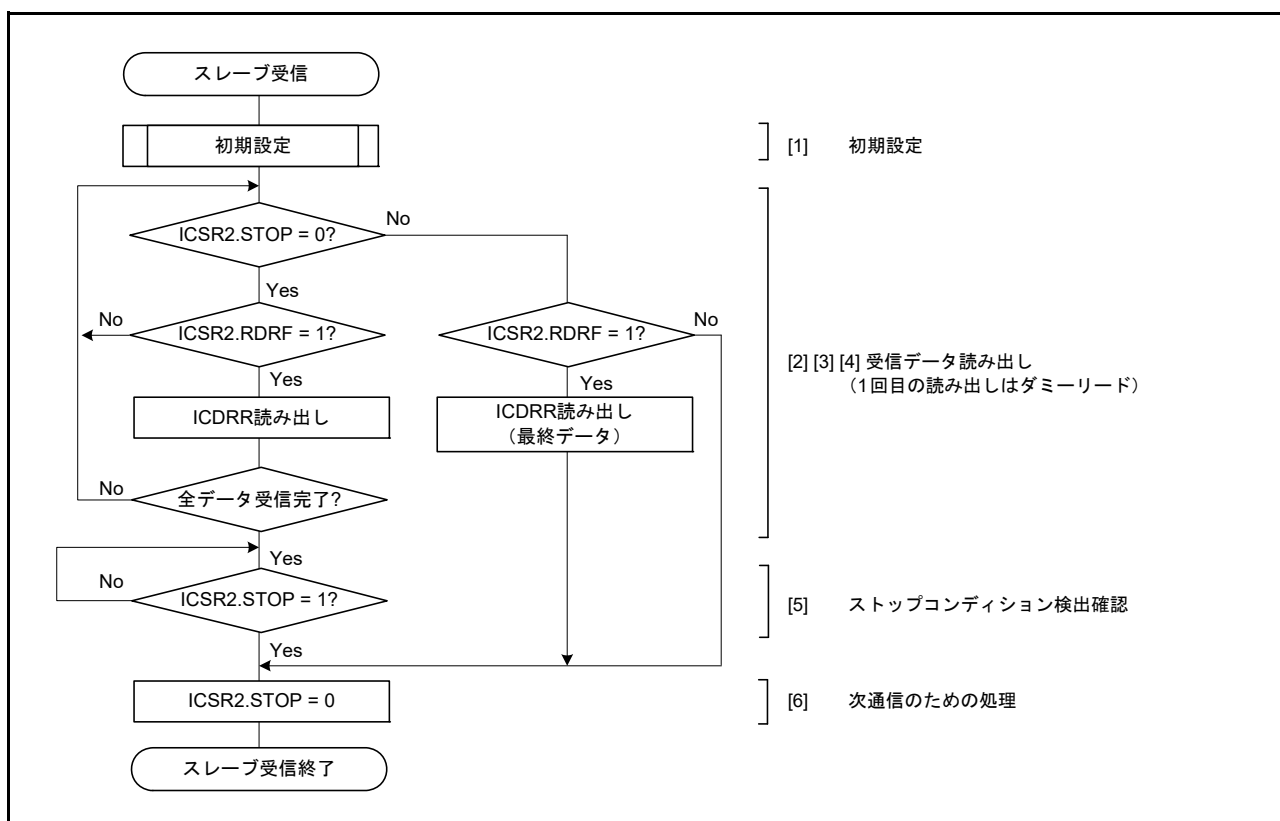


図 30.18 スレーブ受信のフロー例

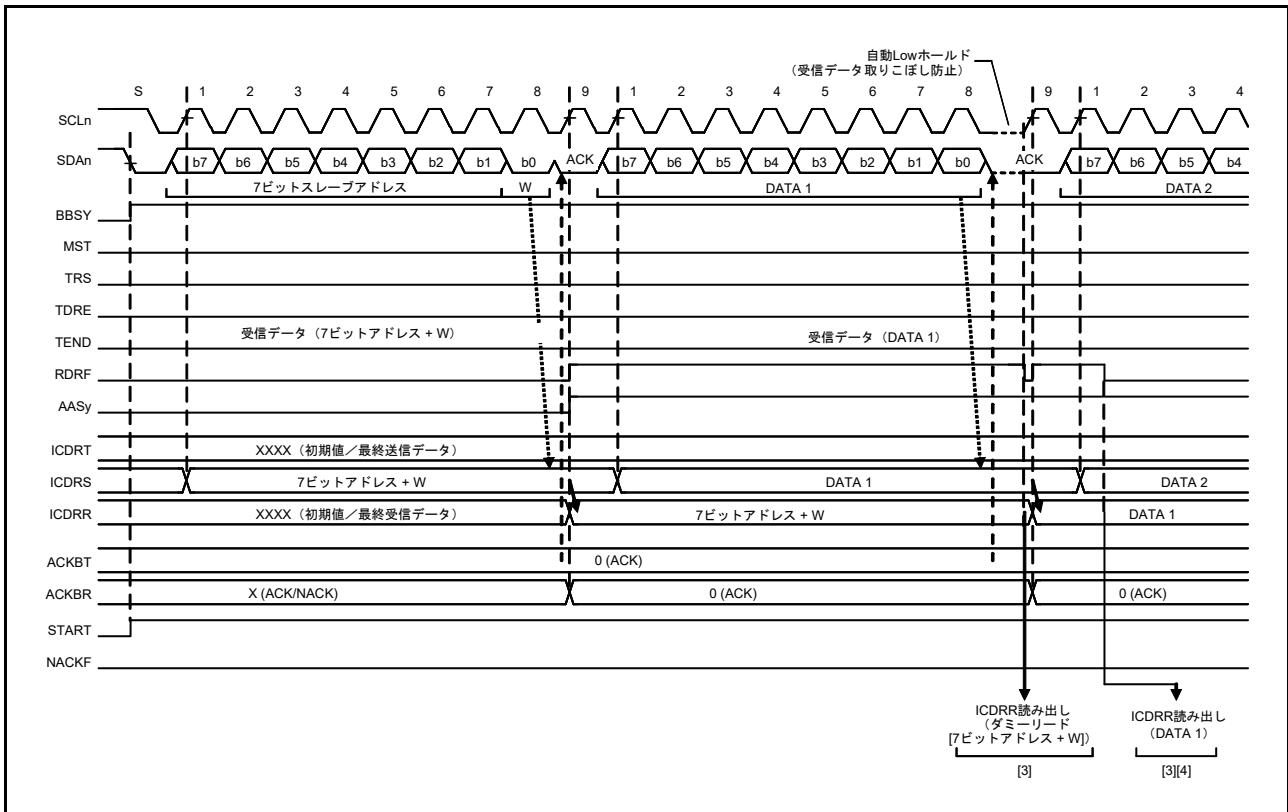


図 30.19 スレーブ受信の動作タイミング (1) (7ビットアドレスフォーマットで RDRFS = 0 の場合)

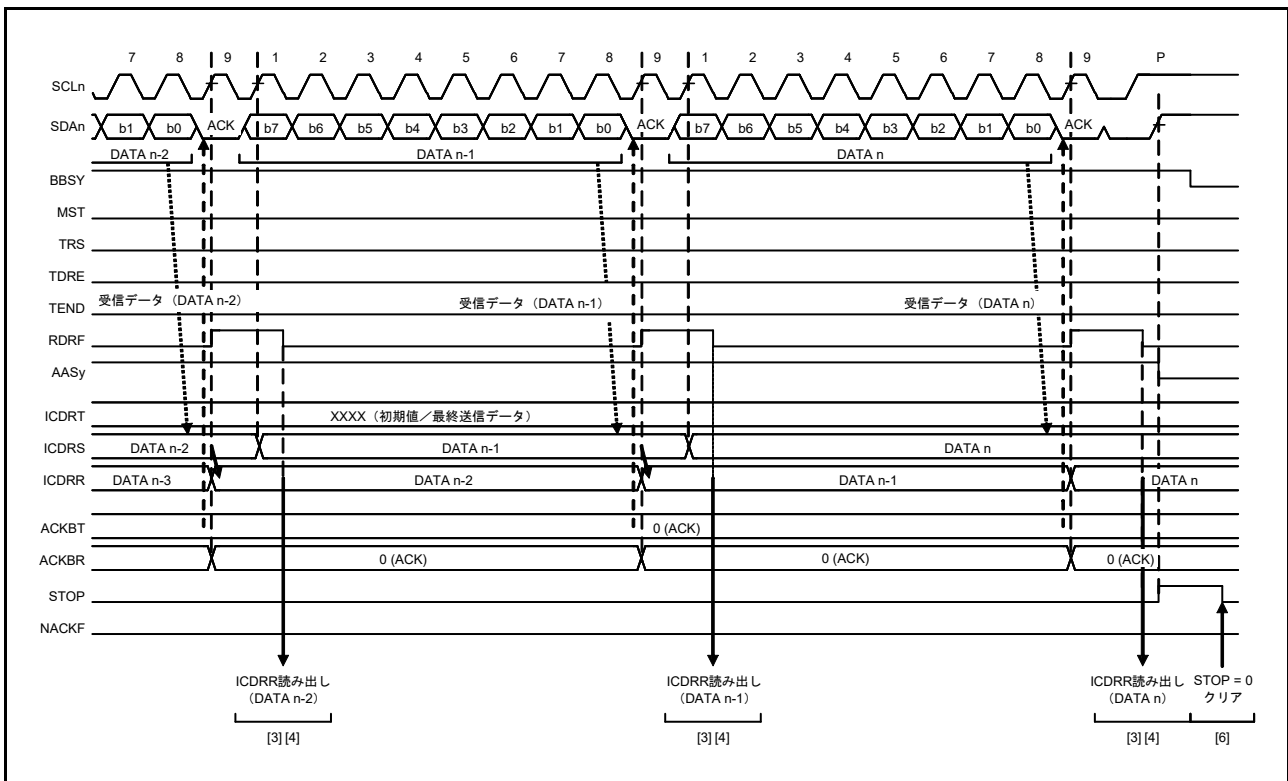


図 30.20 スレーブ受信の動作タイミング (2) (RDRFS = 0 の場合)

30.4 SCL 同期回路

SCL クロック生成では、IIC が SCLn ラインの立ち上がりを検出すると、ICBRH レジスタで設定した High 幅のカウントを開始し、カウントが終了すると SCLn ラインを Low にします。また、IIC が SCLn ラインの立ち下がりを検出すると、ICBRL レジスタで設定した Low 幅のカウントを開始し、カウントが終了すると SCLn ラインを開放します。IIC はこのプロセスを繰り返すことによって、SCL クロックを生成します。

I²C バスをマルチマスタで使用する場合、他のマスタデバイスとの競合により SCL 信号同士が衝突する場合があります。SCL 信号が衝突した場合、マスタデバイスは SCL 信号の同期化を行う必要があります。この SCL 信号の同期化はビットごとに行う必要があるため、IIC はマスタモード時に SCLn ラインを監視することで、ビットごとに SCL クロック信号の同期を取る SCL 同期回路を備えています。

IIC が SCLn ラインの立ち上がりを検出して、ICBRH レジスタで指定した High 幅のカウントを開始し、他のマスタデバイスが生成している SCL 信号によって SCLn ラインが Low になると、IIC は以下の処理を行います。

1. 立ち下がりを検出すると、カウントを停止します。
2. SCLn ラインを Low に変化させます。
3. ICBRL レジスタで指定した Low 幅のカウントを開始します。

Low 幅のカウントが終了すると、IIC は SCLn ラインの Low ホールドを停止します。他のマスタデバイスからの SCL クロック信号の Low 幅が、IIC 側で設定した Low 幅よりも長いと、SCL クロックの Low 幅が延長されます。他のマスタデバイスの Low 幅出力が終了すると、SCLn ラインの解放によって SCL クロックが立ち上がります。IIC が SCL クロックの Low 幅の出力を終了すると、SCLn ラインが解放され、SCL クロックが立ち上がります。すなわち、マルチマスタによる SCL 信号衝突時の SCL 信号の High 幅は、High 幅の短いクロックに同期化され、SCL 信号の Low 幅は、Low 幅の長いクロックに同期化されます。なお、この SCL 同期は、ICFER.SCLE ビットが 1 のときのみ有効です。

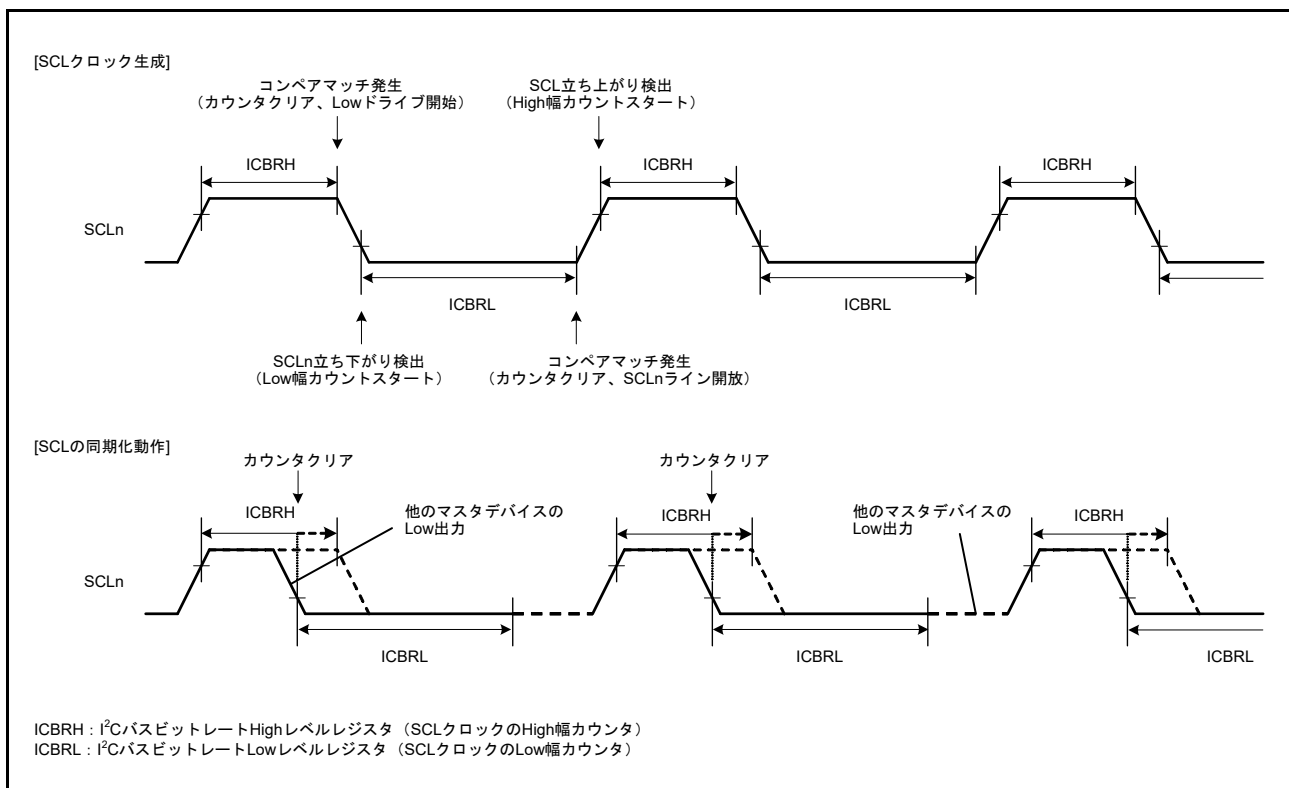


図 30.21 IIC の SCL クロック生成および SCL 同期化動作

30.5 SDA出力遅延機能

IICモジュールはSDA出力遅延機能を備えています。SDA出力遅延機能は、すべてのSDA出力タイミング（スタート/リスタート/ストップコンディションの発行、データ出力、ACK/NACK出力）を遅延させることができます。

この機能は、SCL信号の立ち下がり検出からSDA出力を遅延させ、SCLクロックがLowである期間中に確実にSDA信号が出力されるようにします。この方法により、SMBus仕様の最小データホールド時間（300ns）の要件を満たして、通信デバイスの誤動作を防止できるようになります。SDA出力遅延機能は、ICMR2.SDDL[2:0]ビットが000b以外のとき有効で、SDDL[2:0]ビットが000bのとき無効です。

SDA出力遅延機能が有効のとき、たとえばICMR2.DLCSビットは、IICモジュール用の内部基準クロック（IICΦ）とその2分周クロック（IICΦ/2）のどちらかをSDA出力遅延カウンタのクロックソースとして使用するかを選択します。カウンタは、ICMR2.SDDL[2:0]ビットに設定されたサイクル数をカウントします。遅延カウントに達すると、IICモジュールはSDAライン上で必要な出力（スタート/リスタート/ストップコンディション、データ、ACK/NACK信号）を行います。

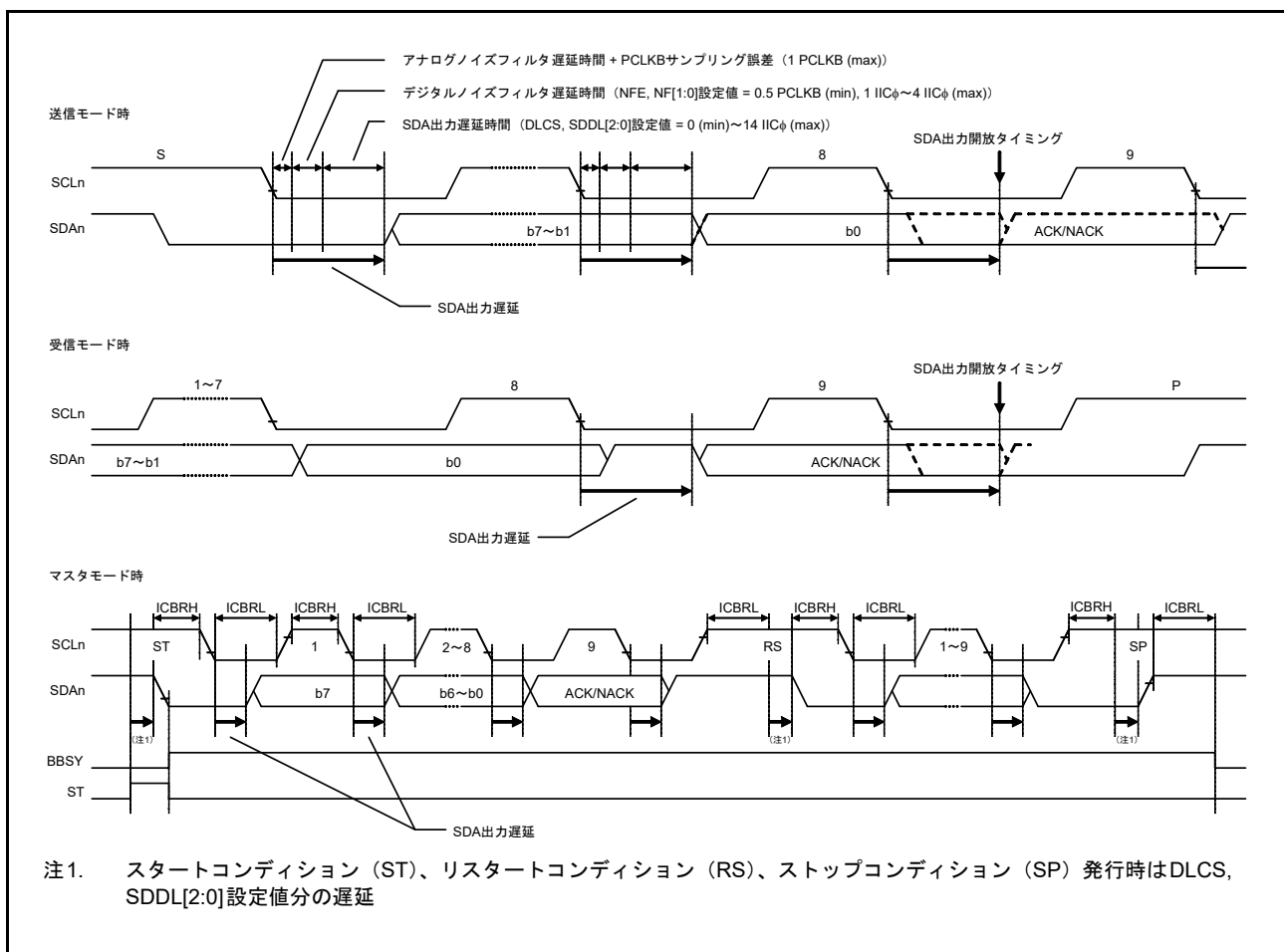


図 30.22 SDA出力遅延機能

30.6 デジタルノイズフィルタ回路

SCL_n 端子および SDA_n 端子の状態は、アナログノイズフィルタ回路とデジタルノイズフィルタ回路を通じて確認できます。図 30.23 に、デジタルノイズフィルタ回路のブロック図を示します。

IIC に内蔵されているデジタルノイズフィルタ回路は、4 段の直列に接続されたフリップフロップ回路と一致検出回路で構成されています。

デジタルノイズフィルタの有効段数は ICMR3.NF[1:0] ビットで選択します。ノイズ除去能力は選択した有効段数に応じて、1IIC_φ ~ 4IIC_φ サイクル分となります。

SCL_n 端子入力信号（または SDA_n 端子入力信号）は IIC_φ の立ち下がりでサンプリングされます。入力信号レベルが、ICMR3.NF[1:0] ビットで選択した有効なフリップフロップ回路段数の出力レベルと一致したとき、その信号レベルを後続の各段で確認できます。一致しない場合は前のレベルを保持します。

なお、内部動作クロック (PCLKB) と通信速度の比が小さい場合、たとえば PCLKB = 4MHz 時の 400kbps 通信では、デジタルノイズフィルタは有効信号をノイズとして処理する可能性があります。そのような場合は、ICFER.NFE ビットを 0 にすることでデジタルノイズフィルタ回路を無効にし、アナログノイズフィルタ回路のみを使用することが可能です。

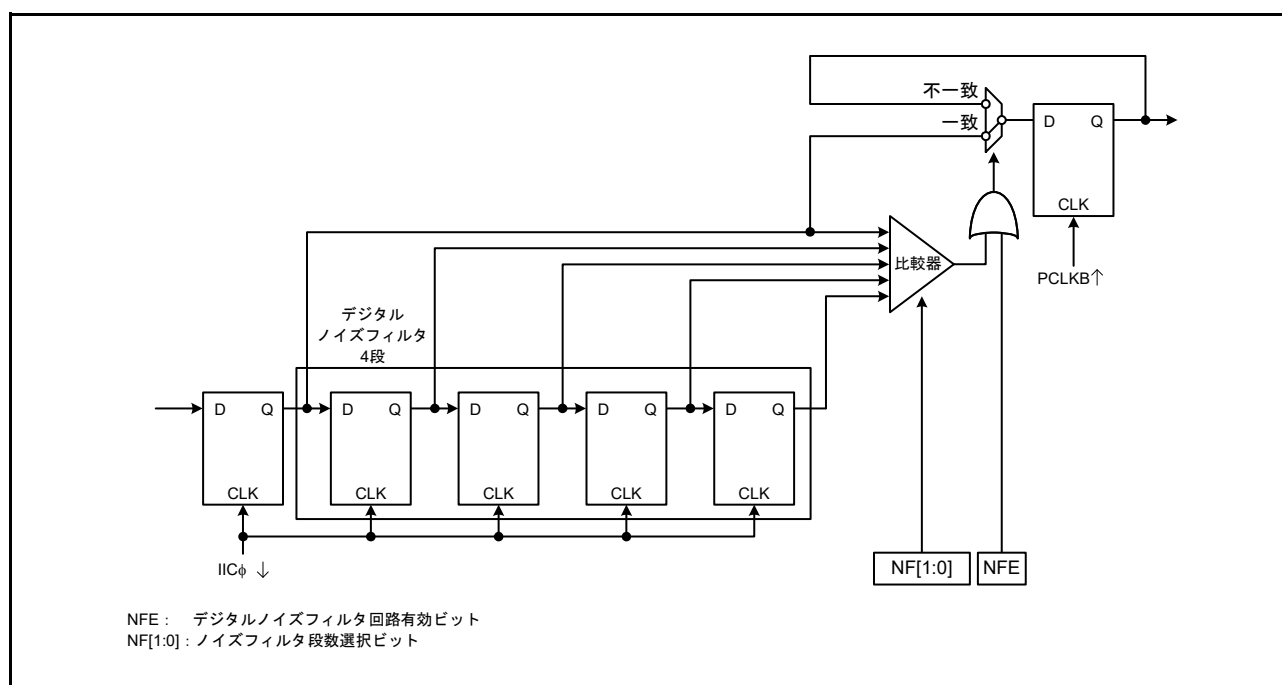


図 30.23 デジタルノイズフィルタ回路のブロック図

30.7 アドレス一致検出機能

IICは、ジェネラルコールアドレス、ホストアドレスの他に、3種類の固有のスレーブアドレスの設定が可能です。またスレーブアドレスには、7ビットアドレスまたは10ビットアドレスを設定できます。

30.7.1 スレーブアドレス一致検出機能

IICは3種類の固有のスレーブアドレスの設定が可能であり、それぞれに対してスレーブアドレス検出機能を備えています。ICSER.SARyEビット (y=0~2) が1のとき、SARUyおよびSARLyレジスタ (y=0~2) に設定されたスレーブアドレスを検出できます。

IICが設定されたスレーブアドレス一致を検出すると、対応するICSR1.AASyフラグ (y=0~2) がSCLクロックの9クロック目の立ち上がりで1になり、続くR/W#ビットによりICSR2.RDRFフラグまたはICSR2.TDREフラグが1になります。これによって、受信データフル割り込み (IICn_RXI) または送信データエンプティ割り込み (IICn_TXI) を発生させることができます。どのスレーブアドレスが指定されたかはAASyフラグで識別できます。

図 30.24 ~ 図 30.26 に、AASyフラグが1になるタイミングを3つのケースで示します。

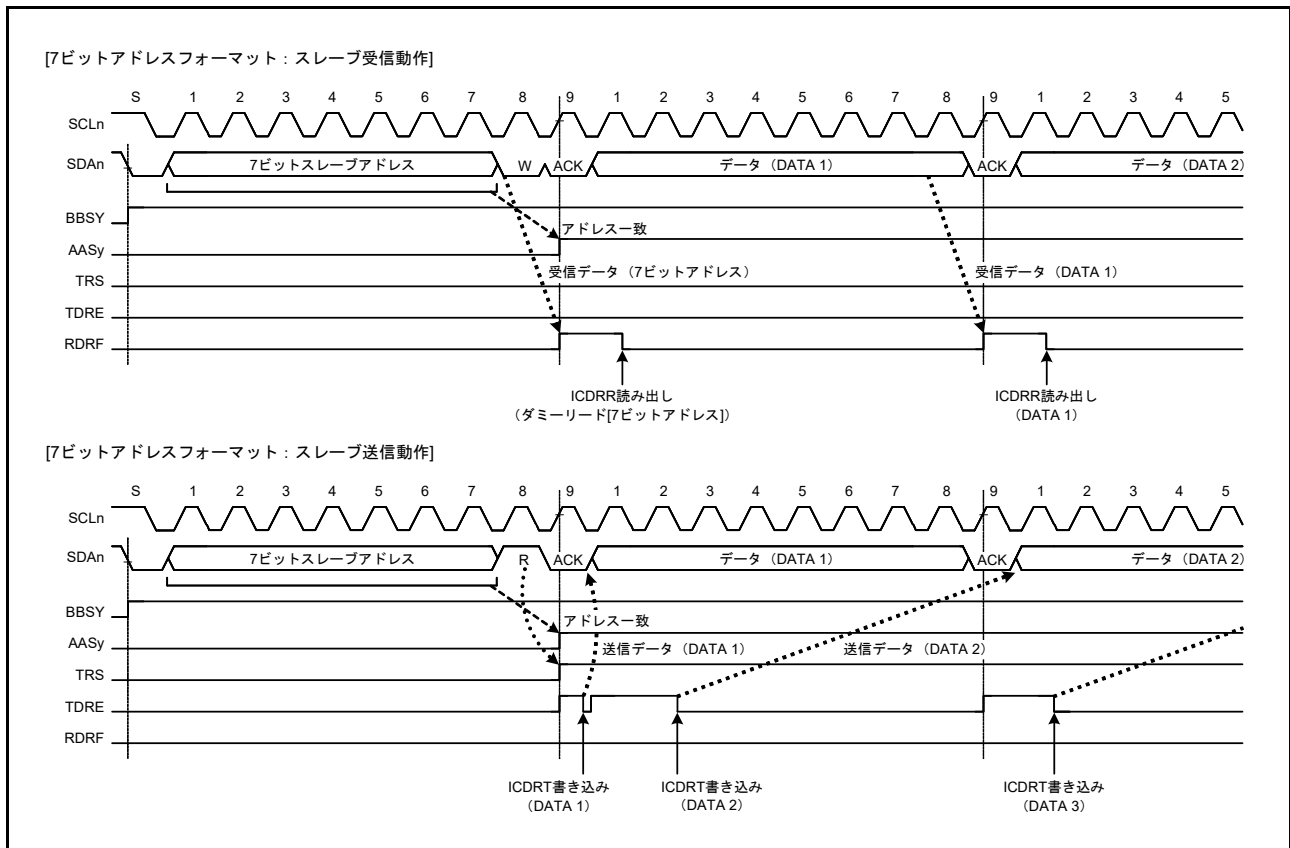


図 30.24 AASyフラグが1になるタイミング (7ビットアドレスフォーマット選択時)

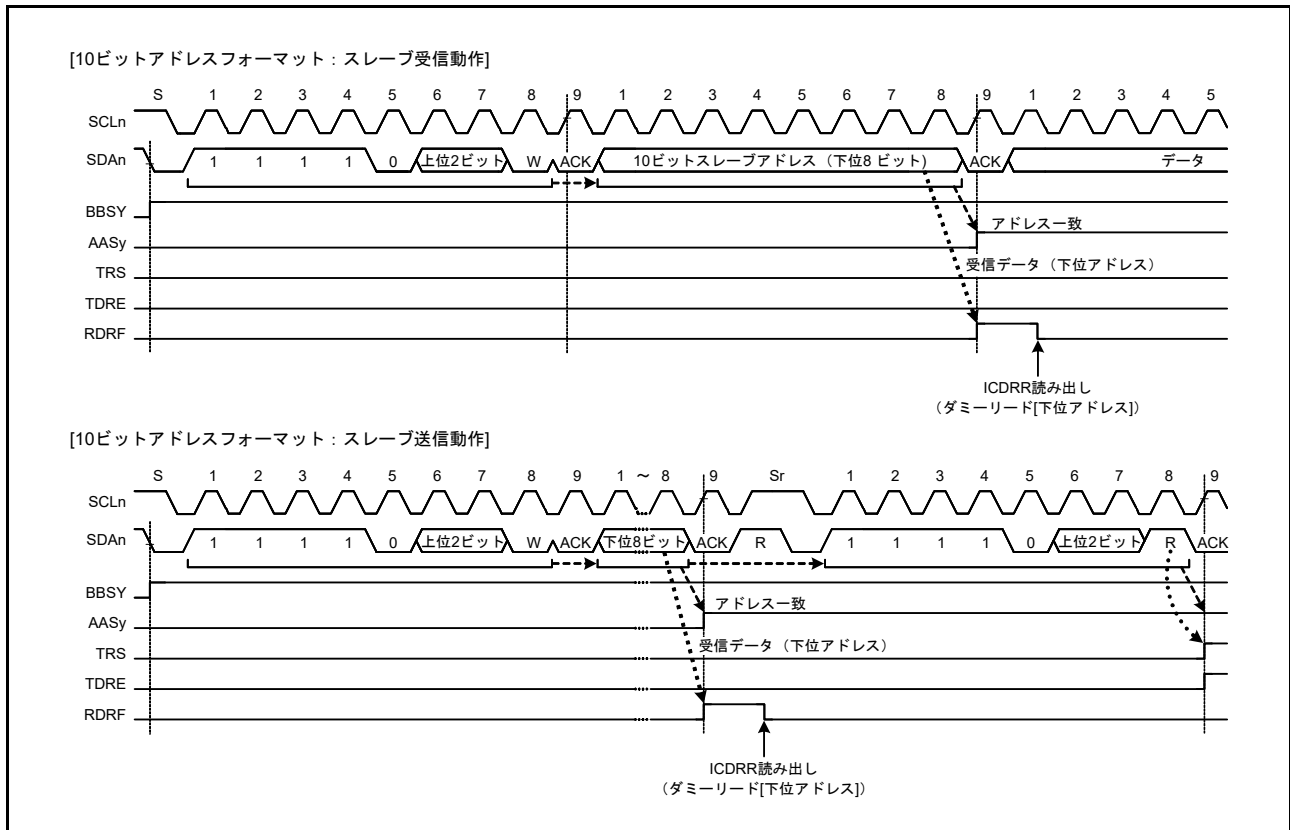


図 30.25 AASy フラグが 1 になるタイミング (10 ビットアドレスフォーマット選択時)

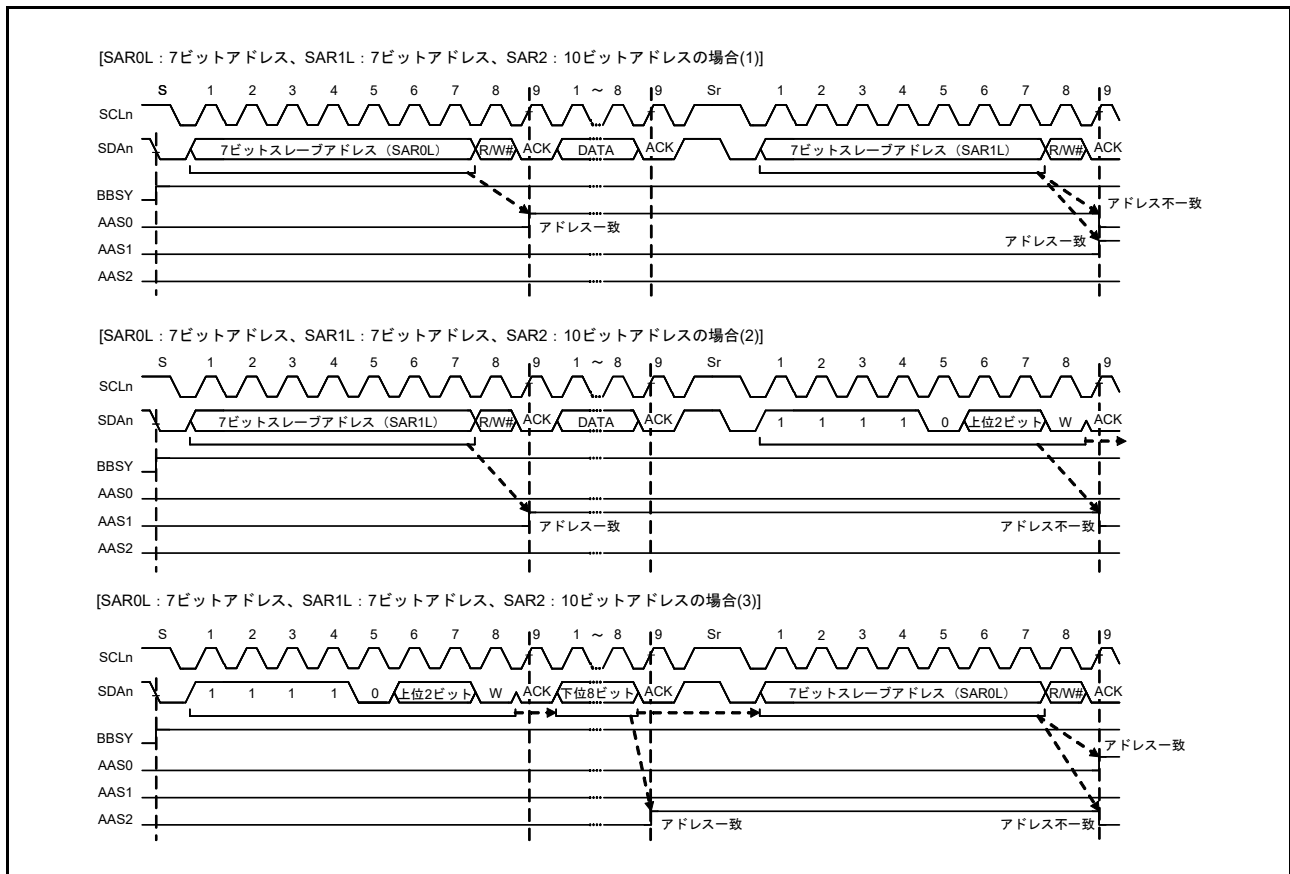


図 30.26 AASy フラグが 1 または 0 になるタイミング (7 ビット / 10 ビットアドレスフォーマット混在)

30.7.2 ジェネラルコールアドレス検出機能

IICは、ジェネラルコールアドレス (0000 000b + 0[W]) の検出機能を備えています。ジェネラルコールアドレス検出機能は、ICSER.GCAE ビットを1にすることで有効になります。

スタートコンディションまたはリスタートコンディション発行後に受信したアドレスが 0000 000b + 1[R] (開始バイト) の場合、IICはスレーブアドレスの内容はすべて0であるとみなし、ジェネラルコールアドレスとは認識しません。

IICがジェネラルコールアドレスを検出すると、SCLクロックの9クロック目の立ち上がりでICSR1.GCAフラグとICSR2.RDRFフラグが1になります。これによって、受信データフル割り込み (IICn_RXI) が発生します。GCAフラグを確認することで、ジェネラルコールアドレスが送信されたかどうかを確認できます。

なお、ジェネラルコールアドレス検出後の動作は、通常のスレーブ受信動作と同じです。

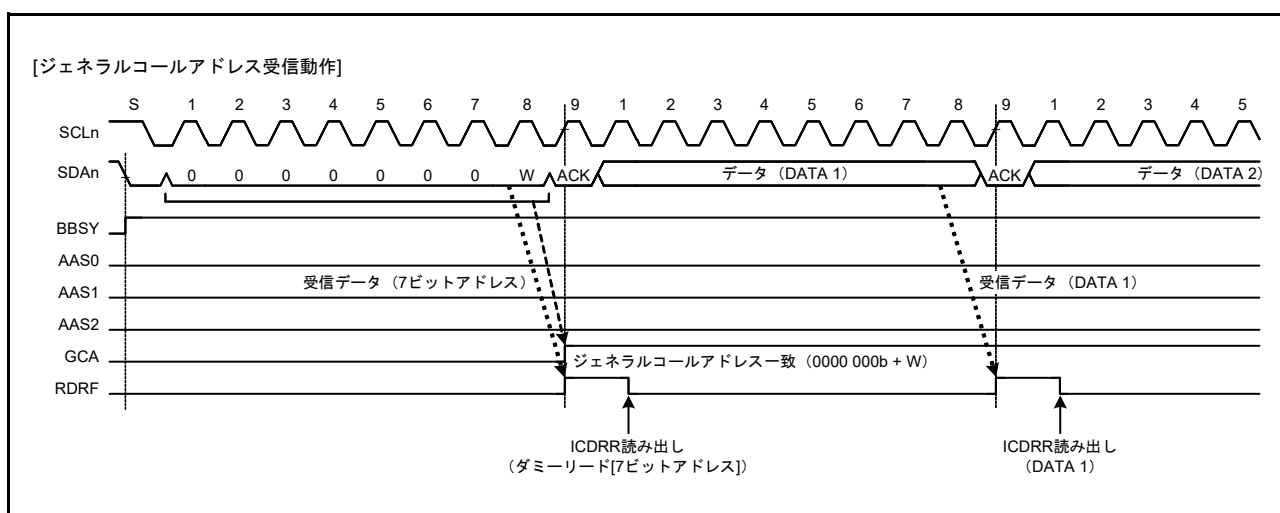


図 30.27 ジェネラルコールアドレス受信時に GCA フラグが1になるタイミング

30.7.3 デバイス ID アドレス検出機能

IICモジュールは、I²Cバス仕様 (リビジョン 03) に準拠したデバイス ID アドレスの検出機能を備えています。ICSER.DIDE ビットを1にした状態で、スタートコンディションまたはリスタートコンディション発行後の1バイト目に 1111 100bを受信すると、IICはこのアドレスをデバイス ID アドレスと認識し、続く R/W# ビットが0の場合、SCLクロックの8クロック目の立ち上がりでICSR1.DIDフラグを1にした後、2バイト目以降と自スレーブアドレスを比較します。この2バイト目以降のアドレスがスレーブアドレスレジスタの値と一致した場合、IICは対応するICSR1.AASyフラグ (y=0~2) を1にします。

スタートコンディションまたはリスタートコンディション発行後に受信した1バイト目が再びデバイス ID アドレス (1111 100b) と一致し、続く R/W# ビットが1の場合、IICは続く2バイト目以降のアドレス比較を行わず、ICSR2.TDREフラグを1にします。

デバイス ID アドレス検出機能では、IICスレーブアドレスと一致しなかった場合、あるいはIICスレーブアドレスが一致し、リスタートコンディションの検出時にデバイス ID アドレスと一致しなかった場合、IICはDIDフラグを0にします。スタートコンディションまたはリスタートコンディション検出後の1バイト目がデバイス ID アドレス (1111 100b) と一致し、かつ R/W# ビットが0の場合は、IICはDIDフラグを1にして、続く2バイト目以降をIICのスレーブアドレスと比較します。R/W# ビットが1の場合、DIDフラグは前値の状態を継続し、IICは2バイト目以降の比較を行いません。したがって、TDRE=1の確認後、DIDフラグを読むことで、デバイス ID アドレスを受信したことを確認することが可能です。

なお、一連のデバイス ID フィールド受信後にホストに送信するデバイス ID フィールドとして、必要な情報 (3バイトデータ: メーカー情報 [12ビット]+部品識別 [9ビット]+リビジョン [3ビット]) を、通常の送信データとして準備しておいてください。デバイス ID フィールドに含める必要のある情報については、NXP社にお問い合わせください。

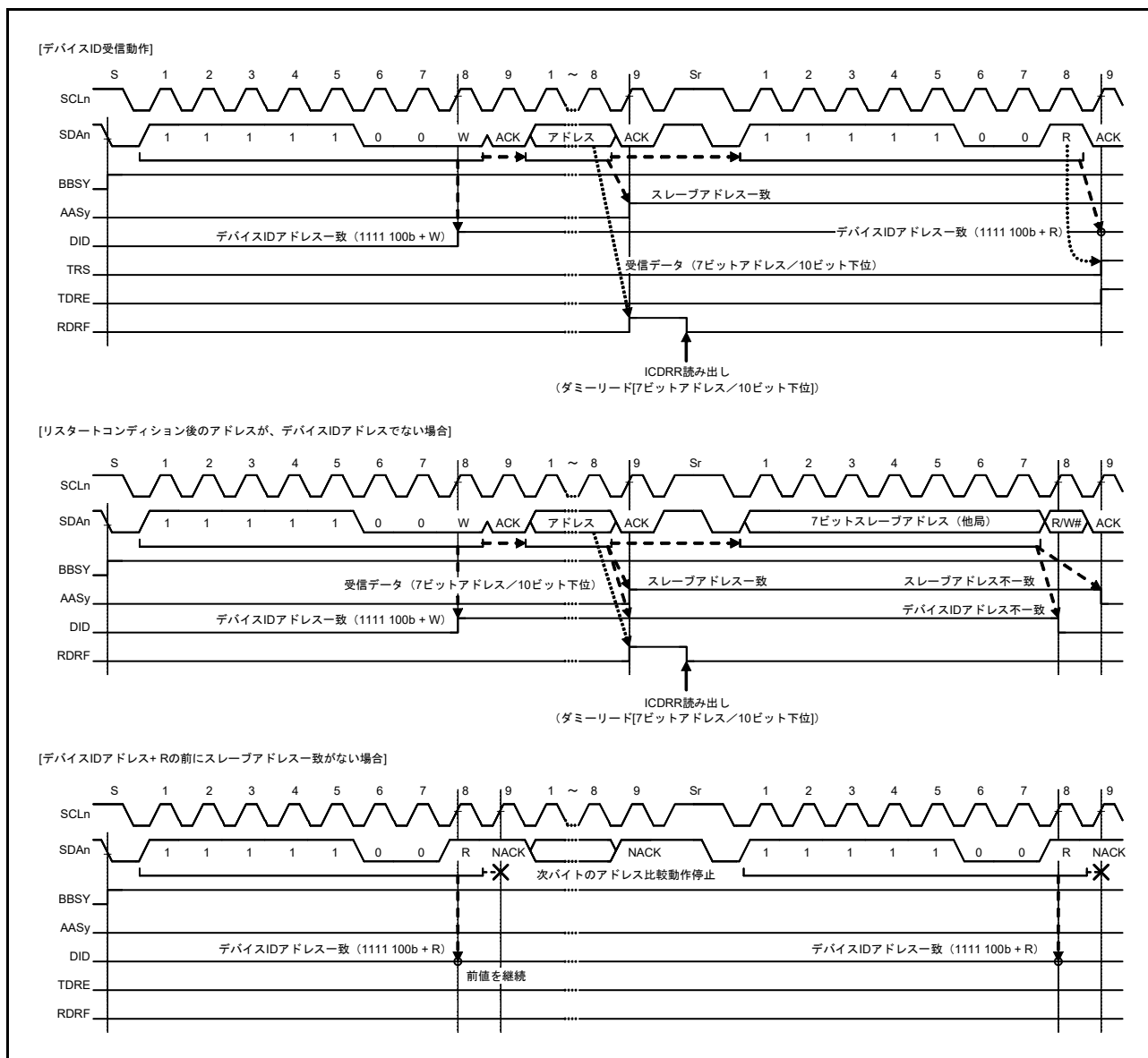


図 30.28 デバイス ID 受信時の AASy、DID フラグのセット/クリアタイミング

30.7.4 ホストアドレス検出機能

IICは、SMBusモード動作時、ホストアドレスの検出が可能です。ICMR3.SMBSビットが1のときICSER.HOAEビットを1にすると、スレーブ受信モード (ICCR2.MST、ICCR2.TRSビット=00b) 時に、ホストアドレス (0001 000b) の検出が可能です。

IICがホストアドレスを検出すると、SCLクロックの9クロック目の立ち上がりでICSR1.HOAフラグが1になります。同時に、R/W#ビットが0のとき、ICSR2.RDRFフラグが1になります。これによって、受信データフル割り込み (IICn_RXI) が発生します。HOAフラグは、ホストアドレスが検出されたことを示します。

なお、ホストアドレス (0001 000b) に続くビットが読み出しビット (R/W#ビット=1) の場合にも、ホストアドレスの検出が可能です。ホストアドレス検出後のIICの動作は、通常のスレーブ動作と同じです。

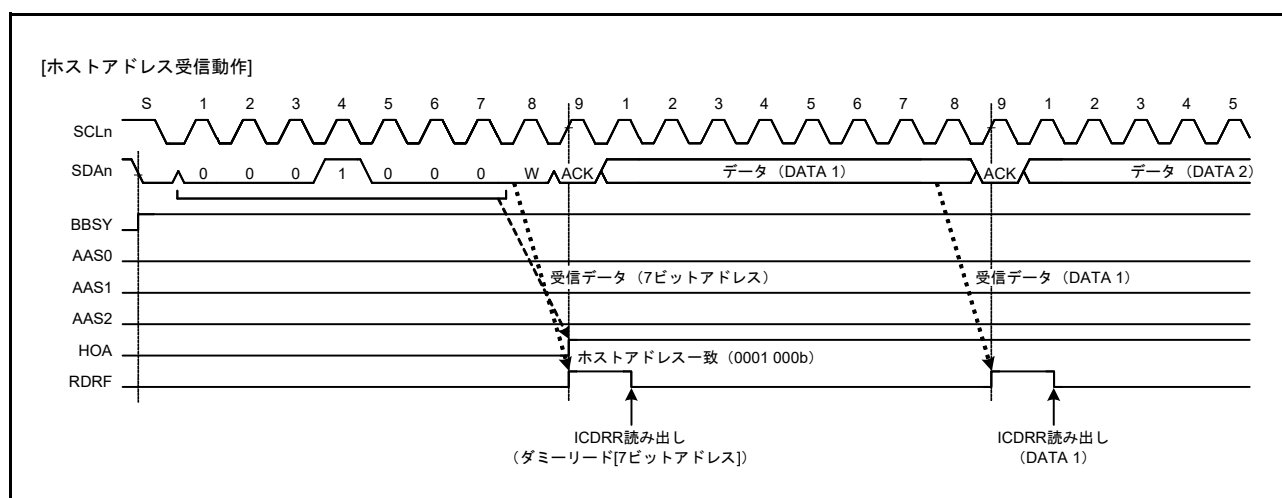


図 30.29 ホストアドレス受信時に HOA フラグが 1 になるタイミング

30.8 ウェイクアップ機能

IICは、MCUをソフトウェアスタンバイモードから通常動作に遷移させるウェイクアップ機能を備えています。ウェイクアップ機能は、システムクロック停止時にデータの受信を許可し、受信データのスレーブアドレスが一致した場合にウェイクアップ割り込み信号を生成します。このウェイクアップ割り込み信号により、MCUは通常動作に遷移します。

ウェイクアップ機能には、下記の4つの動作モードがあります。

- ノーマルウェイクアップモード1
- ノーマルウェイクアップモード2
- コマンドリカバリモード
- EEP 応答モード

表 30.9 に各モードの動作を示します。

表 30.9 ウェイクアップ動作モード

| 動作モード | ACK応答タイミング | ウェイクアップ前のACK応答 | ウェイクアップ時のSCL状態 |
|-----------------|------------|---------------------------------|----------------|
| ノーマルウェイクアップモード1 | ウェイクアップ前 | ACK | Lowに固定 |
| ノーマルウェイクアップモード2 | ウェイクアップ後 | ウェイクアップ前：応答なし ウェイクアップ後：ACK応答 | Lowに固定 |
| コマンドリカバリモード | ウェイクアップ前 | ACK | 解放 |
| EEP 応答モード | ウェイクアップ前 | NACK | 解放 |

ウェイクアップ機能使用時の注意事項

- ウェイクアップ割り込みによってソフトウェアスタンバイモードから通常動作へ遷移させた後、ウェイクアップ機能を無効 (WUE = 0) にしてください
- WUF が 0 の場合は、ウェイクアップ割り込みによってシステムクロックが回復しても、IICレジスタの内容を変更しないでください。WUF が 1 であることを確認してから、レジスタ設定を行ってください
- ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に、WUE および WUIE ビットを 1 に、MST および TRS ビットを 0 (スレーブ受信モード) にしてください
- BBSY が 1 の場合は、ソフトウェアスタンバイモードへの遷移を行わないでください
- ウェイクアップ機能は、スレーブアドレスレジスタ SARL0 の 7 ビットスレーブアドレス、ジェネラルコールアドレス、およびホストアドレスをサポートしています。10 ビットスレーブアドレス、SARL1、SARL2 はサポートしていません
- ウェイクアップ機能を有効にする場合、ICIERレジスタのTIE、TEIE、RIE、NAKIE、SPIE、STIE、ALIE、およびTMOIEの各ビットで選択可能な割り込みは禁止してください
- ウェイクアップ機能が有効のときは、タイムアウト機能を使用しないでください
- ウェイクアップ割り込み以外の割り込み (たとえば IRQn) で、ソフトウェアスタンバイモードからの遷移がトリガされると、WUF フラグは 1 になりません

30.8.1 ノーマルウェイクアップモード 1

以下では、ノーマルウェイクアップモード 1 の動作、タイミング、および動作例について説明します。

ノーマルウェイクアップモード 1 では、スレーブアドレスの一致によってトリガされたウェイクアップ割り込みにより、以下のような通常動作への遷移が行われます。

ウェイクアップ前：IIC の自スレーブアドレスとともに受信したデータに対して ACK を送信する。

ウェイクアップ中：SCL の 9 クロック目で ACK 応答を行ってから、SCL の Low ホールドを行う。(注 1)

ウェイクアップ後：通常動作が継続する。

スレーブアドレスが不一致の場合、SCL の 9 クロック目の後に SCL ラインの Low ホールドは行われず、スレーブ動作が継続します。

図 30.30 に動作例を、図 30.32 に詳細なタイミングを示します。

注 1. ウェイクアップ中の 9 クロック目と 1 クロック目の間では、WAIT = 1 は無効です。

ウェイクアップ割り込み以外の割り込み（たとえば IRQn）でソフトウェアスタンバイモードからの遷移がトリガされると、WUF フラグは 1 になりません。図 30.31 に、動作例を示します。

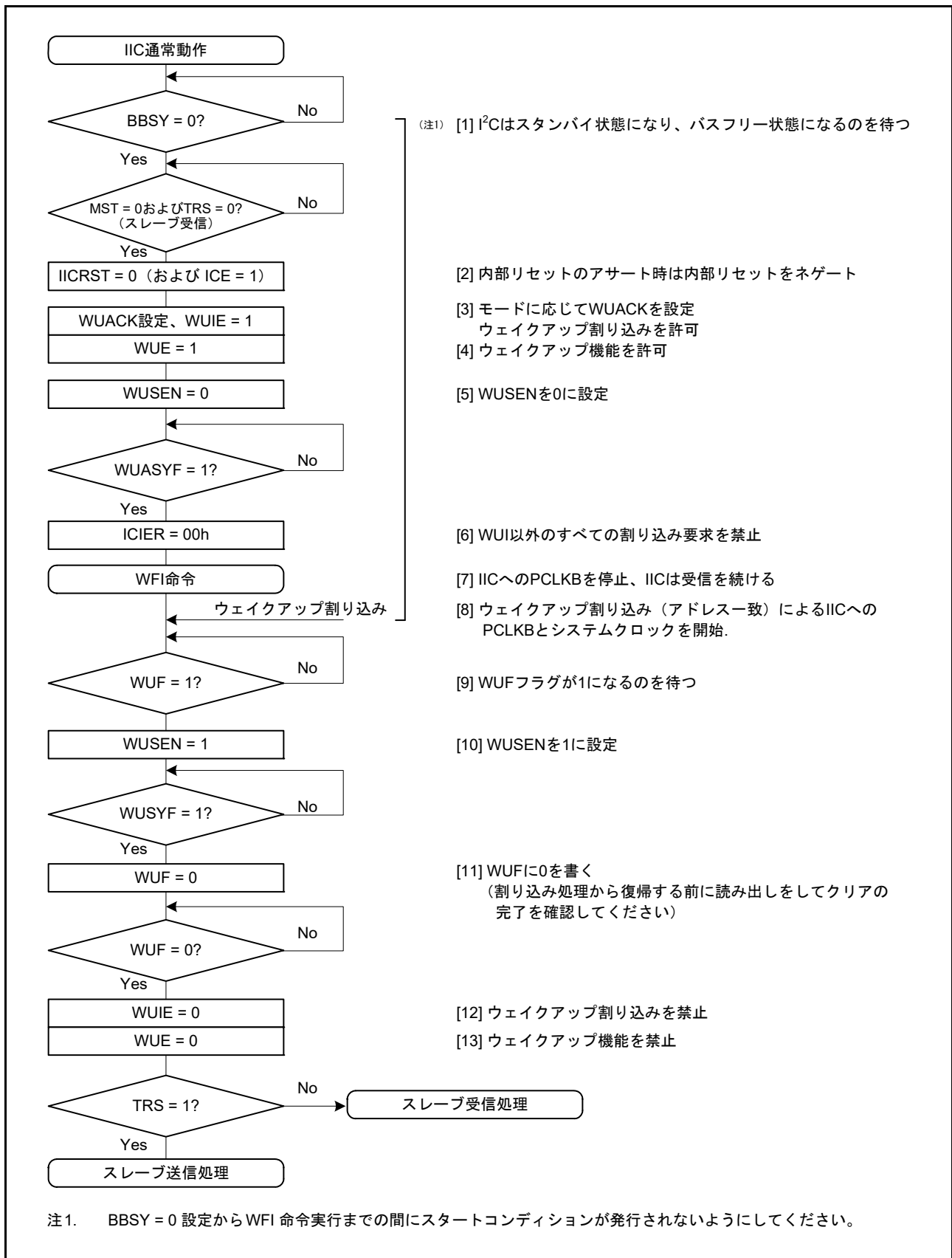


図 30.30 ノーマルウェイクアップモード1の動作例（スレーブアドレス一致時のウェイクアップ割り込みによるウェイクアップの場合）

注. ウェイクアップ機能使用時の注意事項を参照してください。

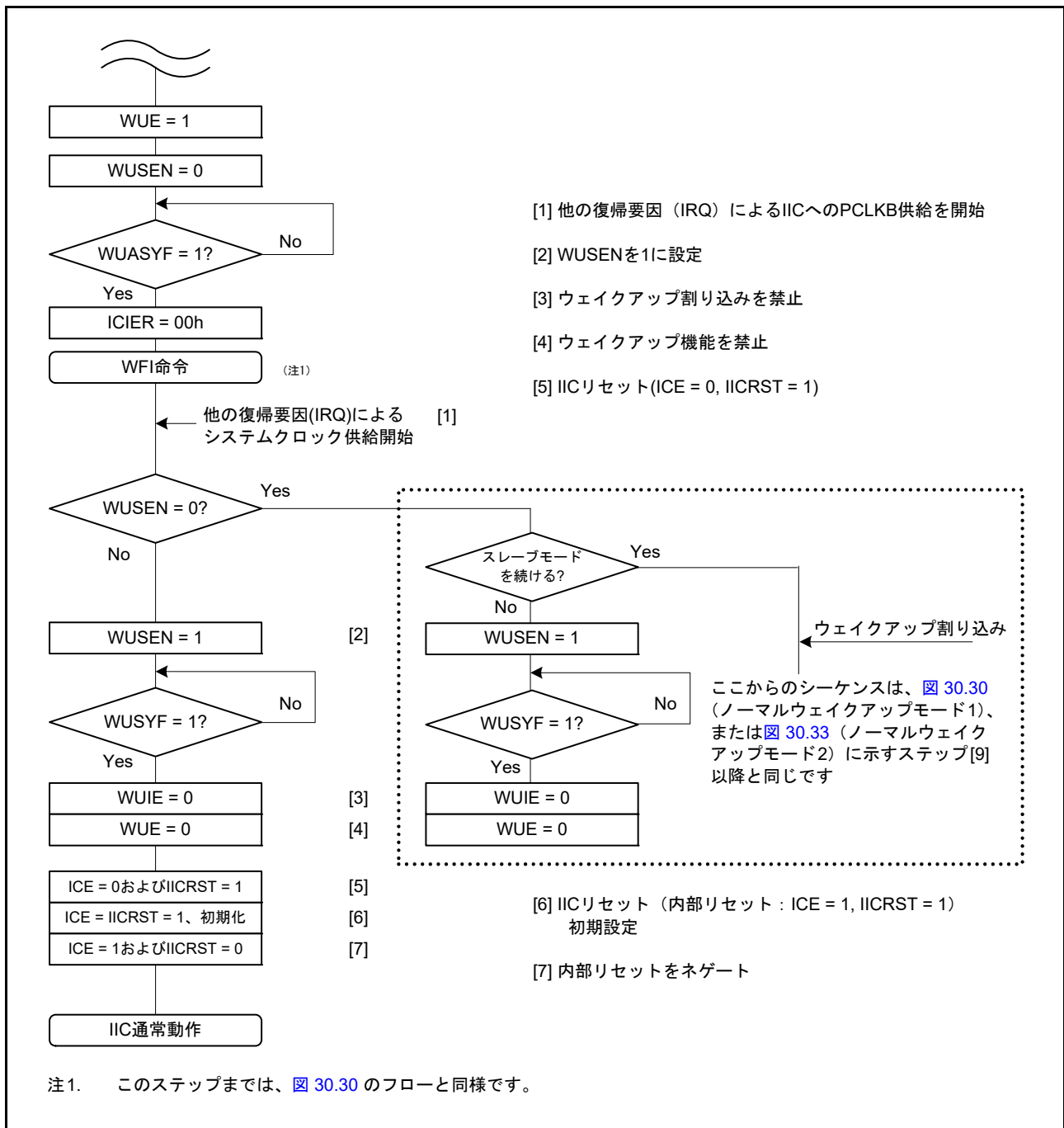


図 30.31 ノーマルウェイクアップモード1および2の動作例 (IIC ウェイクアップ割り込み以外の割り込み (たとえば IRQn) によるウェイクアップの場合)

注. IIC の初期設定の詳細は、30.3.2 初期設定を参照してください。

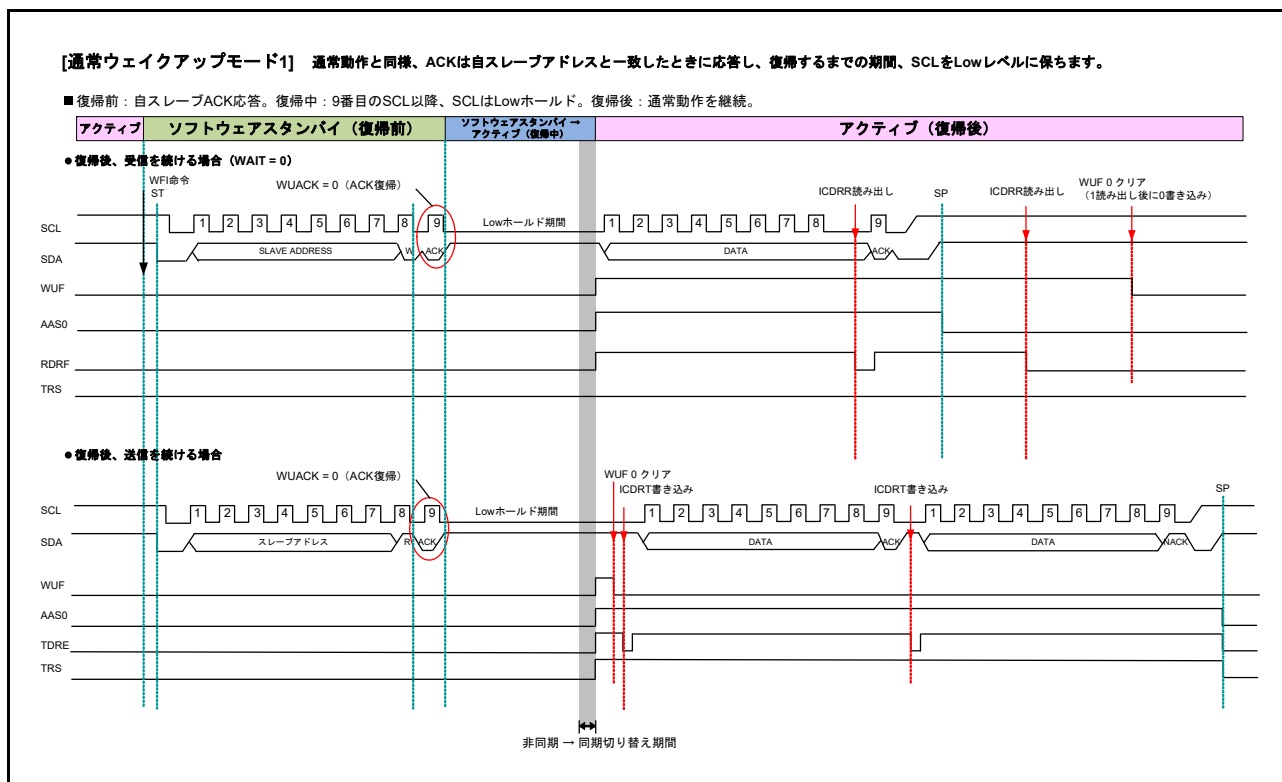


図 30.32 ノーマルウェイクアップモード1のタイミング

30.8.2 ノーマルウェイクアップモード2

以下では、ノーマルウェイクアップモード2の動作、タイミング、および動作例について説明します。

ノーマルウェイクアップモード2では、スレーブアドレスの一致によってトリガされたウェイクアップ割り込みにより、以下のような通常動作への遷移が行われます。

ウェイクアップ前：自スレーブアドレスとともに受信したデータに対してSCLの8クロック目の終わりまで応答しない。

ウェイクアップ中：8クロック目と9クロック目にSCLラインのLowホールドを行う。

ウェイクアップ後：SCLの9クロック目でACKを返し、通常動作を継続する。

スレーブアドレスが不一致の場合、SCLの8クロック目の後にSCLラインのLowホールドは行われず、スレーブ動作が継続します。

ノーマルウェイクアップモード2の動作例については、[図 30.33](#)を参照してください。[図 30.34](#)に、詳細なタイミングを示します。

ウェイクアップ割り込み以外の割り込み（たとえばIRQ）で、ソフトウェアスタンバイモードからの遷移がトリガされると、WUFフラグは1になりません。[図 30.31](#)に示す動作例に従ってください。

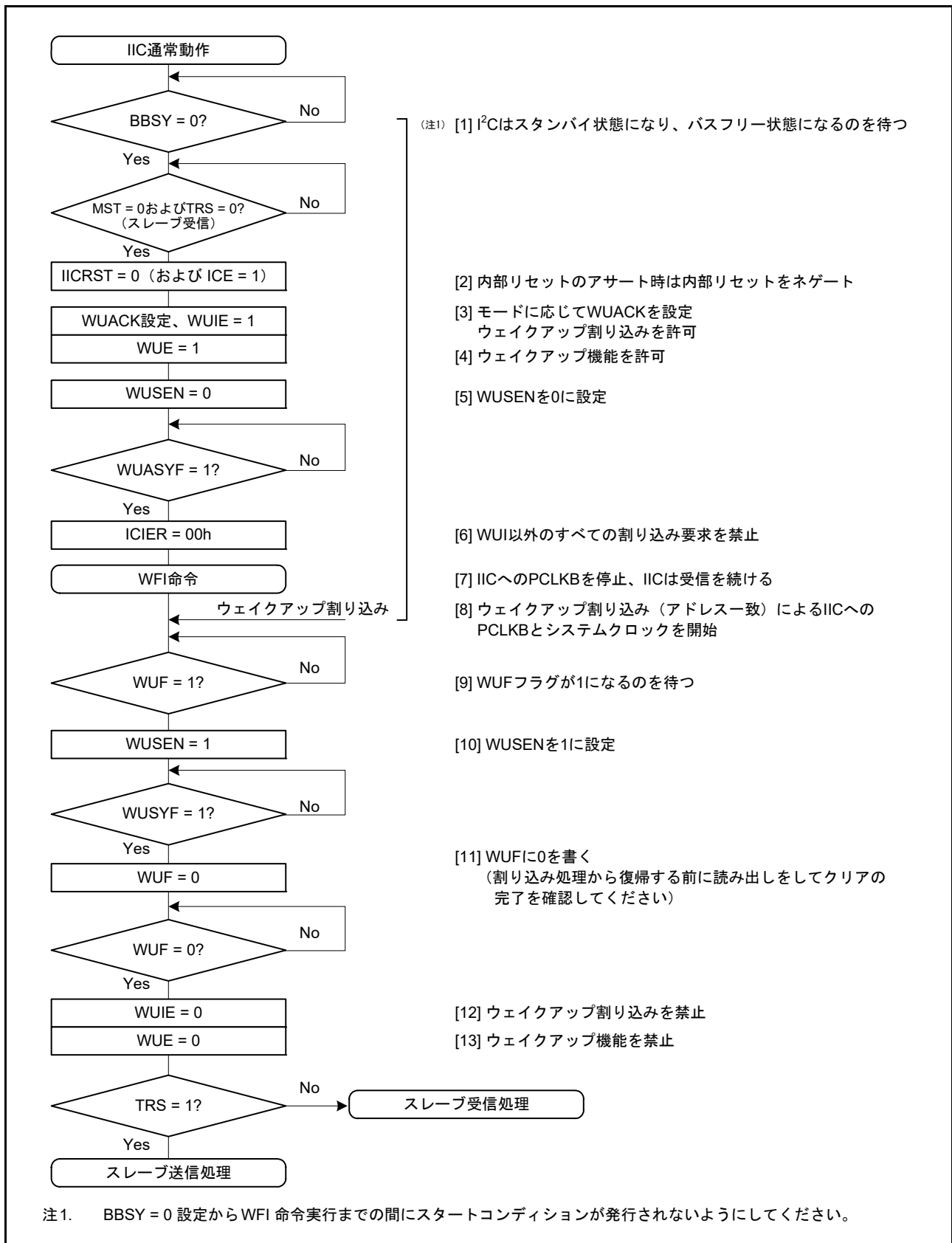


図 30.33 ノーマルウェイクアップモード2の動作例（スレーブアドレス一致時のウェイクアップ割り込みによるウェイクアップの場合）

注. ウェイクアップ機能使用時の注意事項を参照してください。

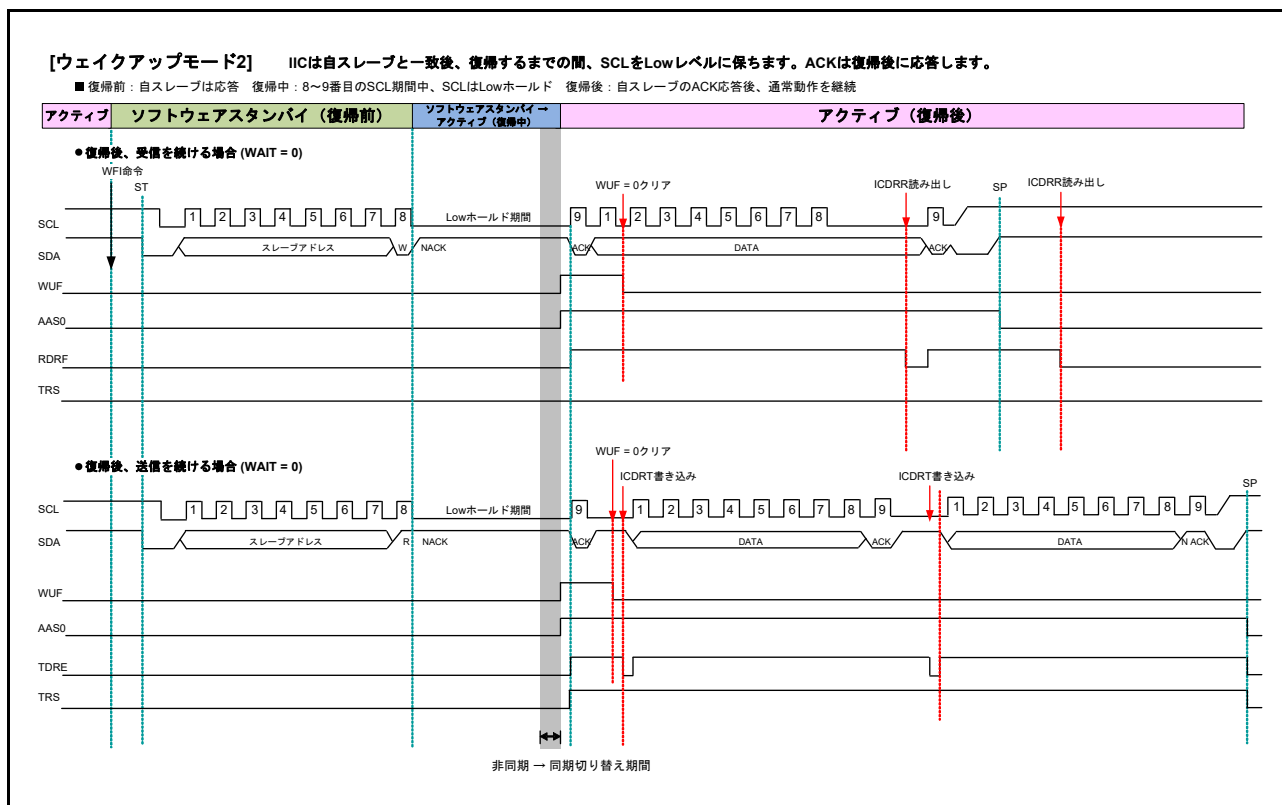


図 30.34 ノーマルウェイクアップモード2のタイミング

30.8.3 コマンドリカバリモード／EEP 応答モード (特殊ウェイクアップモード)

コマンドリカバリモードとEEP 応答モードでは、ウェイクアップ期間中 (SCL の9クロック目の立ち上がり後) に SCL ラインの Low ホールドは行われません。したがって、他の IIC デバイスはこの期間に I²C バスを利用できません。

以下では、コマンドリカバリモードとEEP 応答モードの動作、タイミング、および動作例について説明します。

スレーブアドレスの一致によってトリガされたウェイクアップ割り込みにより、以下のように通常動作への遷移が行われます。

ウェイクアップ前：IIC は自スレーブアドレスとともに受信したデータに対して、ACK (コマンドリカバリモードの場合) または NACK (EEP 応答モードの場合) を返す。

ウェイクアップ中：SCL ラインの Low ホールドを行わない。

ウェイクアップ後：IIC の初期化後、通常動作を継続する。

スレーブアドレスが不一致の場合、スレーブ動作が継続します。

コマンドリカバリモードとEEP 応答モードの動作例については、[図 30.35](#) を参照してください。[図 30.37](#) に、詳細なタイミングを示します。

注． ウェイクアップ中に SCL ラインの Low ホールドは行われないので、スレーブアドレスの後続データは送受信できません。

注． コマンドリカバリモードとEEP 応答モードは、内部リセット (ICE = IICRST = 1) 状態です。したがって、スレーブアドレスが一致しても、ICSR1 レジスタのフラグ (HOA、GCA、AAS0、AAS1、AAS2) は設定されません。

ウェイクアップ割り込み以外の割り込み (たとえば IRQn) で、ソフトウェアスタンバイモードからの遷移がトリガされると、WUF フラグは 1 になりません。[図 30.36](#) に示す動作例に従ってください。

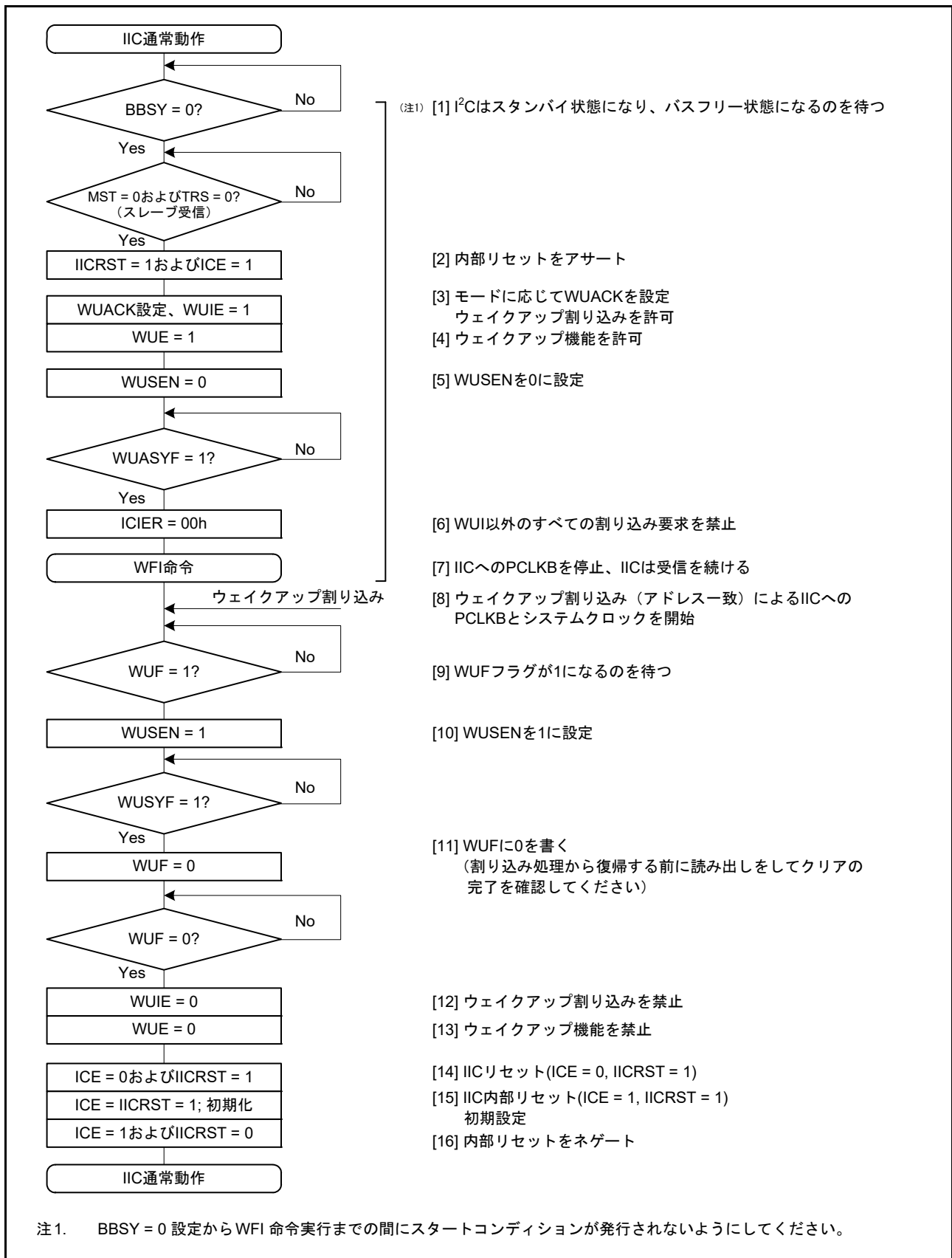


図 30.35 コマンドリカバリモードとEEP応答モードの動作例（スレーブアドレス一致時のウェイクアップ割り込みによるウェイクアップの場合）

注. ウェイクアップ機能使用時の注意事項を参照してください。

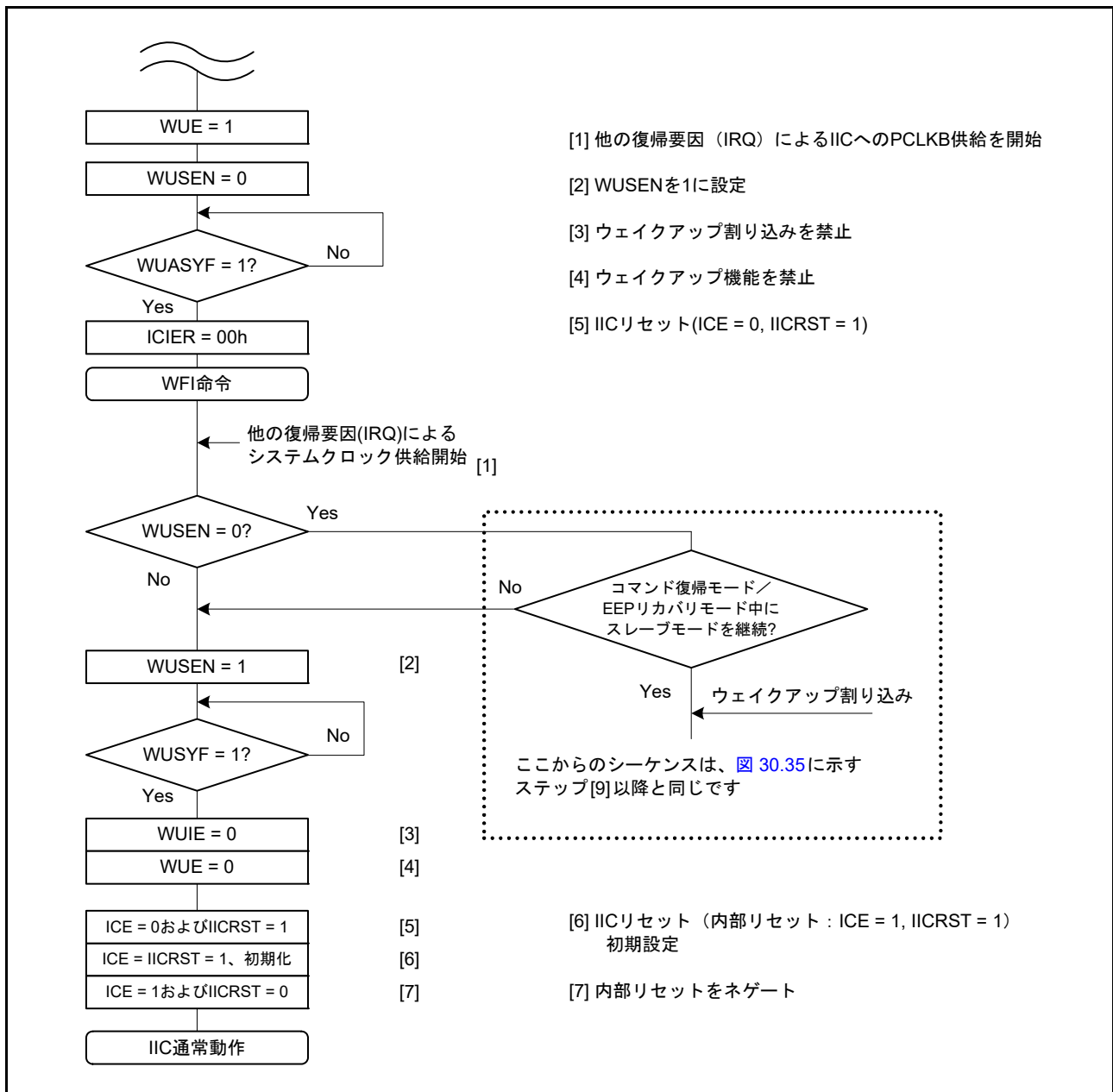


図 30.36 コマンドリカバリモードとEEP 応答モードの動作例 (IIC ウェイクアップ割り込み以外の割り込み (たとえば IRQn) によるウェイクアップの場合)

注 . IIC の初期設定の詳細は、30.3.2 初期設定を参照してください。

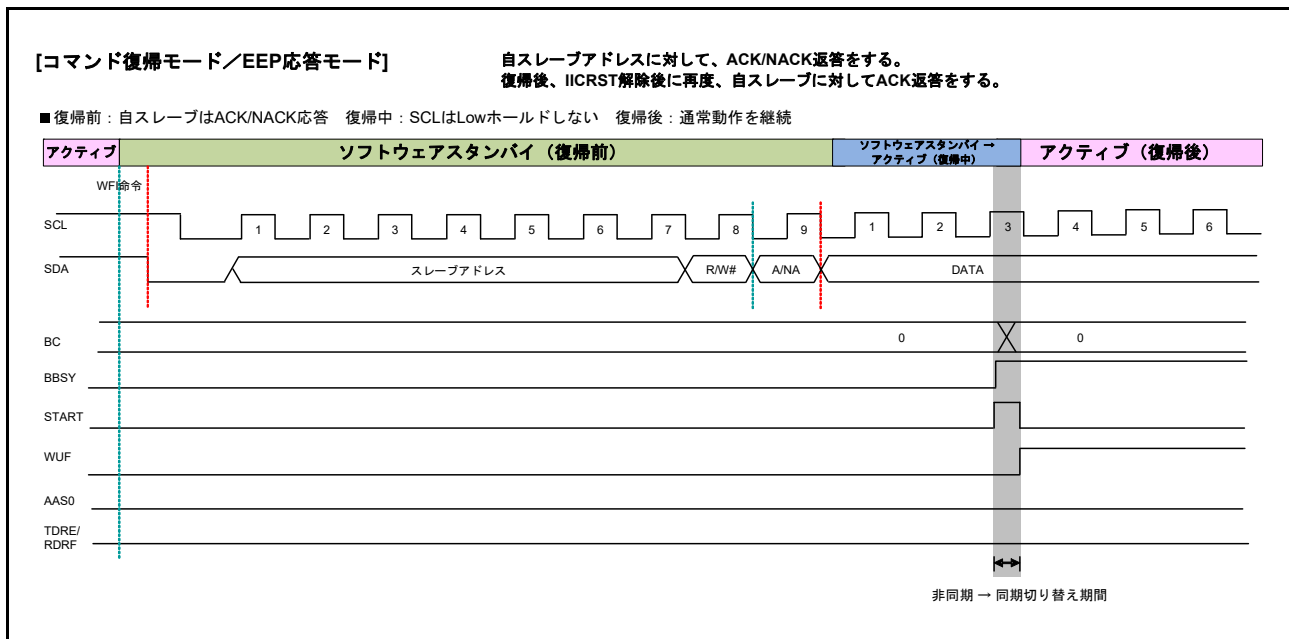


図 30.37 コマンドリカバリモードおよびEEP 応答モードのタイミング

30.8.4 WFI 命令の実行に関する注意事項

図 30.30、図 30.33、図 30.35 に示すウェイクアップ機能の例では、BBSY = 0 を設定してから WFI 命令を実行するまでの間は、スタートコンディションを発行しないようにしてください。

この間にスタートコンディションを発行すると、先頭データブロックの 1 バイト目の受信後に NACK が返されます。その後、スタートコンディションまたはリスタートコンディションの検出によって、ウェイクアップ機能が有効になります。

30.9 SCLの自動Lowホールド機能

30.9.1 送信データの誤送信防止機能

IICが送信モード時 (ICCR2.TRS ビット = 1)、I²Cバス送信レジスタ (ICDRT) にデータが書かれていない場合で、I²Cバスシフトレジスタ (ICDRS) が空の場合、以下に示す区間、自動的にSCLnラインのLowホールドを行います。このLowホールドは、送信データの書き込みが行われるまでの期間Low区間を延長し、意図しない送信データの誤送信を防止します。

マスタ送信モード：

- スタートコンディション/リスタートコンディション発行後のLow区間
- 9クロック目と1クロック目の間のLow区間

スレーブ送信モード：

- 9クロック目と1クロック目の間のLow区間

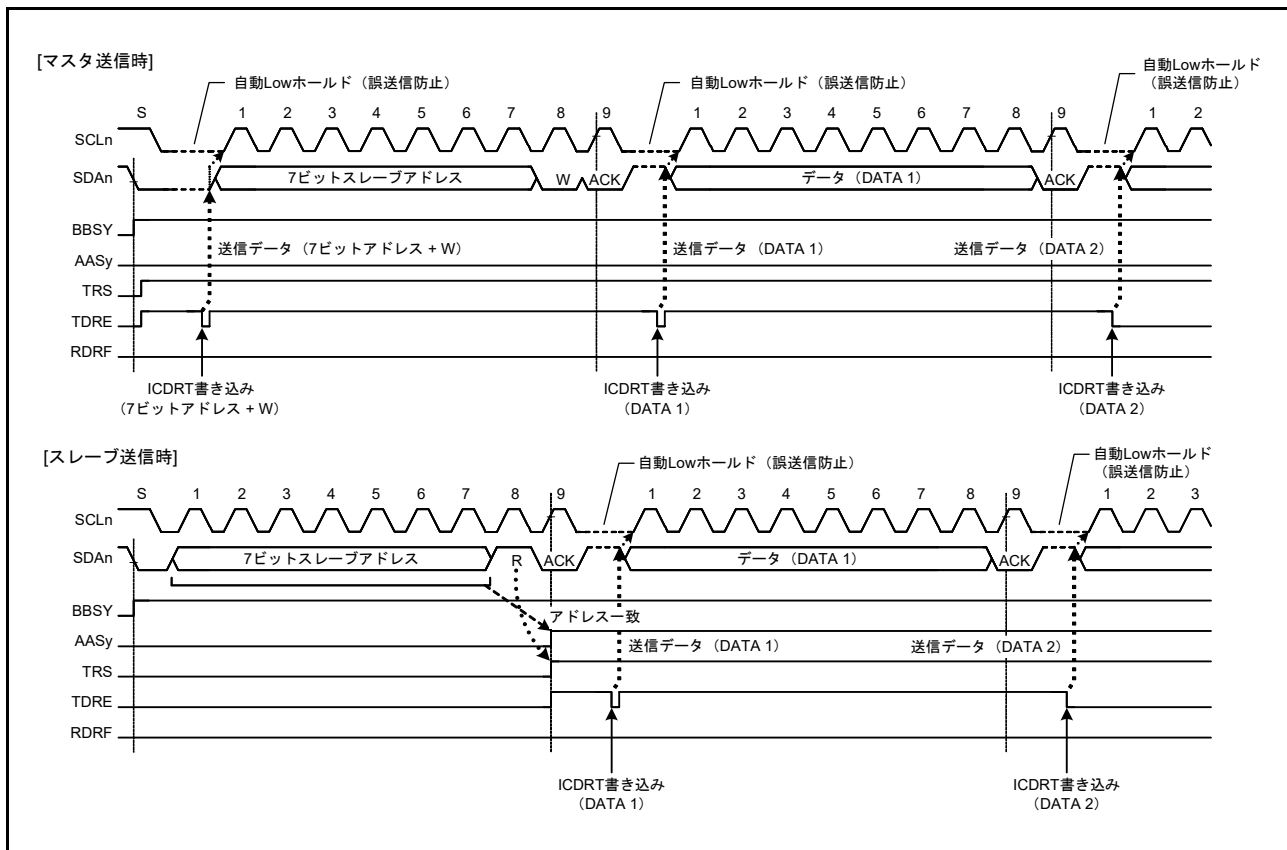


図 30.38 送信モード時の自動Lowホールド動作

30.9.2 NACK 受信転送中断機能

本機能は、送信モード時 (ICCR2.TRS ビット = 1)、NACK を受信した場合に転送動作を中断します。この機能は、ICFER.NACKE ビットが 1 (転送中断許可) のとき有効になります。NACK 受信時に次の送信データが書き込まれていた場合 (ICSR2.TDRE フラグ = 0)、SCL クロックの 9 クロック目の立ち下がり、次のデータ送信を自動的に中断します。これによって、次送信データの MSB が 0 の場合、SDAn ライン Low 出力固定を防止することが可能です。

本機能によって転送動作が中断された場合 (ICSR2.NACKF フラグ = 1)、以降の送受信動作は行いません。送受信動作を再開するには、NACKF フラグを 0 にする必要があります。マスタ送信モードでは、リスタートコンディションまたはストップコンディション発行後に、NACKF フラグを 0 にしてから、再度スタートコンディションを発行してください。

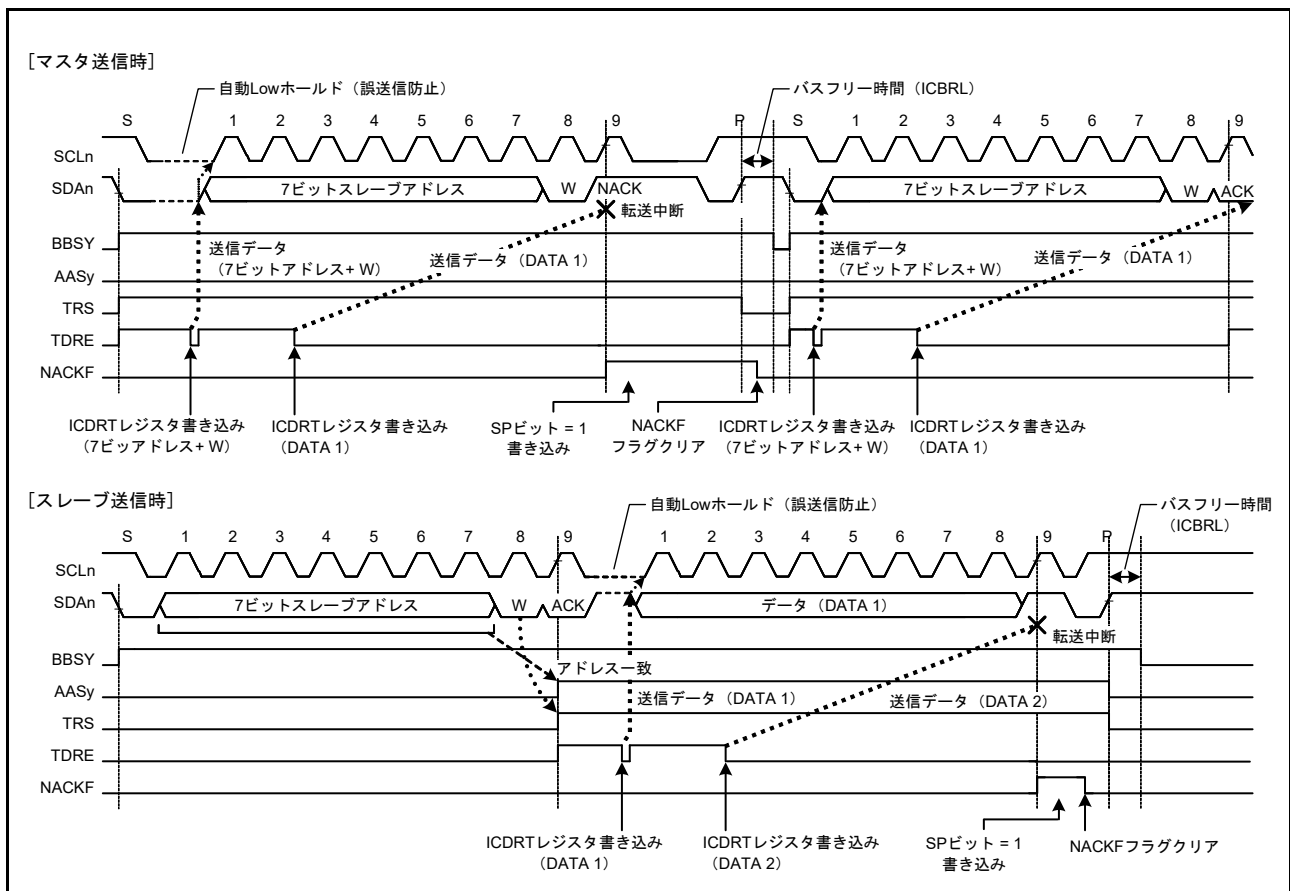


図 30.39 NACK 受信時のデータ転送中断動作 (NACKE = 1 の場合)

30.9.3 受信データ取りこぼし防止機能

受信モード時 (ICCR2.TRS ビット=0) に、受信データフル (ICSR2.RDRF フラグ=1) の状態で受信データ (ICDRR レジスタ) の読み出しが1転送フレーム以上遅れるなどの応答処理遅延が発生した場合、IICは次のデータ受信の直前で自動的に SCLn ラインの Low ホールドを行い、受信データの取りこぼしを防止します。

本機能は、最終受信データの読み出し処理が遅れて、その間にストップコンディションが発行され、IICスレーブアドレスが指定された場合でも有効です。ストップコンディション発行後に自スレーブアドレスとの不一致が発生した場合は、IICは SCLn ラインの Low ホールドを行わないため、本機能によって他の通信を妨げることはありません。

また、ICMR3.WAIT、RDRFS ビットの組み合わせにより、SCLn ラインが Low ホールドされる期間を選択できます。

(1) WAIT ビットによる1バイト受信動作/自動 Low ホールド機能

ICMR3.WAIT ビットを1にすると、IICは WAIT ビット機能を用いた1バイト受信動作を行います。また、ICMR3.RDRFS ビットが0の場合、SCLクロックの8クロック目の立ち下がりから9クロック目の立ち下がりまでの期間、IICはアクノリッジビットに対し自動的に ICMR3.ACKBT ビットの内容を送出し、9クロック目の立ち下がりを検出すると、WAIT ビット機能を用いて自動的に SCLn ラインの Low ホールドを行います。この Low ホールドは、ICDRR レジスタからデータを読み出すことで解除されます。そのため1バイトごとの受信動作が可能となります。

なお WAIT ビット機能は、マスタ受信モードまたはスレーブ受信モード時に、ジェネラルコールアドレスとホストアドレスを含む IIC スレーブアドレスとの一致があった以降の受信フレームから有効になります。

(2) RDRFS ビットによる1バイト受信動作 (ACK/NACK 送出制御) /自動 Low ホールド機能

ICMR3.RDRFS ビットを1にすると、IICは RDRFS ビット機能を用いた1バイト受信動作を行います。RDRFS ビットを1にすると、SCLクロックの8クロック目の立ち上がりで ICSR2.RDRF フラグが1 (受信データフル) になり、8クロック目の立ち下がりですべて自動的に SCLn ラインの Low ホールドが行われます。この Low ホールドは、ICMR3.ACKBT ビットに書き込むことで解除されますが、ICDRR レジスタからデータを読み出しても解除されません。そのため、1バイトごとに受信したデータの内容に基づいて ACK/NACK の送信を制御することによって受信動作が可能となります。

なお RDRFS ビット機能は、マスタ受信モードまたはスレーブ受信モード時に、ジェネラルコールアドレスとホストアドレスを含む IIC スレーブアドレスとの一致があった以降の受信フレームから有効になります。

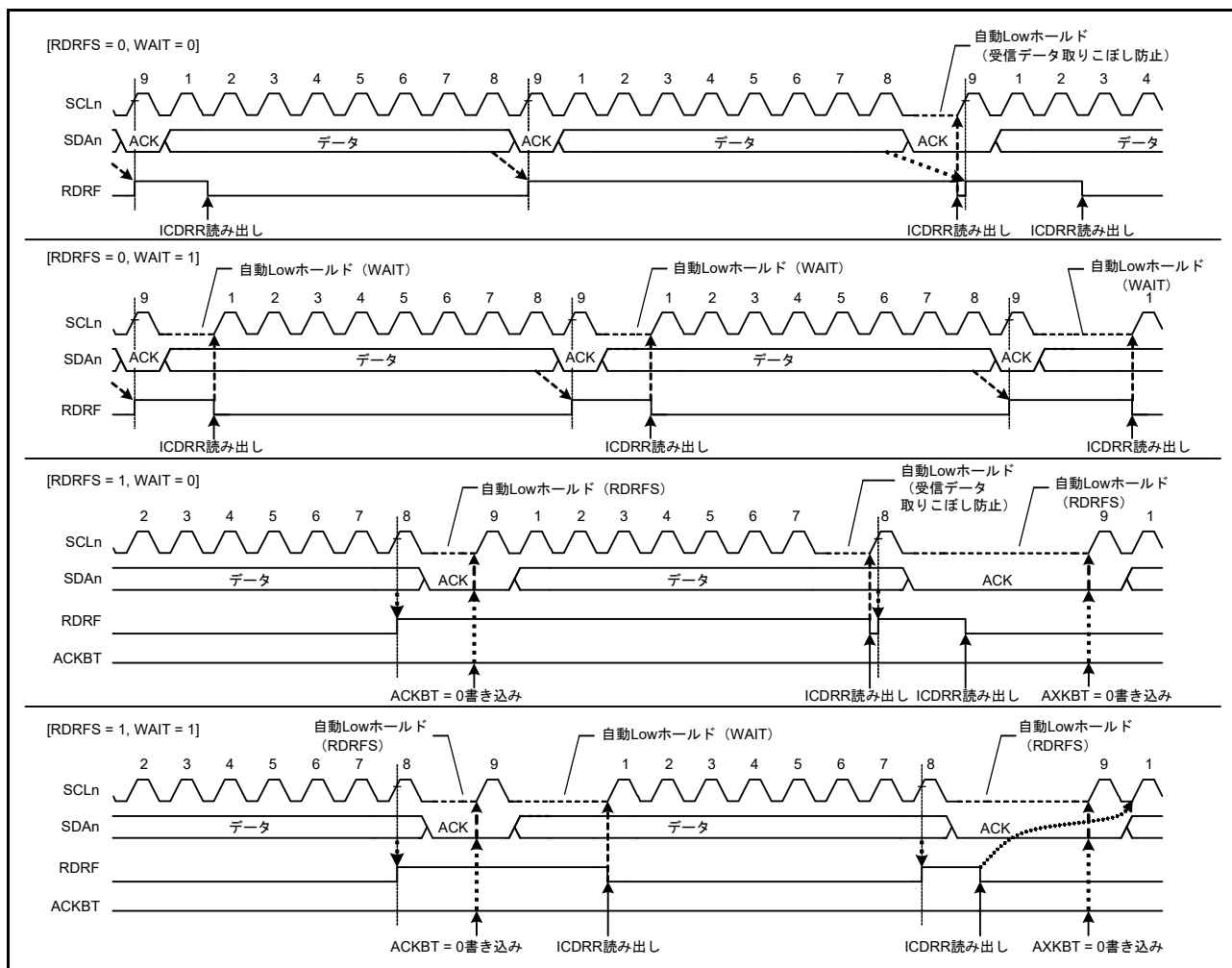


図 30.40 受信モード時の自動 Low ホールド動作 (RDRFS、WAIT ビットを使用)

30.10 アービトレーションロスト検出機能

IICは、I²Cバス規格で定められている通常のアービトレーションロスト検出機能の他に、スタートコンディションの二重発行防止機能、NACK送信時のアービトレーションロスト検出機能、およびスレーブ送信モード時のアービトレーションロスト検出機能を備えています。

30.10.1 マスタアービトレーションロスト検出機能 (MALEビット)

IICはスタートコンディション発行の際、SDAnラインをLowにします。ただし、これよりも早く他のマスタデバイスがスタートコンディションを発行してSDAnラインをLowにした場合、IICは自身のスタートコンディション発行をエラーと判断し、これをアービトレーションロストとみなします。他のマスタデバイスによる転送の方が優先されます。同様に、バスビジー (ICCR2.BBSYフラグ=1) の状態でICCR2.STビットを1にすることでスタートコンディション発行を要求すると、IICはこれをスタートコンディションの二重発行エラーと判断し、自身がアービトレーションロストを発生させたとみなします。この機能は、転送中に発行されるスタートコンディションによって転送が失敗するのを防止します。

スタートコンディションの発行が正常に行われた場合、アドレスビットを含む送信データ (内部のSDA出力レベル) とSDAnラインのレベルが一致しなければ、IICではアービトレーションロストが発生します。

マスタアービトレーションロストが発生した後、IICはただちにスレーブ受信モードへ遷移します。このとき、ジェネラルコールアドレスを含むスレーブアドレスが自身のアドレスと一致していれば、IICはスレーブ動作を継続します。

なお、マスタアービトレーションロストは、ICFER.MALEビットが1 (マスタアービトレーションロスト検出有効) の状態で、以下に示す条件が成立したとき検出されます。

[マスタアービトレーションロスト条件]

- ICCR2.BBSYフラグが0の状態(ICCR2.STビットを1にしてスタートコンディションを発行した後、SDAの内部出力レベルとSDAnラインのレベルが不一致のとき (スタートコンディション発行エラー))
- ICCR2.BBSYフラグが1の状態(ICCR2.STビットを1にしたとき (スタートコンディション二重発行エラー))
- マスタ送信モード時 (ICCR2.MST、TRSビット=11b)、アクノリッジを除く送信データ (内部のSDA出力レベル) とSDAnラインのレベルが不一致のとき

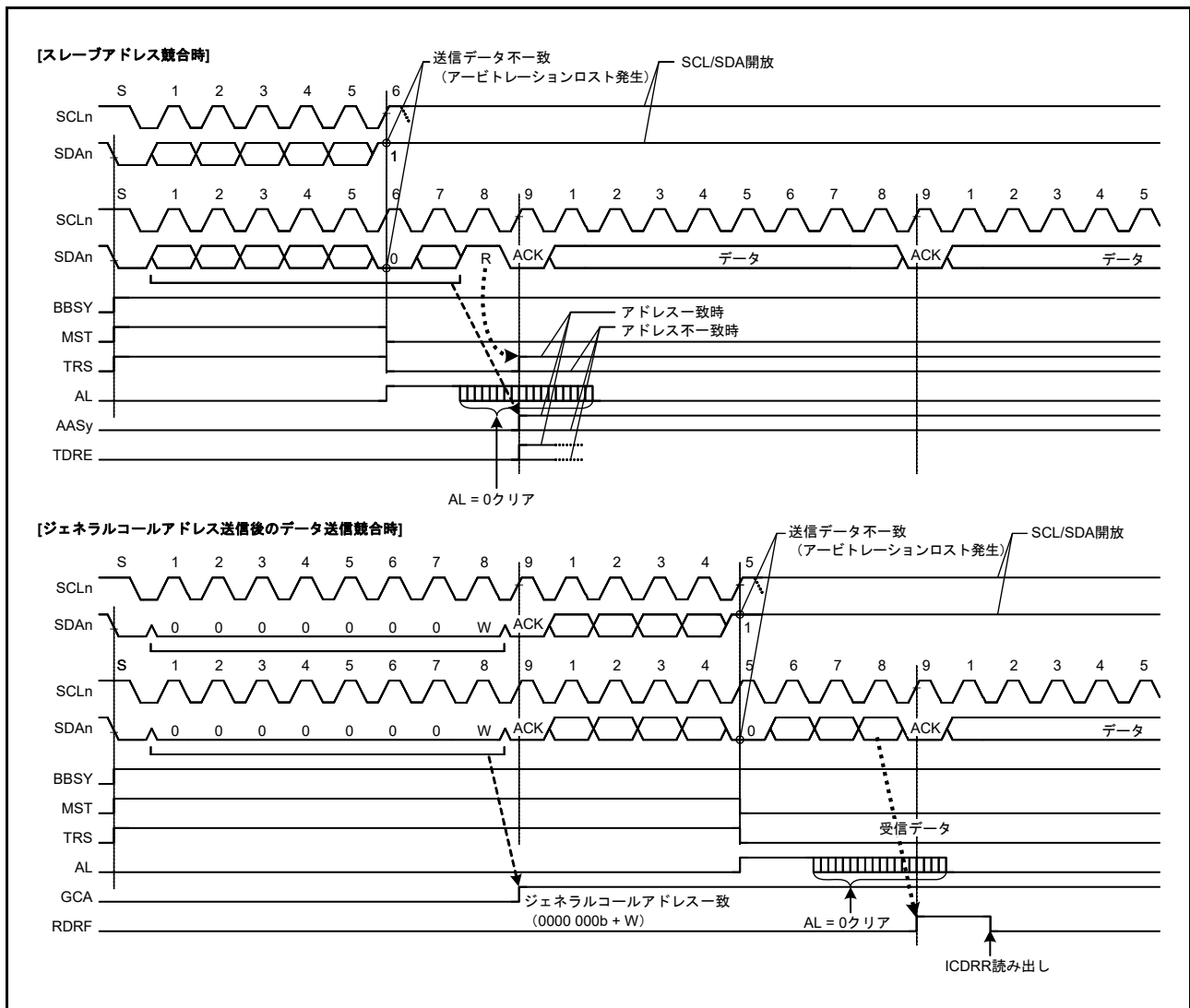


図 30.41 マスタアービトレーションロスト検出動作例 (MALE = 1 の場合)

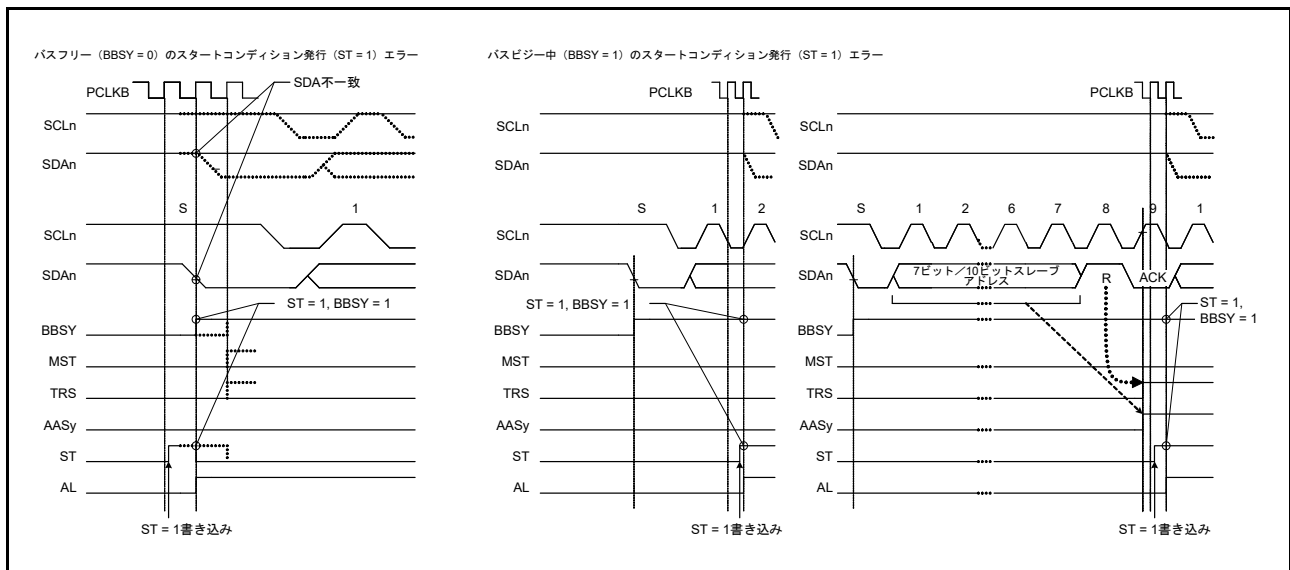


図 30.42 スタートコンディション発行時のアービトレーションロスト (MALE = 1 の場合)

30.10.2 NACK 送信中のアービトレーションロスト検出機能 (NALE ビット)

受信モードでの NACK 送信時に、内部の SDA 出力レベルが SDA_n ラインのレベルと一致しない場合、本機能はアービトレーションロストを発生させます。マルチマスタのシステムにおいて、2 つ以上のマスタデバイスが同じスレーブデバイスから同時にデータを受信するとき、NACK 送信と ACK 送信の間の衝突が原因で、アービトレーションロストが発生します。このような衝突は、複数のマスタデバイスが 1 つのスレーブデバイスに対して同じ情報を送受信する際に生じます。図 30.43 に、NACK 送信中のアービトレーションロスト検出の動作例を示します。

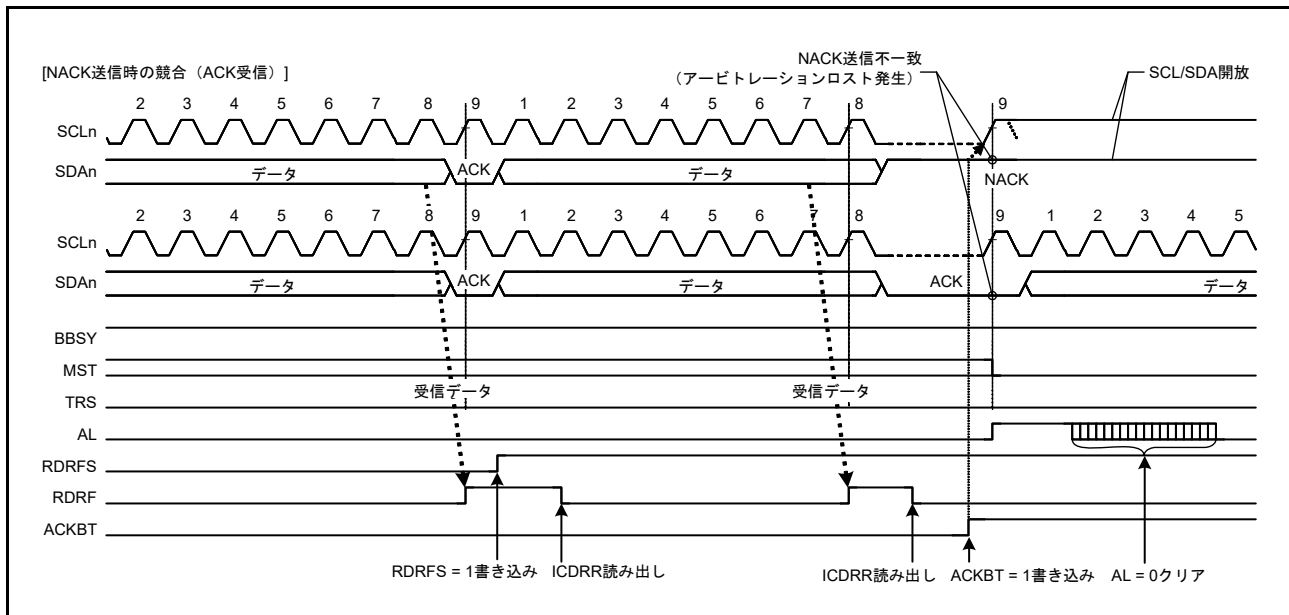


図 30.43 NACK 送信中のアービトレーションロスト検出の動作例 (NALE = 1 の場合)

以下では、2 つのマスタデバイス (マスタ A、B) と 1 つのスレーブデバイスがバス上に接続されている場合を例にアービトレーションロストを説明します。マスタ A はスレーブデバイスから 2 バイト受信、マスタ B はスレーブデバイスから 4 バイト分のデータ受信を行うものとします。

マスタ A とマスタ B が同時にスレーブデバイスにアクセスした場合、スレーブアドレスが同じであるため、スレーブデバイスアクセス中にマスタ A にも B にもアービトレーションロストは発生しません。そのため、マスタ A とマスタ B は、どちらもバス権を取得したものと認識して動作します。マスタ A は、スレーブデバイスから最終バイトである 2 バイト分の受信が完了した時点で NACK を送信します。一方マスタ B は、スレーブデバイスからの受信データが必要な 4 バイト受信に満たないため ACK 送信を行います。このときマスタ A の NACK 送信とマスタ B の ACK 送信の衝突が発生します。一般的に、このような衝突が発生した場合、マスタ A はマスタ B が出した ACK 送信を検出できずにストップコンディションを発行します。そのため、このストップコンディションの発行は、マスタ B の SCL クロック出力と競合し、通信を中断させます。

IIC は、NACK 送信時に ACK を受信した場合、他のマスタデバイスと競合負けが発生したことを検知し、アービトレーションロストを発生させることができます。

NACK 送信時にアービトレーションロストが発生すると、IIC はただちにスレーブ一致状態を解除して、スレーブ受信モードへ遷移します。この機能は、ストップコンディション発行を未然に防ぎ、バスの通信エラーを防止します。

同様に、SMBus の ARP コマンド処理においても、NACK 送信中のアービトレーションロスト検出機能を用いて、アサインアドレスコマンド後の Get UDID 汎用処理でアサインアドレスの UDID (ユニークデバイス ID) が不一致の場合に必要な FFh 送信処理などの追加クロック処理を省くことができます。

ICFER.NALE ビットが 1 (NACK 送信中アービトレーションロスト検出有効) の状態で、以下に示す条件が成立したとき、IIC は NACK 送信中のアービトレーションロストを検出します。

[NACK 送信中アービトレーションロスト条件]

- NACK 送信時 (ICMR3.ACKBT ビット = 1)、内部の SDA 出力レベルと SDA_n ラインの状態 (ACK 受信) が不一致のとき

30.10.3 スレーブアービトレーションロスト検出機能 (SALE ビット)

スレーブ送信モード時に、送信データと SDA_n ラインのレベルが一致しない場合、本機能はアービトレーションロストを発生させます。このアービトレーションロスト検出機能は、主に SMBus での UDID (ユニークデバイス ID) 送信時に使用します。

スレーブアービトレーションロストが発生した場合、IIC はただちにスレーブ一致状態を解除してスレーブ受信モードへ遷移します。この機能によって、SMBus での UDID 送信時のデータ衝突を検出し、以降の余剰な処理 (FFh 送信処理) を省くことができます。

ICFER.SALE ビットが 1 (スレーブアービトレーションロスト検出有効) の状態で、以下に示す条件が成立したとき、IIC はスレーブアービトレーションロストを検出します。

[スレーブアービトレーションロスト条件]

- スレーブ送信モード時 (ICCR2.MST、TRS ビット = 01b)、アクノリッジを除く送信データ (内部 SDA 出力レベル) と SDA_n ラインが不一致のとき

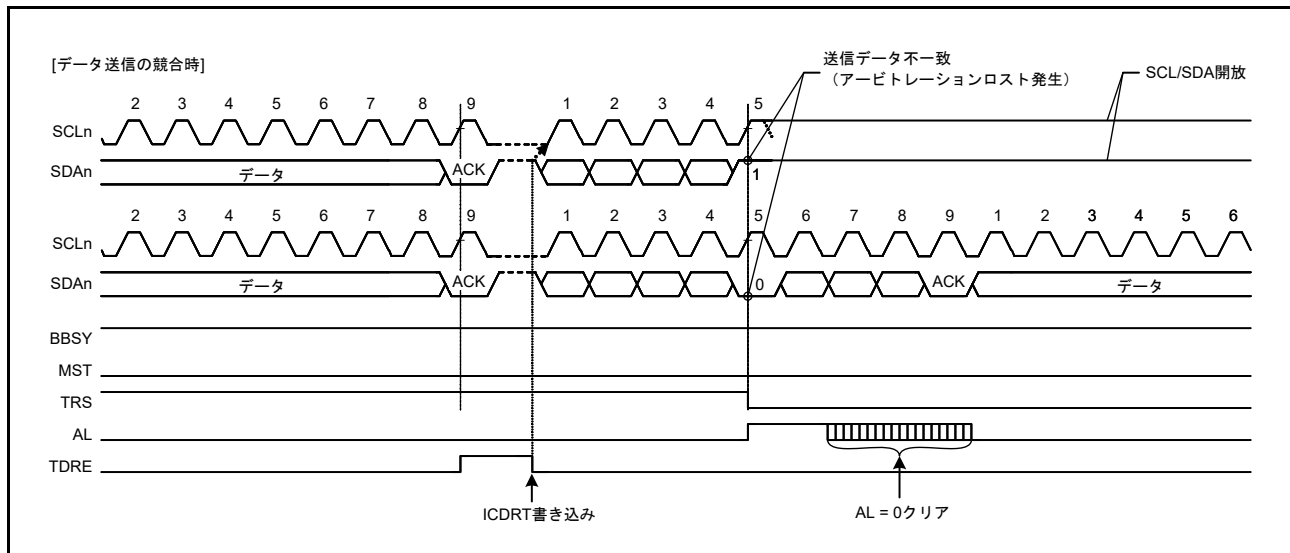


図 30.44 スレーブアービトレーションロスト検出動作例 (SALE = 1 の場合)

30.11 スタートコンディション、リスタートコンディション、ストップコンディション発行機能

30.11.1 スタートコンディション発行動作

IICは、ICCR2.STビットが1のときにスタートコンディションを発行します。

STビットを1にすると、スタートコンディション要求が行われます。ICCR2.BBSYフラグが0（バスフリー状態）の場合、IICはスタートコンディションを発行します。スタートコンディションが正常に発行された場合、IICは自動的にマスタ送信モードへ遷移します。

スタートコンディションの発行方法：

1. SDA_nラインを立ち下げる（HighからLowに遷移）。
2. ICBRHレジスタで設定した時間とスタートコンディションのホールド時間が経過したことを確認する。
3. SCL_nラインを立ち下げる（HighからLowに遷移）。
4. SCL_nラインのLowを検出後、ICBRLレジスタで設定したSCL_nラインのLow幅が経過したことを確認する。

30.11.2 リスタートコンディション発行動作

IICは、ICCR2.RSビットが1のときリスタートコンディションを発行します。

RSビットを1にすると、リスタートコンディション要求が行われます。ICCR2.BBSYフラグが1（バスビジー状態）で、かつICCR2.MSTビットが1（マスタモード）の場合、IICはリスタートコンディションを発行します。

リスタートコンディションの発行方法：

1. SDA_nラインを開放する。
2. ICBRLレジスタで設定したSCL_nラインのLow幅が経過したことを確認する。
3. SCL_nラインを開放する（LowからHighに遷移）。
4. SCL_nラインのHighを検出後、ICBRLレジスタで設定した時間とリスタートコンディションのセットアップ時間が経過したことを確認する。
5. SDA_nラインを立ち下げる（HighからLowに遷移）。
6. ICBRHレジスタで設定した時間とリスタートコンディションのホールド時間を確保する。
7. SCL_nラインを立ち下げる（HighからLowに遷移）。
8. SCL_nラインのLowを検出し、ICBRLレジスタで設定したSCL_nラインのLow幅が経過したことを確認する。

注． リスタートコンディション要求の発行時、ICCR2.RSが0であることを確認してから、ICDRTレジスタにスレーブアドレスを書いてください。ICCR2.RSが1のときに書き込まれたデータは、以前の再送条件と判断されるため、転送されません。

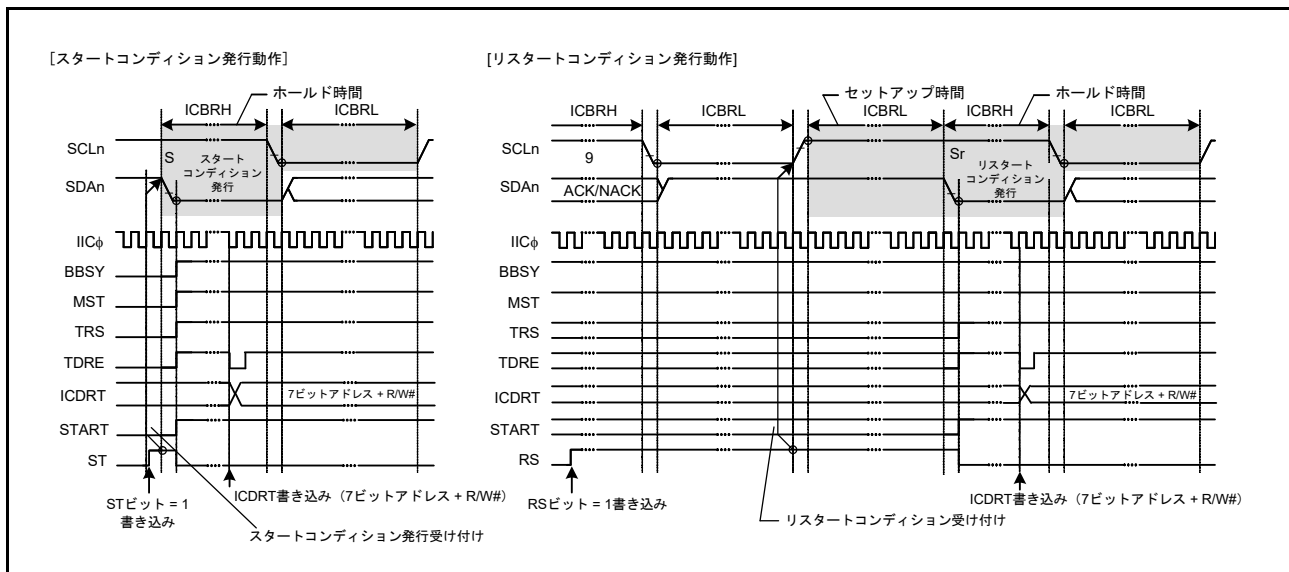


図 30.45 スタートコンディション/リスタートコンディション発行動作タイミング (ST、RS ビット)

図 30.46 に、マスタ送信後にリスタートコンディションが発行されたときの動作タイミングを示します。

マスタ送信後にリスタートコンディションを発行するには：

- 30.3.2 初期設定の内容に従って、IIC を初期化します。
- IICR2.BBSY フラグを読み出してバスフリー状態であることを確認した後、ICCR2.ST ビットを 1 (スタートコンディション要求) にします。IIC はスタートコンディション要求を受け付けると、スタートコンディションを発行します。同時に、ICSR2.BBSY フラグと ICSR2.START フラグが自動的に 1 になり、ST ビットが自動的に 0 になります。ST ビットが 1 の状態でスタートコンディションが検出され、SDA 出力状態の内部レベルと SDA_n ラインの各レベルが一致すると、IIC は、ST ビットで要求したとおり、スタートコンディションが正常に発行されたと認識します。ICCR2.MST ビットおよび ICCR2.TRS ビットは自動的に 1 になり、IIC はマスタ送信モードになります。TRS ビットが 1 になると、ICSR2.TDRE フラグも自動的に 1 になります。
- ICSR2.TDRE フラグが 1 であることを確認した後、ICDRT レジスタに送信データ (スレーブアドレスと R/W# ビット) を書き込んでください。ICDRT レジスタに送信データが書き込まれると、TDRE フラグは自動的に 0 になり、ICDRT レジスタから ICDRS レジスタにデータが転送されて、再び TDRE フラグが 1 になります。スレーブアドレスと R/W# ビットを含むバイトの送信が完了すると、送信された R/W# ビットの値に応じて自動的に TRS ビットの値が更新され、マスタ送信モードまたはマスタ受信モードが選択されます。R/W# ビットの値が 0 の場合、IIC はマスタ送信モードの状態を継続します。このとき ICSR2.NACKF フラグが 1 であると、アドレスを認識したスレーブデバイスが存在しない、または通信エラーが発生していることを示しているため、ICCR2.SP ビットに 1 を書き込んで、ストップコンディション発行してください。データを 10 ビットフォーマットのアドレスで送信する場合は、まず 1 回目のアドレス送信処理で ICDRT レジスタに 1111 0b (スレーブアドレスの上位 2 ビット) と W を書き込みます。次に、2 回目のアドレス送信処理では、ICDRT レジスタにスレーブアドレスの下位 8 ビットを書き込んでください。
- ICSR2.TDRE フラグが 1 であることを確認した後、送信データを ICDRT レジスタに書き込んでください。なお、送信データの準備ができて、リスタートコンディションまたはストップコンディションが発行されるまで、IIC は自動的に SCL_n ラインを Low にホールドします。
- ICDRT レジスタに送信データの全バイトが書き込まれたら、ICSR2.TEND フラグの値が 1 に戻るのを待ちます。その後、ICSR2.START フラグが 1 になっているのを確認してから、ICSR2.START を 0 にします。
- ICCR2.RS ビットを 1 (リスタートコンディション要求) にします。IIC は要求を受け付けると、リスタートコンディションを発行します。
- ICSR2.START フラグが 1 であることを確認した後、ICDRT レジスタに送信データ (スレーブアドレスと R/W# ビット) を書き込んでください。

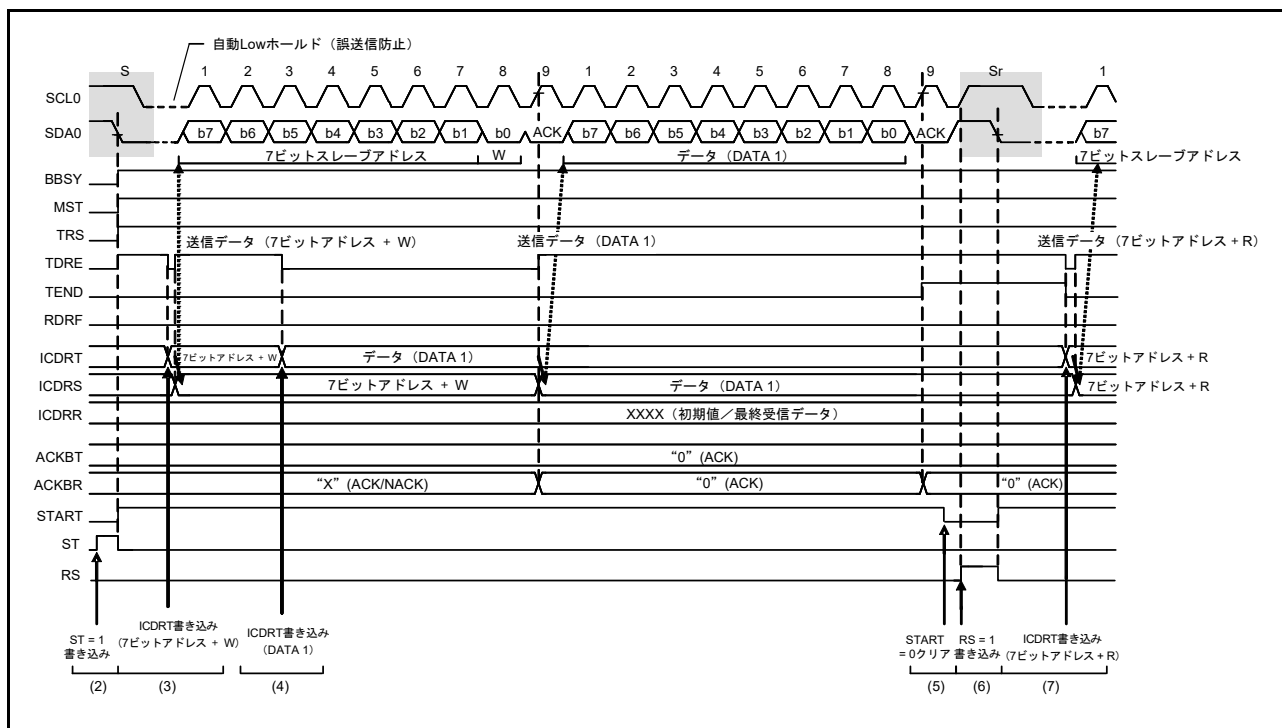


図 30.46 マスタ送信後のリスタートコンディション発行タイミング

30.11.3 ストップコンディション発行動作

IICは、ICCR2.SPビットが1のときストップコンディションを発行します。

SPビットを1にすると、ストップコンディション要求が行われ、ICCR2.BBSYフラグが1（バスビジー状態）で、かつICCR2.MSTビットが1（マスタモード）の場合、IICはストップコンディションを発行します。

ストップコンディションの発行方法：

1. SDA_n ラインを立ち下げる（High から Low に遷移）。
2. ICBRL レジスタで設定した SCL_n ラインの Low 幅が経過したことを確認する。
3. SCL_n ラインを開放する（Low から High に遷移）。
4. SCL_n ラインの High 検出後、ICBRH レジスタで設定した時間とストップコンディションのセットアップ時間が経過したことを確認する。
5. SDA_n ラインを開放する（Low から High に遷移）。
6. ICBRL レジスタで設定した時間とバスフリー時間が経過したことを確認する。
7. BBSY フラグをクリアしてバス権を解放する。

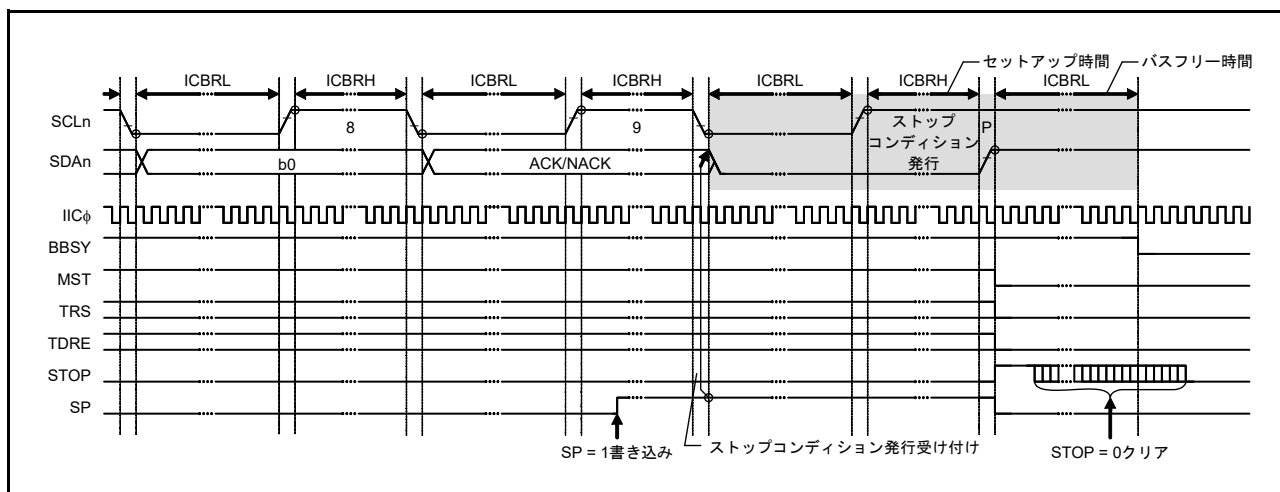


図 30.47 ストップコンディション発行タイミング (SP ビット)

30.12 バスハングアップ

I²Cバスでは、ノイズなどが原因で、マスタデバイスから出力されたクロック信号とスレーブデバイスから出力されたクロック信号の間で同期ズレが発生すると、SCLnラインやSDAnライン上のレベルが固定されたままバスハングアップを起こす場合があります。

バスハングアップを管理するために、IICは次の機能を備えています：

- SCLnラインを監視してハングアップを検出するためのタイムアウト機能
- クロック信号の同期ズレが原因でハングアップ状態になったバスを解放するためのSCLクロック追加出力機能
- IICリセット機能
- 内部リセット機能

ICCR1.SCLO、SDAO、SCLI、SDAIの各ビットをチェックすることで、IIC自身と通信相手のどちらがSCLnラインまたはSDAnラインをLowにしているのか確認することが可能です。

30.12.1 タイムアウト検出機能

タイムアウト検出機能では、SCLnラインに一定時間以上変化が見られない状態を検出できます。IICは、SCLnラインがLowまたはHighに固定されたまま一定時間以上経過したことを監視して、バスの異常状態を検出することが可能です。

タイムアウト検出機能はSCLnラインの状態を監視し、LowまたはHighの時間を内部カウンタでカウントします。タイムアウト検出機能はSCLnラインに変化（立ち上がり／立ち下がり）があった場合、内部カウンタをリセットし、変化がない場合、カウント動作を続けます。SCLnラインに変化がないために内部カウンタがオーバーフローすると、IICはタイムアウトを検出してバスハングアップ状態を報告します。

タイムアウト検出機能は、ICFER.TMOEビットが1のときのみ有効です。以下の条件でSCLnラインがLowまたはHighに固定される場合にバスハングアップを検出します。

- マスタモード (ICCR2.MST ビット=1) で、バスビジー (ICCR2.BBSY フラグ=1)
- スレーブモード (ICCR2.MST ビット=0) で、IICスレーブアドレス検出 (ICSR1レジスタ≠00h) かつバスビジー (ICCR2.BBSY フラグ=1)
- スタートコンディション要求中 (ICCR2.ST ビット=1) で、バスフリー (ICCR2.BBSY フラグ=0)

タイムアウト検出機能の内部カウンタは、ICMR1.CKS[2:0]ビットで設定された内部基準クロック (IIC ϕ) をカウントソースとして使用します。このカウンタは、ロングモード選択時 (ICMR2.TMOS ビット=0) は16ビットカウンタ、ショートモード選択時 (ICMR2.TMOS ビット=1) は14ビットカウンタとして機能します。

また、内部カウンタのカウント動作は、SCLnラインがLowのときカウントさせるか、Highのときカウントさせるか、あるいはその両方をカウントさせるかをICMR2.TMOH、TMOLビットで選択することが可能です。TMOLビットとTMOHビットの両方を0にした場合、内部カウンタは動作しません。

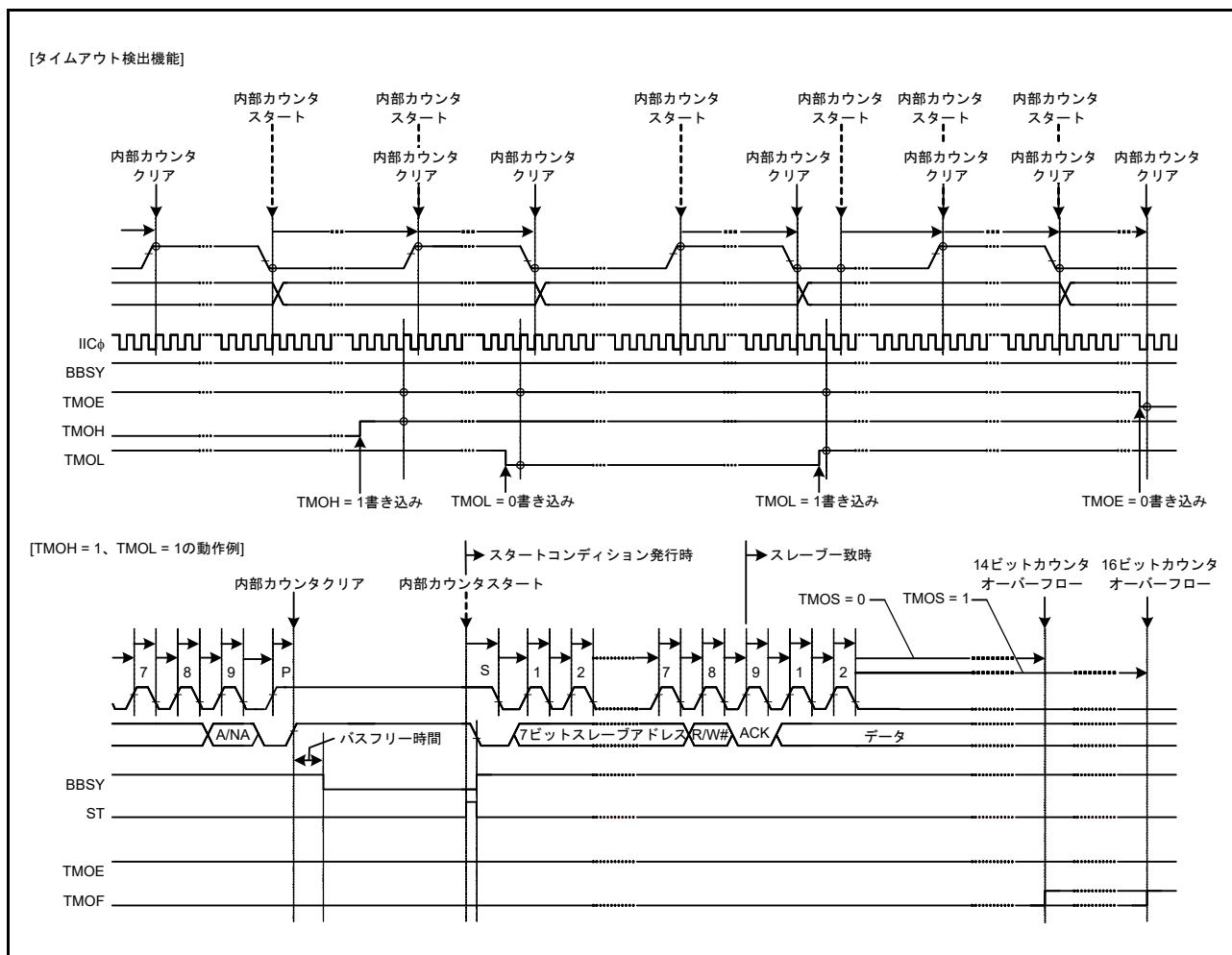


図 30.48 タイムアウト検出機能 (TMOE、TMOS、TMOH、TMOL ビット)

30.12.2 SCL クロック追加出力機能

マスタモード時、本機能はSCLクロック追加出力を行い、マスタデバイスとスレーブデバイスとの同期ズレにより生じた、スレーブデバイスによるSDAnラインのLowホールド状態を解放します。

本機能は、スレーブデバイスがSDAnラインをLowホールドしているため、IICがストップコンディションを発行できない状態のバスエラー発生時に、SCLクロックを1クロック単位で使用します。通常は本機能を使用しないでください。正常な通信動作中に使用すると通信異常の原因になります。

マスタモードでICCR1.CLOビットを1にすると、ICMR1.CKS[2:0]ビット、ICBRH、ICBRLレジスタで設定した転送速度で、SCLクロックが1クロック分追加クロックとして出力されます。1クロック分の追加クロック出力が終了すると、CLOビットは自動的に0になります。そのため、CLOビットが0であることを確認後、CLOビットに1を書くことにより、連続的に追加クロックの出力を行うことが可能になります。

IICモジュールがマスタモード時に、ノイズの影響によりスレーブデバイスとの同期ズレが原因でスレーブデバイスがSDAnラインをLowに固定したままだと、ストップコンディションが出力できません。この機能を使用してSCL追加クロックを1クロックずつ出力することで、SDAnラインをスレーブデバイスによるLowホールドから解放し、バスを使用できない状態から回復させることができます。スレーブデバイスによるSDAnラインの解放は、ICCR1.SDAIビットを読みだすことで確認できます。SDAnラインがスレーブデバイスから解放されたことを確認した後、通信を終了させるため再度ストップコンディション発行を行ってください。

本機能を使用する場合、ICFER.MALEビットを0（マスタアービトレーションロスト検出無効）にしてください。MALEビットが1（有効）であると、ICCR1.SDAOビットの値とSDAnラインの状態が不一致のときにアービトレーションロストが発生します。

[ICCR1.CLO ビット使用時の出力条件]

- バスフリー状態 (ICCR2.BBSY フラグ=0) またはマスタモード (ICCR2.MST ビット=1、ICCR2.BBSY フラグ=1) のとき
- 通信デバイスがSCLnラインをLowホールドにしていないとき

図 30.49 に SCL クロック追加出力機能 (CLO ビット) の動作タイミングを示します。

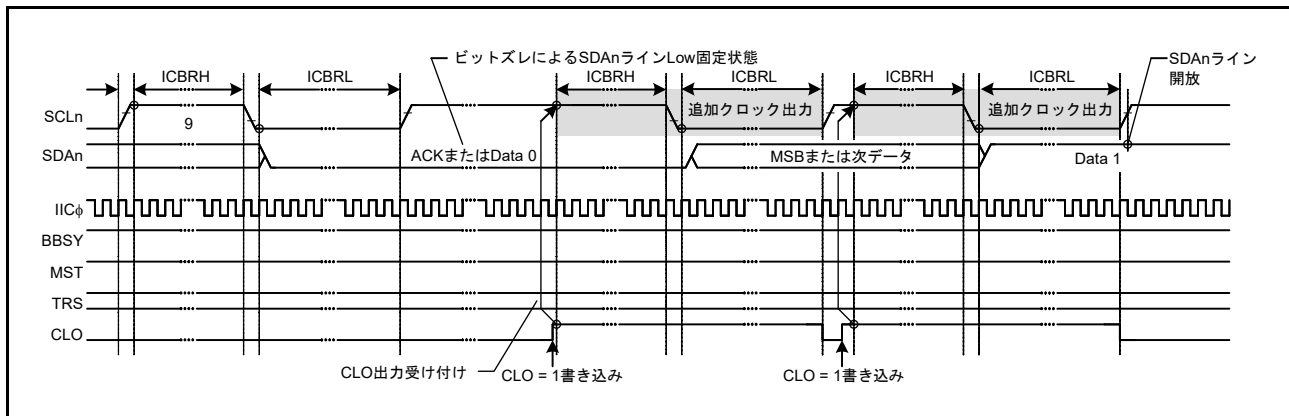


図 30.49 SCL クロック追加出力機能 (CLO ビット)

30.12.3 IICリセット、内部リセット

IICがサポートするリセットには2種類あります。

- IICリセット — ICCR2.BBSY フラグを含めたすべてのレジスタを初期化します
- 内部リセット — 他の設定を保持したまま IIC をスレーブアドレス一致状態から解放し、内部カウンタを初期化します

リセット後は、必ず ICCR1.IICRST ビットを 0 にしてください。いずれのリセットも、SCL_n 端子および SDA_n 端子の出力状態を解除してハイインピーダンスに戻すため、バスハングアップ状態の解除に有効です。

なおスレーブ動作時のリセットは、マスタデバイスとの同期ズレを引き起こす原因になるので、使用は極力避けてください。また、IICリセット (ICCR1.ICE、IICRST ビット = 01b) 中は、スタートコンディションの有無など、バス状態の監視はできません。

IICリセットと内部リセットの詳細については、[30.15 各コンディション発行時のレジスタの状態](#)を参照してください。

30.13 SMBus 動作

IICはSMBus仕様(バージョン2.0)に準拠した通信動作に対応しています。SMBus通信を行うには、ICMR3.SMBSビットを1にしてください。転送速度がSMBus規格の10kbps～100kbpsの範囲に収まるように、ICMR1.CKS[2:0]ビットとICBRHおよびICBRLレジスタを設定してください。また、データホールド時間の規定値300ns以上を満たすように、ICMR2.DLCSビットおよびICMR2.SDDL[2:0]ビットの値を決定してください。IICをスレーブデバイスとしてのみ使用する場合は、転送速度の設定は不要ですが、ICBRLレジスタにはデータセットアップ時間(250ns)以上の値を設定してください。

なお、SMBusデバイスデフォルトアドレス(1100 001b)には、スレーブアドレスレジスタL0～L2(SARL0、SARL1、SARL2)のいずれか1本を使用し、対応するSARUy.FSビット(y=0～2)(7ビットまたは10ビットアドレスフォーマット選択ビット)を0(7ビットアドレスフォーマット)にしてください。

また、UDID(ユニークデバイスID)送信時には、ICFER.SALEビットを1にして、スレーブアービトレーションロスト検出機能を有効にしてください。

30.13.1 SMBus タイムアウト測定

(1) スレーブデバイスのタイムアウト測定

SMBus通信では、スレーブデバイスは下記に示す区間(タイムアウト間隔: $T_{\text{LOW:SEXT}}$)を計測する必要があります。

- スタートコンディションからストップコンディションまで

スレーブデバイスでタイムアウト測定を行うには、IICのスタートコンディション検出割り込み(STIn)とストップコンディション検出割り込み(SPIIn)を利用して、スタートコンディション検出からストップコンディション検出までの期間をGPTを使用して計測してください。測定したタイムアウト時間は、SMBus規格のクロックLow累積時間(スレーブデバイス) $T_{\text{LOW:SEXT}}: 25\text{ms (max)}$ 以内でなければいけません。

GPTで計測した時間が、SMBus規格のクロックLow検出のタイムアウト $T_{\text{TIMEOUT}}: 25\text{ms (min)}$ を超えた場合、スレーブデバイスはICCR1.IICRSTビットに1を書き込んでIICの内部リセットを発行し、バスを解放する必要があります。内部リセットを行うと、IICはSCLn端子とSDAn端子のバス駆動を中止し、両端子の出力をハイインピーダンスにします。これによって、バスを解放することが可能です。

(2) マスタデバイスのタイムアウト測定

SMBus通信では、マスタデバイスは下記に示す区間(タイムアウト間隔: $T_{\text{LOW:MEXT}}$)を計測する必要があります。

- スタートコンディションからアクノリッジビットまで
- アクノリッジビットから次のアクノリッジビットまで
- アクノリッジビットからストップコンディションまで

マスタデバイスでタイムアウト測定を行うには、IICのスタートコンディション検出割り込み(STIn)、ストップコンディション検出割り込み(SPIIn)、および送信終了割り込み(IICn_TEI)、または受信データフル割り込み(IICn_RXI)を利用して、GPTを使用して計測してください。測定したタイムアウト時間は、SMBus規格のクロックLow累積延長時間(マスタデバイス) $T_{\text{LOW:MEXT}}: 10\text{ms (max)}$ 以内であり、かつスタートコンディションからストップコンディションまでのすべての $T_{\text{LOW:MEXT}}$ の合計が $T_{\text{LOW:SEXT}}: 25\text{ms (max)}$ 以内である必要があります。

ACK受信タイミング(SCLクロックの9クロック目の立ち上がり)は、マスタ送信モード時(マスタトランスミッタ)はICSR2.TENDフラグ、マスタ受信モード時(マスタレシーバ)はICSR2.RDRFフラグで監視します。マスタ送信モード時は1バイト送信動作を行い、マスタ受信モード時は最終バイト受信の直前までICMR3.RDRFSビットを0に保持してください。RDRFSビットが0のとき、RDRFフラグはSCLクロックの9クロック目の立ち上がりで1になります。

GPTで計測した時間が、SMBus規格のクロックLow累積延長時間(マスタデバイス) $T_{\text{LOW:MEXT}}: 10\text{ms (max)}$ を超えた場合、または各計測時間の合計が、SMBus規格のクロックLow検出のタイムアウト $T_{\text{TIMEOUT}}: 25\text{ms (min)}$ を超えた場合は、マスタデバイスはストップコンディションを発行してトランザクションを中止する必要があります。マスタ送信モード時には即座に送信動作を中止(ICDRTレジスタへの書き込み)してください。

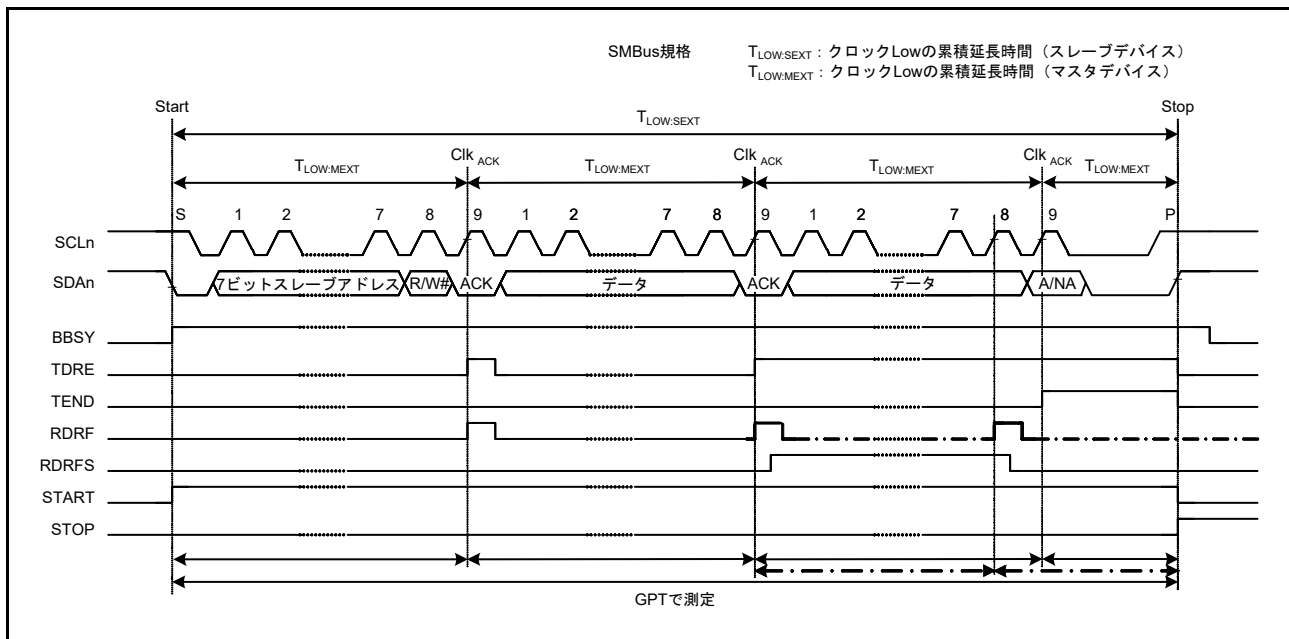


図 30.50 SMBus タイムアウト測定

30.13.2 パケットエラーコード (PEC)

本 MCU は CRC 演算器を内蔵しており、この CRC 演算器を利用して、パケットエラーコード (PEC) の送信や、SMBus データ通信時の受信データチェックが可能です。CRC 演算器の生成多項式については、「[33. 巡回冗長検査 \(CRC\) 演算器](#)」を参照してください。

マスタ送信モード時の PEC データは、全送信データを CRC 演算器の CRC データ入力レジスタ (CRCDIR) に書き込むことで生成することが可能です。

マスタ受信モード時の PEC データは、全受信データを CRC 演算器の CRCDIR レジスタに書き込み、取得した CRC データ出力レジスタ (CRCDOR) の値と受信した PEC データを比較することでチェックできます。

PEC コードチェックの結果として、最終バイト受信時の結果 (一致/不一致) に応じた ACK/NACK 送出手を行う場合は、最終バイト受信中の SCL の 8 クロック目の立ち上がりまでに ICMR3.RDRFS ビットを 1 にし、8 クロック目の立ち下がりまで SCLn ラインを Low にホールドしてください。

30.13.3 SMBus ホスト通知プロトコル (Notify ARP Master コマンド)

SMBus 通信では、スレーブデバイスが一時的にマスタデバイスとなり、SMBus ホスト (または ARP マスタ) に対して自スレーブアドレスを通知したり、SMBus ホストに対して自スレーブアドレスを要求したりできます。

本 MCU を使用する製品を SMBus ホスト (または ARP マスタ) として動作させる場合、スレーブデバイスからのホストアドレス (0001 000b) 送信をスレーブアドレスとして検出するため、IIC はホストアドレス検出機能を備えています。ホストアドレスをスレーブアドレスとして検出するには、ICMR3.SMBS ビットおよび ICSEH.HOAE ビットを 1 にしてください。ホストアドレス検出後の動作は、通常のスレーブ動作と同じです。

30.14 割り込み要因

IICが発行する割り込み要求には5種類あります。

- 転送エラーまたはイベント生成（アービトレーションロスト、NACK 検出、タイムアウト検出、スタートコンディション検出、およびストップコンディション検出）
- 受信データフル
- 送信データエンプティ
- 送信終了
- ウェイクアップ機能時にアドレスが一致

表 30.10 に割り込み要求の詳細を示します。受信データフル割り込みコンディションと送信データエンプティコンディションは、どちらも DTC または DMAC を起動してデータ転送を行うことができます。

表 30.10 割り込み要因

| シンボル | 割り込み要因 | 割り込みフラグ | DTCの起動 | DMACの起動 | 割り込み条件 |
|--------------------|-----------------------|---------|--------|---------|--|
| IICn_EEI (注5) | 通信エラー/イベント発生 | AL | 不可能 | 不可能 | AL = 1かつALIE = 1 |
| | | NACKF | | | NACKF = 1かつNAKIE = 1 |
| | | TMOF | | | TMOF = 1かつTMOIE = 1 |
| | | START | | | START = 1かつSTIE = 1 |
| | | STOP | | | STOP = 1かつSPIE = 1 |
| IICn_RXI (注2) (注5) | 受信データフル | RDRF | 可能 | 可能 | RDRF = 1かつRIE = 1 |
| IICn_TXI (注1) (注5) | 送信データエンプティ | TDRE | 可能 | 可能 | TDRE = 1かつTIE = 1 |
| IICn_TEI (注3) (注5) | 送信終了 | TEND | 不可能 | 不可能 | TEND = 1かつTEIE = 1 |
| IIC0_WUI (注4) | ウェイクアップ機能時にスレーブアドレス一致 | WUF | 不可能 | 不可能 | スレーブアドレス一致 スレーブ受信完了 RWAK動作ASY0 = 1 WUIE = 1 |

注. CPUによる周辺モジュールへの書き込み命令の実行と、実際にモジュールに書き込まれるタイミングとの間には、遅延があります。割り込みフラグをクリアまたはマスクした場合は、関連するフラグを再度読み出し、クリアまたはマスク処理の完了を確認した後、割り込み処理から復帰させてください。そうしないと、同じ割り込み処理が繰り返される可能性があります。

注1. IICn_TXI 割り込みはエッジ検出割り込みであるため、クリアの必要はありません。また IICn_TXI 割り込みの条件となる ICSR2.TDRE フラグは、ICDRT レジスタへの送信データの書き込み、あるいはストップコンディションの検出 (ICSR2.STOP = 1) で自動的に0になります。

注2. IICn_RXI 割り込みはエッジ検出割り込みであるため、クリアの必要はありません。また IICn_RXI 割り込みの条件となる ICSR2.RDRF フラグは、ICDRR レジスタの読み出しで自動的に0になります。

注3. IICn_TEI 割り込みを使用する場合、IICn_TEI 割り込み処理で ICSR2.TEND フラグをクリアしてください。ICSR2.TEND フラグは、ICDRT レジスタへの送信データの書き込み、あるいはストップコンディションの検出 (ICSR2.STOP = 1) で自動的に0になります。

注4. ウェイクアップ機能はチャンネル0にしかないので、IIC0_WUI はチャンネル0の場合しか使用しません。

注5. チャンネル番号 (n = 0 ~ 1)

割り込み処理中に、それぞれのフラグをクリアまたはマスクしてください。

30.14.1 IICn_TXI 割り込みおよび IICn_RXI 割り込みのバッファ動作

対応する IR フラグが1のときに、IICn_TXI 割り込みおよび IICn_RXI 割り込みの発生条件が成立した場合、割り込み要求は ICU へ出力されず、内部に保存されます。1 要因あたり 1 要求を内部に保持できます。

ICU.IELSRn.IR フラグが0になると、ICUに保存されている割り込み要求が出力されます。通常の使用状態では、内部的に保存されていた割り込み要求が自動的にクリアされます。また、内部的に保存されていた割り込み要求は、対応する周辺側の割り込み許可ビットを0にすることでクリアが可能です。

30.15 各コンディション発行時のレジスタの状態

IICは2種類の専用リセット機能、すなわちIICリセットと内部リセットを備えています。表 30.11 に、各コンディション発行時のレジスタの状態を示します。

表 30.11 各コンディション発行時のレジスタの状態

| レジスタ | | リセット | IICリセット (ICEビット=0、 IICRSTビット=1) | 内部リセット (ICEビット=1、 IICRSTビット=1) | スタート コンディション またはリスタート コンディション検出 | ストップコンディ ション検出 | |
|----------------------------|-------------|------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------|-----|
| ICCR1 | ICE, IICRST | リセット | 保持 | 保持 | 保持 | 保持 | |
| | SCLO, SDAO | | リセット | リセット | | | |
| | その他 | | | 保持 | | | |
| ICCR2 | BBSY | リセット | リセット | 保持 | セット | 保持 | |
| | ST | | | リセット | 保持 | 保持 | |
| | TRS, MST | | | | セットまたは保持 | リセット | |
| | その他 | | | | リセット | リセットまたは保持 | |
| ICMR1 | BC[2:0] | リセット | リセット | リセット | リセット | 保持 | |
| | その他 | | | 保持 | 保持 | | |
| ICMR2 | | リセット | リセット | 保持 | 保持 | 保持 | |
| ICMR3 | | リセット | リセット | 保持 | 保持 | 保持 | |
| ICFER | | リセット | リセット | 保持 | 保持 | 保持 | |
| ICSER | | リセット | リセット | 保持 | 保持 | 保持 | |
| ICIER | | リセット | リセット | 保持 | 保持 | 保持 | |
| ICSR1 | | リセット | リセット | リセット | 保持 | リセット | |
| ICSR2 | TDRE, TEND | リセット | リセット | リセット | 保持 | リセット | |
| | START | | | | セット | | |
| | STOP | | | | 保持 | | セット |
| | その他 | | | | | | 保持 |
| ICWUR | | リセット | リセット | 保持 | 保持 | 保持 | |
| ICWUR2 | WUSEN | リセット | リセット | 保持 | 保持 | 保持 | |
| | その他 | | | | | 保持、セット、 またはリセット | |
| SARL0~SARL2 SARU0~SARU2 | | リセット | リセット | 保持 | 保持 | 保持 | |
| ICBRH, ICBRL | | リセット | リセット | 保持 | 保持 | 保持 | |
| ICDRT | | リセット | リセット | 保持 | 保持 | 保持 | |
| ICDRR | | リセット | リセット | 保持 | 保持 | 保持 | |
| ICDRS | | リセット | リセット | リセット | 保持 | 保持 | |
| タイムアウト検出機能 | | リセット | リセット | 動作 | 動作 | 動作 | |
| バスフリー時間計測 | | リセット | リセット | 動作 | 動作 | 動作 | |

30.16 イベントリンク出力機能

IIC0～IIC1は、イベントリンクコントローラ (ELC) に対して次の要因によってイベント出力を行います。

(1) 通信エラーイベント

通信エラーイベントが発生すると、対応するイベント信号を ELC によって他のモジュールに出力できません。

(2) 受信データフル

レシーブデータレジスタが受信データフルになると、対応するイベント信号を ELC によって他のモジュールに出力できます。

(3) 送信データエンプティ

トランスミットデータレジスタが送信データエンプティになると、対応するイベント信号を ELC によって他のモジュールに出力できます。

(4) 送信終了

転送が終了すると、対応するイベント信号を ELC によって他のモジュールに出力できます。

30.16.1 割り込み処理とイベントリンク機能

IICの各割り込み (表 30.10 参照) には、対応する割り込み信号の許可または禁止を制御する許可ビットがあります。対応する割り込み許可ビットが設定されている場合に割り込み要因の条件が成立すると、CPU に対して割り込み要求信号が出力されます。

割り込み要因が発生すると、割り込み許可ビットの設定にかかわらず、対応するイベントリンク出力信号が ELC によって他のモジュールにイベント信号として出力されます。各割り込み要因については、表 30.10 を参照してください。

30.17 使用上の注意事項

30.17.1 モジュールストップ状態の設定

モジュールストップコントロールレジスタ B (MSTPCRB) により、IIC の動作を許可または禁止することが可能です。IIC は、リセット後の初期状態では動作が停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。

モジュールストップコントロールレジスタ B の詳細については、「11. 低消費電力モード」を参照してください。

30.17.2 転送開始に関する注意事項

転送開始 (ICCR1.ICE ビット = 1) 時点で IIC の割り込みに対応した IR フラグが 1 であれば、動作を許可する前に下記の手順で割り込み要求をクリアしてください。ICCR1.ICE ビットが 1 の状態で IR フラグを 1 にして転送を開始すると、転送開始後、割り込み要求が内部で保持されるため、IR フラグが予期しない動作となる可能性があります。

1. ICCR1.ICE ビットが 0 であることを確認する。
2. 周辺機能で対応する割り込み許可ビット (ICIER.TIE など) を 0 にする。
3. 周辺機能で対応する割り込み許可ビット (ICIER.TIE など) を読み出して、値が 0 であることを確認する。
4. IR フラグを 0 にする。

31. CAN (Controller Area Network) モジュール

31.1 概要

CAN モジュールは、電磁的ノイズの多いアプリケーションにおいて、メッセージベースのプロトコルを用いて複数のスレーブとマスタの間でデータの送受信を行います。このモジュールは、ISO 11898-1 (CAN 2.0A/CAN 2.0B) 規格に準拠し、最大 32 個のメールボックスをサポートしています。これらは、通常のメールボックスモードと FIFO モードでの送受信用に設定可能です。標準 (11 ビット) と拡張 (29 ビット) の両方のメッセージフォーマットに対応しています。CAN モジュールには、追加の外部 CAN トランシーバが必要です。

表 31.1 に CAN モジュールの仕様を、図 31.1 にブロック図を示します。

表 31.1 CANモジュールの仕様 (1/2)

| 項目 | 内容 |
|--------------|---|
| データ転送 | ISO11898-1準拠の標準フレームと拡張フレーム |
| ビットレート | 最大1Mbpsにプログラム可能 (fCAN ≥ 8MHz) fCAN : CANクロックソース |
| メッセージボックス | 32個のメールボックスに対し、下記の2種類のメールボックスモードを選択可能 <ul style="list-style-type: none"> 通常モード : 32個のメールボックスを送信または受信用に個別に設定可能 FIFOモード : 24個のメールボックスを送信または受信用に個別に設定可能、残りのメールボックスは受信用および送信用の4段FIFOで使用 |
| 受信 | <ul style="list-style-type: none"> データフレームとリモートフレームの受信をサポート 受信IDフォーマットは、標準IDのみ、拡張IDのみ、またはミックスIDを選択可能 ワンショット受信機能をプログラム可能 オーバーライトモード (未読メッセージ上書き) またはオーバーランモード (未読メッセージ保持) を選択可能 メールボックスごとに個別に受信完了割り込みを許可または禁止 |
| アクセプタンスフィルタ | <ul style="list-style-type: none"> 8つのアクセプタンスマスク (4メールボックスごとにマスク1つ) メールボックスごとに個別にマスクを許可または禁止 |
| 送信 | <ul style="list-style-type: none"> データフレームとリモートフレームの送信をサポート 送信IDフォーマットは、標準IDのみ、拡張IDのみ、またはミックスIDを選択可能 ワンショット送信機能をプログラム可能 ブロードキャストメッセージ機能 メッセージIDまたはメールボックス番号に基づく優先モードを選択可能 送信要求アボートをサポート、アボート完了はステータスフラグで確認可能 メールボックスごとに個別に送信完了割り込みを許可または禁止 |
| バスオフ復帰のモード遷移 | バスオフ状態からの復帰のモード遷移を選択可能 : <ul style="list-style-type: none"> ISO11898-1仕様準拠 バスオフ開始で自動的にCAN haltモードへ遷移 バスオフ終了で自動的にCAN haltモードへ遷移 ソフトウェアによりCAN haltモードへ遷移 ソフトウェアによりエラーアクティブ状態へ遷移 |
| エラー状態の監視 | <ul style="list-style-type: none"> CANバスエラー (スタッフエラー、フォームエラー、ACKエラー、15ビットCRCエラー、ビットエラー、ACKデリミタエラー) の監視 エラー状態 (エラーワーニング、エラーパッシブ、バスオフ開始、バスオフ復帰) への遷移の検出 エラーカウンタ読み出しのサポート |
| タイムスタンプ機能 | <ul style="list-style-type: none"> 16ビットカウンタによるタイムスタンプ機能 基準クロックは、1、2、4、8ビットタイム期間から選択可能 |
| 割り込み機能 | 5種類の割り込み要因をサポート : <ul style="list-style-type: none"> 受信完了割り込み 送信完了割り込み 受信FIFO割り込み 送信FIFO割り込み エラー割り込み |
| CANスリープモード | CANクロック停止による消費電力の削減 |

表 31.1 CANモジュールの仕様 (2/2)

| 項目 | 内容 |
|----------------|---|
| ソフトウェアサポートユニット | 3つのソフトウェアサポートユニット： <ul style="list-style-type: none"> アクセプタンスフィルタサポート メールボックス検索サポート（受信メールボックス検索、送信メールボックス検索、メッセージロスト検索） チャンネル検索サポート |
| CANクロックソース | PCLKBまたはCANMCLK |
| テストモード | 評価用に3つのテストモードを用意： <ul style="list-style-type: none"> リッスンオンリモード セルフテストモード0（外部ループバック） セルフテストモード1（内部ループバック） |
| モジュールストップ機能 | モジュールストップ状態を設定して消費電力を削減可能 |

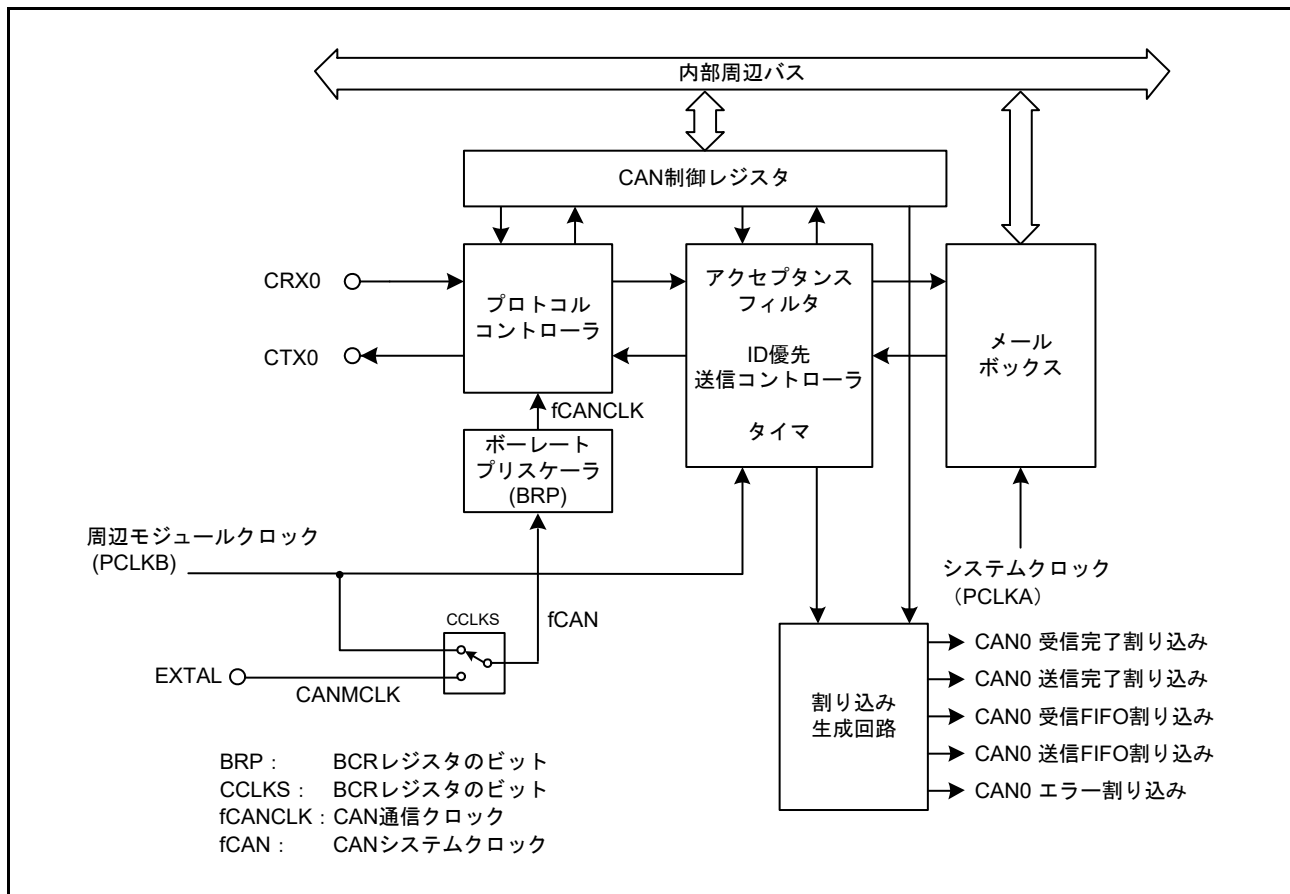


図 31.1 CANモジュールのブロック図

CANモジュールには、次のブロックが含まれます。

- CANの入出力端子
CRX0 および CTX0
- プロトコルコントローラ
バスアービトラージョン、送受信時のビットタイミング、スタンプ処理、エラー処理などのCANプロトコル処理を行います。
- メールボックス
送信または受信に使用可能な32個のメールボックスで構成されます。各メールボックスは、固有のID、データ長コード(DLC)、データフィールド(8バイト)、およびタイムスタンプを持ちます。

- アクセプタンスフィルタ
MKR0 ~ MKR7 レジスタの設定値を使用して、受信したメッセージのフィルタ処理を行います。
- タイマ
タイムスタンプ機能に使用します。メールボックスにメッセージを格納するときのタイマ値が、タイムスタンプ値として書き込まれます。
- 5種類の割り込み発生回路
 - CAN0 受信完了割り込み
 - CAN0 送信完了割り込み
 - CAN0 受信 FIFO 割り込み
 - CAN0 送信 FIFO 割り込み
 - CAN0 エラー割り込み

表 31.2 に CAN モジュール端子を示します。これらは、本 MCU の他の信号との兼用端子です。詳細は、「20. I/O ポート」を参照してください。

表 31.2 端子構成

| 端子名 | 入出力 | 機能 |
|------|-----|---------|
| CRX0 | 入力 | データ受信端子 |
| CTX0 | 出力 | データ送信端子 |

31.2 レジスタの説明

31.2.1 コントロールレジスタ (CTRLR)

アドレス CAN0.CTRLR 4005 0840h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|------|----------|------|-----------|-----------|------|-----|-----|-----------|-----|----|----|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | RBOC | BOM[1:0] | SLPM | CANM[1:0] | TSPS[1:0] | TSRC | TPM | MLM | IDFM[1:0] | MBM | | | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|--------------------------|--|-----|
| b0 | MBM | CANメールボックスモード選択 (注1) | 0: 通常メールボックスモード 1: FIFOメールボックスモード | R/W |
| b2-b1 | IDFM[1:0] | IDフォーマットモード選択 (注1) | b2 b1 0 0: 標準IDモード すべてのメールボックス (FIFOメールボックスを含む) は標準IDのみに対応します。 0 1: 拡張IDモード すべてのメールボックス (FIFOメールボックスを含む) は拡張IDのみに対応します。 1 0: ミックスIDモード すべてのメールボックス (FIFOメールボックスを含む) は、標準IDと拡張IDの両方に対応します。通常メールボックスモードでは、対応するIDEビットを使用して標準IDと拡張IDを区別してください。FIFOメールボックスモードでは、対応するIDEビットはメールボックス0~23に使用します。FIDCR0およびFIDCR1レジスタのIDEビットは受信FIFO用に、メールボックス24のIDEビットは送信FIFO用に使用します。 1 1: 設定禁止 | R/W |
| b3 | MLM | メッセージロストモード選択 (注1) | 0: オーバーライトモード 1: オーバーランモード | R/W |
| b4 | TPM | 送信優先順位モード選択 (注1) | 0: ID優先送信モード 1: メールボックス番号優先送信モード | R/W |
| b5 | TSRC | タイムスタンプカウンタリセットコマンド (注4) | 0: タイムスタンプカウンタをリセットしない 1: タイムスタンプカウンタをリセットする (注3) | R/W |
| b7-b6 | TSPS[1:0] | タイムスタンププリスケアラ選択 (注1) | b7 b6 0 0: 1ビットタイムごと 0 1: 2ビットタイムごと 1 0: 4ビットタイムごと 1 1: 8ビットタイムごと | R/W |
| b9-b8 | CANM[1:0] | CANオペレーションモード選択 (注5) | b9 b8 0 0: CANオペレーションモード 0 1: CANリセットモード 1 0: CAN haltモード 1 1: CANリセットモード (強制遷移) | R/W |
| b10 | SLPM | CANスリープモード (注5) (注6) | 0: CANスリープモードの終了 1: CANスリープモードの開始 | R/W |
| b12-b11 | BOM[1:0] | バスオフ復帰モード (注1) | b12 b11 0 0: 通常モード (ISO11898-1仕様準拠) 0 1: バスオフ状態開始で自動的にCAN haltモードへ遷移 1 0: バスオフ状態終了で自動的にCAN haltモードへ遷移 1 1: ソフトウェア要求によりバスオフ復帰期間中にCAN haltモードへ遷移 | R/W |
| b13 | RBOC | バスオフ強制復帰 (注2) | 0: 復帰しない 1: バスオフ状態から強制復帰 (注3) | R/W |
| b15-b14 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. BOM[1:0]、TSPS[1:0]、TPM、MLM、IDFM[1:0]、およびMBMビットへの書き込みは、CANリセットモード時に行ってください。

注2. RBOCビットはバスオフ状態で1にしてください。

- 注3. このビットは、1にした後、自動的に0になります。読むと0が読めます。
- 注4. TSRC ビットは CAN オペレーションモード時に 1 にしてください。
- 注5. CANM[1:0] および SLPM ビットを変更した場合は、STR レジスタでモードが切り替わったことを確認してください。モードが切り替わるまで、CANM[1:0] ビットまたは SLPM ビットを変更しないでください。
- 注6. SLPM ビットへの書き込みは、CAN リセットモードまたは CAN halt モード時に行ってください。SLPM ビットを書き換える場合は、SLPM ビットのみで 0 または 1 を書いてください。

MBM ビット (CAN メールボックスモード選択)

MBM ビットが 0 (通常メールボックスモード) の場合、メールボックス 0 ~ 31 は送信または受信メールボックスに設定されます。

MBM ビットが 1 (FIFO メールボックスモード) の場合

- メールボックス 0 ~ 23 は送信または受信メールボックスに設定される
- メールボックス 24 ~ 27 は送信 FIFO に設定される
- メールボックス 28 ~ 31 は受信 FIFO に設定される

送信データは、メールボックス 24 (送信 FIFO のウィンドウメールボックス) に書き込まれる。受信データは、メールボックス 28 (受信 FIFO のウィンドウメールボックス) から読み出される。

表 31.3 にメールボックスの構成を示します。

IDFM[1:0] ビット (ID フォーマットモード選択)

IDFM[1:0] ビットは、ID フォーマットを指定します。

MLM ビット (メッセージロストモード選択)

MLM ビットは、未読メールボックスに新しいメッセージを取り込む場合の動作を指定します。オーバーライトモードまたはオーバーランモードを選択できます。すべてのメールボックス (受信 FIFO を含む) は、オーバーライトモードかオーバーランモードのどちらかになります。

本ビットが 0 の場合、すべてのメールボックスはオーバーライトモードになります。新しいメッセージを受信すると、それによって既存のメッセージが上書きされます。

本ビットが 1 の場合、すべてのメールボックスはオーバーランモードになります。新しいメッセージを受信しても、古いメッセージは上書きされず、新しいメッセージが破棄されます。

TPM ビット (送信優先順位モード選択)

TPM ビットは、メッセージを送信する場合の優先順位を指定します。

TPM ビットは、ID 優先送信モードまたはメールボックス番号送信モードを選択します。すべてのメールボックスは、ID 優先送信またはメールボックス番号優先送信のどちらかになります。

TPM ビットが 0 の場合、ID 優先送信モードが選択され、送信優先順位は ISO11898-1 の CAN 仕様に定められているように CAN バスアービトレーションルールに従います。ID 優先送信モードでは、メールボックス 0 ~ 31 (通常メールボックスモード時)、メールボックス 0 ~ 23 (FIFO メールボックスモード時)、および送信 FIFO が、送信用に設定されたメールボックスの ID と比較されます。2 つ以上のメールボックス ID が同一であると、小さい番号のメールボックスが優先されます。

送信 FIFO から送信される次のメッセージのみが、送信アービトレーションの対象となります。FIFO メッセージを送信中の場合、送信 FIFO 内の次の待機メッセージが送信アービトレーションの対象となります。

TPM ビットが 1 の場合、メールボックス番号送信モードが選択され、一番小さい番号の送信メールボックスが最優先されます。FIFO メールボックスモードでは、送信 FIFO は通常メールボックス (0 ~ 23) よりも優先順位が低くなります。

TSRC ビット (タイムスタンプカウンタリセットコマンド)

TSRC ビットは、タイムスタンプカウンタをリセットします。本ビットを 1 にすると、TSR レジスタが 0000h になります。本ビットは自動的に 0 になります。

TSPS[1:0] ビット (タイムスタンププリスケアラ選択) TSPS[1:0] ビットは、タイムスタンプ用のプリスケアラを選択します。タイムスタンプ用の基準クロックは、1、2、4、または 8 ビットタイム期間から選択できます。

CANM[1:0] ビット (CAN オペレーションモード選択)

CANM[1:0] ビットは、CAN モジュールのモードを下記から 1 つ選択します。

- CAN オペレーションモード
- CAN リセットモード
- CAN halt モード

CAN スリープモードは SLPM ビットで設定します。詳細は、[31.3 動作モード](#)を参照してください。

CAN モジュールが、BOM[1:0] ビットの設定値に基づいて CAN halt モードへ遷移した場合、CANM[1:0] ビットは自動的に 10b になります。

SLPM ビット (CAN スリープモード)

SLPM ビットを 1 にすると、CAN モジュールは CAN スリープモードへ遷移します。SLPM ビットを 0 にすると、CAN モジュールは CAN スリープモードから復帰します。詳細は、[31.3 動作モード](#)を参照してください。

BOM[1:0] ビット (バスオフ復帰モード)

BOM[1:0] ビットは、CAN モジュールのバスオフ復帰モードを選択します。

BOM[1:0] ビットが 00b の場合、CAN 仕様 (ISO11898-1) に準拠してバスオフ状態から復帰します。CAN モジュールは、11 の連続するレセシブビットを 128 回検出すると、CAN 通信 (エラーアクティブ状態) を回復させます。バスオフからの復帰時に、バスオフ復帰割り込み要求が発生します。

BOM[1:0] ビットが 01b の場合、CAN モジュールがバスオフ状態に達すると、CTRL.CANM[1:0] ビットが 10b になり CAN halt モードへ遷移します。バスオフからの復帰時にバスオフ復帰割り込み要求は発生せず、TECR レジスタと RECR レジスタが 00h になります。

BOM[1:0] ビットが 10b の場合、CAN モジュールがバスオフ状態に達すると、ただちに CANM[1:0] ビットが 10b になります。CAN モジュールは、バスオフ状態から復帰した後 (11 の連続するレセシブビットを 128 回検出した後)、CAN halt モードへ遷移します。バスオフからの復帰時にバスオフ復帰割り込み要求が発生し、TECR レジスタと RECR レジスタは 00h になります。

BOM[1:0] ビットが 11b の場合、CAN モジュールがまだバスオフ状態のときに CANM[1:0] ビットを 10b にすると、CAN halt モードへ遷移します。バスオフからの復帰時にバスオフ復帰割り込み要求は発生せず、TECR レジスタと RECR レジスタは 00h になります。しかし、CANM[1:0] ビットを 10b にする前に 11 の連続するレセシブビットを 128 回検出して、バスオフから復帰した場合は、バスオフ復帰割り込み要求が発生します。

CAN モジュールが CAN halt モードへ遷移しようとしたとき (BOM[1:0] ビット = 01b のときはバスオフ開始時、BOM[1:0] ビット = 10b のときはバスオフ終了時)、同時に CPU が CAN リセットモードへの遷移を要求した場合は、CPU 要求の CAN リセットモードへの遷移が優先されます。

RBOC ビット (バスオフ強制復帰)

バスオフ状態のとき RBOC ビットを 1 にすると、CAN モジュールは強制的にバスオフ状態を終了させます。本ビットは自動的に 0 になり、エラー状態はバスオフからエラーアクティブに変化します。RBOC ビットを 1 にすると、RECR および TECR レジスタが 00h になり、STR.BOST ビットは 0 になります。これは、CAN モジュールがバスオフ状態ではないことを示します。他のレジスタは RBOC ビットを 1 にしても変化しません。このバスオフ状態からの復帰によって、バスオフ復帰割り込み要求は発生しません。RBOC ビットは、BOM[1:0] ビットが 00b (通常モード) の場合にのみ使用してください。

表 31.3 メールボックスの構成

| メールボックス | MBMビット=0 (通常メールボックスモード) | MBMビット=1 (注1) ~ (注5) (FIFOメールボックスモード) |
|--------------|----------------------------|--|
| メールボックス0~23 | 通常メールボックス | 通常メールボックス |
| メールボックス24~27 | | 送信FIFO |
| メールボックス28~31 | | 受信FIFO |

- 注 1. 送信 FIFO は TFCR レジスタで制御します。メールボックス 24 ~ 27 に対応する MCTL_TXj レジスタは無効です。MCTL_TX24 ~ MCTL_TX27 レジスタは送信 FIFO では使用できません。
- 注 2. 受信 FIFO は RFCR レジスタで制御します。メールボックス 28 ~ 31 に対応する MCTL_RXj レジスタは無効です。MCTL_RX28 ~ MCTL_RX31 レジスタは受信 FIFO では使用できません。
- 注 3. FIFO 割り込みについては、MIER_FIFO レジスタを参照してください。
- 注 4. メールボックス 24 ~ 31 に対応する MKIVLR レジスタのビットは無効です。これらのビットは 0 にしてください。
- 注 5. 送信および受信 FIFO は、データフレームとリモートフレームの両方に使用可能です。

31.2.2 ビットコンフィグレーションレジスタ (BCR)

アドレス CAN0.BCR 4005 0844h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|------------|------------------------------|---|-----|
| b0 | CCLKS | CANクロックソース選択 | 0 : PCLKB (PLLクロックで生成) 1 : CANMCLK (メインクロックで生成) | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b10-b8 | TSEG2[2:0] | タイムセグメント2制御 | b10 b8 0 0 0 : 設定禁止 0 0 1 : 2Tq 0 1 0 : 3Tq 0 1 1 : 4Tq 1 0 0 : 5Tq 1 0 1 : 6Tq 1 1 0 : 7Tq 1 1 1 : 8Tq | R/W |
| b11 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b13-b12 | SJW[1:0] | 同期ジャンプ幅制御 | b13 b12 0 0 : 1Tq 0 1 : 2Tq 1 0 : 3Tq 1 1 : 4Tq | R/W |
| b15-b14 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b25-b16 | BRP[9:0] | ポーレートプリスケラ選択 ^(注1) | CAN通信クロック (fCANCLK) の周波数を設定します。 | R/W |
| b27-b26 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b31-b28 | TSEG1[3:0] | タイムセグメント1制御 | b31 b28 0 0 0 0 : 設定禁止 0 0 0 1 : 設定禁止 0 0 1 0 : 設定禁止 0 0 1 1 : 4Tq 0 1 0 0 : 5Tq 0 1 0 1 : 6Tq 0 1 1 0 : 7Tq 0 1 1 1 : 8Tq 1 0 0 0 : 9Tq 1 0 0 1 : 10Tq 1 0 1 0 : 11Tq 1 0 1 1 : 12Tq 1 1 0 0 : 13Tq 1 1 0 1 : 14Tq 1 1 1 0 : 15Tq 1 1 1 1 : 16Tq | R/W |

Tq: Time Quantum

注1. SCKSCR.CKSEL[2:0] ビットが 011b (メインクロック発振器選択) の場合、1未満の値を選択しないでください。

ビットタイミングの設定については、[31.4 データ転送レートの設定](#)を参照してください。BCR レジスタは、CAN リセットモードから CAN halt モードまたは CAN オペレーションモードへ遷移する前に設定してください。このレジスタは、いったん設定した後も、CAN リセットモードまたは CAN halt モード時に書き込みが可能です。32 ビットでリード/ライトアクセスする場合、ビット 0 ~ 7 を変更しないように行う必要があります。

CCLKS ビット (CAN クロックソース選択)

CCLKS ビットが 0 の場合、CAN クロックソース (fCAN) には、PLL 周波数シンセサイザで生成された周辺クロック (PCLKB) が使用されます。CCLKS ビットが 1 の場合、CAN クロックソース (fCAN) には、外部の EXTAL 端子で生成された CANMCLK が使用されます。

TSEG2[2:0] ビット (タイムセグメント 2 制御)

TSEG2[2:0] ビットは、フェーズバッファセグメント 2 (PHASE_SEG2) の長さを Tq 値で指定します。2 ~ 8Tq の値が設定可能です。TSEG1[3:0] ビット値未満の値を設定してください。

SJW[1:0] ビット (同期ジャンプ幅制御)

SJW[1:0] ビットは、同期ジャンプ幅を Tq 値で指定します。1 ~ 4Tq の値が設定可能です。TSEG2[2:0] ビット値以下の値を設定してください。

BRP[9:0] ビット (ボーレートプリスケール選択)

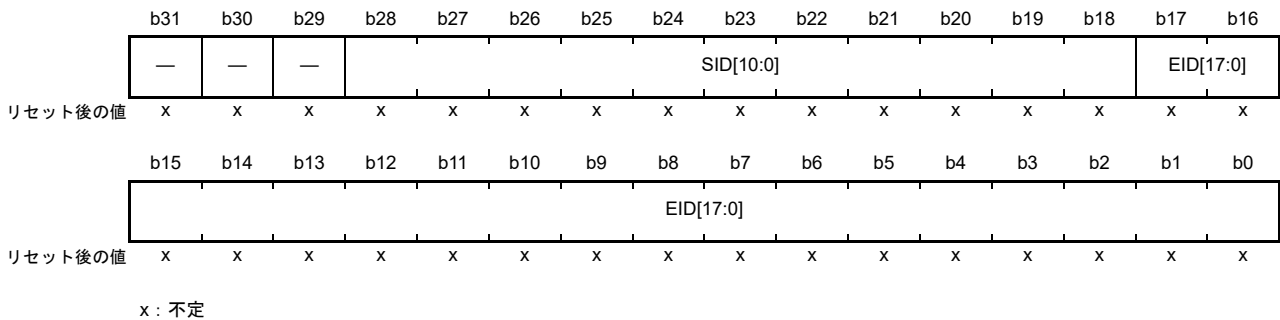
BRP[9:0] ビットは、CAN 通信クロック (fCANCLK) の周波数を設定します。fCANCLK の周期が 1Tq となります。設定値を P (0 ~ 1023) とすると、ボーレートプリスケールは fCAN を P+1 で分周します。

TSEG1[3:0] ビット (タイムセグメント 1 制御)

TSEG1[3:0] ビットは、プロパゲーションタイムセグメント (PROP_SEG) とフェーズバッファセグメント 1 (PHASE_SEG1) の合計長を Tq 値で指定します。4 ~ 16Tq の値が設定可能です。

31.2.3 マスクレジスタ k (MKRk) (k = 0 ~ 7)

アドレス CAN0.MKR0 4005 0400h ~ CAN0.MKR7 4005 041Ch



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|-------|---|-----|
| b17-b0 | EID[17:0] | 拡張ID | 0: 対応するEID[17:0]ビットを比較しない 1: 対応するEID[17:0]ビットを比較する | R/W |
| b28-b18 | SID[10:0] | 標準ID | 0: 対応するSID[10:0]ビットを比較しない 1: 対応するSID[10:0]ビットを比較する | R/W |
| b31-b29 | — | 予約ビット | 読むと不定値が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

FIFO メールボックスモードでのマスク機能については、[31.6 アクセプタンスフィルタ機能とマスク機能](#)を参照してください。

MKR0 ~ MKR7 レジスタへの書き込みは、CAN リセットモードまたは CAN halt モード時に行ってください。

EID[17:0] ビット (拡張ID)

EID[17:0] ビットは、CAN 拡張 ID ビットに対応するフィルタマスクビットです。拡張 ID のメッセージを受信する場合に使用します。EID[17:0] ビットを 0 にした場合、受信した各 ID ビットは、対応するメールボックスの ID ビットと比較されません。EID[17:0] ビットを 1 にした場合、受信した各 ID ビットは、対応するメールボックスの ID ビットと比較されます。

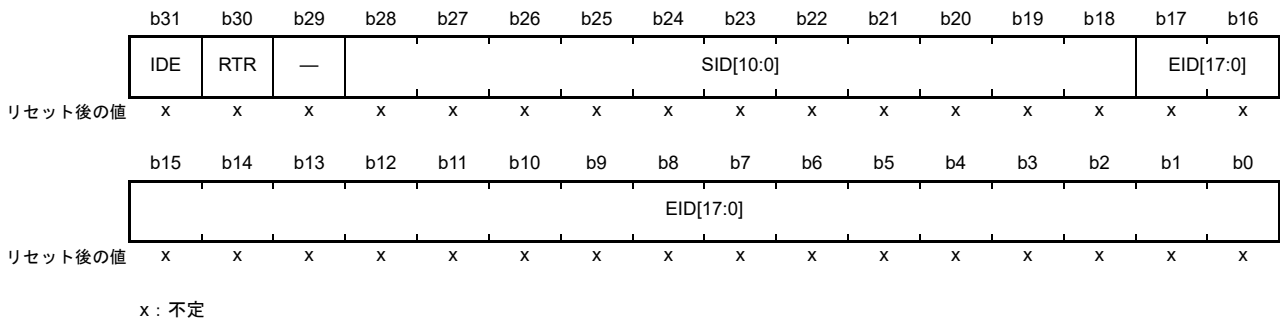
SID[10:0] ビット (標準ID)

SID[10:0] ビットは、CAN 標準 ID ビットに対応するフィルタマスクビットです。標準 ID と拡張 ID のメッセージを受信する場合の両方で使用します。

SID[10:0] ビットを 0 にした場合、受信した各 ID ビットは、対応するメールボックスの ID ビットと比較されません。SID[10:0] ビットが 1 の場合、受信した各 ID は、対応するメールボックスの ID ビットと比較されます。

31.2.4 FIFO 受信 ID 比較レジスタ 0、1 (FIDCR0, FIDCR1)

アドレス CAN0.FIDCR0 4005 0420h, CAN0.FIDCR1 4005 0424h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|----------|----------------------------|-----|
| b17-b0 | EID[17:0] | 拡張ID | データフレームとリモートフレームの拡張ID | R/W |
| b28-b18 | SID[10:0] | 標準ID | データフレームとリモートフレームの標準ID | R/W |
| b29 | — | 予約ビット | 読むと不定値が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b30 | RTR | リモート送信要求 | 0: データフレーム 1: リモートフレーム | R/W |
| b31 | IDE | ID拡張(注1) | 0: 標準ID 1: 拡張ID | R/W |

注1. CTLR.IDFM[1:0] ビット値が 10b 以外の場合、IDE ビットには 0 を書いて、読むと 0 が読めるようにしてください。

FIDCR0 および FIDCR1 レジスタは、CTLR.MBM ビットを 1 (FIFO メールボックスモード) にした場合に有効です。FIFO メールボックスモードでは、メールボックス 28 ~ メールボックス 31 レジスタの EID[17:0]、SID[10:0]、RTR、および IDE ビットは無効です。FIDCR0 および FIDCR1 レジスタへの書き込みは、CAN リセットモードまたは CAN halt モード時に行ってください。FIDCR0 および FIDCR1 レジスタの使用法については、[31.6 アクセプタンスフィルタ機能とマスク機能](#)を参照してください。

EID[17:0] ビット (拡張 ID)

EID[17:0] ビットは、データフレームとリモートフレームの拡張 ID を設定します。拡張 ID のメッセージを受信する場合に使用します。

SID[10:0] ビット (標準 ID)

SID[10:0] ビットは、データフレームとリモートフレームの標準 ID を設定します。標準 ID と拡張 ID の両メッセージを受信するために使用します。

RTR ビット (リモート送信要求)

RTR ビットは、フレームフォーマットをデータフレームまたはリモートフレームに設定します。

- FIDCR0 レジスタと FIDCR1 レジスタの RTR ビットが両方とも 0 の場合、データフレームのみ受信
- FIDCR0 レジスタと FIDCR1 レジスタの RTR ビットが両方とも 1 の場合、リモートフレームのみ受信
- FIDCR0 レジスタと FIDCR1 レジスタの RTR ビット同士が異なる値の場合、データフレームとリモートフレームの両方を受信

IDE ビット (ID 拡張)

IDE ビットは、ID フォーマットを標準 ID または拡張 ID に設定します。IDE ビットは、CTRL.IDFM[1:0] ビットが 10b (ミックス ID モード) の場合に有効です。

- FIDCR0 レジスタと FIDCR1 レジスタの IDE ビットが両方とも 0 の場合、標準 ID フレームのみ受信
- FIDCR0 レジスタと FIDCR1 レジスタの IDE ビットが両方とも 1 の場合、拡張 ID フレームのみ受信
- FIDCR0 レジスタと FIDCR1 レジスタの IDE ビット同士が異なる値の場合、標準 ID フレームと拡張 ID フレームの両方を受信

31.2.5 マスク無効レジスタ (MKIVLR)

アドレス CAN0.MKIVLR 4005 0428h

| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | MB31 | MB30 | MB29 | MB28 | MB27 | MB26 | MB25 | MB24 | MB23 | MB22 | MB21 | MB20 | MB19 | MB18 | MB17 | MB16 |
| リセット後の値 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | MB15 | MB14 | MB13 | MB12 | MB11 | MB10 | MB9 | MB8 | MB7 | MB6 | MB5 | MB4 | MB3 | MB2 | MB1 | MB0 |
| リセット後の値 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |

x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|------------|-------|----------------------|-----|
| b31-b0 | MB31 ~ MB0 | マスク無効 | 0: マスク有効 1: マスク無効 | R/W |

MKIVLR レジスタの各ビットは、同じ番号のメールボックスに対応しています。MKIVLR レジスタのビット 0 はメールボックス 0 (MB0) に対応し、ビット 31 はメールボックス 31 (MB31) に対応しています。(注1)

MBn ビットを 1 にすると、対応するメールボックスの該当アクセプタンスマスクレジスタが無効になります。MBn ビットを 1 にすると、受信メッセージの ID がメールボックスの ID と完全に一致する場合のみ、対応するメールボックスによってメッセージ受信が行われます。MKIVLR レジスタへの書き込みは、CAN リセットモードまたは CAN halt モード時に行ってください。

注 1. FIFO メールボックスモード時は、ビット 31 ~ 24 を 0 にしてください。

31.2.6 メールボックスレジスタ j (MBj_ID、MBj_DL、MBj_Dm、MBj_TS) (j = 0 ~ 31; m = 0 ~ 7)

表 31.4 に CAN0 メールボックスのメモリ配置を示します。表 31.5 に CAN データフレームの構成を示します。リセット後、CAN0 メールボックスの値は不定です。

MBj_ID、MBj_DL、MBj_Dm、および MBj_TS レジスタへの書き込みは、対応する MCTL_TXj または MCTL_RXj (j = 0 ~ 31) レジスタが 00h で、かつ対応するメールボックスがアポート要求を処理していない場合にのみ行ってください。レジスタアドレスの詳細については、表 31.4 を参照してください。

表 31.4 CAN0 メールボックスのメモリ配置

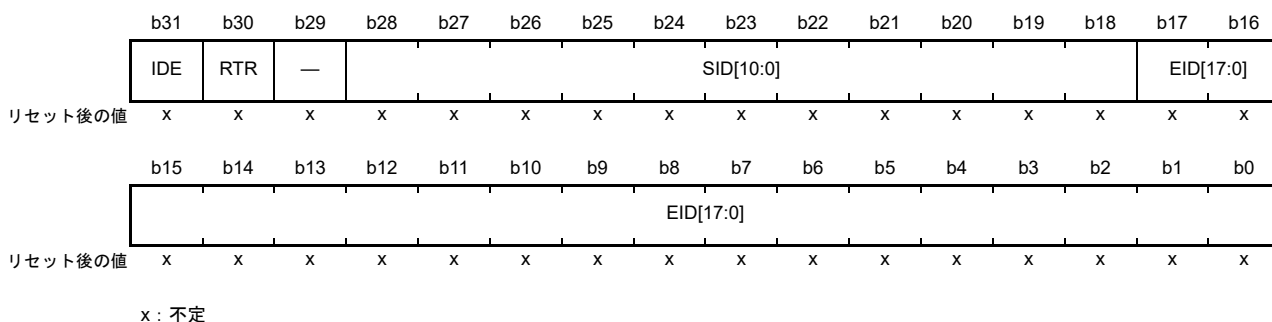
| アドレス | メッセージ内容 |
|--------------------------|-----------------------|
| CAN0 | メモリ配置 |
| 4005 0200h + 16 × j + 0 | IDE、RTR、SID10~SID6 |
| 4005 0200h + 16 × j + 1 | SID5~SID0、EID17、EID16 |
| 4005 0200h + 16 × j + 2 | EID15~EID8 |
| 4005 0200h + 16 × j + 3 | EID7~EID0 |
| 4005 0200h + 16 × j + 4 | — |
| 4005 0200h + 16 × j + 5 | データ長コード (DLC[3:0]) |
| 4005 0200h + 16 × j + 6 | データバイト0 |
| 4005 0200h + 16 × j + 7 | データバイト1 |
| 4005 0200h + 16 × j + 8 | データバイト2 |
| 4005 0200h + 16 × j + 9 | データバイト3 |
| 4005 0200h + 16 × j + 10 | データバイト4 |
| 4005 0200h + 16 × j + 11 | データバイト5 |
| 4005 0200h + 16 × j + 12 | データバイト6 |
| 4005 0200h + 16 × j + 13 | データバイト7 |
| 4005 0200h + 16 × j + 14 | タイムスタンプ上位バイト |
| 4005 0200h + 16 × j + 15 | タイムスタンプ下位バイト |

表 31.5 CAN データフレームの構成

| | | | | | | | | | |
|------------|-----------|-------------|------------|-----------|-----------|-------|-------|-----|-------|
| SID10~SID6 | SID5~SID0 | EID17~EID16 | EID15~EID8 | EID7~EID0 | DLC3~DLC1 | DATA0 | DATA1 | ... | DATA7 |
|------------|-----------|-------------|------------|-----------|-----------|-------|-------|-----|-------|

各メールボックスの内容は、新しいメッセージを受信しない限り、以前の値を保持します。

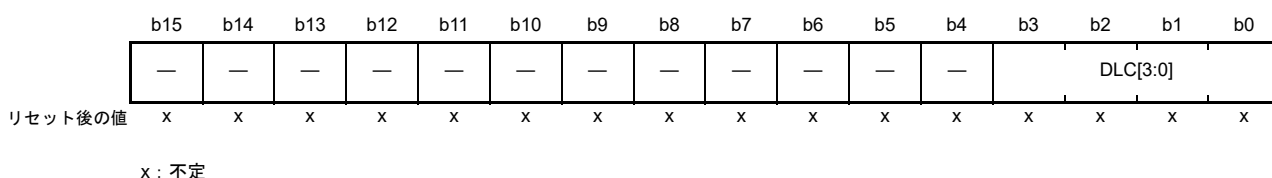
アドレス [CAN0.MB0_ID 4005 0200h](#)～[CAN0.MB31_ID 4005 03F0h](#)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------------------------|------------|----------------------------|-----|
| b17-b0 | EID[17:0] | 拡張ID (注1) | データフレームとリモートフレームの拡張ID | R/W |
| b28-b18 | SID[10:0] | 標準ID | データフレームとリモートフレームの標準ID | R/W |
| b29 | — | 予約ビット | 読むと不定値が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b30 | RTR | リモート送信要求 | 0: データフレーム 1: リモートフレーム | R/W |
| b31 | IDE | ID 拡張 (注2) | 0: 標準ID 1: 拡張ID | R/W |

- 注 1. メールボックスが標準 ID のメッセージを受信すると、そのメールボックスの EID ビット値は不定になります。
- 注 2. IDE ビットは、CTLR.IDFM[1:0] ビットが 10b (ミックス ID モード) の場合に有効です。CTLR.IDFM[1:0] ビット値が 10b 以外の場合、IDE ビットには 0 を書いて、読むと 0 が読めるようにしてください。

アドレス [CAN0.MB0_DL 4005 0204h](#)～[CAN0.MB31_DL 4005 03F4h](#)

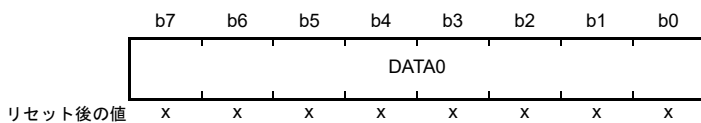


| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------------------------|--------------|--|-----|----|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|-----|
| b3-b0 | DLC[3:0] | データ長コード (注1) | <table style="font-size: small; margin: 0 auto;"> <tr><td>b3</td><td>b0</td><td>0 0 0 0</td><td>: データ長 = 0バイト</td></tr> <tr><td>0 0 0 1</td><td>: データ長 = 1バイト</td></tr> <tr><td>0 0 1 0</td><td>: データ長 = 2バイト</td></tr> <tr><td>0 0 1 1</td><td>: データ長 = 3バイト</td></tr> <tr><td>0 1 0 0</td><td>: データ長 = 4バイト</td></tr> <tr><td>0 1 0 1</td><td>: データ長 = 5バイト</td></tr> <tr><td>0 1 1 0</td><td>: データ長 = 6バイト</td></tr> <tr><td>0 1 1 1</td><td>: データ長 = 7バイト</td></tr> <tr><td>1 x x x</td><td>: データ長 = 8バイト</td></tr> </table> | b3 | b0 | 0 0 0 0 | : データ長 = 0バイト | 0 0 0 1 | : データ長 = 1バイト | 0 0 1 0 | : データ長 = 2バイト | 0 0 1 1 | : データ長 = 3バイト | 0 1 0 0 | : データ長 = 4バイト | 0 1 0 1 | : データ長 = 5バイト | 0 1 1 0 | : データ長 = 6バイト | 0 1 1 1 | : データ長 = 7バイト | 1 x x x | : データ長 = 8バイト | R/W |
| b3 | b0 | 0 0 0 0 | : データ長 = 0バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 0 1 | : データ長 = 1バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 1 0 | : データ長 = 2バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 0 1 1 | : データ長 = 3バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 0 0 | : データ長 = 4バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 0 1 | : データ長 = 5バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 1 0 | : データ長 = 6バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 1 1 1 | : データ長 = 7バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 x x x | : データ長 = 8バイト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b15-b4 | — | 予約ビット | 読むと不定値が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

x: Don't care

- 注 1. メールボックスが n バイト (n は 8 未満) のデータ長 (DLC[3:0] ビットで設定) のメッセージを受信した場合、そのメールボックスの DATA_n ~ DATA₇ レジスタ内のデータは不定です。DATA₀ ~ DATA₇ が、このメールボックスのデータレジスタです。たとえば、データ長が 6 バイト (DLC[3:0] = 6h) であれば、DATA₆ レジスタと DATA₇ レジスタのデータは不定です。

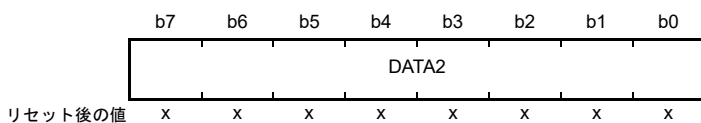
アドレス [CAN0.MB0_D0 4005 0206h](#)～[CAN0.MB31_D0 4005 03F6h](#)



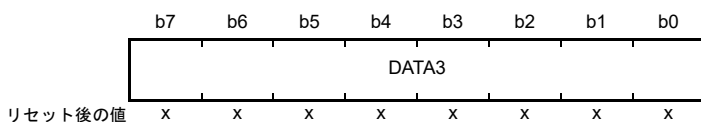
アドレス [CAN0.MB0_D1 4005 0207h](#)～[CAN0.MB31_D1 4005 03F7h](#)



アドレス [CAN0.MB0_D2 4005 0208h](#)～[CAN0.MB31_D2 4005 03F8h](#)



アドレス [CAN0.MB0_D3 4005 0209h](#)～[CAN0.MB31_D3 4005 03F9h](#)



アドレス [CAN0.MB0_D4 4005 020Ah](#)～[CAN0.MB31_D4 4005 03FAh](#)



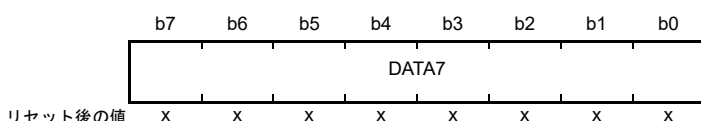
アドレス [CAN0.MB0_D5 4005 020Bh](#)～[CAN0.MB31_D5 4005 03FBh](#)



アドレス [CAN0.MB0_D6 4005 020Ch](#)～[CAN0.MB31_D6 4005 03FCh](#)



アドレス [CAN0.MB0_D7 4005 020Dh](#)～[CAN0.MB31_D7 4005 03FDh](#)

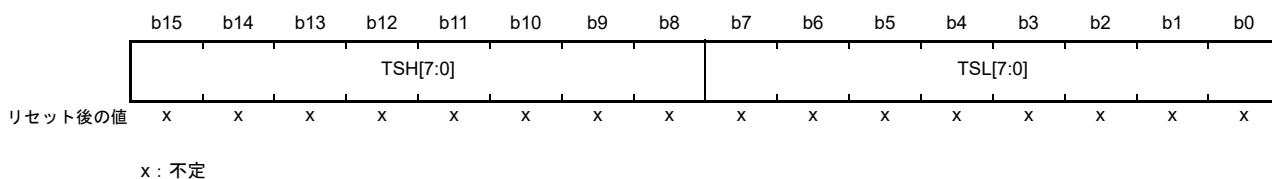


x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------------|------------------------|---|-----|
| b7-b0 | DATA0 ~ DATA7 | データバイト0~7 (注1) (注2) | DATA0~7は送信または受信したCANメッセージデータを格納します。送受信は、DATA0から開始されます。CANバス上のビットオーダはMSBファーストであり、ビット7から送受信が開始されます。 | R/W |

- 注1. メールボックスがnバイト (nは8未満) のメッセージを受信した場合、メールボックスの DATAn ~ DATA7 の値は不定です。たとえば、受信データ長が6バイトであれば、DATA6とDATA7の値は不定です。
- 注2. メールボックスがリモートフレームを受信した場合、そのメールボックスの DATA0 ~ DATA7 は以前の値を保持します。

アドレス CAN0.MB0_TS 4005 020Eh ~ CAN0.MB31_TS 4005 03FEh



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------|--------------|--|-----|
| b7-b0 | TSL[7:0] | タイムスタンプ下位バイト | TSH[7:0]ビットとTSL[7:0]ビットは、受信メッセージがメールボックスに取り込まれた時点のタイムスタンプのカウント値を格納します。 | R/W |
| b15-b8 | TSH[7:0] | タイムスタンプ上位バイト | | R/W |

EID[17:0] ビット (拡張 ID)

EID[17:0] ビットは、データフレームとリモートフレームの拡張 ID を設定します。拡張 ID のメッセージを送受信するために使用します。

SID[10:0] ビット (標準 ID)

SID[10:0] ビットは、データフレームとリモートフレームの標準 ID を設定します。標準 ID と拡張 ID の両メッセージを送受信するために使用します。

RTR ビット (リモート送信要求)

RTR ビットは、フレームフォーマットをデータフレームまたはリモートフレームに設定します。

- 受信メールボックスは、RTR ビットで指定されたフォーマットのフレームのみを受信する
- 送信メールボックスは、RTR ビットで指定されたフォーマットのフレームのみを送信する
- 受信 FIFO メールボックスは、FIDCR0 および FIDCR1 レジスタの RTR ビットで指定されたデータフレーム、リモートフレーム、またはその両方を受信する
- 送信 FIFO メールボックスは、該当する送信メッセージ内の RTR ビットで指定されたデータフレームまたはリモートフレームを送信する

IDE ビット (ID 拡張)

IDE ビットは、ID フォーマットを標準 ID または拡張 ID に設定します。IDE ビットは、CTRL.IDFM[1:0] ビットが 10b (ミックス ID モード) の場合に有効です。

- 受信メールボックスは、IDE ビットで指定された ID フォーマットのみを受信する
- 送信メールボックスは、IDE ビットで指定された ID フォーマットで送信する
- 受信 FIFO メールボックスは、FIDCR0 および FIDCR1 レジスタの IDE ビットで指定された標準 ID と拡張 ID の設定でメッセージを受信する
- 送信 FIFO メールボックスは、送信メッセージ内の IDE ビットで指定された標準 ID または拡張 ID の設定でメッセージを送信する

DLC[3:0] ビット (データ長コード)

DLC[3:0] ビットは、データフレームで送信されるデータ長を指定します。リモートフレームを使用してデータを要求する場合、DLC[3:0] ビットは要求するデータ長を指定します。

データフレームを受信した場合、DLC[3:0] ビットには受信したデータ長が格納されます。リモートフレームを受信した場合、DLC[3:0] ビットには要求されたデータ長が格納されます。

31.2.7 メールボックス割り込みイネーブルレジスタ (MIER)

アドレス CAN0.MIER 4005 042Ch

| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | MB31 | MB30 | MB29 | MB28 | MB27 | MB26 | MB25 | MB24 | MB23 | MB22 | MB21 | MB20 | MB19 | MB18 | MB17 | MB16 |
| リセット後の値 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | MB15 | MB14 | MB13 | MB12 | MB11 | MB10 | MB9 | MB8 | MB7 | MB6 | MB5 | MB4 | MB3 | MB2 | MB1 | MB0 |
| リセット後の値 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------|--------|--|-----|
| b31-b0 | MB31~MB0 | 割り込み許可 | 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可 ビット31はメールボックス31 (MB31) に、ビット0はメールボックス0 (MB0) に対応しています。 | R/W |

MIER レジスタは、メールボックスごとに個別に割り込みを許可できます。このレジスタは、通常メールボックスモードで利用可能です。FIFO メールボックスモードでは、このレジスタにアクセスしないでください。各ビットは、同じ番号のメールボックスに対応しています。これらのビットは、対応するメールボックスの送信完了割り込みと受信完了割り込みを許可または禁止します:

- MIER レジスタのビット 0 はメールボックス 0 (MB0) に対応
- MIER レジスタのビット 31 はメールボックス 31 (MB31) に対応

MIER レジスタへの書き込みは、関連する MCTL_TXj または MCTL_RXj (j=0~31) レジスタが 00h で、かつ対応するメールボックスが送受信アポート要求を処理していない場合にのみ行ってください。

31.2.8 FIFO メールボックスモード用メールボックス割り込みイネーブルレジスタ (MIER_FIFO)

アドレス CAN0.MIER_FIFO 4005 042Ch

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| | — | — | MB29 | MB28 | — | — | MB25 | MB24 | MB23 | MB22 | MB21 | MB20 | MB19 | MB18 | MB17 | MB16 |
| リセット後の値 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | MB15 | MB14 | MB13 | MB12 | MB11 | MB10 | MB9 | MB8 | MB7 | MB6 | MB5 | MB4 | MB3 | MB2 | MB1 | MB0 |
| リセット後の値 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |

x: 不定

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|------------|-------------------------------------|--|-----|
| b23-b0 | MB23 ~ MB0 | 割り込み許可 | 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可 ビット23はメールボックス23 (MB23) に、ビット0はメールボックス0 (MB0) にそれぞれ対応しています。 | R/W |
| b24 | MB24 | 送信FIFO割り込み許可 | 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可 | R/W |
| b25 | MB25 | 送信FIFO割り込み発生タイミング制御 | 0: 送信完了ごとに発生 1: 送信完了時に送信FIFOが空になると発生 | R/W |
| b27-b26 | — | 予約ビット | 読むと不定値が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b28 | MB28 | 受信FIFO割り込み許可 | 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可 | R/W |
| b29 | MB29 | 受信FIFO割り込み発生タイミング制御 ^(注1) | 0: 受信完了ごとに発生 1: 受信完了により受信FIFOがバッファワーニング ^(注2) になると発生 | R/W |
| b31-b30 | — | 予約ビット | 読むと不定値が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. 受信FIFOがフルからバッファワーニングになっても、割り込み要求は発生しません。

注2. バッファワーニングとは、受信FIFOに3つ目のメッセージが格納された状態です。

MIER_FIFO レジスタは、メールボックスごと、FIFO ごとに個別に割り込みを許可できます。このレジスタは、FIFO メールボックスモードで利用可能です。通常メールボックスモードでは、このレジスタにアクセスしないでください。

MB0 ~ MB23 ビットは、同じ番号のメールボックスに対応しています。これらのビットは、対応するメールボックスの送信完了割り込みと受信完了割り込みを許可または禁止します。

- MIER_FIFO レジスタのビット0はメールボックス0 (MB0) に対応
- MIER_FIFO レジスタのビット23はメールボックス23 (MB23) に対応

MB24、MB25、MB28、MB29の各ビットは、送信FIFO割り込みおよび受信FIFO割り込みを許可するかどうか、および割り込み要求のタイミングを指定します。

MIER_FIFO レジスタへの書き込みは、関連する MCTL_TXj または MCTL_RXj (j=0 ~ 31) レジスタが00hで、かつ対応するメールボックスが送受信アポート要求を処理していない場合にのみ行ってください。また、関連するFIFOのMIER_FIFOレジスタのビットは、下記のすべての条件が成立する場合にのみ変更してください。

- TFCR.TFE ビットが0で、かつTFCR.TFEST ビットが1
- RFCR.RFE ビットが0で、かつRFCR.RFEST ビットが1

31.2.9 送信用メッセージコントロールレジスタ (MCTL_TXj) (j = 0 ~ 31)

- 送信モード (TRMREQビットが1、RECREQビットが0の場合)

アドレス CAN0.MCTL_TX[0] 4005 0820h ~ CAN0.MCTL_TX[31] 4005 083Fh

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|--------|--------|----|---------|----|--------|-----------|----------|
| | TRMREQ | RECREQ | — | ONESHOT | — | TRMABT | TRMACTIVE | SENTDATA |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|-----------|-----------------------------|--|-----|
| b0 | SENTDATA | 送信完了フラグ(注1) | 0: 送信未完了 1: 送信完了 | R/W |
| b1 | TRMACTIVE | 送信中ステータスフラグ | 0: 送信待機中または送信要求なし 1: 送信中 | R |
| b2 | TRMABT | 送信アボート完了フラグ(注1)(注2) | 0: 送信開始、送信完了により送信アボート失敗、または送信アボート要求なし 1: 送信アボート完了 | R/W |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | ONESHOT | ワンショット許可(注2)(注3) | 0: ワンショット送信禁止 1: ワンショット送信許可 | R/W |
| b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6 | RECREQ | 受信メールアドレス要求(注2)(注3)(注4)(注5) | 0: 受信用に設定しない 1: 受信用に設定する | R/W |
| b7 | TRMREQ | 送信メールアドレス要求(注2)(注4) | 0: 送信用に設定しない 1: 送信用に設定する | R/W |

- 注1. 0のみ書けます。1の書き込みは無効です。
- 注2. このレジスタの各ビットに書き込みを行う際に、SENTDATA フラグおよび TRMABT フラグが書き込み対象でない場合は、これらのフラグに1を書き込んでください。
- 注3. ワンショット送信モードへ遷移するには、TRMREQ ビットを1にすると同時に、ONESHOT ビットに1を書いてください。ワンショット送信モードを解除するには、メッセージが送信またはアボートされた後、ONESHOT ビットに0を書いてください。
- 注4. RECREQ ビットと TRMREQ ビットの両方を1にしないでください。
- 注5. RECREQ ビットを0にするときは、SENTDATA、TRMACTIVE、TRMABT の各フラグを同時に0にしてください。

MCTL_TXj レジスタは、メールアドレスjを送信モードまたは受信モードに設定します。送信モードの場合、MCTL_TXj レジスタは送信状態の制御と表示も行います。メールアドレスjが受信モードの場合は、MCTL_TXj レジスタにアクセスしないでください。MCTL_TXj レジスタへの書き込みは、CAN オペレーションモードまたはCAN halt モード時のみ行ってください。FIFO メールボックスモードでは、MCTL_TX24 ~ MCTL_TX31 レジスタを使用しないでください。

SENTDATA フラグ (送信完了フラグ)

SENTDATA フラグは、対応するメールアドレスからのデータ送信が完了すると1になります。本フラグは、ソフトウェア書き込みで0になります。

本フラグを0にする場合、最初に TRMREQ ビットを0にしてください。SENTDATA ビットと TRMREQ ビットを同時に0にすることはできません。対応するメールアドレスから新しいメッセージを送信するには、SENTDATA フラグを0にしてください。

TRMACTIVE フラグ (送信中ステータスフラグ)

TRMACTIVE フラグは、CAN モジュールの対応するメールアドレスがメッセージ送信を開始すると1になります。TRMACTIVE フラグは、CAN モジュールでCAN バスアービトラクションロストが発生するか、CAN バスエラーが発生するか、あるいはデータ送信が完了すると0になります。

TRMABT フラグ (送信アボート完了フラグ)

TRMABT フラグは、以下の場合に 1 になります。

- 送信アボート要求に続いて、送信開始前に送信アボートが完了したとき
- 送信アボート要求に続いて、CAN モジュールが CAN バスアービトレーションロストまたは CAN バスエラーを検出したとき
- ワンショット送信モード時 (RECREQ=0、TRMREQ=1、ONESHOT=1) に、CAN モジュールが CAN バスアービトレーションロストまたは CAN バスエラーを検出したとき

TRMABT フラグは、データ送信が完了しても 1 にはなりません。ソフトウェア書き込みによって、SENTDATA フラグは 1 になり、TRMABT フラグは 0 になります。

ONESHOT ビット (ワンショット許可)

送信モード時 (RECREQ=0、TRMREQ=1) に ONESHOT ビットを 1 にすると、CAN モジュールはメッセージを 1 回だけ送信します。CAN バスエラーまたは CAN バスアービトレーションロストが発生しても、CAN モジュールはメッセージを再送信しません。送信が完了したとき、SENTDATA フラグが 1 になります。CAN バスエラーまたは CAN バスアービトレーションロストによって送信が完了しない場合は、TRMABT フラグが 1 になります。ONESHOT ビットは、SENTDATA フラグまたは TRMABT フラグが 1 になった後に 0 にしてください。

RECREQ ビット (受信メールボックス要求)

RECREQ ビットは、表 31.10 に示す受信モードを選択します。

RECREQ ビットを 1 にすると、対応するメールボックスはデータフレームまたはリモートフレームの受信用に設定されます。

RECREQ ビットを 0 にすると、対応するメールボックスはデータフレームまたはリモートフレームの受信用に設定されません。

ハードウェアプロテクトのため、下記の期間中、RECREQ ビットをソフトウェア書き込みで 0 にすることはできません。

- ハードウェアプロテクトがアクセプタンスフィルタ処理から開始される時 (CRC フィールドの始まり)
- ハードウェアプロテクトが解除される時
 - メッセージの受信用に指定されたメールボックスで、受信したデータがメールボックスに格納された後、または CAN バスエラーが発生した後。すなわち、ハードウェアプロテクトの最大期間は、CRC フィールドの始まりから EOF の 7 ビット目の終わりまでになります
 - その他のメールボックスは、アクセプタンスフィルタ処理後
 - メッセージの受信用に指定されたメールボックスがない場合、アクセプタンスフィルタ処理後

RECREQ ビットを 1 にする場合は、TRMREQ ビットを 1 にしないでください。メールボックスの設定を送信から受信に変更する場合、最初に送信をアボートし、次に SENTDATA フラグと TRMABT フラグを 0 にしてから、受信に変更してください。

注. MCTL_TXj.RECREQ は、MCTL_RXj.RECREQ のミラービットです。

TRMREQ ビット (送信メールボックス要求)

TRMREQ ビットは、表 31.10 に示す送信モードを選択します。

TRMREQ ビットを 1 にすると、対応するメールボックスはデータフレームまたはリモートフレームの送信用に設定されます。

TRMREQ ビットを 0 にすると、対応するメールボックスはデータフレームまたはリモートフレームの送信用に設定されません。

TRMREQ ビットを 1 から 0 に変更して、対応する送信要求を解除すると、TRMABT フラグまたは SENTDATA フラグのいずれかが 1 になります。TRMREQ ビットを 1 にする場合は、RECREQ ビットを 1 にしないでください。メールボックスの設定を受信から送信に変更する場合、最初に受信をアボートし、次に NEWDATA フラグと MSGLOST フラグを 0 にしてから、送信に変更してください。

注. MCTL_TXj.TRMREQ は、MCTL_RXj.TRMREQ のミラービットです。

31.2.10 受信メッセージコントロールレジスタ (MCTL_RXj) (j = 0 ~ 31)

- 受信モード (TRMREQビットが0、RECREQビットが1の場合)

アドレス CAN0.MCTL_RX[0] 4005 0820h ~ CAN0.MCTL_RX[31] 4005 083Fh

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|--------|--------|----|---------|----|---------|------------|---------|
| | TRMREQ | RECREQ | — | ONESHOT | — | MSGLOST | INVALIDATA | NEWDATA |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|------------|------------------------------------|--|-----|
| b0 | NEWDATA | 受信完了フラグ (注1) (注2) | 0: 受信データなし、または本ビットに0を書いた場合 1: 新しいメッセージをメールボックスに格納中または格納済み | R/W |
| b1 | INVALIDATA | 受信中ステータスフラグ | 0: メッセージは有効 1: メッセージを更新 | R |
| b2 | MSGLOST | メッセージロストフラグ (注1) (注2) | 0: メッセージのオーバーライトまたはオーバーランなし 1: メッセージのオーバーライトまたはオーバーランあり | R/W |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | ONESHOT | ワンショット許可 (注2) (注3) | 0: ワンショット受信禁止 1: ワンショット受信許可 | R/W |
| b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6 | RECREQ | 受信メールボックス要求 (注2) (注3) (注4) (注5) | 0: 受信用に設定しない 1: 受信用に設定する | R/W |
| b7 | TRMREQ | 送信メールボックス要求 (注2) (注4) | 0: 送信用に設定しない 1: 送信用に設定する | R/W |

注1. 0のみ書けます。1の書き込みは無効です。

注2. このレジスタの各ビットに書き込みを行う際に、NEWDATA フラグおよび MSGLOST フラグが書き込み対象でない場合は、これらのフラグに1を書き込んでください。

注3. ワンショット受信モードへ遷移するには、RECREQ ビットを1にすると同時に、ONESHOT ビットに1を書き込んでください。

ワンショット受信モードを解除するには、RECREQ ビットに0を書いた後、RECREQ ビットが0であることを確認してから ONESHOT ビットに0を書いてください。

注4. RECREQ ビットと TRMREQ ビットの両方を1にしないでください。

注5. RECREQ ビットを0にする場合、MSGLOST、NEWDATA、および RECREQ ビットを同時に0にしてください。

MCTL_RXj レジスタは、メールボックスjを送信モードまたは受信モードに設定します。受信モードの場合、MCTL_RXj レジスタは受信状態の制御と表示も行います。

メールボックスjが送信モードの場合は、MCTL_RXj レジスタにアクセスしないでください。MCTL_RXj レジスタへの書き込みは、CAN オペレーションモードまたはCAN halt モード時に行ってください。FIFO メールボックスモードでは、MCTL_RX24 ~ MCTL_RX31 レジスタを使用しないでください。

NEWDATA フラグ (受信完了フラグ)

NEWDATA フラグは、新しいメッセージをメールボックスに格納中または格納済みのときに1になります。常に INVALIDATA フラグと同時に1にしてください。NEWDATA フラグは、ソフトウェア書き込みで0になります。対応する INVALIDATA フラグが1の場合、NEWDATA フラグをソフトウェア書き込みで0にすることはできません。

INVALIDDATA フラグ (受信中ステータスフラグ)

INVALIDDATA フラグは、メッセージの受信完了後、対応するメールボックスで受信したメッセージが更新中であるとき1になります。INVALIDDATA フラグは、メッセージが格納された直後に0になります。INVALIDDATA フラグが1のときにメールボックスを読み出すと、そのデータは不定です。

MSGLOST フラグ (メッセージロストフラグ)

MSGLOST フラグは、NEWDATA フラグが1のとき、メールボックスが新しい受信メッセージでオーバーライトまたはオーバーランされると1になります。MSGLOST フラグは、EOFの6ビット目の終わりで1になります。MSGLOST フラグは、ソフトウェア書き込みで0になります。

オーバーライトモードとオーバーランモードの両方において、EOFの6ビット目の終わりから、周辺モジュールクロック (PCLKB) の5サイクルの間は、MSGLOST フラグをソフトウェア書き込みで0にすることはできません。

ONESHOT ビット (ワンショット許可)

受信モード時 (RECREQ=1、TRMREQ=0) に ONESHOT ビットを1にすると、メールボックスはメッセージを1回だけ受信します。メールボックスがメッセージを受信した後は、受信メールボックスとしては動作しません。NEWDATA フラグと INVALIDDATA フラグの動作は、通常の実受信モードと同じです。ワンショット受信モードでは、MSGLOST フラグは1にはなりません。ONESHOT ビットを0にする場合、最初に RECREQ ビットに0を書いて、RECREQ ビットが0であることを確認してから行ってください。

RECREQ ビット (受信メールボックス要求)

RECREQ ビットは、表 31.10 に示す受信モードを選択します。

RECREQ ビットを1にすると、対応するメールボックスがデータフレームまたはリモートフレームの受信用に設定されます。

ハードウェアプロテクトのため、下記の期間中、RECREQ ビットをソフトウェア書き込みで0にすることはできません。

- アクセプタンスフィルタ処理によるハードウェアプロテクト開始時 (CRC フィールドの始まり)
- ハードウェアプロテクトが解除される時
 - メッセージの受信用に指定されたメールボックスで、受信したデータがメールボックスに格納された後、または CAN バスエラーが発生した後。ハードウェアプロテクトの最大期間は、CRC フィールドの始まりから EOF の7ビット目の終わりまでになります
 - その他のメールボックスは、アクセプタンスフィルタ処理後
 - メッセージの受信用に指定されたメールボックスがない場合、アクセプタンスフィルタ処理後

RECREQ ビットを1にする場合は、TRMREQ ビットを1にしないでください。メールボックスの設定を送信から受信に変更する場合、最初に送信をアボートし、次に SENTDATA フラグと TRMABT フラグを0にしてから、受信に変更してください。

注. MCTL_RXj.RECREQ は、MCTL_TXj.REQREQ のミラービットです。

TRMREQ ビット (送信メールボックス要求)

TRMREQ ビットは、表 31.10 に示す送信モードを選択します。

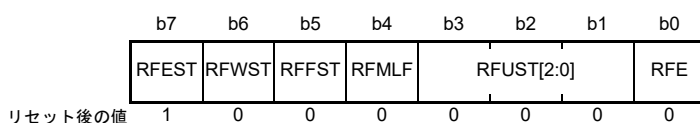
TRMREQ ビットを1にすると、対応するメールボックスはデータフレームまたはリモートフレームの送信用に設定されます。

TRMREQ ビットを1から0に変更して、対応する送信要求を解除すると、TRMABT フラグまたは SENTDATA フラグのいずれかが1になります。TRMREQ ビットを1にする場合は、RECREQ ビットを1にしないでください。メールボックスの設定を受信から送信に変更する場合、最初に受信をアボートし、次に NEWDATA フラグと MSGLOST フラグを0にしてから、送信に変更してください。

注. MCTL_RXj.TRMREQ は、MCTL_TXj.TRMREQ のミラービットです。

31.2.11 受信 FIFO コントロールレジスタ (RFCCR)

アドレス CAN0.RFCCR 4005 0848h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|---------------------------|--|-----|
| b0 | RFE | 受信 FIFO 許可 | 0 : 受信 FIFO 禁止 1 : 受信 FIFO 許可 | R/W |
| b3-b1 | RFUST[2:0] | 受信 FIFO 未読メッセージ数ステータス | b3 b1 0 0 0 : 未読メッセージなし 0 0 1 : 未読メッセージ1件あり 0 1 0 : 未読メッセージ2件あり 0 1 1 : 未読メッセージ3件あり 1 0 0 : 未読メッセージ4件あり 1 0 1 : 予約ビット 1 1 0 : 予約ビット 1 1 1 : 予約ビット | R |
| b4 | RFMLF | 受信 FIFO メッセージロストフラグ | 0 : 受信 FIFO メッセージロスト発生なし 1 : 受信 FIFO メッセージロスト発生あり | R/W |
| b5 | RFFST | 受信 FIFO フルステータスフラグ | 0 : 受信 FIFO はフルでない 1 : 受信 FIFO はフル (未読メッセージ4件) | R |
| b6 | RFWST | 受信 FIFO バッファワーニングステータスフラグ | 0 : 受信 FIFO にバッファワーニングなし 1 : 受信 FIFO にバッファワーニングあり (未読メッセージ3件) | R |
| b7 | RFEST | 受信 FIFO 空ステータスフラグ | 0 : 受信 FIFO に未読メッセージあり 1 : 受信 FIFO に未読メッセージなし | R |

RFCCR レジスタへの書き込みは、CAN オペレーションモードまたは CAN halt モード時に行ってください。

RFE ビット (受信 FIFO 許可)

RFE ビットを 1 にすると、受信 FIFO が許可されます。RFE ビットを 0 にすると、受信 FIFO は受信禁止になり、空状態 (RFEST ビット = 1) になります。RFMLF フラグの設定と同時に RFE ビットに 0 を書いてください。

通常メールボックスモード (CTRL.MBM=0) では、本ビットを 1 にしないでください。ハードウェアプロテクトのため、下記の期間中に、RFE ビットはソフトウェア書き込みで 0 になりません。

- アクセプタンスフィルタ処理によるハードウェアプロテクト開始時 (CRC フィールドの始まり)
- ハードウェアプロテクトが解除される時 :
 - メッセージの受信用に受信 FIFO が指定されている場合に、受信したデータが受信 FIFO に格納された後、または CAN バスエラーが発生した後。ハードウェアプロテクトの最大期間は、CRC フィールドの始まりから EOF の 7 ビット目の終わりまでになります
 - メッセージの受信用に受信 FIFO が指定されていない場合は、アクセプタンスフィルタ処理後

RFUST[2:0] ビット (受信 FIFO 未読メッセージ数ステータス)

RFUST[2:0] ビットは、受信 FIFO 内の未読メッセージの数を示します。RFE ビットを 0 にすると、RFUST[2:0] ビットの値は 000b に初期化されます。

RFMLF フラグ (受信 FIFO メッセージロストフラグ)

受信 FIFO がフルのときに新しいメッセージを受信すると、RFMLF ビットは 1 (受信 FIFO メッセージロスト発生あり) になります。本フラグは、EOF の 6 ビット目の終わりで 1 になります。

RFMLF フラグは、ソフトウェア書き込みで 0 になります (1 の書き込みは無効です)。オーバーライトモードとオーバーランモードの両方において、受信 FIFO がフルのときにメッセージを受信することが決定された場合、ハードウェアプロテクトにより、EOF の 6 ビット目の終わりから、周辺モジュールクロック (PCLKB) の 5 サイクルの間は、RFMLF フラグをソフトウェア書き込みで 0 (受信 FIFO メッセージロスト発生なし) にすることができません。

RFFST フラグ (受信 FIFO フルステータスフラグ)

受信 FIFO 内の未読メッセージの数が 4 件になると、RFFST フラグは 1 (受信 FIFO はフル) になります。受信 FIFO 内の未読メッセージの数が 4 件未満になると、RFFST フラグは 0 (受信 FIFO はフルでない) になります。RFE ビットが 0 の場合、RFFST フラグは 0 になります。

RFWST フラグ (受信 FIFO バッファワーニングステータスフラグ)

受信 FIFO 内の未読メッセージの数が 3 件になると、RFWST フラグが 1 (受信 FIFO にバッファワーニングあり) になります。受信 FIFO 内の未読メッセージの数が 3 件未満または 4 件になると、RFWST フラグは 0 (受信 FIFO にバッファワーニングなし) になります。RFE ビットが 0 の場合、RFWST フラグは 0 になります。

RFEST フラグ (受信 FIFO 空ステータスフラグ)

受信 FIFO 内に未読メッセージがなくなると、RFEST フラグは 1 (受信 FIFO に未読メッセージなし) になります。RFE ビットを 0 にすると、RFEST フラグは 1 になります。受信 FIFO 内の未読メッセージ数が 1 件以上になると、RFEST フラグは 0 (受信 FIFO に未読メッセージあり) になります。

図 31.2 に受信 FIFO メールボックスの動作を示します。

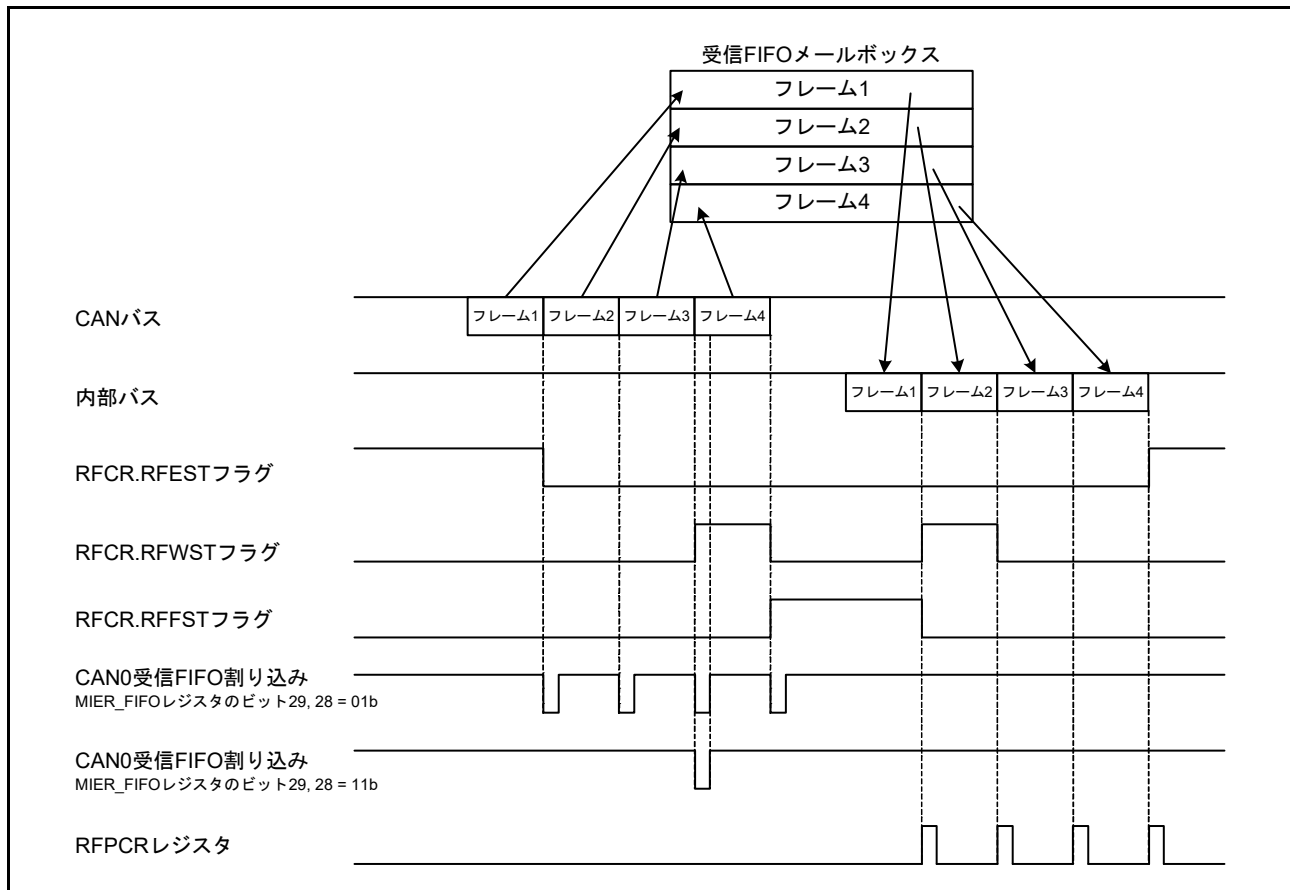
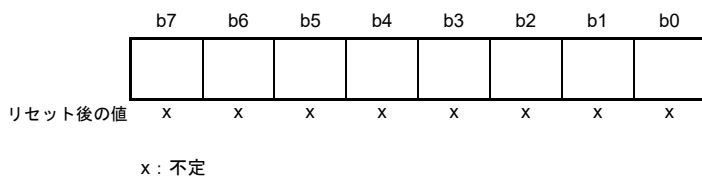


図 31.2 受信 FIFO メールボックスの動作 (MIER_FIFO レジスタのビット 29、28 が 01b または 11b のとき)

31.2.12 受信 FIFO ポインタコントロールレジスタ (RFPCR)

アドレス CAN0.RFPCR 4005 0849h



| ビット | 機能 | R/W |
|-------|-----------------------------------|-----|
| b7-b0 | RFPCRにFFhを書き込むと、受信FIFOのCPUポインタが増加 | W |

受信 FIFO が空状態でないとき、CPU ポインタを増加させて次のメールボックス位置に移動させるには、RFPCR レジスタにソフトウェアで FFh を書いてください。RFCR.RFE ビットが 0 (受信 FIFO 禁止) の場合、RFPCR レジスタに書き込みを行わないでください。

オーバーライトモードで RFFST フラグが 1 (受信 FIFO はフル) のときに新しいメッセージが受信されると、CAN ポインタと CPU ポインタの両方が増加します。この状態で RFMLF フラグが 1 のとき、RFPCR レジスタにソフトウェア書き込みを行っても CPU ポインタは増加しません。

31.2.13 送信 FIFO コントロールレジスタ (TFCR)

アドレス CAN0.TFCR 4005 084Ah

| | | | | | | | |
|---------|-------|----|----|------------|----|-----|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| TFEST | TFFST | — | — | TFUST[2:0] | | TFE | |
| リセット後の値 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|------------------------|---|-----|
| b0 | TFE | 送信 FIFO 許可 | 0 : 送信 FIFO 禁止 1 : 送信 FIFO 許可 | R/W |
| b3-b1 | TFUST[2:0] | 送信 FIFO 未送信メッセージ数ステータス | b3 b1 0 0 0 : 未送信メッセージなし 0 0 1 : 未送信メッセージ1件 0 1 0 : 未送信メッセージ2件 0 1 1 : 未送信メッセージ3件 1 0 0 : 未送信メッセージ4件 1 0 1 : 予約ビット 1 1 0 : 予約ビット 1 1 1 : 予約ビット | R |
| b5-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6 | TFFST | 送信 FIFO フルスステータス | 0 : 送信 FIFO はフルでない 1 : 送信 FIFO はフル (未送信メッセージ4件) | R |
| b7 | TFEST | 送信 FIFO 空ステータス | 0 : 送信 FIFO に未送信メッセージあり 1 : 送信 FIFO に未送信メッセージなし | R |

TFCR レジスタへの書き込みは、CAN オペレーションモードまたは CAN halt モード時に行ってください。

TFE ビット (送信 FIFO 許可)

TFE ビットを1にすると、送信 FIFO が送信許可になります。

TFE ビットを0にすると、送信 FIFO は空状態 (TFEST ビットが1) になり、次のように送信 FIFO からの未送信メッセージが失われます。

- 送信 FIFO から次のメッセージ送信予定がない、または送信中でないときはただちに
- 送信 FIFO から次のメッセージ送信予定がある、または送信中の場合、送信完了、CAN バスエラー、CAN バスアービトラクションロスト、または CAN halt モードへの遷移が発生した時点

TFE ビットを再度1にする前に、TFEST ビットが1になっていることを確認してください。TFE ビットを1にした後、メールボックス 24 に送信データを書き込んでください。

通常メールボックスモード (CTRL.MBM ビット=0) では、TFE ビットを1にしないでください。

TFUST[2:0] ビット (送信 FIFO 未送信メッセージ数ステータス)

TFUST[2:0] ビットは、送信 FIFO 内の未送信メッセージの数を示します。TFE ビットを0にした後、送信アポートまたは送信が完了すると、TFUST[2:0] ビットは000bになります。

TFFST ビット (送信 FIFO フルスステータス)

送信 FIFO 内の未送信メッセージの数が4件になると、TFFST ビットは1 (送信 FIFO はフル) になります。送信 FIFO 内の未送信メッセージの数が4件未満になると、TFFST ビットは0 (送信 FIFO はフルでない) になります。送信 FIFO の送信がアポートされると、TFFST ビットは0になります。

TFEST ビット (送信 FIFO 空ステータス)

送信 FIFO 内に未送信メッセージがなくなると、TFEST ビットは 1 (送信 FIFO にメッセージなし) になります。送信 FIFO からの送信がアボートされると、TFEST ビットは 1 になります。送信 FIFO 内の未送信メッセージの数が 1 件以上になると、TFEST ビットは 0 (送信 FIFO にメッセージあり) になります。

図 31.3 に送信 FIFO メールボックスの動作を示します。

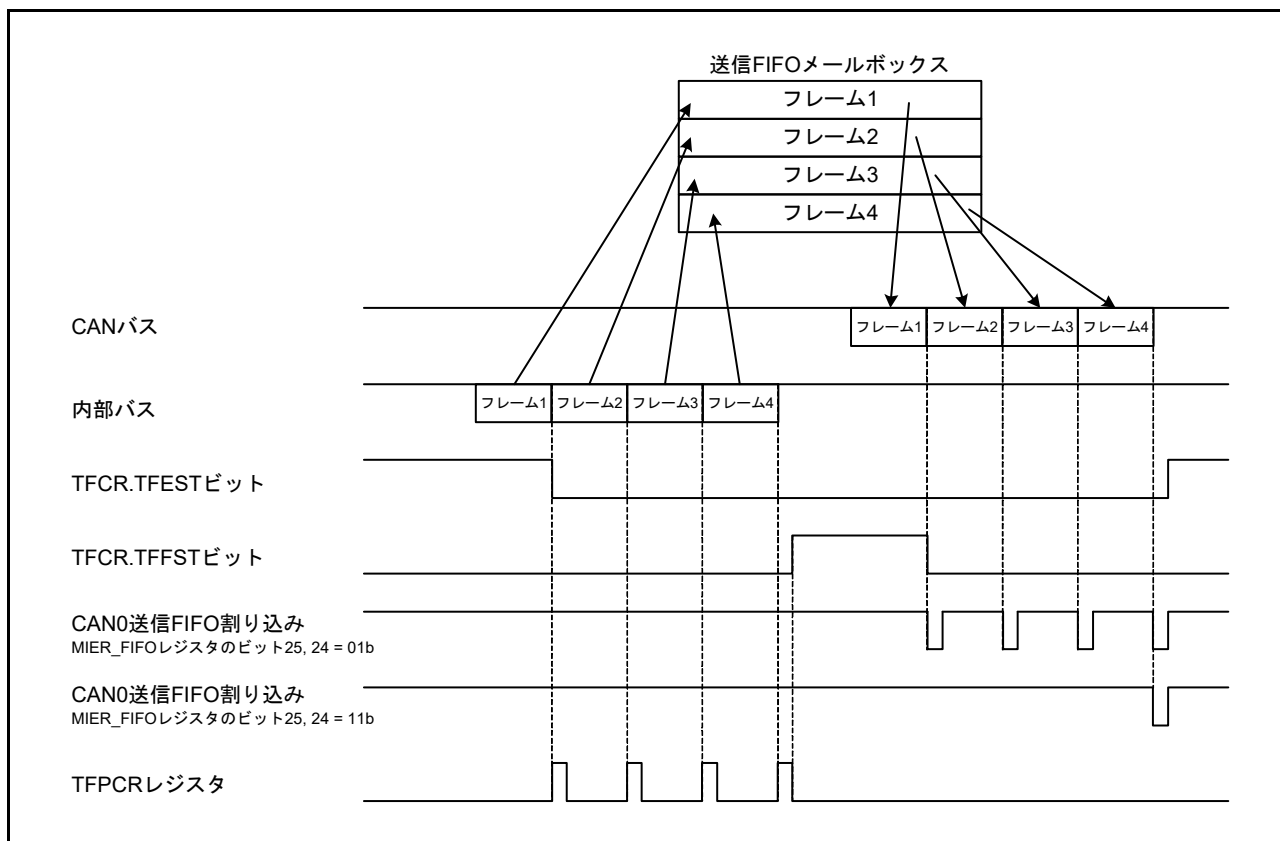
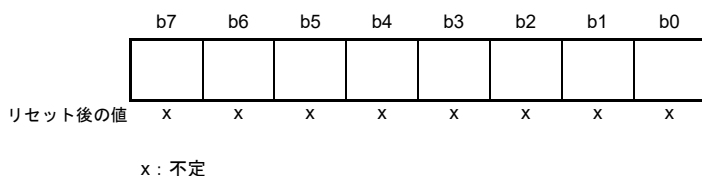


図 31.3 送信 FIFO メールボックスの動作 (MIER_FIFO レジスタのビット 25、24 が 01b または 11b のとき)

31.2.14 送信 FIFO ポインタコントロールレジスタ (TFPCR)

アドレス CAN0.TFPCR 4005 084Bh



| ビット | 機能 | R/W |
|-------|-----------------------------------|-----|
| b7-b0 | TFPCRにFFhを書き込むと、送信FIFOのCPUポインタが増加 | W |

送信 FIFO がフルでないとき、送信 FIFO の CPU ポインタを増加させて次のメールボックス位置に移動させるには、ソフトウェアで TFPCR レジスタに FFh を書いてください。

TFCR.TFE ビットが 0 (送信 FIFO 禁止) の場合、TFPCR レジスタに書き込みを行わないでください。

31.2.15 ステータスレジスタ (STR)

アドレス CAN0.STR 4005 0842h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | RECST | TRMST | BOST | EPST | SLPST | HLTST | RSTST | EST | TABST | FMLST | NMLST | TFST | RFST | SDST | NDST |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|-------|-----------------------------|---|-----|
| b0 | NDST | NEWDATAステータスフラグ | 0: NEWDATAが1のメールボックスなし 1: NEWDATAが1のメールボックスあり | R |
| b1 | SDST | SENTDATAステータスフラグ | 0: SENTDATAが1のメールボックスなし 1: SENTDATAが1のメールボックスあり | R |
| b2 | RFST | 受信FIFOステータスフラグ | 0: 受信FIFOにメッセージなし 1: 受信FIFOにメッセージあり | R |
| b3 | TFST | 送信FIFOステータスフラグ | 0: 送信FIFOはフル 1: 送信FIFOはフルでない | R |
| b4 | NMLST | 通常メールボックスメッセージロストステータスフラグ | 0: MSGLOSTが1のメールボックスなし 1: MSGLOSTが1のメールボックスが1つ以上あり | R |
| b5 | FMLST | FIFOメールボックスメッセージロストステータスフラグ | 0: RFMLFが0 1: RFMLFが1 | R |
| b6 | TABST | 送信アボートステータスフラグ | 0: TRMABTが1のメールボックスなし 1: TRMABTが1のメールボックスあり | R |
| b7 | EST | エラーステータスフラグ | 0: エラー発生なし 1: エラー発生あり | R |
| b8 | RSTST | CANリセットステータスフラグ | 0: CANリセットモードではない 1: CANリセットモード | R |
| b9 | HLTST | CANhaltステータスフラグ | 0: CANhaltモードではない 1: CANhaltモード | R |
| b10 | SLPST | CANスリープステータスフラグ | 0: CANスリープモードではない 1: CANスリープモード | R |
| b11 | EPST | エラーパッシブステータスフラグ | 0: エラーパッシブ状態ではない 1: エラーパッシブ状態 | R |
| b12 | BOST | バスオフステータスフラグ | 0: バスオフ状態ではない 1: バスオフ状態 | R |
| b13 | TRMST | 送信ステータスフラグ | 0: バスアイドルまたは受信 1: 送信中またはバスオフ状態 | R |
| b14 | RECST | 受信ステータスフラグ | 0: バスアイドルまたは送信 1: 受信 | R |
| b15 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |

NDST フラグ (NEWDATA ステータスフラグ)

MCTL_RX_j レジスタ (j=0~31) の NEWDATA フラグのうち、少なくとも1つが1であると、MIER レジスタまたはMIER_FIFO レジスタの値にかかわらず、NDST フラグは1になります。すべての NEWDATA フラグが0であると、NDST フラグは0になります。

SDST フラグ (SENTDATA ステータスフラグ)

MCTL_TX_j レジスタ (j=0~31) の SENTDATA フラグのうち、少なくとも1つが1であると、MIER レジスタまたはMIER_FIFO レジスタの値にかかわらず、SDST フラグは1になります。すべての SENTDATA フラグが0であると、SDST フラグは0になります。

RFST フラグ (受信 FIFO ステータスフラグ)

RFST フラグは、受信 FIFO が空状態でないとき 1 になります。受信 FIFO が空状態か、または通常メールボックスモードが選択されている場合、RFST フラグは 0 になります。

TFST フラグ (送信 FIFO ステータスフラグ)

TFST フラグは、送信 FIFO がフルでないとき 1 になります。送信 FIFO がフルであるか、または通常メールボックスモードが選択されている場合、TFST フラグは 0 になります。

NMLST フラグ (通常メールボックスメッセージロストステータスフラグ)

MCTL_RXj レジスタ (j=0~31) の MSGLOST フラグのうち、少なくとも 1 つが 1 であると、MIER レジスタまたは MIER_FIFO レジスタの値にかかわらず、NMLST フラグは 1 になります。すべての MSGLOST フラグが 0 であると、NMLST フラグは 0 になります。

FMLST フラグ (FIFO メールボックスメッセージロストステータスフラグ)

RFMR レジスタの RFMLF フラグが 1 になると、MIER_FIFO の値にかかわらず、FMLST フラグは 1 になります。RFMLF フラグが 0 の場合、FMLST フラグは 0 になります。

TABST フラグ (送信アポートステータスフラグ)

MCTL_TXj レジスタ (j=0~31) の TRMABT フラグのうち、少なくとも 1 つが 1 であると、MIER レジスタまたは MIER_FIFO レジスタの値にかかわらず、TABST フラグは 1 になります。すべての TRMABT フラグが 0 であると、TABST フラグは 0 になります。

EST フラグ (エラーステータスフラグ)

EIFR レジスタで 1 つでもエラーが検出されると、EIER レジスタの値にかかわらず、EST フラグは 1 になります。EIFR レジスタで 1 つもエラーが検出されないと、EST フラグは 0 になります。

RSTST フラグ (CAN リセットステータスフラグ)

RSTST フラグは、CAN モジュールが CAN リセットモードになると 1 になります。RSTST フラグは、CAN モジュールが CAN リセットモード以外になると 0 になります。CAN リセットモードから CAN スリープモードに遷移しても、RSTST フラグは 1 のままです。

HLTST フラグ (CAN halt ステータスフラグ)

HLTST フラグは、CAN モジュールが CAN halt モードになると 1 になります。HLTST フラグは、CAN モジュールが CAN halt モード以外になると 0 になります。CAN halt モードから CAN スリープモードに遷移しても、HLTST フラグは 1 のままです。

SLPST フラグ (CAN スリープステータスフラグ)

SLPST フラグは、CAN モジュールが CAN スリープモードになると 1 になります。SLPST フラグは、CAN モジュールが CAN スリープモード以外になると 0 になります。

EPST フラグ (エラーパッシブステータスフラグ)

TECR または RECR レジスタの値が 127 を超えて、CAN モジュールがエラーパッシブ状態 ($128 \leq \text{TEC} < 256$ または $128 \leq \text{REC} < 256$) になると、EPST フラグは 1 になります。CAN モジュールがエラーパッシブ状態以外になると、EPST フラグは 0 になります。

BOST フラグ (バスオフステータスフラグ)

TECR レジスタの値が 255 を超えて、CAN モジュールがバスオフ状態 ($\text{TEC} \geq 256$) になると、BOST フラグは 1 になります。CAN モジュールがバスオフ状態以外になると、BOST フラグは 0 になります。

TRMST フラグ (送信ステータスフラグ)

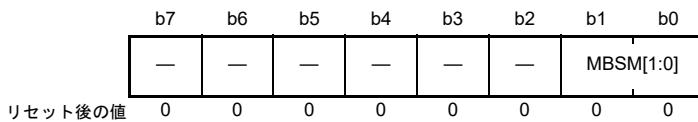
TRMST フラグは、CAN モジュールが送信ノードとして動作するか、またはバスオフ状態になると 1 になります。TRMST フラグは、CAN モジュールが受信ノードとして動作するか、またはバスアイドル状態になると 0 になります。

RECST フラグ (受信ステータスフラグ)

RECST フラグは、CAN モジュールが受信ノードとして動作すると 1 になります。RECST フラグは、CAN モジュールが送信ノードとして動作するか、またはバスアイドル状態になると 0 になります。

31.2.16 メールボックスサーチモードレジスタ (MSMR)

アドレス `CAN0.MSMR 4005 0853h`



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------------|----------------|--|-----|
| b1-b0 | MBSM[1:0] | メールボックス検索モード選択 | b1 b0 0 0: 受信メールボックス検索モード 0 1: 送信メールボックス検索モード 1 0: メッセージロスト検索モード 1 1: チャンネル検索モード | R/W |
| b7-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

MSMR レジスタへの書き込みは、CAN オペレーションモードまたは CAN halt モード時に行ってください。

MBSM[1:0] ビット (メールボックス検索モード選択)

MBSM[1:0] ビットは、メールボックス検索機能の検索モードを選択します。

MBSM[1:0] ビットが 00b の場合、受信メールボックス検索モードになります。このモードでの検索対象は、通常メールボックスでの MCTL_RXj レジスタ (j=0~31) の NEWDATA フラグと、RFCR レジスタの RFEST ビットです。

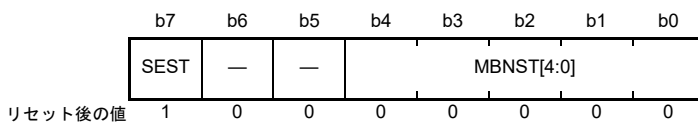
MBSM[1:0] ビットが 01b の場合、送信メールボックス検索モードになります。このモードでの検索対象は、MCTL_TXj レジスタの SENTDATA フラグです。

MBSM[1:0] ビットが 10b の場合、メッセージロスト検索モードになります。このモードでの検索対象は、通常メールボックスでの MCTL_RXj レジスタの MSGLOST フラグ、および RFCR レジスタの RFMLF フラグです。

MBSM[1:0] ビットが 11b の場合、チャンネル検索モードになります。このモードでの検索対象は、CSSR レジスタです。**31.2.18 チャンネルサーチサポートレジスタ (CSSR)** を参照してください。

31.2.17 メールボックスサーチステータスレジスタ (MSSR)

アドレス CAN0.MSSR 4005 0852h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|--------------------|--|-----|
| b4-b0 | MBNST[4:0] | 検索結果メールボックス番号ステータス | これらのビットは、MSMRレジスタで選択した各検索モードにおいて、発見された最小メールボックス番号を出力します。 | R |
| b6-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b7 | SEST | 検索結果ステータス | 0: 検索結果あり 1: 検索結果なし | R |

MBNST[4:0] ビット (検索結果メールボックス番号ステータス)

すべてのメールボックス検索モードにおいて、MBNST[4:0] ビットは、発見された最小のメールボックス番号を出力します。受信メールボックス検索モード、送信メールボックス検索モード、およびメッセージロスト検索モードでは、メールボックスの値（出力される検索結果）が次の場合に更新されます。

- MBNST[4:0] で出力されたメールボックスについて、それぞれの NEWDATA、SENTDATA、または MSGLOST フラグが 0 の場合
- MBNST[4:0] で出力されたメールボックスよりも小さな番号のメールボックスについて、それぞれの NEWDATA、SENTDATA、または MSGLOST フラグが 1 の場合

MBSM[1:0] ビットが 00b (受信メールボックス検索モード) または 10b (メッセージロスト検索モード) の場合、受信 FIFO (メールボックス 28) が空状態ではなく、すべての通常メールボックス (メールボックス 0 ~ 23) に未読の受信メッセージもロストメッセージもないと、受信 FIFO が出力されます。MBSM[1:0] ビットが 01b (送信メールボックス検索モード) の場合、送信 FIFO (メールボックス 24) は出力されません。表 31.6 に、FIFO メールボックスモードでの MBNST[4:0] ビットの動作を示します。

チャンネル検索モードでは、MBNST[4:0] ビットは対応するチャンネル番号を出力します。MSSR レジスタがソフトウェアで読み出されると、次のターゲットチャンネル番号が出力されます。

SEST ビット (検索結果ステータス)

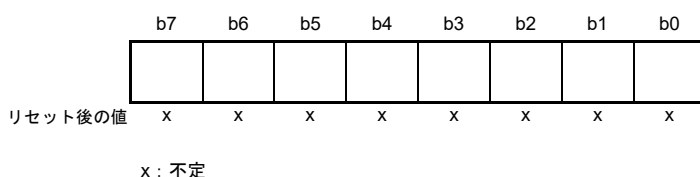
すべてのメールボックスを検索した結果、対応するメールボックスがなかった場合、SEST ビットは 1 (検索結果なし) になります。たとえば、送信メールボックス検索モードにおいて、どのメールボックスの SENTDATA フラグも 1 でない場合は、SEST ビットは 1 になります。少なくとも 1 つの SENTDATA フラグが 1 であると、SEST ビットは 0 になります。SEST ビットが 1 の場合、MBNST[4:0] ビットの値は不定です。

表 31.6 FIFO メールボックスモードでの MBNST[4:0] ビットの動作

| MBSM[1:0] ビット | メールボックス 24 (送信 FIFO) | メールボックス 28 (受信 FIFO) |
|---------------|----------------------|--|
| 00b | メールボックス 24 は表示されない | 通常メールボックスのどの MCTL_RXj.NEWDATA フラグも 1 にならず (メールボックスに格納中または格納済みのメッセージがない)、かつ受信 FIFO が空状態でない場合、メールボックス 28 が表示される |
| 01b | | メールボックス 28 は表示されない |
| 10b | | 通常メールボックスのどの MCTL_RXj.MSGLOST ビットも 1 (メッセージのオーバーライトまたはオーバーランあり) ではなく、かつ受信 FIFO の RFCR.RFMLF フラグが 1 (受信 FIFO メッセージロスト発生) になった場合、メールボックス 28 が表示される |
| 11b | | メールボックス 28 は表示されない |

31.2.18 チャンネルサーチサポートレジスタ (CSSR)

アドレス CAN0.CSSR 4005 0851h



| ビット | 機能 | R/W |
|-------|---------------------------------------|-----|
| b7-b0 | チャンネル検索の値が入力された場合、チャンネル番号をMSSRレジスタに出力 | R/W |

CSSR レジスタで1になったビットは、8/3 エンコーダ（最小ビット位置がより高い優先順位）によってエンコードされ、MSSR.MBNST[4:0] ビットに出力されます。MSSR レジスタは、ソフトウェアで読み出すたびに更新された値を出力します。

CSSR レジスタへの書き込みは、MSMR.MBSM[1:0] ビットが 11b（チャンネル検索モード）の場合にだけ行ってください。CSSR レジスタへの書き込みは、CAN オペレーションモードまたは CAN halt モード時に行ってください。

図 31.4 に、CSSR および MSSR レジスタの書き込みと読み出しの動作を示します。

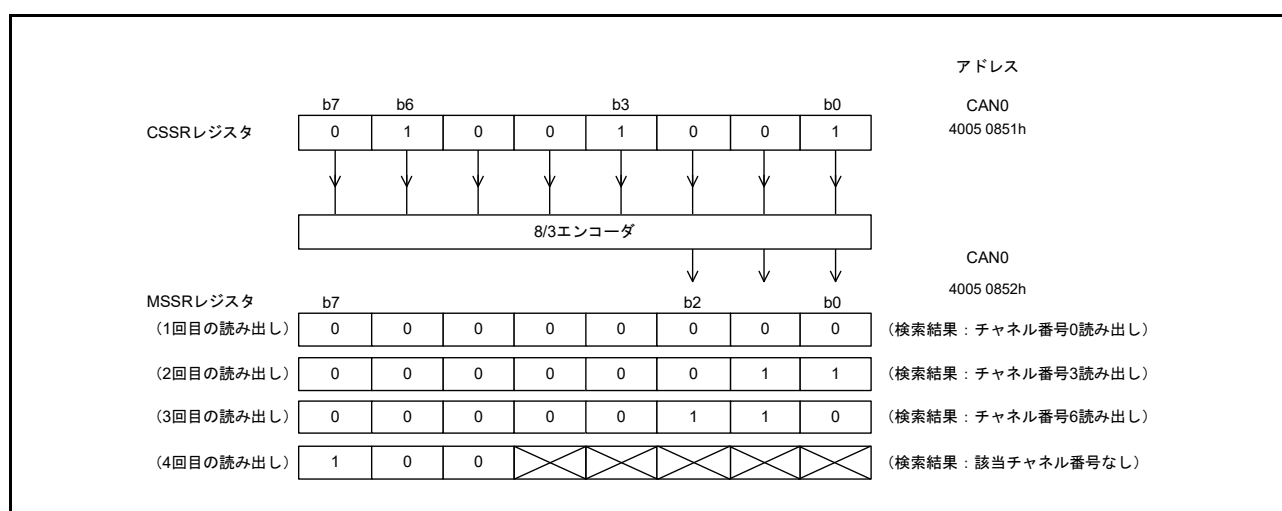
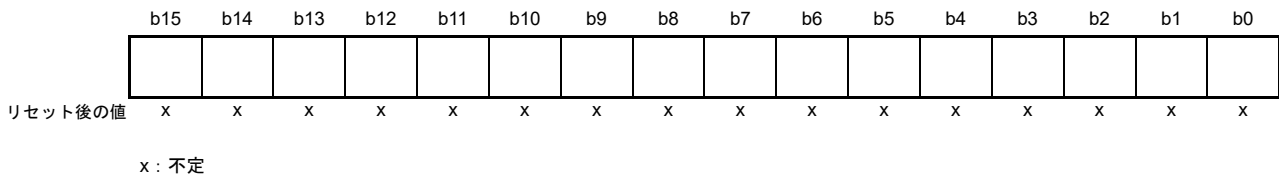


図 31.4 CSSR および MSSR レジスタの書き込みおよび読み出し動作

CSSR レジスタの値も、MSSR レジスタを読み出すたびに更新されます。読んだ場合、8/3 エンコーダ変換前の値が読めます。

31.2.19 アクセプタンスフィルタサポートレジスタ (AFSR)

アドレス CAN0.AFSR 4005 0856h



| ビット | 機能 | R/W |
|--------|--|-----|
| b15-b0 | 受信メッセージの標準IDを書いた後に、データテーブル検索用に変換された値が読める | R/W |

注. AFSR レジスタへの書き込みは、CAN オペレーションモードまたは CAN halt モード時に行ってください。

アクセプタンスフィルタサポートユニット (ASU) が、データテーブル (8 ビット × 256) の検索に使用可能です。このデータテーブルには、作成したすべての標準 ID の有効/無効が 1 ビット単位で設定されます。受信した標準 ID が格納された MB_j_ID.SID[10:0] ビット (j=0 ~ 31) を含む 16 ビット単位のデータを AFSR レジスタに書き込むと、デコードされたデータテーブル検索用の行 (バイトオフセット) 位置と、列 (ビット) 位置が読み出せます。ASU は、標準 (11 ビット) ID にのみ使用できます。

ASU は、次の場合に有効です。

- 受信する ID がアクセプタンスフィルタでマスクできない場合。たとえば、受信する ID が 078h、087h、111h の場合
- 受信する ID が多すぎるため、ソフトウェアによるフィルタリング処理時間を短縮したい場合

注. AFSR レジスタは、CAN リセットモードでは設定できません。

図 31.5 に、AFSR レジスタの書き込みおよび読み出し動作を示します。

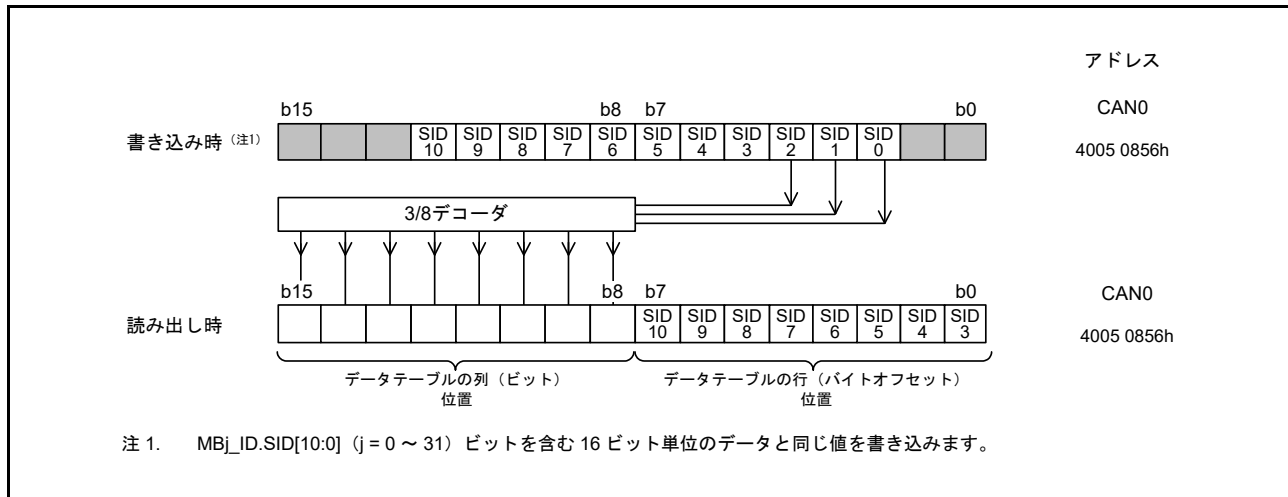


図 31.5 AFSR レジスタの書き込みおよび読み出し動作

31.2.20 エラー割り込みイネーブルレジスタ (EIER)

アドレス CAN0.EIER 4005 084Ch

| | | | | | | | |
|---------|------|------|-------|-------|------|------|------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| BLIE | OLIE | ORIE | BORIE | BOEIE | EPIE | EWIE | BEIE |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|-------|---------------------|------------------------|-----|
| b0 | BEIE | バスエラー割り込み許可 | 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可 | R/W |
| b1 | EWIE | エラーワーニング割り込み許可 | 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可 | R/W |
| b2 | EPIE | エラーパッシブ割り込み許可 | 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可 | R/W |
| b3 | BOEIE | バスオフ開始割り込み許可 | 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可 | R/W |
| b4 | BORIE | バスオフ復帰割り込み許可 | 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可 | R/W |
| b5 | ORIE | オーバーラン割り込み許可 | 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可 | R/W |
| b6 | OLIE | オーバーロードフレーム送信割り込み許可 | 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可 | R/W |
| b7 | BLIE | バスロック割り込み許可 | 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可 | R/W |

EIER レジスタは、エラー割り込みの許可/禁止を EIFR レジスタのエラー割り込み要因ごとに個別に設定します。EIER レジスタへの書き込みは、CAN リセットモード時に行ってください。

BEIE ビット (バスエラー割り込み許可)

BEIE ビットが0の場合、EIFR.BEIF フラグが1であっても、エラー割り込み要求は発生しません。BEIE ビットが1の場合、EIFR.BEIF フラグが1になると、エラー割り込み要求が発生します。

EWIE ビット (エラーワーニング割り込み許可)

EWIE ビットが0の場合、EIFR.EWIF フラグが1であっても、エラー割り込み要求は発生しません。EWIE ビットが1の場合、EIFR.EWIF フラグが1になると、エラー割り込み要求が発生します。

EPIE ビット (エラーパッシブ割り込み許可)

EPIE ビットが0の場合、EIFR.EPIF フラグが1であっても、エラー割り込み要求は発生しません。EPIE ビットが1の場合、EIFR.EPIF フラグが1になると、エラー割り込み要求が発生します。

BOEIE ビット (バスオフ開始割り込み許可)

BOEIE ビットが0の場合、EIFR.BOEIF フラグが1であっても、エラー割り込み要求は発生しません。BOEIE ビットが1の場合、EIFR.BOEIF フラグが1になると、エラー割り込み要求が発生します。

BORIE ビット (バスオフ復帰割り込み許可)

BORIE ビットが0の場合、EIFR.BORIF フラグが1であっても、エラー割り込み要求は発生しません。BORIE ビットが1の場合、EIFR.BORIF フラグが1になると、エラー割り込み要求が発生します。

ORIE ビット (オーバーラン割り込み許可)

ORIE ビットが0の場合、EIFR.ORIF フラグが1であっても、エラー割り込み要求は発生しません。ORIE ビットが1の場合、EIFR.ORIF フラグが1になると、エラー割り込み要求が発生します。

OLIE ビット (オーバーロードフレーム送信割り込み許可)

OLIE ビットが 0 の場合、EIFR.OLIF フラグが 1 であっても、エラー割り込み要求は発生しません。OLIE ビットが 1 の場合、EIFR.OLIF フラグが 1 になると、エラー割り込み要求が発生します。

BLIE ビット (バスロック割り込み許可)

BLIE ビットが 0 の場合、EIFR.BLIF フラグが 1 であっても、エラー割り込み要求は発生しません。BLIE ビットが 1 の場合、EIFR.BLIF フラグが 1 になると、エラー割り込み要求が発生します。

31.2.21 エラー割り込み要因判定レジスタ (EIFR)

アドレス CAN0.EIFR 4005 084Dh

| | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | BLIF | OLIF | ORIF | BORIF | BOEIF | EPIF | EWIF | BEIF |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|-------|--------------------|---|-----|
| b0 | BEIF | バスエラー検出フラグ | 0: バスエラー未検出 1: バスエラー検出 | R/W |
| b1 | EWIF | エラーワーニング検出フラグ | 0: エラーワーニング未検出 1: エラーワーニング検出 | R/W |
| b2 | EPIF | エラーパッシブ検出フラグ | 0: エラーパッシブ未検出 1: エラーパッシブ検出 | R/W |
| b3 | BOEIF | バスオフ開始検出フラグ | 0: バスオフ開始未検出 1: バスオフ開始検出 | R/W |
| b4 | BORIF | バスオフ復帰検出フラグ | 0: バスオフ復帰未検出 1: バスオフ復帰検出 | R/W |
| b5 | ORIF | 受信オーバーラン検出フラグ | 0: 受信オーバーラン未検出 1: 受信オーバーラン検出 | R/W |
| b6 | OLIF | オーバーロードフレーム送信検出フラグ | 0: オーバーロードフレーム送信未検出 1: オーバーロードフレーム送信検出 | R/W |
| b7 | BLIF | バスロック検出フラグ | 0: バスロック未検出 1: バスロック検出 | R/W |

EIFR フラグに関連するイベントが発生すると、EIER レジスタの設定にかかわらず、EIFR レジスタの対応するビットが1になります。

これらのビットは、ソフトウェア書き込みで0にクリアしてください。ソフトウェアによるクリアと同時にビットが1になると、そのビットは1になります。個々のビットをソフトウェアで0にする場合、転送(MOV) 命令を使用して、必ず指定されたビットのみを0にし、その他のビットは1にしてください。1を書いても、これらのビット値は影響されません。

BEIF フラグ (バスエラー検出フラグ)

バスエラーが検出されると、BEIF フラグは1になります。

EWIF フラグ (エラーワーニング検出フラグ)

受信エラーカウンタ (REC) または送信エラーカウンタ (TEC) の値が95を超えると、EWIF フラグは1になります。本フラグは、REC または TEC の値が初めて95を超えたときのみ1になります。REC または TEC の値が95を超えたままの状態、ソフトウェアが本ビットに0を書き込むと、REC または TEC の値が一度95以下になってから再度95を超えるまでEWIF フラグは1になりません。

EPIF フラグ (エラーパッシブ検出フラグ)

CAN エラーの状態がエラーパッシブになり、REC または TEC の値が127を超えると、EPIF フラグが1になります。本フラグは、REC または TEC が初めて127を超えたときのみ1になります。REC または TEC の値が127を超えたままの状態、ソフトウェアが本ビットに0を書き込むと、REC または TEC の値が一度127以下になってから再度127を超えるまでEPIF フラグは1になりません。

BOEIF フラグ (バスオフ開始検出フラグ)

CAN エラー状態がバスオフになり、TEC の値が255を超えると BOEIF フラグは1になります。また、CTLR レジスタの BOM[1:0] ビットが01b (バスオフ開始で自動的に CAN halt モードへ遷移) の場合に、CAN モジュールがバスオフ状態になると BOEIF フラグも1になります。

BORIF フラグ (バスオフ復帰検出フラグ)

CAN モジュールが、下記の条件下で、バスオフ状態から通常復帰 (11 の連続するレセシブビットを 128 回検出) した場合、BORIF フラグは 1 になります。

- CTLR.BOM[1:0] ビットが 00b の場合
- CTLR.BOM[1:0] ビットが 10b の場合
- CTLR.BOM[1:0] ビットが 11b の場合

CAN モジュールが、下記の条件下で、バスオフ状態から復帰した場合、BORIF フラグは 1 になりません。

- CTLR.CANM[1:0] ビットが 01b または 11b (CAN リセットモード) の場合
- CTLR.RBOC ビットが 1 (バスオフからの強制復帰) の場合
- CTLR.BOM[1:0] ビットが 01b の場合
- CTLR.BOM[1:0] ビットが 11b で、通常復帰が発生する前に、CTLR.CANM[1:0] ビットを 10b (CAN halt モード) にした場合

表 31.7 に、CTLR.BOM[1:0] ビットの設定値ごとの BOEIF および BORIF フラグの動作を示します。

表 31.7 CTLR.BOM[1:0] ビットの設定による BOEIF、BORIF フラグの動作

| BOM[1:0] ビット | BOEIF フラグ | BORIF フラグ |
|--------------|--------------------|---|
| 00b | バスオフ状態への遷移時に 1 になる | バスオフ状態からの復帰時に 1 になる |
| 01b | | 1 にはならない |
| 10b | | バスオフ状態からの復帰時に 1 になる |
| 11b | | CANM[1:0] ビットが 10b (CAN halt モード) になる前に、通常のバスオフ復帰が発生した場合に 1 になる |

ORIF フラグ (受信オーバーラン検出フラグ)

ORIF フラグは、受信オーバーランが発生すると 1 になります。本フラグは、オーバーライトモードでは 1 になりません。本モードでは、オーバーライト条件が発生し、ORIF フラグが 1 にならない場合は、受信完了割り込み要求が発生します。

通常メールボックスモードのオーバーランモードでは、メールボックス 0 ~ 31 のいずれかでオーバーランが発生すると、ORIF フラグが 1 になります。FIFO メールボックスモードのオーバーランモードでは、メールボックス 0 ~ 23 のいずれかまたは受信 FIFO でオーバーランが発生すると、ORIF フラグが 1 になります。

OLIF フラグ (オーバーロードフレーム送信検出フラグ)

CAN モジュールが送信または受信を行う場合にオーバーロードフレームの送信条件が検出されると、OLIF フラグは 1 になります。

BLIF フラグ (バスロック検出フラグ)

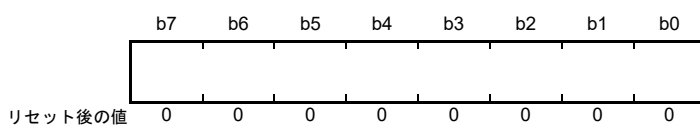
CAN モジュールが CAN オペレーションモードのとき、CAN バス上に 32 の連続するドミナントビットが検出されると、BLIF フラグは 1 になります。

BLIF フラグが 1 になった後、次のいずれかの条件下では、32 の連続するドミナントビットが再検出されます。

- BLIF フラグが 0 から 1 に変化した後、レセシブビットが検出された場合
- BLIF フラグが 0 から 1 に変化した後、CAN モジュールが一度 CAN リセットモードまたは CAN halt モードになってから、再度 CAN オペレーションモードになった場合

31.2.22 受信エラーカウントレジスタ (RECR)

アドレス CAN0.RECR 4005 084Eh

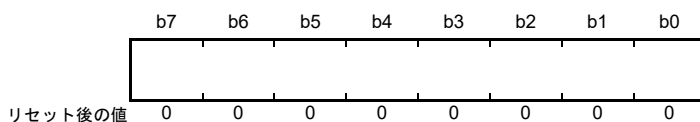


| ビット | 機能 | R/W |
|-------|---|-----|
| b7-b0 | 受信エラーカウンタ機能。受信中のCANモジュールのエラー状態に基づいて、RECRはカウンタ値をインクリメントまたはデクリメント | R |

RECR レジスタは、受信エラーカウンタの値を示します。受信エラーカウンタの増減条件については、CAN仕様 (ISO11898-1) を参照してください。バスオフ状態では、RECR レジスタの値は不定です。

31.2.23 送信エラーカウントレジスタ (TECR)

アドレス CAN0.TECR 4005 084Fh



| ビット | 機能 | R/W |
|-------|---|-----|
| b7-b0 | 送信エラーカウンタ機能。送信中のCANモジュールのエラー状態に基づいて、TECRはカウンタ値をインクリメントまたはデクリメント | R |

TECR レジスタは、送信エラーカウンタの値を示します。送信エラーカウンタの増減条件については、CAN仕様 (ISO11898-1) を参照してください。バスオフ状態では、TECR レジスタの値は不定です。

31.2.24 エラーコード格納レジスタ (ECSR)

アドレス CAN0.ECSR 4005 0850h

| | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | EDPM | ADEF | BE0F | BE1F | CEF | AEF | FEF | SEF |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|------|----------------------------|---|-----|
| b0 | SEF | スタッフエラーフラグ(注1)(注2) | 0: スタッフエラー未検出 1: スタッフエラー検出 | R/W |
| b1 | FEF | フォームエラーフラグ(注1)(注2) | 0: フォームエラー未検出 1: フォームエラー検出 | R/W |
| b2 | AEF | ACKエラーフラグ(注1)(注2) | 0: ACKエラー未検出 1: ACKエラー検出 | R/W |
| b3 | CEF | CRCエラーフラグ(注1)(注2) | 0: CRCエラー未検出 1: CRCエラー検出 | R/W |
| b4 | BE1F | ビットエラー (レセシブ) フラグ(注1)(注2) | 0: ビットエラー (レセシブ) 未検出 1: ビットエラー (レセシブ) 検出 | R/W |
| b5 | BE0F | ビットエラー (ドミナント) フラグ(注1)(注2) | 0: ビットエラー (ドミナント) 未検出 1: ビットエラー (ドミナント) 検出 | R/W |
| b6 | ADEF | ACKデリミタエラーフラグ(注1)(注2) | 0: ACKデリミタエラー未検出 1: ACKデリミタエラー検出 | R/W |
| b7 | EDPM | エラー表示モード選択(注3)(注4) | 0: 最初に検出されたエラーコードを出力 1: 蓄積したエラーコードを出力 | R/W |

- 注1. 1を書いても、これらのビットの値は影響されません。
 注2. SEF、FEF、AEF、CEF、BE1F、BE0F、ADEF ビットに0を書く場合は、転送 (MOV) 命令を使用して、必ず指定されたビットのみを0にし、その他のビットは1にしてください。
 注3. EDPM ビットへの書き込みは、CANリセットモードまたはCAN haltモード時に行ってください。
 注4. 同時に2つ以上のエラー条件が検出された場合は、関係するすべてのビットが1になります。

ECSR レジスタは、CAN バス上のエラー発生の有無を示します。各エラーの発生条件については、CAN仕様 (ISO11898-1) を参照してください。

ソフトウェア書き込みでEDPM ビット以外のビットをすべて0にクリアしてください。ソフトウェアによるクリアと同時にECSRレジスタのビットが1になると、そのビットは1になります。

SEF フラグ (スタッフエラーフラグ)

スタッフエラーが検出されると、SEF フラグは1になります。

FEF フラグ (フォームエラーフラグ)

フォームエラーが検出されると、FEF フラグは1になります。

AEF フラグ (ACK エラーフラグ)

ACK エラーが検出されると、AEF フラグは1になります。

CEF フラグ (CRC エラーフラグ)

CRC エラーが検出されると、CEF フラグは1になります。

BE1F フラグ (ビットエラー (レセシブ) フラグ)

レセシブビットエラーが検出されると、BE1F フラグは1になります。

BE0F フラグ (ビットエラー (ドミナント) フラグ)

ドミナントビットエラーが検出されると、BE0F フラグは1になります。

ADEF フラグ (ACK デリミタエラーフラグ)

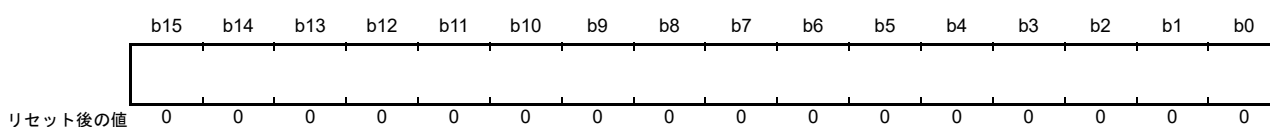
送信中に ACK デリミタでフォームエラーが検出されると、ADEF フラグは1になります。

EDPM ビット (エラー表示モード選択)

EDPM ビットは、ECSR レジスタの出力モードを選択します。EDPM ビットを0にすると、ECSR レジスタは最初のエラーコードを出力します。EDPM ビットを1にすると、ECSR レジスタは蓄積したエラーコードを出力します。

31.2.25 タイムスタンプレジスタ (TSR)

アドレス [CAN0.TSR 4005 0854h](#)



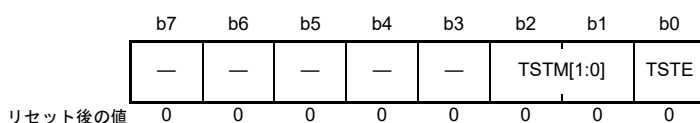
| ビット | 機能 | R/W |
|--------|-------------------------|-----|
| b15-b0 | タイムスタンプ機能のためのフリーランカウンタ値 | R |

注. TSR レジスタの読み出しは 16 ビット単位で実行してください。

TSR レジスタを読むと、16 ビットフリーランタイムスタンプカウンタの現在値が読み出せます。タイムスタンプカウンタの基準クロックは、CTRL.TSPS[1:0] ビットで設定します。このカウンタは、CAN スリープモードおよび CAN halt モードで停止し、CAN リセットモードで初期化されます。タイムスタンプカウンタの値は、受信メッセージが受信メールボックスに格納される時、MBj_TS レジスタの TSL[7:0] ビットと TSH[7:0] ビットに格納されます。

31.2.26 テストコントロールレジスタ (TCR)

アドレス CAN0.TCR 4005 0858h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------|-------------|--|-----|
| b0 | TSTE | CANテストモード許可 | 0 : CANテストモード禁止 1 : CANテストモード許可 | R/W |
| b2-b1 | TSTM[1:0] | CANテストモード選択 | b2 b1 0 0 : CANテストモードではない 0 1 : リッスンオンリモード 1 0 : セルフテストモード0 (外部ループバック) 1 1 : セルフテストモード1 (内部ループバック) | R/W |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

TCR レジスタは、CAN テストモードを制御します。TCR レジスタは、CAN halt モードでのみ書き込みを行ってください。

(1) リッスンオンリモード

CAN 仕様 (ISO11898-1) では、オプションのバスモニタモードが推奨されています。リッスンオンリモードでは、有効なデータフレームとリモートフレームを受信できます。ただし、CAN バスにはレセシブビットのみが送信可能であり、ACK ビット、オーバーロードフラグ、アクティブエラーフラグは送信できません。リッスンオンリモードは、ボーレート検出に使用できます。リッスンオンリモードでは、どのメールボックスからも送信要求を行わないでください。

図 31.6 にリッスンオンリモード選択時の接続を示します。

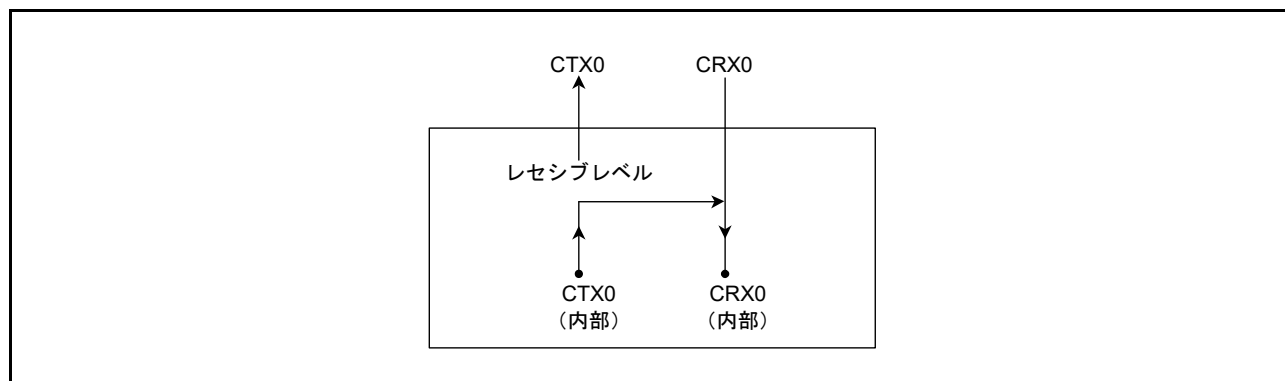


図 31.6 リッスンオンリモード選択時の接続

(2) セルフテストモード0 (外部ループバック)

セルフテストモード0は、CAN トランシーバテスト用です。

このモードでは、プロトコルモジュールは、送信したメッセージを CAN トランシーバ経由で受信したメッセージとして取り扱い、送信したメッセージを受信メールボックスに格納します。外部の刺激に影響されないようにするため、プロトコルモジュールは ACK ビットを生成します。CTX0 および CRX0 端子はトランシーバに接続してください。

図 31.7 にセルフテストモード0 選択時の接続を示します。

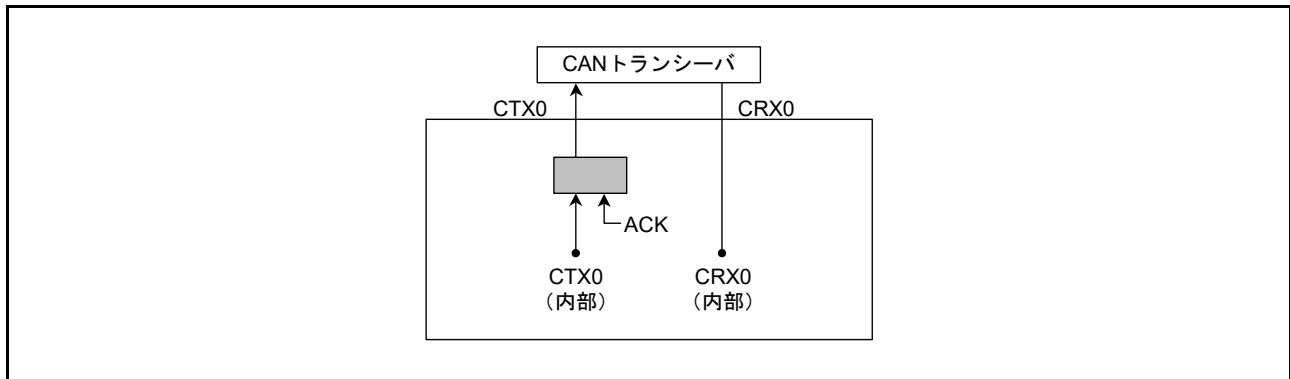


図 31.7 セルフテストモード0 選択時の接続

(3) セルフテストモード1 (内部ループバック)

セルフテストモード1は、セルフテスト機能用です。

このモードでは、送信したメッセージを受信したメッセージとして取り扱い、送信したメッセージを受信メールボックスに格納します。外部の刺激に影響されないようにするため、プロトコルコントローラは ACK ビットを生成します。

セルフテストモード1では、プロトコルコントローラは内部 CTX0 端子から内部 CRX0 端子への内部フィードバックを行います。外部 CRX0 端子の入力値は無視されます。外部 CTX0 端子はレセシブビットのみ出力します。CTX0 端子と CRX0 端子は、CAN バスや他のどの外部デバイスにも接続する必要がありません。

図 31.8 にセルフテストモード1 選択時の接続を示します。

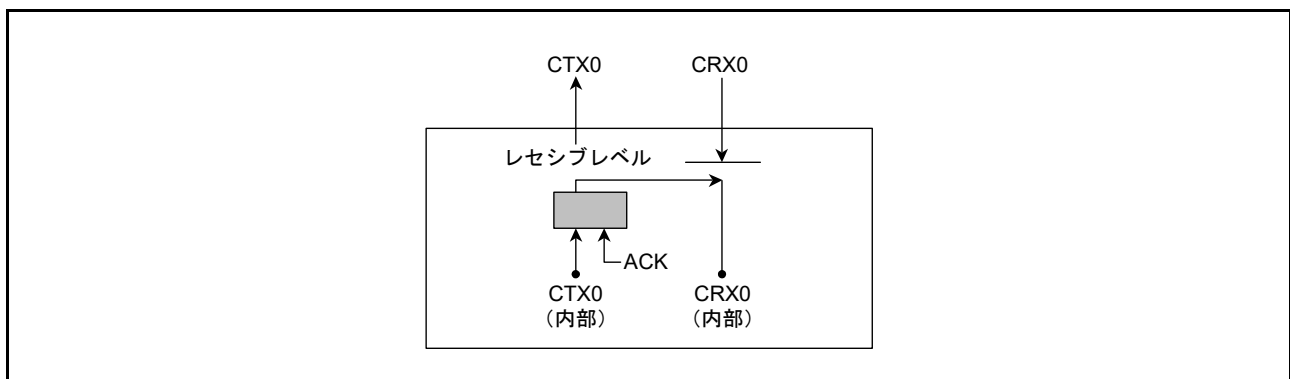


図 31.8 セルフテストモード1 選択時の接続

31.3 動作モード

CAN モジュールには、下記の動作モードがあります。

- CAN リセットモード
- CAN halt モード
- CAN オペレーションモード
- CAN スリープモード

図 31.9 に、各動作モード間の遷移を示します。

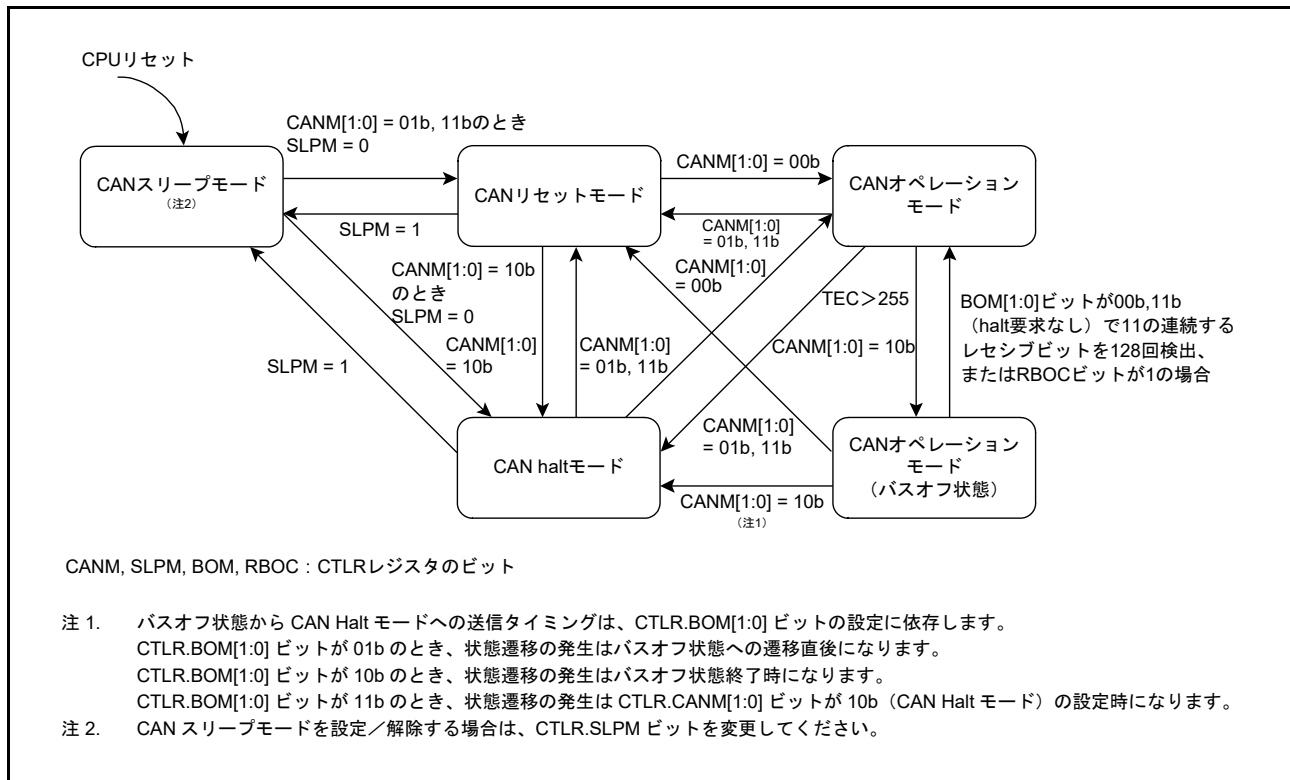


図 31.9 各動作モード間の遷移

31.3.1 CAN リセットモード

CAN リセットモードは、CAN 通信を設定するためのモードです。

CTLR.CANM[1:0] ビットを 01b または 11b にすると、CAN モジュールは CAN リセットモードへ遷移します。そのとき、STR.RSTST フラグが 1 になります。RSTST フラグが 1 になるまで、CTLR.CANM[1:0] ビットを変更しないでください。CAN リセットモードから他のモードへ遷移する前に、BCR レジスタを設定してください。

以下のレジスタは、CAN リセットモードへ遷移すると、それぞれのリセット後の値に初期化され、CAN リセットモード中はその初期値を保持します。

- MCTL_TXj および MCTL_RXj
- STR (SLPST ビットと TFST ビットを除く)
- EIFR
- RECR
- TECR
- TSR
- MSSR
- MSMR
- RFCR
- TFCR
- TCR
- ECSR (EDPM ビットを除く)

以下のレジスタは、CAN リセットモードへ遷移後も以前の値を保持します。

- CTLR
- STR (SLPST ビットと TFST ビットのみ)
- MIER および MIER_FIFO
- EIER
- BCR
- CSSR
- ECSR (EDPM ビットのみ)
- MBj_ID、MBj_DL、MBj_Dm、MBj_TS
- MKRk
- FIDCR0 および FIDCR1
- MKIVLR
- AFSR
- RFPCR
- TFPCR

31.3.2 CAN halt モード

CAN halt モードは、メールボックスの設定とテストモードの設定のためのモードです。CTRL.CANM[1:0] ビットを 10b にすると、CAN halt モードになり、STR.HLTST ビットが 1 になります。HLTST ビットが 1 になるまで、CTRL.CANM[1:0] ビットを変更しないでください。送信または受信時の状態遷移条件については、表 31.8 を参照してください。

CAN halt モードへ遷移する際に変化する可能性があるのは、STR レジスタの RSTST ビット、HLTST ビット、および SLPST ビットだけです。これ以外のすべてのレジスタは変化しません。

CAN halt モードでは、CTRL レジスタ (CANM[1:0] ビットと SLPM ビット以外) と、EIER レジスタを変更しないでください。CAN halt モードでは、自動ポーレート検出のためにリッスンオンリモードを選択している場合のみ、BCR レジスタを変更できます。

表 31.8 CAN リセットモードと CAN halt モードでの動作

| 動作モード | 受信 | 送信 | バスオフ |
|--|--|--|---|
| CAN リセットモード (強制遷移) CANM[1:0] = 11b | CAN モジュールはメッセージ受信の終了を待たずに CAN リセットモードへ遷移 | CAN モジュールはメッセージ送信の終了を待たずに CAN リセットモードへ遷移 | CAN モジュールはバスオフ復帰の終了を待たずに CAN リセットモードへ遷移 |
| CAN リセットモード CANM[1:0] = 01b | CAN モジュールはメッセージ受信の終了を待たずに CAN リセットモードへ遷移 | CAN モジュールはメッセージ送信の終了を待って CAN リセットモードへ遷移 (注1) (注4) | CAN モジュールはバスオフ復帰の終了を待たずに CAN リセットモードへ遷移 |
| CAN halt モード | CAN モジュールはメッセージ受信の終了を待って CAN halt モードへ遷移 (注2) (注3) | CAN モジュールはメッセージ送信の終了を待って CAN halt モードへ遷移 (注1) (注4) | <ul style="list-style-type: none"> • BOM[1:0] ビットが 00b のとき： バスオフ復帰後のみ、ソフトウェアからの Halt 要求を受け付ける • BOM[1:0] ビットが 01b のとき： CAN モジュールは、ソフトウェアからの Halt 要求とは無関係に、バスオフ復帰の終了を待たずに自動的に CAN halt モードへ遷移 • BOM[1:0] ビットが 10b のとき： CAN モジュールは、ソフトウェアからの Halt 要求とは無関係に、バスオフ復帰の終了を待って自動的に CAN halt モードへ遷移 • BOM[1:0] ビットが 11b のとき： CAN モジュールは、バスオフ中にソフトウェアによる Halt 要求があると、バスオフ復帰の終了を待たずに CAN halt モードへ遷移 |

- 注 1. 複数メッセージの送信要求があると、最初の送信完了後にモード遷移が発生します。送信のサスペンド中に CAN リセットモードが要求されている状態では、バスアイドルになったとき、次の送信が終了したとき、または CAN モジュールがレシーバになったときに、モード遷移が発生します。
- 注 2. CAN バスがドミナントレベルでロックされた場合、EIFR レジスタの BLIF フラグをモニタすることで、プログラムはバスロック状態を検出できます。
- 注 3. CAN halt モードが要求された後、受信中に CAN バスエラーが発生すると、CAN モジュールは CAN halt モードへ遷移します。
- 注 4. CAN リセットモードまたは CAN halt モードが要求された後、送信中に CAN バスエラーまたはアービトレーションロストが発生すると、CAN モジュールは要求された CAN モードへ遷移します。

31.3.3 CAN スリープモード

CAN スリープモードは、CAN モジュールへのクロック供給を停止することで、消費電力を削減します。MCUの端子リセットまたはソフトウェアリセット後、CAN モジュールは、CAN スリープモードから動作を開始します。

CTLR.SLPM ビットを1にすると、CAN モジュールはCAN スリープモードへ遷移し、STR.SLPST ビットが1になります。SLPST ビットが1になるまで、SLPM ビットの値を変更しないでください。CAN モジュールがCAN スリープモードへ遷移しても、他のレジスタが変化することはありません。

SLPM ビットへの書き込みは、CAN リセットモードおよびCAN halt モード時に行ってください。CAN スリープモード時には、どのレジスタも変更しないでください (SLPM ビットは除く)。ただし、読み出し動作は許可されます。

SLPM ビットを0にすると、CAN モジュールはCAN スリープモードから復帰します。CAN モジュールがCAN スリープモードから復帰しても、他のレジスタが変化することはありません。

31.3.4 CAN オペレーションモード (バスオフ状態以外)

CAN オペレーションモードは、CAN 通信を行うためのモードです。

CTLR.CANM[1:0] ビットを00bにすると、CAN モジュールはCAN オペレーションモードになります。そのとき、RSTST ビットとHLTST ビットが0になります。RSTST ビットとHLTST ビットが0になるまで、CANM[1:0] ビットの値を変更しないでください。CAN オペレーションモードへ遷移後、11の連続するレゼンシブビットが検出されると、CAN モジュールは以下の状態になります。

- CAN モジュールは、ネットワーク上でアクティブノードとなり、CAN メッセージの送受信が可能になる
- 受信エラーカウンタや送信エラーカウンタなど、CAN バスのエラー監視処理が行われる

CAN モジュールは、CAN バスの状態によって、CAN オペレーションモード中に、次の3つのいずれかのサブモードになっています。

- アイドルモード：送受信が発生していない
- 受信モード：他のノードが送信したCAN メッセージを受信中
- 送信モード：CAN メッセージを送信中。セルフテストモード0 (TCR.TSTM[1:0] = 10b) またはセルフテストモード1 (TCR.TSTM[1:0] = 11b) を選択した場合、CAN モジュールは同時に自ノードが送信したメッセージを受信する

図 31.10 に、CAN オペレーションモードのサブモードを示します。

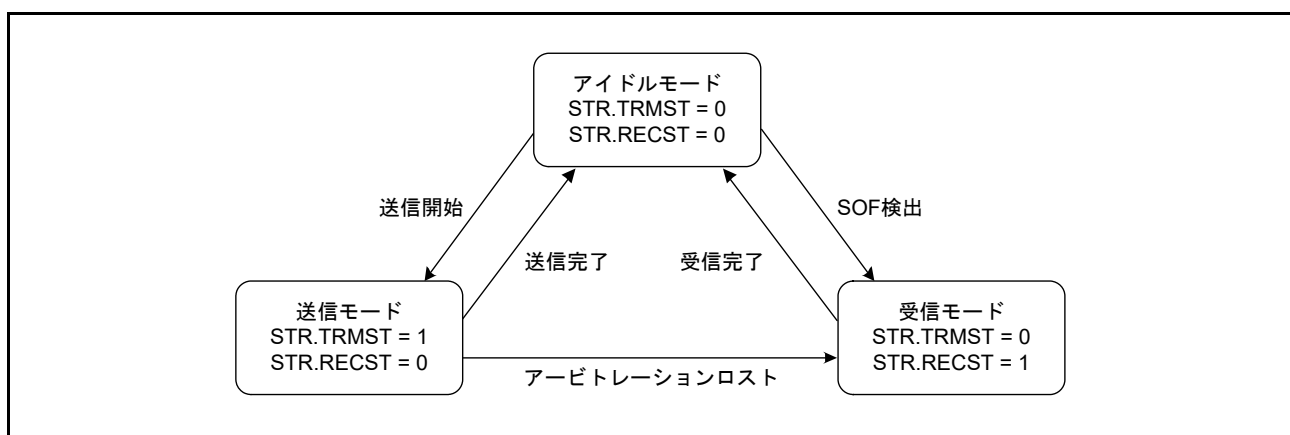


図 31.10 CAN オペレーションモードのサブモード

31.3.5 CAN オペレーションモード (バスオフ状態)

CAN 仕様に定められた送信または受信エラーカウンタの増減ルールに従って、CAN モジュールはバスオフ状態へ遷移します。

CAN モジュールがバスオフ状態から復帰するとき、下記のケースがあります。CAN モジュールがバスオフ状態のとき、STR、EIFR、RECR、TECR、TSR を除いて、CAN 関連レジスタの値は変化しません。

(1) CTRL.BOM[1:0] = 00b (通常モード) の場合

CAN モジュールは、バスオフ状態からの復帰を完了すると、エラーアクティブ状態となり、CAN 通信が可能になります。EIFR.BORIF フラグは 1 (バスオフ復帰検出) になります。

(2) CTRL.RBOC = 1 (バスオフ強制復帰) の場合

CAN モジュールは、バスオフ状態時に RBOC ビットが 1 であると、エラーアクティブ状態になります。11 の連続するレセプビットを検出した後、再び CAN 通信が可能になります。BORIF フラグは 1 になりません。

(3) CTRL.BOM[1:0] = 01b (バスオフ開始で自動的に CAN halt モードへ遷移) の場合

CAN モジュールは、バスオフ状態に達したとき、CAN halt モードへ遷移します。BORIF フラグは 1 になりません。

(4) CTRL.BOM[1:0] = 10b (バスオフ終了で自動的に CAN halt モードへ遷移) の場合

CAN モジュールは、バスオフからの復帰を完了すると、CAN halt モードへ遷移します。BORIF フラグは 1 になります。

(5) バスオフ状態時に CTRL.BOM[1:0] = 11b (ソフトウェアにより自動的に CAN halt モードへ遷移) および CTRL.CANM[1:0] = 10b (CAN halt モード) の場合

CAN モジュールは、バスオフ状態時に CANM[1:0] ビットが 10b (CAN halt モード) になっていると、CAN halt モードへ遷移します。EIFR.BORIF フラグは 1 になりません。

バスオフ時に CANM[1:0] ビットが 10b になっていないと、(1) と同じ動作になります。

31.4 データ転送レートの設定

本節では、データ転送レートの設定方法について説明します。

31.4.1 クロックの設定

CAN モジュールは CAN クロック発生回路を内蔵しています。CAN クロックは、BCR レジスタの CCLKS ビットと BRP[9:0] ビットで設定できます。

図 31.11 に CAN クロック発生回路のブロック図を示します。

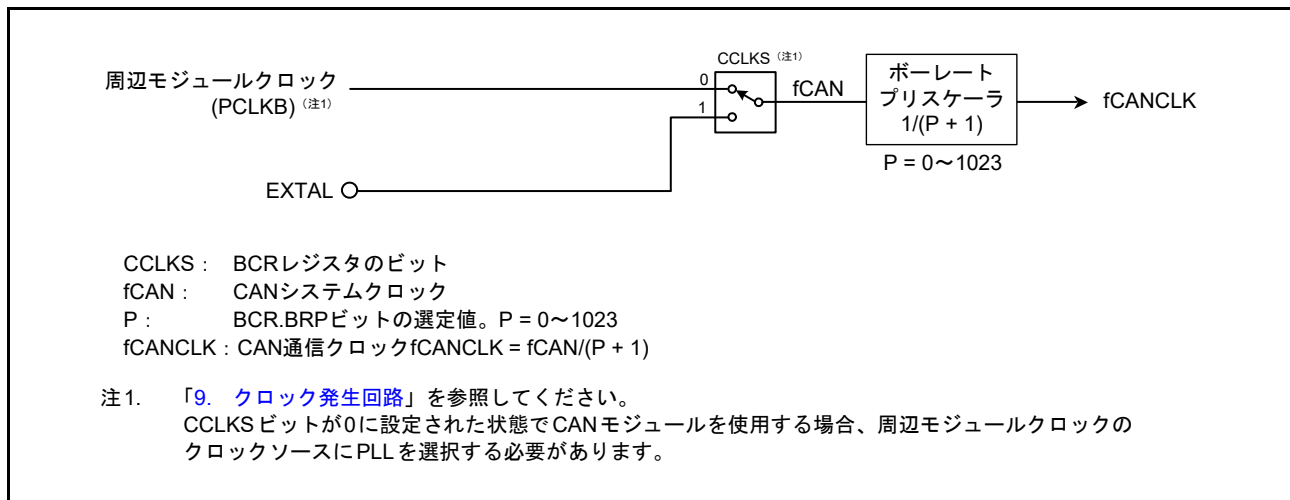


図 31.11 CAN クロック発生回路のブロック図

31.4.2 ビットタイムの設定

ビットタイムは、図 31.12 に示す3つのセグメントで構成されます。

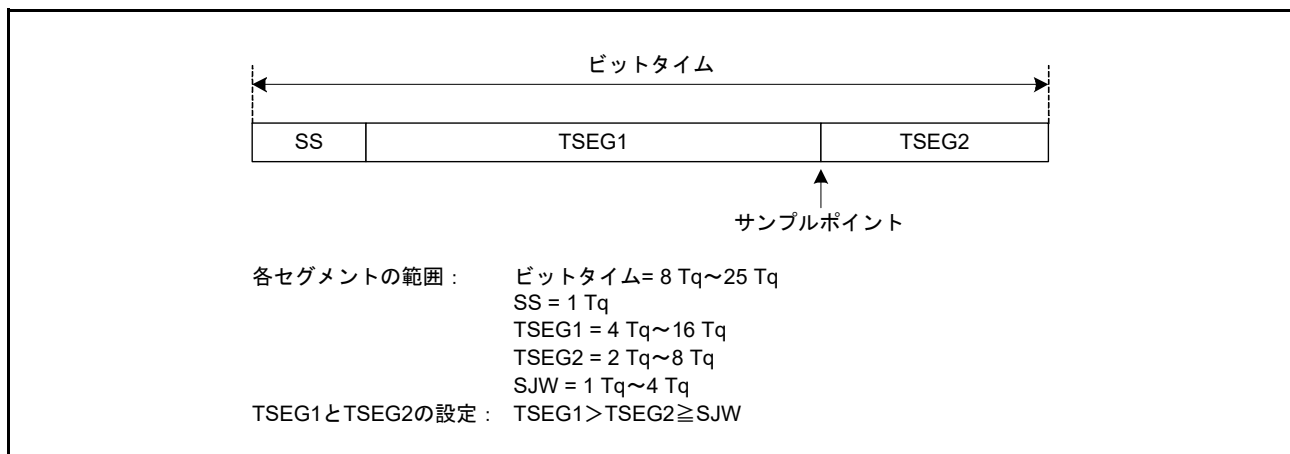


図 31.12 ビットタイミング

31.4.3 データ転送レート

データ転送レートは、fCAN (CAN システムクロック) の分周値、ボーレートプリスケアラの分周値、および1ビットタイムのTq数に依存します。

$$\text{データ転送レート [bps]} = \frac{f\text{CAN}}{\text{ボーレートプリスケアラ分周値 (注1)} \times 1\text{ビットタイムのTq数}} = \frac{f\text{CANCLK}}{1\text{ビットタイムのTq数}}$$

注1. ボーレートプリスケアラ分周値 = P + 1 (P = 0 ~ 1023)、ここでPは、BCR.BRP[9:0] ビットの設定値

表 31.9 に、データ転送レートの例を示します。

表 31.9 fCAN = 32MHzの場合のデータ転送レート例

| データ転送レート | Tq数 | P + 1 |
|----------|------|-------|
| 1Mbps | 8Tq | 4 |
| | 16Tq | 2 |
| 500kbps | 8Tq | 8 |
| | 16Tq | 4 |
| 250kbps | 8Tq | 16 |
| | 16Tq | 8 |
| 125kbps | 8Tq | 32 |
| | 16Tq | 16 |
| 83.3kbps | 8Tq | 48 |
| | 16Tq | 24 |
| 33.3kbps | 8Tq | 120 |
| | 10Tq | 96 |
| | 16Tq | 60 |
| | 20Tq | 48 |

31.5 メールボックスとマスクレジスタの構成

図 31.13 に、32 本のメールボックスレジスタ (MB_j_ID、MB_j_DL、MB_j_Dm、MB_j_TS) の構成を示します。

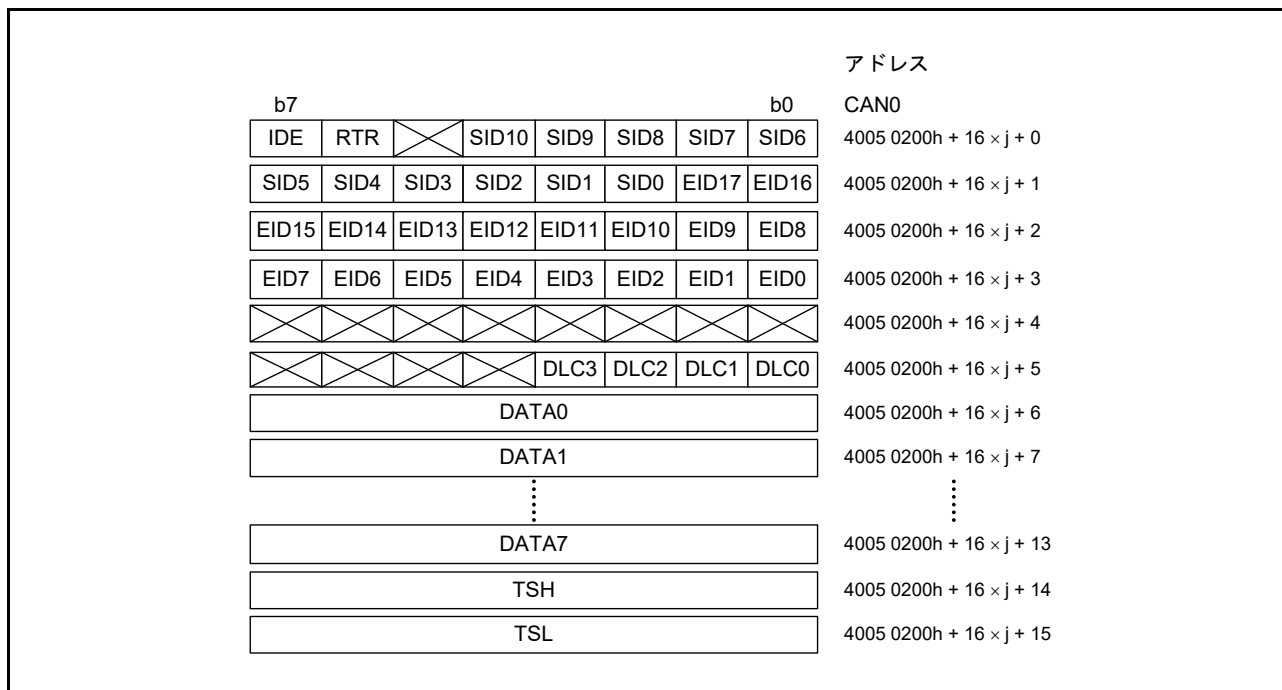


図 31.13 メールボックスレジスタの構成 (j = 0 ~ 31)

図 31.14 に、8 本のマスクレジスタ (MKR_k) の構成を示します。

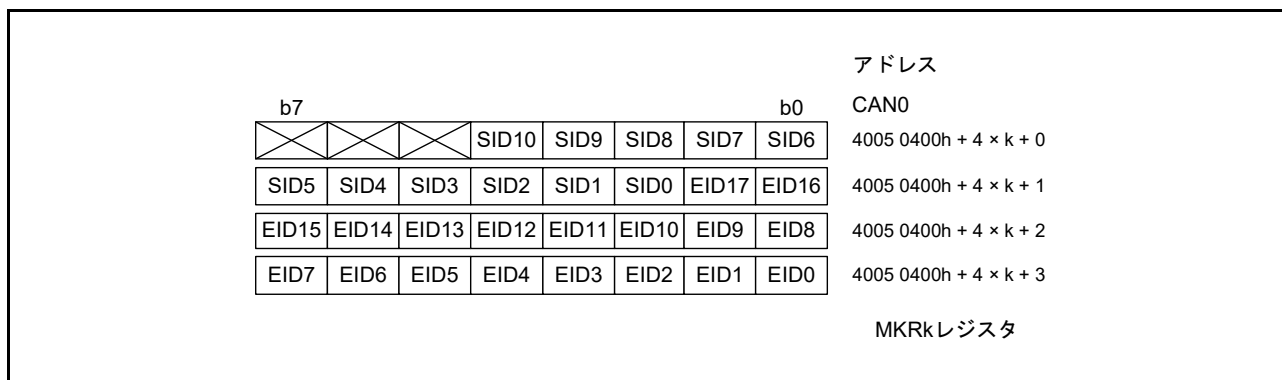


図 31.14 MKR_k レジスタの構成 (k = 0 ~ 7)

図 31.15 に、2 本の FIFO 受信 ID 比較レジスタ (FIDCR0 および FIDCR1) の構成を示します。

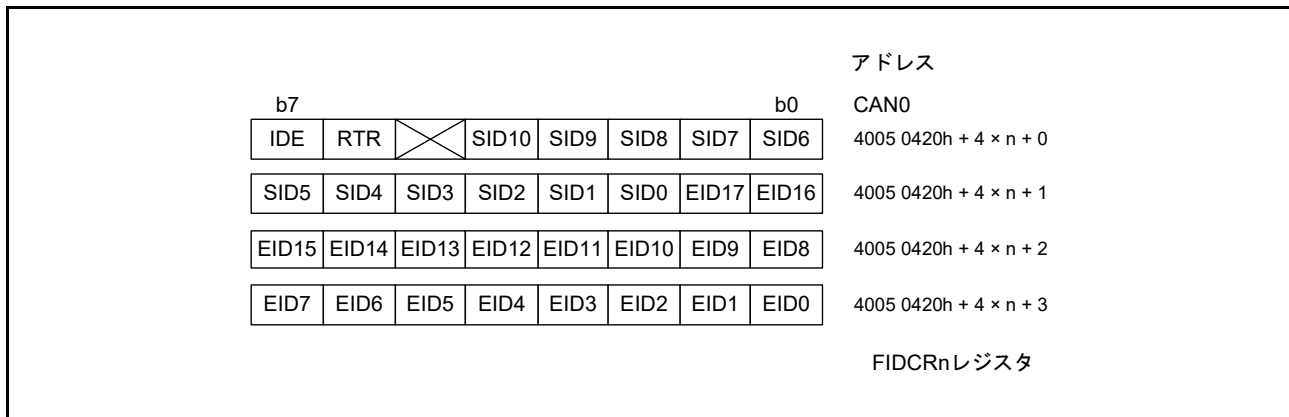


図 31.15 FIDCRn レジスタの構成 (n = 0, 1)

31.6 アクセプタンスフィルタ機能とマスク機能

アクセプタンスフィルタ機能とマスク機能によって、指定範囲内のメールボックスに対して、複数 ID のメッセージを選択および受信することが可能になります。

MKRk レジスタは、標準 ID と 29 ビットの拡張 ID をマスクできます。

- MKR0 は、メールボックス 0 ～ 3 のマスクレジスタ
- MKR1 は、メールボックス 4 ～ 7 のマスクレジスタ
- MKR2 は、メールボックス 8 ～ 11 のマスクレジスタ
- MKR3 は、メールボックス 12 ～ 15 のマスクレジスタ
- MKR4 は、メールボックス 16 ～ 19 のマスクレジスタ
- MKR5 は、メールボックス 20 ～ 23 のマスクレジスタ
- MKR6 は、通常メールボックスモードの場合はメールボックス 24 ～ 27、FIFO メールボックスモードの場合は受信 FIFO メールボックス 28 ～ 31 のマスクレジスタ
- MKR7 は、通常メールボックスモードの場合はメールボックス 28 ～ 31、FIFO メールボックスモードの場合は受信 FIFO メールボックス 28 ～ 31 のマスクレジスタ

MKIVLR レジスタは、各メールボックスに対して個別にアクセプタンスフィルタ処理を禁止します。

MBj_ID レジスタの IDE ビットは、CTLR.IDFM[1:0] ビットが 10b (ミックス ID モード) のときに有効です。

MBj_ID レジスタの RTR ビットは、データフレームまたはリモートフレームを選択します。

FIFO メールボックスモードの場合、通常メールボックス 0 ～ 23 は、アクセプタンスフィルタ処理に関連レジスタ (MKR0 ～ MKR5) を使用します。受信 FIFO メールボックス (28 ～ 31) は、アクセプタンスフィルタ処理に 2 つのレジスタ (MKR6 および MKR7) を使用します。受信 FIFO は、FIDCR0 および FIDCR1 レジスタの 2 つを使用して、ID の比較を行います。受信 FIFO のメールボックス 28 ～ メールボックス 31 の EID[17:0]、SID[10:0]、RTR、IDE ビットは無効になります。2 つの論理積の結果でアクセプタンスフィルタ処理を行うので、受信 FIFO は 2 つの範囲の ID を受信することが可能です。MKIVLR レジスタは、受信 FIFO に対しては無効です。

異なる値が FIDCR0 レジスタと FIDCR1 レジスタの IDE ビットに設定された場合、両方の ID フォーマットが受信されます。異なる値が FIDCR0 レジスタと FIDCR1 レジスタの RTR ビットに設定された場合、データフレームとリモートフレームの両方が受信されます。2 つの範囲の ID の組み合わせを必要としない場合は、FIFO ID とマスクレジスタの両方に同じマスク値と同じ ID を設定してください。

図 31.16 は、マスクレジスタとメールボックスの関係を示しています。図 31.17 は、アクセプタンスフィルタ機能を示しています。

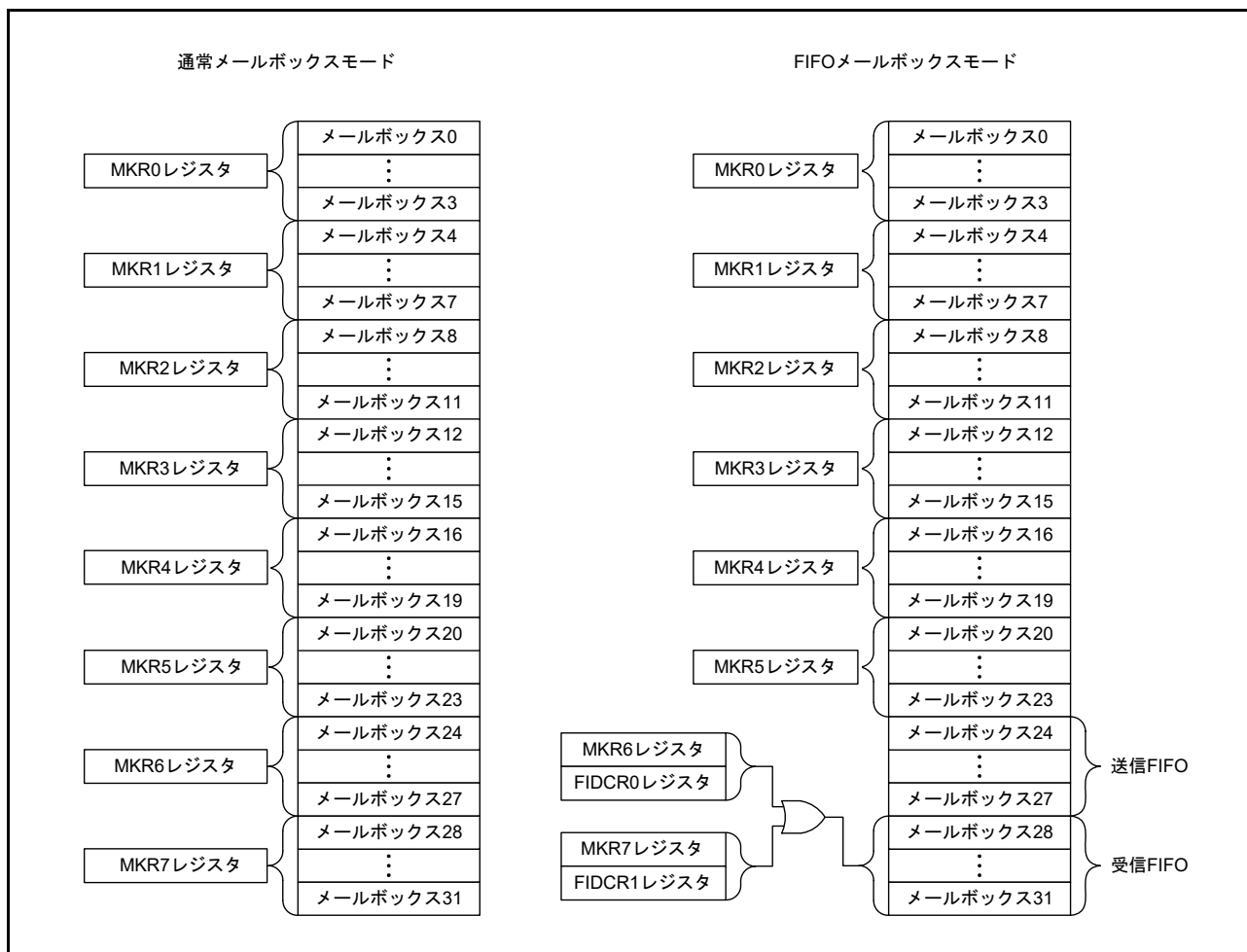


図 31.16 マスクレジスタとメールボックスの関係

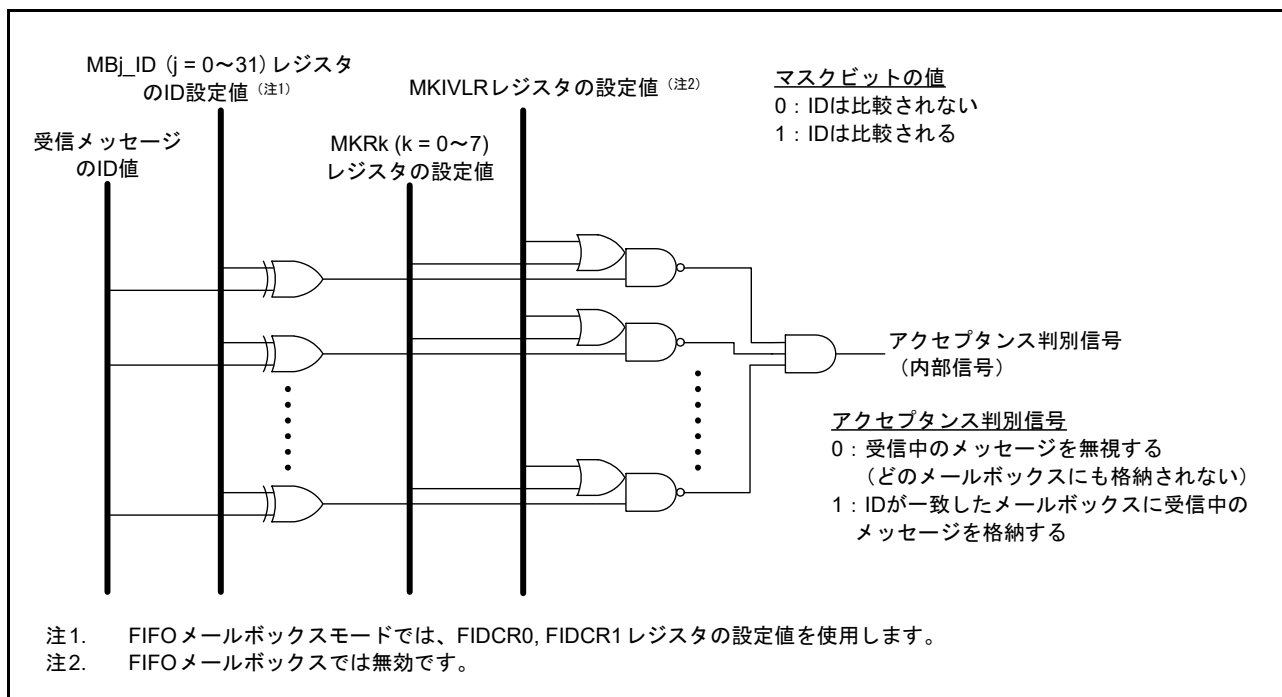


図 31.17 アクセプタンスフィルタ機能

31.7 受信／送信

表 31.10 に、CAN 通信モードの設定方法を示します。

表 31.10 CAN受信モードと送信モードの設定

| MCTL_TXj.TRMREQ および MCTL_RXj.TRMREQ | MCTL_TXj.RECREQ および MCTL_RXj.RECREQ | MCTL_TXj.ONESHOT および MCTL_RX.ONESHOT | メールボックス通信モード |
|---|---|--|--|
| 0 | 0 | 0 | メールボックス使用不可、または送信アポート中 |
| 0 | 0 | 1 | ワンショットモードでプログラムされたメールボックスからの送受信がアポートされた場合のみ、設定可能 |
| 0 | 1 | 0 | データフレームまたはリモートフレーム用の受信メールボックスとして設定 |
| 0 | 1 | 1 | データフレームまたはリモートフレーム用のワンショット受信メールボックスとして設定 |
| 1 | 0 | 0 | データフレームまたはリモートフレーム用の送信メールボックスとして設定 |
| 1 | 0 | 1 | データフレームまたはリモートフレーム用のワンショット送信メールボックスとして設定 |
| 1 | 1 | 0 | 設定禁止 |
| 1 | 1 | 1 | 設定禁止 |

j = 0 ~ 31

メールボックスを受信メールボックスまたはワンショット受信メールボックスとして設定する場合：

1. メールボックスを設定する前に、MCTL_RXj レジスタを 00h にしてください。
2. 受信メッセージは、受信モード設定とアクセプタンスフィルタ機能に基づく条件に一致する最初のメールボックスに格納されます。このとき、番号の小さいメールボックスを優先して、受信メッセージが格納されます。
3. CAN オペレーションモードでは、ID が一致していても、CAN モジュールは自ら送信したデータを受信しません。ただし、セルフテストモードでは、CAN モジュールは自ら送信したデータを受信し、ACK を返します。

メールボックスを送信メールボックスまたはワンショット送信メールボックスとして設定する場合：

- メールボックスを設定する前に、MCTL_TXj レジスタが 00h であること、およびアポート処理が待機中でないことを確認してください

31.7.1 受信

図 31.18 に、データフレーム受信時の動作例（オーバーライトモードの場合）を示します。

この例は、MCTL_RXj レジスタ（j=0～31）の受信条件に一致する2つの連続したCANメッセージを受信したときに、CANモジュールが最初のメッセージを上書きする場合の動作です。

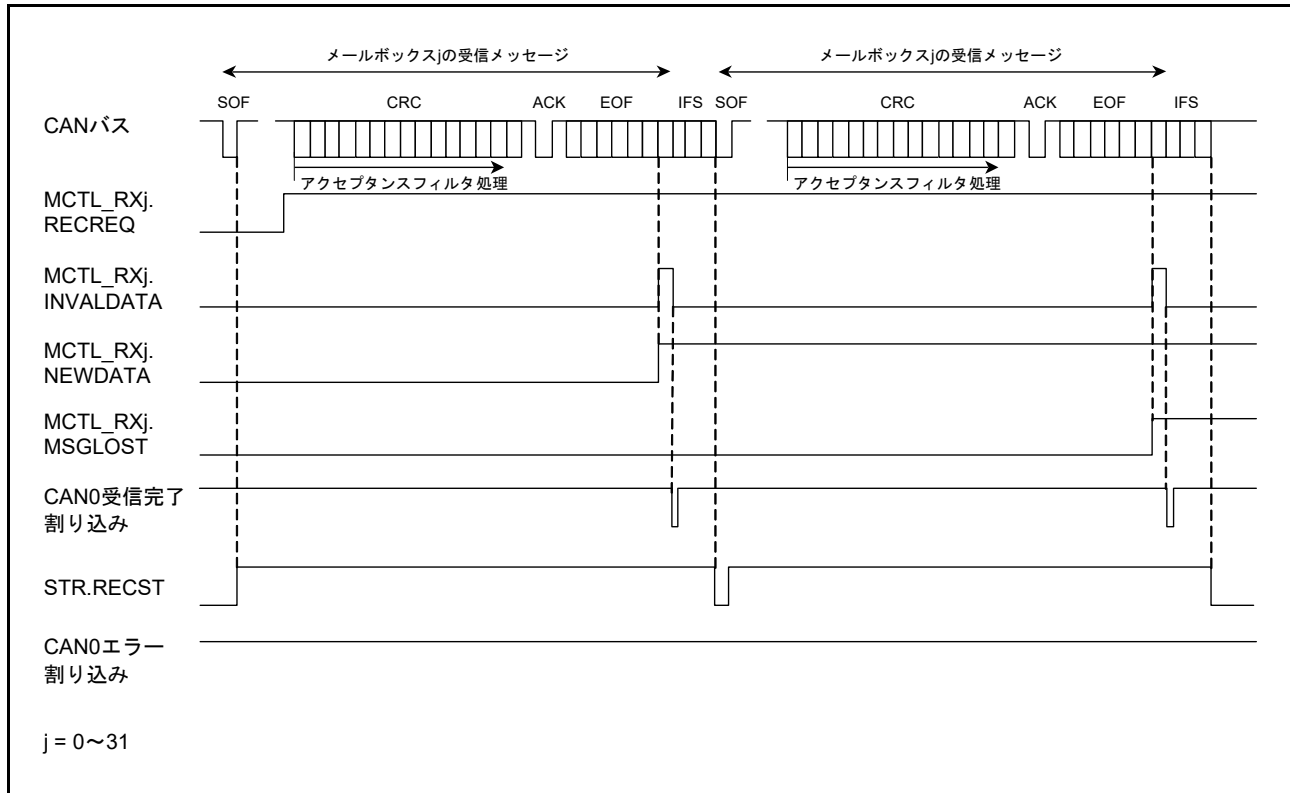


図 31.18 データフレーム受信時の動作例（オーバーライトモードの場合）

1. CANバス上でSOFを検知すると、CANモジュールに送信開始するメッセージがない場合、STR.RECSTビットが1（受信中）になります。
2. 受信メールボックスを選択するために、CRCフィールドの最初からアクセプタンスフィルタ処理が開始されます。
3. メッセージの受信を完了すると、受信メールボックスのMCTL_RXj.NEWDATAビットが1（新しいメッセージをメールボックスに格納中または格納済み）になります。同時にMCTL_RXj.INVALIDDATAフラグが1（メッセージを更新中）になります。そのメールボックスにメッセージ全体が転送された後、INVALIDDATAフラグが再度0（メッセージは有効）になります。
4. 受信メールボックスのMIERレジスタの割り込み許可ビットが1（割り込み許可）の場合、INVALIDDATAフラグが0になっていると、CAN0受信完了割り込み要求が発生します。
5. メールボックスからメッセージを読み出した後、NEWDATAフラグをソフトウェアで0にする必要があります。
6. オーバーライトモードでは、MCTL_RXj.NEWDATAビットが1になっている間に、次のCANメッセージを受信すると、MCTL_RXj.MSGLOSTフラグが1（メッセージのオーバーライトあり）になります。新しく受信したメッセージはメールボックスに転送されます。CAN0受信完了割り込み要求が、手順4と同様に発生します。

図 31.19 に、データフレーム受信時の動作例（オーバーランモードの場合）を示します。この例は、MCTL_RXj レジスタ（j=0～31）の受信条件に一致する2つの連続したCANメッセージを受信したときに、CANモジュールが2番目のメッセージをオーバーランする場合の動作です。

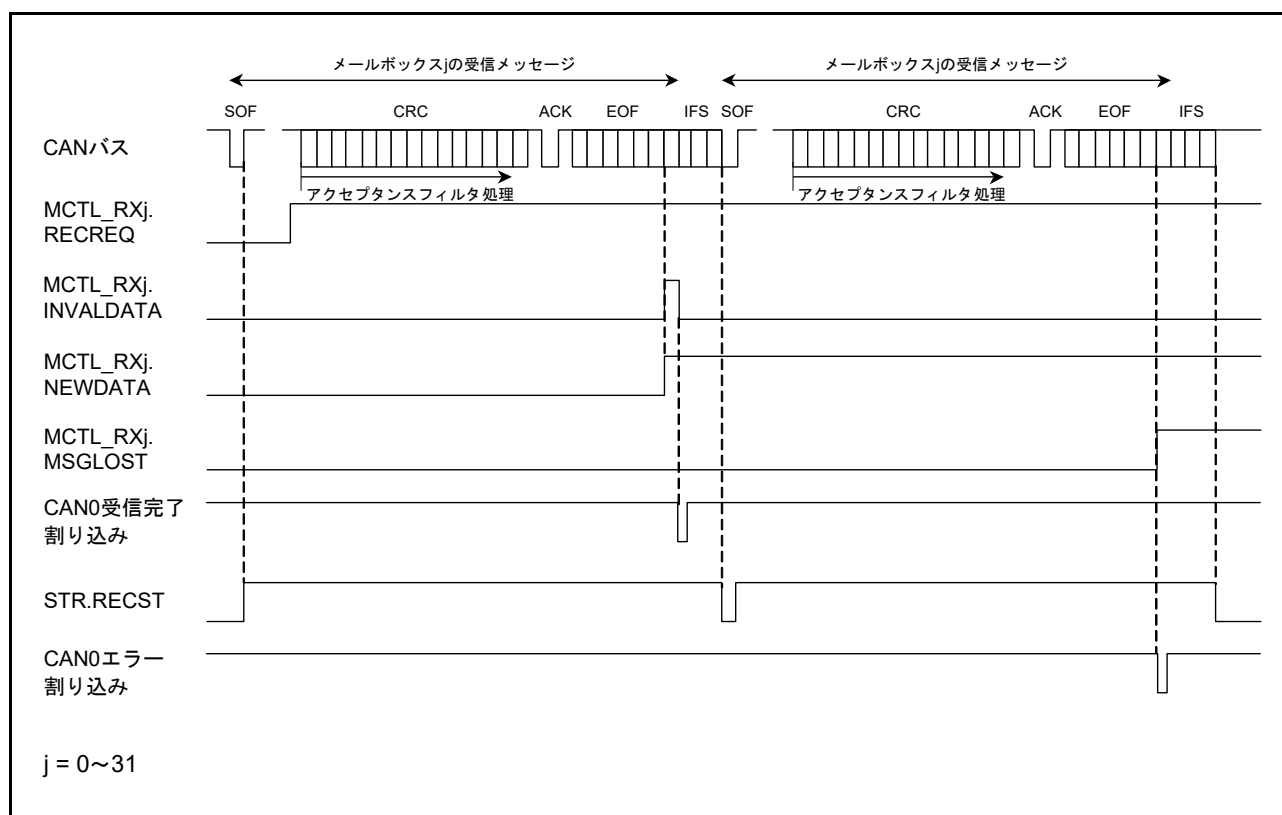


図 31.19 データフレーム受信時の動作例（オーバーランモードの場合）

手順 1. ～ 5. はオーバーライトモードと同じです。

- オーバーランモードでは、MCTL_RXj.NEWDATA フラグが 0 になる前に、次の CAN メッセージを受信すると、MCTL_RXj.MSGLOST フラグが 1（メッセージのオーバーランあり）になります。新しく受信したメッセージは破棄され、EIER レジスタの対応する割り込み許可ビットが 1（割り込み許可）の場合、CAN0 エラー割り込み要求が発生します。

31.7.2 送信

図 31.20 に、データフレーム送信時の動作例を示します。

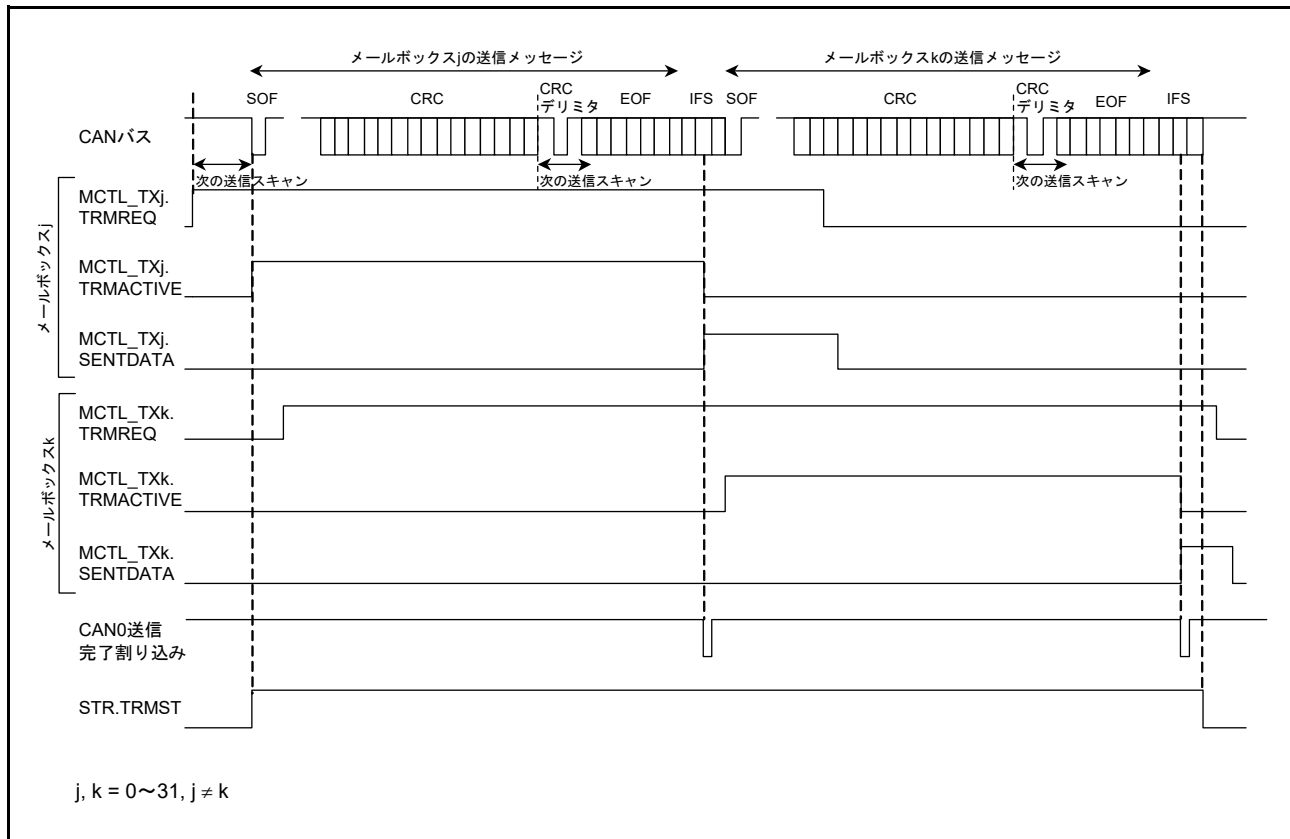


図 31.20 データフレーム送信時の動作例

- バスアイドル状態で、MCTL_TXj.TRMREQ ビット ($j = 0 \sim 31$) を 1 (送信メールボックス) にすると、最も優先順位の高い送信メールボックスを決定するために、メールボックススキャンが開始されます。送信メールボックスが決定されると、MCTL_TXj.TRMACTIVE フラグが 1 (送信要求の取り込みから、送信完了まで、あるいは、エラー発生またはアービトレーションロスト発生まで) になり、さらに STR.TRMST ビットが 1 (送信中) になって、CAN モジュールは送信を開始します (注 1)。
 - 他の TRMREQ ビットが設定されている場合は、次の送信の CRC デリミタから送信スキャンが開始されます。
 - アービトレーションロストが発生せずに送信が完了すると、MCTL_TXj.SENTDATA フラグが 1 (送信完了) になり、TRMACTIVE フラグが 0 (送信待機中または送信要求なし) になります。そして、MIER レジスタの割り込み許可ビットが 1 (割り込み許可) の場合は、CAN0 送信完了割り込み要求が発生します。
 - 同一のメールボックスから次の送信を要求する場合は、SENTDATA および TRMREQ ビットを 0 にした後、SENTDATA および TRMREQ ビットが 0 になったことを確認してから、TRMREQ ビットを 1 にしてください。
- 注 1. CAN モジュールが送信を開始した後、アービトレーションロストが発生した場合は、TRMACTIVE フラグは 0 になります。CRC デリミタの始めから最も優先順位の高い送信メールボックスを検索するために、再び送信スキャンが行われます。送信中またはアービトレーションロストに続いてエラーが発生すると、CRC デリミタの始めから、最も優先順位の高い送信メールボックスを検索するために、再び送信スキャンが行われます。

31.8 割り込み

CAN モジュールには、チャンネルごとに下記の割り込みがあります。

- メールボックス 0～31 の CAN0 受信完了割り込み (CAN0_RXM)
- メールボックス 0～31 の CAN0 送信完了割り込み (CAN0_TXM)
- CAN0 受信 FIFO 割り込み (CAN0_RXF)
- CAN0 送信 FIFO 割り込み (CAN0_TXF)
- CAN0 エラー割り込み (CAN0_ERS)

CAN0 のエラー割り込みには、下記の 8 つの割り込み要因が利用可能です。EIFR レジスタを確認して、割り込み要因を調べてください。

- バスエラー
- エラーワーニング
- エラーパッシブ
- バスオフ開始
- バスオフ復帰
- 受信オーバーラン
- オーバーロードフレーム送信
- バスロック

表 31.11 に CAN 割り込みの一覧を示します。

表 31.11 CANの割り込み

| モジュール | 割り込み シンボル | 割り込み要因 | 要因フラグ |
|-------|--------------|--|---|
| CAN0 | CAN0_ERS | バスロック検出 | EIFR.BLIF |
| | | オーバーロードフレーム送信検出 | EIFR.OLIF |
| | | オーバーラン検出 | EIFR.ORIF |
| | | バスオフ復帰検出 | EIFR.BORIF |
| | | バスオフ開始検出 | EIFR.BOEIF |
| | | エラーパッシブ検出 | EIFR.EPIF |
| | | エラーワーニング検出 | EIFR.EWIF |
| | | バスエラー検出 | EIFR.BEIF |
| | CAN0_RXF | 受信 FIFO メッセージ受信 (MIER_FIFO.MB29 = 0) | RFCR.RFUST[2:0] |
| | | 受信 FIFO ワーニング (MIER_FIFO.MB29 = 1) | |
| | CAN0_TXF | 送信 FIFO メッセージ送信完了 (MIER_FIFO.MB25 = 0) | TFCR.TFUST[2:0] |
| | | FIFO ラストメッセージ送信完了 (MIER_FIFO.MB25 = 1) | |
| | CAN0_RXM | メールボックス 0～31 メッセージ受信 | MCTL_RX0.NEWDATA ~ MCTL_RX31.NEWDATA |
| | CAN0_TXM | メールボックス 0～31 メッセージ送信完了 | MCTL_TX0.SENTDATA ~ MCTL_TX31.SENTDATA |

31.9 使用上の注意事項

31.9.1 モジュールストップ状態の設定

モジュールストップコントロールレジスタ B (MSTPCRB) によって、CAN モジュールの動作を許可または禁止することが可能です。リセット後の初期状態では、CAN モジュールの動作は停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細は、「[11. 低消費電力モード](#)」を参照してください。

31.9.2 動作クロックの設定

動作クロックの設定方法を次に示します。

- CCLKS ビットが 1 のとき、CAN モジュールは下記のクロック制約を満たす必要があります
$$fPCLKB \geq fCANMCLK$$
- CCLKS ビットが 0 のとき、CAN モジュールの周辺モジュールクロックソースは PLL でなければいけません
- CAN モジュールを使用する場合、PCLKA と PCLKB のクロック周波数比は 2:1 でなければいけません。これ以外の設定では、動作は保証されません

32. シリアルペリフェラルインタフェース (SPI)

32.1 概要

本 MCU は、独立した 2 チャンネルのシリアルペリフェラルインタフェース (SPI) を備えています。SPI チャンネルによって、複数のプロセッサや周辺デバイスとの高速な全二重同期式シリアル通信が可能です。表 32.1 に SPI の仕様を、図 32.1 にブロック図を示します。

本章に記載している PCLK とは PCLKA を指します。また、n は A または B を表し、i は 0 または 1 を表します。端子および信号名の小文字の i は 0 ~ 3 の値を示し、SPI コマンドレジスタ m (SPCMDm) の小文字の m は 0 ~ 7 の値を示します。

表 32.1 SPIの仕様 (1/2)

| 項目 | 内容 |
|-------------|---|
| チャンネル数 | 2チャンネル |
| SPI転送機能 | <ul style="list-style-type: none"> MOSI (Master Out/Slave In)、MISO (Master In/Slave Out)、SSL (Slave Select)、RSPCK (SPI Clock) の各信号を使用して、SPI動作 (4線式) またはクロック同期式動作 (3線式) によるシリアル通信が可能 送信のみの動作が可能 通信モード：全二重または送信のみを選択可能 RSPCK極性切り替え RSPCK位相切り替え |
| データフォーマット | <ul style="list-style-type: none"> MSBファーストまたはLSBファーストを選択可能 転送ビット長を8、9、10、11、12、13、14、15、16、20、24、32ビットから選択可能 SPI0：一度の送受信で最大4フレーム (1フレームは最大32ビット) 転送可能な、128ビットの送信および受信バッファ SPI1：一度の送受信で1フレーム転送可能な、32ビットの送信および受信バッファ |
| ビットレート | <ul style="list-style-type: none"> マスタモード時、内蔵ポーレートジェネレータでPCLKを分周してRSPCKを生成 (分周比は2~4096分周) スレーブモード時は、PCLKの最小6分周のクロックを、RSPCKとして入力可能 (RSPCKの最大周波数はPCLKの6分周) High幅：PCLKの3サイクル Low幅：PCLKの3サイクル |
| バッファ構成 | <ul style="list-style-type: none"> 送信および受信バッファはそれぞれダブルバッファ構成 SPI0：送信および受信バッファは128ビット SPI1：送信および受信バッファは32ビット |
| エラー検出 | <ul style="list-style-type: none"> モードフォルトエラー検出 アンダーランエラー検出 オーバーランエラー検出 (注1) パリティエラー検出 |
| SSL制御機能 | <ul style="list-style-type: none"> 1チャンネルあたり4本のSSL端子 (SSLn0~SSLn3) シングルマスタモード時：SSLn0~SSLn3端子は出力用 マルチマスタモード時： <ul style="list-style-type: none"> SSLn0端子は入力用、SSLn1~SSLn3端子は出力用または未使用 スレーブモード時： <ul style="list-style-type: none"> SSLn0端子は入力用、SSLn1~SSLn3端子は未使用 SSL出力のアサートからRSPCK動作までの遅延 (RSPCK遅延) を制御可能 設定範囲：1~8RSPCK周期 (設定単位：1RSPCK周期) RSPCK停止からSSL出力のネゲートまでの遅延 (SSLネゲート遅延) を制御可能 設定範囲：1~8RSPCK周期 (設定単位：1RSPCK周期) 次アクセスのSSL出力アサートのウェイト (次アクセス遅延) を制御可能 設定範囲：1~8RSPCK周期 (設定単位：1RSPCK周期) SSL極性変更機能 |
| マスタ転送時の制御方式 | <ul style="list-style-type: none"> 最大8コマンド (SPI0の場合) で構成された転送を連続してループ実行可能 以下のコマンドをサポート <ul style="list-style-type: none"> SPI0：SSL信号値、ビットレート、RSPCK極性/位相、転送データ長、MSB/LSBファースト、パースト、RSPCK遅延、SSLネゲート遅延、次アクセス遅延 SPI1：SSL信号値、ビットレート、RSPCK極性/位相、転送データ長、MSB/LSBファースト、RSPCK遅延、SSLネゲート遅延、次アクセス遅延 送信バッファへの書き込みによる転送起動 SSLネゲート時のMOSI信号値を設定可能 RSPCK自動停止機能 |

表 32.1 SPIの仕様 (2/2)

| 項目 | 内容 |
|----------------|--|
| 割り込み要因 | <ul style="list-style-type: none"> • 受信バッファフル割り込み • 送信バッファエンプティ割り込み • SPIエラー割り込み (モードフォルト、オーバーラン、パリティエラー) • SPIアイドル割り込み (SPIアイドル) • 送信完了割り込み |
| イベントリンク機能 (出力) | 以下のイベントをイベントリンクコントローラへ出力可能 <ul style="list-style-type: none"> • 受信バッファフル信号 • 送信バッファエンプティ信号 • モードフォルト/アンダーラン/オーバーラン/パリティエラー信号 • SPIアイドル信号 • 送信完了信号 |
| その他 | <ul style="list-style-type: none"> • SPI初期化機能 • ループバックモード |
| モジュールストップ機能 | モジュールストップ状態に設定して消費電力を削減 |

注 1. マスタ受信時に RSPCK 自動停止機能が有効な場合は、オーバーランエラーが検出されると転送クロックが停止するため、オーバーランエラーは発生しません。

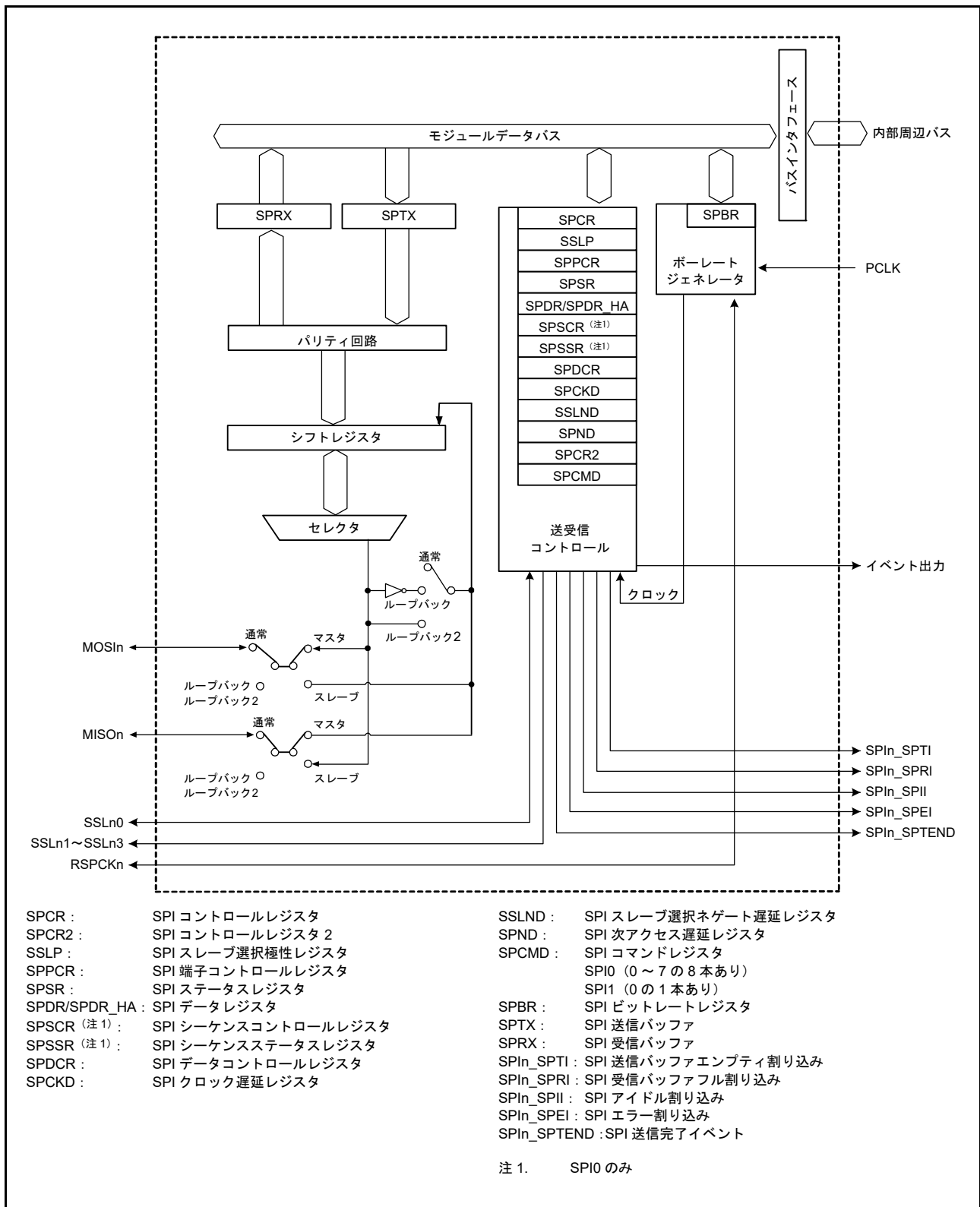


図 32.1 SPI のブロック図

表 32.2 に SPI で使用する入出力端子を示します。SSLn0 端子の入出力方向は、SPI が自動的に切り替えます。SSLn0 は、SPI がシングルマスタの場合は出力状態、マルチマスタとスレーブの場合は入力状態になります。RSPCKn、MOSIn、および MISOn 端子の入出力方向は、マスタ/スレーブ設定と SSLn0 端子の入力レベルに応じて、SPI が自動的に切り替えます。詳細は、[32.3.2 SPI 端子の制御](#)を参照してください。

表 32.2 SPIの端子構成

| チャンネル | 端子名 | 入出力 | 機能 |
|-------|--------|-----|--------------|
| SPI0 | RSPCKA | 入出力 | クロック入出力 |
| | MOSIA | 入出力 | マスタ送出データ入出力 |
| | MISOA | 入出力 | スレーブ送出データ入出力 |
| | SSLA0 | 入出力 | スレーブセレクト入出力 |
| | SSLA1 | 出力 | スレーブセレクト出力 |
| | SSLA2 | 出力 | スレーブセレクト出力 |
| | SSLA3 | 出力 | スレーブセレクト出力 |
| SPI1 | RSPCKB | 入出力 | クロック入出力 |
| | MOSIB | 入出力 | マスタ送出データ入出力 |
| | MISOB | 入出力 | スレーブ送出データ入出力 |
| | SSLB0 | 入出力 | スレーブセレクト入出力 |
| | SSLB1 | 出力 | スレーブセレクト出力 |
| | SSLB3 | 出力 | スレーブセレクト出力 |

32.2 レジスタの説明

32.2.1 SPI コントロールレジスタ (SPCR)

アドレス SPI0.SPCR 4007 2000h, SPI1.SPCR 4007 2100h

| | | | | | | | | |
|---------|-------|-----|-------|-------|------|--------|------|------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | SPRIE | SPE | SPTIE | SPEIE | MSTR | MODFEN | TXMD | SPMS |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|--------|-------------------|--|-----|
| b0 | SPMS | SPIモード選択 | 0: SPI動作 (4線式) 1: クロック同期式動作 (3線式) | R/W |
| b1 | TXMD | 通信動作モード選択 | 0: 全二重同期式シリアル通信 1: 送信動作のみのシリアル通信 | R/W |
| b2 | MODFEN | モードフォルトエラー検出許可 | 0: モードフォルトエラー検出を禁止 1: モードフォルトエラー検出を許可 | R/W |
| b3 | MSTR | SPIマスタ/スレーブモード選択 | 0: スレーブモード 1: マスタモード | R/W |
| b4 | SPEIE | SPIエラー割り込み許可 | 0: SPIエラー割り込み要求の発生を禁止 1: SPIエラー割り込み要求の発生を許可 | R/W |
| b5 | SPTIE | 送信バッファエンプティ割り込み許可 | 0: 送信バッファエンプティ割り込み要求の発生を禁止 1: 送信バッファエンプティ割り込み要求の発生を許可 | R/W |
| b6 | SPE | SPI機能有効 | 0: SPI機能は無効 1: SPI機能は有効 | R/W |
| b7 | SPRIE | SPI受信バッファフル割り込み許可 | 0: SPI受信バッファフル割り込み要求の発生を禁止 1: SPI受信バッファフル割り込み要求の発生を許可 | R/W |

SPCR.SPE ビットが 1 の状態で、SPCR.MSTR ビット、SPCR.MODFEN ビット、または SPCR.TXMD ビットを変更した場合、以降の動作を行わないでください。

SPMS ビット (SPI モード選択)

SPI 動作 (4 線式) またはクロック同期式動作 (3 線式) を選択します。

クロック同期式動作では、SSLn0 ~ SSLn3 端子は使用されません。RSPCKn 端子、MOSIn 端子、MISO_n 端子の 3 端子を用いて通信を行います。また、マスタモード (SPCR.MSTR = 1) でクロック同期式動作を行う場合は、SPCMDm.CPHA ビットを 0 または 1 にしてください。スレーブモード (SPCR.MSTR = 0) でクロック同期式動作を行う場合は、CPHA ビットを 1 にしてください。スレーブモード (SPCR.MSTR = 0) でクロック同期式動作を行う場合、CPHA ビットが 0 であれば、動作を行わないでください。

TXMD ビット (通信動作モード選択)

全二重同期式のシリアル通信または送信のみの動作を選択します。

本ビットを 1 にした場合、SPI は送信動作のみを行い、受信動作を行いません (32.3.6 データ転送モードを参照)。また、受信バッファフル割り込み要求を使用することはできません。

MODFEN ビット (モードフォルトエラー検出許可)

モードフォルトエラーの検出を許可または禁止します (32.3.8 エラー検出を参照)。また、SPI は MODFEN ビットと MSTR ビットとの組み合わせに基づいて、SSLn0 ~ SSLn3 端子の入出力方向を決定します (32.3.2 SPI 端子の制御を参照)。

MSTR ビット (SPI マスタ/スレーブモード選択)

SPI に対してマスタモードまたはスレーブモードを選択します。SPI は MSTR ビットの設定に従って、RSPCKn、MOSIn、MISO_n、および SSLn0 ~ SSLn3 端子の方向を決定します。

SPEIE ビット (SPI エラー割り込み許可)

以下の場合に、SPI エラー割り込み要求の発生を許可または禁止します。

- SPI がモードフォルトエラーまたはアンダーランエラーを検出し、SPSR.MODF フラグを 1 にした場合
- SPI がオーバーランエラーを検出し、SPSR.OVRF フラグを 1 にした場合
- SPI がパリティエラーを検出し、SPSR.PERF フラグを 1 にした場合

詳細は、[32.3.8 エラー検出](#)を参照してください。

SPTIE ビット (送信バッファエンプティ割り込み許可)

SPI が送信バッファエンプティを検出したときの、送信バッファエンプティ割り込み要求の発生を許可または禁止します。

送信開始時の送信バッファエンプティ割り込み要求は、SPE ビットと SPTIE ビットを同時に 1 にするか、または SPTIE ビットを 1 にした後、SPE ビットを 1 にすることで発生します。SPI 機能を無効 (SPE ビットを 0 に変更) にしても、SPTIE ビットが 1 であると、割り込みが発生します。

SPE ビット (SPI 機能有効)

SPI 機能を有効または無効にします。SPSR.MODF フラグが 1 の場合、SPE ビットを 1 にすることはできません。詳細は、[32.3.8 エラー検出](#)を参照してください。

SPE ビットを 0 にすると、SPI 機能が無効になり、このモジュール機能の一部が初期化されます。詳細は、[32.3.9 SPI の初期化](#)を参照してください。また、SPE ビットを 0 から 1 へまたは 1 から 0 へ切り替えると、送信バッファエンプティ割り込み要求が発生します。

SPRIE ビット (SPI 受信バッファフル割り込み許可)

SPI がシリアル転送完了後の受信バッファフルを検出したときの、割り込み要求の発生を許可または禁止します。

32.2.2 SPI スレーブ選択極性レジスタ (SSLP)

アドレス SPI0.SSLP 4007 2001h, SPI1.SSLP 4007 2101h

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|----|----|----|----|-------|-------|-------|-------|
| | — | — | — | — | SSL3P | SSL2P | SSL1P | SSL0P |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|-------------|---|-----|
| b0 | SSL0P | SSL0 信号極性設定 | 0 : SSL0 信号はアクティブ Low 1 : SSL0 信号はアクティブ High | R/W |
| b1 | SSL1P | SSL1 信号極性設定 | 0 : SSL1 信号はアクティブ Low 1 : SSL1 信号はアクティブ High | R/W |
| b2 | SSL2P (注1) | SSL2 信号極性設定 | 0 : SSL2 信号はアクティブ Low 1 : SSL2 信号はアクティブ High | R/W |
| b3 | SSL3P | SSL3 信号極性設定 | 0 : SSL3 信号はアクティブ Low 1 : SSL3 信号はアクティブ High | R/W |
| b7-b4 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。 | R/W |

注 1. SPI1 では使用できません。

SPCR.SPE ビットが 1 の状態で、SSLP レジスタの内容を変更した場合、以降の動作を行わないでください。

32.2.3 SPI 端子コントロールレジスタ (SPPCR)

アドレス SPI0.SPPCR 4007 2002h, SPI1.SPPCR 4007 2102h

| | | | | | | | |
|---------|----|-------|-------|----|----|-------|------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | MOIFE | MOIFV | — | — | SPLP2 | SPLP |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|---------------|---|-----|
| b0 | SPLP | SPIループバック | 0 : 通常モード 1 : ループバックモード (データを反転して送信) | R/W |
| b1 | SPLP2 | SPIループバック2 | 0 : 通常モード 1 : ループバックモード (データを反転せずに送信) | R/W |
| b3-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | MOIFV | MOSIアイドル固定値 | 0 : MOSIアイドル時のMOSIn端子の出力レベルはLow 1 : MOSIアイドル時のMOSIn端子の出力レベルはHigh | R/W |
| b5 | MOIFE | MOSIアイドル値固定許可 | 0 : MOSI出力値は前回転送の最終データ 1 : MOSI出力値はMOIFVビットの設定値 | R/W |
| b7-b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

SPCR.SPE ビットが 1 の状態で、SPPCR レジスタの内容を変更した場合、以降の動作は行わないでください。

SPLP ビット (SPI ループバック)

SPI の端子モードを選択します。

SPLP ビットが 1 の場合、SPCR.MSTR ビットが 1 であれば、SPI は MISO_n 端子とシフトレジスタ間の経路を遮断し、SPCR.MSTR ビットが 0 であれば、MOSIn 端子とシフトレジスタ間の経路を遮断します。その後、SPI はシフトレジスタの入力経路と出力経路を接続し、ループバックモードを確立します。

SPLP2 ビット (SPI ループバック 2)

SPI の端子モードを選択します。

SPLP2 ビットが 1 の場合、SPCR.MSTR ビットが 1 であれば、SPI は MISO_n 端子とシフトレジスタ間の経路を遮断し、SPCR.MSTR ビットが 0 であれば、MOSIn 端子とシフトレジスタ間の経路を遮断します。その後、SPI はシフトレジスタの入力経路と出力経路を接続し、ループバックモードを確立します。

MOIFV ビット (MOSI アイドル固定値)

マスタモードで MOIFE ビットが 1 の場合、SPI0 および SPI1 の SSL ネゲート期間中 (SPI0 のバースト転送における SSL 保持期間を含む) の MOSIn 端子の出力値を決定します。

MOIFE ビット (MOSI アイドル値固定許可)

マスタモードの SPI が SPI0 および SPI1 の SSL ネゲート期間中 (SPI0 のバースト転送における SSL 保持期間を含む) のとき、MOSIn 出力値を固定します。MOIFE ビットが 0 の場合、SPI は SSL ネゲート期間中に前回のシリアル転送の最終データを MOSIn 端子に出力します。MOIFE ビットが 1 の場合、SPI は MOIFV ビットに設定された固定値を MOSIn 端子に出力します。

32.2.4 SPI ステータスレジスタ (SPSR)

アドレス SPI0.SPSR 4007 2003h, SPI1.SPSR 4007 2103h

| | | | | | | | |
|---------|----|-------|------|------|------|-------|------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| SPRF | — | SPTEF | UDRF | PERF | MODF | IDLNF | OVRF |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|-------|-------------------|--|---------------------|
| b0 | OVRF | オーバーランエラーフラグ | 0: オーバーランエラーなし 1: オーバーランエラー発生 | R/(W) (注1) |
| b1 | IDLNF | SPIアイドルフラグ | 0: SPIはアイドル状態 1: SPIは転送状態 | R |
| b2 | MODF | モードフォルトエラーフラグ | 0: モードフォルトエラーおよびアンダーランエラーなし 1: モードフォルトエラーまたはアンダーランエラー発生 | R/(W) (注1) |
| b3 | PERF | パリティエラーフラグ | 0: パリティエラーなし 1: パリティエラー発生 | R/(W) (注1) |
| b4 | UDRF | アンダーランエラーフラグ | 0: モードフォルトエラー発生 (MODF = 1) 1: アンダーランエラー発生 (MODF = 1) 本ビットはMODFフラグが0の場合、無効です。 | R/W (注1) (注2) |
| b5 | SPTEF | SPI送信バッファエンプティフラグ | 0: 送信バッファにデータあり 1: 送信バッファにデータなし | R/(W) (注3) |
| b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | SPRF | SPI受信バッファフルフラグ | 0: SPDR/SPDR_HAに有効なデータなし 1: SPDR/SPDR_HAに有効なデータあり | R/(W) (注3) |

- 注1. フラグをクリアするため、1を読んだ後に0を書き込むことのみ可能です。
 注2. MODFフラグをクリアすると同時に、UDRFフラグをクリアしてください。
 注3. 書く場合、1としてください。

OVRF フラグ (オーバーランエラーフラグ)

オーバーランエラーの発生を示します。マスタモード (SPCR.MSTR = 1) かつ RSPCK クロック自動停止機能有効 (SPCR1.SCKASE = 1) の場合、オーバーランエラーは発生せず、本フラグは1になりません。詳細は、[32.3.8.1 オーバーランエラー](#)を参照してください。

[1になる条件]

- SPCR.TXMD ビットが0かつ受信バッファフルの状態、次のシリアル転送が終了したとき

[0になる条件]

- OVRF フラグが1のときに SPSR レジスタを読んだとき

IDLNF フラグ (SPI アイドルフラグ)

SPI の転送状況を示します。

[1 になる条件]

マスタモード

- [0 になる条件] に示した、マスタモード時の条件 1. と条件 2. のいずれも満たさないとき

スレーブモード

- SPCR.SPE ビットが 1 (SPI 機能が有効) のとき

[0 になる条件]

マスタモード

- SPI0 の場合、条件 1. を満たすか、または条件 2.、3.、および 4. を満たすとき
SPI1 の場合、条件 1. を満たすか、または条件 2. および 4. を満たすとき

1. SPCR.SPE ビットが 0 (SPI 初期化)
2. 送信バッファ (SPTX) が空である (次転送データがセットされていない)
3. SPSSR.SPCP[2:0] ビットが 000b (シーケンス制御の先頭) であるとき
4. SPI 内部シーケンサがアイドル状態 (次アクセス遅延までの動作が完了) のとき

スレーブモード

- SPCR.SPE ビットが 0 (SPI 初期化) のとき

MODF フラグ (モードフォルトエラーフラグ)

モードフォルトエラーまたはアンダーランエラーの発生を示します。発生したエラーの種類は UDRF フラグによって示されます。

[1 になる条件]

マスタモード

- SPCR.MSTR ビットが 1 (マスタモード)、かつ SPCR.MODFEN ビットが 1 (モードフォルトエラー検出を許可) の状態で、SSLni 端子の入力レベルがアクティブレベルになり、モードフォルトエラーが発生したとき

スレーブモード

- 下記の条件 1. または条件 2. を満たしているとき

1. SPCR.MSTR ビットが 0 (スレーブモード)、かつ SPCR.MODFEN ビットが 1 (モードフォルトエラー検出許可) の状態で、データ転送に必要な RSPCK サイクルが終了する前に SSLni 端子がネゲートされ、モードフォルトエラーが発生した場合
2. SPCR.MSTR ビットが 0 (スレーブモード)、SPCR.SPE ビットが 1、かつ送信データが準備されていない状態で、シリアル転送が開始されたため、アンダーランエラーが発生した場合

なお、SSLni 信号のアクティブレベルは、SSLP.SSLiP ビット (SSLi 信号極性設定ビット) によって決定されます。

[0 になる条件]

- 本フラグが 1 のときに SPSR レジスタを読んだとき

PERF フラグ (パリティエラーフラグ)

パリティエラーの発生を示します。

[1 になる条件]

- SPCR.TXMD ビットが 0、かつ SPCR2.SPPE ビットが 1 の状態で、シリアル転送が終了し、パリティエラーが発生したとき

[0 になる条件]

- PERF フラグが 1 のときに SPSR レジスタを読んだとき

UDRF フラグ (アンダーランエラーフラグ)

アンダーランエラーの発生を示します。

[1 になる条件]

- SPCR.MSTR ビットが 0 (スレーブモード)、SPCR.SPE ビットが 1、かつ送信データが準備されていない状態で、シリアル転送が開始されたため、アンダーランエラーが発生したとき

[0 になる条件]

- UDRF フラグが 1 のときに SPSR レジスタを読んだとき

SPTEF フラグ (SPI 送信バッファエンプティフラグ)

SPI データレジスタ (SPDR/SPDR_HA) の送信バッファの状態を示します。

[1 になる条件]

- 下記の条件 1. または条件 2. を満たしているとき

1. SPI 初期化のため、SPCR.SPE ビットが 0 であるとき
2. 送信データが送信バッファからシフトレジスタへ転送されたとき

[0 になる条件]

- SPI0 : SPDR/SPDR_HA レジスタへ書き込まれたデータが、SPI データコントロールレジスタ (SPDCR) のフレーム数設定ビット (SPFC[1:0]) で設定したフレーム数に等しいとき
- SPI1 : SPDR/SPDR_HA レジスタへデータが書き込まれたとき

SPTEF ビットが 1 の場合のみ、データを SPDR/SPDR_HA レジスタに書き込むことができます。SPTEF ビットが 0 のときに SPDR/SPDR_HA レジスタの送信バッファにデータが書き込まれた場合、送信バッファのデータは更新されません。

SPRF フラグ (SPI 受信バッファフルフラグ)

SPI データレジスタ (SPDR/SPDR_HA) の受信バッファの状態を示します。

[1 になる条件]

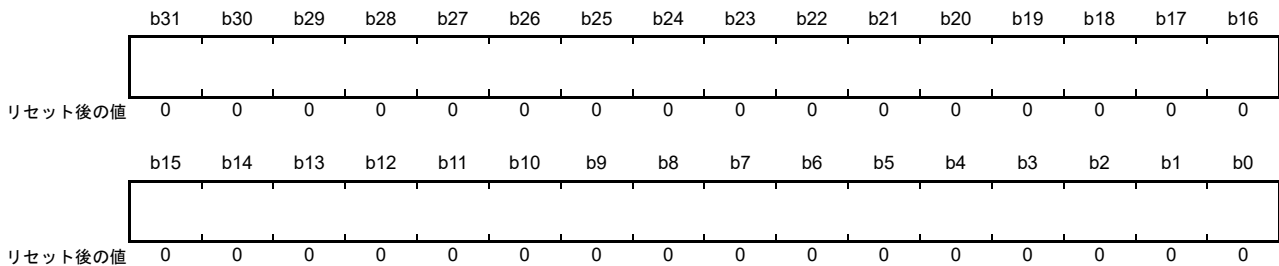
- SPI0: SPCR.TXMD ビットが 0 で SPRF フラグが 0 のときに、SPDCR.SPFC[1:0] ビットで指定されたフレーム数分の受信データがシフトレジスタから SPDR/SPDR_HA レジスタへ転送されたとき。ただし、OVRF フラグが 1 の場合、本フラグは 0 から 1 に変更されない
- SPI1 : SPCR.TXMD ビットが 0 で SPRF フラグが 0 のときに、受信データがシフトレジスタから SPDR/SPDR_HA レジスタへ転送されたとき。ただし、OVRF フラグが 1 の場合、本フラグは 0 から 1 に変更されない

[0 になる条件]

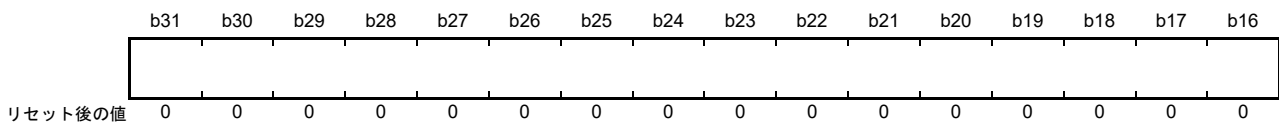
- 受信データが SPDR/SPDR_HA レジスタから読み出されたとき

32.2.5 SPI データレジスタ (SPDR/SPDR_HA)

アドレス SPI0.SPDR 4007 2004h, SPI1.SPDR 4007 2104h



アドレス SPI0.SPDR_HA 4007 2004h, SPI1.SPDR_HA 4007 2104h



SPDR/SPDR_HA レジスタは、SPI 送受信のデータを格納するバッファとのインタフェースです。

ワードアクセス (SPLW ビット=1) のときは、SPDR レジスタにアクセスしてください。ハーフワードアクセス (SPLW ビット=0) のときは、SPDR_HA レジスタにアクセスしてください。

送信バッファ (SPTX) と受信バッファ (SPRX) は独立したバッファですが、SPDR/SPDR_HA レジスタにマッピングされています。図 32.2 と図 32.3 に、SPI0 チャンネルと SPI1 チャンネルの場合の SPDR/SPDR_HA レジスタ構成をそれぞれ示します。

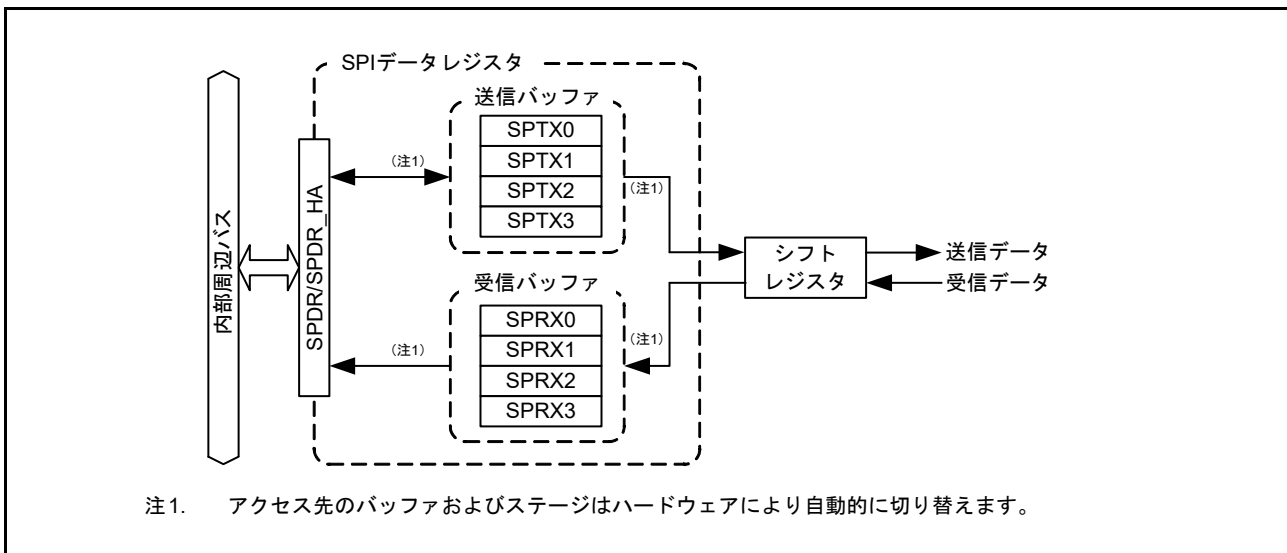


図 32.2 SPDR/SPDR_HA レジスタの構成図 (SPI0 の場合)

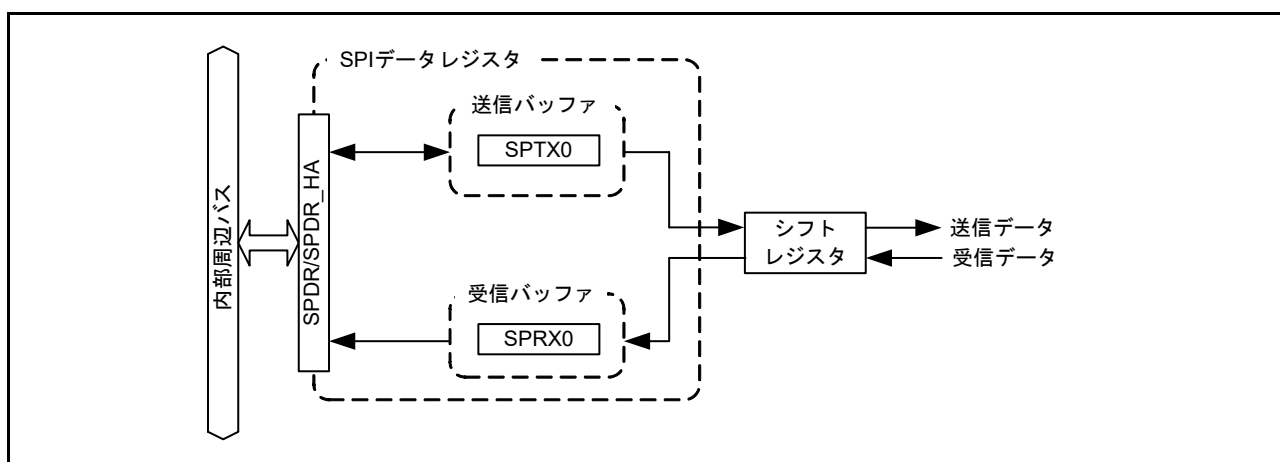


図 32.3 SPDR/SPDR_HA レジスタの構成図 (SPI1 の場合)

送信および受信バッファには、それぞれ SPI0 では 4 ステージ、SPI1 では 1 ステージあります。SPI0 で使用するステージ数は、SPDCR レジスタのフレーム数設定ビット (SPDCR) で設定できます。SPDR/SPDR_HA レジスタの 1 アドレスに、これらのバッファステージすべてマッピングされます。

SPDR/SPDR_HA レジスタへ書き込まれたデータは、送信バッファステージ (SPTX_n) (SPI0 では $n=0 \sim 3$ 、SPI1 では $n=0$) へ書き込まれた後、バッファから送信されます。受信バッファは、受信完了時に受信データを格納します。オーバーランが発生すると、受信バッファは更新されません。

データ長が 32 ビット以外の場合、SPRX_n (SPI0 では $n=0 \sim 3$ 、SPI1 では $n=0$) の関連するビットには、SPTX_n (SPI0 では $n=0 \sim 3$ 、SPI1 では $n=0$) の非参照ビットが格納されます。たとえば、データ長が 9 ビットのデータを受信した場合、SPRX_n[8:0] ビットには受信データが格納され、SPRX_n[31:9] ビットには SPTX_n[31:9] ビットが格納されます。

(1) バスインタフェース

SPDR/SPDR_HA レジスタは、32 ビットの送信および受信バッファとのインタフェースであり、それぞれのバッファには SPI0 では 4 ステージ、SPI1 では 1 ステージあり、合計 32 バイトになります。これらの 32 バイトを SPDR/SPDR_HA レジスタの 4 バイトのアドレス空間にマッピングしています。SPDR/SPDR_HA レジスタへのアクセスは、SPDCR レジスタの SPI ワードアクセス/ハーフワードアクセス設定ビット (SPLW) で設定したアクセスサイズで行ってください。

送信データは、LSB 詰めで書いてください。受信データは LSB 詰めで格納してください。

以下では、SPDR/SPDR_HA レジスタに対する書き込みおよび読み出しに関連する動作について説明します。

(a) 書き込み

SPDR/SPDR_HA レジスタへ書き込まれたデータは、送信バッファ SPTX_n (SPI0 では $n=0 \sim 3$ 、SPI1 では $n=0$) へ書き込まれます。SPDR/SPDR_HA レジスタの読み出し時と異なり、書き込みは SPDCR.SPRDTD ビットの値に影響されません。

送信バッファにはライトポインタがあり、SPDR/SPDR_HA レジスタへデータを書き込むたびにポインタが自動更新され、次のステージを参照するようになります。

図 32.4 と図 32.5 に、SPDR/SPDR_HA レジスタへの書き込み時の送信バッファのバスインタフェースの構成図を、SPI0 および SPI1 それぞれの場合について示します。

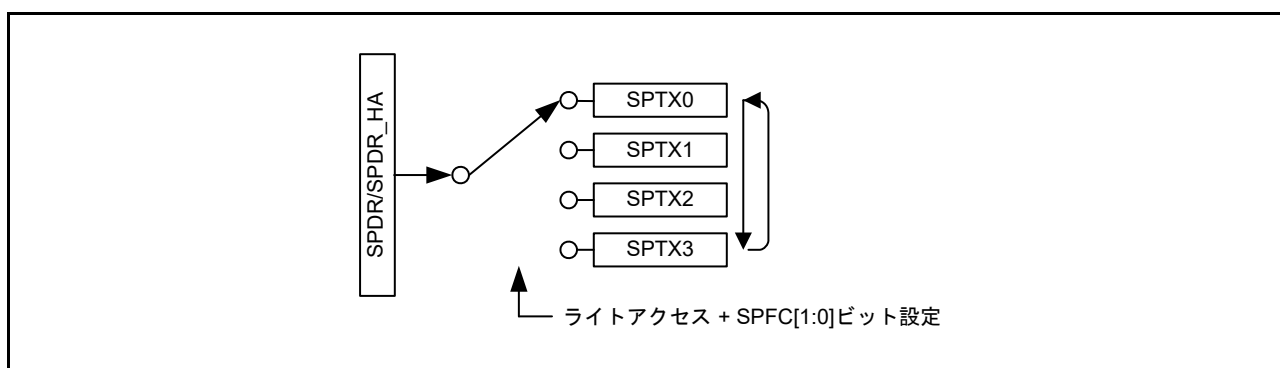


図 32.4 書き込み時の SPDR/SPDR_HA レジスタの構成図 (SPI0 の場合)

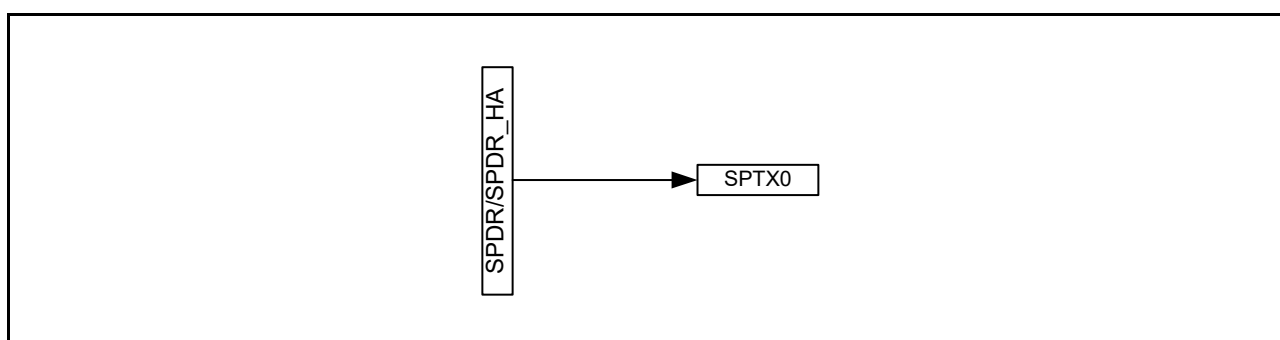


図 32.5 書き込み時の SPDR/SPDR_HA レジスタの構成図 (SPI1 の場合)

SPI0 の場合、送信バッファライトポインタの切り替え順序は、SPDCR レジスタのフレーム数設定ビット (SPFC[1:0]) の設定によって変わります。

- SPFC[1:0] ビットの設定と SPTX0 から SPTX3 へのポインタ切り替え順序：
 - SPFC[1:0] ビットが 00b のとき：SPTX0 → SPTX0 → SPTX0 → . . .
 - SPFC[1:0] ビットが 01b のとき：SPTX0 → SPTX1 → SPTX0 → SPTX1 → . . .
 - SPFC[1:0] ビットが 10b のとき：SPTX0 → SPTX1 → SPTX2 → SPTX0 → SPTX1 → . . .
 - SPFC[1:0] ビットが 11b のとき：SPTX0 → SPTX1 → SPTX2 → SPTX3 → SPTX0 → SPTX1 → . . .

本ビットが 0 のとき SPI コントロールレジスタ (SPCR) の SPI 機能有効ビット (SPE) に 1 を書くと、次の書き込み先は SPTX0 になります。

送信バッファ SPTXn (SPI0 では n=0 ~ 3、SPI1 では n=0) への書き込みは、送信バッファエンプティ割り込み発生後 (SPSR.SPTEF = 1)、SPDCR レジスタのフレーム数設定ビット (SPFC[1:0]) で設定したフレーム数分の送信データを書き込んでください。書き込み完了から次の送信バッファエンプティ割り込み発生 (SPSR.SPTEF = 0) までの期間は、送信バッファ (SPTXn) にフレーム数分の書き込みを行っても同バッファの値は更新されません。

(b) 読み出し

SPDR/SPDR_HA レジスタにアクセスすることによって、受信バッファ (SPRXn) または送信バッファ (SPTXn) の値を読むことができます (SPI0 では n=0 ~ 3、SPI1 では n=0)。SPDCR レジスタの SPI 送受信データ選択ビット (SPRDTD) の設定によって、受信バッファを読み出すか、送信バッファを読み出すかを選択できます。

SPDR/SPDR_HA レジスタの読み出し順は、独立したポインタである受信バッファリードポインタと送信バッファリードポインタによって制御されます。

図 32.6 と図 32.7 に、SPDR/SPDR_HA レジスタからの読み出し時の受信および送信バッファのバスインタフェースの構成図を、SPI0 および SPI1 それぞれの場合について示します。

- SPI0

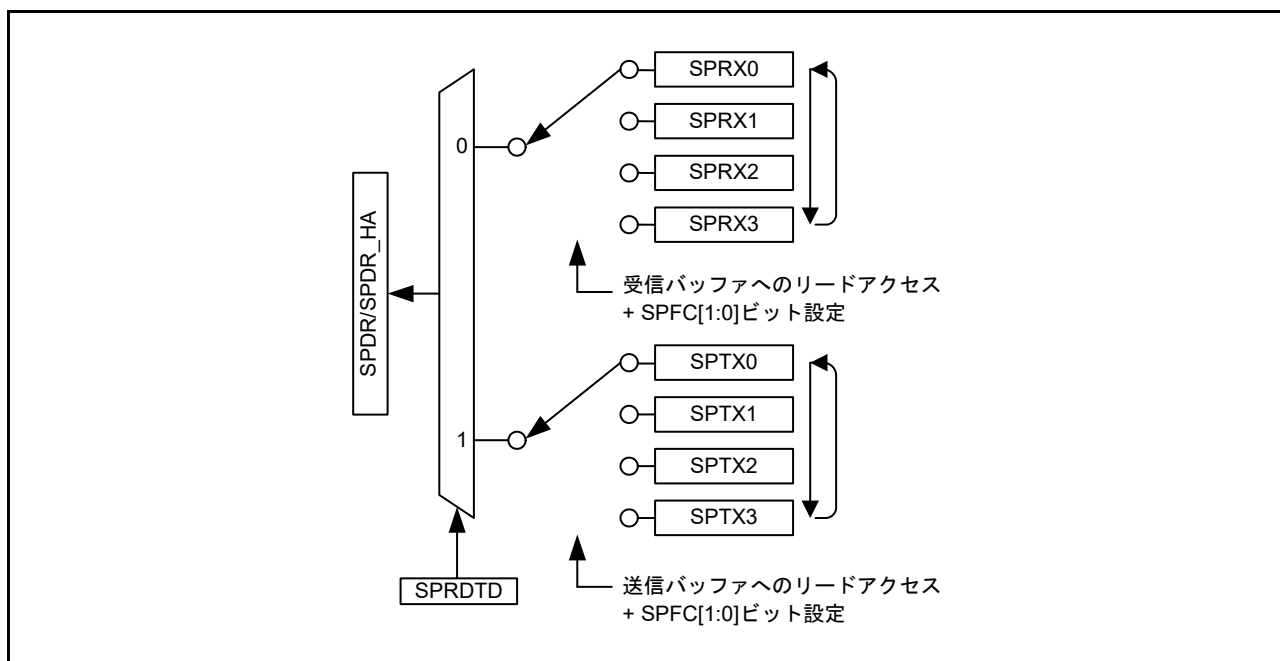


図 32.6 読み出し時の SPDR/SPDR_HA レジスタの構成図 (SPI0 の場合)

受信バッファを読み出すと、受信バッファリードポインタが次のバッファに自動的に切り替わります。受信バッファリードポインタの切り替え順序は、送信バッファライトポインタと同様の順序で切り替わります。

ただし、本ビットが1のとき SPI コントロールレジスタ (SPCR) の SPI 機能有効ビット (SPE) に1を書くと、次の読み出し時はバッファリードポインタによって SPRX0 が参照されます。

送信バッファリードポインタは、SPDR/SPDR_HA レジスタへの書き込み時に更新され、送信バッファからの読み出し時には更新されません。送信バッファを読み出すと、SPDR/SPDR_HA レジスタに最後に書き込まれた値が読み出せます。ただし、送信バッファエンpty割り込み発生後に送信バッファが再びいっぱいになる (フレーム数設定ビット (SPDCR.SPFC[1:0]) で指定されているデータフレーム数が送信バッファに書き込まれる) と、次の送信バッファエンpty割り込みが発生するまで、送信バッファからの読み出し値はすべて0になります。

- SPI1

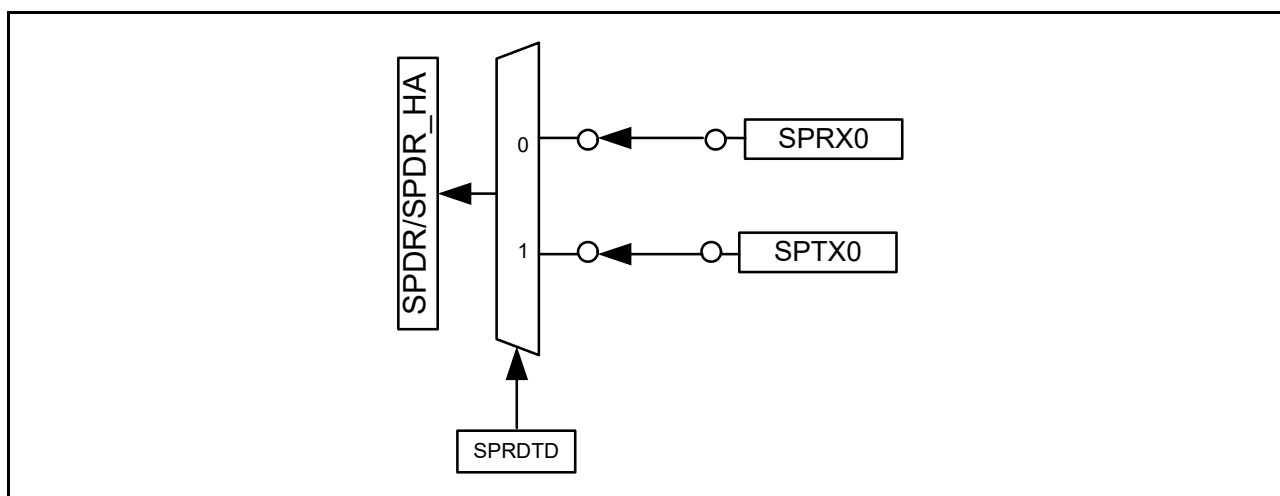
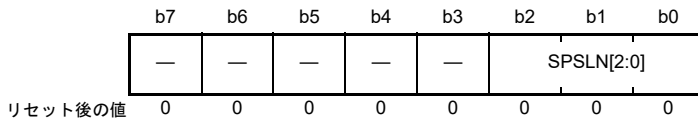


図 32.7 読み出し時の SPDR/SPDR_HA レジスタの構成図 (SPI1 の場合)

送信バッファリードポインタは、SPDR/SPDR_HA レジスタへの書き込み時に更新され、送信バッファからの読み出し時には更新されません。送信バッファを読み出すと、SPDR/SPDR_HA レジスタに最後に書き込まれた値が読み出せます。ただし、送信バッファエンプティ割り込み発生後に送信バッファが再びフルになると、次の送信バッファエンプティ割り込みが発生する (SPTEF=0) まで、送信バッファからの読み出し値は、すべて 0 になります。

32.2.6 SPI シーケンスコントロールレジスタ (SPSCR)

アドレス SPI0.SPSCR 4007 2008h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|-------------|---|-----|
| b2-b0 | SPSLN[2:0] | SPIシーケンス長設定 | b2 b0 シーケンス長 参照するSPCMD0~7レジスタ (番号) 0 0 0 : 1 0→0→... 0 0 1 : 2 0→1→0→... 0 1 0 : 3 0→1→2→0→... 0 1 1 : 4 0→1→2→3→0→... 1 0 0 : 5 0→1→2→3→4→0→... 1 0 1 : 6 0→1→2→3→4→5→0→... 1 1 0 : 7 0→1→2→3→4→5→6→0→... 1 1 1 : 8 0→1→2→3→4→5→6→7→0→... 設定されたシーケンス長に基づいて、参照するSPCMD0~SPCMD7レジスタの参照順を変更します。SPSLN[2:0]ビットの設定値とシーケンス長、SPIが参照するSPCMD0~SPCMD7レジスタの関係は上記のとおりです。なお、スレーブモードのSPIでは、SPCMD0レジスタが参照されます。 | R/W |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

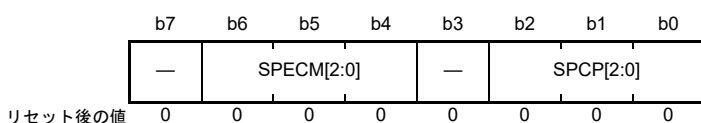
SPSCR レジスタは、SPI がマスタモードで動作する場合のシーケンス長を設定するためのレジスタです。SPCR.MSTR ビットおよび SPCR.SPE ビットがともに 1 の状態において、SPSCR.SPSSLN[2:0] ビットを書き換える場合、必ず SPCR.IDLNF フラグが 0 であることを確認してください。

SPSLN[2:0] ビット (SPI シーケンス長設定)

マスタモードの SPI がシーケンス動作する場合のシーケンス長を設定します。マスタモードの SPI は SPSLN[2:0] ビットで設定されたシーケンス長に基づいて、参照する SPCMD0 ~ SPCMD7 レジスタと参照順を変更します。スレーブモードでは、SPCMD0 レジスタが参照されます。

32.2.7 SPI シーケンスステータスレジスタ (SPSSR)

アドレス SPI0.SPSSR 4007 2009h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|-------------|---|-----|
| b2-b0 | SPCP[2:0] | SPIコマンドポインタ | b2 b0 0 0 0: SPCMD0 0 0 1: SPCMD1 0 1 0: SPCMD2 0 1 1: SPCMD3 1 0 0: SPCMD4 1 0 1: SPCMD5 1 1 0: SPCMD6 1 1 1: SPCMD7 | R |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b6-b4 | SPECM[2:0] | SPIエラーコマンド | b6 b4 0 0 0: SPCMD0 0 0 1: SPCMD1 0 1 0: SPCMD2 0 1 1: SPCMD3 1 0 0: SPCMD4 1 0 1: SPCMD5 1 1 0: SPCMD6 1 1 1: SPCMD7 | R |
| b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |

SPSSR レジスタは、SPI がマスタモードで動作する場合のシーケンス制御の状態を示します。SPSSR レジスタへの書き込みは無効です。

SPCP[2:0] ビット (SPI コマンドポインタ)

SPI によるシーケンス制御中に、ポインタで参照されている SPCMD_m レジスタを示します。SPI のシーケンス制御については、[32.3.10.1 マスタモード動作](#)を参照してください。

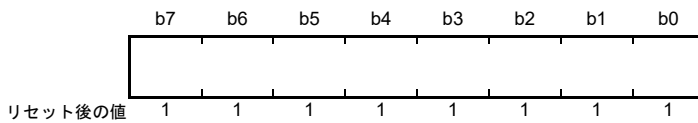
SPECM[2:0] ビット (SPI エラーコマンド)

SPI のシーケンス制御中のエラー検出時に SPCP[2:0] ビットで指定されていた SPCMD_m レジスタを示します。SPI は、エラー検出時にのみ SPECM[2:0] ビットを更新します。SPSR.OVRF フラグと SPSR.MODF フラグとともに 0 で、エラーが発生していない場合、SPECM[2:0] ビット値には意味がありません。

SPI のエラー検出機能については、[32.3.8 エラー検出](#)を参照してください。SPI のシーケンス制御については、[32.3.10.1 マスタモード動作](#)を参照してください。

32.2.8 SPI ビットレートレジスタ (SPBR)

アドレス SPI0.SPBR 4007 200Ah, SPI1.SPBR 4007 210Ah



SPBR レジスタは、マスタモード時のビットレートを設定するレジスタです。SPCR.MSTR ビットと SPCR.SPE ビットがともに 1 の状態で、SPBR レジスタの内容を変更した場合、以降の動作は行わないでください。

SPI がスレーブモードのときは、SPBR レジスタ、SPCMDm.BRDV[1:0] ビット（ビットレート分周設定ビット）の設定に関係なく、ビットレートは、入力クロックのビットレートに依存します。デバイスの電気的特性を満たすビットレートを使用してください。

ビットレートは本レジスタの設定値と SPI コマンドレジスタ SPCMDm（SPI0 の場合は SPCMD0 ~ SPCMD7、SPI1 の場合は SPCMD0）の BRDV[1:0] ビットの設定値の組み合わせで決定されます。ビットレートの計算式は下記のとおりです。

$$\text{Bit rate} = \frac{f(\text{PCLK})}{2 \times (n + 1) \times 2^N}$$

計算式中で n は SPBR レジスタの設定値 (0, 1, 2, …, 255)、N は BRDV[1:0] ビットの設定値 (0, 1, 2, 3) です。

SPBR レジスタの設定値、BRDV[1:0] ビットの設定値、およびビットレートの関係の例を表 32.3 に示します。

表 32.3 SPBR レジスタ設定値、BRDV[1:0] ビット設定値、およびビットレートの関係

| SPBR (n) | BRDV[1:0] (N) | 分周比 | ビットレート | |
|----------|---------------|------|--------------|--------------|
| | | | PCLK = 32MHz | PCLK = 48MHz |
| 0 | 0 | 2 | 16.0Mbps | — |
| 1 | 0 | 4 | 8.00Mbps | 12.0Mbps |
| 2 | 0 | 6 | 5.33Mbps | 8.00Mbps |
| 3 | 0 | 8 | 4.00Mbps | 6.00Mbps |
| 4 | 0 | 10 | 3.20Mbps | 4.80Mbps |
| 5 | 0 | 12 | 2.67Mbps | 4.00Mbps |
| 5 | 1 | 24 | 1.33Mbps | 2.00Mbps |
| 5 | 2 | 48 | 667kbps | 1.00Mbps |
| 5 | 3 | 96 | 333kbps | 500kbps |
| 255 | 3 | 4096 | 7.81kbps | 11.7kbps |

32.2.9 SPI データコントロールレジスタ (SPDCR)

アドレス SPI0.SPDCR 4007 200Bh

| | | | | | | | | |
|---------|----|----|------|------------|----|----|-----------|----|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| (SPI0) | — | — | SPLW | SPRDT D | — | — | SPFC[1:0] | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

アドレス SPI1.SPDCR 4007 210Bh

| | | | | | | | | |
|---------|----|----|------|------------|----|----|----|----|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| (SPI1) | — | — | SPLW | SPRDT D | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------|-------------------------|--|-----|
| b1-b0 | SPFC[1:0] | フレーム数設定 | <ul style="list-style-type: none"> SPI0 : b1 b0 0 0 : 1フレーム 0 1 : 2フレーム 1 0 : 3フレーム 1 1 : 4フレーム | R/W |
| | — | 予約ビット | <ul style="list-style-type: none"> SPI1 : 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b3-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | SPRDTD | SPI受信/送信データ選択 | <ul style="list-style-type: none"> 0 : SPDR/SPDR_HAは受信バッファを読み出す 1 : SPDR/SPDR_HAは送信バッファを読み出す (送信バッファが空の場合のみ) | R/W |
| b5 | SPLW | SPIワードアクセス/ハーフワードアクセス設定 | <ul style="list-style-type: none"> 0 : SPDR_HAが有効 (ハーフワードアクセス) 1 : SPDRが有効 (ワードアクセス) | R/W |
| b7-b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

1回の送受信でSPI0の場合は最大4フレーム、SPI1の場合は1フレームを送受信できます。SPI0の場合、各転送におけるデータ量は、SPCMDm.SPB[3:0]ビット、SPSCR.SPSTLN[2:0]ビット、およびSPDCR.SPFC[1:0]ビットの組み合わせで制御されます。SPI1の場合、各転送におけるデータ量は、SPCMD0.SPB[3:0]ビットで制御されます。

SPCR.SPEビットが1の状態、SPDCR.SPFC[1:0]ビットを変更する場合、必ずSPSR.IDLNFフラグが0であることを確認してください。

SPFC[1:0]ビット (フレーム数設定)

(1回の転送起動で) SPDR/SPDR_HAレジスタに格納できるフレーム数を設定します。1回の送受信で最大4フレームを送受信できます。

SPFC[1:0]ビットで指定されたフレーム数分の送信データがSPDR/SPDR_HAレジスタに書き込まれると、SPIはSPSR.SPTEFフラグを0にし、送信を開始します。その後、SPFC[1:0]ビットで指定されたフレーム数分の送信データがシフトレジスタに送信されると、SPIは送信バッファエンpty割り込みを発生させます (SPSR.SPTEF = 1)。

SPFC[1:0]ビットで指定されたフレーム数分のデータが受信されると、SPIは受信バッファフル割り込みを発生させます (SPSR.SPRFが1になります)。

SPI1ではSPFC[1:0]ビットは予約ビットです。

表 32.4 SPSLN[2:0]ビットとSPFC[1:0]ビットの設定可能な組み合わせ

| 設定 | SPSLN[2:0] | SPFC[1:0] | 1シーケンスで 転送するフレーム数 | 送信バッファ/受信バッファがフルになるフレーム数 |
|-----|------------|-----------|----------------------|--------------------------|
| 1-1 | 000b | 00b | 1 | 1 |
| 1-2 | 000b | 01b | 2 | 2 |
| 1-3 | 000b | 10b | 3 | 3 |
| 1-4 | 000b | 11b | 4 | 4 |
| 2-1 | 001b | 01b | 2 | 2 |
| 2-2 | 001b | 11b | 4 | 4 |
| 3 | 010b | 10b | 3 | 3 |
| 4 | 011b | 11b | 4 | 4 |
| 5 | 100b | 00b | 5 | 1 |
| 6 | 101b | 00b | 6 | 1 |
| 7 | 110b | 00b | 7 | 1 |
| 8 | 111b | 00b | 8 | 1 |

SPRDTD ビット (SPI 受信/送信データ選択)

SPDR/SPDR_HA レジスタが、値を受信バッファと送信バッファのどちらから読み出すかを選択します。

送信バッファから読み出す場合、SPDR/SPDR_HA レジスタへ直前に書き込まれた値が読み出されます。SPI0 の送信バッファの読み出しは、SPFC[1:0] ビットで設定したフレーム数の書き込み終了前、かつ送信バッファエンプティ割り込みの発生後 (SPSR.SPTEF = 1) に行ってください。SPI1 の送信バッファの読み出しは、送信バッファエンプティ割り込みの発生後 (SPSR.SPTEF = 1) に行ってください。

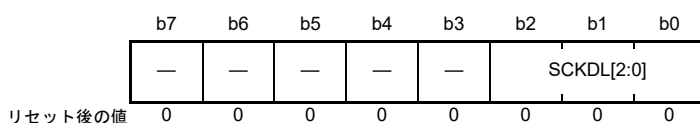
詳細は、32.2.5 SPI データレジスタ (SPDR/SPDR_HA) を参照してください。

SPLW ビット (SPI ワードアクセス/ハーフワードアクセス設定)

SPDR レジスタへのアクセス幅を設定します。SPLW ビットが 0 の場合、SPDR_HA レジスタへのハーフワードアクセスが有効となり、SPLW ビットが 1 の場合、SPDR レジスタへのワードアクセスが有効となります。また、SPLW ビットが 0 のとき、SPI データ長設定ビット (SPCMDm.SPB[3:0]) の設定は、8 ~ 16 ビットにしてください。20、24、32 ビットに設定した場合は、動作はしないでください。

32.2.10 SPI クロック遅延レジスタ (SPCKD)

アドレス SPI0.SPCKD 4007 200Ch, SPI1.SPCKD 4007 210Ch



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|------------|--|-----|
| b2-b0 | SCKDL[2:0] | RSPCK 遅延設定 | b2 b0 0 0 0 : 1RSPCK 0 0 1 : 2RSPCK 0 1 0 : 3RSPCK 0 1 1 : 4RSPCK 1 0 0 : 5RSPCK 1 0 1 : 6RSPCK 1 1 0 : 7RSPCK 1 1 1 : 8RSPCK | R/W |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

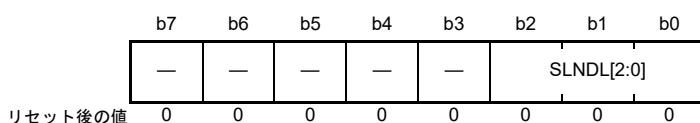
SPCKD レジスタは、SPCMDm.SCKDEN ビットが1の状態における、SSLni 信号アサート開始から RSPCK 発振までの期間 (RSPCK 遅延) を設定するためのレジスタです。SPCR.MSTR ビットと SPCR.SPE ビットがともに1の状態、SPCKD レジスタの内容を変更した場合、以降の動作は行わないでください。

SCKDL[2:0] ビット (RSPCK 遅延設定)

SPCMDm.SCKDEN ビットが1の場合の RSPCK 遅延値を設定します。SPI をスレーブモードで使用する場合は、SCKDL[2:0] ビットを 000b にしてください。

32.2.11 SPI スレーブ選択ネゲート遅延レジスタ (SSLND)

アドレス SPI0.SSLND 4007 200Dh, SPI1.SSLND 4007 210Dh



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|-------------|---|-----|
| b2-b0 | SLNDL[2:0] | SSLネゲート遅延設定 | b2 b0 0 0 0 : 1RSPCK 0 0 1 : 2RSPCK 0 1 0 : 3RSPCK 0 1 1 : 4RSPCK 1 0 0 : 5RSPCK 1 0 1 : 6RSPCK 1 1 0 : 7RSPCK 1 1 1 : 8RSPCK | R/W |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

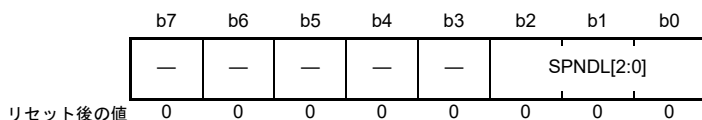
SSLNDレジスタは、マスタモードのSPIがシリアル転送の最終RSPCKエッジを送信してからSSLni信号をネゲートするまでの期間（SSLネゲート遅延）を設定するためのレジスタです。SPCR.MSTRビットとSPCR.SPEビットがともに1の状態、SSLNDレジスタの内容を変更した場合、以降の動作は行わないでください。

SLNDL[2:0] ビット (SSLネゲート遅延設定)

SPIがマスタモードのとき、SSLネゲート遅延値を設定します。SPIをスレーブモードで使用する場合は、SLNDL[2:0]ビットを000bにしてください。

32.2.12 SPI 次アクセス遅延レジスタ (SPND)

アドレス SPI0.SPND 4007 200Eh, SPI1.SPND 4007 210Eh



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|------------|-------------------|--|-----|----|--|---|---|-------------------|---|---|-------------------|---|---|-------------------|---|---|-------------------|---|---|-------------------|---|---|-------------------|---|---|-------------------|---|---|-------------------|-----|
| b2-b0 | SPNDL[2:0] | SPI次アクセス遅延設定 | <table border="0"> <tr> <td>b2</td> <td>b0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0: 1RSPCK + 2PCLK</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1: 2RSPCK + 2PCLK</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0: 3RSPCK + 2PCLK</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1: 4RSPCK + 2PCLK</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0: 5RSPCK + 2PCLK</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1: 6RSPCK + 2PCLK</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0: 7RSPCK + 2PCLK</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1: 8RSPCK + 2PCLK</td> </tr> </table> | b2 | b0 | | 0 | 0 | 0: 1RSPCK + 2PCLK | 0 | 0 | 1: 2RSPCK + 2PCLK | 0 | 1 | 0: 3RSPCK + 2PCLK | 0 | 1 | 1: 4RSPCK + 2PCLK | 1 | 0 | 0: 5RSPCK + 2PCLK | 1 | 0 | 1: 6RSPCK + 2PCLK | 1 | 1 | 0: 7RSPCK + 2PCLK | 1 | 1 | 1: 8RSPCK + 2PCLK | R/W |
| b2 | b0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0: 1RSPCK + 2PCLK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1: 2RSPCK + 2PCLK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0: 3RSPCK + 2PCLK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1: 4RSPCK + 2PCLK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0: 5RSPCK + 2PCLK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1: 6RSPCK + 2PCLK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0: 7RSPCK + 2PCLK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1: 8RSPCK + 2PCLK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SPND レジスタは、SPCMDm.SPNDEN ビットが1の状態、シリアル転送終了後の SSLni 信号の非アクティブ期間（次アクセス遅延）を設定するためのレジスタです。SPCR.MSTR ビットと SPCR.SPE ビットがともに1の状態、SPND レジスタの内容を変更した場合、以降の動作は行わないでください。

SPNDL[2:0] ビット (SPI 次アクセス遅延設定)

SPCMDm.SPNDEN ビットが1の場合の次アクセス遅延を設定します。SPI をスレーブモードで使用する場合は、SPNDL[2:0] ビットを 000b にしてください。

32.2.13 SPI コントロールレジスタ 2 (SPCR2)

アドレス SPI0.SPCR2 4007 200Fh, SPI1.SPCR2 4007 210Fh

| | | | | | | | |
|---------|----|----|--------|-----|-------|------|------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | SCKASE | PTE | SPIIE | SPOE | SPPE |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|---------------|--|-----|
| b0 | SPPE | パリティ有効 | 0: 送信データにパリティビットを付加せず、受信データのパリティビットをチェックしない 1: (SPCR.TXMD = 0の場合) 送信データにパリティビットを付加し、受信データのパリティビットをチェックする (SPCR.TXMD = 1の場合) 送信データにパリティビットを付加するが、受信データのパリティビットをチェックしない | R/W |
| b1 | SPOE | パリティモード | 0: 送受信に偶数パリティを選択 1: 送受信に奇数パリティを選択 | R/W |
| b2 | SPIIE | SPIアイドル割り込み許可 | 0: アイドル割り込み要求を禁止 1: アイドル割り込み要求を許可 | R/W |
| b3 | PTE | パリティ自己診断 | 0: パリティ回路自己診断機能は無効 1: パリティ回路自己診断機能は有効 | R/W |
| b4 | SCKASE | RSPCK自動停止機能有効 | 0: RSPCK自動停止機能は無効 1: RSPCK自動停止機能は有効 | R/W |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

SPCR.SPE ビットが 1 の状態で、SPCR2 レジスタの SPPE、SPOE、または SCKASE ビットを変更した場合、以降の動作は行わないでください。

SPPE ビット (パリティ有効)

パリティ機能を有効または無効にします。

SPCR.TXMD ビットが 0 で、SPCR2.SPPE ビットが 1 のとき、送信データにパリティビットを付加し、受信データのパリティチェックを行います。SPCR.TXMD ビットが 1 で、SPCR2.SPPE ビットが 1 のとき、送信データにパリティビットを付加しますが、受信データのパリティチェックは行いません。

SPOE ビット (パリティモード)

偶数パリティまたは奇数パリティを指定します。

偶数パリティを設定すると、パリティビットと送受信キャラクタを合わせて、値が 1 のビットの総数が偶数になるようにパリティビットが付加されます。同様に、奇数パリティを設定すると、パリティビットと送受信キャラクタを合わせて、値が 1 のビットの総数が奇数になるようにパリティビットが付加されます。

SPOE ビットは、SPPE ビットが 1 の場合にのみ有効です。

SPIIE ビット (SPI アイドル割り込み許可)

SPI がアイドル状態を検出し、SPSR.IDLNF フラグが 0 になった場合に、SPI アイドル割り込み要求の発生を許可または禁止します。

PTE ビット (パリティ自己診断)

パリティ機能が正常であることを確認するために、パリティ回路の自己診断を有効にするビットです。

SCKASE ビット (RSPCK 自動停止機能有効)

RSPCK 自動停止機能を有効または無効にします。この機能を有効にすると、マスタモードでのデータ受信時に、オーバーランエラーが発生する前に RSPCK クロックが停止します。詳細は、[32.3.8.1 オーバーランエラー](#)を参照してください。

32.2.14 SPI コマンドレジスタ (SPCMDm) (SPI0 の場合 m = 0 ~ 7、SPI1 の場合 m = 0)

アドレス [SPI0.SPCMD0 4007 2010h](#), [SPI0.SPCMD1 4007 2012h](#), [SPI0.SPCMD2 4007 2014h](#), [SPI0.SPCMD3 4007 2016h](#),
[SPI0.SPCMD4 4007 2018h](#), [SPI0.SPCMD5 4007 201Ah](#), [SPI0.SPCMD6 4007 201Ch](#), [SPI0.SPCMD7 4007 201Eh](#)

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------------|------------|------------|------|----------|-----|----|-------|-----------|----|-----------|----|------|------|----|----|
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| (SPI0) | SCKDE N | SLNDE N | SPNDE N | LSBF | SPB[3:0] | | | SSLKP | SSLA[2:0] | | BRDV[1:0] | | CPOL | CPHA | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |

アドレス [SPI1.SPCMD0 4007 2110h](#)

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------------|------------|------------|------|----------|-----|----|----|-----------|----|-----------|----|------|------|----|----|
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| (SPI1) | SCKDE N | SLNDE N | SPNDE N | LSBF | SPB[3:0] | | | — | SSLA[2:0] | | BRDV[1:0] | | CPOL | CPHA | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|-----------------------------------|--------------|--|-----|
| b0 | CPHA | RSPCK位相設定 | 0: 立ち上がりエッジでデータサンプリング、立ち下がりエッジでデータ変化を選択 1: 立ち上がりエッジでデータ変化、立ち下がりエッジでデータサンプリングを選択 | R/W |
| b1 | CPOL | RSPCK極性設定 | 0: アイドル時のRSPCKがLow 1: アイドル時のRSPCKがHigh | R/W |
| b3-b2 | BRDV[1:0] | ビットレート分周設定 | b3 b2 0 0: ベースのビットレートを選択 0 1: ベースのビットレートの2分周を選択 1 0: ベースのビットレートの4分周を選択 1 1: ベースのビットレートの8分周を選択 | R/W |
| b6-b4 | SSLA[2:0] (注1) | SSL信号アサート設定 | b6 b4 0 0 0: SSL0 0 0 1: SSL1 0 1 0: SSL2 0 1 1: SSL3 1 x x: 設定禁止 x: Don't care | R/W |
| b7 | SSLKP | SSL信号レベル保持 | • SPI0 0: 転送終了時に全SSL信号をネゲート 1: 転送終了後から次アクセス開始までSSL信号レベルを保持 | R/W |
| | — | 予約ビット | • SPI1 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b11-b8 | SPB[3:0] | SPIデータ長設定 | b11 b8 0100~0111: 8ビット 1 0 0 0: 9ビット 1 0 0 1: 10ビット 1 0 1 0: 11ビット 1 0 1 1: 12ビット 1 1 0 0: 13ビット 1 1 0 1: 14ビット 1 1 1 0: 15ビット 1 1 1 1: 16ビット 0 0 0 0: 20ビット 0 0 0 1: 24ビット 0010、0011: 32ビット | R/W |
| b12 | LSBF | SPI LSBファースト | 0: MSBファースト 1: LSBファースト | R/W |
| b13 | SPNDEN | SPI次アクセス遅延許可 | 0: 次アクセス遅延は1RSPCK + 2PCLK 1: 次アクセス遅延はSPI次アクセス遅延レジスタ (SPND) の設定値 | R/W |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|--------|---------------|--|-----|
| b14 | SLNDEN | SSLネゲート遅延設定許可 | 0: SSLネゲート遅延は1RSPCK 1: SSLネゲート遅延はSPIスレーブセレクトネゲート遅延レジスタ (SSLND) の設定値 | R/W |
| b15 | SCKDEN | RSPCK遅延設定許可 | 0: RSPCK遅延は1RSPCK 1: RSPCK遅延はSPIクロック遅延レジスタ (SPCKD) の設定値 | R/W |

注 1. SPI1 では使用できません。

- SPI0

SPCMDm レジスタは、マスタモードの SPI に対して転送フォーマットを設定するレジスタです。SPI0 には、8 個の SPI コマンドレジスタ (SPCMD0 ~ SPCMD7) があります。また、SPCMD0 レジスタの一部のビットは、スレーブモードの SPI の転送モードを設定するために使用されます。マスタモードの SPI は、SPSCR.SPSSLN[2:0] ビットの設定に従ってシーケンシャルに SPCMDm レジスタを参照し、参照した SPCMDm レジスタに設定されたシリアル転送を実行します。

SPCMDm レジスタの設定は、送信バッファが空の (SPSR.SPTEF = 1 で、次転送のデータがセットされていない) 状態で、その SPCMDm レジスタが参照されたときに送信されるデータの設定前に行ってください。マスタモードの SPI が参照している SPCMDm レジスタは、SPSSR.SPCP[2:0] ビットで確認できます。

SPCR.MSTR ビットが 0、かつ SPCR.SPE ビットが 1 の状態で、SPCMDm レジスタの内容を変更した場合、以降の動作は行わないでください。

- SPI1

SPI1 には、1 個の SPI コマンドレジスタ (SPCMD) があります。SPI コマンドレジスタ (SPCMD) は、マスタモードの転送フォーマットを設定します。SPCMD0 レジスタの一部のビットは、スレーブモードの SPI に対して転送モードを設定するために使用されます。SPCR.SPE が 1 の状態で SPCMD レジスタを書き換えた場合、その後の動作を行わないでください。

CPHA ビット (RSPCK 位相設定)

マスタモード/スレーブモードの SPI の RSPCK 位相を設定します。SPI モジュール間でデータ通信を行う場合、モジュール間では同一の RSPCK 位相を設定する必要があります。

CPOL ビット (RSPCK 極性設定)

マスタモード/スレーブモードの SPI の RSPCK 極性を設定します。SPI モジュール間でデータ通信を行う場合、モジュール間では同一の RSPCK 極性を設定する必要があります。

BRDV[1:0] ビット (ビットレート分周設定)

ビットレートを決定します。BRDV[1:0] ビットと SPBR レジスタの設定値との組み合わせでビットレートを決定します。32.2.8 SPI ビットレートレジスタ (SPBR) を参照してください。SPBR レジスタの設定値は、ベースとなるビットレートを決定します。BRDV[1:0] ビットの設定値は、ベースのビットレートに対して分周なし/2分周/4分周/8分周したビットレートを選択します。SPI0 では SPCMDm の BRDV[1:0] ビットに異なる値を設定することで、コマンドごとに異なるビットレートでシリアル転送を実行できます。

SSLA[2:0] ビット (SSL 信号アサート設定)

マスタモードの SPI がシリアル転送を行う際の、SSLni 信号のアサートを制御します。

SSLni 信号アサート時の信号極性は、関連する SSLP レジスタの設定値で決定されます。マルチマスタモードで SSLA[2:0] ビットを 000b にした場合、SSLn0 端子は入力になるため、全 SSL 信号がネゲート状態でシリアル転送が実行されます。

SPI をスレーブモードで使用する場合は、SSLA[2:0] ビットを 000b にしてください。

SSLKP ビット (SSL 信号レベル保持)

マスタモードの SPI がシリアル転送する場合に、現コマンドに対応する SSL ネゲートタイミングから次コマンドに対応する SSL アサートタイミングの間、現コマンドの SSLni 信号レベルを保持するか、ネゲートするかを設定するビットです。

SSLKP ビットを 1 にすると、バースト転送が可能になります。詳細は、[32.3.10.1 マスタモード動作の\(4\) バースト転送](#)を参照してください。SPI をスレーブモードで使用する場合は、SSLKP ビットを 0 にしてください。

SPI1 では SSLKP ビットは予約ビットです。

SPB[3:0] ビット (SPI データ長設定)

マスタモード/スレーブモードの SPI の転送データ長を設定します。

SPLW ビットが 0 のとき、SPI データ長設定ビット (SPCMDm.SPB[3:0]) の設定は、8 ~ 16 ビットにしてください。

LSBF ビット (SPI LSB ファースト)

マスタモード/スレーブモードの SPI のデータフォーマットを、MSB ファーストにするか LSB ファーストにするかを選択します。

SPNDEN ビット (SPI 次アクセス遅延許可)

マスタモードの SPI がシリアル転送を終了して SSLni 信号を非アクティブにしてから、次アクセスの SSLni 信号アサートを可能にするまでの期間 (次アクセス遅延) を設定します。SPNDEN ビットが 0 のとき、SPI は次アクセス遅延を $1RSPCK + 2PCLK$ にします。SPNDEN ビットが 1 のとき、SPI は SPND レジスタの設定値に従って次アクセス遅延を挿入します。

SPI をスレーブモードで使用する場合は、SPNDEN ビットを 0 にしてください。

SLNDEN ビット (SSL ネゲート遅延設定許可)

マスタモードの SPI が、RSPCK を発振停止してから SSLni 信号を非アクティブにするまでの期間 (SSL ネゲート遅延) を設定します。SLNDEN ビットが 0 のとき、SPI は SSL ネゲート遅延を $1RSPCK$ に設定します。SLNDEN ビットが 1 のとき、SPI は SSLND レジスタの設定に従った SSL ネゲート遅延で SSL 信号をネゲートします。

SPI をスレーブモードで使用する場合は、SLNDEN ビットを 0 にしてください。

SCKDEN ビット (RSPCK 遅延設定許可)

マスタモードの SPI が、SSLni 信号をアクティブにしてから RSPCK の発振を開始するまでの期間 (SPI クロック遅延) を設定します。SCKDEN ビットが 0 のとき、SPI は RSPCK 遅延を $1RSPCK$ に設定します。SCKDEN ビットが 1 のとき、SPI は SPCKD レジスタの設定に従った RSPCK 遅延で RSPCK の発振を開始します。

SPI をスレーブモードで使用する場合は、SCKDEN ビットを 0 にしてください。

32.3 動作説明

本項では、シリアル転送期間という用語を、有効データのドライブ開始から最終有効データの取り込みまでの期間を意味する用語として使用しています。

32.3.1 SPI 動作の概要

SPI は、下記のモードでの同期式シリアル転送が可能です。

- スレーブモード (SPI 動作)
- シングルマスタモード (SPI 動作)
- マルチマスタモード (SPI 動作)
- スレーブモード (クロック同期式動作)
- マスタモード (クロック同期式動作)

SPI のモードは、SPCR.MSTR、SPCR.MODFEN、SPCR.SPMS ビットで選択できます。表 32.5 に、SPI のモードと SPCR レジスタの設定値との関係、および各モードの概要を示します。

表 32.5 SPCR レジスタの設定と SPI のモードの関係

| モード | スレーブ (SPI 動作) | シングルマスタ (SPI 動作) | マルチマスタ (SPI 動作) | スレーブ (クロック同期式動作) | マスタ (クロック同期式動作) |
|--|-------------------------|--|--|------------------|--|
| MSTR ビット設定値 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| MODFEN ビット設定値 | 0 または 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SPMS ビット設定値 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| RSPCKn 信号 | 入力 | 出力 | 出力 / Hi-Z | 入力 | 出力 |
| MOSIn 信号 | 入力 | 出力 | 出力 / Hi-Z | 入力 | 出力 |
| MISO _n 信号 | 出力 / Hi-Z | 入力 | 入力 | 出力 | 入力 |
| SSL _{n0} 信号 | 入力 | 出力 | 入力 | Hi-Z (注1) | Hi-Z (注1) |
| SSL _{n1} ~ SSL _{n3} 信号 | Hi-Z (注1) | 出力 | 出力 / Hi-Z | Hi-Z (注1) | Hi-Z (注1) |
| SSL 極性変更機能 | あり | あり | あり | — | — |
| 転送速度 | ~ PCLK/6 | ~ PCLK/2 | ~ PCLK/2 | ~ PCLK/6 | ~ PCLK/2 |
| クロックソース | RSPCKn 入力 | 内蔵ポーレートジェネレータ | 内蔵ポーレートジェネレータ | RSPCKn 入力 | 内蔵ポーレートジェネレータ |
| クロック極性 | 2種 | | | | |
| クロック位相 | 2種 | 2種 | 2種 | 1種 (CPHA = 1) | 2種 |
| 先頭転送ビット | MSB/LSB | | | | |
| 転送データ長 | 8 ~ 16、20、24、32ビット | | | | |
| バースト転送 | あり (SPI0) | あり (SPI0) | あり (SPI0) | — | — |
| RSPCK 遅延制御 | なし | あり | あり | なし | あり |
| SSL ネゲート遅延制御 | なし | あり | あり | なし | あり |
| 次アクセス遅延制御 | なし | あり | あり | なし | あり |
| 転送起動方法 | SSL 入力アクティブまたは RSPCK 発振 | 送信バッファエンブティ割り込み要求発生で送信バッファ書き込み (SPTEF = 1) | 送信バッファエンブティ割り込み要求発生で送信バッファ書き込み (SPTEF = 1) | RSPCK 発振 | 送信バッファエンブティ割り込み要求発生で送信バッファ書き込み (SPTEF = 1) |
| シーケンス制御 | なし | あり (SPI0) | あり (SPI0) | なし | あり (SPI0) |
| 送信バッファエンブティ検出 | あり | | | | |
| 受信バッファフル検出 | あり (注2) | | | | |
| オーバーランエラー検出 | あり (注2) | あり (注2) (注4) | あり (注2) (注4) | あり (注2) | あり (注2) |
| パリティエラー検出 | あり (注2) (注3) | | | | |

表 32.5 SPCRレジスタの設定とSPIのモードの関係

| モード | スレーブ (SPI動作) | シングルマスタ (SPI動作) | マルチマスタ (SPI動作) | スレーブ (クロック同期式動作) | マスタ (クロック同期式動作) |
|--------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|-----------------|
| モードフォルトエラー検出 | あり (MODFEN = 1) | なし | あり | なし | なし |
| アンダーランエラー検出 | あり | なし | なし | あり | なし |

注 1. この機能は本モードでは使用しません。

注 2. SPCR.TXMD ビットが1のときは、受信バッファフル検出、オーバーランエラー検出、パリティエラー検出を行いません。

注 3. SPCR2.SPPE ビットが0のときは、パリティエラー検出を行いません。

注 4. SPCR2.SCKASE ビットが1のときは、オーバーランエラー検出を行いません。

32.3.2 SPI 端子の制御

SPIは、SPCR.MSTR、SPCR.MODFEN、SPCR.SPMS ビットの設定、および入出力ポートの PmnPFS.NCODR ビットの設定に基づき、端子の状態を切り替えます。端子状態と各ビットの設定値との関係を表 32.6 に示します。入出力ポートの PmnPFS.NCODR ビットの設定値を0にするとCMOS出力となります。設定値を1にするとオープンドレイン出力となります。入出力ポートの設定も同じとなるよう設定してください。

表 32.6 端子状態とビット設定値の関係

| モード | 端子 | 端子状態 (注2) | |
|---|--------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | 入出力ポートの PmnPFS.NCODR ビット = 0 | 入出力ポートの PmnPFS.NCODR ビット = 1 |
| シングルマスタモード (SPI動作) (MSTR = 1, MODFEN = 0, SPMS = 0) | RSPCKn | CMOS出力 | オープンドレイン出力 |
| | SSLn0 ~ SSLn3 | CMOS出力 | オープンドレイン出力 |
| | MOSIn | CMOS出力 | オープンドレイン出力 |
| | MISOOn | 入力 | 入力 |
| マルチマスタモード (SPI動作) (MSTR = 1, MODFEN = 1, SPMS = 0) | RSPCKn (注3) | CMOS出力 / Hi-Z | オープンドレイン出力 / Hi-Z |
| | SSLn0 | 入力 | 入力 |
| | SSLn1 ~ SSLn3 (注3) | CMOS出力 / Hi-Z | オープンドレイン出力 / Hi-Z |
| | MOSIn (注3) | CMOS出力 / Hi-Z | オープンドレイン出力 / Hi-Z |
| | MISOOn | 入力 | 入力 |
| スレーブモード (SPI動作) (MSTR = 0, SPMS = 0) | RSPCKn | 入力 | 入力 |
| | SSLn0 | 入力 | 入力 |
| | SSLn1 ~ SSLn3 (注5) | Hi-Z (注1) | Hi-Z (注1) |
| | MOSIn | 入力 | 入力 |
| | MISOOn (注4) | CMOS出力 / Hi-Z | オープンドレイン出力 / Hi-Z |
| マスタモード (クロック同期式動作) (MSTR = 1, MODFEN = 0, SPMS = 1) | RSPCKn | CMOS出力 | オープンドレイン出力 |
| | SSLn0 ~ SSLn3 (注5) | Hi-Z (注1) | Hi-Z (注1) |
| | MOSIn | CMOS出力 | オープンドレイン出力 |
| | MISOOn | 入力 | 入力 |
| スレーブモード (クロック同期式動作) (MSTR = 0, SPMS = 1) | RSPCKn | 入力 | 入力 |
| | SSLn0 ~ SSLn3 (注5) | Hi-Z (注1) | Hi-Z (注1) |
| | MOSIn | 入力 | 入力 |
| | MISOOn | CMOS出力 | オープンドレイン出力 |

注 1. この機能は本モードでは使用しません。

注 2. SPI 機能が選択されていない兼用端子には、SPI の設定値は反映されません。

注 3. SSLn0 がアクティブレベルの場合、端子状態が Hi-Z になります。

注 4. SSLn0 が非アクティブレベルまたは SPCR.SPE ビットが0の場合、端子状態が Hi-Z になります。

注 5. これらの端子は入出力ポート端子として使用できます。

シングルマスタモードまたはマルチマスタモード (SPI 動作) の SPI は、SPPCR.MOIFE ビットと SPPCR.MOIFV ビットの設定値に基づいて、SSL ネゲート期間 (SPI0 のバースト転送における SSL 保持期間を含む) の MOSI 信号値を表 32.7 のように決定します。

表 32.7 SSL ネゲート期間の MOSI 信号値の決定方法

| MOIFE ビット | MOIFV ビット | SSL ネゲート期間の MOSI 信号値 |
|-----------|-----------|----------------------|
| 0 | 0, 1 | 前回転送の最終データ |
| 1 | 0 | Low |
| 1 | 1 | High |

32.3.3 SPI システム構成例

32.3.3.1 シングルマスタとシングルスレーブ (MCU はマスタ)

図 32.8 に、MCU がマスタである場合のシングルマスタとシングルスレーブの SPI システム構成例を示します。シングルマスタとシングルスレーブ構成では、MCU (マスタ) の SSLn0 ~ SSLn3 出力は使用されません。SPI スレーブの SSL 入力は Low に固定され、SPI スレーブの選択状態を維持します。(注1)

MCU (マスタ) は、RSPCKn および MOSI 信号をドライブします。SPI スレーブは、MISO 信号をドライブします。

注 1. SPCMDm.CPHA ビットが 0 の場合に使用する転送フォーマットでは、SSL 信号をアクティブレベルに固定することができないスレーブデバイスも存在します。このような場合は、本 MCU の SSLni 出力をスレーブデバイスの SSL 入力に接続してください。

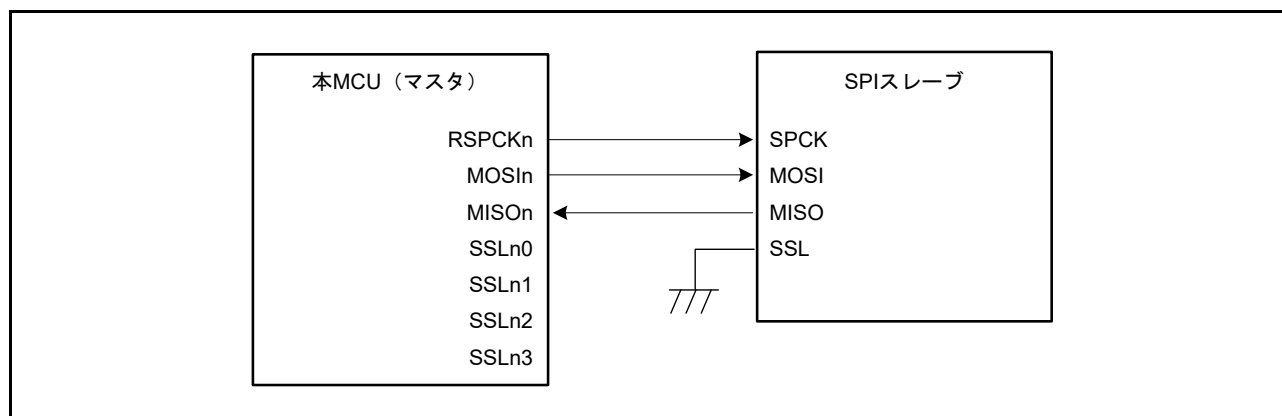


図 32.8 シングルマスタとシングルスレーブの構成例 (MCU はマスタ)

32.3.3.2 シングルマスタとシングルスレーブ (MCU はスレーブ)

図 32.9 に、MCU がスレーブである場合のシングルマスタとシングルスレーブの SPI システム構成例を示します。MCU がスレーブとして動作する場合は、SSLn0 端子は SSL 入力として使用されます。SPI マスタは、SPCK および MOSI 信号をドライブします。MCU (スレーブ) は、MISO_n 信号をドライブします。(注1)

SPCMDm.CPHA ビットを 1 にしたシングルスレーブ構成の場合には、MCU (スレーブ) の SSLn0 入力は Low に固定され、MCU (スレーブ) は選択状態を維持します。これにより、シリアル転送を実行することも可能です (図 32.10)。

注 1. SSLn0 が非アクティブレベルの場合、端子状態が Hi-Z になります。

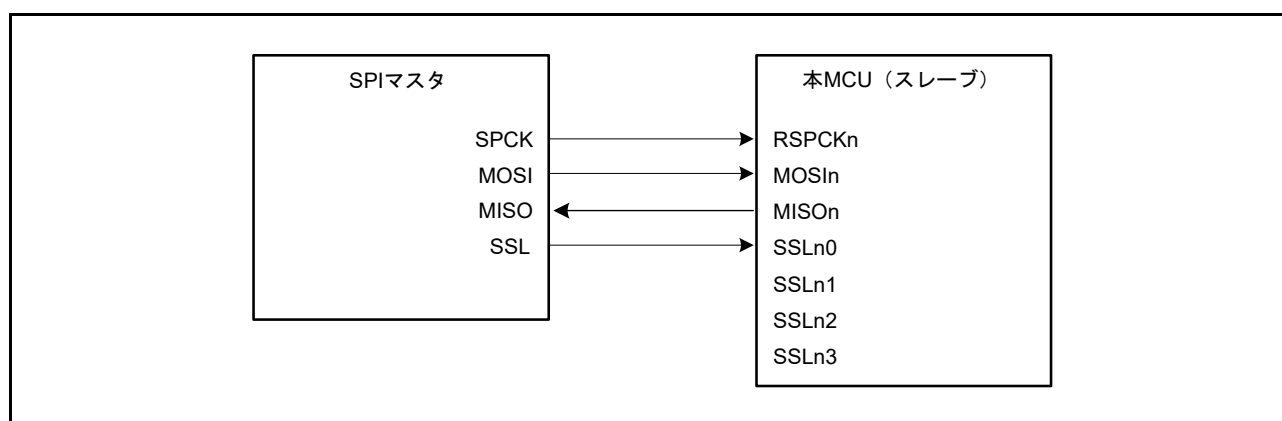


図 32.9 シングルマスタとシングルスレーブの構成例 (MCU はスレーブ、CPHA = 0)

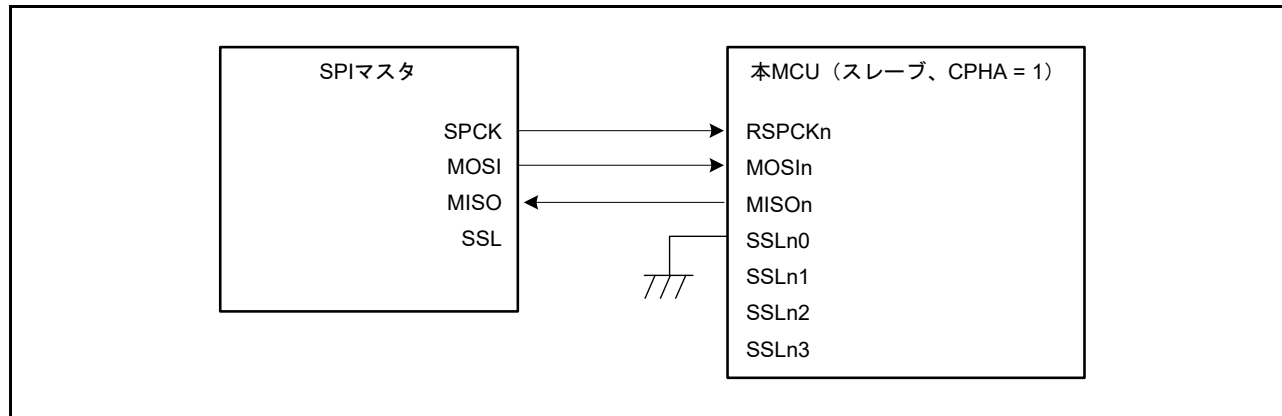


図 32.10 シングルマスタとシングルスレーブの構成例 (MCU はスレーブ、CPHA = 1)

32.3.3.3 シングルマスタとマルチスレーブ (MCU はマスタ)

図 32.11 に、MCU がマスタである場合のシングルマスタとマルチスレーブの SPI システム構成例を示します。図 32.11 の例では、MCU (マスタ) と 4 つのスレーブ (SPI スレーブ 0 ~ SPI スレーブ 3) で SPI システムを構成しています。

MCU (マスタ) の RSPCKn 出力と MOSIn 出力は、SPI スレーブ 0 ~ SPI スレーブ 3 の SPCK 入力と MOSI 入力に接続します。SPI スレーブ 0 ~ SPI スレーブ 3 の MISO 出力は、すべて MCU (マスタ) の MISOn 入力に接続します。MCU (マスタ) の SSLn0 ~ SSLn3 出力は、それぞれ SPI スレーブ 0 ~ SPI スレーブ 3 の SSL 入力に接続します。

MCU (マスタ) は、RSPCKn 信号、MOSIn 信号、および SSLn0 ~ SSLn3 端子をドライブします。SPI スレーブ 0 ~ SPI スレーブ 3 のうち、SSL 入力に Low を入力されているスレーブが、MISO 信号をドライブします。

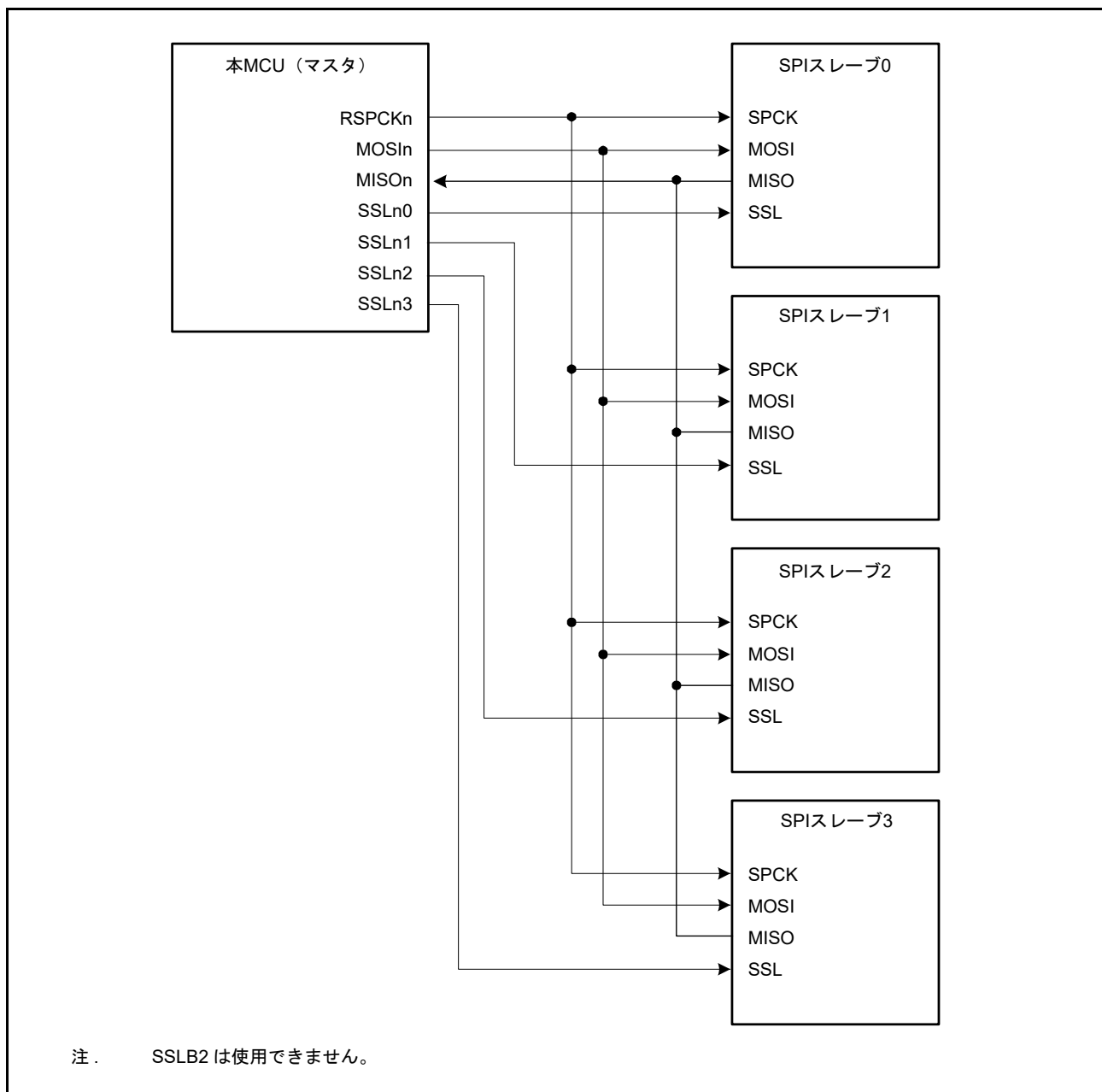


図 32.11 シングルマスタとマルチスレーブの構成例 (MCU はマスタ)

32.3.3.4 シングルマスタとマルチスレーブ (MCU はスレーブ)

図 32.12 に、MCU がスレーブである場合のシングルマスタ/マルチスレーブの SPI システム構成例を示します。図 32.12 の例では、SPI マスタと 2 つの MCU (スレーブ X、スレーブ Y) で SPI システムを構成しています。

SPI マスタの SPCK 出力と MOSI 出力は、MCU (スレーブ X、スレーブ Y) の RSPCK_n 入力と MOSI_n 入力に接続します。MCU (スレーブ X、スレーブ Y) の MISO_n 出力は、すべて SPI マスタの MISO 入力に接続します。SPI マスタの SSLX 出力、SSLY 出力は、それぞれ MCU (スレーブ X、スレーブ Y) の SSL_{n0} 入力に接続します。

SPI マスタは、SPCK、MOSI、SSLX、SSLY をドライブします。MCU スレーブ (X、Y) のうち、SSL_{n0} 入力に Low を入力されているスレーブが、MISO_n をドライブします。

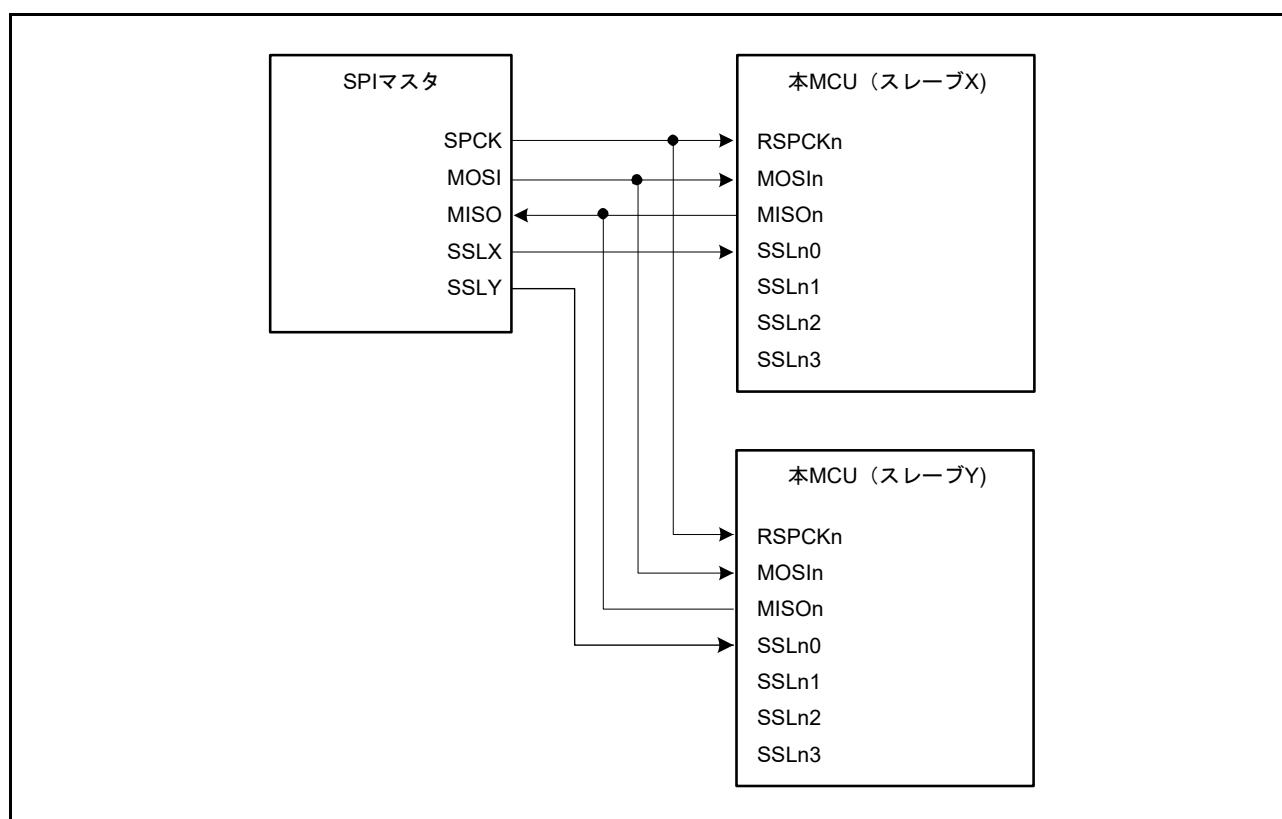


図 32.12 シングルマスタとマルチスレーブの構成例 (MCU はスレーブ)

32.3.3.5 マルチマスタとマルチスレーブ (MCU はマスタ)

図 32.13 に、MCU がマスタである場合のマルチマスタ/マルチスレーブの SPI システム構成例を示します。図 32.13 の例では、2つの MCU (マスタ X、マスタ Y) と 2つの SPI スレーブ (SPI スレーブ 1、SPI スレーブ 2) で SPI システムを構成しています。

MCU (マスタ X、マスタ Y) の RSPCK_n 出力と MOSI_n 出力は、SPI スレーブ 1、SPI スレーブ 2 の RSPCK 入力と MOSI 入力に接続します。SPI スレーブ 1、SPI スレーブ 2 の MISO 出力は、MCU (マスタ X、マスタ Y) の MISO_n 入力に接続します。MCU (マスタ X) の任意の汎用ポート Y 出力は、MCU (マスタ Y) の SSL_{n0} 入力に接続します。MCU (マスタ Y) の任意の汎用ポート X 出力は、MCU (マスタ X) の SSL_{n0} 入力に接続します。MCU (マスタ X、マスタ Y) の SSL_{n1} 出力と SSL_{n2} 出力は、SPI スレーブ 1、SPI スレーブ 2 の SSL 入力に接続します。この構成例では、SSL_{n0} 入力とスレーブ接続用の SSL_{n1} 出力および SSL_{n2} 出力のみでシステムを構成できるため、MCU の SSL_{n3} 出力は必要ありません。

MCU は、SSL_{n0} 入力レベルが High の場合には、RSPCK_n、MOSI_n、SSL_{n1}、SSL_{n2} をドライブします。SSL_{n0} 入力レベルが Low の場合、MCU はモードフォルトエラーを検出し、RSPCK_n、MOSI_n、SSL_{n1}、および SSL_{n2} を Hi-Z にして、他方のマスタに SPI バスを直接解放します。SPI スレーブ 1 および SPI スレーブ 2 のうち、SSL 入力に Low を入力されているスレーブが MISO をドライブします。

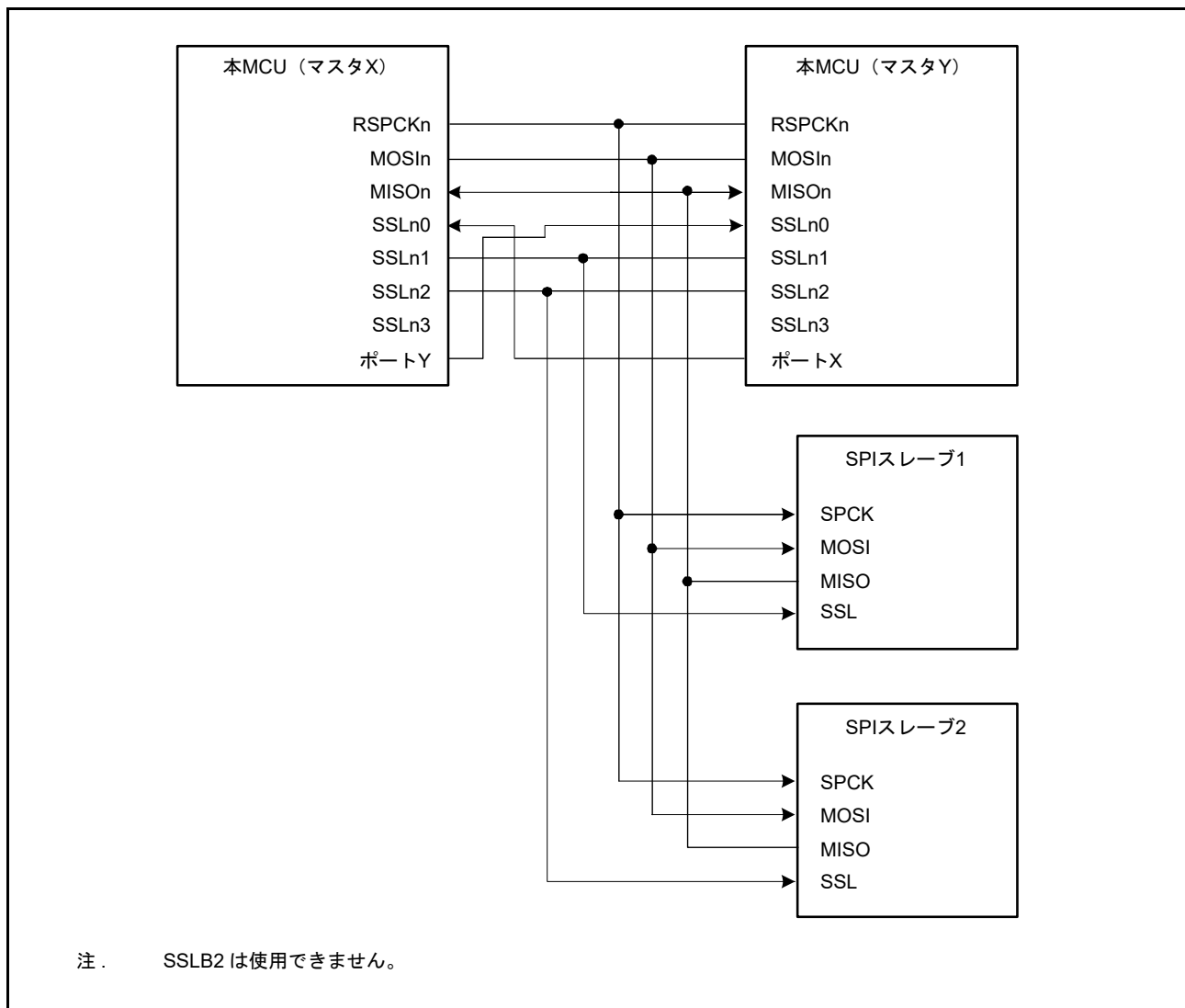


図 32.13 マルチマスタとマルチスレーブの構成例 (MCU はマスタ)

32.3.3.6 クロック同期式モードのマスタとスレーブ (MCU はマスタ)

図 32.14 に、MCU がマスタである場合のクロック同期式モードのマスタ/スレーブの構成を示します。クロック同期式モードのマスタとスレーブでは、MCU (マスタ) の SSLn0 ~ SSLn3 は使用しません。

MCU (マスタ) は、RSPCKn および MOSIn 信号をドライブします。SPI スレーブは、MISO 信号をドライブします。

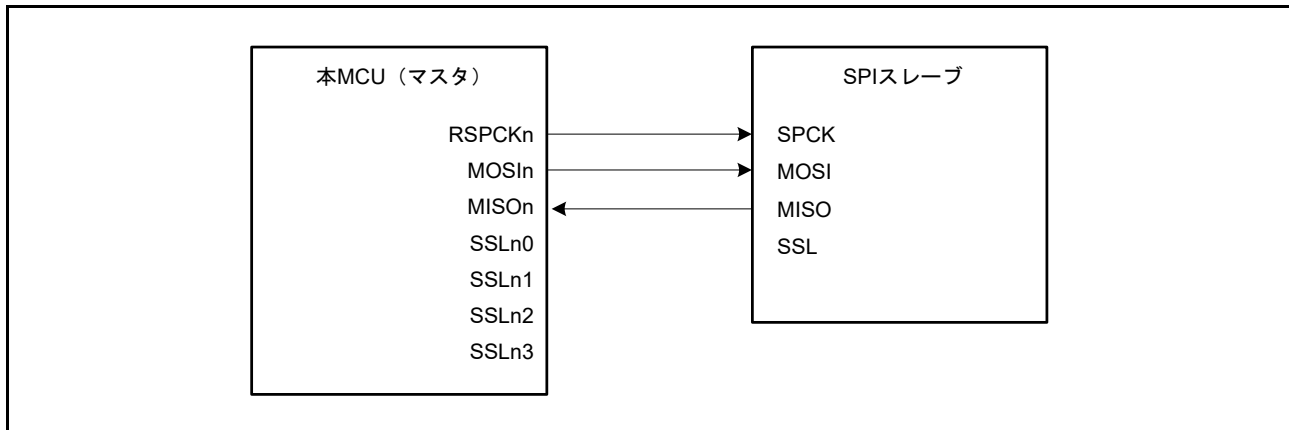


図 32.14 クロック同期式モードのマスタとスレーブの構成例 (MCU はマスタ)

32.3.3.7 クロック同期式モードのマスタとスレーブ (MCU はスレーブ)

図 32.15 に、MCU がスレーブである場合のクロック同期式モードのマスタ/スレーブの構成例を示します。MCU をスレーブ (クロック同期動作) として使用する場合は、MCU (スレーブ) は MISO_n 信号をドライブし、SPI マスタは SPCK および MOSI 信号をドライブします。MCU (スレーブ) の SSLn0 ~ SSLn3 は使用しません。

SPCMDm.CPHA ビットを 1 にしたシングルスレーブ構成の場合のみ、MCU (スレーブ) はシリアル転送の実行が可能です。

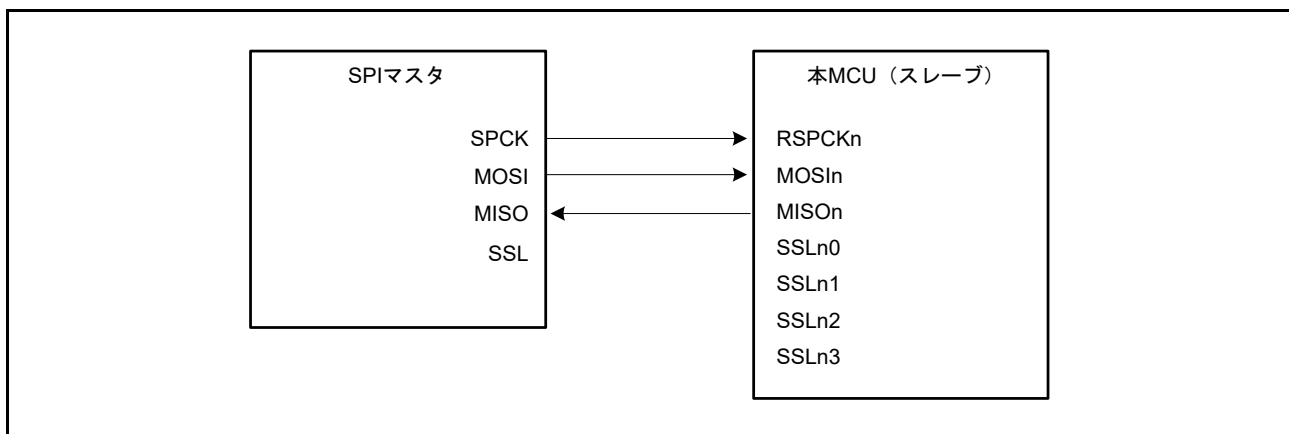


図 32.15 クロック同期式モードのマスタとスレーブの構成例 (MCU はスレーブ、CPHA = 1)

32.3.4 データフォーマット

SPI のデータフォーマットは、SPI コマンドレジスタ m (SPCMD m) ($m=0\sim 7$) と SPI コントロールレジスタ 2 (SPCR2) のパリティ許可ビット (SPPE) の設定値に依存します。並び順が MSB ファーストか LSB ファーストかにかかわらず、SPI は SPI データレジスタ (SPDR/SPDR_HA) の LSB ビットから設定データ長に該当するビット分の範囲を転送データとして扱います。

以下では、転送前または転送後のデータの 1 フレーム分のデータフォーマットについて説明します。

(a) パリティ機能無効時のデータフォーマット

パリティ機能無効時は、SPI コマンドレジスタ m の SPI データ長設定ビット (SPI0 では SPCMD m .SPB[3:0]、SPI1 では SPCMD0.SPB[3:0]) で設定したビット長のデータの送受信を行います。

(b) パリティ機能有効時のデータフォーマット

パリティ機能有効時は、SPI コマンドレジスタ m の SPI データ長設定ビット (SPI0 では SPCMD m .SPB[3:0]、SPI1 では SPCMD0.SPB[3:0]) で設定したビット長のデータの送受信を行います。ただし、最終ビットはパリティビットです。

- SPI0

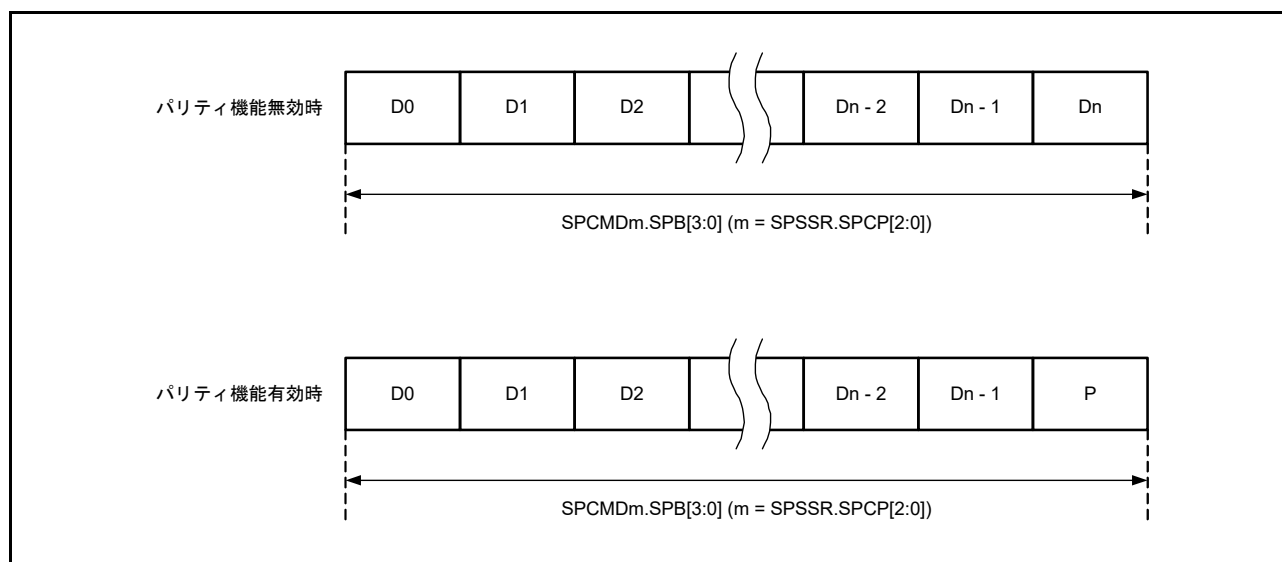


図 32.16 パリティ機能無効時と有効時のデータフォーマット (SPI0)

- SPI1

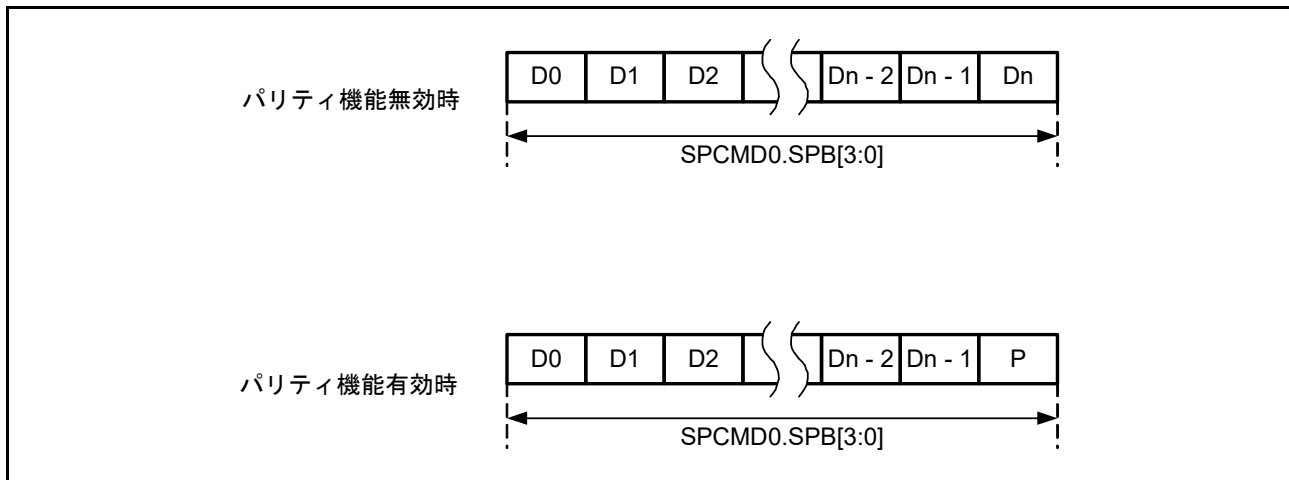


図 32.17 パリティ機能無効時と有効時のデータフォーマット (SPI1)

32.3.4.1 パリティ機能無効時の動作 (SPCR2.SPPE = 0)

パリティ機能が無効の場合、送信データを加工せず、シフトレジスタにコピーします。以下では、SPI データレジスタ (SPDR/SPDR_HA) とシフトレジスタの関係を、MSB/LSB ファーストとビット長の組み合わせで説明します。

(1) 32 ビットデータの MSB ファースト転送

図 32.18 に、パリティ機能無効時に、SPI がデータ長 32 ビットの MSB ファースト転送を実施する場合の SPI データレジスタ (SPDR) とシフトレジスタの動作内容を示します。

送信時は、送信バッファの現ステージのビット T31 ~ T00 をシフトレジスタにコピーします。送信データは、T31 → T30 → … → T00 の順にシフトレジスタの値をシフトして送信されます。

受信時は、受信データをシフトレジスタのビット 0 から格納し、1 ビットごと受信データをシフトします。必要数分の RSPCK 周期が入力され、R31 ~ R00 ビットまでデータがたまと、シフトレジスタの値を受信バッファにコピーします。

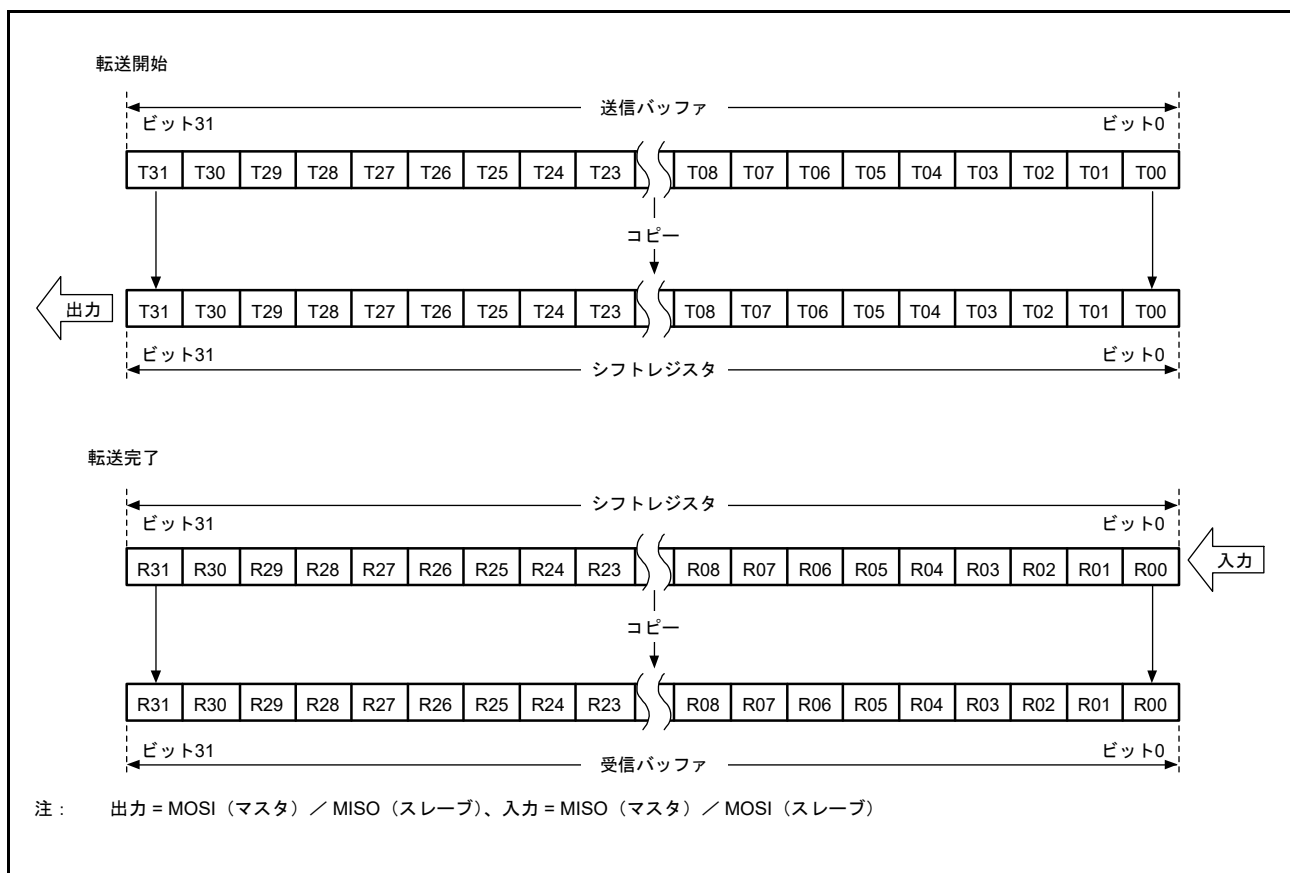


図 32.18 MSB ファースト転送 (32 ビットデータ / パリティ機能無効)

(2) 24 ビットデータの MSB ファースト転送

図 32.19 に、パリティ機能無効時に、SPI がデータ長 32 ビット以外のデータを MSB ファースト転送する例として、24 ビットのデータ転送を実施する場合の SPI データレジスタ (SPDR) とシフトレジスタの動作内容を示します。

送信時は、送信バッファの現ステージの下位 24 ビット (T23 ~ T00) をシフトレジスタにコピーします。送信データは、T23 → T22 → … → T00 の順にシフトレジスタの値をシフトして送信されます。

受信時は、受信データをシフトレジスタのビット 0 から格納し、1 ビットごと受信データをシフトします。必要数分の RSPCK 周期が入力され、R23 ~ R00 ビットまでデータがたまと、シフトレジスタの値を受信バッファにコピーします。受信バッファの上位 8 ビットには送信バッファの上位 8 ビットの値が格納されます。送信時に T31 ~ T24 ビットに 0 を書き込んでおくことにより、受信バッファの上位 8 ビットに 0 を入れることができます。

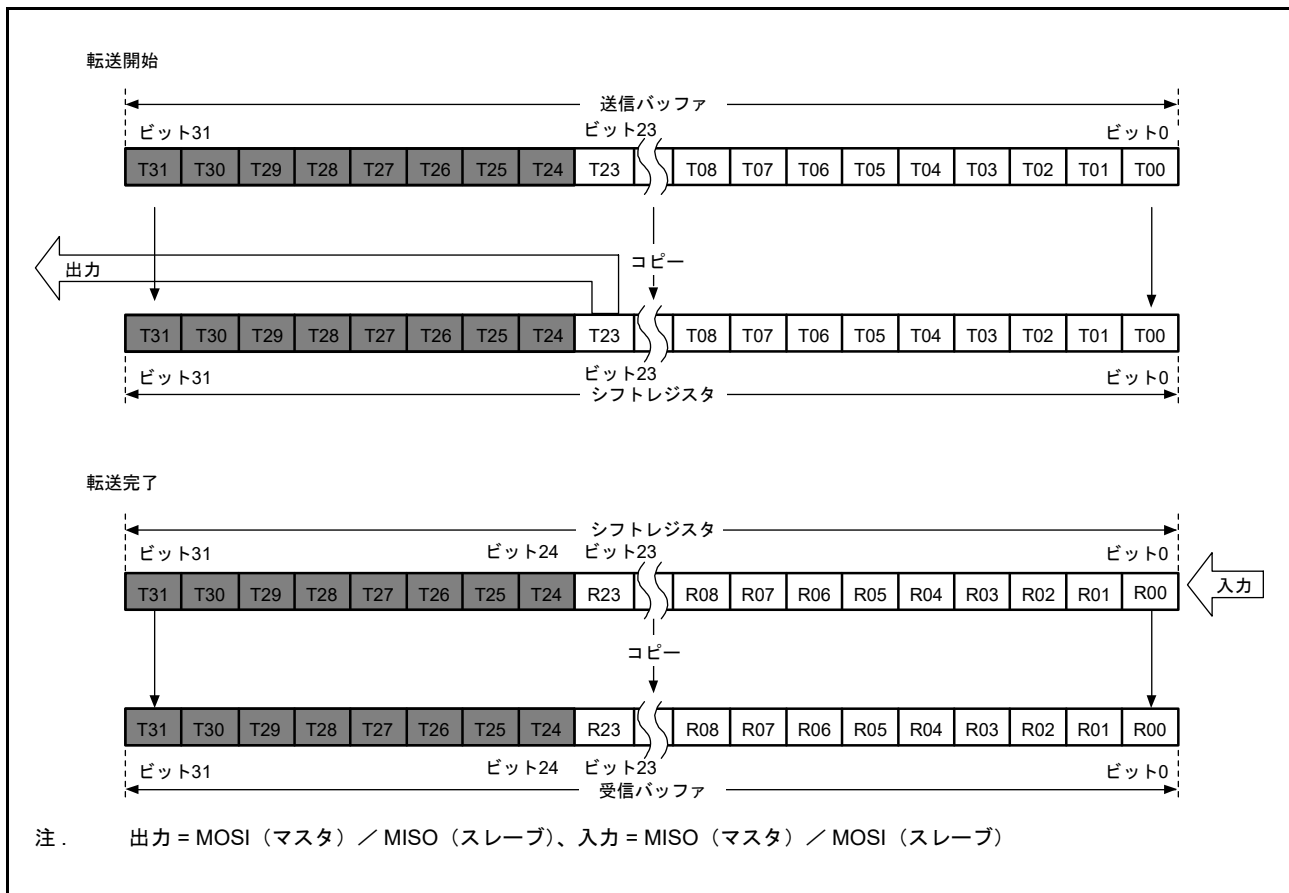


図 32.19 MSB ファースト転送 (24 ビットデータ / パリティ機能無効)

(3) 32 ビットデータの LSB ファースト転送

図 32.20 に、パリティ機能無効時に SPI がデータ長 32 ビットの LSB ファースト転送を実施する場合の SPI データレジスタ (SPDR) とシフトレジスタの動作内容を示します。

送信時は、送信バッファの現ステージのビット T31 ~ T00 をビット単位で T00 ~ T31 の順序に並び替えて、シフトレジスタにコピーします。送信データは、T00 → T01 → … → T31 の順にシフトレジスタの値をシフトして送信されます。

受信時は、受信データをシフトレジスタのビット 0 から格納し、1 ビットごと受信データをシフトします。必要数分の RSPCK 周期が入力され、R00 ~ R31 ビットまでデータがたまと、シフトレジスタの値を受信バッファにコピーします。

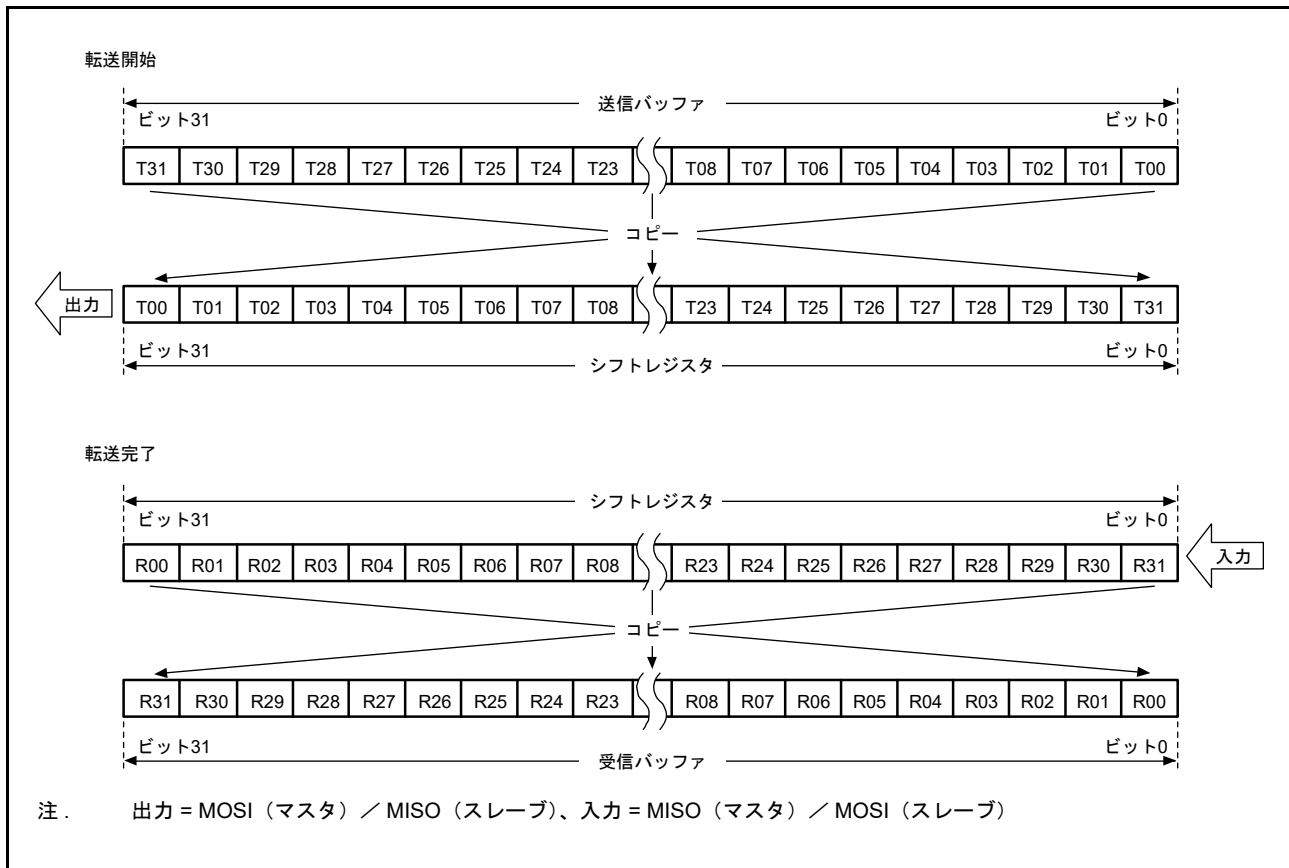


図 32.20 LSB ファースト転送 (32 ビットデータ/パリティ機能無効)

(4) 24 ビットデータの LSB ファースト転送

図 32.21 に、パリティ機能無効時に、SPI がデータ長 32 ビット以外のデータを LSB ファースト転送する例として、24 ビットのデータ転送を実施する場合の SPI データレジスタ (SPDR) とシフトレジスタの動作内容を示します。

送信時は、送信バッファの現ステージの下位 24 ビット (T23 ~ T00) をビット単位で T00 ~ T23 の順序に並び換えて、シフトレジスタにコピーします。送信データは、T00 → T01 → … → T23 の順にシフトレジスタの値をシフトして送信されます。

受信時は、受信データをシフトレジスタのビット 8 から格納し始め、1 ビットごとに受信データをシフトします。必要数分の RSPCK 周期が入力され、R00 ~ R23 ビットまでデータがたまると、シフトレジスタの値を受信バッファにコピーします。

受信バッファの上位 8 ビットには送信バッファの上位 8 ビットの値が格納されます。送信時に T31 ~ T24 ビットに 0 を書き込んでおくことにより、受信バッファの上位 8 ビットに 0 を入れることができます。

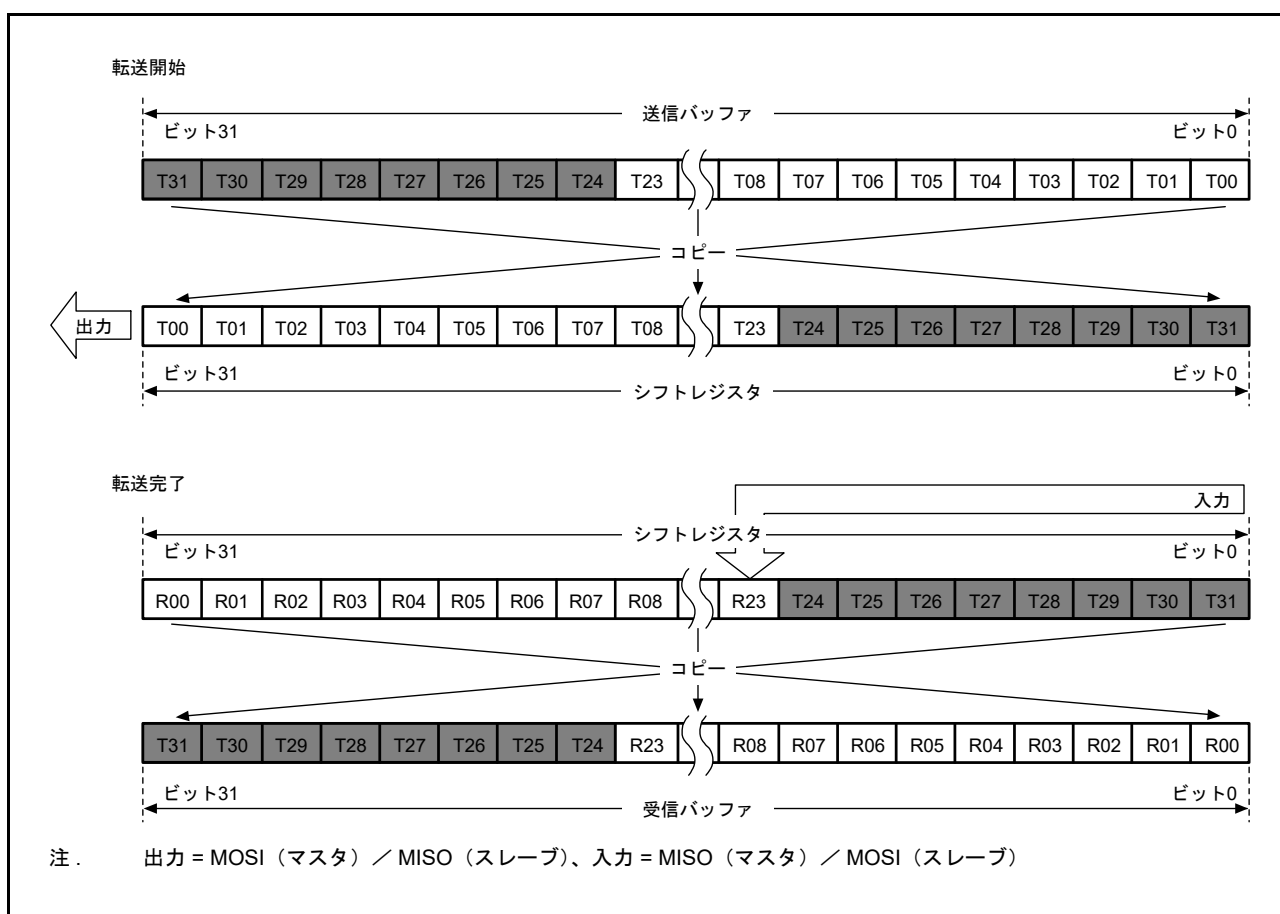


図 32.21 LSB ファースト転送 (24 ビットデータ / パリティ機能無効)

32.3.4.2 パリティ機能有効時 (SPCR2.SPPE = 1)

パリティ機能が有効の場合、送信データの最下位ビットはパリティビットになります。パリティビットの値は、ハードウェアが計算します。

(1) 32 ビットデータの MSB ファースト転送

図 32.22 に、パリティ機能有効時に、SPI がデータ長 32 ビットの MSB ファースト転送を実施する場合の SPI データレジスタ (SPDR) とシフトレジスタの動作内容を示します。

送信時は、最初に T31 ~ T01 ビットからパリティビット (P) の値を計算し、最終ビットである T00 と置き換え、値全体をシフトレジスタにコピーします。データは、T31 → T30 → … → T01 → P の順に送信されます。

受信時は、受信データをシフトレジスタのビット 0 から格納し、1 ビットごと受信データをシフトします。必要数分の RSPCK 周期が入力され、R31 ~ P ビットまでデータがたまると、シフトレジスタの値を受信バッファにコピーします。シフトレジスタにデータをコピー後、パリティエラーがないか R31 ~ P のデータをチェックします。

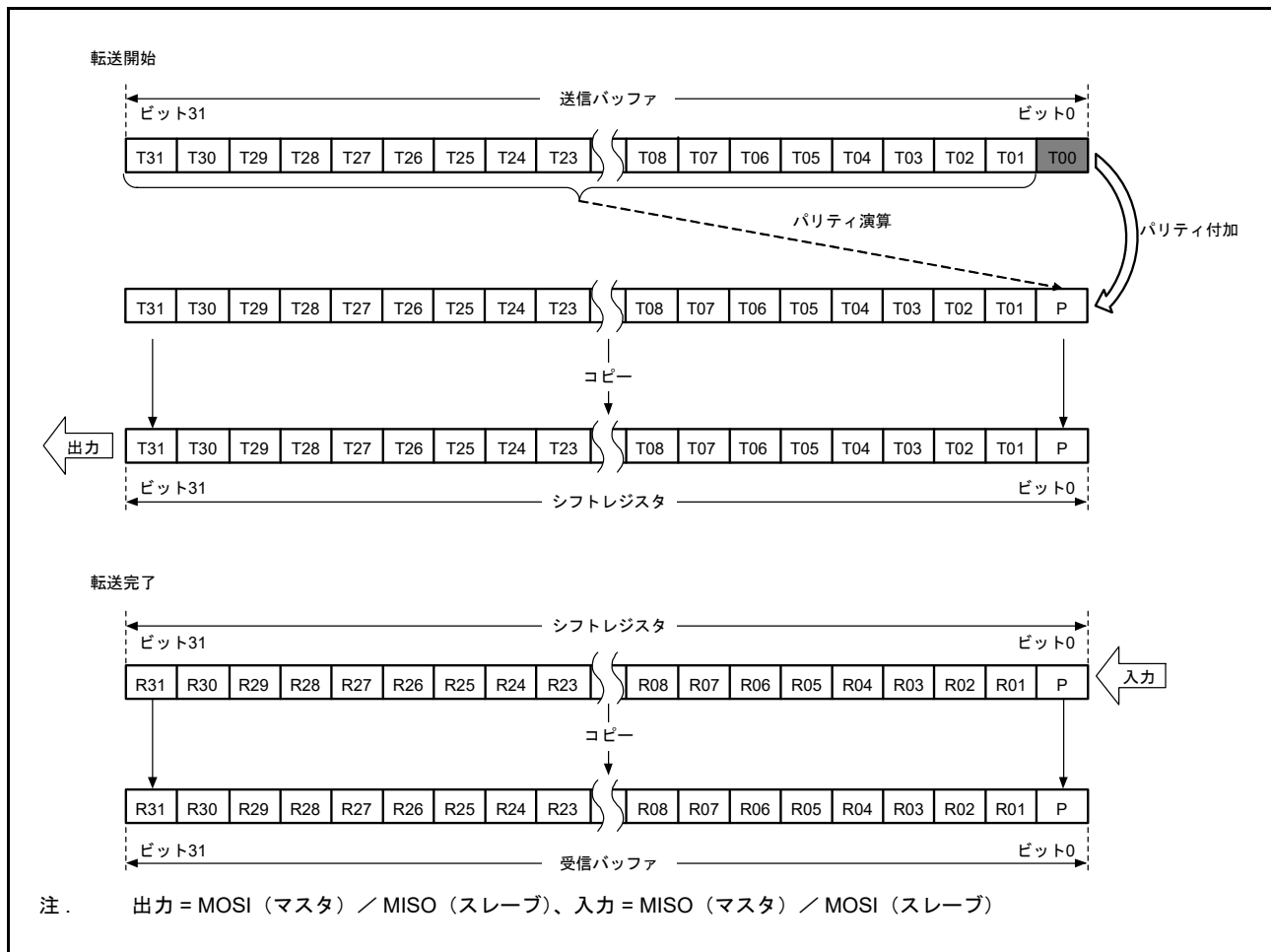


図 32.22 MSB ファースト転送 (32 ビットデータ / パリティ機能有効)

(2) 24 ビットデータの MSB ファースト転送

図 32.23 に、パリティ機能有効時に、SPI がデータ長 32 ビット以外のデータを MSB ファースト転送する例として、24 ビットのデータ転送を実施する場合の SPI データレジスタ (SPDR) とシフトレジスタの動作内容を示します。

送信時は、T23 ~ T01 ビットからパリティビット (P) の値を計算し、最終ビットである T00 と置き換え、値全体をシフトレジスタにコピーします。データは、T23 → T22 → … → T01 → P の順に送信されます。

受信時は、受信データをシフトレジスタのビット 0 から格納し、1 ビットごと受信データをシフトします。必要数分の RSPCK 周期が入力され、R23 ~ P ビットまでデータがたまると、シフトレジスタの値を受信バッファにコピーします。シフトレジスタにデータをコピー後、パリティエラーがないか R23 ~ P のデータをチェックします。受信バッファの上位 8 ビットには送信バッファの上位 8 ビットの値が格納されます。送信時に T31 ~ T24 ビットに 0 を書き込んでおくことにより、受信バッファの上位 8 ビットに 0 を入れることができます。

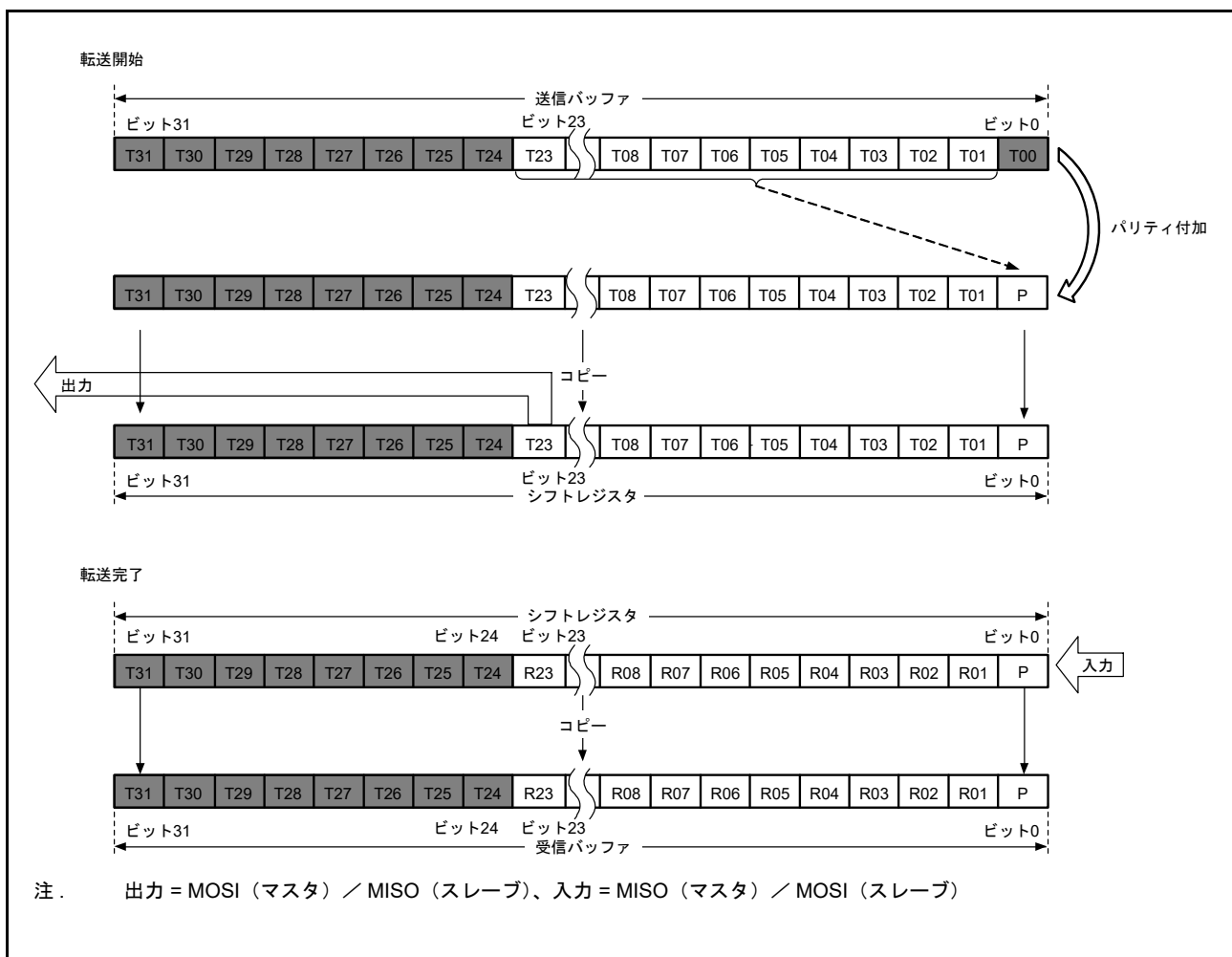


図 32.23 MSB ファースト転送 (24 ビットデータ / パリティ機能有効)

(3) 32 ビットデータの LSB ファースト転送

図 32.24 に、パリティ機能有効時に、SPI がデータ長 32 ビットの LSB ファースト転送を実施する場合の SPI データレジスタ (SPDR) とシフトレジスタの動作内容を示します。

送信時は、T30 ~ T00 ビットからパリティビット (P) の値を計算し、最終ビットである T31 と置き換え、値全体をシフトレジスタにコピーします。送信データは、T00 → T01 → ... → T30 → P の順番に送信します。

受信時は、受信データをシフトレジスタのビット 0 から格納し始め、1 ビットごと受信データをシフトします。必要数分の RSPCK 周期が入力され、ビット R00 ~ P までデータがたまると、シフトレジスタの値を受信バッファにコピーします。シフトレジスタにデータをコピー後、パリティエラーがないか R00 ~ P のデータをチェックします。

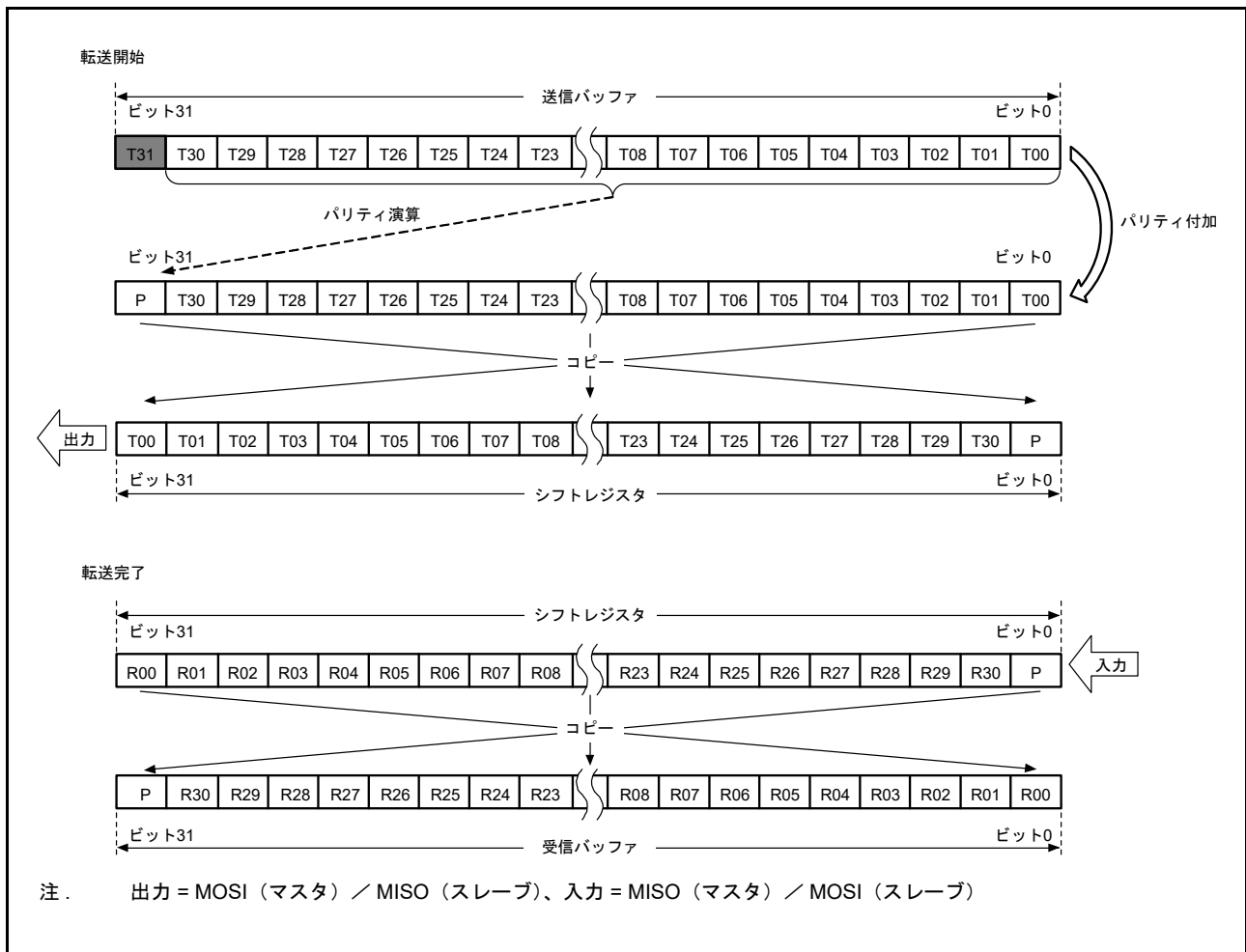


図 32.24 LSB ファースト転送 (32 ビットデータ / パリティ機能有効)

(4) 24 ビットデータの LSB ファースト転送

図 32.25 に、パリティ機能有効時に、SPI がデータ長 32 ビット以外のデータを LSB ファースト転送する例として、24 ビットのデータ転送を実施する場合の SPI データレジスタ (SPDR) とシフトレジスタの動作内容を示します。

送信時は、T22 ~ T00 ビットからパリティビット (P) の値を計算し、最終ビットである T23 と置き換え、値全体をシフトレジスタにコピーします。データは、T00 → T01 → … → T22 → P の順に送信されます。

受信時は、受信データをシフトレジスタのビット 8 から格納し始め、1 ビットごとに受信データをシフトします。必要数分の RSPCK 周期が入力され、ビット R00 ~ P までデータがたまと、シフトレジスタの値を受信バッファにコピーします。シフトレジスタにデータをコピー後、パリティエラーがないか R00 ~ P のデータをチェックします。受信バッファの上位 8 ビットには送信バッファの上位 8 ビットの値が格納されます。送信時に T31 ~ T24 ビットに 0 を書き込んでおくことにより、受信バッファの上位 8 ビットに 0 を入れることができます。

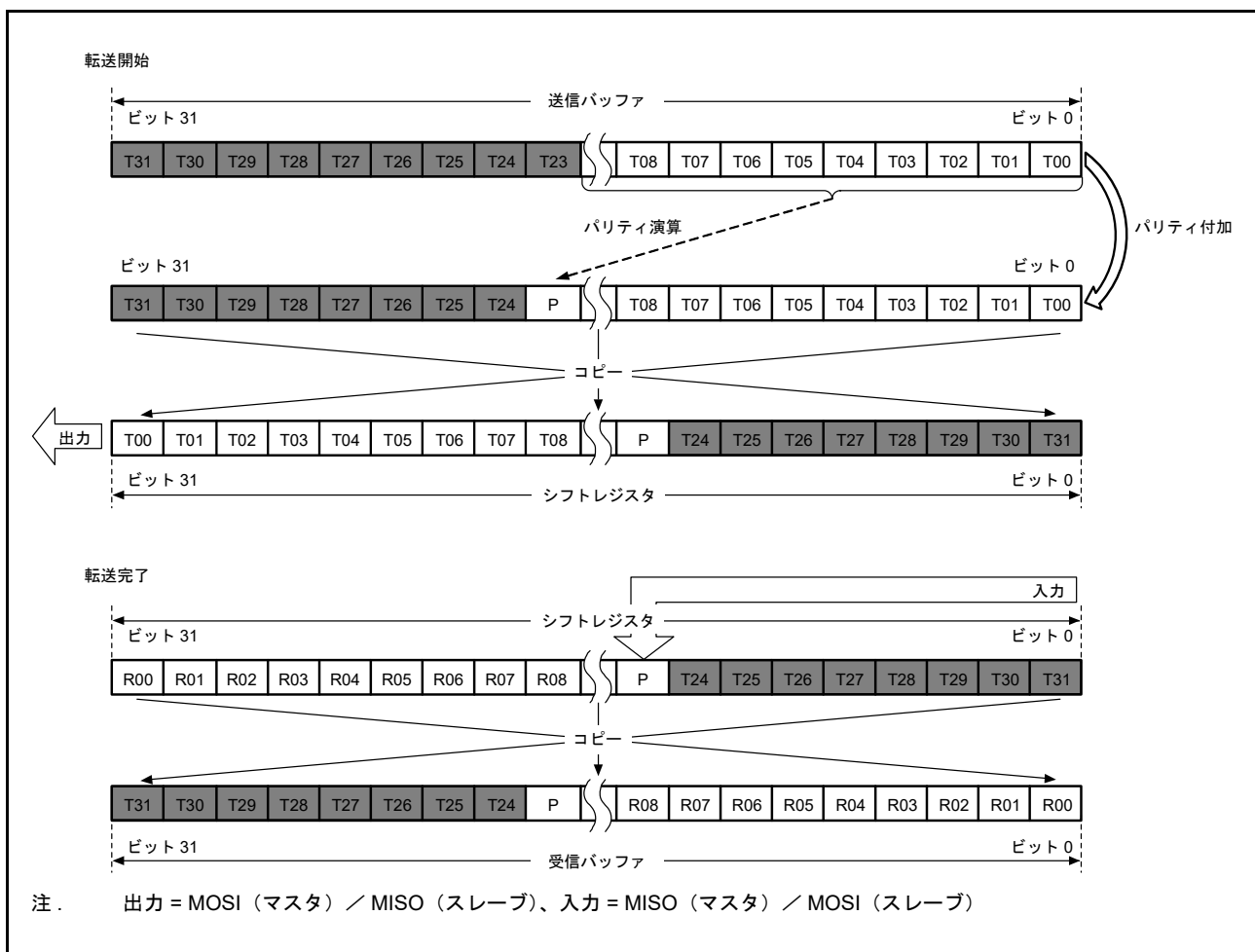


図 32.25 LSB ファースト転送 (24 ビットデータ / パリティ機能有効)

32.3.5 転送フォーマット

32.3.5.1 CPHA ビット = 0 の場合

図 32.26 に SPCMDm.CPHA ビットが 0 の場合に、8 ビットのデータをシリアル転送した場合の転送フォーマット例を示します。SPI がスレーブモード (SPCR.MSTR=0) で、CPHA ビットが 0 の場合、クロック同期式動作 (SPCR.SPMS ビット=1) は行わないでください。図 32.26 において、RSPCKn (CPOL = 0) は SPCMDm.CPOL ビットが 0 の場合、RSPCKn (CPOL = 1) は SPCMDm.CPOL ビットが 1 の場合の RSPCKn 信号波形です。サンプリングタイミングは、SPI がシフトレジスタにシリアル転送データを取り込むタイミングを表します。各信号の入出力方向は、SPI の設定に依存します。詳細は、32.3.2 SPI 端子の制御を参照してください。

SPCMDm.CPHA ビットが 0 の場合には、SSLni 信号のアサートタイミングで、MOSIn 信号と MISOOn 信号への有効データのドライブが開始されます。SSLni 信号のアサート後に発生する最初の RSPCKn 信号変化が、最初の転送データ取り込みになり、これ以降、1RSPCK 周期ごとにデータがサンプリングされます。MOSIn 信号と MISOOn 信号の変化タイミングは、転送データ取り込みタイミングの 1/2RSPCK 周期後になります。CPOL ビットの設定値は、RSPCK 信号の動作タイミングには影響を与えず、信号極性のみに影響を与えます。

t1 は、SSLni 信号のアサートから RSPCKn 発振までの期間 (RSPCK 遅延) を示します。t2 は、RSPCKn 発振停止から SSLni 信号のネゲートまでの期間 (SSL ネゲート遅延) を示します。t3 は、シリアル転送終了後に次転送のための SSLni 信号アサートを抑制する期間 (次アクセス遅延) を示します。t1、t2、t3 は、SPI システム上のマスタデバイスによって制御されます。MCU の SPI がマスタモードである場合の t1、t2、t3 については、32.3.10.1 マスタモード動作を参照してください。

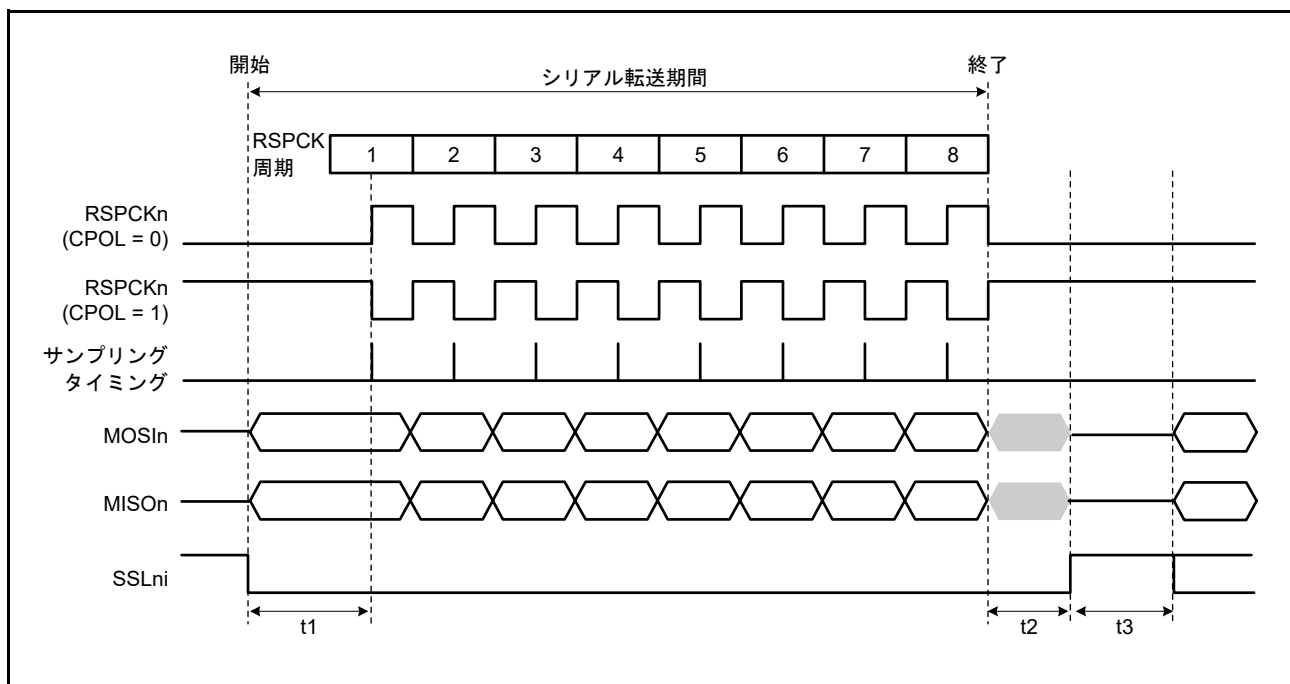


図 32.26 SPI 転送フォーマット (CPHA ビット = 0)

32.3.5.2 CPHA ビット = 1 の場合

図 32.27 に SPCMDm.CPHA ビットが 1 の場合に、8 ビットのデータをシリアル転送した場合の転送フォーマット例を示します。ただし、SPCR.SPMS ビットが 1 の場合は SSLni 信号を用いず、RSPCKn 信号、MOSIn 信号、MISOOn 信号の 3 つの信号のみで通信を行います。図 32.27 において、RSPCK (CPOL = 0) は、SPCMDm.CPOL ビットが 0 の場合の RSPCKn 信号波形を示し、RSPCK は SPCMDm.CPOL ビットが 1 の場合の RSPCKn 信号波形を示します。サンプリングタイミングは、SPI がシフトレジスタにシリアル転送データを取り込むタイミングを示しています。各信号の入出力方向は、SPI のモード (マスタ/スレーブ) に依存します。詳細は、32.3.2 SPI 端子の制御を参照してください。

SPCMDm.CPHA ビットが 1 の場合には、SSLni 信号のアサートタイミングで、MISOOn 信号への無効データのドライブが開始されます。SSLni 信号のアサート後に発生する最初の RSPCKn 信号変化で、MOSIn 信号と MISOOn 信号への有効データの出力が開始され、これ以降、1RSPCK 周期ごとにデータが更新されます。転送データの取り込みは、このデータ更新タイミングの 1/2RSPCK 周期後になります。SPCMDm.CPOL ビットの設定値は、RSPCKn 信号の動作タイミングには影響を与えず、信号極性のみに影響を与えます。

t1、t2、t3 の内容は、CPHA ビット = 0 の場合と同様です。MCU の SPI がマスタモードである場合の t1、t2、t3 については、32.3.10.1 マスタモード動作を参照してください。

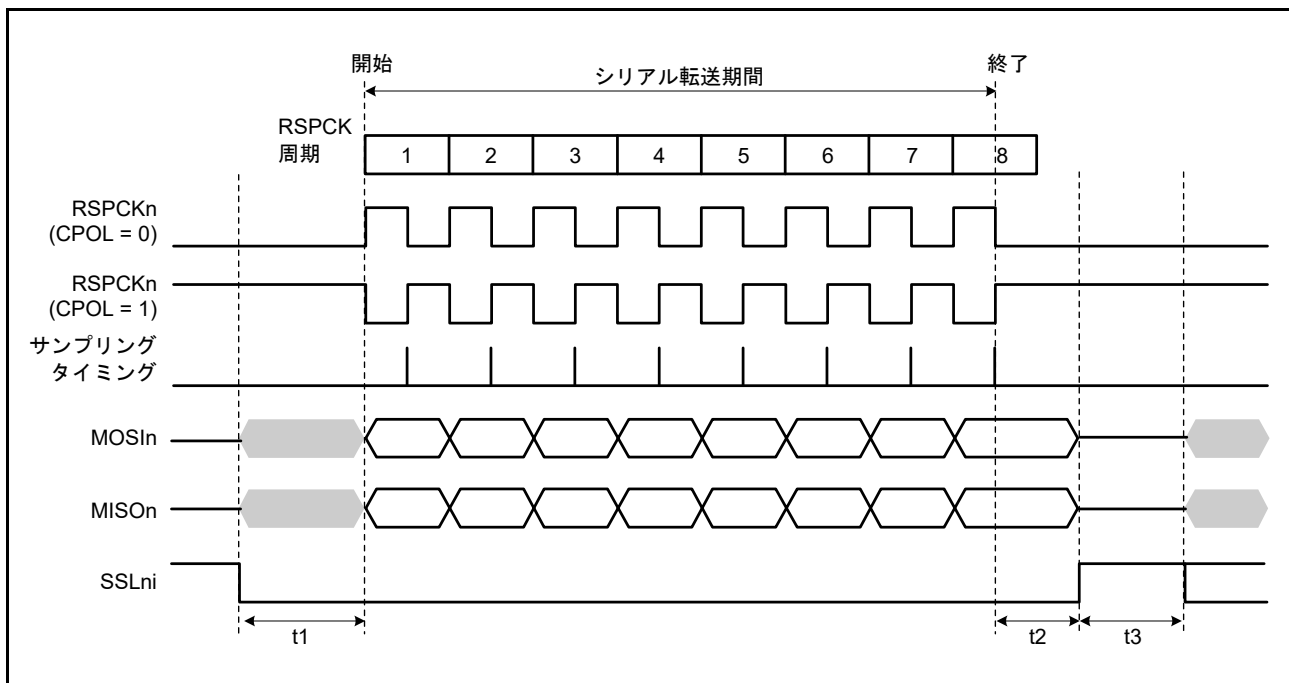


図 32.27 SPI 転送フォーマット (CPHA ビット = 1)

32.3.6 データ転送モード

通信動作モード選択ビット (SPCR.TXMD) の設定により、全二重同期式シリアル通信または送信のみの動作が選択できます。図 32.28、図 32.29 に記載のレジスタアクセスは、SPDR/SPDR_HA レジスタへのアクセス状況を示しています。W は書き込みサイクルを示しています。

32.3.6.1 全二重同期式シリアル通信 (SPCR.TXMD = 0)

図 32.28 に、通信動作モード選択ビット (SPCR.TXMD) を 0 にした場合の動作例を示します。この例では、SPI0 の場合は SPDCR.SPFC[1:0] ビットが 00b、SPCMDm.CPHA ビットが 1、SPCMDm.CPOL ビットが 0 の設定で、SPI1 の場合は SPCMD0.CPHA ビットが 1、SPCMD0.CPOL ビットが 0 の設定で、SPI が 8 ビットのシリアル転送を実行しています。RSPCKn 波形の下に記載した数字は、RSPCK サイクル数 (= 転送ビット数) を示しています。

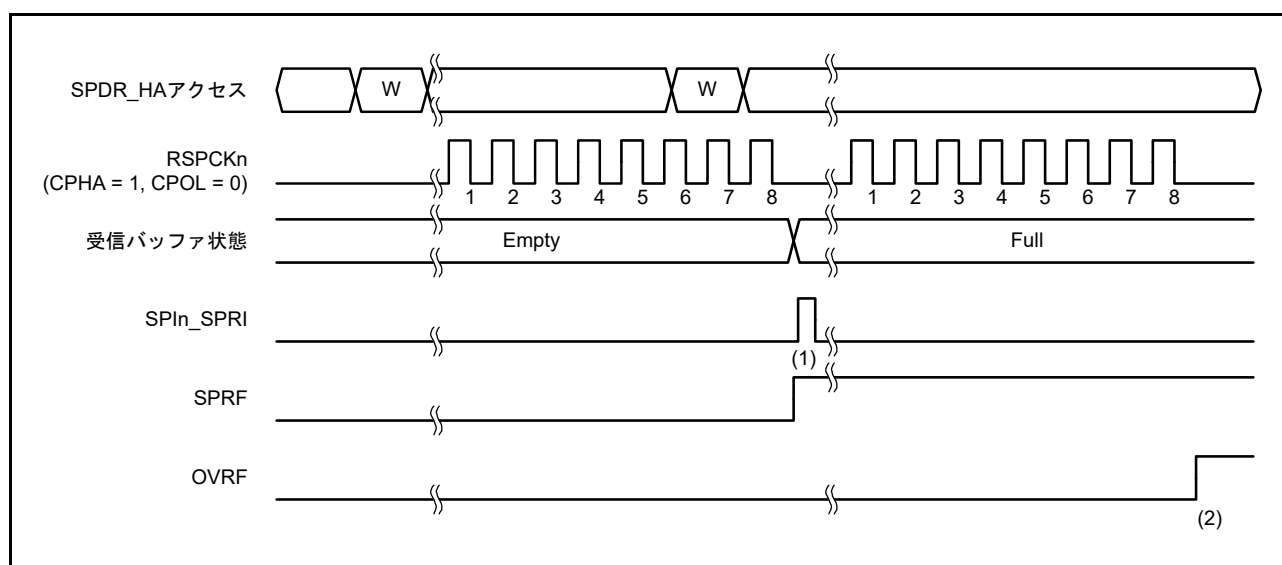


図 32.28 SPCR.TXMD = 0 の動作例

以下に、図 32.28 の (1)、(2) に示したタイミングでのフラグ動作を説明します。

- (1) SPDR_HA レジスタの受信バッファが空の状態ではシリアル転送が終了すると、SPI は受信バッファフル割り込み要求 (SPIIn_SPRI) を発生させ、SPSR.SPRF フラグを 1 にして、シフトレジスタの受信データを受信バッファにコピーします。
- (2) SPDR_HA レジスタの受信バッファに以前のシリアル転送の受信データがある状態でシリアル転送が終了すると、SPI は SPSR.OVRF フラグを 1 にしてシフトレジスタの受信データを破棄します。

32.3.6.2 送信のみ動作 (SPCR.TXMD = 1)

図 32.29 に、通信動作モード選択ビット (SPCR.TXMD) を 1 にした場合の動作例を示します。この例では、SPI0 の場合は SPDCR.SPFC[1:0] ビットが 00b、SPCMDm.CPHA ビットが 1、SPCMDm.CPOL ビットが 0 の設定で、SPI1 の場合は SPCMD0.CPHA ビットが 1、SPCMD0.CPOL ビットが 0 の設定で、SPI が 8 ビットのシリアル転送を実行しています。RSPCKn 波形の下に記載した数字は RSPCK サイクル数 (= 転送ビット数) を示しています。

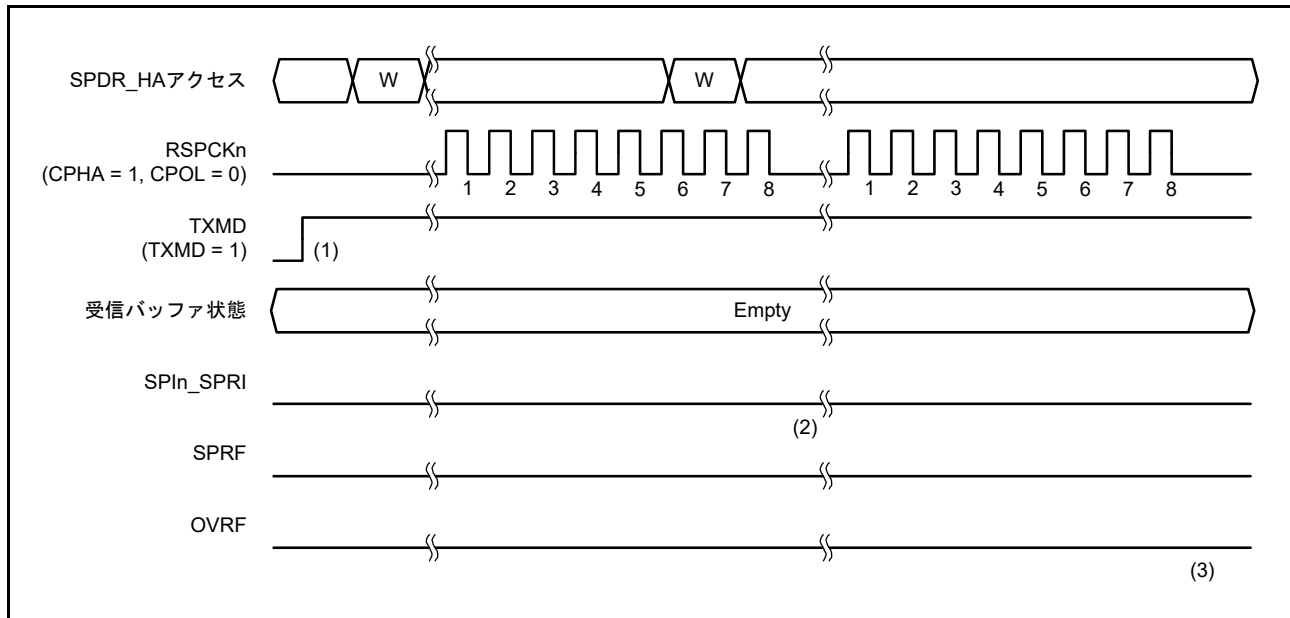


図 32.29 SPCR.TXMD = 1 の動作例

以下に、図 32.29 の (1) ~ (3) に示したタイミングでのフラグの動作内容を説明します。

- (1) 送信のみ動作 (SPCR.TXMD = 1) への遷移は、受信バッファにデータが残っていないこと (SPSR.SPRF = 0)、SPSR.OVRF フラグが 0 であることを確認してから、行ってください。
- (2) SPDR_HA レジスタの受信バッファが空の状態ではシリアル転送が終了すると、送信のみモード (SPCR.TXMD = 1) を選択している場合、SPSR.SPRF フラグは 0 を保持し、SPI はシフトレジスタのデータを受信バッファへコピーしません。
- (3) SPDR_HA レジスタの受信バッファに以前のシリアル転送の受信データは存在しないため、シリアル転送が終了しても、SPSR.OVRF フラグは 0 を保持し、シフトレジスタのデータを受信バッファへコピーしません。

送信のみ動作 (SPCR.TXMD = 1) では、SPI はデータを送信しますが、受信はしません。そのため、SPSR.SPRF および SPSR.OVRF フラグは (1) ~ (3) それぞれのタイミングで 0 を保持します。

32.3.7 送信バッファエンプティ/受信バッファフル割り込み

図 32.30 および図 32.31 に、送信バッファエンプティ割り込み (SPIn_SPTI) と受信バッファフル割り込み (SPIn_SPRI) の動作例を示します。これらの図に記載のレジスタアクセスは、SPDR_HA レジスタへのアクセス状況を示しています。“W”はライトサイクル、“R”はリードサイクルを示しています。図 32.26 では、SPI0 の場合は SPCR.TXMD ビットが 0、SPDCR.SPFC[1:0] ビットが 00b、SPCMDm.CPHA ビットが 0、SPCMDm.CPOL ビットが 0 の設定で、SPI1 の場合は SPCR.TXMD ビットが 0、SPCMD0.CPHA ビットが 0、SPCMD0.CPOL ビットが 0 の設定で、SPI が 8 ビットのシリアル転送を実行しています。

図 32.27 では、SPI0 の場合は SPCR.TXMD ビットが 0、SPDCR.SPFC[1:0] ビットが 00b、SPCMDm.CPHA ビットが 1、SPCMDm.CPOL ビットが 0 の設定で、SPI1 の場合は SPCR.TXMD ビットが 0、SPCMD0.CPHA ビットが 1、SPCMD0.CPOL ビットが 0 の設定で、SPI が 8 ビットのシリアル転送を実行しています。RSPCKn 波形の下に記載した数字は、転送ビット数などの RSPCK サイクル数を示しています。

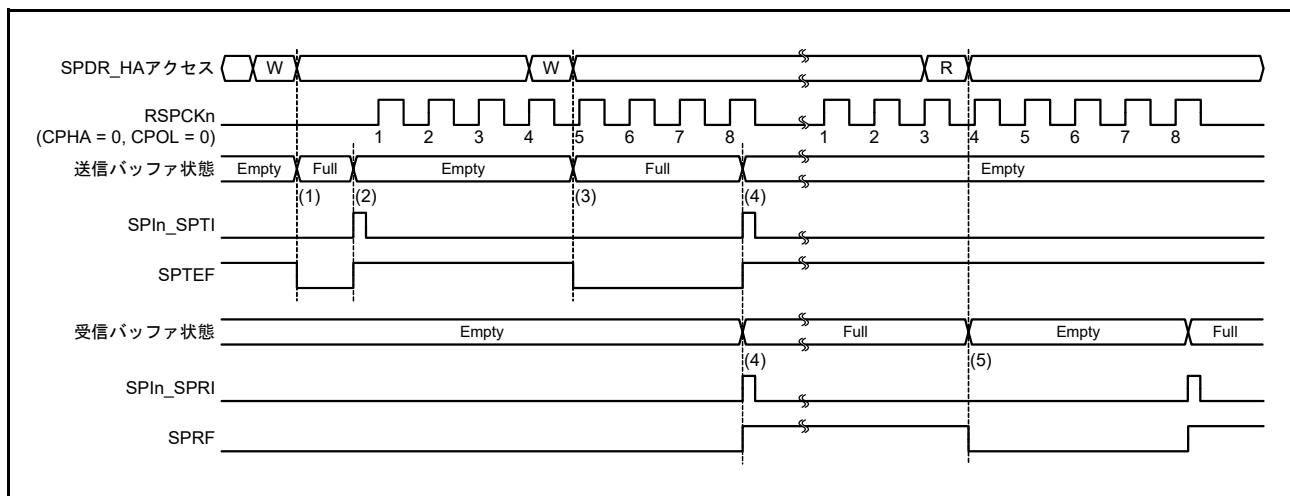


図 32.30 SPIn_SPTI、SPIn_SPRI 割り込みの動作例 (CPHA = 0、CPOL = 0)

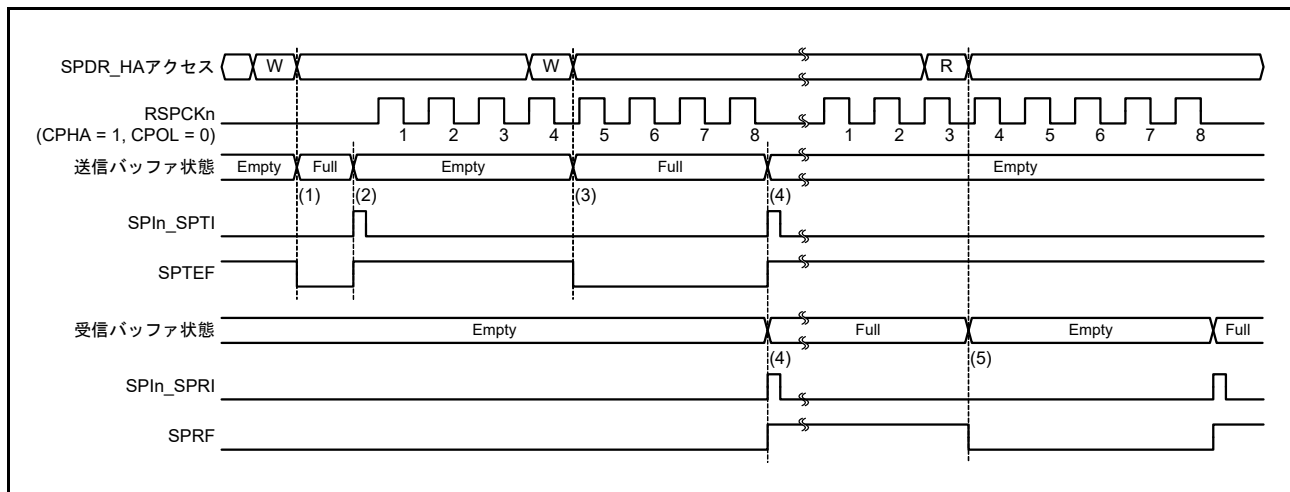


図 32.31 SPIn_SPTI、SPIn_SPRI 割り込みの動作例 (CPHA = 1、CPOL = 0)

以下に、図 32.31 の (1) ~ (5) での SPI の動作内容を説明します。

- (1) SPDR_HA レジスタの送信バッファが空の (次転送のデータがセットされていない) 状態で、SPDR_HA レジスタに送信データを書き込むと、SPI は送信バッファにデータを書き込み、SPSR.SPTEF フラグを 0 にクリアします。
- (2) シフトレジスタが空の場合には、SPI は送信バッファのデータをシフトレジスタにコピーして送信バッファエンプティ割り込み要求 (SPIn_SPTI) を発生させ、SPSR.SPTEF フラグを 1 にします。なお、シリアル転送の開始方法は、SPI のモードに依存します。詳細は、32.3.10 SPI 動作および 32.3.11 クロック同期式動作を参照してください。

- (3) 送信バッファエンプティ割り込みルーチン、または SPTEF フラグによる送信バッファエンプティの処理で SPDR_HA レジスタに送信データを書き込むと、SPI は送信バッファにデータを書き込み、SPTEF フラグを 0 にクリアします。シフトレジスタにはシリアル転送中のデータが格納されているため、SPI は送信バッファのデータをシフトレジスタにコピーしません。
- (4) SPDR_HA レジスタの受信バッファが空の状態ではシリアル転送が終了すると、SPI はシフトレジスタの受信データを受信バッファにコピーし、受信バッファフル割り込み要求 (SPI_{IN}_SPRI) を発生させ、SPRF フラグを 1 にします。また、シリアル転送が終了するとシフトレジスタが空になるため、シリアル転送が終了する前に送信バッファがフルであった場合には、SPI が SPTEF フラグを 1 にし、送信バッファのデータをシフトレジスタにコピーします。なお、オーバーランエラー発生状態で、シフトレジスタから受信バッファへ受信データをコピーしなかった場合でも、シリアル転送が終了すると SPI はシフトレジスタが空であると判断し、送信バッファからシフトレジスタへのデータ転送が可能な状態になります。
- (5) 受信バッファフル割り込みルーチン、または SPRF フラグによる受信バッファフル割り込みの処理で SPDR_HA レジスタを読み出すと、受信データが読み出せます。

送信バッファに未送信のデータがある状態 (SPTEF = 0) で、SPDR_HA レジスタへ書き込みが行われた場合には、SPI は送信バッファのデータを更新しません。SPDR_HA レジスタへ書き込む場合は、送信バッファエンプティ割り込み要求を使用するか、または SPTEF フラグによる送信バッファエンプティ割り込みの処理を行ってください。また、送信バッファエンプティ割り込みを利用する場合には、SPCR.SPTIE ビットを 1 にしてください。

SPI 機能が無効 (SPCR.SPE = 0) の場合には、SPTIE ビットを 0 にしてください。

受信バッファフルの状態 (SPRF = 1) で、シリアル転送が終了した場合には、SPI はシフトレジスタから受信バッファへデータをコピーせず、オーバーランエラーを検出します (32.3.8 エラー検出を参照してください)。受信データのオーバーランエラーを防ぐために、受信バッファフル割り込み要求で、次のシリアル転送終了よりも前に受信データを読み出してください。また、SPI 受信バッファフル割り込みを利用する場合には、SPCR.SPRIE ビットを 1 にしてください。

送信/受信バッファの状態は、送信/受信割り込み、または関連する ICU の IELSR_j.IR フラグ (j は割り込みベクタ番号) によって確認することが可能です。同様に、SPTEF および SPRF フラグによっても、送信/受信バッファの状態を確認できます。割り込みベクタ番号については、「14. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

32.3.8 エラー検出

通常の SPI のシリアル転送では、SPDR/SPDR_HA レジスタの送信バッファに書き込んだデータが送信され、受信したデータは SPDR/SPDR_HA レジスタの受信バッファから読み出すことができます。SPDR/SPDR_HA レジスタにアクセスがあった場合、送信または受信バッファの状態やシリアル転送の開始時または終了時の SPI の状態によって、通常以外の転送となることがあります。

通常以外の転送が発生した場合には、SPI はアンダーランエラー、オーバーランエラー、パリティエラー、またはモードフォルトエラーとして検出します。表 32.8 に、通常以外の転送動作と SPI のエラー検出機能の関係を示します。

表 32.8 通常以外の転送動作と SPI のエラー検出機能の関係

| | 発生条件 | SPI 動作 | エラー検出 |
|---|--|--|------------|
| 1 | 送信バッファフルの状態です PDR/SPDR_HA レジスタに書き込み | <ul style="list-style-type: none"> 送信バッファ内容を保持 書き込みデータ欠落 | なし |
| 2 | 受信バッファエンプティの状態です PDR/SPDR_HA レジスタを読み出し | 受信バッファ内容および受信済みデータを出力 | なし |
| 3 | SPI がデータ送信不能のときに、スレーブモードでシリアル転送が開始 | <ul style="list-style-type: none"> シリアル転送を中断 送受信データ欠落 MISOA 出力信号のドライブ停止 SPI 機能は無効 | アンダーランエラー |
| 4 | 受信バッファフルの状態です、シリアル転送が終了 | <ul style="list-style-type: none"> 受信バッファ内容を保持 受信データ欠落 | オーバーランエラー |
| 5 | 全二重同期式シリアル通信時にパリティ機能が有効な状態で誤ったパリティビットを受信 | パリティエラーフラグのアサート | パリティエラー |
| 6 | マルチマスタモードでシリアル転送アイドル時に SSLn0 入力信号アサート | <ul style="list-style-type: none"> RSPCKn、MOSIn、SSLn1～SSLn3 出力信号のドライブ停止 SPI 機能は無効 | モードフォルトエラー |
| 7 | マルチマスタモードでシリアル転送中に SSLn0 入力信号アサート | <ul style="list-style-type: none"> シリアル転送を中断 送受信データ欠落 RSPCKn、MOSIn、SSLn1～SSLn3 出力信号のドライブ停止 SPI 機能は無効 | モードフォルトエラー |
| 8 | スレーブモードでシリアル転送中に SSLn0 入力信号ネゲート | <ul style="list-style-type: none"> シリアル転送を中断 送受信データ欠落 MISO 出力信号のドライブ停止 SPI 機能は無効 | モードフォルトエラー |

表 32.8 の 1 に示した動作に対しては、SPI はエラーを検出しません。SPDR/SPDR_HA レジスタへの書き込み時にデータを欠落させないために、送信バッファエンプティ割り込み要求で SPDR/SPDR_HA レジスタへの書き込みを実行してください (SPSR.SPTEF フラグ = 1 の場合)。

2 に示した動作に対しても、SPI はエラーを検出しません。不要なデータを読み出さないようにするためには、SPI 受信バッファフル割り込み要求で SPDR/SPDR_HA レジスタの読み出しを実行するようにしてください (SPSR.SPRF フラグ = 1 の場合)。

詳細情報の参照先：

- 動作 3 に示したアンダーランエラーについては、[32.3.8.4 アンダーランエラー](#)を参照してください
- 動作 4 に示したオーバーランエラーについては、[32.3.8.1 オーバーランエラー](#)を参照してください
- 動作 5 に示したパリティエラーについては、[32.3.8.2 パリティエラー](#)を参照してください
- 動作 6～8 に示したモードフォルトエラーについては、[32.3.8.3 モードフォルトエラー](#)を参照してください

送受信の割り込みについては、[32.3.7 送信バッファエンプティ/受信バッファフル割り込み](#)を参照してください。

32.3.8.1 オーバーランエラー

SPDR/SPDR_HA レジスタの受信バッファフル状態でシリアル転送が終了すると、SPI はオーバーランエラーを検出して SPSR.OVRF フラグを 1 にします。OVRF フラグが 1 の状態では、SPI はシフトレジスタのデータを受信バッファにコピーしないので、受信バッファにはエラー発生前のデータが保持されます。OVRF フラグを 0 にするには、OVRF フラグが 1 の状態の SPSR レジスタを CPU が読み出した後に、OVRF フラグに 0 を書いてください。

図 32.32 に、OVRF フラグと SPRF フラグの動作例を示します。図 32.32 に記載した SPSR アクセスと SPDR_HA アクセスは、それぞれ SPSR、SPDR_HA レジスタへのアクセス状況を示しています。“W” は書き込みサイクル、“R” は読み出しサイクルを示しています。図 32.32 では、SPCMDm.CPHA ビットが 1、SPCMDm.CPOL ビットが 0 の設定で、SPI が 8 ビットのシリアル転送を実行しています。RSPCKn 波形の下に記載した数字は、転送ビット数などの RSPCK サイクル数を示しています。

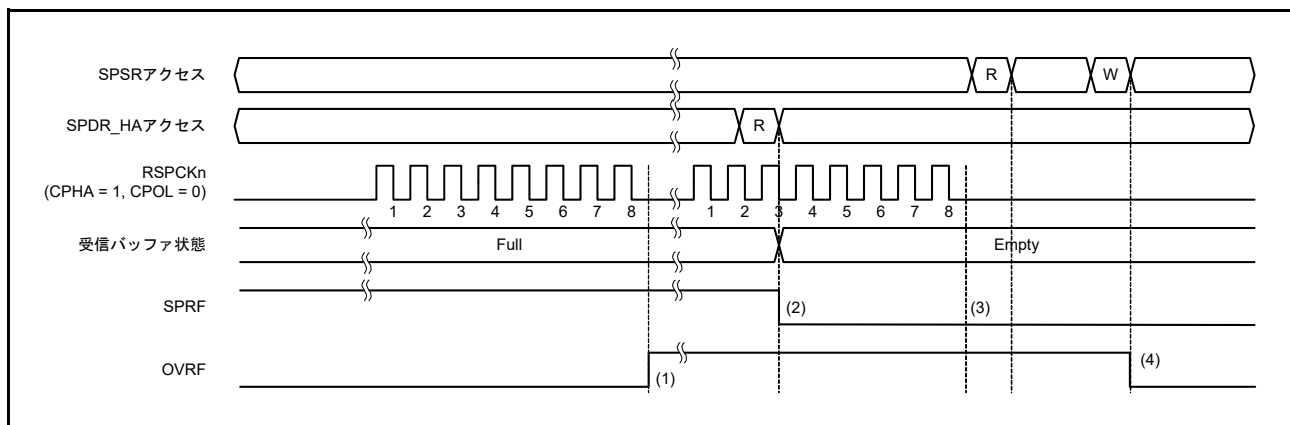


図 32.32 OVRF フラグおよび SPRF フラグの動作例

以下に、図 32.32 の (1) ~ (4) に示したタイミングでのフラグの動作内容を説明します。

- (1) SPRF フラグが 1 (受信バッファフル) の状態でシリアル転送が終了すると、SPI がオーバーランエラーを検出し、OVRF フラグを 1 にします。SPI はシフトレジスタのデータを受信バッファにコピーしません。また、SPPE ビットが 1 であってもパリティエラーの検出は行いません。SPI0 のマスタモードの場合、SPI は SPCMDm ポインタの値を SPSR.SPECM[2:0] ビットにコピーします。
- (2) SPDR/SPDR_HA レジスタを読み出すと、SPI は受信バッファのデータを出力します。その後、SPRF フラグが 0 になります。受信バッファが空になっても、OVRF フラグは 0 になりません。
- (3) OVRF フラグが 1 の状態 (オーバーランエラー) でシリアル転送が終了した場合には、SPI はシフトレジスタのデータを受信バッファにコピーしません (SPRF フラグは 1 になりません)。受信バッファフル割り込みも発生しません。また、SPPE ビットが 1 であってもパリティエラーの検出は行いません。SPI0 のマスタモードの場合、SPI は SPSR.SPECM[2:0] ビットを更新しません。オーバーランエラー発生状態で、SPI がシフトレジスタから受信バッファへ受信データをコピーしなかった場合でも、シリアル転送が終了すると SPI はシフトレジスタを空であると判定します。これにより、送信バッファからシフトレジスタへのデータ転送が可能な状態になります。
- (4) OVRF フラグが 1 の状態で SPSR レジスタを読んだ後、OVRF フラグに 0 を書くと、OVRF フラグは 0 になります。

SPSR レジスタの読み出し、あるいは SPI エラー割り込みと SPSR レジスタの読み出しによって、オーバーランの発生を確認できます。シリアル転送を実行する場合には、SPDR_HA レジスタの読み出し直後に SPSR レジスタを読み出すなどの方法で、オーバーランエラー発生を早期に検出できるように対処してください。SPI が SPI0 のマスタモードの場合、SPSSR.SPECM[2:0] ビットを読み出すことで、エラー発生時の SPCMDm レジスタに対するポインタ値を確認できます。

オーバーランエラーが発生して OVRF フラグが 1 になると、OVRF フラグが 0 になるまで正常な受信動作ができなくなります。

マスタモードで RSPCK 自動停止機能を有効にした場合は、オーバーランエラーが発生しません。図 32.33、図 32.34 にマスタモードの受信バッファフル状態でシリアル転送が継続するときのクロック停止波形を示します。

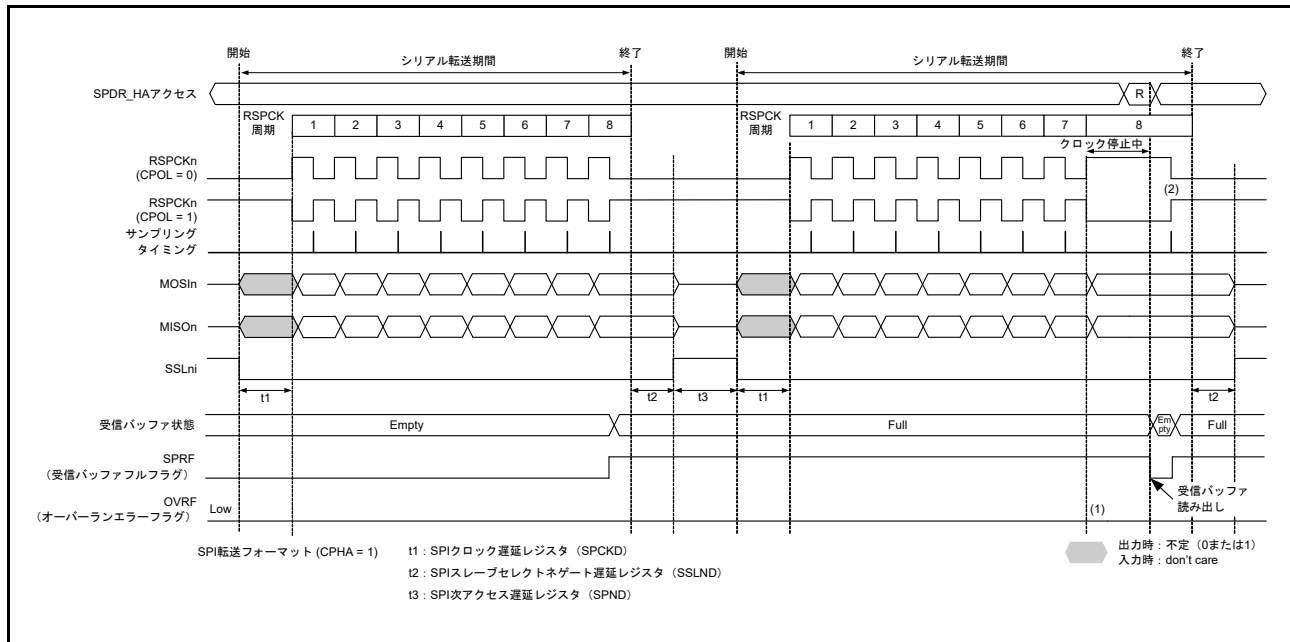


図 32.33 マスタモードの受信バッファフル状態でシリアル転送が継続するときのクロック停止波形 (CPHA = 1)

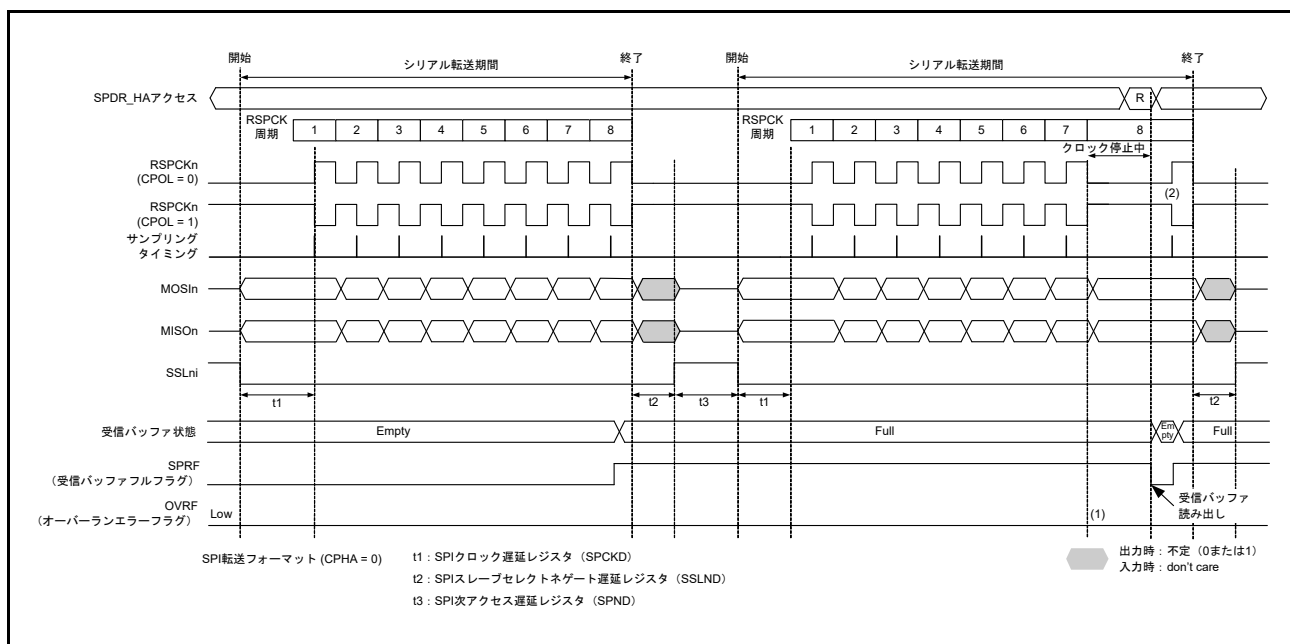


図 32.34 マスタモードの受信バッファフル状態でシリアル転送が継続するときのクロック停止波形 (CPHA = 0)

以下に、図 32.33 および図 32.34 の (1)、(2) に示したタイミングでのフラグ動作を説明します。

- (1) 受信バッファフルの場合は、RSPCK クロックが停止するためオーバーランエラーは発生しません。
- (2) クロック停止中に SPDR/SPDR_HA レジスタを読み出すと、受信バッファのデータが読み出せます。受信バッファの読み出し後 (SPSR.SPRF フラグが 0 にされた後)、RSPCK クロックが再開します。

32.3.8.2 パリティエラー

SPCR.TXMD ビットが 0、SPCR2.SPPE ビットが 1 の状態で、全二重同期式シリアル通信を行い、転送が終了すると、SPI はパリティエラーの判定を行います。SPI は、受信データにパリティエラーを検出すると、SPSR.PERF フラグを 1 にします。SPSR.OVRF フラグが 1 の状態では、SPI はシフトレジスタのデータを受信バッファにコピーしないので、受信データに対するパリティエラーの検出は行いません。PERF フラグを 0 にするためには、PERF フラグが 1 の状態の SPSR レジスタを読んだ後、PERF フラグに 0 を書いてください。

図 32.35 に、OVRF フラグと PERF フラグの動作例を示します。図 32.35 に記載した SPSR アクセスでは、W は書き込みサイクル、R は読み出しサイクルを示しています。図 32.35 の例では、SPCR.TXMD ビットが 0、SPCR2.SPPE ビットが 1 の状態で全二重同期式シリアル通信を行います。SPCMDm.CPHA ビットが 1、SPCMDm.CPOL ビットが 0 の設定で、SPI が 8 ビットのシリアル転送を実行しています。RSPCKn 波形の下に記載した数字は、転送ビット数などの RSPCK サイクル数を示しています。

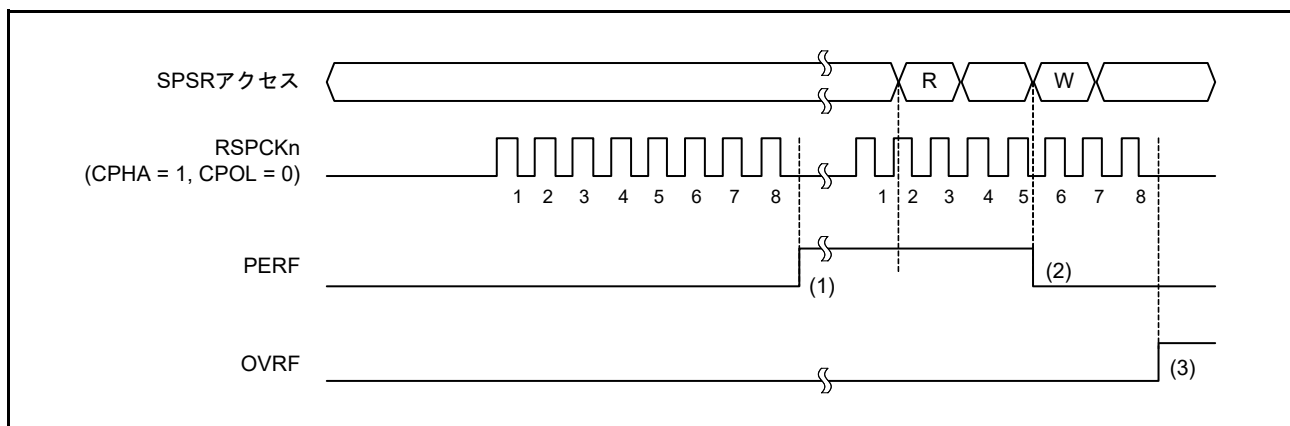


図 32.35 OVRF フラグおよび PERF フラグの動作例

以下に、図 32.35 の (1) ~ (3) に示したタイミングでのフラグの動作内容を説明します。

- (1) SPI がオーバーランエラーを検出せず、シリアル転送が終了すると、SPI はシフトレジスタのデータを受信バッファにコピーします。このとき、SPI が受信データをチェックし、パリティエラーを検出すると PERF フラグを 1 にします。SPI0 のマスタモードの場合、SPI は SPCMDm ポインタの値を SPSR.SPECM[2:0] ビットにコピーします。
- (2) PERF フラグが 1 の状態で SPSR レジスタを読んだ後、PERF フラグに 0 を書くと、PERF フラグは 0 になります。
- (3) SPI がオーバーランエラーを検出し、シリアル転送が終了すると、シフトレジスタのデータを受信バッファにコピーしません。このとき、SPI はパリティエラーを検出しません。

SPSR レジスタの読み出し、あるいは SPI エラー割り込みと SPSR レジスタの読み出しによって、パリティエラーの発生を確認できます。シリアル転送を実行する場合には、SPSR レジスタエラーを読み出すなどの方法で、パリティエラー発生を早期に検出できるように対処してください。SPI が SPI0 のマスタモードの場合、SPSR.SPECM[2:0] ビットを読み出すことで、エラー発生時の SPCMDm レジスタに対するポインタ値を確認できます。

32.3.8.3 モードフォルトエラー

SPCR.MSTR ビットが 1、SPCR.SPMS ビットが 0、SPCR.MODFEN ビットが 1 の場合には、SPI はマルチマスタモードで動作します。マルチマスタモードの SPI の SSLn0 入力信号に対してアクティブレベルが入力されると、シリアル転送状態にかかわらず、SPI はモードフォルトエラーを検出して SPSR.MODF フラグを 1 にします。SPI は SPI0 のモードフォルトエラーを検出すると、SPCMDm ポインタの値を SPSR.SPECM[2:0] ビットにコピーします。なお、SSLn0 信号のアクティブレベルは、SSLP.SSL0P ビットによって決定されます。

MSTR ビットが 0 の場合には、SPI はスレーブモードで動作します。スレーブモードの SPI の MODFEN ビットが 1、SPMS ビットが 0 の場合、シリアル転送期間（有効データのドライブ開始から最終有効データの取り込みまで）に SSLn0 入力信号がネゲートされると、SPI はモードフォルトエラーを検出します。

SPI はモードフォルトエラーを検出すると、出力信号のドライブ停止および SPCR.SPE ビットを 0 にクリアします（32.3.9 SPI の初期化を参照）。マルチマスタ構成の場合には、モードフォルトエラーの検出によって出力信号のドライブと SPI 機能を停止させ、マスタであることを解除できます。

モードフォルトエラーの発生は、SPSR レジスタの読み出し、あるいは SPI エラー割り込みと SPSR レジスタの読み出しによって確認できます。SPI エラー割り込みを利用せずにモードフォルトエラーを検出するためには、SPSR レジスタをポーリングする必要があります。SPI を SPI0 のマスタモードで使用する場合、SPSR.SPECM[2:0] ビットを読み出すことで、エラー発生時の SPCMDm ポインタ値を確認できます。

MODF フラグが 1 の状態では、SPI は SPE ビットへの 1 の書き込みを無視します。モードフォルトエラー検出後に SPI 機能を有効にするには、MODF フラグを 0 にしてください。

32.3.8.4 アンダーランエラー

SPCR.MSTR ビットが 0（スレーブモード）、SPCR.SPE ビットが 1、かつ送信データが準備されていない状態でシリアル転送が開始すると、SPI はアンダーランエラーを検出します。その後、SPI は SPSR.MODF および SPSR.UDRF フラグを 1 にします。

SPI はアンダーランエラーを検出すると、出力信号のドライブ停止および SPCR.SPE ビットを 0 にクリアします（32.3.9 SPI の初期化を参照）。

アンダーランエラーは、SPSR レジスタの読み出し、あるいは SPI エラー割り込みと SPSR レジスタの読み出しによって確認できます。SPI エラー割り込みを利用せずにアンダーランエラーを検出するためには、SPSR レジスタをポーリングする必要があります。

MODF フラグが 1 の状態では、SPI は SPE ビットへの 1 の書き込みを無視します。アンダーランエラー検出後に SPI 機能を有効にするには、MODF フラグを 0 にしてください。

32.3.9 SPIの初期化

SPCR.SPE ビットに 0 を書いた場合、あるいは SPI がモードフォルトエラーまたはアンダーランエラーを検出して SPE ビットを 0 にした場合は、SPI は SPI 機能を無効にして、モジュール機能の一部を初期化します。また、システムリセットが発生した場合には、SPI はモジュール機能をすべて初期化します。以下では、SPCR.SPE ビットをクリアすることによる初期化と、システムリセットによる初期化について説明します。

32.3.9.1 SPE ビットのクリアによる初期化

SPCR.SPE ビットを 0 にしたとき、SPI は以下に示す方法で初期化を実施します。

- 実行中のシリアル転送を中断
- スレーブモードの場合、出力信号のドライブ停止 (Hi-Z)
- SPI 内部ステータスの初期化
- SPI 送信バッファの初期化 (SPSR.STEF フラグが 1 になります)

SPE ビットのクリアによる初期化では、SPI の制御ビットは初期化されません。このため、再度 SPE ビットを 1 にすれば初期化前と同じ転送モードで SPI を起動できます。

SPSR.SPRF、SPSR.OVRF、SPSR.MODF、SPSR.PERF、および SPSR.UDRF フラグの値は初期化されません。また、SPI シーケンスステータスレジスタ (SPSSR) の値も SPI0 用に初期化はされません。このため、SPI の初期化後も受信バッファからデータを読み出すことで、SPI 転送時のエラー状況を確認できます。

送信バッファは空の状態に初期化されます (SPSR.SPTEF フラグが 1 になります)。このため、SPI 初期化後に SPCR.SPTIE ビットを 1 にしていると、送信バッファエンプティ割り込みが発生します。SPI を初期化する場合に、送信バッファエンプティ割り込みを禁止するためには、SPE ビットへの 0 書き込みと同時に SPTIE ビットにも 0 を書き込んでください。

32.3.9.2 システムリセットによる初期化

システムリセットでは、[32.3.9.1 SPE ビットのクリアによる初期化](#)に記載の要件に加え、SPI 制御用の全ビット、ステータスビット、およびデータレジスタが初期化され、SPI が完全に初期化されます。

32.3.10 SPI 動作

32.3.10.1 マスタモード動作

シングルマスタモード動作とマルチマスタモード動作の違いは、モードフォルトエラー検出の使用のみです (32.3.8 エラー検出を参照)。SPI は、シングルマスタモードではモードフォルトエラーを検出しませんが、マルチマスタモードでは検出します。以下では、シングル/マルチマスタモードで共通する動作について説明します。

(1) シリアル転送の開始

SPI 送信バッファが空き状態で SPI データレジスタ (SPDR/SPDR_HA) にデータが書き込まれ、次転送のデータがセットされていない (SPSR.SPTEF フラグ=1) とき、SPI は送信バッファ (SPTX) のデータを更新します。SPI0 で、SPDCR.SPFC[1:0] ビットで設定したフレーム数分のデータを SPDR/SPDR_HA レジスタへ書き込んだ後、シフトレジスタが空になった場合は (SPI1 ではシフトレジスタが空の場合)、SPI は送信バッファのデータをシフトレジスタにコピーしてシリアル転送を開始します。SPI は、シフトレジスタに送信データをコピーすると、シフトレジスタのステータスを「フル」に変更し、シリアル転送が終了すると、シフトレジスタのステータスを「空」に変更します。シフトレジスタのステータスを参照することはできません。

SSLni 出力端子の極性は、SSLP レジスタの設定値で決まります。SPI の転送フォーマットの詳細については、32.3.5 転送フォーマットを参照してください。

(2) シリアル転送の終了

SPCMDm.CPHA ビットの設定にかかわらず、SPI は最終サンプリングタイミングに対応する RSPCKn エッジを送出するとシリアル転送を終了します。受信バッファ (SPRX) が空 (SPSR.SPRF=0) の場合には、シリアル転送終了後に SPI はシフトレジスタから SPDR/SPDR_HA レジスタの受信バッファにデータをコピーします。

注 . 最終サンプリングタイミングは転送データのビット長に依存して変化します。マスタモードの SPI のデータ長は、SPCMDm.SPBR[3:0] ビットの設定値で決まります。SSLni 出力端子の極性は、SSLP レジスタの設定値で決まります。SPI の転送フォーマットの詳細については、32.3.5 転送フォーマットを参照してください。

(3) シーケンス制御

(a) SPI0

マスタモード時の転送フォーマットは、SPSCR レジスタ、SPCMDm レジスタ、SPBR レジスタ、SPCKD レジスタ、SSLND レジスタ、および SPND レジスタによって決定されます。

SPSCR レジスタは、マスタモードの SPI で実行するシリアル転送のシーケンス構成を決定するためのレジスタです。SPCMDm レジスタでは、以下の項目を設定します。

- SSLni 端子の出力信号値
- MSB/LSB ファースト
- データ長
- ビットレート設定の一部
- RSPCK 極性/位相
- SPCKD レジスタの参照要否
- SSLND レジスタの参照要否
- SPND レジスタの参照要否

SPBR レジスタは、SPI クロック遅延 (SPCKD)、SSL ネゲート遅延 (SSLND)、次アクセス遅延 (SPND) などの、ビットレート設定値の一部を保持しています。

SPIは、SPSCRレジスタに設定されたシーケンス長に従って、SPCMDmレジスタの一部/全部からなるシーケンスを構成します。SPIには、シーケンスを構成しているSPCMDmレジスタに対するポインタが存在します。このポインタの値は、SPSSR.SPCP[2:0]ビットの読み出しによって確認できます。SPCR.SPEビットを1にしてSPI機能を有効にすると、SPIはコマンドに対するポインタをSPCMD0レジスタにセットし、シリアル転送の開始時にSPCMD0レジスタの設定内容を転送フォーマットに反映します。SPIは、各データ転送の次アクセス遅延期間が終了するたびにポインタをインクリメントします。シーケンスの最終コマンドに対応するシリアル転送が終了すると、SPIはシーケンスを繰り返し実行するように、ポインタをSPCMD0レジスタにセットします。

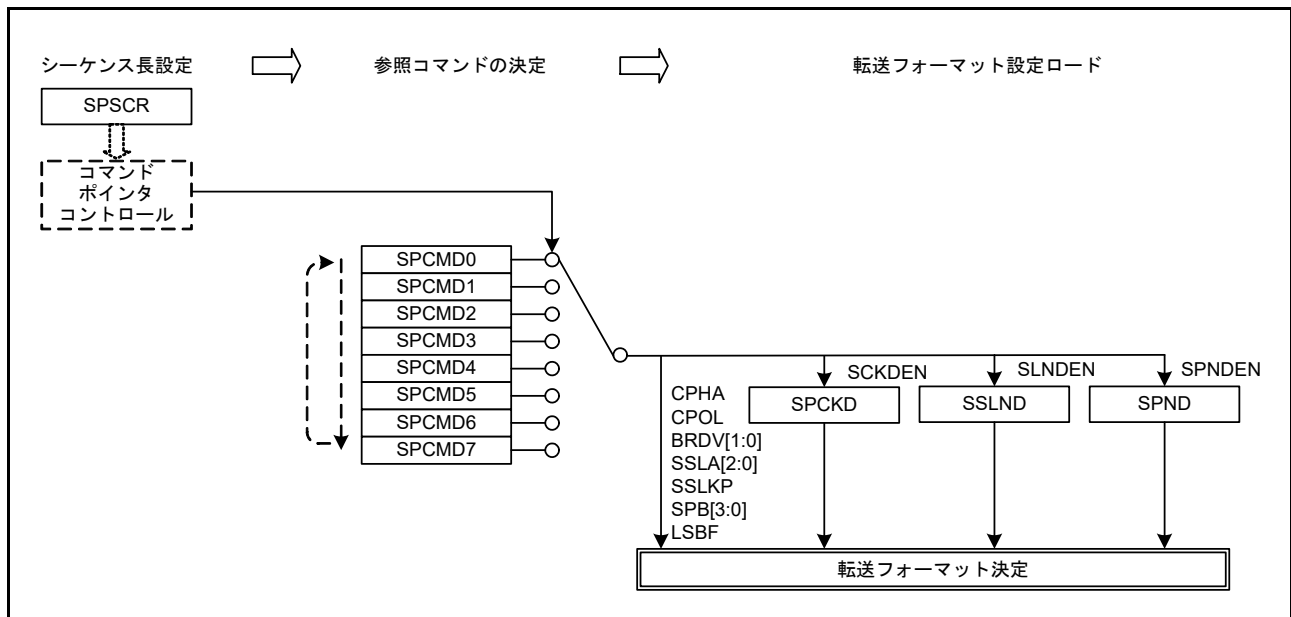


図 32.36 マスタモードでのシリアル転送フォーマットの決定方法 (SPI0)

ここでは、SPDR/SPDR_HAデータとSPCMDm設定の2つを合わせてフレームとします。

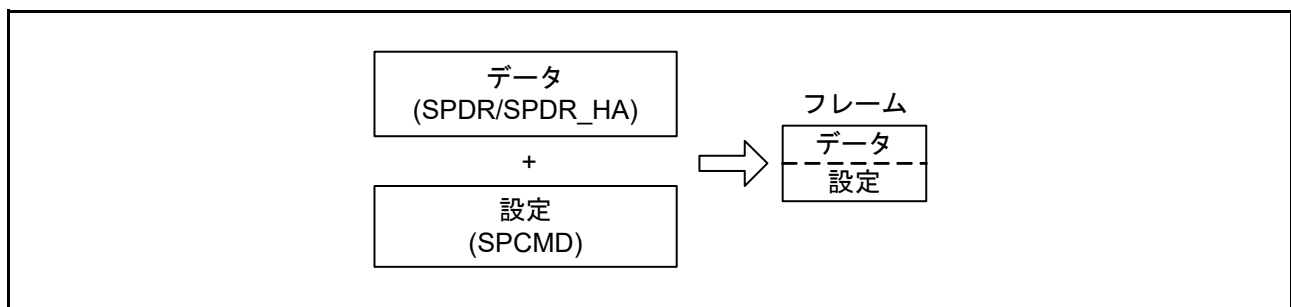


図 32.37 フレームの概念図 (SPI0)

表 32.4 の設定でシーケンス動作を行ったときのコマンドと送信バッファ/受信バッファの関係を図 32.38 に示します。

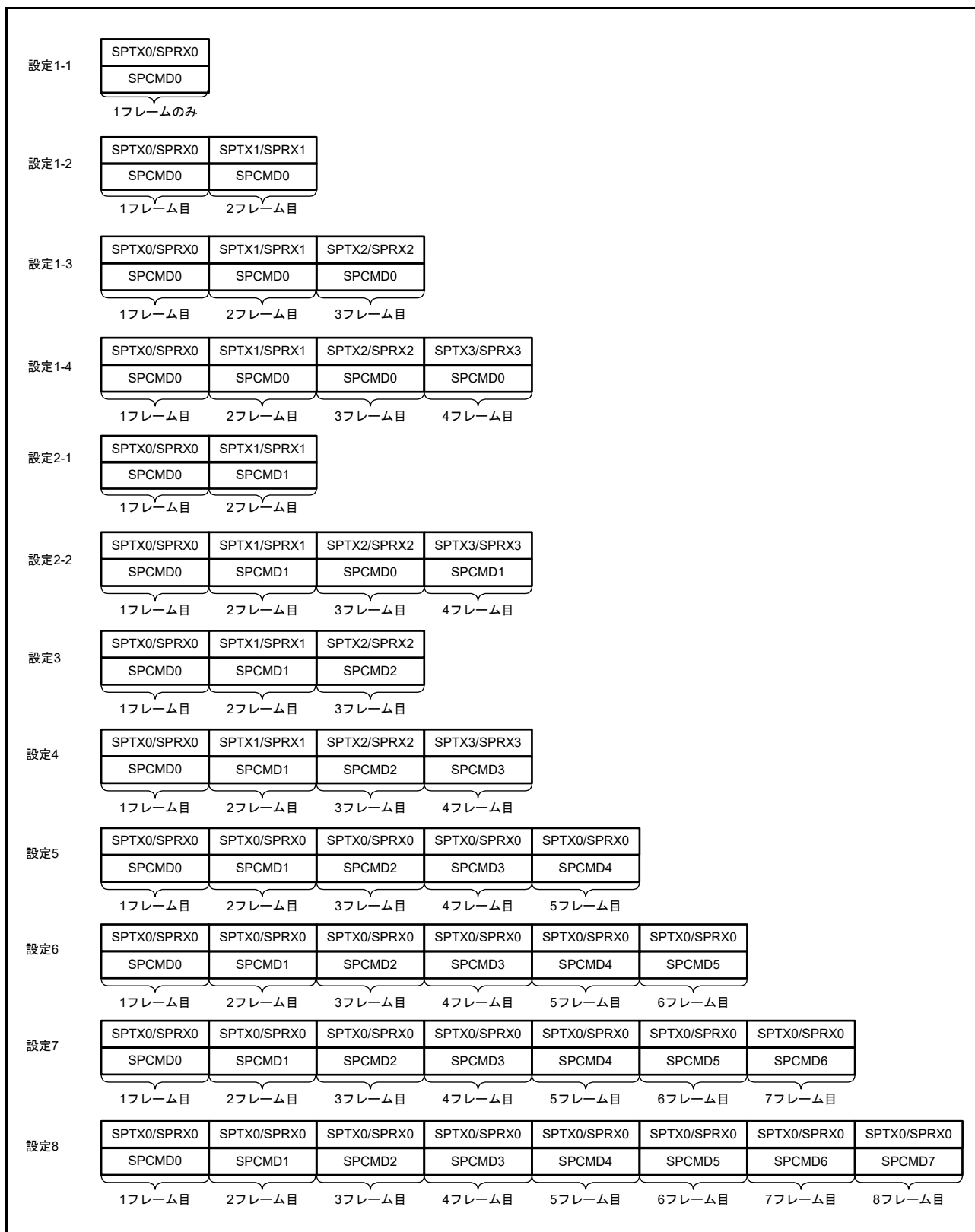


図 32.38 シーケンス動作時の SPI コマンドレジスタ (SPCMDm) と送受信バッファの関係 (SPI0)

(b) SPI1

マスタモード時の転送フォーマットは、SPSCR レジスタ、SPCMD0 レジスタ、SPBR レジスタ、SPCKD レジスタ、SSLND レジスタ、および SPND レジスタによって決定されます。

SPSCR レジスタは、マスタモードの SPI で実行するシリアル転送のシーケンス構成を決定するためのレジスタです。SPCMD0 レジスタでは、以下の項目を設定します。

- SSLni 端子の出力信号値
- MSB/LSB ファースト
- データ長
- ビットレート設定の一部
- RSPCK 極性/位相
- SPCKD レジスタの参照要否
- SSLND レジスタの参照要否
- SPND レジスタの参照要否

SPBR レジスタは、SPI クロック遅延 (SPCKD)、SSL ネゲート遅延 (SSLND)、次アクセス遅延 (SPND) などの、ビットレート設定の一部を保持しています。

SPI 機能を有効 (SPCR.SPE = 1) にすると、SPI はコマンドに対するポインタを SPCMD0 レジスタにセットし、シリアル転送の開始時に SPCMD0 レジスタの設定内容を転送フォーマットに反映します。

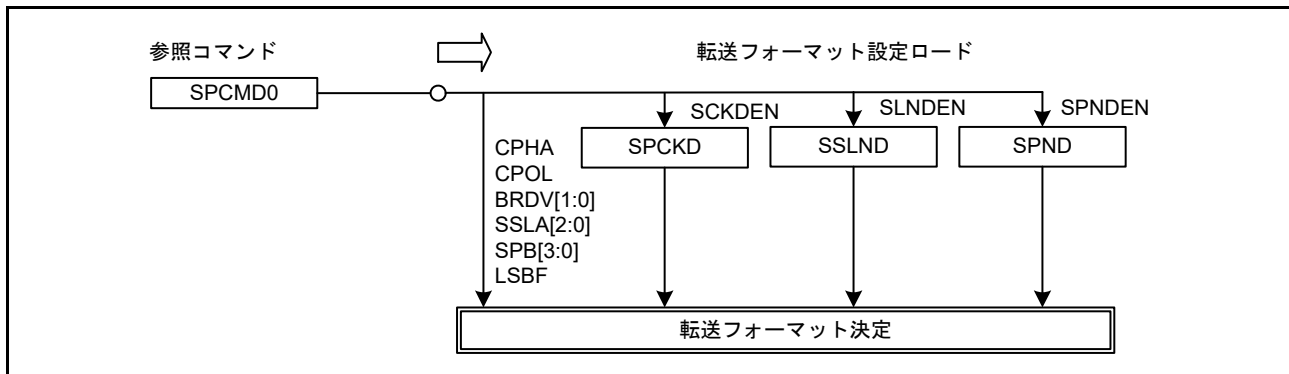


図 32.39 マスタモードでのシリアル転送方式の決定方法 (SPI1)

ここでは、SPDR/SPDR_HA データと SPCMD0 設定の 2 つを合わせてフレームとします。

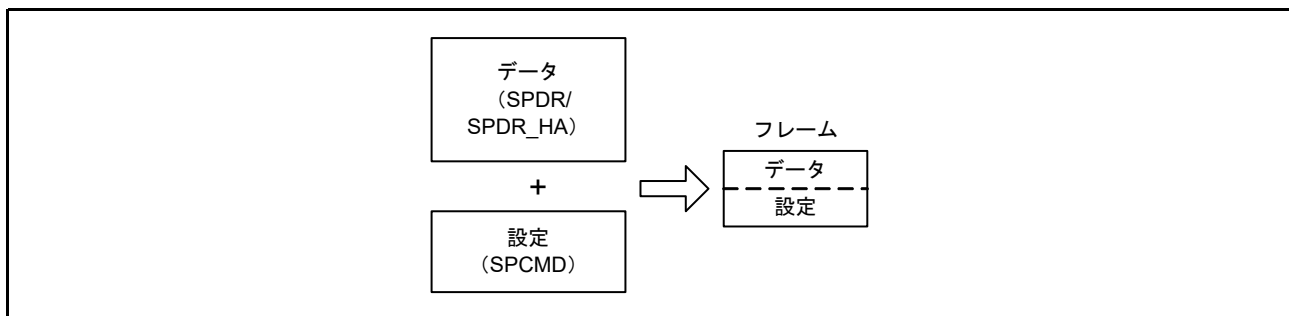


図 32.40 フレームの概念図 (SPI1)

シーケンス動作を行ったときのコマンドと送信バッファ/受信バッファの関係を図 32.41 に示します。



図 32.41 シーケンス動作時の SPI コマンドレジスタと送受信バッファの関係 (SPI1)

(4) バースト転送

- SPI0

SPI が現在のシリアル転送で参照している SPCMDm.SSLKP ビットが 1 の場合には、SPI はシリアル転送中の SSLni 信号レベルを次のシリアル転送の SSLni 信号アサート開始まで保持します。次のシリアル転送での SSLni 信号レベルが、現在のシリアル転送での SSLni 信号レベルと同じであれば、SPI は SSLni 信号アサート状態を保持したまま連続的にシリアル転送を実行することが可能です (バースト転送)。

図 32.42 に、SPCMD0 および SPCMD1 レジスタの設定値を使用してバースト転送を実現した場合の SSLni 信号動作例を示します。図 32.42 に記載した (1) ~ (7) の SPI 動作内容について、以下に説明します。

注 . SSLni 出力信号の極性は、SSLP レジスタの設定値で決まります。

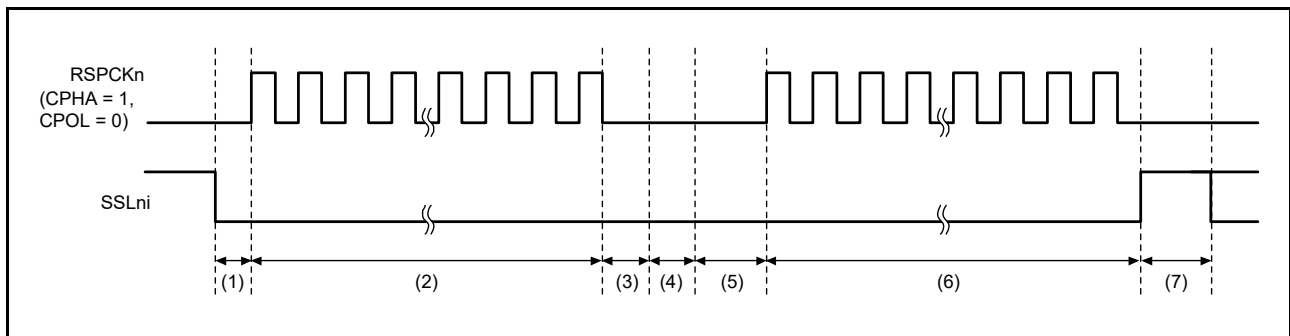


図 32.42 SSLKP ビットを利用したバースト転送の動作例 (SPI0)

1. SPI は、SPCMD0 レジスタに従って SSLni 信号をアサートし RSPCK 遅延を挿入します。
2. SPI は、SPCMD0 レジスタに従ってシリアル転送を実行します。
3. SPI は、SSL ネゲート遅延を挿入します。
4. SPCMD0.SSLKP ビットが 1 であるため、SPI は SPCMD0 レジスタでの SSLni 信号値を保持します。この期間は、最短でも SPCMD0 レジスタの次アクセス遅延と同じだけ継続されます。最短期間が経過してもシフトレジスタが空の場合は、次転送のための送信データがシフトレジスタに格納されるまで、この期間は継続します。
5. SPI は、SPCMD1 レジスタに従って SSLni 信号をアサートし RSPCK 遅延を挿入します。
6. SPI は、SPCMD1 レジスタに従ってシリアル転送を実行します。
7. SPCMD1.SSLKP ビットが 0 であるため、SPI は SSLni 信号をネゲートします。また、SPCMD1 レジスタに従って次アクセス遅延を挿入します。

SSLKP ビットを 1 にした SPCMDm レジスタでの SSLni 信号出力設定と、次転送で使用する SPCMDm レジスタでの SSLni 信号出力設定が異なる場合、SPI は図 32.42 の (5) で示すように、SSLni 信号状態を SSLni 信号アサートに切り替えます。この SSLni 信号は次転送のコマンドに対応しています。

注 . このような SSLni 信号の切り替えが発生した場合、MISO_n 信号をドライブするスレーブが競合して信号レベルの衝突が発生する可能性があります。

マスタモードのSPIは、SSLKPビットを使用しない場合は、SSLni信号動作をモジュール内部で参照しています。SPCMDm.CPHAビットが0の場合でも、SPIは内部で検出した次転送のSSLni信号のアサートを使用してシリアル転送を正確に開始できます。

- SPI1

SPIは連続的なシリアル転送（バースト転送）をサポートしていないため、SSL信号アサート状態が保持されます。ただし、汎用ポートのSSL信号出力を制御することで、バースト転送の実現が可能です。

(5) RSPCK 遅延 (t1)

マスタモードでのRSPCK遅延は、SPCMDm.SCKDENビットの設定値とSPCKDレジスタの設定値で決まります。SPI0の場合、SPIはポインタ制御によってシリアル転送中に参照するSPCMDmレジスタを決定し、SPCMDm.SCKDENビットとSPCKDレジスタを使用して、表32.9のようにRSPCK遅延値を決定します。SPI1の場合、SPIはSPCMD0.SCKDENビットとSPCKDレジスタを使用して、表32.9のようにRSPCK遅延値を決定します。なお、RSPCK遅延の定義については、32.3.5 転送フォーマットを参照してください。

表 32.9 SCKDENビット、SPCKDレジスタ、RSPCK遅延の関係

| SPCMDm.SCKDENビット | SPCKD.SCKDL[2:0]ビット | RSPCK遅延 |
|------------------|---------------------|---------|
| 0 | 000b ~ 111b | 1RSPCK |
| 1 | 000b | 1RSPCK |
| | 001b | 2RSPCK |
| | 010b | 3RSPCK |
| | 011b | 4RSPCK |
| | 100b | 5RSPCK |
| | 101b | 6RSPCK |
| | 110b | 7RSPCK |
| | 111b | 8RSPCK |

(6) SSL ネゲート遅延 (t2)

マスタモードでのSSLネゲート遅延は、SPCMDm.SLNLENビットの設定値とSSLNDレジスタの設定値で決まります。SPI0の場合、SPIはポインタ制御によってシリアル転送中に参照するSPCMDmレジスタを決定し、SPCMDm.SLNLENビットとSSLNDレジスタを使用して、表32.10のようにSSLネゲート遅延値を決定します。SPI1の場合、SPIはSPCMD0.SLNLENビットとSSLNDレジスタを使用して、表32.10のようにSSLネゲート遅延値を決定します。なお、SSLネゲート遅延の定義については、32.3.5 転送フォーマットを参照してください。

表 32.10 SLNLENビット、SSLNDレジスタ、SSLネゲート遅延の関係

| SPCMDm.SLNLENビット | SSLND.SLNLDL[2:0]ビット | SSLネゲート遅延 |
|------------------|----------------------|-----------|
| 0 | 000b ~ 111b | 1RSPCK |
| 1 | 000b | 1RSPCK |
| | 001b | 2RSPCK |
| | 010b | 3RSPCK |
| | 011b | 4RSPCK |
| | 100b | 5RSPCK |
| | 101b | 6RSPCK |
| | 110b | 7RSPCK |
| | 111b | 8RSPCK |

(7) 次アクセス遅延 (t3)

マスタモードでの次アクセス遅延は、SPCMDm.SPNDEN ビットの設定値と SPND レジスタの設定値で決まります。SPI0 の場合、SPI はポインタ制御によってシリアル転送中に参照する SPCMDm レジスタを決定し、SPCMDm.SPNDEN ビットと SPND レジスタを使用して、表 32.11 のようにシリアル転送時の次アクセス遅延値を決定します。SPI1 の場合は、SPI は SPCMD0.SPNDEN ビットと SPND レジスタを使用して、表 32.11 のようにシリアル転送時の次アクセス遅延値を決定します。なお、次アクセス遅延の定義については、32.3.5 転送フォーマットを参照してください。

表 32.11 SPNDEN ビット、SPND レジスタ、次アクセス遅延の関係

| SPCMDm.SPNDEN ビット | SPND.SPNDL[2:0] ビット | 次アクセス遅延 |
|-------------------|---------------------|----------------|
| 0 | 000b ~ 111b | 1RSPCK + 2PCLK |
| 1 | 000b | 1RSPCK + 2PCLK |
| | 001b | 2RSPCK + 2PCLK |
| | 010b | 3RSPCK + 2PCLK |
| | 011b | 4RSPCK + 2PCLK |
| | 100b | 5RSPCK + 2PCLK |
| | 101b | 6RSPCK + 2PCLK |
| | 110b | 7RSPCK + 2PCLK |
| | 111b | 8RSPCK + 2PCLK |

(8) 初期化フロー

図 32.43 に、SPI をマスタモードで使用する場合の SPI 初期化フローの例を示します。なお、割り込みコントローラユニット、DMAC、および入出力ポートの設定方法については、各ブロックの説明を参照してください。

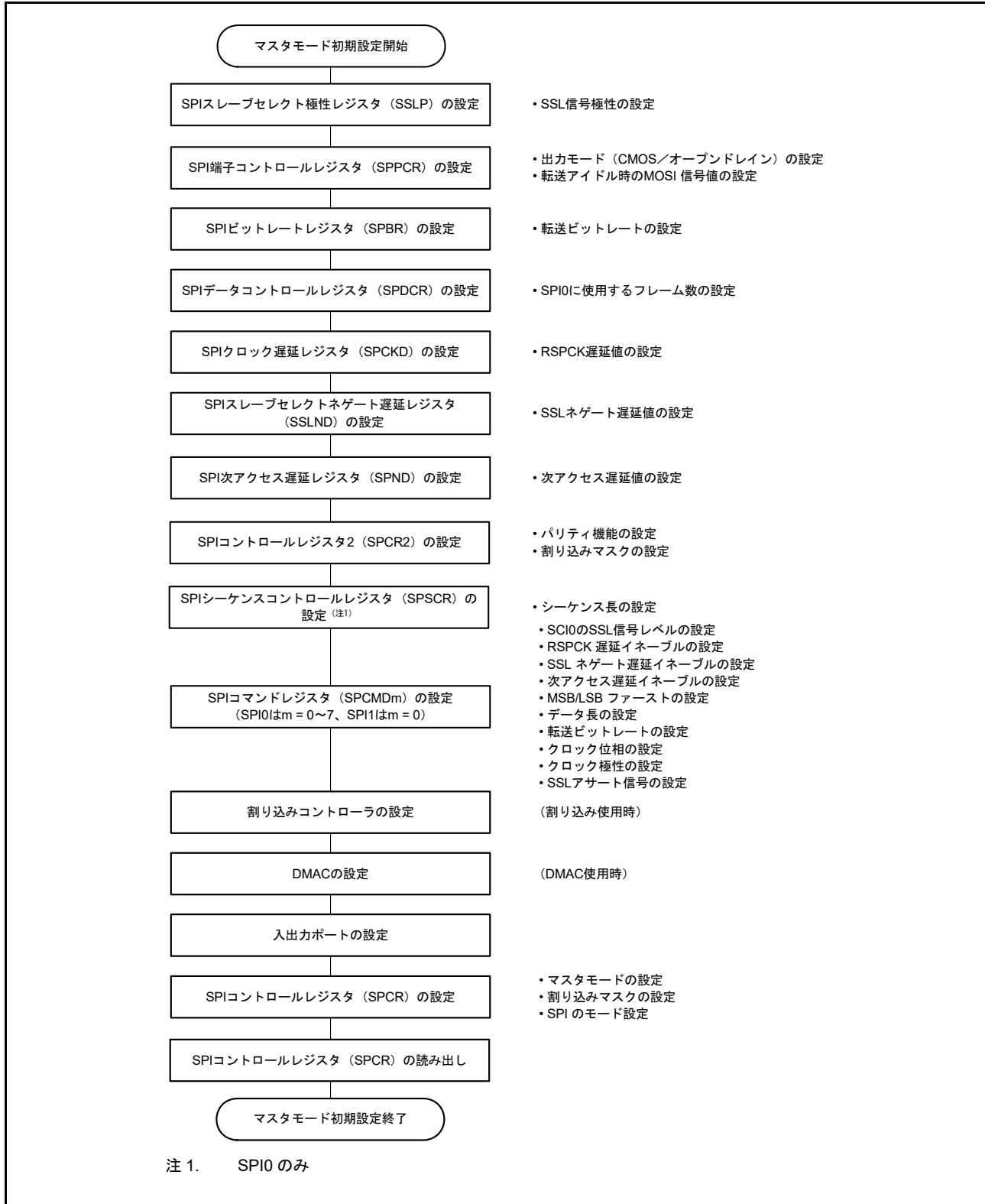


図 32.43 マスタモード時の SPI 動作の初期化フロー例

(9) ソフトウェア処理フロー

ソフトウェア処理フローの例を図 32.44 ~ 図 32.46 に示します。

(a) 送信処理フロー

送信を行う場合、SPIn_SPII 割り込みが有効のときは、送信データの最終データ書き込み後にデータ送信完了を CPU に通知します。

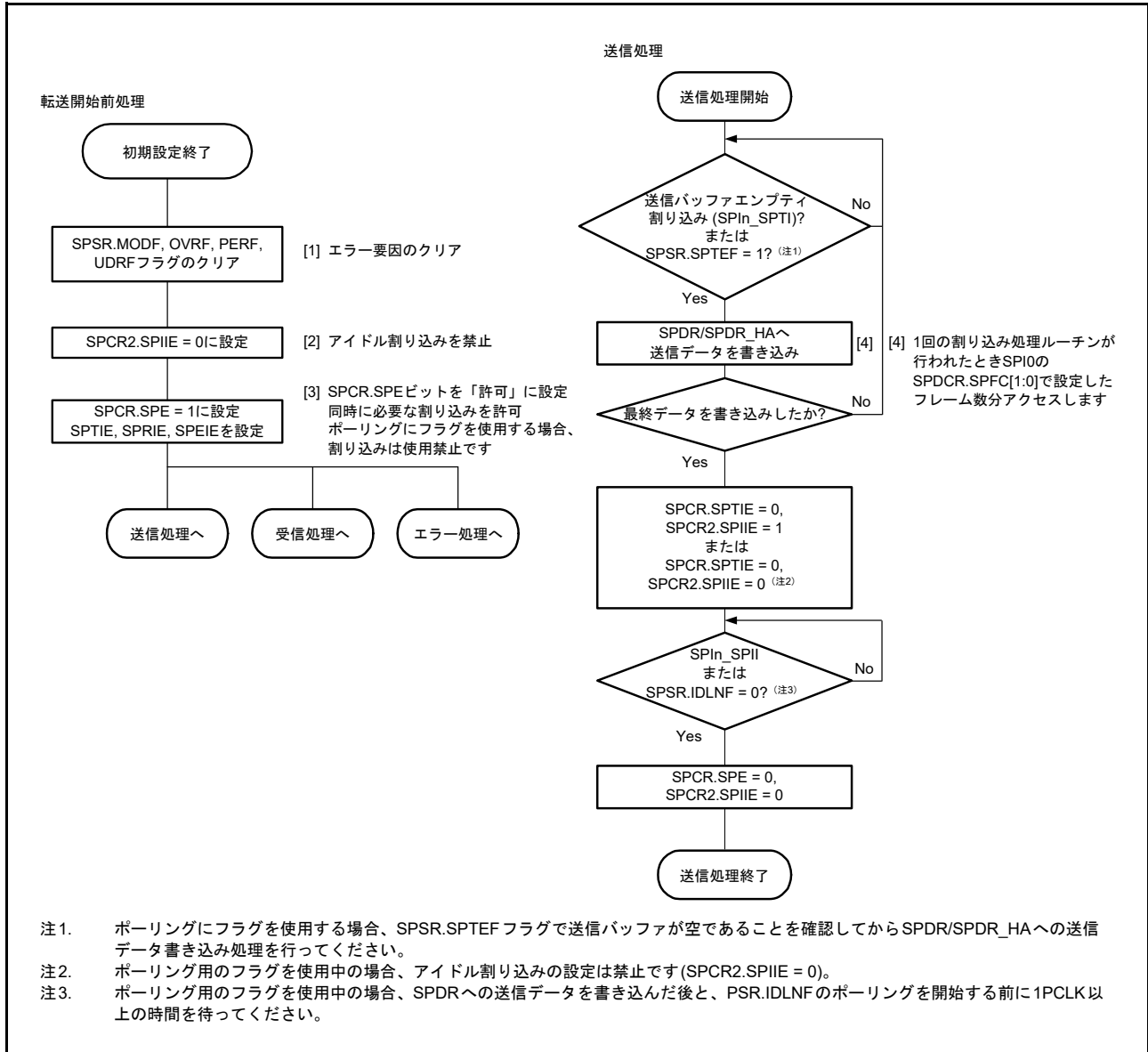


図 32.44 マスタモードでの送信フロー

(b) 受信処理フロー

SPIは受信のみの動作を行わないため、送信を必要とします。

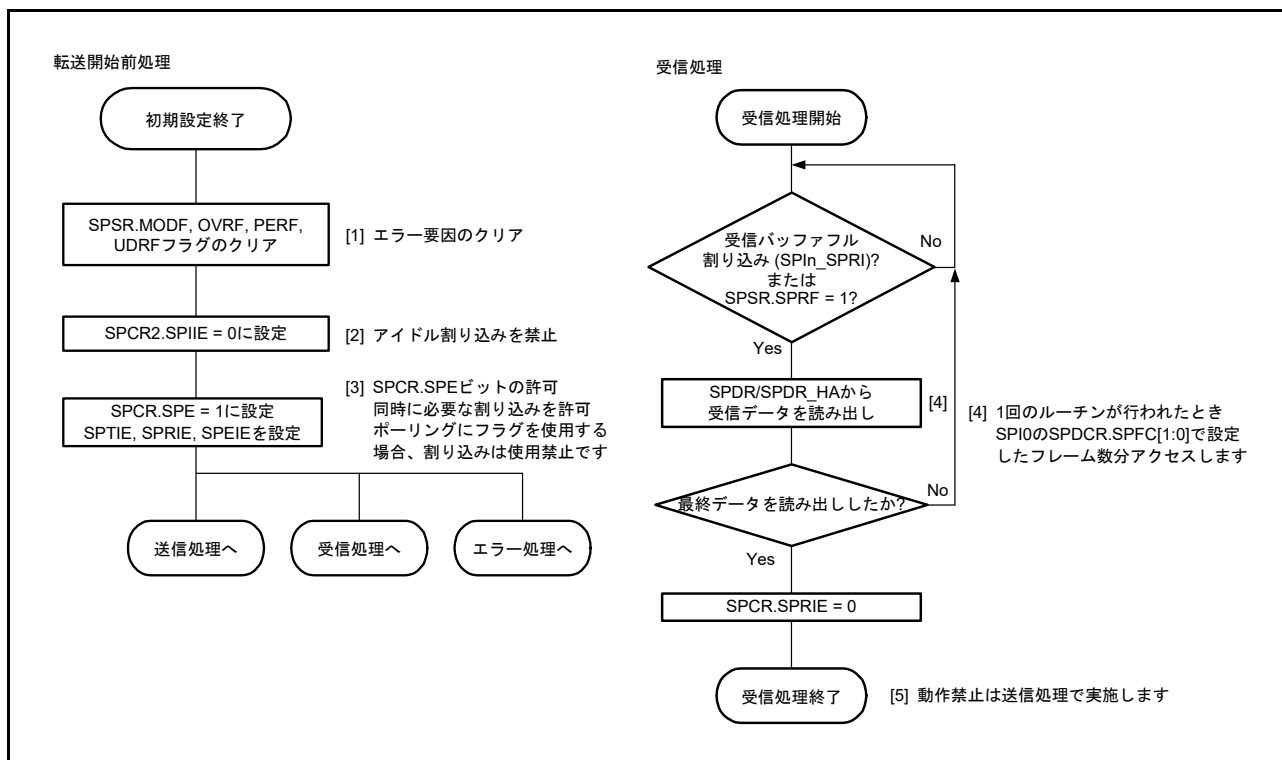


図 32.45 マスタモードでの受信フロー

(c) エラー処理フロー

SPI は以下のエラー検出を行います。

- モードフォルトエラー
- アンダーランエラー
- オーバーランエラー
- パリティエラー

モードフォルトエラー発生時は、SPCR.SPE ビットが自動的にクリアされ、送信／受信動作を停止させます。その他のエラー要因では、SPCR.SPE ビットはクリアされず、送信／受信動作は継続します。モードフォルトエラー以外のエラーの場合は、SPCR.SPE ビットをクリアし、動作を停止することが推奨されます。SPI0 では、動作を停止しないと、SPSSR.SPECM[2:0] ビットが更新されます。

割り込みによるエラー発生時は、エラー処理ルーチンにて ICU.IELSRj.IR フラグをクリアしてください。クリアしない場合、ICU.IELSRj.IR フラグに送信バッファエンプティ割り込みまたは受信バッファフル割り込み要求が保持されている可能性があります。また、SPI_{In}_SPRI 割り込み要求が保持されている場合、受信バッファを読み出して SPI の内部シーケンサを初期化してください。

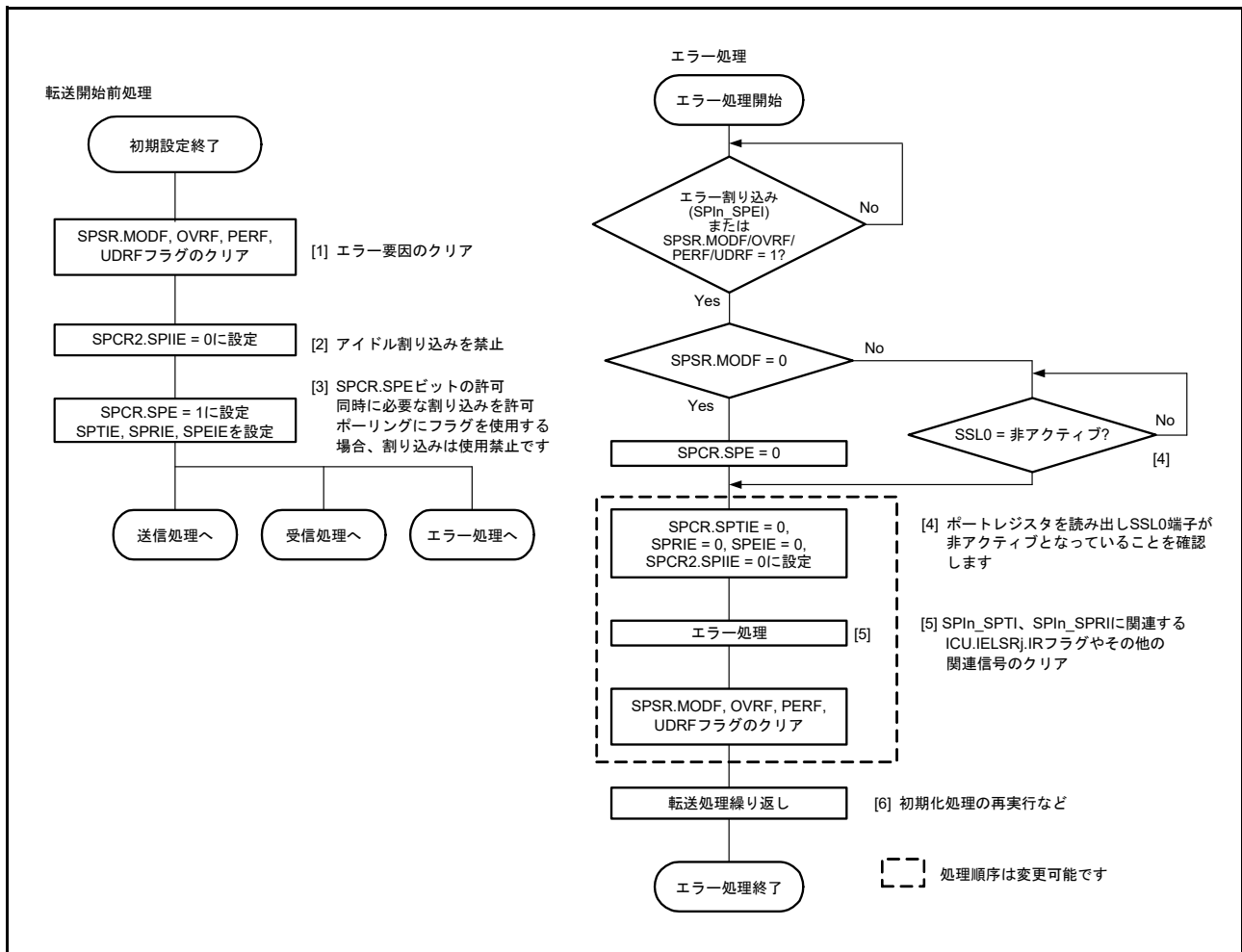


図 32.46 マスタモードでのエラー処理フロー

32.3.10.2 スレーブモード動作

(1) シリアル転送の開始

SPCMD0.CPHA ビットが 0 の場合、SPI は SSLn0 入力信号のアサートを検出すると、MISO_n 出力信号への有効データをドライブする必要があります。このため、CPHA ビットが 0 の場合には、SSLn0 入力信号のアサートがシリアル転送開始のトリガになります。

CPHA ビットが 1 の場合には、SPI は SSLn0 入力信号のアサート状態で最初の RSPCK_n エッジを検出すると、MISO_n 出力信号への有効データをドライブする必要があります。このため、CPHA ビットが 1 の場合には、SSLn0 信号アサート状態における最初の RSPCK_n エッジがシリアル転送開始のトリガになります。

CPHA ビットの設定にかかわらず、SPI は SSLn0 信号のアサート時に、MISO_n 出力信号のドライブを実行します。CPHA ビットの設定によって、SPI が出力するデータの有効/無効が異なります。

SSLn0 入力信号の極性は、SSLP.SSLOP ビットの設定値で決まります。SPI の転送フォーマットの詳細については、[32.3.5 転送フォーマット](#)を参照してください。

(2) シリアル転送の終了

SPCMD0.CPHA ビットにかかわらず、SPI は最終サンプリングタイミングに関連する RSPCK_n エッジを検出するとシリアル転送を終了します。受信バッファが空 (SPSR.SPRF = 0) の場合には、シリアル転送終了後に SPI はシフトレジスタから SPDR/SPDR_HA レジスタの受信バッファに受信データをコピーします。また、受信バッファの状態にかかわらず、SPI はシリアル転送の終了時にシフトレジスタの状態を「空」に変更します。シリアル転送開始からシリアル転送終了までの間に SPI が SSLn0 入力信号のネゲートを検出すると、モードフォルトエラーが発生します ([32.3.8 エラー検出](#)を参照)。

最終サンプリングタイミングは転送データのビット長に依存して変化します。スレーブモードの SPI のデータ長は SPCMD0.SPB[3:0] ビットの設定値で決まります。SSLn0 入力信号の極性は、SSLP.SSLOP ビットの設定値で決まります。

SPI の転送フォーマットの詳細については、[32.3.5 転送フォーマット](#)を参照してください。

(3) シングルスレーブ動作時の注意点

SPCMD0.CPHA ビットが 0 の場合、SPI は SSLn0 入力信号のアサートエッジを検出するとシリアル転送を開始します。[図 32.10](#) の例に示したような構成で SPI がシングルスレーブモードの場合は、SSLn0 入力信号がアクティブ状態に固定されます。そのため、CPHA ビットを 0 に設定した SPI では、シリアル転送を正しく開始できません。SSLn0 入力信号がアクティブ状態に固定されているときに、スレーブモードの SPI の送受信を正しく実行するには、CPHA ビットを 1 にしてください。CPHA ビットを 0 にする必要があるアプリケーションの場合、SSLn0 入力信号を固定しないでください。

(4) バースト転送

SPCMD0.CPHA ビットが 1 であれば、SSLn0 入力信号のアサート状態を保持したままで連続的なシリアル転送 (バースト転送) を実行できます。CPHA ビットが 1 の場合には、SSLn0 入力信号アクティブ状態における最初の RSPCK_n エッジから最終ビット受信のためのサンプリングタイミングまでが、シリアル転送期間に相当します。SSLn0 入力信号がアクティブレベルのままであっても、SPI はアクセスの開始を検出可能なため、バースト転送に対応できます。

CPHA ビットが 0 の場合には、バースト転送の 2 回目以降のシリアル転送を正しく実行できません。

SPI1 では、バースト転送は実行できません。

(5) 初期化フロー

図 32.47 に、SPI がスレーブモードの場合の SPI 動作の初期化フローの例を示します。なお、割り込みコントローラユニット、DMAC、および入出力ポートの設定方法については、各ブロックの説明を参照してください。

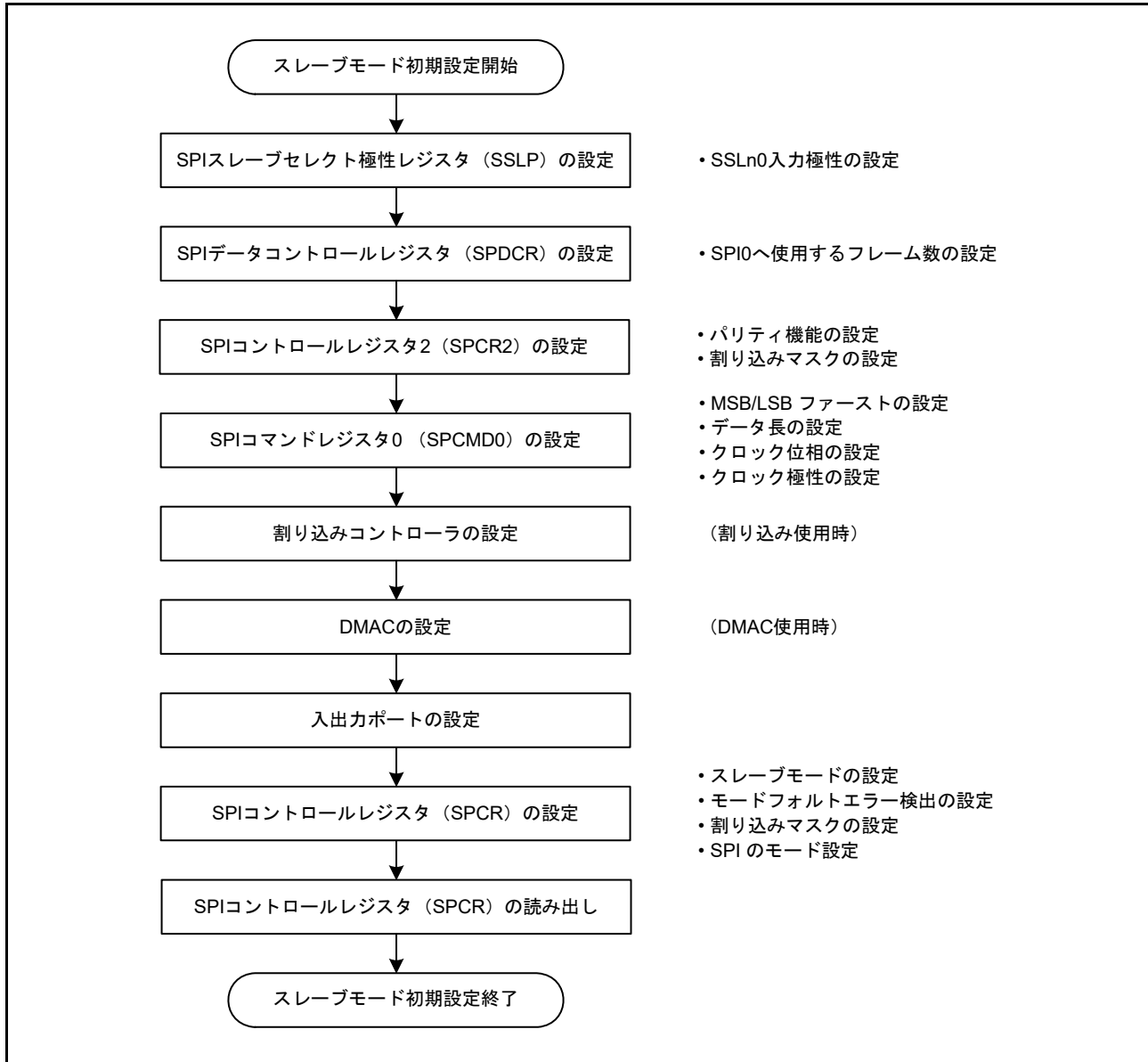


図 32.47 スレーブモード時の SPI 動作の初期化フロー例

(6) ソフトウェア処理フロー

ソフトウェア処理フローの例を図 32.48 ~ 図 32.50 に示します。

(a) 送信処理フロー

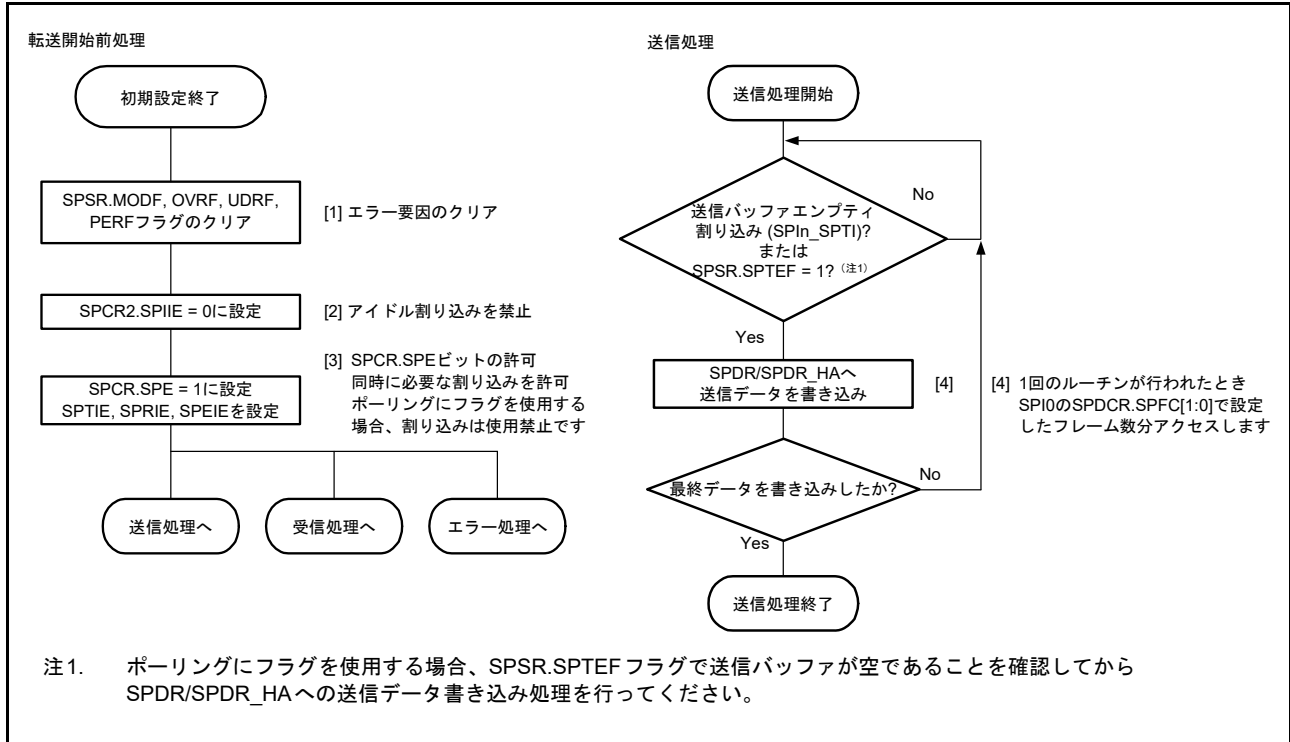


図 32.48 スleepモードでの送信フロー

(b) 受信処理フロー

SPIは受信のみの動作を行わないため、送信を必要とします。

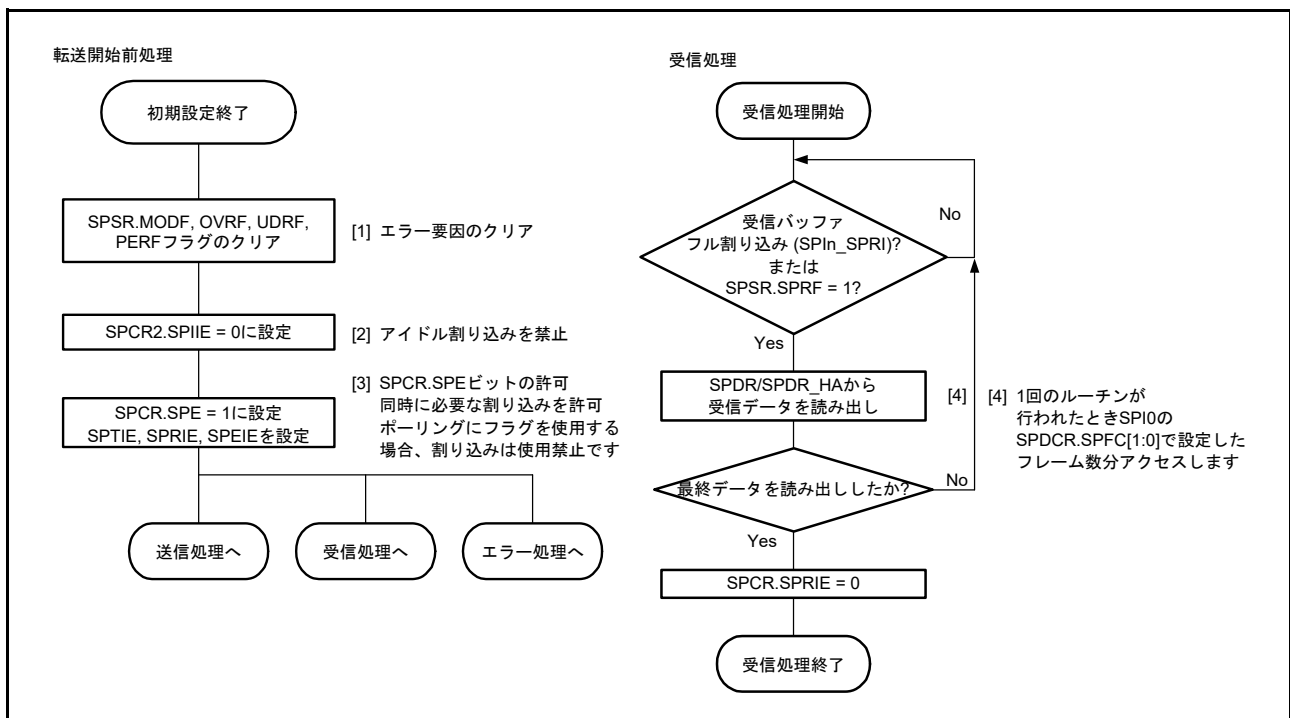


図 32.49 スleepモードでの受信フロー

(c) エラー処理フロー

スレーブ動作では、モードフォルトエラーが発生しても、SSLn0 端子の状態にかかわらず SPSR.MODF フラグをクリアすることが可能です。

割り込みによるエラー検出時は、エラー処理ルーチンにて ICU.IELSRj.IR フラグをクリアしてください。クリアしない場合、ICU.IELSRj.IR フラグに送信バッファエンプティ割り込みまたは受信バッファフル割り込み要求が保持されている可能性があります。受信バッファフル割り込み要求が保持されている場合、受信バッファを読み出して SPI の内部シーケンサを初期化してください。

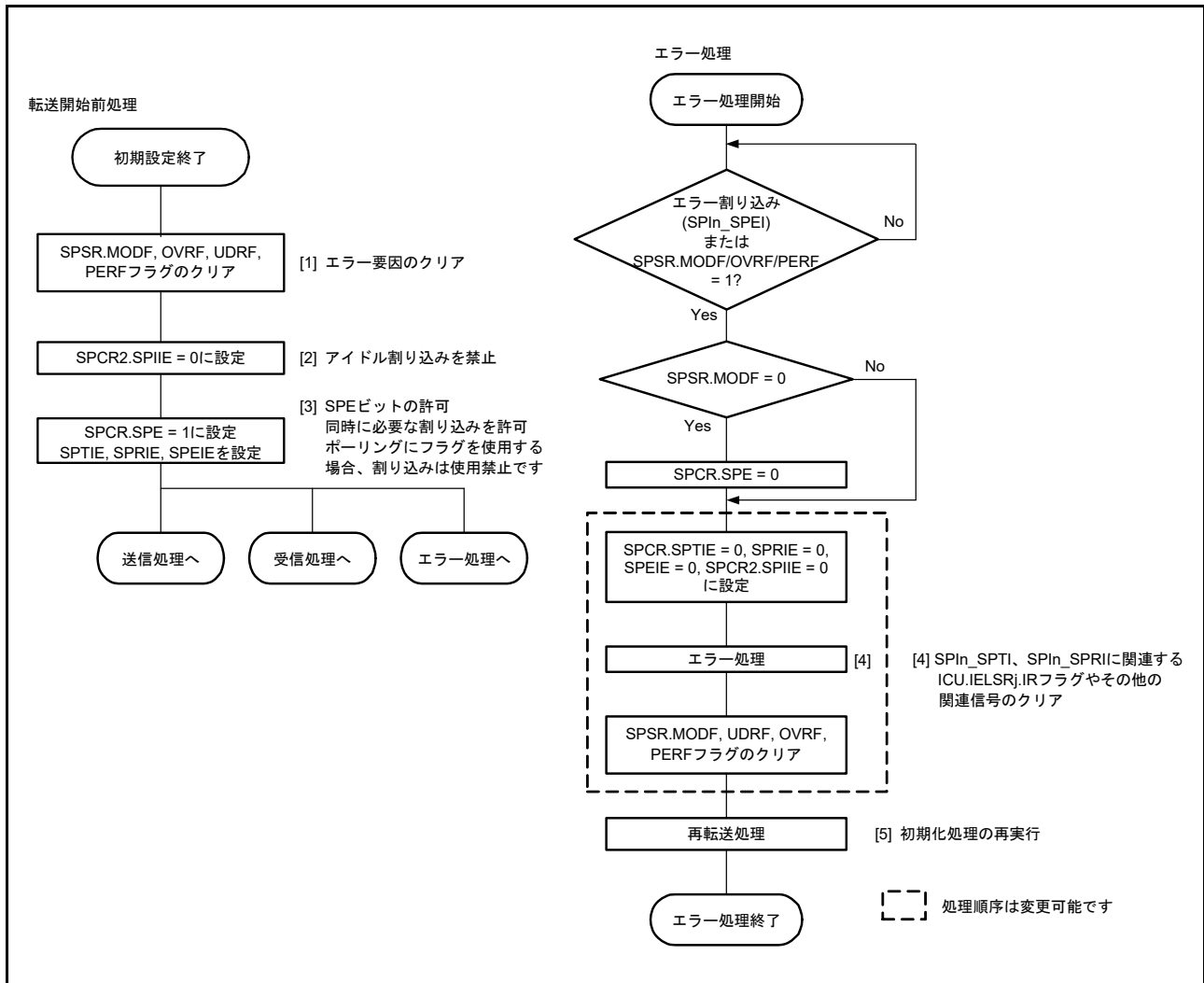


図 32.50 スレーブモードでのエラー処理フロー

32.3.11 クロック同期式動作

SPIは、SPCR.SPMS ビットが1であるとき、クロック同期式動作となります。クロック同期式動作は、SSLni 端子を使用せず、RSPCKn、MOSIn、MISOOn の端子を用いて通信を行います。各 SSLni 端子は入出力ポートとして使用することが可能です。

クロック同期式動作は、SSLni 端子を使用せずに通信を行いますが、モジュールの動作は SPI 動作と同様です。マスタ動作およびスレーブ動作において、SPI 動作時と同様のフローで通信を行うことができますが、SSLni 端子を使用しませんので、モードフォルトエラーの検出は行いません。

また、クロック同期式動作では、スレーブモード時 (SPCR.MSTR = 0) に SPCMDm.CPHA ビットを0にした場合の動作はしないでください。

32.3.11.1 マスタモード動作

(1) シリアル転送の開始

送信バッファが空、すなわち次転送のデータがセットされておらず、SPSR.SPTEF フラグ = 1 の状態で、SPDR/SPDR_HA レジスタへデータを書くと、SPI は SPDR/SPDR_HA レジスタの送信バッファ (SPTX) のデータを更新します。SPI0 の場合、SPDCR.SPFC[1:0] ビットで設定したフレーム分のデータを SPDR/SPDR_HA レジスタへ書き込み後にシフトレジスタが空のときは、SPI は送信バッファのデータをシフトレジスタにコピーしてシリアル転送を開始します。SPI は、シフトレジスタに送信データをコピーすると、シフトレジスタのステータスを「フル」に変更し、シリアル転送が終了すると、シフトレジスタのステータスを「空」に変更します。シフトレジスタのステータスを参照することはできません。

クロック同期式動作時は、SSLn0 出力信号を用いずに転送を行います。SPI の転送フォーマットの詳細については、[32.3.5 転送フォーマット](#)を参照してください。

(2) シリアル転送の終了

SPI はサンプリングタイミングに対応する RSPCKn エッジを送出するとシリアル転送を終了します。受信バッファが空 (SPSR.SPRF = 0) の場合には、シリアル転送終了後に SPI はシフトレジスタから SPI データレジスタ (SPDR/SPDR_HA) の受信バッファにデータをコピーします。

なお、最終サンプリングタイミングは転送データのビット長に依存して変化します。マスタモードの SPI のデータ長は、SPCMDm.SPB[3:0] ビットの設定値で決まります。クロック同期式動作時は、SSLn0 出力信号を用いずに転送を行います。

SPI の転送フォーマットの詳細については、[32.3.5 転送フォーマット](#)を参照してください。

(3) シーケンス制御

(a) SPI0

マスタモード時の転送フォーマットは、SPSCR レジスタ、SPCMDm レジスタ、SPBR レジスタ、SPCKD レジスタ、SSLND レジスタ、および SPND レジスタによって決定されます。クロック同期式動作時は、SSLni 信号の出力を行いませんが、これらの設定は有効です。

SPSCR レジスタは、マスタモードの SPI で実行するシリアル転送のシーケンス構成を決定するためのレジスタです。SPCMDm レジスタには以下の項目が設定されています。

- SSLni 端子の出力信号値
- MSB/LSB ファースト
- データ長
- ビットレート設定の一部
- RSPCKn 極性/位相
- SPCKD レジスタの参照要否
- SSLND レジスタの参照要否
- SPND レジスタの参照要否

SPBR レジスタは、SPI クロック遅延 (SPCKD)、SSL ネゲート遅延 (SSLND)、次アクセス遅延 (SPND) などの、ビットレート設定の一部を保持しています。

SPI は、SPSCR レジスタに設定されたシーケンス長に従って、SPCMDm レジスタの一部/全部からなるシーケンスを構成します。SPI には、シーケンスを構成している SPCMDm レジスタに対するポインタが存在します。このポインタの値は、SPSSR.SPCP[2:0] ビットの読み出しによって確認できます。SPCR.SPE ビットを 1 にして SPI 機能を有効にすると、SPI はコマンドに対するポインタを SPCMD0 レジスタにセットし、シリアル転送の開始時に SPCMD0 レジスタの設定内容を転送フォーマットに反映します。SPI は、各データ転送の次アクセス遅延期間が終了するたびにポインタをインクリメントします。シーケンスを含む最終コマンドに対応するシリアル転送が終了すると、SPI はシーケンスを繰り返し実行するように、ポインタを SPCMD0 レジスタにセットします。

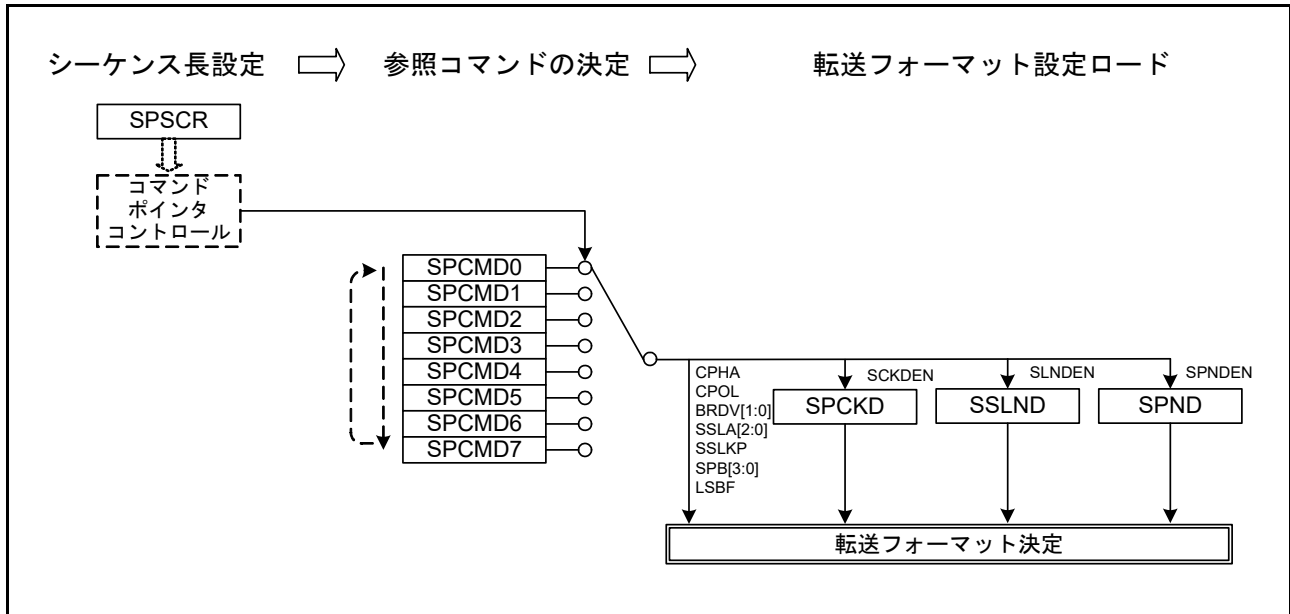


図 32.51 マスタモードでのシリアル転送フォーマットの決定方法 (SPI0)

ここでは、SPDR/SPDR_HA データと SPCMDm 設定の 2 つを合わせてフレームとします。

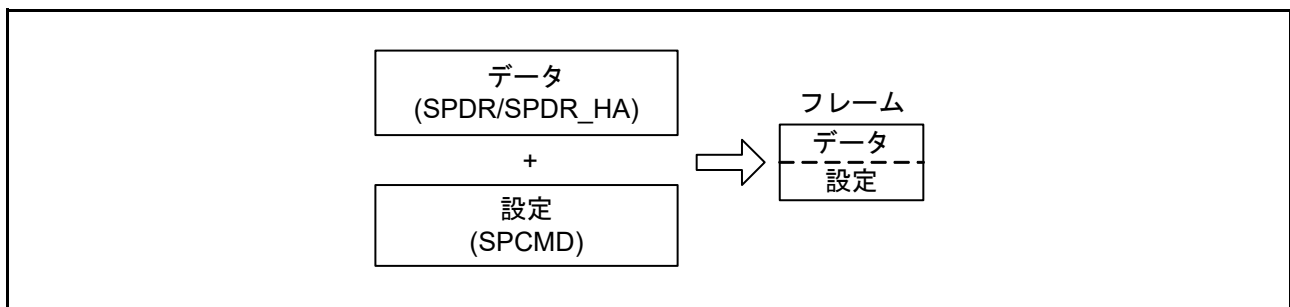


図 32.52 フレームの概念図 (SPI0)

表 32.4 の設定でシーケンス動作を行ったときのコマンドと送信バッファ/受信バッファの関係を図 32.53 に示します。

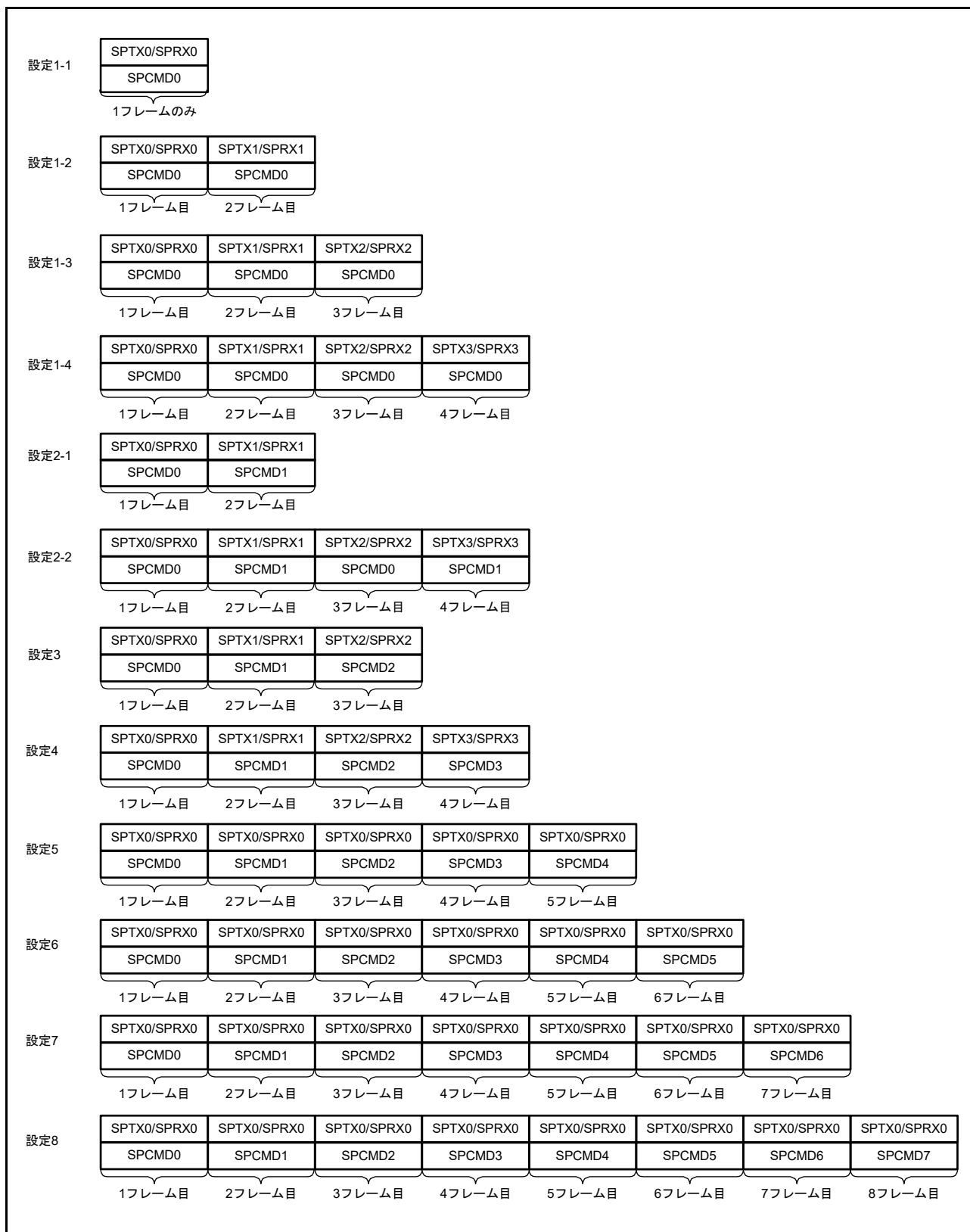


図 32.53 シーケンス動作時の SPI コマンドレジスタと送受信バッファの関係 (SPI0)

(b) SPI1

マスタモード時の転送フォーマットは、SPCMD0 レジスタ、SPBR レジスタ、SPCKD レジスタ、SSLND レジスタ、および SPND レジスタによって決定されます。クロック同期式動作時は、SSLni 信号の出力を行いませんが、これらの設定は有効です。

SPCMD0 レジスタでは、以下の項目を設定します。

- SSLni 端子の出力信号値
- MSB ファーストまたは LSB ファースト
- データ長
- ビットレート設定の一部
- RSPCKn 極性/位相
- SPCKD レジスタの参照要否
- SSLND レジスタの参照要否
- SPND レジスタの参照要否

SPBR レジスタは、SPI クロック遅延 (SPCKD)、SSL ネゲート遅延 (SSLND)、次アクセス遅延 (SPND) などの、ビットレート設定の一部を保持しています。

SPCR.SPE ビットを 1 にして SPI 機能を有効にすると、SPI はコマンドに対するポインタを SPCMD0 レジスタにセットし、シリアル転送の開始時に SPCMD0 レジスタの設定内容を転送フォーマットに反映します。

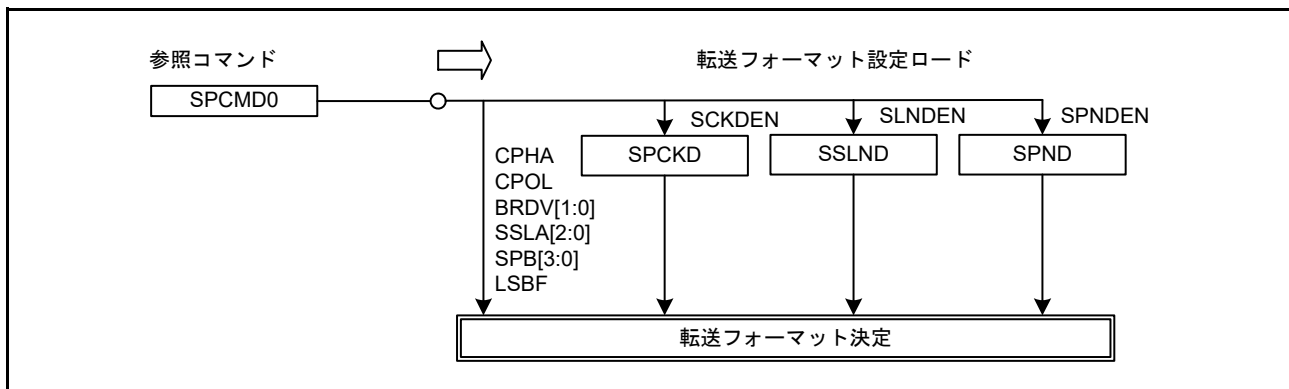


図 32.54 マスタモードでのシリアル転送フォーマットの決定方法 (SPI1)

本項では、SPDR/SPDR_HA データと SPCMD0 設定の 2 つを合わせてフレームとします。

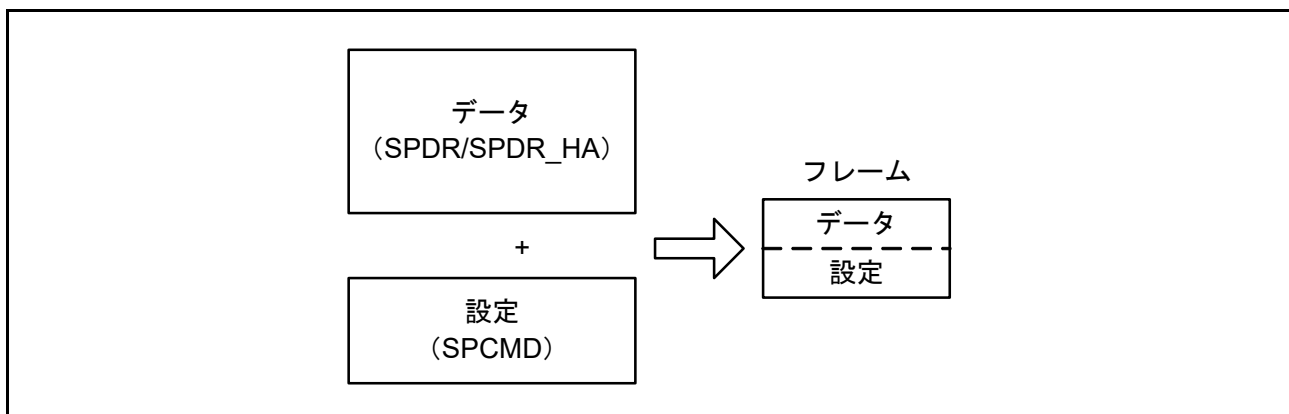


図 32.55 マスタモードでのシリアル転送フォーマットの決定方法 (SPI1)

シーケンス動作を行ったときのコマンドと送信バッファ/受信バッファの関係を図 32.56 に示します。

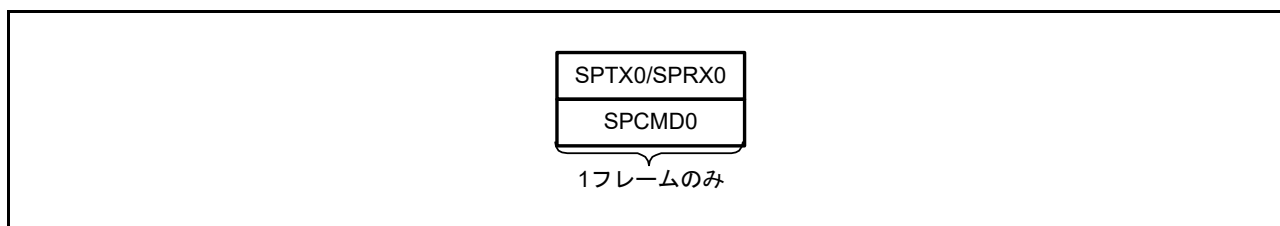


図 32.56 シーケンス動作時の SPI コマンドレジスタと送受信バッファの関係 (SPI1)

(4) 初期化フロー

図 32.57 に、SPI がマスタモードである場合のクロック同期式動作の初期化フローの例を示します。なお、割り込みコントローラユニット、DMAC、および入出力ポートの設定方法については、各ブロックの説明を参照してください。

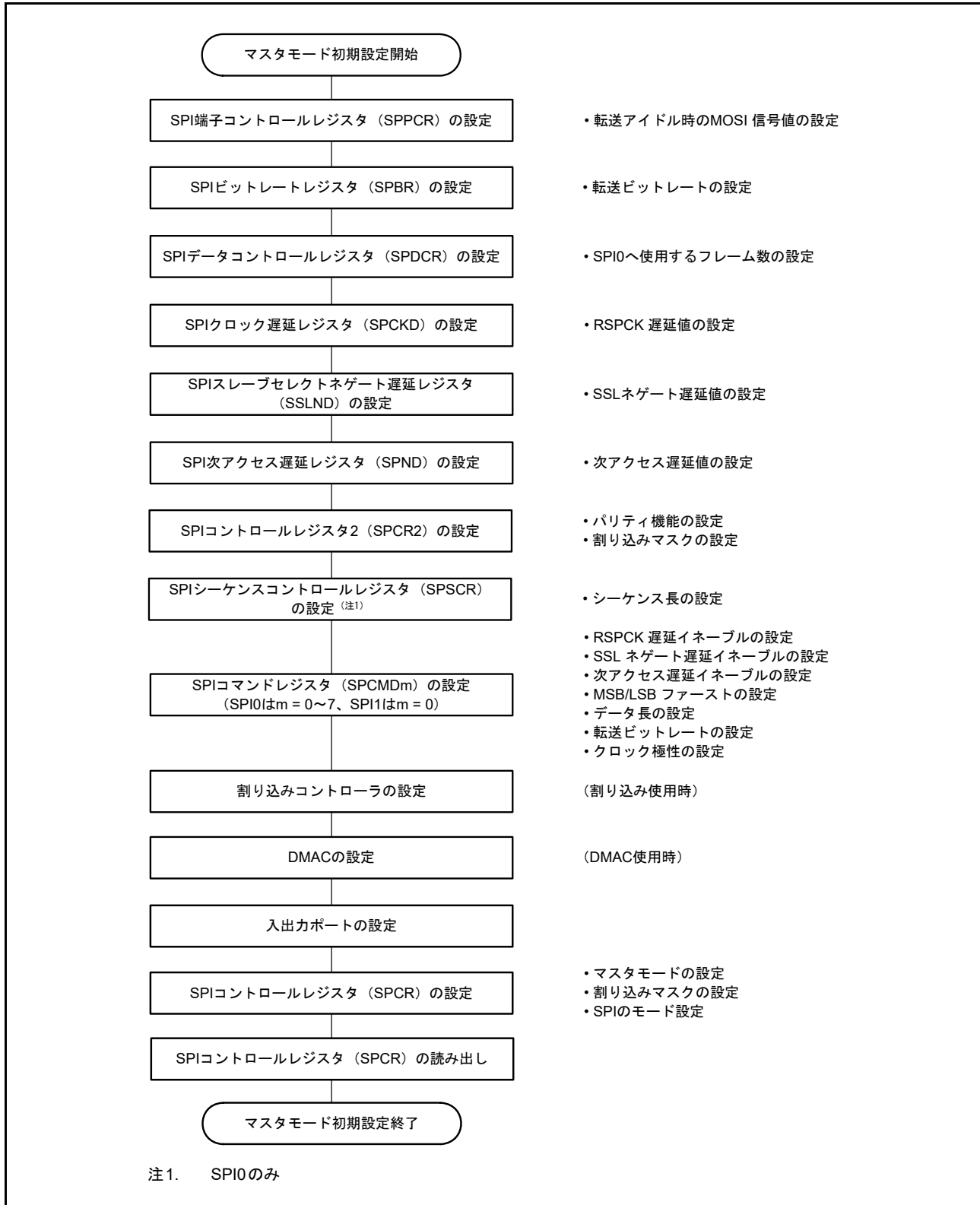


図 32.57 マスタモード時のクロック同期式動作の初期化フロー例

(5) ソフトウェア処理フロー

クロック同期式動作時のマスタモードでのソフトウェア処理は、SPI動作時のマスタモードでのソフトウェア処理と同様になります。詳細は、[32.3.10.1](#)の(9) [ソフトウェア処理フロー](#)を参照してください。

注. クロック同期式動作では、モードフォルトエラーは発生しません。

32.3.11.2 スレーブモード動作

(1) シリアル転送の開始

SPCR.SPMS ビットが1であるとき、最初の RSPCKn エッジが SPI のシリアル転送開始のトリガになり、SPI は MISO_n 出力信号をドライブします。

クロック同期式動作時は SSL_{n0} 入力信号を使用しません。SPI の転送フォーマットの詳細については、[32.3.5 転送フォーマット](#)を参照してください。

(2) シリアル転送の終了

SPI は最終サンプリングタイミングに対応する RSPCKn エッジを検出するとシリアル転送を終了します。受信バッファが空 (SPSR.SPRF = 0) の場合には、シリアル転送終了後に SPI はシフトレジスタから SPDR/SPDR_HA レジスタの受信バッファに受信データをコピーします。また、受信バッファの状態にかかわらず、SPI はシリアル転送の終了時にシフトレジスタの状態を「空」に変更します。なお、最終サンプリングタイミングは転送データのビット長に依存して変化します。スレーブモードの SPI のデータ長は SPCMD0.SPB[3:0] ビットの設定値で決まります。

SPI の転送フォーマットの詳細については、[32.3.5 転送フォーマット](#)を参照してください。

(3) 初期化フロー

図 32.58 に、SPI がスレーブモードである場合のクロック同期式動作の初期化フローの例を示します。なお、割り込みコントローラユニット、DMAC、および入出力ポートの設定方法については、各ブロックの説明を参照してください。

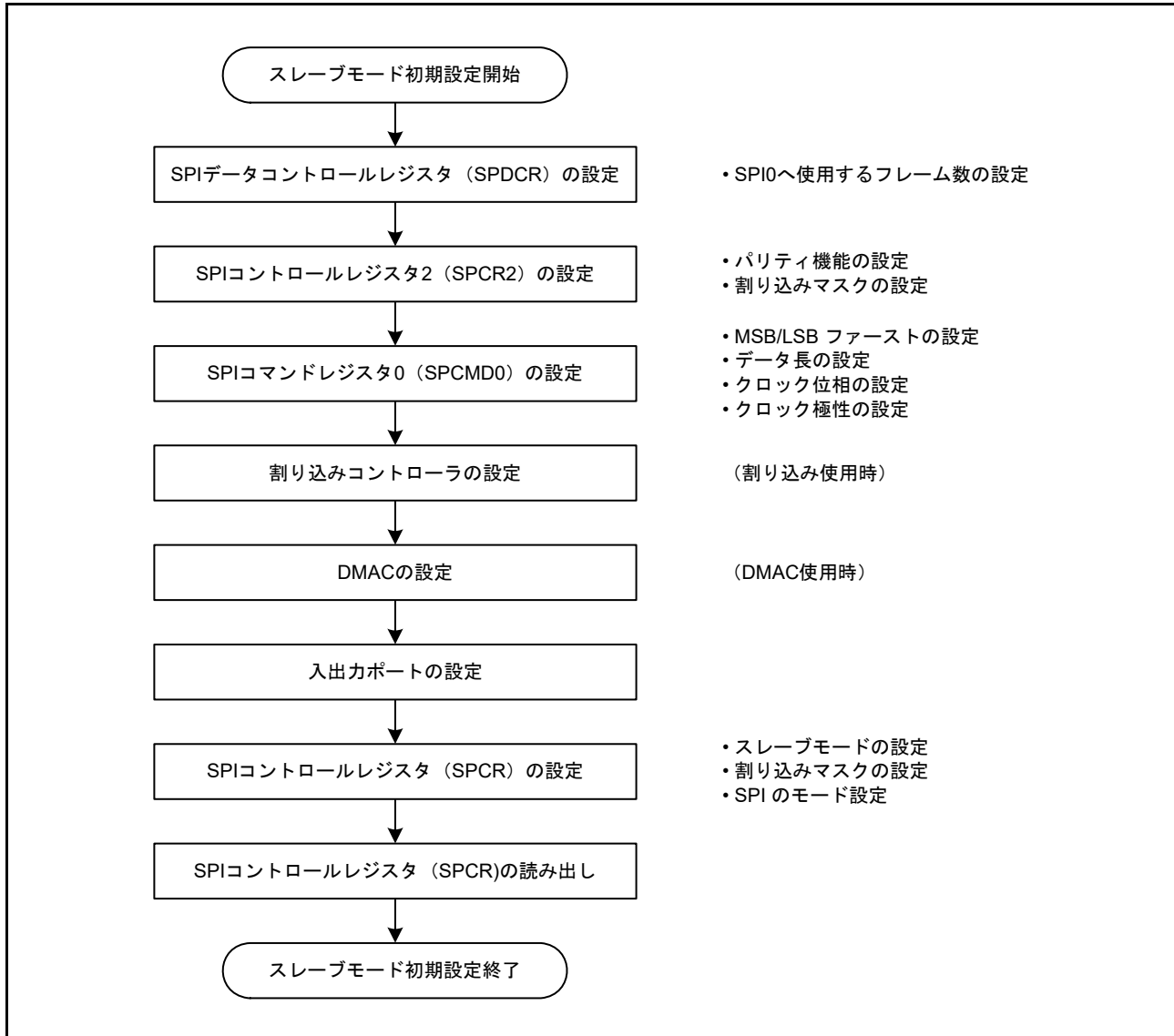


図 32.58 スレーブモード時のクロック同期式動作の初期化フロー例

(4) ソフトウェア処理フロー

クロック同期式動作時のスレーブモードでのソフトウェア処理は、SPI 動作時のスレーブモードでのソフトウェア処理と同様になります。詳細は、32.3.10.2 の (6) ソフトウェア処理フローを参照してください。

注. クロック同期式モードでは、モードフォルトエラーは発生しません。

32.3.12 ループバックモード

SPPCR.SPLP2 ビットまたは SPPCR.SPLP ビットに 1 を書き込むと、SPI は、SPCR.MSTR ビットが 1 であれば、MISO_n 端子とシフトレジスタ間の経路を遮断し、SPCR.MSTR ビットが 0 であれば、MOSI_n 端子とシフトレジスタ間の経路を遮断して、シフトレジスタの入力経路と出力経路を接続し、ループバックモードを確立します。また、SPCR.MSTR ビットが 1 であれば、MOSI_n 端子とシフトレジスタ間の経路を遮断せず、SPCR.MSTR ビットが 0 であれば、MISO_n 端子とシフトレジスタ間の経路を遮断しません。ループバックモードでシリアル転送を実行すると、SPI の送信データまたは送信データの反転が SPI の受信データになります。

表 32.12 に、SPLP2 ビット、SPLP ビット、および受信データの関係を示します。また、図 32.59 に、マスターモードの SPI をループバックモード (SPPCR.SPLP2 = 1、SPPCR.SPLP = 0 または 1) に設定した場合のシフトレジスタ入出力経路の構成を示します。

表 32.12 SPLP2 ビット、SPLP ビットの設定と受信データ

| SPPCR.SPLP2 ビット | SPPCR.SPLP ビット | 受信データ |
|-----------------|----------------|--|
| 0 | 0 | MOSI _n 端子または MISO _n 端子からの入力データ |
| 0 | 1 | 送信データの反転 |
| 1 | 0 | 送信データ |
| 1 | 1 | 送信データ |

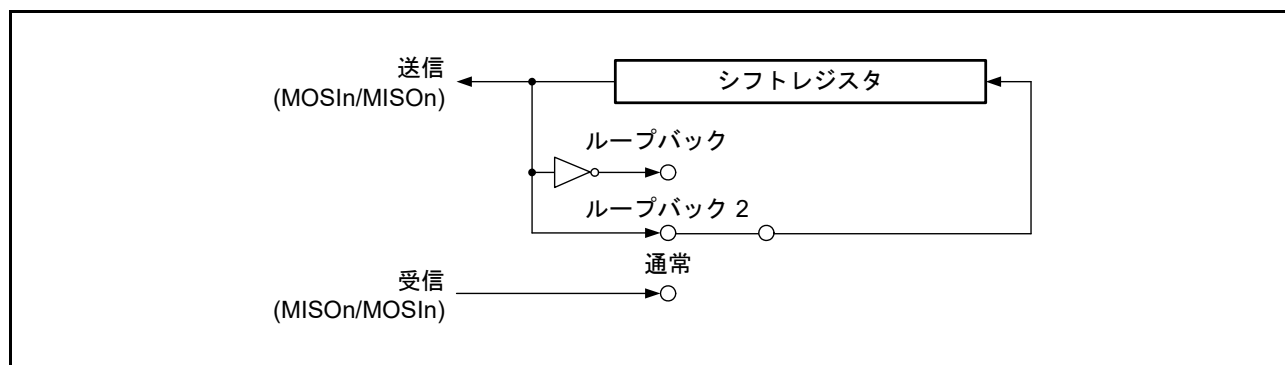


図 32.59 ループバックモード時のシフトレジスタ入出力経路の構成 (マスターモード)

32.3.13 パリティビット機能の自己診断

パリティ回路は、送信データに対するパリティ付加部と、受信データに対するエラー検出部で構成されます。パリティ付加部とエラー検出部の故障を検出するために、[図 32.60](#) に示すように、パリティ回路は自己診断を行います。

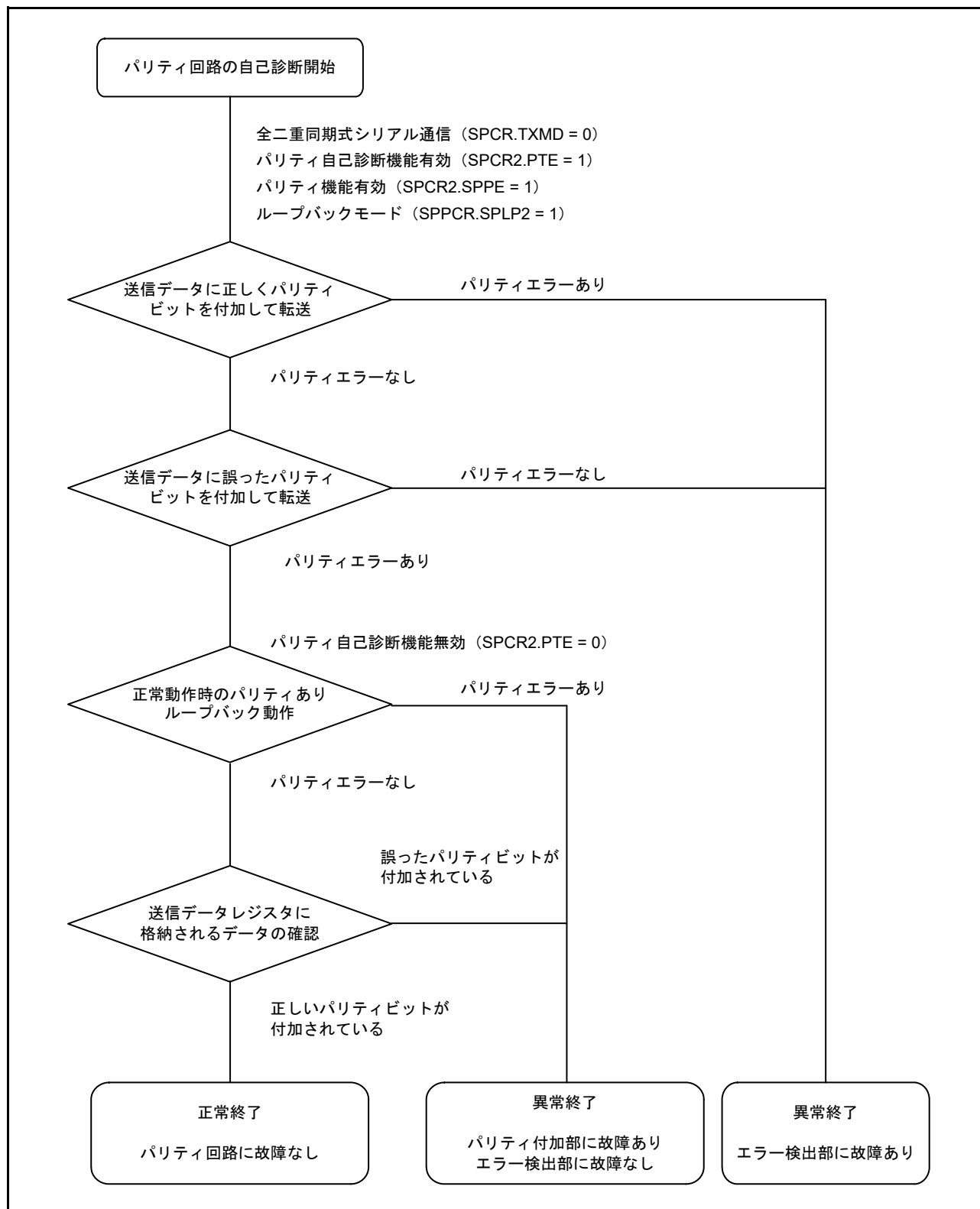


図 32.60 パリティ回路の自己診断フロー

32.3.14 割り込み要因

SPIには、以下の8種類の割り込み要因があります。

- 受信バッファフル
- 送信バッファエンプティ
- 送信終了
- モードフォルト
- アンダーラン
- オーバーラン
- パリティエラー
- SPIアイドル

また、受信バッファフル、送信バッファエンプティの割り込み要求でDTC、DMACを起動し、データ転送を行うことができます。

SPI_n_SPEIのベクタアドレスは、モードフォルト、アンダーラン、オーバーラン、およびパリティエラーでトリガされる割り込み要求に割り付けられるため、実際の割り込み要因は、フラグから判断する必要があります。表 32.13 に SPI の割り込み要因に対応するフラグを示します。表 32.13 の割り込み条件が成立すると、割り込みが発生します。受信バッファフルと送信バッファエンプティの要因に対しては、データ転送でクリアしてください。

DTCまたはDMACを使用してデータの送受信を行う場合、最初にDTCまたはDMACを転送許可状態に設定してからSPIの設定を行ってください。DTCまたはDMACの設定については、それぞれ「17. DMAコントローラ (DMAC)」と「18. データトランスファコントローラ (DTC)」を参照してください。

ICU.IELSR_j.IRフラグが1の状態、送信バッファエンプティ割り込みまたは受信バッファフル割り込みの発生条件が生じて、ICUに対して割り込み要求は出力されず、内部で保持されます（内部で保持できる容量は、1要因ごとに1要求までです）。ICU.IELSR_j.IRフラグが0になると、保持されていた割り込み要求が出力されます。保持されていた割り込み要求が出力されると、その割り込み要求は自動的に破棄されます。また、内部で保持されている割り込み要求は、対応する割り込み許可ビット（SPCR.SPTIEビットまたはSPCR.SPRIEビット）を0にすることでクリアできます。

表 32.13 SPIの割り込み要因

| 割り込み要因 | シンボル | 割り込み条件 | DMAC/DTCの起動 |
|--|--------------------------|--|-------------|
| 受信バッファフル | SPI _n _SPRI | SPCR.SPRIEビットが1の状態、受信バッファフル (SPSR.SPRF = 1) になったとき | 可能 |
| 送信バッファエンプティ | SPI _n _SPTI | SPCR.SPTIEビットが1の状態、送信バッファエンプティ (SPSR.SPTEF = 1) になったとき | 可能 |
| SPIエラー (モードフォルト、アンダーラン、オーバーラン、パリティエラー) | SPI _n _SPEI | SPCR.SPEIEビットが1の状態、SPSR.MODF、OVRF、PERF、またはUDRFフラグが1になったとき | 不可能 |
| SPIアイドル | SPI _n _SPII | SPCR2.SPIIEビットが1の状態、SPSR.IDLNFフラグが0になったとき | 不可能 |
| 送信完了 | SPI _n _SPTEND | マスタモードのときは、IDLNFフラグ (SPIアイドルフラグ) が1から0になる条件で割り込みが発生します。スレーブモードのときは、表 32.15 に示す条件で割り込みが発生します。 | 不可能 |

32.4 イベントリンク動作

イベントリンクコントローラ (ELC) は、次のイベント出力信号を生成することが可能です。

- 受信バッファフルイベント出力
- 送信バッファエンプティイベント出力
- モードフォルト/アンダーラン/オーバーラン/パリティエラーイベント出力
- SPI アイドルイベント出力
- 送信完了イベント出力

イベントリンク出力信号は、割り込み許可ビットの設定に関係なく出力されます。

32.4.1 受信バッファフルイベント出力

シリアル転送の終了時に、受信したデータがシフトレジスタから SPDR/SPDR_HA レジスタへ転送されたときにイベント信号を出力します。

32.4.2 送信バッファエンプティイベント出力

送信バッファからシフトレジスタに送信データが転送されたとき、および SPE ビットが 0 から 1 に変化したときにイベント信号を出力します。

32.4.3 モードフォルト/アンダーラン/オーバーラン/パリティエラーイベント出力

モードフォルト、アンダーラン、オーバーラン、パリティエラーを検出したときにイベント信号を出力します。このイベント信号を使用する場合は、[32.5.4 モードフォルト/アンダーラン/オーバーラン/パリティエラーイベント出力に関する制限](#)を参照してください。

(1) モードフォルト

表 32.14 にモードフォルトイベントの発生条件を示します。

表 32.14 モードフォルトの発生条件

| 条件 | SPCR.MODFEN ビット | SSLn0 端子 | 備考 |
|---|--------------------|----------|--------------------------------------|
| SPI動作 (SPMS = 0) スレープ (SPCR.MSTR ビット = 0) | 1 | 非アクティブ | 通信動作中に SSLn0 端子が非アクティブになった場合のみイベント出力 |

(2) アンダーラン

アンダーランイベント信号は、送信データが準備されておらず、SPCR.MSTR ビットが 0 かつ SPCR.SPE ビットが 1 の状態でシリアル転送が開始されたときに出力されます。この条件下では、MODF フラグおよび UDRF フラグが 1 となります。

(3) オーバーラン

オーバーランイベント信号は、SPCR.TXMD ビットが 0、かつ受信バッファに未読み出しのデータがある状態でシリアル転送が終了したときに出力します。この条件下では、OVRF フラグが 1 になります。

(4) パリティエラー

パリティエラーイベント信号は、SPCR.TXMD ビットが 0 かつ SPCR2.SPPE ビットが 1 の状態でシリアル転送が終了したとき、パリティエラーの検出時に出力します。

32.4.4 SPI アイドルイベント出力

(1) マスタモード時

マスタモードの場合、IDLNF フラグ (SPI アイドルフラグ) が 0 になる条件が成立すると、イベントが出力されます。

(2) スレーブモード時

スレーブモードの場合、SPCR.SPE ビットが 0 (SPI 初期化) のとき、イベントが出力されます。

32.4.5 送信完了イベント出力

SPI 動作とクロック同期式動作ともに、マスタモード時に IDLNF フラグ (SPI アイドルフラグ) が 1 から 0 に変化すると、イベントが出力されます。

表 32.15 スレーブモードでの送信完了イベント出力の発生条件

| 条件 | 送信バッファ状態 | シフトレジスタ状態 | その他 |
|----------------------|----------|-----------|------------------|
| SPI 動作 (SPMS = 0) | エンプティ | エンプティ | SSLn0 入力ネゲート |
| クロック同期式動作 (SPMS = 1) | エンプティ | エンプティ | 最終 RSPCKn のエッジ検出 |

動作がマスタモードまたはスレーブモードのどちらであっても、送信中に SPCR.SPE ビットに 0 が書き込まれた場合、あるいは、モードフォルトエラーまたはアンダーランエラーの発生によって SPCR.SPE ビットがクリアされた場合、イベントは出力されません。

32.5 使用上の注意事項

32.5.1 モジュールストップ状態の設定

モジュールストップコントロールレジスタ B (MSTPCRB) により、SPI の動作禁止/許可を設定できます。SPI は、リセット後の初期状態では動作は停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。モジュールストップコントロールレジスタ B の詳細については、「11. 低消費電力モード」を参照してください。

32.5.2 低消費電力機能に関する制約

モジュールストップ機能を使用する場合、およびスリープモード以外の低消費電力モードへ遷移する場合は、あらかじめ SPCR.SPE ビットを 0 にしてから通信を終了させてください。

32.5.3 転送の開始に関する制限

ICU.IELSRj.IR フラグが 1 の状態で転送を開始すると、転送開始後も割り込み要求が内部で保持されるため、ICU.IELSRj.IR フラグが予期しない挙動となる可能性があります。これを避けるには、動作を許可する (SPCR.SPE ビットを 1 にする) 前に、下記の手順で割り込み要求をクリアしてください。

1. 転送が停止していること (SPCR.SPE = 0) を確認する。
2. 対応する割り込み許可ビット (SPCR.SPTIE ビットまたは SPCR.SPRIE ビット) を 0 にする。
3. 対応する割り込み許可ビット (SPCR.SPTIE ビットまたは SPCR.SPRIE ビット) を読み出して、0 であることを確認する。
4. ICU.IELSRj.IR フラグを 0 にする。

32.5.4 モードフォルト/アンダーラン/オーバーラン/パリティエラーイベント出力に関する制限

SPI がマルチマスタモード (SPCR.SPMS ビット = 0、SPCR.MSTR ビット = 1、SPCR.MODFEN ビット = 1) の場合は、モードフォルト、アンダーラン、オーバーラン、およびパリティエラーイベントを使用することはできません。

32.5.5 SPRF および SPTEF フラグに関する制限

ポーリング用のフラグ (SPRF および SPTEF) を使用している場合、割り込みを使用することはできません。SPCR.SPRIE および SPCR.SPTIE ビットは 0 にしてください。割り込みまたはフラグのどちらか一方のみ使用可能です。

33. 巡回冗長検査 (CRC) 演算器

33.1 概要

巡回冗長検査 (CRC: Cyclic Redundancy Check) 演算器は、CRC コードを生成してデータエラーを検出します。LSB ファーストまたは MSB ファーストでの通信用に、CRC 演算結果のビットオーダを切り替えることができます。さらに、いくつかの CRC 生成多項式が利用可能です。スヌープ機能により、特定のアドレスに対する読み出しおよび書き込みをモニタできます。この機能は、シリアル送信バッファへの書き込みとシリアル受信バッファからの読み出しをモニタする場合など、特定のイベントで CRC コードの自動生成が必要となるアプリケーションで役立ちます。

表 33.1 に CRC 演算器の仕様を、図 33.1 にブロック図を示します。

表 33.1 CRC の仕様

| 項目 | 内容 | |
|------------------|---|---|
| データサイズ | 8ビット | 32ビット |
| CRC 演算対象データ (注1) | 8nビット単位の任意データに対しCRCコードを生成 (n = 自然数) | 32nビット単位のデータに対してCRCコードを生成 (n = 自然数) |
| CRC 演算処理方式 | 8ビット並列実行 | 32ビット並列実行 |
| CRC 生成多項式 | 3つの生成多項式から1つ選択可能 [8ビットCRC] • $X^8 + X^2 + X + 1$ (CRC-8) [16ビットCRC] • $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$ (CRC-16) • $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$ (CRC-CCITT) | 2つの生成多項式から1つ選択可能 [32ビットCRC] • $X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$ (CRC-32) • $X^{32} + X^{28} + X^{27} + X^{26} + X^{25} + X^{23} + X^{22} + X^{20} + X^{19} + X^{18} + X^{14} + X^{13} + X^{11} + X^{10} + X^9 + X^8 + X^6 + 1$ (CRC-32C) |
| CRC 演算切り替え | LSB ファーストまたは MSB ファーストでの通信用に、CRC 演算結果のビットオーダの切り替えが可能 | |
| モジュールストップ機能 | モジュールストップ状態に設定して消費電力を削減 | |
| CRC スヌープ | 特定のレジスタアドレスに対する読み出しと書き込みのモニタ | — |

注 1. 回路は、CRC 演算で使用するデータを分割できません。8 または 32 ビット単位で書いてください。

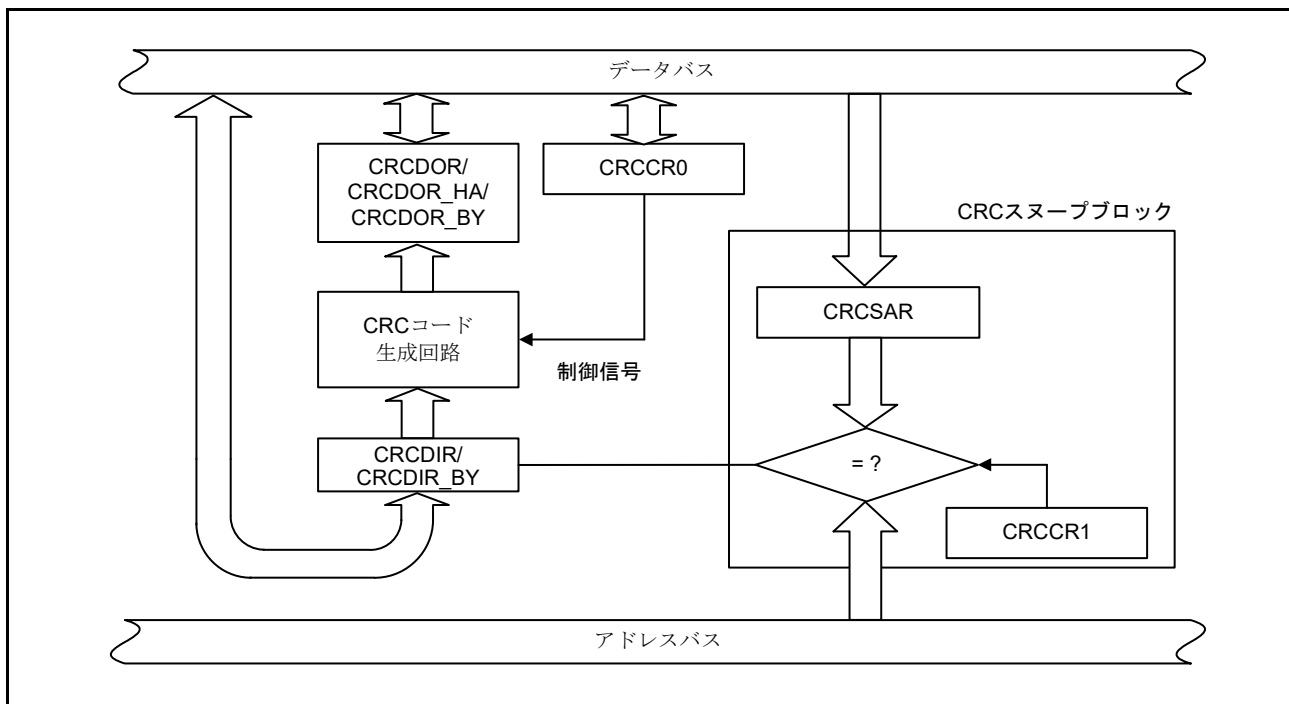


図 33.1 CRC 演算器のブロック図

33.2 レジスタの説明

33.2.1 CRC コントロールレジスタ 0 (CRCCR0)

アドレス [CRC.CRCCR0 4007 4000h](#)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------------------------|---------------------------------------|--|-----------|
| b2-b0 | GPS[2:0] | CRC生成多項式切り替え | b2 b0 0 0 0: 演算しません 0 0 1: 8ビットCRC-81 ($X^8 + X^2 + X + 1$) 0 1 0: 16ビットCRC-16 ($X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$) 0 1 1: 16ビットCRC-CCITT ($X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$) 1 0 0: 32ビットCRC-32 ($X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$) 1 0 1: 32ビットCRC-32C ($X^{32} + X^{28} + X^{27} + X^{26} + X^{25} + X^{23} + X^{22} + X^{20} + X^{19} + X^{18} + X^{14} + X^{13} + X^{11} + X^{10} + X^9 + X^8 + X^6 + 1$) その他: 演算しません | R/W |
| b5-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6 | LMS | CRC演算切り替え | 0: LSBファースト通信用にCRCを生成 1: MSBファースト通信用にCRCを生成 | R/W |
| b7 | DORCLR | CRCDOR/CRCDOR_HA/ CRCDOR_BYレジスタクリア | 1: CRCDOR/CRCDOR_HA/CRCDOR_BYレジスタをクリア 読むと0が読めます。 | W (注1) |

注1. このレジスタに書き込みを行うときは、本ビットは必ず1にしてください。

[GPS\[2:0\]](#) ビット (CRC生成多項式切り替え)

CRC生成多項式を選択します。

[LMS](#) ビット (CRC演算切り替え)

生成したCRCコードのビットオーダを選択します。LSBファーストで通信を行う場合はCRCコードの下位バイトから先に、MSBファーストで通信を行う場合はCRCコードの上位バイトから先に送信してください。CRCコードの送信および受信については、[33.3 動作説明](#)を参照してください。

[DORCLR](#) ビット (CRCDOR/CRCDOR_HA/CRCDOR_BY)

本ビットを1にすると、CRCDOR/CRCDOR_HA/CRCDOR_BYレジスタが0000_0000hになります。

読むと0が読めます。本ビットには1のみ書けます。

33.2.2 CRC コントロールレジスタ 1 (CRCCR1)

アドレス [CRC.CRCCR1 4007 4001h](#)

| | | | | | | | | |
|---------|------------|------------|----|----|----|----|----|----|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | CRCSE N | CRCS WR | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|-------------------|------------------------------|-----|
| b5-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6 | CRCSWR | スヌープオンライト/リード切り替え | 0: スヌープオンリード 1: スヌープオンライト | R/W |
| b7 | CRCSN | スヌープ許可 | 0: 禁止 1: 許可 | R/W |

CRCSWR ビット (スヌープオンライト/リード切り替え)

アドレスモニタ機能でのアクセス方向を選択します。

本ビットを0 (初期値) にすると、特定のレジスタアドレスの読み出しに対してCRC スヌープ動作が有効になります。同様に、本ビットを1にすると、特定のレジスタアドレスの書き込みに対してCRC スヌープ動作が有効になります。

CRCSN ビット (スヌープ許可)

本ビットを1にすると、CRC スヌープ動作が有効になります。0にすると、CRC スヌープ動作が無効になります。

33.2.3 CRC データ入力レジスタ (CRCDIR/CRCDIR_BY)

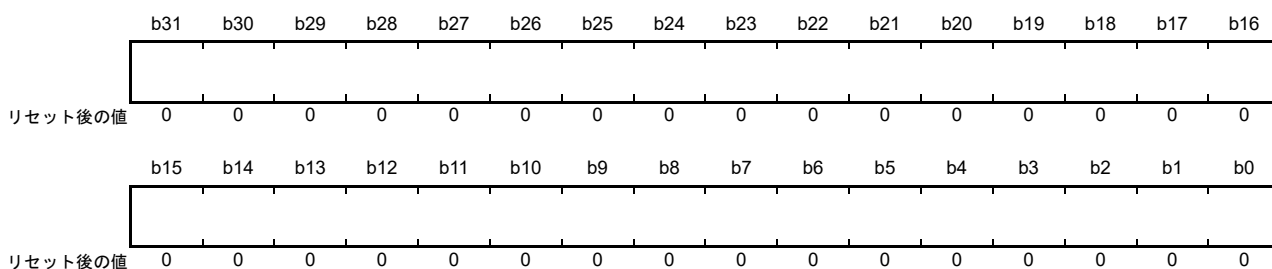
アドレス [CRC.CRCDIR/CRCDIR_BY 4007 4004h](#)

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | b31 | b30 | b29 | b28 | b27 | b26 | b25 | b24 | b23 | b22 | b21 | b20 | b19 | b18 | b17 | b16 |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

CRCDIR レジスタは、CRC-32 または CRC-32C 演算用データを書き込むための32ビットの読み出し/書き込みレジスタです。CRCDIR_BY レジスタは、CRC-8、CRC-16、またはCRC-CCITT 演算用データを書き込むための8ビットの読み出し/書き込みレジスタです。

33.2.4 CRC データ出力レジスタ (CRCDOR/CRCDOR_HA/CRCDOR_BY)

アドレス `CRC.CRCDOR/CRCDOR_HA/CRCDOR_BY 4007 4008h`



CRCDOR レジスタは、CRC-32 または CRC-32C 演算用の 32 ビットの読み出し/書き込みレジスタです。

CRCDOR_HA レジスタは、CRC-16 または CRC-CCITT 演算用の 16 ビットの読み出し/書き込みレジスタです。

CRCDOR_BY レジスタは、CRC-8 演算用の 8 ビットの読み出し/書き込みレジスタです。

初期値は `0000_0000h` であるため、初期値以外の値を用いて演算する場合は、CRCDOR/CRCDOR_HA/CRCDOR_BY レジスタを書き換えてください。

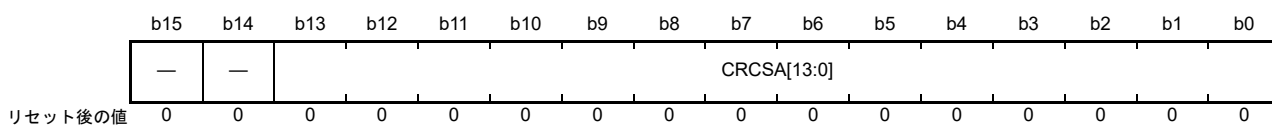
CRCDIR/CRCDIR_BY レジスタに書き込まれたデータは CRC 演算され、結果は CRCDOR/CRCDOR_HA/CRCDOR_BY レジスタに格納されます。転送データに続いて CRC コードを計算し、その結果が `0000_0000h` であると、CRC エラーなしと判断できます。

8 ビット CRC ($X^8 + X^2 + X + 1$ の多項式) を使用した場合、CRCDOR_BY レジスタに有効な CRC コードが得られます。

16 ビット CRC ($X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$ 、または $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$ の多項式) を使用した場合、CRCDOR_HA レジスタに有効な CRC コードが得られます。

33.2.5 スヌープアドレスレジスタ (CRCSAR)

アドレス **CRC.CRCSAR 4007 400Ch**



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|--------------------|--------------|----------------------------------|-----|
| b13-b0 | CRCSA[13:0] | レジスタスヌープアドレス | SCIモジュールのTDRまたはRDRアドレスをスヌープにします。 | R/W |
| b15-b14 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

CRCSA[13:0] ビット (レジスタスヌープアドレス)

これらのビットには、CRC スヌープ動作でモニタされるレジスタアドレスの下位 14 ビットを設定します。

CRCSA[13:0] ビットで使用できるのは、以下のアドレスのみです。

- 4007 0003h : SCI0.TDR, 4007 0005h : SCI0.RDR
- 4007 0023h : SCI1.TDR, 4007 0025h : SCI1.RDR
- 4007 0123h : SCI9.TDR, 4007 0125h : SCI9.RDR
- 4007 000Fh : SCI0.FTDRL, 4007 0011h : SCI0.FRDL
- 4007 002Fh : SCI1.FTDRL, 4007 0031h : SCI1.FRDL

33.3 動作説明

33.3.1 基本動作

CRC 演算器は、LSB ファーストまたは MSB ファースト転送で使用する CRC コードを生成します。

16 ビットの CRC-CCITT 生成多項式 ($X^{16}+X^{12}+X^5+1$) を使用して、入力データ (F0h) に対し CRC コードを生成する例を以下に示します。この例では、CRC 演算の前に、CRC データ出力レジスタ (CRCDOR_HA) の値をクリアします。

8 ビット CRC (X^8+X^2+X+1 の多項式) を使用している場合は、CRCDOR_BY レジスタに有効な CRC コードのビットが得られます。32 ビット CRC を使用している場合は、CRCDOR レジスタに有効な CRC コードのビットが得られます。

図 33.2 と図 33.3 に LSB ファーストと MSB ファーストのデータ送信例を、図 33.4 と図 33.5 に LSB ファーストと MSB ファーストのデータ受信例をそれぞれ示します。

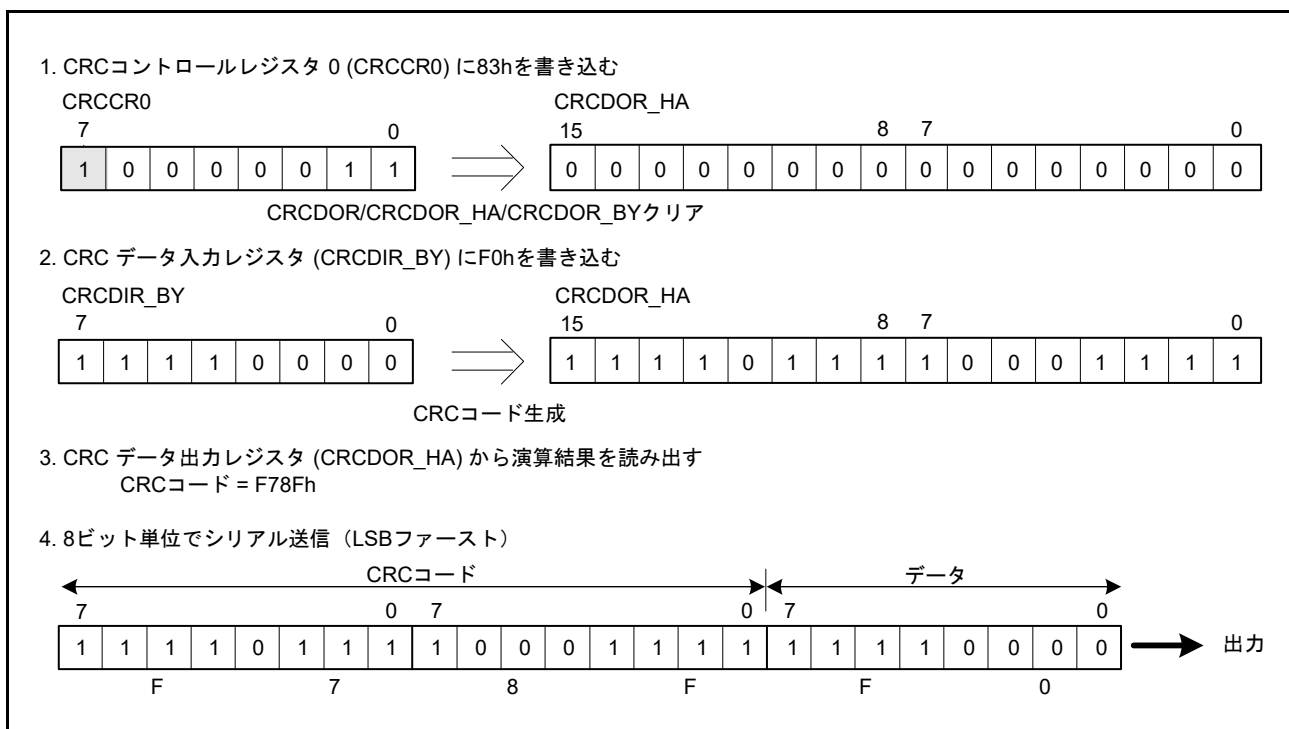


図 33.2 LSB ファーストのデータ送信

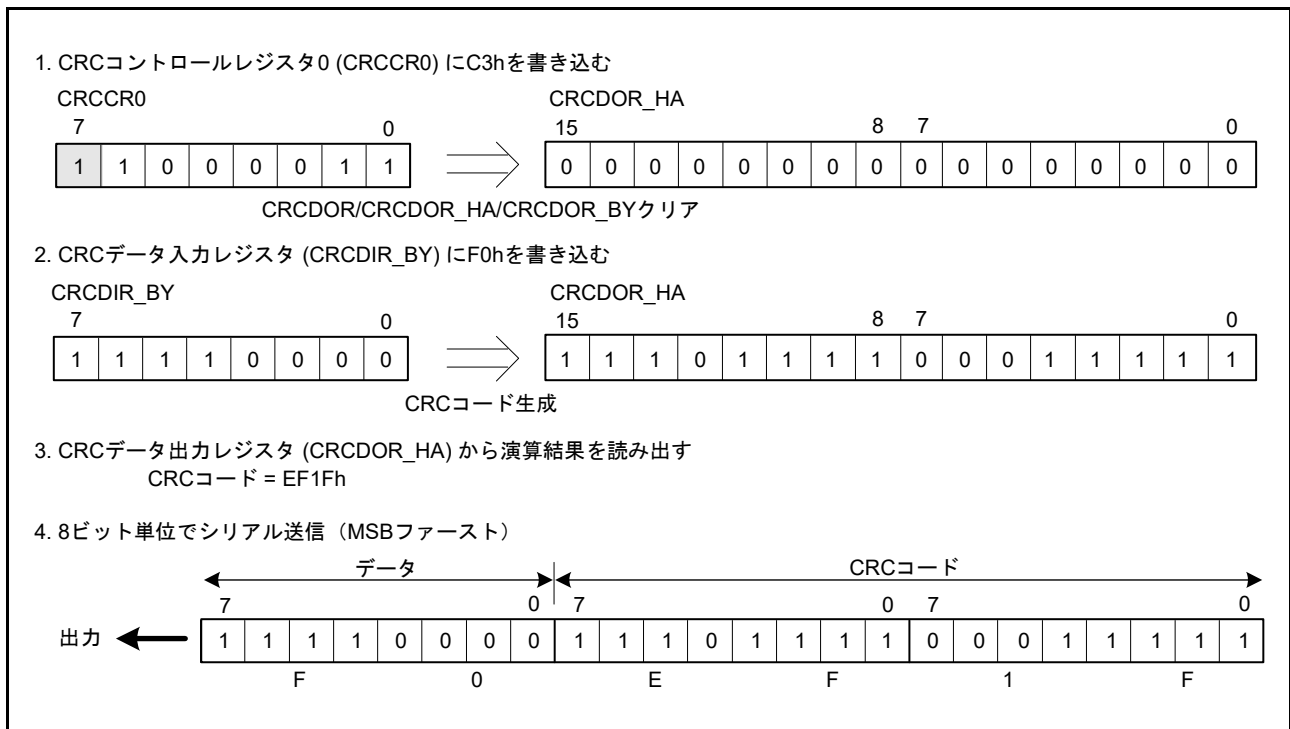


図 33.3 MSB ファーストのデータ送信

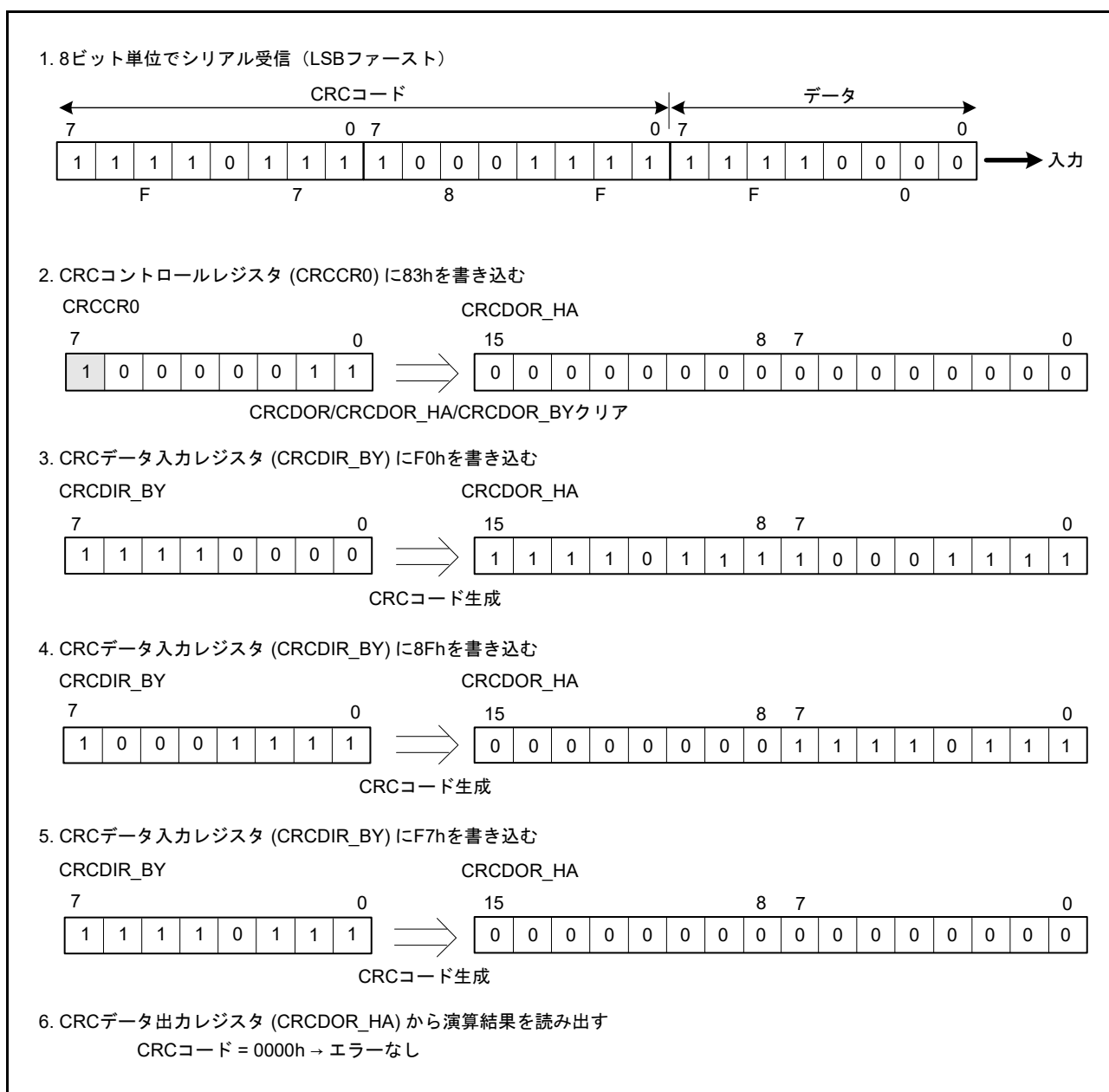


図 33.4 LSB ファーストのデータ受信

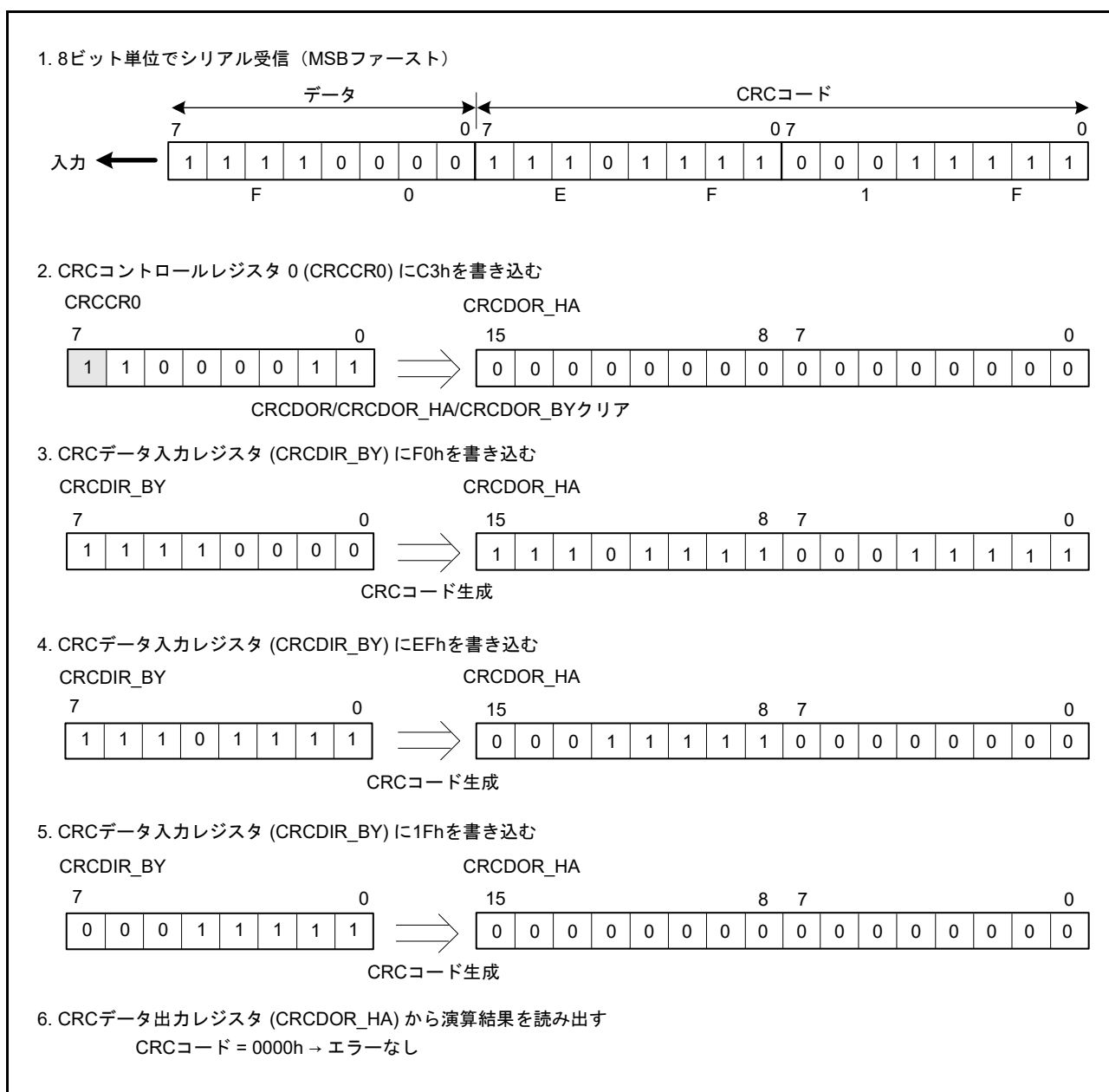


図 33.5 MSB ファーストのデータ受信

33.3.2 CRC スヌープ

CRC スヌープ機能では、特定のレジスタアドレスの読み出しおよび書き込みをモニタし、そのレジスタアドレスで読み出し/書き込みしたデータに自動CRC演算を実行します。CRC スヌープは、特定のレジスタアドレスに対する読み出しと書き込みをCRC演算を自動的に実行するトリガとして認識するため、CRCDIR_BYレジスタにデータを書き込む必要がありません。CRC スヌープの対象アドレスは、スヌープアドレスレジスタ (CRCSAR) で指定したすべてのI/Oレジスタアドレスです。CRC スヌープは、シリアル送信バッファへの書き込みと、シリアル受信バッファからの読み出しをモニタするのに役立ちます。

この機能を使用するには、対象となるI/OレジスタアドレスをCRCSARレジスタのCRCSA13～CRCSA0ビットに書き込み、CRCCR1レジスタのCRCSENビットを1にします。次に、CRCCR1.CRCSWRビットを1にして、対象アドレスへの書き込みに対してスヌープを有効にするか、あるいは、CRCCR1.CRCSWRビットを0にして、対象アドレスからの読み出しに対してスヌープを有効にします。

CRCSENビットを1、CRCSWRビットを1にして、バスマスタモジュール (CPU、DMA、DTC など) の対象となるI/Oレジスタアドレスにデータを書き込むと、CRC演算器はCRCDIR_BYレジスタにデータを格納してCRC演算を実行します。同様に、CRCSENビットを1、CRCSWRビットを0にして、バスマスタモジュール (CPU、DMA、DTC など) の対象となるI/Oレジスタアドレスのデータを読み出すと、CRC演算器はCRCDIR_BYレジスタにデータを格納してCRC演算を実行します。

一度に1バイトのCRC演算が実行されます。対象となるI/Oレジスタアドレスに対してワード (16ビット) またはロングワード (32ビット) でアクセスすると、データの下位バイト (1バイト) にCRCコードが生成されます。

33.4 使用上の注意事項

33.4.1 モジュールストップ状態の設定

モジュールストップコントロールレジスタ C (MSTPCRC) により、CRC 演算器の動作を許可または禁止することが可能です。リセット後、CRC の動作は停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細は、「11. 低消費電力モード」を参照してください。

33.4.2 送信時の注意事項

LSB ファーストで送信する場合と、MSB ファーストで送信する場合とは、CRC コードの送信順序が異なります。図 33.6 に LSB ファーストと MSB ファーストのデータ送信を示します。

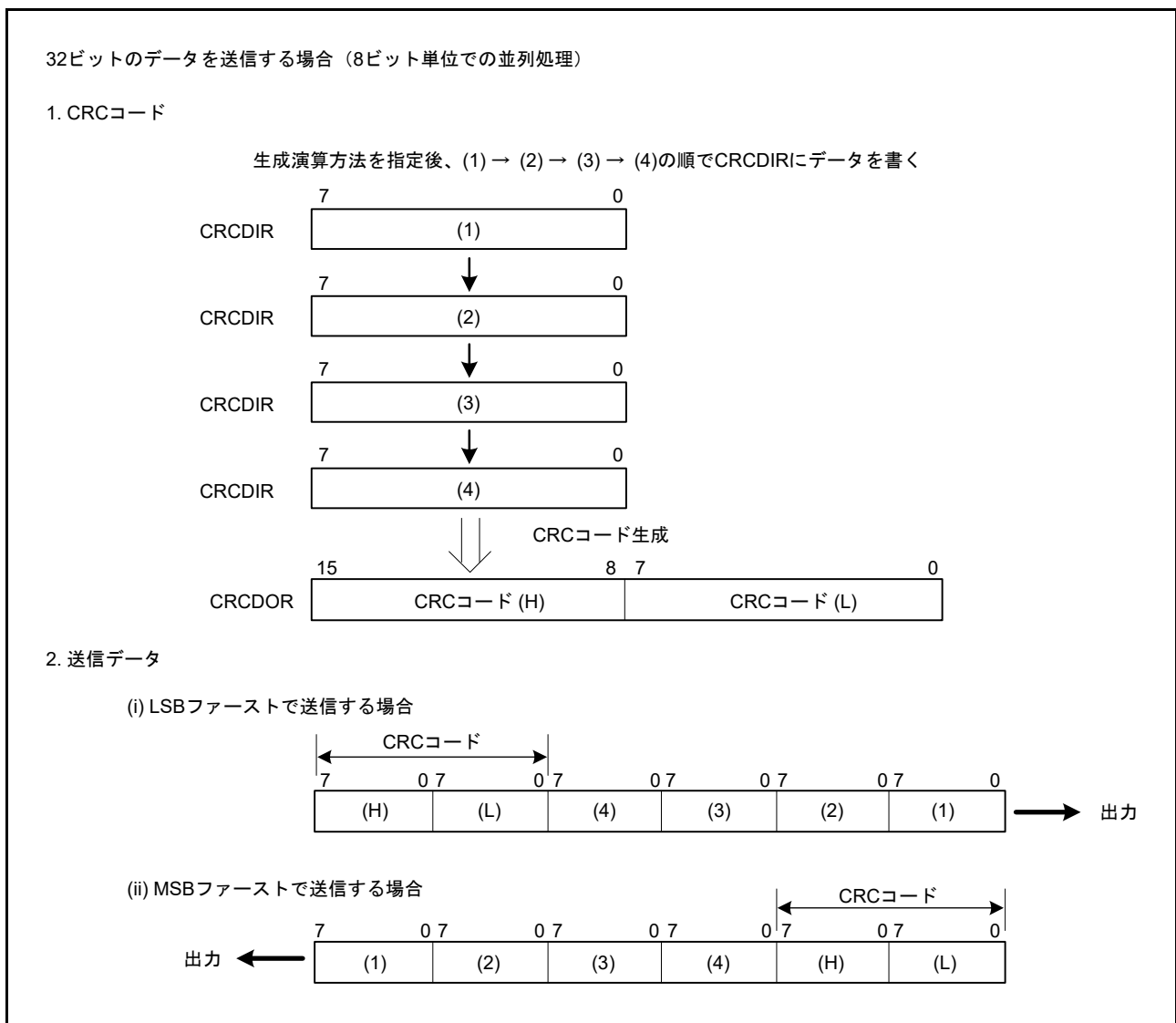


図 33.6 LSB ファーストと MSB ファーストのデータ送信

34. 14ビットA/Dコンバータ (ADC14)

34.1 概要

本MCUは、逐次比較方式の14ビットのA/Dコンバータ(ADC14)ユニットを内蔵しています。最大8チャンネルのアナログ入力を選択可能です。変換には温度センサ出力および内部基準電圧を選択できます。A/D変換精度には14ビット変換を選択でき、デジタル値の生成時に速度と分解能のバランスを最適化することが可能です。

ADC14には次の動作モードがあります。

- 任意に選択したチャンネルのアナログ入力を、チャンネル番号の昇順に変換するシングルスキャンモード
- 任意に選択したチャンネルのアナログ入力を、順次チャンネル番号の昇順に連続して変換する連続スキャンモード
- チャンネルのアナログ入力を任意に2つのグループ(グループAとグループB)に分け、グループ単位で選択したチャンネルのアナログ入力をチャンネル番号の昇順に変換するグループスキャンモード

グループスキャンモードでは、グループAとグループBのスキャン開始条件を個別に選択することで、グループAとグループBは異なるタイミングでA/D変換を開始することが可能です。さらに、グループAの優先制御動作を設定すると、ADC14はグループBのA/D変換動作中にグループAのスキャン開始を受け付けて、グループBのA/D変換動作を中断します。このようにして、グループAのA/D変換を優先的に開始することが可能です。

ダブルトリガモードは、任意に選択した1チャンネルのアナログ入力をシングルスキャンモードまたはグループスキャンモード(グループA)で変換し、1回目のA/D変換開始トリガで変換したデータと2回目のA/D変換開始トリガで変換したデータを別々のレジスタに格納(A/D変換データの2重化)します。

自己診断は、スキャンごとの最初に1回実施され、ADC14内部で生成する3つの電圧値のうち1つをA/D変換します。

A/D変換には温度センサ出力および内部基準電圧を同時に選択できません。温度センサ出力および内部基準電圧は個別に変換されます。内部基準電圧を高電位側の基準電圧に選択する場合、温度センサまたは内部基準電圧のA/D変換も実行できません。

基準電源端子(VREFH0)、アナログ部の電源端子(AVCC0)、または内部基準電圧は、高電位側の基準電圧として選択可能です。基準電源グランド端子(VREFL0)またはアナログ部の電源グランド端子(AVSS0)は、低電位側の基準電圧として選択可能です。

ADC14は比較機能(ウィンドウAとウィンドウB)を搭載しています。この比較機能は、ウィンドウAとウィンドウBそれぞれの上側基準値および下側基準値を指定し、選択したチャンネルのA/D変換値が比較条件に一致すると割り込みを出力します。

表34.1にADC14の仕様を、表34.2に機能を、図34.1にブロック図を示します。表34.3に入出力端子を示します。

表 34.1 ADC14の仕様 (1/2)

| 項目 | 内容 |
|-----------|--|
| ユニット数 | 1ユニット |
| 入力チャンネル | 最大8チャンネル (AN004～AN006, AN009, AN010, AN017, AN019, AN020) |
| 拡張アナログ機能 | 温度センサ出力、内部基準電圧 |
| A/D変換方式 | 逐次比較方式 |
| 分解能 | 14ビット (14ビットまたは12ビット変換が選択可能) |
| 変換時間 | 1チャンネル当たり0.79μs、A/D変換クロックPCLKC (ADCLK) が64MHzで動作時 |
| A/D変換クロック | 周辺モジュールクロックPCLKB (注1) およびA/D変換クロックPCLKC (ADCLK) (注1) を以下の分周比で設定可能 PCLKB : PCLKC (ADCLK) 分周比 = 1:1、2:1、4:1、8:1、1:2、1:4 |

表 34.1 ADC14の仕様 (2/2)

| 項目 | 内容 |
|-------------|---|
| データレジスタ | <ul style="list-style-type: none"> アナログ入力用28本 ダブルトリガモードでのA/D変換データ2重化用1本 ダブルトリガモード拡張動作時のA/D変換データ2重化用2本 温度センサ出力用1本 内部基準電圧用1本 自己診断用1本 A/D変換結果をA/Dデータレジスタに保持 A/D変換結果の12および14ビット精度出力対応 A/D変換値加算モード (A/D変換結果の加算値を変換精度ビット数 + 2ビットでA/Dデータレジスタに保持) (注4) ダブルトリガモード、シングルスキャンとグループスキャンモードで選択可能: 選択した1つのチャンネルのアナログ入力のA/D変換データを1回目は対象チャンネルのデータレジスタに保持、2回目のA/D変換データは2重化レジスタに保持 ダブルトリガモード拡張動作 (特定トリガ種別で有効) 選択した1つのチャンネルのアナログ入力のA/D変換データを関連するトリガに準備した2重化レジスタに保持 |
| 動作モード | <ul style="list-style-type: none"> シングルスキャンモード 任意に選択したチャンネルのアナログ入力、温度センサ出力、内部基準電圧を1回のみA/D変換 連続スキャンモード 任意に選択したチャンネルのアナログ入力、温度センサ出力、内部基準電圧を繰り返しA/D変換 グループスキャンモード 任意にグループAとグループBに分けたチャンネルのアナログ入力を1回のみA/D変換 グループAとグループBのスキャン開始条件を個別に選択することで、グループAとグループBのA/D変換をそれぞれ異なるタイミングで開始することが可能 グループスキャンモード (グループA優先制御選択時) グループBのA/D変換動作中にグループAのトリガ入力があった場合、グループBのA/D変換動作を中断し、グループAのA/D変換動作を実施 グループAのA/D変換動作終了後にグループBのA/D変換動作の再実行 (再スキャン) の設定が可能 |
| A/D変換開始条件 | <ul style="list-style-type: none"> ソフトウェアトリガ イベントリンクコントローラ (ELC) からの同期トリガ 外部トリガADTRG0端子からの非同期トリガ |
| 機能 | <ul style="list-style-type: none"> サンプリングステート数可変機能 ADC14の自己診断機能 A/D変換値加算モードと平均モードが選択可能 アナログ入力断線検出機能 (ディスチャージ機能/プリチャージ機能) ダブルトリガモード (A/D変換データ2重化機能) 12/14ビット変換切り替え機能 (注2) A/Dデータレジスタオートクリア機能 コンペアレジスタとデータレジスタとの値の比較、およびデータレジスタ間の値のデジタル比較 |
| 割り込み要因 | <ul style="list-style-type: none"> シングルスキャンモード (ダブルトリガモード非選択) では、1回のスキャン終了でA/Dスキャン終了割り込み要求およびELCイベント信号 (ADC140_ADI) を発生 デジタルコンペア機能の比較条件成立で、コンペア割り込み要求 (ADC140_CMPAI/ADC140_CMPBI) を発生 デジタルコンペア機能の比較条件成立で、ウィンドウコンペアELCイベント信号 (ADC140_WCPMP) を発生 デジタルコンペア機能の比較条件不成立で、ウィンドウコンペアELCイベント信号 (ADC140_WCMPUM) を発生 シングルスキャンモード (ダブルトリガモード選択) では、2回のスキャン終了でA/Dスキャン終了割り込み要求およびELCイベント信号 (ADC140_ADI) を発生 連続スキャンモードでは、選択した全チャンネルのスキャン終了でA/Dスキャン終了割り込み要求およびELCイベント信号 (ADC140_ADI) を発生 グループスキャンモード (ダブルトリガモード非選択) では、グループAのスキャン終了でA/Dスキャン終了割り込み要求およびELCイベント信号 (ADC140_ADI) を発生。グループBのスキャン終了でグループBのA/Dスキャン終了割り込み要求 (ADC140_GBADI) を発生 グループスキャンモード (ダブルトリガモード選択) では、2回のグループAのスキャン終了でA/Dスキャン終了割り込み要求およびELCイベント信号 (ADC140_ADI) を発生。グループBのスキャン終了でグループBのA/Dスキャン終了割り込み要求 (ADC140_GBADI) を発生 ADC140_ADI、ADC140_GBADI、ADC140_WCPMP、およびADC140_WCMPUMでDMAコントローラ (DMAC)、データトランスファコントローラ (DTC) を起動可能 |
| ELCインタフェース | ELCからのトリガでスキャン開始可能 |
| 基準電圧 | <ul style="list-style-type: none"> VREFH0、AVCC0、または内部基準電圧は、高電位の基準電圧として選択可能 VREFL0またはAVSS0は低電位の基準電圧として選択可能 |
| モジュールストップ機能 | モジュールストップ状態への設定が可能 (注3) |

- 注. 温度センサ出力または内部基準電圧を選択する場合、連続スキャンモードまたはグループスキャンモードは使用しないでください。
- 注1. 周辺モジュールクロック PCLKB 周波数は SCKDIVCR.PCKB[2:0] ビットで指定し、A/D 変換クロック ADCLK は SCKDIVCR.PCKC[2:0] ビットで指定します。PCLKB の最大周波数は 32MHz で、PCKC (ADCLK) の最大周波数は 64MHz です。
- 注2. A/D 変換精度を変えた場合、A/D 変換時間も変わります。詳細は、[34.3.6 アナログ入力のサンプリング時間とスキャン変換時間](#)を参照してください。
- 注3. 詳細は、「[11. 低消費電力モード](#)」を参照してください。
- 注4. 加算用の拡張ビット数は、A/D 変換精度および加算回数によって異なります。A/D 変換精度が 12 または 14 ビットの場合、2 ビット拡張は最大で変換 4 回 (加算 3 回) となります。

表 34.2 ADC14の機能

| 項目 | | | ADC140 |
|--------------------------|-------------------|-----------|---|
| アナログ入力チャンネル | | | AN004 ~ AN006, AN009, AN010, AN017, AN019, AN020 内部基準電圧 温度センサ出力 |
| A/D 変換開始条件 | 外部トリガ | トリガ入力端子 | ADTRG0 |
| | ソフトウェア | ソフトウェアトリガ | 許可 |
| | 同期トリガ (ELCからのトリガ) | ELCトリガ | ELC_AD00 ELC_AD01 |
| 割り込み | | | ADC140_ADI ADC140_GBADI ADC140_CMPAI ADC140_CMPBI |
| ELCへの出力 | | | ADC140_ADI ADC140_WCMPPM ADC140_WCMPUM |
| モジュールストップ機能の設定 (注1) (注2) | | | MSTPCRD.MSTPD16ビット |

- 注1. 詳細は、「[11. 低消費電力モード](#)」を参照してください。
- 注2. モジュールストップ状態の解除後に A/D 変換を開始するのに、1 μ s 以上待機します。

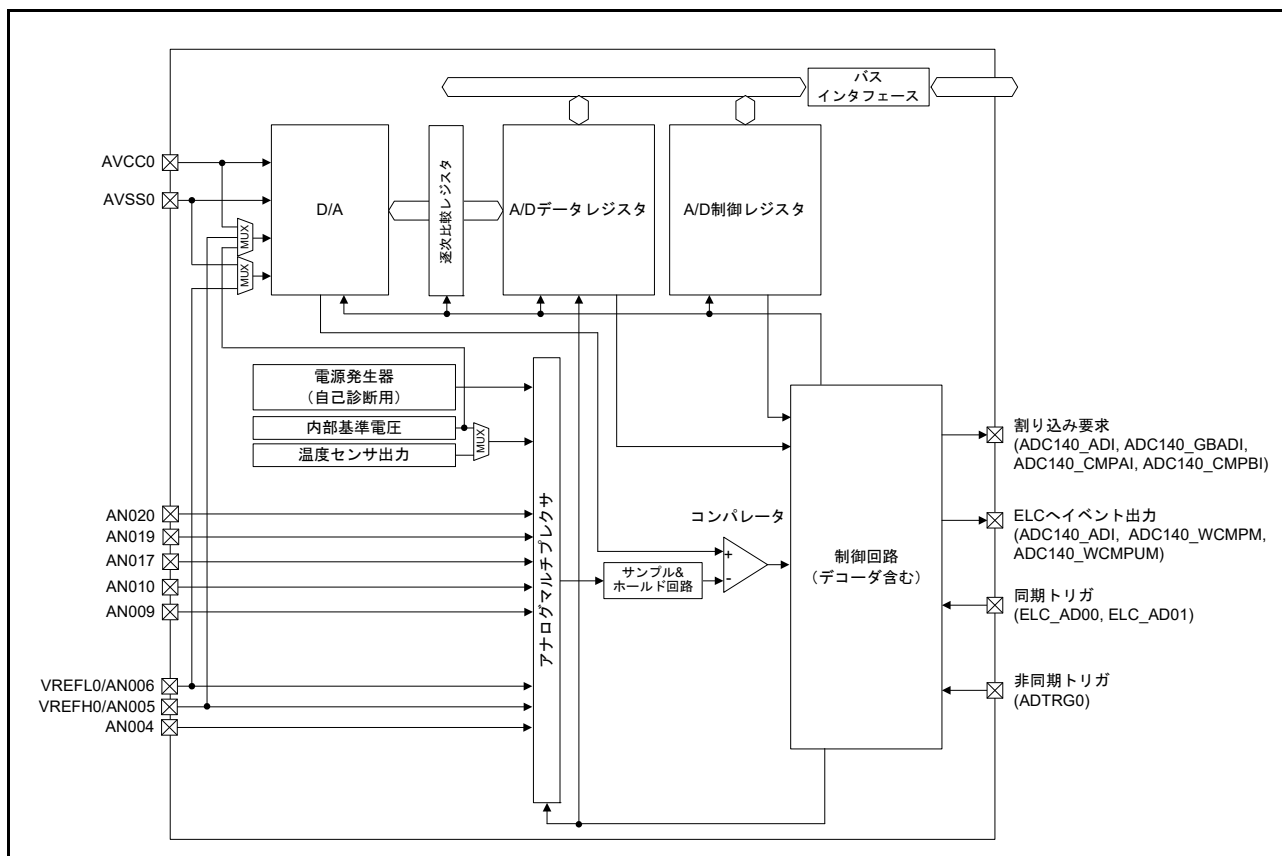


図 34.1 ADC14のブロック図

表 34.3 ADC14の入出力端子

| 単位 | 端子名 | 入出力 | 機能 |
|-------|--|-----|--------------------------------|
| ユニット0 | AVCC0 | 入力 | アナログ部の電源端子 |
| | AVSS0 | 入力 | アナログ部の電源グランド端子 |
| | VREFH0 | 入力 | 基準電源端子 |
| | VREFL0 | 入力 | 基準電源グランド端子 |
| | AN004 ~ AN006, AN009, AN010, AN017, AN019, AN020 | 入力 | アナログ入力端子4~6, 9, 10, 17, 19, 20 |
| | ADTRG0 | 入力 | A/D変換開始のための外部トリガ入力端子 |

34.2 レジスタの説明

34.2.1 A/D データレジスタ y (ADDRy)、A/D データ 2 重化レジスタ (ADDBLDR)、A/D データ 2 重化レジスタ A (ADDBLDRA)、A/D データ 2 重化レジスタ B (ADDBLDRB)、A/D 温度センサデータレジスタ (ADTSDR)、A/D 内部基準電圧データレジスタ (ADOCDR)

データレジスタには以下の種類があります。

- ADDRy レジスタ (y=4~6, 9, 10, 17, 19, 20) : A/D 変換結果を格納する 16 ビットの読み出し専用レジスタ
- ADDBLDR: ダブルトリガモード選択時の2回目のトリガによって A/D 変換した結果を格納する 16 ビットの読み出し専用レジスタ
- ADDBLDRA および ADDBLDRB: ダブルトリガモード選択時、拡張動作中のトリガによって A/D 変換した結果を格納する 16 ビットの読み出し専用レジスタ
- ADTSDR: 温度センサ出力を A/D 変換した結果を格納する 16 ビットの読み出し専用レジスタ
- ADOCDR: 内部基準電圧を A/D 変換した結果を格納する 16 ビットの読み出し専用レジスタ

これらのレジスタは、下記の条件によりデータフォーマットが異なります。

- A/D データレジスタフォーマット選択ビット (ADCER.ADRFMT) の設定値 (右詰めまたは左詰め)
- A/D 変換精度指定ビット (ADCER.ADPRC[1:0]) の設定値 (12 ビットまたは 14 ビット設定)
- 加算/平均回数選択ビット (ADADC.ADC[2:0]) の設定値 (1 回、2 回、3 回、4 回、16 回の設定)
- 平均モードイネーブルビット (ADADC.AVEE) の設定値 (加算または平均の設定)

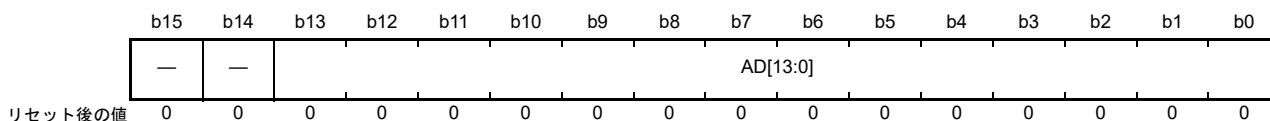
以下では、各モードにおける条件ごとのデータフォーマットについて説明します。

(1) A/D 変換値加算/平均モードを非選択とした場合

以下に、条件ごとのデータフォーマットを示します。

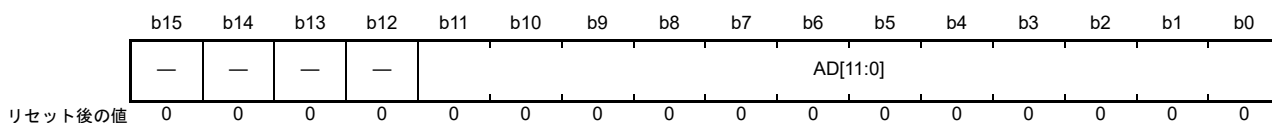
右詰めのフォーマット、14 ビット精度に設定した場合

アドレス [ADC140.ADDR4 4005 C028h](#)~[ADC140.ADDR6 4005 C02Ch](#), [ADC140.ADDR9 4005 C032h](#), [ADC140.ADDR10 4005 C034h](#), [ADC140.ADDR17 4005 C042h](#), [ADC140.ADDR19 4005 C046h](#), [ADC140.ADDR20 4005 C048h](#), [ADC140.ADDBLDR 4005 C018h](#), [ADC140.ADDBLDRA 4005 C084h](#), [ADC140.ADDBLDRB 4005 C086h](#), [ADC140.ADTSDR 4005 C01Ah](#), [ADC140.ADOCDR 4005 C01Ch](#)



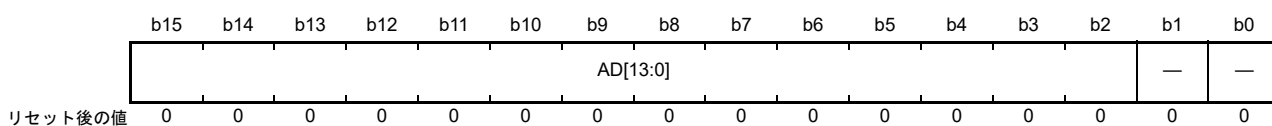
| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|----------|----------|----------------|-----|
| b13-b0 | AD[13:0] | 変換値 13~0 | 14 ビット A/D 変換値 | R |
| b15-b14 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。 | R |

右詰めのフォーマット、12ビット精度に設定した場合



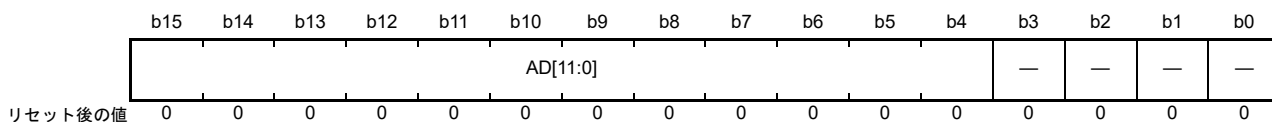
| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|----------|----------|-------------|-----|
| b11-b0 | AD[11:0] | 変換値 11~0 | 12ビットA/D変換値 | R |
| b15-b12 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |

左詰めのフォーマット、14ビット精度に設定した場合



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------|----------|-------------|-----|
| b1-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b15-b2 | AD[13:0] | 変換値 13~0 | 14ビットA/D変換値 | R |

左詰めのフォーマット、12ビット精度に設定した場合



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------|----------|-------------|-----|
| b3-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b15-b4 | AD[11:0] | 変換値 11~0 | 12ビットA/D変換値 | R |

(2) A/D変換値平均モードを選択した場合

A/D変換値加算モードで2回または4回を指定した場合、A/D変換値平均モードを選択できます。A/D変換値平均モードを選択した場合、本レジスタは特定チャンネルのA/D変換値を平均した値を示します。通常のA/D変換と同様にA/Dデータレジスタフォーマット選択ビットの設定に基づき、A/Dデータレジスタに値が格納されます。

(3) A/D 変換値加算モードを選択した場合

12ビットまたは14ビット精度 (ADPRC ビットの設定値) の場合、A/D 変換値加算で1回、2回、3回、または4回を選択できます。12ビット精度を選択した場合に限り、16回を選択することもできます。

加算モードでは、本レジスタは特定チャンネルのA/D変換値を加算した結果の値を示します。A/Dデータレジスタフォーマット選択ビットの設定に基づき、A/Dデータレジスタに値が格納されます。

加算モードで1回、2回、3回、または4回変換を設定し、12ビットまたは14ビット精度を指定した場合、変換結果の値を、指定した精度のビット数に2ビット分拡張したデータとしてA/Dデータレジスタに保持します。

加算モードの12ビット精度で16回変換をした場合、変換結果は指定した精度に4ビット拡張した値でA/Dデータレジスタに格納されます。

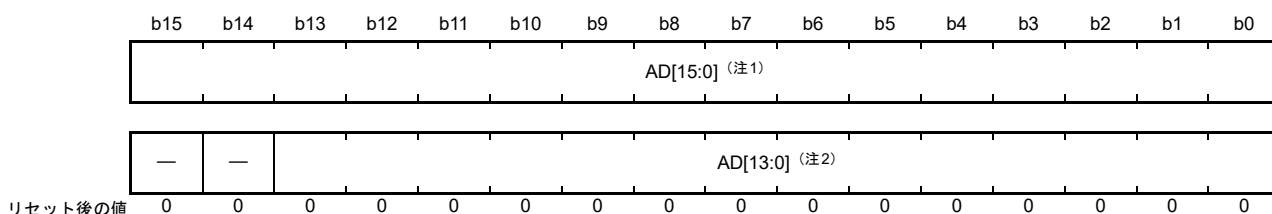
以下、条件ごとのフォーマットを示します。

右詰めフォーマット、14ビット精度に設定した場合 (A/D 変換値加算モード時)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------|-----------|-----------------|-----|
| b15-b0 | AD[15:0] | 加算結果 15~0 | 16ビットA/D変換値加算結果 | R |

右詰めフォーマット、12ビット精度に設定した場合 (A/D 変換値加算モード時)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|---------------|-----------|-----------------|-----|
| b15-b0 | AD[15:0] (注1) | 加算結果 15~0 | 16ビットA/D変換値加算結果 | R |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------------|-----------|-----------------|-----|
| b13-b0 | AD[13:0] (注2) | 加算結果 13~0 | 14ビットA/D変換値加算結果 | R |
| b15-b14 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |

注1. A/D変換値加算モードで16回変換を選択した場合に使用

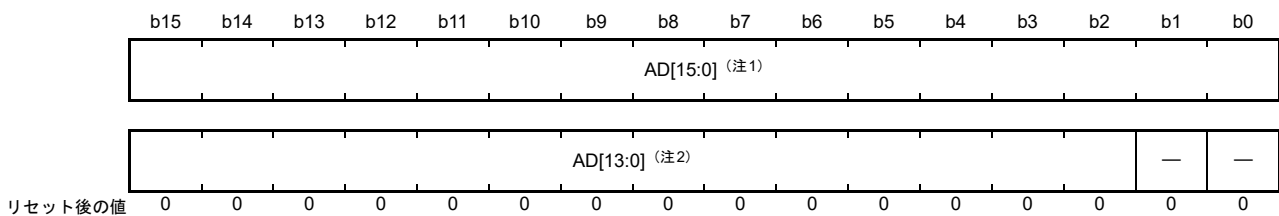
注2. A/D変換値加算モードで1回、2回、3回、または4回変換を指定した場合に使用

左詰めフォーマット、14ビット精度に設定した場合 (A/D変換値加算モード時)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------|----------|-----------------|-----|
| b15-b0 | AD[15:0] | 加算結果15~0 | 16ビットA/D変換値加算結果 | R |

左詰めフォーマット、12ビット精度に設定した場合 (A/D変換値加算モード時)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|---------------|----------|-----------------|-----|
| b15-b0 | AD[15:0] (注1) | 加算結果15~0 | 16ビットA/D変換値加算結果 | R |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|---------------|----------|-----------------|-----|
| b1-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b15-b2 | AD[13:0] (注2) | 加算結果13~0 | 14ビットA/D変換値加算結果 | R |

注1. A/D変換値加算モードで16回変換を選択した場合に使用

注2. A/D変換値加算モードで1回、2回、3回、または4回変換を指定した場合に使用

34.2.2 A/D 自己診断データレジスタ (ADRD)

ADRD レジスタは、ADC14 の自己診断により A/D 変換した結果を格納する 16 ビットの読み出し専用レジスタです。A/D 変換値を示す AD[13:0] ビットに加えて、自己診断ステータスビット (DIAGST) が付加されます。

本レジスタは、下記の条件によりデータフォーマットが異なります。

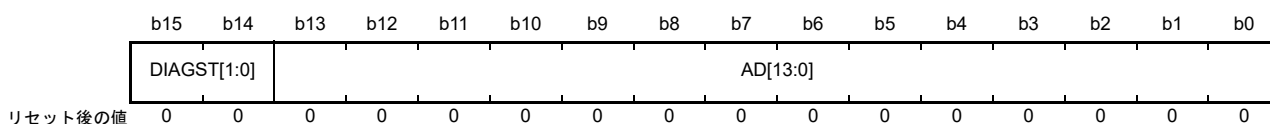
- A/D データレジスタフォーマット選択ビット (ADCER.ADRFMT) の設定値 (左詰めまたは右詰め)
- A/D 変換精度指定ビット (ADCER.ADPRC[1:0]) の設定値 (12 ビットまたは 14 ビット設定)

A/D 自己診断機能には A/D 変換加算モードと A/D 変換平均モードを適用することはできません。自己診断の詳細については、[34.2.11 A/D コントロール拡張レジスタ \(ADCER\)](#) を参照してください。

以下では、各条件のデータフォーマットについて説明します。

右詰めのフォーマット、14 ビット精度に設定した場合

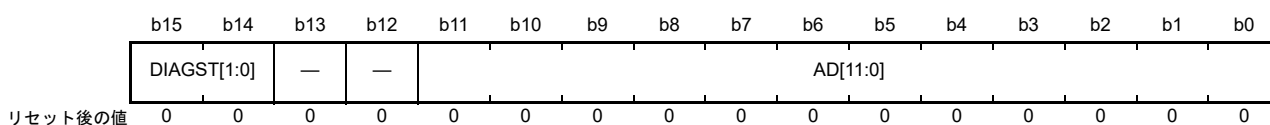
アドレス [ADC14.ADRD 4005 C01Eh](#)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------------------------|-----------|--|-----|
| b13-b0 | AD[13:0] | 変換値 13~0 | 14ビットA/D変換値 | R |
| b15-b14 | DIAGST[1:0] | 自己診断ステータス | b15 b14 0 0: パワーオンから自己診断を実施していないことを示す 0 1: 0Vの電圧値の自己診断を実施したことを示す 1 0: 基準電源 (注1) × 1/2の電圧値の自己診断を実施したことを示す 1 1: 基準電源 (注1) の電圧値の自己診断を実施したことを示す 自己診断の詳細については、 34.2.11 A/D コントロール拡張レジスタ (ADCER) を参照してください。 | R |

注 1. 基準電源は VREFH0 を指します。

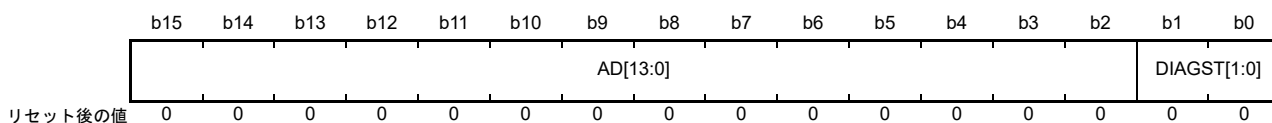
右詰めのフォーマット、12 ビット精度に設定した場合



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------------------------|-----------|--|-----|
| b11-b0 | AD[11:0] | 変換値 11~0 | 12ビットA/D変換値 | R |
| b13-b12 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b15-b14 | DIAGST[1:0] | 自己診断ステータス | b15 b14 0 0: パワーオンから自己診断を実施していないことを示す 0 1: 0Vの電圧値の自己診断を実施したことを示す 1 0: 基準電源 (注1) × 1/2の電圧値の自己診断を実施したことを示す 1 1: 基準電源 (注1) の電圧値の自己診断を実施したことを示す 自己診断の詳細については、 34.2.11 A/D コントロール拡張レジスタ (ADCER) を参照してください。 | R |

注 1. 基準電源は VREFH0 を指します。

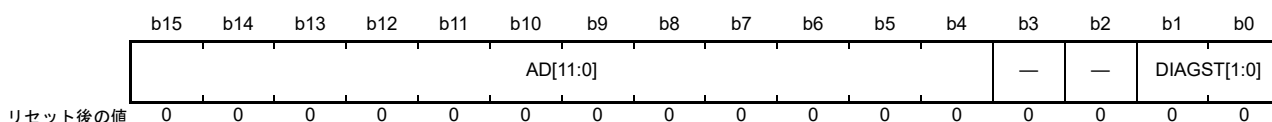
左詰めフォーマット、14ビット精度に設定した場合



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|-------------|-----------|---|-----|
| b1-b0 | DIAGST[1:0] | 自己診断ステータス | b1 b0 0 0: パワーオンから自己診断を実施していないことを示す 0 1: 0Vの電圧値の自己診断を実施したことを示す 1 0: 基準電源 (注1) × 1/2の電圧値の自己診断を実施したことを示す 1 1: 基準電源 (注1) の電圧値の自己診断を実施したことを示す 自己診断の詳細については、 34.2.11 A/Dコントロール拡張レジスタ (ADCER) を参照してください。 | R |
| b15-b2 | AD[13:0] | 変換値 13~0 | 14ビットA/D変換値 | R |

注 1. 基準電源は VREFH0 を指します。

左詰めフォーマット、12ビット精度に設定した場合



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|-------------|-----------|---|-----|
| b1-b0 | DIAGST[1:0] | 自己診断ステータス | b1 b0 0 0: パワーオンから自己診断を実施していないことを示す 0 1: 0Vの電圧値の自己診断を実施したことを示す 1 0: 基準電源 (注1) × 1/2の電圧値の自己診断を実施したことを示す 1 1: 基準電源 (注1) の電圧値の自己診断を実施したことを示す 自己診断の詳細については、 34.2.11 A/Dコントロール拡張レジスタ (ADCER) を参照してください。 | R |
| b3-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b15-b4 | AD[11:0] | 変換値 11~0 | 12ビットA/D変換値 | R |

注 1. 基準電源は VREFH0 を指します。

34.2.3 A/D コントロールレジスタ (ADCSR)

アドレス ADCC140.ADCSR 4005 C000h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------|-----|-----|-------|------|-------|------|--------|----|-------------|----|----|----|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| ADST | ADCS[1:0] | — | — | ADHSC | TRGE | EXTRG | DBLE | GBADIE | — | DBLANS[4:0] | | | | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-------------|-------------------|---|-----|
| b4-b0 | DBLANS[4:0] | ダブルトリガ対象チャンネル選択 | ダブルトリガ対象のアナログ入力を1チャンネル選択します。ダブルトリガモード選択時のみ有効です。 | R/W |
| b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6 | GBADIE | グループBスキャン終了割り込み許可 | 0: グループBのスキャン終了後にADC140_GBADI割り込み発生を禁止 1: グループBのスキャン終了後にADC140_GBADI割り込み発生を許可 グループBのスキャンは、グループスキャンモードでのみ実行できます。 | R/W |
| b7 | DBLE | ダブルトリガモード選択 | 0: ダブルトリガモード非選択 1: ダブルトリガモード選択 | R/W |
| b8 | EXTRG | トリガ選択 (注1) | 0: 同期トリガ (ELC) によるA/D変換の開始を選択 1: 非同期トリガ (ADTRG0) によるA/D変換の開始を選択 | R/W |
| b9 | TRGE | トリガ開始許可 | 0: 同期、非同期トリガによるA/D変換の開始を禁止 1: 同期、非同期トリガによるA/D変換の開始を許可 | R/W |
| b10 | ADHSC | A/D変換モード選択 | 0: 高速A/D変換モード 1: 低消費電力A/D変換モード | R/W |
| b12-b11 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b14-b13 | ADCS[1:0] | スキャンモード選択 | b14 b13 0 0: シングルスキャンモード 0 1: グループスキャンモード 1 0: 連続スキャンモード 1 1: 設定禁止 | R/W |
| b15 | ADST | A/D変換スタート | 0: A/D変換停止 1: A/D変換開始 | R/W |

注 1. 外部端子 (非同期トリガ) で A/D 変換を起動する方法:

外部端子 (ADTRG0) に High を入力した状態で、ADCSR.TRGE ビットおよび ADCSR.EXTRG ビットを 1 にし、ADTRG0 信号を Low にします。この設定の場合、ADTRG0 の立ち下がりがエッジを検出すると、スキャン変換を開始します。この構成では、Low 入力のパルス幅は 1.5PCLKB クロック以上必要です。

DBLANS[4:0] ビット (ダブルトリガ対象チャンネル選択)

ダブルトリガモードで A/D 変換データを 2 重化する 1 チャンネルを選択します。指定したアナログ入力チャンネルを、1 回目の A/D 変換開始トリガで変換した結果が A/D データレジスタ y に格納され、2 回目の A/D 変換開始トリガで変換した結果が A/D データ 2 重化レジスタに格納されます。表 34.4 にダブルトリガ対象チャンネルの選択表を示します。

ダブルトリガモード時、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したチャンネルは無効となり、DBLANS[4:0] ビットで選択したチャンネルが代わりに A/D 変換されます。

グループスキャンモードでダブルトリガモードを使用する場合、ダブルトリガ制御はグループ A のみに適用され、グループ B には適用されません。そのため、ダブルトリガモードでもグループ B に対してはマルチチャンネルアナログ入力を選択できます。

DBLANS[4:0] ビットの設定は、ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。この設定を ADST ビットへの 1 書き込みと同時にに行わないでください。

ダブルトリガモードが設定されている状態で A/D 変換値加算/平均モードに遷移するには、DBLANS[4:0] ビットで選択したチャンネルを ADANSA0、ADANSA1 レジスタに設定してください。

表 34.4 DBLANS ビット設定値とダブルトリガ対象チャンネルの関係

| DBLANS[4:0] | 2重化チャンネル | DBLANS[4:0] | 2重化チャンネル |
|-------------|----------|-------------|----------|
| 00100 | AN004 | 10001 | AN017 |
| 00101 | AN005 | 10011 | AN019 |
| 00110 | AN006 | 10100 | AN020 |
| 01001 | AN009 | | |
| 01010 | AN010 | | |

注. 自己診断機能、温度センサ出力、および内部基準電圧の A/D 変換データは、ダブルトリガモードで使用できません。

GBADIE ビット (グループ B スキャン終了割り込み許可)

グループスキャンモードでのグループ B のスキャン終了割り込み (ADC140_GBADI) の発生を許可または禁止します。

DBLE ビット (ダブルトリガモード選択)

ダブルトリガモードの選択/非選択を指定します。ダブルトリガモードは、ADSTRGR.TRSA[5:0] ビットで選択された同期トリガ (ELC) のみで動作できます。

ダブルトリガモードは以下のように動作します。

- 1 回目の変換終了時は ADC140_ADI 割り込みを出力せず、2 回目の変換終了時に出力します
- 1 回目のトリガで変換した二重化チャンネル (DBLANS[4:0] ビットで選択) の A/D 変換結果は、A/D データレジスタ y に格納され、2 回目のトリガで変換した変換結果は、A/D データ 2 重化レジスタに格納されます

DBLE が設定されている場合 (ダブルトリガモードを選択)、ADANSA0 および ADANSA1 レジスタで指定したチャンネルは無効です。ダブルトリガモードは、連続スキャンモードで選択しないでください。

ダブルトリガモードでは、ソフトウェアトリガを使用できません。DBLE ビットの設定は、必ず ADST ビットを 0 にしてから行ってください。すなわち、本ビットの設定を ADST ビットへの 1 書き込みと同時に行わないでください。

EXTRG ビット (トリガ選択)

A/D 変換を起動するトリガを同期トリガにするか、非同期トリガにするかを選択します。

TRGE ビット (トリガ開始許可)

同期トリガ、非同期トリガによる A/D 変換の起動を許可または禁止します。グループスキャンモードでは本ビットを 1 にしてください。

ADHSC ビット (A/D 変換モード選択)

A/D 変換を高速モードにするか低電力モードにするかを選択します。

本ビットの書き換え方法については、34.8.8 ADHSC ビット書き換え手順を参照してください。

ADCS[1:0] ビット (スキャンモード選択)

スキャンモードを選択します。

シングルスキャンモードでは、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したアナログ入力を若いチャンネル番号順に A/D 変換を実施します (最大 8 チャンネル)。選択したすべてのチャンネルの A/D 変換が終了するとスキャン変換を停止します。温度センサ出力または内部基準電圧を選択した場合、チャンネルのアナログ入力のア/D 変換の後に温度センサ出力、内部基準電圧の順に A/D 変換されます。

連続スキャンモードでは、ADCSR.ADST ビットが 1 の時、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したアナログ入力を若いチャンネル番号順に A/D 変換を実施し、選択したすべてのチャンネルの変換が終了すると最初のチャンネルに戻り A/D 変換を継続します。連続スキャン中に ADCSR.ADST ビットを 0 にすると、スキャン中でも A/D 変換を停止します。温度センサ出力または内部基準電圧を選択した場合、指定したアナログ入力チャンネルの A/D 変換の後に温度センサ出力、内部基準電圧の順に A/D 変換されます。

グループスキャンモード

- ADSTRGR.TRSA[5:0] ビットで選択した同期トリガ (ELC) によりグループ A のスキャンが開始されます。ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択した最大 8 チャンネル数まで、若いチャンネル番号順にグループ A のアナログ入力に対し AD 変換を実施します。選択したすべてのチャンネルの A/D 変換が終了すると A/D 変換を停止します。
- ADSTRGR.TRSB[5:0] ビットで選択した同期トリガ (ELC) によりグループ B のスキャンが開始されます。ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択した最大 8 チャンネル数まで、若いチャンネル番号順にグループ B のアナログ入力に対し AD 変換を実施します。選択したすべてのチャンネルの A/D 変換が終了すると変換を停止します。

グループ A 側とグループ B 側の変換が重なった場合、これらの変換は別々に制御することができません。この場合は、A/D グループスキャン優先コントロールレジスタのグループ A 優先制御設定ビット (ADGSPCR.PGS) を 1 にして、変換優先順位を A 側に設定してください。

グループスキャンモード時は、グループ A とグループ B で別々のチャンネルとトリガを選択してください。

温度センサ出力または内部基準電圧を選択した場合、チャンネルのアナログ入力の A/D 変換の後に温度センサ出力、内部基準電圧の順に A/D 変換されます。

ADCS[1:0] ビットの設定は、ADST ビットを 0 にした後に行ってください。すなわち、ADCS[1:0] ビットと ADST ビットを同時に 1 にしないでください。

表 34.5 スキャンモードおよびダブルトリガモードに基づく A/D 変換対象の選択可否

| スキャンモード設定 | ダブルトリガモード設定 | A/D 変換対象 | | | | |
|-----------|-------------|----------|-------------------------|-------------------|---------|--------|
| | | 自己診断 | アナログ入力 (グループA 含む) | アナログ入力 (グループB) | 温度センサ出力 | 内部基準電圧 |
| シングルスキャン | DBLE = 0 | ○ | ○ | × | ○ | ○ |
| | DBLE = 1 | × | ○ (1chのみ) | × | × | × |
| 連続スキャン | DBLE = 0 | ○ | ○ | × | × | × |
| | DBLE = 1 | × | × | × | × | × |
| グループスキャン | DBLE = 0 | ○ | ○ | ○ | × | × |
| | DBLE = 1 | × | ○ (1chのみ) | ○ | × | × |

○ : 選択可能 × : 選択不可

ADST ビット (A/D 変換スタート)

A/D 変換の開始または停止を制御します。ADST ビットを 1 にする前に、A/D 変換クロック、変換モード、変換対象アナログ入力の設定を行ってください。

[1 になる条件]

- ソフトウェアで 1 を書き込んだとき
- ADCSR.EXTRG ビットを 0、ADCSR.TRGE ビットを 1 にし、ADSTRGR.TRSA[5:0] ビットで選択した同期トリガ (ELC) を検出したとき
- グループスキャンモードで ADCSR.TRGE ビットを 1 にし、ADSTRGR.TRSA[5:0] ビットで選択した同期トリガ (ELC) を検出したとき
- ADCSR.TRGE ビットと ADCSR.EXTRG ビットを 1、ADSTRGR.TRSA[5:0] ビットを 000000b にし、非同期トリガを検出したとき
- グループ A 優先制御動作モード有効時 (ADCSR.ADCS[1:0] ビット = 01b かつ ADGSPCR.PGS ビット = 1) に、ADGSPCR.GBRP ビットを 1 にし、グループ B の A/D 変換を開始したとき

[0 になる条件]

- ソフトウェアで 0 を書き込んだとき
- シングルスキャンモードで、選択したすべてのチャンネル、温度センサ出力または内部基準電圧の A/D 変換が終了したとき
- グループスキャンモードでグループ A のスキャンが終了したとき
- グループスキャンモードでグループ B のスキャンが終了したとき
- グループ A 優先制御動作モード有効時 (ADCSR.ADCS[1:0] ビット = 01b かつ ADGSPCR.PGS ビット = 1) に、ADGSPCR.GBRP ビットを 1 にし、グループ B のスキャンが終了したとき

注. グループ A 優先制御動作モード有効時 (ADCSR.ADCS[1:0] ビット = 01b かつ ADGSPCR.PGS ビット = 1)、ADST ビットを 1 にしないでください。

注. グループ A 優先制御動作モード有効時 (ADCSR.ADCS[1:0] ビット = 01b かつ ADGSPCR.PGS ビット = 1)、かつ ADGSPCR.GBRP ビット = 1 のとき、ADST ビットを 0 にしないでください。A/D 変換を強制停止させる場合、ADST ビットのクリア手順に従ってください。

注. グループ優先制御動作モード有効時 (ADCSR.ADCS[1:0] ビット = 01b かつ ADGSPCR.PGS ビット = 1)、かつシングルスキャン連続機能が使用される時 (ADGSPCR.GBRP = 1)、ADST ビットは 1 のままとなりません。

34.2.4 A/Dチャンネル選択レジスタ A0 (ADANSA0)

アドレス ADC140.ADANSA0 4005 C004h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|--------|--------|----|----|--------|--------|--------|----|----|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | ANSA10 | ANSA09 | — | — | ANSA06 | ANSA05 | ANSA04 | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|----------------|--------------|--|-----|
| b3-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6-b4 | ANSA06～ANSA04 | A/D変換チャンネル選択 | 0：対応する入力チャンネルを非選択 1：対応する入力チャンネルを選択 ビット6 (ANSA06) はAN006に対応し、ビット4 (ANSA04) はAN004に対応します。 | R/W |
| b8-b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b10-b9 | ANSA10, ANSA09 | A/D変換チャンネル選択 | 0：対応する入力チャンネルを非選択 1：対応する入力チャンネルを選択 ビット10 (ANSA10) はAN010に対応し、ビット9 (ANSA09) はAN009に対応します。 | R/W |
| b15-b11 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

ANSAn ビット (n = 04 ~ 06, 09, 10) (A/D変換チャンネル選択)

ANSAn.ADANSA0 ビットは、A/D変換を行うアナログ入力チャンネル AN004 ~ AN006, AN009, AN010 を選択します。選択するチャンネルおよびチャンネル数は任意に設定可能です。ANSA04 ビットが AN004 に対応し、ANSA10 ビットが AN010 に対応します。

温度センサ出力または内部基準電圧の A/D 変換を実行するときは、アナログ入力チャンネルを選択しないで、本レジスタは 0000h としてください。

ダブルトリガモード時は、ADCSR.DBLANS[4:0] ビットで指定したチャンネルがグループ A の選択チャンネルとなり、ADANSA0 レジスタで選択したチャンネルは無効になります。

グループスキャンモード時は、A/Dチャンネル選択レジスタ B0 (ADANSB0)、および A/Dチャンネル選択レジスタ B1 (ADANSB1) で指定したチャンネルを選択しないでください。

ADANSA0 レジスタの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

34.2.5 A/D チャンネル選択レジスタ A1 (ADANSA1)

アドレス ADC140.ADANSA1 4005 C006h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|------------|------------|----|------------|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ANSA2 0 | ANSA1 9 | — | ANSA1 7 | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------------|--------------|---|-----|
| b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b1 | ANSA17 | A/D変換チャンネル選択 | 0: 対応する入力チャンネルを非選択 1: 対応する入力チャンネルを選択 ビット1 (ANSA17) はAN017に対応します。 | R/W |
| b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4-b3 | ANSA20, ANSA19 | A/D変換チャンネル選択 | 0: 対応する入力チャンネルを非選択 1: 対応する入力チャンネルを選択 ビット4 (ANSA20) はAN020に対応し、ビット3 (ANSA19) はAN019に対応します。 | R/W |
| b15-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

ANSAn ビット (n = 17, 19, 20) (A/D 変換チャンネル選択)

ADANSA1.ANSAn ビットは、A/D 変換を行うアナログ入力チャンネル AN017, AN019, AN020 を選択します。選択するチャンネルおよびチャンネル数は任意に設定可能です。ANSA17 ビットが AN017、ANSA20 ビットが AN020 に対応します。

温度センサ出力または内部基準電圧の A/D 変換を選択するときは、アナログ入力チャンネルを選択しないで、本レジスタは 0000h としてください。

ダブルトリガモード時は、ADCSR.DBLANS[4:0] ビットで指定した 1 チャンネルがグループ A の選択チャンネルとなり、ADANSA1 レジスタの設定は無効になります。

グループスキャンモード時は、A/D チャンネル選択レジスタ B0 (ADANSB0)、および A/D チャンネル選択レジスタ B1 (ADANSB1) で指定したチャンネルを設定しないでください。

ADANSA1 レジスタの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

34.2.6 A/D チャネル選択レジスタ B0 (ADANSB0)

アドレス ADC140.ADANSB0 4005 C014h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|------------|------------|----|----|------------|------------|------------|----|----|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | ANSB1 0 | ANSB0 9 | — | — | ANSB0 6 | ANSB0 5 | ANSB0 4 | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------------|--------------|--|-----|
| b3-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6-b4 | ANSB06 ~ ANSB04 | A/D変換チャンネル選択 | 0: 対応する入力チャンネルを非選択 1: 対応する入力チャンネルを選択 ビット6 (ANSB06) はAN006に対応し、ビット4 (ANSB04) はAN004に対応します。 | R/W |
| b8-b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b10-b9 | ANSB10, ANSB09 | | 0: 対応する入力チャンネルを非選択 1: 対応する入力チャンネルを選択 ビット10 (ANSB10) はAN010に対応し、ビット9 (ANSB09) はAN009に対応します。 | R/W |
| b15-b11 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

ANSBn ビット (n = 04 ~ 06, 09, 10) (A/D 変換チャンネル選択)

ADANSB0.ANSBn ビットは、グループスキャンモード時にグループ B で A/D 変換を行うアナログ入力チャンネル AN004 ~ AN006, AN009, AN010 を選択します。ADANSB0 レジスタはグループスキャンモードでのみ使用され、他のモードでは使用しません。グループ A で指定したチャンネル (ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択、およびダブルトリガモード時に ADCSR.DBLANS[4:0] ビットで選択した、グループ A の関連チャンネル) を選択しないでください。

ANSB04 ビットが AN004、ANSB06 ビットが AN006、ANSB10 ビットが AN010 に対応します。

温度センサ出力または内部基準電圧の A/D 変換を選択するときは、アナログ入力チャンネルを選択しないで、本レジスタは 0000h としてください。

ADANSB レジスタの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

34.2.7 A/D チャンネル選択レジスタ B1 (ADANSB1)

アドレス ADC140.ADANSB1 4005 C016h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|------------|------------|----|------------|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ANSB2 0 | ANSB1 9 | — | ANSB1 7 | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------------|--------------|---|-----|
| b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b1 | ANSB17 | A/D変換チャンネル選択 | 0: 対応する入力チャンネルを非選択 1: 対応する入力チャンネルを選択 ビット1 (ANSB17) はAN017に対応します。 | R/W |
| b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4-b3 | ANSB20, ANSB19 | A/D変換チャンネル選択 | 0: 対応する入力チャンネルを非選択 1: 対応する入力チャンネルを選択 ビット4 (ANSB20) はAN020に対応し、ビット3 (ANSB19) はAN019に対応します。 | R/W |
| b15-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

ANSBn ビット (n = 17, 19, 20) (A/D 変換チャンネル選択)

ADANSB1.ANSBn ビットは、グループスキャンモード時にグループ B で A/D 変換を行うアナログ入力チャンネル AN017, AN019, AN020 を選択します。ADANSB1 レジスタはグループスキャンモードでのみ使用し、他のモードでは使用しません。グループ A で指定したチャンネル (ADANSA0, ADANSA1 レジスタで選択、およびダブルトリガモード時に ADCSR.DBLANS[4:0] ビットで選択したチャンネル) を選択しないでください。

ANSB17 ビットが AN017、ANSB19 ビットが AN019、ANSB20 ビットが AN020 に対応します。

温度センサ出力または内部基準電圧の A/D 変換を選択するときは、アナログ入力チャンネルを選択しないで、本レジスタは 0000h にしてください。

ADANSB1 レジスタの設定は、ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

34.2.8 A/D 変換値加算／平均チャンネル選択レジスタ 0 (ADADS0)

アドレス ADC140.ADADS0 4005 C008h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|----|----|-------|-------|-------|----|----|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | ADS10 | ADS09 | — | — | ADS06 | ADS05 | ADS04 | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|--------------|---------------------|--|-----|
| b3-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6-b4 | ADS06～ADS04 | A/D 変換値加算／平均チャンネル選択 | 0：対応する入力チャンネルを非選択 1：対応する入力チャンネルを選択 ビット6 (ADS06) はAN006に対応し、ビット4 (ADS04) はAN004に対応します。 | R/W |
| b8-b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b10-b9 | ADS10, ADS09 | A/D 変換値加算／平均チャンネル選択 | 0：対応する入力チャンネルを非選択 1：対応する入力チャンネルを選択 ビット10 (ADS10) はAN010に対応し、ビット9 (ADS09) はAN009に対応します。 | R/W |
| b15-b11 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

ADS_n ビット (n = 04 ~ 06, 09, 10) (A/D 変換値加算／平均チャンネル選択)

ADANSA0.ANSAn ビット (n = 04 ~ 06, 09, 10) または ADCSR.DBLANS[4:0] ビットで選択した A/D 変換チャンネルのうちどのチャンネルが A/D 変換値加算または平均の対象となるかを決定します。

ADANSB0.ANSBn ビット (n = 04 ~ 06, 09, 10) を 1 にすると、選択したチャンネルのアナログ入力を、ADADC.ADC[2:0] ビットで指定した回数 (1 ~ 16 回) 分、連続して A/D 変換します。

ADADC.AVEE ビットが 0 の場合、加算 (積算) した値を、ADADC.AVEE ビットが 1 の場合、加算 (積算) 値から平均した値を A/D データレジスタに格納します。加算／平均モードが非選択の A/D 変換チャンネルは、通常の 1 回変換を実施し、A/D データレジスタに変換結果を格納します。

ADADS0 レジスタのビット設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

34.2.9 A/D 変換値加算／平均チャンネル選択レジスタ 1 (ADADS1)

アドレス ADC140.ADADS1 4005 C00Ah

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-------|-------|----|-------|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ADS20 | ADS19 | — | ADS17 | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------------|--------------------|---|-----|
| b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b1 | ADS17 | A/D変換値加算／平均チャンネル選択 | 0: 対応する入力チャンネルを非選択 1: 対応する入力チャンネルを選択 ビット1 (ADS17) はAN017に対応します。 | R/W |
| b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4-b3 | ADS20, ADS19 | A/D変換値加算／平均チャンネル選択 | 0: 対応する入力チャンネルを非選択 1: 対応する入力チャンネルを選択 ビット4 (ADS20) はAN020に対応し、ビット3 (ADS19) はAN019に対応します。 | R/W |
| b15-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

ADS_n ビット (n = 17, 19, 20) (A/D 変換値加算／平均チャンネル選択)

ADANSA1.ANSA_n ビット (n = 17, 19, 20) または ADCSR.DBLANS[4:0] ビットで選択した A/D 変換チャンネルのうちどのチャンネルが A/D 変換値加算または平均の対象となるかを決定します。ADANSB1.ANSB_n ビット (n = 17, 19, 20) を 1 にすると、選択したチャンネルのアナログ入力を、ADADC.ADC[2:0] ビットで指定した回数 (1 ~ 16 回) 分連続して A/D 変換します。

ADADC.AVEE ビットが 0 の場合は加算した値を、ADADC.AVEE ビットが 1 の場合は加算値から平均した値を A/D データレジスタに格納します。加算／平均モードが非選択の A/D 変換チャンネルは、通常の 1 回変換を実施し、A/D データレジスタに変換結果を格納します。

ADADS1 レジスタの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

図 34.2 に、ADADS0.ADS06 および ADADS1.ADS19 ビットを 1 にしたときのスキャン動作シーケンスを示します。この例では以下ようになります。

- 加算モードを選択 (ADADS.AVEE = 0)
- 変換回数を 4 に設定 (ADADC.ADC[1:0] = 11b)
- 連続スキャンモード (ADCSR.ADCS[1:0] = 10b) でチャンネル AN004 ~ AN006, AN009, AN010, AN017, AN019, AN020 を選択 (ADANSA0.ANSA0[15:0] = 0670h, ADANSA1.ANSA1[15:0] = 001Ah)

AN004 から変換を開始します。AN006 の変換は 4 回連続実行し、加算値を A/D データレジスタ 6 (ADDR6) に返します。その後、AN009 の変換を開始し、AN019 の変換は 4 回連続実行し、加算値を A/D データレジスタ 19 (ADDR19) に返します。AN020 の変換後、再度 AN004 から同じシーケンスで動作します。

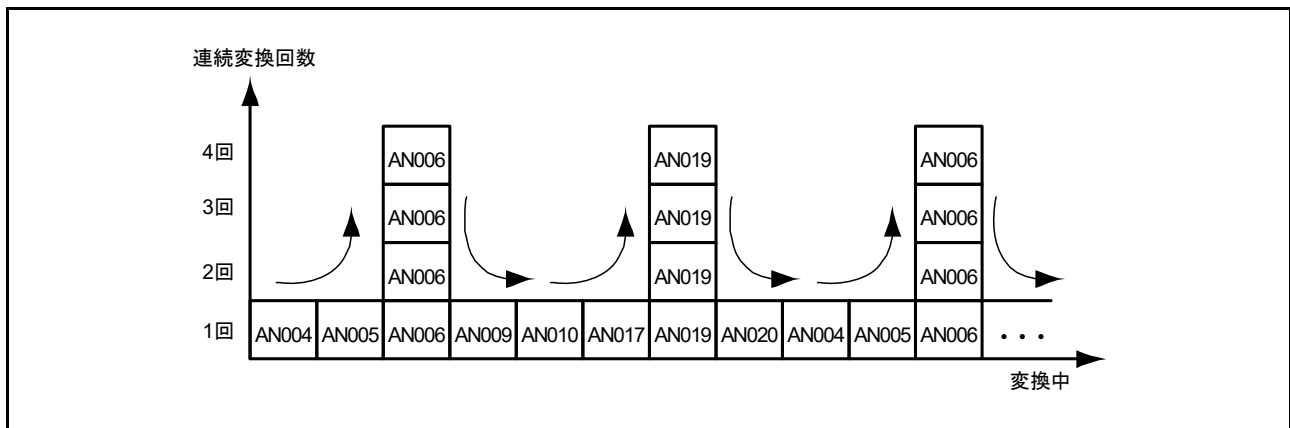
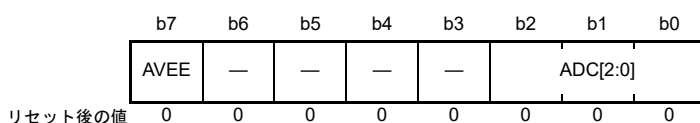


図 34.2 ADADC.ADC[2:0] = 011b、ADADS0.ADS06 = 1、ADADS1.ADS19 = 1 選択時のスキャン変換シーケンス

34.2.10 A/D 変換値加算／平均回数選択レジスタ (ADADC)

アドレス ADC140.ADADC 4005 C00Ch



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|------------|---|-----|
| b2-b0 | ADC[2:0] | 回数選択 | b2 b0 0 0 0: 1回変換 (加算なし。通常変換と同じ) 0 0 1: 2回変換 (1回加算を行う) 0 1 0: 3回変換 (2回加算を行う) 0 1 1: 4回変換 (3回加算を行う) 1 0 1: 16回変換 (15回加算を行う) 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b6-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | AVEE | 平均モードイネーブル | 0: 平均モードを禁止 (注1) 1: 平均モードを許可 (注2) | R/W |

注1. ADADC.AVEE ビットを0にして平均モードを非選択にする場合、加算回数は、1回、2回、3回、4回、または16回変換に設定してください。16回変換は12ビット精度でのみ使用できます。

注2. ADADC.AVEE ビットを1にして平均モードを選択する場合、加算回数は、2回または4回変換に設定してください。加算回数は、3回または16回変換 (ADC[2:0] = 010b および 101b) に設定しないでください。

ADC[2:0] ビット (回数選択)

ダブルトリガモードでの選択チャンネル (ADCSR.DBLANS[4:0] ビットでの選択チャンネル) を含む A/D 変換および加算／平均モードが選択されたすべてのチャンネルに対して加算回数を設定します。加算回数は、温度センサ出力、内部基準電圧の A/D 変換にも適用されます。

ADC[2:0] ビットの設定には以下の制約があります。

- ADADC.AVEE ビットを1にして平均モードを選択する場合、変換精度14ビット (ADCER.ADPRC[1:0] = 11b) では3回または16回変換 (ADADC.ADC[2:0] = 010b または 101b) に設定しないでください
- 自己診断機能 (ADCER.DIAGM = 1) を実施する場合、ADC[2:0] ビットを000b以外の値にしないでください
- 変換精度が14ビット (ADCER.ADPRC[1:0] = 11b) の場合、ADC[2:0] ビットを101bにしないでください

ADC[2:0] ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが0のときのみ行ってください。

AVEE ビット (平均モードイネーブル)

ダブルトリガモードでの選択チャンネル (ADCSR.DBLANS[4:0] ビットでの選択チャンネル) を含む A/D 変換および加算／平均モードが選択されたチャンネル、温度センサ出力、内部基準電圧の A/D 変換に対して、加算モードまたは平均モードの選択を行います。

ADADC.AVEE ビットを1にして平均モードを選択する場合、3回変換 (ADADC.ADC[2:0] = 010b) に設定しないでください。

AVEE ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが0のときに行ってください。

34.2.11 A/D コントロール拡張レジスタ (ADCER)

アドレス ADC140.ADCER 4005 C00Eh

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-------|--------|--------------|----|----|-----|----|----|------------|----|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| ADRFMT | — | — | — | DIAGM | DIAGLD | DIAGVAL[1:0] | — | — | ACE | — | — | ADPRC[1:0] | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|--------------|----------------------|--|-----|
| b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b2-b1 | ADPRC[1:0] | A/D変換精度指定 | b2 b1 0 0: 12ビット精度 0 1: 設定禁止 1 0: 設定禁止 1 1: 14ビット精度 | R/W |
| b4-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b5 | ACE | A/Dデータレジスタ自動クリアイネーブル | 0: 自動クリアを禁止 1: 自動クリアを許可 | R/W |
| b7-b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b9-b8 | DIAGVAL[1:0] | 自己診断変換電圧選択 | b9 b8 0 0: 自己診断有効時は設定禁止 0 1: 0Vを選択 1 0: 基準電源の電圧値 (注1) × 1/2を選択 1 1: 基準電源の電圧値 (注1)を選択 | R/W |
| b10 | DIAGLD | 自己診断モード選択 | 0: 自己診断電圧ローテーションモードを選択 1: 自己診断電圧固定モードを選択 | R/W |
| b11 | DIAGM | 自己診断イネーブル | 0: ADC14の自己診断を実施しない 1: ADC14の自己診断を実施する | R/W |
| b14-b12 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b15 | ADRFMT | A/Dデータレジスタフォーマット選択 | 0: A/Dデータレジスタのフォーマットを右詰めにする 1: A/Dデータレジスタのフォーマットを左詰めにする | R/W |

注1. 基準電源はVREFH0を指します。

ADPRC[1:0] ビット (A/D 変換精度指定)

A/D変換の精度を、12ビットまたは14ビット精度から選択します。A/D変換精度を変えた場合、結果レジスタに格納する有効データのビット幅、A/D変換時間も変わります。

詳細は、34.3.6 アナログ入力のサンプリング時間とスキャン変換時間を参照してください。ADPRC[1:0]ビットの設定は、ADCSR.ADSTビットが0のときに行ってください。

ACE ビット (A/D データレジスタ自動クリアイネーブル)

CPU、DTC、またはDMACによってADDRy、ADRD、ADDBLDR、ADDBLDRB、ADDBLDRD、ADDBLDRB、ADTSDR、ADOCDRレジスタを読み出した後、当該レジスタの自動クリア (すべて0) を行うか行わないかを選択します。

DIAGVAL[1:0] ビット (自己診断変換電圧選択)

自己診断電圧固定モードでの電圧値を選択します。詳細は、ADCER.DIAGLDビットの説明を参照してください。

ADCER.DIAGVAL[1:0]ビットが00bのときには、自己診断を実施しないでください。

DIAGLD ビット (自己診断モード選択)

自己診断に使用する3つの電圧値をローテーションするか、電圧値を固定するかを選択します。

DIAGLD を0にすると、0V → 基準電源電圧 × 1/2 → 基準電源電圧の順番にローテーションして電圧変換していきます。リセット後、自己診断電圧ローテーションモードを選択した場合は、0V から自己診断を行います。スキャン変換が終了しても自己診断電圧値は0に戻りません。再びスキャン変換を実施すると、前回に続く電圧値からローテーションを開始します。

DIAGLD を1にすることにより固定モードを選択します。ADCER.DIAGVAL[1:0] ビットで指定した固定電圧が変換されます。固定モードからローテーションモードに切り替えた場合は、固定電圧値からローテーションを開始します。

DIAGLD ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが0のときに行ってください。

DIAGM ビット (自己診断イネーブル)

自己診断を実施するかしないかを選択します。

自己診断は、ADC14の故障を検出するための機能です。自己診断モードでは、内部で生成する0V、基準電源電圧 × 1/2、基準電源電圧の3つの電圧値のいずれかを変換します。変換が終了すると、A/D 自己診断データレジスタ (ADDRD) に変換した電圧の情報と変換結果を格納します。ADDRD レジスタはソフトウェアで読み出すことができ、変換結果が正常な範囲内にあるかどうか (値が正常か異常か) を判断します。

自己診断は、スキャンごとの最初に1回実施され、3つの電圧値のうち1つをA/D変換します。ダブルトリガモードを設定 (ADCSR.DBLE = 1) した場合、自己診断は常に無効にしてください (DIAGM = 0)。グループスキャンモードで自己診断を有効にした場合は、グループAとグループBでそれぞれ別々に自己診断を実行します。

DIAGM ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが0のときのみ行ってください。

ADRFMT ビット (A/D データレジスタフォーマット選択)

ADDRy、ADDBLDR、ADDBLDRA、ADDBLDRB、ADTSDR、ADOCDR、ADCMPDR0/1、ADWINLLB、ADWINULB、ADDRD レジスタに格納するデータの右詰め/左詰めを選択します。

ADRFMT ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが0のときのみ行ってください。

34.2.12 A/D 変換開始トリガ選択レジスタ (ADSTRGR)

アドレス AD140.ADSTRGR 4005 C010h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-----------|------------------------|---|-----|
| b5-b0 | TRSB[5:0] | グループ B 用 A/D 変換開始トリガ選択 | グループ スキャンモードでグループ B の A/D 変換開始トリガを選択します。 | R/W |
| b7-b6 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。 | R/W |
| b13-b8 | TRSA[5:0] | A/D 変換開始トリガ選択 | シングル スキャンモード、連続 スキャンモードでの A/D 変換開始トリガを選択します。グループ スキャンモードではグループ A の A/D 変換開始トリガを選択します。 | R/W |
| b15-b14 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。 | R/W |

TRSB[5:0] ビット (グループ B 用 A/D 変換開始トリガ選択)

グループ B で選択したアナログ入力のスキャンを開始するトリガを選択します。TRSB[5:0] ビットはグループ スキャンモードでのみ使用し、他のスキャンモードでは使用しません。グループ B のスキャン変換開始トリガには、ソフトウェアトリガまたは非同期トリガの設定はしないでください。グループ スキャンモードでは、TRSB[5:0] ビットを 000000b 以外の値にし、ADCSR.TRGE ビットを 1 にしてください。

グループ スキャンモードのグループ A 優先制御時に、ADGSPCR.GBRP ビットを 1 にすることで、グループ B をシングル スキャンモードで連続動作させることができます。ADGSPCR.GBRP ビットを 1 にする場合は、TRSB[5:0] ビットを 3Fh にしてください。変換トリガの発行間隔は、実際のスキャン変換時間 (t_{SCAN}) 以上となるように設定してください。発行間隔が t_{SCAN} より短い場合は、トリガによる A/D 変換が無効となる場合があります。

A/D 変換開始トリガに GPT モジュールを選択した場合、同期化処理の分だけ遅延が発生します。詳細は、[34.3.6 アナログ入力のサンプリング時間とスキャン変換時間](#)を参照してください。表 34.6 に TRSB[5:0] ビットでの A/D 変換起動要因選択一覧を示します。

表 34.6 TRSB[5:0] ビットでの A/D 変換起動要因選択一覧

| 要因 | 備考 | TRSB[5] | TRSB[4] | TRSB[3] | TRSB[2] | TRSB[1] | TRSB[0] |
|-------------------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| トリガ要因非選択状態 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ELC_AD00 | ELC | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| ELC_AD01 | ELC | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| ELC_AD00/ELC_AD01 | ELC | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |

TRSA[5:0] ビット (A/D 変換開始トリガ選択)

シングル スキャンモード、連続 スキャンモードでの A/D 変換開始トリガの選択を行います。グループ スキャンモードではグループ A で選択したアナログ入力のスキャンを開始するトリガを選択します。グループ スキャンモードまたはダブルトリガモードでスキャンを行う場合、ソフトウェアトリガまたは非同期トリガを使用しないでください。

同期トリガ (ELC) を A/D 変換起動要因として使用する場合は、ADCSR.TRGE ビットを 1 にし、かつ ADCSR.EXTRG ビットを 0 にしてください。

ソフトウェアトリガ (ADCSR.ADST) は、ADCSR.TRGE ビット、ADCSR.EXTRG ビット、TRSA[5:0] ビットの設定値にかかわらず有効です。変換トリガの発行間隔は実際のスキャン変換時間 (t_{SCAN}) 以上となるように設定してください。発行間隔が t_{SCAN} より短い場合は、トリガによる A/D 変換が無効となる場合があります。詳細は、[34.3.6 アナログ入力のサンプリング時間とスキャン変換時間](#)を参照してください。

表 34.7 に TRSA[5:0] ビットでの A/D 変換起動要因選択一覧を示します。

表 34.7 TRSA[5:0]ビットでのA/D変換起動要因選択一覧

| 要因 | 備考 | TRSA[5] | TRSA[4] | TRSA[3] | TRSA[2] | TRSA[1] | TRSA[0] |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| トリガ要因非選択状態 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ADTRG0 | トリガ入力端子 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ELC_AD00 | ELC | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| ELC_AD01 | ELC | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| ELC_AD00/ELC_AD01 | ELC | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |

34.2.13 A/D 変換拡張入力コントロールレジスタ (ADEXICR)

アドレス AD140.ADEXICR 4005 C012h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|----|----|----|----|----|----|-------|-------|
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | OCSA | TSSA | — | — | — | — | — | — | OCSAD | TSSAD |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-------|---------------------------|---|-----|
| b0 | TSSAD | 温度センサ出力 A/D 変換値加算／平均モード選択 | 0: 温度センサ出力 A/D 変換値加算／平均モード非選択 1: 温度センサ出力 A/D 変換値加算／平均モード選択 | R/W |
| b1 | OCSAD | 内部基準電圧 A/D 変換値加算／平均モード選択 | 0: 内部基準電圧 A/D 変換値加算／平均モード非選択 1: 内部基準電圧 A/D 変換値加算／平均モード選択 | R/W |
| b7-b2 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。 | R/W |
| b8 | TSSA | 温度センサ出力 A/D 変換選択 | 0: 温度センサ出力の A/D 変換禁止 1: 温度センサ出力の A/D 変換許可 | R/W |
| b9 | OCSA | 内部基準電圧 A/D 変換選択 | 0: 内部基準電圧の A/D 変換禁止 1: 内部基準電圧の A/D 変換許可 | R/W |
| b15-b10 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。 | R/W |

TSSAD ビット (温度センサ出力 A/D 変換値加算／平均モード選択)

TSSAD ビットが 1 の場合、ADADC.ADC[2:0] ビットで設定した回数分、連続して温度センサ出力の A/D 変換が行われます。最大加算回数は変換精度によって異なります (34.2.1 参照)。ADADC.AVEE ビットが 0 の場合は加算 (積算) した値を、ADADC.AVEE ビットが 1 の場合は平均した値を A/D 温度センサデータレジスタ (ADTSDR) に返します。

TSSAD ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

OCSAD ビット (内部基準電圧 A/D 変換値加算／平均モード選択)

OCSAD ビットが 1 の場合、ADADC.ADC[2:0] ビットで設定した回数分、連続して内部基準電圧の A/D 変換が行われます。最大加算回数は変換精度によって異なります (34.2.1 参照)。ADADC.AVEE ビットが 0 の場合は加算した値を、ADADC.AVEE ビットが 1 の場合は平均した値を A/D 内部基準電圧データレジスタ (ADOCDR) に返します。

OCSAD ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

TSSA ビット (温度センサ出力 A/D 変換選択)

温度センサ出力の A/D 変換を選択します。

A/D 変換を実行する場合、

- ADANSA0/1 および ADANSB0/1 レジスタのすべてのビット、ADCSR.DBLE ビット、および ADEXICR.OCSA ビットを 0 にします
- シングルスキャンモードで A/D 変換を実行します

温度センサ出力の A/D 変換を実行すると、ADDISCR レジスタは 0Fh になり、ADC14 はサンプリング前にディスチャージを行います (15ADCLK)。最小サンプリング時間は 5μs です。ADC14 は、温度センサ出力の A/D 変換を行うたびにディスチャージを実行します。

TSSA ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

OCSA ビット (内部基準電圧 A/D 変換選択)

内部基準電圧の A/D 変換を選択します。

A/D 変換を実行する場合、

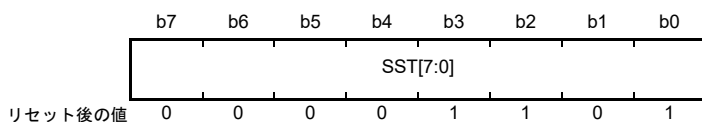
1. ADANSA0/1 および ADANSB0/1 レジスタのすべてのビット、ADCSR.DBLE ビット、および ADEXICR.TSSA ビットを 0 にします
2. シングルスキャンモードで A/D 変換を実行します

内部基準電圧の A/D 変換を実行すると、ADDISCR レジスタは 0Fh になり、ADC14 はサンプリング前にディスチャージを行います (15ADCLK)。最小サンプリング時間は 5 μ s です。ADC14 は、内部基準電圧の A/D 変換を行うたびにディスチャージを実行します。

OCSA ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

34.2.14 A/D サンプリングステートレジスタ n (ADSSTRn) (n = 00, 04 ~ 06, 09, 10, L, T, O)

アドレス [ADC14.ADSSTR00 4005 C0E0h](#), [ADC14.ADSSTR04 4005 C0E4h](#) ~ [ADC14.ADSSTR06 4005 C0E6h](#),
[ADC14.ADSSTR09 4005 C0E9h](#), [ADC14.ADSSTR10 4005 C0EAh](#), [ADC14.ADSSTRL 4005 C0DDh](#),
[ADC14.ADSSTRT 4005 C0DEh](#), [ADC14.ADSSTRO 4005 C0DFh](#)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------------------------|------------|-----------------------------|-----|
| b7-b0 | SST[7:0] | サンプリング時間設定 | 5~255ステートの間でサンプリング時間を設定します。 | R/W |

ADSSTRn レジスタは、アナログ入力 of サンプリング時間の設定を行います。1 ステート = 1ADCLK (A/D 変換クロック) 幅で ADCLK クロックが 64MHz の場合、1 ステート = 15.625ns になります。初期値は 13 ステートです。

アナログ入力信号源のインピーダンスが高くサンプリング時間が不足する場合や、ADCLK クロックが低速な場合に、サンプリング時間を調整することが可能です。

SST[7:0] ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

サンプリング時間の下限値は分周比によって以下のように異なります。

- PCLKB : PCLKC (ADCLK) の分周比が 1:1、2:1、4:1、または 8:1 の場合、サンプリング時間は 5 ステートより長く設定してください
- PCLKB : PCLKC (ADCLK) の分周比が 1:2 または 1:4 の場合、サンプリング時間は 6 ステートより長く設定してください

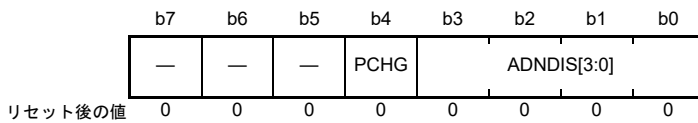
[表 34.8](#) に A/D サンプリングステートレジスタと関連チャネルの関係を示します。詳細は、[34.3.6 アナログ入力のサンプリング時間とスキャン変換時間](#)を参照してください。

表 34.8 A/D サンプリングステートレジスタと関連チャネルの関係

| ビット名 | 関連チャネル |
|----------------------|---------------------|
| ADSSTR00.SST[7:0]ビット | 自己診断機能 |
| ADSSTR04.SST[7:0]ビット | AN004 |
| ADSSTR05.SST[7:0]ビット | AN005 |
| ADSSTR06.SST[7:0]ビット | AN006 |
| ADSSTR09.SST[7:0]ビット | AN009 |
| ADSSTR10.SST[7:0]ビット | AN010 |
| ADSSTRL.SST[7:0]ビット | AN017, AN019, AN020 |
| ADSSTRT.SST[7:0]ビット | 温度センサ出力 (注1) |
| ADSSTRO.SST[7:0]ビット | 内部基準電圧 (注1) |

注 1. 温度センサ出力または内部基準電圧変換時は、サンプリング時間を 5 μ s より長く設定してください。SST[7:0] の最大値は 255 ステートなので、ADCLK 周波数は、サンプリング時間が最低でも 5 μ s となるように設定しなければなりません。

34.2.15 A/D 断線検出コントロールレジスタ (ADDISCR)

アドレス **ADC140.ADDISCR 4005 C07Ah**

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------------------|------------------|--|-----|
| b3-b0 | ADNDIS[3:0] | プリチャージ/ディスチャージ期間 | b3 b0 0 0 0 0 : 断線検出アシスト機能無効 0 0 0 1 : 設定禁止 その他 : プリチャージ/ディスチャージ期間の ステート数 | R/W |
| b4 | PCHG | プリチャージ/ディスチャージ選択 | 0 : ディスチャージ 1 : プリチャージ | R/W |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

ADDISCR レジスタは、A/D 断線検出アシスト機能のプリチャージ/ディスチャージの設定および期間を設定します。ADDISCR レジスタの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

温度センサ出力または内部基準電圧変換時、A/D コンバータは自動的にディスチャージを行います。この動作は、ADEXICR.OCSA ビットまたは TSSA ビットが 1 のときに、ADDISCR レジスタを 0Fh (15ADCLK) にすることで可能となります。ディスチャージ実行後、A/D コンバータはサンプリングを行います。必要なサンプリング時間は 5 μ s 以上です。

下記の機能のいずれかを使用する場合は断線検出アシスト機能を無効にしてください。

- 温度センサ
- 内部基準電圧
- A/D 自己診断

ADNDIS[3:0] ビット (プリチャージ/ディスチャージ期間)

ADNDIS[3:0] ビットは、プリチャージ/ディスチャージの期間を指定します。ADNDIS[3:0] = 0000b の場合は、断線検出アシスト機能は無効です。ADNDIS[3:0] = 0001b は設定禁止です。ADNDIS[3:0] = 0000b または 0001b 以外では、設定した値がプリチャージ/ディスチャージ期間のステート数となります。ADNDIS[3:0] ビットが 0000b または 0001b 以外の値の場合、断線検出アシスト機能は有効になります。

PCHG ビット (プリチャージ/ディスチャージ選択)

プリチャージまたはディスチャージを選択します。

34.2.16 A/D グループスキャン優先コントロールレジスタ (ADGSPCR)

アドレス ADC140.ADGSPCR 4005 C080h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|-----|
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | GBRP | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | GBRSCN | PGS |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------|--------------------------------------|--|-----|
| b0 | PGS | グループA優先制御設定 ^(注1) | 0: グループAの優先制御動作を行わない 1: グループAの優先制御動作を行う | R/W |
| b1 | GBRSCN | グループB再起動設定 | PGS = 1のときのみ有効。PGS = 0のときは予約ビット。 0: グループAの優先制御でグループBのスキャンを中断した後にグループBのスキャンの再起動をしない 1: グループAの優先制御でグループBのスキャンを中断した後にグループBのスキャンの再起動をしない | R/W |
| b14-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b15 | GBRP | グループB用シングルスキャン連続起動設定 ^(注2) | PGS = 1のときのみ有効。PGS = 0のときは予約ビット。 0: グループBのシングルスキャン連続動作を行わない 1: グループBのシングルスキャン連続動作を行う | R/W |

注1. ADCSR.ADCS[1:0] ビットは、PGS を 1 にする前に 01b (グループスキャンモード) にする必要があります。それ以外の設定をした場合、動作は保証されません。

注2. GBRP ビットを 1 にした場合は、GBRSCN ビットの設定にかかわらず、グループ B のシングルスキャン連続動作を実行します。

PGS ビット (グループ A 優先制御設定)

PGS ビットを 1 にすると、グループ A の優先動作が行われます。PGS ビットを 1 にする場合は、事前に ADCSR.ADCS[1:0] ビットを 01b (グループスキャンモード) にしてください。それ以外の設定をした場合、動作は保証されません。

PGS ビットを 0 にした場合は、[34.8.2 A/D 変換停止時の注意事項](#)に従い、ソフトウェアでのクリアを行ってください。PGS ビットを 1 にした場合は、[34.3.4.3 グループ A 優先制御動作](#)の手順に従い設定を行ってください。

GBRSCN ビット (グループ B 再起動設定)

グループ A 優先制御時の、グループ B の再スキャン動作を設定します。GBRSCN ビットを 1 にすると、グループ A のトリガ入力によるグループ B のスキャン動作中断後、グループ A の A/D 変換終了を待ってグループ B の再スキャン動作を実行します。また、グループ A の A/D 変換動作中にグループ B のトリガ入力があった場合、グループ A の変換終了を待ってグループ B の再スキャン動作を行います。

GBRSCN ビットを 0 にした場合は、A/D 変換実行中に入力されたトリガは無視されます。GBRSCN ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

GBRSCN ビットの設定は、PGS ビットが 1 のときに有効となります。

GBRP ビット (グループ B 用シングルスキャン連続起動設定)

グループ B のシングルスキャン連続動作を実行します。GBRP ビットを 1 にした場合は、グループ B のシングルスキャンが起動します。スキャン終了後は自動的にグループ B のシングルスキャンを再開します。グループ A の動作によってグループ B の変換が中断した場合、グループ A の動作が優先され、グループ A の変換終了後、自動的にグループ B のシングルスキャンを再開します。

GBRP ビットを 1 にする場合は、事前にグループ B のトリガ入力を無効にしてください。GBRP ビットを 1 にした場合、GBRSCN ビットの設定は無効となります。GBRP ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

GBRP ビットの設定は、PGS ビットが 1 のときに有効となります。

34.2.17 A/Dコンペア機能コントロールレジスタ (ADCMPCR)

アドレス ADC140.ADCMPCR 4005 C090h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------|--------|-----|-------|-----|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| CMPAIE | WCMPPE | CMPBIE | — | CMPAE | — | CMPBE | — | — | — | — | — | — | — | — | CMPAB[1:0] |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|----------------|---|-----|
| b1-b0 | CMPAB[1:0] | ウィンドウA/B複合条件設定 | b1 b0 0 0: ウィンドウA比較条件に一致ORウィンドウB比較条件に一致の場合、ADC140_WCMPMを出力。その他の場合はADC140_WCMPUMを出力 0 1: ウィンドウA比較条件に一致EXORウィンドウB比較条件に一致の場合、ADC140_WCMPMを出力。その他の場合はADC140_WCMPUMを出力 1 0: ウィンドウA比較条件に一致ANDウィンドウB比較条件に一致の場合、ADC140_WCMPMを出力。その他の場合はADC140_WCMPUMを出力 1 1: 設定禁止 これらのビットは、ウィンドウAおよびウィンドウBがどちらも有効 (CMPAE = 1およびCMPBE = 1) な場合に有効となります。 | R/W |
| b8-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b9 | CMPBE | コンペアウィンドウB動作許可 | 0: コンペアウィンドウB動作禁止 ADC140_WCMPMおよびADC140_WCMPUMの出力不可 1: コンペアウィンドウB動作許可 | R/W |
| b10 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b11 | CMPAE | コンペアウィンドウA動作許可 | 0: コンペアウィンドウA動作禁止 ADC140_WCMPMおよびADC140_WCMPUMの出力不可 1: コンペアウィンドウA動作許可 | R/W |
| b12 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b13 | CMPBIE | コンペアB割り込み許可 | 0: 比較条件 (ウィンドウB) 一致によるADC140_CMPBI割り込み禁止 1: 比較条件 (ウィンドウB) 一致によるADC140_CMPBI割り込み許可 | R/W |
| b14 | WCMPPE | ウィンドウ機能設定 | 0: ウィンドウ機能無効 ウィンドウAおよびBはコンパレータとして動作し、下位の1つの値をA/D変換結果と比較します。 1: ウィンドウ機能有効 ウィンドウAおよびBはコンパレータとして動作し、上位および下位の2つの値をA/D変換結果と比較します。 | R/W |
| b15 | CMPAIE | コンペアA割り込み許可 | 0: 比較条件 (ウィンドウA) 一致によるADC140_CMPAI割り込み禁止 1: 比較条件 (ウィンドウA) 一致によるADC140_CMPAI割り込み許可 | R/W |

CMPAB[1:0] ビット (ウィンドウ A/B 複合条件設定)

シングルスキャンモードでウィンドウ A およびウィンドウ B がどちらも有効 (CMPAE = 1 および CMPBE = 1) な場合に有効となります。CMPAB[1:0] ビットにより、ADWINMON.MONCONB のコンペア機能一致/不一致イベント出力条件および監視条件を選択します。

CMPAB[1:0] ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

CMPBE ビット (コンペアウィンドウ B 動作許可)

コンペアウィンドウ B の動作を許可または禁止します。

CMPBE ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

本ビットは、以下のレジスタおよびビットを設定する前に 0 にしてください。

- A/D チャンネル選択レジスタ A0/A1/B0/B1 (ADANSA0、ADANSA1、ADANSB0、ADANSB1)
- A/D 変換拡張入力コントロールレジスタ (ADEXICR) の OCSA または TSSA
- ウィンドウ B チャンネル選択レジスタ (ADCMPBNSR) の CMPCHB[5:0] ビット

CMPAE ビット (コンペアウィンドウ A 動作許可)

コンペアウィンドウ A の動作を許可または禁止します。

CMPAE ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

本ビットは、以下のレジスタおよびビットを設定する前に 0 にしてください。

- A/D チャンネル選択レジスタ A0/A1/B0/B1 (ADANSA0、ADANSA1、ADANSB0、ADANSB1)
- A/D 変換拡張入力コントロールレジスタ (ADEXICR) の OCSA または TSSA
- ウィンドウ A チャンネル選択レジスタ 0/1 (ADCMPANSR0、ADCMPANSR1)
- ウィンドウ A 拡張入力選択レジスタ (ADCMPANSER)

CMPBIE ビット (コンペア B 割り込み許可)

比較条件 (ウィンドウ B) の一致による割り込み出力 ADC140_CMPBI を許可または禁止します。

WCMPE ビット (ウィンドウ機能設定)

ウィンドウ機能の有効または無効を選択します。

WCMPE ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

CMPAIE ビット (コンペア A 割り込み許可)

比較条件 (ウィンドウ A) の一致による割り込み出力 ADC140_CMPAI を許可または禁止します。

34.2.18 A/D コンペア機能ウィンドウ A チャネル選択レジスタ 0 (ADCOMPANSR0)

アドレス ADC140.ADCMPANSR0 4005 C094h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|--------------|--------------|----|----|--------------|--------------|--------------|----|----|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | CMPC HA10 | CMPC HA09 | — | — | CMPC HA06 | CMPC HA05 | CMPC HA04 | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|------------------------|------------------|---|-----|
| b3-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6-b4 | CMPCHA06 ~ CMPCHA04 | コンペアウィンドウAチャネル選択 | 0 : 関連する入力チャネルに対するコンペア機能を禁止 1 : 関連する入力チャネルに対するコンペア機能を許可 ビット6 (CMPCHA06) はAN006に対応し、ビット4 (CMPCHA04) はAN004に対応します。 | R/W |
| b8-b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b10-b9 | CMPCHA10, CMPCHA09 | | 0 : 関連する入力チャネルに対するコンペア機能を禁止 1 : 関連する入力チャネルに対するコンペア機能を許可 ビット10 (CMPCHA10) はAN010に対応し、ビット9 (CMPCHA09) はAN009に対応します。 | R/W |
| b15-b11 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

CMPCHANn ビット (n = 04 ~ 06, 09, 10) (コンペアウィンドウ A チャネル選択)

ADANSA0.ANSAn ビット (n = 04 ~ 06, 09, 10) および ADANSB0.ANSBn ビット (n = 04 ~ 06, 09, 10) で選択した A/D 変換チャネルと同一番号の CMPCHANn ビットを 1 にすると、コンペア機能が有効になります。

CMPCHANn ビットは、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ設定してください。

34.2.19 A/D コンペア機能ウィンドウ A チャンネル選択レジスタ 1 (ADCOMPANSR1)

アドレス ADC140.ADCMPANSR1 4005 C096h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|--------------|--------------|----|--------------|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | CMPC HA20 | CMPC HA19 | — | CMPC HA17 | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|---------------------|-------------------|--|-----|
| b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b1 | CMPCA17 | コンペアウィンドウAチャンネル選択 | 0: 関連する入力チャンネルに対するコンペア機能を禁止 1: 関連する入力チャンネルに対するコンペア機能を許可 ビット1 (CMPCA17) はAN017に対応します。 | R/W |
| b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4-b3 | CMPCA20, CMPCA19 | コンペアウィンドウAチャンネル選択 | 0: 関連する入力チャンネルに対するコンペア機能を禁止 1: 関連する入力チャンネルに対するコンペア機能を許可 ビット4 (CMPCA20) はAN020に対応し、ビット3 (CMPCA19) はAN019に対応します。 | R/W |
| b15-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

CMPCHAN ビット (n = 17, 19, 20) (コンペアウィンドウ A チャンネル選択)

ADANSA1.ANSAn ビット (n = 17, 19, 20) および ADANSB1.ANSBn ビット (n = 17, 19, 20) で選択した A/D 変換チャンネルと同一番号の CMPCHAN ビットを 1 にすると、コンペア機能が有効になります。

CMPCHAN ビットは、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ設定してください。

34.2.20 A/D コンペア機能ウィンドウ A 拡張入力選択レジスタ (ADCOMPANSER)

アドレス ADC140.ADCMPANSER 4005 C092h

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|------------|--------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | CMPO CA | CMPTSA |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|---------------|---|-----|
| b0 | CMPTSA | 温度センサ出力コンペア選択 | 0: 温度センサ出力をコンペアウィンドウA対象から外す 1: 温度センサ出力をコンペアウィンドウA対象とする | R/W |
| b1 | CMPOCA | 内部基準電圧コンペア選択 | 0: 内部基準電圧をコンペアウィンドウA対象から外す 1: 内部基準電圧をコンペアウィンドウA対象とする | R/W |
| b7-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

CMPTSA ビット (温度センサ出力コンペア選択)

ADEXICR.TSSA ビットが 1 のときに CMPTSA ビットを 1 にすると、コンペアウィンドウ A 機能が有効になります。

CMPTSA ビットは、ADSCR.ADST ビットが 0 のときのみ設定してください。

CMPOCA ビット (内部基準電圧コンペア選択)

ADEXICR.OCSA ビットが 1 のときに CMPOCA ビットを 1 にすると、コンペアウィンドウ A 機能が有効になります。

CMPOCA ビットは、ADSCR.ADST ビットが 0 のときのみ設定してください。

34.2.21 A/Dコンペア機能ウィンドウA比較条件設定レジスタ0 (ADCMPLR0)

アドレス ADC140.ADCMPLR0 4005 C098h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------|----|----|-----------|-----------|-----------|----|----|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | CMPLCHA10 | CMPLCHA09 | — | — | CMPLCHA06 | CMPLCHA05 | CMPLCHA04 | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|-------------------------|----------------------|--|-----|
| b3-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6-b4 | CMPLCHA06～ CMPLCHA04 | コンペアウィンドウA 比較条件選択 | ウィンドウA比較条件を適用するチャンネルAN004～AN006の比較条件を設定します。比較条件を図34.3に示します。 • ウィンドウ機能無効時 (ADCMPPCR.WCMPEが0) : 0 : ADCMPDR0値 > A/D変換値 1 : ADCMPDR0値 < A/D変換値 • ウィンドウ機能有効時 (ADCMPPCR.WCMPEが1) : 0 : A/D変換値 < ADCMPDR0値またはADCMPDR1値 < A/D変換値 1 : ADCMPDR0値 < A/D変換値 < ADCMPDR1値 | R/W |
| b8-b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b10-b9 | CMPLCHA10, CMPLCHA09 | コンペアウィンドウA 比較条件選択 | ウィンドウA比較条件を適用するチャンネルAN009～AN010の比較条件を設定します。比較条件を図34.3に示します。 • ウィンドウ機能無効時 (ADCMPPCR.WCMPEが0) : 0 : ADCMPDR0値 > A/D変換値 1 : ADCMPDR0値 < A/D変換値 • ウィンドウ機能有効時 (ADCMPPCR.WCMPEが1) : 0 : A/D変換値 < ADCMPDR0値またはADCMPDR1値 < A/D変換値 1 : ADCMPDR0値 < A/D変換値 < ADCMPDR1値 | R/W |
| b15-b11 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

CMPLCHAn ビット (n = 04 ~ 06, 09, 10) (コンペアウィンドウA比較条件選択)

ウィンドウA比較条件を適用するチャンネルAN004～AN006, AN009, AN010の比較条件を選択します。CMPLCHAnビットはコンペア対象のアナログ入力ごとに設定可能です。CMPLCHA04、CMPLCHA06、CMPLCHA10はそれぞれAN004、AN006、AN010に対応します。各アナログ入力の比較結果が設定条件と一致すると、ADCMPDR0.CMPSTCHAnフラグは1になり、コンペア割り込み (ADC140_CMPAI) が発生します。

| ウィンドウ機能が無効のときの比較条件 | | | |
|--------------------------------|-----|--------------------|-----|
| C MPLCHAN = 0 | | C MPLCHAN = 1 | |
| ADCMPDR0値 ≤ A/D変換値 | 不一致 | ADCMPDR0値 < A/D変換値 | 一致 |
| ADCMPDR0値 > A/D変換値 | 一致 | ADCMPDR0値 ≥ A/D変換値 | 不一致 |
| ウィンドウ機能が有効のときの比較条件 | | | |
| C MPLCHAN = 0 | | | |
| ADCMPDR1値 < A/D変換値 | 一致 | | |
| ADCMPDR0値 ≤ A/D変換値 ≤ ADCMPDR1値 | 不一致 | | |
| A/D変換値 < ADCMPDR0値 | 一致 | | |
| C MPLCHAN = 1 | | | |
| ADCMPDR1値 ≤ A/D変換値 | 不一致 | | |
| ADCMPDR0値 < A/D変換値 < ADCMPDR1値 | 一致 | | |
| A/D変換値 ≤ ADCMPDR0値 | 不一致 | | |

図 34.3 コンペア機能ウィンドウ A 比較条件の説明

34.2.22 A/Dコンペア機能ウィンドウA比較条件設定レジスタ1 (ADCMPPLR1)

アドレス ADC140.ADCMPPLR1 4005 C09Ah

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----------|-----------|----|-----------|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | CMPLCHA20 | CMPLCHA19 | — | CMPLCHA17 | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|-------------------------|------------------|--|-----|
| b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b1 | CMPLCHA17 | コンペアウィンドウA比較条件選択 | ウィンドウA比較条件を適用するチャンネルAN017の比較条件を設定します。比較条件を図34.3に示します。 <ul style="list-style-type: none"> ウィンドウ機能無効時 (ADCMPPCR.WCMPEが0) : 0 : ADCMPDR0値 > A/D変換値 1 : ADCMPDR0値 < A/D変換値 ウィンドウ機能有効時 (ADCMPPCR.WCMPEが1) : 0 : A/D変換値 < ADCMPDR0値またはADCMPDR1値 < A/D変換値 1 : ADCMPDR0値 < A/D変換値 < ADCMPDR1値 | R/W |
| b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4-b3 | CMPLCHA20, CMPLCHA19 | コンペアウィンドウA比較条件選択 | ウィンドウA比較条件を適用するチャンネルAN019～AN020の比較条件を設定します。比較条件を図34.3に示します。 <ul style="list-style-type: none"> ウィンドウ機能無効時 (ADCMPPCR.WCMPEが0) : 0 : ADCMPDR0値 > A/D変換値 1 : ADCMPDR0値 < A/D変換値 ウィンドウ機能有効時 (ADCMPPCR.WCMPEが1) : 0 : A/D変換値 < ADCMPDR0値またはADCMPDR1値 < A/D変換値 1 : ADCMPDR0値 < A/D変換値 < ADCMPDR1値 | R/W |
| b15-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

CMPLCHAn ビット (n = 17, 19, 20) (コンペアウィンドウA比較条件選択)

ウィンドウA比較条件を適用するチャンネルAN017, AN019, AN020の比較条件を選択します。CMPLCHAnビットはコンペア対象のアナログ入力ごとに設定可能です。CMPLCHA17, CMPLCHA19, CMPLCHA20はそれぞれAN017, AN019, AN020に対応します。各アナログ入力の比較結果が設定条件と一致すると、ADCMPSTR1.CMPSTCHAnビットは1になり、コンペア割り込み (ADC140_CMPAI) が発生します。

34.2.23 A/Dコンペア機能ウィンドウA拡張入力比較条件設定レジスタ (ADCMPLER)

アドレス ADC140.ADCMPLER 4005 C093h

| | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|-------------|-------------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | CMPLO CA | CMPLT SA |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------|---------------------------------|---|-----|
| b0 | CMPLTSA | コンペアウィンドウA 温度センサ出力比較条件 選択 | 比較条件を図 34.3に示します。 <ul style="list-style-type: none"> ウィンドウ機能無効時 (ADCMPCR.WCMPE ビットが0) : 0 : ADCMPDR0 値 > A/D 変換値 1 : ADCMPDR0 値 < A/D 変換値 ウィンドウ機能有効時 (ADCMPCR.WCMPE ビットが1) : 0 : AD 変換値 < ADCMPDR0 値またはAD 変換値 > ADCMPDR1 値 1 : ADCMPDR0 値 < A/D 変換値 < ADCMPDR1 値 | R/W |
| b1 | CMPLOCA | コンペアウィンドウA 内部基準電圧比較条件 選択 | 比較条件を図 34.3に示します。 <ul style="list-style-type: none"> ウィンドウ機能無効時 (ADCMPCR.WCMPE ビットが0) : 0 : ADCMPDR0 値 > A/D 変換値 1 : ADCMPDR0 値 < A/D 変換値 ウィンドウ機能有効時 (ADCMPCR.WCMPE ビットが1) : 0 : AD 変換値 < ADCMPDR0 値またはAD 変換値 > ADCMPDR1 値 1 : ADCMPDR0 値 < A/D 変換値 < ADCMPDR1 値 | R/W |
| b7-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

CMPLTSA ビット (コンペアウィンドウ A 温度センサ出力比較条件選択)

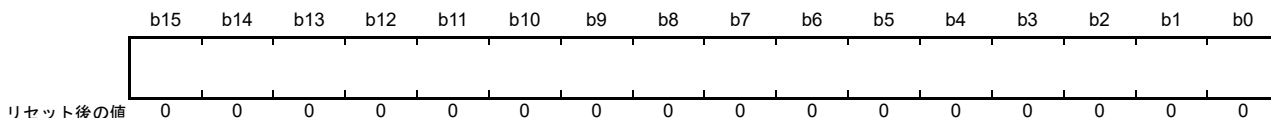
温度センサ出力がウィンドウ A 比較条件の対象である場合の比較条件を選択します。温度センサ出力の比較結果が設定条件と一致すると、ADCMPSER.CMPSTTSA フラグは1になり、コンペア割り込み (ADC140_CMPAI) が発生します。

CMPLOCA ビット (コンペアウィンドウ A 内部基準電圧比較条件選択)

内部基準電圧がウィンドウ A 比較条件の対象である場合の比較条件を選択します。内部基準電圧の比較結果が設定条件と一致すると、ADCMPSER.CMPSTOCA ビットは1になり、コンペア割り込み (ADC140_CMPAI) が発生します。

34.2.24 A/Dコンペア機能ウィンドウA下側レベル設定レジスタ (ADCMPDR0)、
 A/Dコンペア機能ウィンドウA上側レベル設定レジスタ (ADCMPDR1)、
 A/Dコンペア機能ウィンドウB下側レベル設定レジスタ (ADWINLLB)、
 A/Dコンペア機能ウィンドウB上側レベル設定レジスタ (ADWINULB)

アドレス ADC140.ADCMPDR0 4005 C09Ch, ADC140.ADCMPDR1 4005 C09Eh,
 ADC140.ADWINLLB 4005 C0A8h, ADC140.ADWINULB 4005 C0AAh



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|------|------|-----|-----|
| b15-b0 | — | — | 基準値 | R/W |

ADCMPDR_y (y = 0, 1) レジスタは、コンペアウィンドウA機能使用時、基準となるデータを設定するレジスタです。

ADCMPDR0はウィンドウAの下側基準を設定し、ADCMPDR1は上側基準を設定します。

ADWINULBおよびADWINLLBは、コンペアウィンドウB機能使用時、基準となるデータを設定します。ADWINLLBはウィンドウBの下側基準を設定し、ADWINULBは上側基準を設定します。ADCMPDR_y、ADWINULB、およびADWINLLBは読み出し/書き込み可能です。

ADCMPDR_y、ADWINULB、およびADWINLLBの書き込みはA/D変換中でも有効です。A/D変換中にレジスタ値を書き換えることにより、基準データを動的に変更することが可能です。(注1)

これらのレジスタを設定するときは、上側基準が下側基準を下回らないようにしてください (ADCMPDR1 ≥ ADCMPDR0、ADWINULB ≥ ADWINLLB)。ADCMPDR1およびADWINULBはウィンドウ機能無効時は使用しません。

注1. 下側基準および上側基準は、それぞれのレジスタが書き込まれるときに変更されます。たとえば上側基準値が変更され、下側基準値が変更中の場合、本MCUは上側基準値(変更後)と下側基準値(変更前)をA/D変換結果と比較します。図34.4を参照してください。2つの基準値の書き換え時に比較エラーとなった場合、ADCSR.ADSTおよび関連するコンペアウィンドウ動作許可ビット(ADCMPDR.CMPAEまたはADCMPDR.CMPBE)がどちらも0のときに、それらの基準値を書き換えてください。

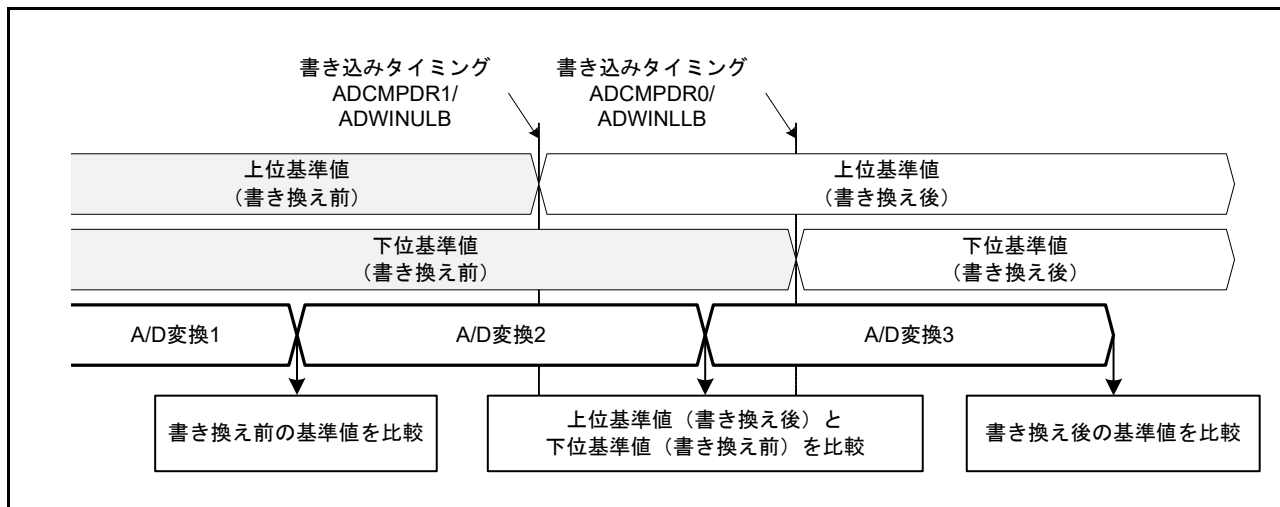


図 34.4 書き換え前後の上側基準値と下側基準値の比較

ADCMPCRy、ADWINLLB、およびADWINULBレジスタは、下記の条件でフォーマットが異なります。

- A/D データレジスタフォーマット選択ビットの設定値 (右詰めまたは左詰め)
- A/D 変換精度指定ビットの設定値 (14ビットまたは12ビット)
- A/D 変換値加算/平均チャンネル選択ビットの設定値 (A/D 変換値加算モード選択、または非選択)

以下、条件ごとのフォーマットを示します。

(1) A/D 変換値加算モードを非選択とした場合

- 右詰めのフォーマット、14ビット精度の場合：下位14ビット [13:0] が有効
- 右詰めのフォーマット、12ビット精度の場合：下位12ビット [11:0] が有効
- 左詰めのフォーマット、14ビット精度の場合：上位14ビット [15:2] が有効
- 左詰めのフォーマット、12ビット精度の場合：上位12ビット [15:4] が有効

(2) A/D 変換値加算モードを選択した場合

- 右詰めのフォーマット、14ビット精度の場合：全ビット [15:0] が有効
- 右詰めのフォーマット、12ビット精度の場合：下位14ビット [13:0] が有効
- 左詰めのフォーマット、14ビット精度の場合：全ビット [15:0] が有効
- 左詰めのフォーマット、12ビット精度の場合：上位14ビット [15:2] が有効

34.2.25 A/Dコンペア機能ウィンドウAチャネルステータスレジスタ0 (ADCMPSR0)

アドレス ADC140.ADCMPSR0 4005 C0A0h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|----------------|----------------|----|----|----------------|----------------|----------------|----|----|----|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | CMPST CHA10 | CMPST CHA09 | — | — | CMPST CHA06 | CMPST CHA05 | CMPST CHA04 | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|----------------------------|---------------|--|-----|
| b3-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6-b4 | CMPSTCHA06 ~ CMPSTCHA04 | コンペアウィンドウAフラグ | ウィンドウA動作が有効 (ADCMPCR.CMPAE = 1b) な場合、ウィンドウA比較条件を適用するチャンネルAN004 ~ AN006の比較結果を示します。 0 : 比較条件不成立 1 : 比較条件成立 | R/W |
| b8-b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b10-b9 | CMPSTCHA10, CMPSTCHA09 | コンペアウィンドウAフラグ | ウィンドウA動作が有効 (ADCMPCR.CMPAE = 1b) な場合、ウィンドウA比較条件を適用するチャンネルAN009, AN010の比較結果を示します。 0 : 比較条件不成立 1 : 比較条件成立 | R/W |
| b15-b11 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

CMPSTCHAn ビット (n = 04 ~ 06, 09, 10) (コンペアウィンドウAフラグ)

ウィンドウA比較条件を適用するチャンネルAN004 ~ AN006, AN009, AN010の比較結果ステータスフラグです。ADCMPLR0.CMPLCHAnで設定した比較条件がA/D変換終了時に成立すると、該当ビットが1になります。ADCMPCR.CMPAIEビットが1の場合、本ビットが1になると比較割り込み (ADC140_CMPAI) 要求が発生します。CMPSTCHA04, CMPSTCHA06, CMPSTCHA10はそれぞれAN004, AN006, AN010に対応します。

CMPSTCHAnビットに1を書き込むことはできません。

[1になる条件]

- ADCMPCR.CMPAEが1のときに、ADCMPLR0.CMPLCHAnで設定した条件が成立したとき

[0になる条件]

- 1を読んだ後、0を書いたとき

34.2.26 A/Dコンペア機能ウィンドウAチャネルステータスレジスタ1 (ADCMPSTR1)

アドレス ADC140.ADCMPSTR1 4005 C0A2h

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----------------|----------------|----|----------------|----|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | CMPST CHA20 | CMPST CHA19 | — | CMPST CHA17 | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|---------------------------|---------------|---|-----|
| b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b1 | CMPSTCHA17 | コンペアウィンドウAフラグ | ウィンドウA動作が有効 (ADCMPCR.CMPAE = 1b) な場合、ウィンドウA比較条件を適用するチャンネルAN017の比較結果を示します。 0: 比較条件不成立 1: 比較条件成立 | R/W |
| b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4-b3 | CMPSTCHA20, CMPSTCHA19 | コンペアウィンドウAフラグ | ウィンドウA動作が有効 (ADCMPCR.CMPAE = 1b) な場合、ウィンドウA比較条件を適用するチャンネルAN019, AN020の比較結果を示します。 0: 比較条件不成立 1: 比較条件成立 | R/W |
| b15-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

CMPSTCHAn ビット (n = 17, 19, 20) (コンペアウィンドウAフラグ)

ウィンドウA比較条件を適用するチャンネルAN017, AN019, AN020の比較結果ステータスフラグです。ADCMPSTR1.CMPLCHAnで設定した比較条件がA/D変換終了時に成立すると、関連するCMPSTCHAnビットが1になります。ADCMPCR.CMPAIEビットが1の場合、本ビットが1になると比較割り込み(ADC140_CMPAI)要求が発生します。CMPSTCHA17, CMPSTCHA19, CMPSTCHA20はそれぞれAN017, AN019, AN020に対応します。CMPSTCHAnビットに1を書き込むことはできません。

[1になる条件]

- ADCMPCR.CMPAEが1のときに、ADCMPSTR1.CMPLCHAnで設定した条件が成立したとき

[0になる条件]

- 1を読んだ後、0を書いたとき

34.2.27 A/Dコンペア機能ウィンドウA拡張入力チャネルステータスレジスタ (ADCMPSER)

アドレス `ADC140.ADCMPSER 4005 C0A4h`

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|--------------|--------------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | CMPST OCA | CMPST TSA |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|--------------------------|--|-----|
| b0 | CMPSTTSA | コンペアウィンドウA温度センサ出力コンペアフラグ | ウィンドウA動作が有効 (ADCMPPCR.CMPAE = 1) な場合、温度センサ出力の比較結果を示します。 0: 比較条件不成立 1: 比較条件成立 | R/W |
| b1 | CMPSTOCA | コンペアウィンドウA内部基準電圧コンペアフラグ | ウィンドウA動作が有効 (ADCMPPCR.CMPAE = 1) な場合、内部基準電圧の比較結果を示します。 0: 比較条件不成立 1: 比較条件成立 | R/W |
| b7-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

CMPSTTSA ビット (コンペアウィンドウA温度センサ出力コンペアフラグ)

温度センサ出力の比較結果を示すステータスフラグです。ADCMPPLER.CMPLTSA で設定した比較条件がA/D変換終了時に成立すると1になります。ADCMPPCR.CMPAIE ビットが1の場合、本ビットが1になると比較割り込み (ADC140_CMPAI) 要求が発生します。

CMPSTTSA ビットに1を書き込むことはできません。

[1になる条件]

- ADCMPPCR.CMPAE が1のときに、ADCMPPLER.CMPLTSA で設定した条件が成立したとき

[0になる条件]

- 1を読んだ後、0を書いたとき

CMPSTOCA ビット (コンペアウィンドウA内部基準電圧コンペアフラグ)

内部基準電圧の比較結果を示すステータスフラグです。ADCMPPLER.CMPLOCA で設定した比較条件がA/D変換終了時に成立すると1になります。ADCMPPCR.CMPAIE ビットが1の場合、本ビットが1になると比較割り込み (ADC140_CMPAI) 要求が発生します。

CMPSTOCA ビットに1を書き込むことはできません。

[1になる条件]

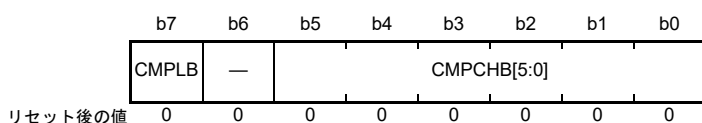
- ADCMPPCR.CMPAE が1のとき、ADCMPPLER.CMPLOCA で設定した条件が成立したとき

[0になる条件]

- 1を読んだ後、0を書いたとき

34.2.28 A/D コンペア機能ウィンドウ B チャンル選択レジスタ (ADCMPBNSR)

アドレス ADC140.ADCMPBNSR 4005 C0A6h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------------|--------------------|---|-----|
| b5-b0 | CMPCHB[5:0] | コンペアウィンドウ B チャンル選択 | コンペアウィンドウ B 条件と比較するチャンネルを選択します。 b5 b0 0 0 0 1 0 0: AN004 0 0 0 1 0 1: AN005 0 0 0 1 1 0: AN006 0 0 1 0 0 1: AN009 0 0 1 0 1 0: AN010 0 1 0 0 0 1: AN017 0 1 0 0 1 1: AN019 0 1 0 1 0 0: AN020 1 0 0 0 0 0: 温度センサ 1 0 0 0 0 1: 内部基準電圧 1 1 1 1 1 1: 選択なし 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b6 | — | 予約ビット | 読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。 | R/W |
| b7 | CMPLB | コンペアウィンドウ B 比較条件設定 | ウィンドウ B のチャンネル比較条件を設定します。比較条件を 図 34.5 に示します。 • ウィンドウ機能無効時 (ADCMPCR.WCMPE が 0) : 0 : ADWINLLB 値 > A/D 変換値 1 : ADWINLLB 値 < A/D 変換値 • ウィンドウ機能有効時 (ADCMPCR.WCMPE が 1) : 0 : A/D 変換値 < ADWINLLB 値または ADWINULB 値 < A/D 変換値 1 : ADWINLLB 値 < A/D 変換値 < ADWINULB 値 | R/W |

CMPCHB[5:0] ビット (コンペアウィンドウ B チャンル選択)

AN004 ~ AN006, AN009, AN010, AN017, AN019, AN020 のコンペアウィンドウ B 条件、温度センサ、および内部基準電圧と比較するチャンネルを選択します。コンペアウィンドウ B 機能は、以下のビットで選択した A/D 変換チャンネルの 16 進数を指定することで有効になります。

- ADANSA0.ANSAn ビット (n = 04 ~ 06, 09, 10)
- ADANSA1.ANSAn ビット (n = 17, 19, 20)
- ADANSB0.ANSBn ビット (n = 04 ~ 06, 09, 10)
- ADANSB1.ANSBn ビット (n = 17, 19, 20)

CMPCHB[5:0] ビットは、ADCSR.ADST ビットが 0 のときに設定してください。

CMPLB ビット (コンペアウィンドウ B 比較条件設定)

ウィンドウ B のチャンネル比較条件を設定します。各アナログ入力の比較結果が設定条件と一致すると、ADCMPBSR.CMPSTB ビットは 1 になり、コンペア割り込み (ADC140_CMPBI) が発生します。

| ウィンドウ機能が無効のときの比較条件 | | | |
|--------------------------------|-----|--------------------|-----|
| CMPLB = 0 | | CMPLB = 1 | |
| ADWINLLB値 ≤ A/D変換値 | 不一致 | ADWINLLB値 < A/D変換値 | 一致 |
| ADWINLLB値 > A/D変換値 | 一致 | ADWINLLB値 ≥ A/D変換値 | 不一致 |
| ウィンドウ機能が有効のときの比較条件 | | | |
| CMPLB = 0 | | | |
| A/D変換値 > ADWINULB値 | 一致 | | |
| ADWINLLB値 ≤ A/D変換値 ≤ ADWINULB値 | 不一致 | | |
| A/D変換値 < ADWINLLB値 | 一致 | | |
| CMPLB = 1 | | | |
| A/D変換値 ≥ ADWINULB値 | 不一致 | | |
| ADWINLLB値 < A/D変換値 < ADWINULB値 | 一致 | | |
| A/D変換値 ≤ ADWINLLB値 | 不一致 | | |

図 34.5 コンペア機能ウィンドウB 比較条件の説明

34.2.29 A/Dコンペア機能ウィンドウBステータスレジスタ (ADCMPBSR)

アドレス `ADC14.ADCMPBSR 4005 C0ACh`

| | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|------------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | CMPST B |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|---------------|--|-----|
| b0 | CMPSTB | コンペアウィンドウBフラグ | ウィンドウB動作が有効 (ADCMPCR.CMPBE = 1) な場合、ウィンドウB比較条件を適用するチャンネルAN004～AN006, AN009, AN010, AN017, AN019, AN020、温度センサ出力、および内部基準電圧の比較結果を示します。 0 : 比較条件不成立 1 : 比較条件成立 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

CMPSTB ビット (コンペアウィンドウBフラグ)

ウィンドウB比較条件を適用するチャンネル (AN004～AN006, AN009, AN010, AN017, AN019, AN020、温度センサ出力、および内部基準電圧) の比較結果を示します。ADCMPBSR.CMPLB で設定した比較条件がA/D変換終了時に成立すると1になります。ADCMPCR.CMPBIE ビットが1の場合、本フラグが1になると比較割り込み (ADC14_CMPBI) 要求が発生します。

CMPSTB ビットに1を書き込むことはできません。

[1になる条件]

- ADCMPCR.CMPBE が1のときに、ADCMPBSR.CMPLB で設定した条件が成立したとき

[0になる条件]

- 1を読んだ後、0を書いたとき

34.2.30 A/D コンペア機能ウィンドウ A/B ステータスマニタレジスタ (ADWINMON)

アドレス ADC140.ADWINMON 4005 C08Ch

| | | | | | | | |
|---------|----|-------------|-------------|----|----|----|-------------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | MONC MPB | MONC MPA | — | — | — | MONC OMB |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------|-----------|---|-----|
| b0 | MONCOMB | 組み合わせ結果監視 | 組み合わせ結果を示します。本ビットは、ウィンドウAおよびウィンドウBの動作がどちらも有効な場合に有効となります。 0：ウィンドウA／ウィンドウBの複合条件が不成立 1：ウィンドウA／ウィンドウBの複合条件が成立 | R |
| b3-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b4 | MONCMPA | 比較結果監視A | 0：ウィンドウA比較条件が不成立 1：ウィンドウA比較条件が成立 | R |
| b5 | MONCMPB | 比較結果監視B | 0：ウィンドウB比較条件が不成立 1：ウィンドウB比較条件が成立 | R |
| b7-b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |

MONCOMB ビット (組み合わせ結果監視)

ADCMPCR.CMPAB[1:0] ビットで設定した複合条件との比較条件結果 A および比較結果条件 B の組み合わせの結果を示す読み出し専用ビットです。

[1 になる条件]

- ADCMPCR.CMPAE が 1 かつ ADCMPCR.CMPBE が 1 のとき、組み合わせ結果が ADCMPCR.CMPAB[1:0] ビットで設定した複合条件と一致したとき

[0 になる条件]

- 組み合わせ結果が ADCMPCR.CMPAB[1:0] ビットで設定した複合条件と一致しないとき
- ADCMPCR.CMPAE が 0 または ADCMPCR.CMPBE が 0 のとき

MONCMPA ビット (比較結果監視 A)

ウィンドウ A の対象チャンネルの A/D 変換値が ADCMPLR0/ADCMPLR1 および ADCMPLER で設定した条件と一致すると 1 が読み出される読み出し専用ビットです。それ以外の場合は読むと 0 が読み出されます。

[1 になる条件]

- ADCMPCR.CMPAE が 1 のときに、A/D 変換値が ADCMPLR0.CMPLCHAN で設定した条件と一致するとき

[0 になる条件]

- ADCMPCR.CMPAE が 1 のときに、A/D 変換値が ADCMPLR0.CMPLCHAN で設定した条件と一致しないとき
- ADCMPCR.CMPAE が 0 のとき (ADCMPCR.CMPAE の値が 1 から 0 に変化すると自動的に 0 になる)

MONCMPB ビット (比較結果監視 B)

ウィンドウ B の対象チャンネルの A/D 変換値が ADCMPBNSR.CMPLB ビットで設定した条件と一致すると 1 が読み出される読み出し専用ビットです。それ以外の場合は読むと 0 が読み出されます。

[1 になる条件]

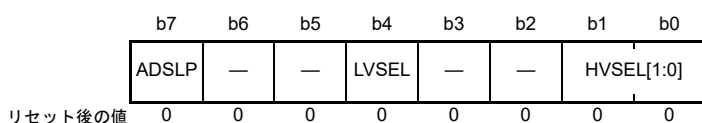
- ADCMPCR.CMPBE が 1 のときに、A/D 変換値が ADCMPBNSR.CMPLB で設定した条件と一致するとき

[0 になる条件]

- ADCMPCR.CMPBE が 1 のときに、A/D 変換値が ADCMPBNSR.CMPLB で設定した条件と一致しないとき
- ADCMPCR.CMPBE が 0 のとき (ADCMPCR.CMPBE の値が 1 から 0 に変化すると自動的に 0 になる)

34.2.31 A/D 高電位/低電位基準電圧コントロールレジスタ (ADHVREFCNT)

アドレス ADC140.ADHVREFCNT 4005 C08Ah



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|-----------|--|-----|
| b1-b0 | HVSEL[1:0] | 高電位基準電圧選択 | b1 b0 0 0: 高電位基準電圧にAVCC0を選択 0 1: 高電位基準電圧にVREFH0を選択 1 0: 高電位基準電圧に内部基準電圧を選択 1 1: 内部ノードディスチャージ (基準電圧端子を選択しない) | R/W |
| b3-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | LVSEL | 低電位基準電圧選択 | 0: 低電位基準電圧にAVSS0を選択 1: 低電位基準電圧にVREFL0を選択 | R/W |
| b6-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | ADSLP | スリープ | 0: 通常動作 1: スタンバイ状態 | R/W |

HVSEL[1:0] ビット (高電位基準電圧選択)

高電位基準電圧を、AVCC0、VREFH0、または内部基準電圧 (1.45V) から指定します。

これらのビットを 10b にして内部基準電圧を選択する前に、HVSEL[1:0] を 11b にして高電位基準電圧のパスをディスチャージしてください。ディスチャージが完了したら、HVSEL[1:0] を 10b にして A/D 変換を開始してください。

高電位基準電圧に内部基準電圧を選択した場合 (HVSEL[1:0] = 10b)、チャンネル AN004 ~ AN006, AN009, AN010, AN017, AN019, AN020 の A/D 変換を実行できますが、内部基準電圧および温度センサ出力の A/D 変換はできません。

LVSEL ビット (低電位基準電圧選択)

低電位基準電圧を、AVSS0 または VREFL0 から指定します。

ADSLP ビット (スリープ)

ADC14 をスタンバイ状態に遷移させます。ADCSR.ADHSC ビットの変更時にのみ、ADSLP ビットを 1 にしてください。その他の場合、ADSLP ビットを 1 にすることはできません。

ADSLP ビットを 1 にしたら、0 に戻す前に最低 5 μ s 待ってください。また、ADSLP ビットを 0 にしたら、最低 1 μ s 待ってから A/D 変換を開始してください。

ADHSC ビットの書き換え手順については、[34.8.8 ADHSC ビット書き換え手順](#)を参照してください。

34.3 動作説明

34.3.1 スキャンの動作説明

スキャンとは、選択したチャンネルのアナログ入力を順次 A/D 変換する動作を指します。

スキャン変換には、以下のように 3 つの動作モードと 2 つの変換モードがあります。

動作モードは以下の 3 つです。

- シングルスキャンモード
- 連続スキャンモード
- グループスキャンモード

変換モードは以下の 2 つです。

- 高速変換モード
- 低消費電力 A/D 変換モード

シングルスキャンモードは、指定した 1 チャンネル以上のスキャンを 1 回実施して終了するモードです。連続スキャンモードは指定した 1 チャンネル以上のスキャンを、ソフトウェアで ADCSR.ADST ビットを 1 から 0 にするまで繰り返し実行するモードです。グループスキャンモードは、グループ A とグループ B のスキャンをそれぞれ選択した同期トリガ (ELC) で開始し、グループ A とグループ B で選択したチャンネルのスキャンをそれぞれ 1 回ずつ実施して終了するモードです。

シングルスキャンモードおよび連続スキャンモードでは、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したチャンネル ANn の n が小さい番号順に A/D 変換を行います。グループスキャンモードでは、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したグループ A のチャンネル ANn の n が小さい番号順に A/D 変換を行い、その後 ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択したグループ B のチャンネル ANn の n が小さい番号順に A/D 変換を行います。

自己診断を選択した場合は、スキャンごとの最初に自己診断が 1 回実施され、ADC14 内部で生成する 3 つの電圧値のうち 1 つを A/D 変換します。

温度センサ出力および内部基準電圧を同時に選択しないでください。内部基準電圧を高電位側の基準電圧に選択する場合、温度センサまたは内部基準電圧の A/D 変換も実行できません。温度センサ出力または内部基準電圧を選択した場合、シングルスキャンモードを使用してください。

ダブルトリガモードは、シングルスキャンモードまたはグループスキャンモードで使用可能です。ダブルトリガモードを許可 (ADCSR.DBLE=1) すると、ADSTRGR.TRSA[5:0] ビットで選択した同期トリガ (ELC) でのスキャン変換起動でのみ、ADCSR.DBLANS[4:0] ビットで選択したチャンネルの A/D 変換データを 2 重化します。グループスキャンモードでは、ダブルトリガモードを使用できるのはグループ A のみです。

ダブルトリガモードの拡張動作では、A/D 変換動作が同期トリガコンビネーションから発生します。トリガコンビネーションは ADSTRGR.TRSA[5:0] ビットで選択します。通常のダブルトリガモード動作に加え、奇数トリガ (ELC_AD00) による A/D 変換データを A/D データ 2 重化レジスタ A (ADDBLDRA) に、偶数トリガ (ELC_AD01) による A/D 変換データを A/D データ 2 重化レジスタ B (ADDBLDRB) に格納します。ダブルトリガモードの拡張動作では、トリガコンビネーションの 1 つが同時発生すると、指定したトリガのデータ 2 重化レジスタ設定が実行されず、A/D 変換データは A/D データ 2 重化レジスタ B (ADDBLDRB) に格納されます。他の同期トリガによって開始された A/D 変換中に発生した同期トリガは無視されます。

34.3.2 シングルスキャンモード

34.3.2.1 基本動作

シングルスキャンモードの基本動作は、指定されたチャンネルのアナログ入力を以下のように1サイクルのみA/D変換します。

1. ソフトウェアトリガ、同期トリガ入力 (ELC) または非同期トリガ入力によって ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したチャンネル ANn の n が小さい番号順に A/D 変換を開始します。
2. 1 チャンネルの A/D 変換が終了するごとに、A/D 変換結果は関連する A/D データレジスタ (ADDRy) に格納されます。
3. 選択したすべてのチャンネルの A/D 変換終了後、ADC140_ADI 割り込み要求が発生します。
4. ADST ビットは A/D 変換中は 1 (A/D 変換開始) を保持し、選択されたすべてのチャンネルの A/D 変換が終了すると自動的にクリアされ、ADC14 は待機状態になります。

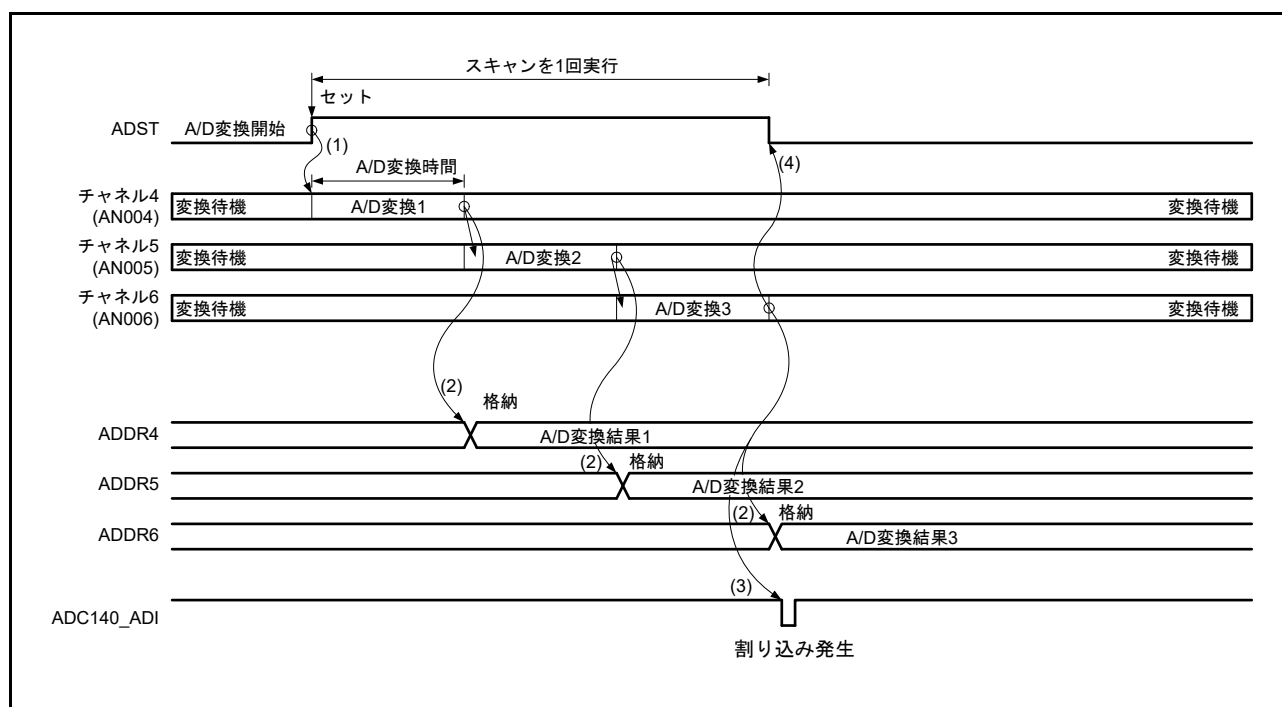


図 34.6 シングルスキャンモードの基本動作例 (AN004 ~ AN006 選択)

34.3.2.2 チャンネル選択と自己診断

チャンネル選択とともに自己診断を選択すると、まず ADC14 に供給される基準電圧 VREFH0 ($\times 0$, $\times 1/2$, または $\times 1$) の A/D 変換を行います。

その後、以下のように選択したチャンネルのアナログ入力を 1 回のみ A/D 変換します。

1. ソフトウェアトリガ、同期トリガ入力 (ELC) または非同期トリガ入力によって ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、最初に自己診断での A/D 変換を開始します。
2. 自己診断の A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は A/D 自己診断データレジスタ (ADRD) に格納され、次に ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したチャンネル ANn の n が小さい番号順に A/D 変換を開始します。
3. 1 チャンネルの A/D 変換が終了するごとに、A/D 変換結果は関連する A/D データレジスタ (ADDRy) に格納されます。
4. 選択したすべてのチャンネルの A/D 変換終了後、ADC140_ADI 割り込み要求を発生します。
5. ADST ビットは A/D 変換中は 1 (A/D 変換開始) を保持し、選択されたすべてのチャンネルの A/D 変換が終了すると自動的にクリアされ、ADC14 は待機状態になります。

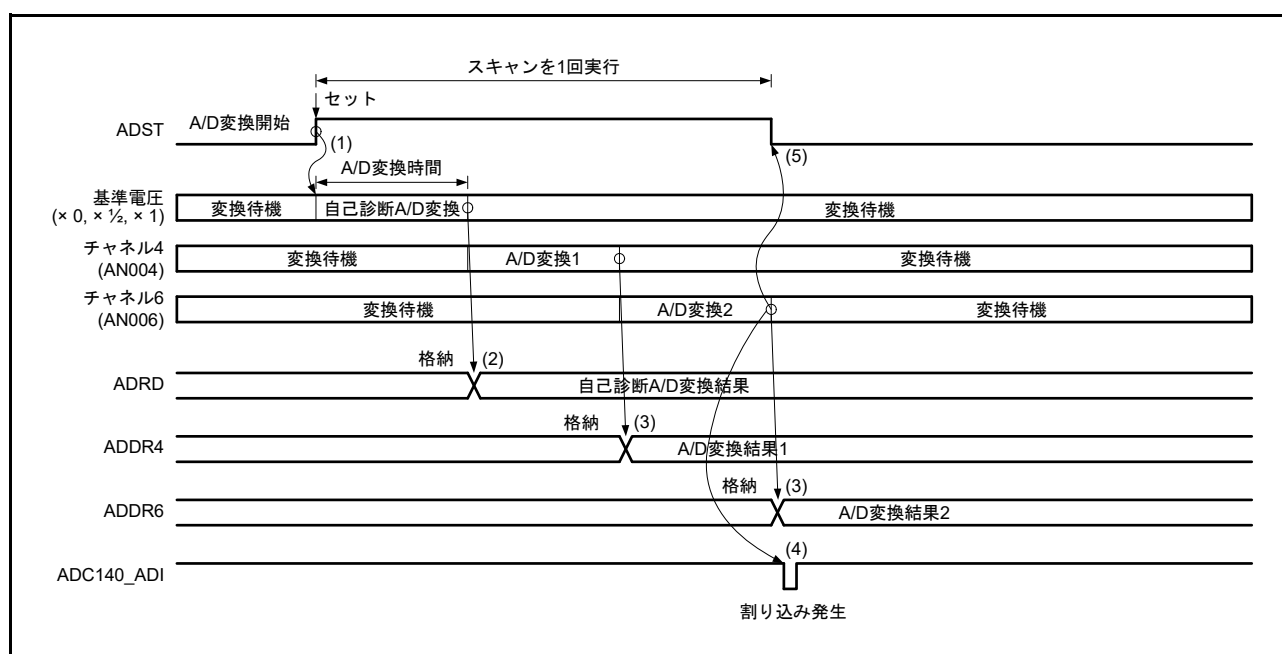


図 34.7 シングルスキャンモードの基本動作例 (AN004、AN006 選択 + 自己診断)

34.3.2.3 温度センサ出力／内部基準電圧選択時のA/D変換動作

シングルスキャンモードでは、以下で説明するように、温度センサ出力または内部基準電圧のA/D変換を行います。

温度センサ出力または内部基準電圧のA/D変換を選択した場合、すべてのチャンネルを非選択にしてください (ADANSA0 および ADANSA01 レジスタ、および ADCSR.DBLE ビットを 0 にする)。

温度センサ出力のA/D変換を選択した場合、内部基準電圧A/D変換選択ビット (ADEXICR.OCOSA) を 0 (非選択) にしてください。内部基準電圧のA/D変換を選択した場合、温度センサ出力A/D変換選択ビット (ADEXICR.TSSA) を 0 (非選択) にしてください。

動作は以下のとおりです。

1. サンプル時間を $5\mu\text{s}$ 以上に設定します。サンプリングスタートレジスタ O (ADSSTRT/ADSSTRO) 設定および ADCLK 周波数に注意してください。
2. 内部基準電圧または温度センサ出力のA/D変換に切り替えた後は、ADST ビットを 1 にして変換を開始してください。
3. A/D変換が終了すると、A/D変換結果は温度センサ出力データレジスタ (ADTRDR) または A/D 内部基準電圧データレジスタ (ADOCDR) へ格納され、ADC14_ADI 割り込み要求が発生します。
4. ADST ビットは A/D 変換中は 1 を保持し、A/D 変換が終了すると自動的にクリアされ、ADC14 は待機状態になります。

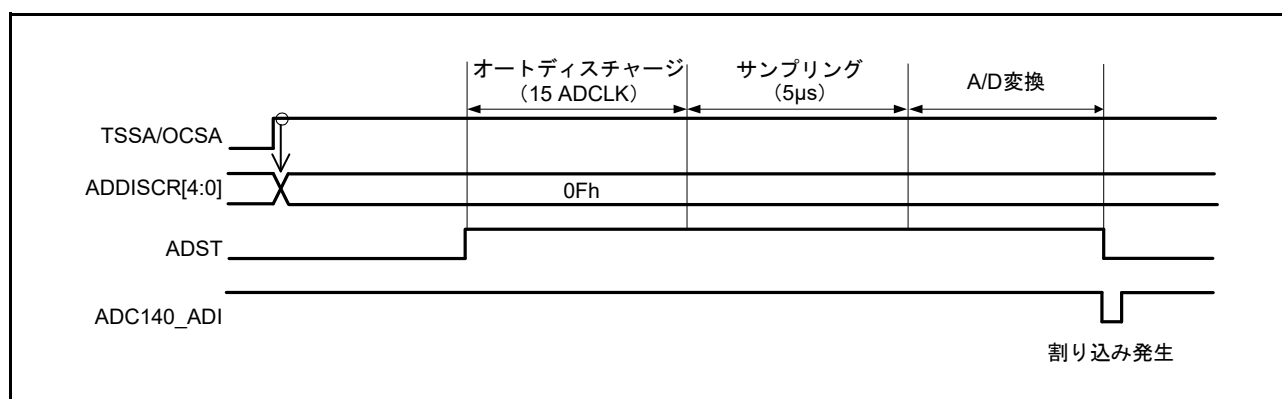


図 34.8 シングルスキャンモードの基本動作例 (AN004、温度センサ出力または内部基準電圧選択)

34.3.2.4 ダブルトリガモード選択時のA/D変換動作

シングルスキャンモードでダブルトリガモードを選択した場合は、同期トリガ (ELC) で開始するシングルスキャンモードの実行2回分を一連の動作として実行します。

自己診断は非選択とし、温度センサ出力A/D変換選択ビット (ADEXICR.TSSA、ADEXICR.TSSB) と内部基準電圧A/D変換選択ビット (ADEXICR.OCSA、ADEXICR.OCSB) はともに0にしてください。

A/D変換データ2重化は、2重化するチャンネルの番号をADCSR.DBLANS[4:0]ビットに設定し、ADCSR.DBLEビットを1にすると有効となります。ADCSR.DBLEビットを1にした場合はADANSA0、ADANSA1レジスタのチャンネル選択は無効になります。

ダブルトリガモード時は、ADSTRGR.TRSA[5:0]ビットで同期トリガ (ELC) を選択し、ADCSR.EXTRGビットを0に、ADCSR.TRGEビットを1にしてください。ソフトウェアトリガは使用しないでください。

動作は以下のとおりです。

1. 同期トリガ入力 (ELC) によってADCSR.ADSTビットが1 (A/D変換開始) になると、ADCSR.DBLANS[4:0]ビットで選択した1チャンネルのA/D変換を開始します。
2. 1チャンネルのA/D変換が終了すると、A/D変換結果は関連するA/Dデータレジスタ (ADDRy) に格納されます。
3. ADSTビットは自動的に0になり、ADC14は待機状態になります。ADC140_ADI割り込み要求は発生しません。
4. 2回目のトリガ入力によってADCSR.ADSTビットが1 (A/D変換開始) になると、ADCSR.DBLANS[4:0]ビットで選択した1チャンネルのA/D変換を開始します。
5. A/D変換が終了すると、A/D変換結果はダブルトリガモード専用のA/Dデータ2重化レジスタ (ADDBLDR) に格納されます。
6. ADC140_ADI割り込み要求が発生します。
7. ADSTビットはA/D変換中は1 (A/D変換開始) を保持し、A/D変換が終了すると自動的に0となり、ADC14は待機状態になります。

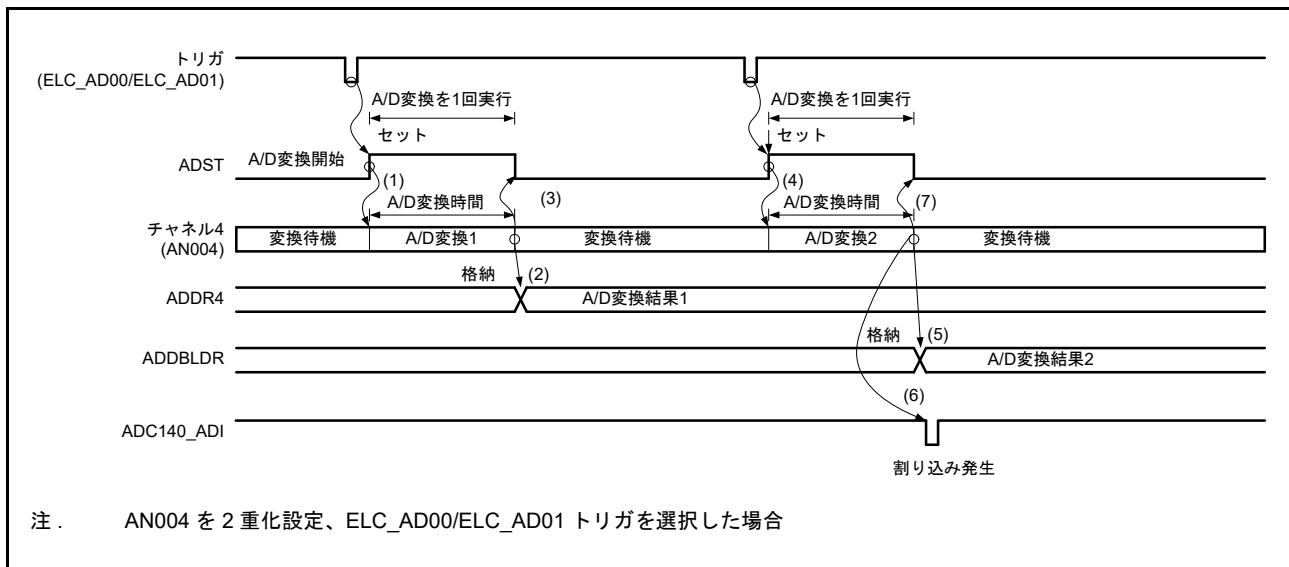


図 34.9 シングルスキャンモードの基本動作例 (ダブルトリガモード選択、AN004を2重化)

34.3.2.5 ダブルトリガモード選択時の拡張動作

シングルスキャンモードでダブルトリガモードを選択した場合で、A/D変換開始トリガとして同期トリガ ELC_AD00/ELC_AD01 を選択した場合、シングルスキャンモードの実行2回分を行います。

自己診断は非選択とし、温度センサ出力A/D変換選択ビット (ADEXICR.TSSA、ADEXICR.TSSB) と内部基準電圧A/D変換選択ビット (ADEXICR.OCSA、ADEXICR.OCSB) はともに0にしてください。

A/D変換データ2重化は、2重化するチャンネルの番号を ADCSR.DBLANS[4:0] ビットに設定し、ADCSR.DBLE ビットを1にすると有効となります。ADCSR.DBLE ビットを1にした場合は ADANSA0、ADANSA1 レジスタのチャンネル選択は無効になります。

拡張ダブルトリガモード時は、ADSTRGR.TRSA[5:0] ビットを0Bh にして同期トリガ ELC_AD00/ELC_AD01 を選択し、ADCSR.EXTRG ビットを0に、ADCSR.TRGE ビットを1にしてください。ソフトウェアトリガは使用しないでください。

動作は以下のとおりです。

1. 同期トリガ入力 (ELC_AD00/ELC_AD01) により ADCSR.ADST ビットが1 (A/D変換開始) になると、ADCSR.DBLANS[4:0] ビットで選択した1チャンネルのA/D変換を開始します。
2. 1チャンネルのA/D変換が終了すると、変換結果は対応するA/Dデータレジスタ (ADDR_y)、および ELC_AD00/ELC_AD01 のトリガ入力時A/Dデータ2重化レジスタA (ADDBLDRA) またはA/Dデータ2重化レジスタB (ADDBLDRB) へそれぞれ格納されます。
3. ADCSR.ADST ビットは自動的に0になり、ADC14は待機状態になります。ADC140_ADI 割り込みは発生しません。
4. 2番目のトリガ入力 (ELC_AD00/ELC_AD01) によって ADCSR.ADST ビットが1 (A/D変換開始) になると、ADCSR.DBLANS[4:0] ビットで選択した1チャンネルのA/D変換を開始します。
5. A/D変換が終了すると、結果はA/Dデータ2重化レジスタ (ADDBLDR)、および ELC_AD00/ELC_AD01 のトリガ入力時A/Dデータ2重化レジスタA (ADDBLDRA) またはA/Dデータ2重化レジスタB (ADDBLDRB) へそれぞれ格納されます。
6. ADC140_ADI 割り込み要求が発生します。
7. ADCSR.ADST ビットはA/D変換中は1 (A/D変換開始) を保持し、A/D変換が終了すると自動的に0となり、ADC14は待機状態になります。

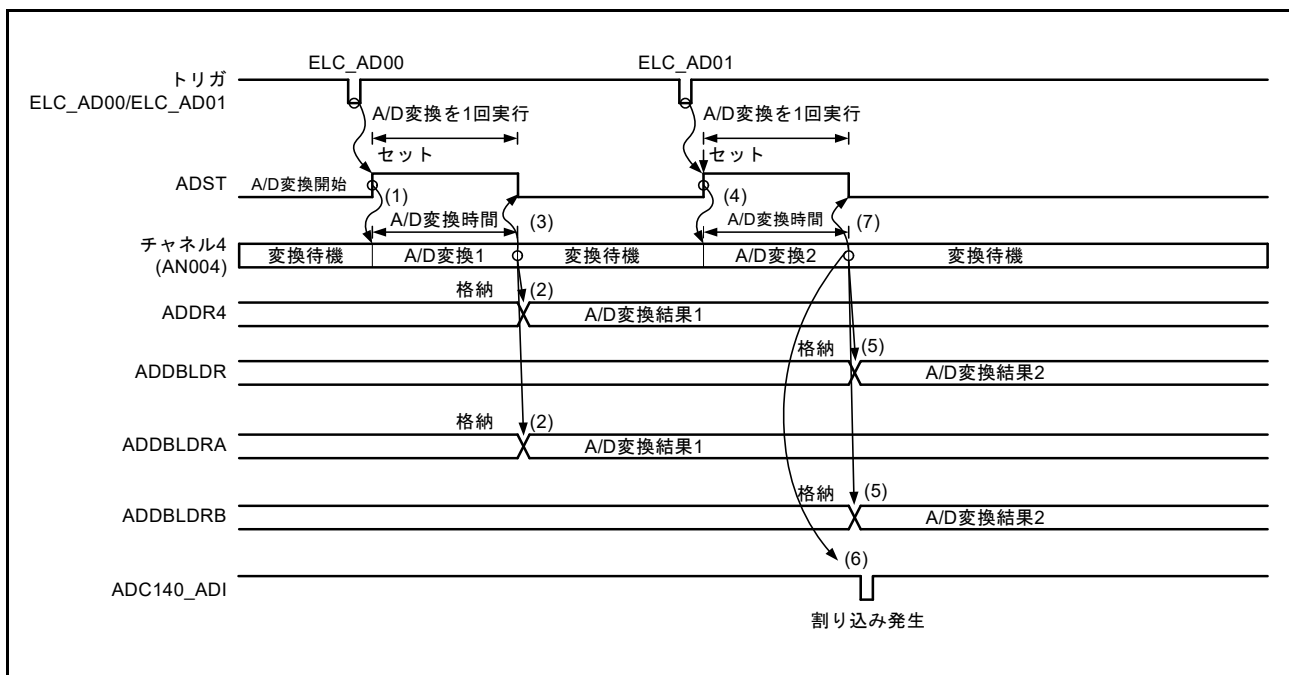


図 34.10 ダブルトリガモードの拡張動作例 (1) (ELC_AD00/ELC_AD01 選択、AN004 を2重化)

34.3.3 連続スキャンモード

34.3.3.1 基本動作

連続スキャンモードでは、以下のように選択されたチャンネルのアナログ入力を以下のように繰り返し A/D 変換します。

本モードでは、ADEXICR.TSSA ビットと ADEXICR.OCSA ビットをともに 0 にすることにより、温度センサ出力 A/D 変換と内部基準電圧 A/D 変換を非選択にします。

動作は以下のとおりです。

1. ソフトウェアトリガ、同期トリガ入力 (ELC) または非同期トリガ入力によって ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したチャンネル ANn の n が小さい番号順に A/D 変換を開始します。
2. 1 チャンネルの A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は関連する A/D データレジスタ (ADDRy) に格納されます。
3. 選択したすべてのチャンネルの A/D 変換終了後、ADC140_ADI 割り込み要求をレジスタ設定なしで発生します。また ADC14 は、継続して ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したチャンネル ANn の n が小さい番号順に A/D 変換を開始します。
4. ADCSR.ADST ビットは自動的にクリアされず、1 (A/D 変換開始) の状態の間は (2) ~ (3) を繰り返します。ADCSR.ADST ビットを 0 (A/D 変換停止) にすると A/D 変換は停止、ADC14 は待機状態になります。
5. その後、ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると再び ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したチャンネル ANn の n が小さい番号順に A/D 変換を開始します。

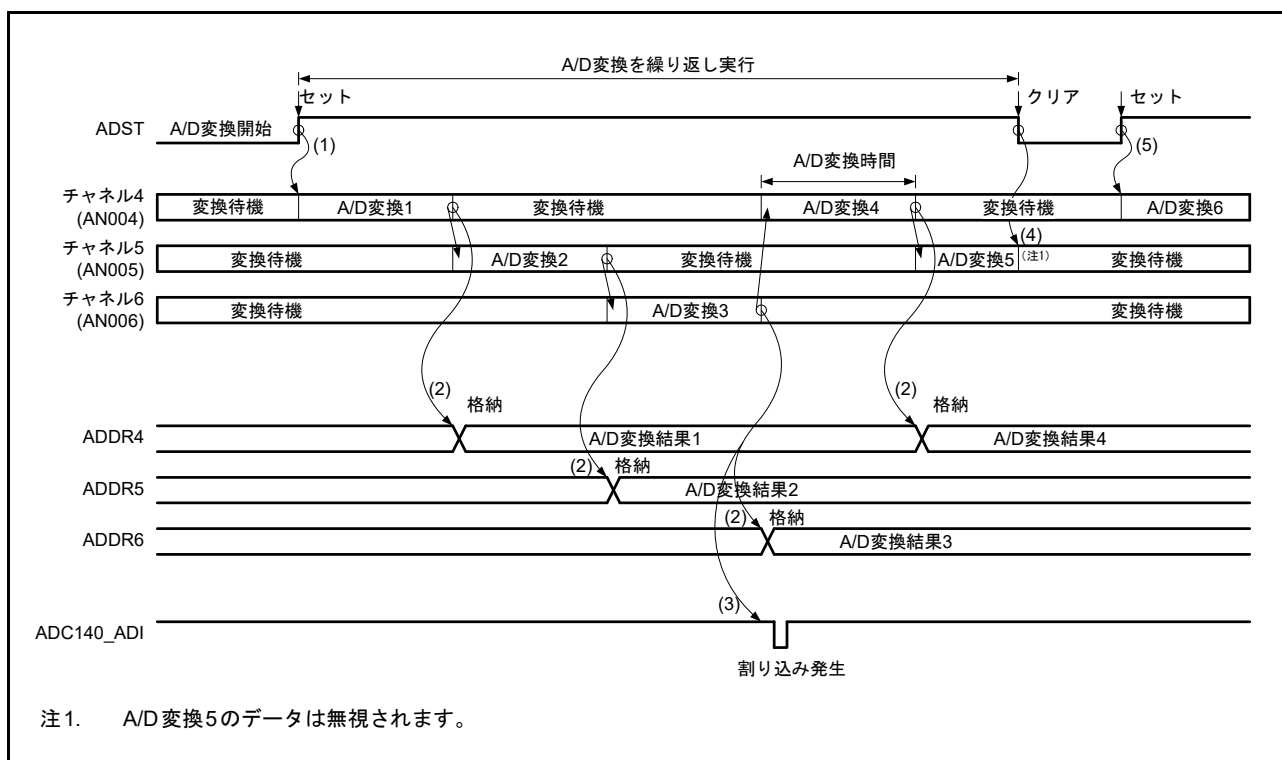


図 34.11 連続スキャンモードの基本動作例 (AN004 ~ AN006 選択)

34.3.3.2 チャネル選択と自己診断

チャネル選択とともに自己診断を選択すると、まずADC14に供給される基準電圧VREFH0 (×0、×1/2、×1のいずれか)のA/D変換を行い、その後、選択したチャンネルのアナログ入力をA/D変換します。本シーケンスは本項で記述しているように繰り返されます。

連続スキャンモードでは、温度センサ出力A/D変換選択ビット (ADEXICR.TSSA) と内部基準電圧A/D変換選択ビット (ADEXICR.OCSA) はともに0 (非選択) にします。

動作は以下のとおりです。

1. ソフトウェアトリガ、同期トリガ入力 (ELC) または非同期トリガ入力によってADCSR.ADSTビットが1 (A/D変換開始) になると、最初に自己診断でのA/D変換を開始します。
2. 自己診断のA/D変換が終了すると、A/D変換結果はA/D自己診断データレジスタ (ADRD) に格納され、ADANSA0、ADANSA1レジスタで選択したチャンネルANnのnが小さい番号順にA/D変換を開始します。
3. 1チャンネルのA/D変換が終了するごとに、A/D変換結果は関連するA/Dデータレジスタ (ADDRy) に格納されます。
4. 選択したすべてのチャンネルのA/D変換終了後、ADC140_ADI割り込み要求を発生します (レジスタ設定なしで)。同時に、ADC14は自己診断でのA/D変換を開始し、その後ADANSA0、ADANSA1レジスタで選択したチャンネルANnのnが小さい番号順にA/D変換を開始します。
5. ADSTビットは自動的にクリアされず、1になっている間は(2)～(4)を繰り返します。ADSTビットを0 (A/D変換停止) にするとA/D変換は停止し、ADC14は待機状態になります。
6. その後、ADSTビットが1 (A/D変換開始) になると、再び自己診断でのA/D変換から開始します。

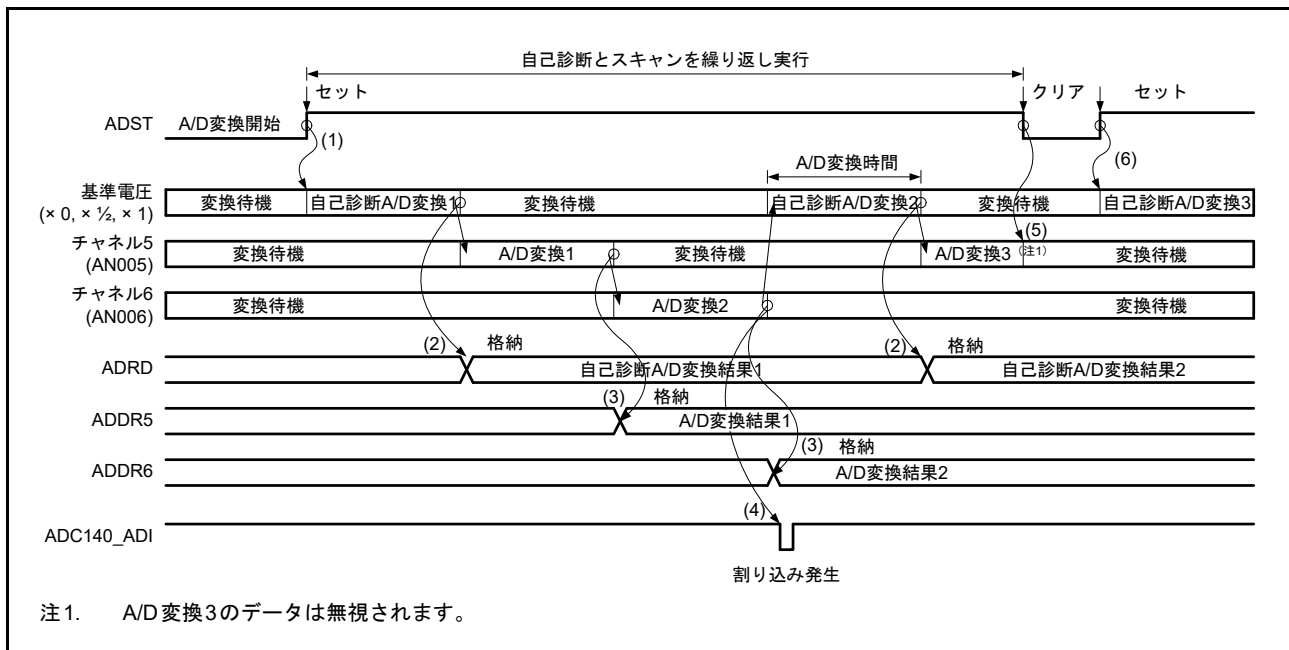


図 34.12 連続スキャンモードの基本動作例 (AN005 および AN006 選択 + 自己診断)

34.3.4 グループスキャンモード

34.3.4.1 基本動作

本項で記述しているように、グループスキャンモードでは、同期トリガ (ELC) をスキャン開始条件とし、グループ A とグループ B のそれぞれで選択したすべてのチャンネルのアナログ入力を以下のように 1 回のみ A/D 変換します。グループ A とグループ B のそれぞれのスキャン動作は、シングルスキャンモードと同じ動作になります。

グループスキャンモードのグループ A およびグループ B の同期トリガは、ADSTRGR.TRSA[5:0] ビットと ADSTRGR.TRSB[5:0] ビットでそれぞれ設定できます。これら 2 つのグループの A/D 変換が同時に起こらないように、グループ A とグループ B のトリガは別々のトリガにしてください。また、ソフトウェアトリガは使用しないでください。

A/D 変換対象とするチャンネルは、ADANSA0、ADANSA1 レジスタでグループ A のチャンネルを選択し、ADANSB0、ADANSB1 レジスタでグループ B のチャンネルを選択します。グループ A とグループ B で同一のチャンネルを選択することはできません。

グループスキャンモードでは、温度センサ出力 A/D 変換選択ビット (ADEXICR.TSSA) と内部基準電圧 A/D 変換選択ビット (ADEXICR.OCSA) はともに 0 (非選択) にします。グループスキャンモードで自己診断を選択した場合は、グループ A とグループ B それぞれで自己診断を実施します。

以下に ELC からの同期トリガによるグループスキャンモードの動作例を示します。グループ A は ELC からの ELC_AD00 トリガで変換開始し、グループ B は ELC からの ELC_AD01 トリガで変換開始する設定です。また、ELC_AD00 および ELC_AD01 は、対応する ELC.ELSRn レジスタで GPT イベントに選択されます。

動作は以下のとおりです。

1. ELC_AD00 トリガでグループ A のスキャンを開始します。
2. グループ A のスキャン終了後、ADC140_ADI 割り込みをレジスタ設定なしで発生します。
3. ELC_AD01 トリガでグループ B のスキャンを開始します。
4. グループ B のスキャン終了時に ADCSR.GBADIE ビットが 1 (スキャン終了による ADC140_GBADI 割り込み許可) に設定されていると、ADC140_GBADI 割り込みを発生します。

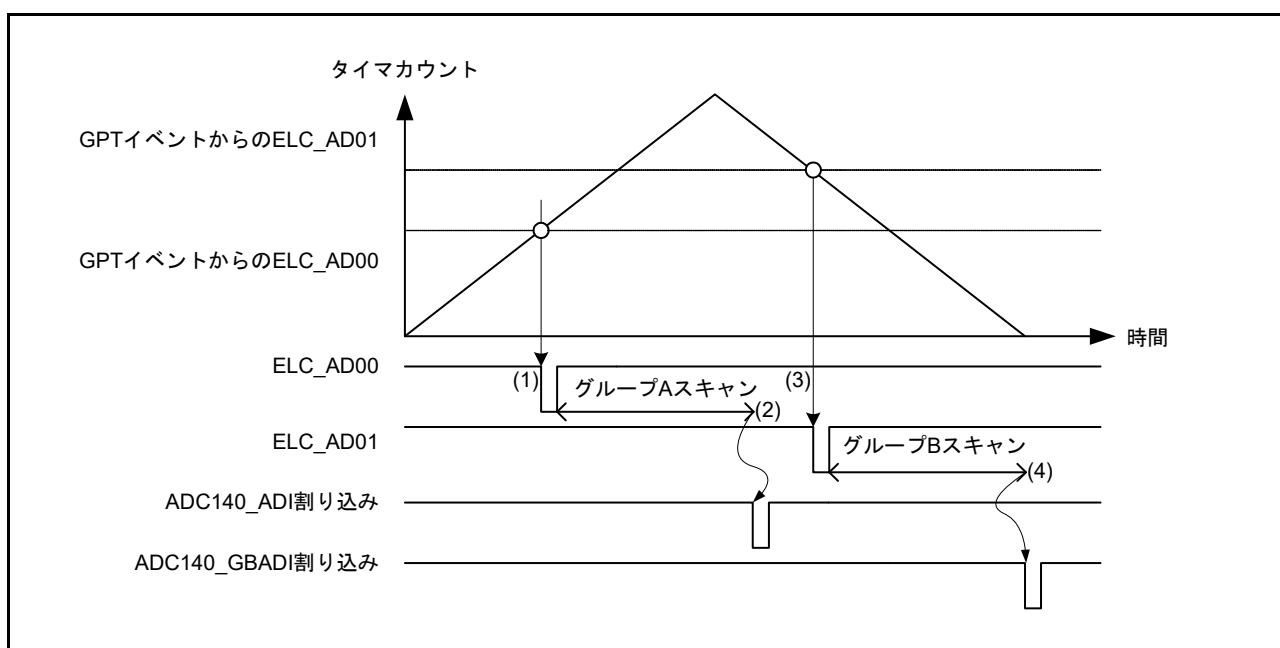


図 34.13 グループスキャンモードの基本動作例 (ELC からの同期トリガ)

34.3.4.2 ダブルトリガモード選択時のA/D変換動作

グループスキャンモードでダブルトリガモードを選択した場合は、グループAは同期トリガ(ELC)で開始するシングルスキャンモードの実行2回分を一連の動作として実行します。グループBは同期トリガ(ELC)で開始するシングルスキャンモードの動作を1回実行します。

グループスキャンモード時、同期トリガ設定は、ADSTRGR.TRSA[5:0]ビットでグループAの同期トリガを選択し、ADSTRGR.TRSB[5:0]ビットでグループBの同期トリガを選択します。グループAとグループBのA/D変換が同時に起こらないように、グループAとグループBのトリガは別々のトリガにしてください。なお、ソフトウェアトリガまたは非同期トリガ(ADTRG0)は使用しないでください。

ADSTRGR.TRSA[5:0]ビットを0BhにすることによってELC_AD00/ELC_AD01をグループAの同期トリガに選択した場合は、ダブルトリガ拡張モードで動作します。

A/D変換を行うグループAチャンネルはADCSR.DBLANS[4:0]ビットで選択され、A/D変換を行うグループBチャンネルはADANSB0レジスタおよびADANSB1レジスタで選択されます。グループAとグループBで同一のチャンネルを選択することはできません。

グループスキャンモードでは、ADEXICR.TSSAビットとADEXICR.OCSAビットをともに0にすることにより、温度センサ出力A/D変換と内部基準電圧A/D変換を非選択にします。

グループスキャンモードでダブルトリガモード選択時は自己診断は選択できません。

A/D変換データ2重化は、2重化するチャンネルの番号をADCSR.DBLANS[4:0]ビットに設定し、ADCSR.DBLEビットを1にすると有効となります。

以下にELCからの同期トリガによるグループスキャンモードかつダブルトリガモード設定時の動作例を示します。以下の例では、ELC_AD00トリガでグループAの変換が開始され、ELC_AD01トリガでグループBの変換が開始されています。また、ELC_AD00およびELC_AD01は、対応するELC.ELSRnレジスタでGPTイベントに選択されます。

動作は以下のとおりです。

1. ELCからのELC_AD00トリガでグループBのスキャンを開始します。
2. グループBのスキャン終了時にADCSR.GBADIEビットが1(グループBのスキャン終了割り込み許可)に設定されているとADC14_GBADI割り込みが発生します。
3. 1回目のELC_AD01トリガでグループAの1回目のスキャンを開始します。
4. グループAの1回目のスキャンが終了すると、変換結果は対応するA/Dデータレジスタ(ADDRy)に格納されます。ADC14_ADI割り込み要求は発生しません。
5. 2回目のELC_AD01トリガでグループAの2回目のスキャンを開始します。
6. グループAの2回目のスキャン終了時、A/D変換結果をADDBLDRに格納します。レジスタ設定なしで、ADC14_ADI割り込みが発生します。

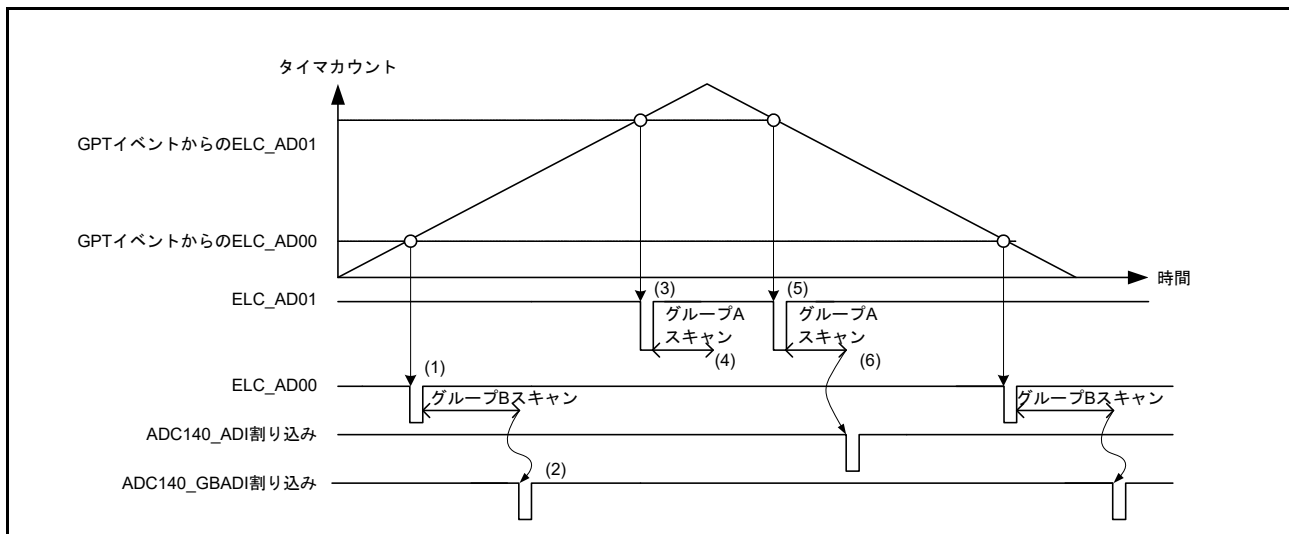


図 34.14 グループスキャンモードかつダブルトリガモード設定時の動作 (ELC からの同期トリガ)

34.3.4.3 グループ A 優先制御動作

グループスキャンモードで ADGSPCR.PGS ビットを 1 にすると、グループ A 優先制御動作を行います。ADPGSCR レジスタの PGS ビットを 1 にする際は、図 34.15 に記載された手順に従い、設定を実行してください。フロー以外の設定をした場合、A/D 変換の動作および格納されたデータは保証されません。

グループスキャンモードの基本動作では、グループ A、もしくはグループ B の A/D 変換動作中に他方の A/D 変換のトリガ入力があっても無視されます。グループ A 優先制御動作では、グループ B の A/D 変換動作中にグループ A のトリガ入力があった場合、グループ B の A/D 変換動作を中断して、グループ A の A/D 変換動作を行います。ADGSPCR.GBRSCN ビットが 0 のときは、ADC14 はグループ A の A/D 変換終了時に待機状態となります。ADGSPCR.GBRSCN ビットが 1 のときは、グループ A の A/D 変換終了後、自動的にグループ B のスキャンをグループ先頭から自動で再開します。ADGSPCR.GBRSCN ビットの設定と A/D 変換動作中のトリガ入力時の動作を表 34.9 に示します。

グループ A とグループ B のスキャン動作は、シングルスキャンモードと同じ動作になります。また、グループ B のスキャン動作中に ADGSPCR.GBRP ビットを 1 にすると、シングルスキャンを連続して実行する動作になります。

グループスキャンモードのトリガ設定は、ADSTRGR.TRSA[5:0] ビットでグループ A の同期トリガを選択し、ADSTRGR.TRSB[5:0] ビットでグループ A のトリガとは異なるグループ B の同期トリガを選択してください。ADGSPCR.GBRP ビットを 1 にする場合は、ADSTRGR.TRSB[5:0] ビットを 3Fh にしてください。

また A/D 変換対象とするチャンネルは、ADANSA0、ADANSA1 レジスタでグループ A のチャンネルを選択し、ADANSB0、ADANSB1 レジスタでグループ A とは異なるグループ B のチャンネルを選択してください。

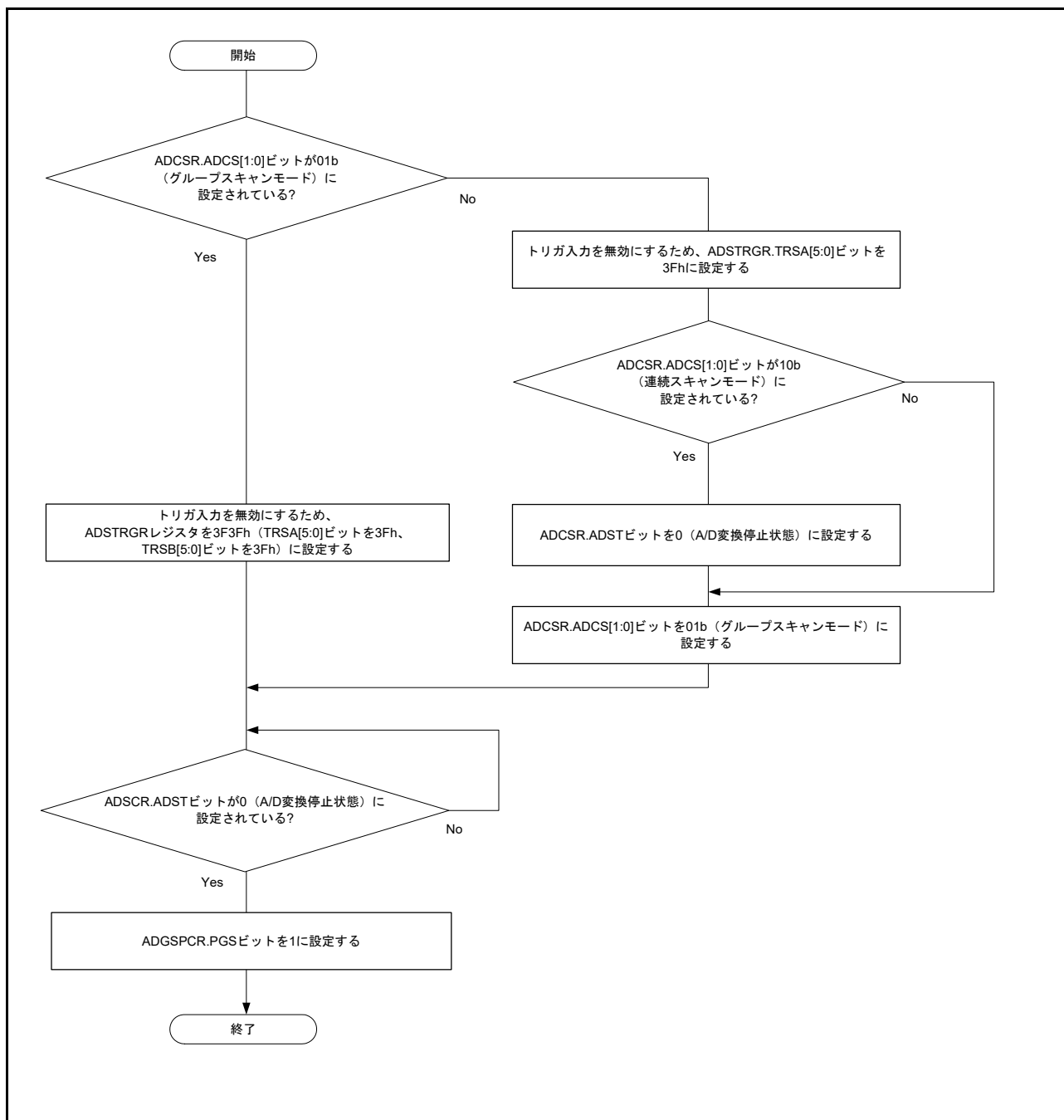


図 34.15 ADGSPCR.PGS ビット設定時のフロー

表 34.9 ADGSPCR.GBRSCN ビットの設定によるA/D変換動作制御

| A/D変換動作 | トリガ入力 | ADGSPCR.GBRSCN = 0 | ADGSPCR.GBRSCN = 1 |
|----------------|------------|---------------------------------------|--|
| グループAのA/D変換動作中 | グループAトリガ入力 | トリガ入力無効 | トリガ入力無効 |
| | グループBトリガ入力 | トリガ入力無効 | グループAのA/D変換動作終了後、 グループBのA/D変換動作を行う |
| グループBのA/D変換動作中 | グループAトリガ入力 | グループBのA/D変換動作を中断し、 グループAのA/D変換動作開始 | <ul style="list-style-type: none"> グループBのA/D変換動作を中断し、グループAのA/D変換動作を開始 グループAのA/D変換動作終了後、グループBのA/D変換動作開始 |
| | グループBトリガ入力 | トリガ入力無効 | トリガ入力無効 |

以下にグループ A にチャンネル 4 を、グループ B にチャンネル 5, 6, 9 を選択したグループ A 優先制御グループ スキャンモード動作の動作例 (ADGSPCR.GBRSCN = 1、ADGSPCR.GBRP = 0 時) を示します。

1. グループ B のトリガ入力によって、ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択した、チャンネル AN_n の n が小さい番号順に A/D 変換を開始します。
2. グループ B の各チャンネルの A/D 変換が終了すると、結果は関連する A/D データレジスタ y (ADDR_y) に格納されます。
3. グループ B の A/D 変換動作中に、グループ A のトリガ入力があると、ADCSR.ADST ビットは 1 のまま、グループ B の A/D 変換を中断し、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したチャンネル AN_n の n が小さい番号順に A/D 変換を開始します。グループ B の変換中に割り込みが発生したときに A/D 変換が完了していない場合は、A/D 変換結果は A/D データレジスタ (ADDR_y) に格納されません。
4. 1 チャンネルの A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は対応する A/D データレジスタ (ADDR_y) に格納されます。
5. レジスタ設定なしで ADC140_ADI 割り込み要求が発生します。
6. ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択した、グループ B のチャンネル AN_n の n が小さい番号順に A/D 変換を再度開始しますが、このとき ADCSR.ADST ビットは 1 のままです。
7. 1 チャンネルの A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は対応する A/D データレジスタ y (ADDR_y) に格納されます。
8. グループ B のすべてのチャンネルの A/D 変換終了時、ADCSR.GBADI ビットが 1 (グループ B のスキャン終了時 ADC140_GBADI 割り込み許可) に設定されていると、ADC140_GBADI 割り込み要求が発生します。
9. A/D 変換が完了すると ADCSR.ADST ビットは自動的にクリアされ ADC14 は待機状態に遷移します。

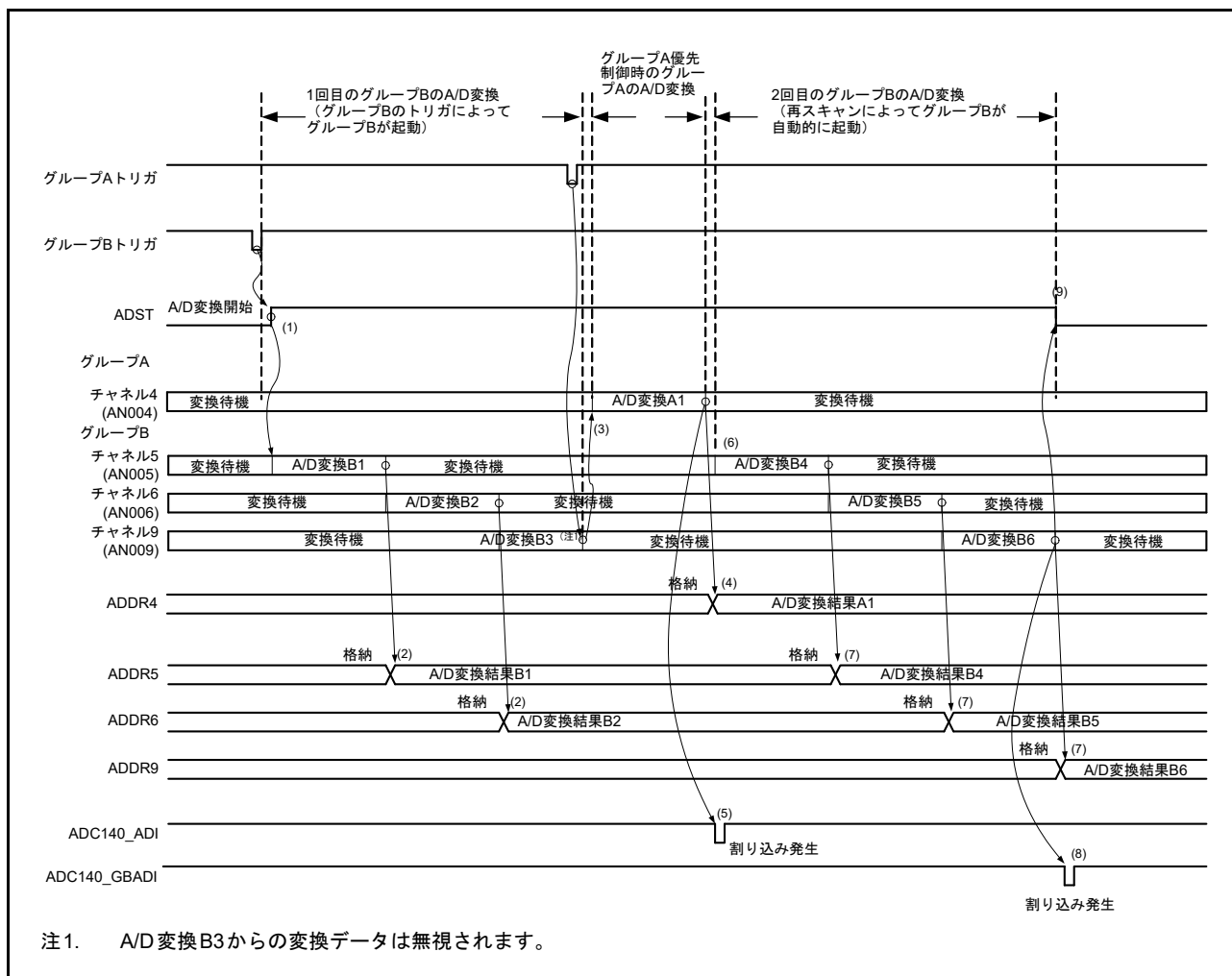


図 34.16 グループ A 優先制御の動作例 (1) (ADGSPCR.GBRSCN = 1, ADGSPCR.GBRP = 0 の場合)

次に、グループ B 再スキャン動作時に、再度グループ A のトリガが入力された場合の例として、グループ A 優先動作時 (ADGSPCR.GBRSCN = 1、ADGSPCR.GBRP = 0 時) に、グループ A にチャンネル 4 を、グループ B にチャンネル 5, 6, 9 を選択した場合の動作例を示します。

1. グループ B のトリガ入力によって、ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択した、グループ B のチャンネル ANn の n が小さい番号順に A/D 変換を開始します。
2. 1 チャンネルの A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は関連する A/D データレジスタ (ADDRy) に格納されます。
3. グループ B の A/D 変換動作中に、グループ A のトリガ入力があると、ADCSR.ADST ビットは 1 のままで、グループ B の A/D 変換を中断します。グループ B の変換中に割り込みが発生したときに A/D 変換が完了していない場合は、A/D 変換結果は A/D データレジスタ (ADDRy) に格納されません。
4. ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択した、グループ A のチャンネル ANn の n が小さい番号順に、グループ A の A/D 変換を開始します。
5. 1 チャンネルの A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は関連する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
6. レジスタ設定なしで ADC140_ADI 割り込み要求が発生します。
7. ADGSPCR.GBRSCN ビットが 1 の場合は、グループ A の A/D 変換が終了すると、ADCSR.ADST ビットは 1 のままでグループ B が再びスキャンされます。ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択した、グループ B のチャンネル ANn の n が小さい番号順に、A/D 変換を再度開始します。
8. 1 チャンネルの A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は対応する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
9. グループ B の A/D 変換の再スキャン中に、グループ A のトリガ入力があると、ADCSR.ADST ビットは 1 のままで、グループ B の A/D 変換を中断します。
10. ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択した、グループ A のチャンネル ANn の n が小さい番号順に、グループ A の A/D 変換を開始します。
11. 1 チャンネルの A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は関連する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
12. レジスタ設定なしで ADC140_ADI 割り込み要求が発生します。
13. グループ A の A/D 変換が終了時 ADGSPCR.GBRSCN ビットが 1 の場合は、ADCSR.ADST ビットは 1 のままでグループ B が再びスキャンされます。ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択した、グループ B のチャンネル ANn の n が小さい番号順に、A/D 変換を再度開始します。
14. 再スキャン起動によるグループ B の A/D 変換中に、グループ A のトリガ入力があると、(9) ~ (13) を繰り返し実行します。グループ A のトリガ入力がない場合は、グループ B の A/D 変換が終了すると ADCSR.ADST ビットが自動的にクリアされ、ADC14 は待機状態になります。

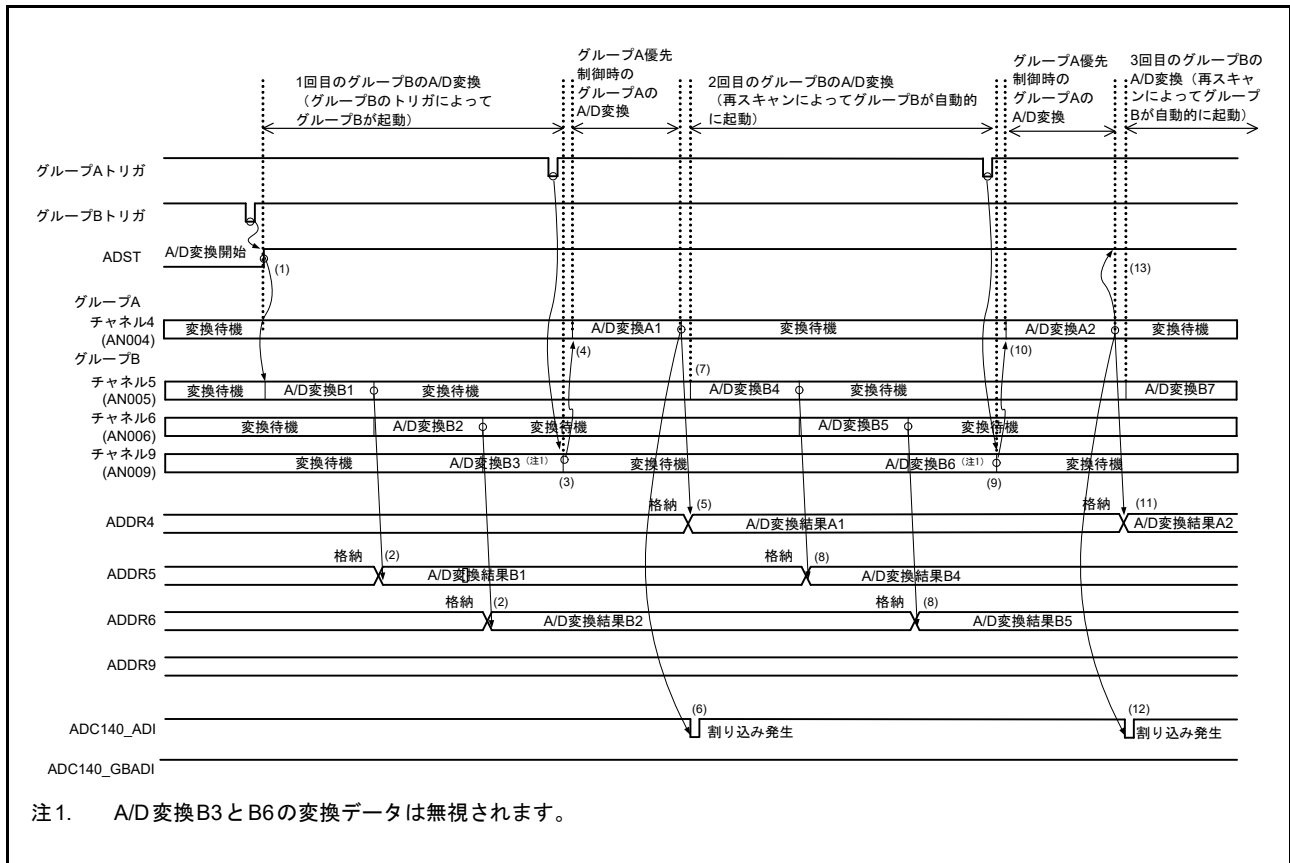


図 34.17 グループ A 優先制御の動作例 (2) (ADGSPCR.GBRSCN = 1, ADGSPCR.GBRP = 0 の場合)

以下では、グループ A の変換動作中に、グループ B のトリガが入力された場合の再スキャン動作の例を示します。本例では、グループ A 優先制御動作の動作時 (ADGSPCR.GBRSCN = 1、ADGSPCR.GBRP = 0 時) に、グループ A にチャンネル 5, 6, 9 が、グループ B にチャンネル 4 が選択されています。

1. グループ A のトリガ入力によって、ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択した、チャンネル ANn の n が小さい番号順に A/D 変換を開始します。
2. 1 チャンネルの A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は関連する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
3. グループ A の A/D 変換動作中に、グループ B のトリガ入力があると、グループ A の A/D 変換終了後に、グループ B の A/D 変換を実行できる状態となります。ただし、グループ A のトリガが連続で入力された場合、グループ B のスキャン動作は、グループ A に取り消され、実施されません。
4. グループ A の A/D 変換終了後、レジスタ設定なしで ADC140_ADI 割り込み要求を発生します。
5. グループ A の変換が終了すると、ADCSR.ADST ビットは 1 のままでグループ B が再びスキャンされます。その後、ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択した、グループ B のチャンネル ANn の n が小さい番号順に、A/D 変換を開始します。
6. 1 チャンネルの A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は関連する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
7. グループ B の再スキャン終了後、ADCSR.GBADIE ビットが 1 (スキャン終了による ADC140_GBADI 割り込み許可) になっていると、ADC140_GBADI 割り込み要求を発生します。
8. A/D 変換が完了すると ADCSR.ADST ビットは自動的にクリアされ ADC14 は待機状態に遷移します。

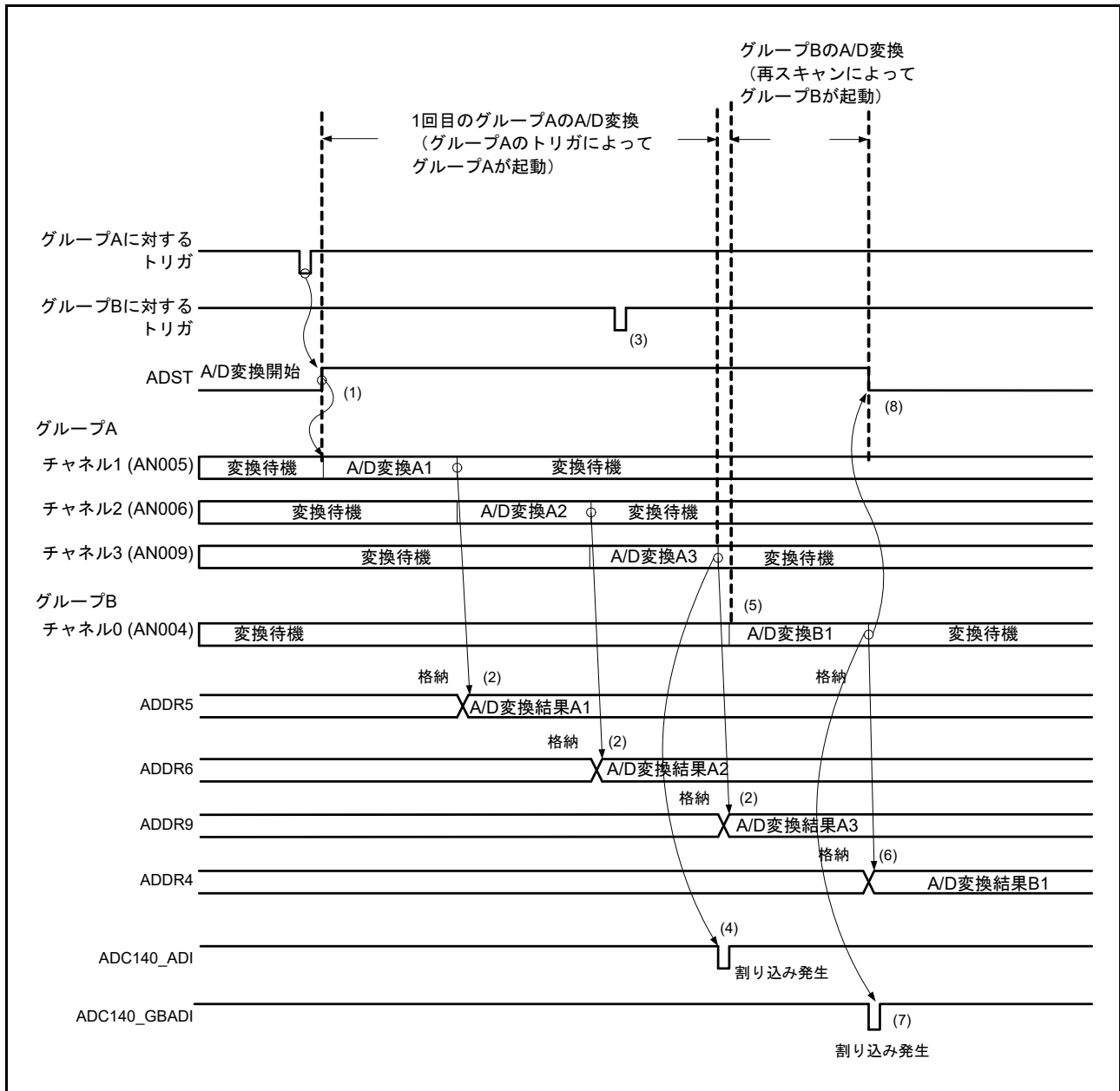


図 34.18 グループ A 優先制御の動作例 (3) (ADGSPCR.GBRSCN = 1, ADGSPCR.GBRP = 0 の場合)

以下にグループ A にチャンネル 4 を、グループ B にチャンネル 5, 6, 9 を選択したときのグループ A 優先制御の動作例 (ADGSPCR.GBRSCN = 0, ADGSPCR.GBRP = 0) を示します。

1. グループ B のトリガ入力によって ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択したチャンネル ANn の n が小さい番号順に A/D 変換を開始します。
2. 1 チャンネルの A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は関連する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
3. グループ B の A/D 変換動作中に、グループ A のトリガ入力があると、ADCSR.ADST ビットは 1 のままで、グループ B の A/D 変換を中断します。その後、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したチャンネル ANn の n が小さい番号順に A/D 変換を開始します。
4. 1 チャンネルの A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は関連する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
5. レジスタ設定なしで ADC140_ADI 割り込み要求が発生します。
6. A/D 変換が完了すると ADCSR.ADST ビットは自動的にクリアされ ADC14 は待機状態に遷移します。

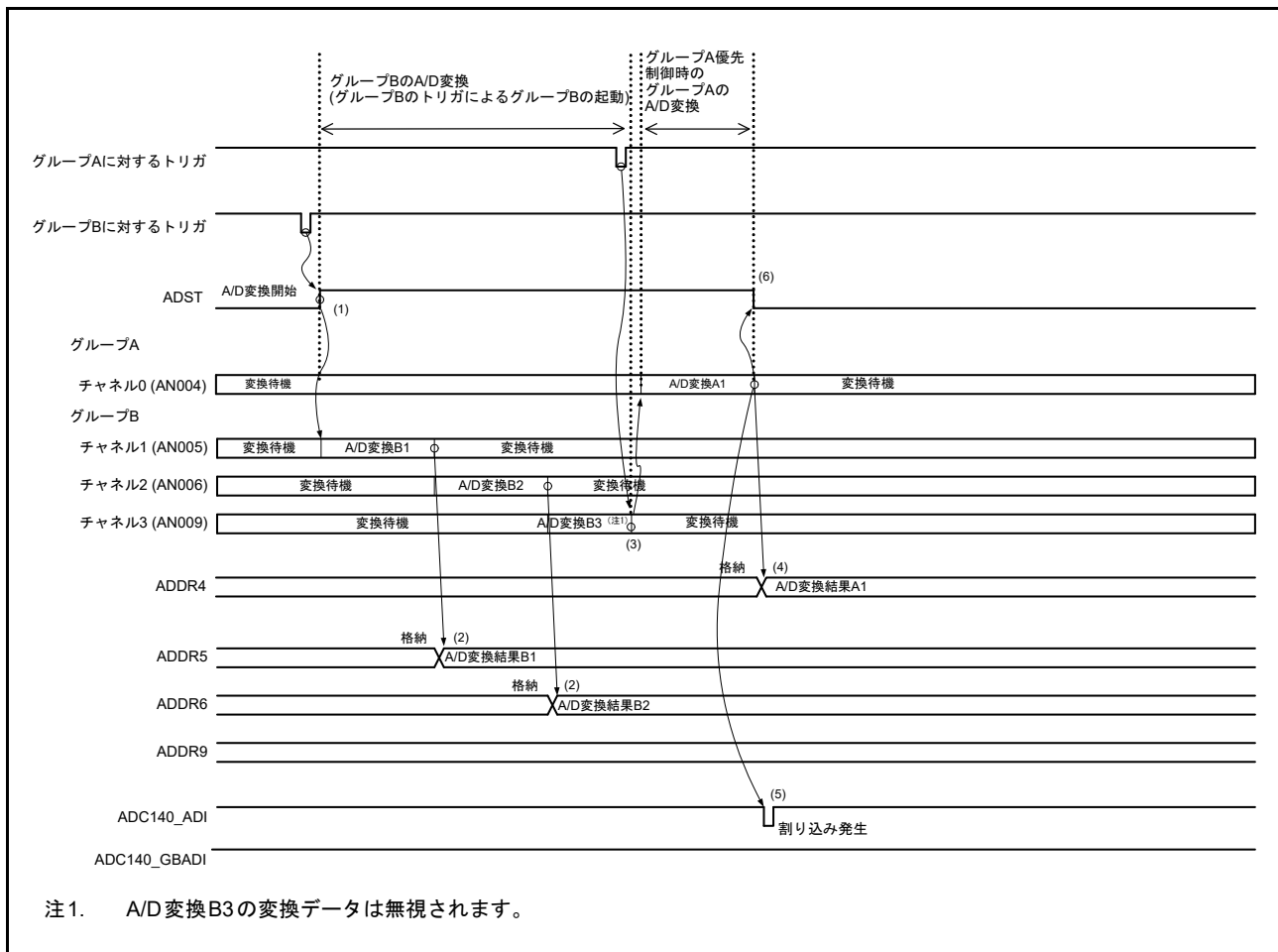


図 34.19 グループ A 優先制御の動作例 (4) (ADGSPCR.GBRSCN = 0, ADGSPCR.GBRP = 0 の場合)

以下にグループ A にチャンネル 4 を、グループ B にチャンネル 5, 6, 9 を選択したときのグループ A 優先制御の動作例 (ADGSPCR.GBRP = 1) を示します。

1. ADGSPCR.GBRP = 1 にすると、ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になり、ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択したチャンネル ANn の n が小さい番号順に A/D 変換を開始します。
2. 1 チャンネルの A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は関連する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
3. グループ B の A/D 変換動作中に、グループ A のトリガ入力があると、ADCSR.ADST ビットは 1 のままで、グループ B の A/D 変換を中断します。その後、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したチャンネル ANn の n が小さい番号順に A/D 変換を開始します。
4. 1 チャンネルの A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は関連する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
5. レジスタ設定なしで ADC140_ADI 割り込み要求が発生します。
6. ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択した、グループ B のチャンネル ANn の n が小さい番号順に A/D 変換を再度開始し、ADCSR.ADST ビットは 1 のままです。
7. 1 チャンネルの A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は関連する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
8. ADCSR.GBADIE ビットが 1 になっていると、ADC140_GBADI 割り込み要求が発生します。
9. ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択したチャンネル ANn の n が小さい番号順に A/D 変換を開始します。ADGSPCR.GBRP ビットが 1 になっている間は、(6) ~ (9) の動作を繰り返します。ADGSPCR.GBRP ビットが 1 の状態の間は、ADCSR.ADST ビットを 0 にしないでください。ADGSPCR.GBRP = 1 の場合に A/D 変換を強制終了するには、[図 34.31](#) に示す ADCSR.ADST ビットによるソフトウェアクリア実行の設定フローの手順に従ってください。

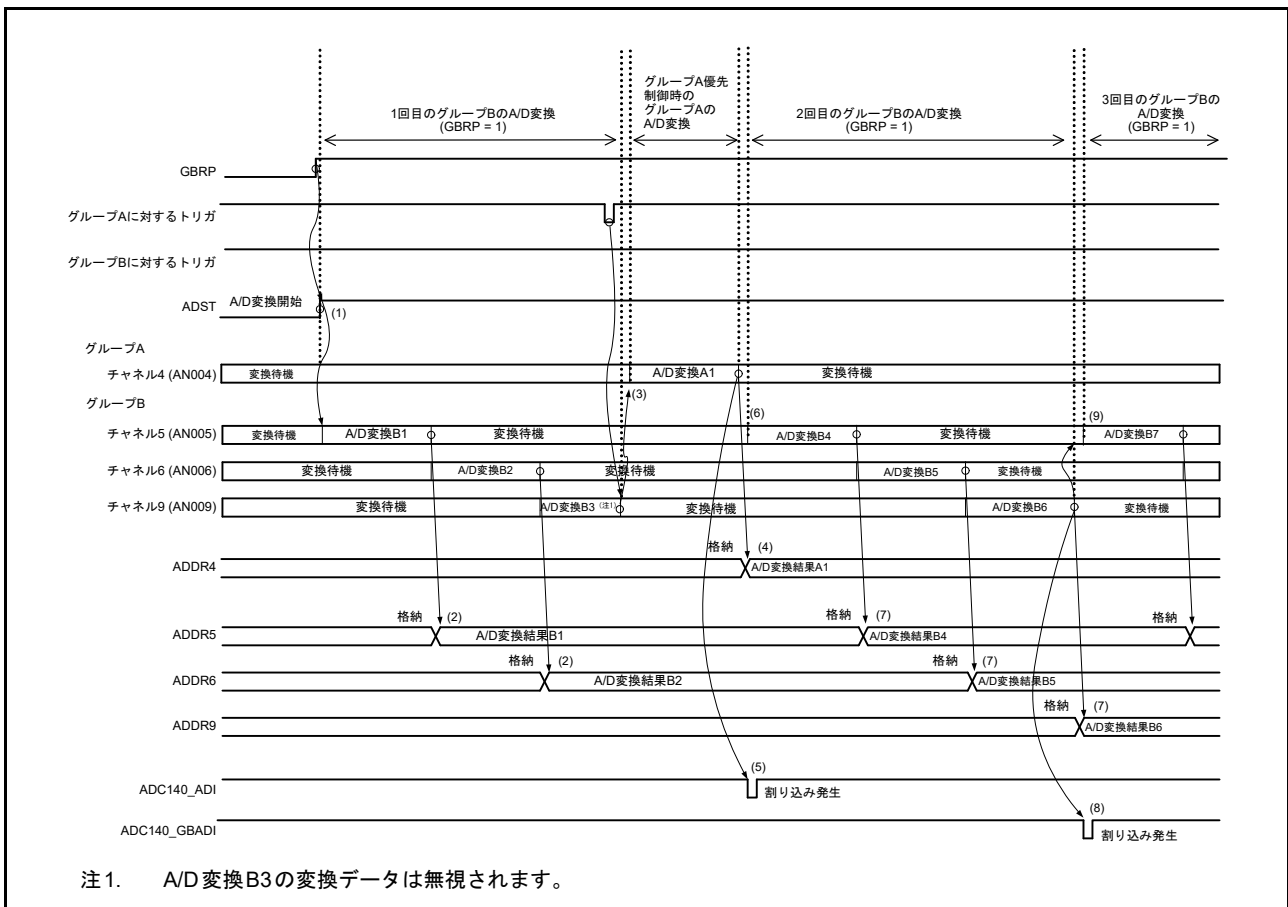


図 34.20 グループ A 優先制御の動作例 (5) (ADGSPCR.GBRP = 1 の場合)

34.3.5 コンペア機能 (ウィンドウ A、ウィンドウ B)

34.3.5.1 コンペア機能

コンペア機能は、基準値と A/D 変換結果を比較する機能です。基準値はウィンドウ A およびウィンドウ B それぞれに設定することが可能です。コンペア機能の使用中は、自己診断機能およびダブルトリガモードは使用できません。ウィンドウ A とウィンドウ B の主な違いとしては、割り込み出力信号の違いと、ウィンドウ B は 1 つのチャンネルしか選択できないという制限があります。

連続スキャンモードとコンペア機能を組み合わせた動作シーケンスを以下に示します。

1. ソフトウェア、同期トリガ (ELC)、または非同期トリガで ADCSR.ADST ビットを 1 (A/D 変換開始) にした場合、選択したチャンネルに対して A/D 変換を開始します。温度センサおよび内部基準電圧を同時に選択しないでください。また、内部基準電圧を高電位基準電圧に選択した場合、温度センサまたは内部基準電圧の A/D 変換は実行できません。
2. A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は対応する A/D データレジスタ (ADDRy、ADTSDR、または ADOCDR) に格納されます。ADCMPCR.CMPAE が 1 のとき、ウィンドウ A に対して ADCMPANSRy または ADCMPANSER レジスタのビットを設定すると、A/D 変換結果を設定した ADCMPDR0/1 レジスタ値と比較します。ADCMPCR.CMPBE が 1 のとき、ウィンドウ B に対して ADCMPBNSR レジスタのビットを設定すると、A/D 変換結果を、ADWINULB/ADWINLLB レジスタの設定値と比較します。
3. 比較した結果、ウィンドウ A が ADCMPLR0/1 または ADCMPLER に設定された条件と一致すると、コンペアウィンドウ A フラグ (ADCMPSR0.CMPSTCHAn、ADCMPSR1.CMPSTCHAn、ADCMPSER.CMPSTTSA または ADCMPSER.CMPSTOCA) ビットが 1 になります。ADCMPCR.CMPAIE ビットが 1 であれば、ADC140_CMPAI 割り込み要求が発生します。同様に、ウィンドウ B が ADCMPBNSR.CMPLB に設定された条件と一致すると、コンペアウィンドウ B フラグ (ADCMPBSR.CMPSTB) のビットが 1 になります。ADCMPCR.CMPBIE ビットが 1 であれば、ADC140_CMPBI 割り込み要求が発生します。
4. 選択したすべての A/D 変換および比較が終了すると、スキャンが再開します。
5. ADC140_CMPAI および ADC140_CMPBI 割り込みを受け付けると、ADCSR.ADST ビットは 0 (A/D 変換停止) になり、コンペアフラグが 1 であるチャンネルの処理を行います。
6. ウィンドウ A のすべてのコンペアフラグをクリアすると、ADC140_CMPAI 割り込み要求は取り消されます。同様に、ウィンドウ B のすべてのコンペアフラグをクリアすると、ADC140_CMPBI 割り込み要求はリセットされます。再度比較を実行するには、A/D 変換を再開してください。

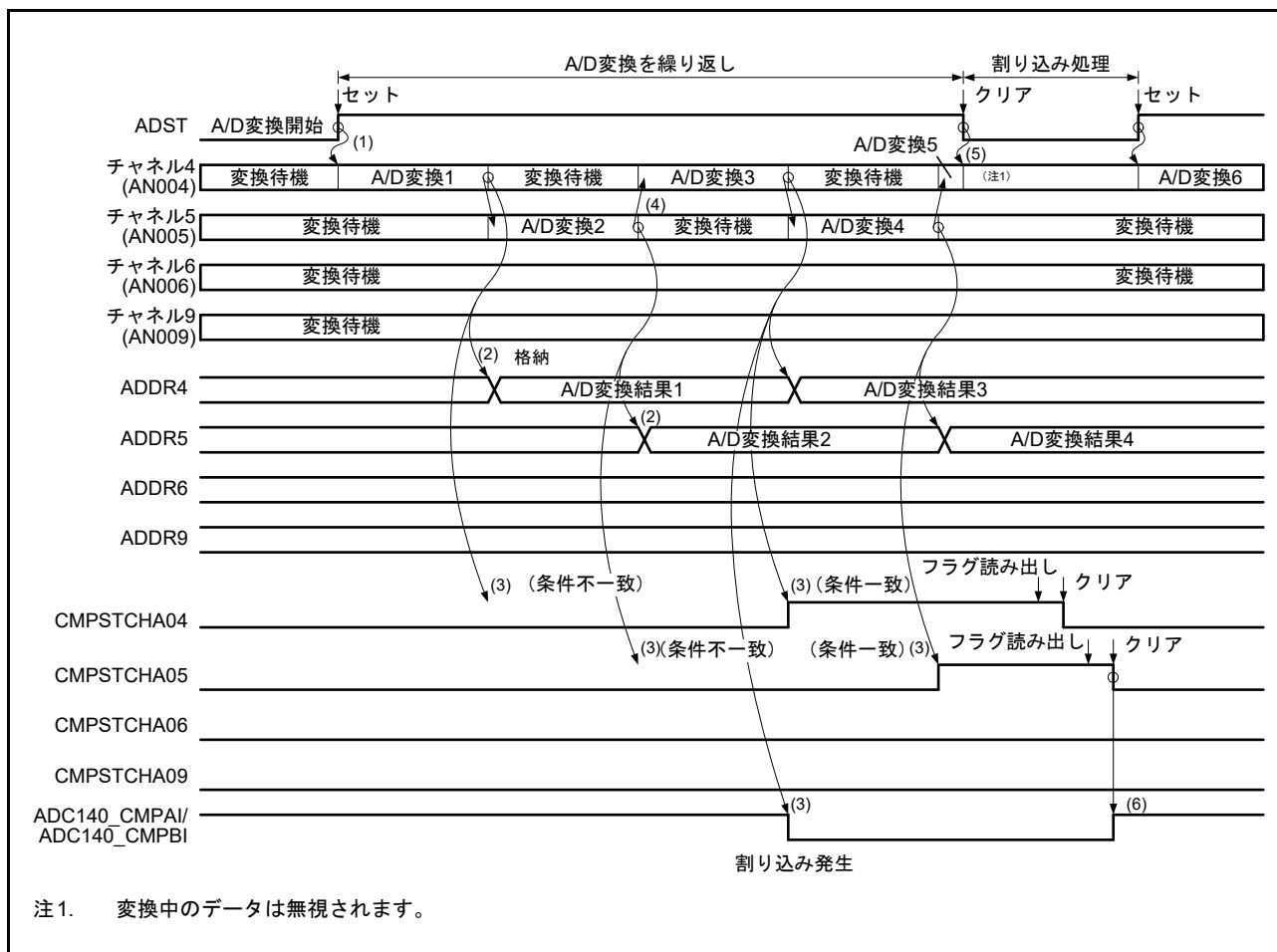


図 34.21 コンペア機能の動作例 (AN004 ~ AN006, AN009 を比較)

34.3.5.2 コンペア機能のイベント出力

コンペア機能のイベント出力は、上側基準電圧値と下側基準電圧値をそれぞれウィンドウ A とウィンドウ B に設定し、選択したチャンネルの A/D 変換値を上側/下側基準電圧値と比較します。その後、イベント条件 (A or B, A and B, A XOR B) とウィンドウ A およびウィンドウ B の比較結果に従って、ADC14_WCMPPM/ADC14_WCMPUM イベントを出力します。

ウィンドウ A で複数のチャンネルを選択し、チャンネルのうち 1 つでも比較条件と一致した場合、ウィンドウ A の比較結果は一致となります。この機能を使用する場合、A/D 変換はシングルスキャンモードで行ってください。

ウィンドウ A の場合、AN004 ~ AN006, AN009, AN010, AN017, AN019, AN020 のチャンネルのどれか、内部基準電圧、温度センサ出力を選択できます。ただし、内部基準電圧または温度センサ出力を選択する場合、同時に他のチャンネルを選択することはできません。また、ADC14 の高電位基準電圧に内部基準電圧を選択した場合、内部基準電圧および温度センサ出力を A/D 変換することはできません。

ウィンドウ B の場合、AN004 ~ AN006, AN009, AN010, AN017, AN019, AN020 のチャンネルのどれか、内部基準電圧、温度センサ出力を選択できます。ただし、内部基準電圧または温度センサ出力を選択する場合、同時に他のチャンネルを選択することはできません。また、高電位基準電圧に内部基準電圧を選択した場合、内部基準電圧および温度センサ出力を A/D 変換することはできません。

コンペア機能のイベント出力使用時の設定手順および設定例を以下に示します。

1. ADCSR.ADCS[1:0] ビットが 00b (シングルスキャンモード) であることを確認してください。
2. ADCMPANSR0/1 および ADCMPANSER でウィンドウ A のチャンネルを選択します。ADCMPLR0/1 および ADCMPLER レジスタにウィンドウ比較条件を設定します。ADCMPDR0/1 レジスタに上側および下側基準値を設定します。
3. ADCMPBNSR レジスタでウィンドウ B のチャンネルおよび比較条件を設定し、ADWINULB/ADWINLLB レジスタで上側および下側基準値を設定します。
4. ウィンドウ A/B の複合条件、ウィンドウ A/B 動作許可、および割り込み出力許可を ADCMPCR に設定してください。

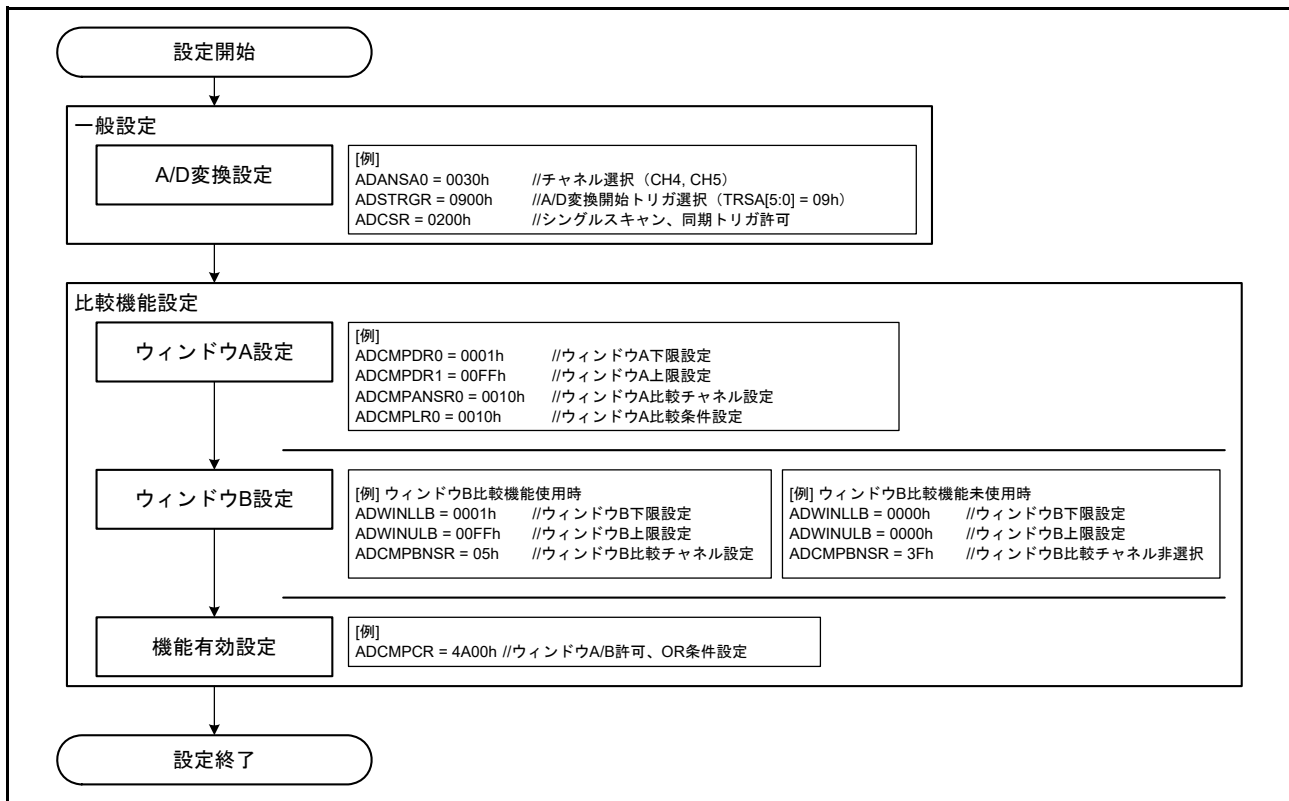


図 34.22 コンペア機能のイベント出力使用時の設定例

コンペア機能でウィンドウ A のみを使用するときのイベント出力の使用方法について、以下に注意点を示します。

- ウィンドウ A および B をどちらも有効にしてください (ADCMPCR.CMPAE = 1, ADCMPCR.CMPBE = 1)
- ウィンドウ A および B の複合条件を「OR 条件」にしてください (ADCMPCR.CMPAB[1:0] = 00b)
- ウィンドウ B の比較対象チャンネルを「非選択」にしてください (ADCMPCBSR.CMPCHB[5:0] = 111111b)
- ウィンドウ B の比較条件を、常に不一致を表す「0 < 結果 < 0」に設定してください (ADCMPCR.WCMPPE = 1, ADWINLLB[15:0] = ADWINULB[15:0] = 0000h, ADCMPCBSR.CMPLB = 1)

コンペア機能のイベント出力動作例を [図 34.23](#) に示します。

シングルスキャンが一度終了するタイミングで、スキャン終了イベント (ADC140_ADI) を出力します。その後、ADCMPCR.CMPAB[1:0] の設定に従い、1PCLKB 遅れて一致または不一致イベント (ADC140_WCMPM/ADC140_WCMPUM) を出力します。

注 . 一致イベントと不一致イベントは排他的であるため、2つのイベントを同時に出力することはありません。

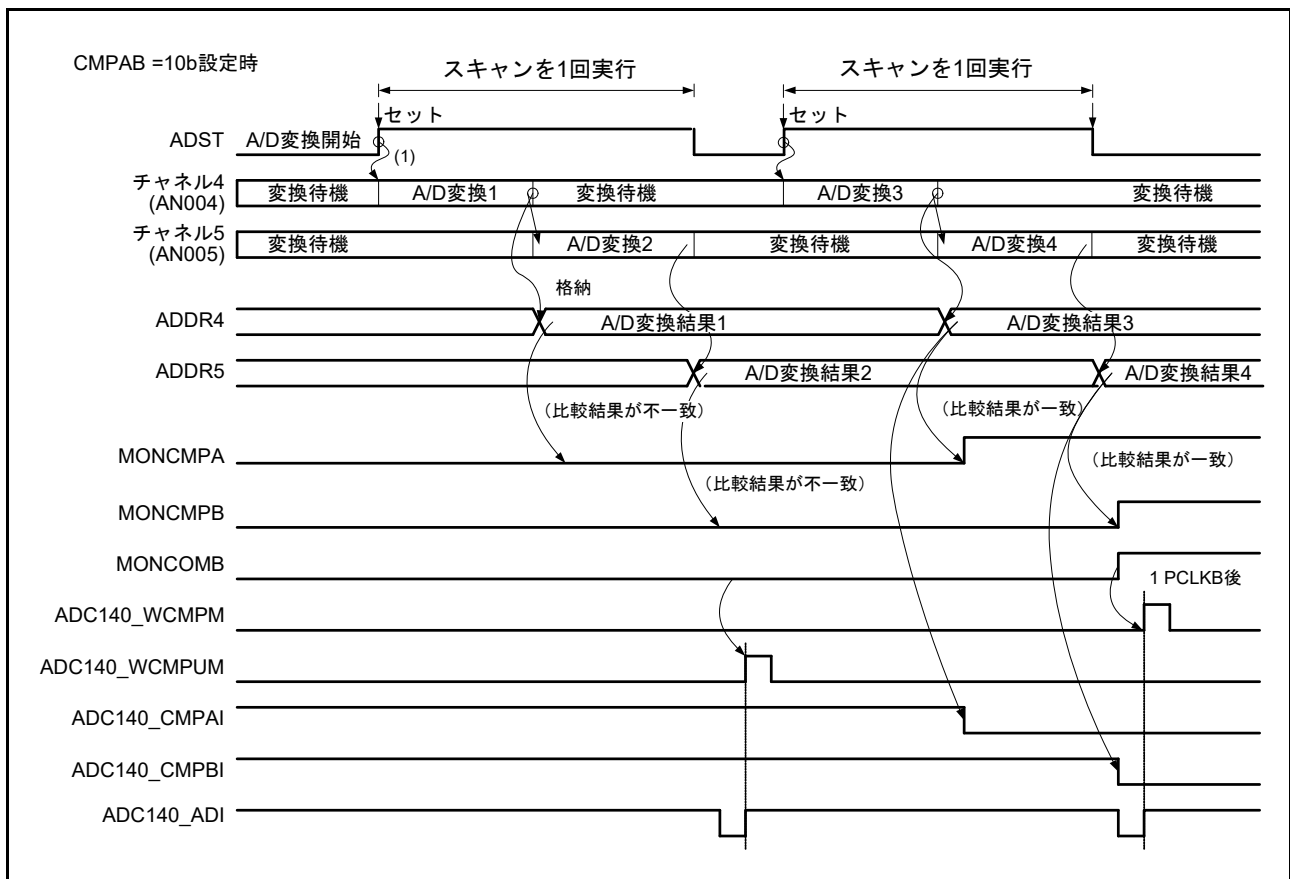


図 34.23 コンペア機能のイベント出力動作例 (AN004 ~ AN005 を比較)

注 . コンペア機能のイベント出力は、ADCMPCR.CMPAB[1:0] の設定に従い、ウィンドウ A およびウィンドウ B の比較結果の一致/不一致を出力します。

注 . ウィンドウ A の比較結果は、ウィンドウ A の比較対象チャンネルの比較結果の論理和です。ウィンドウ A および B の比較結果は、A/D 変換ごとに更新され、シングルスキャンが終了しても保持されます。比較結果をクリアするには、ADCMPCR.CMPAE および ADCMPCR.CMPBE を 0 にしてください。

34.3.5.3 コンペア機能の制限事項

コンペア機能には以下の制限事項が適用されます。

1. コンペア機能は、自己診断機能またはダブルトリガモードと一緒に使用できません。ADRD、ADDBLDR、ADDBLDRA、ADDBLDRB ではコンペア機能は使用できません。
2. 一致/不一致イベント出力を使用する場合はシングルスキャンモードにしてください。
3. ウィンドウ A に温度センサまたは内部基準電圧を選択する場合、ウィンドウ B 動作は無効。
4. ウィンドウ B に温度センサまたは内部基準電圧を選択する場合、ウィンドウ A 動作は無効。
5. ウィンドウ A およびウィンドウ B に同じチャンネルを設定することはできません。
6. 基準電圧値を設定する際は、高電位基準電圧値が低電位基準電圧値以上となるように設定してください。

34.3.6 アナログ入力のサンプリング時間とスキャン変換時間

スキャン変換は、ソフトウェア起動、同期トリガ (ELC) による起動および非同期トリガ (ADTRG0) による起動が選択できます。スキャン変換開始遅延時間 (t_D) の後に、断線検出アシスト処理、自己診断変換処理をすべて行い、この後に A/D 変換処理が開始されます。

図 34.24 に、ソフトウェアトリガまたは同期トリガ (ELC) 起動によりスキャン変換を行う場合のタイミングを示します。また、図 34.25 に、非同期トリガ (ADTRG0) 起動によるスキャン変換を行う場合のタイミングを示します。スキャン変換時間 (t_{SCAN}) はスキャン変換開始遅延時間 (t_D)、断線検出アシスト処理時間 (t_{DIS}) (注 1)、自己診断変換時間 (t_{DIAG} および t_{DSD}) (注 2)、A/D 変換処理時間 (t_{CONV})、スキャン変換終了遅延時間 (t_{ED}) を含めた時間となります。

A/D 変換処理時間 (t_{CONV}) は、入力サンプリング時間 (t_{SPL})、逐次変換時間 (t_{SAM}) を合わせた時間となります。サンプリング時間 (t_{SPL}) は、ADC14 内のサンプル&ホールド回路に電荷を充電するための時間です。アナログ入力の信号源インピーダンスが高くサンプリング時間が不足する場合や、A/D 変換クロック (ADCLK) が低速の場合には、ADSSTR レジスタでサンプリング時間を調整することが可能です。

逐次変換時間 (t_{SAM}) は、14 ビット精度および高速モード選択時で 37.5 ステート (ADCLK)、14 ビット精度および低電流モード選択時で 46.5 ステート (ADCLK)、12 ビット精度および高速モード選択時で 31.5 ステート (ADCLK)、12 ビット精度および低電流モード選択時で 40.5 ステート (ADCLK) となります。スキャン変換時間を表 34.10 に示します。

選択チャンネル数が n のシングルスキャンのスキャン変換時間 (t_{SCAN}) は、次のように表されます。

$$t_{SCAN} = t_D + (t_{DIS} \times n) + t_{DIAG} + t_{DSD} + (t_{CONV} \text{ (注 3)} \times n) + t_{ED}$$

連続スキャンの 1 サイクル目は、シングルスキャンの t_{SCAN} から t_{ED} を省いた時間です。連続スキャンの 2 サイクル目以降は、 $(t_{DIS} \times n) + t_{DIAG} + t_{DSD} + (t_{CONV} \text{ (注 3)} \times n)$ 固定となります。

注 1. 断線検出アシストを設定しない場合は、 $t_{DIS} = 0$ となります。

温度センサまたは内部基準電圧を A/D 変換する場合のみ、15ADCLK ステートの自動ディスチャージ期間が入ります。

注 2. 自己診断機能を使用しない場合は、 $t_{DIAG} = 0$ 、 $t_{DSD} = 0$ となります。

注 3. 選択したすべてのチャンネルの入力サンプリング時間 (t_{SPL}) が同じの場合、この要素は $t_{CONV} \times n$ となります。チャンネルごとに異なるサンプリング時間の場合、この要素は選択したチャンネルごとに設定した t_{SPL} と t_{SAM} の和となります。

表 34.10 スキャン変換時間 (ADCLKとPCLKBのサイクル数)

| 項目 | | | シンボル | 種別/条件 | | | 単位 |
|----------------------|--|--|-------------------|---------------------------------------|--|-----------|------|
| | | | | 同期トリガ (注6) | 非同期トリガ | ソフトウェアトリガ | |
| スキャン開始処理時間 (注1) (注2) | グループA優先制御動作によるグループAのA/D変換 | グループB中断あり (グループAのA/D変換要因によってグループBを停止させた後、グループAを起動) | t _D | 3PCLKB + 6ADCLK、5PCLKB + 3ADCLK (注5) | — | — | サイクル |
| | | グループB中断なし (グループAのA/D変換要因によって起動) | | 2PCLKB + 4ADCLK | — | — | |
| | 自己診断有効時のA/D変換 | 自己診断変換開始時 | | 2PCLKB + 6ADCLK | 4PCLKB + 6ADCLK | 6ADCLK | |
| | 上記以外 | | | 2PCLKB + 4ADCLK | 2PCLKB + 4ADCLK | 4ADCLK | |
| 断線検出アシスト処理時間 | | | t _{DIS} | ADNDIS[3:0]設定値 (初期値 00h) × ADCLK (注3) | | | |
| 自己診断変換処理時間 (注1) | サンプリング時間 | | t _{DIAG} | t _{SPL} | ADSSTR00設定値 (初期値 = 0Dh) × ADCLK (注4) + 0.5ADCLK (注4) | | |
| | 逐次変換時間 | 12ビット変換精度 | | t _{SAM} | 高速モードで31.5ADCLK 低電流モードで40.5ADCLK | | |
| | | 14ビット変換精度 | | | 高速モードで37.5ADCLK 低電流モードで46.5ADCLK | | |
| | 自己診断変換終了からアナログチャンネルサンプリング開始までの待機時間 | | | t _{DED} | 2ADCLK | | |
| | 連続スキャンモードでの最後のチャンネル変換終了から自己診断サンプリング開始までの待機時間 | | | t _{DSD} | 2ADCLK | | |
| A/D変換処理時間 (注1) | サンプリング時間 | | t _{CONV} | t _{SPL} | ADSSTRn (n = 0 ~ 15, L, T, O) 設定値 (初期値 = 0Dh) × ADCLK + 0.5ADCLK | | |
| | 逐次変換時間 | 12ビット変換精度 | | t _{SAM} | 高速モードで31.5ADCLK 低電流モードで40.5ADCLK | | |
| | | 14ビット変換 | | | 高速モードで37.5ADCLK 低電流モードで46.5ADCLK | | |
| スキャン終了処理時間 (注1) | | | t _{ED} | 1PCLKB + 3ADCLK、2PCLKB + 3ADCLK (注5) | | | |

- 注 1. t_D、t_{SPLSH}、t_{DIAG}、t_{CONV}、t_{ED} の各タイミングについては、図 34.24、図 34.25 を参照してください。
- 注 2. ソフトウェア書き込み、またはトリガ入力から A/D 変換開始までの最大時間です。
- 注 3. 温度センサ出力または内部基準電圧を A/D 変換する場合、値は 0Fh (15ADCLK) 固定です。
- 注 4. 必要なサンプリング時間 (ns) は、電圧条件によって指定されます。サンプリング時間は電気的特性を満たすように設定してください。
- 注 5. ADCLK が PCLKB (PCLKB/ADCLK の分周率 = 1 : 2 または 1 : 4) より速い場合。
- 注 6. タイマ出力からトリガ入力までの経路で使われる時間は含みません。

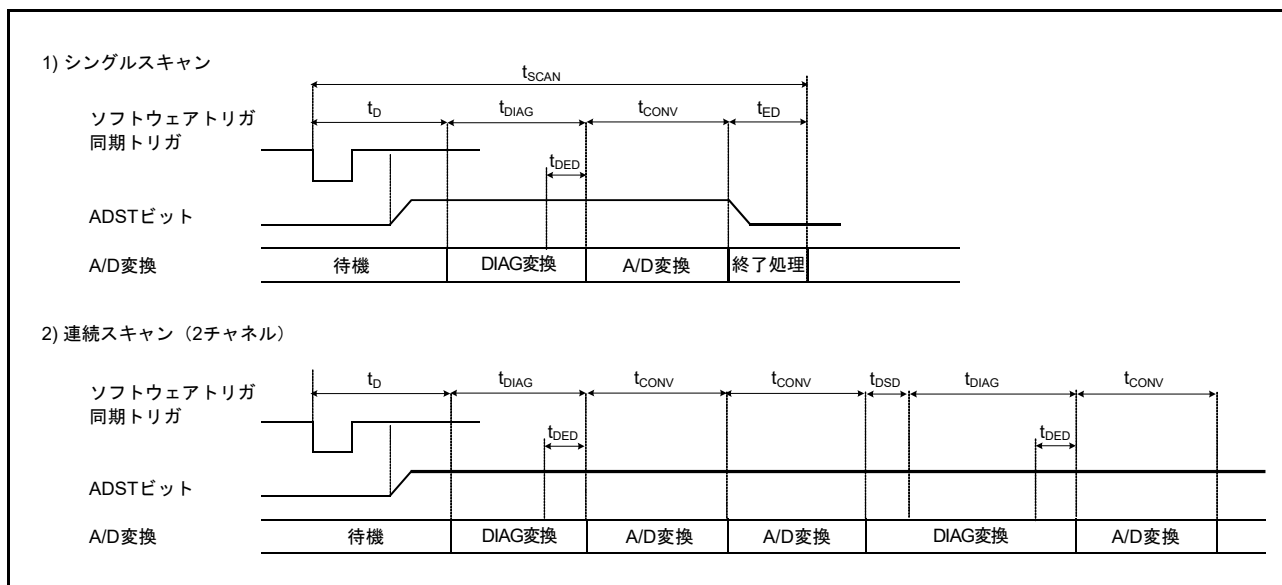


図 34.24 スキャン変換のタイミング (ソフトウェア起動、同期トリガ入力 (ELC) 起動の場合)

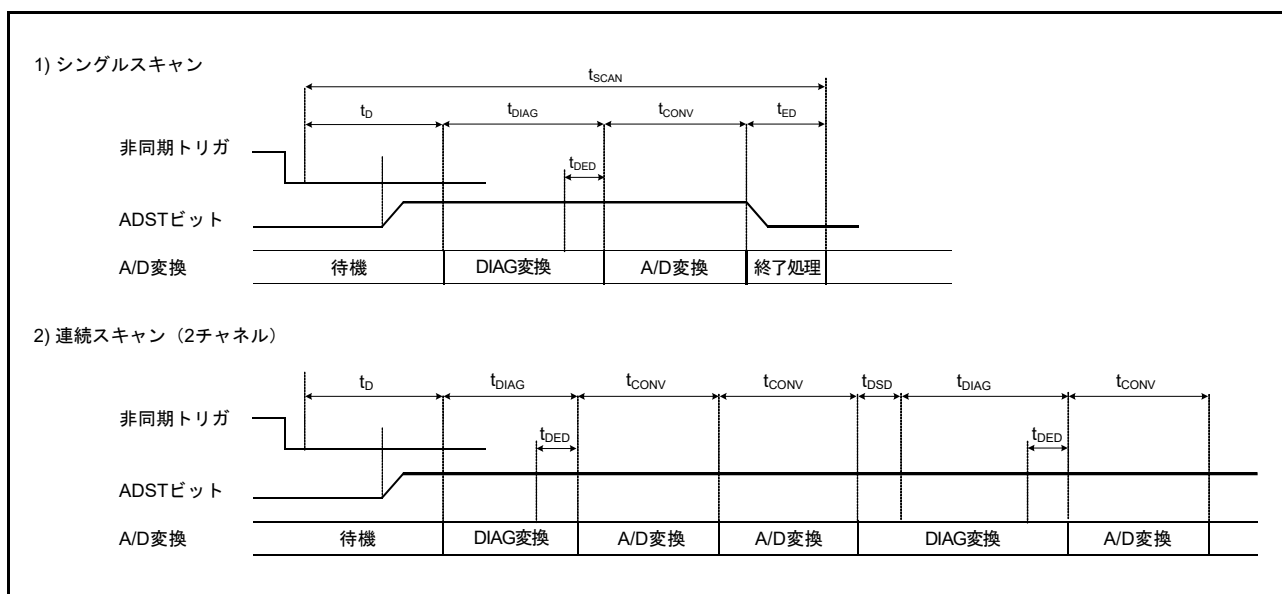


図 34.25 スキャン変換のタイミング (非同期トリガ入力 (ADTRG0) 起動の場合)

34.3.7 A/D データレジスタの自動クリア機能の使用例

ADCER.ACE ビットを1にすることにより、CPU、DTC および DMAC によって A/D データレジスタ (ADDRy、ADRD、ADDBLDR、ADDBLDRA、ADDBLDRB、ADTSDR、ADOCDR) を読み出す際、自動的に ADDRy、ADRD、ADDBLDR、ADDBLDRA、ADDBLDRB、ADTSDR、ADOCDR レジスタを 0000h にクリアできます。この機能を使うことにより、ADDRy、ADRD、ADDBLDR、ADDBLDRA、ADDBLDRB、ADTSDR、ADOCDR レジスタの未更新故障を検出することが可能です。以下に、ADDRy レジスタの自動クリア機能が無効時と有効時の例をそれぞれ示します。

- ADCER.ACE ビットが0 (自動クリア禁止) の場合、A/D 変換結果 (0222h) が何らかの原因で ADDRy レジスタに書き込みされなかったとき、ADDRy レジスタの値は古いデータ (0111h) を保持します。さらに A/D スキャン終了割り込みを利用して、この ADDRy レジスタの値を汎用レジスタに読み出した場合、古いデータ (0111h) を汎用レジスタに保持できます。ただし、未更新のチェックを行う場合、古いデータを SRAM または汎用レジスタに逐一保持しながらチェックを行う必要があります
- ADCER.ACE ビットが1 (自動クリア許可) の場合には、ADDRy = 0111h が CPU、DTC または DMAC によって読み出された場合、ADDRy レジスタは自動的に 0000h にクリアされます。A/D 変換結果 (0222h) が ADDRy レジスタに何らかの原因で転送できなかったとき、クリアされたデータ (0000h) が ADDRy レジスタ値として残ります。ここで A/D スキャン終了割り込みを利用して、この ADDRy レジスタの値を汎用レジスタに読み出した場合は、0000h が汎用レジスタに保持されます。読み出されたデータ値が 0000h であることをチェックするだけで、ADDRy レジスタの未更新故障があったことを判断できます

34.3.8 A/D 変換値加算／平均モード

A/D 変換値加算モードは、同じチャンネルを1、2、3、4、または16 (注1) 回連続で A/D 変換し、その変換値の合計をデータレジスタに保持します。A/D 変換値平均モードは、同じチャンネルを2または4回連続で A/D 変換し、その変換値の平均をデータレジスタに保持します。

この結果の平均値を使用することで、ノイズ成分によっては A/D 変換精度が向上します。ただし、A/D 変換精度が必ず向上することを保証する機能ではありません。

A/D 変換値加算／平均モードは、チャンネル選択アナログ入力 A/D 変換、温度センサ出力 A/D 変換、内部基準電圧 A/D 変換に使用できます。

注1. 12ビット精度を選択している場合、設定できる加算回数は16回のみです。

34.3.9 断線検出アシスト機能

ADC14は、A/D変換開始前に、サンプリング容量の電荷を所定の状態（VREFH0またはVREFL0）に固定する断線検出アシスト機能を内蔵しています。この機能により、アナログ入力に接続した配線の断線検出が可能になります。

図 34.26 に断線検出アシスト機能を使用した場合の A/D 変換動作図を示します。図 34.27 にプリチャージを選択した場合の断線検出例を示します。図 34.28 にディスチャージを選択した場合の断線検出例を示します。

下記の機能のいずれかが使用されている場合、断線検出アシスト機能は無効にしてください。

- 温度センサ
- 内部基準電圧
- A/D 自己診断

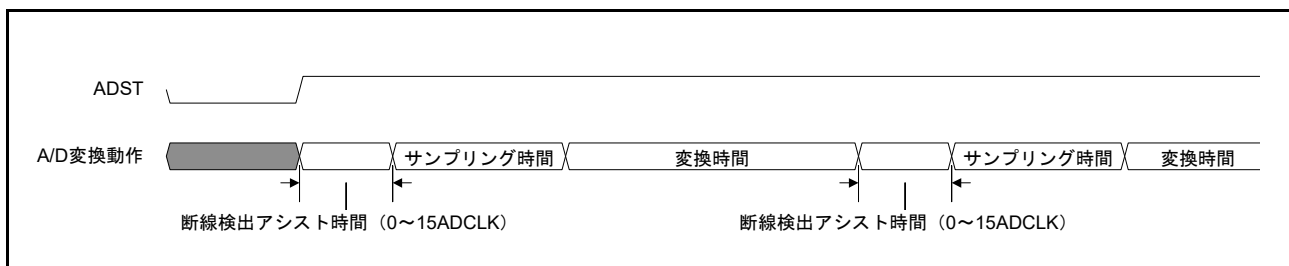


図 34.26 断線検出アシスト機能を使用した場合の A/D 変換動作図

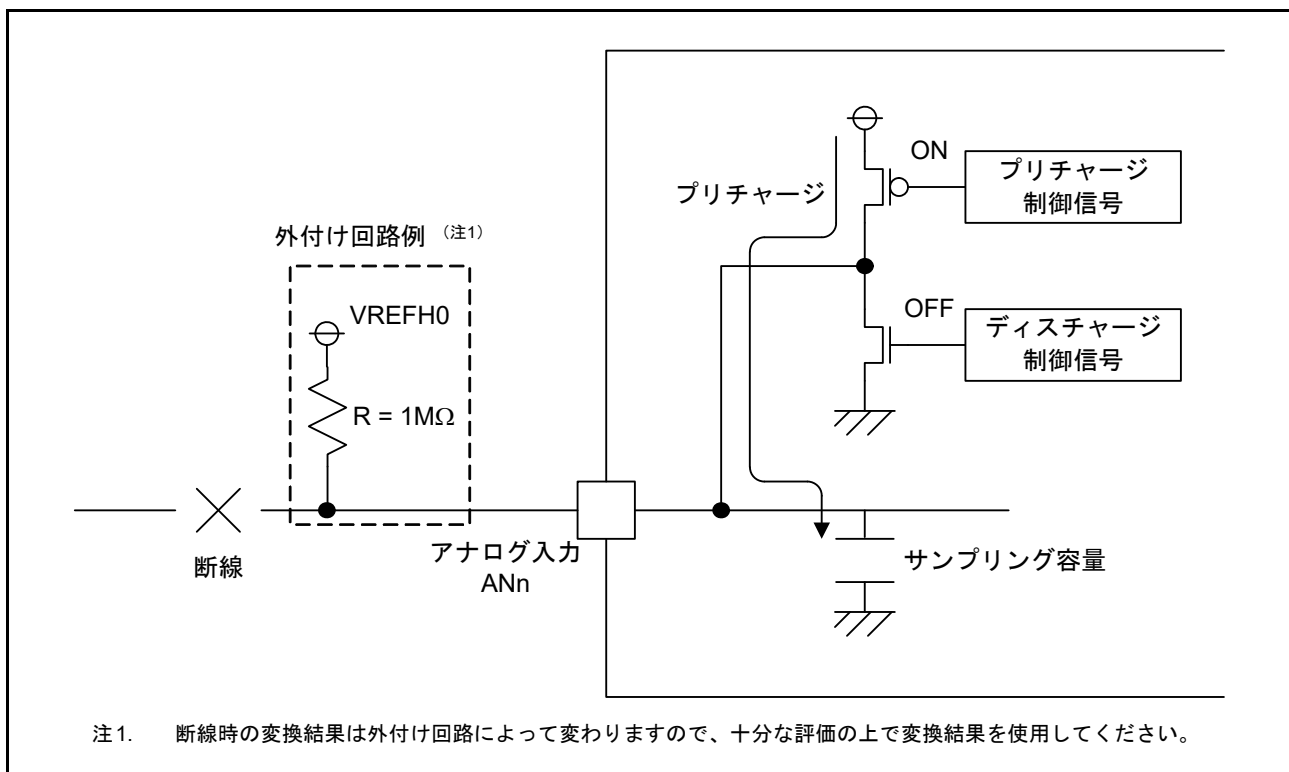


図 34.27 プリチャージを選択した場合の断線検出例

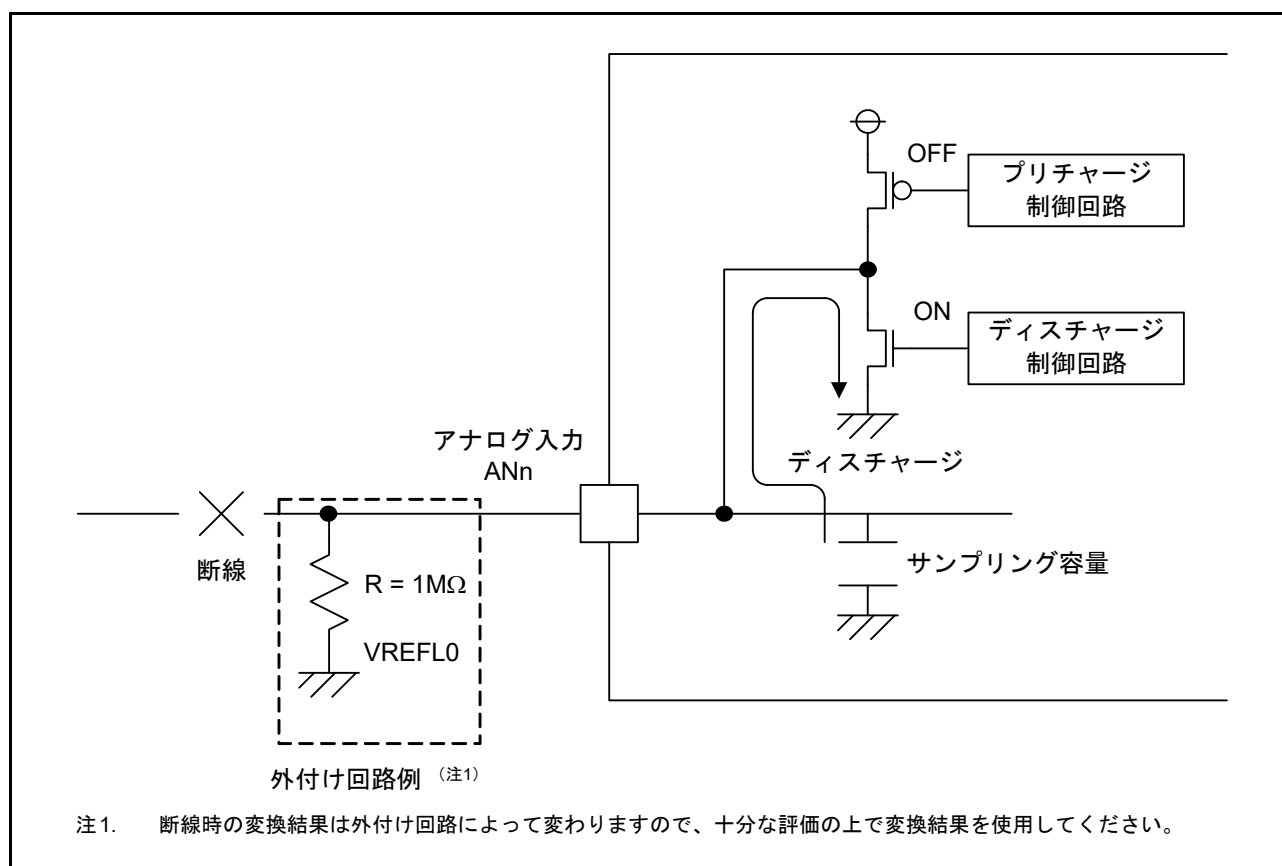


図 34.28 ディスチャージを選択した場合の断線検出例

34.3.10 非同期トリガによる A/D 変換の開始

非同期トリガの入力により AD 変換を開始することが可能です。非同期トリガで A/D 変換を開始する方法を以下に示します。

1. PmnPFS レジスタの端子機能を設定します。
2. A/D 変換開始トリガ選択ビット (ADSTRGR.TRSA[5:0]) を 000000b にします。
3. 非同期トリガ (ADTRG0 端子) に High を入力します。
4. ADCSR.TRGE ビットと ADCSR.EXTRG ビットをどちらも 1 にしてください。

図 34.29 に非同期トリガ入力タイミングを示します。

非同期トリガは、グループスキャンモードで使用するグループ B の A/D 変換開始トリガ選択ビット (ADSTRGR.TRSB[5:0]) では選択できません。端子機能の設定については、「20. I/O ポート」を参照してください。

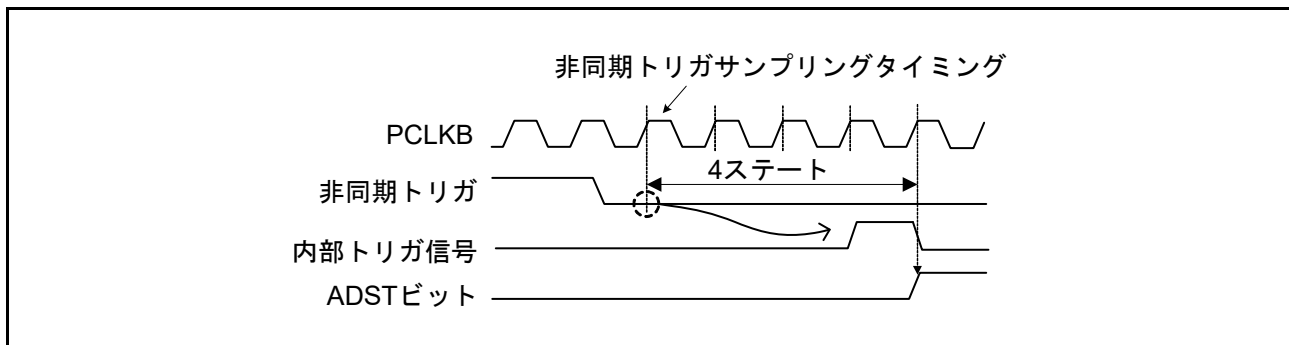


図 34.29 非同期トリガ入力タイミング

34.3.11 周辺モジュールからの同期トリガによる A/D 変換の開始

A/D 変換は同期トリガ (ELC) によって開始できます。同期トリガで A/D 変換を開始する方法を以下に示します。

- ADCSR.TRGE ビットを 1 にする
- ADCSR.EXTRG ビットを 0 にする
- ADSTRGR.TRSA[5:0]、ADSTRGR.TRSB[5:0] ビットで該当の A/D 変換開始要因を選択する

34.4 割り込み要因と DTC/DMAC 転送要求

34.4.1 割り込み要求

ADC14は、スキャン終了割り込み要求であるADC140_ADI、ADC140_GBADI割り込みをCPUへ送信することが可能です。また、比較条件成立で、CPUへのADC140_CMPAIおよびADC140_CMPBI割り込みを発生します。

ADC140_ADI割り込みは常時発生します。ADC140_GBADI割り込みは、ADCSR.GBADIEビットを1にすることで発生させることができます。同様に、ADC140_CMPAIおよびADC140_CMPBI割り込みはADCMPCR.CMPAIEビットおよびADCMPCR.CMPBIEビットを1にすることで発生させることができます。

また、ADC140_ADIまたはADC140_GBADI割り込み発生時にDTCまたはDMACを起動できます。これらの割り込みで変換されたデータの読み出しをDTCまたはDMACを起動して行くと、連続変換がソフトウェアの負担なく実現できます。

DTCの設定は「18. データトランスファコントローラ (DTC)」を、DMACの設定は「17. DMAコントローラ (DMAC)」を参照してください。

表 34.11 に、ADC14 で使用可能な割り込み要因および ELC イベントを示します。

表 34.11 ADC14の割り込み要因およびELCイベント

| 動作 | | | 割り込み要求 または ELCイベント | 割り込み 要求 | DTC/DMAC 起動 | ELC イベント 要求 | 機能 |
|---------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------------|------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| スキャン モード | ダブル トリガ モード | コンペア機能 (ウィンドウA、 ウィンドウB) | | | | | |
| シングル スキャン モード | 非選択 | 非選択 | ADC140_ADI | ○ | ○ | ○ | シングルスキャンの最後にADC140_ADI発生 |
| | | 選択 | ADC140_ADI | ○ | ○ | ○ | シングルスキャンの最後にADC140_ADI発生 |
| | | | ADC140_CMPAI | ○ | × | × | ウィンドウAの比較条件一致でADC140_CMPAI発生 |
| | | | ADC140_CMPBI | ○ | × | × | ウィンドウBの比較条件一致でADC140_CMPBI発生 |
| | | | ADC140_WCMPPM | × | ○ | ○ | ウィンドウA/Bコンペア機能の条件一致でADC140_WCMPPM発生 |
| | | ADC140_WCMPUM | × | ○ | ○ | ウィンドウA/Bコンペア機能の条件不一致でADC140_WCMPUM発生 | |
| | 選択 | 非選択 | ADC140_ADI | ○ | ○ | ○ | 偶数回、スキャン終了時にADC140_ADI発生 |
| 連続 スキャン モード | 非選択 | 非選択 | ADC140_ADI | ○ | ○ | ○ | 選択したすべてのチャンネルのスキャン終了時にADC140_ADI発生 |
| | | 選択 | ADC140_CMPAI | ○ | × | × | ウィンドウAの比較条件一致でADC140_CMPAI発生 |
| | | ADC140_CMPBI | ○ | × | × | ウィンドウBの比較条件一致でADC140_CMPBI発生 | |
| グループ スキャン モード | 非選択 | 非選択 | ADC140_ADI | ○ | ○ | ○ | グループAのスキャン終了時にADC140_ADI発生 |
| | | | ADC140_GBADI | ○ | ○ | × | グループBのスキャン終了時にグループB用のADC140_GBADI発生 |
| | | 選択 | ADC140_ADI | ○ | ○ | ○ | グループAのスキャン終了時にADC140_ADI発生 |
| | | | ADC140_GBADI | ○ | ○ | × | グループBのスキャン終了時にグループB用のADC140_GBADI発生 |
| | | | ADC140_CMPAI | ○ | × | × | ウィンドウAの比較条件一致でADC140_CMPAI発生 |
| | | ADC140_CMPBI | ○ | × | × | ウィンドウBの比較条件一致でADC140_CMPBI発生 | |
| | 選択 | 非選択 | ADC140_ADI | ○ | ○ | ○ | 偶数回、グループAスキャン終了時にADC140_ADI発生 |
| | ADC140_GBADI | ○ | ○ | × | グループBのスキャン終了時にグループB用のADC140_GBADI発生 | | |

○：使用可能 ×：使用不可

34.5 イベントリンク機能

34.5.1 ELC へのイベント出力

ELC は、ADC140_ADI 割り込み要求信号をイベント信号として使用し、事前設定モジュールに対してリンク動作が可能です。ADC140_GBADI 割り込みおよび ADC140_CMPAI/ADC140_CMPBI 割り込みをイベント信号として使用することはできません。詳細は、[表 34.11 ADC14 の割り込み要因および ELC イベント](#)を参照してください。

34.5.2 ELC からのイベントによる ADC14 の動作

ADC14 は、以下のように、ELC の ELSRn 設定で指定した事前設定イベントによって A/D 変換を開始できます。

- ELC.ELSR8 レジスタで ELC_AD00 信号を選択する
- ELC.ELSR9 レジスタで ELC_AD01 信号を選択する

A/D 変換中に ELC_AD00 または ELC_AD01 イベントが発生した場合、そのイベントは無効となります。

34.6 基準電圧の選択

ADC14 は高電位基準電圧に VREFH0 または AVCC0 を、内部基準電圧および低電位基準電圧に VREFL0 または AVSS0 を選択できます。これらの設定は A/D 変換開始前に行ってください。本設定の詳細については、ADHVREFCNT レジスタの説明を参照してください。

34.7 高電位基準電圧に内部基準電圧を選択する A/D 変換手順

ここでは、高電位基準電圧に内部基準電圧を選択したときの A/D 変換手順について説明します。この場合、AN004 ~ AN006, AN009, AN010, AN017, AN019, AN020 のチャンネルに対しての A/D 変換は可能ですが、内部基準電圧および温度センサ出力の A/D 変換は実行できません。

A/D 変換手順は下記のとおりです。

1. ADHVREFCNT.HVSEL[1:0] を 11b にして、ADC14 の高電位基準電圧パスをディスチャージしてください。
2. ソフトウェア内で 1 μ s のディスチャージ時間待機してください。
3. ADHVREFCNT.HVSEL[1:0] を 10b にして、高電位基準電圧に内部基準電圧を選択してください。

注 . ADC14 はプロテクト機能を有しており、VREFH0 (ADHVREFCNT.HVSEL[1:0] = 01b) や AVCC0 (ADHVREFCNT.HVSEL[1:0] = 00b) 選択からディスチャージ (ADHVREFCNT.HVSEL[1:0] = 11b) を経ずに内部基準電圧 (ADHVREFCNT.HVSEL[1:0] = 10b) を選択することはできません。ディスチャージを経ずに内部基準電圧を設定した場合は、強制的にディスチャージの設定を行います。1 μ s 後、再度、内部基準電圧の選択を行ってください。

4. 内部基準電圧が安定するまでソフトウェア内で待機してから (5 μ s)、A/D 変換を実行してください。

高電位基準電圧に内部基準電圧を選択する手順の波形を [図 34.30](#) に示します。

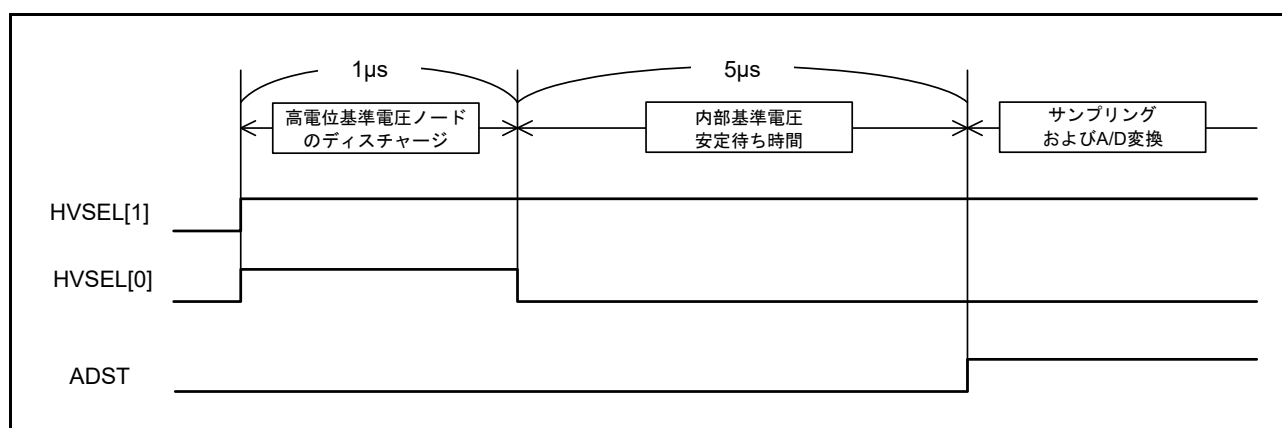


図 34.30 高電位基準電圧に内部基準電圧を選択する手順

34.8 使用上の注意事項

34.8.1 データレジスタの読み出し注意事項

以下のレジスタの読み出しは、ハーフワード単位で行ってください。

- A/D データレジスタ
- A/D データ 2 重化レジスタ A
- A/D データ 2 重化レジスタ B
- A/D 温度センサデータレジスタ
- A/D 内部基準電圧レジスタ
- A/D 自己診断データレジスタ

バイト単位で上位バイト/下位バイトの2回に分けてレジスタを読み出すことにより、1回目に読み出したA/D変換値と2回目に読み出したA/D変換値で矛盾することがあります。これを避けるために、バイト単位のデータレジスタの読み出しは行わないでください。

34.8.2 A/D変換停止時の注意事項

A/D変換開始条件に非同期トリガ、または同期トリガを選択している場合、A/D変換を停止させるためには、[図 34.31](#)のフローチャートの手順に従ってください。

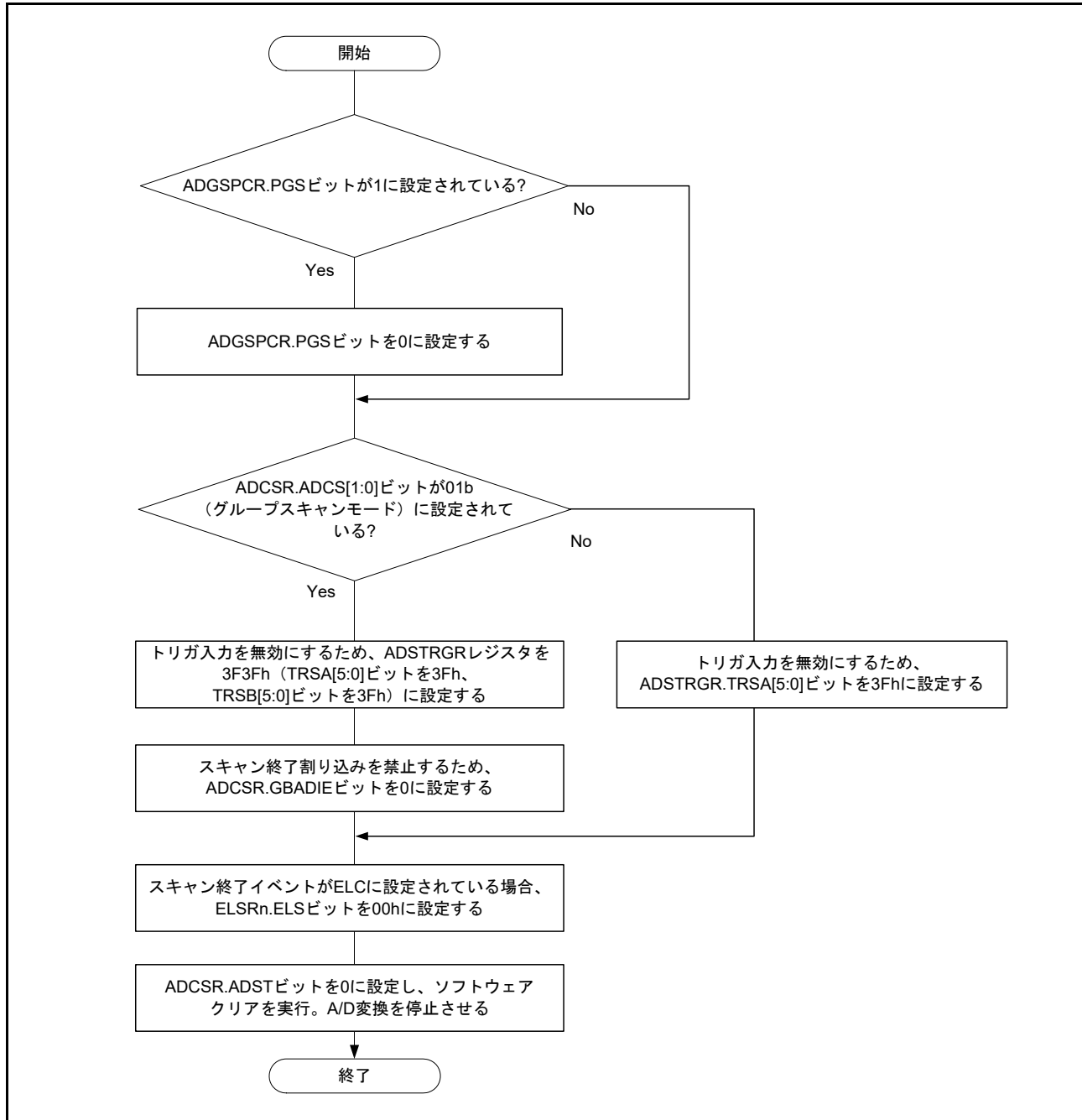


図 34.31 ソフトウェアによる ADCSR.ADST ビットのクリア手順

34.8.3 A/D変換強制停止と開始時の動作タイミング

ADC14の停止状態のアナログ部をADCSR.ADSTビットへの1書き込み時に再開するには、ADCLKで最大6クロックの時間を必要とします。ADC14の動作中のアナログ部をADCSR.ADSTビットへの0書き込み時に強制終了するには、ADCLKで最大3クロックの時間を必要とします。

34.8.4 スキャン終了割り込み処理の制限事項

トリガ起動による同一アナログ入力のスキャンを2回行う場合などで、1回目のスキャン終了割り込み発生から、2回目のスキャンによる最初のアナログ入力のA/D変換が終了するまでに、CPUがA/D変換データを読み出し終えていなければ、1回目のA/D変換データが2回目のA/D変換データで上書きされます。

34.8.5 モジュールストップ機能の設定

モジュールストップコントロールレジスタにより、ADC14の動作を許可または禁止することが可能です。ADC14はリセット後の初期状態では動作が停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。モジュールストップ状態を解除した後は、1 μ s以上待つてからA/D変換を開始してください。詳細は、「11. 低消費電力モード」を参照してください。

34.8.6 低消費電力状態への遷移に関する制限事項

モジュールストップ状態やソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、事前にA/D変換を停止させてください。ADCSR.ADSTビットを0にし、ADC14のアナログ部が停止するまでの時間を確保する必要があります。ソフトウェアによりADCSR.ADSTビットをクリアするには、[図 34.31](#)に示す手順に従ってください。その後、ADCLKの3クロック期間待った後、モジュールストップ状態やソフトウェアスタンバイモードへ遷移させてください。

34.8.7 断線検出アシスト機能使用時の絶対精度誤差

断線検出アシスト機能を使用する場合、ADC14の絶対精度誤差が生じます。この誤差は、アナログ入力端子にプルアップ/プルダウン抵抗 (R_p) と信号源抵抗 (R_s) の抵抗分圧分の誤差電圧が入力されるために生じます。絶対精度の誤差は下式で表されます。

$$\text{最大絶対精度誤差 (LSB)} = 4095 \times R_s / (R_s + R_p)$$

断線検出アシスト機能は、十分な評価の上で使用してください。

34.8.8 ADHSCビット書き換え手順

A/D変換選択ビット (ADCSR.ADHSC) を0から1または1から0に書き換える場合、事前にADC14をスタンバイ状態にしておく必要があります。ADCSR.ADHSCビットは下記の手順で変更してください。スリープビット (ADHVREFCNT.ADSL P) を0にしてから1 μ s以上待つてからA/D変換を開始してください。

ADCSR.ADHSCビットは下記の手順で変更してください。

1. スリープビット (ADHVREFCNT.ADSL P) を1にします。
 2. 0.2 μ s以上待つてからA/D変換選択ビット (ADCSR.ADHSC) を変更してください。
 3. 4.8 μ s以上待つてからスリープビット (ADHVREFCNT.ADSL P) を0にしてください。
- 注. A/D変換選択ビット (ADCSR.ADHSC) を変更する場合以外でスリープビット (ADHVREFCNT.ADSL P) を1にすることはできません。
- 注. A/D変換選択ビット (ADCSR.ADHSC) が1の場合はスリープビットをリセットしないでください。本ビットを0にした後、または動作モードがモジュールストップモードに遷移した後は、ADCSR.ADHSCビットの書き換え手順に従いスリープビットをリセットしてください。

34.8.9 動作モードおよびステータスビットについての注意事項

自己診断の電圧値、ダブルトリガモードでの1回目または2回目のスキヤンの判定、データバッファポインタ、コンペア機能のステータスマニタについては、それぞれ必要に応じて初期化または再設定を行ってください。

- 自己診断の電圧値 (ADCER.DIAGVAL[1:0]) は、ADCER.DIAGLD を 1 に設定してから選択してください
- ダブルトリガモードは、ADCSR.DBLE を 0 から 1 にした後、1 回目のスキヤンとして動作します
- コンペア機能のステータスマニタビット (MONCMPA、MONCMPB、MONCOMB) は、ADCMPCR.CMPAE および ADCMPCR.CMPBE を 0 にした後、初期化されます

34.8.10 ボード設計に関する注意事項

デジタル回路とアナログ回路の間ができるだけ離れるように、ボードを設計してください。また、デジタル信号線とアナログ信号線は、交差させたり互いに近づけたりしないでください。これらに従わないと、アナログ信号にノイズが発生し、A/D 変換精度に影響を及ぼします。アナログ入力端子 (AN004 ~ AN006, AN009, AN010, AN017, AN019, AN020)、基準電源端子 (VREFH0)、基準グランド端子 (VREFL0)、アナログ電源端子 (AVCC0) は、アナロググランド端子 (AVSS0) を使用したデジタル回路と距離を離すようにしてください。アナロググランド端子 (AVSS0) は、ボード上の安定したデジタルグランド端子 (VSS) に接続してください (単一グランドプレーン接続)。

34.8.11 ノイズ低減についての注意事項

過剰電圧などの異常電圧によってアナログ入力端子 (AN004 ~ AN006, AN009, AN010, AN017, AN019, AN020) が破壊されないように、AVCC0 および AVSS0 間、ならびに VREFH0 および VREFL0 間にコンデンサを設置する必要があります。また、アナログ入力端子 (AN004 ~ AN006, AN009, AN010, AN017, AN019, AN020) を保護するため、[図 34.32](#) に示すように保護回路を接続してください。

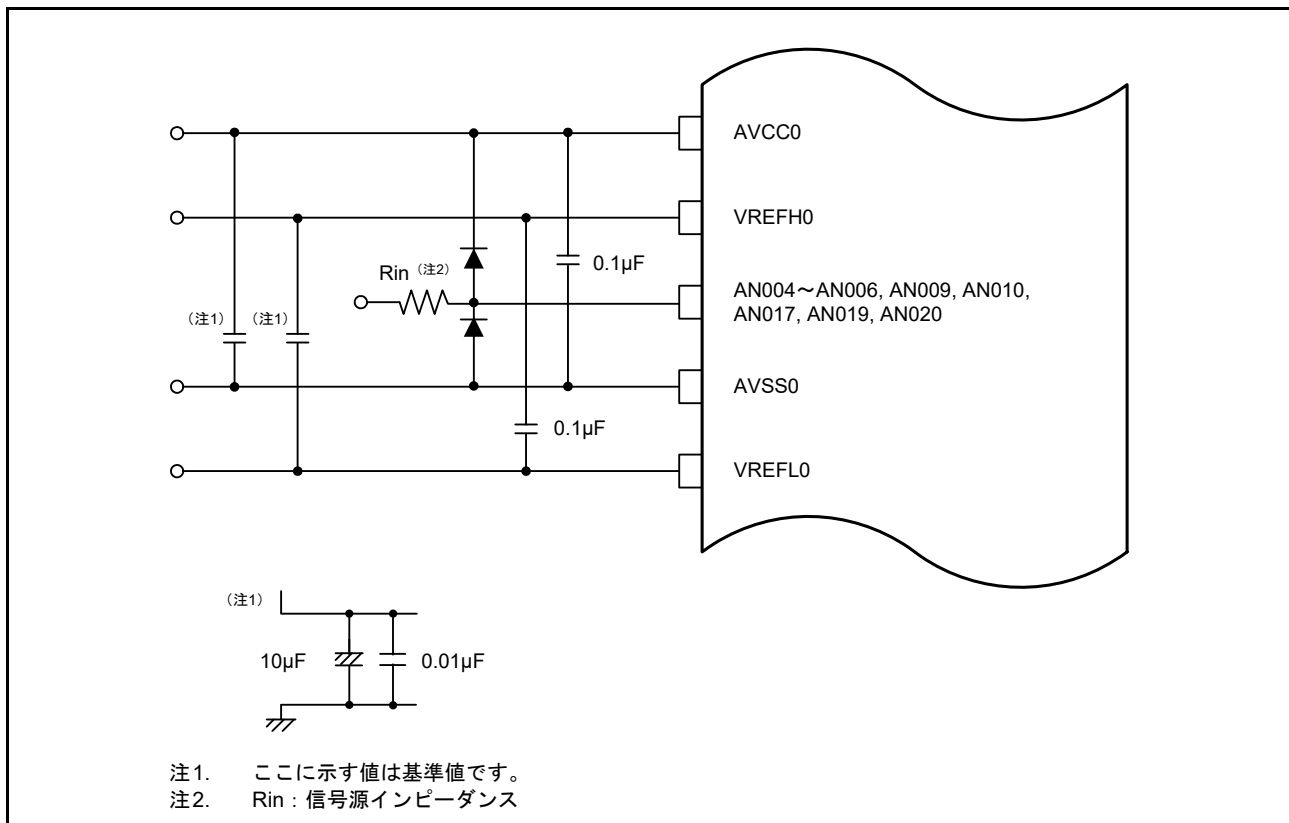


図 34.32 アナログ入力用保護回路例

34.8.12 14ビットA/Dコンバータ入力を使用する場合のポートの設定

高精度チャネルを使用する場合は、ポート0を汎用I/O、IRQ2、IRQ3入力、およびTS送信ポートとして使用しないでください。通常精度チャネルを使用している場合は、A/Dアナログ入力とデジタル出力に同じポートは使用しないことを推奨します。A/Dアナログ入力としても使用しているデジタル出力を出力信号用に使用する場合は、A/D変換を複数回実行し、最大値と最小値を除いた平均をとるなどの対策を行ってください。

34.8.13 ADC14、OPAMP、ACMPLP間の関係

表 34.12 に示す A/D 変換対象は、A/D 変換中の OPAMP、および ACMPLP 入力に選択できません。

表 34.12 A/D変換中に選択できないOPAMP、およびACMPLP端子一覧

| A/D変換対象 | OPAMP | ACMPLP |
|---------|-------|---------|
| AN005 | AMP2- | — |
| AN006 | AMP2+ | — |
| AN017 | — | CMPIN1 |
| AN019 | — | CMPREF1 |
| AN020 | — | CMPIN1 |

34.8.14 ソフトウェアスタンバイモードの解除についての注意事項

ソフトウェアスタンバイモードから通常モードへの遷移後は、1 μ s 待ってから A/D 変換を開始してください。

35. 12ビットD/Aコンバータ (DAC12)

35.1 概要

本MCUは、12ビットD/Aコンバータ (DAC12) を内蔵しています。表 35.1 に DAC12 の仕様を、図 35.1 に DAC12 のブロック図を、表 35.2 に入出力端子を示します。

表 35.1 DAC12の仕様

| 項目 | 内容 |
|-----------------|---|
| 分解能 | 12ビット |
| 出力チャンネル | 1チャンネル |
| アナログモジュール間の干渉低減 | D/A変換回路とA/D変換回路の干渉を低減 D/A変換データ更新タイミングは、ADC14からの同期D/A変換許可入力信号により制御され、これにより、DAC12ラッシュカレントのA/D変換精度に及ぼす影響を低減 |
| モジュールストップ機能 | モジュールストップ状態を設定して消費電力を低減 |
| イベントリンク機能 (入力) | イベント信号の入力により、DA0変換の開始が可能 |

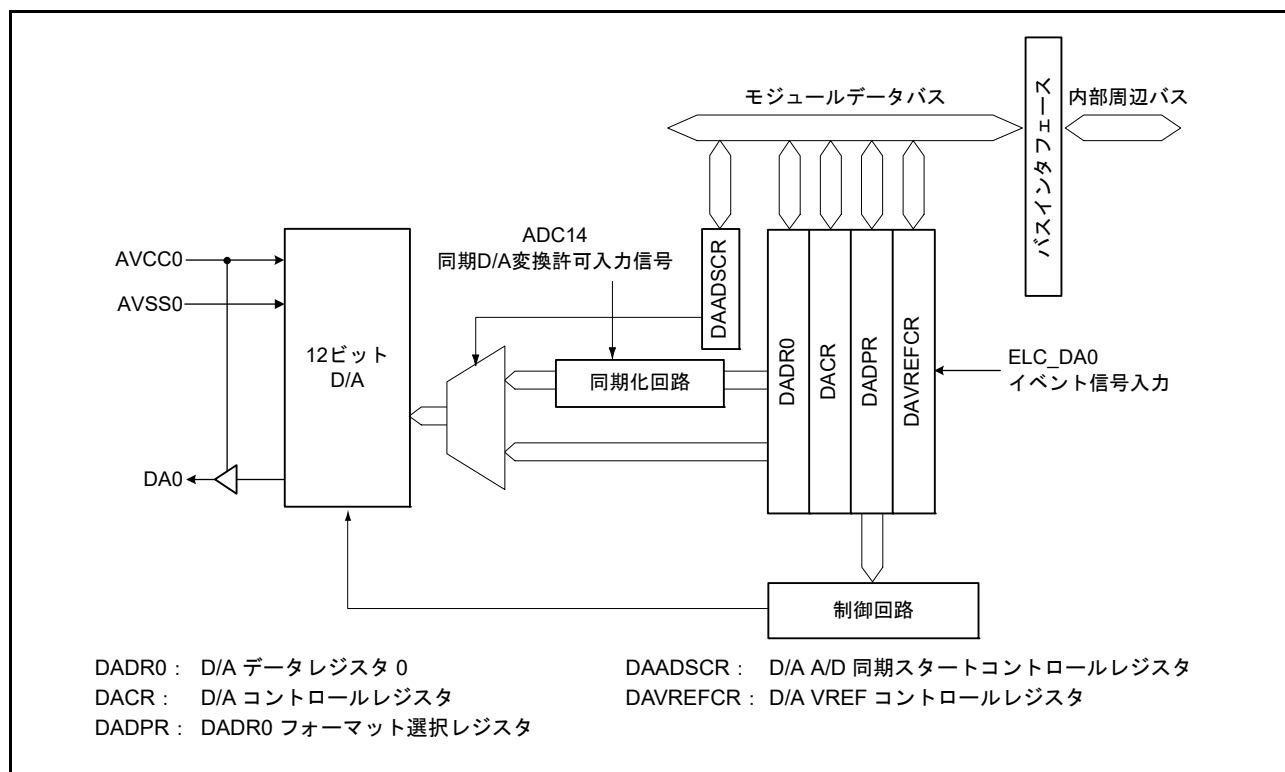


図 35.1 DAC12のブロック図

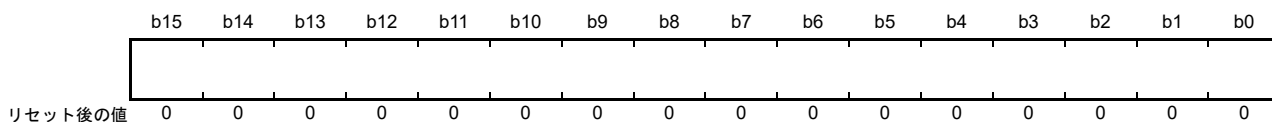
表 35.2 DAC12の端子構成

| 端子名 | 入出力 | 機能 |
|-------|-----|---|
| AVCC0 | 入力 | ADC14、DAC12、コンパレータ、およびOPAMP用のアナログ電源端子 これらのモジュールを使用しない場合は、VCCに接続してください。 |
| AVSS0 | 入力 | ADC14、DAC12、コンパレータ、およびOPAMP用のアナロググランド端子 これらのモジュールを使用しない場合は、VSSに接続してください。 |
| DA0 | 出力 | チャンネル0のアナログ出力端子 |

35.2 レジスタの説明

35.2.1 D/A データレジスタ 0 (DADR0)

アドレス [DAC12.DADR0 4005 E000h](#)

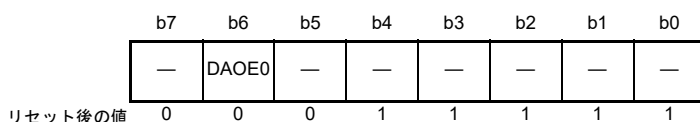


DADR0 レジスタは、D/A 変換を行うデータを格納するための 16 ビットの読み出し/書き込みレジスタです。アナログ出力を許可すると、DADR0 レジスタの値が変換され、アナログ出力端子に出力されます。

12 ビットデータを左詰めにするか右詰めにするかは、DADPR.DPSEL ビットで設定できます。右詰め形式 (DADPR.DPSEL = 0) では、下位 12 ビット ([11:0]) が有効です。左詰め形式 (DADPR.DPSEL = 1) では、上位 12 ビット ([15:4]) が有効です。

35.2.2 D/A コントロールレジスタ (DACR)

アドレス [DAC12.DACR 4005 E004h](#)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|----------|--|-----|
| b4-b0 | — | 予約ビット | 読むと1が読めます。書く場合、1としてください。 | R/W |
| b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6 | DAOE0 | D/A出力許可0 | 0 : チャネル0のアナログ出力 (DA0) を禁止 1 : チャネル0 (DA0) のD/A変換およびアナログ出力を許可 | R/W |
| b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

DACR レジスタは、DAADSCR.DAADST ビットが 1 (D/A 変換と A/D 変換の干渉低減が有効) の状態で、ADC14 が停止中の場合のみ設定してください。DACR を設定するときは、ADC14 トリガで ADC14 を確実に停止させるために、ADCSR.ADST ビットが 0、かつソフトウェアトリガを選択した状態でのみ行ってください。

DAOE0 ビット (D/A 出力許可 0)

D/A 変換とアナログ出力を制御します。

D/A 変換と A/D 変換の干渉低減対策が有効時 (DAADSCR.DAADST ビット = 1)、ADC14 が停止中 (ADCSR.ADST ビット = 0) の場合のみ、DAOE0 ビットを設定してください。ADC14 を確実に停止させるため、ソフトウェアトリガは、ADC14 トリガとして選択されます。

イベントリンク機能を使用して、DAOE0 ビットを 1 にできます。ELC_DA0 の ELSR12 レジスタで指定されたイベントが発生すると、DAOE0 ビットが 1 になり、D/A 変換結果の出力を開始します。

35.2.3 DADR0 フォーマット選択レジスタ (DADPR)

アドレス DAC12.DADPR 4005 E005h

| | | | | | | | | |
|---------|-------|----|----|----|----|----|----|----|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | DPSEL | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|----------------|--------------------------|-----|
| b6-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | DPSEL | DADR0 フォーマット選択 | 0 : 右詰め 1 : 左詰め | R/W |

35.2.4 D/A A/D 同期スタートコントロールレジスタ (DAADSCR)

アドレス DAC12.DAADSCR 4005 E006h

| | | | | | | | | |
|---------|--------|----|----|----|----|----|----|----|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | DAADST | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|-------------|---|-----|
| b6-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | DAADST | D/A A/D同期変換 | 0 : DAC12の動作はADC14の動作と同期しない (D/A変換とA/D変換の干渉低減が無効) 1 : DAC12の動作はADC14の動作と同期する (D/A変換とA/D変換の干渉低減が有効) | R/W |

D/A変換とA/D変換の干渉低減のため、D/A変換をADC14トリガからの同期D/A変換許可入力信号に同期させるかさせないかを選択します。このレジスタの設定は、ADC14が停止中のとき (ADCSR.ADSTビット=0)、またソフトウェアトリガがADC14トリガとして選択される時のみ行ってください。

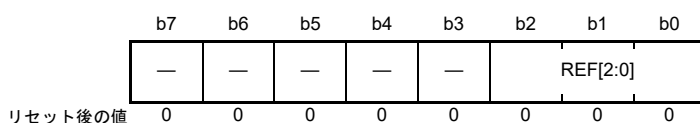
DAADSTビットを1にする前に、ADC14の対象ユニットをユニット1に設定してください。

DAADSTビット (D/A A/D同期変換)

DAADSTビットを0にすると、DADR0レジスタの値を随時D/A変換します。DAADSTビットを1にすると、ADC14からの同期D/A変換許可入力信号に同期してD/A変換が行われます。DADR0レジスタの値を書き換えても、ADC14のA/D変換が終了するまでD/A変換は行われません。DAADSTビットの設定は、ADC14が停止中 (ADCSR.ADSTビットが0) のときに行ってください。このとき、ADC14を確実に停止させるため、ADC14のトリガ選択をソフトウェアトリガに設定してください。なお、DAADSTビットを1にした場合は、イベントリンク機能は使用できません。ELCのELSR12レジスタでイベントリンク機能を停止に設定してください。DAADSTビットの設定は、DAC12のチャンネル0およびチャンネル1に共通です。

35.2.5 D/A VREF コントロールレジスタ (DAVREFCR)

アドレス DAC12.DAVREFCR 4005 E007h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|-----------|---|-----|
| b2-b0 | REF[2:0] | D/A基準電圧選択 | b2 b0 0 0 0: 基準電圧を選択しない 0 0 1: AVCC0/AVSS0を選択 0 1 1: 内部基準電圧/AVSS0を選択 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

D/A VREF コントロールレジスタ (DAVREFCR) は、DAC12 の基準電圧を選択するためのレジスタです。

REF[2:0] ビット (D/A 基準電圧選択)

DAC12 の基準電圧を選択するビットです。ビット値を変更する場合はこれらのビットに 000b を書いてから変更してください。変更後に REF[2:0] ビットを読み出して、値が変更されたことを確認してください。内部基準電圧を選択するときは DADR0 レジスタを 0000h にして、VREF 経路をディスチャージしてから電圧を切り替えてください。リセット解除後も経路はディスチャージされた状態なので、内部基準電圧を選択することが可能です。ディスチャージについては、[35.3.2 内部基準電圧を基準電圧として使用する時の注意事項](#)を参照してください。また、ADC14 が A/D 変換中は本レジスタを書き換えしないでください。書き換えた場合、A/D 変換の精度は保証されません。内部基準電圧を選択した場合は電圧発生回路が動作し、電流が増加します。内部基準電圧を選択したままソフトウェアスタンバイモードに遷移しても、電圧発生回路は自動的にオフになりません。

35.3 動作説明

DACR.DAOE0 ビットを 1 にすると、DAC12 が有効になり、変換結果が出力されます。

以下にチャンネル 0 での D/A 変換例を示します。このときの動作タイミングを図 35.2 に示します。

1. DADPR.DPSEL ビットと DADR0 レジスタに D/A 変換を行うためのデータを設定します。
2. DACR.DAOE0 ビットを 1 にすると、D/A 変換を開始します。 t_{DCONV} 時間経過後、変換結果をアナログ出力端子 DA0 より出力します。DADR0 レジスタを書き換えるか、DAOE0 ビットを 0 にするまで、この変換結果が出力され続けます。出力値（参考）は以下の式で計算します。

$$\frac{\text{DADR0の設定値}}{4096} \times \text{基準電圧}$$

3. 別の変換を開始するには、別の値を DADR0 へ書き込みます。 t_{DCONV} 時間経過後、変換結果が出力されます。DAADSCR.DAADST ビットが 1 (D/A 変換と A/D 変換の干渉低減が有効) の場合、D/A 変換開始まで最大で A/D 変換 1 回分の時間が必要です。ADCLK が周辺クロックよりも速い場合は、A/D 変換 1 回分以上の時間が必要となる場合があります。
4. アナログ入力を禁止する場合は、DAOE0 ビットを 0 にしてください。

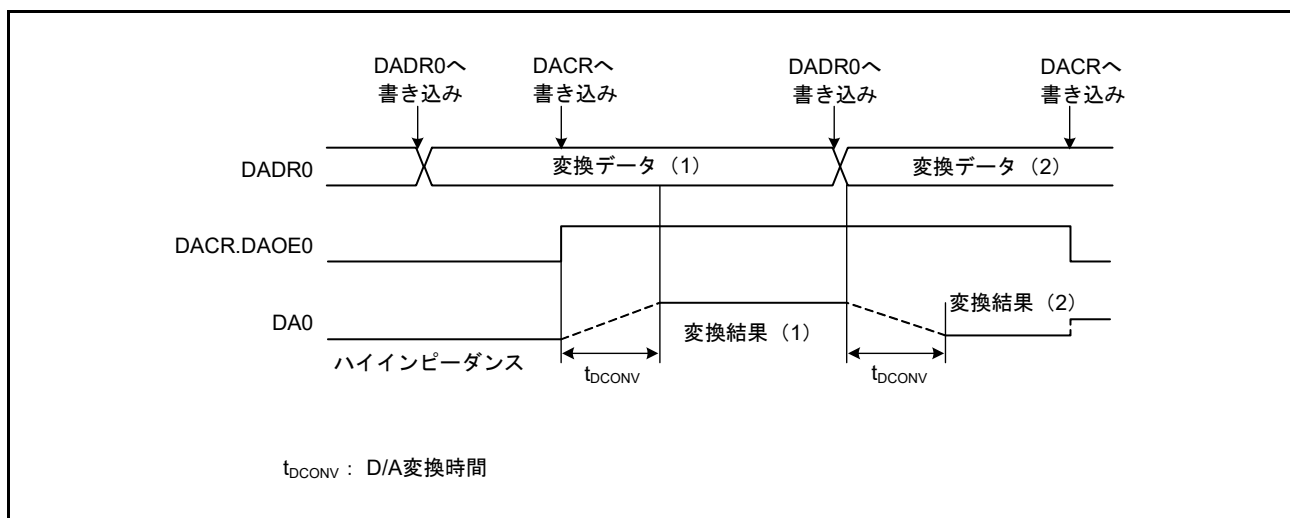


図 35.2 DAC12 の動作例

35.3.1 D/A変換とA/D変換の干渉低減

D/A変換が始まるとDAC12はラッシュカレントを発生させます。DAC12とADC14のアナログ電源が共通のため、発生したラッシュカレントがADC14のA/D変換に干渉することがあります。

DAADSCR.DAADSTビットが1の場合、DADR0レジスタのデータが変更されても、D/A変換はすぐには実施されません。その代わりに、

- ADC14が停止中にDADR0レジスタのデータが変更されると、1PCLKBサイクル後にD/A変換が開始されます
- ADC14がA/D変換を実行中にDADR0レジスタのデータが変更された場合、A/D変換完了時にD/A変換が開始されます。したがって、DADR0レジスタデータの更新がD/A変換回路の出力に反映されるまで、最大でA/D変換1回分の時間が必要です。D/A変換が完了するまでの間、DADR0レジスタ値とアナログ出力値は一致しません

DAADSCR.DAADSTビットが1のときに、DADR0レジスタの値がD/A変換されたかどうかをソフトウェアで確認する手段はありません。

以下にDAC12をADC14に同期して動作させる場合のD/A変換例を示します。このときの動作タイミングを図35.3に示します。

ADC14に同期してD/A変換を実行する場合：

1. ADC14が停止中であることを確認し、DAADSCR.DAADSTビットを1にする。
 2. ADC14が停止中であることを確認し、DACR.DA0E0ビットを1にする。
 3. DADR0レジスタを設定する。ADCLKが周辺クロックよりも速い場合は、D/A変換はA/D変換1回分以上待たされる場合があります。
- DADR0レジスタを書き換えたときにADC14が停止していた場合 (ADC140.ADCSR.ADST = 0)、1PCLKBサイクル後にD/A変換が開始されます
 - DADR0レジスタを書き換えたときにADC14がA/D変換中の場合 (ADC140.ADCSR.ADST = 1)、A/D変換終了時にD/A変換が開始されます。A/D変換中にDADR0レジスタを2回書き換えた場合、1回目の更新はD/A変換されないことがあります

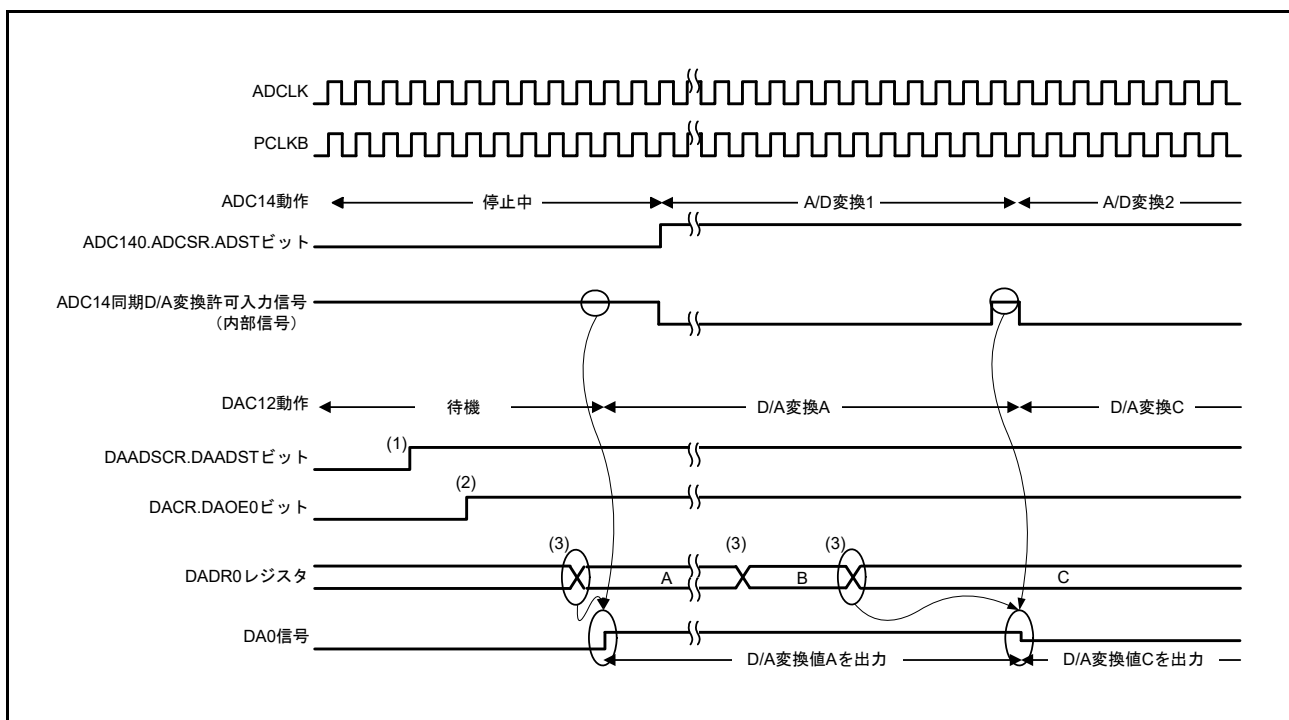


図 35.3 DAC12をADC14に同期して変換する例

図 35.4 に示すように、ADCLK が PCLKB よりも速い場合、A/D 変換 1 と A/D 変換 2 の間に出力される ADCLK 出力サイクル 1 つ分の ADC14 からの同期 D/A 変換許可入力信号を DAC12 が取り込めない可能性があります。この場合、DA0 信号は D/A 変換値 A の出力を継続します。

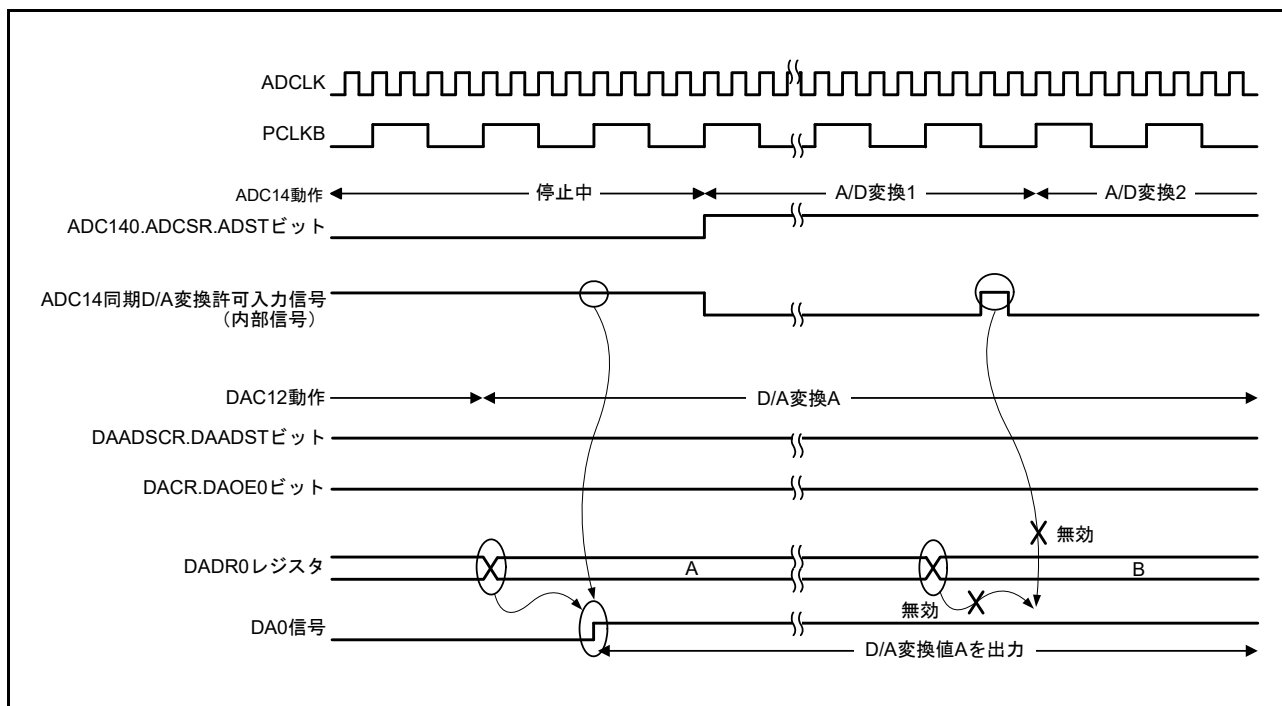


図 35.4 DAC12 が ADC14 同期 D/A 変換許可入力信号を取り込めない場合の例

35.3.2 内部基準電圧を基準電圧として使用するときの注意事項

DAVREFCR.REF[2:0] ビットを 011b にして、内部基準電圧 / AVSS0 を基準電圧として用いる場合、選択する前に VREF 経路をディスチャージする必要があります。ディスチャージ手順を以下に示します。

1. REF[2:0] ビットに 000b を書き込む。
2. DADR0 レジスタを 0000h にする。
3. 手順 2. の状態を 10 μ s 間維持する。(ディスチャージ動作)
4. ディスチャージ完了後に DAVREFCR.REF[2:0] ビットに 011b を書き込み、内部基準電圧 / AVSS0 を選択する。
5. DACR.DAOEO0 ビットを 1 にして、5 μ s の内部基準電圧安定待機時間の待機をする。
6. DADR0 レジスタにデータを書き込み、D/A 変換を開始する。

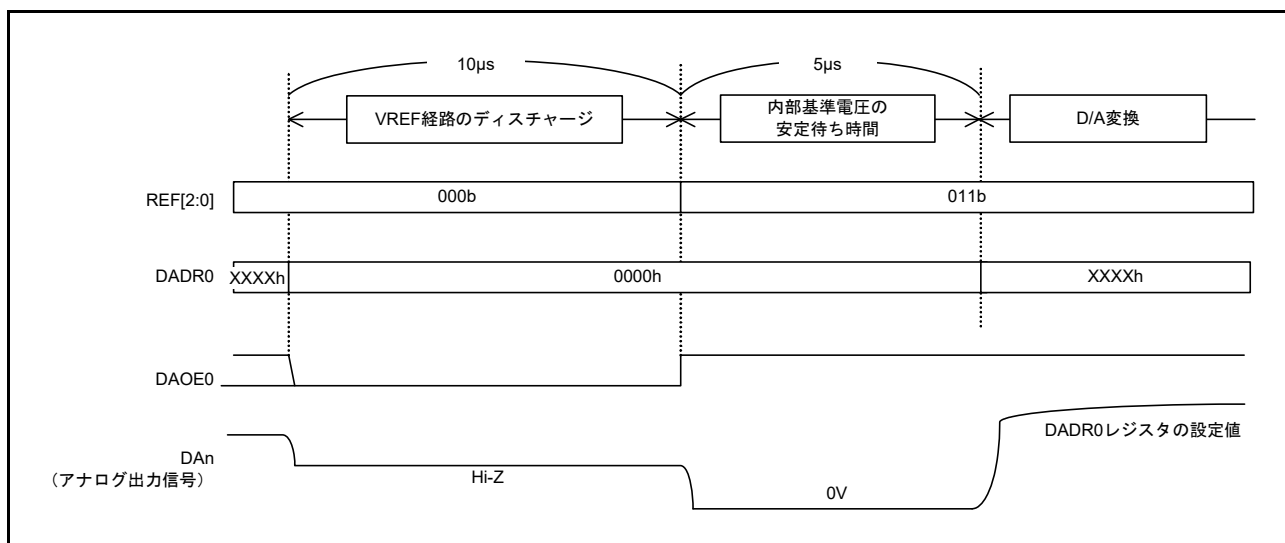


図 35.5 内部基準電圧を基準電圧に選択する手順

35.4 イベントリンクの動作設定手順

イベントリンクの動作を設定する場合 (DA0) :

1. DADPR.DPSEL ビットを設定し、DADR0 レジスタに D/A 変換を行うためのデータを設定します。
2. ELC_DA0 イベント信号が ELSR12 レジスタの各周辺モジュールとリンクするよう設定します。
3. ELC.ELCR.ELCON ビットを 1 にします。これによりイベントリンク機能が設定されている全モジュールのイベントリンク動作が有効となります。
4. イベント出力元のモジュールを設定し、イベントリンクを起動します。モジュールからイベントが出力されると、DACR.DAOE0 ビットが 1 になり、チャンネル 0 の D/A 変換が開始されます。
5. DAC12 のチャンネル 0 のイベントリンク動作を停止するには、ELC.ELSR12.ELS[7:0] ビットを 00h にしてください。また ELCON ビットを 0 にすることにより、全モジュールのイベントリンク動作が停止します。

35.5 イベントリンク動作における注意事項

- DACR.DAOE0 ビットへの書き込み実行中に ELC_DA0 イベント信号で指定されたイベントが発生すると、書き込みサイクルは停止し、発生イベントのビットが優先的に 1 になります
- D/A 変換と A/D 変換の干渉低減のために DAADSCR.DAADST ビットを 1 にしている場合、イベントリンク機能は使用しないでください

35.6 使用上の注意事項

35.6.1 モジュールストップ機能の設定

モジュールストップコントロールレジスタによって、DAC12の動作を許可/禁止することが可能です。DAC12は、リセット後は動作が停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細は、「[11. 低消費電力モード](#)」を参照してください。

35.6.2 モジュールストップ状態でのDAC12の動作

D/A変換を許可した状態でMCUがモジュールストップ状態になったとき、D/A出力は保持されるため、アナログ電源電流はD/A変換中と同様になります。モジュールストップ時にアナログ電源電流を低減する必要がある場合は、DACR.DAOE0ビットを0にしてD/A変換を禁止してください。

35.6.3 ソフトウェアスタンバイモード時のDAC12の動作

D/A変換を許可した状態でMCUがソフトウェアスタンバイモードになったとき、D/A出力は保持されるため、アナログ電源電流はD/A変換中と同様になります。ソフトウェアスタンバイモード時にアナログ電源電流を低減する必要がある場合は、DACR.DAOE0ビットを0にしてD/A変換を禁止してください。

35.6.4 D/A変換とA/D変換の干渉低減有効時の制限事項

DAADSCR.DAADSTビットが1(D/A変換とA/D変換の干渉低減が有効)の場合、ADC14をモジュールストップ状態にしないでください。A/D変換が停止するだけでなく、D/A変換も停止する可能性があります。

36. 温度センサ (TSN)

36.1 概要

デバイス動作の信頼性確保のため、内蔵されている温度センサでチップの温度を決定し、監視することが可能です。センサはチップの温度と正比例する電圧を出力します。チップ温度と出力電圧はほとんどリニアの関係にあります。出力された電圧はADC14で変換されてから、末端の応用機器で使用できます。

表 36.1 に温度センサの仕様を、図 36.1 にブロック図を示します。

表 36.1 温度センサの仕様

| 項目 | 内容 |
|-----------|----------|
| 温度センサ電圧出力 | ADC14へ出力 |

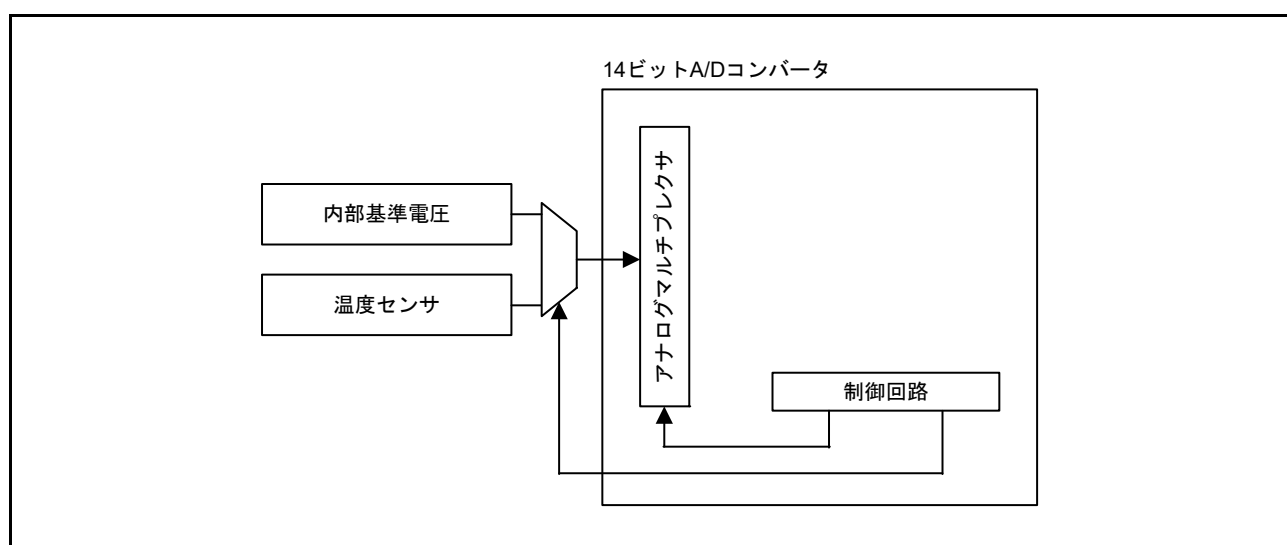
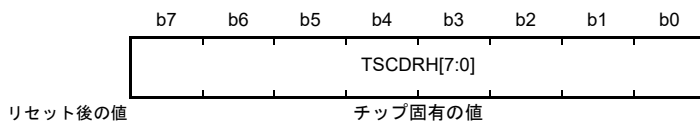


図 36.1 温度センサのブロック図

36.2 レジスタの説明

36.2.1 温度センサ較正データレジスタ H (TSCDRH)

アドレス TSN.TSCDRH 407E C228h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------------|------------|---------------------|-----|
| b7-b0 | TSCDRH[7:0] | 温度センサ補正データ | 変換後の値の上位4ビットを格納します。 | R |

36.2.2 温度センサ較正データレジスタ L (TSCDRL)

アドレス TSN.TSCDRL 407E C229h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------------|------------|---------------------|-----|
| b7-b0 | TSCDRL[7:0] | 温度センサ補正データ | 変換後の値の下位8ビットを格納します。 | R |

TSCDRH レジスタおよび TSCDRL レジスタには、工場出荷時に各チップ用に測定された温度センサ補正データが格納されています。

温度センサ補正データは、温度センサが出力した電圧を、ADC14 によって $T_a = T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$ および $AVCC0 = 3.3\text{V}$ の条件下で変換したデジタル値です。TSCDRH レジスタには変換値の上位4ビットが、TSCDRL レジスタには下位8ビットがそれぞれ格納されます。

36.3 温度センサの使用法

温度センサが出力する電圧は、温度により変化します。この電圧は ADC14 でデジタル値に変換されます。チップの温度は、この値を温度に変換することで求められます。

36.3.1 使用前の準備

温度 (T) はセンサの電圧出力 (Vs) と比例関係にあるため、以下の式で温度を求められます。

$$T = (V_s - V_1) / \text{Slope} + T_1$$

T : 測定温度 (°C)

Vs : 温度測定時の温度センサの出力電圧 (V)

T1 : 1 点目の試行測定時の温度 (°C)

V1 : T1 測定時の温度センサの出力電圧 (V)

T2 : 2 点目の試行測定時の温度 (°C)

V2 : T2 測定時の温度センサの出力電圧 (V)

Slope : 温度センサの温度傾斜 (V/°C)、 $\text{Slope} = (V_2 - V_1) / (T_2 - T_1)$

特性はセンサによってばらつきがあります。そのため、以下のような 2 つの異なるサンプル温度の測定を推奨します。

1. ADC14 を使用して、温度 T1 のときの温度センサの出力電圧 V1 を測定します。
2. ADC14 を使用して、温度 T1 と異なる温度 T2 のときの温度センサの出力電圧 V2 を測定します。両者の測定結果から、温度傾斜 ($\text{Slope} = (V_2 - V_1) / (T_2 - T_1)$) を求めます。
3. この Slope の値を温度特性の式 ($T = (V_s - V_1) / \text{Slope} + T_1$) に代入し、温度を求めます。

「48. 電気的特性」に記載の温度傾斜を用いる場合は、1 回の試行測定で V1 と T1 を決定します。なお、この測定方法の精度は 2 点測定方法よりも劣ります。

TSCDRH レジスタおよび TSCDRL レジスタには、 $T_a = T_j = 125^\circ\text{C}$ および $AVCC0 = 3.3\text{V}$ の条件下で測定された温度センサの温度値 (CAL125) が格納されています。この温度値を 1 点目のサンプル測定結果として使用する場合、温度センサ使用前の本準備を省略することが可能です。

本測定値 CAL125 は以下により算出します。

$$\text{CAL125} = (\text{TSCDRH レジスタ値} \ll 8) + \text{TSCDRL レジスタ値}$$

V1 は下記のように CAL125 から算出されます。

$$V_1 = 3.3 \times \text{CAL125} / 4096 \text{ [V]}$$

この値を用いて、以下の式により測定温度が算出できます。

$$T = (V_{s0} - V_1) / \text{Slope} + 125 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

T : 測定温度 (°C)

Vs : 温度測定時の温度センサの出力電圧 (V)

V1 : $T_a = T_j = 125^\circ\text{C}$ および $AVCC0 = 3.3\text{V}$ のときの温度センサの出力電圧 (V)

Slope : 温度センサの温度傾斜 $\div 1000$ (V/°C)

図 36.2 に測定温度の誤差を示します。標準偏差は 3σ です。

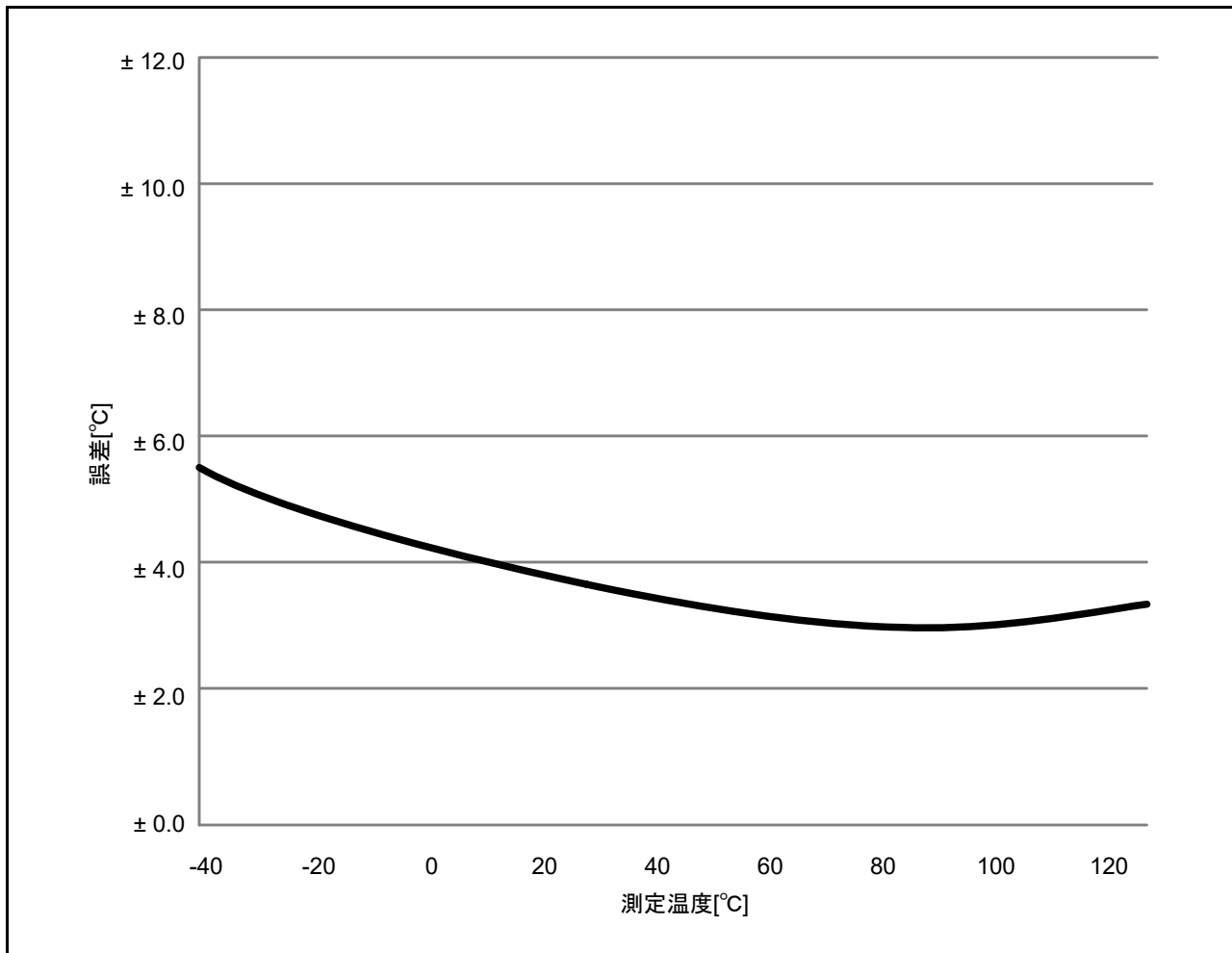


図 36.2 測定温度の誤差 (設計値)

36.3.2 温度センサの使用手順

詳細は「[34. 14ビット A/D コンバータ \(ADC14\)](#)」を参照してください。

37. オペアンプ (OPAMP)

37.1 概要

オペアンプを使用して、小さいアナログ入力電圧を増幅して出力することが可能です。本MCUでは、入力端子2つと出力端子1つを備えたオペアンプユニットを1つ搭載しています。

オペアンプには次の機能があります。

- ユニットからの出力信号は、ADC14への入力信号に使用できます
- 高速モード（高消費電流）および低消費電力モード（低速応答）をサポートしており、応答速度と電流消費とのバランスに応じてどちらかのモードを選択できます
- 非同期汎用タイマ（AGT）からのトリガによって動作を開始することができます
- A/D変換終了トリガによって動作を停止できます

図 37.1 にオペアンプのブロック図を、表 37.2 にユニット構成を示します。

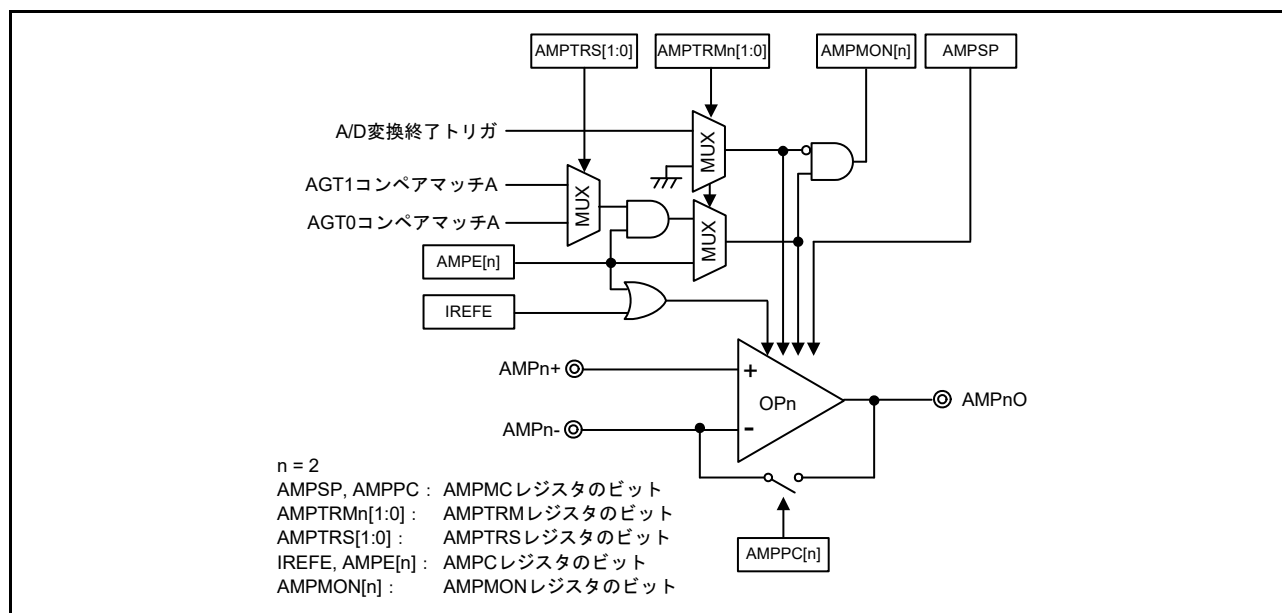


図 37.1 オペアンプのブロック図

表 37.1 OPAMPのユニット構成

| 単位 | 入出力端子 | 入出力 | 機能 |
|-------------------|--------------|-----|---------------------|
| ユニット2 (オペアンプ2) | AMP2+, AMP2- | 入力 | オペアンプ2 (+, -) の入力端子 |
| | AMP2O | 出力 | オペアンプ2の出力端子 |

37.2 レジスタの説明

37.2.1 オペアンプモードコントロールレジスタ (AMPMC)

アドレス OPAMP.AMPMC 4008 6008h

| | | | | | | | | |
|---------|-------|----|----|----|----|--------------|----|----|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | AMPSP | — | — | — | — | AMPPC [2] | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|---------------|--|-----|
| b1-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b2 | AMPPC[2] | オペアンププリチャージ制御 | 0: オペアンプ2のプリチャージ停止 1: オペアンプ2のプリチャージ可能 | R/W |
| b6-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | AMPSP | オペアンプ動作モード選択 | 0: 低消費電力モード (低速) 1: 高速モード | R/W |

- 注 . AMPC レジスタが 00h (オペアンプおよび基準電流回路が停止中) の場合は、AMPSP ビットを設定してください。
 注 . 本レジスタで使用しないビットは初期値に設定するようにしてください。

37.2.2 オペアンプトリガモードコントロールレジスタ (AMPTRM)

アドレス OPAMP.AMPTRM 4008 6009h

| | | | | | | | |
|---------|----|--------------|----|----|----|----|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | AMPTRM2[1:0] | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------------|-------------------------------------|--|-----|
| b3-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b5-b4 | AMPTRM2[1:0] | OPAMP機能起動／停止トリガ制御 _n (注2) | AMPTRM2[1] AMPTRM2[0] 0 0 : ソフトウェアトリガモード : • AMPCレジスタの設定によるオペアンプの起動／停止が可能 • 起動トリガによるオペアンプの起動は不可 • A/D変換終了トリガによるオペアンプの制御は不可 0 1 : 起動トリガモード : • AMPCレジスタの設定により、オペアンプを起動トリガを待つよう設定する、または停止することが可能 • 起動トリガによるオペアンプの起動が可能(注1) • A/D変換終了トリガによるオペアンプの制御は不可 1 0 : 設定禁止 1 1 : 起動およびA/Dトリガモード : • AMPCレジスタの設定により、オペアンプを起動トリガを待つよう設定する、または停止することが可能 • 起動トリガによるオペアンプの起動が可能(注1) • A/D変換終了トリガによるオペアンプの停止が可能。A/D変換終了トリガは常にA/D変換の最後に発生します | R/W |
| b7-b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注. A/D変換終了トリガは常にA/D変換の最後に発生します。

注1. 起動トリガによってオペアンプを起動する場合、まずAGTに関連する設定を行い、AMPTRSレジスタを設定した後、AMPCレジスタによって起動するオペアンプの動作制御ビットを1(オペアンプ待機状態が有効)にしてください。

注2. AMPTRM2[1:0]の設定値を変更する場合、AMPC.AMPE[2]ビットを0(オペアンプ停止)にしてください。

37.2.3 オペアンプ起動トリガ選択レジスタ (AMPTRS)

アドレス OPAMP.AMPTRS 4008 600Ah

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|-------------|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | AMPTRS[1:0] | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------------|-------------|---|-----|
| b1-b0 | AMPTRS[1:0] | 起動トリガ選択(注1) | b1 b0 0 0 : オペアンプ2 : オペアンプ起動トリガ2 0 1 : オペアンプ2 : オペアンプ起動トリガ1 1 0 : 設定禁止 1 1 : オペアンプ2 : オペアンプ起動トリガ0 | R/W |
| b7-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注. 本レジスタで使用しないビットは初期値に設定するようにしてください。

注1. AMPTRMレジスタを設定した後、AMPTRSレジスタの値を書き換えしないでください。

37.2.4 オペアンプコントロールレジスタ (AMPC)

アドレス OPAMP.AMPC 4008 600Bh

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|---------|----|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| IREFE | — | — | — | — | AMPE[2] | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------|----------------------|---|-----|
| b1-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b2 | AMPE[2] | OPAMP 動作制御 | 0 : オペアンプ2停止 1 : ソフトウェアトリガモード : オペアンプ2の動作許可 (注1) 起動トリガモード、または起動およびA/Dトリガモード : AGTが有効になるまで待機 | R/W |
| b6-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b7 | IREFE | OPAMP 基準電流回路動作 制御 | 0 : オペアンプ基準電流回路停止 1 : オペアンプ基準電流回路の動作許可 | R/W |

注. 本レジスタで使用しないビットは初期値に設定するようにしてください。

注 1. IREFE ビットの設定にかかわらず、オペアンプ基準電流回路の動作も許可されます。使用しないユニットのビットは0にしてください。

各イベントに対応するオペアンプ起動トリガを表 37.2 に示します。

表 37.2 イベントに対応するオペアンプ起動トリガ

| トリガ | イベント |
|-------------|--------------|
| オペアンプ起動トリガ0 | AGT1コンペアマッチA |
| オペアンプ起動トリガ1 | AGT0コンペアマッチA |
| オペアンプ起動トリガ2 | AGT1コンペアマッチA |

37.2.5 オペアンプモニタレジスタ (AMPMON)

アドレス OPAMP.AMPMON 4008 600Ch

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|-----------|----|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | AMPMON[2] | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------|-----------|--------------------------------|-----|
| b1-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b2 | AMPMON[2] | オペアンプ2の状態 | 0 : オペアンプ2停止中 1 : オペアンプ2動作中 | R |
| b7-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |

注 . 本レジスタを使用して、各オペアンプが動作中か停止中かを非同期に反映します。オペアンプの状態を判断するには、継続的に本レジスタを読み出し、ビット状態の変化を判断してください。
 起動トリガ、クロックと同期した A/D 変換終了トリガ、または他の割り込みルーチンでのソフトウェアトリガを使用してオペアンプを制御する場合、オペアンプの動作または停止のタイミングは、通常動作を確認するなどの目的で予測することが可能です。この場合、該当のトリガまたはオペアンプの状態に影響する割り込みが発生したら、CPU / 周辺クロックの 1 サイクル後に本レジスタを読み出ししてください。
 本レジスタで使用しないビットは初期値に設定するようにしてください。

37.3 動作説明

37.3.1 状態遷移

オペアンプおよび基準電流回路がオペアンプ制御回路によって起動または停止するときの状態遷移を図37.2に示します。

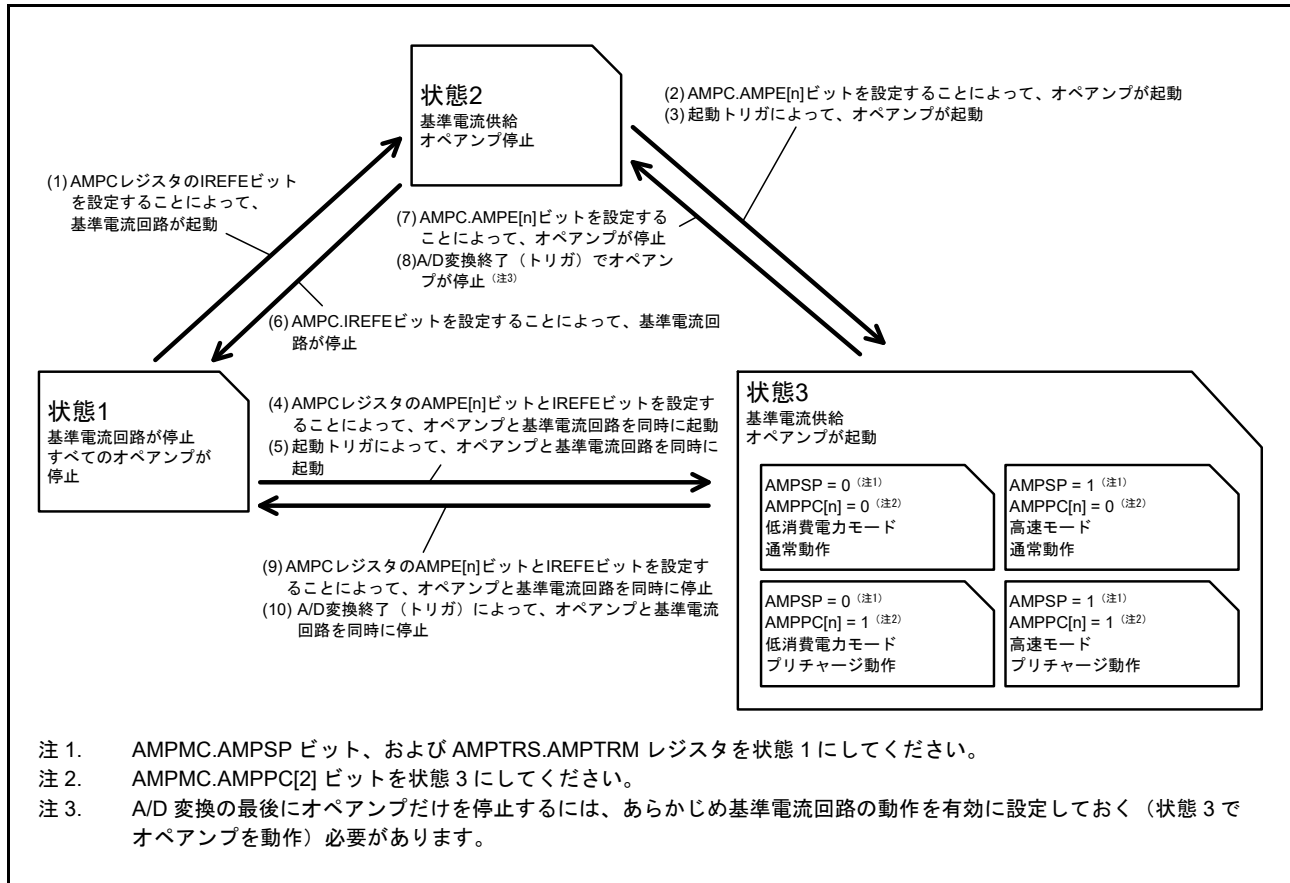


図 37.2 オペアンプの状態遷移

基準電流の供給後は安定待ち時間が必要となり、オペアンプの動作は各動作が実際に開始する前に設定されます。安定待ち時間の詳細は、「48. 電気的特性」を参照してください。

ステップ (2) → (8)、(2) → (10)、(3) → (10)、(4) → (10) では、オペアンプを継続的に起動/停止することはできません。

起動トリガおよび A/D 変換の終了によって、AMPTRM レジスタで、使用することがあらかじめ設定されたオペアンプのみを起動または停止することが可能です。

37.3.2 オペアンプ制御動作

オペアンプの制御動作を [図 37.3](#) ~ [図 37.6](#) に示します。

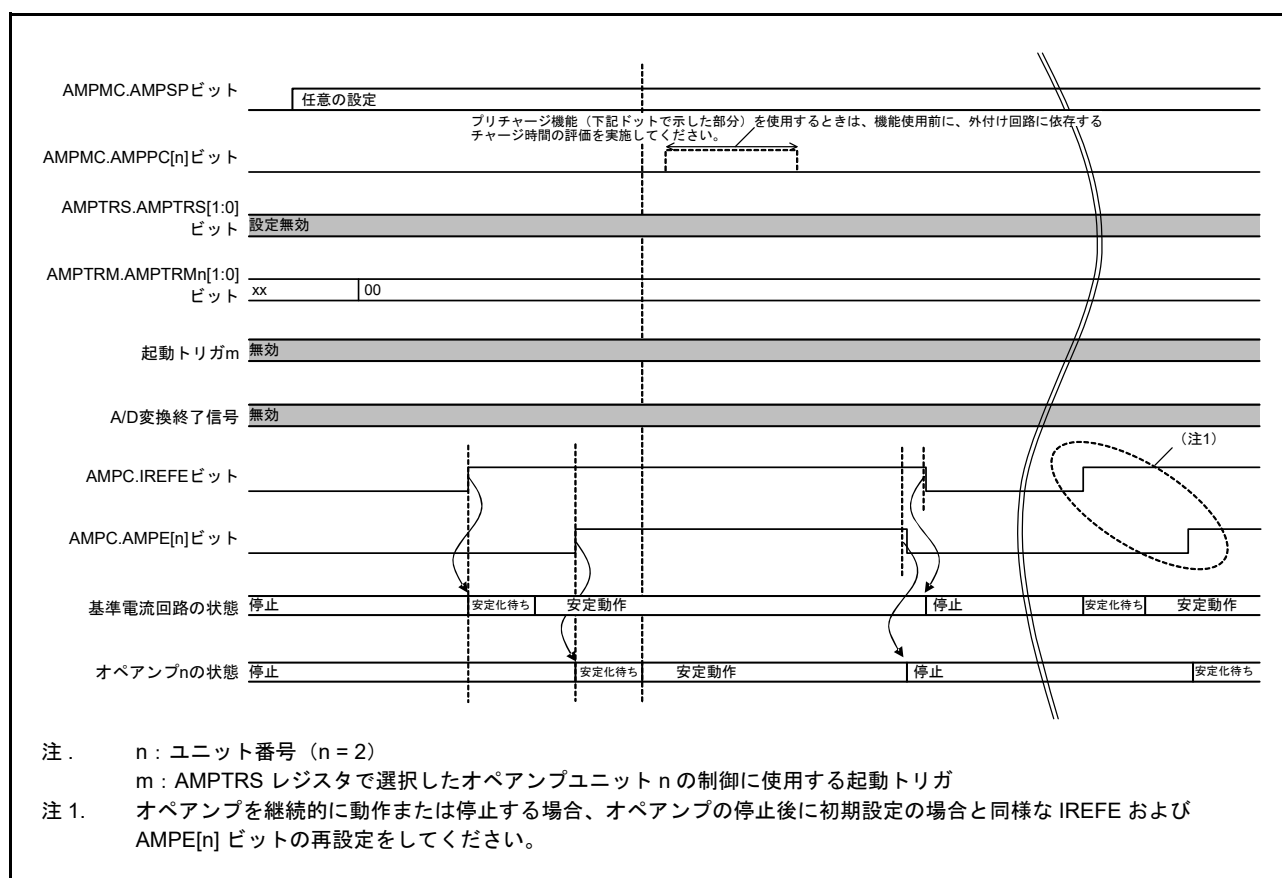


図 37.3 オペアンプの制御動作 (ソフトウェアトリガモードによる制御)
(ソフトウェアトリガモードによって基準電流回路およびオペアンプを起動/停止する場合)

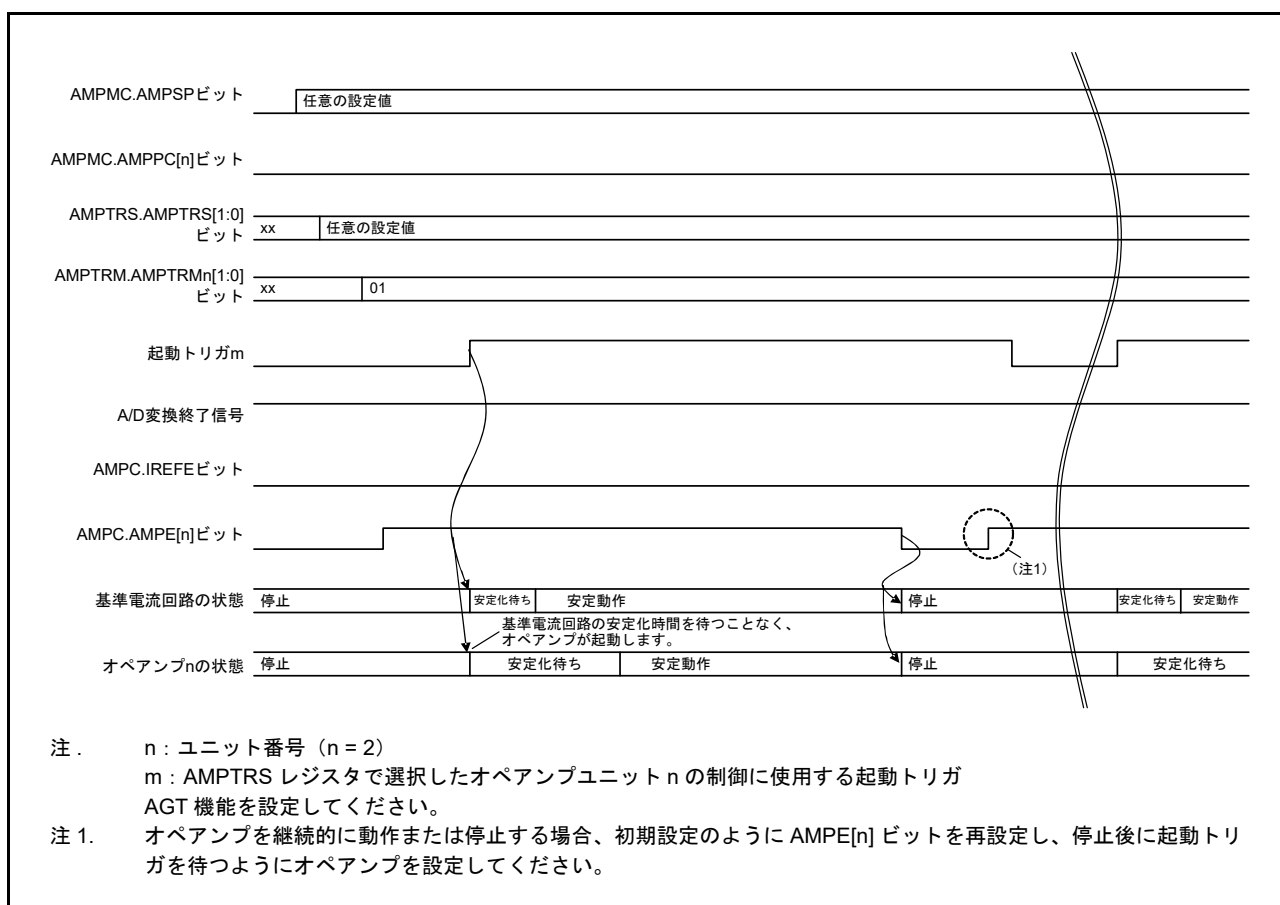


図 37.4 オペアンプの制御動作 (起動トリガモードによる起動)
 (基準電流回路およびオペアンプを起動トリガによって起動し、AMPC レジスタ設定によって停止する場合)

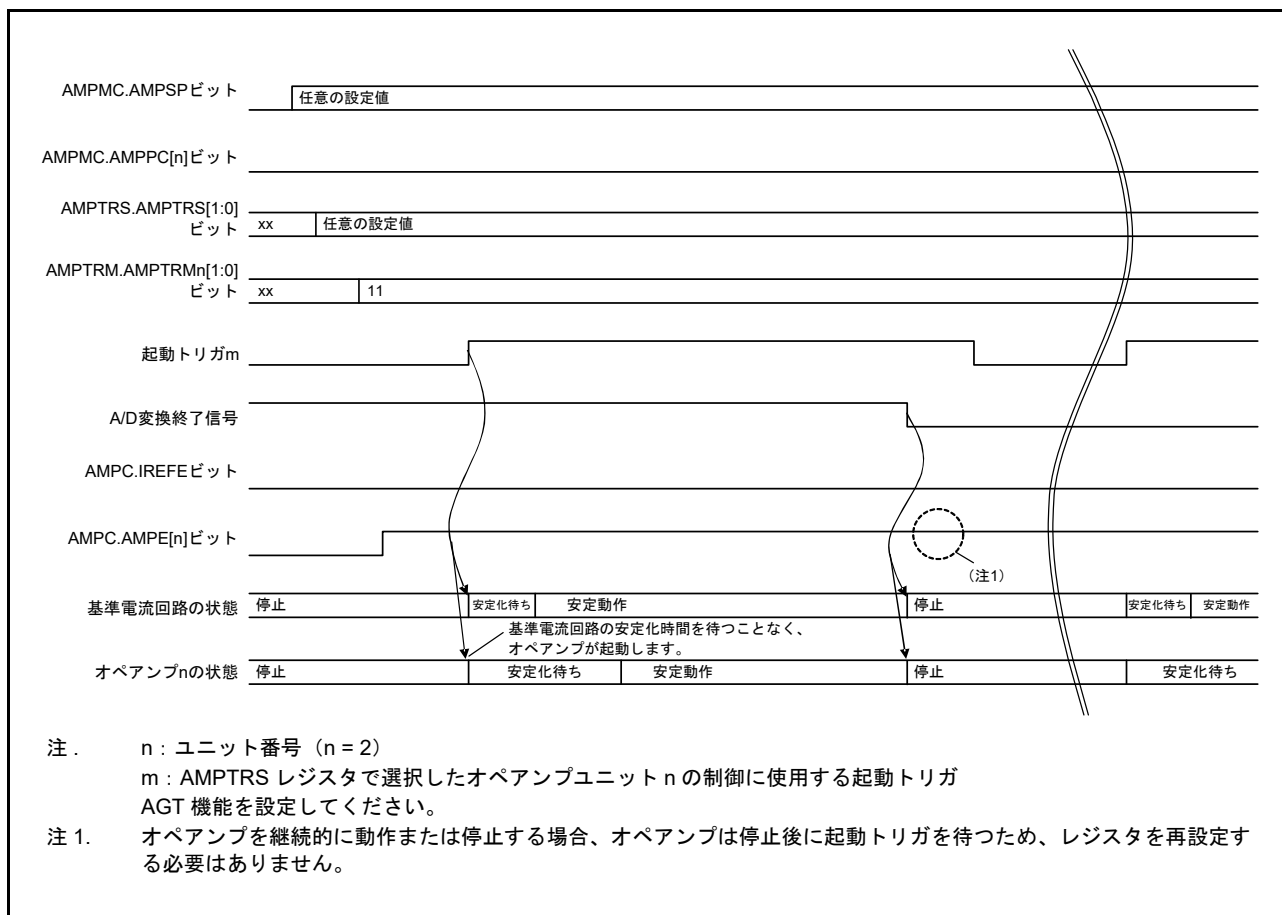


図 37.5 オペアンプの制御動作 (起動および A/D トリガモード (1)) (基準電流回路およびオペアンプを起動トリガによって起動し、A/D 変換終了 (トリガ) によって停止する場合)

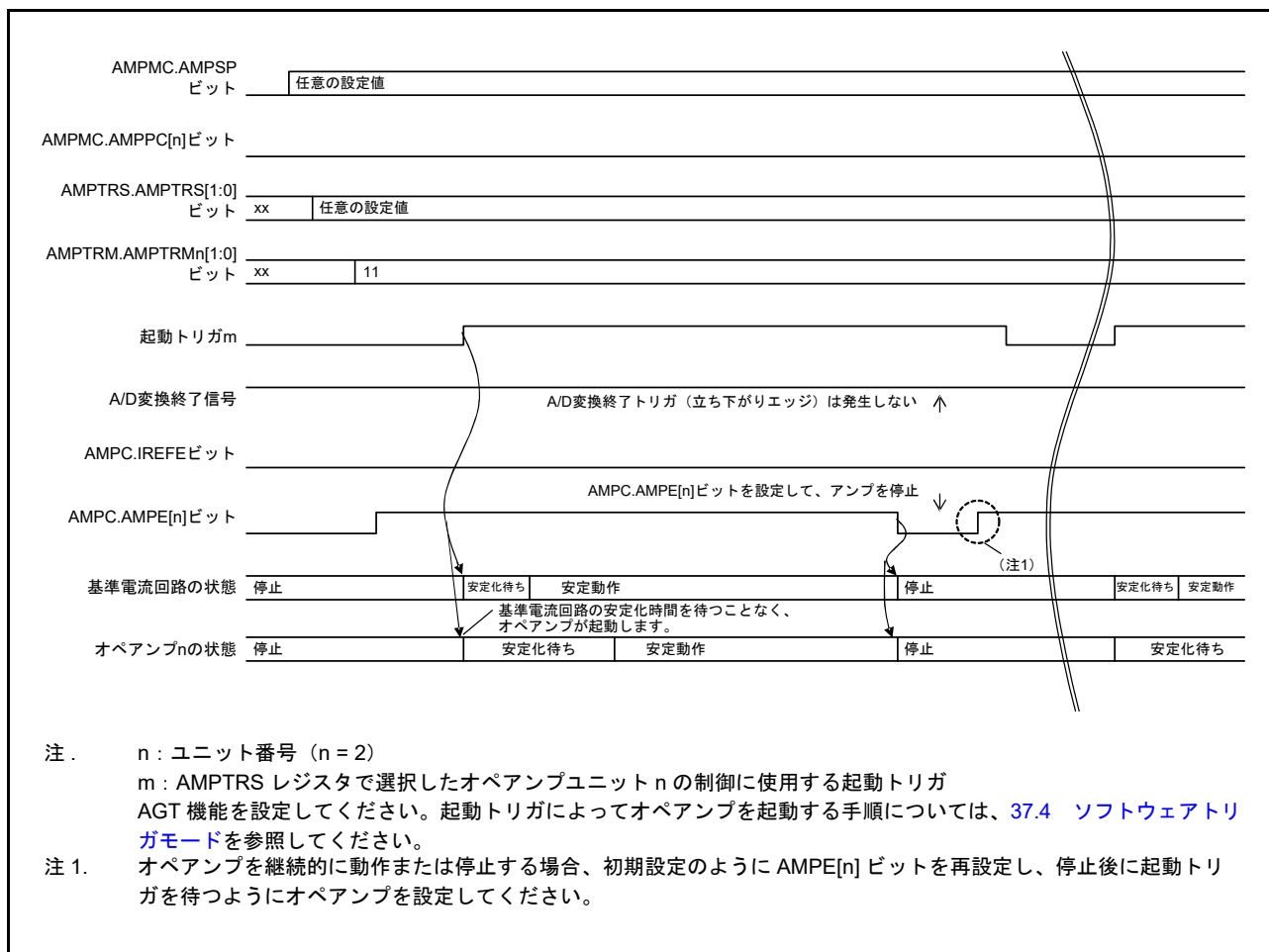


図 37.6 オペアンプの制御動作 (起動および A/D トリガモード (2))
 (基準電流回路およびオペアンプを起動トリガによって起動し、AMPC レジスタの設定によって基準電流回路およびオペアンプを停止する場合)

37.4 ソフトウェアトリガモード

ここでは、ソフトウェアトリガによってオペアンプを起動および停止する手順について説明します。各レジスタの設定例を図 37.7 に示します。

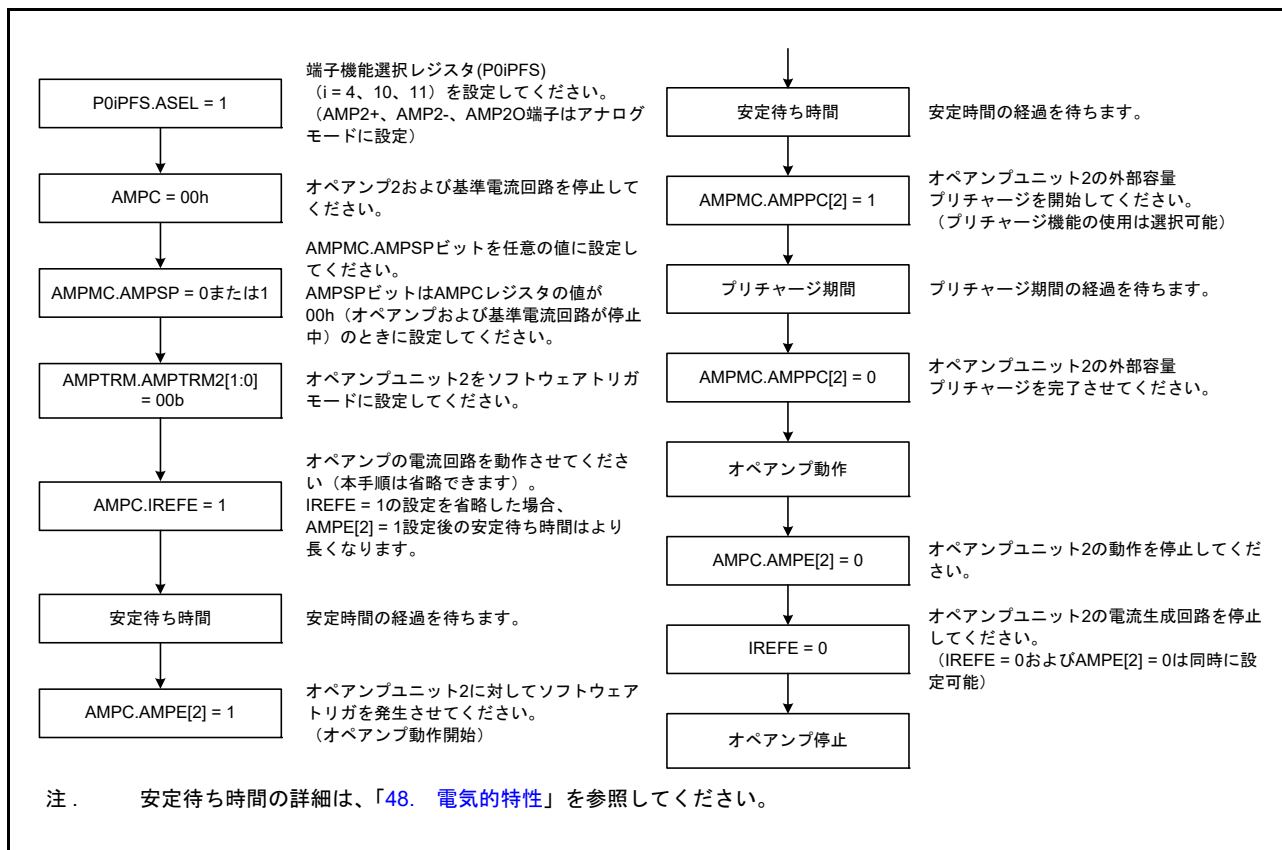


図 37.7 ソフトウェアトリガモードでの OPAMP 起動および停止手順

37.5 起動トリガモード

ここでは、起動トリガによってオペアンプを起動し、ソフトウェアによって停止する手順について説明します。各レジスタの設定例を [図 37.8](#) に示します。

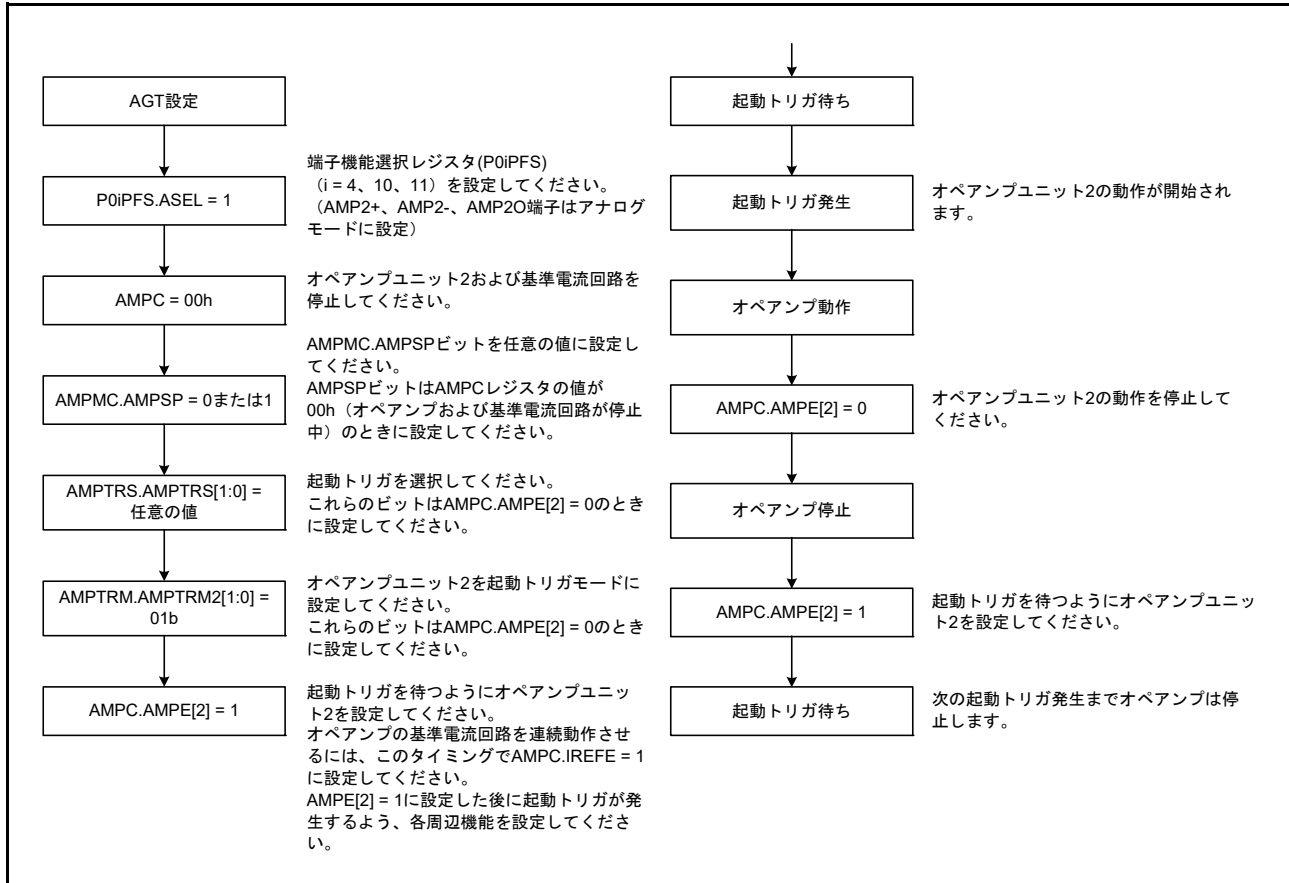


図 37.8 起動トリガモードでの OPAMP 起動および停止手順

37.6 起動および A/D トリガモード

ここでは、起動トリガによってオペアンプを起動し、A/D 変換終了トリガによって停止する手順について説明します。各レジスタの設定例を図 37.9 に示します。

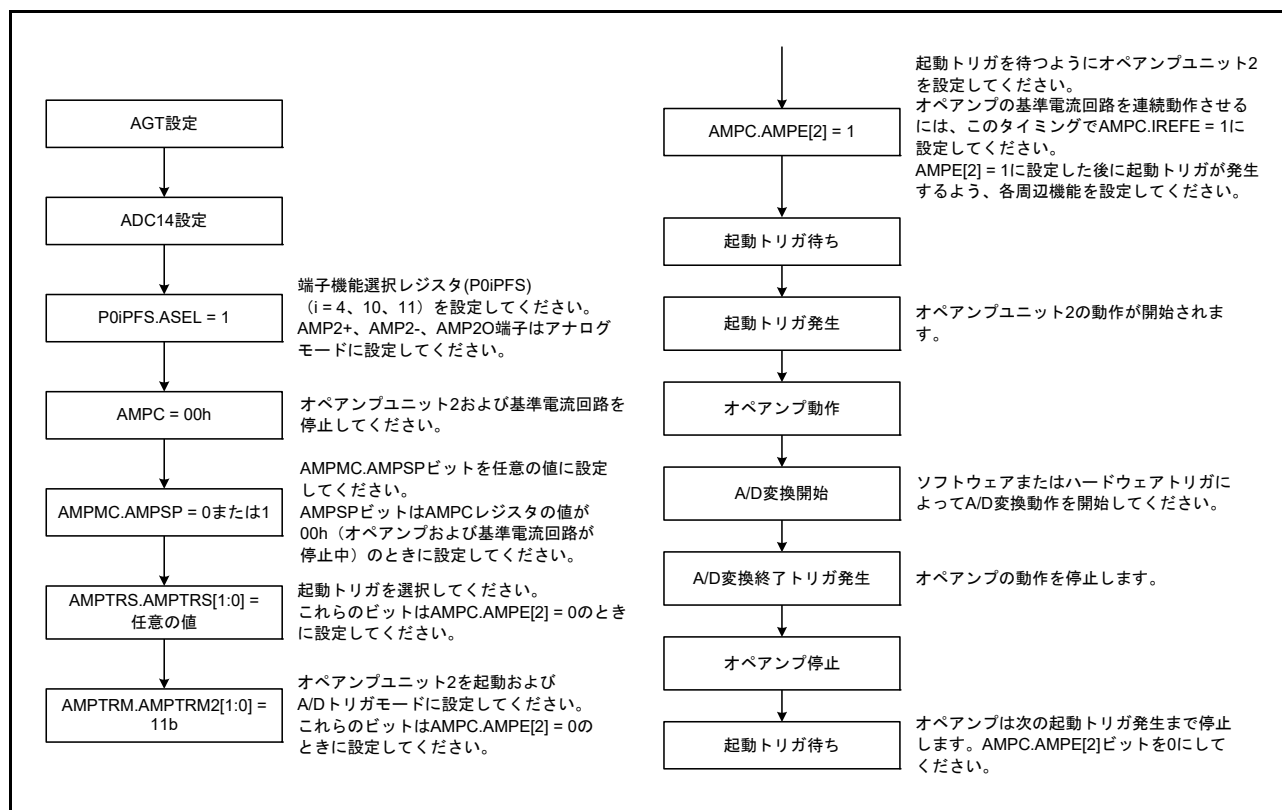


図 37.9 起動トリガによるオペアンプ起動と A/D 変換終了トリガによるオペアンプ停止手順

37.7 使用上の注意事項

AMPC レジスタの設定に加え、オペアンプ機能は起動トリガによって起動でき、A/D 変換終了で停止することが可能です。基準電流回路は A/D 変換終了時に停止できます。アプリケーションシーケンスでは、起動と停止の制御において、これらの非同期トリガが衝突しないような考慮が必要です。

オペアンプのプラスおよびマイナス入力に使用する端子は、A/D コンバータ用のアナログ入力にマルチプレクスされているため、それらの端子で A/D 変換を行わないでください。

38. 低消費電力アナログコンパレータ (ACMPLP)

38.1 概要

低消費電力アナログコンパレータ (ACMPLP) は、基準入力電圧とアナログ入力電圧を比較します。コンパレータチャンネル ACMPLP0 と ACMPLP1 は、それぞれ独立しています。

基準入力電圧およびアナログ入力電圧の比較結果はソフトウェアで読み出すことができます。比較結果は外部に出力することもできます。基準入力電圧は、CMPREF_i (i = 0, 1) 端子への入力、内部 8 ビット D/A コンバータ出力、および MCU の内部に生成された内部基準電圧 (V_{ref}) から選択できます。

ACMPLP の応答速度は、動作開始前に設定可能です。High-speed モードを設定すると、応答遅延時間が短くなりますが、電流消費は増加します。Low-speed モードを設定すると、応答遅延時間が長くなりますが、電流消費は低減します。

ACMPLP の特長を表 38.1 に、ウィンドウ機能が無効である場合の ACMPLP のブロック図を図 38.1 に、ウィンドウ機能が有効である場合の ACMPLP のブロック図を図 38.2 に示します。表 38.2 に ACMPLP の入出力端子を示します。

表 38.1 ACMPLP の特長

| 項目 | 内容 |
|----------|---|
| チャンネル数 | 2チャンネル：ACMPLP0、ACMPLP1 |
| アナログ入力電圧 | CMPIN _i (i = 0, 1) 端子からの入力 |
| 基準電圧 | <ul style="list-style-type: none"> ● 標準モード (下記のいずれかを選択) <ul style="list-style-type: none"> – 内部基準電圧 (V_{ref}) – CMPREF_i (i = 0, 1) 端子からの入力 – 内部 8 ビット D/A コンバータからの出力 ● ウィンドウモード (下記のいずれかを選択) <ul style="list-style-type: none"> – CMPREF_i (i = 0, 1) 端子からの入力 (CMPREF₀: 低基準、CMPREF₁: 高基準) – 内部 8 ビット D/A コンバータからの出力 |
| コンパレータ出力 | <ul style="list-style-type: none"> ● 比較結果 ● ELC イベント出力の発生 ● レジスタからの出力監視 |
| 割り込み要求信号 | <ul style="list-style-type: none"> ● 比較結果の有効エッジ検出時に割り込み要求発生 ● 立ち上がりエッジ/立ち下がりエッジ/両エッジから選択可能 |
| 選択可能な機能 | <ul style="list-style-type: none"> ● ノイズフィルタ機能 3つのサンプリング周波数のいずれかを選択可能。フィルタ機能不使用を選択可能 ● ウィンドウ機能 ウィンドウ機能の使用/不使用を選択可能 ● 低消費電力アナログコンパレータ応答速度 High-speed モードまたは Low-speed モードを選択可能 |

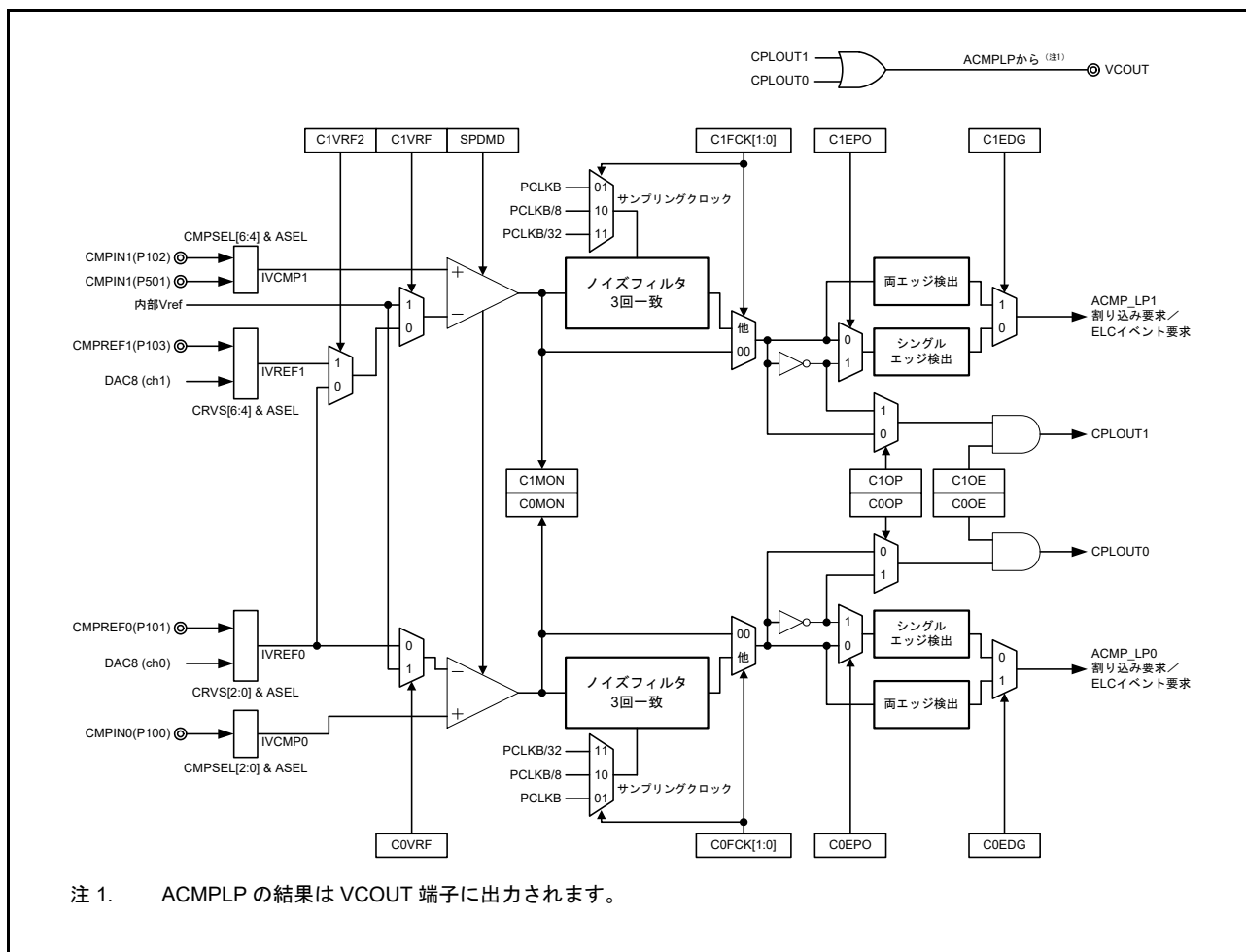


図 38.1 ウィンドウ機能無効時の ACMPLP ブロック図

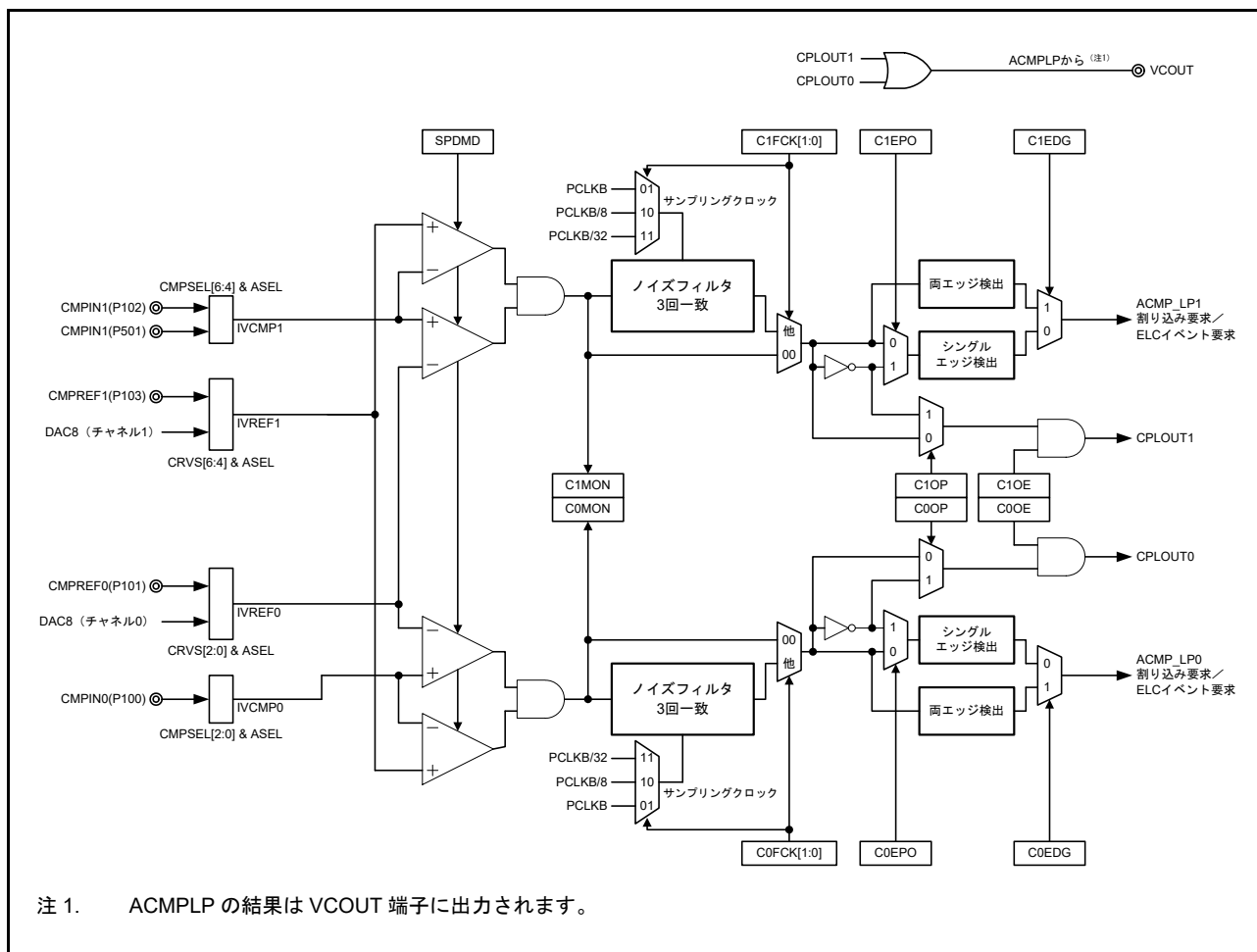


図 38.2 ウィンドウ機能有効時の ACMPLP ブロック図

表 38.2 コンパレータ端子の構成

| コンパレータ | 基準電圧入力端子 | | アナログ電圧入力端子 | | 出力端子 |
|---------|---|--|---|------------|-------------|
| | 標準モード | ウィンドウ機能モード | 標準モード | ウィンドウ機能モード | |
| ACMPLP0 | <ul style="list-style-type: none"> IVREF0 (CMPREF0 (P101)/DAC8 (チャネル0)) 内部 Vref (選択可能) | 低基準電圧 : <ul style="list-style-type: none"> IVREF0 (CMPREF0(P101)/DAC8 (チャネル0)) 高基準電圧 : <ul style="list-style-type: none"> IVREF1 (CMPREF1 (P103)/DAC8 (チャネル1)) | <ul style="list-style-type: none"> IVCMP0 (CMPIN0(P100)) | | VCOUNT (注1) |
| ACMPLP1 | <ul style="list-style-type: none"> IVREF0 (CMPREF0(P101)/DAC8 (チャネル0)) IVREF1 (CMPREF1 (P103)/DAC8 (チャネル1)) 内部 Vref (選択可能) | | <ul style="list-style-type: none"> IVCMP1 (CMPIN1(P102)/CMPIN1 (P501)) | | |

注 1. ACMPLP0 および ACMPLP1 のコンペア出力は VCOUNT 端子に出力されます。

38.2 レジスタの説明

38.2.1 ACMPLP モード設定レジスタ (COMPMDR)

アドレス ACMPLP.COMPMDR 4008 5E00h

| | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | C1MON | C1VRF | C1WDE | C1ENB | C0MON | C0VRF | C0WDE | C0ENB |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-----|-------|---------------------------------|---|-----|
| b0 | C0ENB | ACMPLP0動作許可 | 0: コンパレータチャンネルACMPLP0を禁止 1: コンパレータチャンネルACMPLP0を許可 | R/W |
| b1 | C0WDE | ACMPLP0ウィンドウ機能モード許可(注1)(注2)(注6) | 0: ACMPLP0に対するウィンドウ機能を禁止 1: ACMPLP0に対するウィンドウ機能を許可 | R/W |
| b2 | C0VRF | ACMPLP0基準電圧選択(注6) | 0: IVREF0 1: 内部基準電圧 (Vref)(注4) | R/W |
| b3 | C0MON | ACMPLP0モニタフラグ(注3) | ウィンドウ機能無効時 0: IVCMP0 < ACMPLP0基準電圧 1: IVCMP0 > ACMPLP0基準電圧 ウィンドウ機能有効時 0: IVCMP0 < IVREF0またはIVCMP0 > IVREF1 1: IVREF0 < IVCMP0 < IVREF1 | R |
| b4 | C1ENB | ACMPLP1動作許可 | 0: ACMPLP1動作を禁止 1: ACMPLP1動作を許可 | R/W |
| b5 | C1WDE | ACMPLP1ウィンドウ機能モード許可(注1)(注2)(注5) | 0: ACMPLP1ウィンドウ機能モード無効 1: ACMPLP1ウィンドウ機能モード有効 | R/W |
| b6 | C1VRF | ACMPLP1基準電圧選択(注5) | 0: IVREF0またはIVREF1 1: 内部基準電圧 (Vref)(注4) | R/W |
| b7 | C1MON | ACMPLP1モニタフラグ(注3) | ウィンドウ機能無効時 0: IVCMP1 < ACMPLP1基準電圧 1: IVCMP1 > ACMPLP1基準電圧 ウィンドウ機能有効時 0: IVCMP1 < IVREF0またはIVCMP1 > IVREF1 1: IVREF0 < IVCMP1 < IVREF1 | R |

- 注 1. Low-speed モードが選択されている (COMPOCR.SPDM D ビットが 0) 場合は、ウィンドウ機能モードは設定できません。
- 注 2. ウィンドウ機能モードでは、本ビットの設定にかかわらずコンパレータの基準電圧が選択されます。
- 注 3. リセットが解除された直後は、初期値が 0 です。しかし、コンパレータの動作がいったん許可された後に C0ENB および C1ENB が 0 に設定された場合、値は不定となります。
- 注 4. 本設定は標準モードでのみ有効です。ウィンドウ機能モードでは、本ビットの設定にかかわらず IVREF0 または IVREF1 が選択されます。
- 注 5. C1WDE および C1VRF を変更するには、CRV[6:4] ビットおよび CRV[2:0] ビットを 000b にする必要があります。
- 注 6. C0WDE および C0VRF を変更するには、CRV[2:0] ビットを 000b にする必要があります。

38.2.2 ACMPLP フィルタコントロールレジスタ (COMPFIR)

アドレス ACMPLP.COMPFIR 4008 5E01h

| | | | | | | | |
|---------|-------|------------|-------|-------|------------|----|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| C1EDG | C1EPO | C1FCK[1:0] | C0EDG | C0EPO | C0FCK[1:0] | | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|---------------------------|---|-----|
| b1-b0 | C0FCK[1:0] | ACMPLP0 フィルタ機能選択 (注1) | b1 b0 0 0: サンプリングなし (バイパス) 0 1: PCLKBでサンプリング 1 0: PCLKB/8でサンプリング 1 1: PCLKB/32でサンプリング | R/W |
| b2 | C0EPO | ACMPLP0 エッジ極性切り替え (注1) | 0: 立ち上がりエッジでの割り込みおよびELCイベント要求 1: 立ち下がりエッジでの割り込みおよびELCイベント要求 | R/W |
| b3 | C0EDG | ACMPLP0 エッジ検出選択 (注1) | 0: 片エッジ検出による割り込みおよびELCイベント要求 1: 両エッジ検出による割り込みおよびELCイベント要求 | R/W |
| b5-b4 | C1FCK[1:0] | ACMPLP1 フィルタ機能選択 (注1) | b5 b4 0 0: サンプリングなし (バイパス) 0 1: PCLKBでサンプリング 1 0: PCLKB/8でサンプリング 1 1: PCLKB/32でサンプリング | R/W |
| b6 | C1EPO | ACMPLP1 エッジ極性切り替え (注1) | 0: 立ち上がりエッジでの割り込みおよびELCイベント要求 1: 立ち下がりエッジでの割り込みおよびELCイベント要求 | R/W |
| b7 | C1EDG | ACMPLP1 エッジ検出選択 (注1) | 0: 片エッジ検出による割り込みおよびELCイベント要求 1: 両エッジ検出による割り込みおよびELCイベント要求 | R/W |

注 1. CiFCK[1:0]、CiEPO、および CiEDG (i = 0, 1) ビットが変更されると、ACMPLP 割り込み要求および ELC イベント要求が発生する場合があります。これらのビットは、イベントリンクを非選択にした後にのみ変更してください。また、関連する割り込み要求フラグをクリアしてください。

38.2.3 ACMPLP 出カコントロールレジスタ (COMPOCR)

アドレス ACMPLP.COMPOCR 4008 5E02h

| | | | | | | | | |
|---------|-----------|------|------|----|----|------|------|----|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | SPDM D | C1OP | C1OE | — | — | COOP | COOE | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|----------------------------|--|-----|
| b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b1 | COOE | ACMPLP0 VCOOUT 端子出力許可 (注1) | 0: ACMPLP0 VCOOUT 端子出力を禁止 1: ACMPLP0 VCOOUT 端子出力を許可 | R/W |
| b2 | COOP | ACMPLP0 VCOOUT 出力極性選択 (注1) | 0: 反転なし 1: 反転あり | R/W |
| b4-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b5 | C1OE | ACMPLP1 VCOOUT 端子出力許可 (注1) | 0: ACMPLP1 VCOOUT 端子出力を禁止 1: ACMPLP1 VCOOUT 端子出力を許可 | R/W |
| b6 | C1OP | ACMPLP1 VCOOUT 出力極性選択 (注1) | 0: 反転なし 1: 反転あり | R/W |
| b7 | SPDMD | ACMPLP0/ACMPLP1速度選択 (注2) | 0: コンパレータ Low-speedモード選択 1: コンパレータ High-speedモード選択 | R/W |

注1. ACMPLP0 および ACMPLP1 の結果出力は VCOOUT 端子に出力されます。

注2. SPDMD ビットを書き換える前に、COMPMDR レジスタの CIENB ビット (i=0, 1) を0にしてください。

38.2.4 コンパレータ入力選択レジスタ (COMPSEL0)

アドレス ACMPLP.COMPSEL0 4008 5E04h

| | | | | | | | | |
|---------|----|-------------|----|----|----|-------------|----|----|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | CMPSEL[6:4] | | | — | CMPSEL[2:0] | | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

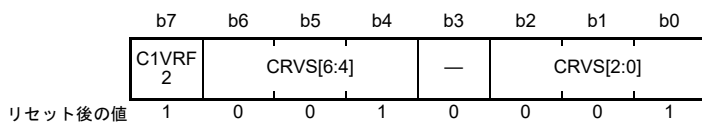
| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------------|----------------------------|--|-----|
| b2-b0 | CMPSEL[2:0] | ACMPLP0入力 (IVCMP0) 選択 (注1) | b2 b0 0 0 0: 入力なし 0 0 1: CMPIN0 (P100) 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6-b4 | CMPSEL[6:4] | ACMPLP1入力 (IVCMP1) 選択 (注2) | b6 b4 0 0 0: 入力なし 0 0 1: CMPIN1 (P102) 1 0 0: CMPIN1 (P501) 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. CMPSEL[2:0] が 000b でない場合、000b 以外の値を書き込まないでください。

注2. CMPSEL[6:4] が 000b でない場合、000b 以外の値を書き込まないでください。

38.2.5 コンパレータ基準電圧選択レジスタ (COMPSEL1)

アドレス ACMPLP.COMPSEL1 4008 5E05h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------|------------------------------|--|-----|
| b2-b0 | CRVS[2:0] | ACMPLP0基準電圧 (IVREF0) 選択 (注1) | b2 b0 0 0 0: 入力なし 0 0 1: CMPREF0 (P101) 0 1 0: DAC8 (チャンネル0) 出力 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6-b0 | CRVS[6:4] | ACMPLP1基準電圧 (IVREF1) 選択 (注2) | b6 b4 0 0 0: 入力なし 0 0 1: CMPREF1 (P103) 0 1 0: DAC8 (チャンネル1) 出力 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b7 | C1VRF2 | ACMPLP1基準電圧選択2 (注3) | 0: IVREF0選択 1: IVREF1選択 | R/W |

- 注 1. CRVS[2:0] が 000b でない場合、000b 以外の値を書き込まないでください。
 注 2. CRVS[6:4] が 000b でない場合、000b 以外の値を書き込まないでください。
 注 3. C1VRF2 を変更するには、CRVS[6:4] ビットおよび CRVS[2:0] ビットを 000b にする必要があります。

38.3 動作説明

ACMPLP0 および ACMPLP1 は独立していますが、動作は同じです。コンパレータの動作中に関連するレジスタの値を変更した場合、動作は保証されません。表 38.3 に ACMPLP に関連するレジスタの設定手順を示します。

表 38.3 ACMPLP (i = 0, 1) 関連レジスタの設定手順

| 手順番号 | レジスタ | ビット | 設定内容 | |
|------|--|----------------------------|--|---|
| 1 | MSTPCRD | MSTPD29 | 0 : 入力クロック供給 | |
| 2 | 該当のポート mn 端子機能選択レジスタ (PmnPFS) | ASEL | アナログ入力を選択 | |
| | COMPSEL0 | COMPSEL[2:0]、COMPSEL[6:4] | | |
| 3 | COMPOCR | SPDMD | コンパレータの応答速度の選択 0 : Low-speed モード 1 : High-speed モード (注1) | |
| 4 | COMPMDR | CiWDE | 0 : ウィンドウ機能モード無効 | 1 : ウィンドウ機能モード有効 (注2) |
| | | CiVRF (注5) | 基準電圧の選択 | ウィンドウコンパレータ動作 (基準 = IVREF0 および IVREF1 (注3)) |
| | COMPSEL1 | CRVS[2:0]、CRVS[6:4]、C1VRF2 | | |
| | COMPMDR | CiENB | 1 : 動作許可 | |
| 5 | コンパレータ安定時間 t_{comp} (最小100 μ s) 待機 | | | |
| 6 | COMPFIR | CiFCK[1:0] | デジタルフィルタを使用するかどうか、およびサンプリングクロックの選択 | |
| | | CiEPO、CiEDG | 割り込み要求のエッジ検出条件の選択 (立ち上がりエッジ、立ち下がりエッジ、両エッジ) | |
| 7 | COMPOCR | CiOP、CiOE | VCOOUT 出力の設定 (極性の選択および出力許可/禁止の設定) | |
| | 該当のポート mn 端子機能選択レジスタ (PmnPFS) | PSEL、PMR | VCOOUT ポート機能を選択 | |
| 8 | IELSRn | IR、IELS[7:0] | 割り込み使用時 : 割り込みステータスフラグ、ICU イベントリンクの選択 (注3) | |
| 9 | ELSRn | ELS[7:0] | ELC 使用時 : イベントリンクの選択 (注4) | |
| 10 | 動作開始 | | | |

- 注 1. ACMPLP0 および ACMPLP1 は、個別に設定できません。
- 注 2. High-speed モードでのみ設定できます (SPDMD = 1)。
- 注 3. コンパレータを設定した後、動作が安定するまで不要な割り込みが発生する場合がありますため、割り込みフラグを初期化してください。
- 注 4. コンパレータを設定した後、動作が安定するまで不要な割り込みが発生する場合がありますため、イベントリンク選択を初期化してください。
- 注 5. 内部基準電圧 (Vref) を変更するには、38.2.1 ACMPLP モード設定レジスタ (COMPMDR) に記載の手順に従ってください。

ウィンドウ機能が無効の場合の ACMPLPi (i = 0, 1) の動作例を図 38.3 に示します。以下に示すように、基準入力電圧 (IVREFi) または内部基準電圧 (Vref) とアナログ入力電圧 (IVCMPi) が比較されます。

- アナログ入力電圧が基準入力電圧より高い場合、COMPMDR.CiMON ビットが 1 になります
- アナログ入力電圧が基準入力電圧より低い場合、CiMON ビットが 0 になります

ACMPLPi は割り込みを ICU に出力します。割り込みの詳細は、38.5 ACMPLP 割り込みを参照してください。ACMPLPi は、他のモジュールを起動するためのイベント信号も ELC に出力します。ELC の詳細は、38.6 ELC イベント出力を参照してください。比較中、レジスタの値を変更しないでください。

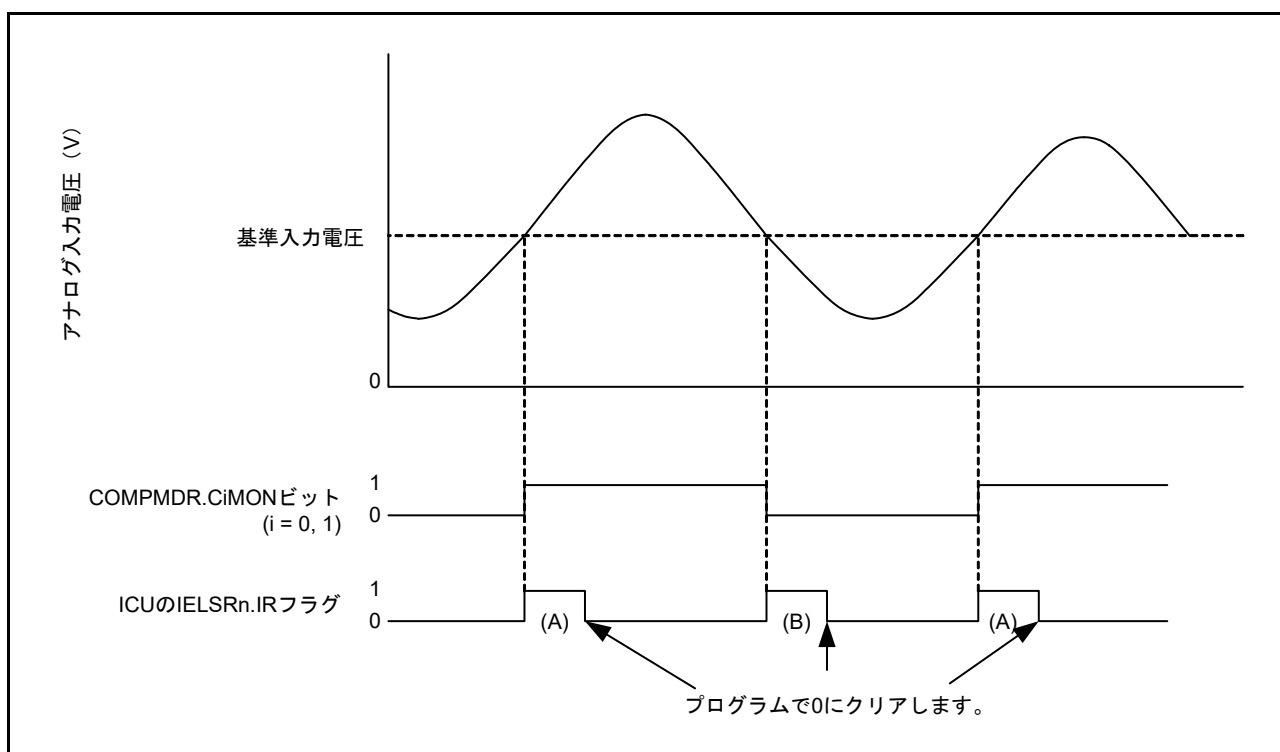


図 38.3 ウィンドウ機能無効時の ACMPLPi (i = 0, 1) の動作例

以下の条件が成立したとき図 38.3 の内容が適用されます。

- CiFCK[1:0] = 00b (サンプリングなし) かつ CiEDG = 1 (両エッジ) のとき
- CiEDG = 0 かつ CiEPO = 0 (立ち上がりエッジ) の場合、IELSRn.IR が (A) で示されるように変化したとき
- CiEDG = 0 かつ CiEPO = 1 (立ち下がりエッジ) の場合、IELSRn.IR が (B) で示されるように変化したとき

ウィンドウ機能が有効の場合の ACMPLPi (i = 0, 1) の動作例を図 38.4 に示します。

基準電圧 (IVREF0/IVREF1) およびアナログ入力電圧が比較されます。CiMON ビットは下記のとおり設定されます。

- $IVREF0 < \text{アナログ入力電圧} < IVREF1$ のときは 1
- $\text{アナログ入力電圧} < IVREF0$ 、または $IVREF1 < \text{アナログ入力電圧}$ のときは 0

ACMPLPi は割り込みを ICU に出力します。割り込みの詳細は、38.5 ACMPLP 割り込みを参照してください。ACMPLPi は、他のモジュールを起動するためのイベント信号も ELC に出力します。ELC の詳細は、38.6 ELC イベント出力を参照してください。比較中、レジスタの値を変更しないでください。

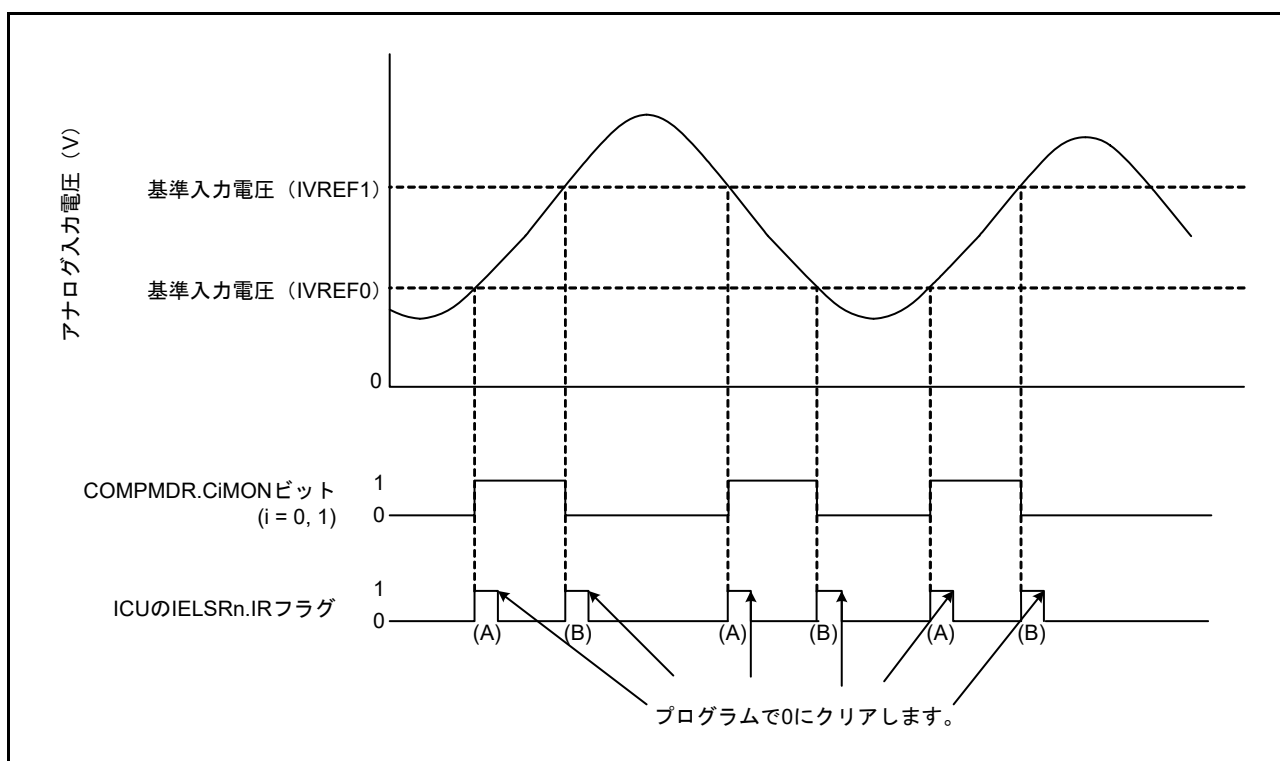


図 38.4 ウィンドウ機能有効時の ACMPLP_i (i = 0, 1) の動作例

以下の条件が成立したとき図 38.4 の内容が適用されます。

- CiFCK[1:0] = 00b (サンプリングなし) かつ CiEDG = 1 (両エッジ) のとき
- CiEDG = 0 かつ CiEPO = 0 (立ち上がりエッジ) の場合、IELSRn.IR が (A) で示されるように変化したとき
- CiEDG = 0 かつ CiEPO = 1 (立ち下がりエッジ) の場合、IELSRn.IR が (B) で示されるように変化したとき

38.4 ノイズフィルタ

ACMPLPi ノイズフィルタの構成を に、動作例を に示します。

COMPFIR.CiFCK[1:0] ビットによってサンプリングクロックの選択が可能です。ACMPLPi からの ACMP_LPi 信号 (内部信号) 出力は、サンプリングクロック周期ごとにサンプリングされます。レベルが 3 回一致すると、該当の IELSRn.IR ビットが 1 (割り込み要求) になり、ELC イベントが出力されます。

ソフトウェアスタンバイモードで割り込みを使用する場合、COMPFIR.CiFCK[1:0] ビットを 00b (バイパス) にします。

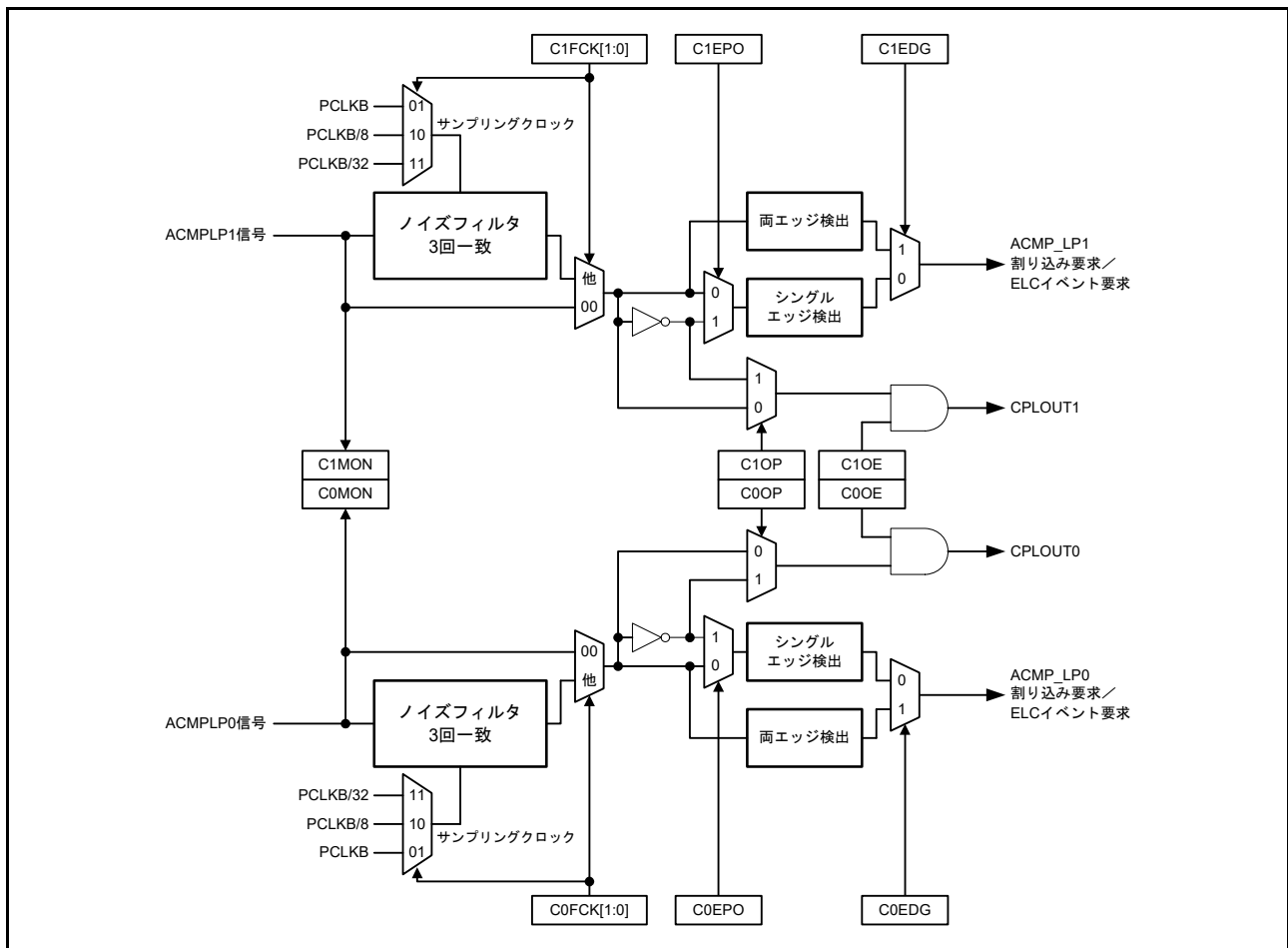


図 38.5 ノイズフィルタおよびエッジ検出の構成

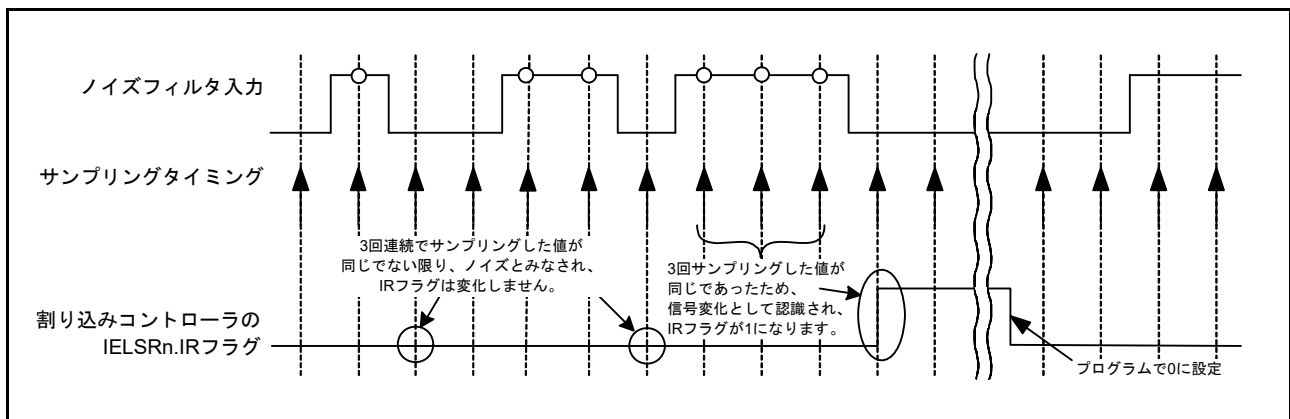


図 38.6 ノイズフィルタおよび割り込みの動作例

38.5 ACMPLP 割り込み

ACMPLP は、ACMPLP0 および ACMPLP1 から割り込み要求を生成します。ACMPLPi ($i=0, 1$) 割り込みを使用するには、ICU の IELSRn レジスタで該当のビットを選択してください。COMPFIR.CiEDG ビットによって片エッジ検出または両エッジ検出のいずれかを選択してください。片エッジ検出を選択するときは、CiEPO ビットによって極性を選択してください。

割り込み出力は、COMPFIR.CiFCK[1:0] ビットで選択された、3つのサンプリングクロックのうち1つを使用するノイズフィルタを通過させることも可能です。各サンプリングクロックを選択するには、COMPFIR.CiFCK[1:0] ビットを、01b、10b または 11b にします。ACMPLP0 割り込み要求を使用してソフトウェアスタンバイモードまたはスヌーズモードを解除するには、COMPFIR.COFCCK[1:0] を 00b (サンプリングなし) にします。ACMPLP1 割り込み要求は、ソフトウェアスタンバイモードまたはスヌーズモードの解除には使用できません。

38.6 ELC イベント出力

ELC は、ACMPLP 割り込み要求信号を ELC イベント信号として使用し、事前設定モジュールに対してリンク動作が可能です。ACMPLP の ELC イベントを使用するには、ELC の ELSRn レジスタで選択します。ELC イベント要求を使用する場合、COMPFIR.CiFCK[1:0] ビットを 01b、10b、または 11b にします。

38.7 割り込み処理と ELC リンクの関係

ACMPLPi は ELC イベント信号を出力し、あらかじめ設定していたモジュールの動作を開始することが可能です。割り込み要因の場合と同様に、ACMPLPi から ELC へのイベント信号出力発生条件は、COMPFIR.CiEDG ビットを設定することで片エッジ検出または両エッジ検出として選択できます。片エッジ検出を選択するときは、CiEPO ビットによって極性を選択できます。

38.8 コンパレータ端子出力

ACMPLPi からの比較結果は外部端子に出力できます。COMPOCR.CiOP および CiOE ビットを使用して、出力極性 (非反転出力または反転出力)、および比較出力の許可または禁止を設定できます。

ACMPLP 比較結果を CPLOUTi によって VCOUT 出力端子に出力するには、I/O レジスタの該当のポート mn 端子機能制御レジスタ (PmnPFS) を設定してください。

レジスタ設定および関連するコンパレータ出力については、[38.2.3 ACMPLP 出力コントロールレジスタ \(COMPOCR\)](#) を参照してください。

38.9 使用上の注意事項

38.9.1 モジュールストップ機能の設定

モジュールストップコントロールレジスタによって、ACMPLP の動作を許可または禁止することが可能です。ACMPLP は、リセット後の初期状態では動作が停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細は、「[11. 低消費電力モード](#)」を参照してください。

38.9.2 A/D コンバータとの関係

ACMPLP アナログ入力と A/D コンバータアナログ入力を同時に使用する場合は制限がかかります。詳細は、[34.8.13 ADC14、OPAMP、ACMPLP 間の関係](#)を参照してください。

39. 8ビットD/Aコンバータ (DAC8)

39.1 概要

表 39.1 に8ビットD/Aコンバータの仕様を、図 39.1 にブロック図を示します。

表 39.1 8ビットD/Aコンバータの仕様

| 項目 | 内容 |
|-------------|-------------------------|
| 分解能 | 8ビット |
| 出力チャンネル | 2チャンネル |
| モジュールストップ機能 | モジュールストップ状態を設定して消費電力を低減 |

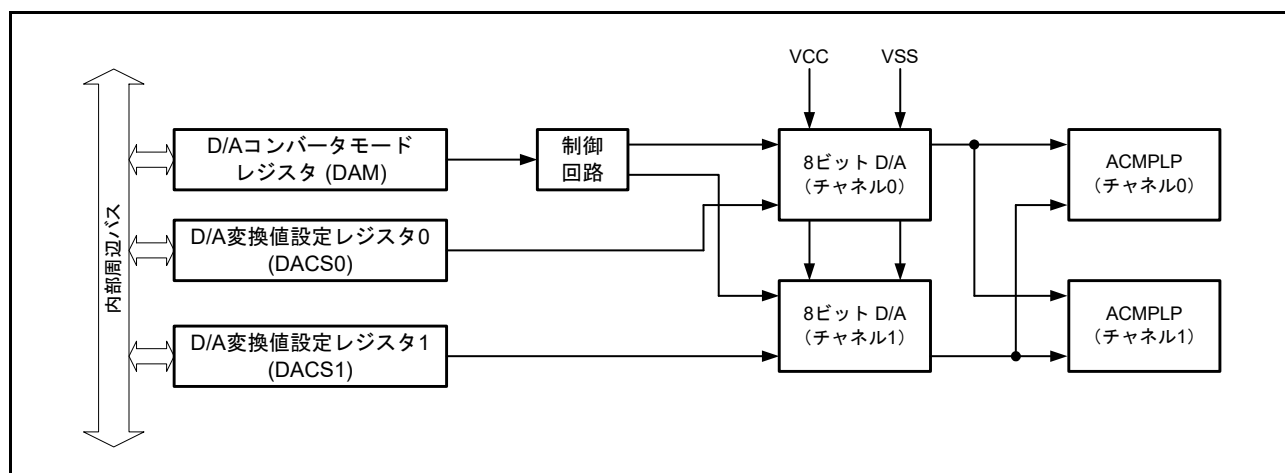
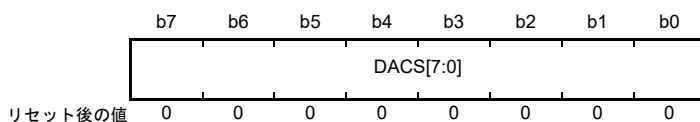


図 39.1 8ビットD/Aコンバータのブロック図

39.2 レジスタの説明

39.2.1 D/A変換値設定レジスタ n (DACS_n) (n = 0, 1)

アドレス [DAC8.DACS0 4009 E000h](#), [DAC8.DACS1 4009 E001h](#)

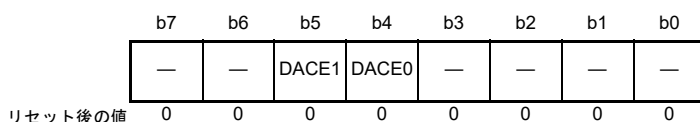


DACS_n レジスタは、D/A変換を行うデータを格納するための8ビットの読み出し/書き込みレジスタです。D/A変換が許可されている場合、DACS_nレジスタの値が変換され、ACMPLPに出力されます。

8ビットD/Aコンバータ出力がCOMPSEL1レジスタにおいてACMPLPの基準入力として選択されており、ACMPLP動作が有効 (COMPMDR.CnENB = 1) の場合、使用中のチャンネルについてDACS[7:0]ビットを変更しないでください。

39.2.2 D/Aコンバータモードレジスタ (DAM)

アドレス [DAC8.DAM 4009 E003h](#)



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------------------|----------|--|-----|
| b3-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | DACE0 | D/A動作許可0 | 0: チャンネル0のD/A変換を禁止 1: チャンネル0のD/A変換を許可 | R/W |
| b5 | DACE1 | D/A動作許可1 | 0: チャンネル1のD/A変換を禁止 1: チャンネル1のD/A変換を許可 | R/W |
| b7-b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

DACE_n ビット (D/A動作許可 n) (n = 0, 1)

D/A変換を許可または禁止します。

8ビットD/Aコンバータ出力がCOMPSEL1レジスタにおいてACMPLPの基準入力として選択されており、ACMPLP動作が有効 (COMPMDR.CnENB = 1) の場合、使用中のチャンネルについてDACE_nビットを変更しないでください。

39.3 動作説明

8ビットD/Aコンバータには2チャンネルのD/A変換回路があり、それぞれが独立して動作を行うことができます。DAM.DACEnビット(n=0,1)を1にすると、8ビットD/Aコンバータが有効になり、変換結果がACMPLPに出力されます。

以下にチャンネル0のD/A変換動作例を示します。

1. DACS0レジスタにD/A変換を行うためのデータを設定します。
2. DAM.DACE0ビットを1にすると、D/A変換を開始します。変換結果はACMPLPに出力されます。DACS0が書き換えられるまで、またはDAM.DACE0ビットが0(D/A変換禁止)になるまで、変換結果が出力され続けます。出力値(参考)は以下の式で計算します。

$$\frac{\text{DACS0レジスタ}}{256} \times VCC$$

3. COMPSEL1レジスタを設定し、8ビットD/Aコンバータを基準電圧として選択してください。
4. COMPMDR.CiENBビットを1にします。
5. コンパレータ安定時間 T_{cmp} (最小100 μs)待機します。詳細は、「[38. 低消費電力アナログコンパレータ \(ACMPLP\)](#)」を参照してください。

39.4 使用上の注意事項

39.4.1 モジュールストップ状態

モジュールストップコントロールレジスタによって、8ビットD/Aコンバータの動作を許可または禁止することが可能です。8ビットD/Aコンバータは、リセット後は動作が停止します。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細は、「[11. 低消費電力モード](#)」を参照してください。

39.4.2 モジュールストップ状態での8ビットD/Aコンバータの動作

D/A変換を許可した状態でMCUがモジュールストップ状態になると、D/A出力が保存されます。電源電流は、D/A変換中の値と同じです。モジュールストップ状態のときに電源電流の低減が必要な場合は、DAM.DACEnビットを0にしてD/A変換を禁止してください。

39.4.3 ソフトウェアスタンバイモード時の8ビットD/Aコンバータの動作

D/A変換を許可した状態でMCUがソフトウェアスタンバイモードになると、D/A出力が保存されます。電源電流はD/A変換中の値と同じです。ソフトウェアスタンバイモード時に電源電流の低減が必要な場合は、DAM.DACEnビットを0にしてD/A変換を禁止してください。

39.4.4 D/Aコンバータを使用しないとき

8ビットD/Aコンバータを使用しないときは、DAM.DACEnビットを0(出力禁止)およびDACS_nレジスタを00hにすることにより、電流が流れず電流消費を低減することが可能です。

40. 静電容量式タッチセンシングユニット (CTSUS)

40.1 概要

静電容量式タッチセンシングユニット (CTSUS) は、タッチセンサの静電容量を測定します。ソフトウェアで静電容量の変化を判定することによって、指などがタッチセンサに接触したことを検出できます。通常、タッチセンサの電極表面は電気絶縁体で覆われており、指が電極に直接接触することはありません。

図 40.1 に示すように、電極と周囲の導電体との間には静電容量 (寄生容量) が存在します。人体も導電体ですので、電極に指が近づくと静電容量が増加します。

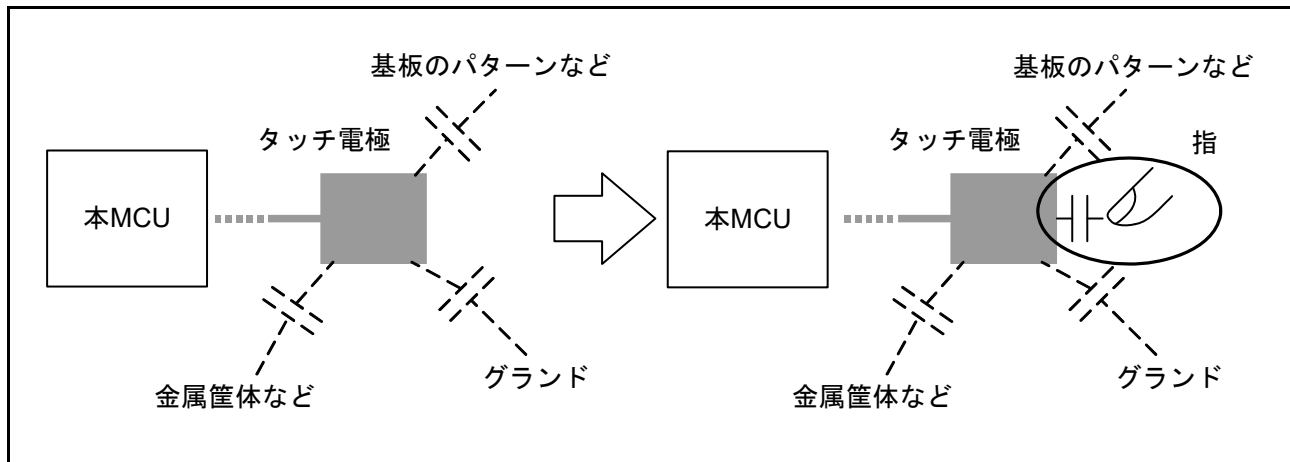


図 40.1 指による静電容量の増加

静電容量の検出方式には、自己容量方式と相互容量方式があります。自己容量方式では、指と1つの電極との間に生じる静電容量を検出します。一方、相互容量方式は、2つの電極を送信電極と受信電極として使用し、指が接近することによって両者の間に生じる静電容量の変化を検出する方式です。

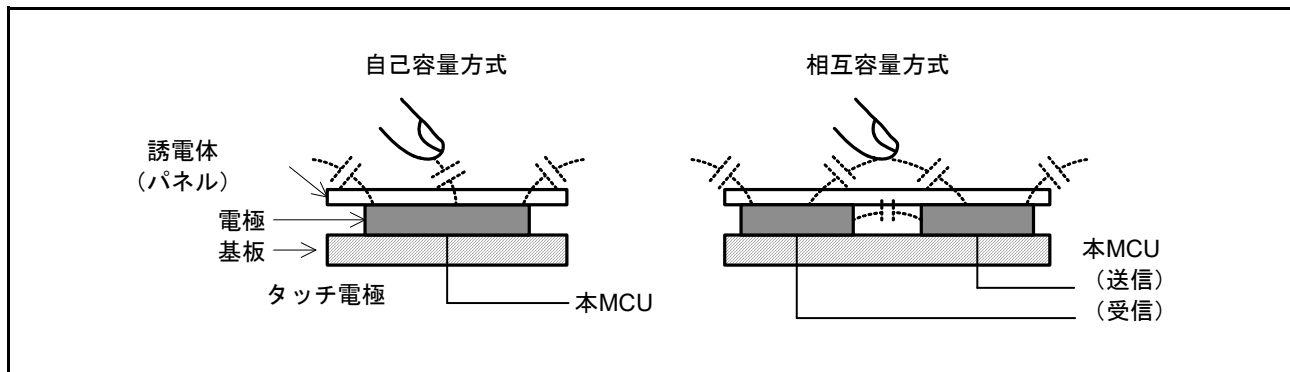


図 40.2 自己容量方式と相互容量方式

静電容量の測定は、充放電電流の量に応じて周波数に変化するクロック信号を一定の時間カウントすることにより行います。CTSUSの計測原理の詳細については、[40.3.1 計測動作原理](#)を参照してください。表 40.1 に CTSUS の仕様を、[図 40.3](#) にブロック図を示します。

表 40.1 CTSUの仕様

| 項目 | | 機能 |
|--------|-----------------|--|
| 動作クロック | | PCLKB, PCLKB/2, PCLKB/4 |
| 端子 | 静電容量計測 | 11チャンネル (TS00、TS01、TS03、TS10、TS12、TS13、TS18、TS28、TS30、TS31、TS34) |
| | TSCAP | LPF (Low Pass Filter) 接続端子 |
| 計測モード | 自己容量シングルスキャンモード | 自己容量方式で1チャンネルの静電容量を計測 |
| | 自己容量マルチスキャンモード | 自己容量方式で複数チャンネルの静電容量を連続して計測 |
| | 相互容量フルスキャンモード | 相互容量方式で複数チャンネルの静電容量を連続して計測 |
| ノイズ対策 | | 同期系ノイズ対策、高域ノイズ対策 |
| 計測開始条件 | | <ul style="list-style-type: none"> ソフトウェアトリガ 外部トリガ (イベントリンクコントローラ (ELC) からのELC_CTSU) |

CTSUSは、図 40.3 に示すように以下のコンポーネントで構成されます。

- ステータス制御部
- トリガ制御部
- クロック制御部
- チャンネル制御部
- ポート制御部
- センサドライブパルス生成部
- 計測部
- 割り込み部
- I/O レジスタ

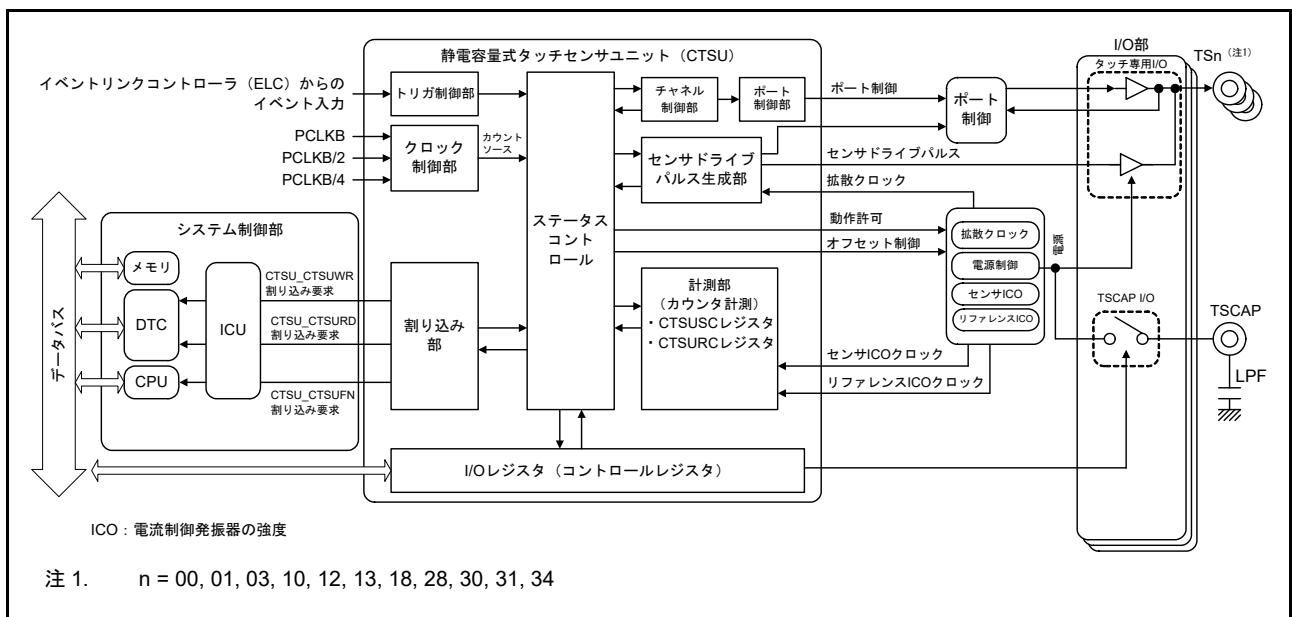


図 40.3 CTSUSのブロック図

表 40.2 CTSU端子の構成

| 端子名 | 入出力 | 機能 |
|--|-----|------------------|
| TS00, TS01, TS03, TS10, TS12, TS13, TS18, TS28, TS30, TS31, TS34 | 入力 | 静電容量計測端子 (タッチ端子) |
| TSCAP | — | LPF 接続端子 |

40.2 レジスタの説明

40.2.1 CTSU コントロールレジスタ 0 (CTSUCR0)

アドレス CTSU.CTSUCR0 4008 1000h

| | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|--------------|----|-------------|-------------|--------------|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | CTSUI NIT | — | CTSUS NZ | CTSUC AP | CTSUS TRT |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|-------------------|--|-----|
| b0 | CTSUSTRT | CTSUS 計測動作開始 | 0 : 計測動作停止 (注1) 1 : 計測動作開始 | R/W |
| b1 | CTSUCAP | CTSUS 計測動作開始トリガ選択 | 0 : ソフトウェアトリガ 1 : 外部トリガ | R/W |
| b2 | CTSUSNZ | CTSUS 待機時省電力有効 | 待機時省電力機能を設定します。 0 : 待機時省電力機能無効 1 : 待機時省電力機能有効 | R/W |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読み出されず。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | CTSUINIT | CTSUS 制御部初期化 | 1を書くと、CTSUS制御部と、CTSUSUC、CTSUSURC、CTSUSUMCH0、CTSUSUMCH1、CTSUSUSTの各レジスタが初期化されます。読むと0が読めます。 | W |
| b7-b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注 1. CTSUS を使用しない場合、本ビットは0に固定してください。

CTSUCAP ビットと CTSUSNZ ビットの設定は、CTSUSTRT ビットが0のときのみ行ってください。計測動作開始時に同時に設定可能です。

CTSUSTRT ビット (CTSUS 計測動作開始)

計測動作の開始または停止を指定します。CTSUCAP ビットが0のとき、ソフトウェアが CTSUSTRT ビットに1を書き込むこと (ソフトウェアトリガ) により計測を開始し、ハードウェアが CTSUSTRT ビットを0にすると停止します。CTSUCAP ビットが1のとき、CTSUSTRT ビットに1を書き込むことにより外部トリガの待機状態となり、外部トリガの立ち上がりで計測を開始します。計測が終了したら、次の外部トリガの待機状態となり動作が継続されます。

CTSUS の状態を表 40.3 に示します。

表 40.3 CTSUS の状態

| CTSUSTRT ビット | CTSUCAP ビット | CTSUS の状態 |
|--------------|-------------|--------------------|
| 0 | 0 | 停止 |
| 0 | 1 | 停止 |
| 1 | 0 | 計測中 |
| 1 | 1 | 計測中および外部トリガ待ち (注1) |

注 1. CTSUSUST.CTSUSUSTC[2:0] フラグで以下のとおり状態を判断できます。

計測中 : CTSUSUST.CTSUSUSTC[2:0] フラグ ≠ 000b

外部トリガ待ち : CTSUSUST.CTSUSUSTC[2:0] フラグ = 000b

CTSUSTRT ビットがすでに1になっている場合、ソフトウェアで本ビットを1にしても、その書き込みは無視され動作が継続します。CTSUSTRT ビットが1のとき、ソフトウェアにより動作を強制的に終了する場合は、CTSUSTRT ビットを0にして、同時に CTSUINIT ビットを1にしてください。

CTSUCAP ビット (CTSU 計測動作開始トリガ選択)

計測開始条件を指定します。詳細は、**CTSUSTRT ビット (CTSU 計測動作開始)** を参照してください。

CTSUSNZ ビット (CTSU 待機時省電力有効)

待機時省電力動作の有効または無効を選択します。また、本ビットにより CTSU 電源はサスペンド状態になり、待機状態の低消費電力化が可能になります。サスペンド状態では、CTSU 電源は OFF になりますが外部 TSCAP は引き続き充電されます。

CTSU 電源状態制御を [表 40.4](#) に示します。

表 40.4 CTSU 電源の状態制御

| CTSUCR1.CTSPON ビット | CTSUSNZ ビット | CTSUCAP ビット | CTSUSTRT ビット | CTSU 電源の状態 |
|--------------------|-------------|-------------|--------------|------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 停止 |
| 1 | 0 | — | — | 動作 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | サスペンド状態 |

注. 上記以外は設定しないでください。

サスペンド状態から計測を開始する場合は、CTSUSNZ ビットを 0 にしてから CTSUSTRT ビットを 1 にしてください。計測終了後、モジュールをサスペンド状態にするには、CTSUSNZ ビットを 1 にしてください。

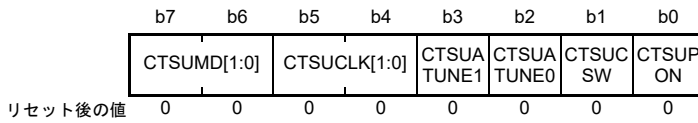
CTSUINIT ビット (CTSU 制御部初期化)

1 を書き込むと、内部コントロールレジスタを初期化します。動作中に強制終了させる場合は、CTSUSTRT ビットを 0 にして、同時に CTSUINIT ビットを 1 にしてください。この場合は動作が停止し、内部コントロールレジスタが初期化されます。

CTSUSTRT ビットが 1 のとき、CTSUINIT ビットに 1 を書き込まないでください。

40.2.2 CTSU コントロールレジスタ 1 (CTSUCR1)

アドレス CTSU.CTSUCR1 4008 1001h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------------|------------------|---|-----|
| b0 | CTSUPON | CTSUS電源供給許可 | CTSUS電源供給を制御します。 0: 電源OFF 1: 電源ON | R/W |
| b1 | CTSUCSW | CTSUS LPF 容量充電制御 | TSCAP端子に接続されるLPF容量の充電を制御します。 0: 容量スイッチOFF 1: 容量スイッチON | R/W |
| b2 | CTSUA TUNE0 | CTSUS電源動作モード設定 | VCC ≥ 2.4V 0: 通常動作モード 1: 低電圧動作モード VCC < 2.4V 0: 設定禁止 1: 低電圧動作モード | R/W |
| b3 | CTSUA TUNE1 | CTSUS電源能力調整 | 0: 通常出力 1: 高出力 | R/W |
| b5-b4 | CTSUCLK[1:0] | CTSUS動作クロック選択 | CTSUSの動作クロックを選択します。 b5 b4 0 0: PCLKB 0 1: PCLKB/2 (PCLKBを2分周したクロック) 1 0: PCLKB/4 (PCLKBを4分周したクロック) 1 1: 設定禁止 | R/W |
| b7-b6 | CTSUMD[1:0] | CTSUS計測モード選択 | CTSUSの計測モードを選択します。 b7 b6 0 0: 自己容量シングルスキャンモード 0 1: 自己容量マルチスキャンモード 1 0: 設定禁止 1 1: 相互容量フルスキャンモード | R/W |

CTSUCR1 レジスタの設定は、CTSUCR0.CTSUSTRT ビットが0のときのみ行ってください。

CTSUPON ビット (CTSUS 電源供給許可)

CTSUSの電源制御を行います。CTSUPON ビットとCTSUCSW ビットには同じ値を設定してください。

CTSUCSW ビット (CTSUS LPF 容量充電制御)

容量スイッチのON/OFFにより、TSCAP端子に接続されるLPF容量の充電制御を行います。容量スイッチをONにしてからTSCAP端子に接続している容量が充電されるまで、一定時間待った後、CTSUCR0.CTSUSTRTを1にして計測を開始してください。計測に先立って、I/OポートでTSCAP端子にLowを出力し、すでに充電されているLPF容量を放電してください。CTSUPON ビットとCTSUCSW ビットには同じ値を設定してください。

CTSUA TUNE0 ビット (CTSUS 電源動作モード設定)

CTSUSの電源動作モードを設定します。本ビットをCTSUSを動作させるVCCの下限に設定してください。たとえば、バッテリー動作に応じてVCCが変動するシステムでタッチ計測を行う場合、初期のVCC電圧にかかわらず本ビットを1にしてください。VCC電圧範囲は2～3Vです。

CTSUA TUNE1 ビット (CTSUS 電源能力調整)

CTSUSの電源能力を設定します。通常は0にしてください。

CTSUCLK[1:0] ビット (CTSUS 動作クロック選択)

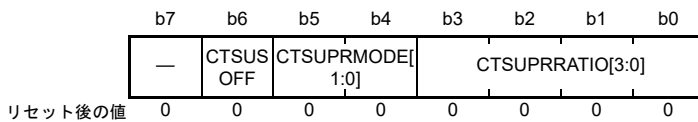
動作クロックを選択します。

CTSUMD[1:0] ビット (CTSUS 計測モード選択)

計測モードを設定します。詳細は、40.3.2 計測モードを参照してください。

40.2.3 CTSUS 同期ノイズ低減設定レジスタ (CTSUS DPRS)

アドレス CTSUS.CTSUSDPRS 4008 1002h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-----------------------|-----------------------|---|-----|
| b3-b0 | CTSUSPRRATIO [3:0] | CTSUS 計測時間、計測パルス数調整 | 計測時間、パルス数を設定します。 推奨設定値：3 (0011b) | R/W |
| b5-b4 | CTSUSPRMODE [1:0] | CTSUS 基本周期、基本パルス数設定 | 基本パルス数を設定します。 b5 b4 0 0 : 510パルス 0 1 : 126パルス 1 0 : 62パルス (推奨設定値) 1 1 : 設定禁止 | R/W |
| b6 | CTSUSOFF | CTSUS 高域ノイズ低減機能OFF 設定 | 高域ノイズを低減するためのスペクトラム拡散機能を 制御します。 0 : ONに設定 1 : OFFに設定 | R/W |
| b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

CTSUSDPRS レジスタの設定は、CTSUCR0.CTSUSTRT ビットが0のときのみ行ってください。

CTSUSPRRATIO[3:0] ビット (CTSUS 計測時間、計測パルス数調整)

以下の式を使用して計測時間と計測パルス数を設定し、CTSUSPRMODE[1:0] ビットの設定により基本パルス数が決定されます。

$$\text{計測パルス数} = \text{基本パルス数} \times (\text{CTSUSPRRATIO}[3:0] \text{ ビット} + 1)$$

$$\text{計測時間} = (\text{基本パルス数} \times (\text{CTSUSPRRATIO}[3:0] \text{ ビット} + 1) + \text{基本パルス数} - 2) \times 0.25 \times \text{ベースクロック周期}$$

注． ベースクロック周期の詳細は、40.2.21 CTSUS センサオフセットレジスタ 1 (CTSUSO1) を参照してください。

CTSUSPRMODE[1:0] ビット (CTSUS 基本周期、基本パルス数設定)

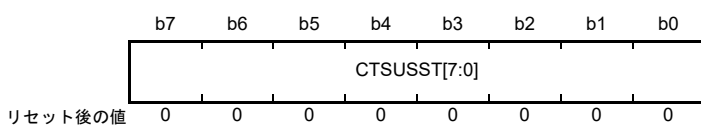
計測で発生する基本パルス数を選択します。

CTSUSOFF ビット (CTSUS 高域ノイズ低減機能 OFF 設定)

高域ノイズを低減する機能の ON/OFF を設定します。1 にすると OFF になります。

40.2.4 CTSU センサ安定待ち時間コントロールレジスタ (CTSUSST)

アドレス CTSU.CTSUSST 4008 1003h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------------|--------------|------------------|-----|
| b7-b0 | CTSUSST[7:0] | CTSUSST[7:0] | CTSUSST[7:0]ビット名 | R/W |

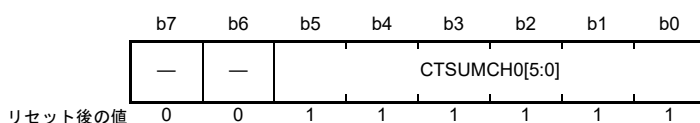
CTSUSST レジスタの設定は、CTSUCR0.CTSUSSTRT ビットが 0 のときのみ行ってください。

CTSUSST[7:0] ビット (CTSUSST[7:0] ビット)

TSCAP 端子の電圧の安定待ち時間を設定します。常に 0001_0000b にしてください。本ビットが設定されない場合、計測開始時の TSCAP 電圧が不安定となり、正しいタッチ計測結果が得られません。

40.2.5 CTSU 計測チャンネルレジスタ 0 (CTSUMCH0)

アドレス CTSU.CTSMCH0 4008 1004h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------------|--------------|---|-------------|
| b5-b0 | CTSUMCH0[5:0] | CTSU計測チャンネル0 | 自己容量シングルスキャンモードでは、計測するCTSUのチャンネルを設定します。 b5 b0 0 0 0 0 0 0:TS00 0 0 0 0 0 1:TS01 0 0 0 0 1 1:TS03 0 0 1 0 1 0:TS10 0 0 1 1 0 0:TS12 0 0 1 1 0 1:TS13 0 1 0 0 1 0:TS18 0 1 1 1 0 0:TS28 0 1 1 1 1 0:TS30 0 1 1 1 1 1:TS31 1 0 0 0 1 0:TS34 特に指定のない限り、上記ビット設定後にCTSU.CTSMCH0.CTSMCH0[5:0]ビットを1にして計測を開始することは禁止されています。 | R/W (注1) |
| | | | 他の計測モードでは、現在計測中のチャンネルを示します。 b5 b0 0 0 0 0 0 0:TS00 0 0 0 0 0 1:TS01 0 0 0 0 1 1:TS03 0 0 1 0 1 0:TS10 0 0 1 1 0 0:TS12 0 0 1 1 0 1:TS13 0 1 0 0 1 0:TS18 0 1 1 1 0 0:TS28 0 1 1 1 0 1:TS29 0 1 1 1 1 0:TS30 0 1 1 1 1 1:TS31 1 0 0 0 1 0:TS34 1 1 1 1 1 1:計測停止中 | |
| b7-b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. 自己容量シングルスキャンモード (CTSU.CTSMCH0.CTSMCH0[1:0] ビット = 00b) 時のみ、書き込み可能です。

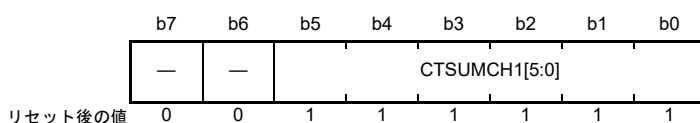
CTSUMCH0 レジスタの設定は、CTSU.CTSMCH0.CTSMCH0[5:0] ビットが0のときのみ行ってください。

CTSUMCH0[5:0] ビット (CTSU 計測チャンネル0)

自己容量シングルスキャンモードでは、CTSUMCH0[5:0] ビットで計測するチャンネルを設定します。このモードでは、有効チャンネル (000000b, 000001b, 000011b, 001010b, 001100b, 001101b, 010010b, 011100b, 011110b, 011111b, 100010b) のみ指定してください。それ以外のモードでは計測中の受信チャンネルを示し、これらのビットへの書き込みは無効になります。

40.2.6 CTSU 計測チャンネルレジスタ 1 (CTSUCMCH1)

アドレス CTSU.CTSMCH1 4008 1005h



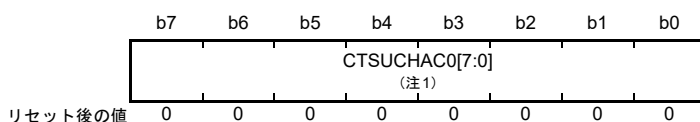
| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------------|-----------|---|-----|
| b5-b0 | CTSUCMCH1[5:0] | CTSUCMCH1 | b5 b0 0 0 0 0 0 0: TS00 0 0 0 0 0 1: TS01 0 0 0 0 1 1: TS03 0 0 1 0 1 0: TS10 0 0 1 1 0 0: TS12 0 0 1 1 0 1: TS13 0 1 0 0 1 0: TS18 0 1 1 1 0 0: TS28 0 1 1 1 1 0: TS30 0 1 1 1 1 1: TS31 1 0 0 0 1 0: TS34 1 1 1 1 1 1: 計測停止中 | R |
| b7-b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |

CTSUCMCH1[5:0] ビット (CTSUCMCH1 計測チャンネル 1)

フルスキャンモードで計測中の送信チャンネルを示します。計測停止中、または自己容量シングルスキャンモード/自己容量マルチスキャンモードでは、111111b になります。

40.2.7 CTSU チャンネルイネーブルコントロールレジスタ 0 (CTSUCMCH0)

アドレス CTSU.CTSMCH0 4008 1006h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------------------|-----------|--|-----|
| b7-b0 | CTSUCMCH0[7:0] (注1) | CTSUCMCH0 | 対応するTS端子を計測するかどうかを選択します。 0: 計測しない 1: 計測する 本ビットは、TS00、TS01、TS03端子の設定を行います。 | R/W |

注1. 本MCUはTS02およびTS04～TS07端子には対応していません。そのため、CTSUCMCH0[2]およびCTSUCMCH0[4:7]を読むと0が読めます。書く場合、0としてください。

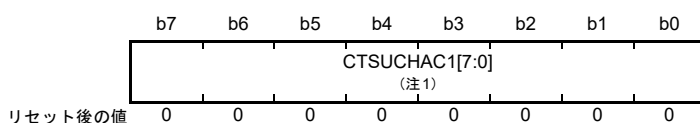
CTSUCMCH0 レジスタの設定は、CTSUCR0.CTSMSTRT ビットが0のときのみ行ってください。

CTSUCMCH0[7:0] ビット (CTSUCMCH0 チャンネル有効制御 0)

静電容量を計測する受信端子と送信端子を選択します。CTSUCMCH0[0]はTS00に、CTSUCMCH0[3]はTS03に対応します。

40.2.8 CTSU チャネルイネーブルコントロールレジスタ 1 (CTSUCHAC1)

アドレス CTSU.CTSUCHAC1 4008 1007h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------------------|----------------|--|-----|
| b7-b0 | CTSUCHAC1[7:0] (注1) | CTSUSチャネル有効制御1 | 対応するTS端子を計測するかどうかを選択します。 0: 計測しない 1: 計測する 本ビットは、TS10、TS12、TS13端子の設定を行います。 | R/W |

注1. 本MCUはTS08、TS09、TS11、TS14端子およびTS15端子には対応していません。そのため、CTSUCHAC1[0]、CTSUCHAC1[1]、CTSUCHAC1[3]およびCTSUCHAC1[7:6]を読むと0が読めます。書く場合、0としてください。

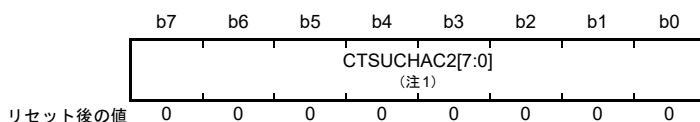
CTSUCHAC1レジスタの設定は、CTSUCR0.CTSUSTRTビットが0のときのみ行ってください。

CTSUCHAC1[7:0]ビット (CTSUSチャネル有効制御1)

静電容量を計測する受信端子と送信端子を選択します。CTSUCHAC1[2]はTS10に、CTSUCHAC1[5]はTS13に対応します。

40.2.9 CTSU チャネルイネーブルコントロールレジスタ 2 (CTSUCHAC2)

アドレス CTSU.CTSUCHAC2 4008 1008h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------------------|----------------|--|-----|
| b7-b0 | CTSUCHAC2[7:0] (注1) | CTSUSチャネル有効制御2 | 対応するTS端子を計測するかどうかを選択します。 0: 計測しない 1: 計測する 本ビットは、TS18端子の設定を行います。 | R/W |

注1. 本MCUはTS16端子、TS17端子およびTS19～TS23端子には対応していません。そのため、CTSUCHAC2[7:3]およびCTSUCHAC2[1:0]を読むと0が読めます。書く場合、0としてください。

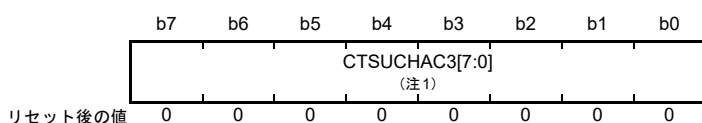
CTSUCHAC2レジスタの設定は、CTSUCR0.CTSUSTRTビットが0のときのみ行ってください。

CTSUCHAC2[7:0]ビット (CTSUSチャネル有効制御2)

静電容量を計測する受信端子と送信端子を選択します。CTSUCHAC2[2]はTS18に対応します。

40.2.10 CTSU チャネルイネーブルコントロールレジスタ 3 (CTSUCHAC3)

アドレス CTSU.CTSUCHAC3 4008 1009h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------------------|-----------------|---|-----|
| b7-b0 | CTSUCHAC3[7:0] (注1) | CTSUSチャンネル有効制御3 | 対応するTS端子を計測するかどうか選択します。 0：計測しない 1：計測する 本ビットは、TS28、TS30およびTS31端子の設定を行います。 | R/W |

注 1. 本 MCU は TS24 端子～TS27 端子および TS29 端子には対応していません。そのため、CTSUCHAC3[3:0] および CTSUCHAC3[5] を読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。

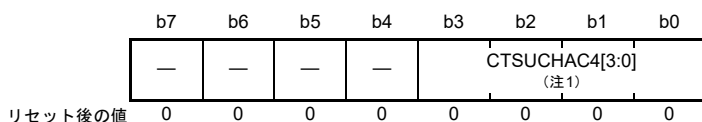
CTSUCHAC3 レジスタの設定は、CTSUCR0.CTSUSTRT ビットが 0 のときのみ行ってください。

CTSUCHAC3[7:0] ビット (CTSUSチャンネル有効制御 3)

静電容量を計測する受信端子と送信端子を選択します。CTSUCHAC3[4] は TS28 に、CTSUCHAC3[7] は TS31 に対応します。

40.2.11 CTSU チャネルイネーブルコントロールレジスタ 4 (CTSUCHAC4)

アドレス CTSU.CTSUCHAC4 4008 100Ah



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------------------|-----------------|---|-----|
| b3-b0 | CTSUCHAC4[3:0] (注1) | CTSUSチャンネル有効制御4 | 対応するTS端子を計測するかどうか選択します。 0：計測しない 1：計測する 本ビットは、TS34端子の設定を行います。 | R/W |
| b7-b4 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注 1. 本 MCU は TS32、TS33 端子および TS35 端子には対応していません。そのため、CTSUCHAC4[3] および CTSUCHAC4[1:0] を読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。

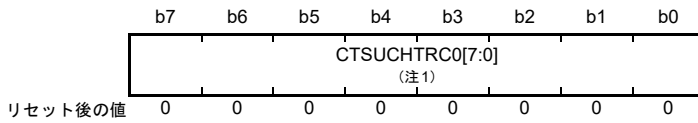
CTSUCHAC4 レジスタの設定は、CTSUCR0.CTSUSTRT ビットが 0 のときのみ行ってください。

CTSUCHAC4[3:0] ビット (CTSUSチャンネル有効制御 4)

静電容量を計測する受信端子と送信端子を選択します。CTSUCHAC4[2] は TS34 に対応します。

40.2.12 CTSU チャネル送受信コントロールレジスタ 0 (CTSUCHTRC0)

アドレス CTSU.CTSUCHTRC0 4008 100Bh



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------------------------|-----------------|---|-----|
| b7-b0 | CTSUCHTRC0[7:0] (注1) | CTSUCチャネル送受信制御0 | 0: 受信 1: 送信 本ビットは、TS00、TS01、TS03端子の設定を行います。 | R/W |

注1. 本MCUはTS02端子およびTS04～TS07端子には対応していません。そのため、CTSUCHTRC0[2]およびCTSUCHTRC0[7:4]を読むと0が読めます。書く場合、0としてください。

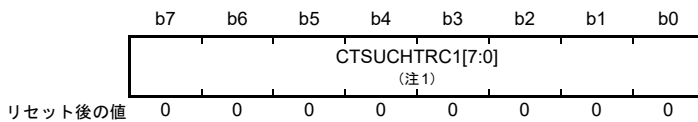
CTSUCHTRC0レジスタの設定は、CTSUCR0.CTSUSTRTビットが0のときのみ行ってください。

CTSUCHTRC0[7:0]ビット (CTSUCチャネル送受信制御0)

フルスキャンモード時、関連するTS端子を受信または送信に割り当てます。自己容量シングルスキャンモード、および自己容量マルチスキャンモードでは、本ビットの設定は無視されます。CTSUCHTRC0[0]はTS00に、CTSUCHTRC0[3]はTS03に対応します。

40.2.13 CTSU チャネル送受信コントロールレジスタ 1 (CTSUCHTRC1)

アドレス CTSU.CTSUCHTRC1 4008 100Ch



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------------------------|-----------------|---|-----|
| b7-b0 | CTSUCHTRC1[7:0] (注1) | CTSUCチャネル送受信制御1 | 0: 受信 1: 送信 本ビットは、TS10、TS12、TS13端子の設定を行います。 | R/W |

注1. 本MCUはTS08、TS09、TS11、TS14端子およびTS15端子には対応していません。そのため、CTSUCHTRC1[0]、CTSUCHTRC1[1]、CTSUCHTRC1[3]およびCTSUCHTRC1[7:6]を読むと0が読めます。書く場合、0としてください。

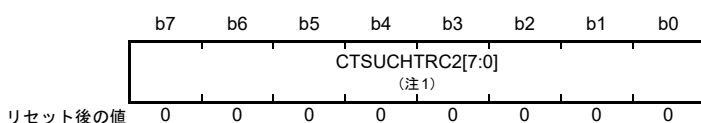
CTSUCHTRC1レジスタの設定は、CTSUCR0.CTSUSTRTビットが0のときのみ行ってください。

CTSUCHTRC1[7:0]ビット (CTSUCチャネル送受信制御1)

フルスキャンモードで、関連TS端子を受信または送信に割り当てます。自己容量シングルスキャンモード、および自己容量マルチスキャンモードでは、本ビットの設定は無視されます。CTSUCHTRC1[2]はTS10に、CTSUCHTRC1[5]はTS13に対応します。

40.2.14 CTSU チャネル送受信コントロールレジスタ 2 (CTSUCHTRC2)

アドレス CTSU.CTSUCHTRC2 4008 100Dh



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------------------------|-----------------|---|-----|
| b7-b0 | CTSUCHTRC2[7:0] (注1) | CTSUSチャネル送受信制御2 | 0: 受信 1: 送信 本ビットは、TS18端子の設定を行います。 | R/W |

注1. 本MCUはTS16、TS17端子およびTS19～TS23端子には対応していません。そのため、CTSUCHTRC2[7:3]およびCTSUCHTRC2[1:0]を読むと0が読めます。書く場合、0としてください。

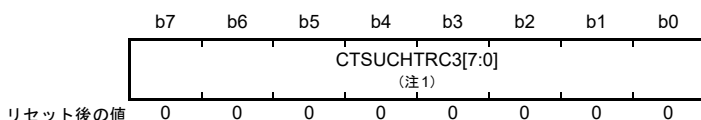
CTSUCHTRC2レジスタの設定は、CTSUCR0.CTSUSTRTビットが0のときのみ行ってください。

CTSUCHTRC2[7:0]ビット (CTSUSチャネル送受信制御2)

フルスキャンモードで、関連TS端子を受信または送信に割り当てます。自己容量シングルスキャンモード、および自己容量マルチスキャンモードでは、本ビットの設定は無視されます。CTSUCHTRC2[2]はTS18に対応します。

40.2.15 CTSU チャネル送受信コントロールレジスタ 3 (CTSUCHTRC3)

アドレス CTSU.CTSUCHTRC3 4008 100Eh



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------------------------|-----------------|---|-----|
| b7-b0 | CTSUCHTRC3[7:0] (注1) | CTSUSチャネル送受信制御3 | 0: 受信 1: 送信 本ビットは、TS28、TS30端子およびTS31端子の設定を行います。 | R/W |

注1. 本MCUはTS24～TS27端子およびTS29端子には対応していません。そのため、CTSUCHTRC3[3:0]およびCTSUCHTRC3[5]を読むと0が読めます。書く場合、0としてください。

CTSUCHTRC3レジスタの設定は、CTSUCR0.CTSUSTRTビットが0のときのみ行ってください。

CTSUCHTRC3[7:0]ビット (CTSUSチャネル送受信制御3)

フルスキャンモードで、関連TS端子を受信または送信に割り当てます。自己容量シングルスキャンモード、および自己容量マルチスキャンモードでは、本ビットの設定は無視されます。CTSUCHTRC3[4]はTS28に、CTSUCHTRC3[7]はTS31に対応します。

40.2.18 CTSU ステータスレジスタ (CTSUST)

アドレス CTSU.CTSUST 4008 1011h

| | | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|----|--------------|----|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| CTSUPS | CTSUR | CTSUS | CTSUD | — | CTSUSTC[2:0] | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

リセット後の値

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------------|--------------------------|---|-----|
| b2-b0 | CTSUSTC[2:0] | CTSU計測ステータスカウンタ | 現在の計測ステータスを示します。 b2 b0 0 0 0 : Status0 0 0 1 : Status1 0 1 0 : Status2 0 1 1 : Status3 1 0 0 : Status4 1 0 1 : Status5 | R |
| b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b4 | CTSUDTSR | CTSUデータ転送ステータスフラグ | センサカウンタ、リファレンスカウンタに格納された計測結果を読み出したか否かを示します。 0 : 読み出しあり 1 : 読み出しなし | R |
| b5 | CTSUSOVF | CTSUセンサカウンタオーバーフローフラグ | センサカウンタのオーバーフローを示します。 0 : オーバーフロー発生なし 1 : オーバーフロー発生あり | R/W |
| b6 | CTSUROVF | CTSUリファレンスカウンタオーバーフローフラグ | リファレンスカウンタのオーバーフローを示します。 0 : オーバーフロー発生なし 1 : オーバーフロー発生あり | R/W |
| b7 | CTSUPS | CTSU相互容量計測ステータスフラグ | 相互容量フルスキャンモードでの計測ステータスを示します。 0 : 1回目の計測 1 : 2回目の計測 | R |

CTSUCR0.CTSUINIT ビットでオーバーフローフラグをクリアする場合は、必ず CTSUCR0.CTSUSTRT ビットが0であるときに行ってください。

CTSUSTC[2:0] フラグ (CTSU 計測ステータスカウンタ)

現在の計測ステータスを示すカウンタです。各ステータスの詳細は、[40.3.2.2 ステータスカウンタ](#)を参照してください。

CTSUDTSR フラグ (CTSU データ転送ステータスフラグ)

センサカウンタ、リファレンスカウンタに格納された計測結果を読み出したか否かを示します。計測完了時に1になり、ソフトウェアまたはDTCでリファレンスカウンタを読み出すと0となります。本フラグは、CTSUCR0.CTSUINIT ビットでもクリアされます。

CTSUSOVF フラグ (CTSU センサカウンタオーバーフローフラグ)

センサカウンタであるCTSUSCがオーバーフローしたことを示します。オーバーフロー発生時、カウンタ値はFFFFhになります。計測は指定期間継続します。

オーバーフロー発生時に割り込みは発生しません。そのため、どのチャンネルでオーバーフローが発生したかは、測定終了割り込み発生により計測完了が判明してから、各チャンネルの計測結果により判定してください。

本フラグは、ソフトウェアで1を読み出した後、0を書き込むことによりクリアされます。本フラグは、CTSUCR0.CTSUINIT ビットでもクリアされます。

CTSUROVF フラグ (CTSU リファレンスカウンタオーバーフローフラグ)

リファレンスカウンタである CTSURC がオーバーフローしたことを示します。オーバーフロー発生時、カウンタ値は FFFFh になります。計測は指定期間継続します。

オーバーフロー発生時でも割り込みは発生しません。そのため、どのチャンネルでオーバーフローが発生したかは、測定終了割り込み発生により計測完了が判明してから、各チャンネルの計測結果により判定してください。

本フラグは、ソフトウェアで 1 を読み出した後、0 を書き込むことによりクリアされます。本フラグは、CTSUCR0.CTSUINIT ビットでもクリアされます。

CTSUPS フラグ (CTSU 相互容量計測ステータスフラグ)

相互容量フルスキャンモード (CTSUCR1.CTSUMD[1:0] ビット = 11b) のとき、1 チャンネルあたり 2 回の計測において計測が 1 回目なのか 2 回目なのかを示します。計測停止時、またはその他の計測モードの場合は 0 になります。

40.2.19 CTSU 高域ノイズ低減スペクトラム拡散コントロールレジスタ (CTSUSSC)

アドレス CTSU.CTSUSSC 4008 1012h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|----------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 | |
| — | — | — | — | CTSUSSDIV[3:0] | | | | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|----------------|------------------|---------------------------------------|-----|
| b7-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b11-b8 | CTSUSSDIV[3:0] | CTSUスペクトラム拡散分周設定 | ベースクロックの分周設定に基づき、スペクトラム拡散分周設定値を設定します。 | R/W |
| b15-b12 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

CTSUSSDIV[3:0] ビット (CTSU スペクトラム拡散分周設定)

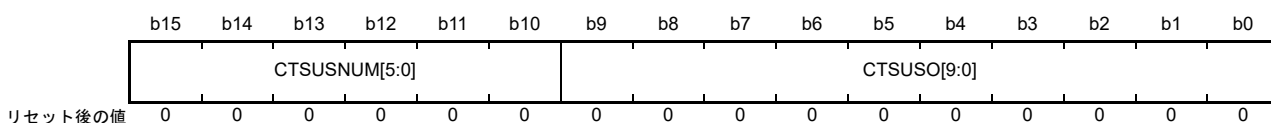
ベースクロックの分周設定に基づいて、スペクトラム拡散分周設定値を設定します。CTSUSSDIV[3:0] の正しい設定値を決めるには、表 40.5 でベースクロック周波数と設定値の関係を参照してください。

表 40.5 ベースクロック周波数とCTSUSSDIV[3:0]ビットの設定値の関係

| ベースクロック周波数fb (MHz) | CTSUSSDIV[3:0]ビットの設定値 |
|-----------------------|-----------------------|
| $4.00 \leq fb$ | 0000b |
| $2.00 \leq fb < 4.00$ | 0001b |
| $1.33 \leq fb < 2.00$ | 0010b |
| $1.00 \leq fb < 1.33$ | 0011b |
| $0.80 \leq fb < 1.00$ | 0100b |
| $0.67 \leq fb < 0.80$ | 0101b |
| $0.57 \leq fb < 0.67$ | 0110b |
| $0.50 \leq fb < 0.57$ | 0111b |
| $0.44 \leq fb < 0.50$ | 1000b |
| $0.40 \leq fb < 0.44$ | 1001b |
| $0.36 \leq fb < 0.40$ | 1010b |
| $0.33 \leq fb < 0.36$ | 1011b |
| $0.31 \leq fb < 0.33$ | 1100b |
| $0.29 \leq fb < 0.31$ | 1101b |
| $0.27 \leq fb < 0.29$ | 1110b |
| $fb < 0.27$ | 1111b |

40.2.20 CTSU センサオフセットレジスタ 0 (CTSUSO0)

アドレス CTSU.CTSUSO0 4008 1014h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|---------------|-------------------|---|-----|
| b9-b0 | CTSUSO[9:0] | CTSUSO センサオフセット調整 | 電極が非タッチ状態のときの静電容量を調整します。 b9 b0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0: 電流オフセット量0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1: 電流オフセット量1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0: 電流オフセット量2 : 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0: 電流オフセット量1022 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1: 電流オフセット量最大 | R/W |
| b15-b10 | CTSUSNUM[5:0] | CTSUSNUM 計測回数設定 | CTSUSNUMの計測回数を設定します。 | R/W |

CTSUSO[9:0] ビット (CTSUSO センサオフセット調整)

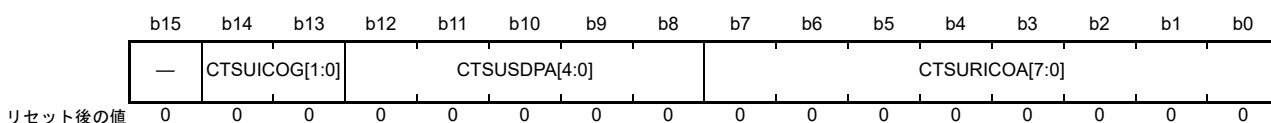
タッチ計測時に電極が非タッチ状態のときの静電容量により発生するセンサ ICO 入力電流をオフセットします。これは、CTSUSNUM カウンタのオーバーフローを防止します。次に計測する TS 端子の設定は、CTSUSNUM_CTSUWR 割り込みの発生後に行ってください。

CTSUSNUM[5:0] ビット (CTSUSNUM 計測回数設定)

CTSUSNUM.CTSUSNUMRATIO[3:0] ビットおよび CTSUSNUM.CTSUSNUMMODE[1:0] ビットで決定される計測パルス数を計測時間内に何回繰り返すかを設定します。繰り返し回数は (CTSUSNUM[5:0] ビット + 1) となります。次に計測する TS 端子の設定は、CTSUSNUM_CTSUWR 割り込みの発生後に行ってください。

40.2.21 CTSU センサオフセットレジスタ 1 (CTSUSO1)

アドレス CTSU.CTSUSO1 4008 1016h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|---------|----------------|-----------------------|---|-----|
| b7-b0 | CTSURICOA[7:0] | CTSUS リファレンス ICO 電流調整 | リファレンス ICO の入力電流を調整します。 b7 b0 0 0 0 0 0 0 0 0 : 電流オフセット量0 0 0 0 0 0 0 0 1 : 電流オフセット量1 0 0 0 0 0 0 1 0 : 電流オフセット量2 : 1 1 1 1 1 1 1 0 : 電流オフセット量254 1 1 1 1 1 1 1 1 : 電流オフセット量最大 | R/W |
| b12-b8 | CTSUSDPA[4:0] | CTSUS ベースクロック設定 | CTSUS のベースクロックを生成します。 b12 b8 0 0 0 0 0 0 : 動作クロックの2分周 (注1) 0 0 0 0 0 1 : 動作クロックの4分周 0 0 0 0 1 0 : 動作クロックの6分周 0 0 0 0 1 1 : 動作クロックの8分周 0 0 1 0 0 0 : 動作クロックの10分周 0 0 1 0 0 1 : 動作クロックの12分周 0 0 1 1 0 0 : 動作クロックの14分周 0 0 1 1 0 1 : 動作クロックの16分周 0 1 0 0 0 0 : 動作クロックの18分周 0 1 0 0 0 1 : 動作クロックの20分周 0 1 0 1 0 0 : 動作クロックの22分周 0 1 0 1 0 1 : 動作クロックの24分周 0 1 1 0 0 0 : 動作クロックの26分周 0 1 1 0 0 1 : 動作クロックの28分周 0 1 1 1 0 0 : 動作クロックの30分周 0 1 1 1 0 1 : 動作クロックの32分周 1 0 0 0 0 0 : 動作クロックの34分周 1 0 0 0 0 1 : 動作クロックの36分周 1 0 0 1 0 0 : 動作クロックの38分周 1 0 0 1 0 1 : 動作クロックの40分周 1 0 1 0 0 0 : 動作クロックの42分周 1 0 1 0 0 1 : 動作クロックの44分周 1 0 1 1 0 0 : 動作クロックの46分周 1 0 1 1 0 1 : 動作クロックの48分周 1 1 0 0 0 0 : 動作クロックの50分周 1 1 0 0 0 1 : 動作クロックの52分周 1 1 0 1 0 0 : 動作クロックの54分周 1 1 0 1 0 1 : 動作クロックの56分周 1 1 1 0 0 0 : 動作クロックの58分周 1 1 1 0 0 1 : 動作クロックの60分周 1 1 1 1 0 0 : 動作クロックの62分周 1 1 1 1 0 1 : 動作クロックの64分周 | R/W |
| b14-b13 | CTSUICOG[1:0] | CTSUS ICO ゲイン調整 | センサICO とリファレンスICO の出力周波数ゲインを調整します。 b14 b13 0 0 : ゲイン100% 0 1 : ゲイン66% 1 0 : ゲイン50% 1 1 : ゲイン40% | R/W |
| b15 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注 1. 相互容量フルスキャンモード (CTSUCR1.CTSMUMD[1:0] ビット = 11b) の高域ノイズ低減機能 OFF 状態 (CTSUSDPRS.CTSSUSOFF ビット = 1) では、CTSUSDPA[4:0] ビット = 00000b は設定しないでください。

CTSUSC_CTSUWR 割り込み発生後、CTSUSCレジスタ、CTSUSO0 レジスタ、CTSUSO1 レジスタの順に書き込んでください。また、CTSUSO1 レジスタへの書き込みにより Status3 へ遷移します (表 40.6 および表 40.7 を参照してください)。CTSUSO1 レジスタに書き込む場合は、一度の動作で全ビットに書き込むようにしてください。

CTSUSC_ICO[7:0] ビット (CTSUSC リファレンス ICO 電流調整)

リファレンス ICO の入力電流により、発振周波数を調整します。

CTSUSC_DPA[4:0] ビット (CTSUSC ベースクロック設定)

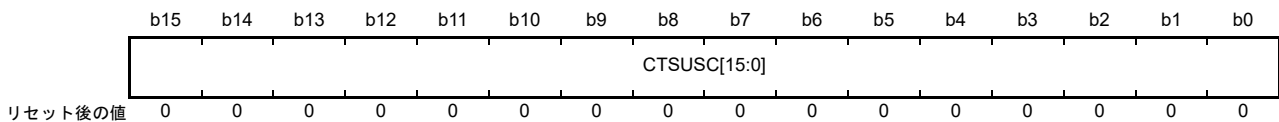
動作クロックを分周して、センサドライブパルスの元となるベースクロックを選択します。設定手順の詳細は、40.3.2.1 初期設定フローを参照してください。

CTSUSC_ICOG[1:0] ビット (CTSUSC ICO ゲイン調整)

センサ ICO とリファレンス ICO の出力周波数ゲインを調整します。通常は最大ゲインの 00b にしてください。非タッチ時-タッチ時の容量変化が、センサ ICO のダイナミックレンジを大きく超える場合は、このビットを適切なゲインに調整してください。

40.2.22 CTSUSC センサカウンタ (CTSUSC)

アドレス CTSUSC.CTSUSC 4008 1018h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------------|----------------|--|-----|
| b15-b0 | CTSUSC[15:0] | CTSUSC センサカウンタ | センサ ICO の計測結果を示します。オーバーフロー発生時は FFFFh が読み出されます。 | R |

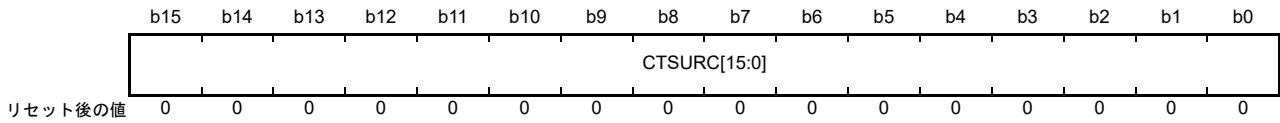
CTSUSC_CTSURD 割り込み発生後、まず CTSUSC カウンタ、次に CTSURC カウンタの順で読み出してください。

CTSUSC[15:0] ビット (CTSUSC センサカウンタ)

センサ ICO クロック用のインクリメントカウンタです。CTSUSC_CTSURD 割り込み発生後に読み出してください。本ビットは CTSURC カウンタ読み出し後、次の計測で CTSUSC 計測ステータスカウンタ値が Status4 に遷移 (CTSUSC_CTSUSTC[2:0] フラグが 100b に遷移) する直前にクリアされます。また、CTSUCR0.CTSUINIT ビットでもクリアされます。

40.2.23 CTSU リファレンスカウンタ (CTSURC)

アドレス CTSU.CTSURC 4008 101Ah



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|--------------|----------------|---|-----|
| b15-b0 | CTSURC[15:0] | CTSUリファレンスカウンタ | リファレンスICOの計測結果を示します。オーバーフロー発生時はFFFFhが読み出されます。 | R |

CTSU_CTSURD 割り込み発生後、まず CTSUSC カウンタ、次に CTSURC カウンタの順で読み出してください。Status3 に指定した安定時間を経過しても、CTSURC カウンタが読み出されるまで Status3 が継続します。

CTSURC[15:0] ビット (CTSU リファレンスカウンタ)

リファレンス ICO クロック用のインクリメントカウンタです。リファレンス ICO はセンサ ICO によるタッチ計測を最適化します。CTSU に内蔵されたセンサ ICO とリファレンス ICO は個体により若干の偏差はありますが、ダイナミックレンジや電流一周波数の特性などはほぼ同様の特性を持っています。リファレンス ICO 電流調整ビットで設定できる電流量の範囲がほぼ、両 ICO のダイナミックレンジになるため、センサ ICO に入力する電流量もこのダイナミックレンジに収める必要があります。そのためには、ICO の個体差を確認するためにリファレンス ICO を使い、電流一発振周波数の特性を計測します。リファレンス ICO 発振周波数はリファレンス ICO カウンタで取得でき、リファレンス ICO 電流調整ビットに値を設定してリファレンス ICO カウンタを計測することで、入力電流に対する ICO 発振周波数 (カウンタ値/計測時間) を計測できます。また、リファレンス ICO 電流調整ビットの最大値で計測されるリファレンス ICO カウンタの値が、ICO のダイナミックレンジの最大値となります。センサ ICO カウンタの値がこの値を超えないように、オフセット調整ビットでセンサ ICO の電流をオフセットする必要があります。

CTSURC[15:0] ビットは、CTSU_CTSURD 割り込み発生後に読み出してください。本ビットは読み出し後に、次の計測で CTSU 計測ステータスカウンタ値が Status4 に遷移 (CTSUST.CTSUSTC[2:0] フラグが 100b に遷移) する直前にクリアされます。また、CTSUCR0.CTSUINIT ビットでもクリアされます。

40.2.24 CTSU エラーステータスレジスタ (CTSUERRS)

アドレス CTSU.CTSUERRS 4008 101Ch

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| CTSUI COMP | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|-----------|--------------|--|-----|
| b14-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。 | R |
| b15 | CTSUICOMP | TSCAP 電圧異常監視 | TSCAP 電圧の異常状態を監視します。 0 : TSCAP 電圧正常 1 : TSCAP 電圧異常 | R |

CTSUICOMP ビット (TSCAP 電圧異常監視)

CTSUSO1 レジスタで設定したオフセット電流量が、タッチ計測時のセンサ ICO 入力電流を上回った場合、TSCAP 電圧が異常となりタッチ計測が正しく行われません。本ビットは、TSCAP 電圧を監視し、異常となった場合、1 になります。

TSCAP 電圧が異常となった場合、センサ ICO カウンタの値は不定になりますが、タッチ計測は正常に終了します。そのため、センサ ICO カウンタの値から異常を検知することは困難です。CTSUSO1 レジスタの CTSU リファレンス ICO 電流調整ビット (CTSURICOA[7:0]) を 0 以外にした場合、タッチ計測終了時に本ビットを確認してください。

本ビットは、CTSUCR1.CTSUPON ビットに 0 を書き込み、電源 OFF とすることでクリアされます。

40.3 動作説明

40.3.1 計測動作原理

図 40.4 に計測部回路を示します。

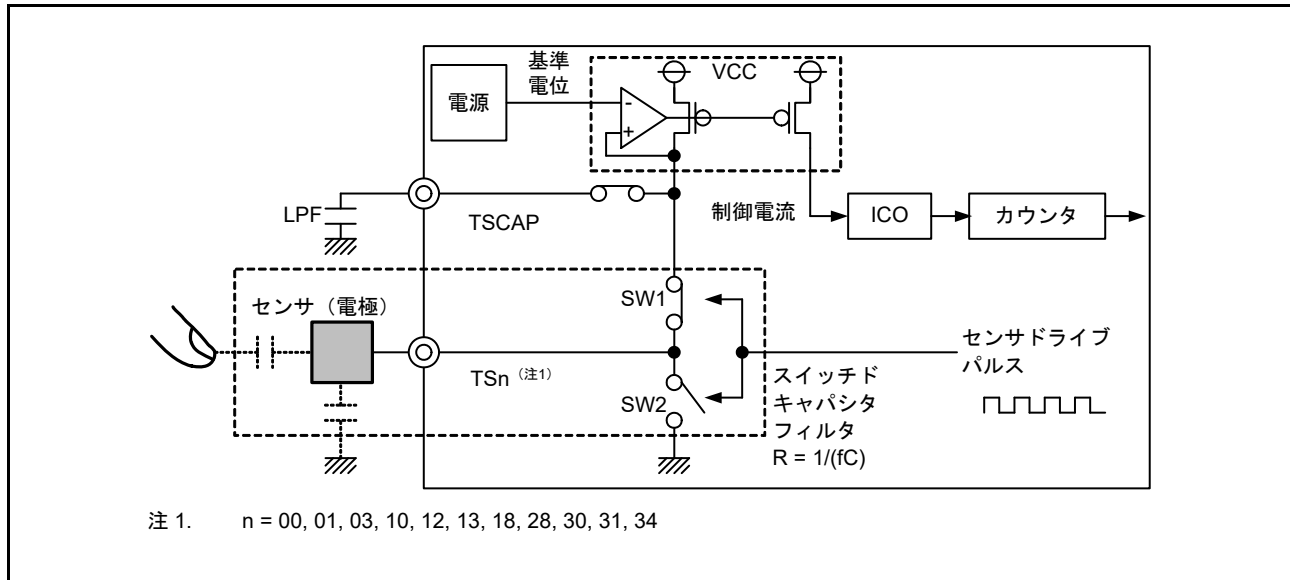


図 40.4 計測部回路

図 40.5 ~ 図 40.7 に CTSU の電流周波数変換方式の静電容量計測動作原理を示します。動作は以下のとおりです。

1. SW1: ON、SW2: OFF にすることで、電極の静電容量に充電されます。図 40.5 を参照してください。
2. SW1: OFF、SW2: ON にすることで、充電された容量は放電されます。図 40.6 を参照してください。
3. 手順 1. および 2. に示す電極の充放電を繰り返すことで、スイッチドキャパシタフィルタに電流が流れます。この時点で指が接近していれば、容量および流れる電流が変化します。TSCAP 電源を生成する回路からスイッチドキャパシタフィルタに流れる電流に比例した制御電流を ICO に供給することで、クロックを生成します。カウンタは、指が接近しているかどうかにより変化するクロック周波数を計測します。ソフトウェアは、カウンタから読み出した値に基づき指の接触を判断します (図 40.7)。

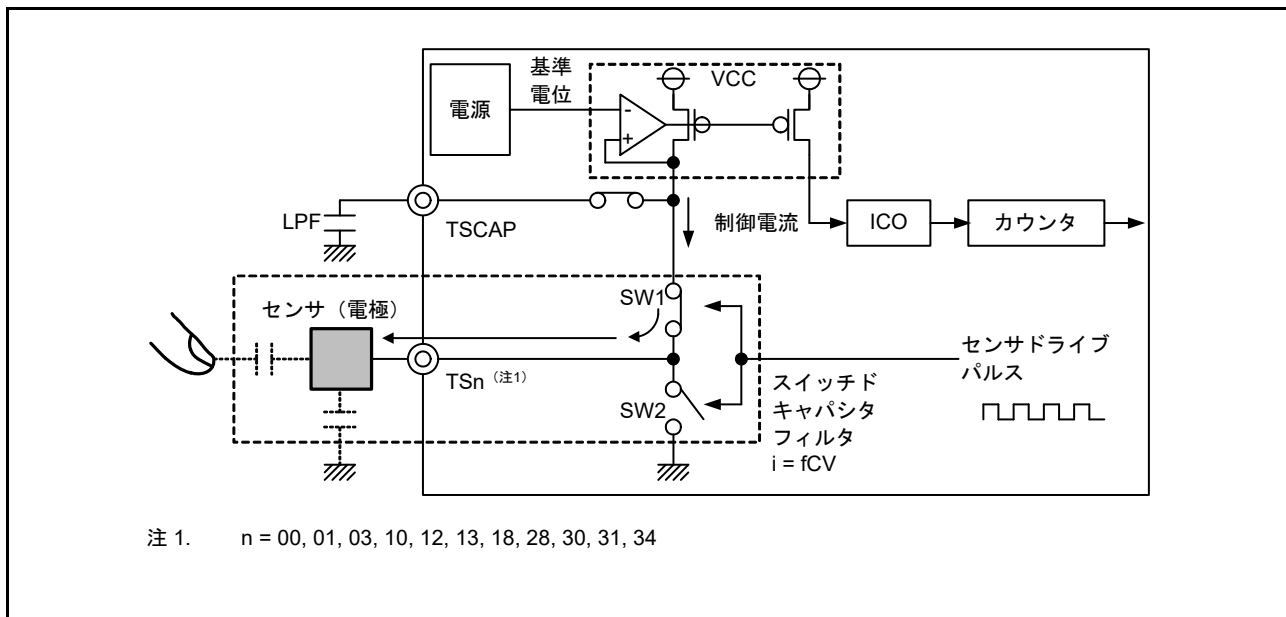


図 40.5 充電動作

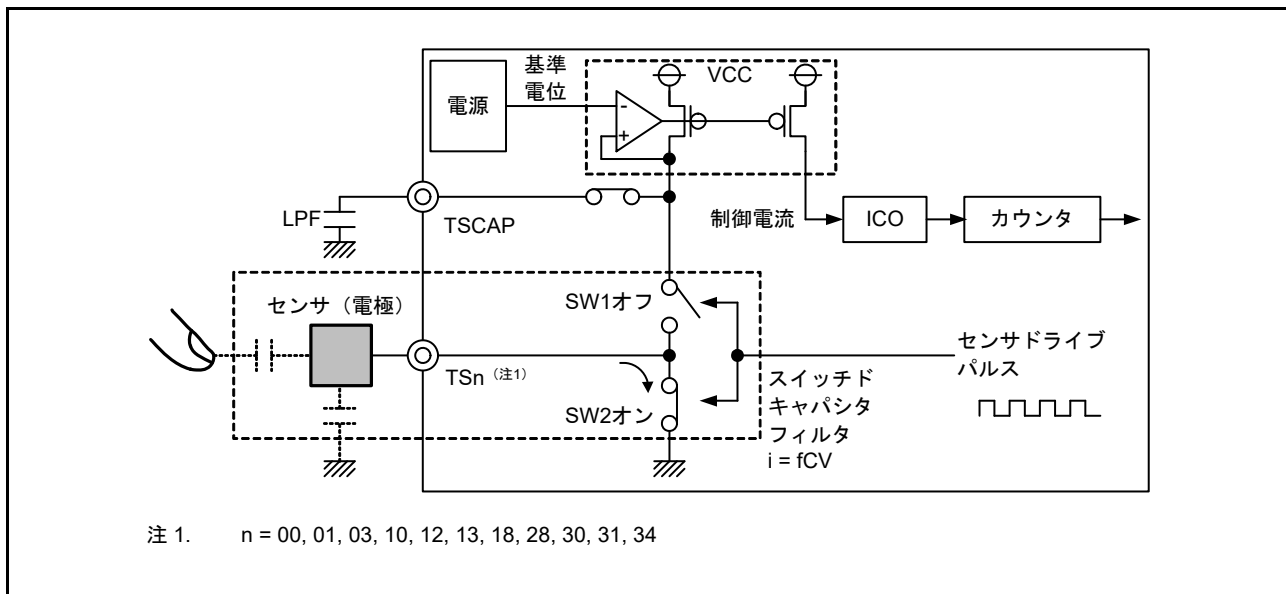


図 40.6 放電動作

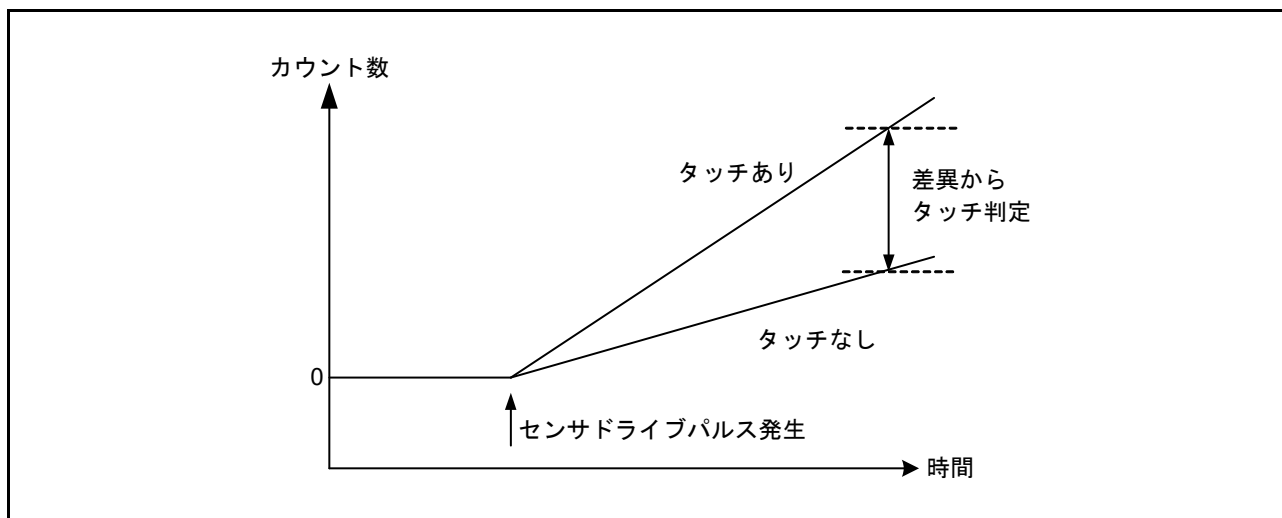


図 40.7 接触／非接触による計測値の変化

40.3.2 計測モード

CTSU は、自己容量方式と相互容量方式に対応しています。図 40.8 に両方式の概要を示します。

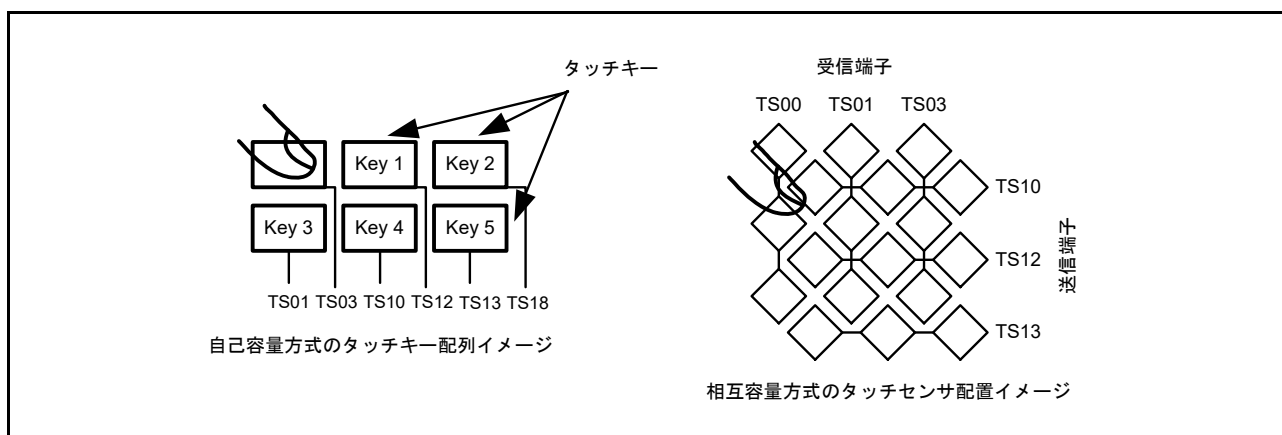


図 40.8 自己容量方式と相互容量方式の概要

自己容量方式では、1つのタッチキーに1つのタッチ端子を割り当て、それぞれにおける指の接近時の静電容量を計測します。この方法では、シングルスキャンモードとマルチスキャンモードの両方で容量を計測できます。相互容量方式では、対向する2つの電極（送信端子と受信端子）間の容量を計測します。

40.3.2.1 初期設定フロー

図 40.9 に、CTSUS の初期設定フローを示します。

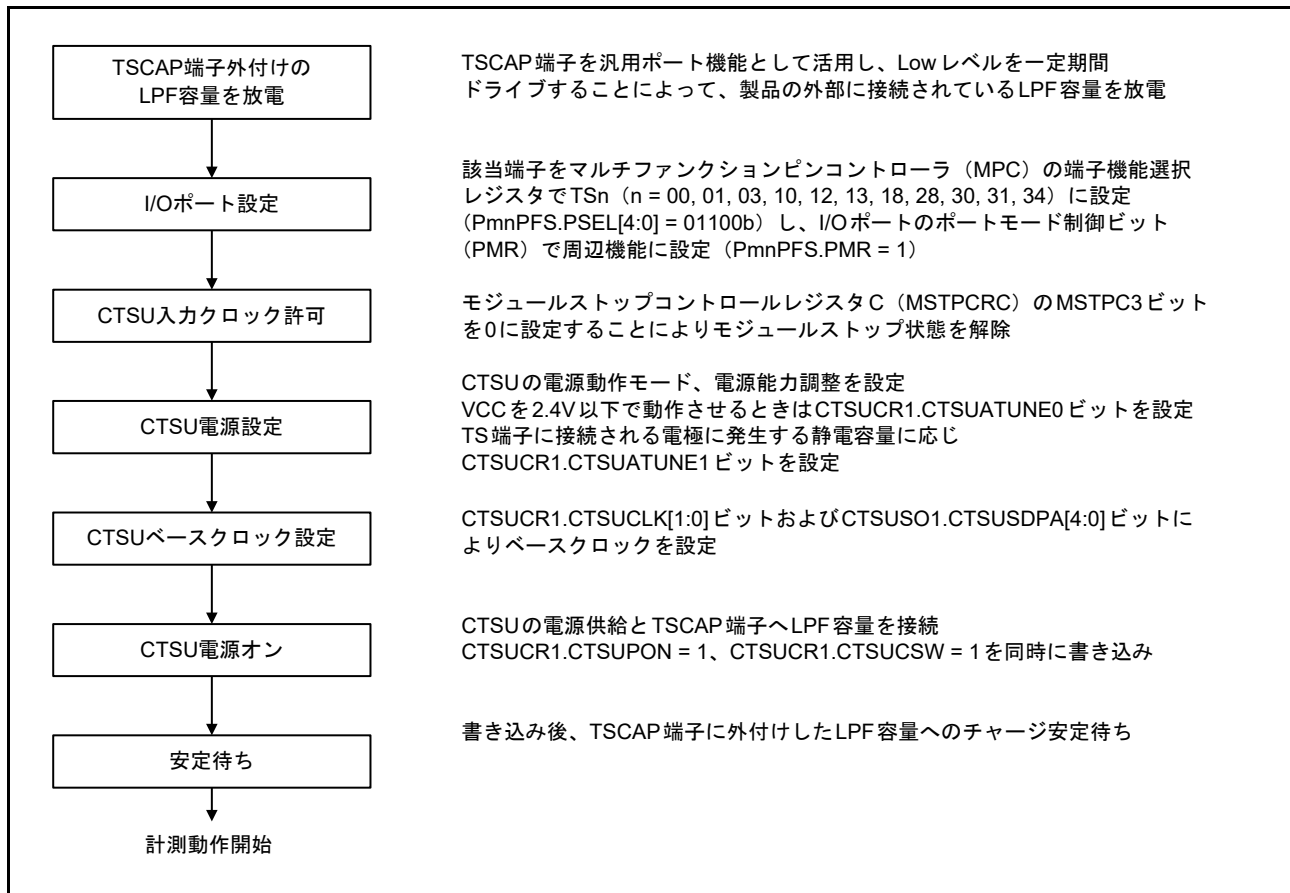


図 40.9 CTSUS 初期設定フロー

図 40.10 に、CTSUS の動作を停止させスタンバイ状態にするフローを示します。

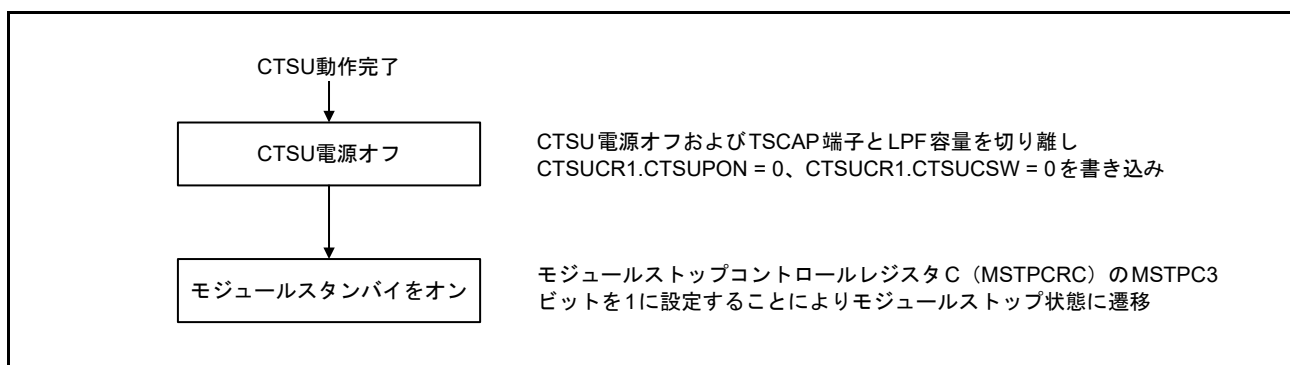


図 40.10 CTSUS 停止フロー

動作を再開する場合は、図 40.9 の初期設定フローに従ってください。

40.3.2.2 ステータスカウンタ

CTSU ステータスレジスタ (CTSUST) の計測ステータスカウンタは、現在の計測ステータスを示します。計測ステータスは、3つの計測モードに適用できます。図 40.11 にステータス動作遷移図を示します。

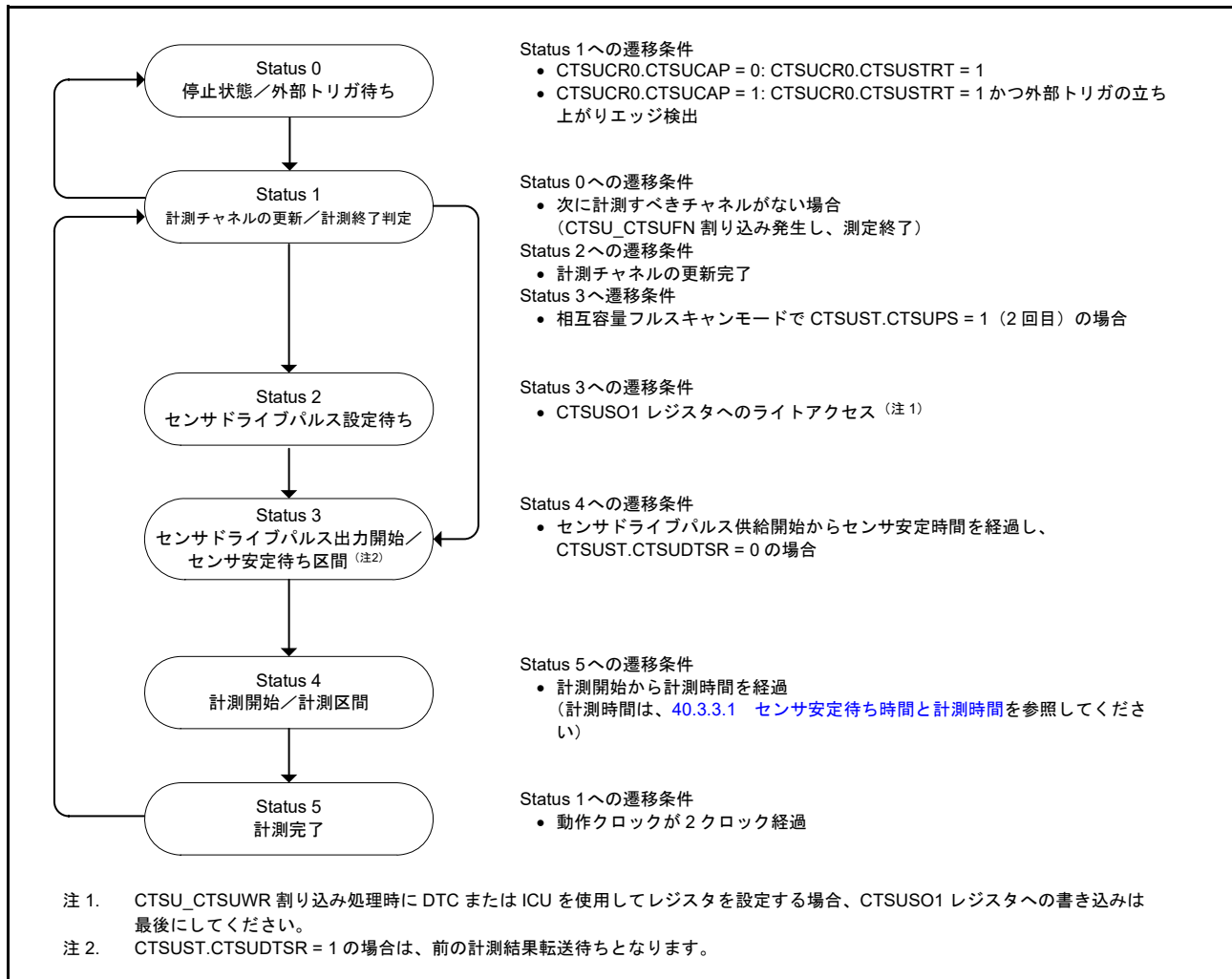


図 40.11 ステータス動作遷移図

ステータスカウンタは、指定したすべての計測チャンネルの計測が終了すると Status0 に遷移します。

CTSUCR0.CTSUSTRT ビットは、ソフトウェアトリガではハードウェアにより 0 にされます。また外部トリガでは 1 が保持され、次のトリガの待機状態になります。

計測中またはトリガ待機状態で強制終了する (CTSUCR0.CTSUSTRT ビットに 0 を、CTSUCR0.CTSUINIT ビットに 1 を同時に書き込む) ことにより、Status0 に遷移して計測は停止します。

CTSUMCH0 レジスタ、CTSUCHAC0 ~ CTSUCHAC4 レジスタ、CTSUCHTRC0 ~ CTSUCHTRC4 レジスタに計測対象チャンネルが設定されていない場合、Status1 への遷移直後に CTSU_CTSUFN 割り込みが発生して Status0 に遷移します。計測対象チャンネルがないケースは以下のとおりです。

- CTSUCHAC0 ~ CTSUCHAC4 レジスタに計測対象チャンネルが指定されていない場合
- 自己容量シングルスキャンモードで、CTSUMCH0 レジスタで指定したチャンネルが CTSUCHAC0 ~ CTSUCHAC4 レジスタで計測対象外となっている場合
- フルスキャンモードで、CTSUCHAC0 ~ CTSUCHAC4 レジスタ、CTSUCHTRC0 ~ CTSUCHTRC4 レジスタの組み合わせで、計測する送信チャンネルまたは受信チャンネルがない場合

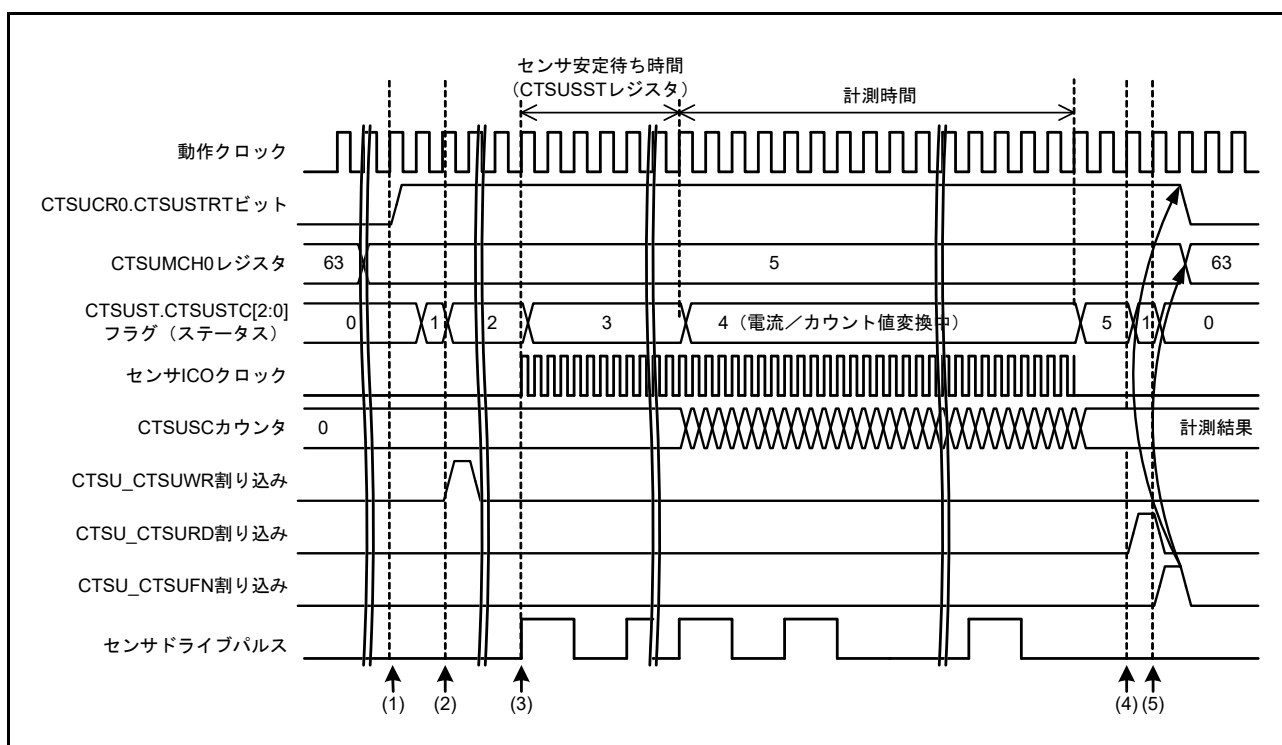


図 40.13 自己容量シングルスキャンモードのタイミング (計測開始条件がソフトウェアトリガの場合)

図 40.13 に示した動作を以下で説明します。

1. 初期設定を実施後、CTSUCR0.CTSUSTRT ビットに 1 を書き込むと開始します。
2. あらかじめ設定された条件に従って計測対象チャンネルが決定された後に、そのチャンネルの設定要求 (CTSUSC) を出力します。
3. 計測チャンネルの設定書き込み (CTSUSSC、CTSUSO0、および CTSUSO1 レジスタ) が完了するとセンサドライブパルスが出力され、センサ I/O クロックとリファレンス I/O クロックが動作します。
4. センサ安定待ち時間、計測時間が経過して計測が終了した後、計測結果読み出し要求 (CTSUSC) を出力します。
5. 計測終了割り込み (CTSUSC) を出力して計測終了 (Status0 へ遷移) します。

表 40.6 に自己容量シングルスキャンモードのタッチ端子状態を示します。

表 40.6 自己容量シングルスキャンモードのタッチ端子状態

| Status | タッチ端子 | |
|--------|-----------|------------|
| | 計測対象チャンネル | 計測対象外チャンネル |
| 0 | Low | Low |
| 1 | Low | Low |
| 2 | Low | Low |
| 3 | パルス | Low |
| 4 | パルス | Low |
| 5 | Low | Low |

40.3.2.4 自己容量マルチスキャンモードの動作

自己容量マルチスキャンモードは、CTSUCHAC0 ~ CTSUCHAC4 レジスタで計測対象に指定したすべてのチャンネルに対して、静電容量を昇順で順次計測します。図 40.14 にソフトウェアフローと動作例を、図 40.15 にタイミングを示します。

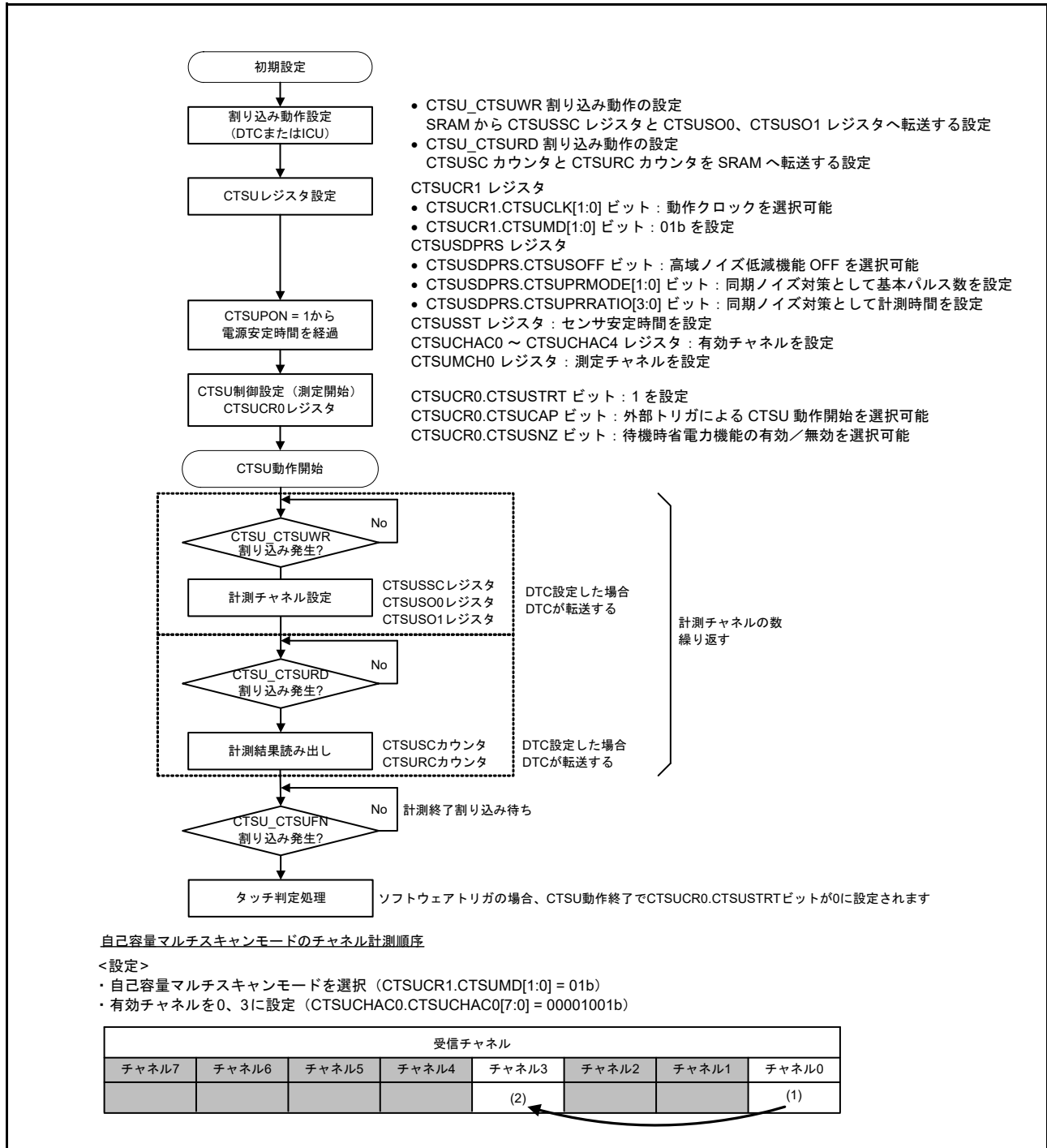


図 40.14 自己容量マルチスキャンモードのソフトウェアフローと動作例

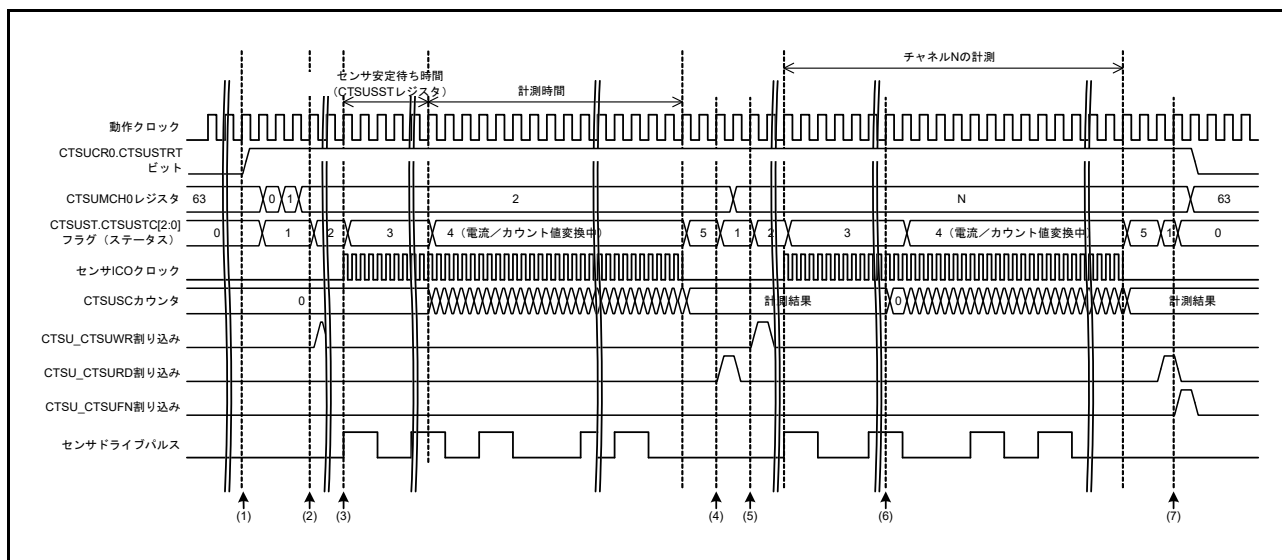


図 40.15 自己容量マルチスキャンモードのタイミング (計測開始条件がソフトウェアトリガの場合)

図 40.15 に示した動作を以下で説明します。

1. 初期設定を実施後、CTSUCR0.CTSUSTRT ビットに 1 を書き込むと開始します。
2. あらかじめ設定された条件に従って計測対象チャンネルが決定された後に、そのチャンネルの設定要求 (CTSUSUMCH0) を出力します。
3. 計測チャンネルの設定書き込み (CTSUSSC、CTSUSO0、および CTSUSO1 レジスタ) が完了するとセンサドライブパルスが出力され、センサ ICO クロックとリファレンス ICO クロックが動作します。
4. センサ安定待ち時間、計測時間が経過して計測が終了した後、計測結果読み出し要求 (CTSUSURD) を出力します。
5. 次に計測するチャンネルが決定した後、そのチャンネルの設定要求 (CTSUSUMCH0) を出力します。
6. 安定待ち時間の経過、および前回の計測結果の読み出しによって、前回の計測結果をクリアし、計測を開始します。
7. すべてのチャンネル計測が完了したら、計測終了割り込み (CTSUSUFN) を出力して計測を終了 (Status0 へ遷移) します。

表 40.7 に自己容量マルチスキャンモードのタッチ端子状態を示します。

表 40.7 自己容量マルチスキャンモードのタッチ端子状態

| Status | タッチ端子 | |
|--------|-----------|------------|
| | 計測対象チャンネル | 計測対象外チャンネル |
| 0 | Low | Low |
| 1 | Low | Low |
| 2 | Low | Low |
| 3 | パルス | Low |
| 4 | パルス | Low |
| 5 | Low | Low |

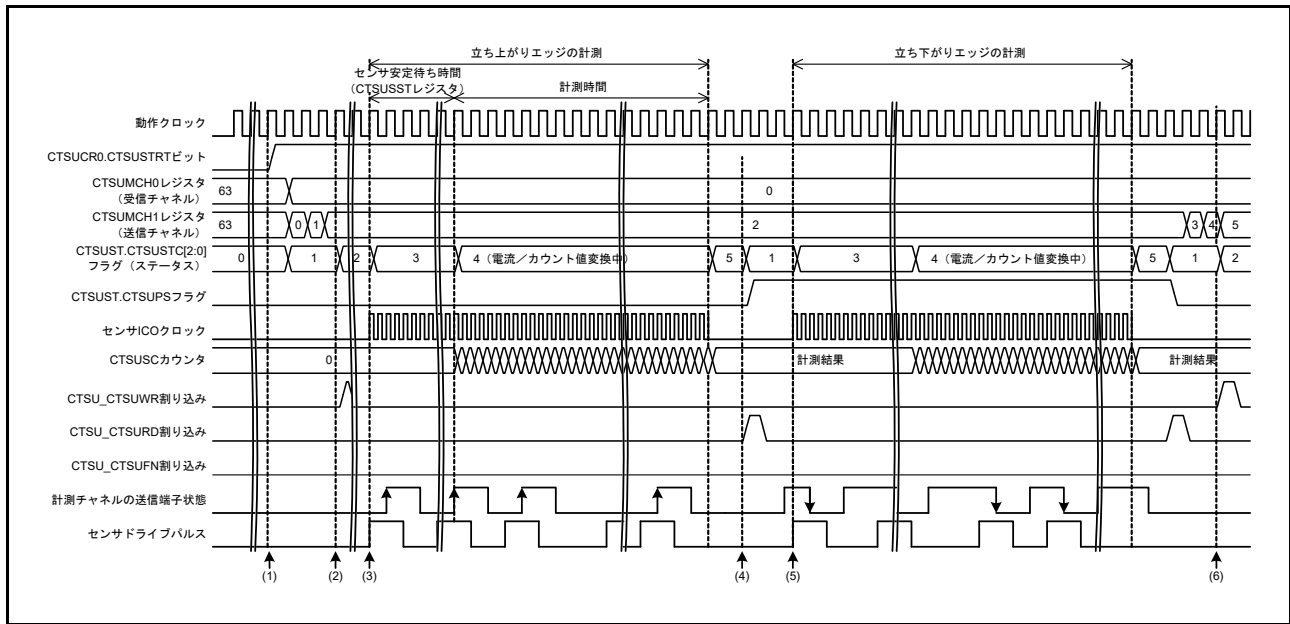


図 40.17 相互容量フルスキャンモードのタイミング (計測開始条件がソフトウェアトリガの場合)

図 40.17 に示した動作を以下で説明します。

1. 初期設定を実施後、CTSUCR0.CTSUSTRT ビットに 1 を書き込むと開始します。
2. あらかじめ設定された条件に従い、計測するチャンネルが決定された後に、そのチャンネルの設定要求 (CTSUCR0.CTSUWR) を出力します。
3. 計測チャンネルの設定書き込み (CTSUSSC、CTSUSO0、および CTSUSO1 レジスタ) が完了するとセンサドライブパルスが出力され、センサ ICO クロックとリファレンス ICO クロックが動作します。同時に、センサドライブパルスの High 期間に対して、立ち上がりエッジで検出されたパルスを計測チャンネルの送信端子に出力します。
4. センサ安定待ち時間、計測時間が経過して計測が終了した後、計測結果読み出し要求 (CTSUCR0.CTSURD) を出力します。
5. 同一チャンネルに対して、センサドライブパルスの High 期間に、立ち下がりエッジで検出されたパルスを出力して計測を行います。
6. 同一チャンネルに対して 2 回の計測を行った後、次に計測するチャンネルを決定し、同様の計測を行います。
7. すべてのチャンネル計測が完了したら、計測終了割り込み (CTSUCR0.CTSUFN) を出力して計測を終了 (Status0 へ遷移) します。

なお、CTSUS 相互容量計測ステータスフラグ (CTSUST.CTSUPS ビット) は、Status5 から Status1 へ遷移するタイミングで変化します。

表 40.8 に相互容量フルスキャンモードのタッチ端子状態を示します。

表 40.8 相互容量フルスキャンモードのタッチ端子状態

| Status | 受信チャンネルのタッチ端子 | | 送信チャンネルのタッチ端子 | | 備考 |
|--------|---------------|------------|---------------|------------|---|
| | 計測対象チャンネル | 計測対象外チャンネル | 計測対象チャンネル | 計測対象外チャンネル | |
| 0 | Low | Low | Low | Low | — |
| 1 | Low | Low | Low/High | Low | — |
| 2 | Low | Low | Low | Low | — |
| 3 | パルス | Low | パルス | Low | 位相パルスは、1回目の計測では受信チャンネルと同相になり、2回目の計測では逆相になります。 |
| 4 | パルス | Low | パルス | Low | — |
| 5 | Low | Low | Low | Low | — |

40.3.3 複数モードに関わる共通事項

40.3.3.1 センサ安定待ち時間と計測時間

図 40.18 にセンサ安定待ちと計測のタイミングを示します。

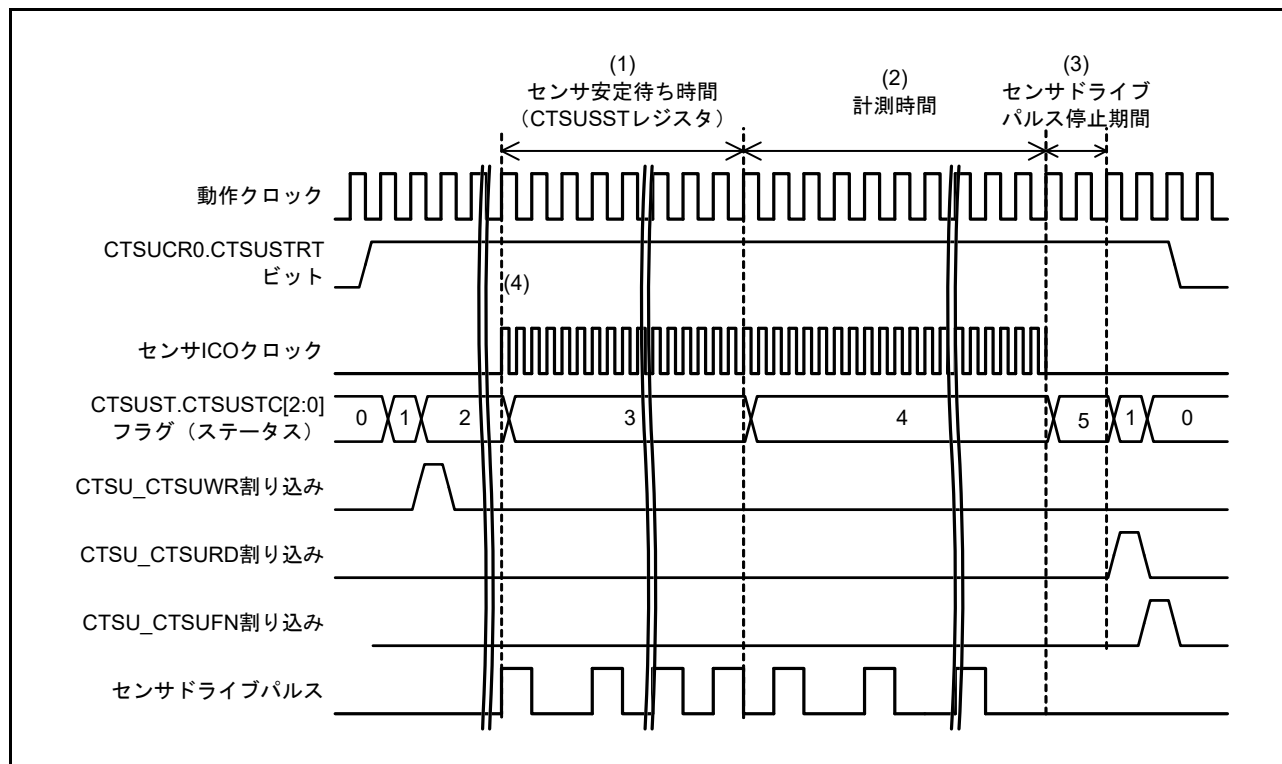


図 40.18 センサ安定待ちと計測のタイミング

1. CTSU_CTSUWR 割り込み要求に対して、CTSUSO1 レジスタへライトアクセスすることでセンサドライブパルスの出力を開始し、CTSUSST レジスタで設定した安定時間を待ちます。
2. センサ安定時間が経過し、かつ CTSUST.CTSUDTSR フラグが 0 にクリアされ、Status4 に遷移することによって計測を開始します。計測時間は、ベースクロックの周期と CTSUSDPRS.CTSUPRMODE[1:0] ビット、CTSUPRRATIO[3:0] ビット、CTSUSO0.CTSUSNUM[5:0] ビットの設定で決定します。計測時間が経過するとチャンネルの計測を終了します。
3. 計測時間経過後、動作クロック 2 サイクルで Status1 に遷移し、CTSUSURD 割り込みが発生します。CTSUSC カウンタと CTSURC カウンタからデータを読み出してください。このとき、センサドライブパルスは Low 出力になります。設定した全チャンネルの計測が完了すると、CTSUCR0.CTSUSTRT ビットは 0 にクリアされます。
4. センサ ICO クロックは、CTSUST.CTSUSTC[2:0] フラグ = 011b (Status3) または 100b (Status4) の期間に発振します。

40.3.3.2 割り込み

CTSUは下記の割り込みに対応しています。

- チャンネルごとの設定レジスタ書き込み要求割り込み (CTSU_CTSUWR)
- 測定データ転送要求割り込み (CTSU_CTSURD)
- 測定終了割り込み (CTSU_CTSUFN)

(1) チャンネルごとの設定レジスタ書き込み要求割り込み (CTSU_CTSUWR)

計測チャンネルごとの設定データをSRAM上に用意しておき、あらかじめCTSU_CTSUWR割り込みに対応したDTC/ICUの転送設定を行います。CTSU_CTSUWR割り込みはStatus1からStatus2へ遷移したタイミングで出力します。SRAMから関連するCTSUSSC、CTSUSO0、CTSUSO1レジスタへチャンネル設定を書き込みます(図40.19)。CTSUSO1レジスタへのライトアクセスにより次のStatusへの遷移が制御されるため、CTSUSO1レジスタを必ず最後に設定してください。

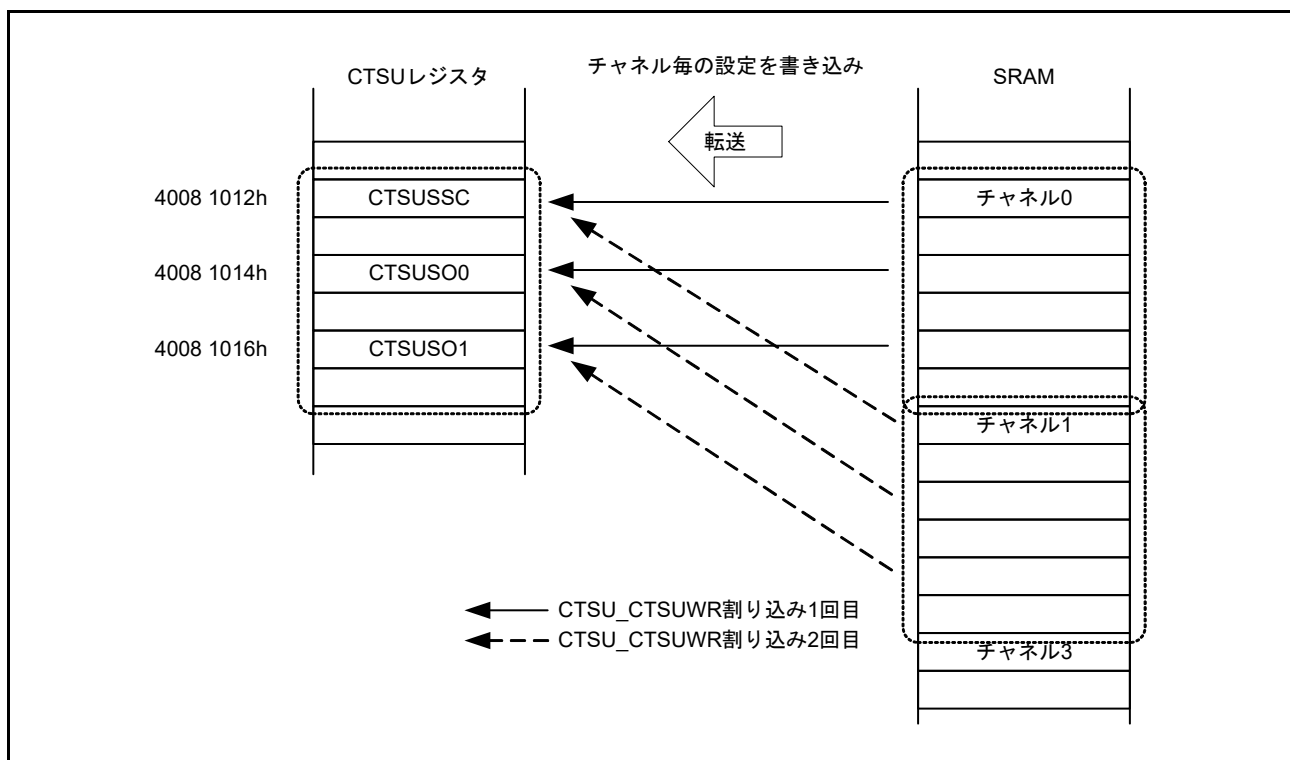


図 40.19 CTSU_CTSUWR 割り込みを用いた DTC 転送動作例

設定するレジスタ (CTSUSSC、CTSUSO0、CTSUSO1 の各レジスタ) は、連続したアドレスに配置しています。CTSU_CTSUWR 割り込み発生では、以下のように動作を設定してください。

- 転送先アドレス : CTSUSSC レジスタのアドレス
- 転送先アドレスの処理 : 1 回の割り込みで 2 バイトのデータを 3 回転送。先頭バイトのアドレスは固定
- 転送元アドレス : SRAM 上に用意した設定の番号が最小のチャンネルの CTSUSSC レジスタデータ格納アドレス
- 転送元アドレスの処理 : 1 回の割り込みで 2 バイトのデータを 3 回転送。先頭バイトのアドレスは前回の割り込み処理から継続
- 割り込み 1 回あたりの転送回数 : 計測する回数を指定

(2) 測定データ転送要求割り込み (CTSUS_CTSURD)

あらかじめ、CTSUS_CTSURD 割り込みに対応した DTC/ICU の転送設定を行います。CTSUS_CTSURD 割り込みは、Status5 から Status1 へ遷移するタイミングで出力します。計測結果を CTSUSC カウンタと CTSURC カウンタから読み出してください (図 40.20)。

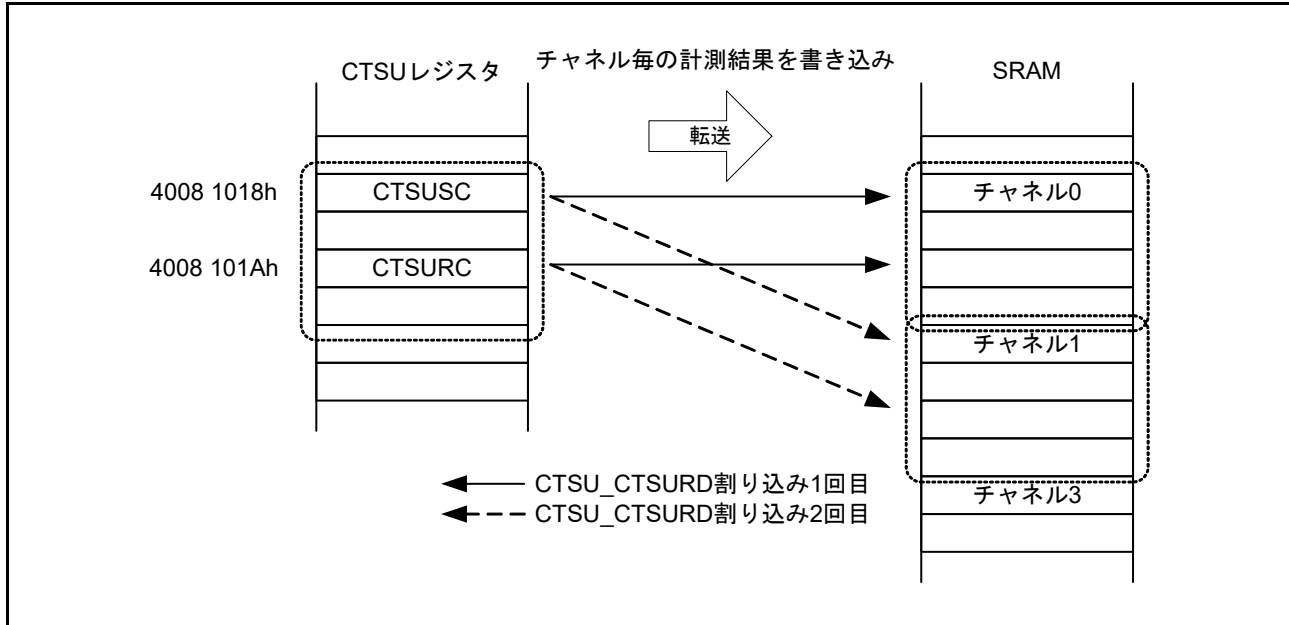


図 40.20 CTSUS_CTSURD 割り込みを用いた DTC 転送動作例

転送元である計測結果レジスタ (CTSUSC カウンタと CTSURC カウンタ) は、連続したアドレスに配置してあります。CTSUS_CTSURD 割り込み発生では、以下のように動作を設定してください。

- 転送元アドレス : CTSUSC カウンタのアドレス
- 転送元アドレスの処理 : 1 回の割り込みで 2 バイトのデータを 2 回転送。先頭アドレスは固定
- 転送先アドレス : SRAM 上に用意した設定の番号が最小のチャンネルの CTSUSC カウンタデータ格納アドレス
- 転送先アドレスの処理 : 1 回の割り込みで 2 バイトのデータを 2 回転送。先頭アドレスは前回の割り込み処理から継続
- 割り込みによる転送回数 : 計測する回数を指定

(3) 測定終了割り込み (CTSUS_CTSUFN)

すべてのチャンネル計測が終了した Status1 から Status0 に遷移するタイミングで割り込みを発生します。ソフトウェアによるオーバーフローフラグ (CTSUST.CTSUSOVF フラグと CTSUROVF フラグ) の確認と読み出された計測結果により、電極とのタッチの有無を判定します。割り込み要求の受付、禁止は割り込み制御部で行います。

40.4 使用上の注意事項

40.4.1 計測結果データ (CTSUSC カウンタ、CTSURC カウンタ)

計測中のリードアクセスは禁止です。アクセスした場合は、非同期のため正しくない値を読み出す場合があります。

40.4.2 ソフトウェアトリガに対する制限

CTSUCR1.CTSUCLK[1:0] ビットで 10b (PCLKB/4) を選択した場合、計測完了後に CTSUR0.CTSUSTRT ビットへ 1 を書き込み計測を再開させる場合は、割り込み発生から 3 サイクル以上待ってから書き込むようにしてください。

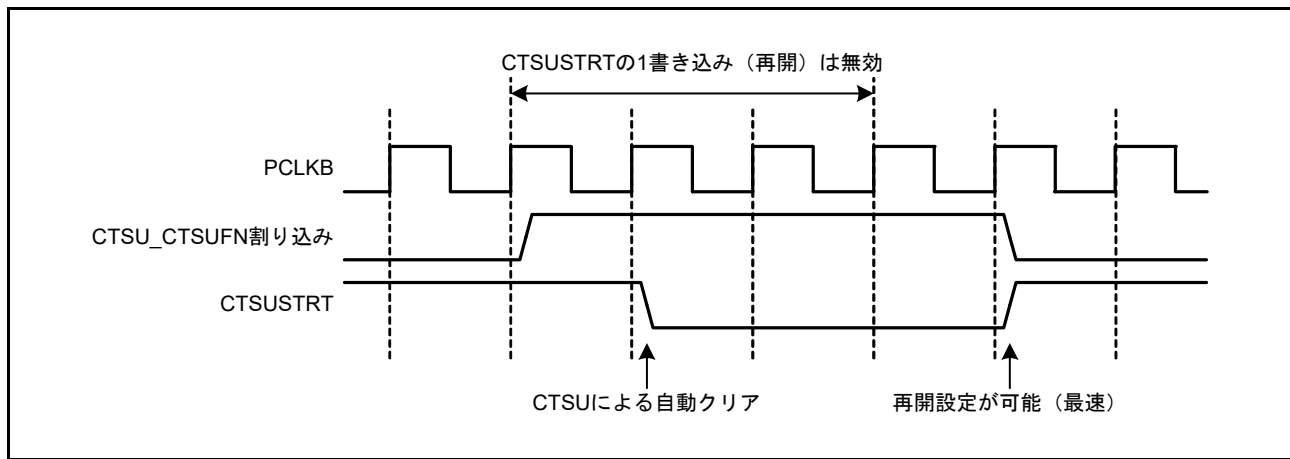


図 40.21 再開時の注意事項

40.4.3 外部トリガに対する制限

- 計測時間中に外部トリガが入力された場合、計測は開始されない。次の外部イベントは、CTSU_CTSUFN 割り込みが発生した動作クロックの 1 サイクル後から有効
- 外部トリガモードを終了する場合は、CTSUCR0.CTSUSTRT ビットの 0 と CTSUCR0.CTSUINIT ビットの 0 の同時書き込み (強制停止) で停止

40.4.4 強制終了に関する制限

動作中に強制停止させる場合は、CTSUCR0.CTSUSTRT ビットに 0、CTSUCR0.CTSUINIT ビットに 1 を同時に書き込んでください。動作が停止し、内部コントロールレジスタが初期化されます。

CTSUCR0.CTSUINIT ビットによる初期化では、内部計測状態の初期化に加え、以下のレジスタが初期化されます。

- CTSUSMCH0 レジスタ
- CTSUSMCH1 レジスタ
- CTSUSUST レジスタ
- CTSUSUSC カウンタ
- CTSUSURC カウンタ

強制停止した場合、内部状態によっては割り込み要求が発生することがあります。強制停止後、DTC/ICU の停止および無効処理も行ってください。搭載するシステムが何らかの要因で DTC 転送を停止する場合は、CTSUSU に対しても強制終了および初期化処理を行ってください。

40.4.5 TSCAP 端子

TSCAP 端子は、CTSU 内部電圧を一定に保つために、外部デカップリングキャパシタを必要とします。TSCAP 端子とキャパシタ間、およびキャパシタとグランド間の配線は、物理的に可能な限り短く幅広くしてください。TSCAP 端子に接続されたキャパシタは、スイッチを ON (CTSUCR1.CTSUCSW ビット=1) して接続する前に、I/O ポート制御により Low を出力させ、十分放電させてください。

40.4.6 計測動作時 (CTSUCR0.CTSUSTRT ビット = 1) の制限

計測中 (CTSUCR0.CTSUSTRT ビット=1) は、上位システムから「周辺クロックの停止」や「タッチ端子 (TSn 端子、TSCAP 端子) に関わるポート設定の変更」を行わないでください。

これらの制限に違反する制御を設定した場合は、動作の強制停止 (CTSUCR0.CTSUSTRT ビット=0、CTSUCR0.CTSUINIT ビット=1) 後、CTSUCR1.CTSUPON ビットと CTSUCR1.CTSUCSW ビットに 0 を同時に書き込み、CTSUCR0.CTSUSNZ ビットを 0 にしてください。その後、[図 40.9](#) の初期設定フローから再開してください。

41. データ演算回路 (DOC)

41.1 概要

データ演算回路 (DOC) は、16 ビットのデータを比較、加算、または減算する機能です。選択した条件に該当する場合、割り込みが発生します。

表 41.1 に DOC の仕様を、図 41.1 にブロック図を示します。

表 41.1 DOCの仕様

| 項目 | 内容 |
|----------------------------|--|
| データ演算機能 | 16ビットデータの比較、加算、または減算 |
| モジュールストップ機能 | モジュール停止状態に設定して消費電力を削減 |
| 割り込みとイベントリンク機能 (DOC_DOPCI) | 割り込みは以下の条件で発生します。 <ul style="list-style-type: none"> 比較された値が一致または不一致のとき データ加算の結果がFFFFhより大きくなったとき データ減算の結果が0000hより小さくなったとき |

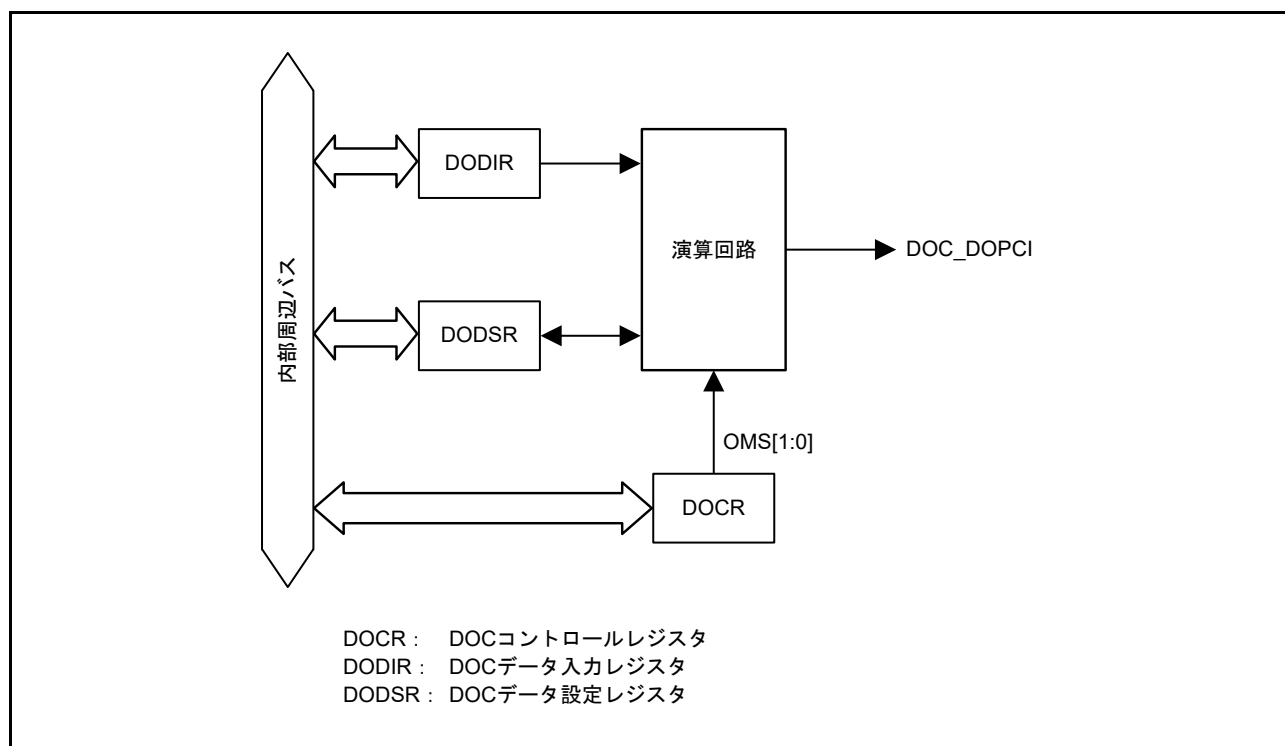


図 41.1 DOC ブロック図

41.2 レジスタの説明

41.2.1 DOC コントロールレジスタ (DOCR)

アドレス DOC.DOCR 4005 4100h

| | | | | | | | | |
|---------|----|-------------|-------|----|----|-------|----------|----|
| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | DOPCF CL | DOPCF | — | — | DCSEL | OMS[1:0] | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|------------|---|-----|
| b1-b0 | OMS[1:0] | 動作モード選択 | b1 b0 0 0: データ比較モード 0 1: データ加算モード 1 0: データ減算モード 1 1: 設定禁止 | R/W |
| b2 | DCSEL (注1) | 検出条件選択 | 0: データの不一致検出時にDOPCFを設定 1: データの一致検出時にDOPCFを設定 | R/W |
| b4-b3 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b5 | DOPCF | データ演算回路フラグ | 演算結果を示します。 | R |
| b6 | DOPCFCL | DOPCFクリア | 0: DOPCFフラグ状態を保存 1: DOPCFフラグをクリア | R/W |
| b7 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注1. データ比較モード選択時のみ有効

OMS[1:0] ビット (動作モード選択)

DOC の動作モードを選択します。

DCSEL ビット (検出条件選択)

データ比較モード時の検出条件を選択します。データ比較モード選択時のみ有効です。

DOPCF フラグ (データ演算回路フラグ)

動作結果を示します。

[1 になる条件]

- DCSEL ビットで選択した条件になったとき
- データ加算の結果が FFFFh より大きくなったとき
- データ減算の結果が 0000h より小さくなったとき

[0 になる条件]

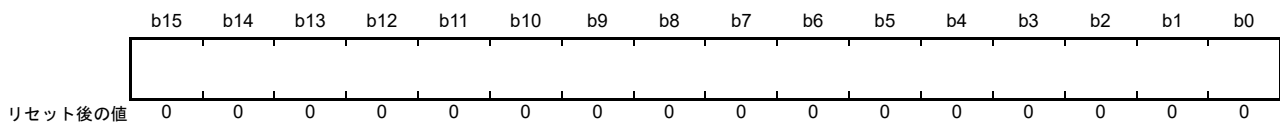
- DOPCFCL ビットに 1 を書き込んだとき

DOPCFCL ビット (DOPCF クリア)

本ビットを 1 にすると DOPCF フラグをクリアします。読むと 0 が読めます。

41.2.2 DOC データインプットレジスタ (DODIR)

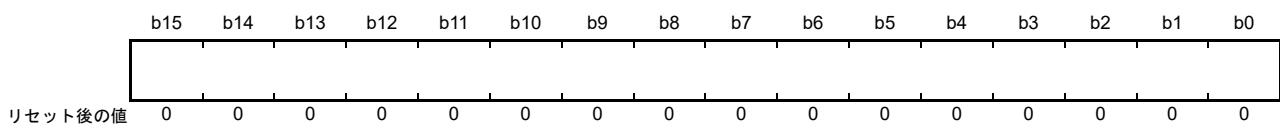
アドレス `DOC.DODIR 4005 4102h`



DODIR は、演算対象の 16 ビットのデータを格納する 16 ビットの読み出し/書き込みレジスタです。

41.2.3 DOC データ設定レジスタ (DODSR)

アドレス `DOC.DODSR 4005 4104h`



DODSR は、データ比較モードで基準として使用される 16 ビットのデータを格納する 16 ビットの読み出し/書き込みレジスタです。また、データ加算モードおよびデータ減算モードでは、演算結果を格納しません。

41.3 動作説明

41.3.1 データ比較モード

図 41.2 にデータ比較モードの DOC 動作例を示します。以下は DCSEL = 0 (データ比較の結果、不一致を検出) 設定時の動作例です。

1. DOCR.OMS[1:0] ビットに 00b を書き込むと、データ比較モードになります。
2. DODSR レジスタに基準となる 16 ビットのデータを設定します。
3. DODIR レジスタに比較する 16 ビットのデータを書き込みます。
4. 比較するデータの書き込みが完了するまで、続けて 16 ビットのデータを DODIR レジスタに書き込みます。
5. DODIR レジスタに書き込まれたデータが DODSR レジスタ内のデータと一致しなかったとき、DOCR.DOPCF フラグが 1 になります。

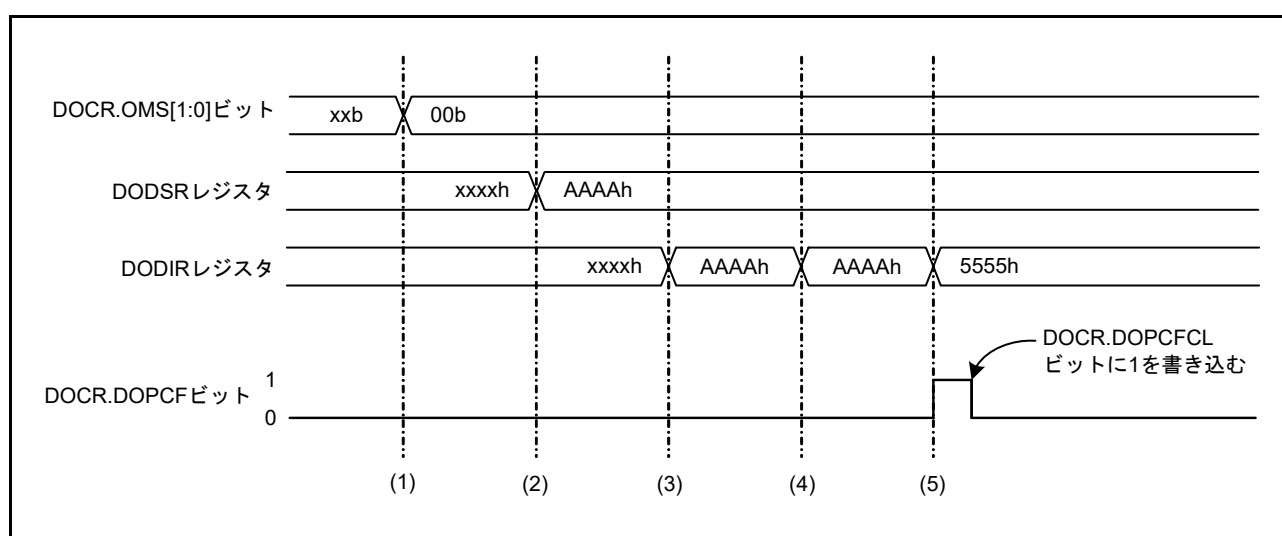


図 41.2 データ比較モードの動作例

41.3.2 データ加算モード

図 41.3 にデータ加算モードの DOC 動作例を示します。

設定方法は以下のとおりです。

1. DOCR.OMS[1:0] ビットに 01b を書き込むと、データ加算モードになります。
2. DODSR レジスタに初期値として 16 ビットのデータを設定します。
3. DODIR レジスタに加算する 16 ビットのデータを書き込みます。演算結果は DODSR レジスタに格納されます。
4. 加算するデータの書き込みが完了するまで、続けて 16 ビットのデータを DODIR レジスタに書き込みます。
5. 演算結果が FFFFh よりも大きくなったとき DOCR.DOPCF フラグが 1 になります。

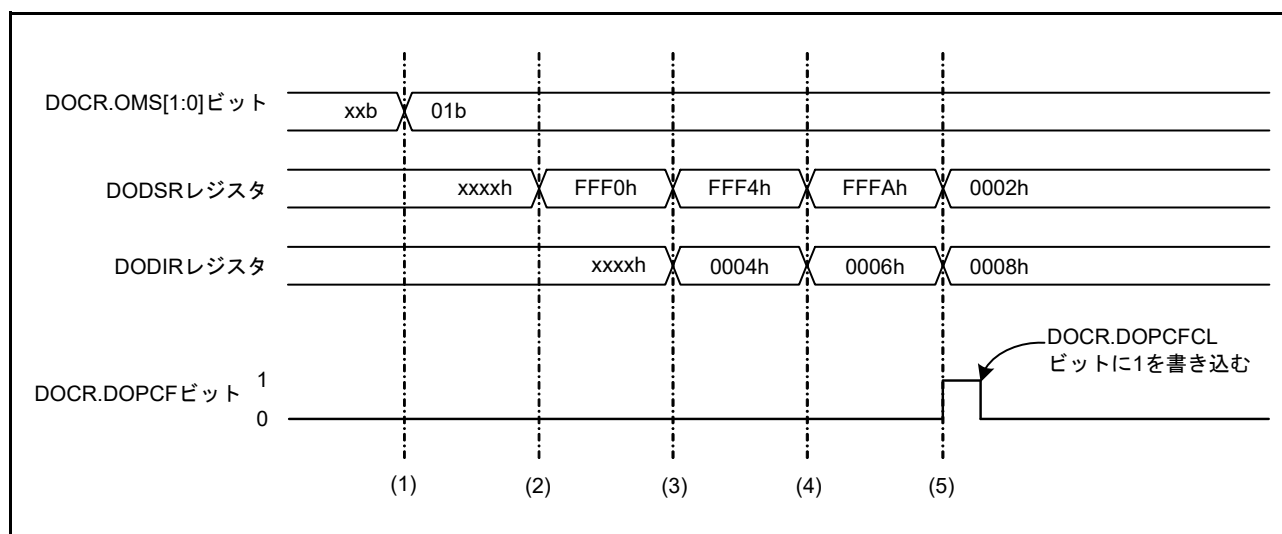


図 41.3 データ加算モードの動作例

41.3.3 データ減算モード

図 41.4 にデータ減算モードの DOC 動作例を示します。

設定方法は以下のとおりです。

1. DOCR.OMS[1:0] ビットに 10b を書き込むと、データ減算モードになります。
2. DODSR レジスタに初期値として 16 ビットのデータを設定します。
3. DODIR レジスタに減算する 16 ビットのデータを書き込みます。演算結果は DODSR レジスタに格納されます。
4. 減算するデータの書き込みが完了するまで、続けて 16 ビットのデータを DODIR レジスタに書き込みます。
5. 演算結果が 0000h よりも小さくなったとき DOCR.DOPCF フラグが 1 になります。

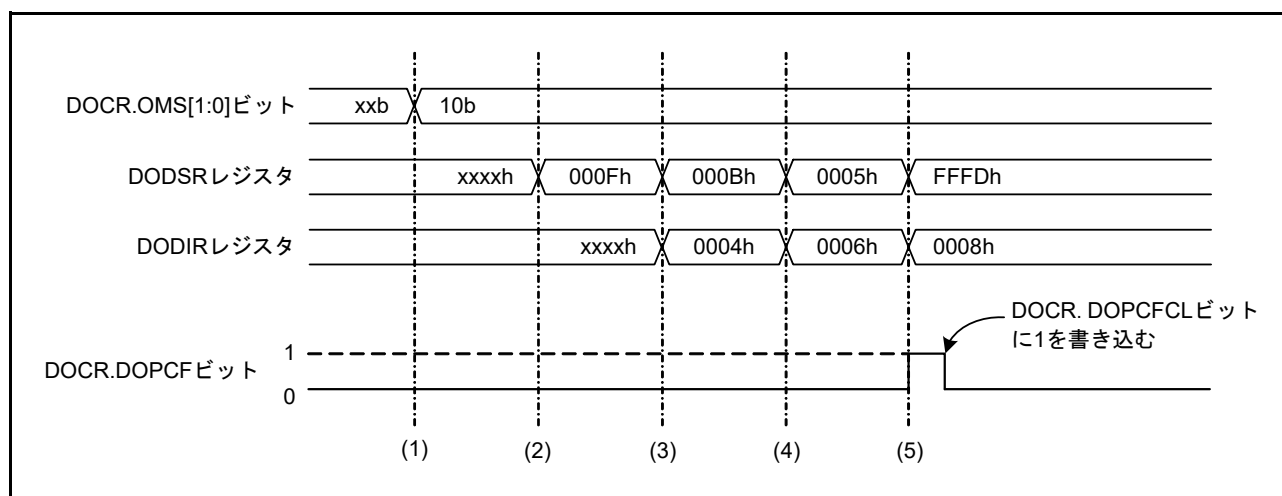


図 41.4 データ減算モードの動作例

41.4 イベントリンクコントローラ (ELC) への割り込み要求と出力

DOC は以下の条件で ELC にイベント信号を出力します。

- 比較された値が一致または不一致のとき
- データ加算の結果が FFFFh より大きくなったとき
- データ減算の結果が 0000h より小さくなったとき

この信号を使用して、あらかじめ設定していたモジュールの動作を開始させることができます。また、割り込み要求として使用することもできます。イベント信号が発生すると、データ演算回路フラグ (DOCR.DOPCF) が 1 になります。

41.5 使用上の注意事項

41.5.1 モジュールストップ状態の設定

モジュールストップコントロールレジスタ C (MSTPCRC) によって、DOC の動作を許可または禁止することが可能です。DOC は、リセット後の初期状態では動作が停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細は、「11. 低消費電力モード」を参照してください。

42. SRAM

42.1 概要

本 MCU は、パリティビットチェック機能または誤り訂正コード (ECC) を備えたオンチップ高速 SRAM モジュールを搭載しています。ECC の対象は SRAM0 の最初の 16KB 領域です。パリティチェックは、その他の領域で実行されます。SRAM の仕様を [表 42.1](#) に示します。

表 42.1 SRAMの仕様

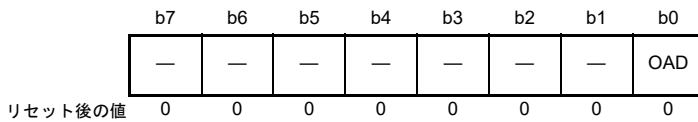
| 項目 | ECCなし | ECCあり |
|-------------|------------------------------|--------------------------------------|
| SRAM容量 | SRAM0: 80KB | SRAM0 (ECC領域): 16KB |
| SRAMアドレス | SRAM0: 2000 4000h~2001 7FFFh | SRAM0 (ECC領域): 2000 0000h~2000 3FFFh |
| アクセス (注1) | 0ウェイト | |
| モジュールストップ機能 | 使用可能 | |
| パリティ | 8ビットデータと1ビットパリティの偶数パリティ | パリティなし |
| エラーチェック機能 | 偶数パリティエラーチェック | 1ビット誤り訂正、最大2ビットの誤り検出 |

注 1. 詳細は、[42.3.7 アクセスサイクル](#)を参照してください。

42.2 レジスタの説明

42.2.1 SRAM パリティエラー検出後動作レジスタ (PARIOAD)

アドレス SRAM.PARIOAD 4000 2000h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------|--------|---------------------------|-----|
| b0 | OAD | 検出後の動作 | 1: リセット 0: ノンマスカブル割り込み | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

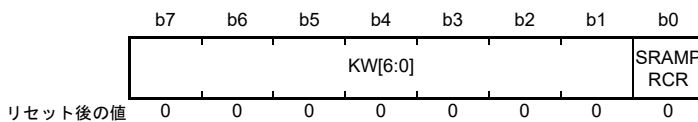
PARIOAD レジスタは、パリティエラー検出時の動作を制御します。本レジスタへの書き込みは SRAM プロテクトレジスタ (SRAMPRCR) によって保護されています。まず、SRAMPRCR.SRAMPRCR ビットを許可してから本レジスタへの書き込みを行ってください。SRAM アクセス中は、PARIOAD レジスタへの書き込みは行わないでください。

OAD ビット (検出後の動作)

パリティエラーが検出された場合に、リセットまたはノンマスカブル割り込みのどちらを発生させるかを指定します。PARIOAD.OAD ビットは、SRAM0 (ECC なし) で使用されます。

42.2.2 SRAM プロテクトレジスタ (SRAMPRCR)

アドレス SRAM.SRAMPRCR 4000 2004h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|------------|--|-----|
| b0 | SRAMPRCR | レジスタ書き込み制御 | 0: 保護対象のレジスタへの書き込みを禁止 1: 保護対象のレジスタへの書き込みを許可 | R/W |
| b7-b1 | KW[6:0] | 書き込みキーコード | SRAMPRCR ビットへの書き込みを許可または禁止します。 | R/W |

SRAMPRCR ビット (レジスタ書き込み制御)

PARIOAD レジスタのライトモードを制御します。本ビットが1のとき、PARIOAD レジスタへの書き込みが許可されます。本ビットに書き込む場合、同時に KW[6:0] ビットに 78h を書き込んでください。

KW[6:0] ビット (書き込みキーコード)

SRAMPRCR ビットへの書き込みを許可または禁止します。SRAMPRCR ビットに書き込む場合、同時に KW[6:0] ビットに 78h を書き込んでください。それ以外の値を KW[6:0] に書き込むと、SRAMPRCR ビットは更新されません。KW[6:0] ビットは読むと常に 00h が読み出されます。

42.2.3 ECC 動作モードコントロールレジスタ (ECCMODE)

アドレス SRAM.ECCMODE 4000 20C0h

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|-------------|----|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | ECCMOD[1:0] | |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------------|------------|---|-----|
| b1-b0 | ECCMOD[1:0] | ECC動作モード選択 | b1 b0 0 0 : ECC機能は無効 0 1 : 設定禁止 1 0 : ECC機能は有効/エラーチェックなし 1 1 : ECC機能は有効/エラーチェックあり | R/W |
| b7-b2 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

ECCMODE レジスタは ECC の動作モードを設定するレジスタです。本レジスタへの書き込みは ECC プロテクトレジスタ (ECCPRCR) によって保護されています。まず、ECCPRCR.ECCPRCR ビットを 1 にしてから本レジスタへの書き込みを行ってください。SRAM アクセス中は ECCMODE レジスタへの書き込みは行わないでください。

ECCMOD[1:0] ビット (ECC 動作モード選択)

SRAM の ECC 領域へのアクセスモードを設定します。

42.2.4 ECC 2 ビットエラーステータスレジスタ (ECC2STS)

アドレス SRAM.ECC2STS 4000 20C1h

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|---------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | ECC2ERR |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------|-------------------|--|---------------|
| b0 | ECC2ERR | ECC 2 ビットエラーステータス | 0 : ECC 2 ビットエラー発生なし 1 : ECC 2 ビットエラー発生 | R(/W) (注1) |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注 1. ビットをクリアするための 0 の書き込みのみ可能です。

ECC2ERR ビット (ECC 2 ビットエラーステータス)

SRAM の ECC 領域で ECC 2 ビットエラーが発生したかどうかを示します。ECC 有効/エラーチェックありの場合、2 ビットエラーが検出されると ECC2ERR ビットが 1 になり SRAM エラー信号がアサートされます。ECC2ERR ビットに 0 を書き込むことによって、2 ビット ECC エラーはクリアされます。SRAM エラーには、ECCOAD レジスタでノンマスカブル割り込みまたはリセットを指定できます。このレジスタに 0 を書き込む間、SRAM の ECC 領域にはアクセスしないでください。

42.2.5 ECC 1ビットエラー情報更新イネーブルレジスタ (ECC1STSEN)

アドレス SRAM.ECC1STSEN 4000 20C2h

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|-------------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | E1STS EN |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------|-------------------|--|-----|
| b0 | E1STSEN | ECC 1ビットエラー情報更新許可 | 0 : ECC 1ビットエラー情報の更新禁止 1 : ECC 1ビットエラー情報の更新許可 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

ECC1STSEN レジスタは、SRAM (ECC 領域) の ECC 1 ビットエラー発生時に、ECC 1 ビットエラーステータスレジスタ (ECC1STS) の更新を許可/禁止します。本レジスタへの書き込みは ECC プロテクトレジスタ (ECCPRCR) によって保護されています。まず、ECCPRCR.ECCPRCR ビットを書き込み許可にしてから本ビットへの書き込みを行ってください。

E1STSEN ビット (ECC 1 ビットエラー情報更新許可)

SRAM の ECC 領域における 1 ビットエラー発生時に、SRAM (ECC 領域) 1 ビットエラーステータスレジスタ (ECC1STS) の更新を許可/禁止します。このレジスタは、割り込みまたはリセットマスクとしても機能します。

42.2.6 ECC 1ビットエラーステータスレジスタ (ECC1STS)

アドレス SRAM.ECC1STS 4000 20C3h

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|-------------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | ECC1E RR |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------|------------------|--|---------------|
| b0 | ECC1ERR | ECC 1ビットエラーステータス | 0 : ECC 1ビットエラー発生なし 1 : ECC 1ビットエラー発生あり | R(/W) (注1) |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

注 1. ビットをクリアするための 0 の書き込みのみ可能です。

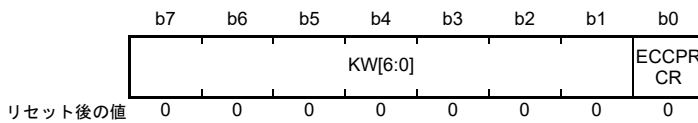
ECC1ERR ビット (ECC 1 ビットエラーステータス)

SRAM の ECC 領域で ECC 1 ビットエラーが発生したかどうかを示します。ECC 動作が有効で、誤り訂正が選択されており、1 ビットエラー情報の更新が許可されている場合、1 ビットエラーが検出されると 1 になり、SRAM エラー信号がアサートされます。ECC1ERR ビットに 0 を書き込むことによって、1 ビット ECC エラーはクリアされます。

SRAM エラーには、ECCOAD レジスタでノンマスカブル割り込みまたはリセットを指定できます。このレジスタに 0 を書き込む間、SRAM の ECC 領域にはアクセスしないでください。

42.2.7 ECC プロテクトレジスタ (ECCPRCR)

アドレス SRAM.ECCPRCR 4000 20C4h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|---------|------------|--|-----|
| b0 | ECCPRCR | レジスタ書き込み制御 | 0: 保護対象のレジスタへの書き込みを禁止 1: 保護対象のレジスタへの書き込みを許可 | R/W |
| b7-b1 | KW[6:0] | 書き込みキーコード | ECCPRCRビットへの書き込みを許可または禁止します。 | R/W |

ECCPRCR ビット (レジスタ書き込み制御)

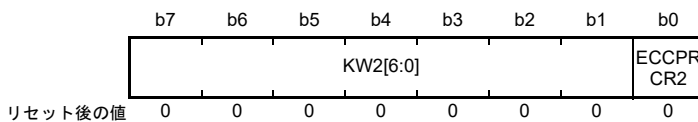
ECCMODE レジスタ、ECC1STSEN レジスタ、ECCOAD レジスタのライトモードを制御します。本ビットが1のとき、ECCMODE レジスタ、ECC1STSEN レジスタ、ECCOAD レジスタへの書き込みが許可されます。本ビットに書き込む場合、同時に KW[6:0] ビットに 78h を書き込んでください。

KW[6:0] ビット (書き込みキーコード)

ECCPRCR ビットへの書き込みを許可または禁止します。ECCPRCR ビットに書き込む場合、同時に KW[6:0] ビットに 78h を書き込んでください。それ以外の値を KW[6:0] に書き込むと、ECCPRCR ビットは更新されません。KW[6:0] ビットは読むと常に 00h が読み出されます。

42.2.8 ECC プロテクトレジスタ 2 (ECCPRCR2)

アドレス SRAM.ECCPRCR2 4000 20D0h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|----------|------------|--|-----|
| b0 | ECCPRCR2 | レジスタ書き込み制御 | 0: 保護対象のレジスタへの書き込みを禁止 1: 保護対象のレジスタへの書き込みを許可 | R/W |
| b7-b1 | KW2[6:0] | 書き込みキーコード | ECCPRCR2ビットへの書き込みを許可または禁止します。 | R/W |

ECCPRCR2 ビット (レジスタ書き込み制御)

ECCETST レジスタのライトモードを制御します。本ビットが1のとき、ECCETST レジスタへの書き込みが許可されます。本ビットに書き込む場合、同時に KW2[6:0] ビットに 78h を書き込んでください。

KW2[6:0] ビット (書き込みキーコード)

ECCPRCR2 ビットへの書き込みを許可または禁止します。本ビットに書き込む場合、同時に KW2[6:0] に 78h を書き込んでください。それ以外の値を KW2[6:0] に書き込むと、ECCPRCR2 ビットは更新されません。KW2[6:0] ビットは読むと常に 00h が読み出されます。

42.2.9 ECC テストコントロールレジスタ (ECCTEST)

アドレス [SRAM.ECCTEST 4000 20D4h](#)

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|------------|
| | — | — | — | — | — | — | — | TSTBY P |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|-----------|----------------------------------|-----|
| b0 | TSTBYP | ECCバイパス選択 | 0 : ECCバイパスは無効 1 : ECCバイパスは有効 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

本レジスタへの書き込みはECCプロテクトレジスタ (ECCPRCR2) によって保護されています。このビットに書き込む前に、ECCPRCR2.ECCPRCR2 ビットを1にしてください (書き込み保護は無効)。SRAM アクセス中はECCTEST レジスタへの書き込みは行わないでください。

TSTBYP ビット (ECC バイパス選択)

ECC 機能をバイパスして、ECC コードへの直接アクセスを許可します。ECC バイパス機能が使用されている時、ECCMODE.ECCMOD[1:0] ビットは00b になります。32 ビットデータに対して同じアドレスを使用し、ECC は32 ビットでアクセスする必要があります。ECC コードは32 ビットデータの低位7 ビットに割り当てられます。ライトデータの上位25 ビットは無視されます。このリードデータの上位25 ビットは不定です。

注． ECC テストの詳細については、[42.3.4 ECC デコーダのテスト方法を参照してください](#)。

42.2.10 SRAM ECC エラー検出後動作レジスタ (ECCOAD)

アドレス [SRAM.ECCOAD 4000 20D8h](#)

| | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| | — | — | — | — | — | — | — | OAD |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------|--------|-----------------------------|-----|
| b0 | OAD | 検出後の動作 | 1 : リセット 0 : ノンマスカブル割り込み | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

本レジスタへの書き込みはECCプロテクトレジスタ (ECCPRCR) によって保護されています。このビットに書き込む前に、ECCPRCR レジスタのECCPRCR ビットを1にしてください (書き込み保護無効)。SRAM アクセス中はECCOAD レジスタへの書き込みは行わないでください。

OAD ビット (検出後の動作)

ECC エラーが検出された場合にリセットとノンマスカブル割り込みのどちらを発生させるか選択します。ECCOAD.OAD ビットは、SRAM (ECC 領域) で使用されます。

42.3 動作説明

42.3.1 消費電力低減機能

モジュールストップコントロールレジスタ A (MSTPCRA) の設定により、SRAM へのクロック供給を停止することで、消費電力を低減することが可能です。MSTPCRA.MSTPA0 ビットと MSTPCRA.MSTPA6 ビットの両方を 1 にすると、SRAM0 に供給されるクロック信号が停止します (注1)。

注1. MSTPCRA.MSTPA0 ビットと MSTPCRA.MSTPA6 ビットは同じ値にする必要があります。

クロック信号の供給が停止すると、SRAM はモジュールストップ状態になります。モジュールストップ状態では SRAM にアクセスできません。SRAM アクセス中は、モジュールストップ状態に遷移しないでください。モジュールストップ状態のとき、SRAM へのアクセスは禁止です。アクセスした場合の動作は保証できません。

MSTPCRA レジスタの詳細については、「[11. 低消費電力モード](#)」を参照してください。

SRAM0 のヘッド領域である 48KB (2000 0000h ~ 2000 BFFFh) を除き、SRAM0 の供給電圧はオフにできるため、ソフトウェアスタンバイモードでの消費電力はさらに低減できます。ソフトウェアスタンバイモードの詳細は、「[11. 低消費電力モード](#)」を参照してください。

42.3.2 ECC 機能

ECC 機能は、ECCMODE レジスタの設定によって、有効または無効に設定可能です。初期状態では、ECC 機能は無効です。また、ECC のチェックタイプは、SEC-DED (単一誤り訂正、二重誤り検出) です。ECC 機能が有効な場合、書き込み時は、32 ビットのデータに 7 チェックビットが付与されます。読み出し時は、SRAM (ECC 領域) から 39 ビットデータ (32 ビットデータと 7 チェックビット) が読み出されます。

ECC とエラーチェックの両方が有効の場合、1 ビットエラーが発生すると誤り訂正が実行され、ECC1STSEN.E1STSEN ビットが 1 のときは ECC1STS.ECC1ERR ビットが 1 になります。2 ビットエラーが発生すると、誤りが検出され、ECC2STS.ECC2ERR ビットが 1 になりますが、誤り訂正は実行されません。

「ECC 有効/エラーチェックなし」の場合、1 ビットエラーが発生すると誤り訂正が実行されますが、ECC1STSEN.E1STSEN ビットが 1 でも ECC1STS.ECC1ERR ビットは更新されません。2 ビットエラーが発生すると、誤りが検出されますが ECC2STS.ECC2ERR ビットは更新されず、誤り訂正も実行されません。

ECC 機能が無効の場合、1 ビットエラーまたは 2 ビットエラーが発生しても、誤り訂正と誤り検出は実行されません。そのため、ECC1ERR ビットと ECC2ERR ビットは更新されません。

エラーを検出した場所は確認できません。そのため、エラー発生後は SRAM に 32 ビットデータを書き込むことですべてのデータを更新してください。

ライトアクセスの後にリードアクセスが続いて発生すると、リードアクセスが優先的に実行されます。したがって、初期化中は、ライトアクセスの後に続けてリードアクセスを行わないでください。

42.3.3 ECC エラー発生

SRAM (ECC 領域) が「ECC 有効/エラーチェックあり」モードのとき、ECC 2 ビットエラーを示す ECC2STS.ECC2ERR ビット、または ECC 1 ビットエラーを示す ECC1STS.ECC1ERR ビットのいずれかが 1 になると、ECC エラーが発生します。

ECC 1 ビットエラーをマスクする場合は、ECC1STSEN.E1STSEN ビットを 0 にして、ECC1ERR ビットの更新を禁止してください。ECC 無効時、または「ECC 有効/エラーチェックなし」の場合、ECC エラーは発生しません。

ECC エラーは、ECCOAD レジスタでの選択に基づきノンマスクブル割り込みまたはリセットのいずれかを発生させます。ECCOAD.OAD ビットが 1 のとき、ECC エラーはリセット機能に出力されます。ECCOAD.OAD ビットが 0 のとき、ECC エラーはノンマスクブル割り込みとして ICU に出力されます。

42.3.4 ECC デコーダのテスト方法

図 42.1 に ECC デコーダのテスト方法を示します。

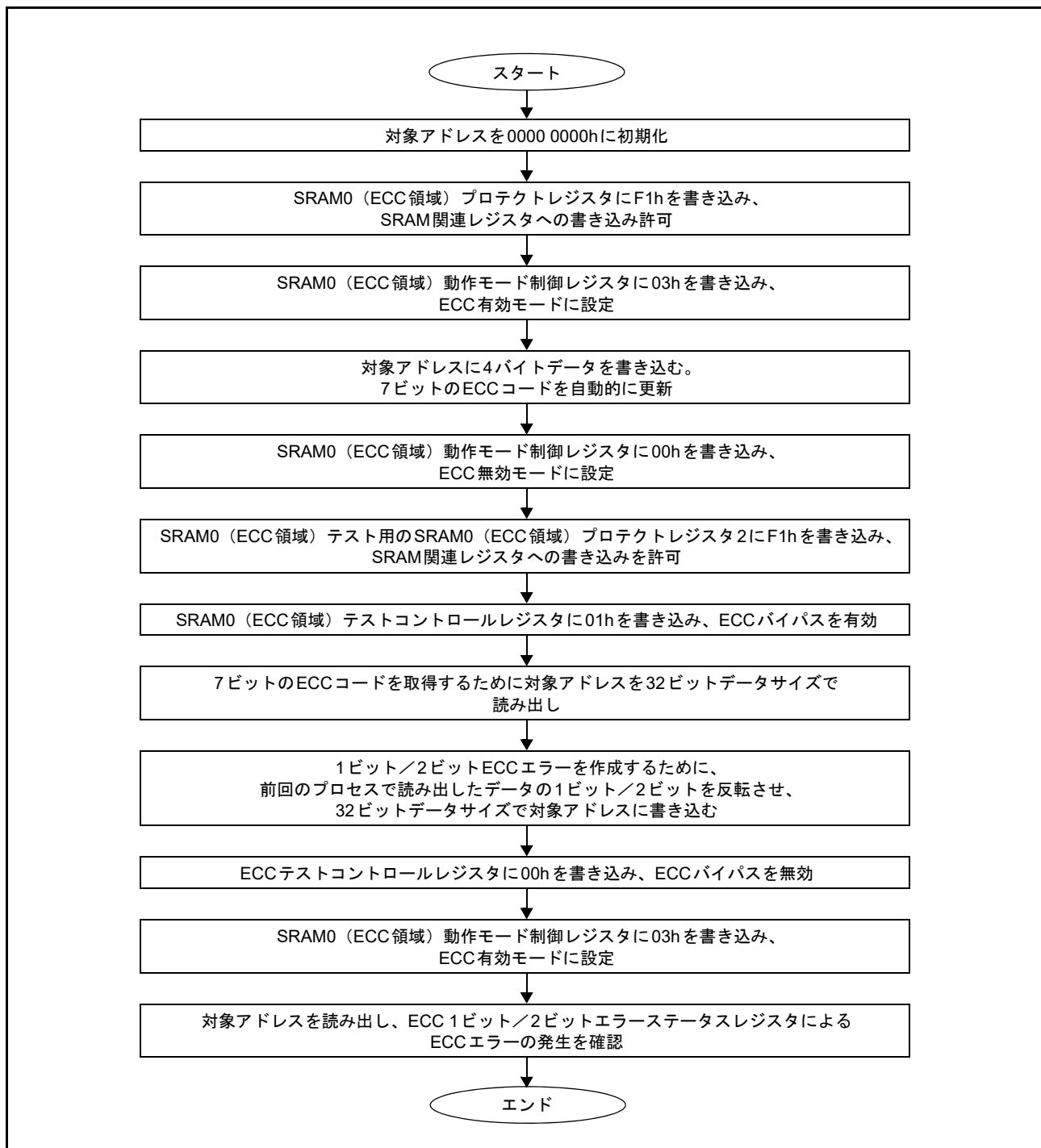


図 42.1 ECC デコーダのテスト方法

42.3.5 パリティ計算機能

IEC60730 規格に準拠するには、SRAM データのチェックが必要です。データ書き込み時に 32 ビットデータ幅の SRAM に格納されている 8 ビットデータごとにパリティビットが付与され、データ読み出し時にパリティチェックが行われます。パリティエラーが発生すると、パリティエラー通知が生成されます。この機能は、リセットを実行するためにも使用できます。SRAM0 の仕様は、ECC なしの場合、偶数パリティです。

パリティエラー通知には、PARIOAD.OAD ビットで、ノンマスクブル割り込みまたはリセットを指定できます。OAD ビットが 1 のとき、パリティエラーはリセット機能に出力されます。OAD ビットが 0 のとき、パリティエラーはノンマスクブル割り込みとして ICU に出力されます。

パリティエラーはしばしばノイズにより発生します。パリティエラーの原因がノイズか破損かを確認するには、[図 42.2](#) および [図 42.3](#) に示されたパリティチェックフローを使用してください。

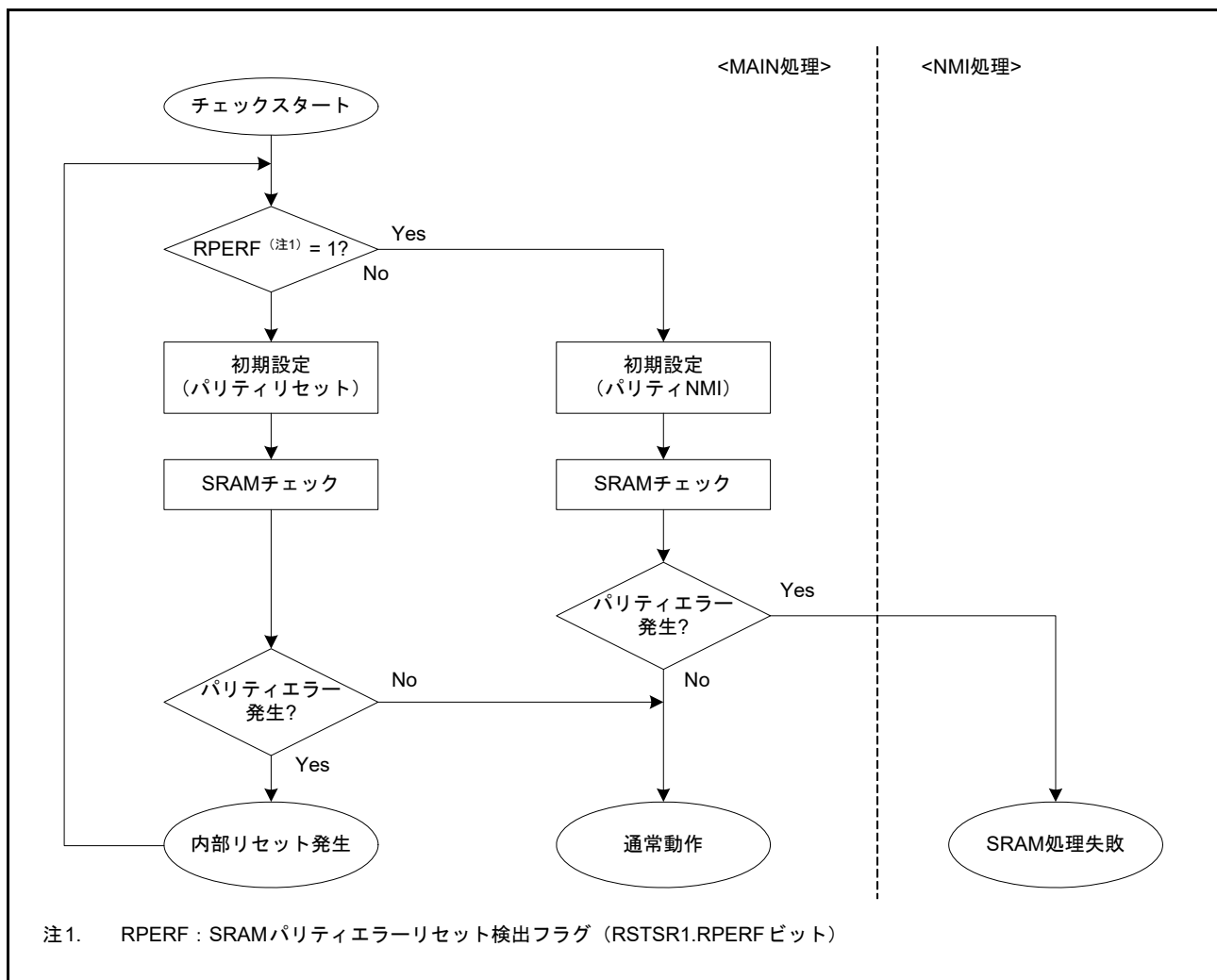


図 42.2 SRAM パリティリセット許可の場合の SRAM パリティチェックのフロー

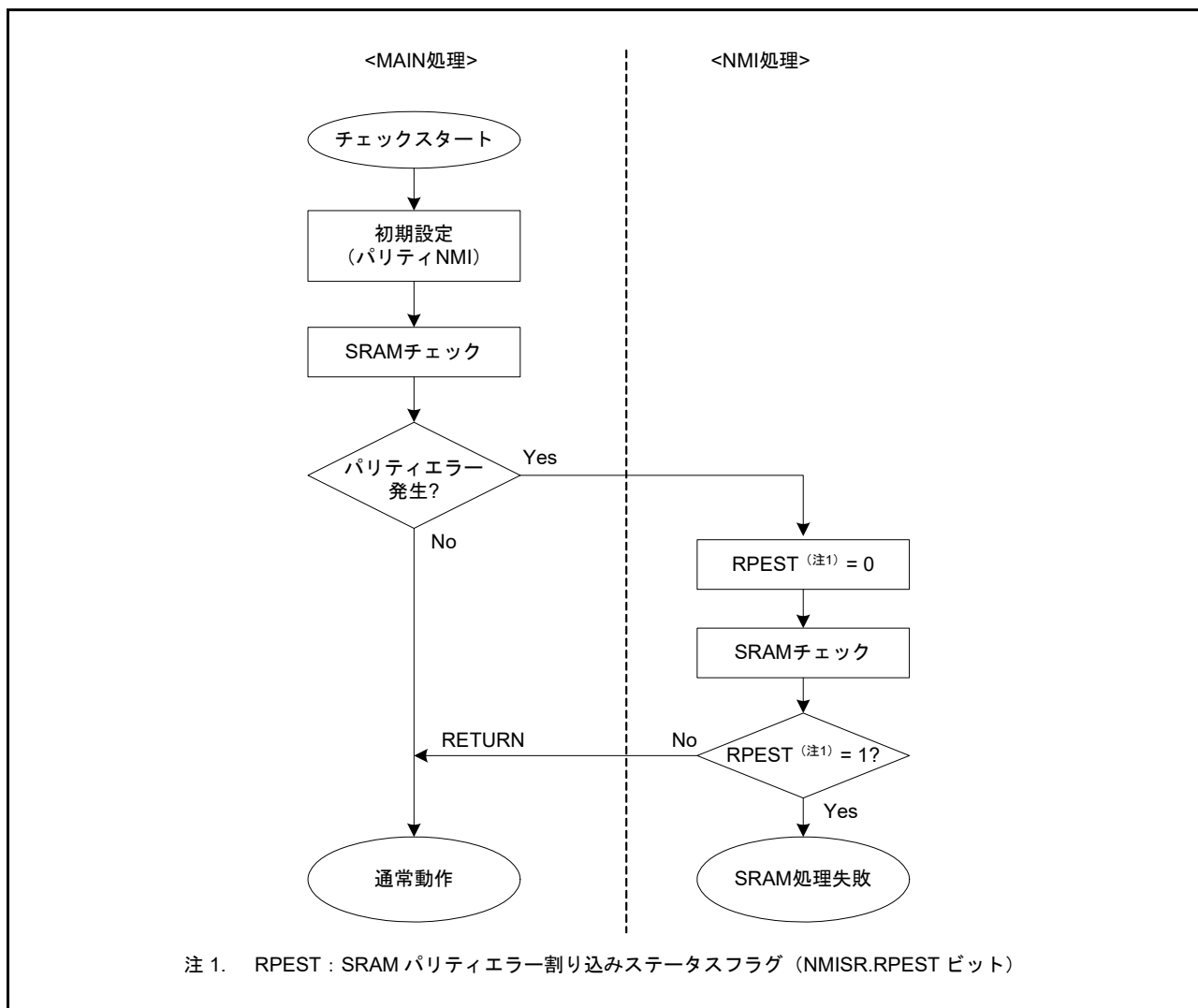


図 42.3 SRAM パリティ割り込み許可の場合の SRAM パリティチェックのフロー

42.3.6 SRAM エラー要因

SRAM エラーの原因は、ECC エラーまたはパリティエラーのいずれかです。ECC エラーおよびパリティエラーは、それぞれ ECCOAD.OAD ビット、PARIOAD.OAD ビットで選択したとおり、ノンマスクブル割り込みまたはリセットのいずれかを発生させることができます。

表 42.2 SRAMエラー要因

| エラー要因 | DTCの起動 | DMACの起動 |
|-------------------------|--------|---------|
| ECCエラー (ECCありのSRAM0領域) | 不可能 | 不可能 |
| パリティエラー (ECCなしのSRAM0領域) | 不可能 | 不可能 |

42.3.7 アクセスサイクル

表 42.3 SRAM0 (ECC領域 2000 0000h ~ 2000 3FFFh)

| ビット設定 | リード (サイクル) | | ライト (サイクル) | |
|----------------------|------------|--------------------|------------|--------------------|
| | ワードアクセス | ハーフワード/ バイトアクセス | ワードアクセス | ハーフワード/ バイトアクセス |
| ECCオフ ECCMOD[1]=0 | 2 | | 2 | |
| ECCオン ECCMOD[1]=1 | 2 | | 2 | 4 |

表 42.4 SRAM0 (パリティ領域 2000 4000h ~ 2001 7FFFh)

| リード (サイクル) | | ライト (サイクル) | |
|------------|--------------------|------------|--------------------|
| ワードアクセス | ハーフワード/ バイトアクセス | ワードアクセス | ハーフワード/ バイトアクセス |
| 2 | | 2 | |

42.4 使用上の注意事項

42.4.1 SRAM 領域からの命令フェッチ

SRAM0 を使用してプログラムを実行する場合、SRAM 領域を初期化して CPU が正確にデータをプリフェッチできるようにしてください。初期化されていない SRAM 領域から CPU がデータをプリフェッチすると、ECC エラーまたはパリティエラーが発生する場合があります。4 バイト境界のプログラムの終了アドレスから 12 バイト領域を初期化してください。

42.4.2 SRAM のストアバッファ

SRAM と CPU 間の迅速なアクセスのためにストアバッファが使用されます。SRAM のストア命令の後で、同じアドレスからの負荷命令が実行されると、負荷命令は SRAM データの代わりにバッファからのデータを読み出すことがあります。SRAM から正しくデータを読み出すには、下記のいずれかの手順を行ってください。

- SRAM (アドレス = A) に書き込んだ後に、NOP 命令を使用し、SRAM (アドレス = A) を読み出す
- SRAM (アドレス = A) に書き込んだ後に、SRAM (アドレス = A) 以外の領域のデータを読み出し、それから SRAM (アドレス = A) を読み出す

43. フラッシュメモリ

本 MCU は、最大 512KB のコードフラッシュメモリと 8KB のデータフラッシュメモリを内蔵しています。フラッシュコントロールブロック (FCB) は、フラッシュメモリのプログラムコマンドを制御します。本製品は、Silicon Storage Technology, Inc. よりライセンス供与された SuperFlash® 技術を使用しています。

43.1 概要

表 43.1 に、コードフラッシュメモリとデータフラッシュメモリの仕様を、図 43.1 に関連モジュールのブロック図を示します。図 43.2 にコードフラッシュメモリの構成を、図 43.3 にデータフラッシュメモリの構成を示します。

表 43.1 コードフラッシュメモリとデータフラッシュメモリの仕様

| 項目 | コードフラッシュメモリ | データフラッシュメモリ |
|--------------------------|---|---|
| メモリ容量 | • ユーザ領域：最大512KB | データ領域：8KB |
| リードサイクル | <ul style="list-style-type: none"> • 32MHz < ICLK周波数 ≤ 48MHz キャッシュヒット：1サイクル キャッシュミス：2、3サイクル • ICLK周波数 ≤ 32MHz キャッシュヒット：1サイクル キャッシュミス：1サイクル | バイトアクセス時にはFCLK 6サイクルでのリード (FCLK周波数 ≤ 32MHz) |
| イレース後の値 | FFh | FFh |
| プログラム/イレース方式 | <ul style="list-style-type: none"> • レジスタに設定したFCBコマンドを使用してコードフラッシュメモリおよびデータフラッシュメモリをプログラム/イレース • 専用フラッシュメモリプログラマによるシリアルインタフェース通信を介したプログラム (シリアルプログラミング) • ユーザプログラムによるフラッシュメモリのプログラム (セルフプログラミング) | |
| セキュリティ機能 | フラッシュメモリの不正改ざん/不正読み出しを防止 | |
| プロテクション機能 | フラッシュメモリの誤オーバーライトを防止 | |
| BGO (バックグラウンドオペレーション) 機能 | データフラッシュメモリのプログラム中にコードフラッシュメモリの読み出しが可能 | |
| プログラム/イレース単位 | <ul style="list-style-type: none"> • ユーザ領域へのプログラム：64ビット単位 • ユーザ領域のイレース：2KB単位 | <ul style="list-style-type: none"> • データ領域へのプログラム：8ビット単位 • データ領域のイレース：1KB単位 |
| その他の機能 | セルフプログラミング中の割り込み受け付け | |
| | 本MCUの初期設定でフラッシュメモリ拡張領域 (オプションバイト) の設定可能 | |
| オンボードプログラミング | シリアルプログラミングモード (SCIブートモード) でのプログラム <ul style="list-style-type: none"> • 調歩同期式シリアルインタフェース (SCI9) を使用 • 転送速度は自動調整 シリアルプログラミングモード (USBブートモード) でのプログラム <ul style="list-style-type: none"> • USBFSを使用 • 専用ハードウェアが不要で、PCと直結可能 オンチップデバッグモードでのプログラム <ul style="list-style-type: none"> • JTAGまたはSWDインタフェースを使用 • 専用ハードウェアは必要なし ユーザプログラム中のコードフラッシュメモリ/データフラッシュメモリ書き換えルーチンによるプログラム <ul style="list-style-type: none"> • システムをリセットすることなくコードフラッシュメモリ/データフラッシュメモリのプログラムが可能 | |

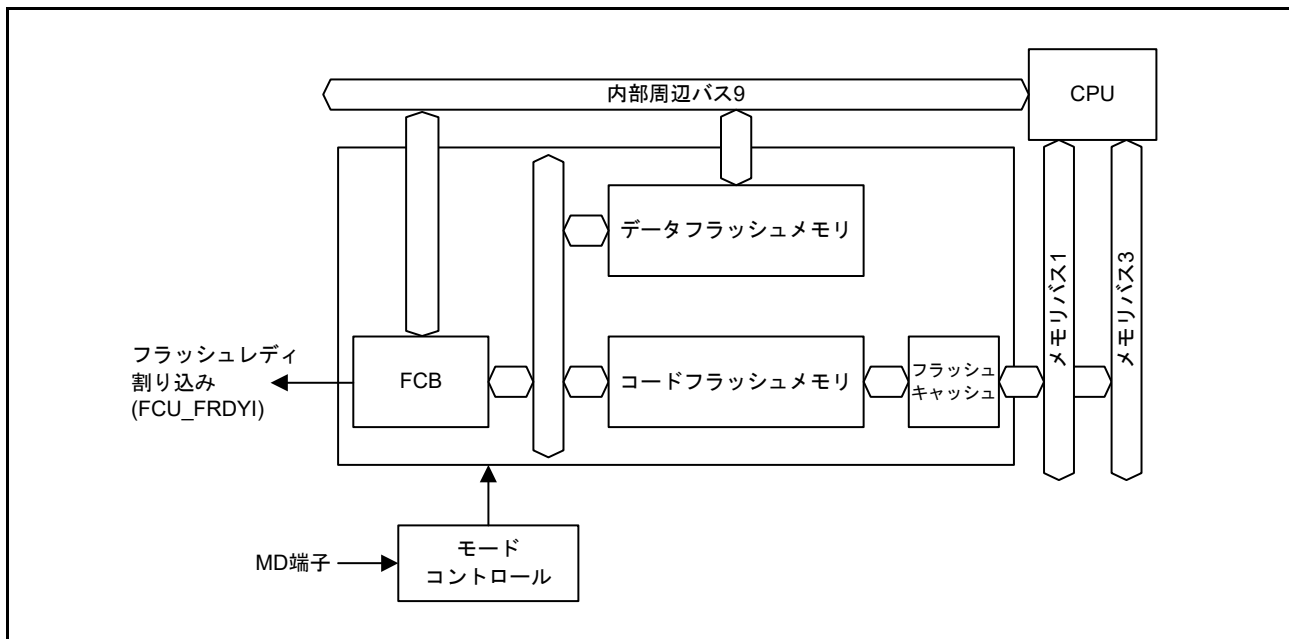


図 43.1 フラッシュメモリ関連モジュールのブロック図

43.2 メモリ構成

図 43.2 にコードフラッシュメモリのマッピングを、表 43.2 にコードフラッシュメモリのサイズ別のリードアドレスおよびプログラム/イレース (P/E) アドレスを示します。コードフラッシュメモリのユーザ空間は 2KB のブロックに分割されており、各ブロック単位でイレース可能です。ユーザ領域は、ユーザプログラムの格納に使用できます。

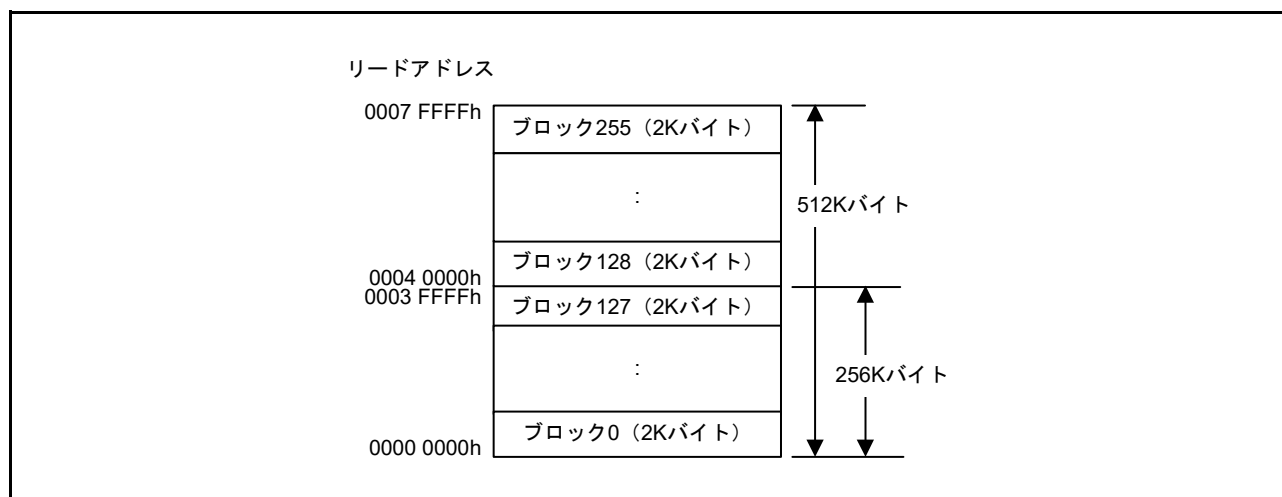


図 43.2 コードフラッシュメモリマッピング

表 43.2 コードフラッシュメモリのサイズ別リード、P/Eアドレス

| コードフラッシュメモリのサイズ | リードアドレス | P/Eアドレス | ブロック番号 |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| 512KB | 0000 0000h~0007 FFFFh | 0000 0000h~0007 FFFFh | 0~255 |

データフラッシュメモリのデータ領域は 1KB のブロックに分割されており、各ブロック単位でイレース可能です。図 43.3 にデータフラッシュメモリのマッピングを、表 43.3 にデータフラッシュメモリのサイズ別のリードアドレスと P/E アドレスを示します。

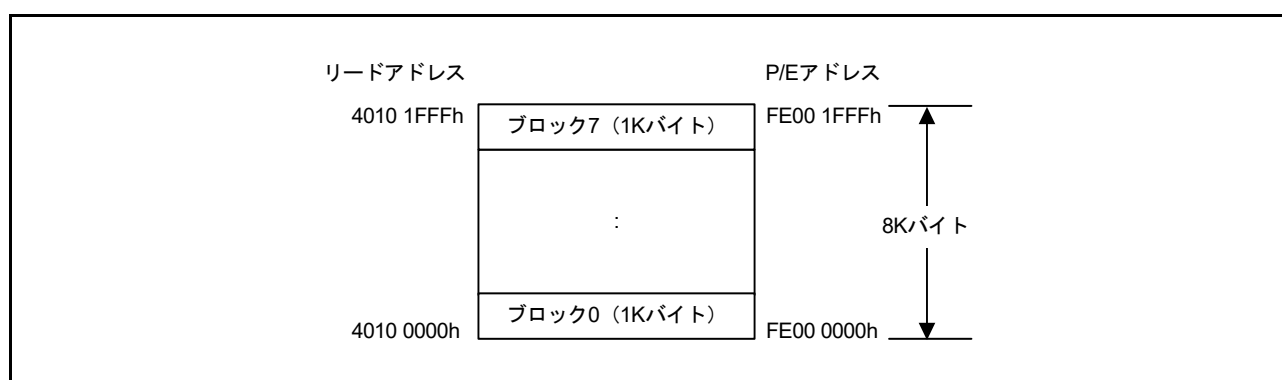


図 43.3 データフラッシュメモリマッピング

表 43.3 データフラッシュメモリのサイズ別リード、P/Eアドレス

| データフラッシュメモリのサイズ | リードアドレス | P/Eアドレス | ブロック |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|------|
| 8KB | 4010 0000h~4010 1FFFh | FE00 0000h~FE00 1FFFh | 0~7 |

43.3 フラッシュキャッシュ

43.3.1 概要

フラッシュキャッシュ (FCACHE) は、バスマスタからフラッシュメモリへのリードアクセスを高速化します。FCACHE には以下が含まれます。

- CPU 命令フェッチで使用する FCACHE1
- CPU オペランドアクセスと DMA で使用する FCACHE2
- CPU 命令フェッチのプリフェッチアクセスで使用する FLPF

表 43.4 フラッシュキャッシュの概要

| 項目 | フラッシュキャッシュ 1 (FCACHE1) | フラッシュキャッシュ 2 (FCACHE2) | プリフェッチバッファ (FLPF) |
|-----------|--|--|--|
| キャッシュ対象領域 | 0000 0000h ~ 007F FFFFh | 0000 0000h ~ 007F FFFFh | 0000 0000h ~ 007F FFFFh |
| 対象バスマスタ | CPU 命令フェッチ | CPU オペランドアクセスおよび CPU 以外からのアクセス | FLPF |
| 容量 | 128 バイト | 8 バイト | 16 バイト |
| アソシアティブ方式 | 2ウェイセットアソシアティブ 64ビット/エントリ (64ビット整列データ)、 8エントリ/ウェイ | フルアソシアティブ 64ビット/エントリ (64ビット整列データ)、 1エントリ | — 64ビット/エントリ (64ビット整列データ)、 2エントリ、 前のCPU命令の次のアドレス |
| アクセスサイクル | キャッシュヒット: 0ウェイト キャッシュミス: SYSTEM.MEMWAIT レジスタに従う: MEMWAIT = 0: 0ウェイト MEMWAIT = 1: 1~2ウェイト | キャッシュヒット: 0ウェイト キャッシュミス: SYSTEM.MEMWAIT レジスタに従う: MEMWAIT = 0: 0ウェイト MEMWAIT = 1: 1~2ウェイト | キャッシュヒット: 0ウェイト キャッシュミス: SYSTEM.MEMWAIT レジスタに従う: MEMWAIT = 0: 0ウェイト MEMWAIT = 1: 1~2ウェイト |

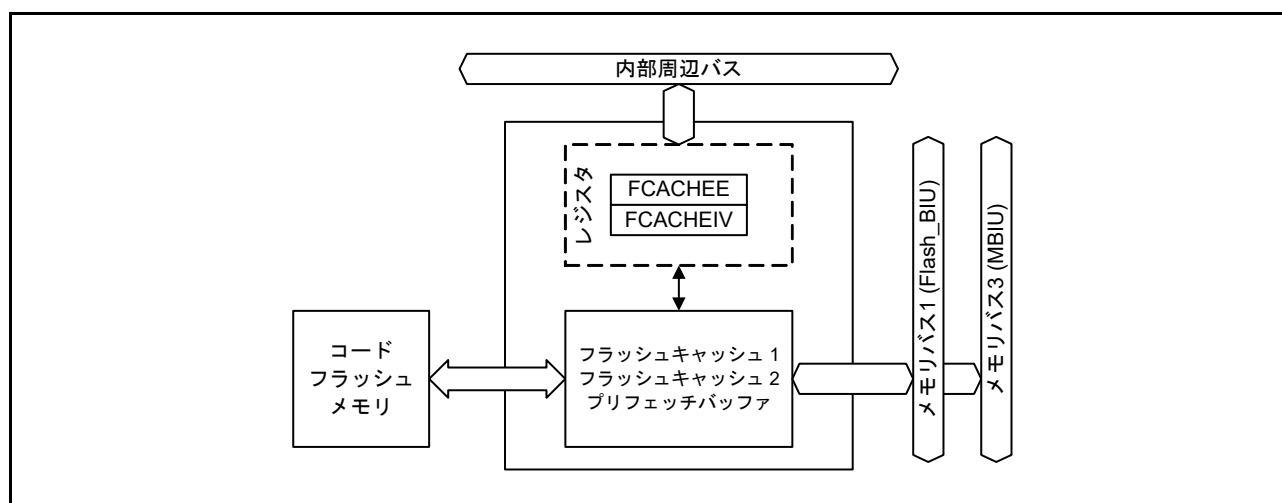


図 43.4 FCACHE のブロック図

43.3.2 レジスタの説明

43.3.2.1 フラッシュキャッシュイネーブルレジスタ (FCACHEE)

アドレス FCACHE.FCACHEE 4001 C100h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | FCACHEEN |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------|----------|------------------------------|-----|
| b0 | FCACHEEN | FCACHE許可 | 0 : FCACHE禁止 1 : FCACHE許可 | R/W |
| b15-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

FCACHEE.FCACHEEN ビットは、FCACHE1、FCACHE2、FLPF のフラッシュキャッシュ機能を許可または禁止します。FCACHEIV.FCACHEIV には影響しません。FCACHE が許可されている場合、HPROT[3] ビット設定はそれがキャッシュャブルなのかノンキャッシュャブルなのかを決定します。15.5 フラッシュキャッシュ使用時の注意事項を参照してください。

43.3.2.2 フラッシュキャッシュインバリデートレジスタ (FCACHEIV)

アドレス FCACHE.FCACHEIV 4001 C104h

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|
| | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | FCACHEIV |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|--------|----------|-------------------|---|-----|
| b0 | FCACHEIV | フラッシュキャッシュインバリデート | <ul style="list-style-type: none"> 読み出し : 0 : インバリデートしない 1 : インバリデートする 書き込み : 1 を書くと FCACHE をインバリデートします。0 を書くと無視されます。 | R/W |
| b15-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

FCACHEIV.FCACHEIV ビットに 1 を書くと、FCACHE1、FCACHE2、FLPF のフラッシュキャッシュデータがインバリデートされます。

43.3.2.3 データフラッシュコントロールレジスタ (DFLCTL)

アドレス FLCN.DFLCTL 407E C090h

| | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|-------|
| b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| — | — | — | — | — | — | — | DFLEN |
| リセット後の値 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------|----------------|--|-----|
| b0 | DFLEN | データフラッシュアクセス有効 | 0 : データフラッシュアクセス無効 1 : データフラッシュアクセス有効 | R/W |
| b7-b1 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

DFLCTL レジスタはデータフラッシュへのアクセス（読み出し、書き込み、消去）を許可、あるいは禁止します。DFLCTL.DFLEN ビットを設定した後、データフラッシュからの読み出しや、プログラミング/イレースモードに入る前に、データフラッシュデータフラッシュ STOP 復帰時間 (t_{DSTOP}) が必要です。

データフラッシュデータフラッシュ STOP 復帰時間は動作モードによって異なります。

[動作モードごとの設定時間]

- HS(High-speed) モード : 5 μ s
- LS(Low-speed) モード : 720ns
- LP(低消費電力) モード : 720ns
- LV(low-voltage) モード ; 10 μ s

43.4 動作説明

フラッシュキャッシュを有効にするにはFCACHEEレジスタを使用します。フラッシュキャッシュを設定してフラッシュメモリの書き換えに備えるには、以下を実行します。

1. FCACHEE.FCACHEEN ビットをリセットしてフラッシュキャッシュを禁止します。(注1)
2. ICLK 周波数およびOPCCR およびSOPCCR 両レジスタに設定の電力制御モードについて、必要に応じてMEMWAIT.MEMWAIT ビットを設定します。
3. FCACHEIV.FCACHEIV ビットを設定してフラッシュキャッシュを無効化します。
4. FCACHEIV.FCACHEIV ビットが0であることを確認します。
5. FCACHEE.FCACHEEN ビットを設定してフラッシュキャッシュを許可します。

注. フラッシュキャッシュ有効時、動作モード（読み出しモード、ウェイトモード）を変更しないでください。

注1. リセット後の最初の設定でフラッシュキャッシュを禁止にする必要はありません。

43.4.1 フラッシュキャッシュ使用における注意

CPUからのアクセスでフラッシュキャッシュを使用する場合、Arm® MPUもキャッシュブルに設定しなければなりません。

ARM®v7-M Architecture Reference Manual および ARM® Cortex®-M4 Devices Generic User Guide を参照してください。

43.5 フラッシュメモリ関連の動作モード

図 43.5 にフラッシュメモリに関するモード遷移図を示します。モードの設定方法については、「3. 動作モード」を参照してください。

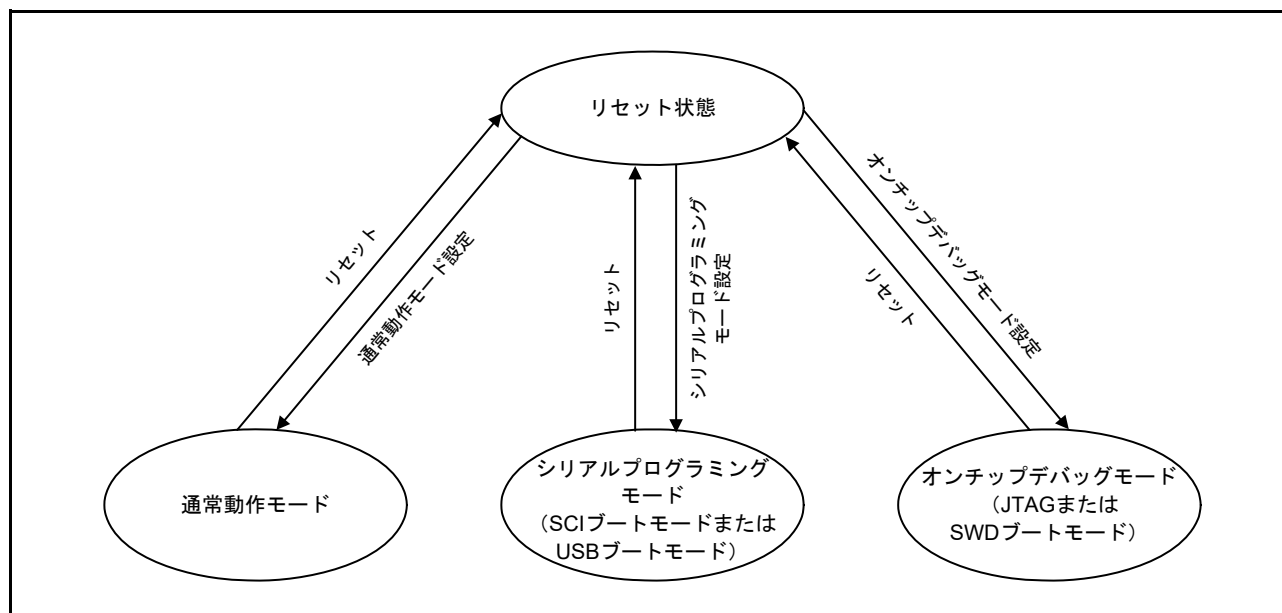


図 43.5 フラッシュメモリに関するモード遷移図

各モードでプログラム/イレースが可能なフラッシュメモリの領域、リセット後の起動プログラムを実行するフラッシュメモリの領域は異なります。表 43.5 に各モードの相違点を示します。

表 43.5 各モードの相違点

| 項目 | 通常動作モード | シリアルプログラミングモード (SCI/USBブートモード) | オンチップデバッグモード (JTAG/SWDブートモード) |
|------------------|--|--|--|
| プログラム/イレースが可能な領域 | <ul style="list-style-type: none"> コードフラッシュメモリ データフラッシュメモリ | <ul style="list-style-type: none"> コードフラッシュメモリ データフラッシュメモリ | <ul style="list-style-type: none"> コードフラッシュメモリ データフラッシュメモリ |
| ブロック分割イレース | 可能 | 可能 | 可能 |
| リセット時の起動プログラム | ユーザ領域のプログラム | シリアルプログラミング用組み込みプログラム | デバッグコマンドに依存 |

43.5.1 IDコードプロテクト機能

この機能は、プログラミングとオンチップデバッグを禁止します。IDコードプロテクト機能が有効な場合、本MCUはホストが送信したIDコードをフラッシュメモリに格納されているIDコードと比較し、有効または無効にします。プログラミングとオンチップデバッグは、この2つのIDが一致する場合に限り許可されます。

フラッシュメモリに格納されているIDコードは、32ビットワード4つで構成されます。IDコードのビット127とビット126は、IDコードプロテクト機能が有効か判定し、ホストで使用する認証方法を決定します。IDコードがどのように認証方法を決定するかについては、表 43.6 に示します。

表 43.6 IDコードプロテクト機能の仕様

| ブートアップ時の動作モード | IDコード | プロテクト状態 | プログラマまたはオンチップデバッガ接続時の動作 |
|---------------------------------|---|---------|---|
| シリアルプログラミングモード (SCI/USB ブートモード) | FFh, ..., FFh (全バイトがFFh) | プロテクト無効 | IDコードは検証されません。IDコードは常に一致して、プログラマまたはオンチップデバッガへの接続が許可されます。 |
| オンチップデバッグモード (JTAG/SWD ブートモード) | ビット127 = 1、 ビット126 = 1、かつ 16バイトのうち少なくとも 1つがFFh以外 | プロテクト有効 | IDコード一致：認証を終了し、プログラマまたはオンチップデバッガへの接続を許可 IDコード不一致：IDコードプロテクト待機状態へ遷移 プログラマまたはオンチップデバッガから送られてきたIDコードがASCIIコードのALeRASE (414C_6552_4153_45FF_FFFF_FFFF_FFFF_FFFF) であると、ユーザフラッシュ (コードフラッシュおよびデータフラッシュ) 領域および構成領域の内容は消去されます。ただし、AWSC.FSPRビットが0であれば、強制消去は実行されません。 |
| | ビット127 = 1かつ ビット126 = 0 | プロテクト有効 | IDコード一致：認証を終了し、プログラマまたはオンチップデバッガへの接続を許可 IDコード不一致：IDコードプロテクト待機状態へ遷移 |
| | ビット127 = 0 | プロテクト有効 | IDコードは検証されません。IDコードは常に一致せず、プログラマまたはオンチップデバッガへの接続は禁止されます。 |

43.6 機能概要

シリアルインタフェース経由（シリアルプログラミングモード）、またはJTAG/SWDインタフェース経由（オンチップデバッグモード）で、専用フラッシュメモリプログラマを使用して内蔵フラッシュメモリを書き換えることにより、ターゲットシステムへの実装前／実装後にかかわらず本MCUのプログラムが可能です。また、ユーザプログラムの書き換えを禁止するセキュリティ機能により、第三者によるプログラムの改ざんを防止できます。

ユーザプログラムによるプログラミング（セルフプログラミング）は、システムの製造／出荷後の更新が必要なアプリケーションに有効です。フラッシュメモリ領域を安全に書き換えるためのプロテクション機能もサポートしています。また、セルフプログラミング中の割り込み処理もサポートされており、外部通信およびその他の機能を実行している間もプログラミングを継続できます。表 43.7 は、プログラミング方式と関連する動作モードを示しています。

表 43.7 プログラミング方式

| プログラミング方式 | 機能概要 | 動作モード |
|-----------------|--|----------------|
| シリアルプログラミング | SCI9またはUSBFSインタフェース経由で接続されている専用フラッシュメモリプログラマを用いて、ターゲットシステムへの実装後もフラッシュメモリのオンボード書き換えが可能です。 | シリアルプログラミングモード |
| | SCI9またはUSBFSインタフェースおよび専用プログラミングアダプタボードを経由して接続されている専用フラッシュメモリプログラマを用いて、ターゲットシステム実装前にフラッシュメモリのオフボード書き換えが可能です。 | |
| セルフプログラミング | シリアルプログラミングによってあらかじめメモリに書き込まれたユーザプログラムを実行することによっても、フラッシュメモリの書き換えが可能です。セルフプログラミングによるデータフラッシュメモリの書き換え時には、バックグラウンドオペレーション機能によりコードフラッシュメモリからの命令フェッチおよびデータの読み出しが可能です。そのため、コードフラッシュメモリ上のプログラムを実行して、データフラッシュメモリを書き換えることができます。 | 通常動作モード |
| JTAG/SWDプログラミング | JTAG/SWD経由で接続されている専用フラッシュメモリプログラマまたはオンチップデバッガを用いて、ターゲットシステムへの実装後もフラッシュメモリのオンボード書き換えが可能です。 | オンチップデバッグモード |
| | JTAG/SWDおよび専用プログラミングアダプタボードを経由して接続されている専用フラッシュメモリプログラマまたはオンチップデバッガを用いて、ターゲットシステム実装前にフラッシュメモリのオフボード書き換えが可能です。 | |

本 MCU は、セルフプログラミング用にプログラムコマンドをサポートしています。内蔵フラッシュメモリの機能一覧を表 43.8 に示します。シリアルプログラミングではシリアルプログラマコマンドを使用してください。セルフプログラミングでは、プログラミングコマンドを使用して内蔵フラッシュメモリの読み出しまたはユーザプログラムの実行を行ってください。

表 43.8 基本機能

| 機能 | 機能概要 | サポートの有無 | |
|-----------|---|----------------------|------------------------|
| | | シリアルプログラミング | セルフプログラミング |
| ブランクチェック | 指定したブロックがプログラムされていないことを確認します。イレース後にプログラムされていない状態のデータフラッシュメモリの読み出し結果は保証されません。イレース後にプログラムされていない状態を確認するには、ブランクチェックを使用してください。 | × | ○ |
| ブロックイレース | 指定したブロックのメモリ内容のイレースを行います。 | ○ | ○ |
| プログラム | 指定したアドレスのプログラムを行います。 | ○ | ○ |
| リード | フラッシュメモリにプログラムしたデータを読み出します。 | ○ | × (ユーザプログラムによる読み出しは可能) |
| IDコードチェック | ホストが送信したIDコードとフラッシュメモリに格納されているコードとを比較します。これら二つが一致する場合、FCBは待機状態に遷移してホストからのプログラミングとイレースコマンドを待ちます。 | ○ | × (ID認証は行わない) |
| セキュリティ設定 | シリアルプログラミング用のセキュリティ機能を設定します。 | △ (有効から無効への切り替えのみ許可) | △ (有効から無効への切り替えのみ許可) |
| プロテクション設定 | コードフラッシュメモリにおけるフラッシュ領域プロテクションのアクセスウィンドウを設定します。 | ○ | ○ |

内蔵フラッシュメモリは、IDコードセキュリティ機能をサポートしています。ID認証は、シリアルプログラミングと JTAG/SWD プログラミングで使用できるセキュリティ機能です。内蔵フラッシュメモリでサポートされるセキュリティ機能を表 43.9 に、セキュリティ設定時の動作を表 43.10 に示します。

表 43.9 セキュリティ機能

| 機能 | 内容 |
|------|---|
| ID認証 | シリアルプログラミング時のシリアルプログラマ接続をID認証結果で制御可能です。 |

表 43.10 セキュリティ設定時の動作

| 機能 | セキュリティ設定時のイレース/プログラミング/リード動作 | | セキュリティ設定に関する注意事項 |
|------|---|--|------------------|
| | シリアルプログラミングとオンチップデバッグモード | セルフプログラミングモード | セルフプログラミングモード |
| ID認証 | IDが不一致の場合： <ul style="list-style-type: none"> ● ブロックイレースコマンド：× ● プログラミングコマンド：× ● リードコマンド：× ● セキュリティ設定コマンド：× ● プロテクション設定コマンド：× IDが一致した場合： <ul style="list-style-type: none"> ● ブロックイレースコマンド：○ ● プログラミングコマンド：○ ● リードコマンド：○ ● セキュリティ設定コマンド：○ ● プロテクション設定コマンド：○ | ID認証は行わない <ul style="list-style-type: none"> ● ブランクチェック：○ ● ブロックイレース：○ ● プログラミング：○ ● セキュリティ設定：○ ● プロテクション設定：○ | ID認証は行わない |

○：サポートあり、×：サポートなし

43.6.1 構成領域ビットマップ

図 43.6 に、ID 認証、スタートアップ領域の選択、アクセスウィンドウプロテクション、セキュリティ設定機能で使用するビットを示します。ブートプログラムは、必ずこれらのビットを 16 進数データとして使用しなければなりません。

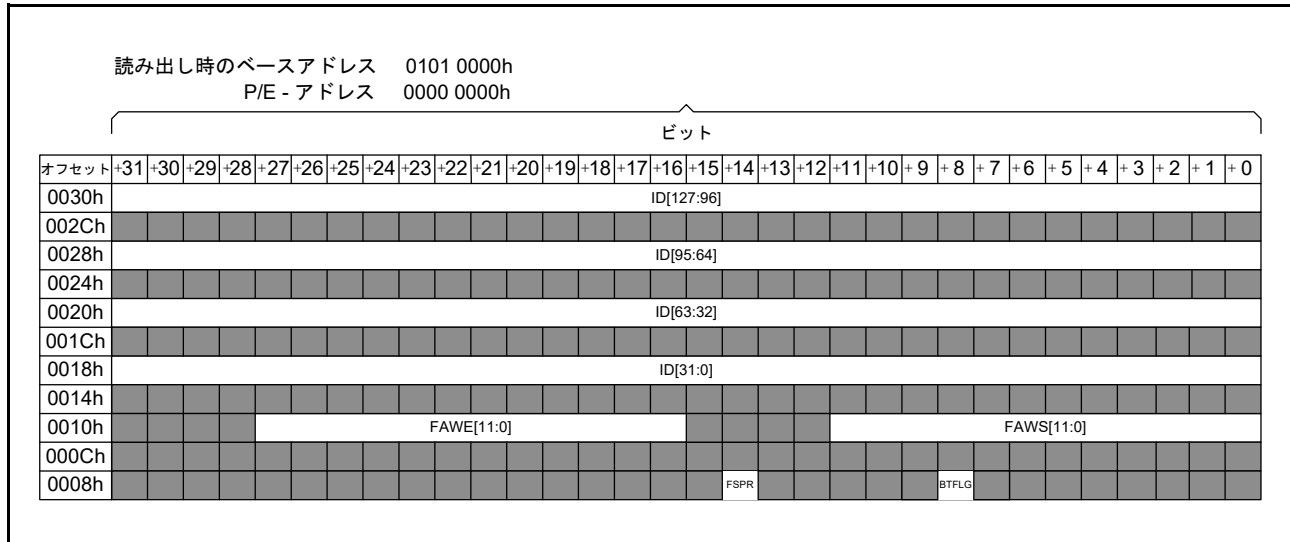


図 43.6 構成領域ビットマップ

43.6.2 スタートアップ領域選択

スタートアップ領域選択機能によって、ブートプログラムの安全な更新が可能になります。スタートアップ領域は、ユーザ領域に配置された 8KB の領域です。FCB は、AWSC レジスタに配置されたスタートアップ領域選択フラグ (BTFLG) の値に基づきスタートアップ領域のアドレスを制御します。スタートアップ領域は FSPR ビットでロックすることが可能です。

図 43.7 に、スタートアッププログラムのプロテクションの概要を示します。

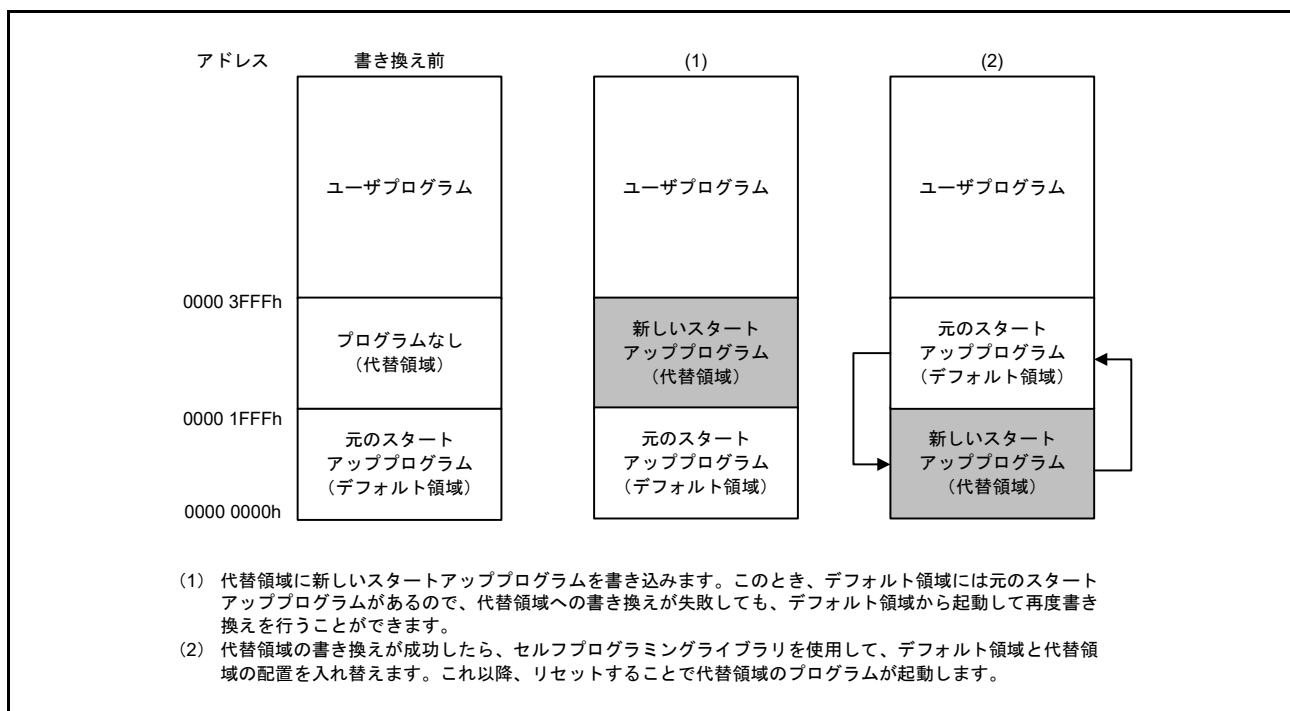


図 43.7 スタートアッププログラムプロテクションの概要

43.6.3 アクセスウィンドウによるプロテクション

アクセスウィンドウの外側にあるフラッシュメモリ領域にプログラムまたはブロックイレースコマンドを発行すると、コマンドロック状態に陥ります。アクセスウィンドウは、コードフラッシュメモリのユーザ領域においてのみ有効です。アクセスウィンドウは、セルフプログラミングモード、シリアルプログラミングモード、およびオンチップデバッグモードにおいて、プロテクション機能を提供します。図 43.8 に、フラッシュ領域のプロテクション機能を示します。

アクセスウィンドウは、FAWS[11:0] ビットおよびFAWE[11:0] ビットの両方で指定されています。以下に、各種条件でのFAWE[11:0] ビットおよびFAWS[11:0] ビットの設定を説明します。

- FAWE[11:0] = FAWS[11:0] : P/E コマンドは、コードフラッシュメモリのユーザ領域のどこでも実行できます
- FAWE[11:0] > FAWS[11:0] : P/E コマンドは、FAWS[11:0] ビットで指示されたブロックから、FAWE[11:0] ビットで指示されたブロックより 1 つ下のブロックまでのウィンドウにおいてのみ実行できます
- FAWE[11:0] < FAWS[11:0] : P/E コマンドは、コードフラッシュメモリのユーザ領域のどこでも実行できません

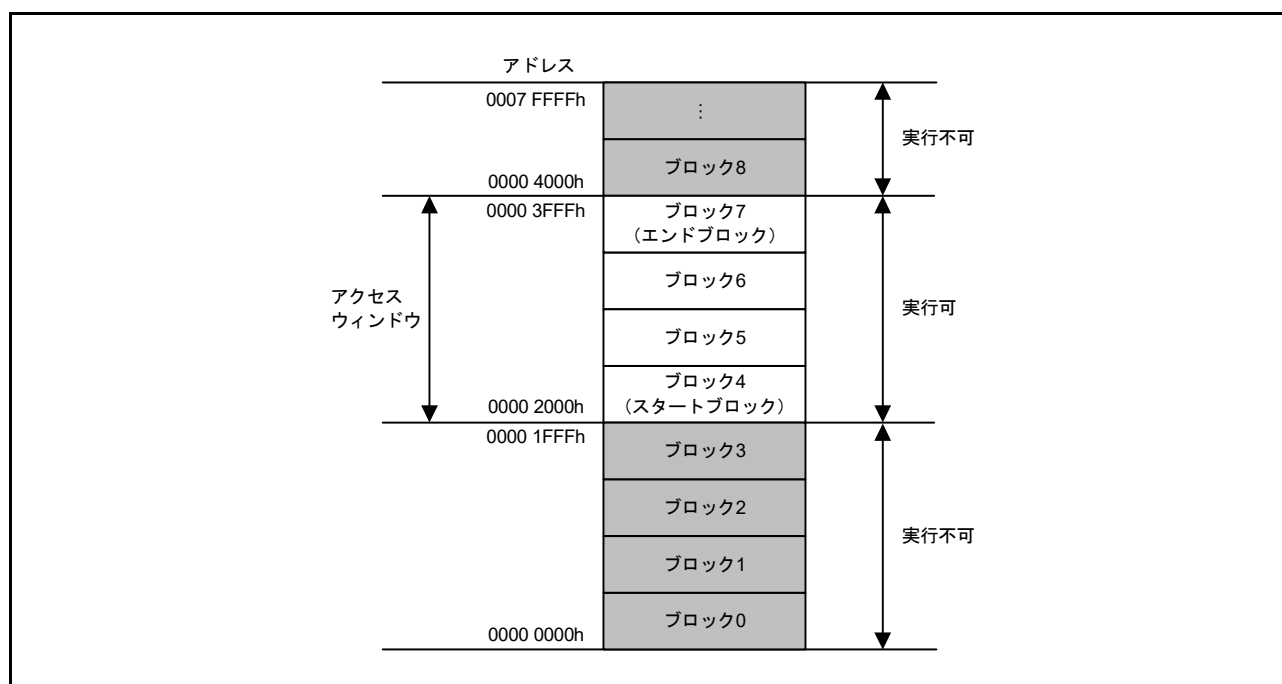


図 43.8 フラッシュ領域プロテクションの概要

43.7 プログラムコマンド

FCB は、プログラムコマンドを制御します。

43.8 サスペンド動作

強制停止コマンドは、ブランクチェックコマンドまたはブロックイレースコマンドを強制的に停止します。強制停止が実行されると、停止されたアドレスの値はレジスタに格納されます。これらのアドレス値をコピーすることにより、コマンド実行用レジスタをリセットした後、停止アドレスからコマンドを再開できます。

43.9 プロテクション機能

以下の種類のプロテクションが提供されています。

- ソフトウェアプロテクション
- エラープロテクション
- ブートプログラムプロテクション

43.10 シリアルプログラミングモード

シリアルプログラミングモードには以下が含まれます。

- SCI9 を使用する SCI ブートモード
- USBFS を使用する USB ブートモード

表 43.11 にフラッシュメモリ関連モジュールの入出力端子を示します。

表 43.11 フラッシュメモリ関連モジュールの入出力端子

| 端子名 | 入出力 | 適用モード | 機能 |
|----------------|-----|--|----------------------|
| MD | 入力 | SCI ブートモード USB ブートモード (シリアルプログラミングモード) | 動作モードの選択 |
| P110/RXD9 | 入力 | SCI ブートモード | ホスト通信における SCI データ受信用 |
| P109/TXD9 | 出力 | | ホスト通信における SCI データ送信用 |
| USB_DP, USB_DM | 入出力 | USB ブートモード | USB データの入出力 |
| USB_VBUS | 入力 | | USB ケーブルの接続/切断の検出 |

注． セキュリティ MPU が有効な場合、シリアルプログラミングモードは実行されません。

43.10.1 SCI ブートモード

SCI ブートモードでは、ホストから制御コマンドやプログラミングデータを送信して、コードフラッシュメモリ領域およびデータフラッシュメモリ領域へのプログラム/イレースが実行可能です。ホストと本 MCU 間の通信には、内蔵の SCI のチャンネル 9 を調歩同期式モードで使用します。ホストには制御コマンドを送信するためのツールとプログラム用データを準備する必要があります。

本 MCU を SCI ブートモードで起動すると、シリアルプログラミング用の組み込みプログラムが実行されます。このプログラムは、SCI のビットレートの自動調整とホストからの制御コマンドを受けて、プログラムおよびイレースを制御します。リセット解除時に USB ケーブルが接続されていない場合は、

図 43.9 に、SCI ブートモード時のシステム構成を示します。

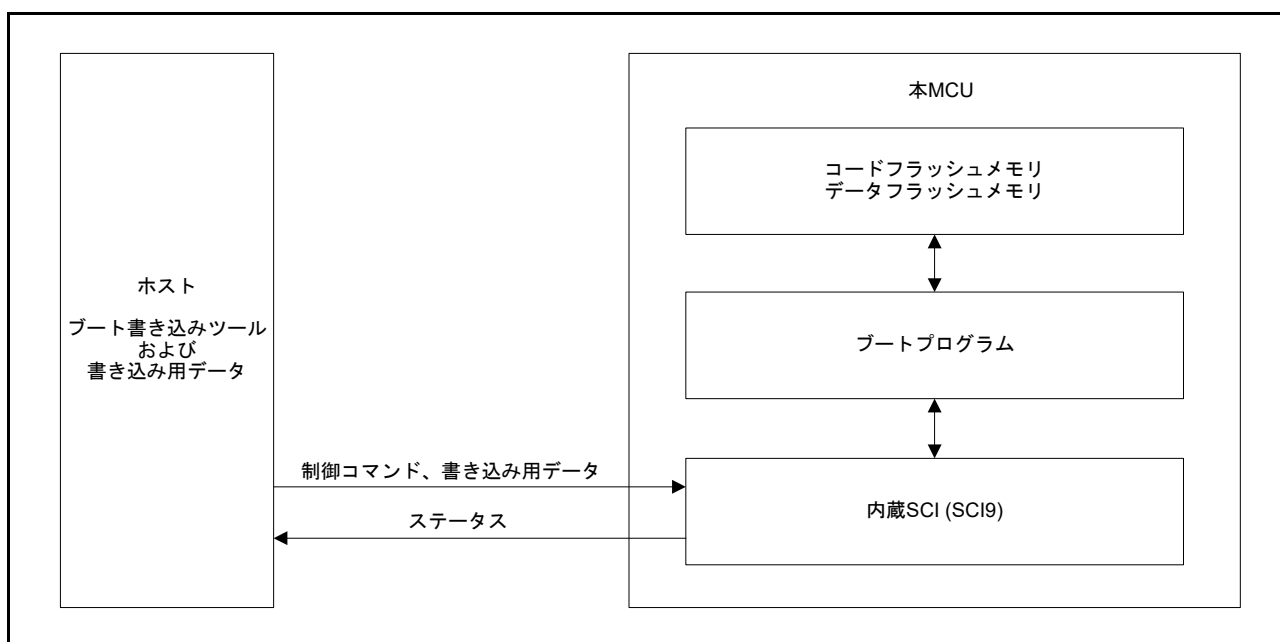


図 43.9 SCI ブートモード時のシステム構成

43.10.2 USB ブートモード

USB ブートモードは、USB インタフェースを経由して外部に接続されたホストから制御コマンドやプログラムデータを送信し、コードフラッシュメモリおよびデータフラッシュメモリへのプログラム/イレースを行うモードです。

USB ブートモードでは、制御コマンドやプログラムデータを送信するツールをホスト側に準備しておく必要があります。図 43.10 に、USB ブートモードでのシステム構成を示します。リセット解除時、USB ケーブルが接続されていないとできません。

USB セルフパワーシステムでは、VBUS の総消費電流は 100mA を越えないようにしてください。

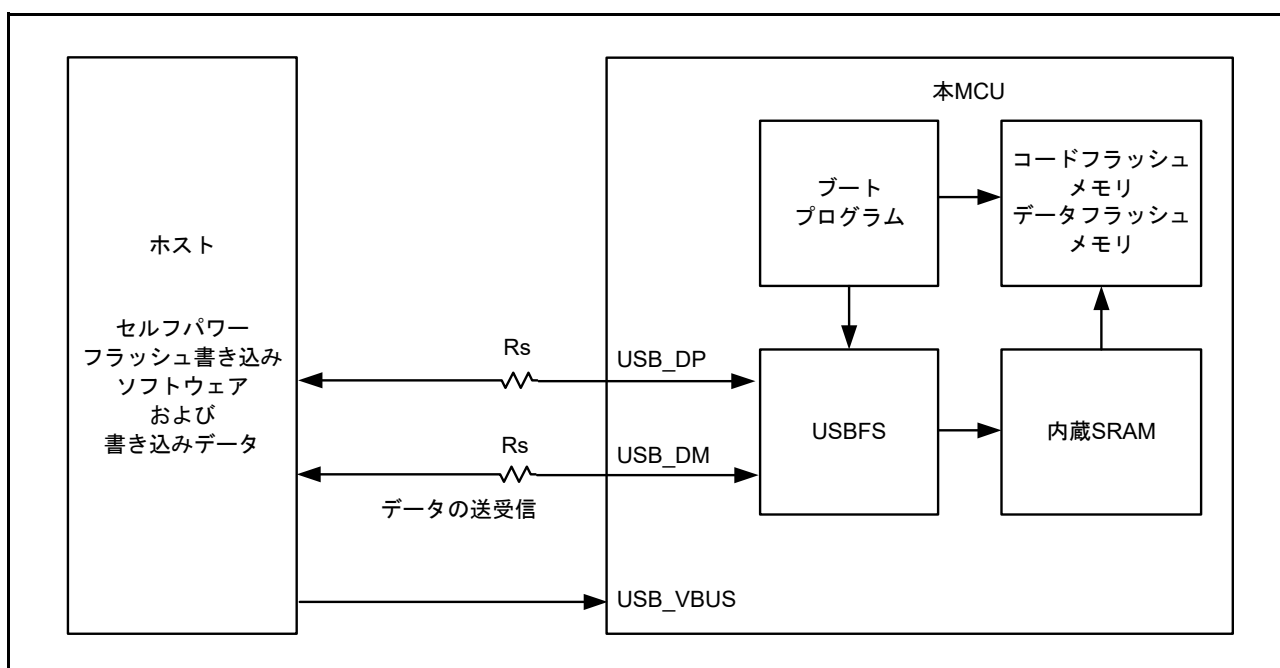


図 43.10 USB ブートモード時のシステム構成

43.11 シリアルプログラマを使用する場合

専用フラッシュメモリプログラマを使用して、シリアルプログラミングモードでフラッシュメモリのプログラムを行うことができます。

43.11.1 シリアルプログラミング

本 MCU は、シリアルプログラミング用にボードに搭載されています。ボードにコネクタを備えることにより、フラッシュメモリプログラマはプログラムを行うことができます。

43.11.2 プログラミング環境

図 43.11 に、本 MCU のフラッシュメモリにデータをプログラミングするための推奨環境を示します。

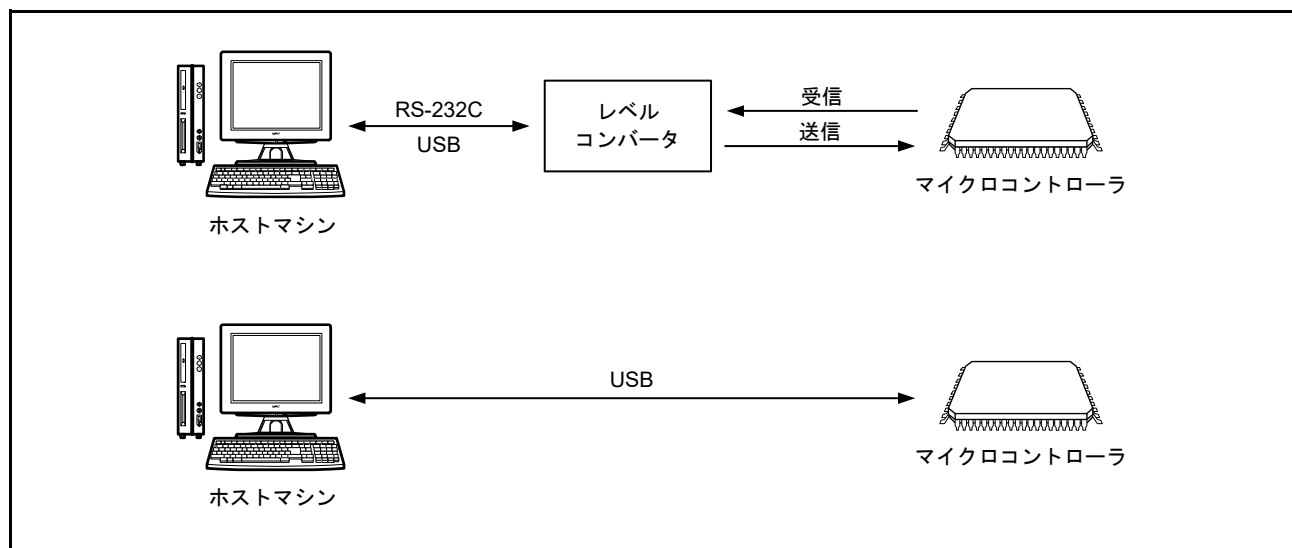


図 43.11 フラッシュメモリにプログラムを書き込むための環境

43.12 セルフプログラミング

43.12.1 概要

本MCUは、ユーザプログラムによるフラッシュメモリの書き換えをサポートします。プログラムコマンドをユーザのプログラムで使用することにより、コードフラッシュメモリとデータフラッシュメモリを書き換えることができます。したがって、ユーザプログラムの更新と、定数データフィールドの書き換えが可能になります。

バックグラウンドオペレーション機能を利用して表 43.12 に示す条件でコードフラッシュメモリ上のプログラムを実行し、データフラッシュメモリを書き換えることができます。このプログラムを事前に内蔵SRAMに複製し、そこから実行することも可能です。内蔵SRAMから実行時、本プログラムはコードフラッシュメモリを書き換えることもできます。

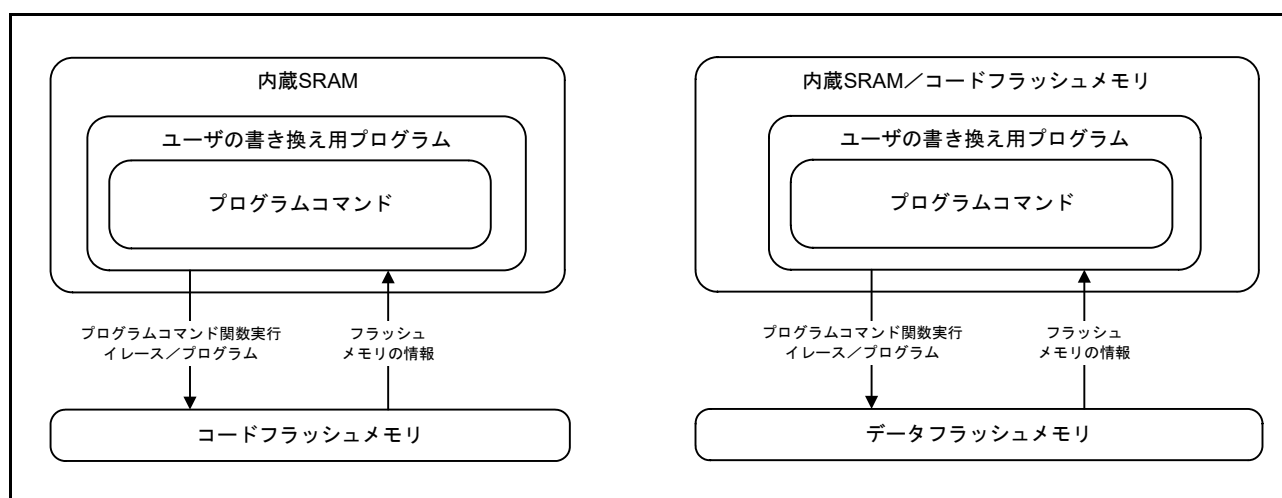


図 43.12 セルフプログラミングの概念

43.12.2 バックグラウンドオペレーション

書き込み対象および読み出し対象のフラッシュメモリが表 43.12 に示す組み合わせである場合には、バックグラウンドオペレーションを利用することが可能です。

表 43.12 バックグラウンドオペレーションの利用可能な条件

| 書き込み可能範囲 | 読み出し可能範囲 |
|-------------|-------------|
| データフラッシュメモリ | コードフラッシュメモリ |

43.13 フラッシュメモリの読み出し

43.13.1 コードフラッシュメモリの読み出し

通常モードでコードフラッシュメモリを読み出すのに、特別な設定は必要ありません。コードフラッシュメモリのアドレスにアクセスすることで、データを読み出すことが可能です。イレース後にプログラミングしていない（未プログラム状態の）コードフラッシュメモリを読み出すと、全ビットから1が読み出されません。

43.13.2 データフラッシュメモリの読み出し

通常モードでデータフラッシュメモリを読み出すのに、特別な設定は必要ありません。ただし、データフラッシュアクセス無効モードが読み出しを無効にするリセットを発行する場合があります。この場合、アプリケーションはデータフラッシュ読み出しモードへの遷移が必要です。イレース後にイレースされているが未プログラム状態のデータフラッシュメモリを読み出すと、全ビットから1が読み出されます。

43.14 使用上の注意事項

43.14.1 イレースを中断した領域

イレース動作を中断した領域のデータは不定です。不定データの読み出しによる誤動作を回避するためには、イレース動作を中断した領域でコマンドやデータリードを実行しないでください。

43.14.2 イレースサスペンドコマンドによる中断

イレース動作をイレースサスペンドコマンドで中断した場合、レジュームコマンドで動作を完了してください。

43.14.3 追加の書き込みに関する制限

構成領域を除き、同一領域に2回以上の書き込みを行うことはできません。フラッシュメモリ領域への書き込みが完了したら、その領域の書き換えを行う前にイレースしてください。構成領域は上書き可能です。

43.14.4 プログラム／イレース中のリセット

RES 端子からリセットを入力する場合、電気的特性で定義された動作電圧の範囲内で、 t_{RESW} 以上（「48. 電気的特性」参照）のリセット入力時間を経過してからリセットを解除してください。

IWDT リセットおよびソフトウェアリセットでは、 t_{RESW} 入力時間は必要ありません。

43.14.5 プログラム／イレース中に禁止されるノンマスカブル割り込み

プログラムおよびイレース中にノンマスカブル割り込み（注1）が発生すると、コードフラッシュメモリからベクタがフェッチされ、不定データが読み出されます。そのため、コードフラッシュメモリのプログラムおよびイレース中に、ノンマスカブル割り込みを発生させないでください。本説明はコードフラッシュメモリに限り適用されます。

注1. ノンマスカブル割り込みとは、NMI 端子割り込み、発振停止検出割り込み、WDT アンダーフロー／リフレッシュエラー割り込み、IWDT アンダーフロー／リフレッシュエラー割り込み、電圧監視1割り込み、VBATT モニタ割り込み、SRAM パリティエラー割り込み、SRAM ECC エラー割り込み、MPU バスマスタエラー割り込み、MBU バススレーブエラー割り込み、CPU スタックポインタモニタ割り込みです。

43.14.6 プログラム/イレース中における割り込みベクタの配置

プログラム/イレース中に割り込みが発生すると、コードフラッシュメモリからベクタをフェッチすることが可能になります。コードフラッシュメモリからベクタをフェッチしないようにするには、割り込み表でコードフラッシュメモリ以外の領域を割り込みベクタのフェッチ先に指定してください。

43.14.7 Low-speed モードでのプログラム/イレース

消費電力低減機能のために SOPCCR レジスタで Low-speed モードが選択されている場合、フラッシュメモリのプログラム/イレースは実行しないでください。

43.14.8 プログラム/イレース中の異常終了

プログラム/イレース中に電圧が動作電圧範囲を超えた場合、またはリセットや [43.14.9 プログラム/イレース中に禁止の動作](#)に記載の禁止動作が原因でプログラム/イレース動作が正常に終了しなかった場合、その領域を再度イレースしてください。

43.14.9 プログラム/イレース中に禁止の動作

フラッシュメモリの破壊を防ぐため、プログラム/イレース中は以下の指示に従ってください。

- 動作電圧範囲外の MCU 電源を使用しない
- OPCCR.OPCM[1:0] ビット値を更新しない
- SOPCCR.SOPCM ビット値を更新しない
- FlashIF クロック (FCLK) の分周比を変更しない
- 本 MCU をソフトウェアスタンバイモードにしない
- コードフラッシュメモリへのプログラム/イレース中にデータフラッシュメモリにアクセスしない
- データフラッシュメモリへのプログラム/イレース中に DFLCTL.DFLEN ビット値を変更しない

44. セグメント LCD コントローラ (SLCDC)

44.1 概要

本 MCU は、LCD ディスプレイおよび表示端子のコントローラを内蔵しています。SLCDC の仕様を表 44.1 に示します。

表 44.1 SLCDC の仕様

| 項目 | 内容 |
|-------------|--|
| 特長 | <ul style="list-style-type: none"> 液晶波形 (A または B 波形) の選択が可能 LCD 駆動電圧生成回路は、外部抵抗分割方式の使用が可能 表示データレジスタの自動読み出しによるセグメント信号と共通信号の自動出力 LCD の点滅と点灯の選択が可能 |
| 端子数 | 端子数については、表 44.2 56 ピン製品の SLCDC 表示機能端子を参照してください。 |
| ソースクロック | <ul style="list-style-type: none"> メインクロック発振器 サブクロック発振器 低速オンチップオシレータ 高速オンチップオシレータ |
| モジュールストップ機能 | モジュールストップ状態に設定して消費電力を削減 |

本 MCU の LCD 表示機能端子の本数は、製品によって異なります。異なるピン数の製品ごとの表示機能端子を表 44.2 に示します。異なるピン数の製品ごとの最大画素数を表 44.3 に示します。SLCDC のブロック図を図 44.1 に示します。

表 44.2 56 ピン製品の SLCDC 表示機能端子

| 項目 | 64 ピン | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--|-----|-----|-----|-----|--------|--------|----|--------|--------|--------|--------|----------|------|----------|----------|
| | セグメント端子 (SEG) の本数 : 9 コモン端子 (COM) の本数 : 4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| マルチプレクス I/O ポート | b15 | b14 | b13 | b12 | b11 | b10 | b9 | b8 | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| ポート1 | — | — | — | — | — | SEG 53 | SEG 52 | — | COM 3 | COM 2 | COM 1 | COM 0 | VL4 (注1) | — | VL2 (注1) | VL1 (注1) |
| ポート2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | SEG 12 | SEG 20 | SEG 23 | — | — | — | — |
| ポート3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ポート4 | — | — | — | — | — | — | SEG9 | — | SEG 11 | — | — | — | — | SEG6 | — | — |
| ポート5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | SEG 49 | — |
| ポート6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ポート7 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ポート8 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ポート9 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

注 1. VL1、VL2、および VL4 は、LCD を駆動するための電源端子です。

表 44.3 56ピン製品の最大画素数

| LCDドライバ用駆動波形 | LCD駆動電圧生成回路 | バイアス法 | 時分割数 | 最大画素数 |
|--------------|-------------|-------|--------|----------------------|
| A波形 | 外部抵抗分割 | — | スタティック | 9 (9セグメント信号、1コモン信号) |
| | | 1/2 | 2 | 18 (9セグメント信号、2コモン信号) |
| | | 3 | 3 | 27 (9セグメント信号、3コモン信号) |
| | | 1/3 | 3 | 36 (9セグメント信号、4コモン信号) |
| | | 4 | 4 | |
| B波形 | 外部抵抗分割 | 1/3 | 4 | 36 (9セグメント信号、4コモン信号) |

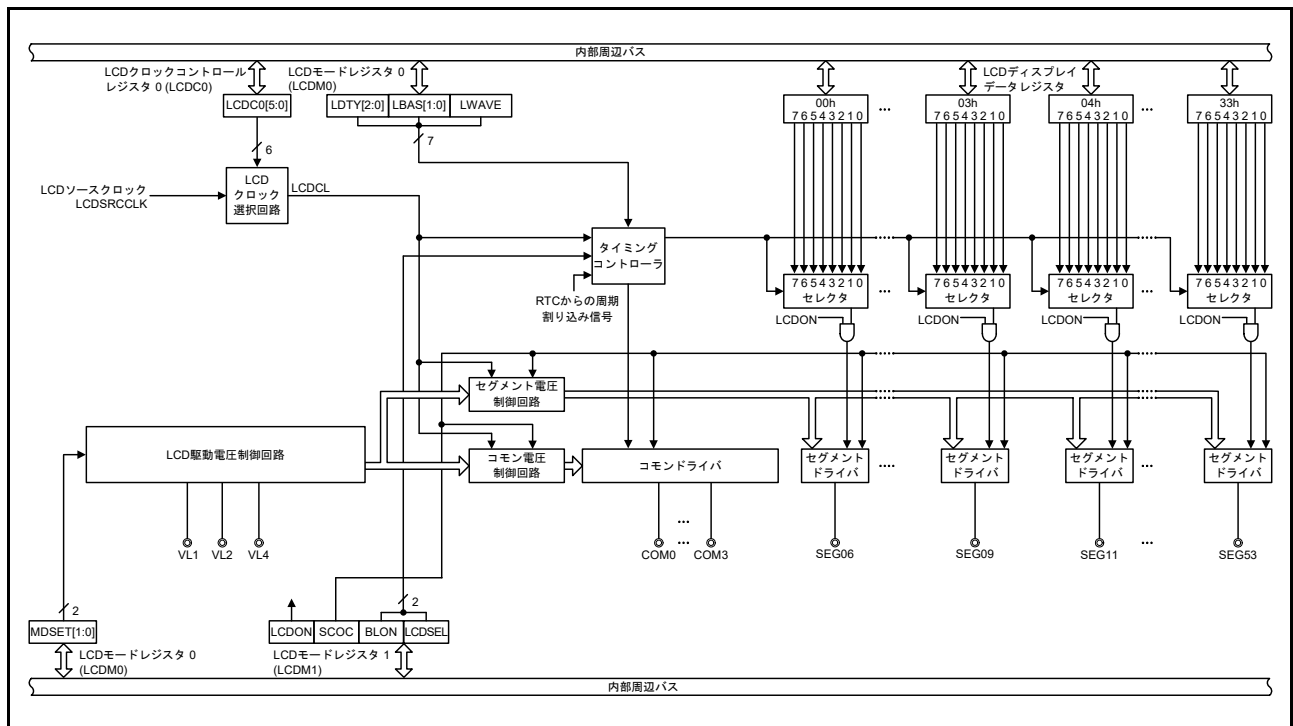
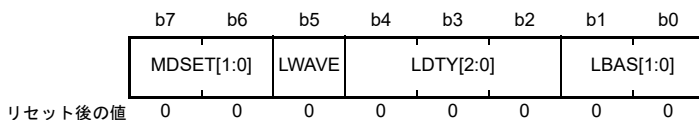


図 44.1 SLCDCのブロック図

44.2 レジスタの説明

44.2.1 LCD モードレジスタ 0 (LCDM0)

アドレス SLCDC.LCDM0 4008 2000h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|------------|---------------|---|-----|
| b1-b0 | LBAS[1:0] | LCD表示バイアス法選択 | b1 b0 0 0 : 1/2バイアス法 0 1 : 1/3バイアス法 1 0 : 設定禁止 1 1 : 設定禁止 | R/W |
| b4-b2 | LDTY[2:0] | LCD表示時分割数選択 | b4 b2 0 0 0 : スタティック 0 0 1 : 2時分割 0 1 0 : 3時分割 0 1 1 : 4時分割 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b5 | LWAVE | LCD表示波形選択 | 0 : A波形 1 : B波形 | R/W |
| b7-b6 | MDSET[1:0] | LCD駆動電圧生成回路選択 | b7 b6 0 0 : 外部抵抗分割方式 上記以外は設定しないでください。 | R/W |

注． LCDM1 レジスタの SCOC ビットが1のときは、LCDM0の値を書き換えしないでください。

注． スタティック (LDTY[2:0] = 000b) を選択した場合、LBAS[1:0] ビットをデフォルト値 (00b) にしてください。これらの禁止事項に違反した場合の動作は保証されません。

注． 表示波形、時分割数、バイアス法の設定は表 44.4 に示した組み合わせのみサポートします。表 44.4 に示す組み合わせ以外は設定しないでください。

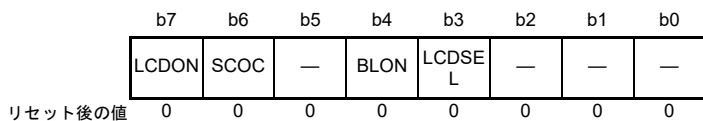
表 44.4 表示波形、時分割、バイアス法、およびフレーム周波数の組み合わせ

| 表示モード | | | 設定値 | | | | | | 駆動電圧生成方式 |
|-------|--------|-------|-------|-----------|---|-----------|---|--------|----------|
| 表示波形 | 時分割数 | バイアス法 | LWAVE | LDTY[2:0] | | LBAS[1:0] | | 外部抵抗分割 | |
| A波形 | 4 | 1/3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | ○ |
| A波形 | 3 | 1/3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | ○ |
| A波形 | 3 | 1/2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | ○ |
| A波形 | 2 | 1/2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | ○ |
| A波形 | スタティック | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ○ |
| B波形 | 4 | 1/3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | ○ |

○ : 可 × : 不可

44.2.2 LCDモードレジスタ 1 (LCDM1)

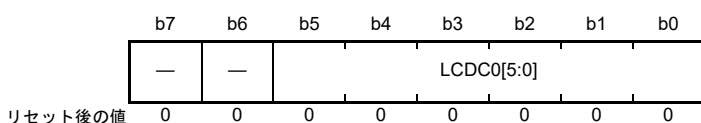
アドレス SLCDC.LCDM1 4008 2001h



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|--------|------------|---|-----|
| b2-b0 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b3 | LCDSEL | 表示データ領域制御 | b4 b3 0 0: Aパターン領域 (LCD表示データレジスタの下位4ビット) のデータを表示 0 1: Bパターン領域 (LCD表示データレジスタの上位4ビット) のデータを表示 1 0: Aパターン領域とBパターン領域のデータを交互に表示 (リアルタイムクロック (RTC) の周期割り込み (RTC_PRD) タイミングに対応した点滅表示) 1 1: Aパターン領域とBパターン領域のデータを交互に表示 (リアルタイムクロック (RTC) の周期割り込み (RTC_PRD) タイミングに対応した点滅表示) | R/W |
| b4 | BLON | 表示データ領域制御 | | R/W |
| b5 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |
| b6 | SCOC | LCD表示許可/禁止 | b7 b6 0 0: グランドレベルをセグメント/コモン端子に出力 0 1: 表示オフ (すべてのセグメント出力が選択解除される) 1 0: グランドレベルをセグメント/コモン端子に出力 1 1: 表示オン | R/W |
| b7 | LCDON | LCD表示許可/禁止 | | R/W |

44.2.3 LCD クロックコントロールレジスタ 0 (LCDC0)

アドレス `SLCDC.LCDC0 4008 2002h`



| ビット | シンボル | ビット名 | 機能 | R/W |
|-------|-------------------------|--------------------|--|-----|
| b5-b0 | <code>LCDC0[5:0]</code> | LCDクロック (LCDCL) 設定 | b5 b0 0 0 0 0 0 1: (サブクロック) / 2 ² または (LOCOクロック) / 2 ² 0 0 0 0 1 0: (サブクロック) / 2 ³ または (LOCOクロック) / 2 ³ 0 0 0 0 1 1: (サブクロック) / 2 ⁴ または (LOCOクロック) / 2 ⁴ 0 0 0 1 0 0: (サブクロック) / 2 ⁵ または (LOCOクロック) / 2 ⁵ 0 0 0 1 0 1: (サブクロック) / 2 ⁶ または (LOCOクロック) / 2 ⁶ 0 0 0 1 1 0: (サブクロック) / 2 ⁷ または (LOCOクロック) / 2 ⁷ 0 0 0 1 1 1: (サブクロック) / 2 ⁸ または (LOCOクロック) / 2 ⁸ 0 0 1 0 0 0: (サブクロック) / 2 ⁹ または (LOCOクロック) / 2 ⁹ 0 0 1 0 0 1: (サブクロック) / 2 ¹⁰ または (LOCOクロック) / 2 ¹⁰ 0 1 0 0 0 1: (メインクロック) / 2 ⁸ または (HOCOクロック) / 2 ⁸ 0 1 0 0 1 0: (メインクロック) / 2 ⁹ または (HOCOクロック) / 2 ⁹ 0 1 0 0 1 1: (メインクロック) / 2 ¹⁰ または (HOCOクロック) / 2 ¹⁰ 0 1 0 1 0 0: (メインクロック) / 2 ¹¹ または (HOCOクロック) / 2 ¹¹ 0 1 0 1 0 1: (メインクロック) / 2 ¹² または (HOCOクロック) / 2 ¹² 0 1 0 1 1 0: (メインクロック) / 2 ¹³ または (HOCOクロック) / 2 ¹³ 0 1 0 1 1 1: (メインクロック) / 2 ¹⁴ または (HOCOクロック) / 2 ¹⁴ 0 1 1 0 0 0: (メインクロック) / 2 ¹⁵ または (HOCOクロック) / 2 ¹⁵ 0 1 1 0 0 1: (メインクロック) / 2 ¹⁶ または (HOCOクロック) / 2 ¹⁶ 0 1 1 0 1 0: (メインクロック) / 2 ¹⁷ または (HOCOクロック) / 2 ¹⁷ 0 1 1 0 1 1: (メインクロック) / 2 ¹⁸ または (HOCOクロック) / 2 ¹⁸ 1 0 1 0 1 1: (メインクロック) / 2 ¹⁹ または (HOCOクロック) / 2 ¹⁹ 上記以外は設定しないでください。 | R/W |
| b7-b6 | — | 予約ビット | 読むと0が読めます。書く場合、0としてください。 | R/W |

- 注 . フレーム周波数は 32Hz ~ 128Hz の範囲内で設定してください。
- 注 . `LCDM1.SCOC` ビットが 1 のときは、`LCDC0` レジスタを設定しないでください。

44.3 LCD 表示データレジスタ

LCD 表示データレジスタは表 44.5 に示すようにマッピングされます。LCD の表示内容は、LCD 表示データレジスタの内容を変更することで変更できます。

表 44.5 LCD 表示データレジスタの内容とセグメント出力/コモン出力の関係

| レジスタ名 | アドレス | b7 | b6 | b5 | b4 | b3 | b2 | b1 | b0 | 56ピン |
|-------|------------|-----------------|------|------|------|-----------------|------|------|------|------|
| | | COM3 | COM2 | COM1 | COM0 | COM3 | COM2 | COM1 | COM0 | |
| SEG06 | 4008 2106h | SEG06 (Bパターン領域) | | | | SEG06 (Aパターン領域) | | | | ○ |
| SEG09 | 4008 2109h | SEG09 (Bパターン領域) | | | | SEG09 (Aパターン領域) | | | | ○ |
| SEG11 | 4008 210Bh | SEG11 (Bパターン領域) | | | | SEG11 (Aパターン領域) | | | | ○ |
| SEG12 | 4008 210Ch | SEG12 (Bパターン領域) | | | | SEG12 (Aパターン領域) | | | | ○ |
| SEG20 | 4008 2114h | SEG20 (Bパターン領域) | | | | SEG20 (Aパターン領域) | | | | ○ |
| SEG23 | 4008 2117h | SEG23 (Bパターン領域) | | | | SEG23 (Aパターン領域) | | | | ○ |
| SEG49 | 4008 2131h | SEG49 (Bパターン領域) | | | | SEG49 (Aパターン領域) | | | | ○ |
| SEG52 | 4008 2134h | SEG52 (Bパターン領域) | | | | SEG52 (Aパターン領域) | | | | ○ |
| SEG53 | 4008 2135h | SEG53 (Bパターン領域) | | | | SEG53 (Aパターン領域) | | | | ○ |

○：可 ×：不可

注． LCD 表示データレジスタの初期値はすべて 0h で、全ビットとも読み出し/書き込み可能です。

時分割数がスタティック、2、3、または4の場合、LCD 表示データレジスタの各アドレスの下位4ビットはAパターン領域、上位4ビットはBパターン領域になります。

Aパターン領域データとCOM信号の対応は、ビット0⇔COM0、ビット1⇔COM1、ビット2⇔COM2、およびビット3⇔COM3になります。

Bパターン領域データとCOM信号の対応は、ビット4⇔COM0、ビット5⇔COM1、ビット6⇔COM2、およびビット7⇔COM3になります。

Aパターン領域データは、BLON = LCDSEL = 0 が選択されているときにLCDパネルに表示され、Bパターン領域データは、BLON = 0 および LCDSEL = 1 が選択されているときにLCDパネルに表示されます。

44.4 LCD 表示データレジスタの選択

時分割数がスタティック、2、3、または4の場合、BLON および LCDSEL ビットの設定に基づき LCD 表示データレジスタを以下のタイプから選択できます。

- A パターン領域 (LCD 表示データレジスタの下位 4 ビット) のデータを表示
- B パターン領域 (LCD 表示データレジスタの上位 4 ビット) のデータを表示
- A パターン領域と B パターン領域のデータを交互に表示 (リアルタイムクロック (RTC) の周期割り込みタイミングに対応した点滅表示)

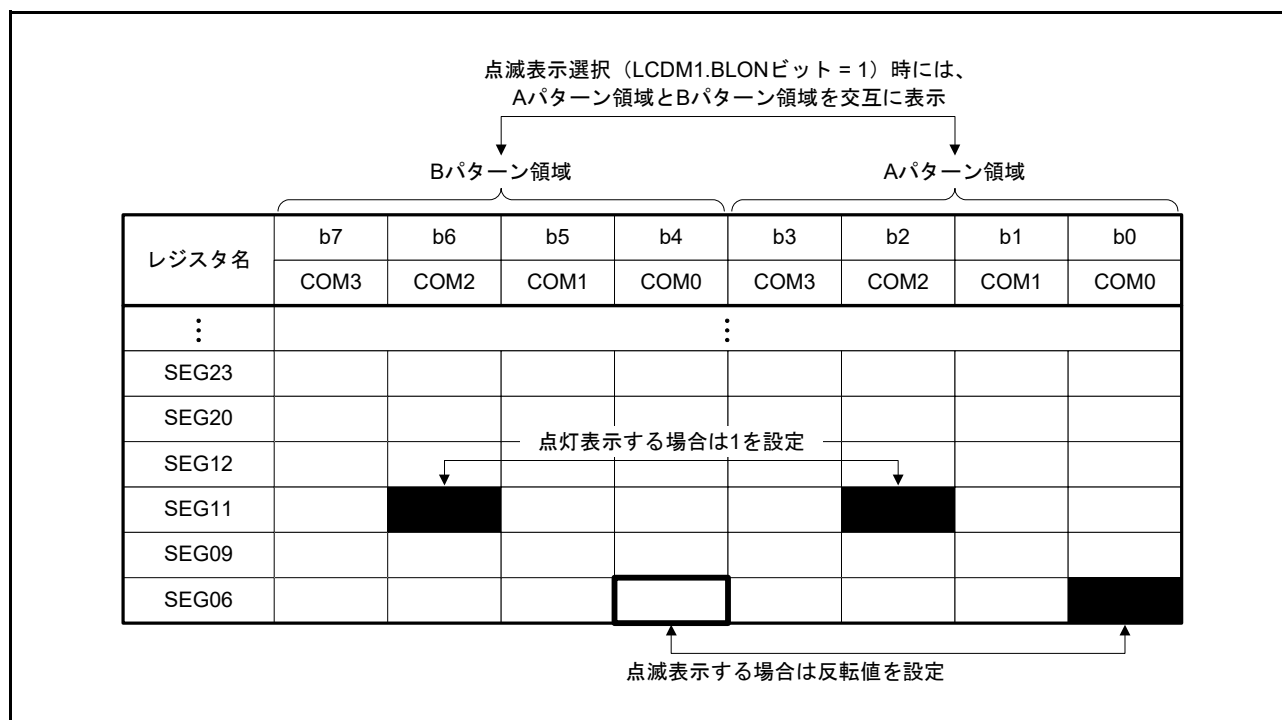


図 44.2 パターン切り替え時の LCD 表示データレジスタの設定例

44.4.1 A パターン領域と B パターン領域のデータ表示

BLON ビットと LCDSEL ビットがどちらも 0 のとき、A パターン領域 (LCD 表示データレジスタの下位 4 ビット) のデータが LCD 表示レジスタとして出力されます。

BLON ビットが 0 で LCDSEL ビットが 1 のときは、B パターン領域 (LCD 表示データレジスタの上位 4 ビット) のデータが LCD 表示レジスタとして出力されます。

表示領域についての詳細は、[44.3 LCD 表示データレジスタ](#)を参照してください。

44.4.2 点滅表示 (Aパターン領域とBパターン領域のデータを交互に表示)

BLON ビットが1の場合、リアルタイムクロック (RTC) の定周期割り込みタイミングに従って、Aパターン領域のデータとBパターン領域のデータを交互に表示します。RTC 定周期割り込み (0.5秒設定のみ) のタイミングについては、「25. リアルタイムクロック (RTC)」を参照してください。

LCD 点滅表示機能を使用するには、Aパターン領域のビットに対応するBパターン領域のビットに反転値を設定してください。たとえば点滅表示するにはSEG06レジスタのビット0を1に、ビット4を0にします。点滅表示機能を使用しない場合は、Aパターン領域およびBパターン領域とも同じ値を設定してください。たとえば点灯表示するにはSEG09レジスタのビット2を1に、ビット6を1にします。表示領域についての詳細は、44.3 LCD表示データレジスタを参照してください。

表示切り替えのタイミング動作を図44.3、図44.4に示します。

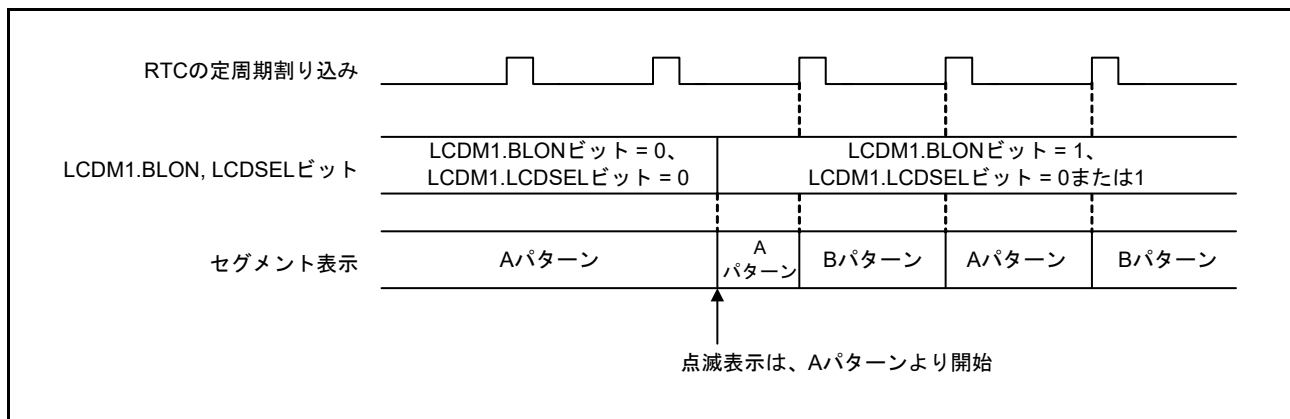


図 44.3 Aパターン表示から点滅表示への切り替え動作

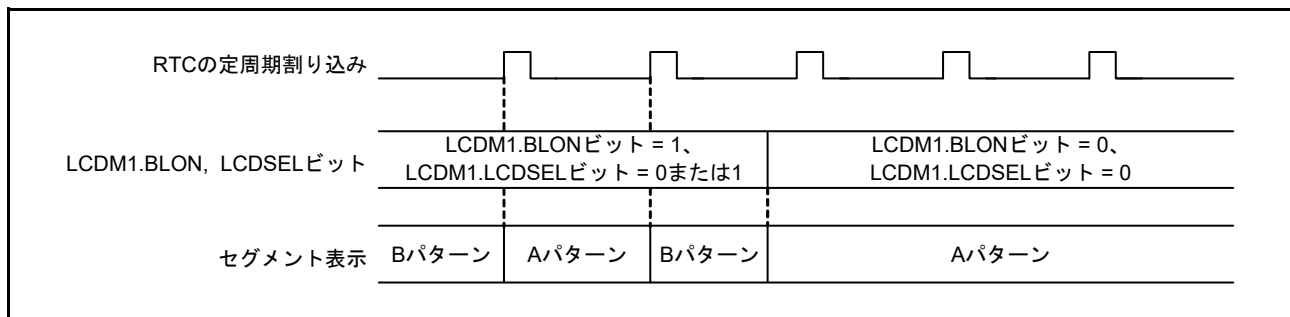


図 44.4 点滅表示からAパターン表示への切り替え動作

44.5 LCDコントローラ/ドライバの設定

LCDコントローラ/ドライバを動作させるには、本節の(1)の手順に従ってください。設定手順に従わない場合、LCDの動作は保証できません。

(1) 通常液晶波形表示での外部抵抗分割方式

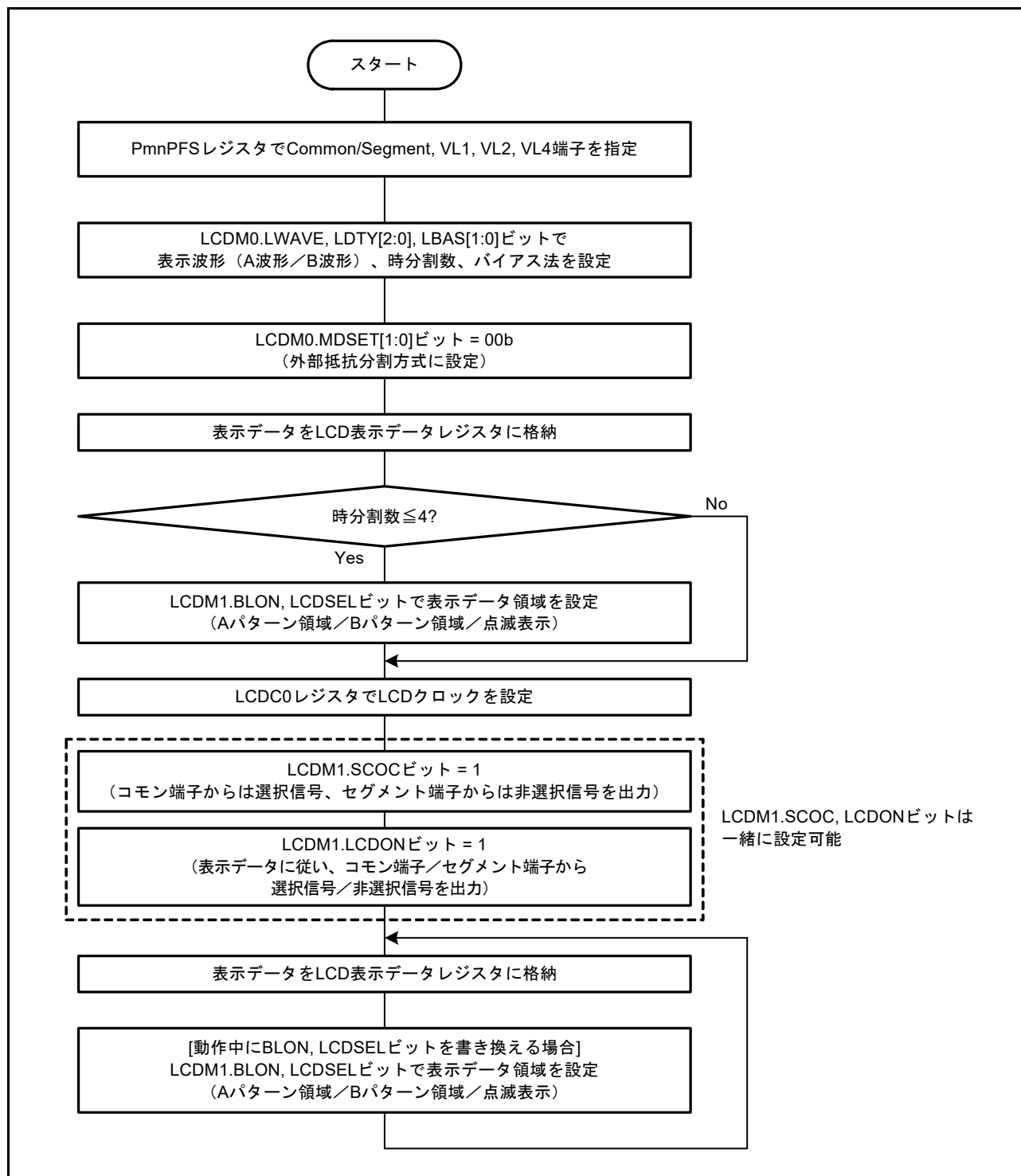


図 44.5 通常液晶波形表示での外部抵抗分割方式の設定手順

44.6 動作停止手順

LCD の動作を停止させる場合は、[図 44.6](#) に示す手順で行ってください。

LCDM1.LDCON および LCDM1.SCOC ビットが 0 になると、LCD は動作を停止します。

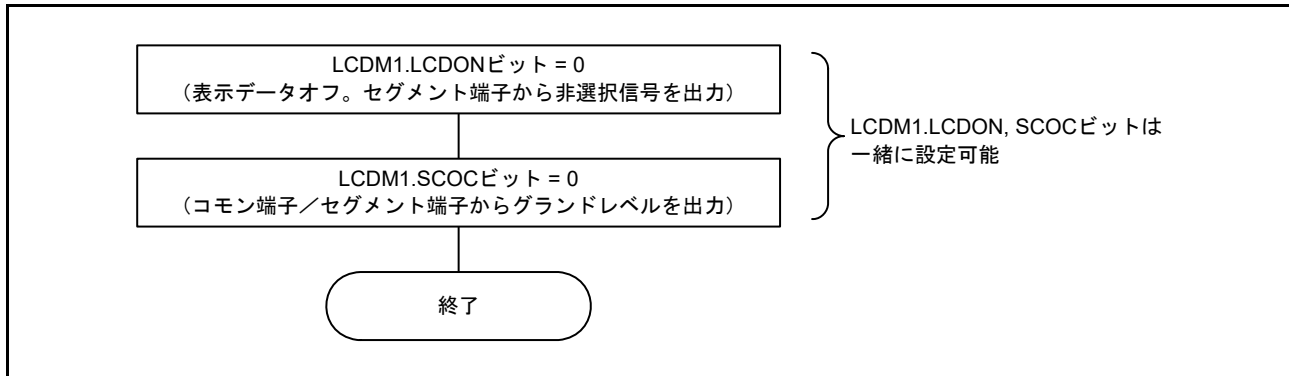


図 44.6 通常液晶波形 (A または B) 表示での動作停止手順

44.7 LCD 駆動電圧 (VL1、VL2、VL4) の供給

LCD ドライバの電源電圧は外部抵抗分割によって生成できます。

44.7.1 外部抵抗分割方式

各バイアス法に対応する LCD 駆動電源の接続例を [図 44.7](#) および [図 44.8](#) に示します。

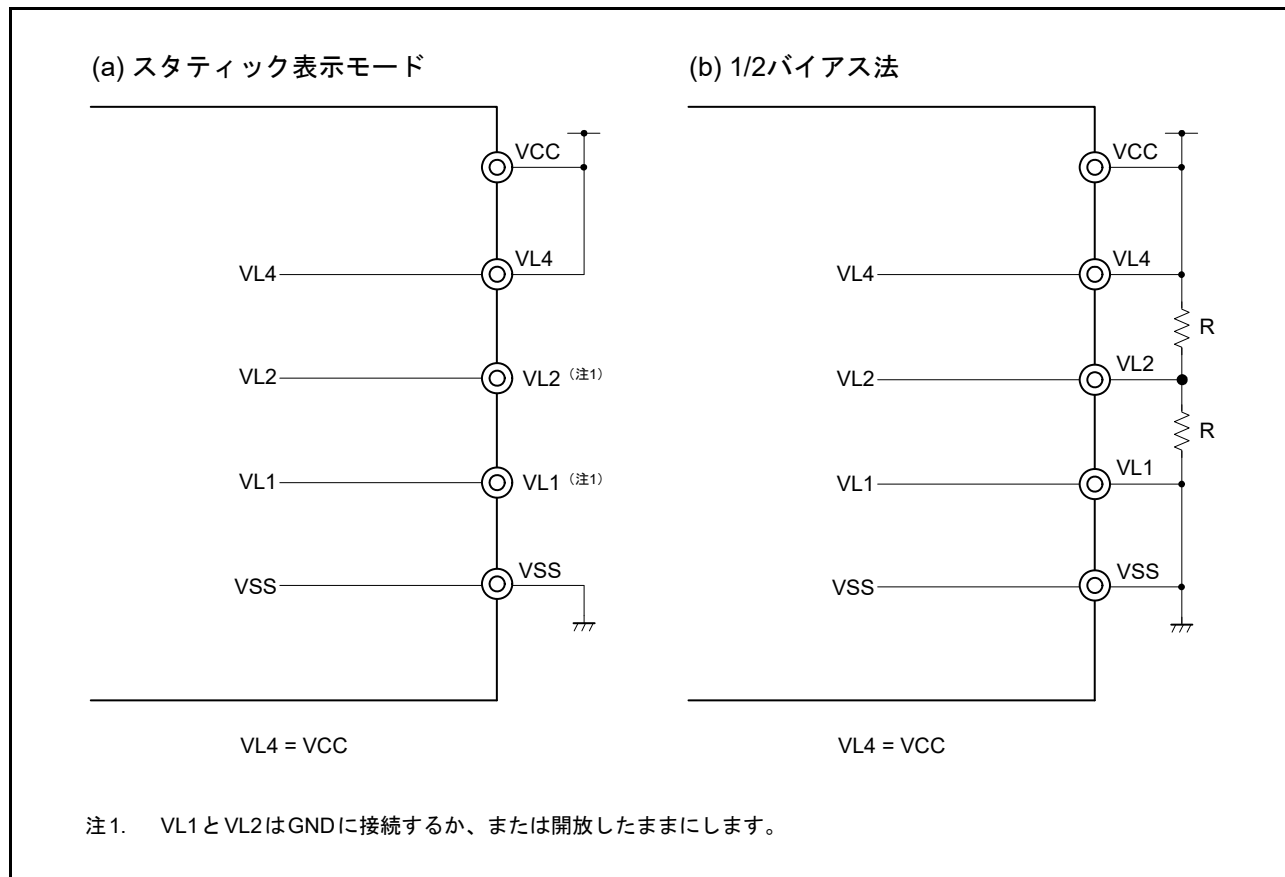


図 44.7 LCD 駆動電源の接続例 (外部抵抗分割方式) (1/2)

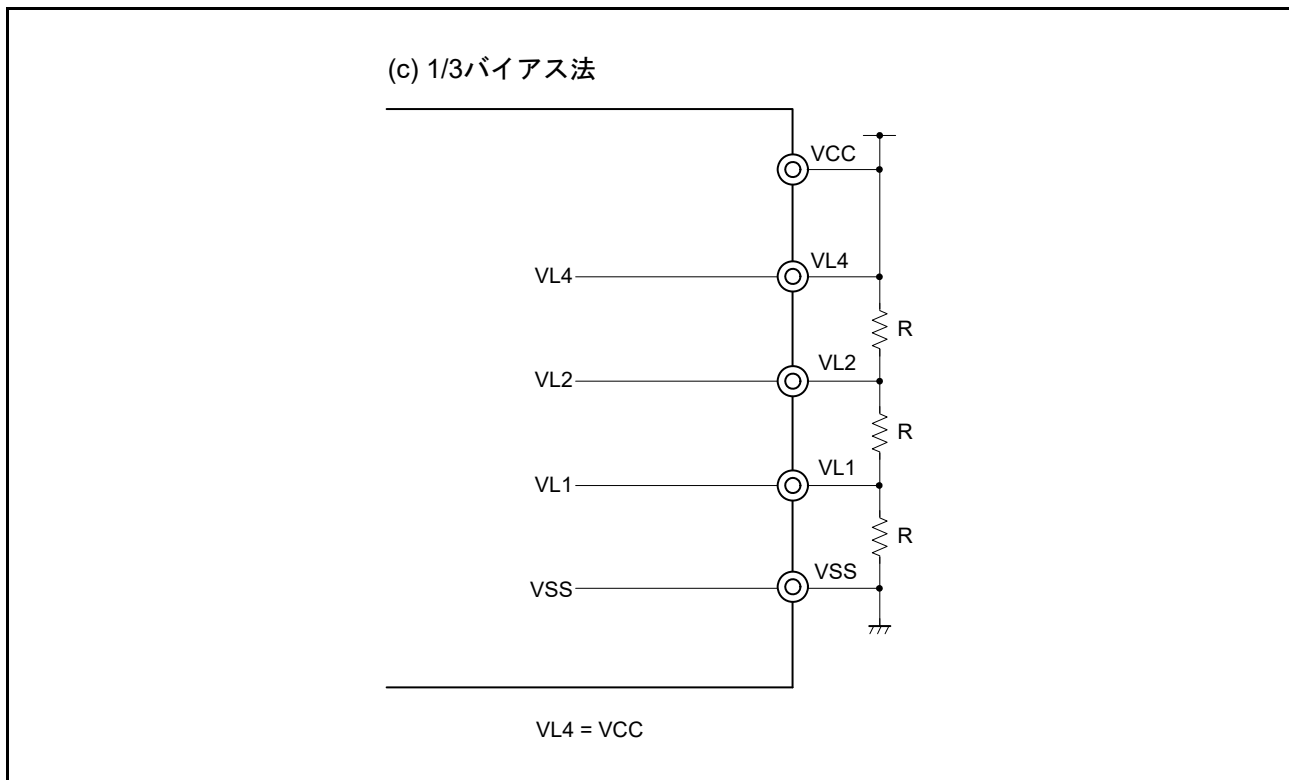


図 44.8 LCD 駆動電源の接続例 (外部抵抗分割方式) (2/2)

注 . 外部抵抗分割の基準抵抗値 R は、 $10\text{k}\Omega \sim 1\text{M}\Omega$ です。また、VL1 ~ VL4 端子の電圧を安定させるために、必要に応じて VL1 ~ VL4 の各端子と GND 端子の間にコンデンサを接続してください。コンデンサの基準容量は約 $0.47\mu\text{F}$ ですが、使用する LCD パネル、セグメント端子数、コモン端子数、フレーム周波数、および動作環境によって異なります。使用するシステムに合わせた評価を十分に行った上で、容量を調整してください。

44.8 コモン信号とセグメント信号

LCD パネルの各画素は、対応するコモン信号とセグメント信号の間の電位差が特定の電圧 (VLCD : LCD 駆動電圧) より高くなると点灯します。電位差が VLCD より低くなると、画素は消灯します。

LCD パネルのコモン信号とセグメント信号に直流電圧を印加すると、劣化の原因になります。この問題を避けるため、SLCDC は交流電圧で駆動します。

(1) コモン信号

各コモン信号は、表 44.6 に示す特定の時分割数に従って順次選択されます。スタティック表示モードでは、同じ信号が COM0 ~ COM3 端子に出力されます。

2 時分割モードでは、COM2 端子と COM3 端子を開放状態のままにしておきます。3 時分割モードでは、COM3 端子を開放状態のままにしておきます。

表 44.6 COM 信号

| 時分割数 | COM0 | COM1 | COM2 | COM3 |
|-------------|------|------|------|------|
| スタティック表示モード | → | → | → | → |
| 2時分割モード | → | → | 開放 | 開放 |
| 3時分割モード | → | → | → | 開放 |
| 4時分割モード | → | → | → | → |

(2) セグメント信号

セグメント信号は、LCD 表示データレジスタ (44.3 LCD 表示データレジスタ参照) に対応しています。

A パターン領域 (1 バイト) のビット 0 ~ 3 が COM0 ~ COM3 と同期して読み出され、B パターン領域 (1 バイト) のビット 4 ~ 7 が COM0 ~ COM3 と同期して読み出されます。ビットが 1 の場合は選択電圧に変換され、0 の場合は非選択電圧に変換されます。変換結果はセグメント端子に出力されます。

前面電極 (セグメント信号に対応) および後面電極 (コモン信号に対応) がどのような組み合わせで LCD 表示データレジスタの表示パターンを形成するかを確認し、目的の表示パターンと 1 対 1 に対応したビットデータを書き込んでください。

注. 実装されているセグメント出力端子は製品により異なります。

(3) コモン信号とセグメント信号の出力波形

表 44.7 に示す電圧がコモン/セグメント信号として出力されます。

コモン信号とセグメント信号がどちらも選択電圧のとき、表示点灯電圧は $\pm VLCD$ となります。それ以外の組み合わせのときは消灯電圧となります。

表 44.7 LCD 駆動電圧

スタティック表示モード

| コモン信号 | セグメント信号 | |
|---------|---------------|----------|
| | 選択信号レベル | 非選択信号レベル |
| | VSS/VL4 | VL4/VSS |
| VL4/VSS | -VLCD / +VLCD | 0V / 0V |

1/2 バイアス法

| コモン信号 | セグメント信号 | | |
|----------|---------|---|---|
| | 選択信号レベル | 非選択信号レベル | |
| | VSS/VL4 | VL4/VSS | |
| 選択信号レベル | VL4/VSS | -VLCD / +VLCD | 0V / 0V |
| 非選択信号レベル | VL2 | $-\frac{1}{2} VLCD / +\frac{1}{2} VLCD$ | $+\frac{1}{2} VLCD / -\frac{1}{2} VLCD$ |

1/3バイアス法 (AまたはB波形)

| コモン信号 | | セグメント信号 | |
|----------|---------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | | 選択信号レベル | 非選択信号レベル |
| | | VSS/VL4 | VL2/VL1 |
| 選択信号レベル | VL4/VSS | $-VLCD / +VLCD$ | $-\frac{1}{3}VLCD / +\frac{1}{3}VLCD$ |
| 非選択信号レベル | VL1/VL2 | $-\frac{1}{3}VLCD / +\frac{1}{3}VLCD$ | $+\frac{1}{3}VLCD / -\frac{1}{3}VLCD$ |

コモン信号波形を [図 44.9](#) と [図 44.10](#) に示します。コモン信号とセグメント信号の電圧と位相を [図 44.11](#) ~ [図 44.16](#) に示します。

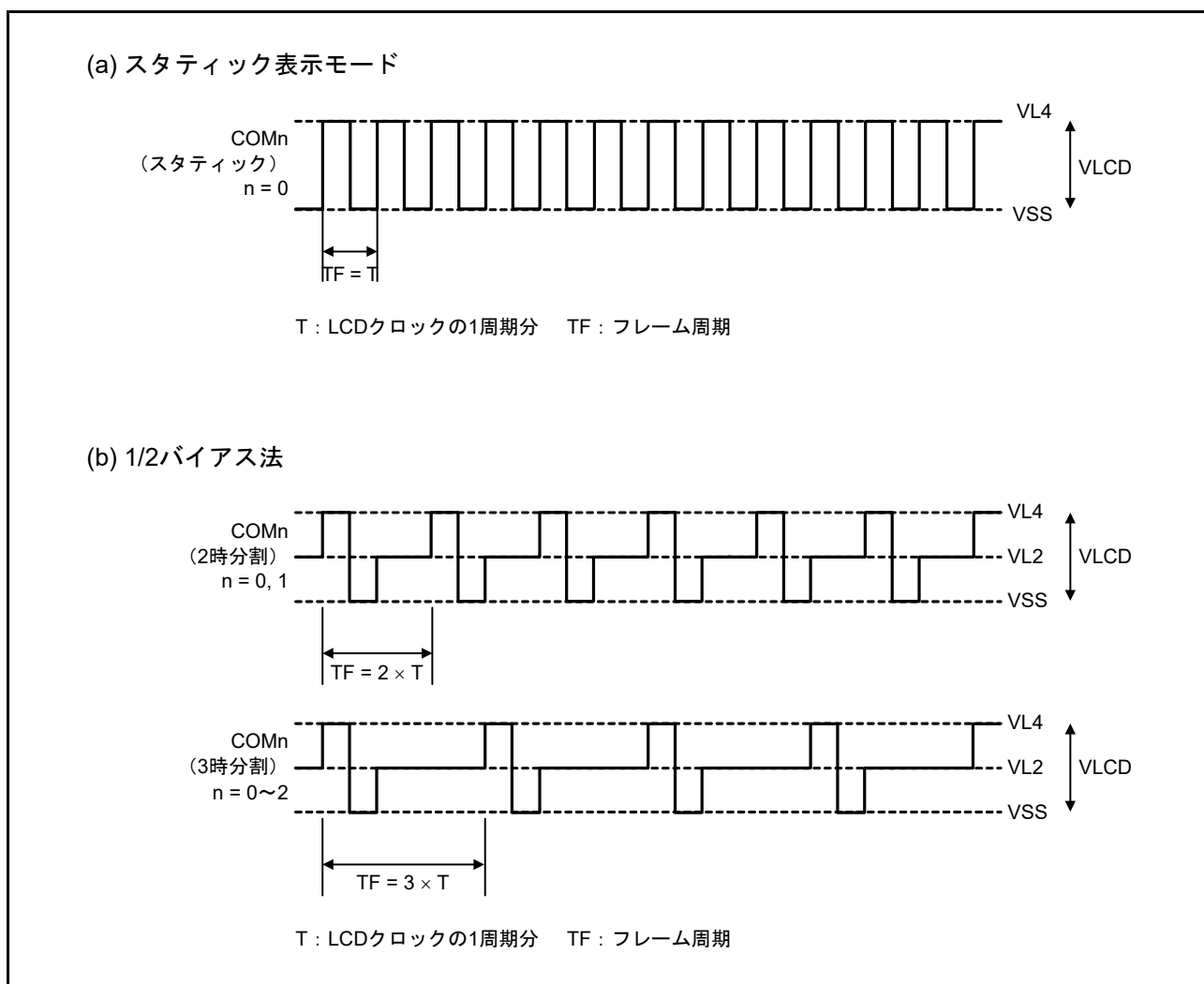


図 44.9 コモン信号波形 (1/2)

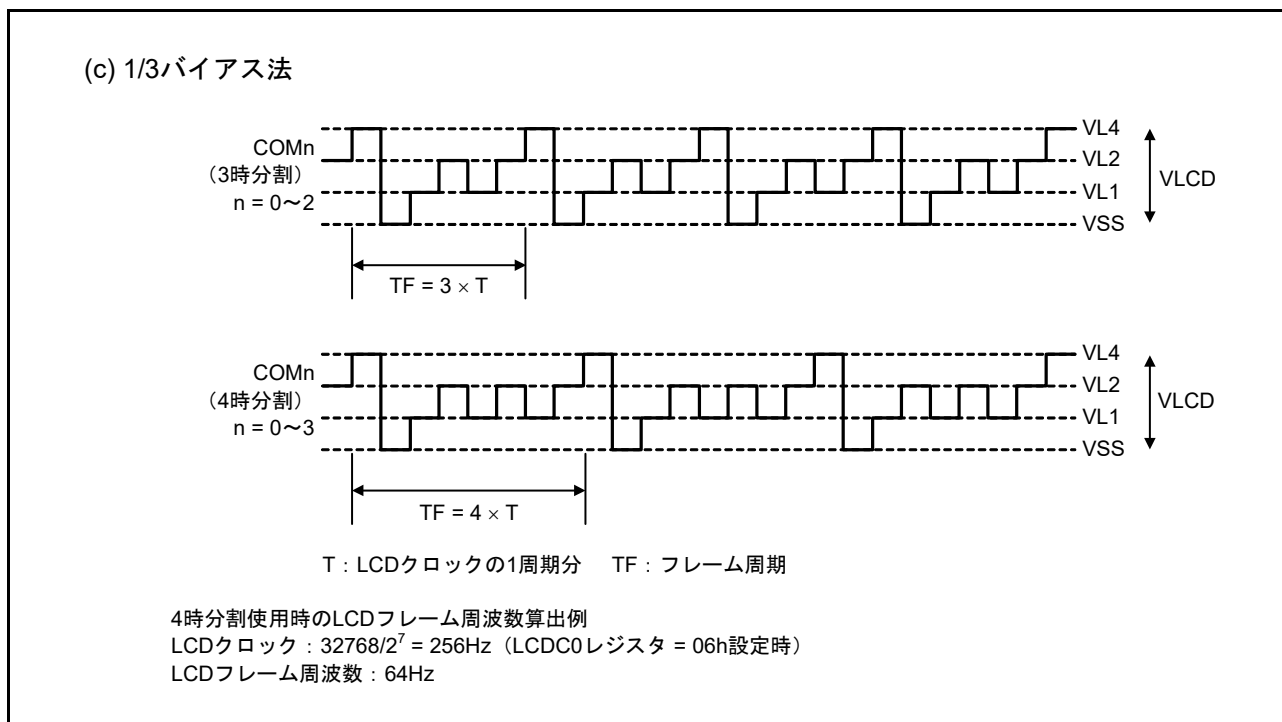


図 44.10 コモン信号波形 (2/2)

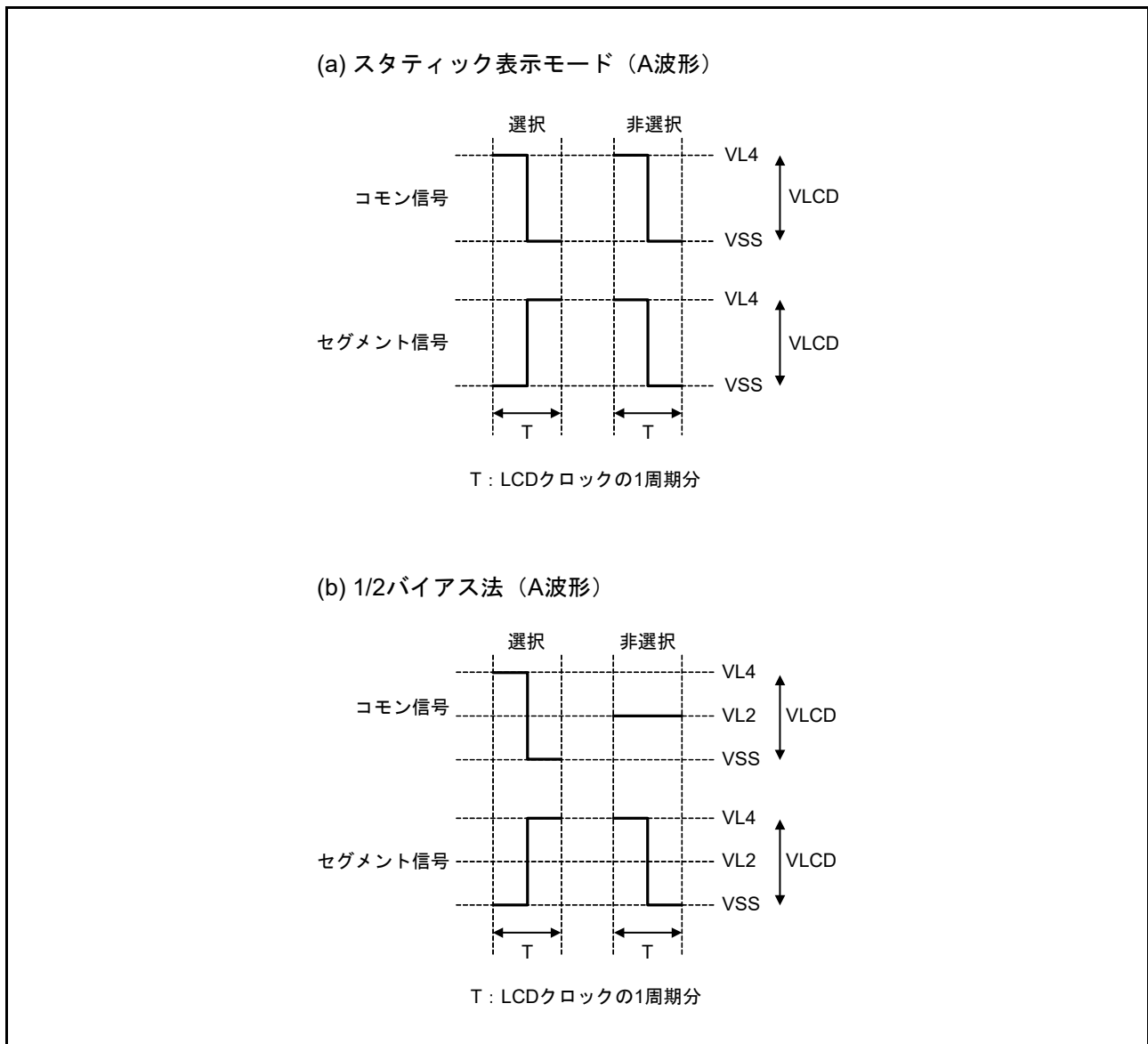


図 44.11 コモン信号とセグメント信号の電圧と位相 (1/3)

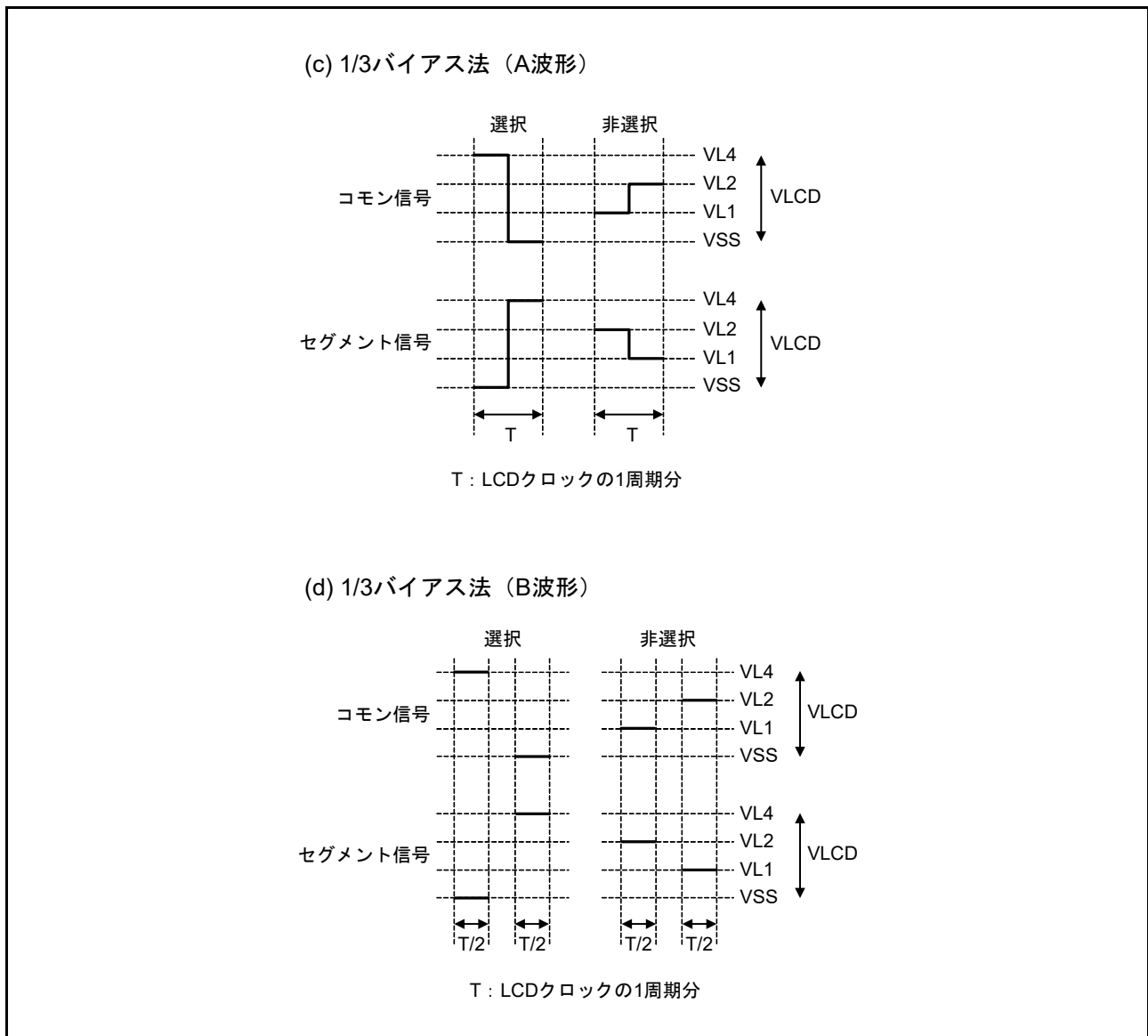


図 44.12 コモン信号とセグメント信号の電圧と位相 (2/3)

44.9 表示モード

44.9.1 4 時分割表示例

図 44.14 に、図 44.13 の表示パターンを持つ 12 桁表示の LCD パネルと、セグメント信号およびコモン信号 (COM0 ~ COM3) との接続関係を示します。この例では LCD パネルに「56.78」を表示します。表示データレジスタの内容はこの表示に対応しています。

ここでは 7 桁目に表示される数字の「6.」(6.) を例にとって説明します。LCD パネルに「6.」を表示するには、コモン信号 COM0 ~ COM3 の選択タイミングで、選択電圧または非選択電圧を SEG20 および SEG23 端子に印加する必要があります。セグメント信号と LCD セグメントの関係については、図 44.13 を参照してください。

表 44.8 選択 (1) および非選択 (0) データ (COM0 ~ COM3) の例

| コモン | セグメント | SEG20 | SEG23 |
|------|-------|-------|-------|
| COM0 | | 選択 | 選択 |
| COM1 | | 非選択 | 選択 |
| COM2 | | 選択 | 選択 |
| COM3 | | 選択 | 選択 |

表 44.8 の例では、SEG20 に対応する表示データレジスタ位置は 1101b を含む必要があります。

SEG20 信号と各コモン信号との間の LCD 駆動波形の例を図 44.15 に示します。COM0 のタイミングで SEG20 に選択電圧が印加されると、+VLCD / -VLCD の交流矩形波が生成され、対応する LCD セグメントが点灯します。

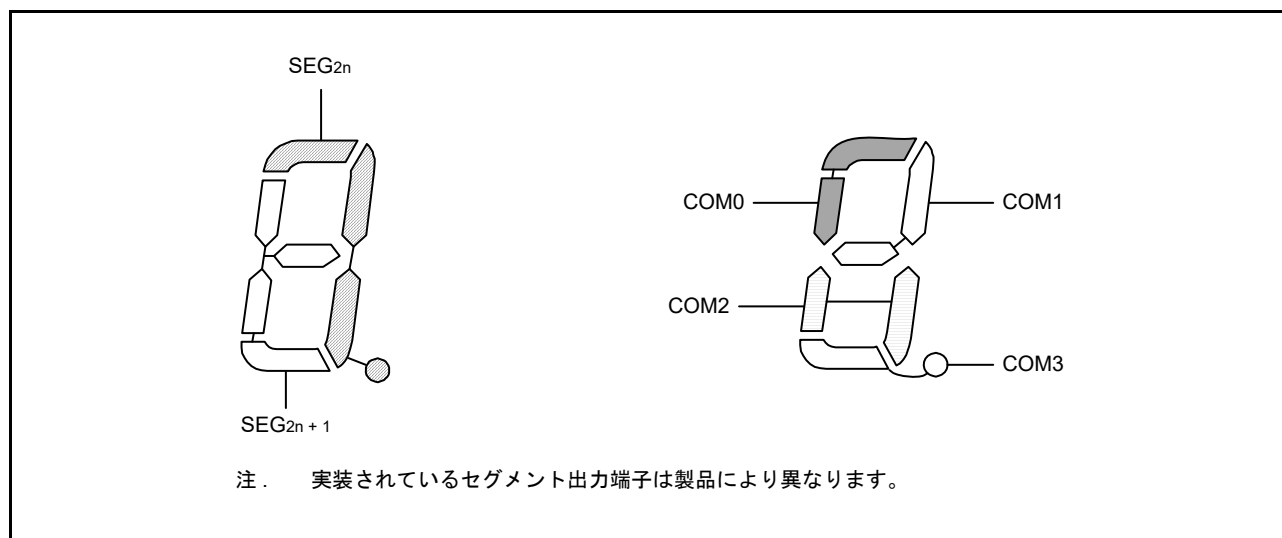


図 44.13 4 時分割 LCD 表示パターンと電極接続

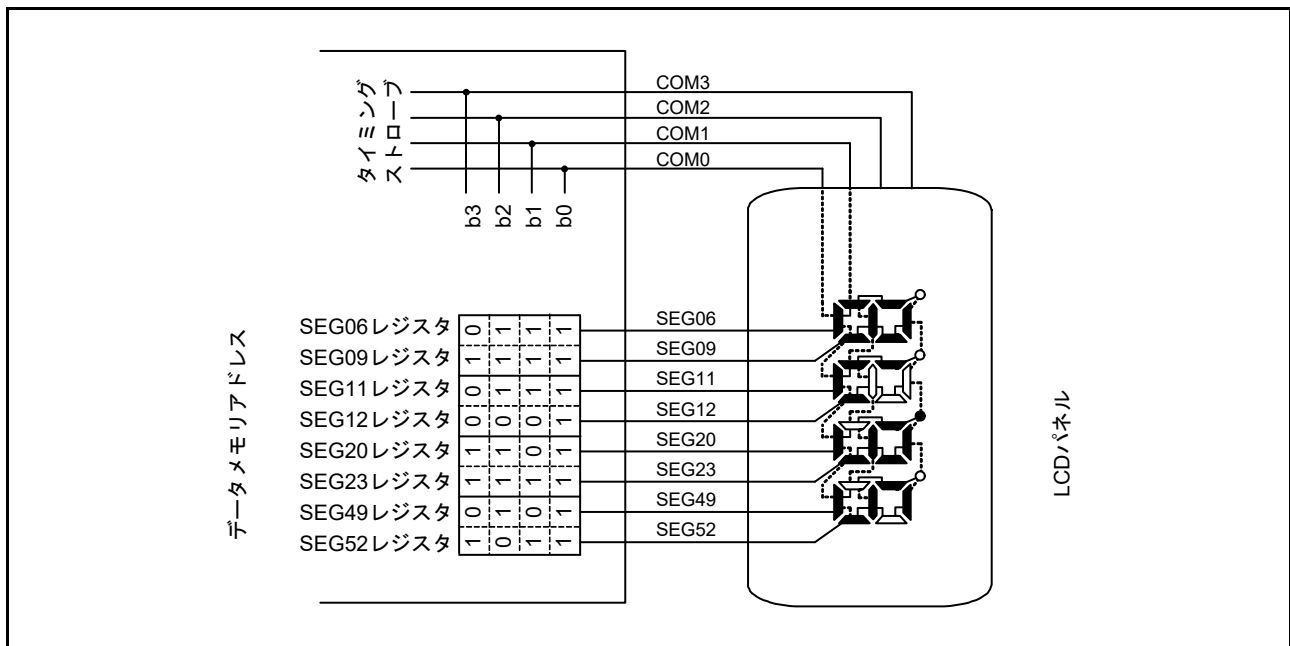


図 44.14 4 時分割 LCD パネルの接続例

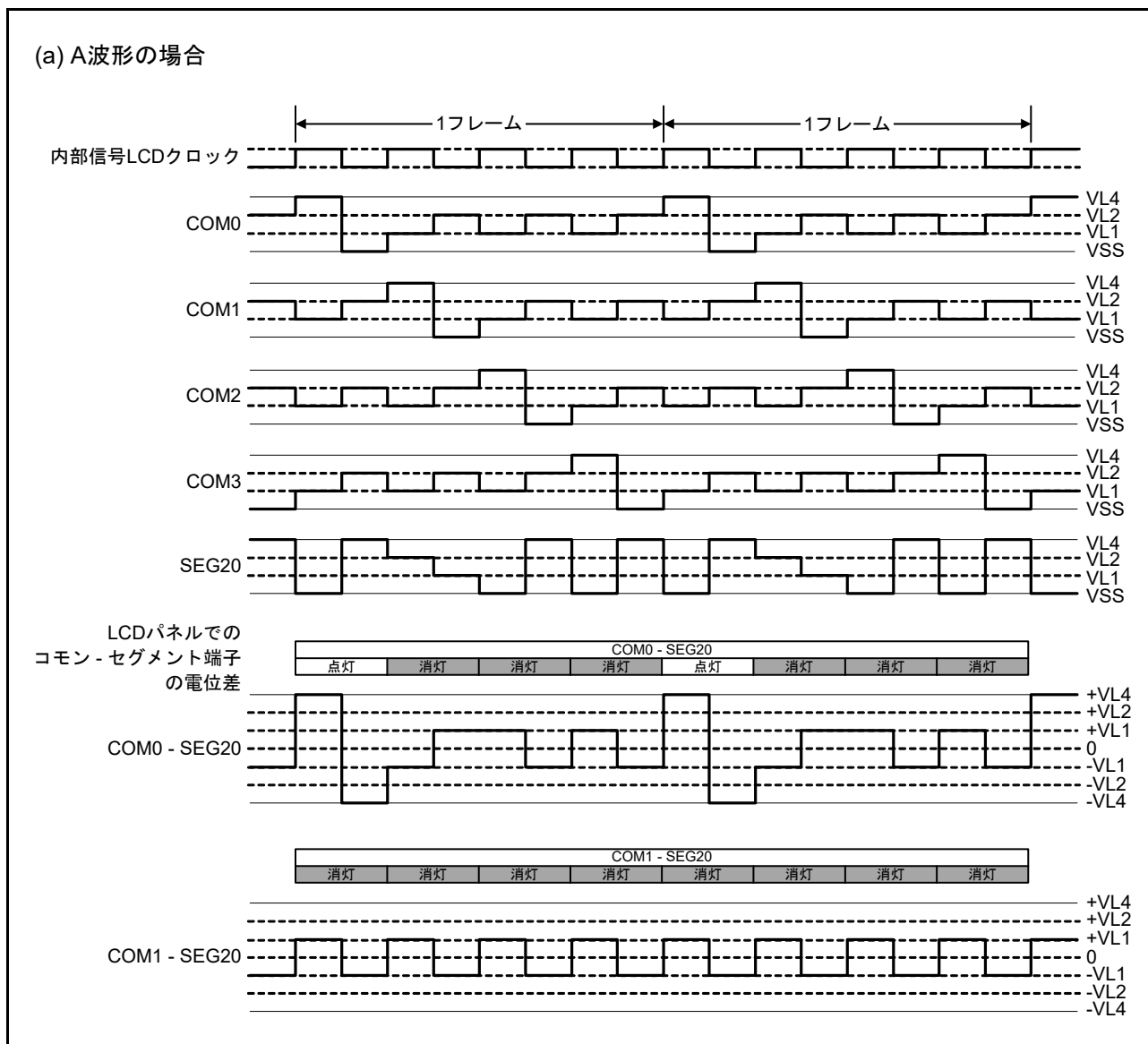


図 44.15 1/3 バイアス法を用いた SEG20 と各コモン信号との間の 4 時分割 LCD 駆動波形例 (1/2)

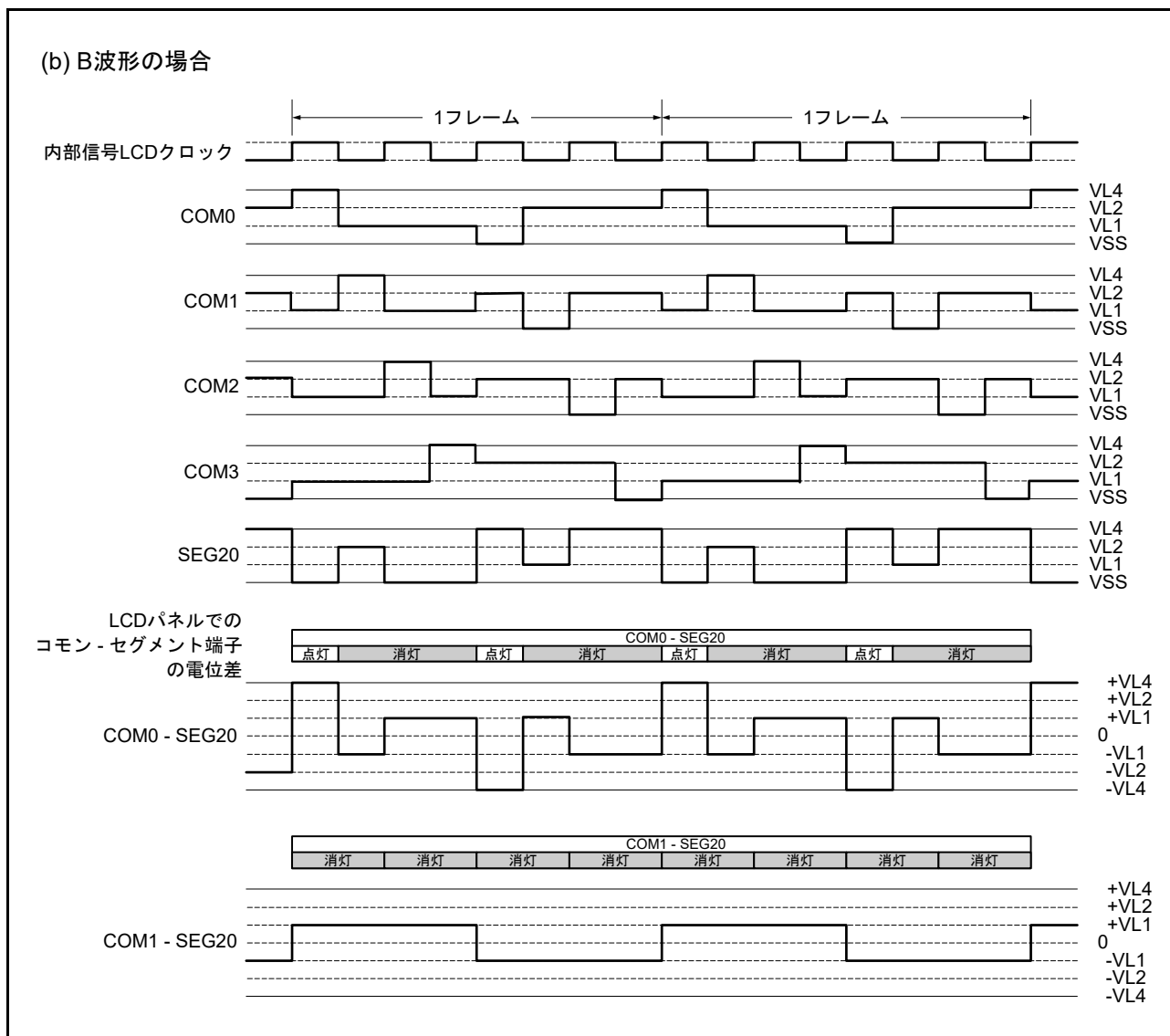


図 44.16 1/3 バイアス法を用いた SEG20 と各コモン信号との間の 4 時分割 LCD 駆動波形例 (2/2)

45. セキュア暗号エンジン (SCE5)

45.1 概要

本 MCU はセキュリティ機能向けにセキュア暗号エンジン (SCE5) モジュールを搭載しています。本モジュールは、アクセス管理回路と暗号エンジン、および乱数生成器で構成されています。

表 45.1 に SCE5 の仕様を、図 45.1 にブロック図を示します。

表 45.1 SCE5の仕様

| 項目 | 内容 |
|---------|--|
| アクセス制御 | アクセス管理回路 <ul style="list-style-type: none"> 不正プログラムやプログラム実行の暴走により SCE5 に異常なアクセスがあった場合、この回路は後続のすべてのアクセスを遮断し、SCE5 からのデータ出力を停止します。 |
| 暗号エンジン | Advanced Encryption Standard (AES) : NIST FIPS PUB 197 アルゴリズムに準拠 <ul style="list-style-type: none"> キーサイズ : 128、256 ビットのいずれか ブロックサイズ : 128 ビット 連鎖モード <ul style="list-style-type: none"> - ECB、CBC、CTR : NIST SP 800-38A に準拠 - GCM : NIST SP 800-38D に準拠 - XTS : NIST SP 800-38E に準拠 - GCTR 128 ビットデータに対するスループット <ul style="list-style-type: none"> - 128 ビット鍵に対して 44 PCLKA サイクル - 256 ビット鍵に対して 61 PCLKA サイクル AES-GCM <ul style="list-style-type: none"> AES-GCM は AES-GCTR と GHASH を組み合わせることにより実現 キー管理 <ul style="list-style-type: none"> ラップされた鍵は SCE5 でのみ有効 |
| 乱数の生成 | 32 ビット真正乱数発生器 |
| ユニーク ID | <ul style="list-style-type: none"> MCU 固有の ID (ユニーク ID) では、アクセス管理回路から専用バスまでアクセスが可能 ユニーク ID と鍵生成情報を組み合わせることにより、他の MCU への不正なデータコピーを防止 |
| 特権モード | <ul style="list-style-type: none"> 特権モード信号はアクセス管理回路に接続されており、特権モードでのみ SCE5 を制御できるようにするのを使用 |
| 低消費電力 | モジュールストップ状態の設定が可能 |

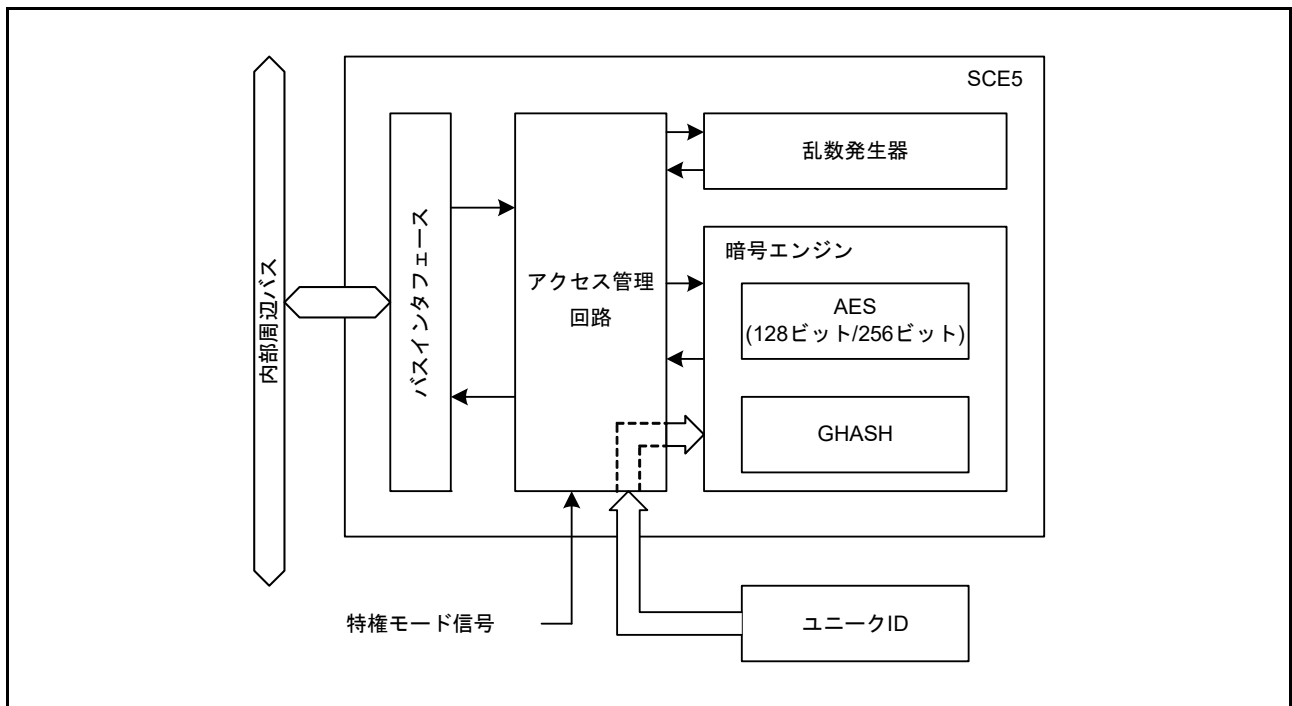


図 45.1 SCE5 ブロック図

45.2 動作説明

45.2.1 暗号エンジン

暗号エンジンは下記の機能をハードウェアで実行します。図 45.2 を参照してください。

- 平文から暗号文への暗号化
- 暗号文から平文への復号

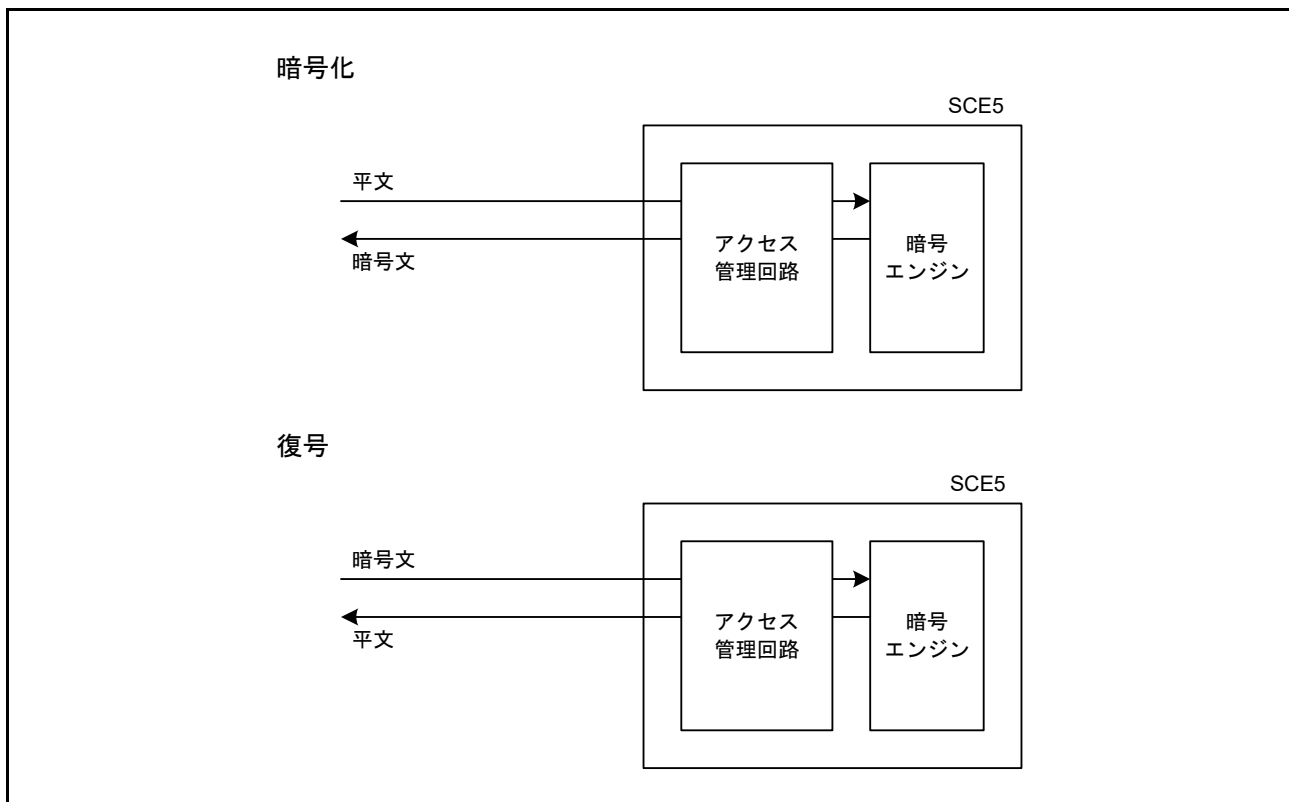


図 45.2 暗号エンジンによる暗号化と復号

45.2.2 暗号化と復号

データの暗号化または復号する方法：

1. 暗号化または復号するデータを SCE5 に入力する。
SCE5 は平文を暗号文に、暗号文を平文に変換します。
2. 変換されたデータを読み出す

暗号エンジンは入力バッファと出力バッファを備えており、入出力データの暗号化/復号を並行して処理することが可能です。図 45.3 に暗号化と復号タイミングを示します。

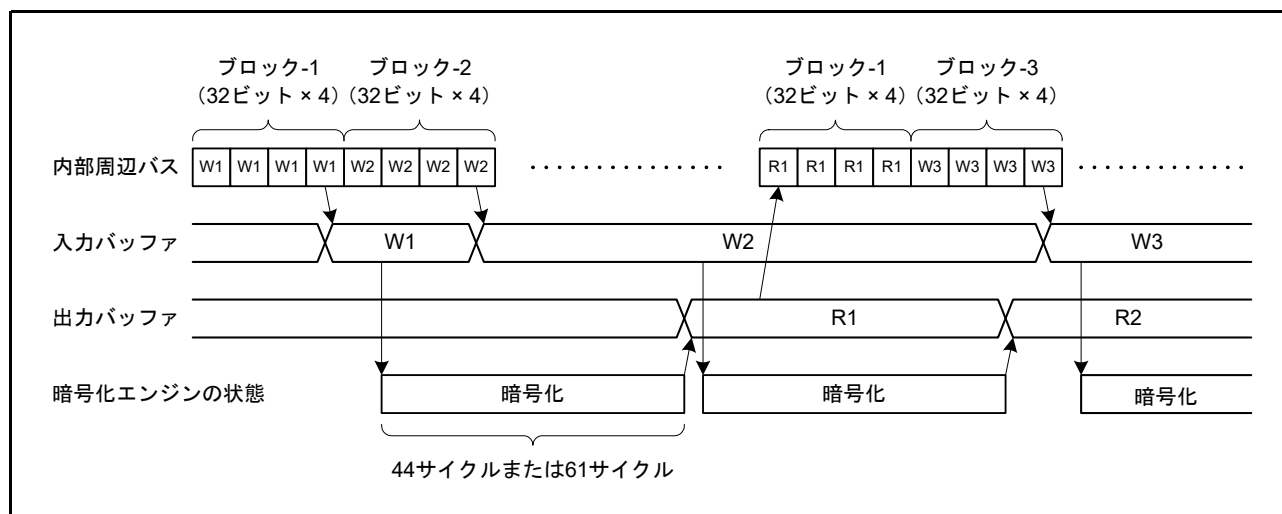


図 45.3 暗号化と復号タイミング (AES)

45.3 使用上の注意事項

45.3.1 ソフトウェアスタンバイモード

暗号エンジンの処理中にソフトウェアスタンバイモードへ遷移した場合、ソフトウェアスタンバイモードが終わっても適切な処理を再開することができません。そのため、ソフトウェアスタンバイモードへの遷移は、暗号エンジンが動作していない状態で行ってください。

45.3.2 モジュールストップ機能の設定

SCE5 の動作は、モジュールストップコントロールレジスタ C (MSTPCRC) を用いて有効または無効にすることが可能です。リセット後の初期状態では、SCE5 モジュールの動作は停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。

46. Bluetooth Low Energy (BLE)

本 MCU は、Bluetooth Low Energy (BLE) を内蔵しており、Bluetooth 5.0 Low Energy single mode に準拠した RF トランシーバと Link Layer と RF トランシーバ用電源で構成されています。

BLE の制御は、ルネサスエレクトロニクスが提供する Bluetooth ミドルウェアが行います。

46.1 概要

表 46.1 に BLE の仕様を示します。図 46.1 に BLE のブロック図を示します。

表 46.1 BLE の仕様

| 項目 | 内容 | | |
|-----------------|---|------------------------------------|---|
| 特長 | <ul style="list-style-type: none"> Bluetooth 5.0 Low Energy に準拠した RF トランシーバおよび Link Layer を内蔵 整合回路内蔵により外部部品を削減可能 BLE 専用の高精度低速オンチップオシレータ (32.768kHz) を内蔵 送信電力は 0dBm/+4dBm を選択可能 最小受信感度は -95dBm (1Mbps)、-92dBm (2Mbps)、-100dBm (500kbps)、-105dBm (125kbps) を選択可能 | | |
| Bluetooth 5.0機能 | 分類 | 機能名 | 備考 |
| | デバイスアドレス | パブリック/ランダムアドレス | 任意のアドレスに設定可能 |
| | アドバタイジング機能 | Extended/Periodic アドバタイジング | |
| | | Multiple アドバタイジング | 最大セット数 = 4 |
| | | アドバタイジング/スキャンレスポンスデータ | 最大データ長 = 1650 バイト |
| | スキャン機能 | パッシブ/アクティブ/Periodic スキャン | Periodic アドバタイジングへの同時同期台数 = 2 |
| | | ホワイトリスト/Periodic Advertiser リスト | ホワイトリスト登録台数 : 4 Periodic Advertiser リスト登録台数 : 4 |
| | マスタ/スレーブ機能 | データ送受信 | 最大ペイロード長 = 251 バイト MoreData 機能対応 マスタ/スレーブマルチロール機能対応 |
| | その他 | 通信速度 | 1Mbps、2Mbps、500kbps、125kbps に対応 送信/受信の通信速度組み合わせは任意 |
| 周波数ホッピング | | Channel Selection Algorithm #2 に対応 | |
| Bluetooth 用暗号回路 | | Bluetooth 専用 AES-CCM (128 ビット) 内蔵 | |
| その他の機能 | RF トランシーバ用電源 (DC-DC コンバータ、リニアレギュレータ) を内蔵 | | |

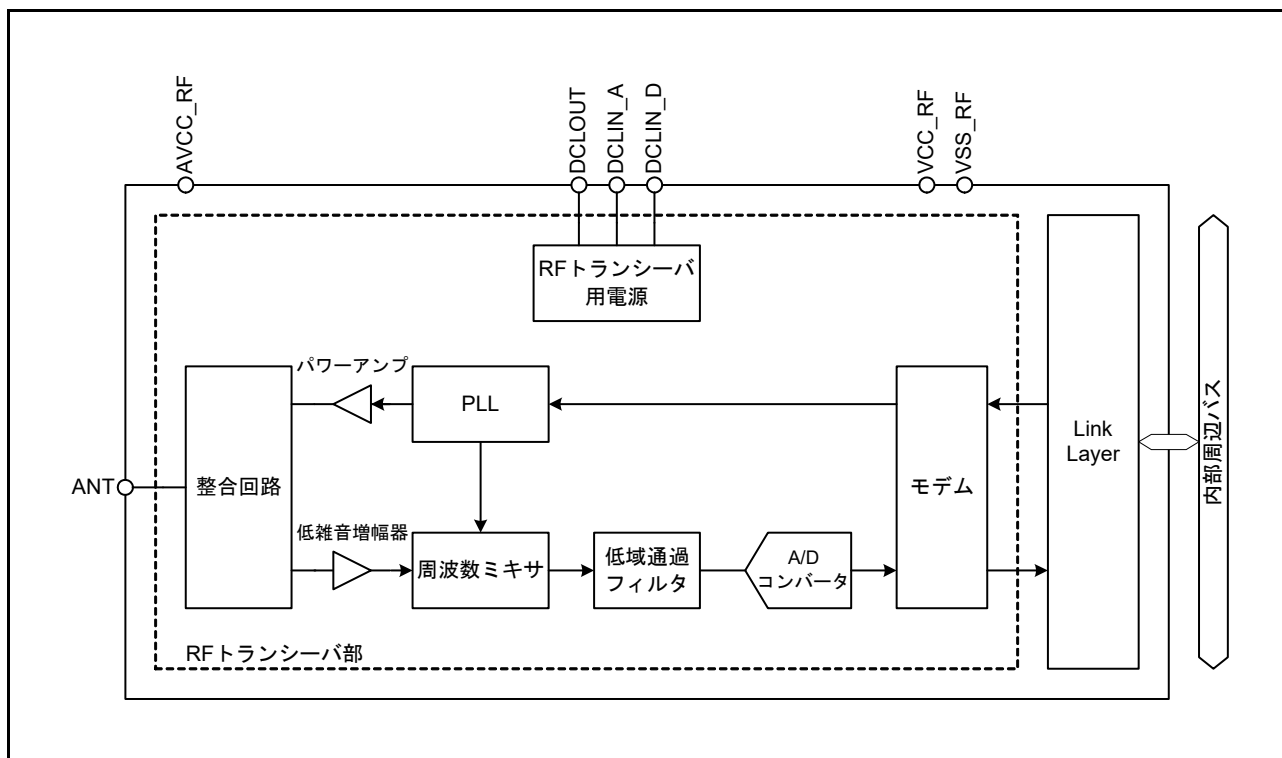


図 46.1 BLEのブロック図

表 46.2 に BLE の入出力端子を示します。

表 46.2 BLEの入出力端子

| 端子名 | 入出力 | 機能 |
|------------------|-----|---|
| ANT | 入出力 | RFトランシーバのRF単一入出力端子 (信号ラインは50Ωインピーダンスにしてください) |
| DCLOUT | 出力 | RFトランシーバ用電源出力端子 |
| DCLIN_A, DCLIN_D | 入力 | RFトランシーバ用電源としてDC-DCコンバータを選択する場合は、DCLOUT端子との間にインダクタとコンデンサを接続してください。 RFトランシーバ用電源としてリニアレギュレータを選択する場合は、DCLOUT端子との間にコンデンサを接続してください。 |
| VCC_RF | 入力 | RFトランシーバ用電源端子 |
| AVCC_RF | 入力 | RFトランシーバ用電源端子 |
| VSS_RF | 入力 | RFトランシーバ用グラウンド端子 |

表 46.3 に本 MCU がサポートする Bluetooth Low Energy 機能の一覧を示します。これらの機能を利用するには Bluetooth ミドルウェアが必要です。

表 46.3 サポートする Bluetooth Low Energy 機能一覧

| 機能 | Bluetooth® core spec |
|--|----------------------|
| Low Energy Controller (PHY and LL) | v4.0 |
| Low Energy Host (L2CAP and Security Manager) | |
| Attribute Protocol and Generic Attribute Profile | |
| Appearance Data Type | v4.1 |
| Low Duty Cycle Directed Advertising | |
| 32-bit UUID Support in LE | |
| LE L2CAP Connection Oriented Channel Support | |
| LE Link Layer Topology | |
| LE Ping | |
| LE Data Packet Length Extension | v4.2 |
| LE Secure Connections | |
| Link Layer Privacy | |
| Link Layer Extended Filter Policies | |
| LE 2M PHY | v5.0 |
| LE Coded PHY | |
| High Duty Cycle Non-Connectable Advertising | |
| LE Advertising Extensions | |
| LE Channel Selection Algorithm #2 | |

46.2 動作説明

46.2.1 状態遷移図

図 46.2 に BLE の状態遷移図を示します。

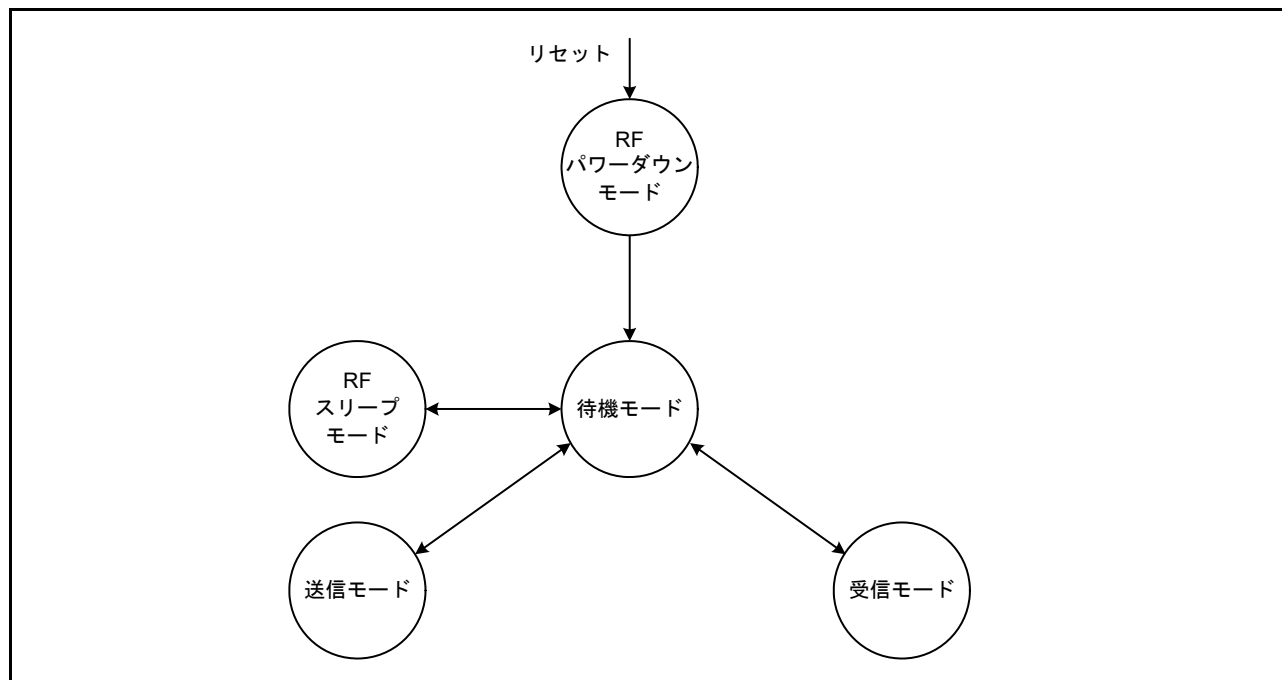


図 46.2 BLE の状態遷移図

RF パワーダウンモード

リセット解除後、最初に遷移するモードです。本 MCU に電源の供給はされますが、RF トランシーバには電源を供給していません。

待機モード

データ送受信要求やスリープモードへの遷移要求を待機しているモードです。

RF スリープモード

RF スリープモードとは、低消費電力な動作モードで LinkLayer 回路の一部を除き、電源供給が停止するモードです。

送信モード

データを送信するモードです。データ送信完了後待機モードに遷移します。

受信モード

データを受信するモードです。データ受信完了後待機モードに遷移します。

46.3 割り込み

表 46.4 に割り込み要因を示します。

Bluetooth ミドルウェアではこれらの割り込みを使用して処理を行っています。

表 46.4 割り込み要因

| 名称 | DTCの起動 | DMACの起動 |
|--------|--------|---------|
| BLEIRQ | 不可能 | 不可能 |

46.4 使用上の注意事項

46.4.1 RF トランシーバ用電源

RF トランシーバ用電源はDC-DC コンバータとリニアレギュレータの2方式から選択することができます。

図 46.3 に DC-DC コンバータ選択時の外部接続回路例を、図 46.4 にリニアレギュレータ選択時の外部接続回路例を示します。

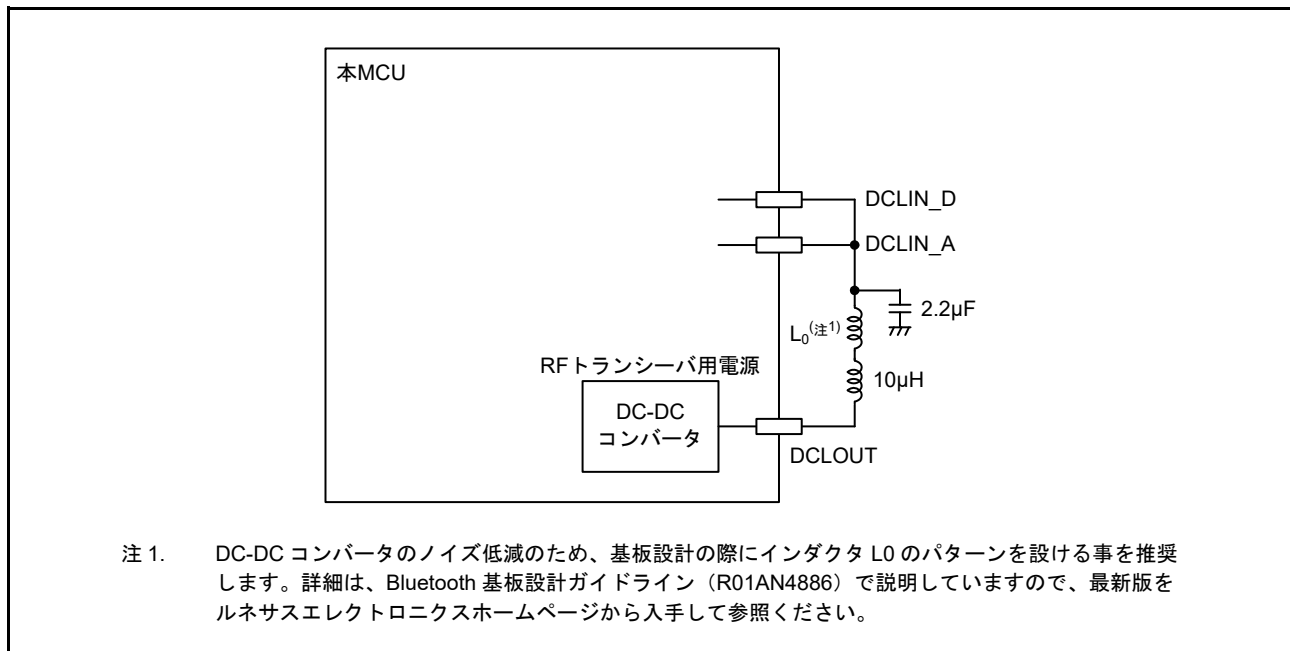


図 46.3 DC-DC コンバータ選択時の BLE 外部接続回路例

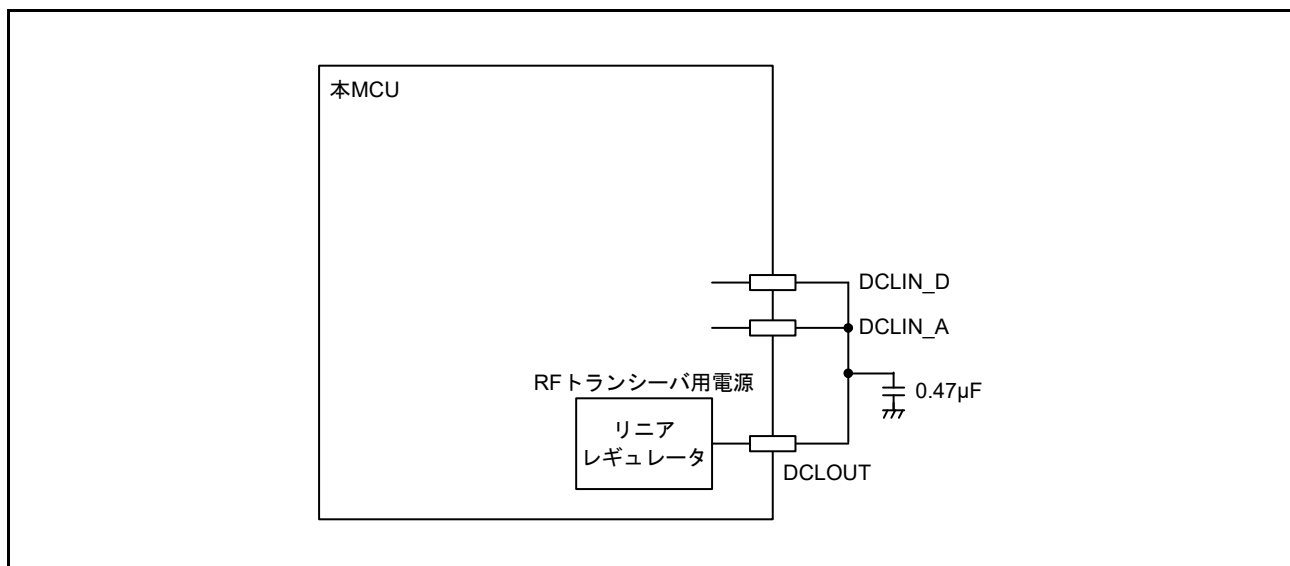


図 46.4 リニアレギュレータ選択時の BLE 外部接続回路例

DC-DC コンバータまたはリニアレギュレータいずれを選択した場合も、RF トランシーバ用電源の入出力端子 (DCLOUT, DCLIN_D, DCLIN_A) には他の端子や外部回路を接続しないでください。

46.4.2 無線規格

国際規格および国内法規の規定により、無線レシーバおよびトランスミッタの使用に規制があります。使用する国の規格、法規を順守のうえご使用ください。

2.4GHz 帯の規格の代表的な規格を下記に示します。

- 日本：ARIB STD-T66
- 米国：FCC CFR47 part15.247 および part15.249
- 欧州：EN300 440 および EN 300 328

46.4.3 ボード設計上の注意事項

使用する無線規格によりボード設計上の注意事項は異なります。ボード設計上の注意事項は、Bluetooth 基板設計ガイドライン (R01AN4886) で説明していますので、最新版をルネサスエレクトロニクスホームページから入手して参照ください。

47. 内部電圧レギュレータ

47.1 概要

本 MCU は、入出力、アナログドメイン以外の内部回路およびメモリに電圧を供給するリニアレギュレータ（LDO）を内蔵しています。

47.2 動作説明

表 47.1 に LDO モードの端子設定を、図 47.1 に LDO モードの設定を示します。LDO モードでは、内部電圧は VCC から生成します。

表 47.1 LDOモード端子の設定内容

| 端子 | 設定内容 |
|--------|---|
| 全VCC端子 | <ul style="list-style-type: none"> システムの電源に接続してください 0.1μFの積層セラミックコンデンサを介してVSSに接続してください。コンデンサは端子近くに配置してください |
| VCL端子 | 4.7 μ Fの積層セラミックコンデンサを介してVSSに接続してください。コンデンサは端子近くに配置してください。 |

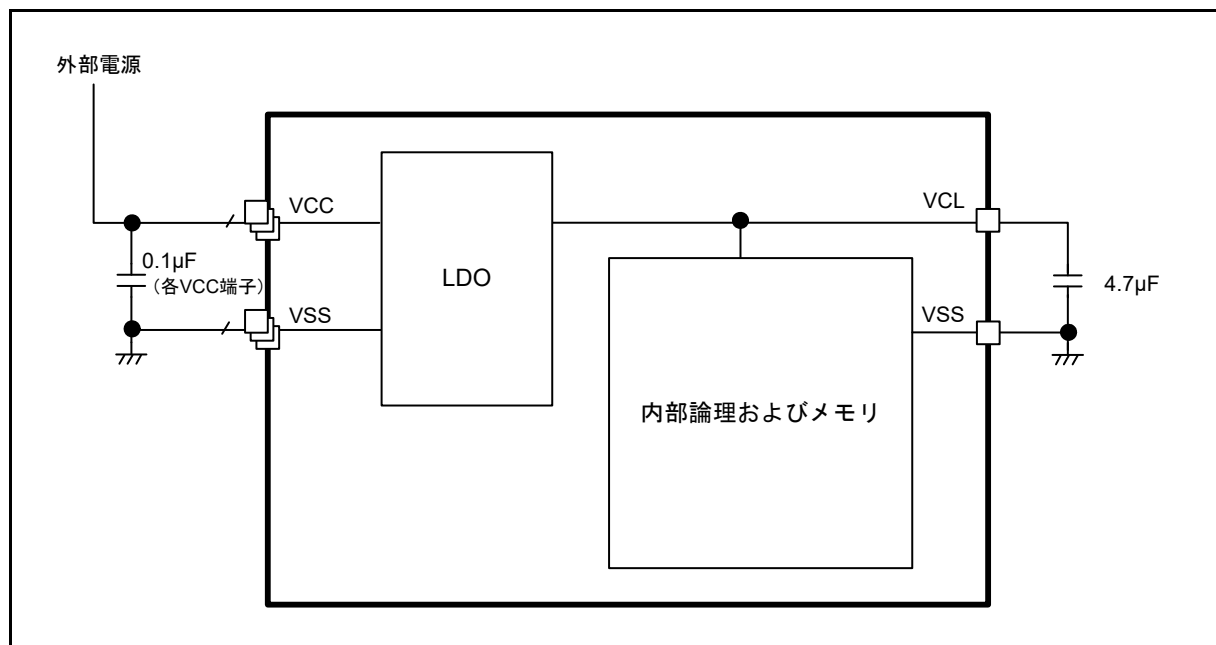


図 47.1 LDOモード設定

48. 電気的特性

特に記載のない限り、本 MCU の電気的特性は以下の条件で定義されています。

V_{CC} (注1) = $AVCC0$ = VCC_USB (注2) = VCC_USB_LDO (注2) = VCC_RF = $AVCC_RF$ = 1.8 ~ 3.6V、 $VREFH0$ = 1.8 ~ $AVCC0$ 、 $VBATT$ = 1.8 ~ 3.6V、 VSS = $AVSS0$ = $VREFL0$ = VSS_RF = VSS_USB = 0V、 T_a = T_{opr}

注1. 通常は VCC = 3.3V に設定されます。

注2. USBFS 未使用時

図 48.1 は、タイミング条件を示しています。

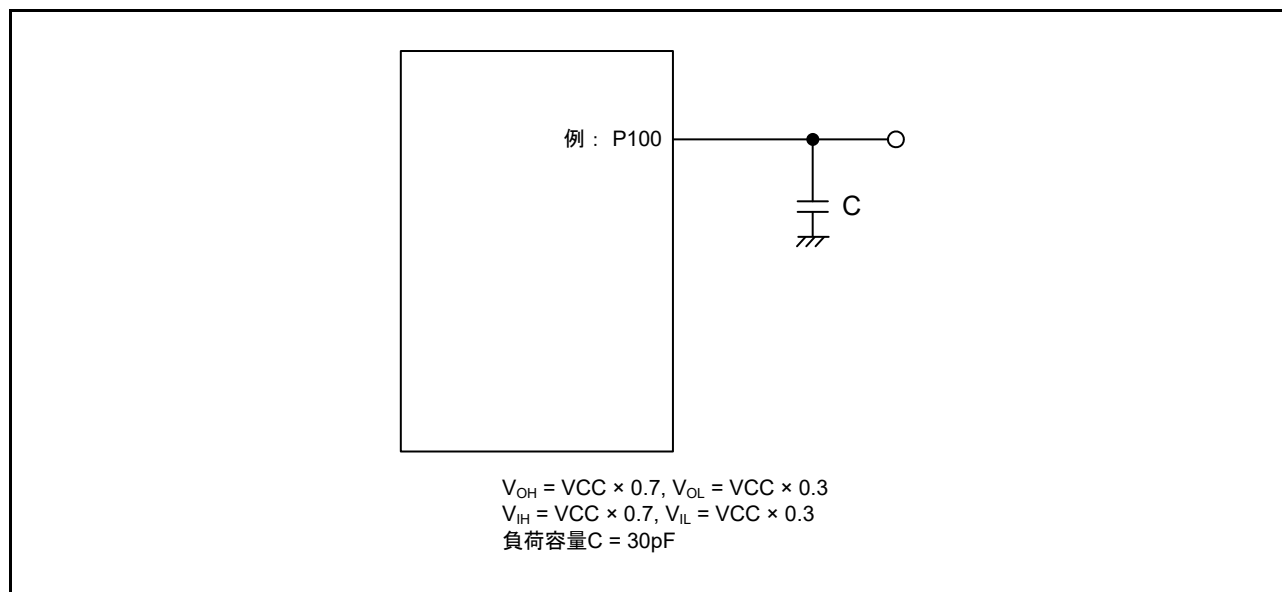


図 48.1 入出力タイミング計測条件

各周辺モジュールのタイミング仕様の計測条件は、最適な周辺動作に推奨されるものです。ただし、ユーザ条件に合うように、各端子の駆動能力を調整してください。

同じ機能に使用される各機能端子は、同じ駆動能力を選択してください。各機能端子の I/O 駆動能力が混在する場合、各機能の AC 仕様は保証されません。

48.1 絶対最大定格

表 48.1 絶対最大定格

| 項目 | | シンボル | 値 | 単位 |
|------------|------------------------------|-------------|------------------|----|
| 電源電圧 | | VCC | -0.5~+4.0 | V |
| 入力電圧 | 5Vトレラント対応ポート (注1) | V_{in} | -0.3~+6.5 | V |
| | P004, P010, P011, P014, P015 | | -0.3~AVCC0 + 0.3 | V |
| | ANT | | -1.0~+1.4 | V |
| | XTAL1_RF, XTAL2_RF | | -0.3~+1.4 | V |
| | DCLIN_A, DCLIN_D | | -0.3~+2.2 | V |
| | その他 | | -0.3~VCC + 0.3 | V |
| リファレンス電源電圧 | | VREFH0 | -0.3~+4.0 | V |
| VBATT電源電圧 | | VBATT | -0.5~+4.0 | V |
| アナログ電源電圧 | | AVCC0 | -0.5~+4.0 | V |
| | | VCC_RF | -0.3~+4.0 | V |
| | | AVCC_RF | -0.3~+4.0 | V |
| USB電源電圧 | | VCC_USB | -0.5~+4.0 | V |
| | | VCC_USB_LDO | -0.5~+4.0 | V |
| アナログ入力電圧 | AN004~AN006, AN009, AN010使用時 | V_{AN} | -0.3~AVCC0 + 0.3 | V |
| | AN017, AN019, AN020使用時 | | -0.3~VCC + 0.3 | V |
| LCD電圧 | VL1電圧 | V_{L1} | -0.3~+2.8 | V |
| | VL2電圧 | V_{L2} | -0.3~+4.0 | V |
| | VL4電圧 | V_{L4} | -0.3~+4.0 | V |
| 動作温度 (注2) | | T_{opr} | -40~+85 | °C |
| 保存温度 | | T_{stg} | -55~+125 | °C |

注 1. P205, P206, P402, P407 の各ポートは5Vトレラント対応です。

注 2. 48.2.1 [Tj/Taの定義](#)を参照してください。

【使用上の注意】 絶対最大定格を超えてMCUを使用した場合、MCUの永久破壊となることがあります。

ノイズ干渉による誤動作を防止するには、VCC端子とVSS端子の間、AVCC0端子とAVSS0端子の間、VCC_RF端子とVSS_RF端子の間、AVDD_RF端子とVSS_RF端子の間、VCC_USB端子とVSS_USB端子の間、およびVREFH0端子とVREFL0端子の間には周波特性の良いコンデンサを挿入してください。VCC_RF端子は2.2μF、それ以外の電源端子には0.1μFのコンデンサを各電源端子になるべく近い場所に配置し、接続にはできるだけ短く重いトレースを使用してください。また、コンデンサは安定容量として接続してください。

VCL端子は、4.7μFのコンデンサを介してVSS端子に接続してください。コンデンサは必ず端子近くに配置してください。

デバイスの電源が切れている状態で信号やI/Oプルアップ電源を入力しないでください。信号またはI/Oプルアップの入力による電流注入は、デバイスの故障や異常電流を引き起こし、内部要素を劣化させる恐れがあります。

表 48.2 推奨動作条件

| 項目 | シンボル | 値 | Min | Typ | Max | 単位 |
|------------|-----------------|------------------------------------|---------|-----|-------|----|
| 電源電圧 | VCC (注1) (注2) | USBFS 未使用時 | 1.8 | — | 3.6 | V |
| | | USBFS 使用時 USB レギュレータ 無効 | VCC_USB | — | 3.6 | V |
| | VSS | — | 0 | — | V | |
| USB 電源電圧 | VCC_USB | USBFS 未使用時 | — | VCC | — | V |
| | | USBFS 使用時 USB レギュレータ 無効 (入力) | 3.0 | 3.3 | 3.6 | V |
| | VCC_USB_LDO | USBFS 未使用時 | — | VCC | — | V |
| | | USBFS 使用時 | — | VCC | — | V |
| | VSS_USB | — | 0 | — | V | |
| VBATT 電源電圧 | VBATT | バッテリーバックアップ 機能未使用時 | — | VCC | — | V |
| | | バッテリーバックアップ 機能使用時 | 1.8 | — | 3.6 | V |
| アナログ電源電圧 | AVCC0 (注1) (注2) | | 1.8 | — | 3.6 | V |
| | AVSS0 | | — | 0 | — | V |
| | VREFH0 | ADC14 基準として使用時 | 1.8 | — | AVCC0 | V |
| | VREFL0 | | — | 0 | — | V |
| BLE 電源電圧 | VCC_RF (注3) | | 1.8 | — | 3.6 | V |
| | AVCC_RF (注3) | | 1.8 | — | 3.6 | V |
| | VSS_RF | | — | 0 | — | V |

注 1. 下記の条件で AVCC0 と VCC を使用してください：

VCC \geq 2.2V および AVCC \geq 2.2V のとき、AVCC0 と VCC は動作範囲内で個別に設定可能

VCC < 2.2V または AVCC0 < 2.2V のとき、AVCC0 = VCC

注 2. VCC 端子および AVCC0 端子に電源を投入する場合、両方同時に電源投入するか、最初に VCC 端子、次に AVCC0 端子の順番で電源投入してください。

注 3. VCC = VCC_RF = AVCC_RF の条件で使用してください。

48.2 DC 特性

48.2.1 Tj/Ta の定義

表 48.3 DC 特性

条件：動作温度 (T_a) が -40 ~ +85°C の製品

| 項目 | シンボル | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|-------------|----------------|-----|----------|----|--|
| 許容ジャンクション温度 | T _j | — | 105 (注1) | °C | High-speed モード Middle-speed モード Low-speed モード Low-voltage モード Subosc-speed モード |

注. $T_j = T_a + \theta_{ja} \times \text{総消費電力 (W)}$ となるようにしてください。このとき、総消費電力 = $(V_{CC} - V_{OH}) \times \Sigma I_{OH} + V_{OL} \times \Sigma I_{OL} + I_{CCmax} \times V_{CC}$ です。

注 1. 動作温度の上限は、85 °C です。詳細は、1.3 型名を参照してください。型名が動作温度 85 °C を示している場合は、T_j の最大値は 105 °C になります。

48.2.2 I/O V_{IH}, V_{IL}表 48.4 I/O V_{IH}, V_{IL} (1)

条件：VCC = AVCC0 = VCC_USB = VCC_USB_LDO = 2.7 ~ 3.6V、VBATT = 1.8 ~ 3.6V、VSS = AVSS0 = 0V

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 | |
|---------------------------|---|--------------------------|-----------------|-------------------------|---------------|-------------------------|---|
| シュミットトリガ入力電圧 | IIC (注1) | V _{IH} | VCC × 0.7 | — | 5.8 | V | — |
| | | V _{IL} | — | — | VCC × 0.3 | | |
| | | ΔV _T | VCC × 0.05 | — | — | | |
| | RES, NMI IICを除くその他の周辺入力端子 | V _{IH} | VCC × 0.8 | — | — | | |
| | | V _{IL} | — | — | VCC × 0.2 | | |
| | | ΔV _T | VCC × 0.1 | — | — | | |
| 入力電圧 (シュミットトリガ入力端子を除く) | 5Vトレラント対応ポート (注2) | V _{IH} | VCC × 0.8 | — | 5.8 | | |
| | | V _{IL} | — | — | VCC × 0.2 | | |
| | P914, P915 | V _{IH} | VCC_USB × 0.8 | — | VCC_USB + 0.3 | | |
| | | V _{IL} | — | — | VCC_USB × 0.2 | | |
| | P004, P010 | V _{IH} | AVCC0 × 0.8 | — | — | | |
| | | V _{IL} | — | — | AVCC0 × 0.2 | | |
| | EXTAL P004, P010, P914, P915を除く入力ポート端子 | V _{IH} | VCC × 0.8 | — | — | | |
| | | V _{IL} | — | — | VCC × 0.2 | | |
| | V _{BATT} 電源選択時 | P402 | V _{IH} | V _{BATT} × 0.8 | — | V _{BATT} + 0.3 | |
| | | | V _{IL} | — | — | V _{BATT} × 0.2 | |
| ΔV _T | | V _{BATT} × 0.05 | — | — | | | |

注 1. P205、P206、P407 (合計 3 端子)

注 2. P2205、P206、P402、P407 (合計 4 端子)

表 48.5 I/O V_{IH} , V_{IL} (2)条件 : $VCC = AVCC0 = VCC_USB = VCC_USB_LDO = 1.8 \sim 2.7V$ 、 $V_{BATT} = 1.8 \sim 3.6V$ 、 $VSS = AVSS0 = 0V$

| 項目 | | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|-------------------------------|-----------------------------------|--------------|------------------------|-----|-----------------------|----|------|
| シュミットトリガ入力電圧 | RES#, NMI 周辺入力端子 | V_{IH} | $VCC \times 0.8$ | — | — | V | — |
| | | V_{IL} | — | — | $VCC \times 0.2$ | | |
| | | ΔV_T | $VCC \times 0.01$ | — | — | | |
| 入力電圧 (シュミットトリガ 入力端子を除く) | 5Vトレラント対応ポート (注1) | V_{IH} | $VCC \times 0.8$ | — | 5.8 | | |
| | | V_{IL} | — | — | $VCC \times 0.2$ | | |
| | P914, P915 | V_{IH} | $VCC_USB \times 0.8$ | — | $VCC_USB + 0.3$ | | |
| | | V_{IL} | — | — | $VCC_USB \times 0.2$ | | |
| | P004, P010 | V_{IH} | $AVCC0 \times 0.8$ | — | — | | |
| | | V_{IL} | — | — | $AVCC0 \times 0.2$ | | |
| | EXTAL P004, P010を除く 入力ポート端子 | V_{IH} | $VCC \times 0.8$ | — | — | | |
| | | V_{IL} | — | — | $VCC \times 0.2$ | | |
| V_{BATT} 電源選択時 | P402, P404 | V_{IH} | $V_{BATT} \times 0.8$ | — | $V_{BATT} + 0.3$ | | |
| | | V_{IL} | — | — | $V_{BATT} \times 0.2$ | | |
| | | ΔV_T | $V_{BATT} \times 0.01$ | — | — | | |

注 1. P205、P206、P402、P407 (合計 4 端子)

48.2.3 I/O I_{OH} , I_{OL} 表 48.6 I/O I_{OH} , I_{OL}

条件 : VCC = AVCC0 = VCC_USB = VCC_USB_LDO = 1.8 ~ 3.6V

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | | | |
|----------------------|---|------------------------------|-----------------------|-----------------------|----|------|-------|----|
| 許容出力電流 (端子ごとの平均値) | ポート P212、P213 | — | I_{OH} | — | — | -4.0 | mA | |
| | | | I_{OL} | — | — | 4.0 | mA | |
| | ポート P409 | 低駆動 (注1) | — | I_{OH} | — | — | -4.0 | mA |
| | | | | I_{OL} | — | — | 4.0 | mA |
| | | 中駆動 (注2) VCC = 2.7 ~ 3.0V | — | I_{OH} | — | — | -8.0 | mA |
| | | | | I_{OL} | — | — | 8.0 | mA |
| | | 中駆動 (注2) VCC = 3.0 ~ 3.6V | — | I_{OH} | — | — | -20.0 | mA |
| | | | | I_{OL} | — | — | 20.0 | mA |
| | ポート P100 ~ P111、P201、 P204、P300、P501 (合計 16 端子) | 低駆動 (注1) | — | I_{OH} | — | — | -4.0 | mA |
| | | | | I_{OL} | — | — | 4.0 | mA |
| | | 中駆動 (注2) | — | I_{OH} | — | — | -4.0 | mA |
| | | | | I_{OL} | — | — | 8.0 | mA |
| | ポート P914、P915 | — | — | I_{OH} | — | — | -4.0 | mA |
| | | | | I_{OL} | — | — | 4.0 | mA |
| | その他の出力端子 (注3) | 低駆動 (注1) | — | I_{OH} | — | — | -4.0 | mA |
| | | | | I_{OL} | — | — | 4.0 | mA |
| | | 中駆動 (注2) | — | I_{OH} | — | — | -8.0 | mA |
| | | | | I_{OL} | — | — | 8.0 | mA |
| 許容出力電流 (端子ごとの最大値) | ポート P212、P213 | — | I_{OH} | — | — | -4.0 | mA | |
| | | | I_{OL} | — | — | 4.0 | mA | |
| | ポート P409 | 低駆動 (注1) | — | I_{OH} | — | — | -4.0 | mA |
| | | | | I_{OL} | — | — | 4.0 | mA |
| | | 中駆動 (注2) VCC = 2.7 ~ 3.0V | — | I_{OH} | — | — | -8.0 | mA |
| | | | | I_{OL} | — | — | 8.0 | mA |
| | | 中駆動 (注2) VCC = 3.0 ~ 3.6V | — | I_{OH} | — | — | -20.0 | mA |
| | | | | I_{OL} | — | — | 20.0 | mA |
| | ポート P100 ~ P111、P201、 P204、P300、P501 (合計 16 端子) | 低駆動 (注1) | — | I_{OH} | — | — | -4.0 | mA |
| | | | | I_{OL} | — | — | 4.0 | mA |
| | | 中駆動 (注2) | — | I_{OH} | — | — | -4.0 | mA |
| | | | | I_{OL} | — | — | 8.0 | mA |
| | ポート P914、P915 | — | — | I_{OH} | — | — | -4.0 | mA |
| | | | | I_{OL} | — | — | 4.0 | mA |
| | その他の出力端子 (注3) | 低駆動 (注1) | — | I_{OH} | — | — | -4.0 | mA |
| | | | | I_{OL} | — | — | 4.0 | mA |
| | | 中駆動 (注2) | — | I_{OH} | — | — | -8.0 | mA |
| | | | | I_{OL} | — | — | 8.0 | mA |
| 許容出力電流 (全端子の最大値) | ポート P004、P010 の総和 | — | $\Sigma I_{OH}(\max)$ | — | — | -30 | mA | |
| | | | $\Sigma I_{OL}(\max)$ | — | — | 30 | mA | |
| | ポート P914、P915 | — | — | $\Sigma I_{OH}(\max)$ | — | — | -4.0 | mA |
| | | | | $\Sigma I_{OL}(\min)$ | — | — | 4.0 | mA |
| | 全出力端子の総和 (注5) | — | — | $\Sigma I_{OH}(\max)$ | — | — | -60 | mA |
| | | | | $\Sigma I_{OL}(\max)$ | — | — | 60 | mA |

【使用上の注意】 本 MCU の信頼性を確保するため、出力電流値はこの表の値を超えないようにしてください。平均出力電流は、100 μ s の間に計測した電流の平均値を意味します。

注 1. PmnPFS レジスタのポート駆動能力ビットで低駆動が選択されている場合の値です。

- 注2. PmnPFSレジスタのポート駆動能力ビットで中駆動が選択されている場合の値です。
- 注3. 入力ポートであるP200、P214、P215を除きます。
- 注4. PmnPFSレジスタのポート駆動能力ビットでIICファストモードに対して中駆動が選択されている場合の値です。
- 注5. CTSUの許容出力電流の詳細については、[48.11 CTSU特性](#)を参照してください。

48.2.4 I/O V_{OH} 、 V_{OL} 、その他の特性表 48.7 I/O V_{OH} 、 V_{OL} (1)条件 : $VCC = AVCC0 = VCC_USB = VCC_USB_LDO = 2.7 \sim 3.6V$

| 項目 | | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 | |
|------|-----------------------|-----------------------|------------------|---------------|-----|----|----------------------------------|-------------------|
| 出力電圧 | IIC (注1) | V_{OL} | — | — | 0.4 | V | $I_{OL} = 3.0mA$ | |
| | | V_{OL} (注2) (注5) | — | — | 0.6 | | $I_{OL} = 6.0mA$ | |
| | ポート P409 (注2) (注3) | V_{OH} | $VCC - 1.0$ | — | — | | $I_{OH} = -20mA$ $VCC = 3.3V$ | |
| | | V_{OL} | — | — | 1.0 | | $I_{OL} = 20mA$ $VCC = 3.3V$ | |
| | ポート P004、P010 | 低駆動 | V_{OH} | $AVCC0 - 0.5$ | — | | — | $I_{OH} = -1.0mA$ |
| | | | V_{OL} | — | — | | 0.5 | $I_{OL} = 1.0mA$ |
| | | 中駆動 | V_{OH} | $AVCC0 - 0.5$ | — | | — | $I_{OH} = -2.0mA$ |
| | | | V_{OL} | — | — | | 0.5 | $I_{OL} = 2.0mA$ |
| | ポート P914、P915 | V_{OH} | $VCC_USB - 0.5$ | — | — | | $I_{OH} = -1.0mA$ | |
| | | V_{OL} | — | — | 0.5 | | $I_{OL} = 1.0mA$ | |
| | その他の出力端子 (注4) (注6) | 低駆動 | V_{OH} | $VCC - 0.5$ | — | | — | $I_{OH} = -1.0mA$ |
| | | | V_{OL} | — | — | | 0.5 | $I_{OL} = 1.0mA$ |
| | | 中駆動 (注5) | V_{OH} | $VCC - 0.5$ | — | | — | $I_{OH} = -2.0mA$ |
| | | | V_{OL} | — | — | | 0.5 | $I_{OL} = 2.0mA$ |

注 1. P100、P101、P204、P205、P206、P407 (合計 6 端子)

注 2. PmnPFS レジスタのポート駆動能力ビットで中駆動が選択されている場合の値です。

注 3. 特性データに基づき、製品試験は行っていません。

注 4. 入力ポートである P200、P214、P215 を除きます。

注 5. P212、P213 を除く

注 6. CLKOUT_RF を除く

表 48.8 I/O V_{OH} 、 V_{OL} (2)条件 : $VCC = AVCC0 = VCC_USB = VCC_USB_LDO = 1.8 \sim 2.7V$

| 項目 | | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 | |
|------|-----------------------|----------|------------------|---------------|-----|-------------------|------|-------------------|
| 出力電圧 | ポート P004、P010 | 低駆動 | V_{OH} | $AVCC0 - 0.3$ | — | — | V | $I_{OH} = -0.5mA$ |
| | | | V_{OL} | — | — | 0.3 | | $I_{OL} = 0.5mA$ |
| | | 中駆動 | V_{OH} | $AVCC0 - 0.3$ | — | — | | $I_{OH} = -1.0mA$ |
| | | | V_{OL} | — | — | 0.3 | | $I_{OL} = 1.0mA$ |
| | ポート P914、P915 | V_{OH} | $VCC_USB - 0.3$ | — | — | $I_{OH} = -0.5mA$ | | |
| | | V_{OL} | — | — | 0.3 | $I_{OL} = 0.5mA$ | | |
| | その他の出力端子 (注1) (注3) | 低駆動 | V_{OH} | $VCC - 0.3$ | — | — | | $I_{OH} = -0.5mA$ |
| | | | V_{OL} | — | — | 0.3 | | $I_{OL} = 0.5mA$ |
| | | 中駆動 (注2) | V_{OH} | $VCC - 0.3$ | — | — | | $I_{OH} = -1.0mA$ |
| | | | V_{OL} | — | — | 0.3 | | $I_{OL} = 1.0mA$ |

注 1. 入力ポートである P200、P214、P215 を除きます。

注 2. P212、P213 を除く

注 3. CLKOUT_RF を除く

表 48.9 I/O V_{OH} , V_{OL} (3)条件 : $3.0V \leq VCC = AVCC0 = VCC_USB = VCC_USB_LDO = VCC_RF = AVCC_RF \leq 3.6V$

| 項目 | シンボル | Min | Max | 単位 | 測定条件 | |
|--------|-----------|----------|-----------------|-----|------|-------------------|
| 出力Low | CLKOUT_RF | V_{OL} | — | 0.3 | V | $I_{OL} = 0.5mA$ |
| 出力High | CLKOUT_RF | V_{OH} | $VCC_RF - 0.3$ | — | V | $I_{OH} = -0.5mA$ |

表 48.10 I/O その他の特性

条件 : $VCC = AVCC0 = 1.8 \sim 3.6V$

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|----------------------|---|-------------|-----|-----|-----|---|
| 入力リーク電流 | RES, P200, P214, P215 | $ I_{in} $ | — | — | 1.0 | μA $V_{in} = 0V$ $V_{in} = VCC$ |
| スリープステートリーク電流 (オフ状態) | 5Vトレラント対応ポート | $ I_{TSI} $ | — | — | 1.0 | $V_{in} = 0V$ $V_{in} = 5.8V$ |
| | その他のポート (ポートP200、P214、P215、 および5Vトレラントポートを 除く) | | — | — | 1.0 | $V_{in} = 0V$ $V_{in} = VCC$ |
| 入力プルアップ抵抗 | 全ポート (ポートP200、P214、P215、 P914、P915を除く) | R_U | 10 | 20 | 50 | $k\Omega$ $V_{in} = 0V$ |
| 入力容量 | P914、P915、 P100～P103、P111、P200 | C_{in} | — | — | 30 | pF $V_{in} = 0V$ $f = 1MHz$ $T_a = 25^\circ C$ |
| | その他の入力端子 | | — | — | 15 | |

48.2.5 低駆動能力の入出力端子出力特性

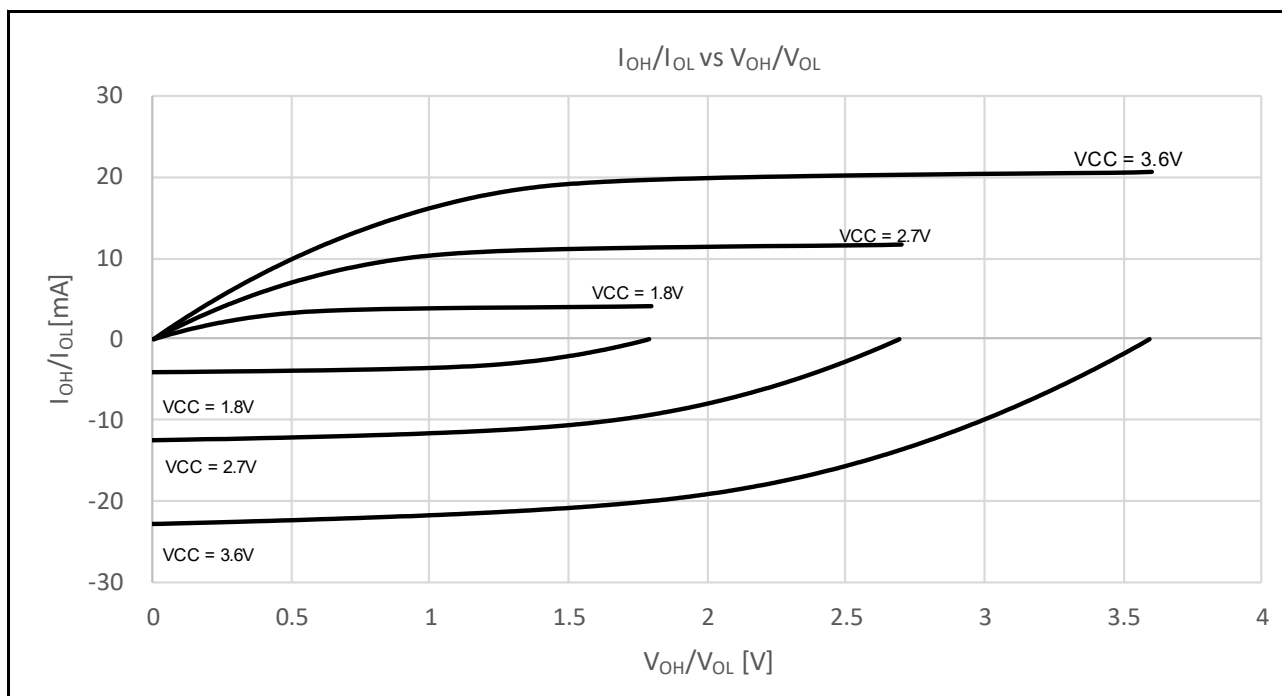


図 48.2 低駆動出力選択時の Ta = 25 °C での V_{OH}/V_{OL} および I_{OH}/I_{OL} 電圧特性 (参考データ)

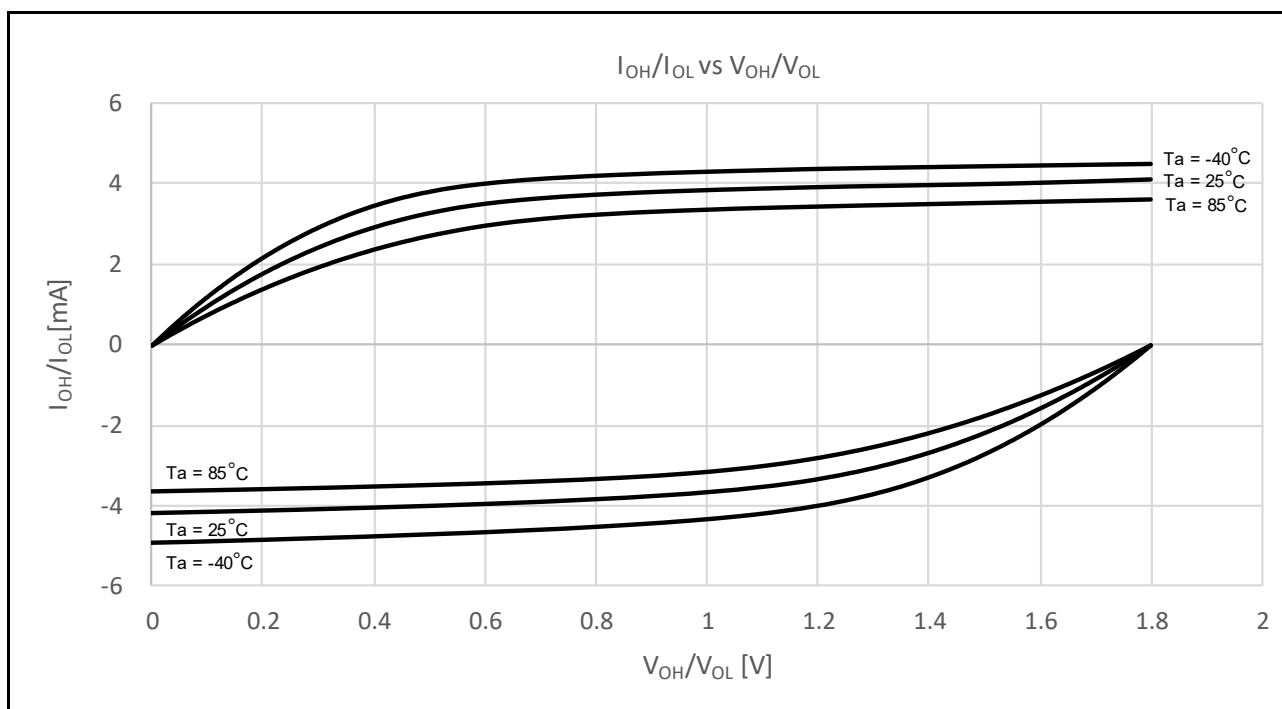


図 48.3 低駆動出力選択時の VCC = 1.8V での V_{OH}/V_{OL} および I_{OH}/I_{OL} 温度特性 (参考データ)

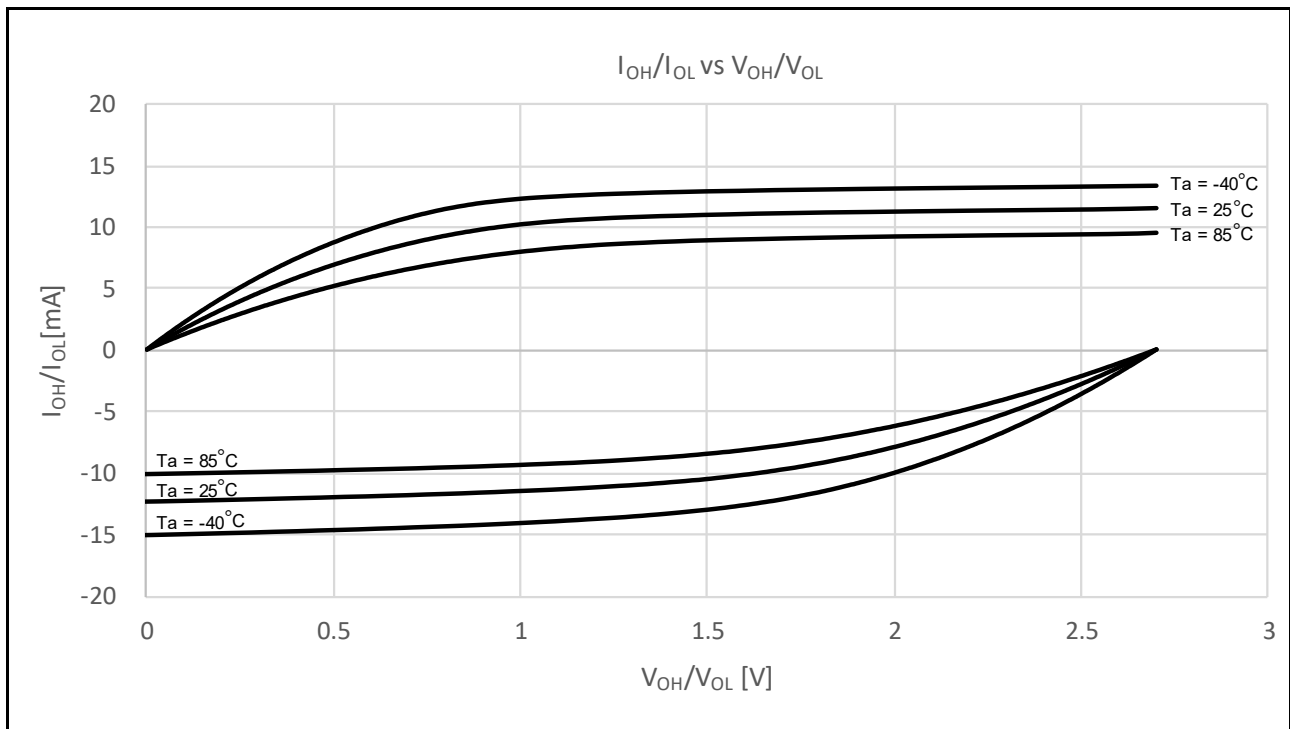


図 48.4 低駆動出力選択時の VCC = 2.7V での V_{OH}/V_{OL} および I_{OH}/I_{OL} 温度特性 (参考データ)

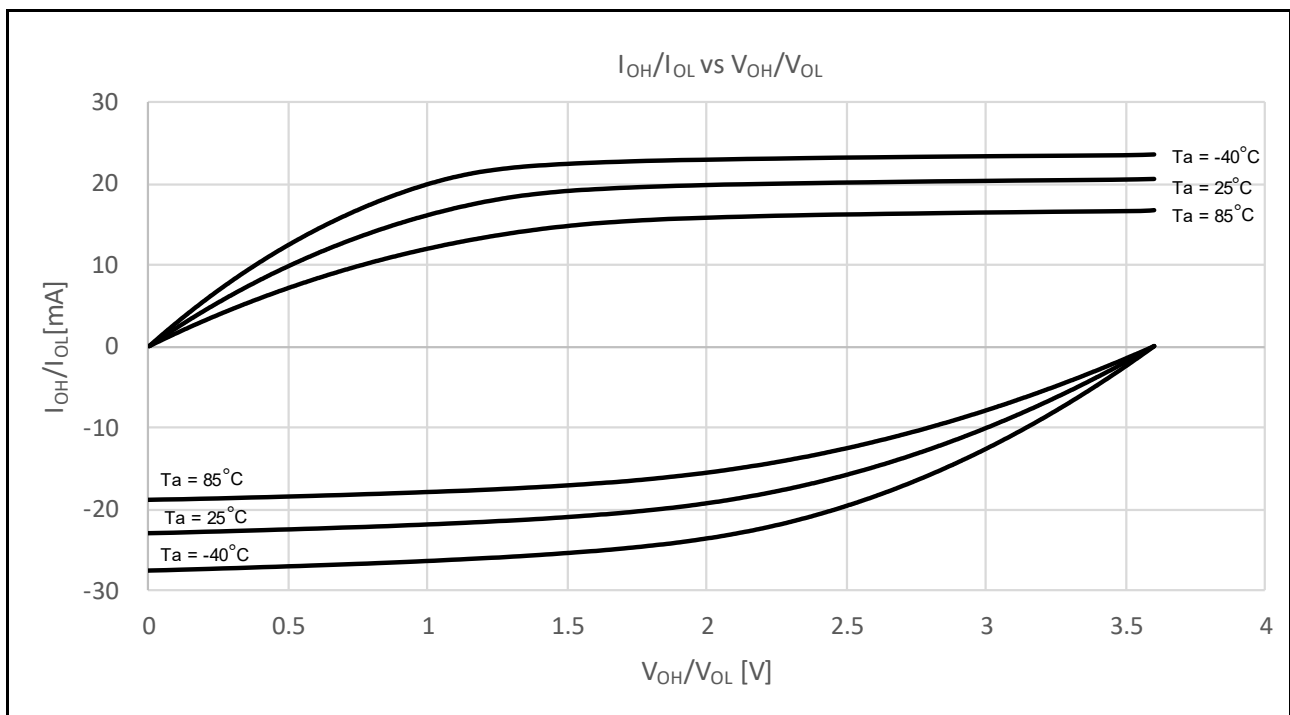


図 48.5 低駆動出力選択時の VCC = 3.6V での V_{OH}/V_{OL} および I_{OH}/I_{OL} 温度特性 (参考データ)

48.2.6 中駆動能力の入出力端子出力特性

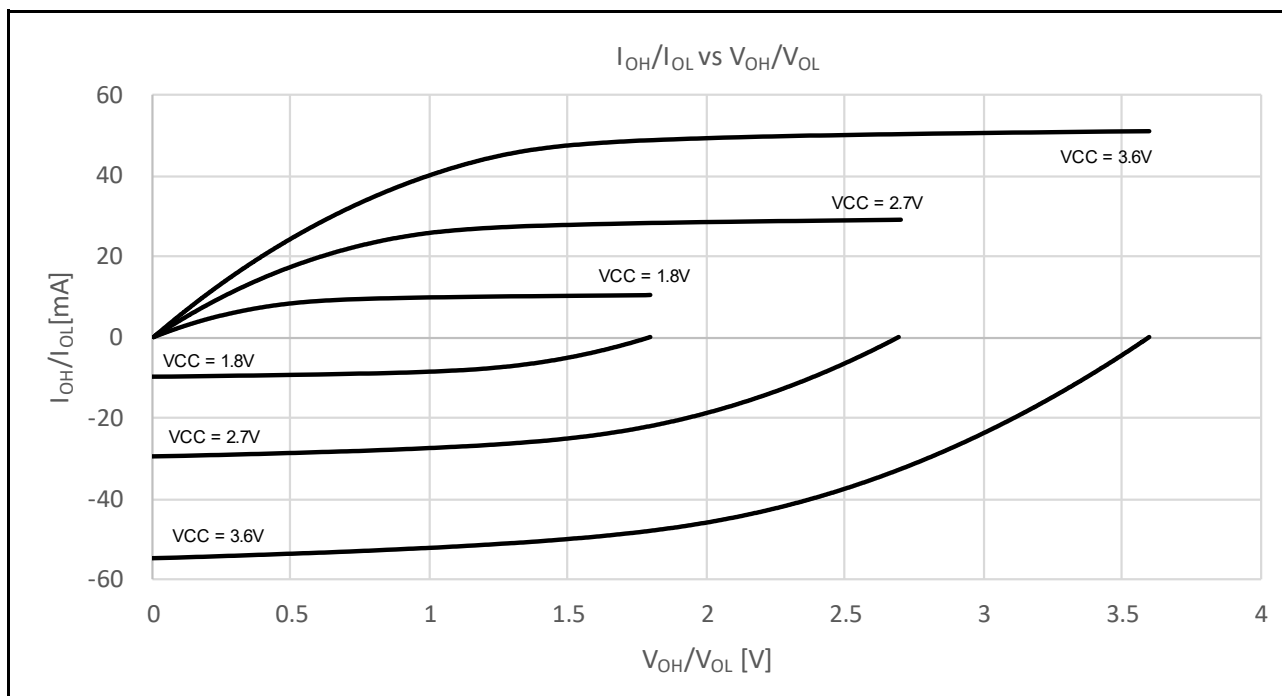


図 48.6 中駆動出力選択時の $T_a = 25^\circ C$ での V_{OH}/V_{OL} および I_{OH}/I_{OL} 電圧特性 (参考データ)

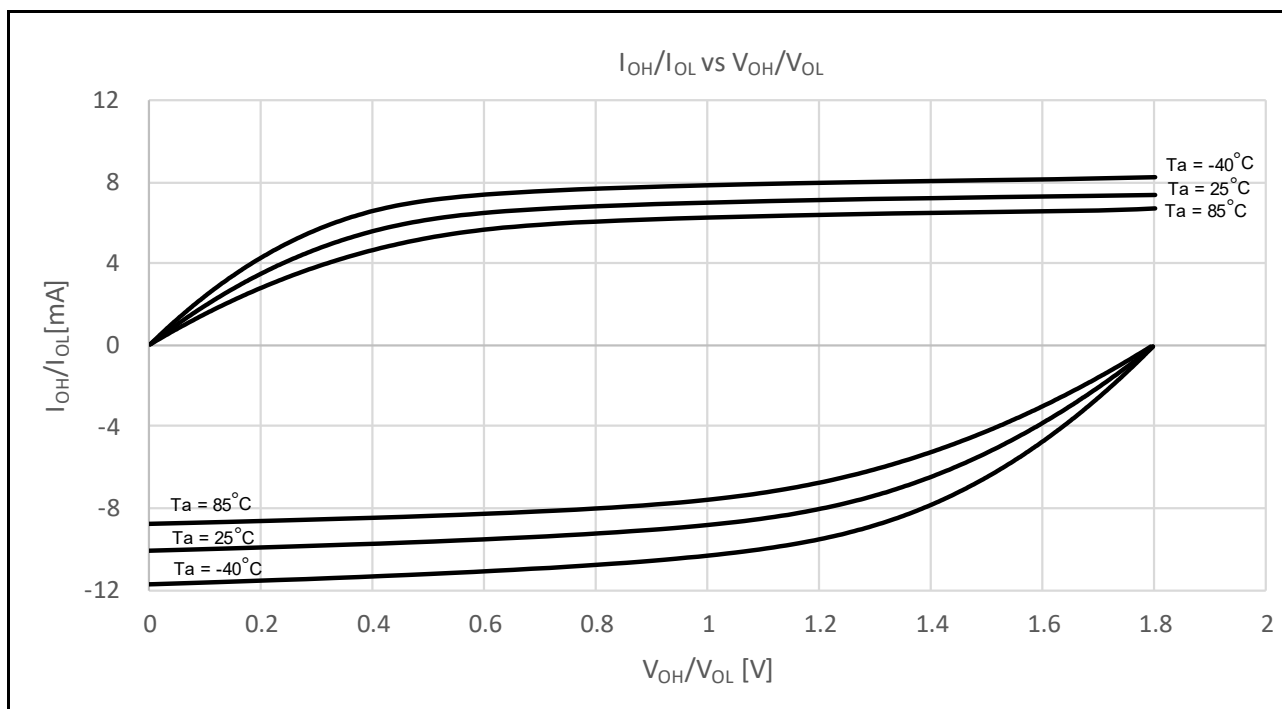


図 48.7 中駆動出力選択時の $V_{CC} = 1.8V$ での V_{OH}/V_{OL} および I_{OH}/I_{OL} 温度特性 (参考データ)

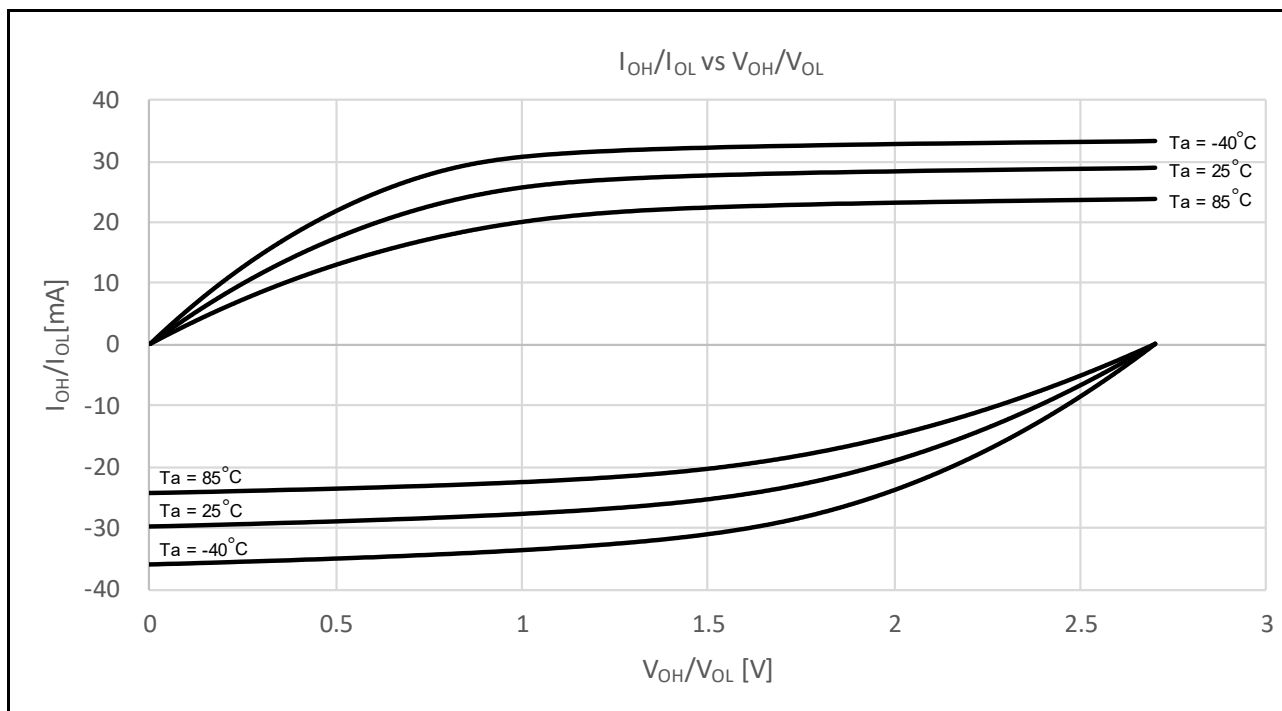


図 48.8 中駆動出力選択時の $V_{CC} = 2.7V$ での V_{OH}/V_{OL} および I_{OH}/I_{OL} 温度特性 (参考データ)

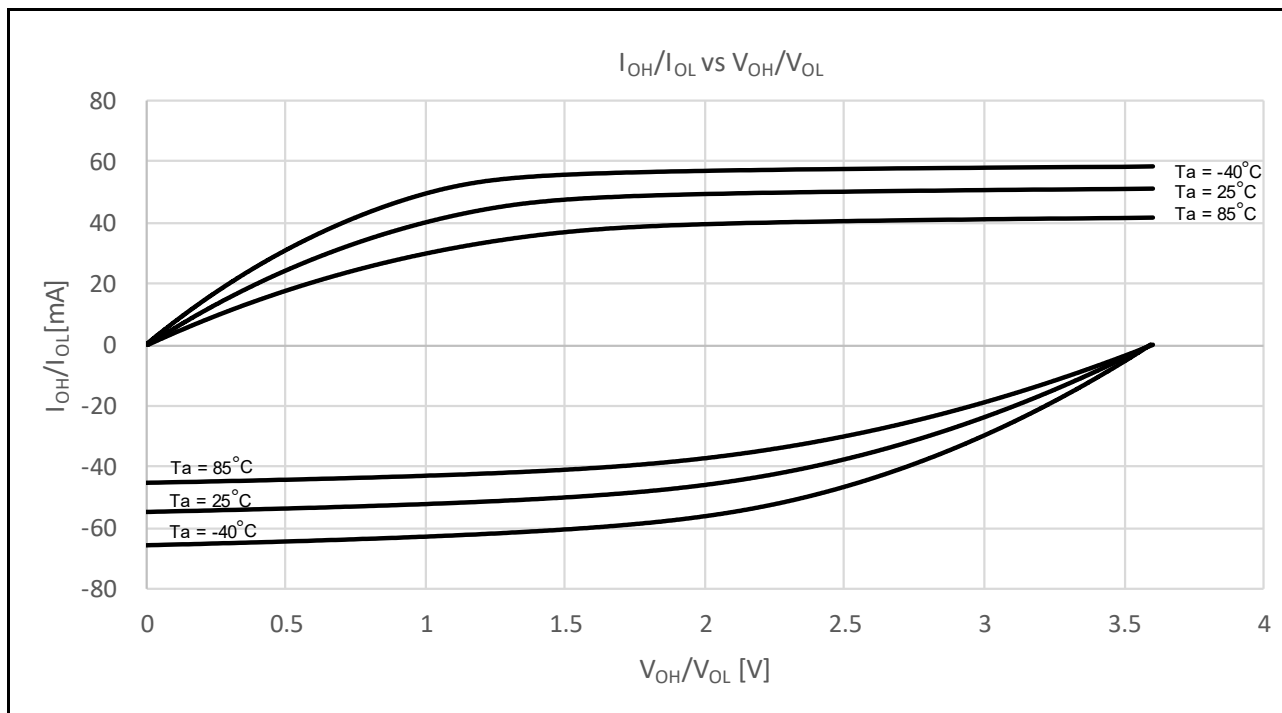


図 48.9 中駆動出力選択時の $V_{CC} = 3.6V$ での V_{OH}/V_{OL} および I_{OH}/I_{OL} 温度特性 (参考データ)

48.2.7 中駆動能力の P409 入出力端子出力特性

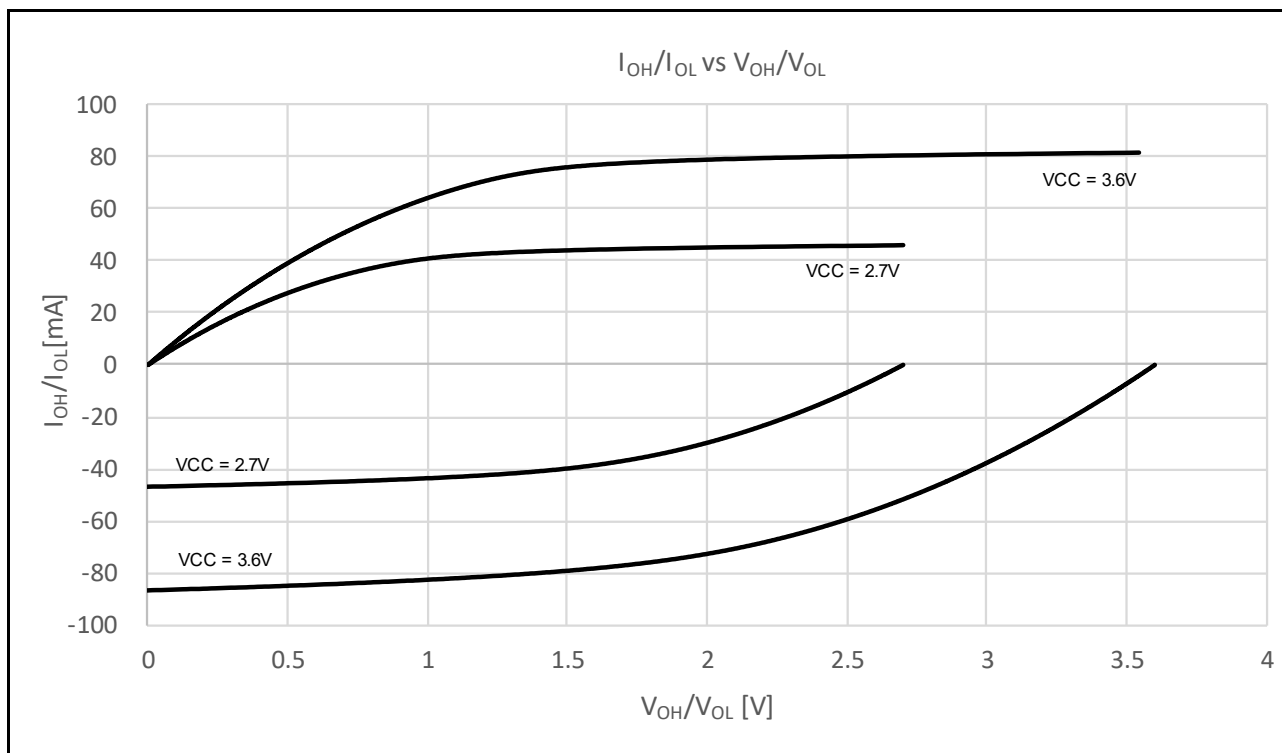


図 48.10 中駆動出力選択時の $T_a = 25^\circ C$ での V_{OH}/V_{OL} および I_{OH}/I_{OL} 電圧特性 (参考データ)

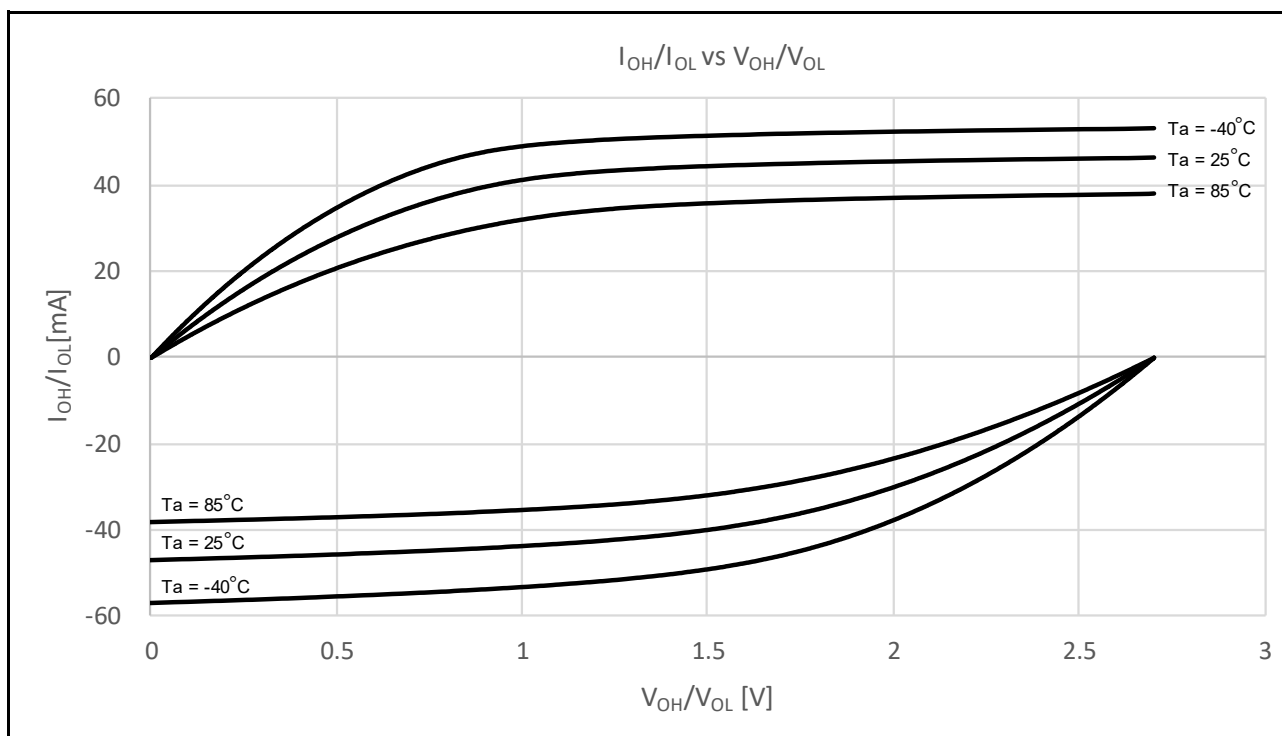


図 48.11 中駆動出力選択時の $V_{CC} = 2.7V$ での V_{OH}/V_{OL} および I_{OH}/I_{OL} 温度特性 (参考データ)

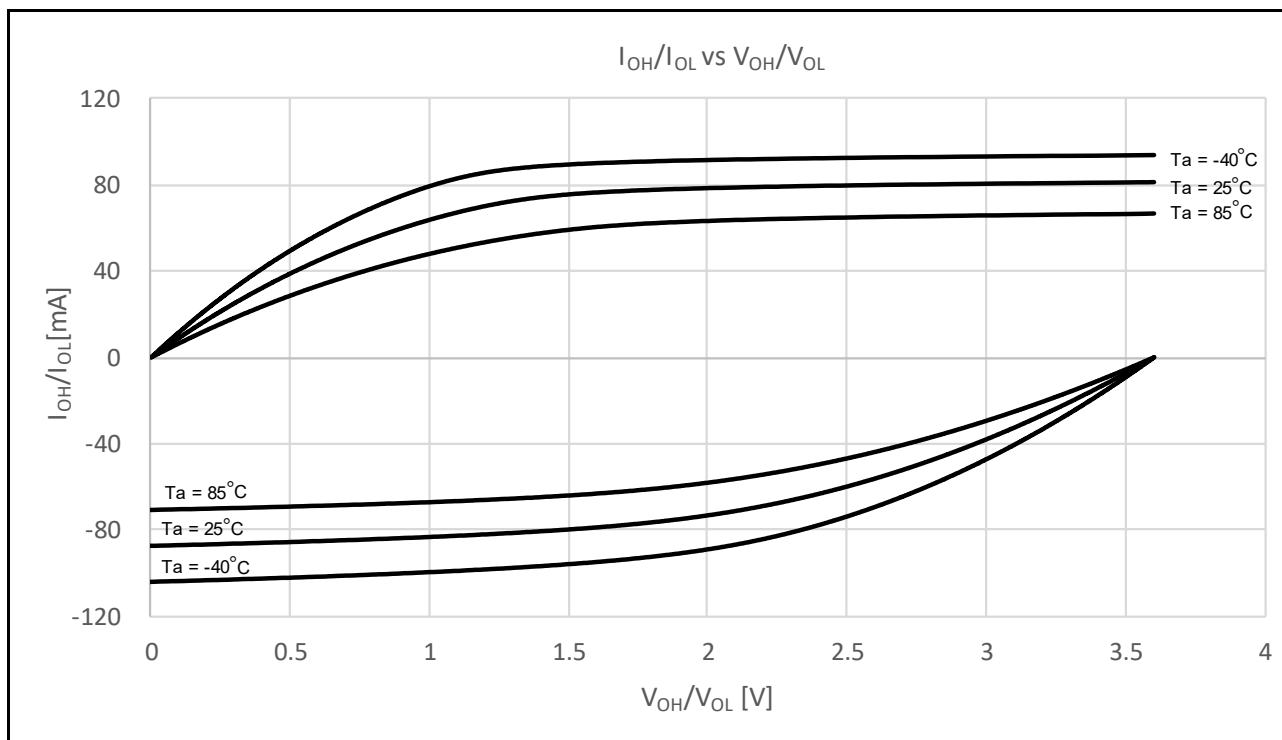


図 48.12 中駆動出力選択時の $V_{CC} = 3.6\text{V}$ での V_{OH}/V_{OL} および I_{OH}/I_{OL} 温度特性 (参考データ)

48.2.8 IIC 入出力端子出力特性

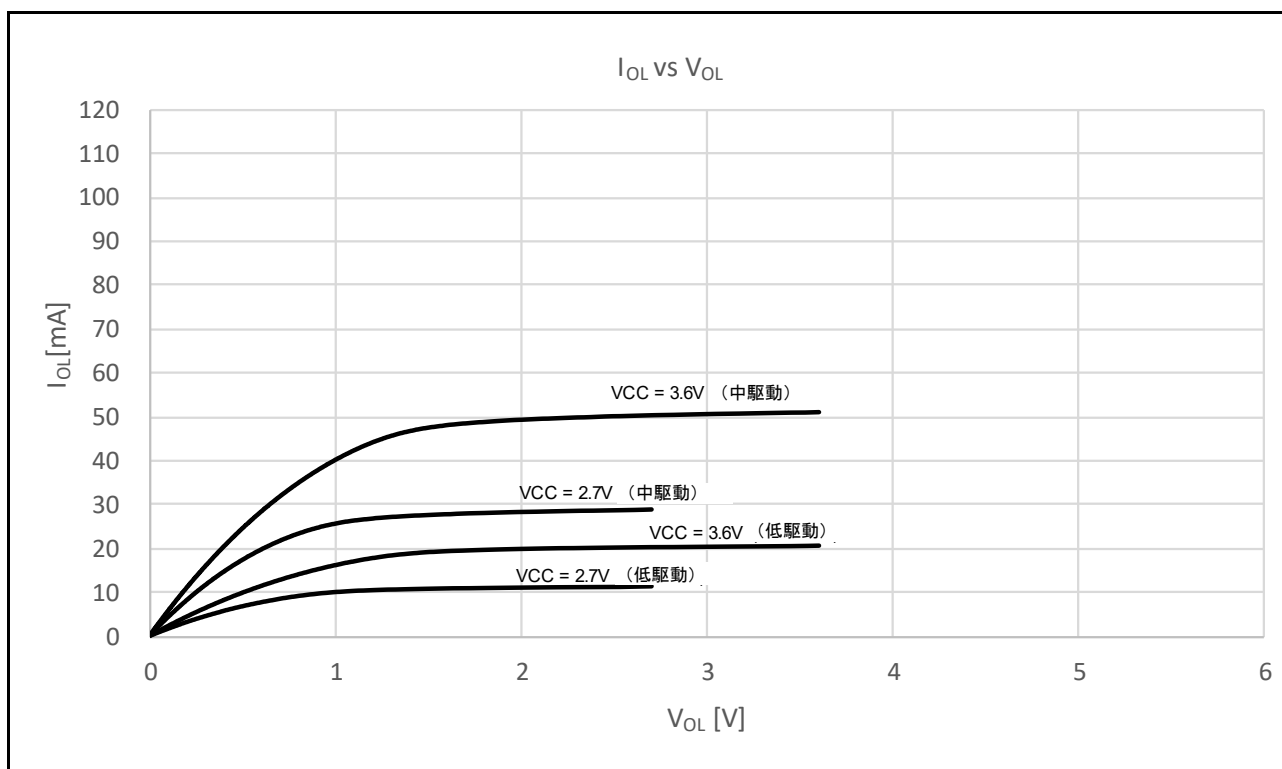


図 48.13 $T_a = 25^\circ\text{C}$ での V_{OH}/V_{OL} および I_{OH}/I_{OL} 電圧特性

48.2.9 動作電流とスタンバイ電流

表 48.11 動作電流とスタンバイ電流 (1) (1/2)

条件 : VCC = AVCC0 = 1.8 ~ 3.6V

| 項目 | | | | シンボル | Typ (注10) | Max | 単位 | 測定条件 | | |
|--|--------------------------|------------------------|--|--------------|-----------------|------|------|------|------|------|
| 消費電流 (注1) | High-speed モード (注2) | 通常モード | すべての周辺クロックが 無効、(1) コードは フラッシュから実行 (注5) | ICLK = 48MHz | I _{CC} | 8.4 | — | mA | (注7) | |
| | | | | ICLK = 32MHz | | 5.9 | — | | | |
| | | | | ICLK = 16MHz | | 3.5 | — | | | |
| | | | | ICLK = 8MHz | | 2.3 | — | | | |
| | | | すべての周辺クロックが 無効、CoreMarkコードは フラッシュから実行 (注5) | ICLK = 48MHz | | 17.9 | — | | | |
| | | | | ICLK = 32MHz | | 12.4 | — | | | |
| | | | | ICLK = 16MHz | | 7.0 | — | | | |
| | | | | ICLK = 8MHz | | 4.3 | — | | | |
| | | | すべての周辺クロックが 有効、(1) コードは フラッシュから実行 (注5) | ICLK = 48MHz | | 21.2 | — | | | (注9) |
| | | | | ICLK = 32MHz | | 16.0 | — | | | (注8) |
| | | | | ICLK = 16MHz | | 8.8 | — | | | |
| | | | | ICLK = 8MHz | | 5.1 | — | | | |
| | スリープモード | すべての周辺クロックが 無効 (注5) | ICLK = 48MHz | — | 56.0 | (注9) | | | | |
| | | | ICLK = 32MHz | 3.7 | — | (注7) | | | | |
| | | | ICLK = 16MHz | 2.7 | — | | | | | |
| | | | ICLK = 8MHz | 2.0 | — | | | | | |
| | | すべての周辺クロックが 有効 (注5) | ICLK = 48MHz | 16.4 | — | (注9) | | | | |
| | | | ICLK = 32MHz | 12.7 | — | (注8) | | | | |
| | | | ICLK = 16MHz | 7.2 | — | | | | | |
| | | | ICLK = 8MHz | 4.3 | — | | | | | |
| | BGO動作時の増加分 (注5) | | | | | 2.5 | — | — | — | |
| | Middle-speed モード (注2) | 通常モード | すべての周辺クロックが 無効、(1) コードは フラッシュから実行 (注5) | ICLK = 12MHz | I _{CC} | 2.5 | — | mA | (注7) | |
| | | | | ICLK = 8MHz | | 2.1 | — | | | |
| | | | | ICLK = 1MHz | | 1.0 | — | | | |
| ICLK = 12MHz | | | | 5.2 | | — | | | | |
| すべての周辺クロックが 無効、CoreMarkコードは フラッシュから実行 (注5) | | | ICLK = 8MHz | 4.0 | | — | | | | |
| | | | ICLK = 1MHz | 1.3 | | — | | | | |
| | | | ICLK = 12MHz | 6.5 | | — | (注8) | | | |
| | | | ICLK = 8MHz | 4.8 | | — | | | | |
| すべての周辺クロックが 有効、(1) コードは フラッシュから実行 (注5) | | | ICLK = 1MHz | 1.6 | | — | | | | |
| | | | ICLK = 12MHz | — | | 23.0 | (注7) | | | |
| | | | ICLK = 8MHz | 1.4 | | — | | | | |
| | | | ICLK = 1MHz | 1.3 | | — | | | | |
| スリープモード | | すべての周辺クロックが 無効 (注5) | ICLK = 12MHz | 5.3 | — | (注8) | | | | |
| | | | ICLK = 8MHz | 4.0 | — | | | | | |
| | | | ICLK = 1MHz | 1.5 | — | | | | | |
| | | | ICLK = 12MHz | 2.5 | — | | | | | |
| | | BGO動作時の増加分 (注6) | | | | | 2.5 | — | — | |

表 48.11 動作電流とスタンバイ電流 (1) (2/2)

条件 : VCC = AVCC0 = 1.8 ~ 3.6V

| 項目 | | | | | シンボル | Typ (注10) | Max | 単位 | 測定条件 |
|--------------------------|-------------------------|--|--|-----------------|------------------|-----------|-----|------|------|
| 消費電流 (注1) | Low-speed モード (注3) | 通常モード | すべての周辺クロックが 無効、(1) コードは フラッシュから実行 (注5) | ICLK = 1MHz | I _{CC} | 0.4 | — | mA | (注7) |
| | | | すべての周辺クロックが 無効、CoreMarkコードは フラッシュから実行 (注5) | ICLK = 1MHz | | 0.6 | — | | (注8) |
| | | | すべての周辺クロックが 有効、(1) コードは フラッシュから実行 (注5) | ICLK = 1MHz | | 1.1 | — | | |
| | | | すべての周辺クロックが 有効、コードはSRAMから 実行 (注5) | ICLK = 1MHz | | — | 2.5 | | |
| | | スリープモード | すべての周辺クロックが 無効 (注5) | ICLK = 1MHz | | 0.3 | — | (注7) | |
| | | | すべての周辺クロックが 有効 (注5) | ICLK = 1MHz | | 1.0 | — | (注8) | |
| | Low-voltage モード (注3) | 通常モード | すべての周辺クロックが 無効、(1) コードは フラッシュから実行 (注5) | ICLK = 4MHz | I _{CC} | 1.8 | — | mA | (注7) |
| | | | すべての周辺クロックが 無効、CoreMarkコードは フラッシュから実行 (注5) | ICLK = 4MHz | | 3.0 | — | | (注8) |
| | | | すべての周辺クロックが 有効、(1) コードは フラッシュから実行 (注5) | ICLK = 4MHz | | 3.3 | — | | |
| | | | すべての周辺クロックが 有効、コードはSRAMから 実行 (注5) | ICLK = 4MHz | | — | 9.0 | | |
| | | スリープモード | すべての周辺クロックが 無効 (注5) | ICLK = 4MHz | | 1.4 | — | (注7) | |
| | | | すべての周辺クロックが 有効 (注5) | ICLK = 4MHz | | 2.9 | — | (注8) | |
| Subosc-speed モード (注4) | 通常モード | すべての周辺クロックが 無効、(1) コードは フラッシュから実行 (注5) | ICLK = 32.768kHz | I _{CC} | 9.3 | — | μA | (注8) | |
| | | すべての周辺クロックが 有効、(1) コードは フラッシュから実行 (注5) | ICLK = 32.768kHz | | 17.2 | — | | | |
| | | すべての周辺クロックが 有効、コードはSRAMから 実行 (注5) | ICLK = 32.768kHz | | — | 106.0 | | | |
| | | スリープモード | すべての周辺クロックが 無効 (注5) | | ICLK = 32.768kHz | 6.0 | | | — |
| | すべての周辺クロックが 有効 (注5) | | ICLK = 32.768kHz | | 14.0 | — | | | |

注 1. 消費電流値には、全端子からの出力充放電電流は含まれません。内部ブルアップ MOS が OFF 状態のとき、この値が適用されます。

注 2. クロックソースは HOCO です。

注 3. クロックソースは MOCO です。

注 4. クロックソースはサブクロック発振器です。

注 5. BGO 動作は含まれません。

注 6. プログラム実行中に、データ保管のためのフラッシュメモリのプログラム/イレースを実行した場合の増加分です。

注 7. FCLK、PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD は、64 分周に設定されています。

注 8. FCLK、PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD は、ICLK と同じ周波数です。

注 9. FCLK、PCLKB は、2 分周に設定されています。PCLKA、PCLKC、PCLKD は、ICLK と同じ周波数です。

注 10. VCC = 3.3V

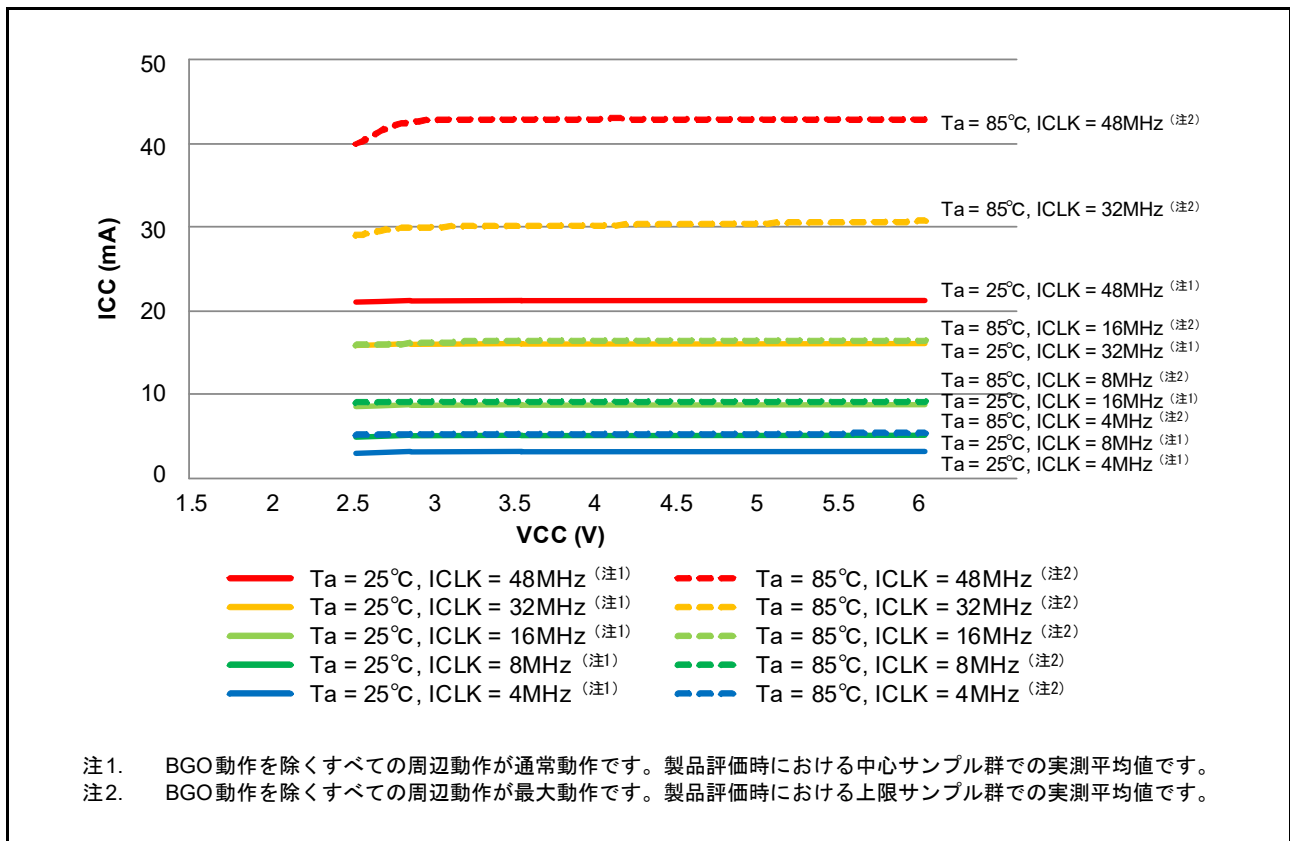


図 48.14 High-speed モードにおける電圧依存性 (参考データ)

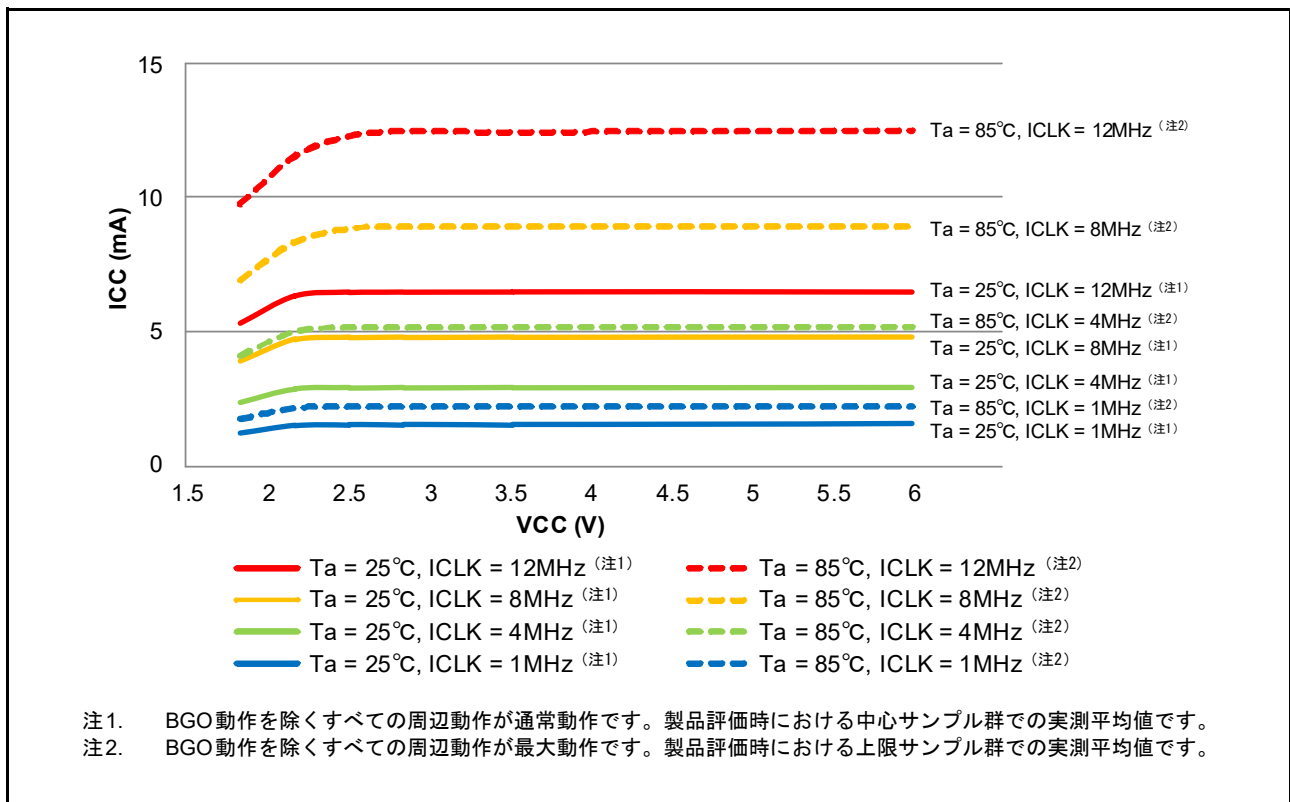


図 48.15 Middle-speed モードにおける電圧依存性 (参考データ)

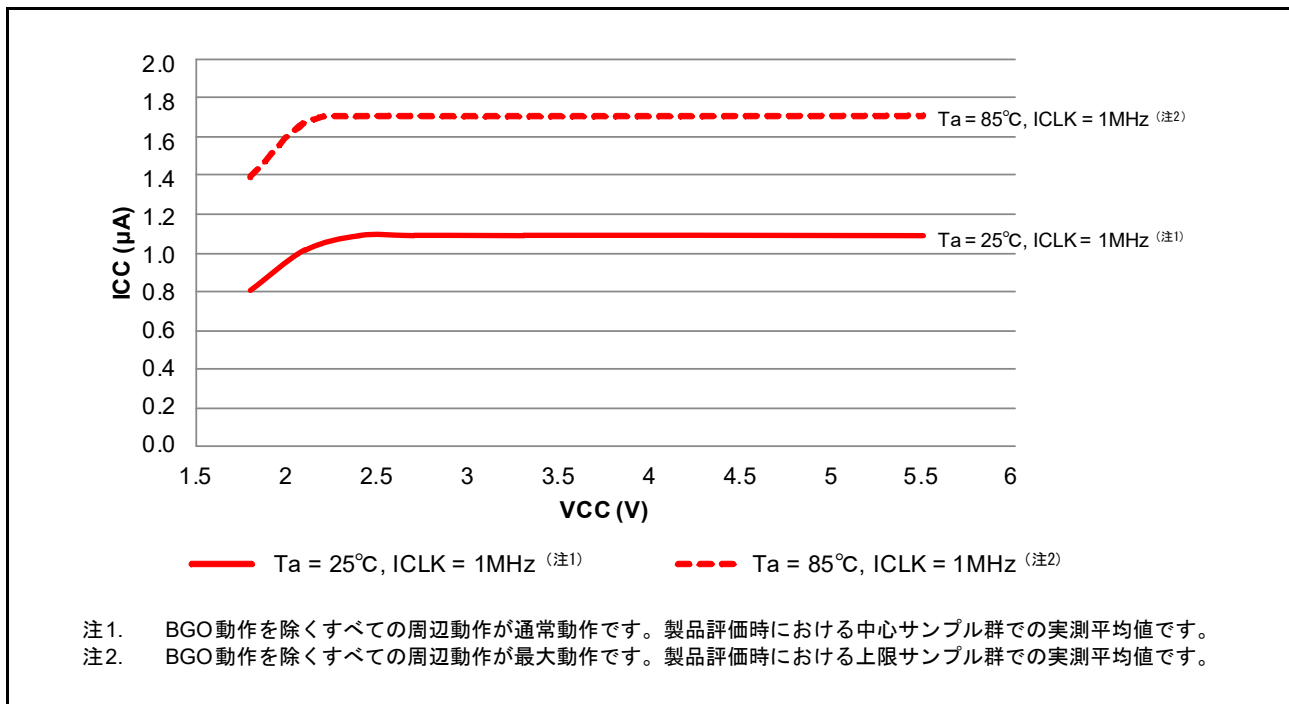


図 48.16 Low-speed モードにおける電圧依存性 (参考データ)

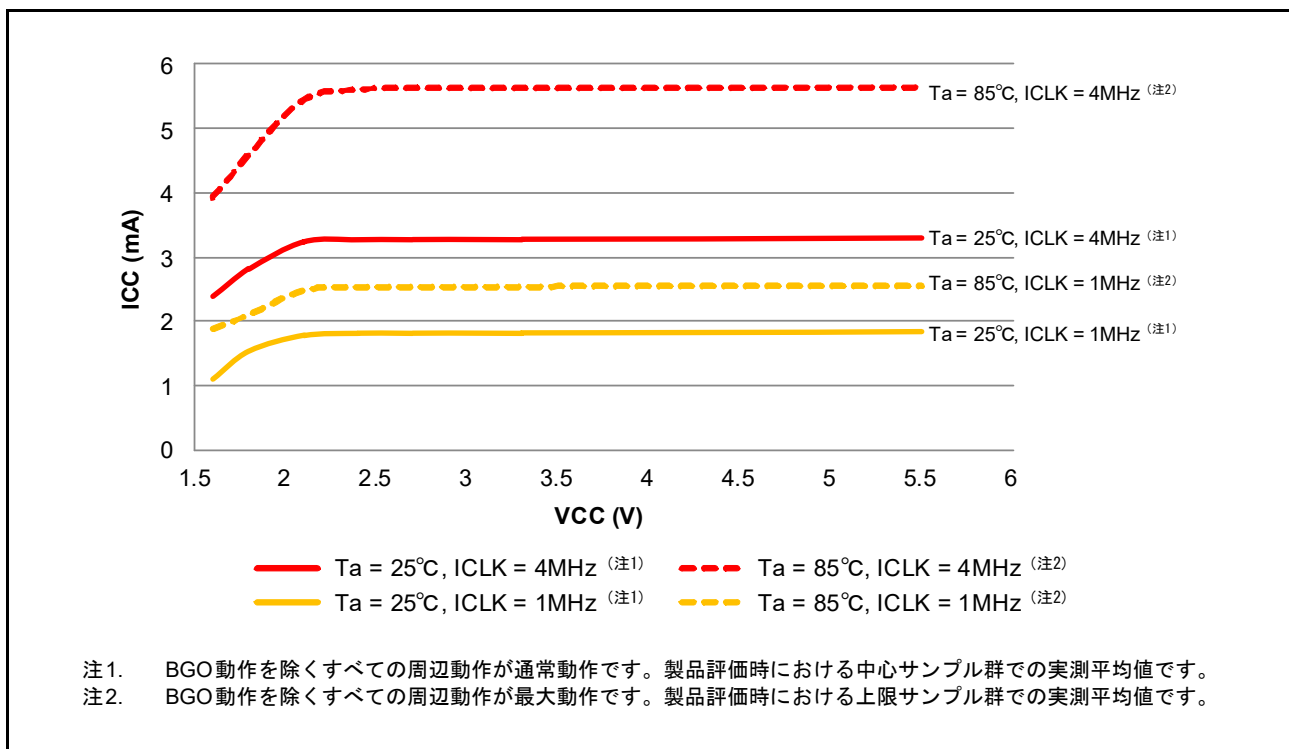


図 48.17 Low-voltage モードにおける電圧依存性 (参考データ)

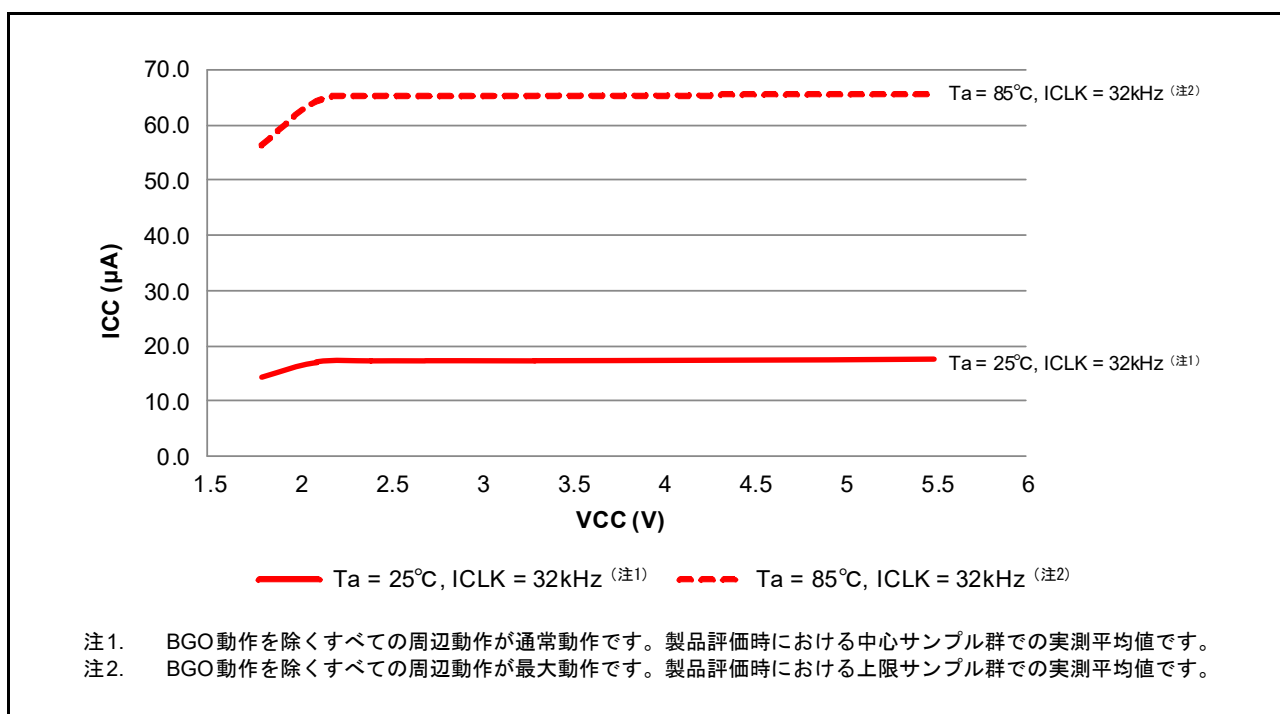


図 48.18 Subosc-speed モードにおける電圧依存性 (参考データ)

表 48.12 動作電流とスタンバイ電流 (2)

条件 : VCC = AVCC0 = 1.8 ~ 3.6V

| 項目 | | シンボル | Typ (注4) | Max | 単位 | 測定条件 | |
|-----------|------------------------------|-----------------|-----------------------|-----|------|------|--------------------------------------|
| 消費電流 (注1) | ソフトウェアスタンバイモード (注2) | I _{CC} | T _a = 25°C | 0.9 | 5.0 | µA | PSMCR.PSMC[1:0] = 01b (48KB SRAMをオン) |
| | | | T _a = 55°C | 1.5 | 8.1 | | |
| | | | T _a = 85°C | 3.6 | 22.1 | | |
| | | | T _a = 25°C | 1.0 | 5.6 | | |
| | | | T _a = 55°C | 1.6 | 8.4 | | |
| | | | T _a = 85°C | 4.3 | 26.7 | | |
| | 低速オンチップオシレータでのRTC動作時増加分 (注3) | | | 0.5 | — | | — |
| | サブクロック発振器でのRTC動作時増加分 (注3) | | | 0.4 | — | | SOMCR.SODRV[1:0] = 11b (低消費電力モード3) |
| | | | | 1.2 | — | | SOMCR.SODRV[1:0] = 00b (通常モード) |

- 注 1. 消費電流値には、全端子からの出力充放電電流は含まれません。内部プルアップ MOS が OFF 状態のとき、この値が適用されます。
- 注 2. IWDT と LVD は動作していません。
- 注 3. サブ発振回路または低速オンチップオシレータの電流を含みます。
- 注 4. VCC = 3.3V

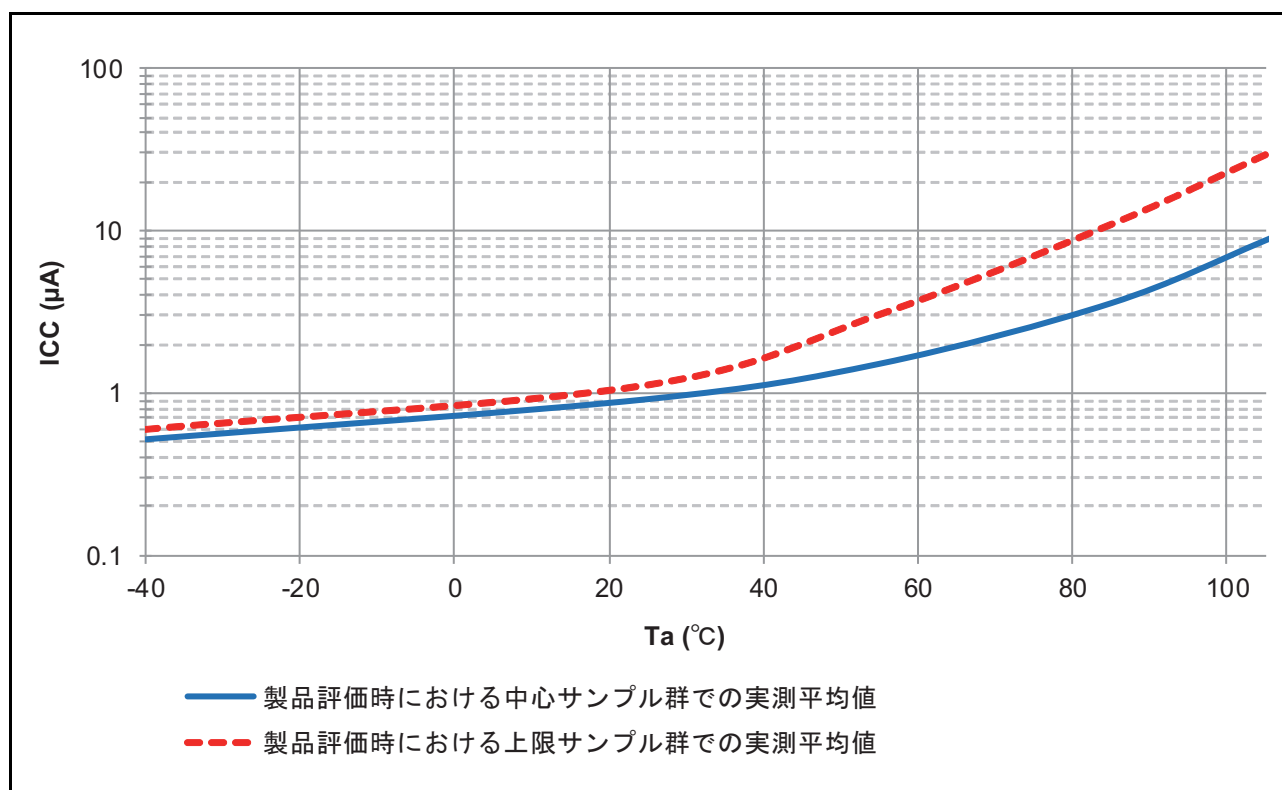


図 48.19 すべての SRAM がオンのソフトウェアスタンバイモード時の温度依存性（参考データ）

表 48.13 動作電流とスタンバイ電流（3）

条件：VCC = AVCC0 = 0V、VBATT = 1.8~3.6V、VSS = AVSS0 = 0V

| 項目 | | シンボル | Typ | Max | 単位 | 測定条件 | |
|--------------|---------------------|-----------------------|-----------------|-----|--|------|--|
| 消費電流 (注1) | VCCがオフのときの RTC動作 | T _a = 25°C | I _{CC} | 0.8 | — | μA | VBATT = 2.0V SOMCR.SORDRV[1:0] = 11b (低消費電力モード3) |
| | | T _a = 55°C | 0.9 | — | | | |
| | | T _a = 85°C | 1.1 | — | | | |
| | | T _a = 25°C | 0.9 | — | VBATT = 3.3V SOMCR.SORDRV[1:0] = 11b (低消費電力モード3) | | |
| | | T _a = 55°C | 1.0 | — | | | |
| | | T _a = 85°C | 1.2 | — | | | |
| | | T _a = 25°C | 1.6 | — | VBATT = 2.0V SOMCR.SORDRV[1:0] = 00b (通常モード) | | |
| | | T _a = 55°C | 1.8 | — | | | |
| | | T _a = 85°C | 2.1 | — | | | |
| | | T _a = 25°C | 1.7 | — | VBATT = 3.3V SOMCR.SORDRV[1:0] = 00b (通常モード) | | |
| | | T _a = 55°C | 1.9 | — | | | |
| | | T _a = 85°C | 2.2 | — | | | |

注 1. 消費電流値には、全端子からの出力充放電電流は含まれません。内部プルアップ MOS が OFF 状態のとき、この値が適用されます。

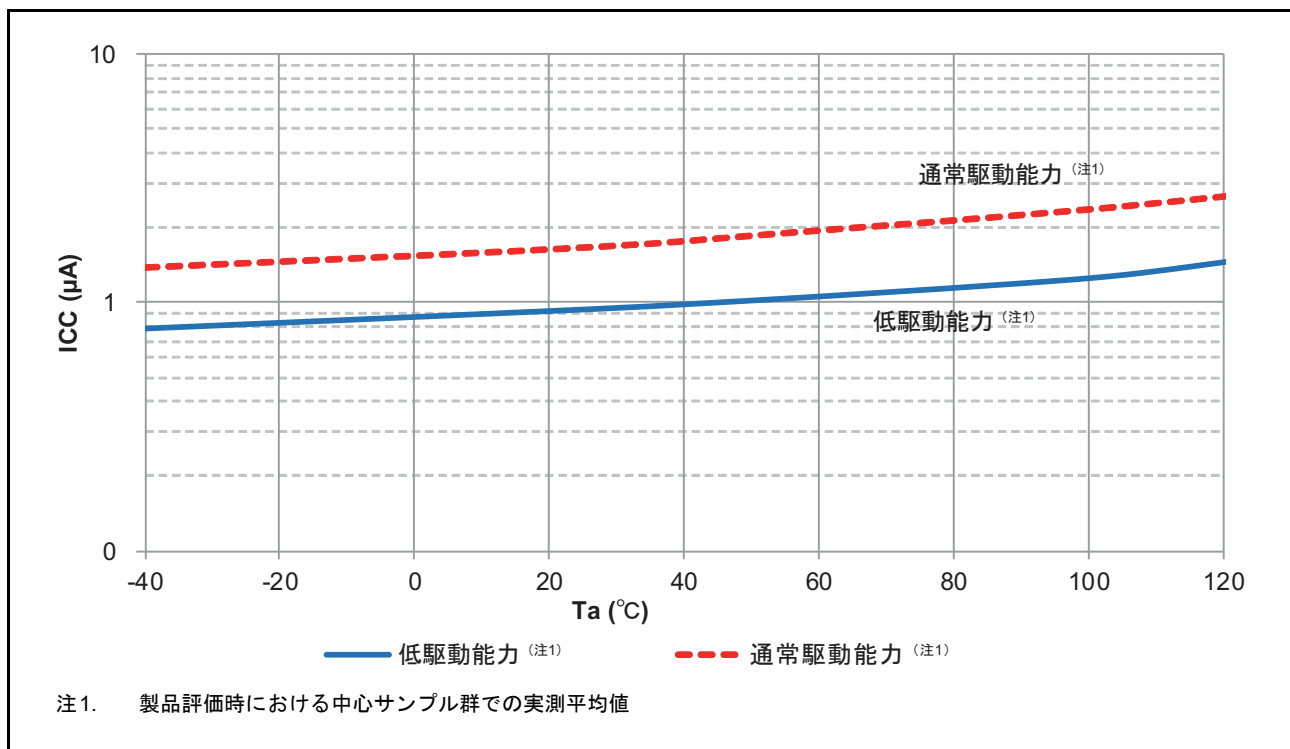


図 48.20 VCC オフ時の RTC 動作の温度依存性 (参考データ)

表 48.14 動作電流とスタンバイ電流 (4)

条件: VCC = AVCC0 = 1.8 ~ 3.6V、VREFH0 = 2.7V ~ AVCC0

| 項目 | | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|----------------------|---|--------------------|-----|-------------------------------------|-----|---------|------|
| アナログ電源電流 | A/D変換中 (高速変換時) | I_{AVCC} | — | — | 3.0 | mA | — |
| | A/D変換中 (低速変換時) | | — | — | 1.0 | mA | — |
| | D/A変換中 (1チャンネル当り) (注1) | | — | 0.4 | 0.8 | mA | — |
| | A/D、D/A変換待機時 (全ユニット) (注6) | | — | — | 1.0 | μ A | — |
| リファレンス電源電流 | A/D変換中 | I_{REFH0} | — | — | 150 | μ A | — |
| | A/D変換待機時 (全ユニット) | | — | — | 60 | nA | — |
| | D/A変換中 | I_{REFH} | — | 50 | 100 | μ A | — |
| | D/A変換待機時 (全ユニット) | | — | — | 100 | μ A | — |
| 温度センサ | | I_{TNS} | — | 75 | — | μ A | — |
| 低消費電力アナログコンパレータの動作電流 | ウィンドウモード | I_{CMLP} | — | 15 | — | μ A | — |
| | コンパレータ高速モード | | — | 10 | — | μ A | — |
| | コンパレータ低速モード | | — | 2 | — | μ A | — |
| | DAC8を使用したコンパレータ低速モード | | — | 820 | — | μ A | — |
| オペアンプの動作電流 | 低消費電力モード | I_{AMP} | — | 2.5 | 4.0 | μ A | — |
| | 高速モード | | — | 140 | 220 | μ A | — |
| LCD動作電流 | 外部抵抗分割方式 $f_{LCD} = f_{SUB} = 128\text{Hz}$ 、1/3バイアス、4時分割 | I_{LCD1} (注5) | — | 0.34 | — | μ A | — |
| USB動作電流 | 以下の設定および条件でのUSB通信動作時: • ホストコントローラ動作をフルスピードモードに設定 バルクOUT転送 (64バイト) × 1 バルクIN転送 (64バイト) × 1 • USBポートから1メートルのUSBケーブル経由で周辺デバイスを接続 | I_{USBH} (注2) | — | 4.3 (VCC) 0.9 (VCC_USB) (注4) | — | mA | — |
| | 以下の設定および条件でのUSB通信動作時: • デバイスコントローラ動作をフルスピードモードに設定 バルクOUT転送 (64バイト) × 1 バルクIN転送 (64バイト) × 1 • USBポートから1メートルのUSBケーブル経由でホストデバイスを接続 | I_{USBF} (注2) | — | 3.6 (VCC) 1.1 (VCC_USB) (注4) | — | mA | — |
| | 以下の設定および条件でのサスペンド状態時: • デバイスコントローラ動作をフルスピードモードに設定 (USB_DP端子をプルアップ) • ソフトウェアスタンバイモード • USBポートから1メートルのUSBケーブル経由でホストデバイスを接続 | I_{SUSP} (注3) | — | 0.35 (VCC) 170 (VCC_USB) (注4) | — | μ A | — |

注 1. D/A 変換の電源電流値には、リファレンス電源電流も含まれています。

注 2. USBFS のみの消費電流です。

注 3. 強制待ち状態における本 MCU の電流消費に加え、USB_DP 端子のプルアップ抵抗からホストデバイス側のプルダウン抵抗へ供給される電流を含みます。

注 4. VCC = VCC_USB = 3.3V のとき

注 5. LCD コントローラのみの電流です。LCD パネルを流れる電流は含みません。

注 6. 本 MCU がソフトウェアスタンバイモードの場合または MSTPCR.MSTPD16 (ADC140 モジュールストップビット) がモジュールストップ状態の場合

表 48.15 動作電流とスタンバイ電流 (5)

条件 : VCC = VCC_RF = AVCC_RF = 3.3V, VSS = VSS_RF = 0V, Ta = +25°C

| 項目 | シンボル | Min | Typ | | Max | 単位 | 測定条件 | |
|-----------------------------|-------------------------------|----------|--------|------|------|----|------|---|
| | | | 送信出力電力 | | | | | |
| | | | 0dBm | 4dBm | | | | |
| BLE 動作電流 (DC-DCコンバータ選択時) | 送信モード、2Mbps | ldd_tx | — | 4.5 | 8.7 | — | mA | — |
| | 送信モード、1Mbps | | — | | | — | mA | — |
| | 送信モード、500kbps | | — | | | — | mA | — |
| | 送信モード、125kbps | | — | | | — | mA | — |
| | 受信モード、2Mbps Prf = -67dBm | ldd_rx | — | 3.3 | 3.5 | — | mA | — |
| | 受信モード、1Mbps Prf = -67dBm | | — | | | — | mA | — |
| | 受信モード、500kbps Prf = -72dBm | | — | | | — | mA | — |
| | 受信モード、125kbps Prf = -79dBm | | — | | | — | mA | — |
| | アイドルモード | ldd_idle | — | 0.5 | | — | mA | — |
| | ディープスリープモード | ldd_slp | — | 1.5 | | — | μA | — |
| パワーダウンモード | ldd_down | — | 0.1 | | — | μA | — | |
| BLE 動作電流 (リニアレギュレータ選択時) | 送信モード、2Mbps | ldd_tx | — | 10.2 | 18.1 | — | mA | — |
| | 送信モード、1Mbps | | — | | | — | mA | — |
| | 送信モード、500kbps | | — | | | — | mA | — |
| | 送信モード、125kbps | | — | | | — | mA | — |
| | 受信モード、2Mbps Prf = -67dBm | ldd_rx | — | 6.9 | | — | mA | — |
| | 受信モード、1Mbps Prf = -67dBm | | — | 6.9 | | — | mA | — |
| | 受信モード、500kbps Prf = -72dBm | | — | 6.9 | | — | mA | — |
| | 受信モード、125kbps Prf = -79dBm | | — | 7.1 | | — | mA | — |
| | ldd_idle | ldd_idle | — | 0.7 | | — | mA | — |
| | ldd_slp | ldd_slp | — | 1.5 | | — | μA | — |
| | ldd_down | ldd_down | — | 0.1 | | — | μA | — |

48.2.10 VCC 立ち上がり／立ち下がり勾配とリップル周波数

表 48.16 立ち上がり／立ち下がり勾配の特性

条件：VCC = AVCC0 = 0 ~ 3.6V

| 項目 | | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|----------------------|------------------------|-------|------|-----|-----|------|------|
| 電源投入時のVCC 立ち上がり勾配 | 起動時電圧モニタ0リセット無効（通常の起動） | SrVCC | 0.02 | — | 2 | ms/V | — |
| | 起動時電圧モニタ0リセット有効（注1） | | 0.02 | — | — | | |
| | SCI/USB ブートモード（注2） | | 0.02 | — | 2 | | |

注1. OFS1.LVDAS = 0 のとき

注2. ブートモード時は、OFS1.LVDAS ビットの値にかかわらず、電圧モニタ0からのリセットは無効です。

表 48.17 立ち上がり／立ち下がり勾配とリップル周波数特性

条件：VCC = AVCC0 = VCC_USB = 1.8 ~ 3.6V

リップル電圧は、VCC上限（3.6V）と下限（1.8V）の範囲内で、許容リップル周波数 $f_r(VCC)$ を満たす必要があります。VCC変動がVCC ± 10%を超える場合は、許容電圧変動立ち上がり／立ち下がり勾配 $dt/dVCC$ を満たす必要があります。

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|---------------------|------------|-----|-----|-----|------|--|
| 許容リップル周波数 | $f_r(VCC)$ | — | — | 10 | kHz | 図 48.21 $V_r(VCC) \leq VCC \times 0.2$ |
| | | — | — | 1 | MHz | 図 48.21 $V_r(VCC) \leq VCC \times 0.08$ |
| | | — | — | 10 | MHz | 図 48.21 $V_r(VCC) \leq VCC \times 0.06$ |
| 許容電圧変動立ち上がり／立ち下がり勾配 | $dt/dVCC$ | 1.0 | — | — | ms/V | VCC変動がVCC ± 10%を超える場合 |

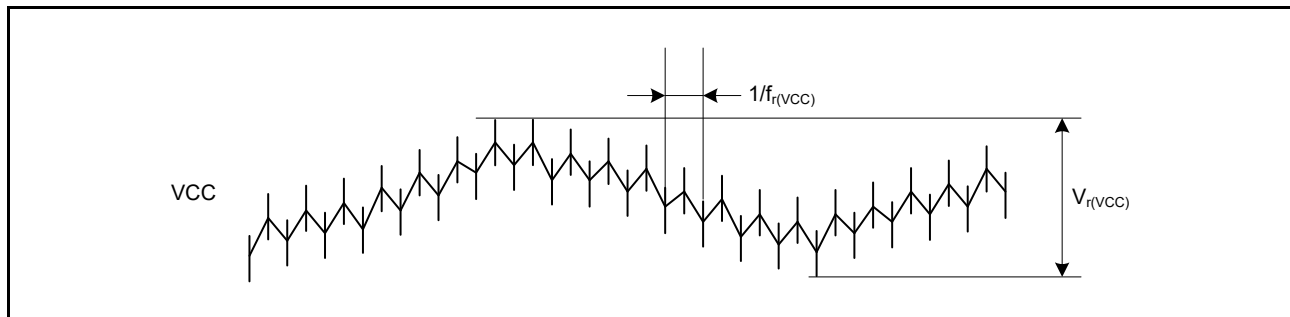


図 48.21 リップル波形

48.3 AC 特性

48.3.1 周波数

表 48.18 High-speedモードでの動作周波数

条件：VCC = AVCC0 = 2.4 ~ 3.6V

| 項目 | | シンボル | Min | Typ | Max (注5) | 単位 | |
|-------|--|------|------------|----------|----------|----|-----|
| 動作周波数 | システムクロック (ICLK) (注4) | f | 2.7 ~ 3.6V | 0.032768 | — | 48 | MHz |
| | | | 2.4 ~ 2.7V | 0.032768 | — | 16 | |
| | フラッシュインタフェースクロック (FCLK) (注1) (注2) (注4) | | 2.7 ~ 3.6V | 0.032768 | — | 32 | |
| | | | 2.4 ~ 2.7V | 0.032768 | — | 16 | |
| | 周辺モジュールクロック (PCLKA) (注4) | | 2.7 ~ 3.6V | — | — | 48 | |
| | | | 2.4 ~ 2.7V | — | — | 16 | |
| | 周辺モジュールクロック (PCLKB) (注4) | | 2.7 ~ 3.6V | — | — | 32 | |
| | | | 2.4 ~ 2.7V | — | — | 16 | |
| | 周辺モジュールクロック (PCLKC) (注3) (注4) | | 2.7 ~ 3.6V | — | — | 64 | |
| | | | 2.4 ~ 2.7V | — | — | 16 | |
| | 周辺モジュールクロック (PCLKD) (注4) | | 2.7 ~ 3.6V | — | — | 64 | |
| | | | 2.4 ~ 2.7V | — | — | 16 | |

- 注 1. フラッシュメモリのプログラム/イレース時、FCLK の下限周波数は 1MHz です。フラッシュメモリのプログラム/イレース時に FCLK を 4MHz 未満で使用する場合、設定可能な周波数は 1MHz、2MHz、3MHz のいずれかです。1.5MHz などの非整数周波数は使用できません。
- 注 2. フラッシュメモリのプログラムまたはイレース実行時の FCLK の周波数精度は $\pm 3.5\%$ とします。クロックソースの周波数精度を確認してください。
- 注 3. 14 ビット A/D コンバータ使用時の PCLKC 下限周波数は、2.4V 以上で 4MHz、2.4V 未満で 1MHz です。
- 注 4. ICLK、PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD、および FCLK 相互間の周波数関係については、「9. クロック発生回路」を参照してください。
- 注 5. 動作周波数の最大値には内蔵オシレータの誤差は含まれていません。内蔵オシレータに誤差があっても動作保証は可能です。保証される動作範囲の詳細は、表 48.23 クロックタイミングを参照してください。

表 48.19 Middle-speedモードでの動作周波数

条件 : VCC = AVCC0 = 1.8~3.6V

| 項目 | | シンボル | Min | Typ | Max (注5) | 単位 |
|--------------------------|--|------|----------|-----|----------|-----|
| 動作周波数 | システムクロック (ICLK) (注4) | f | 2.7~3.6V | — | 12 | MHz |
| | | | 2.4~2.7V | — | 12 | |
| | | | 1.8~2.4V | — | 8 | |
| | フラッシュインタフェースクロック (FCLK) (注1) (注2) (注4) | | 2.7~3.6V | — | 12 | |
| | | | 2.4~2.7V | — | 12 | |
| | | | 1.8~2.4V | — | 8 | |
| | 周辺モジュールクロック (PCLKA) (注4) | | 2.7~3.6V | — | 12 | |
| | | | 2.4~2.7V | — | 12 | |
| | | | 1.8~2.4V | — | 8 | |
| | 周辺モジュールクロック (PCLKB) (注4) | | 2.7~3.6V | — | 12 | |
| | | | 2.4~2.7V | — | 12 | |
| | | | 1.8~2.4V | — | 8 | |
| | 周辺モジュールクロック (PCLKC) (注3) (注4) | | 2.7~3.6V | — | 12 | |
| | | | 2.4~2.7V | — | 12 | |
| | | | 1.8~2.4V | — | 8 | |
| 周辺モジュールクロック (PCLKD) (注4) | 2.7~3.6V | — | 12 | | | |
| | 2.4~2.7V | — | 12 | | | |
| | 1.8~2.4V | — | 8 | | | |

- 注 1. フラッシュメモリのプログラム/イレース時、FCLK の下限周波数は 1MHz です。フラッシュメモリのプログラム/イレース時に FCLK を 4MHz 未満で使用する場合、設定可能な周波数は 1MHz、2MHz、3MHz のいずれかです。1.5MHz などの非整数周波数は使用できません。
- 注 2. フラッシュメモリのプログラムまたはイレース実行時の FCLK の周波数精度は ±3.5% とします。クロックソースの周波数精度を確認してください。
- 注 3. 14 ビット A/D コンバータ使用時の PCLKC 下限周波数は、2.4V 以上で 4MHz、2.4V 未満で 1MHz です。
- 注 4. ICLK、PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD、および FCLK 相互間の周波数関係については、「9. クロック発生回路」を参照してください。
- 注 5. 動作周波数の最大値には内蔵オシレータの誤差は含まれていません。内蔵オシレータに誤差があっても動作保証は可能です。保証される動作範囲の詳細は、表 48.23 クロックタイミングを参照してください。

表 48.20 Low-speedモードでの動作周波数

条件 : VCC = AVCC0 = 1.8~3.6V

| 項目 | | シンボル | Min | Typ | Max (注4) | 単位 |
|-------|-----------------------------------|------|----------|-----|----------|-----|
| 動作周波数 | システムクロック (ICLK) (注3) | f | 1.8~3.6V | — | 1 | MHz |
| | フラッシュインタフェースクロック (FCLK) (注1) (注3) | | 1.8~3.6V | — | 1 | |
| | 周辺モジュールクロック (PCLKA) (注3) | | 1.8~3.6V | — | 1 | |
| | 周辺モジュールクロック (PCLKB) (注3) | | 1.8~3.6V | — | 1 | |
| | 周辺モジュールクロック (PCLKC) (注2) (注3) | | 1.8~3.6V | — | 1 | |
| | 周辺モジュールクロック (PCLKD) (注3) | | 1.8~3.6V | — | 1 | |

- 注 1. フラッシュメモリのプログラム/イレース時、FCLK の下限周波数は 1MHz です。
- 注 2. A/D コンバータ使用時における PCLKC 下限周波数は 1MHz です。
- 注 3. ICLK、PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD、および FCLK 相互間の周波数関係については、「9. クロック発生回路」を参照してください。
- 注 4. 動作周波数の最大値には内蔵オシレータの誤差は含まれていません。内蔵オシレータに誤差があっても動作保証は可能です。保証される動作範囲の詳細は、表 48.23 クロックタイミングを参照してください。

表 48.21 Low-voltageモードでの動作周波数

条件：VCC = AVCC0 = 1.8～3.6V

| 項目 | | | シンボル | Min | Typ | Max (注5) | 単位 |
|-------|--|----------|------|----------|-----|----------|-----|
| 動作周波数 | システムクロック (ICLK) (注4) | 1.8～3.6V | f | 0.032768 | — | 4 | MHz |
| | フラッシュインタフェースクロック (FCLK) (注1) (注2) (注4) | 1.8～3.6V | | 0.032768 | — | 4 | |
| | 周辺モジュールクロック (PCLKA) (注4) | 1.8～3.6V | | — | — | 4 | |
| | 周辺モジュールクロック (PCLKB) (注4) | 1.8～3.6V | | — | — | 4 | |
| | 周辺モジュールクロック (PCLKC) (注3) (注4) | 1.8～3.6V | | — | — | 4 | |
| | 周辺モジュールクロック (PCLKD) (注4) | 1.8～3.6V | | — | — | 4 | |

- 注 1. フラッシュメモリのプログラム/イレース時、FCLK の下限周波数は 1MHz です。フラッシュメモリのプログラム/イレース時に FCLK を 4MHz 未満で使用する場合、設定可能な周波数は 1MHz、2MHz、3MHz のいずれかです。1.5MHz などの非整数周波数は使用できません。
- 注 2. フラッシュメモリのプログラムまたはイレース実行時の FCLK の周波数精度は ±3.5% とします。クロックソースの周波数精度を確認してください。
- 注 3. 14 ビット A/D コンバータ使用時の PCLKC 下限周波数は、2.4V 以上で 4MHz、2.4V 未満で 1MHz です。
- 注 4. ICLK、PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD、および FCLK 相互間の周波数関係については、「9. クロック発生回路」を参照してください。
- 注 5. 動作周波数の最大値には内蔵オシレータの誤差は含まれていません。内蔵オシレータに誤差があっても動作保証は可能です。保証される動作範囲の詳細は、表 48.23 クロックタイミングを参照してください。

表 48.22 Subosc-speedモードでの動作周波数

条件：VCC = AVCC0 = 1.8～3.6V

| 項目 | | | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 |
|-------|-------------------------------|----------|------|---------|--------|---------|-----|
| 動作周波数 | システムクロック (ICLK) (注3) | 1.8～3.6V | f | 27.8528 | 32.768 | 37.6832 | kHz |
| | FlashIFクロック (FCLK) (注1) (注3) | 1.8～3.6V | | 27.8528 | 32.768 | 37.6832 | |
| | 周辺モジュールクロック (PCLKA) (注3) | 1.8～3.6V | | — | — | 37.6832 | |
| | 周辺モジュールクロック (PCLKB) (注3) | 1.8～3.6V | | — | — | 37.6832 | |
| | 周辺モジュールクロック (PCLKC) (注2) (注3) | 1.8～3.6V | | — | — | 37.6832 | |
| | 周辺モジュールクロック (PCLKD) (注3) | 1.8～3.6V | | — | — | 37.6832 | |

- 注 1. フラッシュメモリのプログラムまたはイレースはできません。
- 注 2. 14 ビット A/D コンバータは使用できません。
- 注 3. ICLK、PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD、および FCLK 相互間の周波数関係については、「9. クロック発生回路」を参照してください。

48.3.2 クロックタイミング

表 48.23 クロックタイミング

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 | |
|----------------------------|-----------------------|--|--------|---------|---------|---|-------|
| EXTAL外部クロック入力サイクル時間 | t_{Xcyc} | 50 | — | — | ns | 図 48.22 | |
| EXTAL外部クロック入力Highレベルパルス幅 | t_{XH} | 20 | — | — | ns | | |
| EXTAL外部クロック入力Lowレベルパルス幅 | t_{XL} | 20 | — | — | ns | | |
| EXTAL外部クロック立ち上がり時間 | t_{Xr} | — | — | 5 | ns | | |
| EXTAL外部クロック立ち下がり時間 | t_{Xf} | — | — | 5 | ns | | |
| EXTAL外部クロック入力待機時間 (注1) | t_{EXWT} | 0.3 | — | — | μ s | — | |
| EXTAL外部クロック入力周波数 | f_{EXTAL} | — | — | 20 | MHz | $2.4 \leq VCC \leq 3.6$ | |
| | | — | — | 8 | | $1.8 \leq VCC < 2.4$ | |
| メインクロック発振器発振周波数 | f_{MAIN} | 1 | — | 20 | MHz | $2.4 \leq VCC \leq 3.6$ | |
| | | 1 | — | 8 | | $1.8 \leq VCC < 2.4$ | |
| メインクロック発振安定待機時間 (水晶) (注9) | $t_{MAINOSCWT}$ | — | — | — (注9) | ms | — | |
| LOCOクロック発振周波数 | f_{LOCO} | 27.8528 | 32.768 | 37.6832 | kHz | — | |
| LOCOクロック発振安定時間 | t_{LOCO} | — | — | 100 | μ s | 図 48.23 | |
| IWDT専用クロック発振周波数 | f_{ILOCO} | 12.75 | 15 | 17.25 | kHz | — | |
| Bluetooth専用クロック発振周波数 | f_{BLECK} | — | 32 | — | MHz | — | |
| Bluetooth専用低速オンチップ発振器発振周波数 | $f_{BLELOCO}$ | — | 32.768 | — | kHz | — | |
| MOCOクロック発振周波数 | f_{MOCO} | 6.8 | 8 | 9.2 | MHz | — | |
| MOCOクロック発振安定時間 | t_{MOCO} | — | — | 1 | μ s | — | |
| HOCOクロック発振周波数 | f_{HOCO24} | 23.64 | 24 | 24.36 | MHz | $T_a = -40 \sim -20^\circ\text{C}$ $1.8 \leq VCC \leq 3.6$ | |
| | | 23.76 | 24 | 24.24 | | $T_a = -20 \sim 85^\circ\text{C}$ $1.8 \leq VCC \leq 3.6$ | |
| | f_{HOCO32} | 31.52 | 32 | 32.48 | | $T_a = -40 \sim -20^\circ\text{C}$ $1.8 \leq VCC \leq 3.6$ | |
| | | 31.68 | 32 | 32.32 | | $T_a = -20 \sim 85^\circ\text{C}$ $1.8 \leq VCC \leq 3.6$ | |
| | f_{HOCO48} (注4) | 47.28 | 48 | 48.72 | | $T_a = -40 \sim -20^\circ\text{C}$ $1.8 \leq VCC \leq 3.6$ | |
| | | 47.52 | 48 | 48.48 | | $T_a = -20 \sim 85^\circ\text{C}$ $1.8 \leq VCC \leq 3.6$ | |
| | f_{HOCO64} (注5) | 63.04 | 64 | 64.96 | | $T_a = -40 \sim -20^\circ\text{C}$ $2.4 \leq VCC \leq 3.6$ | |
| | | 63.36 | 64 | 64.64 | | $T_a = -20 \sim 85^\circ\text{C}$ $2.4 \leq VCC \leq 3.6$ | |
| HOCOクロック発振安定時間 (注6) (注7) | Low-voltage モード 以外 | t_{HOCO24} | — | — | μ s | 図 48.24 | |
| | | t_{HOCO32} | — | — | | | |
| | | t_{HOCO48} | — | — | | | |
| | | t_{HOCO64} | — | — | | | |
| | Low-voltage モード | t_{HOCO24} | — | — | | | 100.9 |
| | | t_{HOCO32} t_{HOCO48} t_{HOCO64} | — | — | | | — |
| PLL入力周波数 (注2) | f_{PLLIN} | 4 | — | 12.5 | MHz | — | |
| PLL回路発振周波数 (注2) | f_{PLL} | 24 | — | 64 | MHz | — | |
| PLLクロック発振安定時間 (注8) | t_{PLL} | — | — | 55.5 | μ s | 図 48.26 | |
| PLLフリーラン発振周波数 | f_{PLLFR} | — | 8 | — | MHz | — | |
| サブクロック発振器発振周波数 | f_{SUB} | — | 32.768 | — | kHz | — | |
| サブクロック発振安定時間 (注3) | t_{SUBOSC} | — | — | — (注3) | s | 図 48.27 | |

注 1. 外部クロックが安定しているとき、メインクロック発振器停止ビット (MOSCCR.MOSTP) を 0 (動作中) にしてからクロックが使用できるようになるまでの時間

- 注2. PLLを使用できるVCC範囲は2.4～3.6Vです。
- 注3. SOSCCR.SOSTPビットを変更してサブクロック発振器の動作が開始したら、発振器製造者の推奨値以上に設定したサブクロック発振安定待機時間を経過してからサブクロック発振器の使用を開始してください。
- 注4. 48MHz HOCOは、VCC = 1.8～3.6Vの範囲内で使用できます。
- 注5. 64MHz HOCOは、VCC = 2.4～3.6Vの範囲内で使用できます。
- 注6. MOCO停止状態でHOCOCR.HCSTPビットを0（動作）にした場合の特性です。MOCO発振中にHOCOCR.HCSTPビットを0（動作）にすると、この仕様は1μs短くなります。
- 注7. 安定時間が経過したかどうかはOSCSF.HOCOSFビットで確認できます。
- 注8. MOCO停止状態でPLLCR.PLLSTPビットを0（動作）にした場合の特性です。MOCO発振中にPLLCR.PLLSTPビットを0（動作）にすると、この仕様は1μs短くなります。
- 注9. メインクロックを設定する場合、発振器メーカーに発振評価を確認し、その結果を推奨発振安定時間として使用してください。MOSCWTCRレジスタを、推奨安定時間以上に設定してください。メインクロック発振器が動作するようにMOSCCR.MOSTPビットの設定を変更した後、OSCSF.MOSCSFフラグが1であることを確認してからメインクロックの使用を開始してください。

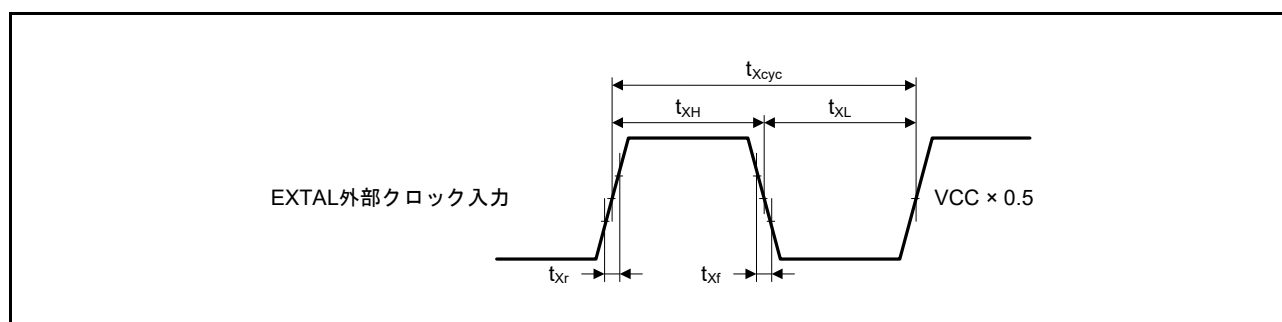


図 48.22 EXTAL 外部クロック入力タイミング

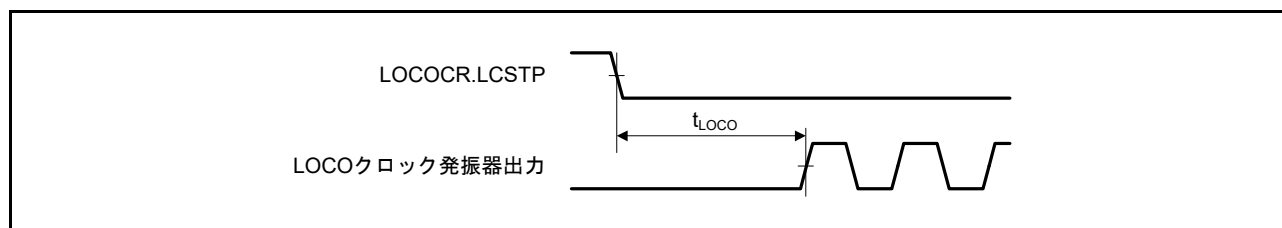


図 48.23 LOCO クロック発振開始タイミング

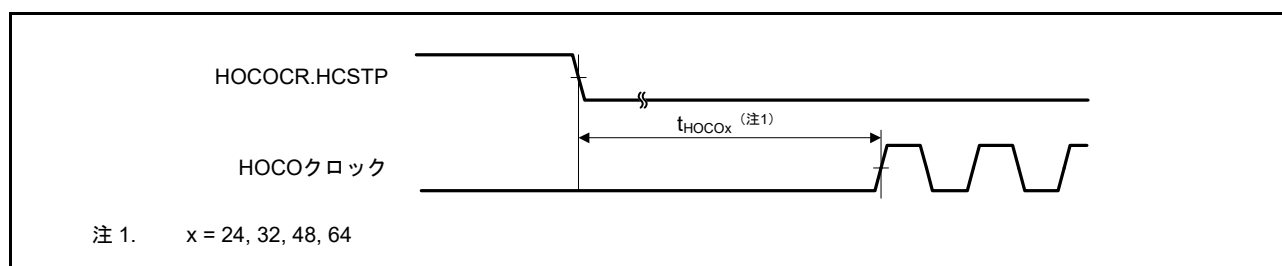


図 48.24 HOCO クロック発振開始タイミング (HOCOCR.HCSTP ビット設定による開始)

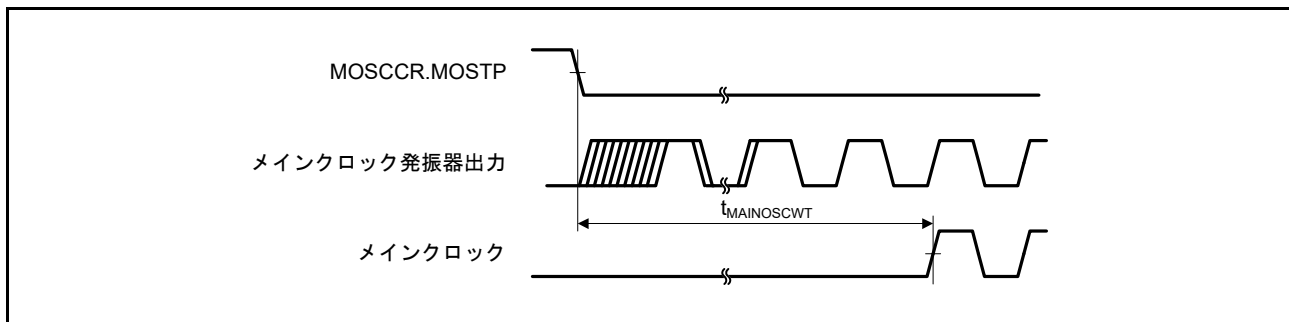


図 48.25 メインクロック発振開始タイミング

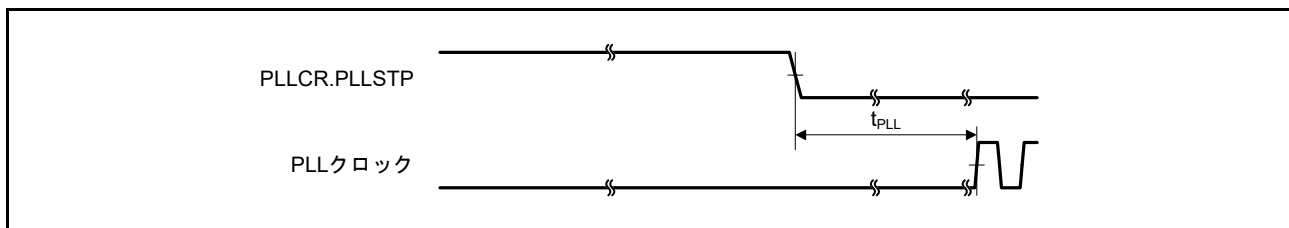


図 48.26 PLL クロック発振開始タイミング (メインクロックの発振安定後に PLL を動作させたとき)

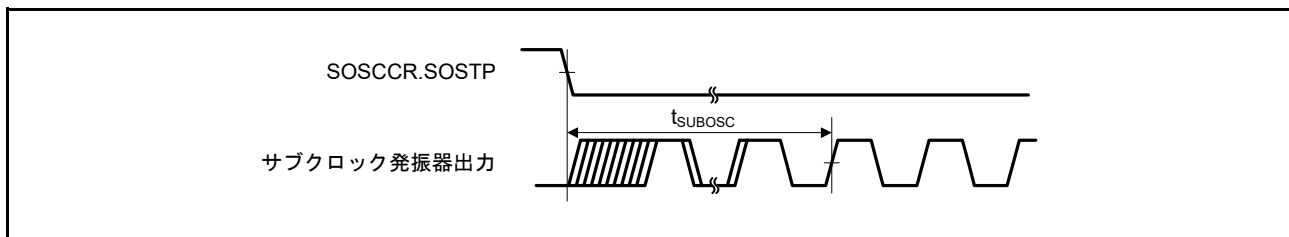


図 48.27 サブクロック発振開始タイミング

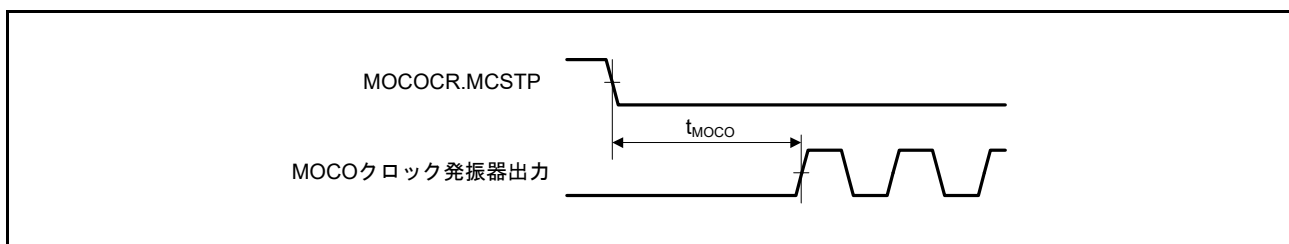


図 48.28 MOCO クロック発振開始タイミング

48.3.3 リセットタイミング

表 48.24 リセットタイミング

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 | |
|--|---------------|--------------|-----|------|----|---------|---------|
| RESパルス幅 | 電源投入時 | t_{RESWP} | 3 | — | — | ms | 図 48.29 |
| | 上記以外 | t_{RESW} | 30 | — | — | μ s | 図 48.30 |
| RES解除後の待機時間 (電源投入時) | LVD0: 有効 (注1) | t_{RESWT} | — | 0.7 | — | ms | 図 48.29 |
| | LVD0: 無効 (注2) | | — | 0.3 | — | | |
| RES解除後の待機時間 (電源投入中) | LVD0: 有効 (注1) | t_{RESWT2} | — | 0.5 | — | ms | 図 48.30 |
| | LVD0: 無効 (注2) | | — | 0.05 | — | | |
| 内部リセット解除時間 (ウォッチドッグ タイマリセット、SRAMパリティエラー リセット、SRAM ECCエラーリセット、 バスマスタMPUエラーリセット、バスマ スレーブMPUエラーリセット、スタックポ インタエラーリセット、ソフトウェアリ セット) | LVD0: 有効 (注1) | t_{RESWT3} | — | 0.6 | — | ms | |
| | LVD0: 無効 (注2) | | — | 0.15 | — | | |

注 1. OFS1.LVDAS = 0 のとき

注 2. OFS1.LVDAS = 1 のとき

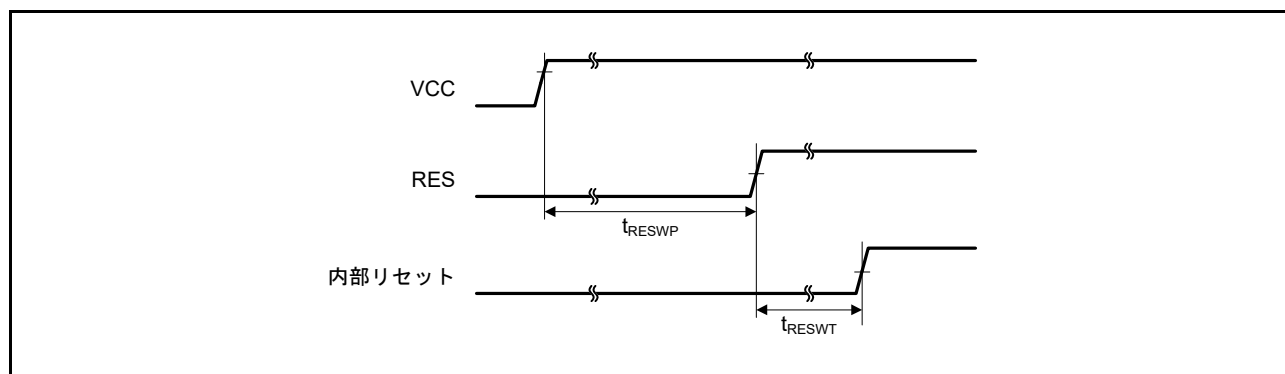


図 48.29 電源投入時リセット入力タイミング

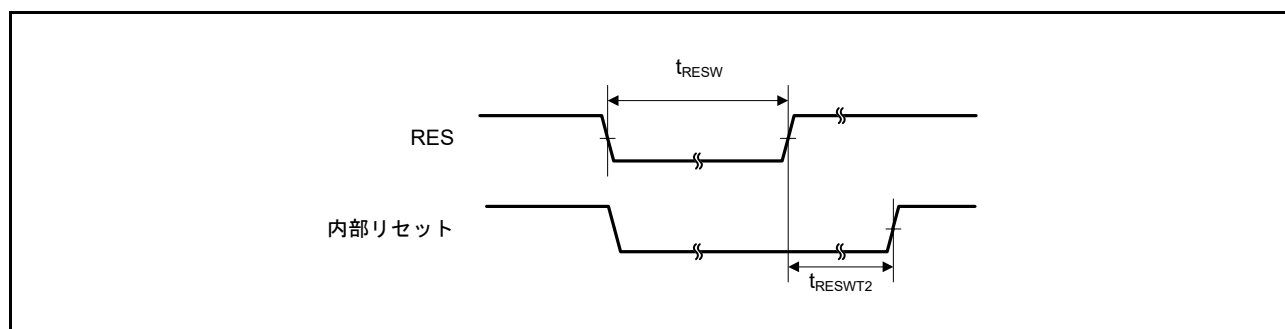


図 48.30 リセット入力タイミング (1)

48.3.4 ウェイクアップ時間

表 48.25 低消費電力モードからの復帰タイミング (1)

| 項目 | | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 | |
|----------------------------|--|---|-------------|-----|-----|-----|---------|---------|
| ソフトウェアスタンバイモードからの復帰時間 (注1) | High-speedモード メインクロック発振器に水晶振動子を接続 | システムクロックソースはメインクロック発振器 (20MHz) (注2) | t_{SBYMC} | — | 2 | 3 | ms | 図 48.31 |
| | | システムクロックソースはメインクロック発振器を使用したPLL (48MHz) (注2) | t_{SBYPC} | — | 2 | 3 | ms | |
| | メインクロック発振器に外部クロックを入力 | システムクロックソースはメインクロック発振器 (20MHz) (注3) | t_{SBYEX} | — | 14 | 25 | μ s | |
| | | システムクロックソースはメインクロック発振器を使用したPLL (48MHz) (注3) | t_{SBYPE} | — | 53 | 76 | μ s | |
| | システムクロックソースはHOCO (注4) (HOCOクロックは32MHz) | | t_{SBYHO} | — | 43 | 52 | μ s | |
| | システムクロックソースはHOCO (注4) (HOCOクロックは48MHz) | | t_{SBYHO} | — | 44 | 52 | μ s | |
| | システムクロックソースはHOCO (注5) (HOCOクロックは64MHz) | | t_{SBYHO} | — | 82 | 110 | μ s | |
| | システムクロックソースはMOCO | | t_{SBYMO} | — | 16 | 25 | μ s | |

注 1. ICK、BCK、FCK、PCKx の分周比は許容周波数範囲の最小分周比です。復帰時間は、システムクロックソースにより決定されます。

注 2. メインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ (MOSCWTCR) の設定値は 05h です。

注 3. メインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ (MOSCWTCR) の設定値は 00h です。

注 4. HOCO クロックウェイトコントロールレジスタ (HOCOWTCR) の設定値は 05h です。

注 5. HOCO クロックウェイトコントロールレジスタ (HOCOWTCR) の設定値は 06h です。

表 48.26 低消費電力モードからの復帰タイミング (2)

| 項目 | | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 | |
|----------------------------|--|---|-------------|-----|-----|-----|---------|---------|
| ソフトウェアスタンバイモードからの復帰時間 (注1) | Middle-speedモード メインクロック発振器に水晶振動子を接続 | システムクロックソースはメインクロック発振器 (12MHz) (注2) | t_{SBYMC} | — | 2 | 3 | ms | 図 48.31 |
| | | システムクロックソースはメインクロック発振器を使用したPLL (24MHz) (注2) | t_{SBYPC} | — | 2 | 3 | ms | |
| | メインクロック発振器に外部クロックを入力 | システムクロックソースはメインクロック発振器 (12MHz) (注3) | t_{SBYEX} | — | 2.9 | 10 | μ s | |
| | | システムクロックソースはメインクロック発振器を使用したPLL (24MHz) (注3) | t_{SBYPE} | — | 49 | 76 | μ s | |
| | システムクロックソースはHOCO (24MHz) | | t_{SBYHO} | — | 38 | 50 | μ s | |
| | システムクロックソースはMOCO | | t_{SBYMO} | — | 3.5 | 5.5 | μ s | |

注 1. ICK、BCK、FCK、PCKx の分周比は許容周波数範囲の最小分周比です。復帰時間は、システムクロックソースにより決定されます。

注 2. メインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ (MOSCWTCR) の設定値は 05h です。

注 3. メインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ (MOSCWTCR) の設定値は 00h です。

表 48.27 低消費電力モードからの復帰タイミング (3)

| 項目 | | | | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|-------------------------------|------------------|----------------------|------------------------------------|-------------|-----|-----|-----|---------|---------|
| ソフトウェアスタンバイモードからの復帰時間 (注1) | Low-speed モード | メインクロック発振器に水晶振動子を接続 | システムクロックソースはメインクロック発振器 (1MHz) (注2) | t_{SBYMC} | — | 2 | 3 | ms | 図 48.31 |
| | | メインクロック発振器に外部クロックを入力 | システムクロックソースはメインクロック発振器 (1MHz) (注3) | t_{SBYEX} | — | 28 | 50 | μ s | |
| | | システムクロックソースはMOCO | | t_{SBYMO} | — | 25 | 35 | μ s | |

注 1. ICK、BCK、FCK、PCKx の分周比は許容周波数範囲の最小分周比です。復帰時間は、システムクロックソースにより決定されます。

注 2. メインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ (MOSCWTCR) の設定値は 05h です。

注 3. メインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ (MOSCWTCR) の設定値は 00h です。

表 48.28 低消費電力モードからの復帰タイミング (4)

| 項目 | | | | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|-------------------------------|--------------------|----------------------|------------------------------------|-------------|-----|-----|-----|---------|---------|
| ソフトウェアスタンバイモードからの復帰時間 (注1) | Low-voltage モード | メインクロック発振器に水晶振動子を接続 | システムクロックソースはメインクロック発振器 (4MHz) (注2) | t_{SBYMC} | — | 2 | 3 | ms | 図 48.31 |
| | | メインクロック発振器に外部クロックを入力 | システムクロックソースはメインクロック発振器 (4MHz) (注3) | t_{SBYEX} | — | 108 | 130 | μ s | |
| | | システムクロックソースはHOCO | | t_{SBYHO} | — | 108 | 130 | μ s | |

注 1. ICK、BCK、FCK、PCKx の分周比は許容周波数範囲の最小分周比です。復帰時間は、システムクロックソースにより決定されます。複数の発振器が起動している場合、復帰時間は以下の式で決定できます。

注 2. メインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ (MOSCWTCR) の設定値は 05h です。

注 3. メインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ (MOSCWTCR) の設定値は 00h です。

表 48.29 低消費電力モードからの復帰タイミング (5)

| 項目 | | | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|-------------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------|-----|------|-----|----|---------|
| ソフトウェアスタンバイモードからの復帰時間 (注1) | Subosc-speed モード | システムクロックソースはサブクロック発振器 (32.768kHz) | t_{SBYSC} | — | 0.85 | 1 | ms | 図 48.31 |
| | | システムクロックソースは LOCO (32.768kHz) | t_{SBYLO} | — | 0.85 | 1.2 | ms | |

注 1. Subosc-speed モード時のソフトウェアスタンバイモードでは、サブクロック発振器または LOCO 自体は発振を継続します。

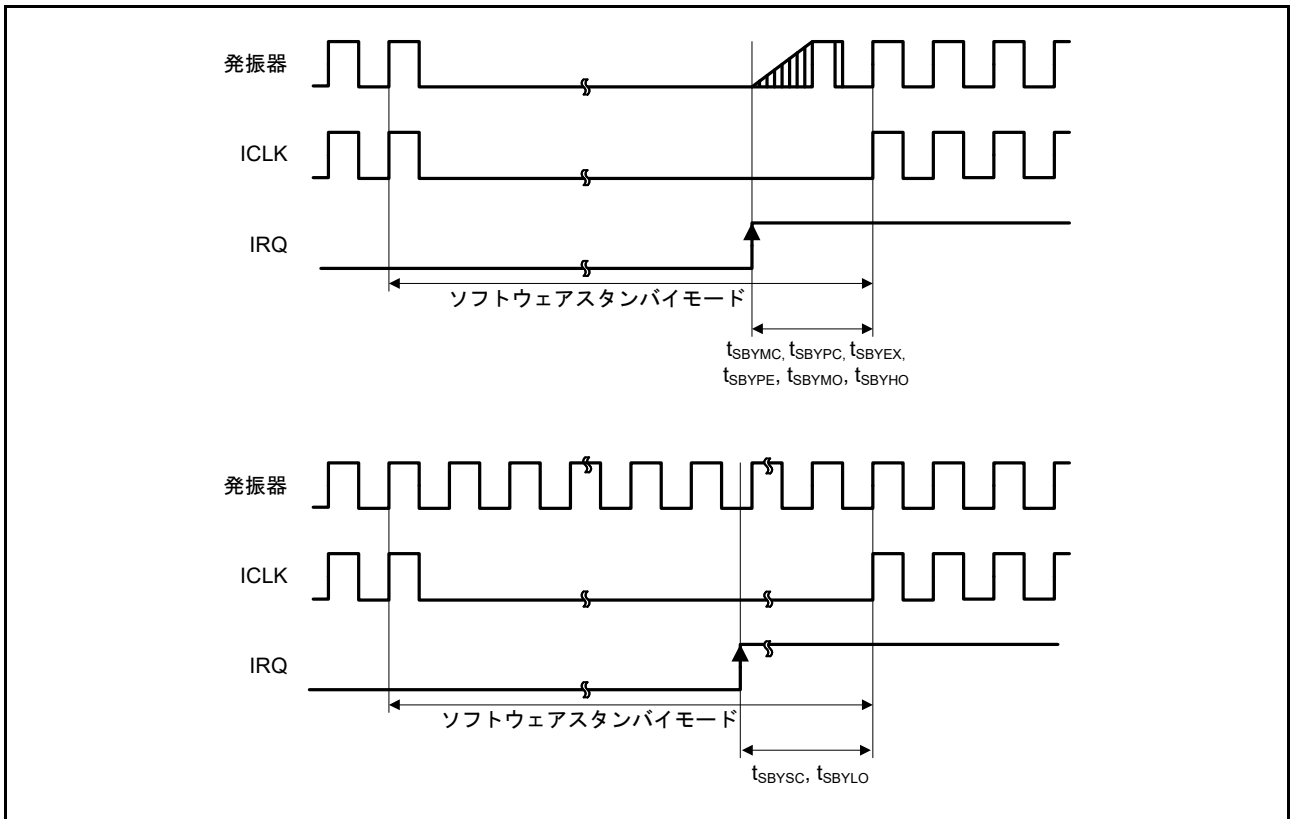
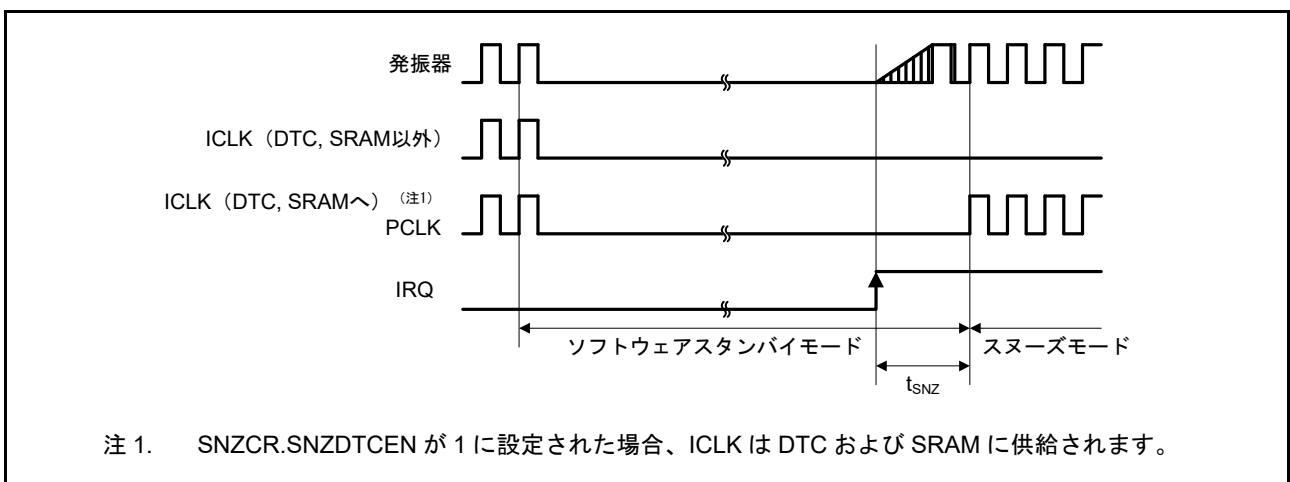


図 48.31 ソフトウェアスタンバイモード解除タイミング

表 48.30 低消費電力モードからの復帰タイミング (6)

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 | |
|-------------------------------|-------------------------------------|-----------|-----|-----|-----|---------------|---------|
| ソフトウェアスタンバイモードからスヌーズモードへの復帰時間 | High-speedモード システムクロックソースはHOCO | t_{SNZ} | — | 36 | 45 | μs | 図 48.32 |
| | Middle-speedモード システムクロックソースはMOCO | t_{SNZ} | — | 1.3 | 3.6 | μs | |
| | Low-speedモード システムクロックソースはMOCO | t_{SNZ} | — | 10 | 13 | μs | |
| | Low-voltageモード システムクロックソースはHOCO | t_{SNZ} | — | 87 | 110 | μs | |



注 1. SNZCR.SNZDTCEN が 1 に設定された場合、ICLK は DTC および SRAM に供給されます。

図 48.32 ソフトウェアスタンバイモードからスヌーズモードへの復帰タイミング

48.3.5 NMI/IRQ ノイズフィルタ

表 48.31 NMI/IRQ ノイズフィルタ

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 | |
|---------|------------|-----------------------------|-----|-----|----|----------------|---------------------------------|
| NMIパルス幅 | t_{NMIW} | 200 | — | — | ns | NMI デジタルフィルタ無効 | $t_{Pcyc} \times 2 \leq 200ns$ |
| | | $t_{Pcyc} \times 2$ (注1) | — | — | | | $t_{Pcyc} \times 2 > 200ns$ |
| | | 200 | — | — | | NMI デジタルフィルタ有効 | $t_{NMICK} \times 3 \leq 200ns$ |
| | | $t_{NMICK} \times 3.5$ (注2) | — | — | | | $t_{NMICK} \times 3 > 200ns$ |
| IRQパルス幅 | t_{IRQW} | 200 | — | — | ns | IRQ デジタルフィルタ無効 | $t_{Pcyc} \times 2 \leq 200ns$ |
| | | $t_{Pcyc} \times 2$ (注1) | — | — | | | $t_{Pcyc} \times 2 > 200ns$ |
| | | 200 | — | — | | IRQ デジタルフィルタ有効 | $t_{IRQCK} \times 3 \leq 200ns$ |
| | | $t_{IRQCK} \times 3.5$ (注3) | — | — | | | $t_{IRQCK} \times 3 > 200ns$ |

注. ソフトウェアスタンバイモード時は最小 200ns です。

注. クロックソース切り替え時、切り替えられたソースの 4 クロックサイクルを追加します。

注 1. t_{Pcyc} は PCLKB の周期を意味します。

注 2. t_{NMICK} は、NMI デジタルフィルタサンプリングクロックの周期を意味します。

注 3. t_{IRQCK} は、IRQ_i デジタルフィルタサンプリングクロックの周期を意味します (i = 0 ~ 15)。

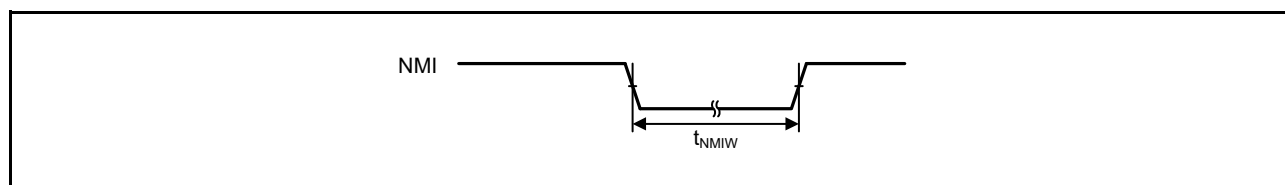


図 48.33 NMI 割り込み入力タイミング

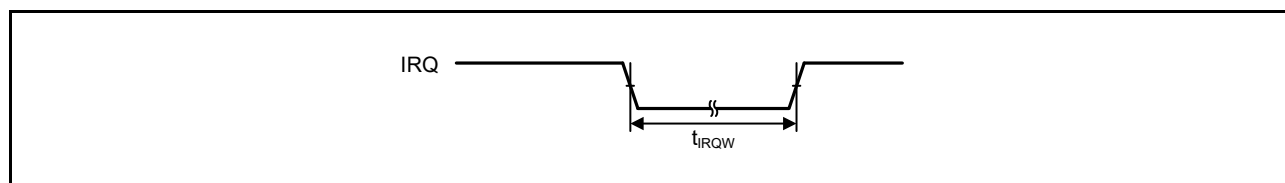


図 48.34 IRQ 割り込み入力タイミング

48.3.6 I/Oポート、POEG、GPT、AGT、KINT、ADC14のトリガタイミング

表 48.32 I/Oポート、POEG、GPT、AGT、KINT、ADC14のトリガタイミング

| 項目 | | シンボル | Min | Max | 単位 | 測定条件 | | |
|--------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|------|-------------|---------|---------|----|
| I/Oポート | 入力データパルス幅 | t_{PRW} | 1.5 | — | t_{Pcyc} | 図 48.35 | | |
| | 入出力データサイクル (P004) | t_{POcyc} | 10 | — | μs | | | |
| POEG | POEG入力トリガパルス幅 | t_{POEW} | 3 | — | t_{Pcyc} | 図 48.36 | | |
| GPT | インプットキャプチャパルス幅 | 単エッジ | 1.5 | — | t_{PDcyc} | 図 48.37 | | |
| | | 両エッジ | 2.5 | — | | | | |
| AGT | AGTIO、AGTEE入力サイクル | $2.7V \leq VCC \leq 3.6V$ | t_{ACYC} (注1) | 250 | — | ns | 図 48.38 | |
| | | $2.4V \leq VCC < 2.7V$ | | 500 | — | | | ns |
| | | $1.8V \leq VCC < 2.4V$ | | 1000 | — | | | ns |
| | AGTIO、AGTEE入力Highレベル幅、Lowレベル幅 | $2.7V \leq VCC \leq 3.6V$ | t_{ACKWH} t_{ACKWL} | 100 | — | ns | | |
| | | $2.4V \leq VCC < 2.7V$ | | 200 | — | | | ns |
| | | $1.8V \leq VCC < 2.4V$ | | 400 | — | | | ns |
| | AGTIO、AGTO、AGTOB出力周期 | $2.7V \leq VCC \leq 3.6V$ | t_{ACYC2} | 62.5 | — | ns | 図 48.38 | |
| | | $2.4V \leq VCC < 2.7V$ | | 125 | — | | | ns |
| | | $1.8V \leq VCC < 2.4V$ | | 250 | — | | | ns |
| ADC14 | 14ビットA/Dコンバータトリガ入力パルス幅 | t_{TRGW} | 1.5 | — | t_{Pcyc} | 図 48.39 | | |
| KINT | KRn (n = 00~07) パルス幅 | t_{KR} | 250 | — | ns | 図 48.40 | | |

注. t_{Pcyc} : PCLKB サイクル、 t_{PDcyc} : PCLKD サイクル

注 1. 入力サイクルの制約事項:
 ソースクロック切り替えない場合は、 $t_{Pcyc} \times 2 < t_{ACYC}$ としてください。
 ソースクロック切り替える場合は、 $t_{Pcyc} \times 6 < t_{ACYC}$ としてください。

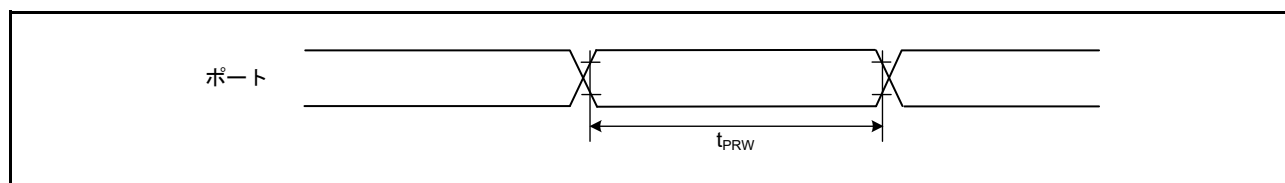


図 48.35 I/Oポート入力タイミング

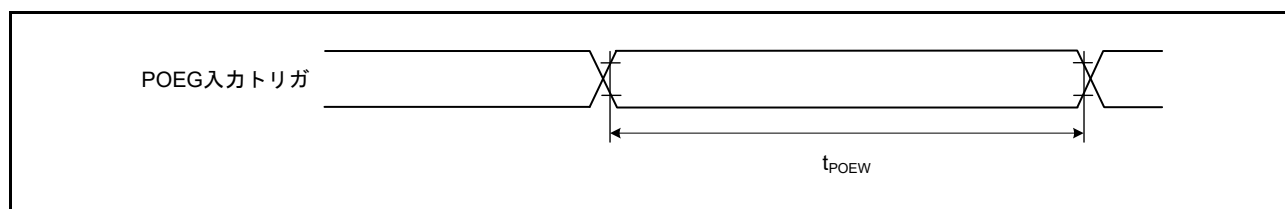


図 48.36 POEG 入力トリガタイミング

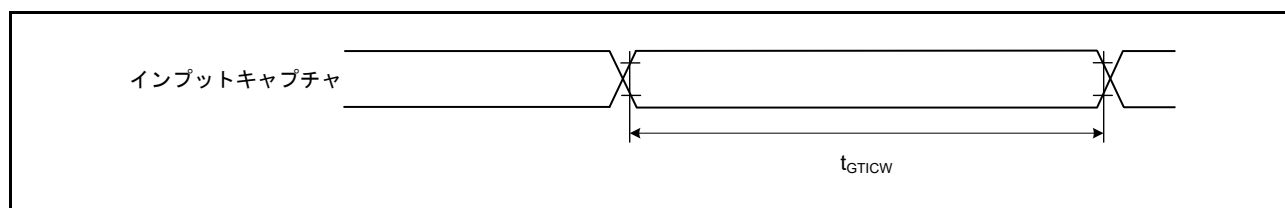


図 48.37 GPT インプットキャプチャタイミング

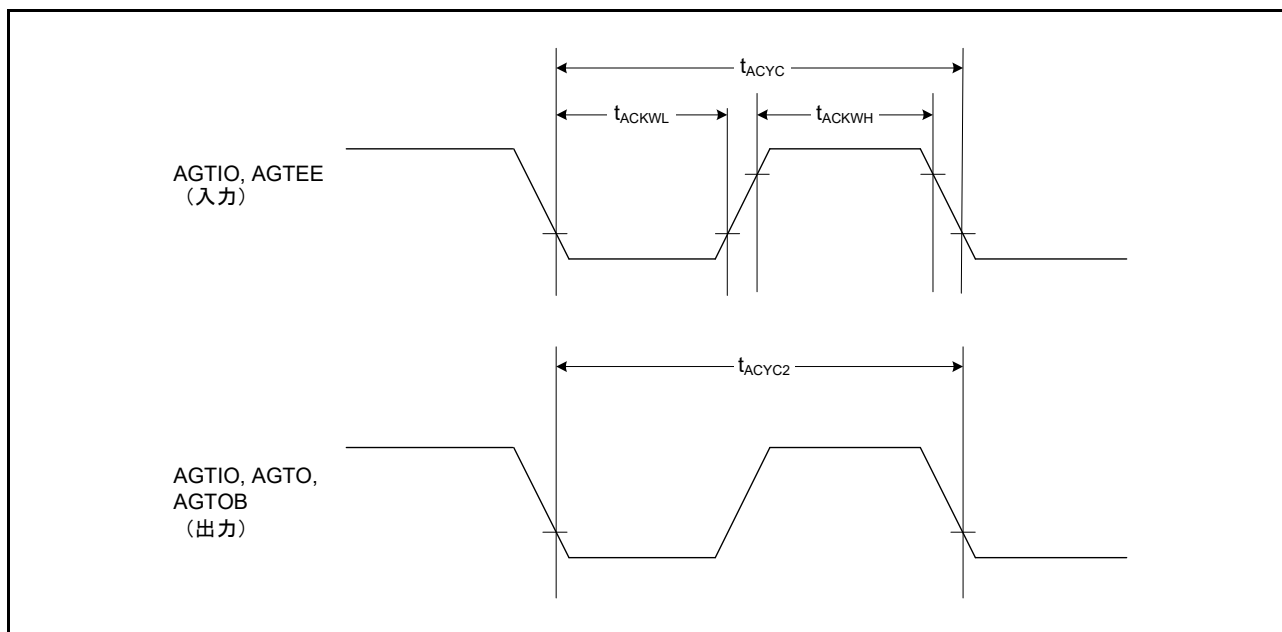


図 48.38 AGT 入出力タイミング

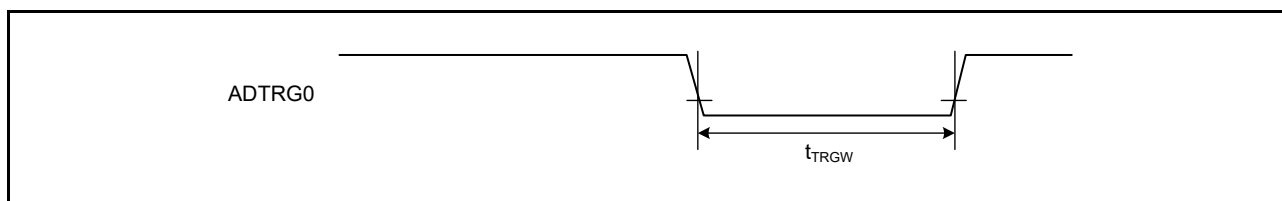


図 48.39 ADC14 トリガ入力タイミング

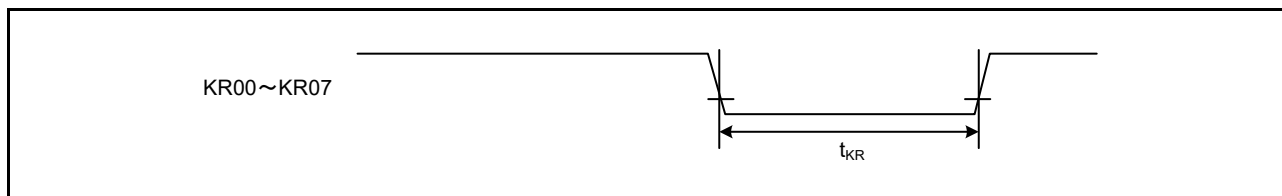


図 48.40 キー割り込み入力タイミング

48.3.7 CAC タイミング

表 48.33 CAC タイミング

| 項目 | | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|-----|---------------|--------------|--|--|-----|----|------|
| CAC | CACREF 入力パルス幅 | t_{CACREF} | $t_{PBcyc} \text{ (注1)} \leq t_{cac} \text{ (注2)}$ | — | — | ns | — |
| | | | $t_{PBcyc} \text{ (注1)} > t_{cac} \text{ (注2)}$ | $4.5 \times t_{cac} + 3 \times t_{PBcyc} \text{ (注1)}$ | — | — | |

注 1. t_{PBcyc} : PCLKB の周期

注 2. t_{cac} : CAC カウントクロックソースの周期

48.3.8 SCI タイミング

表 48.34 SCI タイミング (1)

| 項目 | | | シンボル | Min | Max | 単位 (注1) | 測定条件 | |
|----------------------|---------------|---------|------------|------------|-----|------------|---------|----|
| SCI | 入カクロックサイクル | 調歩同期式 | t_{Scyc} | 4 | — | t_{Pcyc} | 図 48.41 | |
| | | クロック同期式 | | 6 | — | | | |
| | 入カクロックパルス幅 | | t_{SCKW} | 0.4 | 0.6 | t_{Scyc} | | |
| | 入カクロック立ち上がり時間 | | t_{SCKr} | — | 20 | ns | | |
| | 入カクロック立ち下がり時間 | | t_{SCKf} | — | 20 | ns | | |
| | 出カクロックサイクル | 調歩同期式 | t_{Scyc} | 6 | — | t_{Pcyc} | | |
| | | クロック同期式 | | 4 | — | | | |
| | 出カクロックパルス幅 | | t_{SCKW} | 0.4 | 0.6 | t_{Scyc} | | |
| | 出カクロック立ち上がり時間 | | 1.8V 以上 | t_{SCKr} | — | 20 | | ns |
| | 出カクロック立ち下がり時間 | | 1.8V 以上 | t_{SCKf} | — | 20 | | ns |
| 送信データ遅延時間 (マスタ) | クロック同期式 | 1.8V 以上 | t_{TXD} | — | 40 | ns | 図 48.42 | |
| | | | | — | 55 | ns | | |
| | | | | — | 60 | ns | | |
| 送信データ遅延時間 (スレーブ) | クロック同期式 | 2.7V 以上 | — | 55 | ns | | | |
| | | 2.4V 以上 | — | 60 | ns | | | |
| | | 1.8V 以上 | — | 100 | ns | | | |
| 受信データセットアップ時間 (マスタ) | クロック同期式 | 2.7V 以上 | t_{RXS} | 45 | — | ns | | |
| | | 2.4V 以上 | | 55 | — | | | |
| | | 1.8V 以上 | | 90 | — | | | |
| 受信データセットアップ時間 (スレーブ) | クロック同期式 | 2.7V 以上 | t_{RXS} | 40 | — | ns | | |
| | | 1.8V 以上 | | 45 | — | | | |
| 受信データホールド時間 (マスタ) | | クロック同期式 | t_{RXH} | 5 | — | ns | | |
| 受信データホールド時間 (スレーブ) | | クロック同期式 | t_{RXH} | 40 | — | ns | | |

注 1. t_{Pcyc} : PCLKA の周期

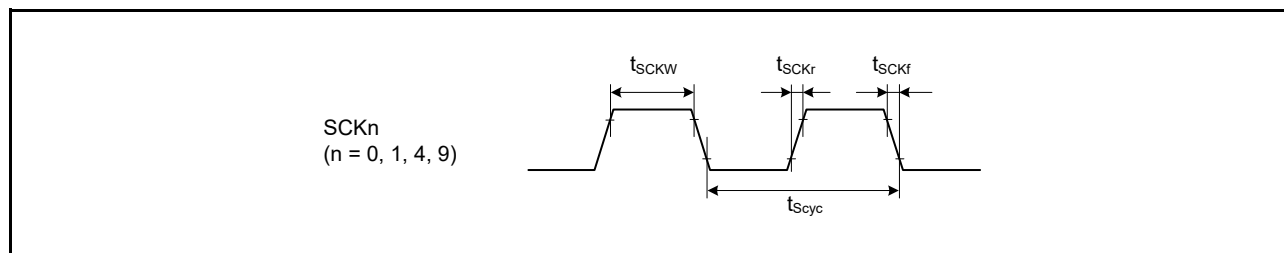


図 48.41 SCK クロック入カタイミング

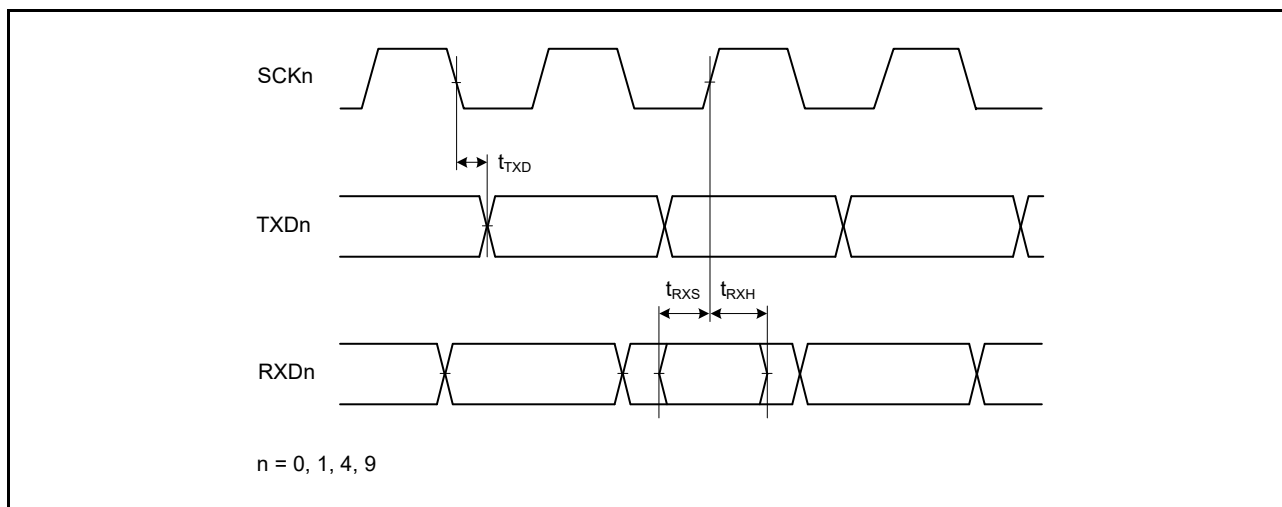


図 48.42 クロック同期式モードにおける SCI 入出力タイミング

表 48.35 SCI タイミング (2)

| 項目 | | | シンボル | Min | Max | 単位 | 測定条件 | | |
|------------------|-----------------------|---------|---------------------|------------------------------|--|-------------|------------------------|-----|----------------------|
| 簡易 SPI | SCK クロックサイクル出力 (マスタ) | | t_{SPcyc} | 4 | 65,536 | t_{Pcyc} | 図 48.43 | | |
| | SCK クロックサイクル入力 (スレーブ) | | | 6 | 65,536 | | | | |
| | SCK クロック High レベルパルス幅 | | | t_{SPCKWH} | 0.4 | | | 0.6 | t_{SPcyc} |
| | SCK クロック Low レベルパルス幅 | | | t_{SPCKWL} | 0.4 | | | 0.6 | t_{SPcyc} |
| | SCK クロック立ち上がり/立ち下がり時間 | | 1.8V 以上 | t_{SPCKr} , t_{SPCKf} | — | 20 | | ns | |
| | データ入力セットアップ時間 | マスタ | 2.7V 以上 | t_{SU} | 45 | — | | ns | 図 48.44 ~ 図 48.47 |
| | | | 2.4V 以上 | | 55 | — | | | |
| | | 1.8V 以上 | 80 | | — | | | | |
| | | スレーブ | 2.7V 以上 | | 40 | — | | | |
| | 1.8V 以上 | | 45 | | — | | | | |
| データ入力ホールド時間 | マスタ | | t_H | | 33.3 | — | ns | | |
| | スレーブ | | | 40 | — | | | | |
| SS 入力セットアップ時間 | | | t_{LEAD} | 1 | — | t_{SPcyc} | | | |
| SS 入力ホールド時間 | | | t_{LAG} | 1 | — | t_{SPcyc} | | | |
| データ出力遅延時間 | マスタ | 1.8V 以上 | t_{OD} | — | 40 | ns | | | |
| | スレーブ | 2.4V 以上 | | — | 65 | | | | |
| | | 1.8V 以上 | | — | 100 | | | | |
| データ出力ホールド時間 | マスタ | 2.7V 以上 | t_{OH} | -10 | — | ns | | | |
| | | 2.4V 以上 | | -20 | — | | | | |
| | | 1.8V 以上 | | -30 | — | | | | |
| | スレーブ | | | -10 | — | | | | |
| データ立ち上がり/立ち下がり時間 | マスタ | 1.8V 以上 | t_{Dr} , t_{Df} | — | 20 | ns | | | |
| | スレーブ | 1.8V 以上 | | — | 20 | | | | |
| スレーブアクセス時間 | | | t_{SA} | — | 10(PCLKA > 32MHz), 6(PCLKA ≤ 32MHz) | t_{Pcyc} | 図 48.46 および 図 48.47 | | |
| スレーブ出力開放時間 | | | t_{REL} | — | 10(PCLKA > 32MHz), 6(PCLKA ≤ 32MHz) | t_{Pcyc} | | | |

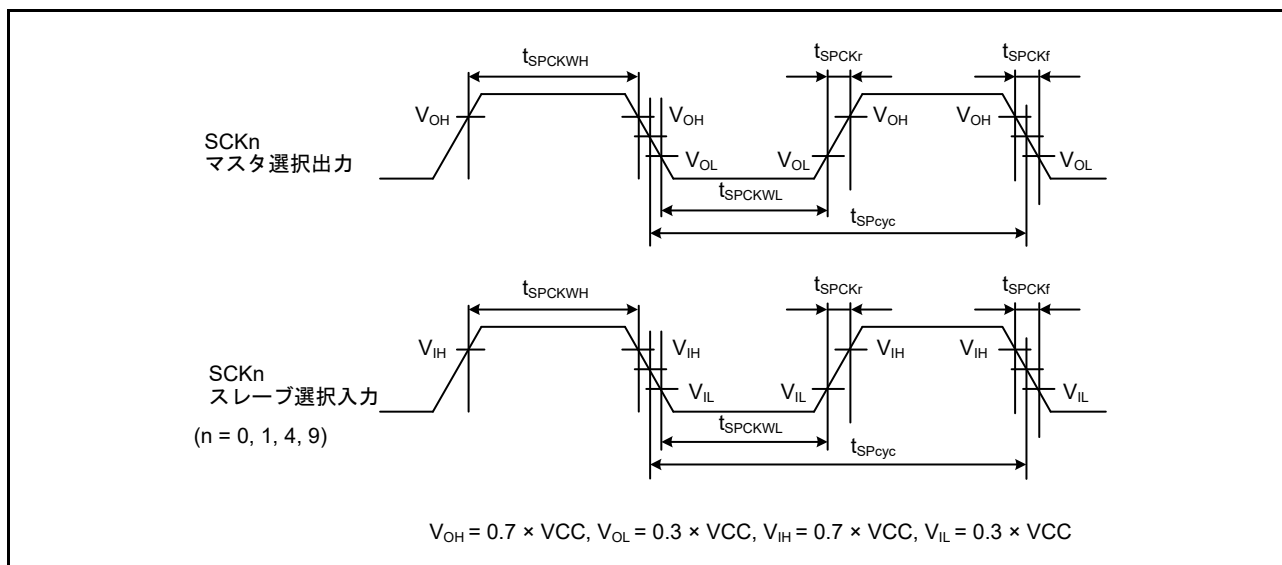


図 48.43 SCI 簡易 SPI モードクロックタイミング

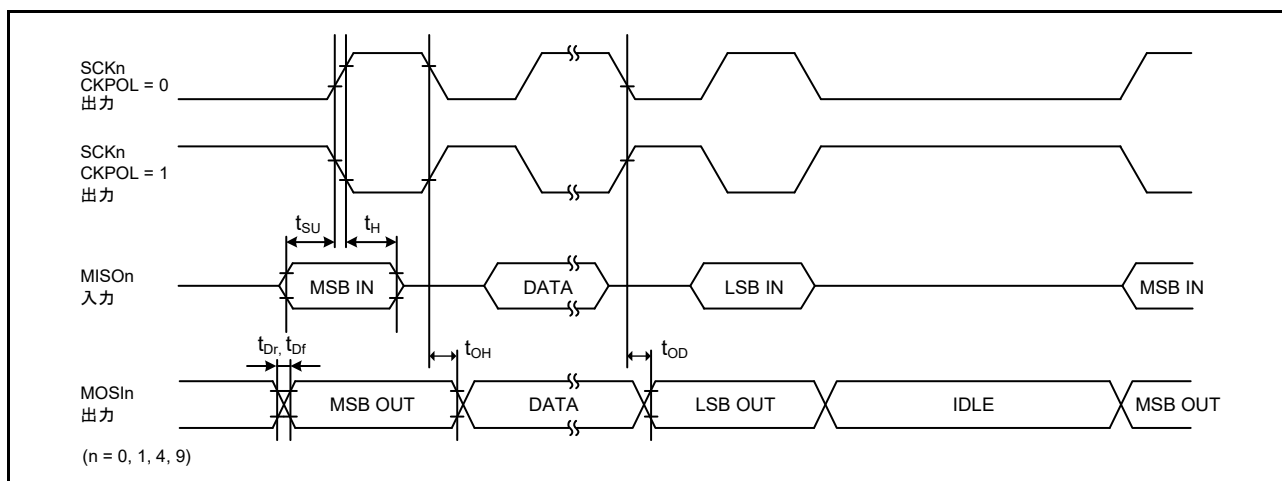


図 48.44 SCI 簡易 SPI モードタイミング (マスタ、CKPH = 1)

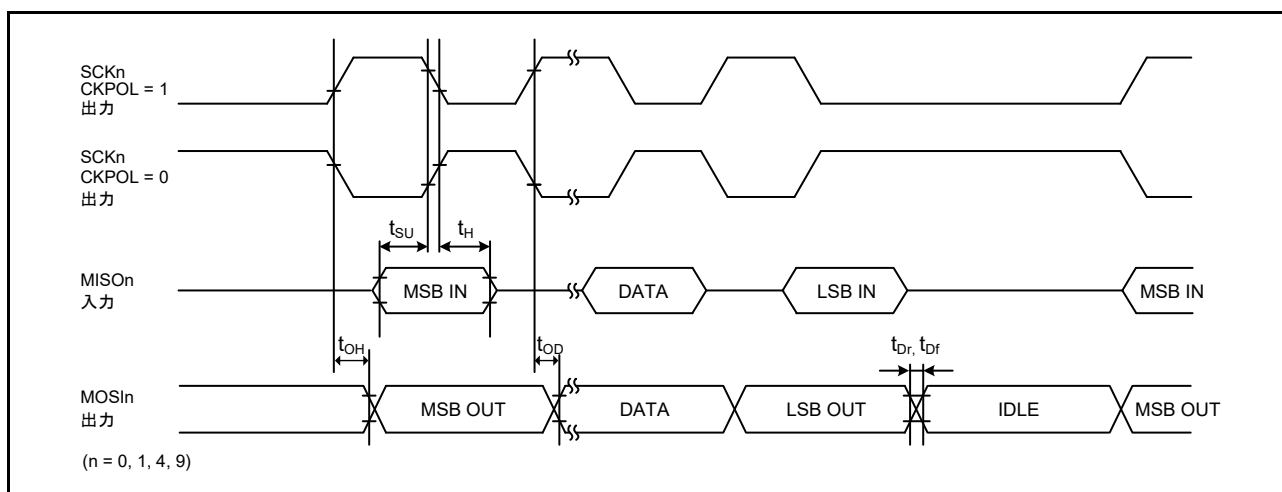


図 48.45 SCI 簡易 SPI モードタイミング (マスタ、CKPH = 0)

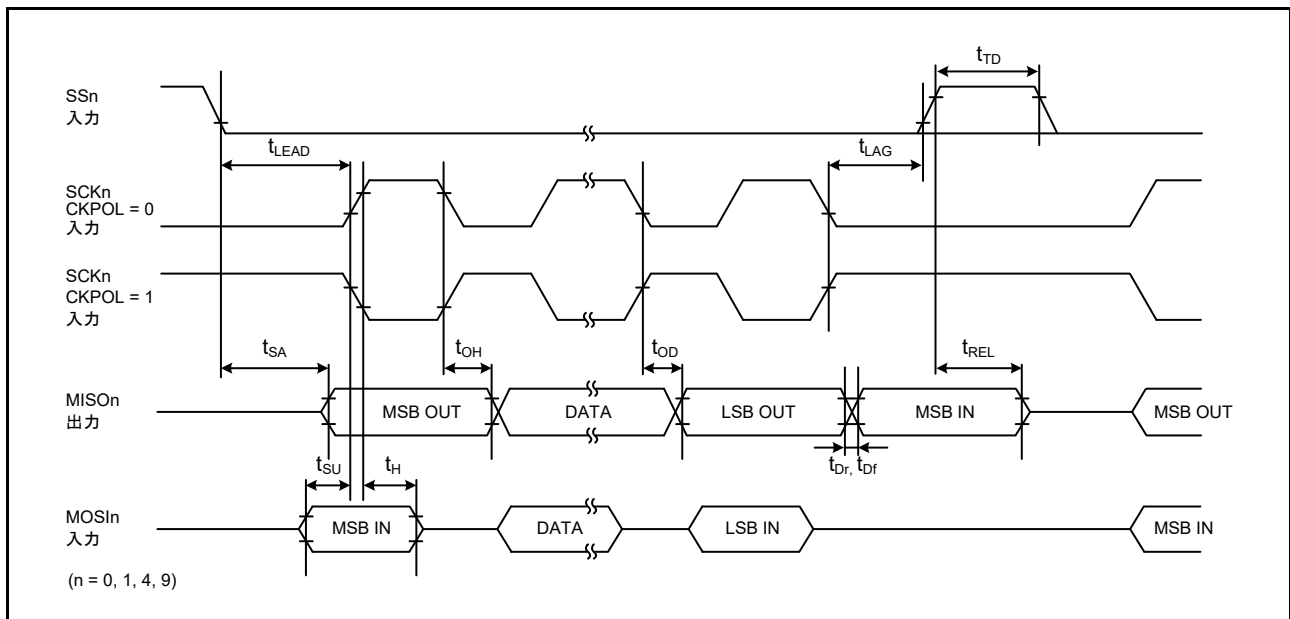


図 48.46 SCI 簡易 SPI モードタイミング (スレーブ、CKPH = 1)

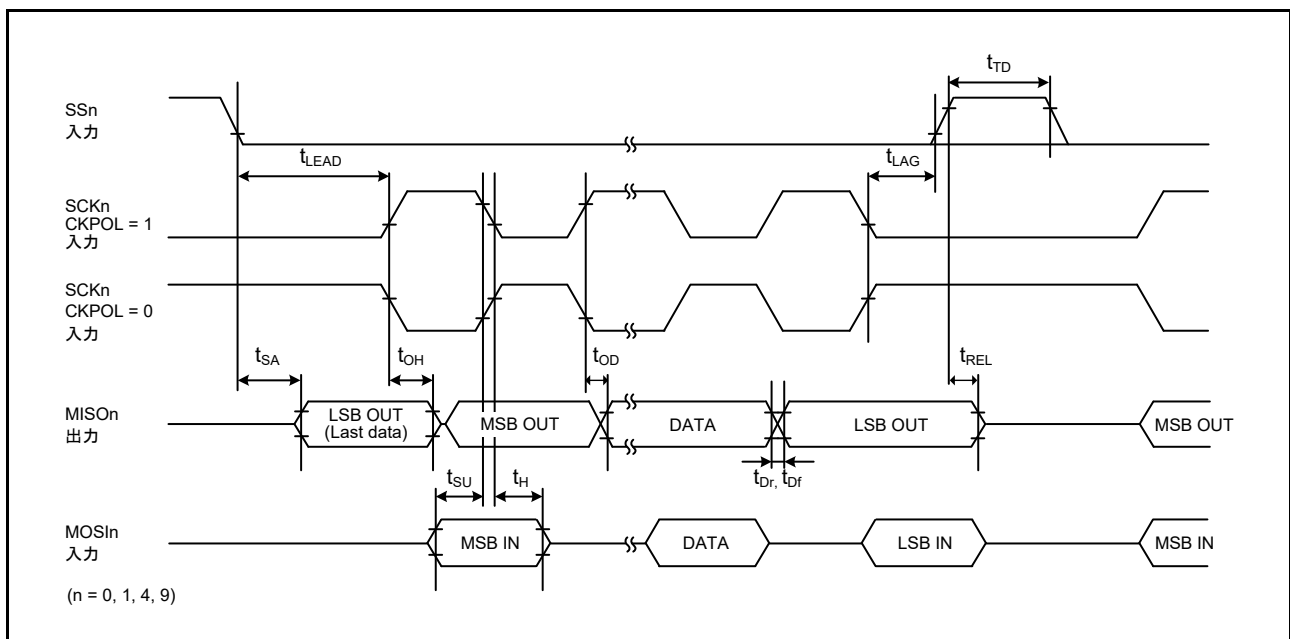


図 48.47 SCI 簡易 SPI モードタイミング (スレーブ、CKPH = 0)

表 48.36 SCI タイミング (3)

条件 : VCC = 2.7 ~ 3.6V

| 項目 | シンボル | Min | Max | 単位 | 測定条件 | |
|------------------|------------------|------------|-----|----------------------------|------|---|
| 簡易 IIC (標準モード) | SDA入力立ち上がり時間 | t_{Sr} | — | 1000 | ns | 図 48.48 |
| | SDA入力立ち下がり時間 | t_{Sf} | — | 300 | ns | |
| | SDA入カスパイクパルス除去時間 | t_{SP} | 0 | $4 \times t_{IICcyc}$ (注1) | ns | |
| | データ入力セットアップ時間 | t_{SDAS} | 250 | — | ns | |
| | データ入力ホールド時間 | t_{SDAH} | 0 | — | ns | |
| | SCL、SDAの負荷容量 | C_b (注2) | — | 400 | pF | |
| 簡易 IIC (ファストモード) | SDA入力立ち上がり時間 | t_{Sr} | — | 300 | ns | 図 48.48 全ポート、中駆動の PmnPFS.DSCR を使用してください。 |
| | SDA入力立ち下がり時間 | t_{Sf} | — | 300 | ns | |
| | SDA入カスパイクパルス除去時間 | t_{SP} | 0 | $4 \times t_{IICcyc}$ (注1) | ns | |
| | データ入力セットアップ時間 | t_{SDAS} | 100 | — | ns | |
| | データ入力ホールド時間 | t_{SDAH} | 0 | — | ns | |
| | SCL、SDAの負荷容量 | C_b (注2) | — | 400 | pF | |

注 1. t_{IICcyc} : SMR.CKS[1:0] ビットによって選択されたクロックの周期

注 2. C_b はバスラインの容量総計を意味します。

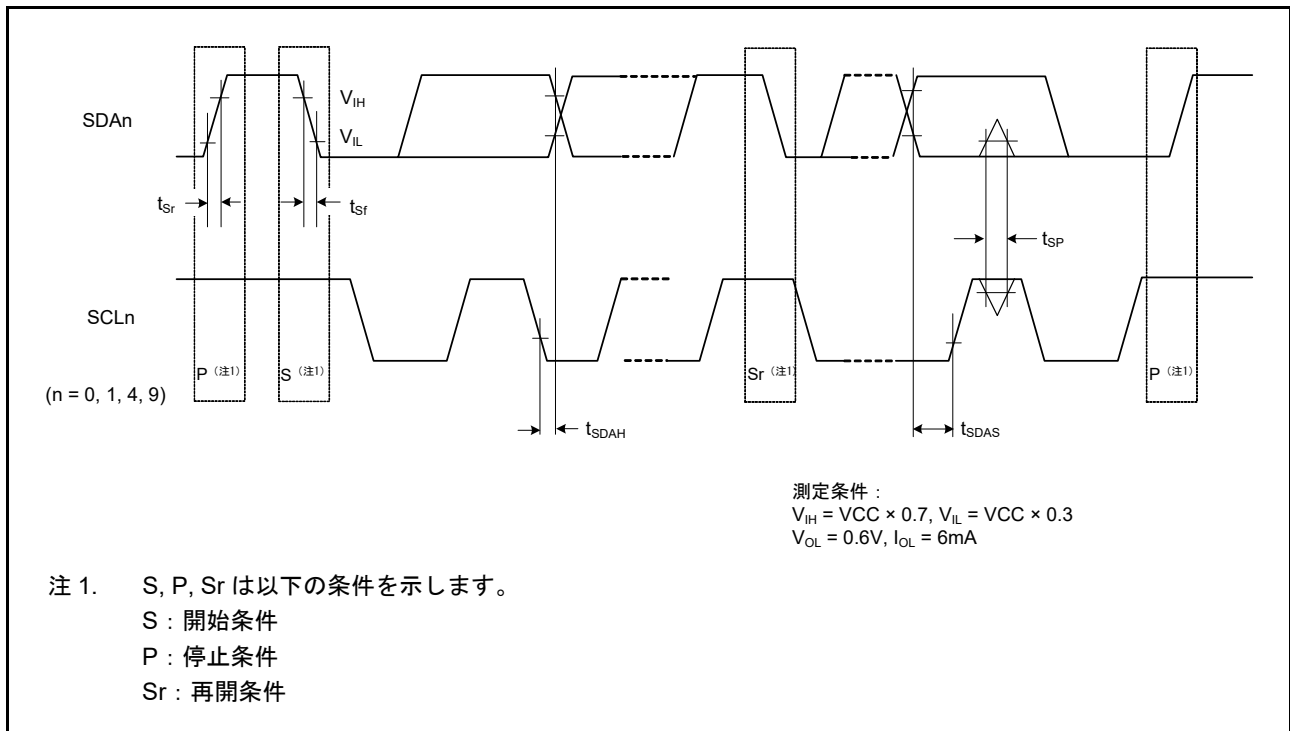


図 48.48 SCI 簡易 IIC モードタイミング

48.3.9 SPI タイミング

表 48.37 SPI タイミング (1/2)

条件：PmnPFSレジスタのポート駆動能力ビットで中駆動出力が選択されています。

| 項目 | | | シンボル | Min | Max | 単位 (注1) | 測定条件 | | |
|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|---------------------------------|---|---------|------------|----------------------|----------------------|---|
| SPI | RSPCKクロックサイク ル | マスタ | t_{SPCyc} | 2 (注4) | 4096 | t_{Pcyc} | ☒ 48.49 | | |
| | | スレーブ | | 6 | 4096 | | | | |
| | RSPCKクロック Highレベルパルス幅 | マスタ | t_{SPCKWH} | $(t_{SPCyc} - t_{SPCKr} - t_{SPCKf}) / 2 - 3$ | | — | | ns | |
| | | スレーブ | | $3 \times t_{Pcyc}$ | | — | | | |
| | RSPCKクロック Low レベルパルス幅 | マスタ | t_{SPCKWL} | $(t_{SPCyc} - t_{SPCKr} - t_{SPCKf}) / 2 - 3$ | | — | | ns | |
| | | スレーブ | | $3 \times t_{Pcyc}$ | | — | | | |
| | RSPCKクロック立ち 上がり/立ち下がり 時間 | 出力 | 2.7V以上 | t_{SPCKr} t_{SPCKf} | — | 10 | | ns | |
| | | | 2.4V以上 | | — | 15 | | | |
| | | | 1.8V以上 | | — | 20 | | | |
| | | 入力 | — | 1 | μs | | | | |
| | データ入力セット アップ時間 | マスタ | t_{SU} | 10 | — | ns | | ☒ 48.50 ~ ☒ 48.55 | |
| | | スレーブ | | 2.4V以上 | 10 | | | | — |
| | | | | 1.8V以上 | 15 | | | | — |
| | データ入力ホールド 時間 | マスタ (RSPCKはPCLKA/2) | t_{HF} | 0 | — | ns | | | |
| | | マスタ (RSPCKは上記以外) | t_H | t_{Pcyc} | — | | | | |
| | | スレーブ | t_H | 20 | — | | | | |
| | SSLセットアップ 時間 | マスタ | t_{LEAD} | $-30 + N \times t_{SPcyc}$ (注2) | | — | | ns | |
| | | スレーブ | | $6 \times t_{Pcyc}$ | | | | | |
| | SSLホールド時間 | マスタ | t_{LAG} | $-30 + N \times t_{SPcyc}$ (注3) | | — | | ns | |
| スレーブ | | $6 \times t_{Pcyc}$ | | | | | | | |
| データ出力遅延時間 | マスタ | 2.7V以上 | t_{OD} | — | 14 | ns | ☒ 48.50 ~ ☒ 48.55 | | |
| | | 2.4V以上 | | — | 20 | | | | |
| | | 1.8V以上 | | — | 25 | | | | |
| | スレーブ | 2.7V以上 | | — | 50 | | | | |
| | | 2.4V以上 | | — | 60 | | | | |
| | | 1.8V以上 | | — | 85 | | | | |
| データ出力ホールド 時間 | マスタ | t_{OH} | 0 | — | ns | | | | |
| | スレーブ | | 0 | — | | | | | |
| 連続転送遅延時間 | マスタ | t_{TD} | $t_{SPCyc} + 2 \times t_{Pcyc}$ | $8 \times t_{SPCyc} + 2 \times t_{Pcyc}$ | ns | | | | |
| | スレーブ | | $6 \times t_{Pcyc}$ | - | | | | | |
| MOSI、MISO立ち上 がり/立ち下がり時 間 | 出力 | 2.7V以上 | t_{Dr} , t_{Df} | — | 10 | ns | | | |
| | | 2.4V以上 | | — | 15 | | | | |
| | | 1.8V以上 | | — | 20 | | | | |
| | 入力 | — | | 1 | μs | | | | |
| SSL立ち上がり/立 ち下がり時間 | 出力 | 2.7V以上 | t_{SSLr} , t_{SSLf} | — | 10 | ns | | | |
| | | 2.4V以上 | | — | 15 | | | | |
| | | 1.8V以上 | | — | 20 | | | | |
| | 入力 | — | | 1 | μs | | | | |

表 48.37 SPI タイミング (2/2)

条件：PmnPFSレジスタのポート駆動能力ビットで中駆動出力が選択されています。

| 項目 | | シンボル | Min | Max | 単位 (注1) | 測定条件 |
|-----|------------|--------|-----|---------------------------|------------|---------------------------|
| SPI | スレーブアクセス時間 | 2.4V以上 | — | $2 \times t_{PCYC} + 100$ | ns | 図 48.54 および 図 48.55 |
| | | 1.8V以上 | — | $2 \times t_{PCYC} + 140$ | | |
| | スレーブ出力開放時間 | 2.4V以上 | — | $2 \times t_{PCYC} + 100$ | ns | |
| | | 1.8V以上 | — | $2 \times t_{PCYC} + 140$ | | |

- 注 1. t_{PCYC} : PCLKA の周期
- 注 2. N は SPCKD レジスタにより、1 ~ 8 の整数に設定されます。
- 注 3. N は SSLND レジスタにより、1 ~ 8 の整数に設定されます。
- 注 4. RSPCK の上限は 16MHz です。

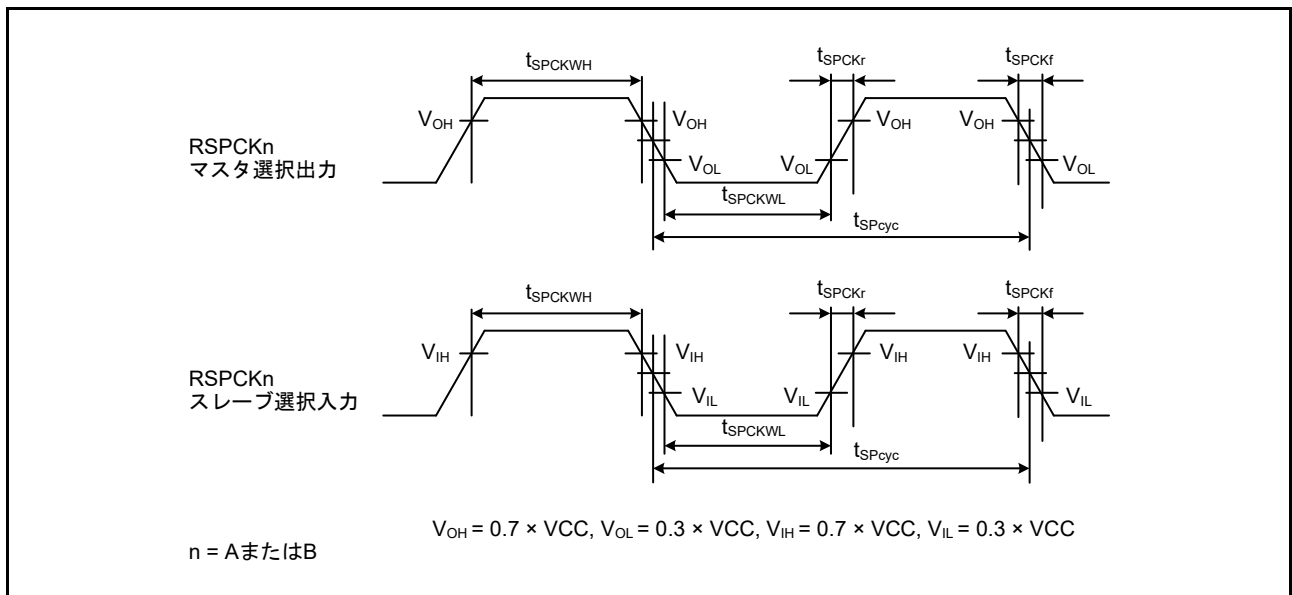


図 48.49 SPI クロックタイミング

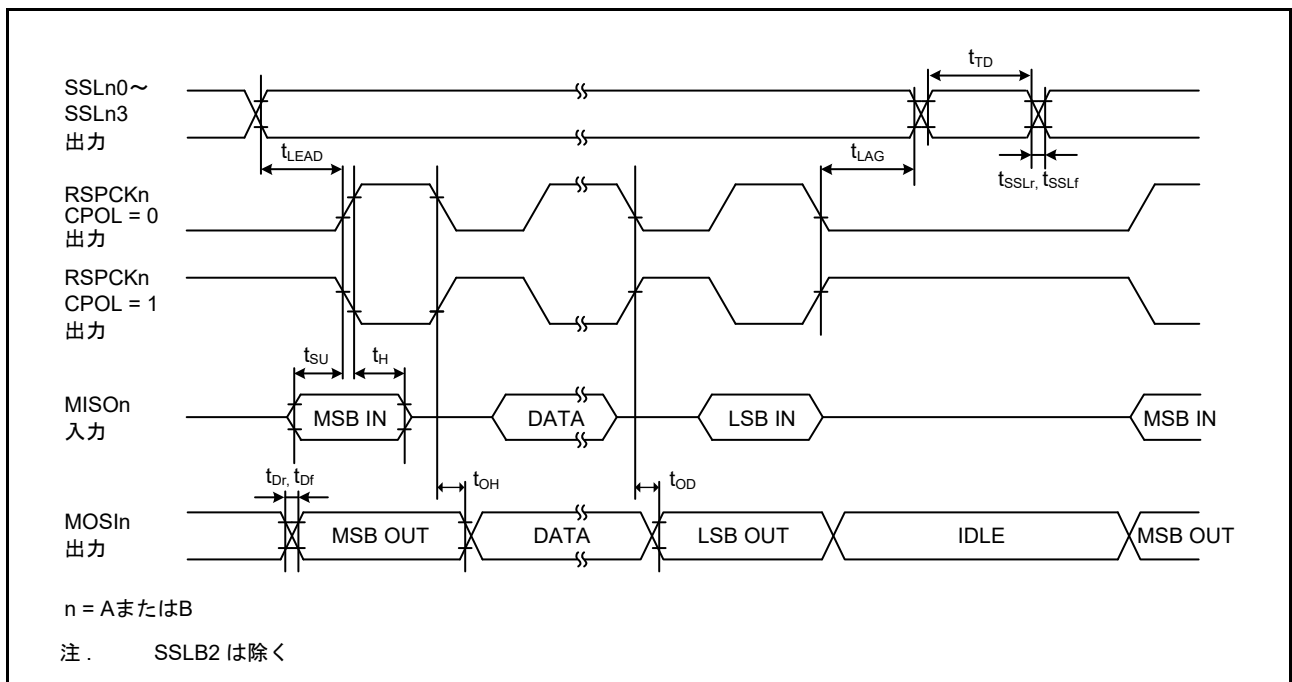


図 48.50 SPI タイミング (マスタ、CPHA = 0) (ビットレート : PCLKA を 2 分周以外に設定)

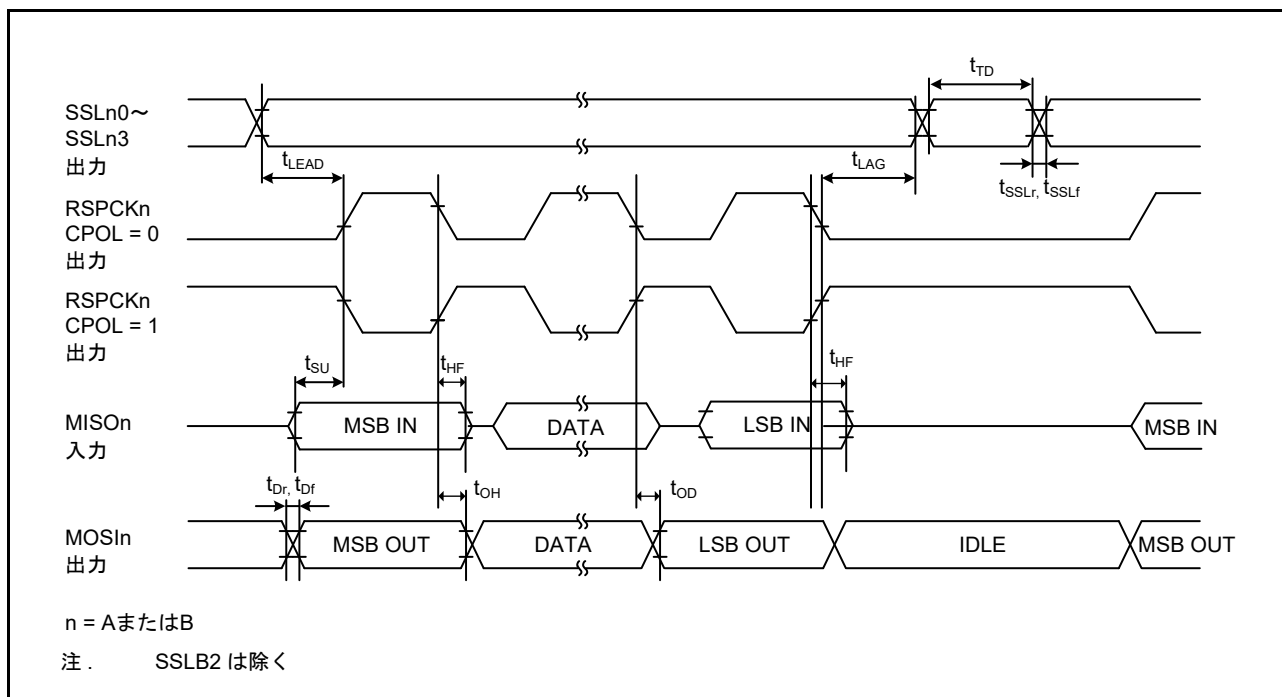


図 48.51 SPI タイミング (マスタ、CPHA = 0) (ビットレート : PCLKA を 2 分周に設定)

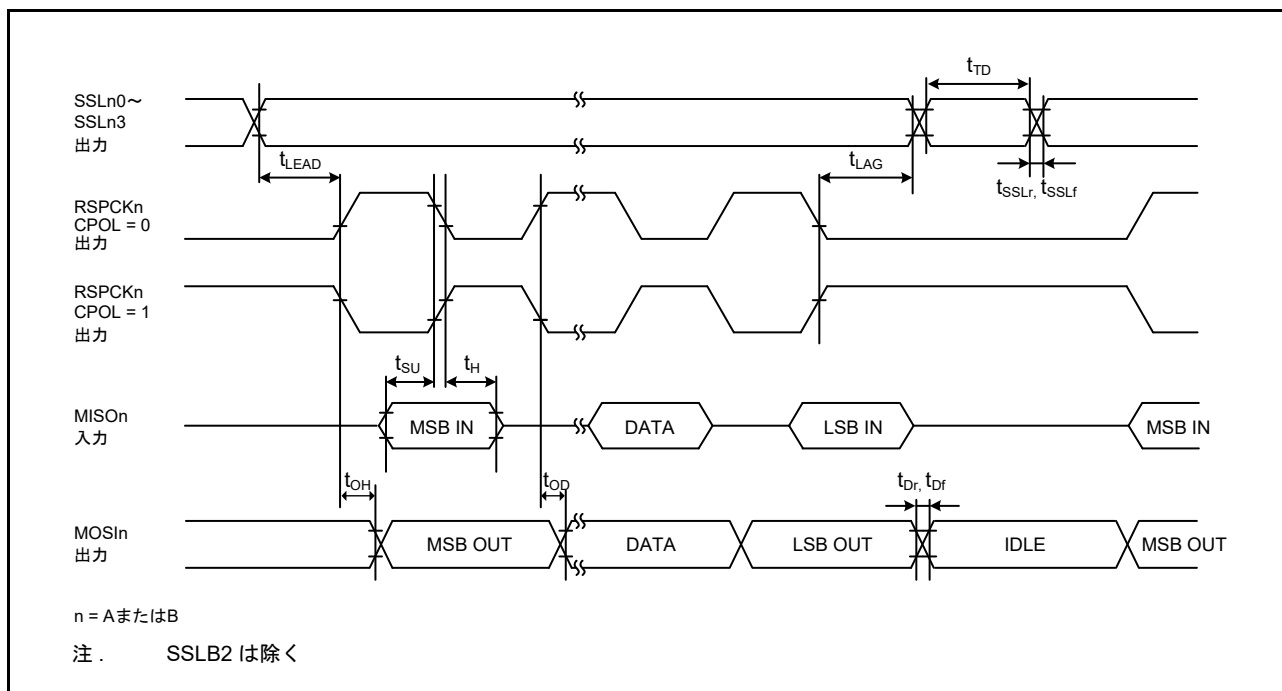


図 48.52 SPI タイミング (マスタ、CPHA = 1) (ビットレート : PCLKA を 2 分周以外に設定)

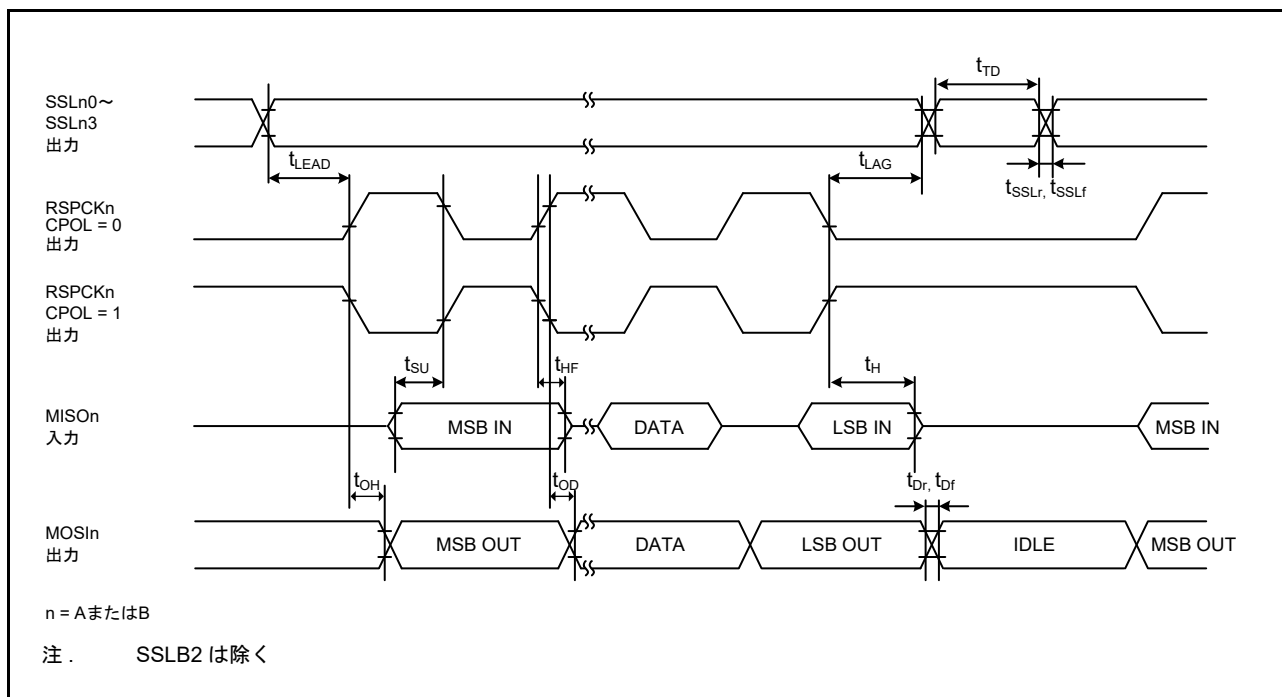


図 48.53 SPI タイミング (マスター、CPHA = 1) (ビットレート : PCLKA を 2 分周に設定)

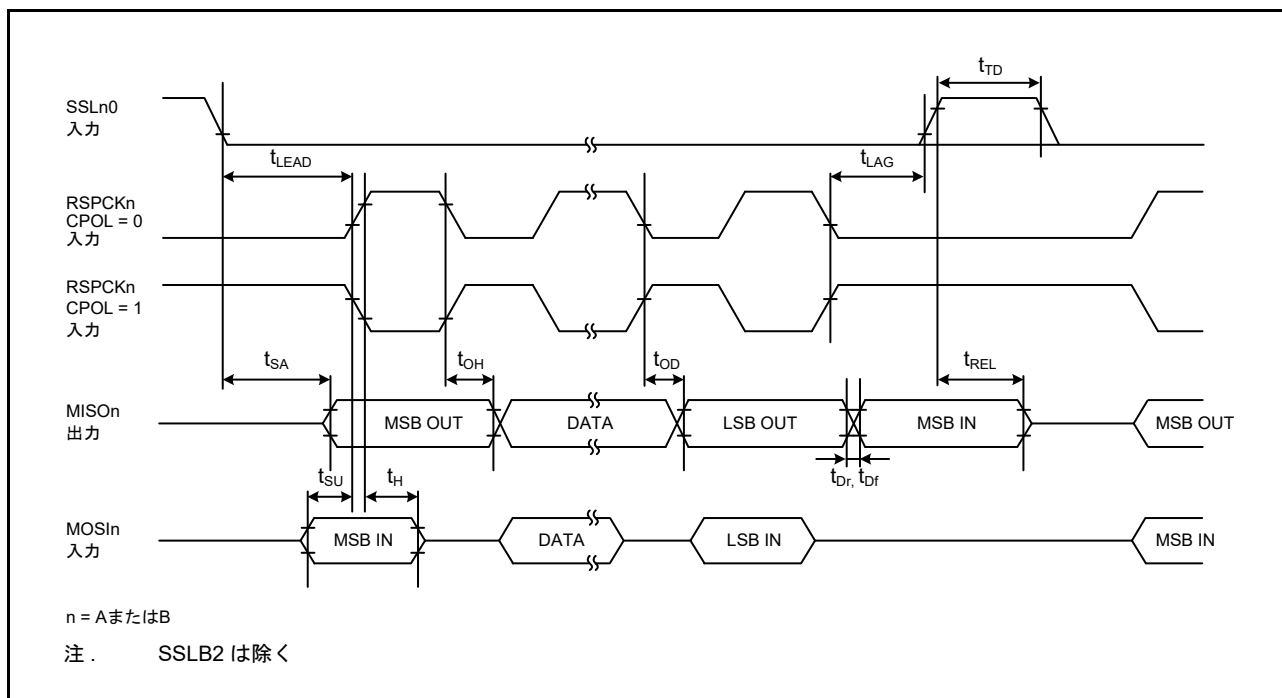


図 48.54 SPI タイミング (スレーブ、CPHA = 0)

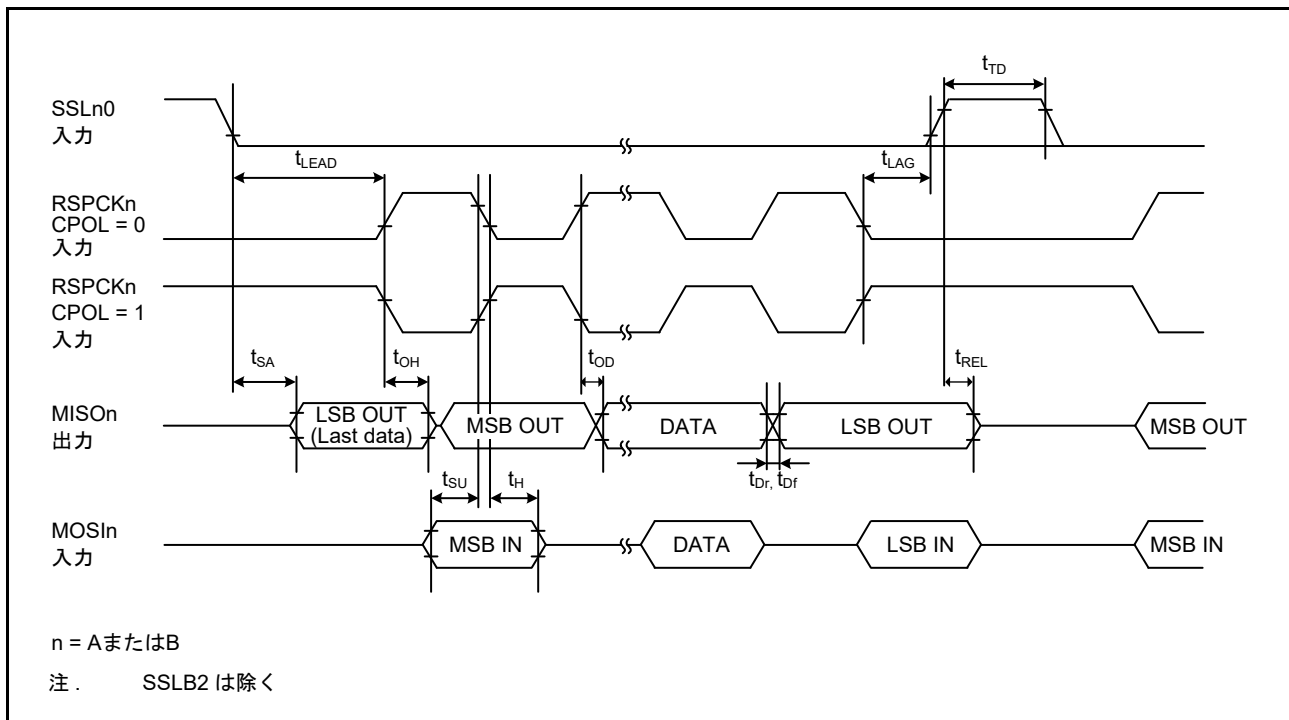


図 48.55 SPI タイミング (スレーブ、CPHA = 1)

48.3.10 IIC タイミング

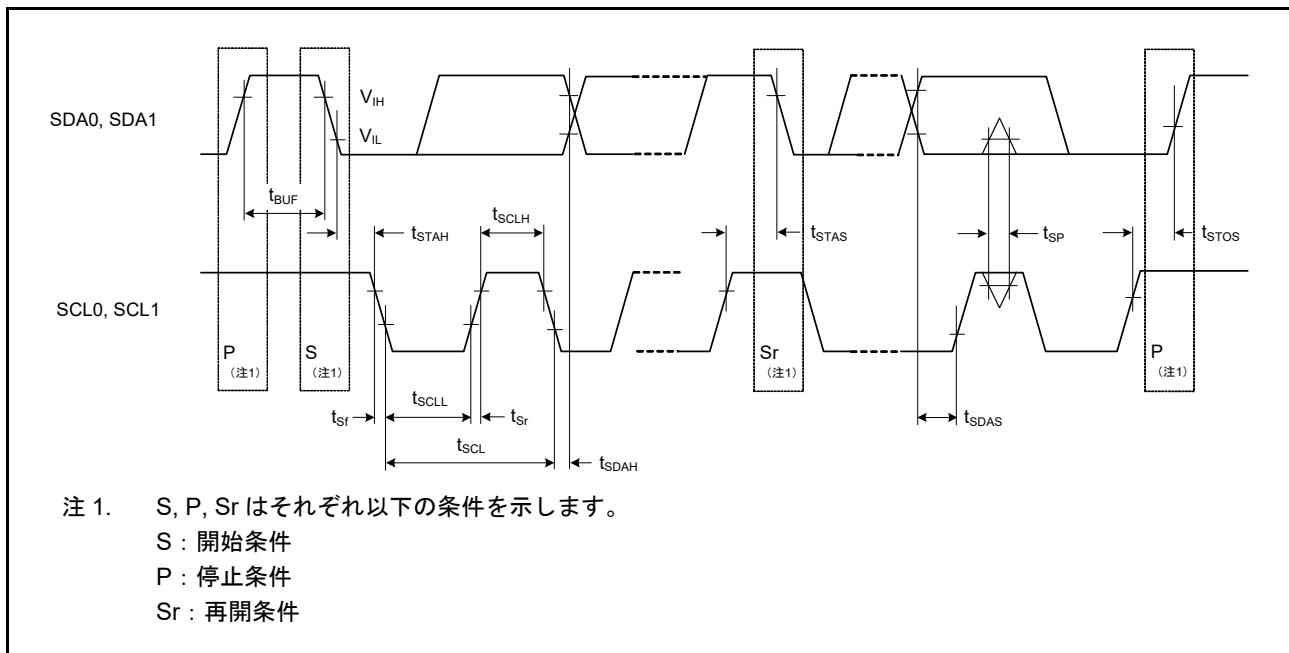
表 48.38 IIC タイミング

条件 : VCC = 2.7 ~ 3.6V

| 項目 | | シンボル | Min (注1) | Max | 単位 | 測定条件 |
|--------------------------|-----------------------------------|------------|--|--------------------------|----|---|
| IIC (標準モード、 SMBus) | SCL入力サイクル時間 | t_{SCL} | $6(12) \times t_{IICcyc} + 1300$ | — | ns | 図 48.56 |
| | SCL入力Highレベルパルス幅 | t_{SCLH} | $3(6) \times t_{IICcyc} + 300$ | — | ns | |
| | SCL入力Lowレベルパルス幅 | t_{SCLL} | $3(6) \times t_{IICcyc} + 300$ | — | ns | |
| | SCL、SDA入力立ち上がり時間 | t_{Sr} | — | 1000 | ns | |
| | SCL、SDA入力立ち下がり時間 | t_{Sf} | — | 300 | ns | |
| | SCL、SDA入カスパイクパルス除去時間 | t_{SP} | 0 | $1(4) \times t_{IICcyc}$ | ns | |
| | SDA入カバスフリー時間 (ウェイクアップ機能無効時) | t_{BUF} | $3(6) \times t_{IICcyc} + 300$ | — | ns | |
| | SDA入カバスフリー時間 (ウェイクアップ機能有効時) | t_{BUF} | $3(6) \times t_{IICcyc} + 4 \times t_{Pcyc} + 300$ | — | ns | |
| | START条件入力ホールド時間 (ウェイクアップ機能無効時) | t_{STAH} | $t_{IICcyc} + 300$ | — | ns | |
| | START条件入力ホールド時間 (ウェイクアップ機能有効時) | t_{STAH} | $1(5) \times t_{IICcyc} + t_{Pcyc} + 300$ | — | ns | |
| | 再送START条件入力セットアップ時間 | t_{STAS} | 1000 | — | ns | |
| | STOP条件入力セットアップ時間 | t_{STOS} | 1000 | — | ns | |
| | データ入力セットアップ時間 | t_{SDAS} | $t_{IICcyc} + 50$ | — | ns | |
| | データ入力ホールド時間 | t_{SDAH} | 0 | — | ns | |
| | SCL、SDAの負荷容量 | C_b | — | 400 | pF | |
| IIC (ファストモード) | SCL入力サイクル時間 | t_{SCL} | $6(12) \times t_{IICcyc} + 600$ | — | ns | 図 48.56 全ポート、 中駆動の PmnPFS。 DSCRを 使用して ください。 |
| | SCL入力Highレベルパルス幅 | t_{SCLH} | $3(6) \times t_{IICcyc} + 300$ | — | ns | |
| | SCL入力Lowレベルパルス幅 | t_{SCLL} | $3(6) \times t_{IICcyc} + 300$ | — | ns | |
| | SCL、SDA入力立ち上がり時間 | t_{Sr} | — | 300 | ns | |
| | SCL、SDA入力立ち下がり時間 | t_{Sf} | — | 300 | ns | |
| | SCL、SDA入カスパイクパルス除去時間 | t_{SP} | 0 | $1(4) \times t_{IICcyc}$ | ns | |
| | SDA入カバスフリー時間 (ウェイクアップ機能無効時) | t_{BUF} | $3(6) \times t_{IICcyc} + 300$ | — | ns | |
| | SDA入カバスフリー時間 (ウェイクアップ機能有効時) | t_{BUF} | $3(6) \times t_{IICcyc} + 4 \times t_{Pcyc} + 300$ | — | ns | |
| | START条件入力ホールド時間 (ウェイクアップ機能無効時) | t_{STAH} | $t_{IICcyc} + 300$ | — | ns | |
| | START条件入力ホールド時間 (ウェイクアップ機能有効時) | t_{STAH} | $1(5) \times t_{IICcyc} + t_{Pcyc} + 300$ | — | ns | |
| | 再送START条件入力セットアップ時間 | t_{STAS} | 300 | — | ns | |
| | STOP条件入力セットアップ時間 | t_{STOS} | 300 | — | ns | |
| | データ入力セットアップ時間 | t_{SDAS} | $t_{IICcyc} + 50$ | — | ns | |
| | データ入力ホールド時間 | t_{SDAH} | 0 | — | ns | |
| | SCL、SDAの負荷容量 | C_b | — | 400 | pF | |

注 . t_{IICcyc} : IIC 内部基準クロック (IICφ) の周期、 t_{Pcyc} : PCLKB の周期

注 1. ICFER.NFE が 1 でデジタルフィルタが有効な場合、ICMR3.NF[1:0] が 11b であると () 内の値が適用されます。

図 48.56 I²C バスインタフェース入出力タイミング

48.3.11 CLKOUT タイミング

表 48.39 CLKOUT タイミング

| 項目 | | シンボル | Min | Max | 単位 (注1) | 測定条件 | |
|--------------------|-----------------------------|---------------|-----------|------|------------|---------|---------|
| CLKOUT | CLKOUT 端子出力サイクル (注1) | VCC = 2.7V 以上 | t_{Cyc} | 62.5 | — | ns | 図 48.57 |
| | | VCC = 1.8V 以上 | | 125 | — | | |
| | CLKOUT 端子 High レベルパルス幅 (注2) | VCC = 2.7V 以上 | t_{CH} | 15 | — | ns | |
| | | VCC = 1.8V 以上 | | 30 | — | | |
| | CLKOUT 端子 Low レベルパルス幅 (注2) | VCC = 2.7V 以上 | t_{CL} | 15 | — | ns | |
| | | VCC = 1.8V 以上 | | 30 | — | | |
| CLKOUT 端子出力立ち上がり時間 | VCC = 2.7V 以上 | t_{Cr} | — | 12 | ns | | |
| | VCC = 1.8V 以上 | | — | 25 | | | |
| CLKOUT 端子出力立ち下がり時間 | VCC = 2.7V 以上 | t_{Cf} | — | 12 | ns | | |
| | VCC = 1.8V 以上 | | — | 25 | | | |
| CLKOUT_RF (注3) | CLKOUT_RF 端子出力サイクル | t_{CRFyc} | 250 | | ns | 図 48.58 | |
| | CLKOUT_RF 端子 High レベルパルス幅 | t_{CRFH} | 100 | | ns | | |
| | CLKOUT_RF 端子 Low レベルパルス幅 | t_{CRFL} | 100 | | ns | | |
| | CLKOUT_RF 端子出力立ち上がり時間 | t_{CRFr} | | 5 | ns | | |
| | CLKOUT_RF 端子出力立ち下がり時間 | t_{CRFf} | | 5 | ns | | |

- 注 1. EXTERNAL 外部クロック入力または発振器を使用して 1 分周 (CKOCR.CKOSSEL[2:0] ビット = 011b かつ CKOCR.CKODIV[2:0] ビット = 000b) を CLKOUT から出力する場合は、入力デューティサイクル 45 ~ 55% で上記を満たします。
- 注 2. クロック出力ソースに MOCO が選択されている場合 (CKOCR.CKOSSEL[2:0] ビットが 001b)、クロック出力分周比選択を 2 分周 (CKOCR.CKODIV[2:0] ビットを 001b) に設定してください。
- 注 3. CLKOUT_RF 端子使用時の VCC_RF 電圧は 3.0V ~ 3.6V です。

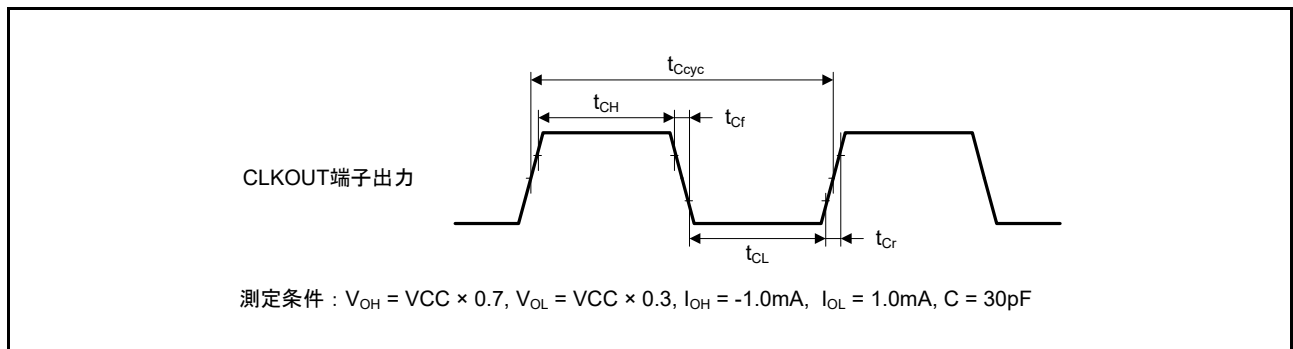


図 48.57 CLKOUT 出力タイミング

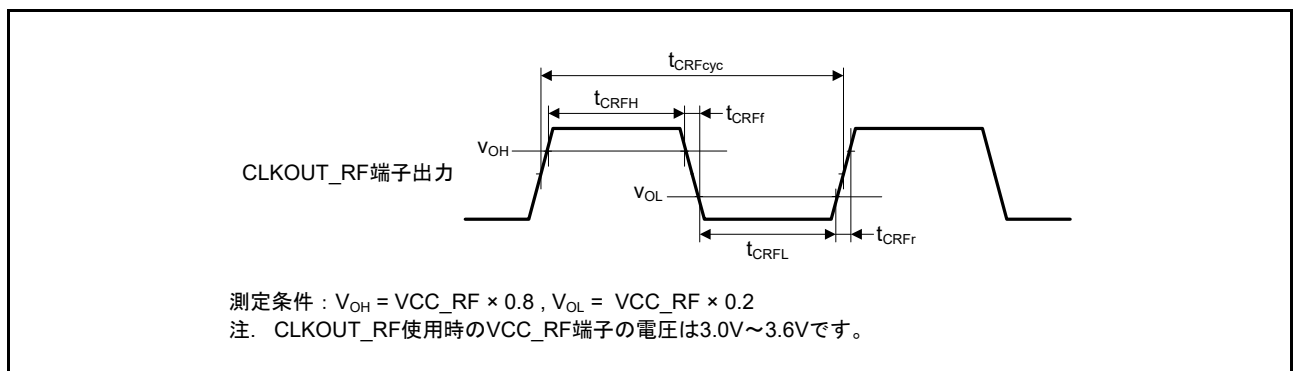


図 48.58 CLKOUT_RF 出力タイミング

48.4 USB 特性

48.4.1 USBFS タイミング

表 48.40 USB 特性

条件 : $VCC = VCC_USB = 3.0 \sim 3.6V$ 、 $T_a = -20 \sim +85^\circ C$ (USBCLKSEL = 1)

| 項目 | シンボル | Min | Max | 単位 | 測定条件 | | |
|-----------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------------------|----|
| 入力特性 | 入力Highレベル電圧 | V_{IH} | 2.0 | — | V | — | |
| | 入力Lowレベル電圧 | V_{IL} | — | 0.8 | V | — | |
| | 差動入力感度 | V_{DI} | 0.2 | — | V | USB_DP - USB_DM | |
| | 差動共通モードレンジ | V_{CM} | 0.8 | 2.5 | V | — | |
| 出力特性 | 出力Highレベル電圧 | V_{OH} | 2.8 | VCC_USB | V | $I_{OH} = -200\mu A$ | |
| | 出力Lowレベル電圧 | V_{OL} | 0.0 | 0.3 | V | $I_{OL} = 2mA$ | |
| | クロスオーバー電圧 | V_{CRS} | 1.3 | 2.0 | V | 図 48.59、 図 48.60、 図 48.61 | |
| | 立ち上がり時間 | FS | t_r | 4 | 20 | | ns |
| | | LS | | 75 | 300 | | |
| | 立ち下がり時間 | FS | t_f | 4 | 20 | | ns |
| | | LS | | 75 | 300 | | |
| | 立ち上がり/立ち下がり時間比 | FS | t_r/t_f | 90 | 111.11 | | % |
| LS | | | 80 | 125 | | | |
| 出力抵抗 | Z_{DRV} | 28 | 44 | Ω | (外部素子の抵抗値調整は不要) | | |
| VBUS特性 | VBUS入力電圧 | V_{IH} | $VCC \times 0.8$ | — | V | — | |
| | | V_{IL} | — | $VCC \times 0.2$ | V | — | |
| プルアップ、プルダウン | プルダウン抵抗 | R_{PD} | 14.25 | 24.80 | k Ω | — | |
| | プルアップ抵抗 | R_{PUI} | 0.9 | 1.575 | k Ω | アイドル状態の間 | |
| | | R_{PUA} | 1.425 | 3.09 | k Ω | 受信時 | |
| バッテリーチャージング規格 Ver 1.2 | D+シンク電流 | I_{DP_SINK} | 25 | 175 | μA | — | |
| | D-シンク電流 | I_{DM_SINK} | 25 | 175 | μA | — | |
| | DCDソース電流 | I_{DP_SRC} | 7 | 13 | μA | — | |
| | データ検出電圧 | V_{DAT_REF} | 0.25 | 0.4 | V | — | |
| | D+ソース電圧 | V_{DP_SRC} | 0.5 | 0.7 | V | 出力電流 = 250 μA | |
| | D-ソース電圧 | V_{DM_SRC} | 0.5 | 0.7 | V | 出力電流 = 250 μA | |

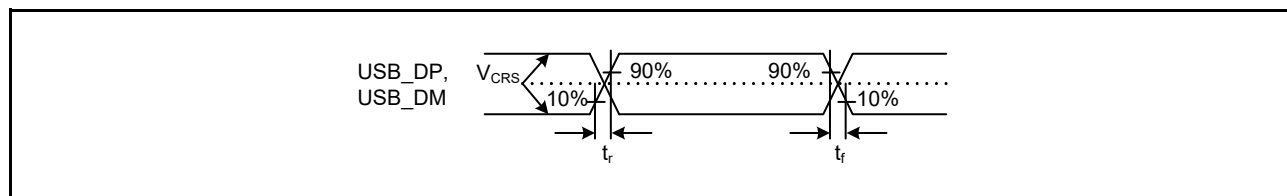


図 48.59 USB_DP および USB_DM 出力タイミング

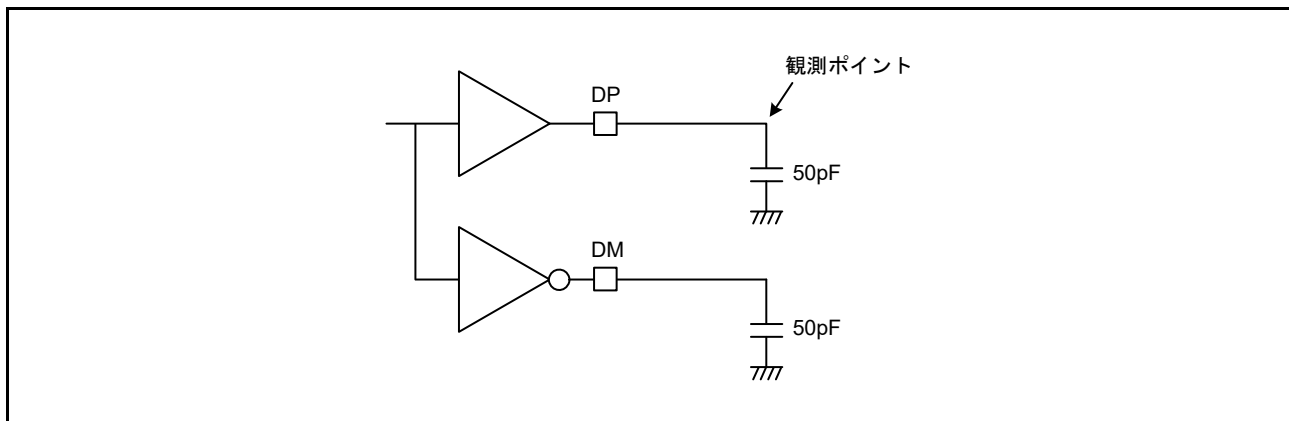


図 48.60 フルスピード (FS) 接続の測定回路

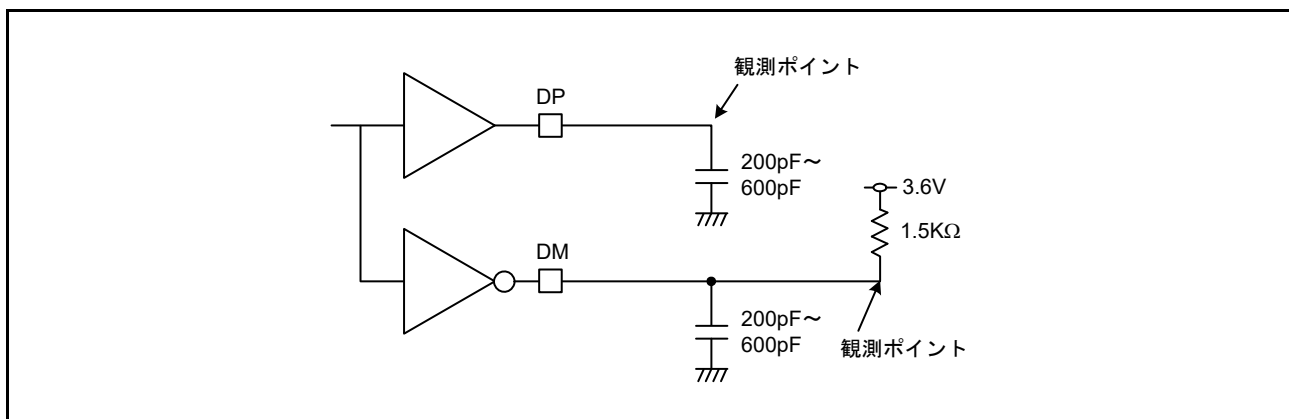


図 48.61 ロースピード (LS) 接続の測定回路

48.5 ADC14 特性

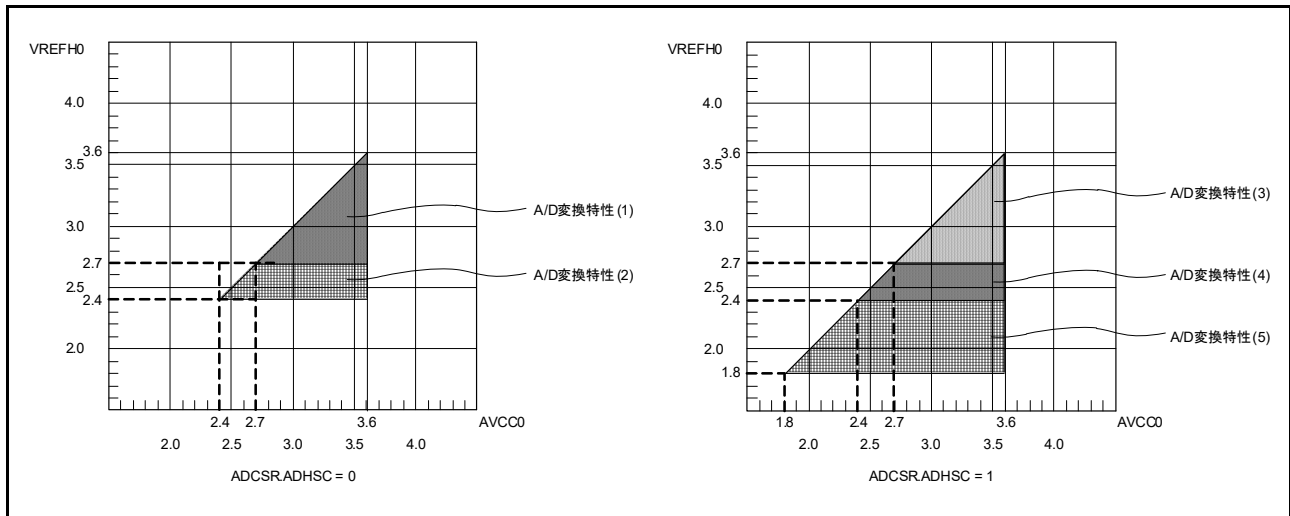


図 48.62 AVCC0 ~ VREFH0 電圧範囲

表 48.41 高速A/D変換モードにおけるA/D変換特性 (1)

条件: VCC = AVCC0 = 2.7 ~ 3.6V、VREFH0 = 2.7V ~ 3.6V

基準電圧範囲をVREFH0およびVREFL0に印加

| 項目 | | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|----------------------------------|-----------------------------|------|--------|----------------|-----|--|
| 周波数 | | 1 | — | 48 | MHz | — |
| アナログ入力容量 (注2) | Cs | — | — | 8 (参考データ) | pF | 高精度チャンネル |
| | | — | — | 9 (参考データ) | pF | 通常精度チャンネル |
| アナログ入力抵抗 | Rs | — | — | 2.5 (参考データ) | kΩ | 高精度チャンネル |
| | | — | — | 6.7 (参考データ) | kΩ | 通常精度チャンネル |
| アナログ入力電圧範囲 | Ain | 0 | — | VREFH0 | V | — |
| 12ビットモード | | | | | | |
| 分解能 | | — | — | 12 | ビット | — |
| 変換時間 (注1) (PCLKC = 48MHzで動作時) | 許容信号源インピーダンス Max = 0.3kΩ | 0.94 | — | — | μs | 高精度チャンネル ADCSR.ADHSC = 0 ADSSTRn.SST[7:0] = 0Dh |
| | | 1.50 | — | — | μs | 通常精度チャンネル ADCSR.ADHSC = 0 ADSSTRn.SST[7:0] = 28h |
| オフセット誤差 | — | — | ± 0.5 | ± 4.5 | LSB | 高精度チャンネル |
| | | | | ± 6.0 | LSB | 上記以外 |
| フルスケール誤差 | — | — | ± 0.75 | ± 4.5 | LSB | 高精度チャンネル |
| | | | | ± 6.0 | LSB | 上記以外 |
| 量子化誤差 | — | — | ± 0.5 | — | LSB | — |
| 絶対精度 | — | — | ± 1.25 | ± 5.0 | LSB | 高精度チャンネル |
| | | | | ± 8.0 | LSB | 上記以外 |
| DNL 微分非直線性誤差 | — | — | ± 1.0 | — | LSB | — |
| INL 積分非直線性誤差 | — | — | ± 1.0 | ± 3.0 | LSB | — |
| 14ビットモード | | | | | | |
| 分解能 | | — | — | 14 | ビット | — |
| 変換時間 (注1) (PCLKC = 48MHzで動作時) | 許容信号源インピーダンス Max = 0.3kΩ | 1.06 | — | — | μs | 高精度チャンネル ADCSR.ADHSC = 0 ADSSTRn.SST[7:0] = 0Dh |
| | | 1.63 | — | — | μs | 通常精度チャンネル ADCSR.ADHSC = 0 ADSSTRn.SST[7:0] = 28h |
| オフセット誤差 | — | — | ± 2.0 | ± 18 | LSB | 高精度チャンネル |
| | | | | ± 24.0 | LSB | 上記以外 |
| フルスケール誤差 | — | — | ± 3.0 | ± 18 | LSB | 高精度チャンネル |
| | | | | ± 24.0 | LSB | 上記以外 |
| 量子化誤差 | — | — | ± 0.5 | — | LSB | — |
| 絶対精度 | — | — | ± 5.0 | ± 20 | LSB | 高精度チャンネル |
| | | | | ± 32.0 | LSB | 上記以外 |
| DNL 微分非直線性誤差 | — | — | ± 4.0 | — | LSB | — |
| INL 積分非直線性誤差 | — | — | ± 4.0 | ± 12.0 | LSB | — |

注: 14ビットA/Dコンバータ入力以外の端子機能が使用されていない場合にこの特性が適用されます。絶対精度には量子化誤差は含まれていません。オフセット誤差、フルスケール誤差、DNL 微分非直線性誤差、INL 積分非直線性誤差に量子化誤差は含まれていません。

注 1. 変換時間はサンプリング時間と比較時間の合計です。測定条件には、サンプリングステート数が示されています。

注 2. I/O入力容量 (Cin) 以外は、48.2.4 I/O V_{OH}、V_{OL}、その他の特性を参照してください。

表 48.42 高速A/D変換モードにおけるA/D変換特性 (2)

条件: VCC = AVCC0 = 2.4 ~ 3.6V、VREFH0 = 2.4V ~ 3.6V

基準電圧範囲をVREFH0およびVREFL0に印加

| 項目 | | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|----------------------------------|-----------------------------|-------|--------|----------------|-----|---|
| 周波数 | | 1 | — | 32 | MHz | — |
| アナログ入力容量 (注2) | Cs | — | — | 8 (参考データ) | pF | 高精度チャネル |
| | | — | — | 9 (参考データ) | pF | 通常精度チャネル |
| アナログ入力抵抗 | Rs | — | — | 2.5 (参考データ) | kΩ | 高精度チャネル |
| | | — | — | 6.7 (参考データ) | kΩ | 通常精度チャネル |
| アナログ入力電圧範囲 | Ain | 0 | — | VREFH0 | V | — |
| 12ビットモード | | | | | | |
| 分解能 | | — | — | 12 | ビット | — |
| 変換時間 (注1) (PCLKC = 32MHzで動作時) | 許容信号源インピーダンス Max = 1.3kΩ | 1.41 | — | — | μs | 高精度チャネル ADCSR.ADHSC = 0 ADSSTRn.SST[7:0] = 0Dh |
| | | 2.25 | — | — | μs | 通常精度チャネル ADCSR.ADHSC = 0 ADSSTRn.SST[7:0] = 28h |
| オフセット誤差 | — | — | ± 0.5 | ± 4.5 | LSB | 高精度チャネル |
| | | — | — | ± 6.0 | LSB | 上記以外 |
| フルスケール誤差 | — | — | ± 0.75 | ± 4.5 | LSB | 高精度チャネル |
| | | — | — | ± 6.0 | LSB | 上記以外 |
| 量子化誤差 | — | ± 0.5 | — | — | LSB | — |
| 絶対精度 | — | — | ± 1.25 | ± 5.0 | LSB | 高精度チャネル |
| | | — | — | ± 8.0 | LSB | 上記以外 |
| DNL 微分非直線性誤差 | — | ± 1.0 | — | — | LSB | — |
| INL 積分非直線性誤差 | — | ± 1.0 | — | ± 3.0 | LSB | — |
| 14ビットモード | | | | | | |
| 分解能 | | — | — | 14 | ビット | — |
| 変換時間 (注1) (PCLKC = 32MHzで動作時) | 許容信号源インピーダンス Max = 1.3kΩ | 1.59 | — | — | μs | 高精度チャネル ADCSR.ADHSC = 0 ADSSTRn.SST[7:0] = 0Dh |
| | | 2.44 | — | — | μs | 通常精度チャネル ADCSR.ADHSC = 0 ADSSTRn.SST[7:0] = 28h |
| オフセット誤差 | — | — | ± 2.0 | ± 18 | LSB | 高精度チャネル |
| | | — | — | ± 24.0 | LSB | 上記以外 |
| フルスケール誤差 | — | — | ± 3.0 | ± 18 | LSB | 高精度チャネル |
| | | — | — | ± 24.0 | LSB | 上記以外 |
| 量子化誤差 | — | ± 0.5 | — | — | LSB | — |
| 絶対精度 | — | — | ± 5.0 | ± 20 | LSB | 高精度チャネル |
| | | — | — | ± 32.0 | LSB | 上記以外 |
| DNL 微分非直線性誤差 | — | ± 4.0 | — | — | LSB | — |
| INL 積分非直線性誤差 | — | ± 4.0 | — | ± 12.0 | LSB | — |

注: 14ビットA/Dコンバータ入力以外の端子機能が使用されていない場合にこの特性が適用されます。絶対精度には量子化誤差は含まれていません。オフセット誤差、フルスケール誤差、DNL 微分非直線性誤差、INL 積分非直線性誤差に量子化誤差は含まれていません。

注 1. 変換時間はサンプリング時間と比較時間の合計です。測定条件には、サンプリングステート数が示されています。

注 2. I/O入力容量 (Cin) 以外は、48.2.4 I/O V_{OH}、V_{OL}、その他の特性を参照してください。

表 48.43 低消費電力 A/D 変換モードにおける A/D 変換特性 (3)

条件: VCC = AVCC0 = 2.7 ~ 3.6V、VREFH0 = 2.7V ~ 3.6V

基準電圧範囲を VREFH0 および VREFL0 に印加

| 項目 | | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|---------------------------------------|-----------------------------|-------|--------|----------------|-----|--|
| 周波数 | | 1 | — | 24 | MHz | — |
| アナログ入力容量 (注2) | Cs | — | — | 8 (参考データ) | pF | 高精度チャンネル |
| | | — | — | 9 (参考データ) | pF | 通常精度チャンネル |
| アナログ入力抵抗 | Rs | — | — | 2.5 (参考データ) | kΩ | 高精度チャンネル |
| | | — | — | 6.7 (参考データ) | kΩ | 通常精度チャンネル |
| アナログ入力電圧範囲 | Ain | 0 | — | VREFH0 | V | — |
| 12ビットモード | | | | | | |
| 分解能 | | — | — | 12 | ビット | — |
| 変換時間 (注1) (PCLKC = 24MHz で 動作時) | 許容信号源インピーダンス Max = 1.1kΩ | 2.25 | — | — | μs | 高精度チャンネル ADCSR.ADHSC = 1 ADSSTRn.SST[7:0] = 0Dh |
| | | 3.38 | — | — | μs | 通常精度チャンネル ADCSR.ADHSC = 1 ADSSTRn.SST[7:0] = 28h |
| オフセット誤差 | — | — | ± 0.5 | ± 4.5 | LSB | 高精度チャンネル |
| | | — | — | ± 6.0 | LSB | 上記以外 |
| フルスケール誤差 | — | — | ± 0.75 | ± 4.5 | LSB | 高精度チャンネル |
| | | — | — | ± 6.0 | LSB | 上記以外 |
| 量子化誤差 | — | ± 0.5 | — | — | LSB | — |
| 絶対精度 | — | — | ± 1.25 | ± 5.0 | LSB | 高精度チャンネル |
| | | — | — | ± 8.0 | LSB | 上記以外 |
| DNL 微分非直線性誤差 | — | ± 1.0 | — | — | LSB | — |
| INL 積分非直線性誤差 | — | ± 1.0 | ± 3.0 | — | LSB | — |
| 14ビットモード | | | | | | |
| 分解能 | | — | — | 14 | ビット | — |
| 変換時間 (注1) (PCLKC = 24MHz で 動作時) | 許容信号源インピーダンス Max = 1.1kΩ | 2.50 | — | — | μs | 高精度チャンネル ADCSR.ADHSC = 1 ADSSTRn.SST[7:0] = 0Dh |
| | | 3.63 | — | — | μs | 通常精度チャンネル ADCSR.ADHSC = 1 ADSSTRn.SST[7:0] = 28h |
| オフセット誤差 | — | — | ± 2.0 | ± 18 | LSB | 高精度チャンネル |
| | | — | — | ± 24.0 | LSB | 上記以外 |
| フルスケール誤差 | — | — | ± 3.0 | ± 18 | LSB | 高精度チャンネル |
| | | — | — | ± 24.0 | LSB | 上記以外 |
| 量子化誤差 | — | ± 0.5 | — | — | LSB | — |
| 絶対精度 | — | — | ± 5.0 | ± 20 | LSB | 高精度チャンネル |
| | | — | — | ± 32.0 | LSB | 上記以外 |
| DNL 微分非直線性誤差 | — | ± 4.0 | — | — | LSB | — |
| INL 積分非直線性誤差 | — | ± 4.0 | ± 12.0 | — | LSB | — |

注: 14ビット A/D コンバータ入力以外の端子機能が使用されていない場合にこの特性が適用されます。絶対精度には量子化誤差は含まれていません。オフセット誤差、フルスケール誤差、DNL 微分非直線性誤差、INL 積分非直線性誤差に量子化誤差は含まれていません。

注 1. 変換時間はサンプリング時間と比較時間の合計です。測定条件には、サンプリングステート数が示されています。

注 2. I/O 入力容量 (Cin) 以外は、48.2.4 I/O V_{OH}、V_{OL}、その他の特性を参照してください。

表 48.44 低消費電力 A/D 変換モードにおける A/D 変換特性 (4)

条件: VCC = AVCC0 = 2.4 ~ 3.6V、VREFH0 = 2.4V ~ 3.6V

基準電圧範囲を VREFH0 および VREFL0 に印加

| 項目 | | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|---------------------------------------|-----------------------------|------|--------|----------------|-----|---|
| 周波数 | | 1 | — | 16 | MHz | — |
| アナログ入力容量 (注2) | Cs | — | — | 8 (参考データ) | pF | 高精度チャネル |
| | | — | — | 9 (参考データ) | pF | 通常精度チャネル |
| アナログ入力抵抗 | Rs | — | — | 2.5 (参考データ) | kΩ | 高精度チャネル |
| | | — | — | 6.7 (参考データ) | kΩ | 通常精度チャネル |
| アナログ入力電圧範囲 | Ain | 0 | — | VREFH0 | V | — |
| 12ビットモード | | | | | | |
| 分解能 | | — | — | 12 | ビット | — |
| 変換時間 (注1) (PCLKC = 16MHz で 動作時) | 許容信号源インピーダンス Max = 2.2kΩ | 3.38 | — | — | μs | 高精度チャネル ADCSR.ADHSC = 1 ADSSTRn.SST[7:0] = 0Dh |
| | | 5.06 | — | — | μs | 通常精度チャネル ADCSR.ADHSC = 1 ADSSTRn.SST[7:0] = 28h |
| オフセット誤差 | — | — | ± 0.5 | ± 4.5 | LSB | 高精度チャネル |
| | | | | ± 6.0 | LSB | 上記以外 |
| フルスケール誤差 | — | — | ± 0.75 | ± 4.5 | LSB | 高精度チャネル |
| | | | | ± 6.0 | LSB | 上記以外 |
| 量子化誤差 | — | — | ± 0.5 | — | LSB | — |
| 絶対精度 | — | — | ± 1.25 | ± 5.0 | LSB | 高精度チャネル |
| | | | | ± 8.0 | LSB | 上記以外 |
| DNL 微分非直線性誤差 | — | — | ± 1.0 | — | LSB | — |
| INL 積分非直線性誤差 | — | — | ± 1.0 | ± 3.0 | LSB | — |
| 14ビットモード | | | | | | |
| 分解能 | | — | — | 14 | ビット | — |
| 変換時間 (注1) (PCLKC = 16MHz で 動作時) | 許容信号源インピーダンス Max = 2.2kΩ | 3.75 | — | — | μs | 高精度チャネル ADCSR.ADHSC = 1 ADSSTRn.SST[7:0] = 0Dh |
| | | 5.44 | — | — | μs | 通常精度チャネル ADCSR.ADHSC = 1 ADSSTRn.SST[7:0] = 28h |
| オフセット誤差 | — | — | ± 2.0 | ± 18 | LSB | 高精度チャネル |
| | | | | ± 24.0 | LSB | 上記以外 |
| フルスケール誤差 | — | — | ± 3.0 | ± 18 | LSB | 高精度チャネル |
| | | | | ± 24.0 | LSB | 上記以外 |
| 量子化誤差 | — | — | ± 0.5 | — | LSB | — |
| 絶対精度 | — | — | ± 5.0 | ± 20 | LSB | 高精度チャネル |
| | | | | ± 32.0 | LSB | 上記以外 |
| DNL 微分非直線性誤差 | — | — | ± 4.0 | — | LSB | — |
| INL 積分非直線性誤差 | — | — | ± 4.0 | ± 12.0 | LSB | — |

注: 14ビット A/D コンバータ入力以外の端子機能が使用されていない場合にこの特性が適用されます。絶対精度には量子化誤差は含まれていません。オフセット誤差、フルスケール誤差、DNL 微分非直線性誤差、INL 積分非直線性誤差に量子化誤差は含まれていません。

注 1. 変換時間はサンプリング時間と比較時間の合計です。測定条件には、サンプリングステート数が示されています。

注 2. I/O 入力容量 (Cin) 以外は、48.2.4 I/O V_{OH}、V_{OL}、その他の特性を参照してください。

表 48.45 低消費電力 A/D 変換モードにおける A/D 変換特性 (5)

条件: VCC = AVCC0 = 1.8 ~ 3.6V (VCC < 2.0V のとき AVCC0 = VCC)、VREFH0 = 1.8 ~ 3.6V
 基準電圧範囲を VREFH0 および VREFL0 に印加

| 項目 | | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|-------------------------------------|---------------------------|-------|--------|----------------|-----|--|
| 周波数 | | 1 | — | 8 | MHz | — |
| アナログ入力容量 (注2) | Cs | — | — | 8 (参考データ) | pF | 高精度チャンネル |
| | | — | — | 9 (参考データ) | pF | 通常精度チャンネル |
| アナログ入力抵抗 | Rs | — | — | 3.8 (参考データ) | kΩ | 高精度チャンネル |
| | | — | — | 8.2 (参考データ) | kΩ | 通常精度チャンネル |
| アナログ入力電圧範囲 | Ain | 0 | — | VREFH0 | V | — |
| 12ビットモード | | | | | | |
| 分解能 | | — | — | 12 | ビット | — |
| 変換時間 (注1) (PCLKC = 8MHzで 動作時) | 許容信号源インピーダンス Max = 5kΩ | 6.75 | — | — | μs | 高精度チャンネル ADCSR.ADHSC = 1 ADSSTRn.SST[7:0] = 0Dh |
| | | 10.13 | — | — | μs | 通常精度チャンネル ADCSR.ADHSC = 1 ADSSTRn.SST[7:0] = 28h |
| オフセット誤差 | — | — | ± 1.0 | ± 7.5 | LSB | 高精度チャンネル |
| | | — | — | ± 10.0 | LSB | 上記以外 |
| フルスケール誤差 | — | — | ± 1.5 | ± 7.5 | LSB | 高精度チャンネル |
| | | — | — | ± 10.0 | LSB | 上記以外 |
| 量子化誤差 | — | ± 0.5 | — | — | LSB | — |
| 絶対精度 | — | — | ± 3.0 | ± 8.0 | LSB | 高精度チャンネル |
| | | — | — | ± 12.0 | LSB | 上記以外 |
| DNL 微分非直線性誤差 | — | ± 1.0 | — | — | LSB | — |
| INL 積分非直線性誤差 | — | ± 1.0 | ± 3.0 | — | LSB | — |
| 14ビットモード | | | | | | |
| 分解能 | | — | — | 14 | ビット | — |
| 変換時間 (注1) (PCLKC = 8MHzで 動作時) | 許容信号源インピーダンス Max = 5kΩ | 7.50 | — | — | μs | 高精度チャンネル ADCSR.ADHSC = 1 ADSSTRn.SST[7:0] = 0Dh |
| | | 10.88 | — | — | μs | 通常精度チャンネル ADCSR.ADHSC = 1 ADSSTRn.SST[7:0] = 28h |
| オフセット誤差 | — | — | ± 4.0 | ± 30.0 | LSB | 高精度チャンネル |
| | | — | — | ± 40.0 | LSB | 上記以外 |
| フルスケール誤差 | — | — | ± 6.0 | ± 30.0 | LSB | 高精度チャンネル |
| | | — | — | ± 40.0 | LSB | 上記以外 |
| 量子化誤差 | — | ± 0.5 | — | — | LSB | — |
| 絶対精度 | — | — | ± 12.0 | ± 32.0 | LSB | 高精度チャンネル |
| | | — | — | ± 48.0 | LSB | 上記以外 |
| DNL 微分非直線性誤差 | — | ± 4.0 | — | — | LSB | — |
| INL 積分非直線性誤差 | — | ± 4.0 | ± 12.0 | — | LSB | — |

注: 14ビット A/D コンバータ入力以外の端子機能が使用されていない場合にこの特性が適用されます。絶対精度には量子化誤差は含まれていません。オフセット誤差、フルスケール誤差、DNL 微分非直線性誤差、INL 積分非直線性誤差に量子化誤差は含まれていません。

注 1. 変換時間はサンプリング時間と比較時間の合計です。測定条件には、サンプリングステート数が示されています。

注 2. I/O 入力容量 (Cin) 以外は、48.2.4 I/O V_{OH}、V_{OL}、その他の特性を参照してください。

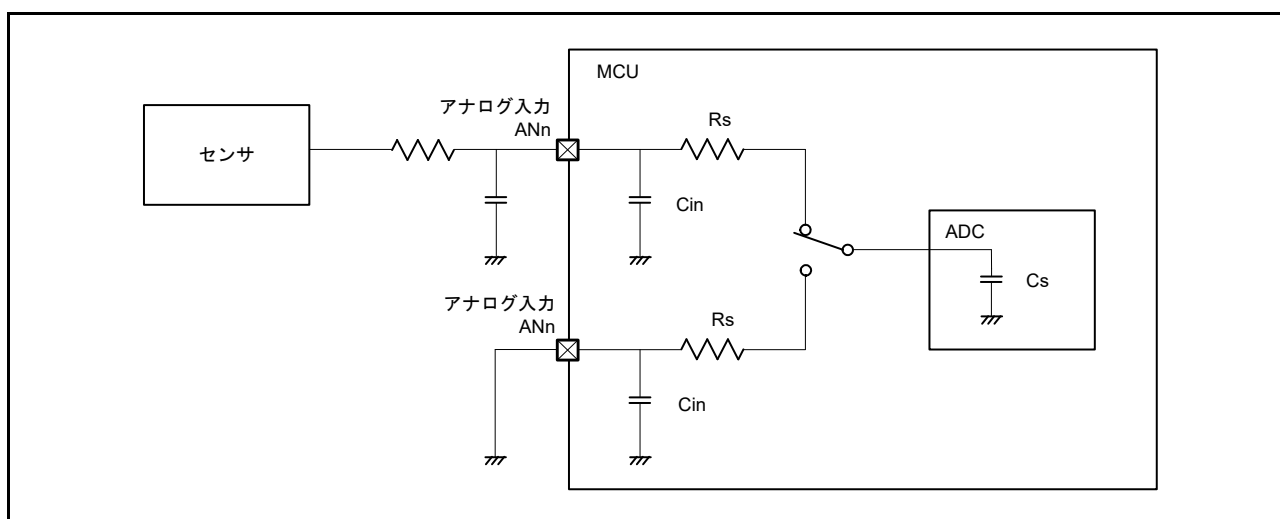


図 48.63 アナログ入力の等価回路

表 48.46 14ビットA/Dコンバータチャネル分類

| 分類 | チャネル | 条件 | 注意点 |
|--------------|---------------------------|------------------|---|
| 高精度チャネル | AN004～AN006, AN009, AN010 | AVCC0 = 1.8～3.6V | A/Dコンバータ使用時AN004～AN006, AN009, AN010端子は、汎用入出力端子、IRQ3入力端子、TS送信端子としては使用できません。 |
| 通常精度チャネル | AN017, AN019, AN020 | | |
| 内部基準電圧入力チャネル | 内部基準電圧 | AVCC0 = 2.0～3.6V | — |
| 温度センサ入力チャネル | 温度センサ出力 | AVCC0 = 2.0～3.6V | — |

表 48.47 A/D内部基準電圧特性

条件：VCC = AVCC0 = VREFH0 = 2.0～3.6V (注1)

| 項目 | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|-------------------|------|------|------|-----|------|
| 内部基準電圧入力チャネル (注2) | 1.36 | 1.43 | 1.50 | V | — |
| 周波数 (注3) | 1 | — | 2 | MHz | — |
| サンプリング時間 (注4) | 5.0 | — | — | μs | — |

注1. AVCC0 < 2.0Vのとき、入力チャネルに内部基準電圧は選択できません。

注2. 14ビットA/D内部基準電圧は、内部基準電圧が14ビットA/Dコンバータに入力されたときの電圧を示します。

注3. 内部基準電圧が高電位基準電圧として使用される場合のADC14用パラメータです。

注4. 内部基準電圧がADC14のアナログ入力チャネルに選択された場合のADC14用パラメータです。

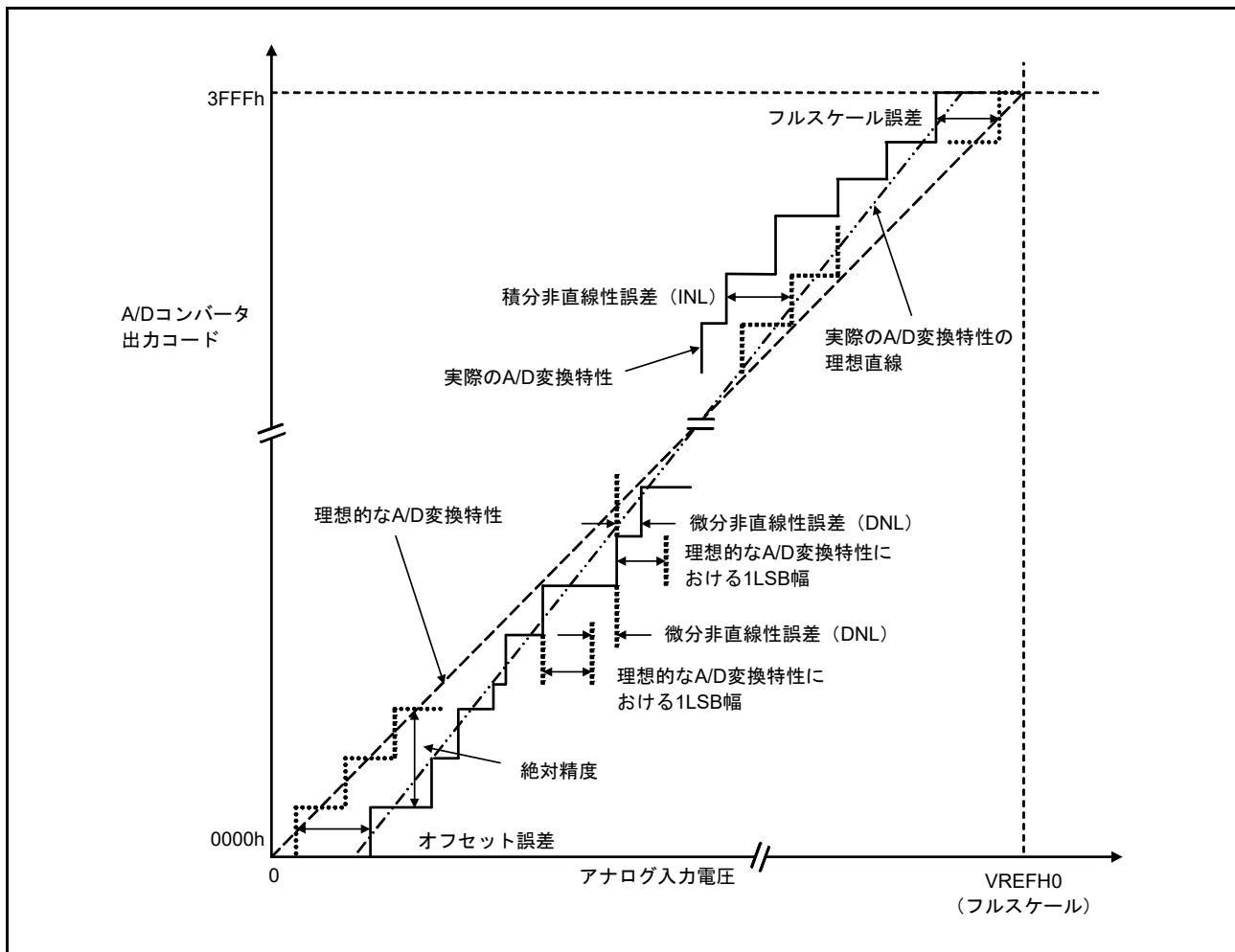


図 48.64 14 ビット A/D コンバータ 特有用語の解説図

絶対精度

絶対精度とは、理論的 A/D 変換特性に基づく出力コードと、実際の A/D 変換結果との差です。絶対精度を測定する場合、理論的 A/D 変換特性において同じ出力コードが期待できるアナログ入力電圧の幅（1LSB 幅）の中点の電圧を、アナログ入力電圧として使用します。たとえば、分解能が 12 ビットで、基準電圧 $V_{REFH0} = 3.072V$ の場合、1LSB 幅は $0.75mV$ になり、アナログ入力電圧には $0mV$ 、 $0.75mV$ 、 $1.5mV$ が使用されます。 ± 5 LSB の絶対精度とは、アナログ入力電圧が $6mV$ の場合、理論的 A/D 変換特性から期待される出力コードが $008h$ であっても、実際の A/D 変換結果は $003h \sim 00Dh$ の範囲になることを意味します。

積分非直線性誤差 (INL)

積分非直線性誤差とは、測定されたオフセット誤差とフルスケール誤差をゼロとした場合の理想的な直線と、実際の出力コードとの最大偏差です。

微分非直線性誤差 (DNL)

微分非直線性誤差とは、理想的 A/D 変換特性に基づく 1LSB 幅と、実際の出力コード幅との差です。

オフセット誤差

オフセット誤差とは、理想的な最初の出力コードの変化点と、実際の最初の出力コードとの差です。

フルスケール誤差

フルスケール誤差とは、理想的な最後の出力コードの変化点と、実際の最後の出力コードとの差です。

48.6 DAC12 特性

表 48.48 D/A 変換特性 (1)

条件 : VCC = AVCC0 = 1.8 ~ 3.6V

基準電圧 = AVCC0 または AVSS0 選択時

| 項目 | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|--------------|------|-------|--------------|-----|------|
| 分解能 | — | — | 12 | ビット | — |
| 負荷抵抗 | 30 | — | — | kΩ | — |
| 負荷容量 | — | — | 50 | pF | — |
| 出力電圧範囲 | 0.35 | — | AVCC0 - 0.47 | V | — |
| DNL 微分非直線性誤差 | — | ± 0.5 | ± 2.0 | LSB | — |
| INL 積分非直線性誤差 | — | ± 2.0 | ± 8.0 | LSB | — |
| オフセット誤差 | — | — | ± 30 | mV | — |
| フルスケール誤差 | — | — | ± 30 | mV | — |
| 出カインピーダンス | — | 5 | — | Ω | — |
| 変換時間 | — | — | 30 | μs | — |

表 48.49 D/A 変換特性 (2)

条件 : VCC = AVCC0 = 1.8 ~ 3.6V

基準電圧 = 内部基準電圧選択時

| 項目 | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|---------------|------|-------|--------|-----|------|
| 分解能 | — | — | 12 | ビット | — |
| 内部基準電圧 (Vbgr) | 1.36 | 1.43 | 1.50 | V | — |
| 負荷抵抗 | 30 | — | — | kΩ | — |
| 負荷容量 | — | — | 50 | pF | — |
| 出力電圧範囲 | 0.35 | — | Vbgr | V | — |
| DNL 微分非直線性誤差 | — | ± 2.0 | ± 16.0 | LSB | — |
| INL 積分非直線性誤差 | — | ± 8.0 | ± 16.0 | LSB | — |
| オフセット誤差 | — | — | ± 30 | mV | — |
| 出カインピーダンス | — | 5 | — | Ω | — |
| 変換時間 | — | — | 30 | μs | — |

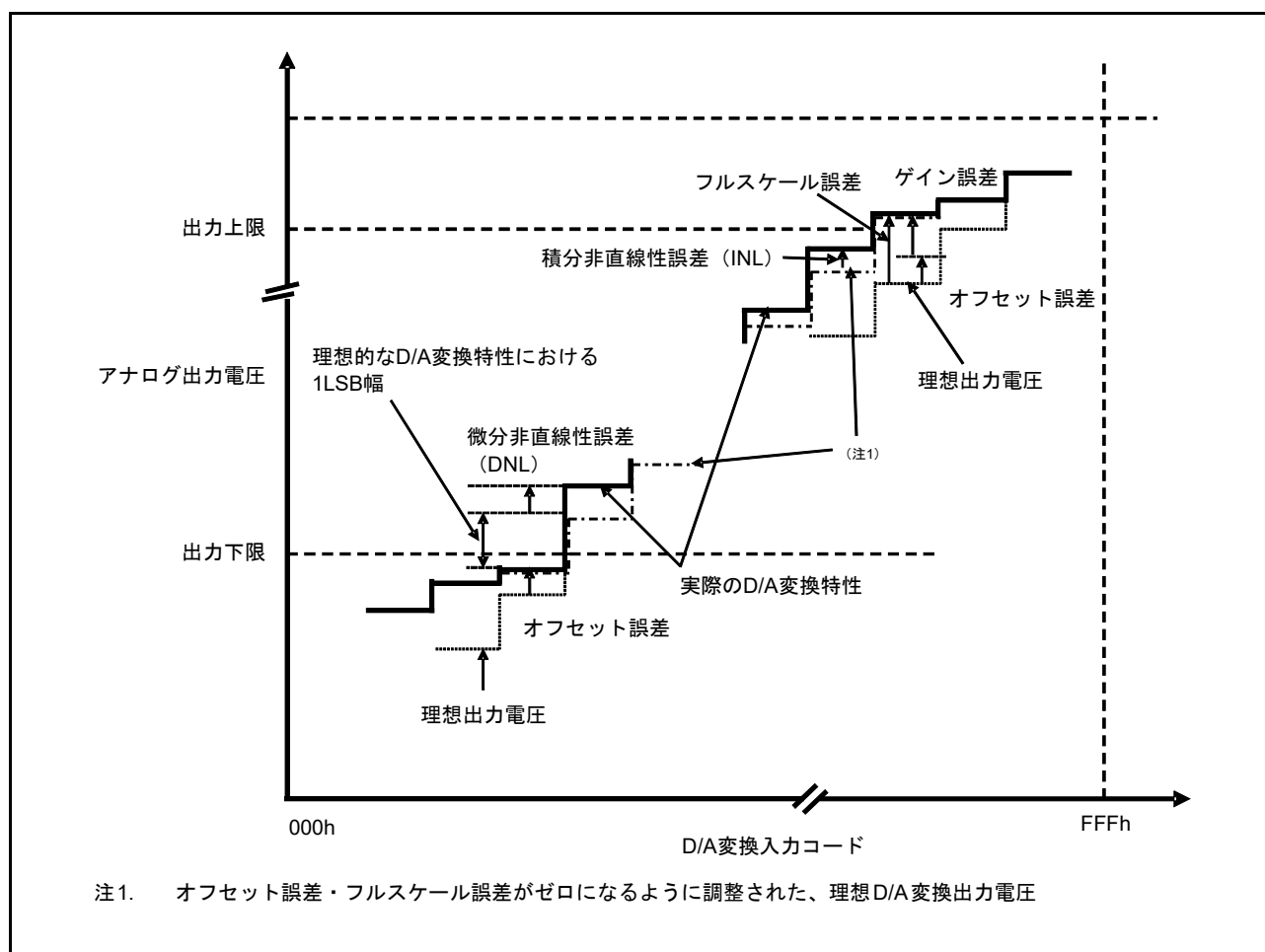


図 48.65 D/A コンバータ特性用語の解説図

積分非直線性誤差 (INL)

積分非直線性誤差とは、測定されたオフセット誤差とフルスケール誤差をゼロとした場合の理想的な変換特性に基づく理想的な出力電圧と、実際の出力電圧との最大偏差です。

微分非直線性誤差 (DNL)

微分非直線性誤差とは、理想的 D/A 変換特性に基づく 1LSB の電圧幅と、実際の出力電圧幅との差です。

オフセット誤差

オフセット誤差とは、出力下限を下回る一番高い実際の出力電圧と、その入力コードに基づく理想的な出力電圧との差です。

フルスケール誤差

フルスケール誤差とは、出力上限を上回る一番低い実際の出力電圧と、その入力コードに基づく理想的な出力電圧との差です。

48.7 TSN 特性

表 48.50 TSN 特性

条件 : VCC = AVCC0 = 2.0 ~ 3.6V

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|-------------|--------------------|-----|-------|-----|-------|------------|
| 相対精度 | — | — | ± 1.5 | — | °C | 2.4V 以上 |
| | — | — | ± 2.0 | — | °C | 2.4V 未満 |
| 温度傾斜 | — | — | -3.65 | — | mV/°C | — |
| 出力電圧 (25°C) | — | — | 1.05 | — | V | VCC = 3.3V |
| 温度センサ起動時間 | t _{START} | — | — | 5 | μs | — |
| サンプリング時間 | — | 5 | — | — | μs | — |

48.8 OSC 停止検出特性

表 48.51 発振停止検出回路特性

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|------|-----------------|-----|-----|-----|----|---------|
| 検出時間 | t _{dr} | — | — | 1 | ms | 図 48.66 |

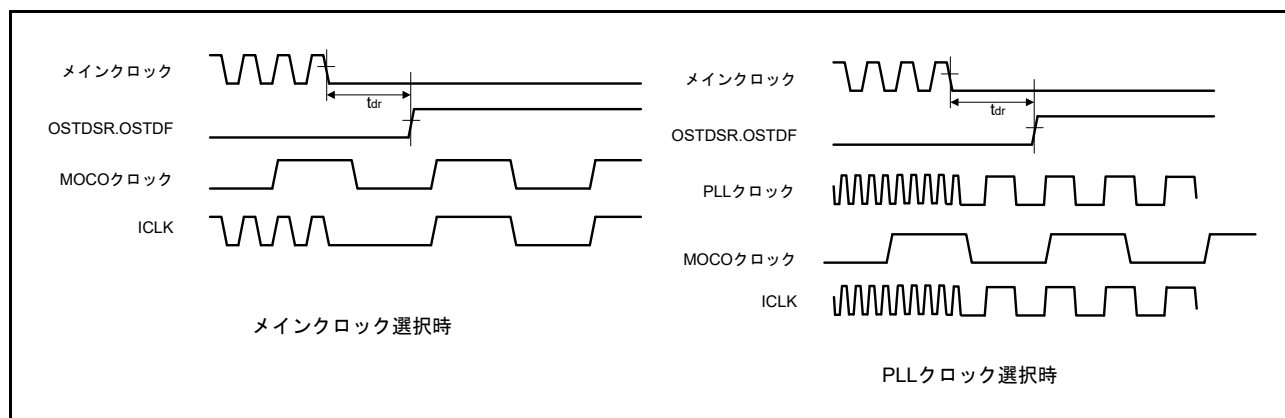


図 48.66 発振停止検出タイミング

48.9 POR/LVD 特性

表 48.52 パワーオンリセット回路、電圧検出回路の特性 (1)

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 | |
|---------------|--------------------|---------------|------|------|------|------|--|
| 電圧検出レベル (注1) | パワーオンリセット (POR) | V_{POR} | 1.27 | 1.42 | 1.57 | V | 図 48.67 、 図 48.68 |
| | 電圧検出回路 (LVD0) (注2) | V_{det0_1} | 2.68 | 2.85 | 2.96 | V | 図 48.69 VCC立ち下がり エッジ時 |
| | | V_{det0_2} | 2.38 | 2.53 | 2.64 | | |
| | | V_{det0_3} | 1.78 | 1.90 | 2.02 | | |
| | 電圧検出回路 (LVD1) (注3) | V_{det1_4} | 2.98 | 3.10 | 3.22 | V | 図 48.70 VCC立ち下がり エッジ時 |
| | | V_{det1_5} | 2.89 | 3.00 | 3.11 | | |
| | | V_{det1_6} | 2.79 | 2.90 | 3.01 | | |
| | | V_{det1_7} | 2.68 | 2.79 | 2.90 | | |
| | | V_{det1_8} | 2.58 | 2.68 | 2.78 | | |
| | | V_{det1_9} | 2.48 | 2.58 | 2.68 | | |
| | | V_{det1_A} | 2.38 | 2.48 | 2.58 | | |
| | | V_{det1_B} | 2.10 | 2.20 | 2.30 | | |
| | | V_{det1_C} | 1.84 | 1.96 | 2.05 | | |
| | | V_{det1_D} | 1.74 | 1.86 | 1.95 | | |
| V_{det1_E} | | 1.63 | 1.75 | 1.84 | | | |
| V_{det1_F} | 1.60 | 1.65 | 1.73 | | | | |

注 1. これらの特性は、ノイズが電源に重畳されていない場合に適用されます。

注 2. $V_{det0_#}$ の # は OFS1.VDSEL1[2:0] ビットの値を示しています。

注 3. $V_{det1_#}$ の # は LVDLVL.R.LVD1LVL[4:0] ビットの値を示しています。

表 48.53 パワーオンリセット回路、電圧検出回路の特性 (2)

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 | |
|------------------------|----------------|--------------|-----|-----|----|---------|------------------------------------|
| パワーオンリセット解除後の待機時間 | LVD0 : 有効 | t_{POR} | — | 1.7 | — | ms | — |
| | LVD0 : 無効 | t_{POR} | — | 1.3 | — | ms | — |
| 電圧監視0、1リセット解除後の待機時間 | LVD0 : 有効 (注1) | $t_{LVD0,1}$ | — | 0.6 | — | ms | — |
| | LVD0 : 無効 (注2) | t_{LVD1} | — | 0.2 | — | ms | — |
| 応答遅延時間 (注3) | t_{det} | — | — | 350 | — | μ s | 図 48.67、 図 48.68 |
| 最小VCC低下時間 | t_{VOFF} | 450 | — | — | — | μ s | 図 48.67、 VCC = 1.0V以上 |
| パワーオンリセット有効時間 | t_W (POR) | 1 | — | — | — | ms | 図 48.68、 VCC = 1.0V未満 |
| LVD動作安定時間 (LVD有効切り替え後) | t_d (E-A) | — | — | 300 | — | μ s | 図 48.70 |
| ヒステリシス幅 (POR) | V_{PORH} | — | 110 | — | — | mV | — |
| ヒステリシス幅 (LVD0, LVD1) | V_{LVH} | — | 60 | — | — | mV | LVD0選択時 |
| | | — | 60 | — | | | $V_{det1_4} \sim V_{det1_9}$ 選択時 |
| | | — | 50 | — | | | $V_{det1_A} \sim V_{det1_B}$ 選択時 |
| | | — | 40 | — | | | $V_{det1_C} \sim V_{det1_F}$ 選択時 |

- 注 1. OFS1.LVDAS = 0 のとき
- 注 2. OFS1.LVDAS = 1 のとき
- 注 3. 最小 VCC 低下時間は、VCC が POR/LVD の電圧検出レベル V_{POR} 、 V_{det0} 、 V_{det1} の min 値を下回っている時間です。

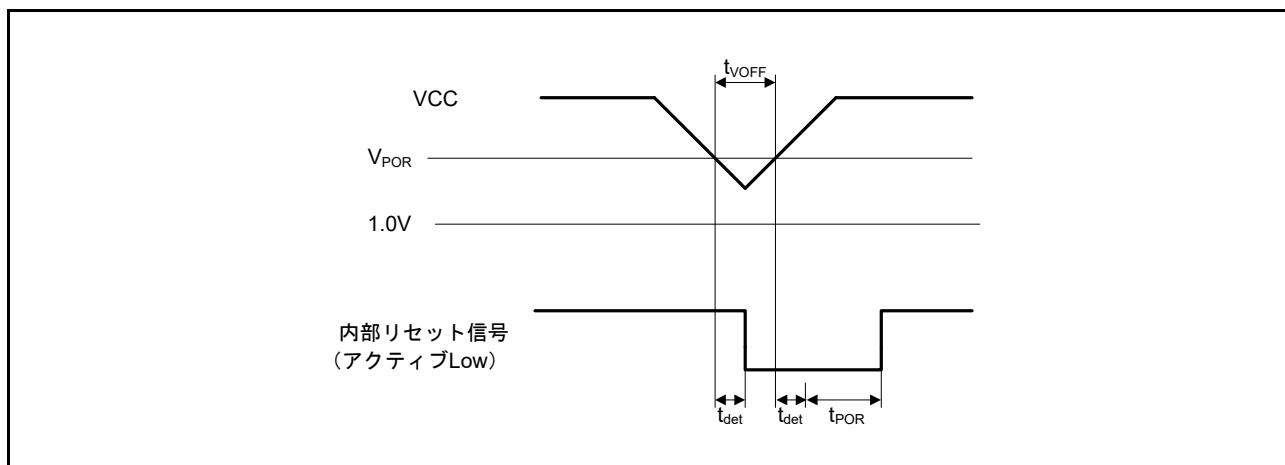


図 48.67 電圧検出リセットタイミング

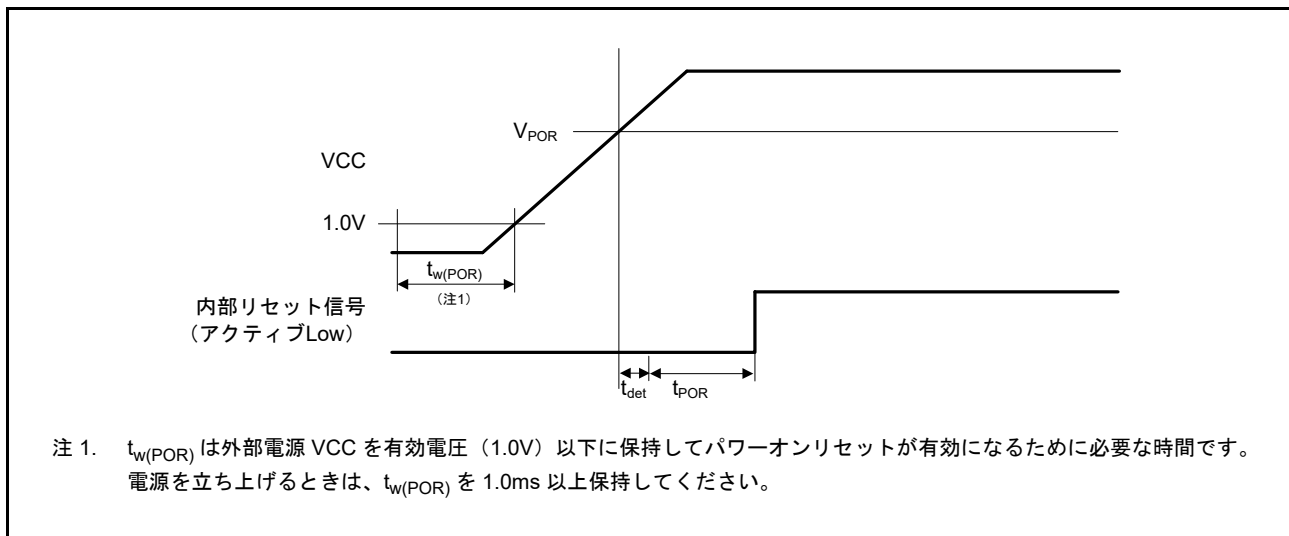
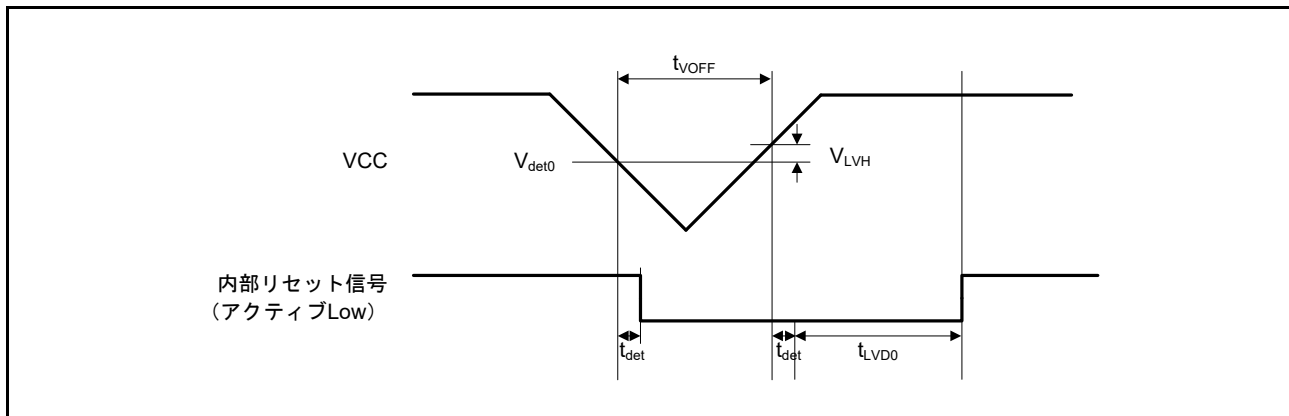


図 48.68 パワーオンリセットタイミング

図 48.69 電圧検出回路タイミング (V_{det0})

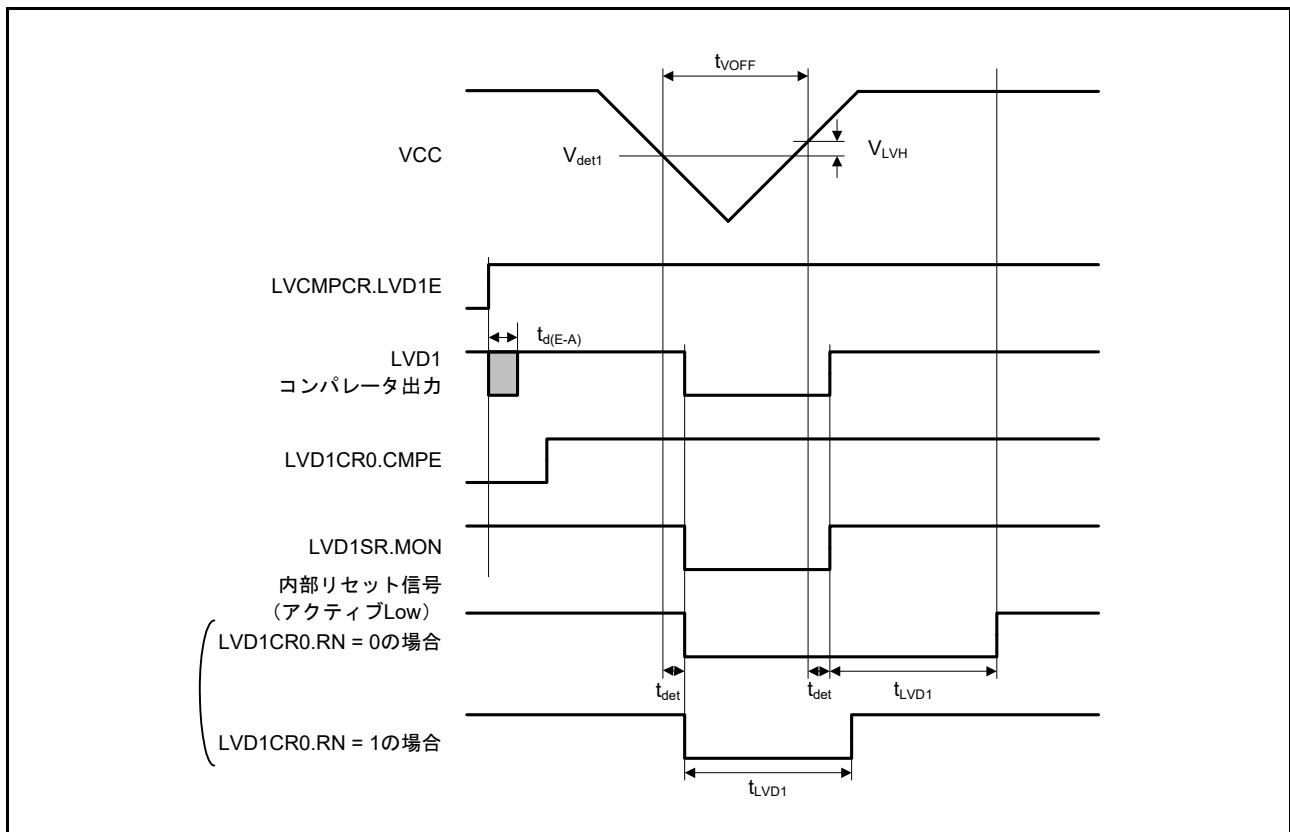


図 48.70 電圧検出回路タイミング (V_{det1})

48.10 VBATT 特性

表 48.54 バッテリバックアップ機能特性

条件 : VCC = AVCC0 = 1.8V ~ 3.6V、VBATT = 1.6 ~ 3.6V

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 | |
|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------|------|------|---------------|---------------------|---------|
| バッテリバックアップ切り替え電圧レベル (立ち下がり) | $V_{\text{DET BATT}}$ | 1.99 | 2.09 | 2.19 | V | 図 48.71、 図 48.72 | |
| バッテリバックアップへの切り替えヒステリシス幅 | V_{VBATH} | — | 100 | — | mV | | |
| 電源切り替えVCCオフ期間 | $t_{\text{V OFF BATT}}$ | 300 | — | — | μs | — | |
| 電圧検出レベル VBATTパワーオンリセット (VBATT_POR) | $V_{\text{VBAT POR}}$ | 1.30 | 1.40 | 1.50 | V | 図 48.71、 図 48.72 | |
| VBATT_PORリセット時間解除後の待機時間 | $t_{\text{VBAT POR}}$ | — | — | 3 | ms | | |
| VBATT端子の電圧降下検出レベル (立ち下がり) | VBTLVDLVL[1:0] = 10b | $V_{\text{DET B AT LVD}}$ | 2.11 | 2.2 | 2.29 | V | 図 48.73 |
| | VBTLVDLVL[1:0] = 11b | | 1.92 | 2 | 2.08 | V | |
| VBATT端子LVDのヒステリシス幅 | $V_{\text{VBAT LVD TH}}$ | — | 50 | — | mV | 図 48.73 | |
| VBATT端子LVD動作安定時間 | $t_{\text{d_vbat}}$ | — | — | 300 | μs | | |
| VBATT端子LVD応答遅延時間 | $t_{\text{det_vbat}}$ | — | — | 350 | μs | | |
| 許容電圧変化の立ち上がり/立ち下がり勾配 | $dt/dVCC$ | 1.0 | — | — | ms/V | — | |
| VBATTバックアップレジスタアクセス用VCC電圧レベル | $V_{\text{_BKBATT}}$ | 1.8 | — | — | V | — | |

注 . 電源切り替え VCC オフ期間は、VCC がバッテリバックアップ切り替え電圧レベル $V_{\text{DET BATT}}$ の min 値を下回っている時間です。

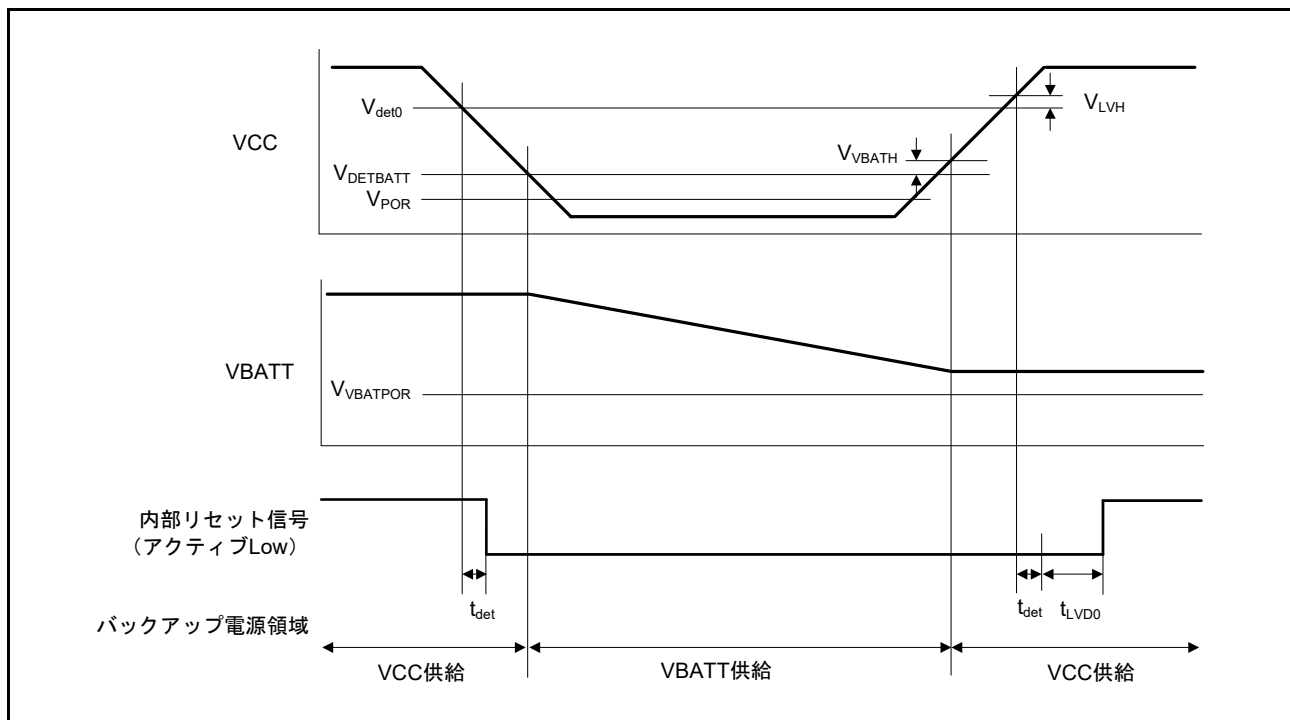


図 48.71 電源切り替えおよびLVD0リセットタイミング

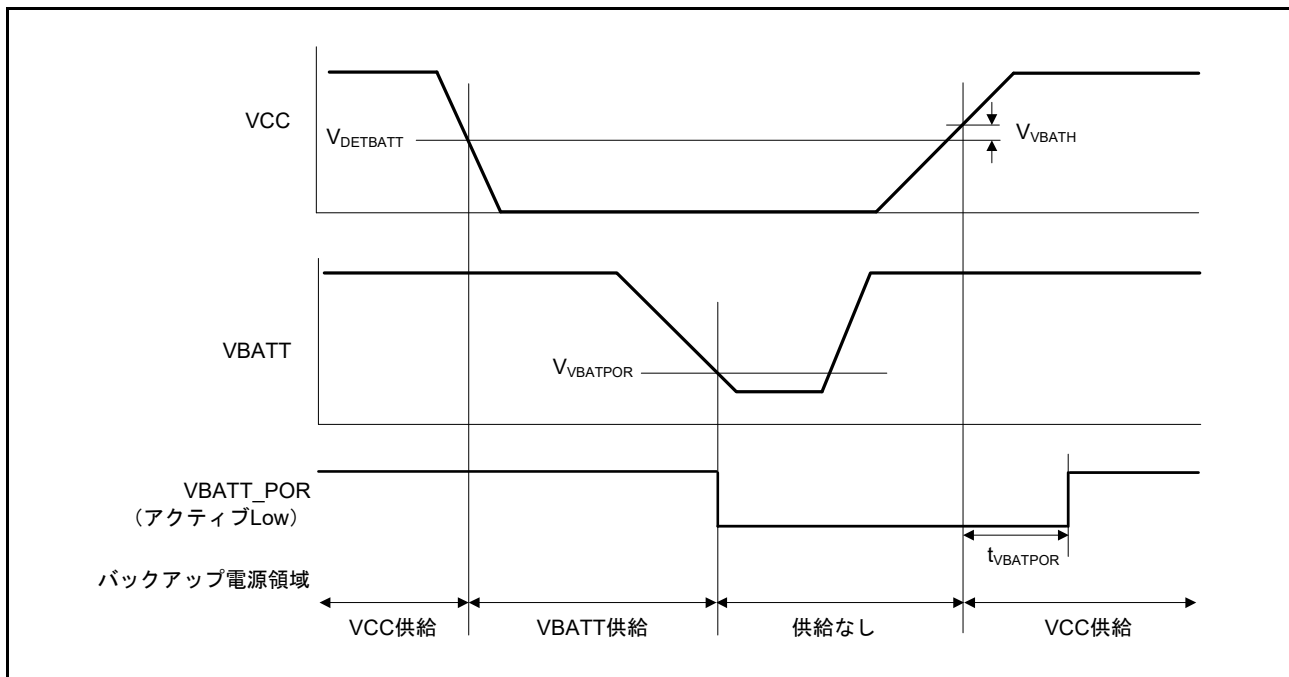


図 48.72 VBATT_POR リセットタイミング

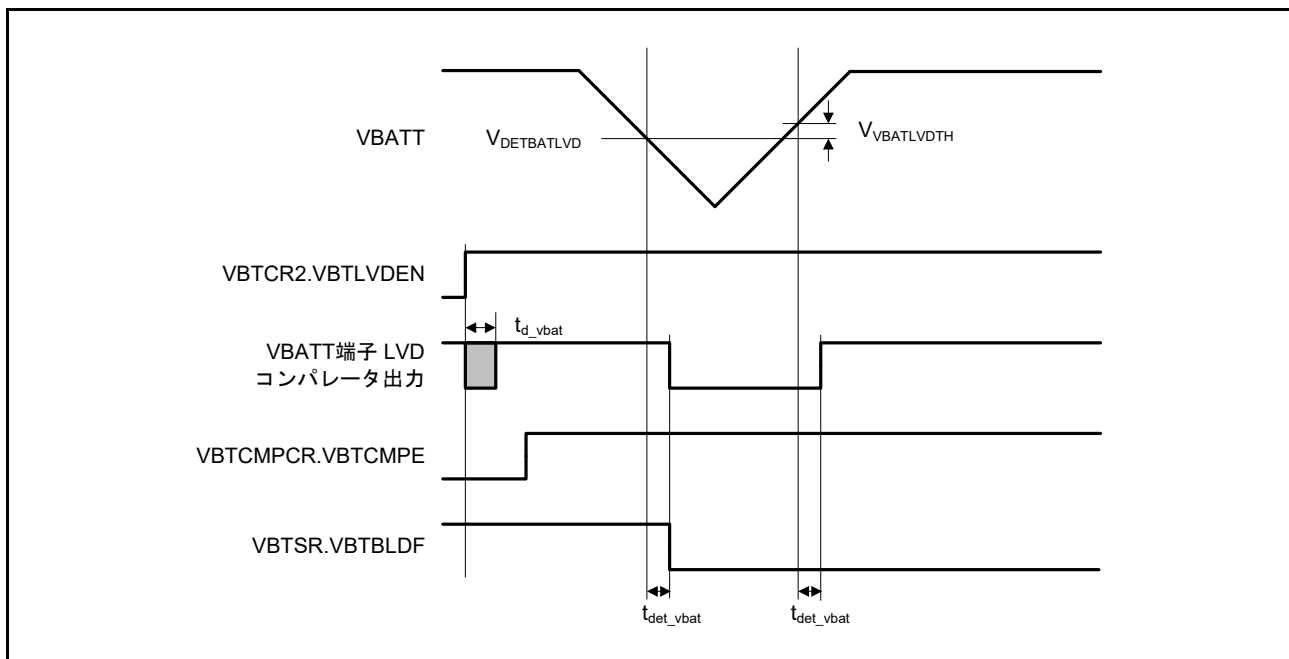


図 48.73 VBATT 端子電圧検出回路タイミング

表 48.55 VBATT の I/O 特性

| 項目 | | | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|---|----------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|-----|-----|----|--------------------------|
| VBATWIO _n の I/O 出力特性 (n = 0) | VCC > V _{DETBATT} | VCC = 2.7 ~ 3.6V | V _{OH} | VCC - 0.5 | — | — | V | I _{OH} = -100μA |
| | | | V _{OL} | — | — | 0.5 | | I _{OL} = 100μA |
| | | VCC = V _{DETBATT} ~ 2.7V | V _{OH} | VCC - 0.3 | — | — | | I _{OH} = -50μA |
| | | | V _{OL} | — | — | 0.3 | | I _{OL} = 50μA |
| | VCC < V _{DETBATT} | VBATT = 2.7 ~ 3.6V | V _{OH} | V _{BATT} - 0.5 | — | — | | I _{OH} = -100μA |
| | | | V _{OL} | — | — | 0.5 | | I _{OL} = 100μA |
| | | VBATT = 1.8 ~ 2.7V | V _{OH} | V _{BATT} - 0.3 | — | — | | I _{OH} = -50μA |
| | | | V _{OL} | — | — | 0.3 | | I _{OL} = 50μA |

48.11 CTSU 特性

表 48.56 CTSU 特性

条件：VCC = AVCC0 = 1.8 ~ 3.6V

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|--------------------|-----------------|-----|-----|-----|----|-----------|
| TSCAP端子に接続された外付け容量 | C_{tscap} | 9 | 10 | 11 | nF | — |
| TS端子の負荷容量 | C_{base} | — | — | 50 | pF | — |
| 許容大電流出力 | ΣI_{OH} | — | — | -24 | mA | 相互容量方式適用時 |

48.12 セグメント LCD コントローラ特性

48.12.1 抵抗分割方式

[スタティック表示モード]

表 48.57 抵抗分割方式 LCD 特性 (1)

条件：VL4 ≤ VCC ≤ 3.6V

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|---------|----------|-----|-----|-----|----|------|
| LCD駆動電圧 | V_{L4} | 2.0 | — | VCC | V | — |

[1/2 バイアス法、1/4 バイアス法]

表 48.58 抵抗分割方式 LCD 特性 (2)

条件：VL4 ≤ VCC ≤ 3.6V

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|---------|----------|-----|-----|-----|----|------|
| LCD駆動電圧 | V_{L4} | 2.7 | — | VCC | V | — |

[1/3 バイアス法]

表 48.59 抵抗分割方式 LCD 特性 (3)

条件：VL4 ≤ VCC ≤ 3.6V

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|---------|----------|-----|-----|-----|----|------|
| LCD駆動電圧 | V_{L4} | 2.5 | — | VCC | V | — |

48.13 コンパレータ特性

表 48.60 ACMPLP特性

条件 : VCC = 1.8 ~ 3.6V

| 項目 | | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 | |
|--------------|---------------|----------------------|-------|------|------|-----------|-------------------------------------|---|
| 基準電圧範囲 | 標準モード | IVREFn (n = 0, 1) | VREF | 0 | — | VCC - 1.4 | V | — |
| | ウィンドウモード (注2) | IVREF1 | VREFH | 1.4 | — | VCC | V | — |
| | | IVREF0 | VREFL | 0 | — | VCC - 1.4 | V | — |
| 入力電圧範囲 | | VI | 0 | — | VCC | V | — | |
| 内部基準電圧 | | — | 1.36 | 1.44 | 1.50 | V | — | |
| 出力遅延時間 | 高速モード | Td | — | — | 1.2 | μs | VCC = 3.0 入力信号のスループレート > 50mV/μs | |
| | 低速モード | | — | — | 5 | μs | | |
| | ウィンドウモード | | — | — | 2 | μs | | |
| オフセット電圧 (注1) | 高速モード | — | — | — | 50 | mV | — | |
| | 低速モード | — | — | — | 40 | mV | — | |
| | ウィンドウモード | — | — | — | 60 | mV | — | |
| 動作安定待機時間 | | T _{cmp} | 100 | — | — | μs | — | |

注 1. 8ビットDAC出力が基準電圧として使用されている場合、オフセット電圧は最大 $2.5 \times VCC/256$ まで増加します。

注 2. ウィンドウモードでは、 $IVREF1 - IVREF0 \geq 0.2V$ でなければなりません。

48.14 OPAMP 特性

表 48.61 OPAMP 特性

条件 : VCC = AVCC0 = 1.8 ~ 3.6V (VCC < 2.0V のとき AVCC0 = VCC)

| 項目 | シンボル | 条件 | | Min | Typ | Max | 単位 |
|----------------|---------|---------------------------------|----------|------|------|-------------|------------------------|
| コモンモード入力範囲 | Vicm1 | 低消費電力モード | | 0.2 | — | AVCC0 - 0.5 | V |
| | Vicm2 | 高速モード | | 0.3 | — | AVCC0 - 0.6 | V |
| 出力電圧範囲 | Vo1 | 低消費電力モード | | 0.1 | — | AVCC0 - 0.1 | V |
| | Vo2 | 高速モード | | 0.1 | — | AVCC0 - 0.1 | V |
| 入力オフセット電圧 | Vioff | 3 σ | | -10 | — | 10 | mV |
| オープンゲイン | Av | | | 60 | 120 | — | dB |
| ゲイン帯域幅 (GB) 製品 | GBW1 | 低消費電力モード | | — | 0.04 | — | MHz |
| | GBW2 | 高速モード | | — | 1.7 | — | MHz |
| 位相マージン | PM | CL = 20pF | | 50 | — | — | deg |
| ゲインマージン | GM | CL = 20pF | | 10 | — | — | dB |
| 入力換算ノイズ | Vnoise1 | f = 1kHz | 低消費電力モード | — | 230 | — | nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ |
| | Vnoise2 | f = 10kHz | | — | 200 | — | nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ |
| | Vnoise3 | f = 1kHz | 高速モード | — | 90 | — | nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ |
| | Vnoise4 | f = 2kHz | | — | 70 | — | nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ |
| 電源低減比 | PSRR | | | — | 90 | — | dB |
| コモンモード信号低減比 | CMRR | | | — | 90 | — | dB |
| 安定待機時間 | Tstd1 | CL = 20pF オペアンプのみ起動 (注1) | 低消費電力モード | 650 | — | — | μs |
| | Tstd2 | | 高速モード | 13 | — | — | μs |
| | Tstd3 | CL = 20pF オペアンプと基準電流回路が同時に起動 | 低消費電力モード | 650 | — | — | μs |
| | Tstd4 | | 高速モード | 13 | — | — | μs |
| 安定時間 | Tset1 | CL = 20pF | 低消費電力モード | — | — | 750 | μs |
| | Tset2 | | 高速モード | — | — | 13 | μs |
| スルーレート | Tslew1 | CL = 20pF | 低消費電力モード | — | 0.02 | — | V/ μs |
| | Tslew2 | | 高速モード | — | 1.1 | — | V/ μs |
| 負荷電流 | Iload1 | 低消費電力モード | | -100 | — | 100 | μA |
| | Iload2 | 高速モード | | -100 | — | 100 | μA |
| 負荷容量 | CL | | | — | — | 20 | pF |

注 1. 事前にオペアンプ基準電流回路が起動している場合

48.15 フラッシュメモリ特性

48.15.1 コードフラッシュメモリ特性

表 48.62 コードフラッシュ特性 (1)

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|----------------------|---------------------------|------------------|--------------|-----|----|-----------------------------|
| 再プログラム/イレースサイクル (注1) | N _{PEC} | 1000 | — | — | 回 | — |
| データ保持時間 | 1000回のN _{PEC} の後 | t _{DRP} | 20 (注2) (注3) | — | — | 年 T _a = +85°C |

注 1. 再プログラム/イレースサイクルは、ブロックごとの消去回数です。再プログラム/イレースサイクルが n 回 (n = 1000) の場合、ブロックごとにそれぞれ n 回ずつ消去することが可能です。たとえば、2KB のブロックについて、それぞれ異なる番地に 8 バイト書き込みを 256 回に分けて行った後に、そのブロックを消去した場合も、再プログラム/イレースサイクル回数は 1 回と数えます。ただし、消去 1 回に対して、同一アドレスに複数回の書き込みを行うことはできません (上書き禁止)。

注 2. 弊社提供のフラッシュメモリプログラマおよびセルフプログラミングライブラリを使用した場合の特性です。

注 3. 信頼性試験から得られた結果です。

表 48.63 コードフラッシュ特性 (2)

High-speed モード

条件: VCC = 2.7 ~ 3.6V

| 項目 | シンボル | FCLK = 1MHz | | | FCLK = 32MHz | | | 単位 | |
|-------------------------|------|-------------------|-----|------|--------------|-----|------|------|----|
| | | Min | Typ | Max | Min | Typ | Max | | |
| プログラム時間 | 8バイト | t _{P8} | — | 116 | 998 | — | 54 | 506 | μs |
| イレース時間 | 2KB | t _{E2K} | — | 9.03 | 287 | — | 5.67 | 222 | ms |
| ブランクチェック時間 | 8バイト | t _{BC8} | — | — | 56.8 | — | — | 16.6 | μs |
| | 2KB | t _{BC2K} | — | — | 1899 | — | — | 140 | μs |
| イレースサスペンド時間 | | t _{SED} | — | — | 22.5 | — | — | 10.7 | μs |
| スタートアップ領域入れ替え設定時間 | | t _{SAS} | — | 21.7 | 585 | — | 12.1 | 447 | ms |
| アクセスウィンドウ時間 | | t _{AWS} | — | 21.7 | 585 | — | 12.1 | 447 | ms |
| OCD/ シリアルプログラマID設定時間 | | t _{OSIS} | — | 21.7 | 585 | — | 12.1 | 447 | ms |
| フラッシュメモリモード遷移待機時間1 | | t _{DIS} | 2 | — | — | 2 | — | — | μs |
| フラッシュメモリモード遷移待機時間2 | | t _{MS} | 5 | — | — | 5 | — | — | μs |

注. ソフトウェアによる命令実行からフラッシュメモリの各動作が起動するまでの時間は含みません。

注. フラッシュメモリのプログラム/イレース時、FCLK の下限周波数は 1MHz です。FCLK を 4MHz 未満で使用する場合、設定可能な周波数は 1MHz、2MHz、3MHz のいずれかです。1.5MHz などの非整数周波数は使用できません。

注. FCLK の周波数精度は ±3.5% でなければなりません。クロックソースの周波数精度を確認してください。

表 48.64 コードフラッシュ特性 (3)

Middle-speed モード

条件 : VCC = 1.8 ~ 3.6V、Ta = -40 ~ +85°C

| 項目 | | シンボル | FCLK = 1MHz | | | FCLK = 8MHz | | | 単位 |
|---------------------|------|-------------------|-------------|------|------|-------------|------|------|----|
| | | | Min | Typ | Max | Min | Typ | Max | |
| プログラム時間 | 8バイト | t _{P8} | — | 157 | 1411 | — | 101 | 966 | μs |
| イレース時間 | 2KB | t _{E2K} | — | 9.10 | 289 | — | 6.10 | 228 | ms |
| ブランクチェック時間 | 8バイト | t _{BC8} | — | — | 87.7 | — | — | 52.5 | μs |
| | 2KB | t _{BC2K} | — | — | 1930 | — | — | 414 | μs |
| イレースサスペンド時間 | | t _{SED} | — | — | 32.7 | — | — | 21.6 | μs |
| スタートアップ領域入れ替え設定時間 | | t _{SAS} | — | 22.5 | 592 | — | 14.0 | 464 | ms |
| アクセスウィンドウ時間 | | t _{AWS} | — | 22.5 | 592 | — | 14.0 | 464 | ms |
| OCD/シリアルプログラマID設定時間 | | t _{OSIS} | — | 22.5 | 592 | — | 14.0 | 464 | ms |
| フラッシュメモリモード遷移待機時間1 | | t _{DIS} | 2 | — | — | 2 | — | — | μs |
| フラッシュメモリモード遷移待機時間2 | | t _{MS} | 720 | — | — | 720 | — | — | ns |

注 . ソフトウェアによる命令実行からフラッシュメモリの各動作が起動するまでの時間は含みません。

注 . フラッシュメモリのプログラム/イレース時、FCLK の下限周波数は 1MHz です。FCLK を 4MHz 未満で使用する場合、設定可能な周波数は 1MHz、2MHz、3MHz のいずれかです。1.5MHz などの非整数周波数は使用できません。

注 . FCLK の周波数精度は ±3.5% でなければなりません。クロックソースの周波数精度を確認してください。

48.15.2 データフラッシュメモリ特性

表 48.65 データフラッシュ特性 (1)

| 項目 | | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|----------------------|-------------------------|------------|--------------|-------------|-----|----|---------------------------|
| 再プログラム/イレースサイクル (注1) | | N_{DPEC} | 100000 | 1000000 | — | 回 | — |
| データ保持時間 | 10000回の N_{DPEC} の後 | t_{DDRP} | 20 (注2) (注3) | — | — | 年 | $T_a = +85^\circ\text{C}$ |
| | 100000回の N_{DPEC} の後 | | 5 (注2) (注3) | — | — | 年 | |
| | 1000000回の N_{DPEC} の後 | | — | 1 (注2) (注3) | — | — | 年 |

- 注 1. 再プログラム/イレースサイクルは、ブロックごとの消去回数です。再プログラム/イレースサイクルが n 回 ($n = 100,000$) の場合、ブロックごとにそれぞれ n 回ずつ消去することが可能です。たとえば、1 バイトのブロックについて、それぞれ異なる番地に 1 バイト書き込みを 1,000 回に分けて行った後に、そのブロックを消去した場合も、再プログラム/イレースサイクル回数は 1 回と数えます。ただし、消去 1 回に対して、同一アドレスに複数回の書き込みを行うことはできません。(上書きはしないでください。)
- 注 2. 弊社提供のフラッシュメモリプログラマおよびセルフプログラミングライブラリを使用した場合の特性です。
- 注 3. 信頼性試験から得られた結果です。

表 48.66 データフラッシュ特性 (2)

High-speed モード
条件: $V_{CC} = 2.7 \sim 3.6\text{V}$

| 項目 | シンボル | FCLK = 4MHz | | | FCLK = 32MHz | | | 単位 | |
|--------------------|------|-------------|-----|------|--------------|-----|------|------|---------------|
| | | Min | Typ | Max | Min | Typ | Max | | |
| プログラム時間 | 1バイト | t_{DP1} | — | 52.4 | 463 | — | 42.1 | 387 | μs |
| イレース時間 | 1KB | t_{DE1K} | — | 8.98 | 286 | — | 6.42 | 237 | ms |
| ブランクチェック時間 | 1バイト | t_{DBC1} | — | — | 24.3 | — | — | 16.6 | μs |
| | 1KB | t_{DBC1K} | — | — | 1872 | — | — | 512 | μs |
| イレース実行中のサスペンド時間 | | t_{DSED} | — | — | 13.0 | — | — | 10.7 | μs |
| データフラッシュ STOP 復帰時間 | | t_{DSTOP} | 5 | — | — | 5 | — | — | μs |

- 注. ソフトウェアによる命令実行からフラッシュメモリの各動作が起動するまでの時間は含みません。
- 注. フラッシュメモリのプログラム/イレース時、FCLK の下限周波数は 1MHz です。FCLK を 4MHz 未満で使用する場合、設定可能な周波数は 1MHz、2MHz、3MHz のいずれかです。1.5MHz などの非整数周波数は使用できません。
- 注. FCLK の周波数精度は $\pm 3.5\%$ でなければなりません。クロックソースの周波数精度を確認してください。

表 48.67 データフラッシュ特性 (3)

Middle-speed モード
条件: $V_{CC} = 1.8 \sim 3.6\text{V}$ 、 $T_a = -40 \sim +85^\circ\text{C}$

| 項目 | シンボル | FCLK = 4MHz | | | FCLK = 8MHz | | | 単位 | |
|--------------------|------|-------------|-----|------|-------------|-----|------|------|---------------|
| | | Min | Typ | Max | Min | Typ | Max | | |
| プログラム時間 | 1バイト | t_{DP1} | — | 94.7 | 886 | — | 89.3 | 849 | μs |
| イレース時間 | 1KB | t_{DE1K} | — | 9.59 | 299 | — | 8.29 | 273 | ms |
| ブランクチェック時間 | 1バイト | t_{DBC1} | — | — | 56.2 | — | — | 52.5 | μs |
| | 1KB | t_{DBC1K} | — | — | 2.17 | — | — | 1.51 | ms |
| イレース実行中のサスペンド時間 | | t_{DSED} | — | — | 23.0 | — | — | 21.7 | μs |
| データフラッシュ STOP 復帰時間 | | t_{DSTOP} | 720 | — | — | 720 | — | — | ns |

- 注. ソフトウェアによる命令実行からフラッシュメモリの各動作が起動するまでの時間は含みません。
- 注. フラッシュメモリのプログラム/イレース時、FCLK の下限周波数は 1MHz です。FCLK を 4MHz 未満で使用する場合、設定可能な周波数は 1MHz、2MHz、3MHz のいずれかです。1.5MHz などの非整数周波数は使用できません。
- 注. FCLK の周波数精度は $\pm 3.5\%$ でなければなりません。クロックソースの周波数精度を確認してください。

48.16 ジョイントテストアクショングループ (JTAG)

表 48.68 JTAG (デバッグ) 特性 (1)

条件: VCC = 2.4 ~ 3.6V

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|--------------------|--------------|-----|-----|-----|----|---------|
| TCKクロックサイクル時間 | t_{TCKcyc} | 80 | — | — | ns | 図 48.74 |
| TCKクロックHighレベルパルス幅 | t_{TCKH} | 35 | — | — | ns | |
| TCKクロックLowレベルパルス幅 | t_{TCKL} | 35 | — | — | ns | |
| TCKクロック立ち上がり時間 | t_{TCKr} | — | — | 5 | ns | |
| TCKクロック立ち下がり時間 | t_{TCKf} | — | — | 5 | ns | |
| TMSセットアップ時間 | t_{TMSS} | 16 | — | — | ns | 図 48.75 |
| TMSホールド時間 | t_{TMSH} | 16 | — | — | ns | |
| TDIセットアップ時間 | t_{TDIS} | 16 | — | — | ns | |
| TDIホールド時間 | t_{TDIH} | 16 | — | — | ns | |
| TDOデータ遅延時間 | t_{TDOD} | — | — | 70 | ns | |

表 48.69 JTAG (デバッグ) 特性 (2)

条件: VCC = 1.8 ~ 2.4V

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|--------------------|--------------|-----|-----|-----|----|---------|
| TCKクロックサイクル時間 | t_{TCKcyc} | 250 | — | — | ns | 図 48.74 |
| TCKクロックHighレベルパルス幅 | t_{TCKH} | 120 | — | — | ns | |
| TCKクロックLowレベルパルス幅 | t_{TCKL} | 120 | — | — | ns | |
| TCKクロック立ち上がり時間 | t_{TCKr} | — | — | 5 | ns | |
| TCKクロック立ち下がり時間 | t_{TCKf} | — | — | 5 | ns | |
| TMSセットアップ時間 | t_{TMSS} | 50 | — | — | ns | 図 48.75 |
| TMSホールド時間 | t_{TMSH} | 50 | — | — | ns | |
| TDIセットアップ時間 | t_{TDIS} | 50 | — | — | ns | |
| TDIホールド時間 | t_{TDIH} | 50 | — | — | ns | |
| TDOデータ遅延時間 | t_{TDOD} | — | — | 150 | ns | |

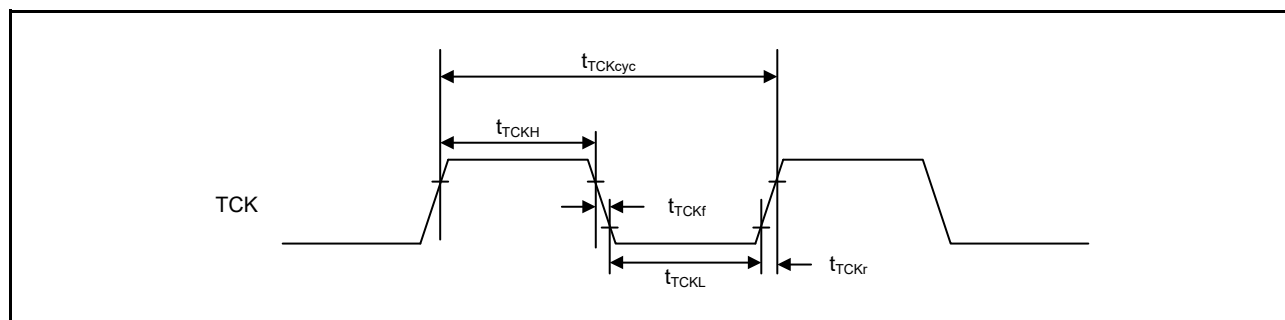


図 48.74 JTAG TCK タイミング

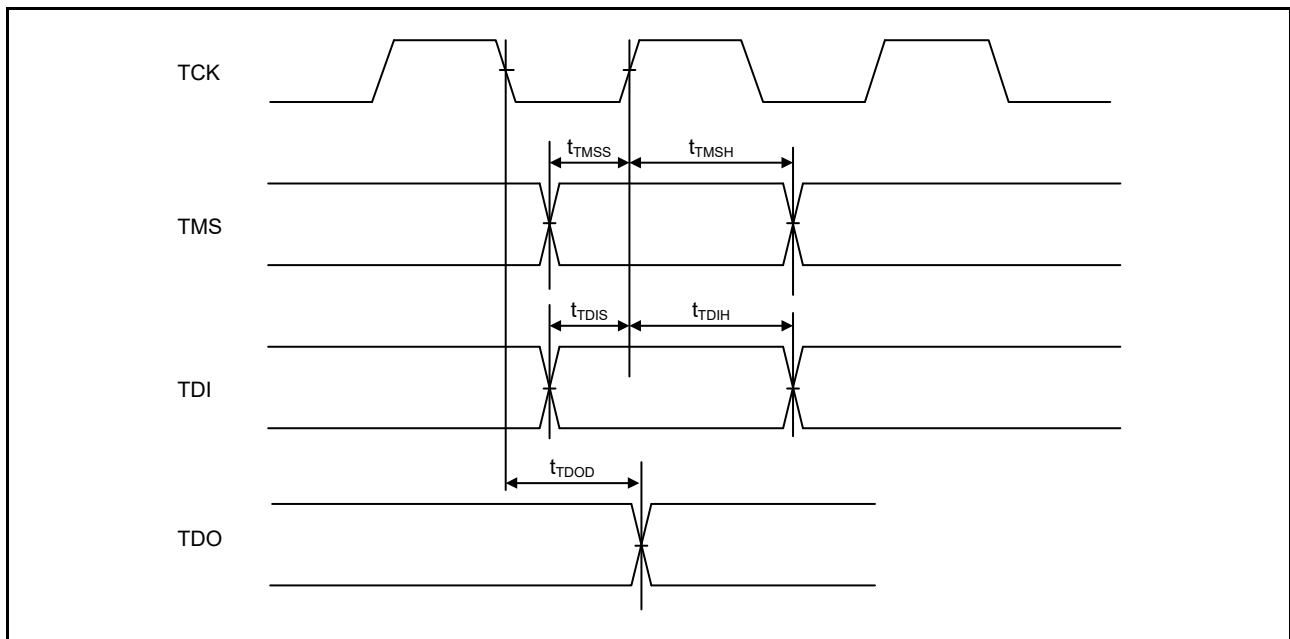


図 48.75 JTAG 入出カタイミング

48.16.1 シリアルワイヤデバッグ (SWD)

表 48.70 SWD特性 (1)

条件 : VCC = 2.4 ~ 3.6V

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|----------------------|----------------------|-----|-----|-----|----|---------|
| SWCLKクロックサイクル時間 | t_{SWCKcyc} | 80 | — | — | ns | 図 48.76 |
| SWCLKクロックHighレベルパルス幅 | t_{SWCKH} | 35 | — | — | ns | |
| SWCLKクロックLowレベルパルス幅 | t_{SWCKL} | 35 | — | — | ns | |
| SWCLKクロック立ち上がり時間 | t_{SWCKr} | — | — | 5 | ns | |
| SWCLKクロック立ち下がり時間 | t_{SWCKf} | — | — | 5 | ns | |
| SWDIOセットアップ時間 | t_{SWDS} | 16 | — | — | ns | 図 48.77 |
| SWDIOホールド時間 | t_{SWDH} | 16 | — | — | ns | |
| SWDIOデータ遅延時間 | t_{SWDD} | 2 | — | 70 | ns | |

表 48.71 SWD特性 (2)

条件 : VCC = 1.8 ~ 2.4V

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|----------------------|----------------------|-----|-----|-----|----|---------|
| SWCLKクロックサイクル時間 | t_{SWCKcyc} | 250 | — | — | ns | 図 48.76 |
| SWCLKクロックHighレベルパルス幅 | t_{SWCKH} | 120 | — | — | ns | |
| SWCLKクロックLowレベルパルス幅 | t_{SWCKL} | 120 | — | — | ns | |
| SWCLKクロック立ち上がり時間 | t_{SWCKr} | — | — | 5 | ns | |
| SWCLKクロック立ち下がり時間 | t_{SWCKf} | — | — | 5 | ns | |
| SWDIOセットアップ時間 | t_{SWDS} | 50 | — | — | ns | 図 48.77 |
| SWDIOホールド時間 | t_{SWDH} | 50 | — | — | ns | |
| SWDIOデータ遅延時間 | t_{SWDD} | 2 | — | 150 | ns | |

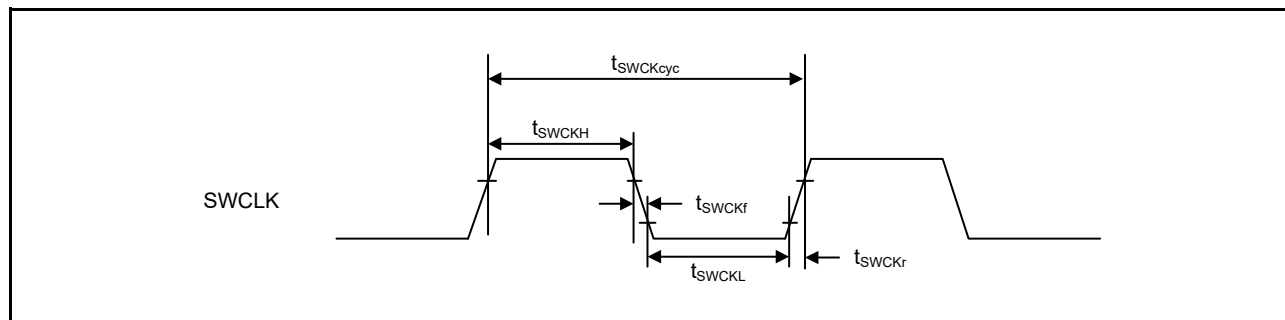


図 48.76 SWD SWCLK タイミング

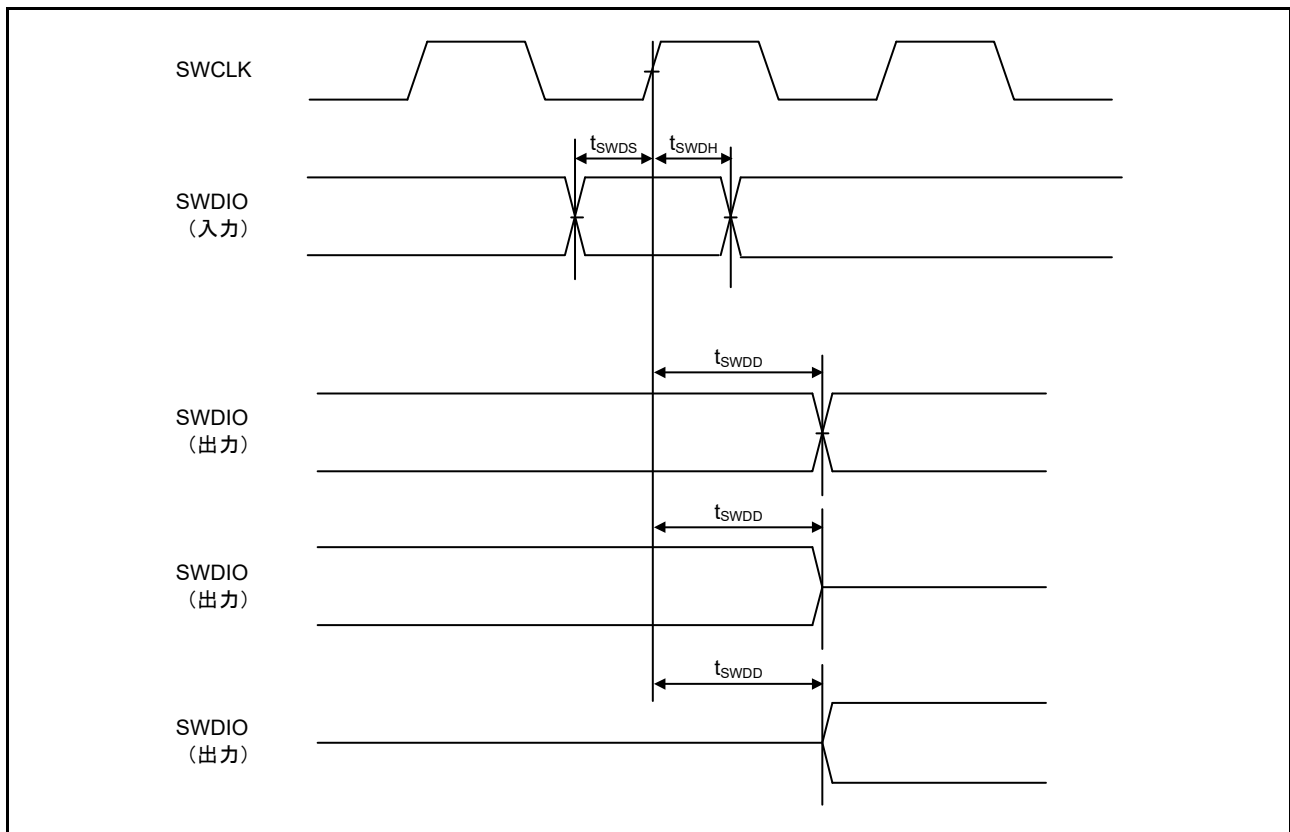


図 48.77 SWD 入出力タイミング

48.17 BLE 特性

48.17.1 送信特性

表 48.72 送信特性

条件: VCC = VCC_RF = AVCC_RF = 3.3V、VSS = VSS_RF = 0V、Ta = +25°C

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 |
|----------|-------------------------|------|-----|------|------|-----------|
| 周波数範囲 | RF _{CF} | 2402 | — | 2480 | MHz | |
| データレート | RF _{DATA_2M} | — | 2 | — | Mbps | |
| | RF _{DATA_1M} | — | 1 | — | Mbps | |
| | RF _{DATA_500k} | — | 500 | — | kbps | |
| | RF _{DATA_125k} | — | 125 | — | kbps | |
| 最大送信出力電力 | RF _{POWER} | — | 0 | 2 | dBm | 0dBm出力モード |
| | | — | 4 | 6 | dBm | 4dBm出力モード |
| 出力周波数誤差 | RF _{TXFERR} | -10 | — | 10 | ppm | (注1) |

注. BLE 以外の端子、機能を使用していない場合の特性です。

注 1. 水晶振動子の製造ばらつき、温度ドリフト、経年劣化などによる周波数誤差は含まない。

48.17.2 受信特性 (2Mbps)

表 48.73 受信特性

条件: VCC = VCC_RF = AVCC_RF = 3.3V、VSS = VSS_RF = 0V、Ta = +25°C

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 | |
|--------------|------------------------|------|-----|------|-----|-----------------------|-------------------|
| 入力周波数 | RF _{RXFIN_2M} | 2402 | — | 2480 | MHz | | |
| 最大入力レベル | RF _{LEVL_2M} | -10 | 4 | — | dBm | (注1) | |
| 受信感度 | RF _{STY_2M} | — | -92 | — | dBm | (注1) | |
| 副次発射強度 | RF _{RXSP_2M} | — | -72 | -57 | dBm | 30MHz ~ 1GHz | |
| | | — | -54 | -47 | dBm | 1GHz ~ 12GHz | |
| 同一チャネル除去比 | RF _{CCR_2M} | — | -8 | — | dB | Prf = -67dBm (注1) | |
| 隣接チャネル除去比 | RF _{ADCR_2M} | — | 2 | — | dB | Prf = -67dBm (注1) | |
| | | — | 35 | — | dB | | ±2MHz |
| | | — | 39 | — | dB | | ±4MHz |
| Blocking | RF _{BLK_2M} | — | -1 | — | dBm | Prf = -67dBm (注1) | |
| | | — | -25 | — | dBm | | 30MHz ~ 2000MHz |
| | | — | -21 | — | dBm | | 2000MHz ~ 2399MHz |
| | | — | -10 | — | dBm | | 2484MHz ~ 3000MHz |
| 許容周波数偏差 (注2) | RF _{RXFER_2M} | -120 | — | 120 | ppm | (注1) | |
| RSSI精度 | RF _{RSSIS_2M} | — | ±4 | — | dB | -70dBm ≤ Prf ≤ -10dBm | |

注. BLE 以外の端子、機能を使用していない場合の特性です。

注 1. PER ≤ 30.8%, 37byte payload

注 2. RF 入力信号のセンタ周波数とチップ内部で発生するキャリア周波数の差

48.17.3 受信特性 (1Mbps)

表 48.74 受信特性

条件: VCC = VCC_RF = AVCC_RF = 3.3V、VSS = VSS_RF = 0V、Ta = +25°C

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 | |
|--------------|------------------------|------|-----|------|-----|-----------------------|-------------------|
| 入力周波数 | RF _{RXFIN_1M} | 2402 | — | 2480 | MHz | | |
| 最大入力レベル | RF _{LEVL_1M} | -10 | 4 | — | dBm | (注1) | |
| 受信感度 | RF _{STY_1M} | — | -95 | — | dBm | (注1) | |
| 副次発射強度 | RF _{RXSP_1M} | — | -72 | -57 | dBm | 30MHz ~ 1GHz | |
| | | — | -54 | -47 | dBm | 1GHz ~ 12GHz | |
| 同一チャンネル除去比 | RF _{CCR_1M} | — | -7 | — | dB | Prf = -67dBm (注1) | |
| 隣接チャンネル除去比 | RF _{ADCR_1M} | — | -1 | — | dB | Prf = -67dBm (注1) | ±1MHz |
| | | — | 34 | — | dB | | ±2MHz |
| | | — | 35 | — | dB | | ±3MHz |
| Blocking | RF _{BLK_1M} | — | 0 | — | dBm | Prf = -67dBm (注1) | 30MHz ~ 2000MHz |
| | | — | -24 | — | dBm | | 2000MHz ~ 2399MHz |
| | | — | -20 | — | dBm | | 2484MHz ~ 3000MHz |
| | | — | -4 | — | dBm | | > 3000MHz |
| 許容周波数偏差 (注2) | RF _{RXFER_1M} | -120 | — | 120 | ppm | (注1) | |
| RSSI精度 | RF _{RSSIS_1M} | — | ±4 | — | dB | -70dBm ≤ Prf ≤ -10dBm | |

注. BLE 以外の端子、機能を使用していない場合の特性です。

注 1. PER ≤ 30.8%, 37byte payload

注 2. RF 入力信号のセンタ周波数とチップ内部で発生するキャリア周波数の差

48.17.4 受信特性 (500kbps)

表 48.75 受信特性

条件: VCC = VCC_RF = AVCC_RF = 3.3V、VSS = VSS_RF = 0V、Ta = +25°C

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 | |
|--------------|--------------------------|------|------|------|-----|-----------------------|-------------------|
| 入力周波数 | RF _{RXFIN_500k} | 2402 | — | 2480 | MHz | | |
| 最大入力レベル | RF _{LEVL_500k} | -10 | 4 | — | dBm | (注1) | |
| 受信感度 | RF _{STY_500k} | — | -100 | — | dBm | (注1) | |
| 副次発射強度 | RF _{RXSP_500k} | — | -72 | -57 | dBm | 30MHz ~ 1GHz | |
| | | — | -54 | -47 | dBm | 1GHz ~ 12GHz | |
| 同一チャンネル除去比 | RF _{CCR_500k} | — | -4 | — | dB | Prf = -72dBm (注1) | |
| 隣接チャンネル除去比 | RF _{ADCR_500k} | — | 6 | — | dB | Prf = -72dBm (注1) | ±1MHz |
| | | — | 36 | — | dB | | ±2MHz |
| | | — | 42 | — | dB | | ±3MHz |
| Blocking | RF _{BLK_500k} | — | 0 | — | dBm | Prf = -72dBm (注1) | 30MHz ~ 2000MHz |
| | | — | -23 | — | dBm | | 2000MHz ~ 2399MHz |
| | | — | -20 | — | dBm | | 2484MHz ~ 3000MHz |
| | | — | -7 | — | dBm | | > 3000MHz |
| 許容周波数偏差 (注2) | RF _{RXFER_500k} | -120 | — | 120 | ppm | (注1) | |
| RSSI精度 | RF _{RSSIS_500k} | — | ±4 | — | dB | -70dBm ≤ Prf ≤ -10dBm | |

注. BLE 以外の端子、機能を使用していない場合の特性です。

注 1. PER ≤ 30.8%, 37byte payload

注 2. RF 入力信号のセンタ周波数とチップ内部で発生するキャリア周波数の差

48.17.5 受信特性 (125kbps)

表 48.76 受信特性

条件: VCC = VCC_RF = AVCC_RF = 3.3V、VSS = VSS_RF = 0V、Ta = +25°C

| 項目 | シンボル | Min | Typ | Max | 単位 | 測定条件 | |
|--------------|--------------------------|------|------|------|-----|-----------------------|-------------------|
| 入力周波数 | RF _{RXFIN_125k} | 2402 | — | 2480 | MHz | | |
| 最大入力レベル | RF _{LEVL_125k} | -10 | 4 | — | dBm | (注1) | |
| 受信感度 | RF _{STY_125k} | — | -105 | — | dBm | (注1) | |
| 副次発射強度 | RF _{RXSP_125k} | — | -72 | -57 | dBm | 30MHz ~ 1GHz | |
| | | — | -54 | -47 | dBm | 1GHz ~ 12GHz | |
| 同一チャンネル除去比 | RF _{CCR_125k} | — | -2 | — | dB | Prf = -79dBm (注1) | |
| 隣接チャンネル除去比 | RF _{ADCR_125k} | — | 12 | — | dB | Prf = -79dBm (注1) | ±1MHz |
| | | — | 39 | — | dB | | ±2MHz |
| | | — | 45 | — | dB | | ±3MHz |
| Blocking | RF _{BLK_125k} | — | 0 | — | dBm | Prf = -79dBm (注1) | 30MHz ~ 2000MHz |
| | | — | -23 | — | dBm | | 2000MHz ~ 2399MHz |
| | | — | -20 | — | dBm | | 2484MHz ~ 3000MHz |
| | | — | -1 | — | dBm | | > 3000MHz |
| 許容周波数偏差 (注2) | RF _{RXFER_125k} | -120 | — | 120 | ppm | (注1) | |
| RSSI精度 | RF _{RSSIS_125k} | — | ±4 | — | dB | -70dBm ≤ Prf ≤ -10dBm | |

注. BLE 以外の端子、機能を使用していない場合の特性です。

注 1. PER ≤ 30.8%, 37byte payload

注 2. RF 入力信号のセンタ周波数とチップ内部で発生するキャリア周波数の差

付録 1. 各プロセスモードのポート状態

表 1.1 各プロセスモードのポート状態 (1/2)

| ポート名 | リセット | ソフトウェアスタンバイモード | |
|-------------------------------------|-------|--|---------|
| | | OPE = 0 | OPE = 1 |
| P004/IRQ3 | Hi-Z | Keep-O (注1) | |
| P010/IRQ14 | Hi-Z | Keep-O (注1) | |
| P011/IRQ15 | Hi-Z | Keep-O (注1) | |
| P014/DA0 | Hi-Z | [DA0出力 (DAOE0 = 1)] DA出力保持 [上記以外 (DAOE0 = 0)] Keep-O | |
| P015/IRQ7 | Hi-Z | Keep-O (注1) | |
| P100/RXD0/CMPIN0/KR00/IRQ2/AGTIO0 | Hi-Z | [AGTIO0選択] AGTIO0出力 (注2) [上記以外] Keep-O (注1) | |
| P101/CMPREF0/KR01/IRQ1 | Hi-Z | [上記以外] Keep-O (注1) | |
| P102/CMPIN1/KR02/AGTIO0 | Hi-Z | [AGTIO0選択] AGTIO0出力 (注2) [上記以外] Keep-O (注1) | |
| P103/CMPREF1/KR03 | Hi-Z | [上記以外] Keep-O (注1) | |
| P104/RXD0/KR04/IRQ1 | Hi-Z | [上記以外] Keep-O (注1) | |
| P105/KR05/IRQ0 | Hi-Z | [上記以外] Keep-O (注1) | |
| P106/KR06 | Hi-Z | [上記以外] Keep-O (注1) | |
| P107/KR07 | Hi-Z | [上記以外] Keep-O (注1) | |
| P108/TMS | プルアップ | Keep-O | |
| P109/TDO/CLKOUT | TDO出力 | [CLKOUT選択] CLKOUT出力 [上記以外] Keep-O | |
| P110/IRQ3/TDI/VCOUT | プルアップ | [ACMPLP選択] VCOUT出力 [上記以外] Keep-O (注1) | |
| P200/NMI | Hi-Z | Hi-Z | |
| P201 | プルアップ | Keep-O | |
| P204/SCL0/USB_OVRCURB/AGTIO1 | Hi-Z | [AGTIO1選択] AGTIO1出力 (注2) [上記以外] Keep-O (注1) | |
| P205/USB_OVRCURA/IRQ1/CLKOUT/AGTIO1 | Hi-Z | [CLKOUT選択] CLKOUT出力 [AGTIO1選択] AGTIO1出力 (注2) [上記以外] Keep-O (注1) | |
| P206/WAIT/IRQ0 | Hi-Z | Keep-O (注1) | |
| P212/IRQ3/EXTAL | Hi-Z | Keep-O (注1) | |
| P213/IRQ2/XTAL | Hi-Z | Keep-O (注1) | |
| P214/XCOUT | Hi-Z | [サブクロック発振器を選択] サブクロック発振器動作 [上記以外] Hi-Z | |
| P215/XCIN | Hi-Z | [サブクロック発振器を選択] サブクロック発振器動作 [上記以外] Hi-Z | |

表 1.1 各プロセスモードのポート状態 (2/2)

| ポート名 | リセット | ソフトウェアスタンバイモード | |
|--|-------|--|---------|
| | | OPE = 0 | OPE = 1 |
| P300/TCK | プルアップ | Keep-O | |
| P402/RTCIC0/IRQ4 | Hi-Z | [上記以外] Keep-O (注1) | |
| P404 | Hi-Z | Keep-O (注1) | |
| P407/SDA0/USB_VBUS/RTCOU/AGTIO0 | Hi-Z | [RTCOU 選択] RTCOU 出力 [AGTIO0 選択] AGTIO0 出力 (注2) [上記以外] Keep-O (注1) | |
| P409/IRQ6 | Hi-Z | Keep-O (注1) | |
| P414/IRQ9 | Hi-Z | Keep-O (注1) | |
| P501/CMPIN1/USB_OVRCURA/IRQ11/ AGTOB0 | Hi-Z | [AGTOB0 選択] AGTOB0 出力 (注2) [上記以外] Keep-O (注1) | |
| P914/USB_DP | Hi-Z | Keep-O | |
| P915/USB_DM | Hi-Z | Keep-O | |

H : High レベル

L : Low レベル

Hi-Z: ハイインピーダンス

Keep-O : 出力端子は前の値を保持します。入力端子はハイインピーダンスになります。

注 . LCD コントローラ/ドライバ端子機能 (COM0 ~ COM3 および SEG6, SEG9, SEG11, SEG12, SEG20, SEG23, SEG49, SEG52, SEG51) が設定され、LOCO または SOSC が SLCDSCRCR.LCDSCKSEL[2:0] ビットで選択されている場合 LCD 出力を保持します。

注 1. 端子が外部割り込み端子として使用され、ソフトウェアスタンバイのキャンセル要因に指定されている場合、入力が許可されます。

注 2. LOCO または SOSC がカウントソースとして選択されている間、AGTIO 出力が許可されます。

付録2. 外形寸法図

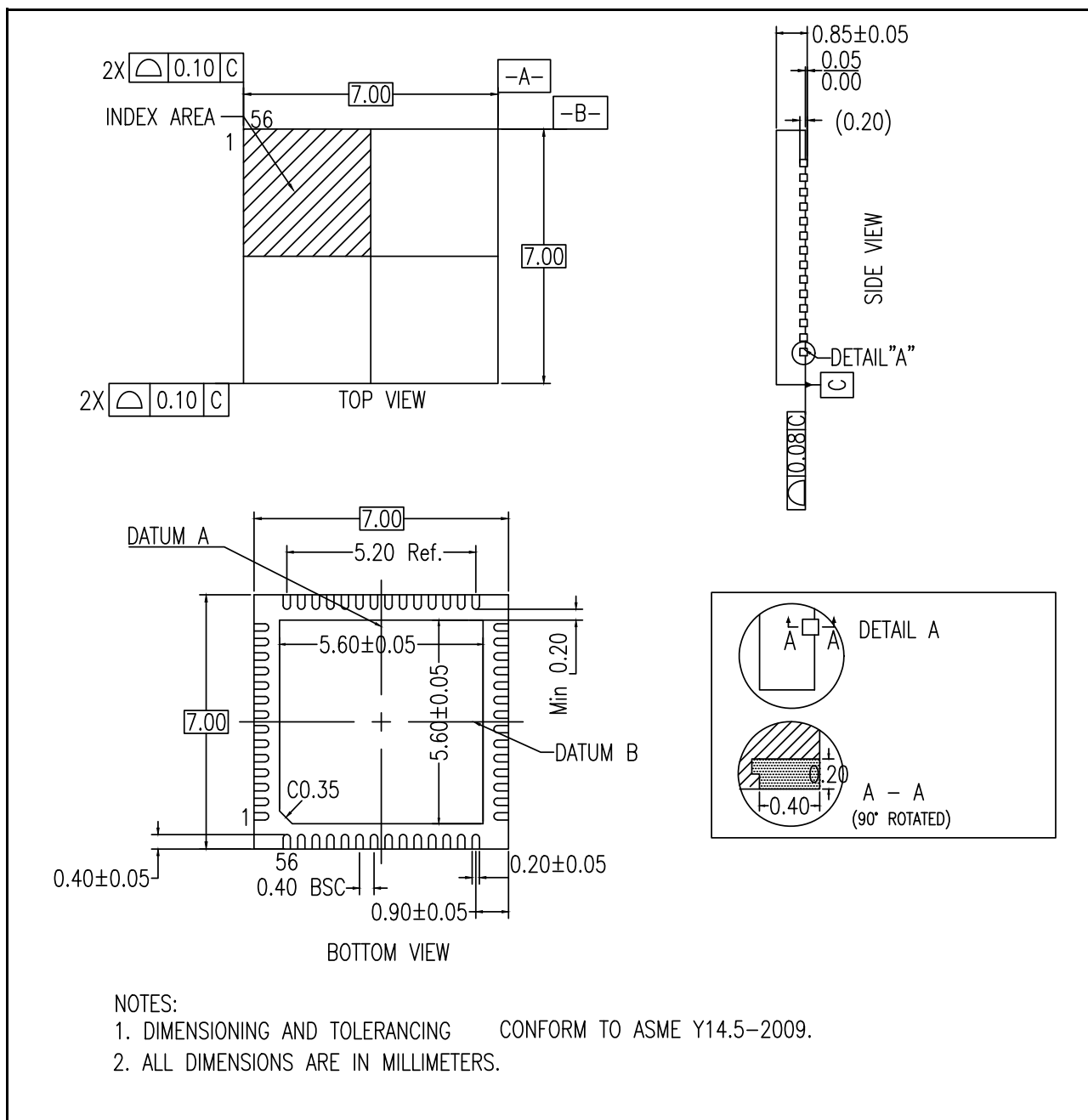


図 2.1 56-pin QFN

付録3. I/Oレジスタ

本付録は、I/Oレジスタのアドレス、アクセスサイクル、リセット値を機能ごとに説明します。

3.1 周辺機能のベースアドレス

本節では本マニュアルでとりあげた周辺機能のベースアドレスについて説明します。

表 3.1 に、各周辺機能の名前、説明、ベースアドレスを示します。

表 3.1 周辺機能のベースアドレス (1/2)

| 名称 | 内容 | ベースアドレス |
|--------|----------------------------|------------|
| MMPU | バスマスタMPU | 0x40000000 |
| SMPU | バスマスタMPU | 0x40000C00 |
| SPMON | CPUスタックポインタモニタ | 0x40000D00 |
| MMF | メモリミラー機能 | 0x40001000 |
| SRAM | SRAMコントロール | 0x40002000 |
| BUS | バスコントロール | 0x40003000 |
| DMAC0 | ダイレクトメモリアクセスコントローラ0 | 0x40005000 |
| DMAC1 | ダイレクトメモリアクセスコントローラ1 | 0x40005040 |
| DMAC2 | ダイレクトメモリアクセスコントローラ2 | 0x40005080 |
| DMAC3 | ダイレクトメモリアクセスコントローラ3 | 0x400050C0 |
| DMA | DMACモジュール起動 | 0x40005200 |
| DTC | データトランスファコントローラ | 0x40005400 |
| ICU | 割り込みコントローラ | 0x40006000 |
| DBG | デバッグ機能 | 0x4001B000 |
| FCACHE | フラッシュキャッシュ | 0x4001C000 |
| SYSTEM | システム制御 | 0x4001E000 |
| PORT0 | ポート0コントロールレジスタ | 0x40040000 |
| PORT1 | ポート1コントロールレジスタ | 0x40040020 |
| PORT2 | ポート2コントロールレジスタ | 0x40040040 |
| PORT3 | ポート3コントロールレジスタ | 0x40040060 |
| PORT4 | ポート4コントロールレジスタ | 0x40040080 |
| PORT5 | ポート5コントロールレジスタ | 0x400400A0 |
| PORT9 | ポート9コントロールレジスタ | 0x40040120 |
| PFS | Pmn端子機能コントロールレジスタ | 0x40040800 |
| PMISC | その他のポートコントロールレジスタ | 0x40040D00 |
| ELC | イベントリンクコントローラ | 0x40041000 |
| POEG | GPT用ポートアウトプットイネーブルモジュール | 0x40042000 |
| RTC | リアルタイムクロック | 0x40044000 |
| WDT | ウォッチドッグタイマ | 0x40044200 |
| IWDT | 独立ウォッチドッグタイマ | 0x40044400 |
| CAC | クロック周波数精度測定回路 | 0x40044600 |
| MSTP | モジュールストップコントロールB、C、D | 0x40047000 |
| CAN0 | CAN0モジュール | 0x40050000 |
| IIC0 | Inter-Integrated Circuit 0 | 0x40053000 |
| IIC1 | Inter-Integrated Circuit 1 | 0x40053100 |
| DOC | データ演算回路 | 0x40054100 |
| ADC140 | 14ビットA/Dコンバータ | 0x4005C000 |

表 3.1 周辺機能のベースアドレス (2/2)

| 名称 | 内容 | ベースアドレス |
|---------|-----------------------|------------|
| DAC12 | 12ビットD/Aコンバータ | 0x4005E000 |
| SCI0 | シリアルコミュニケーションインタフェース0 | 0x40070000 |
| SCI1 | シリアルコミュニケーションインタフェース1 | 0x40070020 |
| SCI4 | シリアルコミュニケーションインタフェース4 | 0x40070080 |
| SCI9 | シリアルコミュニケーションインタフェース9 | 0x40070120 |
| SPI0 | シリアルペリフェラルインタフェース0 | 0x40072000 |
| SPI1 | シリアルペリフェラルインタフェース1 | 0x40072100 |
| CRC | CRC演算器 | 0x40074000 |
| GPT320 | 汎用PWMタイマ0 (32ビット) | 0x40078000 |
| GPT321 | 汎用PWMタイマ1 (32ビット) | 0x40078100 |
| GPT322 | 汎用PWMタイマ2 (32ビット) | 0x40078200 |
| GPT323 | 汎用PWMタイマ3 (32ビット) | 0x40078300 |
| GPT164 | 汎用PWMタイマ4 (16ビット) | 0x40078400 |
| GPT165 | 汎用PWMタイマ5 (16ビット) | 0x40078500 |
| GPT168 | 汎用PWMタイマ8 (16ビット) | 0x40078800 |
| GPT_OPS | 出力相切り替えコントローラ | 0x40078FF0 |
| KINT | キー割り込み機能 | 0x40080000 |
| CTSU | 静電容量式タッチセンシングユニット | 0x40081000 |
| SLCDC | セグメントLCDコントローラ/ドライバ | 0x40082000 |
| AGT0 | 非同期汎用タイマ0 | 0x40084000 |
| AGT1 | 非同期汎用タイマ1 | 0x40084100 |
| ACMPLP | 低消費電力アナログコンパレータ | 0x40085E00 |
| OPAMP | オペアンプ | 0x40086000 |
| USBFS | USB2.0 フルスピードモジュール | 0x40090000 |
| DAC8 | 8ビットD/Aコンバータ | 0x4009E000 |
| FLCN | フラッシュ I/O レジスタ | 0x407EC000 |
| TSN | 温度センサ | 0x407EC000 |

名前 = 周辺機能の名前

内容 = 周辺機能

ベースアドレス = 最下位の予約アドレスまたは周辺機能で使用されるアドレス

3.2 アクセスサイクル

本項では、本マニュアルに記載の I/O レジスタのアクセスサイクル情報を示します。

以下の情報は表 3.2 および表 3.3 に適用されます。

- レジスタは関連するモジュールごとに分類されます
- アクセスサイクル数は、指定の基準クロックのサイクル数を示しています
- 内部 I/O 領域では、レジスタに割り当てられていない予約アドレスにはアクセスしないでください。アクセスした場合、動作は保証されません
- I/O アクセスサイクル数は、内部周辺バスのバスサイクル、分周クロック同期化サイクル、および各モジュールのウェイトサイクルによって異なります。分周クロック同期化サイクルは、ICLK と PCLK 間の周波数比によって異なります
- ICLK 周波数と PCLK 周波数が等しいとき、分周クロック同期化サイクル数は常に一定です
- ICLK 周波数が PCLK 周波数より大きいとき、分周クロック同期化サイクル数に少なくとも 1PCLK サイクル追加されます

注． CPU からのレジスタアクセスが、外部メモリへの命令フェッチや、DMAC や DTC のような他のバスマスタからのバスアクセスと競合せずに実行された場合サイクル数に適用されます。

表 3.2 に、GPT 以外のモジュールのレジスタアクセスサイクルを示します。

表 3.2 GPT 以外のモジュールのアクセスサイクル (1/2)

| 周辺機能 | アドレス | | アクセスサイクル数 | | | | サイクル単位 | 関連機能 |
|--|------------|------------|-----------------------|----------|------------------|------|--------|--|
| | | | ICLK = PCLK | | ICLK > PCLK (注1) | | | |
| | 開始 | 終了 | 読み出し | 書き込み | 読み出し | 書き込み | | |
| MMPU, SMPU, SPMON, MMF, SRAM, BUS, DMACn, DMA, DTC, ICU, DBG, FCACHE | 4000 0000h | 4001 CFFFh | 2 | | | | ICLK | メモリプロテクションユニット、メモリミラー機能、SRAM、バス、DMAコントローラ、データトランスファコントローラ、割り込みコントローラ、CPU、フラッシュメモリ |
| SYSTEM | 4001 E000h | 4001 E3FFh | 3 | | | | ICLK | 低消費電力モード、リセット、低電圧検出、クロック発生回路、レジスタライトプロテクション機能 |
| SYSTEM | 4001 E400h | 4001 E6FFh | 7 | 5~7 | | | PCLKB | 低消費電力モード、リセット、低電圧検出、バッテリーバックアップ機能 |
| PORTn, PFS, PMISC, ELC, POEG, RTC, WDT, IWD, CAC, MSTP | 4004 0000h | 4004 7FFFh | 3 | 2~3 | | | PCLKB | I/Oポート、イベントリンクコントローラ、GPT用ポートアウトプットイネーブル、リアルタイムクロック、ウォッチドッグタイマ、独立ウォッチドッグタイマ、クロック周波数精度測定回路、モジュールストップコントロール |
| CAN0, IICn, DOC, ADC140, DAC12 | 4004 E000h | 4005 EFFFh | 3 | 2~3 | | | PCLKB | コントローラエリアネットワークモジュール、I ² Cバスインタフェース、データ演算回路、14ビットA/Dコンバータ、12ビットD/Aコンバータ |
| SCIn | 4007 0000h | 4007 0EFFh | 5 (注2) | 2~3 (注2) | | | PCLKA | シリアルコミュニケーションインタフェース |
| SPIIn | 4007 2000h | 4007 2FFFh | 5 (注3) | 2~3 (注3) | | | PCLKA | シリアルペリフェラルインタフェース |
| CRC | 4007 4000h | 4007 4FFFh | 3 | 2~3 | | | PCLKA | CRC演算器 |
| GPT32n, GPT OPS | 4007 8000h | 4007 8FFFh | 表 3.3 (注4) を参照してください。 | | | | PCLKA | 汎用PWMタイマ |
| FLCN | 407E C000h | 407E CFFFh | 7 | 7 | | | ICLK | フラッシュ I/O レジスタ |
| TSN | 407E C000h | 407E CFFFh | 7 | 7 | | | ICLK | 温度センサ |

表 3.2 GPT 以外のモジュールのアクセスサイクル (2/2)

| 周辺機能 | アドレス | | アクセスサイクル数 | | | | サイクル単位 | 関連機能 |
|-------------------|------------|------------|-------------|------|------------------|------|--------|---|
| | | | ICLK = PCLK | | ICLK > PCLK (注1) | | | |
| | 開始 | 終了 | 読み出し | 書き込み | 読み出し | 書き込み | | |
| KINT, CTSU, SLCDC | 4008 0000h | 4008 1FFFh | 2 | | 1~2 | | PCLKB | キー割り込み機能、静電容量式タッチセンシングユニット、セグメントLCDコントローラ |
| AGTn | 4008 4000h | 4008 4FFFh | 3 | | 2~3 | | PCLKB | 非同期汎用タイマ |
| ACMPLP, OPAMP | 4008 5000h | 4008 6FFFh | 2 | | 1~2 | | PCLKB | 低消費電力アナログコンパレータ、オペアンプ |
| USBFS | 4009 0000h | 4009 03FFh | 4 | | 3~4 | | PCLKB | USB2.0 フルスピードモジュール |
| USBFS | 4009 0400h | 4009 04FFh | 3 | | 2~3 | | PCLKB | USB2.0 フルスピードモジュール |

- 注 1. PCLK サイクル数が整数でない場合 (たとえば 1.5)、最小値は小数点以下を切り捨て、最大値は小数点を四捨五入します。(たとえば、1.5 ~ 2.5 は 1 ~ 3)
- 注 2. 16 ビットレジスタ (FTDRHL, FRDRHL, FCR, FDR, LSR, CDR) へのアクセス時、アクセスは表 3.2 に示す値よりも 2 サイクル多くなります。8 ビットレジスタ (FTDRH, FTDRL, FRDRH, FRDRL) へのアクセス時、アクセスサイクルは表 3.2 に示すとおりです。
- 注 3. 32 ビットレジスタ (SPDR) へのアクセス時、表 3.2 に示す値よりも 2 サイクル多くなります。8 ビットまたは 16 ビットレジスタ (SPDR_HA) へのアクセス時、アクセスサイクルは表 3.2 に示すとおりです。
- 注 4. アクセスサイクルは、表 3.3 に示すように、ICLK、PCLKA、PCLKD 間の周波数比によって異なります。

表 3.3 に、GPT モジュールのレジスタアクセスサイクルを示します。

表 3.3 GPT モジュールのアクセスサイクル

| ICLK と PCLK 間の周波数比 | アクセスサイクル数 | | サイクル単位 |
|----------------------|-----------|------|--------|
| | 読み出し | 書き込み | |
| ICLK > PCLKD = PCLKA | 5~6 | 3~4 | PCLKA |
| ICLK > PCLKD > PCLKA | 3~4 | 2~3 | PCLKA |
| PCLKD = ICLK = PCLKA | 6 | 4 | PCLKA |
| PCLKD = ICLK > PCLKA | 2~3 | 1~2 | PCLKA |
| PCLKD > ICLK = PCLKA | 4 | 3 | PCLKA |
| PCLKD > ICLK > PCLKA | 2~3 | 1~2 | PCLKA |

3.3 レジスタの説明

本項では、本マニュアルに記載のレジスタに関する情報を示します。

表 3.4 に各レジスタのアドレスオフセット、アドレスサイズ、アクセス権、およびリセット値を示します。

表 3.4 レジスタの説明 (1/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク |
|-----------|-------|---------------------|--------------|------------|-----------------------------------|------------------------|------|-----------|--------------------|------------|
| MMPU | — | — | — | MMPUCTLA | バスマスタ MPU コントロールレジスタ A | 0x000 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | MMPUPTA | グループ A レジスタの保護 | 0x102 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | 16 | 0x010 | 0-15 | MMPUACA%s | グループ A 領域 %s アクセスコントロールレジスタ | 0x200 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | 16 | 0x010 | 0-15 | MMPUSA%s | グループ A 領域 %s 開始アドレスレジスタ | 0x204 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0x00000003 |
| | 16 | 0x010 | 0-15 | MMPUEA%s | グループ A 領域 %s 終了アドレスレジスタ | 0x208 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000003 | 0x00000003 |
| SMPU | — | — | — | SMPUCTL | スレーブ MPU コントロールレジスタ | 0x00 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | SMPUMBIU | MBIU アクセスコントロールレジスタ | 0x10 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | SMPUFBIU | FBIU アクセスコントロールレジスタ | 0x14 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | SMPUSRAM0 | SRAM0 アクセスコントロールレジスタ | 0x18 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | 3 | 0x4 | 0, 2, 6 | SMPUP%sBIU | P%sBIU アクセスコントロールレジスタ | 0x20 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | — | — | — | SMPUEXBIU | EXBIU アクセスコントロールレジスタ | 0x30 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | SMPUEXBIU2 | EXBIU2 アクセスコントロールレジスタ | 0x34 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | SPMON | — | — | — | MSPMPUOAD | スタックポインタ モニタ 検出後動作レジスタ | 0x00 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 |
| MSPMPUCTL | | | | | スタックポインタ モニタ アクセスコントロールレジスタ | 0x04 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFEFF |
| MSPMPUPT | | | | | スタックポインタ モニタ 保護レジスタ | 0x06 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| MSPMPUSA | | | | | メインスタックポインタ (MSP) モニタ 開始アドレスレジスタ | 0x08 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0x00000003 |
| MSPMPUEA | | | | | メインスタックポインタ (MSP) モニタ 終了アドレスレジスタ | 0x0C | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000003 | 0x00000003 |
| PSPMPUOAD | | | | | スタックポインタ モニタ 検出後動作レジスタ | 0x10 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| PSPMPUCTL | | | | | スタックポインタ モニタ アクセスコントロールレジスタ | 0x14 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFEFF |
| PSPMPUPT | | | | | スタックポインタ モニタ 保護レジスタ | 0x16 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| PSPMPUSA | | | | | プロセススタックポインタ (PSP) モニタ 開始アドレスレジスタ | 0x18 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0x00000003 |
| PSPMPUEA | | | | | プロセススタックポインタ (PSP) モニタ 終了アドレスレジスタ | 0x1C | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000003 | 0x00000003 |
| MMF | | | | | — | — | — | MMSFR | MemMirror 特殊機能レジスタ | 0x00 |
| | MMEN | MemMirror イネーブルレジスタ | 0x04 | 32 | | | | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |

表 3.4 レジスタの説明 (2/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク | | | |
|-------|-------------------|------------------|--------------|---------------------|--------------------------|---------------|-----------|-----------------------|-----------------|------------|-----------|-----------|------------|
| SRAM | — | — | — | PARIODAD | SRAMパリティエラー検出後動作レジスタ | 0x00 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | | | |
| | | | | SRAMPRCR | SRAMプロテクトレジスタ | 0x04 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | | | |
| | | | | ECCMODE | ECC動作モードコントロールレジスタ | 0xC0 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | | | |
| | | | | ECC2STS | ECC 2ビットエラーステータスレジスタ | 0xC1 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | | | |
| | | | | ECC1STSEN | ECC 1ビットエラー情報更新イネーブルレジスタ | 0xC2 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | | | |
| | | | | ECC1STS | ECC 1ビットエラーステータスレジスタ | 0xC3 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | | | |
| | | | | ECCPRCR | ECCプロテクトレジスタ | 0xC4 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | | | |
| | | | | ECCPRCR2 | ECCプロテクトレジスタ2 | 0xD0 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | | | |
| | | | | ECCEST | ECCテストコントロールレジスタ | 0xD4 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | | | |
| | | | | ECCOAD | SRAM ECCエラー検出後動作レジスタ | 0xD8 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | | | |
| | | | | DMAC0-3 | — | — | — | DMSAR | DMA転送元アドレスレジスタ | 0x00 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 |
| DMDAR | DMA転送先アドレスレジスタ | 0x04 | 32 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF | | | |
| DMCRA | DMA転送カウントレジスタ | 0x08 | 32 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF | | | |
| DMCRB | DMAブロック転送カウントレジスタ | 0x0C | 16 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | |
| DMTMD | DMA転送モードレジスタ | 0x10 | 16 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | |
| DMINT | DMA割り込み設定レジスタ | 0x13 | 8 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | | | |
| DMAMD | DMAアドレスモードレジスタ | 0x14 | 16 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | |
| DMOFR | DMAオフセットレジスタ | 0x18 | 32 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF | | | |
| DMCNT | DMA転送イネーブルレジスタ | 0x1C | 8 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | | | |
| DMREQ | DMAソフトウェア起動レジスタ | 0x1D | 8 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | | | |
| DMSTS | DMAステータスレジスタ | 0x1E | 8 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | | | |
| DMA | — | — | — | | | | | DMAST | DMACモジュール起動レジスタ | 0x00 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 |
| DTC | — | — | — | DTCCR | DTCコントロールレジスタ | 0x00 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x08 | 0xFF | | | |
| | | | | DTCVBR | DTCベクタベースレジスタ | 0x04 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF | | | |
| | | | | DTCST | DTCモジュール起動レジスタ | 0x0C | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | | | |
| | | | | DTCSTS | DTCステータスレジスタ | 0x0E | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0xFFFF | | | |
| ICU | 16 | 0x1 | 0-15 | IRQCR%s | IRQコントロールレジスタ %s | 0x000 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | | | |
| | | | | — | — | — | NMICR | NMI端子割り込みコントロールレジスタ | 0x100 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | | | | NMIER | ノンマスクابل割り込みイネーブルレジスタ | 0x120 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | NMICLR | ノンマスクابل割り込みステータスクリアレジスタ | 0x130 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | |
| | | | | NMISR | ノンマスクابل割り込みステータスレジスタ | 0x140 | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0xFFFF | | | |
| | | | | WUPEN | ウェイクアップ割り込みイネーブルレジスタ | 0x1A0 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF | | | |
| | SELSR0 | SYSイベントリンク設定レジスタ | 0x200 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | | | |
| | 4 | 0x4 | 0-3 | DELSR%s | DMACイベントリンク設定レジスタ %s | 0x280 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | |
| 32 | 0x4 | 0-31 | IELSR%s | ICUイベントリンク設定レジスタ %s | 0x300 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF | | | | |

表 3.4 レジスタの説明 (3/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク |
|--------|-----|--------------|--------------|-----------|----------------------------|---------------|-----|-----------|------------|------------|
| DBG | — | — | — | DBGSTR | デバッグステータスレジスタ | 0x000 | 32 | 読み出し専用 | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | DBGSTOPCR | デバッグストップコントロールレジスタ | 0x010 | 32 | 読み出し/書き込み | 0x00000003 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | TRACECTR | トレースコントロールレジスタ | 0x020 | 32 | 読み出し/書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| FCACHE | — | — | — | FCACHEE | フラッシュキャッシュイネーブルレジスタ | 0x100 | 16 | 読み出し/書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | FCACHEIV | フラッシュキャッシュインバリデートレジスタ | 0x104 | 16 | 読み出し/書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| SYSTEM | — | — | — | SBYCR | スタンバイコントロールレジスタ | 0x00C | 16 | 読み出し/書き込み | 0x4000 | 0xFFFF |
| | | | | MSTPCRA | モジュールストップコントロールレジスタA | 0x01C | 32 | 読み出し/書き込み | 0xFFBFFFBE | 0xFFFFFFFF |
| | | | | SCKDIVCR | システムクロック分周コントロールレジスタ | 0x020 | 32 | 読み出し/書き込み | 0x44044444 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | SCKSCR | システムクロックソースコントロールレジスタ | 0x026 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x01 | 0xFF |
| | | | | PLLCR | PLLコントロールレジスタ | 0x02A | 8 | 読み出し/書き込み | 0x01 | 0xFF |
| | | | | PLLCCR2 | PLLクロックコントロールレジスタ2 | 0x02B | 8 | 読み出し/書き込み | 0x07 | 0xFF |
| | | | | MEMWAIT | メモリウェイトサイクルコントロールレジスタ | 0x031 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | MOSCCR | メインクロック発振器コントロールレジスタ | 0x032 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x01 | 0xFF |
| | | | | HOCOCR | 高速オンチップオシレータコントロールレジスタ | 0x036 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFE |
| | | | | MOCOCR | 中速オンチップオシレータコントロールレジスタ | 0x038 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | OSCSF | 発振安定フラグレジスタ | 0x03C | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0xFE |
| | | | | CKOCR | クロックアウトコントロールレジスタ | 0x03E | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | TRCKCR | トレースクロックコントロールレジスタ | 0x03F | 8 | 読み出し/書き込み | 0x01 | 0xFF |
| | | | | OSTDCR | 発振停止検出コントロールレジスタ | 0x040 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | OSTDSR | 発振停止検出ステータスレジスタ | 0x041 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SLCDSCPCR | セグメントLCDソースクロックコントロールレジスタ | 0x050 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | MOCOUTCR | MOCOユーザトリミングコントロールレジスタ | 0x061 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | HOCOUTCR | HOCOユーザトリミングコントロールレジスタ | 0x062 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SNZCR | スヌーズコントロールレジスタ | 0x092 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SNZEDCR | スヌーズ終了コントロールレジスタ | 0x094 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SNZREQCR | スヌーズ要求コントロールレジスタ | 0x098 | 32 | 読み出し/書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | FLSTOP | フラッシュ動作コントロールレジスタ | 0x09E | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | PSMCR | パワーセーブメモリアンタコントロールレジスタ | 0x09F | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | OPCCR | 動作電力コントロールレジスタ | 0x0A0 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x02 | 0xFF |
| | | | | MOSCWTCR | メインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ | 0x0A2 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x05 | 0xFF |
| | | | | HOCOWTCR | 高速オンチップオシレータウェイトコントロールレジスタ | 0x0A5 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x05 | 0xFF |
| | | | | SOPCCR | サブ動作電力コントロールレジスタ | 0x0AA | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | RSTSR1 | リセットステータスレジスタ1 | 0x0C0 | 16 | 読み出し/書き込み | 0x0000 | 0xE0F8 |
| | | | | BKRACR | バックアップレジスタアクセスコントロールレジスタ | 0x0C6 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x06 | 0xFF |

表 3.4 レジスタの説明 (4/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク |
|--------|-----|--------------|--------------|-------------|------------------------------|---------------|-----|-----------|--------|---------|
| SYSTEM | — | — | — | USBCKCR | USBクロックコントロールレジスタ | 0x0D0 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | 2 | 0x2 | 1,2 | LVD%SCR1 | 電圧モニタ%s回路コントロールレジスタ1 | 0x0E0 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x01 | 0xFF |
| | 2 | 0x2 | 1,2 | LVD%SR | 電圧モニタ%s回路ステータスレジスタ | 0x0E1 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x02 | 0xFF |
| | — | — | — | PRCR | プロテクトレジスタ | 0x3FE | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | SYOCDRCR | システムコントロールOCDコントロールレジスタ | 0x40E | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | RSTSR0 | リセットステータスレジスタ0 | 0x410 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xF0 |
| | | | | RSTSR2 | リセットステータスレジスタ2 | 0x411 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFE |
| | | | | MOMCR | メインクロック発振器モードコントロールレジスタ | 0x413 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | LVCMPCR | 電圧モニタ回路コントロールレジスタ | 0x417 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | LVDLVR | 電圧検出レベル選択レジスタ | 0x418 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x07 | 0xFF |
| | 2 | 0x1 | 1,2 | LVD%SCR0 | 電圧モニタ%s回路コントロールレジスタ0 | 0x41A | 8 | 読み出し／書き込み | 0x80 | 0xF7 |
| | — | — | — | VBTCR1 | VBATTコントロールレジスタ1 | 0x41F | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SOSCCR | サブクロック発振器コントロールレジスタ | 0x480 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x01 | 0xFF |
| | | | | SOMCR | サブクロック発振器モードコントロールレジスタ | 0x481 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | LOCOCR | 低速オンチップオシレータコントロールレジスタ | 0x490 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | LOCOUTCRCR | LOCOユーザトリミングコントロールレジスタ | 0x492 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | VBTCR2 | VBATTコントロールレジスタ2 | 0x4B0 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | VBTSR | VBATTステータスレジスタ | 0x4B1 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x01 | 0xEC |
| | | | | VBTCMPCR | VBATTコンパレータコントロールレジスタ | 0x4B2 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | VBTLVDICR | VBATT端子低電圧検出割り込みコントロールレジスタ | 0x4B4 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | VBTWCTLR | VBATTウェイクアップコントロールレジスタ | 0x4B6 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | VBTWCH00TSR | VBATTウェイクアップI/O 0出力トリガ選択レジスタ | 0x4B8 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | VBTICTLR | VBATT入力コントロールレジスタ | 0x4BB | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | VBTOCTLR | VBATT出力コントロールレジスタ | 0x4BC | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | VBTWTER | VBATTウェイクアップトリガ要因イネーブルレジスタ | 0x4BD | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | VBTWEGR | VBATTウェイクアップトリガ要因エッジレジスタ | 0x4BE | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | VBTWFR | VBATTウェイクアップトリガ要因フラグレジスタ | 0x4BF | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | 512 | 0x1 | 0-511 | VBTBKR[%s] | VBATTバックアップレジスタ[%s] | 0x500 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0x00 |

表 3.4 レジスタの説明 (5/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク | | | | |
|------------|------------------|----------------|--------------|------------|--------------------|---------------|-----|------------------|------------------|------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| PORT0,5,9 | — | — | — | PCNTR1 | ポートコントロールレジスタ 1 | 0x00 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF | | | | |
| | | | | PODR | 出力データレジスタ | 0x00 | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | PDR | データ方向レジスタ | 0x02 | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | PCNTR2 | ポートコントロールレジスタ 2 | 0x04 | 32 | 読み出し専用 | 0x00000000 | 0xFFFF0000 | | | | |
| | | | | PIDR | 入力データレジスタ | 0x06 | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0x0000 | | | | |
| | | | | PCNTR3 | ポートコントロールレジスタ 3 | 0x08 | 32 | 書き込み専用 | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF | | | | |
| | | | | PORR | 出力リセットレジスタ | 0x08 | 16 | 書き込み専用 | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | POSR | 出力設定レジスタ | 0x0A | 16 | 書き込み専用 | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| PORT1-4 | — | — | — | PCNTR1 | ポートコントロールレジスタ 1 | 0x00 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF | | | | |
| | | | | PODR | 出力データレジスタ | 0x00 | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | PDR | データ方向レジスタ | 0x02 | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | PCNTR2 | ポートコントロールレジスタ 2 | 0x04 | 32 | 読み出し専用 | 0x00000000 | 0xFFFF0000 | | | | |
| | | | | EIDR | イベント入力データレジスタ | 0x04 | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0x0000 | | | | |
| | | | | PIDR | 入力データレジスタ | 0x06 | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0x0000 | | | | |
| | | | | PCNTR3 | ポートコントロールレジスタ 3 | 0x08 | 32 | 書き込み専用 | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF | | | | |
| | | | | PORR | 出力設定レジスタ | 0x08 | 16 | 書き込み専用 | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | POSR | 出力リセットレジスタ | 0x0A | 16 | 書き込み専用 | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | PCNTR4 | ポートコントロールレジスタ 4 | 0x0C | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF | | | | |
| | | | | EORR | イベント出力設定レジスタ | 0x0C | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | EOSR | イベント出力リセットレジスタ | 0x0E | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | PFS | — | — | — | P004PFS | ポート00%端子機能選択レジスタ | 0x004 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFFD |
| P004PFS_HA | ポート00%端子機能選択レジスタ | 0x006 | 16 | | | | | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFFD | | | | |
| P004PFS_BY | ポート00%端子機能選択レジスタ | 0x007 | 8 | | | | | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFD | | | | |
| 4 | 0x4 | 10, 11, 14, 15 | P04PFS | | | | | ポート0%端子機能選択レジスタ | 0x028 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFFD | |
| 4 | 0x4 | 10, 11, 14, 15 | P04PFS_HA | | | | | ポート0%端子機能選択レジスタ | 0x02A | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFFD | |
| 4 | 0x4 | 10, 11, 14, 15 | P04PFS_BY | | | | | ポート0%端子機能選択レジスタ | 0x02B | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFD | |
| 8 | 0x4 | 0-7 | P10%PFS | | | | | ポート10%端子機能選択レジスタ | 0x040 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFFD | |
| 8 | 0x4 | 0-7 | P10%PFS_HA | | | | | ポート10%端子機能選択レジスタ | 0x042 | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFFD | |
| 8 | 0x4 | 0-7 | P10%PFS_BY | | | | | ポート10%端子機能選択レジスタ | 0x043 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFD | |
| — | — | — | — | | | | | P108PFS | ポート108端子機能選択レジスタ | 0x060 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00010010 | 0xFFFFFFFFD |
| | | | | | | | | P108PFS_HA | ポート108端子機能選択レジスタ | 0x062 | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0010 | 0xFFFFD |
| | | | | | | | | P108PFS_BY | ポート108端子機能選択レジスタ | 0x063 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x10 | 0xFD |
| | | | | | | | | P109PFS | ポート109端子機能選択レジスタ | 0x064 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00010000 | 0xFFFFFFFFD |
| | | | | | | | | P109PFS_HA | ポート109端子機能選択レジスタ | 0x066 | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFFD |
| | | | | P109PFS_BY | ポート109端子機能選択レジスタ | 0x067 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFD | | | | |

表 3.4 レジスタの説明 (6/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク |
|------|-----|--------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------|-------------------|-----------------------------|------------|------------|
| PFS | — | — | — | P110PFS | ポート 110 端子機能選択レジスタ | 0x068 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00010010 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | P110PFS_HA | ポート 110 端子機能選択レジスタ | 0x06A | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0010 | 0xFFFFD |
| | | | | P110PFS_BY | ポート 110 端子機能選択レジスタ | 0x06B | 8 | 読み出し／書き込み | 0x10 | 0xFD |
| | | | | P111PFS | ポート 1% <i>s</i> 端子機能選択レジスタ | 0x06C | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | P111PFS_HA | ポート 1% <i>s</i> 端子機能選択レジスタ | 0x06E | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFFD |
| | | | | P111PFS_BY | ポート 1% <i>s</i> 端子機能選択レジスタ | 0x06F | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFD |
| | | | | P200PFS | ポート 200 端子機能選択レジスタ | 0x080 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | P200PFS_HA | ポート 200 端子機能選択レジスタ | 0x082 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFFD |
| | | | | P200PFS_BY | ポート 200 端子機能選択レジスタ | 0x083 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFD |
| | | | | P201PFS | ポート 201 端子機能選択レジスタ | 0x084 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000010 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | P201PFS_HA | ポート 201 端子機能選択レジスタ | 0x086 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0010 | 0xFFFFD |
| | | | | P201PFS_BY | ポート 201 端子機能選択レジスタ | 0x087 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x10 | 0xFD |
| | | | | 3 | 0x4 | 4-6 | P20% <i>s</i> PFS | ポート 20% <i>s</i> 端子機能選択レジスタ | 0x088 | 32 |
| 3 | 0x4 | 4-6 | P20% <i>s</i> PFS_HA | ポート 20% <i>s</i> 端子機能選択レジスタ | 0x08A | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFFD | |
| 3 | 0x4 | 4-6 | P20% <i>s</i> PFS_BY | ポート 20% <i>s</i> 端子機能選択レジスタ | 0x08B | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFD | |
| 4 | 0x4 | 12-15 | P2% <i>s</i> PFS | ポート 2% <i>s</i> 端子機能選択レジスタ | 0x0B0 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF | |
| 4 | 0x4 | 12-15 | P2% <i>s</i> PFS_HA | ポート 2% <i>s</i> 端子機能選択レジスタ | 0x0B2 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFFD | |
| 4 | 0x4 | 12-15 | P2% <i>s</i> PFS_BY | ポート 2% <i>s</i> 端子機能選択レジスタ | 0x0B3 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFD | |
| — | — | — | P300PFS | ポート 300 端子機能選択レジスタ | 0x0C0 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00010010 | 0xFFFFFFFF | |
| | | | P300PFS_HA | ポート 300 端子機能選択レジスタ | 0x0C2 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0010 | 0xFFFFD | |
| | | | P300PFS_BY | ポート 300 端子機能選択レジスタ | 0x0C3 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x10 | 0xFD | |
| 4 | 0x4 | 2, 4, 7 | P40% <i>s</i> PFS | ポート 40% <i>s</i> 端子機能選択レジスタ | 0x100 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF | |
| 4 | 0x4 | 2, 4, 7 | P40% <i>s</i> PFS_HA | ポート 40% <i>s</i> 端子機能選択レジスタ | 0x102 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFFD | |
| 4 | 0x4 | 2, 4, 7 | P40% <i>s</i> PFS_BY | ポート 40% <i>s</i> 端子機能選択レジスタ | 0x103 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFD | |
| — | — | — | P409PFS | ポート 409 端子機能選択レジスタ | 0x124 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF | |
| | | | P409PFS_HA | ポート 409 端子機能選択レジスタ | 0x126 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFFD | |
| | | | P409PFS_BY | ポート 409 端子機能選択レジスタ | 0x127 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFD | |
| | | | P414PFS | ポート 4% <i>s</i> 端子機能選択レジスタ | 0x128 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF | |
| | | | P414PFS_HA | ポート 4% <i>s</i> 端子機能選択レジスタ | 0x12A | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFFD | |
| | | | P414PFS_BY | ポート 4% <i>s</i> 端子機能選択レジスタ | 0x12B | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFD | |
| | | | P501PFS | ポート 50% <i>s</i> 端子機能選択レジスタ | 0x140 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF | |
| | | | P501PFS_HA | ポート 50% <i>s</i> 端子機能選択レジスタ | 0x142 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFFD | |
| | | | P501PFS_BY | ポート 50% <i>s</i> 端子機能選択レジスタ | 0x143 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFD | |

表 3.4 レジスタの説明 (7/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク |
|-------|-----|--------------|--------------|------------|---------------------------|---------------|-----|---------------|------------|------------|
| PFS | 2 | 0x4 | 14,15 | P9%SPFS | ポート9%端子機能選択レジスタ | 0x278 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00010000 | 0xFFFFFFFF |
| | 2 | 0x4 | 14,15 | P9%SPFS_HA | ポート9%端子機能選択レジスタ | 0x27A | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | 2 | 0x4 | 14,15 | P9%SPFS_BY | ポート9%端子機能選択レジスタ | 0x27B | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFD |
| PMISC | — | — | — | PWPR | 書き込みプロテクトレジスタ | 0x03 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x80 | 0xFF |
| ELC | — | — | — | ELCR | イベントリンクコントローラレジスタ | 0x00 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | 2 | 0x2 | 0,1 | ELSEGR%s | イベントリンクソフトウェアイベント発生レジスタ%s | 0x02 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x80 | 0xFF |
| | 10 | 0x4 | 0-9 | ELSR%s | イベントリンク設定レジスタ%s | 0x10 | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | — | — | — | ELSR12 | イベントリンク設定レジスタ12 | 0x40 | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | 5 | 0x4 | 14-18 | ELSR%s | イベントリンク設定レジスタ%s | 0x48 | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| POEG | 2 | 0x100 | A,B | POEGG%s | POEGグループ%s設定レジスタ | 0x00 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| RTC | — | — | — | R64CNT | 64Hzカウンタ | 0x00 | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0x80 |
| | — | — | — | RSECCNT | 秒カウンタ | 0x02 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | BCNT0 | バイナリカウンタ0 | 0x02 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | RMINCNT | 分カウンタ | 0x04 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | BCNT1 | バイナリカウンタ1 | 0x04 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | RHRCNT | 時カウンタ | 0x06 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | BCNT2 | バイナリカウンタ2 | 0x06 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | RWKCNT | 曜日カウンタ | 0x08 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | BCNT3 | バイナリカウンタ3 | 0x08 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | RDAYCNT | 日カウンタ | 0x0A | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xC0 |
| | — | — | — | RMONCNT | 月カウンタ | 0x0C | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xE0 |
| | — | — | — | RYRCNT | 年カウンタ | 0x0E | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFF00 |
| | — | — | — | RSECAR | 秒アラームレジスタ | 0x10 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | BCNT0AR | バイナリカウンタ0アラームレジスタ | 0x10 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | RMINAR | 分アラームレジスタ | 0x12 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | BCNT1AR | バイナリカウンタ1アラームレジスタ | 0x12 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | RHRAR | 時アラームレジスタ | 0x14 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | BCNT2AR | バイナリカウンタ2アラームレジスタ | 0x14 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | RWKAR | 曜日アラームレジスタ | 0x16 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | BCNT3AR | バイナリカウンタ3アラームレジスタ | 0x16 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | RDAYAR | 日アラームレジスタ | 0x18 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | BCNT0AER | バイナリカウンタ0アラームイネーブルレジスタ | 0x18 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | RMONAR | 月アラームレジスタ | 0x1A | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | BCNT1AER | バイナリカウンタ1アラームイネーブルレジスタ | 0x1A | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | — | — | — | RYRAR | 年アラームレジスタ | 0x1C | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFF00 |

表 3.4 レジスタの説明 (8/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク |
|------|-----|--------------|--------------|-----------|----------------------------|---------------|-----|---------------|--------|---------|
| RTC | — | — | — | BCNT2AER | バイナリカウンタ2アラーム イネーブルレジスタ | 0x1C | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFF00 |
| | | | | RZRAREN | 年アラームイネーブルレジスタ | 0x1E | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | | | | BCNT3AER | バイナリカウンタ3アラーム イネーブルレジスタ | 0x1E | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | | | | RCR1 | RTCコントロールレジスタ1 | 0x22 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x0A |
| | | | | RCR2 | RTCコントロールレジスタ2 | 0x24 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x0E |
| | | | | RCR4 | RTCコントロールレジスタ4 | 0x28 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFE |
| | | | | RFRH | 周波数レジスタH | 0x2A | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | RFRL | 周波数レジスタL | 0x2C | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0x0000 |
| | | | | RADJ | 時計誤差補正レジスタ | 0x2E | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | 3 | 0x2 | 0-2 | RTCCR%s | 時間キャプチャコントロール レジスタ%s | 0x40 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | 3 | 0x10 | 0-2 | RSECCP%s | 秒キャプチャレジスタ%s | 0x52 | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0x00 |
| | 3 | 0x10 | 0-2 | BCNT0CP%s | BCNT0キャプチャレジスタ %s | 0x52 | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0x00 |
| | 3 | 0x10 | 0-2 | RMINCP%s | 分キャプチャレジスタ%s | 0x54 | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0x00 |
| | 3 | 0x10 | 0-2 | BCNT1CP%s | BCNT1キャプチャレジスタ %s | 0x54 | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0x00 |
| | 3 | 0x10 | 0-2 | RHRCP%s | 時キャプチャレジスタ%s | 0x56 | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0x00 |
| | 3 | 0x10 | 0-2 | BCNT2CP%s | BCNT2キャプチャレジスタ %s | 0x56 | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0x00 |
| | 3 | 0x10 | 0-2 | RDAYCP%s | 日キャプチャレジスタ%s | 0x5A | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0x00 |
| | 3 | 0x10 | 0-2 | BCNT3CP%s | BCNT3キャプチャレジスタ %s | 0x5A | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0x00 |
| | 3 | 0x10 | 0-2 | RMONCP%s | 月キャプチャレジスタ%s | 0x5C | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0x00 |
| WDT | — | — | — | WDTRR | WDTリフレッシュレジスタ | 0x00 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0xFF | 0xFF |
| | | | | WDTCR | WDTコントロールレジスタ | 0x02 | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x33F3 | 0xFFFF |
| | | | | WDTSR | WDTステータスレジスタ | 0x04 | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | WDTRCR | WDTリセットコントロール レジスタ | 0x06 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x80 | 0xFF |
| | | | | WDTCSTPR | WDTカウント停止コン ロールレジスタ | 0x08 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x80 | 0xFF |
| | | | | IWDTRR | IWDTリフレッシュレジスタ | 0x00 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0xFF | 0xFF |
| | | | | IWDTSR | IWDTステータスレジスタ | 0x04 | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| CAC | — | — | — | CACR0 | CACコントロールレジスタ0 | 0x00 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CACR1 | CACコントロールレジスタ1 | 0x01 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CACR2 | CACコントロールレジスタ2 | 0x02 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CAICR | CAC割り込みコントロールレ ジスタ | 0x03 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CASTR | CACステータスレジスタ | 0x04 | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CAULVR | CAC上限値設定レジスタ | 0x06 | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | CALLVR | CAC下限値設定レジスタ | 0x08 | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | CACNTBR | CACカウンタバッファレジ スタ | 0x0A | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0xFFFF |

表 3.4 レジスタの説明 (9/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク |
|------|-----|-----------|-----------|----------------------|-------------------------------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|
| MSTP | — | — | — | MSTPCRB | モジュールストップコントロールレジスタB | 0x00 | 32 | 読み出し／書き込み | 0xFFFFFFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | MSTPCRC | モジュールストップコントロールレジスタC | 0x04 | 32 | 読み出し／書き込み | 0xFFFFFFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | MSTPCRD | モジュールストップコントロールレジスタD | 0x08 | 32 | 読み出し／書き込み | 0xFFFFFFFF | 0xFFFFFFFF |
| CAN0 | 32 | 0x10 | 0-31 | MB%s_ID | メールボックスレジスタ | 0x200 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0x00000000 |
| | 32 | 0x10 | 0-31 | MB%s_DL | メールボックスレジスタ | 0x204 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0x0000 |
| | 32 | 0x10 | 0-31 | MB%s_D0 | メールボックスレジスタ | 0x206 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | 32 | 0x10 | 0-31 | MB%s_D1 | メールボックスレジスタ | 0x207 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | 32 | 0x10 | 0-31 | MB%s_D2 | メールボックスレジスタ | 0x208 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | 32 | 0x10 | 0-31 | MB%s_D3 | メールボックスレジスタ | 0x209 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | 32 | 0x10 | 0-31 | MB%s_D4 | メールボックスレジスタ | 0x20A | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | 32 | 0x10 | 0-31 | MB%s_D5 | メールボックスレジスタ | 0x20B | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | 32 | 0x10 | 0-31 | MB%s_D6 | メールボックスレジスタ | 0x20C | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | 32 | 0x10 | 0-31 | MB%s_D7 | メールボックスレジスタ | 0x20D | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0x00 |
| | 32 | 0x10 | 0-31 | MB%s_TS | メールボックスレジスタ | 0x20E | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0x0000 |
| | 8 | 0x4 | 0-7 | MKR[%s] | マスクレジスタ | 0x400 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0x00000000 |
| | 2 | 0x4 | 0,1 | FIDCR%s | FIFO受信ID比較レジスタ | 0x420 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0x00000000 |
| | — | — | — | MKIVLR | マスク無効レジスタ | 0x428 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0x00000000 |
| | — | — | — | MIER | メールボックス割り込みイネーブルレジスタ | 0x42C | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0x00000000 |
| | — | — | — | MIER_FIFO | FIFOメールボックスモード用メールボックス割り込みイネーブルレジスタ | 0x42C | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0x00000000 |
| | 32 | 0x1 | 0-31 | MCTL_TX[%s] | 送信用メッセージコントロールレジスタ | 0x820 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | 32 | 0x1 | 0-31 | MCTL_RX[%s] | 受信用メッセージコントロールレジスタ | 0x820 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | — | — | — | CTLR | コントロールレジスタ | 0x840 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0500 | 0xFFFF |
| | — | — | — | STR | ステータスレジスタ | 0x842 | 16 | 読み出し専用 | 0x0500 | 0xFFFF |
| | — | — | — | BCR | ビットコンフィグレーションレジスタ | 0x844 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | — | — | — | RFCR | 受信FIFOコントロールレジスタ | 0x848 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x80 | 0xFF |
| | — | — | — | RFPCR | 受信FIFOポインタコントロールレジスタ | 0x849 | 8 | 書き込み専用 | 0x00 | 0x00 |
| — | — | — | TFCR | 送信FIFOコントロールレジスタ | 0x84A | 8 | 読み出し／書き込み | 0x80 | 0xFF | |
| — | — | — | TFPCR | 送信FIFOポインタコントロールレジスタ | 0x84B | 8 | 書き込み専用 | 0x00 | 0x00 | |
| — | — | — | EIER | エラー割り込みイネーブルレジスタ | 0x84C | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | |
| — | — | — | EIFR | エラー割り込み要因判定レジスタ | 0x84D | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | |
| — | — | — | RECR | 受信エラーカウントレジスタ | 0x84E | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0xFF | |
| — | — | — | TECR | 送信エラーカウントレジスタ | 0x84F | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0xFF | |
| — | — | — | ECSR | エラーコード格納レジスタ | 0x850 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | |
| — | — | — | CSSR | チャンネルサーチャサポートレジスタ | 0x851 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0x00 | |

表 3.4 レジスタの説明 (10/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク | | | | |
|-------|------------------------------------|--------------|--------------|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------|-----------|-------------------------------|-------------------------------|------|-----------|-----------|------|
| CAN0 | — | — | — | MSSR | メールボックスサーチステータスレジスタ | 0x852 | 8 | 読み出し専用 | 0x80 | 0xFF | | | | |
| | | | | MSMR | メールボックスサーチモードレジスタ | 0x853 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF | | | | |
| | | | | TSR | タイムスタンプレジスタ | 0x854 | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | AFSR | アクセプタンスフィルタサポートレジスタ | 0x856 | 16 | 読み出し/書き込み | 0x0000 | 0x0000 | | | | |
| | | | | TCR | テストコントロールレジスタ | 0x858 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF | | | | |
| IIC0 | — | — | — | ICCR1 | I ² Cバスコントロールレジスタ1 | 0x00 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x1F | 0xFF | | | | |
| | | | | ICCR2 | I ² Cバスコントロールレジスタ2 | 0x01 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF | | | | |
| | | | | ICMR1 | I ² Cバスモードレジスタ1 | 0x02 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x08 | 0xFF | | | | |
| | | | | ICMR2 | I ² Cバスモードレジスタ2 | 0x03 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x06 | 0xFF | | | | |
| | | | | ICMR3 | I ² Cバスモードレジスタ3 | 0x04 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF | | | | |
| | | | | ICFER | I ² Cバスファンクションイネーブルレジスタ | 0x05 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x72 | 0xFF | | | | |
| | | | | ICSER | I ² Cバスステータスイネーブルレジスタ | 0x06 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x09 | 0xFF | | | | |
| | | | | ICIER | I ² Cバス割り込みイネーブルレジスタ | 0x07 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF | | | | |
| | | | | ICSR1 | I ² Cバスステータスレジスタ1 | 0x08 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF | | | | |
| | | | | ICSR2 | I ² Cバスステータスレジスタ2 | 0x09 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF | | | | |
| | 3 | 0x2 | 0-2 | SARL%s | スリープアドレスレジスタL%s | 0x0A | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF | | | | |
| | 3 | 0x2 | 0-2 | SARU%s | スリープアドレスレジスタU%s | 0x0B | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF | | | | |
| | — | — | — | — | ICBRL | I ² CバスビットレートLowレジスタ | 0x10 | 8 | 読み出し/書き込み | 0xFF | 0xFF | | | |
| | | | | | ICBRH | I ² CバスビットレートHighレジスタ | 0x11 | 8 | 読み出し/書き込み | 0xFF | 0xFF | | | |
| | | | | | ICDRT | I ² Cバス送信データレジスタ | 0x12 | 8 | 読み出し/書き込み | 0xFF | 0xFF | | | |
| | | | | | ICDRR | I ² Cバス受信データレジスタ | 0x13 | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0xFF | | | |
| | | | | | ICWUR | I ² Cバスウェイクアップユニットレジスタ | 0x16 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x10 | 0xFF | | | |
| | | | | | ICWUR2 | I ² Cバスウェイクアップユニットレジスタ2 | 0x17 | 8 | 読み出し/書き込み | 0xFD | 0xFF | | | |
| | | | | | IIC1 | — | — | — | ICCR1 | I ² Cバスコントロールレジスタ1 | 0x00 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x1F |
| ICCR2 | | | | | | | | | I ² Cバスコントロールレジスタ2 | 0x01 | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF |
| ICMR1 | I ² Cバスモードレジスタ1 | 0x02 | 8 | 読み出し/書き込み | | | | | 0x08 | 0xFF | | | | |
| ICMR2 | I ² Cバスモードレジスタ2 | 0x03 | 8 | 読み出し/書き込み | | | | | 0x06 | 0xFF | | | | |
| ICMR3 | I ² Cバスモードレジスタ3 | 0x04 | 8 | 読み出し/書き込み | | | | | 0x00 | 0xFF | | | | |
| ICFER | I ² Cバスファンクションイネーブルレジスタ | 0x05 | 8 | 読み出し/書き込み | | | | | 0x72 | 0xFF | | | | |
| ICSER | I ² Cバスステータスイネーブルレジスタ | 0x06 | 8 | 読み出し/書き込み | | | | | 0x09 | 0xFF | | | | |
| ICIER | I ² Cバス割り込みイネーブルレジスタ | 0x07 | 8 | 読み出し/書き込み | | | | | 0x00 | 0xFF | | | | |
| ICSR1 | I ² Cバスステータスレジスタ1 | 0x08 | 8 | 読み出し/書き込み | | | | | 0x00 | 0xFF | | | | |
| ICSR2 | I ² Cバスステータスレジスタ2 | 0x09 | 8 | 読み出し/書き込み | | | | | 0x00 | 0xFF | | | | |
| 3 | 0x2 | 0-2 | SARL%s | スリープアドレスレジスタL%s | 0x0A | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF | | | | | |
| 3 | 0x2 | 0-2 | SARU%s | スリープアドレスレジスタU%s | 0x0B | 8 | 読み出し/書き込み | 0x00 | 0xFF | | | | | |

表 3.4 レジスタの説明 (11/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク | | | | |
|------------|-----------------------------|-----------|-----------|---------|----------------------------------|------------|--------|---------------|-------------------------------|---------|--------|-----------|--------|--------|
| IIC1 | — | — | — | ICBRL | I ² CバスビットレートLowレジスタ | 0x10 | 8 | 読み出し／書き込み | 0xFF | 0xFF | | | | |
| | | | | ICBRH | I ² CバスビットレートHighレジスタ | 0x11 | 8 | 読み出し／書き込み | 0xFF | 0xFF | | | | |
| | | | | ICDRT | I ² Cバス送信データレジスタ | 0x12 | 8 | 読み出し／書き込み | 0xFF | 0xFF | | | | |
| | | | | ICDRR | I ² Cバス受信データレジスタ | 0x13 | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0xFF | | | | |
| DOC | — | — | — | DOCR | DOCコントロールレジスタ | 0x00 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | | | | |
| | | | | DODIR | DOCデータインプットレジスタ | 0x02 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | DODSR | DOCデータ設定レジスタ | 0x04 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| ADC140 | — | — | — | ADCSR | A/Dコントロールレジスタ | 0x000 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | ADANSA0 | A/Dチャンネル選択レジスタA0 | 0x004 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | ADANSA1 | A/Dチャンネル選択レジスタA1 | 0x006 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | ADADS0 | A/D変換値加算／平均チャンネル選択レジスタ0 | 0x008 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | ADADS1 | A/D変換値加算／平均チャンネル選択レジスタ1 | 0x00A | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | ADADC | A/D変換値加算／平均回数選択レジスタ | 0x00C | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF | | | | |
| | | | | ADCER | A/Dコントロール拡張レジスタ | 0x00E | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | ADSTRGR | A/D変換開始トリガ選択レジスタ | 0x010 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | ADEXICR | A/D変換拡張入力コントロールレジスタ | 0x012 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | ADANSB0 | A/Dチャンネル選択レジスタB0 | 0x014 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | ADANSB1 | A/Dチャンネル選択レジスタB1 | 0x016 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | ADDBLDR | A/Dデータ2重化レジスタ | 0x018 | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | ADTSDR | A/D温度センサデータレジスタ | 0x01A | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | ADOCDR | A/D内部基準電圧データレジスタ | 0x01C | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | ADRD | A/D自己診断データレジスタ | 0x01E | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |
| | | | | 28 | 0x2 | 0-27 | ADDR%s | A/Dデータレジスタ %s | 0x020 | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0xFFFF | |
| | | | | — | — | — | — | ADDISCR | A/D断線検出コントロールレジスタ | 0x07A | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | | | | | ADGSPCR | A/Dグループスキャン優先コントロールレジスタ | 0x080 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | | | | | ADDBLDRA | A/Dデータ2重化レジスタA | 0x084 | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | | | | | ADDBLDRB | A/Dデータ2重化レジスタB | 0x086 | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | | | | | ADHVREFCNT | A/D高電位／低電位基準電圧コントロールレジスタ | 0x08A | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | | | | | ADWINMON | A/Dコンペア機能ウィンドウA/Bステータスマニタレジスタ | 0x08C | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0xFF |
| | | | | | | | | ADCMPPCR | A/Dコンペア機能コントロールレジスタ | 0x090 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | | | | | ADCMPANSER | A/Dコンペア機能ウィンドウA拡張入力選択レジスタ | 0x092 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | | | | | ADCMPLER | A/Dコンペア機能ウィンドウA拡張入力比較条件設定レジスタ | 0x093 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | | | | | ADCMPANSR0 | A/Dコンペア機能ウィンドウAチャンネル選択レジスタ0 | 0x094 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| ADCMPANSR1 | A/Dコンペア機能ウィンドウAチャンネル選択レジスタ1 | 0x096 | 16 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |

表 3.4 レジスタの説明 (12/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク |
|--------|-----|-----------|------------|-----------|---|------------|-----|-----------|--------|---------|
| ADC140 | — | — | — | ADCMPLR0 | A/D コンペア機能ウィンドウ A 比較条件設定レジスタ 0 | 0x098 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | ADCMPLR1 | A/D コンペア機能ウィンドウ A 比較条件設定レジスタ 1 | 0x09A | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | ADCMPCR0 | A/D コンペア機能ウィンドウ A 下側レベル設定レジスタ | 0x09C | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | ADCMPCR1 | A/D コンペア機能ウィンドウ A 上側レベル設定レジスタ | 0x09E | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | ADCMPSR0 | A/D コンペア機能ウィンドウ A チャネルステータスレジスタ 0 | 0x0A0 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | ADCMPSR1 | A/D コンペア機能ウィンドウ A チャネルステータスレジスタ 1 | 0x0A2 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | ADCMPSER | A/D コンペア機能ウィンドウ A 拡張入力チャネルステータスレジスタ | 0x0A4 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | ADCMPBNSR | A/D コンペア機能ウィンドウ B チャネルステータスレジスタ | 0x0A6 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | ADWINLLB | A/D コンペア機能ウィンドウ B 下側レベル設定レジスタ | 0x0A8 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | ADWINULB | A/D コンペア機能ウィンドウ B 上側レベル設定レジスタ | 0x0AA | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | ADCMPSR | A/D コンペア機能ウィンドウ B ステータスレジスタ | 0x0AC | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | ADSSTRL | A/D サンプルリングステートレジスタ L | 0x0DD | 8 | 読み出し／書き込み | 0x0D | 0xFF |
| | | | | ADSSTRT | A/D サンプルリングステートレジスタ T | 0x0DE | 8 | 読み出し／書き込み | 0x0D | 0xFF |
| | | | | ADSSTRO | A/D サンプルリングステートレジスタ O | 0x0DF | 8 | 読み出し／書き込み | 0x0D | 0xFF |
| | 5 | 0x1 | 4-6, 9, 10 | ADSSTR%s | A/D サンプルリングステートレジスタ %s | 0x0E0 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x0D | 0xFF |
| DAC12 | — | — | — | DADR0 | D/A データレジスタ 0 | 0x00 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | DACR | D/A コントロールレジスタ | 0x04 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x1F | 0xFF |
| | | | | DADPR | DADR0 フォーマット選択レジスタ | 0x05 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | DAADSCR | D/A A/D 同期スタートコントロールレジスタ | 0x06 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | DAVREFCR | D/A VREF コントロールレジスタ | 0x07 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| SCIO,1 | — | — | — | SMR | 非スマートカードインタフェースモード用シリアルモードレジスタ (SCMR.SMIF = 0) | 0x00 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SMR_SMCI | スマートカードインタフェースモード用シリアルモードレジスタ (SCMR.SMIF = 1) | 0x00 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | BRR | ビットレートレジスタ | 0x01 | 8 | 読み出し／書き込み | 0xFF | 0xFF |
| | | | | SCR | 非スマートカードインタフェースモード用シリアルコントロールレジスタ (SCMR.SMIF = 0) | 0x02 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SCR_SMCI | スマートカードインタフェースモード用シリアルコントロールレジスタ (SCMR.SMIF = 1) | 0x02 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | TDR | 送信データレジスタ | 0x03 | 8 | 読み出し／書き込み | 0xFF | 0xFF |
| | | | | SSR | 非スマートカードインタフェースおよび非FIFOモード用シリアルステータスレジスタ (SCMR.SMIF = 0 および FCR.FM = 0) | 0x04 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x84 | 0xFF |

表 3.4 レジスタの説明 (13/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク |
|----------|---|--------------|--------------|----------|--|---------------|-----|-----------|--|---------|
| SCI0,1 | — | — | — | SSR_FIFO | 非スマートカードインタフェースおよびFIFOモード用シリアルステータスレジスタ (SCMR.SMIF = 0およびFCR.FM = 1) | 0x04 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x80 | 0xFD |
| | | | | SSR_SMCI | スマートカードインタフェースモード用シリアルステータスレジスタ (SCMR.SMIF = 1) | 0x04 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x84 | 0xFF |
| | | | | RDR | 受信データレジスタ | 0x05 | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SCMR | スマートカードモードレジスタ | 0x06 | 8 | 読み出し／書き込み | 0xF2 | 0xFF |
| | | | | SEMR | シリアル拡張モードレジスタ | 0x07 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SNFR | ノイズフィルタ設定レジスタ | 0x08 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SIMR1 | I ² Cモードレジスタ1 | 0x09 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SIMR2 | I ² Cモードレジスタ2 | 0x0A | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SIMR3 | I ² Cモードレジスタ3 | 0x0B | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SISR | I ² Cステータスレジスタ | 0x0C | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0xCB |
| | | | | SPMR | SPIモードレジスタ | 0x0D | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | TDRHL | 送信9ビットデータレジスタ | 0x0E | 16 | 読み出し／書き込み | 0xFFFF | 0xFFFF |
| | | | | FTDRHL | 送信FIFOデータレジスタHL | 0x0E | 16 | 書き込み専用 | 0xFFFF | 0xFFFF |
| | | | | FTDRH | 送信FIFOデータレジスタH | 0x0E | 8 | 書き込み専用 | 0xFF | 0xFF |
| | | | | FTDRL | 送信FIFOデータレジスタL | 0x0F | 8 | 書き込み専用 | 0xFF | 0xFF |
| | | | | RDRHL | 受信9ビットデータレジスタ | 0x10 | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | FRDRHL | 受信FIFOデータレジスタHL | 0x10 | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | FRDRH | 受信FIFOデータレジスタH | 0x10 | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0xFF |
| | | | | FRDRL | 受信FIFOデータレジスタL | 0x11 | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0xFF |
| | | | | MDDR | モジュレーションデューティレジスタ | 0x12 | 8 | 読み出し／書き込み | 0xFF | 0xFF |
| | | | | DCCR | データコンペアマッチコントロールレジスタ | 0x13 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x40 | 0xFF |
| | | | | FCR | FIFOコントロールレジスタ | 0x14 | 16 | 読み出し／書き込み | 0xF800 | 0xFFFF |
| | | | | FDR | FIFOデータ数レジスタ | 0x16 | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | LSR | ラインステータスレジスタ | 0x18 | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | CDR | コンペアマッチデータレジスタ | 0x1A | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | SPTR | シリアルポートレジスタ | 0x1C | 8 | 読み出し／書き込み | 0x03 | 0xFF |
| | | | | SCI4,9 | — | — | — | SMR | 非スマートカードインタフェースモード用シリアルモードレジスタ (SCMR.SMIF = 0) | 0x00 |
| SMR_SMCI | スマートカードインタフェースモード用シリアルモードレジスタ (SCMR.SMIF = 1) | 0x00 | 8 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| BRR | ビットレートレジスタ | 0x01 | 8 | | | | | 読み出し／書き込み | 0xFF | 0xFF |
| SCR | 非スマートカードインタフェースモード用シリアルコントロールレジスタ (SCMR.SMIF = 0) | 0x02 | 8 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |

表 3.4 レジスタの説明 (14/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク |
|---------|-------------------------|--------------|--------------|----------|---|---------------|-----|-----------|---------------|------------|
| SCI4,9 | — | — | — | SCR_SMCI | スマートカードインタフェースモード用シリアルコントロールレジスタ (SCMR.SMIF = 1) | 0x02 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | TDR | 送信データレジスタ | 0x03 | 8 | 読み出し／書き込み | 0xFF | 0xFF |
| | | | | SSR | 非スマートカードインタフェースおよび非FIFOモード用シリアルステータスレジスタ (SCMR.SMIF = 0およびFCR.FM = 0) | 0x04 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x84 | 0xFF |
| | | | | SSR_SMCI | スマートカードインタフェースモード用シリアルステータスレジスタ | 0x04 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x84 | 0xFF |
| | | | | RDR | 受信データレジスタ | 0x05 | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SCMR | スマートカードモードレジスタ | 0x06 | 8 | 読み出し／書き込み | 0xF2 | 0xFF |
| | | | | SEMR | シリアル拡張モードレジスタ | 0x07 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SNFR | ノイズフィルタ設定レジスタ | 0x08 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SIMR1 | I ² Cモードレジスタ1 | 0x09 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SIMR2 | I ² Cモードレジスタ2 | 0x0A | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SIMR3 | I ² Cモードレジスタ3 | 0x0B | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SISR | I ² Cステータスレジスタ | 0x0C | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0xCB |
| | | | | SPMR | SPIモードレジスタ | 0x0D | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | TDRHL | 送信9ビットデータレジスタ | 0x0E | 16 | 読み出し／書き込み | 0xFFFF | 0xFFFF |
| | | | | RDRHL | 受信9ビットデータレジスタ | 0x10 | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | MDDR | モジュレーションデューティレジスタ | 0x12 | 8 | 読み出し／書き込み | 0xFF | 0xFF |
| | | | | DCCR | データコンペアマッチコントロールレジスタ | 0x13 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x40 | 0xFF |
| | | | | CDR | コンペアマッチデータレジスタ | 0x1A | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | SPTR | シリアルポートレジスタ | 0x1C | 8 | 読み出し／書き込み | 0x03 | 0xFF |
| | | | | SPI0 | — | — | — | SPCR | SPIコントロールレジスタ | 0x00 |
| SSLP | SPIスレーブ選択極性レジスタ | 0x01 | 8 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| SPPCR | SPI端子コントロールレジスタ | 0x02 | 8 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| SPSR | SPIステータスレジスタ | 0x03 | 8 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x20 | 0xFF |
| SPDR | SPIデータレジスタ | 0x04 | 32 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| SPDR_HA | SPIデータレジスタ (ハーフワードアクセス) | 0x04 | 16 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| SPSCR | SPIシーケンスコントロールレジスタ | 0x08 | 8 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| SPSSR | SPIシーケンスステータスレジスタ | 0x09 | 8 | | | | | 読み出し専用 | 0x00 | 0xFF |
| SPBR | SPIビットレートレジスタ | 0x0A | 8 | | | | | 読み出し／書き込み | 0xFF | 0xFF |
| SPDCR | SPIデータコントロールレジスタ | 0x0B | 8 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| SPCKD | SPIクロック遅延レジスタ | 0x0C | 8 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| SSLND | SPIスレーブ選択ネゲート遅延レジスタ | 0x0D | 8 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| SPND | SPI次アクセス遅延レジスタ | 0x0E | 8 | | | | | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |

表 3.4 レジスタの説明 (15/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク |
|-----------|---------------------------|--------------|--------------|---------|-----------------------------|---------------|-----|---------------|----------------|------------|
| SPI0 | — | — | — | SPCR2 | SPIコントロールレジスタ2 | 0x0F | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | 8 | 0x2 | 0-7 | SPCMD%s | SPIコマンドレジスタ %s | 0x10 | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x070D | 0xFFFF |
| SPI1 | — | — | — | SPCR | SPIコントロールレジスタ | 0x00 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SSLP | SPIスレーブ選択極性レジスタ | 0x01 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SPPCR | SPI端子コントロールレジスタ | 0x02 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SPSR | SPIステータスレジスタ | 0x03 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x20 | 0xFF |
| | | | | SPDR | SPIデータレジスタ | 0x04 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | SPDR_HA | SPIデータレジスタ (ハーフワードアクセス) | 0x04 | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | SPBR | SPIビットレートレジスタ | 0x0A | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0xFF | 0xFF |
| | | | | SPDCR | SPIデータコントロールレジスタ | 0x0B | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SPCKD | SPIクロック遅延レジスタ | 0x0C | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SSLND | SPIスレーブ選択ネゲート遅延レジスタ | 0x0D | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SPND | SPI次アクセス遅延レジスタ | 0x0E | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SPCR2 | SPIコントロールレジスタ2 | 0x0F | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | SPCMD0 | SPIコマンドレジスタ0 | 0x10 | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x070D | 0xFFFF |
| | | | | CRC | — | — | — | CRCCR0 | CRCコントロールレジスタ0 | 0x00 |
| CRCCR1 | CRCコントロールレジスタ1 | 0x01 | 8 | | | | | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| CRCDIR | CRCデータ入力レジスタ | 0x04 | 32 | | | | | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| CRCDIR_BY | CRCデータ入力レジスタ (バイトアクセス) | 0x04 | 8 | | | | | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| CRCDOR | CRCデータ出力レジスタ | 0x08 | 32 | | | | | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| CRCDOR_HA | CRCデータ出力レジスタ (ハーフワードアクセス) | 0x08 | 16 | | | | | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| CRCDOR_BY | CRCデータ出力レジスタ (バイトアクセス) | 0x08 | 8 | | | | | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| CRCSAR | スヌープアドレスレジスタ | 0x0C | 16 | | | | | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| GPT320-3 | — | — | — | GTWP | 汎用PWMタイマ書き込み保護レジスタ | 0x00 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTSTR | 汎用PWMタイマソフトウェアスタートレジスタ | 0x04 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTSTP | 汎用PWMタイマソフトウェアストップレジスタ | 0x08 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0xFFFFFFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTCLR | 汎用PWMタイマソフトウェアクリアレジスタ | 0x0C | 32 | 書き込み専用 | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTSSR | 汎用PWMタイマスタート要因選択レジスタ | 0x10 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTCSR | 汎用PWMタイマストップ要因選択レジスタ | 0x14 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTCSR | 汎用PWMタイマクリア要因選択レジスタ | 0x18 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTUPSR | 汎用PWMタイマアップカウンタ要因選択レジスタ | 0x1C | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTDNSR | 汎用PWMタイマダウンカウンタ要因選択レジスタ | 0x20 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTICASR | 汎用PWMタイマインプットキャプチャ要因選択レジスタA | 0x24 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTICBSR | 汎用PWMタイマインプットキャプチャ要因選択レジスタB | 0x28 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |

表 3.4 レジスタの説明 (16/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク |
|--------------|-----|-----------|-----------|----------|-----------------------------|------------|-----|-----------|------------|------------|
| GPT320-3 | — | — | — | GTCCR | 汎用PWMタイマコントロールレジスタ | 0x2C | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTUDDTYC | 汎用PWMタイマカウンタ方向、デューティ設定レジスタ | 0x30 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000001 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTIOR | 汎用PWMタイマI/Oコントロールレジスタ | 0x34 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTINTAD | 汎用PWMタイマ割り込み出力設定レジスタ | 0x38 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTST | 汎用PWMタイマステータスレジスタ | 0x3C | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00008000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTBER | 汎用PWMタイマバッファイネーブルレジスタ | 0x40 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTCNT | 汎用PWMタイマカウンタ | 0x48 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTCCRA | 汎用PWMタイマコンペアキャプチャレジスタA | 0x4C | 32 | 読み出し／書き込み | 0xFFFFFFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTCCRB | 汎用PWMタイマコンペアキャプチャレジスタB | 0x50 | 32 | 読み出し／書き込み | 0xFFFFFFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTCCRC | 汎用PWMタイマコンペアキャプチャレジスタC | 0x54 | 32 | 読み出し／書き込み | 0xFFFFFFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTCCRE | 汎用PWMタイマコンペアキャプチャレジスタE | 0x58 | 32 | 読み出し／書き込み | 0xFFFFFFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTCCRD | 汎用PWMタイマコンペアキャプチャレジスタD | 0x5C | 32 | 読み出し／書き込み | 0xFFFFFFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTCCRF | 汎用PWMタイマコンペアキャプチャレジスタF | 0x60 | 32 | 読み出し／書き込み | 0xFFFFFFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTPR | 汎用PWMタイマ周期設定レジスタ | 0x64 | 32 | 読み出し／書き込み | 0xFFFFFFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTPBR | 汎用PWMタイマ周期設定バッファレジスタ | 0x68 | 32 | 読み出し／書き込み | 0xFFFFFFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTDTCR | 汎用PWMタイマデッドタイムコントロールレジスタ | 0x88 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTDVU | 汎用PWMタイマデッドタイム値レジスタU | 0x8C | 32 | 読み出し／書き込み | 0xFFFFFFFF | 0xFFFFFFFF |
| GPT164, 5, 8 | — | — | — | GTWP | 汎用PWMタイマ書き込み保護レジスタ | 0x00 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTSTR | 汎用PWMタイマソフトウェアスタートレジスタ | 0x04 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTSTP | 汎用PWMタイマソフトウェアストップレジスタ | 0x08 | 32 | 読み出し／書き込み | 0xFFFFFFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTCLR | 汎用PWMタイマソフトウェアクリアレジスタ | 0x0C | 32 | 書き込み専用 | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTSSR | 汎用PWMタイマスタート要因選択レジスタ | 0x10 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTPSR | 汎用PWMタイマストップ要因選択レジスタ | 0x14 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTCSR | 汎用PWMタイマクリア要因選択レジスタ | 0x18 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTUPSR | 汎用PWMタイマアップカウンタ要因選択レジスタ | 0x1C | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTDNSR | 汎用PWMタイマダウンカウンタ要因選択レジスタ | 0x20 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTICASR | 汎用PWMタイマインプットキャプチャ要因選択レジスタA | 0x24 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTICBSR | 汎用PWMタイマインプットキャプチャ要因選択レジスタB | 0x28 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTCCR | 汎用PWMタイマコントロールレジスタ | 0x2C | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTUDDTYC | 汎用PWMタイマカウンタ方向、デューティ設定レジスタ | 0x30 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000001 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTIOR | 汎用PWMタイマI/Oコントロールレジスタ | 0x34 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTINTAD | 汎用PWMタイマ割り込み出力設定レジスタ | 0x38 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTST | 汎用PWMタイマステータスレジスタ | 0x3C | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00008000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTBER | 汎用PWMタイマバッファイネーブルレジスタ | 0x40 | 32 | 読み出し／書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |

表 3.4 レジスタの説明 (17/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク |
|-----------------|-----|--------------|--------------|-------------|--|---------------|-----|---------------|------------|------------|
| GPT164, 5, 8 | — | — | — | GT CNT | 汎用PWMタイマカウンタ | 0x48 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTCCRA | 汎用PWMタイマコンペア キャプチャレジスタA | 0x4C | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000FFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTCCRB | 汎用PWMタイマコンペア キャプチャレジスタB | 0x50 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000FFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTCCRC | 汎用PWMタイマコンペア キャプチャレジスタC | 0x54 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000FFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTCCRE | 汎用PWMタイマコンペア キャプチャレジスタE | 0x58 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000FFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTCCRD | 汎用PWMタイマコンペア キャプチャレジスタD | 0x5C | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000FFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTCCRF | 汎用PWMタイマコンペア キャプチャレジスタF | 0x60 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000FFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTPR | 汎用PWMタイマ周期設定レ ジスタ | 0x64 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000FFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTPBR | 汎用PWMタイマ周期設定 バッファレジスタ | 0x68 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000FFFF | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GTDTCR | 汎用PWMタイマデッドタイ ムコントロールレジスタ | 0x88 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| | | | | GT DVU | 汎用PWMタイマデッドタイ ム値レジスタU | 0x8C | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000FFFF | 0xFFFFFFFF |
| GPT OPS | — | — | — | OPSCR | 出力相切り替えコントロー ルレジスタ | 0x00 | 32 | 読み出し/ 書き込み | 0x00000000 | 0xFFFFFFFF |
| KINT | — | — | — | KRCTL | キーリターンコントロールレ ジスタ | 0x00 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | KRF | キーリターンフラグレジスタ | 0x04 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | KRM | キーリターンモードレジスタ | 0x08 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| CTS U | — | — | — | CTSUCR0 | CTS Uコントロールレジスタ 0 | 0x00 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CTSUCR1 | CTS Uコントロールレジスタ 1 | 0x01 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CTSUSDPRS | CTS U同期ノイズ低減設定レ ジスタ | 0x02 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CTSUSST | CTS Uセンサ安定待ち時間コ ントロールレジスタ | 0x03 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CTS UMCH0 | CTS U計測チャンネルレジスタ 0 | 0x04 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x3F | 0xFF |
| | | | | CTS UMCH1 | CTS U計測チャンネルレジスタ 1 | 0x05 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x3F | 0xFF |
| | | | | CTS UCHAC0 | CTS Uチャンネルイネーブルコ ントロールレジスタ0 | 0x06 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CTS UCHAC1 | CTS Uチャンネルイネーブルコ ントロールレジスタ1 | 0x07 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CTS UCHAC2 | CTS Uチャンネルイネーブルコ ントロールレジスタ2 | 0x08 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CTS UCHAC3 | CTS Uチャンネルイネーブルコ ントロールレジスタ3 | 0x09 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CTS UCHAC4 | CTS Uチャンネルイネーブルコ ントロールレジスタ4 | 0x0A | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CTS UCHTRC0 | CTS Uチャンネル送受信コント ロールレジスタ0 | 0x0B | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CTS UCHTRC1 | CTS Uチャンネル送受信コント ロールレジスタ1 | 0x0C | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CTS UCHTRC2 | CTS Uチャンネル送受信コント ロールレジスタ2 | 0x0D | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CTS UCHTRC3 | CTS Uチャンネル送受信コント ロールレジスタ3 | 0x0E | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CTS UCHTRC4 | CTS Uチャンネル送受信コント ロールレジスタ4 | 0x0F | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CTS UDCLKC | CTS U高域ノイズ低減コント ロールレジスタ | 0x10 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CTS UST | CTS Uステータスレジスタ | 0x11 | 8 | 読み出し/ 書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CTS USSC | CTS U高域ノイズ低減スペク トラム拡散コントロールレジ スタ | 0x12 | 16 | 読み出し/ 書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |

表 3.4 レジスタの説明 (18/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク |
|--------|-----|--------------|----------------------------------|----------|-----------------------|---------------|-----|-----------|--------|---------|
| CTSUSO | — | — | — | CTSUSO0 | CTSUSO センサオフセットレジスタ0 | 0x14 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | CTSUSO1 | CTSUSO センサオフセットレジスタ1 | 0x16 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | CTSUSC | CTSUSO センサカウンタ | 0x18 | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | CTSURC | CTSUSO リファレンスカウンタ | 0x1A | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | CTSUERRS | CTSUSO エラーステータスレジスタ | 0x1C | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0xFFFF |
| SLCDC | — | — | — | LCDM0 | LCDモードレジスタ0 | 0x000 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | LCDM1 | LCDモードレジスタ1 | 0x001 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | LCDC0 | LCDクロックコントロールレジスタ0 | 0x002 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | 9 | 0x1 | 6, 9, 11, 12, 20, 23, 49, 52, 53 | SEG%s | LCD表示データレジスタ %s | 0x100 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| AGT0,1 | — | — | — | AGT | AGTカウンタレジスタ | 0x00 | 16 | 読み出し／書き込み | 0xFFFF | 0xFFFF |
| | | | | AGTCMA | AGTコンペアマッチAレジスタ | 0x02 | 16 | 読み出し／書き込み | 0xFFFF | 0xFFFF |
| | | | | AGTCMB | AGTコンペアマッチBレジスタ | 0x04 | 16 | 読み出し／書き込み | 0xFFFF | 0xFFFF |
| | | | | AGTCR | AGTコントロールレジスタ | 0x08 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | AGTMR1 | AGTモードレジスタ1 | 0x09 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | AGTMR2 | AGTモードレジスタ2 | 0x0A | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | AGTIOC | AGT I/Oコントロールレジスタ | 0x0C | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | AGTISR | AGTイベント端子選択レジスタ | 0x0D | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | AGTCMSR | AGTコンペアマッチ機能選択レジスタ | 0x0E | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | AGTIOSEL | AGT端子選択レジスタ | 0x0F | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| ACMPLP | — | — | — | COMPMDR | ACMPLPモード設定レジスタ | 0x00 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | COMPFIR | ACMPLPフィルタコントロールレジスタ | 0x01 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | COMPOCR | ACMPLP出力コントロールレジスタ | 0x02 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | COMPSEL0 | コンパレータ入力選択レジスタ | 0x04 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x11 | 0xFF |
| | | | | COMPSEL1 | コンパレータ基準電圧選択レジスタ | 0x05 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x91 | 0xFF |
| OPAMP | — | — | — | AMPMC | オペアンプモードコントロールレジスタ | 0x08 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | AMPTRM | オペアンプトリガモードコントロールレジスタ | 0x09 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | AMPTRS | オペアンプ起動トリガ選択レジスタ | 0x0A | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | AMPC | オペアンプコントロールレジスタ | 0x0B | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | AMPMON | オペアンプモニタレジスタ | 0x0C | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0xFF |

表 3.4 レジスタの説明 (19/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク |
|---------|----------------|--------------|--------------|-----------|---------------------------|---------------|-----|-----------|--------|---------|
| USBFS | — | — | — | SYSCFG | システムコンフィギュレーションコントロールレジスタ | 0x000 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | SYSSTS0 | システムコンフィギュレーションステータスレジスタ0 | 0x004 | 16 | 読み出し専用 | 0x0000 | 0x0000 |
| | | | | DVSTCTRO | デバイスステートコントロールレジスタ0 | 0x008 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | CFIFO | CFIFOポートレジスタ | 0x014 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | CFIFOL | CFIFOポートレジスタL | 0x014 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | D0FIFO | D0FIFOポートレジスタ | 0x018 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | D0FIFOL | D0FIFOポートレジスタL | 0x018 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | D1FIFO | D1FIFOポートレジスタ | 0x01C | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | D1FIFOL | D1FIFOポートレジスタL | 0x01C | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | | | | CFIFOSEL | CFIFOポート選択レジスタ | 0x020 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | CFIFOCTR | CFIFOポートコントロールレジスタ | 0x022 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | D0FIFOSEL | D0FIFOポート選択レジスタ | 0x028 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | D0FIFOCTR | D0FIFOポートコントロールレジスタ | 0x02A | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | D1FIFOSEL | D1FIFOポート選択レジスタ | 0x02C | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | D1FIFOCTR | D1FIFOポートコントロールレジスタ | 0x02E | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | INTENB0 | 割り込みイネーブルレジスタ0 | 0x030 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | INTENB1 | 割り込みイネーブルレジスタ1 | 0x032 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | BRDYENB | BRDY割り込みイネーブルレジスタ | 0x036 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | NRDYENB | NRDY割り込みイネーブルレジスタ | 0x038 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | BEMPENB | BEMP割り込みイネーブルレジスタ | 0x03A | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | SOFCFG | SOF出カコンフィギュレーションレジスタ | 0x03C | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | INTSTS0 | 割り込みステータスレジスタ0 | 0x040 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFF7F |
| | | | | INTSTS1 | 割り込みステータスレジスタ1 | 0x042 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | BRDYSTS | BRDY割り込みステータスレジスタ | 0x046 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | NRDYSTS | NRDY割り込みステータスレジスタ | 0x048 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | BEMPSTS | BEMP割り込みステータスレジスタ | 0x04A | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | FRMNUM | フレームナンバレジスタ | 0x04C | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | USBREQ | USBリクエストタイプレジスタ | 0x054 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | USBVAL | USBリクエストバリュレジスタ | 0x056 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | USBINDX | USBリクエストインデックスレジスタ | 0x058 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | USBLENG | USBリクエストレングスレジスタ | 0x05A | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | DCPCFG | DCPコンフィギュレーションレジスタ | 0x05C | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | DCPMAXP | DCPマックスパケットサイズレジスタ | 0x05E | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0040 | 0xFFFF |
| | | | | DCPCTR | DCPコントロールレジスタ | 0x060 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0040 | 0xFFFF |
| PIPESEL | パイプウィンドウ選択レジスタ | 0x064 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF | | | | |

表 3.4 レジスタの説明 (20/20)

| 周辺機能 | Dim | Dim incr. | Dim index | レジスタ名 | 説明 | アドレス オフセット | サイズ | アクセス | リセット値 | リセットマスク |
|-------|-----|--------------|--------------|------------|-----------------------------|---------------|-----|-----------|--------|---------|
| USBFS | — | — | — | PIPECFG | パイプコンフィグレーションレジスタ | 0x068 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | PIPEMAXP | パイプマックスパケットサイズレジスタ | 0x06C | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFBF |
| | | | | PIPEPERI | パイプ周期コントロールレジスタ | 0x06E | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | 5 | 0x002 | 1-5 | PIPE%sCTR | パイプ%sコントロールレジスタ | 0x070 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | 4 | 0x002 | 6-9 | PIPE%sCTR | パイプ%sコントロールレジスタ | 0x07A | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | 5 | 0x004 | 1-5 | PIPE%sTRE | パイプ%s トランザクションカウンタインーブルレジスタ | 0x090 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | 5 | 0x004 | 1-5 | PIPE%sTRN | パイプ%s トランザクションカウンタレジスタ | 0x092 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | — | — | — | USBBCCTRL0 | BCコントロールレジスタ0 | 0x0B0 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| | | | | USBMC | USBモジュールコントロールレジスタ | 0x0CC | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0002 | 0xFFFF |
| | 6 | 0x002 | 0-5 | DEVADD%s | デバイスアドレス%sコンフィグレーションレジスタ | 0x0D0 | 16 | 読み出し／書き込み | 0x0000 | 0xFFFF |
| DAC8 | 2 | 0x01 | 0,1 | DACS%s | D/A変換値設定レジスタ %s | 0x00 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| | — | — | — | DAM | D/Aコンバータモードレジスタ | 0x03 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| FLCN | — | — | — | DFLCTL | データフラッシュコントロールレジスタ | 0x90 | 8 | 読み出し／書き込み | 0x00 | 0xFF |
| TSN | — | — | — | TSCDRH | 温度センサ補正データレジスタH | 0x228 | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0x00 |
| | | | | TSCDRL | 温度センサ補正データレジスタL | 0x229 | 8 | 読み出し専用 | 0x00 | 0x00 |

周辺機能名 = 周辺機能の名称

Dim = レジスタ配列の要素数

Dim inc = アドレスマップにおいてアドレス配列の2つの隣接するレジスタ間のアドレスインクリメント

Dim index = レジスタ名においてプレースホルダー「%s」を置き換えるサブistring

レジスタ名 = レジスタの名称

説明 = レジスタの説明

アドレスオフセット = レジスタの周辺機能により定義されるベースアドレスに関連するレジスタアドレス

サイズ = レジスタのビット幅

アクセス = レジスタアクセス権：

- 読み出し専用：読み出しのみ可能。書き込みを行うと結果は不定です
- 書き込み専用：書き込みのみ可能。読み出しを行うと結果は不定です
- 読み出し／書き込み：読み出し、書き込みともに可能。書き込みを行うとレジスタの状態に影響を与え、読み出しを行うとレジスタに関連する値が返されます

リセット値 = レジスタのデフォルトリセット値

リセットマスク = レジスタのどのビットにリセット値が定義されているのかを特定します。

| | |
|------|-----------------------------|
| 改訂記録 | RA4W1 グループユーザズマニュアル ハードウェア編 |
|------|-----------------------------|

| Rev. | 発行日 | 章 | 改訂内容 |
|------|------------|---|------|
| 1.00 | 2020.08.31 | — | 初版発行 |

RA4W1グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編

発行年月日 2020年8月31日 Rev.1.00

発行 ルネサスエレクトロニクス株式会社
〒135-0061 東京都江東区豊洲3-2-24 (豊洲フォレシア)



ルネサスエレクトロニクス株式会社

■営業お問合せ窓口

<http://www.renesas.com>

※営業お問合せ窓口の住所は変更になることがあります。最新情報につきましては、弊社ホームページをご覧ください。

ルネサス エレクトロニクス株式会社 〒135-0061 東京都江東区豊洲3-2-24（豊洲フォレシア）

■技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。
総合お問合せ窓口：<https://www.renesas.com/contact/>

RA4W1 グループ