

RA4E1 グループ

ユーザーズマニュアル ハードウェア編

32 ビット MCU

Renesas RA ファミリ

Renesas RA4 シリーズ

本資料に記載のすべての情報は本資料発行時点のものであり、ルネサス エレクトロニクスは、予告なしに、本資料に記載した製品または仕様を変更することがあります。
ルネサス エレクトロニクスのホームページなどにより公開される最新情報をご確認ください。

ご注意書き

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

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

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

- 当社製品は、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（宇宙機器と、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することは想定していません。たとえ、当社が想定していない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。
7. あらゆる半導体製品は、外部攻撃からの安全性を 100%保証されているわけではありません。当社ハードウェア/ソフトウェア製品にはセキュリティ対策が組み込まれているものもありますが、これによって、当社は、セキュリティ脆弱性または侵害（当社製品または当社製品が使用されているシステムに対する不正アクセス・不正使用を含みますが、これに限りません。）から生じる責任を負うものではありません。当社は、当社製品または当社製品が使用されたあらゆるシステムが、不正な改変、攻撃、ウイルス、干渉、ハッキング、データの破壊または窃盗その他の不正な侵入行為（「脆弱性問題」といいます。）によって影響を受けないことを保証しません。当社は、脆弱性問題に起因したまたはこれに関連して生じた損害について、一切責任を負いません。また、法令において認められる限りにおいて、本資料および当社ハードウェア/ソフトウェア製品について、商品性および特定目的との合致に関する保証ならびに第三者の権利を侵害しないことの保証を含め、明示または黙示のいかなる保証も行いません。
 8. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
 9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
 10. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。かかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
 11. 当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
 12. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものといたします。
 13. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。
 14. 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明な点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。

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

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

(Rev.5.0-1 2020.10)

本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレシア）

www.renesas.com

お問合せ窓口

弊社の製品や技術、ドキュメントの最新情報、最寄の営業お問合せ窓口に関する情報などは、弊社ウェブサイトをご覧ください。

www.renesas.com/contact/

商標について

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

製品ご使用上の注意事項

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

1. 静電気対策

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

2. 電源投入時の処置

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

3. 電源オフ時における入力信号

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

4. 未使用端子の処理

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

5. クロックについて

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

6. 入力端子の印加波形

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

7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

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

8. 製品間の相違について

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

はじめに

1. このドキュメントについて

このマニュアルは通常、製品の概要、CPU、システム制御機能、周辺機器の機能、電気的特性、および使用上の注意事項で構成されています。このマニュアルでは、マイクロコントローラ (MCU) のスーパーセットの製品仕様について説明します。製品によっては、一部のピン、レジスタ、または機能が存在しない場合があります。使用できないレジスタが割り当てられているアドレス空間は予約されています。

2. 対象読者

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

3. 関連ドキュメント

弊社では MCU 用に下記のドキュメントを提供しています。これらのドキュメントを使用する前に、www.renesas.com で最新版のドキュメントを参照してください。

構成	ドキュメントの種類	内容
マイクロコントローラ	データシート	特徴、概要および MCU の電気的特性
	ユーザーズマニュアルハードウェア編	ピン配置、メモリマップ、周辺機能、電気特性、タイミング図、および動作記述などの MCU 仕様
	アプリケーションノート	テクニカルノート、ボードデザインのガイドラインおよびソフトウェア移行情報
	テクニカルアップデート (TU)	制限や正誤表などの製品仕様に関する予備レポート
ソフトウェア	ユーザーズマニュアルソフトウェア	API リファレンス およびプログラミング情報
	アプリケーションノート	プロジェクト・ファイル、ソフトウェア・プログラミングのガイドライン、および組み込みソフトウェアを開発するためのアプリケーション例
ツール & キット、ソリューション	ユーザーズマニュアル開発ツール	開発キット (DK)、スタートキット (SK)、プロモーションキット (PK)、製品例 (PE)、およびアプリケーション例 (AE) を含むエンベデッド・ソフトウェア・アプリケーションを開発するためのユーザーズマニュアルおよびクイック・スタート・ガイド
	ユーザーズマニュアルソフトウェア	
	クイックスタートガイド	
	アプリケーションノート	プロジェクト・ファイル、ソフトウェア・プログラミングのガイドライン、および組み込みソフトウェアを開発するためのアプリケーション例

4. 数値の表記法

このマニュアルでは、次の進数表記を使用しています。

例	内容
011b	2進数。たとえば、3という2進数に相当する値は011bです。
0x1F	16進数。たとえば、31の16進数に相当する数値は0x1Fと記述されています。場合によっては、16進数の末尾にhがつくことがあります。
1234	10進数。10進数の後にこの記号が続くのは、混乱の可能性がある場合のみです。一般に、10進数はサフィックスなしで表示されます。

5. シンボルの表記法

このマニュアルでは、次の表記法が使用されています。

例	内容
WDT.WDTRCR.RSTIRQS	機能モジュールシンボル (WDT)、レジスタシンボル (WDTRCR)、およびビットフィールドシンボル (RSTIRQS) はピリオドで区切られています。
WDT.WDTRCR	機能モジュールシンボル (WDT) とレジスタシンボル (WDTRCR) は、ピリオドで区切られます。
WDTRCR.RSTIRQS	レジスタシンボル (WDTRCR) とビットフィールドシンボル (RSTIRQS) は、ピリオドで区切られません。
CKS[3:0]	角括弧内の数字はビットの幅を示します。例えば、CKS[3:0] は WDT コントロールレジスタ (WDTCR) のビット 3 から 0 を占有します。

6. 単位と単位の接頭部

次の単位と単位接頭辞は誤解を招くことがあります。これらのユニットプレフィックスについては、このマニュアル全体で次の意味で説明されています。

記号	名前	内容
b	2進数	シングル0または1
B	バイト	この単位記号は、一般に MCU およびアドレス空間やメモリ容量に使用されます。
k	キロ	$1000 = 10^3$ 。kは $1024 (2^{10})$ を示すためにも使用されますが、このユニットプレフィックスは本書全体で $1000 (10^3)$ を示すために使用されます。
K	キロ	$1024 = 2^{10}$ 。このユニットプレフィックスは、このマニュアル全体で、 $1000 (10^3)$ ではなく $1024 (2^{10})$ を示すために使用されます。

7. 特殊用語

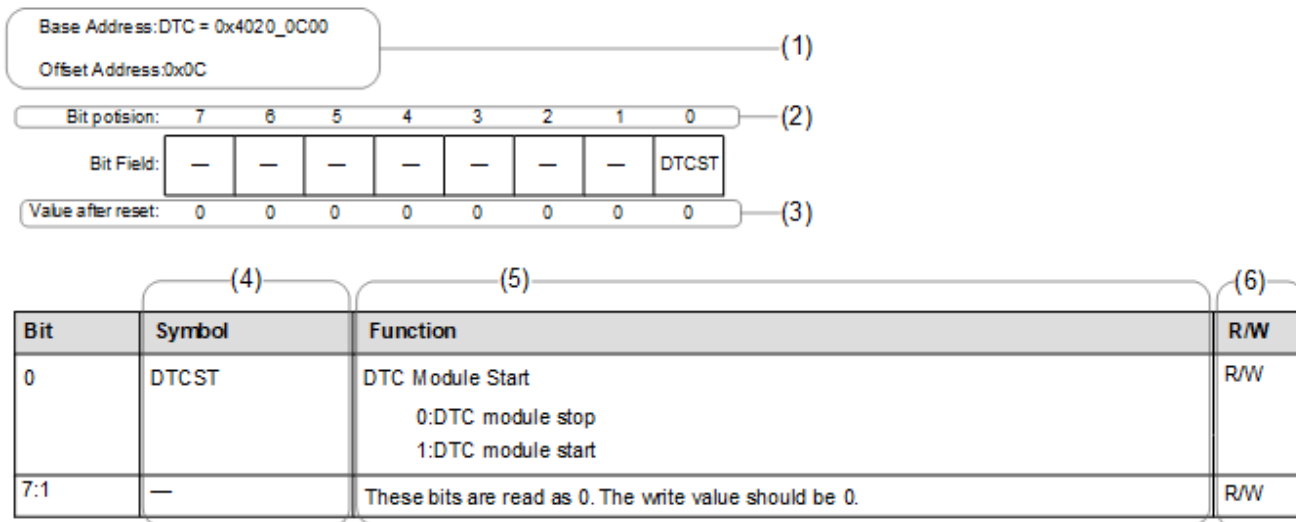
下記の用語には特殊な意味があります。

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

8. レジスタの説明

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

XX.XX DTCST : DTC Module Start Register



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

この部分には、レジスタの機能モジュールシンボル、レジスタシンボル、およびアドレス割り当てが記載されます。データ転送コントローラ (DTC) のベースアドレスとオフセットアドレス平均 DTC モジュール開始レジスタ (DTCST) がアドレス 0x4020_0C00 に割り当てられています。

(2) ビット番号

この数値はビット番号を示します。32 ビットレジスタの場合はビット 31~0 の順に、16 ビットレジスタの場合はビット 15~0 の順に、8 ビットレジスタの場合はビット 7~0 の順に示されます。

(3) リセット後の値

このシンボルまたは数値は、リセット後の各ビットの値を示します。特に指定がない限り、値はバイナリで表示されます。

- 0: リセット後の値が 0 であることを示します。
- 1: リセット後の値が 1 であることを示します。
- x: リセット後の値が不定であることを示します。

(4) ビットシンボル

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

(5) 機能

機能は、ビットフィールドの正式名と列挙値を示します。

(6) R/W

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

- R/W: 読み出しも書き込みも可能。
- R: 読み出しのみ可能。書き込みは無効。
- W: 書き込みのみ可能。特に指定のない限り、読み出し値はリセット後の値。

9. 略語

このマニュアルで使用されている略語を次の表に示します。

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

10. 所有権通知

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

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

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

本書に記載されているその他のブランドおよび名称は、それぞれの所有者の商標または登録商標です。

11. 製品に関するフィードバック

この製品についてご意見やご提案がある場合は、[お問い合わせ](#)にアクセスしてください。

目次

特長	46
1. 概要	47
1.1 機能の概要	47
1.2 ブロック図	52
1.3 型名	52
1.4 機能の比較	54
1.5 端子機能	55
1.6 ピン配置図	58
1.7 端子一覧	60
2. CPU	62
2.1 概要	62
2.1.1 CPU	62
2.1.2 デバッグ	62
2.1.3 動作周波数	63
2.1.4 ブロック図	63
2.2 実装オプション	64
2.3 JTAG/SWD インタフェース	65
2.4 メモリに対するセキュリティ属性	65
2.5 デバッグ機能	66
2.5.1 デバッグの接続性	66
2.5.2 エミュレータ接続	67
2.5.3 セルフホスティングデバッグ機能	68
2.5.4 デバッグ機能の影響	68
2.6 プログラムモデル	68
2.6.1 アドレス空間	68
2.6.2 ペリフェラルアドレスマップ	69
2.6.3 CoreSight ROM テーブル	69
2.6.4 DBGREG	71
2.6.5 OCDREG	73
2.6.6 CPUDSAR : CPU デバッグセキュリティ属性レジスタ	75
2.6.7 CPU アクセスにより発生するエラー応答の処理	75
2.7 CoreSight クロストリガインターフェース (CTI)	77
2.8 CoreSight ATB ファネル	78
2.9 ブレークポイントユニット	79
2.10 CoreSight タイムスタンプ発生器	79
2.11 SysTick タイマ	79
2.12 OCD エミュレータ接続	79

2.12.1	DBGEN	80
2.12.2	エミュレータ接続における制限	80
2.13	参考資料	81
3.	動作モード	82
3.1	概要	82
3.2	動作モードの説明	82
3.2.1	シングルチップモード	82
3.2.2	SCI ブートモード	82
3.2.3	USB ブートモード	82
3.3	動作モード遷移	82
3.3.1	モード設定端子による動作モード遷移	82
4.	アドレス空間	84
4.1	アドレス空間	84
5.	リセット	85
5.1	概要	85
5.2	レジスタの説明	90
5.2.1	RSTSAR : リセットセキュリティ属性レジスタ	90
5.2.2	RSTSR0 : リセットステータスレジスタ 0	91
5.2.3	RSTSR1 : リセットステータスレジスタ 1	93
5.2.4	RSTSR2 : リセットステータスレジスタ 2	95
5.3	動作説明	95
5.3.1	RES 端子リセット	95
5.3.2	パワーオンリセット	95
5.3.3	電圧監視リセット	96
5.3.4	ディープレソフトウェアスタンバイリセット	97
5.3.5	独立ウォッチドッグタイマリセット	98
5.3.6	ウォッチドッグタイマリセット	98
5.3.7	ソフトウェアリセット	98
5.3.8	コールドスタート/ウォームスタート判定機能	98
5.3.9	リセット発生要因の判定	99
6.	オプション設定メモリ	101
6.1	概要	101
6.2	レジスタの説明	103
6.2.1	OFS0 : オプション機能選択レジスタ 0	103
6.2.2	SAS : スタートアップ領域設定レジスタ	106
6.2.3	OFS1, OFS1_SEC, OFS1_SEL : オプション機能選択レジスタ 1	107
6.2.4	BPS, BPS_SEC, BPS_SEL : ブロック保護設定レジスタ	108
6.2.5	PBPS, PBPS_SEC : 永久ブロック保護設定レジスタ	109
6.3	オプション設定メモリの設定方法	109

6.3.1	オプション設定メモリへのデータの配置方法	109
6.3.2	オプション設定メモリにプログラムするデータの設定方法	109
6.3.3	オプション設定メモリのセキュリティ属性	110
6.3.4	設定値のタイミング	110
6.4	使用上の注意事項	110
6.4.1	オプション設定メモリの予約領域および予約ビットにプログラムするデータ	110
7.	低電圧検出回路 (LVD)	111
7.1	概要	111
7.2	レジスタの説明	113
7.2.1	LVDSAR : 低電圧検出セキュリティ属性レジスタ	113
7.2.2	LVD1CMPCR : 電圧監視 1 コンパレータコントロールレジスタ	113
7.2.3	LVD2CMPCR : 電圧監視 2 コンパレータコントロールレジスタ	114
7.2.4	LVD1CR0 : 電圧監視 1 回路コントロールレジスタ 0	115
7.2.5	LVD2CR0 : 電圧監視 2 回路コントロールレジスタ 0	116
7.2.6	LVD1CR1 : 電圧監視 1 回路コントロールレジスタ 1	117
7.2.7	LVD1SR : 電圧監視 1 回路ステータスレジスタ	118
7.2.8	LVD2CR1 : 電圧監視 2 回路コントロールレジスタ 1	118
7.2.9	LVD2SR : 電圧監視 2 回路ステータスレジスタ	119
7.3	VCC 入力電圧のモニタ	119
7.3.1	Vdet0 のモニタ	119
7.3.2	Vdet1 のモニタ	119
7.3.3	Vdet2 のモニタ	120
7.4	電圧監視 0 リセット	120
7.5	電圧監視 1 割り込み、電圧監視 1 リセット	121
7.6	電圧監視 2 割り込み、リセット	123
7.7	ELC によるリンク動作	126
7.7.1	割り込み処理とイベントリンクの関係	127
8.	クロック発生回路	128
8.1	概要	128
8.2	レジスタの説明	132
8.2.1	CGFSAR : クロック発生機能セキュリティ属性レジスタ	132
8.2.2	SCKDIVCR : システムクロック分周コントロールレジスタ	134
8.2.3	SCKSCR : システムクロックソースコントロールレジスタ	136
8.2.4	PLLCCR : PLL クロックコントロールレジスタ	138
8.2.5	PLLCR : PLL コントロールレジスタ	139
8.2.6	PLL2CCR : PLL2 クロックコントロールレジスタ	140
8.2.7	PLL2CR : PLL2 コントロールレジスタ	141
8.2.8	MOSCCR : メインクロック発振器コントロールレジスタ	142
8.2.9	SOSCCR : サブクロック発振器コントロールレジスタ	143

8.2.10	LOCOCR : 低速オンチップオシレータコントロールレジスタ	144
8.2.11	HOCOCR : 高速オンチップオシレータコントロールレジスタ	145
8.2.12	MOCOCR : 中速オンチップオシレータコントロールレジスタ	146
8.2.13	FLLCR1 : FLL コントロールレジスタ 1	146
8.2.14	FLLCR2 : FLL コントロールレジスタ 2	148
8.2.15	OSCSF : 発振安定フラグレジスタ	148
8.2.16	OSTDCR : 発振停止検出コントロールレジスタ	150
8.2.17	OSTDSR : 発振停止検出ステータスレジスタ	151
8.2.18	MOSCWTCR : メインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ	151
8.2.19	MOMCR : メインクロック発振器モード発振コントロールレジスタ	152
8.2.20	SOMCR : サブクロック発振器モードコントロールレジスタ	153
8.2.21	CKOCR : クロックアウトコントロールレジスタ	153
8.2.22	LOCOUTCR : LOCO ユーザトリミングコントロールレジスタ	154
8.2.23	MOCOUTCR : MOCO ユーザトリミングコントロールレジスタ	155
8.2.24	HOCOUTCR : HOCO ユーザトリミングコントロールレジスタ	156
8.2.25	USBCKDIVCR : USB クロック分周コントロールレジスタ	156
8.2.26	USBCKCR : USB クロックコントロールレジスタ	157
8.2.27	TRCKCR : トレースクロックコントロールレジスタ	158
8.3	メインクロック発振器	158
8.3.1	発振子を接続する方法	158
8.3.2	外部クロックを入力する方法	159
8.3.3	外部クロック入力に関する注意事項	159
8.4	サブクロック発振器	159
8.4.1	32.768 kHz 水晶振動子を接続する方法	160
8.4.2	サブクロック発振器を使用しない場合の端子処理	160
8.5	発振停止検出機能	161
8.5.1	発振停止検出と検出後の動作	161
8.5.2	発振停止検出割り込み	162
8.6	PLL 回路	163
8.7	内部クロック	163
8.7.1	システムクロック (ICLK)	163
8.7.2	周辺モジュールクロック (PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD)	164
8.7.3	FlashIF クロック (FCLK)	165
8.7.4	USB クロック (USBCLK)	165
8.7.5	CAN クロック (CANMCLK)	165
8.7.6	CAC クロック (CACCLK)	165
8.7.7	RTC 専用クロック (RTCSCLK、RTCLCLK)	165
8.7.8	IWDT 専用クロック (IWDTCLK)	165
8.7.9	AGT 専用クロック (AGTSCLK、AGTLCLK)	165
8.7.10	SysTick Timer 専用クロック (SYSTICCLK)	166

8.7.11	外部端子出力クロック (CLKOUT)	166
8.7.12	JTAG クロック	166
8.8	使用上の注意	166
8.8.1	クロック発生回路に関する注意事項	166
8.8.2	発振子に関する制限	166
8.8.3	ボード設計に関する注意事項	166
8.8.4	発振子接続端子に関する注意事項	167
8.8.5	サブクロック発振器使用時の注意事項	167
9.	クロック周波数精度測定回路 (CAC).....	168
9.1	概要	168
9.2	レジスタの説明	169
9.2.1	CACR0 : CAC コントロールレジスタ 0	169
9.2.2	CACR1 : CAC コントロールレジスタ 1	170
9.2.3	CACR2 : CAC コントロールレジスタ 2	170
9.2.4	CAICR : CAC 割り込み要求許可レジスタ	171
9.2.5	CASTR : CAC ステータスレジスタ	172
9.2.6	CAULVR : CAC 上限値設定レジスタ	173
9.2.7	CALLVR : CAC 下限値設定レジスタ	173
9.2.8	CACNTBR : CAC カウンタバッファレジスタ	174
9.3	動作説明	174
9.3.1	クロック周波数測定	174
9.3.2	CACREF 端子のデジタルフィルタ機能	176
9.4	割り込み要求	176
9.5	使用上の注意事項	176
9.5.1	モジュールストップ機能の設定	176
10.	低消費電力モード.....	177
10.1	概要	177
10.2	レジスタの説明	181
10.2.1	LPMSAR : 低消費電力モードセキュリティ属性レジスタ	181
10.2.2	DPFSAR : ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性レジスタ	182
10.2.3	SBYCR : スタンバイコントロールレジスタ	184
10.2.4	MSTPCRA : モジュールストップコントロールレジスタ A	185
10.2.5	MSTPCRB : モジュールストップコントロールレジスタ B	185
10.2.6	MSTPCRC : モジュールストップコントロールレジスタ C	187
10.2.7	MSTPCRD : モジュールストップコントロールレジスタ D	188
10.2.8	MSTPCRE : モジュールストップコントロールレジスタ E	189
10.2.9	OPCCR : 動作電力コントロールレジスタ	190
10.2.10	SOPCCR : サブ動作電力コントロールレジスタ	191
10.2.11	SNZCR : スヌーズコントロールレジスタ	192

10.2.12	SNZEDCR0 : スヌーズ終了コントロールレジスタ 0	193
10.2.13	SNZEDCR1 : スヌーズ終了コントロールレジスタ 1	195
10.2.14	SNZREQCR0 : スヌーズ要求コントロールレジスタ 0	195
10.2.15	SNZREQCR1 : スヌーズ要求コントロールレジスタ 1	197
10.2.16	DPSBYCR : ディープスタンバイコントロールレジスタ	197
10.2.17	DPSWCR : ディープスタンバイウェイトコントロールレジスタ	199
10.2.18	DPSIER0 : ディープスタンバイ割り込みイネーブルレジスタ 0	200
10.2.19	DPSIER1 : ディープスタンバイ割り込みイネーブルレジスタ 1	200
10.2.20	DPSIER2 : ディープスタンバイ割り込みイネーブルレジスタ 2	201
10.2.21	DPSIER3 : ディープスタンバイ割り込みイネーブルレジスタ 3	202
10.2.22	DPSIFR0 : ディープスタンバイ割り込みフラグレジスタ 0	202
10.2.23	DPSIFR1 : ディープスタンバイ割り込みフラグレジスタ 1	203
10.2.24	DPSIFR2 : ディープスタンバイ割り込みフラグレジスタ 2	204
10.2.25	DPSIFR3 : ディープスタンバイ割り込みフラグレジスタ 3	206
10.2.26	DPSIEGR0 : ディープスタンバイ割り込みエッジレジスタ 0	207
10.2.27	DPSIEGR1 : ディープスタンバイ割り込みエッジレジスタ 1	208
10.2.28	DPSIEGR2 : ディープスタンバイ割り込みエッジレジスタ 2	208
10.2.29	SYOCDRCR : システムコントロール OCD コントロールレジスタ	209
10.2.30	LDOSCR:LDO ストップコントロールレジスタ	210
10.2.31	PL2LDOSCR:PLL2-LDO ストップコントロールレジスタ	212
10.3	クロックの切り替えによる消費電力の低減	213
10.4	モジュールストップ機能	213
10.5	動作電力低減機能	213
10.5.1	動作電力制御モードの設定方法	213
10.6	スリープモード	214
10.6.1	スリープモードへの遷移	214
10.6.2	スリープモードの解除	215
10.7	ソフトウェアスタンバイモード	216
10.7.1	ソフトウェアスタンバイモードへの遷移	216
10.7.2	ソフトウェアスタンバイモードの解除	217
10.7.3	ソフトウェアスタンバイモードの応用例	217
10.8	スヌーズモード	218
10.8.1	スヌーズモードへの遷移	218
10.8.2	スヌーズモードの解除	219
10.8.3	スヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの復帰	220
10.8.4	スヌーズモードの動作例	221
10.9	ディープソフトウェアスタンバイモード	225
10.9.1	ディープソフトウェアスタンバイモードへの遷移	225
10.9.2	ディープソフトウェアスタンバイモードの解除	225
10.9.3	ディープソフトウェアスタンバイモード解除時の端子状態	226

10.9.4	ディープソフトウェアスタンバイモードの応用例	226
10.9.5	ディープソフトウェアスタンバイモード使用時のフローチャート	227
10.10	使用上の注意	228
10.10.1	レジスタアクセス	228
10.10.2	I/O ポートの端子状態	230
10.10.3	DTC、DMAC のモジュールストップ状態	230
10.10.4	内部割り込み要因	230
10.10.5	DIRQnE ビットによる入力バッファ制御	230
10.10.6	低消費電力モードへの遷移	230
10.10.7	WFI 命令のタイミング	231
10.10.8	スリープモード/スヌーズモード時の DTC または DMAC による WDT/IWDT レジスタの書き込みについて	231
10.10.9	スヌーズモードにおける発振器について	231
10.10.10	RXD0 の立ち下がリエッジによるスヌーズモードエントリ	231
10.10.11	スヌーズモードにおける SCI0 の UART の使用	231
10.10.12	スヌーズモードにおける A/D 変換開始条件	231
10.10.13	スヌーズモードにおける ELC イベント	231
10.10.14	モジュールストップビット書き込みタイミング	232
11.	バッテリーバックアップ機能	233
11.1	概要	233
11.1.1	バッテリーバックアップ機能	233
11.1.2	バッテリー電源スイッチ	233
11.1.3	バックアップレジスタ	233
11.1.4	時間キャプチャ端子検出	233
11.2	レジスタの説明	235
11.2.1	BBFSAR : バッテリーバックアップ機能セキュリティ属性レジスタ	235
11.2.2	VBATTMNSLR : バッテリーバックアップ電圧監視機能選択レジスタ	236
11.2.3	VBATTMONR : バッテリーバックアップ電圧監視レジスタ	237
11.2.4	VBTBERR : VBATT バックアップイネーブルレジスタ	237
11.2.5	VBTBKR[n] : VBATT バックアップレジスタ (n = 0~127)	238
11.2.6	VBTICTLR : VBATT 入力コントロールレジスタ	239
11.3	動作説明	239
11.3.1	バッテリーバックアップ機能	239
11.3.2	VBATT バッテリー電源スイッチの使用法	241
11.3.3	VBATT バックアップレジスタの使用法	241
11.4	使用上の注意事項	241
12.	レジスタライトプロテクション	242
12.1	概要	242
12.2	レジスタの説明	242
12.2.1	PRCR : プロテクトレジスタ	242

13. 割り込みコントローラユニット (ICU)	244
13.1 概要	244
13.2 レジスタの説明	245
13.2.1 ICUSARA : 割り込みコントローラセキュリティ属性レジスタ A	246
13.2.2 ICUSARB : 割り込みコントローラセキュリティ属性レジスタ B	246
13.2.3 ICUSARC : 割り込みコントローラセキュリティ属性レジスタ C	247
13.2.4 ICUSARD : 割り込みコントローラセキュリティ属性レジスタ D	248
13.2.5 ICUSARE : 割り込みコントローラセキュリティ属性レジスタ E	248
13.2.6 ICUSARF : 割り込みコントローラセキュリティ属性レジスタ F	249
13.2.7 ICUSARG : 割り込みコントローラセキュリティ属性レジスタ G	250
13.2.8 ICUSARH : 割り込みコントローラセキュリティ属性レジスタ H	251
13.2.9 ICUSARI : 割り込みコントローラセキュリティ属性レジスタ I	251
13.2.10 IRQCRi : IRQ コントロールレジスタ (i = 0~9、13)	252
13.2.11 NMISR : ノンマスクابل割り込みステータスレジスタ	253
13.2.12 NMIER : ノンマスクابل割り込みイネーブルレジスタ	255
13.2.13 NMICLR : ノンマスクابل割り込みステータスクリアレジスタ	257
13.2.14 NMICR : NMI 端子割り込みコントロールレジスタ	258
13.2.15 IELSRn : ICU イベントリンク設定レジスタ n (n = 0~95)	259
13.2.16 DELSRn : DMAC イベントリンク設定レジスタ n (n = 0~7)	261
13.2.17 SELSR0 : SYS イベントリンク設定レジスタ	261
13.2.18 WUPEN0 : ウェイクアップ割り込みイネーブルレジスタ 0	262
13.2.19 WUPEN1 : ウェイクアップ割り込みイネーブルレジスタ 1	264
13.3 ベクタテーブル	264
13.3.1 割り込みベクタテーブル	264
13.3.2 イベント番号	267
13.4 割り込み動作	271
13.4.1 割り込みの検出	272
13.5 割り込みの設定手順	272
13.5.1 割り込み要求の許可	272
13.5.2 割り込み要求の禁止	272
13.5.3 割り込みのポーリング	273
13.5.4 割り込み要求先の選択	273
13.5.5 デジタルフィルタ	274
13.5.6 外部端子割り込みの設定手順	275
13.6 ノンマスクابل割り込みの設定手順	275
13.6.1 NMI による TrustZone-M との対応関係	276
13.7 低消費電力モードからの復帰	277
13.7.1 スリープモードからの復帰	277
13.7.2 ソフトウェアスタンバイモードからの復帰	278
13.7.3 スヌーズモードからの復帰	278

13.8	ノンマスカブル割り込みとともに WFI 命令を使用する場合	278
13.9	参考資料	278
14.	バス	279
14.1	概要	279
14.2	バスの説明	280
14.2.1	アービトレーション	280
14.2.2	並列動作	280
14.2.3	制約事項	281
14.3	レジスタの説明	281
14.3.1	BUSSARA : バスセキュリティ属性レジスタ A	281
14.3.2	BUSSARB : バスセキュリティ属性レジスタ B	282
14.3.3	BUSSCNT<slave> : スレーブバスコントロールレジスタ (<slave> = FHBIU, FLBIU, S0BIU, EQBIU)	283
14.3.4	BUSSCNT<slave> : スレーブバスコントロールレジスタ (<slave> = PSBIU, PLBIU, PHBIU)	283
14.3.5	BUSnERRADD : バスエラーアドレスレジスタ (n = 1~3)	284
14.3.6	BUSnERRRW : バスエラーリードライトレジスタ (n = 1~3)	284
14.3.7	BTZFnERRADD : バス TZF エラーアドレスレジスタ (n = 1~3)	285
14.3.8	BTZFnERRRW : バス TZF エラーリードライトレジスタ (n = 1~3)	286
14.3.9	BUSnERRSTAT : バスエラーステータスレジスタ n (n = 1~3)	286
14.3.10	DMACDTCERRSTAT : DMAC/DTC エラーステータスレジスタ	288
14.3.11	BUSnERRCLR : バスエラークリアレジスタ n (n = 1~3)	288
14.3.12	DMACDTCERRCLR : DMAC/DTC エラークリアレジスタ	289
14.4	バスエラー監視部	289
14.4.1	バスエラーの種類	289
14.4.2	バスエラー発生時の動作	290
14.4.3	不正アドレスアクセスエラーを引き起こす条件	291
14.4.4	タイムアウト	292
14.5	参考資料	292
15.	メモリプロテクションユニット (MPU)	293
15.1	概要	293
15.2	Arm MPU	293
15.3	バスマスタ MPU	293
15.3.1	レジスタの説明	294
15.3.2	機能説明	302
15.4	参考資料	305
16.	DMA コントローラ (DMAC)	306
16.1	概要	306
16.2	レジスタの説明	308
16.2.1	DMAC SAR : DMAC コントローラセキュリティ属性レジスタ	308

16.2.2	DMSAR : DMA 転送元アドレスレジスタ	308
16.2.3	DMSRR : DMA 転送元リロードアドレスレジスタ	309
16.2.4	DMDAR : DMA 転送先アドレスレジスタ	309
16.2.5	DMDRR : DMA 転送先リロードアドレスレジスタ	310
16.2.6	DMCRA : DMA 転送カウントレジスタ	310
16.2.7	DMCRB : DMA ブロック転送カウントレジスタ	312
16.2.8	DMTMD : DMA 転送モードレジスタ	312
16.2.9	DMINT : DMA 割り込み設定レジスタ	313
16.2.10	DMAMD : DMA アドレスモードレジスタ	315
16.2.11	DMOFR : DMA オフセットレジスタ	317
16.2.12	DMCNT : DMA 転送イネーブルレジスタ	318
16.2.13	DMREQ : DMA ソフトウェア起動レジスタ	319
16.2.14	DMSTS : DMA ステータスレジスタ	320
16.2.15	DMSBS : DMA 転送元バッファサイズレジスタ	321
16.2.16	DMDBS : DMA 転送先バッファサイズレジスタ	322
16.2.17	DMAST : DMAC モジュール起動レジスタ	323
16.2.18	DMECHR : DMAC エラーチャンネルレジスタ	324
16.3	動作説明	325
16.3.1	転送モード	325
16.3.2	拡張リピート領域機能	333
16.3.3	フリーランニング機能	335
16.3.4	オフセットを使用したアドレス更新機能	336
16.3.5	リピート／ブロック転送モードにおけるアドレス更新機能	340
16.3.6	リピート／ブロック転送モードの使用例	343
16.3.7	起動要因	345
16.3.8	動作タイミング	346
16.3.9	DMAC の実行サイクル	347
16.3.10	DMAC の起動	347
16.3.11	DMA 転送の開始	349
16.3.12	DMA 転送中のレジスタ	349
16.3.13	チャンネル優先順位	351
16.3.14	チャンネルセキュリティ	351
16.3.15	DMAC のマスタ TrustZone フィルタ	352
16.4	DMA 転送の終了	352
16.4.1	設定した総転送回数完了による転送終了	353
16.4.2	リピートサイズ終了割り込みによる転送終了	353
16.4.3	拡張リピート領域オーバーフロー割り込みによる転送終了	353
16.5	DMA 転送エラーの処理	354
16.5.1	NMI ハンドラの処理	354
16.5.2	エラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) ハンドラの処理	357

16.6	割り込み	363
16.6.1	転送終了割り込み	363
16.6.2	転送エラー割り込み	365
16.7	イベントリンク	366
16.8	低消費電力機能	366
16.9	使用上の注意事項	366
16.9.1	DMA 転送中のレジスタアクセスについて	366
16.9.2	予約領域への DMA 転送について	367
16.9.3	割り込みコントローラユニットの DMAC イベントリンク設定レジスタ n (ICU.DELSRn) の設定 (n = 0~7)	367
16.9.4	DMAC 起動の保留/再開に関する注意事項	367
16.9.5	DMA 転送再開時の注意事項	367
17.	データトランスファコントローラ (DTC)	369
17.1	概要	369
17.2	レジスタの説明	370
17.2.1	DTCSAR : DTC コントローラセキュリティ属性レジスタ	371
17.2.2	MRA : DTC モードレジスタ A	371
17.2.3	MRB : DTC モードレジスタ B	372
17.2.4	SAR : DTC 転送元レジスタ	373
17.2.5	DAR : DTC 転送先レジスタ	373
17.2.6	CRA : DTC 転送カウントレジスタ A	374
17.2.7	CRB : DTC 転送カウントレジスタ B	374
17.2.8	DTCCR : DTC コントロールレジスタ	375
17.2.9	DTCCR_SEC : DTC コントロールレジスタ (セキュア領域)	375
17.2.10	DTCVBR : DTC ベクタベースアドレス	376
17.2.11	DTCVBR_SEC : DTC ベクタベースレジスタ (セキュア領域)	376
17.2.12	DTCST : DTC モジュール起動レジスタ	376
17.2.13	DTCSTS : DTC ステータスレジスタ	377
17.2.14	DTEVR : DTC エラーベクタレジスタ	378
17.3	起動要因	379
17.3.1	転送情報の配置と DTC ベクタテーブル	379
17.4	動作説明	381
17.4.1	転送情報のリードスキップ機能	383
17.4.2	転送情報のライトバックスキップ機能	383
17.4.3	ノーマル転送モード	384
17.4.4	リピート転送モード	385
17.4.5	ブロック転送モード	386
17.4.6	チェーン転送	387
17.4.7	動作タイミング	388
17.4.8	DTC の実行サイクル	390

17.4.9	DTC のバス権解放タイミング	391
17.4.10	ベクタセキュリティ	391
17.4.11	DTC のマスタ TrustZone フィルタ	391
17.5	DTC の設定手順	391
17.6	DTC の使用例	392
17.6.1	ノーマル転送	392
17.6.2	チェーン転送	392
17.6.3	転送カウンタ = 0 のときのチェーン転送	394
17.7	DTC 転送エラーにおける処理	395
17.7.1	NMI ハンドラにおける処理	396
17.7.2	エラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) ハンドラにおける処理	399
17.8	割り込み	405
17.8.1	転送終了割り込み要求	405
17.8.2	転送エラーの割り込み要求	405
17.9	イベントリンク	406
17.10	低消費電力機能	406
17.11	使用上の注意	407
17.11.1	転送情報の開始アドレス	407
18.	イベントリンクコントローラ (ELC)	408
18.1	概要	408
18.2	レジスタの説明	409
18.2.1	ELCR : イベントリンクコントローラレジスタ	409
18.2.2	ELSEGRn : イベントリンクソフトウェアイベント発生レジスタ n (n = 0, 1)	410
18.2.3	ELSRn : イベントリンク設定レジスタ n (n = 0~8, 12, 14~17)	411
18.2.4	ELCSARA : イベントリンクコントローラセキュリティ属性レジスタ A	415
18.2.5	ELCSARB : イベントリンクコントローラセキュリティ属性レジスタ B	415
18.2.6	ELCSARC : イベントリンクコントローラセキュリティ属性レジスタ C	415
18.3	動作説明	416
18.3.1	割り込み処理とイベントリンクの関係	416
18.3.2	イベントのリンク	416
18.3.3	イベントリンクの動作設定手順例	416
18.4	使用上の注意事項	417
18.4.1	DMAC/DTC 転送終了のイベントリンクを使用する場合	417
18.4.2	クロックの設定について	417
18.4.3	モジュールストップ機能の設定	417
18.4.4	ELC 遅延時間	417
19.	I/O ポート	418
19.1	概要	418
19.2	レジスタの説明	419

19.2.1	PCNTR1/PODR/PDR : ポートコントロールレジスタ 1.....	419
19.2.2	PCNTR2/EIDR/PIDR : ポートコントロールレジスタ 2	420
19.2.3	PCNTR3/PORR/POSR : ポートコントロールレジスタ 3.....	421
19.2.4	PCNTR4/EORR/EOSR : ポートコントロールレジスタ 4.....	422
19.2.6	PWPR : 書き込みプロテクトレジスタ	423
19.2.7	PWPRS : セキュア用書き込みプロテクトレジスタ	423
19.2.8	PmSAR : ポートセキュリティ属性レジスタ (m = 0~5)	424
19.3	動作	424
19.3.1	汎用入出力ポート	424
19.3.2	ポート機能選択	425
19.3.3	ELC のポートグループ機能	425
19.4	未使用端子の処理	427
19.5	使用上の注意	428
19.5.1	端子機能の設定手順	428
19.5.2	ポートグループ入力の使用手順	428
19.5.3	ポート出カデータレジスタ (PODR) の概要	428
19.5.4	アナログ機能使用時の注意事項	428
19.5.5	入出力バッファの仕様	428
19.6	製品ごとの周辺選択設定	430
20.	GPT 用のポートアウトプットイネーブル (POEG).....	434
20.1	概要	434
20.2	レジスタの説明	436
20.2.1	POEGn : POEG グループ n 設定レジスタ (n = A~D)	436
20.3	出力禁止制御の動作	437
20.3.1	端子入力レベル検出時の動作	437
20.3.2	GPT からの出力禁止要求.....	438
20.3.3	発振停止検出による出力禁止制御	438
20.3.4	レジスタによる出力禁止制御	438
20.3.5	出力禁止状態の解除.....	438
20.4	割り込み要因	439
20.5	GPT に対する外部トリガ出力.....	439
20.6	使用上の注意	440
20.6.1	ソフトウェアスタンバイモードへの遷移	440
20.6.2	GPT 対応端子の指定	440
21.	汎用 PWM タイマ (GPT).....	441
21.1	概要	441
21.2	レジスタの説明	444
21.2.1	GTWP : 汎用 PWM タイマ書き込み保護レジスタ	444
21.2.2	GTSTR : 汎用 PWM タイマソフトウェアスタートレジスタ	446

21.2.3	GTSTP : 汎用 PWM タイマソフトウェアストップレジスタ	447
21.2.4	GTCLR : 汎用 PWM タイマソフトウェアクリアレジスタ	447
21.2.5	GTSSR : 汎用 PWM タイマスタート要因選択レジスタ	448
21.2.6	GTPSR : 汎用 PWM タイマストップ要因選択レジスタ	451
21.2.7	GTCSR : 汎用 PWM タイマクリア要因選択レジスタ	455
21.2.8	GTUPSR : 汎用 PWM タイマアップカウント要因選択レジスタ	458
21.2.9	GTDNSR : 汎用 PWM タイマダウンカウント要因選択レジスタ	461
21.2.10	GTICASR : 汎用 PWM タイマインプットキャプチャ要因選択レジスタ A.....	465
21.2.11	GTICBSR : 汎用 PWM タイマインプットキャプチャ要因選択レジスタ B.....	468
21.2.12	GTCR : 汎用 PWM タイマコントロールレジスタ	471
21.2.13	GTUDDTYC : 汎用 PWM タイマカウント方向、デューティー設定レジスタ	473
21.2.14	GTIOR : 汎用 PWM タイマ I/O コントロールレジスタ	475
21.2.15	GTINTAD : 汎用 PWM タイマ割り込み出力設定レジスタ	479
21.2.16	GTST : 汎用 PWM タイマステータスレジスタ.....	480
21.2.17	GTBER : 汎用 PWM タイマバッファイネーブルレジスタ	485
21.2.18	GTCNT : 汎用 PWM タイマカウンタ	486
21.2.19	GTCCR _k : 汎用 PWM タイマコンペアキャプチャレジスタ k (k = A~F)	487
21.2.20	GTPR : 汎用 PWM タイマ周期設定レジスタ	487
21.2.21	GTPBR : 汎用 PWM タイマ周期設定バッファレジスタ	488
21.2.22	GTDCR : 汎用 PWM タイマデッドタイムコントロールレジスタ	488
21.2.23	GTDVU : 汎用 PWM タイマデッドタイム値レジスタ U.....	489
21.2.24	GTICLF : 汎用 PWM タイマチャンネル間論理演算機能設定レジスタ	489
21.2.25	GTPC : 汎用 PWM タイマ周期カウントレジスタ	491
21.2.26	GTSECSR : 汎用 PWM タイマ動作許可ビット同時制御チャンネル選択レジスタ	492
21.2.27	GTSECR : 汎用 PWM タイマ動作許可ビット同時制御レジスタ	493
21.3	動作説明	494
21.3.1	基本動作	494
21.3.2	バッファ動作	502
21.3.3	PWM 出力動作モード	509
21.3.4	デッドタイム自動設定機能	519
21.3.5	カウント方向切り替え機能	523
21.3.6	出力デューティー 0%および出力デューティー 100%機能	523
21.3.7	ハードウェアカウントスタート/カウントストップ、カウントクリア動作	525
21.3.8	同期動作	530
21.3.9	PWM 出力動作例.....	534
21.3.10	周期計数機能.....	539
21.3.11	位相計数機能.....	540
21.3.12	チャンネル間論理演算機能.....	550
21.4	割り込み要因	552
21.4.1	割り込み要因と優先順位.....	552

21.4.2	DMAC/DTC の起動.....	554
21.5	ELC によるリンク動作.....	554
21.5.1	ELC へのイベント信号出力.....	554
21.5.2	ELC からのイベント信号入力.....	555
21.6	ノイズフィルタ機能.....	555
21.7	保護機能.....	555
21.7.1	レジスタの書き込み保護.....	555
21.7.2	バッファ動作の禁止.....	556
21.7.3	GTIOCNm 端子出力の出力禁止制御 (n = 1、2、4、5, m = A, B).....	557
21.8	出力端子の初期化方法.....	558
21.8.1	リセット後の端子設定.....	558
21.8.2	動作中の異常による端子の初期化.....	559
21.9	使用上の注意事項.....	559
21.9.1	モジュールストップ機能の設定.....	559
21.9.2	コンペアマッチ動作時の GTCCRn レジスタの設定 (n = A~F).....	559
21.9.3	GTCNT カウンタの範囲設定.....	560
21.9.4	GTCNT カウンタのスタート/ストップ.....	560
21.9.5	イベントごとの優先順位.....	561
22.	低消費電力非同期汎用タイマ (AGT).....	562
22.1	概要.....	562
22.2	レジスタの説明.....	564
22.2.1	AGT : AGT カウンタレジスタ.....	564
22.2.2	AGTCMA : AGT コンペアマッチ A レジスタ.....	564
22.2.3	AGTCMB : AGT コンペアマッチ B レジスタ.....	565
22.2.4	AGTCR : AGT コントロールレジスタ.....	565
22.2.5	AGTMR1 : AGT モードレジスタ 1.....	567
22.2.6	AGTMR2 : AGT モードレジスタ 2.....	567
22.2.7	AGTIOC : AGT I/O コントロールレジスタ.....	569
22.2.8	AGTISR : AGT イベント端子選択レジスタ.....	570
22.2.9	AGTCMSR : AGT コンペアマッチ機能選択レジスタ.....	571
22.2.10	AGTIOSEL : AGT 端子選択レジスタ.....	571
22.3	動作説明.....	572
22.3.1	リロードレジスタおよびカウンタの書き換え動作.....	572
22.3.2	リロードレジスタおよび AGT コンペアマッチ A/B レジスタの書き換え動作.....	574
22.3.3	タイマモード.....	575
22.3.4	パルス出力モード.....	576
22.3.5	イベントカウンタモード.....	577
22.3.6	パルス幅測定モード.....	578
22.3.7	パルス周期測定モード.....	579
22.3.8	コンペアマッチ機能.....	580

22.3.9	各モードの出力設定.....	581
22.3.10	スタンバイモード.....	582
22.3.11	割り込み要因.....	583
22.3.12	イベントリンクコントローラ (ELC) へのイベント信号出力.....	583
22.4	使用上の注意事項.....	584
22.4.1	カウント動作の開始および停止制御.....	584
22.4.2	カウンタレジスタへのアクセス.....	584
22.4.3	モード変更時.....	584
22.4.4	出力端子の設定.....	584
22.4.5	デジタルフィルタ.....	584
22.4.6	イベント番号、パルス幅およびパルス周期の計算方法.....	584
22.4.7	TSTOP ビットで強制的にカウントを停止した場合.....	585
22.4.8	カウントソースとして AGTn (n = 0, 2) のアンダーフローイベント信号を選択した場合..	585
22.4.9	モジュールストップ機能.....	585
22.4.10	ソースクロックの切り替え時.....	585
23.	リアルタイムクロック (RTC).....	586
23.1	概要.....	586
23.2	レジスタの説明.....	587
23.2.1	R64CNT : 64 Hz カウンタ.....	588
23.2.2	RSECCNT : 秒カウンタ (カレンダーカウントモード時).....	588
23.2.3	RMINCNT : 分カウンタ (カレンダーカウントモード時).....	589
23.2.4	RHRCNT : 時カウンタ (カレンダーカウントモード時).....	589
23.2.5	RWKCNT : 曜日カウンタ (カレンダーカウントモード時).....	590
23.2.6	BCNTn : バイナリカウンタ n (n = 0~3) (バイナリカウントモード時).....	590
23.2.7	RDAYCNT : 日カウンタ.....	591
23.2.8	RMONCNT : 月カウンタ.....	591
23.2.9	RYRCNT : 年カウンタ.....	592
23.2.10	RSECAR : 秒アラームレジスタ (カレンダーカウントモード時).....	592
23.2.11	RMINAR : 分アラームレジスタ (カレンダーカウントモード時).....	593
23.2.12	RHRAR : 時アラームレジスタ (カレンダーカウントモード時).....	593
23.2.13	RWKAR : 曜日アラームレジスタ (カレンダーカウントモード時).....	594
23.2.14	BCNTnAR : バイナリカウンタ n アラームレジスタ (n = 0~3) (バイナリカウントモード時).....	595
23.2.15	RDAYAR : 日アラームレジスタ (カレンダーカウントモード時).....	595
23.2.16	RMONAR : 月アラームレジスタ (カレンダーカウントモード時).....	596
23.2.17	RYRAR : 年アラームレジスタ (カレンダーカウントモード時).....	597
23.2.18	RYRAREN : 年アラームイネーブルレジスタ (カレンダーカウントモード時).....	597
23.2.19	BCNTnAER : バイナリカウンタ n アラームイネーブルレジスタ (n = 0, 1) (バイナリカウントモード時).....	598
23.2.20	BCNT2AER : バイナリカウンタ 2 アラームイネーブルレジスタ (バイナリカウントモード時).....	598

23.2.21	BCNT3AER : バイナリカウンタ 3 アラームイネーブルレジスタ (バイナリカウントモード時)	598
23.2.22	RCR1 : RTC コントロールレジスタ 1	599
23.2.23	RCR2 : RTC コントロールレジスタ 2 (カレンダーカウントモード時)	600
23.2.24	RCR2 : RTC コントロールレジスタ 2 (バイナリカウントモード時)	602
23.2.25	RCR4 : RTC コントロールレジスタ 4	603
23.2.26	RFRL : 周波数レジスタ L	604
23.2.27	RFRH : 周波数レジスタ H	604
23.2.28	RADJ : 時間誤差補正レジスタ	605
23.2.29	RTCCR0 : 時間キャプチャコントロールレジスタ 0	605
23.2.30	RSECCP0 : 秒キャプチャレジスタ 0 (カレンダーカウントモード時)	607
23.2.31	RMINCP0 : 分キャプチャレジスタ 0 (カレンダーカウントモード時)	607
23.2.32	RHRCP0 : 時キャプチャレジスタ 0 (カレンダーカウントモード時)	608
23.2.33	RDAYCP0 : 日キャプチャレジスタ 0 (カレンダーカウントモード時)	608
23.2.34	RMONCP0 : 月キャプチャレジスタ 0 (カレンダーカウントモード時)	609
23.2.35	BCNTnCP0 : BCNTn キャプチャレジスタ 0 (n= 0~3) (バイナリカウントモード時) ..	609
23.3	動作説明	609
23.3.1	電源投入後のレジスタ初期設定の概要	609
23.3.2	クロックおよびカウントモードの設定手順	610
23.3.3	時刻の設定	611
23.3.4	30 秒調整	612
23.3.5	64 Hz カウンタと時刻の読み出し	613
23.3.6	アラーム機能	614
23.3.7	アラーム割り込み禁止手順	616
23.3.8	時間誤差補正機能	616
23.3.9	時間キャプチャ機能	618
23.4	割り込み要因	619
23.5	イベントリンク出力機能	620
23.5.1	割り込み処理とイベントリンクの関係	621
23.6	使用上の注意事項	621
23.6.1	カウント動作時のレジスタ書き込みについて	621
23.6.2	周期割り込みの使用について	621
23.6.3	RTCOUT (1 Hz/64 Hz) クロック出力について	622
23.6.4	レジスタ設定後の低消費電力モードへの遷移について	622
23.6.5	レジスタの書き込み/読み出し時の注意事項	622
23.6.6	カウントモードの変更について	622
23.6.7	RTC を使用しない場合の初期化手順	622
23.6.8	ソースクロック切り替え時	623
24.	ウォッチドッグタイマ (WDT)	624
24.1	概要	624

24.2	レジスタの説明	625
24.2.1	WDTRR : WDT リフレッシュレジスタ	625
24.2.2	WDTCR : WDT コントロールレジスタ	626
24.2.3	WDTSR : WDT ステータスレジスタ	628
24.2.4	WDTRCR : WDT リセットコントロールレジスタ	629
24.2.5	WDCSTPR : WDT カウント停止コントロールレジスタ	630
24.2.6	オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0)	630
24.3	動作説明	630
24.3.1	スタートモード別のカウント動作	630
24.3.2	WDTCR、WDTRCR、および WDCSTPR レジスタへの書き込み制御	633
24.3.3	リフレッシュ動作	634
24.3.4	ステータスフラグ	635
24.3.5	リセット出力	635
24.3.6	割り込み要因	635
24.3.7	ダウンカウンタ値の読み出し	636
24.3.8	オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) と WDT のレジスタの対応関係	636
24.4	イベントリンクコントローラ (ELC) への出力	637
24.5	使用上の注意事項	637
24.5.1	ICU イベントリンク設定レジスタ n (IELSRn) の設定に関する制限	637
25.	独立ウォッチドッグタイマ (IWDT)	638
25.1	概要	638
25.2	レジスタの説明	639
25.2.1	IWDTRR : IWDT リフレッシュレジスタ	639
25.2.2	IWDTSR : IWDT ステータスレジスタ	640
25.2.3	OFS0 : オプション機能選択レジスタ 0	641
25.3	動作説明	643
25.3.1	オートスタートモード	643
25.3.2	リフレッシュ動作	644
25.3.3	ステータスフラグ	645
25.3.4	リセット出力	646
25.3.5	割り込み要因	646
25.3.6	ダウンカウンタ値の読み出し	646
25.4	イベントリンクコントローラ (ELC) への出力	646
25.5	使用上の注意事項	647
25.5.1	リフレッシュ動作	647
25.5.2	クロック分周比の設定に関する制限	647
25.5.3	ICU イベントリンク設定レジスタ n (IELSRn) の設定に関する制限	647
26.	USB2.0 フルスピードモジュール (USBFS)	648
26.1	概要	648

26.2	レジスタの説明	649
26.2.1	SYSCFG : システムコンフィグレーションコントロールレジスタ	649
26.2.2	SYSSTS0 : システムコンフィグレーションステータスレジスタ 0.....	651
26.2.3	DVSTCTR0 : デバイスステートコントロールレジスタ 0.....	652
26.2.4	CFIFO/CFIFOL : CFIFO ポートレジスタ	654
26.2.5	DnFIFO/DnFIFOL : D0FIFO ポートレジスタ (n = 0, 1).....	655
26.2.6	CFIFOSEL : CFIFO ポート選択レジスタ	657
26.2.7	DnFIFOSEL : D0FIFO ポート選択レジスタ (n = 0, 1).....	658
26.2.8	CFIFOCTR : CFIFO ポートコントロールレジスタ.....	660
26.2.9	DnFIFOCTR : D0FIFO ポートコントロールレジスタ (n = 0, 1).....	662
26.2.10	INTENB0 : 割り込みイネーブルレジスタ 0.....	663
26.2.11	INTENB1 : 割り込みイネーブルレジスタ 1.....	664
26.2.12	BRDYENB : BRDY 割り込みイネーブルレジスタ	665
26.2.13	NRDYENB : NRDY 割り込みイネーブルレジスタ	666
26.2.14	BEMPENB : BEMP 割り込みイネーブルレジスタ	667
26.2.15	SOFCFG : SOF 出力コンフィグレーションレジスタ	668
26.2.16	INTSTS0 : 割り込みステータスレジスタ 0	669
26.2.17	INTSTS1 : 割り込みステータスレジスタ 1	671
26.2.18	BRDYSTS : BRDY 割り込みステータスレジスタ	674
26.2.19	NRDYSTS : NRDY 割り込みステータスレジスタ	675
26.2.20	BEMPSTS : BEMP 割り込みステータスレジスタ	675
26.2.21	FRMNUM : フレームナンバレジスタ	676
26.2.22	DVCHGR : デバイスステート切り替えレジスタ	677
26.2.23	USBADDR : USB アドレスレジスタ	678
26.2.24	USBREQ : USB リクエストタイプレジスタ	679
26.2.25	USBVAL : USB リクエストバリューレジスタ	679
26.2.26	USBINDX : USB リクエストインデックスレジスタ	680
26.2.27	USBLENG : USB リクエストレングスレジスタ	680
26.2.28	DCPCFG : DCP コンフィグレーションレジスタ	681
26.2.29	DCPMAXP : DCP マックスパケットサイズレジスタ	682
26.2.30	DCPCTR : DCP コントロールレジスタ	682
26.2.31	PIPESEL : パイプウィンドウ選択レジスタ	685
26.2.32	PIPECFG : パイプコンフィグレーションレジスタ	686
26.2.33	PIPEMAXP : パイプマックスパケットサイズレジスタ	688
26.2.34	PIPEPERI : パイプ周期コントロールレジスタ	689
26.2.35	PIPEnCTR : パイプ n コントロールレジスタ (n = 1~5)	690
26.2.36	PIPEnCTR : パイプ n コントロールレジスタ (n = 6~9)	694
26.2.37	PIPEnTRE : パイプ n トランザクションカウンタイネーブルレジスタ (n = 1~5).....	696
26.2.38	PIPEnTRN : パイプ n トランザクションカウンタレジスタ (n = 1~5)	697
26.2.39	BCCTRL1 : バッテリチャージングコントロールレジスタ 1	698

26.2.40	BCCTRL2 : バッテリチャージングコントロールレジスタ 2	700
26.2.41	DEVADDn : デバイスアドレス n コンフィグレーションレジスタ (n = 0~5).....	700
26.2.42	PHYSECTRL : PHY シングルエンドレシーバコントロールレジスタ	701
26.2.43	DPUSR0R : ディープソフトウェアスタンバイ USB トランシーバコントロール/端子モ ニタレジスタ	701
26.2.44	DPUSR1R : ディープソフトウェアスタンバイ USB サスペンド/レジューム割り込みレ ジスタ	702
26.3	動作説明	704
26.3.1	システムコントロール	704
26.3.2	割り込み	712
26.3.3	割り込みの説明	716
26.3.4	パイプコントロール	725
26.3.5	FIFO バッファ	729
26.3.6	FIFO バッファクリア	730
26.3.7	FIFO ポートの機能	730
26.3.8	DMA 転送 (D0FIFO/D1FIFO ポート)	731
26.3.9	DCP を使用したコントロール転送	732
26.3.10	バルク転送 (パイプ 1~5)	734
26.3.11	インタラプト転送 (パイプ 6~9)	734
26.3.12	アイソクロナス転送 (パイプ 1~2)	735
26.3.13	SOF 補完機能	742
26.3.14	パイプスケジュール	742
26.3.15	バッテリチャージング検出処理	743
26.4	使用上の注意事項	748
26.4.1	モジュールストップ状態の設定	748
26.4.2	ソフトウェアスタンバイモード終了時の割り込みステータスレジスタのクリア	748
26.4.3	ポート機能設定後の割り込みステータスレジスタのクリア	748
27.	シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)	750
27.1	概要	750
27.2	レジスタの説明	753
27.2.1	RSR : 受信シフトレジスタ	753
27.2.2	RDR : 受信データレジスタ	754
27.2.3	RDRHL : 非マンチェスタモード用 (MMR.MANEN = 0) 受信データレジスタ	754
27.2.4	RDRHL_MAN : マンチェスタモード用受信データレジスタ (MMR.MANEN = 1)	755
27.2.5	FRDRHL/FRDRH/FRDRL : 受信 FIFO データレジスタ	756
27.2.6	TDR : 送信データレジスタ	757
27.2.7	TDRHL : 非マンチェスタモード用 (MMR.MANEN = 0) 送信データレジスタ	757
27.2.8	TDRHL_MAN : マンチェスタモード用送信データレジスタ (MMR.MANEN = 1).....	758
27.2.9	FTDRHL/FTDRH/FTDRL : 送信 FIFO データレジスタ	759
27.2.10	TSR : 送信シフトレジスタ	759

27.2.11	SMR : 非スマートカードインタフェースモード用シリアルモードレジスタ (SCMR.SMIF = 0).....	760
27.2.12	SMR_SMCI : スマートカードインタフェースモード用シリアルモードレジスタ (SCMR.SMIF = 1).....	761
27.2.13	SCR : 非スマートカードインタフェースモード用シリアルコントロールレジスタ (SCMR.SMIF = 0).....	763
27.2.14	SCR_SMCI : スマートカードインタフェースモード用シリアルコントロールレジスタ (SCMR.SMIF = 1).....	765
27.2.15	SSR : 非スマートカードインタフェースおよび非 FIFO モード用シリアルステータスレジスタ (SCMR.SMIF = 0、FCR.FM = 0、および MMR.MANEN = 0)	766
27.2.16	SSR_FIFO : 非スマートカードインタフェースおよび FIFO モード用シリアルステータスレジスタ (SCMR.SMIF = 0、FCR.FM = 1、および MMR.MANEN = 0)	768
27.2.17	SSR_SMCI : スマートカードインタフェースモード用シリアルステータスレジスタ (SCMR.SMIF = 1 かつ MMR.MANEN = 0)	771
27.2.18	SSR_MANC : マンチェスタモード用シリアルステータスレジスタ (SCMR.SMIF = 0 かつ MMR.MANEN = 1)	773
27.2.19	SCMR : スマートカードモードレジスタ	776
27.2.20	BRR : ビットレートレジスタ	778
27.2.21	MDDR : モジュレーションデューティレジスタ	787
27.2.22	SEMR : シリアル拡張モードレジスタ	790
27.2.23	SNFR : ノイズフィルタ設定レジスタ	792
27.2.24	SIMR1 : IIC モードレジスタ 1.....	792
27.2.25	SIMR2 : IIC モードレジスタ 2.....	793
27.2.26	SIMR3 : IIC モードレジスタ 3.....	794
27.2.27	SISR : IIC ステータスレジスタ	796
27.2.28	SPMR : SPI モードレジスタ	796
27.2.29	FCR : FIFO コントロールレジスタ	798
27.2.30	FDR : FIFO データ数レジスタ	799
27.2.31	LSR : ラインステータスレジスタ	800
27.2.32	CDR : コンペアマッチデータレジスタ	800
27.2.33	DCCR : データコンペアマッチコントロールレジスタ	801
27.2.34	SPTR : シリアルポートレジスタ	802
27.2.35	ACTR : 通信タイミング調節レジスタ	804
27.2.36	MMR : マンチェスタモードレジスタ	805
27.2.37	TMPR : マンチェスタプレフィス設定レジスタの転送	807
27.2.38	RMPR : マンチェスタプレフィス設定レジスタの受信	808
27.2.39	MESR : マンチェスタ拡張エラーステータスレジスタ	809
27.2.40	MECR : マンチェスタ拡張エラーコントロールレジスタ	810
27.3	調歩同期式モードの動作	811
27.3.1	シリアル転送フォーマット	811
27.3.2	調歩同期式モードの受信データサンプリングタイミングと受信マージン	812
27.3.3	クロック	814

27.3.4	倍速動作とビットレートの6倍の周波数	814
27.3.5	CTS、RTS 機能	814
27.3.6	アドレス一致（受信データ一致）検出機能	815
27.3.7	SCIの初期化（調歩同期式モード）	817
27.3.8	シリアルデータの送信（調歩同期式モード）	819
27.3.9	シリアルデータの受信（調歩同期式モード）	824
27.3.10	受信サンプリングタイミング調節機能（調歩同期式モード）	837
27.3.11	送信タイミング調節機能（調歩同期式モード）	841
27.4	マルチプロセッサ通信機能	846
27.4.1	マルチプロセッサシリアルデータ送信	847
27.4.2	マルチプロセッサシリアルデータ受信	850
27.5	マンチェスタモードの動作	855
27.5.1	フレームフォーマット	856
27.5.2	クロック	860
27.5.3	マンチェスタモードにおけるSCIの初期化	860
27.5.4	倍速動作	861
27.5.5	CTS、RTS 機能	861
27.5.6	シリアルデータの送信（マンチェスタモード）	862
27.5.7	シリアルデータの受信（マンチェスタモード）	865
27.5.8	マルチプロセッサが使用されている場合の動作	869
27.5.9	受信再タイミング	869
27.5.10	マンチェスタコードの極性設定	870
27.5.11	マンチェスタモードにおけるエラー	871
27.6	クロック同期式モードの動作	876
27.6.1	クロック	876
27.6.2	CTS、RTS 機能	877
27.6.3	SCIの初期化（クロック同期式モード）	877
27.6.4	シリアルデータの送信（クロック同期式モード）	879
27.6.5	シリアルデータの受信（クロック同期式モード）	883
27.6.6	シリアルデータの同時送受信（クロック同期式モード）	888
27.7	スマートカードインタフェースモードの動作	890
27.7.1	接続例	891
27.7.2	データフォーマット（ブロック転送モード時を除く）	891
27.7.3	ブロック転送モード	893
27.7.4	受信データサンプリングタイミングと受信マージン	893
27.7.5	SCIの初期化（スマートカードインタフェースモード）	894
27.7.6	シリアルデータの送信（ブロック転送モードを除く）	895
27.7.7	シリアルデータの受信（ブロック転送モード時を除く）	897
27.7.8	クロック出力制御	899
27.8	簡易IICモードの動作	900

27.8.1	開始条件、再開条件、停止条件の生成	901
27.8.2	クロック同期化	902
27.8.3	SDAn 出力遅延.....	903
27.8.4	SCI の初期化（簡易 IIC モード）	903
27.8.5	マスタ送信動作（簡易 IIC モード）	904
27.8.6	マスタ受信動作（簡易 IIC モード）	907
27.9	簡易 SPI モードの動作	909
27.9.1	マスタモード、スレーブモードと各端子の状態.....	909
27.9.2	マスタモード時の SS 機能.....	910
27.9.3	スレーブモード時の SS 機能.....	910
27.9.4	クロックと送受信データの関係.....	910
27.9.5	SCI の初期化（簡易 SPI モード）	911
27.9.6	シリアルデータの送受信（簡易 SPI モード）	911
27.10	ビットレートモジュレーション機能.....	911
27.11	割り込み要因	912
27.11.1	SCI _{IN} _TXI および SCI _{IN} _RXI 割り込みのバッファ動作（非 FIFO 選択時）	912
27.11.2	SCI _{IN} _TXI および SCI _{IN} _RXI 割り込みのバッファ動作（FIFO 選択時）	912
27.11.3	調歩同期式モード、マンチェスタモード、クロック同期式モード、および簡易 SPI モードにおける割り込み.....	912
27.11.4	スマートカードインタフェースモードにおける割り込み	914
27.11.5	簡易 IIC モードにおける割り込み	915
27.12	イベントリンク機能	916
27.13	アドレス不一致イベント出力 (SCI0_DCUF)	917
27.14	ノイズ除去機能	917
27.15	使用上の注意	918
27.15.1	モジュールストップ機能の設定	918
27.15.2	低消費電力状態での SCI の動作について	918
27.15.3	ブレークの検出と処理について	922
27.15.4	マーク状態とブレークの送出	923
27.15.5	受信エラーフラグと送信動作について（クロック同期式モードおよび簡易 SPI モード）	923
27.15.6	クロック同期送信に関する制限事項（クロック同期式モードおよび簡易 SPI モード）	923
27.15.7	DTC または DMAC 使用時の制約事項.....	924
27.15.8	通信の開始に関する注意事項	925
27.15.9	クロック同期式モードおよび簡易 SPI モードにおける外部クロック入力.....	925
27.15.10	簡易 SPI モードに関する制限事項.....	925
27.15.11	トランスミットイネーブルビット (SCR.TE) に関する注意事項	926
27.15.12	調歩同期式モードで RTS 機能を使用した時の受信の停止について	926
28.	I2C バスインタフェース (IIC).....	927
28.1	概要	927
28.2	レジスタの説明	929

28.2.1	ICCR1 : I ² C バスコントロールレジスタ 1	929
28.2.2	ICCR2 : I ² C バスコントロールレジスタ 2	931
28.2.3	ICMR1 : I ² C バスモードレジスタ 1.....	934
28.2.4	ICMR2 : I ² C バスモードレジスタ 2.....	935
28.2.5	ICMR3 : I ² C バスモードレジスタ 3.....	936
28.2.6	ICFER : I ² C バスファンクションイネーブルレジスタ	938
28.2.7	ICSER : I ² C バスステータスイネーブルレジスタ.....	940
28.2.8	ICIER : I ² C バス割り込みイネーブルレジスタ	941
28.2.9	ICSR1 : I ² C バスステータスレジスタ 1.....	942
28.2.10	ICSR2 : I ² C バスステータスレジスタ 2.....	945
28.2.11	ICWUR : I ² C バスウェイクアップユニットレジスタ	948
28.2.12	ICWUR2 : I ² C バスウェイクアップユニットレジスタ 2.....	949
28.2.13	SARLn : スレーブアドレスレジスタ Ln (n = 0~2)	950
28.2.14	SARUn : スレーブアドレスレジスタ Un (n = 0~2)	950
28.2.15	ICBRL : I ² C バスビットレート Low レジスタ	951
28.2.16	ICBRH : I ² C バスビットレート High レジスタ	952
28.2.17	ICDRT : I ² C バス送信データレジスタ	953
28.2.18	ICDRR : I ² C バス受信データレジスタ	953
28.2.19	ICDRS : I ² C バスシフトレジスタ	954
28.3	動作説明	954
28.3.1	通信データフォーマット.....	954
28.3.2	初期設定	955
28.3.3	マスタ送信動作	956
28.3.4	マスタ受信動作	960
28.3.5	スレーブ送信動作	965
28.3.6	スレーブ受信動作	968
28.4	SCL 同期回路	970
28.5	SDA 出力遅延機能.....	970
28.6	デジタルノイズフィルタ回路.....	971
28.7	アドレス一致検出機能.....	972
28.7.1	スレーブアドレス一致検出機能.....	972
28.7.2	ジェネラルコールアドレス検出機能.....	975
28.7.3	デバイス ID アドレス検出機能.....	976
28.7.4	ホストアドレス検出機能.....	977
28.8	ウェイクアップ機能	978
28.8.1	ノーマルウェイクアップモード 1.....	979
28.8.2	ノーマルウェイクアップモード 2.....	982
28.8.3	コマンドリカバリモードと EEP 応答モード (特殊ウェイクアップモード)	984
28.9	SCL の自動 Low ホールド機能.....	987

28.9.1	送信データの誤送信防止機能	987
28.9.2	NACK 受信転送中断機能.....	988
28.9.3	受信データ取りこぼし防止機能.....	989
28.10	アービトレーションロスト検出機能.....	990
28.10.1	マスタアービトレーションロスト検出機能 (MALE ビット)	990
28.10.2	NACK 送信中のアービトレーションロスト検出機能 (NALE ビット)	992
28.10.3	スレーブアービトレーションロスト検出機能 (SALE ビット)	993
28.11	スタートコンディション、リスタートコンディション、ストップコンディション発行機能.....	994
28.11.1	スタートコンディション発行動作	994
28.11.2	リスタートコンディション発行動作.....	994
28.11.3	ストップコンディション発行動作	996
28.12	バスハングアップ.....	997
28.12.1	タイムアウト検出機能	997
28.12.2	SCL クロック追加出力機能	998
28.12.3	IIC リセット、内部リセット	999
28.13	SMBus 動作.....	999
28.13.1	SMBus タイムアウト測定.....	999
28.13.2	パケットエラーコード (PEC)	1001
28.13.3	SMBus ホスト通知プロトコル (Notify ARP Master コマンド)	1001
28.14	割り込み要因	1001
28.14.1	IICn_TXI 割り込みおよび IICn_RXI 割り込みのバッファ動作.....	1002
28.15	各コンディション発行時のリセット、レジスタ、機能の状態	1002
28.16	イベントリンク出力機能.....	1003
28.16.1	割り込み処理とイベントリンクの関係	1003
28.17	使用上の注意事項.....	1003
28.17.1	モジュールストップ機能の設定.....	1003
28.17.2	転送開始に関する注意事項.....	1003
29.	CAN (Controller Area Network) モジュール	1005
29.1	概要	1005
29.2	レジスタの説明	1007
29.2.1	CTRL : コントロールレジスタ	1007
29.2.2	BCR : ビットコンフィグレーションレジスタ	1010
29.2.3	MKR[k] : マスクレジスタ k (k = 0~7).....	1012
29.2.4	FIDCRk : FIFO 受信 ID 比較レジスタ k (k = 0, 1).....	1012
29.2.5	MKIVLR : マスク無効レジスタ	1014
29.2.6	メールボックスレジスタ.....	1014
29.2.7	MIER : メールボックス割り込み許可レジスタ	1017
29.2.8	MIER_FIFO : FIFO メールボックスモード用のメールボックス割り込み許可レジスタ... 1018	
29.2.9	MCTL_TX[j] : 送信用メッセージコントロールレジスタ (j = 0~31)	1019
29.2.10	MCTL_RX[j] : 受信用メッセージコントロールレジスタ (j = 0~31).....	1021

29.2.11	RFCCR : 受信 FIFO コントロールレジスタ	1023
29.2.12	RFPCR : 受信 FIFO ポインタコントロールレジスタ	1025
29.2.13	TFCR : 送信 FIFO コントロールレジスタ	1026
29.2.14	TFPCR : 送信 FIFO ポインタコントロールレジスタ	1027
29.2.15	STR : ステータスレジスタ	1028
29.2.16	MSMR : メールボックス検索モードレジスタ	1030
29.2.17	MSSR : メールボックス検索ステータスレジスタ	1030
29.2.18	CSSR : チャネル検索サポートレジスタ	1031
29.2.19	AFSR : アクセプタンスフィルタサポートレジスタ	1032
29.2.20	EIER : エラー割り込み許可レジスタ	1033
29.2.21	EIFR : エラー割り込み要因判定レジスタ	1034
29.2.22	RECR : 受信エラーカウンタレジスタ	1036
29.2.23	TECR : 送信エラーカウンタレジスタ	1037
29.2.24	ECSR : エラーコード格納レジスタ	1037
29.2.25	TSR : タイムスタンプレジスタ	1038
29.2.26	TCR : テストコントロールレジスタ	1039
29.3	動作モード	1040
29.3.1	CAN リセットモード	1041
29.3.2	CAN Halt モード	1042
29.3.3	CAN スリープモード	1043
29.3.4	CAN オペレーションモード (バスオフ状態以外)	1043
29.3.5	CAN オペレーションモード (バスオフ状態)	1044
29.4	データ転送速度の設定	1044
29.4.1	クロックの設定	1044
29.4.2	ビットタイミングの設定	1045
29.4.3	データ転送速度	1045
29.5	メールボックスとマスクレジスタの構造	1046
29.6	アクセプタンスフィルタ処理とマスク機能	1047
29.7	受信と送信	1049
29.7.1	受信	1050
29.7.2	送信	1051
29.8	割り込み	1052
29.9	使用上の注意事項	1053
29.9.1	モジュールストップ状態の設定	1053
29.9.2	動作クロックの設定	1053
30.	シリアルペリフェラルインタフェース (SPI)	1054
30.1	概要	1054
30.2	レジスタの説明	1056
30.2.1	SPCR : SPI コントロールレジスタ	1056
30.2.2	SSLP : SPI スレーブ選択極性レジスタ	1058

30.2.3	SPPCR : SPI 端子コントロールレジスタ	1058
30.2.4	SPSR : SPI ステータスレジスタ	1059
30.2.5	SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY : SPI データレジスタ	1063
30.2.6	SPSCR : SPI シーケンスコントロールレジスタ	1065
30.2.7	SPSSR : SPI シーケンスステータスレジスタ	1066
30.2.8	SPBR : SPI ビットレートレジスタ	1067
30.2.9	SPDCR : SPI データコントロールレジスタ	1068
30.2.10	SPCKD : SPI クロック遅延レジスタ	1069
30.2.11	SSLND : SPI スレーブ選択ネゲート遅延レジスタ	1070
30.2.12	SPND : SPI 次アクセス遅延レジスタ	1070
30.2.13	SPCR2 : SPI コントロールレジスタ 2.....	1071
30.2.14	SPCMDm : SPI コマンドレジスタ m (m = 0~7)	1072
30.2.15	SPDCR2 : SPI データコントロールレジスタ 2	1074
30.2.16	SPCR3 : SPI コントロールレジスタ 3.....	1075
30.3	動作説明	1077
30.3.1	SPI 動作の概要.....	1077
30.3.2	SPI 端子の制御.....	1078
30.3.3	SPI システム構成例	1079
30.3.4	データフォーマット	1084
30.3.5	転送フォーマット	1095
30.3.6	データ転送モード	1097
30.3.7	送信バッファエンプティ/受信バッファフル割り込み.....	1099
30.3.8	通信終了割り込み	1101
30.3.9	エラー検出	1107
30.3.10	SPI の初期化	1113
30.3.11	SPI 動作	1113
30.3.12	クロック同期式動作.....	1128
30.3.13	ループバックモード.....	1134
30.3.14	パリティビット機能の自己診断.....	1135
30.3.15	割り込み要因.....	1136
30.4	イベントリンクコントローラ (ELC) への出力	1137
30.4.1	受信バッファフルイベント出力.....	1137
30.4.2	送信バッファエンプティイベント出力	1138
30.4.3	モードフォルトエラー/アンダーランエラー/オーバーランエラー/パリティエラーイ ベント出力	1138
30.4.4	SPI アイドルイベント出力.....	1138
30.4.5	通信終了イベント出力	1138
30.5	使用上の注意事項.....	1140
30.5.1	モジュールストップ機能の設定	1140
30.5.2	低消費電力機能に関する制約	1140

30.5.3	転送の開始に関する制約.....	1140
30.5.4	モードフォルトエラー／アンダーランエラー／オーバーランエラー／パリティエラーイベント出力に関する制約.....	1140
30.5.5	SPSR.SPRF および SPSR.SPTEF フラグに関する制約.....	1140
31.	クワッドシリアルペリフェラルインタフェース (QSPI)	1141
31.1	概要	1141
31.2	レジスタの説明	1142
31.2.1	SFMSMD : 転送モードコントロールレジスタ	1142
31.2.2	SFMSSC : チップ選択コントロールレジスタ	1143
31.2.3	SFMSKC : クロックコントロールレジスタ	1144
31.2.4	SFMSST : ステータスレジスタ	1145
31.2.5	SFMCOM : 通信ポートレジスタ	1146
31.2.6	SFMCMD : 通信モードコントロールレジスタ	1147
31.2.7	SFMCST : 通信ステータスレジスタ	1147
31.2.8	SFMSIC : 命令コードレジスタ	1148
31.2.9	SFMSAC : アドレスモードコントロールレジスタ	1148
31.2.10	SFMSDC : ダミーサイクルコントロールレジスタ	1149
31.2.11	SFMSPC : SPI プロトコルコントロールレジスタ	1150
31.2.12	SFMPMD : ポートコントロールレジスタ	1150
31.2.13	SFMCNT1 : 外部 QSPI アドレスレジスタ	1151
31.3	メモリマップ	1151
31.3.1	外部バス空間	1151
31.3.2	SPI 空間と SPI バスのアドレス幅	1152
31.4	SPI バス	1153
31.4.1	SPI プロトコル	1153
31.4.2	SPI モード	1156
31.5	SPI バスタイミング補正	1157
31.5.1	SPI バス基準サイクル	1157
31.5.2	QSPCLK 信号デューティ比	1158
31.5.3	QSSL 信号の最小 High レベル幅	1158
31.5.4	QSSL 信号セットアップ時間	1158
31.5.5	QSSL 信号ホールド時間	1159
31.5.6	シリアルデータ出力許可のホールド時間	1159
31.5.7	シリアルデータ出力のセットアップ時間	1160
31.5.8	シリアルデータ出力のホールド時間	1161
31.5.9	シリアルデータ受信レイテンシ	1161
31.6	シリアルフラッシュメモリアクセスに使用される SPI 命令セット	1162
31.6.1	自動生成される SPI 命令	1162
31.6.2	標準リード命令	1163
31.6.3	ファストリード命令	1164

31.6.4	ファストリード Dual 出力命令	1165
31.6.5	ファストリード Dual I/O 命令	1166
31.6.6	ファストリード Quad 出力命令	1167
31.6.7	ファストリード Quad I/O 命令	1168
31.6.8	4 バイトモード遷移命令	1169
31.6.9	4 バイトモード解除命令	1170
31.6.10	ライトイネーブル命令	1170
31.7	SPI バスサイクル配置	1171
31.7.1	個々の変換に基づくシリアルフラッシュメモリリード	1171
31.7.2	プリフェッチ機能を使用したシリアルフラッシュメモリリード	1171
31.7.3	プリフェッチの停止	1172
31.7.4	プリフェッチ先の直接指定	1172
31.7.5	プリフェッチ状態ポーリング	1172
31.7.6	SPI バスサイクル拡張機能	1173
31.8	XIP 制御	1173
31.8.1	XIP モードの設定	1174
31.8.2	XIP モードの解除	1175
31.9	QIO2 端子、QIO3 端子の状態	1176
31.10	直接通信モード	1177
31.10.1	直接通信	1177
31.10.2	直接通信モードの使用	1177
31.10.3	直接通信時の SPI バスサイクルの発生	1177
31.11	割り込み	1181
31.12	使用上の注意事項	1181
31.12.1	モジュールストップ機能の設定	1181
31.12.2	複数のコントロールレジスタの設定変更手順	1181
32.	巡回冗長検査 (CRC)	1183
32.1	概要	1183
32.2	レジスタの説明	1184
32.2.1	CRCCR0 : CRC コントロールレジスタ 0	1184
32.2.2	CRCDIR/CRCDIR_BY : CRC データ入力レジスタ	1184
32.2.3	CRCDOR/CRCDOR_HA/CRCDOR_BY : CRC データ出力レジスタ	1185
32.3	動作説明	1185
32.3.1	基本動作	1185
32.4	使用上の注意事項	1188
32.4.1	モジュールストップ状態の設定	1188
32.4.2	送信時の注意事項	1188
33.	バウンダリスキャン	1190
33.1	概要	1190

33.2	レジスタの説明	1191
33.2.1	JTIR : インストラクションレジスタ	1191
33.2.2	JTIDR : ID コードレジスタ	1192
33.2.3	JTBPR : バイパスレジスタ	1192
33.2.4	JTBSR : バウンダリスキャンレジスタ	1192
33.3	動作	1192
33.3.1	TAP コントローラ	1192
33.3.2	コマンド	1193
33.4	使用上の注意	1194
34.	セキュア暗号エンジン (SCE9).....	1196
34.1	概要	1196
34.2	動作説明	1197
34.2.1	暗号エンジン	1197
34.2.2	暗号／復号処理	1198
34.3	使用上の注意事項	1199
34.3.1	ソフトウェアスタンバイモード	1199
34.3.2	モジュールストップ機能の設定	1199
35.	12 ビット A/D コンバータ (ADC12).....	1200
35.1	概要	1200
35.2	レジスタの説明	1203
35.2.1	ADDRn : A/D データレジスタ n (n = 0~4, 11~13, 16)	1203
35.2.2	ADDBLDR : A/D データ 2 重化レジスタ	1205
35.2.3	ADDBLDRn : A/DA データ 2 重化レジスタ n (n = A, B)	1206
35.2.4	ADOCDR : A/D 内部基準電圧データレジスタ	1207
35.2.5	ADRD : A/D 自己診断データレジスタ	1208
35.2.6	ADCSR : A/D コントロールレジスタ	1209
35.2.7	ADANSA0 : A/D チャンネル選択レジスタ A0	1212
35.2.8	ADANSA1 : A/D チャンネル選択レジスタ A1	1213
35.2.9	ADANSB0 : A/D チャンネル選択レジスタ B0	1213
35.2.10	ADANSB1 : A/D チャンネル選択レジスタ B1	1214
35.2.11	ADADS0 : A/D 変換値加算／平均チャンネル選択レジスタ 0	1214
35.2.12	ADADS1 : A/D 変換値加算／平均チャンネル選択レジスタ 1	1216
35.2.13	ADADC : A/D 変換値加算／平均回数選択レジスタ	1216
35.2.14	ADCER : A/D コントロール拡張レジスタ	1217
35.2.15	ADSTRGR : A/D 変換開始トリガ選択レジスタ	1219
35.2.16	ADEXICR : A/D 変換拡張入力コントロールレジスタ	1220
35.2.17	ADSSTRn/ADSSTRl/ADSSTRO : A/D サンプリングステートレジスタ (n = 0~4, 11~13)	1221
35.2.18	ADDISCR : A/D 断線検出コントロールレジスタ	1221
35.2.19	ADGSPCR : A/D グループスキャン優先コントロールレジスタ	1222

35.2.20	ADCMPCR : A/D コンペア機能コントロールレジスタ	1223
35.2.21	ADCMANSR0 : A/D コンペア機能ウィンドウ A チャンネル選択レジスタ 0	1225
35.2.22	ADCMANSR1 : A/D コンペア機能ウィンドウ A チャンネル選択レジスタ 1	1225
35.2.23	ADCMANSER : A/D コンペア機能ウィンドウ A 拡張入力選択レジスタ	1226
35.2.24	ADCMPLR0 : A/D コンペア機能ウィンドウ A 比較条件設定レジスタ 0	1226
35.2.25	ADCMPLR1 : A/D コンペア機能ウィンドウ A 比較条件設定レジスタ 1	1228
35.2.26	ADCMPLER : A/D コンペア機能ウィンドウ A 拡張入力比較条件設定レジスタ	1229
35.2.27	ADCMPCRn : A/D コンペア機能ウィンドウ A 下側/上側レベル設定レジスタ (n = 0, 1).....	1230
35.2.28	ADWINnLB : A/D コンペア機能ウィンドウ B 下側/上側レベル設定レジスタ (n = L, U)	1231
35.2.29	ADCMPSR0 : A/D コンペア機能ウィンドウ A チャンネルステータスレジスタ 0	1232
35.2.30	ADCMPSR1 : A/D コンペア機能ウィンドウ A チャンネルステータスレジスタ 1	1233
35.2.31	ADCMPSER : A/D コンペア機能ウィンドウ A 拡張入力チャンネルステータスレジスタ ...	1234
35.2.32	ADCMANBSR : A/D コンペア機能ウィンドウ B チャンネル選択レジスタ	1234
35.2.33	ADCMANBSR : A/D コンペア機能ウィンドウ B ステータスレジスタ	1236
35.2.34	ADWINMON : A/D コンペア機能ウィンドウ A/B ステータスマニタレジスタ	1237
35.2.35	ADBUFEN : A/D データバッファイネーブルレジスタ	1238
35.2.36	ADBUFPTR : A/D データバッファポインタレジスタ	1238
35.2.37	ADBUFn : A/D データバッファレジスタ n (n = 0~15)	1239
35.3	動作	1240
35.3.1	スキヤンの動作説明	1240
35.3.2	シングルスキヤンモード	1241
35.3.3	連続スキヤンモード	1246
35.3.4	グループスキヤンモード	1249
35.3.5	コンペア機能 (ウィンドウ A、ウィンドウ B)	1258
35.3.6	アナログ入力のサンプリング時間とスキヤン変換時間	1261
35.3.7	A/D データレジスタの自動クリア機能の使用例	1265
35.3.8	A/D 変換値加算/平均モード	1265
35.3.9	断線検出アシスト機能	1265
35.3.10	非同期トリガによる A/D 変換の開始	1267
35.3.11	周辺モジュールからの同期トリガによる A/D 変換の開始	1267
35.3.12	データバッファの使用	1267
35.4	割り込み要因および DTC、DMAC 転送要求	1268
35.4.1	割り込み要求	1268
35.5	イベントリンク機能	1270
35.5.1	ELC へのイベント出力動作	1270
35.5.2	ELC からのイベントによる ADC12 の動作	1270
35.6	使用上の注意	1270
35.6.1	レジスタ設定時の制限	1270
35.6.2	データレジスタの読み出しに関する制約	1270
35.6.3	A/D 変換停止に関する制約	1270

35.6.4	A/D 変換強制停止と再開時の動作タイミング	1272
35.6.5	スキャン終了割り込み処理の制約	1272
35.6.6	モジュールストップ機能の設定	1272
35.6.7	低消費電力状態への遷移に関する注意事項	1272
35.6.8	断線検出アシスト機能使用時の絶対精度誤差	1272
35.6.9	動作モードおよびステータスビットの制約	1272
35.6.10	ボード設計に関する注意事項	1273
35.6.11	ノイズ防止の制限事項	1273
35.6.12	ADC12 入力使用時のポート設定	1273
35.6.13	ソフトウェアスタンバイモード解除時の注意	1273
35.6.14	サンプリング時間の計算	1274
36.	12 ビット D/A コンバータ (DAC12)	1275
36.1	概要	1275
36.2	レジスタの説明	1276
36.2.1	DADR _n : D/A データレジスタ n (n = 0)	1276
36.2.2	DACR : D/A コントロールレジスタ	1276
36.2.3	DADPR : DADR フォーマット選択レジスタ	1277
36.2.4	DAADSCR : D/A A/D 同期スタートコントロールレジスタ	1278
36.2.5	DAAMPCR : D/A 出力アンプコントロールレジスタ	1278
36.2.6	DAASWCR : D/A アンプ安定ウェイトコントロールレジスタ	1279
36.2.7	DAADUSR : D/A A/D 同期ユニット選択レジスタ	1279
36.3	動作	1279
36.3.1	D/A 変換と A/D 変換の干渉の低減	1280
36.4	イベントリンクの動作設定手順	1282
36.4.1	DA0 イベントリンクの動作設定手順	1282
36.5	イベントリンク動作における注意事項	1282
36.6	使用上の注意	1283
36.6.1	モジュールストップ機能の設定	1283
36.6.2	モジュールストップ時の DAC12 の動作	1283
36.6.3	ソフトウェアスタンバイモード時の DAC12 の動作	1283
36.6.4	ディープソフトウェアスタンバイモードへの移行に関する制約	1283
36.6.5	出力アンプを使用した初期化手順	1283
36.6.6	D/A 変換と A/D 変換の干渉低減有効時の制約	1284
37.	データ演算回路 (DOC)	1285
37.1	概要	1285
37.2	レジスタの説明	1285
37.2.1	DOCR : DOC コントロールレジスタ	1285
37.2.2	DODIR : DOC データ入力レジスタ	1286
37.2.3	DODSR : DOC データ設定レジスタ	1287

37.3	動作説明	1287
37.3.1	データ比較モード	1287
37.3.2	データ加算モード	1287
37.3.3	データ減算モード	1288
37.4	割り込み要因	1289
37.5	イベントリンクコントローラ (ELC) へのイベント信号出力	1289
37.6	使用上の注意事項	1289
37.6.1	モジュールストップ機能の設定	1289
38.	SRAM	1290
38.1	概要	1290
38.2	レジスタの説明	1290
38.2.1	SRAMSAR : SRAM セキュリティ属性レジスタ	1290
38.2.2	PARIOAD : SRAM パリティエラー検出後動作レジスタ	1291
38.2.3	SRAMPRCR : SRAM プロテクトレジスタ	1291
38.2.4	SRAMWTSC : SRAM ウェイトステートコントロールレジスタ	1292
38.2.5	SRAMPRCR2 : SRAM プロテクトレジスタ 2	1293
38.3	動作説明	1293
38.3.1	モジュールストップ機能	1293
38.3.2	パリティ計算機能	1293
38.3.3	TrustZone フィルタ機能	1295
38.3.4	割り込み要因	1296
38.3.5	ウェイトステート	1296
38.3.6	アクセスサイクル	1297
39.	スタンバイ SRAM	1298
39.1	概要	1298
39.2	レジスタの説明	1298
39.2.1	STBRAMSAR : スタンバイ RAM メモリセキュリティ属性レジスタ	1298
39.3	動作説明	1299
39.3.1	データ保持	1299
39.3.2	モジュールストップ機能の設定	1299
39.3.3	パリティ計算機能	1299
39.3.4	TrustZone フィルタ機能	1300
39.3.5	アクセスサイクル	1300
39.4	使用上の注意事項	1300
39.4.1	スタンバイ SRAM 領域からの命令フェッチ	1300
40.	フラッシュメモリ	1301
40.1	概要	1301
40.2	メモリ構成	1303
40.3	アドレス空間	1304

40.4	レジスタの説明	1305
40.4.1	FCACHEE : フラッシュキャッシュイネーブルレジスタ	1305
40.4.2	FCACHEIV : フラッシュキャッシュインバリデートレジスタ	1305
40.4.3	FLWT : フラッシュウェイトサイクルレジスタ	1306
40.4.4	FSAR : フラッシュセキュリティ属性レジスタ	1306
40.4.5	UIDRn : ユニーク ID レジスタ n (n = 0~3)	1307
40.4.6	PNRn : 型名レジスタ n (n = 0~3)	1307
40.4.7	MCUVER : MCU バージョンレジスタ	1308
40.4.8	FWEPROR : フラッシュ P/E プロテクトレジスタ	1308
40.4.9	FASTAT : フラッシュアクセスステータスレジスタ	1309
40.4.10	FAEINT : フラッシュアクセスエラー割り込み許可レジスタ	1310
40.4.11	FRDYIE : フラッシュレディ割り込み許可レジスタ	1311
40.4.12	FSADDR : FACI コマンド開始アドレスレジスタ	1311
40.4.13	FEADDR : FACI コマンド終了アドレスレジスタ	1312
40.4.14	FMEPROT : フラッシュ P/E モードエントリ保護レジスタ	1312
40.4.15	FBPROT0 : フラッシュブロック保護レジスタ	1313
40.4.16	FBPROT1 : セキュア用フラッシュブロック保護レジスタ	1314
40.4.17	FSTATR : フラッシュステータスレジスタ	1315
40.4.18	FENTRYR : フラッシュ P/E モードエントリレジスタ	1318
40.4.19	FSUINTR : フラッシュシーケンサセットアップ初期化レジスタ	1320
40.4.20	FCMDR : FACI コマンドレジスタ	1320
40.4.21	FBCCNT : ブランクチェックコントロールレジスタ	1321
40.4.22	FBCSTAT : ブランクチェックステータスレジスタ	1322
40.4.23	FPSADDR : データフラッシュ書き込み開始アドレスレジスタ	1322
40.4.24	FSUASMON : フラッシュスタートアップ領域選択モニタレジスタ	1323
40.4.25	FCPSR : フラッシュシーケンサ処理切り替えレジスタ	1323
40.4.26	FPCKAR : フラッシュシーケンサ処理クロック通知レジスタ	1324
40.4.27	FSUACR : フラッシュスタートアップ領域コントロールレジスタ	1324
40.4.28	FCKMHZ : データフラッシュアクセス周波数レジスタ	1325
40.5	フラッシュキャッシュ	1326
40.5.1	フラッシュキャッシュの特長	1326
40.6	フラッシュメモリ関連の動作モード	1327
40.7	機能概要	1328
40.8	フラッシュシーケンサの動作モード	1330
40.9	FACI コマンド	1331
40.9.1	FACI コマンド一覧	1331
40.9.2	フラッシュシーケンサの状態と FACI コマンドの関係	1332
40.9.3	FACI コマンドの使用方法	1334
40.10	サスペンド動作	1352
40.11	プロテクション機能	1352

40.11.1	ソフトウェアプロテクション	1352
40.11.2	エラープロテクション	1354
40.11.3	スタートアッププログラムプロテクション	1356
40.12	セキュリティ機能	1360
40.12.1	スタートアップ領域選択のセキュリティフラグ	1360
40.12.2	永久ブロック保護設定	1361
40.12.3	TrustZone のフラッシュメモリ保護	1362
40.13	ブートモード	1370
40.13.1	ブートモード (SCI インタフェース)	1371
40.13.2	ブートモード (USB インタフェース)	1372
40.14	シリアルプログラマを使用した書き込み	1373
40.14.1	シリアルプログラミング環境	1373
40.15	セルフプログラミングでの書き換え	1374
40.15.1	概要	1374
40.15.2	バックグラウンドオペレーション	1374
40.16	フラッシュメモリの読み出し	1374
40.16.1	コードフラッシュメモリの読み出し	1374
40.16.2	データフラッシュメモリの読み出し	1374
40.16.3	アクセスサイクル	1375
40.17	使用上の注意事項	1375
41.	内部電圧レギュレータ	1377
41.1	概要	1377
41.2	動作説明	1377
42.	セキュリティ機能	1378
42.1	特長	1378
42.2	Arm TrustZone セキュリティ	1378
42.2.1	Arm TrustZone 技術	1378
42.2.2	メモリのセキュリティ属性	1378
42.2.3	周辺モジュールのセキュリティ属性	1380
42.2.4	フラッシュシーケンサのセキュリティ属性	1380
42.2.5	アドレス空間のセキュリティ属性	1381
42.2.6	TrustZone アクセスエラー	1381
42.3	デバイスライフサイクルの管理	1382
42.3.1	ライフサイクル状態の変更	1383
42.3.2	デバッグアクセスレベル	1384
42.3.3	シリアルプログラミング	1384
42.3.4	ライフサイクル変更例	1384
42.3.5	故障解析	1385
42.4	キーインジェクション	1385

42.5	レジスタの説明	1387
42.5.1	PSARB : 周辺モジュールセキュリティ属性レジスタ B	1387
42.5.2	PSARC : 周辺モジュールセキュリティ属性レジスタ C	1388
42.5.3	PSARD : 周辺モジュールセキュリティ属性レジスタ D	1389
42.5.4	PSARE : 周辺モジュールセキュリティ属性レジスタ E	1390
42.5.5	MSSAR : モジュールストップセキュリティ属性レジスタ	1391
42.5.6	CFSAMONA : コードフラッシュセキュリティ属性モニタレジスタ A	1392
42.5.7	CFSAMONB : コードフラッシュセキュリティ属性モニタレジスタ B	1392
42.5.8	DFSAMON : データフラッシュセキュリティ属性モニタレジスタ	1392
42.5.9	SSAMONA : SRAM セキュリティ属性モニタレジスタ A	1393
42.5.10	SSAMONB : SRAM セキュリティ属性モニタレジスタ B	1393
42.5.11	DLMMON : デバイスライフサイクル管理状態モニタレジスタ	1394
42.5.12	TZFSAR : TrustZone フィルタセキュリティ属性レジスタ	1394
42.5.13	TZFOAD : 検出後の TrustZone フィルタ動作レジスタ	1395
42.5.14	TZFPT : TrustZone フィルタ保護レジスタ	1395
42.6	使用上の注意事項	1396
42.6.1	セキュリティ属性の設定に関する制限	1396
42.6.2	SAU 設定	1396
42.6.3	FACI レジスタ設定中の非セキュア例外	1396
42.6.4	FCU 割り込みの使用	1396
43.	電气的特性	1397
43.1	絶対最大定格	1397
43.2	DC 特性	1398
43.2.1	Tj/Ta の定義	1398
43.2.2	I/O VIH, VIL	1398
43.2.3	I/O IOH, IOL	1400
43.2.4	I/O VOH, VOL、その他の特性	1401
43.2.5	動作電流とスタンバイ電流	1402
43.2.6	VCC 立ち上がり/立ち下がり勾配とリップル周波数	1405
43.2.7	熱特性	1406
43.3	AC 特性	1409
43.3.1	周波数	1409
43.3.2	クロックタイミング	1410
43.3.3	リセットタイミング	1412
43.3.4	ウェイクアップタイミング	1414
43.3.5	NMI/IRQ ノイズフィルタ	1416
43.3.6	I/O ポート、POEG、GPT、AGT、ADC12 のトリガタイミング	1417
43.3.7	CAC タイミング	1419
43.3.8	SCI タイミング	1420
43.3.9	SPI タイミング	1426

43.3.10	QSPI タイミング	1430
43.3.11	IIC タイミング	1432
43.4	USB 特性	1435
43.4.1	USBFS タイミング	1435
43.5	ADC12 特性	1437
43.6	DAC12 特性	1440
43.7	OSC 停止検出特性	1440
43.8	POR/LVD 特性	1441
43.9	VBATT 特性	1443
43.10	フラッシュメモリ特性	1444
43.10.1	コードフラッシュメモリ特性	1444
43.10.2	データフラッシュメモリ特性	1446
43.10.3	オプション設定メモリ特性	1447
43.11	バウンダリスキャン	1448
43.12	ジョイントテストアクショングループ (JTAG)	1449
43.13	シリアルワイヤデバッグ (SWD)	1450
付録 1.	各プロセスモードのポート状態	1452
付録 2.	外形寸法図	1453
付録 3.	I/O レジスタ	1455
3.1	周辺機能のベースアドレス	1455
3.2	アクセスサイクル	1456
改訂履歴		1459

最高性能の 100 MHz Arm Cortex-M33 コア、最大 512 KB のバックグラウンド動作のコードフラッシュメモリ、8 KB のデータフラッシュメモリ、128 KB のパリティ SRAM。高集積度の USB 2.0 フルスピード、クワッド SPI、および高度なアナログ機能。

特長

- Arm® Cortex®-M33 コア
 - Armv8-M アーキテクチャ (メイン拡張)
 - 最高動作周波数: 100 MHz
 - Arm メモリプロテクションユニット (Arm MPU)
 - プロテクトメモリシステムアーキテクチャ (PMSAv8)
 - セキュア MPU (MPU_S): 8 領域
 - 非セキュア MPU (MPU_NS): 8 領域
 - SysTick タイマ
 - 2 つの SysTick タイマを搭載: セキュアおよび非セキュアインスタンス
 - LOCO 駆動またはシステムクロック
 - CoreSight™ ETM-M33
- メモリ
 - 最大 512 KB のコードフラッシュメモリ
 - 8 KB データフラッシュメモリ (100,000 回のプログラム/イレース (P/E) サイクル)
 - 128 KB の SRAM
- 接続性
 - シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI) × 4
 - 非同期インタフェース
 - 8 ビットクロック同期インタフェース
 - スマートカードインタフェース
 - 簡易 IIC
 - 簡易 SPI
 - マンチェスタコーディング (SCI3, SCI4)
 - I²C バスインタフェース (IIC)
 - シリアルペリフェラルインタフェース (SPI)
 - クワッドシリアルペリフェラルインタフェース (QSPI)
 - USB 2.0 フルスピードモジュール (USBFS)
 - コントロールエリアネットワークモジュール (CAN)
- アナログ
 - 12 ビット A/D コンバータ (ADC12)
 - 12 ビット D/A コンバータ (DAC12)
- タイマ
 - 32 ビット汎用 PWM タイマ (GPT32) × 2
 - 16 ビット汎用 PWM タイマ (GPT16) × 2
 - 低消費電力非同期汎用タイマ (AGT) × 5
- セキュリティおよび暗号化
 - Arm® TrustZone®
 - コードフラッシュに対して最大 3 領域
 - データフラッシュに対して最大 2 領域
 - SRAM に対して最大 3 領域
 - 各ペリフェラルに対して個別のセキュアまたは非セキュアのセキュリティ属性
- システムおよび電源管理
 - 低消費電力モード
 - バッテリバックアップ機能 (VBATT)
 - リアルタイムクロック (RTC) (カレンダー、VBATT サポート)
 - イベントリンクコントローラ (ELC)
 - データ転送コントローラ (DTC)
 - DMA コントローラ (DMAC) × 8
 - パワーオンリセット
 - 低電圧検出 (LVD) (電圧設定)
 - ウォッチドッグタイマ (WDT)
 - 独立ウォッチドッグタイマ (IWDT)
- マルチクロックソース
 - メインクロック発振器 (MOSC) (8~24 MHz)
 - サブクロック発振器 (SOSC) (32.768 kHz)
 - 高速オンチップオシレータ (HOCO) (16/18/20 MHz)
 - 中速オンチップオシレータ (MOCO) (8 MHz)
 - 低速オンチップオシレータ (LOCO) (32.768 kHz)
 - IWDT 専用オンチップオシレータ (15 kHz)
- HOCO/MOCO/LOCO に対するクロックトリム機能
- PLL/PLL2
- クロックアウトのサポート
- 汎用入出力ポート
 - 5 V トレランス、オープンドレイン、入力プルアップ、切り替え可能駆動能力
- 動作電圧
 - VCC: 2.7~3.6 V
- 動作温度およびパッケージ
 - Ta = -40°C~+85°C
 - 64 ピン LQFP (10 mm × 10 mm, 0.5 mm ピッチ)
 - 48 ピン QFN (7 mm × 7 mm, 0.5 mm ピッチ)

1. 概要

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

本シリーズの MCU は最大 100 MHz で動作する高性能な Arm Cortex[®]-M33 コアを内蔵しており、以下の特長があります。

- 最大 512 KB のコードフラッシュメモリ
- 128 KB SRAM
- クアッドシリアルペリフェラルインタフェース (QSPI)
- USBFS
- アナログ周辺機能
- セキュリティ&セーフティ機能

1.1 機能の概要

セキュリティ機能に関しては、アクセス制御回路、乱数生成回路、およびユニーク ID のみをサポートしています。他の回路の動作は保証対象外です。

表 1.1 CPU

機能	機能の説明
Arm Cortex-M33 コア	<ul style="list-style-type: none"> ● 最高動作周波数 : 100 MHz ● Arm Cortex-M33 コア : <ul style="list-style-type: none"> - Armv8-M アーキテクチャ (セキュリティ拡張機能付き) - リビジョン : r0p4-00rel0 ● Arm メモリプロテクションユニット (Arm MPU) <ul style="list-style-type: none"> - 保護メモリシステムアーキテクチャ (PMSAv8) - セキュア MPU (MPU_S) : 8 領域 - 非セキュア MPU (MPU_NS) : 8 領域 ● SysTick タイマ <ul style="list-style-type: none"> - 2 個の SysTick タイマ : セキュア、および非セキュアインスタンス - SysTick タイマクロック (SYSTICCLK) またはシステムクロック (ICLK) による駆動 ● CoreSight[™] ETM-M33

表 1.2 メモリ

機能	機能の説明
コードフラッシュメモリ	最大 512 KB のコードフラッシュメモリ。 「40. フラッシュメモリ」を参照してください。
データフラッシュメモリ	8 KB のデータフラッシュメモリ。 「40. フラッシュメモリ」を参照してください。
オプション設定メモリ	オプション設定メモリは、MCU のリセット後の状態を決定します。 「6. オプション設定メモリ」を参照してください。
SRAM	パリティビット有りまたは無し的高速 SRAM を内蔵しています。 「38. SRAM」を参照してください。

表 1.3 システム (1/2)

機能	機能の説明
動作モード	2 種類の動作モード : <ul style="list-style-type: none"> ● シングルチップモード ● SCI/USB ブートモード 「3. 動作モード」を参照してください。
リセット	本 MCU は、13 種類のリセットをサポートしています。 「5. リセット」を参照してください。

表 1.3 システム (2/2)

機能	機能の説明
低電圧検出 (LVD)	低電圧検出モジュール (LVD) は、VCC 端子への入力電圧レベルを監視します。検出レベルはレジスタ設定で選択できます。LVD は、3 つの独立した電圧監視回路 (LVD0、LVD1、LVD2) で構成され、LVD0、LVD1、LVD2 は VCC 端子への入力電圧レベルを監視します。LVD のレジスタを設定することにより、さまざまな電圧しきい値で VCC 端子への入力電圧の変動を監視できます。「7. 低電圧検出回路 (LVD)」を参照してください。
クロック	<ul style="list-style-type: none"> メインクロック発振器 (MOSC) サブクロック発振器 (SOSC) 高速オンチップオシレータ (HOCO) 中速オンチップオシレータ (MOCO) 低速オンチップオシレータ (LOCO) IWDT 専用オンチップオシレータ PLL/PLL2 クロックアウトのサポート 「8. クロック発生回路」を参照してください。
クロック周波数精度測定回路 (CAC)	クロック周波数精度測定回路 (CAC) は、測定の対象となるクロック (測定対象クロック) に対して、測定の基準となるクロック (測定基準クロック) で生成した時間内のクロックのパルスを数え、それが許容範囲内にあるか否かで精度を判定します。測定終了時、または測定基準クロックで生成した時間内のパルスの数が許容範囲内でない時、割り込み要求を発生します。「9. クロック周波数精度測定回路 (CAC)」を参照してください。
割り込みコントローラユニット (ICU)	割り込みコントローラユニット (ICU) は、ネスト型ベクタ割り込みコントローラ (NVIC)、DMA コントローラ (DMAC)、およびデータトランスファコントローラ (DTC) モジュールにリンクされるイベント信号を制御します。ICU はノンマスカブル割り込みも制御します。「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。
低消費電力モード	クロック分周器の設定、モジュールストップ設定、通常動作時の電力制御モード選択、低消費電力モードへの遷移など、さまざまな方法で消費電力を低減できます。「10. 低消費電力モード」を参照してください。
バッテリーバックアップ機能	バッテリーバックアップ機能により、バッテリーによる部分電力供給が可能です。バッテリー電源領域に含まれるものには、RTC、SOSC、バックアップメモリ、および VCC/VBATT 切り替えがあります。「11. バッテリーバックアップ機能」を参照してください。
レジスタライトプロテクション	レジスタライトプロテクション機能は、ソフトウェアエラーによって重要なレジスタが書き換えられないように保護します。保護するレジスタは、プロテクトレジスタ (PRCR) で設定します。「12. レジスタライトプロテクション」を参照してください。
メモリプロテクションユニット (MPU)	本 MCU は、1 つのメモリプロテクションユニットを備えています。「15. メモリプロテクションユニット (MPU)」を参照してください。

表 1.4 イベントリンク

機能	機能の説明
イベントリンクコントローラ (ELC)	イベントリンクコントローラ (ELC) は、各周辺モジュールで発生するイベント要求をソース信号として使用し、それらのモジュールを別のモジュールと接続することによって、CPU を介さずにモジュール間の直接リンクを実現します。「18. イベントリンクコントローラ (ELC)」を参照してください。

表 1.5 ダイレクトメモリアクセス

機能	機能の説明
データトランスファコントローラ (DTC)	データトランスファコントローラ (DTC) は、割り込み要求によって起動するとデータ転送を行います。「17. データトランスファコントローラ (DTC)」を参照してください。
DMA コントローラ (DMAC)	本 MCU は、8 チャンネルの DMA コントローラ (DMAC) を内蔵しており、CPU を介さずにデータ転送が可能です。DMA 転送要求が発生すると、DMAC は転送元アドレスに格納されているデータを転送先アドレスへ転送します。「16. DMA コントローラ (DMAC)」を参照してください。

表 1.6 外部バスインタフェース

機能	機能説明
外部バス	<ul style="list-style-type: none"> QSPI 領域 (EQBIU) : QSPI (外部デバイスインタフェース) を接続

表 1.7 タイマ

機能	機能の説明
汎用 PWM タイマ (GPT)	汎用 PWM タイマ (GPT) は、GPT32 ×2 チャンルの 32 ビットタイマおよび GPT16 ×2 チャンルの 16 ビットタイマにより構成されます。PWM 波形はアップカウンタ、ダウンカウンタ、またはその両方を制御することにより生成が可能です。GPT は、汎用タイマとしても使用できます。 「21. 汎用 PWM タイマ (GPT)」を参照してください。
GPT 用のポートアウトプットイネーブル (POEG)	ポートアウトプットイネーブル (POEG) は、汎用 PWM タイマ (GPT) の出力端子を出力禁止状態にすることが可能です。 「20. GPT 用のポートアウトプットイネーブル (POEG)」を参照してください。
低消費電力非同期汎用タイマ (AGT)	低消費電力非同期汎用タイマ (AGT) は、パルス出力、外部パルスの幅または周期の測定、および外部イベントのカウントに利用可能な 16 ビットのタイマです。このタイマは、リロードレジスタとダウンカウンタで構成されています。これらのリロードレジスタとダウンカウンタは、同一アドレスに配置され、AGT レジスタでアクセス可能です。 「22. 低消費電力非同期汎用タイマ (AGT)」を参照してください。
リアルタイムクロック (RTC)	リアルタイムクロック (RTC) には、カレンダーカウントモードとバイナリカウントモードの 2 種類のカウントモードがあり、レジスタ設定を切り替えることで使用します。カレンダーカウントモードは、2000 年から 2099 年の 100 年間のカレンダーを保持し、うるう年の日付を自動補正します。バイナリカウントモードでは、秒をカウントし、その情報をシリアル値として保持します。バイナリカウントモードは、西暦以外のカレンダーに利用可能です。 「23. リアルタイムクロック (RTC)」を参照してください。
ウォッチドッグタイマ (WDT)	ウォッチドッグタイマ (WDT) は 14 ビットのダウンカウンタです。システムが暴走すると WDT をリフレッシュできなくなるため、カウンタがアンダーフローした際に MCU をリセットすることができます。さらに、ノンマスクブル割り込みやアンダーフロー割り込み、を発生させるためにも使用できます。 「24. ウォッチドッグタイマ (WDT)」を参照してください。
独立ウォッチドッグタイマ (IWDT)	独立ウォッチドッグタイマ (IWDT) は 14 ビットのダウンカウンタで、システム暴走時に MCU をリセットすることができます。IWDT は、MCU をリセットする機能や、カウンタのアンダーフロー発生時に、割り込み/ノンマスクブル割り込みを発生させることが可能です。 「25. 独立ウォッチドッグタイマ (IWDT)」を参照してください。

表 1.8 通信インターフェース (1/2)

機能	機能の説明
シリアルコミュニケーションインターフェース (SCI)	シリアルコミュニケーションインターフェース (SCI) × 4 チャンルには調歩同期式および同期式のシリアルインターフェースがあります。 <ul style="list-style-type: none"> ● 調歩同期式インターフェース (UART および調歩同期式通信インターフェースアダプタ (ACIA)) ● 8 ビットクロック同期式インターフェース ● 簡易 IIC (マスタのみ) ● 簡易 SPI ● スマートカードインターフェース ● マンチェスタインターフェース スマートカードインターフェースは、電子信号と伝送プロトコルに関して ISO/IEC 7816-3 規格に準拠しています。SCI _n (n = 0, 3, 4, 9) は FIFO バッファを内蔵しており、連続した全二重通信が可能です。また、内蔵のポーレートジェネレータを用いて、データ転送速度の個別設定が可能です。 「27. シリアルコミュニケーションインターフェース (SCI)」を参照してください。
I ² C バスインターフェース (IIC)	I ² C バスインターフェース (IIC) は 1 チャンルあります。IIC は、NXP 社の I ² C バス (Inter-Integrated Circuit Bus) インターフェース方式に準拠しており、そのサブセット機能を備えています。 「28. I ² C バスインターフェース (IIC)」を参照してください。
シリアルペリフェラルインターフェース (SPI)	シリアルペリフェラルインターフェース (SPI) には 1 チャンルあります。SPI によって、複数のプロセッサや周辺デバイスとの高速な全二重同期式シリアル通信が可能です。 「30. シリアルペリフェラルインターフェース (SPI)」を参照してください。
Controller Area Network (CAN)	CAN (Controller Area Network) モジュールは、電磁的にノイズの高いアプリケーション内で、メッセージベースのプロトコルを使用して複数のスレーブとマスタの間でデータを送信および受信します。このモジュールは、ISO 11898-1 (CAN 2.0A/CAN 2.0B) 規格に準拠し、最大 32 個のメールボックスに対応します。これらのメールボックスは、通常のメールボックスおよび FIFO モードで送信または受信用に設定できます。標準 (11 ビット) と拡張 (29 ビット) の両方のメッセージングフォーマットに対応しています。CAN モジュールには外付け CAN トランシーバが必要です。 「29. CAN (Controller Area Network) モジュール」を参照してください。

表 1.8 通信インタフェース (2/2)

機能	機能の説明
USB2.0 フルスピードモジュール (USBFS)	<p>ホストコントローラまたはデバイスコントローラとして動作可能な USB2.0 フルスピードモジュール (USBFS) です。このモジュールは、ユニバーサルシリアルバス規格 2.0 のフルスピードおよびロースピード転送（ホストコントローラのみ）をサポートしています。また USB トランシーバを内蔵しており、ユニバーサルシリアルバス規格 2.0 で定義されている全転送タイプに対応しています。データ転送用にバッファメモリを内蔵し、最大 10 本のパイプを使用できます。パイプ 1~9 に対しては、通信を行う周辺デバイスやユーザーシステムに合わせた任意のエンドポイント番号の割り付けが可能です。</p> <p>「26. USB2.0 フルスピードモジュール (USBFS)」を参照してください。</p>
クワッドシリアルペリフェラルインタフェース (QSPI)	<p>クワッドシリアルペリフェラルインタフェース (QSPI) は、SPI 互換インタフェースを持つシリアル ROM（シリアルフラッシュメモリ、シリアル EEPROM、シリアル FeRAM などの不揮発性メモリ）に接続するためのメモリコントローラです。</p> <p>「31. クワッドシリアルペリフェラルインタフェース (QSPI)」を参照してください。</p>

表 1.9 アナログ

機能	機能の説明
12 ビット A/D コンバータ (ADC12)	<p>逐次比較方式の 12 ビット A/D コンバータを内蔵しています。最大 9 チャンネルのアナログ入力を選択可能です。</p> <p>「35. 12 ビット A/D コンバータ (ADC12)」を参照してください。</p>
12 ビット D/A コンバータ (DAC12)	<p>12 ビットの D/A コンバータ (DAC12) を内蔵しています。</p> <p>「36. 12 ビット D/A コンバータ (DAC12)」を参照してください。</p>

表 1.10 データ処理

機能	機能の説明
巡回冗長検査 (CRC) 演算器	<p>巡回冗長検査 (CRC: Cyclic Redundancy Check) は、CRC コードを生成してデータエラーを検出します。LSB ファーストまたは MSB ファーストでの通信用に、CRC 演算結果のビットオーダーを切り替えることができます。さらに、さまざまな CRC 生成多項式を使用できます。</p> <p>「32. 巡回冗長検査 (CRC)」を参照してください。</p>
データ演算回路 (DOC)	<p>データ演算回路 (DOC) は、16 ビットのデータを比較、加算、または減算する機能です。選択した条件に一致する場合、割り込み要求が発生します。</p> <p>「37. データ演算回路 (DOC)」を参照してください。</p>

表 1.11 セキュリティ

機能	機能説明
セキュリティ機能	<ul style="list-style-type: none"> ● ARMv8-M TrustZone セキュリティ ● デバイスライフサイクルマネジメント ● デバッグアクセスレベル ● 鍵の挿入 ● セキュアな兼用端子
セキュアクリプトエンジン 9 (SCE9)	<ul style="list-style-type: none"> ● 対称暗号方式：AES ● 非対称暗号方式：RSA、ECC、DSA ● ハッシュ値生成：SHA224、SHA256、GHASH ● 128 ビットの固有の ID <p>「34. セキュア暗号エンジン (SCE9)」を参照してください。</p>

注. アクセス制御回路、乱数生成回路、およびユニーク ID のみをサポートしています。他の回路の動作は保証対象外です。

表 1.12 I/O ポート

機能	機能説明
設定可能な I/O ポート	<ul style="list-style-type: none">● 64 ピン LQFP I/O ポート<ul style="list-style-type: none">- 入出力端子 : 43- 入力端子 : 1- プルアップ抵抗 : 44- N チャネルオープンドレイン出力 : 43- 5V トレランス : 9● 48 ピン QFN I/O ポート<ul style="list-style-type: none">- 入出力端子 : 29- 入力端子 : 1- プルアップ抵抗 : 30- N チャネルオープンドレイン出力 : 29- 5V トレランス : 4

1.2 ブロック図

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

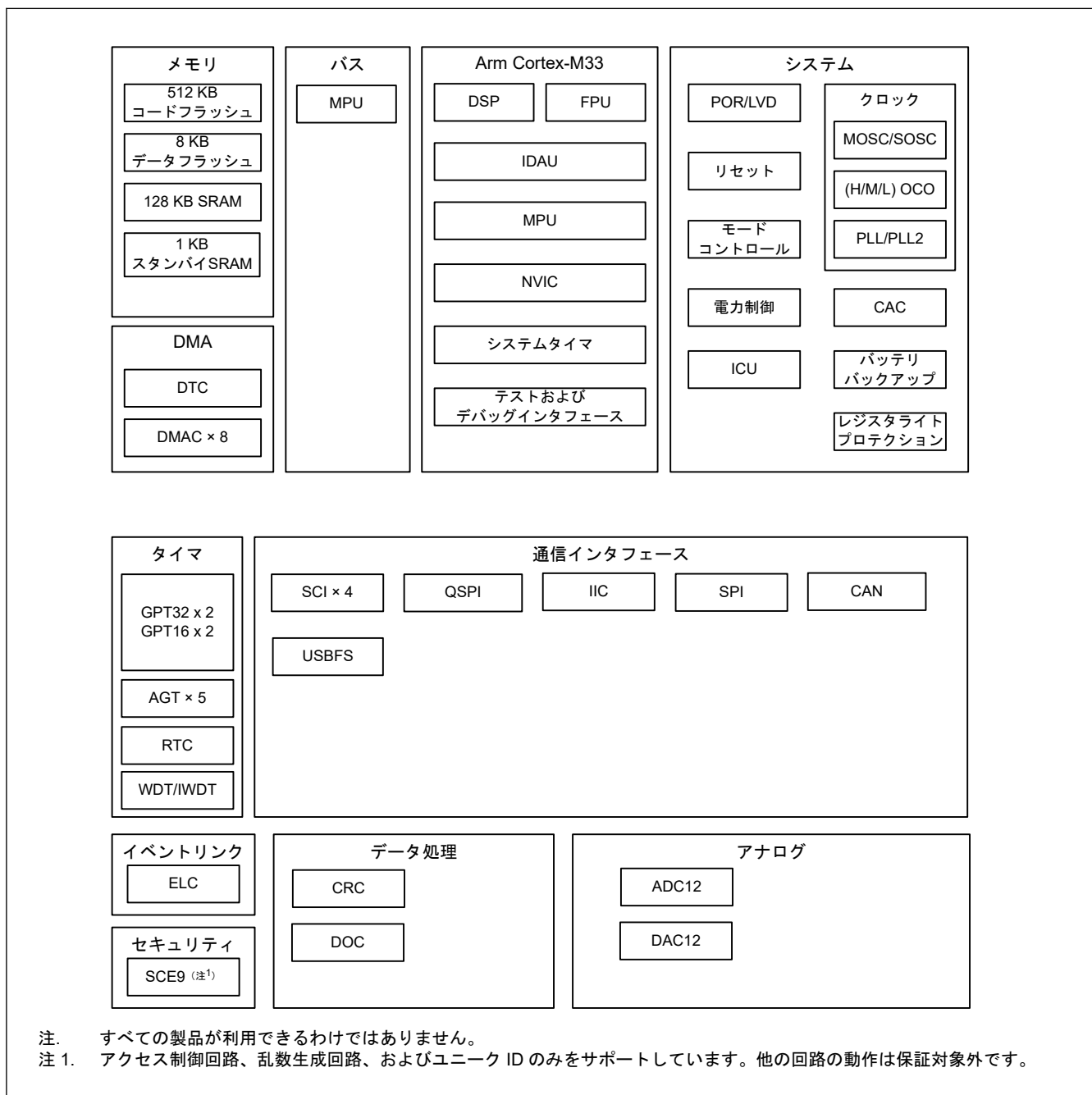


図 1.1 ブロック図

1.3 型名

図 1.2 に、メモリ容量およびパッケージタイプを含む製品の型名情報を示します。表 1.13 に、製品一覧表を示します。

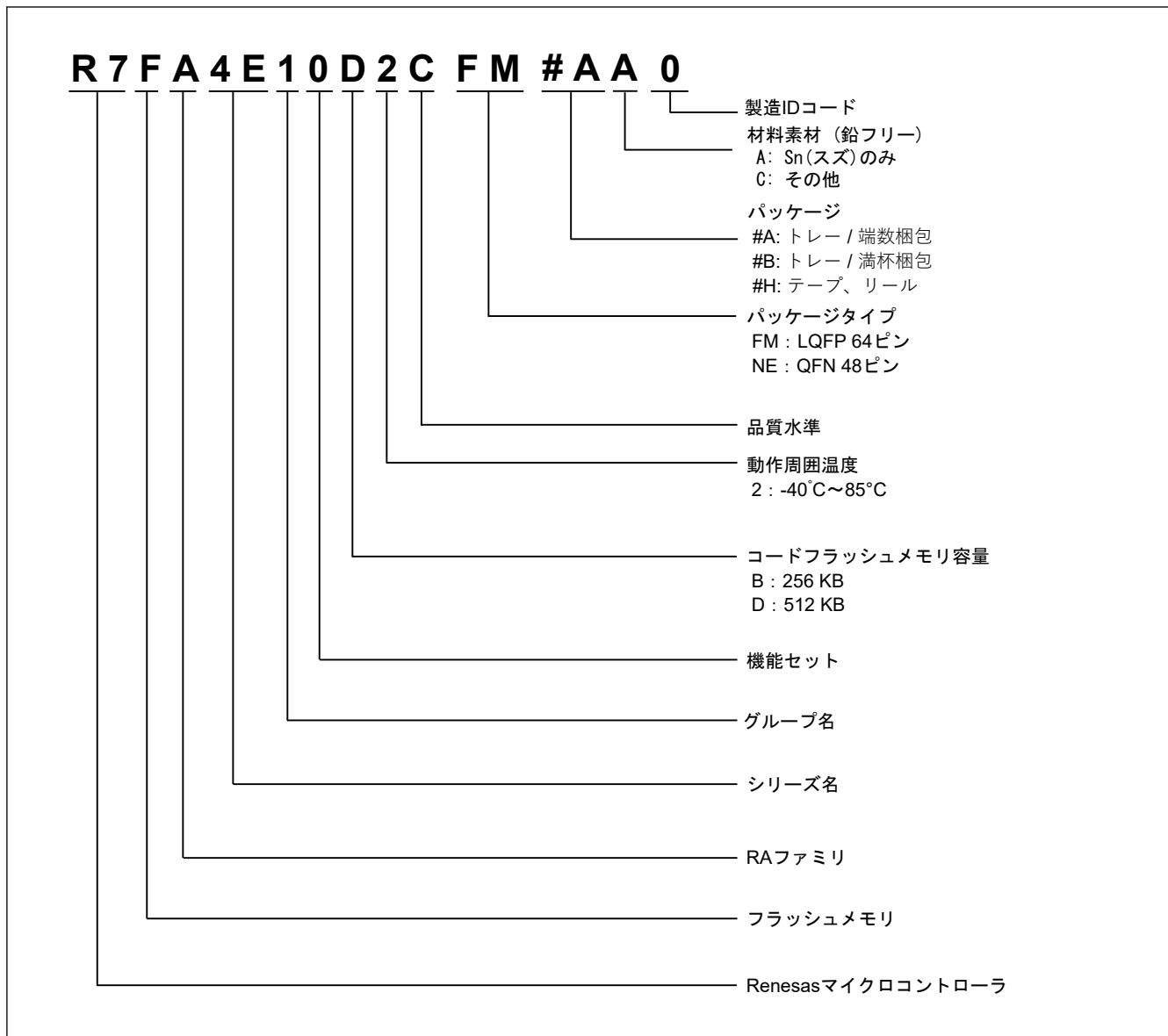


図 1.2 型名の読み方

表 1.13 製品一覧

製品の型名	パッケージコード	コードフラッシュ	データフラッシュ	SRAM	動作周囲温度
R7FA4E10D2CFM	PLQP0064KB-C	512 KB	8 KB	128 KB	-40~+85°C
R7FA4E10D2CNE	PWQN0048KC-A				
R7FA4E10B2CFM	PLQP0064KB-C	256 KB	8 KB	128 KB	-40~+85°C
R7FA4E10B2CNE	PWQN0048KC-A				

1.4 機能の比較

表 1.14 機能の比較

型名		R7FA4E10D2CFM R7FA4E10B2CFM	R7FA4E10D2CNE R7FA4E10B2CNE
端子総数		64	48
パッケージ		LQFP	QFN
コードフラッシュメモリ		512 KB 256 KB	
データフラッシュメモリ		8 KB	
SRAM		128 KB	
	パリティ	64 KB	
スタンバイ SRAM		1 KB	
DMA	DTC	あり	
	DMAC	8	
システム	CPU クロック	最高 100 MHz	
	CPU クロックソース	MOSC、SOSC、HOCO、MOCO、LOCO、PLL	
	CAC	あり	
	WDT/IWDT	あり	
	バックアップレジスタ	128 B	
通信	SCI(注1)	4	
	IIC	1	
	SPI	1	
	CAN	1	
	USBFS	あり	
	QSPI	あり	
タイマ	GPT32(注1)	2	
	GPT16(注1)	2	
	AGT(注1)	5	
	RTC	あり	
アナログ	ADC12	9	7
	DAC12	1	
データ処理	CRC	あり	
	DOC	あり	
イベントコントロール	ELC	あり	
セキュリティ		SCE9(注2)、TrustZone、ライフサイクルマネジメント	
I/O ポート	入出力端子	43	29
	入力端子	1	1
	プルアップ抵抗	44	30
	N チャンネルオープンドレイン出力	43	29
	5 V トレランス	9	4

注 1. 使用できる端子はピン数によります。詳細は、「1.7. 端子一覧」を参照してください。

注 2. アクセス制御回路、乱数生成回路、およびユニーク ID のみをサポートしています。他の回路の動作は保証対象外です。

1.5 端子機能

表 1.15 端子機能一覧 (1/3)

機能	端子名	入出力	説明
電源	VCC	入力	電源端子。システムの電源に接続してください。この端子は 0.1 μ F のコンデンサを介して VSS 端子に接続してください。コンデンサは端子近くに配置してください。
	VCL	入出力	この端子は、内部電源を安定化するための平滑コンデンサを介して VSS 端子に接続してください。コンデンサは端子近くに配置してください。
	VBATT	入力	バッテリーバックアップ電源端子
	VSS	入力	グラウンド端子。システムの電源 (0 V) に接続してください。
クロック	XTAL	出力	水晶振動子用の接続端子。EXTAL 端子を通じて外部クロック信号の入力が可能です。
	EXTAL	入力	
	XCIN	入力	サブクロック発振器用の入出力端子。XCOUT と XCIN の間には、水晶振動子を接続してください。
	XCOUT	出力	
	CLKOUT	出力	クロック出力端子
動作モードコントロール	MD	入力	動作モード設定用の端子。本端子の信号レベルは、リセット解除時の動作モードの遷移中に変更しないでください。
システム制御	RES	入力	リセット信号入力端子。本端子が Low になると、MCU はリセット状態となります。
CAC	CACREF	入力	測定基準クロックの入力端子
オンチップエミュレータ	TMS	入出力	オンチップエミュレータ用またはバウンダリスキャン用端子
	TDI	入力	
	TCK	入力	
	TDO	出力	
	SWO	出力	シリアルワイヤトレース出力端子
	SWDIO	入出力	シリアルワイヤデバッグデータの入出力端子
	SWCLK	入力	シリアルワイヤクロック端子
割り込み	NMI	入力	ノンマスカブル割り込み要求端子
	IRQn	入力	マスカブル割り込み要求端子
	IRQn-DS	入力	マスカブル割り込み要求端子は、ディープソフトウェアスタンバイモード時でも使用できます。
GPT	GTETRG _A 、GTETRG _B 、GTETRG _C 、GTETRG _D	入力	外部トリガ入力端子
	GTIO _{CnA} 、GTIO _{CnB}	入出力	インプットキャプチャ、アウトプットコンペア、または PWM 出力端子
AGT	AGTEEn	入力	外部イベント入力カインーブル信号
	AGTIO _n	入出力	外部イベント入力およびパルス出力端子
	AGTO _n	出力	パルス出力端子
	AGTOA _n	出力	出力コンペアマッチ A 出力端子
	AGTOB _n	出力	出力コンペアマッチ B 出力端子
RTC	RTCOUT	出力	1 Hz または 64 Hz のクロック出力端子
	RTCI _{Cn}	入力	時間キャプチャイベント入力端子です。

表 1.15 端子機能一覧 (2/3)

機能	端子名	入出力	説明
SCI	SCKn	入出力	クロック用の入出力端子 (クロック同期式モード)
	RXDn	入力	受信データ用の入力端子 (調歩同期式モード/クロック同期式モード)
	TXDn	出力	送信データ用の出力端子 (調歩同期式モード/クロック同期式モード)
	CTS _n _RTS _n	入出力	送受信の開始制御用の入出力端子 (調歩同期式モード/クロック同期式モード)、アクティブ Low
	CTS _n	入力	送信の開始用の入力端子
	SCLn	入出力	IIC クロック用の入出力端子 (簡易 IIC モード)
	SDAn	入出力	IIC データ用の入出力端子 (簡易 IIC モード)
	SCKn	入出力	クロック用の入出力端子 (簡易 SPI モード)
	MISO _n	入出力	データのスレーブ送信用の入出力端子 (簡易 SPI モード)
	MOSI _n	入出力	データのマスター送信用の入出力端子 (簡易 SPI モード)
	SS _n	入力	チップセレクト入力端子 (簡易 SPI モード)、アクティブ Low
IIC	SCLn	入出力	クロック入出力端子
	SDAn	入出力	データ用の入出力端子
SPI	RSPCKA	入出力	クロック入出力端子
	MOSIA	入出力	マスターからの出力データ用の入出力端子
	MISOA	入出力	スレーブからの出力データ用の入出力端子
	SSLA0	入出力	スレーブ選択用の入出力端子
	SSLA1~SSLA3	出力	スレーブ選択用の出力端子
CAN	CRX _n	入力	受信データ
	CTX _n	出力	送信データ
USBFS	VCC_USB	入力	電源端子
	VSS_USB	入力	グランド端子
	USB_DP	入出力	USB 内蔵トランシーバ D+端子。この端子は USB バスの D+端子に接続してください。
	USB_DM	入出力	USB 内蔵トランシーバ D-端子。この端子は USB バスの D-端子に接続してください。
	USB_VBUS	入力	USB ケーブル接続モニタ端子。USB バスの VBUS に接続してください。ファンクションコントローラ機能選択時の VBUS の接続/切断を検出することができます。
	USB_VBUSEN	出力	外部電源チップへの VBUS (5 V) 供給許可信号
	USB_OVRCURA-DS	入力	USBFS 用オーバーカレント端子は、ディープソフトウェアスタンバイモード時でも使用できます。これらの端子には外部過電流検出信号を接続してください。
QSPI	QSPCLK	出力	QSPI クロック出力端子
	QSSL	出力	QSPI スレーブ出力端子
	QIO0~QIO3	入出力	データ 0~データ 3

表 1.15 端子機能一覧 (3/3)

機能	端子名	入出力	説明
アナログ電源	AVCC0	入力	アナログ電源端子。それぞれのモジュールのアナログ電源端子として使用されます。この端子には VCC 端子と同じ電圧を供給してください。
	AVSS0	入力	アナロググランド端子。それぞれのモジュールのアナロググランド端子として使用されます。この端子には VSS 端子と同じ電圧を供給してください。
	VREFH	入力	D/A コンバーターのアナログ基準電圧端子。D/A コンバーターを使用しない場合は AVCC0 に接続してください。
	VREFL	入力	D/A コンバーターのアナログ基準グランド端子。D/A コンバーターを使用しない場合は AVSS0 に接続してください。
	VREFH0	入力	ADC12 用のアナログ基準電圧端子。ADC12 を使用しない場合は AVCC0 に接続してください。
	VREFL0	入力	ADC12 用のアナログ基準グランド端子。ADC12 を使用しない場合は AVSS0 に接続してください。
ADC12	ANmn	入力	A/D コンバータで処理されるアナログ信号用の入力端子 (m : ADC ユニット番号、n : ピン番号)
	ADTRGm	入力	A/D 変換を開始する外部トリガ信号用の入力端子、アクティブ Low
DAC12	DAn	出力	D/A コンバータで処理されるアナログ信号用の出力端子
I/O ポート	Pmn	入出力	汎用入出力端子 (m : ポート番号、n : ピン番号)
	P200	入力	汎用入力端子

1.6 ピン配置図

以下の図に、ピン配置図（上面図）を示します。

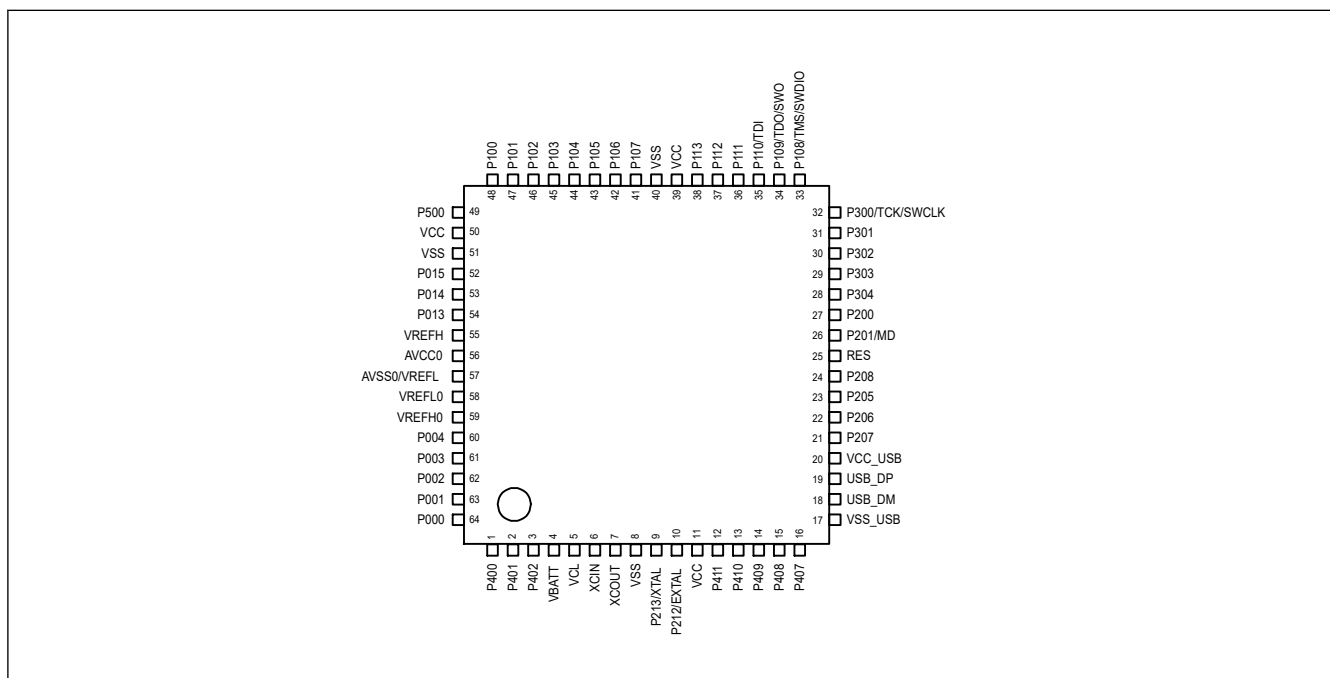


図 1.3 64 ピン LQFP のピン配置

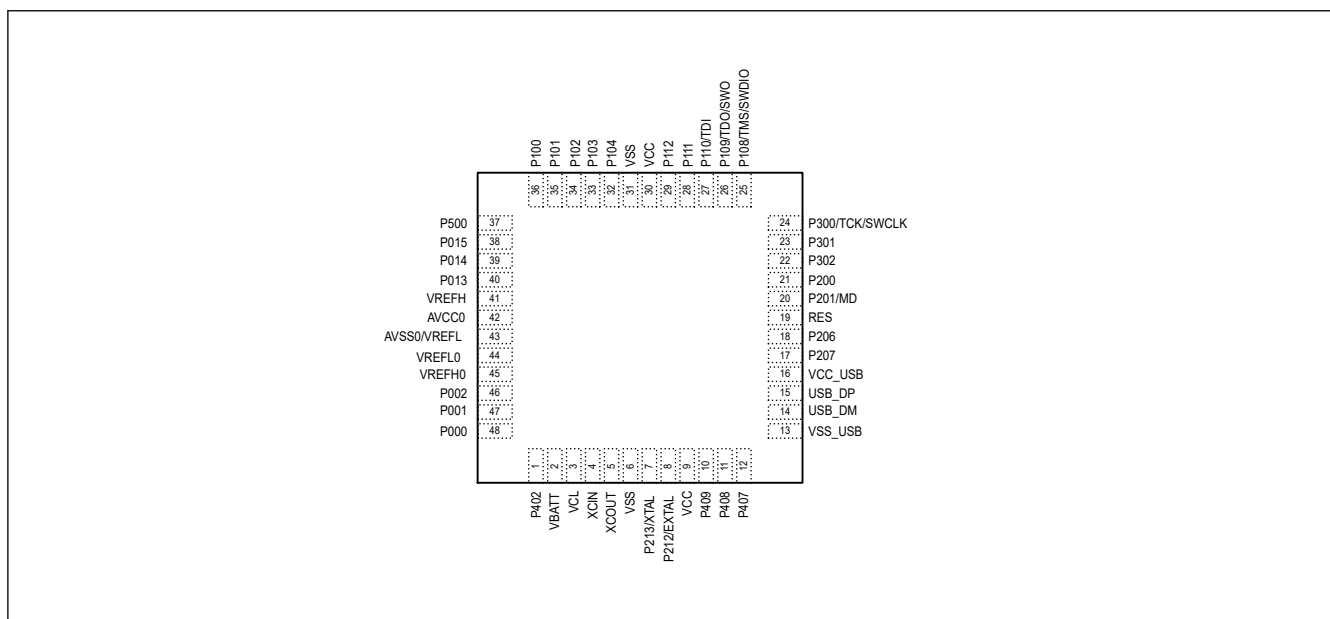


図 1.4 48 ピン QFN のピン配置

	A	B	C	D	E	F	G	H	
8	P407	EXTAL	XTAL	XCOOUT	XCIN	VCL0	VBATT	P000	8
7	USB_DM	P408	P409	P411	P405	P401	P002	P001	7
6	USB_DP	P207	P111	P410	P404	P400	P004	P003	6
5	P205	P206	P208	P113	P403	AVSS0	VREFL0	VREFH0	5
4	P200	P201	RES	P406	P402	AVCC0	VREFL	VREFH	4
3	P304	P303	P302	P106	P105	P104	P102	P014	3
2	P300	P301	P110	VCC_USB	VSS_USB	P103	P101	P015	2
1	P108	P109	P112	VCC	VCL	VSS	P100	P500	1
	A	B	C	D	E	F	G	H	

図 1.5 64 ピン BGA のピン配置 (上面図、パッド側が下面)

1.7 端子一覧

表 1.16 端子一覧 (1/2)

LQFP64	QFN48	電源、システム、 クロック、デバッグ、 CAC	I/O ポ ート	外部割り込み	SCI/IIC/SPI/CAN/USBFS/QSPI	GPT/AGT/RTC	ADC12/DAC12
1	—	—	P400	IRQ0	SCK4/SCL0_A	AGTIO1	—
2	—	—	P401	IRQ5-DS	CTS4_RTS4/SS4/SDA0_A/CTX0	GTETRGA	—
3	1	CACREF	P402	IRQ4-DS	CTS4/CRX0	AGTIO0/AGTIO1/AGTIO2/AGTIO3/RTIC0	—
4	2	VBATT	—	—	—	—	—
5	3	VCL	—	—	—	—	—
6	4	XCIN	—	—	—	—	—
7	5	XCOUT	—	—	—	—	—
8	6	VSS	—	—	—	—	—
9	7	XTAL	P213	IRQ2	—	GTETRGC/AGTEE2	—
10	8	EXTAL	P212	IRQ3	—	GTETRGD/AGTEE1	—
11	9	VCC	—	—	—	—	—
12	—	—	P411	IRQ4	TXD0/MOSI0/SDA0/CTS3_RTS3/SS3	AGTOA1	—
13	—	—	P410	IRQ5	RXD0/MISO0/SCL0/SCK3	AGTOB1	—
14	10	—	P409	IRQ6	TXD3/MOSI3/SDA3	AGTOA2	—
15	11	—	P408	IRQ7	CTS4/RXD3/MISO3/SCL3/SCL0_B	AGTOB2	—
16	12	—	P407	—	CTS4_RTS4/SS4/SDA0_B/USB_VBUS	AGTIO0/RTCOUT	ADTRG0
17	13	VSS_USB	—	—	—	—	—
18	14	USB_DM	—	—	—	—	—
19	15	USB_DP	—	—	—	—	—
20	16	VCC_USB	—	—	—	—	—
21	17	—	P207	—	TXD4/MOSI4/SDA4/QSSL	—	—
22	18	—	P206	IRQ0-DS	RXD4/MISO4/SCL4/CTS9/USB_VBUSEN	—	—
23	—	CLKOUT	P205	IRQ1-DS	TXD4/MOSI4/SDA4/CTS9_RTS9/SS9/USB_OVRCURA-DS	GTIOC4A/AGTO1	—
24	—	—	P208	—	QIO3	—	—
25	19	RES	—	—	—	—	—
26	20	MD	P201	—	—	—	—
27	21	—	P200	NMI	—	—	—
28	—	—	P304	IRQ9	—	AGTEE2	—
29	—	—	P303	—	CTS9	—	—
30	22	—	P302	IRQ5	SSLA3	GTIOC4A	—
31	23	—	P301	IRQ6	CTS9_RTS9/SS9/SSLA2	GTIOC4B/AGTIO0	—
32	24	TCK/SWCLK	P300	—	SSLA1	—	—
33	25	TMS/SWDIO	P108	—	CTS9_RTS9/SS9/SSLA0	AGTOA3	—
34	26	TDO/SWO/CLKOUT	P109	—	TXD9/MOSI9/SDA9/MOSIA	GTIOC1A/AGTOB3	—
35	27	TDI	P110	IRQ3	RXD9/MISO9/SCL9/MISOA	GTIOC1B/AGTEE3	—
36	28	—	P111	IRQ4	SCK9/RSPCKA	AGTOA5	—
37	29	—	P112	—	SSLA0/QSSL	AGTOB5	—
38	—	—	P113	—	—	GTIOC2A/AGTEE5	—
39	30	VCC	—	—	—	—	—
40	31	VSS	—	—	—	—	—
41	—	—	P107	—	—	AGTOA0	—
42	—	—	P106	—	—	AGTOB0	—
43	—	—	P105	IRQ0	—	GTETRGA/GTIOC1A/AGTO2	—
44	32	—	P104	IRQ1	QIO2	GTETRGB/GTIOC1B/AGTEE2	—
45	33	—	P103	—	CTS0_RTS0/SS0/CTX0/QIO3	GTIOC2A/AGTIO2	—
46	34	—	P102	—	SCK0/CRX0/QIO0	GTIOC2B/AGTO0	ADTRG0
47	35	—	P101	IRQ1	TXD0/MOSI0/SDA0/QIO1	GTETRGB/GTIOC5A/AGTEE0	—

表 1.16 端子一覧 (2/2)

LQFP64	QFN48	電源、システム、 クロック、デバッグ、 CAC	I/O ポ ート	外部割り込み	SCI/IIC/SPI/CAN/USBFS/QSPI	GPT/AGT/RTC	ADC12/DAC12
48	36	—	P100	IRQ2	RXD0/MISO0/SCL0/QSPCLK	GTETRGA/GTIOC5B/AGTIO0	—
49	37	CACREF	P500	—	USB_VBUSEN/QSPCLK	AGTOA0	AN016
50	—	VCC	—	—	—	—	—
51	—	VSS	—	—	—	—	—
52	38	—	P015	IRQ13	—	—	AN013
53	39	—	P014	—	—	—	AN012/DA0
54	40	—	P013	—	—	—	AN011
55	41	VREFH	—	—	—	—	—
56	42	AVCC0	—	—	—	—	—
57	43	AVSS0/VREFL	—	—	—	—	—
58	44	VREFLO	—	—	—	—	—
59	45	VREFH0	—	—	—	—	—
60	—	—	P004	IRQ9-DS	—	—	AN004
61	—	—	P003	—	—	—	AN003
62	46	—	P002	IRQ8-DS	—	—	AN002
63	47	—	P001	IRQ7-DS	—	—	AN001
64	48	—	P000	IRQ6-DS	—	—	AN000

注. いくつかの端子名には、_A、_B、_C、_D、_E、および_F という接尾語が付加されています。これらの接尾語は、機能の割り当て時には無視できます。

2. CPU

本 MCU は、Arm[®] Cortex[®]-M33 CPU コアをベースにしています。

2.1 概要

2.1.1 CPU

- Arm Cortex-M33
 - リビジョン: r0p4-00rel1
 - Armv8-M アーキテクチャプロファイル
 - 単精度浮動小数点ユニット (ANSI/IEEE 規格 754-2008 に準拠)
- SAU (セキュリティ属性ユニット) : 0 領域
- IDAU (インプリメンテーション定義属性ユニット) : 8 領域
 - コードフラッシュ (セキュア/非セキュアコーラブル/非セキュア)
 - データフラッシュ (セキュア/非セキュア)
 - SRAM0 (セキュア/非セキュアコーラブル/非セキュア)
- メモリプロテクションユニット (MPU)
 - Armv8 保護メモリシステムアーキテクチャ (PMSAv8)
 - セキュア MPU (MPU_S): 8 領域
 - 非セキュア MPU (MPU_NS): 8 領域
- SysTick タイマ
 - 2つの Systick タイマ: セキュアおよび非セキュアインスタンス
 - SysTick タイマクロック (SYSTICCLK) またはシステムクロック (ICLK) による駆動

詳細は、「[2.13. 参考資料](#)」の参考資料 1.および参考資料 2.を参照してください。

2.1.2 デバッグ

- Arm[®] CoreSight[™] ETM-M33
 - リビジョン: r0p2-00rel0
 - ARM ETM アーキテクチャ version 4.2
- 計装トレースマクロセル (ITM)
- データウォッチポイント&トレースユニット (DWT)
 - ウォッチポイントとトリガ用の 4つのコンパレータ
- ブレークポイントユニット (BPU)
 - ブレークポイント機能が利用可能
 - 8つの命令コンパレータ
 - 0リテラルコンパレータ
- タイムスタンプジェネレータ (TSG)
 - ETM および ITM 用タイムスタンプ
 - CPU クロックによる駆動
- デバッグレジスタモジュール (DBGREG)
 - リセットコントロール
 - 停止コントロール

- デバッグアクセスポート (DAP)
 - JTAG デバッグポート (JTAG-DP)
 - シリアルワイヤデバッグポート (SW-DP)
- Cortex-M33 トレースポートインタフェースユニット (TPIU)
 - 4 ビット TPIU フォーマッタ出力
 - シリアルワイヤ出力
- クロストリガインタフェース (CTI)
- エンベデッドトレースバッファ (ETB)
 - CoreSight トレースメモリコントローラ (ETB コンフィグレーション)
 - バッファサイズ: 2 KB

詳細は、「[2.13. 参考資料](#)」の参考資料 1.および参考資料 2.を参照してください。

2.1.3 動作周波数

MCU の動作周波数は以下のとおりです。

- CPU コア：最高 100 MHz
- 4 ビット TPIU トレースインタフェース：最高 50 MHz
- シリアル書き込み出力 (SWO) トレースインタフェース：最高 50 MHz
- ジョイントテストアクショングループ (JTAG) インタフェース：最高 25 MHz
- シリアルワイヤデータ (SWD) インタフェース：最高 25 MHz

2.1.4 ブロック図

[図 2.1](#) に Cortex-M33 CPU のブロック図を示します。

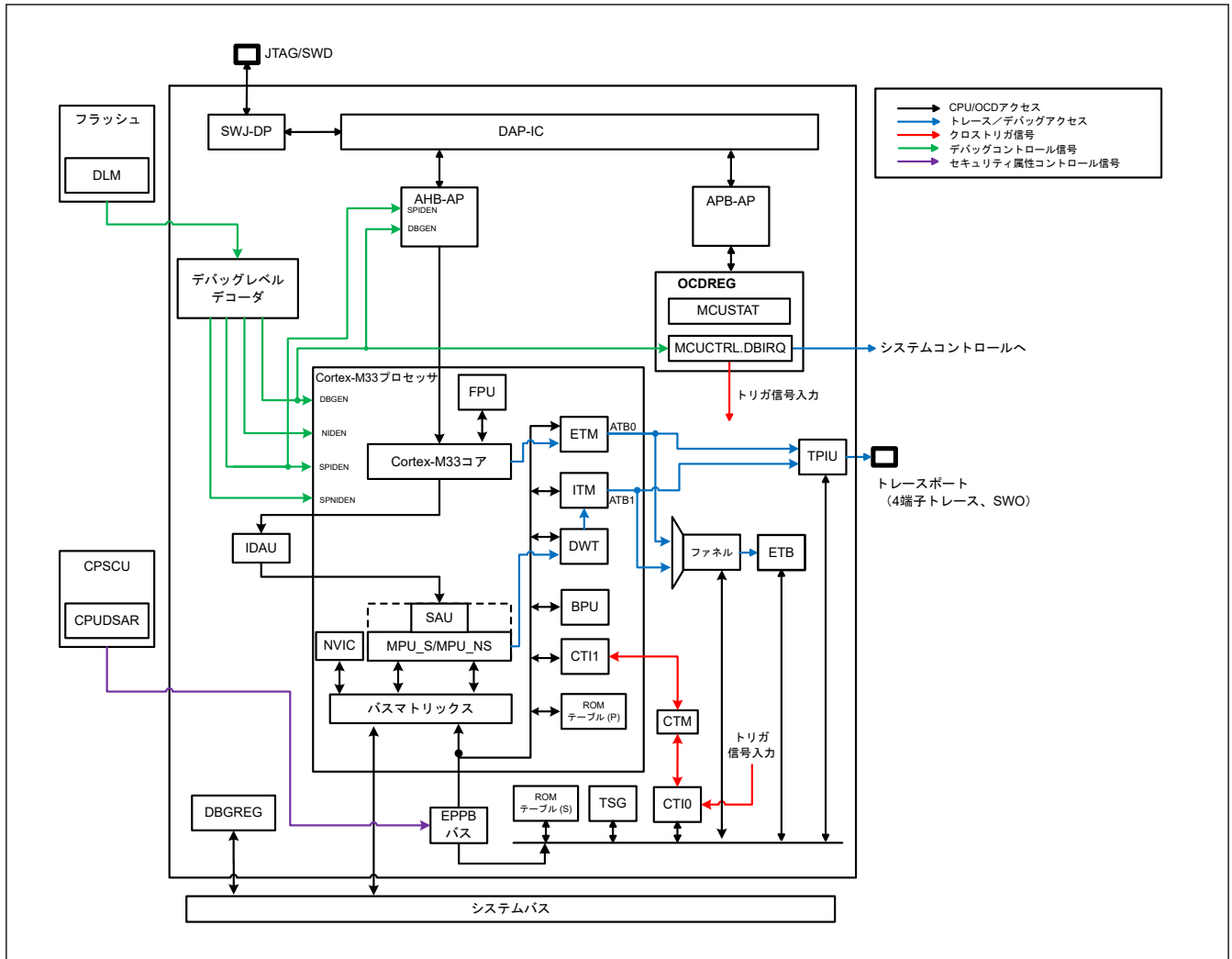


図 2.1 Cortex-M33 のブロック図

2.2 実装オプション

表 2.1 に MCU の実装オプションを示します。

表 2.1 実装オプション (1/2)

オプション	実装
SAU	なし
IDAU	あり、8 領域
MPU	あり、セキュア用 8 領域および非セキュア用 8 領域
BPU	あり
クロストリガインタフェース (CTI)	あり
DWT	あり
ウェイクアップ割り込みコントローラ (WIC) の数	なし WIC ではなく ICU が CPU をウェイクアップ可能。詳細は、「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。
TPIU	あり <ul style="list-style-type: none"> 4 ビット TPIU フォーマッタ出力 シリアルワイヤ出力
FPU	あり
DSP	あり

表 2.1 実装オプション (2/2)

オプション	実装
エンベデッドトレスマクロセル (ETM)	あり
スリープモードパワーセーブ	スリープモードおよび他の低消費電力モードがサポートされています。詳細は、「10. 低消費電力モード」を参照してください。 注. SCB.SCR.SLEEPDEEP は無視されます。
割り込み回数	98
プライオリティビット数	4 ビット (16 レベル)
エンディアン形式	リトルエンディアン
SysTick タイマ	あり
SYST_CALIB レジスタ (0x4000_0147)	ビット[31] = 0 基準クロック提供 ビット[30] = 1 TERMS 値が精度異常 ビット[29:24] = 0x00 予約ビット ビット[23:0] = 0x000147 TERM: (32768 × 10 ms) - 1/32.768 kHz = 326.66 (10 進) = 327 (スキューを含む) = 0x000147
イベント入出力	実装なし
グローバルエクスクループモニタ	実装なし
システムリセット要求出力	アプリケーション割り込みおよびリセットコントロールレジスタの SYSRESETREQ ビットによって CPU がリセットされます。

2.3 JTAG/SWD インタフェース

表 2.2 に JTAG/SWD 端子を示します。

表 2.2 JTAG/SWD 端子

名称	入出力	機能	未使用時の端子処理
TDI	入力	JTAG TDI 端子	プルアップ
TDO/SWO	出力	JTAG TDO 端子、シリアルワイヤ出力の多重化	オープン
TCK/SWCLK	入力	JTAG クロック端子 シリアルワイヤクロック端子	プルアップ
TMS/SWDIO	入出力	JTAG TMS 端子 シリアルワイヤデータ入出力端子	プルアップ

2.4 メモリに対するセキュリティ属性

本 MCU では、SAU は実装されていません。IDAU はメモリに対して、領域定義を実行します。図 2.2 に示すように、IDAU はメモリを 8 つの異なる領域に分割します。

コードフラッシュ、データフラッシュ、SRAM はセキュア領域 (S)、ノンセキュア領域 (NS)、ノンセキュアコーラブル領域 (NSC) に分割されます。これらのメモリセキュリティ属性は、デバイスのライフサイクルが SSD 状態の場合にシリアルプログラムコマンドにより、不揮発性メモリに設定されます。これらのメモリセキュリティ属性は、アプリケーション実行前に IDAU とメモリコントローラにロードされます。これらのメモリセキュリティ属性はアプリケーションによる更新できませんが、専用レジスタにより読み出し可能です。

注. メモリセキュリティ属性を設定する場合、メモリ領域は表 2.3 で示される最小アドレスユニットの設定条件を満たす必要があります。

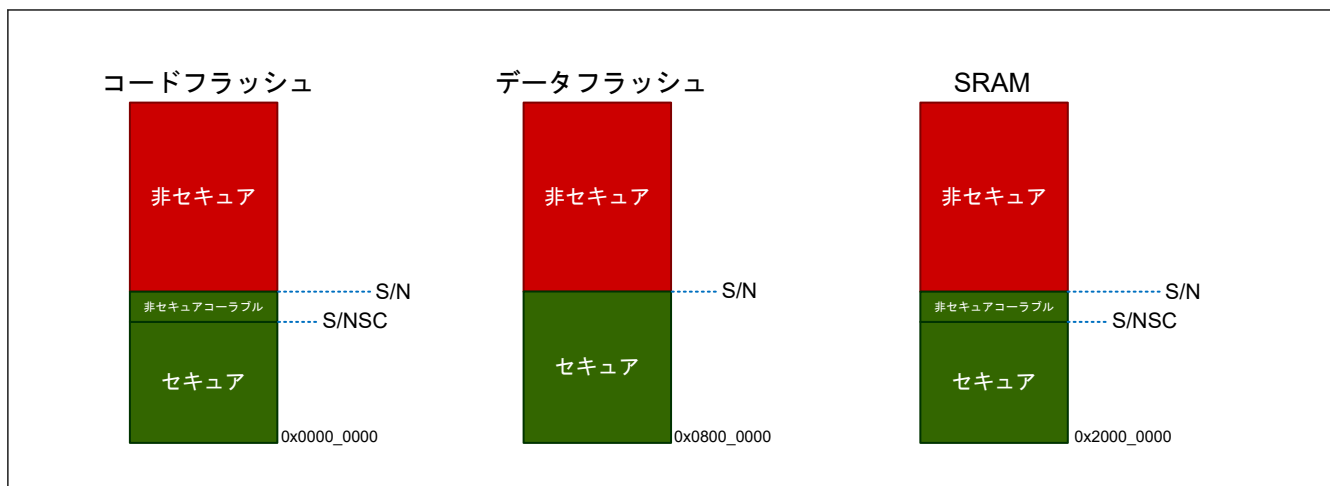


図 2.2 メモリパーティション

表 2.3 S/NS および S/NSC の境界

境界	コードフラッシュ	データフラッシュ	SRAM
S/NS	32 KB	1 KB	8 KB
S/NSC	1 KB	—	1 KB

各領域には以下の専用 ID があります。詳細は、「2.13. 参考資料」を参照してください。

IREGION (IDAU 領域番号)	説明
0x0D	非セキュア SRAM
0x0E	非セキュアコーラブル SRAM
0x0F	セキュア SRAM
0x09	非セキュアデータフラッシュ
0x0B	セキュアデータフラッシュ
0x05	非セキュアコードフラッシュ
0x06	非セキュアコーラブルコードフラッシュ
0x07	セキュアコードフラッシュ

2.5 デバッグ機能

2.5.1 デバッガの接続性

本 MCU では、デバッグ機能には DBG0、DBG1、DBG2 の 3 つのレベルがあります。DBG0 はデバッガで使用できるデバッグ機能がないことを意味しています。ARMv-8 の非セキュアデバッグとして定義される DBG1 レベルでは、デバッガは定義された非セキュアのデバッグアクセス可能領域にのみアクセスできます。ARMv-8 のセキュアデバッグとして定義される DBG2 レベルでは、デバッガはすべての定義されたセキュアおよび非セキュアのデバッグアクセス可能領域にアクセスできます。

デバッグレベルは製品のデバイスライフサイクル状態 (DLM 状態) により決まります。

デバッガのアクセス可能領域については、図 2.1 を参照してください。

表 2.4 に、デバッグ機能とその条件を示します。

表 2.4 デバッグ機能とその条件 (1/2)

条件			許可されたデバッグ機能
エミュレータとの接続(注1)	DLM の状態	デバッグレベル	内容
	接続	CM	DBG2

表 2.4 デバッグ機能とその条件 (2/2)

条件			許可されたデバッグ機能
エミュレータとの接続(注1)	DLMの状態	デバッグレベル	内容
接続	SSD	DBG2	全デバッグ機能が使用可能
接続	NSECSD	DBG1	非セキュアデバッグ機能のみ使用可能
接続	DPL	DBG0	デバッグ接続は使用不可
接続	LCK_DBG	DBG0	デバッグ接続は使用不可
接続	LCK_BOOT	DBG0	デバッグ接続は使用不可
接続	RMA_REQ	DBG0	デバッグ接続は使用不可
接続	RMA_ACK	DBG2	全デバッグ機能が使用可能

注 1. エミュレータとの接続は、SWJ-DP レジスタの CDBGPWRUPREQ ビットの値で判別されます。このビットはエミュレータによってのみ書き込むことができます。なお、このビットの値は、DBGSTR.CDBGPWRUPREQ ビットの読み出しによって確認できます。

2.5.2 エミュレータ接続

ルネサスは、SWD/JTAG 通信を使ったデバッグと SCI を使ったシリアルプログラミングの両方をサポートするエミュレータを提供しています。本エミュレータを使うと、デバッグとシリアルプログラミング間の切り替えを簡単に行うことができます。

表 2.5 に、本エミュレータを使う場合の 10 ピンと 20 ピンのソケットピン配列を示します。SWD および JTAG のピン配列は ARM 標準で、MD、TXD、RXD の各端子は、SCI 通信を使ったシリアルプログラミング用に追加されています。

TrustZone IDAU バウンダリレジスタ設定のプログラミングには、シリアルプログラミングインタフェースを使う必要があります。

デバッグとシリアルプログラミングの両方を使うには、ボード上で P300/SWCLK/TCK 端子と P201/MD 端子をワイヤード OR 回路を用いて接続することを推奨します。

表 2.5 エミュレータ用端子配置

端子番号	SWD	JTAG	SCI を使ったシリアルプログラミング
1	VCC	VCC	VCC
2	P108/SWDIO	P108/TMS	NC
4	P300/SWCLK P201/MD にワイヤード OR 接続	P300/TCK P201/MD にワイヤード OR 接続	P201/MD
6	P109/SWO/TXD9	P109/SWO/TXD9	P109/TXD9
8	P110/RXD9	P110/TDI/RXD9	P110/RXD9
9	GND 検出	GND 検出	GND 検出
10	nRESET	nRESET	nRESET
12	NC	NC	NC
14	NC	NC	NC
16	NC	NC	NC
18	NC	NC	NC
20	NC	NC	NC
3, 5, 15, 17, 19	GND	GND	GND
7	NC	NC	NC
11, 13	NC	NC	NC

2.5.3 セルフホスティングデバッグ機能

「2.6.6. CPUDSAR : CPU デバッグセキュリティ属性レジスタ」に示すように、初期設定ではノンセキュア状態の CPU から CoreSight デバッグコンポーネントへのアクセスは保護されます。すなわち、セルフホスティングデバッグから CoreSight デバッグコンポーネントへのノンセキュアアクセスは、初期設定でデバッグレベルが DBG2 の場合は許可されません。したがって、ノンセキュア状態の CPU のフルセルフホスティングデバッグ機能を有効にするためには、CPUDSAR.CPUDSA0 ビットを 1 に設定してください。

注. CPU がセキュア状態中は、セルフホスティングデバッグ機能に制約はありません。

2.5.4 デバッグ機能の影響

デバッグ機能は CPU の内部および外部に影響を与えます。

2.5.4.1 低消費電力モード

すべての CoreSight デバッグコンポーネントは、CPU がソフトウェアスタンバイモード、スヌーズモードあるいはディープソフトウェアスタンバイモードに入った場合でも、レジスタの設定値を格納することが可能です。ただし、これらの低消費電力モードにおいては、AHB-AP はオンチップデバッグ (OCD) アクセスに回答できません。すなわち、CoreSight デバッグコンポーネントにアクセスするには、エミュレータは低消費電力モードが解除されるのを待つ必要があります。この場合、エミュレータは MCUCTRL レジスタの DBIRQ ビットを用いて、低消費電力モードの解除を要求できます。詳細は、「2.6.5.2. MCUCTRL : MCU コントロールレジスタ」を参照してください。

2.5.4.2 リセット

OCD モードでは、一部のリセットは CPU 状態と DBGSTOPPCR レジスタの設定内容に従います。

表 2.6 リセット/割り込みおよびモード設定

リセット/割り込み名称	OCD モード時の制御	
	OCD ブレークモード	OCD RUN モード
RES 端子リセット	ユーザーモードと同じ	
パワーオンリセット	ユーザーモードと同じ	
独立ウォッチドッグタイマリセット/割り込み	発生しない(注1)	DBGSTOPPCR レジスタの設定内容に従う
ウォッチドッグタイマリセット/割り込み	発生しない(注1)	DBGSTOPPCR レジスタの設定内容に従う
電圧監視 0 リセット	DBGSTOPPCR レジスタの設定内容に従う	
電圧監視 1 リセット/割り込み	DBGSTOPPCR レジスタの設定内容に従う	
電圧監視 2 リセット/割り込み	DBGSTOPPCR レジスタの設定内容に従う	
SRAM パリティエラーリセット/割り込み	DBGSTOPPCR レジスタの設定内容に従う	
バスマスタ MPU エラーリセット/割り込み	ユーザーモードと同じ	
ディープソフトウェアスタンバイリセット	ユーザーモードと同じ	
ソフトウェアリセット	ユーザーモードと同じ	

注. 「OCD ブレークモード」は CPU が停止していることを意味し、「OCD RUN モード」は停止していないことを意味します。

注 1. OCD ブレークモードでは IWDT/WDT は常に停止しています。

2.6 プログラムモデル

2.6.1 アドレス空間

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

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

図 2.3 に AP 接続とアドレス空間のブロック図を示します。

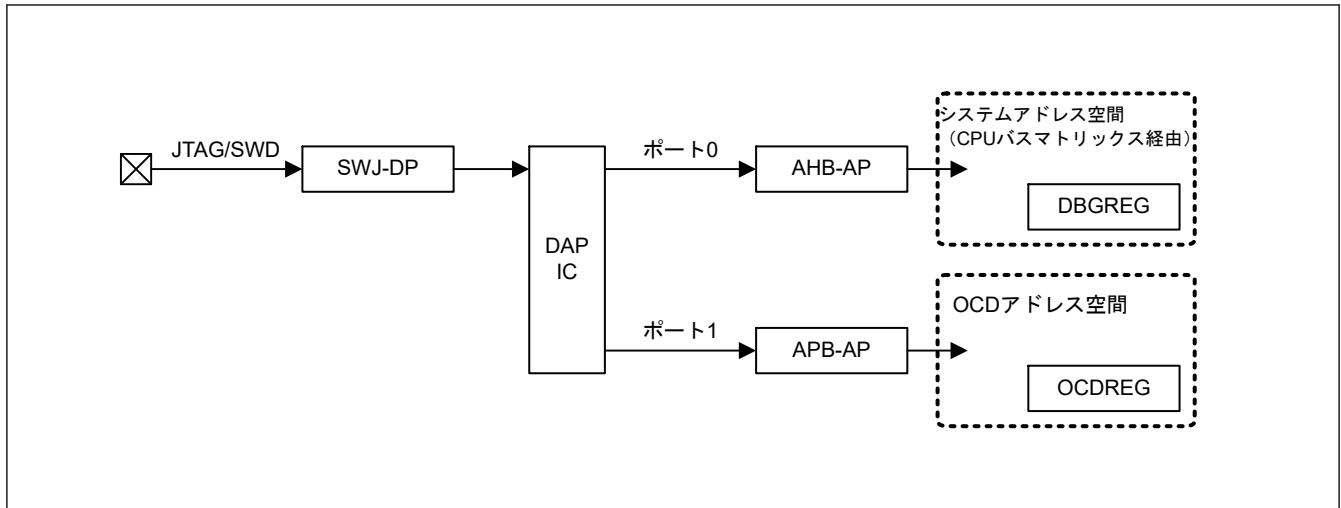


図 2.3 JTAG/SWD 認証のブロック図

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

2.6.2 ペリフェラルアドレスマップ

システムアドレス空間では、Cortex-M33 には CPU と OCD エミュレータからのみアクセス可能な Private Peripheral Bus (PPB) があります。PPB は、本 MCU に対する Cortex-M33 の本来の実装からの拡張です。表 2.7 に Cortex-M33 ペリフェラルアドレスマップを示します。

表 2.7 ペリフェラルアドレスマップ

コンポーネント名	開始アドレス	終了アドレス	参照
ITM	0xE000_0000	0xE000_0FFF	「2.13. 参考資料」の参考資料 2. を参照してください。
DWT	0xE000_1000	0xE000_1FFF	「2.13. 参考資料」の参考資料 2. を参照してください。
BPU	0xE000_2000	0xE000_2FFF	「2.13. 参考資料」の参考資料 2. を参照してください。
セキュア SCS/SCS	0xE000_E000	0xE000_EFFF	「2.13. 参考資料」の参考資料 1. を参照してください。
非セキュア SCS	0xE002_E000	0xE002_EFFF	「2.13. 参考資料」の参考資料 2. を参照してください。
TPIU	0xE004_0000	0xE004_0FFF	「2.13. 参考資料」の参考資料 3. を参照してください。
ETM	0xE004_1000	0xE004_1FFF	「2.13. 参考資料」の参考資料 1. を参照してください。
CTI1	0xE004_2000	0xE004_2FFF	「2.13. 参考資料」の参考資料 2. を参照してください。
CTI0	0xE004_4000	0xE004_4FFF	「2.13. 参考資料」の参考資料 4. を参照してください。
ATB ファネル	0xE004_7000	0xE004_7FFF	「2.8. CoreSight ATB ファネル」と「2.13. 参考資料」の参考資料 4. を参照してください。
ETB	0xE004_8000	0xE004_8FFF	「2.13. 参考資料」の参考資料 4. を参照してください。
タイムスタンプ発生器	0xE004_9000	0xE004_9FFF	「2.10. CoreSight タイムスタンプ発生器」と「2.13. 参考資料」の参考資料 4. を参照してください。
システム ROM テーブル	0xE00F_E000	0xE00F_EFFF	「2.13. 参考資料」の参考資料 3. を参照してください。
プロセッサ ROM テーブル	0xE00F_F000	0xE00F_FFFF	「2.13. 参考資料」の参考資料 2. を参照してください。

2.6.3 CoreSight ROM テーブル

本 MCU には、プロセッサおよびシステム ROM テーブルという 2 つの CoreSight ROM テーブルがあります。プロセッサ ROM テーブルには、プロセッサ内のデバッグコンポーネントのリストを保持するエントリがあります。システム ROM テーブルには、プロセッサ ROM テーブルやプロセッサ外の他のデバッグコンポーネントのエントリがあります。

2.6.3.1 ROM エントリ

ROM エントリは、システム内のコンポーネントのリストを保持します。OCD エミュレータは、ROM エントリを使用して、システムに実装されているコンポーネントを特定できます。

表 2.8 と表 2.9 はシステム ROM エントリとプロセッサ ROM エントリを示します。詳細は、「2.13. 参考資料」の参考資料 5.を参照してください。

表 2.8 システム ROM エントリ

#	アドレス	アクセスサイズ	R/W	値	対象コンポーネント
0	0xE00F_E000	32 ビット	R	0xFFFF46003	CTI0
1	0xE00F_E004	32 ビット	R	0xFFFF49003	ファネル
2	0xE00F_E008	32 ビット	R	0xFFFF4A003	ETB
3	0xE00F_E00C	32 ビット	R	0xFFFF4B003	TSG
4	0xE00F_E010	32 ビット	R	0xFFFF42003	TPIU
5	0xE00F_E014	32 ビット	R	0x00001003	プロセッサ ROM テーブル
6	0xE00F_E018	32 ビット	R	0x00000000	エントリ終了

表 2.9 プロセッサ ROM エントリ

#	アドレス	アクセスサイズ	R/W	値	対象コンポーネント
0	0xE00F_F000	32 ビット	R	0xFFFF0F003	SCS
1	0xE00F_F004	32 ビット	R	0xFFFF02003	DWT
2	0xE00F_F008	32 ビット	R	0xFFFF03003	BPU
3	0xE00F_F00C	32 ビット	R	0xFFFF01003	ITM
4	0xE00F_F014	32 ビット	R	0xFFFF42003	ETM
5	0xE00F_F018	32 ビット	R	0xFFFF43003	CTI1
6	0xE00F_F020	32 ビット	R	0x00000000	エントリ終了

2.6.3.2 CoreSight レジスタ

CoreSight ROM テーブルは、Arm® CoreSight アーキテクチャで定義された CoreSight レジスタを含んでいます。

表 2.10 にこれらのレジスタを示します。各レジスタの詳細は、「2.13. 参考資料」の参考資料 5.を参照してください。

表 2.10 CoreSight ROM テーブルの CoreSight レジスタ

名称	アドレス	アクセスサイズ	R/W	初期値
PID4	0xE00F_EFD0	32 ビット	R	0x00000004
PID5	0xE00F_EFD4	32 ビット	R	0x00000000
PID6	0xE00F_EFD8	32 ビット	R	0x00000000
PID7	0xE00F_EFDC	32 ビット	R	0x00000000
PID0	0xE00F_EFE0	32 ビット	R	0x00000034
PID1	0xE00F_EFE4	32 ビット	R	0x00000030
PID2	0xE00F_EFE8	32 ビット	R	0x0000000A
PID3	0xE00F_EFEC	32 ビット	R	0x00000000
CID0	0xE00F_EFF0	32 ビット	R	0x0000000D
CID1	0xE00F_EFF4	32 ビット	R	0x00000010
CID2	0xE00F_EFF8	32 ビット	R	0x00000005
CID3	0xE00F_EFFC	32 ビット	R	0x000000B1

2.6.4 DBGREG

DBGREG は、デバッグ機能を制御するレジスタモジュールです。DBGREG は、CoreSight 準拠のコンポーネントとして実装されています。

表 2.11 は、CoreSight コンポーネントレジスタを除いた、DBGREG のレジスタ一覧です。

表 2.11 CoreSight 以外の DBGREG のレジスタ

名称		DAP ポート	アドレス	アクセスサイズ	R/W
デバッグステータスレジスタ	DBGSTR	ポート 0	0x4001_B000	32 ビット	R
デバッグストップコントロールレジスタ	DBGSTOPCR	ポート 0	0x4001_B010	32 ビット	R/W

2.6.4.1 DBGSTR : デバッグステータスレジスタ

Base address: DBG = 0x4001_B000

Offset address: 0x00

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	CDBG PWRU PACK	CDBG PWRU PREQ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
27:0	—	読むと 0 が読めます。	R
28	CDBGPWRUPREQ	デバッグパワーアップ要求 0: エミュレータはデバッグパワーアップを要求していない 1: エミュレータはデバッグパワーアップを要求した	R
29	CDBGPWRUPACK	デバッグパワーアップアクノリッジ 0: デバッグパワーアップ要求を受け付けていない 1: デバッグパワーアップ要求を受け付けた	R
31:30	—	読むと 0 が読めます。	R

DBGSTR レジスタは、エミュレータから本 MCU に対してのデバッグパワーアップの要求状況を示すステータスレジスタです。

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

Base address: DBG = 0x4001_B000

Offset address: 0x10

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	DBGS TOP RPER	—	—	—	—	—	DBGS TOP_L VD2	DBGS TOP_L VD1	DBGS TOP_L VD0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	DBGS TOP_ WDT	DBGS TOP_I WDT
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DBGSTOP_IWDT	OCD RUN モードでの IWDT リセット/割り込み用のマスク OCD ブレークモードでは、このビットの値に関係なく、リセット/割り込みはマスクされ、IWDT カウンタは停止します。 0: IWDT リセット/割り込みを許可 1: IWDT リセット/割り込みをマスクし、IWDT カウンタを停止	R/W
1	DBGSTOP_WDT	OCD RUN モードでの WDT リセット/割り込み用のマスク OCD ブレークモードでは、このビットの値に関係なく、リセット/割り込みはマスクされ、WDT カウンタは停止します。 0: WDT リセット/割り込みを許可 1: WDT リセット/割り込みをマスクし、WDT カウンタを停止	R/W
15:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
16	DBGSTOP_LVD0	LVD0 リセット用のマスク 0: LVD0 リセットを許可 1: LVD0 リセットをマスク	R/W
17	DBGSTOP_LVD1	LVD1 リセット/割り込み用のマスク 0: LVD1 リセット/割り込みを許可 1: LVD1 リセット/割り込みをマスク	R/W
18	DBGSTOP_LVD2	LVD2 リセット/割り込み用のマスク 0: LVD2 リセット/割り込みを許可 1: LVD2 リセット/割り込みをマスク	R/W
23:19	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
24	DBGSTOP_RPER	SRAM パリティエラーリセット/割り込み用のマスク 0: SRAM パリティエラーリセット/割り込みを許可 1: SRAM パリティエラーリセット/割り込みをマスク	R/W
31:25	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

DBGSTOPPCR レジスタは、OCD モード時のリセット/割り込みを制御します。ユーザモードのときは、DBGSTOPPCR レジスタの設定値は本 MCU の動作に影響しません。

2.6.4.3 DBGREG の CoreSight コンポーネントレジスタ

DBGREG は、Arm®CoreSight アーキテクチャで定義された CoreSight コンポーネントレジスタを含んでいます。表 2.12 にこれらのレジスタを示します。各レジスタの詳細は、「2.13. 参考資料」の参考資料 4. を参照してください。

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

名称	アドレス	アクセスサイズ	R/W	初期値
PID4	0x4001_BFD0	32 ビット	R	0x00000004
PID5	0x4001_BFD4	32 ビット	R	0x00000000
PID6	0x4001_BFD8	32 ビット	R	0x00000000
PID7	0x4001_BFDC	32 ビット	R	0x00000000
PID0	0x4001_BFE0	32 ビット	R	0x00000005
PID1	0x4001_BFE4	32 ビット	R	0x00000030
PID2	0x4001_BFE8	32 ビット	R	0x0000000A
PID3	0x4001_BFEC	32 ビット	R	0x00000000
CID0	0x4001_BFF0	32 ビット	R	0x0000000D
CID1	0x4001_BFF4	32 ビット	R	0x000000F0
CID2	0x4001_BFF8	32 ビット	R	0x00000005
CID3	0x4001_BFFC	32 ビット	R	0x000000B1

2.6.5 OCDREG

OCDREG モジュールは、OCD エミュレータのみがアクセス可能です。OCDREG は、CoreSight 準拠のコンポーネントとして実装されています。

表 2.13 は OCDREG のレジスタ一覧です。

表 2.13 OCDREG のレジスタ一覧

名称		DAP ポート	アドレス	アクセスサイズ	R/W
MCU ステータスレジスタ	MCUSTAT	ポート 1	0x8000_0400	32 ビット	R
MCU コントロールレジスタ	MCUCTRL	ポート 1	0x8000_0410	32 ビット	R/W

注: OCDREG は専用の OCD アドレス空間に配置されます。このアドレス空間はシステムのアドレス空間から独立しています。

2.6.5.1 MCUSTAT : MCU ステータスレジスタ

Base address: CPU_OCD = 0x8000_0000

Offset address: 0x400

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
Bit field:	—	—	SECD BG	DBGF UNCEN	BOOT MD	—	—	—	—	—	—	—	—	—	CPUS TOPC LK	CPUS LEEP	—
Value after reset:	0	0	1/0 (注1)	1/0 (注1)	1/0 (注1)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1/0 (注1)	1/0 (注1)	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	—	読むと 0 が読めます。	R
1	CPUSLEEP	スリープモード状態フラグ MCU がソフトウェアスタンバイモード、スヌーズモード、またはディープソフトウェアスタンバイモードの場合、このフラグは不定です。 0: CPU はスリープモードではない 1: CPU はスリープモードである	R
2	CPUSTOPCLK	CPU クロック状態 MCU がディープソフトウェアスタンバイモードの場合、このビットは不定です。 0: CPU へのクロックを供給中 1: CPU へのクロックは停止中	R
7:3	—	読むと 0 が読めます。	R
8	—	読むと 1 が読めます。	R
10:9	—	読むと 0 が読めます。	R
11	BOOTMD	ブートモード状態 0: ブートモードではない 1: ブートモードである	R
12	DBGFUNCEN	デバッグ状態 0: デバッグ接続は使用不可 1: デバッグ機能は有効	R
13	SECDBG	セキュアデバッグ状態 0: セキュアデバッグは使用不可 1: セキュアデバッグは使用可能	R
31:14	—	読むと 0 が読めます。	R

注 1. MCU の状態に依存します。

2.6.5.2 MCUCTRL : MCU コントロールレジスタ

Base address: CPU_OCD = 0x8000_0000

Offset address: 0x410

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	CPUWAIT
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	DBIRQ	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
8	DBIRQ ^(注2)	デバッグ割り込み要求 DBIRQ ビットに 1 を書き込むと、MCU は低消費電力モードから復帰します。DBIRQ ビットに 0 を書き込むと、DBIRQ ビットはクリアされます。 0: デバッグ割り込みを要求しない 1: デバッグ割り込みを要求する	R/W
15:9	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
16	CPUWAIT ^(注2)	CPU 停止設定 CPUWAIT ビットに 1 を書き込むとアサート、0 を書き込むとネゲートです。 ^(注1) 0: CPUWAIT を low にする 1: CPUWAIT を high にする	R/W
31:17	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. CPUWAIT はプロセッサがリセット直後にコードを実行開始するのを防ぐために使用されます。

注 2. ビットへのアクセス (R/W) はデバッグレベルが DBG1 または DBG2 のときのみ有効です。

2.6.5.3 OCDREG の CoreSight コンポーネントレジスタ

OCDREG モジュールは、Arm CoreSight アーキテクチャで定義された CoreSight コンポーネントレジスタを提供します。

表 2.14 は、これらのレジスタの一覧です。各レジスタの詳細は、「2.13. 参考資料」の参考資料 4. を参照してください。

表 2.14 OCDREG の CoreSight コンポーネントレジスタ一覧

名称	アドレス	アクセスサイズ	R/W	初期値
PID4	0x8000_0FD0	32 ビット	R	0x00000004
PID5	0x8000_0FD4	32 ビット	R	0x00000000
PID6	0x8000_0FD8	32 ビット	R	0x00000000
PID7	0x8000_0FDC	32 ビット	R	0x00000000
PID0	0x8000_0FE0	32 ビット	R	0x00000004
PID1	0x8000_0FE4	32 ビット	R	0x00000030
PID2	0x8000_0FE8	32 ビット	R	0x0000000A
PID3	0x8000_0FEC	32 ビット	R	0x00000000
CID0	0x8000_0FF0	32 ビット	R	0x0000000D
CID1	0x8000_0FF4	32 ビット	R	0x000000F0
CID2	0x8000_0FF8	32 ビット	R	0x00000005
CID3	0x8000_0FFC	32 ビット	R	0x000000B1

2.6.6 CPUDSAR : CPU デバッグセキュリティ属性レジスタ

Base address: CPSCU = 0x4000_8000

Offset address: 0x1B0

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	CPUDSA0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	CPUDSA0	CPU デバッグセキュリティ属性 0 0: セキュリティ 1: 非セキュリティ	R/W
31:1	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

注. セキュアアクセスのみ本レジスタへ書き込み可能です。セキュアアクセスと非セキュア読み出しアクセスの両方が許可されます。非セキュア書き込みアクセスは拒否され、TrustZone アクセスエラー発生しません。

注. 本レジスタは PRCR レジスタにより書き込み保護されます。

MCU のデバッグレベルが DBG2 のとき、全 EPPB バスを保護することにより、CPU からデバッグ関連コンポーネントへの非セキュアアクセスは CPUDSA0 ビットの値により完全に制御されます。本ビットは CPU がセキュア状態のときのみ変更可能なので、Coresight デバッグコンポーネントを使用する前に CPUDSAR レジスタに注意してください。

CPUDSA0 ビット (CPU デバッグセキュリティ属性 0)

CPU のデバッグコンポーネントへアクセスするレジスタのセキュリティ属性

- 0: デバッグコンポーネントはセキュアアクセスでのみアクセス可能
- 1: デバッグコンポーネントへアクセス時の制約なし

2.6.7 CPU アクセスにより発生するエラー応答の処理

Arm Cortex-M33 プロセッサ固有のエラー検出仕様に加え、本 MCU は「14. バス」章に記載のいくつかの追加エラー情報も提供します。

したがって、本章は Arm Cortex-M33 プロセッサと競合せずに、その追加エラー情報を取り扱う方法を説明します。

表 2.15 に、エラー検出モジュールを示します。これらについて、「14. バス」でも説明します。これらのエラー検出モジュールは、バスモジュールのエラー情報を提供するだけでなく、プロセッサに例外処理を起動するように通知します。

表 2.15 エラー検出モジュール (1/2)

	NMI/RESET 要求	割り込み	バスエラーステータスレジスタ	エラーアドレスレジスタ エラー RW レジスタ
スレーブ TZF	NMISR.TZFST	バスフォールト (注1) (ハードフォールト)	BUS.BUSnERRSTAT.STERRSTAT	BUS.BTZFnERRADD BUS.BTZFnERRRW
スレーブバスエラー	—	バスフォールト (注1) (ハードフォールト)	BUS.BUSnERRSTAT.SLERRSTAT	BUS.BUSnERRADD BUS.BUSnERRRW

表 2.15 エラー検出モジュール (2/2)

	NMI/RESET 要求	割り込み	バスエラーステータスレジスタ	エラーアドレスレジスタ エラー RW レジスタ
不正アドレスアクセスエラー	—	バスフォールト (注1) (ハードフォールト)	BUS.BUSnERRSTAT.ILERRSTAT	BUS.BUSnERRADD BUS.BUSnERRRW

注 1. バスフォールトはハードフォールトとして扱うことができます。詳細は、「2.13. 参考資料」の ARM® Cortex®-M33 Device Generic User Guide を参照してください。

意図しない動作を防止するため、例外処理において例外ルーティングに追加処理を行ってください。

表 2.15 に示す検出されたエラーに起因するバスフォールト：

- 対応するレジスタのエラー情報は、「14. バス」を参照してください。
- エラーアドレスに対応したキャッシュのデータはクリアしてください。
- バスモジュール内のエラーステータスレジスタをクリアしてください。
- Arm のガイドに従った操作による例外処理の実施

Renesas の専用エラー検出モジュールで検出できないバスフォールト（Arm Cortex-M33 内部で発生するエラー）の場合、そのケースの処理については ARM® Cortex®-M33 Device Generic User Guide を参照してください。

システムバス仕様においてスレーブ TrustZone フィルタの特定のケースがあり、そこで NMI を生成するエラーが選択された場合、プロセッサがバスフォールト例外処理を実行する前に、より高い優先度の NMI の例外処理を先に実行します。本製品では、このエラーの取り扱いを NMI ハンドラではなく、バスフォールトハンドラで行ってください。つまり、NMI ステータスはクリアする必要がありますが、バスフォールトがエラーの全情報をキャプチャするのを確実にを行うため、エラーステータスビットをクリアしてはなりません。

図 2.4 と図 2.5 に、表 2.15 に説明されるエラーに関する NMI ハンドラと BusFault ハンドラの推奨フローを示します。

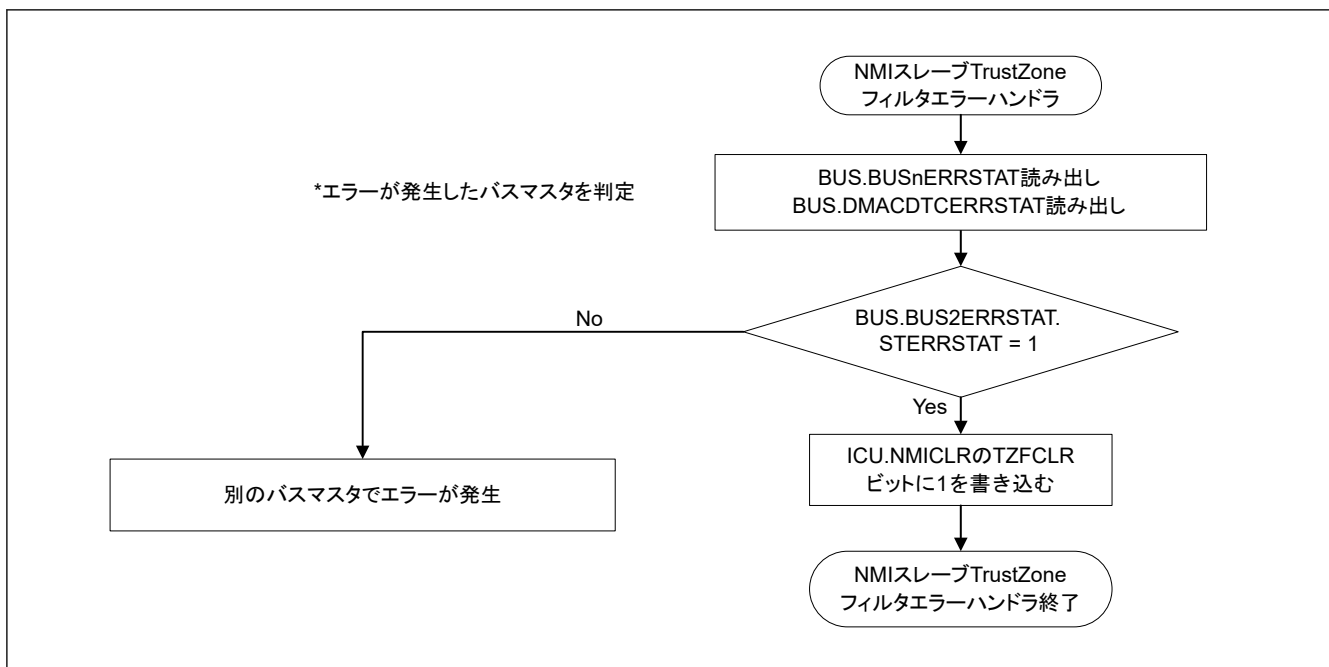


図 2.4 NMI 処理フローチャート

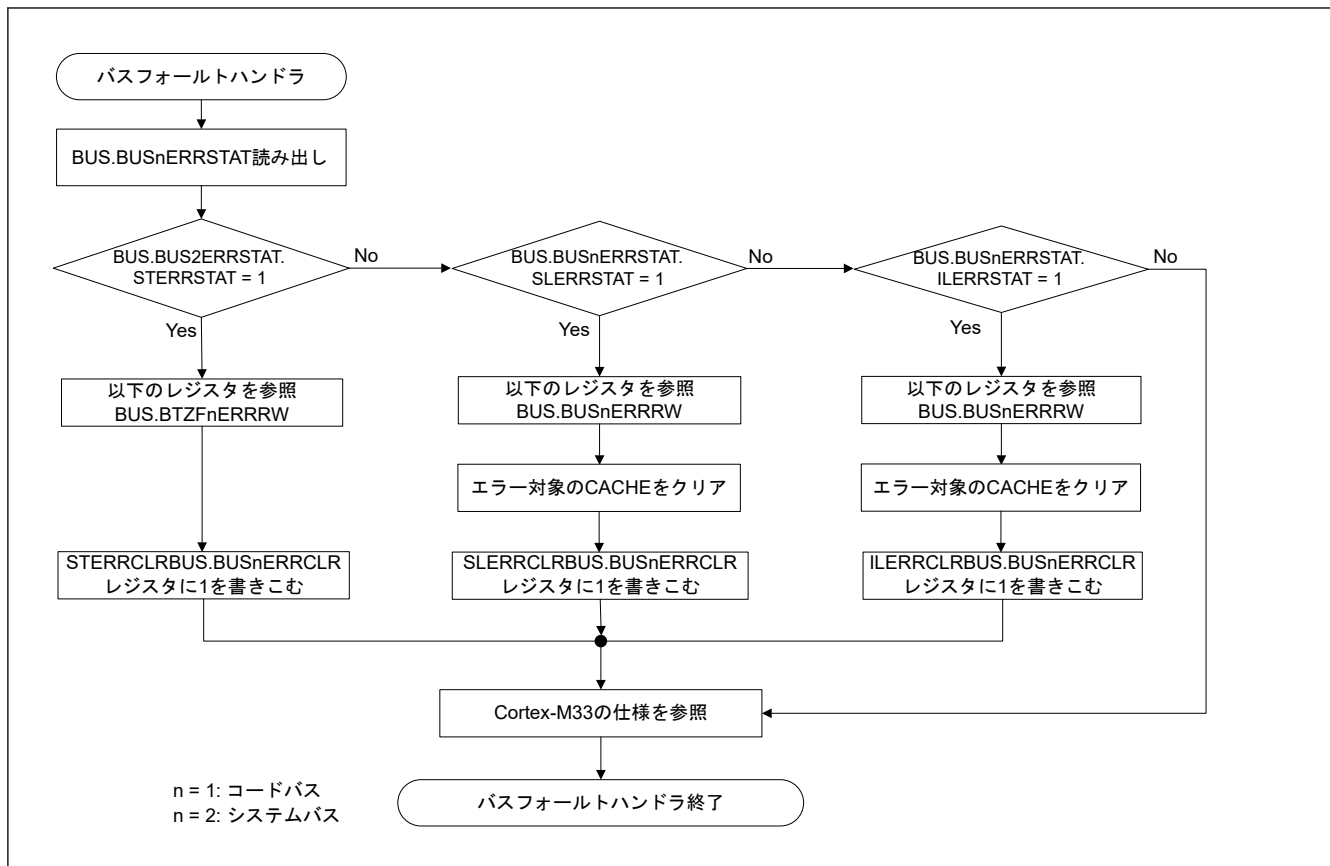


図 2.5 バスフォールト割込み処理フローチャート

2.7 CoreSight クロストリガインターフェース (CTI)

図 2.6 に示すように、CTI (Cross Trigger Interface : クロストリガインターフェース) の入力と出力は 4 つの CTM チャンネルを通じて互いにやり取りを行います。ここで、CTI の入力は、4 つの CTM チャンネルを通じて他の CTI の出力をトリガするために使うことができます。

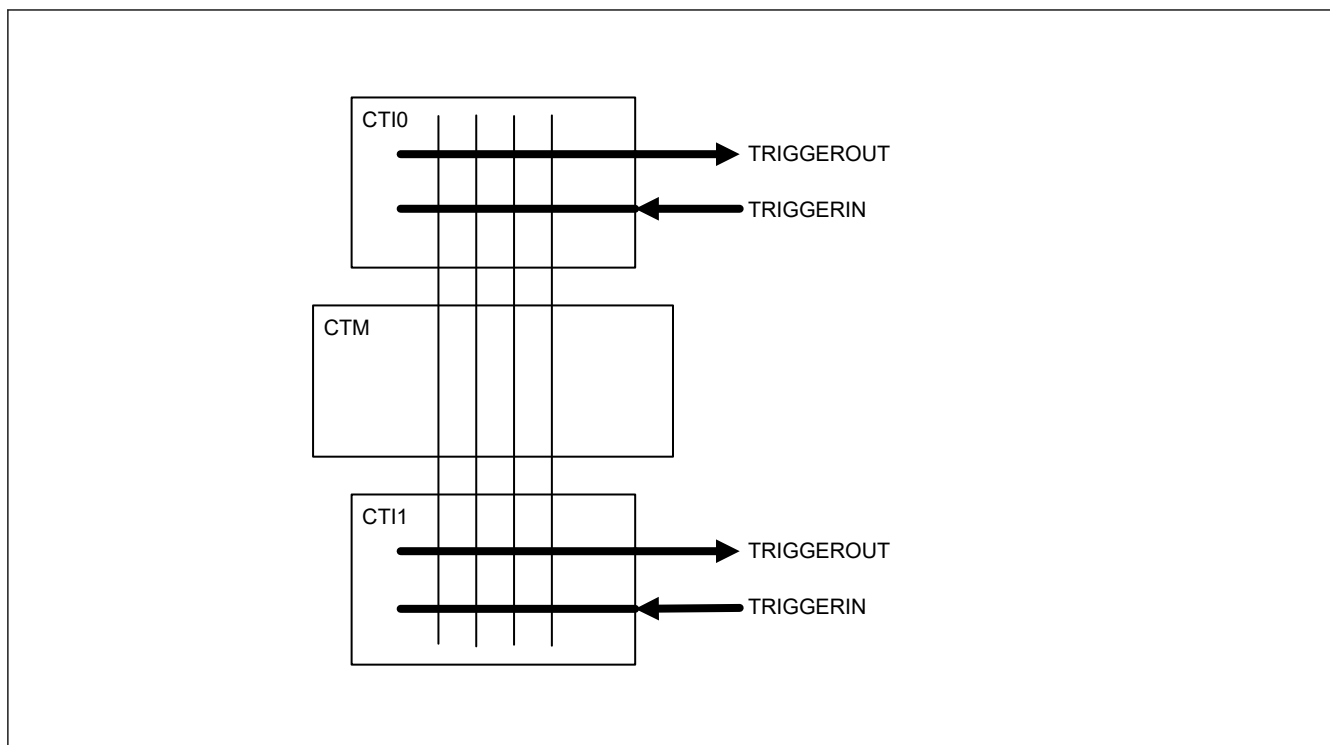


図 2.6 CTI システム

デバッグ割込み要求 (DBGIRQ) は、OCDREG モジュールの MCUCTRL レジスタでコントロールします。

表 2.16 CTI トリガ信号

CTI チャンネル数	CTITRIGIN		CTITRIGOUT	
	Index	Signal Name	Index	Signal Name
CTIO (デバッグ共通)	0	ACQCOMP	0	—
	1	FULL	1	—
	2	DBGIRQ	2	ETB FLUSHIN
	3	—	3	ETB TRIGIN
	4	—	4	—
	5	—	5	—
	6	—	6	—
	7	—	7	—
CTI1 (CPU)	0	プロセッサ停止	0	プロセッサデバッグ要求
	1	DWT コンパレータ出力 0	1	プロセッサ再開始
	2	DWT コンパレータ出力 1	2	CTIIRQ[0] (IRQ96 に接続)
	3	DWT コンパレータ出力 2	3	CTIIRQ[1] (IRQ97 に接続)
	4	ETM イベント出力 0	4	ETM イベント入力 0
	5	ETM イベント出力 1	5	ETM イベント入力 1
	6	—	6	ETM イベント入力 2
	7	—	7	ETM イベント入力 3

2.8 CoreSight ATB ファネル

MCU には 1 つの CoreSight ATB ファネルがあります。ファネルには 2 つの ATB スレーブと 1 つの ATB マスタがあり、ETM および ITM から ETB までのデバッグトレースソースを選択します。図 2.7 に MCU 内の CoreSight ATB 接続を示します。

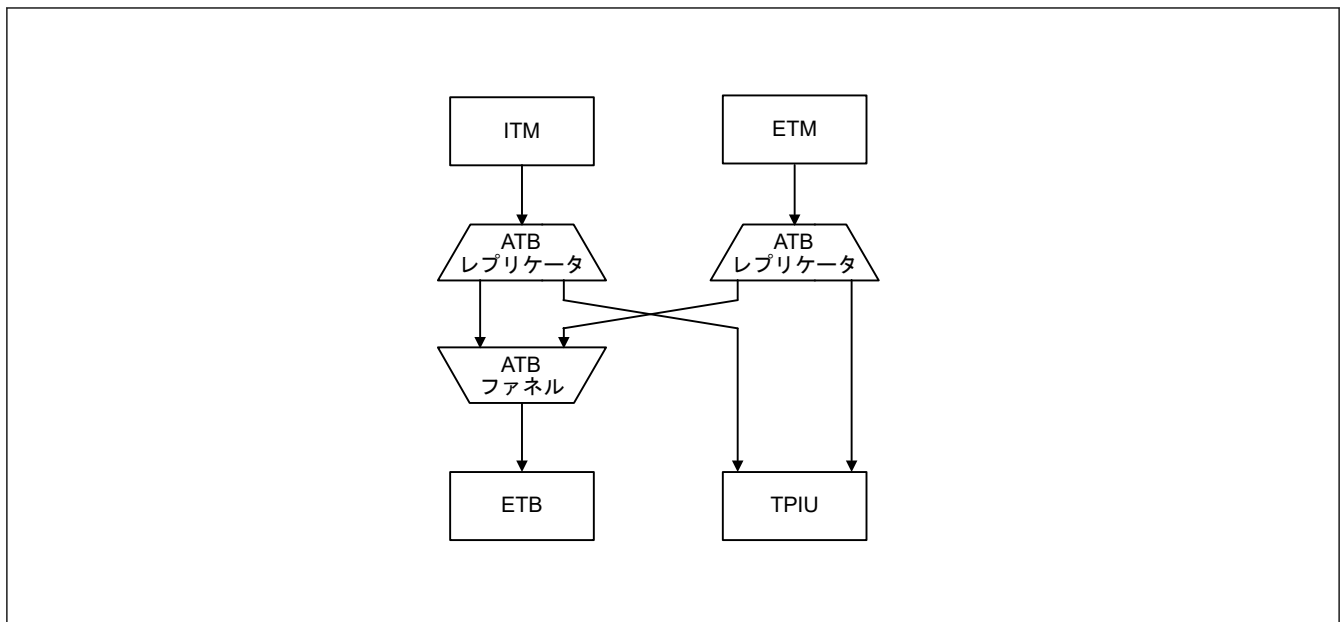


図 2.7 CoreSight ATB 接続

表 2.17 にファネル ATB スレーブ接続を示します。

表 2.17 ATB スレーブ接続

ATB スレーブ番号	接続されたトレースソース
#0	ITM
#1	ETM

ATB とファネルの詳細は、「2.13. 参考資料」の参考資料 4.を参照してください。

2.9 ブレークポイントユニット

MCU にはブレークポイントユニットがあります。このモジュールのレジスタ説明の詳細については、「2.13. 参考資料」の参考資料 1.のブレークポイントユニット章を参照してください。

2.10 CoreSight タイムスタンプ発生器

CoreSight タイムスタンプ発生器は、ITM と ETM へ CPU クロックベースのタイムスタンプを供給します。タイムスタンプは 64 ビットカウンタにより生成されます。詳細は、「2.13. 参考資料」の参考資料 4.を参照してください。

2.11 SysTick タイマ

本 MCU は、非セキュアとセキュアの 2 つの 24 ビットダウンカウンタとなる SysTick タイマを内蔵しています。このタイマは、SysTick タイマクロック (SYSTICCLK) またはシステムクロック (ICLK) を選択できます。

詳細は、「8. クロック発生回路」および「2.13. 参考資料」の参考資料 1.を参照してください。

注. SysTick タイマカウンタ動作は、CPU クロック信号との同期により許可されます。よって、CPU クロックの設定が SysTick タイマクロックより遅い場合は、カウンタは正常に動作しない可能性があります。つまり、クロック設定は次の式を満たさなければなりません。CPU クロック \geq SysTick タイマクロック (LOCO: 32.768 kHz)

2.12 OCD エミュレータ接続

本製品では、ノンセキュアデバッグとノンセキュアチップリソースに対して、デバッグレベルが DBG1 以上であるかをチェックすることにより、アクセス許可を確認します。デバッグとチップリソースに対して全アクセスを許可するためには、セキュアデバッグレベル DBG2 が必要です。

図 2.8 に、SWD 認証機構のブロック図を示します。

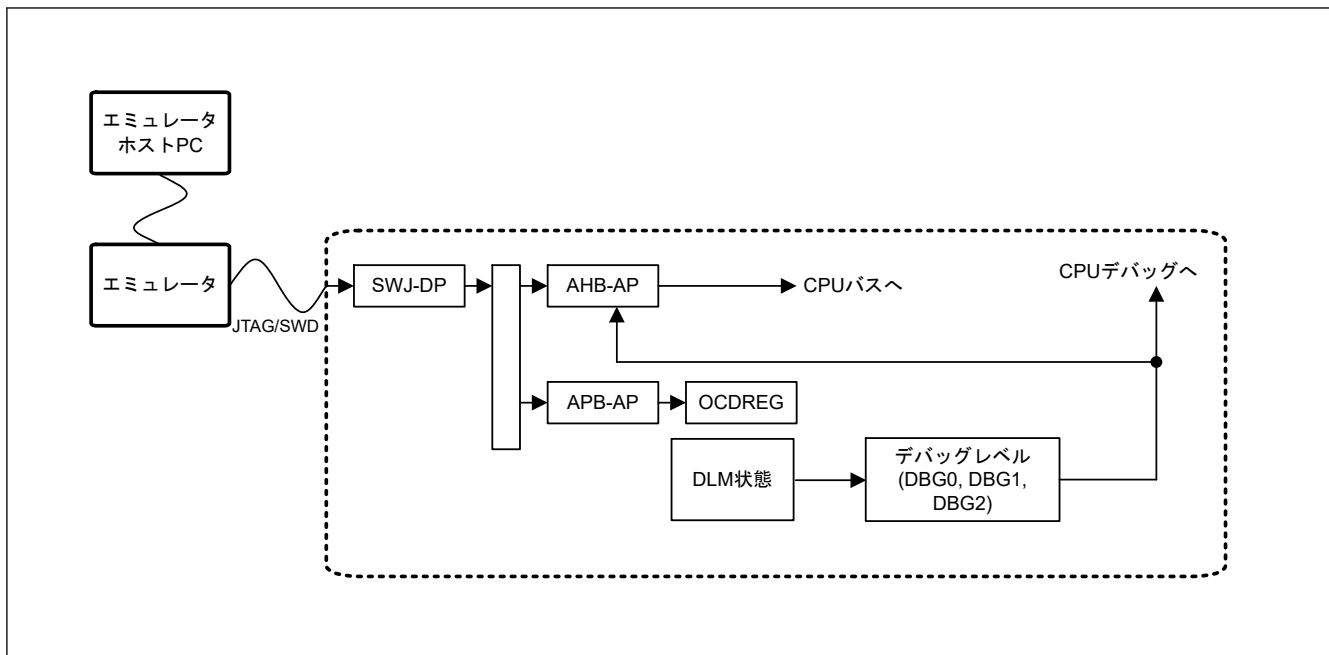


図 2.8 SWD 認証機構のブロック図

デバッグ機能には DBG0、DBG1、DBG2 の 3 つのレベルがあり、それぞれが DLM (Device Level Management) 状態に対応します。デバッグレベルが DBG0 の場合、OCD エミュレータからのデバッグコンポーネントやシステムバスへのアクセスが許可されません。デバッグレベルが DBG1 または DBG2 の場合、デバッグコンポーネントやシステムバスの対応するノンセキュアまたはセキュアデバッグが OCD エミュレータからアクセス可能です。デバッグレベルについての詳細は、表 2.4 を参照してください。

2.12.1 DBGEN

OCD エミュレータは、アクセス許可を取得した後、システムコントロール OCD コントロールレジスタ (SYOCDRCR) の DBGEN ビットを設定する必要があります。また、OCD エミュレータは切断する前に DBGEN ビットをクリアする必要があります。詳細は、「10. 低消費電力モード」を参照してください。

2.12.2 エミュレータ接続における制限

本節では、エミュレータアクセスにおける制限を説明します。

2.12.2.1 低消費電力モードにおける接続開始

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

2.12.2.2 OCD モード中の低消費電力モードの変更

本 MCU が OCD モードであるとき、低消費電力モードへの切り替えが可能です。ただし、AHB-AP からのシステムバスアクセスは、ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードでは禁止されます。これらのモードでは、SWJ-DP、APB-AP、および OCDREG に対してのみ、OCD エミュレータからのアクセスが可能です。表 2.18 に制約事項を示します。

表 2.18 各モードの制限 (1/2)

現在のモード	OCD エミュレータの接続開始	低消費電力モードの変更	AHB-AP とシステムバスへのアクセス	APB-AP と OCDREG へのアクセス
ノーマル	可能	可能	可能	可能
スリープ	可能	可能	可能	可能
ソフトウェアスタンバイ	不可能	可能	不可能	可能

表 2.18 各モードの制限 (2/2)

現在のモード	OCD エミュレータの接続 開始	低消費電力モードの変更	AHB-AP とシステムバス へのアクセス	APB-AP と OCDREG へ のアクセス
スヌーズ	不可能	可能	不可能	可能
ディープソフトウェアス タンバイモード	不可能	可能	不可能	可能

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

2.12.2.3 接続順序と JTAG/SWD 認証

- JTAG または SWD インタフェースを介して OCD デバッガを本 MCU に接続します。
- DAP バスにアクセスするよう SWJ-DP を設定します。
設定中にエミュレータは、SWJDP の CDBGPWRUPREQ をアサートしなければなりません。
コントロールステータスレジスタおよび同じレジスタの CSDBGPWRUPACK までの待機がアサートされま
す。
- OCDREG にアクセスするよう APB-AP を設定します。APB-AP は DAP バスのポート 1 に接続されます。
- MCUCTRL.CPUWAIT = 1 にします。
- MCUSTAT を読み出すことにより、デバイスのデバッグ機能を確認してください。
 - デバッグ機能が無効の場合、本デバイスはデバッグできません。
 - デバッグ機能が有効かつセキュアデバッグが使用不可の場合、ノンセキュアデバッグのみ使用可能です。
 - デバッグ機能が有効かつセキュアデバッグが使用可能の場合、全デバッグ機能が使用可能です。

デバッグ機能が使用可能な場合、デバッグ関連レジスタを設定し、MCUCTRL.CPUWAIT = 0 にしてください。
- システムアドレス空間にアクセスするよう AHB-AP を設定します。AHB-AP は DAP バスのポート 0 に接続
されます。
- SYOCD CR.DBGEN を 1 に設定してください。
- AHB-AP を使用して、CPU デバッグリソースへのアクセスを開始します。

注. デバッグレベルは製品の現在の DLM の状態により決まります。

2.13 参考資料

- ARM[®]v8-M Architecture Reference Manual (ARM DDI 0553B.a)
- ARM[®] Cortex[®]-M33 Processor Technical Reference Manual (ARM 100230)
- ARM[®] Cortex[®]-M33 Device Generic User Guide (ARM 100235)
- ARM[®] CoreSight[™] SoC-400 Technical Reference Manual (ARM DDI 0480G)
- ARM[®] CoreSight[™] Architecture Specification (ARM IHI 0029E)

3. 動作モード

3.1 概要

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

表 3.1 モード設定端子による動作モードの選択

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

3.2 動作モードの説明

3.2.1 シングルチップモード

シングルチップモードでは、すべての入出力端子が、入出力ポート、周辺機能入出力、または割り込み入力として使用可能です。

MD 端子が High になっているときにリセットが解除されると、MCU はシングルチップモードで起動し、内蔵フラッシュメモリが有効になります。

3.2.2 SCI ブートモード

このモードでは、MCU 内部のブート領域に格納された、内蔵フラッシュメモリ書き込みルーチン (SCI ブートプログラム) が用いられます。調歩同期式シリアル通信インタフェース (UART) SCI を使用して、MCU 外部から内蔵フラッシュメモリ (コードフラッシュメモリ、データフラッシュメモリ) を書き換えることができます。詳細は、「[40. フラッシュメモリ](#)」を参照してください。MD 端子を Low に保持してリセットを解除すると、SCI ブートモードで起動します。

3.2.3 USB ブートモード

このモードでは、MCU 内部のブート領域に格納された、内蔵フラッシュメモリ書き込みルーチン (USB ブートプログラム) が用いられます。USB を使用して、MCU 外部から内蔵フラッシュメモリ (コードフラッシュメモリ、データフラッシュメモリ) を書き換えることができます。詳細は、「[40. フラッシュメモリ](#)」を参照してください。MD 端子を Low に保持してリセットを解除すると、USB ブートモードで起動します。

3.3 動作モード遷移

3.3.1 モード設定端子による動作モード遷移

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

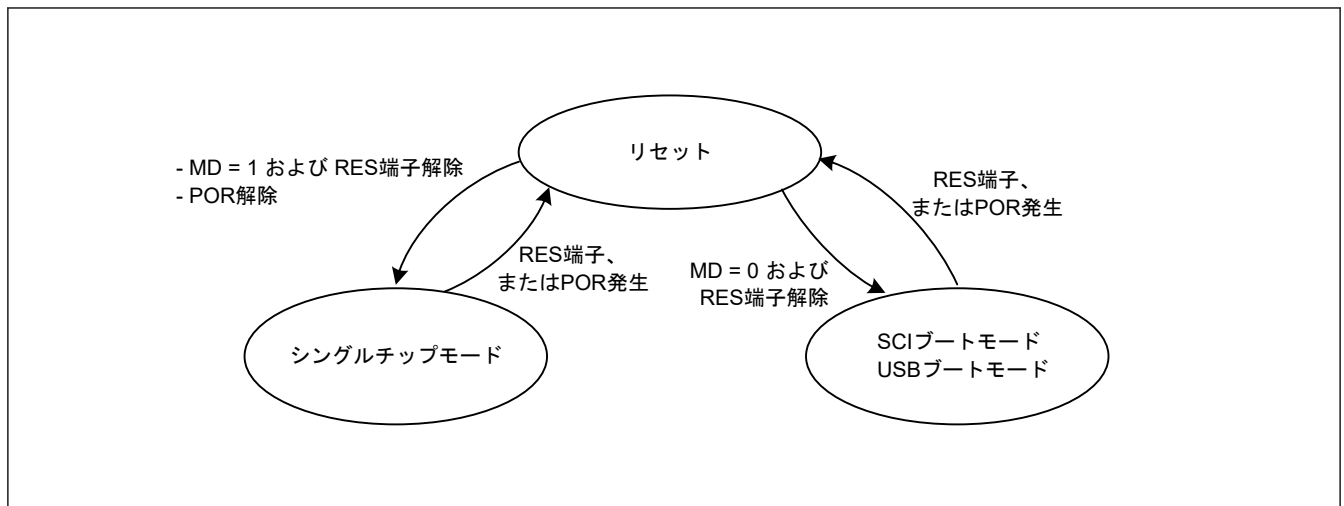


図 3.1 モード設定端子のレベルと動作モード

4. アドレス空間

4.1 アドレス空間

本MCUは、プログラムとデータの両方を格納できる4GBのリニアアドレス空間(0x0000_0000~0xFFFF_FFFF)をサポートしています。図4.1にメモリマップを示します。

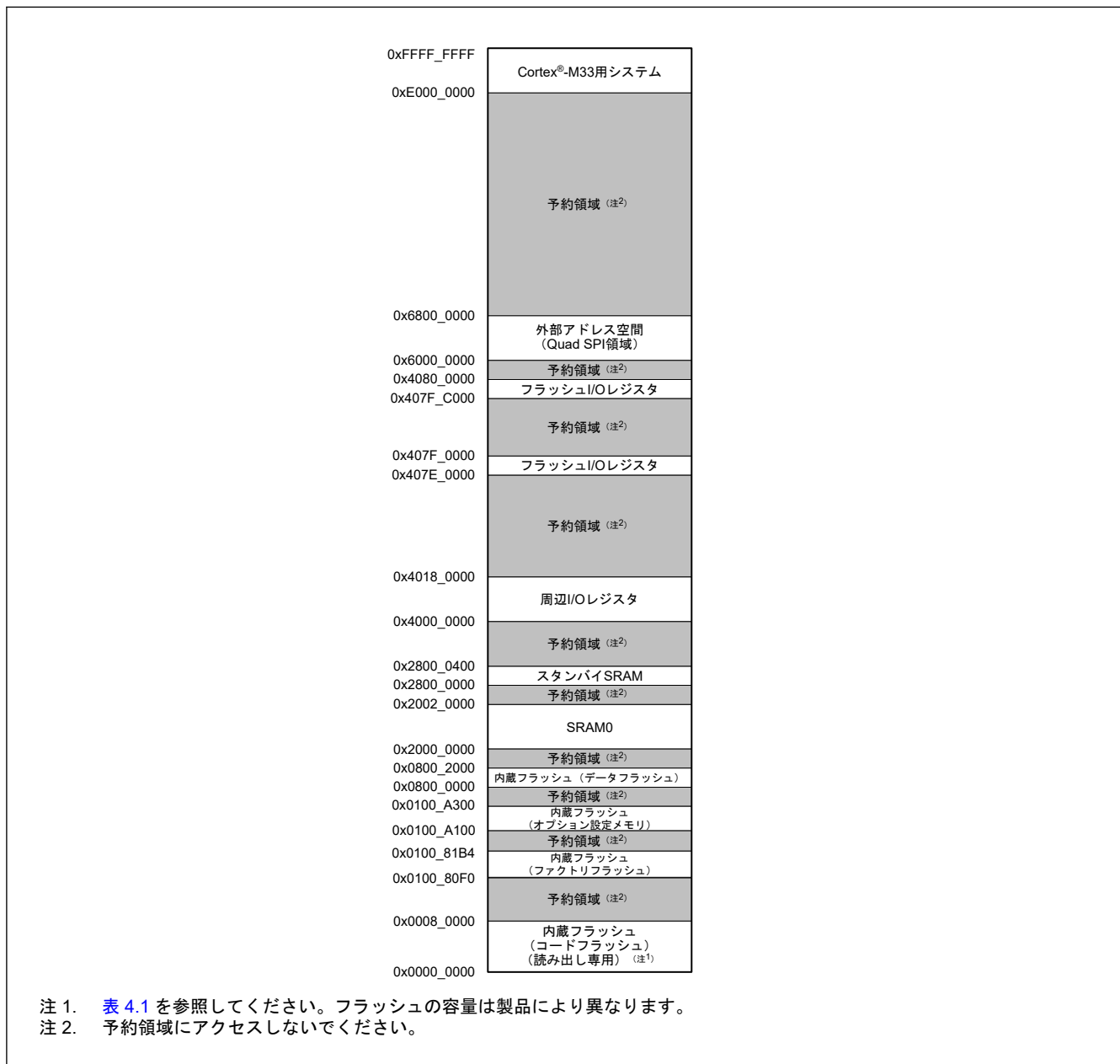


図 4.1 メモリマップ

表 4.1 コードフラッシュメモリ、データフラッシュメモリ、SRAM0の容量

コードフラッシュメモリ		データフラッシュメモリ		SRAM0	
容量	アドレス	容量	アドレス	容量	アドレス
512 KB	0x0000_0000 - 0x0007_FFFF	8 KB	0x0800_0000 - 0x0800_1FFF	128 KB	0x2000_0000 - 0x2001_FFFF
256 KB	0x0000_0000 - 0x0003_FFFF				

5. リセット

5.1 概要

本 MCU は、13 種類のリセットをサポートしています。

表 5.1 にリセットの名称と要因を示します。

表 5.1 リセットの名称と要因

リセット名	要因
RES 端子リセット	RES 端子への入力電圧が Low
パワーオンリセット	VCC 端子電圧の上昇（監視電圧：V _{POR} ）（注1）
独立ウォッチドッグタイマリセット	IWDT のアンダーフローまたはリフレッシュエラーの発生
ウォッチドッグタイマリセット	WDT のアンダーフローまたはリフレッシュエラーの発生
電圧監視 0 リセット	VCC 端子電圧の下降（監視電圧：V _{det0} ）（注1）
電圧監視 1 リセット	VCC 端子電圧の下降（監視電圧：V _{det1} ）（注1）
電圧監視 2 リセット	VCC 端子電圧の下降（監視電圧：V _{det2} ）（注1）
SRAM パリティエラーエラーリセット	SRAM パリティエラー検出
バスマスタ MPU エラーリセット	バスマスタ MPU エラーの検出
TrustZone エラーリセット	TrustZone エラー検出
ディープソフトウェアスタンバイリセット	割り込みによるディープソフトウェアスタンバイモードの解除
ソフトウェアリセット	レジスタ設定（ソフトウェアリセットビット：AIRCR.SYSRESETREQ を使用）

注 1. 監視電圧（V_{POR}、V_{det0}、V_{det1}、V_{det2}）については、「7. 低電圧検出回路 (LVD)」と「43. 電気的特性」を参照してください。

リセットによって内部状態は初期化され、端子は初期状態になります。表 5.2 と表 5.3 に、リセット種類別の初期化対象を示します。

表 5.2 リセット種類別の初期化対象（リセット検出フラグ）(1/3)

初期化対象フラグ	リセット要因							
	RES 端子リセット	パワーオンリセット	電圧監視 0 リセット	独立ウォッチドッグタイマリセット	ウォッチドッグタイマリセット	電圧監視 1 リセット	電圧監視 2 リセット	ソフトウェアリセット
パワーオンリセット検出フラグ (RSTSR0.PORF)	✓	—	—	—	—	—	—	—
電圧監視 0 リセット検出フラグ (RSTSR0.LVD0RF)	✓	✓	—	—	—	—	—	—
独立ウォッチドッグタイマリセット検出フラグ (RSTSR1.IWDTRF)	✓	✓	✓	—	—	—	—	—
ウォッチドッグタイマリセット検出フラグ (RSTSR1.WDTRF)	✓	✓	✓	—	—	—	—	—
電圧監視 1 リセット検出フラグ (RSTSR0.LVD1RF)	✓	✓	✓	—	—	—	—	—
電圧監視 2 リセット検出フラグ (RSTSR0.LVD2RF)	✓	✓	✓	—	—	—	—	—
ソフトウェアリセット検出フラグ (RSTSR1.SWRF)	✓	✓	✓	—	—	—	—	—

表 5.2 リセット種類別の初期化対象（リセット検出フラグ）（2/3）

初期化対象フラグ	リセット要因							
	RES 端子リセット	パワーオンリセット	電圧監視 0 リセット	独立ウォッチドッグタイマリセット	ウォッチドッグタイマリセット	電圧監視 1 リセット	電圧監視 2 リセット	ソフトウェアリセット
SRAM パリティエラーリセット検出フラグ (RSTSR1.RPERF)	✓	✓	✓	—	—	—	—	—
バスマスタ MPU エラーリセット検出フラグ (RSTSR1.BUSMRF)	✓	✓	✓	—	—	—	—	—
TrustZone エラーリセット検出フラグ (RSTSR1.TZERF)	✓	✓	✓	—	—	—	—	—
ディープソフトウェアスタンバイリセット検出フラグ (RSTSR0.DPSRSTF)	✓	✓	✓	—	—	—	—	—
コールドスタート/ウォームスタート判別フラグ (RSTSR2.CWSF)	—	✓	—	—	—	—	—	—

表 5.2 リセット種類別の初期化対象（リセット検出フラグ）（3/3）

初期化対象フラグ	リセット要因						
	SRAM パリティエラーリセット	バスマスタ MPU エラーリセット	TrustZone リセットエラー	キャッシュパリティエラーリセット	ディープソフトウェアスタンバイリセット		
					DEEPCUT[0] = 0	DEEPCUT[0] = 1	
パワーオンリセット検出フラグ (RSTSR0.PORF)	—	—	—	—	—	—	
電圧監視 0 リセット検出フラグ (RSTSR0.LVD0RF)	—	—	—	—	—	—	
独立ウォッチドッグタイマリセット検出フラグ (RSTSR1.IWDTRF)	—	—	—	—	✓	✓	
ウォッチドッグタイマリセット検出フラグ (RSTSR1.WDTRF)	—	—	—	—	✓	✓	
電圧監視 1 リセット検出フラグ (RSTSR0.LVD1RF)	—	—	—	—	—	—	
電圧監視 2 リセット検出フラグ (RSTSR0.LVD2RF)	—	—	—	—	—	—	
ソフトウェアリセット検出フラグ (RSTSR1.SWRF)	—	—	—	—	✓	✓	
SRAM パリティエラーリセット検出フラグ (RSTSR1.RPERF)	—	—	—	—	✓	✓	
バスマスタ MPU エラーリセット検出フラグ (RSTSR1.BUSMRF)	—	—	—	—	✓	✓	
TrustZone エラーリセット検出フラグ (RSTSR1.TZERF)	—	—	—	—	✓	✓	
ディープソフトウェアスタンバイリセット検出フラグ (RSTSR0.DPSRSTF)	—	—	—	—	—	—	
コールドスタート/ウォームスタート判別フラグ (RSTSR2.CWSF)	—	—	—	—	—	—	

注. ✓：初期化される
—：初期化されない

表 5.3 リセット種類別の初期化対象（各モジュールの関連レジスタ）（1/4）

初期化対象		リセット要因							
		RES 端子 リセット	パワーオ ンリセッ ト	電圧監視 0 リセッ ト	独立ウオ ッチドッ グタイマ リセット	ウォッチ ドッグタ イマリセ ット	電圧監視 1 リセッ ト	電圧監視 2 リセッ ト	ソフトウ ェアリセ ット
独立ウォッチドッグ タイマのレジスタ	IWDTRR, IWDTSR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ウォッチドッグタイ マのレジスタ	WDTRR, WDTCR, WDTSR, WDTRCR, WDTCTPR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
電圧監視機能 1 のレ ジスタ	LVD1CR0, LVD1CMPCR	✓	✓	✓	✓	✓	—	—	—
	LVD1CR1/LVD1SR	✓	✓	✓	✓	✓	—	—	—
電圧監視機能 2 のレ ジスタ	LVD2CR0, LVD2CMPCR	✓	✓	✓	✓	✓	—	—	—
	LVD2CR1/LVD2SR	✓	✓	✓	✓	✓	—	—	—
SOSC のレジスタ	SOSCCR	—	✓(注1)	—	—	—	—	—	—
	SOMCR	—	—	—	—	—	—	—	—
LOCO のレジスタ	LOCOCR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	LOCOUTCR	—	✓	✓	—	—	✓	✓	—
MOSC のレジスタ	MOMCR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
リアルタイムクロック (RTC) のレジスタ (注2)		—	—	—	—	—	—	—	—
AGTn レジスタ (n = 0~3)		—	✓	✓	—	—	✓	✓	—
AGTn レジスタ (n = 4, 5)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
USBFS レジスタ	DPUSR0R, DPUSR1R 以外	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	DPUSR0R, DPUSR1R	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
バス、MPU および TrustZone エラーレ ジスタ(注4)	BUS_ERROR_ADDR ESS レジスタ BUS_ERROR_STAT US レジスタ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
端子状態 (XCIN/XCOUT 端子以外)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
端子状態 (XCIN/XCOUT 端子)		—	—	—	—	—	—	—	—
低消費電力機能のレ ジスタ	DPSBYCR, DPSIER0~ DPSIER3, DPSIFR0 ~DPSIFR3, DPSIEGR0~ DPSIEGR2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	SYOCDRCR	—	✓	—	—	—	—	—	—
ストップコントロー ルレジスタ	PL2LDOSCR	—	✓	—	—	—	—	—	—

表 5.3 リセット種類別の初期化対象（各モジュールの関連レジスタ）（2/4）

初期化対象		リセット要因							
		RES 端子 リセット	パワーオ ンリセッ ト	電圧監視 0 リセッ ト	独立ウオ ッチドッ グタイマ リセット	ウォッチ ドッグタ イマリセ ット	電圧監視 1 リセッ ト	電圧監視 2 リセッ ト	ソフトウ ェアリセ ット
セキュリティ属性の レジスタ	CPUDSAR、 RSTSAR、LVDSAR、 CGFSAR、LPMSAR、 DPFSAR、BBFSAR、 ICUSARx、 BUSSARA、 BUSSARB、 MMPUSARA、 MMPUSARB、 DMACSAR、 DTCSAR、 ELCSARA、 ELCSARB、 ELCSARC、PmSAR、 SRAMSAR、 STBRAMSAR、 FSAR、PSARB、 PSARC、PSARD、 PSARE、MSSAR、 TZFSAR	✓(注5)	✓	✓(注5)	✓(注5)	✓(注5)	✓(注5)	✓(注5)	✓(注5)
バッテリーバックアッ プのレジスタ	VBTBKrn,VBTICTL R	—	—	—	—	—	—	—	—
	VTBER	—	✓	—	—	—	—	—	—
上記以外のレジスタ、CPU、および内部状態		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

表 5.3 リセット種類別の初期化対象（各モジュールの関連レジスタ）（3/4）

初期化対象		リセット要因					
		SRAM パリ ティエラ ーリセッ ト	バスマスタ MPU エラ ーリセッ ト	TrustZone エラーリセ ット	キャッシュ パリティエ ラーリセッ ト	ディープソフトウェアス タンバイリセット	
						DEEPCUT[0]=0	DEEPCUT[0]=1
独立ウォッチドッグタイ マのレジスタ	IWDTRR, IWDTSR	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ウォッチドッグタイマの レジスタ	WDTRR, WDTCR, WDTSR, WDTRCR, WDTCSTPR	✓	✓	✓	✓	✓	✓
電圧監視機能 1 のレジス タ	LVD1CR0, LVD1CMPCR	—	—	—	—	—	—
	LVD1CR1/LVD1SR	—	—	—	—	✓	✓
電圧監視機能 2 のレジス タ	LVD2CR0, LVD2CMPCR	—	—	—	—	—	—
	LVD2CR1/LVD2SR	—	—	—	—	✓	✓
SOSC のレジスタ	SOSCCR	—	—	—	—	—	—
	SOMCR	—	—	—	—	—	—
LOCO のレジスタ	LOCOCR	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	LOCOUTCR	—	—	—	—	—	✓
MOSC のレジスタ	MOMCR	✓	✓	✓	✓	—	—
リアルタイムクロック (RTC) のレジスタ(注2)		—	—	—	—	—	—
AGTn レジスタ (n = 0~3)		—	—	—	—	—	✓
AGTn レジスタ (n = 4, 5)		✓	✓	✓	✓	✓	✓

表 5.3 リセット種類別の初期化対象（各モジュールの関連レジスタ）(4/4)

初期化対象		リセット要因					
		SRAM パリティエラーリセット	バスマスタ MPU エラーリセット	TrustZone エラーリセット	キャッシュパリティエラーリセット	ディープソフトウェアスタンバイリセット	
						DEEPCUT[0] = 0	DEEPCUT[0] = 1
USBFS のレジスタ	DPUSR0R, DPUSR1R 以外	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	DPUSR0R, DPUSR1R	✓	✓	✓	✓	—	✓
バス、MPU および TrustZone エラーレジスタ(注4)	BUS_ERROR_ADDRESS レジスタ BUS_ERROR_STATUS レジスタ	✓	—	—	—	✓	✓
端子状態（XCIN/XCOUT 端子以外）		✓	✓	✓	✓	(注3)	(注3)
端子状態（XCIN/XCOUT 端子）		—	—	—	—	—	—
低消費電力機能のレジスタ	DPSBYCR, DPSIER0~DPSIER3, DPSIFR0~DPSIFR3, DPSIEGR0~DPSIEGR2	✓	✓	✓	✓	—	—
	SYOCDRCR	—	—	—	—	—	—
ストップコントロールレジスタ	PL2LDOSCR	—	—	—	—	—	—
セキュリティ属性のレジスタ	CPUDSAR, RSTSAR, LVDSAR, CGFSAR, LPMSAR, DPFSAR, BBFSAR, ICUSARx, BUSSARA, BUSSARB, CSAR, MMPUSARA, MMPUSARB, DMACSAR, DTCSAR, ELCSARA, ELCSARB, ELCSARC, PmSAR, SRAMSAR, STBRAMSAR, FSAR, PSARB, PSARC, PSARD, PSARE, MSSAR, TZFSAR	✓(注5)	✓(注5)	✓(注5)	✓(注5)	✓(注6)	✓(注6)
バッテリーバックアップのレジスタ	VBTBKRn, VBTICTLR	—	—	—	—	—	—
	VBTBER	—	—	—	—	—	—
上記以外のレジスタ、CPU、および内部状態		✓	✓	✓	✓	✓	✓

注. ✓：初期化される
—：初期化されない

注 1. 各レジスタの初期値については、「8. クロック発生回路」を参照してください。

注 2. RTC にはソフトウェアリセットがあります。一部の制御ビットは、いずれのリセットによっても初期化されません。対象ビットの詳細については、「23. リアルタイムクロック (RTC)」を参照してください。

注 3. DPSBYCR.IOKEEP の設定値に依存します。

注 4. 一部の制御ビットは、いずれのリセットによっても初期化されません。対象ビットの詳細については、「14. バス」を参照してください。

注 5. オンチップデバグが無効 (SYOCDRCR.DBGEN = 0) であっても、デバグが接続 (DBGSTR.CDBGPWRUPREQ = 1) されているとリセットは発生しません。

注 6. オンチップデバグが有効 (SYOCDRCR.DBGEN = 1) であると、リセットは発生しません。

RTC はいかなるリセット要因でも初期化されません。SOSC と LOCO は RTC のクロックソースとして選択可能です。

表 5.4 と表 5.5 にリセット発生時の SOSC と LOCO の状態を示します。

表 5.4 リセット発生時の SOSC の状態

		リセット要因	
		POR	その他
SOSC	有効/無効	有効に初期化	リセット発生前に選択された状態を継続
	駆動能力	リセット発生前に選択されていた状態を継続	

表 5.5 リセット発生時の LOCO の状態

		リセット要因	
		POR、LVD0、LVD1、LVD2、ディープソフトウェアスタンバイ (DEEPCUT[0] = 1)	その他
LOCO	有効/無効	初期化 (有効)	
	発振精度(注1)	初期化 (パワーオンによる調整前の精度 (精度: ± 10%))	LOCOUTCR レジスタにより調整された精度を継続

注 1. LOCO ユーザトリミングコントロールレジスタ (LOCOUTCR) は、POR、LVD0、LVD1、LVD2 およびディープソフトウェアスタンバイ (DEEPCUT[0] = 1) の各リセットでリセットされます。これにより LOCO は、デフォルトの発振精度に戻ります。RTC がソースクロックとして、LOCO (LOCOUTCR レジスタのユーザトリミング値) を使用する場合に、RTC の精度に影響を与えます。プリリセット LOCO 発振精度に戻すために、これらのリセットの後に LOCOUTCR レジスタに要求されたトリミング値をリロードしてください。

リセットが解除されると、リセット例外処理を開始します。

表 5.6 にリセット機能に関連する入出力端子を示します。

表 5.6 リセット関連の入出力端子

端子名	入出力	機能
RES	入力	リセット端子

5.2 レジスタの説明

5.2.1 RSTSAR: リセットセキュリティ属性レジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x3C4

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	NONS EC2	NONS EC1	NONS EC0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	NONSEC0	非セキュア属性 0 対象レジスタ: リセットステータスレジスタ 0 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
1	NONSEC1	非セキュア属性 1 対象レジスタ: リセットステータスレジスタ 1 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
2	NONSEC2	非セキュア属性 2 対象レジスタ: リセットステータスレジスタ 2 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
31:3	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

NONSEC0 ビット (非セキュア属性 0)

RSTSR0 のセキュア属性を制御します。

NONSEC1 ビット (非セキュア属性 1)

RSTSR1 のセキュア属性を制御します。

NONSEC2 ビット (非セキュア属性 2)

RSTSR2 のセキュア属性を制御します。

5.2.2 RSTSR0 : リセットステータスレジスタ 0

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x410

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	DPSR STF	—	—	—	LVD2R F	LVD1R F	LVD0R F	PORF
Value after reset:	x(注1)	0	0	0	x(注1)	x(注1)	x(注1)	x(注1)

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PORF	パワーオンリセット検出フラグ 0: パワーオンリセット未検出 1: パワーオンリセット検出	R/W(注2)
1	LVD0RF	電圧監視 0 リセット検出フラグ 0: 電圧監視 0 リセット未検出 1: 電圧監視 0 リセット検出	R/W(注2)
2	LVD1RF	電圧監視 1 リセット検出フラグ 0: 電圧監視 1 リセット未検出 1: 電圧監視 1 リセット検出	R/W(注2)
3	LVD2RF	電圧監視 2 リセット検出フラグ 0: 電圧監視 2 リセット未検出 1: 電圧監視 2 リセット検出	R/W(注2)
6:4	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	DPSRSTF	ディープソフトウェアスタンバイリセット検出フラグ 0: 割り込みによるディープソフトウェアスタンバイモード解除要求の発生なし 1: 割り込みによるディープソフトウェアスタンバイモード解除要求の発生あり	R/W(注2)

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注 1. リセット後の値は、リセット要因で異なります。

注 2. 本レジスタは表 5.2 に示すリセットが発生した時、およびフラグをクリアするための 0 書き込みによりクリアされます。クリアしたいフラグ以外は 1 を書き込む必要があります

PORF フラグ (パワーオンリセット検出フラグ)

PORF フラグはパワーオンリセットが発生したことを示します。

[1 になる条件]

- パワーオンリセットが発生したとき

[0 になる条件]

- 表 5.2 に示すリセットが発生したとき
- PORF から 1 を読み出した後に、0 を書き込んだとき

LVD0RF フラグ（電圧監視 0 リセット検出フラグ）

LVD0RF フラグは VCC 電圧が V_{det0} レベル以下になったことを示します。

[1 になる条件]

- 電圧監視 0 リセットが発生したとき

[0 になる条件]

- 表 5.2 に示すリセットが発生したとき
- LVD0RF から 1 を読み出した後に、0 を書き込んだとき

LVD1RF フラグ（電圧監視 1 リセット検出フラグ）

LVD1RF フラグは VCC 電圧が V_{det1} レベル以下になったことを示します。

[1 になる条件]

- 電圧監視 1 リセットが発生したとき

[0 になる条件]

- 表 5.2 に示すリセットが発生したとき
- LVD1RF から 1 を読み出した後に、0 を書き込んだとき

LVD2RF フラグ（電圧監視 2 リセット検出フラグ）

LVD2RF フラグは VCC 電圧が V_{det2} レベル以下になったことを示します。

[1 になる条件]

- 電圧監視 2 リセットが発生したとき

[0 になる条件]

- 表 5.2 に示すリセットが発生したとき
- LVD2RF から 1 を読み出した後に、0 を書き込んだとき

DPSRSTF フラグ（ディープソフトウェアスタンバイリセット検出フラグ）

DPSRSTF フラグは、外部または内部割り込みによってディープソフトウェアスタンバイモードが解除されたこと、および、ディープソフトウェアスタンバイモードからの例外発生時に内部リセット（ディープソフトウェアスタンバイリセット）が発生したことを示します。

[1 になる条件]

- 外部または内部割り込みによってディープソフトウェアスタンバイモードが解除されたとき。詳細については、「10. 低消費電力モード」を参照してください。

[0 になる条件]

- 表 5.2 に示すリセットが発生したとき
- DPSRSTF から 1 を読み出した後に、0 を書き込んだとき

5.2.3 RSTSR1 : リセットステータスレジスタ 1

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x0C0

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	TZER F	—	BUSM RF	—	—	RPER F	—	—	—	—	—	SWRF	WDTR F	IWDT RF
Value after reset:	0	0	x(注1)	0	x(注1)	0	0	x(注1)	0	0	0	0	0	x(注1)	x(注1)	x(注1)

ビット	シンボル	機能	R/W
0	IWDRF	独立ウォッチドッグタイマリセット検出フラグ 0: 独立ウォッチドッグタイマリセット未検出 1: 独立ウォッチドッグタイマリセット検出	R/W(注2)
1	WDTRF	ウォッチドッグタイマリセット検出フラグ 0: ウォッチドッグタイマリセット未検出 1: ウォッチドッグタイマリセット検出	R/W(注2)
2	SWRF	ソフトウェアリセット検出フラグ 0: ソフトウェアリセット未検出 1: ソフトウェアリセット検出	R/W(注2)
7:3	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
8	RPERF	SRAM パリティエラーリセット検出フラグ 0: SRAM パリティエラーリセット未検出 1: SRAM パリティエラーリセット検出	R/W(注2)
9	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
10	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
11	BUSMRF	バスマスタ MPU エラーリセット検出フラグ 0: バスマスタ MPU エラーリセット未検出 1: バスマスタ MPU エラーリセット検出	R/W(注2)
12	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
13	TZERF	TrustZone エラーリセット検出フラグ 0: TrustZone エラーリセット未検出 1: TrustZone エラーリセット検出	R/W(注2)
15:14	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注1. リセット後の値は、リセット要因で異なります。

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

IWDRF フラグ (独立ウォッチドッグタイマリセット検出フラグ)

IWDRF フラグは独立ウォッチドッグタイマリセットが発生したことを示します。

[1 になる条件]

- 独立ウォッチドッグタイマリセットが発生したとき

[0 になる条件]

- 表 5.2 に示すリセットが発生したとき
- 1 を読み出して IWDRF に 0 を書いたとき

WDTRF フラグ (ウォッチドッグタイマリセット検出フラグ)

WDTRF フラグはウォッチドッグタイマリセットが発生したことを示します。

[1 になる条件]

- ウォッチドッグタイマリセットが発生したとき

[0 になる条件]

- 表 5.2 に示すリセットが発生したとき
- 1 を読み出して WDTRF に 0 を書いたとき

SWRF フラグ (ソフトウェアリセット検出フラグ)

SWRF フラグはソフトウェアリセットが発生したことを示します。

[1 になる条件]

- ソフトウェアリセットが発生したとき

[0 になる条件]

- 表 5.2 に示すリセットが発生したとき
- 1 を読み出して SWRF に 0 を書いたとき

RPERF フラグ (SRAM パリティエラーリセット検出フラグ)

RPERF フラグは SRAM パリティエラーリセットが発生したことを示します。

[1 になる条件]

- SRAM パリティエラーリセットが発生したとき

[0 になる条件]

- 表 5.2 に示すリセットが発生したとき
- 1 を読み出して RPERF に 0 を書いたとき

BUSMRF フラグ (バスマスタ MPU エラーリセット検出フラグ)

BUSMRF フラグはバスマスタ MPU エラーリセットが発生したことを示します。

[1 になる条件]

- バスマスタ MPU エラーリセットが発生したとき

[0 になる条件]

- 表 5.2 に示すリセットが発生したとき
- 1 を読み出して BUSMRF に 0 を書いたとき

TZERF フラグ (TrustZone エラーリセット検出フラグ)

TZERF フラグは TrustZone エラーリセットが発生したことを示します。

[1 になる条件]

- TrustZone エラーリセットが発生したとき

[0 になる条件]

- 表 5.2 に示すリセットが発生したとき
- 1 を読み出して TZERF に 0 を書いたとき

5.2.4 RSTSR2: リセットステータスレジスタ 2

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x411

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	CWSF
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	x ^(注1)

ビット	シンボル	機能	R/W
0	CWSF	コールドスタート/ウォームスタート判別フラグ 0: コールドスタート 1: ウォームスタート	R/W ^(注2)
7:1	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注1. リセット後の値は、リセット要因で異なります。

注2. フラグをセットするための1書き込みのみ可能です。

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

CWSF フラグ (コールドスタート/ウォームスタート判別フラグ)

CWSF フラグはリセット処理の種類（コールドスタートまたはウォームスタート）を示します。RSTSR2 レジスタは、電源が投入されたときのリセット処理（コールドスタート）なのか、動作中にリセット信号が入力されたときのリセット処理（ウォームスタート）なのかを判定するレジスタです。CWSF フラグはパワーオンリセットで初期化されます。RES 端子で生成されたリセット信号では初期化されません。

[1 になる条件]

- プログラムで1を書いたとき

[0 になる条件]

- 表 5.2 に示すリセットが発生したとき

5.3 動作説明

5.3.1 RES 端子リセット

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

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

詳細は、「43. 電気的特性」を参照してください。

5.3.2 パワーオンリセット

パワーオンリセット (POR) は、パワーオンリセット回路による内部リセットです。以下の条件で発生します。

1. RES 端子を High にした状態で、電源を投入した場合
2. RES 端子を High にした状態で、VCC 電圧が V_{POR} 電圧より低下した場合

パワーオンリセット中に VCC 電圧が V_{POR} 電圧を超えると、パワーオンリセット時間 (t_{POR}) 経過後、CPU がリセット例外処理を開始します。パワーオンリセット時間は、外部電源が安定し、かつ本 MCU が安定して動作するための時間です。

パワーオンリセットが発生すると、RSTSR0.PORF フラグが 1 になります。PORF フラグは、RES 端子リセットによって初期化されます。VCC 電圧が V_{POR} を下回った場合、パワーオンリセット状態となります。

図 5.1 に、パワーオンリセット時の動作例を示します。

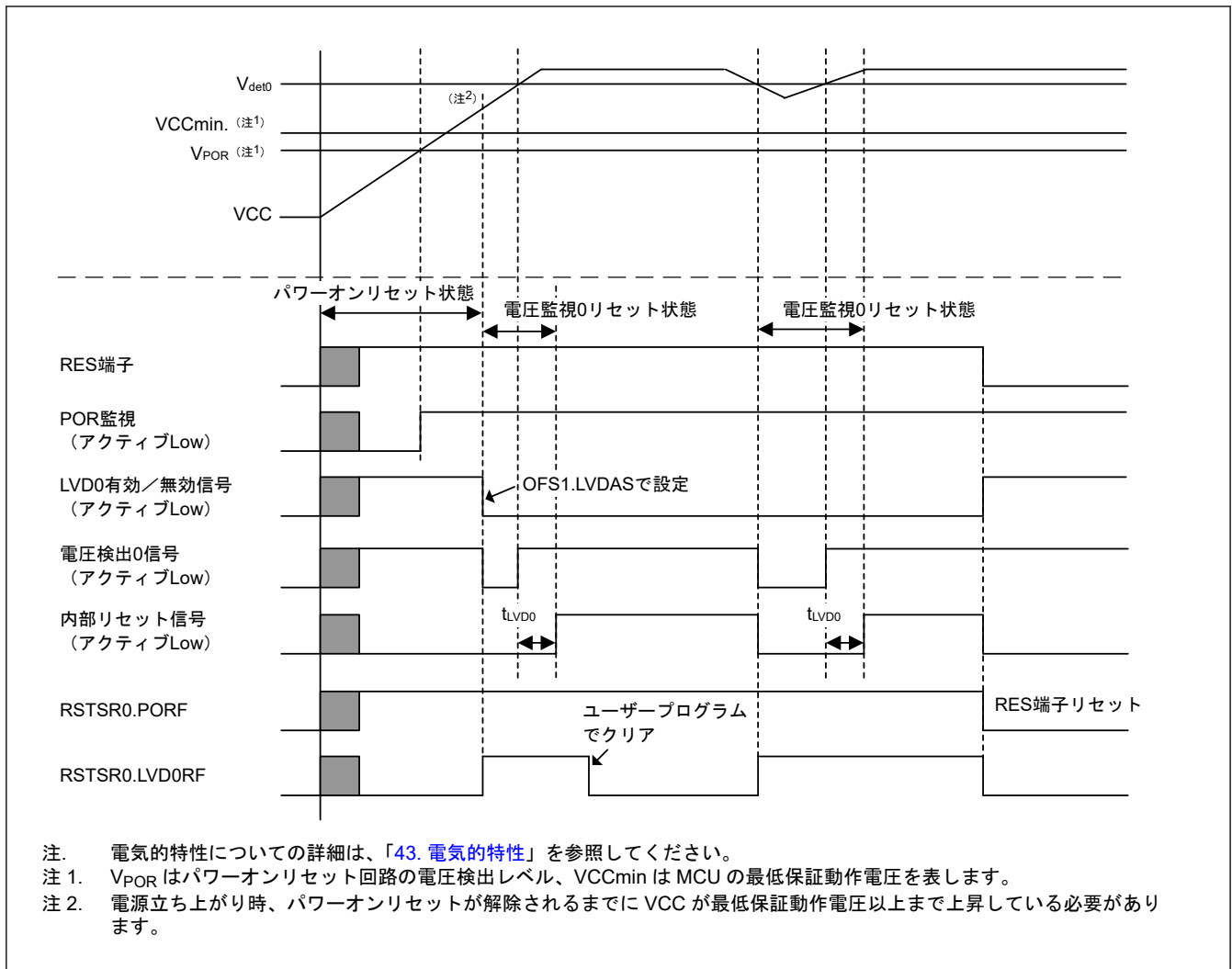


図 5.1 パワーオンリセット時の動作例

5.3.3 電圧監視リセット

電圧監視 i リセット ($i=0, 1, 2$) は、電圧監視 i 回路による内部リセットです。オプション機能選択レジスタ 1 (OFS1) の電圧検出 0 回路起動ビット (LVDAS) が 0 (リセット後、電圧監視 0 リセット有効) の状態で、VCC が V_{det0} 以下になると、RSTSR0.LVD0RF フラグが 1 になり、電圧検出回路は電圧監視 0 リセットを発生させます。電圧監視 0 リセットを使用する場合は、OFS1.LVDAS ビットを 0 にしてください。VCC が V_{det0} を超えると、電圧監視 0 リセット時間 (t_{LVD0}) 経過後、内部リセットが解除され、CPU がリセット例外処理を開始します。

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

電圧監視 2 回路コントロールレジスタ 0 (LVD2CR0) の電圧監視 2 割り込み/リセット許可ビット (RIE) が 1 (電圧監視 2 回路によるリセット/割り込み有効) で、かつ電圧監視 2 回路モード選択ビット (RI) が 1 (低電圧検出

時、リセット発生) の状態にあるとき、VCC の電圧が V_{det2} 以下になると、RSTSR0.LVD2RF フラグが 1 になり、電圧監視 2 回路は電圧監視 2 リセットを発生させます。

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

電圧監視 2 リセットの解除タイミングは、LDV2CR0 レジスタの電圧監視 2 リセットネゲート選択ビット (RN) で選択可能です。

電圧監視回路コントロールレジスタ (LVD1CMPCR/LVD2CMPCR) により、 V_{det1} および V_{det2} の検出レベルは変更可能です。

図 5.2 に電圧監視 1 リセットおよび電圧監視 2 リセット時の動作例を示します。電圧監視 1 リセットと電圧監視 2 リセットの詳細は、「7. 低電圧検出回路 (LVD)」を参照してください。

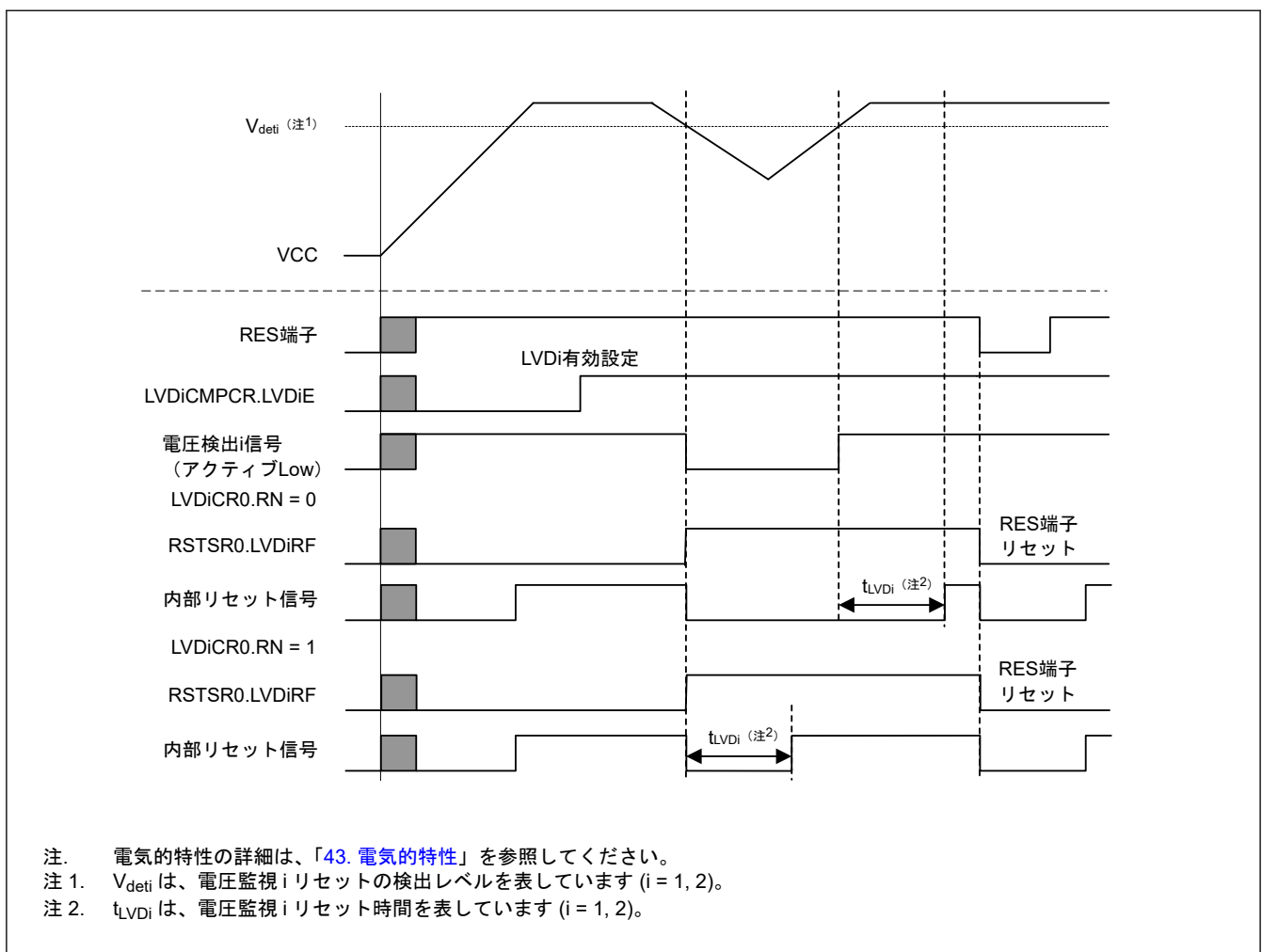


図 5.2 電圧監視 1 リセットおよび電圧監視 2 リセット時の動作例

5.3.4 ディープソフトウェアスタンバイリセット

ディープソフトウェアスタンバイリセットは、ディープソフトウェアスタンバイモードを関連の割り込みによって解除する場合に発生する内部リセットです。

ディープソフトウェアスタンバイモード解除後復帰時間 (t_{DSDBY}) が経過すると、ディープソフトウェアスタンバイリセットは解除されます。このとき同時に、ディープソフトウェアスタンバイモードも解除されます。

ディープソフトウェアスタンバイモードの解除後に、ディープソフトウェアスタンバイモード解除後待機時間 (t_{DSBYWT}) が経過すると、内部リセットは解除され、CPU がリセット例外処理を開始します。

ディープソフトウェアスタンバイリセットの詳細は、「[10. 低消費電力モード](#)」を参照してください。

5.3.5 独立ウォッチドッグタイマリセット

独立ウォッチドッグタイマリセットは、独立ウォッチドッグタイマによる内部リセットです。オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の設定により、独立ウォッチドッグタイマから独立ウォッチドッグタイマリセットを出力するかどうかを選択できます。

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

独立ウォッチドッグタイマリセットの詳細は、「[25. 独立ウォッチドッグタイマ \(IWDT\)](#)」を参照してください。

5.3.6 ウォッチドッグタイマリセット

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

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

ウォッチドッグタイマリセットの詳細は、「[24. ウォッチドッグタイマ \(WDT\)](#)」を参照してください。

5.3.7 ソフトウェアリセット

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

SYSRESETREQ ビットについての詳細は、*ARM[®] Cortex[®]-M33 Technical Reference Manual* を参照してください。

5.3.8 コールドスタート／ウォームスタート判定機能

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

RSTSR2.CWSF フラグは、パワーオンリセットが発生すると 0（コールドスタート）になります。その他のリセットを行っても 0 になりません。また、プログラムで 1 を書くと 1 になります。0 を書いても 0 になりません。

[図 5.3](#) にコールドスタート／ウォームスタート判定機能の動作例を示します。

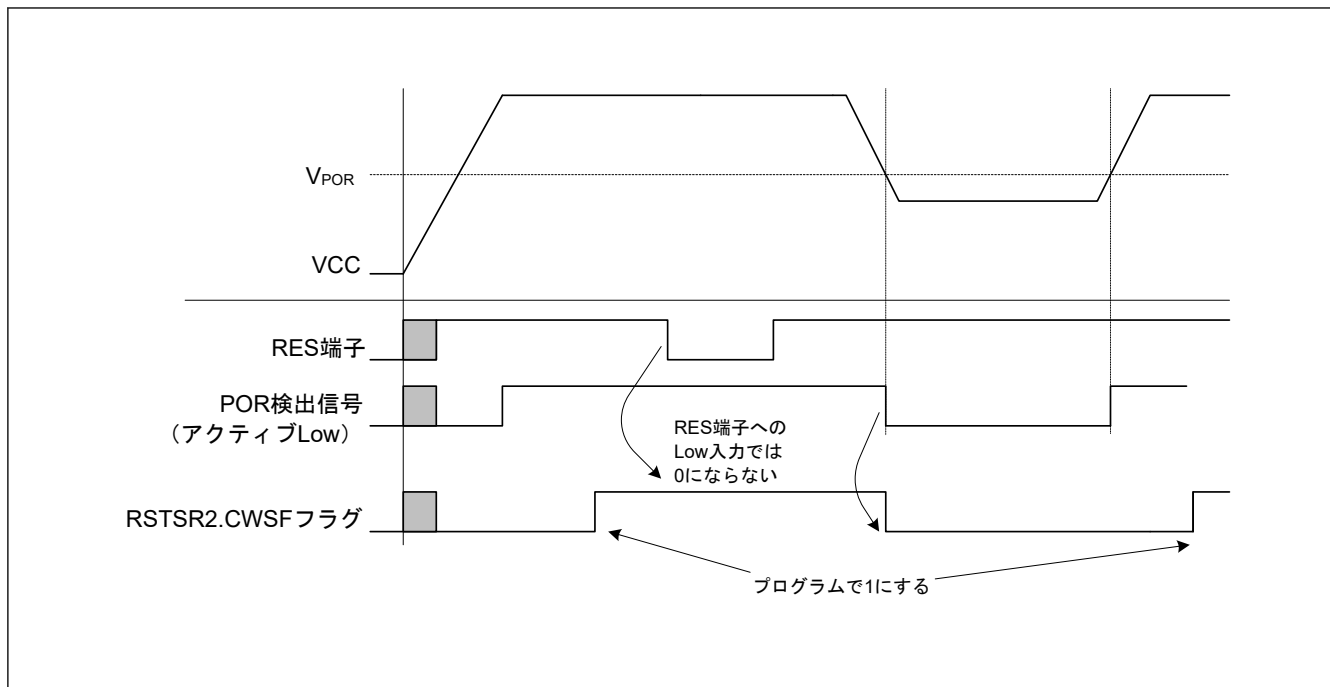


図 5.3 コールドスタート/ウォームスタート判定機能の動作例

5.3.9 リセット発生要因の判定

RSTSR0 レジスタと RSTSR1 レジスタを読むことで、いずれのリセット発生によってリセット例外処理が実行されたかを確認できます。

図 5.4 にリセット発生要因の判定フロー例を示します。リセットフラグは、クリアするフラグ以外は 1 を書いてください。

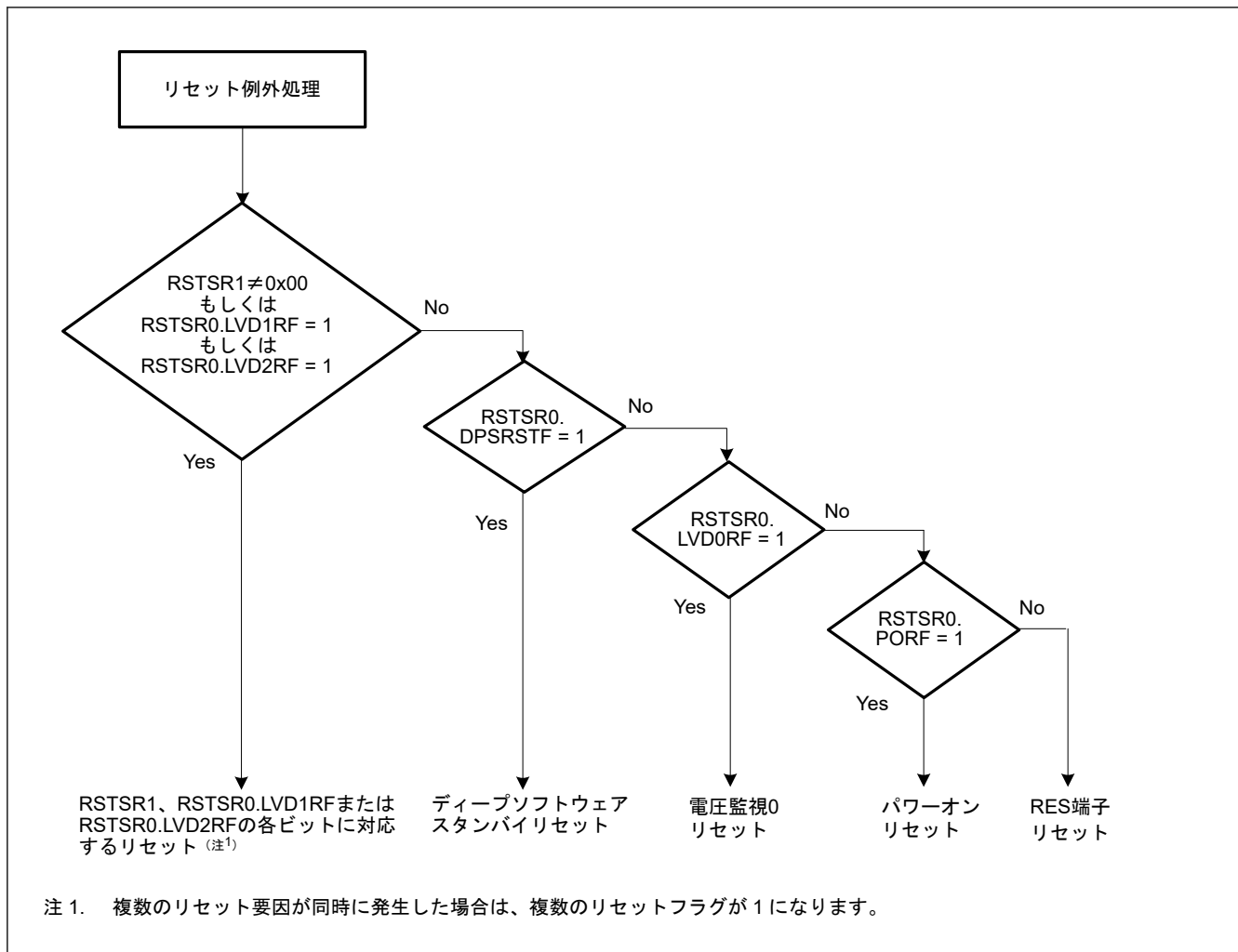


図 5.4 リセット発生要因の判定フロー例

6. オプション設定メモリ

6.1 概要

オプション設定メモリは、MCUのリセット後の状態を決定します。オプション設定メモリは、フラッシュメモリのコンフィグレーション設定領域に割り当てられています。

[図 6.1](#) にオプション設定メモリの領域を示します。オプション設定メモリにはセキュア領域があります。[表 6.1](#) にオプション設定メモリ領域のプログラミング条件を示します。

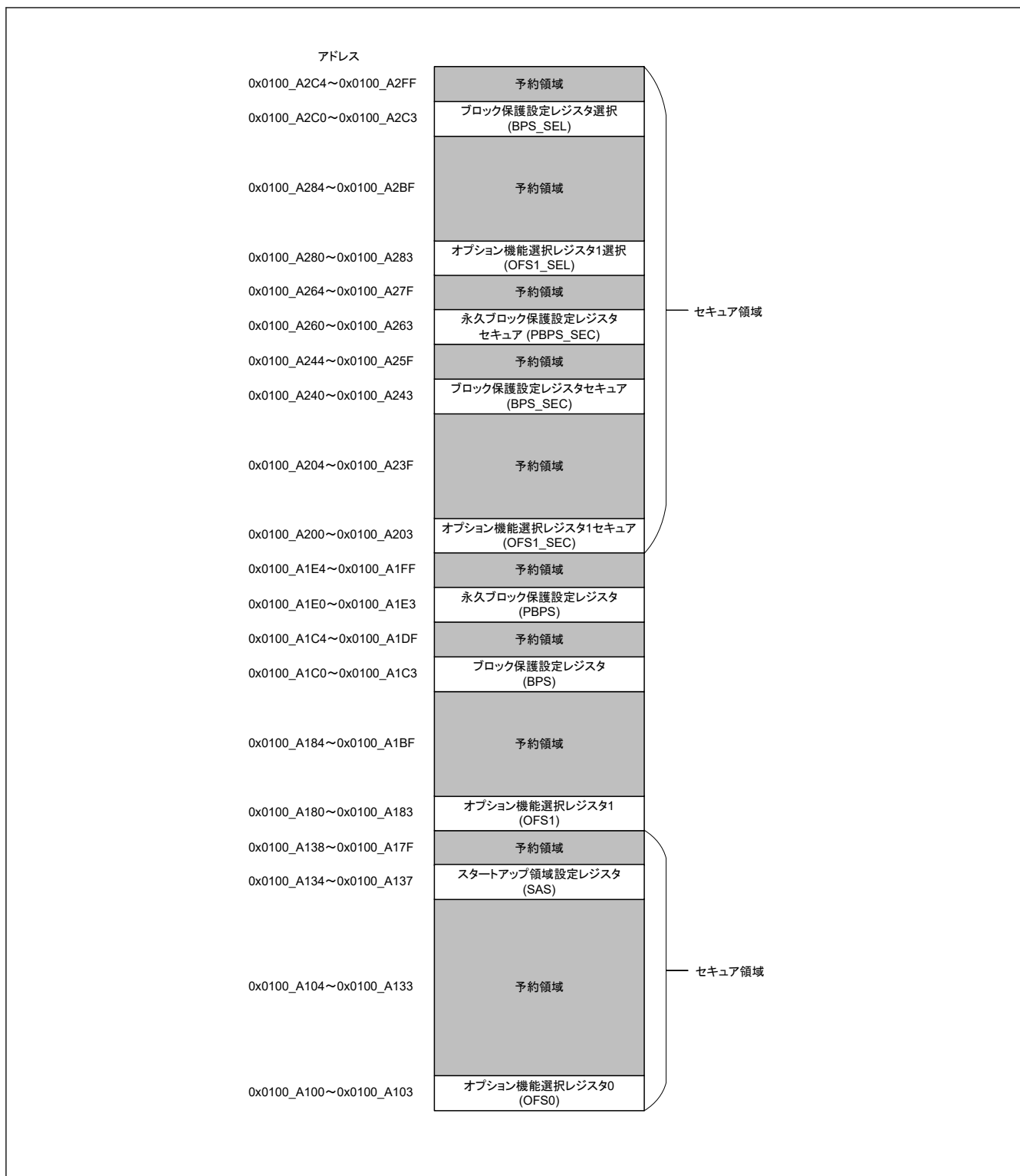


図 6.1 オプション設定メモリの領域

表 6.1 オプション設定メモリ領域のプログラミング条件 (1/2)

	セルフプログラミング	シリアルプログラミング	オンチップデバッガによるプログラミング
セキュア領域	セキュアアクセスにより発行されたプログラミングコマンド	デバイスライフサイクルが SSD のとき発行されたプログラミングコマンド	デバッグレベルが DBG2 のとき発行されたプログラミングコマンド

表 6.1 オプション設定メモリ領域のプログラミング条件 (2/2)

	セルフプログラミング	シリアルプログラミング	オンチップデバッガによるプログラミング
その他の領域	セキュアまたは非セキュアアクセスにより発行されたプログラミングコマンド	デバイスライフサイクルが SSD または NSECS のとき発行されたプログラミングコマンド	デバッグレベルが DBG2 または DBG1 のとき発行されたプログラミングコマンド

6.2 レジスタの説明

6.2.1 OFS0 : オプション機能選択レジスタ 0

Address: 0x0100_A100

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	WDTS TPCTL	—	WDTR STIRQ S	WDTRPSS[1:0]	WDTRPES[1:0]	WDTCKS[3:0]			WDTTOPS[1:0]	WDTS TRT	—				

Value after reset: ユーザー設定値(注1)

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	IWDT STPCTL	—	IWDT RSTIRQ S	IWDRPSS[1:0]	IWDRPES[1:0]	IWDTCKS[3:0]			IWDTTOPS[1:0]	IWDT STRT	—				

Value after reset: ユーザー設定値(注1)

ビット	シンボル	機能	R/W
0	—	読むと設定値が読めます。書く場合、1としてください。	R
1	IWDTSTRT	IWDT スタートモード選択 0: リセット後、IWDT は自動的に起動 (オートスタートモード) 1: リセット後、IWDT は停止状態	R
3:2	IWDTTOPS[1:0]	IWDT タイムアウト期間選択 0 0: 128 サイクル (0x007F) 0 1: 512 サイクル (0x01FF) 1 0: 1024 サイクル (0x03FF) 1 1: 2048 サイクル (0x07FF)	R
7:4	IWDTCKS[3:0]	IWDT 専用クロック分周比選択 0x0: 分周なし 0x2: 16 分周 0x3: 32 分周 0x4: 64 分周 0xF: 128 分周 0x5: 256 分周 その他: 設定禁止	R
9:8	IWDRPES[1:0]	IWDT ウィンドウ終了位置選択 0 0: 75% 0 1: 50% 1 0: 25% 1 1: 0% (ウィンドウの終了位置設定なし)	R
11:10	IWDRPSS[1:0]	IWDT ウィンドウ開始位置選択 0 0: 25% 0 1: 50% 1 0: 75% 1 1: 100% (ウィンドウの開始位置設定なし)	R
12	IWDRSTIRQS	IWDT リセット割り込み要求選択 0: ノンマスクابل割り込み要求、または割り込み要求を許可 1: リセットを許可	R
13	—	読むと設定値が読めます。書く場合、1としてください。	R

ビット	シンボル	機能	R/W
14	IWDTSTPCTL	IWDT 停止制御 0: カウント継続 1: スリープモード、スヌーズモード、またはソフトウェアスタンバイモードの状態にあるとき、カウント停止	R
16:15	—	読んだ場合は、プログラムした値が読めます。書く場合、1としてください。	R
17	WDTSTRT	WDT スタートモード選択 0: リセット後、WDT は自動的に起動（オートスタートモード） 1: リセット後、WDT は停止状態（レジスタスタートモード）	R
19:18	WDTTOPS[1:0]	WDT タイムアウト期間選択 0 0: 1024 サイクル (0x03FF) 0 1: 4096 サイクル (0x0FFF) 1 0: 8192 サイクル (0x1FFF) 1 1: 16384 サイクル (0x3FFF)	R
23:20	WDTCKS[3:0]	WDT クロック分周比選択 0x1: PCLKB/4 0x4: PCLKB/64 0xF: PCLKB/128 0x6: PCLKB/512 0x7: PCLKB/2048 0x8: PCLKB/8192 その他: 設定禁止	R
25:24	WDRPES[1:0]	WDT ウィンドウ終了位置選択 0 0: 75% 0 1: 50% 1 0: 25% 1 1: 0%（ウィンドウの終了位置設定なし）	R
27:26	WDRPSS[1:0]	WDT ウィンドウ開始位置選択 0 0: 25% 0 1: 50% 1 0: 75% 1 1: 100%（ウィンドウの開始位置設定なし）	R
28	WDRSTIRQS	WDT リセット割り込み要求選択 0: ノンマスクابل割り込み要求、または割り込み要求を許可 1: リセット	R
29	—	読むと設定値が読めます。書く場合、1としてください。	R
30	WDTSTPCTL	WDT 停止制御 0: カウント継続 1: スリープモード遷移時にカウント停止	R
31	—	読むと設定値が読めます。書く場合、1としてください。	R

注 1. 未書き込み状態では、0xFFFFFFFF です。ユーザーがプログラムした値になります。

IWDTSTRT ビット (IWDT スタートモード選択)

IWDTSTRT ビットは、リセット後の IWDT の起動モード（停止状態、またはオートスタートモード）が選択できます。

IWDTTOPS[1:0]ビット (IWDT タイムアウト期間選択)

IWDTTOPS[1:0]ビットは、ダウンカウンタがアンダーフローするまでの時間（すなわち、タイムアウト期間）を、IWDTCKS[3:0]ビットで設定した分周クロックを 1 サイクルとして、128 サイクル、512 サイクル、1024 サイクル、または 2048 サイクルから選択します。リフレッシュ後、IWDT がアンダーフローするまでの時間（IWDT 専用クロック数）は、IWDTCKS[3:0]ビットと IWDTTOPS[1:0]ビットの組み合わせにより決定します。

詳細は「[25. 独立ウォッチドッグタイマ \(IWDT\)](#)」を参照してください。

IWDTCKS[3:0]ビット (IWDT 専用クロック分周比選択)

IWDTCKS[3:0]ビットは、IWDT 専用クロックを分周するプリスケアラの分周比設定を、1 分周、16 分周、32 分周、64 分周、128 分周、256 分周から選択します。この設定を IWDTTOPS[1:0]ビットと組み合わせて、IWDT のカウント期間を 128～524288 サイクルの間で設定できます。

詳細は「[25. 独立ウォッチドッグタイマ \(IWDT\)](#)」を参照してください。

IWDRPES[1:0]ビット (IWDT ウィンドウ終了位置選択)

IWDRPES[1:0]ビットは、ダウンカウンタのウィンドウ終了位置を、カウント値の 75%、50%、25%、0%から選択します。選択するウィンドウ終了位置は、ウィンドウ開始位置より小さい値を選択します (ウィンドウ開始位置 > ウィンドウ終了位置)。ウィンドウ終了位置をウィンドウ開始位置よりも大きい値に設定した場合、ウィンドウ開始位置の設定のみが有効となります。

IWDRPSS[1:0]、IWDRPES[1:0]ビットで設定したウィンドウ開始/終了位置のカウント値は、IWDTTOPS[1:0]ビットの設定により変わります。

詳細は「[25. 独立ウォッチドッグタイマ \(IWDT\)](#)」を参照してください。

IWDRPSS[1:0]ビット (IWDT ウィンドウ開始位置選択)

IWDRPSS[1:0]ビットは、ダウンカウンタのウィンドウ開始位置を、カウント期間 (カウント開始を 100%、アンダーフロー発生時を 0%) の 100%、75%、50%、25%から選択します。ウィンドウ開始位置からウィンドウ終了位置までの期間がリフレッシュ許可期間となり、それ以外はリフレッシュ禁止期間となります。

詳細は、「[25. 独立ウォッチドッグタイマ \(IWDT\)](#)」を参照してください。

IWDRSTIRQS ビット (IWDT リセット割り込み要求選択)

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

詳細は、「[25. 独立ウォッチドッグタイマ \(IWDT\)](#)」を参照してください。

IWDTSTPCTL ビット (IWDT 停止制御)

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

詳細は「[25. 独立ウォッチドッグタイマ \(IWDT\)](#)」を参照してください。

WDTSTRT ビット (WDT スタートモード選択)

WDTSTRT ビットは、リセット後の WDT の起動モード (停止状態、またはオートスタートモードでの起動) を選択できます。オートスタートモードでの起動の場合、WDT の設定は、OFS0 レジスタの設定が有効となります。

WDTTOPS[1:0]ビット (WDT タイムアウト期間選択)

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

詳細は「[24. ウォッチドッグタイマ \(WDT\)](#)」を参照してください。

WDTCKS[3:0]ビット (WDT クロック分周比選択)

WDTCKS[3:0]ビットは、PCLKB を分周するプリスケアラの分周比設定を、4、64、128、512、2048、8192 の各分周から選択します。この設定を WDTTOPS[1:0]ビット設定と組み合わせることで、WDT のカウント期間は 4096 から 134217728 までの PCLKB サイクル数に設定可能です。

詳細は「[24. ウォッチドッグタイマ \(WDT\)](#)」を参照してください。

WDRPES[1:0]ビット (WDT ウィンドウ終了位置選択)

WDRPES[1:0]ビットは、ダウンカウンタのウィンドウ終了位置を、カウント期間の 75%、50%、25%、0%から選択します。選択するウィンドウ終了位置は、ウィンドウ開始位置より小さい値を選択します (ウィンドウ開始位置 > ウィンドウ終了位置)。ウィンドウ終了位置をウィンドウ開始位置より大きい値に設定した場合、ウィンドウ開始位置の設定のみが有効となります。

WDRPSS[1:0]、WDRPES[1:0]ビットで設定したウィンドウ開始/終了位置のカウント値は、WDTTOPS[1:0]ビットの設定により変わります。

詳細は「[24. ウォッチドッグタイマ \(WDT\)](#)」を参照してください。

WDTRPSS[1:0]ビット (WDT ウィンドウ開始位置選択)

WDTRPSS[1:0]ビットは、ダウンカウンタのウィンドウ開始位置を、カウント期間（カウント開始を100%、アンダーフロー発生時を0%）の100%、75%、50%、25%から選択します。ウィンドウ開始位置からウィンドウ終了位置までの期間がリフレッシュ許可期間となり、

それ以外はリフレッシュ禁止期間となります。

詳細は、「24. ウォッチドッグタイマ (WDT)」を参照してください。

WDTRSTIRQS ビット (WDT リセット割り込み要求選択)

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

詳細は、「24. ウォッチドッグタイマ (WDT)」を参照してください。

WDTSTPCTL ビット (WDT 停止制御)

WDTSTPCTL ビットは、スリープモード遷移時に、カウントを停止させるかどうかを選択します。

詳細は「24. ウォッチドッグタイマ (WDT)」を参照してください。

6.2.2 SAS : スタートアップ領域設定レジスタ

Address: 0x0100_A134

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	BTFLG	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Value after reset: ユーザー設定値

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	FSPR	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Value after reset: ユーザー設定値

ビット	シンボル	機能	R/W
14:0	—	読んだ場合は、プログラムした値が読めます。書く場合、1としてください。	R
15	FSPR	スタートアップ領域選択機能の保護 スタートアップ領域選択フラグ (SAS.BTFLG)、およびテンポラリブートスワップ制御に対する書き込み/イレース保護の書き換えを制御します。本ビットは一度0にすると、1に変更できません。 0: スタートアップ領域選択フラグ (SAS.BTFLG) 書き換え用のコンフィグレーション設定コマンドの実行は無効です。 1: スタートアップ領域選択フラグ (SAS.BTFLG) 書き換え用のコンフィグレーション設定コマンドの実行は有効です。	R
30:16	—	読んだ場合は、プログラムした値が読めます。書く場合、1としてください。	R
31	BTFLG	スタートアップ領域選択フラグ スタートアップ領域のアドレスをブートスワップ機能用に入れ替えるか否かを指定します。 0: 最初の8KB領域 (0x0000_0000~0x0000_1FFF) と2番目の8KB領域 (0x0000_2000~0x0000_3FFF) が入れ替わる 1: 最初の8KB領域 (0x0000_0000~0x0000_1FFF) と2番目の8KB領域 (0x0000_2000~0x0000_3FFF) は入れ替わらない	R

6.2.3 OFS1, OFS1_SEC, OFS1_SEL : オプション機能選択レジスタ 1

Address: OFS1: 0x0100_A180
 OFS1_SEC: 0x0100_A200
 OFS1_SEL: 0x0100_A280

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Value after reset: ユーザー設定値(注1)

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	HOCOFRQ0[1:0]	HOCOEN	—	—	—	—	—	—	LVDA S	—	VDSEL[1:0]

Value after reset: ユーザー設定値(注1)

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	VDSEL[1:0]	電圧検出 0 レベル選択 0 0: 設定禁止 0 1: 2.94 V を選択 1 0: 2.87 V を選択 1 1: 2.80 V を選択	R
2	LVDAS	電圧検出 0 回路起動 0: リセット後、電圧監視 0 リセット有効 1: リセット後、電圧監視 0 リセット無効	R
7:3	—	読むと設定値が読めます。書く場合、1 としてください。	R
8	HOCOEN	HOCO 発振有効 0: リセット後、HOCO 発振が有効 1: リセット後、HOCO 発振が無効	R
10:9	HOCOFRQ0[1:0]	HOCO 周波数設定 0 0 0: 16 MHz 0 1: 18 MHz 1 0: 20 MHz 1 1: 設定禁止	R
31:11	—	読んだ場合は、プログラムした値が読めます。書く場合、1 としてください。	R

注 1. 未書き込み状態では、0xFFFFFFFF です。ユーザーがプログラムした値になります。

セキュア開発者のみが OFS1_SEC レジスタおよび OFS1_SEL レジスタを書き換え可能です。OFS1_SEC レジスタは、セキュア開発者用で、OFS1 レジスタは非セキュア開発者用です。適用される設定値は、OFS1_SEL レジスタの対応ビットの設定値により決まります。詳細は、「6.3.3. オプション設定メモリのセキュリティ属性」を参照してください。

VDSEL[1:0]ビット (電圧検出 0 レベル選択)

VDSEL[1:0]ビットは、電圧検出 0 回路の電圧検出レベルを選択します。

LVDAS ビット (電圧検出 0 回路起動)

LVDAS ビットは、リセット後、電圧監視 0 リセットを有効にするか無効にするかを選択します。

HOCOEN ビット (HOCO 発振有効)

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

注. HOCOEN ビットを 0 にしても、システムクロックソースは HOCO に切り替わりません。クロックソース選択ビット (SCKSCR.CKSEL[2:0]) を設定することによってのみ、システムクロックソースは HOCO に切り替わります。HOCO クロックを使用する場合は、OFS1.HOCOFRQ0 ビットを最適な値に設定してください。

HOCOFRQ0[1:0]ビット (HOCO 周波数設定 0)

HOCOFRQ0[1:0]ビットは、リセット後の HOCO 周波数を、16、18、20 MHz から選択します。

6.2.4 BPS, BPS_SEC, BPS_SEL : ブロック保護設定レジスタ

address:

BPS: 0x0100_A1C0
 BPS_SEC: 0x0100_A240
 BPS_SEL: 0x0100_A2C0

Bit position: 31

0

Bit field:

Value after reset:

ユーザー設定値^(注1)

注 1. ブランク品は、0xFFFF_FFFF です。ユーザーがプログラムした値になります。

セキュア開発者のみが BPS_SEC レジスタおよび BPS_SEL レジスタを書き換え可能です。BPS_SEC レジスタは、セキュア開発者用で、BPS レジスタは非セキュア開発者用です。適用される設定値は、BPS_SEL レジスタの対応ビットの設定値により決まります。詳細は、「6.3.3. オプション設定メモリのセキュリティ属性」を参照してください。

BPS レジスタおよび BPS_SEC レジスタは、コードフラッシュメモリへのプログラミングおよびイレースをインバリデートします。本レジスタのビットが 0 の場合、対応するブロックへのプログラミングおよびイレースは無効です。図 6.2 に、各製品のコードフラッシュのブロック構成を示します。図 6.3 に、レジスタのビットとブロック番号の関係を示します。使用されていないビットは予約ビットで、1 に設定します。

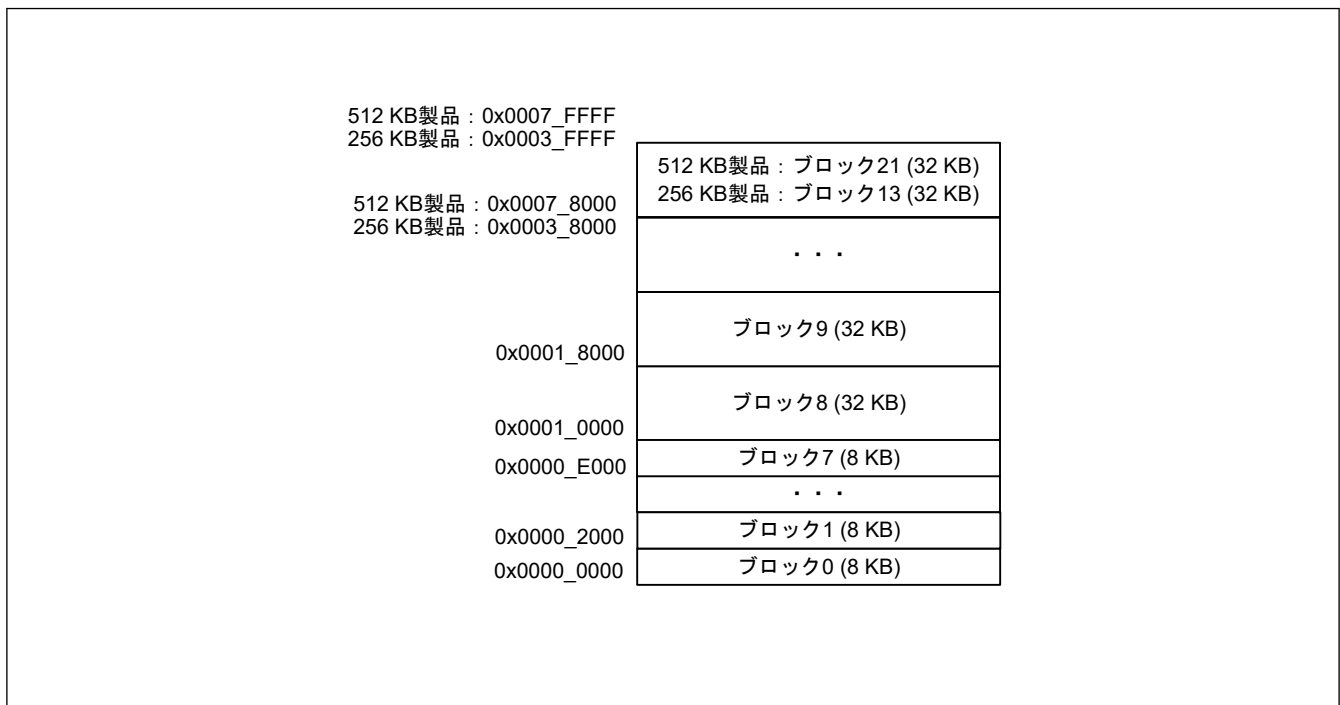


図 6.2 コードフラッシュのブロック構成

レジスタ	アドレス	+31	+30	+29	+28	+27	+26	+25	+24	+23	+22	+21	+20	+19	+18	+17	+16	+15	+14	+13	+12	+11	+10	+9	+8	+7	+6	+5	+4	+3	+2	+1	+0	
BPS_SEL	0x0100_A2C0											21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
	⋮																																	
BPS_SEC	0x0100_A240											21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
	⋮																																	
BPS	0x0100_A1C0											21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

図 6.3 レジスタのビットとブロック番号の関係

6.2.5 PBPS, PBPS_SEC : 永久ブロック保護設定レジスタ

Address: PBPS: 0x0100_A1E0
PBPS_SEC: 0x0100_A260

Bit position: 31

0

Bit field:

Value after reset:

ユーザー設定値(注1)

注 1. ブランク品は、0xFFFFFFFF です。ユーザーがプログラムした値になります。

セキュア開発者のみが PBPS_SEC レジスタを書き換え可能です。PBPS_SEC レジスタはセキュア開発者用で、PBPS レジスタは非セキュア開発者用です。適用される設定値は、BPS_SEL レジスタの対応ビットの設定値により決まります。詳細は、「6.3.3. オプション設定メモリのセキュリティ属性」を参照してください。セキュリティ属性レジスタは、ブロック保護および永久ブロック保護の両方で同じ BPS_SEL レジスタになります。

PBPS レジスタおよび PBPS_SEC レジスタは、BPS レジスタおよび BPS_SEC レジスタのビットへの書き込みをインバリデートします。本レジスタのビットが 0 になるのは、BPS レジスタおよび BPS_SEC レジスタの対応するビットが 0 の場合です。本レジスタのビットが 0 の場合、BPS レジスタおよび BPS_SEC レジスタの対応するビットへの書き込みは無効です。本レジスタのビットは一度 0 にすると、1 に変更できません。表 6.2 に、適用される PBPS レジスタのビットと BPS レジスタのビットとの関係を示します。

本レジスタのビットとブロック番号との関係は、BPS レジスタおよび BPS_SEC レジスタ (「6.2.4. BPS, BPS_SEC, BPS_SEL : ブロック保護設定レジスタ」) と同じです。使用されていないビットは予約ビットで、1 に設定します。

表 6.2 PBPS、PBPS_SEC レジスタのビットと BPS、BPS_SEC レジスタのビットとの関係

適用される PBPS のビット	適用される BPS のビット	内容
1	1	対応するブロックへのプログラミングおよびイレースは有効。
1	0	対応するブロックへのプログラミングおよびイレースは無効。FBPROT0 または FBPROT1 レジスタにより保護をキャンセル可能。
0	1	本条件の設定不可。
0	0	対応するブロックへのプログラミングおよびイレースは永久に無効。

6.3 オプション設定メモリの設定方法

6.3.1 オプション設定メモリへのデータの配置方法

オプション設定メモリにプログラムするデータは、図 6.1 に示すアドレスに配置してください。配置したデータは、フラッシュメモリ書き込みソフトウェアやオンチップデバッガなどのツールで使用されます。

注. プログラミング形式はコンパイラによって異なります。詳細については、コンパイラのマニュアルを参照してください。

6.3.2 オプション設定メモリにプログラムするデータの設定方法

「6.3.1. オプション設定メモリへのデータの配置方法」に記載した方法でデータを配置するだけでは、オプション設定メモリにデータを書き込むことにはなりません。合わせて、本項に記載されている下記のいずれかを実施してください。

(1) セルフプログラミングでオプション設定メモリを変更する場合

また、コンフィグレーション設定領域のオプション設定メモリへデータを書き込むには、コンフィグレーション設定コマンドを使用してください。

オプション設定メモリはバックグラウンドオペレーション (BGO) に対応していません。オプション設定メモリに書き込むには、書き込みソフトウェアを SRAM にコピー後 SRAM にジャンプします。

コンフィグレーション設定コマンドの詳細は、「40. フラッシュメモリ」を参照してください。

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

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

本 MCU には、以下の 2 つの設定手順があります。

- 「6.3.1. オプション設定メモリへのデータの配置方法」に記述されているように配置されたデータを、コンパイラが生成するオブジェクトファイルやモトローラ S 形式ファイルから読み取り、本 MCU へプログラムします
- ツールの GUI インタフェースを使用して、「6.3.1. オプション設定メモリへのデータの配置方法」に記述されているように配置されたデータをプログラムします

6.3.3 オプション設定メモリのセキュリティ属性

非セキュア (FUNC NAME)、セキュア (FUNC NAME_SEC)、セキュリティ属性 (FUNC NAME_SEL) 用に 3 つのレジスタを備えた機能があります。セキュアおよびセキュリティ属性用のレジスタを設定できるのはセキュア開発者のみです。図 6.4 に示すように、セキュリティ属性レジスタのビットが 0 になると、セキュアレジスタの対応ビットが適用されます。セキュリティ属性レジスタのビットが 1 になると、非セキュアレジスタの対応ビットが適用されます。

たとえば、OFS1 レジスタの LVD をセキュアに、OFS1 レジスタの HOCO を非セキュアに設定したい場合、セキュア開発者は OFS1_SEL レジスタを下記のように設定する必要があります。

OFS1_SEL = 0xFFFF_FFF8

このように設定すると、OFS1_SEC レジスタの LVDAS および VDSEL[1:0] ビット値と OFS1 レジスタの HOCOFREQ0[1:0] および HOCOEN ビット値が MCU に適用されます。セキュリティ属性レジスタ (FUNC NAME_SEL) の予約ビットは 1 に設定してください。

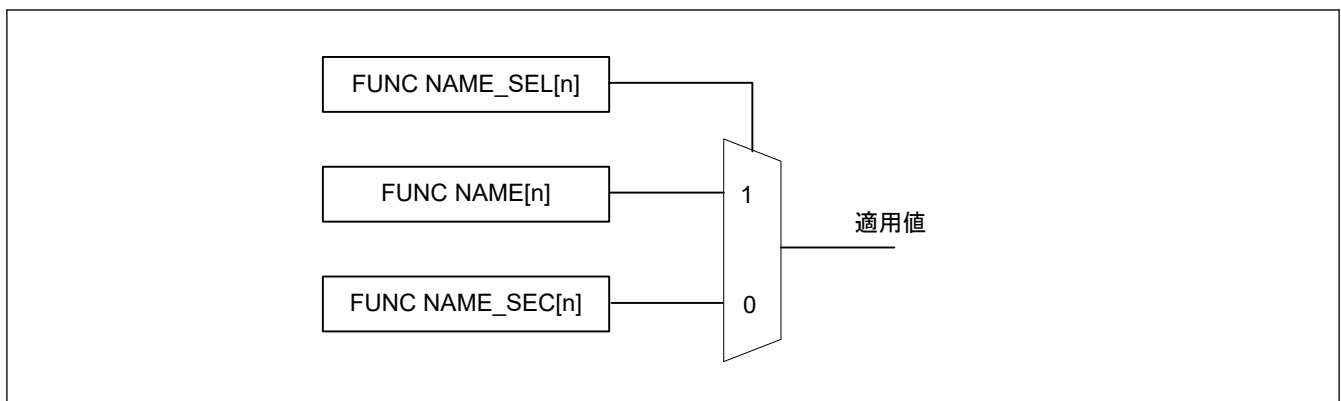


図 6.4 適用される値の選択

6.3.4 設定値のタイミング

SAS、BPS、BPS_SEC、PBPS、PBPS_SEC レジスタにおいて、関連する設定領域とブロック保護の設定値の適用タイミングは、書き込みの直後です。その他のレジスタについては、設定値は MCU リセット後に適用されます。

顧客の工場でのシリアルプログラミングモードでのプログラミングの場合、セキュアユーザ用のブロック保護は MCU リセット後に適用されることに注意してください。ブロック保護のセキュリティ属性レジスタ (BPS_SEL) の初期値は 1（非セキュア）なので、BPS_SEL レジスタの対応ビットが 0（セキュア）に設定されていても、セキュア開発者用のブロック保護設定 (BPS_SEC/PBPS_SEC) は、MCU がリセットされるまで適用されません。

6.4 使用上の注意事項

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

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

7. 低電圧検出回路 (LVD)

7.1 概要

低電圧検出モジュール (LVD) は、VCC 端子への入力電圧レベルを監視します。検出レベルはレジスタ設定で選択できます。LVD は、3つの独立した電圧監視回路 (LVD0、LVD1、LVD2) で構成され、LVD0、LVD1、LVD2 は VCC 端子への入力電圧レベルを監視します。LVD のレジスタを設定することにより、さまざまな電圧しきい値で VCC 端子への入力電圧の変動を監視できます。

また、電圧監視レジスタを用いることで、電圧しきい値を通過したときに、割り込み、イベントリンク出力、またはリセットを発生させることもできます。

表 7.1 に LVD の仕様を示します。図 7.1 に電圧監視 0 回路のブロック図を、図 7.2 に電圧監視 1 回路のブロック図を、図 7.3 に電圧監視 2 回路のブロック図を示します。

表 7.1 LVD の仕様

項目		電圧監視 0 の仕様	電圧監視 1 の仕様	電圧監視 2 の仕様
動作設定方法		OFS1 レジスタで設定	LVD のレジスタで設定	LVD のレジスタで設定
監視対象		VCC 端子入力電圧	VCC 端子入力電圧	VCC 端子入力電圧
監視電圧		V_{det0}	V_{det1}	V_{det2}
検出イベント		下降して V_{det0} を通過	上昇または下降して V_{det1} を通過	上昇または下降して V_{det2} を通過
検出電圧		OFS1.VDSEL[1:0]ビットで 3 レベルから選択可能	LVD1CMPPCR.LVD1LVL[4:0]ビットで 3 レベルから選択可能	LVD2CMPPCR.LVD2LVL[2:0]ビットで 3 レベルから選択可能
モニタフラグ		なし	LVD1SR.MON フラグ：電圧が V_{det1} より高いか低いかを監視	LVD2SR.MON フラグ：電圧が V_{det2} より高いか低いかを監視
			LVD1SR.DET フラグ： V_{det1} 通過検出	LVD2SR.DET フラグ： V_{det2} 通過検出
電圧検出時の処理	リセット	電圧監視 0 リセット $V_{det0} > VCC$ でリセット。 $VCC > V_{det0}$ の一定時間後に CPU 動作再開	電圧監視 1 リセット $V_{det1} > VCC$ でリセット。 CPU 動作再開タイミングとして、 $VCC > V_{det1}$ の一定時間後、または $V_{det1} > VCC$ の一定時間後を選択可能	電圧監視 2 リセット $V_{det2} > VCC$ でリセット。 CPU 動作再開タイミングとして、 $VCC > V_{det2}$ の一定時間後、または $V_{det2} > VCC$ の一定時間後を選択可能
	割り込み	なし	電圧監視 1 割り込み	電圧監視 2 割り込み
			ノンマスクابل割り込み、またはマスクابل割り込みを選択可能	ノンマスクابل割り込み、またはマスクابل割り込みを選択可能
		$V_{det1} > VCC$ および $VCC > V_{det1}$ の両方、またはどちらかのとき割り込み要求	$V_{det2} > VCC$ および $VCC > V_{det2}$ の両方、またはどちらかのとき割り込み要求	
デジタルフィルタ	有効/無効の切り替え	デジタルフィルタ機能なし	あり	あり
	サンプリング時間	—	LOCO クロックの n 分周 $\times 2$ ($n: 2, 4, 8, 16$)	LOCO クロックの n 分周 $\times 2$ ($n: 2, 4, 8, 16$)
イベントリンク機能		なし	あり V_{det1} 通過検出時にイベント信号出力	あり V_{det2} 通過検出時にイベント信号出力
TrustZone フィルタ		—	セキュリティ属性は各レジスタに対して設定可能	

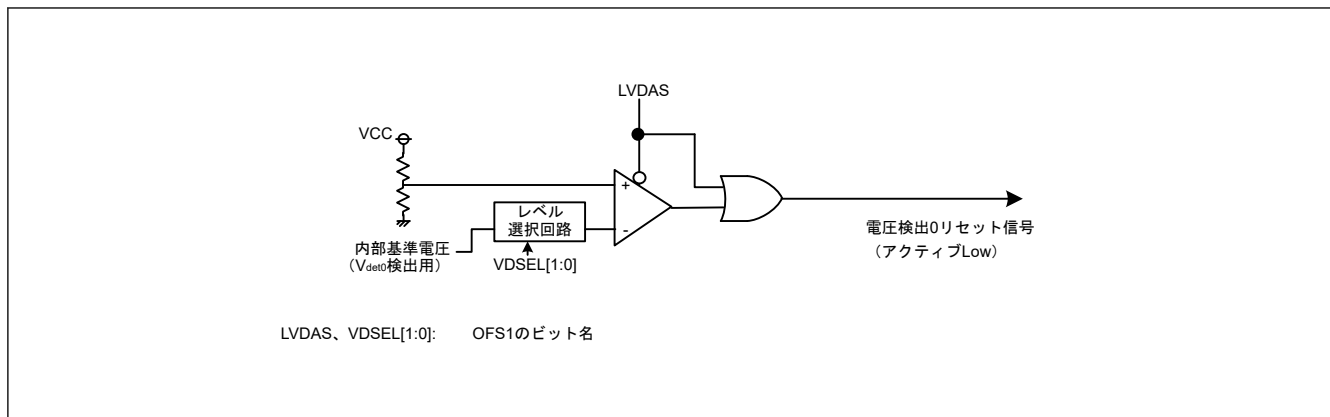


図 7.1 電圧監視 0 回路のブロック図

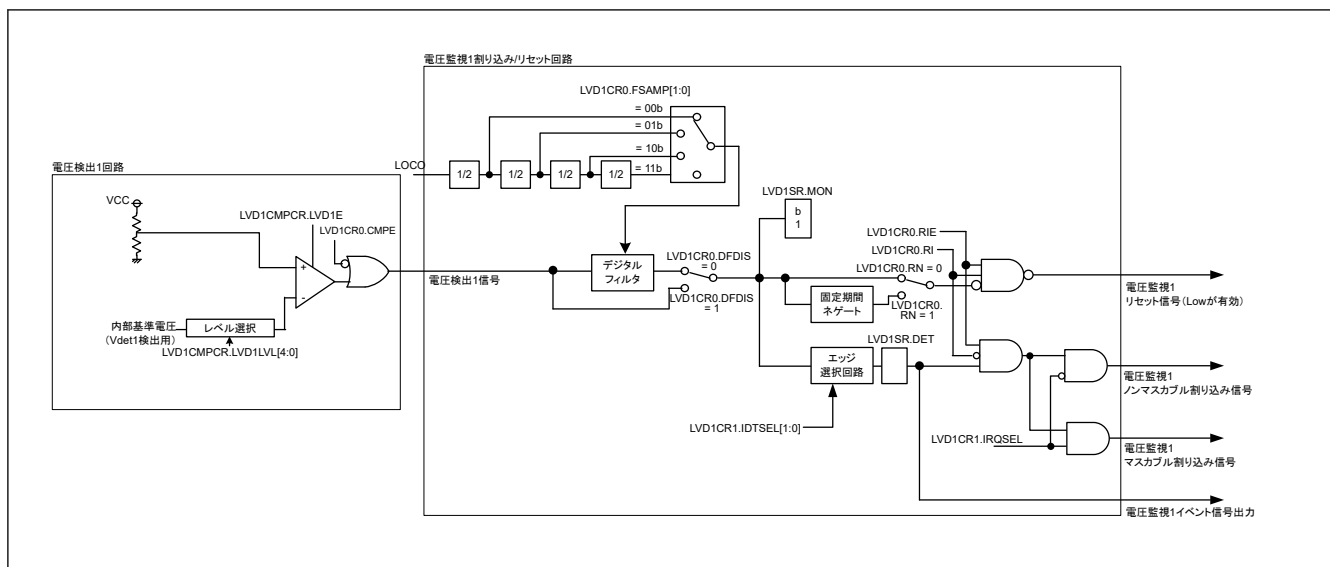


図 7.2 電圧監視 1 回路のブロック図

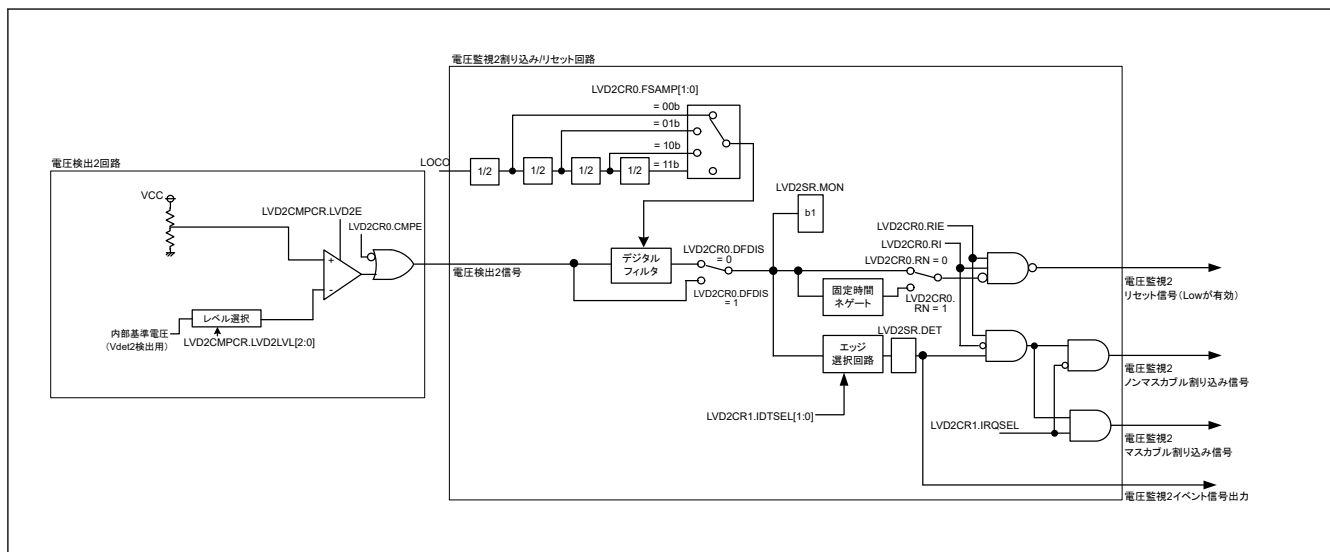


図 7.3 電圧監視 2 回路のブロック図

7.2 レジスタの説明

7.2.1 LVDSAR : 低電圧検出セキュリティ属性レジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x3CC

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	NONSEC1	NONSEC0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	NONSEC0	ノンセキュリティ属性ビット0 対象レジスタ : LVD1 用レジスタ 0: セキュリティオン 1: セキュリティオフ	R/W
1	NONSEC1	ノンセキュリティ属性ビット1 対象レジスタ : LVD2 用レジスタ 0: セキュリティオン 1: セキュリティオフ	R/W
31:2	—	読むと1が読めます。書き込み可能な場合、1としてください。	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタはPRCRレジスタによって書き込み保護されています。

LVDSARレジスタはLVDレジスタのセキュア属性を制御します。

NONSEC0 ビット (ノンセキュリティ属性ビット0)

本ビットはLVD1CMPCR、LVD1CR0、LVD1CR1、LVD1SRのセキュリティ属性を制御します。

NONSEC1 ビット (ノンセキュリティ属性ビット1)

本ビットはLVD2CMPCR、LVD2CR0、LVD2CR1、LVD2SRのセキュリティ属性を制御します。

7.2.2 LVD1CMPCR : 電圧監視 1 コンパレータコントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x417

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	LVD1E	—	—	LVD1LVL[4:0]				—
Value after reset:	0	0	0	1	0	0	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
4:0	LVD1LVL[4:0]	電圧検出 1 レベル選択 (電圧下降時の標準電圧) 0x11: 2.99 V (Vdet1_11) 0x12: 2.92 V (Vdet1_12) 0x13: 2.85 V (Vdet1_13) その他: 設定禁止	R/W
6:5	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
7	LVD1E	電圧検出 1 許可 0: 電圧検出 1 回路無効 1: 電圧検出 1 回路有効	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC3 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

LVD1CMPCR.LVD1LVL ビットは、LVD1CMPCR.LVD1E ビットと LVD2CMPCR.LVD2E ビットの両方が 0 の時だけ書き換えることができます。また、電圧検出回路 1 と電圧検出回路 2 は、同じ電圧検出レベルに設定しないでください。

LVD1CMPCR.LVD1LVL ビットと LVD1CMPCR.LVD1E ビットを同時に書き換えしないでください。

LVD1E ビット (電圧検出 1 許可)

電圧検出 1 の割り込み/リセットを使用する場合、または LVD1SR.MON ビットを使用する場合、LVD1E ビットを 1 にしてください。LVD1E ビットを 0 から 1 に変更した後、td(E-A) 経過すると、電圧検出 1 回路が動作します。また、ディープソフトウェアスタンバイモード時に電圧検出 1 回路を使用する場合、DPSBYCR.DEEPCUT[1:0] ビットを 11b にしないでください。

7.2.3 LVD2CMPCR : 電圧監視 2 コンパレータコントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x418

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	LVD2E	—	—	—	—	LVD2LVL[2:0]		
Value after reset:	0	0	0	0	0	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	LVD2LVL[2:0]	電圧検出 2 レベル選択 (電圧下降時の標準電圧) 1 0 1: 2.99 V (Vdet2_5) 1 1 0: 2.92 V (Vdet2_6) 1 1 1: 2.85 V (Vdet2_7) その他: 設定禁止	R/W
6:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	LVD2E	電圧検出 2 許可 0: 電圧検出 2 回路無効 1: 電圧検出 2 回路有効	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC3 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

LVD2CMPCR.LVD2LVL ビットは、LVD1CMPCR.LVD1E ビットと LVD2CMPCR.LVD2E ビットの両方が 0 の時だけ書き換えることができます。また、電圧検出回路 1 と電圧検出回路 2 は、同じ電圧検出レベルに設定しないでください。

LVD2CMPCR.LVD2LVL ビットと LVD2CMPCR.LVD2E ビットを同時に書き換えしないでください。

LVD2E ビット (電圧検出 2 許可)

電圧検出 2 の割り込み/リセットを使用する場合、または LVD2SR.MON ビットを使用する場合、LVD2E ビットを 1 にしてください。LVD2E ビットを 0 から 1 に変更した後、td(E-A) 経過すると、電圧検出 2 回路が動作します。また、ディープソフトウェアスタンバイモード時に電圧検出 2 回路を使用する場合、DPSBYCR.DEEPCUT[1:0] ビットを 11b にしないでください。

7.2.4 LVD1CR0 : 電圧監視 1 回路コントロールレジスタ 0

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x41A

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	RN	RI	FSAMP[1:0]	—	CMPE	DFDIS	RIE	
Value after reset:	1	0	0	0	x	0	1	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	RIE	電圧監視 1 割り込み／リセット許可 0: 禁止 1: 許可	R/W
1	DFDIS	電圧監視 1 デジタルフィルタイネーブル 0: デジタルフィルタ有効 1: デジタルフィルタ無効	R/W
2	CMPE	電圧監視 1 回路比較結果出力許可 0: 電圧監視 1 回路比較結果出力禁止 1: 電圧監視 1 回路比較結果出力許可	R/W
3	—	読み出し値は不定です。書く場合、1としてください。	R/W
5:4	FSAMP[1:0]	サンプリングクロック選択 00: LOCO クロックの 2 分周 01: LOCO クロックの 4 分周 10: LOCO クロックの 8 分周 11: LOCO クロックの 16 分周	R/W
6	RI	電圧監視 1 回路モード選択 0: V_{det1} 通過時に電圧監視 1 割り込み発生 1: 下降して V_{det1} 通過時に電圧監視 1 リセット許可	R/W
7	RN	電圧監視 1 リセットネゲート選択 0: $VCC > V_{det1}$ 検出時、一定時間 (t_{LVD1}) 経過後にネゲート 1: LVD1 リセットアサート時、一定時間 (t_{LVD1}) 経過後にネゲート	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC3 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

RIE ビット (電圧監視 1 割り込み／リセット許可)

RIE ビットは電圧監視 1 リセットと電圧監視 1 割り込みを許可または禁止にします。フラッシュメモリのプログラム／イレーズ中は、0 に設定してください。

DFDIS ビット (電圧監視 1 デジタルフィルタイネーブル)

DFDIS ビットはデジタルフィルタの有効または無効を設定します。このビットが 0 (有効) の場合、LOCOCR.LCSTP ビットは 0 (LOCO 動作) にしてください。電圧監視 1 回路をソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードで使用する場合、このビットを 1 (無効) にしてください。

CMPE ビット (電圧監視 1 回路比較結果出力許可)

CMPE ビットは、電圧監視 1 回路比較結果出力を許可／禁止にします。電圧検出 1 回路を有効にして安定化時間 ($t_{d(E-A)}$) 経過後に、CMPE ビットを 1 に設定してください。電圧検出 1 回路を停止するときは、CMPE ビットを 0 に設定してから電圧検出 1 回路を無効にしてください。

FSAMP[1:0] ビット (サンプリングクロック選択)

FSAMP[1:0] ビットは、LVD1CR0.DFDIS ビットが 1 (デジタルフィルタ無効) の場合のみ、本ビットを書き換え可能です。LVD1CR0.DFDIS ビットが 0 (デジタルフィルタ有効) の場合は書き換えしないでください。

RI ビット (電圧監視 1 回路モード選択)

RI ビットが 1 (電圧監視 1 リセット選択) の場合、ディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移できません。この場合、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。ディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移するには、RI ビットを 0 (電圧監視 1 割り込み選択) にしてください。

RN ビット (電圧監視 1 リセットネゲート選択)

RN ビットを 1 (電圧監視 1 リセットアサート後、一定時間経過後に電圧監視 1 リセットをネゲート) にする場合は、LOCOCR.LCSTP ビットは 0 (LOCO 動作) にしてください。また、ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードでは、RN ビットは 0 ($V_{det1} > V_{CC}$ 検出時、一定時間経過後にネゲート) のみが可能です。この場合、RN ビットを 1 にしないでください。

7.2.5 LVD2CR0 : 電圧監視 2 回路コントロールレジスタ 0

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x41B

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	RN	RI	FSAMP[1:0]	—	CMPE	DFDIS	RIE	
Value after reset:	1	0	0	0	x	0	1	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	RIE	電圧監視 2 割り込み/リセット許可 0: 禁止 1: 許可	R/W
1	DFDIS	電圧監視 2 デジタルフィルタイネーブル 0: デジタルフィルタ有効 1: デジタルフィルタ無効	R/W
2	CMPE	電圧監視 2 回路比較結果出力許可 0: 電圧監視 2 回路比較結果出力禁止 1: 電圧監視 2 回路比較結果出力許可	R/W
3	—	読み出し値は不定です。書く場合、1 としてください。	R/W
5:4	FSAMP[1:0]	サンプリングクロック選択 0 0: LOCO クロックの 2 分周 0 1: LOCO クロックの 4 分周 1 0: LOCO クロックの 8 分周 1 1: LOCO クロックの 16 分周	R/W
6	RI	電圧監視 2 回路モード選択 0: V_{det2} 通過時に電圧監視 2 割り込み発生 1: 下降して V_{det2} 通過時に電圧監視 2 リセット許可	R/W
7	RN	電圧監視 2 リセットネゲート選択 0: $V_{CC} > V_{det2}$ 検出時、一定時間 (t_{LVD2}) 経過後にネゲート 1: LVD2 リセットアサート時、一定時間 (t_{LVD2}) 経過後にネゲート	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC3 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

RIE ビット (電圧監視 2 割り込み/リセット許可)

RIE ビットは電圧監視 2 リセットと電圧監視 2 割り込みを許可または禁止にします。フラッシュメモリのプログラム/イレーズ中は、0 に設定してください。

DFDIS ビット (電圧監視 2 デジタルフィルタイネーブル)

DFDIS ビットはデジタルフィルタの有効または無効を設定します。このビットが 0 (デジタルフィルタ有効) の場合、LOCOCR.LCSTP ビットは 0 (LOCO 動作) にしてください。電圧監視 2 回路をソフトウェアスタンバイモ

ードまたはディープソフトウェアスタンバイモードで使用する場合、このビットを1（デジタルフィルタ無効）にしてください。

CMPE ビット（電圧監視 2 回路比較結果出力許可）

CMPE ビットは、電圧監視 2 回路比較結果出力を許可／禁止します。電圧検出 2 回路を有効にして安定化時間 ($t_{d(E-A)}$) 経過後に、CMPE ビットを1に設定してください。電圧検出 2 回路を停止するときは、CMPE ビットを0に設定してから電圧検出 2 回路を無効にしてください。

FSAMP[1:0] ビット（サンプリングクロック選択）

FSAMP[1:0]ビットはLVD2CR0.DFDIS ビットが1（デジタルフィルタ無効）の場合のみ、本ビットを書き換え可能です。LVD2CR0.DFDIS ビットが0（デジタルフィルタ有効）の場合は書き換えしないでください。

RI ビット（電圧監視 2 回路モード選択）

RI ビットが1（電圧監視 2 リセット選択）の場合、ディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移できません。この場合、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。ディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移するには、RI ビットを0（電圧監視 2 割り込み選択）にしてください。

RN ビット（電圧監視 2 リセットネゲート選択）

RN ビットを1（電圧監視 2 リセットアサート後、一定時間経過後に電圧監視 2 リセットをネゲート）にする場合は、LOCOCR.LCSTP ビットは0（LOCO 動作）にしてください。また、ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードでは、RN ビットは0（ $V_{CC} > V_{det2}$ 検出時、一定時間経過後にネゲート）のみが可能です。この場合、RN ビットを1にしないでください。

7.2.6 LVD1CR1 : 電圧監視 1 回路コントロールレジスタ 1

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x0E0

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	IRQSEL	IDTSEL[1:0]	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	1

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	IDTSEL[1:0]	電圧監視 1 割り込み発生条件選択 0 0: $V_{CC} \geq V_{det1}$ （上昇）検出時に発生 0 1: $V_{CC} < V_{det1}$ （下降）検出時に発生 1 0: 下降および上昇検出時に発生 1 1: 設定禁止	R/W
2	IRQSEL	電圧監視 1 割り込み種類選択 0: ノンマスカブル割り込み 1: マスカブル割り込み(注1)	R/W
7:3	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC3 ビットを1（書き込み許可）にしてから、このレジスタを書き換えてください。

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

7.2.7 LVD1SR : 電圧監視 1 回路ステータスレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x0E1

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	MON	DET
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	1	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DET	電圧監視 1 電圧変化検出フラグ 0: 未検出 1: V_{det1} 通過検出	R/W(注1)
1	MON	電圧監視 1 信号モニタフラグ 0: $VCC < V_{det1}$ 1: $VCC \geq V_{det1}$ または MON 無効	R
7:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

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

注 1. 0 のみ書けます。0 を書いた後、このビットの読み出し値に反映されるまでにシステムクロックで 2 サイクルの時間が必要です。

DET フラグ (電圧監視 1 電圧変化検出フラグ)

DET フラグは、LVD1CMPSCR.LVD1E ビットが 1 (電圧検出 1 回路有効) であり、かつ LVD1CR0.CMPE ビットが 1 (電圧監視 1 回路比較結果出力許可) のときに有効になります。

V_{det1} を検出するとき、DET フラグを 0 にするときは、LVD1CR0.RIE を 0 (禁止) にしてから行ってください。LVD1CR0.RIE ビットを 0 に設定した後そのビットを 1 (許可) に設定する場合は、PCLKB の 2 クロック期間以上待ってから設定してください。

MON フラグ (電圧監視 1 信号モニタフラグ)

MON フラグは、LVD1CMPSCR.LVD1E ビットが 1 (電圧検出 1 回路有効) であり、かつ LVD1CR0.CMPE ビットが 1 (電圧監視 1 回路比較結果出力許可) のときに有効になります。

7.2.8 LVD2CR1 : 電圧監視 2 回路コントロールレジスタ 1

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x0E2

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	IRQSEL	IDTSEL[1:0]	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	1

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	IDTSEL[1:0]	電圧監視 2 割り込み発生条件選択 0 0: $VCC \geq V_{det2}$ (上昇) 検出時に発生 0 1: $VCC < V_{det2}$ (下降) 検出時に発生 1 0: 下降および上昇検出時に発生 1 1: 設定禁止	R/W
2	IRQSEL	電圧監視 2 割り込み種類選択 0: ノンマスカブル割り込み 1: マスカブル割り込み(注1)	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
7:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

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

注 1. マスカブル割り込みを設定する場合、ICU にある NMICR.LVD2EN ビットをリセット状態から変更しないでください。

7.2.9 LVD2SR : 電圧監視 2 回路ステータスレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x0E3

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	MON	DET

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 1 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DET	電圧監視 2 電圧変化検出フラグ 0: 未検出 1: V_{det2} 通過検出	R/W(注1)
1	MON	電圧監視 2 信号モニタフラグ 0: $VCC < V_{det2}$ 1: $VCC \geq V_{det2}$ または MON 無効	R
7:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

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

注 1. 0 のみ書けます。0 を書いた後、このビットの読み出し値に反映されるまでにシステムクロックで 2 サイクルの時間が必要です。

DET フラグ (電圧監視 2 電圧変化検出フラグ)

DET フラグは、LVD2CMPCR.LVD2E ビットが 1 (電圧検出 2 回路有効) であり、かつ LVD2CR0.CMPE ビットが 1 (電圧監視 2 回路比較結果出力許可) のときに有効になります。

DET フラグを 0 にするときは、LVD2CR0.RIE ビットを 0 (禁止) にしてから行ってください。LVD2CR0.RIE ビットを 0 に設定した後そのビットを 1 (許可) に設定する場合は、PCLKB の 2 クロック期間以上待つてから設定してください。

MON フラグ (電圧監視 2 信号モニタフラグ)

MON フラグは、LVD2CMPCR.LVD2E ビットが 1 (電圧検出 2 回路有効) であり、かつ LVD2CR0.CMPE ビットが 1 (電圧監視 2 回路比較結果出力許可) のときに有効になります。

7.3 VCC 入力電圧のモニタ

7.3.1 V_{det0} のモニタ

電圧監視 0 の比較結果は、読み出すことができません。

7.3.2 V_{det1} のモニタ

表 7.2 に V_{det1} のモニタの設定手順を示します。設定が完了すると、LVD1SR.MON フラグで電圧監視 1 の比較結果をモニタできます。

表 7.2 V_{det1} のモニタの設定手順

手順	電圧監視 1 割り込み (電圧監視 1 ELC イベント出力)、電圧監視 1 リセット
電圧検出 1 回路の設定	1 LVCMPPCR レジスタへ書き込む前に、LVCMPPCR.LVD1E = 0 にして、電圧検出 1 回路を無効にする
	2 LVD1CMPPCR.LVD1LVL[4:0] ビットで検出電圧を選択する
	3 LVD1CMPPCR.LVD1E = 1 にして、電圧検出 1 回路を有効にする
	4 $t_{d(E-A)}$ (LVD 有効切り替え後の LVD 動作安定時間) 以上待つ ^(注1)
デジタルフィルタの設定 (注2)	5 LVD1CR0.FSAMP[1:0] ビットでデジタルフィルタのサンプリングクロックを選択する
	6 LVD1CR0.DFDIS = 0 にして、デジタルフィルタを有効にする
	7 LOCO クロックの $2n+3$ サイクル以上待つ (ここで、 $n=2, 4, 8, 16$ であり、デジタルフィルタのサンプリングクロックは LOCO クロックの n 分周である)
出力許可の設定	8 LVD1CR0.CMPE = 1 にして、電圧監視 1 の比較結果出力を許可する

注 1. 手順 4 の待ち時間中に手順 5~7 を行うことができます。 $t_{d(E-A)}$ の詳細は、「43. 電氣的特性」を参照してください。

注 2. デジタルフィルタを使用しない場合、手順 5~7 は不要です。

7.3.3 V_{det2} のモニタ

表 7.3 に V_{det2} のモニタの設定手順を示します。設定が完了すると、LVD2SR.MON フラグで電圧監視 2 の比較結果をモニタできます。

表 7.3 V_{det2} のモニタの設定手順

手順	電圧監視 2 割り込み、リセット
電圧検出 2 回路の設定	1 LVCMPPCR.LVD2LVL[2:0] ビットへ書き込む前に、LVCMPPCR.LVD2E = 0 にして、電圧検出 2 回路を無効にする
	2 LVD2CMPPCR.LVD2LVL[2:0] ビットで検出電圧を選択する
	3 LVD2CMPPCR.LVD2E = 1 にして、電圧検出 2 を有効にする
	4 $t_{d(E-A)}$ (LVD2 有効切り替え後の LVD2 動作安定時間) 以上待つ ^(注1)
デジタルフィルタの設定 (注2)	5 LVD2CR0.FSAMP[1:0] ビットでデジタルフィルタのサンプリングクロックを選択する
	6 LVD2CR0.DFDIS = 0 にして、デジタルフィルタを有効にする
	7 LOCO クロックの $2n+3$ サイクル以上待つ (ここで、 $n=2, 4, 8, 16$ であり、デジタルフィルタのサンプリングクロックは LOCO クロックの n 分周である)
出力許可の設定	8 LVD2CR0.CMPE = 1 にして、電圧監視 2 の比較結果出力を許可する

注 1. 手順 4 の待ち時間中に手順 5~7 を行うことができます。 $t_{d(E-A)}$ の詳細は、「43. 電氣的特性」を参照してください。

注 2. デジタルフィルタを使用しない場合、手順 5~7 は不要です。

7.4 電圧監視 0 リセット

電圧監視 0 リセットを使用する場合は、OFS1.LVDAS ビットを 0 (リセット後、電圧監視 0 リセット有効) にしてください。ただし、ブートモード時は、OFS1.LVDAS ビットの値にかかわらず、電圧監視 0 リセットは無効です。

図 7.4 に電圧監視 0 リセットの動作例を示します。

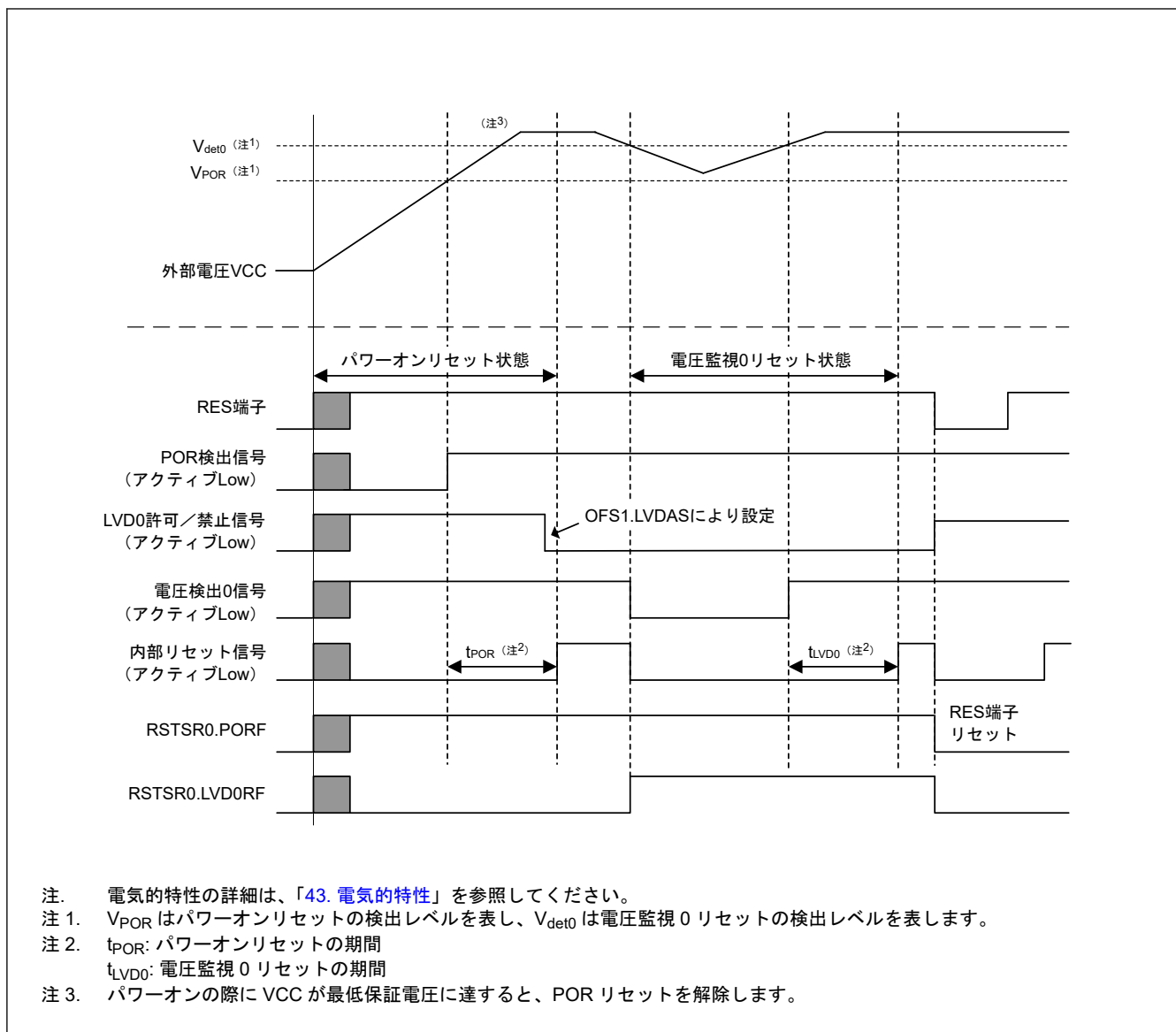


図 7.4 電圧監視 0 リセットの動作例

7.5 電圧監視 1 割り込み、電圧監視 1 リセット

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

表 7.4 に、電圧監視 1 割り込み、電圧監視 1 リセット関連ビットの動作設定手順を示します。表 7.5 に、電圧監視 1 割り込み、電圧監視 1 リセット関連ビットの停止設定手順を示します。図 7.5 に電圧監視 1 割り込みの動作例を示します。電圧監視 1 リセットの動作については、「5. リセット」の図 5.2 を参照してください。

なお、ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードで電圧監視 1 回路を使用する場合は、回路を本項に記述している手順で設定してください。

(1) ソフトウェアスタンバイモード時の設定

- デジタルフィルタを無効 ($LVD1CR0.DFDIS = 1$) にしてください
- $VCC > V_{det1}$ 検出時、LVD1 動作安定時間経過後に電圧監視 1 リセット信号をネグート ($LVD1CR0.RN = 0$) にしてください

(2) ディープソフトウェアスタンバイモード時の設定

- デジタルフィルタを無効 ($LVD1CR0.DFDIS = 1$) にしてください

- 電圧監視 1 割り込みを許可 (LVD1CR0.RI = 0) にしてください。電圧監視 1 リセットが許可 (LVD1CR0.RI = 1) になっている場合、ディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移せず、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移します
- DPSBYCR.DEEPCUT[1:0] ビットが 11b の場合は、電圧監視 1 回路が停止します。ディープソフトウェアスタンバイモードで電圧監視 1 回路を使用するには、DPSBYCR.DEEPCUT[1:0] ビットを 11b 以外にします。

表 7.4 電圧監視 1 割り込み、電圧監視 1 リセット関連ビットの動作設定手順

手順	電圧監視 1 割り込み (電圧監視 1 ELC イベント出力)	電圧監視 1 リセット
電圧検出 1 回路の設定	1	LVD1CMPPCR レジスタへ書き込む前に、LVD1CMPPCR.LVD1E = 0 にして、電圧検出 1 回路を無効にしてください
	2	LVD1CMPPCR.LVD1LVL[4:0] ビットで検出電圧を選択してください
	3	LVD1CMPPCR.LVD1E = 1 にして、電圧検出 1 回路を有効にしてください
	4	$t_{d(E-A)}$ (LVD1 有効切り替え後の LVD1 動作安定時間) 以上待つ(注1)
デジタルフィルタの設定 (注3)	5	LVD1CR0.FSAMP[1:0] ビットでデジタルフィルタのサンプリングクロックを選択してください
	6	LVD1CR0.DFDIS = 0 にして、デジタルフィルタを有効にしてください
	7	LOCO クロックの $2n+3$ サイクル以上待つ (ここで、 $n=2, 4, 8, 16$ であり、デジタルフィルタのサンプリングクロックは LOCO クロックの n 分周です) (注4)
電圧監視 1 割り込み/リセットの設定	8	LVD1CR0.RI = 0 にして、電圧監視 1 割り込みを選択してください
	9	<ul style="list-style-type: none"> ● LVD1CR1.IDTSEL[1:0] ビットで割り込み要求のタイミングを選択してください ● LVD1CR1.IRQSEL ビットで割り込みの種類を選択してください
出力許可の設定	10	LVD1SR.DET = 0 にしてください
	11	LVD1CR0.RIE = 1 にして、電圧監視 1 割り込み/リセットを許可してください(注2)
	12	LVD1CR0.CMPE = 1 にして、電圧監視 1 の比較結果出力を許可してください

注 1. 手順 4 の待ち時間中に手順 5~11 を行うことができます。 $t_{d(E-A)}$ の詳細は、「43. 電気的特性」を参照してください。

注 2. ELC イベント信号のみを出力させる場合、手順 11 は不要です。

注 3. デジタルフィルタを使用しない場合、手順 5~7 は不要です。

注 4. 手順 7 の待ち時間中に手順 8~11 を行うことができます。

表 7.5 電圧監視 1 割り込み、電圧監視 1 リセット関連ビットの停止設定手順

手順	電圧監視 1 割り込み (電圧監視 1 ELC イベント出力)、電圧監視 1 リセット	
出力許可停止の設定	1	LVD1CR0.CMPE = 0 にして、電圧監視 1 の比較結果出力を禁止してください
	2	LOCO クロックの $2n+3$ サイクル以上待つ (ここで、 $n=2, 4, 8, 16$ であり、デジタルフィルタのサンプリングクロックは LOCO クロックの n 分周である) (注2)
	3	LVD1CR0.RIE = 0 にして、電圧監視 1 割り込み/リセットを禁止してください(注1)
デジタルフィルタ停止の設定	4	LVD1CR0.DFDIS = 1 にして、デジタルフィルタを無効にしてください。(注2) (注3)
電圧検出 1 回路停止の設定	5	LVD1CMPPCR.LVD1E = 0 にして、電圧検出 1 回路を無効にしてください

注 1. ELC イベント信号のみを出力させる場合、手順 3 は不要です。

注 2. デジタルフィルタを使用しない場合、手順 2 と 4 は不要です。

注 3. デジタルフィルタを有効状態から無効にした後に再度有効にする場合、無効にしてから再度有効にするまで、LOCO クロックの 2 サイクル以上待つ必要があります。

電圧監視 1 割り込み/リセットを使用した後にいったん停止してから再度設定する場合は、条件によって停止手順と再設定手順を次のように省略することができます。

- 電圧検出 1 回路の設定を変更しない場合、電圧検出 1 回路に対する再設定は不要
- デジタルフィルタの設定を変更しない場合、デジタルフィルタに対する再設定は不要

- 電圧監視 1 割り込み／リセットの設定を変更しない場合、電圧監視 1 割り込み／リセットに対する再設定は不要

図 7.5 に電圧監視 1 割り込みの動作例を示します。

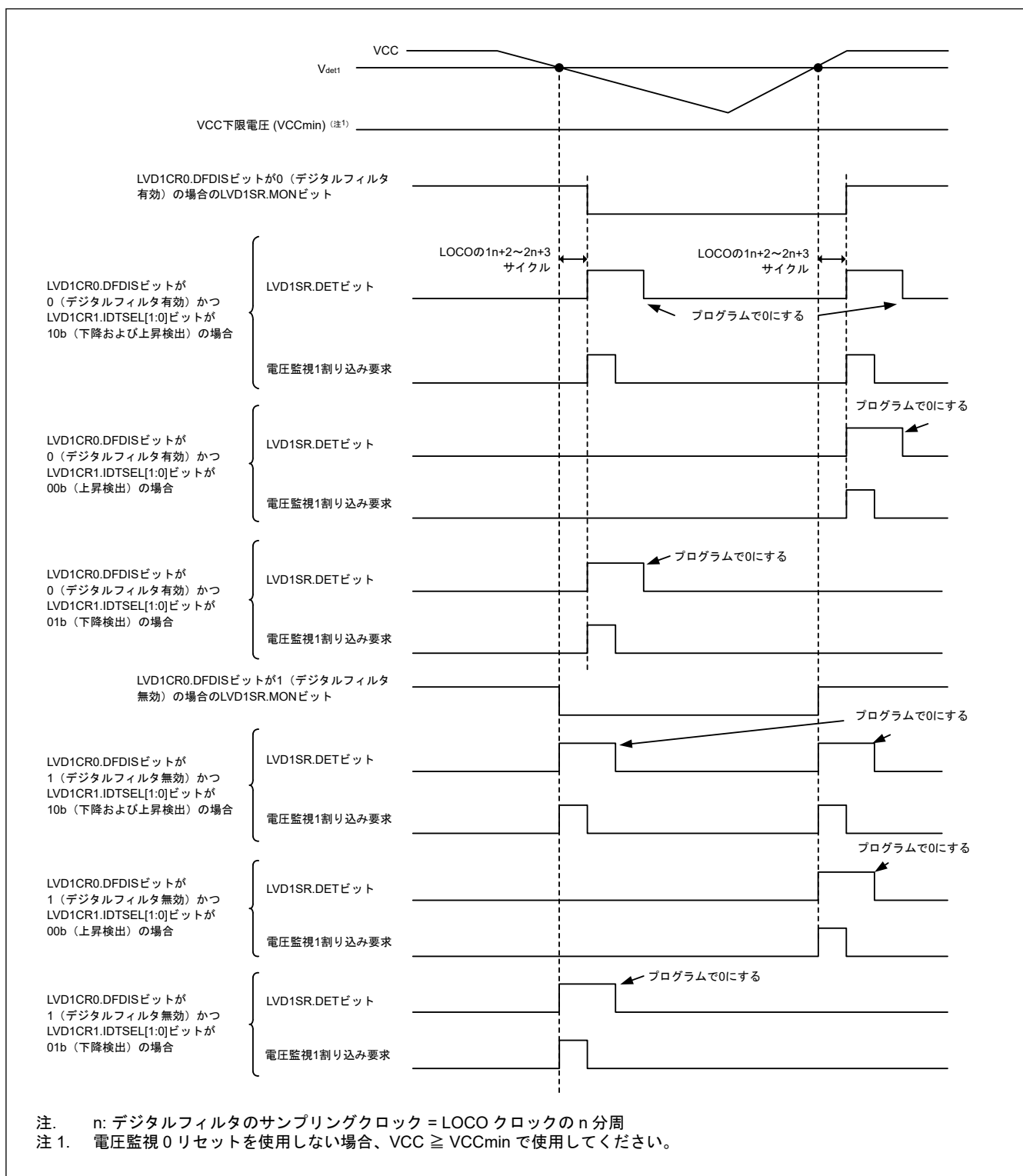


図 7.5 電圧監視 1 割り込みの動作例

7.6 電圧監視 2 割り込み、リセット

電圧監視 2 回路での比較結果により、割り込みやリセットを発生させることができます。

表 7.6 に、電圧監視 2 割り込み、リセット関連ビットの動作設定手順を示します。表 7.7 に、電圧監視 2 割り込み、リセット関連ビットの停止設定手順を示します。図 7.6 に電圧監視 2 割り込みの動作例を示します。電圧監視 2 リセットの動作については、「5. リセット」の図 5.2 を参照してください。

なお、ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモード電圧監視 2 回路を使用する場合は、回路を以下のように設定してください。

(1) ソフトウェアスタンバイモード時の設定

- デジタルフィルタを無効 (LVD2CR0.DFDIS = 1) にしてください
- VCC > V_{det2} 検出時、LVD2 動作安定時間経過後に電圧監視 2 リセット信号をネゲート (LVD2CR0.RN = 0) にしてください

(2) ディープソフトウェアスタンバイモード時の設定

- デジタルフィルタを無効 (LVD2CR0.DFDIS = 1) にしてください
- 電圧監視 2 割り込みを許可 (LVD2CR0.RI = 0) にしてください。電圧監視 2 リセットが許可 (LVD2CR0.RI = 1) になっている場合、ディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移せず、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移します
- DPSBYCR.DEEPCUT[1:0] ビットが 11b の場合は、電圧監視 2 回路が停止します。ディープソフトウェアスタンバイモードで電圧監視 2 回路を使用するには、DPSBYCR.DEEPCUT[1:0] ビットを 11b 以外にします。

表 7.6 電圧監視 2 割り込み、電圧監視 2 リセット関連ビットの動作設定手順

手順	電圧監視 2 割り込み(電圧監視 2ELC イベント出力)	電圧監視 2 リセット
電圧検出 2 回路の設定	1	LVD2CMPPCR レジスタへ書き込む前に、LVD2CMPPCR.LVD2E = 0 にして、電圧検出 2 回路を無効にしてください
	2	LVD2CMPPCR.LVD2LVL[2:0] ビットで検出電圧を選択してください
	3	LVD2CMPPCR.LVD2E = 1 にして、電圧検出 2 回路を有効にしてください
	4	t _{d(E-A)} (LVD2 有効切り替え後の LVD2 動作安定時間) 以上待ってください(注1)
デジタルフィルタの設定 (注3)	5	LVD2CR0.FSAMP[1:0] ビットでデジタルフィルタのサンプリングクロックを選択してください
	6	LVD2CR0.DFDIS = 0 にして、デジタルフィルタを有効にしてください
	7	LOCO クロックの 2n+3 サイクル以上待ってください (ここで、n=2, 4, 8, 16 であり、デジタルフィルタのサンプリングクロックは LOCO クロックの n 分周です) (注4)
電圧監視 2 割り込み/リセットの設定	8	LVD2CR0.RI = 0 にして、電圧監視 2 割り込みを選択してください
	9	<ul style="list-style-type: none"> LVD2CR1.IDTSEL[1:0] ビットで割り込み要求のタイミングを選択してください LVD2CR1.IRQSEL ビットで割り込みの種類を選択してください
出力許可の設定	10	LVD2SR.DET = 0 にしてください
	11	LVD2CR0.RIE = 1 にして、電圧監視 2 割り込み/リセットを許可してください(注2)
	12	LVD2CR0.CMPE = 1 にして、電圧監視 2 回路の比較結果出力を許可してください

注 1. 手順 4 の待ち時間中に手順 5~11 を行うことができます。t_{d(E-A)}の詳細は、「43. 電氣的特性」を参照してください。

注 2. ELC イベント信号のみが出力される場合は、手順 11 は不要です。

注 3. デジタルフィルタを使用しない場合、手順 5~7 は不要です。

注 4. 手順 7 の待ち時間中に手順 8~11 を行うことができます。

表 7.7 電圧監視 2 割り込み、電圧監視 2 リセット関連ビットの停止設定手順

手順	電圧監視 2 割り込み (電圧監視 2ELC イベント出力)、電圧監視 2 リセット
出力許可停止の設定	1 LVD2CR0.CMPE = 0 にして、電圧監視 2 回路の比較結果出力を禁止してください。
	2 LOCO クロックの 2n+3 サイクル以上待ってください (ここで、n = 2, 4, 8, 16 であり、デジタルフィルタのサンプリングクロックは LOCO クロックの n 分周です) (注2)
	3 LVD2CR0.RIE = 0 にして、電圧監視 2 割り込み/リセットを禁止してください。(注1)
デジタルフィルタ停止の設定	4 LVD2CR0.DFDIS = 1 にして、デジタルフィルタを無効にしてください。(注2)(注3)
電圧検出 2 回路停止の設定	5 LVD2CMPCR.LVD2E = 0 にして、電圧検出 2 回路を無効にしてください

注 1. ELC イベント信号のみが出力される場合は、手順 3 は不要です。

注 2. デジタルフィルタを使用しない場合、手順 2 と 4 は不要です。

注 3. デジタルフィルタを有効状態から無効にした後に再度有効にする場合、無効にしてから再度有効にするまで、LOCO クロックの 2 サイクル以上待つ必要があります。

電圧監視 2 割り込み/リセットを使用した後にいったん停止してから再度設定する場合は、条件によって停止手順と再設定手順を次のように省略することができます。

- 電圧検出 2 回路の設定を変更しない場合、その回路に対する再設定は不要
- デジタルフィルタの設定を変更しない場合、デジタルフィルタに対する再設定は不要
- 電圧監視 2 割り込みまたは電圧監視 2 リセットの設定を変更しない場合、電圧監視 2 割り込みまたはリセットに対する再設定は不要

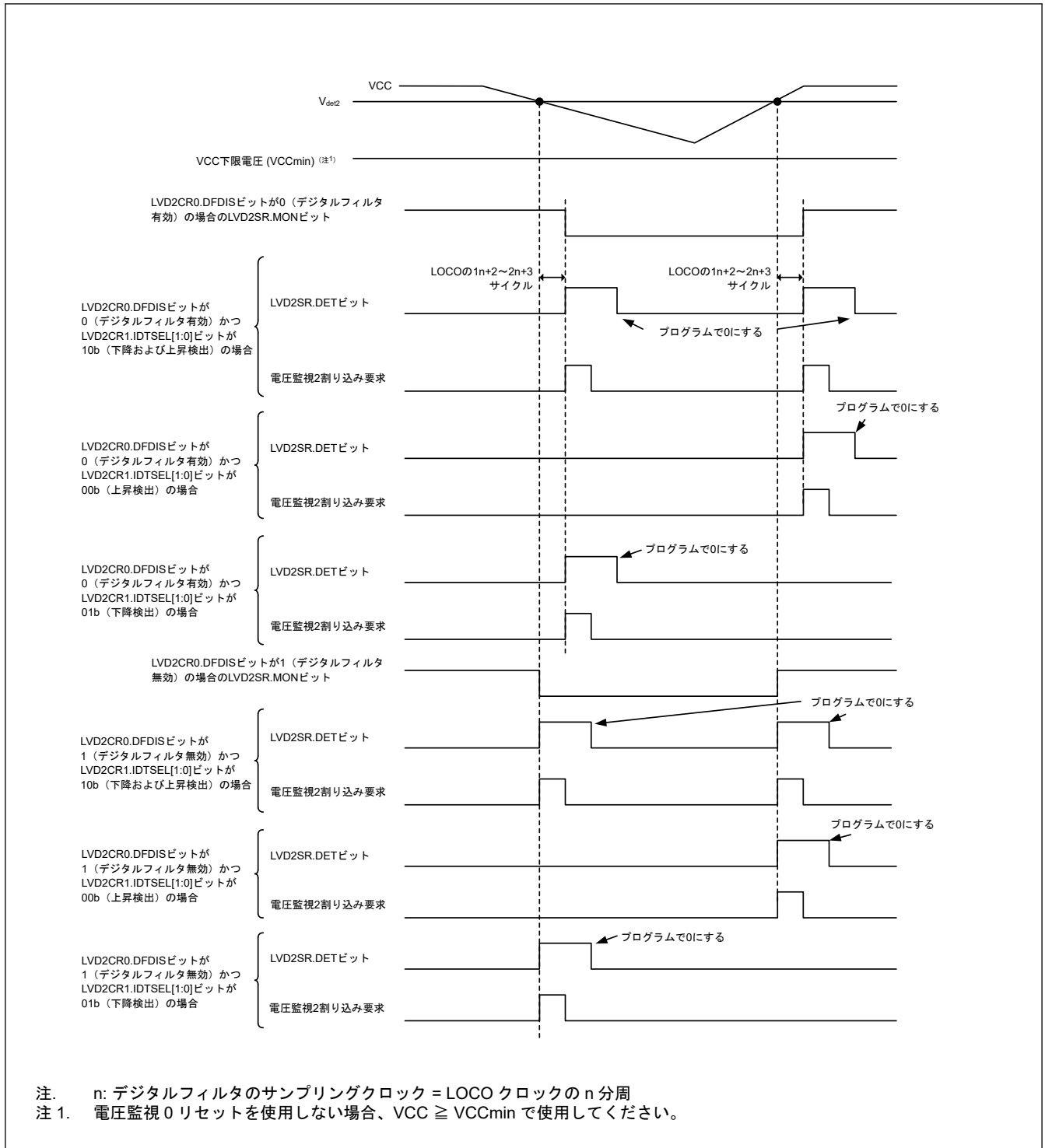


図 7.6 電圧監視 2 割り込みの動作例

7.7 ELC によるリンク動作

LVD は、ELC に対してイベント信号出力が可能です。

(1) V_{det1} 通過検出イベント

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

(2) V_{det2} 通過検出イベント

電圧検出 2 回路有効かつ電圧監視 2 回路比較結果出力許可の状態において、 V_{det2} 通過を検出した場合にイベント信号を出力します。

LVD のイベントリンク出力機能を有効にする場合、LVD を有効にしてから、ELC 側の LVD イベントリンク機能を有効にする必要があります。LVD のイベントリンク出力機能を停止にする場合は、LVD を停止してから、ELC 側の LVD イベントリンク機能を無効にする必要があります。

7.7.1 割り込み処理とイベントリンクの関係

LVD には、電圧監視 1 と電圧監視 2 割り込みに割り込み許可／禁止を制御するビットがあります。割り込み要因が発生すると、割り込み許可ビットが許可の場合は、割り込み信号が CPU へ出力されます。

これに対してイベントリンク信号は、割り込み許可ビットの状態とは無関係に、割り込み要因が発生するとただちに ELC を介して他のモジュールにイベント信号として出力されます。

ソフトウェアスタンバイモード、およびディープソフトウェアスタンバイモードにおいても、電圧監視 1 および電圧監視 2 割り込み信号を出力することができます。ソフトウェアスタンバイモードとディープソフトウェアスタンバイモードでは、ELC 用のイベント信号が以下のように出力されます。

- ソフトウェアスタンバイモード期間中に V_{det1} または V_{det2} 通過イベントを検出した場合、ソフトウェアスタンバイモードではクロックが供給されていないため ELC 用のイベント信号は出力されません。 V_{det1} および V_{det2} 通過検出フラグは保持されているため、ソフトウェアスタンバイモードから復帰してクロック供給が再開されると、 V_{det1} および V_{det2} 検出フラグ状態にしたがって ELC 用のイベント信号が出力されます。
- ディープソフトウェアスタンバイモード期間中に V_{det1} または V_{det2} 通過イベントを検出した場合、ELC 用のイベント信号は出力されません。

8. クロック発生回路

8.1 概要

本 MCU はクロック発生回路を内蔵しています。表 8.1 および表 8.2 に、クロック発生回路の仕様を示します。図 8.1 にブロック図を、表 8.3 に入出力端子を示します。

表 8.1 クロック発生回路の仕様 (クロックソース)

クロックソース	説明	内容
メインクロック発振器 (MOSC)	発振子周波数	8~24 MHz 8, 10, 16, 20, 24 MHz (USB ブートモード)
	外部クロック入力周波数	最高 24 MHz
	外部発振子または付加回路	セラミック発振子、水晶振動子
	接続端子	EXTAL、XTAL
	駆動能力切り替え	あり
	発振停止検出機能	あり
サブクロック発振器 (SOSC)	発振子周波数	32.768 kHz
	外部発振子または付加回路	水晶振動子
	接続端子	XCIN、XCOUT
	駆動能力切り替え	あり
PLL 回路	入力クロックソース	MOSC、HOCO
	入力分周比	1、2、3 分周から選択可能
	入力周波数	8 MHz~24 MHz
	通倍比	10~30 通倍から選択可能 (0.5 ステップ単位)
	出力分周比	なし
	PLL 出力周波数	100 MHz~200 MHz
PLL2 回路	入力クロックソース	MOSC、HOCO
	入力分周比	1、2、3 分周から選択可能
	入力周波数	8~24 MHz
	通倍比	10~30 通倍から選択可能 (0.5 ステップ単位)
	出力分周比	なし
	PLL 出力周波数	120 MHz~240 MHz
	PLL2-LDO ストップ機能	あり
高速オンチップオシレータ (HOCO)	発振周波数	16/18/20 MHz
	FLL 機能	あり
	ユーザートリミング	あり
中速オンチップオシレータ (MOCO)	発振周波数	8 MHz
	ユーザートリミング	あり
低速オンチップオシレータ (LOCO)	発振周波数	32.768 kHz
	ユーザートリミング	あり
IWDT 専用オンチップオシレータ (IWDTLOCO)	発振周波数	15 kHz
	ユーザートリミング	なし
JTAG 用外部クロック入力 (TCK)	入力クロック周波数	最高 25 MHz
SWD 用外部クロック入力 (SWCLK)	入力クロック周波数	最高 25 MHz

表 8.2 クロック発生回路の仕様（内部クロック）

項目	クロックソース	クロック供給	仕様
システムクロック (ICLK)	MOSC/SOSC/HOCO/MOCO/LOCO/PLL	CPU、DTC、DMAC、フラッシュ、RAM	最高 100 MHz 分周比：1/2/4/8/16/32/64
周辺モジュールクロック A (PCLKA)	MOSC/SOSC/HOCO/MOCO/LOCO/PLL	周辺モジュール (QSPI、SCI、SPI、CRC、DOC、ADC12、DAC12、SCE9、GPT バスクロック)	最高 100 MHz 分周比：1/2/4/8/16/32/64
周辺モジュールクロック B (PCLKB)	MOSC/SOSC/HOCO/MOCO/LOCO/PLL	周辺モジュール (CAC、ELC、I/O ポート、POEG、RTC、WDT、IWDT、AGT、IIC、CAN、USBFS、スタンバイ SRAM)	最高 50 MHz 分周比：1/2/4/8/16/32/64
周辺モジュールクロック C (PCLKC)	MOSC/SOSC/HOCO/MOCO/LOCO/PLL	周辺モジュール (ADC12 変換クロック)	最高 50 MHz 分周比：1/2/4/8/16/32/64
周辺モジュールクロック D (PCLKD)	MOSC/SOSC/HOCO/MOCO/LOCO/PLL	周辺モジュール (GPT カウントクロック)	最高 100 MHz 分周比：1/2/4/8/16/32/64
Flash-IF クロック (FCLK)	MOSC/SOSC/HOCO/MOCO/LOCO/PLL	Flash-IF	4 MHz~50 MHz (P/E) 最高 50 MHz (読み出し) 分周比：1/2/4/8/16/32/64
USB クロック (USBCLK)	PLL/PLL2	USBFS	48 MHz 分周比：3/4/5
CAN クロック (CANMCLK)	MOSC	CAN	8 MHz~24 MHz
AGT クロック (AGTSCLK)	SOSC	AGT	32.768 kHz
AGT クロック (AGTLCLK)	LOCO	AGT	32.768 kHz
CAC メインクロック (CACMCLK)	MOSC	CAC	最高 24 MHz
CAC サブクロック (CACSCCLK)	SOSC	CAC	32.768 kHz
CAC LOCO クロック (CACLCLK)	LOCO	CAC	32.768 kHz
CAC MOCO クロック (CACMOCLK)	MOCO	CAC	8 MHz
CAC HOCO クロック (CACHCLK)	HOCO	CAC	16/18/20 MHz
CAC IWDTLOCO クロック (CACILCLK)	IWDTLOCO	CAC	15 kHz
RTC クロック (RTCCLK)	SOSC/LOCO	RTC	32.768 kHz
IWDT クロック (IWDTCLK)	IWDTLOCO	IWDT	15 kHz
SysTick タイマクロック (SYSTICCLK)	LOCO	SysTick タイマ	32.768 kHz
JTAG クロック (JTAGTCK)	TCK	JTAG	最高 25 MHz
シリアルワイヤクロック (SWCLK)	SWCLK	OCD	最高 25 MHz
トレースクロック (TRCLK)	MOSC/SOSC/HOCO/MOCO/LOCO/PLL	CPU-OCD	最大 50 MHz、分周比：1/2/4
TCLK 端子出力 (TCLK)	TRCLK の 2 分周	TCLK 端子	最大 25 MHz
クロックノブザー出力 (CLKOUT)	MOSC/SOSC/LOCO/MOCO/HOCO	CLKOUT 端子	最高 60 MHz 分周比：1/2/4/8/16/32/64/128

注. クロック周波数の設定に関する制限：ICLK \geq PCLKA \geq PCLKB、PCLKD \geq PCLKA \geq PCLKB

ICLK \geq FCLK

クロック周波数比に関する制限：(ここで、N は最大 64 の整数)

ICLK:FCLK = N:1、ICLK:PCLKA = N:1、ICLK:PCLKB = N:1、ICLK:PCLKC = N:1 または 1:N、ICLK:PCLKD = N:1 または 1:N、ICLK:TRCLK = N:1 または 1:N

A/D コンバータが有効な場合のクロック周波数比に関する制限：

PCLKA:PCLKC = 1:1、2:1、4:1、8:1、1:2 または 1:4

注. P/E の場合の最低 FCLK 周波数 4 MHz における制限

- 注. FLL 機能を使用しない場合 HOCO 周波数を考慮し、PLL と PLL2 の通倍は PLL、PLL2 の出力周波数範囲内としてください。
- 注. クロックには、許容周波数範囲があります (表 8.2 を参照してください)。
フラッシュメモリと SRAM にも、各ウェイトサイクルの設定値に許容動作周波数範囲があります。(「38. SRAM」および「40. フラッシュメモリ」を参照してください)。
FLL 機能を使用しない場合、これらのクロック周波数範囲は HOCO 自身に最高または最低周波数があったとしても、必ず満たす必要があります (「43. 電気的特性」を参照してください)。

表 8.3 クロック発生回路の入出力端子

端子名	入出力	説明
XTAL	出力	セラミック発振子、水晶振動子用の接続端子。EXTAL 端子は外部クロックを入力することもできます。詳細は、「8.3.2. 外部クロックを入力する方法」を参照してください。
EXTAL	入力	
XCIN	入力	32.768 kHz 水晶振動子用の接続端子
XCOU	出力	
TCK/SWCLK	入力	JTAG/SWD 用のクロック入力端子
CLKOUT	出力	CLKOUT/BUZZER クロック用の出力端子

8.2 レジスタの説明

8.2.1 CGFSAR : クロック発生機能セキュリティ属性レジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x3C0

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	NONS EC16
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	NONS EC11	—	NONS EC09	NONS EC08	NONS EC07	NONS EC06	NONS EC05	NONS EC04	NONS EC03	NONS EC02	—	NONS EC00
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	NONSEC00(注1)	非セキュア属性ビット 00 対象レジスタ: SCKDIVCR、SCKSCR 対象要素: システムクロックコントロール 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
1	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
2	NONSEC02(注1)	非セキュア属性ビット 02 対象レジスタ: HOCOCCR、FLLCR1、FLLCR2、HOCOUTCR 対象要素: HOCO 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
3	NONSEC03(注1)	非セキュア属性ビット 03 対象レジスタ: MOCOCCR、MOCOUTCR 対象要素: MOCO 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
4	NONSEC04	非セキュア属性ビット 04 対象レジスタ: LOCOCCR、LOCOUTCR 対象要素: LOCO 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
5	NONSEC05	非セキュア属性ビット 05 対象レジスタ: MOSCCR、MOSCWTCR、MOMCR 対象要素: MOSC 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
6	NONSEC06	非セキュア属性ビット 06 対象レジスタ：OSTDCR、OSTDSR 対象要素：発振停止検出コントロール 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
7	NONSEC07	非セキュア属性ビット 07 対象レジスタ：SOSCCR、SOMCR 対象要素：SOSC 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
8	NONSEC08(注1)	非セキュア属性ビット 08 対象レジスタ：PLLCCR、PLLCR 対象要素：PLL 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
9	NONSEC09	非セキュア属性ビット 09 対象レジスタ：PLL2CCR、PLL2CR 対象要素：PLL2 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
10	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
11	NONSEC11	非セキュア属性ビット 11 対象レジスタ：CKOCR 対象要素：CLKOUT 制御 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
15:12	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
16	NONSEC16	非セキュア属性ビット 16 対象レジスタ：USBCKDIVCR、USBCKCR 対象要素：USBCLK 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
17	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
18	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
19	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
20	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
31:21	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

注 1. デバイスライフサイクルが NSECSD (DLMMON.DLMMON[3:0] = 0011b)である場合、これらのビットを非セキュアに設定することを推奨します。詳細は、「42.6.1. セキュリティ属性の設定に関する制限」を参照してください。

CGFSAR レジスタは、クロック発生機能レジスタのセキュリティ属性を制御します。

NONSEC00 ビット (非セキュア属性ビット 00)

本ビットは SCKDIVCR、SCKSCR レジスタのセキュリティ属性を制御します。

NONSEC02 ビット (非セキュア属性ビット 02)

本ビットは HOCOCR、FLLCR1、FLLCR2、HOCOUTCR レジスタのセキュリティ属性を制御します。

NONSEC03 ビット (非セキュア属性ビット 03)

本ビットは MOCOCR、MOCOUTCR レジスタのセキュリティ属性を制御します。

NONSEC04 ビット (非セキュア属性ビット 04)

本ビットは LOCCR、LOCOUTCR レジスタのセキュリティ属性を制御します。

NONSEC05 ビット (非セキュア属性ビット 05)

本ビットは MOSCCR、MOSCWTCR、MOMCR レジスタのセキュリティ属性を制御します。

NONSEC06 ビット (非セキュア属性ビット 06)

本ビットは OSTDCR、OSTDSR レジスタのセキュリティ属性を制御します。

NONSEC07 ビット (非セキュア属性ビット 07)

本ビットは SOSCCR、SOMCR レジスタのセキュリティ属性を制御します。

NONSEC08 ビット (非セキュア属性ビット 08)

本ビットは PLLCCR、PLLCR レジスタのセキュリティ属性を制御します。

NONSEC09 ビット (非セキュア属性ビット 09)

本ビットは PLL2CCR、PLL2CR レジスタのセキュリティ属性を制御します。

NONSEC11 ビット (非セキュア属性ビット 11)

本ビットは CKOCR レジスタのセキュリティ属性を制御します。

NONSEC16 ビット (非セキュア属性ビット 16)

本ビットは USBCKDIVCR、USBCKCR の各レジスタのセキュリティ属性を制御します。

8.2.2 SCKDIVCR : システムクロック分周コントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x020

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	FCK[2:0]			—	ICK[2:0]			—	—	—	—	—	RSV		
Value after reset:	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	PCKA[2:0]			—	PCKB[2:0]			—	PCKC[2:0]			—	PCKD[2:0]		
Value after reset:	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	PCKD[2:0] ^(注3)	周辺モジュールクロック D (PCLKD) 選択 0 0 0: × 1/1 0 0 1: × 1/2 0 1 0: × 1/4 0 1 1: × 1/8 1 0 0: × 1/16 1 0 1: × 1/32 1 1 0: × 1/64 その他: 設定禁止	R/W
3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6:4	PCKC[2:0] ^(注3)	周辺モジュールクロック C (PCLKC) 選択 0 0 0: × 1/1 0 0 1: × 1/2 0 1 0: × 1/4 0 1 1: × 1/8 1 0 0: × 1/16 1 0 1: × 1/32 1 1 0: × 1/64 その他: 設定禁止	R/W
7	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
10:8	PCKB[2:0] ^(注2)	周辺モジュールクロック B (PCLKB) 選択 000: × 1/1 001: × 1/2 010: × 1/4 011: × 1/8 100: × 1/16 101: × 1/32 110: × 1/64 その他: 設定禁止	R/W
11	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
14:12	PCKA[2:0] ^(注2)	周辺モジュールクロック A (PCKA) 選択 000: × 1/1 001: × 1/2 010: × 1/4 011: × 1/8 100: × 1/16 101: × 1/32 110: × 1/64 その他: 設定禁止	R/W
15	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
18:16	RSV	予約これらのビットは PCKB[2:0] と同じ値に設定してください。 000: × 1/1 001: × 1/2 010: × 1/4 011: × 1/8 100: × 1/16 101: × 1/32 110: × 1/64 その他: 設定禁止	R/W
23:19	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
26:24	ICK[2:0] ^{(注1)(注2)(注3)(注4)(注5)}	システムクロック (ICLK) 選択 000: × 1/1 001: × 1/2 010: × 1/4 011: × 1/8 100: × 1/16 101: × 1/32 110: × 1/64 その他: 設定禁止	R/W
27	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
30:28	FCK[2:0] ^(注1)	FlashIF クロック (FCLK) 選択 000: × 1/1 001: × 1/2 010: × 1/4 011: × 1/8 100: × 1/16 101: × 1/32 110: × 1/64 その他: 設定禁止	R/W
31	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注. PRCR.PRC0 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

注 1. システムクロック (ICLK) と FlashIF クロック (FCLK) との間には以下の周波数関係が必要です。
ICLK:FCLK = N:1 (N: 整数)

注 2. システムクロック (ICLK) と周辺モジュールクロック (PCKA, PCLKB) との間には次の周波数関係が必要です。
ICLK:PCKA = N:1, ICLK:PCLKB = N:1 (N: 整数)

注 3. システムクロック (ICLK) と周辺モジュールクロック (PCLKC, PCLKD) との間には次の周波数関係が必要です。

ICLK:PCLKC または ICLK:PCLKD = N:1 または 1:N (N : 整数)

注 4. SCKSCR.CKSEL[2:0]ビットで 100 MHz より速いシステムクロックを選択し、ICLK を 1 分周に設定するのは禁止です。

注 5. システムクロック (ICLK) の周波数は、フラッシュウェイトサイクルレジスタ (FLWT) によって制限されます。「40. フラッシュメモリ」を参照してください。

SCKDIVCR レジスタは、システムクロック (ICLK)、周辺モジュールクロック (PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD)、FlashIF クロック (FCLK) の周波数を選択するレジスタです。

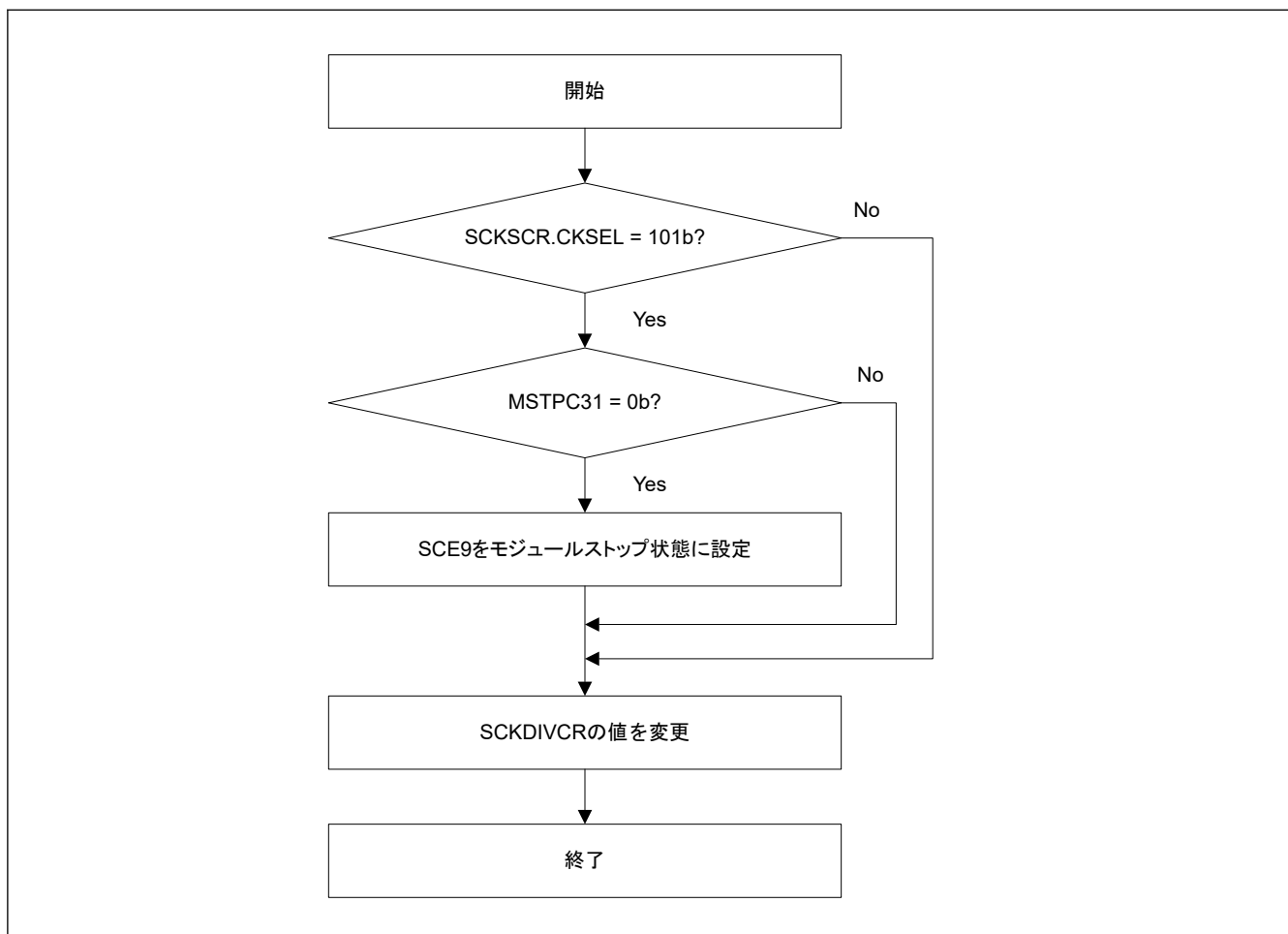


図 8.2 SCKDIVCR の値の変更フロー例

8.2.3 SCKSCR : システムクロックソースコントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x026

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	—	—	—	—	—	CKSEL[2:0]	
------------	---	---	---	---	---	------------	--

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 1

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	CKSEL[2:0]	クロックソース選択ビット 0 0 0: HOCO 0 0 1: MOCO 0 1 0: LOCO 0 1 1: メインクロック発振器 (MOSC) 1 0 0: サブクロック発振器 (SOSC) 1 0 1: PLL 1 1 0: 設定禁止 1 1 1: 設定禁止	R/W
7:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. 本レジスタに書く場合は、PRCR.PRC0 ビットに 1 を設定してから書き込んでください。

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

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

CKSEL[2:0]ビット (クロックソース選択ビット)

CKSEL[2:0]ビットは、下記のモジュールに対してソースを選択します。

- システムクロック (ICLK)
- 周辺モジュールクロック (PCLKA, PCLKB, PCLKC, PCLKD)
- FlashIF クロック (FCLK)

本ビットは下記のソースから 1 つを選択します。

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

各クロックソースの動作状態は、クロック発振器の有効設定だけでなく、製品動作モードによっても制御されます。使用する製品動作モードによっては、強制停止となるクロックソースがあります。

各製品の動作モードにおけるクロックソースの動作状態を確認し、停止するクロックソースを SCKSCR で選択しないようにしてください。なお、クロックソースの切り替えは、WDT/IWDT からの割り込みが発生していないタイミングで実施してください。

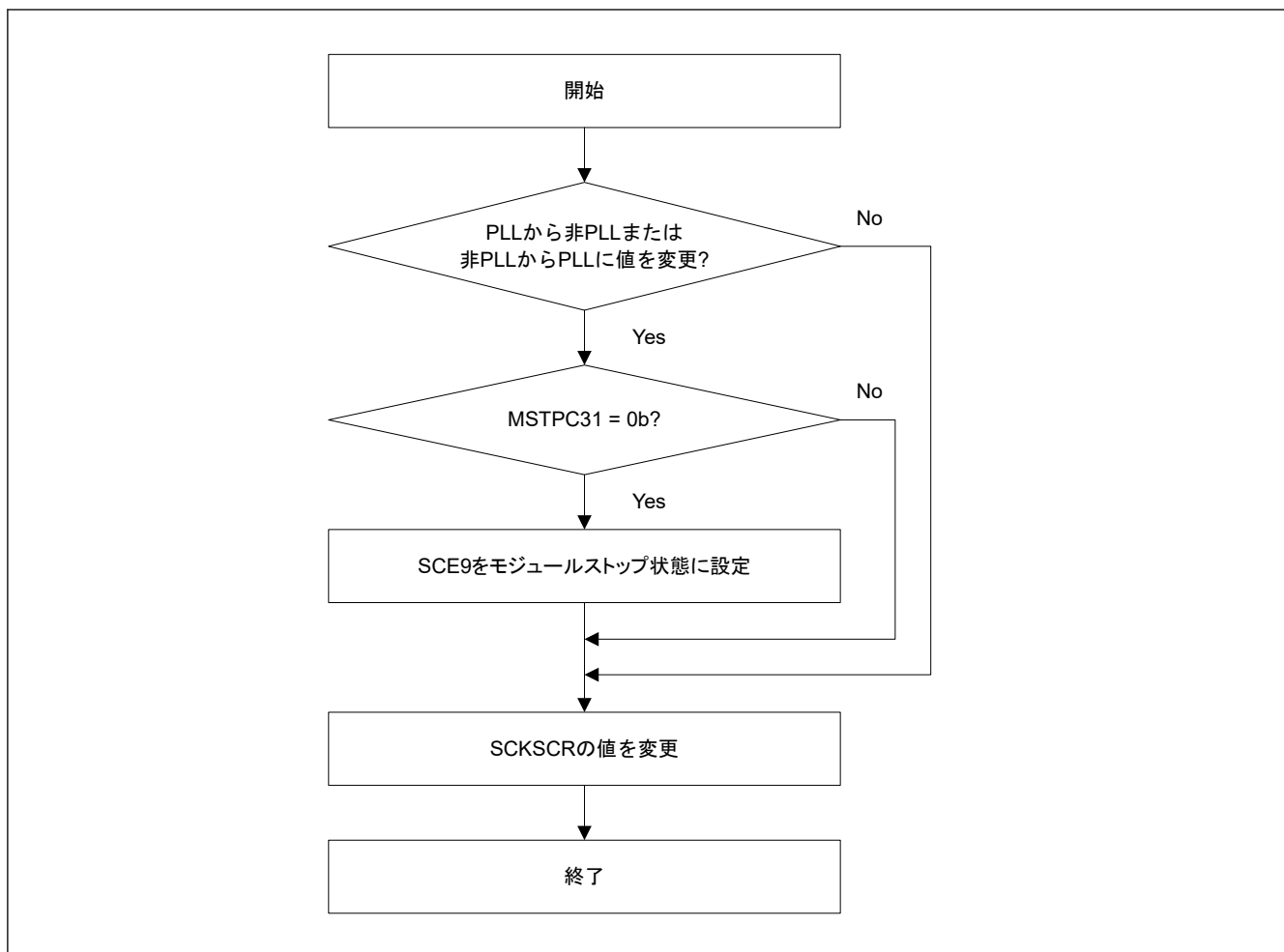


図 8.3 SCKSCR の値を変更するためのフローの例

8.2.4 PLLCCR : PLL クロックコントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x028

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	PLLMUL[5:0]					—	—	—	PLSR CSEL	—	—	PLIDIV[1:0]		
Value after reset:	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	PLIDIV[1:0] ^(注1)	PLL 入力分周比選択 0 0: 1分周 0 1: 2分周 1 0: 3分周 その他: 設定禁止	R/W
3:2	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
4	PLSRCSEL	PLL クロックソース選択 0: メインクロック発振器 1: HOCO ^(注3)	R/W
7:5	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
13:8	PLLMUL[5:0] ^(注2)	PLL 周波数通倍率選択 0x13: 10.0 倍 (リセット後の値) 0x14: 10.5 倍 0x15: 11.0 倍 ⋮ 0x1C: 14.5 倍 0x1D: 15.0 倍 0x1E: 15.5 倍 ⋮ 0x3A: 29.5 倍 0x3B: 30.0 倍 その他: 設定禁止	R/W
15:14	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC0 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。
- 注 1. PLIDIV[1:0] ビットは、PLL の入力周波数が「8.1. 概要」の範囲に入るように設定してください。
- 注 2. PLLMUL[5:0] ビットは、PLL の出力周波数が「8.1. 概要」の範囲に入るように設定してください。
- 注 3. USBCLK を使用する場合は、FLL 機能を有効にしてください。

PLLCCR レジスタは、PLL 回路の動作を設定するレジスタです。

PLLCCR.PLLSTP ビットが 0 (PLL 動作) のとき、PLLCCR レジスタへの書き込みは禁止です。

PLIDIV[1:0] ビット (PLL 入力分周比選択)

PLL のクロックソースの分周比を選択します。

PLSRCSEL ビット (PLL クロックソース選択)

PLL のクロックソースを選択します。

PLLMUL[5:0] ビット (PLL 周波数通倍率選択)

PLL 回路の周波数通倍率を選択します。

8.2.5 PLLCR : PLL コントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x02A

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	PLLSTP

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PLLSTP	PLL 停止制御 0: PLL 動作 1: PLL 停止	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC0 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

PLLCCR レジスタは、PLL 回路の動作を設定するレジスタです。

PLLSTP ビット (PLL 停止制御)

本ビットは PLL 回路を動作または停止させます。

PLLCCR.PLSRCSEL ビットで、メインクロック発振器をクロックソースとして選択する場合、メインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ (MOSCWTCR) の設定が必要です。

PLL を動作させるように PLLSTP ビットの設定を変更した場合は、OSCSF.PLLSF ビットが 1 になっていることを確認してから、PLL クロックを使用してください。PLL は、動作開始後発振が安定するまでに一定の時間を要します。また、PLL 動作が停止した後も、発振が停止するまでに一定の時間を要します。さらに、PLLSTP ビットで PLL 動作を開始および停止させる場合、以下の制限があります。

- PLL の停止後、PLL 動作を再開させる前に OSCSF.PLLSF ビットが 0 であることを確認すること
- PLL を停止させる前に、PLL が動作していること、および OSCSF.PLLSF ビットが 1 であることを確認すること
- PLL クロックをシステムクロックとして選択しているかどうかに関わらず、PLL を動作させた後、ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、OSCSF.PLLSF ビットが 1 になっていることを確認した上で WFI 命令を実行すること
- PLL を停止させた後、ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、OSCSF.PLLSF ビットが 0 になっていることを確認した上で WFI 命令を実行すること

SCKSCR.CKSEL[2:0]ビットが 101 (システムクロックソース = PLL) のとき、PLLSTP ビットへ 1 を書き込むことは禁止です。

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

- PLL ソースクロック = MOSC の場合 : MOSCCR.MOSTP = 0 (MOSC 動作)
- PLL ソースクロック = HOCO の場合 : HOCO.CHCSTP = 0 (HOCO 動作)

8.2.6 PLL2CCR : PLL2 クロックコントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x048

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	PLL2MUL[5:0]					—	—	—	PL2SRCSEL	—	—	PL2IDIV[1:0]		
Value after reset:	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	PL2IDIV[1:0] ^(注1)	PLL2 入力分周比選択 0 0: 1 分周 (リセット後の値) 0 1: 2 分周 1 0: 3 分周 その他: 設定禁止	R/W
3:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	PL2SRCSEL	PLL2 クロックソース選択 0: メインクロック発振器 1: HOCO ^(注3)	R/W
7:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
13:8	PLL2MUL[5:0] ^(注2)	PLL2 周波数逡倍率選択 0x13: 10.0 倍 (リセット後の値) 0x14: 10.5 倍 0x15: 11.0 倍 ⋮ 0x1C: 14.5 倍 0x1D: 15.0 倍 0x1E: 15.5 倍 ⋮ 0x3A: 29.5 倍 0x3B: 30.0 倍 その他: 設定禁止	R/W
15:14	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC0 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。
- 注 1. PL2IDIV[1:0] ビットは、PLL2 の入力周波数が「8.1. 概要」の範囲に入るように設定してください。
- 注 2. PLL2MUL[5:0] ビットは、PLL2 の出力周波数が「8.1. 概要」の範囲に入るように設定してください。
- 注 3. USBCLK 使用時、必ず FLL 機能を有効にしてください。

PLL2CCR レジスタは、PLL2 回路の動作を設定するレジスタです。

PLL2CR.PLL2STP ビットが 0 (PLL2 動作) のとき、PLL2CCR レジスタへの書き込みは禁止です。

PLL2IDIV[1:0] ビット (PLL2 入力分周比選択)

PLL2 のクロックソースの分周比を選択します。

PLL2SRCSEL ビット (PLL2 クロックソース選択)

PLL2 のクロックソースを選択します。

PLL2MUL[5:0] ビット (PLL2 周波数逡倍率選択)

PLL2 回路の周波数逡倍率を選択します。

8.2.7 PLL2CR : PLL2 コントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x04A

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	PLL2S TP

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PLL2STP	PLL2 停止制御: 0: PLL2 動作 1: PLL2 停止	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC0 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

PLL2CR レジスタは、PLL2 回路の動作を制御するレジスタです。

PLL2STP ビット (PLL2 停止制御)

本ビットは PLL2 回路を動作または停止させます。

PLL2CCR.PL2SRCSEL ビットで、メインクロック発振器を PLL2 のクロックソースとして選択する場合、メインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ (MOSCWTCR) の設定が必要です。

PLL2 を動作させるように PLL2STP ビットの設定を変更した場合は、OSCSF.PLL2SF ビットが 1 になっていることを確認してから、PLL2 クロックを使用してください。PLL2 は、動作開始後発振が安定するまでに一定の時間を要します。また、PLL2 動作が停止した後も、発振が停止するまでに一定の時間を要します。さらに、PLL2STP ビットで PLL2 動作を開始および停止させる場合、以下の制限があります。

- PLL2 の停止後、動作を再開させる前に OSCSF.PLL2SF ビットが 0 であることを確認すること
- PLL2 を停止させる前に、PLL2 が動作していること、および OSCSF.PLL2SF ビットが 1 であることを確認すること
- PLL2 を動作させた後、ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、OSCSF.PLL2SF ビットが 1 になっていることを確認した上で WFI 命令を実行すること
- PLL2 を停止させた後、ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、OSCSF.PLL2SF ビットが 0 になっていることを確認した上で WFI 命令を実行すること

PLL2STP に 0 を書き込む前に、以下の条件が満たされていることを確認してください。

- PLL2 ソースクロック = MOSC の場合：MOSCCR.MOSTP = 0 (MOSC 動作)
- PLL2 ソースクロック = HOCO の場合：HOCOCR.HCSTP = 0 (HOCO 動作)

8.2.8 MOSCCR : メインクロック発振器コントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x032

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	MOSTP
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	MOSTP	メインクロック発振器停止 0: メインクロック発振器動作(注1) 1: メインクロック発振器停止	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. 本レジスタに書く場合は、PRCR.PRC0 ビットに 1 を設定してから書き込んでください。

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

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

MOSCCR レジスタは、メインクロック発振器を制御するレジスタです。

MOSTP ビット (メインクロック発振器停止)

MOSTP ビットは、メインクロック発振器を動作または停止させます。

MOSTP ビット値を変更した場合、必ずそのビット値を読み出して、値が更新されていることを確認してから、次の命令を実行してください。

メインクロックを使用する場合は、MOSTP ビットを 0 にする前に、メインクロック発振器モード発振コントロールレジスタ (MOMCR) およびメインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ (MOSCWTCR) を設定する必要があります。MOSTP ビットを 0 にした後、OSCSF.MOSCSF ビットが 1 になっていることを確認してから、メインクロック発振器を使用してください。

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

動作の開始および停止に関しては、以下の制限があります。

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

以下の条件下で MOSTP に 1 を書き込むことは禁止されています。

- SCKSCR.CKSEL[2:0] = 011b (システムクロックソース = MOSC)
- PLLCCR.PLSRCSEL = 0 (PLL ソースクロック = MOSC) および SCKSCR.CKSEL[2:0] = 101b (システムクロックソース = PLL)
- PLLCCR.PLSRCSEL = 0 (PLL ソースクロック = MOSC) および PLLCR.PLLSTP = 0 (PLL 動作)
- PLL2CCR.PL2SRCSEL = 0 (PLL2 ソースクロック = MOSC) および PLL2CR.PLL2STP = 0 (PLL2 動作)

8.2.9 SOSCCR : サブクロック発振器コントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x480

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	SOSTP
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SOSTP	サブクロック発振器停止 0: サブクロック発振器動作(注1) 1: サブクロック発振器停止	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. 本レジスタに書く場合は、PRCR.PRC0 ビットに 1 を設定してから書き込んでください。

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

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

SOSCCR レジスタは、サブクロック発振器を制御するレジスタです。

SOSTP ビット (サブクロック発振器停止)

SOSTP ビットは、サブクロック発振器を動作または停止させます。SOSTP ビットの値を変更した場合、必ずビット値を読み出して、値が更新されたことを確認してから、次の命令を実行してください。RTC などの周辺モジュールに対するソースとしてサブクロック発振器を使用する場合、SOSTP ビットを使用します。サブクロック発振器を使用する場合は、SOSTP ビットを 0 にする前に、サブクロック発振器モードコントロールレジスタ (SOMCR) を設定してください。

動作の開始および停止に関しては、以下の制限があります。

- サブクロック発振器の停止後、動作を再開させるまでに SOSC クロックで 5 サイクルに相当する待ち時間が必要
- SOSTP ビットを 0 にした後、サブクロック発振安定時間 ($t_{SUBOSCWT}$) が経過していること
- サブクロック発振器をシステムクロックとして選択しているかどうかにかかわらず、ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードに遷移する場合は、サブクロックの発振が安定していることを確認した上で WFI 命令を実行すること。
- サブクロック発振器を停止させた後、ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、SOSC クロックで 3 サイクル以上待ってから WFI 命令を実行すること

以下の条件下で SOSTP に 1 を書き込むことは禁止されています。

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

8.2.10 LOCOCR : 低速オンチップオシレータコントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x490

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	LCSTP
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	LCSTP	LOCO 停止 0: LOCO 動作 1: LOCO 停止	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. 本レジスタに書く場合は、PRCR.PRC0 ビットに 1 を設定してから書き込んでください。

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

LOCOCR レジスタは、LOCO を制御するレジスタです。

LCSTP ビット (LOCO 停止)

LCSTP ビットは、LOCO を動作または停止させます。

LCSTP ビットを 0 にして LOCO を動作させた後、LOCO クロック発振安定待機時間 (t_{LOCOWT}) が経過してから、LOCO クロックを使用してください。LOCO を動作するように設定してから、発振が安定するまでに一定の時間を要します。また、発振が停止するまでもに一定の待機時間を要します。

動作の開始および停止に関しては、以下の制限があります。

- LOCO の停止後、動作を再開させるまでに LOCO クロックで 5 サイクル以上の待ち時間が必要
- LOCO を停止させる前に、LOCO クロックの発振が安定していることを確認すること
- LOCO クロックをシステムクロックとして選択しているかどうかにかかわらず、ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、LOCO クロックの発振が安定している状態で WFI 命令を実行すること
- LOCO を停止させた後、ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、LOCO クロックで 3 サイクル以上待ってから WFI 命令を実行すること

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

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

LOCO クロックは他の発振器の発振安定待ち時間を計測しているため、LOCOCR.LCSTP ビットの設定値にかかわらず、発振安定待ち時間の計測中は LOCO クロックが発振しています。そのため、LCSTP ビットが停止に設定されていても、意図せず LOCO クロックが供給される場合があります。

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

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x036

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	HCSTP P
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0/1 (注1)

ビット	シンボル	機能	R/W
0	HCSTP	HOCO 停止 0: HOCO 動作 (注2) 1: HOCO 停止	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. 本レジスタに書く場合は、PRCR.PRC0 ビットに 1 を設定してから書き込んでください。

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注 1. OFS1.HOCOEN ビットが 0 のとき、HCSTP ビットのリセット後の値は 0 になります。OFS1.HOCOEN ビットが 1 のとき、このビットのリセット後の値は 1 になります。

注 2. HOCO (HCSTP = 0) を動作させる前に、OFS1.HOCOFRQ0[1:0] ビットを最適な値に設定してください。

HOCOOCR レジスタは、HOCO を制御するレジスタです。

HCSTP ビット (HOCO 停止)

HCSTP ビットは、HOCO を動作または停止させます。

HCSTP ビットを 0 にして HOCO を動作させた後、OSCSF.HOCOSF ビットが 1 になっていることを確認してから、HOCO クロックを使用してください。OFS1.HOCOEN ビットが 0 になっている場合、OSCSF.HOCOSF フラグも 1 になっていることを確認してから、HOCO クロックを使用してください。HOCO が動作するように設定してから、発振が安定するまでに一定の時間を要します。また、HOCO を停止するように設定した後も、発振が停止するまでに一定の時間を要します。

動作の開始および停止に関しては、以下の制限があります。

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

以下の条件で HCSTP ビットに 1 を書き込むことは禁止されています。

- SCKSCR.CKSEL[2:0] = 000b (システムクロックソース = HOCO)
- PLLCCR.PLSRCSEL = 1 (PLL ソースクロック = HOCO) および SCKSCR.CKSEL[2:0] = 101b (システムクロックソース = PLL)
- PLLCCR.PLSRCSEL = 1 (PLL ソースクロック = HOCO) および PLLCR.PLLSTP = 0 (PLL 動作)

- PLL2CCR.PLL2SRCSEL = 1 (PLL2 ソースクロック = HOCO) および PLL2CR.PLL2STP = 0 (PLL2 動作)

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

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x038

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	MCSTP P
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	MCSTP	MOCO 停止 0: MOCO 動作 1: MOCO 停止	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注: 本レジスタに書く場合は、PRCR.PRC0 ビットに 1 を設定してから書き込んでください。

- 注: セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

MOCOOCR レジスタは、MOCO を制御するレジスタです。

MCSTP ビット (MOCO 停止)

MCSTP は、MOCO を動作または停止させます。

MCSTP ビットを 0 にした後、MOCO クロック発振安定待機時間 (t_{MOCOWT}) が経過してから、MOCO クロックを使用してください。MOCO を動作するように設定してから、発振が安定するまでに一定の時間を要します。また、発振が停止するまでも一定の待機時間を要します。

発振器の開始および停止に関しては、以下の制限があります。

- MOCO の停止後、動作を再開させるまでに MOCO クロックで 5 サイクル以上の待ち時間が必要
- MOCO を停止させる前に、MOCO クロックの発振が安定していることを確認すること
- MOCO クロックをシステムクロックとして選択しているかどうかにかかわらず、ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、MOCO クロックの発振が安定している状態で WFI 命令を実行すること
- MOCO を停止させた後、ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、MOCO クロックで 3 サイクル以上待つから WFI 命令を実行すること

以下の条件下で MCSTP に 1 を書き込むことは禁止されています。

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

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

8.2.13 FLLCR1 : FLL コントロールレジスタ 1

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x039

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	FLLCN
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	FLLEN	FLL 機能有効 0: FLL 機能は無効 1: FLL 機能は有効	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. HOCO を停止 (HOCO.CR.HCSTP = 1) にしてから、FLLCR1.FLLEN ビットを変更する必要があります。
- 注. FLL が有効 (FLLCR1.FLLEN = 1) であるとき、SOSC は安定して動作中でなければいけません。
- 注. 本レジスタに書く場合は、PRCR.PRC0 ビットに 1 を設定してから書き込んでください。

FLLCR1 レジスタは、HOCO の周波数補正機能を制御するレジスタです。

FLLEN ビット (FLL 機能有効)

HOCO の FLL 機能を有効または無効にします。FLL 機能を有効にすると、HOCO の周波数精度があがります。SOSC のクロックをリファレンスとするため、FLL 機能を有効にする場合は SOSC が発振安定している必要があります。FLL 機能が有効な場合、OSCSF.HOCOSF ビットが 1 になっていても FLL 機能が安定してからでなければ周波数精度は保証されません。FLL 機能が安定していることは、HOCO の安定後にクロック周波数精度測定回路 (CAC) で周波数を測定することにより確認できます。

また、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に FLL 機能を無効にする必要があります。本ビットを 0 にしてからソフトウェアスタンバイモードへ遷移してください。

表 8.4 に、各状況に応じた FLL の設定フロー例を示します。

表 8.4 FLL 設定フロー

手順	説明
リセット解除後／ディープソフトウェアスタンバイモード解除後	1 開始 (リセット解除後／ディープソフトウェアスタンバイモード解除後)
	2 FLL を設定 (FLLCR2.FLLCNTL)
	3 FLL を有効にする (FLLCR1.FLLEN = 1) 注. SOSC は安定して動作中でなければなりません。
	4 HOCO を有効にする (HOCO.CR.HCSTP = 0)
	5 FLL が安定するのを待つ (t_{FLLWT})
	6 HOCO が安定したことを確認する (OSCSF.HOCOSF = 1)
	7 終了 (HOCO 使用可能)
ソフトウェアスタンバイモード遷移／解除	1 開始 (FLL を使用)
	2 HOCO を停止 (HOCO.CR.HCSTP = 1) 注. HOCO をシステムクロックまたは PLL 基準クロックとして使用している場合、HOCO を停止させる前に、これらのクロックソースを他のクロックに変更する必要があります。
	3 FLL を無効にする (FLLCR1.FLLEN = 0)
	4 WFI 命令
	5 ソフトウェアスタンバイモード
	6 ソフトウェアスタンバイモード解除
	7 FLL を有効にする (FLLCR1.FLLEN = 1)
	8 HOCO を有効にする (HOCO.CR.HCSTP = 0)
	9 FLL が安定するのを待つ (t_{FLLWT})
	10 HOCO が安定したことを確認する (OSCSF.HOCOSF = 1)
	11 終了 (HOCO 使用可能)

8.2.14 FLLCR2 : FLL コントロールレジスタ 2

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x03A

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	FLLCNTL[10:0]										
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
10:0	FLLCNTL[10:0]	FLL 通倍制御 OFS1.HOCOFREQ[1:0]ビットが 00b (16 MHz) の場合、これらのビットは 0x1E9 にする必要があります。 OFS1.HOCOFREQ[1:0]ビットが 01b (18 MHz) の場合、これらのビットは 0x226 にする必要があります。 OFS1.HOCOFREQ[1:0]ビットが 10b (20 MHz) の場合、これらのビットは 0x263 にする必要があります。 上記以外は設定しないでください。	R/W
15:11	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注: セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注: PRCR.PRC0 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

FLLCR2 レジスタは、HOCO の FLL 機能を制御するレジスタです。

FLLCNTL[10:0]ビット (FLL 通倍制御)

FLL 基準クロックの通倍比を選択します。

FLL を有効 (FLLCR1.FLLEN = 1) にする前に、これらのビットを設定する必要があります。

8.2.15 OSCSF : 発振安定フラグレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x03C

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	PLL2S F	PLLSF	—	MOSC SF	—	—	HOCO SF
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0/1 (注1)

ビット	シンボル	機能	R/W
0	HOCOSF	HOCO クロック発振安定フラグ 0: HOCO クロックは停止、または発振安定待ち中 1: HOCO クロックは安定、システムクロックとして使用可能	R
2:1	—	読むと 0 が読めます。	R
3	MOSCSF	メインクロック発振安定フラグ 0: メインクロック発振器は停止 (MOSTP = 1) または発振安定待ち中(注2) 1: メインクロック発振器は安定、システムクロックとして使用可能	R
4	—	読むと 0 が読めます。	R
5	PLLSF	PLL クロック発振安定フラグ 0: PLL クロックは停止、または発振安定待ち中 1: PLL クロックは安定、システムクロックとして使用可能	R

ビット	シンボル	機能	R/W
6	PLL2SF	PLL2 クロック発振安定フラグ 0: PLL2 クロックは停止、または発振安定待ち中 1: PLL2 クロックは安定	R
7	—	読むと 0 が読めます。	R

注 1. リセット後の値は、OFS1.HOCOEN の設定値で決まります。

OFS1.HOCOEN = 1 (HOCO 停止) の場合、HOCOSF のリセット後の値は 0 です。

OFS1.HOCOEN = 0 (HOCO 動作) の場合、リセット解除直後は HOCOSF は 0 ですが、HOCO 発振安定待機時間経過後に HOCOSF は 1 になります。

注 2. メインクロック発振器のウェイトコントロールレジスタに適切な値が設定されている場合に当てはまります。値 (待機時間) が不十分な場合、発振が安定する前に発振安定フラグが 1 になり、内部回路へのクロック信号の供給が開始します。

このレジスタは、CGFSAR レジスタにより制御されません。

OSCSF レジスタは、各発振器の発振安定待ち回路内にあるカウンタの動作状態を示すフラグからなるレジスタです。これらのカウンタは、発振開始後、各発振器の出力クロックが内部回路に供給されるまでの待機時間を計測します。カウンタのオーバーフローは、クロック供給が安定しており、対応する回路で利用可能なことを示します。

HOCOSF フラグ (HOCO クロック発振安定フラグ)

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

OFS1.HOCOEN が 0 のとき、HOCO クロックを使用する前に OSCSF.HOCOSF フラグが 1 であることを確認してください。

[1 になる条件]

- HOCO 停止時、HOCO.CR.HCSTP ビットが 0 になった後、LOCO クロックで HOCO 発振安定時間をカウントし、MCU 内部へ HOCO クロック供給を開始したとき。HOCO 発振安定待機時間は「[43. 電気的特性](#)」を参照してください。

[0 になる条件]

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

MOSCSF フラグ (メインクロック発振安定フラグ)

MOSCSF フラグは、メインクロック発振器の待機時間を計測するカウンタの動作状態を示します。

[1 になる条件]

- メインクロック発振器停止時、MOSCCR.MOSTP ビットが 0 になった後、MOSCWTCR レジスタの設定値に応じた LOCO サイクル数をカウントし、MCU 内部へメインクロック供給を開始したとき

[0 になる条件]

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

PLLSF フラグ (PLL クロック発振安定フラグ)

PLLSF フラグは、PLL の待機時間を計測するカウンタの動作状態を示します。

[1 になる条件]

- PLL 停止時、PLLCR.PLLSTP ビットが 0 になった後、LOCO クロックで PLL 発振安定時間をカウントし、MCU 内部へ PLL クロック供給が開始されたとき。ただし、PLLCR.PLLSTP ビットを 0 にしたときに、PLL クロックソースの発振が安定していなければ、PLL クロックソースの発振が安定した後も LOCO サイクルのカウンタは継続します。PLL 発振安定時間は「[43. 電気的特性](#)」を参照してください。

[0 になる条件]

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

PLL2SF フラグ (PLL2 クロック発振安定フラグ)

PLL2SF フラグは、PLL2 の待機時間を計測するカウンタの動作状態を示します。

[1 になる条件]

- PLL2 停止時、PLL2CR.PLL2STP ビットが 0 になった後、LOCO クロックで PLL2 発振安定時間をカウントし、MCU 内部へ PLL2 クロック供給が開始されたとき。ただし、PLL2CR.PLL2STP ビットを 0 にしたときに、PLL2 クロックソースの発振が安定していなければ、PLL2 クロックソースの発振が安定した後も LOCO サイクルのカウントは続きます。PLL2 発振安定時間は「43. 電气的特性」を参照してください。

[0 になる条件]

- PLL2 の動作時に、PLL2CR.PLL2STP ビットを 1 にした結果、PLL2 が発振停止になったとき

8.2.16 OSTDCR : 発振停止検出コントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x040

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	OSTD E	—	—	—	—	—	—	OSTDI E
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	OSTDIE	発振停止検出割り込み許可 0: 発振停止検出割り込みを禁止 (POEG への通知なし) 1: 発振停止検出割り込みを許可 (POEG への通知あり)	R/W
6:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	OSTDE	発振停止検出機能有効 0: 発振停止検出機能は無効 1: 発振停止検出機能は有効	R/W

注. 本レジスタに書く場合は、PRCR.PRC0 ビットに 1 を設定してから書き込んでください。

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

OSTDCR レジスタは、発振停止検出機能を制御するレジスタです。

OSTDIE ビット (発振停止検出割り込み許可)

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

発振停止検出ステータスレジスタの発振停止検出フラグ (OSTDSR.OSTDF) をクリアする必要がある場合、OSTDIE ビットを 0 にしてから OSTDF をクリアしてください。OSTDIE ビットを 1 にする場合は、PCLKB で 2 サイクル以上待つから行ってください。アクセスサイクル数が PCLKB で定義されている I/O レジスタを読み出すことで、PCLKB の 2 サイクル以上の待ち時間を確保できます。

OSTDE ビット (発振停止検出機能有効)

OSTDE ビットは、発振停止検出機能を有効にします。

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

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

ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に、OSTDE ビットを 0 にする必要があります。ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、最初に OSTDE ビットを 0 にしてから WFI 命令を実行してください。

発振停止検出機能を使用する場合、以下の制限があります。

Low-speed モードでは、ICLK、FCLK、PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD に対して分周比 1、2、4、8 を選択しないでください。

8.2.17 OSTDSR : 発振停止検出ステータスレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x041

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	OSTDF
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	OSTDF	発振停止検出フラグ 0: メインクロックの発振停止を未検出 1: メインクロックの発振停止を検出	R/W(注1)
7:1	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

注. 本レジスタに書く場合は、PRCR.PRC0 ビットに1を設定してから書き込んでください。

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注1. 0のみ書けます。本フラグをクリアするには1を読んだ後に0を書く必要があります。

OSTDSR レジスタは、メインクロック発振器の発振停止の検出状態を示すレジスタです。

OSTDF フラグ (発振停止検出フラグ)

OSTDF フラグは、メインクロック発振器の状態を示します。本フラグが1のとき、メインクロックの発振停止が検出されたことを示します。発振停止が検出された後、メインクロックの発振が再開しても OSTDF フラグは0になりません。OSTDF フラグをクリアするには1を読んだ後に0を書く必要があります。

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

以下の条件下では、OSTDF フラグは0にできません。

- SCKSCR.CKSEL[2:0] = 011b (システムクロックソース = MOSC)
- PLLCCR.PLSRCSEL = 0 (PLL ソースクロック = MOSC) および SCKSCR.CKSEL[2:0] = 101b (システムクロックソース = PLL)

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

[1になる条件]

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

[0になる条件]

- SCKSCR.CKSEL[2:0] ビットが 011b (システムクロックが MOSC)、101b (システムクロックが PLL) 以外で、PLLCCR.PLSRCSEL ビットが0 (PLL ソースクロックが MOSC) 以外の場合に、1を読み出し後に0を書き込む

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

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x0A2

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	MSTS[3:0]			
Value after reset:	0	0	0	0	0	1	0	1

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	MSTS[3:0]	メインクロック発振安定待機時間設定 0x0: 待機時間 = 3 サイクル (11.4 μ s) 0x1: 待機時間 = 35 サイクル (133.5 μ s) 0x2: 待機時間 = 67 サイクル (255.6 μ s) 0x3: 待機時間 = 131 サイクル (499.7 μ s) 0x4: 待機時間 = 259 サイクル (988.0 μ s) 0x5: 待機時間 = 547 サイクル (2086.6 μ s) 0x6: 待機時間 = 1059 サイクル (4039.8 μ s) 0x7: 待機時間 = 2147 サイクル (8190.2 μ s) 0x8: 待機時間 = 4291 サイクル (16368.9 μ s) 0x9: 待機時間 = 8163 サイクル (31139.4 μ s) その他: 設定禁止	R/W
7:4	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注: 本レジスタに書く場合は、PRCR.PRC0 ビットに 1 を設定してから書き込んでください。

注: セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

MSTS[3:0]ビット（メインクロック発振安定待機時間設定）

MSTS[3:0]ビットは、メインクロック発振器の発振安定待機時間を指定します。

発振器メーカが推奨する安定時間以上の時間をメインクロック発振安定時間に設定してください。メインクロックが外部から入力される場合、発振安定時間は必要ないので 0x0 に設定してください。

これらのビットに設定した待機時間は、次式を用いてカウントされます。1 サイクル (μ s) = $1/(f_{\text{LOCO}}[\text{MHz}] \times 8)$ = $1/(0.032768 \times 8) = 3.81$ (μ s) (min.)。LOCO は、必要であれば、LOCO.LCSTP ビットの値にかかわらず、自動的に発振を開始します。設定した待機時間が経過すると、MCU 内部へメインクロック発振器の供給が開始され、OSCSF.MOSCSF フラグは 1 になります。設定した待機時間が短いと、クロックの発振が安定になる前に、メインクロック発振器の供給が開始されます。

MOSCWTCR レジスタの書き換えは、MOSCCR.MOSTP ビットが 1 で、かつ OSCSF.MOSCSF フラグが 0 の場合にのみ行ってください。他の状態ではレジスタの書き換えを行わないでください。

8.2.19 MOMCR: メインクロック発振器モード発振コントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x413

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	MOSEL	MODRV[1:0]	—	—	—	—	—

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
5:4	MODRV[1:0]	メインクロック発振器駆動能力 0 切り替え 0 0: 20 MHz~24 MHz 0 1: 16 MHz~20 MHz 1 0: 8 MHz~16 MHz 1 1: 8 MHz	R/W
6	MOSEL	メインクロック発振器切り替え 0: 発振子 1: 外部クロック入力	R/W
7	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注: セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注. EXTAL/XTAL 端子はポートとしても使用されます。初期状態では、この端子はポートとして設定されます。

注. このレジスタを変更する前に、MOSTP ビットを 1 (MOSC 停止) にする必要があります。

注. PRCR.PRC0 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

MODRV[1:0]ビット (メインクロック発振器駆動能力 0 切り替え)

この MODRV[1:0]ビットでメインクロック発振器のドライブ能力を切り替えます。

MOSEL ビット (メインクロック発振器切り替え)

MOSEL ビットでメインクロック発振器の発振源を切り替えます。

8.2.20 SOMCR : サブクロック発振器モードコントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x481

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	SODRV V	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
1	SODRV	サブクロック発振器ドライブ能力切り替え 0: 標準 1: 低	R/W
7:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注. PRCR.PRC0 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

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

SODRV ビット (サブクロック発振器ドライブ能力切り替え)

SODRV ビットは、サブクロック発振器の駆動能力を切り替えます。SODRV は、初電源投入時の値は定義されていませんが、SOSCCR.SOSTP ビットをリセットした後の値は 0 (SOSC 動作) です。そのため、初電源投入時に SOSC を以下のように設定してください。

1. SOSCCR.SOSTP ビットを 1 (SOSC 停止) にする。
2. 本ビットを、使用するコンデンサに対応した値を設定する。
3. SOSCCR.SOSTP ビットを 0 (SOSC 動作) にする。

8.2.21 CKOCR : クロックアウトコントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x03E

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	CKOE N	CKODIV[2:0]		—	CKOSEL[2:0]			
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	CKOSEL[2:0]	クロック出力ソース選択 000: HOCO (リセット後の値) 001: MOCO 010: LOCO 011: MOSC 100: SOSC 101: 設定禁止 その他: 設定禁止	R/W
3	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
6:4	CKODIV[2:0]	クロック出力周波数分周比 000: × 1/1 001: × 1/2 010: × 1/4 011: × 1/8 100: × 1/16 101: × 1/32 110: × 1/64 111: × 1/128	R/W
7	CKOEN	クロック出力許可 0: クロック出力禁止 1: クロック出力許可	R/W

注. PRCR.PRC0 ビットを1 (書き込み許可) にしてから、本レジスタを書き換えてください。

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

CKOSEL[2:0]ビット (クロック出力ソース選択)

CKOSEL[2:0]ビットは、CLKOUT 端子から出力するクロックのソースを選択します。クロックソースを変更する場合、CKOEN ビットを0にしてください。

CKODIV[2:0]ビット (クロック出力周波数分周比)

CKODIV[2:0]ビットは、クロック分周比を設定します。分周比を変更する場合、CKOEN ビットを0にしてください。

CKOEN ビット (クロック出力許可)

CKOEN ビットは、CLKOUT 端子からの出力を許可します。

1を書き込むと、CKOSEL[2:0]とCKODIV[2:0]で設定したクロックが出力されます。0を書き込むと、Lowが出力されます。本ビットを変更する場合は、CKOSEL[2:0]ビットで選択したクロック出力のクロックソースが安定していることを確認してください。クロックソースが安定していないと、出力にグリッチを生じることがあります。

ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移する際は、これらのモードで選択中のクロック出力ソースを停止させる場合、事前にCKOEN ビットを0にしてください。

8.2.22 LOCOUTCR : LOCO ユーザトリミングコントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x492

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	LOCOUTRM[7:0]							
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	LOCOUTRM[7:0]	LOCO ユーザトリミング 0x80: -128 0x81: -127 ⋮ 0xFF: -1 0x00: センターコード 0x01: +1 ⋮ 0x7E: +126 0x7F: +127	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC0 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、本レジスタを書き換えてください。

LOCOUTCR レジスタは元の LOCO トリミングデータに追加されます。

LOCOUTCR に LOCO 周波数を仕様範囲外にする値を設定する場合、MCU の動作は保証されません。LOCOUTCR が修正される時、周波数安定待機時間は MCU の動作開始時の周波数安定待機時間に対応しています。LOCO 周波数と他の発振周波数の比が整数値の場合、LOCOUTCR の値を変更しないでください。

RTC の動作中に LOCOUTCR の変更はしないでください。

8.2.23 MOCOUTCR : MOCO ユーザトリミングコントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x061

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

MOCOUTRM[7:0]

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	MOCOUTRM[7:0]	MOCO ユーザトリミング 0x80: -128 0x81: -127 ⋮ 0xFF: -1 0x00: センターコード 0x01: +1 ⋮ 0x7E: +126 0x7F: +127	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC0 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

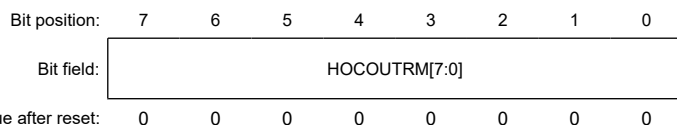
MOCOUTCR レジスタは元の MOCO トリミングデータに追加されます。

MOCOUTCR に MOCO 周波数を仕様範囲外にする値を設定する場合、MCU の動作は保証されません。MOCOUTCR が修正される時、周波数安定待機時間は MCU の動作開始時の周波数安定待機時間に対応しています。MOCO 周波数と他の発振周波数の比が整数値の場合、MOCOUTCR の値を変更しないでください。

8.2.24 HOCOUTCR : HOCO ユーザトリミングコントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x062



ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	HOCOUTRM[7:0]	HOCO ユーザトリミング 0x80: -128 0x81: -127 ⋮ 0xFF: -1 0x00: センターコード 0x01: +1 ⋮ 0x7E: +126 0x7F: +127	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注. PRCR.PRC0 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、本レジスタを書き換えてください。

HOCOUTCR レジスタは元の HOCO トリミングデータに追加されます。

HOCOUTCR に HOCO 周波数を仕様範囲外にする値を設定する場合、MCU の動作は保証されません。HOCOUTCR が修正される時、周波数安定待機時間は MCU の動作開始時の周波数安定待機時間に対応しています。

FLL が有効 (FLLCR1.FLLEN = 1) の場合、これらのビットを 0x00 にしてください。

8.2.25 USBCKDIVCR : USB クロック分周コントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x06C



ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	USBCKDIV[2:0]	USB クロック (USBCLK) 分周比選択 0 1 0: 4 分周 1 0 1: 3 分周 1 1 0: 5 分周 その他: 設定禁止	R/W
7:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注. PRCR.PRC0 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

USBCKDIVCR レジスタは、USB クロックを制御するレジスタです。

USBCKDIV[2:0]ビット (USB クロック (USBCLK) 分周比選択)

本ビットは、USB クロック (USBCLK) の周波数を選択します。書き換えは、USBCKCR.USBCKSRDY が 1 の時に行ってください。

8.2.26 USBCKCR : USB クロックコントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x074

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	USBC KSRD Y	USBC KSRE Q	—	—	—	USBCKSEL[2:0]		
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	1

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	USBCKSEL[2:0]	USB クロック (USBCLK) ソース選択 1 0 1: PLL 1 1 0: PLL2 その他: 設定禁止	R/W
5:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6	USBCKSREQ	USB クロック (USBCLK) 切り替え要求 0: 要求なし 1: 切り替えを要求	R/W
7	USBCKSRDY	USB クロック (USBCLK) 切り替え可能状態フラグ 0: 切り替え不可能 1: 切り替え可能	R

- 注: セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注: PRCR.PRC0 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

USBCKCR レジスタは、USB クロックを制御するレジスタです。

クロックソース切り替え時、切り替え前と切り替え後にクロックが安定して出力されるようにしなければなりません。USBCKDIVCR.USBCKDIV[2:0]ビットと USBCKSEL[2:0]ビットの設定値を書き換えるには、以下の手順に従ってください。

1. USBCKSREQ に 1 を書き込み
2. USBCKSRDY フラグが 1 になるまでポーリングする USBCKSRDY が 1 である間、USBCLK にクロックが出力されない
3. USBCKDIVCR.USBCKDIV[2:0]ビットと USBCKSEL[2:0]ビットに書き込み
4. USBCKSREQ に 0 を書き込み
5. USBCKSRDY フラグが 0 になるまでポーリングする
6. USBCKSRDY フラグが 0 になると、USBCLK 出力を開始するクロック切り替えが完了する

ソフトウェアスタンバイモードやディープソフトウェアスタンバイモードに遷移する場合は、クロック切り替えを実施している間に WFI 命令を実行しないでください。すなわち、USBCKSREQ = 1 かつ USBCKSRDY = 0、または、USBCKSREQ = 0 かつ USBCKSRDY = 1 であるときに WFI 命令を実行しないでください。

USBCKSEL[2:0]ビット (USB クロック (USBCLK) ソース選択)

本ビットは、USB クロック (USBCLK) のクロックソースを選択します。書き換えは、USBCKCR.USBCKSRDY が 1 の時に行ってください。

USBCKSREQ ビット (USB クロック (USBCLK) 切り替え要求)

本ビットは、USBCLK の切り替え要求を選択します。

USBCKSRDY フラグ (USB クロック (USBCLK) 切り替え可能状態フラグ)

本フラグは、USBCLK の切り替え可能状態を示します。USBCKSRDY が 1 である時は、USBCLK にクロックが出力されません。

8.2.27 TRCKCR : トレースクロックコントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x03F

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	TRCK EN	—	—	—	TRCK[3:0]			
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	1

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	TRCK[3:0]	トレースクロック動作周波数選択 0x0: 1分周 0x1: 2分周 (リセット後の値) 0x2: 4分周 その他: 設定禁止	R/W
6:4	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	TRCKEN	トレースクロック動作許可 0: 停止 1: 動作許可	R/W

注. PRCR.PRC0 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

トレースクロックコントロールレジスタは、トレースクロックの切り替えを制御するレジスタです。

TRCKCR レジスタは、デバッガが接続されているとき (DBGSTR.CDBGPWRUPREQ ビットが 1) のみ、書き込み可能です。

デバッガが接続されていない場合、TRCLK の周波数が仕様の上限值より高い場合においても、TRCK[3:0] を変更する必要はありません。

TRCLK の周波数は、TRCKEN ビットが 0 の状態で変更してください。

TRCKCR レジスタはすべてのリセット要因により初期化されます。

8.3 メインクロック発振器

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

- 発振子を接続
- 外部クロック信号の入力を接続

8.3.1 発振子を接続する方法

図 8.4 に発振子の接続例を示します。必要に応じてダンピング抵抗 (Rd) を挿入してください。

この抵抗値は、振動子と発振駆動能力によって異なるので、振動子メーカーの推奨する値を使用してください。また、振動子メーカーから外部に帰還抵抗 (Rf) を追加するよう指示があった場合は、その指示に従って EXTAL と XTAL の間に Rf を挿入してください。

振動子を接続してクロックを供給する場合、その振動子の周波数は、表 8.1 に記載されているように、メインクロック発振器の発振子周波数の範囲内としてください。

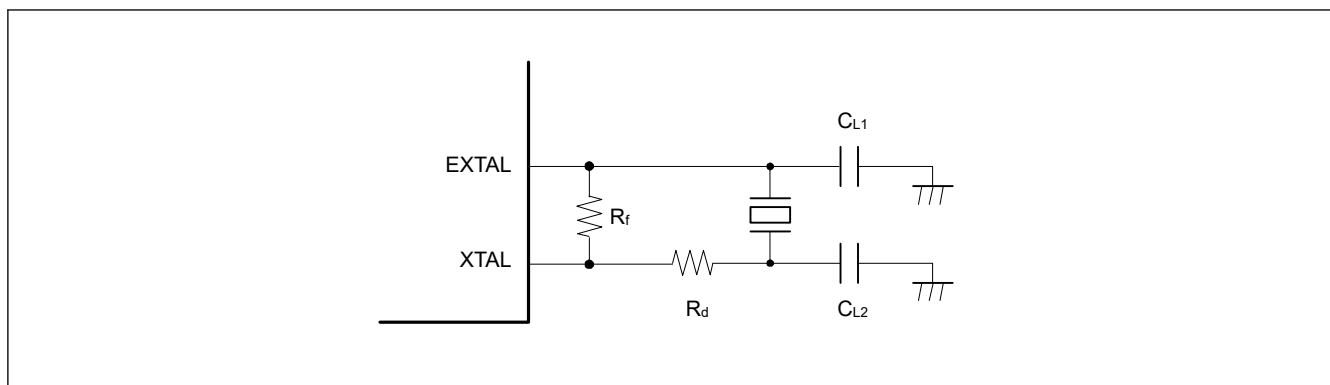


図 8.4 発振子の接続例

図 8.5 に発振子の等価回路を示します。

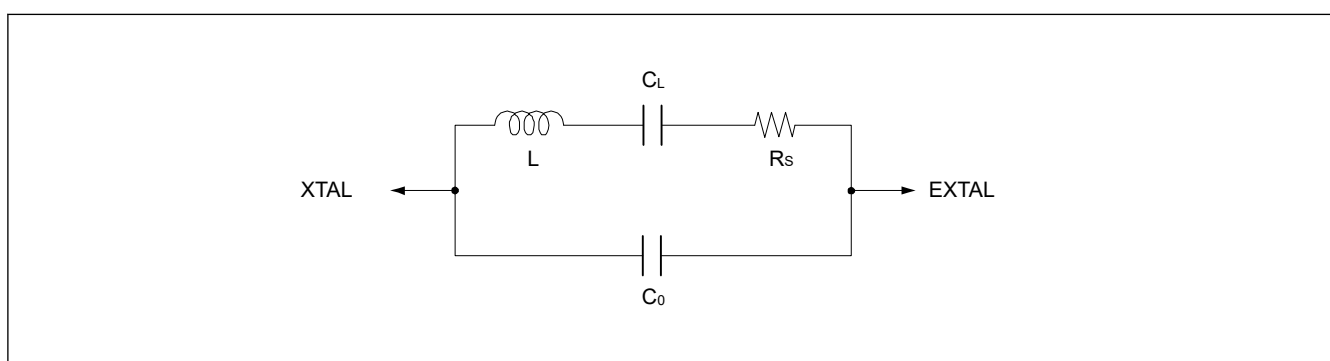


図 8.5 発振子の等価回路

8.3.2 外部クロックを入力する方法

図 8.6 に、外部クロック入力の接続例を示します。外部クロックで発振器を動作させるには、MOMCR.MOSEL ビットを 1 にしてください。XTAL 端子はハイインピーダンスになります。

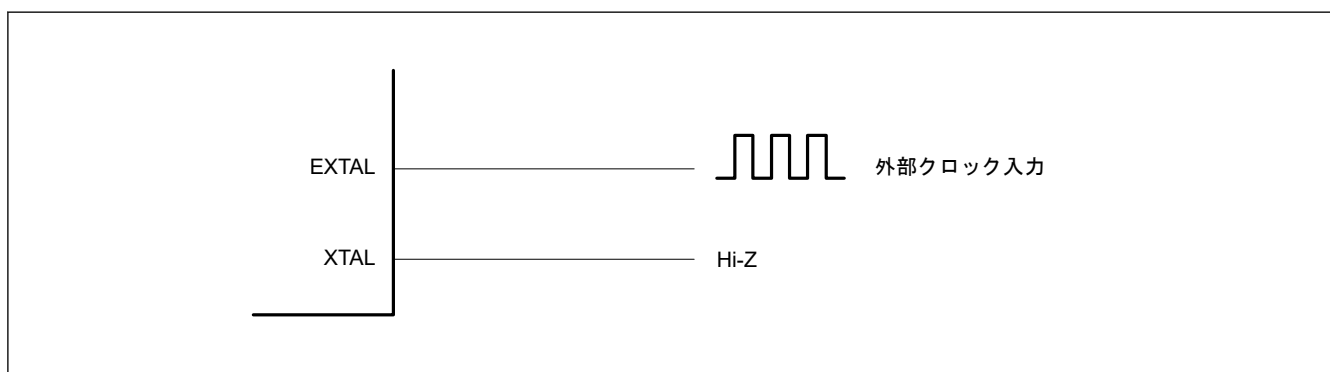


図 8.6 外部クロックの等価回路

8.3.3 外部クロック入力に関する注意事項

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

8.4 サブクロック発振器

サブクロック発振器へクロックを供給するには、水晶振動子を接続してください。

8.4.1 32.768 kHz 水晶振動子を接続する方法

サブクロック発振器へクロックを供給するには、[図 8.7](#) に示すように 32.768 kHz 水晶振動子を接続します。必要に応じてダンピング抵抗 (R_d) を挿入してください。この抵抗値は、振動子と発振駆動能力によって異なるので、振動子メーカーの推奨する値を使用してください。また、振動子メーカーが外部帰還抵抗 (R_f) の使用を推奨している場合は、その指示に従って XCIN と XCOU の間に R_f を挿入してください。振動子を接続してクロックを供給する場合、その振動子の周波数は、[表 8.1](#) に記載されているように、サブクロック発振器の発振周波数の範囲内としてください。

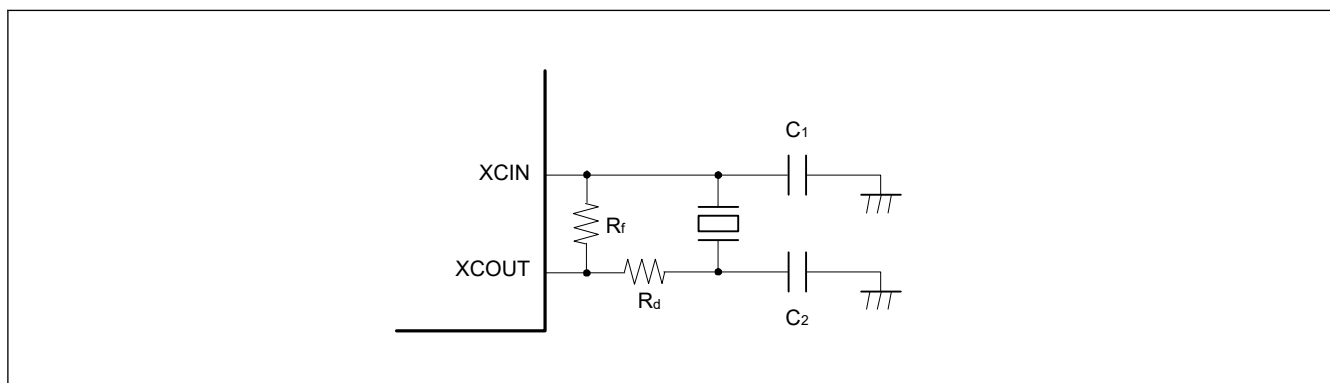


図 8.7 32.768 kHz 水晶振動子の接続例

[図 8.8](#) に 32.768 kHz 水晶振動子の等価回路を示します。

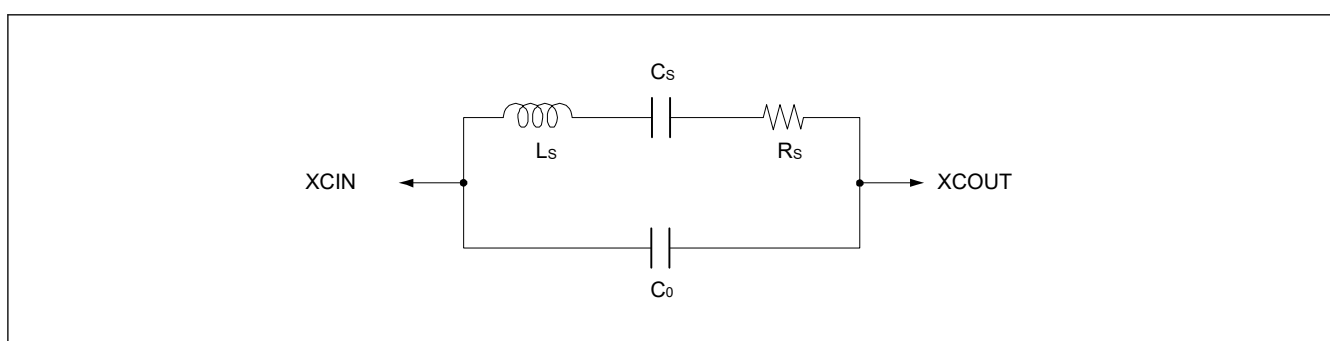


図 8.8 32.768 kHz 水晶振動子の等価回路

8.4.2 サブクロック発振器を使用しない場合の端子処理

サブクロック発振器を使用しない場合、[図 8.9](#) に示すように、XCIN 端子は抵抗を介して VSS に接続（プルダウン）し、XCOU 端子をオープンとしてください。さらに、サブクロック発振器停止ビット (SOSCCR.SOSTP) を 1 にして発振器を停止してください。

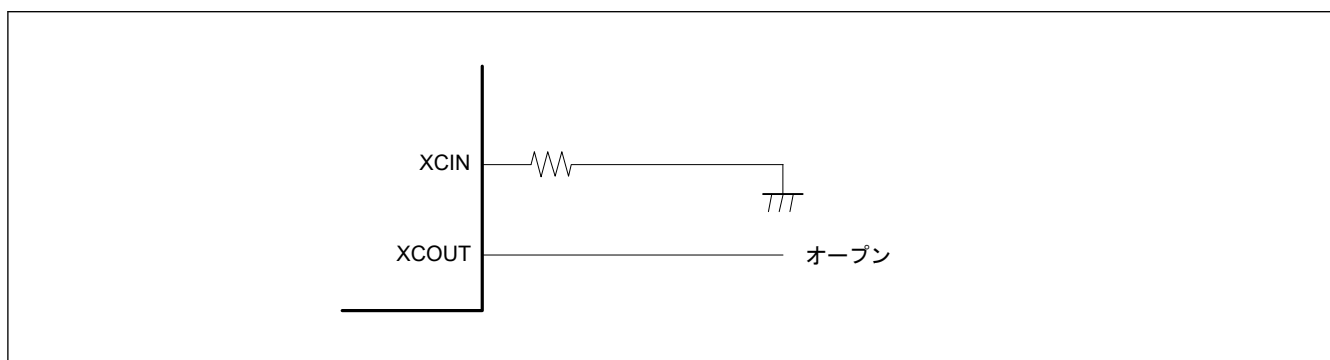


図 8.9 サブクロック発振器を使用しない場合の端子処理

8.5 発振停止検出機能

8.5.1 発振停止検出と検出後の動作

発振停止検出機能は、メインクロック発振器の停止を検出します。発振停止が検出されると、システムクロックは以下のように切り替わります。

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

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

メインクロック発振器に異常が発生した場合など、入力クロックが一定期間 0 または 1 のままとなった場合、メインクロックの発振停止が検出されます。「43. 電気的特性」を参照してください。

メインクロック発振器と MOCO クロックの切り替え、または PLL クロックと PLL フリーランクロックの切り替えは、発振停止検出フラグ (OSTDSR.OSTDF) によって制御されます。OSTDF フラグが 1 になると MOCO クロックへ切り替わり、OSTDF フラグを 0 にするとメインクロックに戻ります。ただし、CKSEL[2:0] ビットでメインクロックを選択している場合は、OSTDF フラグを 0 にできません。

OSTDF は切り替えたクロックを以下のように制御します。

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

発振停止検出後にクロックソースをメインクロックあるいは PLL クロックに戻したい場合は、一度 CKSEL[2:0] ビットの設定をメインクロックおよび PLL クロック以外に変更し、OSTDF フラグを 0 にしてください。さらに、OSTDF フラグが 1 になっていないことを確認した後、所定の発振安定時間が経過してから、CKSEL[2:0] ビットの設定をメインクロックまたは PLL クロックに変更してください。

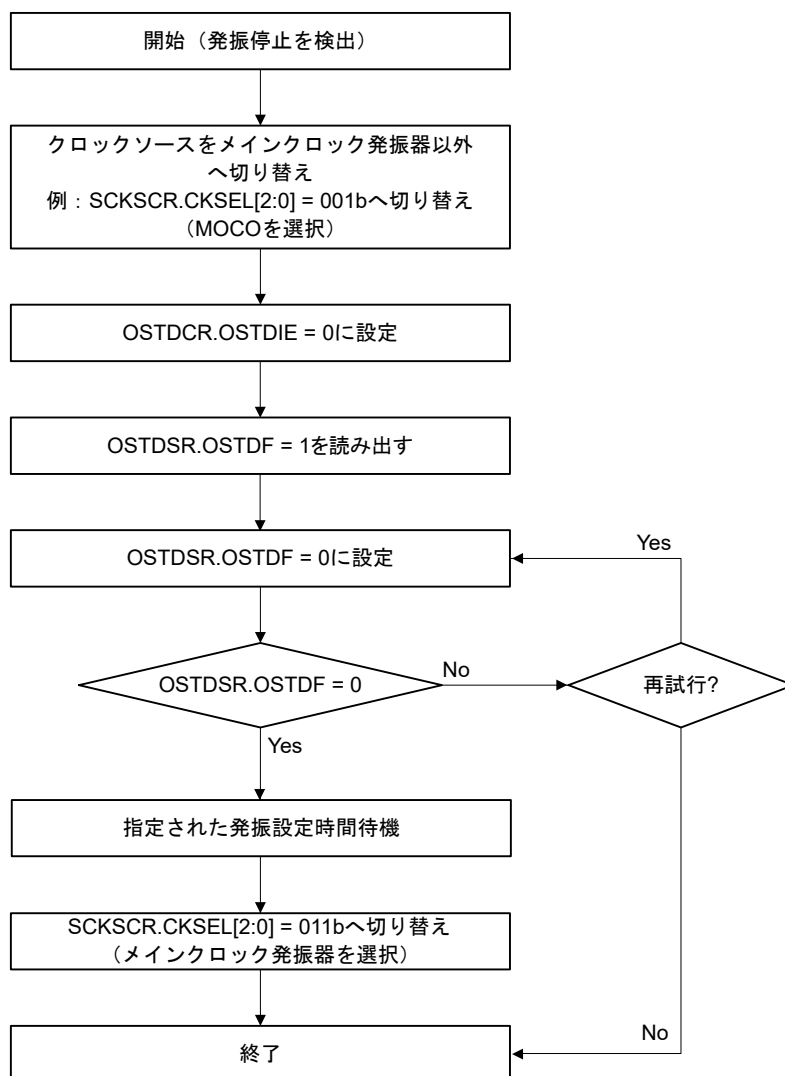
リセット解除後、メインクロック発振器は停止して、発振停止検出機能は無効になります。発振停止検出機能を有効にするには、メインクロック発振器を動作させた後、所定の発振安定時間が経過してから、発振停止検出機能有効ビット (OSTDCR.OSTDE) に 1 を書き込んでください。

発振停止検出機能は、外部要因によってメインクロックが停止したことを検出します。そのため、ソフトウェアによるメインクロック発振器の停止、あるいはソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードへの遷移の前に、発振停止検出機能は無効にする必要があります。

発振停止検出機能は、CLKOUT 以外のメインクロックとして選択可能なすべてのクロックを MOCO (システムクロックが MOSC の場合) または PLL フリーラン (システムクロックが PLL の場合) に切り替えます。

MOCO 動作中 (システムクロックが MOSC の場合) または PLL フリーラン動作中 (システムクロックが PLL の場合) のシステムクロック (ICLK) 周波数は、MOCO 発振周波数と、システムクロック選択ビット (SCKDIVCR.ICK[2:0]) で設定された分周比に指定されます。

発振停止検出後にCKSEL[2:0] = 011b（メインクロック発振器を選択）の場合の復帰例



注. 発振停止状態から復帰する際は、発振を再開できるように、メインクロック発振回路の停止要因をシステムから取り除く必要があります。

図 8.10 発振停止検出時の復帰フロー

8.5.2 発振停止検出割り込み

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

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

発振停止検出割り込みはノンマスクブル割り込みです。リセット解除後の初期状態ではノンマスクブル割り込みは禁止されているため、発振停止検出割り込みを使用する前にソフトウェアでノンマスクブル割り込みを許可してください。詳細は、「[13. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。

8.6 PLL 回路

PLL 回路は、発振器からの周波数を通倍する機能を持っています。

8.7 内部クロック

内部クロック用のクロックソースには、以下のものがあります。

- メインクロック発振器
- サブクロック発振器
- HOCO クロック
- MOCO クロック
- LOCO クロック
- PLL クロック
- PLL2 クロック
- IWDT 専用クロック
- JTAG クロック

これらのソースから、以下の内部クロックが生成されます。

- CPU、DMAC、DTC、フラッシュ、および RAM の動作クロック：システムクロック (ICLK)
- 周辺モジュールの動作クロック：周辺モジュールクロック (PCLKA, PCLKB, PCLKC, PCLKD)
- FlashIF の動作クロック：FlashIF クロック (FCLK)
- USBFS の動作クロック (USBCLK)
- CAN の動作クロック：CAN クロック (CANMCLK)
- CAC の動作クロック：CAC クロック (CACCLK)
- RTC の動作クロック：RTC 専用 LOCO クロック (RTCLCLK)
- RTC の動作クロック：RTC 専用サブクロック (RTCSCLK)
- IWDT の動作クロック：IWDT 専用クロック (IWDTCLK)
- AGT の動作クロック：AGT 専用 LOCO クロック (AGTLCLK)
- AGT の動作クロック：AGT 専用サブクロック (AGTSCLK)
- SysTick Timer の動作クロック：SysTick Timer 専用クロック (SYSTICCLK)
- 外部端子出力のクロック：クロック／ブザー出力クロック (CLKOUT)
- JTAG の動作クロック：JTAG クロック (JTAGTCK)

内部クロックの周波数設定に使用するレジスタの詳細については、「[8.7.1. システムクロック \(ICLK\)](#)」～「[8.7.12. JTAG クロック](#)」を参照してください。

各ビットを書き換えると、変更後の周波数で動作します。

8.7.1 システムクロック (ICLK)

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

ICLK の周波数は、SCKDIVCR.ICK[2:0]ビット、SCKSCR.CKSEL[2:0]ビット、PLLCCR.PLLMUL[5:0]ビット、PLLCCR.PLIDIV[1:0]ビット、OFS1.HOCOFREQ[1:0]ビットで設定します。

ICLK クロックソースの切り替え時、クロックソース切り替えを行う間、ICLK クロックサイクルが長くなります。[図 8.11](#) と [図 8.12](#) を参照してください。

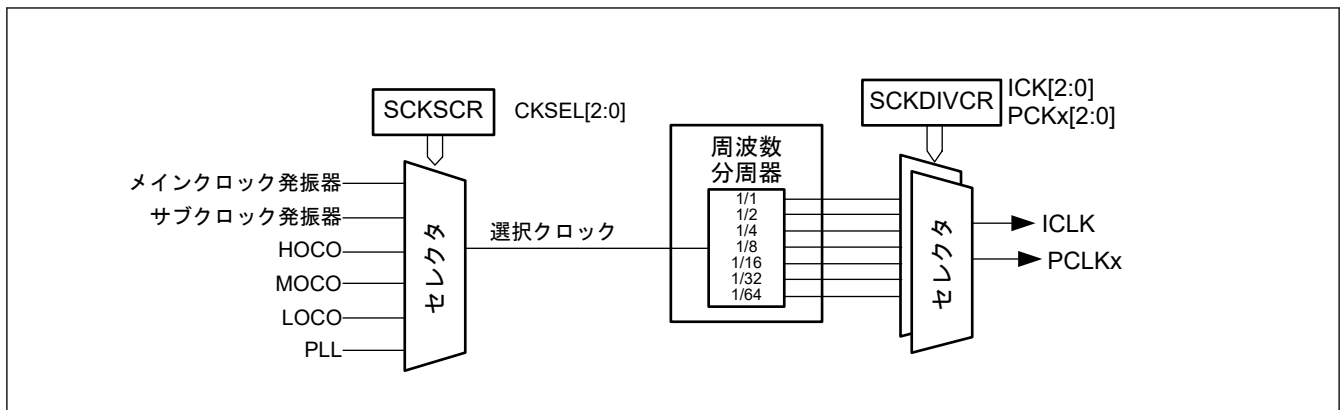


図 8.11 クロックソースセレクタのブロック図

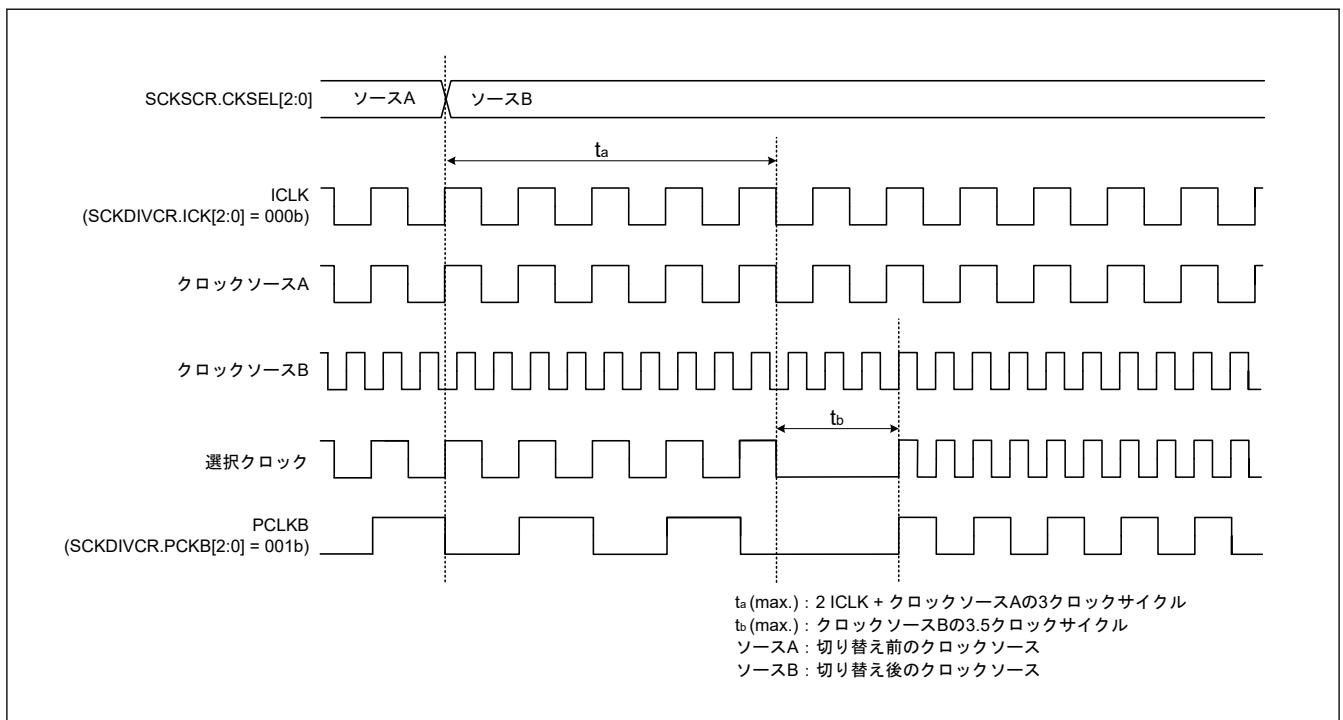


図 8.12 クロックソース切り替えのタイミング

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

周辺モジュールクロック (PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD) は、周辺モジュールが使用する動作クロックです。

各クロックの周波数は、それぞれ以下のビットで設定します。

- SCKDIVCR.PCKA[2:0]ビット、SCKDIVCR.PCKB[2:0]ビット、SCKDIVCR.PCKC[2:0]ビット、SCKDIVCR.PCKD[2:0]ビット
- SCKSCR.CKSEL[2:0]ビット
- PLLCCR.PLLMUL[5:0]ビットおよび PLLCCR.PLIDIV[1:0]ビット
- OFS1.HOCOFRQ0[1:0]ビット

周辺モジュールクロックのクロックソースの切り替え時、クロックソース切り替えを行う間、周辺モジュールクロックのクロックサイクルが長くなります。図 8.11 と図 8.12 を参照してください。

8.7.3 FlashIF クロック (FCLK)

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

FCLK の周波数は、以下のビットで設定します。

- SCKDIVCR.FCK[2:0]ビット
- SCKSCR.CKSEL[2:0]ビット
- PLLCCR.PLLMUL[5:0]ビットおよび PLLCCR.PLIDIV[1:0]ビット
- OFS1.HOCOFRQ0[1:0]ビット

8.7.4 USB クロック (USBCLK)

USB クロック (USBCLK) は、USBFS モジュールの動作クロックです。

USB モジュールに 48 MHz クロックを供給する必要があります。USB モジュールを使用する場合は、USBCLK クロックが 48 MHz となるように設定してください。

USBCLK の周波数は、以下のビットで設定します。

- USBCKCR.USBCKSEL[2:0] ビット
- USBCKDIVCR.USBCKDIV[2:0]ビット
- PLLCCR.PLLMUL[5:0]ビットおよび PLLCCR.PLIDIV[1:0]ビット

8.7.5 CAN クロック (CANMCLK)

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

8.7.6 CAC クロック (CACCLK)

CAC クロック (CACCLK) は、CAC の動作クロックです。CACCLK は下記の発振器で生成されます。

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

8.7.7 RTC 専用クロック (RTCSCLK、RTCLCLK)

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

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

8.7.8 IWDT 専用クロック (IWDTCLK)

IWDT 専用クロック (IWDTCLK) は、IWDT の動作クロックです。IWDTCLK は、IWDT 専用オンチップオシレータの内部発振によって生成されます。

8.7.9 AGT 専用クロック (AGTSCLK、AGTLCLK)

AGT 専用クロック (AGTSCLK および AGTLCLK) は、AGT の動作クロックです。AGTSCLK はサブクロック発振器で生成され、AGTLCLK は LOCO クロックで生成されます。

8.7.10 SysTick Timer 専用クロック (SYSTICCLK)

SysTick timer 専用クロック (SYSTICCLK) は、SysTick timer の動作クロックです。SYSTICCLK は、LOCO クロックで生成されます。

8.7.11 外部端子出力クロック (CLKOUT)

外部端子出力クロック (CLKOUT) は、クロック出力として CLKOUT 端子から外部に出力されます。CKOCR.CKOEN を 1 にすると、CLKOUT を CLKOUT 端子に出力できます。CKOCR.CKODIV[2:0] ビットまたは CKOCR.CKOSEL[2:0] ビットの値を変更できるのは、CKOCR.CKOEN ビットが 0 の場合だけです。

CLKOUT クロックの周波数はそれぞれ、次のようなビットで指定されます。

- CKOCR.CKODIV[2:0] または CKOCR.CKOSEL[2:0]
- OFS1.HOCOFRQ0[1:0] ビット

8.7.12 JTAG クロック

JTAG クロック (JTAGTCK) は、JTAG のクロックです。

JTAGTCK は、JTAG 外部クロック (TCK) から生成されたクロックです。

8.8 使用上の注意

8.8.1 クロック発生回路に関する注意事項

各モジュールへ供給される以下のクロックの周波数は、SCKDIVCR レジスタの設定に従って変わります。

- システムクロック (ICLK)
- 周辺モジュールクロック (PCLKA, PCLKB, PCLKC, PCLKD)
- FlashIF クロック (FCLK)

各周波数は、以下の条件を満たす必要があります。

- 各周波数は、AC 電気的特性で規定される動作周波数 (f) の動作保証範囲内に収まるように選択すること。「43. 電気的特性」を参照してください。
- システムクロックと周辺モジュールクロックは、必ず表 8.2 に従い設定してください。

クロック周波数変更後の処理を確実に実行するには、最初に該当のクロックコントロールレジスタに書き込んで周波数を変更してからレジスタ値を読み出して確認し、最後にその後の処理を実行してください。

8.8.2 発振子に関する制限

発振子の特性はユーザのボード設計に密接に関係するので、使用する前に十分な評価が必要です。発振子の接続例については図 8.7 を参照してください。発振子の回路定数は、使用する発振子および実装回路の浮動容量によって異なります。回路定数を決定する際は、常に発振子メーカーと相談してください。発振端子に印加される電圧が最大定格を超えないようにしてください。

8.8.3 ボード設計に関する注意事項

水晶振動子を使用する場合は、振動子およびコンデンサはできるだけ XTAL/EXTAL 端子の近くに配置してください。図 8.13 に示すように、発振回路の近くには信号線を通させないでください。電磁誘導によって正常に発振しなくなることがあります。図 8.13 はメインクロック発振器を使用した場合です。サブクロック発振器を使用した場合も図 8.13 と同様です。

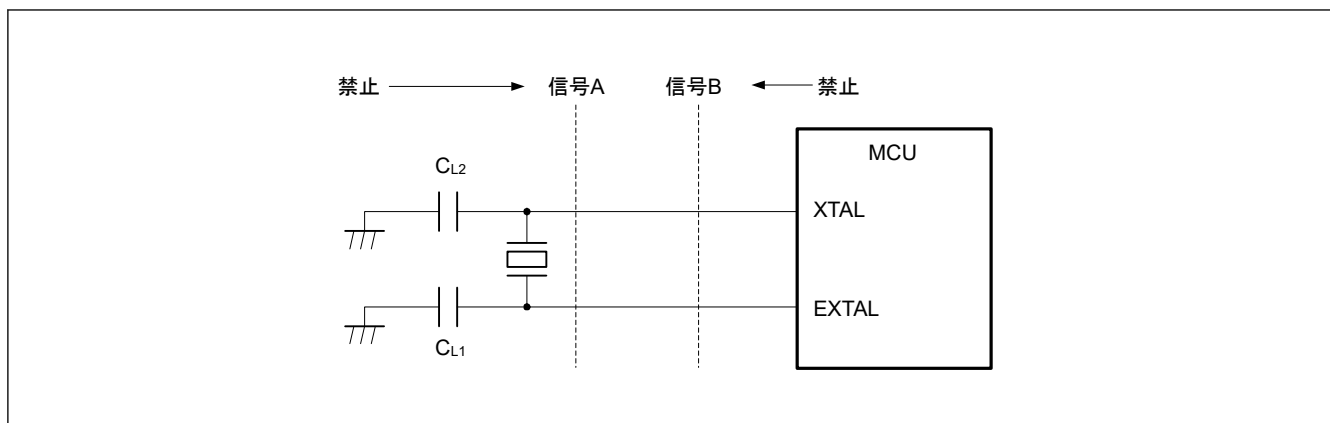


図 8.13 発振回路部のボード設計に関する信号のルーティング

8.8.4 発振子接続端子に関する注意事項

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

8.8.5 サブクロック発振器使用時の注意事項

P212 (EXTAL)、P213 (XTAL)端子の出力は、サブクロック発振器の発振に影響を及ぼす可能性があります。

サブクロック発振器を使用する場合、発振に影響しないようボードを設計してください。P212 (EXTAL)、P213 (XTAL)端子を出力端子として使用し、かつサブクロック発振器を使用する場合は、DSCR[1:0]ビットを 00b または 01b に設定することを強く推奨します。

さらに、P212 (EXTAL)、P213 (XTAL)端子を出力端子として使用し、かつサブクロック発振器を中駆動能力 (SOMCR.SODRV1 = 1) で使用する場合は、DSCR[1:0]ビットを 00b に設定することを推奨します。

9. クロック周波数精度測定回路 (CAC)

9.1 概要

クロック周波数精度測定回路 (CAC) は、測定の対象となるクロック（測定対象クロック）に対して、測定の基準となるクロック（測定基準クロック）で生成した時間内のクロックのパルスを数え、それが許容範囲内にあるかどうかで精度を判定します。測定終了時、または測定基準クロックで生成した時間内のパルス数が許容範囲内がない時、割り込み要求を発生します。

表 9.1 に CAC の仕様を、図 9.1 に CAC のブロック図を、表 9.2 に CAC の入出力端子を示します。

表 9.1 CAC の仕様

項目	内容
測定対象クロック	以下のクロックの周波数を測定可能 <ul style="list-style-type: none"> ● メインクロック発振器 ● サブクロック発振器 ● HOCO クロック ● MOCO クロック ● LOCO クロック ● 周辺モジュールクロック B (PCLKB) ● IWDT 専用クロック
測定基準クロック	以下のクロックの周波数を測定基準とすることが可能 <ul style="list-style-type: none"> ● CACREF 端子への外部クロック入力 ● メインクロック発振器 ● サブクロック発振器 ● HOCO クロック ● MOCO クロック ● LOCO クロック ● 周辺モジュールクロック B (PCLKB) ● IWDT 専用クロック
選択機能	デジタルフィルタ機能
割り込み要因	<ul style="list-style-type: none"> ● 測定終了割り込み ● 周波数エラー割り込み ● オーバーフロー割り込み
消費電力低減機能	モジュールストップ状態への設定が可能
TrustZone フィルタ	セキュリティ属性の設定が可能

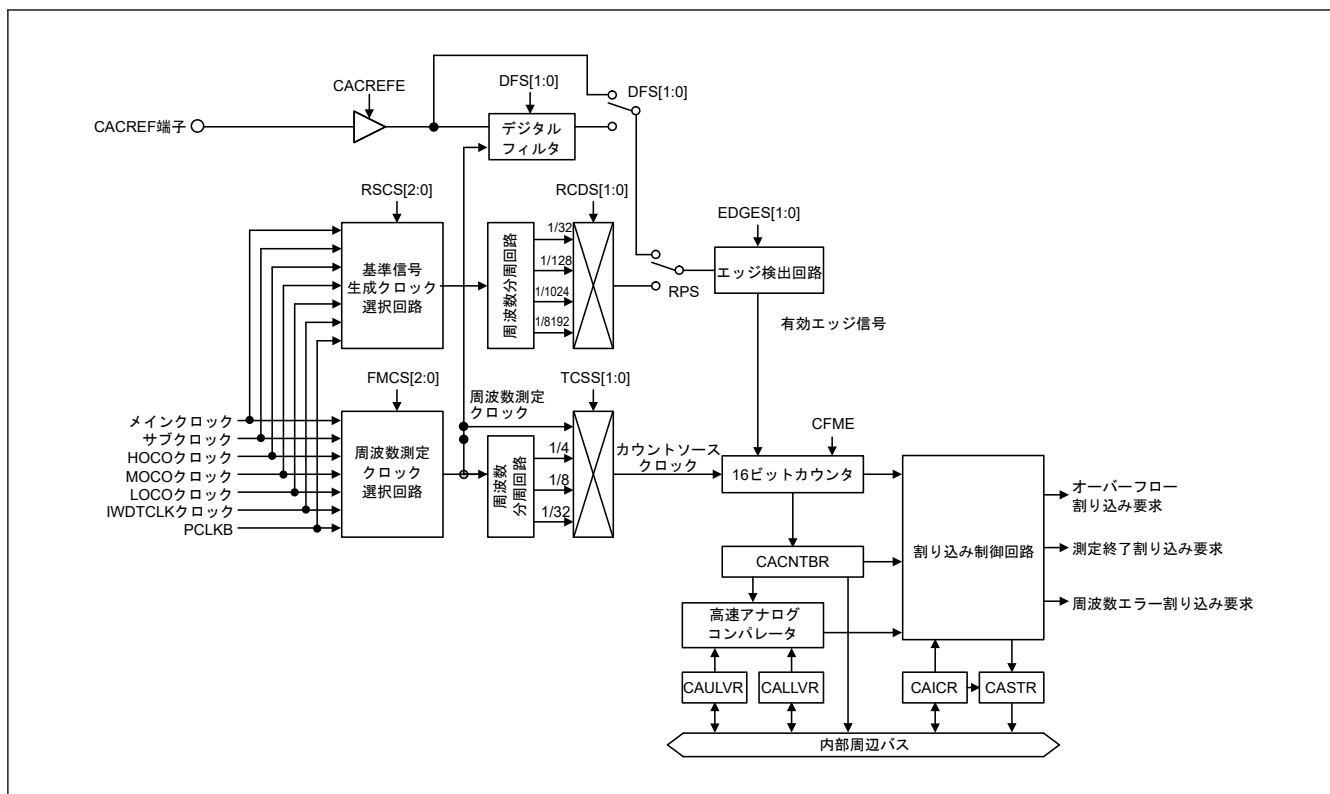


図 9.1 CAC のブロック図

表 9.2 CAC の入出力端子

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

9.2 レジスタの説明

9.2.1 CACR0 : CAC コントロールレジスタ 0

Base address: CAC = 0x4008_3600

Offset address: 0x00

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	CFME

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	CFME	クロック周波数測定有効 0: クロック周波数測定無効 1: クロック周波数測定有効	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

CFME ビット (クロック周波数測定有効)

CFME ビットはクロック周波数の測定機能が有効か無効かを設定します。このビットを書き換えても内部回路に反映されるまでは時間がかかります。書き換えが反映されたかはビットの読み出しで確認できます。

9.2.2 CACR1 : CAC コントロールレジスタ 1

Base address: CAC = 0x4008_3600

Offset address: 0x01

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	EDGES[1:0]		TCSS[1:0]		FMCS[2:0]		CACR EFE	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	CACREFE	CACREF 端子入力有効 0: CACREF 端子入力無効 1: CACREF 端子入力有効	R/W
3:1	FMCS[2:0]	測定対象クロック選択 000: メインクロック発振器 001: サブクロック発振器 010: HOCO クロック 011: MOCO クロック 100: LOCO クロック 101: 周辺モジュールクロック B (PCLKB) 110: IWDT 専用クロック 111: 設定禁止	R/W
5:4	TCSS[1:0]	タイマカウントクロックソース選択 00: 分周なしクロック 01: ×4 分周クロック 10: ×8 分周クロック 11: ×32 分周クロック	R/W
7:6	EDGES[1:0]	有効エッジ選択 00: 立ち上がりエッジ 01: 立ち下がりエッジ 10: 立ち上がり/立ち下がり両エッジ 11: 設定禁止	R/W

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

CACREFE ビット (CACREF 端子入力有効)

CACREFE ビットは、CACREF 端子からの入力が有効か無効かを設定します。

FMCS[2:0] ビット (測定対象クロック選択)

FMCS[2:0] ビットは、周波数を測定する測定対象クロックを選択します。

TCSS[1:0] ビット (タイマカウントクロックソース選択)

TCSS[1:0] ビットは、測定対象クロックの分周比を選択します。

EDGES[1:0] ビット (有効エッジ選択)

EDGES[1:0] ビットは、測定基準クロックの有効エッジを選択します。

9.2.3 CACR2 : CAC コントロールレジスタ 2

Base address: CAC = 0x4008_3600

Offset address: 0x02

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	DFS[1:0]		RCDS[1:0]		RSCS[2:0]		RPS	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	RPS	基準信号選択 0: CACREF 端子入力 1: 内部クロック (内部生成信号)	R/W
3:1	RSCS[2:0]	測定基準クロック選択 000: メインクロック発振器 001: サブクロック発振器 010: HOCO クロック 011: MOCO クロック 100: LOCO クロック 101: 周辺モジュールクロック B (PCLKB) 110: IWDТ 専用クロック 111: 設定禁止	R/W
5:4	RCDS[1:0]	測定基準クロック分周比選択 00: × 32 分周クロック 01: × 128 分周クロック 10: × 1024 分周クロック 11: × 8192 分周クロック	R/W
7:6	DFS[1:0]	デジタルフィルタ機能選択 00: デジタルフィルタ機能無効 01: 測定対象クロックでサンプリング 10: 測定対象クロックの 4 分周でサンプリング 11: 測定対象クロックの 16 分周でサンプリング	R/W

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

RPS ビット (基準信号選択)

RPS ビットは、エッジ検出回路への入力として CACREF 端子入力か内部クロックから生成した内部生成信号のどちらを使用するか選択します。

RSCS[2:0] ビット (測定基準クロック選択)

RSCS[2:0] ビットは、測定基準クロックを選択します。

RCDS[1:0] ビット (測定基準クロック分周比選択)

RCDS[1:0] ビットは、測定基準クロックとして内部クロックが選択されている場合、測定基準クロックの分周比を選択します。RPS = 0 (CACREF 端子入力が測定基準クロックとして使用) の場合、測定基準クロックは分周されません。

DFS[1:0] ビット (デジタルフィルタ機能選択)

DFS[1:0] ビットは、デジタルフィルタのサンプリングクロックを選択します。

9.2.4 CAICR : CAC 割り込み要求許可レジスタ

Base address: CAC = 0x4008_3600

Offset address: 0x03

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	OVFF CL	MEND FCL	FERR FCL	—	OVFIE	MEND IE	FERRI E

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	FERRIE	周波数エラー割り込み要求許可 0: 周波数エラー割り込み要求無効 1: 周波数エラー割り込み要求有効	R/W
1	MENDIE	測定終了割り込み要求許可 0: 測定終了割り込み要求無効 1: 測定終了割り込み要求有効	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
2	OVFIE	オーバーフロー割り込み要求許可 0: オーバーフロー割り込み要求無効 1: オーバーフロー割り込み要求有効	R/W
3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	FERRFCL	FERRF フラグクリア 0: 影響なし 1: CASTR.FERRF フラグをクリアします。	W
5	MENDFCL	MENDF フラグクリア 0: 影響なし 1: CASTR.MENDF フラグをクリアします。	W
6	OVFFCL	OVFF フラグクリア 0: 影響なし 1: CASTR.OVFF フラグをクリアします。	W
7	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

FERRIE ビット (周波数エラー割り込み要求許可)

FERRIE ビットは、周波数エラー割り込み要求が有効か無効かを設定します。

MENDIE ビット (測定終了割り込み要求許可)

MENDIE ビットは、測定終了割り込み要求が有効か無効かを設定します。

OVFIE ビット (オーバーフロー割り込み要求許可)

OVFIE ビットは、オーバーフロー割り込み要求が有効か無効かを設定します。

FERRFCL ビット (FERRF フラグクリア)

FERRFCL ビットは、1 を書くと CASTR.FERRF フラグをクリアします。

MENDFCL ビット (MENDF フラグクリア)

MENDFCL ビットは、1 を書くと CASTR.MENDF フラグをクリアします。

OVFFCL ビット (OVFF フラグクリア)

OVFFCL ビットは、1 を書くと CASTR.OVFF フラグをクリアします。

9.2.5 CASTR : CAC ステータスレジスタ

Base address: CAC = 0x4008_3600

Offset address: 0x04

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	OVFF	MEND F	FERR F
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	FERRF	周波数エラーフラグ 0: クロックの周波数が設定値内 1: クロックの周波数が設定値を外れた (周波数エラー)	R
1	MENDF	測定終了フラグ 0: 測定中 1: 測定が終了	R
2	OVFF	オーバーフローフラグ 0: カウンタがオーバーフローしていない 1: カウンタがオーバーフローしている	R
7:3	—	読むと 0 が読めます。	R

FERRF フラグ (周波数エラーフラグ)

FERRF フラグは測定クロックのカウント値が設定値を外れた (周波数エラー) ことを示します。

[1 になる条件]

- 測定クロックのカウント値が設定値を外れたとき

[0 になる条件]

- CAICR.FERRFCL ビットに 1 を書き込んだとき

MENDF フラグ (測定終了フラグ)

MENDF フラグは測定が終了したことを示します。

[1 になる条件]

- 測定終了したとき

[0 になる条件]

- CAICR.MENDFCL ビットに 1 を書き込んだとき

OVFF フラグ (オーバーフローフラグ)

OVFF フラグはカウンタがオーバーフローしたことを示します。

[1 になる条件]

- カウンタがオーバーフローしたとき

[0 になる条件]

- CAICR.OVFFCL ビットに 1 を書き込んだとき

9.2.6 CAULVR : CAC 上限値設定レジスタ

Base address: CAC = 0x4008_3600

Offset address: 0x06

Bit position: 15 0

Bit field:

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	n/a	許容範囲の上限値 CAULVR レジスタは、周波数の測定に用いるカウンタの上限値を指定する 16 ビットの読み書き可能なレジスタです。このレジスタに指定された値を上回った場合、周波数の異常を検出します。CACR0.CFME ビットが 0 のときに設定してください。 デジタルフィルタ、エッジ検出回路と CACREF 端子入力信号の位相差により、CACNTBR レジスタに保持されるカウンタ値がずれることがありますので、余裕をもった値を設定してください。	R/W

9.2.7 CALLVR : CAC 下限値設定レジスタ

Base address: CAC = 0x4008_3600

Offset address: 0x08

Bit position: 15 0

Bit field:

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	n/a	許容範囲の下限値 CALLVR レジスタは、周波数の測定に用いるカウンタの下限値を指定する 16 ビットの読み書き可能なレジスタです。このレジスタに指定された値を下回った場合、周波数の異常を検出します。CACR0.CFME ビットが 0 のときに設定してください。 デジタルフィルタ、エッジ検出回路と CACREF 端子入力信号の位相差により、CACNTBR レジスタに保持されるカウンタ値がずれることがありますので、余裕をもった値を設定してください。	R/W

9.2.8 CACNTBR : CAC カウンタバッファレジスタ

Base address: CAC = 0x4008_3600

Offset address: 0x0A

Bit position: 15 0

Bit field:

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	n/a	測定結果 CACNTBR レジスタは測定基準クロックの有効エッジが入力されたときのカウンタ値を保持する 16 ビットの読み出し専用レジスタです。	R

9.3 動作説明

9.3.1 クロック周波数測定

CAC は、CACREF 端子入力または内部クロックを基準にクロック周波数を測定します。図 9.2 に CAC の動作例を示します。CAC は、クロック周波数測定時、以下のように動作します。

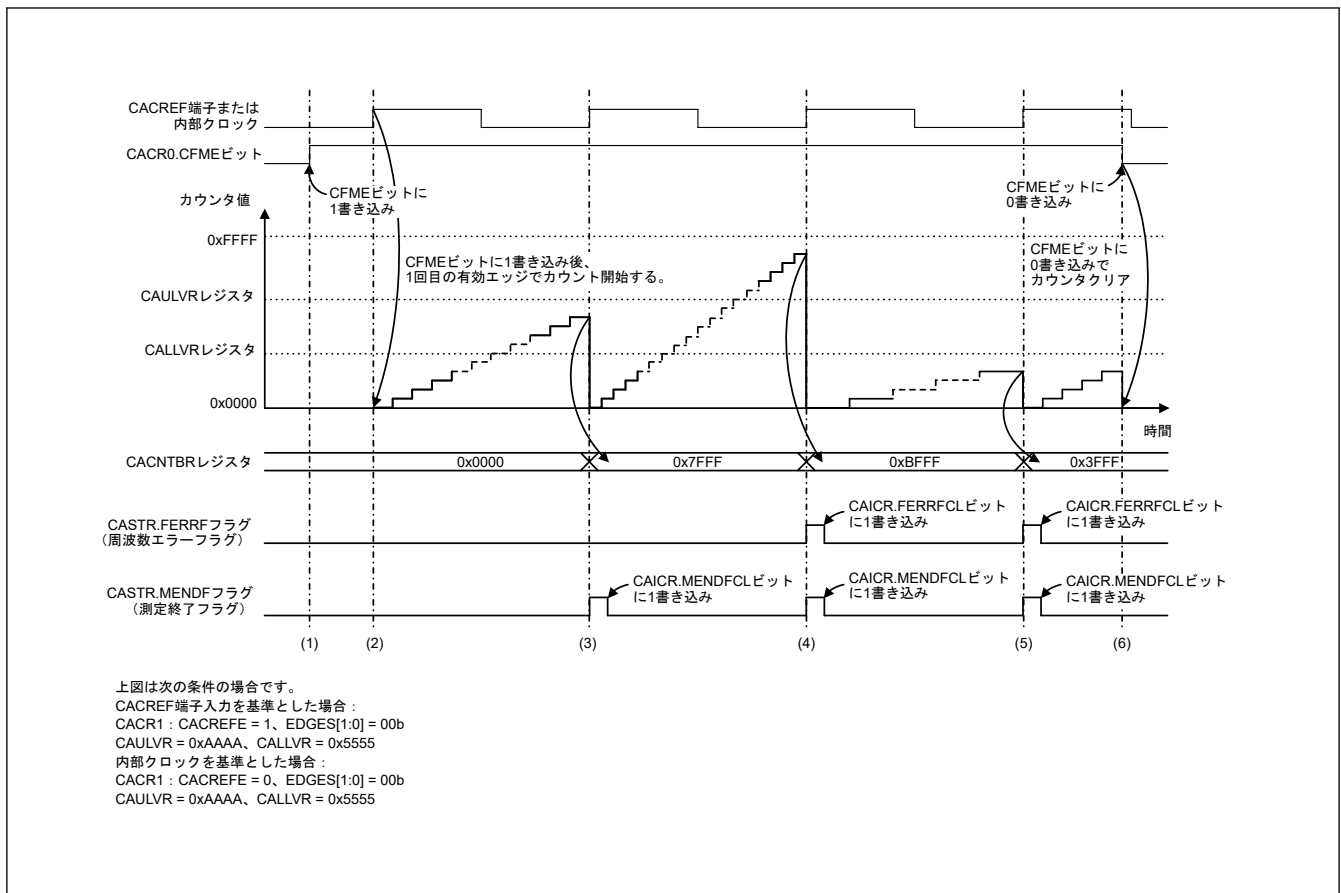


図 9.2 CAC の動作例

図 9.2 におけるイベントは以下の通りです。

1. CACREF 端子入力を基準とした場合 (CACR1.CACREFE = 1) は、CACR2.RPS ビットを 0、CACR1.CACREFE ビットを 1 に設定した状態で、CACR0.CFME ビットに 1 を書き込むとクロック周波数測定が有効になります。一方、内部クロックを基準とした場合 (CACR1.CACREFE = 0) は、CACR2.RPS ビットを 1 に設定した状態で、CACR0.CFME ビットに 1 を書き込むとクロック周波数測定が有効になります。
2. CACREF 端子入力を基準とした場合は、CFME ビットに 1 を書き込み後、CACREF 端子から CACR1.EDGES[1:0] ビットで選択した有効エッジ (図 9.2 では立ち上がりエッジ (CACR1.EDGES[1:0] = 00b)) が入力されるとタイマのカウンタアップが開始します。内部クロックを基準とした場合は、CFME ビットに 1 を書き込み後、CACR2.RSCS[2:0] ビットで選択したクロックソースを元に CACR1.EDGES[1:0] ビットで選択した有効エッジ (図 9.2 では立ち上がりエッジ (CACR1.EDGES[1:0] = 00b)) が入力されるとタイマのカウンタアップが開始します。
3. 次の有効エッジが入力されると、カウンタ値を CACNTBR レジスタに転送し、CAULVR レジスタの値および CALLVR レジスタの値と比較をします。CACNTBR レジスタの値 \leq CAULVR レジスタの値かつ CACNTBR レジスタの値 \geq CALLVR レジスタの値のときはクロック周波数が正常なので CACR.MENDF フラグだけが 1 にセットされます。また、CACR.MENDIE ビットを 1 に設定している場合は、測定終了割り込みが発生します。
4. 次の有効エッジが入力されると、カウンタ値を CACNTBR レジスタに転送し、CAULVR レジスタの値および CALLVR レジスタの値と比較をします。CACNTBR レジスタの値 $>$ CAULVR レジスタの値のときはクロック周波数が異常なので CACR.FERRF フラグが 1 にセットされます。また、CACR.FERRIE ビットを 1 に設定している場合は、周波数エラー割り込みが発生します。さらに CACR.MENDF フラグも 1 にセットされます。また、CACR.MENDIE ビットを 1 に設定している場合は、測定終了割り込みが発生します。
5. 次の有効エッジが入力されると、カウンタ値を CACNTBR レジスタに転送し、CAULVR レジスタの値および CALLVR レジスタの値と比較をします。CACNTBR レジスタの値 $<$ CALLVR レジスタの値のときはクロック周波数が異常なので CACR.FERRF フラグが 1 にセットされます。また、CACR.FERRIE ビットを 1 に設定している場合は、周波数エラー割り込みが発生します。さらに CACR.MENDF フラグも 1 にセットされます。また、CACR.MENDIE ビットを 1 に設定している場合は、測定終了割り込みが発生します。

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

9.3.2 CACREF 端子のデジタルフィルタ機能

CACREF 端子はデジタルフィルタ機能を持っています。デジタルフィルタ機能は、設定したサンプリング周期に応じてサンプリングした端子のレベルが 3 回連続で一致した場合、内部に一致したレベルを伝達し、再度サンプリングした端子のレベルが 3 回連続で一致するまで内部へは同じレベルを伝達し続けます。デジタルフィルタ機能はデジタルフィルタ機能の有効/無効とサンプリングクロックが設定できます。

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

カウント値誤差 = (カウントソースクロック1周期) / (サンプリングクロック1周期)

9.4 割り込み要求

CAC が要求する割り込み要因には次の 3 種類があります。

- 周波数エラー割り込み
- 測定終了割り込み
- オーバーフロー割り込み

各割り込み要因が発生すると各ステータスフラグが 1 にセットされます。表 9.3 に CAC 割り込み要求を示します。

表 9.3 CAC 割り込み要求

割り込み要求	割り込み許可ビット	ステータスフラグ	割り込み要因
周波数エラー割り込み	CAICR.FERRIE	CASTR.FERRF	CACNTBR レジスタ値を CAULVR レジスタ値および CALLVR レジスタ値と比較をした結果が、CACNTBR レジスタ値 > CAULVR レジスタ値または CACNTBR レジスタ値 < CALLVR レジスタ値のとき
測定終了割り込み	CAICR.MENDIE	CASTR.MENDF	<ul style="list-style-type: none"> ● 測定基準クロックの有効エッジが入力されたとき ● ただし、CACR0.CFME ビットを 1 に書き込み後、1 回目の有効エッジでは測定終了割り込みは発生しない。
オーバーフロー割り込み	CAICR.OVFIE	CASTR.OVFF	カウンタがオーバーフローしたとき

9.5 使用上の注意事項

9.5.1 モジュールストップ機能の設定

モジュールストップコントロールレジスタ C (MSTPCRC) により、CAC の動作禁止/許可を設定することが可能です。リセット後の値では、CAC は停止します。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細は、「10. 低消費電力モード」を参照してください。

10. 低消費電力モード

10.1 概要

本 MCU には、クロック分周器の設定、モジュールストップ設定、通常モード時の電力制御モード選択、低消費電力モードへの遷移など、さまざまな低消費電力機能があります。

表 10.1 に、低消費電力モード機能の仕様を示します。表 10.2 に、低消費電力モードへの遷移条件、CPU と周辺モジュールの状態、および各モードの解除方法を示します。リセット後、MCU はプログラム実行状態に遷移しますが、DTC、DMAC と SRAM のみが動作しています。

表 10.1 低消費電力モード機能の仕様

項目	内容
クロックの切り替えによる消費電力の低減	システムクロック (ICLK)、周辺モジュールクロック (PCLKA, PCLKB, PCLKC, PCLKD)、およびフラッシュインタフェースクロック (FCLK) に対して、個別に分周比を選択可能 ^(注1)
モジュールストップ	各周辺モジュールに対して、個別に機能停止が可能
低消費電力モード	<ul style="list-style-type: none"> スリープモード ソフトウェアスタンバイモード スヌーズモード ディープソフトウェアスタンバイモード
電力制御モード	<ul style="list-style-type: none"> 動作周波数に応じて適切な動作電力制御モードを選択することにより、通常動作時、スリープモード時、およびスヌーズモード時の消費電力を削減することができます。 以下の3つの動作電力制御モードが利用可能 High-speed モード Low-speed モード Subosc-speed モード
TrustZone フィルタ	各レジスタに対してセキュリティ属性の設定が可能

注 1. 詳細は、「8. クロック発生回路」を参照してください。

表 10.2 各低消費電力モードの動作状態 (1/2)

項目	スリープモード	ソフトウェアスタンバイモード	スヌーズモード	ディープソフトウェアスタンバイモード
遷移条件	SBYCR.SSBY = 0 の状態で WFI 命令	SBYCR.SSBY = 1 かつ DPSBYCR.DPSBY = 0 の状態で WFI 命令	ソフトウェアスタンバイモードにおけるスヌーズ要求トリガ SNZCR.SNZE=1.	SBYCR.SSBY = 1 かつ DPSBYCR.DPSBY = 1 の状態で WFI 命令
解除方法	すべての割り込みこのモードで利用可能なすべてのリセット	表 10.3 に示す割り込みこのモードで利用可能なすべてのリセット	表 10.3 に示す割り込みこのモードで利用可能なすべてのリセット	表 10.3 に示す割り込みこのモードで利用可能なすべてのリセット
割り込みによる解除後の状態	プログラム実行状態 (割り込み処理)	プログラム実行状態 (割り込み処理)	プログラム実行状態 (割り込み処理)	リセット状態
リセットによる解除後の状態	リセット状態	リセット状態	リセット状態	リセット状態
メインクロック発振器	選択可能	停止	選択可能 ^(注5)	停止
サブクロック発振器	選択可能	選択可能	選択可能	選択可能
高速オンチップオシレータ	選択可能	停止	選択可能	停止
中速オンチップオシレータ	選択可能	停止	選択可能	停止
低速オンチップオシレータ	選択可能	選択可能	選択可能	選択可能 ^(注8)
IWDT 専用オンチップオシレータ	選択可能 ^(注1)	選択可能 ^(注1)	選択可能 ^(注1)	停止
PLL	選択可能	停止	選択可能 ^(注5)	停止
PLL2	選択可能	停止	選択可能 ^(注5)	停止
発振停止検出機能	選択可能	動作禁止	動作禁止	動作禁止
クロック/プザー出力機能	選択可能	選択可能 ^(注2)	選択可能	停止 (不定)

表 10.2 各低消費電力モードの動作状態 (2/2)

項目	スリープモード	ソフトウェアスタンバイモード	スヌーズモード	ディープソフトウェアスタンバイモード
CPU	停止 (保持)	停止 (保持)	停止 (保持)	停止 (不定)
SRAMn (n = 0)	選択可能	停止 (保持)	選択可能	停止 (不定)
スタンバイ SRAM	選択可能	停止 (保持)	選択可能	停止 (保持/不定) (注9)
フラッシュメモリ	動作	停止 (保持)	停止 (保持)	停止 (保持)
DMA コントローラ (DMAC)	選択可能	停止 (保持)	動作禁止	停止 (不定)
データ転送コントローラ (DTC)	選択可能	停止 (保持)	選択可能	停止 (不定)
USB2.0 フルスピード (USBFs _n , n = 0)	選択可能	停止 (保持) USB レジューム検出は可能	動作禁止 USB レジューム検出は可能	停止 (保持/不定) USB レジューム検出は可能 (注10)
ウォッチドッグタイマ (WDT)	選択可能(注1)	停止 (保持)	停止 (保持)	停止 (不定)
独立ウォッチドッグタイマ (IWDT)	選択可能(注1)	選択可能(注1)	選択可能(注1)	停止 (不定)
リアルタイムクロック (RTC)	選択可能	選択可能	選択可能	選択可能(注11)
低消費電力非同期汎用タイマ (AGT _n (n = 0~3))	選択可能	選択可能(注3)	選択可能(注3)	選択可能(注3)
低消費電力非同期汎用タイマ (AGT _n (n = 5))	選択可能	選択可能(注14)	選択可能(注14)	停止 (不定)
12 ビット A/D コンバータ (ADC12)	選択可能	停止 (保持)	選択可能(注15)	停止 (不定)
12 ビット D/A コンバータ (DAC12)	選択可能	停止 (保持)	選択可能	停止 (不定)
データ演算回路 (DOC)	選択可能	停止 (保持)	選択可能	停止 (不定)
シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI0)	選択可能	停止 (保持)	選択可能 (スヌーズモードに遷移するのに RXD0 立ち下がりエッジが利用可能) (調歩同期モード時のみ) (注6)	停止 (不定)
シリアルコミュニケーションインタフェース (SCIn (n = 3, 4, 9))	選択可能	停止 (保持)	動作禁止	停止 (不定)
I2C バスインタフェース (IIC0)	選択可能	選択可能(注4)	選択可能(注4) ウェイクアップ割り込みのみが利用可能	停止 (不定)
イベントリンクコントローラ (ELC)	選択可能	停止 (保持)	選択可能(注7)	停止 (不定)
IRQ _n (n = 0~7, 9, 13) 端子割り込み	選択可能	選択可能	選択可能	停止 (不定)
NMI、IRQ _n -DS (n = 0, 1, 4~9) 端子割り込み	選択可能	選択可能	選択可能	選択可能
低電圧検出 (LVD)	選択可能	選択可能	選択可能	選択可能(注12)
パワーオンリセット回路	動作	動作	動作	動作(注13)
その他の周辺モジュール	選択可能	停止 (保持)	動作禁止	停止 (不定)
I/O ポート	動作	保持	動作	保持

注. 「選択可能」とは、動作/停止がコントロールレジスタによって選択できることを意味します。
「停止 (保持)」とは、内部レジスタの内容は保持されるが、動作は中断されることを意味します。
「動作禁止」とは、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に、その機能を停止させる必要があることを意味します。
「停止 (不定)」とは、内部レジスタの内容が不定で、内部回路への通電が遮断されることを意味します。
モジュールストップビットが 0 に設定されているモジュールはすべて、スヌーズモード遷移後に PCLK が供給されると、ただちに起動します。スヌーズモード時に消費電力の増大を防ぐには、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に、スヌーズモードで不要なモジュールのストップビットを 1 にしてください。

注 1. IWDT 専用オンチップオシレータおよび IWDT の場合、IWDT オートスタートモード時、オプション機能選択レジスタ 0 の IWDT 停止制御ビット (OFS0.IWDTSTPCTL) の設定により、動作/停止を選択することができます。WDT の場合、WDT オートスタートモード時、オプション機能選択レジスタ 0 の WDT 停止制御ビット (OFS0.1WDTSTPCTL) の設定により、動作/停止を選択すること

- ができます。動作周波数に応じて適切な動作電力制御モードを選択することにより、通常動作時およびスリープモード時の消費電力を削減することができます。
- 注 2. クロックアウトプットソース選択ビット (CKOCR.CKOSSEL[2:0]) が 010b (LOCO) および 100b (SOSC) 以外の値に設定されている場合は停止します。
- 注 3. AGT0/2.AGTMR1.TCK[2:0] ビットで 100b (AGTLCLK) または 110b (AGTSCCLK) が選択されている場合、AGT0/AGT2 は動作可能です。
AGT1.AGTMR1.TCK[2:0] ビットで 100b (AGTLCLK)、110b (AGTSCCLK)、または 101b (AGT0/AGT2 からのアンダーフローイベント信号) が選択されている場合、AGT1/AGT3 は動作可能です。
AGTn.AGTMR1.TCK[2:0] ビット (n = 0, 1, 2, 3) で 100b (AGTLCLK) が選択されている場合、ディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に DPSBYCR.DEEPCUT[1:0] ビットを 00b にする必要があります。
- 注 4. IIC0 ウェイクアップ割り込みが利用可能です。
- 注 5. スヌーズモードで SCI0 を使用する場合、MOSCCR.MOSTP ビット、PLL2CR.PLL2STP ビットは 1 でなければいけません。
- 注 6. SCI0 のシリアル通信モードは、調歩同期式モードに限定されます。
- 注 7. イベントは、「10.10.13. スヌーズモードにおける ELC イベント」に記載のものに限定されます。
- 注 8. DPSBYCR.DEEPCUT[1:0] ビットが 00b の場合、発振器の状態はディープソフトウェアスタンバイモード遷移前と同じです。
DPSBYCR.DEEPCUT[1:0] ビットが 00b でない場合、MCU がディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移すると発振器は停止します。
- 注 9. DPSBYCR.DEEPCUT[1:0] ビットが 00b の場合、ディープソフトウェアスタンバイモードではスタンバイ SRAM のデータが保持されます。
DPSBYCR.DEEPCUT[1:0] ビットが 00b でない場合、ディープソフトウェアスタンバイモードではスタンバイ SRAM のデータは不定です。
- 注 10. DPSBYCR.DEEPCUT[1:0] ビットが 00b の場合、ディープソフトウェアスタンバイモードでは、USB レジューム検出回路レジスタの値が保持され、USB レジューム検出機能が有効になります。その他のレジスタの値は不定です。
DPSBYCR.DEEPCUT[1:0] ビットが 00b でない場合、ディープソフトウェアスタンバイモードでは全レジスタの値が不定です。
- 注 11. RCR4.RCKSEL ビットが 1 (LOCO) になっている場合、ディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に DPSBYCR.DEEPCUT[1:0] ビットを 00b にする必要があります。
- 注 12. ディープソフトウェアスタンバイモードで LVD を使用する場合、ディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に DPSBYCR.DEEPCUT[1:0] ビットを 00b または 01b にする必要があります。
- 注 13. DPSBYCR.DEEPCUT[1:0] ビットが 11b の状態で MCU がディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移した場合、LVD 回路は停止し、パワーオンリセット回路の低消費電力機能が有効になります。
- 注 14. AGT5.AGTMR1.TCK[2:0] ビットで 100b (AGTLCLK)、または 110b (AGTSCCLK) が選択されている場合、AGT5 は動作可能です。
- 注 15. スヌーズモードで 12 ビット A/D コンバータを使用する場合、ADCMPCR.CMPAE ビットおよび ADCMPCR.CMPBE ビットは 1 でなければいけません。

表 10.3 スヌーズモード、ソフトウェアスタンバイモード、ディープソフトウェアスタンバイモードを解除するための割り込み要因 (1/2)

割り込み要因	名称	ソフトウェアスタンバイモード	スヌーズモード	ディープソフトウェアスタンバイモード
NMI		可能	可能	可能
ポート	PORT_IRQn (n = 0~7, 9, 13)	可能	可能	不可能
	PORT_IRQn-DS (n = 0, 1, 4~9)	可能	可能	可能
LVD	LVD_LVD1	可能	可能	可能
	LVD_LVD2	可能	可能	可能
IWDT	IWDT_NMIUNDF	可能	可能	不可能
USBFS0	USBFS0_USBR	可能	可能	可能
RTC	RTC_ALM	可能	可能	可能
	RTC_PRD	可能	可能	可能
AGT1	AGT1_AGTI	可能	可能(注3)	可能
	AGT1_AGTCMAI	可能	可能	不可能
	AGT1_AGTCMBI	可能	可能	不可能
AGT3	AGT3_AGTI	可能	可能(注3)	可能
	AGT3_AGTCMAI	可能	可能	不可能
	AGT3_AGTCMBI	可能	可能	不可能
IIC0	IIC0_WUI	可能	可能	不可能
ADC12n (n = 0)	ADC12n_WCMPPM	不可能	SELSR0 で可能(注1) (注3)	不可能
	ADC12n_WCMPUM	不可能	SELSR0 で可能(注1) (注3)	不可能

表 10.3 スヌーズモード、ソフトウェアスタンバイモード、ディープソフトウェアスタンバイモードを解除するための割り込み要因 (2/2)

割り込み要因	名称	ソフトウェアスタンバイモード	スヌーズモード	ディープソフトウェアスタンバイモード
SCIO	SCIO_AM	不可能	SELSR0 で可能(注1)(注2)	不可能
	SCIO_RXI_OR_ERI	不可能	SELSR0 で可能(注1)(注2)	不可能
DTC	DTC_COMPLETE	不可能	SELSR0 で可能(注1)(注3)	不可能
DOC	DOC_DOPCI	不可能	SELSR0 で可能(注1)	不可能

- 注 1. 割り込み要求をスヌーズモードからの復帰トリガとして使用するには、この割り込み要求を SELSR0 で選択する必要があります。「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。SELSR0 で選択したトリガが、WFI 命令の実行後、通常モードからソフトウェアスタンバイモードへの移行途中に発生した場合は、その要求が受け付けられる可能性はトリガ発生のタイミングに依存します。
- 注 2. SCIO_AM または SCIO_RXI_OR_ERI のいずれか一方のみ設定可能です。
- 注 3. SNZEDCRn レジスタで許可されたイベントを使用してはいけません。

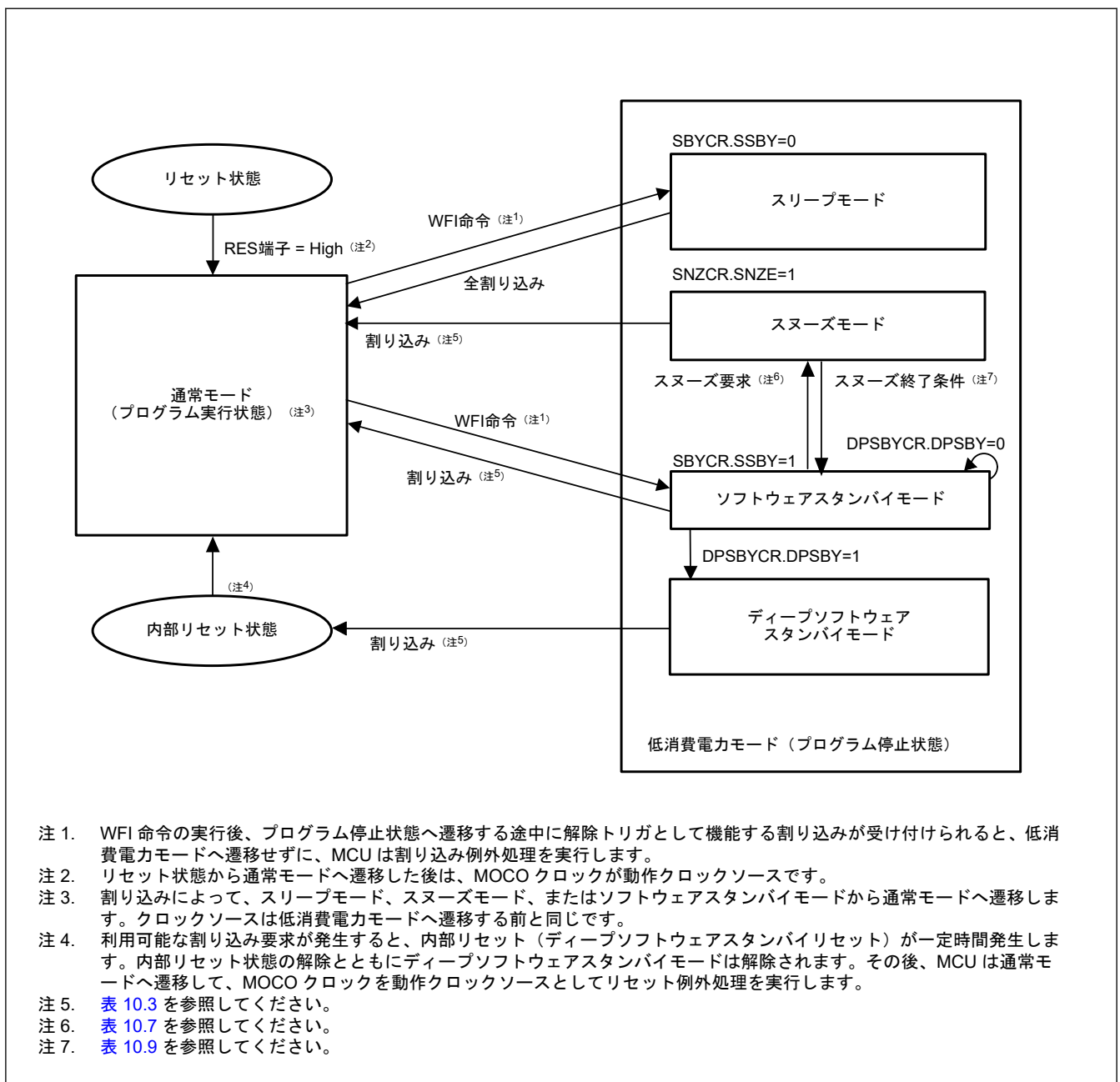


図 10.1 モード遷移

- 注 1. WFI 命令の実行後、プログラム停止状態へ遷移する途中に解除トリガとして機能する割り込みが受け付けられると、低消費電力モードへ遷移せずに、MCU は割り込み例外処理を実行します。
- 注 2. リセット状態から通常モードへ遷移した後は、MOCO クロックが動作クロックソースです。
- 注 3. 割り込みによって、スリープモード、スヌーズモード、またはソフトウェアスタンバイモードから通常モードへ遷移します。クロックソースは低消費電力モードへ遷移する前と同じです。
- 注 4. 利用可能な割り込み要求が発生すると、内部リセット (ディープソフトウェアスタンバイリセット) が一定時間発生します。内部リセット状態の解除とともにディープソフトウェアスタンバイモードは解除されます。その後、MCU は通常モードへ遷移して、MOCO クロックを動作クロックソースとしてリセット例外処理を実行します。
- 注 5. 表 10.3 を参照してください。
- 注 6. 表 10.7 を参照してください。
- 注 7. 表 10.9 を参照してください。

10.2 レジスタの説明

10.2.1 LPMSAR : 低消費電力モードセキュリティ属性レジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x3C8

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	NONS EC13	—	—	—	NONS EC9	NONS EC8	—	—	—	NONS EC4	—	NONS EC2	—	NONS EC0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	NONSEC0 ^(注1)	非セキュア属性ビット0 対象レジスタ：OPCCR、SOPCCR 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
1	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
2	NONSEC2	非セキュア属性ビット2 対象レジスタ：SBYCR 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
3	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
4	NONSEC4	非セキュア属性ビット4 対象レジスタ：SNZCR、SNZEDCRn、SNZREQCRn 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
7:5	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
8	NONSEC8	非セキュア属性ビット8 対象レジスタ：DPSBYCR 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
9	NONSEC9	非セキュア属性ビット9 対象レジスタ：DPSWCR 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
12:10	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
13	NONSEC13	非セキュア属性ビット13 対象レジスタ：LDOSCR、PL2LDOSCR 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
31:14	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタはPRCRレジスタによって書き込み保護されています。

注1. デバイスライフサイクルがNSECSDのとき(DLMMON.DLMMON[3:0] = 0011b)は、これらのビットは非セキュアに設定することが推奨されます。詳細は、「42.6.1. セキュリティ属性の設定に関する制限」を参照してください。

LPMSARレジスタは、低消費電力モードレジスタのセキュア属性を制御します。

NONSEC0 ビット (非セキュア属性ビット0)

OPCCRレジスタ、SOPCCRレジスタのセキュア属性を制御します。

NONSEC2 ビット (非セキュア属性ビット 2)

SBYCR レジスタのセキュア属性を制御します。

NONSEC4 ビット (非セキュア属性ビット 4)

SNZCR、SNZEDCRn、SNZREQCRn の各レジスタのセキュア属性を制御します。

NONSEC8 ビット (非セキュア属性ビット 8)

DPSBYCR レジスタのセキュア属性を制御します。

NONSEC9 ビット (非セキュア属性ビット 9)

DPSWCR レジスタのセキュア属性を制御します。

NONSEC13 ビット (非セキュア属性ビット 13)

LDOSCR レジスタおよび PL2LDOSCR レジスタのセキュア属性を制御します。

10.2.2 DPFSA00 : ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性レジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x3E0

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	DPFSA _n (n = 16~31)															
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	DPFS A09	DPFS A08	DPFS A07	DPFS A06	DPFS A05	DPFS A04	—	—	DPFS A01	DPFS A00
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	DPFSA01、DPFSA00	ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット n (n = 0、1) 対象レジスタ: DPSIER0.bn, DPSIFR0.bn, DPSIEGR0.bn (n = 0、1) 対象要因: IRQn-DS 端子 (n = 0、1) 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
3:2	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
9:4	DPFSA09~ DPFSA04	ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット n (n = 4~9) 対象レジスタ: DPSIER0.bn, DPSIFR0.bn, DPSIEGR0.bn (n = 4~7)、DPSIER1.bn、 DPSIFR1.bn、DPSIEGR1.bn (n = 0~4) 対象要因: IRQn-DS 端子 (n = 4~9) 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
15:10	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
16	DPFSA16	ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット 16 対象レジスタ: DPSIER2.b0, DPSIFR2.b0, DPSIEGR2.b0 対象要因: LVD1 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
17	DPFSA17	ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット 17 対象レジスタ: DPSIER2.b1, DPSIFR2.b1, DPSIEGR2.b1 対象要因: LVD2 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
18	DPFSA18	ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット 18 対象レジスタ: DPSIER2.b2、DPSIFR2.b2 対象要因: RTC 周期 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
19	DPFSA19	ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット 19 対象レジスタ: DPSIER2.b3、DPSIFR2.b3 対象要因: RTC アラーム 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
20	DPFSA20	ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット 20 対象レジスタ: DPSIER2.b4、DPSIFR2.b4、DPSIEGR2.b4 対象要因: NMI 端子 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
23:21	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
24	DPFSA24	ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット 24 対象レジスタ: DPSIER3.b0、DPSIFR3.b0 対象要因: USBFS0 サスペンド/レジューム 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
25	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
26	DPFSA26	ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット 26 対象レジスタ: DPSIER3.b2、DPSIFR3.b2 対象要因: AGT1 アンダーフロー 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
27	DPFSA27	ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット 27 対象レジスタ: DPSIER3.b3、DPSIFR3.b3 対象要因: AGT3 アンダーフロー 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
31:28	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスメッセージは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

DPFSAR レジスタは、ディープスタンバイ割り込み要因コントロールレジスタのセキュリティ属性を制御します。

DPFSA01、DPFSA00 ビット (ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット n (n = 0、1))

DPSIER0.bn、DPSIFR0.bn、DPSIEGR0.bn (n = 0, 1) の各レジスタのセキュリティ属性を制御します。

対象要因は、IRQn-DS 端子 (n = 0, 1) です。

DPFSA04~DPFSA09 ビット (ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット n (n = 4~9))

DPSIER0.bn、DPSIFR0.bn、DPSIEGR0.bn (n = 4~7)、DPSIER1.bn、DPSIFR1.bn、DPSIEGR1.bn (n = 0, 1) の各レジスタのセキュリティ属性を制御します。

対象要因は、IRQn-DS 端子 (n = 4~9) です。

DPFSA16 ビット (ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット 16)

DPSIER2.b0、DPSIFR2.b0、DPSIEGR2.b0 の各レジスタのセキュリティ属性を制御します。

対象要因は、LVD1 です。

DPFSA17 ビット (ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット 17)

DPSIER2.b1、DPSIFR2.b1、DPSIEGR2.b1 の各レジスタのセキュリティ属性を制御します。

対象要因は、LVD2 です。

DPFSA18 ビット (ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット 18)

DPSIER2.b2、DPSIFR2.b2 の各レジスタのセキュリティ属性を制御します。

対象要因は、RTC 周期です。

DPFSA19 ビット (ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット 19)

DPSIER2.b3、DPSIFR2.b3 の各レジスタのセキュリティ属性を制御します。

対象要因は、RTC アラームです。

DPFSA20 ビット (ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット 20)

DPSIER2.b4、DPSIFR2.b4、DPSIEGR2.b4 の各レジスタのセキュリティ属性を制御します。

対象要因は、NMI 端子です。

DPFSA24 ビット (ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット 24)

DPSIER3.b0、DPSIFR3.b0 の各レジスタのセキュリティ属性を制御します。

対象要因は、USBFS0 サスペンド/レジュームです。

DPFSA26 ビット (ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット 26)

DPSIER3.b2、DPSIFR3.b2 の各レジスタのセキュリティ属性を制御します。

対象要因は、AGT1 アンダーフローです。

DPFSA27 ビット (ディープスタンバイ割り込み要因セキュリティ属性ビット 27)

DPSIER3.b3、DPSIFR3.b3 の各レジスタのセキュリティ属性を制御します。

対象要因は、AGT3 アンダーフローです。

10.2.3 SBYCR : スタンバイコントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x00C

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	SSBY	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
14:0	—	読むとリセット値が読めます。書く場合、リセット値を書いてください。	R/W
15	SSBY	ソフトウェアスタンバイモード選択 0: スリープモード 1: ソフトウェアスタンバイモード	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

SSBY ビット (ソフトウェアスタンバイモード選択)

SSBY ビットは、WFI 命令実行後の遷移先を設定します。

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

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

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

10.2.4 MSTPCRA : モジュールストップコントロールレジスタ A

Base address: MSTP = 0x4008_4000

Offset address: 0x000

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	MSTP A22	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	MSTP A7	—	—	—	—	—	—	MSTP A0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	MSTPA0	SRAM0 モジュールストップ設定 対象モジュール: SRAM0 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
6:1	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
7	MSTPA7	スタンバイ SRAM モジュールストップ設定 対象モジュール: スタンバイ SRAM 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
21:8	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
22	MSTPA22	DMA コントローラ/データトランスファコントローラモジュールストップ設定(注1) 対象モジュール: DTC、DMAC 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
31:23	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

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

10.2.5 MSTPCRB : モジュールストップコントロールレジスタ B

Base address: MSTP = 0x4008_4000

Offset address: 0x004

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	MSTP B31	—	—	MSTP B28	MSTP B27	—	—	—	—	MSTP B22	—	—	MSTP B19	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	MSTP B11	—	MSTP B9	—	—	MSTP B6	—	—	—	MSTP B2	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
1	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
2	MSTPB2	コントローラエリアネットワーク0モジュールストップ設定(注1) 対象モジュール: CAN0 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
5:3	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
6	MSTPB6	クワッドシリアルペリフェラルインタフェースモジュールストップ設定 対象モジュール: QSPI 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
7	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
8	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
9	MSTPB9	I ² C バスインタフェース0モジュールストップ設定 対象モジュール: IIC0 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
10	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
11	MSTPB11	ユニバーサルシリアルバス 2.0 FS インタフェース0モジュールストップ設定(注2) 対象モジュール: USBFS0 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
12	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
15:13	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
17:16	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
18	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
19	MSTPB19	シリアルペリフェラルインタフェース0モジュールストップ設定 対象モジュール: SPI0 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
21:20	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
22	MSTPB22	シリアルコミュニケーションインタフェース9モジュールストップ設定 対象モジュール: SCI9 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
26:23	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
27	MSTPB27	シリアルコミュニケーションインタフェース4モジュールストップ設定 対象モジュール: SCI4 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
28	MSTPB28	シリアルコミュニケーションインタフェース3モジュールストップ設定 対象モジュール: SCI3 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
29	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
30	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
31	MSTPB31	シリアルコミュニケーションインタフェース0モジュールストップ設定 対象モジュール: SCI0 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W

注: セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

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

注 2. MSTP*i* ビットの書き換えは、本ビットによって制御されるクロックの発振が安定しているときに行う必要があります。MSTP*i* ビットを書き換えた後、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、書き換え後 USB クロック (USBCLK) が 2 サイクル経過してから WFI 命令を実行してください (*i* = 11)。

10.2.6 MSTPCRC : モジュールストップコントロールレジスタ C

Base address: MSTP = 0x4008_4000

Offset address: 0x008

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	MSTP C31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	MSTP C14	MSTP C13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	MSTP C1	MSTP C0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	MSTPC0	クロック周波数精度測定回路モジュールストップ設定(注1) 対象モジュール: CAC 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
1	MSTPC1	巡回冗長検査演算器モジュールストップ設定 対象モジュール: CRC 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
2	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
3	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
7:4	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
8	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
11:9	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
12	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
13	MSTPC13	データ演算回路モジュールストップ設定 対象モジュール: DOC 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
14	MSTPC14	イベントリンクコントローラモジュールストップ設定 対象モジュール: ELC 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
30:15	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
31	MSTPC31	SCE9 モジュールストップ設定 対象モジュール: SCE9 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

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

10.2.7 MSTPCRD : モジュールストップコントロールレジスタ D

Base address: MSTP = 0x4008_4000

Offset address: 0x00C

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	MSTP D20	—	—	—	MSTP D16
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	MSTP D14	MSTP D13	MSTP D12	MSTP D11	—	—	—	—	—	—	—	MSTP D3	MSTP D2	MSTP D1	MSTP D0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	MSTPD0	低消費電力非同期汎用タイマ 3 モジュールストップ設定(注3) 対象モジュール: AGT3 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
1	MSTPD1	低消費電力非同期汎用タイマ 2 モジュールストップ設定(注4) 対象モジュール: AGT2 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
2	MSTPD2	低消費電力非同期汎用タイマ 1 モジュールストップ設定(注1) 対象モジュール: AGT1 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
3	MSTPD3	低消費電力非同期汎用タイマ 0 モジュールストップ設定(注2) 対象モジュール: AGT0 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
10:4	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
11	MSTPD11	GPT 用ポートアウトプットイネーブルグループ D モジュールストップ設定 対象モジュール: POEGGD 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
12	MSTPD12	GPT 用ポートアウトプットイネーブルグループ C モジュールストップ設定 対象モジュール: POEGGC 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
13	MSTPD13	GPT 用ポートアウトプットイネーブルグループ B モジュールストップ設定 対象モジュール: POEGGB 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
14	MSTPD14	GPT 用ポートアウトプットイネーブルグループ A モジュールストップ設定 対象モジュール: POEGGA 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
15	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
16	MSTPD16	12 ビット A/D コンバータ 0 モジュールストップ設定 対象モジュール: ADC120 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
19:17	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
20	MSTPD20	12 ビット D/A コンバータモジュールストップ設定 対象モジュール: DAC12 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
21	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
22	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
31:23	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注 1. カウントソースがサブクロック発振器または LOCO の場合、MSTPD2 ビットを 1 にしても、AGT1 のカウントは停止しません。カウントソースがサブクロック発振器または LOCO の場合、AGT1 レジスタにアクセスする場合を除いて、本ビットを 1 にする必要があります。
- 注 2. カウントソースがサブクロック発振器または LOCO の場合、MSTPD3 ビットを 1 にしても、AGT0 のカウントは停止しません。カウントソースがサブクロック発振器または LOCO の場合、AGT0 レジスタにアクセスするときを除いて、本ビットを 1 にする必要があります。
- 注 3. カウントソースがサブクロック発振器または LOCO の場合、MSTPD0 ビットを 1 にしても、AGT3 のカウントは停止しません。カウントソースがサブクロック発振器または LOCO の場合、AGT3 レジスタにアクセスするときを除いて、本ビットを 1 にする必要があります。
- 注 4. カウントソースがサブクロック発振器または LOCO の場合、MSTPD1 ビットを 1 にしても、AGT2 のカウントは停止しません。カウントソースがサブクロック発振器または LOCO の場合、AGT2 レジスタにアクセスするときを除いて、本ビットを 1 にする必要があります。

10.2.8 MSTPCRE : モジュールストップコントロールレジスタ E

Base address: MSTP = 0x4008_4000

Offset address: 0x010

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	MSTP E30	MSTP E29	—	MSTP E27	MSTP E26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	MSTP E14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
13:0	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
14	MSTPE14	低消費電力非同期汎用タイマ 5 モジュールストップ設定(注1) 対象モジュール: AGT5 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
15	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
23:16	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
25:24	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
26	MSTPE26	GPT5 モジュールストップ設定 対象モジュール: GPT5 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
27	MSTPE27	GPT4 モジュールストップ設定 対象モジュール: GPT4 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
28	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
29	MSTPE29	GPT2 モジュールストップ設定 対象モジュール: GPT2 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
30	MSTPE30	GPT1 モジュールストップ設定 対象モジュール: GPT1 0: モジュールストップ状態の解除 1: モジュールストップ状態へ遷移	R/W
31	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注 1. カウントソースがサブクロック発振器または LOCO の場合、MSTPE14 ビットを 1 にしても、AGT5 のカウントは停止しません。カウントソースがサブクロック発振器または LOCO の場合、AGT5 レジスタにアクセスするときを除いて、本ビットを 1 にする必要があります。

10.2.9 OPCCR : 動作電力コントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x0A0

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	OPCM TSF	—	—	OPCM[1:0]	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	OPCM[1:0]	動作電力制御モード選択 0 0: High-speed モード 0 1: 設定禁止 1 0: 設定禁止 1 1: Low-Speed モード	R/W
3:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	OPCMTSF	動作電力制御モード遷移状態フラグ リード時 0: 遷移完了 1: 遷移中	R
7:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注. PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

OPCCR レジスタは、低い動作周波数を指定することによって、通常モードとスリープモード時の消費電力を低減させるためのレジスタです。動作電力制御モードの変更手順については、「10.5. 動作電力低減機能」を参照してください。

ソフトウェアスタンバイモードから通常モードまたはスヌーズモードへ遷移する場合は、ソフトウェアスタンバイモード遷移前の設定値にかかわらず、OPCCR.OPCM[1:0] ビットと SOPCCR.SOPCM ビットの設定値は以下のとおりです。

- OPCCR.OPCM[1:0] = 00b (High-speed モード)
- SOPCCR.SOPCM = 0b (Subosc-speed モード以外)

ソフトウェアスタンバイモードへの遷移が完了する前にソフトウェアスタンバイモードが解除されると、OPCCR.OPCM[1:0]ビットと SOPCCR.SOPCM ビットは、WFI 命令実行前の設定値を保持します。これによって問題が生じる場合は、ソフトウェアスタンバイモードを解除する際の例外処理手順において MCU を High-speed モードに設定してください。

OPCM[1:0]ビット（動作電力制御モード選択）

通常モードとスリープモード時の動作電力制御モードを選択します。表 10.4 は、各動作電力制御モードと、OPCM[1:0]ビットおよび SOPCM ビットの設定値との関係を示しています。

OPCMTSF フラグ（動作電力制御モード遷移状態フラグ リード時）

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

10.2.10 SOPCCR：サブ動作電力コントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x0AA

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	SOPC MTSF	—	—	—	SOPC M
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SOPCM	サブ動作電力制御モード選択 0: Subosc-speed モード以外 1: Subosc-Speed モード	R/W
3:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	SOPCMTSF	動作電力制御モード遷移状態フラグ リード時 0: 遷移完了 1: 遷移中	R
7:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注: セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注: PRCR.PRC1 ビットを 1（書き込み許可）にしてから、このレジスタを書き換えてください。

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

動作電力制御モードの変更手順については、「10.5. 動作電力低減機能」を参照してください。

SOPCM ビット（サブ動作電力制御モード選択）

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

ソフトウェアスタンバイモードから通常モードまたはスヌーズモードへ遷移する場合、ソフトウェアスタンバイモード遷移前の設定値にかかわらず、OPCCR.OPCM[1:0]ビットと SOPCCR.SOPCM ビットの設定値は以下のとおりです。

- OPCCR.OPCM[1:0] = 00b（High-speed モード）
- SOPCCR.SOPCM = 0b（Subosc-speed モード以外）

ソフトウェアスタンバイモードへの遷移が完了する前にソフトウェアスタンバイモードが解除されると、OPCCR.OPCM[1:0]ビットと SOPCCR.SOPCM ビットは、WFI 命令実行前の設定値を保持します。これによって問題が生じる場合は、ソフトウェアスタンバイモードを解除する際の例外処理手順において MCU を High-speed モードに設定してください。

表 10.4 は、各動作電力制御モードと、OPCM[1:0]ビットおよび SOPCM ビットの設定値との関係を示しています。

SOPCMTSF フラグ（動作電力制御モード遷移状態フラグ リード時）

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

表 10.4 は、各動作電力制御モードを示しています。

表 10.4 動作電力制御モード

動作電力制御モード	OPCM[1:0]ビット	SOPCM ビット	消費電力
High-Speed モード	00b	0	High
Low-Speed モード	11b	0	↓
Subosc-Speed モード	xxb	1	Low

動作周波数の詳細は、「43. 電气的特性」を参照してください。

各動作電力制御モードについて以下に説明します。

- High-speed モード
リセット解除後、MCU はこのモードで動作します。
- Low-speed モード
Low-speed モードには下記の制限事項があります。
 - フラッシュメモリに対するプログラム/イレース操作は禁止
 - PLL および PLL2 は使用禁止です。「10.10.1. レジスタアクセス」を参照してください。

このモードでは、同じ条件（動作周波数など）で同じ動作をさせる場合、High-speed モードよりも消費電力を低減できます。

- Subosc-speed モード
Subosc-speed モードには下記の制限事項があります。
 - フラッシュメモリに対するプログラム/イレース操作は禁止
 - データフラッシュの読み出しは禁止
 - MOSC、PLL、PLL2、MOCO、HOCO は使用禁止。「10.10.1. レジスタアクセス」を参照してください。
 - ICK または FCK に対して分周クロックは使用禁止。「10.10.1. レジスタアクセス」を参照してください。
 - メインクロック発振器の発振停止検出機能は使用禁止

このモードでは、同じ条件（動作周波数など）で同じ動作をさせる場合、Low-speed モードよりも消費電力を低減できます。

10.2.11 SNZCR : スヌーズコントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x092

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	SNZE	—	—	—	—	—	SNZD TCEN	RXDR EQEN

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	RXDREQEN	RXD0 スヌーズ要求許可 0: ソフトウェアスタンバイモード時に RXD0 の立ち下がリエッジを無視 1: ソフトウェアスタンバイモード時に RXD0 の立ち下がリエッジを検出	R/W
1	SNZDTCEN	スヌーズモード時の DTC 許可 0: DTC 動作を禁止 1: DTC 動作を許可	R/W
6:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	SNZE	スヌーズモード許可 0: スヌーズモードを禁止 1: スヌーズモードを許可	R/W

- 注: セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注: PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

RXDREQEN ビット (RXD0 スヌーズ要求許可)

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

SNZDTCEN ビット (スヌーズモード時の DTC 許可)

SNZDTCEN ビットは、スヌーズモード時に DTC と SRAM を使用するか否かを指定します。スヌーズモードで DTC と SRAM を使用するには、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に、このビットを 1 にしてください。このビットが 1 の場合、IELSRn レジスタを設定することで、DTC を起動することが可能です。

SNZE ビット (スヌーズモード許可)

SNZE ビットは、ソフトウェアスタンバイモードからスヌーズモードへの遷移を許可するか否かを指定します。スヌーズモードを使用するには、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に、このビットを 1 にしてください。このビットが 1 の場合、ソフトウェアスタンバイモード時に表 10.7 に示すトリガによって、MCU はスヌーズモードへ遷移します。ソフトウェアスタンバイモードまたはスヌーズモードから通常モードへ遷移した後、ソフトウェアスタンバイモードへ再遷移する場合は、あらかじめ SNZE ビットをいったん 0 にしてから再設定してください。詳細は「10.8. スヌーズモード」を参照してください。

10.2.12 SNZEDCR0 : スヌーズ終了コントロールレジスタ 0

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x094

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	SCIOU MTED	—	—	AD0U MTED	AD0M ATED	DTCN ZRED	DTCZ RED	AGTU NFED
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	AGTUNFED	AGT1 アンダーフロー時スヌーズ終了許可 0: スヌーズ終了要求を禁止 1: スヌーズ終了要求を許可	R/W
1	DTCZRED	最後の DTC 送信完了時スヌーズ終了許可 0: スヌーズ終了要求を禁止 1: スヌーズ終了要求を許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
2	DTCNZRED	最後以外の DTC 送信完了時スヌーズ終了許可 0: スヌーズ終了要求を禁止 1: スヌーズ終了要求を許可	R/W
3	ADOMATED	ADC12 コンペアマッチスヌーズ終了許可 0: スヌーズ終了要求を禁止 1: スヌーズ終了要求を許可	R/W
4	AD0UMTED	ADC12 コンペア不一致スヌーズ終了許可 0: スヌーズ終了要求を禁止 1: スヌーズ終了要求を許可	R/W
6:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	SCI0UMTED	SCI0 アドレス不一致スヌーズ終了許可 0: スヌーズ終了要求を禁止 1: スヌーズ終了要求を許可	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

SNZEDCR0 レジスタは、スヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの切り替え条件を制御します。表 10.8 に示すトリガをスヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの切り替え条件として使用する場合は、SNZEDCR0 レジスタの対応するビットを 1 にする必要があります。

表 10.3 に示すように、スヌーズモードから通常モードへ復帰させるためのイベントは、SNZEDCR0 レジスタで許可しないでください。

AGTUNFED ビット (AGT1 アンダーフロー時スヌーズ終了許可)

AGTUNFED ビットは、AGT1 アンダーフローを契機とするスヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの遷移を許可するか否かを指定します。トリガ条件については、「22. 低消費電力非同期汎用タイマ (AGT)」を参照してください。

DTCZRED ビット (最後の DTC 送信完了時スヌーズ終了許可)

DTCZRED ビットは、最後の DTC 送信完了 (すなわち、DTC の CRA または CRB レジスタが 0) を契機とする、スヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの遷移を許可するか否かを指定します。トリガ条件については、「17. データトランスファコントローラ (DTC)」を参照してください。

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

DTCNZRED ビットは、各 DTC 送信完了 (すなわち、DTC の CRA または CRB レジスタが 0 以外) を契機とする、スヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの遷移を許可するか否かを指定します。トリガ条件については、「17. データトランスファコントローラ (DTC)」を参照してください。

ADOMATED ビット (ADC12 コンペアマッチスヌーズ終了許可)

ADOMATED ビットは変換結果が期待値と一致した場合に、ADC120 イベントによるスヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの遷移を許可するか否かを指定します。トリガ条件については、「35. 12 ビット A/D コンバータ (ADC12)」を参照してください。

AD0UMTED ビット (ADC12 コンペア不一致スヌーズ終了許可)

AD0UMTED ビットは変換結果が期待値と一致しない場合に、ADC120 イベントによるスヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの遷移を許可するか否かを指定します。トリガ条件については、「35. 12 ビット A/D コンバータ (ADC12)」を参照してください。

SCI0UMTED ビット (SCI0 アドレス不一致スヌーズ終了許可)

SCI0UMTED ビットは、ソフトウェアスタンバイモード時に受信したアドレスが期待値と一致しない場合に、SCI0 イベントを契機とするスヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの遷移を許可するか否かを指定します。トリガ条件については、「27. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)」を参照してください。このビットは SCI0 が調歩同期式モードを作動しているときにのみ 1 にしてください。

10.2.13 SNZEDCR1 : スヌーズ終了コントロールレジスタ 1

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x095

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	AGT3 UNFE D
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	AGT3UNFED	AGT3 アンダーフロー時スヌーズ終了許可 0: スヌーズ終了要求を禁止 1: スヌーズ終了要求を許可	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注. PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

SNZEDCR1 レジスタは、スヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの切り替え条件を制御します。表 10.8 に示すトリガをスヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの切り替え条件として使用する場合は、SNZEDCR1 レジスタの対応するビットを 1 にする必要があります。

表 10.3 に示すように、スヌーズモードから通常動作モードへ復帰させるためのイベントは、SNZEDCR1 レジスタで許可しないでください。

AGT3UNFED ビット (AGT3 アンダーフロー時スヌーズ終了許可)

AGT3UNFED ビットは、AGT3 アンダーフローによるスヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの遷移を許可するか否かを指定します。トリガ条件については、「22. 低消費電力非同期汎用タイマ (AGT)」を参照してください。

10.2.14 SNZREQCR0 : スヌーズ要求コントロールレジスタ 0

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x098

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	SNZR EQEN 30	SNZR EQEN 29	SNZR EQEN 28	—	—	SNZR EQEN 25	SNZR EQEN 24	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	SNZR EQEN 13	—	—	—	SNZR EQEN 9	SNZR EQEN 8	SNZR EQEN 7	SNZR EQEN 6	SNZR EQEN 5	SNZR EQEN 4	SNZR EQEN 3	SNZR EQEN 2	SNZR EQEN 1	SNZR EQEN 0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SNZREQEN0	IRQ0 端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求を禁止 1: スヌーズ要求を許可	R/W
1	SNZREQEN1	IRQ1 端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求を禁止 1: スヌーズ要求を許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
2	SNZREQEN2	IRQ2 端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求を禁止 1: スヌーズ要求を許可	R/W
3	SNZREQEN3	IRQ3 端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求を禁止 1: スヌーズ要求を許可	R/W
4	SNZREQEN4	IRQ4 端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求を禁止 1: スヌーズ要求を許可	R/W
5	SNZREQEN5	IRQ5 端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求を禁止 1: スヌーズ要求を許可	R/W
6	SNZREQEN6	IRQ6 端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求を禁止 1: スヌーズ要求を許可	R/W
7	SNZREQEN7	IRQ7 端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求を禁止 1: スヌーズ要求を許可	R/W
8	SNZREQEN8	IRQ8 端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求を禁止 1: スヌーズ要求を許可	R/W
9	SNZREQEN9	IRQ9 端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求を禁止 1: スヌーズ要求を許可	R/W
12:10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
13	SNZREQEN13	IRQ13 端子のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求を禁止 1: スヌーズ要求を許可	R/W
15:14	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
23:16	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
24	SNZREQEN24	RTC アラームのスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求を禁止 1: スヌーズ要求を許可	R/W
25	SNZREQEN25	RTC 周期のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求を禁止 1: スヌーズ要求を許可	R/W
27:26	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
28	SNZREQEN28	AGT1 アンダーフローのスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求を禁止 1: スヌーズ要求を許可	R/W
29	SNZREQEN29	AGT1 コンペアマッチ A のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求を禁止 1: スヌーズ要求を許可	R/W
30	SNZREQEN30	AGT1 コンペアマッチ B のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求を禁止 1: スヌーズ要求を許可	R/W
31	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注: セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注: PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

SNZREQCR0 レジスタは、ソフトウェアスタンバイモードからスヌーズモードへ切り替えるためのトリガを制御します。WUPENn レジスタ（「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照）の設定によって、トリガがソ

ソフトウェアスタンバイモードの解除要求として選択されている場合、SNZREQCR0 レジスタの対応するビットが 1 であっても、そのトリガが発生すると MCU は通常モードへ遷移します。WUPEN_n レジスタの設定値は、SNZREQCR0 レジスタの設定値よりも常に優先順位は高くなります。詳細は、「10.8. スヌーズモード」および「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

10.2.15 SNZREQCR1 : スヌーズ要求コントロールレジスタ 1

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x088

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SNZREQEN2	SNZREQEN1	SNZREQEN0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SNZREQEN0	AGT3 アンダーフローのスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求を禁止 1: スヌーズ要求を許可	R/W
1	SNZREQEN1	AGT3 コンペアマッチ A のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求を禁止 1: スヌーズ要求を許可	R/W
2	SNZREQEN2	AGT3 コンペアマッチ B のスヌーズ要求許可 0: スヌーズ要求を禁止 1: スヌーズ要求を許可	R/W
31:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注: セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注: PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

SNZREQCR1 レジスタは、MCU をソフトウェアスタンバイモードからスヌーズモードへ切り替えるためのトリガを制御します。WUPEN_n レジスタ（「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照）の設定によって、トリガがソフトウェアスタンバイモードの解除要求として選択されている場合、SNZREQCR1 レジスタの対応するビットが 1 であっても、そのトリガが発生すると MCU は通常モードへ遷移します。WUPEN_n レジスタの設定値は、SNZREQCR1 レジスタの設定値よりも常に優先順位は高くなります。詳細は、「10.8. スヌーズモード」および「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

10.2.16 DPSBYCR : ディープスタンバイコントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x400

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	DPSB Y	IOKEE P	—	—	—	—	—	DEEPCUT[1:0]
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	1

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	DEEPCUT[1:0]	電源制御 0 0: ディープソフトウェアスタンバイモード時に、スタンバイ RAM、低速オンチップオシレータ、AGTn (n = 0~3)、および USBFS レジューム検出部へ電源を供給する 0 1: ディープソフトウェアスタンバイモード時に、スタンバイ RAM、低速オンチップオシレータ、AGT、および USBFS レジューム検出部へ電源を供給しない 1 0: 設定禁止 1 1: ディープソフトウェアスタンバイモード時に、スタンバイ RAM、低速オンチップオシレータ、AGT、および USBFS レジューム検出部へ電源を供給しないさらに、LVD を無効にし、パワーオンリセット回路の低消費電力機能を有効にする	R/W
5:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6	IOKEEP	I/O ポート保持 0: ディープソフトウェアスタンバイモード解除時に、I/O ポートはリセット状態 1: ディープソフトウェアスタンバイモード解除時に、I/O ポートはディープソフトウェアスタンバイモード時と同じ状態	R/W
7	DPSBY	ディープソフトウェアスタンバイ 0: スリープモード (SBYCR.SSBY=0) / ソフトウェアスタンバイモード (SBYCR.SSBY=1) 1: スリープモード (SBYCR.SSBY=0) / ディープソフトウェアスタンバイモード (SBYCR.SSBY=1)	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注. PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

DPSBYCR レジスタは、ディープソフトウェアスタンバイモードを制御します。

DPSBYCR レジスタは、ディープソフトウェアスタンバイモードの解除要因となる内部リセット信号では初期化されません。詳細は、「5. リセット」を参照してください。

DEEPCUT[1:0]ビット (電源制御)

DEEPCUT[1:0]ビットはディープソフトウェアスタンバイモード時に、スタンバイ RAM、低速オンチップオシレータ、AGT、および USBFS レジューム検出部への内部電源供給を制御します。さらに、ディープソフトウェアスタンバイモード時に、LVD とパワーオンリセット回路の状態を制御します。

ディープソフトウェアスタンバイモードの解除要因として USBFS サスペンド/レジューム割り込みを使用する場合は、DEEPCUT[1:0]ビットを 00b にしてください。

また、ディープソフトウェアスタンバイモード時に LVD 割り込みを使用する場合は、DEEPCUT[1:0]ビットを 00b または 01b にする必要があります。

低消費電力化のため、LVD を停止させ、パワーオンリセット回路の低消費電力機能を有効にする場合は、DEEPCUT[1:0]ビットを 11b にしてください。

DEEPCUT [1:0]ビットの設定に関係なく、ディープソフトウェアスタンバイモード中は、スタンバイ SRAM を除く SRAM への内部電源供給は停止します。

ディープソフトウェアスタンバイモードが使用される場合、ディープソフトウェアスタンバイモードに遷移する前に DEEPCUT[1]の値により DPSWCR.WTSTS ビットを設定してください。

IOKEEP ビット (I/O ポート保持)

ディープソフトウェアスタンバイモード時に、I/O ポートはソフトウェアスタンバイモード時と同じ状態を維持します。IOKEEP ビットは、ディープソフトウェアスタンバイモードの解除後、I/O ポートの状態をリセットするか否かを指定します。

DPSBY ビット (ディープソフトウェアスタンバイ)

ディープソフトウェアスタンバイモードへの遷移を制御します。

SBYCR.SSBY ビットと DPSBYCR.DPSBY ビットがともに 1 の状態で WFI 命令を実行すると、MCU は、ソフトウェアスタンバイモードを経由してディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。

外部端子割り込み発生要因となる一部の端子 (NMI、IRQn-DS (n = 0, 1, 4~9))、または周辺機能割り込み (RTC アラーム、RTC 周期、USB サスペンド/レジューム、電圧監視 1、電圧監視 2) によってディープソフトウェアスタンバイモードを解除したときは、DPSBY ビットは 1 のままです。本ビットをクリアするときは、0 を書いてください。

OFS0.IWDTSTPCTL ビットが 0 (カウント継続) の場合、OFS0.IWDTSTRT ビットの設定値にかかわらず、DPSBY ビットの設定値は無効です。この場合、SBYCR.SSBY ビットが 1 であつ DPSBY ビットが 1 であっても、WFI 命令実行後はソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。

また、電圧監視 1 リセットが許可 (LVD1CR0.RI = 1) の場合、あるいは電圧監視 2 リセットが許可 (LVD2CR0.RI = 1) の場合も、DPSBY ビットの設定値は無効です。この場合、SBYCR.SSBY ビットが 1 であつ DPSBY ビットが 1 であっても、WFI 命令実行後はソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。

10.2.17 DPSWCR : ディープスタンバイウェイトコントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x401

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	WTSTS[5:0]					
Value after reset:	0	0	0	1	1	0	0	1

ビット	シンボル	機能	R/W
5:0	WTSTS[5:0]	ディープソフトウェアウェイトスタンバイ時間設定 0x0E: ファストリカバリ用のウェイトサイクル数 0x19: スロートリカバリ用のウェイトサイクル数 その他: 設定禁止	R/W
7:6	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

DPSWCR レジスタは、外部端子割り込みまたは周辺割り込み (RTC アラーム、RTC 周期、USB サスペンド/レジューム等) の要因である端子によってディープソフトウェアスタンバイモードが解除される時の安定待機時間を設定します。

本レジスタに設定される安定待機時間中、ディープソフトウェアスタンバイリセットが発生し、MCU は初期化されます。

DPSWCR レジスタは、ディープソフトウェアスタンバイモードを解除する内部リセット信号では初期化されません。詳細は、「5. リセット」を参照してください。

ディープソフトウェアスタンバイモードが使用される場合、ディープソフトウェアスタンバイモードに遷移する前に DPSBYCR.DEEPCUT[1] の値により DPSWCR.WTSTS ビットを設定してください。

DPSBYCR.DEEPCUT[1] = 0 の場合、DPSWCR.WTSTS をファストリカバリ用のウェイトサイクル数に設定できません。

DPSBYCR.DEEPCUT[1] = 1 の場合、DPSWCR.WTSTS をスロートリカバリ用のウェイトサイクル数に設定する必要があります。

10.2.18 DPSIER0 : ディープスタンバイ割り込みイネーブルレジスタ 0

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x402

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	DIRQ7 E	DIRQ6 E	DIRQ5 E	DIRQ4 E	—	—	DIRQ1 E	DIRQ0 E
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DIRQ0E	IRQ0-DS 端子許可 0: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を禁止 1: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を許可	R/W
1	DIRQ1E	IRQ1-DS 端子許可 0: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を禁止 1: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を許可	R/W
3:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	DIRQ4E	IRQ4-DS 端子許可 0: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を禁止 1: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を許可	R/W
5	DIRQ5E	IRQ5-DS 端子許可 0: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を禁止 1: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を許可	R/W
6	DIRQ6E	IRQ6-DS 端子許可 0: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を禁止 1: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を許可	R/W
7	DIRQ7E	IRQ7-DS 端子許可 0: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を禁止 1: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を許可	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

DPSIER0 レジスタは、ディープソフトウェアスタンバイモードの解除要因となる内部リセット信号では初期化されません。詳細は、「5. リセット」を参照してください。

なお、DPSIER0 レジスタの設定を変更すると、端子の状態によっては内部的にエッジが発生し、DPSIFR0 レジスタが 1 になる場合があります。そのため、ディープソフトウェアスタンバイモードに遷移する前に、DPSIFR0 レジスタを 0 にしてください。

10.2.19 DPSIER1 : ディープスタンバイ割り込みイネーブルレジスタ 1

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x403

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	DIRQ9 E	DIRQ8 E
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DIRQ8E	IRQ8-DS 端子許可 0: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を禁止 1: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
1	DIRQ9E	IRQ9-DS 端子許可 0: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を禁止 1: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を許可	R/W
2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注. PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

DPSIER1 レジスタは、ディープソフトウェアスタンバイモードの解除要因となる内部リセット信号では初期化されません。詳細は、「5. リセット」を参照してください。

なお、DPSIER1 レジスタの設定を変更すると、端子の状態によっては内部的にエッジが発生し、DPSIFR1 レジスタが 1 になる場合があります。そのため、ディープソフトウェアスタンバイモードに遷移する前に、DPSIFR1 レジスタを 0 にしてください。

10.2.20 DPSIER2 : ディープスタンバイ割り込みイネーブルレジスタ 2

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x404

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	DNMIE	DRTCAIE	DRTCIIE	DLVD2IE	DLVD1IE
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DLVD1IE	LVD1 ディープスタンバイ解除信号許可 0: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を禁止 1: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を許可	R/W
1	DLVD2IE	LVD2 ディープスタンバイ解除信号許可 0: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を禁止 1: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を許可	R/W
2	DRTCIIE	RTC 周期割り込みディープスタンバイ解除信号許可 0: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を禁止 1: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を許可	R/W
3	DRTCAIE	RTC アラーム割り込みディープスタンバイ解除信号許可 0: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を禁止 1: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を許可	R/W
4	DNMIE	NMI 端子許可 0: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を禁止 1: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を許可	R/W(注1)
7:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注. PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

注 1. 一度だけ 1 を書くことができます。以後のライトアクセスは無効です。

DPSIER2 レジスタは、ディープソフトウェアスタンバイモードの解除要因となる内部リセット信号では初期化されません。詳細は、「5. リセット」を参照してください。

なお、DPSIER2 レジスタの設定を変更すると、端子の状態によっては内部的にエッジが発生し、DPSIFR2 レジスタが 1 になる場合があります。そのため、ディープソフトウェアスタンバイモードに遷移する前に、DPSIFR2 レジスタを 0 にしてください。

10.2.21 DPSIER3 : ディープスタンバイ割り込みイネーブルレジスタ 3

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x405

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	DAGT 3IE	DAGT 1IE	—	DUSB FS0IE
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DUSBFS0IE	USBFS0 サスペンド/レジュームディープスタンバイ解除信号許可 0: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を禁止 1: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を許可	R/W
1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
2	DAGT1IE	AGT1 アンダーフローディープスタンバイ解除信号許可 0: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を禁止 1: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を許可	R/W
3	DAGT3IE	AGT3 アンダーフローディープスタンバイ解除信号許可 0: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を禁止 1: ディープソフトウェアスタンバイモード解除を許可	R/W
7:4	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注: セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注: PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

DPSIER3 レジスタは、ディープソフトウェアスタンバイモードの解除要因となる内部リセット信号では初期化されません。詳細は、「5. リセット」を参照してください。

なお、DPSIER3 レジスタの設定を変更すると、端子の状態によっては内部的にエッジが発生し、DPSIFR3 レジスタが 1 になる場合があります。そのため、ディープソフトウェアスタンバイモードに遷移する前に、DPSIFR3 レジスタを 0 にしてください。

10.2.22 DPSIFR0 : ディープスタンバイ割り込みフラグレジスタ 0

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x406

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	DIRQ7 F	DIRQ6 F	DIRQ5 F	DIRQ4 F	—	—	DIRQ1 F	DIRQ0 F
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DIRQ0F	IRQ0-DS 端子ディープスタンバイ解除フラグ 0: 解除要求の発生なし 1: 解除要求の発生あり	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
1	DIRQ1F	IRQ1-DS 端子ディープスタンバイ解除フラグ 0: 解除要求の発生なし 1: 解除要求の発生あり	R/W
3:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	DIRQ4F	IRQ4-DS 端子ディープスタンバイ解除フラグ 0: 解除要求の発生なし 1: 解除要求の発生あり	R/W
5	DIRQ5F	IRQ5-DS 端子ディープスタンバイ解除フラグ 0: 解除要求の発生なし 1: 解除要求の発生あり	R/W
6	DIRQ6F	IRQ6-DS 端子ディープスタンバイ解除フラグ 0: 解除要求の発生なし 1: 解除要求の発生あり	R/W
7	DIRQ7F	IRQ7-DS 端子ディープスタンバイ解除フラグ 0: 解除要求の発生なし 1: 解除要求の発生あり	R/W

- 注: セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注: 0 を書くとフラグが 0 になります。1 の書き込みは無視されます。
- 注: PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

それぞれのフラグは、DPSIEGR0 レジスタで設定した解除要求が発生したときに 1 になります。

ディープソフトウェアスタンバイモードではない状態であっても、解除要求が発生すれば 1 になる場合があります。また、DPSIER0 レジスタの設定変更によっても 1 になる場合があります。そのため、DPSIFR0 レジスタを 0x00 にした後、ディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移してください。

DPSIER0 レジスタの設定変更後に DPSIFR0 レジスタを 0x00 にする場合は、PCLKB が 6 サイクル以上経過してから、DPSIFR0 レジスタを読んだ後、0 を書いてください。たとえば、DPSIER0 レジスタを読むことによって、PCLKB の 6 サイクル以上が確保されます。

DPSIFR0 レジスタは、ディープソフトウェアスタンバイモードの解除要因となる内部リセット信号では初期化されません。DPSIER0 レジスタの設定変更後に DPSIFR0 レジスタを 0x00 にする場合は、PCLKB が 6 サイクル以上経過してから、DPSIFR0 レジスタを読んだ後、0 を書いてください。たとえば、DPSIER0 レジスタを読むことによって、PCLKB の 6 サイクル以上が確保されます。詳細は、「5. リセット」を参照してください。

DIRQnF フラグ (IRQn-DS 端子ディープスタンバイ解除フラグ) (n = 0, 1, 4~7)

DIRQnF フラグは IRQn-DS 端子による解除要求が発生したことを示します。

[1 になる条件]

DPSIEGR0 レジスタで選択した IRQn-DS 端子による解除要求が発生したとき

[0 になる条件]

各フラグから 1 を読んだ後、0 を書いたとき

10.2.23 DPSIFR1 : ディープスタンバイ割り込みフラグレジスタ 1

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x407

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	DIRQ9 F	DIRQ8 F

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DIRQ8F	IRQ8-DS 端子ディープスタンバイ解除フラグ 0: 解除要求の発生なし 1: 解除要求の発生あり	R/W
1	DIRQ9F	IRQ9-DS 端子ディープスタンバイ解除フラグ 0: 解除要求の発生なし 1: 解除要求の発生あり	R/W
7:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注: セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注: 0 を書くとフラグが 0 になります。1 の書き込みは無視されます。

注: PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

それぞれのフラグは、DPSIEGR1 レジスタで設定した解除要求が発生したときに 1 になります。

ディープソフトウェアスタンバイモードではない状態であっても、解除要求が発生すれば 1 になる場合があります。また、DPSIER1 レジスタの設定変更によっても 1 になる場合があります。そのため、DPSIFR1 レジスタを 0x00 にした後、ディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移してください。

DPSIER1 レジスタの設定変更後に DPSIFR1 レジスタを 0x00 にする場合は、PCLKB が 6 サイクル以上経過してから、DPSIFR1 レジスタを読んだ後、0 を書いてください。たとえば、DPSIER1 レジスタを読むことによって、PCLKB の 6 サイクル以上が確保されます。

DPSIFR1 レジスタは、ディープソフトウェアスタンバイモードの解除要因となる内部リセット信号では初期化されません。詳細は、「5. リセット」を参照してください。

DIRQnF フラグ (IRQn-DS 端子ディープスタンバイ解除フラグ) (n = 8, 9)

DIRQnF フラグは IRQn-DS 端子による解除要求が発生したことを示します。

[1 になる条件]

DPSIEGR1 レジスタで選択した IRQn-DS 端子による解除要求が発生したとき

[0 になる条件]

各フラグから 1 を読んだ後、0 を書いたとき

10.2.24 DPSIFR2 : ディープスタンバイ割り込みフラグレジスタ 2

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x408

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	DNMIF	DRTC AIF	DRTC IIF	DLVD2 IF	DLVD1 IF
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DLVD1IF	LVD1 ディープスタンバイ解除フラグ 0: 解除要求の発生なし 1: 解除要求の発生あり	R/W
1	DLVD2IF	LVD2 ディープスタンバイ解除フラグ 0: 解除要求の発生なし 1: 解除要求の発生あり	R/W
2	DRTC IIF	RTC 周期割り込みディープスタンバイ解除フラグ 0: 解除要求の発生なし 1: 解除要求の発生あり	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
3	DRTCAIF	RTC アラーム割り込みディープスタンバイ解除フラグ 0: 解除要求の発生なし 1: 解除要求の発生あり	R/W
4	DNMIF	NMI 端子ディープスタンバイ解除フラグ 0: 解除要求の発生なし 1: 解除要求の発生あり	R/W
7:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注: セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注: 0 を書くとフラグが 0 になります。1 の書き込みは無視されます。

注: PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

それぞれのフラグは、DPSIEGR2 レジスタで設定した解除要求が発生したときに 1 になります。

ディープソフトウェアスタンバイモードではない状態であっても、解除要求が発生すれば 1 になる場合があります。また、DPSIER2 レジスタの設定変更によっても 1 になる場合があります。そのため、DPSIFR2 レジスタを 0x00 にした後、ディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移してください。

DPSIER2 レジスタの設定変更後に DPSIFR2 レジスタを 0x00 にする場合は、PCLKB が 6 サイクル以上経過してから、DPSIFR2 レジスタを読んだ後、0 を書いてください。たとえば、DPSIER2 レジスタを読むことによって、PCLKB の 6 サイクル以上が確保されます。

DPSIFR2 レジスタは、ディープソフトウェアスタンバイモードの解除要因となる内部リセット信号では初期化されません。詳細は、「5. リセット」を参照してください。

DLVDmIF フラグ (LVDm ディープスタンバイ解除フラグ) (m = 1, 2)

DLVDmIF フラグは電圧監視 m 信号による解除要求が発生したことを示します。

[1 になる条件]

DPSIEGR2 レジスタで選択した電圧監視 m 信号による解除要求が発生したとき

[0 になる条件]

各フラグから 1 を読んだ後、0 を書いたとき

DRTCIF フラグ (RTC 周期割り込みディープスタンバイ解除フラグ)

RTC 周期割り込み信号による解除要求が発生したことを示します。

[1 になる条件]

RTC 周期割り込み信号による解除要求が発生したとき

[0 になる条件]

各フラグから 1 を読んだ後、0 を書いたとき

DRTCAIF フラグ (RTC アラーム割り込みディープスタンバイ解除フラグ)

RTC アラーム割り込み信号による解除要求が発生したことを示します。

[1 になる条件]

RTC アラーム割り込み信号による解除要求が発生したとき

[0 になる条件]

各フラグから 1 を読んだ後、0 を書いたとき

DNMIF フラグ (NMI 端子ディープスタンバイ解除フラグ)

NMI 端子による解除要求が発生したことを示します。

[1 になる条件]

DPSIEGR2 レジスタで設定した NMI 端子による解除要求が発生したとき

[0 になる条件]

各フラグから 1 を読んだ後、0 を書いたとき

10.2.25 DPSIFR3 : ディープスタンバイ割り込みフラグレジスタ 3

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x409

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	DAGT 3IF	DAGT 1IF	—	DUSB FS0IF
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DUSBFS0IF	USBFS0 サスペンド/レジュームディープスタンバイ解除フラグ 0: 解除要求の発生なし 1: 解除要求の発生あり	R/W
1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
2	DAGT1IF	AGT1 アンダーフローディープスタンバイ解除フラグ 0: 解除要求の発生なし 1: 解除要求の発生あり	R/W
3	DAGT3IF	AGT3 アンダーフローディープスタンバイ解除フラグ 0: 解除要求の発生なし 1: 解除要求の発生あり	R/W
7:4	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
 ● セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 ● 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
 ● セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注. 0 を書くとフラグが 0 になります。1 の書き込みは無視されます。

注. PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

それぞれのフラグは、対応する解除要求が発生したときに 1 になります。

ディープソフトウェアスタンバイモードではない状態であっても、解除要求が発生すれば 1 になる場合があります。また、DPSIER3 レジスタの設定変更によっても 1 になる場合があります。そのため、DPSIFR3 レジスタを 0x00 にした後、ディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移してください。

DPSIER3 レジスタの設定変更後に DPSIFR3 レジスタを 0x00 にする場合は、PCLKB が 6 サイクル以上経過してから、DPSIFR3 レジスタを読んだ後、0 を書いてください。たとえば、DPSIER3 レジスタを読むことによって、PCLKB の 6 サイクル以上が確保されます。

DPSIFR3 レジスタは、ディープソフトウェアスタンバイモードの解除要因となる内部リセット信号では初期化されません。詳細は、「5. リセット」を参照してください。

DUSBFS0IF フラグ (USBFS0 サスペンド/レジュームディープスタンバイ解除フラグ)

DUSBFS0IF フラグは、USBFS0 のサスペンド/レジュームによる解除要求が発生したことを示す USBFS0 用のフラグです。

[1 になる条件]

USBFS0 のサスペンド/レジュームによる解除要求が発生したとき

[0 になる条件]

各フラグから 1 を読んだ後、0 を書いたとき

DAGT1IF フラグ (AGT1 アンダーフローディープスタンバイ解除フラグ)

AGT1 アンダーフローによる解除要求が発生したことを示します。

[1 になる条件]

AGT1 アンダーフローによる解除要求が発生したとき

[0 になる条件]

各フラグから 1 を読んだ後、0 を書いたとき

DAGT3IF フラグ (AGT3 アンダーフローディープスタンバイ解除フラグ)

AGT3 アンダーフローによる解除要求が発生したことを示します。

[1 になる条件]

AGT3 アンダーフローによる解除要求が発生したとき

[0 になる条件]

各フラグから 1 を読んだ後、0 を書いたとき

10.2.26 DPSIEGR0 : ディープスタンバイ割り込みエッジレジスタ 0

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x40A

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	DIRQ7 EG	DIRQ6 EG	DIRQ5 EG	DIRQ4 EG	—	—	DIRQ1 EG	DIRQ0 EG
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DIRQ0EG	IRQ0-DS 端子エッジ選択 0: 立ち下がリエッジで解除要求を発生 1: 立ち上がりエッジで解除要求を発生	R/W
1	DIRQ1EG	IRQ1-DS 端子エッジ選択 0: 立ち下がリエッジで解除要求を発生 1: 立ち上がりエッジで解除要求を発生	R/W
3:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	DIRQ4EG	IRQ4-DS 端子エッジ選択 0: 立ち下がリエッジで解除要求を発生 1: 立ち上がりエッジで解除要求を発生	R/W
5	DIRQ5EG	IRQ5-DS 端子エッジ選択 0: 立ち下がリエッジで解除要求を発生 1: 立ち上がりエッジで解除要求を発生	R/W
6	DIRQ6EG	IRQ6-DS 端子エッジ選択 0: 立ち下がリエッジで解除要求を発生 1: 立ち上がりエッジで解除要求を発生	R/W
7	DIRQ7EG	IRQ7-DS 端子エッジ選択 0: 立ち下がリエッジで解除要求を発生 1: 立ち上がりエッジで解除要求を発生	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注. PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

DPSIEGR0 レジスタは、ディープソフトウェアスタンバイモードの解除要因となる内部リセット信号では初期化されません。詳細は、「5. リセット」を参照してください。

10.2.27 DPSIEGR1 : ディープスタンバイ割り込みエッジレジスタ 1

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x40B

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	DIRQ9 EG	DIRQ8 EG
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DIRQ8EG	IRQ8-DS 端子エッジ選択 0: 立ち下がリエッジで解除要求を発生 1: 立ち上がりエッジで解除要求を発生	R/W
1	DIRQ9EG	IRQ9-DS 端子エッジ選択 0: 立ち下がリエッジで解除要求を発生 1: 立ち上がりエッジで解除要求を発生	R/W
7:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

DPSIEGR1 レジスタは、ディープソフトウェアスタンバイモードの解除要因となる内部リセット信号では初期化されません。詳細は、「5. リセット」を参照してください。

10.2.28 DPSIEGR2 : ディープスタンバイ割り込みエッジレジスタ 2

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x40C

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	DNMI EG	—	—	DLVD2 EG	DLVD1 EG
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DLVD1EG	LVD1 エッジ選択 0: $V_{CC} < V_{det1}$ (下降) 検出時に解除要求を発生 1: $V_{CC} \geq V_{det1}$ (上昇) 検出時に解除要求を発生	R/W
1	DLVD2EG	LVD2 エッジ選択 0: $V_{CC} < V_{det2}$ (下降) 検出時に解除要求を発生 1: $V_{CC} \geq V_{det2}$ (上昇) 検出時に解除要求を発生	R/W
3:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	DNMIEG	NMI 端子エッジ選択 0: 立ち下がリエッジで解除要求を発生 1: 立ち上がりエッジで解除要求を発生	R/W
7:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

DPSIEGR2 レジスタは、ディープソフトウェアスタンバイモードの解除要因となる内部リセット信号では初期化されません。詳細は、「5. リセット」を参照してください。

10.2.29 SYOCDCCR : システムコントロール OCD コントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x040E

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	DBGEN	—	—	—	—	—	—	DOCDF
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	x

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DOCDF	ディープソフトウェアスタンバイ OCD フラグ 0: DBIRQ の発生なし 1: DBIRQ の発生あり	R/W(注1)
6:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	DBGEN	デバッグ有効 オンチップデバッグモードで最初に 1 にしてください。 0: オンチップデバッグは無効 1: オンチップデバッグは有効	R/W

注. PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

注 1. 0 を書くとフラグが 0 になります。1 の書き込みは無視されます。

本レジスタはどのセキュリティ属性レジスタ (例: LPMSAR、DPFSAR) によっても制御されません。

SYOCDCCR レジスタは、デバッグが接続されている場合 (DBGSTR.CDBGPWRUPREQ = 1) のみ書き込むことができます。

SYOCDCCR レジスタは、ディープソフトウェアスタンバイモードを解除する内部リセット信号では初期化されません。

DOCDF フラグ (ディープソフトウェアスタンバイ OCD フラグ)

DOCDF フラグは、MCUCTRL.DBIRQ ビットによるディープソフトウェアスタンバイモード解除要求の発生を示すフラグです。解除要求が発生すると、DOCDF フラグは 1 に設定されます。ディープソフトウェアスタンバイモードではない状態でも、解除要求が発生すれば 1 になる場合があります。そのため、必ず DOCDF フラグを 0 にした後、ディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移してください。

[1 になる条件]

- MCUCTRL.DBIRQ ビットによる解除要求が発生したとき

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき
- DBGEN ビットが 0 のとき

DBGEN ビット (デバッグ有効)

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

[1 になる条件]

- デバッグの接続時に 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- パワーオンリセットが発生したとき
- 0 を書いたとき

注. DBGEN ビットが 1 に設定可能な MCU 状態に関して、特定の制約が適用されます。詳細は、「[2.12.2. エミュレータ接続における制限](#)」を参照してください。

10.2.30 LDOSCR:LDO ストップコントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x0440

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	LDOS TP1	LDOS TP0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	LDOSTP0	LDO0 停止 0: LDO0 有効 1: LDO0 停止	R/W
1	LDOSTP1	LDO1 停止 0: LDO1 有効 1: LDO1 停止	R/W
7:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注. PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

内部電圧は、複数の内蔵リニアレギュレータ (LDO) から供給されます。SCE9 を使用しない場合は、LDO0 および LDO1 を停止するように LDOSCR レジスタを設定することにより LDO 自身の消費電力を低減できます。LDOSTPn ビットの設定変更は、下記の条件下で行うこととします。

- PLL、PLL2 および MOSC が停止状態
- CPU クロックおよび周辺モジュールクロックは 2 MHz 以下
- DMAC、DTC、および SRAM モジュール以外の全モジュールがモジュールストップ状態

LDOSTPn の値を変更後はまた、10 μ s 以上の待機時間を挿入し、LDO の電源供給容量を安定させます。待機時間の計測にはソフトウェアを使用することを推奨します。ワーストケースの使用条件を考慮して、待機時間が確実に経過したことを確認してください。

本レジスタは、すべてのリセット要因で初期化されます。さらに、本レジスタは、ディープソフトウェアスタンバイモードで初期化されます。

[図 10.2](#) に LDO0 および LDO1 の停止フローを、[図 10.3](#) に LDO0 および LDO1 のリスタートフローを示します。

注. SYOCDRCR.DBGEN 設定の変更は、LDOSTPn ビットが 0 のときに行う必要があります。SYOCDRCR.DBGEN 設定の変更後に、LDOSTPn ビットを 1 に設定できます。

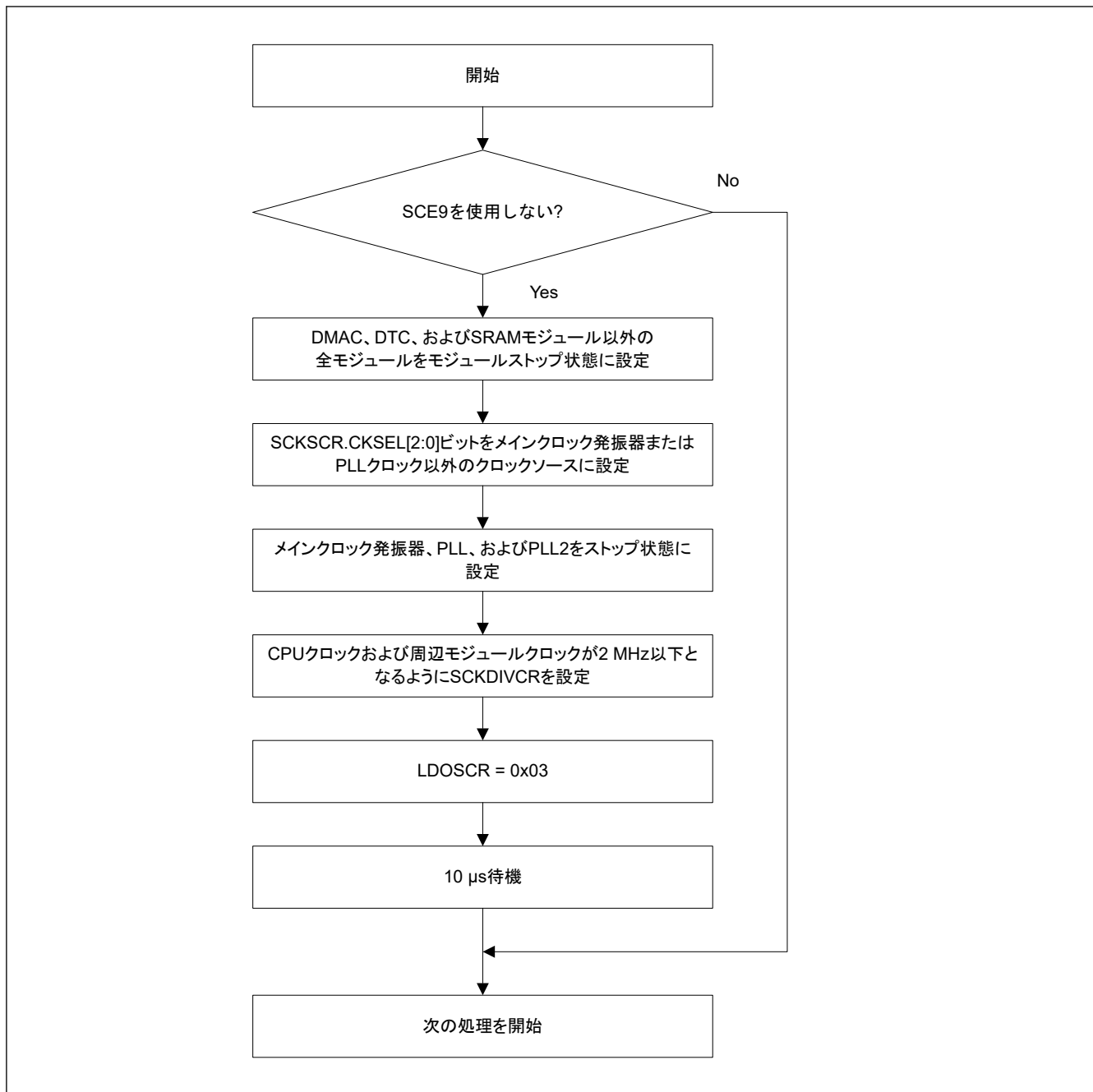


図 10.2 LDO0 および LDO1 の停止フロー

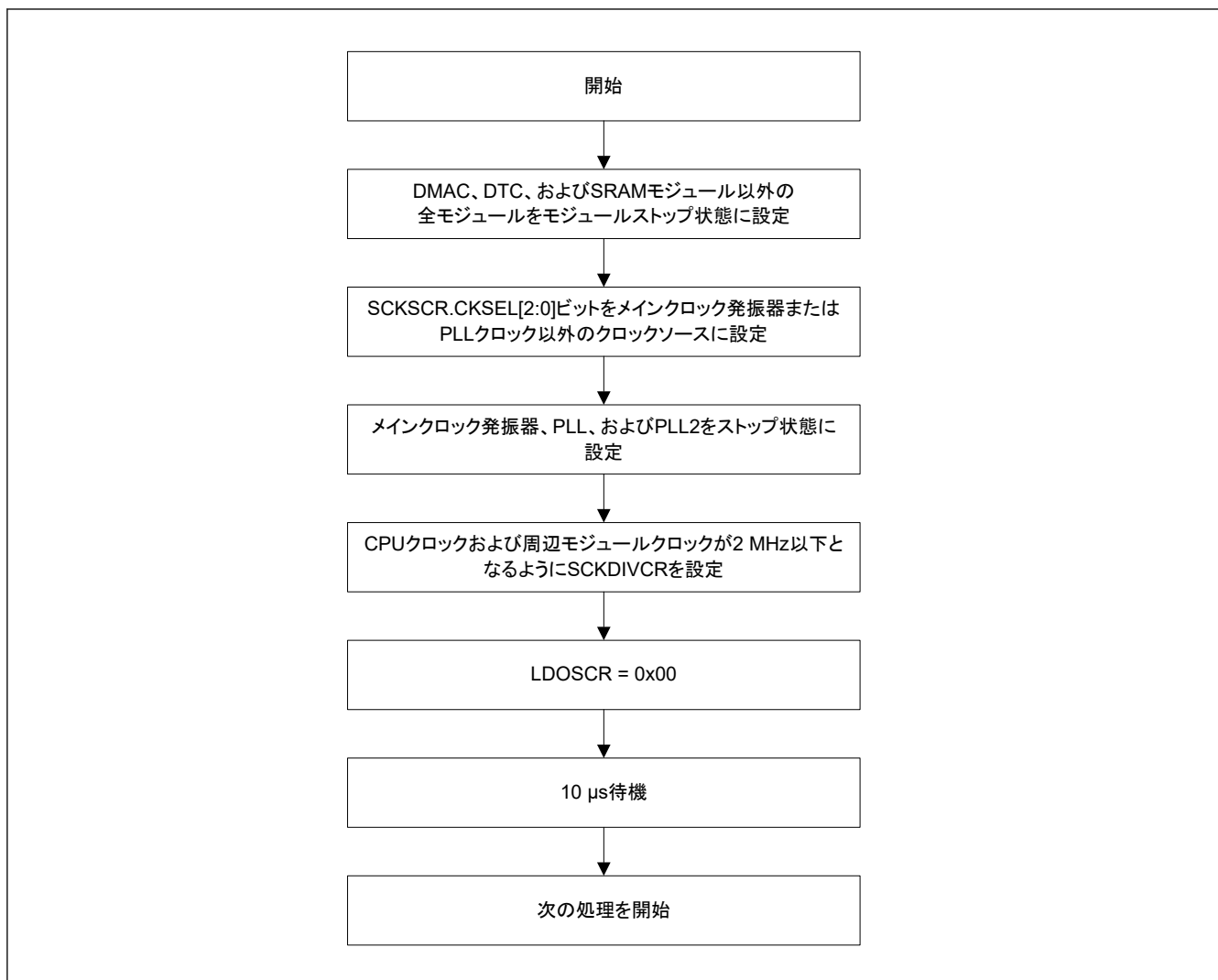


図 10.3 LDO0 および LDO1 のリスタートフロー

10.2.31 PL2LDOSCR:PLL2-LDO ストップコントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x0444

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	PL2LD OSTP

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PL2LDOSTP	PLL2-LDO 停止 0: PLL2-LDO 有効 1: PLL2-LDO 停止	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC1 ビットを 1（書き込み許可）にしてから、このレジスタを書き換えてください。

本 MCU は、PLL2 専用の LDO を内蔵しています。PLL2 を使用しない場合は、PL2LDOSCR レジスタの設定により PLL2 専用の LDO を停止し、LDO の静止電流を低減できます。

PL2LDOSTP ビットに 1 を書き込んだ後は再度 0 にしないでください。

PL2LDOSTP ビットが 1 の場合、PLL2CR.PLL2STP ビットに 0 を書き込まないでください。

PLL2CR.PLL2STP ビットが 0 の場合、PL2LDOSTP ビットに 1 を書き込まないでください。

本レジスタは、POR リセットのみで初期化されます。

10.3 クロックの切り替えによる消費電力の低減

SCKDIVCR レジスタを設定すると、クロック周波数が切り替わります。

モジュールとクロックの対応関係は、「[8.2.2. SCKDIVCR: システムクロック分周コントロールレジスタ](#)」を参照してください。

10.4 モジュールストップ機能

モジュールストップ機能は、各内蔵周辺モジュールへのクロック供給を停止することが可能です。

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

リセット解除後は、DMAC、DTC、SRAMn 以外の全モジュールがモジュールストップ状態になります。MSTPmi ビットが 1 であるときは、対応するモジュールにアクセスしないでください。また、対応するモジュールにアクセス中であるときは、MSTPmi ビットを 1 にしないでください。

10.5 動作電力低減機能

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

10.5.1 動作電力制御モードの設定方法

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

動作電力制御モードの切り替え手順例を以下に示します。

表 10.5 各モードで利用可能な発振器

モード	発振器						
	PLL、PLL2	高速オンチップオシレータ	中速オンチップオシレータ	低速オンチップオシレータ	メインクロック発振器	サブクロック発振器	IWDT 専用オンチップオシレータ
High-speed	利用可能	可能	可能	可能	利用可能	利用可能	可能
Low-speed	利用不可能	可能	可能	可能	利用可能	利用可能	可能
Subosc-speed	利用不可能	不可能	不可能	可能	利用不可能	利用可能	可能

(1) 消費電力が大きいモードから小さいモードへ切り替える場合

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

(最初は High-Speed モードで動作しています)

1. 発振器を Low-speed モードで使用するものに変更する。各クロックの周波数を、Low-speed モードにおける最大動作周波数未満にする。
2. Low-speed モードで不要な発振器を OFF にする。
3. OPCCR.OPCMTSF フラグが 0 (遷移完了) であることを確認する。
4. OPCCR.OPCM[1:0] ビットを 11b (Low-speed モード) にする。

5. OPCCR.OPCMTSF フラグが 0 (遷移完了) であることを確認する。

(動作は Low-speed モードになります)

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

(最初は High-Speed モードで動作しています)

1. クロックソースをサブクロック発振器に切り替える。PLL、PLL2、HOCO、MOCO、LOCO およびメイン発振器を OFF にする。
2. すべてのクロックソース (サブクロック発振器を除く) が停止していることを確認する。
3. SOPCCR.SOPCMTSF フラグが 0 (遷移完了) であることを確認する。
4. SOPCCR.SOPCM ビットを 1 (Subosc-speed モード) にする。
5. SOPCCR.SOPCMTSF フラグが 0 (遷移完了) であることを確認する。

(動作は Subosc-speed モードになります)

(2) 消費電力が小さいモードから大きいモードへ切り替える場合

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

(最初は Subosc-speed モードで動作しています)

1. SOPCCR.SOPCMTSF フラグが 0 (遷移完了) であることを確認する。
2. SOPCCR.SOPCM ビットを 0 (High-speed モード) にする。
3. SOPCCR.SOPCMTSF フラグが 0 (遷移完了) であることを確認する。
4. High-speed モードに必要な発振器を ON にする。
5. 各クロックの周波数を、High-speed モードにおける最大動作周波数未満とする。

(動作は High-speed モードになります)

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

(最初は Low-speed モードで動作しています)

1. OPCCR.OPCMTSF フラグが 0 (遷移完了) であることを確認する。
2. OPCCR.OPCM[1:0] ビットを 00b (High-speed モード) にする。
3. OPCCR.OPCMTSF フラグが 0 (遷移完了) であることを確認する。
4. High-speed モードに必要な発振器を ON にする。
5. 各クロックの周波数を、High-speed モードにおける最大動作周波数未満とする。

(動作は High-speed モードになります)

10.6 スリープモード

10.6.1 スリープモードへの遷移

SBYCR.SSBY ビットが 0 の状態で WFI 命令を実行すると、MCU はスリープモードへ遷移します。このモードでは、CPU は動作を停止しますが、CPU の内部レジスタの値は保持されます。CPU 以外の周辺機能は停止しません。スリープモードで利用可能なリセットまたは割り込みが発生すると、スリープモードが解除されます。すべての割り込み要因が利用可能です。割り込みを使用してスリープモードを解除する場合、WFI 命令の実行前に、対応する IELSRn レジスタを設定する必要があります。詳細は、「[13. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。

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

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

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

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

10.6.2 スリープモードの解除

スリープモードは以下の方法で解除されます。

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

動作は以下のとおりです。

1. 割り込みによる解除
利用可能な割り込み要求が発生すると、スリープモードが解除されて、MCU は割り込み処理を開始します。
2. RES 端子リセットによる解除
RES 端子を Low にすると、MCU はリセット状態になります。「43. 電気的特性」に示す規定の期間に従って、RES 端子を Low に保つようしてください。規定の期間が経過した後、RES 端子を High にすると、CPU はリセット例外処理を開始します。
3. IWDT リセットによる解除
 - IWDT アンダーフローによる内部リセットが発生すると、スリープモードが解除されて、MCU はリセット例外処理を開始します。ただし、下記の条件下では、スリープモード時に IWDT が停止して、スリープモードを解除するための内部リセットが発生しません。
 - OFS0.IWDTSTRT = 0 かつ OFS0.IWDTSTPCTL = 1
4. WDT リセットによる解除
WDT アンダーフローによる内部リセットが発生すると、スリープモードが解除されて、MCU はリセット例外処理を開始します。ただし、下記の条件下では、通常モード時にカウントしている場合でも WDT はスリープモードで停止して、スリープモードを解除するための内部リセットが発生しません。
 - OFS0.WDTSTRT = 0（オートスタートモード） かつ OFS0.WDTSTPCTL = 1
 - OFS0.WDTSTRT = 1（レジスタスタートモード） かつ WDTCSSTPR.SLCSTP = 1
5. スリープモードで利用可能な他のリセットによる解除
その他の利用可能なリセットによってスリープモードは解除され、MCU はリセット例外処理を開始します。

注. 割り込みの正しい設定方法については、「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

10.7 ソフトウェアスタンバイモード

10.7.1 ソフトウェアスタンバイモードへの遷移

SBYCR.SSBY ビットが 1 で、かつ DPSBYCR.DPSBY ビットが 0 の状態で WFI 命令を実行すると、MCU はソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。このモードでは、CPU、ほとんどの内蔵周辺機能、および発振器が停止します。ただし、CPU の内部レジスタの値と SRAM データ、内蔵周辺機能と I/O ポートの状態は保持されます。ソフトウェアスタンバイモードでは、ほとんどの発振器が停止するため、消費電力が大幅に削減されます。表 10.2 には、各内蔵周辺機能と発振器の状態が示されています。ソフトウェアスタンバイモードで利用可能なリセットまたは割り込みが発生すると、ソフトウェアスタンバイモードが解除されます。利用可能な割り込み要因については表 10.3 を、ソフトウェアスタンバイモードからの復帰については、「13.2.18. WUPEN0: ウェイクアップ割り込みイネーブルレジスタ 0」, 「13.2.19. WUPEN1: ウェイクアップ割り込みイネーブルレジスタ 1」を参照してください。割り込みを使用して割り込みを解除する場合、WFI 命令の実行前に、対応する IELSRn レジスタを設定する必要があります。詳細は、「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

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

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

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

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

OSTDCR.OSTDE = 1 (発振停止検出機能が有効) の状態で、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移しないでください。ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、発振停止検出機能を無効 (OSTDCR.OSTDE = 0) にした後、WFI 命令を実行してください。OSTDCR.OSTDE = 1 の状態で WFI 命令を実行すると、SBYCR.SSBY = 1 であっても、MCU はスリープモードへ遷移します。

フラッシュメモリのプログラム/イレース処理中は、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移しないでください。ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、プログラム/イレース処理が完了してから WFI 命令を実行してください。

表 10.6 に、関連する制御ビットの設定値と、WFI 命令実行後に遷移するモードを示します。

表 10.6 WFI 命令実行時にモードに影響を及ぼすビット設定

		SBYCR.SSBY ビットと PSBYCR.DPSBY ビットの設定値			
		SSBY = 0, DPSBY = 0	SSBY = 0, DPSBY = 1	SSBY = 1, DPSBY = 0	SSBY = 1, DPSBY = 1
OSTDCR.OSTDE	0	スリープ	スリープ	ソフトウェアスタンバイ	ディープソフトウェアスタンバイ
	1			スリープ	スリープ
FENTRYR.FENTRYC FENTRYR.FENTRYD	0	スリープ	スリープ	ソフトウェアスタンバイ	ディープソフトウェアスタンバイ
	1			スリープ	スリープ
OFS0.IWDTSTPCTL	0	スリープ	スリープ	ソフトウェアスタンバイ	ソフトウェアスタンバイ
	1				ディープソフトウェアスタンバイ
LVD1CR0.RI	0	スリープ	スリープ	ソフトウェアスタンバイ	ディープソフトウェアスタンバイ
	1				ソフトウェアスタンバイ
LVD2CR0.RI	0	スリープ	スリープ	ソフトウェアスタンバイ	ディープソフトウェアスタンバイ
	1				ソフトウェアスタンバイ

10.7.2 ソフトウェアスタンバイモードの解除

ソフトウェアスタンバイモードは以下の方法で解除されます。

- 表 10.3 に示す利用可能な割り込み
- RES 端子リセット
- パワーオンリセット
- 電圧監視リセット
- IWDT アンダーフローに起因したリセット

ソフトウェアスタンバイモードが解除されると、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に動作していた発振器が動作を再開します。すべての発振器が安定してから、MCU はソフトウェアスタンバイモードから通常モードへ復帰します。ソフトウェアスタンバイモードから復帰させる方法については、「13.2.18. WUPEN0: ウェイクアップ割り込みイネーブルレジスタ 0」, 「13.2.19. WUPEN1: ウェイクアップ割り込みイネーブルレジスタ 1」を参照してください。

以下の方法のいずれかによって、ソフトウェアスタンバイモードを解除できます。

1. 割り込みによる解除
利用可能な割り込み要求 (表 10.3 を参照) が発生すると、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に動作していたすべての発振器が動作を再開します。すべての発振器が安定してから、MCU はソフトウェアスタンバイモードから通常モードへ復帰し、割り込み処理を開始します。
2. RES 端子リセットによる解除
RES 端子を Low にすると、MCU はリセット状態に遷移し、デフォルトで動作状態にあった発振器が発振を開始します。「43. 電気的特性」に示す規定の期間に従って、RES 端子を Low に保つよう to してください。規定の期間が経過した後、RES 端子を High にすると、CPU はリセット例外処理を開始します。
3. パワーオンリセットによる解除
パワーオンリセットによってソフトウェアスタンバイモードが解除され、MCU はリセット例外処理を開始します。
4. 電圧監視リセットによる解除
電圧検出回路による電圧監視リセットによってソフトウェアスタンバイモードが解除され、MCU はリセット例外処理を開始します。
5. IWDT リセットによる解除
IWDT アンダーフローによる内部リセットが発生すると、ソフトウェアスタンバイモードが解除され、MCU はリセット例外処理を開始します。ただし、下記の条件下では、ソフトウェアスタンバイモード時に IWDT が停止して、ソフトウェアスタンバイモードを解除するための内部リセットが発生しません。
 - OFS0.IWDTSTRT = 0 かつ OFS0.IWDTSTPCTL = 1

10.7.3 ソフトウェアスタンバイモードの応用例

IRQn 端子の立ち下がりエッジ検出時のソフトウェアスタンバイモードへの遷移と、IRQn 端子の立ち上がりエッジによるソフトウェアスタンバイモードの解除の例を図 10.4 に示します。

この例では、通常モードにおいて、ICU の IRQCRi.IRQMD[1:0] ビットが 00b (立ち下がりエッジ) の状態で IRQn 端子の割り込みを受け付けた後、IRQCRi.IRQMD[1:0] ビットを 01b (立ち上がりエッジ) にしています。続いて、SBYCR.SSBY ビットを 1 にした後、WFI 命令を実行しています。その結果、ソフトウェアスタンバイモードへの遷移が完了し、その後、IRQn 端子の立ち上がりエッジによってソフトウェアスタンバイモードが解除されます。

ソフトウェアスタンバイモードからの復帰には、ICU の設定も必要になります。詳細は、「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。図 10.4 の発振安定時間については、「43. 電気的特性」に示されています。

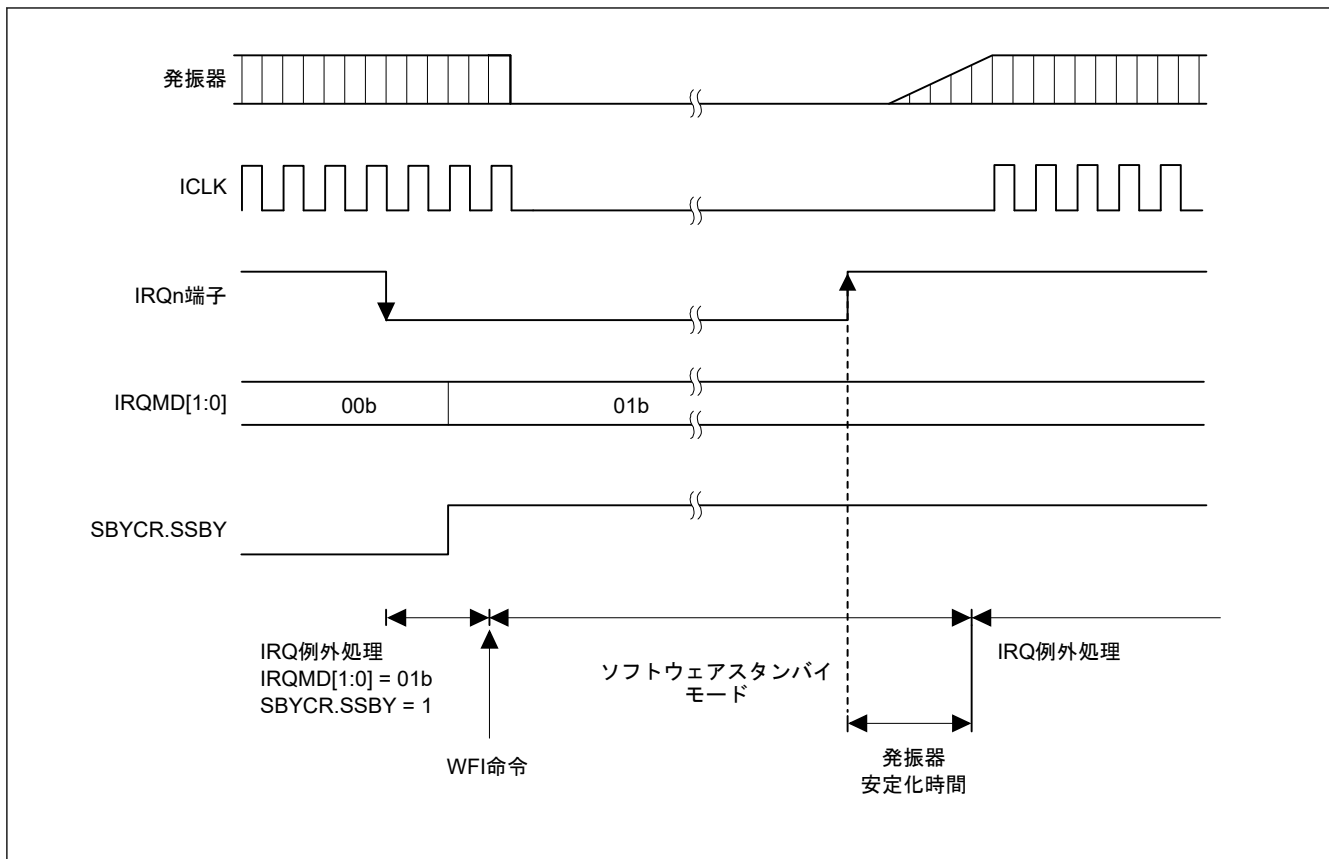


図 10.4 ソフトウェアスタンバイモードの応用例

10.8 スヌーズモード

10.8.1 スヌーズモードへの遷移

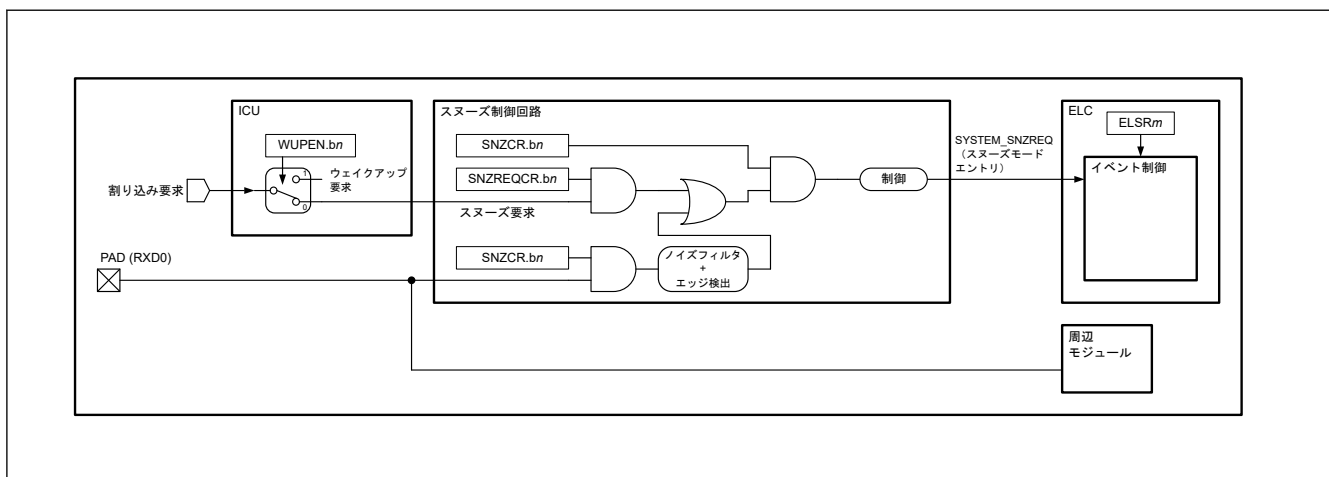


図 10.5 スヌーズモードへの遷移時構成

ソフトウェアスタンバイモード時に、スヌーズ制御回路が利用可能なスヌーズ要求を受け付けると、MCUはスヌーズモードへ遷移します。このモードでは、CPUが復帰していても一部の周辺モジュールは動作します。スヌーズモードで動作可能な周辺モジュールを、表 10.2 に示します。また、スヌーズモード時の DTC の動作は、SNZCR.SNZDTCEN ビットで選択できます。

表 10.7 に、MCU をソフトウェアスタンバイモードからスヌーズモードへ切り替えるためのスヌーズ要求を示します。これらのスヌーズ要求をスヌーズモードへ切り替えるためのトリガとして使用するには、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に、対応する SNZREQCRn レジスタの SNZREQENn ビット、または SNZCR レジスタの RXDREQEN ビットを設定する必要があります。

表 10.7 スヌーズモードへの切り替えに利用可能なスヌーズ要求

スヌーズ要求	コントロールレジスタ	
	レジスタ名	ビット(注1)(注3)
PORT_IRQn (n = 0~9、13)	SNZREQCR0	SNZREQENn (n = 0~9、13)
RTC_ALM	SNZREQCR0	SNZREQEN24
RTC_PRD	SNZREQCR0	SNZREQEN25
AGT1_AGTI	SNZREQCR0	SNZREQEN28
AGT1_AGTICMAI	SNZREQCR0	SNZREQEN29
AGT1_AGTICMBI	SNZREQCR0	SNZREQEN30
AGT3_AGTI	SNZREQCR1	SNZREQEN0
AGT3_AGTICMAI	SNZREQCR1	SNZREQEN1
AGT3_AGTICMBI	SNZREQCR1	SNZREQEN2
RXD0 立ち下がりエッジ	SNZCR	RXDREQEN(注2)

注 1. 同時に複数のスヌーズ要求を有効にしないでください。

注 2. 調歩同期式モード以外では、RXDREQEN ビットを 1 にしないでください。

注 3. AGT1 がスヌーズ要求要因として使用されている場合、AGT3 はスヌーズ終了要因により禁止されます (AGT1 のみ)
AGT3 がスヌーズ要求要因として使用されている場合、AGT1 はスヌーズ終了要因により禁止されます (AGT3 のみ)

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

10.8.2 スヌーズモードの解除

スヌーズモードは、ソフトウェアスタンバイモードで利用可能な割り込み要求、またはリセットで解除されます。各モードを解除するために使用可能な要求を、表 10.3 に示します。スヌーズモードの解除後、MCU は通常モードへ遷移して、該当の割り込みまたはリセットの例外処理を開始します。SELSR0 で選択した割り込み要求によって引き起こされる動作が、スヌーズモードを解除します。スヌーズモードを解除するための割り込みは、対応する割り込み処理の NVIC とリンクさせるため、IELSRn で選択してください。SELSR0 レジスタと IELSRn レジスタについては、「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

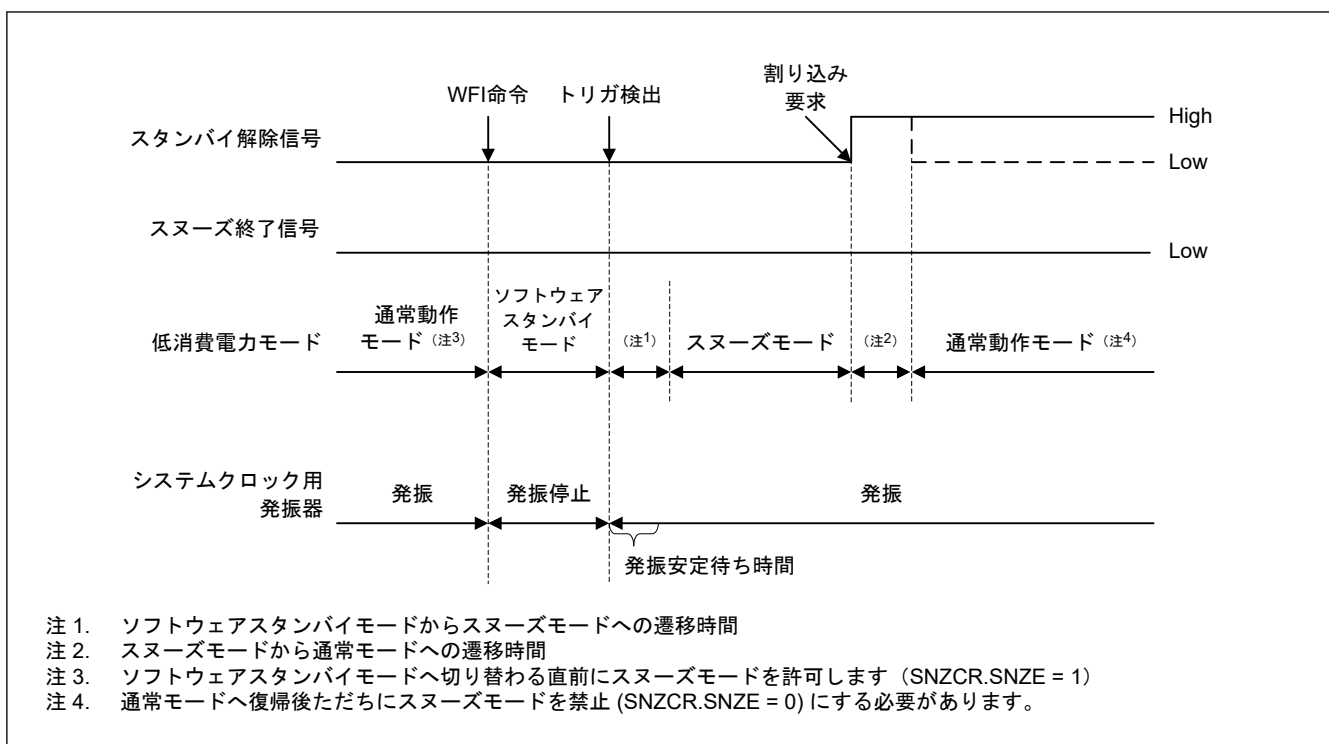


図 10.6 割り込み要求信号が発生する場合のスヌーズモードの解除

10.8.3 スヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの復帰

表 10.8 に、ソフトウェアスタンバイモードへの復帰トリガとして使用可能なスヌーズ終了要求を示します。スヌーズ終了要求は、スヌーズモードでのみ利用可能です。MCU がスヌーズモード状態でないときに要求が発生しても、それらは無視されます。複数の要求を選択した場合、それぞれの要求がスヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの遷移を行います。

表 10.9 にスヌーズ終了要求と周辺モジュールの条件から成るスヌーズ終了条件を示します。SCI0、ADC12、および DTC は、動作終了まで MCU をスヌーズモードで保持します。ただし、ソフトウェアスタンバイモードへの復帰トリガとしての AGTn (n = 1, 3) アンダーフローは、SCI0 動作の終了を待たずにスヌーズモードを解除します。

図 10.7 にスヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの遷移に対するタイミング図を示します。このモード遷移は、SNZEDCR0 レジスタにスヌーズ終了要求が設定されると発生します。ソフトウェアスタンバイモードへ復帰後にスヌーズ要求は自動的にクリアされます。

表 10.8 利用可能なスヌーズ終了要求（ソフトウェアスタンバイモードへの復帰トリガ）

周辺モジュール	スヌーズ終了要求	許可/禁止制御	
		レジスタ名	記号
AGT1	AGT1 アンダーフロー (AGT1_AGTI)	SNZEDCR0	AGTUNFED
DTC	最終 DTC 転送終了 (DTC_COMPLETE)	SNZEDCR0	DTCZRED
DTC	最終 DTC 転送未了 (DTC_TRANSFER)	SNZEDCR0	DTCNZRED
ADC120	ウィンドウ A/B コンペアマッチ (ADC120_WCMPPM)	SNZEDCR0	AD0MATED
ADC120	ウィンドウ A/B コンペア不一致 (ADC120_WCMPPM)	SNZEDCR0	AD0UMTED
SCI0	SCI0 アドレス不一致 (SCI0_DCUF)	SNZEDCR0	SCI0UMTED
AGT3	アンダーフローまたは測定終了 (AGT3_AGTI)	SNZEDCR1	AGT3UNFED

表 10.9 スヌーズ終了条件

スヌーズ終了要求発生時の動作モジュール	スヌーズ終了要求	
	AGT1/AGT3 アンダーフロー	AGT1/AGT3 アンダーフロー以外
DTC	これらの全モジュールが動作を完了した後、MCU はソフトウェアスタンバイモードへ遷移する	これらの全モジュールが動作を完了した後、MCU はソフトウェアスタンバイモードへ遷移する
ADC12n		
SCI0	スヌーズ終了要求の発生後、MCU はただちにソフトウェアスタンバイモードへ遷移する	
その他の全モジュール	スヌーズ終了要求の発生後、MCU はただちにソフトウェアスタンバイモードへ遷移する。	

注. DTC を用いて ADC12n、または SCI を起動した場合は、スヌーズ終了要求の発生後、MCU はただちにソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。

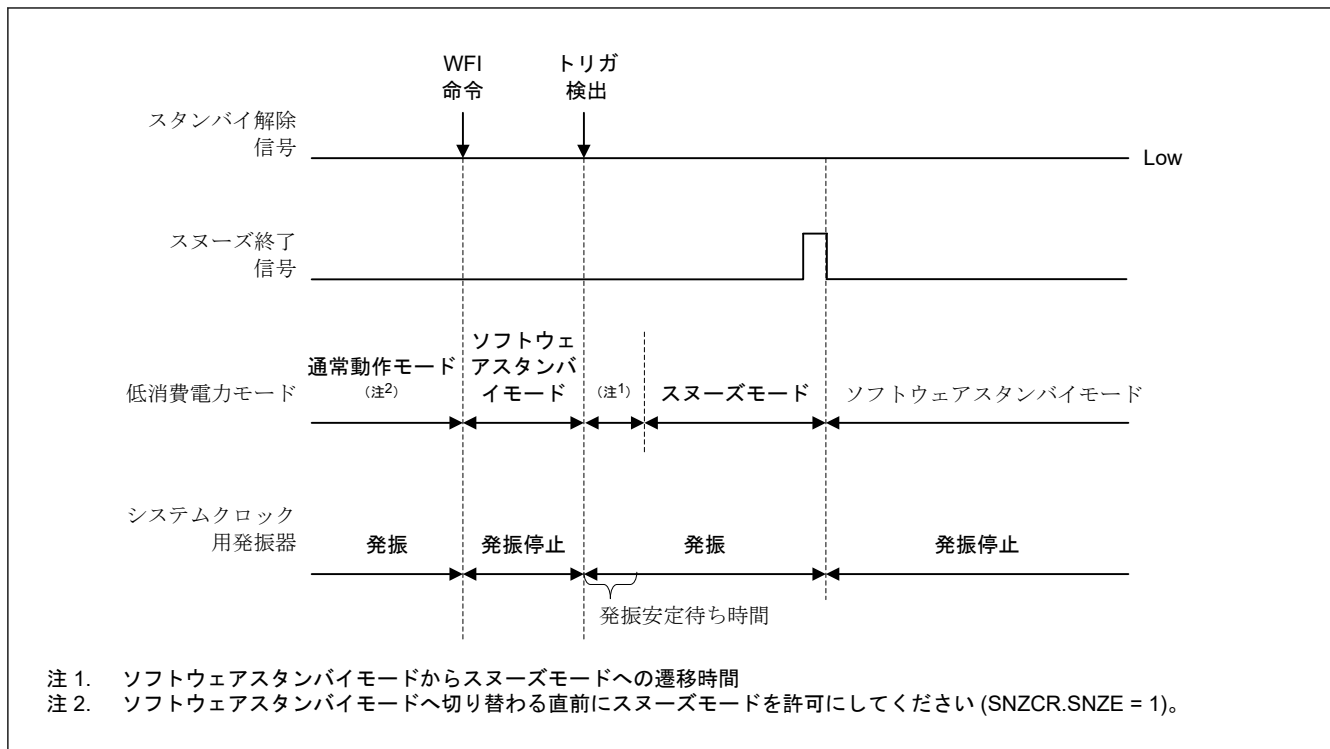


図 10.7 割込み要求信号が発生しない場合のスヌーズモードの解除

10.8.4 スヌーズモードの動作例

図 10.8 に、スヌーズモードで ELC を使用する場合の設定例を示します。

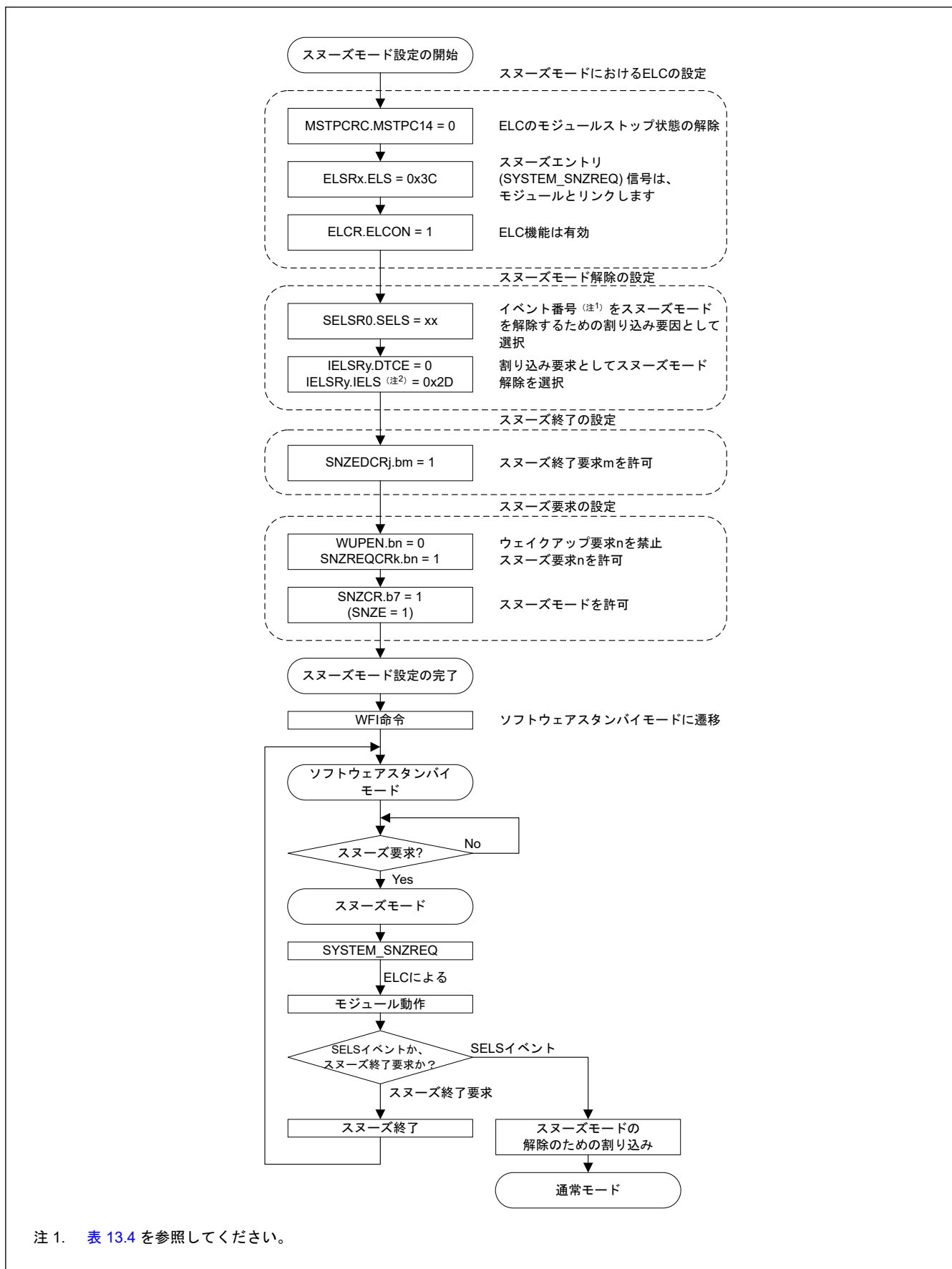


図 10.8 スヌーズモードで ELC を使用するための設定例

本 MCU は、CPU を介さずに SCI0 の調歩同期式モードでデータの送受信が可能です。スヌーズモードで SCI0 を使用する場合、High-speed モードまたは Low-speed モードのいずれかを使用してください。

Subosc-speed モードは使用しないでください。表 10.10 に、スヌーズモードにおける SCI0 の最大転送速度を示します。

表 10.10 HOCO: $\pm 1.4\%$ ($T_a = -20^\circ \sim 85^\circ \text{C}$) (単位 : bps)

ICLK、PCLKA、PCLKB、 PCLKC、PCLKD、FCLK、TRCLK の最大分周比	HOCO 周波数					
	LOCO 停止中			LOCO 動作中		
	16 MHz	18 MHz	20 MHz	16 MHz	18 MHz	20 MHz
1	2400			4800		
2						
4						
8						
16						
32	1200			2400		
64						

スヌーズモードで SCI0 を使用する場合、以下の設定を使用してください。BGDM = 0、ABCS = 0、ABCSE = 0。これらのビットについての詳細は、「27. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)」を参照してください。

図 10.9 に、スヌーズモードエントリで SCI0 を使用する場合の設定例を示します。

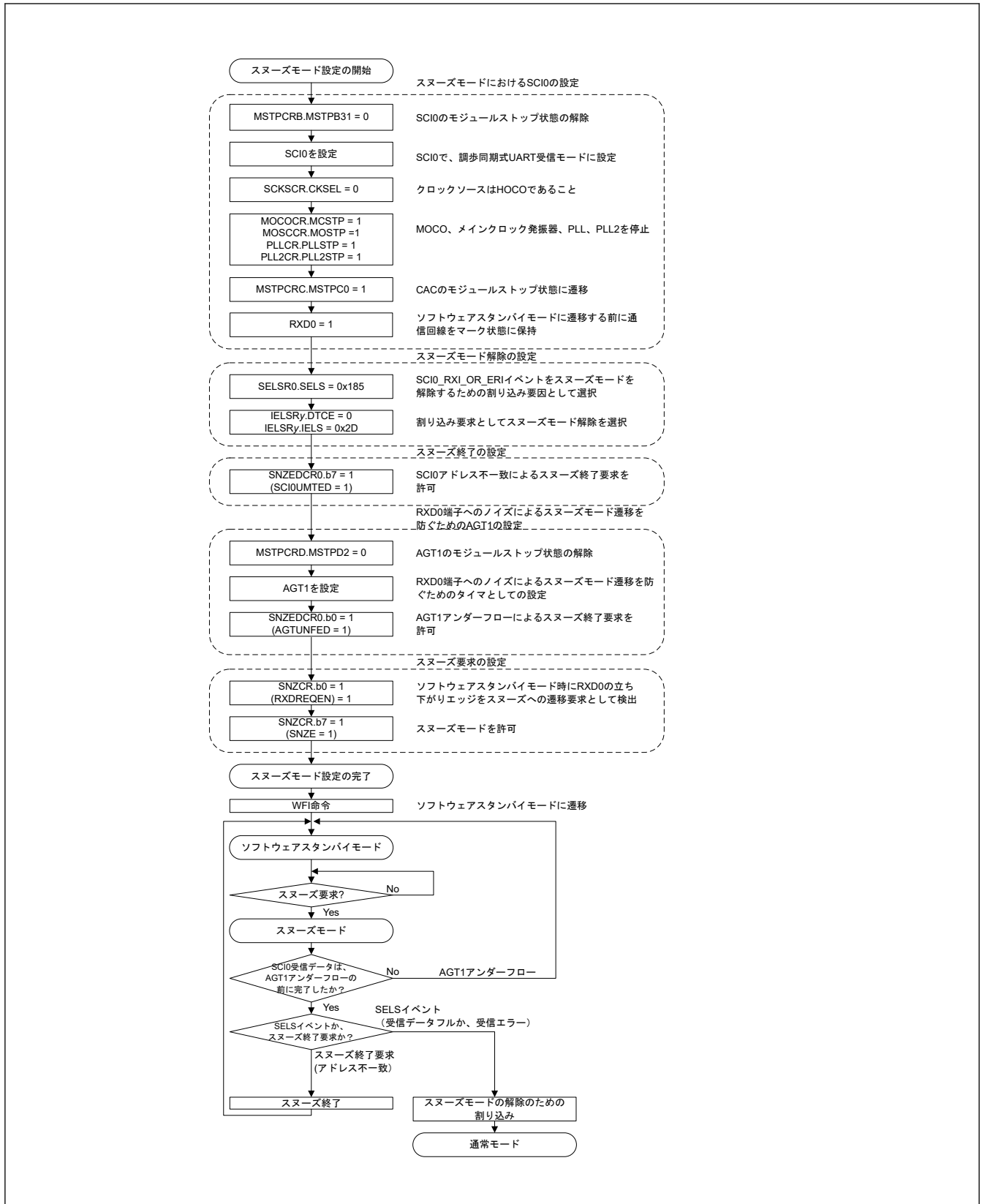


図 10.9 スヌーズモードエントリで SCI0 を使用するための設定例

10.9 ディープソフトウェアスタンバイモード

10.9.1 ディープソフトウェアスタンバイモードへの遷移

SBYCR.SSBY ビットが 1 で、かつ DPSBYCR.DPSBY ビットが 1 の状態で WFI 命令を実行すると、MCU はディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。関連する制御ビットの設定値については、表 10.6 を参照してください。このモードでは、CPU、内蔵周辺機能（RTC アラーム、RTC 周期、USB サスペンド/レジューム検出部を除く）、SRAM（スタンバイ RAM を除く）、およびすべての発振器（サブクロック発振器、低速オンチップオシレータを除く）が停止します。また、これらのモジュールに対する内部電源の供給が停止するので、消費電力が著しく削減されます。CPU レジスタと内蔵周辺モジュール（RTC アラーム、RTC 周期、USB サスペンド/レジューム検出部を除く）の内容はすべて不定となります。

スタンバイ SRAM のデータについては、DEEPCUT[1:0] ビットを 00b にすることによって、保持することが可能です。DEEPCUT[1:0] ビットを 01b に設定した場合は、スタンバイ SRAM、および USB レジューム検出部への内部電源の供給も停止しますので、消費電力が低減されます。このとき、スタンバイ SRAM のデータは不定となります。DEEPCUT[1:0] ビットを 11b に設定した場合は、スタンバイ SRAM、および USB レジューム検出部への内部電源の供給停止に加え、LVD を停止し、パワーオンリセット回路の低消費電力機能を有効にしますので、消費電力がさらに低減されます。詳細は、「43. 電気的特性」を参照してください。

IWDT がオートスタートモードであり、かつ OFS0.IWDTSTPCTL ビットが 1 の状態で MCU がディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移すると、IWDT 専用クロックと IWDT への電源供給が停止し、IWDT はカウントを停止します。

OFS0.IWDTSTPCTL ビットが 0 の場合は、OFS0.IWDTSTRT ビットまたは DPSBYCR.DPSBY ビットの設定値にかかわらず、MCU はディープソフトウェアスタンバイモードではなく、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。OFS0.IWDTSTRT ビットが 0（オートスタートモード）であるとき OFS0.IWDTSTPCTL ビットが 0 の場合は、IWDT 専用クロックと IWDT は動作を継続します。

LVD1CR0.RI ビットが 1（電圧監視 1 リセット選択）、または LVD2CR0.RI ビットが 1（電圧監視 2 リセット選択）の場合は、MCU はディープソフトウェアスタンバイモードではなく、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。I/O ポートの状態はソフトウェアスタンバイモード時と同じです。

注 WAIT 命令実行前に、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する際の DTC、DMAC、IWDT に関する条件を満たしておく必要があります。詳細は、「10.7. ソフトウェアスタンバイモード」を参照してください。

10.9.2 ディープソフトウェアスタンバイモードの解除

ディープソフトウェアスタンバイモードは、以下の場合に解除されます。

- 表 10.3 に示す割り込み
- RES 端子リセット
- パワーオンリセット
- 電圧監視 0 リセット

(1) 割り込みによる解除

割り込みによる解除は、DPSIER_n (n = 0~3) レジスタと DPSIFR_n (n = 0~3) レジスタで制御されます。ディープソフトウェアスタンバイモードの解除可能な割り込み要求が発生すると、DPSIFR_n レジスタの当該フラグが 1 になります。DPSIER_n レジスタで割り込みが許可されていると、ディープソフトウェアスタンバイモードが解除されます。また、立ち上がりエッジと立ち下がりエッジの選択は、DPSIEGR_n (n = 0~2) にて設定可能です。エッジ選択が可能な割り込みは、NMI、IRQ_n-DS (n = 0, 1, 4~9)、電圧監視 1、電圧監視 2 割り込みです。ディープソフトウェアスタンバイモードの解除要求が発生すると、内部電源が供給され、MOCO クロックが発振を開始し、MCU 全体に対して内部リセット（ディープソフトウェアスタンバイリセット）が発生します。

安定した MOCO クロックが MCU 全体に供給され、ディープソフトウェアスタンバイリセットが解除されます。そして MCU はリセット例外処理を開始します。

外部割り込み端子または内部割り込み信号によってディープソフトウェアスタンバイモードが解除されると、RSTSR0.DPSRSTF フラグが 1 になります。

(2) RES 端子リセットによる解除

RES 端子を Low にすると、本 MCU はディープソフトウェアスタンバイモードを解除して、リセット状態になります。「43. 電気的特性」で規定した時間に従って、RES 端子を Low に保つようにしてください。規定の時間が経過した後、RES 端子を High にすると、CPU はリセット例外処理を開始します。

(3) パワーオンリセットによる解除

パワーオンリセットによってディープソフトウェアスタンバイモードが解除され、MCU はリセット例外処理を開始します。

(4) 電圧監視 0 リセットによる解除

電圧検出回路による電圧監視 0 リセットによってディープソフトウェアスタンバイモードが解除され、MCU はリセット例外処理を開始します。

10.9.3 ディープソフトウェアスタンバイモード解除時の端子状態

ディープソフトウェアスタンバイモード時、I/O ポートはソフトウェアスタンバイモードと同じ状態を保持しています。ディープソフトウェアスタンバイモードの解除に伴う内部リセットによって MCU は初期化され、ただちにリセット例外処理が開始されます。DPSBYCR.IOKEEP ビットの設定値によって、I/O ポートを初期化するか、またはソフトウェアスタンバイモード時の I/O ポート状態を保持するかが決まります。ビット設定に対する I/O ポート状態は下記の通りです。

- DPSBYCR.IOKEEP ビットが 0 の場合
ディープソフトウェアスタンバイモードの解除に伴う内部リセットによって、I/O ポートは初期化されます。
- DPSBYCR.IOKEEP ビットが 1 の場合
ディープソフトウェアスタンバイモードの解除に伴う内部リセットによって、MCU は初期化されますが、I/O ポートは MCU の内部状態にかかわらずソフトウェアスタンバイモード時の状態を保持します。I/O ポートまたは周辺モジュールの設定を行っても、I/O ポート状態はソフトウェアスタンバイモード時のまま変わりません。DPSBYCR.IOKEEP ビットを 0 にすることによって、保持されていた I/O ポート状態が解放され、MCU は内部状態に従って動作します。DPSBYCR.IOKEEP ビットは、ディープソフトウェアスタンバイモードの解除に伴う内部リセットによって初期化されません。

10.9.4 ディープソフトウェアスタンバイモードの応用例

(1) ディープソフトウェアスタンバイモードの遷移と復帰

IRQn-DS 端子の立ち下がりエッジでのディープソフトウェアスタンバイモードへの遷移と、IRQn-DS 端子の立ち上がりエッジでのディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰の例を図 10.10 に示します。この例では、ICU の IRQCRi.IRQMD[1:0] ビットを 00b (立ち下がりエッジ) にした状態で、IRQn 端子の割り込みを受け付けています。次に、DPSIEGRy.DIRQnEG (y=0 または 1, n=0, 1, 4~9) ビットを 1 (立ち上がりエッジ) にして、SBYCR.SSBY ビットと DPSBYCR.DPSBY ビットをともに 1 にした後、WFI 命令を実行しています。その結果、MCU はディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。その後、IRQn-DS 端子の立ち上がりエッジでディープソフトウェアスタンバイモードが解除されます。

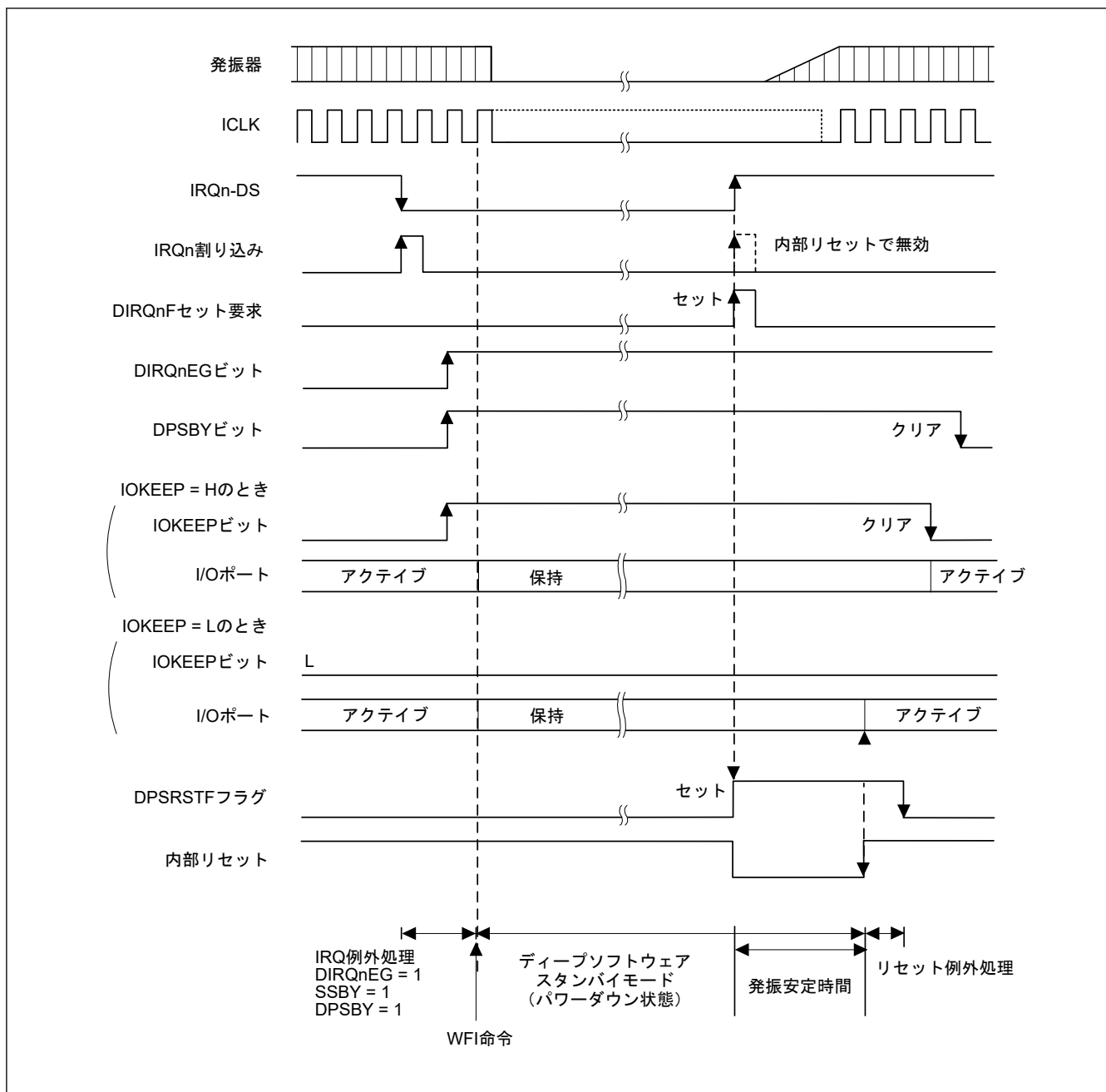


図 10.10 ディープソフトウェアスタンバイモードの応用例

10.9.5 ディープソフトウェアスタンバイモード使用時のフローチャート

図 10.11 に、ディープソフトウェアスタンバイモード使用時のフローチャート例を示します。

この例では、リセット例外処理の後、リセット機能の `RSTSR0.DPSRSTF` フラグを読み出して、RES 端子によるリセットか、ディープソフトウェアスタンバイモード解除によるリセットかを判定しています。

RES 端子によるリセットの場合は、必要なレジスタの設定を行った後、ディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移しています。

ディープソフトウェアスタンバイモード解除によるリセットの場合は、I/O ポートの設定をした上で、`DPSBYCR.IOKEEP` ビットを 0 にクリアしています。

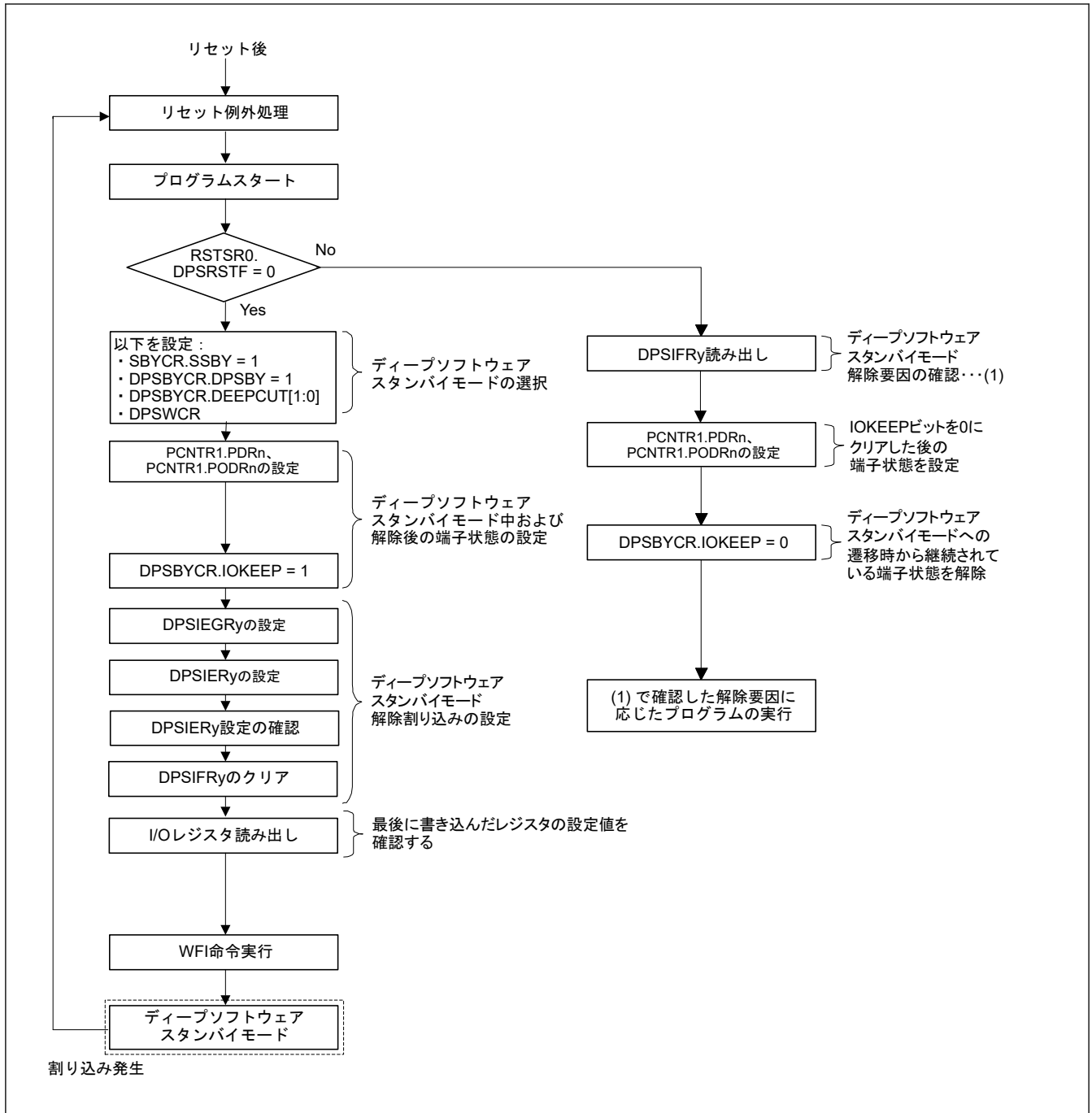


図 10.11 ディープソフトウェアスタンバイモード使用時のフローチャート例

10.10 使用上の注意

10.10.1 レジスタアクセス

(1) 特定モードの期間中または遷移中の無効なレジスタへのライトアクセス

下記のいかなる条件においても、レジスタ書き込みを行わないでください。

[レジスタ]

- “SYSTEM”という周辺名をもつ全レジスタ

[条件]

- OPCCR.OPCMTSF = 1 または SOPCCR.SOPCMTSF = 1 (動作電力制御モードへの遷移中)

- WFI 命令の実行からノーマルモードへ復帰するまでの期間中
- FENTRYR.FENTRY0 = 1 または FENTRYR.FENTRYD = 1 (フラッシュ P/E モード、データフラッシュ P/E モード)

(2) クロック関連レジスタに対する有効な設定値

表 10.11 と表 10.12 に、各動作電力制御モードにおけるクロック関連レジスタの有効な設定値を示します。有効な設定値以外の値を書き込まないようにしてください。また、各レジスタには、動作電力制御モード関連以外の特定の条件下で禁止される設定値もあります。各レジスタに対する他の条件については、「8. クロック発生回路」を参照してください。

表 10.11 クロック関連レジスタに対する有効な設定値 (1)

モード	設定有効値								
	SCKSCR. CKSEL[2:0] CKOGR. CKOSEL[2:0]	SCKDIVC R. FCK[2:0] ICK[2:0]	PLLCR. PLLSTP	PLL2CR. PLL2STP	HOCOGR. HCSTP	MOCOGR. MCSTP	LOCOGR. LCSTP	MOSCCR. MOSTP	SOSCCR. SOSTP
High-speed	000b (HOCO) 001b (MOCO) 010b (LOCO) 011b (メインクロック) 100b (サブクロック) 101b (PLL) (注1)	000b (1/1) 001b (1/2) 010b (1/4) 011b (1/8) 100b (1/16) 101b (1/32) 110b (1/64)	0 (動作) 1 (停止)	0 (動作) 1 (停止)	0 (動作) 1 (停止)	0 (動作) 1 (停止)	0 (動作) 1 (停止)	0 (動作) 1 (停止)	0 (動作) 1 (停止)
Low-speed	000b (HOCO) 001b (MOCO) 010b (LOCO) 011b (メインクロック) 100b (サブクロック)		1 (停止)	1 (停止)					
Subosc-speed	010b (LOCO) 100b (SOSC)	000b (1/1)	1 (停止)	1 (停止)	1 (停止)	1 (停止)	0 (動作) 1 (停止)	1 (停止)	0 (動作) 1 (停止)

注 1. SCKSCR.CKSEL[2:0]のみ

表 10.12 クロック関連レジスタに対する有効な設定値 (2)

動作発振器	設定有効値	
	SOPCCR.SOPCM	OPCCR.OPCM[1:0]
PLL、PLL2	0	00b
高速オンチップオシレータ	0	00b, 11b
中速オンチップオシレータ		
メインクロック発振器		
低速オンチップオシレータ	0、1	00b, 11b
サブクロック発振器		
IWDT 専用オンチップオシレータ		

(3) Subosc-speed モードにおける無効なレジスタへのライトアクセス

下記の条件では、レジスタ書き込みを行わないでください。

[レジスタ]

- SCKSCR、OPCCR

[条件]

- SOPCCR.SOPCM = 1 (Subosc-speed モード)

(4) DTC または DMAC による無効なレジスタへのライトアクセス

DTC または DMAC によって、下記のレジスタに書き込まないでください。

[レジスタ]

- MSTPCRA、MSTPCRB、MSTPCRC、MSTPCRD、MSTPCRE

(5) スヌーズモードにおける無効なレジスタへのライトアクセス

スヌーズモード時に、下記のレジスタに書き込まないでください。これらのレジスタの設定は、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に行ってください。

[レジスタ]

- SNZCR、SNZEDCR_n、SNZREQCR_n

(6) FLWT.FLWT[2:0]への無効なライトアクセス

下記の条件に当てはまる場合、FLWT.FLWT[2:0]ビットに 000b 以外の値を書き込まないでください。

[条件]

- SOPCCR.SOPCM = 1 (Subosc-speed モード)

(7) PRCR.PRC1 ビットが 0 の場合の無効なライトアクセス

PRCR.PRC1 ビットが 0 の場合、下記のレジスタに書き込まないでください。

[レジスタ]

- SBYCR、SNZCR、SNZEDCR_n、SNZREQCR_n、OPCCR、SOPCCR、DPSBYCR、DPSWCR、DPSIER_n、DPSIFR_n、DPSIGR_n、SYOCDCR、LDOSCR、PL2LDOSCR

(8) PRCR.PRC4 ビットが 0 の場合の無効なライトアクセス

PRCR.PRC4 ビットが 0 の場合、下記のレジスタに書き込まないでください。

[レジスタ]

- LPMSAR、DPFSAR

10.10.2 I/O ポートの端子状態

ソフトウェアスタンバイモード、ディープソフトウェアスタンバイモード、およびスヌーズモード（スヌーズモード時に書き換える場合は除く）における I/O ポートの端子状態は、各モードへ遷移する前と同じです。したがって、High を出力している間、消費電力は低減されません。

10.10.3 DTC、DMAC のモジュールストップ状態

MSTPCRA.MSTPA22 ビットを 1 にする前に、DMAC の DMAST.DMST ビットと DTC の DTCST.DTCST ビットを 0 にしてください。詳細は、「[16. DMA コントローラ \(DMAC\)](#)」および「[17. データトランスファコントローラ \(DTC\)](#)」を参照してください。

10.10.4 内部割り込み要因

モジュールストップ状態では、割り込みの動作ができません。割り込み要求が発生しているときに、モジュールストップビットを設定すると、CPU の割り込み要因や DTC または DMAC の起動要因をクリアできません。そのため、事前に対応する割り込みを禁止してから、モジュールストップビットを設定してください。

10.10.5 DIRQnE ビットによる入力バッファ制御

DPSIER0.DIRQnE (n = DPSIERy.DIRQnE (y = 0 または 1, n = 0, 1, 4~9)) ビットを 1 に設定することにより、IRQn-DS (n = 0, 1, 4~9) 端子の対応する入力バッファが有効になります。これらの端子への入力は DPSIFRy.DIRQnF (y = 0 または 1, n = 0, 1, 4~9) ビットには送られますが、割り込みコントローラ (ICU)、周辺モジュール、および I/O ポートには送られないことに注意してください。

10.10.6 低消費電力モードへの遷移

本 MCU はイベントによるウェイクアップをサポートしていないため、WFE 命令の実行によって低消費電力モード（スリープモード、ソフトウェアスタンバイモード、ディープソフトウェアスタンバイモードなど）へ遷移さ

せないでください。また、本 MCU は SLEEPDEEP による低消費電力モードをサポートしていないため、Cortex-M33 コアが内蔵するシステムコントロールレジスタの SLEEPDEEP ビットは設定しないでください。

10.10.7 WFI 命令のタイミング

WFI 命令は、I/O レジスタの書き込みが完了する前に実行されることがあり、その場合、意図しない動作を起こす恐れがあります。これは、I/O レジスタへの書き込み直後に WFI 命令が実行された場合に生じます。この問題を避けるには、書き込まれたレジスタを読み戻して、書き込みの完了を確認してください。

10.10.8 スリープモード/スヌーズモード時の DTC または DMAC による WDT/IWDT レジスタの書き込みについて

スリープモードやスヌーズモードに遷移すると WDT や IWDT が停止します。停止中は DTC または DMAC によって、WDT または IWDT 関連のレジスタを書き換えしないでください。

10.10.9 スヌーズモードにおける発振器について

ソフトウェアスタンバイモードへ遷移して停止した発振器は、スヌーズモードへの切り替えトリガが発生すると、自動的に動作を再開します。すべての発振器が安定するまで、MCU はスヌーズモードへ遷移しません。スヌーズモード時には、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に、スヌーズモードで不要な発振器を無効にする必要があります。そうしないと、ソフトウェアスタンバイモードからスヌーズモードへの遷移に時間がかかります。

10.10.10 RXD0 の立ち下がリエッジによるスヌーズモードエントリ

SNZCR.RXDREQEN ビットが 1 の場合、SCIO の UART をスヌーズモードで使用する場合、RXD0 端子の立ち下がリエッジを使用して本 MCU をソフトウェアスタンバイモードからスヌーズモードへ切り替えます。この場合、SCIO_ERI、SCIO_RXI、またはアドレス不一致イベントなどの割り込みが、スヌーズモードを解除するための要因として使用されます。ただし、RXD0 端子のノイズが原因で、本 MCU が意図せずソフトウェアスタンバイモードからスヌーズモードへ遷移する場合があります。ノイズ発生後、MCU が RXD0 データを受信しなければ、割り込み (SCIO_ERI、SCIO_RXI など) もアドレス不一致イベントも発生せず、MCU はスヌーズモードを維持します。AGTn (n = 1, 3) アンダーフローの前に UART 受信データが完了しなければ、AGTn (n = 1, 3) アンダーフロー割り込みを使用して、ソフトウェアスタンバイモードまたは通常動作モードへ復帰するようにしてください。ただし、UART 通信中は、ソフトウェアスタンバイモードへの復帰要因として AGTn (n = 1, 3) アンダーフローを使用しないでください。これにより、UART が中途半端な状態で動作を停止します。

10.10.11 スヌーズモードにおける SCIO の UART の使用

スヌーズモードで UART を使用する場合、スヌーズ要求 (RXD0 端子の立ち下がリエッジ) が WUPEN レジスタにて設定されたウェイクアップ要求と競合しないようにしてください。その場合の UART は保証されません。

スヌーズモードで UART を使用する場合は、下記の条件が満たされなければいけません。

- クロックソースは HOCO であること
- MOCO、PLL、PLL2、メインクロック発振器は、ソフトウェアスタンバイモード遷移前に停止していること
- RXD0 端子は、ソフトウェアスタンバイモード遷移前に High を維持していること
- SCIO 通信中は、ソフトウェアスタンバイモードへの遷移が生じないこと
- ソフトウェアスタンバイモード遷移前に、MSTPCRC.MSTPC0 ビットが 1 であること

10.10.12 スヌーズモードにおける A/D 変換開始条件

スヌーズモードでは、ELC のみが ADC120 の開始トリガとなれます。ソフトウェアトリガや ADTRGn (n = 0) 端子を使用しないでください。

10.10.13 スヌーズモードにおける ELC イベント

本節ではスヌーズモードで使用できる ELC イベントを示します。これ以外のイベントは使用しないでください。スヌーズモードへ遷移後、初めて周辺モジュールを起動する場合は、イベントリンク設定レジスタ (ELSRn) において、スヌーズモードエントリイベント (SYSTEM_SNZREQ) をトリガとして設定する必要があります。

- スリープモードエントリ (SYSTEM_SNZREQ)
- DTC 転送終了 (DTC_DTCEND)
- ADC120 ウィンドウ A/B コンペアマッチ (ADC120_WCMPPM)
- ADC120 ウィンドウ A/B コンペア不一致 (ADC120_WCMPUM)
- データ演算回路割り込み (DOC_DOPCI)

10.10.14 モジュールストップビット書き込みタイミング

対応するモジュールストップビットの書き込みが完了する前に I/O レジスタへのアクセスを実行することは可能です。この場合、I/O レジスタへのアクセスは意図しない動作を起こす恐れがあります。この問題を避けるには、I/O レジスタにアクセスする前に、モジュールストップビットを読み戻して、書き込みの完了を確認してください。

11. バッテリバックアップ機能

11.1 概要

本 MCU はバッテリバックアップ機能を備えており、電力損失が生じた場合に、バッテリによる部分給電が維持されます。VCC 端子と VBATT 端子を切り替えることにより、RTC、SOSC、およびバックアップメモリはバッテリ電源領域に含まれます。

正常に動作しているとき、バッテリ電源領域には主電源（VCC 端子）から電源が供給されます。VCC 端子に電圧降下が検出されると、電源は専用のバッテリバックアップ用電源端子（VBATT 端子）に切り替わります。そして電圧が上昇すると、電源は再び VBATT 端子から VCC 端子へ切り替わります。

11.1.1 バッテリバックアップ機能

以下の機能で構成されます。

- バッテリ電源スイッチ
- バックアップレジスタ
- 時間キャプチャ端子検出

11.1.2 バッテリ電源スイッチ

VCC 端子の印加電圧が低下すると、この機能によって、電源が VCC 端子から VBATT 端子に切り替わります。そして電圧が上昇すると、再び VBATT 端子から VCC 端子へ切り替わります。

11.1.3 バックアップレジスタ

バッテリ電源領域には、128 バイトのバックアップレジスタが搭載されています。これらのレジスタは、電源が VBATT 端子から供給されていれば、VCC 端子が電源 OFF の状態でもデータを保持します。

11.1.4 時間キャプチャ端子検出

RTC は、時間キャプチャ端子の入力レベルの変化を検出します。詳細は、「[23. リアルタイムクロック \(RTC\)](#)」を参照してください。

注. VCC が $V_{DET\text{BATT}}$ を下回り、かつ $(VBATT + 0.6\text{ V})$ を上回ると、内部ダイオードを介して VCC 端子から VBATT 端子へ注入電流が流れます。VBATT 端子に接続された電源バッテリーが、この電流注入に対応していない（たとえば、バッテリーが再充電可能なものではない）場合、ルネサスは、電源バッテリーと VBATT 端子の間に低電圧しきい値のダイオードを接続することを強く推奨しています。

注. 電圧監視 0 リセットを許可にした上で、バッテリバックアップ機能を使用する必要があります。電圧監視 0 レベルは、VBATT 切り替えレベルよりも高く設定しなければいけません。

図 11.1 に、バッテリバックアップ機能の構成図を示します。

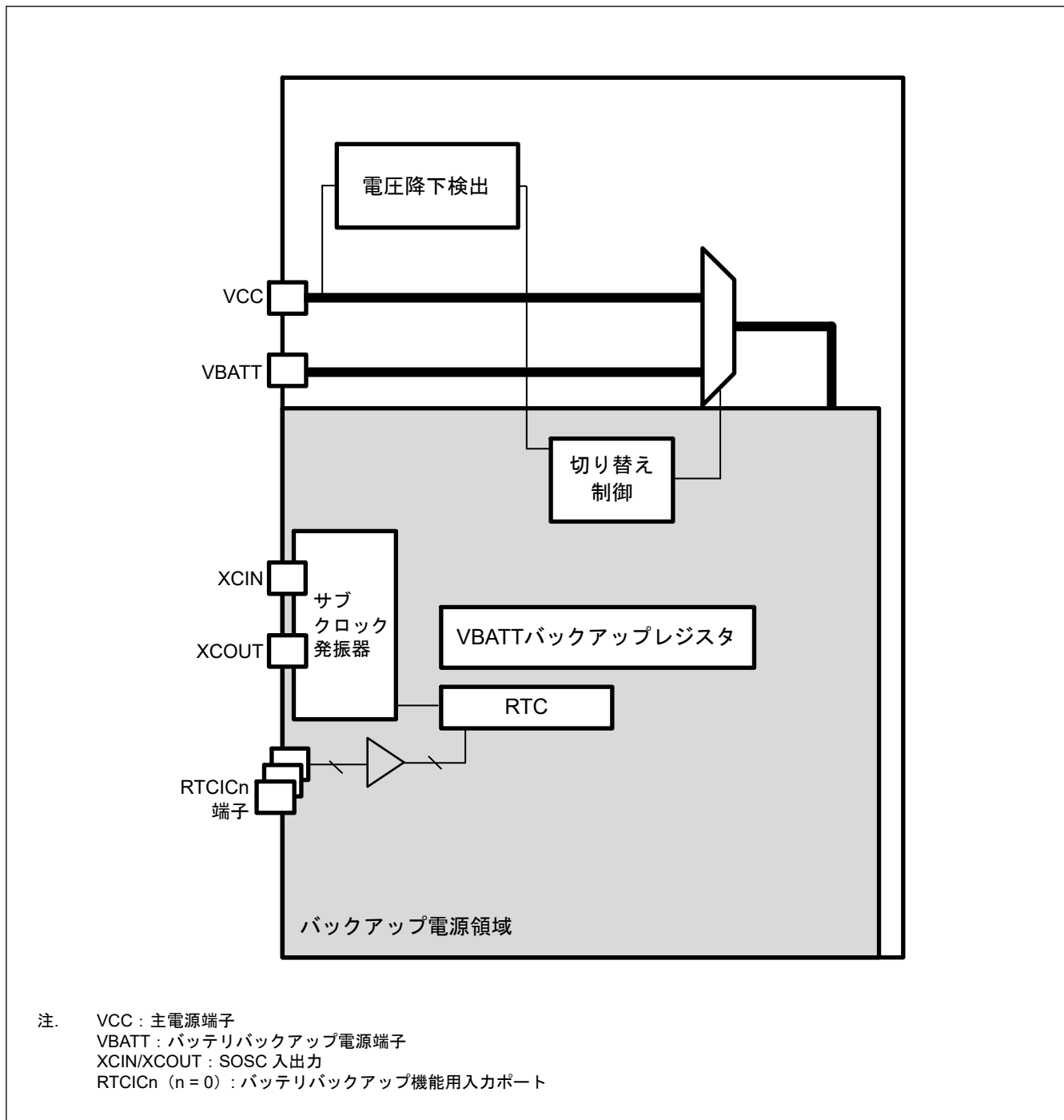


図 11.1 バッテリバックアップ機能の構成図

11.2 レジスタの説明

11.2.1 BBFSAR : バッテリバックアップ機能セキュリティ属性レジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x3D0

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	NONS EC23	NONS EC22	NONS EC21	NONS EC20	NONS EC19	NONS EC18	NONS EC17	NONS EC16
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	NONS EC2	NONS EC1	NONS EC0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	NONSEC0	非セキュア属性 0 対象レジスタ : VBATTMNSLR 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
1	NONSEC1	非セキュア属性 1 対象レジスタ : VBTBER 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
2	NONSEC2	非セキュア属性 2 対象レジスタ : VBTICTLR 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
15:3	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
16	NONSEC16	非セキュア属性 16 対象レジスタ : VBTBKRn (n = 0~15) 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
17	NONSEC17	非セキュア属性 17 対象レジスタ : VBTBKRn (n = 16~31) 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
18	NONSEC18	非セキュア属性 18 対象レジスタ : VBTBKRn (n = 32~47) 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
19	NONSEC19	非セキュア属性 19 対象レジスタ : VBTBKRn (n = 48~63) 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
20	NONSEC20	非セキュア属性 20 対象レジスタ : VBTBKRn (n = 64~79) 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
21	NONSEC21	非セキュア属性 21 対象レジスタ : VBTBKRn (n = 80~95) 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
22	NONSEC22	非セキュア属性 22 対象レジスタ : VBTBKRn (n = 96~111) 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
23	NONSEC23	非セキュア属性 23 対象レジスタ：VBTBKRn (n = 112~127) 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
31:24	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

BBFSAR レジスタは、バッテリバックアップ機能レジスタのセキュア属性を制御します。

NONSEC0 ビット (非セキュア属性 0)

VBATTMNSELR のセキュア属性を制御します。

NONSEC1 ビット (非セキュア属性 1)

VBTBKRn のセキュア属性を制御します。

NONSEC2 ビット (非セキュア属性 2)

VBTICTLR のセキュア属性を制御します。

NONSEC16 ビット (非セキュア属性 16)

VBTBKRn (n = 0~15) のセキュア属性を制御します。

NONSEC17 ビット (非セキュア属性 17)

VBTBKRn (n = 16~31) のセキュア属性を制御します。

NONSEC18 ビット (非セキュア属性 18)

VBTBKRn (n = 32~47) のセキュア属性を制御します。

NONSEC19 ビット (非セキュア属性 19)

VBTBKRn (n = 48~63) のセキュア属性を制御します。

NONSEC20 ビット (非セキュア属性 20)

VBTBKRn (n = 64~79) のセキュア属性を制御します。

NONSEC21 ビット (非セキュア属性 21)

VBTBKRn (n = 80~95) のセキュア属性を制御します。

NONSEC22 ビット (非セキュア属性 22)

VBTBKRn (n = 96~111) のセキュア属性を制御します。

NONSEC23 ビット (非セキュア属性 23)

VBTBKRn (n = 112~127) のセキュア属性を制御します。

11.2.2 VBATTMNSELR : バッテリバックアップ電圧監視機能選択レジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x41D

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	VBATT MNSEL

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	VBATTMNSEL	VBATT 低電圧検出機能選択 0: VBATT 低電圧検出機能無効 1: VBATT 低電圧検出機能有効	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC3 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

VBATTMNSCLR は、VBATT 低電圧検出機能を制御するレジスタです。

本レジスタは、ディープソフトウェアスタンバイリセットを含む全リセット要因により初期化されます。

VBATTMNSEL ビット (VBATT 低電圧検出機能選択)

VBATT 低電圧検出機能を選択します。

VBATTMNSEL = 1 時消費電流が増加します。したがって、VBATT 電源レベルを監視後、VBATT 電源の消費電力を低減させるため、VBATTMNSEL を 0 クリアしてください。

11.2.3 VBATTMONR : バッテリバックアップ電圧監視レジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x41E

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	VBATT MON

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	VBATTMON	VBATT 電圧監視 VBATT 電圧レベルをチェックします。 VBATT 低電圧検出機能選択ビットが 0 の場合、0 が読み出される場合があります。 0: VBATT \geq Vbattldet(注1) 1: VBATT < Vbattldet	R
7:1	—	読むと 0 が読めます。	R

注 1. Vbattldet は、VBATT 低電圧検出レベルです。詳細は「43. 電気的特性」を参照してください。

VBATTMNSCLR.VBATTMNSEL = 1 かつ VCC が供給されている場合、VBATTMONR レジスタは、VBATT 電圧レベルをチェックできます。

本レジスタは、ディープソフトウェアスタンバイリセットを含む全リセット要因により初期化されます。

VBATTMON ビット (VBATT 電圧監視)

VBATT 電圧レベルをモニタします。

11.2.4 VBTBER : VBATT バックアップイネーブルレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x4C0

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	VBAE	—	—	—

Value after reset: 0 0 0 0 1 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
3	VBAE	VBATT バックアップレジスタアクセス許可 0: VBTBKR へのアクセスは無効 1: VBTBKR へのアクセスは有効	R/W
7:4	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. PRCR.PRC1 ビットを 1（書き込み許可）にしてから、このレジスタを書き換えてください。

VBAE ビット (VBATT バックアップレジスタアクセス許可)

VBTBKR にアクセスする前に VBAE ビットに 1 を書き込み、VBTBKR へのすべてのアクセス（書き込みまたは読み取り）が完了したら、VBAE ビットに 0 を書き込む必要があります。VBAE ビットに 0 を書かなかった場合、VBTBKR のデータは VBATT モードで保持されません。

VBTBKR にアクセスするには、VBAE ビットに 1 を書き込んだ後、少なくとも 500 ns 待機してから、VBTBKR にアクセスしてください。

ディープソフトウェアスタンバイモードに遷移する前に、VBAE ビットに 0 を書き込む必要があります。

ディープソフトウェアスタンバイモードに遷移するためには、VBAE ビットに 0 を書き込んだ後、少なくとも 250 ns 待機してから、ディープソフトウェアスタンバイモードに遷移してください。

VBTBKR を使用しない場合、VBTBKR の電力消費を減らすために VBAE ビットを 0 にしてください。

11.2.5 VBTBKR[n] : VBATT バックアップレジスタ (n = 0~127)

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x500 + 0x001 × n

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

	VBTBKR
--	--------

Value after reset: x x x x x x x x

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	VBTBKR	VBATT バックアップレジスタ 本レジスタの値は、VBATT モードでも保持されます。 本レジスタは、いずれのリセット要因によっても初期化されません。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスが可能
 - 非セキュアアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセス、非セキュアアクセスともに可能です。
- 注. PRCR.PRC1 ビットを 1（書き込み許可）にしてから、このレジスタを書き換えてください。

表 11.1 VBATT バックアップレジスタ (1/2)

アドレス	シンボル
0x4001_E500~0x4001_E50F	VBTBKR[0]~VBTBKR[15]
0x4001_E510~0x4001_E51F	VBTBKR[16]~VBTBKR[31]
0x4001_E520~0x4001_E52F	VBTBKR[32]~VBTBKR[47]
0x4001_E530~0x4001_E53F	VBTBKR[48]~VBTBKR[63]
0x4001_E540~0x4001_E54F	VBTBKR[64]~VBTBKR[79]
0x4001_E550~0x4001_E55F	VBTBKR[80]~VBTBKR[95]

表 11.1 VBATT バックアップレジスタ (2/2)

アドレス	シンボル
0x4001_E560~0x4001_E56F	VBTBKR[96]~VBTBKR[111]
0x4001_E570~0x4001_E57F	VBTBKR[112]~VBTBKR[127]

11.2.6 VBTICTLR : VBATT 入力コントロールレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x4BB

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	VCH0INEN

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 x x x

ビット	シンボル	機能	R/W
0	VCH0INEN	VBATT CH0 入力許可 0: RTCIC0 入力無効 1: RTCIC0 入力有効	R/W
2:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注. PRCR.PRC1 ビットを 1 (書き込み許可) にしてから、このレジスタを書き換えてください。

VBTICTLR レジスタは、VBATT の入出力方向を入力として選択可能です。このレジスタはいずれのリセットによっても初期化されません。

VCHnINEN ビット (VBATT CHn 入力許可) (n = 0)

VCHnINEN ビットは対応する VBATT チャネルの入力方向を許可します。

「19.5.5. 入出力バッファの仕様」を参照してください。

11.3 動作説明

11.3.1 バッテリバックアップ機能

VCC 端子の電圧が低下したとき、RTC とサブクロック発振器には VBATT 端子から電源が供給されます。VCC 端子の電圧降下が検出されると、電源との接続は VCC 端子から VBATT 端子に切り替わります。また、VCC 端子の電圧が $V_{DET\ BATT}$ を超えると、VCC 端子からの電源供給に戻ります。電源の切り替わりは RTC の動作に影響を与えません。

電圧監視 0 リセットを許可にした上で、バッテリバックアップ機能を使用する必要があります。RTC は時間キャプチャ検出をサポートしており、時間キャプチャ端子の入力レベルの変化を検出します。

VBATT 端子からは、以下のモジュールに電力が供給されます。

- RTC
- サブクロック発振器 (XCIN、XCOUT 端子を含む)
- VBATT バックアップレジスタ

表 11.2 に、VBATT モード時の動作状態を示します。

表 11.2 VBATT モード時の動作状態

動作状態	VBATT モード
遷移条件	VCC 電圧降下の検出
リセット以外の解除方法	VCC 電圧上昇の検出
割り込みによる解除後の状態	—
リセットによる解除後の状態	—
メインクロック発振器	停止
サブクロック発振器	動作
高速オンチップオシレータ	停止
中速オンチップオシレータ	停止
低速オンチップオシレータ	停止
IWDT 専用オンチップオシレータ	停止
PLL	停止
PLL2	停止
CPU	停止 (不定)
SRAM	停止 (不定)
スタンバイ SRAM	停止 (不定)
VBATT バックアップレジスタ	停止 (保持)
フラッシュメモリ	停止 (保持)
リアルタイムクロック (RTC)	動作中のクロックをカウントソースとして選択した場合に選択可能
AGTn (n = 0~3)	停止 (不定)
低電圧検出回路 (LVD)	停止
パワーオンリセット回路	停止
その他の周辺モジュール	停止 (不定)
I/O ポート	RTCICn ポート (n = 0) : 動作 ここに指定されていない全ポート : 不定

注. 「選択可能」とは、動作または停止がコントロールレジスタで選択できることを意味します。モジュールによっては、対応するモジュールストップビットで制御できるものもあります。

注. 「停止 (保持)」とは、内部レジスタの内容は保持されるが、動作は中断されることを意味します。

注. 「停止 (不定)」とは、内部レジスタの内容が不定で、内部回路への通電が遮断されることを意味します。

図 11.2 に、バッテリバックアップ機能の切り替え順序を示します。

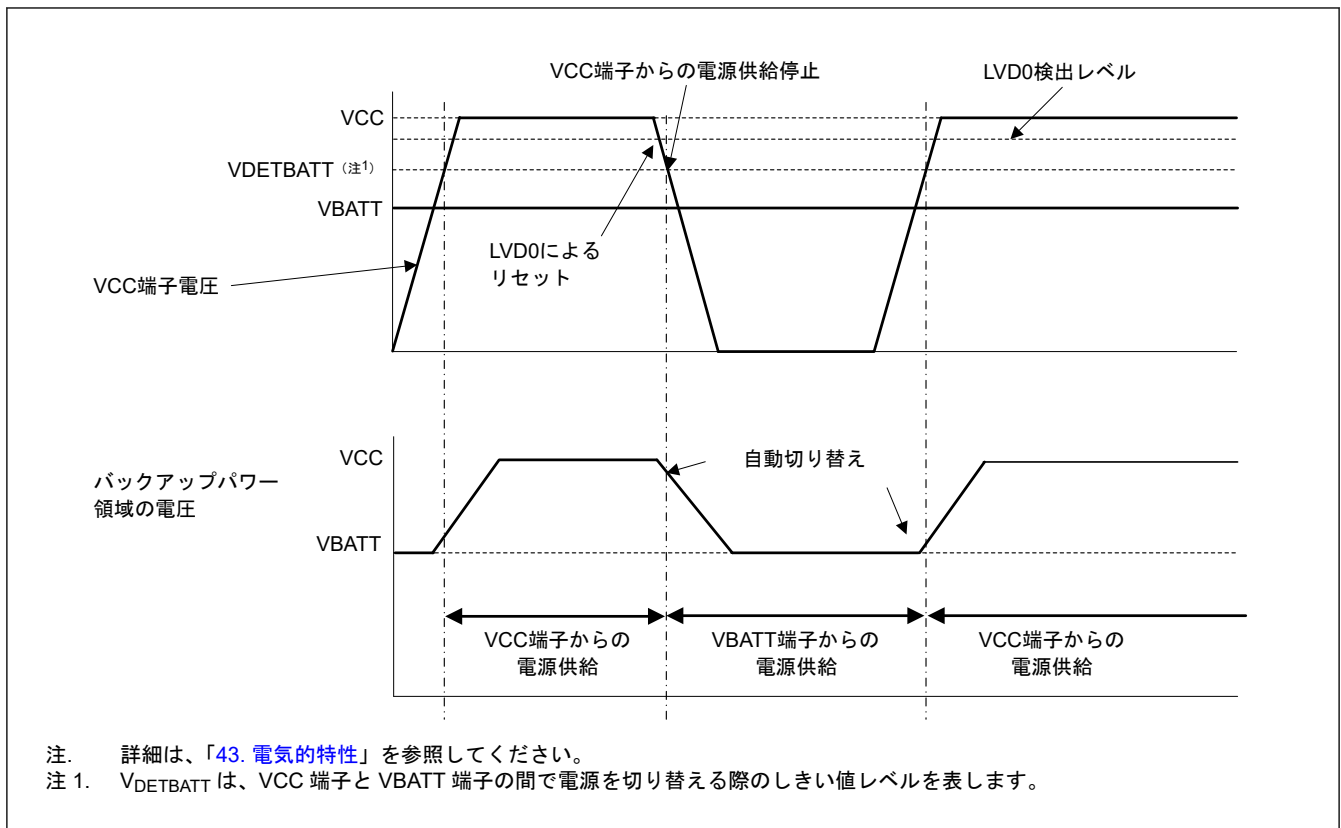


図 11.2 バッテリバックアップ機能の切り替え順序

11.3.2 VBATT バッテリ電源スイッチの使用方法

VCC 端子の印加電圧が低下すると、バッテリ電源スイッチによって、電源が VCC 端子から VBATT 端子に切り替わります。そして電圧が上昇すると、再び VBATT 端子から VCC 端子へ切り替わります。

注. バッテリバックアップ機能は、電圧監視 0 リセットを許可 (OFS1.LVDAS ビットが 0) に設定した上で使用してください。電圧監視 0 レベルは、VBATT 切り替えレベルよりも高く設定してください。

11.3.3 VBATT バックアップレジスタの使用方法

8 ビットの読み出しまたは書き込み動作のデータを格納または再格納するのに、VBATT バックアップレジスタ $VBTBKR_n$ ($n=0\sim 127$) を使用してください。

11.4 使用上の注意事項

1. VBATT の電圧レベルが動作保証範囲を下回ったとき、サブクロック発振器と RTC の動作は保証されません。VBATT 端子が保証動作電圧以下になった場合は、RTC を初期化した後、再度電源を投てください。
2. 本項で説明するレジスタへの書き込み中にリセットが発生すると、レジスタ値が破壊される可能性があります。
3. VCC が $V_{DET BATT}$ を上回っているときは、VCC 端子と VBATT 端子は切り離されます。VCC が $V_{DET BATT}$ を下回ってスイッチが VBATT 端子に接続された場合、VBATT が $VCC\sim 0.6\text{ V}$ の範囲よりも低下すると、VCC 端子と VBATT 端子の間の寄生ダイオードを介して VBATT 端子に電流が流れ込む可能性があります。
4. VBATT 端子からの電圧とバックアップ領域内の I/O ポートによって RTC が動作しているとき、その電源領域は RTC の時間キャプチャイベント入力端子としてのみ使用可能です。

12. レジスタライトプロテクション

12.1 概要

レジスタライトプロテクション機能は、ソフトウェアエラーによって重要なレジスタが書き換えられないように保護します。保護するレジスタは、プロテクトレジスタ (PRCR) で設定します。

表 12.1 に PRCR レジスタのビットと保護されるレジスタの対応関係を示します。

表 12.1 PRCR レジスタのビットと保護されるレジスタの対応関係

PRCR レジスタ	保護されるレジスタ
PRC0	<ul style="list-style-type: none"> クロック発生回路関連レジスタ SCKDIVCR, SCKSCR, PLLCCR, PLLCR, MOSCCR, HOCOCCR, MOCOCCR, FLLCR1, FLLCR2, CKOCR, TRCKCR, OSTDCR, OSTDSR, PLL2CCR, PLL2CR, MOCOUTCR, HOCOUTCR, USBCKDIVCR, USBCKCR, MOSCWTCR, MOMCR, SOSCCR, SOMCR, LOCOCCR, LOCOOUTCR
PRC1	<ul style="list-style-type: none"> 低消費電力モード関連レジスタ SBYCR, SNZCR, SNZEDCR0, SNZEDCR1, SNZREQCR0, SNZREQCR1, OPCCR, SOPCCR, DPSBYCR, DPSWCR, DPSIER0-3, DPSIFR0-3, DPSIEGR0-2, SYOCDCR, LDOSCR, PL2LDOSCR バッテリーバックアップ機能関連レジスタ VBTBER, VBTICTLR, VBTBKR_n (n = 0~127)
PRC3	<ul style="list-style-type: none"> LVD 関連レジスタ LVD1CR1, LVD1SR, LVD2CR1, LVD2SR, LVD1CMPCR, LVD2CMPCR, LVD1CR0, LVD2CR0, VBATTMNSLR
PRC4	<ul style="list-style-type: none"> セキュリティ機能関連レジスタ CGFSAR, RSTSAR, LPMSAR, LVDSAR, BBFSAR, DPFSAR, CSAR, SRAMSAR, STBRAMSAR, DTCSAR, DMACSAR, ICUSAR_x, BUSSAR_x, MMPUSAR_x, TZFSAR, CPUDSAR, FSAR, PSAR_x, MSSAR, PmSAR, ELCSAR_x

12.2 レジスタの説明

12.2.1 PRCR : プロテクトレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x3FE

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

	PRKEY[7:0]	—	—	—	PRC4	PRC3	—	PRC1	PRC0
--	------------	---	---	---	------	------	---	------	------

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PRC0	クロック発生回路関連レジスタへの書き込み許可 0: 書き込み禁止 1: 書き込み許可	R/W
1	PRC1	低消費電力モードおよびバッテリーバックアップ機能関連レジスタ関連レジスタへの書き込み許可 0: 書き込み禁止 1: 書き込み許可	R/W
2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
3	PRC3	LVD 関連レジスタへの書き込み許可 0: 書き込み禁止 1: 書き込み許可	R/W
4	PRC4	セキュリティ機能関連レジスタへの書き込み許可 0: 書き込み禁止 1: 書き込み許可	R/W
7:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
15:8	PRKEY[7:0]	PRC キーコード PRCR レジスタへの書き込みを制御します。PRCR レジスタを書き換える場合、上位 8 ビットに 0xA5、下位 8 ビットに任意の値を、16 ビット単位で書いてください。	W

PRCn ビット (プロテクトビット n) (n = 0, 1, 3, 4)

PRCn ビットによって、表 12.1 に記載されているレジスタの書き込みを許可または禁止します。PRCn ビットを 1 にすると書き込み許可になり、0 にすると書き込み禁止になります。

PRCR と PRCR に制御されるレジスタが連続的に書き込みされる場合、PRC4 により制御されるレジスタは PRC4 の変更を反映しない可能性があります。連続的な書き込みを避けるか、または PRC4 の変更後に PRCR を読み出してから、PRC4 で制御されるレジスタに書き込みをしてください。

13. 割り込みコントローラユニット (ICU)

13.1 概要

割り込みコントローラユニット (ICU) は、ネスト型ベクタ割り込みコントローラ (NVIC)、DMA コントローラ (DMAC)、およびデータトランスファコントローラ (DTC) モジュールにリンクされるイベント信号を制御します。ICU はノンマスクابل割り込みも制御します。

表 13.1 に ICU の仕様、図 13.1 に ICU のブロック図、表 13.2 に ICU の入出力端子を示します。

表 13.1 ICU の仕様

項目		内容
マスクابل割り込み	周辺機能割り込み	<ul style="list-style-type: none"> 周辺モジュールからの割り込み 要因数：212 (イベントリスト番号 32~511 内の要因から選択)
	外部端子割り込み	<ul style="list-style-type: none"> 割り込み検出：Low レベル^(注4)、立ち下がりエッジ、立ち上がりエッジ、両エッジ。要因ごとに設定可能 デジタルフィルタ機能 11 要因 (IRQi (i = 0~9, 13) 端子からの割り込み)
	CPU (NVIC) への割り込み要求	<ul style="list-style-type: none"> 96 本の割り込み要求を NVIC に対して出力
	DMAC 制御	<ul style="list-style-type: none"> 割り込み要因によって DMAC の起動が可能^(注1) 対象の割り込み要因から DMAC 4ch 個別に選択可能
	DTC 制御	<ul style="list-style-type: none"> 割り込み要因によって DTC の起動が可能^(注1) 割り込み要因の選択方式は、NVIC への割り込み要求と同一
ノンマスクابل割り込み ^(注2)	NMI 端子割り込み	<ul style="list-style-type: none"> NMI 端子からの割り込み 割り込み検出：立ち下がりエッジまたは立ち上がりエッジ デジタルフィルタ機能
	WDT アンダーフロー/リフレッシュエラー ^(注3)	ダウンカウンタのアンダーフローまたはリフレッシュエラー発生時の割り込み
	IWDT アンダーフロー/リフレッシュエラー ^(注3)	ダウンカウンタのアンダーフローまたはリフレッシュエラー発生時の割り込み
	低電圧検出 1 ^(注3)	電圧監視 1 回路の電圧監視 1 割り込み (LVD_LVD1)
	低電圧検出 2 ^(注3)	電圧監視 2 回路の電圧監視 2 割り込み (LVD_LVD2)
	RPEST ^(注5)	SRAM パリティエラー発生時の割り込み
	TZFST ^(注5)	TrustZone フィルタエラー発生時の割り込み
	発振停止検出割り込み ^(注3)	メイン発振器の停止を検出したときの割り込み
	バスマスタ MPU エラー ^(注5)	バスマスタ MPU エラー発生時の割り込み
低消費電力モード	<ul style="list-style-type: none"> スリープモード：ノンマスクابل割り込みまたはその他の割り込み要因によって復帰 ソフトウェアスタンバイモード：ノンマスクابل割り込みによって復帰。WUPEN レジスタで割り込みの選択が可能 スヌーズモード：ノンマスクابل割り込みによって復帰。SELSR0 および WUPEN レジスタで割り込みの選択が可能 <p>「13.2.17. SELSR0: SYS イベントリンク設定レジスタ」と「13.2.18. WUPEN0: ウェイクアップ割り込みイネーブルレジスタ 0」, 「13.2.19. WUPEN1: ウェイクアップ割り込みイネーブルレジスタ 1」を参照してください。</p>	
TrustZone フィルタ	使用可能	

注 1. DMAC と DTC の起動要因については、表 13.4 を参照してください。

注 2. リセット解除後に 1 回だけノンマスクابل割り込みを許可することができます。

注 3. これらのノンマスクابل割り込みは、マスクابل割り込みとしても使用可能です。マスクابل割り込みとして使用する場合、NMIER レジスタの値をリセット状態から変更しないでください。電圧監視 1 と電圧監視 2 の割り込みを許可するには、LVD1CR1.IRQSEL ビットと LVD2CR1.IRQSEL ビットを 1 にしてください。

注 4. Low レベルが一度検出されると、IELSRn の IR フラグがリセットされ続けるので、IR フラグをクリアしなければ、割り込み要求はクリアされません。

注 5. これらのノンマスクابل割り込み要因は、要求されたソースクロックが低消費電力モード中に停止した場合は、復元できません。

図 13.1 に ICU のブロック図を示します。

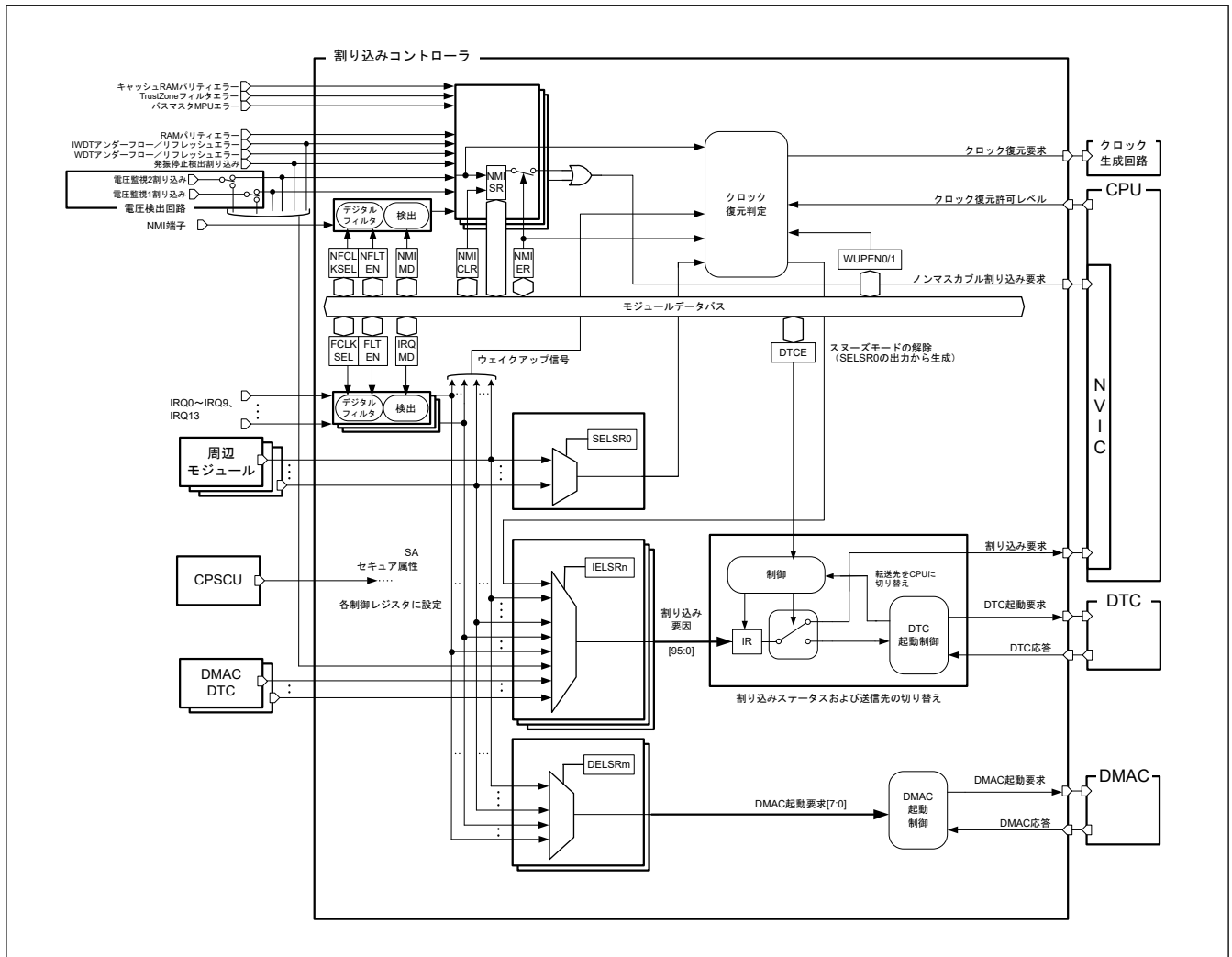


図 13.1 ICU のブロック図

表 13.2 に ICU の入出力端子を示します。

表 13.2 ICU の入出力端子

端子名	入出力	内容
NMI	入力	ノンマスクブル割り込み要求端子
IRQi (i = 0~9, 13)	入力	外部割り込み要求端子

13.2 レジスタの説明

本章では、ARM® NVIC の内部レジスタについては説明していません。これらのレジスタについては、ARM Limited., ARM® Cortex®-M33 Processor Technical Reference Manual (ARM 100230)を参照してください。

13.2.1 ICUSARA : 割り込みコントローラセキュリティ属性レジスタ A

Base address: CPSCU = 0x4000_8000

Offset address: 0x40

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	SAIRQ CR13	—	—	—	SAIRQ CR9	SAIRQ CR8	SAIRQ CR7	SAIRQ CR6	SAIRQ CR5	SAIRQ CR4	SAIRQ CR3	SAIRQ CR2	SAIRQ CR1	SAIRQ CR0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
9:0	SAIRQCR9~ SAIRQCR0	IRQCRn レジスタのためのレジスタのセキュリティ属性(n = 0~9) 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
12:10	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
13	SAIRQCR13	IRQCR13 レジスタのためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
31:14	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

SAIRQCRn ビット (IRQCRn レジスタのためのレジスタのセキュリティ属性)

対象レジスタは以下です。

- IRQCR0~IRQCR9、IRQCR13 レジスタ
- WUPEN0.IRQWUPEN[9:0]、WUPEN0.IRQWUPEN[13]ビット

13.2.2 ICUSARB : 割り込みコントローラセキュリティ属性レジスタ B

Base address: CPSCU = 0x4000_8000

Offset address: 0x44

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SANMI
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SANMI	ノンマスク割り込みのためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
31:1	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

SANMI ビット (ノンマスカブル割り込みのためのレジスタのセキュリティ属性)

SANMI ビットはノンマスカブル割り込みのためのレジスタのセキュリティ属性を指定します。対象レジスタは以下です。

- NMIER
- NMICLR
- NMICR

ARM CPU のアプリケーション割り込みおよびリセットコントロールレジスタの AIRCR.BFHFNMIN (ビット 13) の値は、セキュリティ属性の値と同じである必要があります。AIRCR.BFHFNMIN ビットと SANMI ビットの初期値は異なります。AIRCR.BFHFNMIN ビットはセキュアで、SANMI ビットは非セキュアです。極性は同じ意味を持ちます。それらが合致するようにプログラミングしてください。

注. ノンマスカブル割り込み関連のレジスタのセキュリティ属性には、セキュアか非セキュアのいずれか一方のみ設定できます。セキュア属性をセキュアとしてプログラムすると、常にセキュア割り込みハンドラにジャンプします。いずれかのノンマスカブル割り込み要因を非セキュアユーザに解放する必要がある場合は、セキュア用割り込みハンドラから非セキュアプログラムを実行する関数を準備してください。

13.2.3 ICUSARC : 割り込みコントローラセキュリティ属性レジスタ C

Base address: CPSCU = 0x4000_8000

Offset address: 0x48

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	SADM AC7	SADM AC6	SADM AC5	SADM AC4	SADM AC3	SADM AC2	SADM AC1	SADM AC0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	SADMAC7~ SADMAC0	DMAC チャンネルのためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
31:8	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

SADMACn ビット (DMAC チャンネルのためのレジスタのセキュリティ属性)

SADMACn ビットは DMAC チャンネルのためのレジスタのセキュリティ属性を指定します。本レジスタは ICU および DMAC のレジスタのセキュリティ属性を指定します。

ICU の対象レジスタは以下です。

- DELSRn

DMAC の対象レジスタは以下です。

- DMACn.DMSAR
- DMACn.DMSRR
- DMACn.DMDAR
- DMACn.DMDRR
- DMACn.DMCRA

- DMACn.DMCRB
- DMACn.DMTMD
- DMACn.DMINT
- DMACn.DMAMD
- DMACn.DMOFR
- DMACn.DMCNT
- DMACn.DMREQ
- DMACn.DMSTS
- DMACn.DMSBS
- DMACn.DMDBS

DMAC のレジスタの詳細については、「[16. DMA コントローラ \(DMAC\)](#)」を参照してください。

13.2.4 ICUSARD : 割り込みコントローラセキュリティ属性レジスタ D

Base address: CPSCU = 0x4000_8000

Offset address: 0x4C

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SASE LSR0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SASELSR0	SELSR0 のためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
31:1	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

13.2.5 ICUSARE : 割り込みコントローラセキュリティ属性レジスタ E

Base address: CPSCU = 0x4000_8000

Offset address: 0x50

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	SAIIC0 WUP	SAAG T1CB WUP	SAAG T1CA WUP	SAAG T1UD WUP	SAUS BFS0 WUP	—	SART CPRD WUP	SART CALM WUP	—	—	—	—	SALV D2WU P	SALV D1WU P	—	SAIW DTWU P
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
16	SAIWDTWUP	WUPEN0.b16 のためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
17	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
18	SALVD1WUP	WUPEN0.b18 のためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
19	SALVD2WUP	WUPEN0.b19 のためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
20	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	
23:21	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
24	SARTCALMWUP	WUPEN0.b24 のためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
25	SARTCPDWUP	WUPEN0.b25 のためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
26	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
27	SAUSBFS0WUP	WUPEN0.b27 のためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
28	SAAGT1UDWUP	WUPEN0.b28 のためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
29	SAAGT1CAWUP	WUPEN0.b29 のためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
30	SAAGT1CBWUP	WUPEN0.b30 のためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
31	SAIIC0WUP	WUPEN0.b31 のためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

13.2.6 ICUSARF : 割り込みコントローラセキュリティ属性レジスタ F

Base address: CPSCU = 0x4000_8000

Offset address: 0x54

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SAAG T3CB WUP	SAAG T3CA WUP	SAAG T3UD WUP
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SAAGT3UDWUP	WUPEN1.b0 のためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
1	SAAGT3CAWUP	WUPEN1.b1 のためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
2	SAAGT3CBWUP	WUPEN1.b2 のためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
31:3	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

13.2.7 ICUSARG : 割り込みコントローラセキュリティ属性レジスタ G

Base address: CPSCU = 0x4000_8000

Offset address: 0x70

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	SAIEL SR31	SAIEL SR30	SAIEL SR29	SAIEL SR28	SAIEL SR27	SAIEL SR26	SAIEL SR25	SAIEL SR24	SAIEL SR23	SAIEL SR22	SAIEL SR21	SAIEL SR20	SAIEL SR19	SAIEL SR18	SAIEL SR17	SAIEL SR16
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	SAIEL SR15	SAIEL SR14	SAIEL SR13	SAIEL SR12	SAIEL SR11	SAIEL SR10	SAIEL SR9	SAIEL SR8	SAIEL SR7	SAIEL SR6	SAIEL SR5	SAIEL SR4	SAIEL SR3	SAIEL SR2	SAIEL SR1	SAIEL SR0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	SAIELSR31~ SAIELSR0	IELSR31~IELSR0 のためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

SAIELSRn ビット (IELSR31~IELSR0 のためのレジスタのセキュリティ属性)

ARM CPU NVIC で管理するセキュア属性は、IELSEn (n=0~31) のセキュリティ属性と一致している必要があります。NVIC の内部レジスタは、NVIC_ITNS0[31:0]にあります。NVIC_ITNS0 と ICUSARG の初期値は異なります。NVIC_ITNS0 はセキュア、ICUSARG は非セキュアです。極性は同じ意味を持ちます。それらが合致するようにプログラミングしてください。

13.2.8 ICUSARH : 割り込みコントローラセキュリティ属性レジスタ H

Base address: CPSCU = 0x4000_8000

Offset address: 0x74

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	SAIEL SR63	SAIEL SR62	SAIEL SR61	SAIEL SR60	SAIEL SR59	SAIEL SR58	SAIEL SR57	SAIEL SR56	SAIEL SR55	SAIEL SR54	SAIEL SR53	SAIEL SR52	SAIEL SR51	SAIEL SR50	SAIEL SR49	SAIEL SR48
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	SAIEL SR47	SAIEL SR46	SAIEL SR45	SAIEL SR44	SAIEL SR43	SAIEL SR42	SAIEL SR41	SAIEL SR40	SAIEL SR39	SAIEL SR38	SAIEL SR37	SAIEL SR36	SAIEL SR35	SAIEL SR34	SAIEL SR33	SAIEL SR32
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	SAIELSR63~ SAIELSR32	IELSR63~IELSR32 のためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

SAIELSRn ビット (IELSR63~IELSR32 のためのレジスタのセキュリティ属性)

ARM CPU NVIC で管理するセキュア属性は、IELSEn (n=32~63) のセキュリティ属性と一致している必要があります。NVIC の内部レジスタは、NVIC_ITNS1[31:0]にあります。NVIC_ITNS1 と ICUSARH の初期値は異なります。NVIC_ITNS1 はセキュア、ICUSARH は非セキュアです。極性は同じ意味を持ちます。それらが合致するようにプログラミングしてください。

13.2.9 ICUSARI : 割り込みコントローラセキュリティ属性レジスタ I

Base address: CPSCU = 0x4000_8000

Offset address: 0x78

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	SAIEL SR95	SAIEL SR94	SAIEL SR93	SAIEL SR92	SAIEL SR91	SAIEL SR90	SAIEL SR89	SAIEL SR88	SAIEL SR87	SAIEL SR86	SAIEL SR85	SAIEL SR84	SAIEL SR83	SAIEL SR82	SAIEL SR81	SAIEL SR80
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	SAIEL SR79	SAIEL SR78	SAIEL SR77	SAIEL SR76	SAIEL SR75	SAIEL SR74	SAIEL SR73	SAIEL SR72	SAIEL SR71	SAIEL SR70	SAIEL SR69	SAIEL SR68	SAIEL SR67	SAIEL SR66	SAIEL SR65	SAIEL SR64
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	SAIELSR95~ SAIELSR64	IELSR95~IELSR64 のためのレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

SAIELSRn ビット (IELSR95~IELSR64 のためのレジスタのセキュリティ属性)

ARM CPU NVIC で管理するセキュア属性は、IELSEn (n=64~95) のセキュリティ属性と一致している必要があります。NVIC の内部レジスタは、NVIC_ITNS2[31:0]にあります。NVIC_ITNS2 と ICUSARI の初期値は異なります。NVIC_ITNS2 はセキュア、ICUSARI は非セキュアです。極性は同じ意味を持ちます。それらが合致するようにプログラミングしてください。

13.2.10 IRQCRi : IRQ コントロールレジスタ (i = 0~9、13)

Base address: ICU = 0x4000_6000

Offset address: 0x000 + 0x1 × i

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	FLTEN	—	FCLKSEL[1:0]	—	—	—	IRQMD[1:0]	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	IRQMD[1:0]	IRQi 検出センス選択 0 0: 立ち下がリエッジ 0 1: 立ち上がりエッジ 1 0: 両エッジ 1 1: Low レベル	R/W
3:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
5:4	FCLKSEL[1:0]	IRQi デジタルフィルタサンプリングクロック選択 0 0: PCLKB 0 1: PCLKB/8 1 0: PCLKB/32 1 1: PCLKB/64	R/W
6	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	FLTEN	IRQi デジタルフィルタ有効 0: 無効 1: 有効	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

IRQCRi レジスタの変更には、以下の条件があります。

- CPU 割り込みまたは DTC 起動要因の場合：
IRQCRi レジスタの設定を変更してから、対象の IELSRn レジスタ (n = 0~95) を設定する必要があります。対象の IELSRn レジスタが 0x0000 の場合にのみ、レジスタ値の変更が可能です。
- DMAC 起動要因の場合：
IRQCRi レジスタの設定を変更してから、対象の DELSRn レジスタ (n = 0~7) を設定する必要があります。対象の DELSRn レジスタが 0x0000 の場合にのみ、レジスタ値の変更が可能です。
- ウェイクアップ許可信号の場合：
IRQCRi レジスタの設定を変更してから、対象の WUPEN0.IRQWUPEN[n] (n = 0~9, 13) ビットを設定する必要があります。対象の WUPEN0.IRQWUPEN[n] ビットが 0 の場合に、レジスタ値の変更が可能です。

IRQMD[1:0]ビット (IRQi 検出センス選択)

IRQMD[1:0]ビットは IRQi 外部端子割り込み要因の検出イベントを設定します。使用方法に関する詳細は、「13.5.6. 外部端子割り込みの設定手順」を参照してください。

FCLKSEL[1:0]ビット (IRQi デジタルフィルタサンプリングクロック選択)

FCLKSEL[1:0]ビットは IRQi 外部端子割り込み要求端子用のデジタルフィルタサンプリングクロックを選択します。以下から選択可能です。

- PCLKB (1 サイクルごと)
- PCLKB/8 (8 サイクルごと)
- PCLKB/32 (32 サイクルごと)
- PCLKB/64 (64 サイクルごと)

デジタルフィルタの詳細は、「13.5.5. デジタルフィルタ」を参照してください。

FLTEN ビット (IRQi デジタルフィルタ有効)

FLTEN ビットは IRQi 外部端子割り込み要因に使用されるデジタルフィルタを有効にします。デジタルフィルタは IRQCRi.FLTEN ビットが 1 の場合に有効で、IRQCRi.FLTEN ビットが 0 の場合に無効です。IRQi の端子レベルは IRQCRi.FCLKSEL[1:0] ビットで指定されるクロックサイクルでサンプリングされます。サンプリングレベルが 3 回一致すると、デジタルフィルタからの出力レベルが変化します。デジタルフィルタの詳細は、「13.5.5. デジタルフィルタ」を参照してください。

13.2.11 NMISR : ノンマスカブル割り込みステータスレジスタ

Base address: ICU = 0x4000_6000

Offset address: 0x140

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	TZFST	—	BUSMST	—	—	RPEST	NMIST	OSTST	—	—	LVD2ST	LVD1ST	WDTST	IWDTST
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	IWDTST	IWDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込みステータスフラグ 0: 割り込み要求なし 1: 割り込み要求あり	R
1	WDTST	WDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込みステータスフラグ 0: 割り込み要求なし 1: 割り込み要求あり	R
2	LVD1ST	電圧監視 1 割り込みステータスフラグ 0: 割り込み要求なし 1: 割り込み要求あり	R
3	LVD2ST	電圧監視 2 割り込みステータスフラグ 0: 割り込み要求なし 1: 割り込み要求あり	R
5:4	—	読むと 0 が読めます。	R
6	OSTST	発振停止検出割り込みステータスフラグ 0: 割り込み要求なし 1: 割り込み要求あり	R
7	NMIST	NMI 端子割り込みステータスフラグ 0: 割り込み要求なし 1: 割り込み要求あり	R
8	RPEST	SRAM パリティエラー割り込みステータスフラグ 0: 割り込み要求なし 1: 割り込み要求あり	R
9	—	読むと 0 が読めます。	R
10	—	読むと 0 が読めます。	R
11	BUSMST	バスマスタ MPU エラー割り込みステータスフラグ 0: 割り込み要求なし 1: 割り込み要求あり	R
12	—	読むと 0 が読めます。	R
13	TZFST	TrustZone フィルタエラー割り込みステータスフラグ 0: 割り込み要求なし 1: 割り込み要求あり	R
15:14	—	読むと 0 が読めます。	R

NMISR レジスタは、ノンマスカブル割り込み要因のステータスを監視します。NMISR レジスタへの書き込みは無視されます。ノンマスカブル割り込みイネーブルレジスタ (NMIER) の設定は、このレジスタには影響しません。

ん。ノンマスクابل割り込みの処理ルーチンでは、このレジスタの全ビットが0になっていることをチェックして、他のNMI要求が発生していないことを確認してから、処理を終了してください。

IWDTST フラグ (IWDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込みステータスフラグ)

IWDTST フラグは IWDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込み要求を示します。このフラグは読み出し専用であり、NMICLR.IWDTCLR ビットでクリアされます。

[1 になる条件]

IWDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込みが発生したとき

[0 になる条件]

NMICLR.IWDTCLR ビットに 1 を書いたとき

WDTST フラグ (WDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込みステータスフラグ)

WDTST フラグは WDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込み要求を示します。このフラグは読み出し専用であり、NMICLR.WDTCLR ビットでクリアされます。

[1 になる条件]

WDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込みが発生したとき

[0 になる条件]

NMICLR.WDTCLR ビットに 1 を書いたとき

LVD1ST フラグ (電圧監視 1 割り込みステータスフラグ)

LVD1ST フラグは電圧監視 1 割り込み要求を示します。このフラグは読み出し専用であり、NMICLR.LVD1CLR ビットでクリアされます。

[1 になる条件]

電圧監視 1 割り込みが発生したとき

[0 になる条件]

NMICLR.LVD1CLR ビットに 1 を書いたとき

LVD2ST フラグ (電圧監視 2 割り込みステータスフラグ)

LVD2ST フラグは電圧監視 2 割り込み要求を示します。このフラグは読み出し専用であり、NMICLR.LVD2CLR ビットでクリアされます。

[1 になる条件]

電圧監視 2 割り込みが発生したとき

[0 になる条件]

NMICLR.LVD2CLR ビットに 1 を書いたとき

OSTST フラグ (発振停止検出割り込みステータスフラグ)

OSTST フラグはメインクロック発振停止検出割り込み要求を示します。このフラグは読み出し専用であり、NMICLR.OSTCLR ビットでクリアされます。

[1 になる条件]

発振停止検出割り込みが発生したとき

[0 になる条件]

NMICLR.OSTCLR ビットに 1 を書いたとき

NMIST フラグ (NMI 端子割り込みステータスフラグ)

NMIST フラグは NMI 端子割り込み要求を示します。このフラグは読み出し専用であり、NMICLR.NMIMD ビットでクリアされます。

[1 になる条件]

NMICR.NMIMD ビットで指定したエッジが NMI 端子に入力されたとき

[0 になる条件]

NMICLR.NMICLR ビットに 1 を書いたとき

RPEST フラグ (SRAM パリティエラー割り込みステータスフラグ)

RPEST フラグは SRAM パリティエラー割り込み要求を示します。

[1 になる条件]

SRAM パリティエラーにより、割り込みが発生したとき

[0 になる条件]

NMICLR.RPECLR ビットに 1 を書いたとき

BUSMST フラグ (バスマスタ MPU エラー割り込みステータスフラグ)

BUSMST フラグはバスマスタ MPU エラー割り込み要求を示します。

[1 になる条件]

バスマスタ MPU エラーにより、割り込みが発生したとき

[0 になる条件]

NMICLR.BUSMCLR ビットに 1 を書いたとき

TZFST フラグ (TrustZone フィルタエラー割り込みステータスフラグ)

TrustZone フィルタエラー割り込み要求を示します。

[1 になる条件]

TrustZone フィルタエラーにより、割り込みが発生したとき

[0 になる条件]

NMICLR.TZFCLR ビットに 1 を書いたとき

13.2.12 NMIER : ノンマスクブル割り込みイネーブルレジスタ

Base address: ICU = 0x4000_6000

Offset address: 0x120

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	TZFE N	—	BUSM EN	—	—	RPEE N	NMIE N	OSTE N	—	—	2EN	1EN	WDTE N	IWDT EN
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	IWDTEN	IWDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込み許可 0: 禁止 1: 許可	R/W(注1) (注2)
1	WDTEN	WDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込み許可 0: 禁止 1: 許可	R/W(注1) (注2)
2	1EN	電圧監視 1 割り込み許可 0: 禁止 1: 許可	R/W(注1) (注2)
3	2EN	電圧監視 2 割り込み許可 0: 禁止 1: 許可	R/W(注1) (注2)
5:4	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6	OSTEN	発振停止検出割り込み許可 0: 禁止 1: 許可	R/W(注1) (注2)

ビット	シンボル	機能	R/W
7	NMIEN	NMI 端子割り込み許可 0: 禁止 1: 許可	R/W ^(注1)
8	RPEEN	SRAM パリティエラー割り込み許可 0: 禁止 1: 許可	R/W ^(注1)
9	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
11	BUSMEN	バスマスタ MPU エラー割り込み許可 0: 禁止 1: 許可	R/W ^(注1)
12	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
13	TZFEN	TrustZone フィルタエラー割り込み許可 0: 禁止 1: 許可	R/W ^(注1)
15:14	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注 1. リセット後、本ビットに 1 回だけ 1 を書き込むことが可能です。以後のライトアクセスは無効です。0 の書き込みは無効です。

注 2. イベント信号として使用する場合、1 にしないでください。

IWDTEN ビット (IWDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込み許可)

IWDTEN ビットは、NMI の起動要因となる IWDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込みを許可します。

WDTEN ビット (WDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込み許可)

WDTEN ビットは、NMI の起動要因となる WDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込みを許可します。

1EN ビット (電圧監視 1 割り込み許可)

1EN ビットは、NMI の起動要因となる電圧監視 1 割り込みを許可します。

2EN ビット (電圧監視 2 割り込み許可)

2EN ビットは、NMI の起動要因となる電圧監視 2 割り込みを許可します。

OSTEN ビット (発振停止検出割り込み許可)

OSTEN ビットは、NMI の起動要因となるメイン発振停止検出割り込みを許可します。

NMIEN ビット (NMI 端子割り込み許可)

NMIEN ビットは、NMI の起動要因となる NMI 端子割り込みを許可します。

RPEEN ビット (SRAM パリティエラー割り込み許可)

RPEEN ビットは、NMI の起動要因となる SRAM パリティエラー割り込みを許可します。

BUSMEN ビット (バスマスタ MPU エラー割り込み許可)

BUSMEN ビットは、NMI の起動要因となるバスマスタエラー割り込みを許可します。

TZFEN ビット (TrustZone フィルタエラー割り込み許可)

TZFEN ビットは、NMI の起動要因となる TrustZone フィルタエラー割り込みを許可します。

13.2.13 NMICLR : ノンマスカブル割り込みステータスクリアレジスタ

Base address: ICU = 0x4000_6000

Offset address: 0x130

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	TZFCL R	—	BUSM CLR	—	—	RPEC LR	NMICL R	OSTC LR	—	—	LVD2C LR	LVD1C LR	WDTC LR	IWDT CLR
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	IWDTCLR	IWDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込みステータスフラグクリア 0: 影響なし 1: NMISR.IWDTST フラグをクリア	R/W ^(注1)
1	WDTCLR	WDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込みステータスフラグクリア 0: 影響なし 1: NMISR.WDTST フラグをクリア	R/W ^(注1)
2	LVD1CLR	電圧監視 1 割り込みステータスフラグクリア 0: 影響なし 1: NMISR.LVD1ST フラグをクリア	R/W ^(注1)
3	LVD2CLR	電圧監視 2 割り込みステータスフラグクリア 0: 影響なし 1: NMISR.LVD2ST フラグをクリア	R/W ^(注1)
5:4	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6	OSTCLR	発振停止検出割り込みステータスフラグクリア 0: 影響なし 1: NMISR.OSTST フラグをクリア	R/W ^(注1)
7	NMICLR	NMI 端子割り込みステータスフラグクリア 0: 影響なし 1: NMISR.NMIST フラグをクリア	R/W ^(注1)
8	RPECLR	SRAM パリティエラー割り込みステータスフラグクリア 0: 影響なし 1: NMISR.RPEST フラグをクリア	R/W ^(注1)
9	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
11	BUSMCLR	バスマスタ MPU エラー割り込みステータスフラグクリア 0: 影響なし 1: NMISR.BUSMST フラグをクリア	R/W ^(注1)
12	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
13	TZFCLR	TrustZone フィルタエラー割り込みステータスフラグクリア 0: 影響なし 1: NMISR.TZFCLR フラグをクリア	R/W ^(注1)
15:14	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注 1. このビットには 1 のみ書けます。

IWDTCLR ビット (IWDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込みステータスフラグクリア)

IWDTCLR ビットに 1 を書き込むことにより、NMISR.IWDTST フラグをクリアします。読むと 0 が読めます。

WDTCLR ビット (WDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込みステータスフラグクリア)

WDTCLR ビットに 1 を書き込むことにより、NMISR.WDTST フラグをクリアします。読むと 0 が読めます。

LVD1CLR ビット (電圧監視 1 割り込みステータスフラグクリア)

LVD1CLR ビットに 1 を書き込むことにより、NMISR.LVD1ST フラグをクリアします。読むと 0 が読めます。

LVD2CLR ビット (電圧監視 2 割り込みステータスフラグクリア)

LVD2CLR ビットに 1 を書き込むことにより、NMISR.LVD2ST フラグをクリアします。読むと 0 が読めます。

OSTCLR ビット (発振停止検出割り込みステータスフラグクリア)

OSTCLR ビットに 1 を書き込むことにより、NMISR.OSTST フラグをクリアします。読むと 0 が読めます。

NMICLR ビット (NMI 端子割り込みステータスフラグクリア)

NMICLR ビットに 1 を書き込むことにより、NMISR.NMIST フラグをクリアします。読むと 0 が読めます。

RPECLR ビット (SRAM パリティエラー割り込みステータスフラグクリア)

RPECLR ビットに 1 を書き込むことにより、NMISR.RPEST フラグをクリアします。読むと 0 が読めます。

BUSMCLR ビット (バスマスタ MPU エラー割り込みステータスフラグクリア)

BUSMCLR ビットに 1 を書き込むことにより、NMISR.BUSMSST フラグをクリアします。読むと 0 が読めます。

TZFCLR ビット (TrustZone フィルタエラー割り込みステータスフラグクリア)

TZFCLR ビットに 1 を書き込むことにより、NMISR.TZFST フラグをクリアします。読むと 0 が読めます。

13.2.14 NMICR : NMI 端子割り込みコントロールレジスタ

Base address: ICU = 0x4000_6000

Offset address: 0x100

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	NFLTEN	—	NFCLKSEL[1:0]	—	—	—	—	NMIMD

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	NMIMD	NMI 検出設定 0: 立ち下がりエッジ 1: 立ち上がりエッジ	R/W
3:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
5:4	NFCLKSEL[1:0]	NMI デジタルフィルタサンプリングクロック選択 0 0: PCLKB 0 1: PCLKB/8 1 0: PCLKB/32 1 1: PCLKB/64	R/W
6	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	NFLTEN	NMI デジタルフィルタ有効 0: 無効 1: 有効	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

NMICR レジスタの設定を変更してから、NMI 端子割り込みを許可 (NMICR.NMIEN ビットを 1) にしてください。

NMIMD ビット (NMI 検出設定)

NMIMD ビットは NMI 端子割り込みの検出イベントを選択します。

NFCLKSEL[1:0]ビット (NMI デジタルフィルタサンプリングクロック選択)

NFCLKSEL[1:0]ビットは NMI 端子割り込み用のデジタルフィルタサンプリングクロックを選択します。以下から選択可能です。

- PCLKB (1 サイクルごと)
- PCLKB/8 (8 サイクルごと)
- PCLKB/32 (32 サイクルごと)
- PCLKB/64 (64 サイクルごと)

デジタルフィルタの詳細は、「[13.5.5. デジタルフィルタ](#)」を参照してください。

NFLTEN ビット (NMI デジタルフィルタ有効)

NFLTEN ビットは、NMI 端子割り込みのデジタルフィルタを有効にします。デジタルフィルタは、NFLTEN ビットが 1 の場合に有効になり、NFLTEN ビットが 0 の場合に無効になります。NMI 端子レベルは、NFCLKSEL[1:0] ビットで指定されたサイクルでサンプリングされます。サンプリングされたレベルが 3 回一致すると、デジタルフィルタからの出力レベルが変化します。デジタルフィルタの詳細については、「[13.5.5. デジタルフィルタ](#)」を参照してください。

13.2.15 IELSRn : ICU イベントリンク設定レジスタ n (n = 0~95)

Base address: ICU = 0x4000_6000

Offset address: 0x300 + 0x4 × n

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16		
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	DTCE	—	—	—	—	—	—	—	IR		
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	IELS[8:0]									—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

ビット	シンボル	機能	R/W
8:0	IELS[8:0]	ICU イベントリンク選択 0x00: 対応する NVIC または DTC モジュールへの割り込みは禁止 その他: リンクするイベント信号の番号詳細は、「 13.3.2. イベント番号 」を参照してください。	R/W
15:9	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
16	IR	割り込みステータスフラグ 0: 割り込み要求の発生なし 1: 割り込み要求の発生あり	R/W(注1)
23:17	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
24	DTCE	DTC 起動許可 0: 禁止 1: 許可	R/W
31:25	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注. 本レジスタはハーフワードアクセスまたはワードアクセスを要求します。

注 1. 1 を書かないでください。

IELSRn レジスタは NVIC により使用される IRQi 要因を選択します。詳細は、[表 13.3](#) を参照してください。IELSRn は NVIC IRQ 入力要因番号 (n = 0~95) に対応します。

IELS[8:0]ビット (ICU イベントリンク選択)

IELS[8:0]ビットは対応する NVIC または DTC モジュールにリンクするイベント信号を指定します。また、イベント選択肢の組み合わせとして 8 つ (グループ 0~7) にグルーピングしています。詳細は、[表 13.3](#) と [表 13.4](#) を参照してください。

IR フラグ (割り込みステータスフラグ)

IR フラグは IELS[8:0]ビットで指定されたイベントからの割り込み要求の有無を示します。

[1 になる条件]

対応する周辺モジュールまたは IRQi 端子から割り込み要求を受信したとき

[0 になる条件]

- 0 を書くことにより、IR フラグはクリアされます。
- DTCE = 1 のとき、DTC 転送で最終転送終了時以外は、IR フラグはハードウェアにより設定およびクリアされます。

最終転送以外の DTC 転送が終了する場合 (DTCE ビットは 1 から 0 になる)

DTCE = 1 のとき、IR レジスタに 0 を書き込まないでください。

レベル検出の場合、IR フラグのクリアは以下の手順に従ってください。

1. 入力割り込み信号をネゲートする。
2. 周辺リードアクセスを 1 回実行し、対象モジュールクロックの 2 クロックサイクル分待つ。
3. 0 を書くことにより IR フラグをクリアする。

DTCE ビット (DTC 起動許可)

DTCE ビットを 1 にすると、対応するイベントが DTC 起動要因として選択されます。

[1 になる条件]

- DTCE ビットに 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- 設定の転送数が終了したとき。チェーン転送の場合は、指定された最後のチェーン転送の転送数が終了したとき
- DTCE ビットに 0 を書いたとき

注. DTC 転送中のエラー

DTC 転送中にエラー応答が発生すると、DTC はエラーが発生した ICU を通知します。ICU は対象の IELSRn (n = 0 ~ 95) のすべてのビットをクリアします。対象外の IELSRn (n = 0 ~ 95) はクリアされません。

注. スヌーズモード時の DTC 転送エラー

スヌーズモード時の DTC 転送エラーが発生したとき、ICU はウェイクアップ要求を発行します。しかし、割り込み要求は自動的に発行されません。DTC エラー発生時に割り込みを設定する方法については、「[17. データトランスファコントローラ \(DTC\)](#)」を参照してください。

13.2.16 DELSRn : DMAC イベントリンク設定レジスタ n (n = 0~7)

Base address: ICU = 0x4000_6000

Offset address: 0x280 + 0x4 × n

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	IR
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	DELS[8:0]								
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
8:0	DELS[8:0]	DMAC イベントリンク選択 0x00: 対応する DMAC モジュールへの割り込みは禁止 その他: リンクするイベント信号の番号。詳細は、表 13.4 を参照してください。	R/W
15:9	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
16	IR	DMAC 起動要求ステータスフラグ 0: DMAC 起動要求なし 1: DMAC 起動要求あり	R/W(注1)
31:17	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注 1. IR フラグに 1 を書き込まないでください。

DELS[8:0]ビット (DMAC イベントリンク選択)

DELS[8:0]ビットは対応する DMAC モジュールへのイベント信号にリンクします。複数の DELSRn レジスタに同じイベント番号を設定しないでください。

IR フラグ (DMAC 起動要求ステータスフラグ)

IR フラグは DMAC 起動要求のステータスフラグです。このフラグは本レジスタの DELS[8:0]ビットに対応します。

[1 になる条件]

本フラグは、対応する周辺モジュールまたは IRQi 端子からの DMAC 起動要求が発生すると、1 になります。

[0 になる条件]

- IR フラグに 0 を書いたとき
- DMAC 起動要求の発生後、DMA 転送が開始したとき

注. IR フラグは DMA 転送完了後に自動的にクリアされます。よって、アボートが発生しない場合は 0 を書き込まないでください。0 が書き込まれると、DMA 転送動作は保証できません。

注. DMAC 転送中のエラー

DMAC 転送中にエラー応答が生じると、DMAC はエラーが発生したことを ICU に通知します。

ICU は、DELSRn (n = 0~7) の対象チャンネルの全ビットをクリアします。対象チャンネル以外の DELSRn はクリアされません。

13.2.17 SELSR0 : SYS イベントリンク設定レジスタ

Base address: ICU = 0x4000_6000

Offset address: 0x200

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	SELS[8:0]								
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
8:0	SELS[8:0]	SYS イベントリンク選択 0x00: 対応する低消費電力モードのモジュールへのイベント出力無効 その他: リンクするイベント信号の番号詳細は表 13.4 を参照してください。	R/W
15:9	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

SELSR0 レジスタでは、スヌーズモードから復帰するためのイベント番号を設定します。設定値は、表 13.4 のスヌーズモードの解除欄に✓が付いているイベント番号を選択してください。SELSR0 レジスタで指定されるイベントは、表 13.4 では ICU_SNZCANCEL (0x0F) と定義されています。IELSRn.IELS[8:0]ビットで ICU_SNZCANCEL を選択すると、スヌーズモードを解除する割り込みの発生が可能です。

【使用上の注意】 一連の動作に関連する部分に追加されるセキュリティ属性に対して、セキュリティホールが生成されないようにすべてのセキュリティ属性を一致させてください。

一致させるセキュリティ属性は以下です。

- SELSR0 に設定されるイベント要因
- SELSR0
- イベント No. 45 (ICU_SNZCANCEL) を受信する IELSRn (n = 0~95)
- 前項目で指定した割り込みの CPU 内の NVIC 内部レジスタ
- 割り込みハンドラ

13.2.18 WUPEN0: ウェイクアップ割り込みイネーブルレジスタ 0

Base address: ICU = 0x4000_6000

Offset address: 0x1A0

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	IIC0W UPEN	AGT1 CBWU PEN	AGT1 CAWU PEN	AGT1 UDWU PEN	USBF S0WU PEN	—	RTCP RDWU PEN	RTCA LMWU PEN	—	—	—	—	LVD2 WUPE N	LVD1 WUPE N	—	IWDT WUPE N
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	IRQW UPEN 13	—	—	—	IRQW UPEN 9	IRQW UPEN 8	IRQW UPEN 7	IRQW UPEN 6	IRQW UPEN 5	IRQW UPEN 4	IRQW UPEN 3	IRQW UPEN 2	IRQW UPEN 1	IRQW UPEN 0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
9:0	IRQWUPEN0~ IRQWUPEN9	IRQn 割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可 (n = 0~9) 0: IRQn 割り込みによるソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰禁止 1: IRQn 割り込みによるソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可 (注1)	R/W
12:10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
13	IRQWUPEN13	IRQ13 割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可 0: IRQ13 割り込みによるソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰禁止 1: IRQ13 割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可(注1)	R/W
15:14	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
16	IWDTWUPEN	IWDT 割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可 0: IWDT 割り込みによるソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰禁止 1: IWDT 割り込みによるソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可	R/W
17	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
18	LVD1WUPEN	LVD1 割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可 0: LVD1 割り込みによるソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰禁止 1: LVD1 割り込みによるソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可	R/W
19	LVD2WUPEN	LVD2 割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可 0: LVD2 割り込みによるソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰禁止 1: LVD2 割り込みによるソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可	R/W
23:20	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
24	RTCALMWUPEN	RTC アラーム割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可 0: RTC アラーム割り込みによるソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰禁止 1: RTC アラーム割り込みによるソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可	R/W
25	RTCPRDWUPEN	RTC 周期割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可 0: RTC 周期割り込みによるソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰禁止 1: RTC 周期割り込みによるソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可	R/W
26	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
27	USBFS0WUPEN	USBFS0 割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可 0: USBFS0 割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰禁止 1: USBFS0 割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可	R/W
28	AGT1UDWUPEN	AGT1 アンダーフロー割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可 0: AGT1 アンダーフロー割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰禁止 1: AGT1 アンダーフロー割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可	R/W
29	AGT1CAWUPEN	AGT1 コンペアマッチ A 割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可 0: AGT1 コンペアマッチ A 割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰禁止 1: AGT1 コンペアマッチ A 割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可	R/W
30	AGT1CBWUPEN	AGT1 コンペアマッチ B 割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可 0: AGT1 コンペアマッチ B 割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰禁止 1: AGT1 コンペアマッチ B 割り込みソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可	R/W
31	IIC0WUPEN	IIC0 アドレスマッチ割り込みによるソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可 0: IIC0 アドレスマッチ割り込みによるソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰禁止 1: IIC0 アドレスマッチ割り込みによるソフトウェアスタンバイモード/スヌーズモード復帰許可	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注 1. 説明は、各ビットについて示します。

注. 本レジスタのセキュリティ属性は、ウェイクアップイベントごとに設定されます。

セキュリティホールの発生を避けるため、ウェイクアップの対象イベントと、本ビットに追加されるセキュリティ属性が一致していなければなりません。

13.2.19 WUPEN1: ウェイクアップ割り込みイネーブルレジスタ 1

Base address: ICU = 0x4000_6000

Offset address: 0x1A4

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	AGT3 CBWU PEN	AGT3 CAWU PEN	AGT3 UDWU PEN
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	AGT3UDWUPEN	AGT3 アンダーフロー割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可 0: AGT3 アンダーフロー割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰禁止 1: AGT3 アンダーフロー割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰許可	R/W
1	AGT3CAWUPEN	AGT3 コンペアマッチ A 割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可 0: AGT3 コンペアマッチ A 割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰禁止 1: AGT3 コンペアマッチ A 割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰許可	R/W
2	AGT3CBWUPEN	AGT3 コンペアマッチ B 割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可 0: AGT3 コンペアマッチ B 割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰禁止 1: AGT3 コンペアマッチ B 割り込みによるソフトウェアスタンバイ復帰許可	R/W
31:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R(注1)

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注 1. 本ビットは読み出し専用です。

AGT3UDWUPEN ビット (AGT3 アンダーフロー割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可)

本ビットは、ソフトウェアスタンバイ復帰要因として AGT3 アンダーフロー割り込みを使用するかどうかを制御する許可ビットです。

AGT3CAWUPEN ビット (AGT3 コンペアマッチ A 割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可)

本ビットは、ソフトウェアスタンバイ復帰要因として AGT3 コンペアマッチ A 割り込みを使用するかどうかを制御する許可ビットです。

AGT3CBWUPEN ビット (AGT3 コンペアマッチ B 割り込みソフトウェアスタンバイ復帰許可)

本ビットは、ソフトウェアスタンバイ復帰要因として AGT3 コンペアマッチ B 割り込みを使用するかどうかを制御する許可ビットです。

注. 本レジスタのセキュリティ属性は、ウェイクアップイベントごとに設定されます。

セキュリティホールの発生を避けるため、ウェイクアップの対象イベントと、本ビットに追加されるセキュリティ属性が一致していなければなりません。

13.3 ベクタテーブル

ICU は、マスカブル割り込みとノンマスカブル割り込みの 2 種類の割り込みを検出します。割り込み優先順位は Arm NVIC で設定されます。これらのレジスタについての情報は、「13.9. 参考資料」を参照してください。

13.3.1 割り込みベクタテーブル

表 13.3 に割り込みベクタテーブルの内容を示します。割り込みベクタアドレスは、NVIC の仕様に従います。

表 13.3 割り込みベクタテーブル (1/3)

例外番号	IRQ 番号	ベクタオフセット	要因	内容
0	—	0x000	Arm	初期スタックポインタ
1	—	0x004	Arm	初期プログラムカウンタ (リセットベクタ)
2	—	0x008	Arm	ノンマスクابل割り込み (NMI)
3	—	0x00C	Arm	ハード障害
4	—	0x010	Arm	MemManage 障害
5	—	0x014	Arm	バス障害
6	—	0x018	Arm	使用障害
7	—	0x01C	Arm	セキュア障害
8	—	0x020	Arm	予約
9	—	0x024	Arm	予約
10	—	0x028	Arm	予約
11	—	0x02C	Arm	スーパーバイザコール (SVCall)
12	—	0x030	Arm	デバッグ監視
13	—	0x034	Arm	予約
14	—	0x038	Arm	システムサービスに対する保留可能な要求 (PendableSrvReq)
15	—	0x03C	Arm	システムティックタイマ (SysTick)
16	0	0x040	ICU.IELSR0	ICU.IELSR0 レジスタで選択されたイベント
17	1	0x044	ICU.IELSR1	ICU.IELSR1 レジスタで選択されたイベント
18	2	0x048	ICU.IELSR2	ICU.IELSR2 レジスタで選択されたイベント
19	3	0x04C	ICU.IELSR3	ICU.IELSR3 レジスタで選択されたイベント
20	4	0x050	ICU.IELSR4	ICU.IELSR4 レジスタで選択されたイベント
21	5	0x054	ICU.IELSR5	ICU.IELSR5 レジスタで選択されたイベント
22	6	0x058	ICU.IELSR6	ICU.IELSR6 レジスタで選択されたイベント
23	7	0x05C	ICU.IELSR7	ICU.IELSR7 レジスタで選択されたイベント
24	8	0x060	ICU.IELSR8	ICU.IELSR8 レジスタで選択されたイベント
25	9	0x064	ICU.IELSR9	ICU.IELSR9 レジスタで選択されたイベント
26	10	0x068	ICU.IELSR10	ICU.IELSR10 レジスタで選択されたイベント
27	11	0x06C	ICU.IELSR11	ICU.IELSR11 レジスタで選択されたイベント
28	12	0x070	ICU.IELSR12	ICU.IELSR12 レジスタで選択されたイベント
29	13	0x074	ICU.IELSR13	ICU.IELSR13 レジスタで選択されたイベント
30	14	0x078	ICU.IELSR14	ICU.IELSR14 レジスタで選択されたイベント
31	15	0x07C	ICU.IELSR15	ICU.IELSR15 レジスタで選択されたイベント
32	16	0x080	ICU.IELSR16	ICU.IELSR16 レジスタで選択されたイベント
33	17	0x084	ICU.IELSR17	ICU.IELSR17 レジスタで選択されたイベント
34	18	0x088	ICU.IELSR18	ICU.IELSR18 レジスタで選択されたイベント
35	19	0x08C	ICU.IELSR19	ICU.IELSR19 レジスタで選択されたイベント
36	20	0x090	ICU.IELSR20	ICU.IELSR20 レジスタで選択されたイベント
37	21	0x094	ICU.IELSR21	ICU.IELSR21 レジスタで選択されたイベント
38	22	0x098	ICU.IELSR22	ICU.IELSR22 レジスタで選択されたイベント
39	23	0x09C	ICU.IELSR23	ICU.IELSR23 レジスタで選択されたイベント
40	24	0x0A0	ICU.IELSR24	ICU.IELSR24 レジスタで選択されたイベント

表 13.3 割り込みベクタテーブル (2/3)

例外番号	IRQ 番号	ベクタオフセット	要因	内容
41	25	0x0A4	ICU.IELSR25	ICU.IELSR25 レジスタで選択されたイベント
42	26	0x0A8	ICU.IELSR26	ICU.IELSR26 レジスタで選択されたイベント
43	27	0x0AC	ICU.IELSR27	ICU.IELSR27 レジスタで選択されたイベント
44	28	0x0B0	ICU.IELSR28	ICU.IELSR28 レジスタで選択されたイベント
45	29	0x0B4	ICU.IELSR29	ICU.IELSR29 レジスタで選択されたイベント
46	30	0x0B8	ICU.IELSR30	ICU.IELSR30 レジスタで選択されたイベント
47	31	0x0BC	ICU.IELSR31	ICU.IELSR31 レジスタで選択されたイベント
48	32	0x0C0	ICU.IELSR32	ICU.IELSR32 レジスタで選択されたイベント
49	33	0x0C4	ICU.IELSR33	ICU.IELSR33 レジスタで選択されたイベント
50	34	0x0C8	ICU.IELSR34	ICU.IELSR34 レジスタで選択されたイベント
51	35	0x0CC	ICU.IELSR35	ICU.IELSR35 レジスタで選択されたイベント
52	36	0x0D0	ICU.IELSR36	ICU.IELSR36 レジスタで選択されたイベント
53	37	0x0D4	ICU.IELSR37	ICU.IELSR37 レジスタで選択されたイベント
54	38	0x0D8	ICU.IELSR38	ICU.IELSR38 レジスタで選択されたイベント
55	39	0x0DC	ICU.IELSR39	ICU.IELSR39 レジスタで選択されたイベント
56	40	0x0E0	ICU.IELSR40	ICU.IELSR40 レジスタで選択されたイベント
57	41	0x0E4	ICU.IELSR41	ICU.IELSR41 レジスタで選択されたイベント
58	42	0x0E8	ICU.IELSR42	ICU.IELSR42 レジスタで選択されたイベント
59	43	0x0EC	ICU.IELSR43	ICU.IELSR43 レジスタで選択されたイベント
60	44	0x0F0	ICU.IELSR44	ICU.IELSR44 レジスタで選択されたイベント
61	45	0x0F4	ICU.IELSR45	ICU.IELSR45 レジスタで選択されたイベント
62	46	0x0F8	ICU.IELSR46	ICU.IELSR46 レジスタで選択されたイベント
63	47	0x0FC	ICU.IELSR47	ICU.IELSR47 レジスタで選択されたイベント
64	48	0x100	ICU.IELSR48	ICU.IELSR48 レジスタで選択されたイベント
65	49	0x104	ICU.IELSR49	ICU.IELSR49 レジスタで選択されたイベント
66	50	0x108	ICU.IELSR50	ICU.IELSR50 レジスタで選択されたイベント
67	51	0x10C	ICU.IELSR51	ICU.IELSR51 レジスタで選択されたイベント
68	52	0x110	ICU.IELSR52	ICU.IELSR52 レジスタで選択されたイベント
69	53	0x114	ICU.IELSR53	ICU.IELSR53 レジスタで選択されたイベント
70	54	0x118	ICU.IELSR54	ICU.IELSR54 レジスタで選択されたイベント
71	55	0x11C	ICU.IELSR55	ICU.IELSR55 レジスタで選択されたイベント
72	56	0x120	ICU.IELSR56	ICU.IELSR56 レジスタで選択されたイベント
73	57	0x124	ICU.IELSR57	ICU.IELSR57 レジスタで選択されたイベント
74	58	0x128	ICU.IELSR58	ICU.IELSR58 レジスタで選択されたイベント
75	59	0x12C	ICU.IELSR59	ICU.IELSR59 レジスタで選択されたイベント
76	60	0x130	ICU.IELSR60	ICU.IELSR60 レジスタで選択されたイベント
77	61	0x134	ICU.IELSR61	ICU.IELSR61 レジスタで選択されたイベント
78	62	0x138	ICU.IELSR62	ICU.IELSR62 レジスタで選択されたイベント
79	63	0x13C	ICU.IELSR63	ICU.IELSR63 レジスタで選択されたイベント
80	64	0x140	ICU.IELSR64	ICU.IELSR64 レジスタで選択されたイベント
81	65	0x144	ICU.IELSR65	ICU.IELSR65 レジスタで選択されたイベント

表 13.3 割り込みベクタテーブル (3/3)

例外番号	IRQ 番号	ベクタオフセット	要因	内容
82	66	0x148	ICU.IELSR66	ICU.IELSR66 レジスタで選択されたイベント
83	67	0x14C	ICU.IELSR67	ICU.IELSR67 レジスタで選択されたイベント
84	68	0x150	ICU.IELSR68	ICU.IELSR68 レジスタで選択されたイベント
85	69	0x154	ICU.IELSR69	ICU.IELSR69 レジスタで選択されたイベント
86	70	0x158	ICU.IELSR70	ICU.IELSR70 レジスタで選択されたイベント
87	71	0x15C	ICU.IELSR71	ICU.IELSR71 レジスタで選択されたイベント
88	72	0x160	ICU.IELSR72	ICU.IELSR72 レジスタで選択されたイベント
89	73	0x164	ICU.IELSR73	ICU.IELSR73 レジスタで選択されたイベント
90	74	0x168	ICU.IELSR74	ICU.IELSR74 レジスタで選択されたイベント
91	75	0x16C	ICU.IELSR75	ICU.IELSR75 レジスタで選択されたイベント
92	76	0x170	ICU.IELSR76	ICU.IELSR76 レジスタで選択されたイベント
93	77	0x174	ICU.IELSR77	ICU.IELSR77 レジスタで選択されたイベント
94	78	0x178	ICU.IELSR78	ICU.IELSR78 レジスタで選択されたイベント
95	79	0x17C	ICU.IELSR79	ICU.IELSR79 レジスタで選択されたイベント
96	80	0x180	ICU.IELSR80	ICU.IELSR80 レジスタで選択されたイベント
97	81	0x184	ICU.IELSR81	ICU.IELSR81 レジスタで選択されたイベント
98	82	0x188	ICU.IELSR82	ICU.IELSR82 レジスタで選択されたイベント
99	83	0x18C	ICU.IELSR83	ICU.IELSR83 レジスタで選択されたイベント
100	84	0x190	ICU.IELSR84	ICU.IELSR84 レジスタで選択されたイベント
101	85	0x194	ICU.IELSR85	ICU.IELSR85 レジスタで選択されたイベント
102	86	0x198	ICU.IELSR86	ICU.IELSR86 レジスタで選択されたイベント
103	87	0x19C	ICU.IELSR87	ICU.IELSR87 レジスタで選択されたイベント
104	88	0x1A0	ICU.IELSR88	ICU.IELSR88 レジスタで選択されたイベント
105	89	0x1A4	ICU.IELSR89	ICU.IELSR89 レジスタで選択されたイベント
106	90	0x1A8	ICU.IELSR90	ICU.IELSR90 レジスタで選択されたイベント
107	91	0x1AC	ICU.IELSR91	ICU.IELSR91 レジスタで選択されたイベント
108	92	0x1B0	ICU.IELSR92	ICU.IELSR92 レジスタで選択されたイベント
109	93	0x1B4	ICU.IELSR93	ICU.IELSR93 レジスタで選択されたイベント
110	94	0x1B8	ICU.IELSR94	ICU.IELSR94 レジスタで選択されたイベント
111	95	0x1BC	ICU.IELSR95	ICU.IELSR95 レジスタで選択されたイベント

13.3.2 イベント番号

下表は、イベント番号を記した表 13.4 の各項目の説明です。

項目	内容
割り込み要求発生元	割り込み要求の発生元の名称
名称	割り込みの名称
NVIC への接続	CPU 割り込みとして使用可能な割り込みが✓印で示されています。
DTC の起動	DTC の起動要求に使用可能な割り込みが✓印で示されています。
DMAC の起動	DMAC の起動要求に使用可能な割り込みが✓印で示されています。
スヌーズモードの解除	スヌーズモードからの復帰要求に使用可能な割り込みが✓印で示されています。

項目	内容
ソフトウェアスタンバイモードの解除	ソフトウェアスタンバイモードからの復帰要求に使用可能な割り込みが✓印で示されています。
ディープソフトウェアスタンバイの解除	ディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰要求に使用可能な割り込みが✓印で示されています。

表 13.4 イベントテーブル (1/4)

イベント番号	割り込み要求要因	名称	IELSRn		DELSRn	スヌーズモード解除	ソフトウェアスタンバイモード解除	ディープソフトウェアスタンバイモード解除
			NVIC 接続	DTC 起動	DMAC 起動			
0x001	Port	PORT_IRQ0	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0x002		PORT_IRQ1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0x003		PORT_IRQ2	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0x004		PORT_IRQ3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0x005		PORT_IRQ4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0x006		PORT_IRQ5	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0x007		PORT_IRQ6	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0x008		PORT_IRQ7	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0x009		PORT_IRQ8	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0x00A		PORT_IRQ9	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0x00E		PORT_IRQ13	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0x020	DMAC0	DMAC0_INT	✓	✓	—	—	—	—
0x021	DMAC1	DMAC1_INT	✓	✓	—	—	—	—
0x022	DMAC2	DMAC2_INT	✓	✓	—	—	—	—
0x023	DMAC3	DMAC3_INT	✓	✓	—	—	—	—
0x024	DMAC4	DMAC4_INT	✓	✓	—	—	—	—
0x025	DMAC5	DMAC5_INT	✓	✓	—	—	—	—
0x026	DMAC6	DMAC6_INT	✓	✓	—	—	—	—
0x027	DMAC7	DMAC7_INT	✓	✓	—	—	—	—
0x029	DTC	DTC_COMPLETE	✓	—	—	✓(注3)	—	—
0x02B	DMAC/DTC	DMA_TRANSERR	✓	—	—	✓	—	—
0x02D	ICU	ICU_SNZCANCEL	✓	—	—	✓	—	—
0x030	FCU	FCU_FIFERR	✓	—	—	—	—	—
0x031		FCU_FRDYI	✓	—	—	—	—	—
0x038	LVD	LVD_LVD1	✓	—	—	✓	✓	✓
0x039		LVD_LVD2	✓	—	—	✓	✓	✓
0x03B	MOSC	MOSC_STOP	✓	—	—	—	—	—
0x03C	LPW	SYSTEM_SNZREQ	—	✓	—	—	—	—
0x040	AGT0	AGT0_AGTI	✓	✓	✓	—	—	—
0x041		AGT0_AGTCMAI	✓	✓	✓	—	—	—
0x042		AGT0_AGTCMBI	✓	✓	✓	—	—	—
0x043	AGT1	AGT1_AGTI	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0x044		AGT1_AGTCMAI	✓	✓	✓	✓	✓	—
0x045		AGT1_AGTCMBI	✓	✓	✓	✓	✓	—

表 13.4 イベントテーブル (2/4)

イベント番号	割り込み要求要因	名称	IELSRn		DELSRn	スヌーズモード解除	ソフトウェアスタンバイモード解除	ディープソフトウェアスタンバイモード解除
			NVIC 接続	DTC 起動	DMAC 起動			
0x046	AGT2	AGT2_AGTI	✓	✓	✓	—	—	—
0x047		AGT2_AGTCMAI	✓	✓	✓	—	—	—
0x048		AGT2_AGTCMBI	✓	✓	✓	—	—	—
0x049	AGT3	AGT3_AGTI	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0x04A		AGT3_AGTCMAI	✓	✓	✓	✓	✓	—
0x04B		AGT3_AGTCMBI	✓	✓	✓	✓	✓	—
0x04F	AGT5	AGT5_AGTI	✓	✓	✓	—	—	—
0x050		AGT5_AGTCMAI	✓	✓	✓	—	—	—
0x051		AGT5_AGTCMBI	✓	✓	✓	—	—	—
0x052	IWDT	IWDT_NMIUNDF	✓	—	—	✓	✓	—
0x053	WDT	WDT_NMIUNDF	✓	—	—	—	—	—
0x054	RTC	RTC_ALM	✓	—	—	✓	✓	✓
0x055		RTC_PRD	✓	—	—	✓	✓	✓
0x056		RTC_CUP	✓	—	—	—	—	—
0x06B	USBFS	USBFS0_D0FIFO	✓	✓	✓	—	—	—
0x06C		USBFS0_D1FIFO	✓	✓	✓	—	—	—
0x06D		USBFS0_USBI	✓	—	—	—	—	—
0x06E		USBFS0_USBR	✓	—	—	✓	✓	✓
0x073	IIC0	IIC0_RXI	✓	✓	✓	—	—	—
0x074		IIC0_TXI	✓	✓	✓	—	—	—
0x075		IIC0_TEI	✓	—	—	—	—	—
0x076		IIC0_EEI	✓	—	—	—	—	—
0x077		IIC0_WUI	✓	—	—	✓	✓	—
0x09E	CAC	CAC_FEERI	✓	—	—	—	—	—
0x09F		CAC_MENDI	✓	—	—	—	—	—
0x0A0		CAC_OVFI	✓	—	—	—	—	—
0x0A1	CAN0	CAN0_ERS	✓	—	—	—	—	—
0x0A2		CAN0_RXF	✓	—	—	—	—	—
0x0A3		CAN0_TXF	✓	—	—	—	—	—
0x0A4		CAN0_RXM	✓	—	—	—	—	—
0x0A5		CAN0_TXM	✓	—	—	—	—	—
0x0B1	PORT	IOPORT_GROUP1	✓	✓(注1)	✓(注1)	—	—	—
0x0B2		IOPORT_GROUP2	✓	✓(注1)	✓(注1)	—	—	—
0x0B3		IOPORT_GROUP3	✓	✓(注1)	✓(注1)	—	—	—
0x0B4		IOPORT_GROUP4	✓	✓(注1)	✓(注1)	—	—	—
0x0B5	ELC	ELC_SWEVT0	✓(注2)	✓	—	—	—	—
0x0B6		ELC_SWEVT1	✓(注2)	✓	—	—	—	—

表 13.4 イベントテーブル (3/4)

イベント番号	割り込み要求要因	名称	IELSRn		DELSRn	スヌーズモード解除	ソフトウェアスタンバイモード解除	ディープソフトウェアスタンバイモード解除
			NVIC 接続	DTC 起動	DMAC 起動			
0x0B7	POEG	POEG_GROUPA	✓	—	—	—	—	—
0x0B8		POEG_GROUPB	✓	—	—	—	—	—
0x0B9		POEG_GROUPC	✓	—	—	—	—	—
0x0BA		POEG_GROUPD	✓	—	—	—	—	—
0x0C9	GPT1	GPT1_CCMPA	✓	✓	✓	—	—	—
0x0CA		GPT1_CCMPB	✓	✓	✓	—	—	—
0x0CB		GPT1_CMPC	✓	✓	✓	—	—	—
0x0CC		GPT1_CMPD	✓	✓	✓	—	—	—
0x0CD		GPT1_CMPE	✓	✓	✓	—	—	—
0x0CE		GPT1_CMPF	✓	✓	✓	—	—	—
0x0CF		GPT1_OVF	✓	✓	✓	—	—	—
0x0D0		GPT1_UDF	✓	✓	✓	—	—	—
0x0D1		GPT1_PC	✓	✓	✓	—	—	—
0x0D2		GPT2	GPT2_CCMPA	✓	✓	✓	—	—
0x0D3	GPT2_CCMPB		✓	✓	✓	—	—	—
0x0D4	GPT2_CMPC		✓	✓	✓	—	—	—
0x0D5	GPT2_CMPD		✓	✓	✓	—	—	—
0x0D6	GPT2_CMPE		✓	✓	✓	—	—	—
0x0D7	GPT2_CMPF		✓	✓	✓	—	—	—
0x0D8	GPT2_OVF		✓	✓	✓	—	—	—
0x0D9	GPT2_UDF		✓	✓	✓	—	—	—
0x0E4	GPT4	GPT4_CCMPA	✓	✓	✓	—	—	—
0x0E5		GPT4_CCMPB	✓	✓	✓	—	—	—
0x0E6		GPT4_CMPC	✓	✓	✓	—	—	—
0x0E7		GPT4_CMPD	✓	✓	✓	—	—	—
0x0E8		GPT4_CMPE	✓	✓	✓	—	—	—
0x0E9		GPT4_CMPF	✓	✓	✓	—	—	—
0x0EA		GPT4_OVF	✓	✓	✓	—	—	—
0x0EB		GPT4_UDF	✓	✓	✓	—	—	—
0x0EC		GPT4_PC	✓	✓	✓	—	—	—
0x0ED	GPT5	GPT5_CCMPA	✓	✓	✓	—	—	—
0x0EE		GPT5_CCMPB	✓	✓	✓	—	—	—
0x0EF		GPT5_CMPC	✓	✓	✓	—	—	—
0x0F0		GPT5_CMPD	✓	✓	✓	—	—	—
0x0F1		GPT5_CMPE	✓	✓	✓	—	—	—
0x0F2		GPT5_CMPF	✓	✓	✓	—	—	—
0x0F3		GPT5_OVF	✓	✓	✓	—	—	—
0x0F4		GPT5_UDF	✓	✓	✓	—	—	—
0x0F5		GPT5_PC	✓	✓	✓	—	—	—

表 13.4 イベントテーブル (4/4)

イベント番号	割り込み要求要因	名称	IELSRn		DELSRn	スヌーズモード解除	ソフトウェアスタンバイモード解除	ディープソフトウェアスタンバイモード解除
			NVIC 接続	DTC 起動	DMAC 起動			
0x160	ADC120	ADC120_ADI	✓	✓	✓	—	—	—
0x161		ADC120_GBADI	✓	✓	✓	—	—	—
0x162		ADC120_CMPAI	✓	—	—	—	—	—
0x163		ADC120_CMPBI	✓	—	—	—	—	—
0x164		ADC120_WCMPM	—	✓	✓	✓(注3)	—	—
0x165		ADC120_WCMPUM	—	✓	✓	✓(注3)	—	—
0x180	SCI0	SCI0_RXI	✓	✓	✓	—	—	—
0x181		SCI0_TXI	✓	✓	✓	—	—	—
0x182		SCI0_TEI	✓	—	—	—	—	—
0x183		SCI0_ERI	✓	—	—	—	—	—
0x184		SCI0_AM	✓	—	—	✓(注3)	—	—
0x185		SCI0_RXI_OR_ERI	—	—	—	✓(注3)	—	—
0x192	SCI3	SCI3_RXI	✓	✓	✓	—	—	—
0x193		SCI3_TXI	✓	✓	✓	—	—	—
0x194		SCI3_TEI	✓	—	—	—	—	—
0x195		SCI3_ERI	✓	—	—	—	—	—
0x196		SCI3_AM	✓	—	—	—	—	—
0x198	SCI4	SCI4_RXI	✓	✓	✓	—	—	—
0x199		SCI4_TXI	✓	✓	✓	—	—	—
0x19A		SCI4_TEI	✓	—	—	—	—	—
0x19B		SCI4_ERI	✓	—	—	—	—	—
0x19C		SCI4_AM	✓	—	—	—	—	—
0x1B6	SCI9	SCI9_RXI	✓	✓	✓	—	—	—
0x1B7		SCI9_TXI	✓	✓	✓	—	—	—
0x1B8		SCI9_TEI	✓	—	—	—	—	—
0x1B9		SCI9_ERI	✓	—	—	—	—	—
0x1BA		SCI9_AM	✓	—	—	—	—	—
0x1C4	SPI0	SPI0_SPRI	✓	✓	✓	—	—	—
0x1C5		SPI0_SPTI	✓	✓	✓	—	—	—
0x1C6		SPI0_SPII	✓	—	—	—	—	—
0x1C7		SPI0_SPEI	✓	—	—	—	—	—
0x1C8		SPI0_SPCEND	✓	—	—	—	—	—
0x1DA	QSPI	QSPI_INTR	✓	—	—	—	—	—
0x1DB	DOC	DOC_DOPCI	✓	—	—	✓(注3)	—	—

注 1. 最初のエッジ検出のみ有効です。

注 2. DTC 転送後の割り込みのみサポートしています。

注 3. SELSR0 を使用してください。

13.4 割り込み動作

ICU は下記の機能を実行します。

- 割り込みの検出
- 割り込みの許可/禁止
- 割り込み要求先の選択 (CPU 割り込み、DTC 起動、DMAC 起動など)

13.4.1 割り込みの検出

ICU は、周辺機能割り込みや外部端子割り込みから入力されるイベント要因を、IELSRn.IELS[8:0]で選択します。受け付けた割り込み要因は、IELSRn.IR フラグを 1 にして、NVIC へ割り込み要求を伝えます。

外部端子割り込み要求は下記のいずれかにより検出されます。

- エッジ (立ち下がりエッジ、立ち上がりエッジ、または立ち上がり/立ち下がりエッジ)
- 割り込み信号のレベル (低レベル)

IRQi 端子用の検出モードを選択するために、IRQCRi.IRQMD[1:0]ビットを設定してください。周辺モジュールに対応する割り込み要因については、表 13.3 および表 13.4 を参照してください。イベントは割り込みが発生し、CPU で受け入れられる前に、NVIC で受け入れられなければなりません。

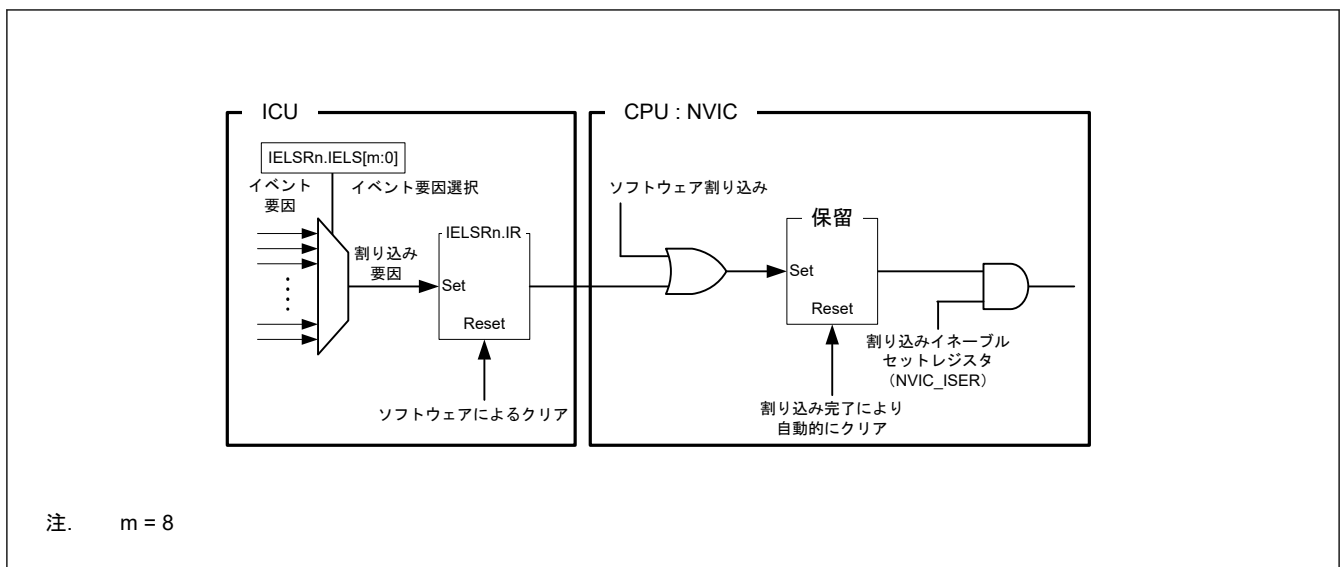


図 13.2 ICU および CPU の割り込み経路 (NVIC)

13.5 割り込みの設定手順

13.5.1 割り込み要求の許可

割り込み要求を許可するための手順を以下に示します。

1. 割り込みイネーブルセットレジスタ (NVIC_ISER) を設定してください。
2. 対象となる割り込み要因を IELSRn.IELS[8:0]ビットに設定してください。
3. DMAC の起動 (DELSRn.DELS[8:0]ビットの設定) や、スヌーズモードの解除 (SELSR0.SELS[8:0]ビットの設定)、ソフトウェアスタンバイモードの解除 (WUPEN レジスタの設定) など、イベント要因に対する各種設定をしてください。

13.5.2 割り込み要求の禁止

割り込み要求を禁止する手順を以下に示します。

1. DMAC の起動 (DELSRn.DELS[8:0]ビットの設定) や、スヌーズモードの解除 (SELSR0.SELS[8:0]ビットの設定)、ソフトウェアスタンバイモードの解除 (WUPEN レジスタの設定) など、イベント要因に対する各種設定を解除してください。
2. 設定した割り込み要因をクリアしてください (IELSRn.IELS[8:0] = 0x00)。

3. 割り込みステータスフラグをクリアしてください (IELSRn.IR = 0)。
4. 割り込みクリア許可レジスタ (NVIC_ICER) と割り込みクリア保留レジスタ (NVIC_ICPR) をクリアしてください。

13.5.3 割り込みのポーリング

割り込み要求のポーリングをする手順を以下に示します。

1. 割り込みイネーブルクリアレジスタ (NVIC_ICER) を設定してください。
2. 対象となる割り込み要因を設定してください (IELSRn.IELS[8:0]ビット)。
3. DMAC の起動 (DELSRn.DELS[8:0]ビットの設定) や、スヌーズモードの解除 (SELSR0.SELS[8:0]ビットの設定)、ソフトウェアスタンバイモードの解除 (WUPEN レジスタの設定) など、イベント要因に対する各種設定をしてください。
4. 割り込み保留セットレジスタ (NVIC_ISPR) をポーリングしてください。

13.5.4 割り込み要求先の選択

選択可能な要求先は、表 13.3、表 13.4 に示されているように、割り込みごとに固定されています。

割り込み要求先 (CPU、DMAC、DTC) は、割り込み要因ごとに個別に選択できます。

「13.3.2. イベント番号」に✓印の記載がある割り込み要求を設定してください。

注. IELSRn レジスタと DELSRn レジスタで、同じ割り込み要因は設定しないでください。

DMAC または DTC が IRQi 端子からの割り込み要求先として選択された場合、その割り込み要求に対して IRQCRi.IRQMD[1:0]ビットをエッジ検出に設定してください。

13.5.4.1 CPU への割り込み要求

IELSRn.DTCE = 0 のとき、IELSRn レジスタで指定されたイベントが NVIC に出力されます。IELSRn.IELS[8:0]ビットで対象のイベントを選択し、かつ IELSRn.DTCE ビットを 0 に設定してください。

13.5.4.2 DTC の起動

IELSRn.DTCE = 1 のとき、IELSRn レジスタで指定されたイベントが DTC に出力されます。以下の手順に従ってください。

1. IELSRn.IELS[8:0]ビットで対象のイベントを選択し、かつ IELSRn.DTCE ビットを 1 に設定してください。
2. DTC モジュール起動ビット (DTCST.DTCST) を 1 に設定してください。

表 13.5 に DTC が割り込み要求先となる場合の動作を示します。

表 13.5 DTC が割り込み要求先となる場合の動作

割り込み要求先	DISEL (注1)	残り転送数	割り込み要求 1 回あたりの動作	IR(注2)	転送後の割り込み要求先
DTC(注3)	1	≠ 0	DTC 転送→CPU に割り込み	CPU による割り込み受け付け時にクリアされる。	DTC
		= 0	DTC 転送→CPU に割り込み	CPU による割り込み受け付け時にクリアされる。	CPU (IELSRn.DTCE ビットが自動的にクリアされる)
	0	≠ 0	DTC 転送	DTC 転送データの読み出し後、DTC データ転送の開始時にクリアされる。	DTC
		= 0	DTC 転送→CPU に割り込み	CPU による割り込み受け付け時にクリアされる。	CPU (IELSRn.DTCE ビットが自動的にクリアされる)

注 1. DTC.MRB.DISEL ビットで DTC から CPU への割り込み要求の発生の仕方を設定します。

注 2. IELSRn.IR フラグが 1 のとき、再度発生した割り込み要求 (DTC 起動要求) は無視されます。

注 3. チェーン転送の場合は、最後のチェーン転送が終了するまで DTC 転送が継続します。DISEL ビットの状態と残りの転送数によって、転送後の CPU 割り込み発生の有無、IELSRn.IR フラグクリアのタイミング、および割り込み要求先が決まります。「17. データトランスファクトローラ (DTC)」の表 17.2 を参照してください。

注. DTC 転送中のエラー

DTC 転送中にエラー応答が生じると、DTC はエラーが生じた ICU に通知します。ICU は対象の IELSRn ($n = 0 \sim 95$) の全ビットをクリアします。対象以外の IELSRn ($n = 0 \sim 95$) はクリアされません。

注. スヌーズモードにおける DTC 転送エラー

スヌーズモードで DTC 転送エラーが生じると、ICU はウェイクアップ要求を発行します。しかし、割り込み要求は自動的に発行されません。DTC エラー発生時の割り込みの設定方法については、「[17. データトランスファコントローラ \(DTC\)](#)」を参照してください。

13.5.4.3 DMAC の起動

DELSRn レジスタで指定されたイベントが DMAC に出力されます。

DMAC に対して割り込み要因を設定するには、以下の手順に従ってください。

1. DELSRn.DELS[8:0]ビットで DMAC の起動イベントを設定する。
2. CPU への割り込みを使用する場合、IELSRn.IELS ビットを DMAC 割り込み要因に設定し、かつ IELSRn.DTCE ビットを 0 に設定する。
3. 対象の DMAC チャンルの起動要因 (DMACm.DMTMD.DCTG[1:0]) を 01b (割り込みモジュール検出) にする。
4. 対象の DMAC チャンルの DMAC 転送許可ビット (DMACm.DMCNT.DTE) を 1 にする。
5. DMAC 動作許可ビット (DMAST.DMST) を 1 にする。

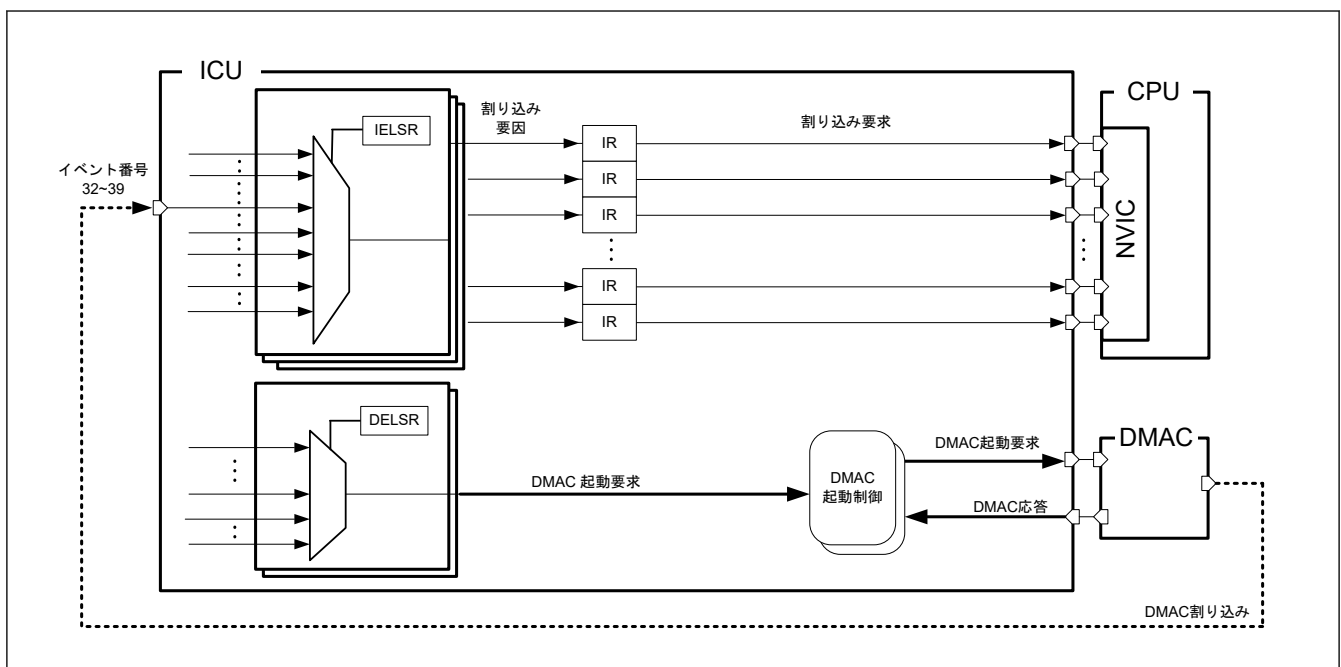


図 13.3 DMAC 要求トリガと割り込み経路

注. DMAC 転送中のエラー

DMAC 転送中にエラー応答が発生した場合、DMAC はエラーの発生を ICU に通知します。

ICU は DELSRn ($n = 0 \sim 7$) の対象チャンネルのすべてのビットをクリアします。対象チャンネル以外の DELSRn ($n = 0 \sim 7$) はクリアされません。

13.5.5 デジタルフィルタ

デジタルフィルタ機能は外部割り込み要求端子 (IRQi, $i = 0 \sim 9, 13$) と NMI 端子割り込みに用いられます。デジタルフィルタ機能はフィルタ PCLKB サンプリングクロックの入力信号をサンプリングし、3 サンプリングサイクル以下のパルス幅の信号を除去します。

IRQi 端子に対してデジタルフィルタを用いるには、以下のよう to してください。

1. IRQCRi.FCLKSEL[1:0]ビット ($i = 0 \sim 9, 13$) でサンプリングクロックサイクルを PCLKB、PCLKB/8、PCLKB/32 または PCLKB/64 に設定してください。

2. IRQCRI.FLTEN ビット ($i=0\sim 9, 13$) を 1 (デジタルフィルタ有効) に設定してください。

NMI 端子に対してデジタルフィルタを用いるには、以下のようにしてください。

1. NMICR.NFCLKSEL[1:0] ビットでサンプリングクロックサイクルを PCLKB、PCLKB/8、PCLKB/32 または PCLKB/64 に設定してください。
2. NMICR.NFLTEN ビットを 1 (デジタルフィルタ有効) に設定してください。

図 13.4 にデジタルフィルタの動作例を示します。

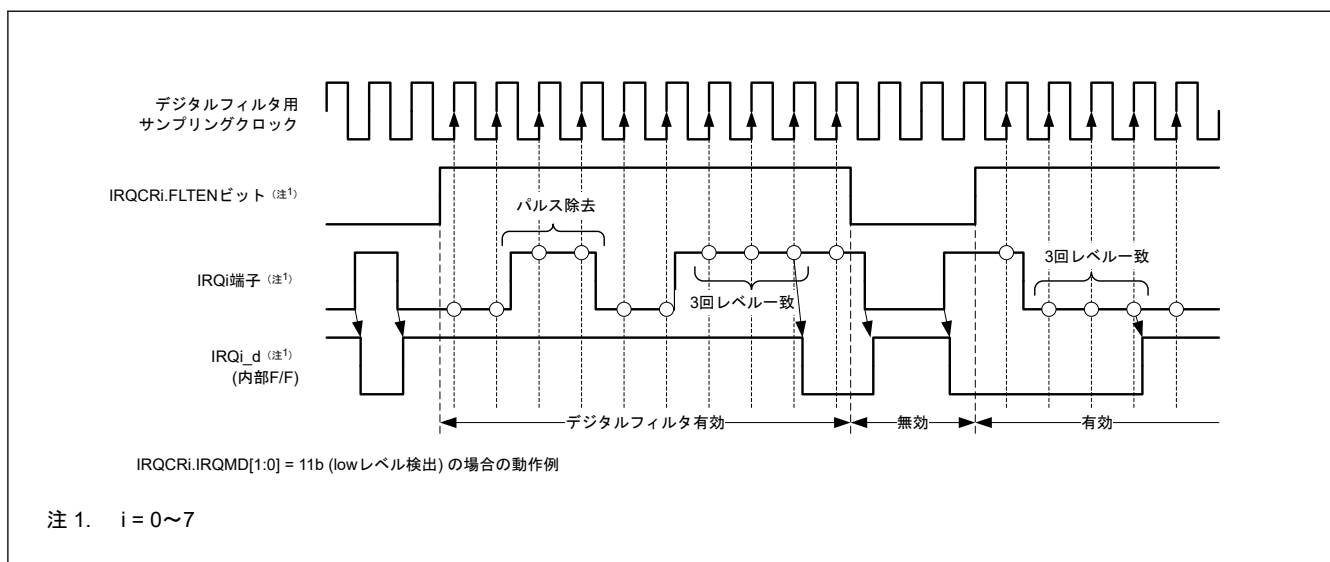


図 13.4 デジタルフィルタの動作例

ソフトウェアスタンバイモードに遷移する前に、IRQCRI.FLTEN ビットと NMICR.NFLTEN ビットによりデジタルフィルタを無効にしてください。ソフトウェアスタンバイモードでは、ICU クロックは停止します。

ソフトウェアスタンバイモード終了時、回路はスタンバイモード前後の状態を比較することにより、エッジを検出します。ソフトウェアスタンバイモード中に入力に変化すると、不適切なエッジが検出される可能性があります。ソフトウェアスタンバイモード終了後は、再度、デジタルフィルタを有効にすることができます。

13.5.6 外部端子割り込みの設定手順

外部端子割り込みを使用する時の手順を以下に示します。

1. I/O ポートの設定をしてください。
2. IRQCRI.FLTEN ビット ($i=0\sim 9, 13$) を 0 (デジタルフィルタ無効) にしてください。
3. IRQCRI レジスタ ($i=0\sim 9, 13$) の IRQMD[1:0] ビットを設定して検出センスを選択してください。
4. IRQCRI レジスタの FCLKSEL[1:0] ビット、および FLTEN ビットを設定してください。
5. IRQ 端子を以下のように設定してください。
 - IRQ 端子を CPU への割り込み要求に使用する場合は、IELSRn.IELS[8:0] ビットを設定し、IELSRn.DTCE ビットを 0 にしてください。
 - IRQ 端子を DTC の起動に使用する場合は、IELSRn.IELS[8:0] ビットを設定し、IELSRn.DTCE ビットを 1 にしてください。
 - IRQ 端子を DMAC の起動に使用する場合は、DELSRn.DELS[8:0] ビットを設定してください。

13.6 ノンマスクابل割り込みの設定手順

ノンマスクابل割り込みをトリガできるのは、以下の要因です。

- NMI 端子割り込み
- 発振停止検出割り込み

- WDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込み
- IWDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込み
- 電圧監視 1 割り込み
- 電圧監視 2 割り込み
- SRAM パリティエラー割り込み
- バスマスタ MPU エラー割り込み
- TrustZone フィルタエラー割り込み

ノンマスクابل割り込みは CPU でのみ使用可能です。DTC または DMAC の起動には使用できません。ノンマスクابل割り込みは他のすべての割り込みよりも優先します。ノンマスクابل割り込みの状態は、ノンマスクابل割り込みステータスレジスタ (NMISR) で確認できます。NMI 処理ルーチンから復帰する前に、NMISR のビットがすべて 0 であることを確認してください。

ノンマスクابل割り込みは初期設定では禁止になっています。ノンマスクابل割り込みを使用するには、以下の手順で設定してください。

1. NMICR.NFLTEN ビットを 0 にしてください (デジタルフィルタ無効)。
2. NMICR レジスタの NMIMD ビット、NFCLKSEL[1:0]ビット、および NFLTEN ビットを設定してください。
3. NMICLR.NMICLR ビットを 1 にして NMISR.NMIST フラグを 0 にしてください。
4. ノンマスクابل割り込みイネーブルレジスタ (NMIER) の NMIEN ビットを 1 にしてノンマスクابل割り込みを許可にしてください。

NMIER レジスタに 1 が書き込まれた後、NMIER.NMIEN ビットへの書き込みは無視されます。NMI は許可されると、リセットの場合を除き、禁止にすることはできません。

Arm CPU のアプリケーション割り込みおよびリセットコントロールレジスタ (AIRCR) で管理するセキュア属性は、NMI のセキュリティ属性と一致する必要があります。

CPU の NMI セキュア属性は、AIRCR.BFHFNMIN の設定で変更します。それは、セキュアプログラムを管理するソフトウェア開発者が管理します。

13.6.1 NMI による TrustZone-M との対応関係

CPU としては 1 つの NMI しかありませんが、複数の要因を設定可能です。本項では、NMI のセキュア要因と非セキュア要因を組み合わせる手順を説明します。セキュア要因と非セキュア要因を組み合わせる際、ICU の NMI 関連レジスタはセキュアに設定する必要があります。

NMI 関連レジスタ:

- NMIER
- NMICLR
- NMICR

ICUSARB.SANMI に 0 を設定してください。

ARM CPU の「アプリケーション割り込みおよびリセットコントロールレジスタ」の AIRCR.BFHFNMIN (ビット 13) の値は、セキュリティ属性の値と同じでなければなりません。AIRCR.BFHFNMIN と ICUSARB.SANMI の初期値は異なります。

AIRCR.BFHFNMIN はセキュア、ICUSARB.SANMI は非セキュアです。極性は同じ意味を持ちます。それらが合致するようにプログラミングしてください。

NMI が発行されたら、NMI ハンドラにジャンプしてください。セキュア要因と非セキュア要因を組み合わせる際には、NMI ハンドラは TrustZone-M ルールに従って分岐する必要があります。フローを図 13.5 に示します。

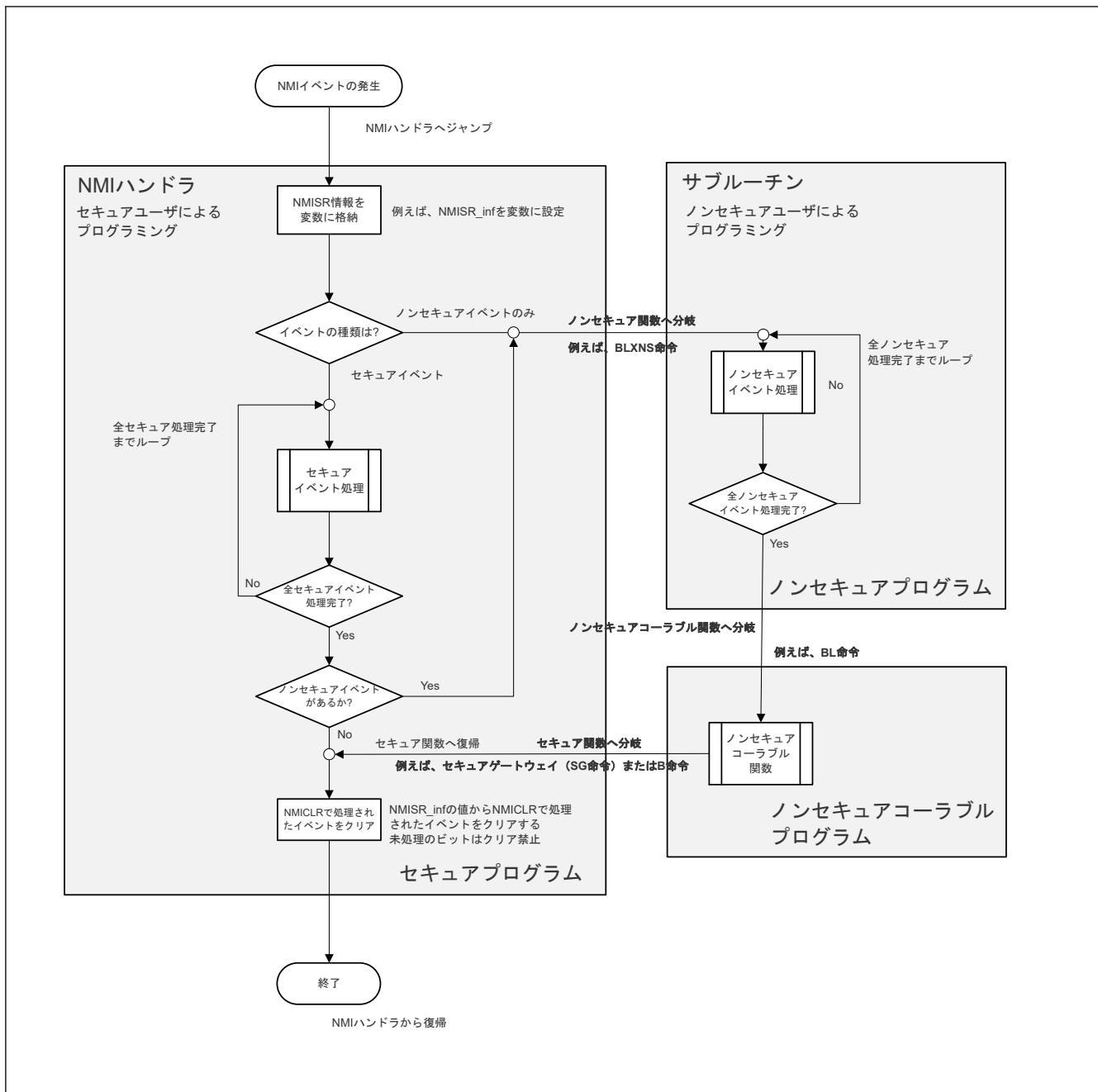


図 13.5 NMIによる TrustZone-M との対応関係

セキュアと非セキュアの間で移行することに関して、詳細は ARM マニュアルを参照してください。

13.7 低消費電力モードからの復帰

スリープモード、スヌーズ、またはソフトウェアスタンバイモードを終了させるために使用可能な割り込み要因を、表 13.4 に示します。詳細は、「10. 低消費電力モード」を参照してください。

13.7.1 スリープモードからの復帰

スリープモードからの復帰は、すべての割り込み要因で可能です。

ノンマスカブル割り込み

- NMIER レジスタによって該当する割り込み要求を許可してください。

マスクブル割り込み

- 割り込み要求先を CPU にしてください。
- NVIC のレジスタを設定して割り込みを許可してください。

13.7.2 ソフトウェアスタンバイモードからの復帰

ICU は、ノンマスクブル割り込みまたはマスクブル割り込みによりソフトウェアスタンバイモードから復帰できません。解除要因のマスクブル割り込みについては、表 13.4 を参照してください。

ソフトウェアスタンバイモードからの復帰方法：

1. ソフトウェアスタンバイモードからの復帰可能な要因を選択してください。
 - ノンマスクブル割り込みの場合は、NMICR レジスタによって該当する割り込みの生成を許可してください。
 - マスクブル割り込みの場合は、WUPEN レジスタで必要な割り込み要求を復帰許可にしてください。
2. 割り込み要求先を CPU にしてください。
3. NVIC のレジスタを設定して割り込みを許可してください。

これらの条件を満たさない IRQn 端子による割り込み要求は、ソフトウェアスタンバイモードでクロックが停止している間は検出されません。

同様に、ソフトウェアスタンバイモードでクロックが停止している要求元からのノンマスクブル割り込みの要求は、検出できません。

ソフトウェアスタンバイモードへの／からの遷移

1. ソフトウェアスタンバイモードに入る前に、復帰対象 (IRQCRi.FLTEN = 0、NMICR.NFLTEN = 0) としての割り込み要因に対するデジタルフィルタを無効にする。
2. ソフトウェアスタンバイモードから復帰した後、デジタルフィルタを再度使用するには、デジタルフィルタを有効 (IRQCRi.FLTEN = 1、NMICR.NFLTEN = 1) にする。

13.7.3 スヌーズモードからの復帰

ICU は、スヌーズモード用に提供された割り込みを使用して、スヌーズモードから通常モードに復帰することができます。

スヌーズモードから通常モードに復帰するには：

1. SELSR0 レジスタの SELS[8:0] ビットに、必要な割り込み要求を設定してください。
2. IELSRn (n = 0~95) レジスタの IELS[8:0] ビットに、0x02D (ICU_SNZCANCEL) を設定してください。
3. 割り込み要求先を CPU にしてください。
4. NVIC で割り込みを許可してください。

これらの条件を満たさないノンマスクブル割り込み要求は、スヌーズモードでクロックが停止している間は検出されません。

注. スヌーズモードでは、クロックが ICU に供給されます。IELSRn で選択したイベントが検出された場合、ソフトウェアスタンバイモードから通常モードに復帰した後、CPU は割り込みアクリッジを実行できます。DELSRn で選択したイベントが検出された場合、ソフトウェアスタンバイモードから通常モードに復帰した後、DMAC は割り込みアクリッジを実行できます。

13.8 ノンマスクブル割り込みとともに WFI 命令を使用する場合

WFI 命令を実行するときは、常に NMISR レジスタのステータスフラグがすべて 0 であることを確認してください。

13.9 参考資料

- ARM Limited., ARM[®] Cortex[®]-M33 Processor Technical Reference Manual (ARM 100230)

14. バス

14.1 概要

バスは、32 ビットの AHB バスマトリックスより構成されます。表 14.1 にバスマスタおよびバススレーブを、図 14.1 にバスの構成図を示します。

表 14.1 バスの仕様

バスの種類	バスマスタ/スレーブ名	バス I/F 最高周波数	同期クロック	内容
バスマスタ	コードバス (Cortex-M33)	100 MHz	ICLK	命令およびオペランド用 CPU を接続
	システムバス (Cortex-M33)	100 MHz	ICLK	システム用 CPU を接続
	DMAC/DTC	100 MHz	ICLK	DMAC/DTC を接続
バススレーブ	FHBIU	100 MHz	ICLK	コードフラッシュメモリとコンフィグレーション領域を接続
	FLBIU	50 MHz	FCLK	データフラッシュメモリ、FACI を接続
	SOBIU	100 MHz	ICLK	SRAM0 (スタンバイ RAM) を接続
	PSBIU	100 MHz	ICLK	周辺システムモジュール (DTC、DMAC、ICU、フラッシュ、MPU、SRAM、デバッグモジュール、システムコントローラ、BUS コントローラ) を接続
	PLBIU	50 MHz	PCLKB	周辺モジュール (CAC、ELC、I/O ポート、POEG、RTC、WDT、IWDT、AGT、IIC、CAN、USB) を接続
	PHBIU	100 MHz	PCLKA	周辺モジュール (GPT、SCI、SPI、CRC、DOC、ADC12、DAC12、SCE9) を接続
	EQBIU (QSPI 領域)	100 MHz	PCLKA	QSPI (外部メモリインタフェース) を接続

注. FHBIU: フラッシュ高速バスインタフェースユニット
 FLBIU: フラッシュ低速バスインタフェースユニット
 SOBIU: SRAM0 バスインタフェースユニット
 PSBIU: 周辺システムバスインタフェースユニット
 PLBIU: 周辺低速バスインタフェースユニット
 PHBIU: 周辺高速バスインタフェースユニット
 EQBIU: 外部メモリインタフェース QSPI バスインタフェースユニット

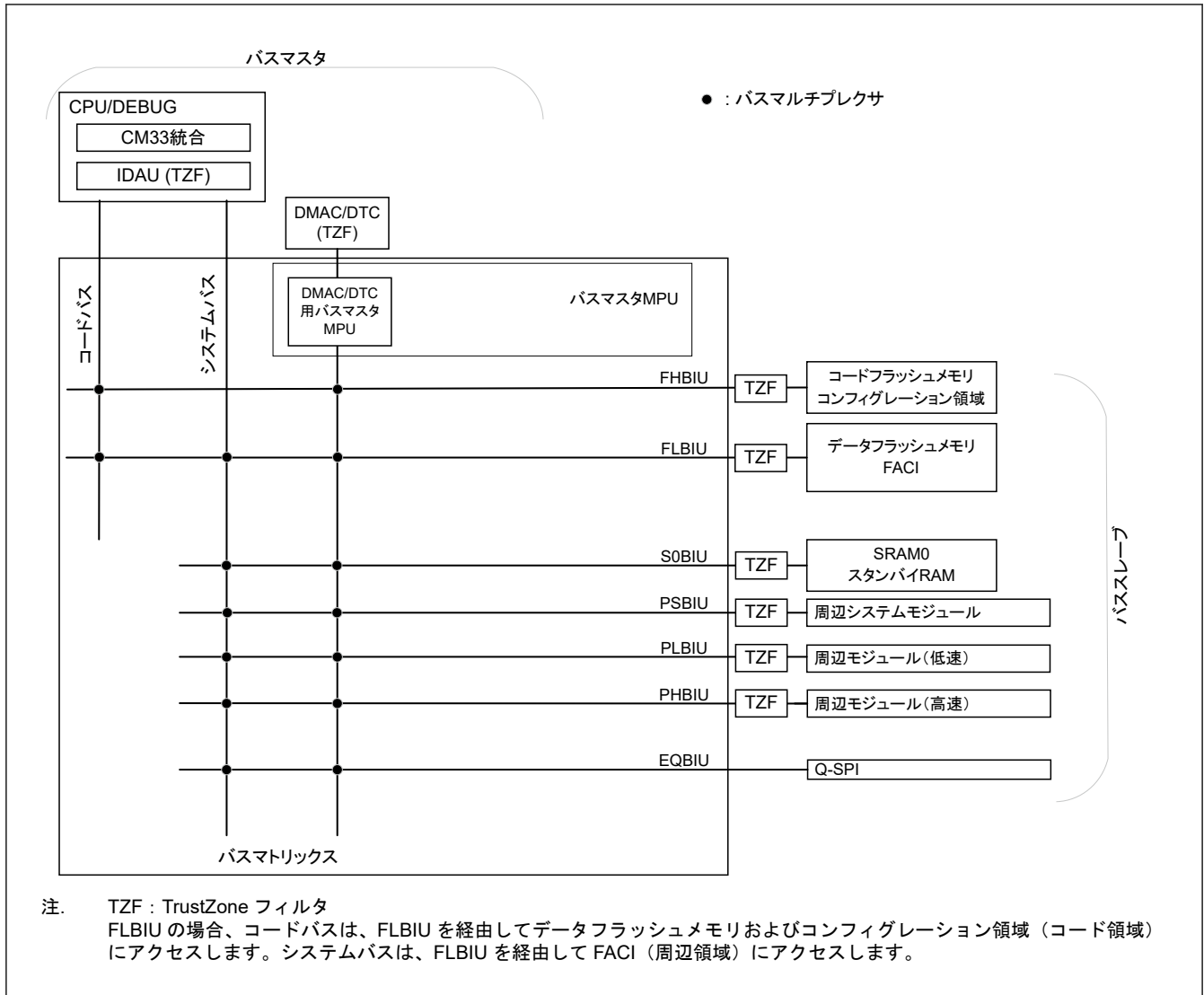


図 14.1 バス接続

14.2 バスの説明

14.2.1 アービトレーション

各スレーブにおけるマスタ間アービトレーションについては、各マスタについて優先順位固定とラウンドロビン方式を選択可能です。詳細は、「14.3.3. BUSSCNT<slave> : スレーブバスコントロールレジスタ (<slave> = FHBIU, FLBIU, S0BIU, EQBIU)」、 「14.3.4. BUSSCNT<slave> : スレーブバスコントロールレジスタ (<slave> = PSBIU, PLBIU, PHBIU)」を参照してください。

14.2.2 並列動作

それぞれのバスマスタが異なるスレーブにアクセスする場合、並列に動作可能です。

並列動作の例を図 14.2 に示します。この例では、CPU はコードバスとシステムバスを使用して、それぞれ FHBIU と S0BIU に同時にアクセスします。また、CPU が FHBIU と S0BIU にアクセスする間、DMAC/DTC は周辺バスに同時にアクセスします。

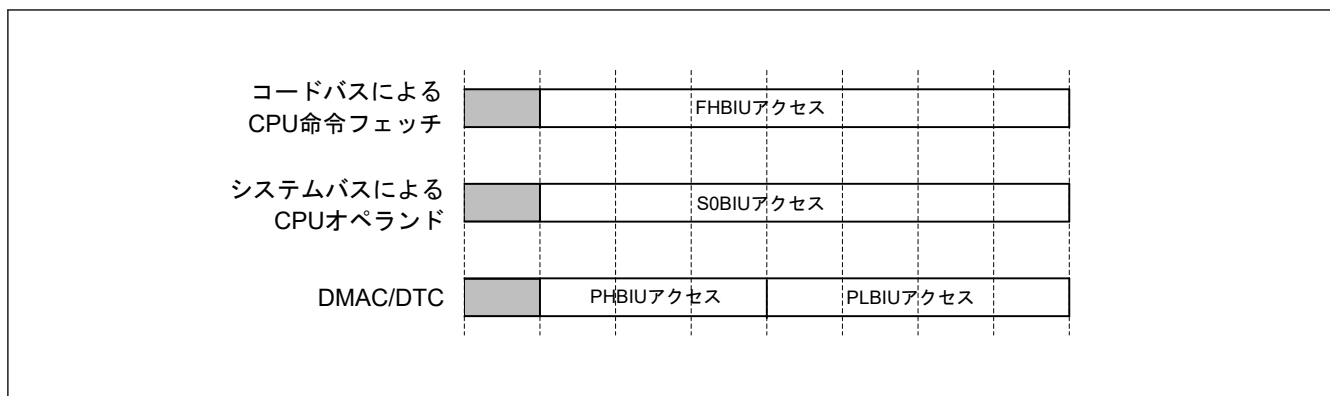


図 14.2 並列動作の例

14.2.3 制約事項

(1) エンディアンに関する制約事項

Cortex コードを実行するには、メモリ空間はリトルエンディアンでなければいけません。

(2) バッファリング可能ライトアクセス

CPU が PLBIU または PHBIU に対してバッファリング可能ライトアクセスを実行したときに STZF エラーが発生すると、エラー応答はインバリデイトされます。したがって、エラーフラグはセットされませんし、NMI / RESET 要求も発生しません。

CPU が PHBIU に対してバッファリング可能ライトアクセスを実行したときにスレーブバスエラーが発生すると、エラー応答は無効になり、エラーフラグはセットされません。

エラー応答が必要な場合は、バスマスタをバッファリング不可アクセスに設定してください。

(3) FLBIU および S0BIU の予約領域へのアクセス

FLBIU および S0BIU の予約領域へのアクセスは禁止です。アクセスした場合動作は保証されません。

(4) クロック設定

バスアクセス中にクロック分周比の設定を変更しないでください。

14.3 レジスタの説明

14.3.1 BUSSARA : バスセキュリティ属性レジスタ A

Base address: CPSCU = 0x4000_8000

Offset address: 0x0100

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	BUSSA0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	BUSSA0	バスセキュリティ属性 A0 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
31:1	—	読むと 1 が読めます。	R

- 注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。
- 注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

BUSSA0 ビット (バスセキュリティ属性 A0)

レジスタと BIU 名の対応を以下に示します。

接続 (BUSSCNT<slave> = FHBIU/FLBIU/S0BIU/PSBIU/PLBIU/PHBIU/EQBIU)

BIU と BUS 間の接続については [図 14.1](#) を参照してください。

- BUSSCNTFHBIU
- BUSSCNTFLBIU
- BUSSCNTS0BIU
- BUSSCNTPSBIU
- BUSSCNTPLBIU
- BUSSCNTPHBIU
- BUSSCNTEQBIU

14.3.2 BUSSARB : バスセキュリティ属性レジスタ B

Base address: CPSCU = 0x4000_8000

Offset address: 0x0104

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	BUSS B0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	BUSSB0	バスセキュリティ属性 B0 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
31:1	—	読むと 1 が読めます。	R

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

BUSSB0 ビット (バスセキュリティ属性 B0)

BUSSB0 ビットは、バスエラークリアレジスタおよび DMAC/DTC エラークリアレジスタ用セキュリティ属性を指定します。

BUS1ERRCLR : コードバス

BUS2ERRCLR : システムバス

BUS3ERRCLR: DMAC/DTC

DMACDTCERRCLR: DMAC/DTC (マスタ TZF)

各バスの接続については、[図 14.1](#) を参照してください。

14.3.3 BUSSCNT<slave> : スレーブバスコントロールレジスタ (<slave> = FHBIU, FLBIU, S0BIU, EQBIU)

Base address: BUS = 0x4000_3000

Offset address: 0x1100 (BUSSCNTFHBIU)
0x1104 (BUSSCNTFLBIU)
0x1110 (BUSSCNTS0BIU)
0x1140 (BUSSCNTEQBIU)

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ARBS[1:0]
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	ARBS[1:0]	2 マスタのアービトレーション選択 バスマスタの優先順位を指定します。 > : 優先順位固定 ↔ : ラウンドロビン 0 0: DMAC/DTC > CPU 0 1: DMAC/DTC ↔ CPU 1 0: 設定禁止 1 1: 設定禁止	R/W
15:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. BUSSCNT<slave> : <slave>は、スレーブのバスインタフェースユニット名です。
- 予約ビットを初期値 0 から書き換えることは禁止されています。書き換え中の動作は保証されません。

ARBS[1:0]ビット (2 マスタのアービトレーション選択)

ARBS ビットは、各マスタのアービトレーション方式を設定します。

14.3.4 BUSSCNT<slave> : スレーブバスコントロールレジスタ (<slave> = PSBIU, PLBIU, PHBIU)

Base address: BUS = 0x4000_3000

Offset address: 0x1120 (BUSSCNTPSBIU)
0x1130 (BUSSCNTPLBIU)
0x1134 (BUSSCNTPHBIU)

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ARBS
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	ARBS	2 マスタのアービトレーション選択 バスマスタの優先順位を指定します。 > : 優先順位固定 ↔ : ラウンドロビン 0: DMAC/DTC > CPU 1: DMAC/DTC ↔ CPU	R/W
15:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注: ● BUSSCNT<slave> : <slave>は、スレーブのバスインタフェースユニット名です。
- 予約ビットを初期値 (0) から書き換えることは禁止されています。書き換え中の動作は保証されません。

ARBS ビット (2 マスタのアービトレーション選択)

ARBS ビットは、各マスタのアービトレーション方法を設定します。

14.3.5 BUSnERRADD : バスエラーアドレスレジスタ (n = 1~3)

Base address: BUS = 0x4000_3000

Offset address: 0x1800 + 0x10 × (n - 1)

Bit position: 31 0



Value after reset: 0

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	BERAD[31:0]	バスエラーアドレス バスエラーが発生した場合、そのエラーアドレスを格納します。	R

本レジスタは、MPU および TZF 関連リセット (バスマスタ MPU エラーリセットおよび TrustZone フィルタエラーリセット) 以外のリセットによってクリアされます。

MPU、TZF 関連リセットの詳細は、「5. リセット」、「15. メモリプロテクションユニット (MPU)」、「42.2. Arm TrustZone セキュリティ」を参照してください。

マスタバスとバスエラーの対応は以下のとおりです。

BUS1ERRADD : コードバス

BUS2ERRADD : システムバス

BUS3ERRADD: DMAC/DTC

BERAD[31:0]ビット (バスエラーアドレス)

BERAD[31:0]ビットは、関連するバスでエラーが起こった場合アドレスを示します。バスで発生するエラーの詳細については、「14.3.9. BUSnERRSTAT : バスエラーステータスレジスタ n (n = 1~3)」および「14.4. バスエラー監視部」を参照してください。

バス上でエラーが発生すると、BUSnERRSTAT (n = 1~3) レジスタの ILERRSTAT、MMERRSTAT、SLERRSTAT の対応ビットが 1 になり、同時に、バスエラーアクセスのアドレスが BERAD[31:0]ビットに格納されます。

BUSnERRSTAT (n = 1~3) レジスタの ILERRSTAT、MMERRSTAT、SLERRSTAT の各ビットが 1 である場合のみ、BERAD[31:0]ビットは有効です。

14.3.6 BUSnERRRW : バスエラーリードライトレジスタ (n = 1~3)

Base address: BUS = 0x4000_3000

Offset address: 0x1804 + 0x10 × (n - 1)

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0



Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	RWSTAT	エラーアクセスリード/ライト状態 エラー発生時の状態 0: リードアクセス 1: ライトアクセス	R
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

本レジスタは、MPU および TZF 関連リセット（バスマスタ MPU エラーリセットおよび TrustZone フィルタエラーリセット）以外のリセットによってクリアされます。

MPU 関連リセットの詳細は、「[5. リセット](#)」および「[15. メモリプロテクションユニット \(MPU\)](#)」を参照してください。

マスタバスとバスエラーの対応は以下のとおりです。

BUS1ERRRW : コードバス

BUS2ERRRW : システムバス

BUS3ERRRW: DMAC/DTC

RWSTAT ビット (エラーアクセスリード/ライト状態)

RWSTAT ビットは、関連するバスでエラーが起こった場合のアクセス状態（ライトアクセスかリードアクセスか）を示します。バスで発生するエラーの詳細については、「[14.3.9. BUSnERRSTAT : バスエラーステータスレジスタ n \(n = 1~3\)](#)」および「[14.4. バスエラー監視部](#)」を参照してください。

バス上でエラーが発生すると、BUSnERRSTAT (n = 1~3) レジスタの ILERRSTAT、MMERRSTAT、SLERRSTAT の対応ビットが 1 になり、同時に、バスエラーアクセスのリード/ライト状態が RWSTAT ビットに格納されます。

BUSnERRSTAT (n = 1~3) レジスタの ILERRSTAT、MMERRSTAT、SLERRSTAT の各ビットが 1 である場合のみ、RWSTAT ビットは有効です。

14.3.7 BTZFnERRADD : バス TZF エラーアドレスレジスタ (n = 1~3)

Base address: BUS = 0x4000_3000

Offset address: 0x1900 + 0x10 × (n - 1)

Bit position: 31

0

Bit field:

BTZFERAD[31:0]

Value after reset: 0

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	BTZFERAD[31:0]	バス TrustZone フィルタエラーアドレス バスエラーが発生した場合、そのエラーアドレスを格納します。	R

本レジスタは、MPU および TZF 関連リセット（バスマスタ MPU エラーリセットおよび TrustZone フィルタエラーリセット）以外のリセットによってクリアされます。

MPU、TZF 関連リセットの詳細は、「[5. リセット](#)」、「[15. メモリプロテクションユニット \(MPU\)](#)」、「[42.2. Arm TrustZone セキュリティ](#)」を参照してください。

マスタバスとバスエラーの対応は以下のとおりです。

BTZF1ERRADD : コードバス

BTZF2ERRADD : システムバス

BTZF3ERRADD: DMAC/DTC

各バスの接続については、[図 14.1](#) を参照してください。

BTZFERAD[31:0]ビット (バス TrustZone フィルタエラーアドレス)

BTZFERAD[31:0]ビットは、関連するバスでエラーが起こった場合のアドレスを示します。バスで発生するエラーの詳細については、「[14.3.9. BUSnERRSTAT : バスエラーステータスレジスタ n \(n = 1~3\)](#)」および「[14.4. バスエラー監視部](#)」を参照してください。

バス上でエラーが発生すると、BUSnERRSTAT (n = 1~3) レジスタの STERRSTAT の対応ビットが 1 になり、同時に、バスエラーアクセスのアドレスが BTZFERAD[31:0]ビットに格納されます。

BUSnERRSTAT (n = 1~3) レジスタの STERRSTAT ビットが 1 である場合のみ、BTZFERAD[31:0]ビットは有効です。

14.3.8 BTZFnERRRW : バス TZF エラーリードライトレジスタ (n = 1~3)

Base address: BUS = 0x4000_3000

Offset address: 0x1904 + 0x10 × (n - 1)

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	TRWSTAT
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	TRWSTAT	TrustZone フィルタエラーアクセスリード/ライト状態 エラー発生時の状態 0: リードアクセス 1: ライトアクセス	R
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

本レジスタは、MPU および TZF 関連リセット (バスマスタ MPU エラーリセットおよび TrustZone フィルタエラーリセット) 以外のリセットによってクリアされます。

MPU、TZF 関連リセットの詳細は、「[5. リセット](#)」、「[15. メモリプロテクションユニット \(MPU\)](#)」、「[42.2. Arm TrustZone セキュリティ](#)」を参照してください。

マスタバスとバスエラーの対応は以下のとおりです。

BTZF1ERRRW : コードバス

BTZF2ERRRW : システムバス

BTZF3ERRRW: DMAC/DTC

各バスの接続については、[図 14.1](#) を参照してください。

TRWSTAT ビット (TrustZone フィルタエラーアクセスリード/ライト状態)

TRWSTAT ビットは、関連するバスでエラーが起こった場合のアクセス状態 (ライトアクセスかリードアクセスか) を示します。バスで発生するエラーの詳細については、「[14.3.9. BUSnERRSTAT : バスエラーステータスレジスタ n \(n = 1~3\)](#)」および「[14.4. バスエラー監視部](#)」を参照してください。

バス上でエラーが発生すると、BUSnERRSTAT (n = 1~3) レジスタの STERRSTAT の対応ビットが 1 になり、同時に、バスエラーアクセスのリード/ライト状態が TRWSTAT ビットに格納されます。BUSnERRSTAT (n = 1~3) レジスタの STERRSTAT ビットが 1 である場合のみ、TRWSTAT ビットは有効です。

14.3.9 BUSnERRSTAT : バスエラーステータスレジスタ n (n = 1~3)

Base address: BUS = 0x4000_3000

Offset address: 0x1A00 + 0x10 × (n - 1)

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	ILERRSTAT	MMERRSTAT	—	STERRSTAT	SLERRSTAT
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SLERRSTAT	スレーブバスエラー状態 0: エラーなし 1: エラー発生	R
1	STERRSTAT	スレーブ TrustZone フィルタエラー状態 0: エラーなし 1: エラー発生	R
2	—	読むと 0 が読めます。	R
3	MMERRSTAT	マスタ MPU エラー状態 0: エラーなし 1: エラー発生	R
4	ILERRSTAT	不正アドレスアクセスエラー状態 0: エラーなし 1: エラー発生	R
7:5	—	読むと 0 が読めます。	R

本レジスタは、MPU および TZF 関連リセット（バスマスタ MPU エラーリセットおよび TrustZone フィルタエラーリセット）以外のリセットによってクリアされます。

MPU および TZF 関連のリセットの詳細は、「[5. リセット](#)」、「[15. メモリプロテクションユニット \(MPU\)](#)」および「[42.2. Arm TrustZone セキュリティ](#)」を参照してください。

マスタバスとバスエラーの対応は以下のとおりです。

BUS1ERRSTAT : コードバス

BUS2ERRSTAT : システムバス

BUS3ERRSTAT: DMAC/DTC

各バスの接続については、[図 14.1](#) を参照してください。

不正アクセスエラー、マスタ MPU エラー、スレーブバスエラーのすべてが同時に発生した場合、STAT ビットは下記の順番でのみ有効になります。左側が優先になります。

マスタ MPU エラー > 不正アクセスエラー、スレーブバスエラー

注. 不正アクセスエラーとスレーブバスエラーは同時には発生しません。

ILERRSTAT、MMERRSTAT、または SLERRSTAT の 1 つが設定されると、これらのビットはクリアされるまで更新されません。

SLERRSTAT ビット (スレーブバスエラー状態)

バスにスレーブエラーが発生すると、BUSnERRSTAT.SLERRSTAT (n = 1~3) が 1 になります。クリア条件がリセットされます。あるいは、BUSnERRCLR.SLERRCLR (n = 1~3) を 1 にしてください。スレーブエラーとは、タイムアウトのようなスレーブに発生するエラーです。バスに発生するスレーブエラーの詳細については、「[14.4. バスエラー監視部](#)」を参照してください。

STERRSTAT ビット (スレーブ TrustZone フィルタエラー状態)

バスにスレーブ TrustZone フィルタエラーが発生すると、BUSnERRSTAT.STERRSTAT (n = 1~3) が 1 になります。クリア条件がリセットされます。あるいは、BUSnERRCLR.STERRCLR (n = 1~3) を 1 にしてください。デバッガがセキュリティ領域にアクセスするときは STERRSTAT ビットはセットされません。バスに発生するスレーブ TrustZone フィルタエラーの詳細については、「[42. セキュリティ機能](#)」を参照してください。

MMERRSTAT ビット (マスタ MPU エラー状態)

バスにマスタ MPU エラーが発生すると、BUSnERRSTAT.MMERRSTAT (n = 1~3) が 1 になります。クリア条件がリセットされます。あるいは、BUSnERRCLR.MMERRCLR (n = 1~3) を 1 にしてください。バスに発生するマスタ MPU エラーの詳細については、「[15. メモリプロテクションユニット \(MPU\)](#)」を参照してください。

注. マスタ MPU エラーが DMAC または DTC アクセス中に発生し、エラーアドレス値がマスタ MPU 領域にない場合、DMAC または DTC アクセス以前に不正アドレスアクセスエラーまたはスレーブエラーが発生しています。エラーアドレス値を参考にしてどのエラーが起きたのかを判断してください。

ILERRSTAT ビット (不正アドレスアクセスエラー状態)

バスに不正アドレスアクセスエラーが発生すると、BUSnERRSTAT.ILERRSTAT (n = 1~3) が 1 になります。クリア条件がリセットされます。あるいは、BUSnERRCLR.ILERRCLR (n = 1~3) を 1 にしてください。バスに発生する不正アドレスアクセスエラーの詳細については、「[14.4. バスエラー監視部](#)」を参照してください。

14.3.10 DMACDTCERRSTAT : DMAC/DTC エラーステータスレジスタ

Base address: BUS = 0x4000_3000

Offset address: 0x1A24

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	MTER RSTAT
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	MTERSTAT	マスタ TrustZone フィルタエラー状態 0: エラーなし 1: エラー発生	R
7:1	—	読むと 0 が読めます。	R

本レジスタは、MPU および TZF 関連リセット (バスマスタ MPU エラーリセットおよび TrustZone フィルタエラーリセット) 以外のリセットによってクリアされます。

MPU および TZF 関連のリセットの詳細は、「[5. リセット](#)」、「[15. メモリプロテクションユニット \(MPU\)](#)」および「[42.2. Arm TrustZone セキュリティ](#)」を参照してください。

MTERRSTAT ビット (マスタ TrustZone フィルタエラー状態)

DMAC または DTC によりマスタ TrustZone フィルタエラーが発生すると、DMACDTCERRSTAT.MTERRSTAT が 1 になります。クリア条件がリセットされ、DMACDTCERRCLR.MTERRCLR が 1 になります。

DMAC または DTC により発生するマスタ TrustZone フィルタエラーの詳細については、「[16. DMA コントローラ \(DMAC\)](#)」および「[17. データトランスファコントローラ \(DTC\)](#)」を参照してください。

14.3.11 BUSnERRCLR : バスエラークリアレジスタ n (n = 1~3)

Base address: BUS = 0x4000_3000

Offset address: 0x1A08 + 0x10 × (n - 1)

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	ILERR CLR	MMER RCLR	—	STER RCLR	SLER RCLR
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SLERRCLR	スレーブバスエラークリア SLERRCLR ビットに 1 を書くと、BUSnERRSTAT.SLERRSTAT (n = 1~3) : がクリアされます。	R/W(注1)
1	STERRCLR	スレーブ TrustZone フィルタエラークリア STERRCLR ビットに 1 を書くと、BUSnERRSTAT.STERRSTAT (n = 1~3) がクリアされます。	R/W(注1)
2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
3	MMERRCLR	マスタ MPU エラークリア MMERRCLR ビットに 1 を書くと、BUSnERRSTAT.MMERRSTAT (n = 1~3) がクリアされます。	R/W(注1)

ビット	シンボル	機能	R/W
4	ILERRCLR	不正アドレスアクセスエラークリア ILERRCLR ビットに 1 を書くと、BUSnERRSTAT.ILERRSTAT (n = 1~3) がクリアされます。	R/W ^(注1)
7:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注 1. 本ビットには 1 のみ書けます。読むと 0 が読めます。0 の書き込みは無効です。

マスタバスとバスエラーの対応は以下のとおりです。

BUS1ERRCLR : コードバス

BUS2ERRCLR : システムバス

BUS3ERRCLR: DMAC/DTC

BUSnERRCLR (n = 1~3) に 1 を書き込む場合、バスアクセスを停止してください。対応するバスマスタでのエラーの原因になります。

14.3.12 DMACDTCERRCLR : DMAC/DTC エラークリアレジスタ

Base address: BUS = 0x4000_3000

Offset address: 0x1A2C

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	MTERCLR
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	MTERRCLR	マスタ TrustZone フィルタエラークリア 1 を書き込むことにより、DMACDTCERRSTAT.MTERRSTAT フラグをクリアできます。	R/W ^(注1)
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注 1. 本ビットには 1 のみ書けます。読むと 0 が読めます。0 の書き込みは無効です。

DMACDTCERRCLR に 1 を書き込む場合、バスアクセスを停止してください。DMAC/DTC でのエラーの原因になります。

14.4 バスエラー監視部

バスエラー監視システムは、個々の領域を監視して、エラーを検出すると AHB-Lite エラー応答プロトコルを用いてそのエラーを要求マスタ IP に返します。

14.4.1 バスエラーの種類

それぞれのバスでは、下記のエラーが生じる可能性があります。

- 不正アドレスアクセス
- バスマスタ MPU エラー
- TrustZone フィルタエラー
- 各スレーブ IP より送信されるバスエラー

表 14.2 に、アクセスによって不正アドレスアクセスエラーを引き起こされるアドレスレンジを示します。スレーブの予約領域は、不正アドレスアクセスエラーを引き起こしません。バスマスタ MPU については、「15. メモリプロテクションユニット (MPU)」を参照してください。

14.4.2 バスエラー発生時の動作

バスエラーが発生すると、動作は保証されず、要求マスタ IP にエラーが返されます。

図 14.3 に、バス上の各エラー検出からユーザー通知までの動作を示します。

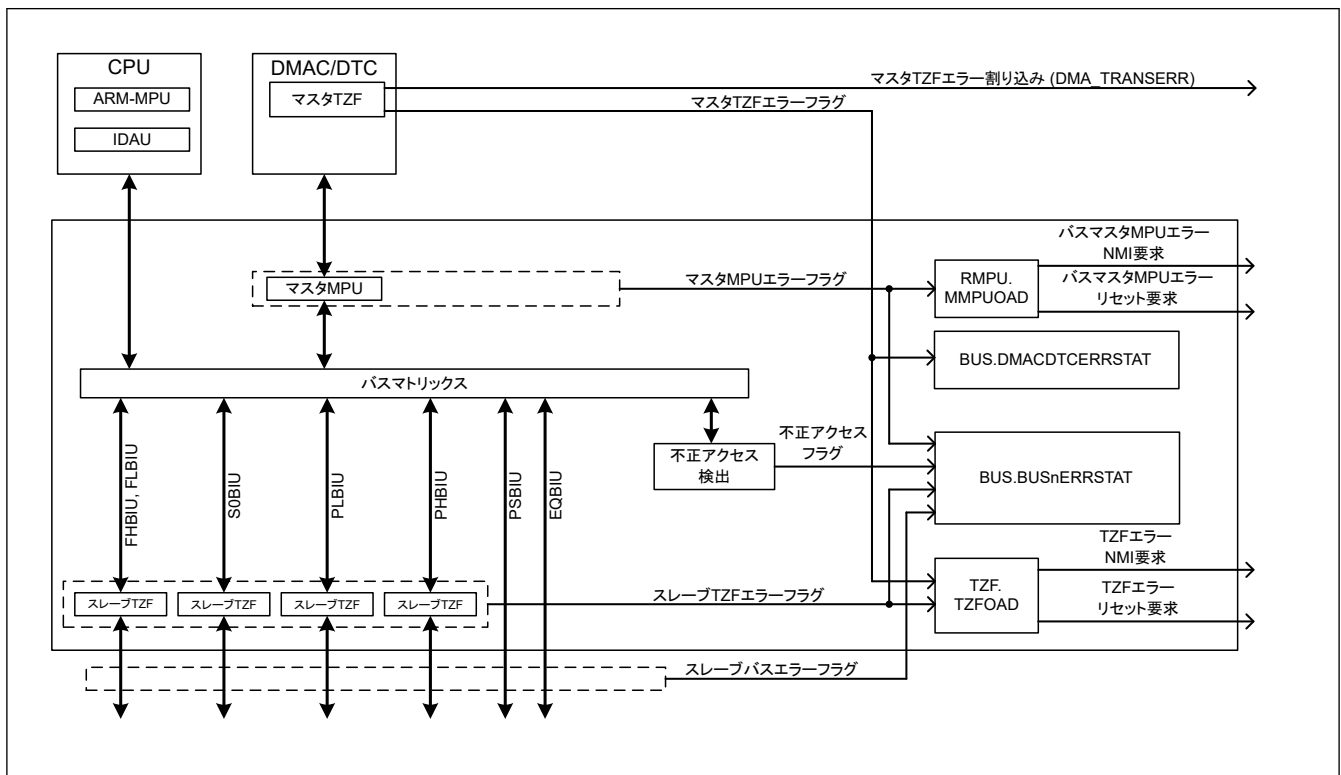


図 14.3 バス上の各エラー検出からユーザー通知までの動作

(1) バスマスタ MPU エラー

DMAC/DTC のバスマスタは、設定されたアドレス領域のアクセス制御のためにマスタ MPU を備えています。CPU には Arm MPU があるので、マスタ MPU はありません。マスタ MPU エラーが検出されると、マスタにエラー応答が返されます。同時に以下の手順を実行します。

1. BUSnERRADD (n = 3) にエラーのアドレスを格納します。
2. BUSnERRRW (n = 3) にエラーのリード/ライト情報を格納します。
3. BUSnERRSTAT (n = 3) レジスタの MMERRSTAT ビットに 1 を設定します。

MMPUOAD.OAD ビットの設定に従って NMI 要求またはリセット要求が発生します（「15. メモリプロテクションユニット (MPU)」参照）。BUSnERRADD (n = 3)、BUSnERRRW (n = 3)、BUSnERRSTAT (n = 3) の各レジスタは、MPU および TZF 関連リセット以外のリセットまたは BUSnERRCLR (n = 3) でクリアされるまで保持されるので、NMI 処理ルーチン内またはリセット後に確認できます。

NMI 要求は、リセットまたは BUSnERRCLR (n = 3) による BUSnERRSTAT.MMERRSTAT ビット (n = 3) のクリア後の最初のマスタ MPU エラー時にのみ発生します。

(2) 不正アクセスエラー

「14.4.3. 不正アドレスアクセスエラーを引き起こす条件」に不正アクセスエラーの内容を示します。不正アクセスエラーが検出されると、マスタにエラー応答が返されます。同時に以下の手順を実行します。

1. BUSnERRADD (n = 1~3) にエラーのアドレスを格納します。
2. BUSnERRRW (n = 1~3) にエラーのリード/ライト情報を格納します。

3. BUSnERRSTAT (n = 1~3) レジスタの ILERRSTAT ビットに 1 を設定します。

NMI 要求とリセット要求は発生しません。BUSnERRADD (n = 1~3)、BUSnERRRW (n = 1~3)、BUSnERRSTAT (n = 1~3) の各レジスタは、MPU および TZF 関連リセット以外のリセットまたは BUSnERRCLR (n = 1~3) でクリアされるまで保持されるので、バス障害処理ルーチンまたは割り込み処理ルーチン内で確認できます。

(3) マスタ TZF エラー

「42. セキュリティ機能」に示すように、DMAC/DTC には、マスタ TZF エラーがあります。マスタ TZF エラーが検出されると、DMACDTCERRSTAT.MTERRSTAT ビットを 1 にします。DMAC/DTC はバスアクセスを行わないので、BTZF3ERRADD および BTZF3ERRRW レジスタにはバスエラー情報は格納されません。

TZFOAD.OAD ビットの設定に従って NMI 要求またはリセット要求が発生します。マスタ TZF エラーの詳細は、「16. DMA コントローラ (DMAC)」、「17. データトランスファコントローラ (DTC)」を参照してください。

DMACDTCERRSTAT レジスタは、MPU および TZF 関連リセット以外のリセットまたは DMACDTCERRCLR レジスタでクリアされるまで保持されるので、NMI 処理ルーチン内またはリセット後に確認できます。

NMI 要求は、リセットまたは DMACDTCERRCLR による DMACDTCERRSTAT.MTERRSTAT ビットのクリア後の最初のマスタ TZF エラー時にのみ発生します。

(4) スレーブ TZF エラー

「42. セキュリティ機能」に示すように、FHBIU (コードフラッシュ)、FLBIU (データフラッシュ)、S0BIU (SRAM)、PHBIU および PLBIU にはスレーブ TZF エラーがあります。スレーブ TZF エラーを検出したら、以下の手順を実行します。

1. BTZF_nERRADD (n = 1~3) にエラーのアドレスを格納します。
2. BTZF_nERRRW (n = 1~3) にエラーのリード/ライト情報を格納します。
3. BUSnERRSTAT (n = 1~3) レジスタの STERRSTAT ビットに 1 を設定します。

TZFOAD.OAD ビットの設定に従って NMI 要求またはリセット要求が発生します。BTZF_nERRADD (n = 1~3)、BTZF_nERRRW (n = 1~3)、BUSnERRSTAT (n = 1~3) の各レジスタは、MPU および TZF 関連リセット以外のリセットまたは BUSnERRCLR (n = 1~3) でクリアされるまで保持されるので、NMI 処理ルーチン内またはリセット後に確認できます。

NMI 要求は、リセットまたは BUSnERRCLR (n = 1~3) による BUSnERRSTAT.STERRSTAT ビット (n = 1~3) のクリア後の最初のスレーブ TZF エラー時にのみ発生します。

(5) スレーブバスエラー

スレーブバスエラーはスレーブで発生します。スレーブバスエラーが検出されると、マスタにエラー応答が返されます。同時に以下の手順を実行します。

1. BUSnERRADD (n = 1~3) にエラーのアドレスを格納します。
2. BUSnERRRW (n = 1~3) にエラーのリード/ライト情報を格納します。
3. BUSnERRSTAT (n = 1~3) レジスタの SLERRSTAT ビットに 1 を設定します。

NMI 要求とリセット要求は発生しません。BUSnERRADD (n = 1~3)、BUSnERRRW (n = 1~3)、BUSnERRSTAT (n = 1~3) の各レジスタは、MPU および TZF 関連リセット以外のリセットまたは BUSnERRCLR (n = 1~3) でクリアされるまで保持されるので、バス障害処理ルーチンまたは割り込み処理ルーチン内で確認できます。バススレーブ MPU エラーが発生すると、要求マスタ IP にエラーが返され、動作は保証されません。

14.4.3 不正アドレスアクセスエラーを引き起こす条件

表 14.2 に、不正アドレスアクセスエラーを引き起こす、バスごとのアドレス空間を示します。

表 14.2 不正アドレスアクセスエラーを引き起こす条件 (1/2)

アドレス	スレーブバス名	マスタバス		
		CPU		DMA
		コード	システム	
0x0000_0000~0x01FF_FFFF	FHBIU	—		—

表 14.2 不正アドレスアクセスエラーを引き起こす条件 (2/2)

アドレス	スレーブバス名	マスタバス		
		CPU		DMA
		コード	システム	
0x0200_0000~0x07FF_FFFF	予約領域	E		E
0x0800_0000~0x0803_FFFF	FLBIU	—		—
0x0804_0000~0x0FFF_FFFF	予約領域	E		E
0x1000_0000~0x100F_FFFF	予約領域	—		E
0x1010_0000~0x1FFF_FFFF	予約領域	E		E
0x2000_0000~0x2800_FFFF	S0BIU		—	—
0x2801_0000~0x3FFF_FFFF	予約領域		E	E
0x4000_0000~0x4007_FFFF	PSBIU		—	—
0x4008_0000~0x400F_FFFF	PLBIU		—	—
0x4010_0000~0x4017_FFFF	PHBIU		—	—
0x4018_0000~0x407D_FFFF	予約領域		E	E
0x407E_0000~0x407F_FFFF	FLBIU		—	—
0x4080_0000~0x5FFF_FFFF	予約領域		E	E
0x6000_0000~0x67FF_FFFF	EQBIU		—	—
0x6800_0000~0x87FF_FFFF	予約領域		E	E
0x8800_0000~0xDFFF_FFFF	予約領域		E	E
0xE000_0000~0xFFFF_FFFF	Cortex®-M33 用システム			E

注. "E": バスエラー発生

"—": 転送なし

"—": バスエラー発生なし。予約領域においてもバスエラー発生なし。

FLBIU と S0BIU では予約領域にアクセスしないでください。アクセスすると、スレーブ TZF エラーが発生する可能性があります。

14.4.4 タイムアウト

一部の周辺モジュールでは、モジュールストップ機能によってタイムアウトエラーが発生します。一定期間スレーブから応答がないと、タイムアウトエラーが検出されます。タイムアウトエラーは、AHB-Lite エラー応答プロトコルを用いて要求マスタ IP に返されます。

14.5 参考資料

1. ARM Limited, ARM v8-M Architecture Reference Manual (ARM DDI0553B.g)
2. ARM Limited, ARM Cortex-M33 Processor Technical Reference Manual Revision:r0p4 (ARM 100230_0004_00_en)
3. ARM Limited, ARM AMBA 5 AHB Protocol Specification AHB5, AHB-Lite (ARM IHI 0033B.b)
4. ARM Limited, ARM AMBA AXI and ACE Protocol Specification AXI3, AXI4, and AXI4-Lite, ACE and ACE-Lite (ARM IHI 0022D)
5. ARM Limited, ARM AMBA APB Protocol Specification Version: 2.0 (ARM IHI 0024C)

15. メモリプロテクションユニット (MPU)

15.1 概要

本 MCU は、1 つのメモリプロテクションユニットを備えています。

表 15.1 に、MPU の仕様を示します。また、表 15.2 に、各 MPU エラー検出の動作を示します。

表 15.1 MPU の仕様

項目	モジュール/機能	内容
不正メモリアクセス	Arm® Cortex®-M33 CPU	<ul style="list-style-type: none"> Arm® CPU はデフォルトのメモリマップを内蔵。CPU が不正アクセスを行うと、例外割り込みが発生 デフォルトのメモリマップは MPU で変更可能
メモリプロテクション	Arm® MPU	CPU 用のメモリプロテクション機能 <ul style="list-style-type: none"> セキュアと非セキュアに対するサブ領域とバックグラウンド領域で MPU は (8+8) 領域
	バスマスタ MPU	CPU を除くマスタ用のメモリプロテクション機能 <ul style="list-style-type: none"> DMAC/DTC: 8 領域

表 15.2 MPU エラー検出動作

MPU の種類	通知方法	AHB I/F の HRESP 番号によるエラー応答	エラー検出時のバスアクセス	エラーアクセス情報の格納
Arm MPU	<ul style="list-style-type: none"> ハードフォールト 	非サポート	<ul style="list-style-type: none"> 正しくライトアクセスしない 正しくリードアクセスしない 	Cortex-M33 プロセッサに格納する
バスマスタ MPU	<ul style="list-style-type: none"> リセットまたはノンマスカブル割り込み ハードフォールト 	サポート	<ul style="list-style-type: none"> ライトアクセスは無視 リードアクセスは 0 が読めます。 	格納する

Arm® MPU に対するエラーアクセスについては、「15.4. 参考資料」を参照してください。他の MPU に対するエラーアクセスについては、「14. バス」の「14.3. レジスタの説明」および「14.4. バスエラー監視部」を参照してください。

15.2 Arm MPU

Arm MPU は全アドレス空間 (0x0000_0000~0xFFFF_FFFF) を対象に CPU がアクセスするアドレスを監視しており、次の機能を備えています。

- (8 + 8) つの保護領域を設定可能
- メモリ領域が重複している場合、コアアクセスが重複領域にヒットすると、プロセッサはフォルトを生成します。
- 保護領域へのアクセス権設定が可能 (読み出し、書き込み、実行)
- メモリ属性のシステムへのエクスポート

Arm MPU の不一致およびアクセス違反によって、プログラマブルプライオリティ MemManage フォルト (ハードフォルト) ハンドラが呼び出されます。詳細は、「15.4. 参考資料」を参照してください。

15.3 バスマスタ MPU

本 MCU はバスマスタ MPU を内蔵しており、全アドレス空間 (0x0000_0000~0xFFFF_FFFF) を対象にマスタがアクセスするアドレスを監視しています。アクセス制御情報は、DMAC/DTC で 8 領域まで設定可能です。各領域へのアクセスの監視は本情報に従います。

保護領域に対するアクセスが検出されると、バスマスタ MPU は内部リセットまたはノンマスカブル割り込みを発生させます。エラーアクセスについての詳細は、「14. バス」の「14.3. レジスタの説明」および「14.4. バスエラー監視部」を参照してください。

各領域のアクセス制御情報は、読み出し保護または保護対象外と書き込み保護または保護対象外の情報で構成されます。

表 15.3 にバスマスタ MPU の仕様を示します。

表 15.3 バスマスタ MPU の仕様

項目	内容
マスタグループ	<ul style="list-style-type: none"> DMAC、DTC
メモリプロテクション対象領域	0x0000_0000~0xFFFF_FFFF
領域数	<ul style="list-style-type: none"> DMAC/DTC: 8 領域
各領域のアドレス指定	<ul style="list-style-type: none"> 領域の開始アドレスと終了アドレスを設定
各領域のメモリプロテクション有効または無効設定	<ul style="list-style-type: none"> 対応する領域に対し有効または無効を設定
各領域のアクセス制御情報設定	<ul style="list-style-type: none"> 読み出しおよび書き込み許可
検出後の動作	<ul style="list-style-type: none"> リセットまたはノンマスカブル割り込み
レジスタの保護	<ul style="list-style-type: none"> バスマスタ MPU レジスタに対する不正書き込みの検出が可能
TrustZone フィルタ	<ul style="list-style-type: none"> DMAC : 各領域に対するセキュリティ属性を設定可能

15.3.1 レジスタの説明

MPU レジスタに書き込む前にバスアクセスを停止してください。

15.3.1.1 MMPUSARA : マスタメモリプロテクションセキュリティ属性レジスタ A

Base address: CPSCU = 0x4000_8000

Offset address: 0x130

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	MMPU ASA7	MMPU ASA6	MMPU ASA5	MMPU ASA4	MMPU ASA3	MMPU ASA2	MMPU ASA1	MMPU ASA0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	MMPUASAn	MMPUA セキュリティ属性 (n = 0~7) 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
31:8	—	読むと 1 が読めます。	R(注1)

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

注 1. 本ビットは読み出し専用です。

MMPUASAn ビット (MMPUA セキュリティ属性 (n = 0~7))

MMPUASAn ビットは、バスマスタ MPU 領域設定レジスタ用レジスタのセキュリティ属性を指定します。対象レジスタは以下です。

- MMPUSDMACn (n = 0~7)
- MMPUEDMACn (n = 0~7)
- MMPUACDMACn (n = 0~7)

15.3.1.2 MMPUSARB : マスタメモリプロテクションセキュリティ属性レジスタ B

Base address: CPSCU = 0x4000_8000

Offset address: 0x134

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	MMPU BSA0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	MMPUBSA0	MMPUB セキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
31:1	—	読むと 1 が読めます。	R(注1)

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

注 1. 本ビットは読み出しのみ可能です。

MMPUBSA0 ビット (MMPUB セキュリティ属性)

MMPUBSA0 ビットは、バスマスタ MPU 領域設定レジスタ、保護レジスタ、OAD レジスタ用レジスタのセキュリティ属性を指定します。対象レジスタは以下です。

- MMPUENDMAC
- MMPUENPTDMAC
- MMPURPTDMAC
- MMPURPTDMAC_SEC
- MMPUOAD
- MMPUOADPT

MMPUBSA0 ビットが 0 (セキュア) である場合は、セキュアユーザが非セキュアユーザに対して、MMPURPTDMAC 値を変更するためのセキュア API を提供します。

15.3.1.3 MMPUSDMACn : DMAC 用 MPU スタートアドレスレジスタ (n = 0~7)

Base address: RMPU = 0x4000_0000

Offset address: 0x0204 + 0x010 × n

Bit position:	31												5					0																				
Bit field:	MMPUS[31:5]															—	—	—	—	—																		
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
4:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
31:5	MMPUS[31:5]	領域スタートアドレスレジスタ 領域スタートアドレス (領域決定に使用)	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
● セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。

ビット	シンボル	機能	R/W
15:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

領域 n ユニットごとに、ENABLE ビット、RP ビット、WP ビットを個別に設定します。

ENABLE ビット (領域有効)

ENABLE ビットは、DMAC/DTC 領域 n ($n=0\sim7$) ユニットの有効または無効にします。

ENABLE ビットが 1 に設定されると、RP ビットと WP ビットは MMPUSDMACn ($n=0\sim7$) と MMPUEDMACn ($n=0\sim7$) の範囲への読み出し保護および書き込み保護に対するアクセス許可を制御します。

ENABLE ビットを 0 にした場合、DMAC 領域 n ($n=0\sim7$) へのアクセスは領域外となります。

RP ビット (読み出し保護)

RP ビットは、DMAC/DTC 領域 n ($n=0\sim7$) 読み出し保護を有効または無効にします。

ENABLE ビットを 1 に設定すると、RP ビットを使用可能になります。

WP ビット (書き込み保護)

WP ビットは、DMAC/DTC 領域 n ($n=0\sim7$) の書き込み保護を有効または無効にします。

ENABLE ビットを 1 に設定すると、WP ビットを使用可能になります。

表 15.4 DMAC 用領域制御回路の機能

MMPUACDMACn ($n=0\sim7$)			アクセス	領域	DMAC 領域 n ユニットの出力 ($n=0\sim7$)
ENABLE	RP	WP			
0	—	—	リード	—	外部領域
			ライト		外部領域
1	0	0	リード	内部	許可領域
				外部	外部領域
			ライト	内部	許可領域
				外部	外部領域
	0	1	リード	内部	許可領域
				外部	外部領域
			ライト	内部	保護領域
				外部	外部領域
1	0	リード	内部	保護領域	
			外部	外部領域	
		ライト	内部	許可領域	
			外部	外部領域	
1	1	リード	内部	保護領域	
			外部	外部領域	
		ライト	内部	保護領域	
			外部	外部領域	

- 注. DMAC と DTC の各領域は、MMPUSARA レジスタによりセキュアアクセスまたは非セキュアアクセスに設定されます。この場合では、セキュアアクセスにおける非セキュア領域と、非セキュアアクセスにおけるセキュア領域は領域外となります。

表 15.5 DMAC 用マスタ制御回路の機能

MMPUENDMAC	DMAC 領域 0 ユニットの出力	DMAC 領域 1 ユニットの出力	DMAC 領域 2~7 ユニットの出力	DMAC の機能
ENABLE				
1	保護領域	Don't care	Don't care	エラー発生
	Don't care	保護領域	Don't care	エラー発生
	Don't care	Don't care	保護領域	エラー発生
	外部領域	外部領域	外部領域	エラー発生
上記以外				エラー発生なし

マスタ MPU エラーは下記の条件で発生します。

1. MMPUENDMAC.ENABLE = 1 で、かつ 1 つ以上の領域 n ユニットの出力が、保護領域の場合
2. MMPUENDMAC.ENABLE = 1、かつすべての領域 n ユニットの出力が領域外の場合

その他の場合は許可領域として処理される

15.3.1.6 MMPUENDMAC : DMAC 用 MPU イネーブルレジスタ

Base address: RMPU = 0x4000_0000

Offset address: 0x0100

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
Bit field:	KEY[7:0]										—	—	—	—	—	—	ENAB LE
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	ENABLE	DMAC のバスマスタ MPU 有効 0: DMAC のバスマスタ MPU 無効 1: DMAC のバスマスタ MPU 有効	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
15:8	KEY[7:0]	キーコード ENABLE ビットへの書き込みを許可または禁止します。	W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. ハーフワードアクセスで書き込みを行ってください。
バイトライトアクセスは禁止です。バイトライトアクセスを実行した場合の動作は保証しません。

ENABLE ビット (DMAC のバスマスタ MPU 有効)

ENABLE ビットは、マスタグループごとにバスマスタ MPU 機能を有効または無効にします。

ENABLE ビットを 1 に設定すると、MMPUACDMACn (n=0~7) レジスタを使用可能になります。ENABLE ビットを 0 に設定すると、MMPUACDMACn (n=0~7) レジスタがすべての領域に対して使用できなくなります。バスマスタ MPU 機能は、各マスタグループの ENABLE ビットを設定します。ENABLE ビットを設定する際は、同時に KEY[7:0] ビットに 0xA5 を書き込んでください。

KEY[7:0] ビット (キーコード)

KEY[7:0] ビットは、ENABLE ビットへの書き込みを許可または禁止します。ENABLE ビットへ書き込み際は、同時に KEY[7:0] ビットに 0xA5 を書き込んでください。0xA5 以外の値を KEY[7:0] ビットに書き込むと、ENABLE ビットは更新されません。KEY[7:0] ビットは読むと常に 0x00 が読み出されます。

15.3.1.7 MMPUENPTDMAC : DMAC 用 MMPU イネーブル保護レジスタ

Base address: RMPU = 0x4000_0000

Offset address: 0x0104

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	KEY[7:0]														PROTECT	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PROTECT	レジスタの保護 0: MMPUENPTDMAC レジスタの書き込みは可能 1: MMPUENPTDMAC レジスタの書き込みから保護。読み出しは可能。	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
15:8	KEY[7:0]	キーコード PROTECT ビットへの書き込みを許可または禁止します。	W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. ハーフワードアクセスで書き込みを行ってください。
バイトライトアクセスは禁止です。バイトライトアクセスを実行した場合の動作は保証しません。

PROTECT ビット (レジスタの保護)

PROTECT ビットは、MMPUENPTDMAC レジスタへの書き込みを許可または禁止します。

PROTECT ビットへ書き込む際は、同時に KEY[7:0] ビットに 0xA5 を書き込んでください。

KEY[7:0] ビット (キーコード)

KEY[7:0] ビットは、PROTECT ビットへの書き込みを許可または禁止します。PROTECT ビットへ書き込む際は、同時に KEY[7:0] ビットに 0xA5 を書き込んでください。0xA5 以外の値を KEY[7:0] ビットに書き込むと、PROTECT ビットは更新されません。KEY[7:0] ビットは読むと常に 0x00 が読み出されます。

15.3.1.8 MMPURPTDMAC : DMAC 用 MMPU 領域保護レジスタ

Base address: RMPU = 0x4000_0000

Offset address: 0x0108

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	KEY[7:0]														PROTECT	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PROTECT	レジスタの保護 0: DMAC 用バスマスタ MPU レジスタの書き込みは可能 1: DMAC 用バスマスタ MPU レジスタの書き込みから保護。読み出しは可能。	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
15:8	KEY[7:0]	キーコード PROTECT ビットへの書き込みを許可または禁止します。	W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注: ハーフワードアクセスで書き込みを行ってください。
バイトライトアクセスは禁止です。バイトライトアクセスを実行した場合の動作は保証しません。

PROTECT ビット (レジスタの保護)

PROTECT ビットは、保護する関連レジスタへの書き込みを許可または禁止します。

MMPURPTDMAC.PROTECT ビットは下記のレジスタを制御します。

- 非セキュアプログラムの MMPUSDMACn (n = 0~7) レジスタ
- 非セキュアプログラムの MMPUEDMACn (n = 0~7) レジスタ
- 非セキュアプログラムの MMPUACDMACn (n = 0~7) レジスタ

PROTECT ビットへ書き込む際は、ハーフワードアクセスを使用して同時に KEY[7:0]ビットに 0xA5 を書き込んでください。

KEY[7:0]ビット (キーコード)

KEY[7:0]ビットは、PROTECT ビットへの書き込みを許可または禁止します。PROTECT ビットへ書き込む際は、同時に KEY[7:0]ビットに 0xA5 を書き込んでください。これ以外の値を書き込むと、PROTECT ビットは更新されません。

KEY[7:0]ビットは読むと常に 0x00 が読み出されます。

15.3.1.9 MMPURPTDMAC_SEC : DMAC セキュリティ用 MPU 領域保護レジスタ

Base address: RMPU = 0x4000_0000

Offset address: 0x010C

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	KEY[7:0]														PROTECT	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PROTECT	レジスタの保護 0: DMAC 用バスマスタ MPU レジスタのセキュア書き込みは可能 1: DMAC 用バスマスタ MPU レジスタのセキュア書き込みから保護。読み出しは可能。	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
15:8	KEY[7:0]	キーコード PROTECT ビットへの書き込みを許可または禁止します。	W

注: セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注: ハーフワードアクセスで書き込みを行ってください。
バイトライトアクセスは禁止です。バイトライトアクセスを実行した場合の動作は保証しません。

PROTECT ビット (レジスタの保護)

PROTECT ビットは、保護する関連レジスタへの書き込みを許可または禁止します。

MMPURPTDMAC_SEC.PROTECT ビットは下記のレジスタを制御します。

- セキュアプログラムの MMPUSDMACn (n = 0~7) レジスタ
- セキュアプログラムの MMPUEDMACn (n = 0~7) レジスタ
- セキュアプログラムの MMPUACDMACn (n = 0~7) レジスタ

PROTECT ビットへ書き込む際は、ハーフワードアクセスを使用して同時に KEY[7:0] ビットに 0xA5 を書き込んでください。

KEY[7:0] ビット (キーコード)

KEY[7:0] ビットは、PROTECT ビットへの書き込みを許可または禁止します。PROTECT ビットへ書き込む際は、同時に KEY[7:0] ビットに 0xA5 を書き込んでください。これ以外の値を書き込むと、PROTECT ビットは更新されません。

KEY[7:0] ビットは、読むと常に 0x00 が読み出されます。

15.3.1.10 MMPUOAD : MPU 検出後の動作レジスタ

Base address: RMPU = 0x4000_0000

Offset address: 0x0000

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	KEY[7:0]								—	—	—	—	—	—	—	OAD
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	OAD	検出後の動作 0: ノンマスカブル割り込み 1: リセット	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
15:8	KEY[7:0]	キーコード OAD ビットへの書き込みを許可/禁止します。	W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. ハーフワードアクセスで書き込みを行ってください。
バイトライトアクセスは禁止です。バイトライトアクセスを実行した場合の動作は保証しません。

OAD ビット (検出後の動作)

OAD ビットは、バスマスタ MPU によって保護領域へのアクセスが検出されたとき、リセットまたはノンマスカブル割り込みのどちらを発生させるか指定します。

OAD ビットへ書き込む際は、ハーフワードアクセスを使用して同時に KEY[7:0] ビットに 0xA5 を書き込んでください。

KEY[7:0] ビット (キーコード)

KEY[7:0] ビットは、OAD ビットへの書き込みを許可または禁止します。OAD ビットへ書き込む際は、同時に KEY[7:0] ビットに 0xA5 を書き込んでください。これ以外の値を書き込むと、OAD ビットは更新されません。

KEY[7:0] ビットは読むと常に 0x00 が読み出されます。

15.3.1.11 MMPUOADPT : MPU 検出後の動作保護レジスタ

Base address: RMPU = 0x4000_0000

Offset address: 0x0004

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	KEY[7:0]								—	—	—	—	—	—	—	PROTECT
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PROTECT	レジスタの保護 0: MMPUOAD レジスタの書き込みは可能 1: MMPUOAD レジスタの書き込みから保護。読み出しは可能。	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
15:8	KEY[7:0]	キーコード PROTECT ビットへの書き込みを許可または禁止します。	W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。
- 注. ハーフワードアクセスで書き込みを行ってください。
バイトライトアクセスは禁止です。バイトライトアクセスを実行した場合の動作は保証しません。

PROTECT ビット (レジスタの保護)

PROTECT ビットは、保護する関連レジスタへの書き込みを許可または禁止します。

MMPUOADPT.PROTECT ビットは下記のレジスタを制御します。

- MMPUOAD

同時に PROTECT ビットを設定する際は、ハーフワードアクセスによって KEY[7:0] ビットに 0xA5 を書き込んでください。

KEY[7:0] ビット (キーコード)

KEY[7:0] ビットは、PROTECT ビットへの書き込みを許可または禁止します。同時に PROTECT ビットへ書き込む際は、KEY[7:0] ビットに 0xA5 を書き込んでください。これ以外の値を KEY[7:0] ビットに書き込むと、PROTECT ビットは更新されません。KEY[7:0] ビットは、読むと常に 0x00 が読み出されます。

15.3.2 機能説明

15.3.2.1 メモリプロテクション

バスマスタ MPU は、各アクセス制御領域に設定されたアクセス制御情報を用いてメモリアccessを監視します。保護領域に対するからのアクセスが検出されると、バスマスタ MPU はメモリプロテクションエラーを発生させます。

バスマスタ MPU は最大 8 つの保護領域まで設定可能です。許可領域と保護領域がオーバーラップした領域は保護領域であり、2 つの保護領域がオーバーラップした領域も保護領域です。

バスマスタ MPU には DMAC/DTC のマスタグループがあります。

メモリプロテクション機能は、統合したマスタグループに対してバスのアドレスをチェックするため、マスタグループによる全アクセスが検出されます。

DMAC/DTC 用バスマスタ MPU の領域設定レジスタは、MMPUSARA レジスタを使用したセキュアアクセスおよび非セキュアアクセスに対して設定可能です。各 DMAC/DTC チャンネルや対応するバスマスタ MPU の領域設定レジスタに対して、セキュアアクセスおよび非セキュアアクセスの設定を同じにしてください。

バスマスタ MPU はリセット後に全領域が許可領域となります。MMPUENDMAC.ENABLE = 1 にすることにより、全領域が保護されます。

領域ごとに、許可領域が保護領域上に設定されます。保護領域に対するアクセスが検出されると、バスマスタ MPU はエラーを発生させます。

図 15.1 に、バスマスタ MPU の使用例を示します。

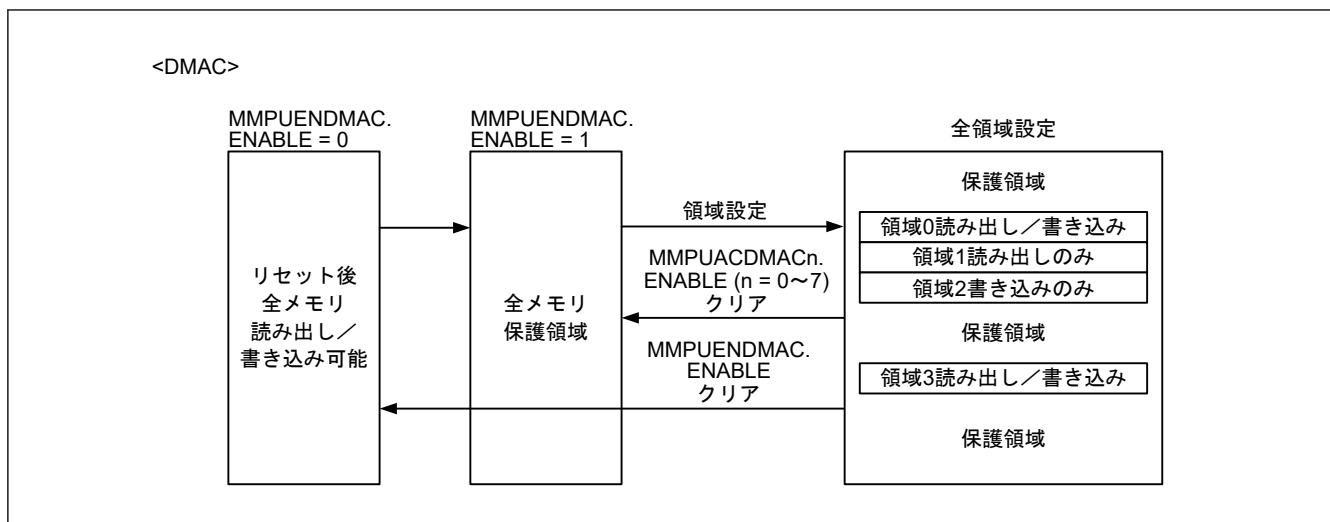


図 15.1 バスマスタ MPU の使用例

図 15.2 に、領域のオーバーラップによるアクセス制御について示します。

オーバーラップ領域へのアクセス制御は以下のとおりです。

- 1 つ以上の領域の出力が保護領域の場合、領域は保護領域として処理されます。
- 全領域の出力が領域外の場合、領域は保護領域として処理されます。
- 他の場合は許可領域として処理されます。

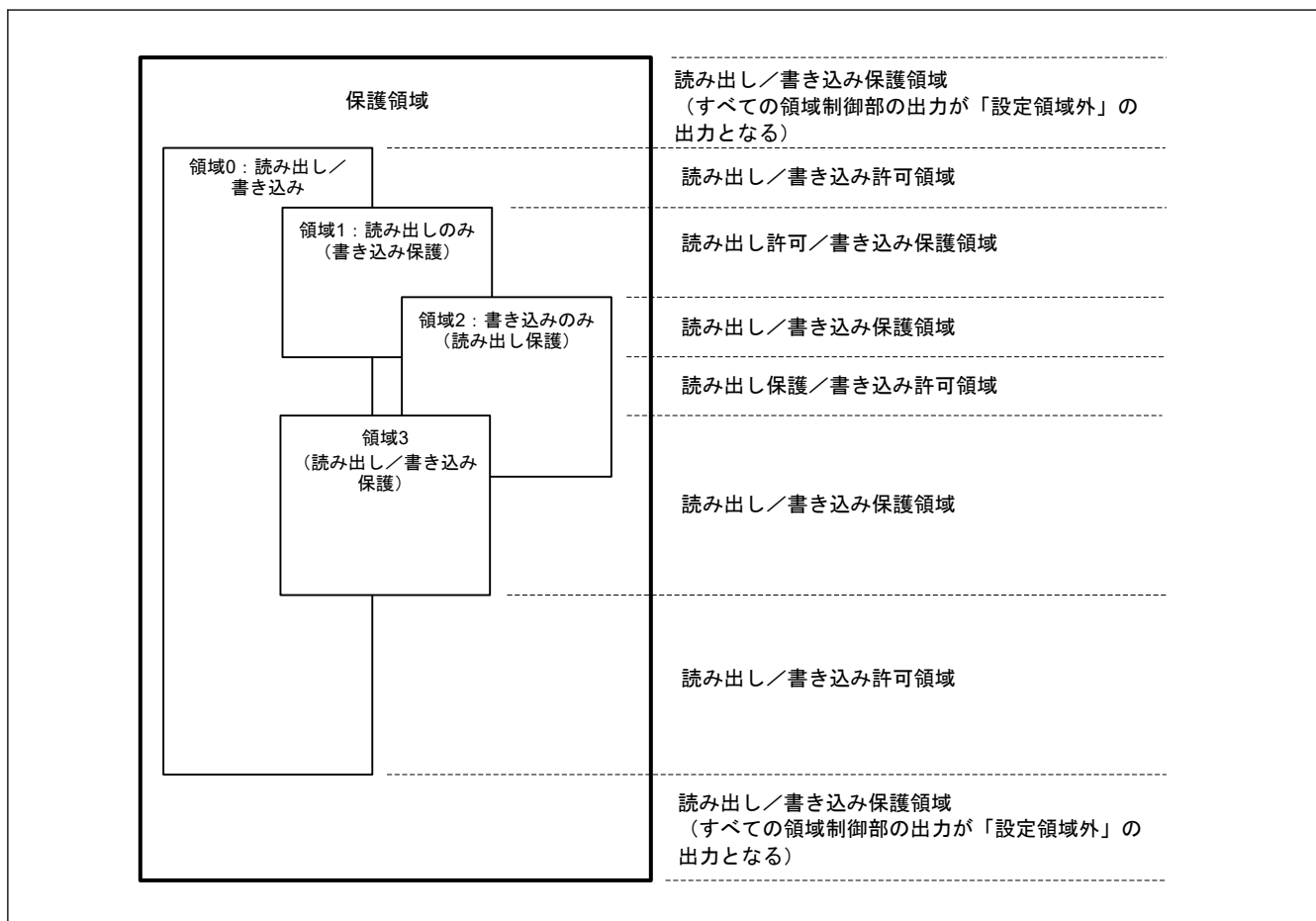


図 15.2 領域のオーバーラップによるアクセス制御

図 15.3 にリセット後のレジスタ設定フローを示します。本レジスタ設定中は、CPU 以外のすべてのバスマスタを停止してください。

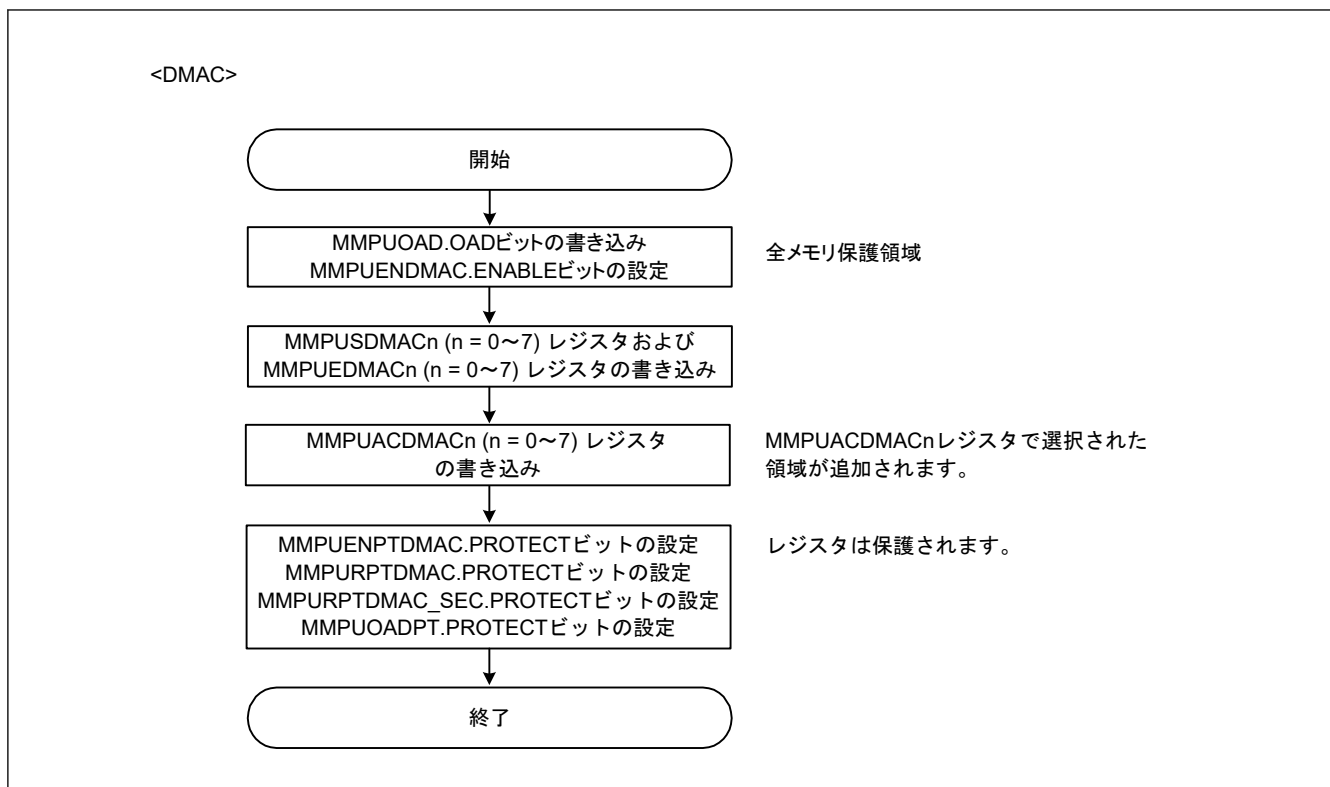


図 15.3 リセット後のバスマスタ MPU のレジスタ設定フロー

図 15.4 に領域追加のレジスタ設定フローを示します。本レジスタ設定中は、CPU 以外のすべてのマスタを停止してください。

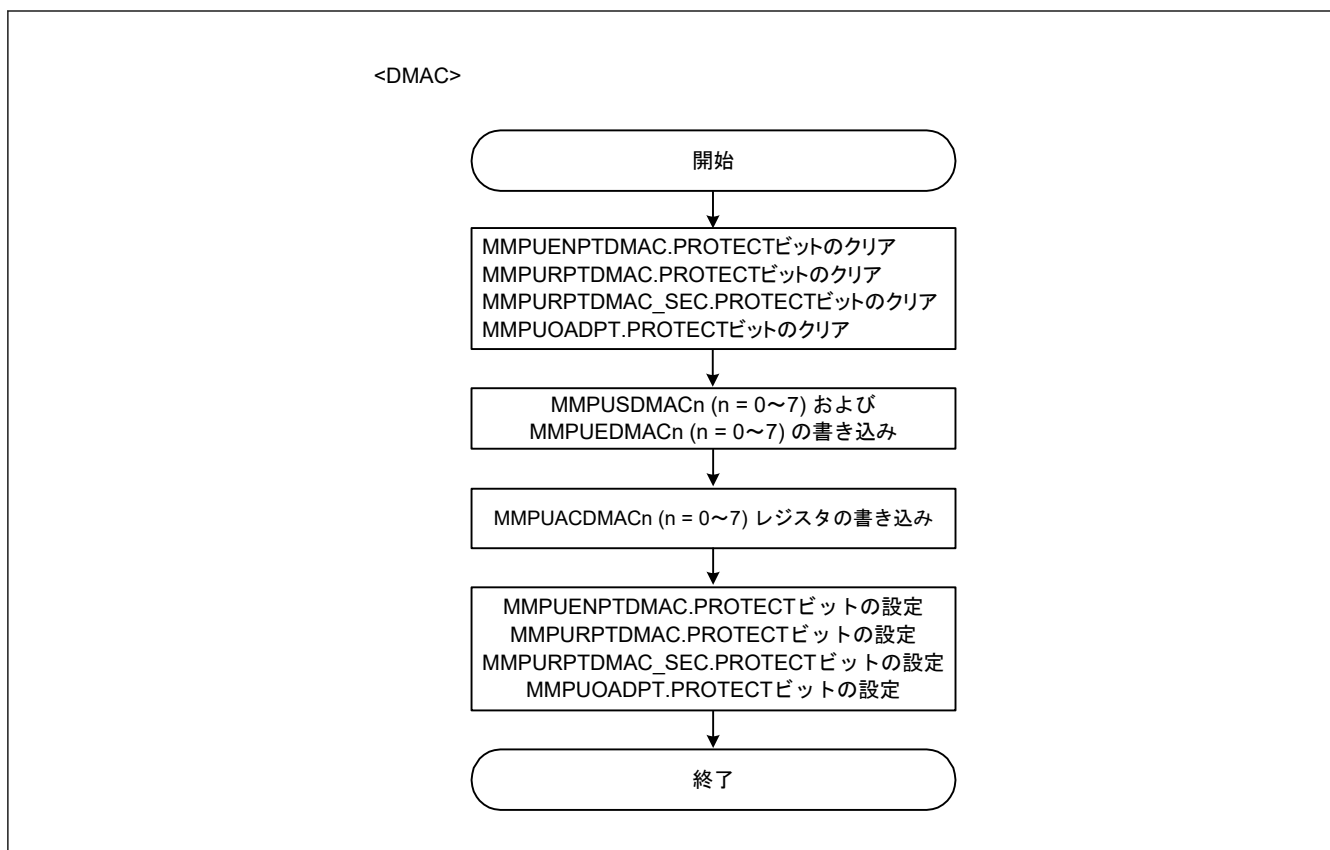


図 15.4 領域追加のレジスタ設定フロー

15.3.2.2 レジスタの保護

バスマスタ MPU 関連レジスタは MMPUENPTDMA、MMPURPTDMAC、MMPURPTDMAC_SEC、および MMPUOADPT レジスタの PROTECT ビットで保護可能です。

表 15.6 PROTECT ビットと保護対象レジスタ

PROTECT ビット	保護対象レジスタ
MMPUENPTDMAC.PROTECT	MMPUENDMAC
MMPURPTDMAC.PROTECT	以下のレジスタは、MMPUSARA.MMPUASAn (n = 0~7) により、非セキュアに設定されます。 MMPUSDMACn (n = 0~7) MMPUEDMACn (n = 0~7) MMPUACDMACn (n = 0~7)
MMPURPTDMAC_SEC.PROTECT	以下のレジスタは、MMPUSARA.MMPUASAn (n = 0~7) により、セキュアに設定されます。 MMPUSDMACn (n = 0~7) MMPUEDMACn (n = 0~7) MMPUACDMACn (n = 0~7)
MMPUOADPT.PROTECT	MMPUOAD

15.3.2.3 メモリプロテクションエラー

保護領域に対するアクセスが検出されると、バスマスタ MPU はエラーを発生させます。メモリプロテクションエラーは、OAD ビットによってノンマスカブル割り込みまたはリセットのいずれかを選択できます。

ノンマスカブル割り込みの状態は ICU.NMISR.BUSMST フラグに示されます。詳細は、「[13. 割り込みコントロールユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。リセットの状態は SYSTEM.RSTSR1.BUSMRF フラグに示されます。詳細は、「[5. リセット](#)」を参照してください。

15.4 参考資料

1. *Arm®v8-M Architecture Reference Manual (ARM DDI0553B.g)*
2. *Arm® Cortex®-M33 Processor Technical Reference Manual (ARM 100230_0004_00_en)*

16. DMA コントローラ (DMAC)

16.1 概要

本 MCU は、8 チャンネルの DMA コントローラ (DMAC) を内蔵しており、CPU を介さずにデータ転送が可能です。DMA 転送要求が発生すると、DMAC は転送元アドレスに格納されているデータを転送先アドレスへ転送します。

表 16.1 に DMAC の仕様を、図 16.1 に DMAC のブロック図を示します。

表 16.1 DMAC の仕様 (1/2)

項目	内容	
チャンネル数	8 チャンネル (DMACn (n = 0~7))	
転送空間	4 GB (0x0000_0000~0xFFFF_FFFF のうち、予約領域を除く領域)	
最大転送データ数	64M データ (ブロック転送モードにおける最大総転送数 : 1024 データ × 65536 ブロック)	
DMAC 起動要因	チャンネルごとに個別に選択可能 <ul style="list-style-type: none"> ソフトウェアトリガ 周辺モジュールからの割り込み要求/外部割り込み入力端子からのトリガ(注1) 	
チャンネル優先順位	チャンネル0 > チャンネル1 > チャンネル2 > チャンネル3... > チャンネル7 (チャンネル0: 最優先)	
転送データ	1 データ	ビット長 : 8 ビット、16 ビット、32 ビット
	ブロックサイズ	データ数 : 1~1024
転送モード	ノーマル転送モード	<ul style="list-style-type: none"> 1 回の DMA 転送要求で 1 データを転送 設定可能なフリーランニング機能 (データ転送の全回数での指定なし)
	リピート転送モード	<ul style="list-style-type: none"> 1 回の DMA 転送要求で 1 データを転送 転送元または転送先に指定したリピートサイズ分のデータを転送すると、転送開始時のアドレスに復帰 設定可能な最大リピートサイズ : 1024 選択可能なフリーランニング機能
	リピート/ブロック転送モード	<ul style="list-style-type: none"> 1 回の DMA 転送要求で 1 ブロックを転送 設定可能な最大ブロックサイズ : 1024 ブロック転送はリピート可能 設定可能な最大リピートサイズ : 64K 選択可能なフリーランニング機能
	ブロック転送モード	<ul style="list-style-type: none"> 1 回の DMA 転送要求で 1 ブロックを転送 設定可能な最大ブロックサイズ : 1024 選択可能なフリーランニング機能
選択機能	拡張リピート領域機能	<ul style="list-style-type: none"> 転送アドレスレジスタの上位ビット値を固定したまま、特定範囲のアドレスを繰り返すことでデータ転送が可能 拡張リピート領域は 2 バイトから 128 MB まで転送元、転送先に設定可能
DMA 転送エラーの処理		
<ul style="list-style-type: none"> DMA 転送エラー発生時は、エラーを発生させた転送を停止 ICU に対して、DMAC 起動要求用レジスタのクリアを要求 		
CPU 割り込み要因 (DMACn_INT)	転送終了割り込み	転送カウンタで設定したデータ数の転送終了時に発生
	転送エスケープ終了割り込み	<ul style="list-style-type: none"> リピートサイズ分のデータ転送の終了時に発生 拡張リピート領域の転送元アドレスがオーバーフローした時に発生 拡張リピート領域の転送先アドレスがオーバーフローした時に発生
CPU 割り込み要因 (DMA_TRANSE RR)	エラー応答検出割り込み	<ul style="list-style-type: none"> DMA 転送エラーが生じた時に発生
イベントリンク機能 (DMACn_INT)		
各データ転送後 (ブロックの場合は各ブロック転送後)、イベントリンク要求を発生		
マスタ TrustZone フィルタ		
非セキュアチャンネルがバスにアクセスする前に、フラッシュや SRAM の TrustZone 違反領域が検出されます。		
モジュールストップ機能		
モジュールストップ状態の設定が可能		

表 16.1 DMAC の仕様 (2/2)

項目	内容
TrustZone フィルタ	各チャンネルに対してセキュリティ属性の設定が可能

注. DMAC チャンネルのセキュリティ属性レジスタは ICU.ICUSARC で説明されます。

注 1. DMAC の起動要因については、「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」の表 13.4 を参照してください。

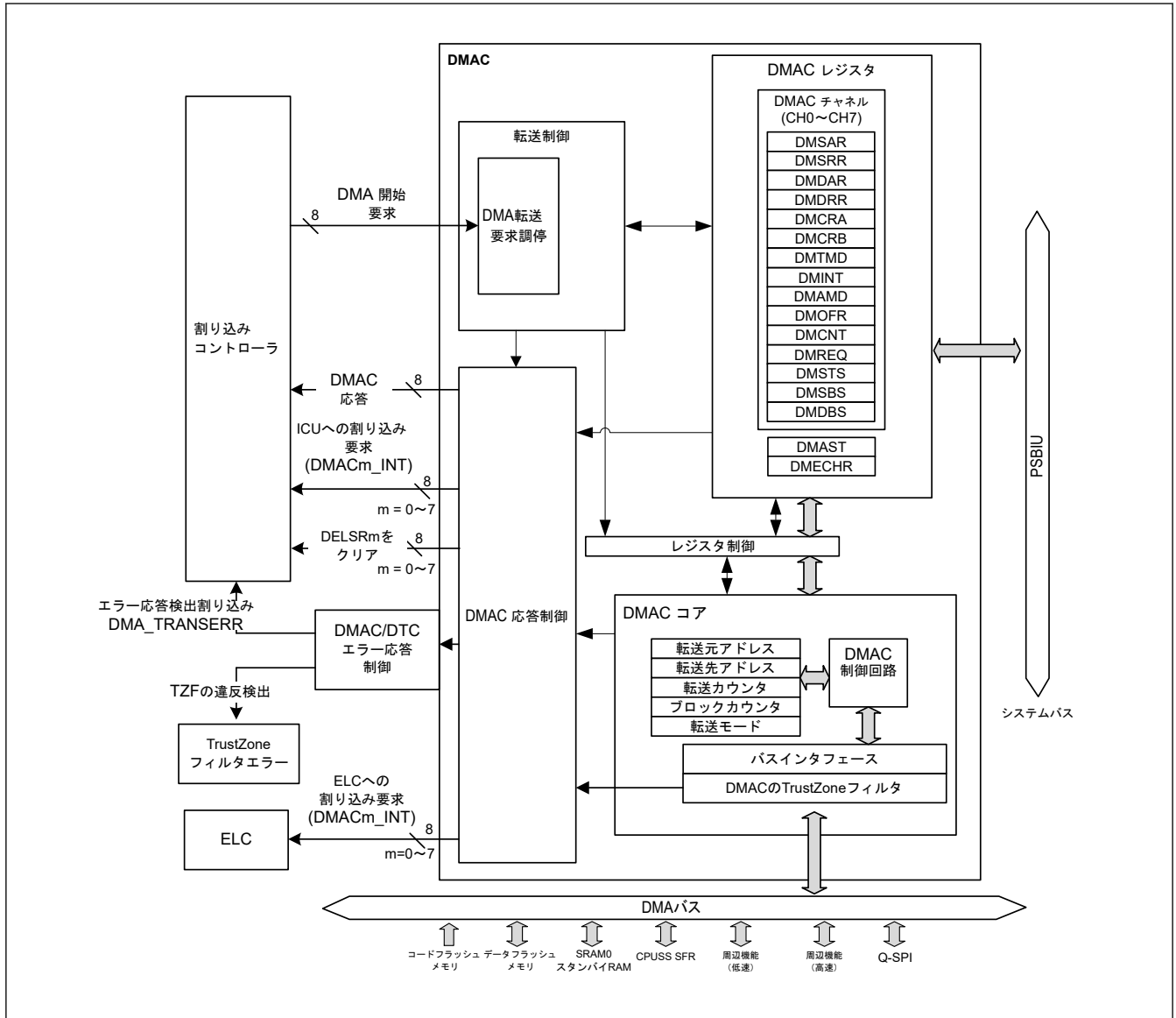


図 16.1 DMAC のブロック図

16.2.3 DMSRR : DMA 転送元リロードアドレスレジスタ

Base address: $DMACn = 0x4000_5000 + 0x0040 \times n$ (n = 0~7)

Offset address: 0x20

Bit position: 31

0

Bit field:

--

Value after reset: 0

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	n/a	転送元リロードアドレス指定 0x0000 0000~0xFFFF FFFF (4 GB)	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

DMSRR レジスタは、DMAC 起動が無効 (DMAST.DMST = 0) または DMA 転送が無効 (DMCNT.DTE = 0) のときに設定してください。

DMSRR は DMSAR の初期値です。リピート/ブロック転送モードにおいて、DMSAR は転送終了後に DMSRR の値をリロードします。

ノーマル転送モード、リピート転送モード、およびブロック転送モードでは、DMSRR は使用されず、その設定は無効です。

注. このレジスタのアドレスアライメントは、DMTMD.SZ ビットで選択した転送データサイズ値と一致している必要があります。

16.2.4 DMDAR : DMA 転送先アドレスレジスタ

Base address: $DMACn = 0x4000_5000 + 0x0040 \times n$ (n = 0~7)

Offset address: 0x04

Bit position: 31

0

Bit field:

--

Value after reset: 0

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	n/a	転送先の開始アドレスを設定 設定範囲 : 0x00000000~0xFFFFFFFF (4 GB)	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

DMDAR レジスタは、DMAC 起動禁止 (DMAST.DMST = 0)、または DMA 転送禁止 (DMCNT.DTE = 0) のときに設定してください。

注. このレジスタのアドレスアライメントは、DMTMD レジスタの SZ[1:0] ビットで選択した転送データサイズ値と一致している必要があります。

16.2.5 DMDRR : DMA 転送先リロードアドレスレジスタ

Base address: $DMACn = 0x4000_5000 + 0x0040 \times n (n = 0 \sim 7)$

Offset address: 0x24

Bit position: 31 0

Bit field:

--

Value after reset: 0

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	n/a	転送先リロードアドレス指定 0x0000_0000~0xFFFF_FFFF (4 GB)	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

DMDRR レジスタは、DMAC 起動が無効 (DMAST.DMST = 0) または DMA 転送が無効 (DMCNT.DTE = 0) のときに設定してください。

DMDRR は DMDAR の初期値です。リピート/ブロック転送モードにおいて、DMDAR は転送終了後に DMDRR の値をリロードします。

ノーマル転送モード、リピート転送モード、およびブロック転送モードでは、DMDRR は使用されず、その設定は無効です。

- 注. このレジスタのアドレスアライメントは、DMTMD.SZ ビットで選択した転送データサイズ値と一致している必要があります。

16.2.6 DMCRA : DMA 転送カウントレジスタ

Base address: $DMACn = 0x4000_5000 + 0x0040 \times n (n = 0 \sim 7)$

Offset address: 0x08

Bit position: 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16

Bit field:

—	—	—	—	—	—	DMCRAH[9:0]									
---	---	---	---	---	---	-------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

DMCRL[15:0]															
-------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	DMCRL[15:0]	転送カウント下位ビット 転送回数を設定	R/W
25:16	DMCRAH[9:0]	転送カウント上位ビット 転送回数を設定	R/W
31:26	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

リピート転送モード、ブロック転送モードおよびリピート/ブロック転送モードでは、DMCRAH ビットと DMCRAL ビットに同じ値を設定してください。リピート転送モード、ブロック転送モードおよびリピート/ブロック転送モードではビット 15～ビット 10 は 0 に固定です。

(1) ノーマル転送モード (DMTMD.MD[1:0] = 00b) の場合

ノーマル転送モードでは、DMCRAL レジスタは 16 ビットの転送カウンタとして機能します。

転送回数は、設定値が 0x0001 のときは 1 回、0xFFFF のときは 65535 回となります。1 回のデータ転送を行うたびにデクリメント (-1) されます。

設定値が 0x0000 のときは転送回数の指定なしとなり、転送カウンタが停止した状態でデータ転送を行います (フリーランニング機能)。

ノーマル転送モードでは、フリーランニング機能は DMTMD.TKP ビットにより選択されません。

ノーマル転送モードでは、DMCRAH レジスタを使用しないでください。DMCRAH レジスタへは 0x0000 を書いてください。

(2) リピート転送モード (DMTMD.MD[1:0] = 01b) の場合

リピート転送モードでは、DMCRAH レジスタはリピートサイズを指定し、DMCRAL レジスタは 10 ビットの転送カウンタとして機能します。

転送回数は、設定値が 0x001 のときは 1 回、0x3FF のときは 1023 回、0x000 のときは 1024 回となります。このモードでは、DMCRAH レジスタと DMCRAL レジスタの設定可能範囲は、0x000～0x3FF (1～1024 回) です。

DMCRAL[15:10]ビットの設定は無効です。これらのビットには 0 を書いてください。

DMCRAL レジスタは 1 回のデータ転送を行うたびにデクリメント (-1) され、0x000 になると DMCRAH レジスタの値が DMCRAL レジスタにロードされます。

(3) ブロック転送モード (DMTMD.MD[1:0] = 10b) の場合

ブロック転送モードでは、DMCRAH レジスタはブロックサイズを指定し、DMCRAL レジスタは 10 ビットのブロックサイズカウンタとして機能します。

設定値が 0x001 のときはブロックサイズ 1、0x3FF のときはブロックサイズ 1023、0x000 のときはブロックサイズ 1024 となります。このモードでは、DMCRAH レジスタと DMCRAL レジスタの設定可能範囲は、0x000～0x3FF です。

DMCRAL[15:10]ビットの設定は無効です。これらのビットには 0 を書いてください。

DMCRAL レジスタは 1 回のデータ転送を行うたびにデクリメント (-1) され、0x000 になると DMCRAH レジスタの値が DMCRAL レジスタにロードされます。

(4) リピート/ブロック転送モード (DMTMD.MD[1:0] = 11b) の場合

リピート/ブロック転送モードでは、DMCRAH レジスタはブロックサイズを指定し、DMCRAL レジスタは 10 ビットのブロックサイズカウンタとして機能します。

設定値が 0x001 のときはブロックサイズ 1、0x3FF のときはブロックサイズ 1023、0x000 のときはブロックサイズ 1024 となります。このモードでは、DMCRAH レジスタと DMCRAL レジスタの設定可能範囲は、0x000～0x3FF です。

DMCRAL[15:10]ビットの設定は無効です。これらのビットには 0 を書いてください。

DMCRAL レジスタは 1 回のデータ転送を行うたびにデクリメント (-1) され、0x000 になると DMCRAH レジスタの値が DMCRAL レジスタにロードされます。

16.2.7 DMCRB : DMA ブロック転送カウントレジスタ

Base address: DMACn = 0x4000_5000 + 0x0040 × n (n = 0~7)

Offset address: 0x0C

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	DMCRBH[15:0]															
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	DMCRBL[15:0]															
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	DMCRBL[15:0]	ブロック転送回数、リピート転送回数またはリピート/ブロック転送回数をカウント 0x0001~0xFFFF (1~65535) 0x0000 (65536)	R/W
31:16	DMCRBH[15:0]	ブロック転送回数、リピート転送回数またはリピート/ブロック転送回数を設定 0x0001~0xFFFF (1~65535) 0x0000 (65536)	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

リピート転送モード、ブロック転送モードおよびリピート/ブロック転送モードでは、DMCRBH ビットと DMCRBL ビットに同じ値を設定してください。

DMCRBH ビットは、ブロック転送モード時、リピート転送モード時およびリピート/ブロック転送モード時の転送回数を指定するビットです。また、DMCRBL ビットは、ブロック転送モード時、リピート転送モード時およびリピート/ブロック転送モード時の転送回数をカウントするビットです。

転送回数は、設定値が 0x0001 のときは 1 回、0xFFFF のときは 65535 回、0x0000 のときは 65536 回となります。

リピート転送モードの場合、1 リピートサイズの最終データ転送時にデクリメント (-1) されます。

ブロック転送モードおよびリピート/ブロック転送モードの場合、最終ブロックのデータ転送時にデクリメント (-1) されます。

ノーマル転送モードでは、設定は無効ですので、DMCRB レジスタは使用しないでください。

DMTMD.TKP = 1 で 1 リピートサイズまたは 1 ブロックサイズの最終データ転送時に、DMCRBL ビットは自動的に DMCRBH ビットの値をリロードします。

16.2.8 DMTMD : DMA 転送モードレジスタ

Base address: DMACn = 0x4000_5000 + 0x0040 × n (n = 0~7)

Offset address: 0x10

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	MD[1:0]	DTS[1:0]	—	TKP	SZ[1:0]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	DCTG[1:0]	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	DCTG[1:0]	転送要求元選択 0 0: ソフトウェア 0 1: 周辺モジュールまたは外部割り込み入力端子からの割り込み(注1) 1 0: 設定禁止 1 1: 設定禁止	R/W
7:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
9:8	SZ[1:0]	データ転送サイズ選択 0 0: 8 ビット 0 1: 16 ビット 1 0: 32 ビット 1 1: 設定禁止	R/W
10	TKP	転送継続 0: 設定した総転送回数完了により転送が終了する 1: 設定した総転送回数完了により転送が終了しない (フリーランニング)	R/W
11	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
13:12	DTS[1:0]	リピート領域選択 0 0: 転送先をリピート領域またはブロック領域に設定 0 1: 転送元をリピート領域またはブロック領域に設定 1 0: リピート領域、ブロック領域の設定なし 1 1: 設定禁止	R/W
15:14	MD[1:0]	転送モード選択 0 0: ノーマル転送 0 1: リピート転送 1 0: ブロック転送 1 1: リピート/ブロック転送	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注 1. DMAC の起動要因を選択するには、ICU の DELSRn レジスタを使用してください。DMAC の起動要因については、表 13.4 (「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」) を参照してください。

DTS[1:0]ビット (リピート領域選択)

DTS[1:0]ビットは、リピート転送またはブロック転送モードにおいて、リピート領域としての転送元または転送先を選択します。ノーマル転送モードまたはリピート/ブロック転送モードでは、これらのビットの設定値は無効です。

TKP ビット (転送継続)

TKP ビットは、リピート、ブロックまたはリピート/ブロック転送モードにおいて、設定した総転送回数完了により転送が終了するか継続するかを選択します。ノーマル転送モードでは、これらのビットの設定値は無効です。

16.2.9 DMINT : DMA 割り込み設定レジスタ

Base address: DMACn = 0x4000_5000 + 0x0040 × n (n = 0~7)

Offset address: 0x13

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	DTIE	ESIE	RPTIE	SARIE	DARIE

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DARIE	転送先アドレス拡張リピート領域オーバーフロー割り込み許可 0: 禁止 1: 許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
1	SARIE	転送元アドレス拡張リピート領域オーバーフロー割り込み許可 0: 禁止 1: 許可	R/W
2	RPTIE	リピートサイズ終了割り込み許可 0: 禁止 1: 許可	R/W
3	ESIE	転送エスケープ終了割り込み許可 0: 禁止 1: 許可	R/W
4	DTIE	転送終了割り込み許可 0: 禁止 1: 許可	R/W
7:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

DARIE ビット (転送先アドレス拡張リピート領域オーバーフロー割り込み許可)

DARIE ビットが 1 のときに、転送先アドレスの拡張リピート領域オーバーフローが発生すると、DMCNT.DTE ビットが 0 になります。同時に DMSTS.ESIF フラグが 1 になり、転送先アドレスの拡張リピート領域オーバーフローによって割り込み要求がトリガされたことを示します。

拡張リピート領域機能をブロック転送モードと併用する場合は、1 ブロック分のデータ転送終了後に割り込みが発生します。割り込みにより転送を終了したチャンネルの DMCNT.DTE ビットを 1 にすると、転送終了時の状態から再び転送を開始することができます。

転送先アドレスに拡張リピート領域を設定していない場合、このビットは無視されます。

リピートブロック転送モードへ設定する場合、本ビットを使用しないでください。

SARIE ビット (転送元アドレス拡張リピート領域オーバーフロー割り込み許可)

SARIE ビットが 1 のときに、転送元アドレスの拡張リピート領域オーバーフローが発生すると、DMCNT.DTE ビットが 0 になります。同時に DMSTS.ESIF フラグが 1 になり、転送元アドレスの拡張リピート領域オーバーフローによって割り込み要求がトリガされたことを示します。

拡張リピート領域機能をブロック転送モードと併用する場合は、1 ブロック分のデータ転送終了後に割り込みが発生します。割り込みにより転送を終了したチャンネルの DMCNT.DTE ビットを 1 にすると、転送終了時の状態から再び転送を開始することができます。

転送元アドレスに拡張リピート領域を設定していない場合は、このビットは無視されます。

リピートブロック転送モードへ設定する場合、本ビットを使用しないでください。

RPTIE ビット (リピートサイズ終了割り込み許可)

リピート転送モードにおいて RPTIE ビットを 1 にすると、1 リピートサイズ分のデータ転送終了後に DMCNT.DTE ビットが 0 になります。同時に DMSTS.ESIF フラグが 1 になり、リピートサイズ終了割り込み要求が発生したことを示します。DMTMD.DTS[1:0] ビットを 10b (リピート領域、ブロック領域の指定なし) にしたときも、リピートサイズ終了割り込み要求を発生させることができます。

このビットをブロック転送モードで 1 にしたときも、リピート転送モードの場合と同様に 1 ブロックの転送終了後に DMCNT.DTE ビットが 0 になります。同時に DMSTS.ESIF フラグが 1 になり、リピートサイズ終了割り込み要求が発生したことを示します。DMTMD.DTS[1:0] ビットを 10b (リピート領域、ブロック領域の指定なし) にしたときも、リピートサイズ終了割り込み要求を発生させることができます。

リピートブロック転送モードへ設定する場合、本ビットを使用しないでください。

ESIE ビット (転送エスケープ終了割り込み許可)

ESIE ビットは DMA 転送中に発生した転送エスケープ終了割り込み要求 (リピートサイズ終了割り込み要求、拡張リピート領域オーバーフロー割り込み要求) を許可します。

このビットが1のとき割り込みが発生して、DMSTS.ESIF フラグが1になります。転送エスケープ終了割り込みを解除するには、このビットまたはDMSTS.ESIF フラグを0にします。

DTIE ビット (転送終了割り込み許可)

DTIE ビットは指定した回数のデータ転送が終了したときに発生する転送終了割り込み要求を許可します。

このビットが1のとき、DMSTS.DTIF フラグが1になると、転送終了割り込みが発生します。転送終了割り込みを解除するには、このビットまたはDMSTS.DTIF フラグを0にします。

16.2.10 DMAMD : DMA アドレスモードレジスタ

Base address: $DMACn = 0x4000_5000 + 0x0040 \times n (n = 0 \sim 7)$

Offset address: 0x14

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	SM[1:0]		SADR	SARA[4:0]				DM[1:0]		DADR	DARA[4:0]					
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
4:0	DARA[4:0]	転送先アドレス拡張リピート領域設定 転送先アドレスに拡張リピート領域を設定します。設定についての詳細は、表 16.2 を参照してください。	R/W
5	DADR	リロード後の転送先アドレス更新選択 0: リロードのみ 1: リロード後にインデックス追加	R/W
7:6	DM[1:0]	転送先アドレス更新モード設定 00: アドレス固定 01: オフセット加算 10: インクリメント 11: デクリメント	R/W
12:8	SARA[4:0]	転送元アドレス拡張リピート領域設定 転送元アドレスに拡張リピート領域を設定します。設定値についての詳細は、表 16.2 を参照してください。	R/W
13	SADR	リロード後の転送元アドレス更新選択 0: リロードのみ 1: リロード後にインデックス追加	R/W
15:14	SM[1:0]	転送元アドレス更新モード設定 00: アドレス固定 01: オフセット加算 10: インクリメント 11: デクリメント	R/W

注: セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

DARA[4:0]ビット (転送先アドレス拡張リピート領域設定)

DARA[4:0]ビットは転送先アドレスに拡張リピート領域を設定します。拡張リピート領域機能は、指定した下位アドレスビットを更新し、残りの上位アドレスビットを固定することで実現されます。拡張リピート領域のサイズは、2 バイトから 128 MB まで設定可能です。設定間隔は2のべき乗バイト単位です。

アドレスのインクリメントにより下位アドレスが拡張リピート領域をオーバーフローすると、拡張リピート領域の開始アドレスが設定されます。同様にアドレスのデクリメントにより下位アドレスが拡張リピート領域をアンダーフローすると、拡張リピート領域の終了アドレスが設定されます。

転送先にリピート領域またはブロック領域を設定している場合、転送先アドレスに拡張リピート領域を設定しないでください。リピート転送またはブロック転送を選択した場合、DMTMD.DTS[1:0] = 00b (転送先にリピート領域またはブロック領域を設定) であれば、DARA[4:0]ビットには00000bを書いてください。

リピート/ブロック転送モードでは、DARA[4:0]ビットには 00000b を書いてください。

拡張リピート領域でオーバーフローまたはアンダーフローが発生したとき、割り込みを要求するには、DMINT.DARIE ビットを 1 にしてください。表 16.2 には、各設定値に対応した拡張リピート領域が示されています。

DADR ビット (リロード後の転送先アドレス更新選択)

リピート/ブロック転送モードでは、本ビットは DMDRR リロード後の DMDAR の動作を指定します。

本ビットに 1 を設定すると、DMDRR リロード後の DMDAR にインデックス値 ((DMDBSH-DMDBSL) × データサイズ) が付加されます。

本ビットに 0 を設定すると、DMDAR は DMDRR はリロードするだけです。本動作を表 16.13 に示します。

通常のリピート/ブロック転送モードでは、本ビットは無視されます。

DM[1:0]ビット (転送先アドレス更新モード設定)

DM[1:0]ビットは転送先アドレスの更新モードを選択します。

インクリメントを選択し、DMTMD.SZ[1:0]ビットに 00b、01b、または 10b を設定した場合、転送先アドレスはそれぞれ 1、2、または 4 ごとにインクリメントされます

デクリメントを選択し、DMTMD.SZ[1:0]ビットに 00b、01b、または 10b を設定した場合、転送先アドレスはそれぞれ 1、2、または 4 ごとにデクリメントされます

オフセット加算を選択した場合、DMOFR レジスタで設定したオフセット値をアドレスに加算されます

SARA[4:0]ビット (転送元アドレス拡張リピート領域設定)

SARA[4:0]ビットは転送元アドレスに拡張リピート領域を設定します。拡張リピート領域機能は、指定した下位アドレスビットを更新し、残りの上位アドレスビットを固定することで実現されます。拡張リピート領域のサイズは、2 バイトから 128 MB まで設定可能です。設定間隔は 2 のべき乗バイト単位です。

アドレスのインクリメントにより下位アドレスが拡張リピート領域をオーバーフローすると、拡張リピート領域の開始アドレスが設定されます。同様にアドレスのデクリメントにより下位アドレスが拡張リピート領域をアンダーフローすると、拡張リピート領域の終了アドレスが設定されます。

転送元にリピート領域またはブロック領域を設定している場合、転送元アドレスに拡張リピート領域を設定しないでください。リピート転送またはブロック転送を選択した場合、DMTMD.DTS[1:0] = 01b (転送元にリピート領域またはブロック領域を設定) であれば、SARA[4:0]ビットには 00000b を書いてください。

リピート/ブロック転送モードでは、SARA[4:0]ビットには 00000b を書いてください。

拡張リピート領域でオーバーフローまたはアンダーフローが発生したとき、割り込みを要求するには、DMINT.SARIE ビットを 1 にしてください。表 16.2 には、各設定値に対応した拡張リピート領域が示されています。

SDR ビット (リロード後の転送元アドレス更新選択)

リピート/ブロック転送モードでは、本ビットは DMSRR リロード後の DMSAR の動作を指定します。

本ビットに 1 を設定すると、DMSRR リロード後の DMSAR にインデックス値 ((DMSBSH-DMSBSL) × データサイズ) が付加されます。

本ビットに 0 を設定すると、DMSAR は DMSRR はリロードするだけです。本動作を表 16.12 に示します。

通常のリピート/ブロック転送モードでは、本ビットは無視されます。

SM[1:0]ビット (転送元アドレス更新モード設定)

SM[1:0]ビットは転送元アドレスの更新モードを選択します。

インクリメントを選択し、DMTMD.SZ[1:0]ビットに 00b、01b、または 10b を設定した場合、転送元アドレスはそれぞれ 1、2、または 4 ごとにインクリメントされます

デクリメントを選択し、DMTMD.SZ[1:0]ビットに 00b、01b、または 10b を設定した場合、転送元アドレスはそれぞれ 1、2、または 4 ごとにデクリメントされます

オフセット加算を選択した場合、DMOFR レジスタで設定したオフセット値をアドレスに加算されます

表 16.2 SARA[4:0]ビットまたは DARA[4:0]ビットの設定値と対応するリピート領域

SARA[4:0]ビットまたは DARA[4:0]ビット	拡張リピート領域
00000b	拡張リピート領域を設定しない
00001b	当該アドレスの下位 1 ビット (2 バイト) を拡張リピート領域に設定
00010b	当該アドレスの下位 2 ビット (4 バイト) を拡張リピート領域に設定
00011b	当該アドレスの下位 3 ビット (8 バイト) を拡張リピート領域に設定
00100b	当該アドレスの下位 4 ビット (16 バイト) を拡張リピート領域に設定
00101b	当該アドレスの下位 5 ビット (32 バイト) を拡張リピート領域に設定
00110b	当該アドレスの下位 6 ビット (64 バイト) を拡張リピート領域に設定
00111b	当該アドレスの下位 7 ビット (128 バイト) を拡張リピート領域に設定
01000b	当該アドレスの下位 8 ビット (256 バイト) を拡張リピート領域に設定
01001b	当該アドレスの下位 9 ビット (512 バイト) を拡張リピート領域に設定
01010b	当該アドレスの下位 10 ビット (1 KB) を拡張リピート領域に設定
01011b	当該アドレスの下位 11 ビット (2 KB) を拡張リピート領域に設定
01100b	当該アドレスの下位 12 ビット (4 KB) を拡張リピート領域に設定
01101b	当該アドレスの下位 13 ビット (8 KB) を拡張リピート領域に設定
01110b	当該アドレスの下位 14 ビット (16 KB) を拡張リピート領域に設定
01111b	当該アドレスの下位 15 ビット (32 KB) を拡張リピート領域に設定
10000b	当該アドレスの下位 16 ビット (64 KB) を拡張リピート領域に設定
10001b	当該アドレスの下位 17 ビット (128 KB) を拡張リピート領域に設定
10010b	当該アドレスの下位 18 ビット (256 KB) を拡張リピート領域に設定
10011b	当該アドレスの下位 19 ビット (512 KB) を拡張リピート領域に設定
10100b	当該アドレスの下位 20 ビット (1 MB) を拡張リピート領域に設定
10101b	当該アドレスの下位 21 ビット (2 MB) を拡張リピート領域に設定
10110b	当該アドレスの下位 22 ビット (4 MB) を拡張リピート領域に設定
10111b	当該アドレスの下位 23 ビット (8 MB) を拡張リピート領域に設定
11000b	当該アドレスの下位 24 ビット (16 MB) を拡張リピート領域に設定
11001b	当該アドレスの下位 25 ビット (32 MB) を拡張リピート領域に設定
11010b	当該アドレスの下位 26 ビット (64 MB) を拡張リピート領域に設定
11011b	当該アドレスの下位 27 ビット (128 MB) を拡張リピート領域に設定
11100b~11111b	設定禁止

16.2.11 DMOFR : DMA オフセットレジスタ

Base address: $DMACn = 0x4000_5000 + 0x0040 \times n (n = 0\sim7)$

Offset address: 0x18

Bit position: 31

0

Bit field:

Value after reset: 0

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	n/a	転送元または転送先のアドレス更新モードとしてオフセット加算が選択されている場合、そのオフセット値を設定 0x00000000~0x00FFFFFF (0 バイト~(16M-1) バイト) 0xFF000000~0xFFFFFFFF (-16 MB~-1 バイト)	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

このレジスタへの書き込みは、データ転送中ではなく、DMAC 動作停止中または DMA 転送が禁止されているときに行ってください。

b31~b25 の設定は無効です。b24 の値が b31~b25 へ拡張されます。DMOFR レジスタを読み出した場合、ビット拡張された値が読み出されます。

リピート/ブロック転送モードでは、オフセット加算が選択された場合、オフセットは DMOFR レジスタにより指定されません。DMOFR レジスタに 0 を書き込んでください。

16.2.12 DMCNT : DMA 転送イネーブルレジスタ

Base address: DMACn = 0x4000_5000 + 0x0040 × n (n = 0~7)

Offset address: 0x1C

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	DTE
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DTE	DMA 転送許可 0: 禁止 1: 許可	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

DTE ビット (DMA 転送許可)

DMA 転送は、DMAST.DMST ビットが 1 (DMAC 動作許可) のとき、対応するチャンネルの DTE ビットを 1 にすることで、開始することができます。

[1 になる条件]

- 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- 0 を書いたとき
- 設定された総転送データ数の転送が終了したとき
- リピートサイズ終了割り込みによって DMA 転送が停止したとき
- 拡張リピート領域オーバーフロー割り込みによって DMA 転送が停止したとき
- アクセスエラー発生により、DMA 転送が停止する場合「[16.5. DMA 転送エラーの処理](#)」を参照してください。

16.2.13 DMREQ : DMA ソフトウェア起動レジスタ

Base address: DMACn = 0x4000_5000 + 0x0040 × n (n = 0~7)

Offset address: 0x1D

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	CLRS	—	—	—	SWREQ
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SWREQ	DMA ソフトウェア起動 0: DMA 転送を要求しない 1: DMA 転送を要求する	R/W
3:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	CLRS	DMA ソフトウェア起動ビット自動クリア選択 0: ソフトウェアによる DMA 転送開始後に SWREQ ビットをクリアする 1: ソフトウェアによる DMA 転送開始後に SWREQ ビットをクリアしない	R/W
7:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

SWREQ ビット (DMA ソフトウェア起動)

SWREQ ビットを 1 にすると DMA 転送要求が発生します。その要求に対して転送が開始されると、CLRS ビットが 0 の場合、SWREQ ビットが 0 になります。CLRS ビットが 1 の場合はクリアされません。DMA 転送要求は、転送終了後に再発行できます。

DMTMD.DCTG[1:0]ビットが 00b (DMAC 起動要因がソフトウェア) になっている場合のみ、このビットの設定が有効となり、ソフトウェアによる DMA 転送が可能となります。

DMTMD.DCTG[1:0]ビットが 00b 以外になっている場合、このビットの設定は無効です。

CLRS ビットが 0 の状態でソフトウェアによる DMA 転送を行う場合、SWREQ ビットが 0 であることを確認してから SWREQ ビットに 1 を書いてください。

[1 になる条件]

- 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- CLRS ビットが 0 (ソフトウェアによる DMA 転送開始後に SWREQ ビットをクリアする) の場合に、ソフトウェアによる DMA 転送要求が受け付けられて DMA 転送が開始したとき
- 0 を書いたとき

CLRS ビット (DMA ソフトウェア起動ビット自動クリア選択)

CLRS ビットは SWREQ ビットを 1 にして転送要求が発生させた場合、その要求に対して DMA 転送が開始した後、SWREQ ビットを 0 にするか否かを設定します。CLRS ビットを 0 にすると、DMA 転送の開始後、SWREQ ビットは 0 になります。1 にすると、SWREQ ビットは 0 にクリアされません。DMA 転送要求は、転送終了後に再発行できます。

16.2.14 DMSTS : DMA ステータスレジスタ

Base address: DMACn = 0x4000_5000 + 0x0040 × n (n = 0~7)

Offset address: 0x1E

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	ACT	—	—	DTIF	—	—	—	ESIF

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	ESIF	転送エスケープ終了割り込みフラグ 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり	R/W(注1)
3:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R
4	DTIF	転送終了割り込みフラグ 0: 割り込み発生なし 1: 割り込み発生あり	R/W(注1)
6:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R
7	ACT	DMA アクティブフラグ 0: DMAC が停止中 1: DMAC が動作中	R

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注 1. フラグをクリアするための 0 の書き込みのみ可能です。

ESIF フラグ (転送エスケープ終了割り込みフラグ)

転送エスケープ終了割り込みが発生したことを示します。

[1 になる条件]

- リピート転送モードにおいて、DMINT.RPTIE ビットが 1 の状態で 1 リピートサイズ分のデータ転送が終了したとき
- ブロック転送モードにおいて、DMINT.RPTIE ビットが 1 の状態で 1 ブロック分のデータ転送が終了したとき
- DMINT.SARIE ビットが 1 で、かつ DMAMD.SARA[4:0] ビットが 00000b 以外 (転送元アドレスに拡張リピート領域を設定) の状態で、転送元アドレスに拡張リピート領域オーバーフローが発生したとき
- DMINT.DARIE ビットが 1 で、かつ DMAMD.DARA[4:0] ビットが 00000b 以外 (転送先アドレスに拡張リピート領域を設定) の状態で、転送先アドレスに拡張リピート領域オーバーフローが発生したとき

[0 になる条件]

- 0 を書いたとき
- DMCNT.DTE ビットに 1 を書いたとき

DTIF フラグ (転送終了割り込みフラグ)

転送終了割り込みが発生したことを示します。

[1 になる条件]

- ノーマル転送モードにおいて、指定した回数のデータ転送が終了したとき (DMCRAL レジスタの値が 0 になり転送が終了したとき)
- リピート転送モードにおいて、指定した回数のリピート転送が終了したとき (DMCRBL レジスタの値が 0 になり転送が終了したとき (DMTMD.TKP = 0) または DMCRBH をリロードした DMCRBH の値 (DMTMD.TKP = 1))

- ブロック転送モードおよびリピート/ブロック転送モードにおいて、指定したブロック数の転送が終了したとき (DMCRBL レジスタの値が 0 になり転送が終了したとき (DMTMD.TKP = 0) または DMCRBH をリロードした DMCRBL の値 (DMTMD.TKP = 1))

[0 になる条件]

- 0 を書いたとき
- DMCNT.DTE ビットに 1 を書いたとき

ACT フラグ (DMA アクティブフラグ)

DMAC が停止状態であるか、または動作中であることを示します。

[1 になる条件]

- DMAC がデータ転送を開始したとき

[0 になる条件]

- 1 転送要求に対するデータ転送が終了したとき

16.2.15 DMSBS : DMA 転送元バッファサイズレジスタ

Base address: DMACn = 0x4000_5000 + 0x0040 × n (n = 0~7)

Offset address: 0x28

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	DMSBSH[15:0]															
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	DMSBSL[15:0]															
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	DMSBSL[15:0]	リピート/ブロック転送モードでのデータ転送カウンタ 利用可能な設定は、表 16.3 を参照してください。	R/W
31:16	DMSBSH[15:0]	リピート/ブロック転送モードでのリピート領域サイズ指定 利用可能な設定は、表 16.3 を参照してください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

リピートブロック転送モードでは、DMSBSH と DMSBSL に対して、同じ値を設定してください。ノーマル転送モード、リピート転送モード、ブロック転送モードでは、DMSBS に 0x00000000 を書き込んでください。

リピート/ブロック転送モードでは、DMSBSH はバッファサイズを指定し、DMSBSL は 16 ビットのバッファサイズカウンタとして機能します。リピート/ブロック転送モードでは、転送元リピート領域を DMSBSH で指定します。

アドレス更新モードがインクリメントアドレスかデクリメントアドレスのいずれかの場合、このレジスタはバッファ全体のデータの数を示します。アドレス更新モードがオフセット加算の場合、このレジスタはそれぞれのバッファのデータの数を示します。オフセット加算の場合、DMSBSH と DMSBSL に 0x0000 を設定することは禁止です。バッファサイズの最終データが転送されたとき、DMSBSL は DMSBSH の値をリロードします。アドレス更新モードがアドレス固定の場合、このレジスタは無視されます。表 16.3 に、転送元アドレス更新モードでの転送データサイズに対応した DMA 転送元バッファサイズレジスタの設定値を示します。

表 16.3 リポート/ブロック転送モードにおいて DMSBS レジスタで利用可能な設定

転送元アドレス更新モード (DMAMD.SM)	データ転送サイズ (DMTMD.SZ)	DMSBSH ビットと DMSBSL ビットで利用可能な設定
転送元アドレス固定 (SM = 00b)	Don't care	0x0000 (DMSBS 未使用時)
オフセット加算 (SM = 01b)	8 ビット (SZ = 00b)	0x0001~0xFFFF (1~65535)
	16 ビット (SZ = 01b)	0x0001~0x7FFF (1~32767)
	32 ビット (SZ = 10b)	0x0001~0x3FFF (1~16383)
転送元アドレスがインクリメントアドレスかデクリメントアドレス (SM = 1xb)	Don't care	0x0000 (無限) 0x0001~0xFFFF (1~65535)

ノーマル転送モード、リポート転送モード、およびブロック転送モードでは、DMSBS は使用されず、その設定は無効です。

16.2.16 DMDBS : DMA 転送先バッファサイズレジスタ

Base address: $DMACn = 0x4000_5000 + 0x0040 \times n$ ($n = 0 \sim 7$)

Offset address: 0x2C

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	DMDBSH[15:0]															
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	DMDBSL[15:0]															
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	DMDBSL[15:0]	リポート/ブロック転送モードでのデータ転送カウンタ 利用可能な設定は、表 16.4 を参照してください。	R/W
31:16	DMDBSH[15:0]	リポート/ブロック転送モードでのリポート領域サイズ指定 利用可能な設定は、表 16.4 を参照してください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

リポートブロック転送モードでは、DMDBSH と DMDBSL に対して、同じ値を設定してください。ノーマル転送モード、リポート転送モード、ブロック転送モードでは、DMDBS に 0x00000000 を書き込んでください。

リポート/ブロック転送モードにおいて、DMDBSH はバッファサイズを指定し、DMDBSL は 16 ビットバッファサイズカウンタとして機能します。リポート/ブロック転送モードでは、転送先のリポート領域は DMDBSH により指定されます。

アドレス更新モードがインクリメントアドレスかデクリメントアドレスのいずれかの場合、このレジスタはバッファ全体のデータの数を示します。アドレス更新モードがオフセット加算の場合、このレジスタはそれぞれのバッファのデータの数を示します。オフセット加算の場合、DMDBSH と DMDBSL に 0x0000 を設定することは禁止です。バッファサイズの最終データが転送されたとき、DMDBSL は DMDBSH の値をリロードします。アドレス更新モードがアドレス固定の場合、このレジスタは無視されます。表 16.4 に、転送先アドレス更新モードでの転送データサイズに対応した転送先バッファサイズレジスタの設定値を示します。

表 16.4 リポートブロック転送モードにおいて DMDBS レジスタで利用可能な設定 (1/2)

転送先アドレス更新モード (DMAMD.SM)	データ転送サイズ (DMTMD.SZ)	DMDBSH ビットと DMDBSL ビットで利用可能な設定
転送先アドレスは固定 (SM = 00b)	Don't care	0x0000 (DMDBS 未使用時)

表 16.4 リポートブロック転送モードにおいて DMDBS レジスタで利用可能な設定 (2/2)

転送先アドレス更新モード (DMAMD.SM)	データ転送サイズ (DMTMD.SZ)	DMDBSH ビットと DMDBSL ビットで利用可能な設定
オフセット加算 (SM = 01b)	8 ビット (SZ = 00b)	0x0001~0xFFFF (1~65535)
	16 ビット (SZ = 01b)	0x0001~0x7FFF (1~32767)
	32 ビット (SZ = 10b)	0x0001~0x3FFF (1~16383)
転送先アドレスはインクリメントまたはデクリメント (SM = 1xb)	Don't care	0x0000 (無限) 0x0001~0xFFFF (1~65535)

ノーマル転送モード、リポート転送モード、およびブロック転送モードでは、DMDBS は使用されず、その設定は無効です。

16.2.17 DMAST : DMAC モジュール起動レジスタ

Base address: DMA = 0x4000_5200

Offset address: 0x00

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	DMST

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DMST	DMAC 動作許可 0: 禁止 1: 許可	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

DMST ビット (DMAC 動作許可)

DMAST.DMST ビットを 1 にすると、DMAC 全チャネルの起動が許可されます。DMST ビットを 1 (DMAC 起動許可) にした場合、複数チャネルの DMCNT.DTE ビットを 1 (DMA 転送許可) にすることで、対応する全チャネルが同時に転送要求受け付け可能状態になります。

DMA 転送中に DMST ビットを 0 にすると、実行中の 1 転送要求に対するデータ転送が終了した後、DMA 転送が一時停止します。DMA 転送を再開するには、再度 DMST ビットを 1 にしてください。

[1 になる条件]

- 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- 0 を書いたとき

16.2.18 DMECHR : DMAC エラーチャネルレジスタ

Base address: DMA = 0x4000_5200

Offset address: 0x40

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	DMESTA
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	DMECHSAM	—	—	—	—	—	DMECH		
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	DMECH	DMAC エラーチャネル エラーが発生したチャンネル番号を示します。 000: チャンネル0でエラー発生 001: チャンネル1でエラー発生 010: チャンネル2でエラー発生 ⋮ 111: チャンネル7でエラー発生	R
7:3	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R
8	DMECHSAM	DMAC エラーチャネルセキュリティ属性監視 エラーが発生したチャンネルのセキュリティ属性を示します。 0: セキュアチャンネル 1: 非セキュアチャンネル	R
15:9	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R
16	DMESTA	DMAC エラーステータス 0: DMA 転送エラー発生なし 1: DMA 転送エラー発生あり	R/W(注1)
31:17	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R

注 1. DMESTA への書き込みは DMECHSAM の値に依存します。

DMECH[2:0]ビット (DMAC エラーチャネル)

DMA 転送起因の転送エラーが発生した場合、違反した DMAC のチャンネルを格納します。

MPU.MMPUOAD.OAD および TZF.TZFOAD.OAD でリセットが選択された場合、本レジスタもリセットされます。プログラムをデバッグする場合、ノンマスカブル割り込みを選択してください。

[1 になる条件]

- DMAC 転送エラーが発生し、かつ DMESTA = 0 の場合

[0 になる条件]

- DMESTA に 1 を書く場合

DMECHSAM ビット (DMAC エラーチャネルセキュリティ属性監視)

DMA 転送が原因の転送エラーが発生した場合に、本ビットは違反した DMAC チャンネルのセキュリティ属性を示します。

MPU.MMPUOAD.OAD および TZF.TZFOAD.OAD でリセットが選択された場合、本レジスタもリセットされます。プログラムをデバッグする場合、ノンマスカブル割り込みを選択してください。

[1 になる条件]

- DMAC 転送エラーが発生し、かつ DMESTA = 0 の場合

[0 になる条件]

- DMESTA に 1 を書く場合

DMESTA ビット (DMAC エラーステータス)

DMA 転送エラーの発生の有無を示します。

DMESTA に 1 を書くことにより、DMECH、DMECHSAM、DMESTA はクリアされます。DMESTA への 0 の書き込みは無視されます。

MPU.MMPUOAD.OAD および TZF.TZFOAD.OAD でリセットが選択された場合、本レジスタもリセットされます。プログラムをデバッグする場合、ノンマスカブル割り込みを選択してください。

[1 になる条件]

- DMAC 転送エラーが発生した場合

[0 になる条件]

- DMESTA に 1 を書く場合

注. DMECHSAM = 1 の場合、セキュアおよび非セキュア状態でクリア可能です。DMECHSAM = 0 の場合、非セキュア状態ではクリアできません。

16.3 動作説明

16.3.1 転送モード

16.3.1.1 ノーマル転送モード

ノーマル転送モードでは、1 転送要求に対して 1 データの転送を行います。DMCRAL レジスタで転送回数を最大 65535 回まで指定できます。また、これらのビットを 0x0000 にすると、転送回数は指定なしとなり、転送カウンタが停止した状態でデータ転送を行います (フリーランニング機能)。ノーマル転送モードでは、DMCRB レジスタの設定は無効です。フリーランニング機能を除き、指定した転送回数の終了後に転送終了割り込み要求を発生させることができます。

表 16.5 にノーマル転送モードにおけるレジスタ更新動作を、図 16.2 にノーマル転送モードにおける転送動作を示します。

表 16.5 ノーマル転送モードにおけるレジスタ更新動作

レジスタ	機能	1 転送要求に対する転送終了後の更新動作
DMSAR	転送元アドレス	インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算
DMDAR	転送先アドレス	インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算
DMCRAL	転送カウント	1 減算/更新なし (フリーランニング機能時)
DMCRAH	—	更新なし (ノーマル転送モードでは使用しない)
DMCRB	—	更新なし (ノーマル転送モードでは使用しない)

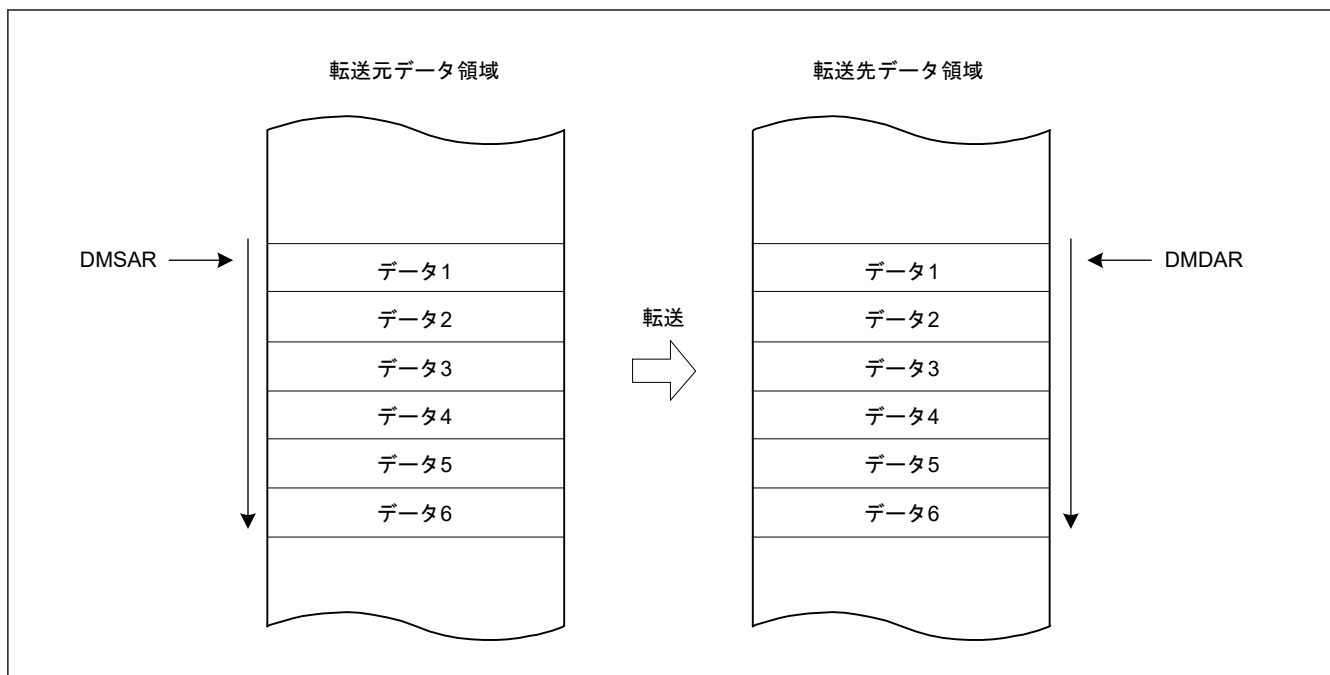


図 16.2 ノーマル転送モードにおける転送動作

16.3.1.2 リピート転送モード

リピート転送モードは 1 回の転送要求について 1 データの転送を行います。

DMCRA レジスタで最大 1K データのリピート転送サイズを設定できます。

また、DMCRB レジスタで最大 64K 回の指定リピート回数を設定できます。総データ転送数は最大 1K データ × 64K リピート回数 = 64M データの指定が可能です。

転送元または転送先のいずれか一方をリピート領域に指定することができます。リピート領域に指定された方のアドレスレジスタ (DMSAR または DMDAR) は、リピートサイズ分のデータ転送が終了すると、転送開始時のアドレスに復帰します。リピート転送モードでは、リピートサイズ分のデータ転送が終了した後に DMA 転送を停止させ、リピートサイズ終了割り込み要求を発生させることができます。リピートサイズ終了割り込み処理で、DMCNT.DTE ビットに 1 を書くと DMA 転送を再開することができます。

また、指定したリピート転送回数の終了後に、転送終了割り込み要求を発生させることができます。

リピート転送モードにおけるレジスタ更新動作を表 16.6 に、リピート転送モードにおける転送動作を図 16.3 に示します。

表 16.6 リピート転送モードでのレジスタ更新動作 (1/2)

レジスタ	機能	1 転送要求に対する転送終了後の更新動作	
		DMCRAL レジスタが 1 以外のとき	DMCRAL レジスタが 1 のとき (リピートサイズの最終データ転送)
DMSAR	転送元アドレス	インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算	<ul style="list-style-type: none"> DMTMD.DTS[1:0] = 00b インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算 DMTMD.DTS[1:0] = 01b DMSAR の初期値 DMTMD.DTS[1:0] = 10b インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算

表 16.6 リピート転送モードでのレジスタ更新動作 (2/2)

レジスタ	機能	1 転送要求に対する転送終了後の更新動作	
		DMCRAL レジスタが 1 以外するとき	DMCRAL レジスタが 1 のとき (リピートサイズの最終データ転送)
DMDAR	転送先アドレス	インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算	<ul style="list-style-type: none"> DMTMD.DTS[1:0] = 00b DMDAR の初期値 DMTMD.DTS[1:0] = 01b インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算 DMTMD.DTS[1:0] = 10b インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算
DMCRAH	リピートサイズ	更新なし	更新なし
DMCRAL	転送カウント	1 減算	DMCRAH
DMCRBH	リピート転送回数	更新なし	更新なし
DMCRBL	リピート転送回数のカウント	更新なし	1 減算

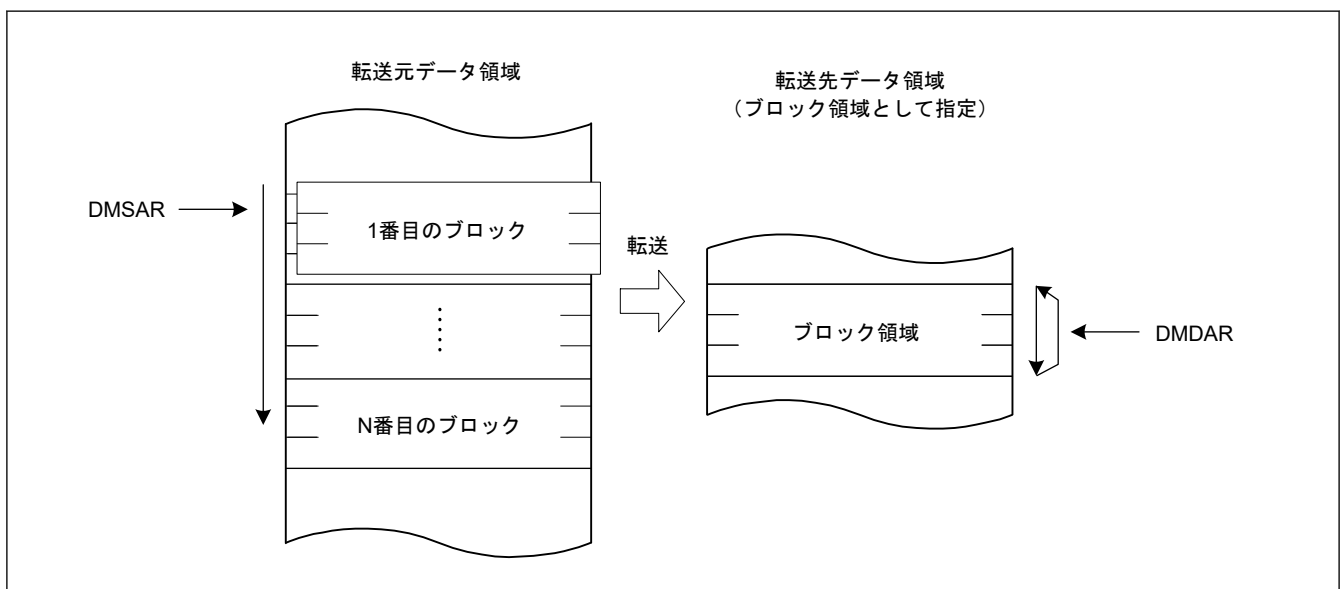


図 16.3 リピート転送モードの動作

16.3.1.3 ブロック転送モード

ブロック転送モードは、1 回の転送要求について 1 ブロックのデータ転送を行います。

DMCRA レジスタで最大 1K データのブロック転送サイズを設定できます。

また、DMCRB レジスタで最大 64K 回の指定ブロック転送回数を設定できます。総データ転送数は最大 1K データ×64K ブロック転送回数 = 64M データの指定が可能です。

転送元または転送先のいずれか一方をブロック領域に指定することができます。ブロック領域に指定された方のアドレスレジスタ (DMSAR または DMDAR) は、1 ブロック分のデータ転送が終了すると、転送開始時のアドレスに復帰します。ブロック転送モードでは、1 ブロックのデータ転送が終了した後に DMA 転送を停止し、リピートサイズ終了割り込み要求を発生させることができます。リピートサイズ終了割り込み処理で、DMCNT.DTE ビットに 1 を書くと DMA 転送を再開することができます。

また、指定したブロック転送回数の終了後に、転送終了割り込み要求を発生させることができます。

ブロック転送モードにおけるレジスタ更新動作を表 16.7 に、ブロック転送モードにおける転送動作を図 16.4 に示します。

表 16.7 ブロック転送モードでのレジスタ更新動作

レジスタ	機能	1 転送要求に対する 1 ブロック転送終了後の更新動作
DMSAR	転送元アドレス	<ul style="list-style-type: none"> DMTMD.DTS[1:0] = 00b インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算 DMTMD.DTS[1:0] = 01b DMSAR の初期値 DMTMD.DTS[1:0] = 10b インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算
DMDAR	転送先アドレス	<ul style="list-style-type: none"> DMTMD.DTS[1:0] = 00b DMDAR の初期値 DMTMD.DTS[1:0] = 01b インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算 DMTMD.DTS[1:0] = 10b インクリメント/デクリメント/固定/オフセット加算
DMCRAH	ブロックサイズ	更新なし
DMCRAL	転送カウント	DMCRAH
DMCRBH	ブロック転送回数	更新なし
DMCRBL	ブロック転送回数のカウン ト	1 減算

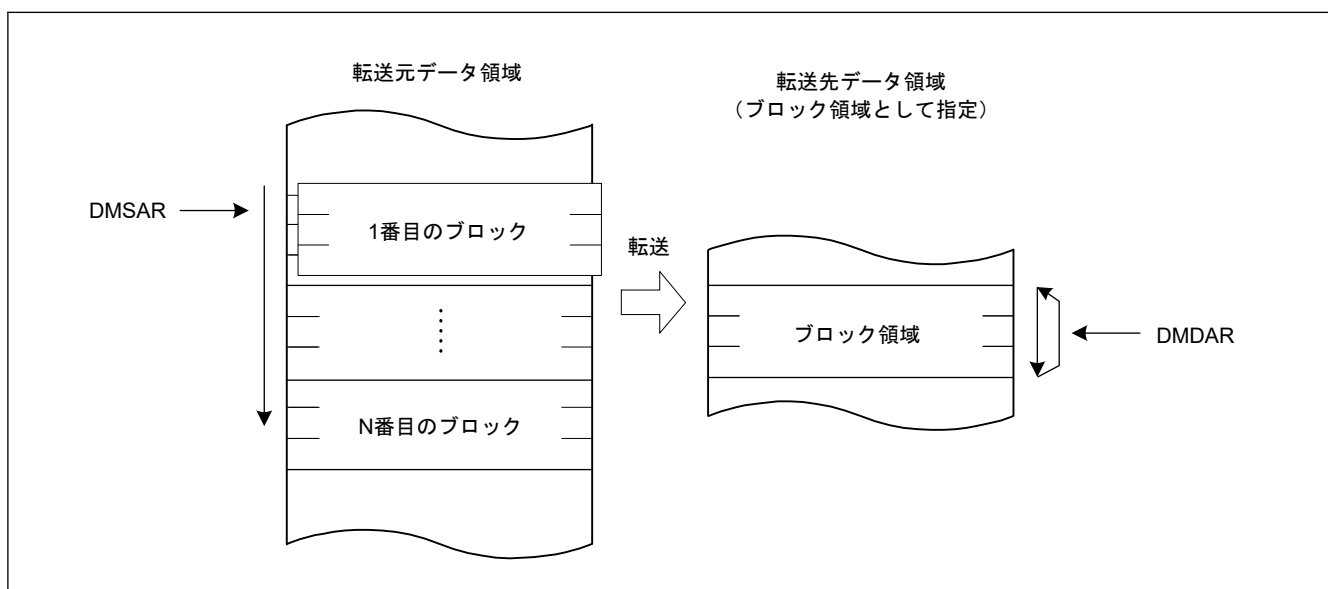


図 16.4 ブロック転送モードの動作

16.3.1.4 リpeat/ブロック転送モード

リpeat/ブロック転送はブロック転送機能に追加された以下の機能をもつ動作モードです。

リpeat機能：特定のアドレス領域をリpeatする追加機能（リングバッファ）

オフセット機能：オフセットのある複数の領域を1ブロック転送内で指定可能

リpeat機能とオフセット機能は、リpeat/ブロック転送の転送元と転送先に対して使用可能です。

図 16.5 に転送先へリpeat機能を追加する例を示します。

図 16.6 に転送先へオフセット加算するリpeat/ブロック転送の例を示します。

リpeat/ブロック転送モードでは、1つの転送要求で1つのブロックデータが転送されます。

DMACn の DMCRA を使用して、最大 1 K のデータを合計ブロック転送サイズとして設定可能です。

DMACn の DMCRB を使用して、最大 64 K をブロック転送回数として設定可能です。したがって、最大 64 M のデータ（1 K データ × 64 K ブロック転送回数）を合計データ転送サイズとして設定可能です。

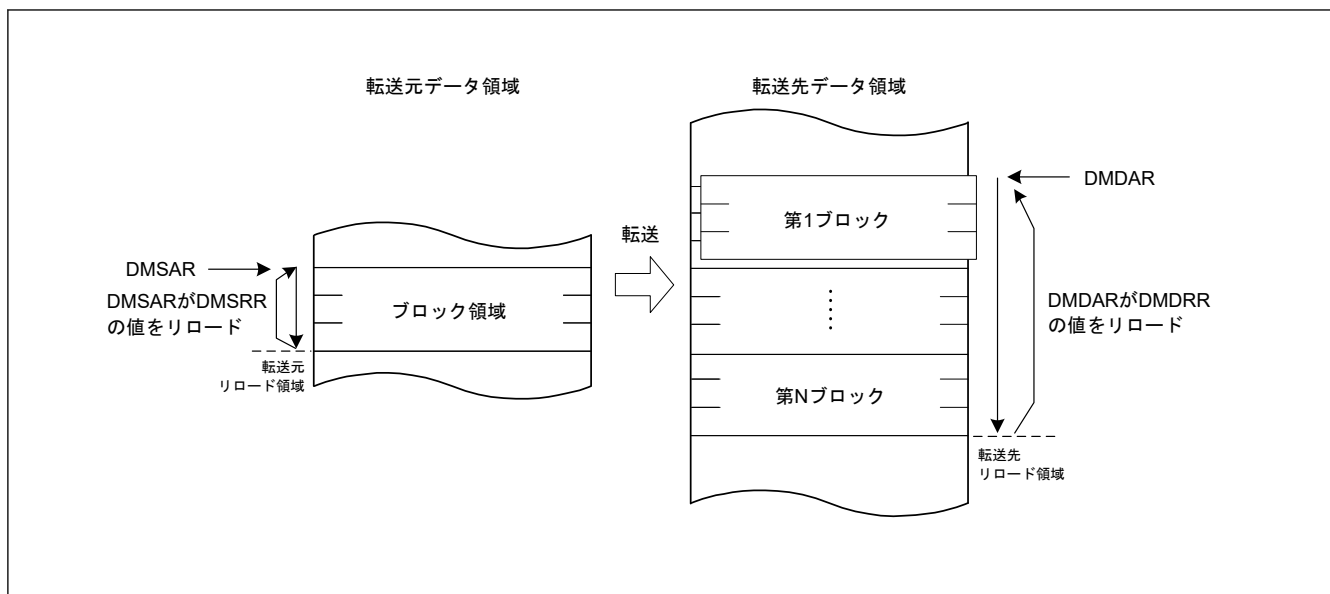


図 16.5 リpeat/ブロック転送モードの動作

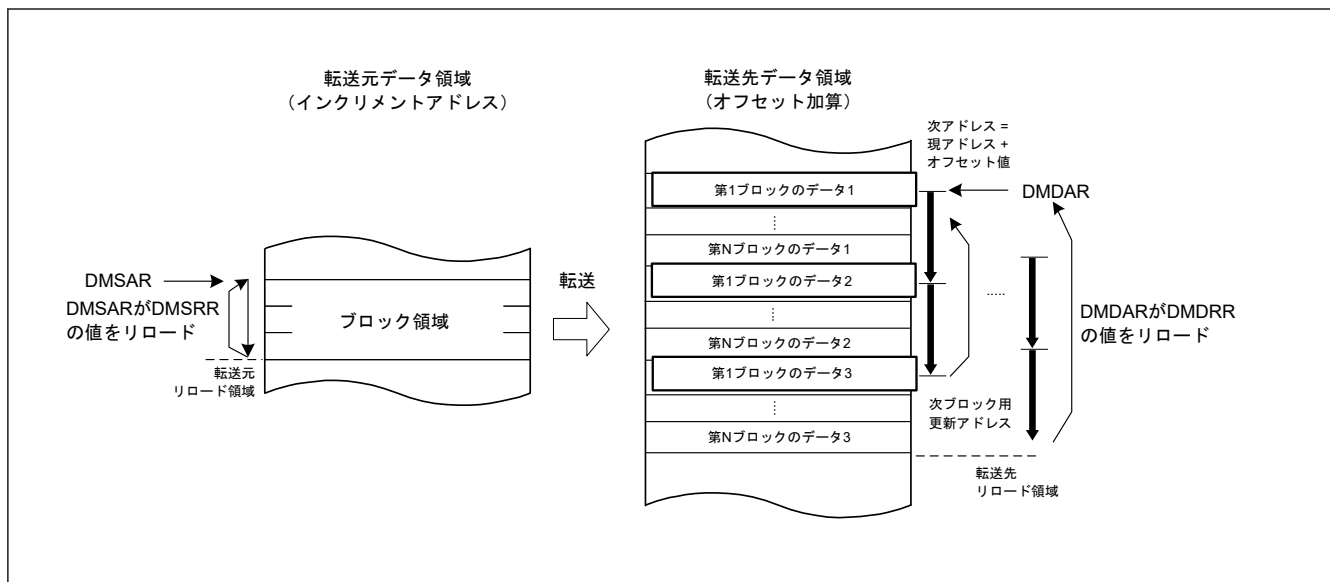


図 16.6 リpeat/ブロック転送モードの動作 (オフセット加算)

表 16.8～表 16.13 にリpeat/ブロック転送モードのレジスタ更新動作をまとめます。

表 16.8 リpeat/ブロック転送モードにおける転送元領域に対応するレジスタ更新動作 (固定アドレス DMAMD.SM[1:0] = 00b) (1/2)

レジスタ	機能	シングルデータ転送後の更新動作		
		DMCRAL[15:0]が1ではない	DMCRAL[15:0]が1 (1ブロックの転送)	DMCRBL[15:0]が1ではない
DMSRR	転送元リロードアドレス	更新なし	更新なし	更新なし
DMSAR	転送元アドレス	更新なし	更新なし	更新なし
DMCRAH[9:0]	ブロックサイズ	更新なし	更新なし	更新なし
DMCRAL[15:0]	ブロックサイズカウンタ	1減算	DMCRAH[9:0]	DMCRAH[9:0]
DMCRBH[15:0]	ブロック転送回数	更新なし	更新なし	更新なし

表 16.8 リポート/ブロック転送モードにおける転送元領域に対応するレジスタ更新動作 (固定アドレス DMAMD.SM[1:0] = 00b) (2/2)

レジスタ	機能	シングルデータ転送後の更新動作		
		DMCRAL[15:0]が1ではない	DMCRAL[15:0]が1 (1ブロックの転送)	
			DMCRBL[15:0]が1ではない	DMCRBL[15:0]が1
DMCRBL[15:0]	DMTMD.TKP = 0 の場合のブロック転送動作のカウント	更新なし	1 減算	0
	DMTMD.TKP = 1 の場合のブロック転送動作のカウント			DMCRBH[15:0]

表 16.9 リポート/ブロック転送モードにおける転送先領域に対応するレジスタ更新動作 (固定アドレス DMAMD.DM[1:0] = 00b)

レジスタ	機能	シングルデータ転送後の更新動作		
		DMCRAL[15:0]が1ではない	DMCRAL[15:0]が1 (1ブロックの転送)	
			DMCRBL[15:0]が1ではない	DMCRBL[15:0]が1
DMDRR	転送先リロードアドレス	更新なし	更新なし	更新なし
DMDAR	転送先アドレス	更新なし	更新なし	更新なし
DMCRAH[9:0]	ブロックサイズ	更新なし	更新なし	更新なし
DMCRAL[15:0]	ブロックサイズカウント	1 減算	DMCRAH[9:0]	DMCRAH[9:0]
DMCRBH[15:0]	ブロック転送回数	更新なし	更新なし	更新なし
DMCRBL[15:0]	DMTMD.TKP = 0 の場合のブロック転送動作のカウント	更新なし	1 減算	0
	DMTMD.TKP = 1 の場合のブロック転送動作のカウント			DMCRBH[15:0]

表 16.10 リポート/ブロック転送モードにおける転送元領域に対応するレジスタ更新動作 (インクリメントアドレスまたはデクリメントアドレス DMAMD.SM[1:0] = 10b または 11b) (1/2)

レジスタ	機能	シングルデータ転送後の更新動作							
		DMSBSL[15:0]が1ではない			DMSBSL[15:0]が1				
		DMCRAL[15:0]が1ではない	DMCRAL[15:0]が1 (1ブロックの転送)	DMCRBL[15:0]が1ではない	DMCRBL[15:0]が1	DMCRAL[15:0]が1ではない	DMCRAL[15:0]が1 (1ブロックの転送)	DMCRBL[15:0]が1ではない	DMCRBL[15:0]が1
DMSRR	転送元リロードアドレス	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし
DMSAR	DMTMD.SM[1:0] = 10b の場合の転送元アドレス	データサイズによるインクリメント			DMSRR				
	DMTMD.SM[1:0] = 11b の場合の転送元アドレス	データサイズによるデクリメント			DMSRR				
DMCRAH[9:0]	ブロックサイズ	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし		
DMCRAL[15:0]	ブロックサイズカウント	1 減算	DMCRAH[9:0]	DMCRAH[9:0]	1 減算	DMCRAH[9:0]	DMCRAH[9:0]		

表 16.10 リピート/ブロック転送モードにおける転送元領域に対応するレジスタ更新動作 (インクリメントアドレスまたはデクリメントアドレス DMAMD.SM[1:0] = 10b または 11b) (2/2)

レジスタ	機能	シングルデータ転送後の更新動作					
		DMSBSL[15:0]が1ではない			DMSBSL[15:0]が1		
		DMCRAL[15:0]が1ではない	DMCRAL[15:0]が1 (1ブロックの転送)		DMCRAL[15:0]が1ではない	DMCRAL[15:0]が1 (1ブロックの転送)	
DMCRBL[15:0]が1ではない	DMCRBL[15:0]が1		DMCRBL[15:0]が1ではない	DMCRBL[15:0]が1			
DMSBSH[15:0]	転送元バッファサイズ (リピートサイズ)	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし
DMSBSL[15:0]	転送元バッファの転送データカウンタ	1 減算	1 減算	1 減算	DMSBSH	DMSBSH	DMSBSH
DMCRBH[15:0]	ブロック転送回数	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし
DMCRBL[15:0]	DMTMD.TKP = 0 の場合のブロック転送動作のカウンタ	更新なし	1 減算	0	更新なし	1 減算	0
	DMTMD.TKP = 1 の場合のブロック転送動作のカウンタ			DMCRBH[15:0]			

表 16.11 リピート/ブロック転送モードにおける転送先領域に対応するレジスタ更新動作 (インクリメントアドレスまたはデクリメントアドレス DMAMD.DM[1:0] = 10b または 11b) (1/2)

レジスタ	機能	シングルデータ転送後の更新動作					
		DMDBSL[15:0]が1ではない			DMDBSL[15:0]が1		
		DMCRAL[15:0]が1ではない	DMCRAL[15:0]が1 (1ブロックの転送)		DMCRAL[15:0]が1ではない	DMCRAL[15:0]が1 (1ブロックの転送)	
DMCRBL[15:0]が1ではない	DMCRBL[15:0]が1		DMCRBL[15:0]が1ではない	DMCRBL[15:0]が1			
DMDRR	転送先リロードアドレス	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし
DMDAR	DMTMD.DM[1:0] = 10b の場合の転送先アドレス	データサイズによるインクリメント			DMDRR		
	DMTMD.DM[1:0] = 11b の場合の転送先アドレス	データサイズによるデクリメント			DMDRR		
DMCRAH[9:0]	ブロックサイズ	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし
DMCRAL[15:0]	ブロックサイズカウンタ	1 減算	DMCRAH[9:0]	DMCRAH[9:0]	1 減算	DMCRAH[9:0]	DMCRAH[9:0]
DMDBSH[15:0]	転送先バッファサイズ (リピートサイズ)	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし
DMDBSL[15:0]	転送先バッファの転送データカウンタ	1 減算	1 減算	1 減算	DMDBSH	DMDBSH	DMDBSH

表 16.11 リピート/ブロック転送モードにおける転送先領域に対応するレジスタ更新動作 (インクリメントアドレスまたはデクリメントアドレス DMAMD.DM[1:0] = 10b または 11b) (2/2)

レジスタ	機能	シングルデータ転送後の更新動作					
		DMDBSL[15:0]が1ではない			DMDBSL[15:0]が1		
		DMCRAL[15:0]が1ではない	DMCRAL[15:0]が1 (1ブロックの転送)		DMCRAL[15:0]が1ではない	DMCRAL[15:0]が1 (1ブロックの転送)	
DMCRBL[15:0]が1ではない	DMCRBL[15:0]が1		DMCRBL[15:0]が1ではない	DMCRBL[15:0]が1			
DMCRBH[15:0]	ブロック転送回数	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし
DMCRBL[15:0]	DMTMD.TKP = 0 の場合のブロック転送動作のカウン	更新なし	1 減算	0	更新なし	1 減算	0
	DMTMD.TKP = 1 の場合のブロック転送動作のカウン			DMCRBH[15:0]			

表 16.12 リピート/ブロック転送モードにおける転送元領域に対応するレジスタ更新動作 (オフセット加算 DMAMD.SM[1:0] = 01b)

レジスタ	機能	DMCRAL[15:0]が1ではない	DMCRAL[15:0]が1 (1ブロックの転送)			
			DMSBSL[15:0]が1ではない		DMSBSL[15:0]が1	
			DMCRBL[15:0]が1ではない	DMCRBL[15:0]が1	DMCRBL[15:0]が1ではない	DMCRBL[15:0]が1
DMSRR	転送元リロードアドレス	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし
DMSAR	DMAMD.SADR = 0 の場合の転送元アドレス	DMSBSH によるオフセット加算	DMSRR		DMSRR	
	DMAMD.SADR = 1 の場合の転送元アドレス		DMSRR + (DMS-BSH - DMSBSL) × (データサイズ)			
DMCRAH[9:0]	ブロックサイズ	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし
DMCRAL[15:0]	ブロックサイズカウン	1 減算	DMCRAH[9:0]	DMCRAH[9:0]	DMCRAH[9:0]	DMCRAH[9:0]
DMSBSH[15:0]	転送元バッファサイズ (リピートサイズ)	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし
DMSBSL[15:0]	転送元バッファの転送データカウン	更新なし	1 減算	1 減算	DMSBSH	DMSBSH
DMCRBH[15:0]	ブロック転送回数	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし
DMCRBL[15:0]	DMTMD.TKP = 0 の場合のブロック転送動作のカウン	更新なし	1 減算	0	1 減算	0
	DMTMD.TKP = 1 の場合のブロック転送動作のカウン			DMCRBH[15:0]		

表 16.13 リピート/ブロック転送モードにおける転送先領域に対応するレジスタ更新動作 (オフセット加算
DMAMD.DM[1:0] = 01b)

レジスタ	機能	DMCRAL[15:0]が 1ではない	DMCRAL[15:0]が 1 (1 ブロックの転送)			
			DMDBSL[15:0]が 1 ではない		DMDBSL[15:0]が 1	
			DMCRBL[15:0]が 1ではない	DMCRBL[15:0]が 1	DMCRBL[15:0]が 1ではない	DMCRBL[15:0]が 1
DMDRR	転送先リロードアドレス	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし
DMSAR	DMAMD.DADR = 0 の場合の転送先アドレス	DMDBSH による オフセット加算	DMDRR		DMDRR	
	DMAMD.DADR = 1 の場合の転送先アドレス		DMDRR + (DMDBSH - DMDBSL) × (データサイズ)			
DMCRAH[9:0]	ブロックサイズ	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし
DMCRAL[15:0]	ブロックサイズカウンタ	1 減算	DMCRAH[9:0]	DMCRAH[9:0]	DMCRAH[9:0]	DMCRAH[9:0]
DMDBSH[15:0]	転送先バッファサイズ (リピートサイズ)	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし
DMDBSL[15:0]	転送先バッファの 転送データカウンタ	更新なし	1 減算	1 減算	DMDBSH	DMDBSH
DMCRBH[15:0]	ブロック転送回数	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし	更新なし
DMCRBL[15:0]	DMTMD.TKP = 0 の場合のブロック 転送動作のカウンタ	更新なし	1 減算	0	1 減算	0
	DMTMD.TKP = 1 の場合のブロック 転送動作のカウンタ			DMCRBH[15:0]		

16.3.2 拡張リピート領域機能

DMAC には、転送元アドレスと転送先アドレスに拡張リピート領域を設定する機能があります。拡張リピート領域を設定すると、アドレスレジスタは拡張リピート領域に指定した範囲のアドレス値を繰り返します。

この機能を設定すると、アドレスレジスタは拡張リピート領域に指定した範囲のアドレス値を繰り返します。

転送元アドレスの拡張リピート領域は、DMAMD.SARA[4:0]ビットで設定します。転送先アドレスの拡張リピート領域は、DMAMD.DARA[4:0]ビットで設定します。転送元と転送先に異なるサイズの設定が可能です。

ただし、リピート領域またはブロック領域として設定した転送元または転送先に、拡張リピート領域を設定することはできません。

アドレスレジスタの値が拡張リピート領域の終了アドレスに到達し、拡張リピート領域がオーバーフローすると、DMA 転送を停止させて、拡張リピート領域オーバーフロー割り込み要求を発生させることができます。DMINT.SARIE ビットが 1 のとき、転送元の拡張リピート領域がオーバーフローすると、DMSTS.ESIF フラグが 1 になり、DMCNT.DTE ビットを 0 にして DMA 転送を終了させます。このとき、DMINT.ESIE ビットが 1 になっていると、拡張リピート領域オーバーフロー割り込み要求が発生します。DMINT.DARIE ビットが 1 の場合、この機能は転送先アドレスレジスタが対象になります。DMA 転送を再開させるには、割り込み処理で DMCNT.DTE ビットに 1 を書き込んでください。

図 16.7 に、拡張リピート領域の動作例を示します。

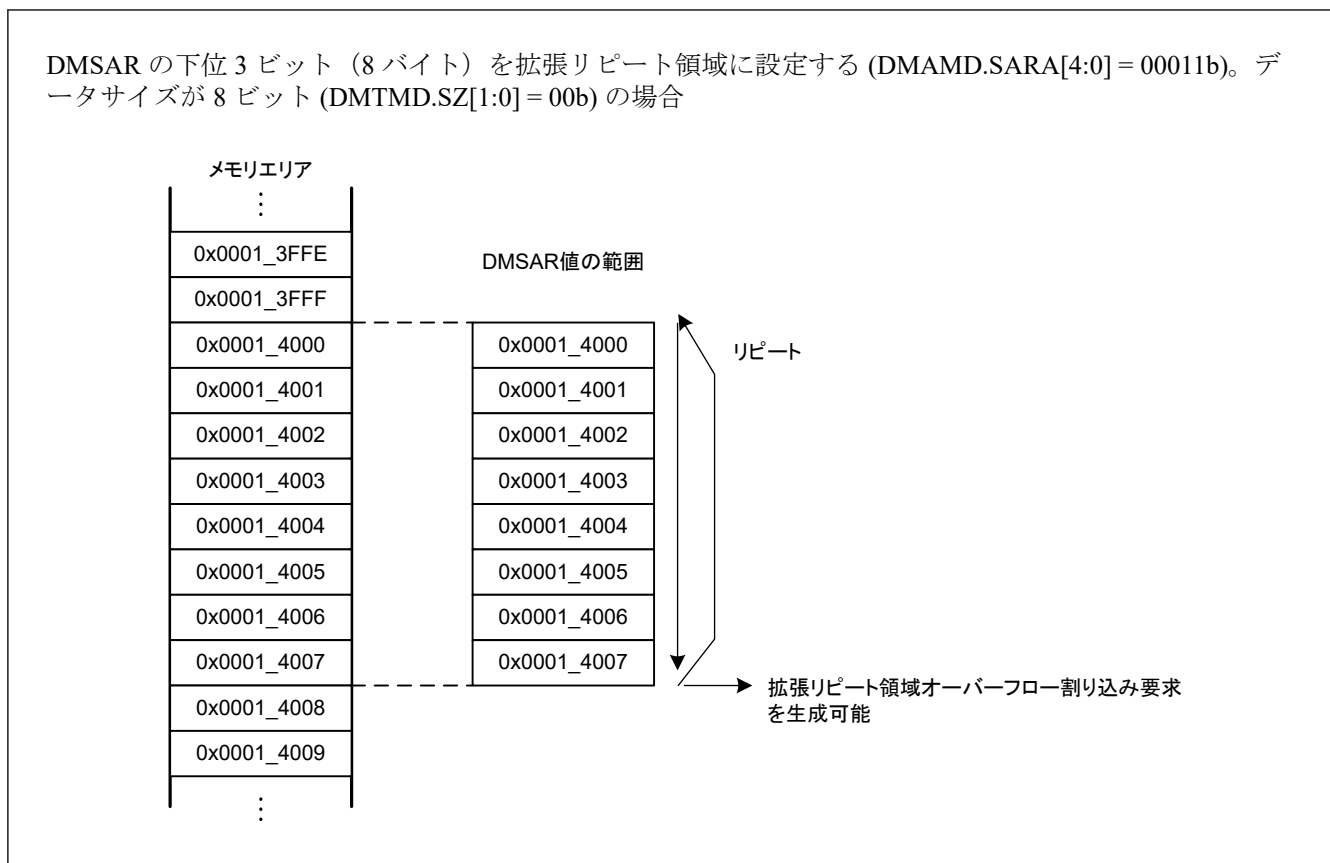


図 16.7 拡張リピート領域の動作例

ブロック転送モードで拡張リピート領域オーバーフロー割り込みを使用する場合は、以下の点に注意してください。

拡張リピート領域オーバーフロー割り込みで転送を終了させる場合、ブロックサイズを 2 のべき乗になるように設定するか、またはブロックサイズの境界と拡張リピート領域の範囲の境界が一致するようにアドレスレジスタの値を設定する必要があります。また、1 ブロックの転送中に拡張リピート領域にオーバーフローが発生した場合、そのブロックの転送が終了するまで拡張リピート領域オーバーフロー割り込みは保留され、転送はオーバーランします。

図 16.8 に、ブロック転送モードにおける拡張リピート領域機能の使用例を示します。

DMSAR の下位 3 ビット (8 バイト) を拡張リピート領域に設定し (DMAMD.SARA[4:0] = 00011b)、ブロック転送モードでブロックサイズを 5 に設定し (DMCRA = 0x00050005)、転送元アドレスをブロック領域に指定しない。データサイズが 8 ビット (DMTMD.SZ[1:0] = 00b) の場合

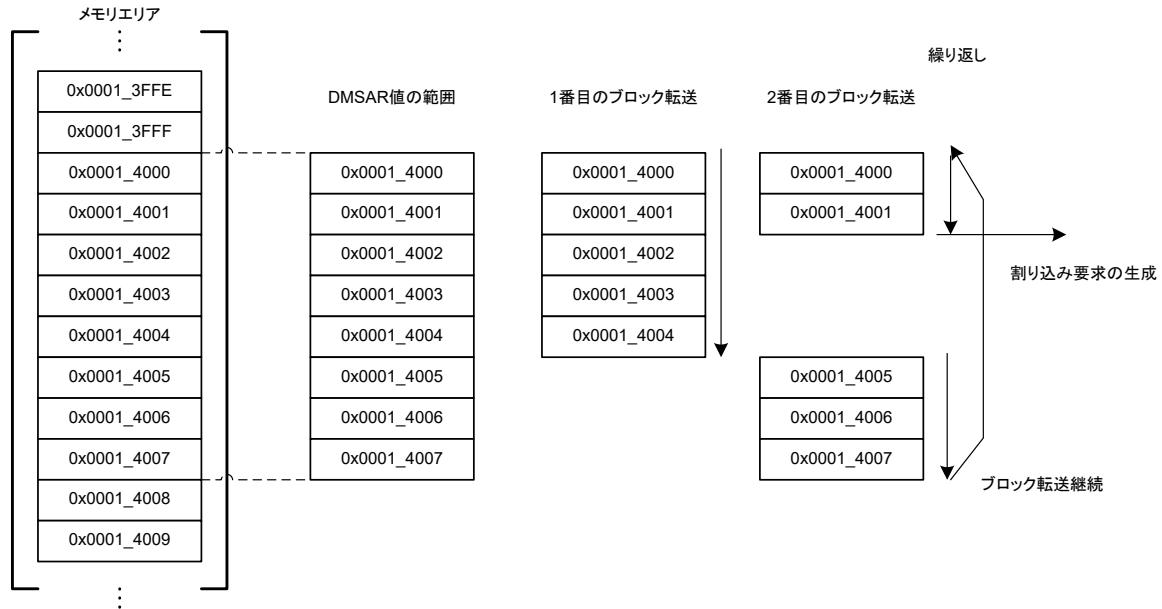


図 16.8 ブロック転送モードにおける拡張リピート領域機能の使用例

16.3.3 フリーランニング機能

DMAC はフリーランニング機能をサポートしています。この機能は割り込みハンドラを再設定することなく、リピート転送を許可します。

16.3.3.1 ノーマル転送モード

ノーマル転送モードで、DMCRA.DMCRAL ビットが 0x0000 の場合、転送動作の回数は設定されません。データ転送は、転送カウンタ停止で実行されます。

詳細については、「[16.3.1.1. ノーマル転送モード](#)」を参照してください。

16.3.3.2 他の転送モード

リピート転送モード、ブロック転送モード、およびリピートブロック転送モードでは、DMAC は DMTMD.TKP ビットを使用したフリーランニング機能をサポートしています。DMTMD.TKP ビットが 1 に設定される場合、転送動作の指定された全回数の終了により転送は停止せず、繰り返し DMCRBH をリロードします。

図 16.9 にフリーランニング機能がない場合のブロック転送例を示します。

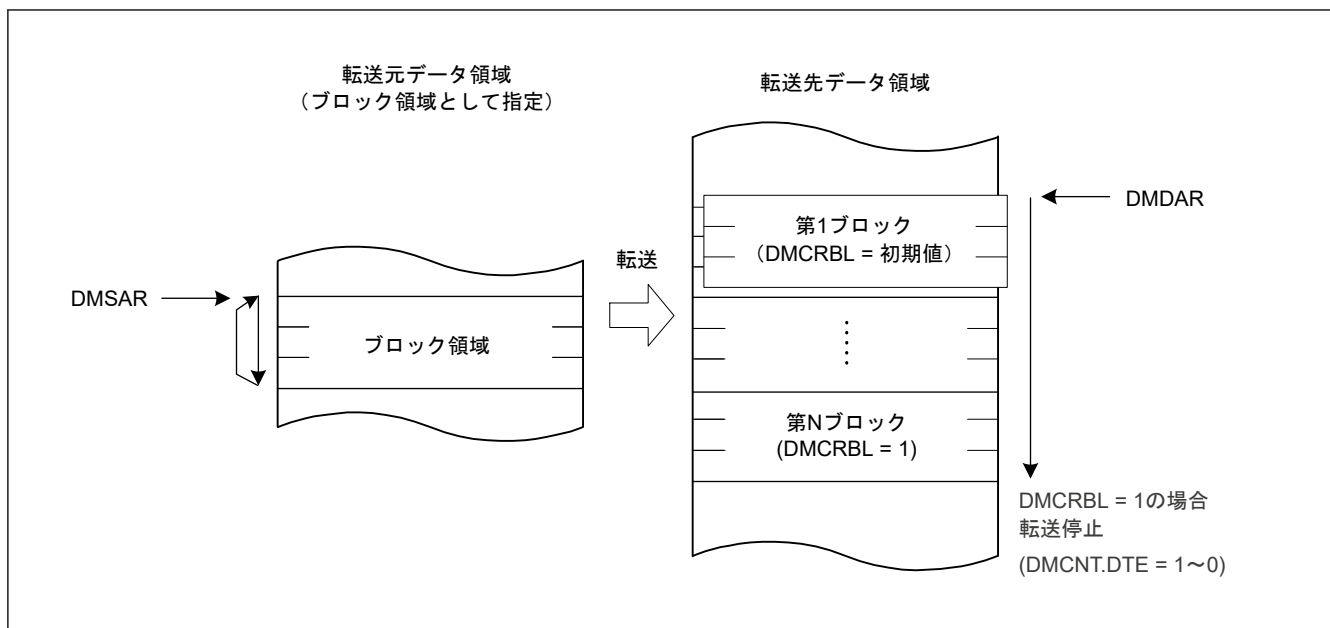
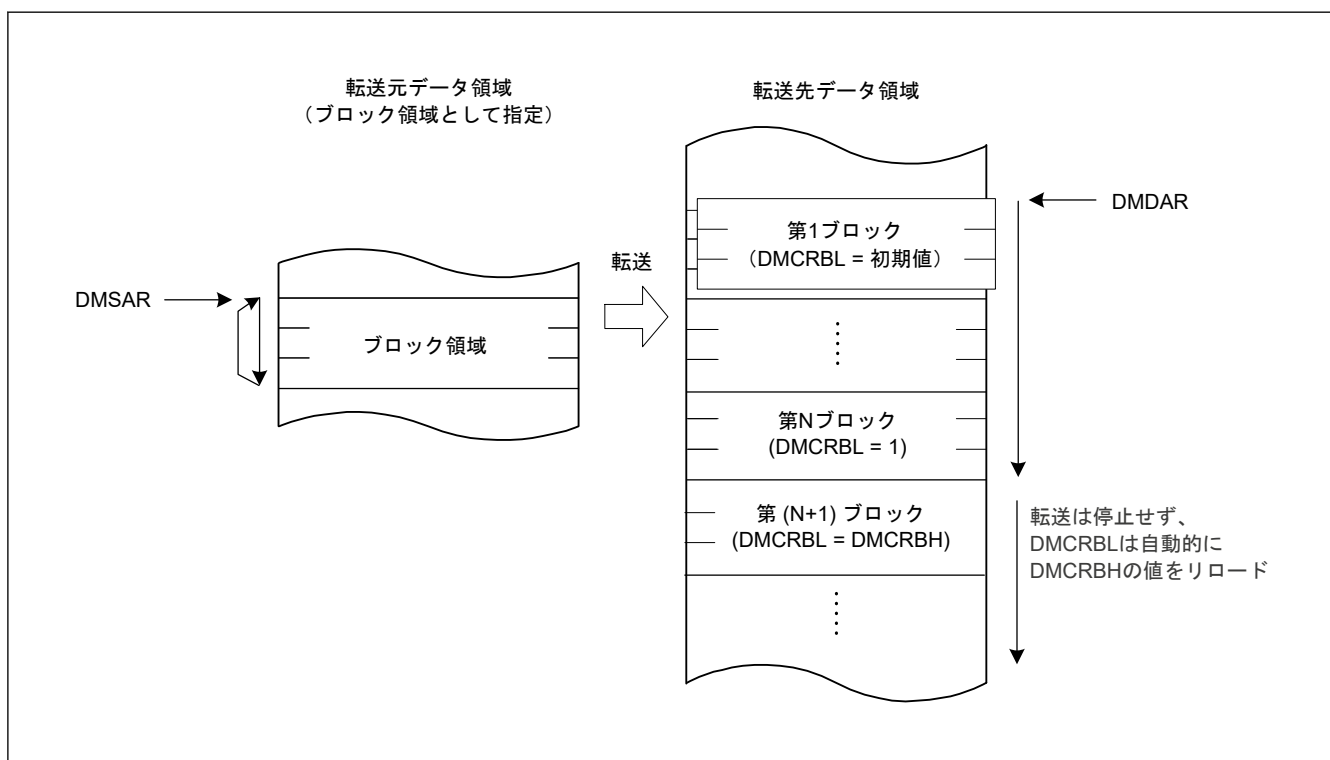


図 16.10 にフリーランニング機能がある場合のブロック転送例を示します。



16.3.4 オフセットを使用したアドレス更新機能

転送元アドレスと転送先アドレスの更新方法には、固定、インクリメント、デクリメントの他にオフセット加算があります。ノーマル、リピート、ブロック転送モードにおいて、オフセット加算では DMAC が 1 データの転送を実行するたびに、DMA オフセットレジスタ (DMOFR) で設定したオフセット値がアドレスに加算されます。この機能によって、分散した領域にアドレスが割り付けられた状態でデータ転送を実施できます。

また、DMOFR に負の値を設定すると、オフセットによる減算も可能です。負の値は 2 の補数で設定する必要があります。

リポート/ブロック転送モードでは、DMOFR の代わりに DMSBS または DMDBS が使用されます。詳細については、「16.3.1.4. リポート/ブロック転送モード」を参照してください。

表 16.14 に各アドレス更新モードにおけるアドレス更新方法を示します。

表 16.14 各アドレス更新モードにおけるアドレス更新方法

アドレス更新モード	アドレス更新モードに対する DMAMD.SM[1:0]および DMAMD.DM[1:0]の設定値	アドレス更新方法 (DMTMD.SZ[1:0]設定値別)		
		SZ[1:0] = 00b	SZ[1:0] = 01b	SZ[1:0] = 10b
アドレス固定	00b	固定		
オフセット加算	01b	+DMOFR(注1)		
インクリメント	10b	+1	+2	+4
デクリメント	11b	-1	-2	-4

注 1. DMA オフセットレジスタに負の値を設定する場合、その値は次式で計算される 2 の補数でなければいけません。
負のオフセット値の 2 の補数表現 = \sim (オフセット値) + 1 (\sim : ビット反転)

16.3.4.1 オフセット加算を使用した基本的な転送

図 16.11 にオフセット加算によるアドレス更新機能の動作例を示します。

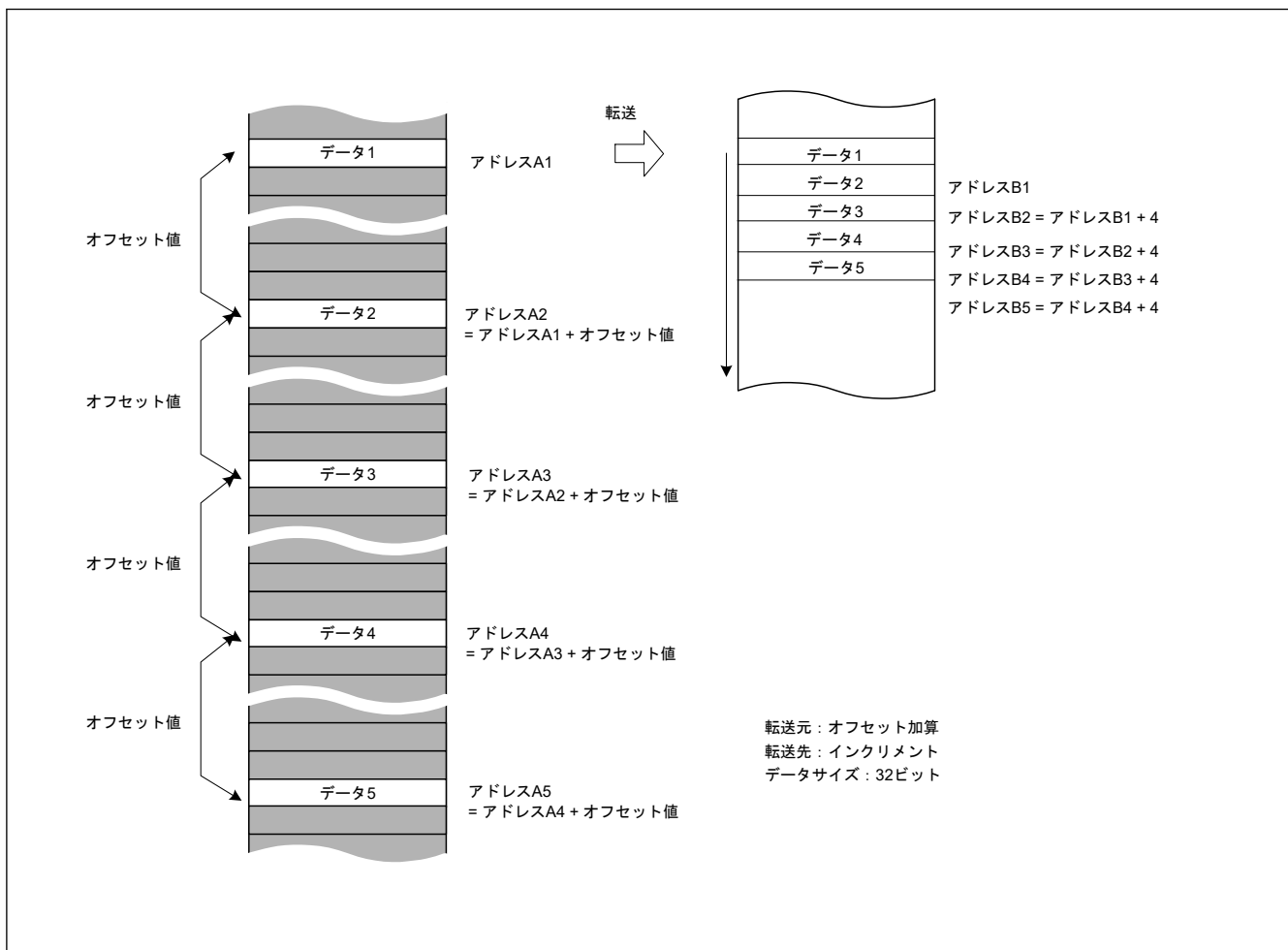


図 16.11 オフセット加算によるアドレス更新機能の動作例

図 16.11 では、以下のように設定しています。

- 転送データサイズは 32 ビット
- 転送元アドレスの更新モードはオフセット加算
- 転送先アドレスの更新モードはインクリメント

2 回目以降のデータは、前回のアドレスにオフセット値を加算することで得られる転送元アドレスから読み出されます。指定された間隔で読み出されたデータは、転送先では連続した領域に書き込まれます。

16.3.4.2 オフセット加算を使用した XY 変換例

図 16.12 に、リピート転送モードとオフセット加算を組み合わせる XY 変換を行うときの動作を示します。設定方法は以下のとおりです。

- DMAMD.SM — 転送元アドレス更新モード設定：オフセット加算
- DMAMD.DM — 転送先アドレス更新モード設定：インクリメント
- DMTMD.SZ — データ転送サイズ選択：32 ビット
- DMTMD.MD — 転送モード設定：リピート転送
- DMTMD.DTS — リピート領域選択：転送元をリピート領域に設定
- DMOFR — オフセットアドレス：0x10
- DMCRA—リピートサイズ：0x4
- DMINT.RPTIE — リピートサイズ終了割り込みを許可

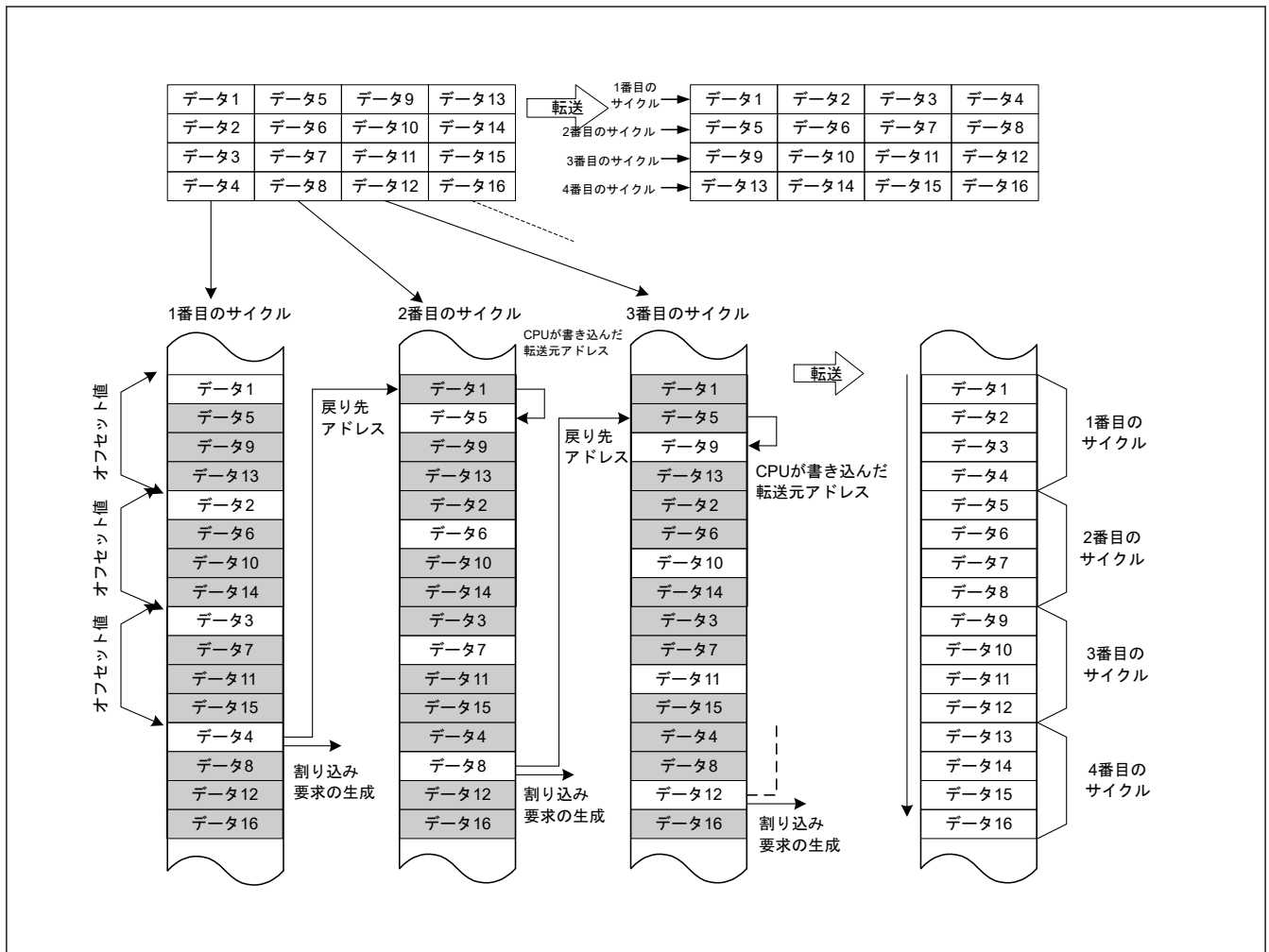


図 16.12 リピート転送モード+オフセット加算による XY 変換動作

転送が開始されると、毎回、転送元アドレスにオフセット値を加算してデータ転送が行われます。転送データは、連続した転送先アドレスに書き込まれます。“データ 4”まで転送されたときの動作は以下のとおりです。

- リピートサイズ分のデータ転送が終了する
- 転送元アドレスは転送開始時のアドレス（転送元の“データ 1”のアドレス）に復帰する

- リピートサイズ終了割り込み要求が発生する

この割り込みによって転送が一時停止している間、以下の処理を行います。

- DMSAR—DMA 転送元アドレスをデータ 5 のアドレスに書き換える
(この例では“データ 1”のアドレスに 4 を加算)
- DMCNT—DTE ビットを 1 にする

DMA 転送が中断したときの状態から DMA 転送が再開されます。以降、同じ処理を繰り返すと、転送元のデータが転送先で配置を入れ替えられます (XY 変換)。

図 16.13 に XY 変換の処理フローを示します。

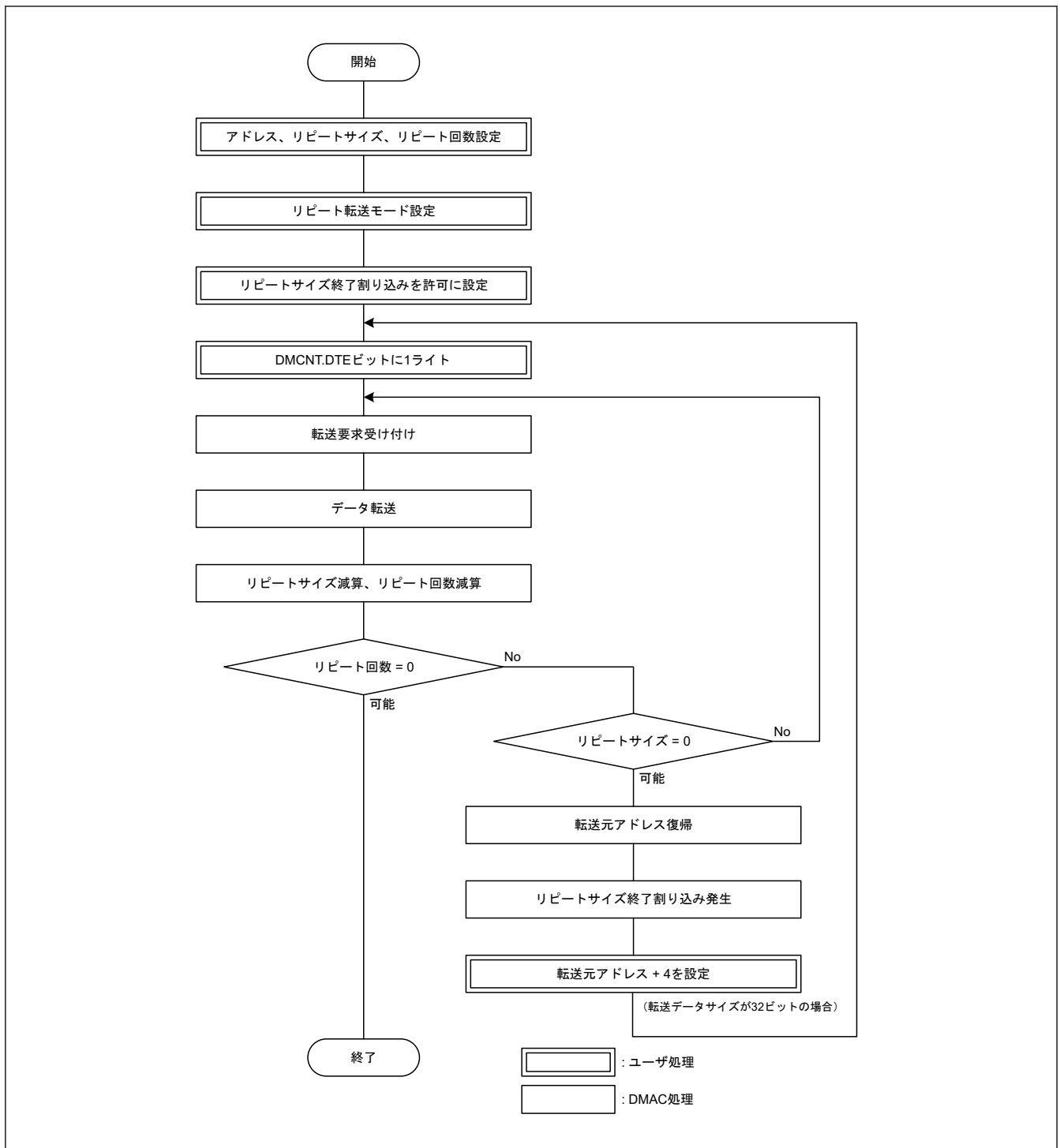


図 16.13 リピート転送モード + オフセット加算による XY 変換フロー

16.3.5 リピート／ブロック転送モードにおけるアドレス更新機能

リピート／ブロック転送モードは、リピート転送モードとブロック転送モードの拡張です。ただし、アドレス更新の詳細な動作は、これらの2つのモードでは異なります。ここでは、リピート／ブロック転送モードにおけるアドレス更新機能の詳細を説明します。

16.3.5.1 固定アドレスモード

DMAMD.SM[1:0]ビットが 00b の場合、転送元のアドレス更新モードは固定アドレスモードです。
DMAMD.DM[1:0]ビットが 00b の場合、転送先のアドレス更新モードは固定アドレスモードです。

固定アドレスモードでは、アドレスは DMSAR と DMDAR の初期値から更新されません。ブロックサイズ (DMCRA) が 1 より大きい場合、1 つの要求に対して同じデータが複数回転送されます。

図 16.14 に固定アドレスモードにおけるアドレス更新を示します。

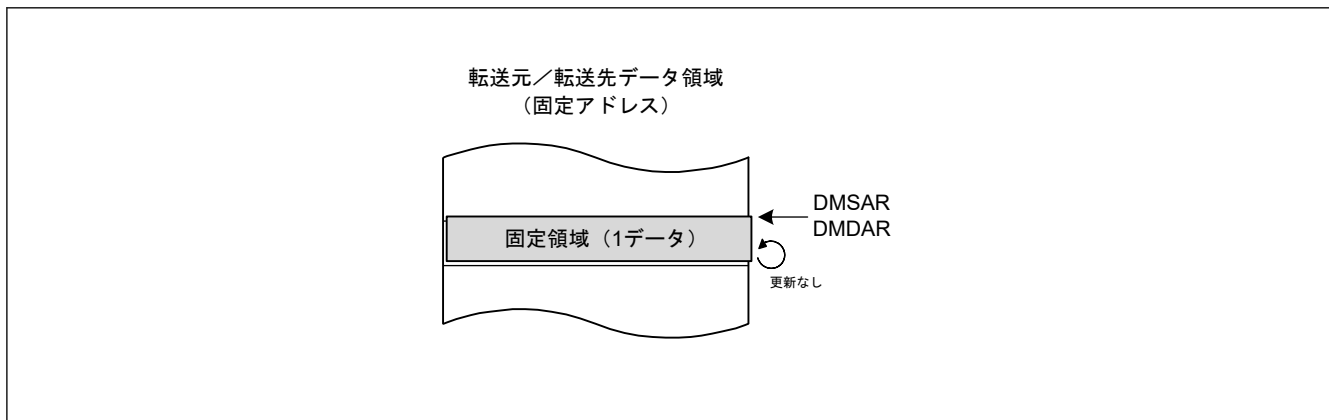


図 16.14 固定アドレスモードにおけるアドレス更新

16.3.5.2 インクリメントアドレスモードとデクリメントアドレスモード

DMAMD.SM[1:0]ビットが 10b の場合、転送元のアドレス更新モードはインクリメントアドレスモードです。DMAMD.DM[1:0]ビットが 10b の場合、転送先のアドレス更新モードはインクリメントアドレスモードです。DMAMD.SM[1:0]ビットが 11b の場合、転送元のアドレス更新モードはデクリメントアドレスモードです。DMAMD.DM[1:0]ビットが 11b の場合、転送先のアドレス更新モードはデクリメントアドレスモードです。

これらの更新モードでは、DMTMD.SZ[1:0]ビットの設定に従って、アドレスはインクリメントまたはデクリメントされます。

これらの更新モードでは、DMSBS と DMDBS はリロード領域を示します。DMSBS と DMDBS の単位はデータ数です。転送開始時に DMSBSL と DMDBSL (DMSBS と DMDBS の下位 16 ビット) はダウンカウンタとして動作し、1 つのデータが転送されるごとにデクリメントします。値が 1 になると、DMSAR と DMDAR は、DMSRR と DMDRR の値をリロードします。

図 16.15 にインクリメントアドレスモードにおけるアドレス更新を示します。

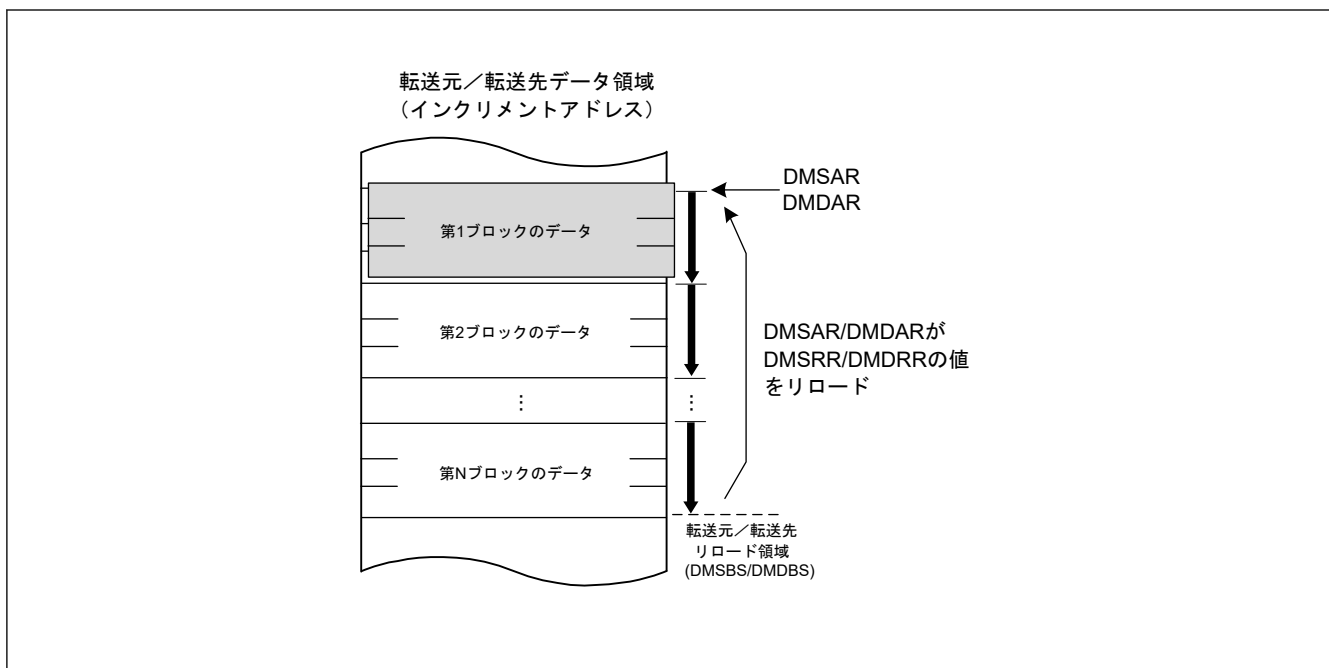


図 16.15 インクリメントアドレスモードにおけるアドレス更新

16.3.5.3 オフセット加算モード

DMAMD.SM[1:0]ビットが 01b の場合、転送元のアドレス更新モードはオフセット加算モードです。
DMAMD.DM[1:0]ビットが 01b の場合、転送先のアドレス更新モードはオフセット加算モードです。

オフセット加算モードでは、DMSBS と DMDBS はリロード領域を示し、アクセスオフセット値としても機能します。他の転送モードとは異なり、DMOFR レジスタはリピート/ブロック転送モードでは、使用されません。オフセット加算モードでは、DMSBS と DMDBS の単位はブロック数です。転送開始時に DMCRAL はダウンカウンタとして動作し、1つのブロックが転送されるごとに DMSAR と DMDAR は、DMSRR と DMDRR の値をリロードします。さらに、DMSBSL と DMDBSL (DMSBS と DMDBS の下位 16 ビット) はダウンカウンタとしても動作し、1つのブロックが転送されるごとにデクリメントします。DMSBS と DMDBS の値が 1 になると、DMSAR と DMDAR は、DMSRR と DMDRR の値をリロードします。

DMAMD.SADR と DMAMD.DADR が 0 の場合、同じ領域のオフセット加算動作が繰り返されます。DMDAR は DMDRR をリロードするだけです。図 16.16 にオフセット加算モードにおけるアドレス更新 (DMAMD.SADR = 0 かつ DMAMD.DADR = 0 の場合) を示します。

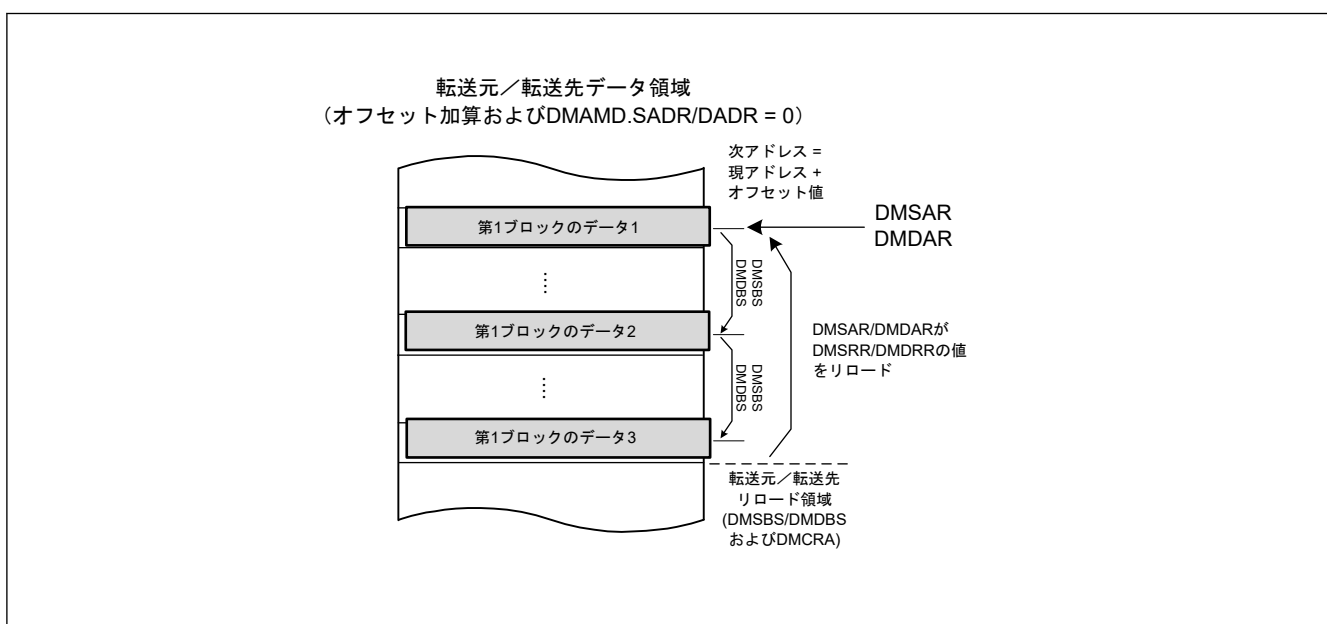


図 16.16 オフセット加算モードにおけるアドレス更新 (DMAMD.SADR = 0 かつ DMAMD.DADR = 0 の場合)

DMAMD.SADR ビットと DMAMD.DADR ビットが 1 の場合、DMSRR と DMDRR が DMCRAL = 1 によりリロードされた後に、アドレスは 1 データ単位でインクリメントされます。言い換えると、DMDRR のリロード後にインデックス値 $((DMDBSH - DMDBSL) \times \text{データサイズ})$ が DMDAR に加算されます。この動作はマルチリングバッファを実装するのに使用されます。図 16.17 にオフセット加算モードにおけるアドレス更新 (DMAMD.SADR = 1 かつ DMAMD.DADR = 1 の場合) を示します。

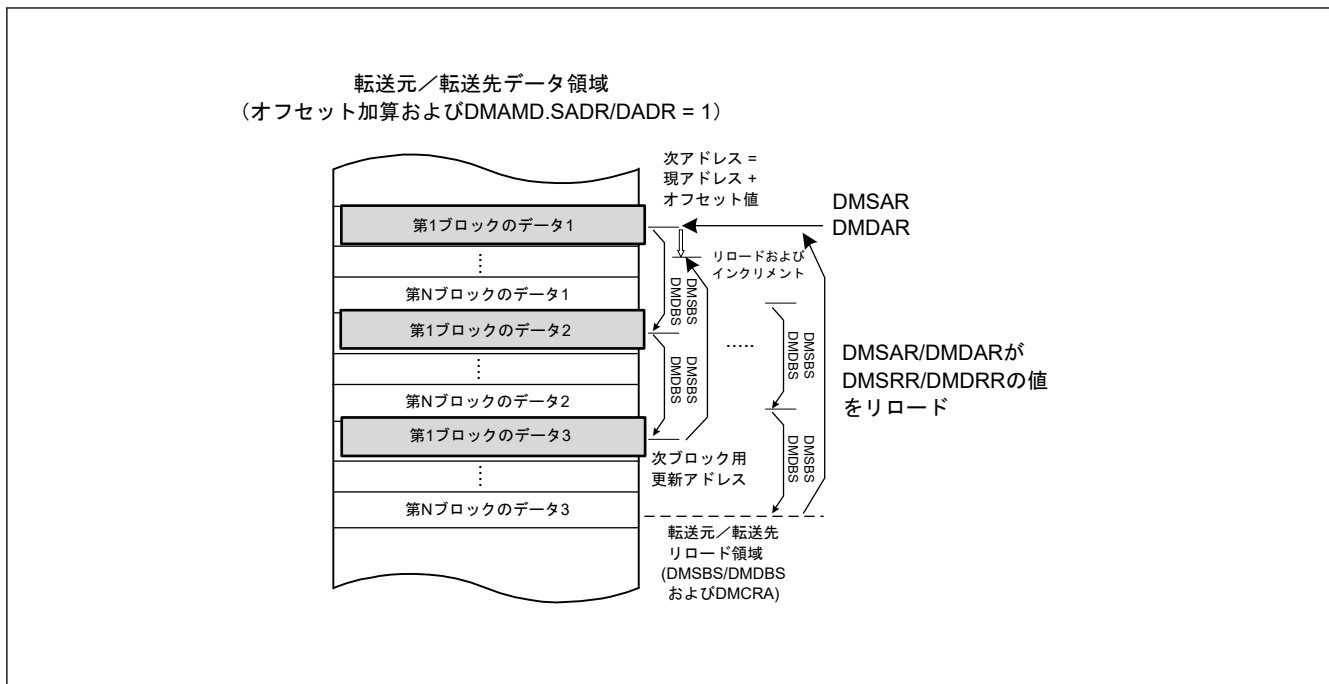


図 16.17 オフセット加算モードにおけるアドレス更新 (DMAMD.SADR = 1 かつ DMAMD.DADR = 1 の場合)

16.3.6 リpeat/ブロック転送モードの使用例

リpeat/ブロック転送モードでは、前述のアドレス更新モードを組み合わせることにより、インターバルデータやシングルリングバッファまたはマルチリングバッファへのリpeatアクセスが可能です。以下の節では、いくつかの使用例を示します。

16.3.6.1 インターバルアドレスからシングルリングバッファへ

図 16.18 に ADC12 モジュールのインターバル ADDRn レジスタ (データレジスタ) の読み出しおよびシングルリングバッファへの格納の例を示します。1 要求につき、4 ハーフワードごとに 2 データの転送を行います。DMSAR は 1 要求ごとに 1 データ、インクリメントされます。転送要因をオフセット加算に、DMAMD.SADR = 1 に、ブロックサイズ (DMCRA) を 2 に、転送元オフセット (DMSBS) を 4 に設定することで、これが可能になります。表 16.15 にこの設定例を示します。

表 16.15 インターバルアドレスからシングルリングバッファへの設定

レジスタ	値	説明
DMSAR, DMSRR	0x4017_0020	初期転送元アドレス
DMDAR, DMDRR	0x2000_0000	初期転送先アドレス
DMTMD.SZ[1:0]	01b	データサイズ : ハーフワード
DMAMD.SADR	1	リロード後のインクリメンタル転送元アドレス
DMAMD.SM[1:0]	01b	転送元の更新モード : オフセット加算
DMAMD.DM[1:0]	10b	転送先の更新モード : インクリメンタルアドレス
DMCRAH, DMCRAL	2	転送ブロックサイズ
DMSBSH, DMSBSL	4	転送元の全バッファサイズ (単位はブロック) および転送元のアクセスオフセット (単位はデータ)
DMDBSH, DMDBSL	N × 2 (DMCRA)	転送先のバッファサイズ (単位はデータ)

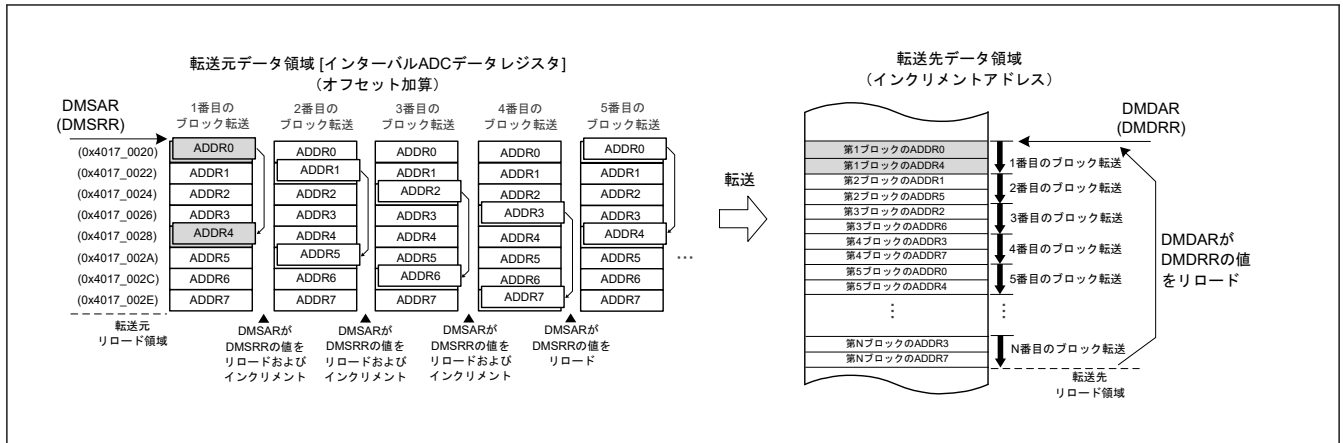


図 16.18 インターバルアドレスからシングルリングバッファへの使用例

16.3.6.2 アラインされていないリングバッファからシングルリングバッファへ

図 16.19 は ADC12 モジュール (変換結果ストレージリングバッファ) の ADBUFn レジスタのインクリメンタルな読み出しおよびシングルリングバッファへの格納の例を示します。この例では、ADBUFn レジスタが 4 番目のスキャンでオーバーフローすることによりラッピングが発生しますが、DMAC の転送元アドレスもそれに応じて更新されます。これは転送元をインクリメンタルアドレスに設定し、DMSBS レジスタのビット長を ADBUFn レジスタと同じ 16 ビットに設定することにより、実現可能です。これにより、割り込みを使用した CPU 処理を実行せずに、転送を継続することが可能です。表 16.16 に設定例を示します。

表 16.16 設定例：アラインされていないリングバッファからシングルリングバッファへ

レジスタ	値	内容
DMSAR, DMSRR	0x4017_00B0	初期転送元アドレス
DMDAR, DMDRR	0x2000_0000	初期転送先アドレス
DMTMD.SZ[1:0]	01b	データサイズ：ハーフワード
DMAMD.SM[1:0]	10b	転送元更新モード：インクリメントアドレス
DMAMD.DM[1:0]	10b	転送先更新モード：インクリメントアドレス
DMCRAH, DMCRAL	5	転送ブロックサイズ
DMSBSH, DMSBSL	16	転送元バッファサイズ (単位は"データ")
DMDBSH, DMDBSL	N × 5 (DMCRA)	転送先バッファサイズ (単位は"データ")

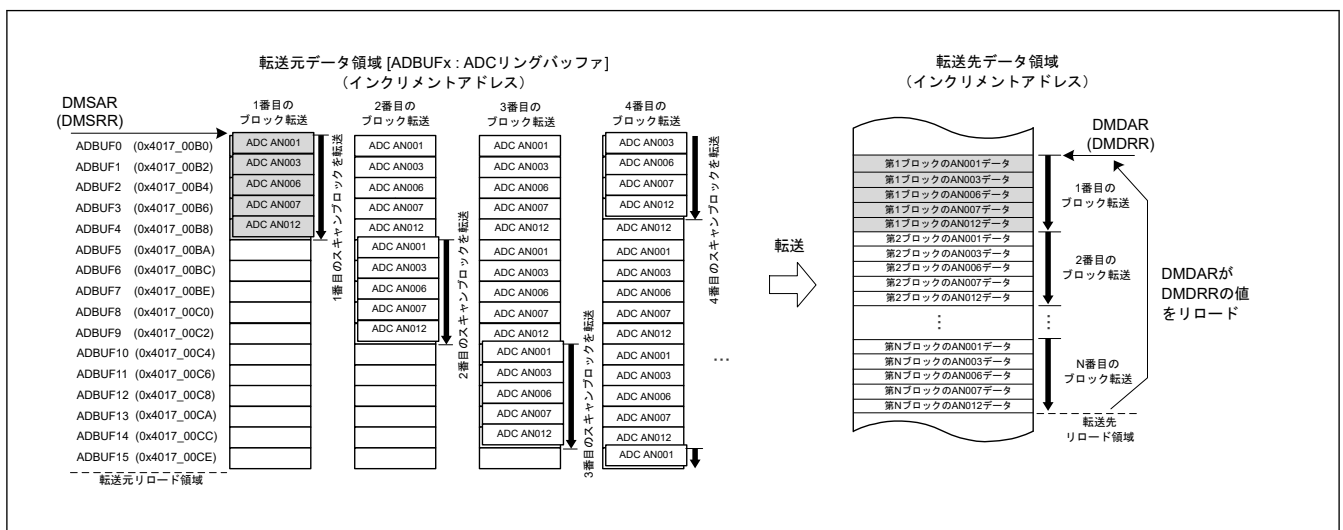


図 16.19 使用例：アラインされていないリングバッファからシングルリングバッファへ

16.3.6.3 シングルブロックからマルチリングバッファへ

図 16.20 に ADC12 モジュールの連続 ADDRn レジスタ (データレジスタ) の値をマルチリングバッファに個々に格納する例を示します。この例では、シングルブロックの最初の要素 (ADDR0) のみが転送順序に従い配置されるリングバッファが転送先で生成されます。また、次の領域では、2 番目の要素 (ADDR1) のみが転送順序に従い配置されるリングバッファが転送先で生成されます。以下の場合では、長さ N のリングバッファが生成され、DMDBS により定義されます。ブロック内のデータ要素数が 3 の場合、DMCRA により定義されます。表 16.17 に設定例を示します。

表 16.17 設定例：シングルブロックからマルチリングバッファへ

レジスタ	値	内容
DMSAR, DMSRR	0x4017_0020	初期転送元アドレス
DMDAR, DMDRR	0x2000_0000	初期転送先アドレス
DMTMD.SZ[1:0]	01b	データサイズ：ハーフワード
DMAMD.DADR	1	リロード後のインクリメント転送先アドレス
DMAMD.SM[1:0]	10b	転送元更新モード：インクリメントアドレス
DMAMD.DM[1:0]	01b	転送先更新モード：インクリメントアドレス
DMCRAH, DMCRAL	3	転送ブロックサイズ
DMSBSH, DMSBSL	3	転送元バッファサイズ (単位は"データ")
DMDBSH, DMDBSL	N	転送先全バッファサイズ (単位は"ブロック") および転送先アクセスオフセット (単位は"データ")

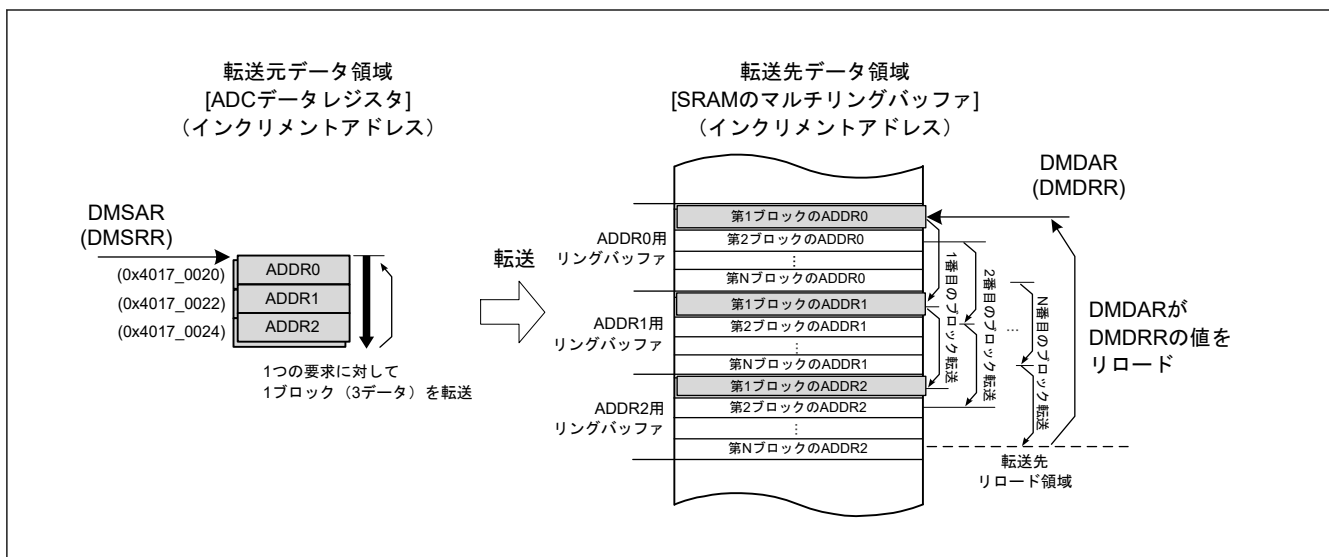


図 16.20 使用例：シングルブロックからマルチリングバッファへ

16.3.7 起動要因

ソフトウェア、周辺モジュールからの割り込み要求、および外部割り込み要求は、すべて DMAC 起動要因として指定可能です。起動要因を選択するには、DMTMD.DCTG[1:0] ビットを設定します。

16.3.7.1 ソフトウェアによる DMAC 起動

ソフトウェアによって DMA 転送を開始する場合、以下の手順に従います。

1. DMTMD.DCTG[1:0] ビットを 00b にする。
2. DMCNT.DTE ビットを 1 (DMA 転送許可) にする。
3. DMAST.DMST ビットを 1 (DMAC 起動許可) にする。

4. DMREQ.SWREQ ビットを 1 (DMA 転送要求あり) にする。

DMREQ.CLRS ビットが 0 の状態でソフトウェアによる DMAC 起動を行った場合、DMA 転送要求に対する転送が開始されると DMREQ.SWREQ ビットが 0 になります。

DMREQ.CLRS ビットが 1 の状態でソフトウェアによる DMAC 起動を行った場合は、転送を開始しても DMREQ.SWREQ ビットは 0 になりません。要求に対する転送終了後、再び DMA 転送要求が発生します。

16.3.7.2 内蔵周辺モジュール／外部割り込み要求による DMAC 起動

内蔵周辺モジュールからの割り込み要求と外部割り込み要求を、DMAC 起動要因に指定することができます。起動要因は、ICU.DELSRn.DELS[8:0] ビット ($n=0\sim7$) でチャンネルごとに個別に選択できます。

内蔵周辺モジュールからの割り込み要求または外部割り込み要求によって DMA 転送を開始する場合、以下の手順に従います。

1. ICU.DELSRn.DELS[8:0] ($n=0\sim7$) ビットにイベント番号を設定する (DMAC イベントリンクを選択する)。
2. DMTMD.DCTG[1:0] ビットを 01b (周辺モジュールまたは外部割り込み端子からの割り込み) にする。
3. DMCNT.DTE ビットを 1 (DMA 転送許可) にする。
4. DMAST.DMST ビットを 1 (DMAC 起動許可) にする。

DMAC の起動要因となる割り込み要求については、「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」の表 13.3 を参照してください。

16.3.8 動作タイミング

下記のタイミング図は、最小実行サイクル数を示しています。

図 16.21 と図 16.22 に動作タイミングを示します。

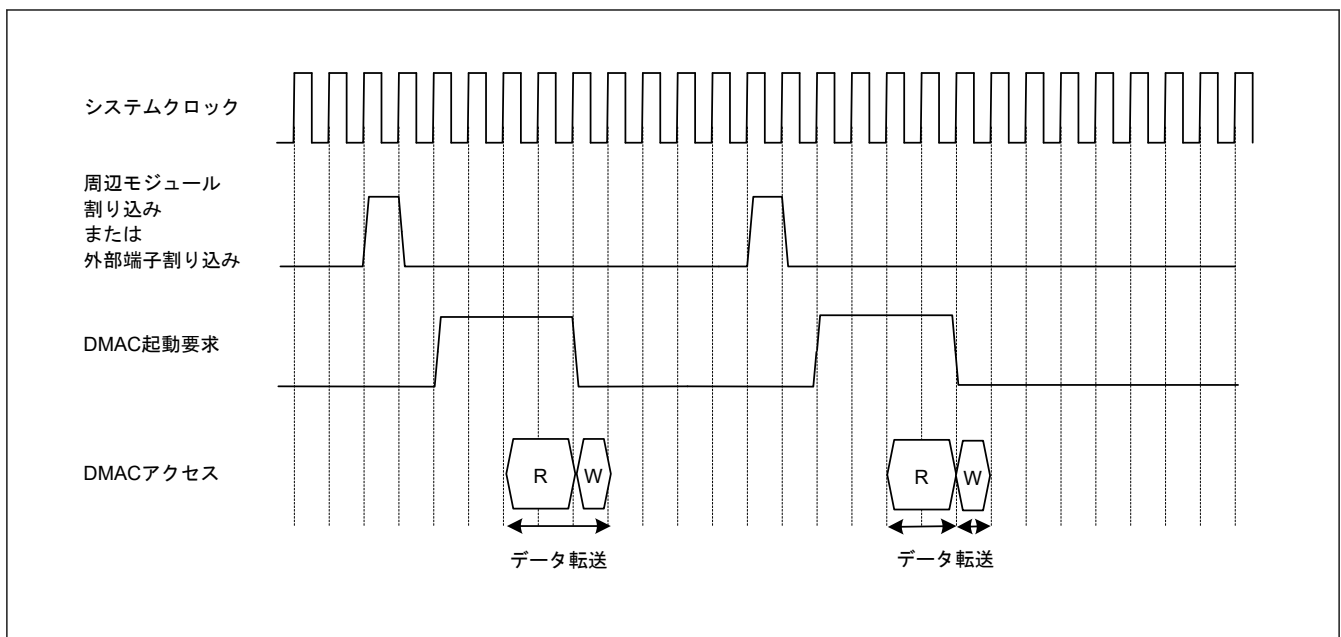


図 16.21 DMAC 動作タイミング例 (1) (周辺モジュール／外部割り込み入力端子からの割り込みによる DMAC 起動、ノーマル転送モード、リピート転送モードの場合)

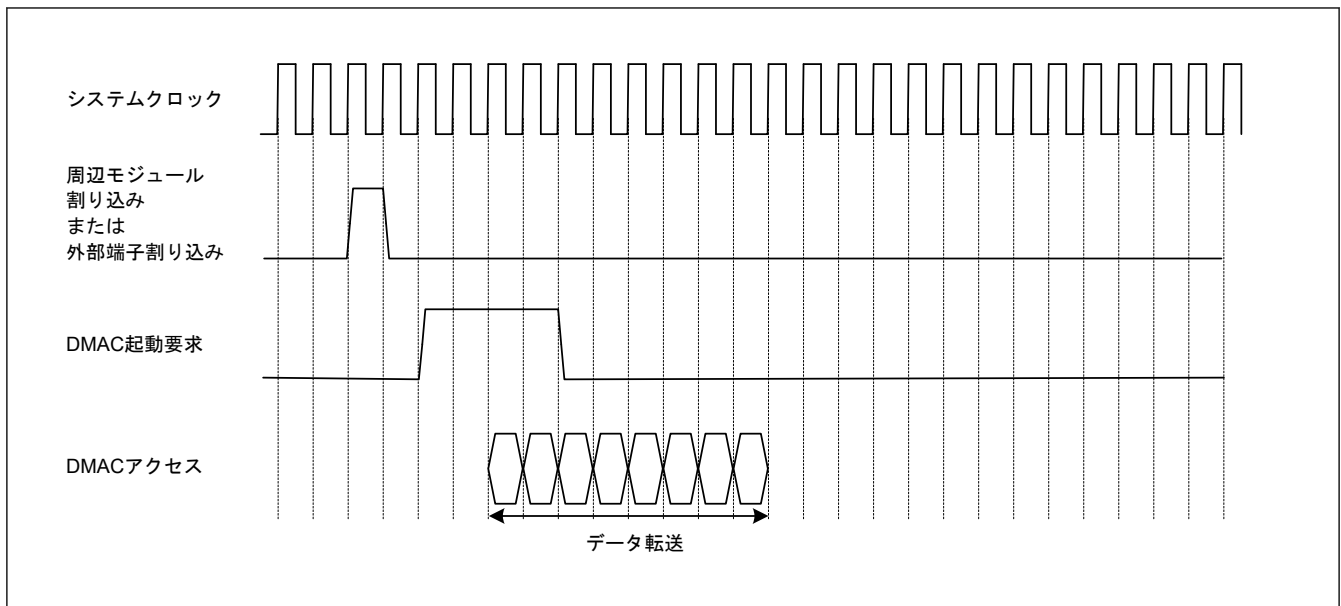


図 16.22 DMAC 動作タイミング例 (2) (周辺モジュール/外部割り込み入力端子からの割り込みによる DMAC 起動、ブロック転送モード、ブロックサイズ = 4 の場合)

16.3.9 DMAC の実行サイクル

表 16.18 に、1 回の DMAC データ転送動作における実行サイクルを示します。

表 16.18 DMAC の実行サイクル

転送モード	データ転送 (読み出し)	データ転送 (書き込み)
ノーマル	Cr+1	Cw
リピート	Cr+1	Cw
ブロック(注1)	P × Cr	P × Cw

注. P : ブロックサイズ (DMCRAH レジスタの設定値)
 Cr : データリード先アクセスサイクル
 Cw : データライト先アクセスサイクル

注 1. ブロックサイズが 2 以上の場合です。ブロックサイズが 1 の場合は、ノーマル転送のサイクル数となります。

Cr と Cw はアクセス先で異なります。アクセス先ごとのサイクル数については、「38. SRAM」、「40. フラッシュメモリ」、および「14. バス」を参照してください。システムクロックと周辺クロックの周波数比も考慮されています。

データ転送 (読み出し) 列の「+1」の単位は、システムクロック (ICLK) の 1 サイクルです。動作例については、「16.3.8. 動作タイミング」を参照してください。

16.3.10 DMAC の起動

表 16.19 にノーマルモード、リピートモード、ブロック転送モードにおけるレジスタの設定手順を示します。また、表 16.20 にリピート/ブロック転送モードにおけるレジスタの設定手順を示します。

表 16.19 レジスタの設定手順 (1/2)

No.	手順名	説明
1	DMACn 要求要因となる周辺機能を禁止に設定する。	DMAC 起動要因として周辺機能割り込みを使用する場合 周辺機能のコントロールレジスタを禁止に設定する。
2	DMACn 要求要因となる IRQn 端子を禁止に設定する。	DMAC 起動要因として外部端子割り込みを使用する場合
3	DMACn イベントリンク選択 (ICU.DELSRn.DELS[8:0]) ビットを 0x00 に設定する。	DMACn 要求を禁止に設定する。
4	DMCNT.DTE ビットを 0 にクリアする。	DMA 転送を禁止に設定する。

表 16.19 レジスタの設定手順 (2/2)

No.	手順名	説明
5	ICU にて、DMACn 要求要因となる割り込み要求を DMACn イベントリンク設定レジスタ (ICU.DELSRn) に設定する。	DMAC 起動要因として周辺モジュール割り込みまたは外部端子割り込みを使用する場合 起動要因の割り込みビットを許可する。DMACn の起動要因を設定する。
6	DMACn 要求要因となる周辺モジュールを設定する。	DMAC 起動要因として周辺モジュール割り込みを使用する場合 周辺機能の制御レジスタを設定するが、スタートはさせない。
7	割り込みコントローラユニット (ICU) にて IRQn 端子機能を設定する。	DMAC 起動要因として外部端子割り込みを使用する場合 割り込みコントローラユニット (ICU) にて IRQn 端子機能を設定する。
8	DMAMD.DM[1:0]ビットを設定する。 DMAMD.SM[1:0]ビットを設定する。 DMAMD.DARA[4:0]ビットを設定する。 DMAMD.SARA[4:0]ビットを設定する。	転送先アドレス更新モード設定ビット 転送元アドレス更新モード設定ビット 転送先アドレス拡張リピート領域設定ビット 転送元アドレス拡張リピート領域設定ビット
9	DMTMD.DCTG[1:0]ビットを設定する。 DMTMD.SZ[1:0]ビットを設定する。 DMTMD.DTS[1:0]ビットを設定する。 DMTMD.MD[1:0]ビットを設定する。 DMTMD.TKP ビットを設定	転送要求元選択ビット データ転送サイズ選択ビット リピート領域選択ビット 転送モード選択ビット 転送保持選択ビット
10	DMSAR レジスタを設定する。 DMDAR レジスタを設定する。 DMCRA レジスタを設定する。	転送元の開始アドレスを設定する。 転送先の開始アドレスを設定する。 転送回数を設定する。
11	DMCRB レジスタを設定する。	ブロック転送モードまたはリピート転送モードの場合 ブロック転送回数を設定する。
12	DMOFR レジスタを設定する。	オフセットを使ったアドレス更新機能を使用する場合 オフセット値を設定する。
13	DMINT.DTIE ビットを 1 に設定する。	DMA 転送終了割り込みを使用する場合 DMA 転送終了割り込みを許可します。
14	DMINT.RPTIE ビットを設定する。 DMINT.SARIE ビットを設定する。 DMINT.DARIE ビットを設定する。 DMINT.ESIE ビットを 1 に設定する。	DMA 転送エスケープ割り込みを使用する場合 リピートサイズ終了割り込み許可設定をする。 転送先アドレス拡張リピート領域オーバーフロー割り込み許可設定をする。 転送先アドレス拡張リピート領域オーバーフロー割り込み許可設定をする。 DMA 転送エスケープ終了割り込みを許可する。
15	DMCNT.DTE ビットを 1 に設定する。	DMA 転送を許可する。
16	DMAST.DMST ビットを 1 に設定する。	DMAC 動作を許可する。(注1) DMAC 共通設定
17	DMACn 要求要因となる周辺機能をスタートする。	DMAC 起動要因として周辺機能割り込みを使用する場合
18	DMACn 要求要因となる IRQn 端子を許可する。	DMAC 起動要因として外部端子割り込みを使用する場合
19	初期設定終了	ソフトウェアでの起動 初期設定完了後、DMA ソフトウェア起動ビット (DMREQ.SWREQ) に 1 を書き込むと DMA 転送がスタートする。

注. n: DMAC チャネル (n = 0~7)

注 1. DMAST.DMST ビットの設定は、各起動要因に対する必要な設定の後である必要はありません。

表 16.20 リピート/ブロック転送モードのレジスタ設定手順 (1/2)

No.	手順名	説明
1	DMACn 要求要因となる周辺機能を禁止に設定する。	DMAC 起動要因として周辺機能割り込みを使用する場合 周辺機能のコントロールレジスタを禁止に設定する。
2	DMACn 要求要因となる IRQn 端子を禁止に設定する。	DMAC 起動要因として外部端子割り込みを使用する場合
3	DMACn イベントリンク選択 (ICU.DELSRn.DELS[8:0]) ビットを 0x00 に設定する。	DMACn 要求を禁止に設定する。
4	DMCNT.DTE ビットを 0 にクリアする。	DMA 転送を禁止に設定する。

表 16.20 リピート/ブロック転送モードのレジスタ設定手順 (2/2)

No.	手順名	説明
5	ICU にて、DMACn 要求要因となる割り込み要求を DMACn イベントリンク設定レジスタ (ICU.DELSRn) に設定する。	DMAC 起動要因として周辺モジュール割り込みまたは外部端子割り込みを使用する場合 起動要因の割り込みビットを許可する。 DMACn の起動要因を設定する。
6	DMACn 要求要因となる周辺モジュールを設定する。	DMAC 起動要因として周辺モジュール割り込みを使用する場合 周辺機能の制御レジスタを設定するが、スタートはさせない。
7	割り込みコントローラユニット (ICU) にて IRQn 端子機能を設定する。	DMAC 起動要因として外部端子割り込みを使用する場合 割り込みコントローラユニット (ICU) にて IRQn 端子機能を設定する。
8	DMAMD.DM[1:0]ビットを設定する。 DMAMD.SM[1:0]ビットを設定する。 DMAMD.DARA[4:0]ビットを設定する。 DMAMD.SARA[4:0]ビットを設定する。 DMAMD.DADR ビットを設定 DMAMD.SADR ビットを設定	転送先アドレス更新モード設定ビット 転送元アドレス更新モード設定ビット 転送先アドレス拡張リピート領域設定ビット 転送元アドレス拡張リピート領域設定ビット リロード後転送先アドレス更新選択設定ビット リロード後転送元アドレス更新選択設定ビット
9	DMTMD.DCTG[1:0]ビットを設定する。 DMTMD.SZ[1:0]ビットを設定する。 DMTMD.MD[1:0]ビットを設定する。 DMTMD.TKP ビットを設定	転送要求元選択ビット データ転送サイズ選択ビット 転送モードをリピート/ブロック転送モードに設定する。 転送保持選択ビット
10	DMSAR レジスタを設定する。 DMDAR レジスタを設定する。 DMSRR レジスタを設定する。 DMDRR レジスタを設定する。 DMCRA レジスタを設定する。 DMCRB レジスタを設定する。	転送元の開始アドレスを設定する。 転送先の開始アドレスを設定する。 転送元の開始アドレスの初期値を設定する。 転送先の開始アドレスの初期値を設定する。 転送回数を設定する。 ブロック転送回数を設定する。
11	DMSBS レジスタを設定する。 DMDBS レジスタを設定する。	インクリメント、デクリメント、またはオフセットを使ったアドレス更新機能を使用する場合 転送元バッファサイズとアクセスオフセットを設定する。 転送先バッファサイズとアクセスオフセットを設定する。
12	DMINT.DTIE ビットを 1 に設定する。	DMA 転送終了割り込みを使用する場合 DMA 転送終了割り込みを許可します。
13	DMCNT.DTE ビットを 1 に設定する。	DMA 転送を許可する。
14	DMAST.DMST ビットを 1 に設定する。	DMAC 動作を許可する。(注1)
15	DMACn 要求要因となる周辺機能をスタートする。	DMAC 起動要因として周辺機能割り込みを使用する場合
16	DMACn 要求要因となる IRQn 端子を許可する。	DMAC 起動要因として外部端子割り込みを使用する場合
17	初期設定終了	ソフトウェアでの起動 初期設定完了後、DMA ソフトウェア起動ビット (DMREQ.SWREQ) に 1 を書き込むと DMA 転送がスタートする。

注. m: DELSRn.DELS ビット番号 (m = 0~8)

n: DMAC チャンネル (n = 0~7)

注 1. DMAST.DMST ビットの設定は、各起動要因に対する必要な設定の後である必要はありません。

16.3.11 DMA 転送の開始

チャンネル n の DMA 転送を有効にするには、DMCNT.DTE ビットを 1 (DMA 転送許可) にして、DMAST.DMST ビットを 1 (DMAC 起動許可) にします。

他の DMAC チャンネルや DTC の転送中は、新たな起動要求は受け付けられません。先行する転送が終了した時点で最も優先順位の高いチャンネルの DMA 転送要求が選択され、そのチャンネルの DMA 転送が開始されます。DMA 転送が始まると、DMSTS.ACT フラグが 1 (DMAC 動作中) になります。

16.3.12 DMA 転送中のレジスタ

DMAC のレジスタは、DMA 転送処理によって値が更新されます。更新される値は、各種設定や転送の状態によって異なります。更新されるレジスタは、DMSAR、DMDAR、DMCRA、DMCRB、DMSBS、DMDBS、DMCNT、および DMSTS です。これらの説明を下記に示します。

DMA 転送元アドレスレジスタ (DMSAR)

1 転送要求に対するデータ転送が終了すると、DMSAR レジスタの内容は、次の転送要求でアクセスするアドレスに更新されます。

各転送モードにおけるレジスタの更新動作については、表 16.5～表 16.13 を参照してください。

DMA 転送先アドレスレジスタ (DMDAR)

1 転送要求に対するデータ転送が終了すると、DMDAR レジスタの内容は、次の転送要求でアクセスするアドレスに更新されます。

各転送モードにおけるレジスタの更新動作については、表 16.5～表 16.13 を参照してください。

DMA 転送カウントレジスタ (DMCRA)

1 転送要求に対するデータ転送が終了すると、カウント値が更新されます。更新動作は、選択した転送モードによって異なります。

各転送モードにおけるレジスタの更新動作については、表 16.5～表 16.13 を参照してください。

DMA ブロック転送カウントレジスタ (DMCRB)

1 転送要求に対するデータ転送が終了すると、カウント値が更新されます。更新動作は、選択した転送モードによって異なります。

各転送モードにおけるレジスタの更新動作については、表 16.5～表 16.13 を参照してください。

DMA 転送元バッファサイズレジスタ (DMSBS)

1 転送要求に対するデータ転送が終了すると、カウント値が更新されます。更新動作は、選択した転送モードによって異なります。

各転送モードにおけるレジスタの更新動作については、表 16.8～表 16.13 を参照してください。

DMA 転送先バッファサイズレジスタ (DMDBS)

1 転送要求に対するデータ転送が終了すると、カウント値が更新されます。更新動作は、選択した転送モードによって異なります。

各転送モードにおけるレジスタの更新動作については、表 16.8～表 16.13 を参照してください。

DMA 転送許可ビット (DMCNT.DTE)

DMCNT.DTE ビットは、レジスタを書くことによってデータ転送の許可/禁止を制御します。DMA 転送の状態に応じて自動的に DMAC によって 0 にクリアされます。

DMAC がこのビットをクリアする条件は、以下のとおりです。

- 設定された総転送データ数の転送が終了したとき
- リピートサイズ終了割り込みによって DMA 転送が停止したとき
- 拡張リピート領域オーバーフロー割り込みによって DMA 転送が停止したとき
- DMA 転送エラーが発生したとき

対応する DMCNT.DTE ビットが 1 になっているチャンネルのレジスタへは書き込まないでください (DMCNT レジスタを除く)。DTE ビットを 0 にした後のみ、書き込みが可能になります。

DMA アクティブフラグ (DMSTS.ACT)

DMSTS.ACT フラグは、DMACn がアイドル状態であるか、または動作中であることを示します。

このフラグは DMAC がデータ転送を開始すると 1 になり、1 転送要求に対するデータ転送が終了すると 0 になります。

DMA 転送中に DMCNT.DTE ビットに 0 を書いて DMA 転送を停止させた場合でも、このフラグは DMA 転送が終了するまで 1 を保持します。

転送終了割り込みフラグ (DMSTS.DTIF)

総転送サイズ分の DMA 転送が終了すると、DMSTS.DTIF フラグは 1 になります。

このフラグと DMINT.DTIE ビットがともに 1 の場合、転送終了割り込み要求が発生します。

このフラグが 1 になるタイミングは、DMA 転送のバスサイクルが終了し、DMSTS.ACT フラグが 0 になって DMA 転送終了を示したときです。

割り込み処理中に DMCNT.DTE ビットを 1 にした場合、このフラグは自動的に 0 にクリアされます。

転送エスケープ終了割り込みフラグ (DMSTS.ESIF)

リピートサイズ終了割り込み要求、または拡張リピート領域オーバーフロー割り込み要求が発生したとき、DMSTS.ESIF フラグは 1 になります。このフラグと DMINT.ESIE ビットがともに 1 の場合、転送エスケープ終了割り込み要求が発生します。

このフラグが 1 になるタイミングは、割り込み要求を発生させる要因になった DMA 転送のバスサイクルが終了し、DMSTS.ACT フラグが 0 になって DMA 転送終了を示したときです。

割り込み処理中に DMCNT.DTE ビットを 1 にした場合、このフラグは自動的に 0 にクリアされます。

DMAC からの割り込み要求を CPU または DTC へ送信する前に、割り込みコントロールレジスタを設定する必要があります。

詳細は、「[13. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。

16.3.13 チャンネル優先順位

DMAC は、複数の DMA 転送要求が発生したとき、DMA 転送要求のあるチャンネルの優先順位を判断します。

- チャンネル優先順位は、以下の順で固定です。チャンネル 0 > チャンネル 1 > チャンネル 2 > チャンネル 3... > チャンネル 7 (チャンネル 0: 最優先)

データ転送中に DMA 転送要求が発生した場合は、最終データの転送後にチャンネルアービトレーションを行い、最も優先順位の高いチャンネルの転送が開始されます。

16.3.14 チャンネルセキュリティ

DMAC_n の転送アクセスのセキュリティ属性、DMAC_n のレジスタへのアクセスのセキュリティ属性、および ICU.DELSR_n レジスタへのアクセスのセキュリティ属性は、ICUSARC.SADMAC_n ビットにより制御されます。ICUSARC レジスタの詳細については、「[13. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。

ICUSARC.SADMAC_n ビットが 0 の場合、DMAC_n の転送は、読み出しおよび書き込みに対してセキュアアクセスです。同時に、チャンネル *n* のレジスタと DELSR_n レジスタは、非セキュアアクセスから保護されます。

ICUSARC.SADMAC_n ビットが 1 の場合、DMAC_n の転送は、読み出しおよび書き込みに対して非セキュアアクセスです。同時に、チャンネル *n* のレジスタと DELSR_n レジスタは、非セキュア属性です。

同じチャンネルの DMA 転送が許可されている、またはバスマスタが同じチャンネルの DMA レジスタに書き込んでいる間は、ICUSARC.SADMAC_n ビットに書き込まないでください。

[図 16.23](#) に各 DMAC チャンネルに関するセキュリティ属性を示します。

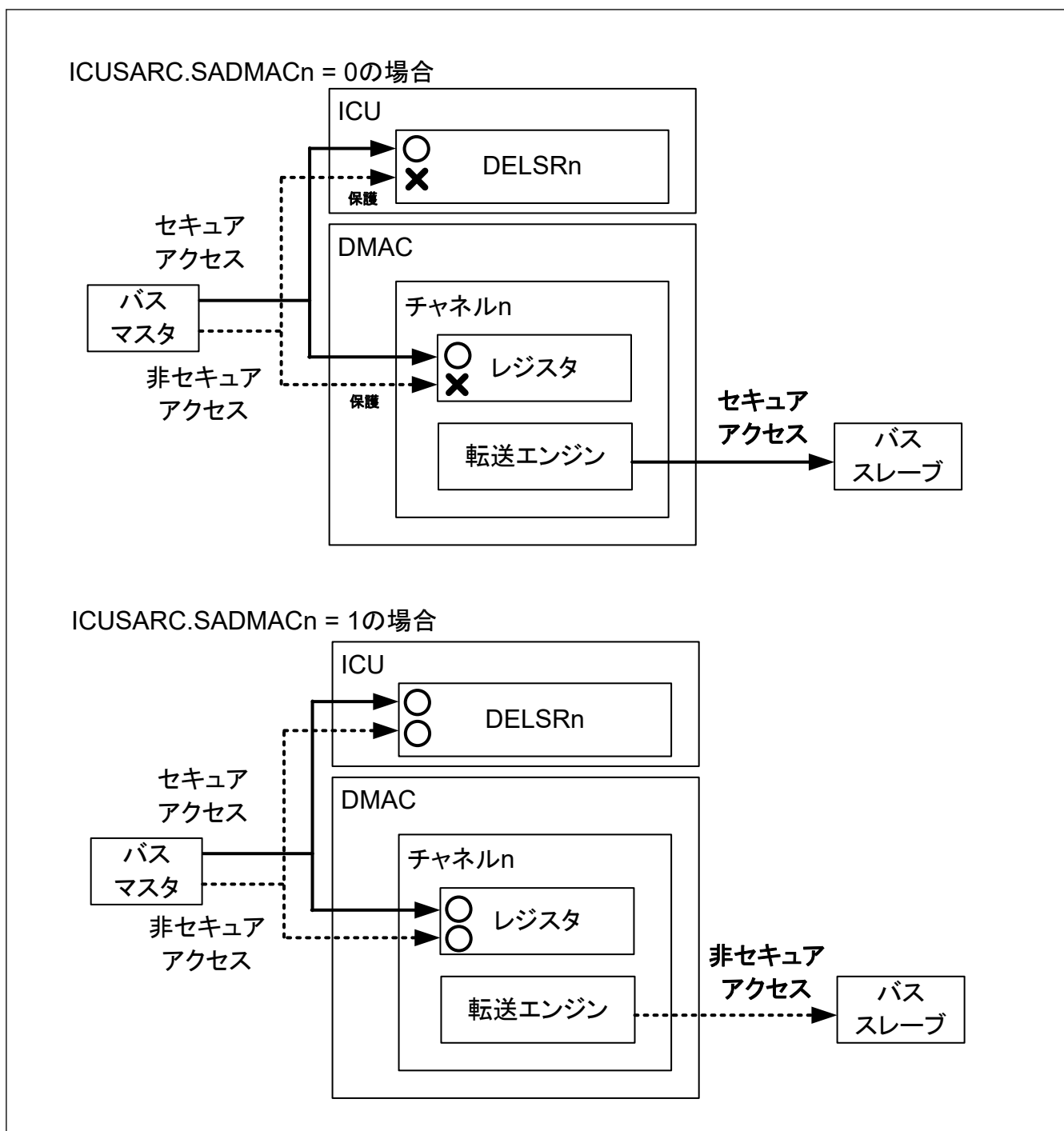


図 16.23 各 DMAC チャンネルに関するセキュリティ属性

16.3.15 DMAC のマスタ TrustZone フィルタ

DMAC には、マスタ TrustZone フィルタがあります。DMAC のマスタ TrustZone フィルタは、IDAU で定義するフラッシュ領域（コードフラッシュとデータフラッシュ）と SRAM 領域のセキュリティ領域を検出できます。非セキュアチャンネルがそれらのアドレスにアクセスすると、セキュリティ違反を検出します。セキュリティ違反のアクセスは実行されません。検出したエラーは、マスタ TrustZone フィルタエラーとして扱います。

16.4 DMA 転送の終了

DMA 転送の終了は、転送終了条件によって動作が異なります。DMA 転送が終了すると、DMCNT.DTE ビットと DMSTS.ACT フラグが 1 から 0 になります。

16.4.1 設定した総転送回数完了による転送終了

(1) ノーマル転送モード (DMTMD.MD[1:0] = 00b) の場合

DMCRAL レジスタの値が 1 から 0 になると、対応するチャンネルの DMA 転送が終了し、DMCNT.DTE ビットが 0 になり、DMSTS.DTIF フラグが 1 になります。このとき DMINT.DTIE ビットが 1 であると、CPU または DTC へ転送終了割り込み要求が送信されます。

(2) リピート転送モード (DMTMD.MD[1:0] = 01b) の場合

DMCRBL レジスタの値が 1 から 0 になると、対応するチャンネルの DMA 転送が終了し、DMCNT.DTE ビットが 0 になり、DMSTS.DTIF フラグが 1 になります。このとき DMINT.DTIE ビットが 1 であると、CPU または DTC へ割り込み要求が送信されます。

DMTMD.TKP ビットが 1 (フリーランニング機能) であると、DMSTS.DTIF ビットは 1 になりますが、DMCNT.DTE ビットは 0 になりません。

(3) ブロック転送モード (DMTMD.MD[1:0] = 10b) の場合

DMCRBL レジスタの値が 1 から 0 になると、対応するチャンネルの DMA 転送が終了し、DMCNT.DTE ビットが 0 になり、DMSTS.DTIF フラグが 1 になります。このとき DMINT.DTIE ビットが 1 であると、CPU または DTC へ割り込み要求が送信されます。

DMAC からの割り込み要求を CPU または DTC へ送信する前に、割り込みコントロールレジスタを設定する必要があります。

詳細は、「[13. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。

DMTMD.TKP ビットが 1 (フリーランニング機能) であると、DMSTS.DTIF ビットは 1 になりますが、DMCNT.DTE ビットは 0 になりません。

(4) リピート/ブロック転送モード (DMTMD.MD[1:0] = 11b) の場合

DMCRBL レジスタの値が 1 から 0 になると、対応するチャンネルの DMA 転送が終了し、DMCNT.DTE ビットが 0 になり、DMSTS.DTIF フラグが 1 になります。このとき DMINT.DTIE ビットが 1 であると、CPU または DTC へ割り込み要求が送信されます。

DMAC からの割り込み要求を CPU または DTC へ送信する前に、割り込みコントロールレジスタを設定する必要があります。詳細は、「[13. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。

DMTMD.TKP ビットが 1 (フリーランニング機能) であると、DMSTS.DTIF ビットは 1 になりますが、DMCNT.DTE ビットは 0 になりません。

16.4.2 リピートサイズ終了割り込みによる転送終了

リピート転送モードにおいて、DMINT.RPTIE ビットが 1 であれば、1 リピートサイズ分の転送終了時にリピートサイズ終了割り込み要求が発生します。DMTMD.TKP ビットが 1 の場合でも (フリーランニング機能)、DMCNT.DTE ビットが 0 になり、DMSTS.ESIF フラグが 1 になります。このとき DMINT.ESIE ビットが 1 であると、CPU または DTC へ割り込み要求が送信されます。転送を再開させるには、DMCNT.DTE ビットに 1 を書き込んでください。

ブロック転送モードにおいても、リピートサイズ終了割り込み要求が発生させることができます。1 ブロックサイズ分の転送終了時に、リピート転送モードと同様に割り込み要求が発生します。

リピート/ブロック転送モードにおいては、リピートサイズ終了割り込み要求が発生させることができません。

DMAC からの割り込み要求を CPU または DTC へ送信する前に、割り込みコントロールレジスタを設定する必要があります。詳細は、「[13. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。

16.4.3 拡張リピート領域オーバーフロー割り込みによる転送終了

拡張リピート領域が指定され、かつ DMINT.SARIE ビットまたは DMINT.DARIE ビットが 1 の場合に、DMTMD.TKP ビットが 1 の場合でも (フリーランニング機能)、拡張リピート領域がオーバーフローすると、拡張リピート領域オーバーフロー割り込み要求が発生します。DMA 転送が停止して、DMCNT.DTE ビットが 0 になり、DMSTS.ESIF フラグが 1 になります。このとき DMINT.ESIE ビットが 1 であると、CPU または DTC へ割り込み要求が送信されます。

この割り込み要求がリードサイクル中に発生しても、以降のライトサイクルは実行されます。

ブロック転送モードでは、割り込み要求が1ブロックの転送中に発生しても、そのブロックの残りのデータが転送されるまで、転送は終了しません。

リピート/ブロック転送モードでは、拡張リピート領域オーバーフロー割り込み要求はできません。

DMAC からの割り込み要求を CPU または DTC へ送信する前に、割り込みコントロールレジスタを設定する必要があります。詳細は、「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

16.5 DMA 転送エラーの処理

DMA 転送エラーは、DMAC のマスタ TrustZone フィルタエラー、スレーブ TrustZone フィルタエラー、マスタ MPU エラー、スレーブバスエラー、または不正アクセスエラーによって発生します。DMA 転送中にアクセスエラーが発生すると、DMAC はエラーの発生したチャンネルの転送をただちに停止します。この時、対応するチャンネルの ICU 設定もクリアされます。エラーを引き起こしたチャンネル以外のチャンネルからのリクエストがあれば、そのまま再調停となります。

転送エラー発生時、エラー発生チャンネルの DMCNT.DTE は 0 になります。また、エラー応答は対応するチャンネルの ICU.DELSRn に伝えられます。各レジスタへのライトバックは実行されません。さらに、エラーが DMAC/DTC 転送により発生したことを通知するために、エラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) が発生します。

マスタ TrustZone フィルタエラー、スレーブ TrustZone エラー、またはマスタ MPU エラーが発生したとき、NMI を選択することで DMAC のエラー情報を確認できます。リセットを選択すると、DMAC エラーチャンネルレジスタはクリアされます。DMAC の転送エラーによって NMI が生成する条件では、2 つの割り込み (NMI と DMA_TRANSERR) を生成します。この場合、NMI は常に最初に応答します。

スレーブバスエラーまたは不正アクセスエラーが発生すると、エラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) が発生します。さらに、エラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) が NMI ハンドラでクリアされない場合、ノンマスクابل割り込み後にそれが発生します。

「16.5.1. NMI ハンドラの処理」に NMI ハンドラの DMAC のエラー情報を確認する方法を示します。

「16.5.2. エラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) ハンドラの処理」に DMA_TRANSERR ハンドラの DMAC のエラー情報を確認する方法を示します。

転送エラー起因の割り込みとエラー情報を「16.6.2. 転送エラー割り込み」に示します。

16.5.1 NMI ハンドラの処理

DMA 転送エラーに起因する NMI の原因は、マスタ TrustZone フィルタエラー、スレーブ TrustZone フィルタエラー、またはマスタ MPU エラーです。NMI が DMAC 転送エラーに起因して発生するとき、NMI ハンドラの終了後にエラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) が発生します。エラーの原因と、エラーの発生した DMAC チャンネルを確認することができます。NMI が発生したときは、ICU 章で説明するフローに従って必要な処理を実行してください。

図 16.24 に DMAC のマスタ TrustZone フィルタエラーが発生したチャンネルを確認するフローを示します。

図 16.25 に DMAC のスレーブ TrustZone フィルタエラーが発生したチャンネルを確認するフローを示します。

図 16.26 に DMAC のマスタ MPU エラーが発生したチャンネルやセキュリティ属性を確認するフローを示します。

NMI ハンドラのすべての処理を終了すると、その後発生するエラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) をクリアすることが可能です。

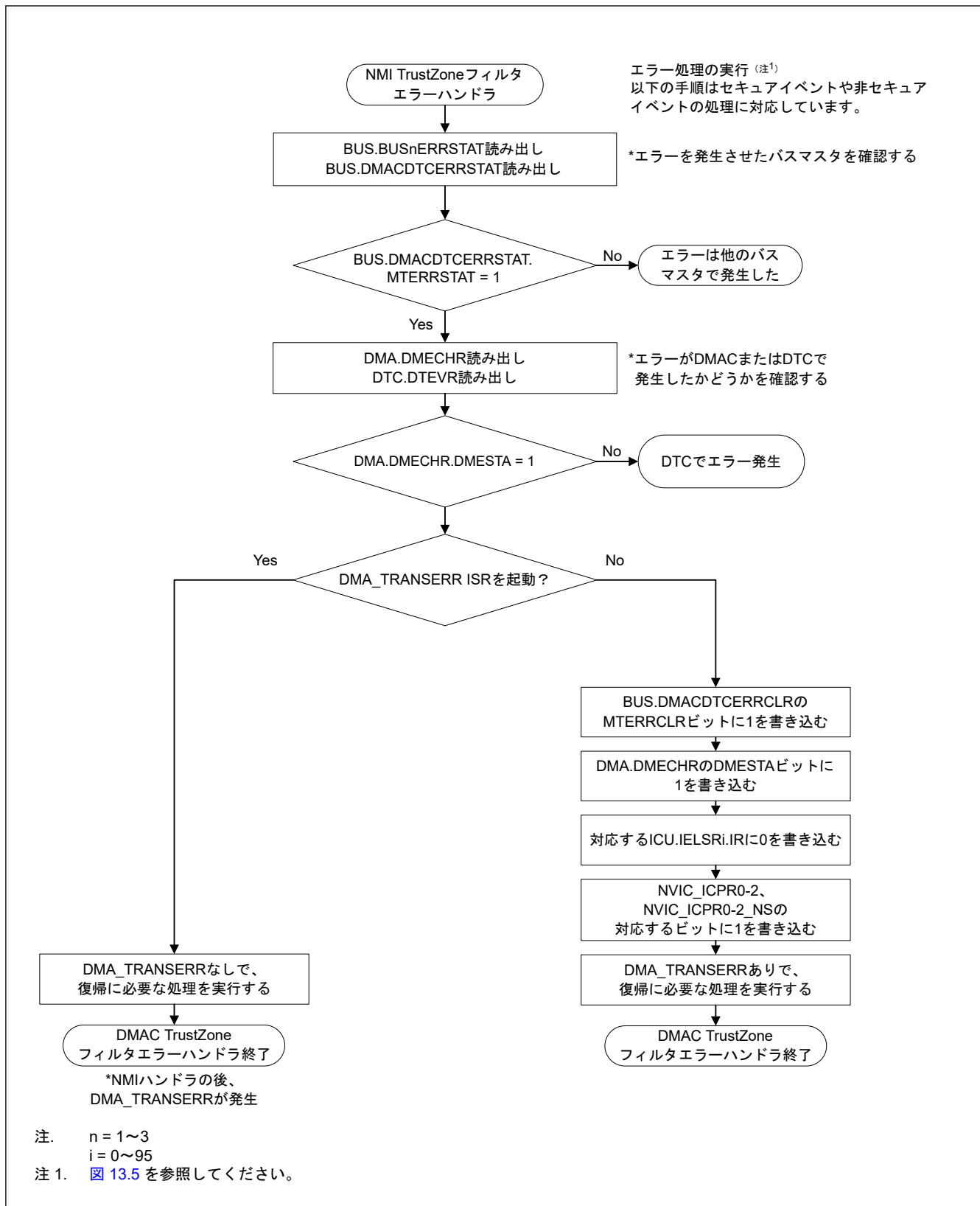


図 16.24 マスタ TrustZone フィルタエラーの NMI ハンドラにおける処理

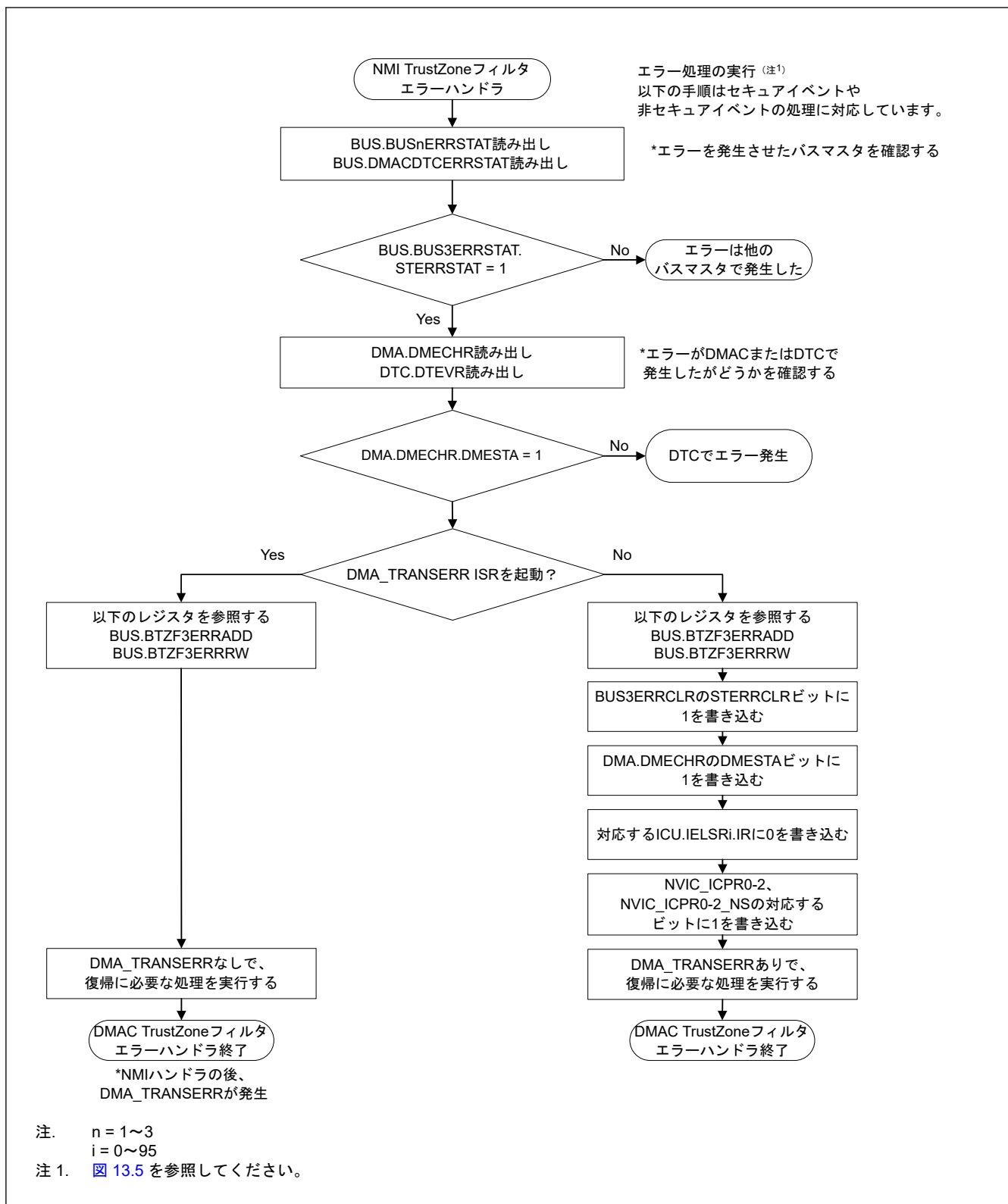


図 16.25 スレーブ TrustZone フィルタエラーの NMI ハンドラにおける処理

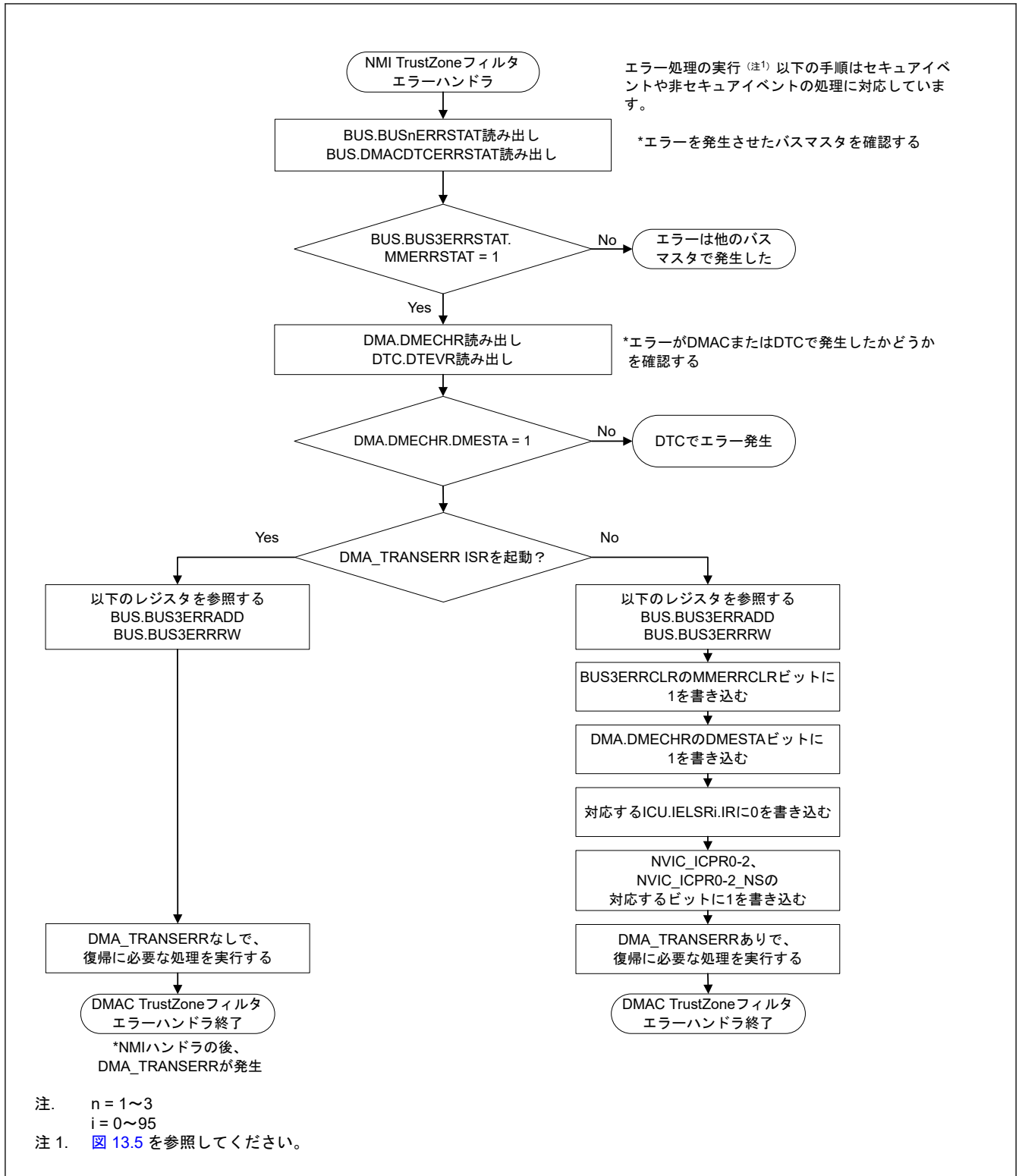


図 16.26 マスタ MPU エラーによる NMI ハンドラの処理

16.5.2 エラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) ハンドラの処理

DMA 転送エラーに起因するエラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) の原因は、スレーブバスエラー、または不正アクセスエラーです。またこのエラーは、NMI ハンドラエラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) が NMI ハンドラによりクリアされなかった際にも発生します。

エラーの原因とエラーが発生した DMAC のチャンネルを確認することが可能です。

図 16.27 にエラーの原因の確認手順を示します。

- 図 16.28 に DMAC のマスタ TrustZone フィルタエラーが発生したチャンネルを確認するフローを示します。
- 図 16.29 に DMAC のスレーブ TrustZone フィルタエラーが発生したチャンネルを確認するフローを示します。
- 図 16.30 に DMAC のマスタ MPU エラーが発生したチャンネルとセキュリティ属性を確認するフローを示します。
- 図 16.31 に DMAC のスレーブバスエラーが発生したチャンネルとセキュリティ属性を確認するフローを示します。
- 図 16.32 に DMAC の不正アクセスエラーが発生したチャンネルとセキュリティ属性を確認するフローを示します。

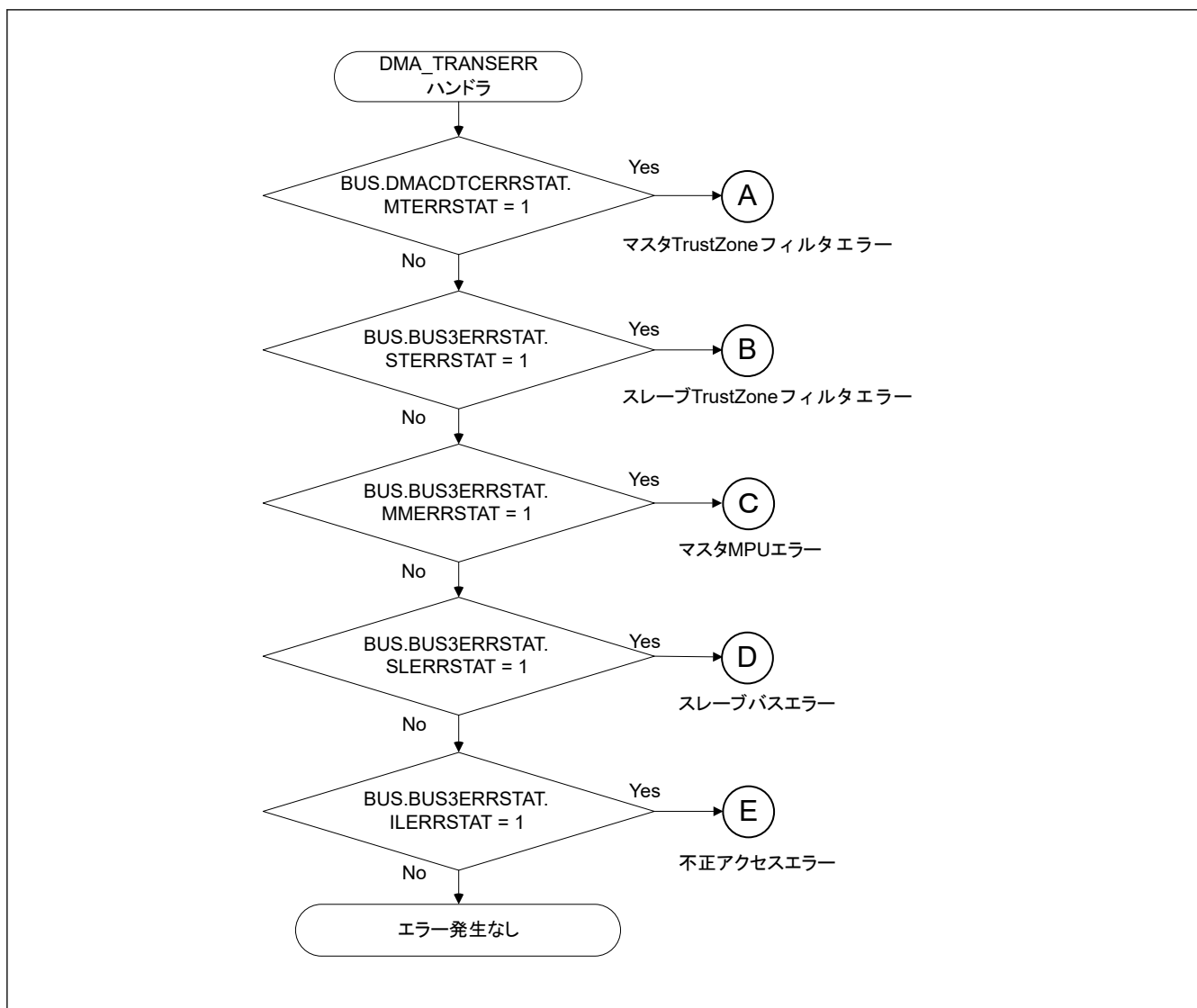


図 16.27 エラー応答検出割り込み (DMA_TRANSERR) 発生時の転送エラー要因判定

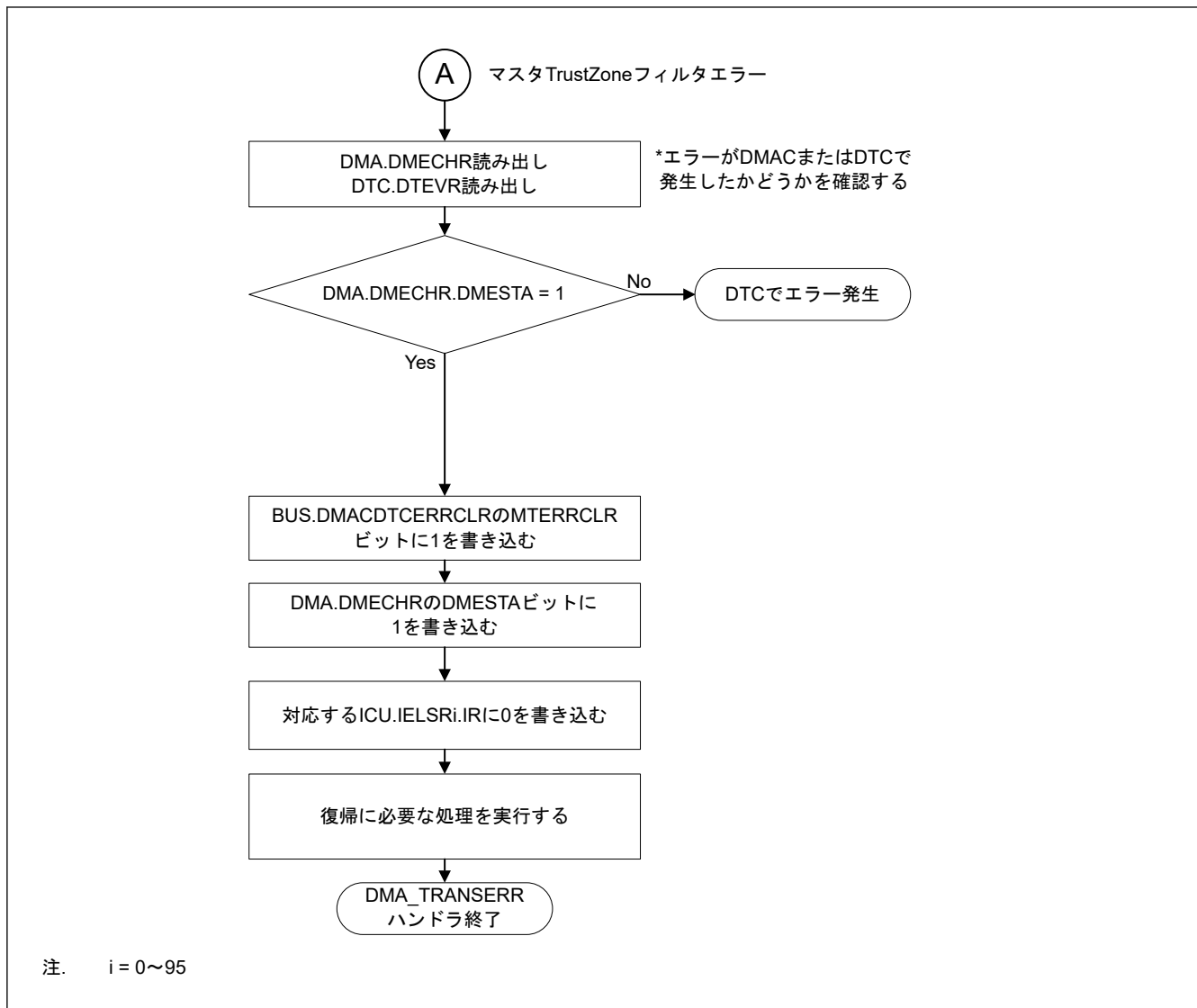


図 16.28 マスタ TrustZone フィルタエラーの DMA_TRANSERR ハンドラにおける処理

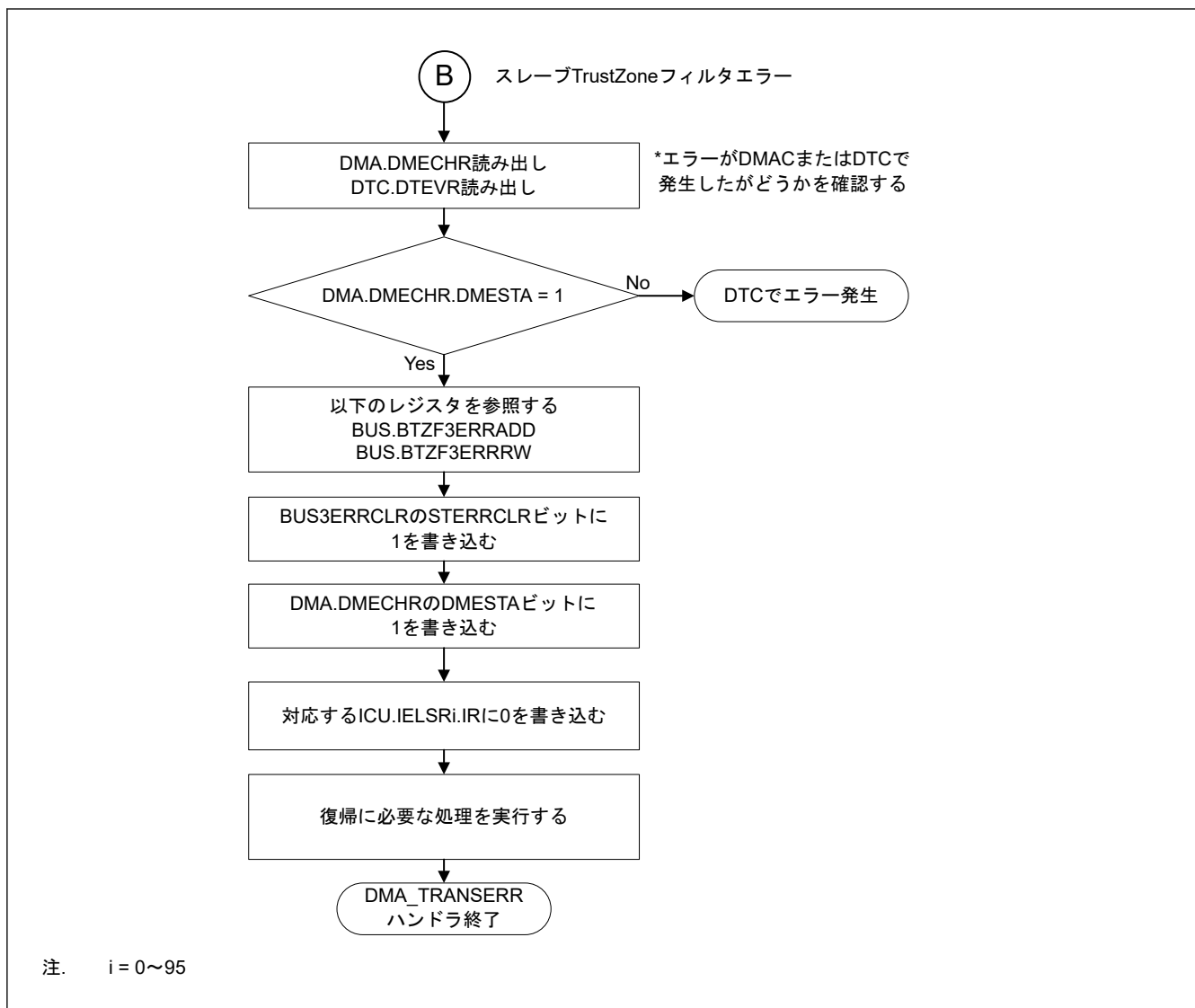


図 16.29 スレーブ TrustZone フィルタエラーの DMA_TRANSERR ハンドラにおける処理

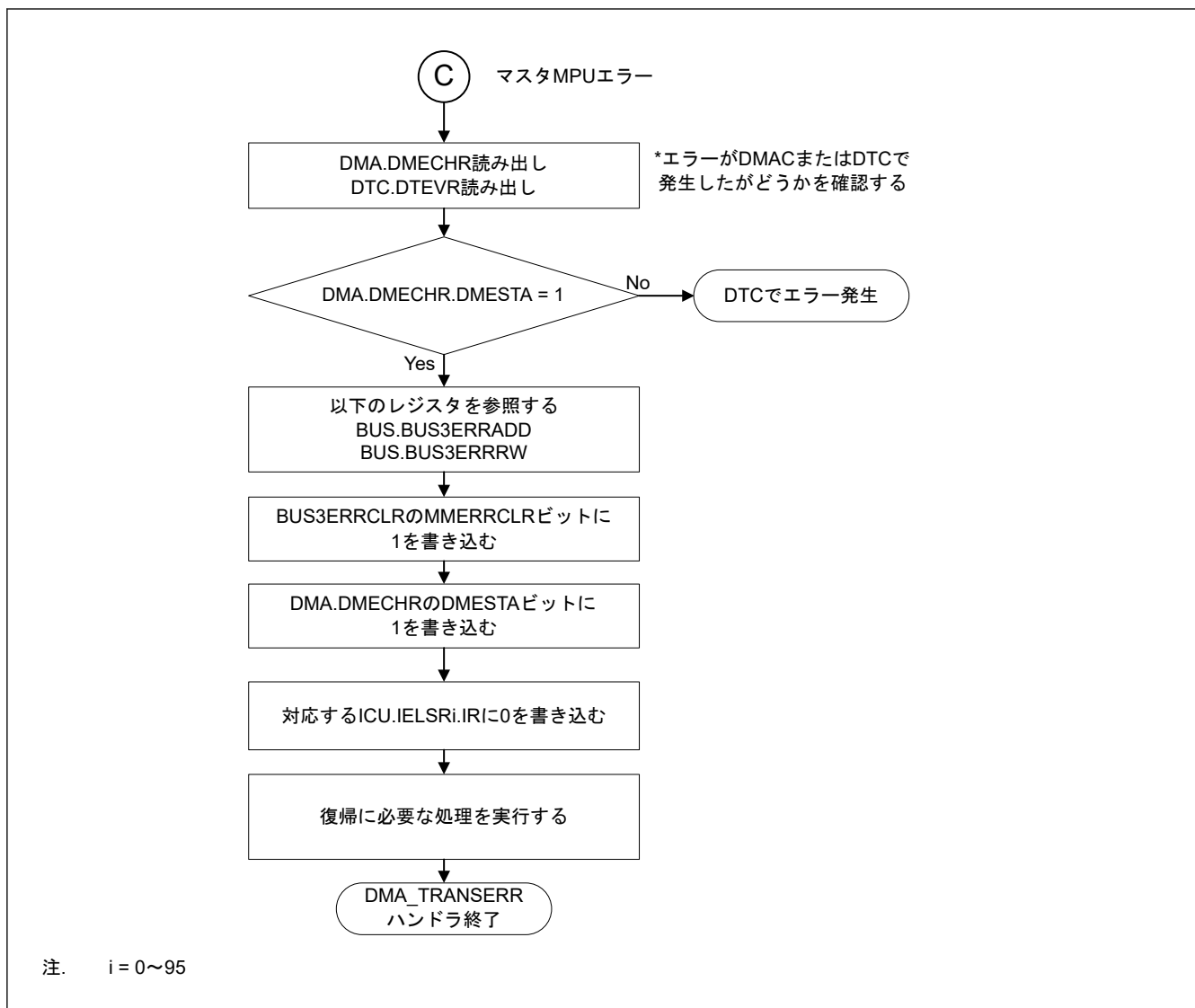


図 16.30 マスタ MPU エラーによる DMA_TRANSERR ハンドラの処理

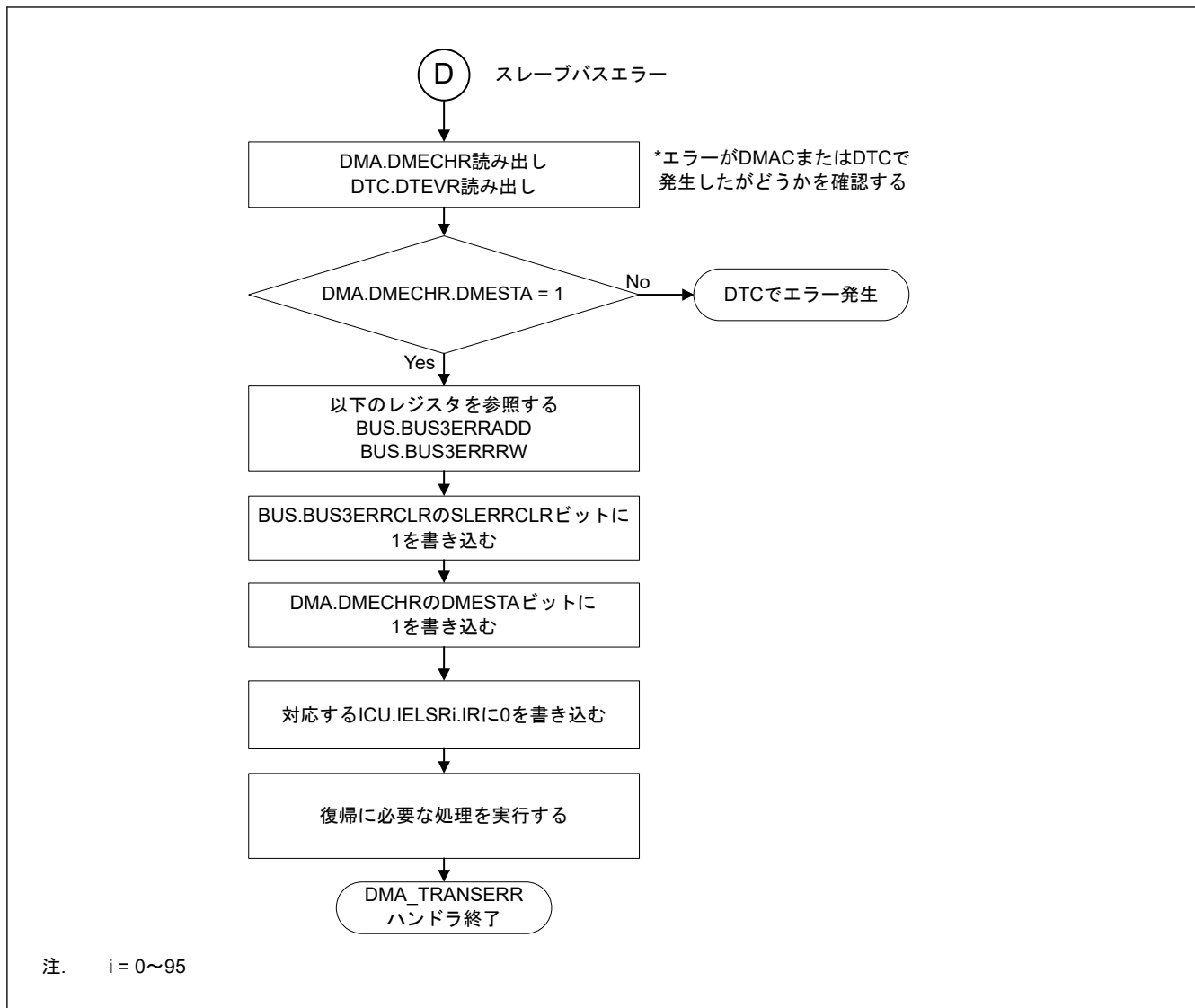


図 16.31 スレーブバスエラーによる DMA_TRANSERR ハンドラの処理

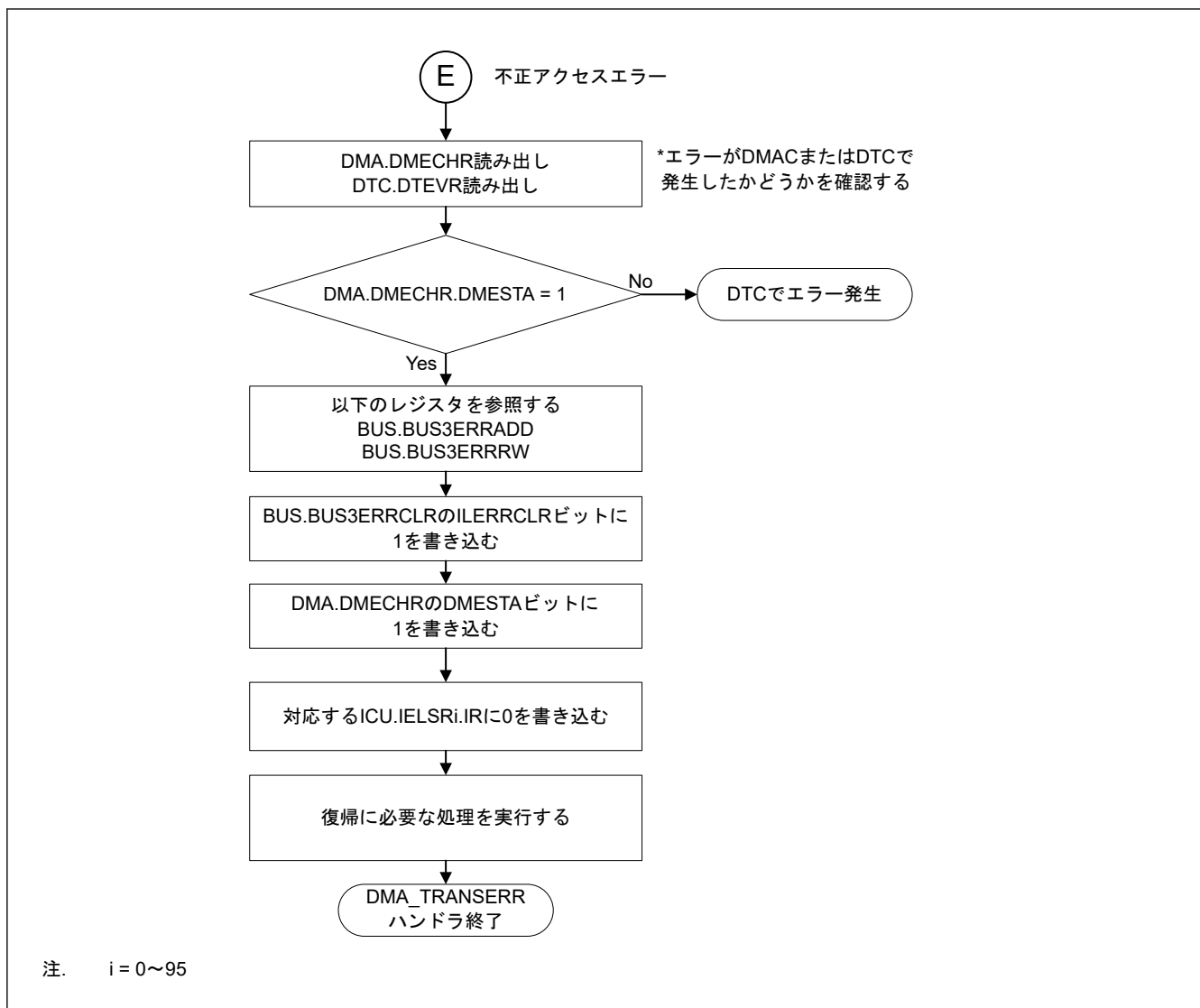


図 16.32 不正アクセスエラーによる DMA_TRANSERR ハンドラの処理

16.6 割り込み

16.6.1 転送終了割り込み

各 DMAC チャンネルは、1 要求分の転送終了後、CPU または DTC へ割り込み要求 (DMACn_INT) を出力することができます。

リピートブロック転送モードでは、エスケープ転送終了割り込みを許可しないでください。

表 16.21 に、各割り込み要因とそれらに対応するステータスフラグおよび許可ビットを示します。図 16.33 に、割り込み出力 (DMACn (n = 0~7)) の概略論理図を示します。図 16.34 に DMAC 割り込み処理ルーチンで DMA 転送を再開/終了する手順を示します。

表 16.21 割り込み要因、割り込みステータスフラグ、割り込み許可ビットの対応関係 (1/2)

割り込み要因	割り込み許可ビット	割り込みステータスフラグ	要求出力許可ビット
転送終了	—	DMSTS.DTIF	DMINT.DTIE

表 16.21 割り込み要因、割り込みステータスフラグ、割り込み許可ビットの対応関係 (2/2)

割り込み要因	割り込み許可ビット	割り込みステータスフラグ	要求出力許可ビット	
エスケープ転送終了	リピートサイズ終了	DMINT.RPTIE	DMSTS.ESIF	DMINT.ESIE
	転送元アドレス拡張リピート領域オーバーフロー	DMINT.SARIE		
	転送先アドレス拡張リピート領域オーバーフロー	DMINT.DARIE		

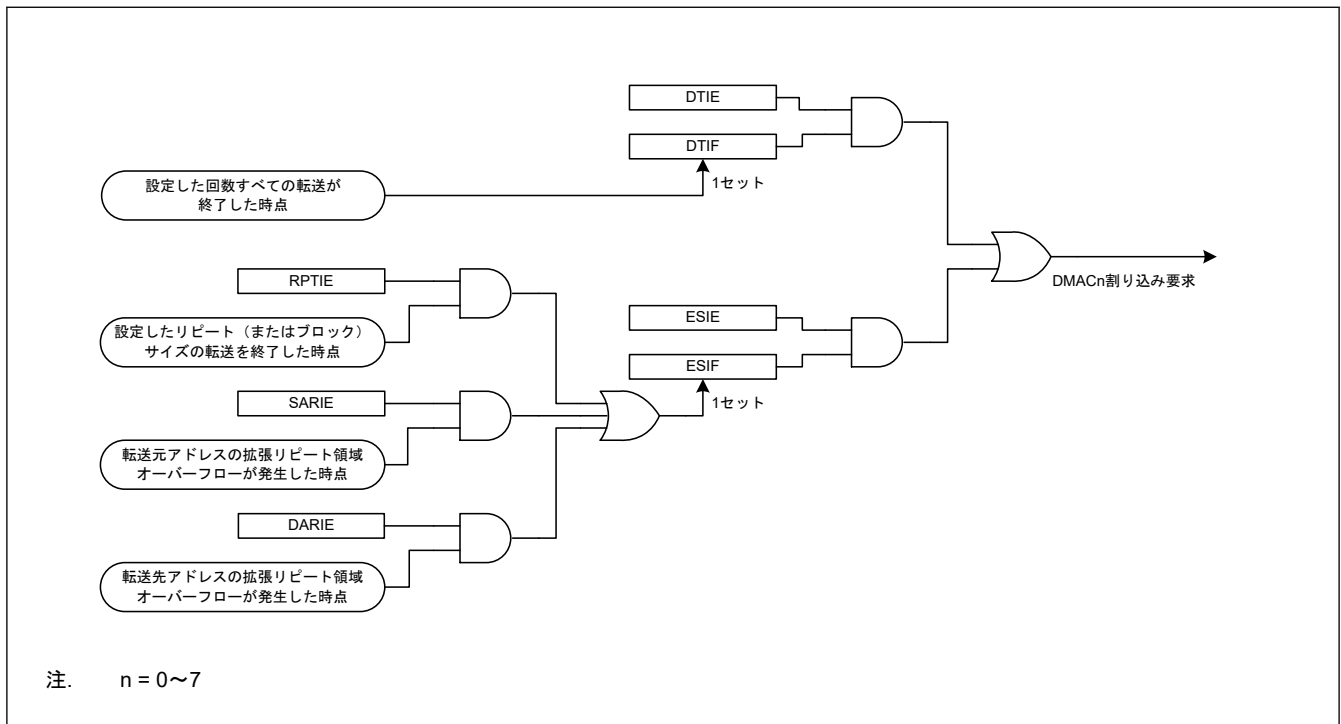


図 16.33 割り込み出力 (DMACn) の概略論理図

割り込みを解除して DMA 転送を再開する方法は、以下のケースで異なります。

- DMA 転送を終了した場合
- DMA 転送を継続した場合

16.6.1.1 DMA 転送を終了した場合

転送終了割り込みの場合は、DMSTS.DTIF フラグに 0 を書いてください。また、リピートサイズ割り込みと拡張リピート領域オーバーフロー割り込みの場合は、DMSTS.ESIF フラグに 0 を書いてください。DMACn は停止状態を保ちます。その後、新たな DMA 転送を開始する場合は、必要なレジスタを設定して、DMCNT.DTE ビットを 1 (DMA 転送許可) にしてください。

16.6.1.2 DMA 転送を継続した場合

DMCNT.DTE ビットに 1 を書いてください。自動的に DMSTS.ESIF フラグが 0 にクリア (割り込み要因がクリア) され、DMA 転送が再開します。

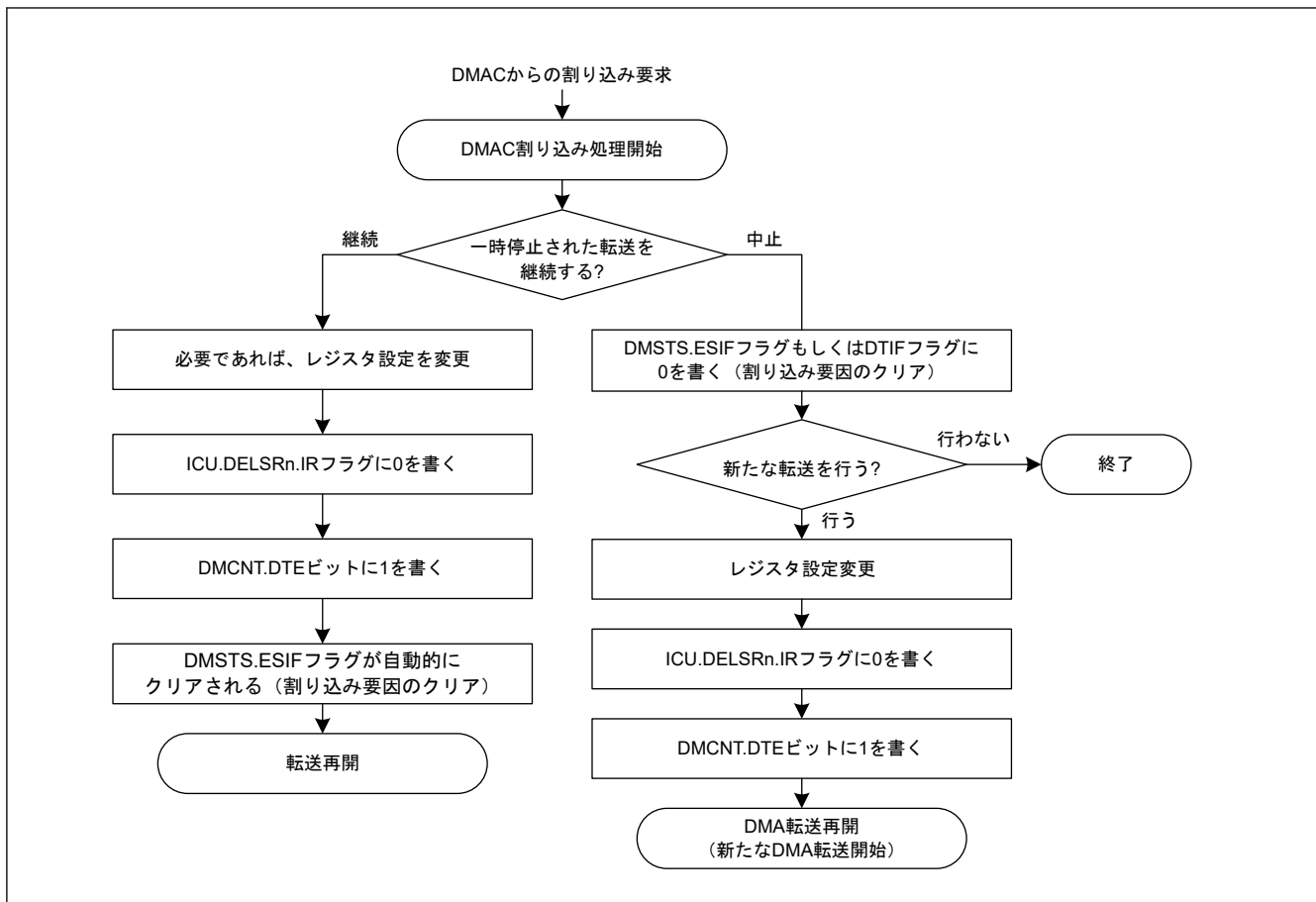


図 16.34 DMAC 割り込み処理ルーチンで DMA 転送を再開/終了する手順

16.6.2 転送エラー割り込み

DMAC 転送中に転送エラーが検出されると、DMAC/DTC からエラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) が発生します。DMAC 転送エラー発生時に生じる割り込みの種類を表 16.22 に示します。転送エラー発生時に格納されるエラー情報を表 16.22 に示します。

表 16.22 DMAC 転送エラー起因の割り込みとエラー情報

転送エラー要因	NMI/RESET ^(注1) 要求	割り込み要求	バスエラー状態	エラーアドレス エラー R/W	エラーチャンネル情報
DMAC/DTC のマスタ TrustZone フィルタ	ICU.NMISR.TZFST ^(注1)	DMA_TRANSERR	BUS.DMACDTCERRSTAT.MTERRSTAT ^(注1)	—	DMA.DMECHR
スレーブ TrustZone フィルタ	ICU.NMISR.TZFST ^(注1)	DMA_TRANSERR	BUS.BUS3ERRSTAT.STERRSTAT ^(注1)	BUS.BTZF3ERRADD BUS.BTZF3ERRRW	DMA.DMECHR
マスタ MPU	ICU.NMISR.BUSMST	DMA_TRANSERR	BUS.BUS3ERRSTAT.MMERRSTAT	BUS.BUS3ERRADD BUS.BUS3ERRRW	DMA.DMECHR
スレーブバスエラー	— ^(注2)	DMA_TRANSERR	BUS.BUS3ERRSTAT.SLERRSTAT ^(注2)	BUS.BUS3ERRADD BUS.BUS3ERRRW	DMA.DMECHR
不正アクセスエラー	— ^(注2)	DMA_TRANSERR	BUS.BUS3ERRSTAT.ILERRSTAT ^(注2)	BUS.BUS3ERRADD BUS.BUS3ERRRW	DMA.DMECHR

注 1. マスタ MPU エラーや TrustZone フィルタエラー検出後の動作として NMI リクエストが選択されると、割り込みを生成します。BUS.BUS3ERRSTAT ビットと BUS.DMACDTCERRSTAT ビットを確認することにより、マスタかスレーブかを判定します。

注 2. エラー応答検出割り込み (DMA_TRANSERR) が発生し、かつマスタ MPU の NMI または TrustZone フィルタの NMI が発生しない場合、不正アドレスアクセスエラーまたはスレーブバスエラーとして扱ってください。それは BUS.BUS3ERRSTAT ビットと BUS.DMACDTCERRSTAT ビットによっても判定可能です。

最後の転送データに書き込むときにバスエラーが発生すると、転送終了イベントとエラー応答検出割り込み (DMA_TRANSERR) が発生することに注意してください。

16.7 イベントリンク

各 DMAC チャンネルは、1 回のデータ転送（ブロック転送モードの場合は 1 ブロックの転送）が終了するたびに、イベントリンク要求信号 (DMACn_INT) を出力します。

詳細は、「[18. イベントリンクコントローラ \(ELC\)](#)」を参照してください。

最後の転送データ書き込み時にバスエラーが発生すると、転送終了イベントおよびエラー応答検出割り込み (DMA_TRANSERR) が発生します。

16.8 低消費電力機能

モジュールストップ状態、ソフトウェアスタンバイモード、またはディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移する際は、最初に DMAST.DMST ビットを 0 (DMAC 動作禁止) にして、以下のように設定してください。

(1) モジュールストップ機能

MSTPCRA.MSTPA22 ビットに 1 を書くことによって、DMAC のモジュールストップ機能が有効になります。MSTPCRA.MSTPA22 ビットに 1 を書いたとき、DMA 転送が動作中の場合は、DMA 転送終了後にモジュールストップ状態へ遷移します。MSTPCRA.MSTPA22 ビットが 1 のとき、DMAC のレジスタにはアクセスしないでください。MSTPCRA.MSTPA22 ビットに 0 を書くことで、DMAC のモジュールストップ状態は解除されます。

(2) ソフトウェアスタンバイモード、ディープソフトウェアスタンバイモード

「[10.7.1. ソフトウェアスタンバイモードへの遷移](#)」、および「[10.9.1. ディープソフトウェアスタンバイモードへの遷移](#)」の手順に従って設定してください。

WFI 命令実行時に DMA 転送が動作中の場合、DMA 転送が終了してからソフトウェアスタンバイモードおよびディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。

(3) 低消費電力機能に関する注意事項

WFI 命令とレジスタの設定については、「[10.10.7. WFI 命令のタイミング](#)」を参照してください。

低消費電力モードから復帰後、DMA 転送を行うには、再度 DMAST.DMST ビットを 1 にしてください。ソフトウェアスタンバイモード時に発生した要求を、DMAC 起動要求ではなく CPU への割り込み要求として使用する場合は、「[13.4.1. 割り込みの検出](#)」に示すように、割り込み要求先を CPU に切り替えてから WFI 命令を実行してください。

16.9 使用上の注意事項

16.9.1 DMA 転送中のレジスタアクセスについて

同じチャンネルの DMSTS.ACT フラグが 1 (DMAC 動作中)、または同じチャンネルの DMCNT.DTE ビットが 1 (DMA 転送許可) の状態で、下記のレジスタに書き込まないでください。

- DMSAR
- DMDAR
- DMCRA
- DMCRB
- DMTMD
- DMINT
- DMAMD
- DMOFR
- DMSBS
- DMDBS
- DMSRR
- DMDRR
- ICUSARC

- DMAC SAR

16.9.2 予約領域への DMA 転送について

予約領域への DMA 転送は行わないでください。予約領域へアクセスが発生した場合の転送結果は保証されません。予約領域の詳細は、「[4. アドレス空間](#)」を参照してください。

16.9.3 割り込みコントローラユニットの DMAC イベントリンク設定レジスタ n (ICU.DELSRn) の設定 (n = 0~7)

DMAC イベントリンク設定レジスタ n (ICU.DELSRn) を設定する前に、DMA 転送許可ビット (DMCNT.DTE ビット) が 0 (DMA 転送禁止) であることを確認してください。さらに、ICU.DELSRn レジスタにより設定されている同じイベント番号に対応する DTC 起動許可レジスタ (ICU.IELSRn.DTCE (n = 0~95)) は 1 にしないでください。ICU.IELSRn.DTCE ビットと ICU.DELSRn レジスタの詳細は、「[13. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。

16.9.4 DMAC 起動の保留／再開に関する注意事項

DMAC 起動要求を一時停止するために、DMAC イベントリンク選択ビット (ICU.DELSRn.DELS[8:0]) に 0x00 を書き込んでください。DMA 転送を再開するには、「[16.3.10. DMAC の起動](#)」に記載された設定に従い、ICU.DELSRn.DELS[8:0] ビットにイベント番号を書き込んでください。

16.9.5 DMA 転送再開時の注意事項

DMA 転送終了後、次の要求時に DMAC 起動要求が発生する場合があります。このような状況が生じた場合、DMA 転送が開始され、DMAC 起動要求は DMAC 内に保持されます。これを避けるには、ICU の DELSRn.DELS[8:0] ビットを 0 にして、DMAC 起動要求を停止してください。

最後の DMA 転送後に DMAC 起動要求が発生した場合は、以下のいずれかの方法で DMAC 起動要求をクリアしてください。

- ダミーの DMA 転送を用いて DMAC 起動要求をクリアする。
- DMCNT.DTE ビットを 0 に設定した後、ICU.DELSRn.IR フラグを 0 にしてください。

 [16.35](#) を参照してください。

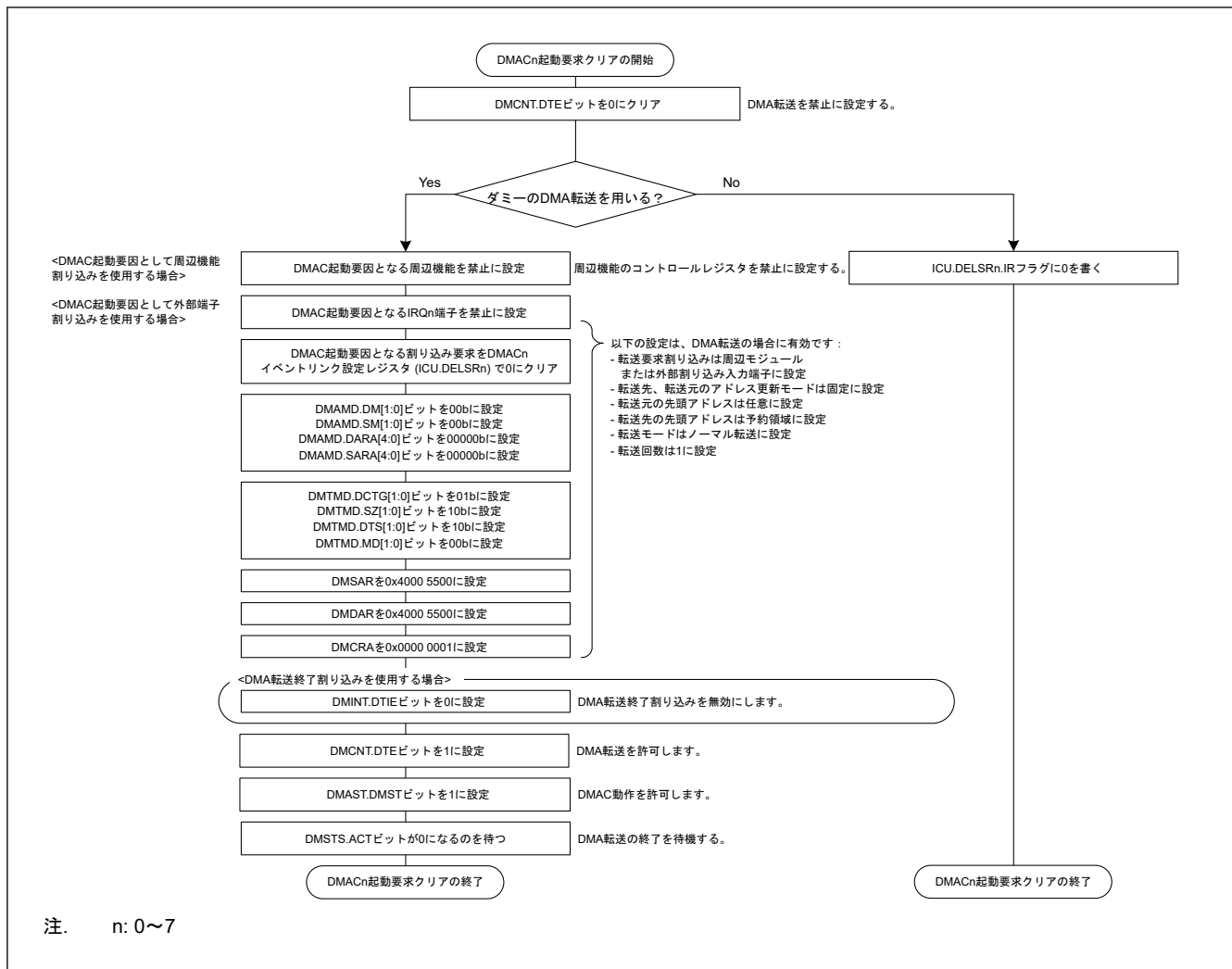


図 16.35 DMAC 起動割り込みをクリアするためのレジスタ設定手順例

17. データトランスファコントローラ (DTC)

17.1 概要

データトランスファコントローラ (DTC) は、割り込み要求によって起動するとデータ転送を行います。

表 17.1 に DTC の仕様を、図 17.1 に DTC のブロック図を示します。

表 17.1 DTC の仕様

項目	内容
転送モード	<ul style="list-style-type: none"> ノーマル転送モード 1回の起動で1データを転送 リピート転送モード 1回の起動で1データを転送 リピートサイズ分のデータを転送すると転送開始時のアドレスに復帰 リピート回数は最大256回設定可能で、最大256×32ビット(1024バイト)転送可能 ブロック転送モード 1回の起動で1ブロックを転送 ブロックサイズは、最大256×32ビット=1024バイト設定可能
転送チャンネル	<ul style="list-style-type: none"> 割り込み要因に対応するチャンネルの転送が可能 (ICUからのDTC起動要求で転送) 1つの起動要因に対して複数データの転送が可能 (チェーン転送) チェーン転送は「カウンタが0のとき実施」または「毎回実施」のいずれかを選択可能
転送空間	<ul style="list-style-type: none"> 0x0000_0000~0xFFFF_FFFFのうち予約領域を除く4GBの領域
データ転送単位	<ul style="list-style-type: none"> 1データ: 1バイト(8ビット)、1ハーフワード(16ビット)、1ワード(32ビット) 1ブロックサイズ: 1~256データ
CPU 割り込み要因	<ul style="list-style-type: none"> DTCを起動した割り込み、またはDTC_COMPLETEでCPUへの割り込み要求を発生可能 1回のデータ転送後にCPUへの割り込み要求を発生可能 指定したデータ数のデータ転送終了後にCPUへの割り込み要求を発生可能
DTC 転送エラーの処理	<ul style="list-style-type: none"> DTC転送エラーが発生すると、エラーを引き起こした転送が停止します。 ICUへのDTCエラー番号の起動要求に対して、レジスタのクリアを要求します。
エラー応答検出割り込み	DTC転送エラーが生じると発生します。
イベントリンク機能	1回のデータ転送後(ブロックの場合は1ブロック転送後)、イベントリンク要求を発生
リードスキップ	転送情報のリードスキップを実行可能
ライトバックスキップ	転送元アドレスまたは転送先アドレスが固定の場合、ライトバックスキップを実行可能
TrustZone	フラッシュやSRAMのTrustZone違反領域は、バスへのアクセス前に事前に検出されます。
モジュールストップ機能	モジュールストップ状態の設定が可能
TrustZone フィルタ	起動要因ごとにセキュリティ属性の設定が可能

注. DTCのセキュリティ属性レジスタは、ICU.ICUSARG、ICU.ICUSARH、およびICU.ICUSARIで説明します。

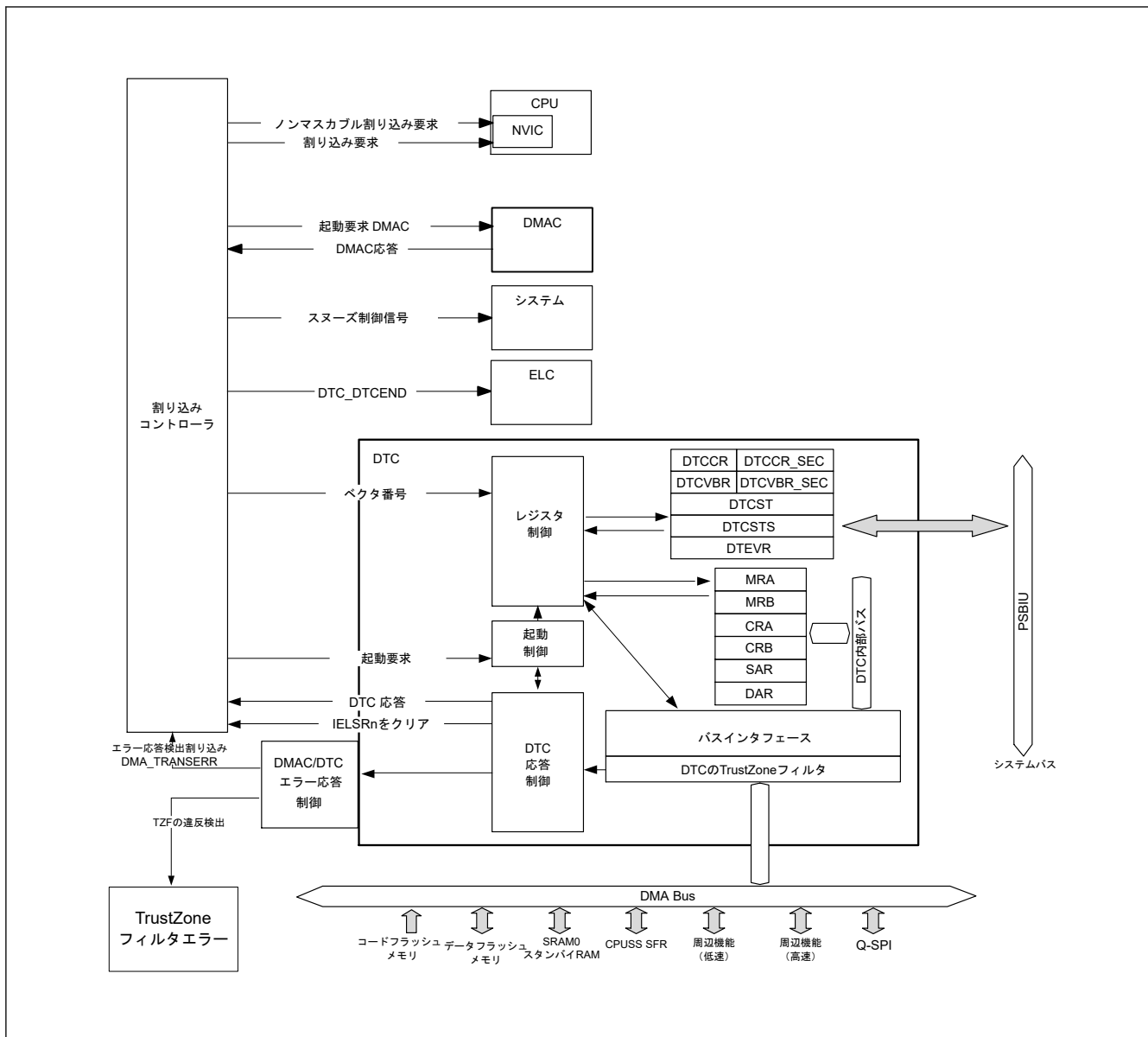


図 17.1 DTC のブロック図

DTC と NVIC (CPU 内) の接続関係については、「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」の「13.1. 概要」を参照してください。

17.2 レジスタの説明

MRA、MRB、SAR、DAR、CRA、CRB は、すべて DTC の内部レジスタであり、CPU から直接アクセスすることはできません。これら DTC 内部レジスタの設定値は、SRAM 領域に転送情報として配置されます。起動要求が発生すると、DTC は SRAM 領域から転送情報を読み出して、それを DTC の内部レジスタに設定します。データ転送の終了後、内部レジスタの内容は転送情報として SRAM 領域にライトバックされます。

17.2.1 DTCSAR : DTC コントローラセキュリティ属性レジスタ

Base address: CPSCU = 0x4000_8000

Offset address: 0x30

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	DTCS TSA
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DTCSTSA	DTC セキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
31:1	—	読むと 1 が読めます。	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

本レジスタは DTCST セキュリティ属性のみを設定します。

DTCSTSA ビット (DTC セキュリティ属性)

本ビットは DTCST レジスタのセキュリティ属性を設定します。

DTC 転送が有効またはバスマスタが DTC レジスタに書き込み中は、DTCSTSA ビットに書き込まないでください。

17.2.2 MRA : DTC モードレジスタ A

Base address: DTCVBR

Offset address: 0x03 + 0x4 × Vector number

(CPU から直接アクセス不可。「17.3.1. 転送情報の配置と DTC ベクタテーブル」を参照してください。)

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	MD[1:0]	SZ[1:0]	SM[1:0]	—	—			
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	—	読み出し値は不定です。書く場合、0 としてください。リセット後の値は不定値です。	—
3:2	SM[1:0]	転送元アドレスアドレッシングモード 0 0: SAR レジスタはアドレス固定 (SAR レジスタへのライトバックをスキップ) 0 1: SAR レジスタはアドレス固定 (SAR レジスタへのライトバックをスキップ) 1 0: 転送後 SAR レジスタをインクリメント: SZ[1:0]ビットが 00b のとき+1 SZ[1:0]ビットが 01b のとき+2 SZ[1:0]ビットが 10b のとき+4 1 1: 転送後 SAR レジスタをデクリメント: SZ[1:0]ビットが 00b のとき-1 SZ[1:0]ビットが 01b のとき-2 SZ[1:0]ビットが 10b のとき-4	—

ビット	シンボル	機能	R/W
5:4	SZ[1:0]	DTC データトランスファサイズ 00: バイト (8 ビット) 転送 01: ハーフワード (16 ビット) 転送 10: ワード (32 ビット) 転送 11: 設定禁止	—
7:6	MD[1:0]	DTC 転送モード選択 00: ノーマル転送モード 01: リピート転送モード 10: ブロック転送モード 11: 設定禁止	—

MRA レジスタは、CPU から直接アクセスすることはできません。CPU は SRAM 領域 (転送情報 (n) の開始アドレス+0x03) に MRA レジスタ設定値を設定します。DTC は、SRAM 領域 (転送情報 (n) の開始アドレス+0x03) から、MRA レジスタへ設定値を転送します。「17.3.1. 転送情報の配置と DTC ベクタテーブル」を参照してください。

17.2.3 MRB : DTC モードレジスタ B

Base address: DTCVBR

Offset address: 0x02 + 0x4 × Vector number

(CPU から直接アクセス不可。「17.3.1. 転送情報の配置と DTC ベクタテーブル」を参照してください。)

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	CHNE	CHNS	DISEL	DTS	DM[1:0]	—	—	

Value after reset: x x x x x x x x

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	—	読み出し値は不定です。書く場合、0としてください。リセット後の値は不定値です。	—
3:2	DM[1:0]	転送先アドレスアドレッシングモード 00: DAR レジスタはアドレス固定 (DAR レジスタへのライトバックをスキップ) 01: DAR レジスタはアドレス固定 (DAR レジスタへのライトバックをスキップ) 10: 転送後 DAR レジスタをインクリメント : MRA.SZ[1:0]ビットが 00b のとき+1 MRA.SZ[1:0]ビットが 10b のとき+4MRA.SZ[1:0]ビットが 01b のとき+2 11: 転送後 DAR レジスタをデクリメント : MRA.SZ[1:0]ビットが 00b のとき-1 MRA.SZ[1:0]ビットが 01b のとき-2 MRA.SZ[1:0]ビットが 10b のとき-4	—
4	DTS	DTC 転送モード選択 0: 転送先がリピート領域またはブロック領域 1: 転送元がリピート領域またはブロック領域	—
5	DISEL	DTC 割り込み選択 0: 指定されたデータ転送の終了時、CPU への割り込み要求が発生 1: DTC データ転送のたびに、CPU への割り込み要求が発生	—
6	CHNS	DTC チェーン転送選択 0: 連続してチェーン転送を行う 1: 転送カウンタが 1→0、または 1→CRAH となったとき、チェーン転送を行う	—
7	CHNE	DTC チェーン転送許可 0: チェーン転送禁止 1: チェーン転送許可	—

MRB レジスタは、CPU から直接アクセスすることはできません。CPU は SRAM 領域 (転送情報 (n) の開始アドレス+0x02) に MRB レジスタ設定値を設定します。DTC は、SRAM 領域 (転送情報 (n) の開始アドレス+0x02) から、MRB レジスタへ設定値を転送します。「17.3.1. 転送情報の配置と DTC ベクタテーブル」を参照してください。

17.2.6 CRA : DTC 転送カウントレジスタ A

Base address: DTCVBR

Offset address: $0x0E + 0x4 \times \text{Vector number}$

(CPU から直接アクセス不可。「17.3.1. 転送情報の配置と DTC ベクタテーブル」を参照してください。)

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

Value after reset: x x x x x x x x x x x x x x x x

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	CRAL	転送カウンタ A 下位 転送回数を設定	—
15:8	CRAH	転送カウンタ A 上位 転送回数を設定	—

注. 転送モードによって機能が異なります。

注. リピート転送モードとブロック転送モードでは、CRAH および CRAL レジスタには同じ値を設定してください。

CRA レジスタは 16 ビットです。CRAL は下位 8 ビット、CRAH は上位 8 ビットです。CRA はノーマル転送モードで使用されます。

CRAL と CRAH はリピート転送モードとブロック転送モードで使用されます。

CRA レジスタは、CPU から直接アクセスすることはできません。CPU は SRAM 領域（転送情報 (n) の開始アドレス+0x0E) に CRA レジスタ設定値を設定します。DTC は、SRAM 領域（転送情報 (n) の開始アドレス+0x0E) から、CRA レジスタへ設定値を転送します。「17.3.1. 転送情報の配置と DTC ベクタテーブル」を参照してください。

(1) ノーマル転送モード (MRA.MD[1:0] = 00b) の場合

ノーマル転送モードでは、CRA レジスタは 16 ビットの転送カウンタとして機能します。転送回数は、設定値が 0x0001 のときは 1 回、0xFFFF のときは 65535 回、0x0000 のときは 65536 回となります。CRA レジスタの値は、データ転送を 1 回行うたびにデクリメント (-1) されます。

(2) リピート転送モード (MRA.MD[1:0] = 01b) の場合

リピート転送モードでは、CRAH レジスタは転送回数を保持し、CRAL レジスタは 8 ビットの転送カウンタとして機能します。転送回数は、設定値が 0x01 のときは 1 回、0xFF のときは 255 回、0x00 のときは 256 回となります。CRAL レジスタの値は、データ転送を 1 回行うたびにデクリメント (-1) されます。0x00 に達すると、CRAH レジスタの値が CRAL レジスタへ転送されます。

(3) ブロック転送モード (MRA.MD[1:0] = 10b) の場合

ブロック転送モードでは、CRAH レジスタはブロックサイズを保持し、CRAL レジスタは 8 ビットのブロックサイズカウンタとして機能します。転送回数は、設定値が 0x01 のときは 1 回、0xFF のときは 255 回、0x00 のときは 256 回となります。CRAL レジスタの値は、データ転送を 1 回行うたびにデクリメント (-1) されます。0x00 に達すると、CRAH レジスタの値が CRAL レジスタへ転送されます。

17.2.7 CRB : DTC 転送カウントレジスタ B

Base address: DTCVBR

Offset address: $0x0C + 0x4 \times \text{Vector number}$

(CPU から直接アクセス不可。「17.3.1. 転送情報の配置と DTC ベクタテーブル」を参照してください。)

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

Value after reset: x x x x x x x x x x x x x x x x

CRB レジスタは、ブロック転送モードのブロック転送回数を指定するレジスタです。転送回数は、設定値が 0x0001 のときは 1 回、0xFFFF のときは 65535 回、0x0000 のときは 65536 回となります。CRB レジスタの値は、

1 ブロックサイズの最終データ転送時にデクリメント (-1) されます。ノーマル転送モードまたはリピート転送モードを選択した場合、CRB レジスタは使用されず、設定値は無視されます。

CRB レジスタは CPU から直接アクセスすることはできません。CPU は SRAM 領域 (転送情報 (n) の開始アドレス+0x0C) に CRB レジスタ設定値を設定します。DTC は、SRAM 領域 (転送情報 (n) の開始アドレス+0x0C) から、CRB レジスタへ設定値を転送します。「17.3.1. 転送情報の配置と DTC ベクタテーブル」を参照してください。

17.2.8 DTCCR : DTC コントロールレジスタ

Base address: DTC = 0x4000_5400

Offset address: 0x00

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	RRS	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	1	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
3	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
4	RRS	DTC 転送情報リードスキップ許可 0: 転送情報のリードスキップを行わない 1: ベクタ番号が一致したとき、転送情報のリードスキップを行う	R/W
7:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

RRS ビット (DTC 転送情報リードスキップ許可)

RRS ビットはベクタ番号が一致したとき、転送情報のリードスキップを許可します。DTC ベクタ番号は、前回起動時のベクタ番号と比較されます。ベクタ番号が一致し、かつ RRS ビットが 1 になっていると、転送情報の読み出しを行わずに DTC のデータ転送が行われます。ただし、前回の転送がチェーン転送のときは、RRS ビットの値にかかわらず転送情報の読み出しが行われます。

前回の転送がノーマル転送で転送カウンタ (CRA レジスタ) が 0 になっている場合と、ブロック転送で転送カウンタ (CRB レジスタ) が 0 になっている場合も、RRS ビットの値にかかわらず転送情報の読み出しが行われます。

17.2.9 DTCCR_SEC : DTC コントロールレジスタ (セキュア領域)

Base address: DTC = 0x4000_5400

Offset address: 0x10

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	RRS	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	1	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
3	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
4	RRS	DTC 転送情報リードスキップ許可 (セキュア領域) 0: 転送情報のリードスキップを行わない 1: ベクタ番号が一致したとき、転送情報のリードスキップを行う	R/W
7:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュアアクセスは許可されます。非セキュアアクセスは読み取り専用です。

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DTCST	DTC モジュール起動 0: DTC モジュール停止 1: DTC モジュール動作	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

DTCST ビット (DTC モジュール起動)

DTC が転送要求を受け付けられるようにするには、DTCST ビットを 1 にしてください。DTCST ビットを 0 にすると、新たな転送要求を受け付けません。データ転送中に 0 に書き換えた場合、受け付け済みの転送要求は処理が終了するまで有効です。

下記の状態へ遷移する際は、事前に DTCST ビットを 0 にする必要があります。

- モジュールストップ状態
- スヌーズモードへの遷移を伴わないソフトウェアスタンバイモード
- ディープソフトウェアスタンバイモード

これらの遷移については、「[17.10. 低消費電力機能](#)」と「[10. 低消費電力モード](#)」を参照してください。

17.2.13 DTCSTS : DTC ステータスレジスタ

Base address: DTC = 0x4000_5400

Offset address: 0x0E

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	ACT	—	—	—	—	—	—	—	VECN[7:0]							
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	VECN[7:0]	DTC アクティブベクタ番号モニタ DTC 転送動作中にその起動要因をベクタ番号で示します。 この値は、DTC 転送動作中 (ACT フラグが 1 の場合) にのみ有効です。	R
14:8	—	読むと 0 が読めます。	R
15	ACT	DTC アクティブフラグ 0: DTC 転送動作なし 1: DTC 転送動作中	R

VECN[7:0] ビット (DTC アクティブベクタ番号モニタ)

VECN[7:0] ビットは DTC 転送動作中に、その転送の起動要因をベクタ番号で示します。ACT フラグが 1 (DTC 転送動作中) であれば、読み出された VECN[7:0] ビットの値は有効であり、ACT フラグが 0 (DTC 転送動作なし) であれば、読み出された VECN[7:0] ビットの値は無効です。

ACT フラグ (DTC アクティブフラグ)

ACT フラグは DTC の転送動作状態を示します。

[1 になる条件]

- 転送要求によって DTC が起動したとき

[0 になる条件]

- 転送要求に対する DTC の転送が完了したとき

17.2.14 DTEVR : DTC エラーベクタレジスタ

Base address: DTC = 0x4000_5400

Offset address: 0x20

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	DTESTA
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	DTEVSAM	DTEV[7:0]							
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	DTEV[7:0]	DTC エラーベクタ番号 DTC のエラーベクタを表します。	R
8	DTEVSAM	DTC エラーベクタ番号 SA モニタ エラーを引き起こすベクタ番号の SA を示します。 0: セキュアベクタ番号 1: 非セキュアベクタ番号	R
15:9	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R
16	DTESTA	DTC エラーステータスフラグ 0: DTC 転送エラー発生なし 1: DTC 転送エラー発生あり	R/W
31:17	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R

注: DTESTA への書き込みは DTEVSAM の値に依存します。

DTEV[7:0]ビット (DTC エラーベクタ番号)

DTC 転送起因の転送エラーが発生した場合、本ビットは違反した DTC のチャンネルを格納します。

MPU.MMPUOAD.OAD および TZF.TZFOAD.OAD でリセットが選択されたとき、本レジスタもリセットされます。プログラムをデバッグする場合はノンマスカブル割り込みを選択してください。

[1 になる条件]

- DTC 転送エラーが発生し、DTESTA = 0 の場合

[0 になる条件]

- DTEVR.DTESTA に 1 を書き込む場合

DTEVSAM ビット (DTC エラーベクタ番号 SA モニタ)

DTC 転送起因の転送エラーが発生した場合、本ビットは違反した DTC ベクタ番号の SA を示します。

MPU.MMPUOAD.OAD および TZF.TZFOAD.OAD でリセットが選択されたとき、本レジスタもリセットされます。プログラムをデバッグする場合はノンマスカブル割り込みを選択してください。

[1 になる条件]

- DTC 転送エラーが発生し、DTESTA = 0 の場合

[0 になる条件]

- DTEVR.DTESTA に 1 を書き込む場合

DTESTA ビット (DTC エラーステータスフラグ)

本ビットは DTC 転送エラーの発生の有無を示します。

DTEV、DTEVSAM、DTESTA は DTESTA に 1 を書き込むことによりクリアされます。

DTESTA への 0 の書き込みは無視されます。

MPU.MMPUOAD.OAD および TZF.TZFOAD.OAD でリセットが選択されたとき、本レジスタもリセットされます。プログラムをデバッグする場合はノンマスクブル割り込みを選択してください。

[1 になる条件]

- DTC 転送エラーが発生した場合

[0 になる条件]

- DTEVR.DTESTA に 1 を書き込む場合

注. DTEVSAM = 1 の場合、セキュア状態と非セキュア状態で本ビットをクリアできます。DTEVSAM = 0 の場合、非セキュア状態では本ビットをクリアできません。

17.3 起動要因

DTC は割り込み要求によって起動します。ICU.IELSRn.DTCE ビットを 1 にすると、対応する割り込みによって DTC が起動します。ICU.IELSRn レジスタで設定されたセクタ出力番号 n ($n=0\sim 95$) は、割り込みベクタ番号として定義されます。許可された割り込みに対して、各割り込みベクタ番号 n に対応した特定の DTC 割り込み要因が、ICU.IELSRn.IELS[8:0] ($n=0\sim 95$) ビットによって選択されます。ICU.IELSRn.IELS[4:0] ($n=0\sim 31$) ビットの設定方法については、「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」の「13.3.2. イベント番号」を参照してください。ソフトウェアによる起動については、「18.2.2. ELSEGRn: イベントリンクソフトウェアイベント発生レジスタ n ($n=0, 1$)」を参照してください。

割り込みベクタ番号は DTC ベクタテーブル番号と同等です。DTC が起動要求を受け付けると、その要求に対する転送が終了するまで、新たな起動要求は優先順位にかかわらず受け付けません。DTC 転送中に複数の起動要求が発生した場合、転送の終了時点で最も優先順位の高い要求が受け付けられます。DTC モジュール起動ビット (DTCST.DTCST) が 0 の状態で、複数の起動要求が発生した場合、DTC は、その後このビットが 1 になったときに最も優先順位の高い要求を受け付けます。割り込みベクタ番号が小さいほど優先順位は高くなります。

1 回のデータ転送開始時 (チェーン転送の場合、連続した最後の転送時)、DTC は以下のように動作します。

- 指定した回数のデータ転送が終了すると、ICU.IELSRn.DTCE ビットが 0 になり、CPU に対して割り込み要求が発生する
- MRB.DISEL ビットが 1 の場合、データ転送完了時に CPU に対して割り込み要求が発生する
- 上記のいずれでもない場合、起動要因となった ICU.IELSRn.IR フラグはデータ転送開始時に 0 になる

17.3.1 転送情報の配置と DTC ベクタテーブル

DTC は、起動要因ごとにベクタテーブルから転送情報の開始アドレスを読み出して、このアドレスから始まる転送情報を読み出します。

DTC には、非セキュア側とセキュア側の 2 つのベクタテーブルがあります。それは、DTC に対するトリガとして働く割り込みベクタ番号が非セキュア側とセキュア側に分割されるためです。SA = 1 である割り込みベクタ番号のベクタテーブルを非セキュア側の DTCVBR に配置してください。SA = 0 である割り込みベクタ番号のベクタテーブルをセキュア側の DTCVBR_SEC に配置してください。

ベクタテーブルのベースアドレス (開始アドレス) は、下位 10 ビットが 0 になるように配置する必要があります。DTC ベクタベースレジスタ (DTCVBR) を用いて、DTC ベクタテーブルのベースアドレスを設定してください。転送情報は SRAM 領域に配置します。SRAM 領域では、ベクタ番号 n を持つ転送情報 n の開始アドレスは、ベクタテーブルのベースアドレス + $4n$ 番地でなければいけません。

DTC ベクタテーブルと転送情報の対応を図 17.2 に示します。SRAM 領域上の転送情報の配置を図 17.3 に示します。

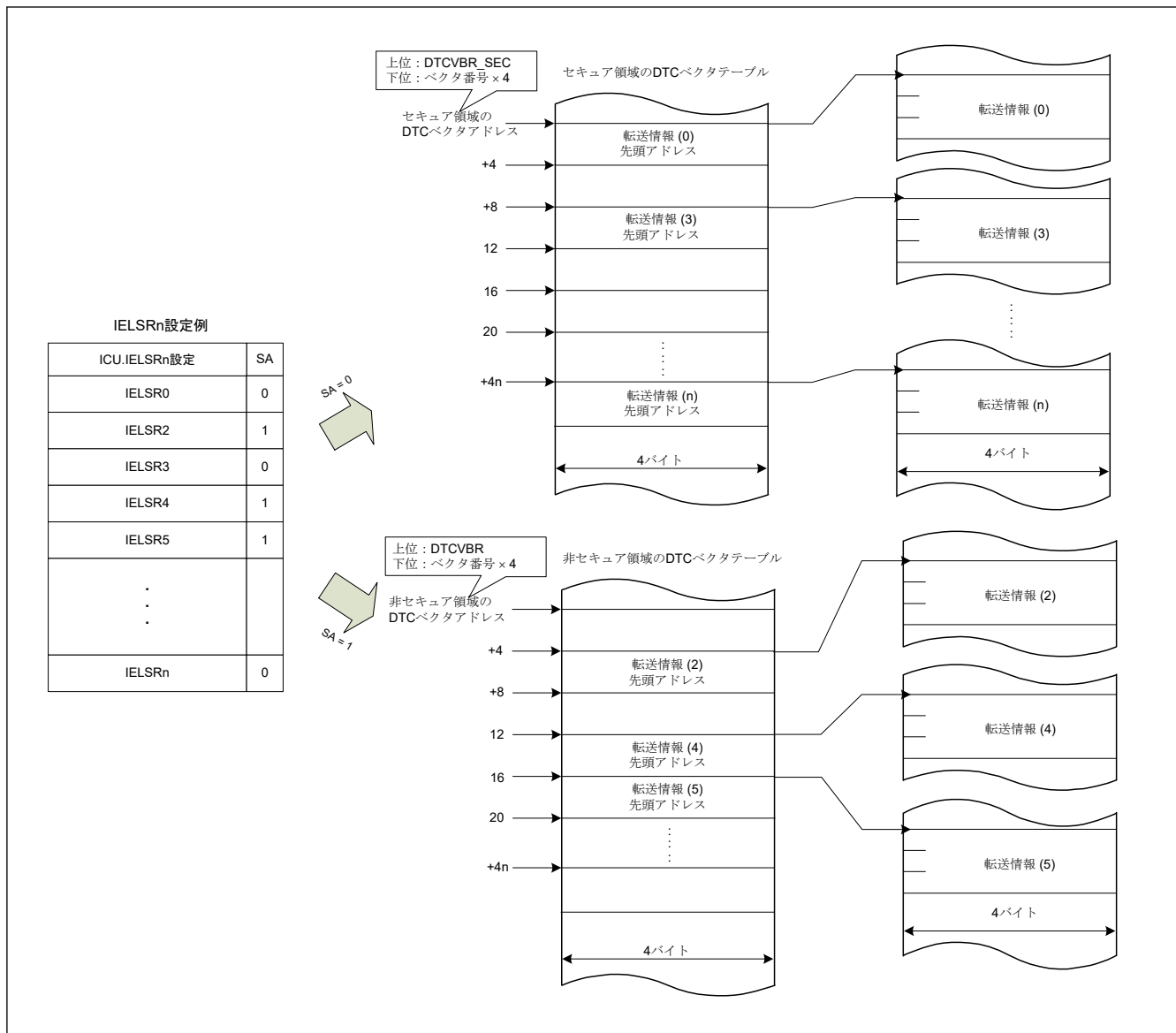


図 17.2 DTC ベクタテーブルと転送情報の対応関係

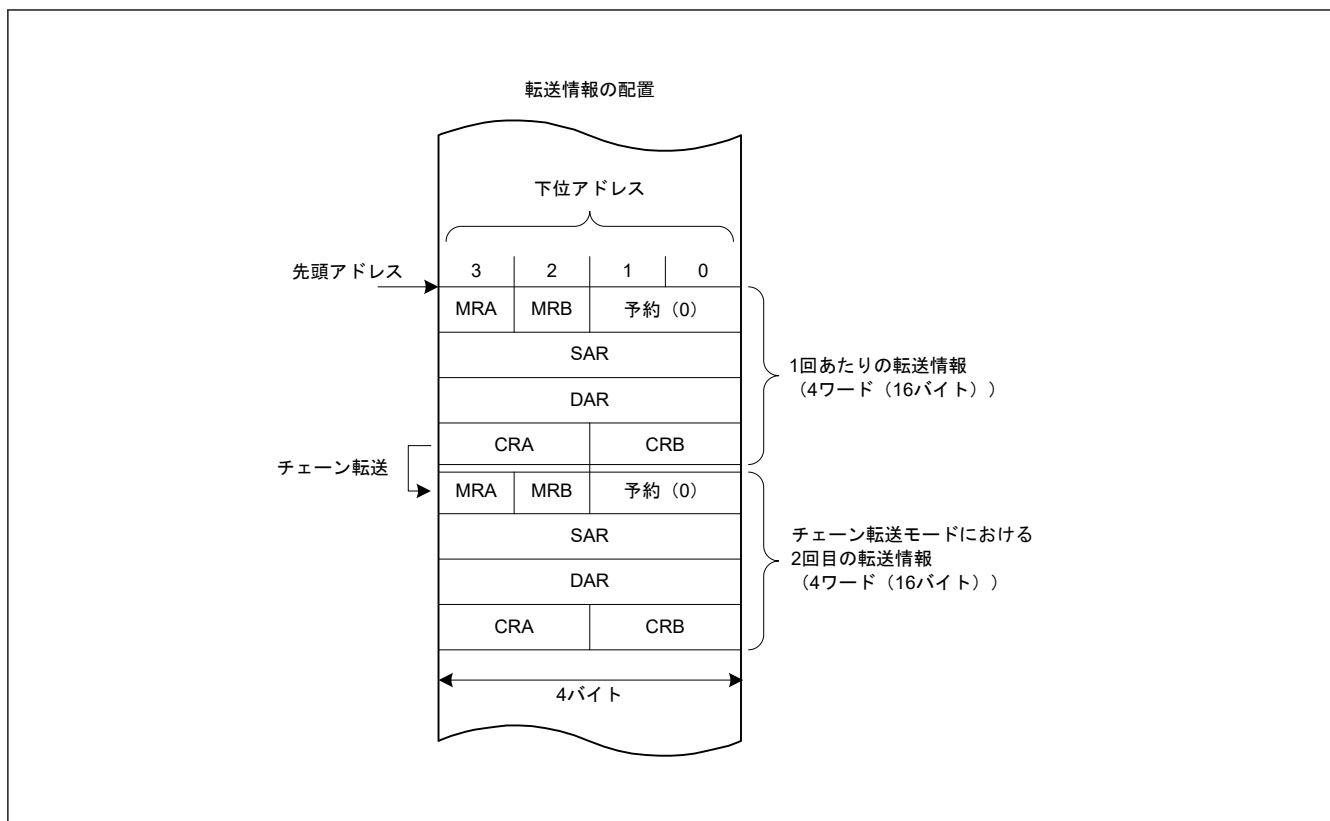


図 17.3 SRAM 領域上の転送情報の配置

17.4 動作説明

DTC は、転送情報に従ってデータを転送します。DTC を動作させるには、あらかじめ転送情報を SRAM 領域に格納しておく必要があります。DTC が起動すると、DTC はベクタ番号に対応する DTC ベクタを読み出します。次に DTC は、DTC ベクタが示す転送情報格納アドレスから転送情報を読み出して、データ転送を行います。データ転送後に、DTC は転送情報のライトバックを行います。転送情報を SRAM 領域に格納することで、任意のチャンネル数のデータ転送が可能になります。

転送モードには、下記の 3 種類があります。

- ノーマル転送モード
- リピート転送モード
- ブロック転送モード

DTC は転送元アドレスを SAR レジスタ、転送先アドレスを DAR レジスタで指定します。これらのレジスタ値は、データの転送後、それぞれ個別にインクリメント、デクリメント、あるいはアドレス固定されます。

表 17.2 に DTC の転送モードを示します。

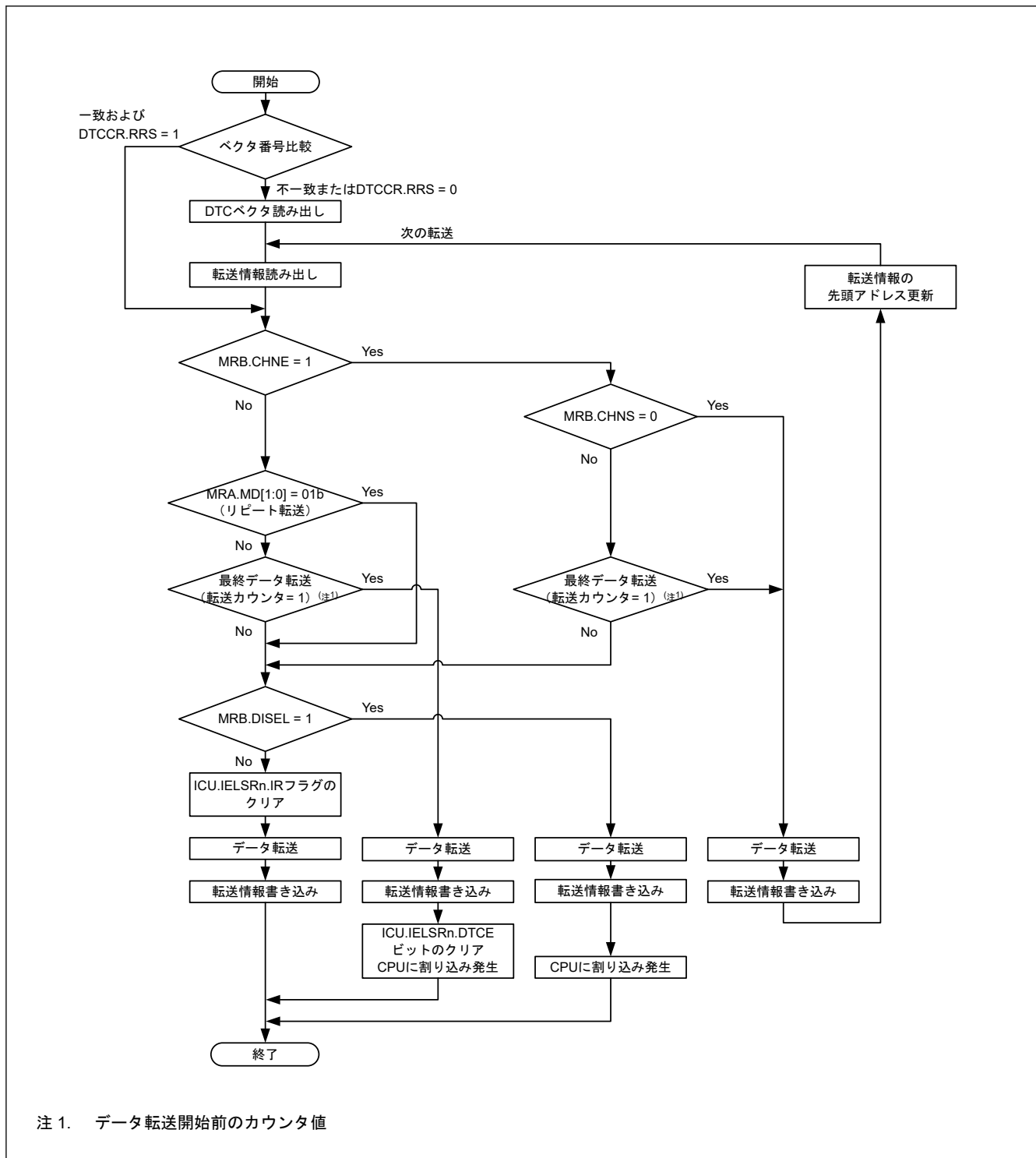
表 17.2 DTC の転送モード

転送モード	1 回の転送要求で転送可能なデータサイズ	メモリアドレスの増減	指定可能な転送回数
ノーマル転送モード	1 バイト (8 ビット) / 1 ハーフワード (16 ビット) / 1 ワード (32 ビット)	Incremented or decremented by 1, 2, or 4 or address-fixed	1~65536 回
リピート転送モード (注1)	1 バイト (8 ビット) / 1 ハーフワード (16 ビット) / 1 ワード (32 ビット)	Incremented or decremented by 1, 2, or 4 or address-fixed	1~256 回(注3)
ブロック転送モード (注2)	CRAH レジスタで指定したブロックサイズ (1~256 バイト / 1~256 ハーフワード (2~512 バイト) / 1~256 ワード (4~1024 バイト))	Incremented or decremented by 1, 2, or 4 or address-fixed	1~65536 回

注 1. 転送元または転送先のいずれかをリピート領域に設定します。
 注 2. 転送元または転送先のいずれかをブロック領域に設定します。
 注 3. 指定回数の転送終了後は、初期状態に戻り、動作を再開します。

MRB.CHNE ビットを 1 にすると、1 つの起動要因で複数転送またはチェーン転送が可能です。指定されたデータ転送終了時にチェーン転送を行う設定も可能です。

図 17.4 に DTC の動作フローチャートを示します。表 17.3 にチェーン転送の条件を示します。この表では、2 番目以降の転送に対する制御情報の組み合わせは省略されています。



注 1. データ転送開始前のカウンタ値

図 17.4 DTC 動作フローチャート

表 17.3 チェーン転送の条件

第 1 転送				第 2 転送 ^(注3)				DTC 転送
CHNE ビット	CHNS ビット	DISEL ビット	転送カウンタ ^(注1) (注2)	CHNE ビット	CHNS ビット	DISEL ビット	転送カウンタ ^(注1) (注2)	
0	—	0	(1→0) 以外	—	—	—	—	第 1 転送で終了
0	—	0	(1→0)	—	—	—	—	第 1 転送で終了し CPU へ 割り込み要求
0	—	1	—	—	—	—	—	
1	0	—	—	0	—	0	(1→0) 以外	第 2 転送で終了
				0	—	0	(1→0)	第 2 転送で終了し CPU へ 割り込み要求
				0	—	1	—	
1	1	0	(1→*) 以外	—	—	—	—	第 1 転送で終了
1	1	—	(1→*)	0	—	0	(1→0) 以外	第 2 転送で終了
				0	—	0	(1→0)	第 2 転送で終了し CPU へ 割り込み要求
				0	—	1	—	
1	1	1	(1→*) 以外	—	—	—	—	第 1 転送で終了し CPU へ 割り込み要求

注 1. 使用する転送カウンタは、以下のように、各転送モードで異なります。

ノーマル転送モード：CRA レジスタ

リピート転送モード：CRAL レジスタ

ブロック転送モード：CRB レジスタ

注 2. 転送終了時のカウンタ動作は以下の通りです。

ノーマル転送モードとブロック転送モードでは (1→0)

リピート転送モードでは (1→CRAH)

表中の (1→*) は、これら両方の動作を表します。

注 3. 2 番目以降の転送に対してチェーン転送の選択が可能です。第 2 転送と CHNE ビットが 1 の組み合わせに対する条件は省略しています。

17.4.1 転送情報のリードスキップ機能

DTCCR.RRS ビットを設定することにより、ベクタアドレスと転送情報の読み出しをスキップできます。DTC 起動要求時に、今回の DTC ベクタ番号と前回起動時の DTC ベクタ番号が比較されます。ベクタ番号が一致し、かつ DTCCR.RRS ビットが 1 になっているときは、ベクタアドレスと転送情報の読み出しを行わずに DTC のデータ転送が行われます。ただし、前回の転送がチェーン転送の場合は、ベクタアドレスと転送情報が読み出されず。前回の転送がノーマル転送で転送カウンタ (CRA レジスタ) が 0 になっている場合と、ブロック転送で転送カウンタ (CRB レジスタ) が 0 になっている場合も、DTCCR.RRS ビットの値にかかわらず転送情報の読み出しが行われます。図 17.12 に転送情報のリードスキップの動作例を示します。

DTC ベクタテーブルと転送情報を更新する場合は、DTCCR.RRS ビットを 0 にして、DTC ベクタテーブルと転送情報を更新した後、DTCCR.RRS ビットを 1 に戻してください。DTCCR.RRS ビットをいったん 0 にすることによって、格納されていたベクタ番号が破棄されます。次の起動時には、更新された DTC ベクタテーブルと転送情報が読み出されます。

17.4.2 転送情報のライトバックスキップ機能

MRA.SM[1:0]ビットまたは MRB.DM[1:0]ビットを「アドレス固定」に設定すると、転送情報の一部はライトバックされません。表 17.4 に転送情報のライトバックスキップ条件と対応するレジスタを示します。CRA レジスタと CRB レジスタはライトバックされますが、MRA レジスタと MRB レジスタのライトバックはスキップされません。

表 17.4 転送情報ライトバックスキップ条件とライトバックスキップされるレジスタ

MRA.SM[1:0]ビット		MRB.DM[1:0]ビット		SAR レジスタ	DAR レジスタ
b3	b2	b3	b2		
0	0	0	0	スキップ	スキップ
0	0	0	1		
0	1	0	0		
0	1	0	1		
0	0	1	0	スキップ	ライトバック
0	0	1	1		
0	1	1	0		
0	1	1	1		
1	0	0	0	ライトバック	スキップ
1	0	0	1		
1	1	0	0		
1	1	0	1		
1	0	1	0	ライトバック	ライトバック
1	0	1	1		
1	1	1	0		
1	1	1	1		

17.4.3 ノーマル転送モード

このモードでは、1つの起動要因で、1バイト（8ビット）、1ハーフワード（16ビット）、1ワード（32ビット）のデータ転送が可能です。転送回数は1～65536回まで設定できます。転送元アドレスと転送先アドレスは、それぞれ個別に、インクリメント、デクリメント、または固定に設定できます。指定回数の転送が終了すると、CPUへの割り込み要求を発生させることができます。

表 17.5 にノーマル転送モードのレジスタ機能を、図 17.5 にノーマル転送モードのメモリマップを示します。

表 17.5 ノーマル転送モードのレジスタ機能

レジスタ	機能	転送情報のライトバックによって書き戻される値
SAR	転送元アドレス	インクリメント/デクリメント/固定(注1)
DAR	転送先アドレス	インクリメント/デクリメント/固定(注1)
CRA	転送カウンタ A	CRA - 1
CRB	転送カウンタ B	更新なし

注 1. アドレス固定のとき、ライトバックはスキップされます。

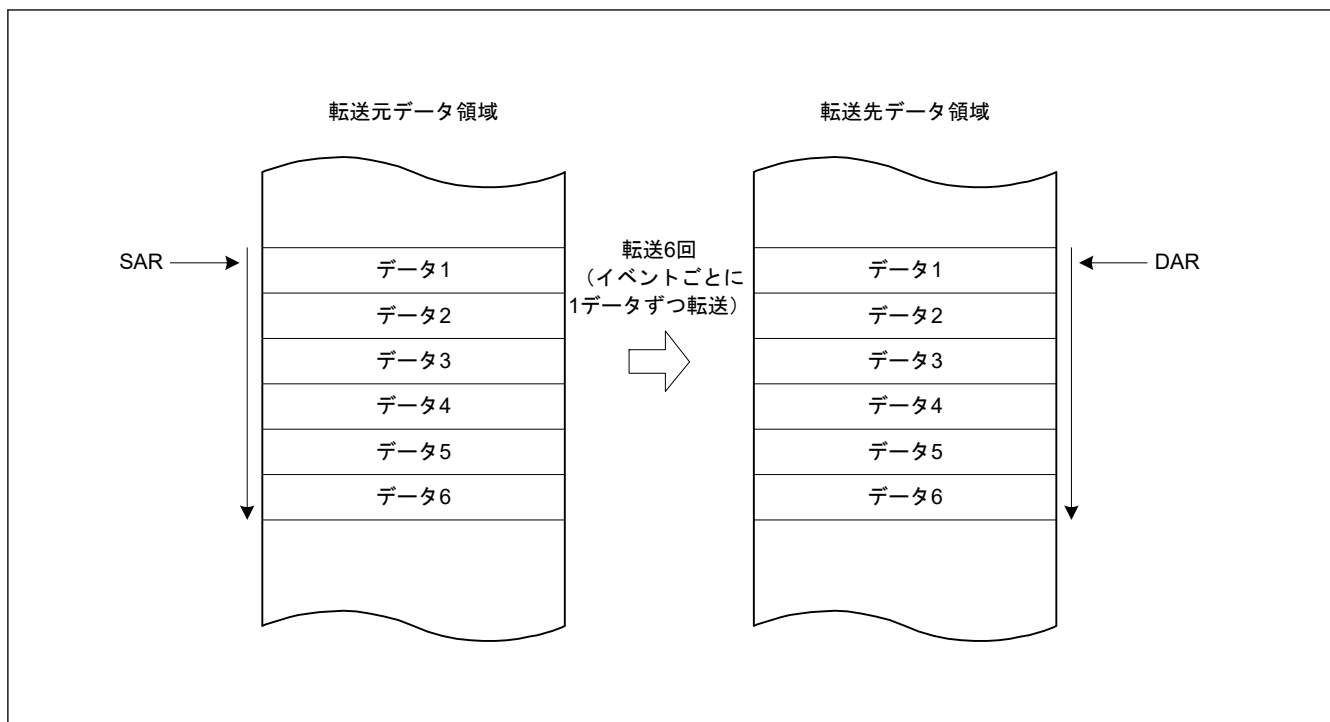


図 17.5 ノーマル転送モードのメモリマップ (MRA.SM[1:0] = 10b, MRB.DM[1:0] = 10b, CRA = 0x0006)

17.4.4 リピート転送モード

このモードでは、1つの起動要因で、1バイト (8ビット)、1ハーフワード (16ビット)、または1ワード (32ビット) のデータ転送が可能です。MRB.DTS ビットで、転送元と転送先のいずれかをリピート領域に指定する必要があります。転送回数は1~256回まで設定できます。指定回数の転送が終了すると、リピート領域に設定された方のアドレスレジスタは初期値に戻り、転送カウンタも初期値に戻ります。そして転送が繰り返されます。他方のアドレスレジスタは、連続してインクリメントまたはデクリメントされるか、あるいはアドレス固定になります。

リピート転送モードでは、転送カウンタ (CRAL レジスタ) が 0x00 になると、CRAL レジスタの値は CRAH レジスタで設定した値に更新されます。このため、転送カウンタが 0x00 にならないので、MRB.DISEL ビットが 0 になっていると、CPU への割り込み要求は発生しません。指定されたデータ転送が終了したとき、CPU への割り込みが発生します。

表 17.6 にリピート転送モードのレジスタ機能を、図 17.6 にリピート転送モードのメモリマップを示します。

表 17.6 リピート転送モードのレジスタ機能

レジスタ	機能	転送情報のライトバックによって書き戻される値	
		CRAL が 1 以外のとき	CRAL が 1 のとき
SAR	転送元アドレス	インクリメント/デクリメント/固定(注1)	<ul style="list-style-type: none"> • (MRB.DTS = 0 のとき) インクリメント/デクリメント/固定(注1) • (MRB.DTS = 1 のとき) SAR レジスタの初期値
DAR	転送先アドレス	インクリメント/デクリメント/固定(注1)	<ul style="list-style-type: none"> • (MRB.DTS = 0 のとき) DAR レジスタの初期値 • (MRB.DTS = 1 のとき) インクリメント/デクリメント/固定(注1)
CRAH	転送カウンタ保持	CRAH	CRAH
CRAL	転送カウンタ A	CRAL - 1	CRAH
CRB	転送カウンタ B	更新なし	更新なし

注 1. アドレス固定のとき、ライトバックはスキップされます。

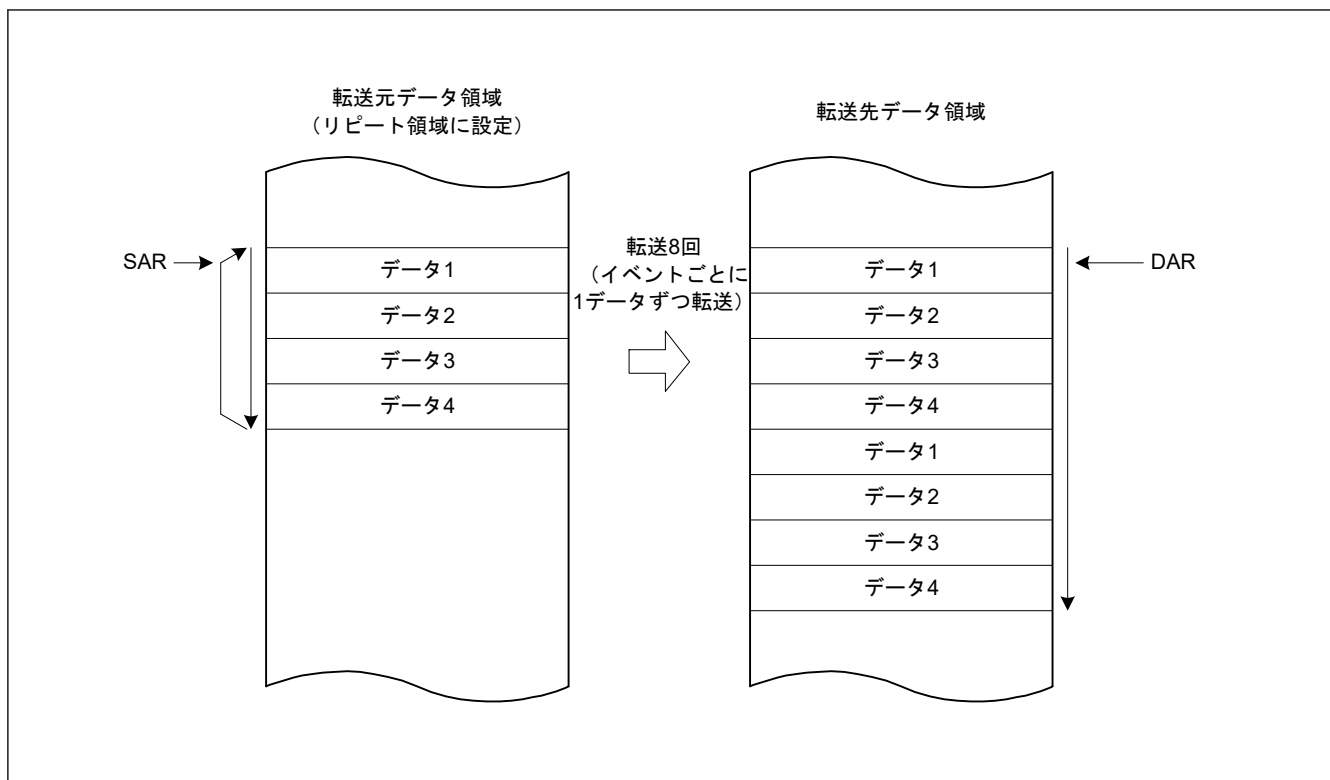


図 17.6 リピート転送モードのメモリマップ (転送元をリピート領域に設定した場合) (MRA.SM[1:0] = 10b, MRB.DM[1:0] = 10b, CRAH = 0x04)

17.4.5 ブロック転送モード

このモードでは、1つの起動要因で1ブロックのデータ転送が可能です。MRB.DTS ビットで、転送元と転送先のいずれかをブロック領域に指定する必要があります。ブロックサイズは、1~256 バイト、1~256 ハーフワード (2~512 バイト)、または1~256 ワード (4~1024 バイト) に設定できます。指定された1ブロックの転送が終了すると、ブロックサイズカウンタ (CRAL レジスタ) と、ブロック領域に指定したアドレスレジスタ (MRB.DTS ビットが1のときは SAR レジスタ、MRB.DTS ビットが0のときは DAR レジスタ) は初期値に戻ります。他方のアドレスレジスタは、連続してインクリメントまたはデクリメントされるか、あるいはアドレス固定になります。

転送回数 (ブロック数) は、1~65536 まで指定可能です。指定回数のブロック転送が終了すると、CPU への割り込み要求を発生させることができます。

表 17.7 にブロック転送モードのレジスタ機能を、図 17.7 にブロック転送モードのメモリマップを示します。

表 17.7 ブロック転送モードのレジスタ機能

レジスタ	機能	転送情報のライトバックによって書き戻される値
SAR	転送元アドレス	<ul style="list-style-type: none"> (MRB.DTS = 0 のとき) インクリメント/デクリメント/固定(注1) (MRB.DTS = 1 のとき) SAR レジスタの初期値
DAR	転送先アドレス	<ul style="list-style-type: none"> (MRB.DTS = 0 のとき) DAR レジスタの初期値 (MRB.DTS = 1 のとき) インクリメント/デクリメント/固定(注1)
CRAH	ブロックサイズ保持	CRAH
CRAL	ブロックサイズカウンタ	CRAH
CRB	ブロック転送回数カウンタ	CRB - 1

注 1. アドレス固定のとき、ライトバックはスキップされます。

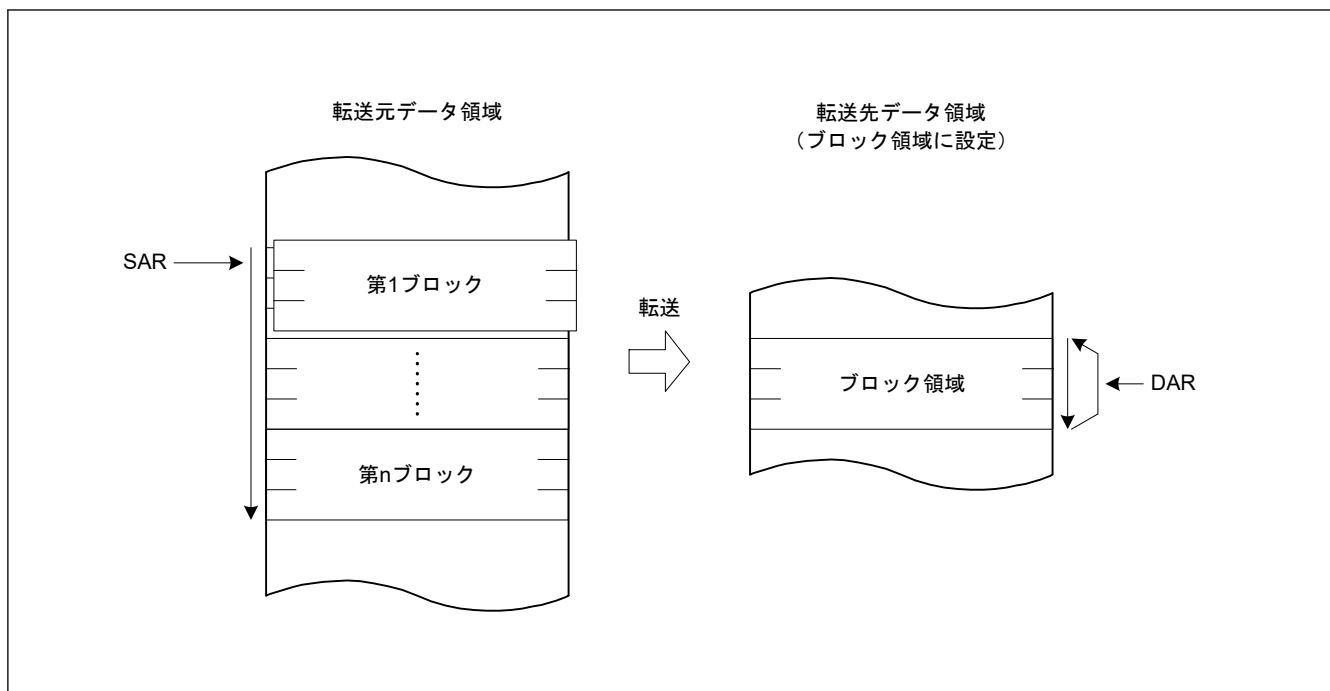


図 17.7 ブロック転送モードのメモリマップ

17.4.6 チェーン転送

MRB.CHNE ビットを 1 にすると、1 つの起動要因で複数のデータ転送を連続して行うチェーン転送が可能になります。MRB.CHNE ビットを 1 にして、MRB.CHNS ビットを 0 にした場合は、指定した転送回数の終了による CPU への割り込み要求も、MRB.DISEL = 1 による CPU への割り込み要求も発生しません。割り込み要求は、DTC データ転送のたびに CPU に送信されます。データ転送が、起動要因の ICU.IELSRn.IR フラグに影響を与えることはありません。

データ転送を定義するための SAR、DAR、CRA、CRB、MRA、および MRB レジスタは、それぞれ個別に設定可能です。図 17.8 にチェーン転送の動作を示します。

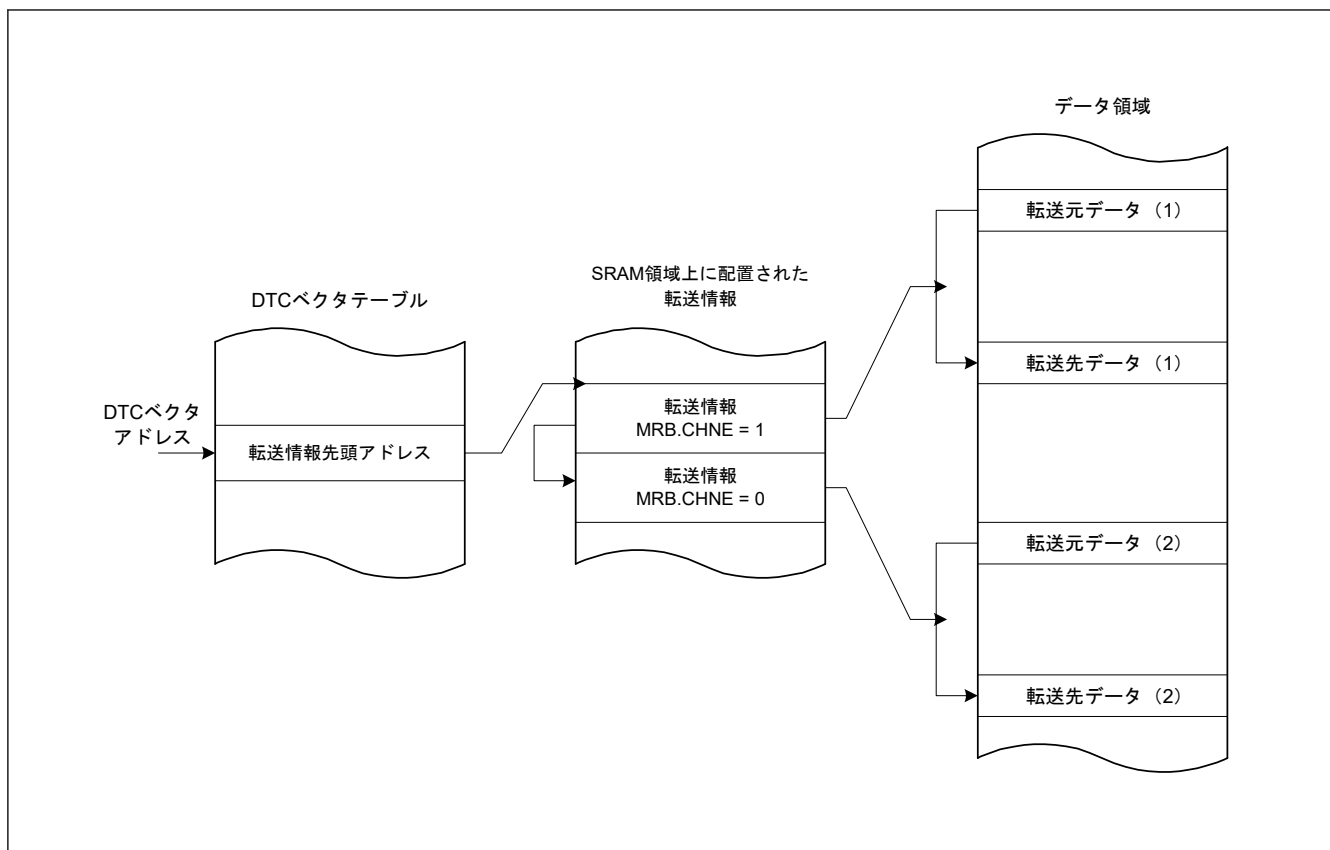


図 17.8 チェーン転送の動作

MRB.CHNE ビットと MRB.CHNS ビットを 1 にした場合、指定されたデータ転送終了時にのみチェーン転送を行います。リピート転送モードでも、指定されたデータ転送の終了時にチェーン転送が実行されます。チェーン転送の条件については、表 17.3 を参照してください。

17.4.7 動作タイミング

図 17.9～図 17.12 に示すタイミング図は、最小実行サイクル数を示しています。

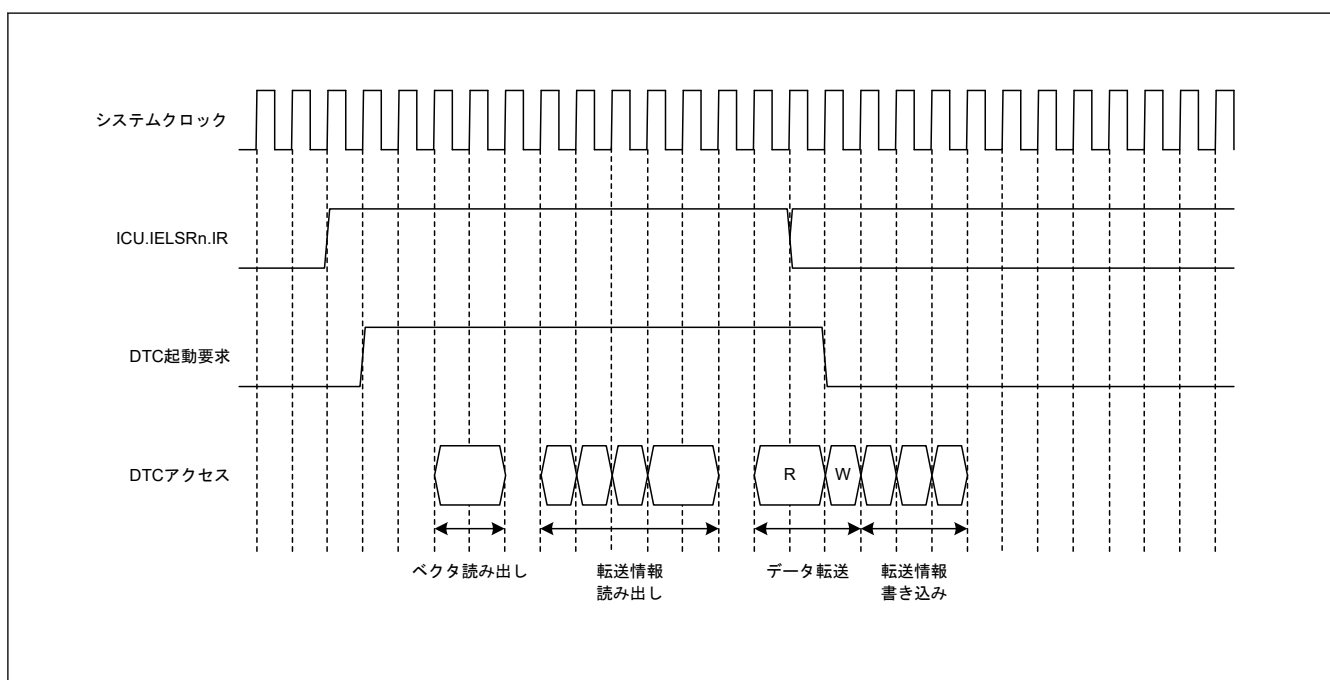


図 17.9 動作タイミング例 (1) (ノーマル転送モード、リピート転送モードの場合)

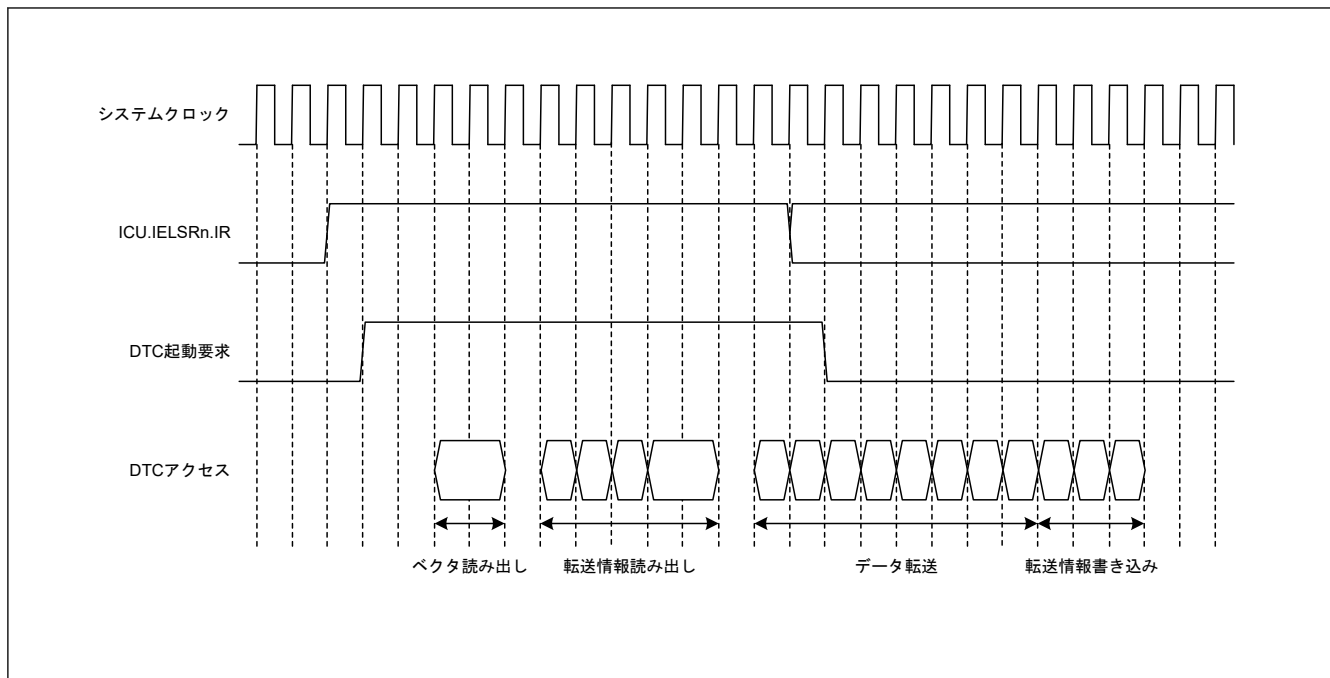


図 17.10 動作タイミング例 (2) (ブロック転送モード、ブロックサイズ = 4 の場合)

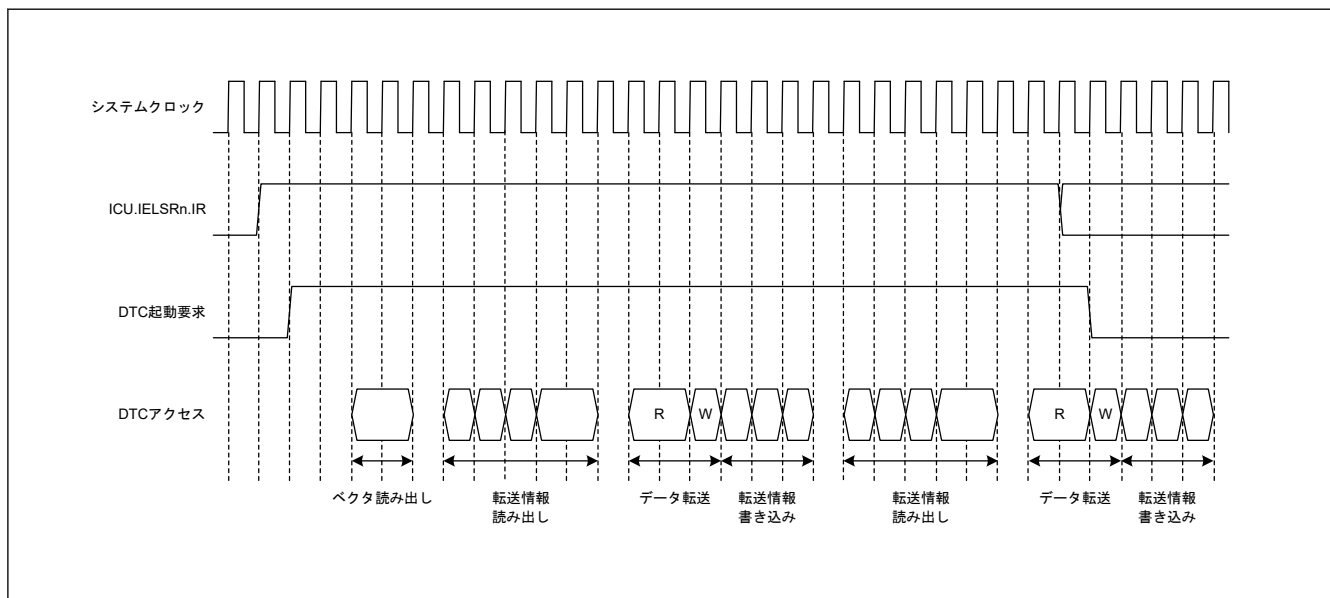


図 17.11 動作タイミング例 (3) (チェーン転送の場合)

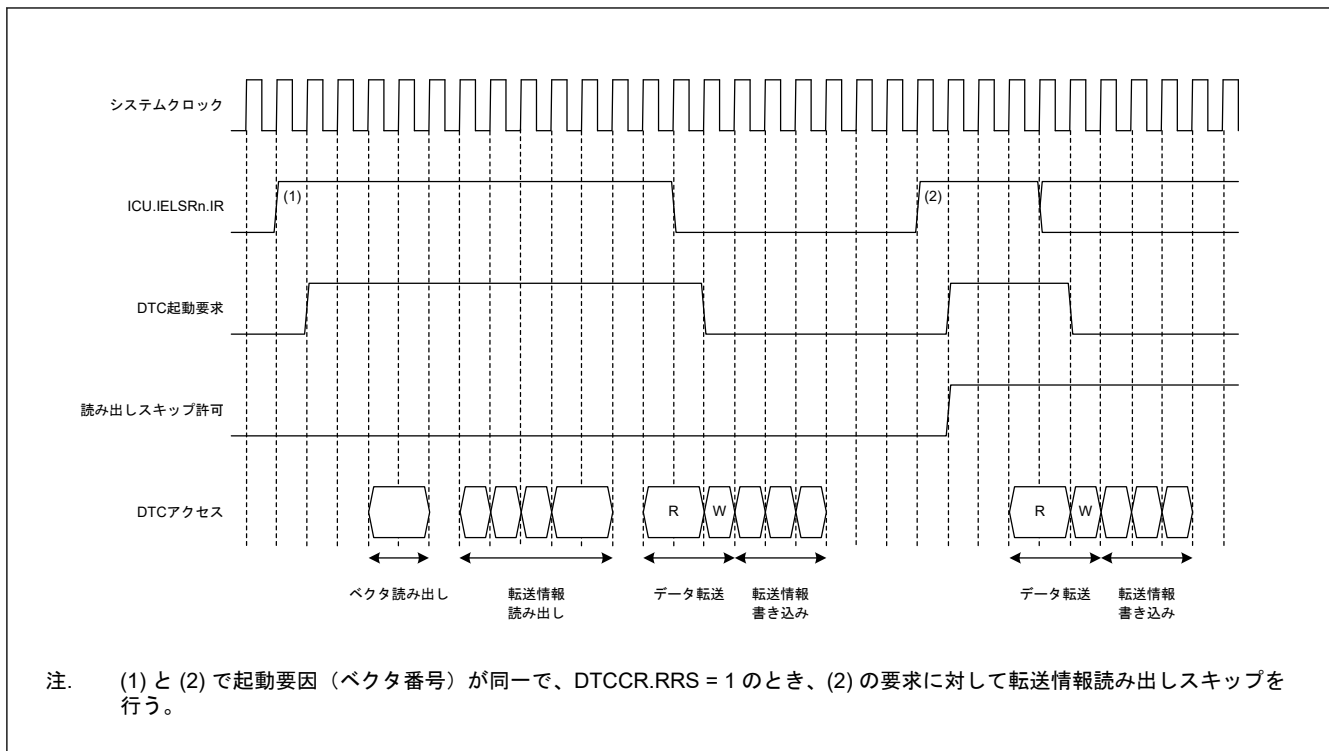


図 17.12 転送情報リードスキップ実行時の動作例(ベクタ、転送情報、転送先データがSRAMにあり、転送元データが周辺モジュールにある場合)

17.4.8 DTCの実行サイクル

表 17.8 に DTC の 1 回のデータ転送の実行サイクルを示します。各実行状態の順序については、「17.4.7. 動作タイミング」を参照してください。

表 17.8 DTCの実行サイクル

P: ブロックサイズ (CRAH および CRAL レジスタの初期設定値)

Cv: ベクタ転送情報格納先へのアクセスサイクル

Ci: 転送情報格納先アドレスへのアクセスサイクル

Cr: データリード先へのアクセスサイクル

Cw: データライト先へのアクセスサイクル

ベクタ読み出し、転送情報読み出し、データ転送読み出しの各列に記載の"+1"の単位と、内部動作の列に記載の"2"の単位は、いずれもシステムクロック (ICLK) です。

Cv、Ci、Cr、Cw は対応するアクセス先で異なります。それぞれのアクセス先に対するサイクル数については、「38. SRAM」、「40. フラッシュメモリ」および「14. バス」を参照してください。

システムクロックと周辺クロックの周波数比も考慮されています。

DTC の応答時間は、DTC の起動要因が検出されてから DTC 転送が始まるまでの時間です。

表 17.8 には、DTC の起動要因がアクティブになってから DTC データ転送が始まるまでの時間は含まれていません。

転送モード	ベクタ読み出し		転送情報読み出し		転送情報書き込み			データ転送		内部動作	
								読み出し	書き込み		
ノーマル	Cv + 1	0(注1)	4 × Ci + 1	0(注1)	3 × Ci + 1(注2)	2 × Ci + 1(注3)	Ci(注4)	Cr + 1	Cw + 1	2	0(注1)
リピート								Cr + 1	Cw + 1		
ブロック(注5)								P × Cr	P × Cw		

注 1. 転送情報がリードスキップされる場合

注 2. SAR レジスタと DAR レジスタがともにアドレス固定でない場合

注 3. SAR レジスタと DAR レジスタのいずれかがアドレス固定の場合

注 4. SAR レジスタと DAR レジスタがともにアドレス固定の場合

注 5. ブロックサイズが 2 以上の場合。ブロックサイズが 1 の場合は、ノーマル転送のサイクル数となります。

17.4.9 DTC のバス権解放タイミング

DTC は、転送情報の読み出し中はバス権を解放しません。転送情報の読み出しや書き込みが実施される前に、バスマスタ調停部によって決定された優先順位に従ってバス調停が行われます。バス調停については、「14. バス」を参照してください。

17.4.10 ベクタセキュリティ

DTC ベクタ n の転送アクセスのセキュリティ属性と ICU の IELSR n ($n=0\sim 95$) レジスタへのアクセスのセキュリティ属性は、CPSCU の ICUSAR x ($x=G, H, I$) レジスタの SAIELSR n ビットで制御されます。CPSCU.ICUSAR x レジスタの詳細は、「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

CPSCU.ICUSAR x .SAIELSR n ビットが 0 の場合、DTC ベクタ n の転送は読み出しおよび書き込みの両方に対してセキュアアクセスです。同時に、IELSR n レジスタはノンセキュアアクセスから保護されます。

CPSCU.ICUSAR x .SAIELSR n ビットが 1 の場合、DTC ベクタ n の転送は読み出しおよび書き込みの両方に対してノンセキュアアクセスです。同時に、IELSR n レジスタはノンセキュア属性を有します。

DTC 転送が許可され、バスマスタが同じチャンネルの DTC レジスタに書き込んでいる間は、CPSCU.ICUSAR x .SAIELSR n ビットに書き込まないでください。

「17.3.1. 転送情報の配置と DTC ベクタテーブル」に各 DTC ベクタに関するセキュリティ属性を示します。

17.4.11 DTC のマスタ TrustZone フィルタ

DTC には、マスタ TrustZone フィルタがあります。DTC のマスタ TrustZone フィルタは、IDAU で定義するフラッシュ領域 (コードフラッシュとデータフラッシュ) と SRAM 領域のセキュリティ領域を検出できます。それらのアドレスへの非セキュアアクセスは、セキュリティ違反として検出されます。セキュリティ違反のアクセスは実行されません。検出したエラーは、マスタ TrustZone フィルタエラーとして扱います。

17.5 DTC の設定手順

DTC を使用する前に、DTC ベクタベースレジスタ (DTCVBR) を設定してください。ICU.IELSR n .IELS[8:0] ビットを 0 にして NVIC の割り込みを禁止してから、表 17.9 の手順に従い DTC の設定を行ってください。

表 17.9 DTC の設定手順

No.	手順	内容
1	DTCCR ^(注1) .RRS ビットを 0 にします。	DTCCR ^(注1) .RRS ビットを 0 にして、転送情報読み出しスキップフラグをリセットします。その後、DTC を起動したときは、転送情報読み出しはスキップされません。転送情報を更新したときは、この設定を行ってください。
2	転送情報 (MRA, MRB, SAR, DAR, CRA, CRB) を設定してください。	転送情報 (MRA, MRB, SAR, DAR, CRA, CRB) を SRAM 領域に配置してください。転送情報の設定は、「17.2. レジスタの説明」を参照してください。転送情報の配置方法は、「17.3.1. 転送情報の配置と DTC ベクタテーブル」を参照してください。
3	転送情報の先頭アドレスを DTC ベクタテーブルに設定してください。	転送情報の先頭アドレスを DTC ベクタテーブルに設定してください。DTC ベクタテーブルの設定方法は、「17.3.1. 転送情報の配置と DTC ベクタテーブル」を参照してください。
4	DTCCR ^(注1) .RRS ビットを 1 にします。	DTCCR ^(注1) .RRS ビットを 1 にすることで、同一割り込み要因による連続した DTC 起動を行う場合の 2 回目以降の転送情報読み出しサイクルをスキップできます。RRS ビットへの 1 の書き込みは可能ですが、DTC 転送中の設定は次回転送から有効になります。
5	ICU.IELSR n .DTCE ビットを 1 にしてください。 ICU.IELSR n .IELS[8:0] ビットを割り込み要因として設定する。 この割り込みは NVIC で許可に設定する必要があります。	ICU.IELSR n .DTCE ビットを 1 にします。また、DTC をトリガする割り込み要因として ICU.IELSR n .IELS[8:0] を設定します。この割り込みは NVIC で許可に設定する必要があります。「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」の「13.3.2. イベント番号」を参照してください。
6	起動要因となる割り込みの許可ビットを 1 に設定してください。	起動要因となる割り込みの許可ビットを 1 に設定してください。要因となる割り込みが発生すると、DTC が起動されます。割り込み要因許可ビットの設定については、起動要因となるモジュールの設定方法を参照してください。
7	DTCST.DTCST ビットを 1 にしてください。	DTC モジュール起動ビット (DTCST.DTCST) を 1 に設定してください。

注. DTCCR.DTCST ビットの設定は、各起動要因の設定の後でなくても構いません。

注. 非セキュア状態で使用する場合、DTCST.DTCST = 1 または DTCST.DTCST = 1 を設定してください。

注 1. セキュア状態で使用する場合、DTCCR ではなく DTCCR_SEC にアクセスしてください。

17.6 DTC の使用例

17.6.1 ノーマル転送

ここでは、DTC の使用例として、SCI から 128 バイトのデータ受信を行う場合を示します。

(1) 転送情報の設定

MRA レジスタに、転送元アドレス固定 (MRA.SM[1:0] = 00b)、ノーマル転送モード (MRA.MD[1:0] = 00b)、およびバイト転送 (MRA.SZ[1:0] = 00b) を設定します。MRB レジスタには、転送先アドレスのインクリメント (MRB.DM[1:0] = 10b) と、1 回の割り込みで 1 回のデータ転送 (MRB.CHNE = 0、MRB.DISEL = 0) を設定します。MRB.DTS ビットは任意の値を設定できます。SAR レジスタには SCI の RDR レジスタのアドレス、DAR レジスタにはデータを格納する SRAM 領域の開始アドレス、CRA レジスタには 128 回 (0x0080) を設定します。CRB レジスタは任意の値を設定できます。

(2) DTC ベクタテーブルの設定

RXI 割り込み用の転送情報の開始アドレスを、DTC のベクタテーブルに設定します。

(3) ICU の設定と DTC モジュールの起動

ICU.IELSRn.DTCE ビットを 1 にします。また、SCI 割り込みとして ICU.IELSRn.IELS[8:0] ビットを設定します。この割り込みは NVIC で許可に設定する必要があります。DTCST.DTCST ビットを 1 にします。

(4) SCI の設定

SCI の SCR.RIE ビットを 1 にして SCIn_RXI 割り込みを許可します。なお、SCI の受信動作中に受信エラーが発生すると、受信が停止します。これに対処するため、CPU が受信エラー割り込みを受け付けられるように設定してください。

(5) DTC 転送

SCI が 1 バイトのデータ受信を完了するごとに SCIn_RXI 割り込みが発生し、DTC が起動します。DTC によって、受信データが SCI の RDR レジスタから SRAM へ転送され、DAR レジスタのインクリメント、CRA レジスタのデクリメントが行われます。

(6) 割り込み処理

128 回のデータ転送が終了して CRA レジスタが 0 になると、CPU に対する SCIn_RXI 割り込み要求が発生します。割り込み処理ルーチンで終了処理を行ってください。

17.6.2 チェーン転送

ここでは、DTC のチェーン転送の例として、汎用 PWM タイマ (GPT) によってパルスを出力する場合を示します。チェーン転送を利用して、PWM タイマのコンペア値を転送し、GPT 用 PWM タイマの周期を変更することができます。

チェーン転送の最初の転送には、GPTm.GTCCRC (m = 321、322、164、165) レジスタへの転送用にノーマル転送モードを指定します。チェーン転送の 2 番目の転送には、GPTm.GTCCRE (m = 321、322、164、165) レジスタへの転送用にノーマル転送モードを指定します。チェーン転送の 3 番目の転送には、GPTm.GTPBR (m = 321、322、164、165) レジスタへの転送用にノーマル転送モードを指定します。これは、起動要因のクリアや指定回数の転送終了時の割り込み発生が、チェーン転送の 3 番目の転送、すなわち MRB.CHNE = 0 のときの転送にのみ行われるからです。

以下の例では、DTC の起動要因として、GPT321.GTPR レジスタによるカウンタオーバーフロー割り込みの使用方法を説明します。

(1) 第 1 転送情報の設定

GPT321.GTCCRC レジスタへの転送を設定します。

1. MRA レジスタで、転送元アドレスのインクリメント (MRA.SM[1:0] = 10b) を選択します。
2. ノーマル転送モード (MRA.MD[1:0] = 00b) と、ワード転送 (MRA.SZ[1:0] = 10b) を設定します。

- MRB レジスタで、転送先アドレスの固定 (MRB.DM[1:0] = 00b) を選択し、チェーン転送 (MRB.CHNE = 1, MRB.CHNS = 0) を設定します。
- SAR レジスタにデータテーブルの先頭アドレスを設定します。
- DAR レジスタに GPT321.GTCCRC レジスタのアドレスを設定します。
- CRAH および CRAL レジスタにデータテーブルのサイズを設定します。CRB レジスタは任意の値を設定できます。

(2) 第2転送情報の設定

GPT321.GTCCRE レジスタへの転送を設定します。

- MRA レジスタで、転送元アドレスのインクリメント (MRA.SM[1:0] = 10b) を選択します。
- ノーマル転送モード (MRA.MD[1:0] = 00b) と、ワード転送 (MRA.SZ[1:0] = 10b) を設定します。
- MRB レジスタで、転送先アドレスの固定 (MRB.DM[1:0] = 00b) を選択し、チェーン転送 (MRB.CHNE = 1, MRB.CHNS = 0) を設定します。
- SAR レジスタにデータテーブルの先頭アドレスを設定します。
- DAR レジスタに GPT321.GTCCRE レジスタのアドレスを設定します。
- CRAH および CRAL レジスタにデータテーブルのサイズを設定します。CRB レジスタは任意の値を設定できます。

(3) 第3転送情報の設定

GPT321.GTPBR レジスタへの転送を設定します。

- MRA レジスタで、転送元アドレスのインクリメント (MRA.SM[1:0] = 10b) を選択します。
- ノーマル転送モード (MRA.MD[1:0] = 00b) と、ワード転送 (MRA.SZ[1:0] = 10b) を設定します。
- MRB レジスタで、転送先アドレスの固定 (MRB.DM[1:0] = 00b) を選択し、1回の割り込みで1回のデータ転送 (MRB.CHNE = 0, MRB.DISEL = 0) を設定します。MRB.DTS ビットは任意の値を設定できます。
- SAR レジスタにデータテーブルの先頭アドレスを設定します。
- DAR レジスタに GPT321.GTPBR レジスタのアドレスを設定します。
- CRA レジスタにデータテーブルのサイズを設定します。CRB レジスタは任意の値を設定できます。

(4) 転送情報の配置

GPT321.GTPBR レジスタへの転送で使用する転送情報は、GPT321.GTCCRC レジスタと GPT321.GTCCRE レジスタで使用する転送制御情報のすぐ後に配置します。

(5) DTC ベクタテーブルの設定

DTC ベクタテーブルで、GPT321.GTCCRC レジスタと GPT321.GTCCRE レジスタへの転送で使用する転送制御情報の開始アドレスを設定します。

(6) ICU の設定と DTC モジュールの起動

- GPT321 カウンタオーバーフロー割り込みに対応する ICU.IELSRn.DTCE ビットを設定します。
- ICU.IELSRn.IELS[8:0] ビットを設定して、GPT321 カウンタオーバーフローを指定します。
- DTCST.DTCST ビットを 1 にします。

(7) GPT の設定

- GTCCRA および GTCCRB レジスタがアウトプットコンペアレジスタとして動作できるように、GPT321.GTIOR レジスタを設定します。
- GPT321.GTCCRA レジスタと GPT321.GTCCRB レジスタには、デフォルトの PWM タイマコンペア値を設定し、GPT321.GTCCRC レジスタと GPT321.GTCCRE レジスタには、次の PWM タイマコンペア値を設定します。

- GPT321.GTPR レジスタには、デフォルトの PWM タイマ周期を設定し、GPT321.GTPBR レジスタには、次の PWM タイマ周期を設定します。
- PmnPFS.PDR ビットを 1 にして、PmnPFS.PSEL[4:0] ビットを 00011b にします。

(8) GPT の起動

GPT321.GTSTR.CSTRT ビットを 1 にして、GPT321.GTCNT カウンタのカウント動作を開始します。

(9) DTC 転送

GPT321.GTPR レジスタで GPT321 カウンタオーバーフローが発生するたびに、次の PWM タイマコンペア値が GPT321.GTCCRC レジスタと GPT321.GTCCRE レジスタへ転送されます。また、次の PWM タイマ周期の設定値が GPT321.GTPBR レジスタへ転送されます。

(10) 割り込み処理

指定した回数の転送終了後（たとえば、GPT 転送用 CRA レジスタの値が 0 になると）、CPU に対して GPT321 カウンタオーバーフロー割り込みが要求されます。割り込み処理ルーチンで終了処理を行ってください。

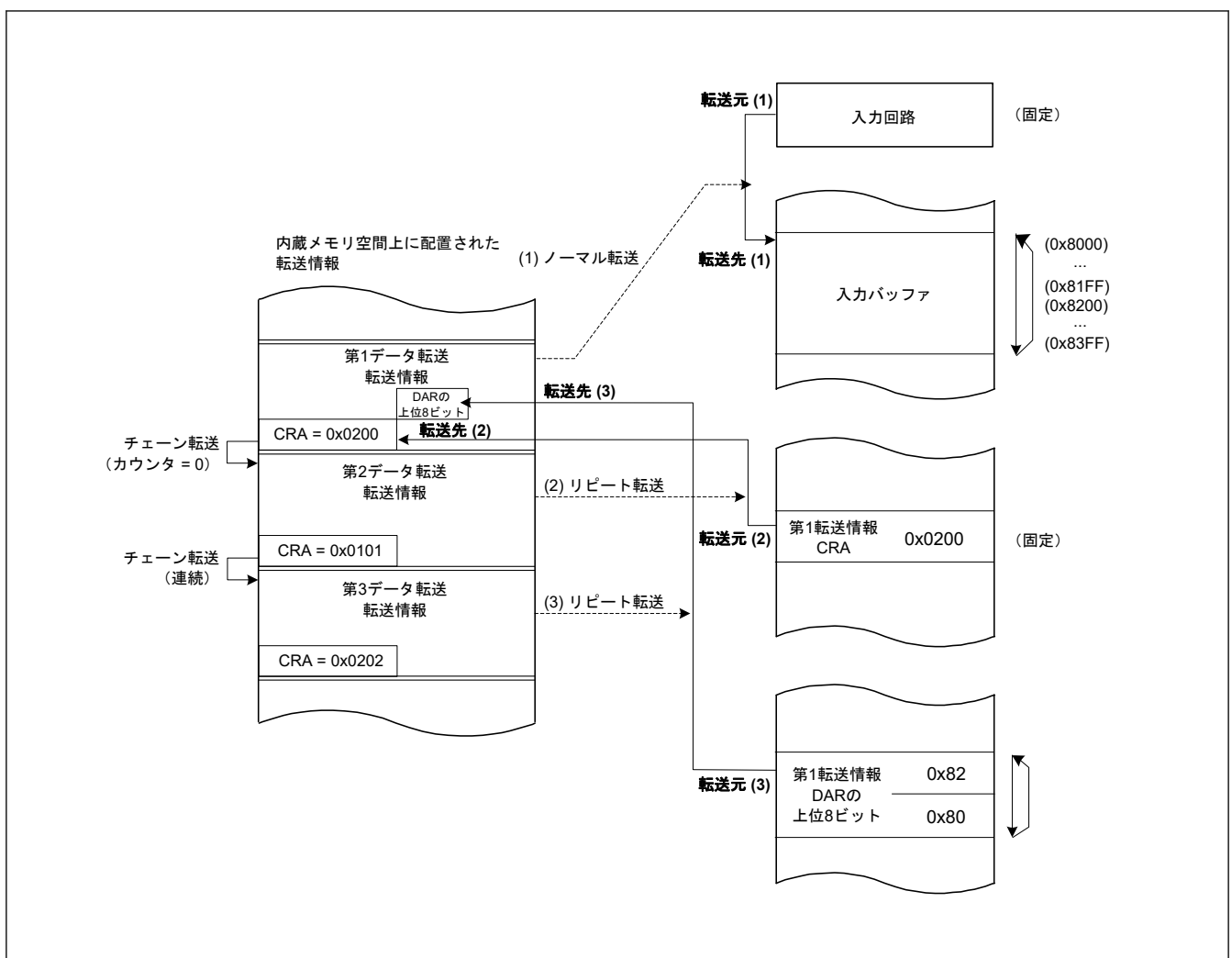
17.6.3 転送カウンタ = 0 のときのチェーン転送

第 2 転送は第 1 転送の転送カウンタが 0 になったときにだけ実行されます。第 1 転送情報は第 2 転送が実行されるたびに繰り返し変更されます。チェーン転送によって、256 回以上のリピータ転送が可能になります。

以下に、1 KB の入力バッファを構成する例を示します。入力バッファは下位アドレスが 0x00 から始まるように設定されています。図 17.13 に転送カウンタ = 0 のときのチェーン転送を示します。

- 第 1 転送のデータ入力用にノーマル転送モードを設定します。以下のように設定してください。
 - 転送元アドレス = 固定
 - CRA = 0x0200 (512 回)
 - MRB.CHNE = 1 (チェーン転送許可)
 - MRB.CHNS = 1 (転送カウンタが 0 の場合のみチェーン転送を行う)
 - MRB.DISEL = 0 (指定されたデータ転送の終了時、CPU への割り込み要求が発生)
- 第 1 転送の転送先アドレスの 512 回ごとに、開始アドレスの上位 8 ビットアドレスを別の領域（コードフラッシュメモリなど）に用意してください。たとえば、入力バッファを 0x8000~0x83FF にする場合は、0x82 と 0x80 を用意します。
- 第 2 転送は以下のように設定してください。
 - 第 1 転送の転送カウンタをリセットするため、リピータ転送モード（転送元および転送先アドレスは固定）に設定
 - 転送先として、第 1 転送情報領域の CAR レジスタを指定
 - MRB.CHNE = 1 (チェーン転送許可)
 - MRB.CHNS = 0 (連続チェーン転送を選択)
 - MRB.DISEL = 0 (指定されたデータ転送の終了時、CPU への割り込み要求が発生)
 - CRA = 0x0101 (転送回数は 1 回)
- 第 3 転送は以下のように設定してください。
 - 第 1 転送の転送先アドレスをリセットするため、リピータ転送モード（転送元をリピータ領域）に設定
 - 転送先として、第 1 転送情報領域の DAR レジスタの上位 8 ビットを指定
 - MRB.CHNE = 0 (チェーン転送禁止)
 - MRB.DISEL = 0 (指定されたデータ転送の終了時、CPU への割り込み要求が発生)
 - 入力バッファを 0x8000~0x83FF にした場合は、転送カウンタ = 2
- 1 回の割り込みで、第 1 転送が 512 回実行されます。第 1 転送の転送カウンタが 0 になると、第 2 転送がスタートします。第 1 転送の転送カウンタを 0x0200 にしてください。第 1 転送の転送先アドレスの下位 8 ビット（転送カウンタ）は 0x0200 になっています。

6. 1回の割り込みで、第2転送が1回実行されます。第1転送の転送カウンタが0になると、第3転送がスタートします。第1転送の転送先アドレスの上位8ビットを0x82にしてください。転送先アドレスの下部8ビットは0x00、第1転送の転送カウンタは0x0200になっています。
7. 引き続き1回の割り込みで、第1転送用に指定された512回だけ、第1転送が実行されます。第1転送の転送カウンタが0になると、第2転送がスタートします。第1転送の転送カウンタを0x0200にしてください。第1転送の転送先アドレスの下部8ビット（転送カウンタ）は0x0200になっています。
8. 1回の割り込みで、第2転送が1回実行されます。第1転送の転送カウンタが0になると、第3転送がスタートします。第1転送の転送先アドレスの上位8ビットを0x80にしてください。転送先アドレスの下部8ビットは0x00、第1転送の転送カウンタは0x0200になっています。
9. 手順5と8が無限に繰り返されます。第2転送はリピート転送モードのため、CPUへの割り込み要求は発生しません。



17.7 DTC 転送エラーにおける処理

DTC 転送中にアクセスエラーが発生すると、DTC は即座にアクセスを停止します。エラーを引き起こしたベクタ番号のみを停止させるために、ICU にエラーを引き起こしたベクタ番号を伝え、対応する ICU の設定をクリアしてください。その後、エラーを引き起こしたベクタ番号以外の要求があれば、そのまま再調停となります。DTC の TrustZone フィルタが違反を検出するときに、転送エラー発生状況が示されます。

転送エラーが発生すると、エラー応答が ICU に伝わります。ICU は、転送エラーを引き起こした対応するベクタ番号の ICU.IELSRn をクリアします。さらに、DMAC/DTC 転送によるエラーの発生を通知するために、ICU はエラー応答検出割り込みを発生させます（「17.8.2. 転送エラーの割り込み要求」）。SRAM への書き込みは実行されません。

マスタ TrustZone フィルタエラー、スレーブ TrustZone エラー、またはマスタ MPU エラーが発生したとき、NMI を選択することで DTC のエラー情報を確認できます。リセットを選択すると、DTC エラーベクタレジスタはクリアされます。DTC の転送エラーによって NMI が生成する条件では、2 つの割り込み (NMI と DMA_TRANSERR) を生成します。この場合、NMI は常に最初に応答します。

エラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) は、スレーブバスエラーまたは不正アクセスエラーが起こる場合に発生します。さらに、それはエラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) が NMI ハンドラでクリアされない場合の NMI 発生後に起こります。

「17.7.1. NMI ハンドラにおける処理」に NMI ハンドラでの DTC のエラー情報を確認する方法を示します。

「17.7.2. エラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) ハンドラにおける処理」に DMA_TRANSERR ハンドラでの DTC のエラー情報を確認する方法を示します。

「17.8.2. 転送エラーの割り込み要求」に転送エラー起因で発生した割り込みとエラー情報を示します。

17.7.1 NMI ハンドラにおける処理

DMA 転送エラーに起因する NMI の原因は、マスタ TrustZone フィルタエラー、スレーブ TrustZone フィルタエラー、またはマスタ MPU エラーです。NMI が DTC 転送エラーに起因して発生するとき、NMI ハンドラの終了後にエラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) が発生します。エラーの原因と、エラーの発生した DTC ベクタ番号を確認することができます。NMI は発生したときは、ICU 章に記載されているフローに従って必要な処理を実行してください。

図 17.14 に DTC でマスタ TrustZone フィルタエラーが発生したベクタ番号を確認するためのフローを示します。

図 17.15 に DTC でスレーブ TrustZone フィルタエラーが発生したベクタ番号を確認するためのフローを示します。

図 17.16 に DTC でマスタ MPU エラーが発生したベクタ番号とセキュリティ属性を確認するためのフローを示します。

NMI ハンドラでのすべての処理が終了すると、その後に発生するエラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) をクリアすることが可能です。

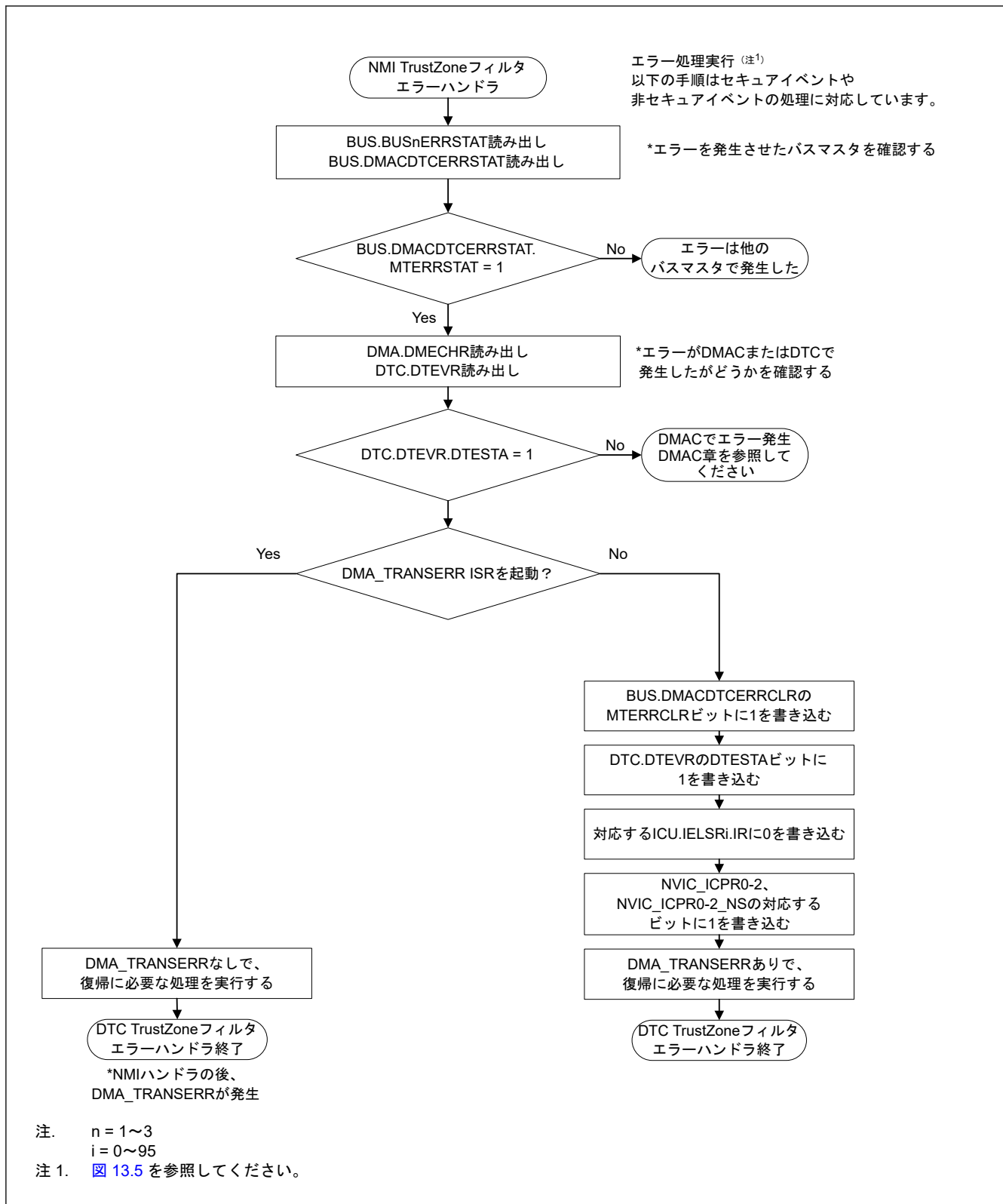


図 17.14 マスタ TrustZone フィルタエラーの NMI ハンドラにおける処理

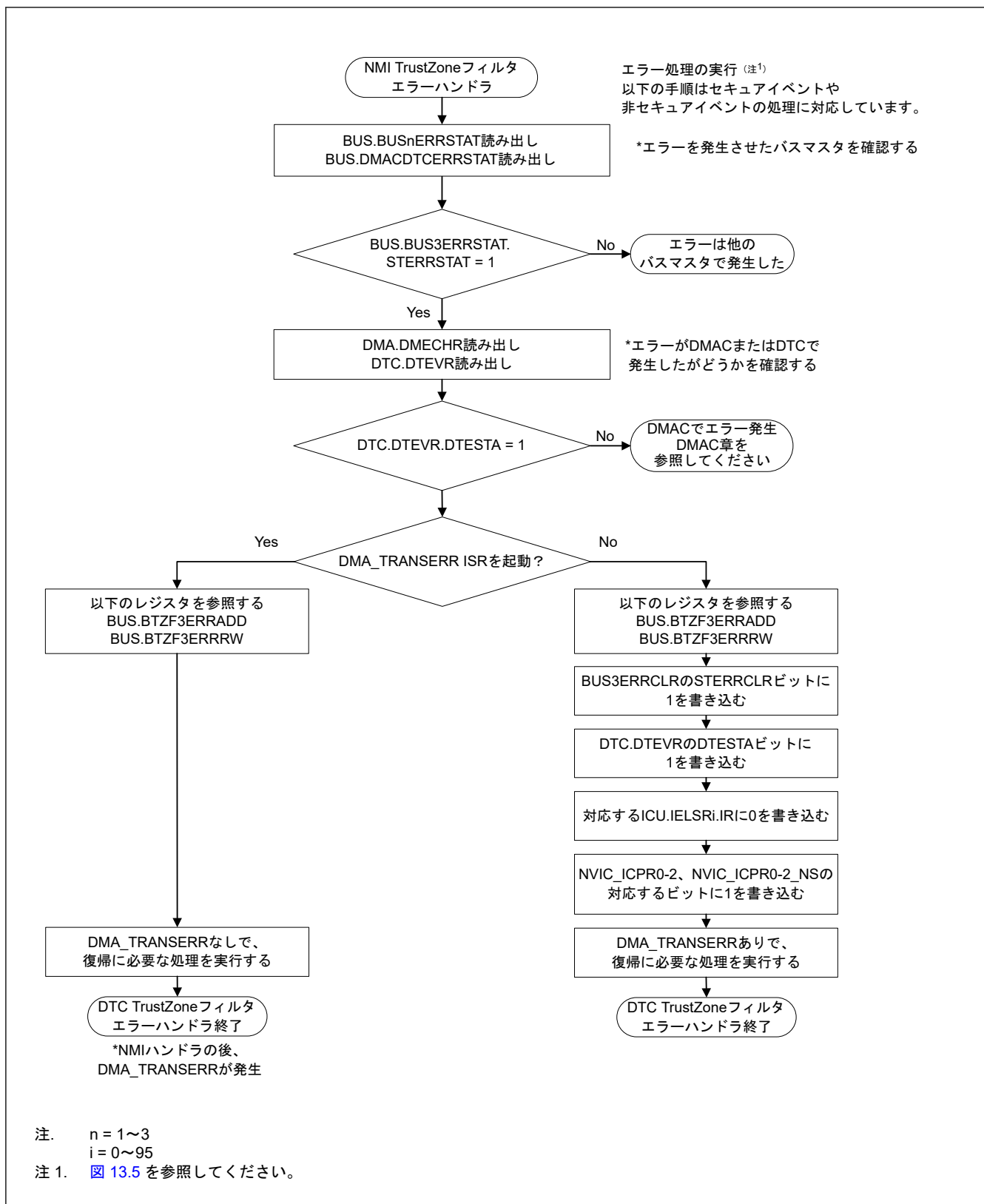


図 17.15 スレーブ TrustZone フィルタエラーの NMI ハンドラにおける処理

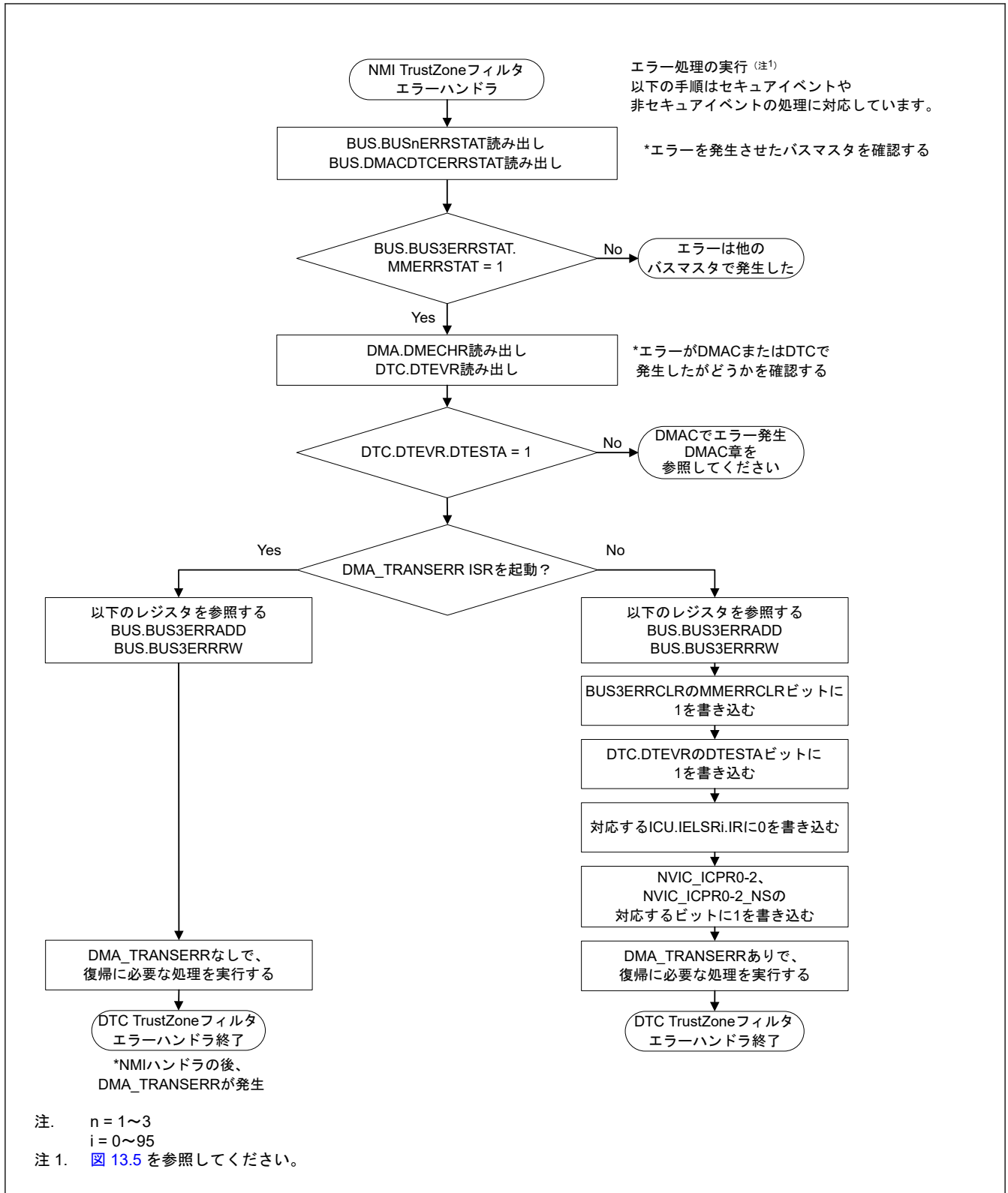


図 17.16 マスタ MPU エラーによる NMI ハンドラでの処理

17.7.2 エラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) ハンドラにおける処理

DMA 転送エラーに起因するエラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) の原因は、スレーブバスエラー、または不正アクセスエラーです。またこのエラーは、NMI ハンドラエラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) が NMI ハンドラによりクリアされなかった際にも発生します。

エラーの原因とエラーが発生した DTC ベクタ番号を確認することが可能です。

図 17.17 にエラー原因確認手順を示します。

図 17.18 に DTC でマスタ TrustZone フィルタエラーが発生したベクタ番号を確認するためのフローを示します。

図 17.19 に DTC でスレーブ TrustZone フィルタエラーが発生したベクタ番号を確認するためのフローを示します。

図 17.20 に DTC のマスタ MPU エラーが発生したベクタ番号とセキュリティ属性を確認するフローを示します。

図 17.21 に DTC のスレーブバスエラーが発生したベクタ番号とセキュリティ属性を確認するフローを示します。

図 17.22 に DTC の不正アクセスエラーが発生したベクタ番号とセキュリティ属性を確認するフローを示します。

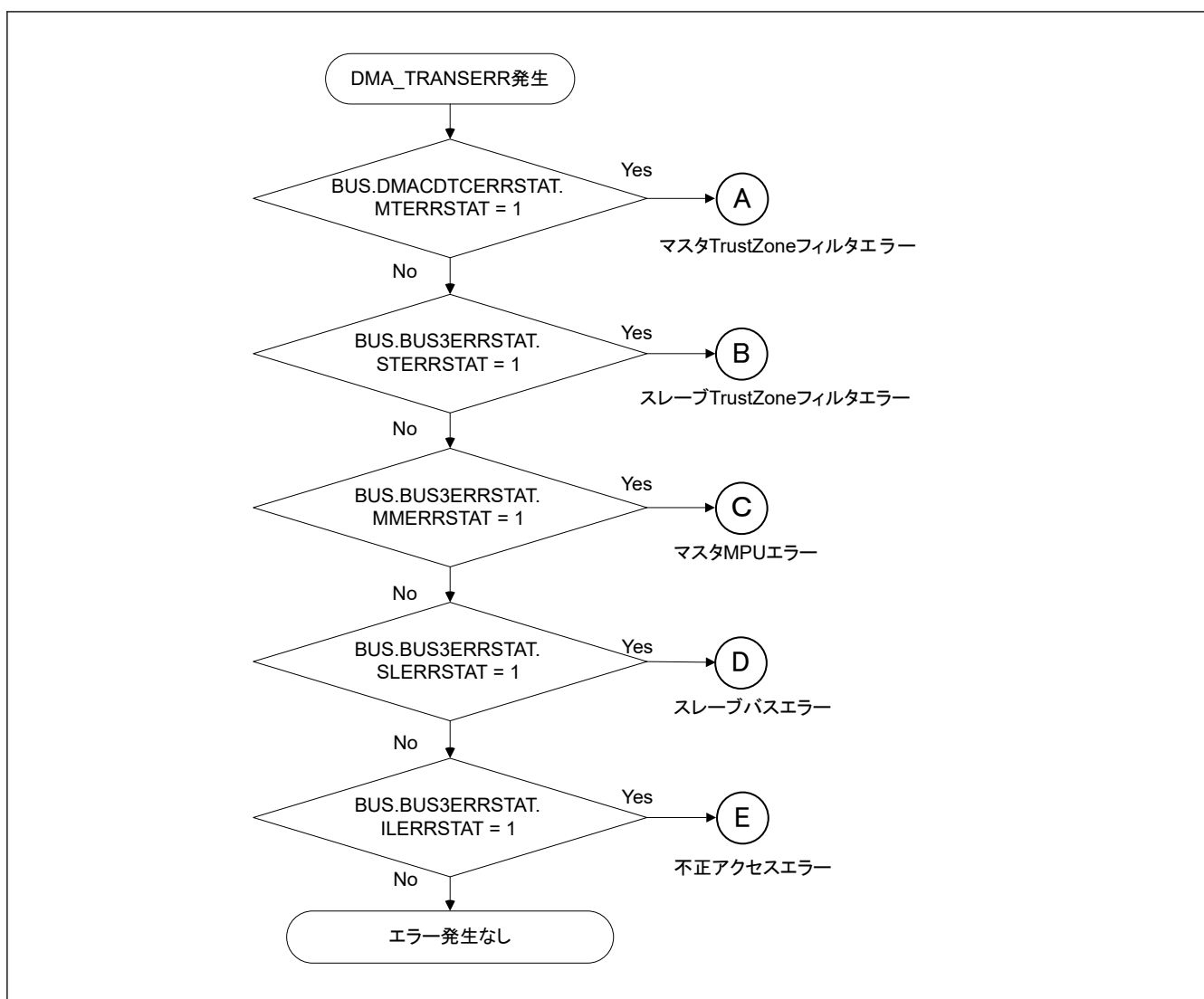


図 17.17 エラー応答検出割り込み (DMA_TRANSERR) 発生時の転送エラー要因判定

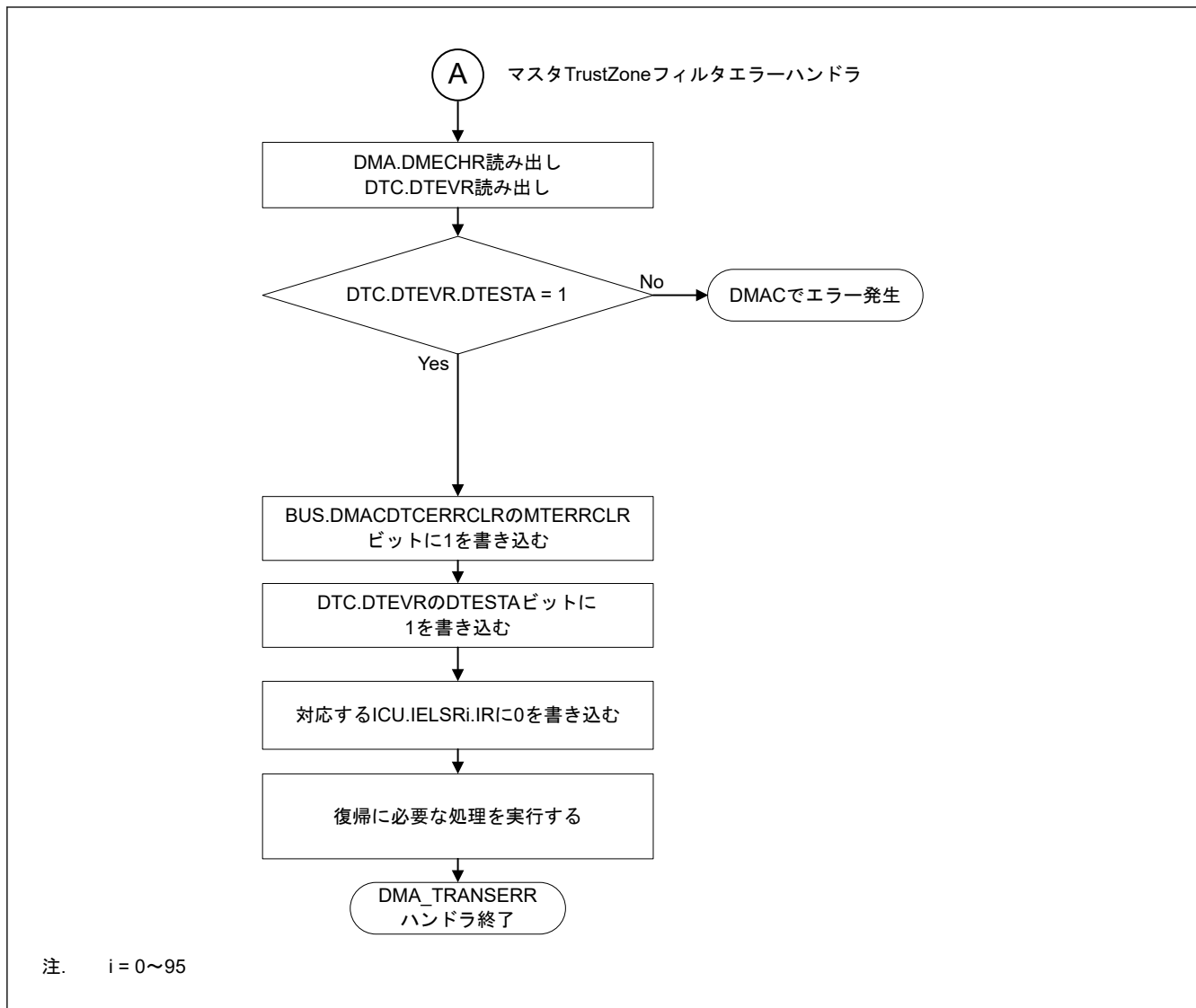


図 17.18 マスタ TrustZone フィルタエラーの DMA_TRANSERR ハンドラにおける処理

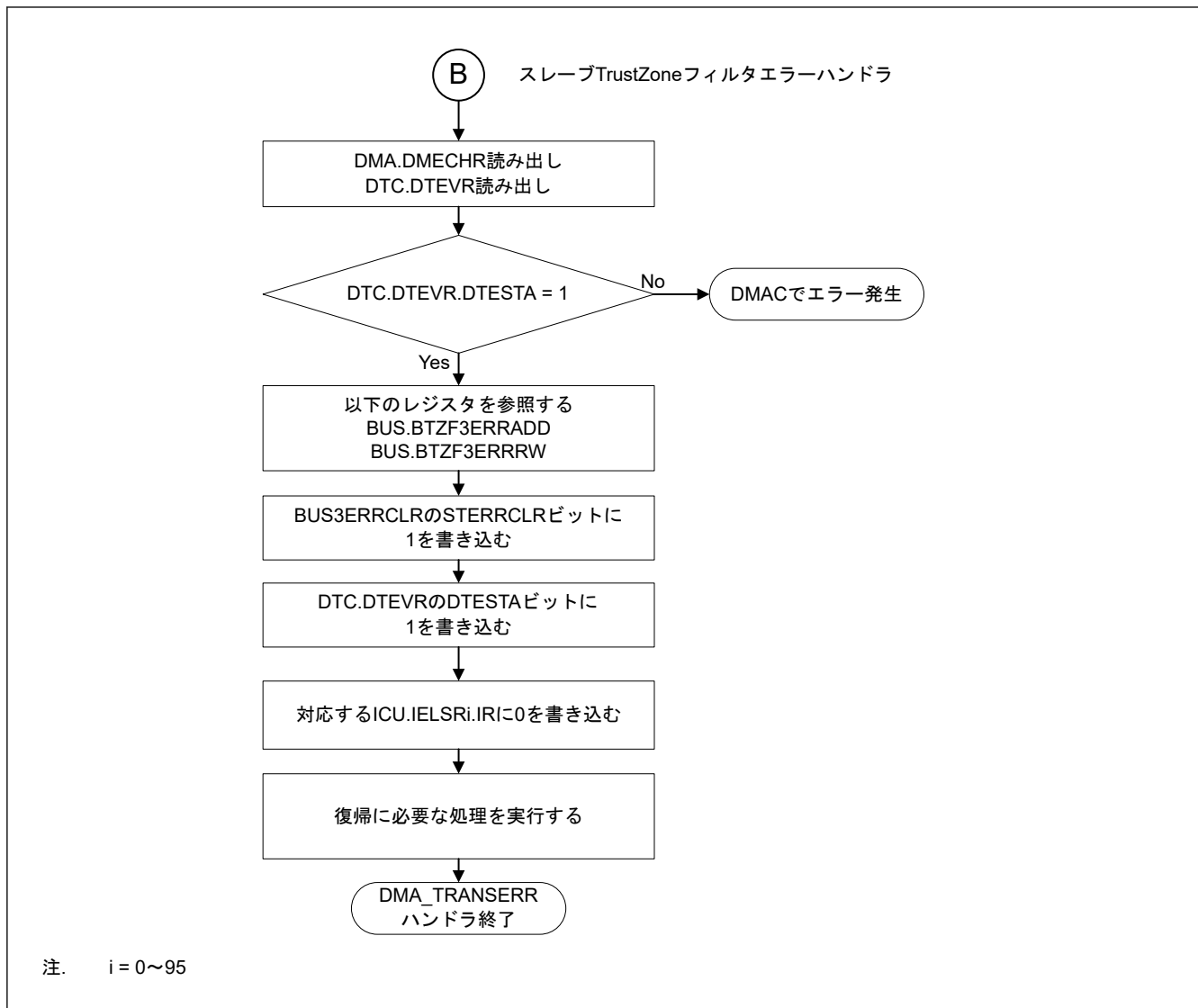


図 17.19 スレーブ TrustZone フィルタエラーの DMA_TRANSERR ハンドラにおける処理

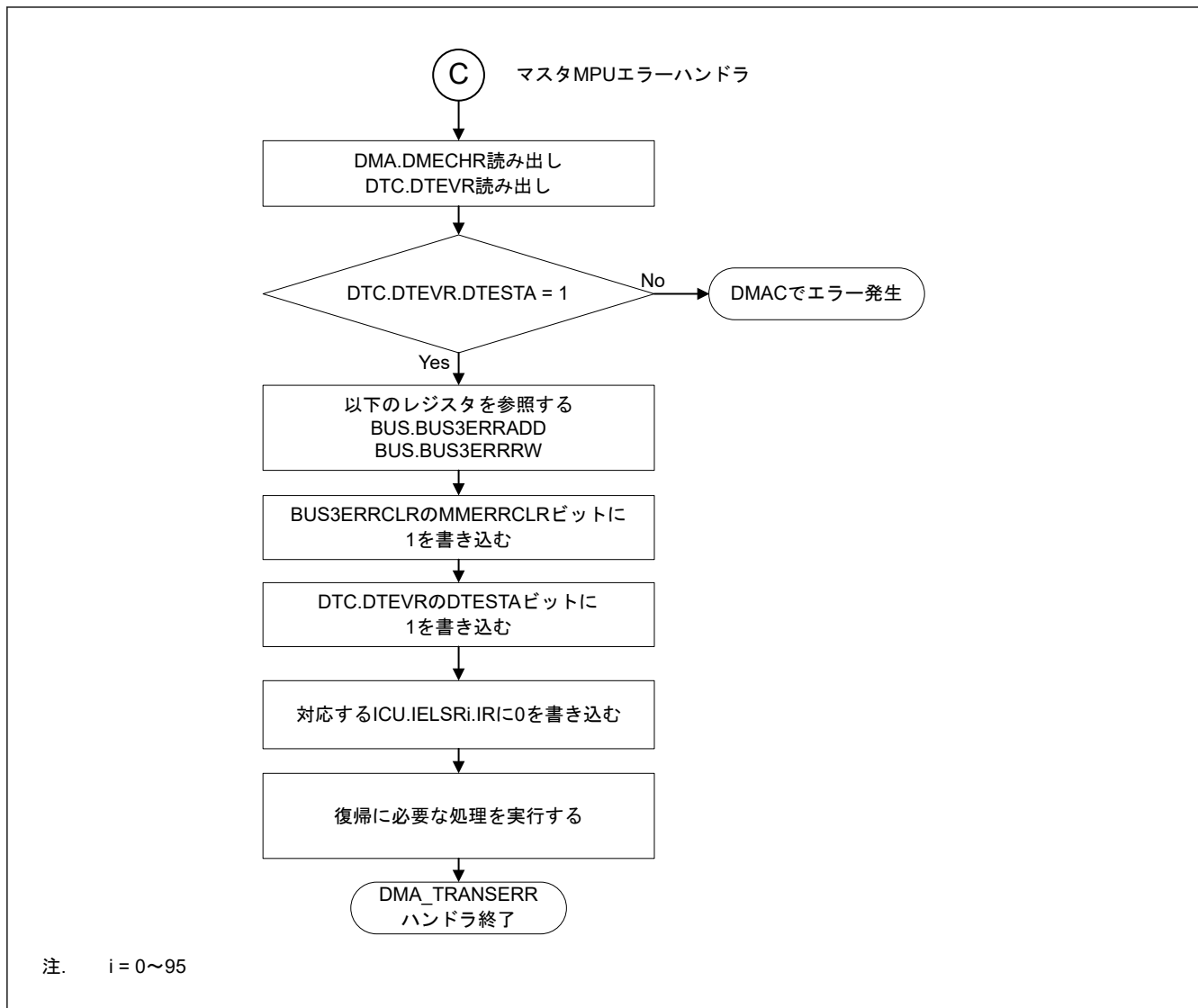


図 17.20 マスタ MPU エラーの DMA_TRANSERR ハンドラにおける処理

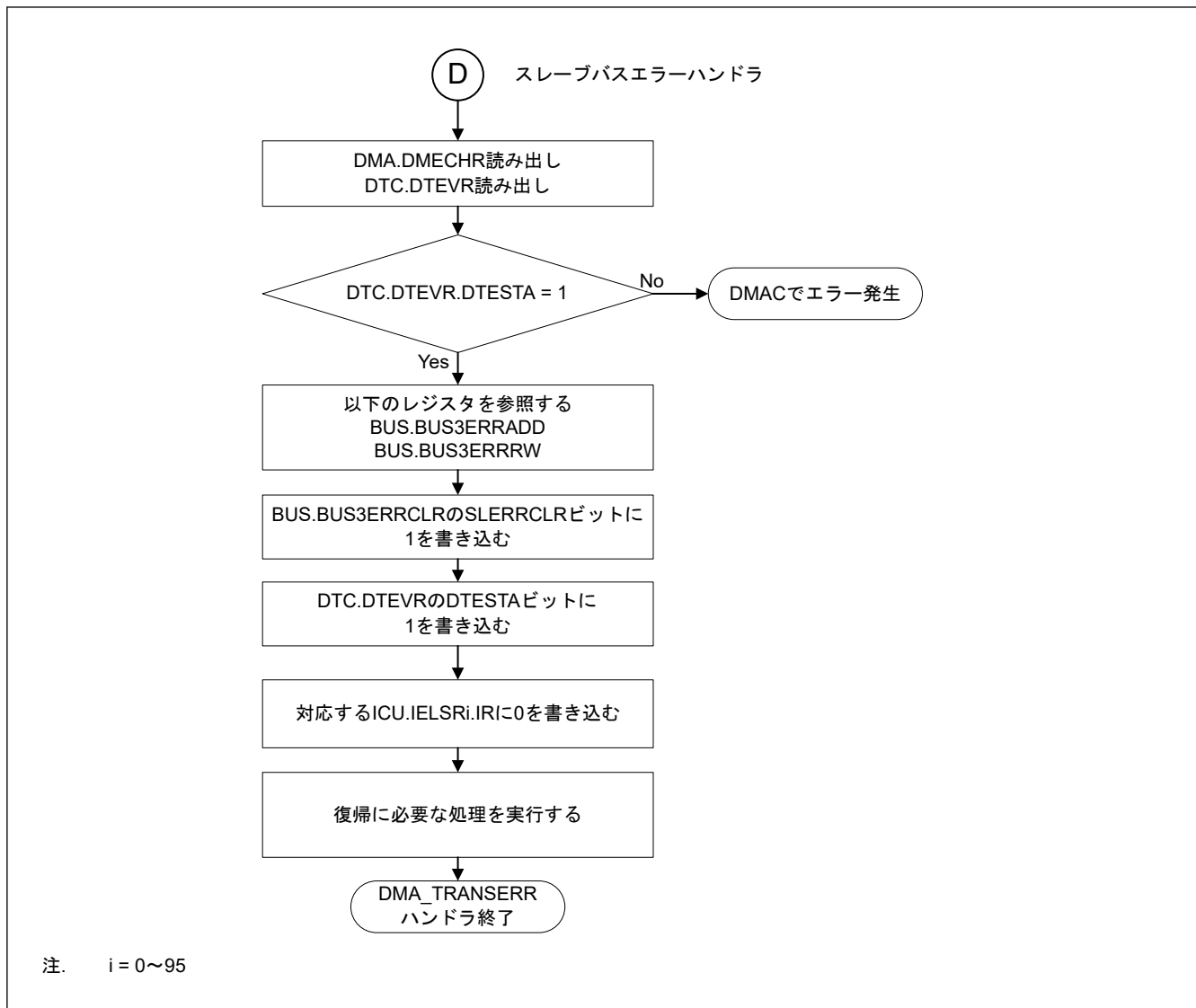


図 17.21 スレーブバスエラーの DMA_TRANSERR ハンドラにおける処理

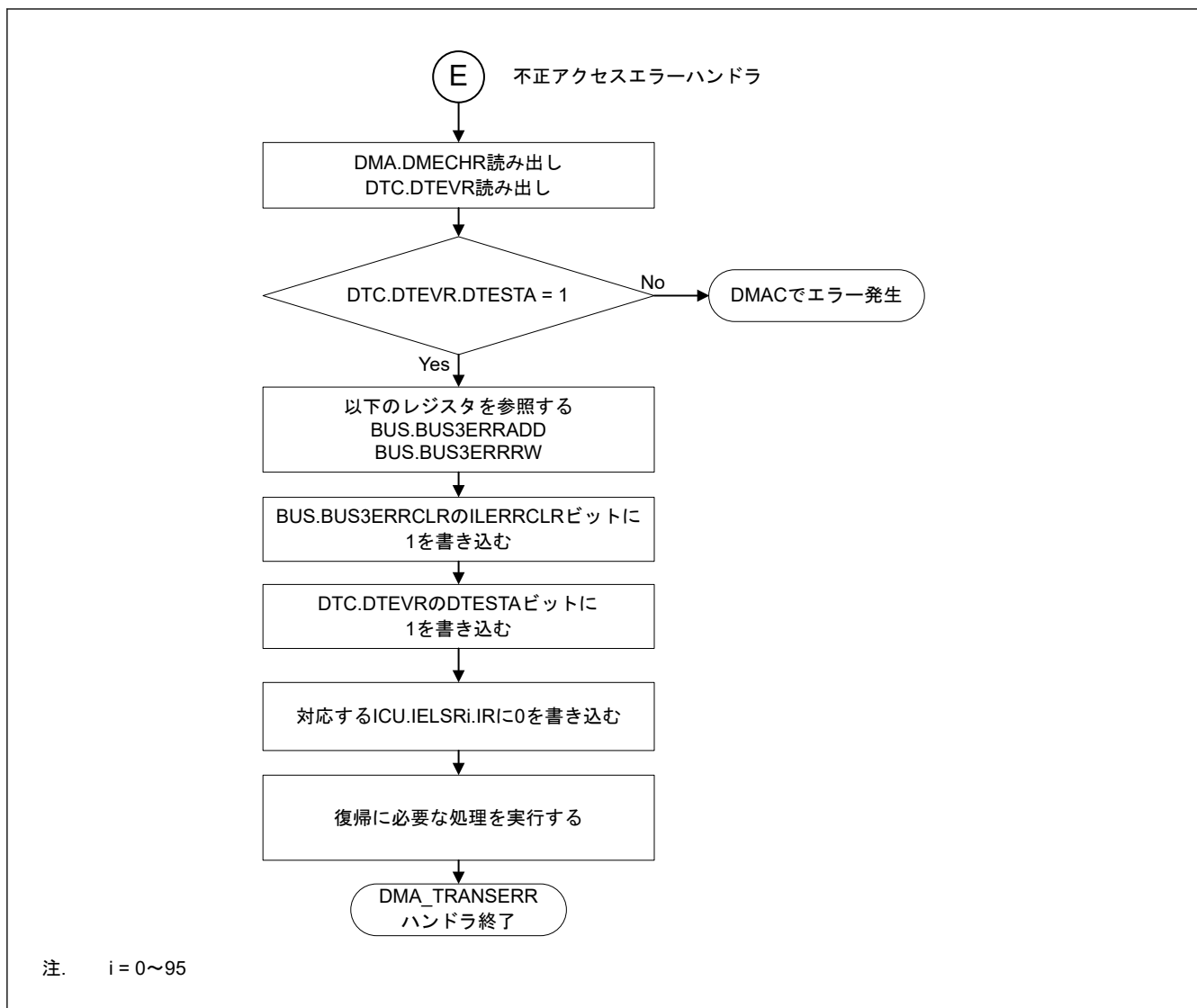


図 17.22 不正アクセスエラーの DMA_TRANSERR ハンドラにおける処理

17.8 割り込み

17.8.1 転送終了割り込み要求

DTC が指定された回数のデータ転送を完了したとき、または MRB.DISEL ビットが 1 の状態でデータ転送が完了したとき、DTC の起動要因によって CPU に対する割り込みが発生します。DTC の起動に起因する割り込み（チャンネル毎）と、イベント信号 DTC_COMPLETE に起因する割り込み（全チャンネル共通）の 2 種類の割り込みが使用可能です。CPU に対する割り込みは、NVIC および ICU.IELSRn.IELS[8:0] ビットの設定に従って制御されます。「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。DTC により決まる起動要因の優先順位は、割り込みベクタ番号が小さいほど高くなります。CPU への割り込みの優先順位は、NVIC の優先順位で決定されます。

17.8.2 転送エラーの割り込み要求

DTC 転送中に転送エラーが検出されると、エラー応答検出割り込み要求 (DMA_TRANSERR) が DMAC または DTC から発生します。表 17.10 に DTC 転送エラー発生時の割り込みの種類を示します。表 17.10 には転送エラー発生時に格納されるエラー情報も示されています。

表 17.10 DTC 転送エラーに起因する割り込みとエラー情報

転送エラー要因	NMI/RESET ^(注1) 要求	割り込み要求	バスエラー状態	エラーアドレス エラー R/W	エラーチャンネル情報
DMAC/DTC のマスタ TrustZone フィルタ	ICU.NMISR.TZFST (注1)	DMA_TRANSERR	BUS.DMACDTCERR STAT.MTERRSTAT (注1)	—	DTC.DTEVR
スレーブ TrustZone フィルタ	ICU.NMISR.TZFST (注1)	DMA_TRANSERR	BUS.BUS3ERRSTAT .STERRSTAT ^(注1)	BUS.BTZF3ERRADD BUS.BTZF3ERRRW	DTC.DTEVR
マスタ MPU	ICU.NMISR.BUSMS T	DMA_TRANSERR	BUS.BUS3ERRSTAT .MMERRSTAT	BUS.BUS3ERRADD BUS.BUS3ERRRW	DTC.DTEVR
スレーブバスエラー	— ^(注2)	DMA_TRANSERR	BUS.BUS3ERRSTAT .SLERRSTAT ^(注2)	BUS.BUS3ERRADD BUS.BUS3ERRRW	DTC.DTEVR
不正アクセスエラー	— ^(注2)	DMA_TRANSERR	BUS.BUS3ERRSTAT .ILERRSTAT ^(注2)	BUS.BUS3ERRADD BUS.BUS3ERRRW	DTC.DTEVR

注 1. ノンマスカブル割り込み (NMI) 要求がマスタ MPU エラーと TrustZone フィルタエラーの検出後の動作として選択した場合に、割り込みが発生します。BUS.BUS3ERRSTAT ビットと BUS.DMACDTCERRSTAT ビットを確認することにより、マスタかスレーブかを判定します。

注 2. エラー応答検出割り込み (DMA_TRANSERR) が発生し、かつマスタ MPU の NMI または TrustZone フィルタの NMI が発生しない場合、不正アドレスアクセスエラーまたはスレーブバスエラーとして扱ってください。それは BUS.BUS3ERRSTAT ビットと BUS.DMACDTCERRSTAT ビットによっても判定可能です。

転送の最終データを書き込む際にバスエラーが発生すると、転送終了イベントとエラー応答検出割り込み (DMA_TRANSERR) が発生することに注意してください。

17.9 イベントリンク

1 転送要求分の転送完了時に、DTC はイベントリンク要求を出力できます。

17.10 低消費電力機能

モジュールストップ機能、スヌーズモードへの遷移を伴わないソフトウェアスタンバイモード、またはディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移する際は、事前に DTCST.DTCST ビットを 0 にしてください。その後、本項に示す動作を実行してください。SYSTEM.SNZCR.SNZDTCEN ビットを 1 にすると、DTC はスヌーズモードでも利用可能です。「10. 低消費電力モード」を参照してください。

(1) モジュールストップ機能

MSTPCRA.MSTPA22 ビットに 1 を書き込むと、DTC のモジュールストップ機能が有効になります。MSTPCRA.MSTPA22 ビットに 1 を書き込むと、DTC 転送が動作中の場合は DTC 転送終了後にモジュールストップ状態へ遷移します。MSTPCRA.MSTPA22 ビットが 1 のときは、DTC のレジスタにアクセスしないでください。MSTPCRA.MSTPA22 ビットに 0 を書き込むと、DTC のモジュールストップ状態が解除されます。

(2) ソフトウェアスタンバイモード、ディープソフトウェアスタンバイモード

「10.7.1. ソフトウェアスタンバイモードへの遷移」、または「10.9.1. ディープソフトウェアスタンバイモードへの遷移」の手順に従って設定してください。

WFI 命令実行時点で DTC 転送が動作中の場合、DTC 転送が終了してからソフトウェアスタンバイモードやディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移します。

(3) スヌーズモード

ソフトウェアスタンバイモード時に、スヌーズ制御回路がスヌーズ要求を受信すると、MCU はスヌーズモードへ遷移します。「10.8.1. スヌーズモードへの遷移」を参照してください。スヌーズモード時の DTC の動作は、SYSTEM.SNZCR.SNZDTCEN ビットで選択できます。スヌーズモード時に DTC 動作を許可にする場合、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移する前に、DTCST.DTCST ビットを 1 にしてください。DTC によってソフトウェアスタンバイモードへ復帰させるには、SYSTEM.SNZEDCR0.DTCZRED ビットまたは SYSTEM.SNZEDCR0.DTCNZRED ビットを 1 にしてください。「10.8.3. スヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの復帰」を参照してください。SYSTEM.SNZEDCR0.DTCZRED ビットは、最後の DTC 送信完了 (CRA レジスタと CRB レジスタが 0 であることによって検出) 時に、スヌーズ終了要求を許可または禁止にします。SYSTEM.SNZEDCR0.DTCNZRED ビットは、最後以外の DTC 送信完了 (CRA レジスタと CRB レジスタが

0 以外であることによって検出) 時に、スヌーズ終了要求を許可または禁止にします。ソフトウェアスタンバイモード中は ICU からの DTC 起動要求は停止しますが、スヌーズモード中は停止しません。

(4) 低消費電力機能に関する注意事項

WFI 命令とレジスタの設定手順については、「10. 低消費電力モード」を参照してください。

スヌーズモードへ遷移しないで低消費電力モードから復帰した後に DTC 転送を行うには、再度 DTCST.DTCST ビットを 1 にしてください。

ソフトウェアスタンバイモード時に発生した要求を、DTC 起動要求ではなく CPU への割り込み要求として使用する場合は、「13.4.1. 割り込みの検出」に示すように、割り込み要求先を CPU に切り替えてから WFI 命令を実行してください。スヌーズモード時に DTC 動作を許可にする場合、DTC のモジュールストップ機能を使用しないでください。

17.11 使用上の注意

17.11.1 転送情報の開始アドレス

ベクタテーブルに指定する転送情報の開始アドレスは 4n 番地でなければいけません。4n 番地以外を指定すると、アドレスの最下位 2 ビットは 00b としてアクセスされます。

18. イベントリンクコントローラ (ELC)

18.1 概要

イベントリンクコントローラ (ELC) は、各周辺モジュールで発生するイベント要求をソース信号として使用し、それらのモジュールを別のモジュールと接続することによって、CPU を介さずにモジュール間の直接リンクを実現します。

表 18.1 に ELC の仕様を、図 18.1 にブロック図を示します。

表 18.1 ELC の仕様

項目	内容
イベントリンク機能	116 種類のイベント信号を、直接モジュールに接続可能。ELC イベント信号と、DTC 起動用のイベントの発生
モジュールストップ機能	モジュールストップ状態の設定が可能
TrustZone フィルタ	各レジスタにセキュリティ属性を設定できます。

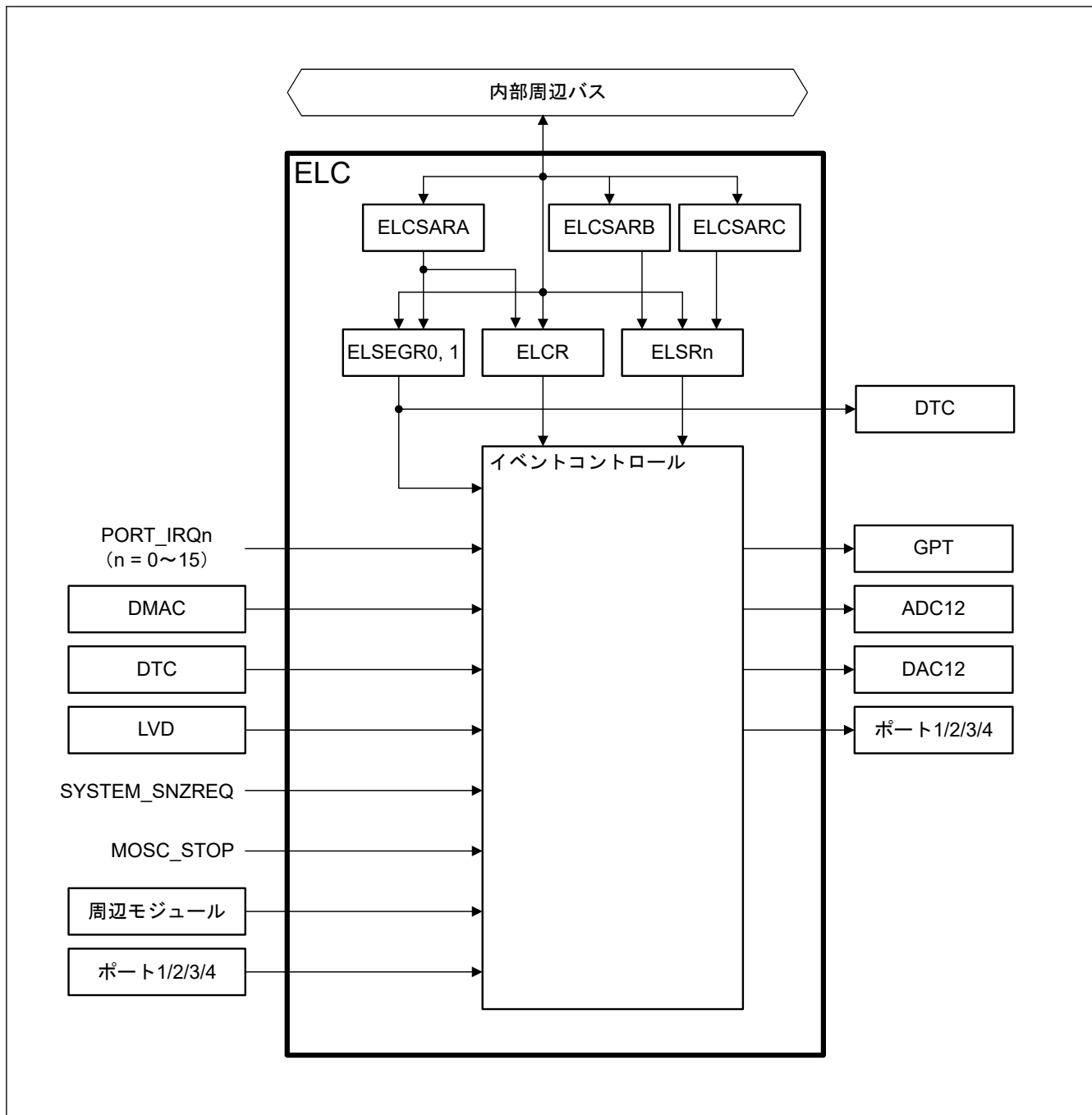


図 18.1 ELC のブロック図

18.2 レジスタの説明

18.2.1 ELCR : イベントリンクコントローラレジスタ

Base address: ELC = 0x4008_2000

Offset address: 0x00

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	ELCO N	—	—	—	—	—	—	—

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
6:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	ELCON	全イベントリンク許可 0: ELC 機能は無効 1: ELC 機能は有効	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

ELCR レジスタは、ELC の動作を制御するレジスタです。

18.2.2 ELSEGRn : イベントリンクソフトウェアイベント発生レジスタ n (n = 0, 1)

Base address: ELC = 0x4008_2000

Offset address: 0x02 + 0x02 × n

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	WI	WE	—	—	—	—	—	SEG
Value after reset:	1	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SEG	ソフトウェアイベント発生 0: 通常動作 1: ソフトウェアイベント発生	W
5:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6	WE	SEG ビット書き込み許可 0: SEG ビットへの書き込み禁止 1: SEG ビットへの書き込み許可	R/W
7	WI	ELSEGR レジスタ書き込み禁止 0: ELSEGR レジスタへの書き込み許可 1: ELSEGR レジスタへの書き込み禁止	W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

SEG ビット (ソフトウェアイベント発生)

WE ビットが 1 の状態で、SEG ビットに 1 を書くとソフトウェアイベントが発生します。読むと 0 が読めます。1 を書いてもデータは格納されません。WE ビットを 1 にしてから、本ビットを書く必要があります。

ソフトウェアイベントは、DTC に対してイベントリンクをトリガすることができます。

WE ビット (SEG ビット書き込み許可)

WE ビットが 1 の場合にのみ、SEG ビットへの書き込みが可能になります。WI ビットを 0 にクリアしてから、本ビットを書く必要があります。

[1 になる条件]

- WI ビットが 0 の状態で、1 を書いたとき

[0 になる条件]

- WI ビットが 0 の状態で、0 を書いたとき

WI ビット (ELSEGR レジスタ書き込み禁止)

WI ビットへの書き込み値が 0 の場合にのみ、ELSEGR レジスタに対する書き込みが可能になります。読むと 1 が読めます。WI ビットを 0 にしてから、WE または SEG ビットを設定する必要があります。

18.2.3 ELSRn : イベントリンク設定レジスタ n (n = 0~8, 12, 14~17)

Base address: ELC = 0x4008_2000

Offset address: 0x10 + 0x04 × n

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	ELS[8:0]								
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
8:0	ELS[8:0]	イベントリンク選択 0x000: 対応する周辺モジュールへのイベント出力は禁止 0x001: リンクするイベント信号の番号を指定 ⋮ 0x1DB: リンクするイベント信号の番号を指定 その他: 設定禁止	R/W
15:9	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

ELSRn レジスタは、周辺モジュールごとに、リンクするイベント信号を指定するレジスタです。ELSRn レジスタと周辺モジュールの対応関係を表 18.2 に示します。また、ELSRn レジスタに設定するイベント信号名と信号番号の対応関係を表 18.3 に示します。

表 18.2 ELSRn レジスタと周辺機能の対応

レジスタ名	周辺機能 (モジュール)	イベント名
ELSR0	GPT (A)	ELC_GPTA
ELSR1	GPT (B)	ELC_GPTB
ELSR2	GPT (C)	ELC_GPTC
ELSR3	GPT (D)	ELC_GPTD
ELSR4	GPT (E)	ELC_GPTE
ELSR5	GPT (F)	ELC_GPTF
ELSR6	GPT (G)	ELC_GPTG
ELSR7	GPT (H)	ELC_GPTH
ELSR8	ADC12A0	ELC_AD00
ELSR9	ADC12B0	ELC_AD01
ELSR12	DAC12 チャンネル 0	ELC_DA0
ELSR14	PORT1	ELC_PORT1
ELSR15	PORT2	ELC_PORT2
ELSR16	PORT3	ELC_PORT3
ELSR17	PORT4	ELC_PORT4

表 18.3 ELSRn.ELS[8:0]ビットに設定するイベント信号名と信号番号の対応 (1/3)

イベント番号	割り込み要求発生元	名称	内容	
0x001	ポート	PORT_IRQ0 ^(注1)	外部端子割り込み 0	
0x002		PORT_IRQ1 ^(注1)	外部端子割り込み 1	
0x003		PORT_IRQ2 ^(注1)	外部端子割り込み 2	
0x004		PORT_IRQ3 ^(注1)	外部端子割り込み 3	
0x005		PORT_IRQ4 ^(注1)	外部端子割り込み 4	
0x006		PORT_IRQ5 ^(注1)	外部端子割り込み 5	
0x007		PORT_IRQ6 ^(注1)	外部端子割り込み 6	
0x008		PORT_IRQ7 ^(注1)	外部端子割り込み 7	
0x009		PORT_IRQ8 ^(注1)	外部端子割り込み 8	
0x00A		PORT_IRQ9 ^(注1)	外部端子割り込み 9	
0x00E		PORT_IRQ13 ^(注1)	外部端子割り込み 13	
0x020		DMAC	DMAC0_INT	DMAC 転送終了 0
0x021			DMAC1_INT	DMAC 転送終了 1
0x022	DMAC2_INT		DMAC 転送終了 2	
0x023	DMAC3_INT		DMAC 転送終了 3	
0x024	DMAC4_INT		DMAC 転送終了 4	
0x025	DMAC5_INT		DMAC 転送終了 5	
0x026	DMAC6_INT		DMAC 転送終了 6	
0x027	DMAC7_INT		DMAC 転送終了 7	
0x02A	DTC	DTC_DTCEND ^(注4)	DTC 転送終了	
0x038	LVD	LVD_LVD1	電圧監視 1 割り込み	
0x039		LVD_LVD2	電圧監視 2 割り込み	
0x03B	MOSC	MOSC_STOP	メインクロック発振停止	
0x03C	LPW	SYSTEM_SNZREQ ^(注3) ^(注4)	スヌーズエントリ	
0x040	AGT0	AGT0_AGTI	AGT 割り込み	
0x041		AGT0_AGTCMAI	コンペアマッチ A	
0x042		AGT0_AGTCMBI	コンペアマッチ B	
0x043	AGT1	AGT1_AGTI	AGT 割り込み	
0x044		AGT1_AGTCMAI	コンペアマッチ A	
0x045		AGT1_AGTCMBI	コンペアマッチ B	
0x046	AGT2	AGT2_AGTI	AGT 割り込み	
0x047		AGT2_AGTCMAI	コンペアマッチ A	
0x048		AGT2_AGTCMBI	コンペアマッチ B	
0x049	AGT3	AGT3_AGTI	AGT 割り込み	
0x04A		AGT3_AGTCMAI	コンペアマッチ A	
0x04B		AGT3_AGTCMBI	コンペアマッチ B	
0x04F	AGT5	AGT5_AGTI	AGT 割り込み	
0x050		AGT5_AGTCMAI	コンペアマッチ A	
0x051		AGT5_AGTCMBI	コンペアマッチ B	
0x052	IWDT	IWDT_NMIUNDF	IWDT アンダーフロー	

表 18.3 ELSRn.ELS[8:0]ビットに設定するイベント信号名と信号番号の対応 (2/3)

イベント番号	割り込み要求発生元	名称	内容
0x053	CWDT	WDT_NMIUNDF	WDT アンダーフロー
0x055	RTC	RTC_PRD	周期割り込み
0x073	IIC0	IIC0_RXI	受信データフル
0x074		IIC0_TXI	送信データエンプティ
0x075		IIC0_TEI	送信終了
0x076		IIC0_EEI	転送エラー
0x0B1	I/O ポート	IOPORT_GROUP1	ポート 1 イベント
0x0B2		IOPORT_GROUP2	ポート 2 イベント
0x0B3		IOPORT_GROUP3	ポート 3 イベント
0x0B4		IOPORT_GROUP4	ポート 4 イベント
0x0B5	ELC	ELC_SWEVT0	ソフトウェアイベント 0
0x0B6		ELC_SWEVT1	ソフトウェアイベント 1
0x0C9	GPT1	GPT1_CCMPA	コンペアマッチ A
0x0CA		GPT1_CCMPB	コンペアマッチ B
0x0CB		GPT1_CMPC	コンペアマッチ C
0x0CC		GPT1_CMPD	コンペアマッチ D
0x0CD		GPT1_CMPE	コンペアマッチ E
0x0CE		GPT1_CMPF	コンペアマッチ F
0x0CF		GPT1_OVF	オーバーフロー
0x0D0		GPT1_UDF	アンダーフロー
0x0D1		GPT1_PC	周期計数機能終了
0x0D2		GPT2	GPT2_CCMPA
0x0D3	GPT2_CCMPB		コンペアマッチ B
0x0D4	GPT2_CMPC		コンペアマッチ C
0x0D5	GPT2_CMPD		コンペアマッチ D
0x0D6	GPT2_CMPE		コンペアマッチ E
0x0D7	GPT2_CMPF		コンペアマッチ F
0x0D8	GPT2_OVF		オーバーフロー
0x0D9	GPT2_UDF		アンダーフロー
0x0E4	GPT4	GPT4_CCMPA	コンペアマッチ A
0x0E5		GPT4_CCMPB	コンペアマッチ B
0x0E6		GPT4_CMPC	コンペアマッチ C
0x0E7		GPT4_CMPD	コンペアマッチ D
0x0E8		GPT4_CMPE	コンペアマッチ E
0x0E9		GPT4_CMPF	コンペアマッチ F
0x0EA		GPT4_OVF	オーバーフロー
0x0EB		GPT4_UDF	アンダーフロー
0x0EC		GPT4_PC	周期計数機能終了

表 18.3 ELSRn.ELSR[8:0]ビットに設定するイベント信号名と信号番号の対応 (3/3)

イベント番号	割り込み要求発生元	名称	内容
0x0ED	GPT5	GPT5_CCMPA	コンペアマッチ A
0x0EE		GPT5_CCMPB	コンペアマッチ B
0x0EF		GPT5_CMPC	コンペアマッチ C
0x0F0		GPT5_CMPD	コンペアマッチ D
0x0F1		GPT5_CMPE	コンペアマッチ E
0x0F2		GPT5_CMPF	コンペアマッチ F
0x0F3		GPT5_OVF	オーバーフロー
0x0F4		GPT5_UDF	アンダーフロー
0x0F5		GPT5_PC	周期計数機能終了
0x160		ADC12	ADC120_ADI
0x164	ADC120_WCMPPM ^(注4)		コンペアマッチ
0x165	ADC120_WCMPUM ^(注4)		コンペア不一致
0x180	SCI0	SCI0_RXI ^(注2)	受信データフル
0x181		SCI0_TXI ^(注2)	送信データエンプティ
0x182		SCI0_TEI ^(注2)	送信終了
0x183		SCI0_ERI	受信エラー
0x184		SCI0_AM	アドレス一致イベント
0x192	SCI3	SCI3_RXI ^(注2)	受信データフル
0x193		SCI3_TXI ^(注2)	送信データエンプティ
0x194		SCI3_TEI ^(注2)	送信終了
0x195		SCI3_ERI	受信エラー
0x196		SCI3_AM	アドレス一致イベント
0x198	SCI4	SCI4_RXI ^(注2)	受信データフル
0x199		SCI4_TXI ^(注2)	送信データエンプティ
0x19A		SCI4_TEI ^(注2)	送信終了
0x19B		SCI4_ERI	受信エラー
0x19C		SCI4_AM	アドレス一致イベント
0x1B6	SCI9	SCI9_RXI ^(注2)	受信データフル
0x1B7		SCI9_TXI ^(注2)	送信データエンプティ
0x1B8		SCI9_TEI ^(注2)	送信終了
0x1B9		SCI9_ERI	受信エラー
0x1BA		SCI9_AM	アドレス一致イベント
0x1C4	SPI0	SPI0_SPRI	受信バッファフル
0x1C5		SPI0_SPTI	送信バッファエンプティ
0x1C6		SPI0_SPII	アイドル
0x1C7		SPI0_SPEI	エラー
0x1C8		SPI0_SPCEND	通信完了イベント
0x1DB	DOC	DOC_DOPCI ^(注4)	データ演算回路割り込み

注 1. パルス（エッジ検出）のみがサポートされています。

注 2. このイベントは FIFO モードではサポートされていません。

注 3. ELSR8、ELSR9、ELSR14～ELSR17、ELSR18 が、このイベントを選択できます。

注 4. このイベントはスヌーズモードでも発生可能です。

18.2.4 ELCSARA : イベントリンクコントローラセキュリティ属性レジスタ A

Base address: ELC = 0x4008_2000

Offset address: 0x74

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ELSE GR1	ELSE GR0	ELCR
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	ELCR	イベントリンクコントローラレジスタセキュリティ属性 対象レジスタ : ELCR 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
1	ELSEGR0	イベントリンクソフトウェアイベント発生レジスタ 0 セキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
2	ELSEGR1	イベントリンクソフトウェアイベント発生レジスタ 1 セキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
15:3	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

ELCR レジスタは、ELC の動作を制御するレジスタです。

18.2.5 ELCSARB : イベントリンクコントローラセキュリティ属性レジスタ B

Base address: ELC = 0x4008_2000

Offset address: 0x78

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	ELSR[15:0]															
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	ELSR[15:0]	イベントリンク設定レジスタ n セキュリティ属性 対象レジスタ : ELSRn (n = 0~8, 12, 14, 15) 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

このレジスタは、ELSRn (n = 0~8, 12, 14, 15) レジスタのセキュリティ属性を指定します。

18.2.6 ELCSARC : イベントリンクコントローラセキュリティ属性レジスタ C

Base address: ELC = 0x4008_2000

Offset address: 0x7C

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ELSR[1:0]	
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	ELSR[1:0]	イベントリンク設定レジスタ n セキュリティ属性 (n = 16, 17) 対象レジスタ : ELSRn (n = 16, 17) 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
15:2	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

このレジスタは、ELSRn (n = 16, 17) レジスタのセキュリティ属性を指定します。

18.3 動作説明

18.3.1 割り込み処理とイベントリンクの関係

イベントリンクのイベント番号は、対応する割り込み要因のイベント番号と同一です。イベント信号の発生方法については、各イベント出力元モジュールの章を参照してください。

18.3.2 イベントのリンク

イベントリンク設定レジスタ (ELSRn) に設定しておいたイベントが発生すると、対応するモジュールが起動します。起動するモジュールの動作設定は、前もって完了しておく必要があります。表 18.4 に、イベントが発生したときのモジュール別動作一覧を示します。

表 18.4 イベント発生時のモジュール動作

モジュール	イベント入力時の動作
GPT	<ul style="list-style-type: none"> ● カウント開始 ● カウント停止 ● カウントクリア ● アップカウント ● ダウンカウント ● 入力キャプチャ
DAC12	D/A 変換開始
I/O ポート	<ul style="list-style-type: none"> ● EORR (リセット) または EOSR (セット) に基づく端子出力の変更 ● EIDR に端子状態をラッチ ● 以下のポートを ELC に使用可能 : ポート 1 ポート 2 ポート 3 ポート 4
ADC12	A/D 変換開始
DTC	DTC データ転送開始

18.3.3 イベントリンクの動作設定手順例

イベントのリンク方法は以下の通りです。

1. イベントをリンクするモジュールの動作設定を行います。
2. イベントをリンクするモジュールに対して、ELSRn.ELS[8:0]ビットを設定します。
3. ELCR.ELCON ビットを 1 にして、すべてのイベントリンクを有効にします。
4. イベント出力元モジュールの設定を行い、起動させます。これによって、2つのモジュール間のリンクがアクティブになります。
5. モジュール単位でイベントリンク動作を停止させるには、そのモジュールに対応する ELSRn.ELS[8:0]ビットを 0 にします。また、ELCR.ELCON ビットを 0 にすることにより、全モジュールのイベントリンク動作が停止します。

RTC のイベントリンク出力機能を使用する場合は、RTC の設定（初期化、時刻設定など）を行った後、ELC を設定してください。ELC 設定後に RTC の設定を行うと、意図しないイベントが出力することがあります。

LVD のイベントリンク出力機能を使用する場合は、LVD の設定を行った後、ELC を設定してください。LVD を無効にするには、対応する ELSRn レジスタを 0x00 にしてから ELC を設定してください。

18.4 使用上の注意事項

18.4.1 DMAC/DTC 転送終了のイベントリンクを使用する場合

DMAC/DTC 転送終了のイベントリンクを使用する場合、DMAC/DTC 転送先とイベントのリンク先を同一周辺モジュールに設定しないでください。設定すると周辺モジュールへの DMAC/DTC 転送が完了する前に、周辺モジュールが起動する可能性があります。

18.4.2 クロックの設定について

イベントリンクを使用するには、ELC と対象モジュールが動作可能な状態でなければいけません。対象モジュールがモジュールストップ状態の場合、または、対象モジュールが停止するような低消費電力モード（ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモード）の場合、そのモジュールは動作できません。

モジュールによっては、スヌーズモードで動作できるものもあります。詳細については、表 18.3 および「10. 低消費電力モード」を参照してください。

18.4.3 モジュールストップ機能の設定

モジュールストップコントロールレジスタ C (MSTPCRC) によって、ELC の動作を禁止または許可することが可能です。リセット後の初期状態では、ELC の動作は停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。モジュールストップコントロールレジスタを用いて ELC の動作を禁止する場合は、事前に ELCON ビットを 0 にする必要があります。詳細については、表 18.3 および「10. 低消費電力モード」を参照してください。

18.4.4 ELC 遅延時間

図 18.2 に示すように、モジュール A は ELC を介してモジュール B にアクセスします。モジュール A とモジュール B の間には、ELC モジュールでの遅延時間が存在します。表 18.5 に ELC 遅延時間を示します。

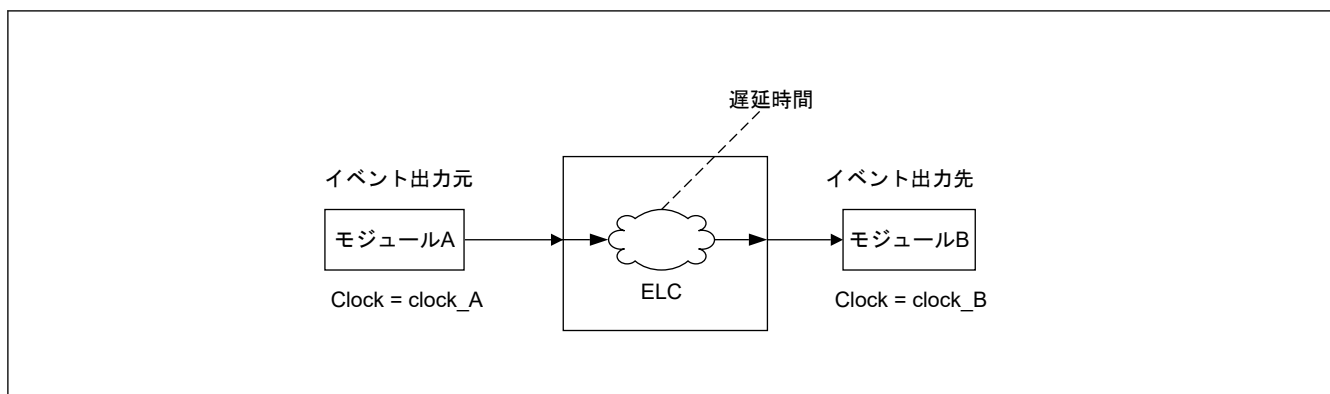


図 18.2 ELC 遅延時間

表 18.5 ELC 遅延時間

クロックドメイン	クロック周波数	ELC 遅延時間
clock_A = clock_B	clock_A = clock_B	0 サイクル
clock_A ≠ clock_B	clock_A = clock_B	1~2 サイクル
	clock_A > clock_B	clock_B 1~2 サイクル
	clock_A < clock_B	clock_A 1~2 サイクル

19. I/O ポート

19.1 概要

I/O ポート端子は、汎用入出力ポート端子、周辺モジュールの入出力端子、割り込み入力端子、アナログ入出力、ELC のポートグループ機能として動作します。

(JTAG ポートの TDO としての) P109 を除くすべての端子は、リセット直後は入力端子として動作しますが、レジスタの設定によって機能を切り替えることができます。各端子の I/O ポートと周辺モジュールは、対応するレジスタで設定します。

図 19.1 に、I/O ポートレジスタの接続図を示します。パッケージによって、I/O ポートの構成は異なります。表 19.1 にパッケージ別の I/O ポートの仕様を、表 19.2 に I/O ポートの機能を示します。

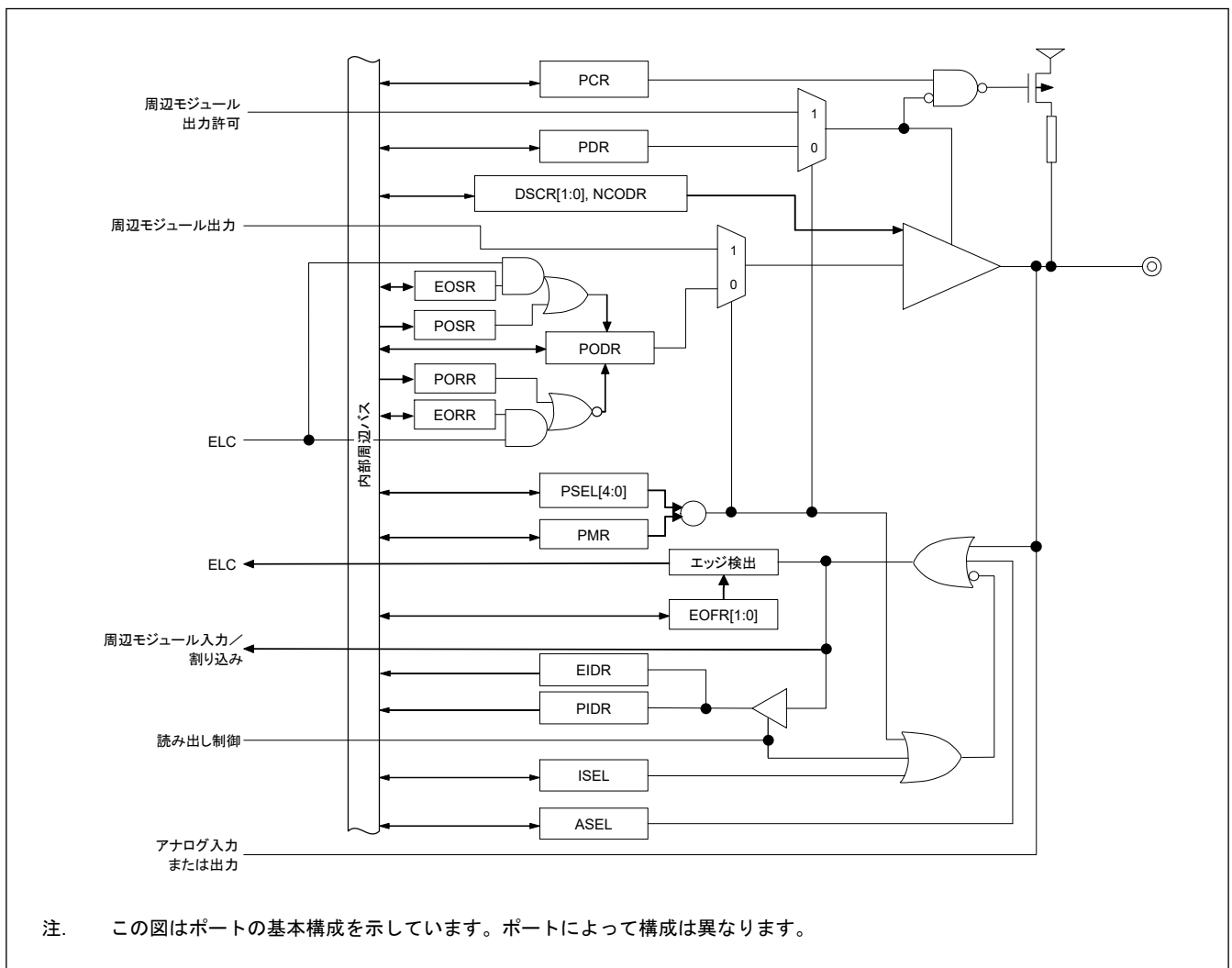


図 19.1 I/O ポートレジスタの接続図

表 19.1 I/O ポートの仕様 (1/2)

ポート	パッケージ		パッケージ	
	64 ピン	本数	48 ピン	本数
PORT0	P000~P004, P013~P015	8	P000~P002, P013~P015	6
PORT1	P100~P113	14	P100~P104, P108~P112	10
PORT2	P200, P201, P205~P208, P212, P213	8	P200, P201, P206, P207, P212, P213	6
PORT3	P300~P304	5	P300~P302	3

表 19.1 I/O ポートの仕様 (2/2)

ポート	パッケージ		パッケージ	
	64 ピン	本数	48 ピン	本数
PORT4	P400~P402, P407~P411	8	P402, P407~P409	4
PORT5	P500	1	P500	1

表 19.2 I/O ポートの機能

ポート	ポート名	入力プルアップ	オープンドレイン出力	駆動能力切り替え	5Vトレラント	I/O
PORT0	P000~P004, P013~P015	✓	✓	低	—	入出力
PORT1	P100~P113	✓	✓	低、中、高	—	入出力
PORT2	P200	✓	—	—	—	入力
	P201	✓	✓	低	—	入出力
	P207, P208, P212, P213	✓	✓	低、中、高	—	入出力
	P205, P206	✓	✓	低、中、高	✓	入出力
PORT3	P300~P304	✓	✓	低、中、高	—	入出力
PORT4	P400, P401, P407~P411	✓	✓	低、中、高	✓	入出力
	P402	✓	✓	低、中、高	—	入出力
PORT5	P500	✓	✓	低、中、高	—	入出力

注. ✓ : 利用可能
— : 設定禁止

19.2 レジスタの説明

19.2.1 PCNTR1/PODR/PDR : ポートコントロールレジスタ 1

Base address: $PORTm = 0x4008_0000 + 0x0020 \times m$ ($m = 0 \sim 5$)

Offset address: 0x000 (PCNTR1/PODR)
0x002 (PDR)

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	PODR 15	PODR 14	PODR 13	PODR 12	PODR 11	PODR 10	PODR 09	PODR 08	PODR 07	PODR 06	PODR 05	PODR 04	PODR 03	PODR 02	PODR 01	PODR 00
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	PDR1 5	PDR1 4	PDR1 3	PDR1 2	PDR11	PDR1 0	PDR0 9	PDR0 8	PDR0 7	PDR0 6	PDR0 5	PDR0 4	PDR0 3	PDR0 2	PDR0 1	PDR0 0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	PDR15~PDR00	Pmn 方向 0: 入力 (入力端子として機能) 1: 出力 (出力端子として機能)	R/W(注1)
31:16	PODR15~PODR00	Pmn 出力データ 0: Low 出力 1: High 出力	R/W(注2)

注. $m = 0 \sim 5$, $n = 00 \sim 15$

- 注 1. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアリードアクセスが許可されます。
 - 非セキュアライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

- 注 2. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスが許可されます。
 - 非セキュアリード値は 0 になり、TrustZone アクセスエラーは発生しません。
 - 非セキュアライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

ポートコントロールレジスタ 1 (PCNTR1/PODR/PDR) は、32 ビットまたは 16 ビットの読み出し/書き込みレジスタで、ポート方向およびポート出力データを制御します。PCNTR1 はポート方向とポート出力データを指定し、32 ビット単位でアクセスされます。PDRn (PCNTR1 のビット[15:0]) および PODRn (PCNTR1 のビット[31:16]) はそれぞれ 16 ビット単位でアクセスされます。

PDRn ビット (Pmn 方向)

PDRn ビットは、汎用入出力端子として設定されている個々のポート端子の入力/出力方向を選択します。ポート m の各端子はそれぞれ PORTm.PCNTR1.PDRn ビットに対応しています。入出力方向は 1 ビット単位で指定できます。存在しない端子に対応するビットは予約ビットです。予約ビットは読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。入力専用のポートでは、PODRn ビットは予約ビットになります。表 19.2 を参照してください。PORTm.PCNTR1 レジスタの PDRn ビットは、PFS.PmnPFS レジスタの PDR ビットと同じ機能を提供します。

PODRn ビット (Pmn 出力データ)

PODRn ビットは、汎用入出力端子から出力されるデータを格納します。存在しないポート m のビットは予約ビットです。予約ビットは読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。入力専用のポートでは、PODRn ビットは予約ビットになります。表 19.2 を参照してください。PORTm.PCNTR1 レジスタの PODRn ビットは、PFS.PmnPFS レジスタの PODR ビットと同じ機能を提供します。

19.2.2 PCNTR2/EIDR/PIDR : ポートコントロールレジスタ 2

Base address: PORTm = 0x4008_0000 + 0x0020 × m (m = 0~5)

Offset address: 0x004 (PCNTR2/EIDR)
0x006 (PIDR)

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	EIDR1 5	EIDR1 4	EIDR1 3	EIDR1 2	EIDR1 1	EIDR1 0	EIDR0 9	EIDR0 8	EIDR0 7	EIDR0 6	EIDR0 5	EIDR0 4	EIDR0 3	EIDR0 2	EIDR0 1	EIDR0 0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	PIDR1 5	PIDR1 4	PIDR1 3	PIDR1 2	PIDR1 1	PIDR1 0	PIDR0 9	PIDR0 8	PIDR0 7	PIDR0 6	PIDR0 5	PIDR0 4	PIDR0 3	PIDR0 2	PIDR0 1	PIDR0 0
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	PIDR15~PIDR00	Pmn 状態 0: Low レベル 1: High レベル	R
31:16	EIDR15~EIDR00(注2)	ポートイベント入力データ(注1) ELC_PORTx 信号の発生時 0: Low 入力 1: High 入力	R

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアリードアクセスが許可されます。
 - 非セキュアリード値は 0 になり、TrustZone アクセスエラーは発生しません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアリードアクセスと非セキュアリードアクセスが許可されます。

注. m = 0~5、n = 00~15

注 1. x = 1、2、3 または 4 (EIDR のみ)

注 2. ポート 1、2、3 または 4 に対応しています。

ポートコントロールレジスタ 2 (PCNTR2/EIDR/PIDR) は、32 ビットまたは 16 ビット単位での、Pmn 状態およびポートイベント入力データへのリードアクセスを可能にします。

PCNTR2 は Pmn 状態とポートイベント入力データを指定し、32 ビット単位でアクセスされます。

PIDRn (PCNTR2 のビット[15:0]) および EIDRn (PCNTR2 のビット[31:16]) はそれぞれ 16 ビット単位でアクセスされます。存在しない端子に対応するビットは予約ビットです。予約ビットは、読むと不定値が読めます。

PIDRn ビット (Pmn 状態)

PIDRn ビットは、PmnPFS.PMR ビットと PORTm.PCNTR1.PDRn ビットの設定値にかかわらず、個々のポートの端子状態を反映します。PORTm.PCNTR2 レジスタの PIDRn ビットは、PFS.PmnPFS レジスタの PIDR ビットと同じ機能です。

次の機能のいずれかが有効の場合、端子状態は PIDRn に反映できません。

- RTC 時間キャプチャ入力 (RTCIC)
- アナログ機能 (ASEL = 1)

EIDRn ビット (ポートイベント入力データ)

EIDRn ビットは、ELC_PORTx 信号の発生時に端子状態をラッチします。PmnPFS.PMR = 0 かつ PORTm.PCNTR1.PDRn = 0 の場合にのみ、EIDRn ビットに端子状態を入力できます。PmnPFS.ASEL ビットを 1 にすると、関連する端子状態は EIDRn に反映されません。

19.2.3 PCNTR3/PORR/POSR : ポートコントロールレジスタ 3

Base address: PORTm = 0x4008_0000 + 0x0020 × m (m = 0~5)

Offset address: 0x008 (PCNTR3/PORR)
0x00A (POSR)

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	PORR 15	PORR 14	PORR 13	PORR 12	PORR 11	PORR 10	PORR 09	PORR 08	PORR 07	PORR 06	PORR 05	PORR 04	PORR 03	PORR 02	PORR 01	PORR 00
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	POSR 15	POSR 14	POSR 13	POSR 12	POSR 11	POSR 10	POSR 09	POSR 08	POSR 07	POSR 06	POSR 05	POSR 04	POSR 03	POSR 02	POSR 01	POSR 00
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	POSR15~POSR00	Pmn 出力設定 0: 出力に影響なし 1: High 出力	W
31:16	PORR15~PORR00	Pmn 出力リセット 0: 出力に影響なし 1: Low 出力	W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアライトアクセスが許可されます。
 - 非セキュアライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアライトアクセスと非セキュアライトアクセスが許可されます。

注. m = 0~5, n = 00~15

ポートコントロールレジスタ 3 (PCNTR3/PORR/POSR) は、32 ビットおよび 16 ビットの書き込み可能なレジスタで、ポート出力データの設定またはリセットを制御します。

PCNTR3 はポート出力データの設定またはリセットを制御し、32 ビット単位でアクセスされます。

POSRn (PCNTR3 のビット[15:0]) および PORRn (PCNTR3 のビット[31:16]) はそれぞれ 16 ビット単位でアクセスされます。

POSRn ビット (Pmn 出力設定)

POSR ビットがソフトウェア書き込みによって設定されると、PODR ビットが変更されます。たとえば P100 の場合、PORT1.PCNTR3.POSR00 = 1 であると、PORT1.PCNTR1.PODR00 は 1 を出力します。存在しない端子に対応するビットは予約ビットです。書く場合、常に 0 としてください。入力専用のポートでは、POSRn ビットは予約ビットになります。表 19.2 を参照してください。

PORRn ビット (Pmn 出力リセット)

PORR ビットがソフトウェア書き込みによってリセットされると、PODR ビットが変更されます。たとえば P100 の場合、PORT1.PCNTR3.PORR00 = 1 であると、PORT1.PCNTR1.PODR00 は 0 を出力します。存在しない端子に対応するビットは予約ビットです。書く場合、常に 0 としてください。入力専用のポートでは、PORRn ビットは予約ビットになります。表 19.2 を参照してください。

注. EORRn または EOSRn を設定した場合、PODRn、PORRn、および POSRn への書き込みは禁止されます。

注. PORRn ビットと POSRn ビットは、どちらか一方のみ設定してください。

19.2.4 PCNTR4/EORR/EOSR : ポートコントロールレジスタ 4

Base address: PORTm = 0x4008_0000 + 0x0020 × m (m = 1~4)

Offset address: 0x00C (PCNTR4/EORR)
0x00E (EOSR)

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	EORR 15	EORR 14	EORR 13	EORR 12	EORR 11	EORR 10	EORR 09	EORR 08	EORR 07	EORR 06	EORR 05	EORR 04	EORR 03	EORR 02	EORR 01	EORR 00
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	EOSR 15	EOSR 14	EOSR 13	EOSR 12	EOSR 11	EOSR 10	EOSR 09	EOSR 08	EOSR 07	EOSR 06	EOSR 05	EOSR 04	EOSR 03	EOSR 02	EOSR 01	EOSR 00
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	EOSR15~EOSR00	Pmn イベント出力設定 ELC_PORTx 信号の発生時 0: 出力に影響なし 1: High 出力	R/W
31:16	EORR15~EORR00	Pmn イベント出力リセット ELC_PORTx 信号の発生時 0: 出力に影響なし 1: Low 出力	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスが許可されます。
- 非セキュアリード値は 0 になり、TrustZone アクセスエラーは発生しません。
- 非セキュアライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

注. m = 1~4、n = 00~15、x = 1~4

ポートコントロールレジスタ 4 (PCNTR4/EORR/EOSR) は、32 ビットおよび 16 ビットの読み出し/書き込みレジスタで、ELC からのイベント入力によりポート出力データの設定またはリセットを制御します。

PCNTR4 は、ELC からのイベント入力によりポート出力データの設定またはリセットを制御し、32 ビット単位でアクセスされます。

EOSRn (PCNTR4 のビット[15:0]) および EORRn (PCNTR4 のビット[31:16]) はそれぞれ 16 ビット単位でアクセスされます。

EOSRn ビット (Pmn イベント出力設定)

EOSR ビットが ELC_PORTx 信号の発生によって設定されると、PODR ビットが変更されます。たとえば P100 の場合、ELC_PORTx 信号の発生時に PORT1.PCNTR4.EOSR00 が 1 になると、PORT1.PCNTR1.PODR00 は 1 を出力します。存在しない端子に対応するビットは予約ビットです。書く場合、常に 0 としてください。入力専用のポートでは、EOSRn ビットは予約ビットになります。表 19.2 を参照してください。

EORRn ビット (Pmn イベント出力リセット)

EORR ビットが ELC_PORTx 信号の発生によってリセットされると、PODR ビットが変更されます。たとえば P100 端子の場合、ELC_PORTx の発生時に PORT1.PCNTR4.EORR00 = 1 になると、PORT1.PCNTR4.PODR00 は 0

を出力します。存在しない端子に対応するビットは予約ビットです。書く場合、常に0としてください。入力専用のポートでは、EOSRn ビットは予約ビットになります。表 19.2 を参照してください。

注. EORRn または EOSRn を設定した場合、PODRn、PORRn、および POSRn への書き込みは禁止されます。

注. EORRn ビットと EOSRn ビットは、どちらか一方のみ設定してください。

19.2.6 PWPR : 書き込みプロテクトレジスタ

Base address: PFS = 0x4008_0800

Offset address: 0x503

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	BOWI	PFSWE	—	—	—	—	—	—
------------	------	-------	---	---	---	---	---	---

Value after reset: 1 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
5:0	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
6	PFSWE	PmnPFS レジスタ書き込み許可 0: PmnPFS レジスタへの書き込みを禁止 1: PmnPFS レジスタへの書き込みを許可	R/W
7	BOWI	PFSWE ビット書き込み禁止 0: PFSWE ビットへの書き込みを許可 1: PFSWE ビットへの書き込みを禁止	R/W

PFSWE ビット (PmnPFS レジスタ書き込み許可)

PFSWE ビットを1にしたときのみ、PmnPFS レジスタに対する書き込みが許可されます。最初に BOWI ビットに0を書いてから、PFSWE ビットを1にする必要があります。

BOWI ビット (PFSWE ビット書き込み禁止)

BOWI ビットに0を書いたときのみ、PFSWE ビットに対する書き込みが許可されます。

19.2.7 PWPRS : セキュア用書き込みプロテクトレジスタ

Base address: PFS = 0x4008_0800

Offset address: 0x505

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	BOWI	PFSWE	—	—	—	—	—	—
------------	------	-------	---	---	---	---	---	---

Value after reset: 1 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
5:0	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
6	PFSWE	PmnPFS レジスタ書き込み許可 0: PmnPFS レジスタへの書き込みを禁止 1: PmnPFS レジスタへの書き込みを許可	R/W
7	BOWI	PFSWE ビット書き込み禁止ビット 0: PFSWE ビットへの書き込みを許可 1: PFSWE ビットへの書き込みを禁止	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

PFSWE ビット (PmnPFS レジスタ書き込み許可)

PFSWE ビットを 1 にしたときのみ、PmSAR レジスタによって「セキュア」に設定された I/O ポート端子の PmnPFS レジスタに対する書き込みが許可されます。最初に BOWI ビットに 0 を書いてから、PFSWE ビットを 1 にする必要があります。

BOWI ビット (PFSWE ビット書き込み禁止ビット)

BOWI ビットを 0 にしたときのみ、PFSWE ビットに対する書き込みが許可されます。

19.2.8 PmSAR : ポートセキュリティ属性レジスタ (m = 0~5)

Base address: PFS = 0x4008_0800

Offset address: 0x510 + 0x002 × m

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	PMNSA[15:0]															
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	PMNSA[15:0]	Pmn のセキュリティ属性 対象の I/O ポート端子 : Pmn 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

注. m = 0~5、n = 00~15

ポートセキュリティ属性レジスタは、各ポートのセキュリティ属性を設定するための 16 ビットのレジスタです。16 ビット単位のみでアクセスされます。

PMNSA[15:0] ビット (Pmn のセキュリティ属性)

PmnSA ビットは Pmn のセキュリティ属性を指定します。

19.3 動作**19.3.1 汎用入出力ポート**

P108~P110、P300 以外のすべての端子は、リセット後は汎用入力ポートとして動作します。汎用入出力ポートは各ポート 16 ビットで構成され、ポートコントロールレジスタ (PCNTRn; n = 1~4) によるポート単位のアクセス、またはポート mn 端子機能選択レジスタによる端子単位のアクセスが可能です。これらのレジスタの詳細は、「19.2. レジスタの説明」を参照してください。

各ポートには以下のビットがあります。

- ポートセキュリティ属性レジスタ (PmSAR) (m = 0~5) はセキュリティ属性を示します。
- ポート方向ビット (PDRn) : 入力/出力の方向を選択する
- ポート出力データビット (PODRn) : 出力用データを格納する
- ポート入力データビット (PIDRn) : 端子状態を示す
- イベント入力データビット (EIDRn) : ELC_PORTn (n = 1、2、3 または 4) 信号発生時の端子状態を示す
- ポート出力設定ビット (POSRn) : ソフトウェア書き込み発生時の出力値を示す
- ポート出力リセットビット (PORRn) : ソフトウェア書き込み発生時の出力値を示す
- イベント出力設定ビット (EOSRn) : ELC_PORTn (n = 1、2、3 または 4) 信号発生時の出力値を示す
- イベント出力リセットビット (EORRn) : ELC_PORTn (n = 1、2、3 または 4) 信号発生時の出力値を示す

19.3.2 ポート機能選択

各端子の設定時、以下のポート機能を利用できます。

- セキュリティ機能：各端子のセキュリティ属性
- 入出力設定：相補出力またはオープンドレイン出力、プルアップ制御、および駆動強度
- 汎用入出力ポート：ポート方向、出力データ設定、および読み出し入力データ
- 代替機能：端子への機能の割り当て

各端子は、ポート mn 端子機能選択レジスタ (PmnPFS) に関連付けられます。このレジスタには、対応するビット PODR、PIDR、および PDR があります。さらに、PmnPFS レジスタは以下のビットを持ちます。

- PCR：入力プルアップ MOS のオン/オフを切り替えるためのプルアップ抵抗制御ビット
- NCODR：各端子の出力タイプを選択するための N チャネルオープンドレイン制御ビット
- DSCR[1:0]：駆動能力を選択するための駆動能力制御ビット
- EOFR[1:0]：ポートグループから入力されるイベントのエッジを選択
- ISEL：IRQ 入力端子を設定するための IRQ 入力許可ビット
- ASEL：アナログ端子を設定するためのアナログ入力許可ビット
- PMR：各ポートの端子機能を設定するためのポートモードビット
- PSEL[4:0]：対応する周辺機能を選択するためのポート機能選択ビット

これらは、ポート mn 端子機能選択レジスタへのシングルレジスタアクセスで設定することができます。詳細は、を参照してください。

19.3.3 ELC のポートグループ機能

本 MCU では、ポート 1～ポート 4 が ELC ポートグループ機能に割り当てられています。

19.3.3.1 ELC から ELC_PORTn (n = 1、2、3 または 4) が入力された場合の動作

ELC から ELC_PORTn (n = 1、2、3 または 4) 信号が入力されたとき、本 MCU は、以下に示す 2 つの機能をサポートしています。

(1) EIDR への入力

GPI 機能 (PmnPFS レジスタの PDR = 0 および PMR = 0) では、ELC から ELC_PORTn (n = 1、2、3 または 4) 信号が入力されると、入出力セルの入力許可がアサートされ、外部端子からのデータが EIDR ビットに読み込まれます。図 19.2 を参照してください。

GPO 機能 (PDR = 1) または周辺モード (PMR = 1) では、外部端子から EIDR ビットに 0 が入力されます。

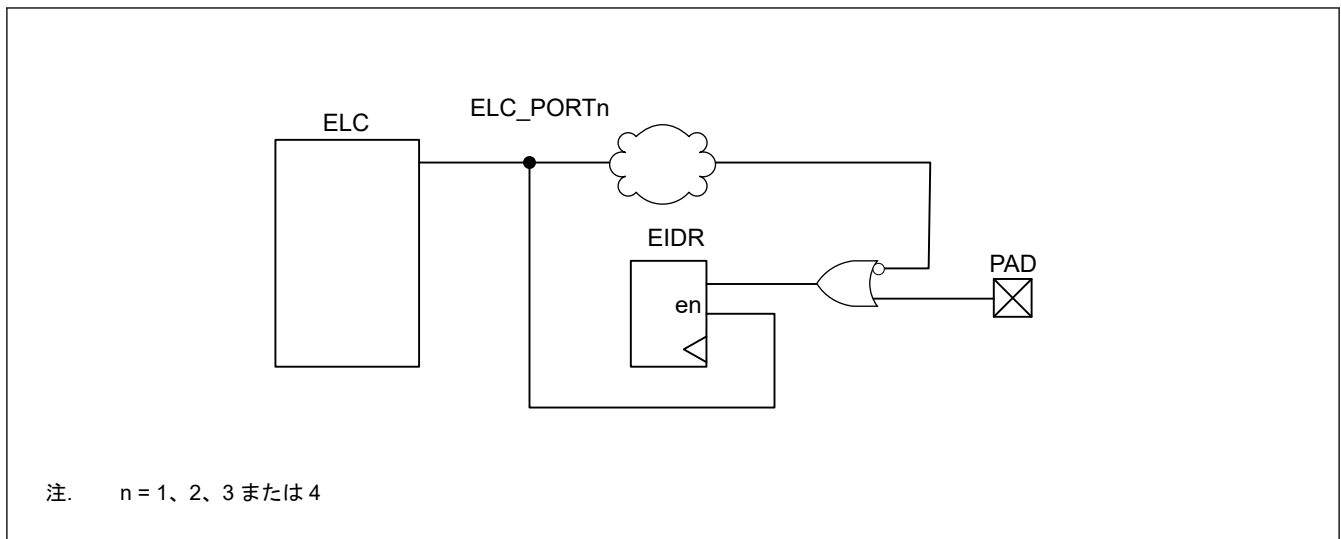


図 19.2 イベントポート入力データ

(2) EOSR および EORR による PODR からの出力

ELC_PORTn (n = 1、2、3 または 4) 信号の発生時に、EOSR および EORR レジスタの設定値に基づいて、PODR から外部端子へデータが出力されます。

- EOSR を 1 にすると、ELC_PORTn (n = 1、2、3 または 4) 信号の発生時に PODR レジスタは外部端子へ 1 を出力します。EOSR = 0 の場合、PODR の値が保持されます。
- EORR を 1 にすると、ELC_PORTn (n = 1、2、3 または 4) 信号の発生時に PODR レジスタは外部端子へ 0 を出力します。EORR = 0 の場合、PODR の値が保持されます。

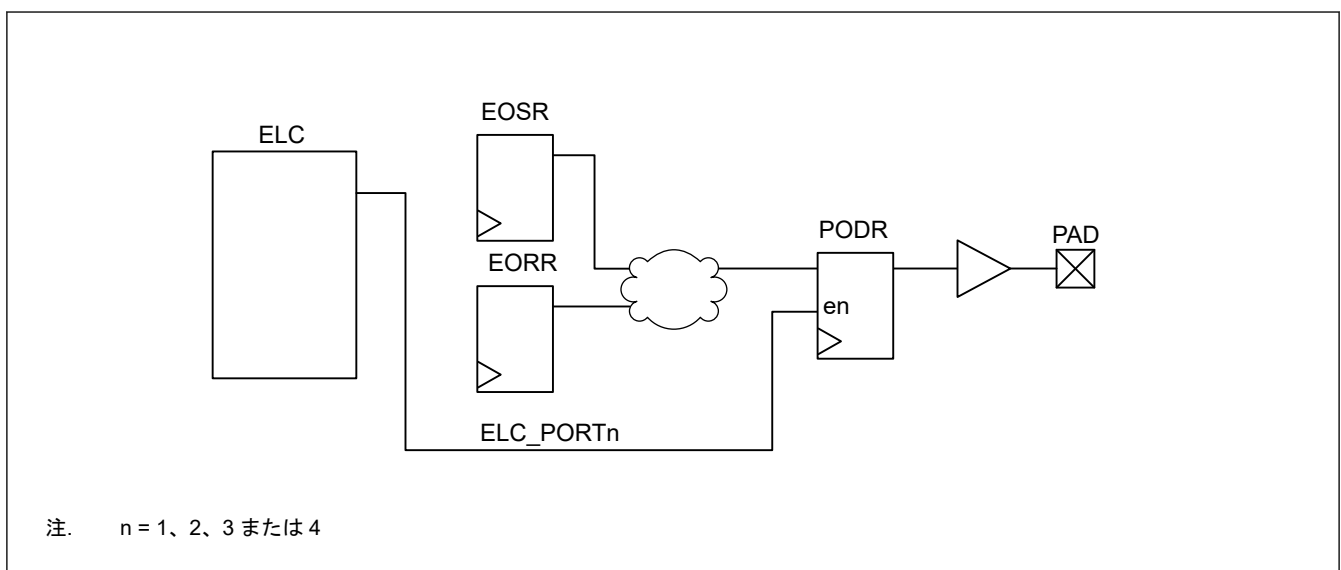


図 19.3 イベントポート出力データ

19.3.3.2 イベントパルスが ELC に出力された場合の動作

外部端子から ELC にイベントパルスを出力するには、PmnPFS レジスタの EOFR[1:0] ビットを設定します。詳細は、を参照してください。EORR[1:0] ビットを設定すると、入出力セルの入力許可がアサートされます。

外部端子からのデータが入力となります。たとえばポート 1 に対して、P100 から P115 へデータが入力されると、これら 16 端子のデータは OR 論理で構成されます。このデータは、ワンショットパルスとして形成され、ELC に入力されます。ポート n (n = 2~4) の動作もポート 1 と同様です。図 19.4 を参照してください。

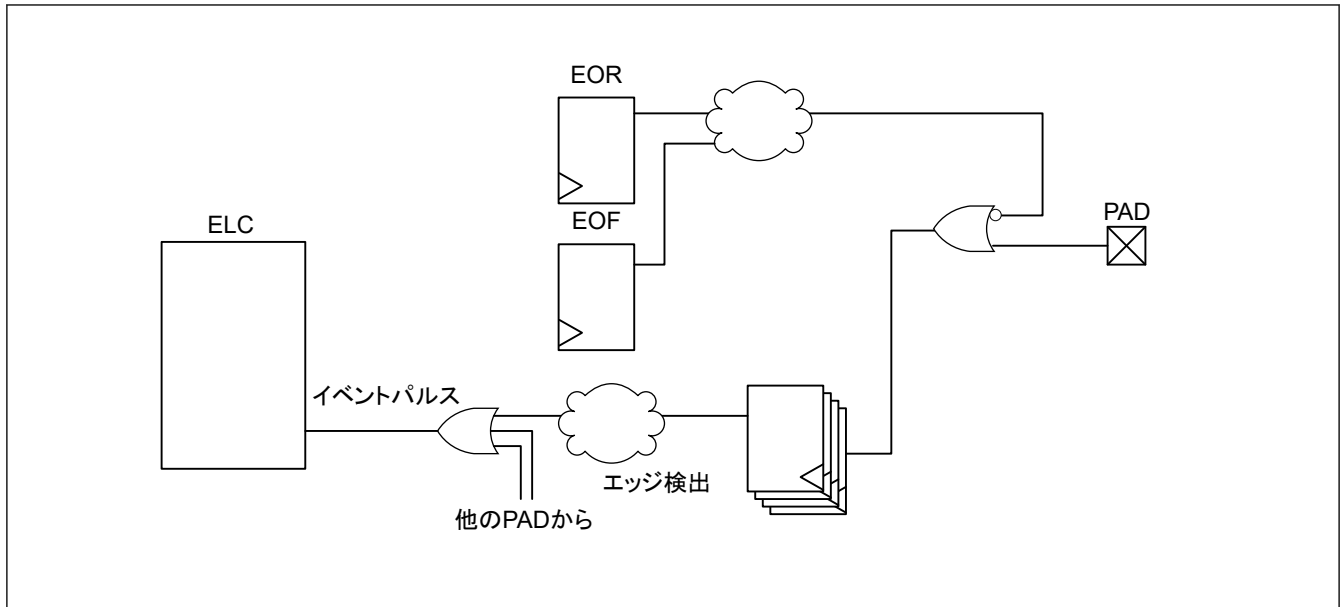


図 19.4 イベントパルスの発生

19.4 未使用端子の処理

表 19.3 に、未使用端子の処理方法を示します。

表 19.3 未使用端子の処理

端子名	未使用時の処理
MD	モード選択端子として使用
RES	抵抗を介して VCC に接続 (プルアップ)
USB_DP	開放したまま
USB_DM	開放したまま
P200/NMI	抵抗を介して VCC に接続 (プルアップ)
EXTAL	メインクロック発振器を使用しない場合、MOSCCR.MOSTP ビットを 1 (汎用ポート P212) に設定します。この端子をポート P212 として使用しない場合、ポート 1~5 と同じ方法で設定されます。
XTAL	メインクロック発振器を使用しない場合、MOSCCR.MOSTP ビットを 1 (汎用ポート P213) に設定します。外部クロックが EXTAL 端子に入力される場合、XTAL 端子は P213 として機能します。この端子をポート P213 として使用しない場合、ポート 1~5 と同じ方法で設定されます。
XCIN	抵抗を介して VSS に接続 (プルダウン)
XCOU	開放したまま
P000~P015	<ul style="list-style-type: none"> 入力 (PCNTR1.PDRn = 0) に設定した場合、対応する端子を抵抗を介して AVCC0 に接続 (プルアップ)、または抵抗を介して AVSS0 に接続 (プルダウン) (注1) 出力 (PCNTR1.PDRn = 1) に設定した場合、端子を開放(注1)
P1x~P5x	<ul style="list-style-type: none"> 入力 (PCNTR1.PDRn = 0) に設定した場合、対応する端子を抵抗を介して VCC に接続 (プルアップ)、または抵抗を介して VSS に接続 (プルダウン) (注1)(注2) 出力 (PCNTR1.PDRn = 1) に設定した場合、端子を開放(注1)(注3)
VREFH0, VREFH	AVCC0 に接続
VREFL0	AVSS0 に接続
VBATT	VCC または VSS に接続

注 1. PmnPFS.PMR ビット、PmnPFS.ISEL ビット、PmnPFS.PCR ビット、および PmnPFS.ASEL ビットを 0 にクリアしてください。

注 2. P108、P110、P300 は初期値 (PmnPFS.PCR = 1) から入力プルアップを許可にしてください。

注 3. P109 は出力設定 (PCNTR1.PDRn = 1) が推奨です。本端子は初期値から出力されるためです。

19.5 使用上の注意

19.5.1 端子機能の設定手順

入出力端子機能を設定するには、下記の手順に従ってください。

1. PWPR.B0WI ビットをクリアします。PWPR.PFSWE ビットに書き込みできるようになります。(注1)
2. PWPR.PFSWE ビットを 1 にします。PmnPFS レジスタに書き込みできるようになります。(注1)
3. 当該端子の PMR のポートモード制御ビットを 0 にして、汎用入出力ポートに設定します。
4. PmnPFS.PSEL[4:0] ビットによって、この端子の入出力機能を設定します。
5. 必要に応じて PMR ビットを 1 にして、選択した入出力機能に切り替えます。
6. PWPR.PFSWE ビットをクリアします。PmnPFS レジスタへの書き込みが禁止されます。(注1)
7. PWPR.B0WI ビットを 1 にします。PWPR.PFSWE ビットへの書き込みが禁止されます。(注1)

注 1. Pmn のセキュリティ属性が 0 のとき、PmnPFS レジスタへの書き込みをするには PWPRS レジスタを設定する必要があります。

19.5.2 ポートグループ入力の使用手順

ポートグループ入力（ポート n (n=1~4)）を使用するには、下記の手順に従ってください。

1. ELSRx.ELSR[8:0] ビットをすべて 0 にして、意図しないパルスを見逃します。詳細は、「[18. イベントリンクコントローラ \(ELC\)](#)」を参照してください。
2. PmnPFS レジスタの EOFR[1:0] ビットを設定して、立ち上がりエッジ検出、立ち下がりエッジ検出、または両エッジ検出を指定します。
3. ダミーリードを実行するか、少しの間（たとえば 100 ns）待ちます。意図しないパルスを見逃するかどうかは、外部端子の初期値によって異なります。
4. ELSRx.ELSR[8:0] ビットを設定して、イベント信号を許可します。

19.5.3 ポート出力データレジスタ (PODR) の概要

本レジスタは下記のようにデータを出力します。

1. ELC_PORTn (n=1, 2, 3 または 4) 信号発生時に PCNTR4.EORR ビットを 1 にすると、0 を出力する。
2. ELC_PORTn (n=1, 2, 3 または 4) 信号発生時に PCNTR4.EOSR ビットを 1 にすると、1 を出力する。
3. PCNTR3.PORR ビットを 1 にすると、0 を出力する。
4. PCNTR3.POSR ビットを 1 にすると、1 を出力する。
5. PCNTR1.PODRn ビットが設定されると、0 または 1 を出力する。
6. PmnPFS.PODRn ビットが設定されると、0 または 1 を出力する。

上記の番号は、PODRn への書き込み優先順位に相当しています。たとえば、上記の 1. と 3. が同時に発生した場合、優先順位の高い 1. が実行されます。

19.5.4 アナログ機能使用時の注意事項

アナログ機能を使用するには、ポートモード制御ビット (PMR) とポート方向ビット (PDRn) を両方とも 0 にして、端子が汎用入力ポートとして動作できるようにしてください。その後、ポート mn 端子機能選択レジスタ (PmnPFS.ASEL) のアナログ入力許可ビット (ASEL) を 1 にしてください。

19.5.5 入出力バッファの仕様

P402 は、RTC 入力、AGT 入力、およびその他の周辺機能として使用できます。表 19.4 に P402 の仕様を示します。

表 19.4 P402 の仕様

I/O ポート	RTC および AGT			その他の周辺機能	
	RTC および AGT 入力イネーブルレジスタ	RTC	AGT	他の周辺機能イネーブルレジスタ	CAC、GPT、CAN、SCI および割り込み
P402	VBTICTLR.VCH0INEN	RTCIC0	AGTIO0 AGTIO1 AGTIO2 AGTIO3	P402PFS.PSEL および PMR	詳細は、「19.6. 製品ごとの周辺選択設定」を参照してください。

これらの RTC および AGT 入力は、VBTICTLR レジスタによって制御されます。また、このレジスタは、機能選択において、最優先されます。

RTC 入力および AGT 入力が選択されているかどうかに関わらず、P402 は IRQn-DS (n = 4, 14, 15) として使用できます。これらの割り込みを使用する場合、VBTICTLR レジスタを設定した後に、割り込み手順を設定してください（「11.2.6. VBTICTLR: VBATT 入力コントロールレジスタ」を参照）。

図 19.5 を参照してください。

VBTICTLR レジスタは、リセット時に初期化されません。そのため、VBTICTLR レジスタをリセット後に以下のように設定する必要があります。

- RTC または AGT 入力を使用する場合：VBTICTLR = 0x01
- RTC または AGT 入力を使用しない場合：VBTICTLR = 0x00

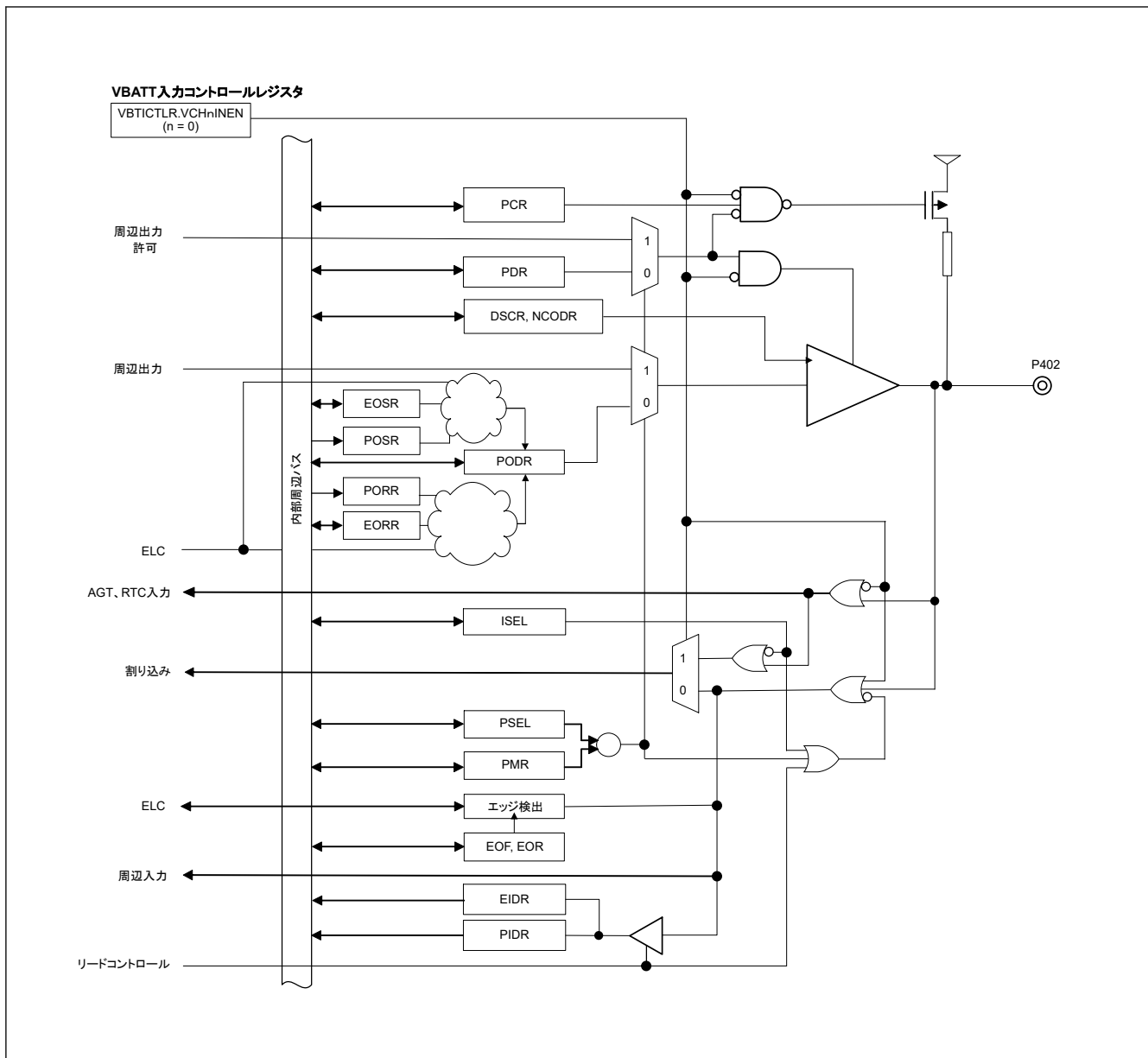


図 19.5 P402 の接続図

19.6 製品ごとの周辺選択設定

本節では、PmnPFS レジスタを用いた端子機能選択設定について説明します。いくつかの端子名には、接尾語として_A、B、またはCが付加されています。IIC 機能を割り当てる場合、同じ接尾語の機能端子を選択してください。その他の端子は、接尾語に関係なく選択可能です。ただし、同じ機能を2つ以上の端子に同時に割り当てることはしないでください。

1. Pmn 端子機能選択レジスタ (PmnPFS) では、対象端子の PMR ビットが 0 のときに、PSEL ビットを設定する必要があります。PMR ビットが 1 のときに PSEL ビットを設定すると、入力機能の場合は意図しないエッジが入力され、出力機能の場合は意図しないパルスが外部端子に出力される場合があります。
2. PmnPFS レジスタの PSEL ビットでは、許可された値 (機能) 以外に設定しないでください。このレジスタに許可されていない値を設定した場合、正しい動作は保証されません。
3. PmnPFS レジスタでは、1 つの機能を複数の端子に割り付けしないでください。GPT1、GPT5、SCI3、IIC0、SPI0 がセキュアに設定され、かつ PmSAR レジスタによってセキュリティ属性が「セキュア」に設定されている端子にこれらの端子機能が割り付けられているとき、セキュリティ属性が「非セキュア」に設定されている他の端子にセキュアな端子に割り付けられているのと同じ機能を設定するための PSEL ビットへの書き込みは無視されます。たとえば、PSARE.PSARE30 ビットが 0 (GPT1 がセキュア)、P109PFS.PSEL ビットが 00011b

(端子機能は GTIOC1A) で P1SAR.109SA ビットが 0 (P109 はセキュア) の場合、P4SAR.405SA ビットが 1 (P405 は非セキュア) のときの P405PFS.PSEL ビットへの 00011b の書き込みは無視されます。

- ポート 0 とポート 5 は、A/D コンバータなどのアナログ機能を持っています。これらの端子をアナログ機能として使用する場合、分解能の低下を防止するため、PMR ビットと PDR ビットは 0 にしてください。その後、ASEL ビットを 1 にしてください。

表 19.5 入出力端子機能のレジスタ設定 (PORT0)

PSEL[4:0]設定値	機能	端子							
		P000	P001	P002	P003	P004	P013	P014	P015
00000b (リセット後の値)	Hi-Z/JTAG/SWD	Hi-Z							
ASEL ビット		AN000	AN001	AN002	AN003	AN004	AN011	AN012/DA0	AN013
ISEL ビット		IRQ6-DS	IRQ7-DS	IRQ8-DS	—	IRQ9-DS	—	—	IRQ13
DSCR[1:0]ビット	駆動能力制御(注1)	L	L	L	L	L	L	L	L
NCODR ビット	N チャネルオープンドレイン	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PCR ビット	プルアップ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
64 ピン製品		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
48 ピン製品		✓	✓	✓	—	—	✓	✓	✓

✓: 利用可能
—: 設定禁止

注 1. このポートの駆動強度は、PmnPFS.DSCR[1:0]ビットで制御することはできません。

表 19.6 入出力端子機能のレジスタ設定 (PORT1)

PSEL[4:0]設定値	機能	端子														
		P100	P101	P102	P103	P104	P105	P106	P107	P108	P109	P110	P111	P112	P113	
00000b (リセット後の値)	Hi-Z/JTAG/SWD	Hi-Z								TMS/SWDIO	TDO/SWO	TDI	Hi-Z			
00001b	AGT	AGTIO0	AGTEE0	AGTO0	AGTIO2	AGTEE2	AGTO2	AGTOB0	AGTOA0	AGTOA3	AGTOB3	AGTEE3	AGTOA5	AGTOB5	AGTEE5	
00010b	GPT(注1)	GTETRG A	GTETRG B	—	—	GTETRG B	GTETRG A	—	—	—	—	—	—	—	—	
00011b	GPT(注1)	GTIOC5 B	GTIOC5 A	GTIOC2 B	GTIOC2 A	GTIOC1 B	GTIOC1 A	—	—	—	GTIOC1 A	GTIOC1 B	—	—	GTIOC2 A	
00100b	SCI	RXD0/MISO0/SCL0	TXD0/MOSI0/SDA0	SCK0	CTS0_R TS0/SS0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
00101b	SCI	—	—	—	—	—	—	—	—	CTS9_R TS9/SS9	TXD9/MOSI9/SDA9	RXD9/MISO9/SCL9	SCK9	—	—	
00110b	SPI	—	—	—	—	—	—	—	—	SSLA0	MOSIA	MISOA	RSPCKA	SSLA0	—	
01001b	CLKOUT/RTC	—	—	—	—	—	—	—	—	—	CLKOUT	—	—	—	—	
01010b	CAC/ADC12	—	—	ADTRG0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10000b	CAN	—	—	CRX0	CTX0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10001b	QSPI	QSPCLK	QIO1	QIO0	QIO3	QIO2	—	—	—	—	—	—	—	QSSL	—	
ASEL ビット		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ISEL ビット		IRQ2	IRQ1	—	—	IRQ1	IRQ0	—	—	—	—	—	IRQ3	IRQ4	—	
DSCR[1:0]ビット	駆動能力制御	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H	
NCODR ビット	N チャネルオープンドレイン	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
PCR ビット	プルアップ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
64 ピン製品		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
48 ピン製品		✓	✓	✓	✓	✓	—	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	—	

✓: 利用可能
—: 設定禁止

注 1. 中駆動と高駆動の 2 種類の出力バッファが存在します。出力スキューの仕様 (t_{GTISK}) に合わせて、同じ駆動バッファを用いることを推奨します。

表 19.7 入出力端子機能のレジスタ設定 (PORT2)

PSEL[4:0]設定値	機能	端子							
		P200(注4)	P201	P205	P206	P207	P208	P212	P213
00000b (リセット後の値)	Hi-Z/JTAG/SWD	Hi-Z							
00001b	AGT	—	—	AGTO1	—	—	—	AGTEE1	AGTEE2
00010b	GPT(注2)	—	—	—	—	—	—	GTETRGD	GTETRGC
00011b	GPT(注2)	—	—	GTIOC4A	—	—	—	—	—
00100b	SCI	—	—	TXD4/MOSI4/SDA4	RXD4/MISO4/SCL4	TXD4/MOSI4/SDA4	—	—	—
00101b	SCI	—	—	CTS9_RTS9/SS9	CTS9	—	—	—	—
00111b	IIC(注1)	—	—	—	—	—	—	—	—
01001b	CLKOUT/ RTC	—	—	CLKOUT	—	—	—	—	—
10001b	QSPI	—	—	—	—	QSSL	QIO3	—	—
10011b	USBFS	—	—	USB_OVRCUR A-DS	USB_VBUSEN	—	—	—	—
ASEL ビット		—	—	—	—	—	—	—	—
ISEL ビット		—	—	IRQ1-DS	IRQ0-DS	—	—	IRQ3	IRQ2
DSCR[1:0]ビット	駆動能力制御	—	L(注3)	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H
NCODR ビット	N チャネルオープンドレイン	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PCR ビット	プルアップ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
64 ピン製品		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
48 ピン製品		✓	✓	—	✓	✓	—	✓	✓

✓ : 利用可能
 — : 設定禁止

- 注 1. 所属グループを示すため、"A"や"B"のように端子名の後ろに文字を付加した端子を使用してください。インタフェースについては、電気的特性の AC タイミングを各グループで測定しています。
- 注 2. 中駆動と高駆動の 2 種類の出力バッファが存在します。出力スキューの仕様 (t_{GTISK}) に合わせて、同じ駆動バッファを用いることを推奨します。
- 注 3. このポートの駆動強度は、PmnPFS.DSCR[1:0]ビットで制御することはできません。
- 注 4. NMI 端子割り込みを使用する場合、ポートに関連するレジスタの設定は不要です。

表 19.8 入出力端子機能のレジスタ設定 (PORT3)

PSEL[4:0]設定値	機能	端子				
		P300	P301	P302	P303	P304
00000b (リセット後の値)	Hi-Z/JTAG/SWD	TCK/SWCLK	Hi-Z	—	—	—
00001b	AGT	—	AGTIO0	—	—	AGTEE2
00010b	GPT(注1)	—	—	—	—	—
00011b	GPT(注1)	—	GTIOC4B	GTIOC4A	—	—
00100b	SCI	—	—	—	—	—
00101b	SCI	—	CTS9_RTS9/SS9	—	CTS9	—
00110b	SPI	SSLA1	SSLA2	SSLA3	—	—
10001b	QSPI	—	—	—	—	—
ASEL ビット		—	—	—	—	—
ISEL ビット		—	IRQ6	IRQ5	—	IRQ9
DSCR[1:0]ビット	駆動能力制御	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H
NCODR ビット	N チャネルオープンドレイン	✓	✓	✓	✓	✓
PCR ビット	プルアップ	✓	✓	✓	✓	✓
64 ピン製品		✓	✓	✓	✓	✓
48 ピン製品		✓	✓	✓	—	—

✓ : 利用可能
 — : 設定禁止

- 注 1. 中駆動と高駆動の 2 種類の出力バッファが存在します。出力スキューの仕様 (t_{GTISK}) に合わせて、同じ駆動バッファを用いることを推奨します。

表 19.9 入出力端子機能のレジスタ設定 (PORT4)

PSEL[4:0]設定値	機能	端子							
		P400	P401	P402	P407	P408	P409	P410	P411
00000b (リセット後の値)	Hi-Z/JTAG/SWD	Hi-Z							
00001b	AGT	AGTIO1	—	—	AGTIO0	AGTOB2	AGTOA2	AGTOB1	AGTOA1
00010b	GPT ^(注3)	—	GTETRGA	—	—	—	—	—	—
00011b	GPT ^(注3)	—	—	—	—	—	—	—	—
00100b	SCI	SCK4	CTS4_RTS4/S4	CTS4	CTS4_RTS4/S4	CTS4	—	RXD0/MISO0/SCL0	TXD0/MOSI0/SDA0
00101b	SCI	—	—	—	—	RXD3/MISO3/SCL3	TXD3/MOSI3/SDA3	SCK3	CTS3_RTS3/S3
00111b	IIC ^(注2)	SCL0_A	SDA0_A	—	SDA0_B	SCL0_B	—	—	—
01001b	CLKOUT/RTC	—	—	—	RTCCOUT	—	—	—	—
01010b	CAC/ADC12	—	—	CACREF	ADTRG0	—	—	—	—
10000b	CAN	—	CTX0	CRX0	—	—	—	—	—
10011b	USBFS	—	—	—	USB_VBUS	—	—	—	—
Don't-care	AGT, RTC	—	—	AGTIO0 ^(注1) AGTIO1 ^(注1) AGTIO2 ^(注1) AGTIO3 ^(注1) RTCIC0 ^(注1)	—	—	—	—	—
ASEL ビット		—	—	—	—	—	—	—	—
ISEL ビット		IRQ0	IRQ5-DS	IRQ4-DS	—	IRQ7	IRQ6	IRQ5	IRQ4
DSCR[1:0]ビット	駆動能力制御	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H	L/M/H
NCODR ビット	N チャネルオープンドレイン	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PCR ビット	プルアップ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
64 ピン製品		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
48 ピン製品		—	—	✓	✓	✓	✓	—	—

✓: 利用可能
—: 設定禁止

- 注 1. この端子機能を使用する場合は、該当端子を汎用入力 (PmnPFS.PDR ビットと PmnPFS.PMR ビットを 0) にしてください。
 注 2. 所属グループを示すため、端子名の末尾に“_A”や“_B”などの文字を付加した端子を使用してください。インタフェースについては、電気的特性の AC タイミングを各グループで測定しています。
 注 3. 中駆動と高駆動の 2 種類の出力バッファが存在します。出力スキューの仕様 (t_{GTISK}) に合わせて、同じ駆動バッファを用いることを推奨します。

表 19.10 入出力端子機能のレジスタ設定 (PORT5)

PSEL[4:0]設定値	機能	端子
		P500
00000b (リセット後の値)	Hi-Z/JTAG/SWD	Hi-Z
00001b	AGT	AGTOA0
00010b	GPT ^(注1)	—
01010b	CAC/ADC12	CACREF
10001b	QSPI	QSPCLK
10011b	USBFS	USB_VBUSEN
ASEL ビット		AN016
ISEL ビット		—
DSCR[1:0]ビット	駆動能力制御	L/M/H
NCODR ビット	N チャネルオープンドレイン	✓
PCR ビット	プルアップ	✓
64 ピン製品		✓
48 ピン製品		✓

✓: 利用可能
—: 設定禁止

- 注 1. 中駆動と高駆動の 2 種類の出力バッファが存在します。出力スキューの仕様 (t_{GTISK}) に合わせて、同じ駆動バッファを用いることを推奨します。

20. GPT 用のポートアウトプットイネーブル (POEG)

20.1 概要

ポートアウトプットイネーブル (POEG) は、汎用 PWM タイマ (GPT) の出力端子を出力禁止状態にすることが可能です。

- GTETR_{Gn} 端子 (n = A~D) の入力レベル検出
- GPT からの出力禁止要求
- クロック発生回路の発振停止検出
- レジスタ設定値

GTETR_{Gn} 端子 (n = A~D) は、GPT への外部トリガ入力端子として利用可能です。

表 20.1 に POEG の仕様を、図 20.1 にブロック図を、表 20.2 に入力端子を示します。

表 20.1 POEG の仕様

項目	内容
入力レベル検出による出力禁止制御	<ul style="list-style-type: none"> ● 極性とフィルタの選択後、GTETR_{Gn} 端子の立ち上がりエッジまたは High レベルをサンプリングした場合に、GPT 出力端子を出力禁止に設定可能
GPT からの出力禁止要求	<ul style="list-style-type: none"> ● GTIOCxA 端子と GTIOCxB 端子が同時にアクティブレベルとなる場合、GPT は POEG に対して出力禁止要求を発生させる。POEG は、これらの出力禁止要求を受信して、GTIOCxA および GTIOCxB 端子を出力禁止にするか否かの制御が可能
発振停止検出による出力禁止制御	<ul style="list-style-type: none"> ● クロック発生回路による発振が停止した場合に、GPT 出力端子を出力禁止に設定可能
ソフトウェア (レジスタ) による出力禁止制御	<ul style="list-style-type: none"> ● レジスタの設定値を書き換えることにより、GPT 出力端子を出力禁止に設定可能
割り込み	<ul style="list-style-type: none"> ● 外部トリガ入力端子 (GTETR_{Gn} 端子) の入力レベル検出により、割り込みを発生させることが可能 ● GPT 出力端子の出力レベルが同時にアクティブレベルとなる場合に割り込みを発生させることが可能
GPT に対する外部トリガ出力機能	<ul style="list-style-type: none"> ● 極性とフィルタの選択後、GTETR_{Gn} 信号を GPT へ出力可能 (カウント開始/カウント停止/カウントクリア/アップカウント/ダウンカウント/インプットキャプチャ機能)
ノイズフィルタリング	<ul style="list-style-type: none"> ● GTETR_{Gn} 端子からの入力に対して、ノイズフィルタクロックを、PCLKB/1、PCLKB/8、PCLKB/32、PCLKB/128 クロックからそれぞれ選択可能 (選択クロックを用いて、入力信号を 3 回サンプリングすることでフィルタリング) ● どの GTETR_{Gn} 端子からの入力に対しても、正極性、負極性をそれぞれ選択可能 ● 極性およびフィルタ選択後の信号状態のモニタが可能
TrustZone フィルタ	<ul style="list-style-type: none"> ● グループ別にセキュリティ属性を設定できます。

注. n = A~D, x = 1, 2, 4, 5

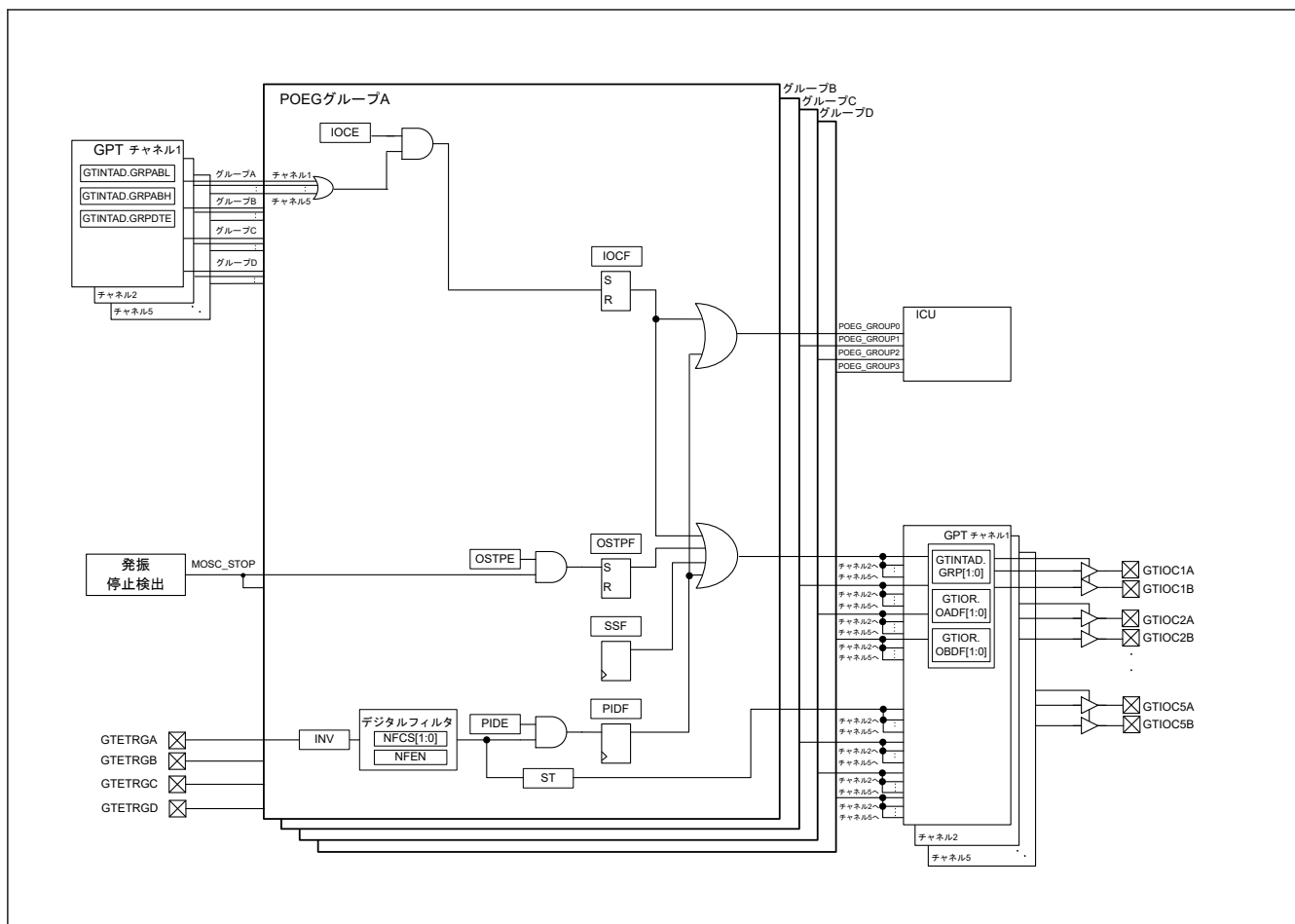


図 20.1 POEG のブロック図

表 20.2 POEG の入力端子

端子名称	入出力	機能
GTETRGA	入力	GPT 出力端子の出力禁止要求信号および GPT 外部トリガ入力端子 A
GTETRGB	入力	GPT 出力端子の出力禁止要求信号および GPT 外部トリガ入力端子 B
GTETRGC	入力	GPT 出力端子の出力禁止要求信号および GPT 外部トリガ入力端子 C
GTETRGD	入力	GPT 出力端子の出力禁止要求信号および GPT 外部トリガ入力端子 D

20.2 レジスタの説明

20.2.1 POEGGn : POEG グループ n 設定レジスタ (n = A~D)

Base address: POEG = 0x4008_A000

Offset address: 0x000 (POEGGA)
0x100 (POEGGB)
0x200 (POEGGC)
0x300 (POEGGD)

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	NFCS[1:0]		NFEN	INV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ST
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	OSTP E	IOCE	PIDE	SSF	OSTP F	IOCF	PIDF
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PIDF	ポート入力検出フラグ 0: GTETRn 端子からの出力禁止要求なし 1: GTETRn 端子からの出力禁止要求あり	R/W(注1)
1	IOCF	GPT 出力禁止要求検出フラグ 0: GPT による出力禁止要求なし 1: GPT による出力禁止要求あり	R/W(注1)
2	OSTPF	発振停止検出フラグ 0: 発振停止検出による出力禁止要求なし 1: 発振停止検出による出力禁止要求あり	R/W(注1)
3	SSF	ソフトウェア停止フラグ 0: ソフトウェアからの出力禁止要求なし 1: ソフトウェアからの出力禁止要求あり	R/W
4	PIDE	ポート入力検出許可 0: GTETRn 端子からの出力禁止要求を禁止 1: GTETRn 端子からの出力禁止要求を許可	R/W(注2)
5	IOCE	GPT 出力禁止要求許可 0: GPT による出力禁止要求を禁止 1: GPT による出力禁止要求を許可	R/W(注2)
6	OSTPE	発振停止検出許可 0: 発振停止検出による出力禁止要求を禁止 1: 発振停止検出による出力禁止要求を許可	R/W(注2)
15:7	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
16	ST	GTETRn 入力ステータスフラグ 0: フィルタリング後の GTETRn 入力は 0 1: フィルタリング後の GTETRn 入力は 1	R
27:17	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
28	INV	GTETRn 入力反転 0: GTETRn をそのまま入力 1: GTETRn を反転して入力	R/W
29	NFEN	ノイズフィルタ有効 0: ノイズフィルタリングを禁止 1: ノイズフィルタリングを許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
31:30	NFCS[1:0]	ノイズフィルタクロック選択 0 0: GTETRn 端子の入カレベルを PCLKB/1 クロックごとに 3 回サンプリング 0 1: GTETRn 端子の入カレベルを PCLKB/8 クロックごとに 3 回サンプリング 1 0: GTETRn 端子の入カレベルを PCLKB/32 クロックごとに 3 回サンプリング 1 1: GTETRn 端子の入カレベルを PCLKB/128 クロックごとに 3 回サンプリング	R/W

注 1. フラグをクリアするための 0 の書き込みのみ可能です。

注 2. リセット後、1 回のみ書き込み可能です。

POEGn (n = A~D) レジスタは、GPT 端子の出力禁止状態、割り込み、および GPT への外部トリガ入力を制御するレジスタです。

以下の説明で POEGn とは、POEGn (n = A~D) レジスタを表しています。

20.3 出力禁止制御の動作

以下のいずれかの条件が成立したとき、GTIOCxA、GTIOCxB を出力禁止に設定できます。

- GTETRn 端子の入カレベルまたはエッジ検出
POEGn.PIDE ビットが 1 の状態で、POEGn.PIDF フラグが 1 になったとき。
- GPT からの出力禁止要求
GTINTAD レジスタで禁止要求が許可されている場合に POEGn.IOCE ビットが 1 の状態で、POEGn.IOCF フラグが 1 になったとき。GTINTAD.GRPABH ビットおよび GTINTAD.GRPABL ビットの設定値が、GPT レジスタの GTINTAD.GRP[1:0] ビットまたは OPSCR.GRP[1:0] ビットで選択されたグループに適用されます。
- クロック発生回路の発振停止検出
POEGn.OSTPE ビットが 1 の状態で、メインクロック発振器の停止が検出され、POEGn.OSTPF フラグが 1 になったとき
- SSF ビットの設定
POEGn.SSF を 1 に設定すると、PWM 出力が無効になります。

出力禁止の状態は、GPT モジュールで制御します。GTIOCxA 端子と GTIOCxB 端子の出力禁止は、GPTx の GTINTAD.GRP[1:0] ビット、GTIOR.OADF[1:0] ビットおよび GTIOR.OBDF[1:0] ビットで設定されます。

20.3.1 端子入力レベル検出時の動作

POEGn.PIDE ビット、POEGn.NFCS[1:0] ビット、POEGn.NFEN ビット、および POEGn.INV ビットに設定された入力条件が、GTETRn 端子で発生すると、GPT 出力端子は出力禁止状態になります。

20.3.1.1 デジタルフィルタ

図 20.2 に、デジタルフィルタによる High 検出時の動作を示します。POEGn.INV ビットの極性の設定に対応した High 状態が、POEGn.NFCS[1:0] ビットと POEGn.NFEN ビットで選択したサンプリングクロックにおいて 3 回連続して検出されたとき、High 検出とみなされて、GPT 出力端子は出力禁止状態になります。このとき、一度でも Low を検出した場合は High 検出とみなされません。さらに、サンプリングクロックが出力されていない期間には、GTETRn 端子のレベル変化が無視されます。

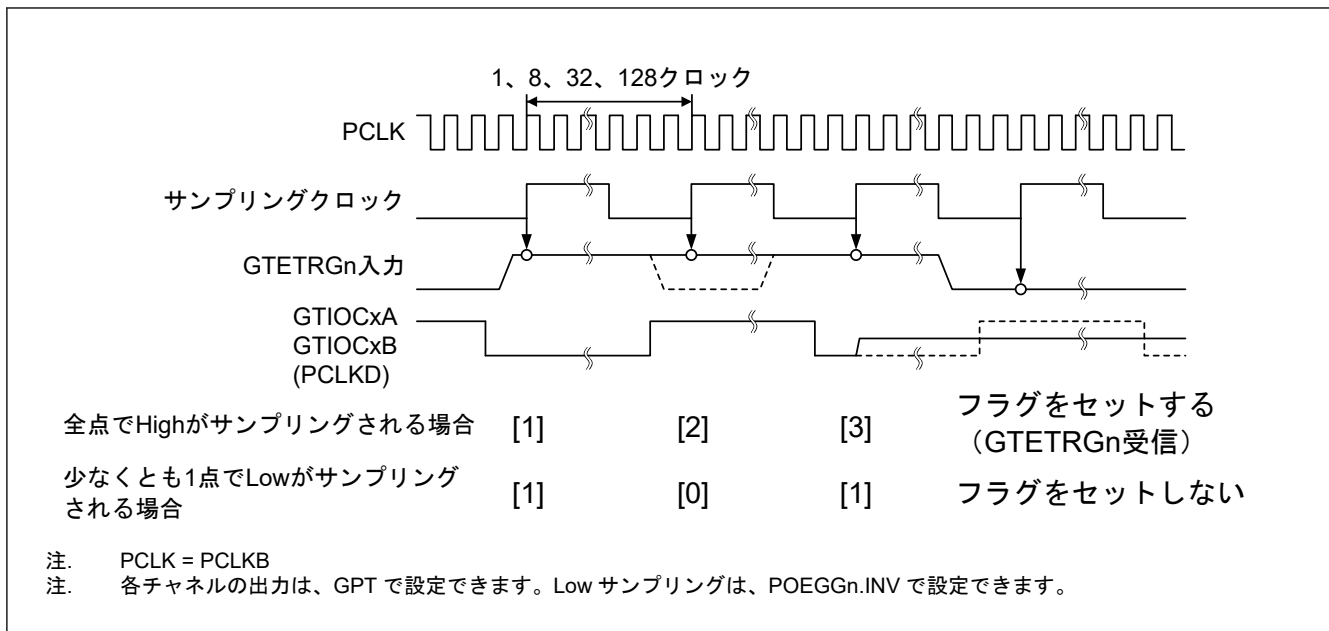


図 20.2 デジタルフィルタの動作例

20.3.2 GPT からの出力禁止要求

動作の詳細については、「21. 汎用 PWM タイマ (GPT)」の GTIOC 端子出力の出力禁止制御の説明を参照してください。

20.3.3 発振停止検出による出力禁止制御

POEGn.OSTPE ビットが 1 の場合、クロック発生回路の発振停止検出機能が発振停止を検出すると、GPT 出力端子はグループごとに出力禁止になります。

20.3.4 レジスタによる出力禁止制御

GPT 出力端子は、ソフトウェア停止フラグ (POEGn.SSF) に 1 を書き込むことで直接制御が可能です。

20.3.5 出力禁止状態の解除

出力禁止状態になっている GPT 出力端子を解放するには、リセットによって初期状態に復帰させるか、または下記のフラグをすべてクリアします。

- POEGn.PIDF
- POEGn.IOCF
- POEGn.OSTPF
- POEGn.SSF

外部入力端子 GTETRn が無効ではなく、かつ POEGn.ST ビットが 0 になっていなければ、POEGn.PIDF フラグに 0 を書いても無視されます (フラグはクリアされません)。

GPT の GTST.OABHF フラグおよび GTST.OABLF フラグがすべて 0 になっている場合のみ、POEGn.IOCF フラグに 0 を書くこと (フラグをクリアすること) ができます。

クロック発生回路の OSTDSR.OSTDF フラグが 0 になっていない場合、POEGn.OSTPF フラグに 0 を書いても無視されます (フラグはクリアされません)。また、フラグのセットとクリアが同時に発生した場合、セットが優先されます。

図 20.3 に、出力禁止状態の解除タイミングを示します。フラグがクリアされた後、次の GPT カウント周期の開始時に、出力禁止状態が解除されます。

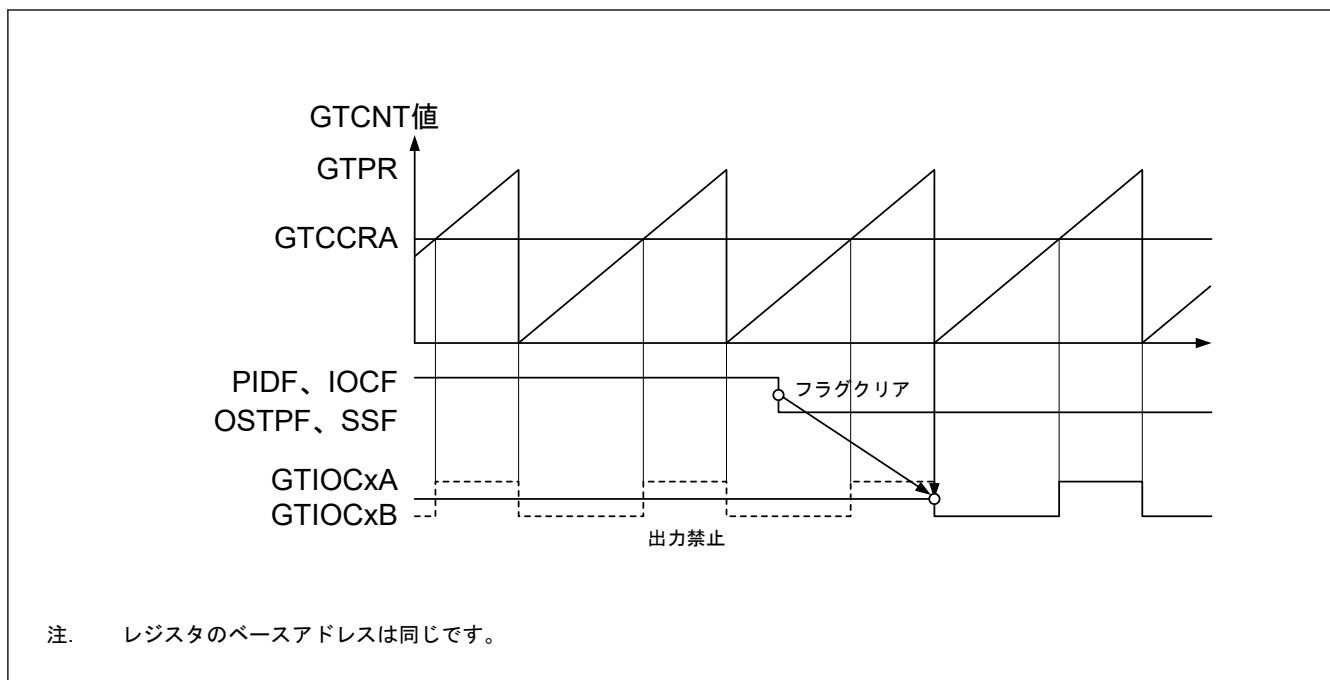


図 20.3 GPT 端子出力の出力禁止状態の解除タイミング

20.4 割り込み要因

POEG は、以下の要因によってトリガされたとき、割り込み要求を発生させます。

- 入力レベル検出による出力禁止制御
- GPT からの出力禁止要求

表 20.3 に、割り込み要求の条件を示します。

表 20.3 POE の入力端子

割り込み要因	シンボル	対応するフラグ	トリガ条件
POEG グループ A 割り込み	POEG_GROUPA	POEGGA.IOCF	GPT からの出力禁止要求の発生
		POEGGA.PIDF	GTETRGA 端子からの出力禁止要求の発生
POEG グループ B 割り込み	POEG_GROUPB	POEGGB.IOCF	GPT からの出力禁止要求の発生
		POEGGB.PIDF	GTETRGB 端子からの出力禁止要求の発生
POEG グループ C 割り込み	POEG_GROUPC	POEGGC.IOCF	GPT からの出力禁止要求の発生
		POEGGC.PIDF	GTETRGC 端子からの出力禁止要求の発生
POEG グループ D 割り込み	POEG_GROUPD	POEGGD.IOCF	GPT からの出力禁止要求の発生
		POEGGD.PIDF	GTETRGD 端子からの出力禁止要求の発生

20.5 GPT に対する外部トリガ出力

POEG は、下記の GPT 動作のトリガ信号として、GTETR_n 端子入力をフィルタリング、レベル検出して、出力します。

- カウント開始
- カウント停止
- カウントクリア
- アップカウント
- ダウンカウント
- インพุットキャプチャ

POEGn.INV ビットで設定した極性信号に対し、POEGn.NFCS[1:0]および POEGn.NFEN ビットで選択したサンプリングクロックで同じレベルが 3 回連続して入力されたとき、その値が出力されます。「20.3.1. 端子入力レベル検出時の動作」と同様に制御レジスタを設定してください。フィルタリング後の状態は POEGn.ST フラグでモニタできます。

図 20.4 に、GPT に対する外部トリガ出力のタイミングを示します。

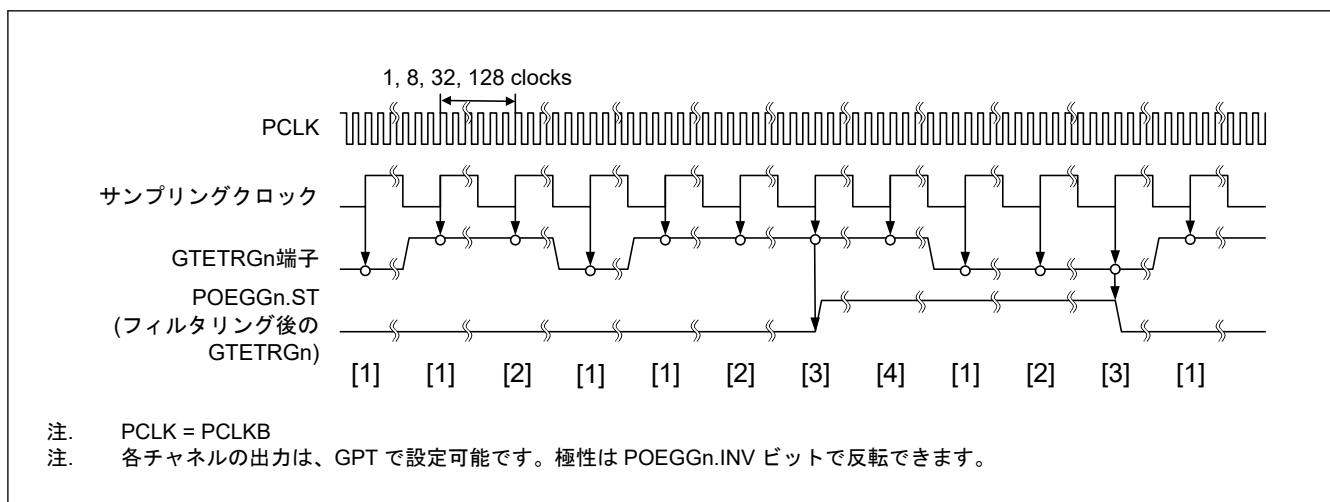


図 20.4 GPT に対する外部トリガ出力のタイミング

20.6 使用上の注意

20.6.1 ソフトウェアスタンバイモードへの遷移

POEG を使用する場合は、ソフトウェアスタンバイモードへ遷移させないでください。このモードでは POEG が停止するため、端子の出力禁止を制御することができません。

20.6.2 GPT 対応端子の指定

POEG は、PmnPFS.PMR および PmnPFS.PSEL ビットによって、GPT 対応端子として指定された場合にのみ出力禁止制御を行います。端子が汎用入出力端子として指定されている場合、POEG は出力禁止制御を行いません。

21. 汎用 PWM タイマ (GPT)

21.1 概要

汎用 PWM タイマ (GPT) は、GPT32 × 2 チャンネルの 32 ビットタイマおよび GPT16 × 2 チャンネルの 16 ビットタイマにより構成されます。PWM 波形はアップカウンタ、ダウンカウンタ、またはその両方を制御することにより生成が可能です。GPT は、汎用タイマとしても使用できます。

表 21.1 に GPT の仕様を、表 21.2 に GPT の機能一覧を示します。また、図 21.1 に GPT のブロック図を示します。

表 21.1 GPT の仕様

項目	説明
機能	<ul style="list-style-type: none"> 32 ビット × 2 チャンネル (GPT32n (n = 1, 2)) 16 ビット × 2 チャンネル (GPT16m (m = 4, 5)) 各カウンタは、アップカウントもしくはダウンカウント (のこぎり波)、またはアップダウンカウント (三角波) を選択可能 チャンネルごとに独立したクロックソースを選択可能 チャンネルごとに 2 本の入出力端子 チャンネルごとにアウトプットコンペア/インプットキャプチャ用レジスタが 2 本 各チャンネル 2 本のアウトプットコンペア/インプットキャプチャレジスタに対し、4 本のバッファレジスタがあり、バッファ動作しないときにはコンペアレジスタとしても動作可能 アウトプットコンペア動作時に山/谷それぞれバッファ動作可能で左右非対称な PWM 波形を生成 チャンネルごとにフレーム周期設定用レジスタを搭載 (オーバーフロー/アンダーフローで割り込み可能) PWM 動作の際にデッドタイム生成が可能 任意チャンネルのカウンタの同期スタート/ストップ/クリア可能 最大 8 つの ELC イベントによるカウントスタート/ストップ/クリア/アップカウント/ダウンカウント/インプットキャプチャ動作が可能 2 本の入力端子の状態を検出し、カウントスタート/ストップ/クリア/アップカウント/ダウンカウント/インプットキャプチャ動作が可能 最大 4 本の外部トリガにより、カウントスタート/ストップ/クリア/アップカウント/ダウンカウント/インプットキャプチャ動作が可能 出力端子間の短絡検出による出力端子無効機能 コンペアマッチ A~F イベント、オーバーフローイベント/アンダーフローイベントを ELC に出力可能 インプットキャプチャ用のノイズフィルタが有効 周期計数機能 チャンネル出力間の論理演算 バスクロック : PCLKA、コアクロック : PCLKD 周波数比 : PCLKA:PCLKD = 1:N (N = 1/2/4/8/16/32/64)

表 21.2 GPT の機能一覧 (1/2)

項目	説明
カウントクロック	PCLKD PCLKD/2 PCLKD/4 PCLKD/8 PCLKD/16 PCLKD/32 PCLKD/64 PCLKD/256 PCLKD/1024 GTETRG, GTETRGB, GTETRG, GTETRGD
アウトプットコンペア/インプットキャプチャレジスタ (GTCCR)	GTCCRA GTCCRB
コンペア/バッファレジスタ	GTCCRC GTCCRD GTCCRE GTCCRF
周期設定レジスタ	GTPR
周期設定バッファレジスタ	GTPBR

表 21.2 GPT の機能一覧 (2/2)

項目	説明	
入出力端子	GTIOCnA GTIOCnB (n = 1、2、4、5)	
外部トリガ入力端子(注1)	GTETRGA GTETRGB GTETRGC GTETRGD	
カウンタクリア要因	GTPR レジスタコンペアマッチ インプットキャプチャ 入力端子の状態 ELC イベント入力 GTETR Gn (n = A~D) 端子入力	
周期計数機能	可能 (GPT32n (n = 1)、GPT16m (m = 4、5))	
コンペアマッチ出力	Low 出力	使用可能
	High 出力	使用可能
	トグル出力	使用可能
インプットキャプチャ機能	使用可能	
デッドタイム自動付加機能	使用可能 (デッドタイムバッファなし)	
PWM モード	使用可能	
位相計数機能	可能	
バッファ動作	ダブルバッファ 複数チャンネルへの同時動作無効制御	
ワンショット動作	使用可能	
DMAC/DTC の起動	すべての割り込み要因	
割り込み要因	9 要因 (n = 1、2、4、5) <ul style="list-style-type: none"> ● GTCCRA コンペアマッチ/インプットキャプチャ (GPTn_CCMPA) ● GTCCRB コンペアマッチ/インプットキャプチャ (GPTn_CCMPE) ● GTCCRC コンペアマッチ (GPTn_CMPC) ● GTCCRD コンペアマッチ (GPTn_CMPD) ● GTCCRE コンペアマッチ (GPTn_CMPE) ● GTCCRF コンペアマッチ (GPTn_CMPF) ● GTCNT オーバーフロー (GTPR コンペアマッチ) (GPTn_OVF) ● GTCNT アンダーフロー (GPTn_UDF) ● GTPC カウント停止 (GPTx_PC) (x = 1、4、5) 	
イベントリンク (ELC) 機能	使用可能(注2)	
ノイズフィルタ機能	使用可能	
チャンネル出力間の論理演算	使用可能	
TrustZone フィルタ	使用可能	

注 1. GTETR Gn は、POEG モジュールを経由して GPT に接続します。そのため、GPT 機能を使用するには、MSTPCRD.MSTPDn (n = 11~14) ビットをクリアして POEG にクロックを供給する必要があります。

注 2. 「21.5. ELC によるリンク動作」を参照してください。

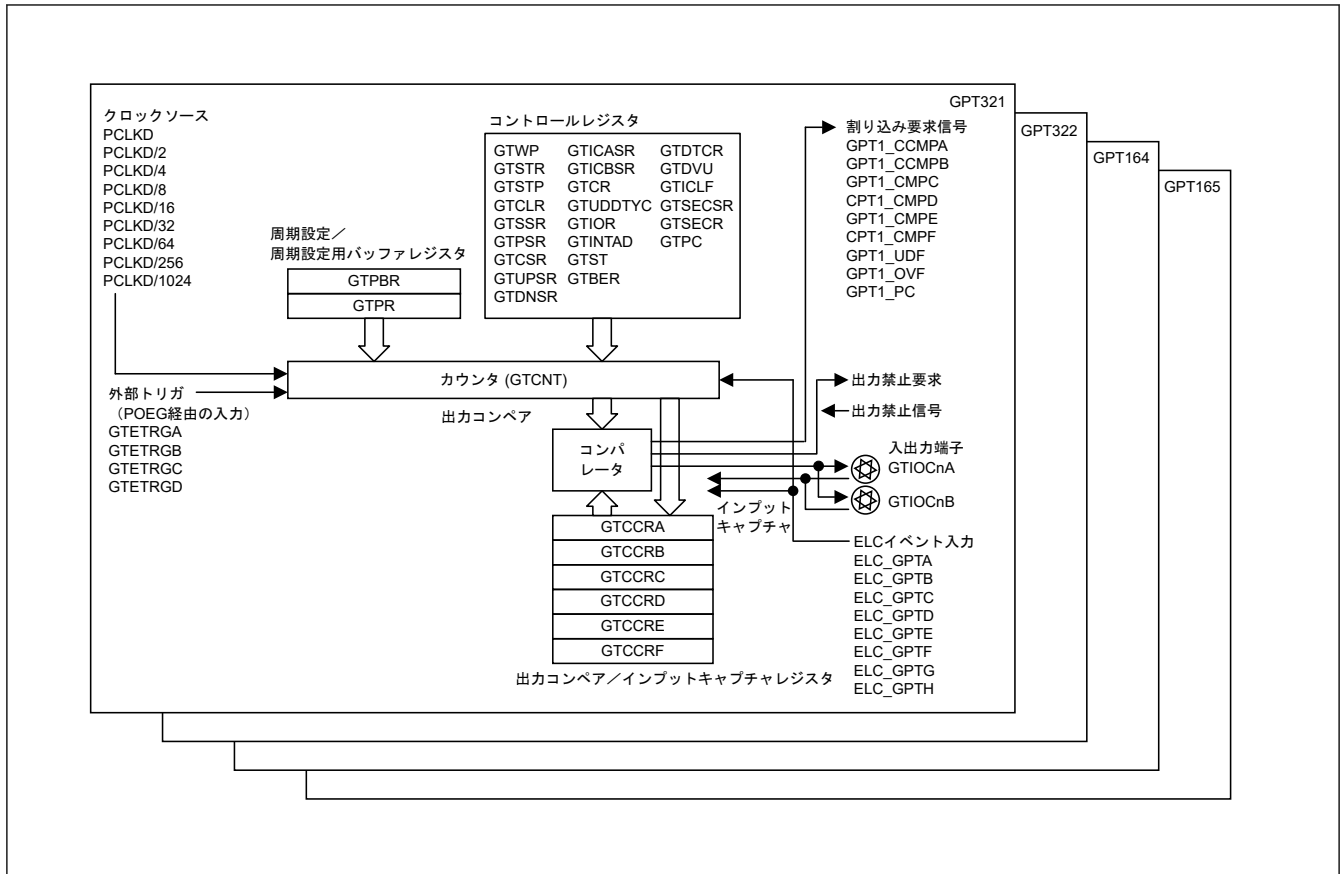


図 21.1 GPT のブロック図

図 21.2 にチャンネルとモジュール名の関係を示します。

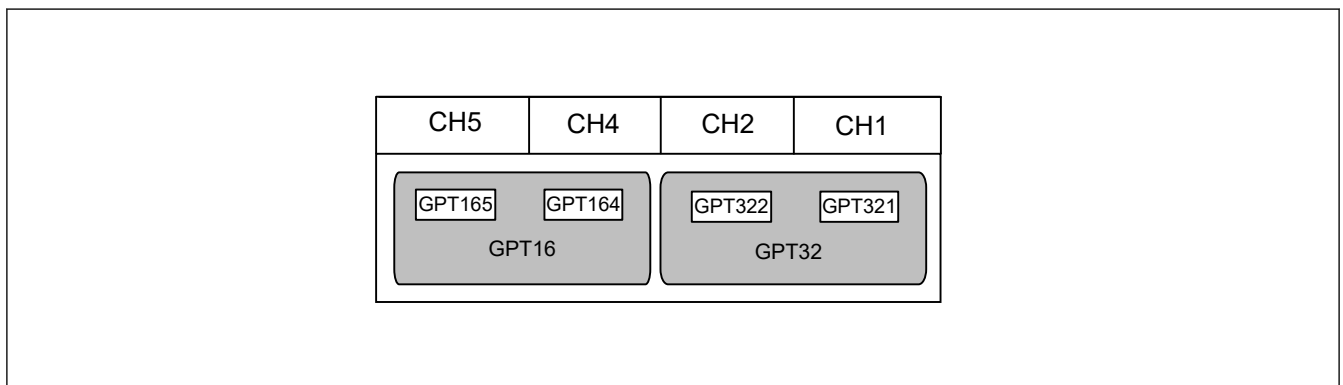


図 21.2 GPT チャンネルとモジュール名の関係

表 21.3 に入出力端子の一覧を示します。

表 21.3 GPT の入出力端子 (1/2)

チャンネル	端子名	入出力	機能
共通	GTETRGA	入力	外部トリガ入力端子 x (POEG 経由の入力)
GPT32n	GTIOCnA	入出力	GTCCRA レジスタのインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力 / PWM 出力端子
	GTIOCnB	入出力	GTCCRB レジスタのインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力 / PWM 出力端子

表 21.3 GPT の入出力端子 (2/2)

チャネル	端子名	入出力	機能
GPT16m	GTIOcmA	入出力	GTCCRA レジスタのインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM 出力端子
	GTIOc_mB	入出力	GTCCRB レジスタのインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM 出力端子

注. x: A~D
n: 1, 2
m: 4, 5

21.2 レジスタの説明

21.2.1 GTWP : 汎用 PWM タイマ書き込み保護レジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1, 2)
GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0x00

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	PRKEY[7:0]							—	—	—	CMN WP	CLRWP	STPWP	STRWP	WP	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	WP	レジスタ書き込み禁止 0: レジスタへの書き込みを許可 1: レジスタへの書き込みを禁止	R/W
1	STRWP	GTSTR.CSTRT ビット書き込み禁止 0: ビットへの書き込みを許可 1: ビットへの書き込みを禁止	R/W
2	STPWP	GTSTP.CSTOP ビット書き込み禁止 0: ビットへの書き込みを許可 1: ビットへの書き込みを禁止	R/W
3	CLRWP	GTCLR.CCLR ビット書き込み禁止 0: ビットへの書き込みを許可 1: ビットへの書き込みを禁止	R/W
4	CMNWP	共通レジスタ書き込み禁止 0: レジスタへの書き込みを許可 1: レジスタへの書き込みを禁止	R/W
7:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
15:8	PRKEY[7:0]	GTWP キーコード これらのビットに 0xA5 を書き込むと、WP、STRWP、STPWP、CLRWP、CMNWP ビットへの書き込みが許可されます。読むと 0 が読めます。	W
31:16	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

GTWP レジスタは、誤書き込み防止のためレジスタへの書き込みを許可または禁止するレジスタです。GTWP レジスタによる保護は、CPU による書き込み動作のみを対象としています。CPU 書き込みに連動して発生するレジスタの更新は、保護の対象外です。

WP ビット (レジスタ書き込み禁止)

書き込みが許可または禁止されるレジスタは以下のとおりです。

GTSSR, GTPSR, GTCR, GTUPSR, GTDNSR, GTICASR, GTICBSR, GTCR, GTUDDTYC, GTIOR, GTINTAD, GTST, GTBER, GTCNT, GTCRA, GTCRB, GTCRC, GTCRD, GTCRE, GTCRF, GTPR, GTPBR, GTDCR, GTDVU, GTADSMR, GTICLF, GTPC.

STRWP ビット (GTSTR.CSTRT ビット書き込み禁止)

STRWP ビットは、GTSTR レジスタのチャンネル番号に対応する CSTRTn ビット (n=1, 2, 4, 5) に書き込むことによるカウンタ値の更新開始を許可または禁止します。

GTSTR レジスタの各 CSTRTn ビットは、ビット位置をチャンネル番号として各チャンネルに割り当てられており、任意のチャンネルの GTSTR レジスタへの書き込みは全チャンネルのレジスタへの書き込みとなります。各チャンネルの STRWP ビットは書き込みを制御するのではなく、すべてのチャンネルで同時に行われる書き込みに対して、そのチャンネルに対応する CSTRT ビットの更新のみを制御します。

したがって、STRWP ビットが 1 (書き込み禁止) に設定されたチャンネルの CSTRT ビットへの書き込みの場合、そのチャンネルの CSTRT ビットは更新されませんが、STRWP ビットが 0 (書き込み許可) に設定されているチャンネルに対応する CSTRT ビットは更新されます。例えば、GPT321.GTWP.STRWP ビットが 0 (書き込み許可) であるとき、GPT322.GTSTR.CSTRT1 ビットが 0 であるときこれに 1 を書き込むと、値が更新され、GPT321.GTCNT カウンタがカウント開始します。GPT321.GTWP.STRWP ビットが 1 (書き込み禁止) であるとき、GPT322.GTSTR.CSTRT1 ビットが 0 であるときこれに 1 を書き込んでもこの値は 0 のままとなり、GPT321.GTCNT カウンタは動作しません。

GTSTR レジスタの全ビットの更新を保護したい場合は、全チャンネルの STRWP ビットを 1 に設定してください。

STPWP ビット (GTSTP.CSTOP ビット書き込み禁止)

STPWP ビットは、GTSTP レジスタのチャンネル番号に対応する CSTOPn ビット (n=1, 2, 4, 5) に書き込むことによるカウンタ値の更新開始を許可または禁止します。

GTSTP レジスタの各 CSTOPn ビットは、ビット位置をチャンネル番号として各チャンネルに割り当てられており、任意のチャンネルの GTSTP レジスタへの書き込みは全チャンネルのレジスタへの書き込みとなります。各チャンネルの STPWP ビットは書き込みを制御するのではなく、すべてのチャンネルで同時に行われる書き込みに対して、そのチャンネルに対応する CSTOP ビットの更新のみを制御します。

したがって、STPWP ビットが 1 (書き込み禁止) に設定されたチャンネルの CSTOP ビットへの書き込みの場合、そのチャンネルの CSTOP ビットは更新されませんが、STPWP ビットが 0 (書き込み許可) に設定されているチャンネルに対応する CSTOP ビットは更新されます。例えば、GPT321.GTWP.STPWP ビットが 0 (書き込み許可) であるとき、GPT322.GTSTP.CSTOP1 ビットが 0 であるときこれに 1 を書き込むと、値が更新され、GPT321.GTCNT カウンタがカウント停止します。GPT321.GTWP.STPWP ビットが 1 (書き込み禁止) であるとき、GPT322.GTSTP.CSTOP1 ビットが 0 であるときこれに 1 を書き込んでもこの値は 0 のままとなり、GPT321.GTCNT カウンタはカウントを停止しません。

GTSTP レジスタの全ビットの更新を保護したい場合は、全チャンネルの STPWP ビットを 1 に設定してください。

CLRWP ビット (GTCLR.CCLR ビット書き込み禁止)

CLRWP ビットは、GTCLR レジスタのチャンネル番号に対応する CCLRn ビット (n=1, 2, 4, 5) に書き込むことによるカウンタ値の更新開始を許可または禁止します。

GTCLR レジスタの各 CCLRn ビットは、ビット位置をチャンネル番号として各チャンネルに割り当てられており、任意のチャンネルの GTCLR レジスタへの書き込みは全チャンネルのレジスタへの書き込みとなります。各チャンネルの CLRWP ビットは書き込みを制御するのではなく、すべてのチャンネルで同時に行われる書き込みに対して、そのチャンネルに対応する CCLR ビットの更新のみを制御します。

したがって、CLRWP ビットが 1 (書き込み禁止) に設定されたチャンネルの CCLR ビットへの書き込みの場合、そのチャンネルの CCLR ビットは更新されませんが、CLRWP ビットが 0 (書き込み許可) に設定されているチャンネルに対応する CCLR ビットは更新されます。例えば、GPT321.GTWP.CLRWP ビットが 0 (書き込み許可) であるとき、GPT322.GTCLR.CCLR1 ビットが 0 であるときこれに 1 を書き込むと、値が更新され、GPT321.GTCNT カウンタがクリアされます。GPT321.GTWP.CLRWP ビットが 1 (書き込み禁止) であるとき、GPT322.GTCLR.CCLR1 ビットが 0 であるときこれに 1 を書き込んでもこの値は 0 のままとなり、GPT321.GTCNT カウンタはクリアされません。

GTCLR レジスタの全ビットの更新を保護したい場合は、全チャンネルの CLRWP ビットを 1 に設定してください。

CMNWP ビット (共通レジスタ書き込み禁止)

CMNWP ビットは、GTSECSR レジスタまたは GTSECR レジスタのチャンネル番号に対応する SECSELn ビット (n = 1、2、4、5) に書き込むことによるカウンタ値の更新開始を許可または禁止します。

GTSECSR レジスタの各 SECSEL ビットは、ビット位置をチャンネル番号として各チャンネルに割り当てられており、任意のチャンネルの GTSECSR レジスタへの書き込みは全チャンネルのレジスタへの書き込みとなります。任意のチャンネルの GTSECR レジスタへの書き込みは全チャンネルのレジスタへの書き込みとなります。各チャンネルの CMNWP ビットは書き込みを制御するのではなく、すべてのチャンネルで同時に行われる書き込みに対して、そのチャンネルに対応する SECSEL ビットおよび GTSECR レジスタ値の更新のみを制御します。

このように、CMNWP ビットが 1 (書き込み禁止) に設定されたチャンネルの SECSEL ビットと GTSECR レジスタ値への書き込みの場合、そのチャンネルの SECSEL ビットと GTSECR レジスタ値は更新されませんが、CMNWP ビットが 0 (書き込み許可) に設定されているチャンネルに対応する SECSEL ビットと GTSECR レジスタ値は更新されます。

例えば、GPT321.GTWP.CMNWP ビットが 0 (書き込み許可) であるとき、GPT322.GTSECSR.SECSEL1 ビットに値を書き込むと、GPT321.GTSECSR.SECSEL1 ビットの値が更新されます。同様に、GPT322.GTSECR レジスタへの書き込みをすると、GPT321.GTSECR レジスタの値を更新します。GPT321.GTWP.CMNWP ビットが 1 (書き込み禁止) であるとき、GPT322.GTSECSR.SECSEL1 ビットに値を書き込んでも GPT321.GTSECSR.SECSEL1 ビットの値は更新されません。同様に、GPT322.GTSECR レジスタに値を書き込んでも、GPT321.GTSECR レジスタの値は更新されません。

GTSECSR レジスタと GTSECR レジスタの全ビットの更新を保護したい場合は、全チャンネルの CMNWP ビットを 1 に設定してください。

PRKEY[7:0] ビット (GTWP キーコード)

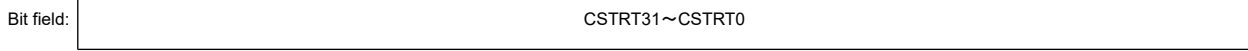
PRKEY[7:0] ビットは WP、STRWP、STPWP、CLRWP および CMNWP ビットへの書き込みを制御します。

21.2.2 GTSTR : 汎用 PWM タイマソフトウェアスタートレジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1、2)
 GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4、5)

Offset address: 0x04

Bit position: 31 0



Value after reset: 0

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	CSTRT0~ CSTRT31(注1)	チャンネル n GTCNT カウントスタート (n : ビット位置の値と同一) 0: GTCNT カウンタ動作を開始しない 1: GTCNT カウンタ動作を開始する	R/W

注 1. 使用可能なビットは製品により変わります。CSTRTn の n は GPT のチャンネル番号と同一です。本製品では、n は 1、2、4、5 です。GTSTR レジスタは、各チャンネル n (n = 1、2、4、5) の GTCNT カウンタ動作を開始します。

GTSTR レジスタのビット番号はチャンネル番号に相当します。GTSTR レジスタは各チャンネル共通です。1 が書き込まれた GTSTR レジスタのビット番号に対応するチャンネルの GTCNT カウンタが動作を開始します。0 を書き込んでも、GTCNT カウンタの状態と GTSTR レジスタの値には影響しません。

セキュリティ属性がセキュアとして構成されたチャンネルに対応するビットは非セキュアアクセスで読み出し可能ですが、非セキュアアクセスで書き込みはできません。例えば、GPT チャンネル 1 がセキュアとして構成され、ほかの GPT が非セキュアで構成されている場合、GPT322.GTSTR レジスタへの非セキュアアクセスで CSTRT1 ビットへの書き込みはできません。また、GPT チャンネル 1 の GTCNT カウンタ動作ステータスは変更されません。GPT チャンネル 2 の GTSTR レジスタを、前の例と同じセキュリティ構成の非セキュアアクセスで読み出した場合、GPT チャンネル 1 の GTCNT カウンタ動作ステータス (CSTRT1 ビット) を読みだせます。

モジュール名とチャンネル番号の関係については、図 21.2 を参照してください。

CSTRn ビット (チャンネル n GTCNT カウントスタート (n = 1、2、4、5))

CSTRn ビットはチャンネル n の GTCNT カウンタ動作を開始します。GTSSR.CSTRT ビットを 1 にしないかぎり、GTSTR.CSTRn ビットへの書き込みは無効です (n = 1、2、4、5)。

リードデータは各チャンネルのカウンタ状態 (GTCR.CST ビット値) を示します。0 はカウンタ停止中を、1 はカウンタ動作中を意味します。

21.2.3 GTSTP : 汎用 PWM タイマソフトウェアストップレジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1、2)
GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4、5)

Offset address: 0x08

Bit position: 31 0



Value after reset: 1

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	CSTOP0~CSTOP31(注1)	チャンネル n GTCNT カウントストップ (n : ビット位置の値と同一) 0: GTCNT カウンタ動作を停止しない 1: GTCNT カウンタ動作を停止する	R/W

注 1. 使用可能なビットは製品により変わります。CSTOPn の n は GPT のチャンネル番号と同一です。本製品では、n は 1、2、4、5 です。GTSTP レジスタは、各チャンネル n (n = 1、2、4、5) の GTCNT カウンタ動作を停止します。

GTSTP レジスタのビット番号はチャンネル番号に相当します。GTSTP レジスタは各チャンネル共通です。1 が書き込まれた GTSTP レジスタのビット番号に対応するチャンネルの GTCNT カウンタが停止します。0 を書き込んで、GTCNT カウンタの状態と GTSTP レジスタの値には影響しません。

セキュリティ属性がセキュアとして構成されたチャンネルに対応するビットは非セキュアアクセスで読み出し可能ですが、非セキュアアクセスで書き込みはできません。例えば、GPT チャンネル 1 がセキュアとして構成され、ほかの GPT が非セキュアで構成されている場合、GPT チャンネル 2 の GTSTP レジスタへの非セキュアアクセスによる CSTOP1 ビットへの書き込みはできません。また、GPT チャンネル 1 の GTCNT カウンタ動作ステータスは変更されません。GPT チャンネル 2 の GTSTP レジスタを、前の例と同じセキュリティ構成の非セキュアアクセスで読み出した場合、GPT チャンネル 1 の GTCNT カウンタ動作ステータス (CSTOP1 ビット) を読みだせます。

モジュール名とチャンネル番号の関係については、図 21.2 を参照してください。

CSTOPn ビット (チャンネル n GTCNT カウントストップ (n = 1、2、4、5))

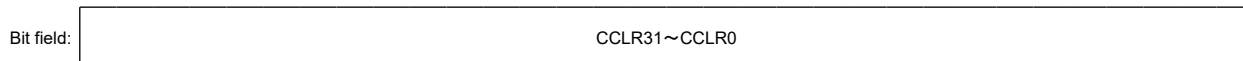
CSTOPn ビットはチャンネル n の GTCNT カウンタ動作を停止します。GTPSR.CSTOP ビットを 1 にしないかぎり、GTSTP.CSTOPn ビット (n = 1、2、4、5) への書き込みは無効です。リードデータは各チャンネルのカウンタ状態 (GTCR.CST ビットの反転値) を示します。0 はカウンタ動作中を、1 はカウンタ停止中を意味します。

21.2.4 GTCLR : 汎用 PWM タイマソフトウェアクリアレジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1、2)
GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4、5)

Offset address: 0x0C

Bit position: 31 0



Value after reset: 0

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	CCLR0~CCLR31(注1)	チャンネル n GTCNT カウントクリア (n : ビット値と同一) 0: GTCNT カウンタ値がクリアされない 1: GTCNT カウンタ値がクリアされる	W

注 1. 使用可能なビットは製品により変わります。CCLRn の n は GPT のチャンネル番号と同一です。本製品では、n は 1、2、4、5 です。

GTCLR レジスタは書き込み専用レジスタで、各チャンネル n ($n=1, 2, 4, 5$) の GTCNT カウンタをクリアします。

GTCLR レジスタのビット番号はチャンネル番号に相当します。GTCLR レジスタは各チャンネル共通です。1 が書き込まれた GTCLR レジスタのビット番号に対応するチャンネルの GTCNT カウンタがクリアされます。0 を書き込んでも GTCNT カウンタ値の状態には影響しません。

セキュリティ属性がセキュアとして構成されたチャンネルに対応するビットは、非セキュアアクセスで書き込みはできません。例えば、GPT チャンネル 1 がセキュアとして構成され、ほかの GPT が非セキュアで構成されている場合、GPT チャンネル 2 の GTCLR レジスタへの非セキュアアクセスで CCLR1 ビットへの書き込みはできません。また、GPT チャンネル 1 の GTCNT カウンタはクリアされません。

モジュール名とチャンネル番号の関係については、[図 21.2](#) を参照してください。

CCLR n ビット (チャンネル n GTCNT カウントクリア ($n=1, 2, 4, 5$))

GTCLR.MD[2:0] ビットで選択されたのこぎり波モードでカウント方向フラグがデクリメント (GTST.TUCF = 0) に設定される場合、GTCNT カウンタ値は CCLR n ビットへの 1 書き込みに対応する GTPR レジスタの値になります。カウンタ値は他の設定で 0x00000000 になります。読むと 0 が読めます。

21.2.5 GTSSR : 汎用 PWM タイマスタート要因選択レジスタ

Base address: GPT32 n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n ($n = 1, 2$)
GPT16 m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m ($m = 4, 5$)

Offset address: 0x10

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	CSTR T	—	—	—	—	—	—	—	SSEL CH	SSEL CG	SSEL CF	SSEL CE	SSEL CD	SSEL CC	SSEL CB	SSEL CA
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	SSCB FAH	SSCB FAL	SSCB RAH	SSCB RAL	SSCA FBH	SSCA FBL	SSCA RBH	SSCA RBL	SSGT RGDF	SSGT RGDR	SSGT RGCF	SSGT RGCR	SSGT RGBF	SSGT RGBR	SSGT RGAF	SSGT RGAR
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SSGTRGAR	GTETRGA 立ち上がり要因カウントスタート許可 0: GTETRGA 入力の立ち上がりによるカウントスタートを禁止 1: GTETRGA 入力の立ち上がりによるカウントスタートを許可	R/W
1	SSGTRGAF	GTETRGA 立ち下がり要因カウントスタート許可 0: GTETRGA 入力の立ち下がりによるカウントスタートを禁止 1: GTETRGA 入力の立ち下がりによるカウントスタートを許可	R/W
2	SSGTRGBR	GTETRGB 立ち上がり要因カウントスタート許可 0: GTETRGB 入力の立ち上がりによるカウントスタートを禁止 1: GTETRGB 入力の立ち上がりによるカウントスタートを許可	R/W
3	SSGTRGBF	GTETRGB 立ち下がり要因カウントスタート許可 0: GTETRGB 入力の立ち下がりによるカウントスタートを禁止 1: GTETRGB 入力の立ち下がりによるカウントスタートを許可	R/W
4	SSGTRGCR	GTETRGC 立ち上がり要因カウントスタート許可 0: GTETRGC 入力の立ち上がりによるカウントスタートを禁止 1: GTETRGC 入力の立ち上がりによるカウントスタートを許可	R/W
5	SSGTRGCF	GTETRGC 立ち下がり要因カウントスタート許可 0: GTETRGC 入力の立ち下がりによるカウントスタートを禁止 1: GTETRGC 入力の立ち下がりによるカウントスタートを許可	R/W
6	SSGTRGDR	GTETRGD 立ち上がり要因カウントスタート許可 0: GTETRGD 入力の立ち上がりによるカウントスタートを禁止 1: GTETRGD 入力の立ち上がりによるカウントスタートを許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
7	SSGTRGDF	GTETRGD 立ち下がり要因カウントスタート許可 0: GTETRGD 入力の立ち下がりによるカウントスタートを禁止 1: GTETRGD 入力の立ち下がりによるカウントスタートを許可	R/W
8	SSCARBL	GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因カウントスタート許可 0: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによるカウントスタートを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによるカウントスタートを許可	R/W
9	SSCARBH	GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因カウントスタート許可 0: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによるカウントスタートを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによるカウントスタートを許可	R/W
10	SSCAFBL	GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因カウントスタート許可 0: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによるカウントスタートを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによるカウントスタートを許可	R/W
11	SSCAFBH	GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因カウントスタート許可 0: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによるカウントスタートを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによるカウントスタートを許可	R/W
12	SSCBRAL	GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因カウントスタート許可 0: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによるカウントスタートを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによるカウントスタートを許可	R/W
13	SSCBRAH	GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因カウントスタート許可 0: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによるカウントスタートを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによるカウントスタートを許可	R/W
14	SSCBFAL	GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因カウントスタート許可 0: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによるカウントスタートを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによるカウントスタートを許可	R/W
15	SSCBFAH	GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因カウントスタート許可 0: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによるカウントスタートを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによるカウントスタートを許可	R/W
16	SSELCA	ELC_GPTA イベント要因カウントスタート許可 0: ELC_GPTA イベント入力によるカウントスタートを禁止 1: ELC_GPTA イベント入力によるカウントスタートを許可	R/W
17	SSELCB	ELC_GPTB イベント要因カウントスタート許可 0: ELC_GPTB イベント入力によるカウントスタートを禁止 1: ELC_GPTB イベント入力によるカウントスタートを許可	R/W
18	SSELCC	ELC_GPTC イベント要因カウントスタート許可 0: ELC_GPTC イベント入力によるカウントスタートを禁止 1: ELC_GPTC イベント入力によるカウントスタートを許可	R/W
19	SSELCD	ELC_GPTD イベント要因カウントスタート許可 0: ELC_GPTD イベント入力によるカウントスタートを禁止 1: ELC_GPTD イベント入力によるカウントスタートを許可	R/W
20	SSELCE	ELC_GPTE イベント要因カウントスタート許可 0: ELC_GPTE イベント入力によるカウントスタートを禁止 1: ELC_GPTE イベント入力によるカウントスタートを許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
21	SSELCF	ELC_GPTF イベント要因カウントスタート許可 0: ELC_GPTF イベント入力によるカウントスタートを禁止 1: ELC_GPTF イベント入力によるカウントスタートを許可	R/W
22	SSELCG	ELC_GPTG イベント要因カウントスタート許可 0: ELC_GPTG イベント入力によるカウントスタートを禁止 1: ELC_GPTG イベント入力によるカウントスタートを許可	R/W
23	SSELCH	ELC_GPTH イベント要因カウントスタート許可 0: ELC_GPTH イベント入力によるカウントスタートを禁止 1: ELC_GPTH イベント入力によるカウントスタートを許可	R/W
30:24	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
31	CSTRT	ソフトウェア要因カウントスタート許可 0: GTSTR レジスタによるカウントスタートを禁止 1: GTSTR レジスタによるカウントスタートを許可	R/W

GTSSR レジスタは、GTCNT カウンタのカウントスタートの要因を設定するレジスタです。

GTETR_{Gn} (n = A~D) 端子からの入力信号は POEG を経由して GPT へ入力されます。これらの信号の極性は POEG で設定してください。

SSGTRGAR ビット (GTETRGA 立ち上がり要因カウントスタート許可)

SSGTRGAR ビットは GTETRGA 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウントスタートの許可/禁止を選択します。

SSGTRGAF ビット (GTETRGA 立ち下がり要因カウントスタート許可)

SSGTRGAF ビットは GTETRGA 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウントスタートの許可/禁止を選択します。

SSGTRGBR ビット (GTETRGB 立ち上がり要因カウントスタート許可)

SSGTRGBR ビットは GTETRGB 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウントスタートの許可/禁止を選択します。

SSGTRGBF ビット (GTETRGB 立ち下がり要因カウントスタート許可)

SSGTRGBF ビットは GTETRGB 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウントスタートの許可/禁止を選択します。

SSGTRGCR ビット (GTETRGC 立ち上がり要因カウントスタート許可)

SSGTRGCR ビットは GTETRGC 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウントスタートの許可/禁止を選択します。

SSGTRGCF ビット (GTETRGC 立ち下がり要因カウントスタート許可)

SSGTRGCF ビットは GTETRGC 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウントスタートの許可/禁止を選択します。

SSGTRGDR ビット (GTETRGD 立ち上がり要因カウントスタート許可)

SSGTRGDR ビットは GTETRGD 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウントスタートの許可/禁止を選択します。

SSGTRGDF ビット (GTETRGD 立ち下がり要因カウントスタート許可)

SSGTRGDF ビットは GTETRGD 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウントスタートの許可/禁止を選択します。

SSCARBL ビット (GTIOC_{nB} 端子 Low レベルでの GTIOC_{nA} 端子立ち上がり入力要因カウントスタート許可)

SSCARBL ビットは GTIOC_{nB} 端子入力が 0 状態での GTIOC_{nA} 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウントスタートの許可/禁止を選択します。

SSCARBH ビット (GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因カウントスタート許可)

SSCARBH ビットは GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウントスタートの許可/禁止を選択します。

SSCAFBL ビット (GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因カウントスタート許可)

SSCAFBL ビットは GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウントスタートの許可/禁止を選択します。

SSCAFBH ビット (GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因カウントスタート許可)

SSCAFBH ビットは GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウントスタートの許可/禁止を選択します。

SSCBRAL ビット (GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因カウントスタート許可)

SSCBRAL ビットは GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウントスタートの許可/禁止を選択します。

SSCBRAH ビット (GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因カウントスタート許可)

SSCBRAH ビットは GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウントスタートの許可/禁止を選択します。

SSCBFAL ビット (GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因カウントスタート許可)

SSCBFAL ビットは GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウントスタートの許可/禁止を選択します。

SSCBFAH ビット (GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因カウントスタート許可)

SSCBFAH ビットは GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウントスタートの許可/禁止を選択します。

SSELCm ビット (ELC_GPTm イベント要因カウントスタート許可) (m = A~H)

SSELCm ビットは ELC_GPTm からのイベント入力による GTCNT カウンタのカウントスタートの許可/禁止を選択します。

CSTRT ビット (ソフトウェア要因カウントスタート許可)

CSTRT ビットは GTSTR レジスタによる GTCNT カウンタのカウントスタートの許可/禁止を選択します。

21.2.6 GTPSR : 汎用 PWM タイマストップ要因選択レジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1, 2)
GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0x14

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	CSTO P	—	—	—	—	—	—	—	PSEL CH	PSEL CG	PSEL CF	PSEL CE	PSEL CD	PSEL CC	PSEL CB	PSEL CA
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	PSCB FAH	PSCB FAL	PSCB RAH	PSCB RAL	PSCA FBH	PSCA FBL	PSCA RBH	PSCA RBL	PSGT RGDF	PSGT RGDR	PSGT RGCF	PSGT RGCR	PSGT RGBF	PSGT RGBR	PSGT RGAF	PSGT RGAR
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PSGTRGAR	GTETRGA 立ち上がり要因カウントストップ許可 0: GTETRGA 入力の立ち上がりによるカウントストップを禁止 1: GTETRGA 入力の立ち上がりによるカウントストップを許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
1	PSGTRGAF	GTETRGA 立ち下がり要因カウントストップ許可 0: GTETRGA 入力の立ち下がりによるカウントストップを禁止 1: GTETRGA 入力の立ち下がりによるカウントストップを許可	R/W
2	PSGTRGBR	GTETRGB 立ち上がり要因カウントストップ許可 0: GTETRGB 入力の立ち上がりによるカウントストップを禁止 1: GTETRGB 入力の立ち上がりによるカウントストップを許可	R/W
3	PSGTRGBF	GTETRGB 立ち下がり要因カウントストップ許可 0: GTETRGB 入力の立ち下がりによるカウントストップを禁止 1: GTETRGB 入力の立ち下がりによるカウントストップを許可	R/W
4	PSGTRGCR	GTETRGC 立ち上がり要因カウントストップ許可 0: GTETRGC 入力の立ち上がりによるカウントストップを禁止 1: GTETRGC 入力の立ち上がりによるカウントストップを許可	R/W
5	PSGTRGCF	GTETRGC 立ち下がり要因カウントストップ許可 0: GTETRGC 入力の立ち下がりによるカウントストップを禁止 1: GTETRGC 入力の立ち下がりによるカウントストップを許可	R/W
6	PSGTRGDR	GTETRGD 立ち上がり要因カウントストップ許可 0: GTETRGD 入力の立ち上がりによるカウントストップを禁止 1: GTETRGD 入力の立ち上がりによるカウントストップを許可	R/W
7	PSGTRGDF	GTETRGD 立ち下がり要因カウントストップ許可 0: GTETRGD 入力の立ち下がりによるカウントストップを禁止 1: GTETRGD 入力の立ち下がりによるカウントストップを許可	R/W
8	PSCARBL	GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因カウントストップ許可 0: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによるカウントストップを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによるカウントストップを許可	R/W
9	PSCARBH	GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因カウントストップ許可 0: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによるカウントストップを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによるカウントストップを許可	R/W
10	PSCAFBL	GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因カウントストップ許可 0: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによるカウントストップを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによるカウントストップを許可	R/W
11	PSCAFBH	GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因カウントストップ許可 0: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによるカウントストップを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによるカウントストップを許可	R/W
12	PSCBRAL	GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因カウントストップ許可 0: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによるカウントストップを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによるカウントストップを許可	R/W
13	PSCBRAH	GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因カウントストップ許可 0: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによるカウントストップを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによるカウントストップを許可	R/W
14	PSCBFAL	GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因カウントストップ許可 0: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによるカウントストップを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによるカウントストップを許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
15	PSCBFAH	GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因カウントストップ許可 0: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによるカウントストップを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによるカウントストップを許可	R/W
16	PSELCA	ELC_GPTA イベント要因カウントストップ許可 0: ELC_GPTA イベント入力によるカウントストップを禁止 1: ELC_GPTA イベント入力によるカウントストップを許可	R/W
17	PSELCB	ELC_GPTB イベント要因カウントストップ許可 0: ELC_GPTB イベント入力によるカウントストップを禁止 1: ELC_GPTB イベント入力によるカウントストップを許可	R/W
18	PSELCC	ELC_GPTC イベント要因カウントストップ許可 0: ELC_GPTC イベント入力によるカウントストップを禁止 1: ELC_GPTC イベント入力によるカウントストップを許可	R/W
19	PSELCD	ELC_GPTD イベント要因カウントストップ許可 0: ELC_GPTD イベント入力によるカウントストップを禁止 1: ELC_GPTD イベント入力によるカウントストップを許可	R/W
20	PSELCE	ELC_GPTE イベント要因カウントストップ許可 0: ELC_GPTE イベント入力によるカウントストップを禁止 1: ELC_GPTE イベント入力によるカウントストップを許可	R/W
21	PSELCF	ELC_GPTF イベント要因カウントストップ許可 0: ELC_GPTF イベント入力によるカウントストップを禁止 1: ELC_GPTF イベント入力によるカウントストップを許可	R/W
22	PSELCG	ELC_GPTG イベント要因カウントストップ許可 0: ELC_GPTG イベント入力によるカウントストップを禁止 1: ELC_GPTG イベント入力によるカウントストップを許可	R/W
23	PSELCH	ELC_GPTH イベント要因カウントストップ許可 0: ELC_GPTH イベント入力によるカウントストップを禁止 1: ELC_GPTH イベント入力によるカウントストップを許可	R/W
30:24	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
31	CSTOP	ソフトウェア要因カウントストップ許可 0: GTSTP レジスタによるカウントストップを禁止 1: GTSTP レジスタによるカウントストップを許可	R/W

GTPSR レジスタは、GTCNT カウンタのカウントストップの要因を設定するレジスタです。

GTETR_{Gn} (n = A~D) 端子からの入力信号は POEG を経由して GPT へ入力されます。これらの信号の極性は POEG で設定してください。

PSGTRGAR ビット (GTETRGA 立ち上がり要因カウントストップ許可)

PSGTRGAR ビットは GTETRGA 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウントストップの許可/禁止を選択します。

PSGTRGAF ビット (GTETRGA 立ち下がり要因カウントストップ許可)

PSGTRGAF ビットは GTETRGA 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウントストップの許可/禁止を選択します。

PSGTRGBR ビット (GTETRGB 立ち上がり要因カウントストップ許可)

PSGTRGBR ビットは GTETRGB 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウントストップの許可/禁止を選択します。

PSGTRGBF ビット (GTETRGB 立ち下がり要因カウントストップ許可)

PSGTRGBF ビットは GTETRGB 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウントストップの許可/禁止を選択します。

PSGTRGCR ビット (GTETRGC 立ち上がり要因カウントストップ許可)

PSGTRGCR ビットは GTETRGC 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウントストップの許可/禁止を選択します。

PSGTRGCF ビット (GTETRGC 立ち下がり要因カウントストップ許可)

PSGTRGCF ビットは GTETRGC 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウントストップの許可/禁止を選択します。

PSGTRGDR ビット (GTETRGD 立ち上がり要因カウントストップ許可)

PSGTRGDR ビットは GTETRGD 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウントストップの許可/禁止を選択します。

PSGTRGDF ビット (GTETRGD 立ち下がり要因カウントストップ許可)

PSGTRGDF ビットは GTETRGD 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウントストップの許可/禁止を選択します。

PSCARBL ビット (GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因カウントストップ許可)

PSCARBL ビットは GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウントストップの許可/禁止を選択します。

PSCARBH ビット (GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因カウントストップ許可)

PSCARBH ビットは GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウントストップの許可/禁止を選択します。

PSCAFBL ビット (GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因カウントストップ許可)

PSCAFBL ビットは GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウントストップの許可/禁止を選択します。

PSCAFBH ビット (GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因カウントストップ許可)

PSCAFBH ビットは GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウントストップの許可/禁止を選択します。

PSCBRAL ビット (GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因カウントストップ許可)

PSCBRAL ビットは GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウントストップの許可/禁止を選択します。

PSCBRAH ビット (GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因カウントストップ許可)

PSCBRAH ビットは GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウントストップの許可/禁止を選択します。

PSCBFAL ビット (GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因カウントストップ許可)

PSCBFAL ビットは GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウントストップの許可/禁止を選択します。

PSCBFAH ビット (GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因カウントストップ許可)

PSCBFAH ビットは GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウントストップの許可/禁止を選択します。

PSELCm ビット (ELC_GPTm イベント要因カウントストップ許可) (m = A~H)

PSELCm ビットは ELC_GPTm からのイベント入力による GTCNT カウンタのカウントストップの許可/禁止を選択します。

CSTOP ビット (ソフトウェア要因カウントストップ許可)

CSTOP ビットは GTSTP レジスタによる GTCNT カウンタのカウントストップの許可/禁止を選択します。

21.2.7 GTCSR : 汎用 PWM タイマクリア要因選択レジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1, 2)
 GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0x18

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	CCLR	—	—	—	—	—	—	—	CSEL CH	CSEL CG	CSEL CF	CSEL CE	CSEL CD	CSEL CC	CSEL CB	CSEL CA
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	CSCB FAH	CSCB FAL	CSCB RAH	CSCB RAL	CSCA FBH	CSCA FBL	CSCA RBH	CSCA RBL	CSGT RGDF	CSGT RGDR	CSGT RGCF	CSGT RGCR	CSGT RGBF	CSGT RGBR	CSGT RGAF	CSGT RGAR
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	CSGTRGAR	GTETRG A 立ち上がり要因カウンタクリア許可 0: GTETRG A 入力の立ち上がりによるカウンタクリアを禁止 1: GTETRG A 入力の立ち上がりによるカウンタクリアを許可	R/W
1	CSGTRGAF	GTETRG A 立ち下がり要因カウンタクリア許可 0: GTETRG A 入力の立ち下がりによるカウンタクリアを禁止 1: GTETRG A 入力の立ち下がりによるカウンタクリアを許可	R/W
2	CSGTRGBR	GTETRG B 立ち上がり要因カウンタクリア許可 0: GTETRG B 入力の立ち上がりによるカウンタクリアを禁止 1: GTETRG B 入力の立ち上がりによるカウンタクリアを許可	R/W
3	CSGTRGBF	GTETRG B 立ち下がり要因カウンタクリア許可 0: GTETRG B 入力の立ち下がりによるカウンタクリアを禁止 1: GTETRG B 入力の立ち下がりによるカウンタクリアを許可	R/W
4	CSGTRGCR	GTETRG C 立ち上がり要因カウンタクリア許可 0: GTETRG C 入力の立ち上がりによるカウンタクリアを禁止 1: GTETRG C 入力の立ち上がりによるカウンタクリアを許可	R/W
5	CSGTRGCF	GTETRG C 立ち下がり要因カウンタクリア許可 0: GTETRG C 入力の立ち下がりによるカウンタクリアを禁止 1: GTETRG C 入力の立ち下がりによるカウンタクリアを許可	R/W
6	CSGTRGDR	GTETRG D 立ち上がり要因カウンタクリア許可 0: GTETRG D 入力の立ち上がりによるカウンタクリアを禁止 1: GTETRG D 入力の立ち上がりによるカウンタクリアを許可	R/W
7	CSGTRGDF	GTETRG D 立ち下がり要因カウンタクリア許可 0: GTETRG D 入力の立ち下がりによるカウンタクリアを禁止 1: GTETRG D 入力の立ち下がりによるカウンタクリアを許可	R/W
8	CSCARB L	GTIOCn B 端子 Low レベルでの GTIOCn A 端子立ち上がり入力要因カウンタクリア許可 0: GTIOCn B 端子入力が 0 状態での GTIOCn A 端子入力の立ち上がりによるカウンタクリアを禁止 1: GTIOCn B 端子入力が 0 状態での GTIOCn A 端子入力の立ち上がりによるカウンタクリアを許可	R/W
9	CSCARB H	GTIOCn B 端子 High レベルでの GTIOCn A 端子立ち上がり入力要因カウンタクリア許可 0: GTIOCn B 端子入力が 1 状態での GTIOCn A 端子入力の立ち上がりによるカウンタクリアを禁止 1: GTIOCn B 端子入力が 1 状態での GTIOCn A 端子入力の立ち上がりによるカウンタクリアを許可	R/W
10	CSCAFB L	GTIOCn B 端子 Low レベルでの GTIOCn A 端子立ち下がり入力要因カウンタクリア許可 0: GTIOCn B 端子入力が 0 状態での GTIOCn A 端子入力の立ち下がりによるカウンタクリアを禁止 1: GTIOCn B 端子入力が 0 状態での GTIOCn A 端子入力の立ち下がりによるカウンタクリアを許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
11	CSCAFBH	GTIOcNB 端子 High レベルでの GTIOcNA 端子立ち下がり入力要因カウンタクリア許可 0: GTIOcNB 端子入力が 1 状態での GTIOcNA 端子入力の立ち下がりによるカウンタクリアを禁止 1: GTIOcNB 端子入力が 1 状態での GTIOcNA 端子入力の立ち下がりによるカウンタクリアを許可	R/W
12	CSCBRAL	GTIOcNA 端子 Low レベルでの GTIOcNB 端子立ち上がり入力要因カウンタクリア許可 0: GTIOcNA 端子入力が 0 状態での GTIOcNB 端子入力の立ち上がりによるカウンタクリアを禁止 1: GTIOcNA 端子入力が 0 状態での GTIOcNB 端子入力の立ち上がりによるカウンタクリアを許可	R/W
13	CSCBRAH	GTIOcNA 端子 High レベルでの GTIOcNB 端子立ち上がり入力要因カウンタクリア許可 0: GTIOcNA 端子入力が 1 状態での GTIOcNB 端子入力の立ち上がりによるカウンタクリアを禁止 1: GTIOcNA 端子入力が 1 状態での GTIOcNB 端子入力の立ち上がりによるカウンタクリアを許可	R/W
14	CSCBFAL	GTIOcNA 端子 Low レベルでの GTIOcNB 端子立ち下がり入力要因カウンタクリア許可 0: GTIOcNA 端子入力が 0 状態での GTIOcNB 端子入力の立ち下がりによるカウンタクリアを禁止 1: GTIOcNA 端子入力が 0 状態での GTIOcNB 端子入力の立ち下がりによるカウンタクリアを許可	R/W
15	CSCBFAH	GTIOcNA 端子 High レベルでの GTIOcNB 端子立ち下がり入力要因カウンタクリア許可 0: GTIOcNA 端子入力が 1 状態での GTIOcNB 端子入力の立ち下がりによるカウンタクリアを禁止 1: GTIOcNA 端子入力が 1 状態での GTIOcNB 端子入力の立ち下がりによるカウンタクリアを許可	R/W
16	CSELCA	ELC_GPTA イベント要因カウンタクリア許可 0: ELC_GPTA イベント入力によるカウンタクリアを禁止 1: ELC_GPTA イベント入力によるカウンタクリアを許可	R/W
17	CSELCB	ELC_GPTB イベント要因カウンタクリア許可 0: ELC_GPTB イベント入力によるカウンタクリアを禁止 1: ELC_GPTB イベント入力によるカウンタクリアを許可	R/W
18	CSELCC	ELC_GPTC イベント要因カウンタクリア許可 0: ELC_GPTC イベント入力によるカウンタクリアを禁止 1: ELC_GPTC イベント入力によるカウンタクリアを許可	R/W
19	CSELCD	ELC_GPTD イベント要因カウンタクリア許可 0: ELC_GPTD イベント入力によるカウンタクリアを禁止 1: ELC_GPTD イベント入力によるカウンタクリアを許可	R/W
20	CSELCE	ELC_GPTE イベント要因カウンタクリア許可 0: ELC_GPTE イベント入力によるカウンタクリアを禁止 1: ELC_GPTE イベント入力によるカウンタクリアを許可	R/W
21	CSELCF	ELC_GPTF イベント要因カウンタクリア許可 0: ELC_GPTF イベント入力によるカウンタクリアを禁止 1: ELC_GPTF イベント入力によるカウンタクリアを許可	R/W
22	CSELCG	ELC_GPTG イベント要因カウンタクリア許可 0: ELC_GPTG イベント入力によるカウンタクリアを禁止 1: ELC_GPTG イベント入力によるカウンタクリアを許可	R/W
23	CSELCH	ELC_GPTH イベント要因カウンタクリア許可 0: ELC_GPTH イベント入力によるカウンタクリアを禁止 1: ELC_GPTH イベント入力によるカウンタクリアを許可	R/W
30:24	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
31	CCLR	ソフトウェア要因カウンタクリア許可 0: GTCLR レジスタによるカウンタクリアを禁止 1: GTCLR レジスタによるカウンタクリアを許可	R/W

GTCSR レジスタは、GTCNT カウンタのカウンタクリアの要因を設定するレジスタです。

カウンタクリアは、カウンタが動作中 (GTCR.CST = 1) の場合でも、停止 (GTCR.CST = 0) の場合でも実行可能です。

GTETR_{Gn} (n = A~D) 端子からの入力信号は POEG を経由して GPT へ入力されます。これらの信号の極性は POEG で設定してください。

CSGTRGAR ビット (GTETRGA 立ち上がり要因カウンタクリア許可)

CSGTRGAR ビットは GTETRGA 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSGTRGAF ビット (GTETRGA 立ち下がり要因カウンタクリア許可)

CSGTRGAF ビットは GTETRGA 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSGTRGBR ビット (GTETRGB 立ち上がり要因カウンタクリア許可)

CSGTRGBR ビットは GTETRGB 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSGTRGBF ビット (GTETRGB 立ち下がり要因カウンタクリア許可)

CSGTRGBF ビットは GTETRGB 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSGTRGCR ビット (GTETRGC 立ち上がり要因カウンタクリア許可)

CSGTRGCR ビットは GTETRGC 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSGTRGCF ビット (GTETRGC 立ち下がり要因カウンタクリア許可)

CSGTRGCF ビットは GTETRGC 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSGTRGDR ビット (GTETRGD 立ち上がり要因カウンタクリア許可)

CSGTRGDR ビットは GTETRGD 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSGTRGDF ビット (GTETRGD 立ち下がり要因カウンタクリア許可)

CSGTRGDF ビットは GTETRGD 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSCARBL ビット (GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因カウンタクリア許可)

CSCARBL ビットは GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSCARBH ビット (GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因カウンタクリア許可)

CSCARBH ビットは GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSCAFBL ビット (GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因カウンタクリア許可)

CSCAFBL ビットは GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSCAFBH ビット (GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因カウンタクリア許可)

CSCAFBH ビットは GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSCBRAL ビット (GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因カウンタクリア許可)

CSCBRAL ビットは GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSCBRAH ビット (GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因カウンタクリア許可)

CSCBRAH ビットは GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのカウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSCBFAL ビット (GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因カウンタクリア許可)

CSCBFAL ビットは GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSCBFAH ビット (GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因カウンタクリア許可)

CSCBFAH ビットは GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのカウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CSELCm ビット (ELC_GPTm イベント要因カウンタクリア許可) (m = A~H)

CSELCm ビットは ELC_GPTm からのイベント入力による GTCNT カウンタのカウンタクリアの許可/禁止を選択します。

CCLR ビット (ソフトウェア要因カウンタクリア許可)

CCLR ビットは GTCLR レジスタによる GTCNT カウンタのカウンタクリアの許可/禁止を選択します。

21.2.8 GTUPSR : 汎用 PWM タイマアップカウント要因選択レジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 0, 1)
GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0x1C

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	USEL CH	USEL CG	USEL CF	USEL CE	USEL CD	USEL CC	USEL CB	USEL CA
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	USCB FAH	USCB FAL	USCB RAH	USCB RAL	USCA FBH	USCA FBL	USCA RBH	USCA RBL	USGT RGDF	USGT RGDR	USGT RGCF	USGT RGCR	USGT RGBF	USGT RGBR	USGT RGAF	USGT RGAR
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	USGTRGAR	GTETRGA 立ち上がり要因アップカウント許可 0: GTETRGA 入力の立ち上がりによるアップカウントを禁止 1: GTETRGA 入力の立ち上がりによるアップカウントを許可	R/W
1	USGTRGAF	GTETRGA 立ち下がり要因アップカウント許可 0: GTETRGA 入力の立ち下がりによるアップカウントを禁止 1: GTETRGA 入力の立ち下がりによるアップカウントを許可	R/W
2	USGTRGBR	GTETRGB 立ち上がり要因アップカウント許可 0: GTETRGB 入力の立ち上がりによるアップカウントを禁止 1: GTETRGB 入力の立ち上がりによるアップカウントを許可	R/W
3	USGTRGBF	GTETRGB 立ち下がり要因アップカウント許可 0: GTETRGB 入力の立ち下がりによるアップカウントを禁止 1: GTETRGB 入力の立ち下がりによるアップカウントを許可	R/W
4	USGTRGCR	GTETRGC 立ち上がり要因アップカウント許可 0: GTETRGC 入力の立ち上がりによるアップカウントを禁止 1: GTETRGC 入力の立ち上がりによるアップカウントを許可	R/W
5	USGTRGCF	GTETRGC 立ち下がり要因アップカウント許可 0: GTETRGC 入力の立ち下がりによるアップカウントを禁止 1: GTETRGC 入力の立ち下がりによるアップカウントを許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
6	USGTRGDR	GTETRGD 立ち上がり要因アップカウント許可 0: GTETRGD 入力の立ち上がりによるアップカウントを禁止 1: GTETRGD 入力の立ち上がりによるアップカウントを許可	R/W
7	USGTRGDF	GTETRGFD 立ち下がり要因アップカウント許可 0: GTETRGD 入力の立ち下がりによるアップカウントを禁止 1: GTETRGD 入力の立ち下がりによるアップカウントを許可	R/W
8	USCARBL	GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因アップカウント許可 0: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによるアップカウントを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによるアップカウントを許可	R/W
9	USCARBH	GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因アップカウント許可 0: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによるアップカウントを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによるアップカウントを許可	R/W
10	USCAFBL	GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因アップカウント許可 0: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによるアップカウントを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによるアップカウントを許可	R/W
11	USCAFBH	GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因アップカウント許可 0: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによるアップカウントを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによるアップカウントを許可	R/W
12	USCBRAL	GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因アップカウント許可 0: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによるアップカウントを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによるアップカウントを許可	R/W
13	USCBRAH	GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因アップカウント許可 0: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによるアップカウントを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによるアップカウントを許可	R/W
14	USCBFAL	GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因アップカウント許可 0: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによるアップカウントを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによるアップカウントを許可	R/W
15	USCBFAH	GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因アップカウント許可 0: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによるアップカウントを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによるアップカウントを許可	R/W
16	USELCA	ELC_GPTA イベント要因アップカウント許可 0: ELC_GPTA イベント入力によるアップカウントを禁止 1: ELC_GPTA イベント入力によるアップカウントを許可	R/W
17	USELCB	ELC_GPTB イベント要因アップカウント許可 0: ELC_GPTB イベント入力によるアップカウントを禁止 1: ELC_GPTB イベント入力によるアップカウントを許可	R/W
18	USELCC	ELC_GPTC イベント要因アップカウント許可 0: ELC_GPTC イベント入力によるアップカウントを禁止 1: ELC_GPTC イベント入力によるアップカウントを許可	R/W
19	USELCD	ELC_GPTD イベント要因アップカウント許可 0: ELC_GPTD イベント入力によるアップカウントを禁止 1: ELC_GPTD イベント入力によるアップカウントを許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
20	USELGE	ELC_GPTE イベント要因アップカウント許可 0: ELC_GPTE イベント入力によるアップカウントを禁止 1: ELC_GPTE イベント入力によるアップカウントを許可	R/W
21	USELCF	ELC_GPTF イベント要因アップカウント許可 0: ELC_GPTF イベント入力によるアップカウントを禁止 1: ELC_GPTF イベント入力によるアップカウントを許可	R/W
22	USELCG	ELC_GPTG イベント要因アップカウント許可 0: ELC_GPTG イベント入力によるアップカウントを禁止 1: ELC_GPTG イベント入力によるアップカウントを許可	R/W
23	USELCH	ELC_GPTH イベント要因アップカウント許可 0: ELC_GPTH イベント入力によるアップカウントを禁止 1: ELC_GPTH イベント入力によるアップカウントを許可	R/W
31:24	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

GTUPSR レジスタは、GTCNT カウンタのアップカウントの要因を設定するレジスタです。

GTUPSR レジスタの各ビットのうち、少なくともひとつのビットが 1 の状態の場合、GTCR.TPCS ビットによって設定されたカウントクロックによる GTCNT カウンタのカウントは無効となり、本レジスタで 1 となっている要因によるアップカウントを行います。

複数の要因が同時に発生した場合でも、カウント時のインクリメント数は 1 です。

GTETR_{Gn} (n = A~D) 端子からの入力信号は POEG を経由して GPT へ入力されます。これらの信号の極性は POEG で設定してください。

USGTRGAR ビット (GTETRGA 立ち上がり要因アップカウント許可)

USGTRGAR ビットは GTETRGA 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのアップカウントの許可/禁止を選択します。

USGTRGAF ビット (GTETRGA 立ち下がり要因アップカウント許可)

USGTRGAF ビットは GTETRGA 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのアップカウントの許可/禁止を選択します。

USGTRGBR ビット (GTETRGB 立ち上がり要因アップカウント許可)

USGTRGBR ビットは GTETRGB 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのアップカウントの許可/禁止を選択します。

USGTRGBF ビット (GTETRGB 立ち下がり要因アップカウント許可)

USGTRGBF ビットは GTETRGB 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのアップカウントの許可/禁止を選択します。

USGTRGCR ビット (GTETRGC 立ち上がり要因アップカウント許可)

USGTRGCR ビットは GTETRGC 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのアップカウントの許可/禁止を選択します。

USGTRGCF ビット (GTETRGC 立ち下がり要因アップカウント許可)

USGTRGCF ビットは GTETRGC 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのアップカウントの許可/禁止を選択します。

USGTRGDR ビット (GTETRGD 立ち上がり要因アップカウント許可)

USGTRGDR ビットは GTETRGD 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのアップカウントの許可/禁止を選択します。

USGTRGDF ビット (GTETRGD 立ち下がり要因アップカウント許可)

USGTRGDF ビットは GTETRGD 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのアップカウントの許可/禁止を選択します。

USCARBL ビット (GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因アップカウント許可)

USCARBL ビットは GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのアップカウントの許可/禁止を選択します。

USCARBH ビット (GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因アップカウント許可)

USCARBH ビットは GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのアップカウントの許可/禁止を選択します。

USCAFBL ビット (GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因アップカウント許可)

USCAFBL ビットは GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのアップカウントの許可/禁止を選択します。

USAFBH ビット (GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因アップカウント許可)

USAFBH ビットは GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのアップカウントの許可/禁止を選択します。

USCBRAL ビット (GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因アップカウント許可)

USCBRAL ビットは GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのアップカウントの許可/禁止を選択します。

USCBRAH ビット (GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因アップカウント許可)

USCBRAH ビットは GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのアップカウントの許可/禁止を選択します。

USCBFAL ビット (GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因アップカウント許可)

USCBFAL ビットは GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのアップカウントの許可/禁止を選択します。

USCBFAH ビット (GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因アップカウント許可)

USCBFAH ビットは GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのアップカウントの許可/禁止を選択します。

USELCm ビット (ELC_GPTm イベント要因アップカウント許可) (m = A~H)

USELCm ビットは ELC_GPTm からのイベント入力による GTCNT カウンタのアップカウントの許可/禁止を選択します。

21.2.9 GTDNSR : 汎用 PWM タイマダウンカウント要因選択レジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 0, 1)
GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0x20

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	DSEL CH	DSEL CG	DSEL CF	DSEL CE	DSEL CD	DSEL CC	DSEL CB	DSEL CA
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	DSCB FAH	DSCB FAL	DSCB RAH	DSCB RAL	DSCA FBH	DSCA FBL	DSCA RBH	DSCA RBL	DSGT RGDF	DSGT RGDR	DSGT RGCF	DSGT RGCR	DSGT RGBF	DSGT RGBR	DSGT RGAF	DSGT RGAR
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DSGTRGAR	GTETRGA 立ち上がり要因ダウンカウント許可 0: GTETRGA 入力の立ち上がりによるダウンカウントを禁止 1: GTETRGA 入力の立ち上がりによるダウンカウントを許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
1	DSGTRGAF	GTETRGA 立ち下がり要因ダウンカウント許可 0: GTETRGA 入力の立ち下がりによるダウンカウントを禁止 1: GTETRGA 入力の立ち下がりによるダウンカウントを許可	R/W
2	DSGTRGBR	GTETRGB 立ち上がり要因ダウンカウント許可 0: GTETRGB 入力の立ち上がりによるダウンカウントを禁止 1: GTETRGB 入力の立ち上がりによるダウンカウントを許可	R/W
3	DSGTRGBF	GTETRGB 立ち下がり要因ダウンカウント許可 0: GTETRGB 入力の立ち下がりによるダウンカウントを禁止 1: GTETRGB 入力の立ち下がりによるダウンカウントを許可	R/W
4	DSGTRGCR	GTETRGC 立ち上がり要因ダウンカウント許可 0: GTETRGC 入力の立ち上がりによるダウンカウントを禁止 1: GTETRGC 入力の立ち上がりによるダウンカウントを許可	R/W
5	DSGTRGCF	GTETRGC 立ち下がり要因ダウンカウント許可 0: GTETRGC 入力の立ち下がりによるダウンカウントを禁止 1: GTETRGC 入力の立ち下がりによるダウンカウントを許可	R/W
6	DSGTRGDR	GTETRGD 立ち上がり要因ダウンカウント許可 0: GTETRGD 入力の立ち上がりによるダウンカウントを禁止 1: GTETRGD 入力の立ち上がりによるダウンカウントを許可	R/W
7	DSGTRGDF	GTETRGD 立ち下がり要因ダウンカウント許可 0: GTETRGD 入力の立ち下がりによるダウンカウントを禁止 1: GTETRGD 入力の立ち下がりによるダウンカウントを許可	R/W
8	DSCARBL	GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因ダウンカウント許可 0: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによるダウンカウントを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによるダウンカウントを許可	R/W
9	DSCARBH	GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因ダウンカウント許可 0: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによるダウンカウントを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによるダウンカウントを許可	R/W
10	DSCAFBL	GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因ダウンカウント許可 0: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによるダウンカウントを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによるダウンカウントを許可	R/W
11	DSCAFBH	GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因ダウンカウント許可 0: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによるダウンカウントを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによるダウンカウントを許可	R/W
12	DSCBRAL	GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因ダウンカウント許可 0: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによるダウンカウントを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによるダウンカウントを許可	R/W
13	DSCBRAH	GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因ダウンカウント許可 0: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによるダウンカウントを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによるダウンカウントを許可	R/W
14	DSCBFAL	GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因ダウンカウント許可 0: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによるダウンカウントを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによるダウンカウントを許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
15	DSCBFAH	GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因ダウンカウント許可 0: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによるダウンカウントを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによるダウンカウントを許可	R/W
16	DSELCA	ELC_GPTA イベント要因ダウンカウント許可 0: ELC_GPTA イベント入力によるダウンカウントを禁止 1: ELC_GPTA イベント入力によるダウンカウントを許可	R/W
17	DSELCB	ELC_GPTB イベント要因ダウンカウント許可 0: ELC_GPTB イベント入力によるダウンカウントを禁止 1: ELC_GPTB イベント入力によるダウンカウントを許可	R/W
18	DSELCC	ELC_GPTC イベント要因ダウンカウント許可 0: ELC_GPTC イベント入力によるダウンカウントを禁止 1: ELC_GPTC イベント入力によるダウンカウントを許可	R/W
19	DSELCD	ELC_GPTD イベント要因ダウンカウント許可 0: ELC_GPTD イベント入力によるダウンカウントを禁止 1: ELC_GPTD イベント入力によるダウンカウントを許可	R/W
20	DSELCE	ELC_GPTE イベント要因ダウンカウント許可 0: ELC_GPTE イベント入力によるダウンカウントを禁止 1: ELC_GPTE イベント入力によるダウンカウントを許可	R/W
21	DSELCF	ELC_GPTF イベント要因ダウンカウント許可 0: ELC_GPTF イベント入力によるダウンカウントを禁止 1: ELC_GPTF イベント入力によるダウンカウントを許可	R/W
22	DSELCG	ELC_GPTG イベント要因ダウンカウント許可 0: ELC_GPTG イベント入力によるダウンカウントを禁止 1: ELC_GPTG イベント入力によるダウンカウントを許可	R/W
23	DSELCH	ELC_GPTH イベント要因ダウンカウント許可 0: ELC_GPTH イベント入力によるダウンカウントを禁止 1: ELC_GPTH イベント入力によるダウンカウントを許可	R/W
31:24	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

GTDNSR レジスタは、GTCNT カウンタのダウンカウントの要因を設定するレジスタです。

GTDNSR レジスタの各ビットのうち、少なくともひとつのビットが 1 の状態の場合、GTCR.TPCS ビットによって設定されたカウントクロックによる GTCNT カウンタのカウントは無効となり、本レジスタで 1 となっている要因によるダウンカウントを行います。

複数の要因が同時に発生した場合でも、カウント時のデクリメント数は 1 です。

GTETR_{Gn} (n = A~D) 端子からの入力信号は POEG を経由して GPT へ入力されます。これらの信号の極性は POEG で設定してください。

DSGTRGAR ビット (GTETRGA 立ち上がり要因ダウンカウント許可)

DSGTRGAR ビットは GTETRGA 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのダウンカウントの許可/禁止を選択します。

DSGTRGAF ビット (GTETRGA 立ち下がり要因ダウンカウント許可)

DSGTRGAF ビットは GTETRGA 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのダウンカウントの許可/禁止を選択します。

DSGTRGBR ビット (GTETRGB 立ち上がり要因ダウンカウント許可)

DSGTRGBR ビットは GTETRGB 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのダウンカウントの許可/禁止を選択します。

DSGTRGBF ビット (GTETRGB 立ち下がり要因ダウンカウント許可)

DSGTRGBF ビットは GTETRGB 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのダウンカウントの許可/禁止を選択します。

DSGTRGCR ビット (GTETRGC 立ち上がり要因ダウンカウント許可)

DSGTRGCR ビットは GTETRGC 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのダウンカウントの許可/禁止を選択します。

DSGTRGCF ビット (GTETRGC 立ち下がり要因ダウンカウント許可)

DSGTRGCF ビットは GTETRGC 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのダウンカウントの許可/禁止を選択します。

DSGTRGDR ビット (GTETRGD 立ち上がり要因ダウンカウント許可)

DSGTRGDR ビットは GTETRGD 入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのダウンカウントの許可/禁止を選択します。

DSGTRGDF ビット (GTETRGD 立ち下がり要因ダウンカウント許可)

DSGTRGDF ビットは GTETRGD 入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのダウンカウントの許可/禁止を選択します。

DSCARBL ビット (GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因ダウンカウント許可)

DSCARBL ビットは GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのダウンカウントの許可/禁止を選択します。

DSCARBH ビット (GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因ダウンカウント許可)

DSCARBH ビットは GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのダウンカウントの許可/禁止を選択します。

DSCAFBL ビット (GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因ダウンカウント許可)

DSCAFBL ビットは GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのダウンカウントの許可/禁止を選択します。

DSCAFBH ビット (GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因ダウンカウント許可)

DSCAFBH ビットは GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのダウンカウントの許可/禁止を選択します。

DSCBRAL ビット (GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因ダウンカウント許可)

DSCBRAL ビットは GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのダウンカウントの許可/禁止を選択します。

DSCBRAH ビット (GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因ダウンカウント許可)

DSCBRAH ビットは GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによる GTCNT カウンタのダウンカウントの許可/禁止を選択します。

DSCBFAL ビット (GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因ダウンカウント許可)

DSCBFAL ビットは GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのダウンカウントの許可/禁止を選択します。

DSCBFAH ビット (GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因ダウンカウント許可)

DSCBFAH ビットは GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによる GTCNT カウンタのダウンカウントの許可/禁止を選択します。

DSELCm ビット (ELC_GPTm イベント要因ダウンカウント許可) (m = A~H)

DSELCm ビットは ELC_GPTm からのイベント入力による GTCNT カウンタのダウンカウントの許可/禁止を選択します。

21.2.10 GTICASR : 汎用 PWM タイマインプットキャプチャ要因選択レジスタ A

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1, 2)
 GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0x24

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	ASEL CH	ASEL CG	ASEL CF	ASEL CE	ASEL CD	ASEL CC	ASEL CB	ASEL CA
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	ASCB FAH	ASCB FAL	ASCB RAH	ASCB RAL	ASCA FBH	ASCA FBL	ASCA RBH	ASCA RBL	ASGT RGDF	ASGT RGDR	ASGT RGCF	ASGT RGCR	ASGT RGBF	ASGT RGBR	ASGT RGAF	ASGT RGAR
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	ASGTRGAR	GTETRGA 立ち上がり要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: GTETRGA 入力の立ち上がりによる GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: GTETRGA 入力の立ち上がりによる GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
1	ASGTRGAF	GTETRGA 立ち下がり要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: GTETRGA 入力の立ち下がりによる GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: GTETRGA 入力の立ち下がりによる GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
2	ASGTRGBR	GTETRGB 立ち上がり要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: GTETRGB 入力の立ち上がりによる GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: GTETRGB 入力の立ち上がりによる GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
3	ASGTRGBF	GTETRGB 立ち下がり要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: GTETRGB 入力の立ち下がりによる GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: GTETRGB 入力の立ち下がりによる GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
4	ASGTRGCR	GTETRGC 立ち上がり要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: GTETRGC 入力の立ち上がりによる GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: GTETRGC 入力の立ち上がりによる GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
5	ASGTRGCF	GTETRGC 立ち下がり要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: GTETRGC 入力の立ち下がりによる GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: GTETRGC 入力の立ち下がりによる GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
6	ASGTRGDR	GTETRGD 立ち上がり要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: GTETRGD 入力の立ち上がりによる GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: GTETRGD 入力の立ち上がりによる GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
7	ASGTRGDF	GTETRGD 立ち下がり要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: GTETRGD 入力の立ち下がりによる GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: GTETRGD 入力の立ち下がりによる GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
8	ASCARBL	GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
9	ASCARBH	GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
10	ASCAFBL	GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
11	ASCAFBH	GTIOcN _B 端子 High レベルでの GTIOcN _A 端子立ち下がり入力要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: GTIOcN _B 端子入力が 1 状態での GTIOcN _A 端子入力の立ち下がりによる GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: GTIOcN _B 端子入力が 1 状態での GTIOcN _A 端子入力の立ち下がりによる GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
12	ASCBRAL	GTIOcN _A 端子 Low レベルでの GTIOcN _B 端子立ち上がり入力要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: GTIOcN _A 端子入力が 0 状態での GTIOcN _B 端子入力の立ち上がりによる GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: GTIOcN _A 端子入力が 0 状態での GTIOcN _B 端子入力の立ち上がりによる GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
13	ASCBRAH	GTIOcN _A 端子 High レベルでの GTIOcN _B 端子立ち上がり入力要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: GTIOcN _A 端子入力が 1 状態での GTIOcN _B 端子入力の立ち上がりによる GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: GTIOcN _A 端子入力が 1 状態での GTIOcN _B 端子入力の立ち上がりによる GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
14	ASCBFAL	GTIOcN _A 端子 Low レベルでの GTIOcN _B 端子立ち下がり入力要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: GTIOcN _A 端子入力が 0 状態での GTIOcN _B 端子入力の立ち下がりによる GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: GTIOcN _A 端子入力が 0 状態での GTIOcN _B 端子入力の立ち下がりによる GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
15	ASCBFAH	GTIOcN _A 端子 High レベルでの GTIOcN _B 端子立ち下がり入力要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: GTIOcN _A 端子入力が 1 状態での GTIOcN _B 端子入力の立ち下がりによる GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: GTIOcN _A 端子入力が 1 状態での GTIOcN _B 端子入力の立ち下がりによる GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
16	ASELCA	ELC_GPTA イベント要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: ELC_GPTA イベント入力による GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTA イベント入力による GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
17	ASELCB	ELC_GPTB イベント要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: ELC_GPTB イベント入力による GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTB イベント入力による GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
18	ASELCC	ELC_GPTC イベント要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: ELC_GPTC イベント入力による GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTC イベント入力による GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
19	ASELCD	ELC_GPTD イベント要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: ELC_GPTD イベント入力による GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTD イベント入力による GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
20	ASELCE	ELC_GPTE イベント要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: ELC_GPTE イベント入力による GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTE イベント入力による GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
21	ASELCF	ELC_GPTF イベント要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: ELC_GPTF イベント入力による GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTF イベント入力による GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
22	ASELCG	ELC_GPTG イベント要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: ELC_GPTG イベント入力による GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTG イベント入力による GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
23	ASELCH	ELC_GPTH イベント要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可 0: ELC_GPTH イベント入力による GTCCRA インプットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTH イベント入力による GTCCRA インプットキャプチャを許可	R/W
31:24	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

GTICASR レジスタは、GTCCRA レジスタへのインプットキャプチャ要因を設定するレジスタです。

GTICASR レジスタの各ビットのうち、少なくともひとつのビットが 1 の状態の場合、GTCCRA レジスタをインプットキャプチャレジスタとするインプットキャプチャ動作を行います。

GTETR_{Gn} (n = A~D) 端子からの入力信号は POEG を経由して GPT へ入力されます。これらの信号の極性は POEG で設定してください。

ASGTRGAR ビット (GTETRGA 立ち上がり要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

ASGTRGAR ビットは GTETRGA 入力の立ち上がりによる GTCCRA レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASGTRGAF ビット (GTETRGA 立ち下がり要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

ASGTRGAF ビットは GTETRGA 入力の立ち下がりによる GTCCRA レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASGTRGBR ビット (GTETRGB 立ち上がり要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

ASGTRGBR ビットは GTETRGB 入力の立ち上がりによる GTCCRA レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASGTRGBF ビット (GTETRGB 立ち下がり要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

ASGTRGBF ビットは GTETRGB 入力の立ち下がりによる GTCCRA レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASGTRGCR ビット (GTETRGC 立ち上がり要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

ASGTRGCR ビットは GTETRGC 入力の立ち上がりによる GTCCRA レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASGTRGCF ビット (GTETRGC 立ち下がり要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

ASGTRGCF ビットは GTETRGC 入力の立ち下がりによる GTCCRA レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASGTRGDR ビット (GTETRGD 立ち上がり要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

ASGTRGDR ビットは GTETRGD 入力の立ち上がりによる GTCCRA レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASGTRGDF ビット (GTETRGD 立ち下がり要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

ASGTRGDF ビットは GTETRGD 入力の立ち下がりによる GTCCRA レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASCARBL ビット (GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

ASCARBL ビットは GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCCRA レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASCARBH ビット (GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

ASCARBH ビットは GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCCRA レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASCAFBL ビット (GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

ASCAFBL ビットは GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCCRA レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASCAFBH ビット (GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因 GTCCRA インพุットキャプチャ許可)

ASCAFBH ビットは GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCCRA レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASCBRAL ビット (GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可)

ASCBRAL ビットは GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによる GTCCRA レジスタへのインプットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASCBRAH ビット (GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可)

ASCBRAH ビットは GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによる GTCCRA レジスタへのインプットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASCBFAL ビット (GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可)

ASCBFAL ビットは GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによる GTCCRA レジスタへのインプットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASCBFAH ビット (GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可)

ASCBFAH ビットは GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによる GTCCRA レジスタへのインプットキャプチャの許可/禁止を選択します。

ASELCm ビット (ELC_GPTm イベント要因 GTCCRA インプットキャプチャ許可) (m = A~H)

ASELCm ビットは ELC_GPTm からのイベント入力による GTCCRA レジスタへのインプットキャプチャの許可/禁止を選択します。

21.2.11 GTICBSR : 汎用 PWM タイマインプットキャプチャ要因選択レジスタ B

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1, 2)
GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0x28

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	BSEL CH	BSEL CG	BSEL CF	BSEL CE	BSEL CD	BSEL CC	BSEL CB	BSEL CA
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	BSCB FAH	BSCB FAL	BSCB RAH	BSCB RAL	BSCA FBH	BSCA FBL	BSCA RBH	BSCA RBL	BSGT RGDF	BSGT RGDR	BSGT RGCF	BSGT RGCR	BSGT RGBF	BSGT RGBR	BSGT RGAF	BSGT RGAR
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	BSGTRGAR	GTETRGA 立ち上がり要因 GTCCRB インプットキャプチャ許可 0: GTETRGA 入力の立ち上がりによる GTCCRB インプットキャプチャを禁止 1: GTETRGA 入力の立ち上がりによる GTCCRB インプットキャプチャを許可	R/W
1	BSGTRGAF	GTETRGA 立ち下がり要因 GTCCRB インプットキャプチャ許可 0: GTETRGA 入力の立ち下がりによる GTCCRB インプットキャプチャを禁止 1: GTETRGA 入力の立ち下がりによる GTCCRB インプットキャプチャを許可	R/W
2	BSGTRGBR	GTETRGB 立ち上がり要因 GTCCRB インプットキャプチャ許可 0: GTETRGB 入力の立ち上がりによる GTCCRB インプットキャプチャを禁止 1: GTETRGB 入力の立ち上がりによる GTCCRB インプットキャプチャを許可	R/W
3	BSGTRGBF	GTETRGB 立ち下がり要因 GTCCRB インプットキャプチャ許可 0: GTETRGB 入力の立ち下がりによる GTCCRB インプットキャプチャを禁止 1: GTETRGB 入力の立ち下がりによる GTCCRB インプットキャプチャを許可	R/W
4	BSGTRGCR	GTETRGC 立ち上がり要因 GTCCRB インプットキャプチャ許可 0: GTETRGC 入力の立ち上がりによる GTCCRB インプットキャプチャを禁止 1: GTETRGC 入力の立ち上がりによる GTCCRB インプットキャプチャを許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
5	BSGTRGCF	GTETTRGC 立ち下がり要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可 0: GTETTRGC 入力の立ち下がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを禁止 1: GTETTRGC 入力の立ち下がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを許可	R/W
6	BSGTRGDR	GTETTRGD 立ち上がり要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可 0: GTETTRGD 入力の立ち上がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを禁止 1: GTETTRGD 入力の立ち上がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを許可	R/W
7	BSGTRGDF	GTETTRGD 立ち下がり要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可 0: GTETTRGD 入力の立ち下がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを禁止 1: GTETTRGD 入力の立ち下がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを許可	R/W
8	BSCARBL	GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可 0: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを許可	R/W
9	BSCARBH	GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可 0: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを許可	R/W
10	BSCAFBL	GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可 0: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを許可	R/W
11	BSCAFBH	GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可 0: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを禁止 1: GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを許可	R/W
12	BSCBRAL	GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可 0: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを許可	R/W
13	BSCBRAH	GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可 0: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを許可	R/W
14	BSCBFAL	GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可 0: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを許可	R/W
15	BSCBFAH	GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可 0: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを禁止 1: GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによる GTCCRB インพุットキャプチャを許可	R/W
16	BSELCA	ELC_GPTA イベント要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可 0: ELC_GPTA イベント入力による GTCCRB インพุットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTA イベント入力による GTCCRB インพุットキャプチャを許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
17	BSELCB	ELC_GPTB イベント要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可 0: ELC_GPTB イベント入力による GTCCRB インพุットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTB イベント入力による GTCCRB インพุットキャプチャを許可	R/W
18	BSELCC	ELC_GPTC イベント要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可 0: ELC_GPTC イベント入力による GTCCRB インพุットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTC イベント入力による GTCCRB インพุットキャプチャを許可	R/W
19	BSELCD	ELC_GPTD イベント要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可 0: ELC_GPTD イベント入力による GTCCRB インพุットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTD イベント入力による GTCCRB インพุットキャプチャを許可	R/W
20	BSELCE	ELC_GPTE イベント要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可 0: ELC_GPTE イベント入力による GTCCRB インพุットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTE イベント入力による GTCCRB インพุットキャプチャを許可	R/W
21	BSELCF	ELC_GPTF イベント要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可 0: ELC_GPTF イベント入力による GTCCRB インพุットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTF イベント入力による GTCCRB インพุットキャプチャを許可	R/W
22	BSELCG	ELC_GPTG イベント要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可 0: ELC_GPTG イベント入力による GTCCRB インพุットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTG イベント入力による GTCCRB インพุットキャプチャを許可	R/W
23	BSELCH	ELC_GPTH イベント要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可 0: ELC_GPTH イベント入力による GTCCRB インพุットキャプチャを禁止 1: ELC_GPTH イベント入力による GTCCRB インพุットキャプチャを許可	R/W
31:24	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

GTICBSR レジスタは、GTCCRB レジスタへのインพุットキャプチャ要因を設定するレジスタです。

GTICBSR レジスタの各ビットのうち、少なくともひとつのビットが 1 の状態の場合、GTCCRB レジスタをインพุットキャプチャレジスタとするインพุットキャプチャ動作を行います。

GTETR_{Gn} (n = A~D) 端子からの入力信号は POEG を経由して GPT へ入力されます。これらの信号の極性は POEG で設定してください。

BSGTRGAR ビット (GTETRGA 立ち上がり要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

BSGTRGAR ビットは GTETRGA 入力の立ち上がりによる GTCCRB レジスタへのインพุットキャプチャの許可 / 禁止を選択します。

BSGTRGAF ビット (GTETRGA 立ち下がり要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

BSGTRGAF ビットは GTETRGA 入力の立ち下がりによる GTCCRB レジスタへのインพุットキャプチャの許可 / 禁止を選択します。

BSGTRGBR ビット (GTETRGB 立ち上がり要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

BSGTRGBR ビットは GTETRGB 入力の立ち上がりによる GTCCRB レジスタへのインพุットキャプチャの許可 / 禁止を選択します。

BSGTRGBF ビット (GTETRGB 立ち下がり要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

BSGTRGBF ビットは GTETRGB 入力の立ち下がりによる GTCCRB レジスタへのインพุットキャプチャの許可 / 禁止を選択します。

BSGTRGCR ビット (GTETRGC 立ち上がり要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

BSGTRGCR ビットは GTETRGC 入力の立ち上がりによる GTCCRB レジスタへのインพุットキャプチャの許可 / 禁止を選択します。

BSGTRGCF ビット (GTETRGC 立ち下がり要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

BSGTRGCF ビットは GTETRGC 入力の立ち下がりによる GTCCRB レジスタへのインพุットキャプチャの許可 / 禁止を選択します。

BSGTRGDR ビット (GTETRGD 立ち上がり要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

BSGTRGDR ビットは GTETRGD 入力の立ち上がりによる GTCCRB レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSGTRGDF ビット (GTETRGD 立ち下がり要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

BSGTRGDF ビットは GTETRGD 入力の立ち下がりによる GTCCRB レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSCARBL ビット (GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

BSCARBL ビットは GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCCRB レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSCARBH ビット (GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち上がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

BSCARBH ビットは GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち上がりによる GTCCRB レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSCAFBL ビット (GTIOCnB 端子 Low レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

BSCAFBL ビットは GTIOCnB 端子入力が 0 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCCRB レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSCAFBH ビット (GTIOCnB 端子 High レベルでの GTIOCnA 端子立ち下がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

BSCAFBH ビットは GTIOCnB 端子入力が 1 状態での GTIOCnA 端子入力の立ち下がりによる GTCCRB レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSCBRAL ビット (GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

BSCBRAL ビットは GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによる GTCCRB レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSCBRAH ビット (GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち上がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

BSCBRAH ビットは GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち上がりによる GTCCRB レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSCBFAL ビット (GTIOCnA 端子 Low レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

BSCBFAL ビットは GTIOCnA 端子入力が 0 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによる GTCCRB レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSCBFAH ビット (GTIOCnA 端子 High レベルでの GTIOCnB 端子立ち下がり入力要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可)

BSCBFAH ビットは GTIOCnA 端子入力が 1 状態での GTIOCnB 端子入力の立ち下がりによる GTCCRB レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

BSELCm ビット (ELC_GPTm イベント要因 GTCCRB インพุットキャプチャ許可) (m = A~H)

BSELCm ビットは ELC_GPTm からのイベント入力による GTCCRB レジスタへのインพุットキャプチャの許可/禁止を選択します。

21.2.12 GTCR : 汎用 PWM タイマコントロールレジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1, 2)
GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0x2C

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	TPCS[3:0]				—	—	—	—	MD[2:0]		
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	CST
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	CST	カウントスタート 0: カウント動作を停止 1: カウント動作を実行	R/W
15:1	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
18:16	MD[2:0]	モード選択 000: のこぎり波 PWM モード (シングル/ダブルバッファ可) 001: のこぎり波ワンショットパルスモード (バッファ動作固定) 010: 設定禁止 011: 設定禁止 100: 三角波 PWM モード1 (谷 32 ビット転送) (シングル/ダブルバッファ可) 101: 三角波 PWM モード2 (山/谷 32 ビット転送) (シングル/ダブルバッファ可) 110: 三角波 PWM モード3 (谷 64 ビット転送) (バッファ動作固定) 111: 設定禁止	R/W
22:19	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
26:23	TPCS[3:0]	タイマプリスケラ選択 0000: PCLKD/1 0001: PCLKD/2 0010: PCLKD/4 0011: PCLKD/8 0100: PCLKD/16 0101: PCLKD/32 0110: PCLKD/64 0111: 設定禁止 1000: PCLKD/256 1001: 設定禁止 1010: PCLKD/1024 1011: 設定禁止 1100: GTETRGA (POEG 経由) 1101: GTETRGB (POEG 経由) 1110: GTETRGC (POEG 経由) 1111: GTETRGD (POEG 経由)	R/W
31:27	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

GTCR レジスタは、GTCNT カウンタを制御するレジスタです。

CST ビット (カウントスタート)

CST ビットは GTCNT カウンタのスタート/ストップを制御します。

[1 になる条件]

- GTSSR.CSTRT ビットが1の状態、GTSTR レジスタの値 (チャンネル番号はビット番号に対応) を1にしたとき
- GTSSR レジスタでカウントスタート要因として許可された ELC イベント入力、外部トリガもしくは GTIOCN_A 入力端子/GTIOCN_B 入力端子条件が発生したとき (n = 1、2、4、5)
- ソフトウェアで直接1を書き込んだとき

[0 になる条件]

- GTPSR.CSTOP ビットが 1 の状態で、GTSTP レジスタの値 (チャンネル番号はビット番号に対応) を 1 にしたとき
- GTPSR レジスタでカウントストップ要因として許可された ELC イベント入力、外部トリガもしくは GTIOcNA 入力端子/GTIOcNB 入力端子条件が発生したとき (n = 1、2、4、5)
- ソフトウェアで直接 0 を書き込んだとき
- GTPC.ASTP ビットが 1 の間に周期計数機能が終了する場合

MD[2:0]ビット (モード選択)

MD[2:0]ビットは GPT の動作モードを選択します。MD[2:0]ビットの設定は、GTCNT の動作が停止した状態で行ってください。

TPCS[3:0]ビット (タイマプリスケアラ選択)

TPCS[3:0]ビットは GTCNT 用クロックを選択します。チャンネルごとに個別にクロックプリスケアラの選択が可能です。TPCS[3:0]ビットの設定は、GTCNT の動作が停止した状態で行ってください。

21.2.13 GTUDDTYC : 汎用 PWM タイマカウント方向、デューティ設定レジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1、2)
GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4、5)

Offset address: 0x30

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	OBDT YR	OBDT YF	OBDTY[1:0]	—	—	—	—	OADT YR	OADT YF	OADTY[1:0]		
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	UDF	UD
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	UD	カウント方向設定 0: GTCNT カウンタはダウンカウント 1: GTCNT カウンタはアップカウント	R/W
1	UDF	カウント方向強制設定 0: 強制設定しない 1: 強制設定する	R/W
15:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
17:16	OADTY[1:0]	GTIOcNA 出力デューティ設定 0 0: GTIOcNA 端子のデューティはコンペアマッチに依存 0 1: GTIOcNA 端子のデューティはコンペアマッチに依存 1 0: GTIOcNA 端子のデューティは 0% 1 1: GTIOcNA 端子のデューティは 100%	R/W
18	OADTYF	GTIOcNA 出力デューティ強制設定 0: 強制設定しない 1: 強制設定する	R/W
19	OADTYR	0%/100%デューティ設定解除後の GTIOcNA 出力値選択 0: 0%/100%デューティ比設定解除後にデューティ比が設定された場合、GTIOA[3:2]ビットで選択された機能が出力値に適用されます。 1: 0%/100%デューティ比設定解除後に GTIOA[3:2]ビットで選択された機能がマスクされたコンペアマッチ出力値に適用されます。	R/W
23:20	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
25:24	OBDTY[1:0]	GTIOCNB 出力デューティ設定 0 0: GTIOCNB 端子のデューティはコンペアマッチに依存 0 1: GTIOCNB 端子のデューティはコンペアマッチに依存 1 0: GTIOCNB 端子のデューティは 0% 1 1: GTIOCNB 端子のデューティは 100%	R/W
26	OBDTYF	GTIOCNB 出力デューティ強制設定 0: 強制設定しない 1: 強制設定する	R/W
27	OBDTYR	0%/100%デューティ設定解除後の GTIOCNB 出力値選択 0: 0%/100%デューティ比設定解除後にデューティ比が設定された場合、GTIOB[3:2]ビットで選択された機能が出力値に適用されます。 1: 0%/100%デューティ比設定解除後に GTIOB[3:2]ビットで選択された機能がマスクされたコンペアマッチ出力値に適用されます。	R/W
31:28	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. n = 1、2、4、5

GTUDDTYC レジスタは、GTCNT カウンタのカウンタ方向（アップ/ダウン）および GTIOCNB/GTIOCNB 端子出力のデューティを設定するレジスタです。

イベントカウンタ動作中では、本設定は無効です。

【カウンタ方向】

- のこぎり波モードの場合

アップカウント中に UD 値を 0 にした場合、オーバーフロー時に（GTCNT カウンタ値が GTPR 値になった後、カウンタクロックに同期したタイミングで）カウンタ方向が切り替わります。ダウンカウント中に UD 値を 1 にした場合、アンダーフロー時に（GTCNT カウンタ値が 0 になった後、カウンタクロックに同期したタイミングで）カウンタ方向が切り替わります。

カウンタ停止中に UDF ビットが 0 の状態で UD 値を 1 から 0 に変更した場合、カウンタ動作はアップカウントとなり、オーバーフロー時に（GTCNT カウンタ値が GTPR 値になった後、カウンタクロックに同期したタイミングで）カウンタ方向が切り替わります。カウンタ停止中に UDF ビットが 0 の状態で UD 値を 0 から 1 に変更した場合、カウンタ動作はダウンカウントとなり、アンダーフロー時に（GTCNT カウンタ値が 0 になった後、カウンタクロックに同期したタイミングで）カウンタ方向が切り替わります。

カウンタ停止中に UDF ビットを 1 にすると、UD ビット値がカウンタスタート時のカウンタ方向に反映されます。

- 三角波モードの場合

カウンタ中に UD 値を変更しても、カウンタ方向は切り替わりません。カウンタストップ中に UDF ビットが 0 の状態で UD 値を変更しても、カウンタスタート時のカウンタ方向には反映されません。

カウンタ停止中に UDF ビットを 1 にすると、そのときの UD 値がカウンタスタート時のカウンタ方向に反映されます。

UD ビット（カウンタ方向設定）

UD ビットは GTCNT カウンタのカウンタ方向（アップ/ダウン）を設定します。

UDF ビット（カウンタ方向強制設定）

UDF ビットは GTCNT カウンタスタート時のカウンタ方向を強制的に UD 値に設定します。カウンタが動作している間は、このビットに 0 以外を書き込まないでください。カウンタストップ中に 1 を書いた場合、カウンタがスタートする前に 0 に戻してください。

【出力デューティ】

- のこぎり波モードの場合

アップカウント中に OADTY/OBDTY 値を変更すると、オーバーフロー時（GTCNT = GTPR）にデューティが反映されます。ダウンカウント中に OADTY/OBDTY 値を変更すると、アンダーフロー時（GTCNT = 0）にデューティが反映されます。

カウンタ停止中に、OADTYF/OBDTYF ビットが 0 の状態で OADTY/OBDTY 値を変更すると、カウンタ動作スタート時に出力デューティは反映されません。カウンタ方向がアップカウントの場合、オーバーフロー時（GTCNT = GTPR）に出力デューティが反映されます。カウンタ方向がダウンカウントの場合、アンダーフロー時（GTCNT = 0）に出力デューティが反映されます。

カウント停止中に、OADTYF/OBDTYF ビットが 1 の状態で OADTY/OBDTY 値を変更すると、カウンタ動作スタート時に出力デューティが反映されます。

- 三角波モードの場合

カウント中に OADTY/OBDTY 値を変更すると、アンダーフロー時にデューティが反映されます。

カウント停止中に、OADTYF/OBDTYF ビットが 0 の状態で OADTY/OBDTY 値を変更すると、カウンタ動作スタート時に出力デューティは反映されません。ただし、アンダーフロー時に出力デューティが反映されます。

カウント停止中に、OADTYF/OBDTYF ビットが 1 の状態で OADTY/OBDTY 値を変更すると、カウンタ動作スタート時に出力デューティが反映されます。

のこぎり波モードと三角波モードで、OADTYF/OBDTYF ビットが 0 に戻った場合、および OADTYF/OBDTYF ビットを 1 にして、カウント動作停止中に最初の周期のデューティに対して OADTY[1:0]/OBDTY[1:0] ビットを設定した後に OADTY[1:0]/OBDTY[1:0] ビットを設定した場合、カウント動作停止中に設定されたこれらのデューティ周期は、カウント動作開始後の最初の周期と 2 番目の周期に反映されます。

OmDTY[1:0] ビット (GTIOCnm 出力デューティ設定) (m = A、B)

GTIOCnm 端子の出力デューティ (0%、100%、またはコンペアマッチ制御) を設定します。

OmDTYF ビット (GTIOCnm 出力デューティ強制設定) (m = A、B)

OmDTYF ビットは出力デューティ比を OmDTY の設定値に強制的に設定します。カウンタの動作中は、本ビットを 0 にしてください。

OmDTYR ビット (0%/100%デューティ設定解除後の GTIOCnm 出力値選択) (m = A、B)

制御が 0%/100%デューティ設定から GTIOCm 端子のコンペアマッチに変更され、かつ GTIOR.GTIOm[3:2] ビットが 00b (周期の終わりで出力保持) または 11b (周期の終わりでトグル出力) に設定された場合、OmDTYR ビットは周期の終わりで出力保持/トグル出力の対象となる値を選択します。

デューティ比 0%/100%動作中に、GPT は内部でコンペアマッチ動作を継続します。OmDTYR ビットを 1 にすると、周期の終わりでコンペアマッチの値が GTIOm[3:2] ビットに適用されます。

21.2.14 GTIOR : 汎用 PWM タイマ I/O コントロールレジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1, 2)
GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0x34

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	NFCSB[1:0]	NFBEN	—	—	OBDYF[1:0]	OBE	OBHLD	OBDYLT	—	GTIOB[4:0]						
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	NFCSA[1:0]	NFAEN	—	—	OADYF[1:0]	OAE	OAHL	OADYLT	—	GTIOA[4:0]						
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
4:0	GTIOA[4:0]	GTIOCnA 端子機能選択 表 21.4 を参照してください。	R/W
5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6	OADFLT	カウントストップ時の GTIOCnA 端子出力値設定 0: カウントストップ時に GTIOCnA 端子は Low を出力 1: カウントストップ時に GTIOCnA 端子は High を出力	R/W
7	OAHL	カウントスタート/ストップ時の GTIOCnA 端子出力設定 0: カウントスタート/ストップ時の GTIOCnA 端子出力レベルはレジスタ設定値に従う 1: カウントスタート/ストップ時の GTIOCnA 端子出力レベルは保持される	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
8	OAE	GTIOCnA 端子出力許可 0: 出力を禁止 1: 出力を許可	R/W
10:9	OADF[1:0]	GTIOCnA 端子禁止値設定 0 0: 以下のいずれも設定しない 0 1: 出力ネゲート制御に対応して GTIOCnA 端子を Hi-Z にする 1 0: 出力ネゲート制御に対応して GTIOCnA 端子を 0 にする 1 1: 出力ネゲート制御に対応して GTIOCnA 端子を 1 にする	R/W
12:11	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
13	NFAEN	GTIOCnA 端子入力ノイズフィルタ有効 0: GTIOCnA 端子のノイズフィルタは無効 1: GTIOCnA 端子のノイズフィルタは有効	R/W
15:14	NFCSA[1:0]	GTIOCnA 端子入力ノイズフィルタサンプリングクロック選択 0 0: PCLKD/1 0 1: PCLKD/4 1 0: PCLKD/16 1 1: PCLKD/64	R/W
20:16	GTIOB[4:0]	GTIOCnB 端子機能選択 表 21.4 を参照してください。	R/W
21	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
22	OBDFLT	カウントストップ時の GTIOCnB 端子出力値設定 0: カウントストップ時に GTIOCnB 端子は Low を出力 1: カウントストップ時に GTIOCnB 端子は High を出力	R/W
23	OBHLD	カウントスタート/ストップ時の GTIOCnB 端子出力設定 0: カウントスタート/ストップ時の GTIOCnB 端子出力レベルはレジスタ設定値に従う 1: カウントスタート/ストップ時の GTIOCnB 端子出力レベルは保持される	R/W
24	OBE	GTIOCnB 端子出力許可 0: 出力を禁止 1: 出力を許可	R/W
26:25	OBDF[1:0]	GTIOCnB 端子禁止値設定 0 0: 以下のいずれも設定しない 0 1: 出力ネゲート制御に対応して GTIOCnB 端子を Hi-Z にする 1 0: 出力ネゲート制御に対応して GTIOCnB 端子を 0 にする 1 1: 出力ネゲート制御に対応して GTIOCnB 端子を 1 にする	R/W
28:27	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
29	NFBEN	ノイズフィルタ B 有効 0: GTIOCnB 端子のノイズフィルタは無効 1: GTIOCnB 端子のノイズフィルタは有効	R/W
31:30	NFCSB[1:0]	ノイズフィルタ B サンプリングクロック選択 0 0: PCLKD/1 0 1: PCLKD/4 1 0: PCLKD/16 1 1: PCLKD/64	R/W

注. n = 1、2、4、5

GTIOR レジスタは GTIOCnA 端子と GTIOCnB 端子の機能を設定するレジスタです。

GTIOA[4:0]ビット (GTIOCnA 端子機能選択)

GTIOA[4:0]ビットは GTIOCnA 端子の機能を選択します。詳細は、表 21.4 を参照してください。

OADFLT ビット (カウントストップ時の GTIOCnA 端子出力値設定)

OADFLT ビットはカウントストップ時に、GTIOCnA 端子が High または Low のいずれを出力するかを設定します。

OAHL D ビット (カウントスタート/ストップ時の GTIOCnA 端子出力設定)

OAHL D ビットはカウントスタート/ストップ時に、GTIOCnA 端子の出力レベルが保持されるか、レジスタ設定値に従うかを指定します。

[OAHL D ビットを 0 にした場合]

- カウントスタート時に、GTIOA[4]ビットで指定した値を出力
- カウントストップ時に、OADFLT ビットで指定した値を出力
- カウントストップ中に、OADFLT ビットを書き換えた場合、ただちに出力に反映される

[OAHL D ビットを 1 にした場合]

- カウントスタート/ストップ時に出力が保持される

OAE ビット (GTIOCnA 端子出力許可)

OAE ビットは GTIOCnA 端子出力する/しないを選択します。

GTCCRA レジスタをインプットキャプチャレジスタとして使用する場合 (GTICASR レジスタの少なくともひとつのビットが 1 の状態の場合) は、OAE ビットの設定にかかわらず GTIOCnA 端子出力を行いません。

OADF[1:0] ビット (GTIOCnA 端子禁止値設定)

OADF[1:0]ビットは POEG からの出力禁止要求に対応して GTIOCnA 端子の出力値を選択します。

NFAEN ビット (GTIOCnA 端子入力ノイズフィルタ有効)

NFAEN ビットは GTIOCnA 端子からの入力に対してノイズフィルタを有効または無効にします。このビット値を変更すると予想外のエッジが内部で発生する恐れがあるため、GTIOR レジスタの該当端子に対しアウトプットコンペア機能を選択してから、このビットを変更してください。

NFCSA[1:0] ビット (GTIOCnA 端子入力ノイズフィルタサンプリングクロック選択)

NFCSA[1:0]ビットは GTIOCnA 端子のノイズフィルタのサンプリング周期を設定します。これらのビットを設定する場合、選択したサンプリング周期の 2 周期分待った後、インプットキャプチャ機能を設定してください。

GTIOB[4:0] ビット (GTIOCnB 端子機能選択)

GTIOB[4:0]ビットは GTIOCnB 端子の機能を選択します。詳細は、表 21.4 を参照してください。

OBDFLT ビット (カウントストップ時の GTIOCnB 端子出力値設定)

OBDFLT ビットはカウントストップ時に、GTIOCnB 端子が High または Low のいずれを出力するかを設定します。

OBHLD ビット (カウントスタート/ストップ時の GTIOCnB 端子出力設定)

OBHLD ビットはカウントスタート/ストップ時に、GTIOCnB 端子の出力レベルが保持されるか、レジスタ設定値に従うか指定します。

[OBHLD ビットを 0 にした場合]

- カウントスタート時に、GTIOB[4]ビットで指定した値を出力
- カウントストップ時に、OBDFLT ビットで指定した値を出力
- カウントストップ中に、OBDFLT ビットを書き換えた場合、ただちに出力に反映される

[OBHLD ビットを 1 にした場合]

- カウントスタート/ストップ時に出力が保持される

OBE ビット (GTIOCnB 端子出力許可)

OBE ビットは GTIOCnB 端子出力する/しないを選択します。

GTCCRB レジスタをインプットキャプチャレジスタとして使用する場合 (GTICBSR レジスタの少なくともひとつのビットが 1 の状態の場合) は、OBE ビットの設定にかかわらず GTIOCnB 端子出力を行いません。

OBDF[1:0]ビット (GTIOCnB 端子禁止値設定)

OBDF[1:0]ビットは POEG からの出力禁止要求に対応して GTIOCnB 端子の出力値を選択します。

NFBEN ビット (ノイズフィルタ B 有効)

NFBEN ビットは GTIOCnB 端子からの入力に対してノイズフィルタを有効または無効にします。このビット値を変更すると予想外のエッジが内部で発生する恐れがあるため、GTIOR レジスタの該当端子に対しアウトプットコンペア機能を選択してから、このビットを変更してください。

NFCSB[1:0]ビット (ノイズフィルタ B サンプリングクロック選択)

NFCSB[1:0]ビットは GTIOCnB 端子のノイズフィルタのサンプリング周期を設定します。これらのビットを設定する場合、選択したサンプリング周期の 2 周期分待った後、インプットキャプチャ機能を設定してください。

表 21.4 GTIOA[4:0]ビットと GTIOB[4:0]ビットの設定値 (1/2)

GTIOA/GTIOB[4:0]ビット					機能		
b4	b3	b2	b1	b0	b4	b3, b2(注1)(注2) (注3)	b1, b0(注2)
0	0	0	0	0	初期出力は Low	周期の終わりで出力保持	GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで出力保持
0	0	0	0	1			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで Low 出力
0	0	0	1	0			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで High 出力
0	0	0	1	1			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでトグル出力
0	0	1	0	0		周期の終わりで Low 出力	GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで出力保持
0	0	1	0	1			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで Low 出力
0	0	1	1	0			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで High 出力
0	0	1	1	1			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでトグル出力
0	1	0	0	0		周期の終わりで High 出力	GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで出力保持
0	1	0	0	1			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで Low 出力
0	1	0	1	0			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで High 出力
0	1	0	1	1			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでトグル出力
0	1	1	0	0		周期の終わりでトグル出力	GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで出力保持
0	1	1	0	1			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで Low 出力
0	1	1	1	0			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで High 出力
0	1	1	1	1			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでトグル出力

表 21.4 GTIOA[4:0]ビットと GTIOB[4:0]ビットの設定値 (2/2)

GTIOA/GTIOB[4:0]ビット					機能		
b4	b3	b2	b1	b0	b4	b3, b2(注1) (注2) (注3)	b1, b0(注2)
1	0	0	0	0	初期出力は High	周期の終わりで出力保持	GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで出力保持
1	0	0	0	1			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで Low 出力
1	0	0	1	0			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで High 出力
1	0	0	1	1			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでトグル出力
1	0	1	0	0		周期の終わりで Low 出力	GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで出力保持
1	0	1	0	1			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで Low 出力
1	0	1	1	0			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで High 出力
1	0	1	1	1			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでトグル出力
1	1	0	0	0		周期の終わりで High 出力	GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで出力保持
1	1	0	0	1			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで Low 出力
1	1	0	1	0			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで High 出力
1	1	0	1	1			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでトグル出力
1	1	1	0	0		周期の終わりでトグル出力	GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで出力保持
1	1	1	0	1			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで Low 出力
1	1	1	1	0			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチで High 出力
1	1	1	1	1			GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチでトグル出力

- 注 1. 周期の終わりとは、のこぎり波のときはオーバーフロー（アップカウント動作時に GTCNT が GTPR から 0 になる）、アンダーフロー（ダウンカウント動作時に GTCNT が 0 から GTPR になる）、GTCNT カウンタクリア、三角波のときは谷（GTCNT が 0 から 1 になる）を示します。
- 注 2. コンペアマッチ動作時に、周期の終わり GTCCRA/GTCCRB コンペアマッチのタイミングが一致した場合、のこぎり波 PWM モードでは b3-b2 の設定値が優先され、それ以外のモードでは b1-b0 の設定値が優先されます。
- 注 3. イベントカウント動作時（GTUPSR レジスタまたは GTDNSR レジスタの各ビットのうち、少なくともひとつのビットが 1 の状態の場合）、b3-b2 の設定は無効です。

21.2.15 GTINTAD : 汎用 PWM タイマ割り込み出力設定レジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1, 2)
 GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0x38

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	GRPA BL	GRPA BH	—	—	—	GRP[1:0]	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
23:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
25:24	GRP[1:0]	出力禁止要因選択 0 0: グループ A 出力禁止要因選択 0 1: グループ B 出力禁止要因選択 1 0: グループ C 出力禁止要因選択 1 1: グループ D 出力禁止要因選択	R/W
28:26	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
29	GRPABH	同時出力レベル High 禁止要求許可 0: 同時出力レベル High 禁止要求を禁止 1: 同時出力レベル High 禁止要求を許可	R/W
30	GRPABL	同時出力レベル Low 禁止要求許可 0: 同時出力レベル Low 禁止要求を禁止 1: 同時出力レベル Low 禁止要求を許可	R/W
31	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

GTINTAD レジスタは、割り込み要求、および出力禁止要求の許可/禁止を設定するレジスタです。

GRP[1:0]ビット (出力禁止要因選択)

GPT から POEG への出力禁止要求のグループと、POEG から GPT への GTIOCnA 端子と GTIOCnB 端子の出力禁止のグループを選択します。

POEG への出力禁止要求は、それぞれの禁止要求許可ビットに続くデッドタイムエラー、同時 High 出力、同時 Low 出力要因とともに、GRP[1:0]ビットで選択されたグループへ出力されます。

GTST.ODF は GRP[1:0]ビットで選択した出力禁止要因グループの要求を示します。GTIOR.OAE ビットと GTIOR.OBE ビットがともに 0 の場合に GRP[1:0]ビットを設定してください。

GRPABH ビット (同時出力レベル High 禁止要求許可)

GRPABH ビットは GTIOCnA 端子と GTIOCnB 端子が同時に 1 を出力する場合に、出力禁止要求を許可または禁止します。

GRPABL ビット (同時出力レベル Low 禁止要求許可)

GRPABL ビットは GTIOCnA 端子と GTIOCnB 端子が同時に 0 を出力する場合に、出力禁止要求を許可または禁止します。

21.2.16 GTST : 汎用 PWM タイマステータスレジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1, 2)
GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0x3C

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	PCF	OABL F	OABH F	—	—	—	—	ODF	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	TUCF	—	—	—	—	—	—	—	TCFP U	TCFP O	TCFF	TCFE	TCFD	TCFC	TCFB	TCFA
Value after reset:	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	TCFA	インプットキャプチャ/コンペアマッチフラグ A 0: GTCCRA インプットキャプチャ/コンペアマッチの発生なし 1: GTCCRA インプットキャプチャ/コンペアマッチの発生あり	R/W(注1)
1	TCFB	インプットキャプチャ/コンペアマッチフラグ B 0: GTCCRB インプットキャプチャ/コンペアマッチの発生なし 1: GTCCRB インプットキャプチャ/コンペアマッチの発生あり	R/W(注1)
2	TCFC	インプットコンペアマッチフラグ C 0: GTCCRC コンペアマッチの発生なし 1: GTCCRC コンペアマッチの発生あり	R/W(注1)
3	TCFD	インプットコンペアマッチフラグ D 0: GTCCRD コンペアマッチの発生なし 1: GTCCRD コンペアマッチの発生あり	R/W(注1)

ビット	シンボル	機能	R/W
4	TCFE	インプットコンペアマッチフラグ E 0: GTCCRE コンペアマッチの発生なし 1: GTCCRE コンペアマッチの発生あり	R/W(注1)
5	TCFF	インプットコンペアマッチフラグ F 0: GTCCRF コンペアマッチの発生なし 1: GTCCRF コンペアマッチの発生あり	R/W(注1)
6	TCFPO	オーバーフローフラグ 0: オーバーフロー (山) の発生なし 1: オーバーフロー (山) の発生あり	R/W(注1)
7	TCFPU	アンダーフローフラグ 0: アンダーフロー (谷) の発生なし 1: アンダーフロー (谷) の発生あり	R/W(注1)
14:8	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
15	TUCF	カウント方向フラグ 0: GTCNT カウンタはダウンカウント 1: GTCNT カウンタはアップカウント	R
23:16	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
24	ODF	出力禁止フラグ 0: 出力禁止要求の発生なし 1: 出力禁止要求の発生あり	R
28:25	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
29	OABHF	同時出力レベル High フラグ 0: GTIOCnA 端子と GTIOCnB 端子は同時に 1 を出力していない 1: GTIOCnA 端子と GTIOCnB 端子は同時に 1 を出力した	R
30	OABLF	同時出力レベル Low フラグ 0: GTIOCnA 端子と GTIOCnB 端子は同時に 0 を出力していない 1: GTIOCnA 端子と GTIOCnB 端子は同時に 0 を出力した	R
31	PCF	周期計数機能終了フラグ 0: 周期計数機能が終了していない 1: 周期計数機能が終了した	R/W(注1)

注 1. このビットは 0 のみ書けます。1 を書かないでください。

GTST レジスタは、GPT の状態を示します。

TCFA フラグ (インプットキャプチャ/コンペアマッチフラグ A)

TCFA フラグは GTCCRA のインプットキャプチャまたはコンペアマッチのステータスを示します。

[1 になる条件]

- GTCCRA レジスタがコンペアマッチレジスタとして機能している場合、GTCNT カウンタ値 = GTCCRA 値になったとき
- GTCCRA レジスタがインプットキャプチャレジスタとして機能している場合、インプットキャプチャ信号によって GTCNT カウンタ値が GTCCRA レジスタに転送されたとき

[0 になる条件]

- このフラグに 0 を書いたとき

TCFB フラグ (インプットキャプチャ/コンペアマッチフラグ B)

TCFB フラグは GTCCRB のインプットキャプチャまたはコンペアマッチのステータスを示します。

[1 になる条件]

- GTCCRB レジスタがコンペアマッチレジスタとして機能している場合、GTCNT カウンタ値 = GTCCRB 値になったとき
- GTCCRB レジスタがインプットキャプチャレジスタとして機能している場合、インプットキャプチャ信号によって GTCNT カウンタの値が GTCCRB レジスタに転送されたとき

[0 になる条件]

- このフラグに 0 を書いたとき

TCFC フラグ (インプットコンペアマッチフラグ C)

TCFC フラグは GTCCRC のコンペアマッチのステータスを示します。

GTCCRC がバッファ動作を実行するとき、GTCCRC はコンペアマッチをしません。

[1 になる条件]

- GTCNT カウンタ値 = GTCCRC レジスタ値になったとき

[0 になる条件]

- このフラグに 0 を書いたとき

[比較を行わない条件]

- GTCR.MD[2:0] = 001b (のこぎり波ワンショットパルスモード)
- GTCR.MD[2:0] = 110b (三角波 PWM モード 3)
- GTBER.CCRA[1:0] = 01b、10b、11b (GTCCRC レジスタがバッファ動作)

TCFD フラグ (インプットコンペアマッチフラグ D)

TCFD フラグは GTCCRD のコンペアマッチのステータスを示します。

GTCCRD がバッファ動作を実行するとき、GTCCRD はコンペアマッチをしません。

[1 になる条件]

- GTCNT カウンタ値 = GTCCRD レジスタ値になったとき

[0 になる条件]

- このフラグに 0 を書いたとき

[比較を行わない条件]

- GTCR.MD[2:0] = 001b (のこぎり波ワンショットパルスモード)
- GTCR.MD[2:0] = 110b (三角波 PWM モード 3)
- GTBER.CCRA[1:0] = 10b、11b (GTCCRD レジスタがバッファ動作)

TCFE フラグ (インプットコンペアマッチフラグ E)

TCFE フラグは GTCCRE のコンペアマッチのステータスを示します。

GTCCRE がバッファ動作を実行するとき、GTCCRE はコンペアマッチをしません。

[1 になる条件]

- GTCNT カウンタ値 = GTCCRE レジスタ値になったとき

[0 になる条件]

- このフラグに 0 を書いたとき

[比較を行わない条件]

- GTCR.MD[2:0] = 001b (のこぎり波ワンショットパルスモード)
- GTCR.MD[2:0] = 110b (三角波 PWM モード 3)
- GTBER.CCRB[1:0] = 01b、10b、11b (GTCCRE レジスタがバッファ動作)

TCFF フラグ (インプットコンペアマッチフラグ F)

TCFF フラグは GTCCRF のコンペアマッチのステータスを示します。

GTCCRF がバッファ動作を実行するとき、GTCCRF はコンペアマッチをしません。

[1 になる条件]

- GTCNT カウンタ値 = GTCCRIF レジスタ値になったとき

[0 になる条件]

- このフラグに 0 を書いたとき

[比較を行わない条件]

- GTCR.MD[2:0] = 001b (のこぎり波ワンショットパルスモード)
- GTCR.MD[2:0] = 110b (三角波 PWM モード 3)
- GTBER.CCRB[1:0] = 10b、11b (GTCCRIF レジスタがバッファ動作)

TCFPO フラグ (オーバーフローフラグ)

TCFPO フラグはオーバーフローまたは山が発生したことを示します。

[1 になる条件]

- のこぎり波モードにおいて、オーバーフロー (アップカウント時に GTCNT カウンタが GTPR 値から 0 に変化) が発生したとき
- 三角波モードにおいて、山 (GTCNT カウンタが GTPR 値から GTPR 値-1 に変化) が発生したとき
- ハードウェア要因によるカウントで、オーバーフロー (アップカウント時に GTCNT カウンタ値が GTPR 値から 0 に変化) が発生したとき

[0 になる条件]

- このフラグに 0 を書いたとき

TCFPU フラグ (アンダーフローフラグ)

TCFPU フラグはアンダーフローまたは谷が発生したことを示します。

[1 になる条件]

- のこぎり波モードにおいて、アンダーフロー (ダウンカウント時に GTCNT カウンタが 0 から GTPR 値に変化) が発生したとき
- 三角波モードにおいて、谷 (GTCNT カウンタが 0 から 1 に変化) が発生したとき
- ハードウェア要因によるカウントで、アンダーフロー (ダウンカウント時に GTCNT カウンタが 0 から GTPR 値に変化) が発生したとき

[0 になる条件]

- このフラグに 0 を書いたとき

TUCF フラグ (カウント方向フラグ)

TUCF フラグは GTCNT カウンタのカウント方向を示します。イベントカウント動作で、このフラグはアップカウント時に 1、ダウンカウント時に 0 になります。

ODF フラグ (出力禁止フラグ)

ODF フラグは GRP[1:0] ビットで選択する出力禁止要因グループの要求を示します。

出力が禁止された場合、出力禁止要求がネゲートされる周期内では、出力禁止制御は解除されません。次の周期に解除されます。

OABHF フラグ (同時出力レベル High フラグ)

OABHF フラグは GTIOCnA 端子と GTIOCnB 端子が同時に 1 を出力したことを示します。

GTIOCnA 端子または GTIOCnB 端子が 0 を出力した場合、このフラグは 0 に戻ります。このフラグは読み出し専用です。このフラグをクリアするための 0 の書き込みはしないでください。

OABHF フラグによる出力禁止要求が許可 (GTINTAD.GRPABH ビット = 1) されている場合、OABHF フラグが出力禁止要求として POEG に出力されます。GPT には出力が同時に High に駆動されていることを示す割り込みがありません。割り込みが必要な場合、POEG の割り込み機能を使用します。

[1 になる条件]

- OAE ビットと OBE ビットが両方とも 1 になっている場合に、GTIOCnA 端子と GTIOCnB 端子が同時に 1 を出力したとき

[0 になる条件]

- OAE ビットと OBE ビットが両方とも 1 になっている場合に、GTIOCnA 端子と GTIOCnB 端子の出力値が異なるとき
- OAE ビットと OBE ビットが両方とも 1 になっている場合に、GTIOCnA 端子と GTIOCnB 端子が同時に 0 を出力したとき
- OAE ビットと OBE ビットのどちらかが 0 になったとき

OABLF フラグ (同時出力レベル Low フラグ)

OABLF フラグは GTIOCnA 端子と GTIOCnB 端子が同時に 0 を出力したことを示します。

GTIOCnA 端子または GTIOCnB 端子が 1 を出力した場合、このフラグは 0 に戻ります。このフラグは読み出し専用です。このフラグをクリアするための 0 の書き込みはしないでください。

OABLF フラグによる出力禁止要求が許可 (GTINTAD.GRPABL ビット = 1) されている場合、OABLF フラグが出力禁止要求として POEG に出力されます。GPT には出力が同時に Low に駆動されていることを示す割り込みがありません。割り込みが必要な場合、POEG の割り込み機能を使用します。

[1 になる条件]

- OAE ビットと OBE ビットが両方とも 1 になっている場合に、GTIOCnA 端子と GTIOCnB 端子が同時に 0 を出力したとき

[0 になる条件]

- OAE ビットと OBE ビットが両方とも 1 になっている場合に、GTIOCnA 端子と GTIOCnB 端子の出力値が異なるとき
- OAE ビットと OBE ビットが両方とも 1 になっている場合に、GTIOCnA 端子と GTIOCnB 端子が同時に 1 を出力したとき
- OAE ビットと OBE ビットのどちらかが 0 になったとき

OABHF/OABLF フラグを生成する比較対象信号は、出力禁止機能でマスクされる前のコンペアマッチ出力 (PWM 出力) 信号です。出力禁止条件下においても、内部ではコンペアマッチ動作が継続します。OABHF フラグまたは OABLF フラグが動作結果に基づいて更新されます。

PCF フラグ (周期計数機能終了フラグ)

本フラグは周期計数機能終了のステータスフラグです。

[1 になる条件]

- 周期の終わりで GTPC.PCEN ビットが 1、GTPC.PCNT カウンタが 1 のとき
- カウントクロックで GTPC.PCEN ビットが 1、GTPC.PCNT カウンタが 0 のとき

[0 になる条件]

- このフラグに 0 を書いたとき

21.2.17 GTBER : 汎用 PWM タイマバッファイネーブルレジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1, 2)
GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0x40

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	CCRS WT	PR[1:0]	CCRB[1:0]	CCRA[1:0]			
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	BD1	BD0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	BD0	GTCCR バッファ動作禁止 0: バッファ動作を許可 1: バッファ動作を禁止	R/W
1	BD1	GTPR バッファ動作禁止 0: バッファ動作を許可 1: バッファ動作を禁止	R/W
15:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
17:16	CCRA[1:0]	GTCCRA バッファ動作 00: バッファ動作しない 01: シングルバッファ動作 (GTCCRA レジスタ ↔ GTCCRC レジスタ) その他: ダブルバッファ動作 (GTCCRA レジスタ ↔ GTCCRC レジスタ ↔ GTCCRD レジスタ)	R/W
19:18	CCRB[1:0]	GTCCRB バッファ動作 00: バッファ動作しない 01: シングルバッファ動作 (GTCCRB レジスタ ↔ GTCCRE レジスタ) その他: ダブルバッファ動作 (GTCCRB レジスタ ↔ GTCCRE レジスタ ↔ GTCCRF レジスタ)	R/W
21:20	PR[1:0]	GTPR バッファ動作 00: バッファ動作しない 01: シングルバッファ動作 (GTPBR → GTPR) その他: 設定禁止	R/W
22	CCRSWT	GTCCRA・GTCCRB 強制バッファ動作 1 を書くと GTCCRA および GTCCRB レジスタのバッファ転送を強制的に行います。このビットは 1 を書いた後、自動的に 0 に戻ります。読むと 0 が読めます。	W
31:23	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

GTBER レジスタは、バッファ動作を設定するレジスタです。GTBER レジスタは、GTCNT カウンタが停止しているときに設定する必要があります。

BD0 ビット (GTCCR バッファ動作禁止)

BD0 ビットは GTCCRA、GTCCRB、GTCCRC、GTCCRD、GTCCRE、および GTCCRF レジスタを組み合わせたバッファ動作を禁止します。

GTDTCSR.TDE ビットが 1 のとき、BD0 ビットを 0 にしても、GTCCRB レジスタはバッファ動作を行いません。GTCCRB レジスタは、デッドタイム付き逆相波形のコンペアマッチ値に自動的に設定されます。

GTSECSR レジスタにより 1 を書き込まれたビットの配置に対応するチャンネルの BD0 ビット値は、GTSECR.SBDCE または GTSECR.SBDCE に 1 が書き込まれた場合に設定可能です。

BD1 ビット (GTPR バッファ動作禁止)

BD1 ビットは GTPR、および GTPBR レジスタを組み合わせたバッファ動作を禁止します。

GTSECSR レジスタにより 1 を書き込まれたビットの配置に対応するチャンネルの BDI ビット値は、GTSECR.SBDPE または GTSECR.SBDPD に 1 が書き込まれた場合に設定可能です。

CCRA[1:0]ビット (GTCCRA バッファ動作)

CCRA[1:0]ビットは GTCCRA、GTCCRC、および GTCCRD レジスタを組み合わせたバッファ動作を設定します。GTCR レジスタで設定した動作モードによってバッファ動作が制限される場合は、GTCR レジスタの設定が優先されます。

のこぎり波ワンショットパルスモード、または三角波 PWM モード 3 (谷 64 ビット転送) では、バッファ動作モードは固定されます。

CCRB[1:0]ビット (GTCCRB バッファ動作)

CCRB[1:0]ビットは GTCCRB、GTCCRE、および GTCCRF レジスタを組み合わせたバッファ動作を設定します。GTCR レジスタで設定した動作モードによってバッファ動作が制限される場合は、GTCR レジスタの設定が優先されます。

のこぎり波ワンショットパルスモード、または三角波 PWM モード 3 (谷 64 ビット転送) では、バッファ動作モードは固定されます。

PR[1:0]ビット (GTPR バッファ動作)

PR[1:0]ビットは GTPR、および GTPBR レジスタを組み合わせたバッファ動作を設定します。

CCRSWT ビット (GTCCRA・GTCCRB 強制バッファ動作)

CCRSWT ビットに 1 を書くと GTCCRA および GTCCRB レジスタのバッファ転送を強制的に行います。このビットは 1 を書いた後、自動的に 0 に戻ります。本ビットは 0 が読み出され、カウントストップ時にコンペアマッチ動作が設定されている場合にのみ有効です。

21.2.18 GTCNT : 汎用 PWM タイマカウンタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1, 2)
GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0x48

Bit position: 31 0

Bit field:

Value after reset: 0

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	n/a	GTCNT は GPT32n (n = 1, 2) 用の 32 ビットの読み出し/書き込みカウンタです。 GPT16m (m = 4, 5) の場合、GTCNT は 16 ビットレジスタになります。GTCNT はカウント停止後に書き込みのみ可能です。 GPT16m (m = 4, 5) の場合、32 ビット単位アクセス時の上位 16 ビットは、読むと常に 0x0000 が読み出され、書き込みは無視されます。 GTCNT カウンタは、0 ≤ GTCNT ≤ GTPR の範囲に収まるように設定してください。	R/W

21.2.19 GTCCRk : 汎用 PWM タイマコンペアキャプチャレジスタ k (k = A~F)

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1, 2)
 GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0x4C (GTCCRA)
 0x50 (GTCCRB)
 0x54 (GTCCRC)
 0x58 (GTCCRE)
 0x5C (GTCCRD)
 0x60 (GTCCRF)

Bit position: 31 0

Bit field:

Value after reset: (注1) 1

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	n/a	GTCCRk レジスタは読み出し/書き込みレジスタです。GTCCRk レジスタの有効ビット幅は、GTCNT カウンタの有効ビット幅と同じ (16 ビットまたは 32 ビット) です。GTCCRk レジスタの有効ビット幅が 16 ビットの場合、32 ビットアクセスした場合の上位 16 ビットは、常に、書き込みは無効、読み出し値は 0x0000 です。 GTCCRA レジスタと GTCCRB レジスタは、アウトプットコンペア/インプットキャプチャ兼用のレジスタです。GTCCRC レジスタと GTCCRE レジスタはコンペアマッチレジスタであり、GTCCRA レジスタと GTCCRB レジスタ用のバッファレジスタとしても機能します。 GTCCRD レジスタと GTCCRF レジスタはコンペアマッチレジスタであり、GTCCRC レジスタと GTCCRE レジスタ用のバッファレジスタ (GTCCRA レジスタと GTCCRB レジスタ用のダブルバッファレジスタ) としても機能します。	R/W

注 1. GPT16m (m = 4, 5) の場合、上位 16 ビット部分のリセット後の値は 0x0000 です。

21.2.20 GTPR : 汎用 PWM タイマ周期設定レジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1, 2)
 GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0x64

Bit position: 31 0

Bit field:

Value after reset: (注1) 1

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	n/a	GTPR レジスタは、読み出し/書き込み可能なレジスタで、GTCNT カウンタのカウンタ最大値を設定するレジスタです。GTPR レジスタの有効ビット幅は、GTCNT カウンタの有効ビット幅と同じ (16 ビットまたは 32 ビット) です。GTPR レジスタの有効ビット幅が 16 ビットの場合、32 ビットアクセスした場合の上位 16 ビットは、常に、書き込みは無効、読み出し値は 0x0000 です。 のこぎり波の場合は、(GTPR + 1) の値が周期になります。三角波の場合は、(GTPR × 2) の値が周期になります。	R/W

注 1. GPT16m (m = 4, 5) の場合、上位 16 ビット部分のリセット後の値は 0x0000 です。

21.2.21 GTPBR : 汎用 PWM タイマ周期設定バッファレジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1, 2)
GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0x68

Bit position: 31 0
Bit field:

Value after reset:
(注1) 1

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	n/a	GTPBR レジスタは、GTPR レジスタ用のバッファレジスタとして機能する、読み出し／書き込みレジスタです。GTPBR レジスタの有効ビット幅は、GTCNT カウンタの有効ビット幅と同じ（16 ビットまたは 32 ビット）です。GTPBR レジスタの有効ビット幅が 16 ビットの場合、32 ビットアクセスした場合の上位 16 ビットは、常に、書き込みは無効、読み出し値は 0x0000 です。	R/W

注 1. GPT16m (m = 4, 5) の場合、上位 16 ビット部分のリセット後の値は 0x0000 です。

21.2.22 GTDTCR : 汎用 PWM タイマデッドタイムコントロールレジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1, 2)
GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0x88

Bit position: 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16
Bit field:

—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
Bit field:

—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	TDE
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	TDE	逆相波形設定 0: GTDVU レジスタを使用しないで、GTCCRB レジスタを設定する 1: GTDVU レジスタを使用して、デッドタイム付き逆相波形のコンペアマッチ値を GTCCRB レジスタに自動設定する	R/W
31:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

GTDTCR レジスタは、デッドタイム付き逆相波形のコンペアマッチ値の自動設定を許可するレジスタです。GPT にはデッドタイム制御機能があります。デッドタイム値の設定には GTDVU レジスタを使用します。

TDE ビット (逆相波形設定)

TDE ビットは GTDVU レジスタを使用するか否かを指定します。GTDVU レジスタを使用する場合、正相波形のコンペアマッチ値 (GTCCRA 値) とデッドタイム値 (GTDVU 値) から算出されたデッドタイム付き逆相波形のコンペアマッチ値が、GTCCRB レジスタに自動設定されます。

TDE ビットの設定値は、のこぎり波 PWM モードでは無視され、GTCCRB レジスタで自動設定は行われません。

GTCCRB レジスタ値が自動設定されるとき、下記のような上限／下限値があります。算出された GTCCRB 値がこの範囲に収まらない場合、GTCCRB レジスタには下記の制限値が設定されます。

- 三角波の場合
上限値：GTPR 値 - 1
下限値：アップカウント時は 1、ダウンカウント時は 0
- のこぎり波ワンショットパルスモードの場合

上限値 : GTPR 値
 下限値 : 0

21.2.23 GTDVU : 汎用 PWM タイマデッドタイム値レジスタ U

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1, 2)
 GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0x8C

Bit position: 31

0

Bit field:

Value after reset:
(注1)

1 1

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	n/a	GTDVU レジスタは、PWM 波形を生成するためのデッドタイム値を設定する、読み出し/書き込みレジスタです。GTDVU レジスタの有効ビット幅は、GTCNT カウンタの有効ビット幅と同じ (16 ビットまたは 32 ビット) です。GTDVU レジスタの有効ビット幅が 16 ビットの場合、32 ビットアクセスした場合の上位 16 ビットは、常に、書き込みは無効、読み出し値は 0x0000 です。 GTPR 以上の GTDVU 値は設定しないでください。また、デッドタイム自動設定機能を使用する場合、波形の変化ポイントがカウント周期を超えるような設定をしないでください。GTCCRB レジスタを読み出すことによって、デッドタイム自動設定機能で設定されたデッドタイム付加後の逆相波形用変化ポイントの確認が可能です。GTDVU レジスタを使用する場合、GTCCRB レジスタへの書き込みはしないでください。このレジスタ値を 0 にすると、デッドタイムなしの波形が出力されます。 GPT の動作中は、GTDVU レジスタ値の変更はしないでください。GTDVU を新しい値に変更するには、GTCR レジスタの CST ビットで GPT を停止してください。	R/W

注 1. GPT16m (m = 4, 5) の場合、上位 16 ビット部分のリセット後の値は 0x0000 です。

21.2.24 GTICLF : 汎用 PWM タイマチャンネル間論理演算機能設定レジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1, 2)
 GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0xB8

Bit position: 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16

Bit field:

—	—	—	—	—	—	ICLSEL5[5:0]					—	ICLFB[2:0]	
---	---	---	---	---	---	--------------	--	--	--	--	---	------------	--

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

—	—	—	—	—	—	ICLSEL6[5:0]					—	ICLFA[2:0]	
---	---	---	---	---	---	--------------	--	--	--	--	---	------------	--

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	ICLFA[2:0]	GTIOCnA 出力論理演算機能選択 0 0 0: A (遅延なし) 0 0 1: NOT A (遅延なし) 0 1 0: C (1PCLKD サイクル遅延) 0 1 1: NOT C (1PCLKD サイクル遅延) 1 0 0: A AND C (1PCLKD サイクル遅延) (注2) 1 0 1: A OR C (1PCLKD サイクル遅延) (注2) 1 1 0: A EXOR C (1PCLKD サイクル遅延) (注2) 1 1 1: A NOR C (1PCLKD サイクル遅延) (注2)	R/W
3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
9:4	ICLFSELC[5:0]	チャンネル間信号 C 選択(注1)(注2) 0x00: GTIOC0A 0x01: GTIOC0B 0x02: GTIOC1A 0x03: GTIOC1B 0x04: GTIOC2A 0x05: GTIOC2B 0x06: GTIOC3A 0x07: GTIOC3B : : 0x3E: GTIOC31A 0x3F: GTIOC31B	R/W
15:10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
18:16	ICLFB[2:0]	GTIOCnB 出力論理演算機能選択 0 0 0: B (遅延なし) 0 0 1: NOT B (遅延なし) 0 1 0: D (1PCLKD サイクル遅延) 0 1 1: NOT D (1PCLKD サイクル遅延) 1 0 0: B AND D (1PCLKD サイクル遅延) (注3) 1 0 1: B OR D (1PCLKD サイクル遅延) (注3) 1 1 0: B EXOR D (1PCLKD サイクル遅延) (注3) 1 1 1: B NOR D (1PCLKD サイクル遅延) (注3)	R/W
19	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
25:20	ICLFSELD[5:0]	チャンネル間信号 D 選択(注1)(注3) 0x00: GTIOC0A 0x01: GTIOC0B 0x02: GTIOC1A 0x03: GTIOC1B 0x04: GTIOC2A 0x05: GTIOC2B 0x06: GTIOC3A 0x07: GTIOC3B : : 0x3E: GTIOC31A 0x3F: GTIOC31B	R/W
31:26	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. 出力禁止制御を実行する前に、信号が選択されます。

注 2. チャンネル自身の GTIOCnA が選択されると、C は 1 として扱われます。

注 3. チャンネル自身の GTIOCnB が選択されると、D は 1 として扱われます。

GTICLF レジスタはコンペアマッチ出力間の論理演算機能を設定します。コンペアマッチ制御後にデューティ 0%/100%処理を行った信号に対して、論理演算が実行されます。(出力禁止制御は論理演算後の信号に対して実行されます。)

GTICLF への 8 ビット単位でのアクセスはしないでください。

ICLFm[2:0]ビット (GTIOCm 出力論理演算機能選択) (m = A, B)

これらのビットにより、GTIOCm の出力禁止制御をする前の信号間の論理演算式を選択します。GPT 出力のハザードを防ぐため、論理演算後の信号は、PCLKD でデータが取り込まれます。データが取り込まれたら、出力禁止制御を実行します。1 PCLKD サイクルの遅延を生じる論理演算式を選択したとき、出力許可信号も同様に 1 PCLKD サイクル遅延して出力禁止制御に入力されます。

論理演算機能 AND、OR、EXOR、および NOR に対して同じ信号が選択されると、1 つの信号は 1 として扱われます。

ICLFSELk[5:0]ビット (チャンネル間信号 k 選択) (k = C, D)

本ビットは、GTIOCnm に対する出力禁止制御を実行する前に、論理演算が実行される信号 k を選択します。

21.2.25 GTPC : 汎用 PWM タイマ周期カウントレジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1)
GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0xBC

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	PCNT[11:0]											
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	ASTP	—	—	—	—	—	—	—	PCEN
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PCEN	周期計数機能許可 0: 周期計数機能は禁止 1: 周期計数機能は許可	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
8	ASTP	自動停止機能許可 0: 自動停止機能は禁止 1: 自動停止機能は許可	R/W
15:9	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
27:16	PCNT[11:0]	周期カウンタ 周期計数のカウンタ	R/W
31:28	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

GTPC レジスタは周期回数をカウントします。

PCEN ビット (周期計数機能許可)

周期計数機能を許可/禁止します。

計数が進行中、停止中いずれにおいても書き込み可能です。

GTSECR.SPCE ビットまたは GTSECR.SPCD ビットのどちらかに 1 が書き込まれたとき、GTSECSR レジスタにより 1 が設定されたチャンネルの PCEN ビットに値が同時に設定されます。

ASTP ビット (自動停止機能許可)

周期計数終了後の GTCNT カウンタ自動停止を許可/禁止します。

PCEN ビットが 0 のとき、書き込み可能です。

PCEN ビットが 1 のとき、書き込み禁止です。

PCEN ビットが 1 のとき、ASTP ビットが 1 でありかつ PCNT カウンタが PCNT = 0 で停止すると、GTCNT カウンタも停止します。ASTP ビットが 0 のときは、GTCNT はカウント動作を継続します。

PCNT[11:0] ビット (周期カウンタ)

周期回数をカウントするカウンタです。

PCEN ビットが 0 のとき、周期回数を書き込み可能です。

PCEN ビットが 1 のとき、書き込みは無効であり、周期の終わりでダウンカウントが実行されます。のこぎり波モードの場合、周期の終わりがオーバーフロー、アンダーフロー、またはカウンタクリアを表します。三角波モードの場合は、それは谷を表します。

周期の終わりに PCNT カウンタが 1 であるとき、カウンタは 0 になり、計数を停止します。

周期計数機能が許可された状態で、GTCNT カウンタが停止したとき、PCNT カウンタはその値を保持します。GTCNT カウンタがカウントを再開して PCEN ビットが 1 のとき、PCNT カウンタは保持していた値からダウンカウントを再開します。

PCNT カウンタが 0 かつ ASTP ビットが 1 の間に PCEN ビットが 0 から 1 に変化するとき、GTCNT カウンタがその直後にカウントクロックで停止します。

21.2.26 GTSECSR : 汎用 PWM タイマ動作許可ビット同時制御チャネル選択レジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1, 2)
GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4, 5)

Offset address: 0xD0

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	SECS EL7	SECS EL6	SECS EL5	SECS EL4	SECS EL3	SECS EL2	SECS EL1	SECS EL0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SECSEL0	チャンネル 0 動作許可ビット同時制御チャネル選択 0: 同時制御禁止 1: 同時制御許可	R/W
1	SECSEL1	チャンネル 1 動作許可ビット同時制御チャネル選択 0: 同時制御禁止 1: 同時制御許可	R/W
2	SECSEL2	チャンネル 2 動作許可ビット同時制御チャネル選択 0: 同時制御禁止 1: 同時制御許可	R/W
3	SECSEL3	チャンネル 3 動作許可ビット同時制御チャネル選択 0: 同時制御禁止 1: 同時制御許可	R/W
4	SECSEL4	チャンネル 4 動作許可ビット同時制御チャネル選択 0: 同時制御禁止 1: 同時制御許可	R/W
5	SECSEL5	チャンネル 5 動作許可ビット同時制御チャネル選択 0: 同時制御禁止 1: 同時制御許可	R/W
6	SECSEL6	チャンネル 6 動作許可ビット同時制御チャネル選択 0: 同時制御禁止 1: 同時制御許可	R/W
7	SECSEL7	チャンネル 7 動作許可ビット同時制御チャネル選択 0: 同時制御禁止 1: 同時制御許可	R/W
9:8	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
31:10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

GTSECR レジスタにより動作許可ビットを更新するチャンネル n (n = 1, 2, 4, 5) を、GTSECSR レジスタで選択します。GTSECSR レジスタのビット位置はチャンネル番号を示します。各チャンネルの GTSECSR レジスタは共通レジスタで、任意のチャンネルの GTSECSR レジスタのビットに 1 を書き込み更新すると、GTSECSR レジスタにより 1 が書き込まれたビット位置に対応するチャンネルを GTSECR レジスタによる動作許可ビットで同時制御できるようにします。

セキュリティ属性がセキュアとして構成されたチャンネルに対応するビットは非セキュアアクセスで読み出し可能ですが、非セキュアアクセスで書き込みはできません。例えば、GPT チャンネル 1 がセキュアとして構成され、

ほかの GPT が非セキュアで構成されている場合、SECSEL1 ビットは、GPT322.GTSECSR レジスタへの非セキュアアクセスで書き込みできません。また、GPT チャンネル 1 の同時制御ステータスは変更されません。前の例と同じセキュリティ構成の非セキュアアクセスで GPT322.GTSECSR レジスタを読み出したときは、GPT チャンネル 1 (SECSEL1 ビット) の同時制御ステータスも読みだせます。

GTSECSR へ 8 ビット単位、16 ビット単位でのアクセスはしないでください。32 ビット単位でアクセスしてください。

SECSELn ビット (動作許可ビット同時制御チャンネル選択) (n = 1、2、4、5)

本ビットはチャンネル n の動作許可の同時制御を許可または禁止します。

本ビットを 1 にすると、同時制御が許可されます。本ビットを 0 にすると、同時制御が禁止されます。

21.2.27 GTSECR : 汎用 PWM タイマ動作許可ビット同時制御レジスタ

Base address: GPT32n = 0x4016_9000 + 0x0100 × n (n = 1、2)
GPT16m = 0x4016_9000 + 0x0100 × m (m = 4、5)

Offset address: 0xD4

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	SPCD	—	—	—	—	—	—	—	SPCE
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	SBDP D	SBDC D	—	—	—	—	—	—	SBDP E	SBDC E
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SBDCE	GTCCR レジスタバッファ動作同時許可 0: GTCCR レジスタバッファ動作を同時許可しない 1: GTCCR レジスタバッファ動作を同時許可する	R/W
1	SBDPE	GTPR レジスタバッファ動作同時許可 0: GTPR レジスタバッファ動作の同時許可を禁止 1: GTPR レジスタバッファ動作を同時許可	R/W
7:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
8	SBDCD	GTCCR レジスタバッファ動作同時禁止 0: GTCCR レジスタバッファ動作を同時禁止しない 1: GTCCR レジスタバッファ動作を同時禁止する	R/W
9	SBDPD	GTPR レジスタバッファ動作同時禁止 0: GTPR レジスタバッファ動作の同時禁止を禁止 1: GTPR レジスタバッファ動作を同時禁止	R/W
15:10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
16	SPCE	周期計数機能の同時許可 0: 周期計数機能を同時許可しない 1: 周期計数機能を同時許可する	R/W
23:17	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
24	SPCD	周期計数機能の同時禁止 0: 周期計数機能を同時禁止しない 1: 周期計数機能を同時禁止する	R/W
31:25	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

GTSECR レジスタは、GTSECSR レジスタで設定されたチャンネルの動作許可ビットの値を同時に更新します。

任意のチャンネルの GTSECR レジスタのビットに 1 を書き込み更新すると、全ての GTSECSR レジスタで 1 が書かれたビット位置に関連する全チャンネルの動作許可ビットを更新します。

セキュリティ属性がセキュアに設定されているチャンネルの GTSECR レジスタは、非セキュアアクセスで書き込みできません。例えば、GPTn がセキュアに設定され、他の GPT が非セキュアに設定されている場合、GPTn の同時制御が許可されていても、GPTn.GTSECR レジスタを GPTn+1.GTSECR レジスタへの非セキュアアクセスで書き込みできず、GPTn の同時制御ステータスは変更されません。

GTSECR レジスタの同じ動作許可ビットの許可/禁止ビットを 1 に設定することは禁止です。

1 を書き込んだビットは自動的にクリアされます。GTSECR は読むと 0 が読めます。

GTSECR レジスタは、8 ビットまたは 16 ビット単位でのアクセスは禁止です。32 ビット単位でアクセスしてください。

SBDCE ビット (GTCCR レジスタバッファ動作同時許可)

本ビットに 1 を書いたとき、GTSECSR レジスタで 1 が設定されたチャンネルの GTBER.BD[0] ビットに同時に 0 が設定され、GTCCRA、GTCCRC、GTCCRD レジスタと GTCCRB、GTCCRE、GTCCRF レジスタを使ったバッファ動作が許可されます。

SBDCE ビットと SBDCD ビットを同時に 1 に設定することは禁止です。

SBDPE ビット (GTPR レジスタバッファ動作同時許可)

本ビットに 1 を書いたとき、GTSECSR レジスタにより 1 が設定されたチャンネルの GTBER.BD[1] ビットに同時に 0 が設定され、GTPR、GTPBR レジスタによるバッファ動作が許可されます。

SBDPE ビットと SBDCD ビットを同時に 1 に設定することは禁止です。

SBDCD ビット (GTCCR レジスタバッファ動作同時禁止)

本ビットに 1 を書いたとき、GTSECSR レジスタで 1 が設定されたチャンネルの GTBER.BD[0] ビットに同時に 1 が設定され、GTCCRA、GTCCRC、GTCCRD レジスタと GTCCRB、GTCCRE、GTCCRF レジスタを使ったバッファ動作が禁止されます。

SBDCE ビットと SBDCD ビットを同時に 1 に設定することは禁止です。

SBDCD ビット (GTPR レジスタバッファ動作同時禁止)

本ビットに 1 を書いたとき、GTSECSR レジスタにより 1 が設定されたチャンネルの GTBER.BD[1] ビットに同時に 1 が設定され、GTPR、GTPBR レジスタによるバッファ動作が禁止されます。

SBDPE ビットと SBDCD ビットを同時に 1 に設定することは禁止です。

SPCE ビット (周期計数機能の同時許可)

本ビットに 1 を書いたとき、GTSECSR レジスタで 1 が設定されたチャンネルの GTPC.PCEN ビットに同時に 1 が設定され、周期計数機能が許可されます。

SPCE ビットと SPCD ビットを同時に 1 に設定することは禁止です。

SPCD ビット (周期計数機能の同時禁止)

本ビットに 1 を書いたとき、GTSECSR レジスタで 1 が設定されたチャンネルの GTPC.PCEN ビットに同時に 0 が設定され、周期計数機能が禁止されます。

SPCE ビットと SPCD ビットを同時に 1 に設定することは禁止です。

21.3 動作説明

21.3.1 基本動作

各チャンネルには 32 ビットおよび 16 ビットタイマがあり、各タイマは、カウントクロックとハードウェア要因を用いて周期的なカウント動作を実行します。カウント機能にはアップカウントとダウンカウントの両方があります。GTPR レジスタがカウント周期を制御します。

GTCNT カウンタ値が GTCCRA または GTCCRB レジスタの値に一致すると、対応する GTIOCnA 端子または GTIOCnB 端子からの出力を変更できます (n = 1, 2, 4, 5)。GTCCRA または GTCCRB レジスタは、ハードウェア要因によるインプットキャプチャレジスタとして使用できます。

GTCCRC および GTCCRD レジスタは、GTCCRA レジスタ用のバッファレジスタとしても機能します。また、GTCCRE および GTCCRF レジスタは、GTCCRB レジスタ用のバッファレジスタとしても機能します。

21.3.1.1 カウンタの動作

(1) カウンタスタート/ストップ

各チャンネルのカウンタは、GTCR.CST ビットを 1 にするとカウント動作を開始し、GTCR.CST ビットを 0 にするとカウント動作を停止します。GTCR.CST ビット値は以下の要因によって変化します。

- GTCR レジスタへの書き込み
- GTSSR.CSTRT ビットが 1 になっている場合、GTSTR レジスタの GPT チャンネル番号に対応したビットへの 1 の書き込み
- GTPSR.CSTOP ビットが 1 になっている場合、GTSTP レジスタの GPT チャンネル番号に対応したビットへの 1 の書き込み
- GTSSR レジスタで選択したハードウェア要因
- GTPSR レジスタで選択したハードウェア要因
- GTPC.ASTP ビットが 1 の状態での周期計数機能の終了

(2) カウントクロックによるアップカウント時の周期カウント動作

各チャンネルの GTCNT カウンタは、GTUPSR および GTDNSR レジスタを 0x00000000 にした状態で、対応する GTCR.CST ビットを 1 にすると、アップカウントを開始します。GTCNT カウンタ値が GTPR 値から 0 に変化（オーバーフロー）すると、GTST.TCFPO フラグが 1 になり、オーバーフロー割り込み (GPTn_OVF) も発生します。GTCNT カウンタはオーバーフロー後、0x00000000 からアップカウントを再開します。

図 21.3 にカウントクロックによるアップカウント時の周期カウント動作例を示します。

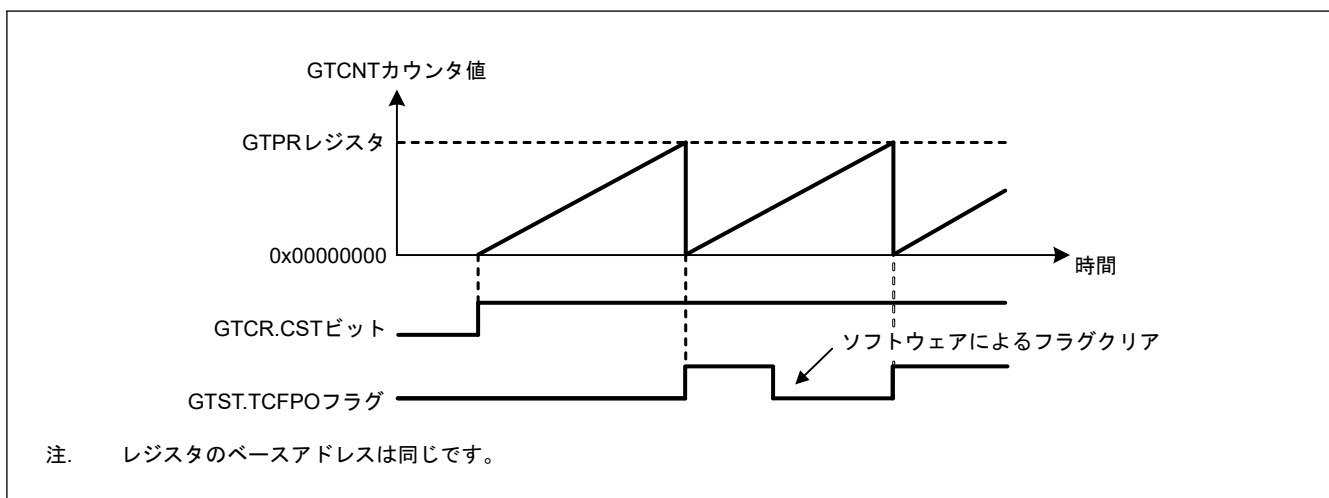


図 21.3 カウントクロックによるアップカウント時の周期カウント動作例

表 21.5 にカウントクロックによるアップカウント時の周期カウント動作例を示します。

表 21.5 カウントクロックによるアップカウント時の周期カウント動作の設定例

No.	ステップ名	説明
1	動作モード設定	GTCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定します。 (図 21.3 では 000b (のこぎり波 PWM モード) を設定)
2	カウント方向設定	GTUDDTYC レジスタでカウント方向 (アップ/ダウン) を設定します。 図 21.3 では GTUDDTYC[1:0]に 11b を設定してから GTUDDTYC[1:0]レジスタに 01b を設定します。(アップカウント)
3	カウントクロックの選択	GTCR.TPCS[3:0]ビットでカウントクロックを選択します。
4	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します
5	カウンタ初期値設定	GTCNT カウンタに初期値を設定します。(図 21.3 では 0x00000000 を設定)
6	カウント動作開始	GTCR.CST ビットを 1 にしてカウント動作を開始します。

(3) カウントクロックによるダウンカウント時の周期カウント動作

各チャンネルの GTCNT カウンタは、GTUPSR および GTDNSR レジスタを 0x00000000 にした状態で、GTUDDTYC.UD ビットを設定することにより、ダウンカウントを実行できます。GTCNT カウンタ値が 0 から GTPR 値に変化(アンダーフロー)すると、GTST.TCFPU フラグが 1 になり、アンダーフロー割り込み (GPTn_UDF) も発生します。GTCNT カウンタはアンダーフロー後、GTPR 値からダウンカウントを再開します。

図 21.4 にカウントクロックによるダウンカウント時の周期カウント動作例を示します。

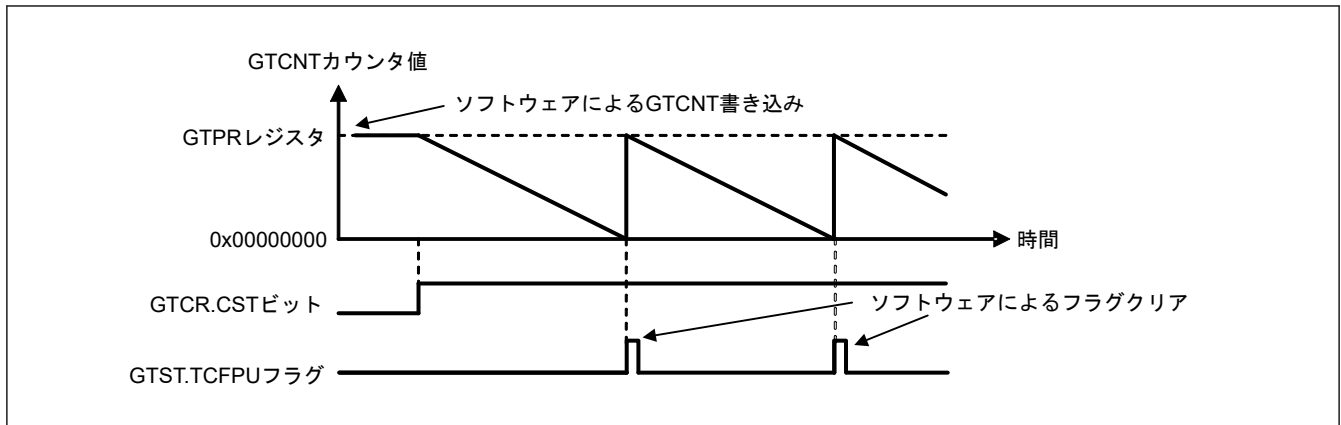


図 21.4 カウントクロックによるダウンカウント時の周期カウント動作例

表 21.6 にカウントクロックによるダウンカウント時の周期カウント動作の設定例を示します。

表 21.6 カウントクロックによるダウンカウント時の周期カウント動作の設定例

No.	ステップ名	説明
1	動作モード設定	GTCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定します。 (図 21.4 では 000b (のこぎり波 PWM モード) を設定)
2	カウント方向設定	GTUDDTYC レジスタでカウント方向を設定します。 図 21.4 では GTUDDTYC[1:0]に 10b を設定してから GTUDDTYC[1:0]レジスタに 00b を設定します。(ダウンカウント)
3	カウントクロックの選択	GTCR.TPCS[3:0]ビットでカウントクロックを選択します。
4	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します。
5	カウンタ初期値設定	GTCNT カウンタに初期値を設定します。 図 21.4 では GTPR 値を設定します。
6	カウント動作開始	GTCR.CST ビットを 1 にしてカウント動作を開始します。 図 21.4 では、CST ビットに 1 を設定します。

(4) ハードウェア要因によるアップカウント時のイベントカウント動作

各チャンネルのカウンタは、GTUPSR レジスタを設定することで、ハードウェア要因によるアップカウント動作を行う事が可能です。

GTUPSR レジスタが設定されている場合、GTCR.TPCS[3:0]ビットで選択したカウントクロック、および GTUDDTYC.UD ビットで設定したカウント方向は無効です。アップカウントのハードウェア要因とダウンカウントのハードウェア要因が同時に発生した場合、GTCNT カウンタ値は変化しません。ハードウェア要因によるアップカウント時のオーバーフロー動作は、カウントクロックによるアップカウント動作と同様です。

GTCR.CST ビットを 1 にしてハードウェア要因によるカウントアップを行うと、カウント動作が有効になります。カウント動作の開始は GTCR.TPCS[3:0]ビットで選択されたカウントクロックに同期しているため、GTCR.CST ビットを 1 にした後、GTCR.TPCS[3:0]ビットにより、1 カウントクロック期間は、アップカウント動作を行うことはできません。GTCR.CST ビットを 1 にした 1PCLKD 後からアップカウントを行うためには、GTCR.TPCS[3:0]ビットを 000b にしてください。

図 21.5 にハードウェア要因 (GTETRGA 端子入力の立ち上がりエッジ) によるアップカウント時のイベントカウント動作例を示します。

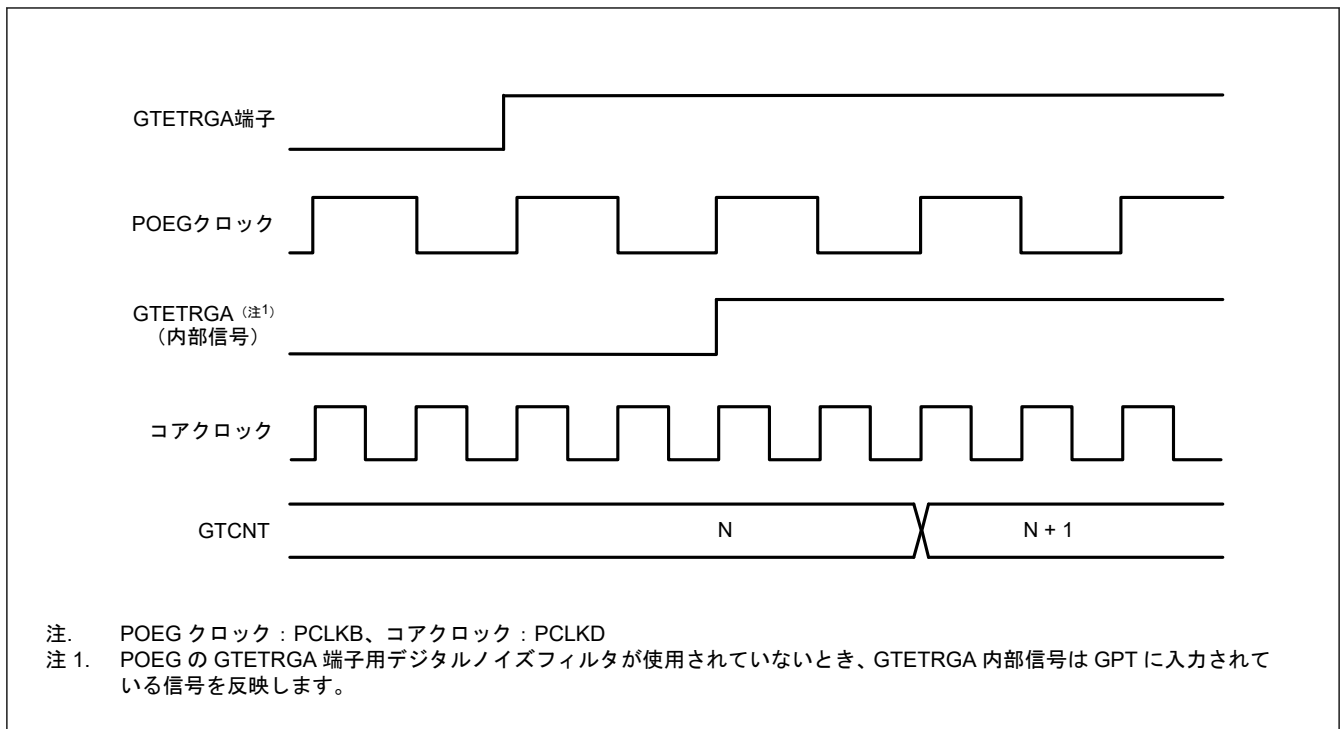


図 21.5 ハードウェア要因によるアップカウント時のイベントカウント動作例

表 21.7 にハードウェア要因によるアップカウント時のイベントカウント動作の設定例を示します。

表 21.7 ハードウェア要因によるアップカウント時のイベントカウント動作の設定例

No.	ステップ名	説明
1	カウント要因設定	GTUPSR レジスタでアップカウント要因を選択します。
2	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します。
3	カウンタ初期値設定	GTCNT カウンタに初期値を設定します。
4	カウント動作開始	GTCR.CST ビットを 1 にしてカウント動作を開始します。

(5) ハードウェア要因によるダウンカウント時のイベントカウント動作

各チャンネルの GTCNT カウンタは、GTDNSR レジスタで設定したハードウェア要因によるダウンカウントを実行できます。

GTDNSR レジスタが設定されている場合、GTCR.TPCS[3:0]ビットで選択したカウントクロック、および GTUDDTYC.UD ビットで設定したカウント方向は無効です。アップカウントのハードウェア要因とダウンカウントのハードウェア要因が同時に発生した場合、GTCNT カウンタ値は変化しません。ハードウェア要因によるダウンカウント時のアンダーフロー動作は、カウントクロックによるダウンカウント時のアンダーフロー動作と同じです。

GTCR.CST ビットを 1 にしてハードウェア要因によるダウンカウントを行うと、カウント動作が有効になります。カウント動作は、GTCR.TPCS[3:0]ビットで選択されたカウントクロックに同期しているため、GTCR.CST ビットを 1 にした後、GTCR.TPCS[3:0]ビットで指定された 1 クロックサイクルの間、ダウンカウント動作を行う事はできません。GTCR.CST ビットを 1 にした 1PCLKD 後からダウンカウントを行うためには、GTCR.TPCS[3:0] ビットを 000b にしてください。

図 21.6 にハードウェア要因 (GTETRGA の立ち上がりエッジ) によるダウンカウント時のイベントカウント動作例を示します。

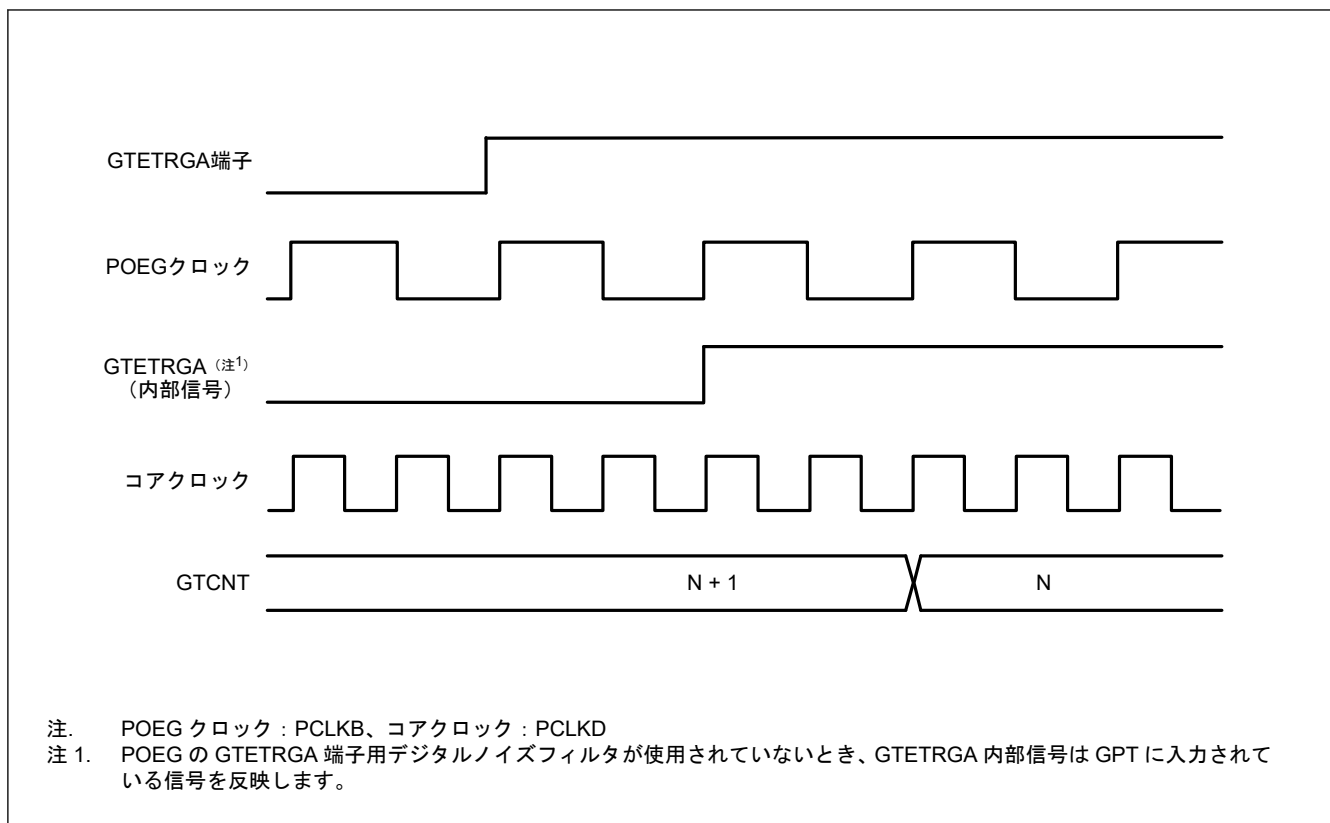


図 21.6 ハードウェア要因によるダウンカウント時のイベントカウント動作例

表 21.8 にハードウェア要因によるダウンカウント時の周期カウント動作の設定例を示します。

表 21.8 ハードウェア要因によるダウンカウント時のイベントカウント動作の設定例

No.	ステップ名	説明
1	カウント要因設定	GTDNSR レジスタでダウンカウント要因を選択します。
2	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します。
3	カウンタ初期値設定	GTCNT カウンタに初期値を設定します。
4	カウント動作開始	GTCSR.CST ビットを 1 にしてカウント動作を開始します。

(6) カウンタクリア動作

各チャネルのカウンタは、下記の要因でクリアすることが可能です。

- GTCNT レジスタへの 0 の書き込み
- GTCSR.CCLR ビットが 1 の状態での GTCLR レジスタのチャネル番号に対応するビットへの 1 書き込み
- GTCSR レジスタで選択したハードウェア要因

カウント動作中は、GTCNT レジスタに書き込むことはできません。GTCLR レジスタへの 1 の書き込みおよびハードウェア要因によるクリア要求により、GTCNT カウンタが動作中 (GTCSR.CST = 1) の場合でも、停止中 (GTCSR.CST = 0) の場合でも GTCNT カウンタをクリアすることができます。

GTCSR.MD[2:0] ビットでのこぎり波モードを選択し、カウント方向フラグがデクリメント (GTST.TUCF フラグ = 0) の場合、GTCLR レジスタへ 1 を書き込みかつハードウェア要因によりクリアするとき、GTCNT レジスタは GTPR レジスタの値になります。

のこぎり波モードやダウンカウントではない場合、GTCLR レジスタへ 1 を書き込みかつハードウェア要因によりクリアするとき、GTCNT レジスタは 0 になります。

GTUPSR または GTDNSR レジスタの少なくとも 1 つのビットが 1 になっている場合のイベントカウント動作では、クリア要因の発生後、GTCLR レジスタへの書き込みとハードウェア要因によるクリアの両方が直ちに実行

され、PCLKD と同期が取られます。その他の設定を使用すると、GTCR.TPCS[3:0]ビットで選択したカウンタクロックと同期してクリアが実行されます。

21.3.1.2 コンペアマッチによる波形出力機能

コンペアマッチとは、GTCNT カウンタ値が GTCCRA または GTCCRB レジスタ値と一致することを意味します。コンペアマッチが発生すると、イベントカウンを含むカウンタクロックと同期して、コンペアマッチフラグが発生します。同時に、GPT は、対応する GTIOCN_A または GTIOCN_B 出力端子から Low 出力/High 出力/トグル出力を行うことができます (n=1、2、4、5)。また、GTPR レジスタで決定される周期の終わりにおいても、GTIOCN_A または GTIOCN_B 端子出力を Low 出力/High 出力/トグル出力とすることができます。

“周期の終わり”とは、以下の場合です。

- アップカウント時ののこぎり波の場合：GTCNT カウンタが GTPR 値から 0 に変化するとき（オーバーフロー）
- ダウンカウント時ののこぎり波の場合：GTCNT カウンタが 0 から GTPR 値に変化したとき（アンダーフロー）
- のこぎり波の場合：GTCNT カウンタがクリアされたとき
- 三角波の場合：GTCNT カウンタが 0 から 1 に変化したとき（谷）

(1) Low 出力/High 出力

図 21.7 に GTCCRA および GTCCRB レジスタのコンペアマッチによる Low 出力/High 出力の動作例を示します。

この例では、GTCNT カウンタがアップカウント動作を行い、GTCCRA レジスタのコンペアマッチによって GTIOCN_A 端子から High が出力され、GTCCRB レジスタのコンペアマッチによって GTIOCN_B 端子から Low が出力されるように設定しています。設定したレベルと端子レベルが一致した場合は、端子レベルは変化しません。

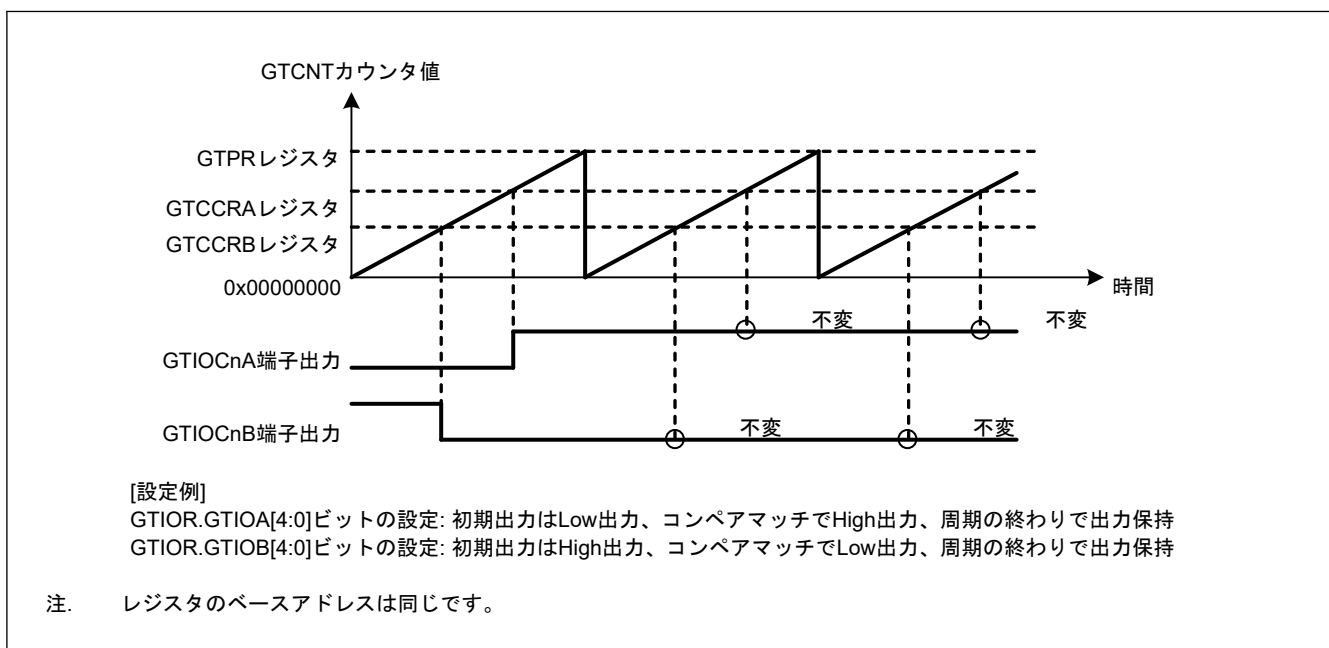


図 21.7 Low 出力/High 出力動作例

表 21.9 に Low 出力/High 出力動作の設定例を示します。

表 21.9 Low 出力/High 出力動作の設定例 (1/2)

No.	手順名	説明
1	動作モード設定	GTCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定します。 (図 21.7 の例では 000b (のこぎり波 PWM モード) を設定)

表 21.9 Low 出力/High 出力動作の設定例 (2/2)

No.	手順名	説明
2	カウント方向設定	GTUDDTYC レジスタでカウント方向 (アップ/ダウン) を設定します。 図 21.7 では GTUDDTYC[1:0] に 11b を設定してから GTUDDTYC[1:0] レジスタに 01b を設定します。(アップカウント)
3	カウントクロックの選択	GTCR.TPCS[3:0] ビットでカウントクロックを選択します。
4	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します
5	カウンタ初期値設定	GTCNT レジスタに初期値を設定します。
6	GTIOCNm 端子機能設定	GTIOR レジスタの GTIOA[4:0] ビット、GTIOB[4:0] ビットに GTIOCNm 端子の機能を設定します。 (図 21.7 では、GTIOA[4:0] = 00010b、GTIOB[4:0] = 10001b)
7	GTIOCNm 端子出力許可設定	GTIOR レジスタの OAE ビット、OBE ビットで、GTIOCNm 端子出力の許可を設定します。
8	コンペアマッチ値設定	GTCCRA レジスタ、GTCCRB レジスタにコンペアマッチ値を設定します。
9	カウント動作開始	GTCR.CST ビットを 1 にしてカウント動作を開始します。

注. n: 1、2、4、5
m: A, B

(2) トグル出力

図 21.8 および図 21.9 に GTCCRA および GTCCRB レジスタのコンペアマッチによるトグル出力動作例を示します。

図 21.8 は、GTCNT カウンタがアップカウント動作を行い、GTCCRA レジスタのコンペアマッチと、GTCCRB レジスタのコンペアマッチによって、それぞれ GTIOCN_A 端子と GTIOCN_B 端子がトグル出力となるように設定した例です。

図 21.9 は、GTCNT カウンタがアップカウント動作を行い、GTCCRA レジスタのコンペアマッチによって GTIOCN_A 端子がトグル出力となり、周期の終わりで GTIOCN_B 端子がトグル出力となるように設定した例です。

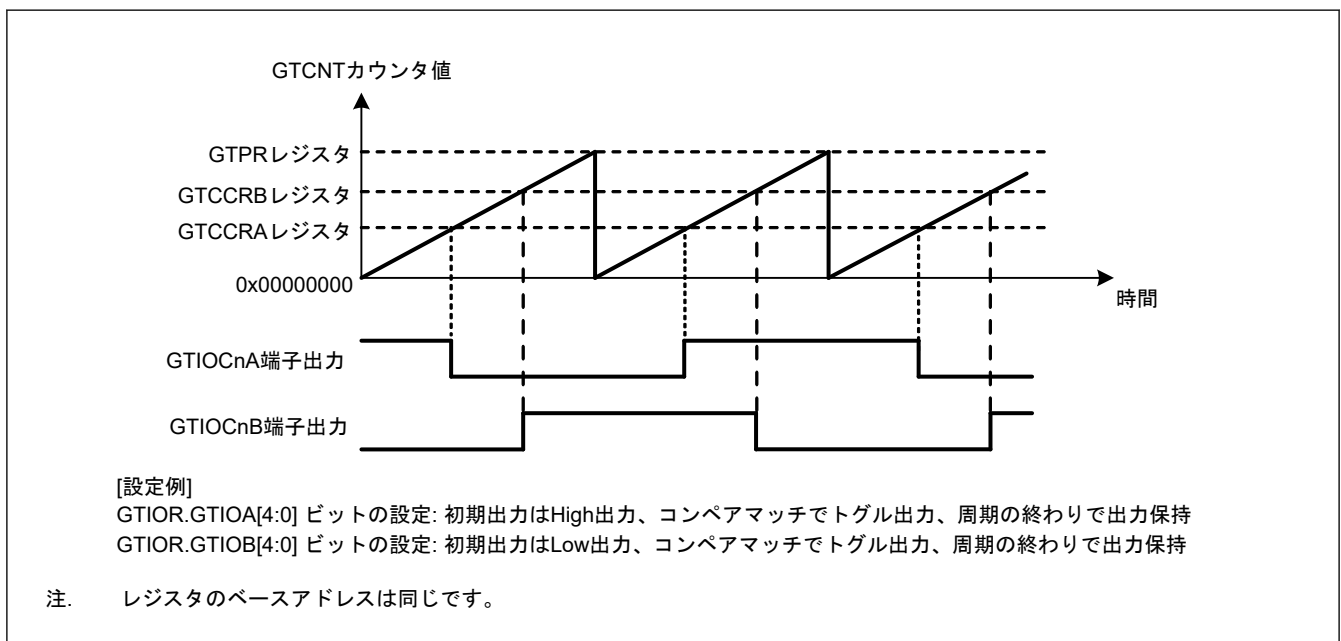


図 21.8 トグル出力動作例 (1)

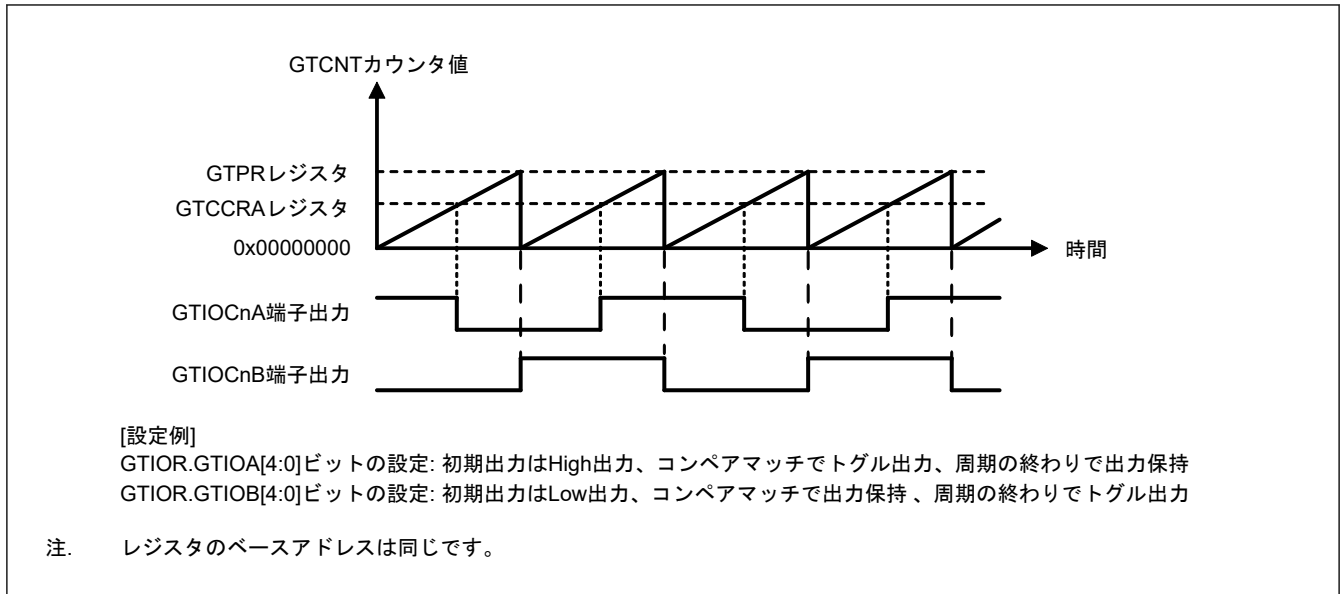


図 21.9 トグル出力動作例 (2)

表 21.10 にトグル出力動作の設定例を示します。

表 21.10 トグル出力動作の設定例

No.	手順名	説明
1	動作モード設定	GTCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定します。 (図 21.8 と図 21.9 の例では 000b (のこぎり波 PWM モード) を設定)
2	カウント方向設定	GTUDDTYC レジスタでカウント方向 (アップ/ダウン) を設定します。図 21.8 と図 21.9 では GTUDDTYC[1:0]に 11b を設定してから GTUDDTYC[1:0]レジスタに 01b を設定します。(アップカウント)
3	カウントクロックの選択	GTCR.TPCS[3:0]ビットでカウントクロックを選択します。
4	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します
5	カウンタ初期値設定	GTCNT レジスタに初期値を設定します。
6	GTIOcNm 端子機能設定	GTIOR レジスタの GTIOA[4:0]ビット、GTIOB[4:0]ビットに GTIOcNm 端子の機能を設定します。 (図 21.8 では GTIOA[4:0] = 10011b、GTIOB[4:0] = 00011b、図 21.9 では GTIOA[4:0] = 10011b、GTIOB[4:0] = 01100b)
7	GTIOcNm 端子出力許可設定	GTIOR レジスタの OAE ビット、OBE ビットで、GTIOcNm 端子出力の許可を設定します。
8	コンペアマッチ値設定	GTCCRA レジスタ、GTCCRB レジスタにコンペアマッチ値を設定します。
9	カウント動作開始	GTCR.CST ビットを 1 にしてカウント動作を開始します。

注. n: 1、2、4、5
 m: A、B

21.3.1.3 インพุットキャプチャ機能

GTICASR および GTICBSR レジスタに設定されたハードウェア要因の検出時に、GTCCRA レジスタまたは GTCCRB レジスタのいずれか一方に GTCNT カウンタ値を転送できます。

インพุットキャプチャ機能の動作例を図 21.10 に示します。

この例では、カウントクロックで GTCNT カウンタがアップカウント動作を行い、GTIOcNA 入力端子の両エッジで GTCCRA レジスタにインพุットキャプチャを実行し、GTIOcNB 入力端子の立ち上がりエッジで GTCCRB レジスタにインพุットキャプチャを実行するように設定しています。

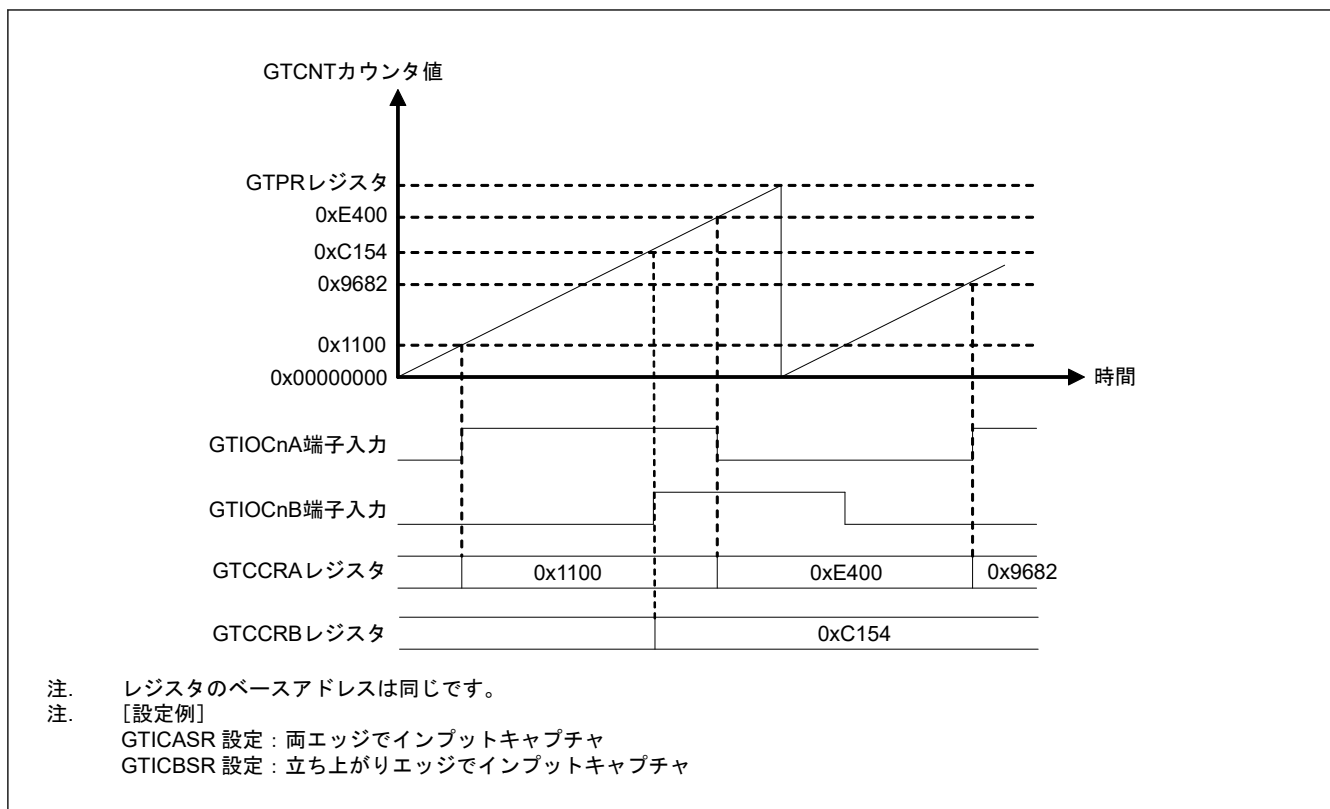


図 21.10 インプットキャプチャ動作例

カウントクロックによるカウント動作でのインプットキャプチャ動作の設定例を表 21.11 と表 21.14 に示します。

表 21.11 インプットキャプチャ動作設定例

No.	ステップ名	説明
1	動作モード設定	GTCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定します。 (図 21.10 では 000b (のこぎり波 PWM モード) を設定)
2	カウント方向設定	GTUDDTYC レジスタでカウント方向 (アップ/ダウン) を設定します。 図 21.10 では GTUDDTYC[1:0]に 11b を設定してから GTUDDTYC[1:0]レジスタに 01b を設定します。(アップカウント)
3	カウントクロックの選択	GTCR.TPCS[3:0]ビットでカウントクロックを選択します。
4	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します
5	カウンタ初期値設定	GTCNT カウンタに初期値を設定します。
6	インプットキャプチャ要因の選択	GTICASR レジスタおよび GTICBSR レジスタでインプットキャプチャ要因を選択します。 (図 21.10 では、GTICASR = 0x00000F00、GTICBSR = 0x00003000)
7	カウント動作開始	GTCR.CST ビットを 1 にしてカウント動作を開始します。

21.3.2 バッファ動作

GTBER レジスタによって、以下のバッファ動作の設定が可能です。

- GTPR レジスタ、GTPBR レジスタ
- GTCCRA レジスタ、GTCCRC レジスタ、GTCCRD レジスタ
- GTCCRB レジスタ、GTCCRE レジスタ、GTCCRF レジスタ

21.3.2.1 GTPR レジスタのバッファ動作

GTPBR レジスタは、GTPR レジスタ用のバッファレジスタとして機能します。

バッファ転送は、のこぎり波モードまたはイベントカウントでは、オーバフロー時 (アップカウント中) またはアンダーフロー時 (ダウンカウント中) に実行されます。また、三角波モードでは谷で実行されます。

のこぎり波モードまたはイベントカウントでは、カウント中に以下のカウンタクリア動作が発生すると、バッファ転送が実行されます。

- ハードウェア要因によるクリア (クリア要因は GTCSR レジスタで選択)
- ソフトウェアによるクリア (GTCSR.CCLR ビットが 1、GTCLR.CCLRn ビットが 1、n=1、2、4、5)

GTPR レジスタをバッファとして機能するように設定する場合は、GTBER.PR ビットを 1 にしてください。GTPR レジスタをバッファとして機能しないように設定する場合は、GTBER.PR ビットを 0 にしてください。

GTPR レジスタのバッファ動作例を [図 21.11](#)~[図 21.13](#) に、GTPR レジスタのバッファ動作の設定例を [表 21.12](#) に示します。

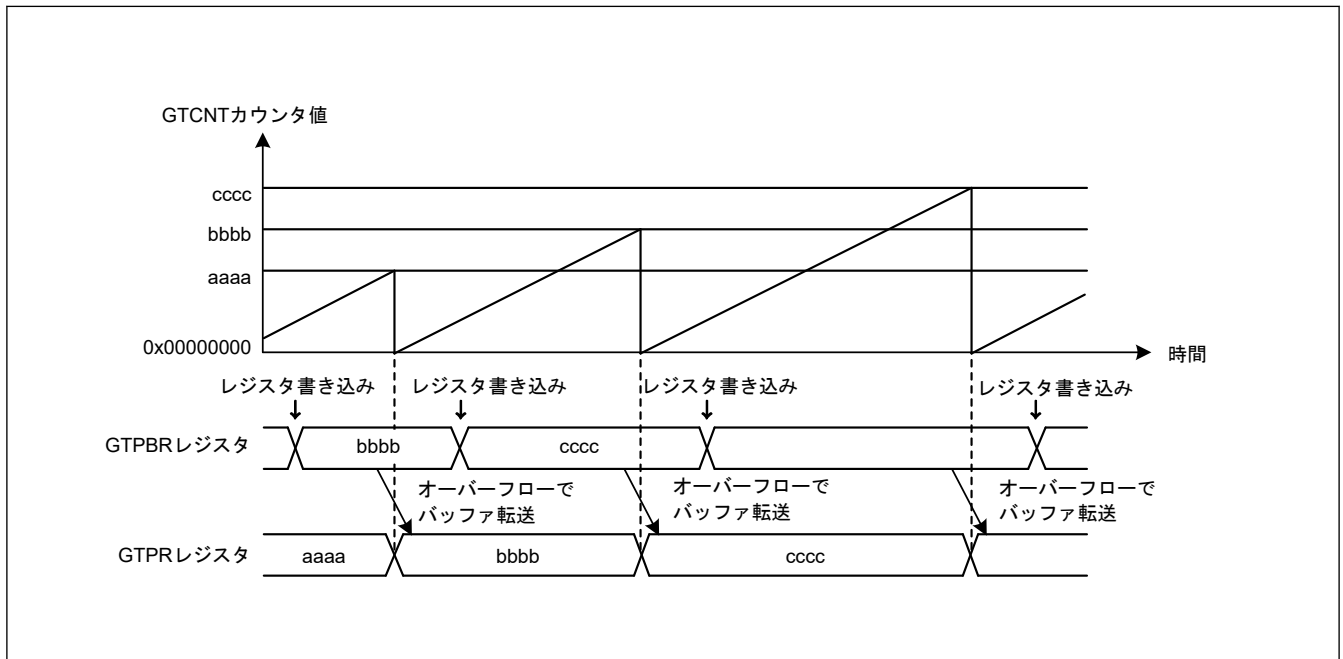


図 21.11 GTPR レジスタのバッファ動作例 (のこぎり波でアップカウントの場合)

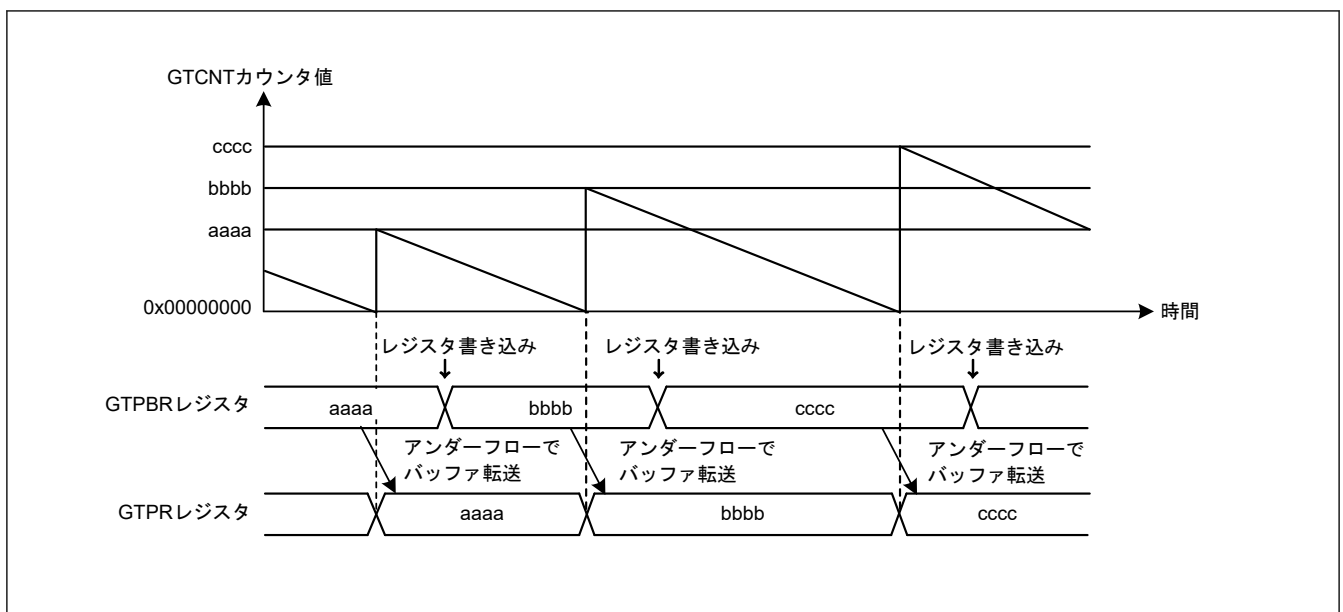


図 21.12 GTPR レジスタのバッファ動作例 (のこぎり波でダウンカウントの場合)

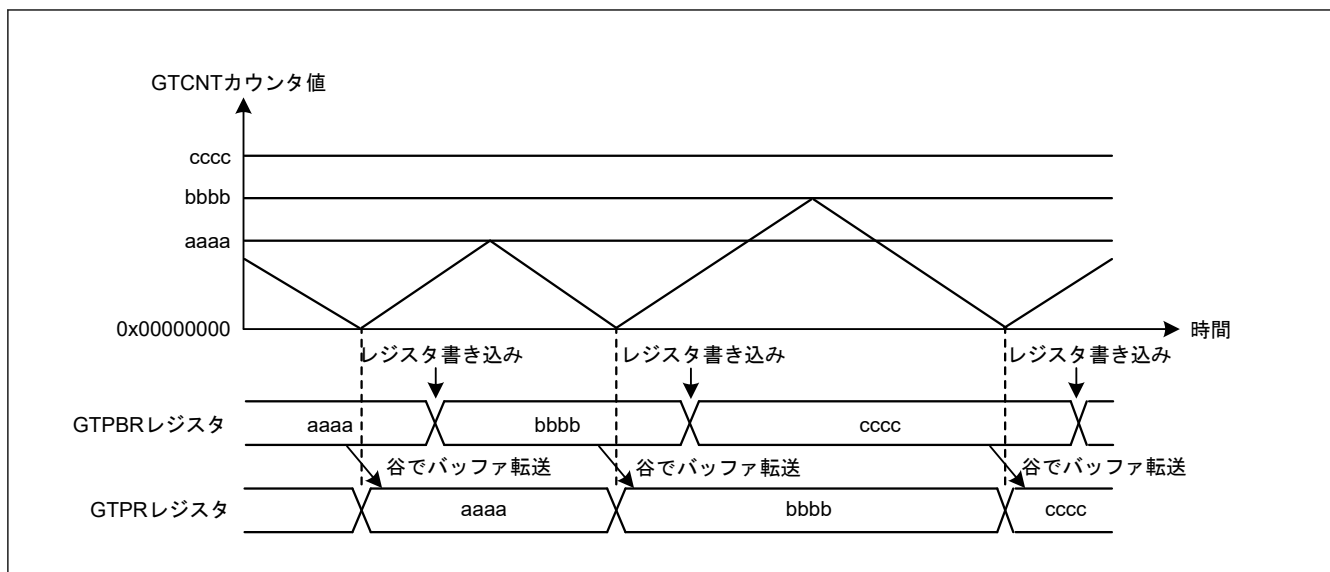


図 21.13 GTPR レジスタのバッファ動作例 (三角波の場合)

表 21.12 GTPR レジスタのバッファ動作設定例

No.	ステップ名	説明
1	動作モード設定	GTCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定します。 図 21.11、図 21.12 では 000b (のこぎり波 PWM モード)、図 21.13 では 100b (三角波 PWM モード 1)
2	カウント方向設定	GTUDDTYC レジスタでカウント方向 (アップ/ダウン) を設定します。 図 21.11 では GTUDDTYC[1:0]に 11b を設定してから GTUDDTYC[1:0]レジスタに 01b を設定します。(アップカウント) 図 21.12 では GTUDDTYC[1:0]に 10b を設定してから GTUDDTYC[1:0]レジスタに 00b を設定します。(ダウンカウント)
3	カウントクロックの選択	GTCR.TPCS[3:0]ビットでカウントクロックを選択します。
4	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します。
5	カウンタ初期値設定	GTCNT カウンタに初期値を設定します。
6	バッファ動作の設定	GTBER.PR[1:0]ビットでバッファ動作を設定します。図 21.11、図 21.12、および図 21.13 では PR[1:0]ビット = 01b
7	バッファ値設定	バッファ動作時は、1 周期後の周期を GTPBR レジスタに設定します。
8	カウント動作開始	GTCR.CST ビットを 1 にしてカウント動作を開始します。
9	周期ごとのバッファ値設定	バッファ動作時は、1 周期後の周期を GTPBR レジスタに設定します。

21.3.2.2 GTCCRA、GTCCRB レジスタのバッファ動作

GTCCRC レジスタは GTCCRA レジスタ用のバッファレジスタとして、GTCCRD レジスタは GTCCRC レジスタ用のバッファレジスタ (すなわち、GTCCRA レジスタ用のダブルバッファレジスタ) として機能します。同様に、GTCCRE レジスタは GTCCRB レジスタ用のバッファレジスタとして、GTCCRF レジスタは GTCCRE レジスタ用のバッファレジスタ (すなわち、GTCCRB レジスタ用のダブルバッファレジスタ) として機能します。

GTCCRA または GTCCRB レジスタをダブルバッファ動作させるには、GTBER.CCRA[1:0]または GTBER.CCRB[1:0]ビットを 10b または 11b に設定します。シングルバッファ動作の場合は、01b とします。GTCCRA または GTCCRB レジスタをバッファ動作させない場合は、00b にしてください。

(1) GTCCRA または GTCCRB レジスタがアウトプットコンペアレジスタとして機能する場合

バッファ転送は次の場合に実行されます。

- オーバーフロー/アンダーフローによるバッファ転送
のこぎり波モードまたはイベントカウント動作では、オーバーフロー時 (アップカウント中) またはアンダーフロー時 (ダウンカウント中) に、バッファ転送が実行されます。三角波モードでは、谷 (三角波 PWM モード 1) または山および谷 (三角波 PWM モード 2) で、バッファ転送が実行されます。
- カウンタクリアによるバッファ転送

のこぎり波モードまたはイベントカウント動作では、カウント中に「21.3.2.1. GTPR レジスタのバッファ動作」に示される場合と類似したカウンタクリア要因によって、バッファ転送が（同じく、アップカウント中のオーバーフロー時またはダウンカウント中のアンダーフロー時に）実行されます。
 三角波モードでは、カウンタクリアによるバッファ転送は実行されません。

- バッファ強制転送
 のこぎり波でも三角波でもイベントカウント動作でも、カウント停止中に GTBER.CCRSWT ビットに 1 を書くと、GTCCRA レジスタ、GTCCRB レジスタのバッファ転送を強制的に行います。
 さらに、のこぎり波ワンショットパルスモードまたは三角波 PWM モード 3 では、GTCCRD レジスタからテンポラリレジスタ A へのバッファ転送、および GTCCRF レジスタからテンポラリレジスタ B へのバッファ転送が実行されます。

図 21.14～図 21.16 に GTCCRA および GTCCRB レジスタのバッファ動作例を、表 21.13 に GTCCRA および GTCCRB レジスタのバッファ動作の設定例を示します。

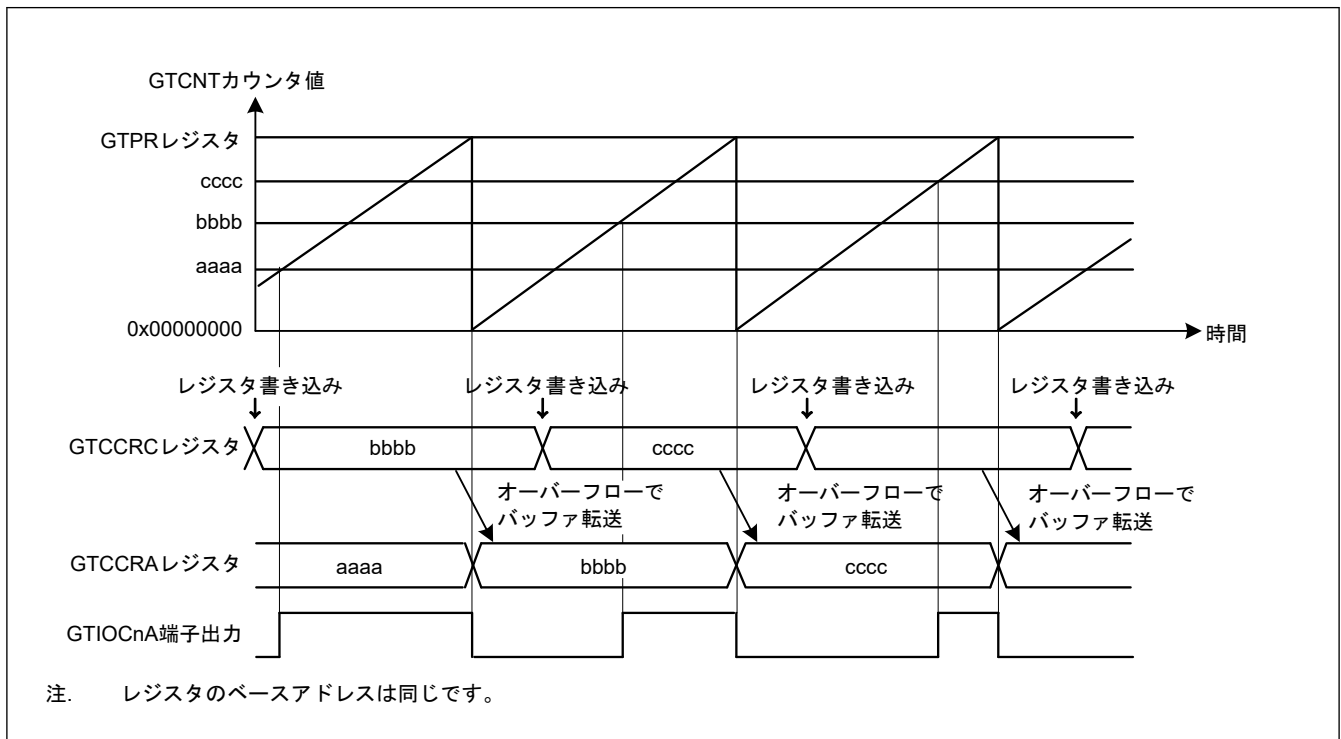


図 21.14 GTCCRA および GTCCRB レジスタのバッファ動作例（アウトプットコンペア、アップカウント時ののこぎり波、GTCCRA レジスタのコンペアマッチで High 出力、周期の終わりで Low 出力の場合）

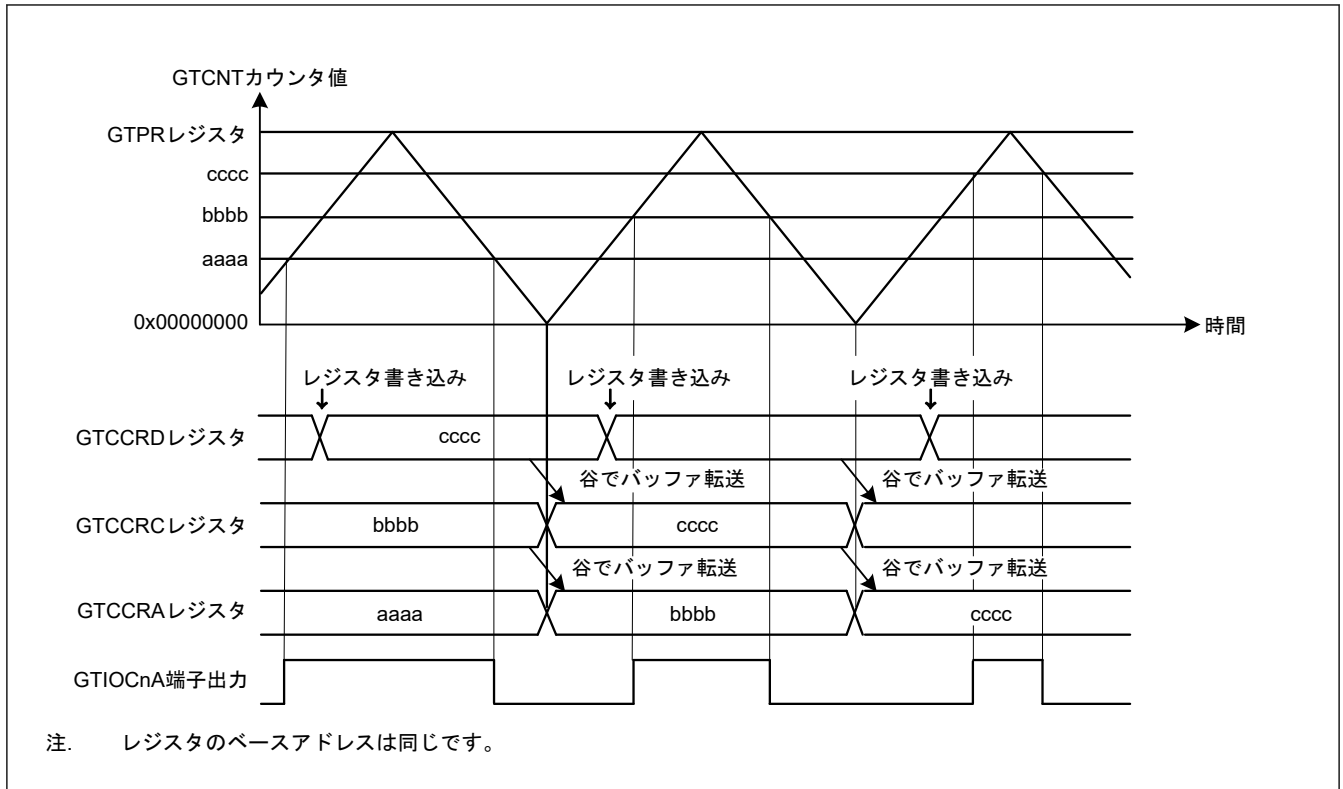


図 21.15 GTCRA および GTCCRB レジスタのダブルバッファ動作例 (アウトプットコンペア、三角波、谷でバッファ動作、GTCRA レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力保持の場合)

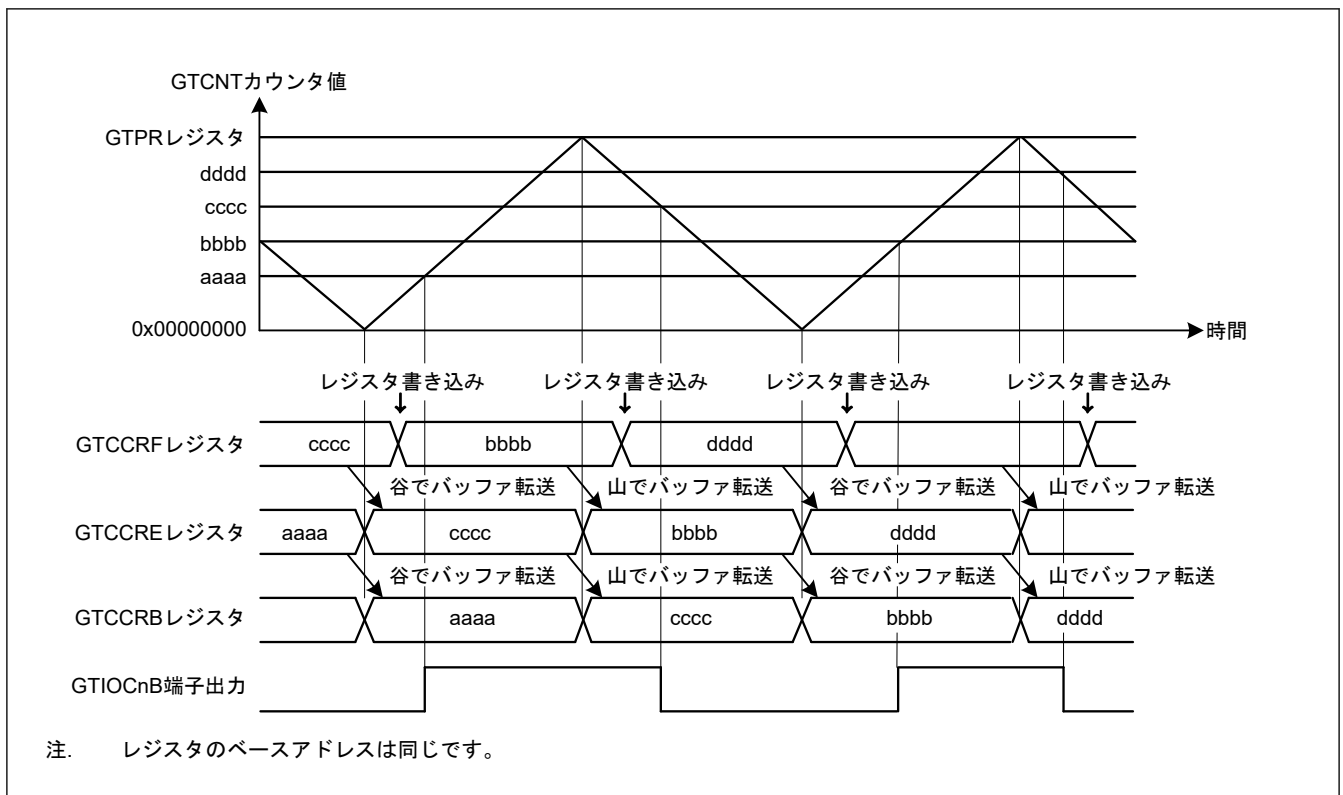


図 21.16 GTCRA および GTCCRB レジスタのダブルバッファ動作例 (アウトプットコンペア、三角波、山と谷でバッファ動作、GTCCRB レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力保持の場合)

表 21.13 GTCCRA、GTCCRB レジスタのバッファ動作設定例 (アウトプットコンペア時)

No.	ステップ名	説明
1	動作モード設定	GTCCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定します。 (図 21.14 の例では 000b (のこぎり波 PWM モード)、 図 21.15 の例では 100b (三角波 PWM モード 1)、 図 21.16 の例では 101b (三角波 PWM モード 2))
2	カウント方向設定	GTUDDTYC レジスタでカウント方向 (アップ/ダウン) を設定します。 図 21.14 では GTUDDTYC[1:0]に 11b を設定してから GTUDDTYC[1:0]レジスタに 01b を設定します。(アップカウント)
3	カウントクロックの選択	GTCCR.TPCS[3:0]ビットでカウントクロックを選択します。
4	周期設定	GTCCR レジスタに周期を設定します
5	カウンタ初期値設定	GTCCR.CNT カウンタに初期値を設定します。
6	GTIOCNm 端子機能設定	GTIOR レジスタの GTIOA[4:0]ビット、GTIOB[4:0]ビットに GTIOCNm 端子の機能を設定します。 図 21.14 では、GTIOA[4:0] = 00110b、 図 21.15 では、GTIOA[4:0] = 00011b、 図 21.16 では、GTIOB[4:0] = 00011b
7	GTIOCNm 端子出力許可設定	GTIOR レジスタの OAE ビット、OBE ビットで、GTIOCNm 端子出力の許可を設定します。
8	バッファ動作の設定	GTCCR レジスタの CCRA[1:0]ビット、CCRB[1:0]ビットで、バッファ動作を設定します。 図 21.14 では、CCRA[1:0] = 01b、 図 21.15 では、CCRA[1:0] = 1xb、 図 21.16 では、CCRB[1:0] = 1xb
9	コンペアマッチ値設定	GTIOCNa 端子の切り替わりポイントを GTCCRA レジスタに設定します。GTIOCNb 端子の切り替わりポイントを GTCCRB レジスタに設定します。
10	バッファ値設定	バッファ動作時は、1 周期後 (のこぎり波モードまたは三角波モードで、山または谷でバッファ転送の場合) もしくは半周期後 (三角波モードで谷と山の両方でバッファ転送の場合) の GTIOCNa 端子の切り替わりポイントを GTCCRC レジスタに、GTIOCNb 端子の切り替わりポイントを GTCCRE レジスタに設定します。 ダブルバッファ動作時は、2 周期後 (のこぎり波モードまたは三角波モードで、山または谷でバッファ転送の場合) もしくは 1 周期後 (三角波モードで谷と山の両方でバッファ転送の場合) の GTIOCNa 端子の切り替わりポイントを GTCCRD レジスタに、GTIOCNb 端子の切り替わりポイントを GTCCRF レジスタに設定します。
11	カウント動作開始	GTCCR.CST ビットを 1 にしてカウント動作を開始します。
12	周期ごとのバッファ値設定	バッファ動作時は、1 周期後 (のこぎり波モードまたは三角波モードで、山または谷でバッファ転送の場合) もしくは半周期後 (三角波モードで谷と山の両方でバッファ転送の場合) の GTIOCNa 端子の切り替わりポイントを GTCCRC レジスタに、GTIOCNb 端子の切り替わりポイントを GTCCRE レジスタに設定します。 ダブルバッファ動作時は、2 周期後 (のこぎり波モードまたは三角波モードで、山または谷でバッファ転送の場合) もしくは 1 周期後 (三角波モードで谷と山の両方でバッファ転送の場合) の GTIOCNa 端子の切り替わりポイントを GTCCRD レジスタに、GTIOCNb 端子の切り替わりポイントを GTCCRF レジスタに設定します。

注. n : 1, 2, 4, 5
m : A, B

(2) GTCCRA または GTCCRB レジスタがインプットキャプチャレジスタとして機能する場合

インプットキャプチャが発生すると、GTCCR.CNT カウンタ値が GTCCRA および GTCCRB レジスタに転送されると同時に、それまで格納されていた GTCCRA および GTCCRB レジスタ値がバッファレジスタに転送されます。インプットキャプチャ動作では、カウンタクリアによるバッファ転送は実行されません。

[図 21.17](#) と [図 21.18](#) に GTCCRA および GTCCRB レジスタのバッファ動作例を、[表 21.14](#) に GTCCRA および GTCCRB レジスタのバッファ動作の設定例を示します。

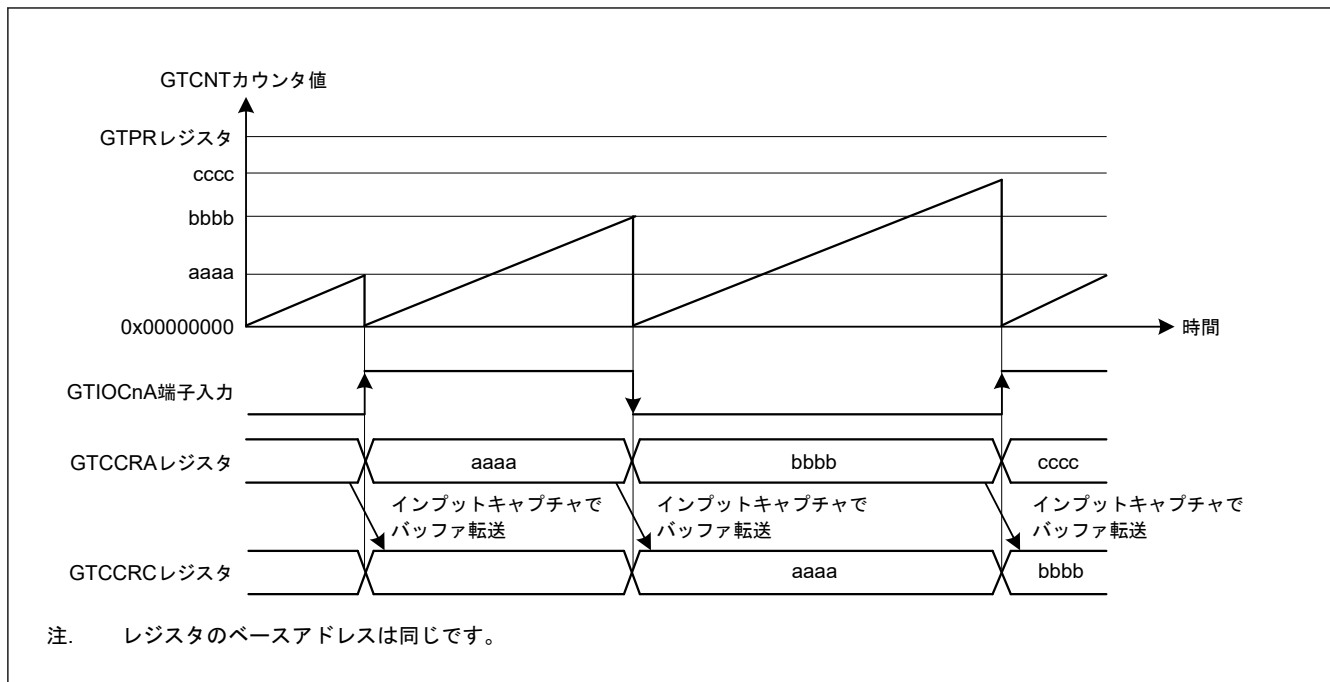


図 21.17 GTCRA および GTCCRB レジスタのバッファ動作例 (GTIOcNA 端子入力の両エッジでインプットキャプチャ、のこぎり波でアップカウント、GTIOcNA 端子入力の両エッジで GTCNT カウンタクリアの場合)

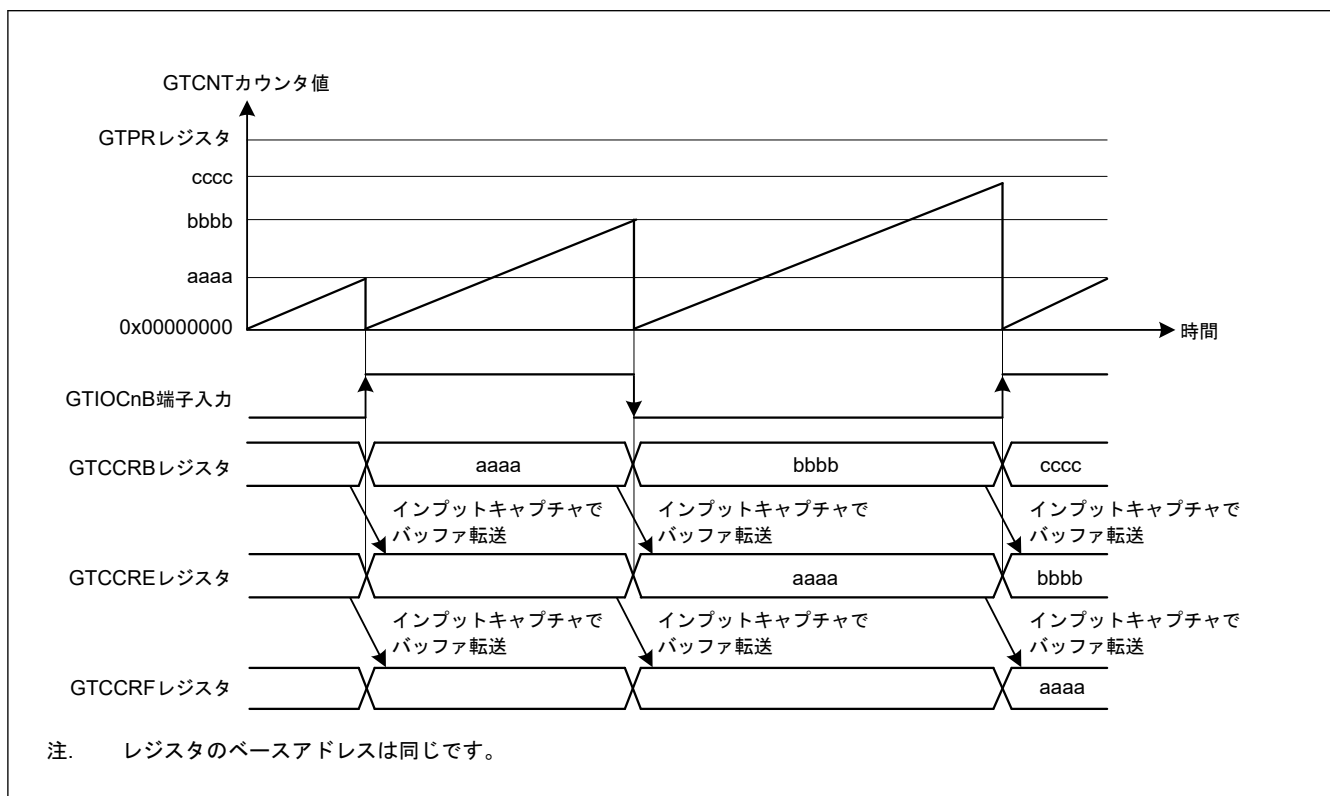


図 21.18 GTCRA および GTCCRB レジスタのダブルバッファ動作例 (GTIOcNB 端子入力の両エッジでインプットキャプチャ、のこぎり波でアップカウント、GTIOcNB 端子入力の両エッジで GTCNT カウンタクリアの場合)

表 21.14 GTCRA、GTCCRB レジスタのバッファ動作設定例 (インプットキャプチャ時)

No.	ステップ名	説明
1	動作モードとカウンタクリア要因の設定	GTCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定し、GTCSR レジスタでカウンタクリア要因を設定します。 図 21.17 では、MD[2:0] = 000b (のこぎり波 PWM モード) および GTCSR = 0x0000F00、図 21.18 では、MD[2:0] = 000b (のこぎり波 PWM モード) および GTCSR = 0x0000F00
2	カウント方向設定	GTUDDTYC レジスタでカウント方向 (アップ/ダウン) を設定します。 図 21.17 では GTUDDTYC[1:0] に 11b を設定してから GTUDDTYC[1:0] レジスタに 01b を設定します。(アップカウント)
3	カウントクロックの選択	GTCR.TPCS[3:0]ビットでカウントクロックを選択します。
4	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します
5	カウンタ初期値設定	GTCNT カウンタに初期値を設定します。
6	インプットキャプチャ要因の選択	GTICASR レジスタおよび GTICBSR レジスタでインプットキャプチャ要因を選択します。 (図 21.17 では、GTICASR = 0x0000F00、図 21.18 では、GTICBSR = 0x0000F00)
7	バッファ動作の設定	GTBER レジスタの CCRA ビット、CCRB ビットで、バッファ動作を設定します。 図 21.17 では、CCRA[1:0]ビット = 01b、図 21.18 では、CCRB[1:0]ビット = 1xb
8	カウント動作開始	GTCR.CST ビットを 1 にしてカウント動作を開始します。

21.3.3 PWM 出力動作モード

GPT は、GTCNT カウンタと GTCRA または GTCCRB レジスタとのコンペアマッチに基づいて、GTIOCnA 端子または GTIOCnB 端子へ PWM 波形を出力することができます (n = 1、2、4、5)。

また、GTDTCR レジスタおよび GTDVU レジスタを設定することにより、デッドタイム付き逆相波形のコンペアマッチ値を GTCCRB レジスタに自動設定することが可能です。

21.3.3.1 のこぎり波 PWM モード

のこぎり波 PWM モードでは、GTPR レジスタに周期を設定することにより、GTCNT カウンタにのこぎり波 (半波) 動作を実行させ、GTCRA レジスタまたは GTCCRB レジスタのコンペアマッチ発生時に、GTIOCnA 端子または GTIOCnB 端子 (n = 1、2、4、5) に PWM 波形を出力させます。端子の出力値は GTIOR レジスタにより、コンペアマッチで Low 出力/High 出力/トグル出力、周期の終わりで Low 出力/High 出力/トグル出力を選択することができます。

図 21.19 にのこぎり波 PWM モードの動作例を、表 21.15 にのこぎり波 PWM モードの設定例を示します。

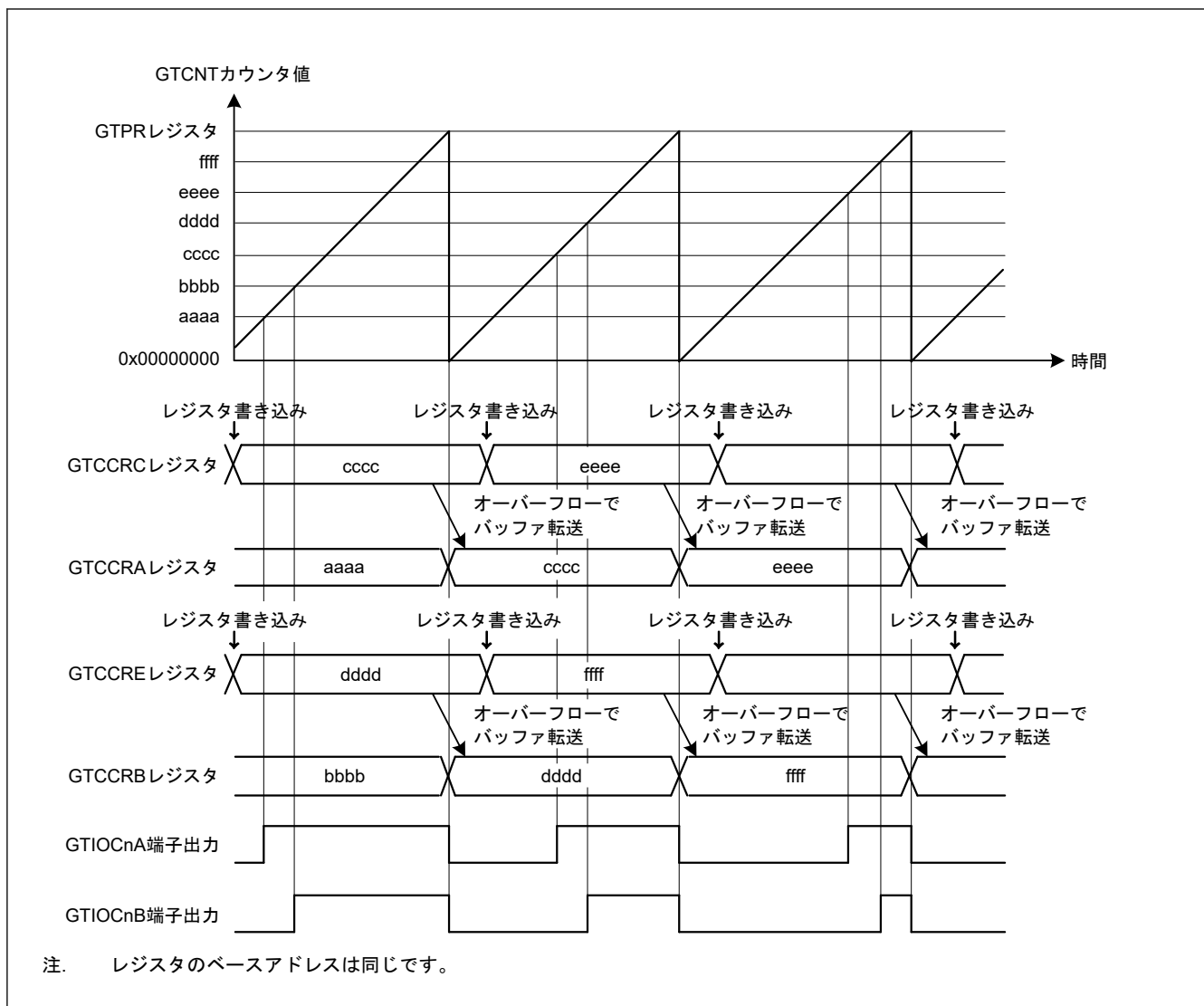


図 21.19 のこぎり波 PWM モードの動作例 (アップカウント、バッファ動作、GTCCRA/GTCCRB レジスタのコンペアマッチで High 出力、周期の終わりで Low 出力の場合)

表 21.15 のこぎり波 PWM モードの設定例 (1/2)

No.	手順名	説明
1	動作モード設定	GTCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定します。(図 21.19 の例では 000b (のこぎり波 PWM モード) を設定)
2	カウント方向設定	GTUDDTYC レジスタでカウント方向 (アップ/ダウン) を設定します。 図 21.19 では GTUDDTYC[1:0]に 11b を設定してから GTUDDTYC[1:0]レジスタに 01b を設定します。(アップカウント)
3	カウントクロックの選択	GTCR.TPCS[3:0]ビットでカウントクロックを選択します。
4	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します。
5	カウンタ初期値設定	GTCNT レジスタに初期値を設定します。
6	GTIOcNm 端子機能設定	GTIOR レジスタの GTIOA[4:0]ビット、GTIOB[4:0]ビットに GTIOcNm 端子の機能を設定します。 (図 21.19 の例では GTIOA[4:0] = 00110b、GTIOB[4:0] = 00110b)
7	GTIOcNm 端子出力許可設定	GTIOR レジスタの OAE ビット、OBE ビットで、GTIOcNm 端子出力の許可を設定します。
8	バッファ動作設定	GTBER レジスタの CCRA[1:0]ビット、CCRB[1:0]ビットで、バッファ動作を設定します。図 21.19 では、CCRA[1:0]ビット = 01b、CCRB[1:0]ビット = 01b
9	コンペアマッチ値設定	GTIOcNA 端子の切り替わりポイントを GTCCRA レジスタに設定します。GTIOcNB 端子の切り替わりポイントを GTCCRB レジスタに設定します。

表 21.15 のこぎり波 PWM モードの設定例 (2/2)

No.	手順名	説明
10	バッファ値設定	バッファ動作時は、1 周期後の GTIOcNA 端子の切り替わりポイントを GTCCRC レジスタに、GTIOcNB 端子の切り替わりポイントを GTCCRE レジスタに設定します。 ダブルバッファ動作時は、さらに、2 周期後の GTIOcNA 端子の切り替わりポイントを GTCCRD レジスタに、GTIOcNB 端子の切り替わりポイントを GTCCRF レジスタに設定します。
11	カウント動作開始	GTCR.CST ビットを 1 にしてカウント動作を開始します。
12	周期ごとのバッファ値設定	バッファ動作時は、1 周期後の GTIOcNA 端子の切り替わりポイントを GTCCRC レジスタに、GTIOcNB 端子の切り替わりポイントを GTCCRE レジスタに設定します。 ダブルバッファ動作時は、さらに、2 周期後の GTIOcNA 端子の切り替わりポイントを GTCCRD レジスタに、GTIOcNB 端子の切り替わりポイントを GTCCRF レジスタに設定します。

注. n: 1、2、4、5
m: A、B

21.3.3.2 のこぎり波ワンショットパルスモード

のこぎり波ワンショットパルスモードは、GTPR レジスタに周期を設定して GTCNT カウンタをのこぎり波（半波）動作させ、バッファ動作固定で、GTCCRA レジスタまたは GTCCRB レジスタのコンペアマッチにより、GTIOcNA 端子または GTIOcNB 端子に PWM 波形を出力するモードです（n = 1、2、4、5）。

のこぎり波ワンショットパルスモードのバッファ動作は通常のバッファ動作と異なります。バッファ転送は、下記のとおりです。

- 周期の終わりで、GTCCRC レジスタから GTCCRA レジスタ
- 周期の終わりで、GTCCRE レジスタから GTCCRB レジスタ
- 周期の終わりで、GTCCRD レジスタからテンポラリレジスタ A
- 周期の終わりで、GTCCRF レジスタからテンポラリレジスタ B
- GTCCRA レジスタのコンペアマッチで、テンポラリレジスタ A から GTCCRA レジスタ
- GTCCRB レジスタのコンペアマッチで、テンポラリレジスタ B から GTCCRB レジスタ

端子の出力値は GTIOR レジスタにより、コンペアマッチで Low 出力/High 出力/トグル出力、周期の終わりで Low 出力/High 出力/トグル出力を選択することができます。カウントストップ中に GTBER.CCRSWT ビットを 1 にすると、GTCCRD レジスタから一時レジスタ A へ、および GTCCRF レジスタから一時レジスタ B へ、バッファ転送が強制的に実行されます。また、GTDTCR、GTDVU レジスタを設定することにより、デッドタイム付き逆相波形のコンペアマッチ値は GTCCRB レジスタに自動設定されます。

図 21.20 に、のこぎり波ワンショットパルスモードの動作例を、表 21.16 に、のこぎり波ワンショットパルスモードの設定例を示します。

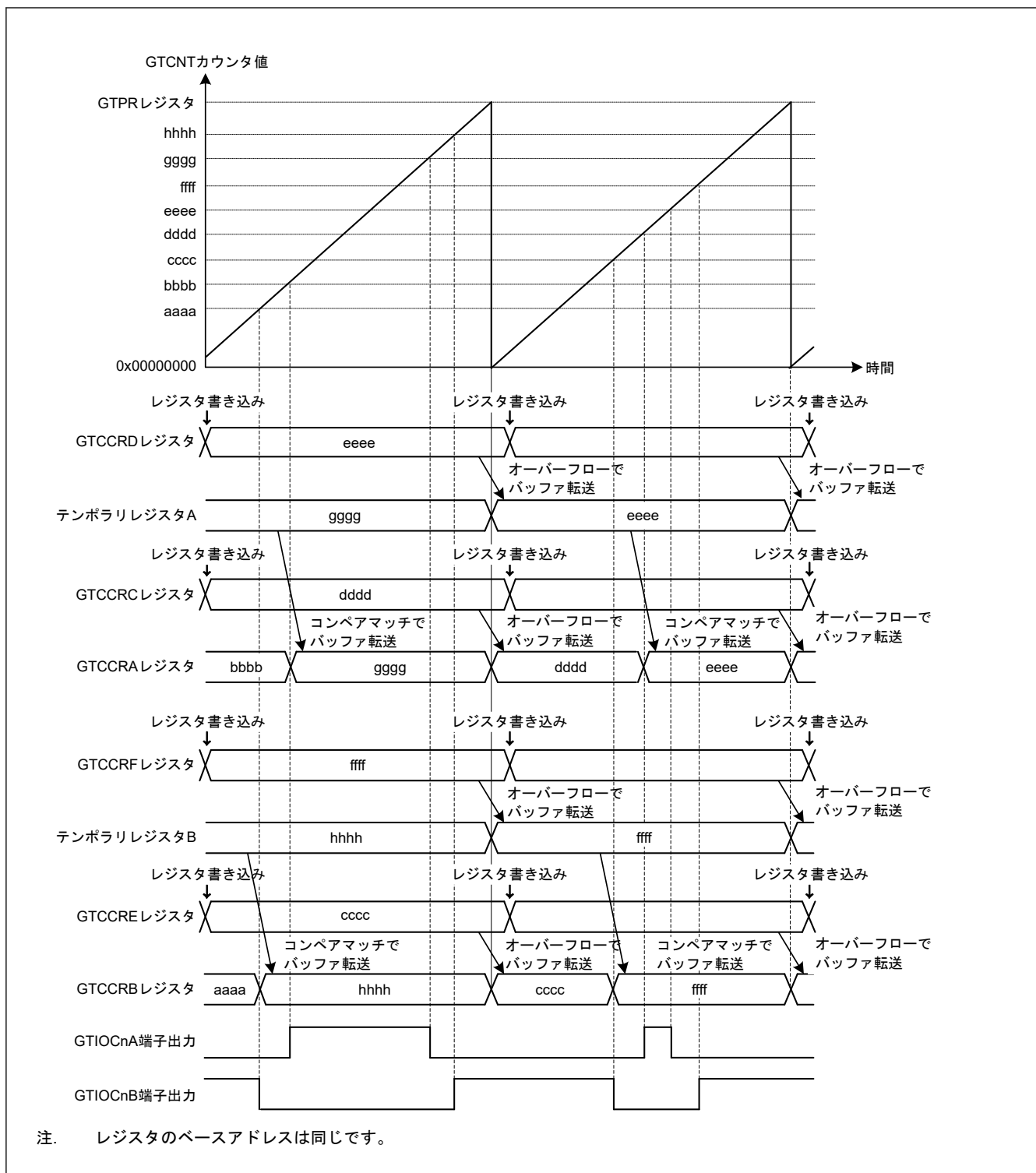


図 21.20 のこぎり波ワンショットパルスモードの動作例 (アップカウント、カウントスタート時に GTIOCnA 端子 = Low 出力/GTIOCnB 端子 = High 出力、GTCCRA/GTCRCB レジスタのコンペアマッチ時にトグル出力、周期の終わりで出力保持の場合)

表 21.16 のこぎり波ワンショットパルスモード設定例 (1/2)

No.	手順名	説明
1	動作モード設定	GTCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定します。 (図 21.20 の例では 001b (のこぎり波ワンショットパルスモード))

表 21.16 のこぎり波ワンショットパルスモード設定例 (2/2)

No.	手順名	説明
2	カウント方向設定	GTUDDTYC レジスタでカウント方向 (アップ/ダウン) を設定します。 図 21.20 では GTUDDTYC[1:0] に 11b を設定してから GTUDDTYC[1:0] レジスタに 01b を設定します。(アップカウント)
3	カウントクロックの選択	GTCR.TPCS[3:0] ビットでカウントクロックを選択します。
4	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します。
5	カウンタ初期値設定	GTCNT レジスタに初期値を設定します。
6	GTIOCNm 端子機能設定	GTIOR レジスタの GTIOA[4:0] ビット、GTIOB[4:0] ビットに GTIOCNm 端子の機能を設定します。 (図 21.20 の例では GTIOA[4:0] = 00011b、GTIOB[4:0] = 10011b)
7	GTIOCNm 端子出力許可設定	GTIOR レジスタの OAE ビット、OBE ビットで、GTIOCNm 端子出力の許可を設定します。
8	コンペアマッチ値設定	カウント開始直後の周期の GTIOCNa 端子の切り替わりポイントを GTCCRC レジスタと GTCCRD レジスタに、GTIOCNb 端子の切り替わりポイントを GTCCRE レジスタと GTCCRF レジスタに設定します。
9	バッファ強制転送設定	GTBER.CCRSWT ビットを 1 にし、バッファレジスタの強制転送を行います。
10	バッファ値設定	1 周期後の GTIOCNa 端子の切り替わりポイントを GTCCRC レジスタと GTCCRD レジスタに、GTIOCNb 端子の切り替わりポイントを GTCCRE レジスタと GTCCRF レジスタに設定します。
11	カウント動作開始	GTCR.CST ビットを 1 にしてカウント動作を開始します。
12	周期ごとのバッファ値設定	1 周期後の GTIOCNa 端子の切り替わりポイントを GTCCRC レジスタと GTCCRD レジスタに、GTIOCNb 端子の切り替わりポイントを GTCCRE レジスタと GTCCRF レジスタに設定します。

注. n: 1、2、4、5
m: A, B

21.3.3.3 三角波 PWM モード 1 (谷 32 ビット転送)

三角波 PWM モード 1 は、GTPR レジスタに周期を設定するモードです。GTCNT カウンタに三角波 (全波) 動作を実行させ、GTCCRA レジスタまたは GTCCRB レジスタのコンペアマッチ発生時に GTIOCNa 端子または GTIOCNb 端子 (n = 1、2、4、5) に PWM 波形を出力させます。バッファ転送は谷で行われます。端子の出力値は GTIOR レジスタにより、コンペアマッチで Low 出力/High 出力/トグル出力、周期の終わりで Low 出力/High 出力/トグル出力を選択することができます。

また、GTDTCR レジスタ、GTDVU レジスタを設定することにより、デッドタイム付き逆相波形のコンペアマッチ値を GTCCRB レジスタに自動設定することが可能です。

図 21.21 に三角波 PWM モード 1 の動作例を、表 21.17 に三角波 PWM モード 1 の設定例を示します。

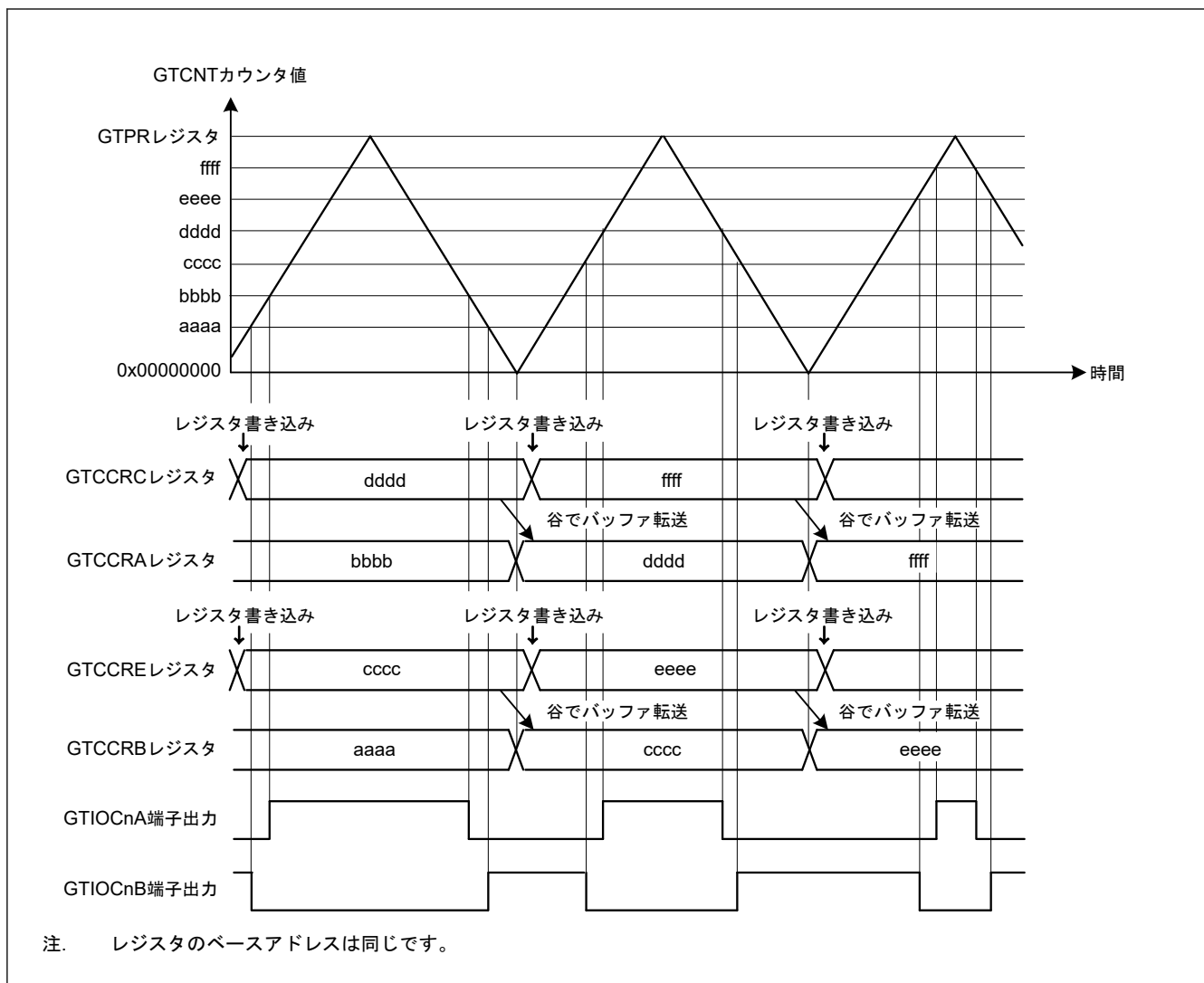


図 21.21 三角波 PWM モード 1 の動作例 (バッファ動作、カウントスタート時に GTIOcNA 端子= Low 出力 / GTIOcNB 端子= High 出力、GTCCRA/GTCCRB レジスタのコンペアマッチ時にトグル出力、周期の終わりで出力保持の場合)

表 21.17 三角波 PWM モード 1 設定例 (1/2)

No.	ステップ名	説明
1	動作モード設定	GTCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定します。 図 21.21 では、100b (三角波 PWM モード 1) を設定します。
2	カウントクロックの選択	GTCR.TPCS[3:0]ビットでカウントクロックを選択します。
3	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します。
4	カウンタ初期値設定	GTCNT カウンタに初期値を設定します。
5	GTIOcNm 端子機能設定	GTIOR レジスタの GTIOA[4:0]ビット、GTIOB[4:0]ビットに GTIOcNm 端子の機能を設定します。 (図 21.21 では、GTIOA[4:0] = 00011b、GTIOB[4:0] = 10011b)
6	GTIOcNm 端子出力許可設定	GTIOR レジスタの OAE ビット、OBE ビットで、GTIOcNm 端子出力の許可を設定します。
7	バッファ動作の設定	GTBER レジスタの CCRA[1:0]ビット、CCRB[1:0]ビットで、バッファ動作を設定します。 図 21.21 では、CCRA[1:0]ビット = 01b、CCRB[1:0]ビット = 01b
8	コンペアマッチ値設定	GTIOcNA 端子の切り替わりポイントを GTCCRA レジスタに設定します。GTIOcNB 端子の切り替わりポイントを GTCCRB レジスタに設定します。

表 21.17 三角波 PWM モード 1 設定例 (2/2)

No.	ステップ名	説明
9	バッファ値設定	バッファ動作時は、1 周期後の GTIOcNA 端子の切り替わりポイントを GTCCRC レジスタに、GTIOcNB 端子の切り替わりポイントを GTCCRE レジスタに設定します。 ダブルバッファ動作時は、さらに、2 周期後の GTIOcNA 端子の切り替わりポイントを GTCCRD レジスタに、GTIOcNB 端子の切り替わりポイントを GTCCRF レジスタに設定します。
10	カウント動作開始	GTCR.CST ビットを 1 にしてカウント動作を開始します。
11	周期ごとのバッファ値設定	バッファ動作時は、1 周期後の GTIOcNA 端子の切り替わりポイントを GTCCRC レジスタに、GTIOcNB 端子の切り替わりポイントを GTCCRE レジスタに設定します。 ダブルバッファ動作時は、さらに、2 周期後の GTIOcNA 端子の切り替わりポイントを GTCCRD レジスタに、GTIOcNB 端子の切り替わりポイントを GTCCRF レジスタに設定します。

注. n: 1、2、4、5
m: A、B

21.3.3.4 三角波 PWM モード 2 (山／谷 32 ビット転送)

三角波 PWM モード 1 と同様に、三角波 PWM モード 2 でも GTPR レジスタに周期を設定します。GTCNT カウンタに三角波（全波）動作を実行させ、GTCCRA レジスタまたは GTCCRB レジスタのコンペアマッチ発生時に GTIOcNA 端子または GTIOcNB 端子 (n=1、2、4、5) に PWM 波形を出力させます。山および谷の両方でバッファ転送が行われます。端子の出力値は GTIOR レジスタにより、コンペアマッチで Low 出力／High 出力／トグル出力、周期の終わりで Low 出力／High 出力／トグル出力を選択することができます。

また、GTDTCR レジスタ、GTDVU レジスタを設定することにより、デッドタイム付き逆相波形のコンペアマッチ値を GTCCRB レジスタに自動設定することが可能です。

図 21.22 に三角波 PWM モード 2 の動作例を、表 21.18 に三角波 PWM モード 2 の設定例を示します。

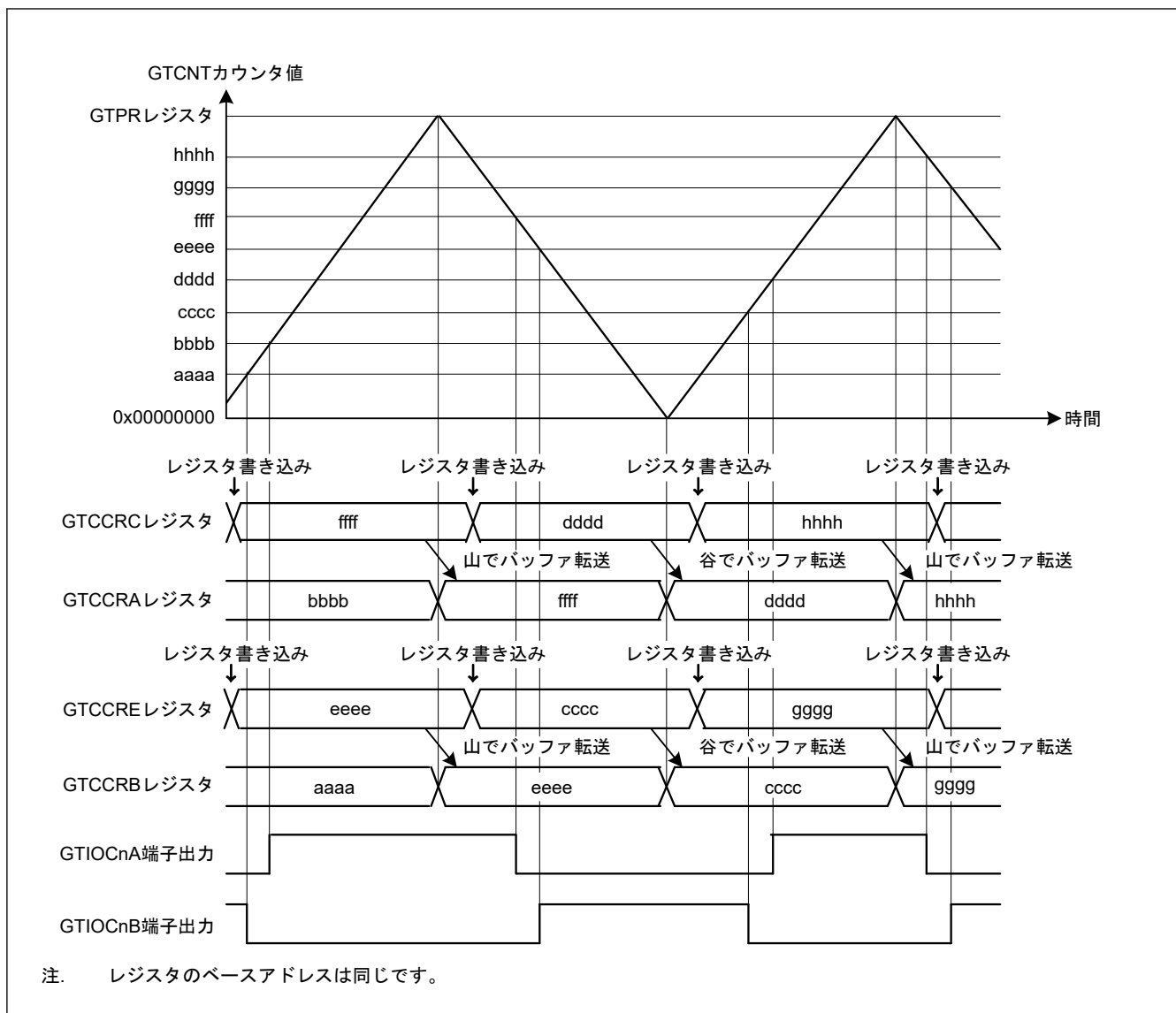


図 21.22 三角波 PWM モード 2 の動作例 (バッファ動作、カウントスタート時に GTIOcNA 端子= Low 出力 / GTIOcNB 端子= High 出力、GTCCRA/GTCCRB レジスタのコンペアマッチ時にトグル出力、周期の終わりで出力保持の場合)

表 21.18 三角波 PWM モード 2 設定例 (1/2)

No.	ステップ名	説明
1	動作モード設定	GTCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定します。 図 21.22 では、101b (三角波 PWM モード 2) を設定します。
2	カウントクロックの選択	GTCR.TPCS[3:0]ビットでカウントクロックを選択します。
3	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します。
4	カウンタ初期値設定	GTCNT カウンタに初期値を設定します。
5	GTIOcNm 端子機能設定	GTIOR レジスタの GTIOA[4:0]ビット、GTIOB[4:0]ビットに GTIOcNm 端子の機能を設定します。 (図 21.22 では、GTIOA[4:0] = 00011b、GTIOB[4:0] = 10011b)
6	GTIOcNm 端子出力許可設定	GTIOR レジスタの OAE ビット、OBE ビットで、GTIOcNm 端子出力の許可を設定します。
7	バッファ動作の設定	GTBER レジスタの CCRA[1:0]ビット、CCRB[1:0]ビットで、バッファ動作を設定します。 図 21.22 では、CCRA[1:0]ビット = 01b、CCRB[1:0]ビット = 01b
8	コンペアマッチ値設定	GTIOcNA 端子の切り替わりポイントを GTCCRA レジスタに設定します。GTIOcNB 端子の切り替わりポイントを GTCCRB レジスタに設定します。

表 21.18 三角波 PWM モード 2 設定例 (2/2)

No.	ステップ名	説明
9	バッファ値設定	バッファ動作時は、半周期後の GTIOcNA 端子の切り替わりポイントを GTCCRC レジスタに、GTIOcNB 端子の切り替わりポイントを GTCCRE レジスタに設定します。 ダブルバッファ動作時は、さらに、1 周期後の GTIOcNA 端子の切り替わりポイントを GTCCRD レジスタに、GTIOcNB 端子の切り替わりポイントを GTCCRF レジスタに設定します。
10	カウント動作開始	GTCR.CST ビットを 1 にしてカウント動作を開始します。
11	半周期ごとのバッファ値設定	バッファ動作時は、半周期後の GTIOcNA 端子の切り替わりポイントを GTCCRC レジスタに、GTIOcNB 端子の切り替わりポイントを GTCCRE レジスタに設定します。 ダブルバッファ動作時は、さらに、1 周期後の GTIOcNA 端子の切り替わりポイントを GTCCRD レジスタに、GTIOcNB 端子の切り替わりポイントを GTCCRF レジスタに設定します。

注. n: 1、2、4、5
m: A、B

21.3.3.5 三角波 PWM モード 3 (谷 64 ビット転送)

三角波 PWM モード 3 は、GTPR レジスタに周期を設定するモードです。GTCNT カウンタを三角波 (全波) 動作させ、バッファ動作固定で、GTCCRA レジスタ、GTCCRB レジスタのコンペアマッチにより、GTIOcNA 端子、GTIOcNB 端子に PWM 波形を出力するモードです (n=1、2、4、5)。三角波 PWM モード 3 のバッファ動作は通常のバッファ動作と異なります。バッファ転送は、下記のとおりです。

- 谷で、GTCCRC レジスタから GTCCRA レジスタ
- 谷で、GTCCRE レジスタから GTCCRB レジスタ
- 谷で、GTCCRD レジスタからテンポラリレジスタ A
- 谷で、GTCCRF レジスタからテンポラリレジスタ B
- 山で、テンポラリレジスタ A から GTCCRA レジスタ
- 山で、テンポラリレジスタ B から GTCCRB レジスタ

端子の出力値は GTIOR レジスタにより、コンペアマッチで Low 出力/High 出力/トグル出力、周期の終わりで Low 出力/High 出力/トグル出力、を設定することができます。

また、GTDTCR レジスタ、GTDVU レジスタを設定することにより、デッドタイム付き逆相波形のコンペアマッチ値を GTCCRB レジスタに自動設定することが可能です。

図 21.23 に三角波 PWM モード 3 の動作例を、表 21.19 に三角波 PWM モード 3 の設定例を示します。

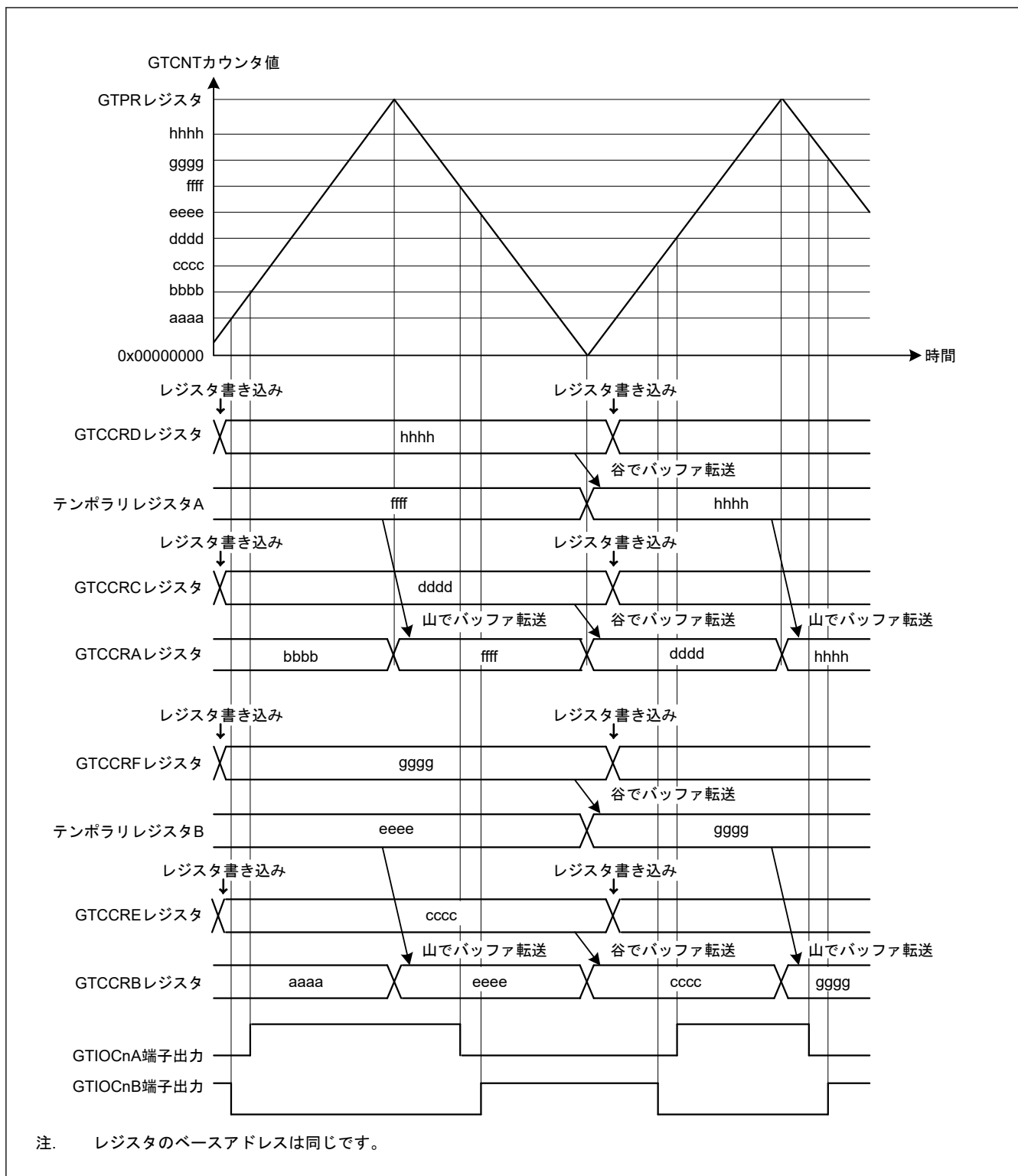


図 21.23 三角波 PWM モード 3 の動作例 (カウントスタート時に GTIOcNA 端子 = Low 出力/GTIOcNB 端子 = High 出力、GTCCRA/GTCCRB レジスタのコンペアマッチ時にトグル出力、周期の終わりで出力保持の場合)

表 21.19 三角波 PWM モード 3 設定例 (1/2)

No.	手順名	説明
1	動作モード設定	GTCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定します。 (図 21.23 の例では 110b (三角波 PWM モード 3))

表 21.19 三角波 PWM モード 3 設定例 (2/2)

No.	手順名	説明
2	カウントクロックの選択	GTCCR.TPCS[3:0]ビットでカウントクロックを選択します。
3	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します。
4	カウンタ初期値設定	GTCNT レジスタに初期値を設定します。
5	GTIOCNm 端子機能設定	GTIOR レジスタの GTIOA[4:0]ビット、GTIOB[4:0]ビットに GTIOCNm 端子の機能を設定します。 (図 21.23 の例では GTIOA[4:0] = 00011b、GTIOB[4:0] = 10011b)
6	GTIOCNm 端子出力許可設定	GTIOR レジスタの OAE ビット、OBE ビットで、GTIOCNm 端子出力の許可を設定します。
7	コンペアマッチ値設定	カウント開始直後の周期の GTIOCNa 端子の切り替わりポイントを GTCCRC レジスタと GTCCRD レジスタに、GTIOCNb 端子の切り替わりポイントを GTCCRE レジスタと GTCCRF レジスタに設定します。
8	バッファ強制転送設定	GTBER.CCRSWT ビットを 1 にし、バッファレジスタの強制転送を行います。
9	バッファ値設定	1 周期後の GTIOCNa 端子の切り替わりポイントを GTCCRC レジスタと GTCCRD レジスタに、GTIOCNb 端子の切り替わりポイントを GTCCRE レジスタと GTCCRF レジスタに設定します。
10	カウント動作開始	GTCCR.CST ビットを 1 にしてカウント動作を開始します。
11	周期ごとのバッファ値設定	1 周期後の GTIOCNa 端子の切り替わりポイントを GTCCRC レジスタと GTCCRD レジスタに、GTIOCNb 端子の切り替わりポイントを GTCCRE レジスタと GTCCRF レジスタに設定します。

注: n: 1、2、4、5
m: A, B

21.3.4 デッドタイム自動設定機能

GTDTCR レジスタの設定により、正相波形用のコンペアマッチ値 (GTCCRA レジスタ値) とデッドタイム値 (GTDVU レジスタ値) からデッドタイム付き逆相波形用のコンペアマッチ値を生成し、GTCCRB レジスタに自動設定することができます。デッドタイム自動設定機能は、のこぎり波ワンショットパルスモードと、すべての三角波 PWM モードで使用できます。

デッドタイム自動設定機能を使用する時は、GTCCRB レジスタへの書き込みは禁止です。カウント周期を超えるようなデッドタイム設定は禁止です。デッドタイム自動設定値は、GTCCRB レジスタ値を読むことで確認できます。三角波で、GTCCRA レジスタに $GTCCRA = 0$ または $GTCCRA \geq GTPR$ となる値を設定することで、カウント周期を超えるようなデッドタイム設定になった場合、出力保護機能によって出力レベルが維持されます。詳細は、「[21.7.3. GTIOCNm 端子出力の出力禁止制御 \(n = 1、2、4、5, m = A, B\)](#)」を参照してください。GTCCRB レジスタへのデッドタイム値の自動設定は、自動設定値の算出に用いるレジスタ値が更新された次のカウントクロックで行われます。

デッドタイムエラー発生時、正相波形用および逆相波形用のコンペアマッチ値は[表 21.20](#) で示されるデッドタイムの波形を生成するように調整されます。

逆相波形用の調整値は GTCCRB レジスタに自動設定されます。

正相波形用の調整値は内部信号として使用され、GTCCRA レジスタに設定されません。

表 21.20 デッドタイムエラー発生時の波形変化点の調整

モード	カウント方向	周期	デッドタイムエラー条件	調整後の正相波形の変化点	調整後の逆相波形の変化点
のこぎり波ワンショットパルスモード	アップカウント	前半	$GTCCRA - GTDVU < 0$	GTDVU	0
		後半	$GTCCRA + GTDVU > GTPR$	$GTPR - GTDVU$	GTPR
	ダウンカウント	前半	$GTCCRA + GTDVU > GTPR$	$GTPR - GTDVU$	GTPR
		後半	$GTCCRA - GTDVU < 0$	GTDVU	0
三角波 PWM モード 1/2/3	アップカウント	(前半)	$GTCCRA - GTDVU \leq 0$	$GTDVU + 1$	1
	ダウンカウント	(後半)	$GTCCRA - GTDVU < 0$	GTDVU	0

[図 21.24](#)～[図 21.27](#) にデッドタイム自動設定機能の動作例を示します。 [表 21.21](#) および [表 21.22](#) に設定例を示します。

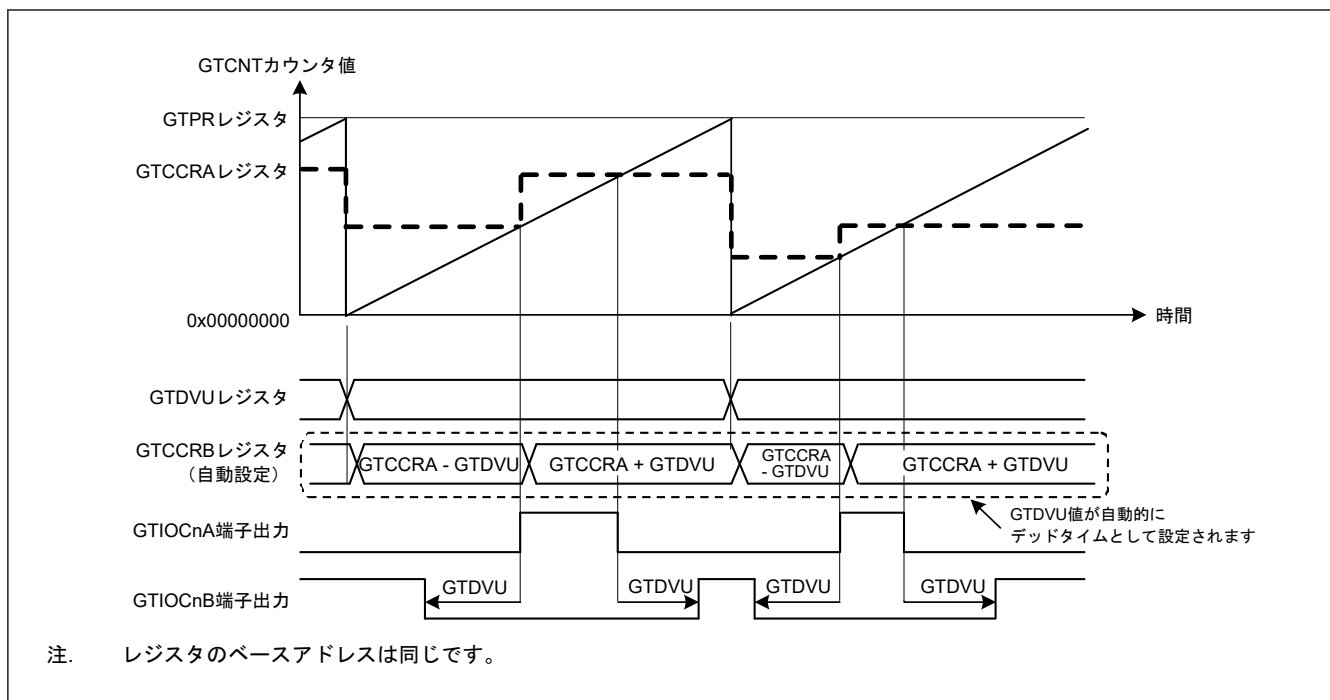


図 21.24 デッドタイム自動設定機能の動作例 (のこぎり波ワンショットパルスモード、アップカウント、アクティフ High の場合)

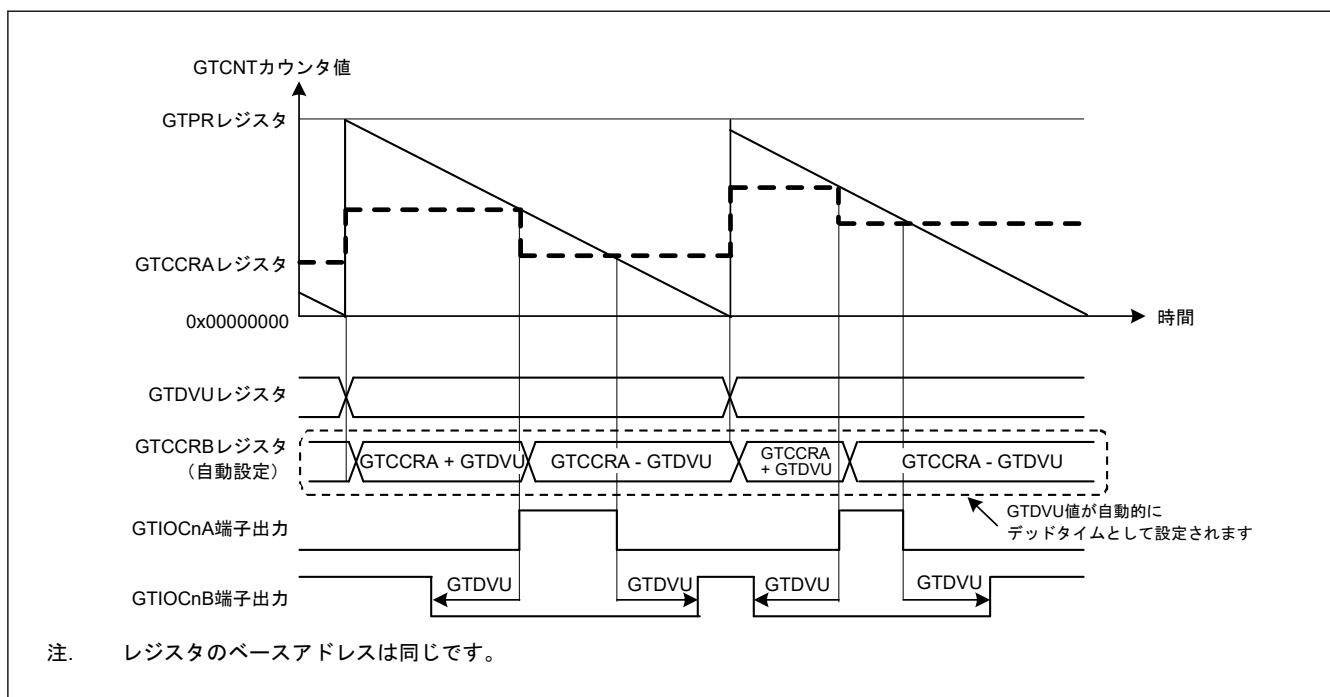


図 21.25 デッドタイム自動設定機能の動作例 (のこぎり波ワンショットパルスモード、ダウンカウント、アクティフ High の場合)

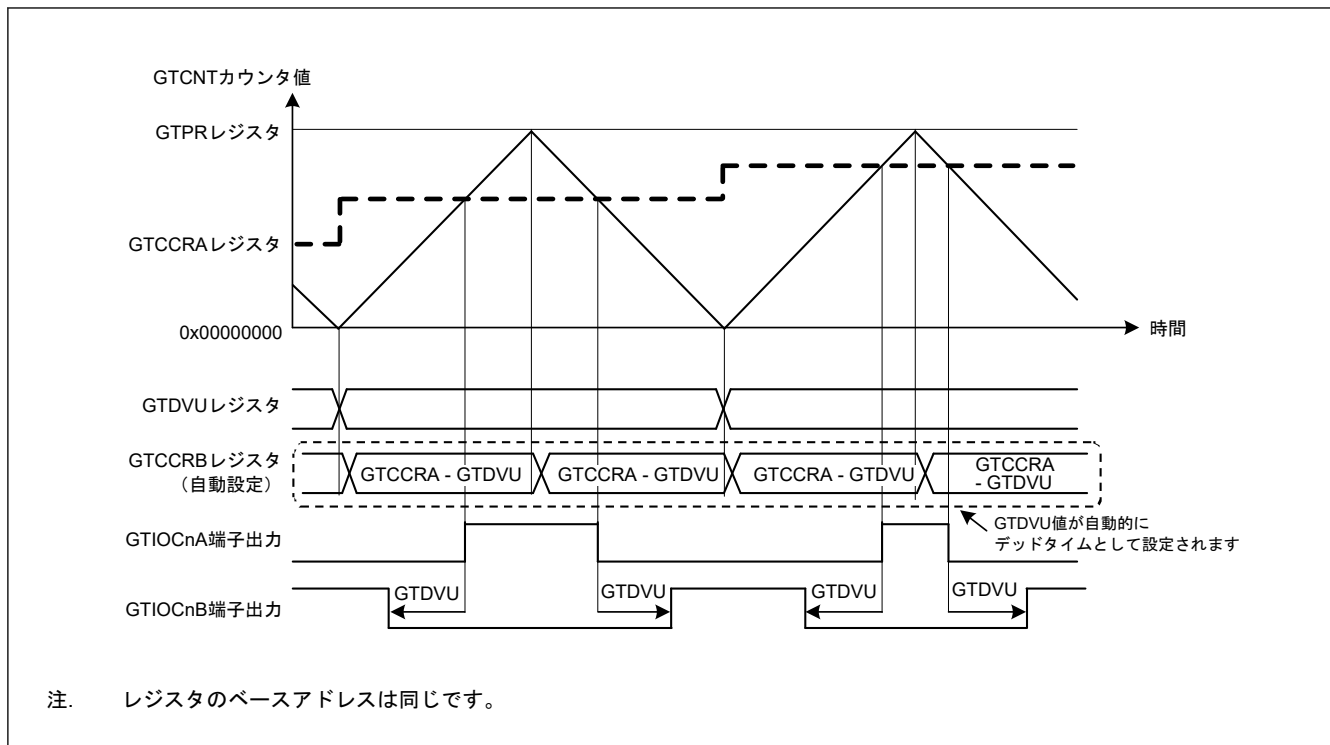


図 21.26 デッドタイム付きコンペアマッチ値の自動設定機能の動作例 (三角波 PWM モード 1、アクティブ High の場合)

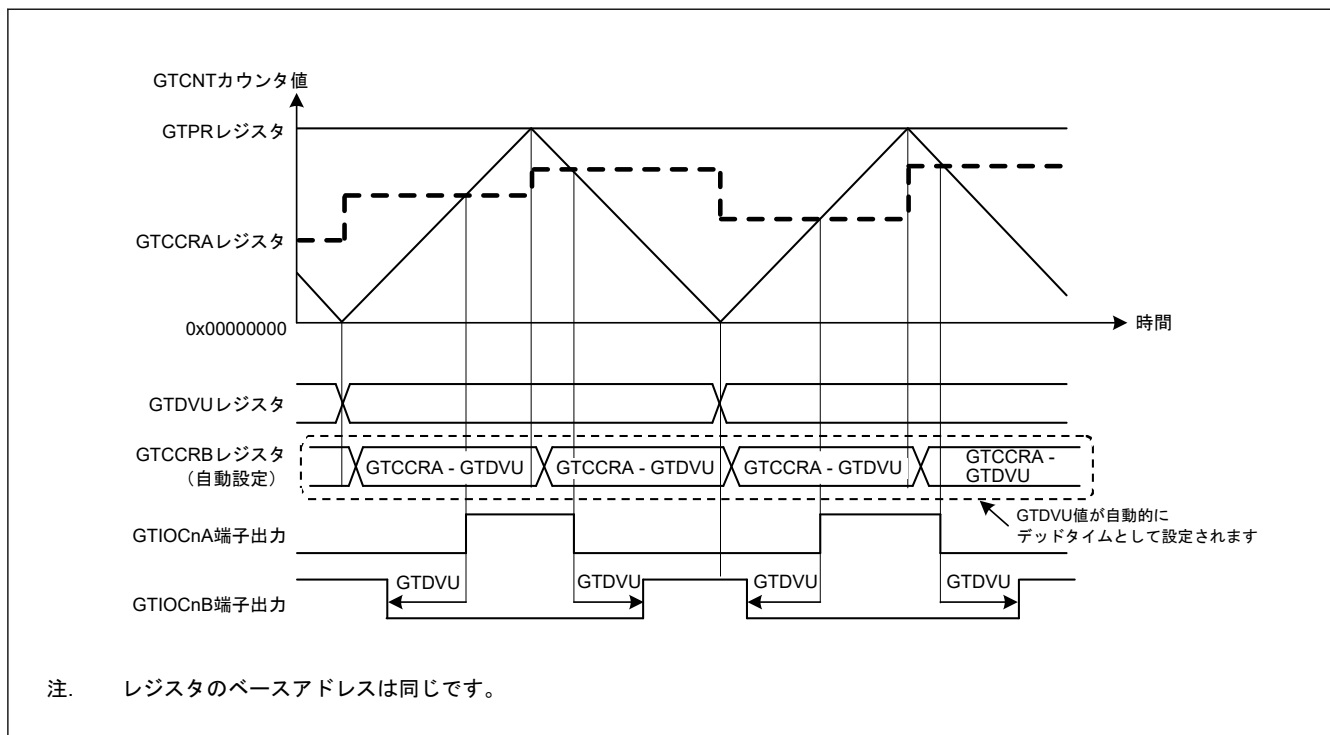


図 21.27 デッドタイム付きコンペアマッチ値の自動設定機能の動作例 (三角波 PWM モード 2 または 3、アクティブ High の場合)

表 21.21 デッドタイム自動設定機能の設定例 (のこぎり波ワンショットパルスモード、三角波 PWM モード 3 の場合)

No.	手順名	説明
1	動作モード設定	GTCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定します。図 21.24 および図 21.25 では、001b (のこぎり波ワンショットパルスモード) を設定します。図 21.27 では、110b (三角波 PWM モード 3) を設定します。
2	カウント方向設定	GTUDDTYC レジスタでカウント方向 (アップ/ダウン) を設定します。 図 21.24 では、GTUDDTYC[1:0]ビットに 11b を設定してから 01b を設定します。(アップカウント) 図 21.25 では、GTUDDTYC[1:0]ビットに 10b を設定してから 00b を設定します。(ダウンカウント)
3	カウントクロックの選択	GTCR.TPCS[3:0]ビットでカウントクロックを選択します。
4	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します。
5	カウンタ初期値設定	GTCNT レジスタに初期値を設定します。
6	GTIOCNm 端子機能設定	GTIOR レジスタの GTIOA[4:0]ビット、GTIOB[4:0]ビットに GTIOCNm 端子の機能を設定します。 図 21.24、図 21.26、図 21.27 の例では GTIOA[4:0] = 00011b、GTIOB[4:0] = 10011b)
7	GTIOCNm 端子出力許可設定	GTIOR レジスタの OAE ビット、OBE ビットで、GTIOCNm 端子出力の許可を設定します。
8	コンペアマッチ用バッファ値設定	カウント開始直後の周期の GTIOCNa 端子の切り替わりポイントを GTCCRC レジスタと GTCCRD レジスタに設定します。
9	コンペアマッチ用バッファ強制転送	GTBER.CCRSWT ビットを 1 にし、バッファレジスタデータを GTCCRA レジスタへ強制転送します。
10	コンペアマッチ用バッファ値設定	1 周期後の GTIOCNa 端子の切り替わりポイントを GTCCRC レジスタと GTCCRD レジスタに設定します。
11	デッドタイム自動設定機能の設定	GTDTCR.TDE ビットを 1 にして、デッドタイム自動設定機能を有効にします。
12	デッドタイム値設定	デッドタイム値を GTDVU レジスタに設定します。
13	カウント動作開始	GTCR.CST ビットを 1 にしてカウント動作を開始します。
14	周期ごとのバッファ値設定	バッファ動作時は 1 周期後の GTIOCNa 端子の切り替わりポイントを GTCCRC レジスタと GTCCRD レジスタに設定します。

注: n: 1、2、4、5
m: A、B

表 21.22 デッドタイム自動設定機能の設定例 (三角波 PWM モード 1 または 2 の場合) (1/2)

No.	手順名	説明
1	動作モード設定	GTCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定します。図 21.26 では、100b (三角波 PWM モード 1) を設定します。図 21.27 では、101b (三角波 PWM モード 2) を設定します。
2	カウントクロックの選択	GTCR.TPCS[3:0]ビットでカウントクロックを選択します。
3	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します。
4	カウンタ初期値設定	GTCNT レジスタに初期値を設定します。
5	GTIOCNm 端子機能設定	GTIOR レジスタの GTIOA[4:0]ビット、GTIOB[4:0]ビットに GTIOCNm 端子の機能を設定します。 (図 21.26、図 21.27 の例では GTIOA[4:0] = 00011b、GTIOB[4:0] = 10011b)
6	GTIOCNm 端子出力許可設定	GTIOR レジスタの OAE ビット、OBE ビットで、GTIOCNm 端子出力の許可を設定します。
7	コンペアマッチ用バッファ動作設定	GTBER レジスタの CCRA[1:0]ビットで、バッファ動作を設定します。
8	コンペアマッチ値設定	GTIOCNa 端子の切り替わりポイントを GTCCRA レジスタに設定します。
9	コンペアマッチ用バッファ値設定	バッファ動作時は、現在の周期から 1 周期後 (三角波 PWM モード 1 の場合)、あるいは現在の周期から半周期後 (三角波 PWM モード 2 の場合) の GTIOCNa 端子の切り替わりポイントを GTCCRC レジスタに設定します。ダブルバッファ動作時は、さらに、2 周期後 (三角波 PWM モード 1 時) もしくは 1 周期 (三角波 PWM モード 2 時) の GTIOCNa 端子の切り替わりポイントを GTCCRD レジスタに設定します。
10	デッドタイム自動設定機能の設定	GTDTCR.TDE ビットを 1 にして、デッドタイム自動設定機能を有効にします。
11	デッドタイム値設定	デッドタイム値を GTDVU レジスタに設定します。

表 21.22 デッドタイム自動設定機能の設定例 (三角波 PWM モード 1 または 2 の場合) (2/2)

No.	手順名	説明
12	カウント動作開始	GTCR.CST ビットを 1 にしてカウント動作を開始します。
13	周期ごとのバッファ値設定	コンペアマッチレジスタのバッファ動作時は、1 周期後 (三角波 PWM モード 1 時) もしくは半周期後 (三角波 PWM モード 2 時) の GTIOCnA 端子の切り替わりポイントを GTCCRC レジスタに設定します。

注: n: 1、2、4、5
m: A, B

21.3.5 カウント方向切り替え機能

GTUDDTYC.UD ビットの値を書き換えることにより、GTCNT カウンタのカウント方向を切り替えることが可能です。

のこぎり波モードの場合、カウント動作中に GTUDDTYC.UD ビット値を変更すると、オーバーフロー (アップカウント中に変更した場合) またはアンダーフロー (ダウンカウント中に変更した場合) 発生時に、カウント方向が切り替わります。カウントストップ中に GTUDDTYC.UDF ビットが 0 の状態で GTUDDTYC.UD ビット値を変更しても、その変更値はカウントスタート時に反映されず、オーバーフローまたはアンダーフロー発生時にカウント方向が切り替わります。カウントストップ中に GTUDDTYC.UDF ビットを 1 にすると、そのときの GTUDDTYC.UD ビット値がカウントスタート時に反映されます。

三角波モードの場合、カウント動作中に GTUDDTYC.UD ビット値を変更しても、カウント方向は切り替わりません。同様に、カウントストップ中に GTUDDTYC.UDF ビットが 0 の状態で GTUDDTYC.UD ビット値を変更しても、その値はカウント動作に反映されません。カウントストップ中に GTUDDTYC.UDF ビットを 1 にすると、そのときの GTUDDTYC.UD ビット値がカウントスタート時に反映されます。

のこぎり波のカウント動作中にカウント方向を変更すると、アップカウント中はアップカウントスタート後の GTPR 値がカウント周期に反映され、ダウンカウント中はダウンカウントスタート後の GTPR 値がカウント周期に反映されます。

図 21.28 にカウント方向切り替え機能の動作例を示します。

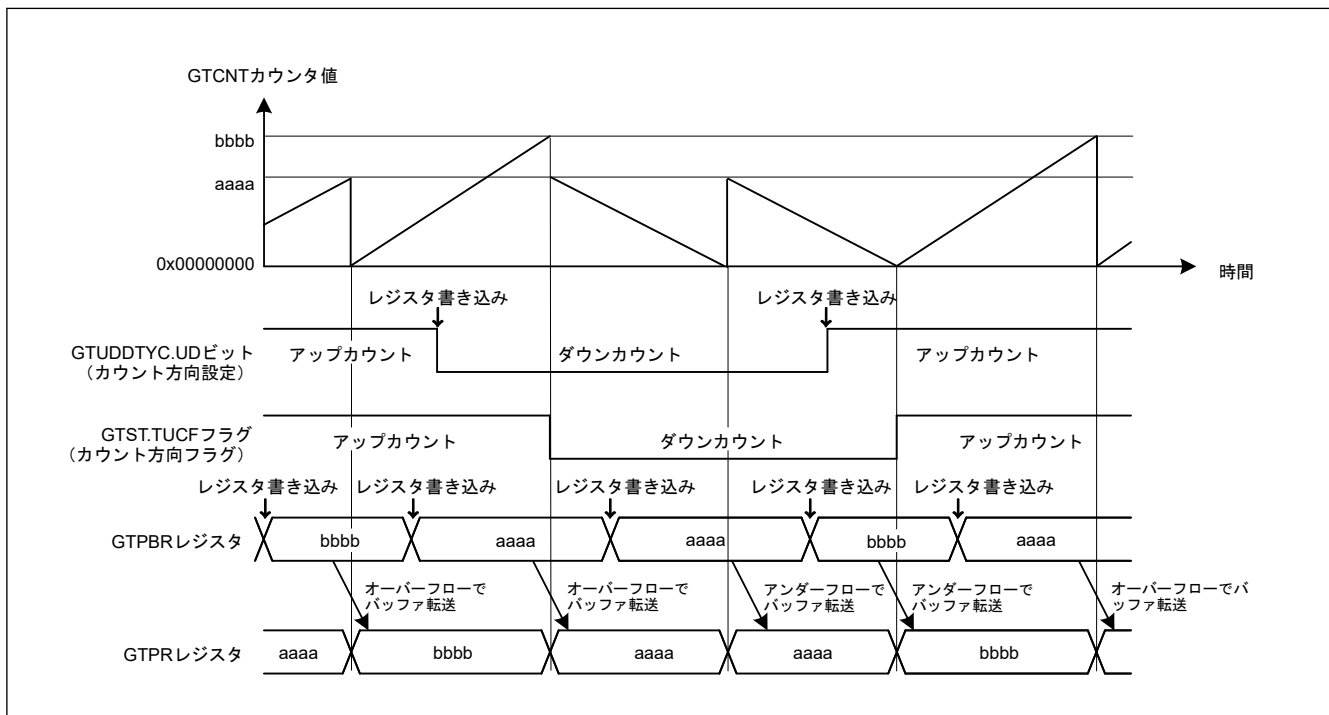


図 21.28 カウント方向切り替え機能の動作例 (バッファ動作時)

21.3.6 出力デューティ 0%および出力デューティ 100%機能

GTUDDTYC.OADTY ビットまたは GTUDDTYC.OBDTY ビットを変更することにより、GTIOCnA 端子と GTIOCnB 端子の出力デューティが 0%または 100%に設定されます (n = 1、2、4、5)。

のこぎり波モードの場合、カウント動作中に GTUDDTYC.OADTY ビットまたは GTUDDTYC.OBDTY ビットを変更すると、オーバーフロー（アップカウント中に変更した場合）またはアンダーフロー（ダウンカウント中に変更した場合）発生時に、出力デューティの設定値が反映されます。カウントストップ中に GTUDDTYC.OADTYF ビットまたは GTUDDTYC.OBDTYF ビットが 0 の状態で GTUDDTYC.OADTY ビットまたは GTUDDTYC.OBDTY ビットを変更しても、出力デューティの変更値はカウントスタート時に反映されません。出力デューティはオーバーフローまたはアンダーフロー発生時に変更されます。カウントストップ中に GTUDDTYC.OADTYF ビットまたは GTUDDTYC.OBDTYF ビットが 1 の状態で GTUDDTYC.OADTY ビットまたは GTUDDTYC.OBDTY ビットを変更すると、その時の GTUDDTYC.OADTY ビット値または GTUDDTYC.OBDTY ビット値はカウントスタート時に反映されます。

三角波モードの場合、カウント動作中に GTUDDTYC.OADTY ビットまたは GTUDDTYC.OBDTY ビットを変更すると、アンダーフロー発生時に出力デューティの設定値が反映されます。

カウントストップ中に GTUDDTYC.OADTYF ビットまたは GTUDDTYC.OBDTYF ビットが 0 の状態で GTUDDTYC.OADTY ビットまたは GTUDDTYC.OBDTY ビットを変更しても、出力デューティの変更値はカウントスタート時に反映されません。アンダーフロー時に出力デューティが変更されます。カウントストップ中に GTUDDTYC.OADTYF ビットまたは GTUDDTYC.OBDTYF ビットが 1 の状態で GTUDDTYC.OADTY ビットまたは GTUDDTYC.OBDTY ビットを変更すると、出力デューティの変更値はカウントスタート時に反映されます。

0%または 100%デューティ動作の実行時、GPT は内部で以下の動作を継続します。

- コンペアマッチ動作の実行
- コンペアマッチフラグの設定
- 割り込み出力
- バッファ動作の実行

0%または 100%デューティ設定からコンペアマッチに制御が変更されると、周期の終わりでの GTIOCnA 端子の出力値は、GTIOR.GTIOA[3:2]ビットと GTUDDTYC.OADTYR ビットで決定されます。周期の終わりでの GTIOCnB 端子の出力値は、GTIOR.GTIOB[3:2]ビットと GTUDDTYC.OBDTYR ビットで決定されます。

GTIOR.GTIOA[3:2]ビットと GTIOR.GTIOB[3:2]ビットを 01b にすると、出力端子は周期の終わりで Low 出力となります。GTIOR.GTIOA[3:2]ビットと GTIOR.GTIOB[3:2]ビットを 10b にすると、出力端子は周期の終わりで High 出力となります。

GTIOR.GTIOm[3:2]ビットが 00b（周期の終わりで出力保持）または 11b（周期の終わりでトグル出力）になっている場合、GTUDDTYC.OADTYR ビットでは、周期の終わりで出力保持／トグル出力の対象となる値を選択します。表 21.23 に周期の終わりでの GTIOCnA/GTIOCnB 端子の出力値を示します。

表 21.23 0%または 100%デューティ設定解除後の出力値 (m = A、B)

GTIOR.GTIOm[3:2]	0%/100%デューティ設定でマスクされた周期の終わりでのコンペアマッチ値	GTUDDTYC.OADTYR (デューティ 0%設定時)		GTUDDTYC.OADTYR (デューティ 100%設定時)	
		0	1	0	1
00 (周期の終わりで出力保持)	0	0	0	1	0
	1	0	1	1	1
01 (周期の終わりで Low 出力)	—	0	0	0	0
10 (周期の終わりで High 出力)	—	1	1	1	1
11 (周期の終わりでトグル出力)	0	1	1	0	1
	1	1	0	0	0

図 21.29 に出力デューティ 0%、100%機能の動作例を示します。

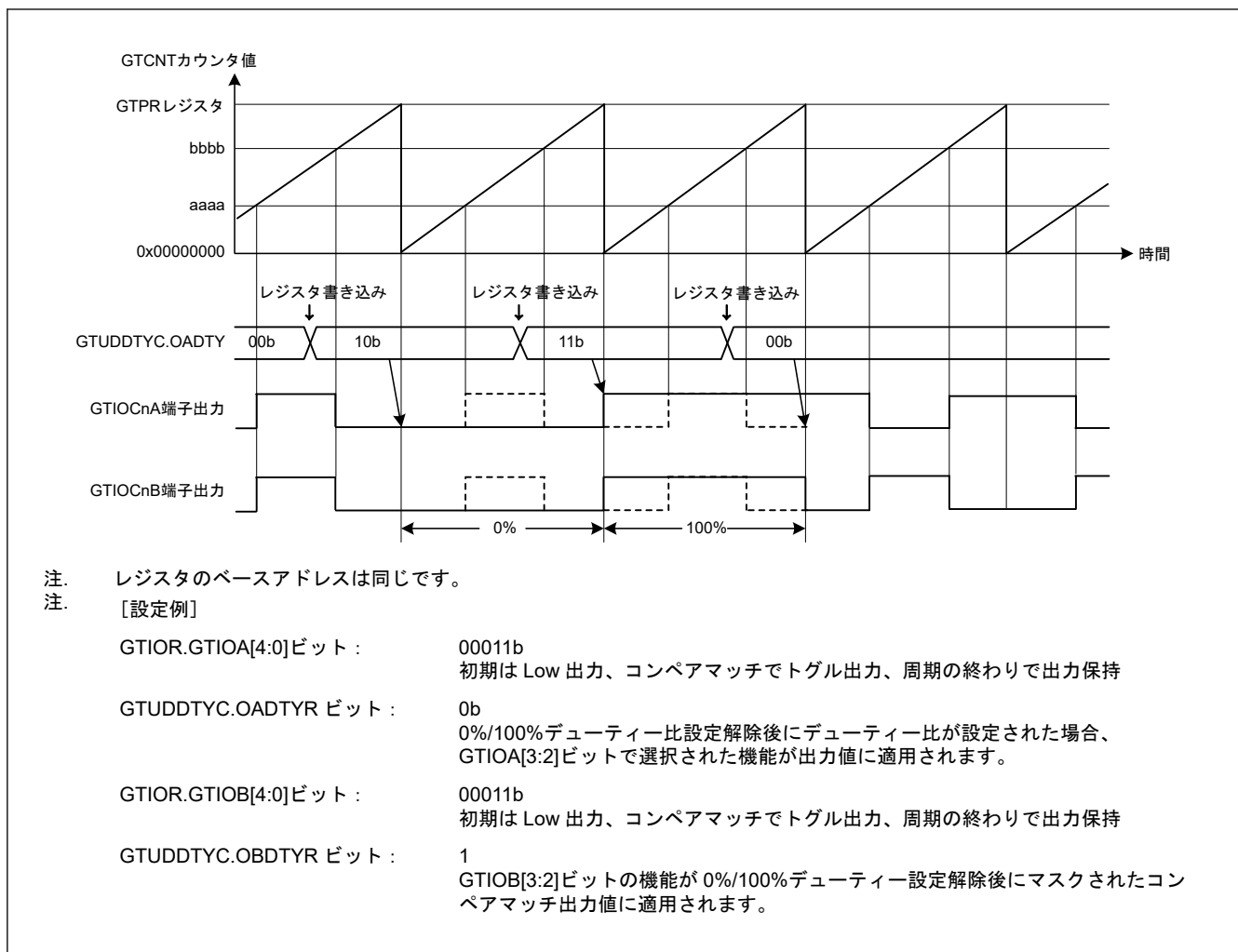


図 21.29 出力デューティ 0%、100%機能動作例

21.3.7 ハードウェアカウントスタート／カウントストップ、カウントクリア動作

下記のハードウェア要因によって、GTCNT カウンタのカウントスタート、カウントストップ、またはカウントクリアが可能です。

- 外部トリガ入力
- ELC イベント入力
- GTIOcNA/GTIOcNB 端子入力 (n = 1、2、4、5)

21.3.7.1 ハードウェアスタート動作

GTSSR レジスタでハードウェア要因を選択することにより、GTCNT カウンタのカウントスタートが可能です。

図 21.30 にハードウェア要因によるカウントスタートの動作例を示します。表 21.24 に設定例を示します。

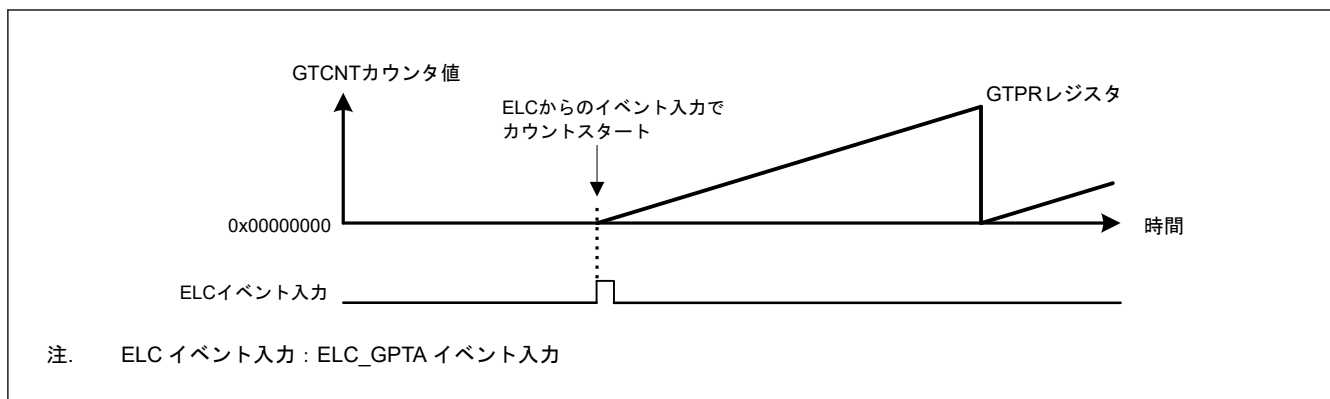


図 21.30 ハードウェア要因によるカウントスタート動作例 (ELC_GPTA イベントからの信号入力時のスタート)

表 21.24 ハードウェア要因によるカウントスタート動作設定例

No.	ステップ名	説明
1	動作モード設定	GTCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定します。 (図 21.30 では 000b (のこぎり波 PWM モード) を設定)
2	カウント方向設定	GTUDDTYC レジスタでカウント方向 (アップ/ダウン) を設定します。 図 21.30 では GTUDDTYC[1:0]に 11b を設定してから GTUDDTYC[1:0]レジスタに 01b を設定します。(アップカウント)
3	カウントクロックの選択	GTCR.TPCS[3:0]ビットでカウントクロックを選択します。
4	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します。
5	カウンタ初期値設定	GTCNT カウンタに初期値を設定します。 (図 21.30 では 0x00000000 を設定)
6	ハードウェアカウントスタート設定	GTSSR レジスタでカウントをスタートさせるハードウェア要因を選択します。 (図 21.30 では GTSSR.SSELCA = 1)
7	ハードウェア要因の動作設定	GTSSR レジスタで選択したハードウェア要因の動作を設定して、カウントをスタートさせます。 (図 21.30 では ELC_GPTA イベント入力の動作設定)

21.3.7.2 ハードウェアストップ動作

GTPSR レジスタでハードウェア要因を選択することにより、GTCNT カウンタのカウントストップが可能です。

図 21.31 にハードウェア要因によるカウントストップの動作例を示します。表 21.25 に設定例を示します。この例では、カウント動作が ELC_GPTA イベント入力でストップし、ELC_GPTB イベント入力で再スタートしています。

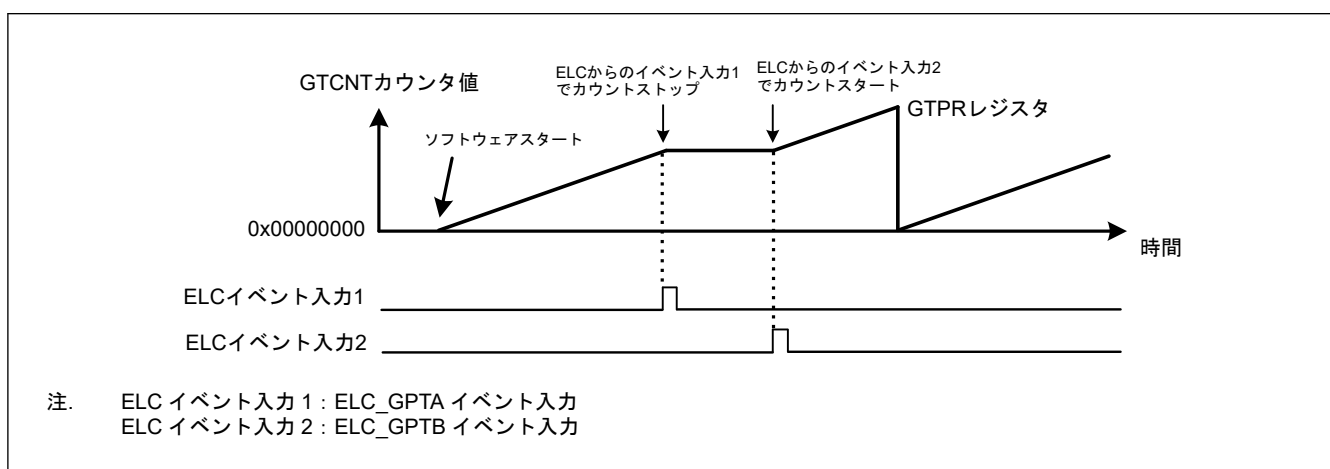


図 21.31 ハードウェア要因によるカウントストップ動作例 (ソフトウェアによるスタート、ELC_GPTA 入力でのストップ、ELC_GPTB 入力での再スタートの場合)

表 21.25 ハードウェア要因によるカウントストップ動作設定例

No.	ステップ名	説明
1	動作モード設定	GTCCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定します。 図 21.31 では 000b (のこぎり波 PWM モード) を設定します。
2	カウント方向設定	GTUDDTYC レジスタでカウント方向 (アップ/ダウン) を設定します。 図 21.31 では GTUDDTYC[1:0]ビットを 11b にしてから GTUDDTYC[1:0]ビットを 01b (アップカウント) にします。
3	カウントクロックの選択	GTCCR.TPCS[3:0]ビットでカウントクロックを選択します。
4	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します。
5	カウンタ初期値設定	GTCNT カウンタに初期値を設定します。 (図 21.31 では 0x00000000 を設定)
6	ハードウェアカウントスタート設定	GTSSR レジスタでカウントをスタートさせるハードウェア要因を選択し、ハードウェア要因によるカウントスタート待ち状態にします。(図 21.31 では GTSSR.SSELCB = 1)
7	ハードウェアカウントストップ設定	GTPSR レジスタでカウントをストップさせるハードウェア要因を選択し、ハードウェア要因によるカウントストップ待ち状態にします。(図 21.31 では GTPSR.PSELCA = 1)
8	ハードウェア要因の動作設定	GTSSR レジスタ、GTPSR レジスタで選択したハードウェア要因の動作を設定して、カウントをスタート/ストップさせます。(図 21.31 では ELC_GPTA 入力、ELC_GPTB 入力の動作を設定)

図 21.32 にハードウェア要因によるカウントスタート/ストップ動作例を示します。表 21.26 に設定例を示します。この例では、外部トリガ入力 GTETRGA 端子が High の期間に、カウンタが動作しています。

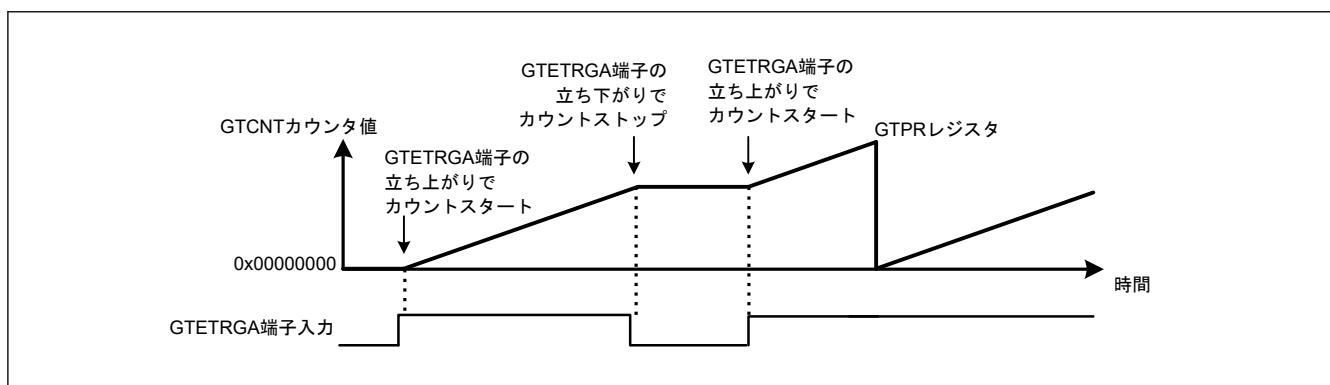


図 21.32 ハードウェア要因によるカウントスタート/ストップ動作例 (GTETRGA 端子入力の立ち上がりエッジでスタート、GTETRGA 端子入力の立ち下がりエッジでストップの場合)

表 21.26 ハードウェア要因によるカウントスタート/ストップ動作設定例 (1/2)

No.	ステップ名	説明
1	動作モード設定	GTCCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定します。 図 21.32 では 000b (のこぎり波 PWM モード) を設定します。
2	カウント方向設定	GTUDDTYC レジスタでカウント方向 (アップ/ダウン) を設定します。 図 21.32 では GTUDDTYC[1:0]に 11b を設定してから GTUDDTYC[1:0]レジスタに 01b を設定します。(アップカウント)
3	カウントクロックの選択	GTCCR.TPCS[3:0]ビットでカウントクロックを選択します。
4	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します。
5	カウンタ初期値設定	GTCNT カウンタに初期値を設定します。 (図 21.32 では 0x00000000 を設定)
6	ハードウェアカウントスタート設定	GTSSR レジスタでカウントをスタートさせるハードウェア要因を選択し、ハードウェア要因によるカウントスタート待ち状態にします。 (図 21.32 では GTSSR.SSGTRGAR = 1)
7	ハードウェアカウントストップ設定	GTPSR レジスタでカウントをストップさせるハードウェア要因を選択し、ハードウェア要因によるカウントストップ待ち状態にします。 (図 21.32 では GTPSR.PSGTRGAF = 1)

表 21.26 ハードウェア要因によるカウントスタート/ストップ動作設定例 (2/2)

No.	ステップ名	説明
8	ハードウェア要因の動作設定	GTSSR レジスタ、GTPSR レジスタで選択したハードウェア要因の動作を設定して、カウントをスタート/ストップさせます。 (図 21.32 では GTETRGA 端子の動作を設定)

21.3.7.3 ハードウェアクリア動作

GTCSR レジスタでハードウェア要因を選択することにより、GTCNT カウンタのカウントクリアが可能です。なお、ハードウェア要因またはソフトウェアによって GTCNT カウンタがクリアされても、GPTn_OVF/GPTn_UDF (n = 1、2、4、5) 割り込み (オーバーフロー/アンダーフロー割り込み) は発生しません。

図 21.33 および図 21.34 に、ハードウェア要因による GTCNT カウンタのクリア動作例を示します。表 21.27 に設定例を示します。この例では、GTCNT カウンタは ELC_GPTA 入力でスタートし、ELC_GPTB 入力でストップおよびクリアされています。

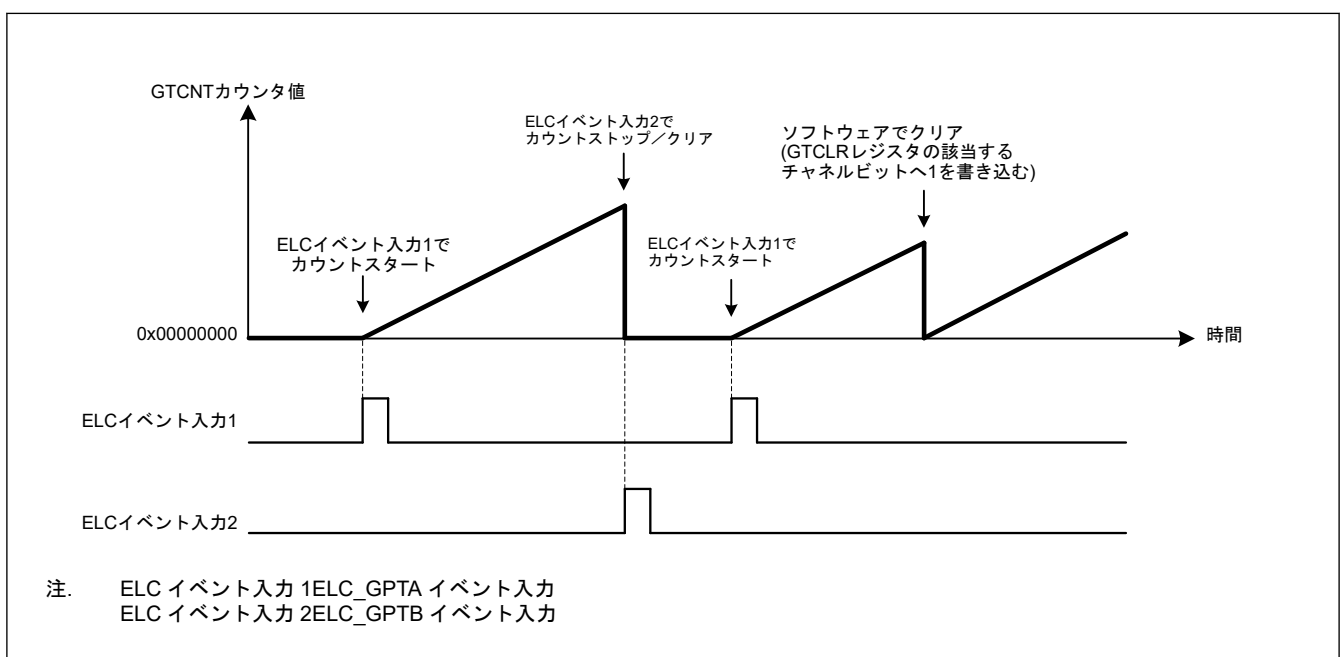


図 21.33 ハードウェア要因によるカウントクリア動作例 (のこぎり波アップカウント、ELC_GPTA 入力でスタート、ELC_GPTB 入力でストップ/クリアの場合)

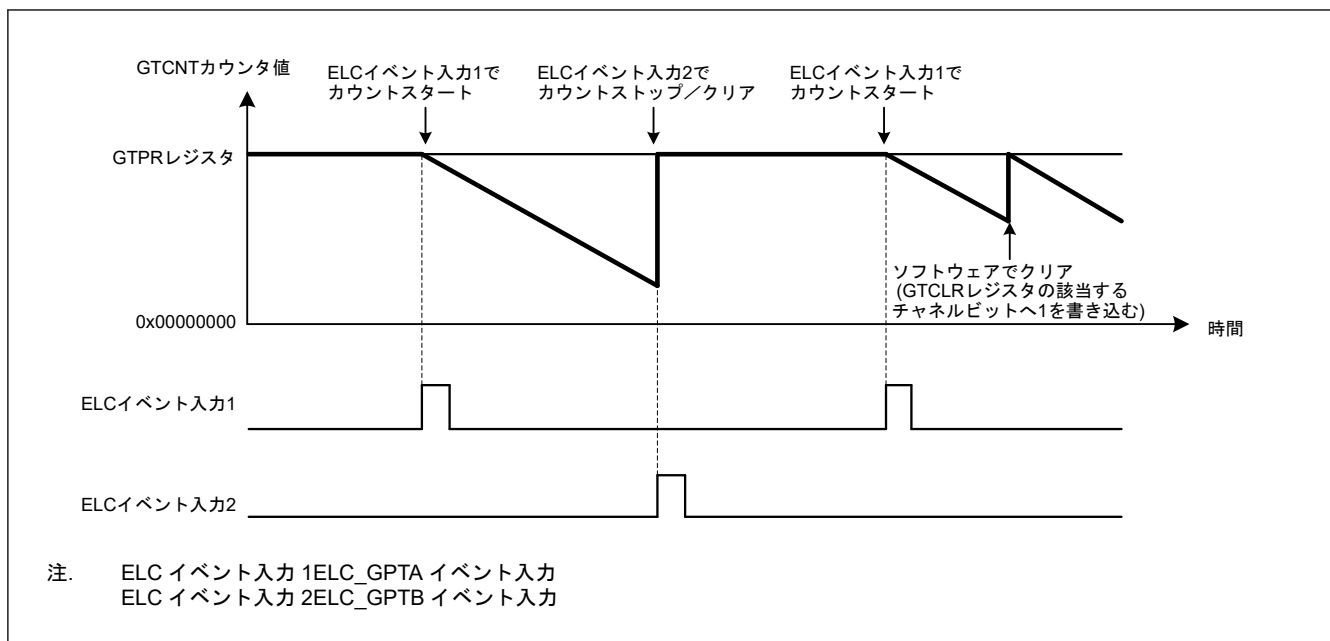


図 21.34 ハードウェア要因によるカウントクリア動作例 (のこぎり波ダウンカウント、ELC_GPTA 入力でスタート、ELC_GPTB 入力でストップ/クリアの場合)

表 21.27 ハードウェア要因によるカウントクリア動作設定例

No.	ステップ名	説明
1	動作モード設定	GTCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定します。 (図 21.33 と図 21.34 では 000b (のこぎり波 PWM モード) を設定)
2	カウント方向設定	GTUDDTYC レジスタでカウント方向 (アップ/ダウン) を設定します。 図 21.33 では GTUDDTYC[1:0]に 11b を設定してから GTUDDTYC[1:0]レジスタに 01b を設定します。(アップカウント) 図 21.34 では GTUDDTYC[1:0]に 10b を設定してから GTUDDTYC[1:0]レジスタに 00b を設定します。(ダウンカウント)
3	カウントクロックの選択	GTCR.TPCS[3:0]ビットでカウントクロックを選択します。
4	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します。
5	カウンタ初期値設定	GTCNT カウンタに初期値を設定します。 (図 21.33 では 0x00000000 を設定) 図 21.34 では GTPR 値を設定します。
6	ハードウェアカウントスタート設定	GTSSR レジスタでカウントをスタートさせるハードウェア要因を選択し、ハードウェア要因によるカウントスタート待ち状態にします。(図 21.33、図 21.34 では GTSSR.SSELCA = 1)
7	ハードウェアカウントストップ設定	GTPSR レジスタでカウントをストップさせるハードウェア要因を選択し、ハードウェア要因によるカウントストップ待ち状態にします。(図 21.33、図 21.34 では GTPSR.PSELCB = 1)
8	ハードウェアカウントクリア設定	GTCSR レジスタでカウントをクリアさせるハードウェア要因を選択し、ハードウェア要因によるカウントクリア待ち状態にします。(図 21.33、図 21.34 では GTCSR.CSELCB = 1)
9	ハードウェア要因の動作設定	GTSSR レジスタ、GTPSR レジスタ、GTCSR レジスタで選択したハードウェア要因の動作を設定して、カウントをスタート/ストップ/クリアさせます。 図 21.33、図 21.34 では ELC_GPTA 入力、ELC_GPTB 入力を設定します。

ハードウェア要因またはソフトウェアによってカウンタがクリアされても、GPTn_OVF/GPTn_UDF (n = 1、2、4、5) 割り込み (オーバーフロー/アンダーフロー割り込み) は発生しません。

図 21.35 にハードウェア要因によるカウンタクリアと GPTn_OVF (n = 1、2、4、5) 割り込みの関係を示します。

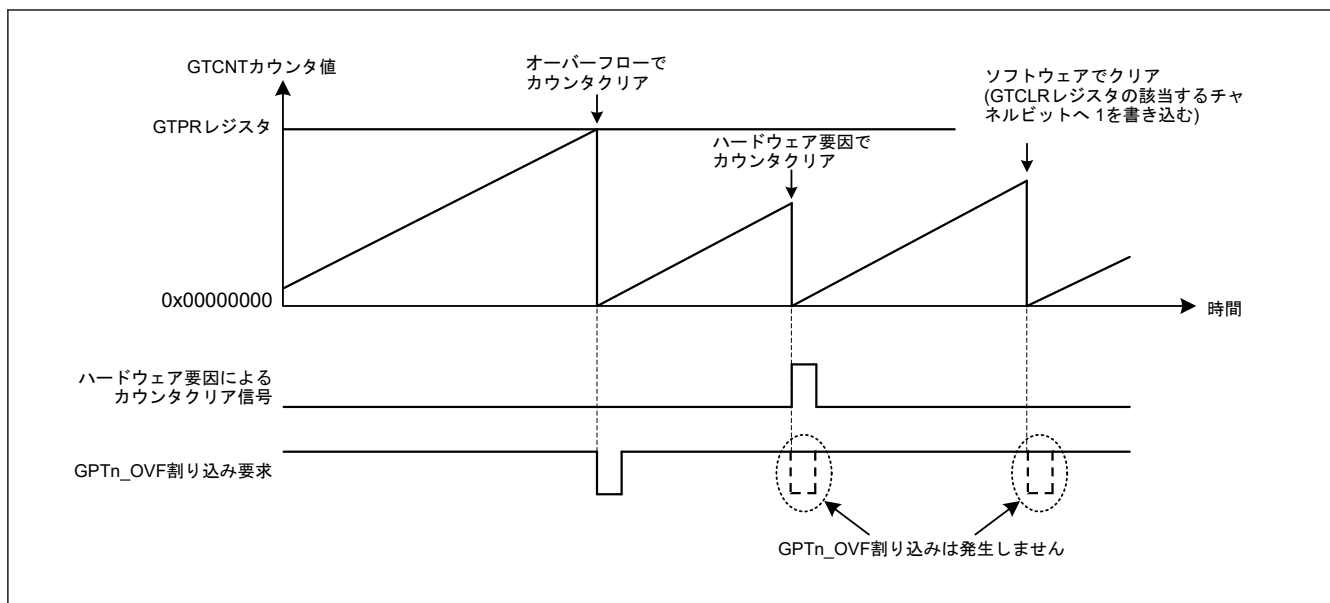


図 21.35 ハードウェア要因によるカウンタクリアと GPTn_OVF (n = 1、2、4、5) 割り込みの関係

21.3.8 同期動作

同期スタート/ストップ/クリア動作など、チャンネル間の同期動作を実行できます。

21.3.8.1 ソフトウェアによる同期動作

GTCNT カウンタは、対応する GTSTR ビット、GTSTP ビット、または GTCLR ビットを同時に 1 にすることにより、複数のチャンネル上でスタート/ストップ/クリアできます。

また、GTCNT カウンタの初期値を設定し、対応する GTSTR ビットを同時に 1 にすることにより、位相の異なるカウントスタートが可能です。

図 21.36 にソフトウェアによる同時スタート/ストップ/クリアの動作例を示します。図 21.37 にソフトウェアによる位相スタートの動作例を示します。

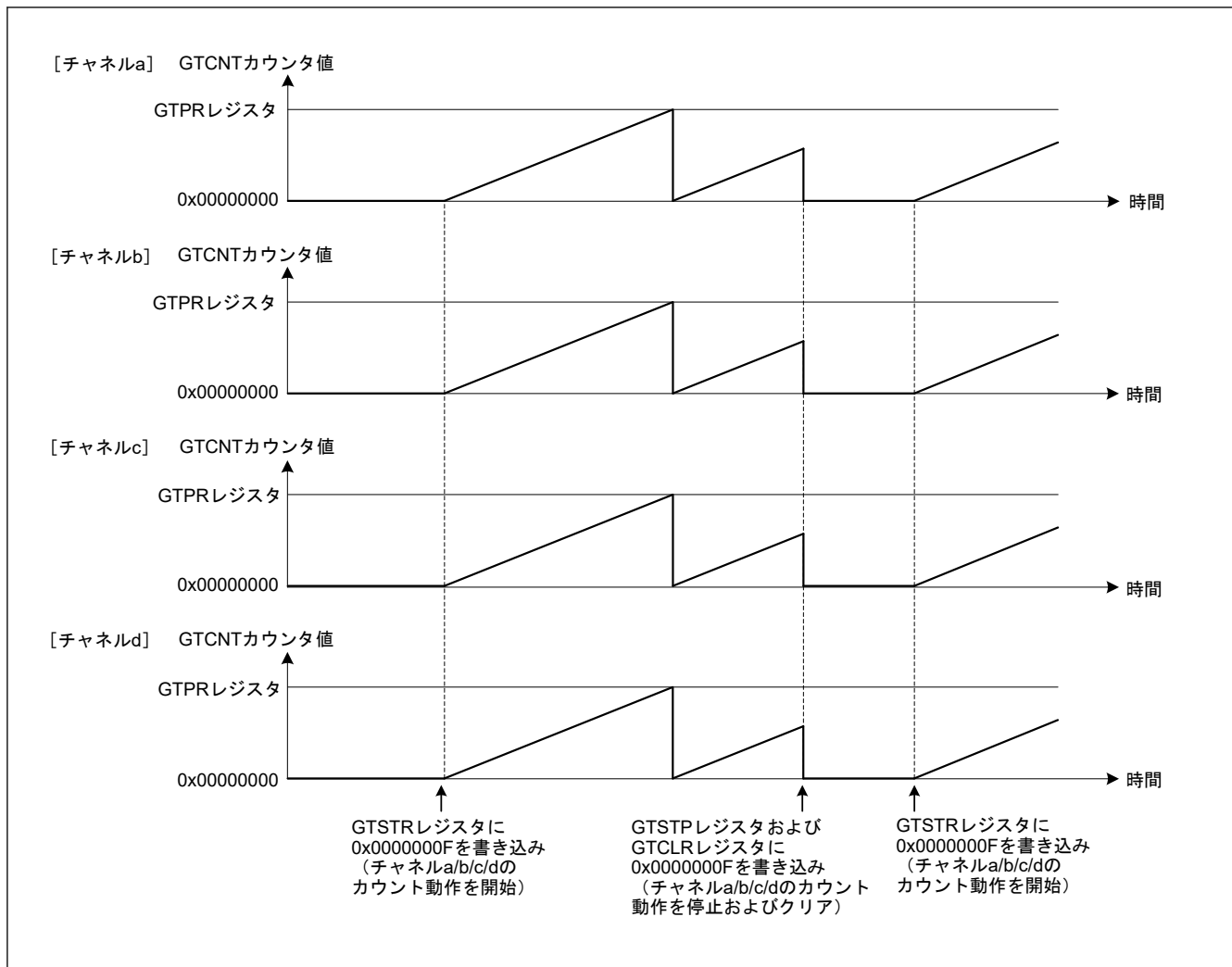


図 21.36 ソフトウェアによる同時スタート/ストップ/クリアの動作例 (カウント周期 (GTPR レジスタ値) が同一のとき)

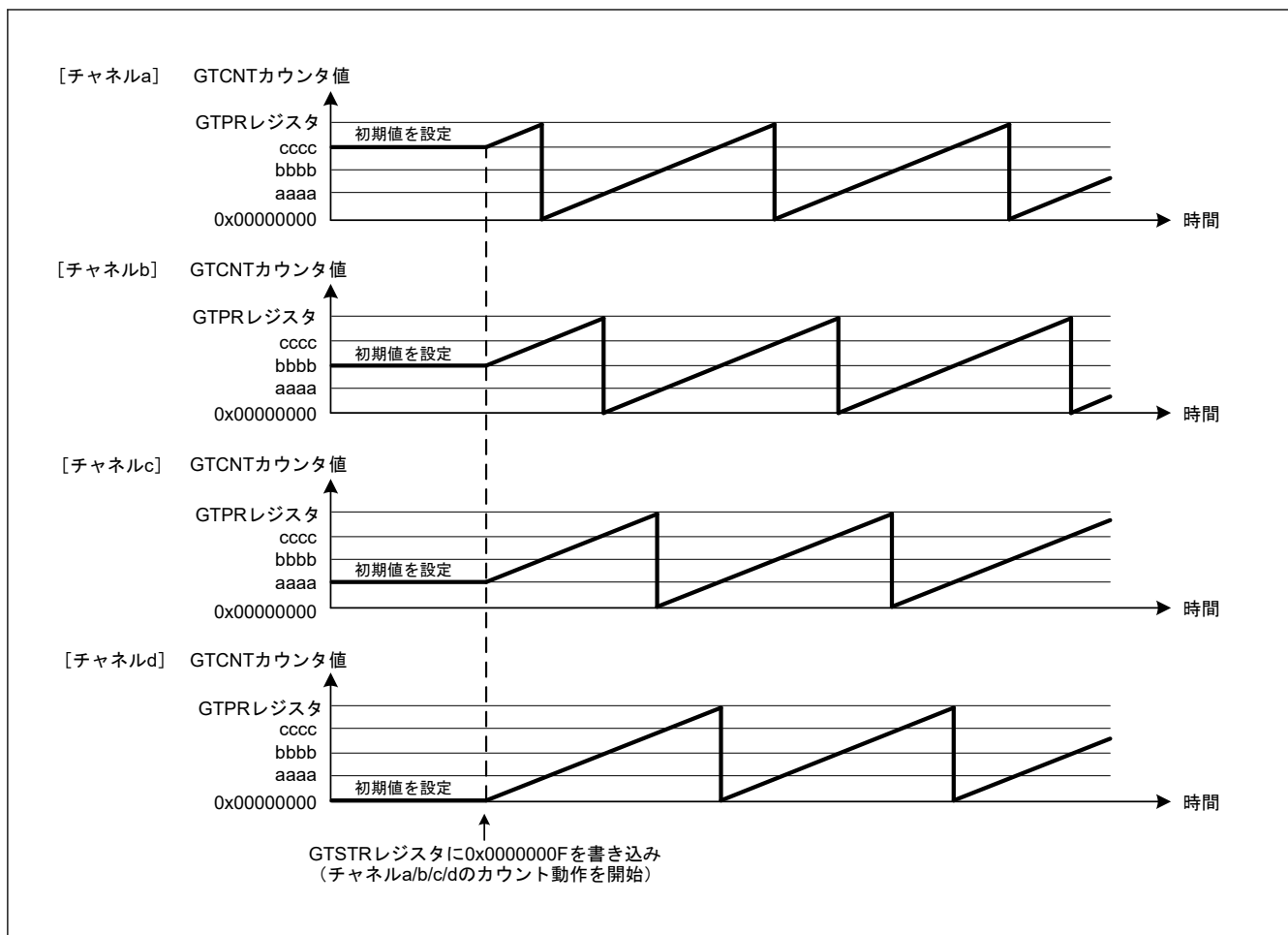


図 21.37 ソフトウェアによる位相スタート動作例 (カウント周期 (GTPR レジスタ値) が同一のとき)

21.3.8.2 ハードウェアによる同期動作

ハードウェア要因により、各チャンネルのカウンタを同時にスタート、ストップ、クリアすることができます。同期動作が可能なハードウェア要因は、外部トリガ入力と ELC イベント入力です。GTIOCnA および GTIOCnB 端子入力による同期動作は、インプットキャプチャによる ELC イベントをハードウェア要因として設定することで実現できます (n = 1、2、4、5)。

図 21.38 にハードウェア要因による同時スタート/ストップ/クリアの動作例を示します。表 21.28 に設定例を示します。

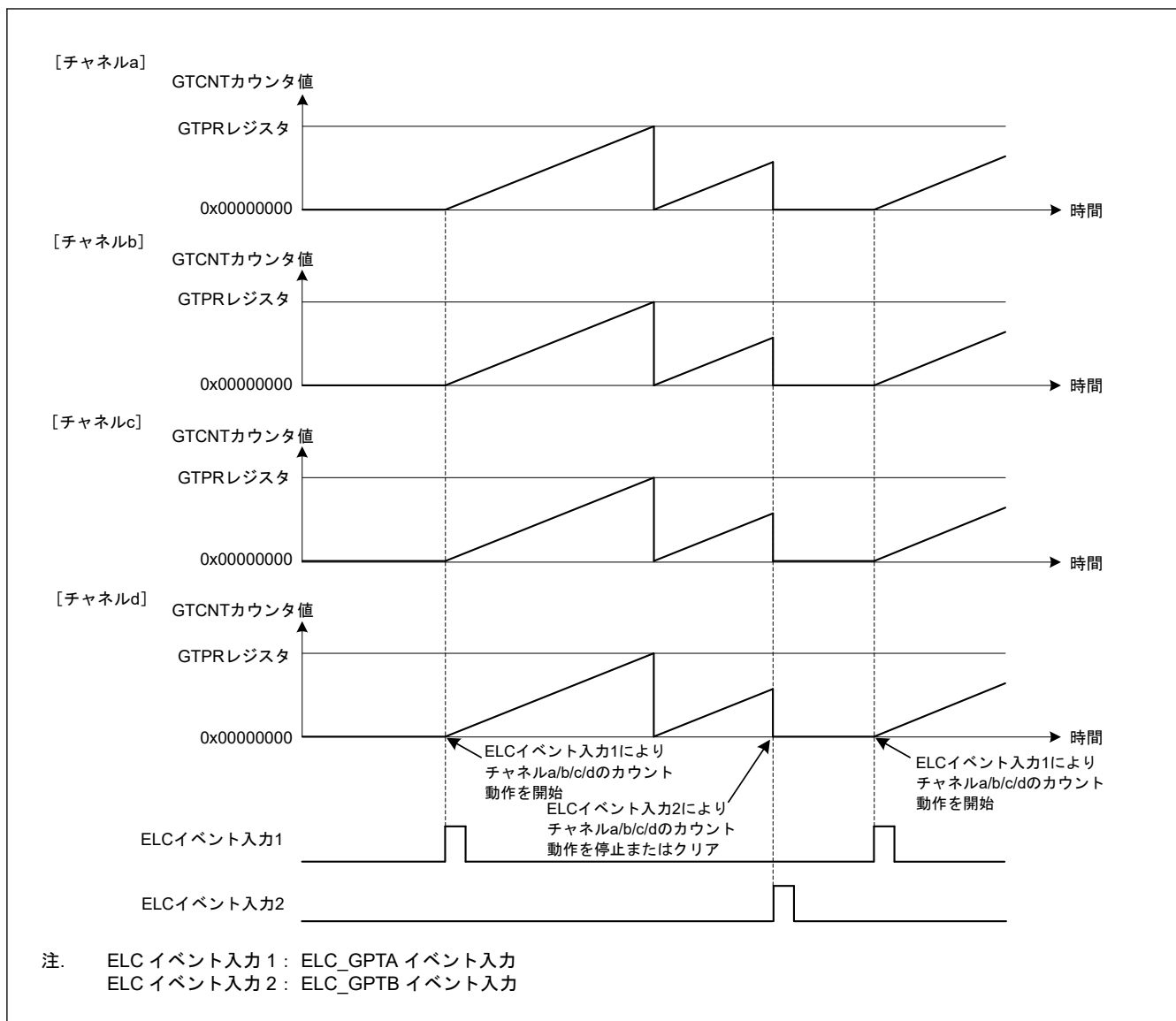


図 21.38 ハードウェア要因による同時スタート/ストップ/クリア動作例 (カウント周期 (GTPR レジスタ値) が同一のとき)

表 21.28 ハードウェア要因による同時スタート設定例 (1/2)

No.	ステップ名	説明
1	動作モード設定	GTCR.MD[2:0]ビットで動作モードを設定します。 (図 21.38 では 000b (のこぎり波 PWM モード) を設定)
2	カウント方向設定	GTUDDTYC レジスタでカウント方向 (アップ/ダウン) を設定します。 図 21.38 では GTUDDTYC[1:0]に 11b を設定してから GTUDDTYC[1:0]レジスタに 01b を設定します。(アップカウント)
3	カウントクロックの選択	GTCR.TPCS[3:0]ビットでカウントクロックを選択します。
4	周期設定	GTPR レジスタに周期を設定します。
5	カウンタ初期値設定	GTCNT カウンタに初期値を設定します。 (図 21.38 では 0x00000000 を設定)
6	ハードウェアカウントスタート設定	GTSSR レジスタでカウントをスタートさせるハードウェア要因を選択し、ハードウェア要因によるカウントスタート待ち状態にします。 (図 21.38 の例では GTSSR.SSELCA = 1)
7	ハードウェアカウントストップ設定	GTPSR レジスタでカウントをストップさせるハードウェア要因を選択し、ハードウェア要因によるカウントストップ待ち状態にします。 (図 21.38 の例では GTPSR.PSELCB = 1)

表 21.28 ハードウェア要因による同時スタート設定例 (2/2)

No.	ステップ名	説明
8	ハードウェアカウンタクリア設定	GTCSR レジスタでカウントをクリアさせるハードウェア要因を選択し、ハードウェア要因によるカウンタクリア待ち状態にします。 (図 21.38 の例では GTCSR.CSELCB = 1)
9	ハードウェア要因の動作設定	GTSSR レジスタ、GTPSR レジスタ、GTCSR レジスタで選択したハードウェア要因の動作を設定して、カウントをスタート/ストップ/クリアさせます。 (図 21.38 の例では ELC_GPTA イベント入力、ELC_GPTB イベント入力の設定)

21.3.9 PWM 出力動作例

(1) 同期 PWM 出力

最大 4 チャンネル 4 × 2 相の連動した PWM 波形を出力します。

図 21.39 に、4 チャンネルをのこぎり波 PWM モードで同期動作させて、8 相の PWM 波形を出力させる例を示します。GTIOCaA 端子は、初期値として Low 出力、GTCCRA レジスタのコンペアマッチで High 出力、周期の終わりで Low 出力するように設定されています。GTIOCaB 端子は、初期値として Low 出力、GTCCRB レジスタのコンペアマッチで High 出力、周期の終わりで Low 出力するように設定されています。

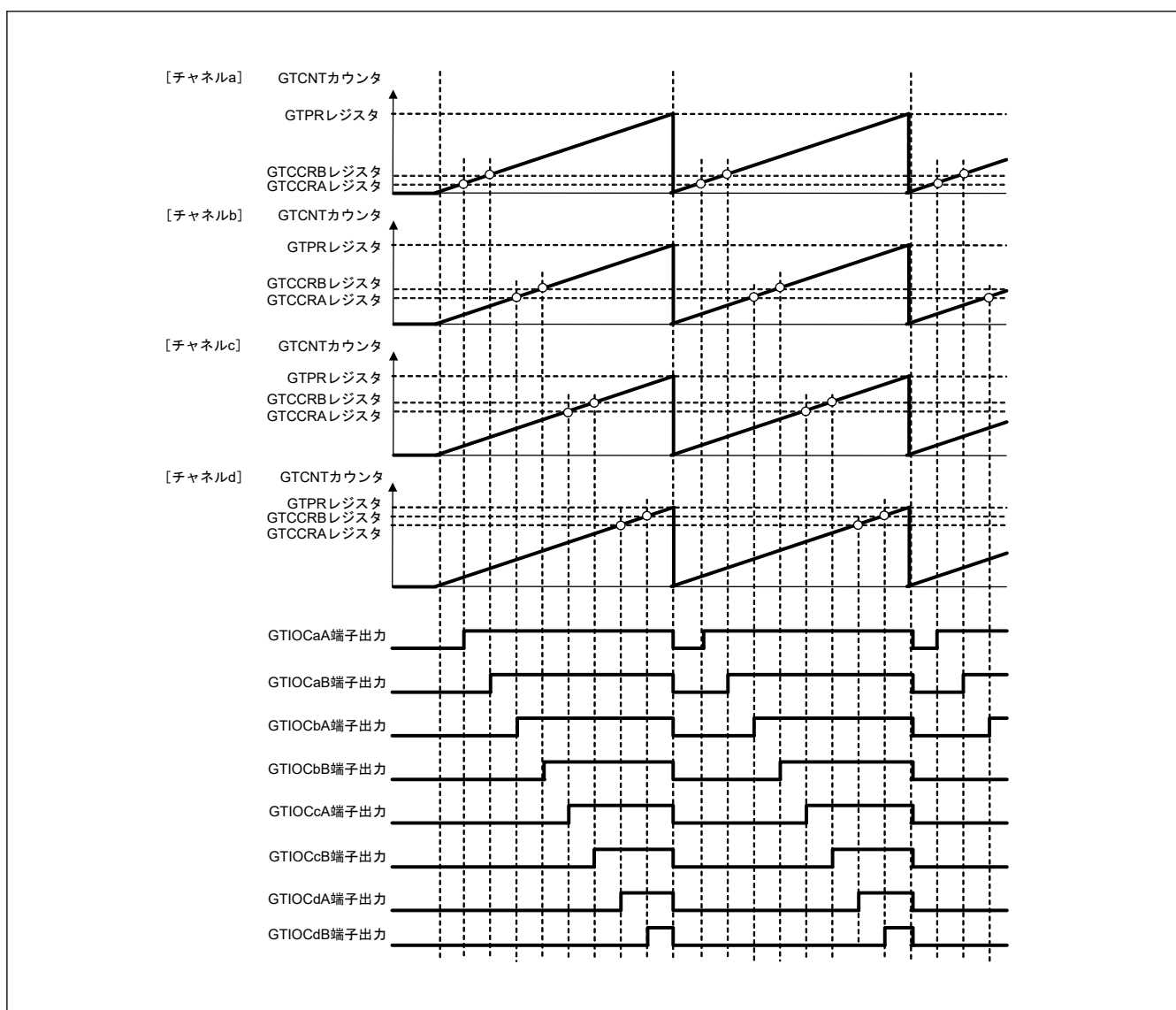


図 21.39 同期 PWM 出力例

(2) のこぎり波 3 相相補 PWM 出力

図 21.40 に、3 チャンネルをのこぎり波 PWM モードで同期動作させて、3 相の相補 PWM 波形を出力させた例を示します。GTIOCnA 端子は、初期値として Low 出力、GTCCRA レジスタのコンペアマッチで High 出力、周期の終わりで Low 出力するように設定されています。GTIOCnB 端子は、初期値として High 出力、GTCCRB レジスタのコンペアマッチで Low 出力、周期の終わりで High 出力するように設定されています。

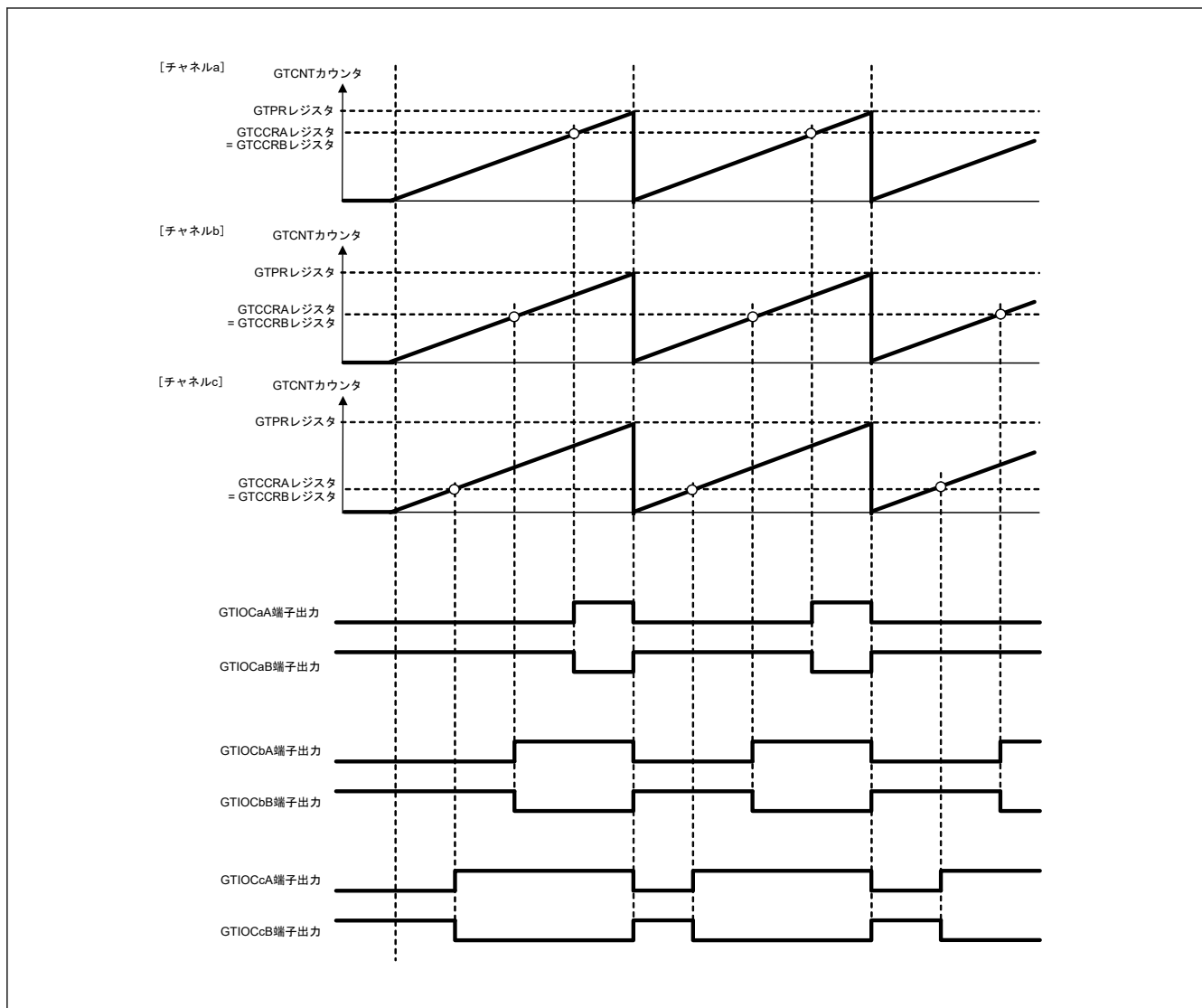


図 21.40 のこぎり波 3 相相補 PWM 出力例

(3) のこぎり波 3 相相補 PWM 出力 (デッドタイム自動設定)

図 21.41 に、デッドタイム自動設定機能を使用して、3 チャンネルをのこぎり波ワンショットパルスモードで同期動作させ、3 相の相補 PWM 波形を出力させた例を示します。GTIOCnA 端子は、初期値として Low 出力、GTCCRA レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力を保持するように設定されています。GTIOCnB 端子は、初期値として High 出力、GTCCRB レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力を保持するように設定されています。

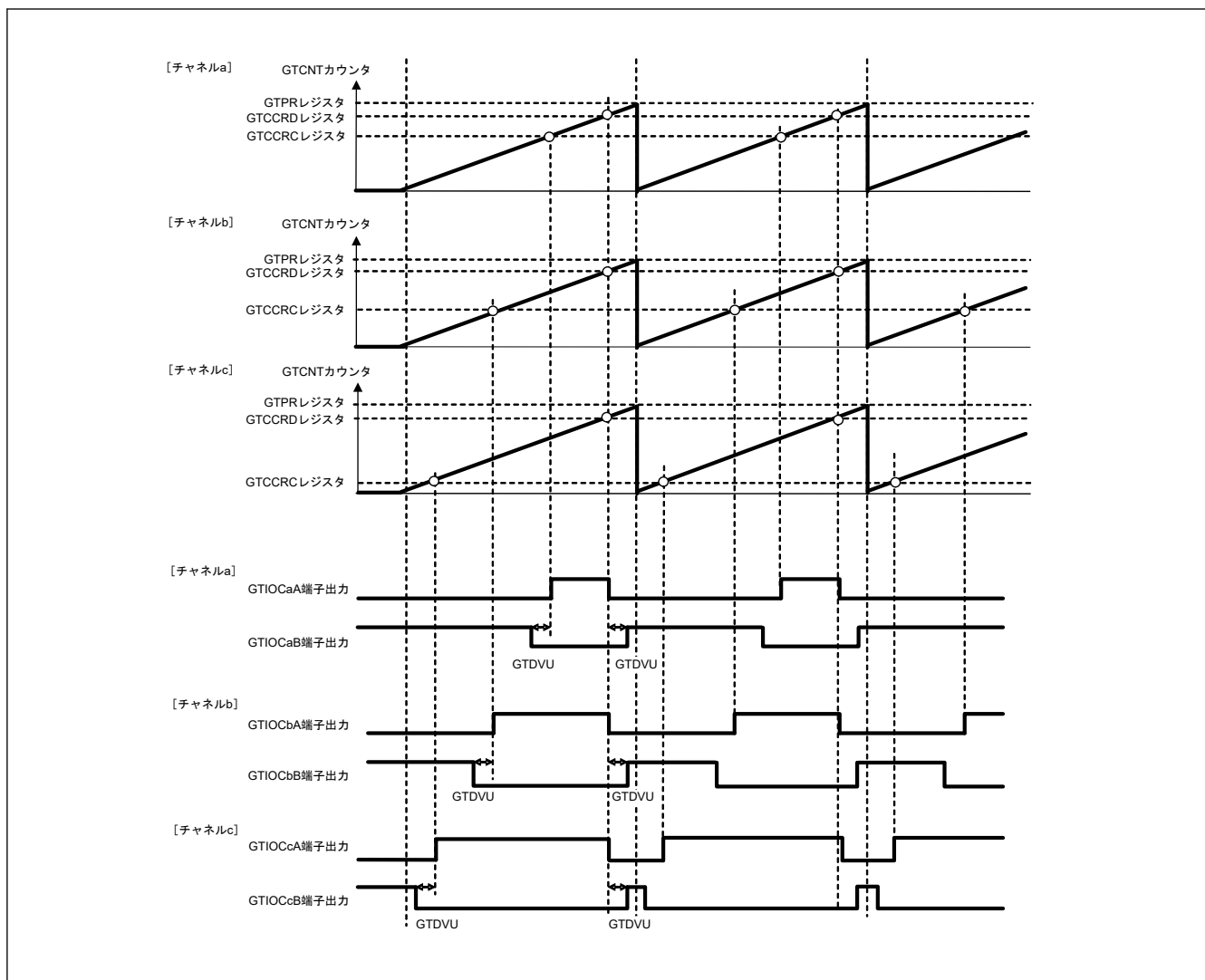


図 21.41 のこぎり波 3 相相補 PWM 出力例 (デッドタイム自動設定)

(4) 三角波 3 相相補 PWM 出力

図 21.42 に、3 チャンネルを三角波 PWM モード 1 で同期動作させて、3 相の相補 PWM 波形を出力させた例を示します。GTIOCa 端子は、初期値として Low 出力、GTCCRA レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力を保持するように設定されています。GTIOCb 端子は、初期値として High 出力、GTCCRB レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力を保持するように設定されています。

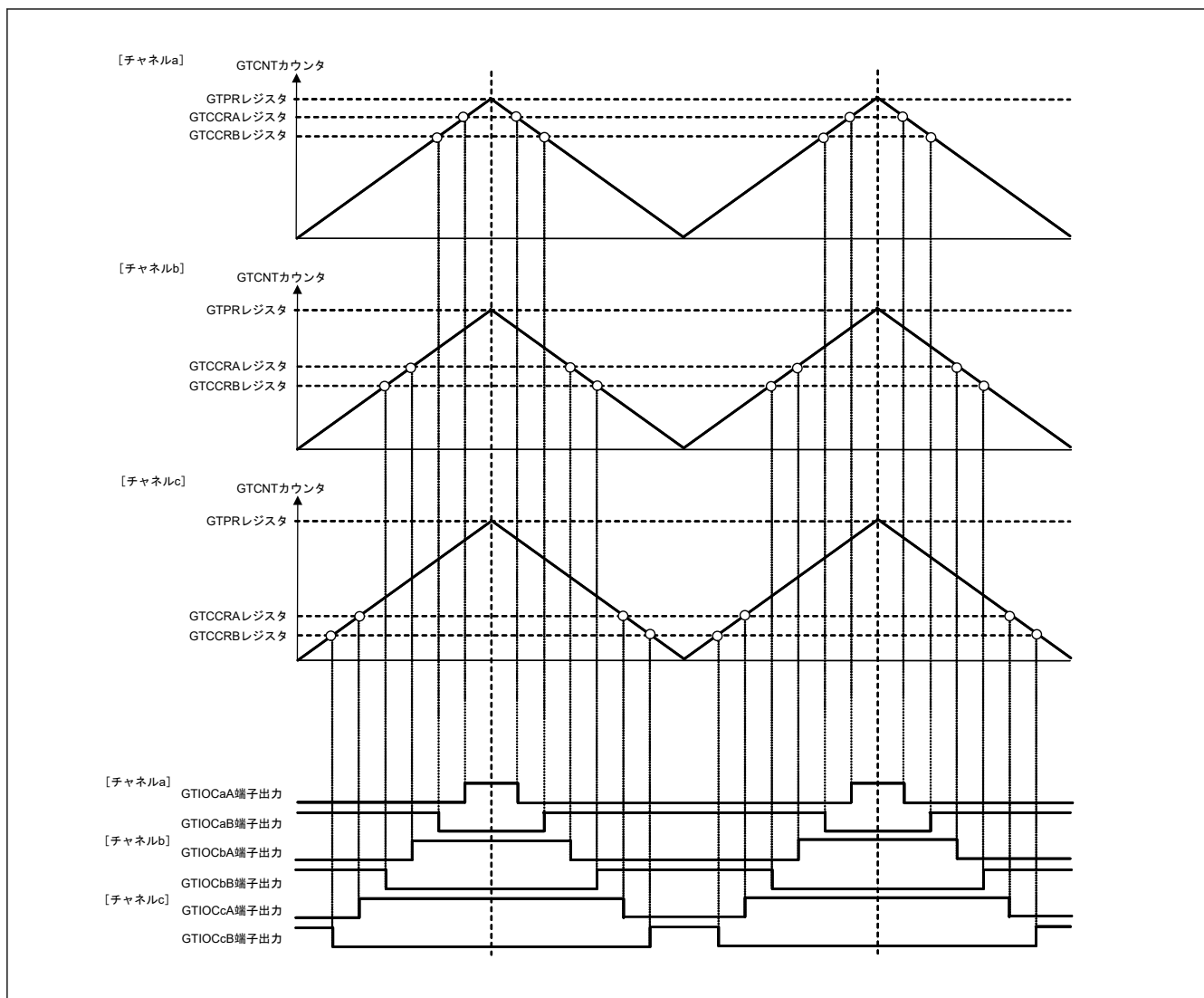


図 21.42 三角波 3 相相補 PWM 出力例

(5) 三角波 3 相相補 PWM 出力 (デッドタイム自動設定)

図 21.43 に、デッドタイム自動設定機能を使用して、3 チャネルを三角波 PWM モード 1 で同期動作させ、3 相の相補 PWM 波形を出力させた例を示します。GTIOCaA 端子は、初期値として Low 出力、GTCCRA レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力を保持するように設定されています。GTIOCaB 端子は、初期値として High 出力、GTCCRB レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力を保持するように設定されています。

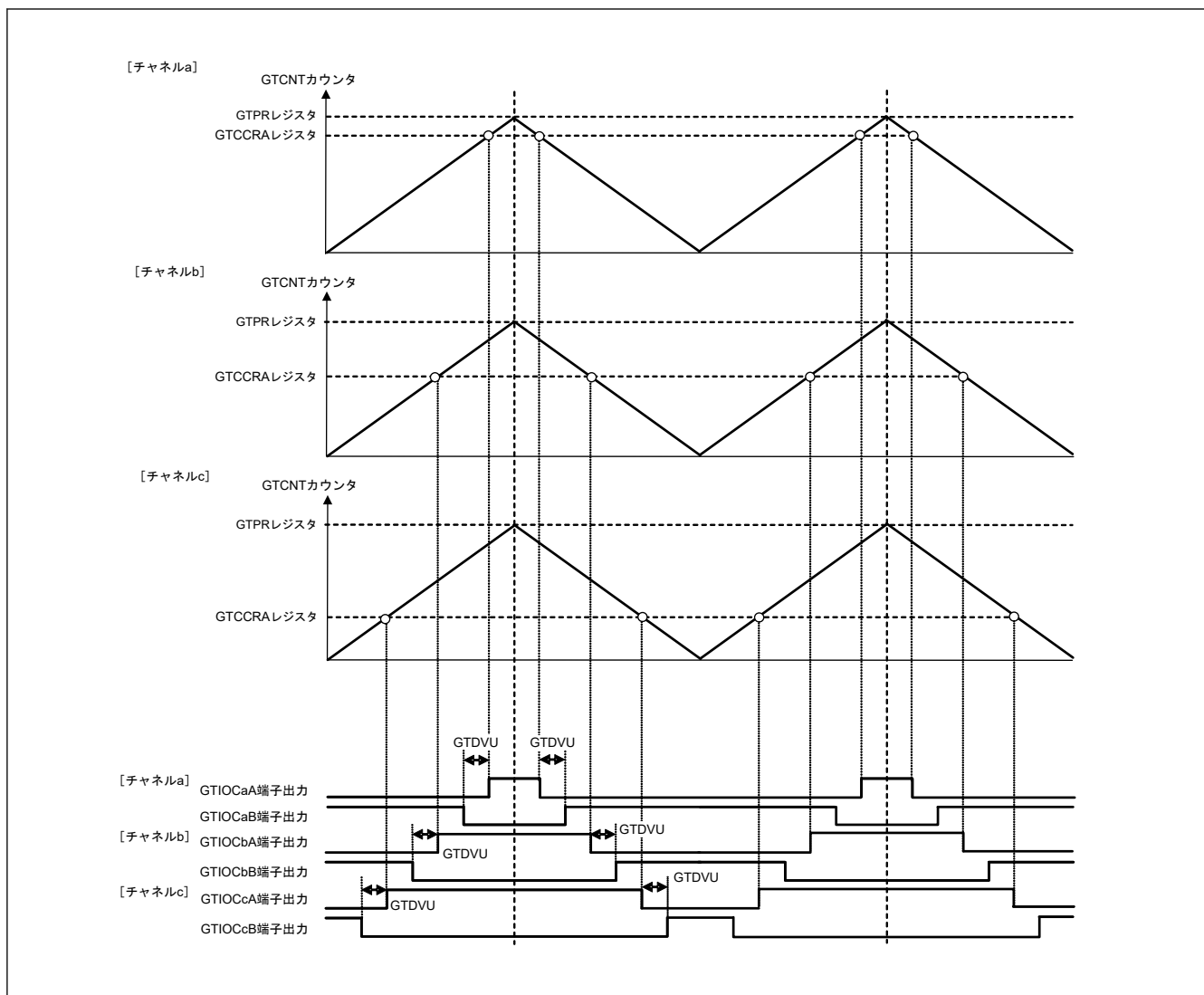


図 21.43 三角波 3 相相補 PWM 出力例 (デッドタイム自動設定)

(6) 非対称三角波 3 相相補 PWM 出力 (デッドタイム自動設定)

図 21.44 に、デッドタイム自動設定機能を使用して、3 チャンネルを三角波 PWM モード 3 で同期動作させ、3 相の相補 PWM 波形を出力させた例を示します。GTIOcNA 端子は、初期値として Low 出力、GTCCRA レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力を保持するように設定されています。GTIOcNB 端子は、初期値として High 出力、GTCCRB レジスタのコンペアマッチでトグル出力、周期の終わりで出力を保持するように設定されています。

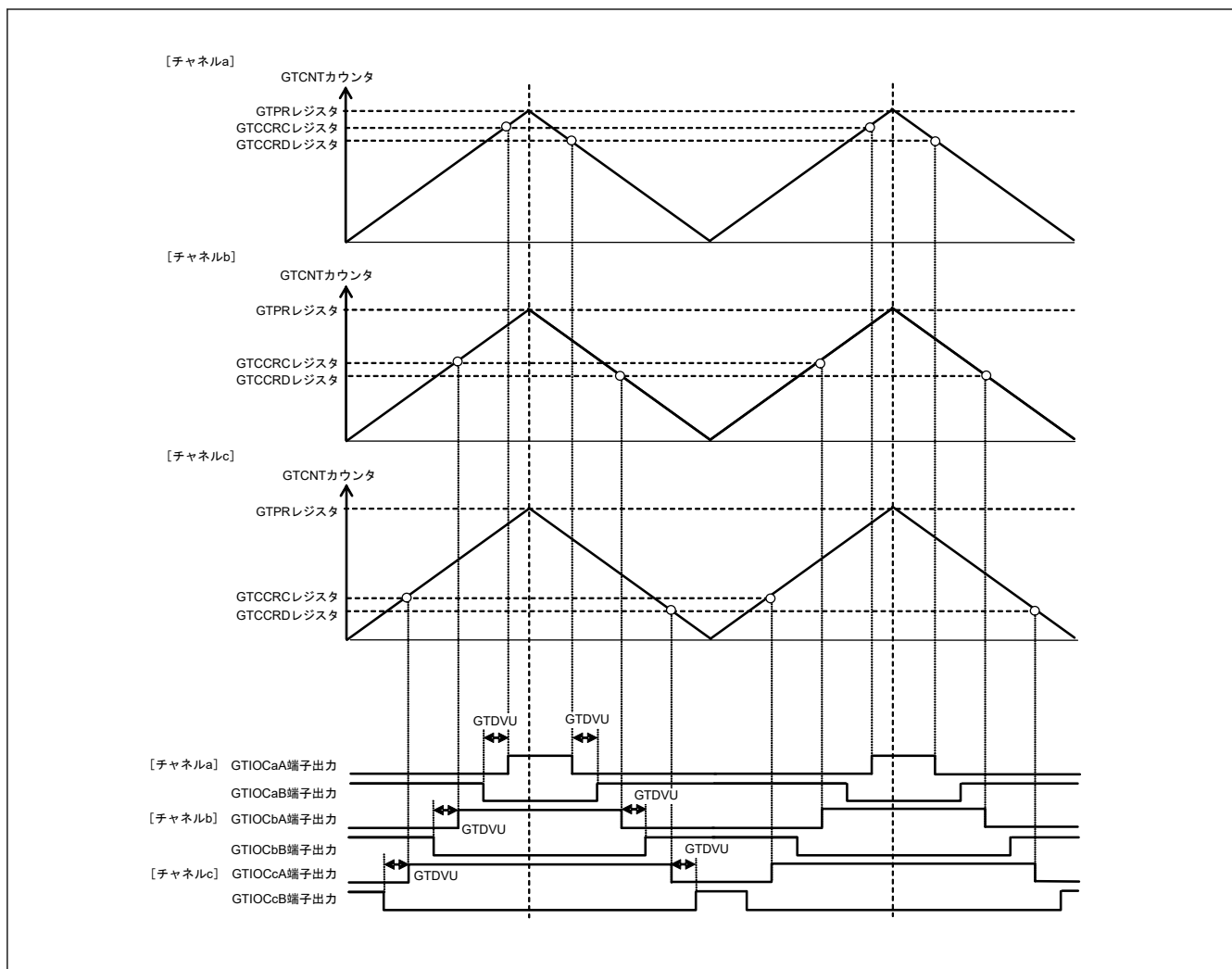


図 21.44 非対称三角波 3 相相補 PWM 出力例 (デッドタイム自動設定)

21.3.10 周期計数機能

GTPC レジスタを設定すると、周期の終了を計数できます。

GTPC.PCEN ビットが 0 の場合、計数する周期の数は GTPC.PCNT カウンタに設定します。PCEN ビットが 1 のとき、PCNT カウンタを読み出せませんが、書き込みはできません。PCEN ビットが 1 のとき、周期の終わりでダウンカウントが実行されます。周期の終わりに PCNT カウンタが 1 であるとき、カウンタは 0 になり、計数を停止し周期計数機能を終了します。その時、GTST.PCF フラグが設定され、周期計数機能終了割り込み要求 $GPTn_PC$ が発生します。GTPC.ASTP ビットが 1 の場合、周期計数機能が終了したときに GTCNT カウンタも同時に停止します。

周期計数機能が許可された状態で、GTCNT カウンタが停止したとき、PCNT カウンタはその値を保持します。GTCNT カウンタがカウントを再開して PCEN ビットが 1 のとき、PCNT カウンタは保持していた値からダウンカウントを再開します。

PCNT カウンタが 0 で ASTP ビットが 1 の状態で PCEN ビットを 0 から 1 に変更した場合、GTCNT カウンタはその直後にカウントクロックで停止します。

GTSECR.SPCE ビットまたは GTSECR.SPCD ビットいずれかが 1 に設定されたとき、GTSECSR レジスタによって 1 に設定されたチャンネルの PCEN ビットが、複数のチャンネルの周期計数機能を許可/禁止する値に同時に設定されます。

PWM 周期計数機能の例を図 21.45 と図 21.46 に示します。

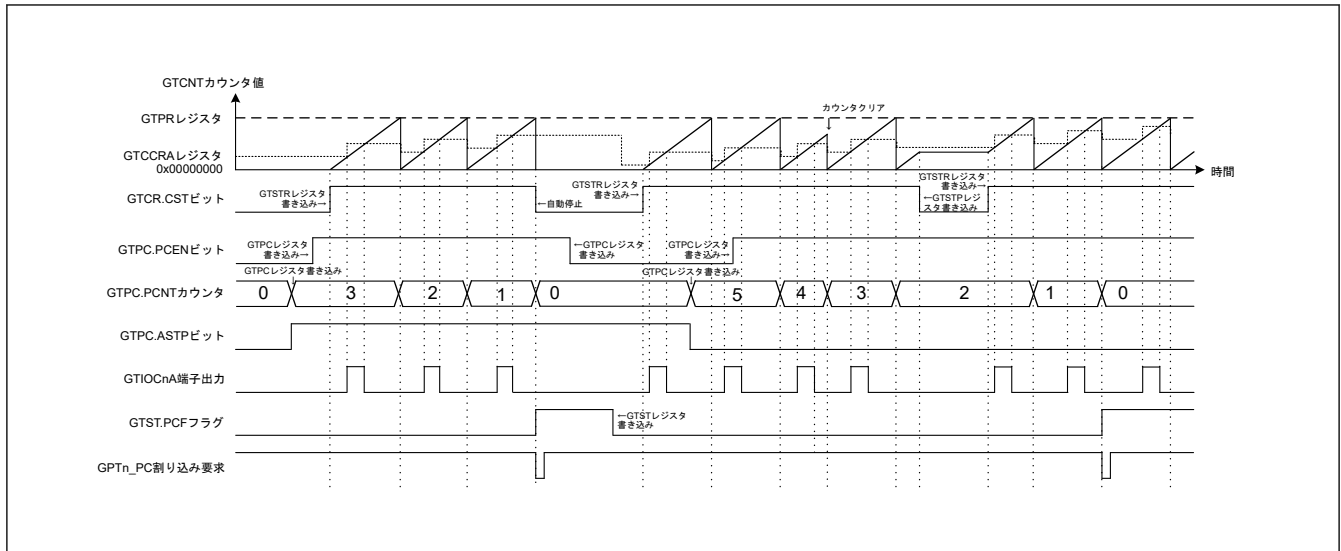


図 21.45 PWM 周期計数機能の例 (のこぎり波ワンショットパルスモード)

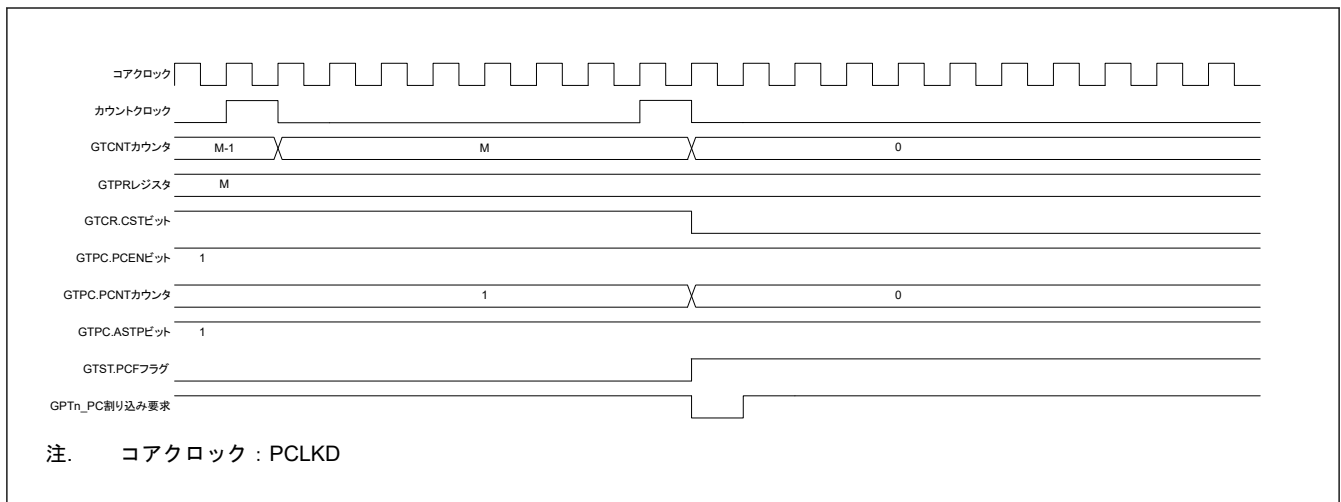


図 21.46 PWM 周期計数機能の動作タイミング例 (のこぎり波ワンショットパルスモード、アップカウント)

21.3.11 位相計数機能

GTIOcNA 端子入力と GTIOcNB 端子入力の間で位相差が検出されると、対応する GTCNT カウンタがアップカウントまたはダウンカウントを実行します (n = 1, 2, 4, 5)。GTUPSR および GTDNSR レジスタに設定されている GTIOcNA 端子入力と GTIOcNB 端子入力のレベルとエッジの関係が、どのような組み合わせであっても位相差を検出できます。カウント動作については、「21.3.1.1. カウンタの動作」を参照してください。

図 21.47～図 21.56 に GTIOcNA 端子、GTIOcNB 端子を使用する場合の位相計数モード 1～5 の動作例を示します。表 21.29～表 21.38 にアップカウント/ダウンカウントの条件を、図 21.47～図 21.56 に対応する GTUPSR レジスタおよび GTDNSR レジスタの設定値を示します。

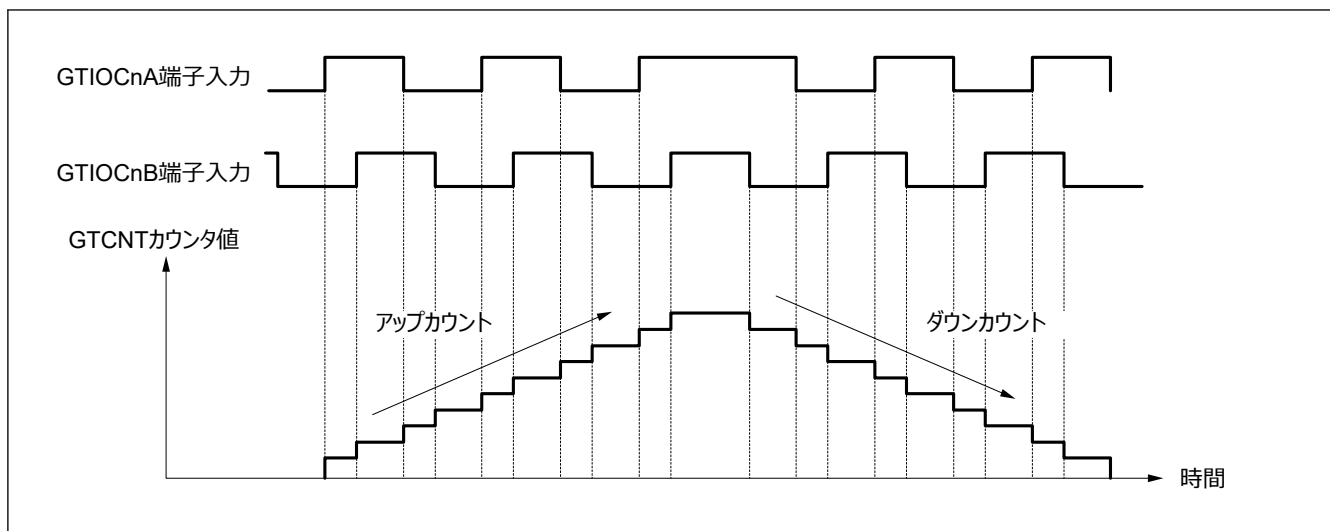












図 21.47 位相計数モード 1 の動作例

表 21.29 位相計数モード 1 でのアップカウント/ダウンカウントの条件

 : 立ち上がりエッジ
 : 立ち下がりエッジ

GTIOcNA 端子入力	GTIOcNB 端子入力	動作	レジスタ設定値
High		アップカウント	GTUPSR = 0x00006900 GTDNSR = 0x00009600
Low			
	Low		
	High		
High		ダウンカウント	
Low			
	High		
	Low		

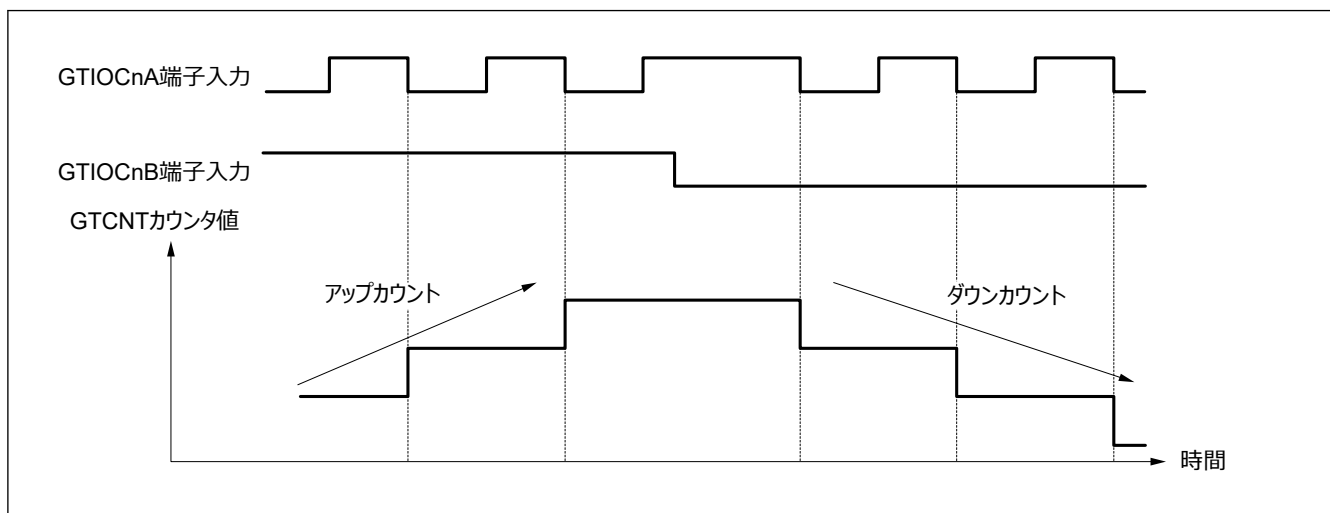












図 21.48 位相計数モード 2 の動作例 (A)

表 21.30 位相計数モード 2 でのアップカウント/ダウンカウントの条件 (A)

 : 立ち上がりエッジ
 : 立ち下がりエッジ

GTIOCnA 端子入力	GTIOCnB 端子入力	動作	レジスタ設定値
High		カウントしない	GTUPSR = 0x00000800 GTDNSR = 0x00000400
Low			
	Low		
	High	アップカウント	
High		カウントしない	
Low			
	High		
	Low	ダウンカウント	

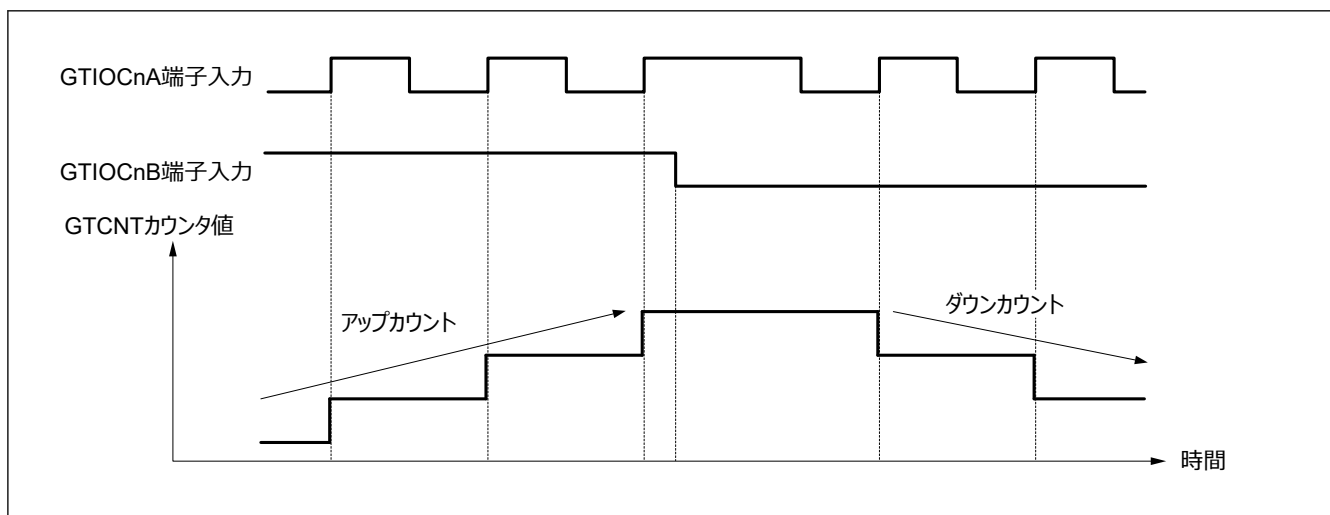












図 21.49 位相計数モード 2 の動作例 (B)

表 21.31 位相計数モード 2 でのアップカウント/ダウンカウントの条件 (B)

 : 立ち上がりエッジ
 : 立ち下がりエッジ

GTIOcNA 端子入力	GTIOcNB 端子入力	動作	レジスタ設定値
High		カウントしない	GTUPSR = 0x00000200 GTDNSR = 0x00000100
Low			
	Low	ダウンカウント	
	High	カウントしない	
High			
Low			
	High	アップカウント	
	Low	カウントしない	

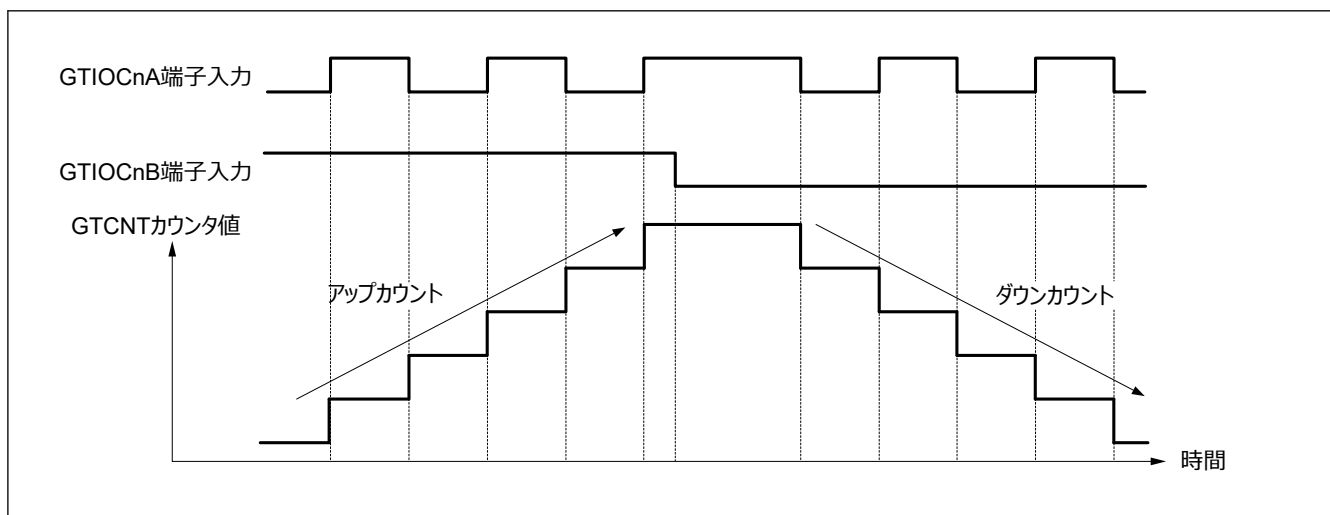












図 21.50 位相計数モード 2 の動作例 (C)

表 21.32 位相計数モード 2 でのアップカウント/ダウンカウントの条件 (C)

 : 立ち上がりエッジ
 : 立ち下がりエッジ

GTIOCnA 端子入力	GTIOCnB 端子入力	動作	レジスタ設定値
High		カウントしない	GTUPSR = 0x00000A00 GTDNSR = 0x00000500
Low			
	Low	ダウンカウント	
	High	アップカウント	
High		カウントしない	
Low			
	High	アップカウント	
	Low	ダウンカウント	

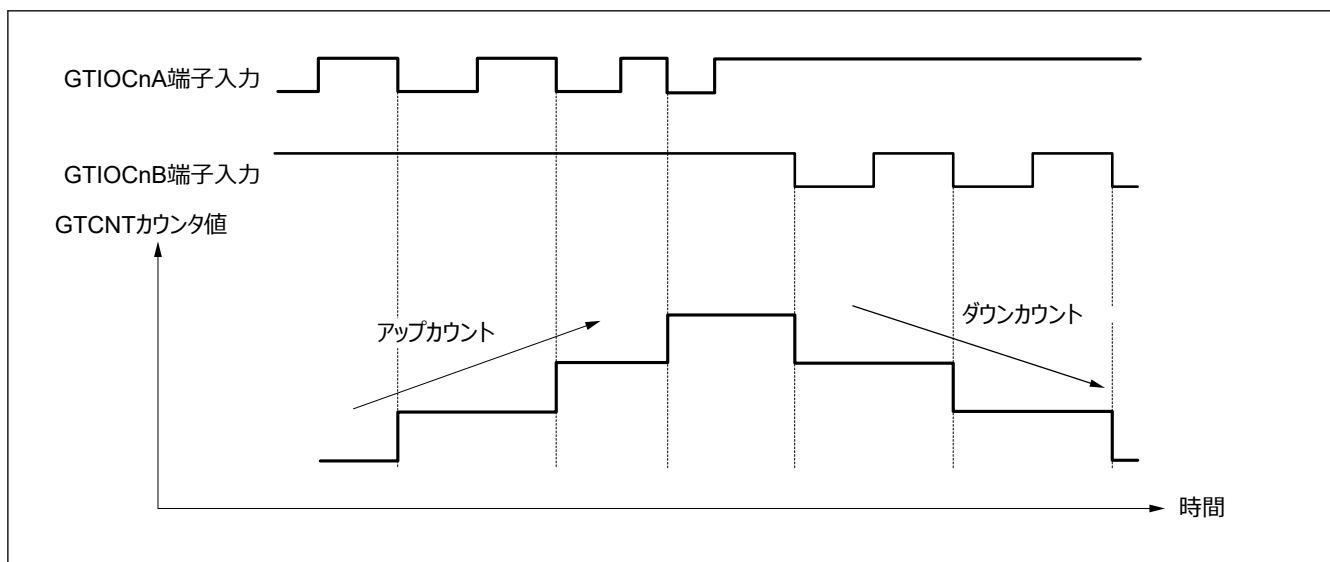












図 21.51 位相計数モード 3 の動作例 (A)

表 21.33 位相計数モード 3 でのアップカウント/ダウンカウントの条件 (A)

 : 立ち上がりエッジ
 : 立ち下がりエッジ

GTIOCnA 端子入力	GTIOCnB 端子入力	動作	レジスタ設定値
High		カウントしない	GTUPSR = 0x00000800 GTDNSR = 0x00000800
Low			
	Low		
	High	アップカウント	
High		ダウンカウント	
Low		カウントしない	
	High		
	Low		

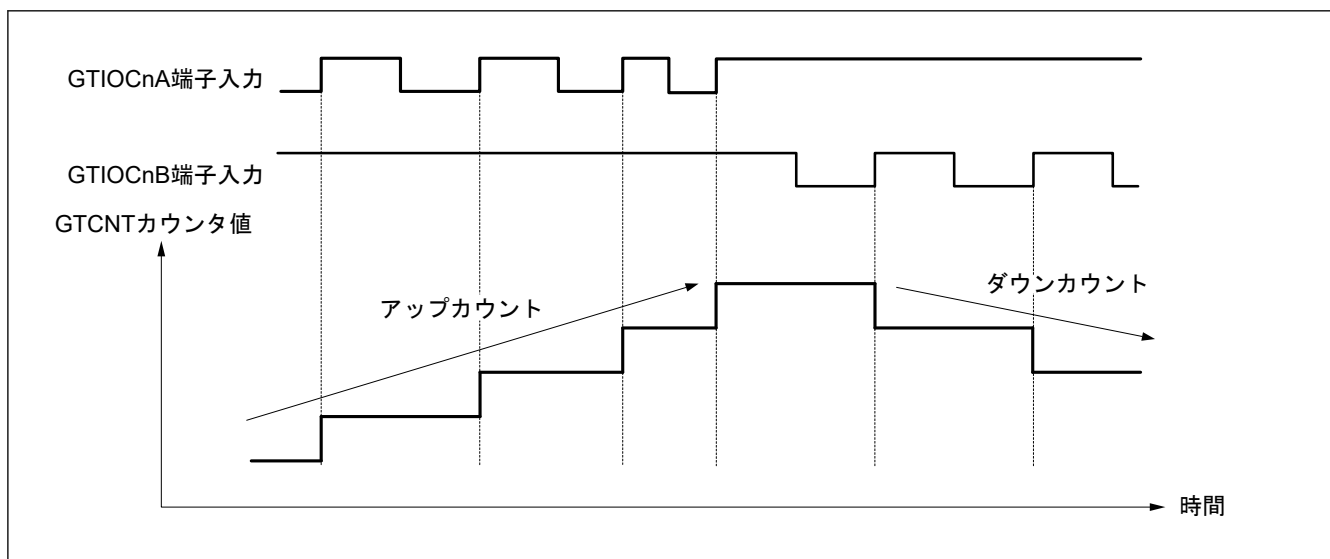












図 21.52 位相計数モード 3 の動作例 (B)

表 21.34 位相計数モード 3 でのアップカウント/ダウンカウントの条件 (B)

 : 立ち上がりエッジ
 : 立ち下がりエッジ

GTIOCnA 端子入力	GTIOCnB 端子入力	動作	レジスタ設定値
High		ダウンカウント	GTUPSR = 0x00000200 GTDNSR = 0x00002000
Low		カウントしない	
	Low	カウントしない	
	High	カウントしない	
High		カウントしない	
Low		カウントしない	
	High	アップカウント	
	Low	カウントしない	

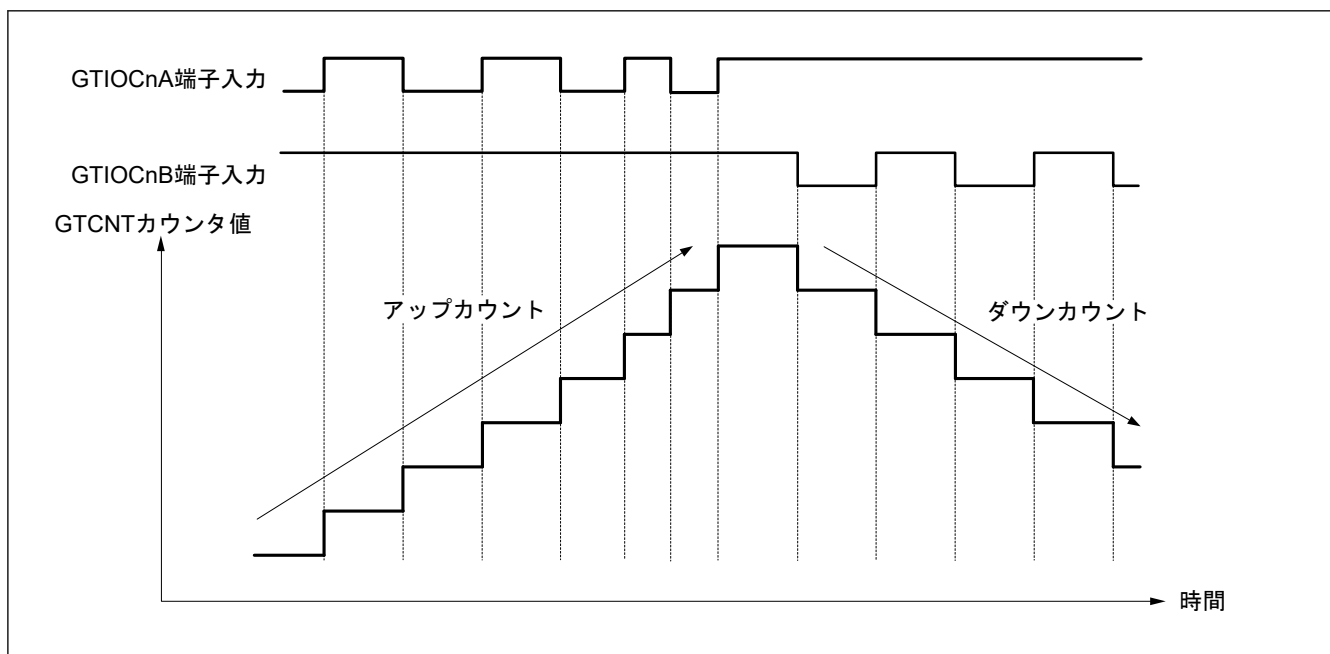












図 21.53 位相計数モード 3 の動作例 (C)

表 21.35 位相計数モード 3 でのアップカウント/ダウンカウントの条件 (C)

 : 立ち上がりエッジ
 : 立ち下がりエッジ

GTIOCnA 端子入力	GTIOCnB 端子入力	動作	レジスタ設定値
High		ダウンカウント	GTUPSR = 0x00000A00 GTDNSR = 0x0000A000
Low		カウントしない	
	Low	カウントしない	
	High	アップカウント	
High		ダウンカウント	
Low		カウントしない	
	High	アップカウント	
	Low	カウントしない	

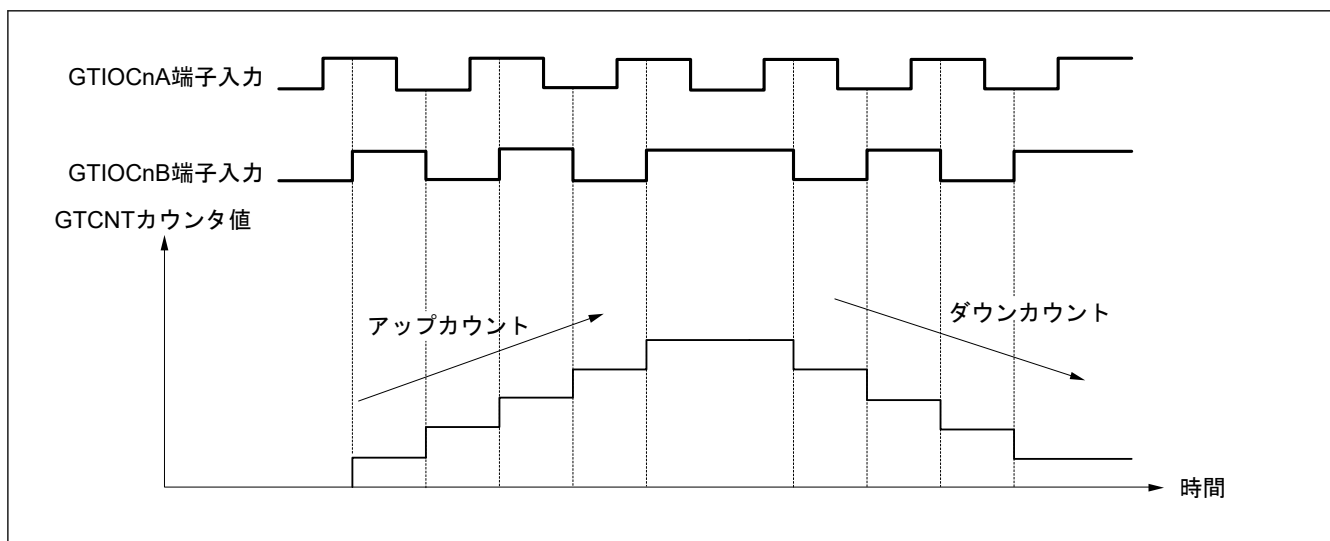











図 21.54 位相計数モード 4 の動作例

表 21.36 位相計数モード 4 でのアップカウント/ダウンカウントの条件

 : 立ち上がりエッジ
 : 立ち下がりエッジ

GTIOCnA 端子入力	GTIOCnB 端子入力	動作	レジスタ設定値
High		アップカウント	GTUPSR = 0x00006000 GTDNSR = 0x00009000
Low			
	Low	カウントしない	
	High		
High		ダウンカウント	
Low			
	High	カウントしない	
	Low		

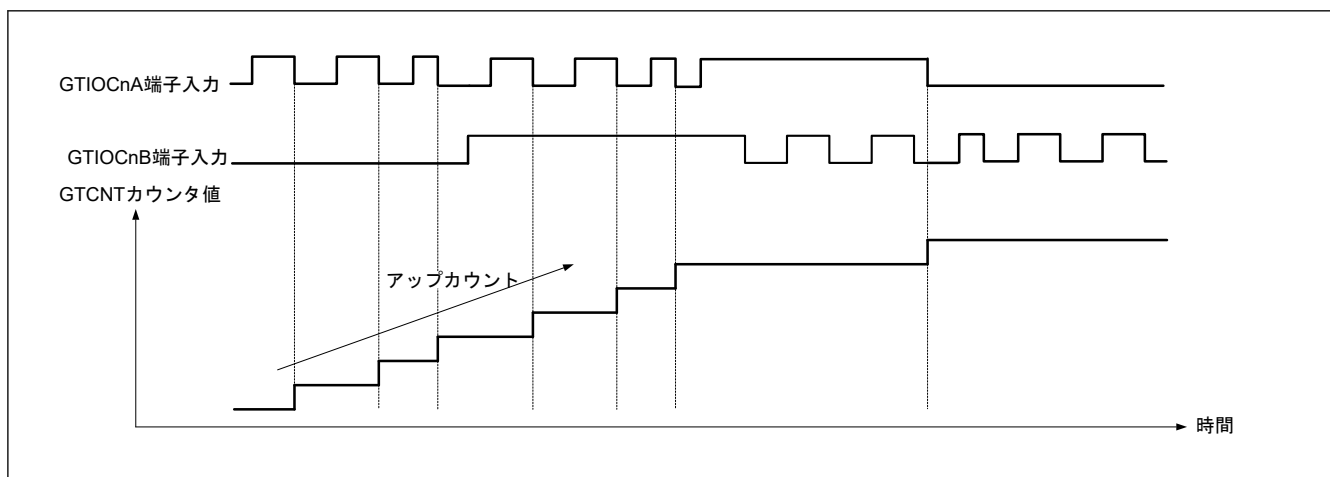












図 21.55 位相計数モード 5 の動作例 (A)

表 21.37 位相計数モード 5 でのアップカウント/ダウンカウントの条件 (A)

 : 立ち上がりエッジ
 : 立ち下がりエッジ

GTIOCnA 端子入力	GTIOCnB 端子入力	動作	レジスタ設定値
High		カウントしない	GTUPSR = 0x00000C00 GTDNSR = 0x00000000
Low			
	Low		
	High	アップカウント	
High		カウントしない	
Low			
	High		
	Low	アップカウント	

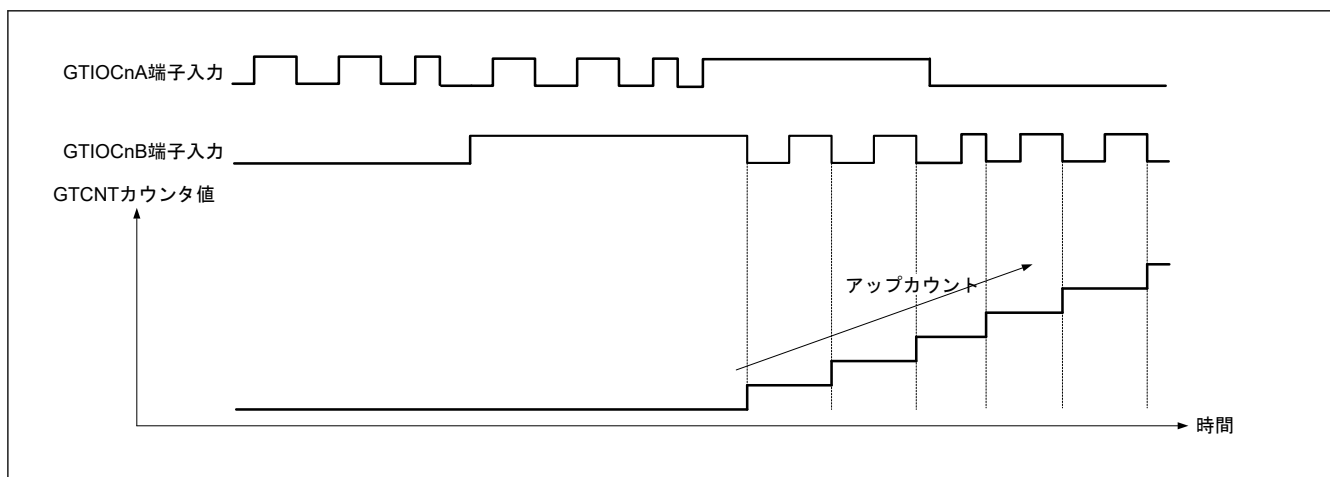










図 21.56 位相計数モード 5 の動作例 (B)

表 21.38 位相計数モード 5 でのアップカウント/ダウンカウントの条件 (B)

 : 立ち上がりエッジ
 : 立ち下がりエッジ

GTIOCnA 端子入力	GTIOCnB 端子入力	動作	レジスタ設定値
High		カウントしない	GTUPSR = 0x0000C000 GTDNSR = 0x00000000
Low		アップカウント	
	Low	カウントしない	
	High		
High		アップカウント	
Low		カウントしない	
	High		
	Low		

21.3.12 チャネル間論理演算機能

コンペアマッチ出力間の論理演算機能が可能です。

図 21.57 に、チャネル間論理演算のブロック図を示します。

GPT 出力のハザードを防ぐため、論理演算後の信号は、PCLKD でデータが取り込まれます。データが取り込まれたら、出力禁止制御を実行します。

1PCLKD サイクルの遅延を生じる論理演算式を選択したとき、出力許可信号も同様に 1PCLKD サイクル遅延して出力禁止制御に入力されます。

論理関数 AND、OR、EXOR、NOR で演算するために同じ信号(C = A または D = B)が選択されている場合、C または D が 1 として取り扱われます。GTIOCnA 端子出力の場合、A の同じチャネルを C でも選択したとき、AND 演算の結果は A、OR 演算の結果は 1、EXOR 演算の結果は NOT A、NOR 演算の結果は 0 です。

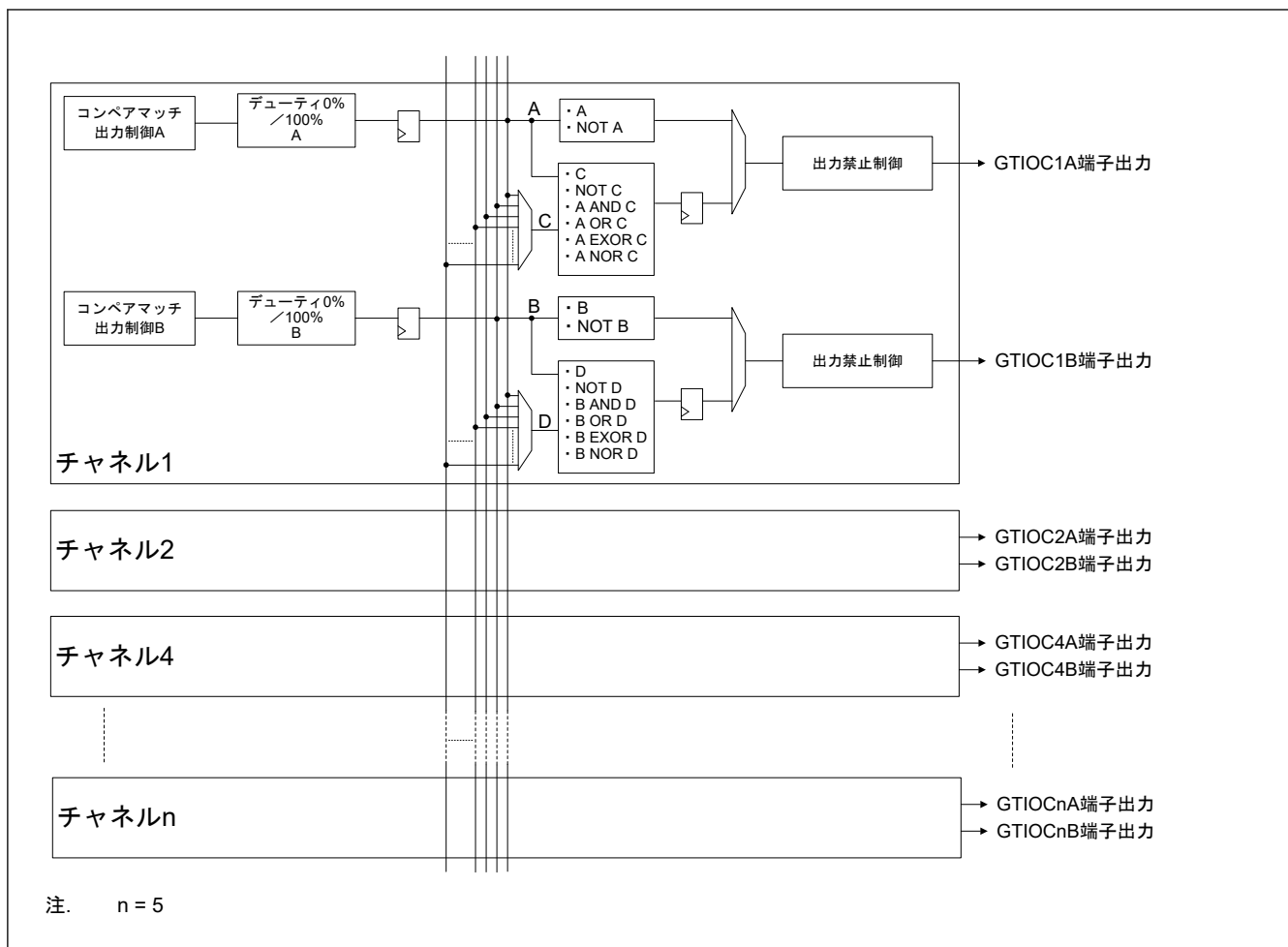


図 21.57 チャンネル間論理演算のブロック図

図 21.58 に、チャンネル間論理演算の例を示します。

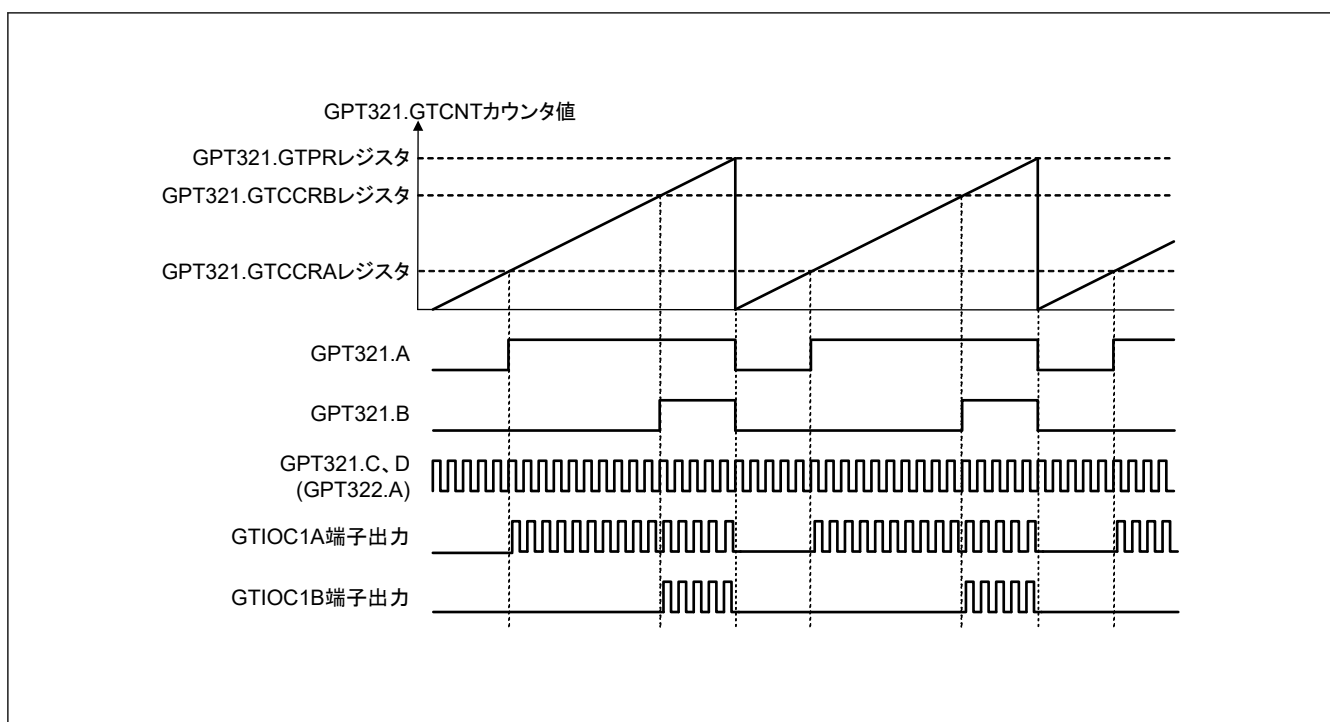


図 21.58 チャンネル間論理演算の例

21.4 割り込み要因

21.4.1 割り込み要因と優先順位

GPT には以下の割り込み要因があります。

- GTCCR のインプットキャプチャ/コンペアマッチ
- GTCNT カウンタのオーバーフロー (GTPR のコンペアマッチ) /アンダーフロー
- 周期計数機能終了

各割り込み要因には、それぞれ専用のステータスフラグがあります。割り込み要因信号が発生すると、GTST レジスタの対応するステータスフラグが 1 になります。GTST レジスタの対応するステータスフラグは、0 を書き込むことでクリアできます。フラグのセットとクリアが同時に発生した場合、フラグのクリアが優先されます。これらのフラグは、内部状態により自動更新されます。割り込みコントローラユニットでは、チャンネル間の優先順位を変更できます。ただし、1 つのチャンネル内での優先順位は固定されています。詳細は、「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

表 21.39 は、GPT の割り込み要因の一覧です。

表 21.39 割り込み要因

チャンネル	名称	割り込み要因	割り込みフラグ	DTC の起動
n = 1, 2	GPTn_CCMPA	GPT32n.GTCCRA のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	GTST[0] (TCFA)	可能
	GPTn_CCMPB	GPT32n.GTCCRB のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	GTST[1] (TCFB)	可能
	GPTn_CMPC	GPT32n.GTCCRC コンペアマッチ	GTST[2] (TCFC)	可能
	GPTn_CMPD	GPT32n.GTCCRD コンペアマッチ	GTST[3] (TCFD)	可能
	GPTn_CMPE	GPT32n.GTCCRE コンペアマッチ	GTST[4] (TCFE)	可能
	GPTn_CMPF	GPT32n.GTCCRF コンペアマッチ	GTST[5] (TCFF)	可能
	GPTn_OVF	GPT32n.GTCNT カウンタのオーバーフロー (GPT32n.GTPR レジスタのコンペアマッチ)	GTST[6] (TCFPO)	可能
	GPTn_UDF	GPT32n.GTCNT アンダーフロー	GTST[7] (TCFPU)	可能
	GPTn_PC	周期計数機能終了 (n = 1)	GTST[31] (PCF)	可能
n = 4, 5	GPTn_CCMPA	GPT16n.GTCCRA のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	GTST[0] (TCFA)	可能
	GPTn_CCMPB	GPT16n.GTCCRB のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	GTST[1] (TCFB)	可能
	GPTn_CMPC	GPT16n.GTCCRC コンペアマッチ	GTST[2] (TCFC)	可能
	GPTn_CMPD	GPT16n.GTCCRD コンペアマッチ	GTST[3] (TCFD)	可能
	GPTn_CMPE	GPT16n.GTCCRE コンペアマッチ	GTST[4] (TCFE)	可能
	GPTn_CMPF	GPT16n.GTCCRF コンペアマッチ	GTST[5] (TCFF)	可能
	GPTn_OVF	GPT16n.GTCNT カウンタのオーバーフロー (GPT16n.GTPR レジスタのコンペアマッチ)	GTST[6] (TCFPO)	可能
	GPTn_UDF	GPT16n.GTCNT アンダーフロー	GTST[7] (TCFPU)	可能
	GPTn_PC	周期計数機能終了 (n = 4~6)	GTST[31] (PCF)	可能

(1) GPTn_CCMPA 割り込み (n = 1, 2, 4, 5)

割り込み要求は以下の条件で発生します。

- GTCCRA レジスタがコンペアマッチレジスタとして機能している場合に、GTCNT カウンタ値が GTCCRA レジスタ値と一致したとき
- GTCCRA レジスタがインプットキャプチャレジスタとして機能している場合に、インプットキャプチャ信号によって GTCNT カウンタ値が GTCCRA レジスタに転送されたとき

(2) GPTn_CCMPB 割り込み (n = 1、2、4、5)

割り込み要求は以下の条件で発生します。

- GTCCRB レジスタがコンペアマッチレジスタとして機能している場合に、GTCNT カウンタ値が GTCCRB レジスタ値と一致したとき
- GTCCRB レジスタがインプットキャプチャレジスタとして機能している場合に、インプットキャプチャ信号によって GTCNT カウンタ値が GTCCRB レジスタに転送されたとき

(3) GPTn_CCMPC 割り込み (n = 1、2、4、5)

割り込み要求は以下の条件で発生します。

- GTCCRC レジスタがコンペアマッチレジスタとして機能している場合に、GTCNT カウンタ値が GTCCRC レジスタ値と一致したとき

以下の条件ではコンペアマッチが行われなため、割り込み要求は発生しません。

- GTCR.MD[2:0] = 001b (のこぎり波ワンショットパルスモード)
- GTCR.MD[2:0] = 110b (三角波 PWM モード3)
- GTBER.CCRA[1:0] = 01b, 10b, 11b (GTCCRC レジスタがバッファ動作)

(4) GPTn_CCMPCD 割り込み (n = 1、2、4、5)

割り込み要求は以下の条件で発生します。

- GTCCRD レジスタがコンペアマッチレジスタとして機能している場合に、GTCNT カウンタ値が GTCCRD レジスタ値と一致したとき

以下の条件ではコンペアマッチが行われなため、割り込み要求は発生しません。

- GTCR.MD[2:0] = 001b (のこぎり波ワンショットパルスモード)
- GTCR.MD[2:0] = 110b (三角波 PWM モード3)
- GTBER.CCRA[1:0] = 10b, 11b (GTCCRD レジスタがバッファ動作)

(5) GPTn_CCMPE 割り込み (n = 1、2、4、5)

割り込み要求は以下の条件で発生します。

- GTCCRE レジスタがコンペアマッチレジスタとして機能している場合に、GTCNT カウンタ値が GTCCRE レジスタ値と一致したとき

以下の条件ではコンペアマッチが行われなため、割り込み要求は発生しません。

- GTCR.MD[2:0] = 001b (のこぎり波ワンショットパルスモード)
- GTCR.MD[2:0] = 110b (三角波 PWM モード3)
- GTBER.CCRB[1:0] = 01b, 10b, 11b (GTCCRE レジスタがバッファ動作)

(6) GPTn_CCMPCF 割り込み (n = 1、2、4、5)

割り込み要求は以下の条件で発生します。

- GTCCRF レジスタがコンペアマッチレジスタとして機能している場合に、GTCNT カウンタ値が GTCCRF レジスタ値と一致したとき

以下の条件ではコンペアマッチが行われなため、割り込み要求は発生しません。

- GTCR.MD[2:0] = 001b (のこぎり波ワンショットパルスモード)
- GTCR.MD[2:0] = 110b (三角波 PWM モード3)
- GTBER.CCRB[1:0] = 10b, 11b (GTCCRF レジスタがバッファ動作)

(7) GPTn_OVF 割り込み (n = 1、2、4、5)

割り込み要求は以下の条件で発生します。

- のこぎり波モードの場合に、オーバーフロー（アップカウント動作中に GTCNT カウンタ値が GTPR から 0 に変化する）で割り込み要求が許可されたとき
- 三角波の場合、山（GTCNT が GTPR から GTPR-1 になる）が発生したとき
- ハードウェア要因によるカウント動作の場合に、オーバーフロー（アップカウント動作時に GTCNT カウンタ値が GTPR から 0 に変化する）が発生したとき

(8) GPTn_UDF 割り込み (n = 1、2、4、5)

割り込み要求は以下の条件で発生します。

- のこぎり波モードの場合に、アンダーフロー（ダウンカウント動作中に GTCNT カウンタ値が 0 から GTPR に変化する）で割り込み要求が許可されたとき
- 三角波の場合、谷（GTCNT が 0 から 1 になる）が発生したとき
- ハードウェア要因によるカウント動作の場合に、アンダーフロー（ダウンカウント動作時に GTCNT カウンタ値が 0 から GTPR に変化する）が発生したとき

割り込み信号と割り込みステータスフラグについては、「[21.2.16. GTST : 汎用 PWM タイマステータスレジスタ](#)」を参照してください。

(9) GPTn_PC 割り込み (n = 1、4、5)

GTPC.PCEN ビットが 1 かつ GTPC.PCNT カウンタが 1 の場合、周期の終わりに割り込み要求が発生します。

21.4.2 DMAC/DTC の起動

各チャンネルの割り込みによって、DMAC および DTC を起動することができます。詳細は、「[13. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」、「[16. DMA コントローラ \(DMAC\)](#)」、および「[17. データトランスファコントローラ \(DTC\)](#)」を参照してください。

21.5 ELC によるリンク動作

21.5.1 ELC へのイベント信号出力

GPT では、その割り込み要求信号がイベントリンクコントローラ (ELC) でイベント信号として使用された場合、あらかじめ設定しておいたモジュールとのリンク動作が可能です。

GPT には以下の ELC イベント信号があります。

- コンペアマッチ A 割り込み発生 (GPTn_CCMPA)
- コンペアマッチ B 割り込み発生 (GPTn_CCMPB)
- コンペアマッチ C 割り込み発生 (GPTn_CMPC)
- コンペアマッチ D 割り込み発生 (GPTn_CMPD)
- コンペアマッチ E 割り込み発生 (GPTn_CMPE)
- コンペアマッチ F 割り込み発生 (GPTn_CMPF)
- オーバーフロー割り込み発生 (GPTn_OVF)
- アンダーフロー割り込み発生 (GPTn_UDF)
- 周期計数機能の終了 (GPTm_PC)

注. n = 1、2、4、5

m = 1、4、5

21.5.2 ELC からのイベント信号入力

GPT は、イベントリンクコントローラ (ELC) からの最大 8 個のイベントに対して、以下の動作の実行が可能です。

- カウントスタート/ストップ/クリア
- アップカウント/ダウンカウント
- インพุットキャプチャ

ELC とイベント信号入力の接続関係は、「18. イベントリンクコントローラ (ELC)」を参照してください。

21.6 ノイズフィルタ機能

GPT のインพุットキャプチャ入力端子とホールセンサ入力端子には、ノイズフィルタが装備されています。ノイズフィルタは、入力信号をサンプリングクロックでサンプリングし、3 サンプル周期に満たない長さのパルスを除去します。

ノイズフィルタ機能では、端子ごとにノイズフィルタ機能を有効/無効にすることや、チャンネルごとにサンプリングクロックを設定することが可能です。

図 21.59 にノイズフィルタのタイミングを示します。

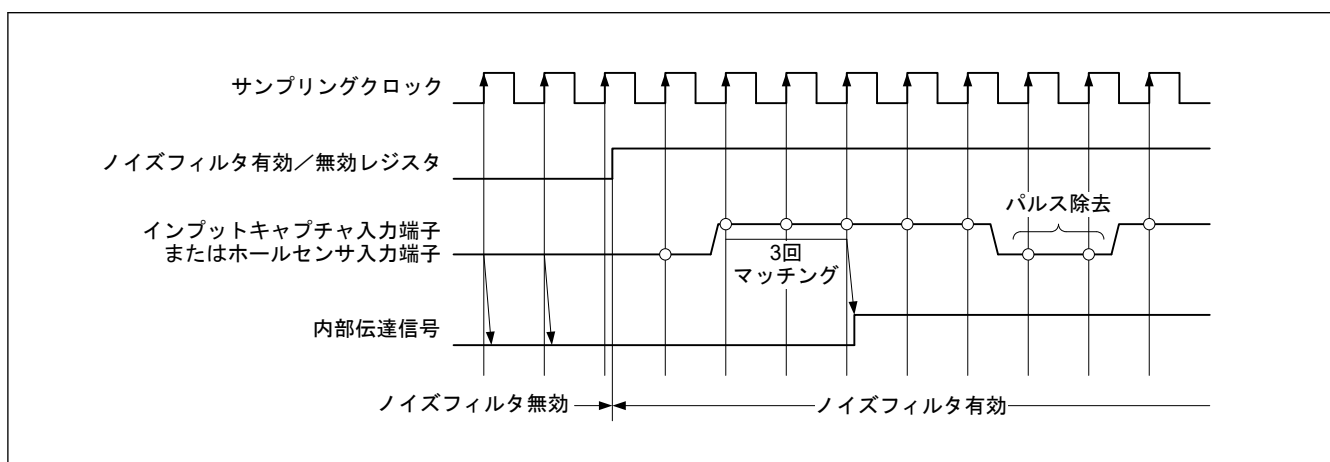


図 21.59 ノイズフィルタのタイミング

ノイズフィルタ機能を有効にすると、(サンプリング周期 × 2 + PCLKD) の最短の遅延の後、ノイズフィルタ対象信号のエッジでインพุットキャプチャ動作または出力相切り替え動作が実行されます。この遅延は、インพุットキャプチャ入力またはホールセンサ入力に対するノイズフィルタリングに起因するものです。

21.7 保護機能

21.7.1 レジスタの書き込み保護

レジスタへの誤書き込みを防止するため、GTWP.WP ビットを設定することで、チャンネル単位でレジスタへの書き込みを禁止できます。下記のレジスタに対して、書き込み保護の設定が可能です。

GTSSR, GTPSR, GTCSSR, GTUPSR, GTDNSR, GTICASR, GTICBSR, GTCR, GTUDDTYC, GTIOR, GTINTAD, GTST, GTBER, GTCNT, GTCCRA, GTCCRB, GTCCRC, GTCCRD, GTCCRE, GTCCRF, GTPR, GTPBR, GTDTCR, GTDVU, GTADSMR, GTICLF, GTPC.

どのチャンネルのレジスタを更新しても全チャンネルを制御できる GTSTR, GTSTP, GTCLR レジスタは、それぞれ GTWP.STRWP, STPWP, CLRWP ビットの設定で、チャンネル番号に対応するビットへの書き込みをチャンネルごとに許可または禁止することで誤書き込みを防止することが可能です。

同様に、GTSECSR レジスタや GTSECR レジスタ (既定のチャンネルの GTSECSR レジスタや GTSECR レジスタへの書き込みにより、全チャンネルを制御可能) への書き込みは、GTWP.CMNWP ビットの設定により、許可または禁止することができます。

GTWP レジスタによる保護は、CPU による書き込み動作のみを対象としています。CPU 書き込みに連動して発生するレジスタの更新は、保護の対象外です。

21.7.2 バッファ動作の禁止

バッファレジスタへの書き込みのタイミングがバッファ転送より遅延している場合、GTBER.BD[1]、および BD[0] ビットの設定でバッファ動作の中断が可能です。具体的には、バッファレジスタへの書き込み前に BD[1]、および BD[0] ビットを 1 (バッファ動作禁止) にしておき、すべてのバッファレジスタへの書き込み終了後に 0 (バッファ動作許可) にすることで、バッファレジスタへの書き込み中にバッファ転送条件が発生しても、バッファ転送を一時的に禁止することができます。

BD[1]、および BD[0] ビットは GTBER レジスタへ直接書き込むことにより、チャンネル上に設定できます。あるいは、GTSECSR レジスタで設定された複数のチャンネルに対して、GTSECR レジスタを設定することにより、同時に 0 を設定することができます。

図 21.60 に GTBER レジスタへの書き込みによりバッファ動作を禁止するための動作例を示します

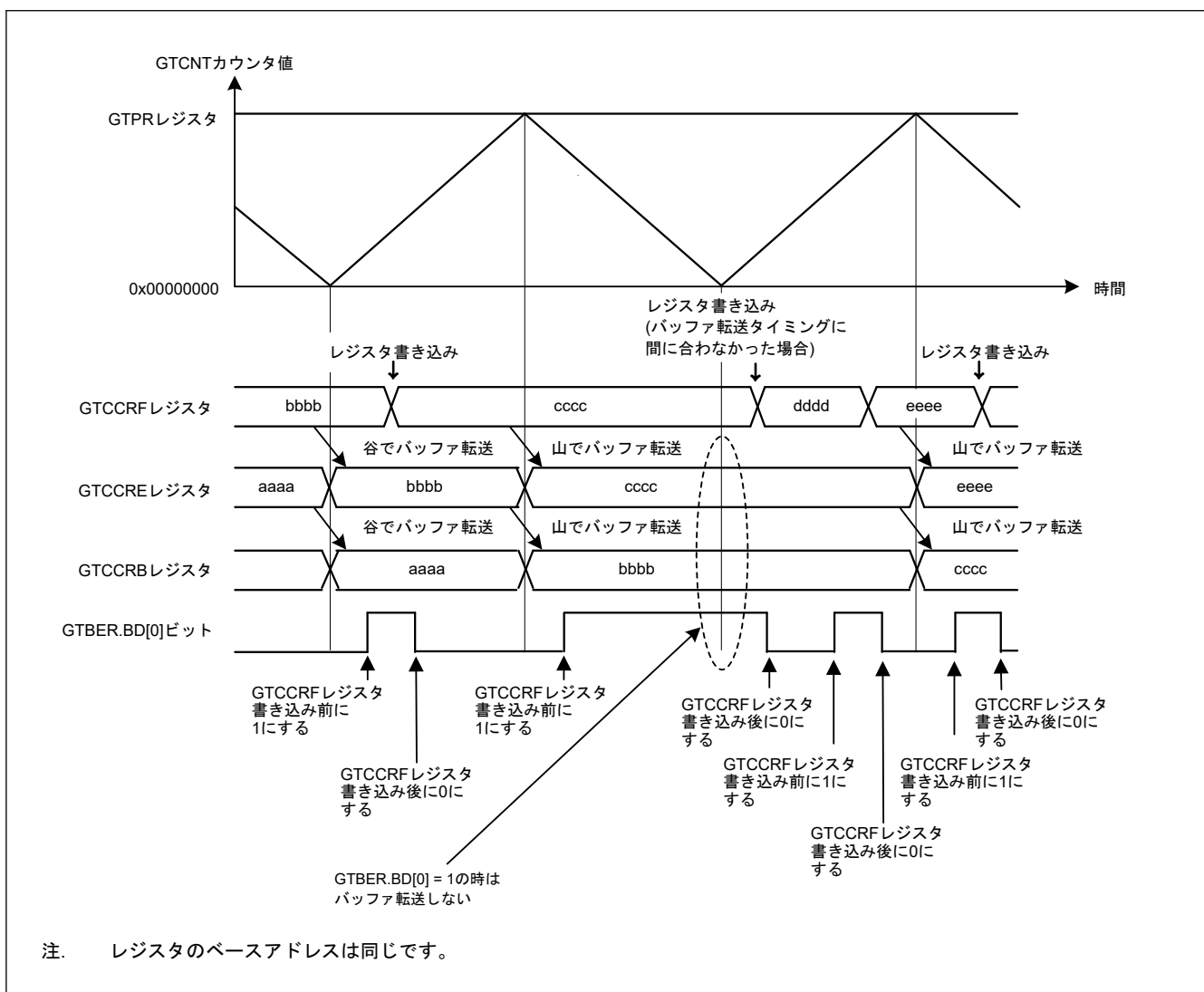


図 21.60 バッファ動作禁止の動作例 (三角波、ダブルバッファ動作、谷および山の両方でバッファ転送の場合)

21.7.2.1 複数チャンネルのバッファ動作の同時制御

GTBER.BD ビットは、チャンネル毎の GTBER レジスタに直接書き込むか、GTSECSR にすでに設定された複数チャンネルの GTSECR レジスタ内に設定を作成することにより設定できます。

複数チャンネルの GTBER.BD ビットを同時に設定するには、以下の手順に従ってください。

1. GTSECSR レジスタによる同時設定用チャンネルを選択してください。

同時設定する GTBER.BD ビットのチャンネルに対応するビット位置の値が 1 になるように、GTSECSR レジスタを設定してください。いずれかのチャンネルの GTSECSR レジスタに書き込むと、全ての GTSECSR レジスタを更新できます。

2. GTSECR レジスタを更新することで、同時に GTBER.BD ビットを設定します。同時に設定される GTBER.BD ビットの動作（バッファ動作を許可/禁止）を、GTSECR レジスタで設定します。いずれかのチャンネルの GTSECR レジスタに書き込むと、GTSECR レジスタの値に応じて GTSECSR レジスタに 1 が設定されているビットに対応する全てのチャンネルの GTBER.BD ビットを更新します。

図 21.61 に複数チャンネルのバッファ動作の許可または禁止の同時制御の例を示します。

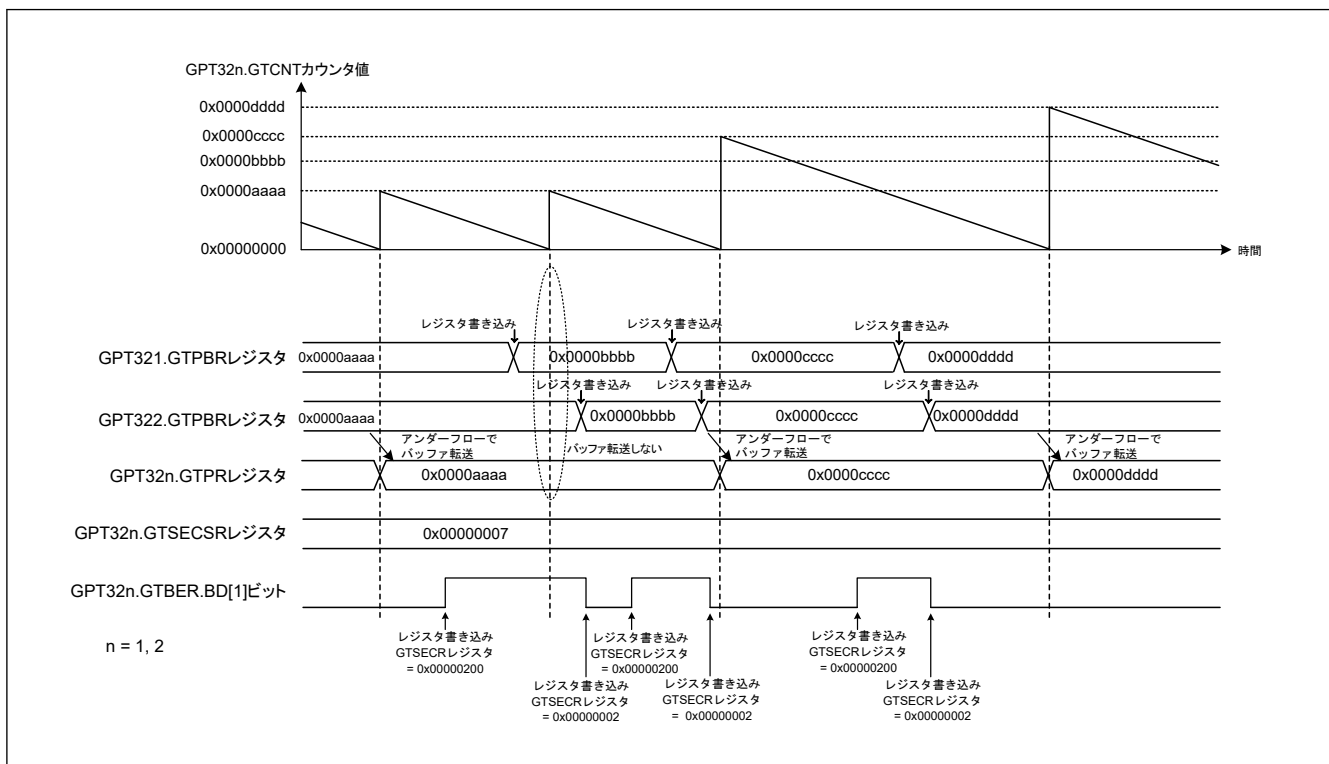


図 21.61 バッファ動作禁止の複数チャンネルの動作例（のこぎり波、シングルバッファ動作）

21.7.3 GTIOCnm 端子出力の出力禁止制御 (n = 1, 2, 4, 5, m = A, B)

システム異常時の保護のため、POEG からの出力禁止要求によって、GTIOCnm 端子出力値を強制的に変更する出力禁止制御を、GTIOCnm 端子出力に対して行うことができます。同じ出力レベルが GTIOCnA 端子と GTIOCnB 端子に検出されると、出力保護が要求されます。GTINTAD.GRPABH、GTINTAD.GRPABL などの出力禁止要求許可ビットの設定に従って、GPT はこの条件を検出し、POEG に出力禁止要求を発生させます。POEG が各チャンネルからの出力禁止要求と外部入力からの出力禁止要求の論理和をとった後で、POEG は GPTT に対して出力禁止要求を発生させます。

GTINTAD.GRP[1:0] ビットを設定することで、GTIOCnA 端子と GTIOCnB 端子共通の出力禁止要求信号として、POEG から入力される 4 本の出力禁止要求から 1 本を選択することができます。選択された出力禁止要求は、GTST.ODF フラグを読むことにより確認することができます。出力禁止時の端子状態は、GTIOCnA 端子は GTIOR.OADF[1:0] ビット、GTIOCnB 端子は GTIOR.OBDF[1:0] ビットで設定することができます。

出力禁止状態への変更は、POEG から出力禁止要求を発生させることで非同期に実行されます。出力禁止状態の解除は、出力禁止要求を停止させることで周期の終わりに実行されます。出力禁止要求の条件が満たされなくなり出力禁止要求が解除されるのは、最短で 3PCLKD 目以降です。出力禁止を確実に制御するには、4 サイクルの PCLKD を経過して出力禁止要求の条件が満たされなくなってから、出力を禁止するための POEG のフラグをクリアしてください。

イベントカウント動作時または周期の終わりを待たずにすぐに出力禁止状態を解除したい場合は、GTIOCnA 端子は GTIOR.OADF[1:0] ビットを 00b に、GTIOCnB 端子は GTIOR.OBDF[1:0] ビットを 00b にしてください。

図 21.62 に GTIOCnm 端子出力禁止制御の動作例を示します。(n = 1, 2, 4, 5, m = A, B)

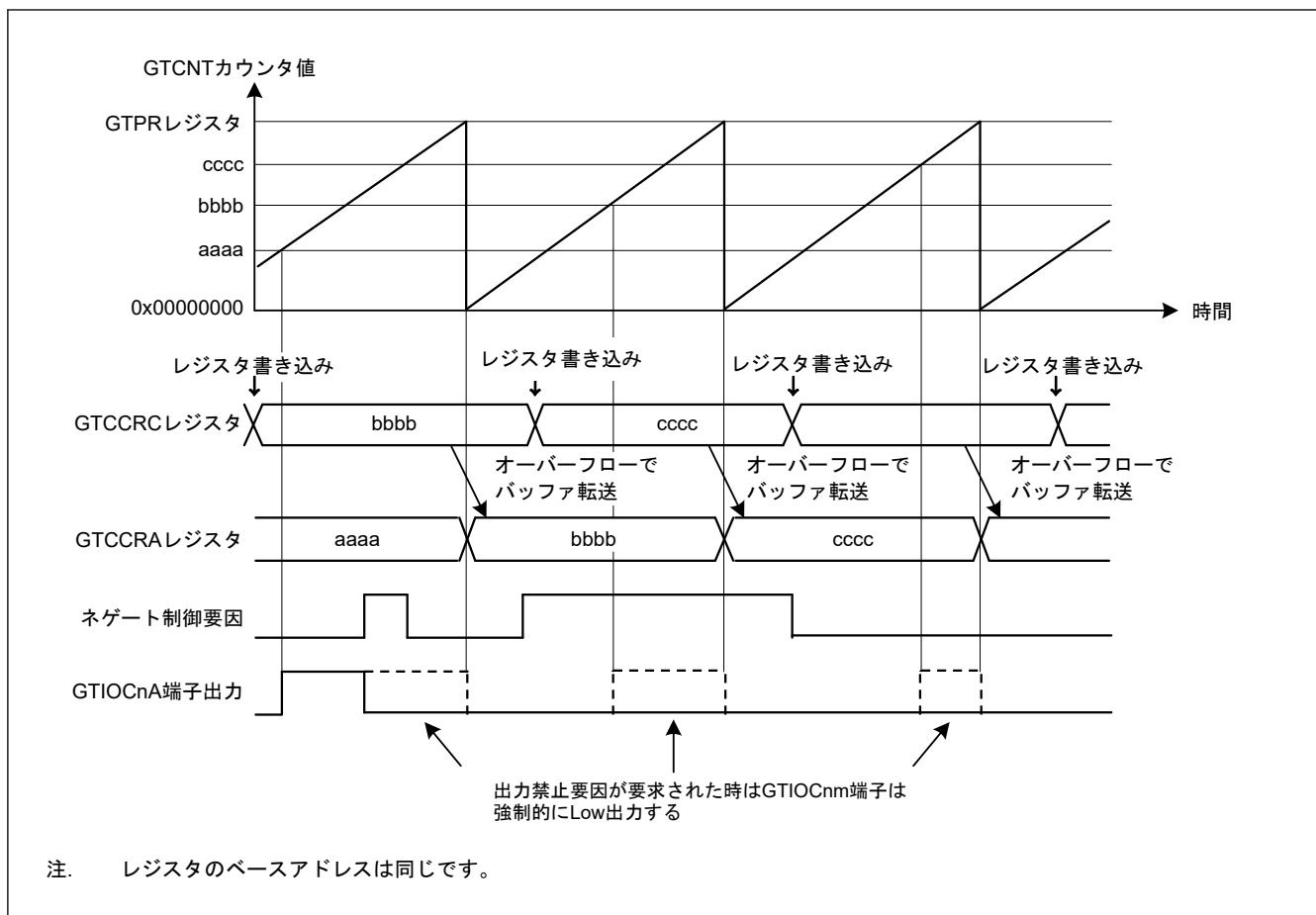


図 21.62 GTIOCnm 端子出力禁止制御動作例 (のこぎり波でアップカウント、バッファ動作、アクティブレベル 1、GTCCRA レジスタのコンペアマッチで High 出力、周期の終わりで Low 出力、出力禁止で Low 出力の場合) (n = 1、2、4、5, m = A, B)

21.8 出力端子の初期化方法

21.8.1 リセット後の端子設定

GPT のレジスタはリセット時に初期化されます。ポートのモード選択設定、GTIOR.OAE ビット、GTIOR.OBE ビットの設定を行い、GPT 機能を外部端子出力にした後、カウント動作を開始してください。

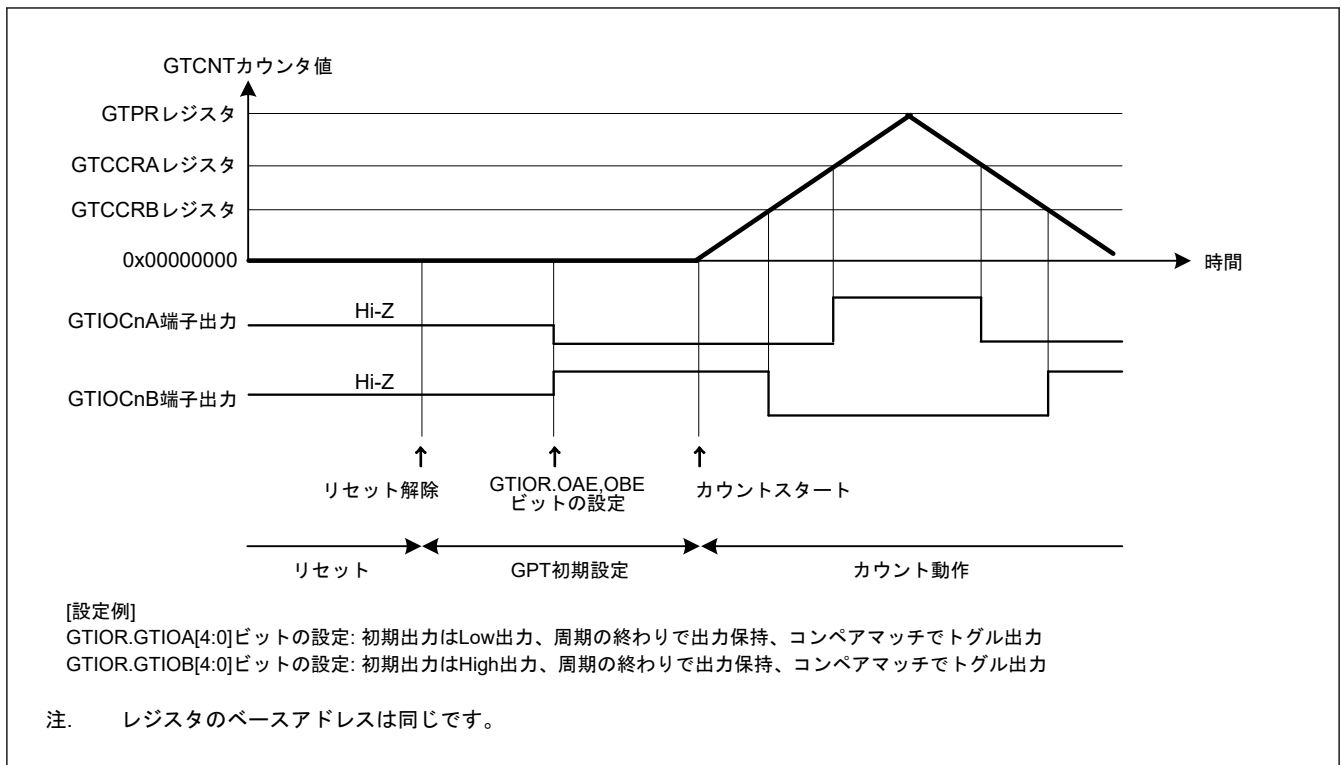


図 21.63 リセット後の端子設定例

21.8.2 動作中の異常による端子の初期化

GPT の動作中に異常が発生した場合、端子を初期化する前に、下記の 4 種類の端子コントロールを実行できます。

- GTIOR レジスタの OAHLD および OBHLD ビットを 1 にして、カウントストップ時の出力を保持する
- GTIOR レジスタの OAHLD および OBHLD ビットを 0 にするとともに、GTIOR レジスタの OADFLT および OBDFLT ビットに任意の出力値を設定して、カウントストップ時に任意の値を出力させる
- あらかじめ I/O ポートの PDR、PODR、PMR ビットを設定することにより、端子が汎用出力ポートとして任意の値を出力するように設定する。GTIOR レジスタの OAE および OBE ビットを 0 にするとともに、端子に対応した PMR ビットの制御ビットを 0 にして、エラー発生時に、汎用出力ポートとして設定した端子から任意の値が出力されるように設定する
- POEG 機能を使用して、出力をハイインピーダンス状態にする

デッドタイムの自動設定を行ったときは、カウントストップ後に GTDTCR.TDE ビットを 0 にしてください。カウントストップ時は、GPT の外部要因によって変更されたレジスタ値のみが変化します。カウントが再開すると、停止していた状態から動作が継続します。カウントを停止させた場合は、各レジスタを初期化してからカウントを開始してください。

21.9 使用上の注意事項

21.9.1 モジュールストップ機能の設定

モジュールストップコントロールレジスタ D (MSTPCRD) により、GPT の動作禁止/許可を設定することができます。リセット後の値では、GPT の動作は停止します。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細は、「10. 低消費電力モード」を参照してください。

21.9.2 コンペアマッチ動作時の GTCCRn レジスタの設定 (n = A~F)

(1) 三角波 PWM モードでデッドタイムの自動設定を行う場合

GTCCRn レジスタは次のすべての条件を満たす必要があります。

- $GTDVU < GTCCRA$
- $0 < GTCCRA < GTPR$

カウント動作中に $GTCCRA$ レジスタに、 $GTCCRA = 0$ もしくは $GTCCRA \geq GTPR$ の値が設定されると出力保護機能が動作します。ただし、下記の条件を満足しない場合、出力保護機能は正常に機能しません。

- カウント開始時の $GTCCRA$ レジスタの値が、 $0 < GTCCRA < GTPR$

詳細は、「21.7.3. GTIOcnm 端子出力の出力禁止制御 ($n = 1, 2, 4, 5, m = A, B$)」を参照してください。

(2) 三角波 PWM モードでデッドタイムの自動設定を行わない場合

$GTCCRA$ レジスタは、 $0 < GTCCRA < GTPR$ の範囲内に設定してください。 $GTCCRA = 0$ もしくは $GTCCRA = GTPR$ が設定されると、周期内で発生するコンペアマッチは、 $GTCCRA = 0$ もしくは $GTCCRA = GTPR$ が成立したときのみとなります。また、 $GTCCRA > GTPR$ が設定されると、コンペアマッチは発生しません。

同様に、 $GTCCRB$ レジスタは、 $0 < GTCCRB < GTPR$ の範囲内に設定してください。 $GTCCRB = 0$ もしくは $GTCCRB = GTPR$ が設定されると、周期内で発生するコンペアマッチは、 $GTCCRB = 0$ もしくは $GTCCRB = GTPR$ が成立したときのみとなります。また、 $GTCCRB > GTPR$ が設定されると、コンペアマッチは発生しません。

(3) のこぎり波ワンショットパルスモードでデッドタイムの自動設定を行う場合

$GTCCRC$ および $GTCCRD$ レジスタは、以下の制限を満たすように設定する必要があります。この制限を満たさない場合、デッドタイムを確保した正常な出力波形が得られない場合があります。

- アップカウント動作時： $GTCCRC < GTCCRD, GTCCRC > GTDVU, GTCCRD < GTPR - GTDVU$
- ダウンカウント動作時： $GTCCRC > GTCCRD, GTCCRC < GTPR - GTDVU, GTCCRD > GTDVU$

(4) のこぎり波ワンショットパルスモードでデッドタイムの自動設定を行わない場合

$GTCCRC$ および $GTCCRD$ レジスタは、以下の制限を満たすように設定する必要があります。この制限を満たさない場合、コンペアマッチが 2 回発生せず、パルス出力が得られません。

- アップカウント時： $0 < GTCCRC < GTCCRD < GTPR$
- ダウンカウント時： $GTPR > GTCCRC > GTCCRD > 0$

同様に、 $GTCCRE$ および $GTCCRF$ レジスタは、以下の制限を満たすように設定する必要があります。この制限を満たさない場合、コンペアマッチが 2 回発生せず、パルス出力が得られません。

- アップカウント時： $0 < GTCCRE < GTCCRF < GTPR$
- ダウンカウント時： $GTPR > GTCCRE > GTCCRF > 0$

(5) のこぎり波 PWM モードの場合

$GTCCRA$ レジスタは、 $0 < GTCCRA < GTPR$ の範囲に収まるように設定してください。 $GTCCRA = 0$ または $GTCCRA = GTPR$ に設定すると、 $GTCCRA = 0$ または $GTCCRA = GTPR$ が成立した場合にのみ、コンペアマッチが周期内で発生します。 $GTCCRA > GTPR$ に設定すると、コンペアマッチは発生しません。

同様に、 $GTCCRB$ レジスタは、 $0 < GTCCRB < GTPR$ の範囲に収まるように設定してください。 $GTCCRB = 0$ または $GTCCRB = GTPR$ に設定すると、 $GTCCRB = 0$ または $GTCCRB = GTPR$ が成立した場合にのみ、コンペアマッチが周期内で発生します。 $GTCCRB > GTPR$ に設定すると、コンペアマッチは発生しません。

21.9.3 GTCNT カウンタの範囲設定

$GTCNT$ カウンタレジスタは、 $0 \leq GTCNT \leq GTPR$ の範囲に収まるように設定してください。

21.9.4 GTCNT カウンタのスタート/ストップ

$GTCR.CST$ ビットによる $GTCNT$ カウンタのスタート/ストップ制御タイミングは、 $GTCR.TPCS[3:0]$ ビットで選択したカウントクロックと同期しています。 $GTCR.CST$ ビットを更新すると、 $GTCR.TPCS[3:0]$ ビットで選択したカウントクロックに従って、 $GTCNT$ カウンタがスタート/ストップします。このため、 $GTCNT$ カウンタが実際にスタートする前に発生したイベントは無視され、結果として $GTCR.CST$ ビットが 0 になってからイベントが受け付けられたり、割り込みが発生したりします。

21.9.5 イベントごとの優先順位

(1) GTCNT レジスタ

表 21.40 に、GTCNT レジスタを更新するイベントの優先順位を示します。

表 21.40 GTCNT を更新する要因の優先順位

GTCNT を更新する要因	優先順位
CPU による書き込み (GTCNT/GTCLR レジスタへの書き込み)	高
GTCSR レジスタで設定したハードウェア要因によるクリア	↑
GTUPSR/GTDNSR レジスタで設定したハードウェア要因によるアップ/ダウンカウント	↑
カウント動作	低

ハードウェア要因によるアップカウントとダウンカウントが同時に発生した場合、GTCNT カウンタ値は変化しません。GTCNT レジスタの更新と CPU による読み出しの間で競合があると、更新前のデータが読み出されず。

(2) GTCR.CST ビット

GTSSR/GTPSR レジスタで設定したハードウェア要因によるスタート/ストップと CPU による書き込み (GTCR/GTSTR/GTSTP レジスタへの書き込み) の間で競合があると、CPU による書き込みが優先されます。

周期計数機能によるストップと CPU 書き込み (GTCR/GTSTR レジスタへの書き込み) によるスタートが競合した場合、周期計数機能は GTST.PCF フラグをセットして動作を終了しますが、CST ビットの状態は変わらず、カウントを継続します。

GTSSR レジスタで設定したハードウェア要因によるスタートと GTPSR レジスタに設定したハードウェア要因によるストップの間で競合があると、GTCR.CST ビット値は変化しません。GTCR.CST ビットの更新と CPU による読み出し (GTCR/GTSTR/GTSTP レジスタからの読み出し) の間で競合があると、更新前のデータが読み出されます。

(3) GTCCRm レジスタ (m = A~F)

インプットキャプチャ/バッファ転送動作と GTCCRm レジスタへの書き込みの間で競合があると、GTCCRm レジスタへの書き込みが優先されます。インプットキャプチャと CPU によるカウンタレジスタへの書き込みおよびハードウェア要因によるカウンタレジスタの更新の間で競合があると、更新前のカウンタ値がキャプチャされます。GTCCRm レジスタの更新と CPU による読み出しの間で競合があると、更新前のデータが読み出されます。

(4) GTPR レジスタ

バッファ転送動作と GTPR レジスタへの書き込みの間で競合があると、GTPR レジスタへの書き込みが優先されます。GTPR レジスタの更新と CPU による読み出しの間で競合があると、更新前のデータが読み出されます。

22. 低消費電力非同期汎用タイマ (AGT)

22.1 概要

低消費電力非同期汎用タイマ (AGT) は、パルス出力、外部パルスの幅または周期の測定、および外部イベントのカウントに利用可能な 16 ビットのタイマです。このタイマは、リロードレジスタとダウンカウンタで構成されています。これらのリロードレジスタとダウンカウンタは、同一アドレスに配置され、AGT レジスタでアクセス可能です。

表 22.1 に AGT の仕様、図 22.1 にブロック図、表 22.2 に入出力端子、を示します。

表 22.1 AGT の仕様

項目	内容	
動作モード	タイマモード	カウントソースをカウント
	パルス出力モード	カウントソースをカウントし、アンダーフローするごとに出力を反転
	イベントカウントモード	外部イベントをカウント
	パルス幅測定モード	外部パルス幅を測定
	パルス周期測定モード	外部パルス周期を測定
構成	AGTn (16 ビット) ×5 チャンネル (n = 0~3, 5)	
カウントソース (動作クロック) (注2)	タイマモード	PCLKB, PCLKB/2, PCLKB/8, AGTLCLK/d, AGTSCLK/d (d = 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, または 128)、または AGTn (n = 0, 2) のアンダーフロー信号を選択可能(注1)
	パルス出力モード	
	パルス幅測定モード	
	パルス周期測定モード	
	イベントカウントモード	外部イベント入力
割り込み/イベントリンク機能	<ul style="list-style-type: none"> アンダーフローイベント信号または測定完了イベント信号 <ul style="list-style-type: none"> カウンタがアンダーフローしたとき パルス幅測定モードで、外部入力 (AGTIO_n 端子) のアクティブ幅の測定が終了したとき パルス周期測定モードで外部入力 (AGTIO_n 端子) の設定エッジが入力されたとき コンペアマッチ A イベント信号 <ul style="list-style-type: none"> AGT レジスタと AGTCMA レジスタの値が一致したとき (コンペアマッチ A 機能が有効) コンペアマッチ B イベント信号 <ul style="list-style-type: none"> AGT と AGTCMB の値が一致したとき (コンペアマッチ B 機能が有効) スヌーズモードまたはソフトウェアスタンバイモードからの復帰は AGTn_AGTI, AGTn_AGTCMAI, または AGTn_AGTCMBI (n = 1, 3) で実行可能です。(注3) 	
選択可能な機能	<ul style="list-style-type: none"> コンペアマッチ機能 コンペアマッチ A レジスタとコンペアマッチ B レジスタの両方または一方を選択可能 	
TrustZone フィルタ	各チャンネルに対して、セキュリティ属性を設定可能	

注 1. AGTn (n = 0, 2) では使用できません。AGTn (n = 1, 3, 5) は AGTn (n = 0, 2) タイマからのアンダーフローイベント信号を使用しません。

注 2. 周辺モジュールクロック B (PCLKB) 周波数 \geq カウントソースクロック周波数となるように設定してください。

注 3. 詳細は「10. 低消費電力モード」を参照してください。

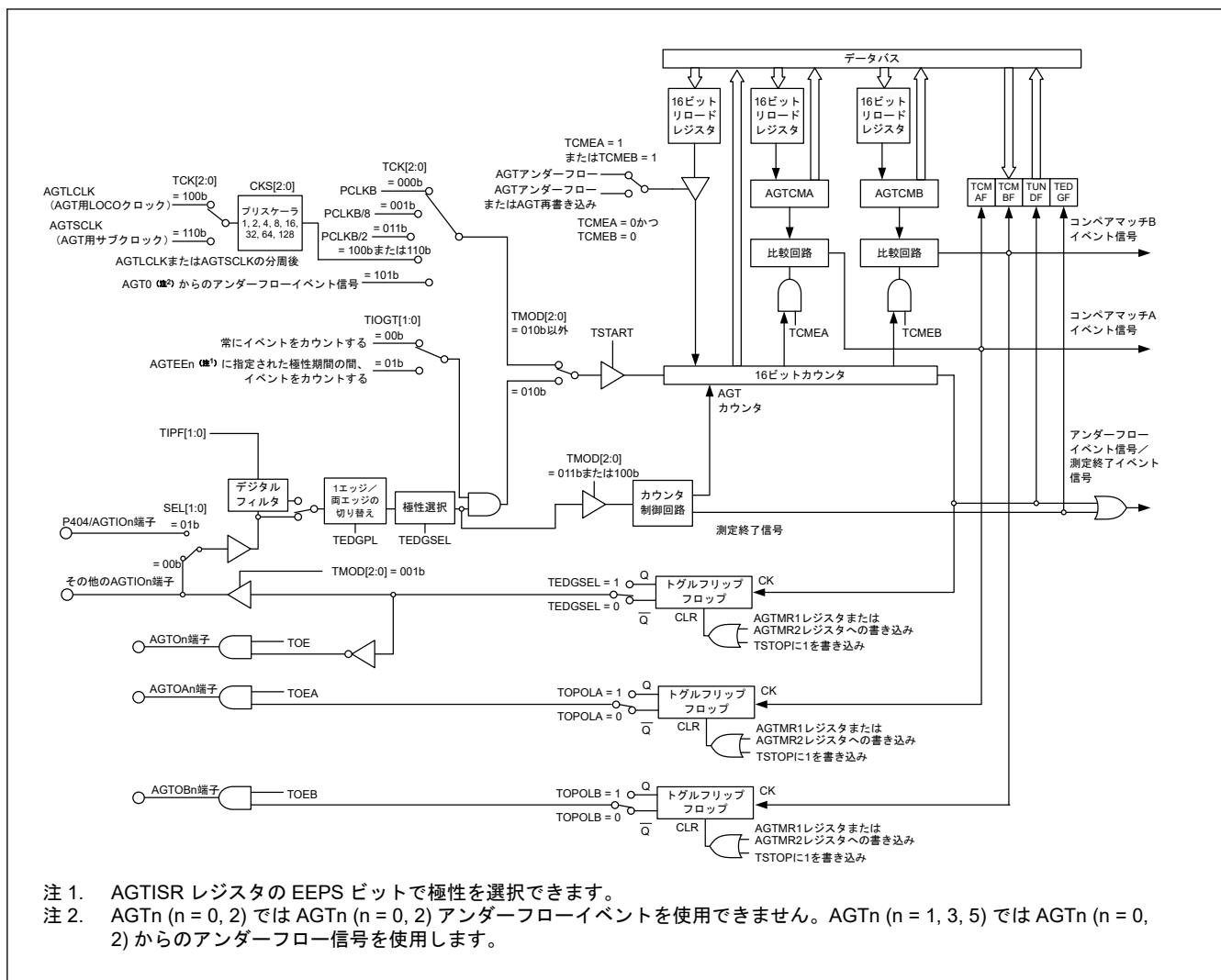


図 22.1 AGT のブロック図

表 22.2 AGT の入出力端子

端子名	入出力	機能
AGTEEn	入力	AGT の外部イベント入力イネーブル
AGTIOm	入出力	AGT の外部イベント入力およびパルス出力 P402 からの AGTIOm (m=0~3) は、VBTICTRLR レジスタで制御できます。詳細は「19.5.5. 入出力バッファの仕様」を参照してください。
AGTOm	出力	AGT のパルス出力
AGTOAn	出力	AGT のコンペアマッチ A 出力
AGTOBn	出力	AGT のコンペアマッチ B 出力

注. チャンネル番号 (n = 0~3, 5)
 注. P402 入力のみ使用可能

22.2 レジスタの説明

22.2.1 AGT : AGT カウンタレジスタ

Base address: $AGTn = 0x400E_8000 + 0x0100 \times n$ ($n = 0 \sim 3, 5$)

Offset address: 0x00

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:																
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	n/a	16 ビットのカウンタおよびリロードレジスタ 設定範囲 0x0000~0xFFFF	R/W

AGTn.AGT は 16 ビットのレジスタです。書き込み値はリロードレジスタに書き込まれ、読み出し値はカウンタから読み出されます。

リロードレジスタとカウンタの状態は、AGTCR レジスタの TSTART ビットと AGTCMSR レジスタの TCMEA/TCMEB ビットに応じて変化します。詳細は「[22.3.1. リロードレジスタおよびカウンタの書き換え動作](#)」を参照してください。

AGTCR レジスタの TSTOP ビットに 1 を書き込むと、AGT カウンタは強制的に停止して、0xFFFF になります。AGTMR1 レジスタの TCK[2:0] ビットの設定値が 001b (PCLKB/8) または 011b (PCLKB/2) 以外の場合、AGT レジスタが 0x0000 になると、ICU、DMAC/DTC、および ELC への要求信号が、カウント開始直後に一度発生します。AGTOn、AGTIO_n 端子はトグル出力となります。

イベントカウントモードで AGT レジスタが 0x0000 になると、TCK[2:0] ビットの値にかかわらず、ICU、DMAC/DTC、および ELC への要求信号が、カウント開始直後に一度発生します。

また、指定したカウント期間以外の期間も AGTOn 端子出力はトグル出力となります。AGT レジスタが 0x0001 以上になると、AGT がアンダーフローするたびに要求信号が発生します。

22.2.2 AGTCMA : AGT コンペアマッチ A レジスタ

Base address: $AGTn = 0x400E_8000 + 0x0100 \times n$ ($n = 0 \sim 3, 5$)

Offset address: 0x02

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:																
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	n/a	16 ビットのコンペアマッチ A データを格納(注1) 設定範囲 0x0000~0xFFFF	R/W

注 1. コンペアマッチ A を使用しない場合、AGTCMA レジスタは 0xFFFF にしてください。

AGTCMA レジスタは、AGT カウンタとのコンペアマッチ値を設定するための、読み出し/書き込みレジスタです。リロードレジスタとコンペアレジスタ A の状態は、AGTCR レジスタの TSTART ビットに応じて変化します。詳細は、「[22.3.2. リロードレジスタおよび AGT コンペアマッチ A/B レジスタの書き換え動作](#)」を参照してください。

22.2.3 AGTCMB : AGT コンペアマッチ B レジスタ

Base address: $AGTn = 0x400E_8000 + 0x0100 \times n$ ($n = 0 \sim 3, 5$)

Offset address: 0x04

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

Value after reset: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	n/a	16 ビットのコンペアマッチ B データを格納(注1) 設定範囲 0x0000~0xFFFF	R/W

注 1. コンペアマッチ B を使用しない場合、AGTCMB レジスタは 0xFFFF にしてください。

AGTCMB レジスタは、AGT カウンタとのコンペアマッチ値を設定するための、読み出し/書き込みレジスタです。リロードレジスタとコンペアレジスタ B の状態は、AGTCR レジスタの TSTART ビットに応じて変化します。詳細は「22.3.2. リロードレジスタおよび AGT コンペアマッチ A/B レジスタの書き換え動作」を参照してください。

22.2.4 AGTCR : AGT コントロールレジスタ

Base address: $AGTn = 0x400E_8000 + 0x0100 \times n$ ($n = 0 \sim 3, 5$)

Offset address: 0x08

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field: TCMB F TCMA F TUNDF TEDGF — TSTO P TCST F TSTAR T

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	TSTART	AGT カウント開始(注2) 0: カウント停止 1: カウント開始	R/W
1	TCSTF	AGT カウント状態フラグ(注2) 0: カウント停止 1: カウント中	R
2	TSTOP	AGT カウント強制停止(注1) 0: 書き込みは無効 1: 強制的にカウント停止	W
3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	TEDGF	アクティブエッジ判定フラグ 0: アクティブエッジ未受信 1: アクティブエッジ受信	R/(W) (注3)
5	TUNDF	アンダーフローフラグ 0: アンダーフローなし 1: アンダーフローあり	R/(W) (注3)
6	TCMAF	コンペアマッチ A フラグ 0: 不一致 1: 一致	R/(W) (注3)
7	TCMBF	コンペアマッチ B フラグ 0: 不一致 1: 一致	R/(W) (注3)

注 1. TSTOP ビットに 1 (強制的にカウント停止) を書き込むと、TSTART ビットおよび TCSTF フラグが同時に初期化されます。パルス出力レベルも初期化されます。読むと 0 が読めます。

注 2. TSTART ビットおよび TCSTF フラグの使用方法については、「22.4.1. カウント動作の開始および停止制御」を参照してください。

注 3. フラグをクリアするための 0 の書き込みのみ可能です。

TSTART ビット (AGT カウント開始)

TSTART ビットに 1 を書き込むとカウント動作が開始し、0 を書き込むとカウント動作が停止します。TSTART ビットを 1 にすると、カウントソースと同期して、TCSTF フラグが 1 (カウント実行中) になります。また、TSTART ビットに 0 を書き込むと、カウントソースと同期して、TCSTF フラグが 0 (カウント停止) になります。詳細は「[22.4.1. カウント動作の開始および停止制御](#)」を参照してください。

TCSTF フラグ (AGT カウント状態フラグ)

TCSTF フラグは AGT のカウント状態を示します。

[1 になる条件]

- TSTART ビットに 1 を書いたとき (カウントソースと同期して、TCSTF フラグが 1 になる)

[0 になる条件]

- TSTART ビットに 0 を書いたとき (カウントソースと同期して、TCSTF フラグが 0 になる)
- TSTOP ビットに 1 を書いたとき

TSTOP ビット (AGT カウント強制停止)

TSTOP ビットに 1 を書くと、強制的にカウントが停止します。読むと 0 が読めます。

TEDGF フラグ (アクティブエッジ判定フラグ)

TEDGF フラグはアクティブエッジが検出されたことを示します。

[1 になる条件]

- パルス幅測定モードで外部入力端子 (AGTIO_n 端子) のアクティブ幅の測定が終了したとき
- パルス周期測定モードで外部入力端子 (AGTIO_n 端子) の設定エッジが入力されたとき

[0 になる条件]

- 本ビットに 0 を書いたとき

TUNDF フラグ (アンダーフローフラグ)

TUNDF フラグはカウンタがアンダーフローしたことを示します。

[1 になる条件]

- カウンタがアンダーフローしたとき

[0 になる条件]

- 本ビットに 0 を書いたとき

TCMAF フラグ (コンペアマッチ A フラグ)

TCMAF フラグはコンペアマッチ A が検出されたことを示します。

[1 になる条件]

- AGT レジスタ値が AGTCMA レジスタ値と一致したとき

[0 になる条件]

- 本ビットに 0 を書いたとき

TCMBF フラグ (コンペアマッチ B フラグ)

TCMBF フラグはコンペアマッチ B が検出されたことを示します。

[1 になる条件]

- AGT レジスタ値が AGTCMB レジスタ値と一致したとき

[0 になる条件]

- 本ビットに 0 を書いたとき

22.2.5 AGTMR1 : AGT モードレジスタ 1

Base address: AGTn = 0x400E_8000 + 0x0100 × n (n = 0~3, 5)

Offset address: 0x09

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	TCK[2:0]			TEDG PL	TMOD[2:0]		

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	TMOD[2:0]	動作モード(注3) 000: タイマモード 001: パルス出力モード 010: イベントカウントモード 011: パルス幅測定モード 100: パルス周期測定モード その他: 設定禁止	R/W
3	TEDGPL	エッジ極性(注4) 0: 片エッジ 1: 両エッジ	R/W
6:4	TCK[2:0]	カウントソース(注1)(注2)(注5)(注7) 000: PCLKB 001: PCLKB/8 011: PCLKB/2 100: AGTMR2 レジスタの CKS[2:0]ビットで設定した分周クロック (AGTLCLK) 101: AGTn (n = 0, 2)(注6)からのアンダーフローイベント信号 110: AGTMR2 レジスタの CKS[2:0]ビットで設定した分周クロック (AGTSCLK) その他: 設定禁止	R/W
7	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

- 注. AGTMR1 レジスタに書き込みを行うと、AGTOn, AGTIOOn, AGTOAn, AGTOBn 端子からの出力が初期化されます。初期化時の出力レベルの詳細については、「22.2.7. AGTIOC : AGT I/O コントロールレジスタ」を参照してください。
- 注 1. イベントカウンタモードを選択した場合、TCK[2:0]ビットの設定にかかわらず、カウントソースとして外部入力端子 (AGTIOOn) が選択されます。
- 注 2. カウント動作中は、カウントソースを切り替えないでください。カウントソースは、AGTCR レジスタの TSTART ビットおよび TCSTF フラグが、どちらも 0 (カウント停止) の場合にのみ切り替えてください。
- 注 3. AGTCR レジスタの TSTART ビットおよび TCSTF フラグが、どちらも 0 (カウント停止) の状態で、カウントが停止している場合にのみ、動作モードを変更できます。カウント動作中は、動作モードを変更しないでください。
- 注 4. TEDGPL ビットは、イベントカウントモード時に限り有効です。
- 注 5. ソフトウェアスタンバイモードおよびディープソフトウェアスタンバイモードで AGT を動作させるには、AGTLCLK または AGTSCLK (TCK[2:0] = 100b, 110b) を選択してください。
- 注 6. AGTn (n = 0, 2)では AGTn (n = 0, 2)のアンダーフローは使用できません (設定禁止)。AGTn (n = 1, 3, 5)が AGTn (n = 0, 2)のアンダーフローを使用します。
- 注 7. AGTMR2 レジスタの CKS[2:0]ビットが 000b 以外の場合は、TCK[2:0]ビットを切り替えないでください。AGTMR2 レジスタの CKS[2:0]ビットを 000b にした後、TCK[2:0]ビットを切り替えて、カウントソースの 1 サイクル分待機してください。

22.2.6 AGTMR2 : AGT モードレジスタ 2

Base address: AGTn = 0x400E_8000 + 0x0100 × n (n = 0~3, 5)

Offset address: 0x0A

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	LPM	—	—	—	—	CKS[2:0]		

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	CKS[2:0]	AGTLCLK /AGTSCLK カウントソースクロック周波数分周比(注1)(注2)(注3) 0 0 0: 1/1 0 0 1: 1/2 0 1 0: 1/4 0 1 1: 1/8 1 0 0: 1/16 1 0 1: 1/32 1 1 0: 1/64 1 1 1: 1/128	R/W
6:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	LPM	低消費電力モード 0: 通常モード 1: 低消費電力モード	R/W

注 1. カウント動作中は、CKS[2:0]ビットを書き換えしないでください。AGTCR レジスタの TSTART および TCSTF ビットが、どちらも 0 (カウント停止) の場合にのみ、CKS[2:0]ビットを書き換えてください。

注 2. カウントソースが AGTLCLK または AGTSCLK の場合に限り、CKS[2:0]ビットの切り替えが有効となります。

注 3. CKS[2:0]ビットが 000b 以外の場合は、AGTMR1 レジスタの TCK[2:0]ビットを切り替えしないでください。CKS[2:0]ビットを 000b にした後、AGTMR1 レジスタの TCK[2:0]ビットを切り替えて、カウントソースの 1 サイクル待機してください。

CKS[2:0]ビット (AGTLCLK /AGTSCLK カウントソースクロック周波数分周比)

CKS[2:0]ビットで AGTLCLK/AGTSCLK カウントソースクロック周波数分周比を選択します。

LPM ビット (低消費電力モード)

LPM ビットで低消費電力モードを設定します。これによって、特定の AGT レジスタへのアクセスに影響が及びます。低消費電力で動作させるには 1 にしてください。

本ビットが 1 の場合、下記のレジスタへはアクセスしないでください。

- AGT/AGTCMA/AGTCMB/AGTCR

このビットを 1 から 0 に切り替えた後は、最初のレジスタアクセスが以下のように制限されます。

- AGT レジスタからの読み出し時は、AGT レジスタを 2 回読み出します。2 回目の読み出しデータのみが有効です。
- AGT、AGTCMA、AGTCMB、および AGTCR レジスタに書き込む場合、カウントソースクロックで 2 サイクル以上の余裕が必要です。
- AGT、AGTCMA、AGTCMB、および AGTCR レジスタに書き込まれた値を確認するとき
 - カウント動作が停止したとき、データ書き込み後、次のサイクルで読み出しが可能です。
 - カウント動作の実行中には、データ書き込み後、カウントソースクロックの 4 サイクル後に読み出しが可能です。

図 22.2 に LPM ビットの書き込み方法のフローチャートを示します。

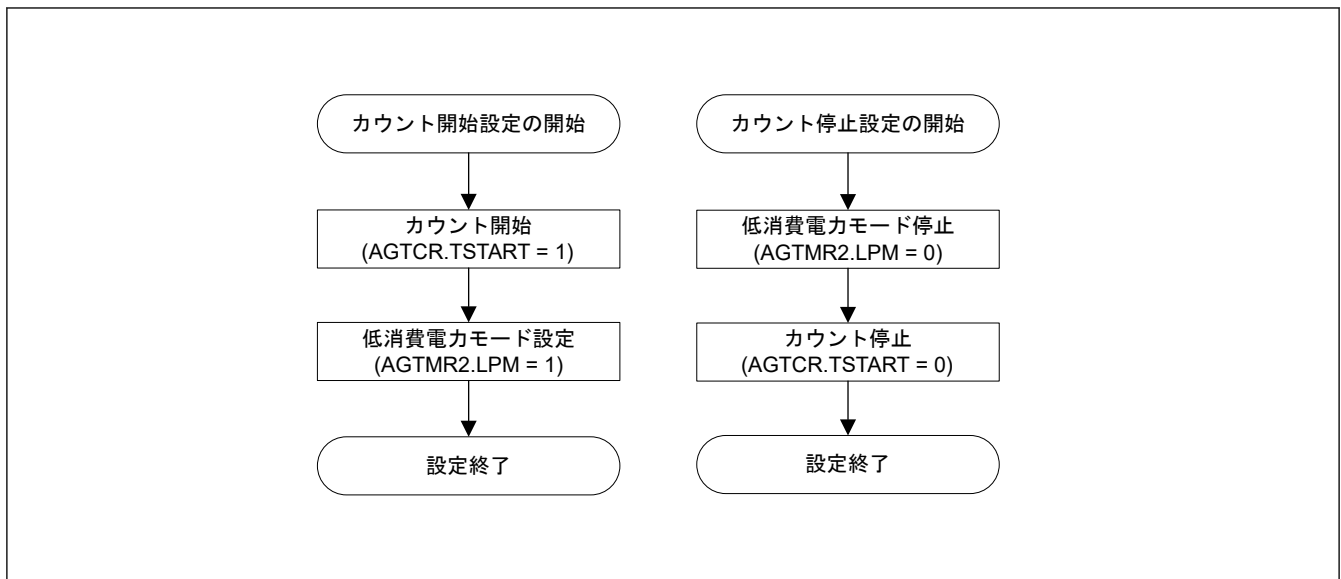


図 22.2 LPM ビットの書き込み方法のフローチャート

22.2.7 AGTIOC : AGT I/O コントロールレジスタ

Base address: AGTn = 0x400E_8000 + 0x0100 × n (n = 0~3, 5)

Offset address: 0x0C

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	TIOGT[1:0]	TIPF[1:0]	—	TOE	—	—	TEDGSEL	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	TEDGSEL	I/O 極性切り替え 動作モードによって機能が異なります。表 22.3 と表 22.4 を参照してください。	R/W
1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
2	TOE	AGTOn 出力許可 0: AGTOn 端子出力を禁止 1: AGTOn 端子出力を許可	R/W
3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
5:4	TIPF[1:0]	入力フィルタ ^(注3) これらのビットは、AGTIOOn 端子入力用フィルタのサンプリング周波数を指定します。 AGTIOOn 端子への入力がサンプリングされ、3 回連続して値が一致すると、その値が入力値とみなされます。 0 0: フィルタなし 0 1: PCLKB でのフィルタサンプリング 1 0: PCLKB/8 でのフィルタサンプリング 1 1: PCLKB/32 でのフィルタサンプリング	R/W
7:6	TIOGT[1:0]	カウント制御 ^(注1) ^(注2) 0 0: 常にイベントをカウントする 0 1: AGTEEn 端子に指定された極性の期間に、イベントをカウントする その他: 設定禁止	R/W

注 1. AGTEEn 端子を使用する場合、イベントをカウントするための極性は AGTISR レジスタの EEPS ビットで選択できます。

注 2. TIOGT[1:0] ビットは、イベントカウントモード時に限り有効です。

注 3. ソフトウェアスタンバイモードおよびディープソフトウェアスタンバイモード中にイベントカウントモード動作が実行される場合、デジタルフィルタ機能は使用できません。

TEDGSEL ビット (I/O 極性切り替え)

TEDGSEL ビットは AGTOn 端子の出力極性および AGTIOOn 端子の入出力エッジと極性を切り替えます。

パルス出力モードでは、AGTOn 端子の出力極性と AGTIOOn 端子の出力極性のみが制御されます。AGTOn 端子出力と AGTIOOn 端子出力は、AGTMR1 レジスタに書き込みを行ったとき、または AGTCR レジスタの TSTOP ビットに 1 を書いたときに初期化されます。

TOE ビット (AGTOn 出力許可)

TOE ビットは AGTOn 端子出力の禁止または許可を選択します。

TIPF[1:0]ビット (入力フィルタ)

TIPF[1:0]ビットは AGTIOOn 端子入力用フィルタのサンプリング周波数を指定します。AGTIOOn 端子への入力がサンプリングされ、3 回連続して値が一致すると、その値が入力値とみなされます。

TIOGT[1:0]ビット (カウント制御)

TIOGT[1:0]ビットはイベントカウントを制御します。

表 22.3 AGTIOOn 端子の入出力エッジおよび極性切り替え

動作モード	機能
タイマモード	使用しない
パルス出力モード	0: High で出力開始 (初期レベル: High) : 反転出力 1: Low で出力開始 (初期レベル: Low) : 通常出力
イベントカウントモード	0: 立ち上がりエッジでカウント 1: 立ち下がりエッジでカウント
パルス幅測定モード	0: Low レベル幅を測定 1: High レベル幅を測定
パルス周期測定モード	0: ある立ち上がりエッジから次の立ち上がりエッジまで測定 1: ある立ち下がりエッジから次の立ち下がりエッジまで測定

表 22.4 AGTOn 端子の出力極性切り替え

動作モード	機能
全モード	0: 出力が Low (初期レベル: Low) で開始する通常出力 1: 出力が High (初期レベル: High) で開始する反転出力

22.2.8 AGTISR : AGT イベント端子選択レジスタ

Base address: AGTn = 0x400E_8000 + 0x0100 × n (n = 0~3, 5)

Offset address: 0x0D

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	EEPS	—	—

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
2	EEPS	AGTEEn 極性選択 0: Low の期間、イベントをカウントする 1: High の期間、イベントをカウントする	R/W
7:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

EEPS ビット (AGTEEn 極性選択)

EEPS ビットはカウントされるイベントの極性を選択します。

22.2.9 AGTCMSR : AGT コンペアマッチ機能選択レジスタ

Base address: $AGTn = 0x400E_8000 + 0x0100 \times n$ ($n = 0 \sim 3, 5$)

Offset address: 0x0E

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	TOPO LB	TOEB	TCME B	—	TOPO LA	TOEA	TCME A
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	TCMEA	AGT コンペアマッチ A レジスタ有効 ^(注1) ^(注2) 0: AGT コンペアマッチ A レジスタを無効 1: AGT コンペアマッチ A レジスタを有効	R/W
1	TOEA	AGTOAn 端子出力許可 ^(注1) ^(注2) 0: AGTOAn 端子出力を禁止 1: AGTOAn 端子出力を許可	R/W
2	TOPOLA	AGTOAn 端子極性選択 ^(注1) ^(注2) 0: AGTOAn 端子出力を Low で開始 : 通常出力 1: AGTOAn 端子出力を High で開始 : 反転出力	R/W
3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	TCMEB	AGT コンペアマッチ B レジスタ有効 ^(注1) ^(注2) 0: AGT コンペアマッチ B レジスタを無効 1: AGT コンペアマッチ B レジスタを有効	R/W
5	TOEB	AGTOBn 端子出力許可 ^(注1) ^(注2) 0: AGTOBn 端子出力を禁止 1: AGTOBn 端子出力を許可	R/W
6	TOPOLB	AGTOBn 端子極性選択 ^(注1) ^(注2) 0: AGTOBn 端子出力を Low で開始 : 通常出力 1: AGTOBn 端子出力を High で開始 : 反転出力	R/W
7	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. カウント動作中は、AGTCMSR レジスタを書き換えしないでください。AGTCMSR レジスタは、AGTCR レジスタの TSTART ビットおよび TCSTF フラグが、どちらも 0 (カウント停止) の場合にのみ書き換えてください。

注 2. パルス幅測定モードまたはパルス周期測定モード中は、1 にしないでください。

22.2.10 AGTIOSEL : AGT 端子選択レジスタ

Base address: $AGTn = 0x400E_8000 + 0x0100 \times n$ ($n = 0 \sim 3, 5$)

Offset address: 0x0F

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	TIES	—	—	SEL[1:0]	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	SEL[1:0]	AGTIO _n 端子選択 ^(注1) 00: AGTIO として P _m /AGTIO を選択してください。ディープソフトウェアスタンバイモードでは、P _m /AGTIO は AGTIO 入力端子として使用できません。(m = 100, 301, 407 (AGT0), m = 400 (AGT1), m = 103 (AGT2), m = 600 (AGT3)) 01: 設定禁止 10: AGTIO として P402/AGTIO を選択してください。ディープソフトウェアスタンバイモードでは、P402/AGTIO は AGTIO 入力端子として使用できません。P402/AGTIO _n は入力専用です。出力には使用できません。 11: 設定禁止	R/W
3:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
4	TIES	AGTIO _n 端子入力許可 0: ソフトウェアスタンバイモード中、外部イベント入力を禁止 1: ソフトウェアスタンバイモード中、外部イベント入力を許可	R/W
7:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. 端子機能選択レジスタを設定してください。「19. I/O ポート」を参照してください。

ディープソフトウェアスタンバイモードおよびソフトウェアスタンバイモード時に AGTIO_n 端子を使用する場合、AGTIOSEL レジスタで AGTIO_n 端子の設定を行います。

SEL[1:0]ビット (AGTIO_n 端子選択)

SEL[1:0]ビットは AGTIO_n 端子機能を選択します。

TIES ビット (AGTIO_n 端子入力許可)

TIES ビットは外部イベント入力を許可または禁止します。

22.3 動作説明

22.3.1 リロードレジスタおよびカウンタの書き換え動作

動作モードにかかわらず、リロードレジスタとカウンタへの書き換え動作のタイミングは、AGTCR レジスタの TSTART ビット値、および AGTCMSR レジスタの TCMEA または TCMEB ビット値によって異なります。TSTART ビットが 0 (カウント停止) の場合、カウント値がリロードレジスタとカウンタに直接書き込まれます。TSTART ビットが 1 (カウント開始) で、かつ TCMEA および TCMEB ビットが 0 (AGT コンペアマッチ A/B レジスタが無効) の場合、値がカウントソースと同期してリロードレジスタに書き込まれた後、次のカウントソースと同期してカウンタに書き込まれます。TSTART ビットが 1 (カウント開始) で、かつ TCMEA または TCMEB ビットが 1 (AGT コンペアマッチ A/B レジスタが有効) の場合、値がカウントソースと同期してリロードレジスタに書き込まれた後、カウンタのアンダーフローと同期してカウンタに書き込まれます。

TSTART ビット値および TCMEA/TCMEB ビット値による書き換え動作のタイミングを図 22.3 および図 22.4 に示します。

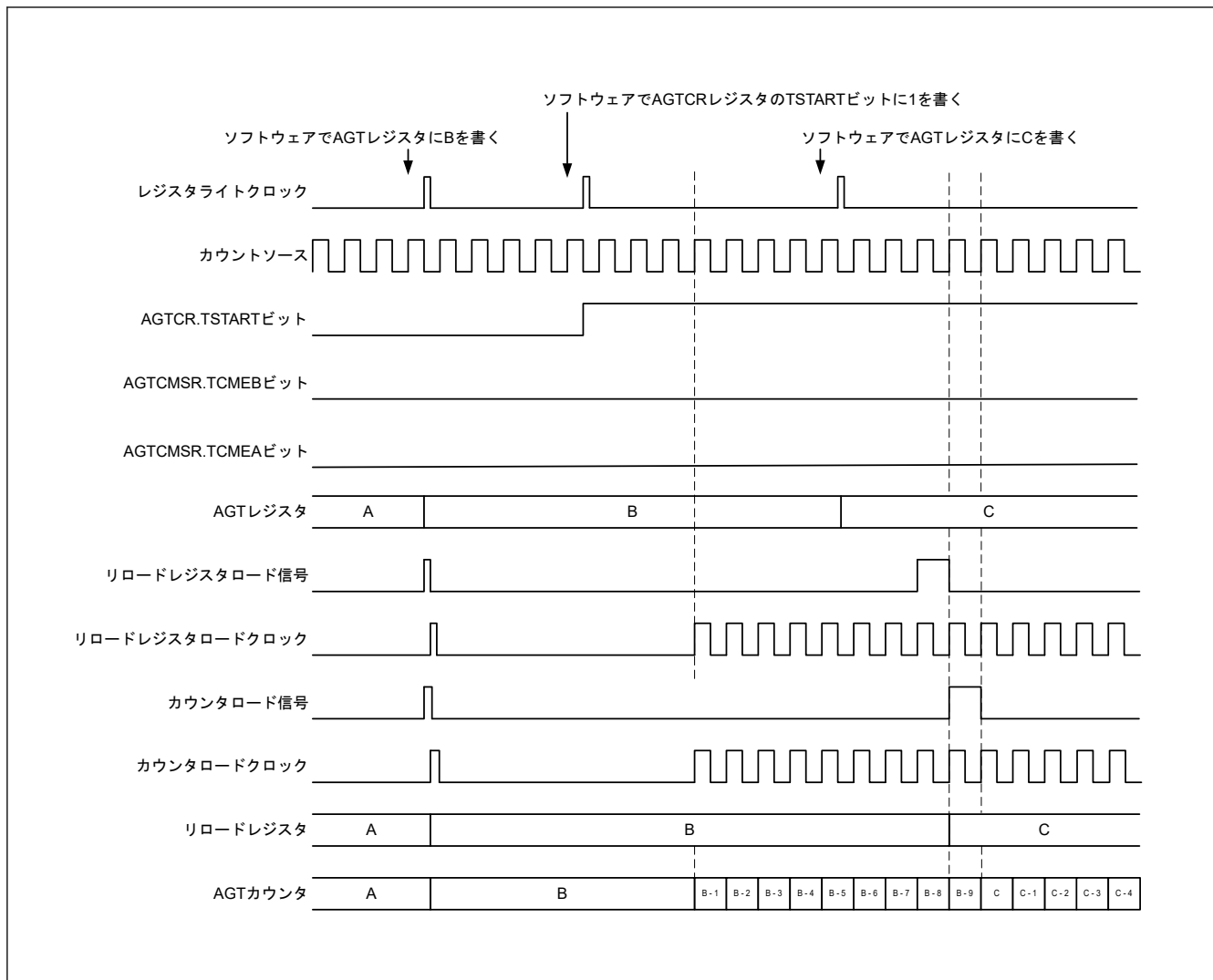


図 22.3 TSTART ビット値と TCMEA または TCMEB ビット値による書き換え動作のタイミング (AGT コンペアマッチ A レジスタまたは AGT コンペアマッチ B レジスタが無効の場合)

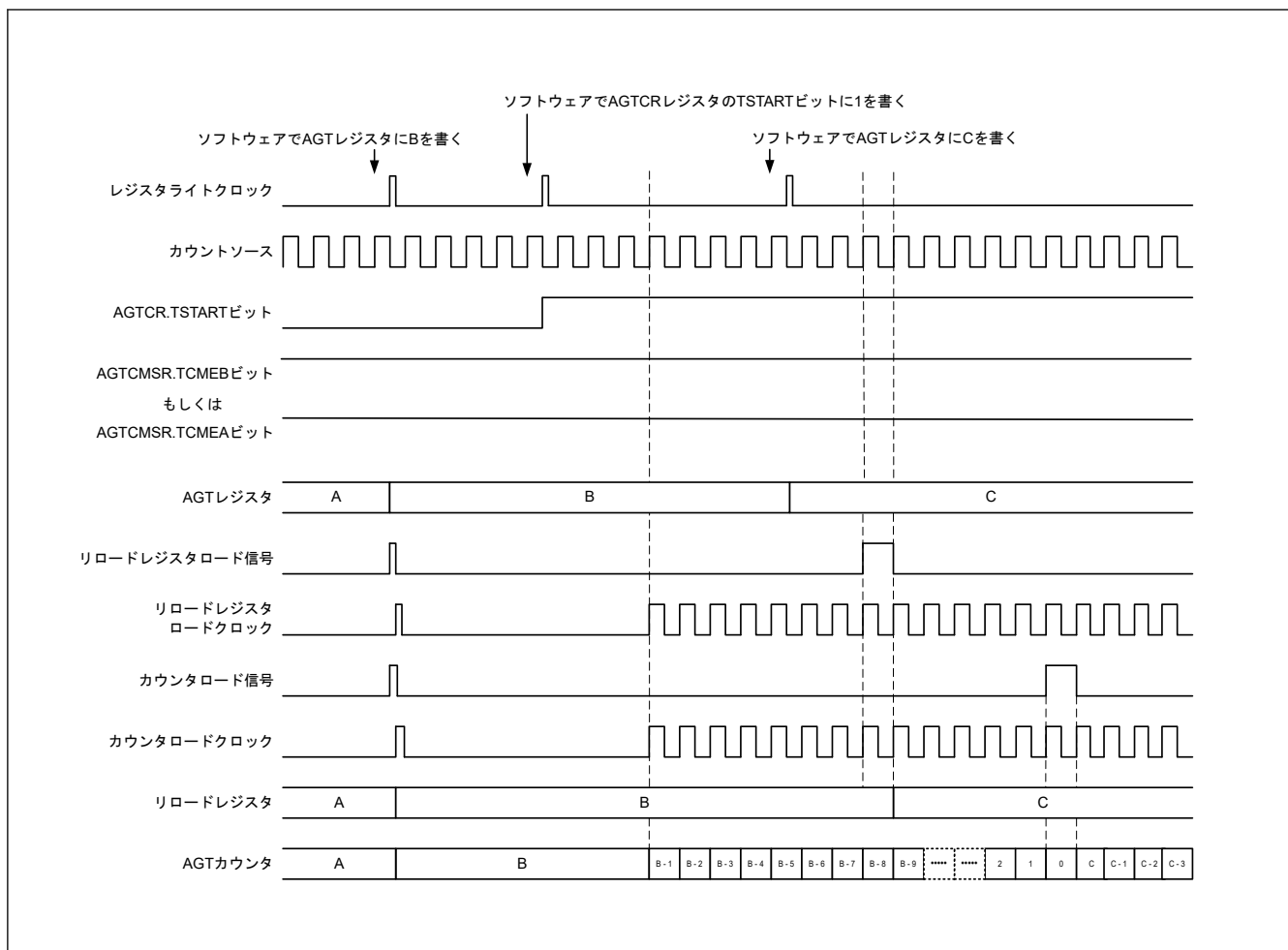


図 22.4 TSTART ビット値と TCMEA または TCMEB ビット値による書き換え動作のタイミング (AGT コンペアマッチ A レジスタまたは AGT コンペアマッチ B レジスタが有効の場合)

22.3.2 リロードレジスタおよび AGT コンペアマッチ A/B レジスタの書き換え動作

動作モードにかかわらず、リロードレジスタと AGT コンペアレジスタ A/B への書き換え動作のタイミングは、AGTCR レジスタの TSTART ビットの値によって異なります。TSTART ビットが 0 (カウント停止) の場合、カウント値がリロードレジスタと AGT コンペアレジスタ A/B に直接書き込まれます。TSTART ビットが 1 (カウント開始) の場合、値がカウントソースと同期してリロードレジスタに書き込まれた後、カウンタのアンダーフローと同期してコンペアレジスタに書き込まれます。

TSTART ビット値によるコンペアレジスタ A への書き換え動作のタイミングを図 22.5 に示します。AGT コンペアレジスタ B の場合も AGT コンペアレジスタ A と同じです。

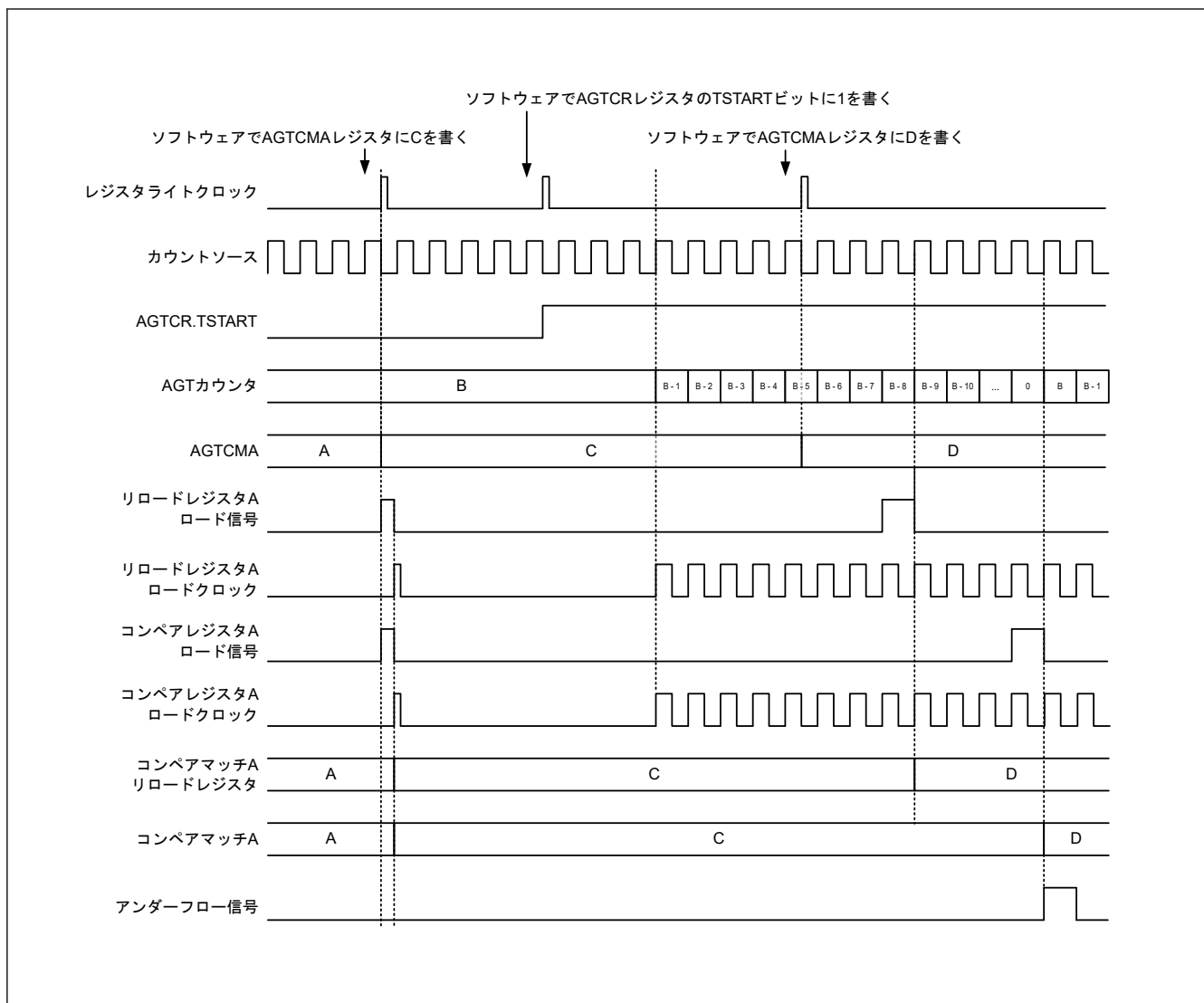


図 22.5 AGT コンペアレジスタ A の TSTART ビット値による書き換え動作のタイミング

22.3.3 タイマモード

タイマモードでは、AGT カウンタは AGTMR1 レジスタの TCK[2:0]ビットで選択したカウントソースによってデクリメントします。タイマモードでは、カウント値がカウントソースの立ち上がりエッジごとに1ずつデクリメントします。AGT レジスタのカウント値が 0x0000 に達して、次のカウントソースが入力されると、アンダーフローが発生して割り込み要求が生成されます。

図 22.6 にタイマモードでの動作例を示します。

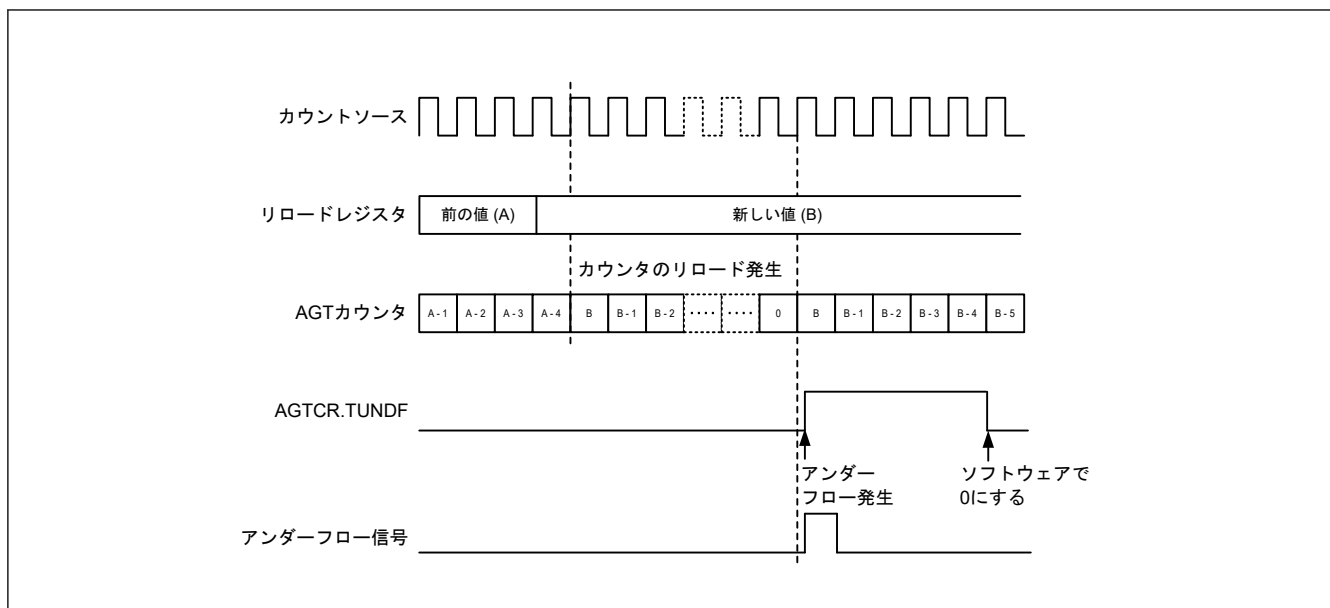


図 22.6 タイマモードでの動作例

22.3.4 パルス出力モード

パルス出力モードでは、カウンタは AGTMR1 レジスタの TCK[2:0] ビットで選択したカウントソースによってデクリメントし、アンダーフローが発生するたびに AGTIO_n および AGTOn 端子の出力レベルは反転します。

パルス出力モードでは、カウント値がカウントソースの立ち上がりエッジごとに 1 ずつデクリメントします。カウント値が 0x0000 に達して、次のカウントソースが入力されると、アンダーフローが発生して割り込み要求が生成されます。さらに、AGTIO_n および AGTOn 端子からパルスを出力できます。その出力レベルは、アンダーフローが発生するたびに反転します。AGTOn 端子からのパルス出力は、AGTIOC レジスタの TOE ビットで停止できます。出力レベルは、AGTIOC レジスタの TEDGSEL ビットで選択できます。

パルス出力モードでの動作例を図 22.7 に示します。

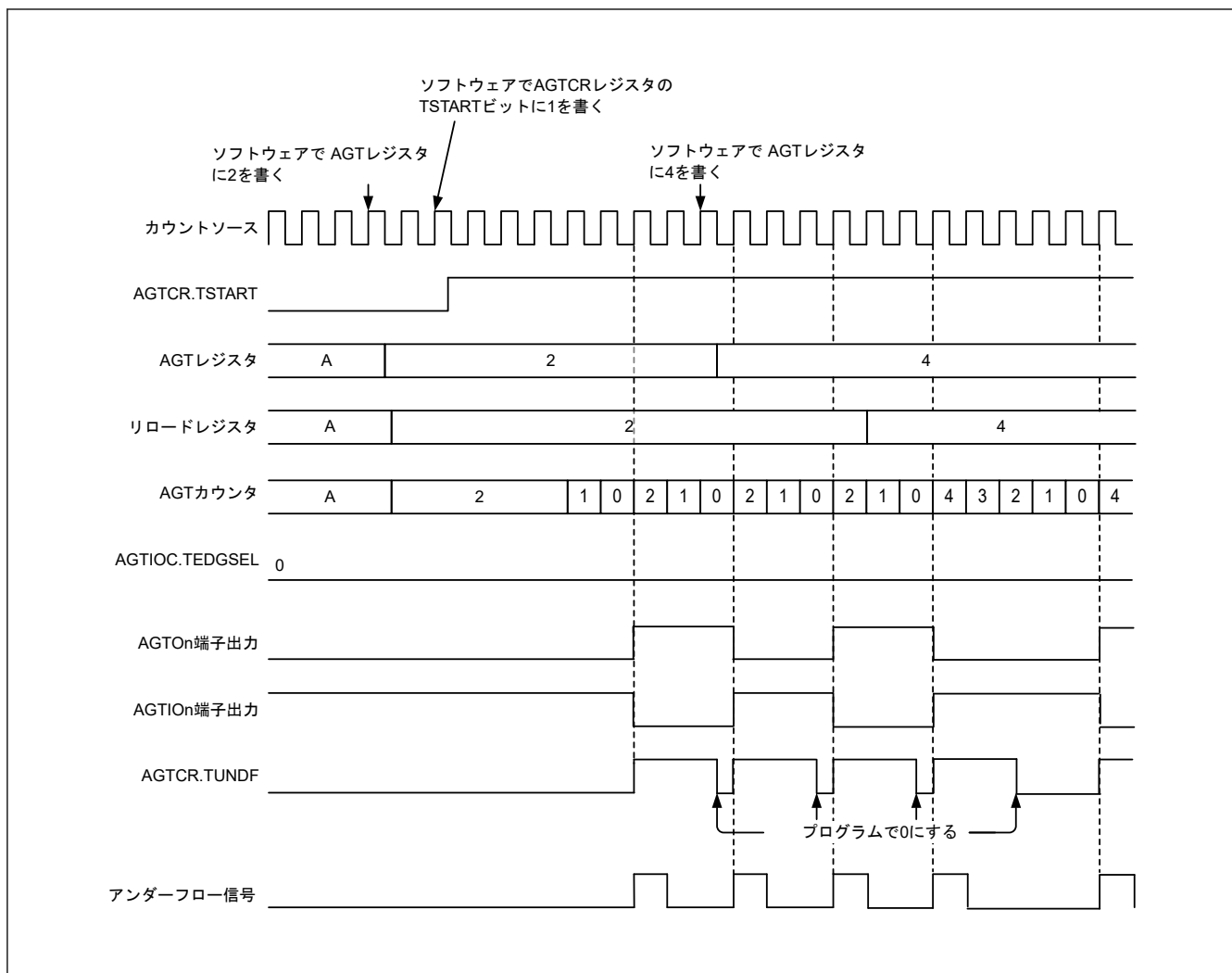


図 22.7 パルス出力モードでの動作例

22.3.5 イベントカウンタモード

このモードでは、カウンタは AGTIO_n 端子への外部イベント信号（カウントソース）入力によってデクリメントします。イベントをカウントする期間は、AGTIOc レジスタの TIOGT[1:0]ビットと AGTISR レジスタによってさまざまな設定が可能です。さらに、AGTIOc レジスタの TIPF[1:0]ビットによって、AGTIO_n 入力用のフィルタ機能を指定できます。イベントカウンタモードでも、AGTOn 端子からトグル出力が可能です。

イベントカウンタモードでの動作例を [図 22.8](#) に示します。

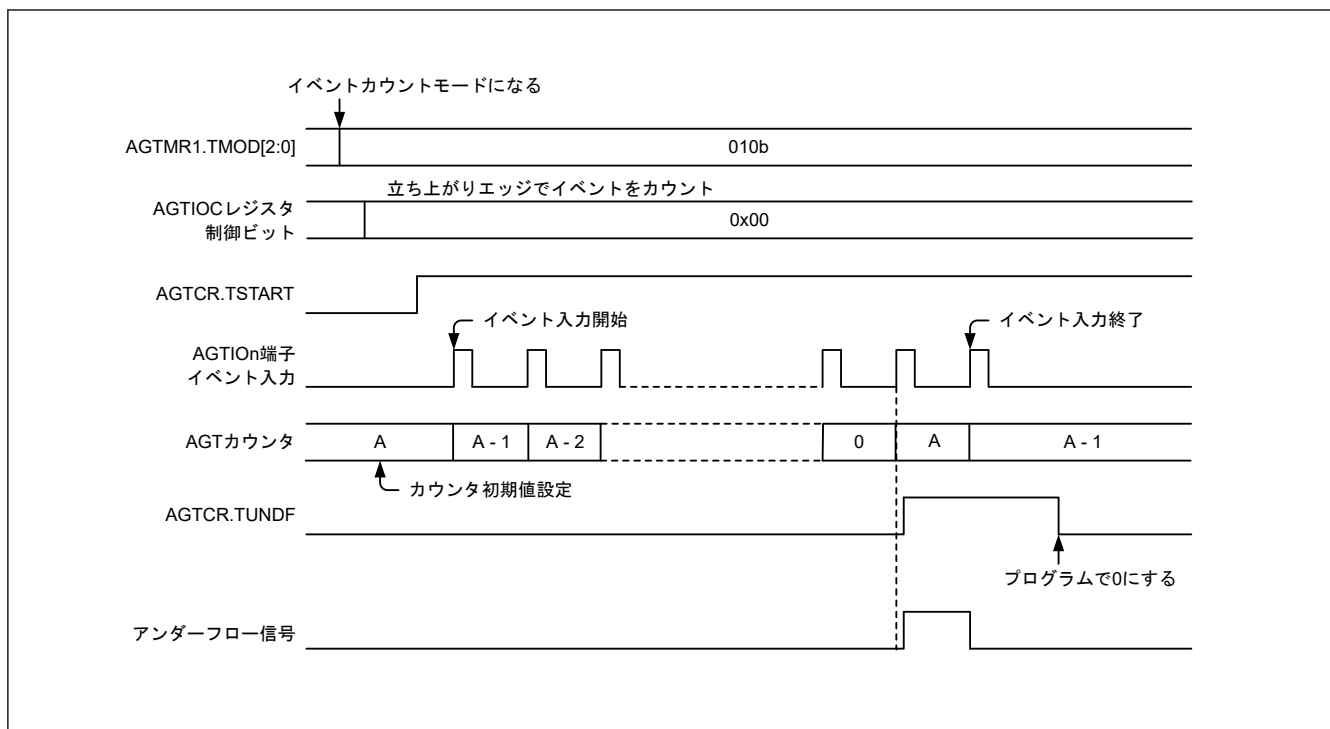


図 22.8 イベントカウンタモードでの動作例 1

イベントカウンタモード時に、指定された期間にイベントがカウントされるように (AGTIOC レジスタの TIOGT[1:0] ビットを 01b に設定) した場合の動作例を図 22.9 に示します。

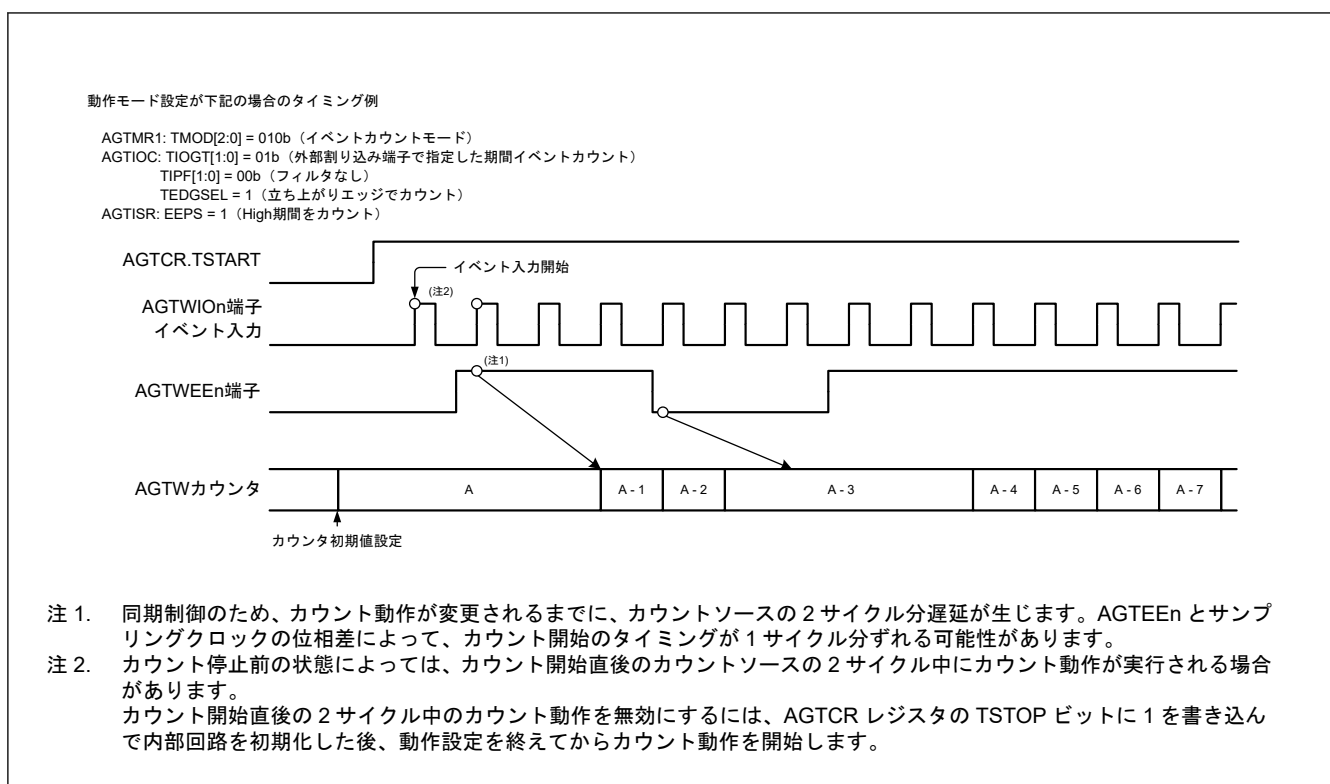


図 22.9 イベントカウンタモードでの動作例 2

22.3.6 パルス幅測定モード

パルス幅測定モードでは、AGTIO端子に入力される外部信号のパルス幅を測定します。AGTIOC レジスタの TEDGSEL ビットで指定したレベルが AGTIO端子に入力されると、カウンタは AGTMR1 レジスタの TCK[2:0] ビットで選択したカウントソースによってデクリメントします。指定した AGTIO端子レベルが終了すると、カ

カウントソース周期の2倍よりも長い周期を持つ入力パルスのみが測定されます。また、Low幅とHigh幅は、両方ともカウントソースの周期より長くなければいけません。これらの条件よりも短いパルス周期が入力されると、その入力は無視される場合があります。

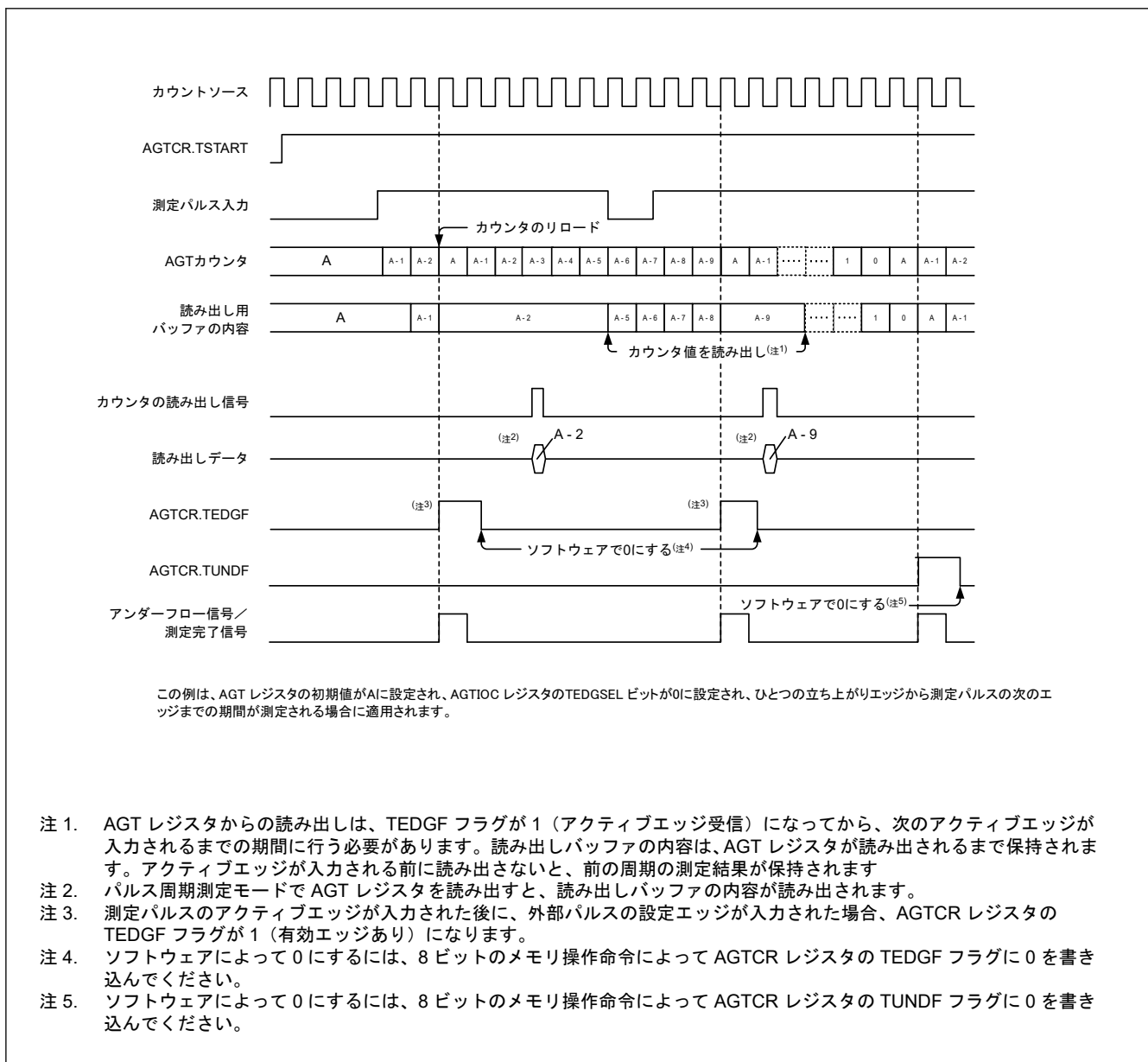


図 22.11 パルス周期測定モードでの動作例

22.3.8 コンペアマッチ機能

コンペアマッチ機能は、AGTCMA/AGTCMB レジスタの内容と AGT レジスタの内容の一致 (コンペアマッチ) を検出します。この機能は、AGTCMSR レジスタの TCMEA または TCMEB ビットが1 (コンペアマッチ A/B レジスタが有効) の場合に有効となります。カウンタは AGTMR1 レジスタの TCK[2:0] ビットで選択したカウントソースによってデクリメントします。AGT の値と AGTCMA/AGTCMB の値が一致した場合、AGTCR レジスタの TCMAF/TCMBF フラグが1 (一致) になり、割り込み要求が発生します。

コンペアマッチ機能が有効の場合、リロードレジスタとカウンタでは、書き換え動作のタイミングが異なります。詳細は、「22.3.1. リロードレジスタおよびカウンタの書き換え動作」を参照してください。また、AGTOAn および AGTOBn 端子の出力レベルは、一致およびアンダーフローによって反転します。出力レベルは、AGTCMSR レジスタの TOPOLA または TOPOLB ビットで選択できます。

図 22.12 にコンペアマッチ機能の動作例を示します。

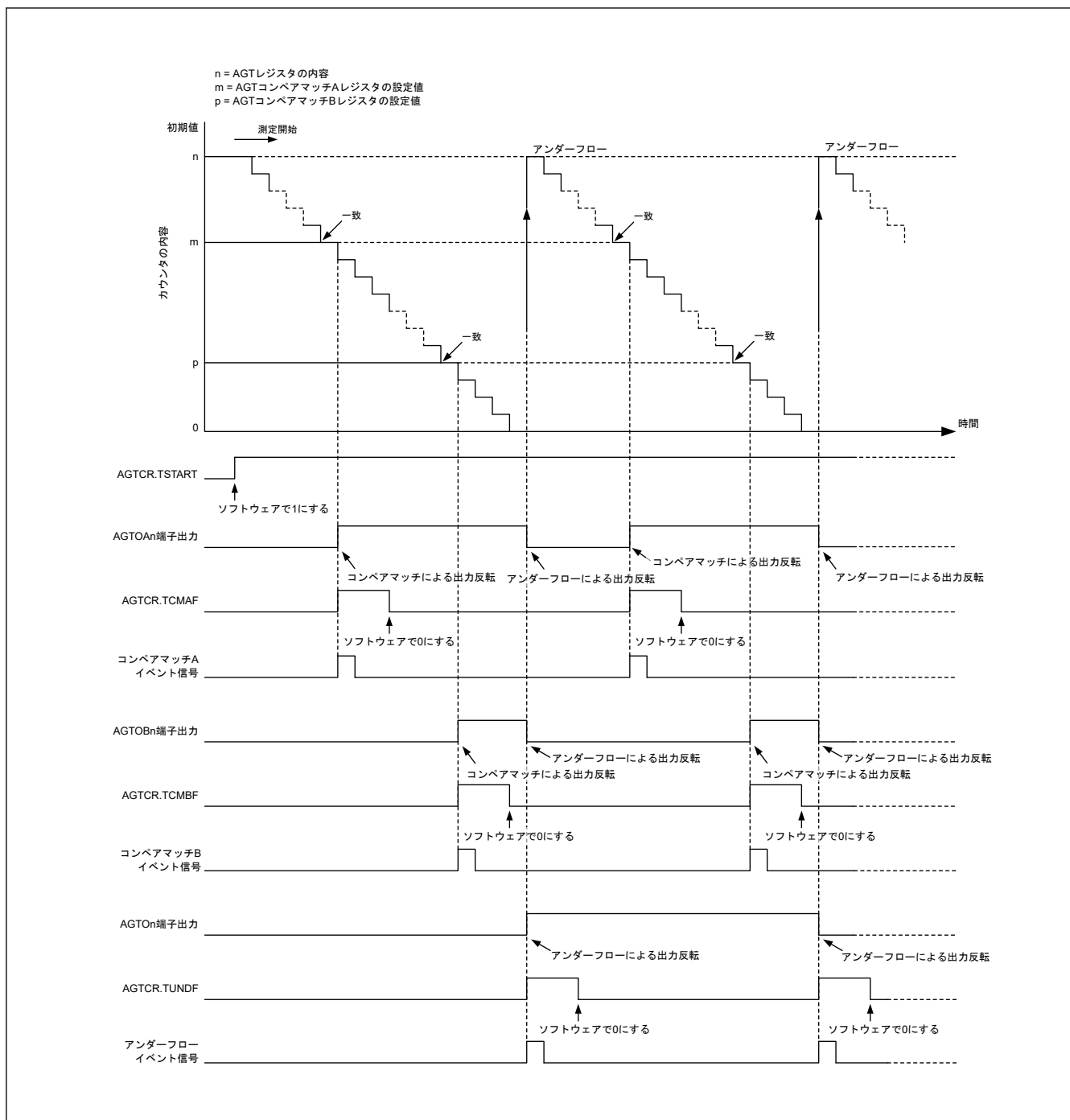


図 22.12 コンペアマッチ機能の動作例 (TOPOLA = 0、TOPOLB = 0)

22.3.9 各モードの出力設定

表 22.5～表 22.8 に各モードでの AGTOn、AGTIOOn、AGTOAn および AGTOBn 端子の状態を示します。

表 22.5 AGTOn 端子の設定

動作モード	AGTIOC レジスタ		AGTOn 端子出力
	TOE ビット	TEDGSEL ビット	
全モード	1	1	反転出力
		0	通常出力
	0	0 または 1	出力禁止

表 22.6 AGTIO_n 端子の設定

動作モード	AGTIOC レジスタ	AGTIO _n 端子入出力
	TEDGSEL ビット	
タイマモード	0 または 1	入力 (使用しない)
パルス出力モード	1	通常出力
	0	反転出力
イベントカウントモード	0 または 1	入力
パルス幅測定モード		
パルス周期測定モード		

表 22.7 AGTOA_n 端子の設定

動作モード	AGTCMSR レジスタ		AGTOA _n 端子出力
	TOEA ビット	TOPOLA ビット	
タイマモード	1	1	反転出力
		0	通常出力
	0	0 または 1	出力禁止 (使用しない)
パルス出力モード	1	1	反転出力
		0	通常出力
	0	0 または 1	出力禁止 (使用しない)
イベントカウントモード	1	1	反転出力
		0	通常出力
	0	0 または 1	出力禁止 (使用しない)
パルス幅測定モード	0	0	禁止
パルス周期測定モード			

表 22.8 AGTOB_n 端子の設定

動作モード	AGTCMSR レジスタ		AGTOB _n 端子出力
	TOEB ビット	TOPOLB ビット	
タイマモード	1	1	反転出力
		0	通常出力
	0	0 または 1	出力禁止 (使用しない)
パルス出力モード	1	1	反転出力
		0	通常出力
	0	0 または 1	出力禁止 (使用しない)
イベントカウントモード	1	1	反転出力
		0	通常出力
	0	0 または 1	出力禁止 (使用しない)
パルス幅測定モード	0	0	禁止
パルス周期測定モード			

22.3.10 スタンバイモード

AGT はソフトウェアスタンバイモードおよびディープソフトウェアスタンバイモードで動作可能です。カウント動作開始 (TSTART = 1 および TCSTF = 1) の状態で、ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードに設定してください。

表 22.9 と表 22.10 にソフトウェアスタンバイモードおよびディープソフトウェアスタンバイモードで使用可能な設定を示します。

表 22.9 ソフトウェアスタンバイモードおよびディープソフトウェアスタンバイモードで使用可能な AGTn (n = 0, 2) の設定

動作モード	AGTMR1.TCK[2:0]	動作クロック	CPU 復帰要因
タイマモード	100b または 110b	AGTLCLK または AGTSCLK	–
パルス出力モード	100b または 110b	AGTLCLK または AGTSCLK	–
イベントカウントモード	–	AGTIO _n (注1)	–
パルス幅測定モード	100b または 110b	AGTLCLK または AGTSCLK	–
パルス周期測定モード	100b または 110b	AGTLCLK または AGTSCLK	–

注. – (無効)

注 1. ソフトウェアスタンバイモードで AGTIO_n 端子を外部イベント入力として使用する場合は、AGTIOSEL.TIES = 1 に設定する必要があります。

表 22.10 ソフトウェアスタンバイモードおよびディープソフトウェアスタンバイモードで使用可能な AGTn (n = 1, 3, 5) の設定(注3)

動作モード	AGTMR1.TCK[2:0]	動作クロック	CPU 復帰要因
タイマモード	100b、110b または 101b(注1)	AGTLCLK、AGTSCLK または AGTn (n = 0, 2)アンダーフロー	<ul style="list-style-type: none"> アンダーフロー コンペアマッチ A/B
パルス出力モード	100b、110b または 101b(注1)	AGTLCLK、AGTSCLK または AGTn (n = 0, 2)アンダーフロー	<ul style="list-style-type: none"> アンダーフロー コンペアマッチ A/B
イベントカウントモード	–	AGTIO _n (注2)	<ul style="list-style-type: none"> アンダーフロー コンペアマッチ A/B
パルス幅測定モード	100b、110b または 101b(注1)	AGTLCLK、AGTSCLK または AGTn (n = 0, 2)アンダーフロー	<ul style="list-style-type: none"> アンダーフロー アクティブエッジ
パルス周期測定モード	100b、110b または 101b(注1)	AGTLCLK、AGTSCLK または AGTn (n = 0, 2)アンダーフロー	<ul style="list-style-type: none"> アンダーフロー アクティブエッジ

注. – (無効)

注. ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードの解除ができるのは AGT1 のみです。

注. コンペアマッチ A/B はソフトウェアスタンバイモードからの CPU 復帰要因です。

注 1. AGTn (n = 0, 2) が表 22.9 の状態で動作している場合のみ。

注 2. ソフトウェアスタンバイモードで AGTIO_n 端子を外部イベント入力として使用する場合は、AGTIOSEL.TIES = 1 に設定する必要があります。

注 3. ディープソフトウェアスタンバイモードでは、AGT5 は動作できません。

22.3.11 割り込み要因

AGTn には、表 22.11 に示されるように、3 つの割り込み要因があります。

表 22.11 AGT の割り込み要因

名称	割り込み要因	DMAC/DTC の起動
AGTn_AGTI	<ul style="list-style-type: none"> カウンタのアンダーフロー時 パルス幅測定モードにおける外部入力端子 (AGTIO_n) のアクティブ幅の測定終了時 パルス周期測定モードにおける外部入力端子 (AGTIO_n) の設定エッジの入力時 	可能
AGTn_AGTCMAI	<ul style="list-style-type: none"> AGT レジスタと AGTCMA レジスタの値が一致する時 	可能
AGTn_AGTCMBI	<ul style="list-style-type: none"> AGT レジスタと AGTCMB レジスタの値が一致する時 	可能

注. チャネル番号 (n = 0~3, 5)

22.3.12 イベントリンクコントローラ (ELC) へのイベント信号出力

AGT は ELC (イベントリンクコントローラ) により、割り込み要求をイベント信号として使用して、あらかじめ設定したモジュールに対してリンク動作が可能です。AGT は、コンペアマッチ A、コンペアマッチ B、およびアンダーフロー/測定完了信号をイベント信号として出力します。詳細は「18. イベントリンクコントローラ (ELC)」を参照してください。

22.4 使用上の注意事項

22.4.1 カウント動作の開始および停止制御

- 動作モード (表 22.1 を参照) がイベントカウントモードまたはカウントソースが AGTn アンダーフローイベント信号 (TCK[2:0] = 101b) 以外に設定されている場合
 - カウント停止中に AGTCR レジスタの TSTART ビットに 1 (カウント開始) を書き込んでも、AGTCR レジスタの TCSTF フラグは、カウントソースの 3 サイクル間、0 (カウント停止) のままです。TCSTF フラグが 1 (カウント動作中) になるまで、TCSTF フラグ以外の AGT 関連レジスタにはアクセスしないでください。
 - カウント動作中に TSTART ビットに 0 (カウント停止) を書き込んでも、カウントソースの 3 サイクル中は、TCSTF フラグは 1 のままです。TCSTF フラグが 0 になったとき、カウントが停止します。TCSTF フラグが 0 になるまで、TCSTF フラグ以外の AGT 関連レジスタにはアクセスしないでください。
- 動作モード (表 22.1 を参照) がイベントカウントモードまたはカウントソースが AGT1 アンダーフローイベント信号 (TCK[2:0] = 101b) に設定されている場合
 - カウント停止中に AGTCR レジスタの TSTART ビットに 1 (カウント開始) を書き込んでも、AGTCR レジスタの TCSTF フラグは、PCLKB の 2 サイクル間、0 (カウント停止) のままです。TCSTF フラグが 1 (カウント動作中) になるまで、TCSTF フラグ以外の AGT 関連レジスタにはアクセスしないでください。
 - カウント動作中に TSTART ビットに 0 (カウント停止) を書き込んでも、PCLKB の 2 サイクル中は、TCSTF フラグは 1 のままです。TCSTF フラグが 0 になったとき、カウントが停止します。TCSTF フラグが 0 になるまで、TCSTF フラグ以外の AGT 関連レジスタにはアクセスしないでください。

22.4.2 カウンタレジスタへのアクセス

AGTCR レジスタの TSTART ビットおよび TCSTF フラグがともに 1 (カウント動作中) のときに、AGT レジスタへ連続してライトアクセスする場合には、カウントソースクロックの 3 サイクル以上待ってください。

22.4.3 モード変更時

AGT の動作モードに関連するレジスタ (AGTMR1、AGTMR2、AGTIOC、AGTISR、AGTCMSR および AGTIOC) は、TSTART ビットおよび TCSTF フラグがともに 0 (カウント停止) になって、カウントが停止した場合にのみ変更可能です。カウント動作中は、これらのレジスタを変更しないでください。

AGT の動作モードに関連するレジスタが変更されると、TEDGF、TUNDF、TCMAF、および TCMBF フラグの値は不定となります。カウントを開始する前に、以下のフラグに 0 を書き込んでください。

- TEDGF (アクティブエッジ未受信)
- TUNDF (アンダーフローなし)
- TCMAF (不一致)
- TCMBF (不一致)

22.4.4 出力端子の設定

AGTOn、AGTIOOn、AGTOAn または AGTOBn 端子を出力端子として使用する場合には、AGT を設定し、出力初期値が決まった後に PmnPFS.PMR ビットを 1 に設定してください。

パルス幅測定モードとパルス周期幅測定モードで AGTIOOn 端子を入力端子として使用する場合には、AGT を設定し、カウント動作開始後に、AGTIOOn 端子から外部イベントを入力してください。また、最初の測定は無効とし、2 回目以降の測定完了処理を有効としてください。

22.4.5 デジタルフィルタ

デジタルフィルタの使用時に、TIPF[1:0] ビットを設定した後、および AGTIOC レジスタの TEDGSEL ビットを変更した場合は、デジタルフィルタクロックの 5 サイクル内はタイマ動作を開始しないでください。

22.4.6 イベント番号、パルス幅およびパルス周期の計算方法

- イベントカウントモードでは、イベント番号が以下の式で求められます。

イベント番号 = カウンタ[AGT レジスタ]の初期値 - アクティブイベント終了のカウンタ値

- パルス幅測定モードでは、パルス幅が以下の式で求められます。
パルス幅 = 測定停止のカウンタ値 - 次の測定停止のカウンタ値
- パルス周期測定モードでは、入力パルス周期が以下の式で求められます。
入力パルス周期 = (カウンタ[AGT レジスタ]の初期値 - 読み出しバッファの読み出し値) + 1

22.4.7 TSTOP ビットで強制的にカウントを停止した場合

AGTCR レジスタの TSTOP ビットでカウンタを強制的に停止した後、カウントソースの 1 サイクル間、下記のレジスタにアクセスしないでください。

- AGT
- AGTCMA
- AGTCMB
- AGTCR
- AGTMR1
- AGTMR2

22.4.8 カウントソースとして AGTn (n = 0, 2) のアンダーフローイベント信号を選択した場合

カウントソースとして AGTn (n = 0, 2, 4) のアンダーフローイベント信号を選択した場合、以下の手順に従って動作させてください。

(1) 動作開始手順

1. AGT を設定します。
2. AGTn (n = 1, 3, 5) のカウント動作を開始します (TSTART = 1 を書き込む)。
3. AGTn (n = 0, 2) のカウント動作を開始します (TSTART = 1 を書き込む)。

(2) 動作停止手順

1. AGTn (n = 0, 2) のカウント動作を停止します (TSTART = 0 を書き込む)。
2. AGTn (n = 1, 3, 5) のカウント動作を停止します (TSTART = 0 を書き込む)。
3. AGTn (n = 1, 3, 5) のクロック供給を停止します (TCK[2:0] = 000b を書き込む)。

22.4.9 モジュールストップ機能

モジュールストップコントロールレジスタ D (MSTPCRD) とモジュールストップコントロールレジスタ E (MSTPCRE) によって、AGT の動作を許可または禁止することが可能です。AGT モジュールは、リセット後の初期状態では動作が停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細は「[10. 低消費電力モード](#)」を参照してください。

22.4.10 ソースクロックの切り替え時

SCKSCR.CKSEL[2:0]を書き換えてクロックソースの切り替えを行う際に、セレクトタからのクロック出力を切り替え後のクロック 4 サイクル分停止します。そのため、AGTIO_n、AGTEE_n の一方または両方の入力を外部イベント入力として使う際は、クロックソースを切り替えないでください。外部イベント入力を使いながらクロックソースを切り替えるときは、入力パルス幅を切り替え後のクロックで 4 サイクル分延長してください。

23. リアルタイムクロック (RTC)

23.1 概要

リアルタイムクロック (RTC) には、カレンダーカウントモードとバイナリカウントモードの2種類のカウントモードがあり、レジスタ設定を切り替えることで使用します。カレンダーカウントモードは、2000年から2099年の100年間のカレンダーを保持し、うるう年の日付を自動補正します。バイナリカウントモードでは、秒をカウントし、その情報をシリアル値として保持します。バイナリカウントモードは、西暦以外のカレンダーに利用可能です。

時計カウンタのカウントソースとしてサブクロック発振器または LOCO を選択できます。RTC は、カウントソースをプリスケアラで分周して得られた 128 Hz クロックを使用します。年、月、日、曜日、午前/午後 (12 時間モード時)、時、分、秒、または 32 ビットバイナリを 1/128 秒単位でカウントします。

表 23.1 に RTC の仕様を、図 23.1 に RTC のブロック図を、表 23.2 に RTC の入出力端子を示します。

表 23.1 RTC の仕様

項目	内容
カウントモード	カレンダーカウントモード/バイナリカウントモード
カウントソース(注1)	サブクロック (XCIN) または LOCO
時計/カレンダー機能	<ul style="list-style-type: none"> ● カレンダーカウントモード <ul style="list-style-type: none"> - 年、月、日、曜日、時、分、秒をカウント、BCD 表示 - 12 時間/24 時間モード切り替え機能 - 30 秒調整機能 (30 秒未満は 00 秒に切り捨て、30 秒以降は 1 分に桁上げ) - うるう年自動補正機能 ● バイナリカウントモード <ul style="list-style-type: none"> - 秒を 32 ビットでカウント、バイナリ表示 ● 両モード共通 <ul style="list-style-type: none"> - スタート/ストップ機能 - 秒以下の桁のバイナリ表示 (1 Hz、2 Hz、4 Hz、8 Hz、16 Hz、32 Hz、64 Hz) - 時間誤差補正機能 - クロック (1 Hz/64 Hz) 出力
割り込み	<ul style="list-style-type: none"> ● アラーム割り込み (RTC_ALM) <ul style="list-style-type: none"> - アラーム割り込み条件として、比較対象を下記から選択可能 - カレンダーカウントモード: 年、月、日、時、分、秒 - バイナリカウントモード: 32 ビットバイナリカウンタの各ビット ● 周期割り込み (RTC_PRD) <ul style="list-style-type: none"> - 割り込み周期として、2 秒、1 秒、1/2 秒、1/4 秒、1/8 秒、1/16 秒、1/32 秒、1/64 秒、1/128 秒、1/256 秒から選択可能 ● 桁上げ割り込み (RTC_CUP) <ul style="list-style-type: none"> - 次のいずれかの条件で割り込み発生 <ul style="list-style-type: none"> ・ 64 Hz カウンタから秒カウンタへ桁上げが生じたとき ・ 64 Hz カウンタの変化と R64CNT レジスタの読み出しタイミングが重なったとき (32 kHz カウントモードは 64 Hz カウンタ読み出し時のみ) (32 kHz カウントモードは、64 Hz カウンタ読み出しのためのみに使用します。) ● アラーム割り込みまたは周期割り込みによる、ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰が可能
時間キャプチャ機能	<ul style="list-style-type: none"> ● 時間キャプチャイベント入力端子のエッジ検出時に、時間のキャプチャが可能 ● イベント入力ごとに、月、日、時、分、および秒をキャプチャ、または 32 ビットバイナリカウンタ値をキャプチャ ● 時間キャプチャイベント入力端子のエッジ検出時に、割り込みを発生可能。時間キャプチャイベント入力端子と IRQ は共有。
イベントリンク機能	周期イベント出力 (RTC_PRD)
TrustZone フィルタ	セキュリティ属性を設定可能

注 1. 周辺モジュールクロック (PCLKB) 周波数 \geq カウントソースクロック周波数となるように設定してください。

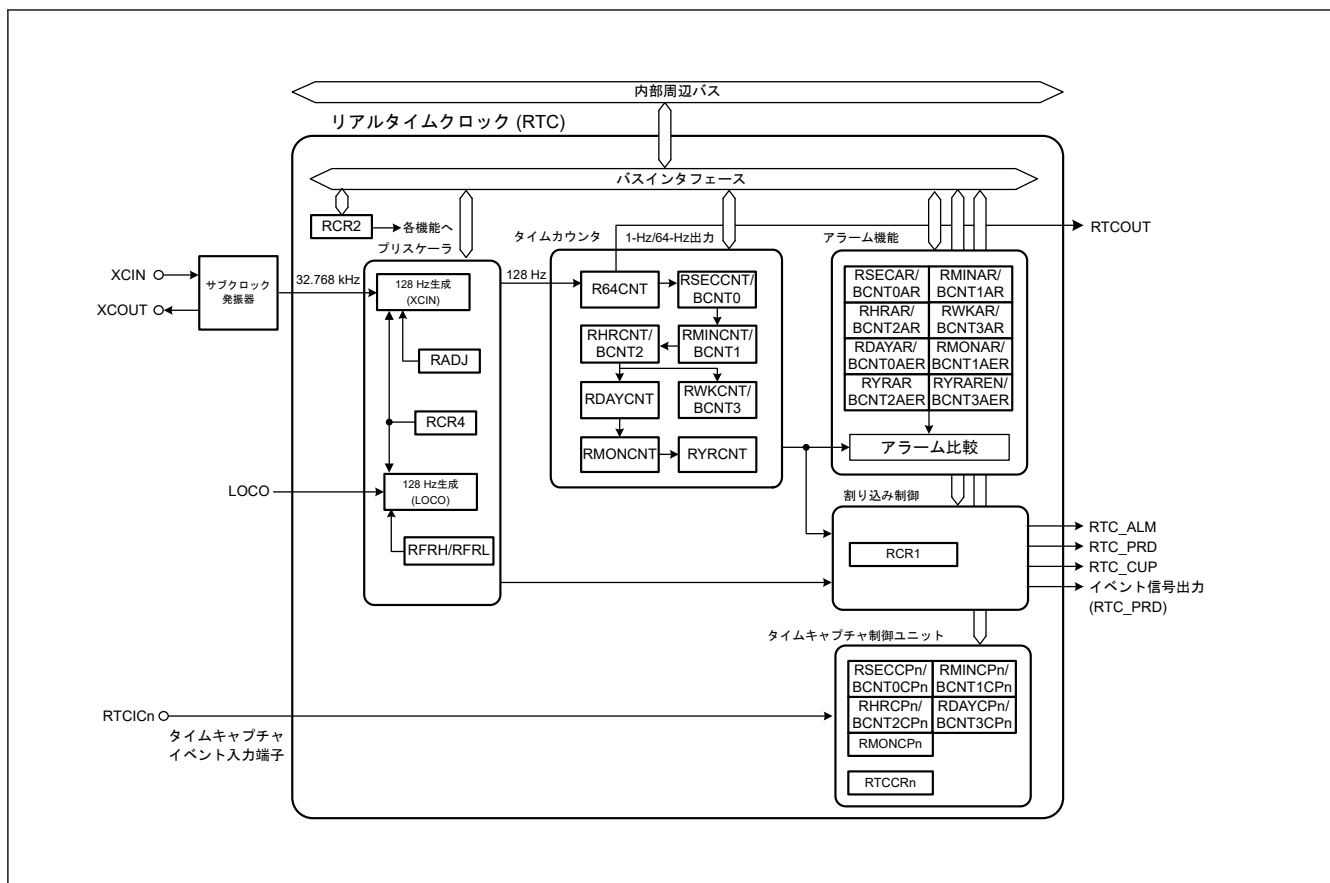


図 23.1 RTC のブロック図

表 23.2 RTC の入出力端子

端子名	入出力	機能
XCIN	入力	32.768 kHz の水晶振動子を接続します。
XCOU	出力	
RTCOUT	出力	1 Hz/64 Hz 波形出力に使用します。ただし、ディープソフトウェアスタンバイモードでは使用されません。
RTICn (n = 0)	入力	時間キャプチャイベント入力端子です。RTICn は、VBICTLR レジスタで制御できます。詳細は、「11. バッテリバックアップ機能」と「19. I/O ポート」を参照してください。

23.2 レジスタの説明

RTC レジスタの書き込み/読み出しは、「23.6.5. レジスタの書き込み/読み出し時の注意事項」に従って行ってください。

RTC レジスタのビット一覧で、リセット後の値が x (不定) になっているビットは、リセットで初期化されません。カウント動作時 (たとえば RCR2.START ビットが 1 のとき) に、RTC がリセット状態または低消費電力状態へ遷移した場合、年/月/曜日/日/時/分/秒/64 Hz カウンタは動作を継続します。

注. レジスタへの書き込み中にリセットが発生すると、レジスタ値が破壊されることがあります。また、どのレジスタに対しても、その設定直後は、ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードへ遷移しないでください。詳細は、「23.6.4. レジスタ設定後の低消費電力モードへの遷移について」を参照してください。

23.2.1 R64CNT : 64 Hz カウンタ

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x00

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	F1HZ	F2HZ	F4HZ	F8HZ	F16HZ	F32HZ	F64HZ

Value after reset: 0 x x x x x x x x

ビット	シンボル	機能	R/W
0	F64HZ	64 Hz フラグ 秒以下の桁の 64 Hz の状態を示します。	R
1	F32HZ	32 Hz フラグ 秒以下の桁の 32 Hz の状態を示します。	R
2	F16HZ	16 Hz フラグ 秒以下の桁の 16 Hz の状態を示します。	R
3	F8HZ	8 Hz フラグ 秒以下の桁の 8 Hz の状態を示します。	R
4	F4HZ	4 Hz フラグ 秒以下の桁の 4 Hz の状態を示します。	R
5	F2HZ	2 Hz フラグ 秒以下の桁の 2 Hz の状態を示します。	R
6	F1HZ	1 Hz フラグ 秒以下の桁の 1 Hz の状態を示します。	R
7	—	読むと 0 が読めます。	R

R64CNT カウンタは、カレンダーカウントモードとバイナリカウントモード共通で使用します。64 Hz カウンタ (R64CNT) は 128 Hz クロックでアップカウントするカウンタで、秒周期を生成します。このカウンタを読み出すことで、秒以下の状態を確認できます。

このカウンタは、RTC ソフトウェアリセットまたは 30 秒調整によって 0x00 にクリアされます。このカウンタを読み出す際は、「[23.3.5. 64 Hz カウンタと時刻の読み出し](#)」に示す手順に従ってください。

23.2.2 RSECCNT : 秒カウンタ (カレンダーカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x02

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	SEC10[2:0]			SEC1[3:0]			

Value after reset: x x x x x x x x

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	SEC1[3:0]	1 秒カウント 1 秒ごとに 0 から 9 までカウントします。桁上げが生じると、十の位が+1 されます。	R/W
6:4	SEC10[2:0]	10 秒カウント 0 から 5 までカウントして、60 秒カウントを行います。	R/W
7	—	読み出し値は不定です。書く場合、0 としてください。	R/W

RSECCNT カウンタは、BCD コード化された秒の値を設定およびカウントします。64 Hz カウンタでの 1 秒ごとの桁上げによってカウントします。

設定可能範囲は 10 進 (BCD) で 00~59 です。この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前にスタートビット (RCR2.START) でカウント動作を停止させてください。

このカウンタを読み出す際は、「[23.3.5. 64 Hz カウンタと時刻の読み出し](#)」に示す手順に従ってください。

23.2.3 RMINCNT : 分カウンタ (カレンダーカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x04

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—		MIN10[2:0]			MIN1[3:0]		
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	MIN1[3:0]	1分カウント 1分ごとに0から9までカウントします。桁上げが生じると、十の位が+1されます。	R/W
6:4	MIN10[2:0]	10分カウント 0から5までカウントして、60分カウントを行います。	R/W
7	—	読み出し値は不定です。書く場合、0としてください。	R/W

RMINCNT カウンタは、BCD コード化された分の値を設定およびカウントします。秒カウンタでの1分ごとの桁上げによってカウントします。

設定可能範囲は10進 (BCD) で00~59です。この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前にスタートビット (RCR2.START) でカウント動作を停止させてください。このカウンタを読み出す際は、「[23.3.5. 64 Hz カウンタと時刻の読み出し](#)」に示す手順に従ってください。

23.2.4 RHRCNT : 時カウンタ (カレンダーカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x06

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	PM	HR10[1:0]		HR1[3:0]			
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	HR1[3:0]	1時間カウント 1時間ごとに0から9までカウントします。桁上げが生じると、十の位が+1されます。	R/W
5:4	HR10[1:0]	10時間カウント 一の位からの桁上げごとに1回、0から2までカウントします。	R/W
6	PM	時計カウンタの AM/PM の設定 0: 午前 1: 午後	R/W
7	—	読み出し値は不定です。書く場合、0としてください。	R/W

RHRCNT カウンタは、BCD コード化された時間の値を設定およびカウントします。分カウンタでの1時間ごとの桁上げによってカウントします。設定可能範囲は、時間モードビット (RCR2.HR24) の設定値に応じて以下のように異なります。

- RCR2.HR24 ビットが0の場合、00~11 (BCD)
- RCR2.HR24 ビットが1の場合、00~23 (BCD)

この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前にスタートビット (RCR2.START) でカウント動作を停止させてください。PM ビットは、RCR2.HR24 ビットが0の場合にのみ有効です。

それ以外では、PM ビットの設定値は無効です。このカウンタを読み出す際は、「[23.3.5. 64 Hz カウンタと時刻の読み出し](#)」に示す手順に従ってください。

23.2.5 RWKCNT : 曜日カウンタ (カレンダーカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x08

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	DAYW[2:0]		
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	DAYW[2:0]	曜日カウンタ 000: 日 001: 月 010: 火 011: 水 100: 木 101: 金 110: 土 111: 設定禁止	R/W
7:3	—	読み出し値は不定です。書く場合、0としてください。	R/W

RWKCNT カウンタは、コード化された曜日の値を設定およびカウントします。時カウンタでの1日ごとの桁上げによってカウントします。設定可能範囲は10進 (BCD) で0~6です。この範囲にない値が設定されると、RTCは正常に動作しません。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前にスタートビット (RCR2.START) でカウント動作を停止させてください。このカウンタを読み出す際は、「[23.3.5. 64 Hz カウンタと時刻の読み出し](#)」に示す手順に従ってください。

23.2.6 BCNTn : バイナリカウンタ n (n = 0~3) (バイナリカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x02 + 0x02 × n

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	BCNT[7:0]							
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	BCNT[7:0]	バイナリカウンタ	R/W

BCNTn レジスタは、32ビットバイナリカウンタのBCNT[31:0]にアクセスする書き込み/読み出し可能な8ビットレジスタです。BCNT3はBCNT[31:24]ビットに、BCNT2はBCNT[23:16]ビットに、BCNT1はBCNT[15:8]ビットに、BCNT0はBCNT[7:0]ビットに指定されます。32ビットバイナリカウンタは、64 Hz カウンタでの1秒ごとの桁上げによってカウント動作を行います。このレジスタへ書き込む際は、事前にスタートビット (RCR2.START) でカウント動作を停止させてください。このカウンタを読み出す際は、「[23.3.5. 64 Hz カウンタと時刻の読み出し](#)」に示す手順に従ってください。

23.2.7 RDAYCNT : 日カウンタ

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x0A

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	DATE10[1:0]	DATE1[3:0]				
Value after reset:	0	0	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	DATE1[3:0]	1日カウント 1日ごとに0から9までカウントします。桁上げが生じると、十の位が+1されます。	R/W
5:4	DATE10[1:0]	10日カウント 一の位からの桁上げごとに1回、0から3までカウントします。	R/W
7:6	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

RDAYCNT カウンタは、カレンダーカウントモード時に使用され、BCD コード化された日の値を設定およびカウントします。時カウンタでの1日ごとの桁上げによってカウントします。カウント動作は、月によっても、うるう年か否かによっても異なります。うるう年は、年カウンタ (RYRCNT) の値が 400、100 および 4 で割り切れるか否かで判定されます。

設定可能範囲は 10 進 (BCD) で 01~31 です。この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。値を設定する際は、指定可能な日数範囲が月によっても、うるう年か否かによっても異なるので注意してください。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前にスタートビット (RCR2.START) でカウント動作を停止させてください。このカウンタを読み出す際は、「23.3.5. 64 Hz カウンタと時刻の読み出し」に示す手順に従ってください。

23.2.8 RMONCNT : 月カウンタ

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x0C

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	MON1 0	MON1[3:0]			
Value after reset:	0	0	0	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	MON1[3:0]	1月カウント 1月ごとに0から9までカウントします。桁上げが生じると、十の位が+1されます。	R/W
4	MON10	10月カウント 一の位からの桁上げごとに1回、0から1までカウントします。	R/W
7:5	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

RMONCNT カウンタは、カレンダーカウントモード時に使用され、BCD コード化された月の値を設定およびカウントします。日カウンタでの1月ごとの桁上げによってカウントします。

設定可能範囲は 10 進 (BCD) で 01~12 です。この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前にスタートビット (RCR2.START) でカウント動作を停止させてください。このカウンタを読み出す際は、「23.3.5. 64 Hz カウンタと時刻の読み出し」に示す手順に従ってください。

23.2.9 RYRCNT : 年カウンタ

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x0E

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	YR10[3:0]				YR1[3:0]			
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	YR1[3:0]	1年カウント 1年ごとに0から9までカウントします。桁上げが生じると、十の位が+1されます。	R/W
7:4	YR10[3:0]	10年カウント 一の位からの桁上げごとに1回、0から9までカウントします。	R/W
15:8	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

RYRCNT カウンタは、カレンダーカウントモード時に使用され、BCD コード化された年の値を設定およびカウントします。月カウンタでの1年ごとの桁上げによってカウントします。

設定可能範囲は、10進 (BCD) で00~99です。この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前にスタートビット (RCR2.START) でカウント動作を停止させてください。このカウンタを読み出す際は、「23.3.5. 64 Hz カウンタと時刻の読み出し」に示す手順に従ってください。

23.2.10 RSECAR : 秒アラームレジスタ (カレンダーカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x10

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	ENB	SEC10[2:0]		SEC1[3:0]				
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	SEC1[3:0]	1秒 一秒の位の設定値	R/W
6:4	SEC10[2:0]	10秒 十秒の位の設定値	R/W
7	ENB	ENB 0: このレジスタ値と RSECCNT カウンタ値との比較を行わない 1: このレジスタ値と RSECCNT カウンタ値との比較を行う	R/W

RSECAR レジスタは、BCD コード化された秒カウンタ (RSECCNT) に対応するアラームレジスタです。ENB ビットが1であれば、RSECAR レジスタ値が RSECCNT カウンタ値と比較されます。以下のアラームレジスタのうち、ENB ビットが1になっているものだけが、対応するカウンタと比較されます。

- RSECAR
- RMINAR
- RHRAR
- RWKAR
- RDAYAR
- RMONAR
- RYRAREN

RSECAR レジスタの設定可能範囲は、10 進 (BCD) で 00~59 です。この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x00 になります。

23.2.11 RMINAR : 分アラームレジスタ (カレンダーカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x12

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	ENB		MIN10[2:0]			MIN1[3:0]		
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	MIN1[3:0]	1 分 一分の位の設定値	R/W
6:4	MIN10[2:0]	10 分 十分の位の設定値	R/W
7	ENB	ENB 0: このレジスタ値と RMINCNT カウンタ値との比較を行わない 1: このレジスタ値と RMINCNT カウンタ値との比較を行う	R/W

RMINAR レジスタは、BCD コード化された分カウンタ (RMINCNT) に対応するアラームレジスタです。ENB ビットが 1 であれば、RMINAR レジスタ値が RMINCNT カウンタ値と比較されます。以下のアラームレジスタのうち、ENB ビットが 1 になっているものだけが、対応するカウンタと比較されます。

- RSECAR
- RMINAR
- RHRAR
- RWKAR
- RDAYAR
- RMONAR
- RYRAREN

RMINAR レジスタの設定可能範囲は、10 進 (BCD) で 00~59 です。この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x00 になります。

23.2.12 RHRAR : 時アラームレジスタ (カレンダーカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x14

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	ENB	PM	HR10[1:0]		HR1[3:0]			
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	HR1[3:0]	1 時間 一時間の位の設定値	R/W
5:4	HR10[1:0]	10 時間 十時間の位の設定値	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
6	PM	時計アラームの AM/PM の設定 0: 午前 1: 午後	R/W
7	ENB	ENB 0: このレジスタ値と RHCNT カウンタ値との比較を行わない 1: このレジスタ値と RHCNT カウンタ値との比較を行う	R/W

RHRAR レジスタは、BCD コード化された時カウンタ (RHCNT) に対応するアラームレジスタです。ENB ビットが 1 であれば、RHRAR レジスタ値が RHCNT カウンタ値と比較されます。以下のアラームレジスタのうち、ENB ビットが 1 になっているものだけが、対応するカウンタと比較されます。

- RSECAR
- RMINAR
- RHRAR
- RWKAR
- RDAYAR
- RMONAR
- RYRAREN

RHRAR レジスタの設定可能範囲は、時間モードビット (RCR2.HR24) の設定値に応じて以下のように異なります。

- RCR2.HR24 ビットが 0 の場合、00~11 (BCD)
- RCR2.HR24 ビットが 1 の場合、00~23 (BCD)

この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。RCR2.HR24 ビットが 0 の場合、必ず PM ビットを設定してください。RCR2.HR24 ビットが 1 の場合、PM ビットの設定値は無効です。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x00 になります。

23.2.13 RWKAR : 曜日アラームレジスタ (カレンダーカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x16

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	ENB	—	—	—	—	DAYW[2:0]	
------------	-----	---	---	---	---	-----------	--

Value after reset: x x x x x x x x

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	DAYW[2:0]	曜日 0 0 0: 日 0 0 1: 月 0 1 0: 火 0 1 1: 水 1 0 0: 木 1 0 1: 金 1 1 0: 土 1 1 1: 設定禁止	R/W
6:3	—	読み出し値は不定です。書く場合、0 としてください。	R/W
7	ENB	ENB 0: このレジスタ値と RWKCNT カウンタ値との比較を行わない 1: このレジスタ値と RWKCNT カウンタ値との比較を行う	R/W

RWKAR レジスタは、コード化された曜日カウンタ (RWKCNT) に対応するアラームレジスタです。ENB ビットが 1 であれば、RWKAR レジスタ値が RWKCNT カウンタ値と比較されます。以下のアラームレジスタのうち、ENB ビットが 1 になっているものだけが、対応するカウンタと比較されます。

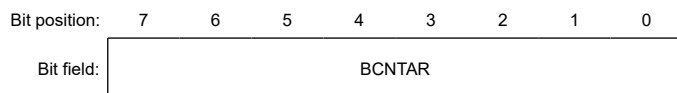
- RSECAR
- RMINAR
- RHRAR
- RWKAR
- RDAYAR
- RMONAR
- RYRAREN

すべての各値が一致する場合、RTC_ALM 割り込みに対応する IR フラグは 1 になります。RWKAR レジスタの設定可能範囲は、10 進 (BCD) で 0~6 です。この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x00 になります。

23.2.14 BCNTnAR : バイナリカウンタ n アラームレジスタ (n = 0~3) (バイナリカウンタモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x10 + 0x02 × n



Value after reset: x x x x x x x x

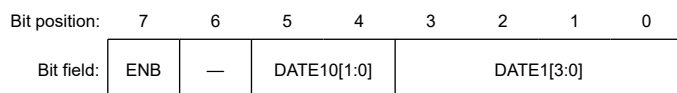
ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	BCNTAR	32 ビットバイナリカウンタに対応するアラームレジスタ	R/W

BCNTnAR レジスタは、書き込み/読み出し可能な、32 ビットバイナリカウンタに対応するアラームレジスタです。BCNT3AR は BCNTAR[31:24] ビットに、BCNT2AR は BCNTAR[23:16] ビットに、BCNT1AR は BCNTAR[15:8] ビットに、BCNT0AR は BCNTAR[7:0] ビットに指定されます。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x00 になります。

23.2.15 RDAYAR : 日アラームレジスタ (カレンダーカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x18



Value after reset: x x x x x x x x

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	DATE1[3:0]	1 日 一日の位の設定値	R/W
5:4	DATE10[1:0]	10 日 十日の位の設定値	R/W
6	—	読み出し値は不定です。書く場合、0 としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
7	ENB	ENB 0: このレジスタ値と RDAYCNT カウンタ値との比較を行わない 1: このレジスタ値と RDAYCNT カウンタ値との比較を行う	R/W

RDAYAR レジスタは、BCD コード化された日カウンタ (RDAYCNT) に対応するアラームレジスタです。ENB ビットが 1 であれば、RDAYAR レジスタ値が RDAYCNT カウンタ値と比較されます。以下のアラームレジスタのうち、ENB ビットが 1 になっているものだけが、対応するカウンタと比較されます。

- RSECAR
- RMINAR
- RHRAR
- RWKAR
- RDAYAR
- RMONAR
- RYRAREN

すべての各値が一致する場合、RTC_ALM 割り込みに対応する IR フラグは 1 になります。RDAYAR レジスタの設定可能範囲は、10 進 (BCD) で 01~31 です。この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x00 になります。

23.2.16 RMONAR : 月アラームレジスタ (カレンダーカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x1A

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	ENB	—	—	MON1 0	MON1[3:0]			
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	MON1[3:0]	1 月 一月の位の設定値	R/W
4	MON10	10 月 十月の位の設定値	R/W
6:5	—	読み出し値は不定です。書く場合、0 としてください。	R/W
7	ENB	ENB 0: このレジスタ値と RMONCNT カウンタ値との比較を行わない 1: このレジスタ値と RMONCNT カウンタ値との比較を行う	R/W

RMONAR レジスタは、BCD コード化された月カウンタ (RMONCNT) に対応するアラームレジスタです。ENB ビットが 1 であれば、RMONAR レジスタ値が RMONCNT カウンタ値と比較されます。以下のアラームレジスタのうち、ENB ビットが 1 になっているものだけが、対応するカウンタと比較されます。

- RSECAR
- RMINAR
- RHRAR
- RWKAR
- RDAYAR
- RMONAR
- RYRAREN

RMONAR レジスタの設定可能範囲は、10 進 (BCD) で 01~12 です。この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x00 になります。

23.2.17 RYRAR : 年アラームレジスタ (カレンダーカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x1C

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	YR10[3:0]				YR1[3:0]			
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	YR1[3:0]	1 年 一年の位の設定値	R/W
7:4	YR10[3:0]	10 年 十年の位の設定値	R/W
15:8	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

RYRAR レジスタは、BCD コード化された年カウンタ (RYRCNT) に対応するアラームレジスタです。RYRAR レジスタの設定可能範囲は、10 進 (BCD) で 00~99 です。この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x0000 になります。

23.2.18 RYRAREN : 年アラームイネーブルレジスタ (カレンダーカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x1E

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	ENB	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
6:0	—	読み出し値は不定です。書く場合、0 としてください。	R/W
7	ENB	ENB 0: このレジスタ値と RYRCNT カウンタ値との比較を行わない 1: このレジスタ値と RYRCNT カウンタ値との比較を行う	R/W

RYRAREN レジスタは、ENB ビットが 1 であれば、RYRAR レジスタ値が RYRCNT カウンタ値と比較されます。以下のアラームレジスタのうち、ENB ビットが 1 になっているものだけが、対応するカウンタと比較されます。

- RSECAR
- RMINAR
- RHRAR
- RWKAR
- RDAYAR
- RMONAR
- RYRAREN

すべての各値が一致する場合、RTC_ALM 割り込みに対応する IR フラグは 1 になります。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x00 になります。

23.2.19 BCNTnAER : バイナリカウンタ n アラームイネーブルレジスタ (n = 0, 1) (バイナリカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x18 + 0x02 × n

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	ENB[7:0]
------------	----------

Value after reset: x x x x x x x x

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	ENB[7:0]	32 ビットバイナリカウンタに対応するアラーム許可設定	R/W

BCNTnAER レジスタは、書き込み/読み出し可能な、32 ビットバイナリカウンタの b7~b0 に対応するアラーム許可設定用のレジスタです。BCNT3AER は BCNTAER.ENB[31:24] ビットに、BCNT2AER は BCNTAER.ENB[23:16] ビットに、BCNT1AER は BCNTAER.ENB[15:8] ビットに、BCNT0AER は BCNTAER.ENB[7:0] ビットに指定されます。BCNTAER.ENB[31:0] ビットのうち、1 になっているビットに対応するバイナリカウンタ (BCNT[31:0]) が、バイナリアラームレジスタ (BCNTAR) と比較されて、すべてが一致すると、RTC_ALM 割り込みに対応した IR フラグが 1 になります。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x00 になります。

23.2.20 BCNT2AER : バイナリカウンタ 2 アラームイネーブルレジスタ (バイナリカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x1C

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	— — — — — — — — ENB[7:0]
------------	--------------------------

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 x x x x x x x x

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	ENB[7:0]	32 ビットバイナリカウンタに対応するアラーム許可設定	R/W
15:8	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

BCNT2AER レジスタは、書き込み/読み出し可能な、32 ビットバイナリカウンタの b7~b0 に対応するアラーム許可設定用のレジスタです。BCNT3AER は BCNTAER.ENB[31:24] ビットに、BCNT2AER は BCNTAER.ENB[23:16] ビットに、BCNT1AER は BCNTAER.ENB[15:8] ビットに、BCNT0AER は BCNTAER.ENB[7:0] ビットに指定されます。BCNTAER.ENB[31:0] ビットのうち、1 になっているビットに対応するバイナリカウンタ (BCNT[31:0]) が、バイナリアラームレジスタ (BCNTAR) と比較されて、すべてが一致すると、RTC_ALM 割り込みに対応した IR フラグが 1 になります。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x00 になります。

23.2.21 BCNT3AER : バイナリカウンタ 3 アラームイネーブルレジスタ (バイナリカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x1E

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	ENB[7:0]
------------	----------

Value after reset: x x x x x x x x

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	ENB[7:0]	32 ビットバイナリカウンタに対応するアラーム許可設定	R/W

BCNT3AER レジスタは、書き込み/読み出し可能な、32 ビットバイナリカウンタの b7~b0 に対応するアラーム許可設定用のレジスタです。BCNT3AER は BCNTAER.ENB[31:24] ビットに、BCNT2AER は BCNTAER.ENB[23:16] ビットに、BCNT1AER は BCNTAER.ENB[15:8] ビットに、BCNT0AER は BCNTAER.ENB[7:0] ビットに指定されます。BCNTAER.ENB[31:0] ビットのうち、1 になっているビットに対応するバイナリカウンタ (BCNT[31:0]) が、バイナリアラームレジスタ (BCNTAR) と比較されて、すべてが一致すると、RTC_ALM 割り込みに対応した IR フラグが 1 になります。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x00 になります。

23.2.22 RCR1 : RTC コントロールレジスタ 1

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x22

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	PES[3:0]			RTCOS	PIE	CIE	AIE	
Value after reset:	x	x	x	x	0	x	0	x

ビット	シンボル	機能	R/W
0	AIE	アラーム割り込み許可 0: アラーム割り込み要求を禁止 1: アラーム割り込み要求を許可	R/W
1	CIE	桁上げ割り込み許可 0: 桁上げ割り込み要求を禁止 1: 桁上げ割り込み要求を許可	R/W
2	PIE	周期割り込み許可 0: 周期割り込み要求を禁止 1: 周期割り込み要求を許可	R/W
3	RTCOS	RTCOUT 出力選択 0: RTCOUT は 1 Hz を出力 1: RTCOUT は 64 Hz を出力	R/W
7:4	PES[3:0]	周期割り込み選択 0x6: 1/256 秒ごとに周期割り込みが発生 ^(注1) 0x7: 1/128 秒ごとに周期割り込みが発生 0x8: 1/64 秒ごとに周期割り込みが発生 0x9: 1/32 秒ごとに周期割り込みが発生 0xA: 1/16 秒ごとに周期割り込みが発生 0xB: 1/8 秒ごとに周期割り込みが発生 0xC: 1/4 秒ごとに周期割り込みが発生 0xD: 1/2 秒ごとに周期割り込みが発生 0xE: 1 秒ごとに周期割り込みが発生 0xF: 2 秒ごとに周期割り込みが発生 その他: 上記以外は、周期割り込みを発生しない	R/W

注 1. PES[3:0] = 0x6 のときに LOCO が選択されると (RCR4.RCKSEL = 1)、1/128 秒ごとに周期割り込みが発生します。

RCR1 レジスタは、カレンダーカウントモードとバイナリカウントモードの両方で使用されます。AIE、PIE、PES[3:0] ビットは、カウントソースに同期して更新されます。RCR1 レジスタを書き換えた場合は、全ビットが更新されたことを確認してから次の処理を実行してください。

AIE ビット (アラーム割り込み許可)

AIE ビットはアラーム割り込み要求を許可または禁止します。

ディープソフトウェアスタンバイモード時にカウンタとアラームの設定時刻が一致した場合、AIE ビット値とは無関係に、MCU はこのモードから復帰します。

CIE ビット (桁上げ割り込み許可)

CIE ビットは RSECCNT/BCNT0 カウンタへの桁上げが生じたとき、または 64 Hz カウンタ (R64CNT) の読み出し中に 64 Hz カウンタへの桁上げが生じたときの割り込み要求を許可または禁止します。

PIE ビット (周期割り込み許可)

PIE ビットは周期割り込み要求を許可または禁止します。

ディープソフトウェアスタンバイモード時にカウンタと PES[3:0]ビットの設定周期が一致した場合、PIE ビット値とは無関係に、MCU はこのモードから復帰します。

RTCOS ビット (RTCOUT 出力選択)

RTCOS ビットは RTCOUT の出力周期を選択します。RTCOS ビットは、カウント動作停止 (RCR2.START = 0)、かつ RTCOUT 出力禁止 (RCR2.RTCOE = 0) のときに書き換えてください。RTCOUT を外部端子に出力する場合は、RCR2.RTCOE ビットで出力を許可にする必要があります。

PES[3:0]ビット (周期割り込み選択)

PES[3:0]ビットは周期割り込みの周期を設定します。本ビットで設定した周期に応じて周期割り込みが発生します。

23.2.23 RCR2 : RTC コントロールレジスタ 2 (カレンダーカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x24

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	CNTM D	HR24	AADJ P	AADJ E	RTCO E	ADJ30	RESE T	START
Value after reset:	x	x	x	x	0	0	0	x

ビット	シンボル	機能	R/W
0	START	スタート 0: プリスケアラと時計カウンタは停止 1: プリスケアラと時計カウンタは通常動作	R/W
1	RESET	RTC ソフトウェアリセット 0: [書き込み時] 書き込みは無効 [読み出し時] 通常の時計動作中または RTC ソフトウェアリセット完了 1: [書き込み時] プリスケアラおよび RTC ソフトウェアリセット対象レジスタ(注1)を初期化 [読み出し時] RTC ソフトウェアリセット処理中	R/W
2	ADJ30	30 秒調整 0: [書き込み時] 書き込みは無効 [読み出し時] 通常の時計動作中または 30 秒調整が完了 1: [書き込み時] 30 秒調整を実行 [読み出し時] 30 秒調整処理中	R/W
3	RTC OE	RTCOUT 出力許可 0: RTCOUT 出力を禁止 1: RTCOUT 出力を許可	R/W
4	AADJE	自動補正有効(注2)(注3) 0: 自動補正は無効 1: 自動補正は有効	R/W
5	AADJP	自動補正周期選択(注2)(注3) 0: 1 分ごとにプリスケアラのカウント値に対して RADJ.ADJ[5:0]ビット値を加減算 1: 10 秒ごとにプリスケアラのカウント値に対して RADJ.ADJ[5:0]ビット値を加減算	R/W
6	HR24	時間モード(注3) 0: RTC は 12 時間モードで動作 1: RTC は 24 時間モードで動作	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
7	CNTMD	カウントモード選択(注4) 0: カレンダーカウントモード 1: バイナリカウントモード	R/W

注 1. R64CNT、RSECCAR、RMINAR、RHRAR、RWKAR、RDAYAR、RMONAR、RYPAR、RYPAREN、RADJ、RTCCRN、RSECCPN、RMINCPN、RHRCPN、RDAYCPN、RMONCPN、RCR2.ADJ30、RCR2.AADJE、RCR2.AADJP

注 2. LOCO が選択される場合、本ビットの設定は無効です。

注 3. このビットを書き換えた場合、値が書き変わったことを確認してから次の処理を実施してください。レジスタの書き込み/読み出しの注意事項については「23.6.5. レジスタの書き込み/読み出し時の注意事項」を参照してください。

注 4. このビットを書き換えた場合、値が書き変わったことを確認してから次の処理を実施してください。

カレンダーカウントモード時の RCR2 レジスタは、時間モード、自動補正機能、RTCOUT 出力許可、30 秒調整、RTC ソフトウェアリセット、およびカウントモードの制御に関するレジスタです。

START ビット (スタート)

START ビットはプリスケアラおよびカウンタ (時計) の停止または動作を制御します。START ビットは、カウントソースに同期して更新されます。START ビットを書き換えた場合は、このビットが更新されたことを確認してから次の処理を実行してください。

RESET ビット (RTC ソフトウェアリセット)

RESET ビットはプリスケアラと RTC ソフトウェアリセット対象レジスタを初期化します。RESET ビットに 1 を書くと、カウントソースに同期して初期化が始まります。初期化が完了すると、RESET ビットは自動的に 0 になります。このビットが 0 になったことを確認してから次の処理を実行してください。

ADJ30 ビット (30 秒調整)

ADJ30 ビットは 30 秒調整を行います。

ADJ30 ビットに 1 を書くと、RSECCNT カウンタ値が 30 秒未満の場合は 00 秒に切り捨てられ、30 秒以上の場合は 1 分に切り上げられます。

30 秒調整は、カウントソースに同期して行われます。ADJ30 ビットに 1 を書いた場合、30 秒調整が完了すると ADJ30 ビットは自動的に 0 になります。ADJ30 ビットに 1 を書いた場合は、このビットが 0 になったことを確認してから次の処理を実行してください。30 秒調整を実行すると、プリスケアラと R64CNT カウンタもリセットされます。ADJ30 ビットは、RTC ソフトウェアリセットによって 0 になります。

RTCOE ビット (RTCOUT 出力許可)

RTCOE ビットは RTCOUT 端子からの 1 Hz/64 Hz クロック信号出力を許可します。

RTCOE ビット値を変更する前に、START ビットでカウント動作を停止させてください。カウント動作の停止 (START ビットへの 0 の書き込み) と、RTCOE ビット値の変更は、同時に行わないでください。

RTCOUT を外部端子から出力する場合は、RTCOE ビットで出力を許可にするとともに、ポート制御を有効にしてください。

AADJE ビット (自動補正有効)

AADJE ビットは自動補正機能の禁止、許可を制御します。

AADJE ビット値を変更する前に、プラスマイナスビット (RADJ.PMADJ[1:0]) を 00b (補正を行わない) にしてください。

AADJE ビットは、RTC ソフトウェアリセットによって 0 になります。

AADJP ビット (自動補正周期選択)

AADJP ビットは自動補正の周期を選択します。

AADJP ビット値を変更する前に、プラスマイナスビット (RADJ.PMADJ[1:0]) を 00b (補正を行わない) にしてください。

AADJP ビットは、RTC ソフトウェアリセットによって 0 になります。

HR24 ビット (時間モード)

HR24 ビットは RTC を 12 時間モードと 24 時間モードのどちらで動作させるかを指定します。

HR24 ビット値を変更する前に、START ビットでカウント動作を停止させてください。カウント動作の停止 (START ビットへの 0 の書き込み) と、HR24 ビット値の変更は、同時に行わないでください。

CNTMD ビット (カウントモード選択)

CNTMD ビットは RTC を、カレンダーカウントモードで動作させるか、バイナリカウントモードで動作させるかを指定します。

カウントモードを再設定した場合は、RTC ソフトウェアリセットを実行し、初期設定からやり直してください。本ビットは、カウントソースに同期して更新されます。ただし、カウントモードが切り替わるのは RTC ソフトウェアリセット後になります。(ビットは RTC リセット前に切り替わりますが、モードは RTC リセット後に切り替わります。)

初期設定の詳細は、「[23.3.1. 電源投入後のレジスタ初期設定の概要](#)」を参照してください。

23.2.24 RCR2 : RTC コントロールレジスタ 2 (バイナリカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x24

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	CNTM D	—	AADJ P	AADJ E	RTCO E	—	RESE T	START
Value after reset:	x	x	x	x	0	0	0	x

ビット	シンボル	機能	R/W
0	START	スタート 0: 32 ビットバイナリカウンタ、64 Hz カウンタ、およびプリスケアラは停止 1: 32 ビットバイナリカウンタ、64 Hz カウンタ、およびプリスケアラは動作	R/W
1	RESET	RTC ソフトウェアリセット 0: [書き込み時] 書き込みは無効 [読み出し時] 通常の時計動作中または RTC ソフトウェアリセット完了 1: [書き込み時] プリスケアラおよび RTC ソフトウェアリセット対象レジスタ ^(注1) を初期化 [読み出し時] RTC ソフトウェアリセット処理中	R/W
2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
3	RTCOE	RTCOUT 出力許可 0: RTCOUT 出力を禁止 1: RTCOUT 出力を許可	R/W
4	AADJE	自動補正有効 ^{(注2)(注3)} 0: 自動補正は無効 1: 自動補正は有効	R/W
5	AADJP	自動補正周期選択 ^{(注2)(注3)} 0: 32 秒ごとにプリスケアラのカウント値に対して RADJ.ADJ[5:0] ビット値を加減算 1: 8 秒ごとにプリスケアラのカウント値に対して RADJ.ADJ[5:0] ビット値を加減算	R/W
6	—	読み出し値は不定です。書く場合、0 としてください。	R/W
7	CNTMD	カウントモード選択 ^(注4) 0: カレンダーカウントモード 1: バイナリカウントモード	R/W

注 1. R64CNT, BCNTnAR, BCNTnAER, RADJ, RTCCRN, BCNTnCPm, RCR2.ADJ30, RCR2.AADJE, RCR2.AADJP

注 2. LOCO が選択される場合、本ビットの設定は無効です。

注 3. このビットを書き換えた場合、値が書き変わったことを確認してから次の処理を実施してください。レジスタの書き込み/読み出しの注意事項については「[23.6.5. レジスタの書き込み/読み出し時の注意事項](#)」を参照してください。

注 4. このビットを書き換えた場合、値が書き変わったことを確認してから次の処理を実施してください。

バイナリカウントモードにおける RCR2 レジスタは、自動補正機能、RTCOUT 出力許可、RTC ソフトウェアリセット、およびカウントモード制御に関連するレジスタです。

START ビット (スタート)

START ビットはプリスケアラおよびカウンタ (時計) の停止または動作を制御します。START ビットは、カウントソースに同期して更新されます。START ビットを書き換えた場合は、このビットが更新されたことを確認してから次の処理を実行してください。

RESET ビット (RTC ソフトウェアリセット)

RESET ビットはプリスケアラと RTC ソフトウェアリセット対象レジスタを初期化します。RESET ビットに 1 を書くと、カウントソースに同期して初期化が始まります。初期化が完了すると、RESET ビットは自動的に 0 になります。RESET ビットに 1 を書いた場合は、このビットが 0 になったことを確認してから次の処理を実行してください。

RTCOE ビット (RTCOE 出力許可)

RTCOE ビットは RTCOUT 端子からの 1 Hz/64 Hz クロック信号出力を許可します。

RTCOE ビット値を変更する前に、START ビットでカウント動作を停止させてください。カウント動作の停止 (START ビットへの 0 の書き込み) と、RTCOE ビット値の変更は、同時に行わないでください。RTCOE 信号を外部端子から出力する場合は、このビットを許可にするとともに、ポート制御を有効にしてください。

AADJE ビット (自動補正有効)

AADJE ビットは自動補正機能の有効/無効を制御します。

AADJE ビット値を変更する前に、プラスマイナスビット (RADJ.PMADJ[1:0]) を 00b (補正を行わない) にしてください。AADJE ビットは、RTC ソフトウェアリセットによって 0 になります。

AADJP ビット (自動補正周期選択)

AADJP ビットは自動補正の周期を選択します。

バイナリカウントモードでは、32 秒ごとまたは 8 秒ごとの補正周期を選択できます。

AADJP ビット値を変更する前に、プラスマイナスビット (RADJ.PMADJ[1:0]) を 00b (補正を行わない) にしてください。AADJP ビットは、RTC ソフトウェアリセットによって 0 になります。

CNTMD ビット (カウントモード選択)

CNTMD ビットは RTC を、カレンダーカウントモードで動作させるか、バイナリカウントモードで動作させるかを指定します。

カウントモードを再設定した場合は、RTC ソフトウェアリセットを実行し、初期設定からやり直してください。本ビットは、カウントソースに同期して更新されます。ただし、カウントモードが切り替わるのは RTC ソフトウェアリセット後になります。(ビットは RTC リセット前に切り替わりますが、モードは RTC リセット後に切り替わります。)

初期設定の詳細は、「[23.3.1. 電源投入後のレジスタ初期設定の概要](#)」を参照してください。

23.2.25 RCR4 : RTC コントロールレジスタ 4

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x28

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	RCKSEL

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 x

ビット	シンボル	機能	R/W
0	RCKSEL	カウントソース設定 0: SOSC クロックを選択 1: LOCO クロックを選択	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

RCR4 レジスタは、カレンダーカウントモード/バイナリカウントモード共通で使用します。

RCKSEL ビット (カウントソース設定)

RCKSEL ビットはカウントソースを、SOSC クロックおよび LOCO クロックに設定します。

RCKSEL ビットは通常動作モードでのみ使用されます。RCKSEL ビットが 0 の場合は、SOSC クロックでカウントされます。また、RCKSEL ビットが 1 の場合は、LOCO クロックでカウントされます。

カウントソース設定の詳細は、「[23.3.1. 電源投入後のレジスタ初期設定の概要](#)」、「[23.3.2. クロックおよびカウントモードの設定手順](#)」を参照してください。カウントソースの設定は、電源投入後、RTC レジスタの初期設定前に一度だけ行ってください。

23.2.26 RFRL : 周波数レジスタ L

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x2C

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	RFC[15:0]															
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	RFC[15:0]	周波数比較値 LOCO 使用時は、このレジスタに 0x00FF を書いてください。	R/W

RFRL レジスタは、LOCO 選択時のプリスケアラを制御するレジスタです。

RTC の時計カウンタは、128 Hz クロック信号を基本クロックとして動作します。そのため、LOCO を選択した場合、プリスケアラで LOCO が分周されて 128 Hz クロック信号が生成されます。RFC[15:0] ビットには、LOCO 周波数から 128 Hz クロックを生成するための周波数比較値を設定します。コールドスタート後、RFC[15:0]へ書き込む前に、RFRH に 0x0000 を書き込んでください。

周波数比較値の設定可能範囲は、0x0007~0x01FF です。この範囲にない値が設定されると、RTC は正常に動作しません。このレジスタへ書き込む際は、必ず事前に RCR2.START ビットでカウント動作を停止させてください。周辺モジュールクロックと LOCO の動作周波数は、「周辺モジュールクロック ≧ LOCO」となるようにしてください。

周波数比較値の計算方法:

$$\text{RFC}[15:0] = (\text{LOCO クロック周波数}) / 128 - 1$$

LOCO 周波数が 32.768 kHz の時、RFRL レジスタの値は 0x00FF になります。

23.2.27 RFRH : 周波数レジスタ H

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x2A

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	RFC16
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x

ビット	シンボル	機能	R/W
0	RFC16	コールドスタート後、RFRL レジスタに書き込む前に 0 を書いてください	R/W
15:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

コールドスタート後、RFC[15:0]へ書き込む前に、RFRH に 0x0000 を書き込んでください。

23.2.28 RADJ : 時間誤差補正レジスタ

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x2E

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	PMADJ[1:0]		ADJ[5:0]					
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
5:0	ADJ[5:0]	補正值 プリスケアラの補正值を設定する	R/W
7:6	PMADJ[1:0]	プラスマイナス 0 0: 補正しない 0 1: プリスケアラに対して値を加算して補正する 1 0: プリスケアラに対して値を減算して補正する 1 1: 設定禁止	R/W

RADJ レジスタはカレンダーカウントモード/バイナリカウントモードで共通の機能です。プリスケアラに対して値を加算または減算することによって補正が行われます。自動補正有効ビット (RCR2.AADJE) が 0 であると、RADJ レジスタへの書き込み時に補正が行われます。RCR2.AADJE ビットが 1 であると、自動補正周期選択ビット (RCR2.AADJP) で設定した間隔で補正が行われます。

ソフトウェア設定による補正（自動補正が無効）では、レジスタの設定後、カウントソースの 320 サイクル中に次の補正值を設定すると、現在の補正值の設定が無効となる場合があります。連続して補正を行う場合は、レジスタの設定後、カウントソースで 320 サイクル以上待ってから次の補正值を設定してください。

RADJ レジスタは、カウントソースに同期して更新されます。RADJ レジスタを書き換えた場合は、全ビットの値が更新されたことを確認してから次の処理を実行してください。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x00 になります。サブクロック発振器を選択した場合にのみ、本レジスタの設定が有効になります。LOCO を選択した場合、補正は行われません。

ADJ[5:0]ビット（補正值）

ADJ[5:0]ビットはプリスケアラに対する補正值（サブクロックのサイクル数）を設定します。

PMADJ[1:0]ビット（プラスマイナス）

ADJ[5:0]ビットで設定した誤差補正值に従って、PMADJ[1:0]ビットは時計を進めるか、遅らせるかを選択します。

23.2.29 RTCCR0 : 時間キャプチャコントロールレジスタ 0

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x40

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	TCEN	—	TCNF[1:0]	—	TCST	TCCT[1:0]		
Value after reset:	x	0	x	x	0	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	TCCT[1:0]	時間キャプチャ制御 0 0: イベントを検出しない 0 1: 立ち上がりエッジを検出 1 0: 立ち下がりエッジを検出 1 1: 両エッジを検出	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
2	TCST	時間キャプチャステータス 0: イベント検出なし 1: イベント検出あり(注1)	R/W
3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
5:4	TCNF[1:0]	時間キャプチャノイズフィルタ制御 00: ノイズフィルタ停止 01: 設定禁止 10: ノイズフィルタ開始 (カウントソース) 11: ノイズフィルタ開始 (カウントソースの 32 分周)	R/W
6	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	TCEN	時間キャプチャイベント入力端子許可 0: RTCICn 端子が時間キャプチャイベント入力端子として無効 1: RTCICn 端子が時間キャプチャイベント入力端子として有効	R/W

注 1. イベントが検出されたことを示します。1 の書き込みは無効です。0 を書き込むと 0 になります。

RTCCR0 レジスタは、カレンダーカウントモード/バイナリカウントモード共通で使用します。RTCCR0 レジスタが RTCIC0 端子を制御します。

RTCCR0 レジスタは、カウントソースに同期して更新されます。RTCCR0 レジスタを書き換えた場合は、TCST ビット以外の全ビットが更新されたことを確認してから次の処理を実行してください。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x00 にクリアされます。RTCIC0 を時間キャプチャ端子として使用する場合、VBTICTLR.VCHnIEN ビット (n=0) を 1 にしてください。

TCCT[1:0]ビット (時間キャプチャ制御)

TCCT[1:0]ビットは時間キャプチャイベント入力端子 (RTCIC0) のエッジ検出を制御します。検出するエッジの選択が可能です。TCCT[1:0]ビットは、VBTICTLR.VCHnIEN ビットが 1 の状態で設定してください。

TCST ビット (時間キャプチャステータス)

TCST ビットは、時間キャプチャイベント入力端子 (RTCIC0) のイベントが検出されたことを示します。TCST ビットが 0 の場合、イベントは検出されていません。TCST ビットが 1 の場合、対応する端子のイベントが検出されたこと、およびキャプチャレジスタが有効であることを示します。複数回イベントが検出された場合は、最初のイベントのキャプチャ時刻が保持されます。

イベントは、カウント動作中 (RCR2.START = 1) にのみ検出されます。キャプチャレジスタの読み出しは、本ビットが 1 になったことを確認してから行ってください。

TCST ビットの設定は、TCCT[1:0]ビットが 00b (イベント検出なし) の状態で行ってください。TCST ビットは、カウントソースに同期して 0 になります。TCST ビットを 0 にした場合、このビットが更新されたことを確認してから次の処理を実行してください。

TCNF[1:0]ビット (時間キャプチャノイズフィルタ制御)

TCNF[1:0]ビットは、時間キャプチャイベント入力端子 (RTCIC0) のノイズフィルタを制御します。

ノイズフィルタが ON の場合、カウントソースの 1 分周または 32 分周を選択できます。このとき、時間キャプチャイベント入力端子の入力レベルが設定したサンプリング周期で 3 回連続して一致すると、その入力レベルが確定されます。

TCNF[1:0]ビットの設定は、TCCT[1:0]ビットが 00b (イベント検出なし) の状態で行ってください。ノイズフィルタを使用する場合は、TCNF[1:0]ビットの設定後、設定したサンプリング周期の 3 周期分待った後、TCCT[1:0]ビットの設定を行ってください。TCNF[1:0]ビットは、VBTICTLR.VCHnIEN ビットが 1 の状態で設定してください。

TCEN ビット (時間キャプチャイベント入力端子許可)

TCEN ビットは時間キャプチャイベント入力端子 (RTCIC0) を有効または無効にします。時間キャプチャイベント入力端子に複数の機能を割り当てる場合は、最初に VBTICTLR レジスタの設定をしてください。TCEN ビットを 0 にする場合、TCCT[1:0]ビットも 00b にしてください。

本ビットに 1 を設定する前に、カウントソース設定ビット (RCR4.RCKSEL)、RTC 時間キャプチャイベントイネーブルビット (RCPE.RTCEN)、ポートコントロール設定ビット (PmnPFS.PDR、および PmnPFS.PMR) を必ず設

定してください。ポートコントロール設定ビット (PmnPFS.PDR、および PmnPFS.PMR) については「19. I/O ポート」を参照してください。

23.2.30 RSECCP0 : 秒キャプチャレジスタ 0 (カレンダーカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x52

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—		SEC10[2:0]			SEC1[3:0]		
Value after reset:	X	X	X	X	X	X	X	X

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	SEC1[3:0]	1 秒キャプチャ 一秒の位のキャプチャ値を示します。	R
6:4	SEC10[2:0]	10 秒キャプチャ 十秒の位のキャプチャ値を示します。	R
7	—	読み出し値は不定です。	R

RSECCP0 レジスタは、時間キャプチャイベント検出時に RSECCNT カウンタ値をキャプチャする読み出し専用のレジスタです。

RTCIC0 端子によるイベント検出時は RSECCP0 レジスタに、それぞれイベント検出時刻が格納されます。このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x00 にクリアされます。このレジスタからの読み出しは、RTCCRn.TCCT[1:0] ビットで時間キャプチャイベント検出を停止させてから行ってください。

23.2.31 RMINCP0 : 分キャプチャレジスタ 0 (カレンダーカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x54

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—		MIN10[2:0]			MIN1[3:0]		
Value after reset:	X	X	X	X	X	X	X	X

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	MIN1[3:0]	1 分キャプチャ 一分の位のキャプチャ値を示します。	R
6:4	MIN10[2:0]	10 分キャプチャ 十分の位のキャプチャ値を示します。	R
7	—	読み出し値は不定です。	R

RMINCP0 レジスタは、時間キャプチャイベント検出時に RMINCNT カウンタ値をキャプチャする読み出し専用のレジスタです。

RTCIC0 端子によるイベント検出時刻は RMINCP0 レジスタに格納します。

このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x00 にクリアされます。読み出しは、RTCCRn.TCCT[1:0] ビットで時間キャプチャイベント検出を停止させてから行ってください。

23.2.32 RHRCP0 : 時キャプチャレジスタ 0 (カレンダーカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x56

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	PM	HR10[1:0]	HR1[3:0]				
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	HR1[3:0]	1 時間キャプチャ —時間の位のキャプチャ値を示します。	R
5:4	HR10[1:0]	10 時間キャプチャ 十時間の位のキャプチャ値を示します。	R
6	PM	PM 0: 午前 1: 午後	R
7	—	読み出し値は不定です。	R

RHRCP0 レジスタは、時間キャプチャイベント検出時に RHRCNT カウンタ値をキャプチャする読み出し専用のレジスタです。

RTCIC0 端子によるイベント検出時は RHRCP0 レジスタに、それぞれイベント検出時刻が格納されます。

RRCR2.HR24 ビットが 0 (12 時間モード) の場合にのみ、PM ビットが有効になります。

このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x00 にクリアされます。読み出しは、RTCCRN.TCCT[1:0] ビットで時間キャプチャイベント検出を停止させてから行ってください。

23.2.33 RDAYCP0 : 日キャプチャレジスタ 0 (カレンダーカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x5A

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	DATE10[1:0]	DATE1[3:0]				
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	DATE1[3:0]	1 日キャプチャ —日の位のキャプチャ値を示します。	R
5:4	DATE10[1:0]	10 日キャプチャ 十日の位のキャプチャ値を示します。	R
7:6	—	読み出し値は不定です。	R

RDAYCP0 レジスタは、時間キャプチャイベント検出時に RDAYCNT カウンタ値をキャプチャする読み出し専用のレジスタです。

RTCIC0 端子によるイベント検出時刻は RDAYCP0 レジスタに格納されます。

このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x00 にクリアされます。読み出しは、RTCCRN.TCCT[1:0] ビットで時間キャプチャイベント検出を停止させてから行ってください。

23.2.34 RMONCP0 : 月キャプチャレジスタ 0 (カレンダーカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

Offset address: 0x5C

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	MON1 0	MON1[3:0]			
Value after reset:	0	0	0	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	MON1[3:0]	1月キャプチャ 一月の位のキャプチャ値を示します。	R
4	MON10	10月キャプチャ 十月の位のキャプチャ値を示します。	R
7:5	—	読むと0が読めます。	R

RMONCP0 レジスタは、カレンダーカウントモード時に使用され、時間キャプチャイベント検出時に RMONCNT カウンタ値をキャプチャする読み出し専用のレジスタです。

RTCIC0 端子によるイベント検出時刻は RMONCP0 レジスタに格納します。

このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x00 にクリアされます。読み出しは、RTCCRn.TCCT[1:0] ビットで時間キャプチャイベント検出を停止させてから行ってください。

23.2.35 BCNTnCP0 : BCNTn キャプチャレジスタ 0 (n=0~3) (バイナリカウントモード時)

Base address: RTC = 0x4008_3000

 Offset address: 0x52 (BCNT0CP0)
 0x54 (BCNT1CP0)
 0x56 (BCNT2CP0)
 0x5A (BCNT3CP0)

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:								
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x

BCNTnCP0 レジスタは、時間キャプチャイベント検出時に BCNTn 値をキャプチャする読み出し専用のレジスタです。BCNT3CP0 は BCNTCP0[31:24] ビットに、BCNT2CP0 は BCNTCP0[23:16] ビットに、BCNT1CP0 は BCNTCP0[15:8] ビットに、BCNT0CP0 は BCNTCP0[7:0] ビットに割り当てられます。RTCIC0 端子によるイベント検出時は BCNTnCP0 レジスタに、それぞれイベント検出時刻を格納します。

このレジスタは、RTC ソフトウェアリセットによって 0x00 になります。読み出しは、RTCCRn.TCCT[1:0] ビットで時間キャプチャイベント検出を停止させてから行ってください。

23.3 動作説明

23.3.1 電源投入後のレジスタ初期設定の概要

電源投入後は、クロック設定、カウントモード設定、時間誤差補正、時刻設定、アラーム、割り込みおよび時間キャプチャコントロールレジスタ n に対して、必ず初期設定を行ってください。

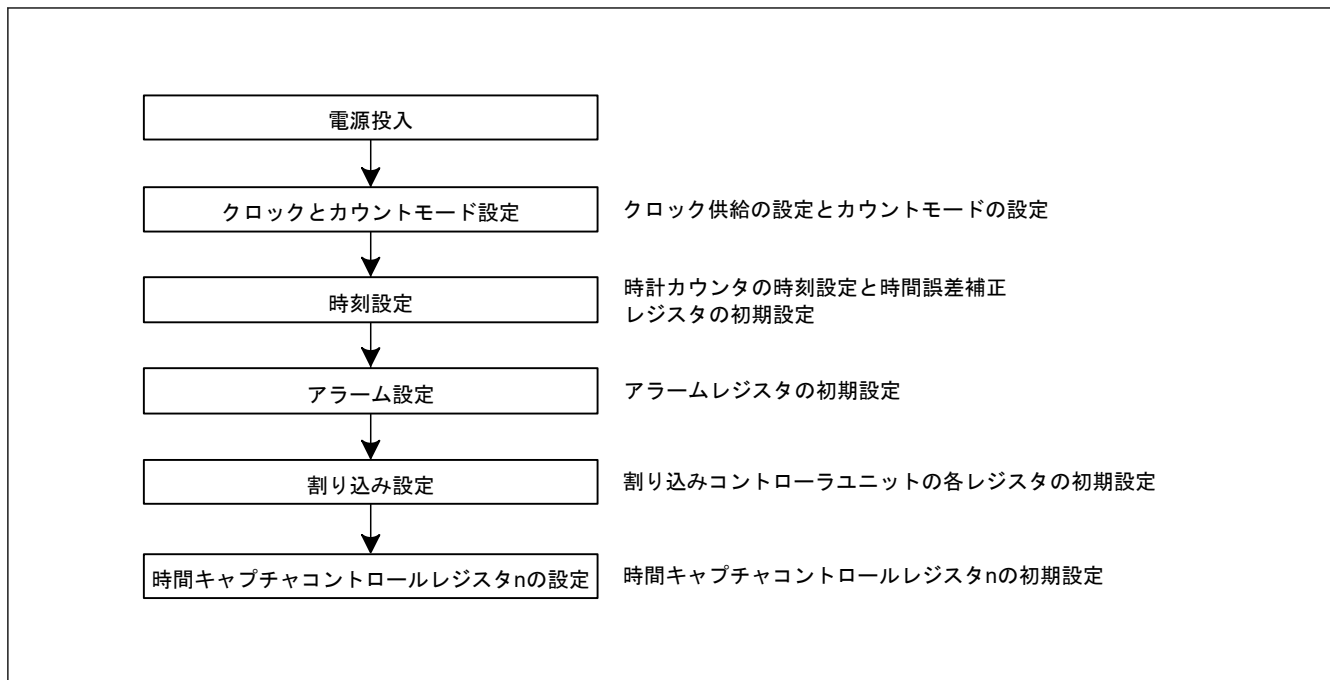


図 23.2 電源投入後の初期設定の概要

23.3.2 クロックおよびカウントモードの設定手順

図 23.3 にクロックおよびカウントモードの設定手順を示します。

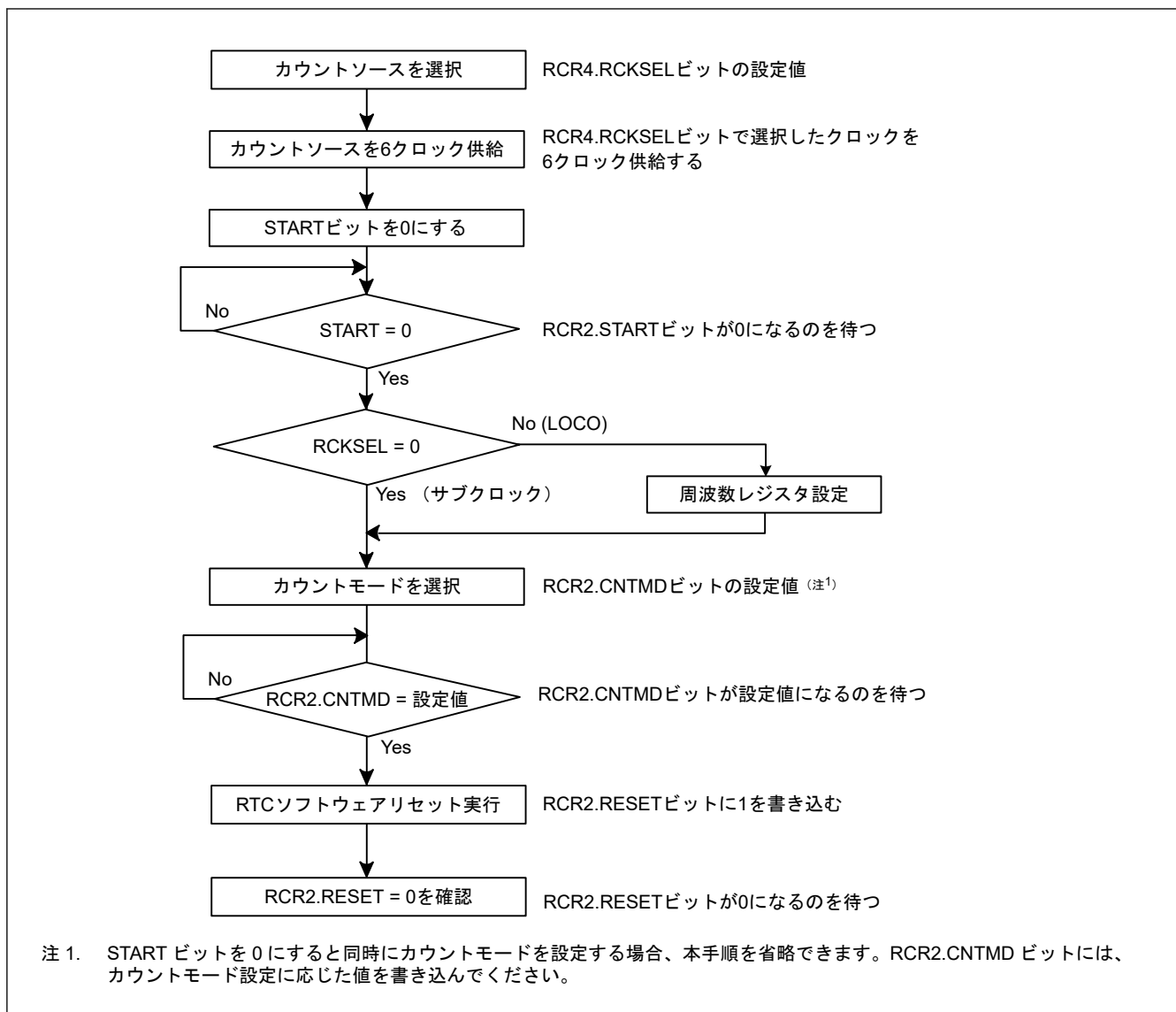


図 23.3 クロックおよびカウントモードの設定手順

23.3.3 時刻の設定

図 23.4 に時刻の設定手順を示します。

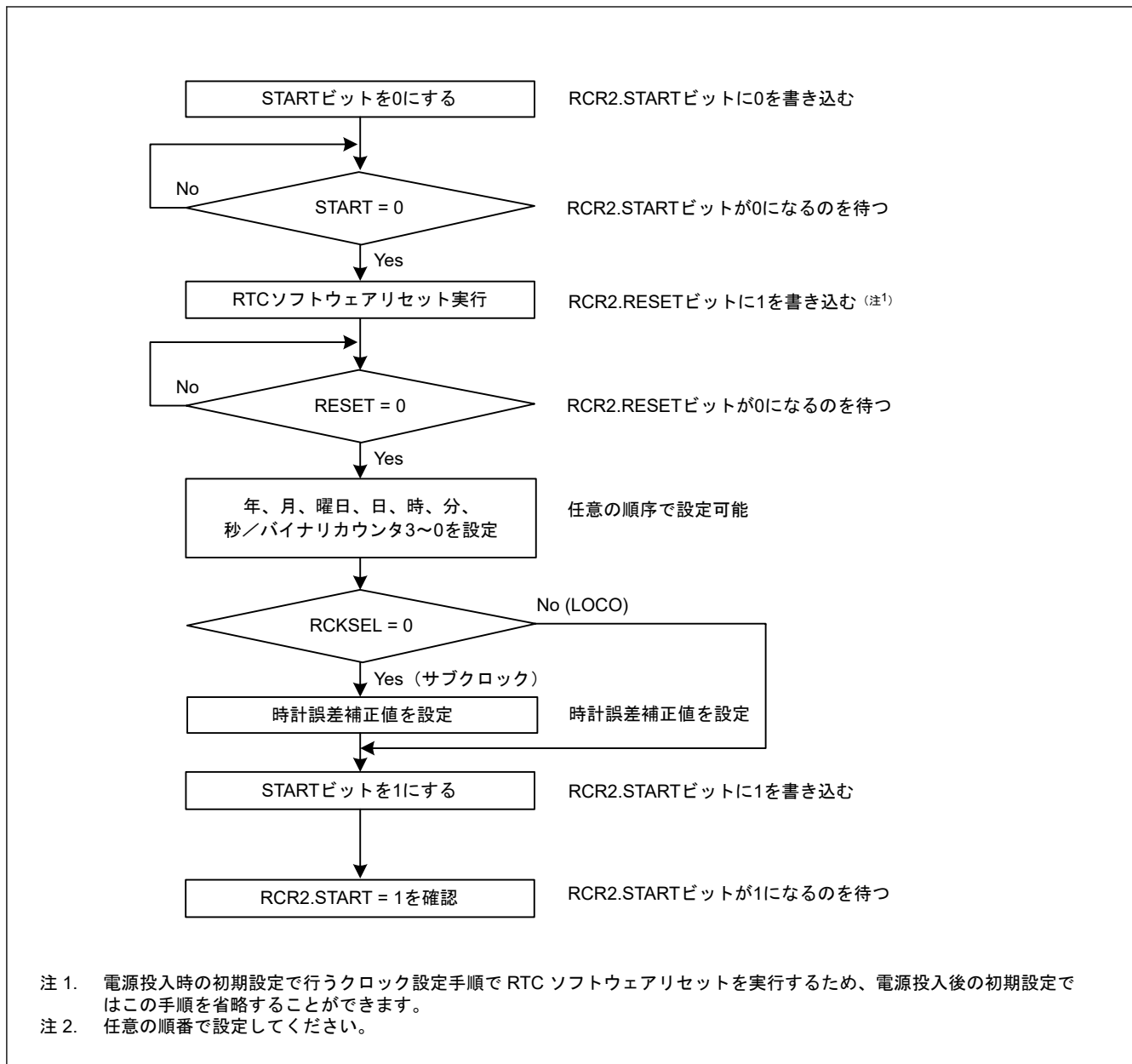


図 23.4 時刻の設定

23.3.4 30 秒調整

図 23.5 に 30 秒調整の実行手順を示します。

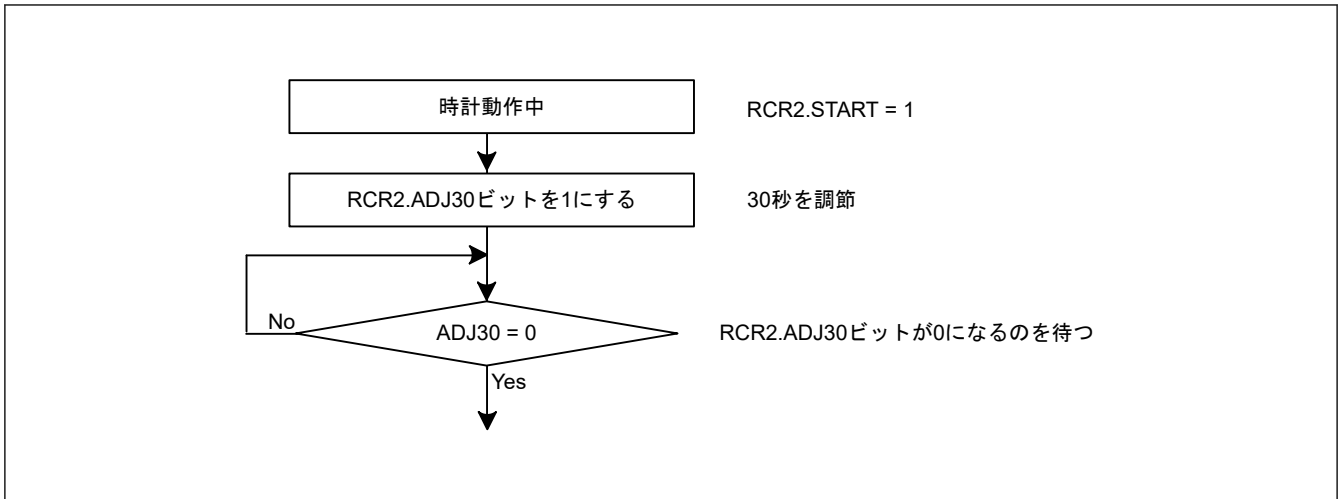


図 23.5 30 秒調整の実行

23.3.5 64 Hz カウンタと時刻の読み出し

図 23.6 に 64 Hz カウンタと時刻の読み出し手順を示します。

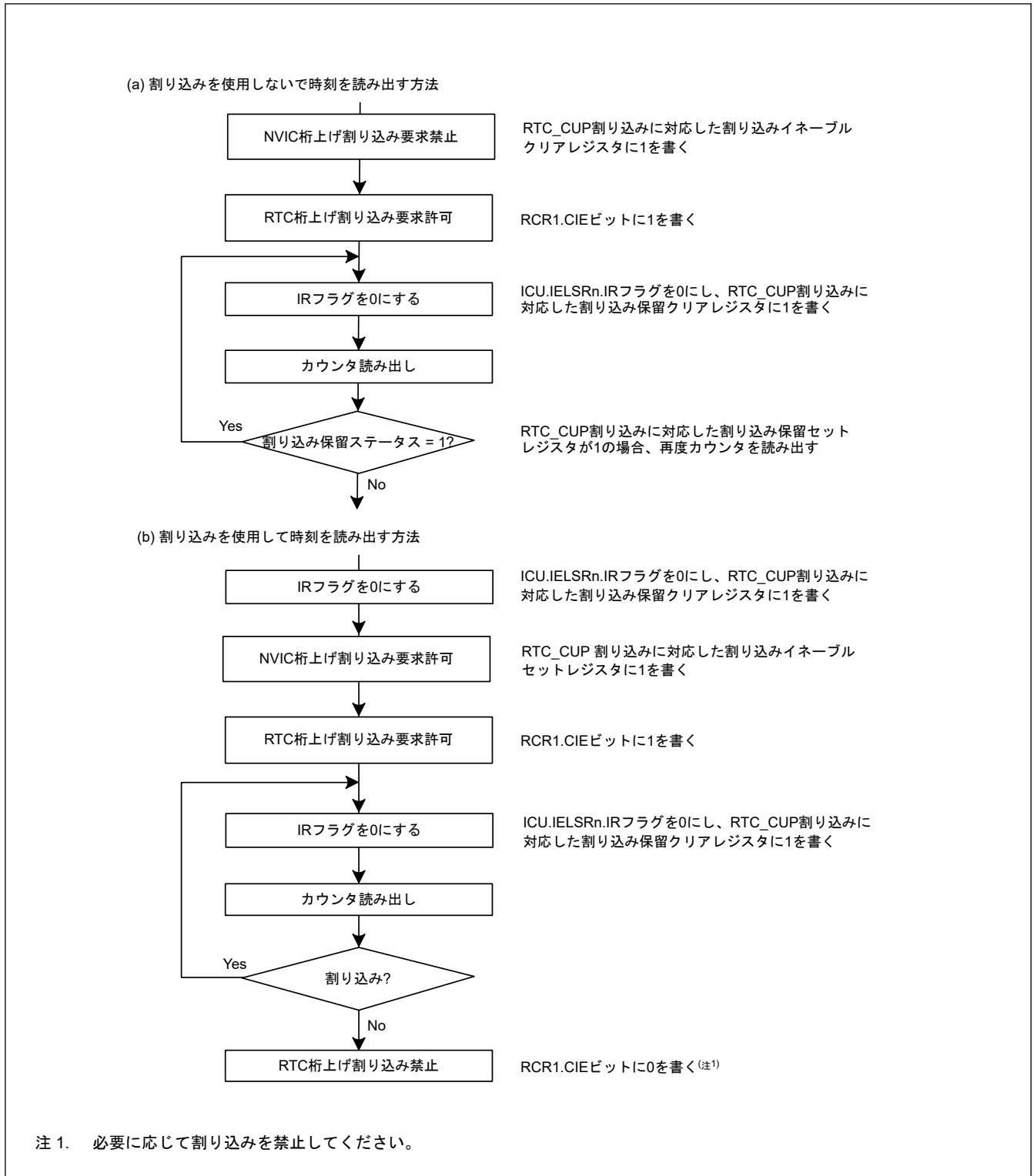


図 23.6 64 Hz カウンタと時刻の読み出し手順

64 Hz カウンタと時刻の読み出し中に桁上げが生じると、正しい時刻が得られないため、再度読み出す必要があります。割り込みを使用しないで時刻を読み出す場合の手順を図 23.6 の (a) に、桁上げ割り込みを使用する場合の手順を (b) に示します。通常は、プログラムを簡潔にするため、割り込みを使用しない方法 (a) を推奨します。

23.3.6 アラーム機能

図 23.7 にアラーム機能の使用手順を示します。

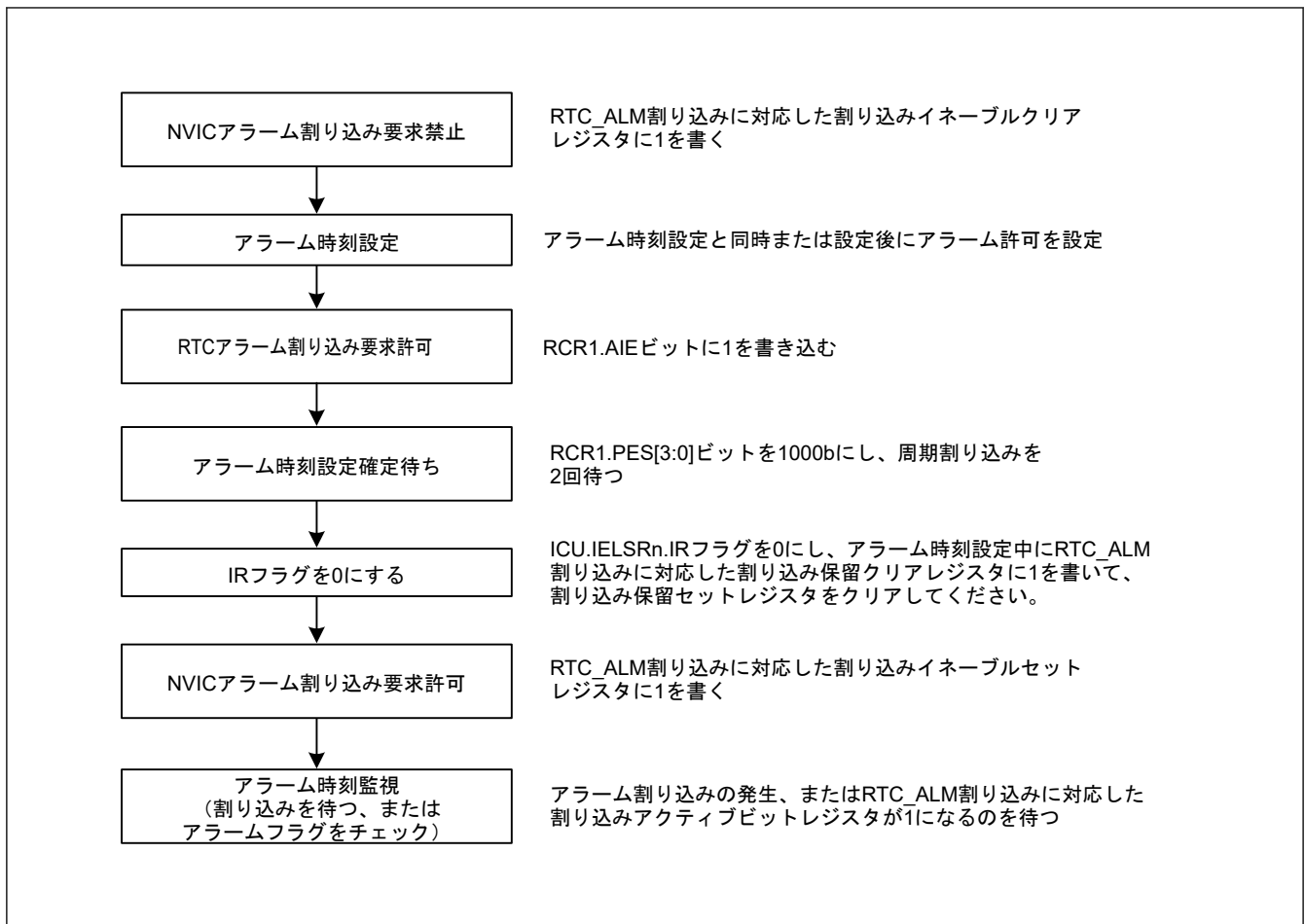


図 23.7 アラーム機能の使用手順

カレンダーカウントモードでは、年、月、日、曜日、時、分、秒のいずれか1つ、またはこれらの任意の組み合わせで、アラームを発生させることができます。アラーム設定をする各アラームレジスタのENBビットに1を書き込み、下位ビットにアラーム時刻を設定します。アラームの対象外のレジスタはENBビットに0を書き込みます。

バイナリカウントモードでは、32ビットの任意ビットの組み合わせでアラームを発生させることができます。アラームの対象とするビットに対応するアラームイネーブルレジスタのENBビットに1を書き込み、アラームレジスタにアラーム時刻を設定します。アラームの対象外とするビットに対しては、アラームイネーブルレジスタ(注1)のENBビットに0を書き込みます。

ENB[31:0]ビットのうち、1になっているビットに対応するバイナリカウンタ(BCNT[31:0])が、バイナリアラームレジスタ(注1)と比較されて、すべてが一致すると、RTC_ALM割り込みに対応したIRフラグが1になり、割り込み保留セット/保留クリアレジスタが1になります。アラームの検出は、RTC_ALM割り込みに対応した割り込みセット保留レジスタを読み出すことで確認できますが、通常は割り込みで行うことを推奨します。

RTC_ALM割り込みに対応した割り込みセットイネーブルレジスタが1になっている場合、アラームイベント発生時にアラーム割り込みが発生し、アラームの検出が可能になります。

RTC_ALM割り込みに対応したIELSRn.IRフラグは、0を書き込むと0になります。割り込みを許可した場合、割り込みハンドラの終了後、RTC_ALM割り込みに対応した割り込みセット保留/クリア保留レジスタが自動的にクリアされます。割り込みを禁止した場合は、RTC_ALM割り込みに対応した割り込みクリア保留レジスタに1を書き込むと、レジスタはクリアされます。

低消費電力状態のときにカウンタとアラーム時刻が一致すると、MCUは低消費電力状態から復帰します。

注 1. ENBビットのうち1になっている各ビットに対し、以下のレジスタのうちアラームレジスタの対応する位置の値とカウンタレジスタのカウント値の対応する各ビットが比較されます。

カウンタレジスタ : RSECCNT、RMINCNT、RHRCNT、RWKCNT、RDAYCNT、RMONCNT、RYRCNT

アラームレジスタ : RSECAR、RMINAR、RHRAR、RWKAR、RDAYAR、RMONAR、RYRAREN

23.3.7 アラーム割り込み禁止手順

図 23.8 に、許可状態のアラーム割り込み要求を禁止する手順を示します。

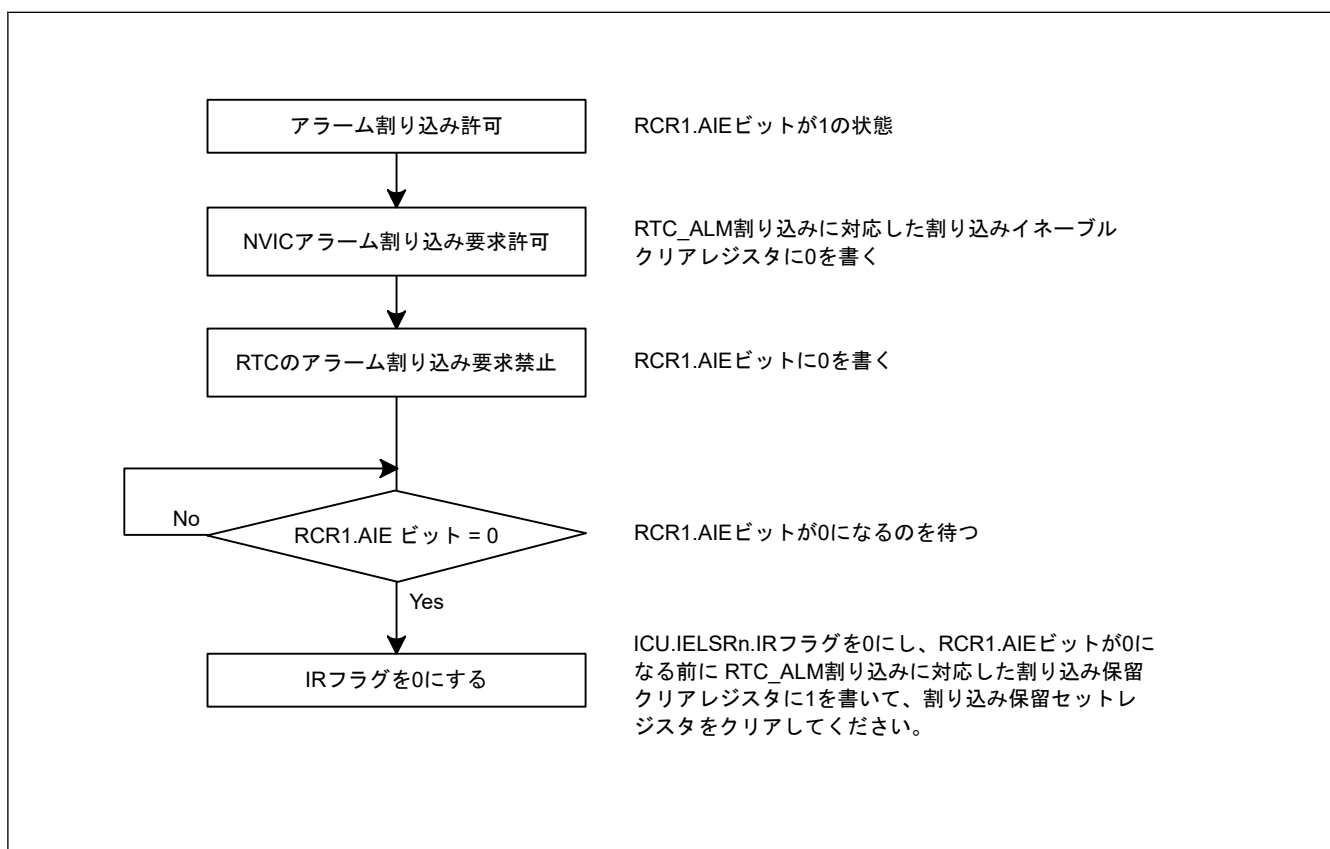


図 23.8 アラーム割り込み要求の禁止手順

23.3.8 時間誤差補正機能

時間誤差補正機能は、サブクロック発振器による発振精度の変動に起因した、時計の誤差（遅れ／進み）を補正するために使用します。サブクロック発振器を選択した場合、サブクロック発振器の 32768 サイクルが 1 秒の動作に相当するため、サブクロック発振器の周波数が高いと時計が進み、低いと時計が遅れます。

時間誤差補正機能には以下の種類があります。

- 自動補正
- ソフトウェアによる補正

自動補正またはソフトウェアによる補正は、RCR2.AADJE ビットで選択してください。

23.3.8.1 自動補正

RCR2.AADJE ビットを 1 にすると、自動補正が有効になります。

自動補正では、RCR2.AADJP ビットで選択した補正周期ごとに、プリスケアラでカウントした値に対して RADJ レジスタ値を加算または減算します。

(1) 例 1：サブクロック発振器が 32.769 kHz で動作している場合

補正方法

サブクロック発振器が 32.769 kHz で動作している場合、32769 クロックサイクルごとに 1 秒経過します。RTC は、32768 クロックサイクルを 1 秒として動作するため、1 秒ごとに 1 クロックサイクル分時計が進みます。時計は、1 分当たり 60 クロックサイクルのペースで早くなるため、1 分ごとに 60 クロックサイクルだけ遅らせる方法で補正が可能です。

レジスタ設定値：(RCR2.CNTMD = 0 の場合)

- RCR2.AADJP = 0 (1 分ごとに補正)
- RADJ.PMADJ[1:0] = 10b (プリスケアラに対して値を減算して補正)
- RADJ.ADJ[5:0] = 60 (0x3C)

(2) 例 2：サブクロック発振器が 32.766 kHz で動作している場合**補正方法**

サブクロック発振器が 32.766 kHz で動作している場合、32766 クロックサイクルごとに 1 秒経過します。RTC は、32768 クロックサイクルを 1 秒として動作するため、1 秒ごとに 2 クロックサイクル分時計が遅れます。時計は、10 秒当たり 20 クロックサイクルのペースで遅くなるため、10 秒ごとに 20 クロックサイクル分時計を進める方法で補正が可能です。

レジスタ設定値：(RCR2.CNTMD = 0 の場合)

- RCR2.AADJP = 1 (10 秒ごとに補正)
- RADJ.PMADJ[1:0] = 01b (プリスケアラに対して値を加算して補正)
- RADJ.ADJ[5:0] = 20 (0x14)

(3) 例 3：サブクロック発振器が 32.764 kHz で動作している場合**補正方法**

サブクロック発振器が 32.764 kHz で動作している場合、32764 クロックサイクルで 1 秒経過します。RTC は、32768 クロックサイクルを 1 秒として動作するため、時計は 1 秒間に 4 クロックサイクル分遅れます。8 秒間では 32 クロックサイクル分遅れるため、8 秒ごとに 32 クロックサイクル分時計を進めることで補正が可能です。

レジスタ設定値：(RCR2.CNTMD = 1 の場合)

- RCR2.AADJP = 1 (8 秒ごとに補正)
- RADJ.PMADJ[1:0] = 01b (プリスケアラに対して値を加算して補正)
- RADJ.ADJ[5:0] = 32 (0x20)

23.3.8.2 ソフトウェアによる補正

RCR2.AADJE ビットを 0 にすると、ソフトウェアによる補正が有効になります。ソフトウェアによる補正では、RADJ レジスタへの書き込み命令を実行したタイミングで、プリスケアラでカウントした値に対し RADJ レジスタ値を加算または減算します。

(1) 例 1：サブクロック発振器が 32.769 kHz で動作している場合**補正方法**

サブクロック発振器が 32.769 kHz で動作している場合、32769 クロックサイクルごとに 1 秒経過します。RTC は、32768 クロックサイクルを 1 秒として動作するため、1 秒ごとに 1 クロックサイクル分時計が進みます。時計は、1 秒当たり 1 クロックサイクルのペースで早くなるため、1 秒ごとに 1 クロックサイクル分、時計を遅らせる方法で補正が可能です。

レジスタ設定値：(RCR2.CNTMD = 0 の場合)

- RADJ.PMADJ[1:0] = 10b (プリスケアラに対して値を減算して補正)
- RADJ.ADJ[5:0] = 1 (0x01)
この値を、1 秒の割り込みにつき 1 回、RADJ レジスタに書き込みます。

23.3.8.3 補正方法の変更手順

補正方法を変更する場合は、RADJ.PMADJ[1:0] ビットを 00b (補正を行わない) にした後、RCR2.AADJE ビットの値を変更してください。

ソフトウェアによる補正から自動補正へ切り替える場合

1. RADJ.PMADJ[1:0]ビットを 00b (補正を行わない) にします。
2. RCR2.AADJE ビットを 1 (自動補正有効) にします。
3. RCR2.AADJP ビットで自動補正周期を選択します。
4. RADJ.PMADJ[1:0]ビットに加算または減算を設定し、RADJ.ADJ[5:0]ビットに時間誤差補正値を設定します。

自動補正からソフトウェアによる補正へ切り替える場合

1. RADJ.PMADJ[1:0]ビットを 00b (補正を行わない) にします。
2. RCR2.AADJE ビットを 0 (ソフトウェアによる補正を有効) にします。
3. 任意のタイミングで、RADJ.PMADJ[1:0]ビットに加算または減算を設定し、RADJ.ADJ[5:0]ビットに時間誤差補正値を設定することにより、補正を開始します。以降、RADJ レジスタに値を書き込むごとに時間補正が行われます。

23.3.8.4 補正の停止手順

補正機能を停止するには、RADJ.PMADJ[1:0]ビットを 00b (補正しない) にします。

23.3.9 時間キャプチャ機能

RTC は、カレンダーカウントモードおよびバイナリカウントモード時に、時間キャプチャイベント入力端子のエッジ検出によって、各種時計カウンタの値またはバイナリカウンタ 3~0 の値を格納することが可能です。

また、時間キャプチャイベント入力端子には、ノイズフィルタを使用できます。ノイズフィルタを有効にした場合、端子の入力レベルが 3 回一致すると TCST ビットが 1 になります。

時間キャプチャイベント入力端子は、端子ごとにノイズフィルタの開始または停止を設定できます。RTCICn 入力を許可するために、VBTICTLR.VCHnIEN (n=0~2) を 1 に設定してください。ノイズフィルタ停止の場合の時間キャプチャ動作タイミングを図 23.9 に、ノイズフィルタ開始の場合の時間キャプチャ動作タイミングを図 23.10 に示します。

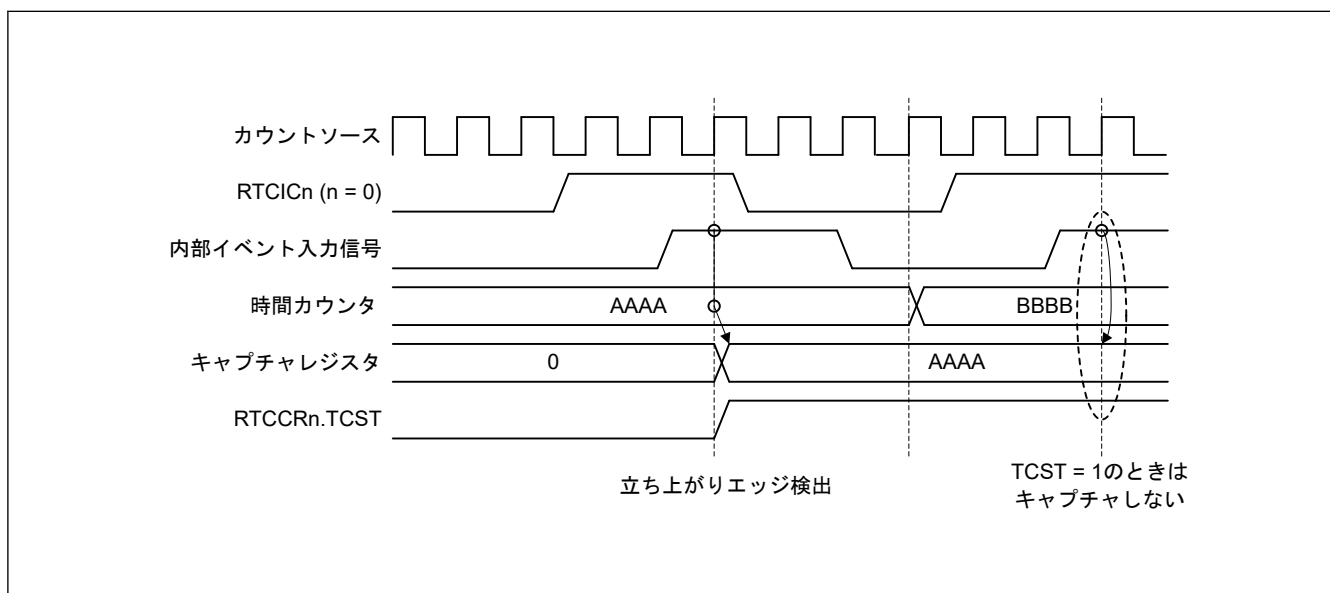


図 23.9 時間キャプチャ動作タイミング (ノイズフィルタ停止)

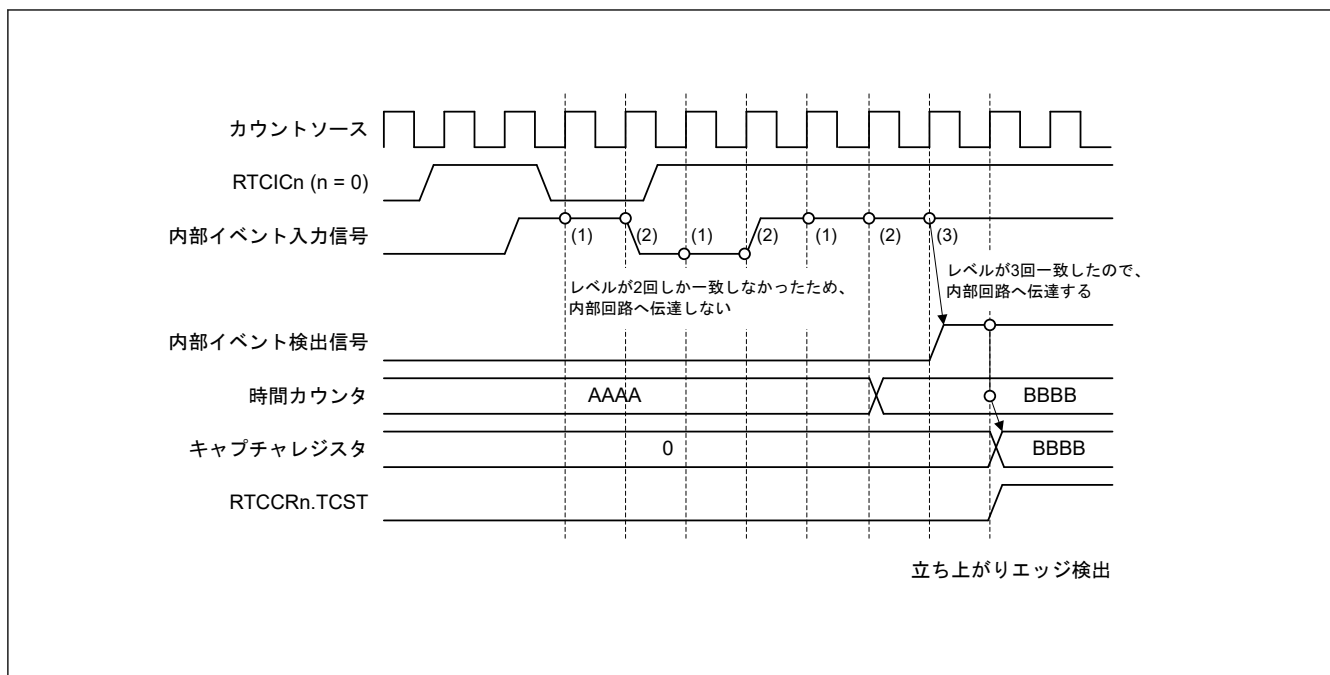


図 23.10 時間キャプチャ動作タイミング (ノイズフィルタ開始)

23.4 割り込み要因

RTC には、表 23.3 に示すように、3 種類の割り込み要因があります。

表 23.3 RTC 割り込み要因

名称	割り込み要因
RTC_ALM	アラーム割り込み
RTC_PRD	周期割り込み
RTC_CUP	桁上げ割り込み

(1) アラーム割り込み (RTC_ALM)

この割り込みは、アラームレジスタと RTC カウンタの比較結果に基づいて発生します。詳細は、「23.3.6. アラーム機能」を参照してください。

アラームレジスタの設定値が時計カウンタと一致したとき、割り込みフラグが 1 になる可能性があるため、アラームレジスタの値を変更した後は、アラーム時刻の設定が確定されるまで待って、IELSRn.IR フラグと、RTC_ALM 割り込みに対応する割り込みセット保留レジスタを再び 0 にクリアしてください。アラーム割り込みの割り込みフラグが 1 になった後、アラームレジスタと時計カウンタを不一致状態に戻すと、再び一致するかアラームレジスタの値の再設定を行うまでフラグは 1 になりません。

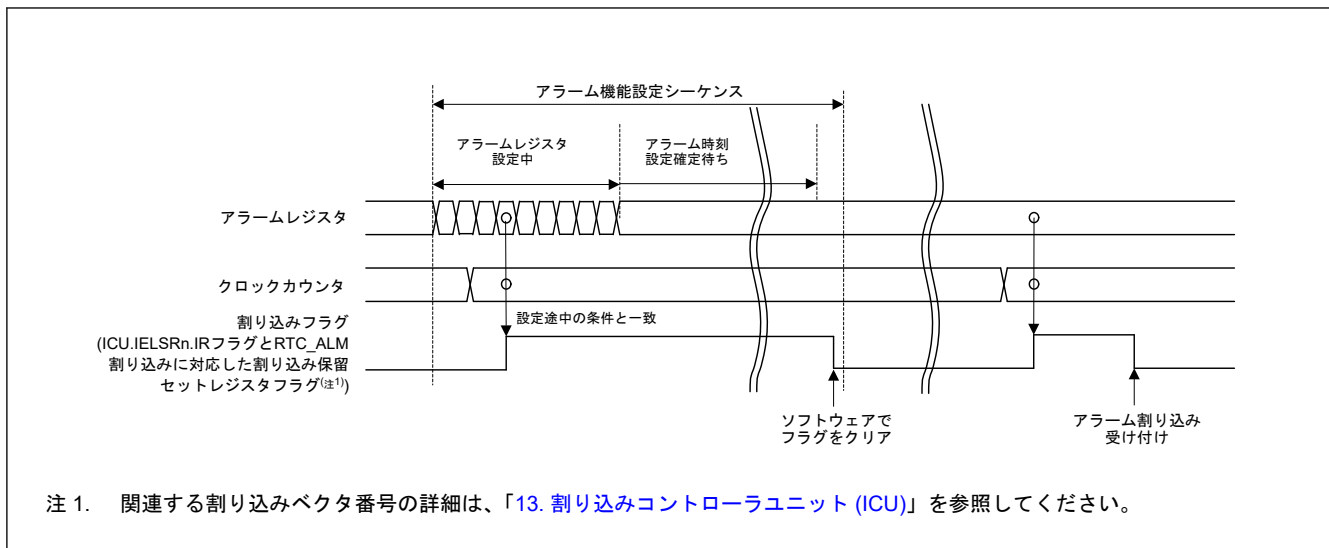


図 23.11 アラーム割り込み (RTC_ALM) のタイミング図

(2) 周期割り込み (RTC_PRD)

この割り込みは、2 秒、1 秒、1/2 秒、1/4 秒、1/8 秒、1/16 秒、1/32 秒、1/64 秒、1/128 秒、または 1/256 秒周期で発生します。RCR1.PES[3:0] ビットによって割り込み周期の選択が可能です。

(3) 桁上げ割り込み (RTC_CUP)

この割り込みは、カレンダーカウントモード時／バイナリカウントモード時、秒カウンタ／バイナリカウンタ 0 への桁上げが生じたとき、または 64 Hz カウンタの読み出しと R64CNT カウンタへの桁上げが重なったときに発生します。

図 23.12 に、桁上げ割り込み (RTC_CUP) の発生タイミングを示します。

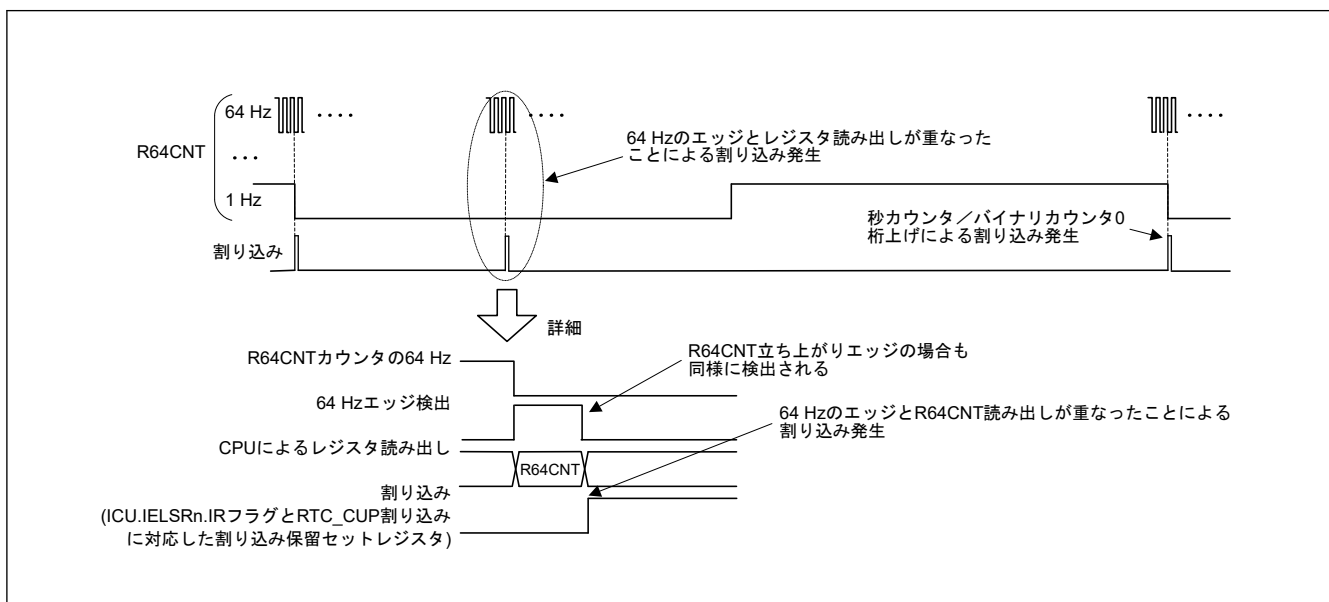


図 23.12 桁上げ割り込み (RTC_CUP) のタイミング図

23.5 イベントリンク出力機能

RTC は、ELC 用の周期イベント出力 (RTC_PRD) のイベント信号を発生させることで、あらかじめ選択しておいた他のモジュールを動作させることが可能です。

RCR1.PES[3:0] ビットの設定により、2 秒、1 秒、1/2 秒、1/4 秒、1/8 秒、1/16 秒、1/32 秒、1/64 秒、1/128 秒、1/256 秒から選択した周期でイベントを出力します。

イベント発生を選択した直後のイベント発生周期は保証されません。

注. RTCからのイベントリンク機能を使用する場合は、必ずRTCの設定（初期化、時刻設定など）を行った後、ELCを設定してください。ELCの設定後にRTCを設定すると、意図しないイベント信号を出力する場合があります。

23.5.1 割り込み処理とイベントリンクの関係

RTCには、周期割り込みを許可または禁止するビットがあります。割り込み要因が発生すると、対応する割り込み許可ビットが許可の場合に、CPUに対して割り込み要求信号を出力します。

これに対して、イベントリンク出力信号は、対応する割り込み許可ビットの設定とは無関係に、割り込み要因が発生すると、ELCを介して他のモジュールにイベント信号として出力します。

注. ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモード中も、アラーム割り込みと周期割り込みの出力は可能ですが、ELC用の周期イベント信号は出力しません。

23.6 使用上の注意事項

23.6.1 カウント動作時のレジスタ書き込みについて

カウント動作時（RCR2.STARTビットが1のとき）は、以下のレジスタに書き込みを行わないでください。

- RSECCNT/BCNT0
- RMINCNT/BCNT1
- RHRCNT/BCNT2
- RDAYCNT
- RWKCNT/BCNT3
- RMONCNT
- RYRCNT
- RCR1.RTCOS
- RCR2.RTCOE
- RCR2.HR24
- RFRL

上記のレジスタのいずれかに書き込みを行う場合、カウントを停止してから書き込んでください。

23.6.2 周期割り込みの使用について

[図 23.13](#) に周期割り込みの使用方法を示します。

周期割り込みの発生とその周期は、RCR1.PES[3:0]ビットの設定で変更できます。ただし、割り込みの生成にはプリスケアラ、R64CNTとRSECCNT/BCNT0カウンタが使用されるため、RCR1.PES[3:0]ビットの設定直後は、割り込み発生周期が保証されません。

また、RCR2レジスタ値を変更して、以下の動作を行うと、割り込み発生周期に影響を与えます。

- カウント動作の停止／動作／リセット
- RTCソフトウェアリセット
- 30秒調整

時間誤差補正機能を使用した場合、補正後の割り込み発生周期は、補正值に従って加算または減算されます。

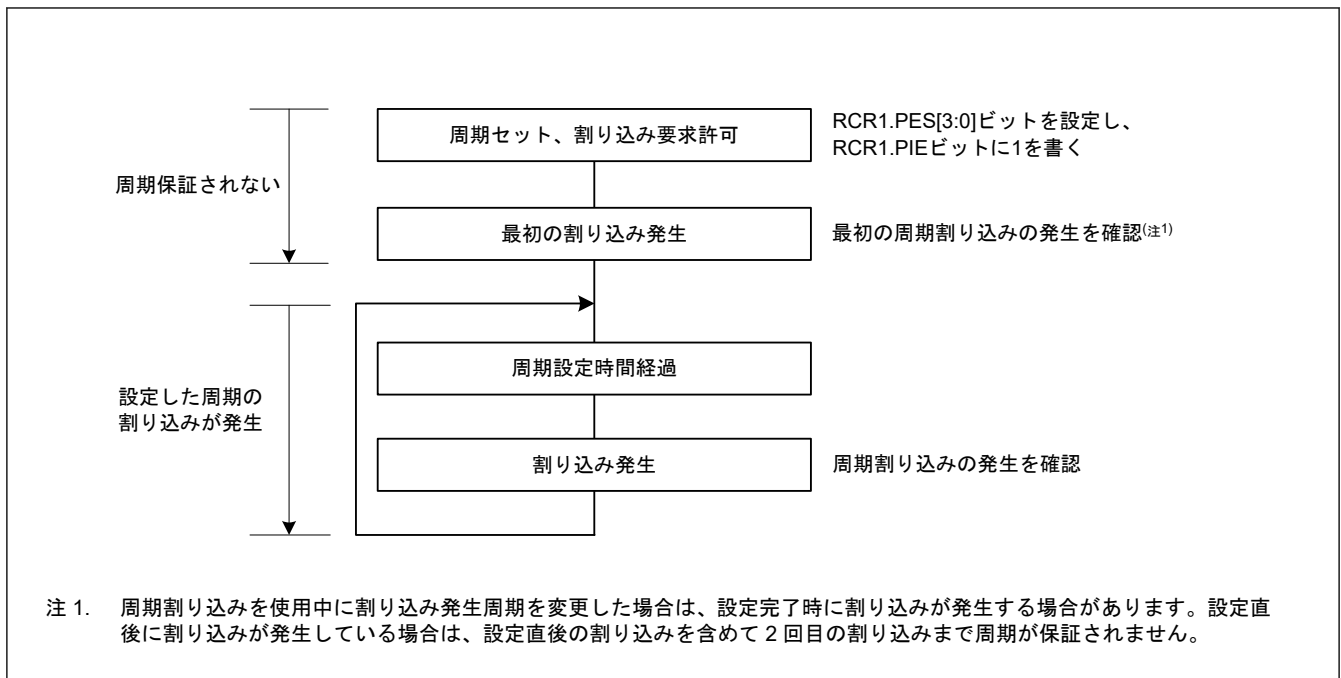


図 23.13 周期割り込み機能の使用法

23.6.3 RTCOUT (1 Hz/64 Hz) クロック出力について

RCR2 レジスタ値を変更して、カウント動作の停止/動作/リセット、RTC ソフトウェアリセットおよび 30 秒調整を行うと、RTCOUT (1 Hz/64 Hz) 出力周期に影響を与えます。時間誤差補正機能を使用した場合、補正後の RTCOUT (1 Hz/64 Hz) 出力周期は、補正值に従って加算または減算されます。

23.6.4 レジスタ設定後の低消費電力モードへの遷移について

RTC のレジスタへの書き込み中に低消費電力状態（ソフトウェアスタンバイモード、ディープソフトウェアスタンバイモード、またはバッテリバックアップ状態）へ遷移すると、レジスタ値が破壊することがあります。レジスタの設定後は、設定が確定されたことを確認してから低消費電力モードへ遷移してください。

23.6.5 レジスタの書き込み/読み出し時の注意事項

- カウンタレジスタ（秒カウンタなど）へ書き込んだ後、そのカウンタレジスタを読み出す際は、「[23.3.5.64 Hz カウンタと時刻の読み出し](#)」に示す手順に従ってください。
- カウンタレジスタ、アラームレジスタ、年アラームイネーブルレジスタ、RCR2.AADJE、AADJP、HR24 ビット、RCR4 レジスタに書いた値は、書き込み後、4 回目の読み出しから反映されます。
- RCR1.CIE ビット、RCR1.RTCOS ビット、および RCR2.RTCOE ビットは、書き込み直後に書いた値を読み出すことができます。
- リセットあるいはソフトウェアスタンバイモード、ディープソフトウェアスタンバイモード、またはバッテリバックアップ状態から復帰した後、カウンタの値を読み出す際は、時計が動作中（RCR2.START ビットが 1）の状態ですら 1/128 秒間待ってから読み出しを行ってください。
- リセット発生後、カウントソースクロックが 6 サイクル経過してから、RTC レジスタへ書き込んでください。

23.6.6 カウントモードの変更について

カウントモード（カレンダーカウントモード/バイナリカウントモード）を変更する場合は、RCR2.START ビットを 0 にしてカウント動作を停止させた後、初期設定からやり直してください。初期設定の詳細は、「[23.3.1. 電源投入後のレジスタ初期設定の概要](#)」を参照してください。

23.6.7 RTC を使用しない場合の初期化手順

RTC 内のレジスタは、リセットによって初期化されません。初期状態によっては、意図しない割り込み要求の発生やカウンタの動作によって、電力消費が多くなります。

RTC を使用しない場合、[図 23.14](#) に示す初期化手順に従って、レジスタを初期化してください。

他の方法として、サブクロック発振器をシステムクロックにも RTC にも使用しない場合は、RCR4.RCKSEL ビットを 0 (サブクロック発振器を選択) にした後、サブクロック発振器を停止させることでカウンタを停止できます。サブクロック発振器を停止するには、SOSCCR.SOSTP ビットに 1 を書き込んでください。

SOSCCR.SOSTP ビットの設定については、「[8. クロック発生回路](#)」を参照してください。

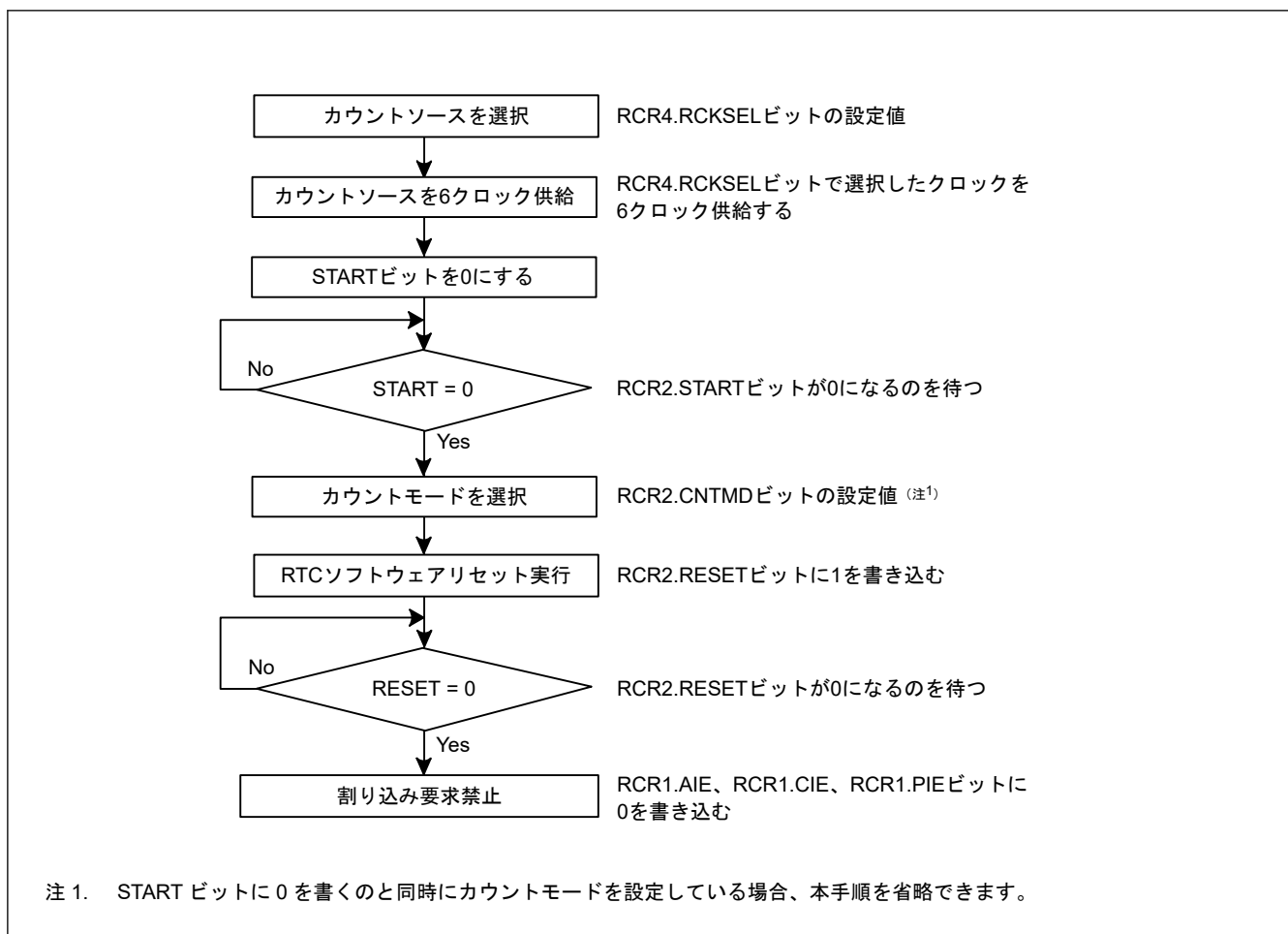


図 23.14 RTC を使用しない場合の初期化手順

23.6.8 ソースクロック切り替え時

SCKSCR.CKSEL[2:0] ビットを変更してソースクロックを切り替えるとき、セレクタからのクロック出力は切り替えたクロック 4 サイクル分停止します。このとき、RTC 周期割り込みか RTC 周期イベント出力を生成したら、その割り込みやイベントは無効です。

24. ウォッチドッグタイマ (WDT)

24.1 概要

ウォッチドッグタイマ (WDT) は 14 ビットのダウンカウンタです。システムが暴走すると WDT をリフレッシュできなくなるため、カウンタがアンダーフローした際に MCU をリセットすることができます。さらに、ノンマスカブル割り込みやアンダーフロー割り込み、を発生させるためにも使用できます。

表 24.1 に WDT の仕様を、図 24.1 に WDT のブロック図を示します。

表 24.1 WDT の仕様

項目	内容
カウントソース(注1)	周辺クロック (PCLKB)
クロック分周比	4 分周/64 分周/128 分周/512 分周/2048 分周/8192 分周
カウンタ動作	14 ビットのダウンカウンタによるダウンカウント
カウント開始条件	<ul style="list-style-type: none"> オートスタートモード: リセット後、またはアンダーフロー/リフレッシュエラー発生後に自動的にカウント開始 レジスタスタートモード: WDTRR レジスタへの書き込みによるリフレッシュ動作でカウント開始 セキュアデベロッパーのみがオートスタートモードまたはレジスタスタートモードを選択可能
カウント停止条件	<ul style="list-style-type: none"> リセット (ダウンカウンタおよび他のレジスタが初期値に戻る) カウンタのアンダーフローまたはリフレッシュエラー発生時
ウィンドウ機能	ウィンドウ開始/終了位置を設定可能 (リフレッシュ許可/禁止期間)
ウォッチドッグタイマリセット要因	<ul style="list-style-type: none"> ダウンカウンタのアンダーフロー リフレッシュ許可期間外でのリフレッシュ動作 (リフレッシュエラー)
ノンマスカブル割り込み/割り込み要因	<ul style="list-style-type: none"> ダウンカウンタのアンダーフロー リフレッシュ許可期間外でのリフレッシュ動作 (リフレッシュエラー)
カウンタ値の読み出し	WDTSR レジスタを読み出すことで、ダウンカウンタ値の読み出しが可能
イベントリンク機能 (出力)	<ul style="list-style-type: none"> ダウンカウンタアンダーフローイベント出力 リフレッシュエラーイベント出力
出力信号 (内部信号)	<ul style="list-style-type: none"> リセット出力 割り込み要求出力 スリープモードカウント停止制御出力
TrustZone フィルタ	セキュリティ属性を設定可能

注 1. 周辺モジュールクロック (PCLKB) 周波数 $\geq 4 \times$ (カウントクロックソースの分周後周波数) となるように設定してください。

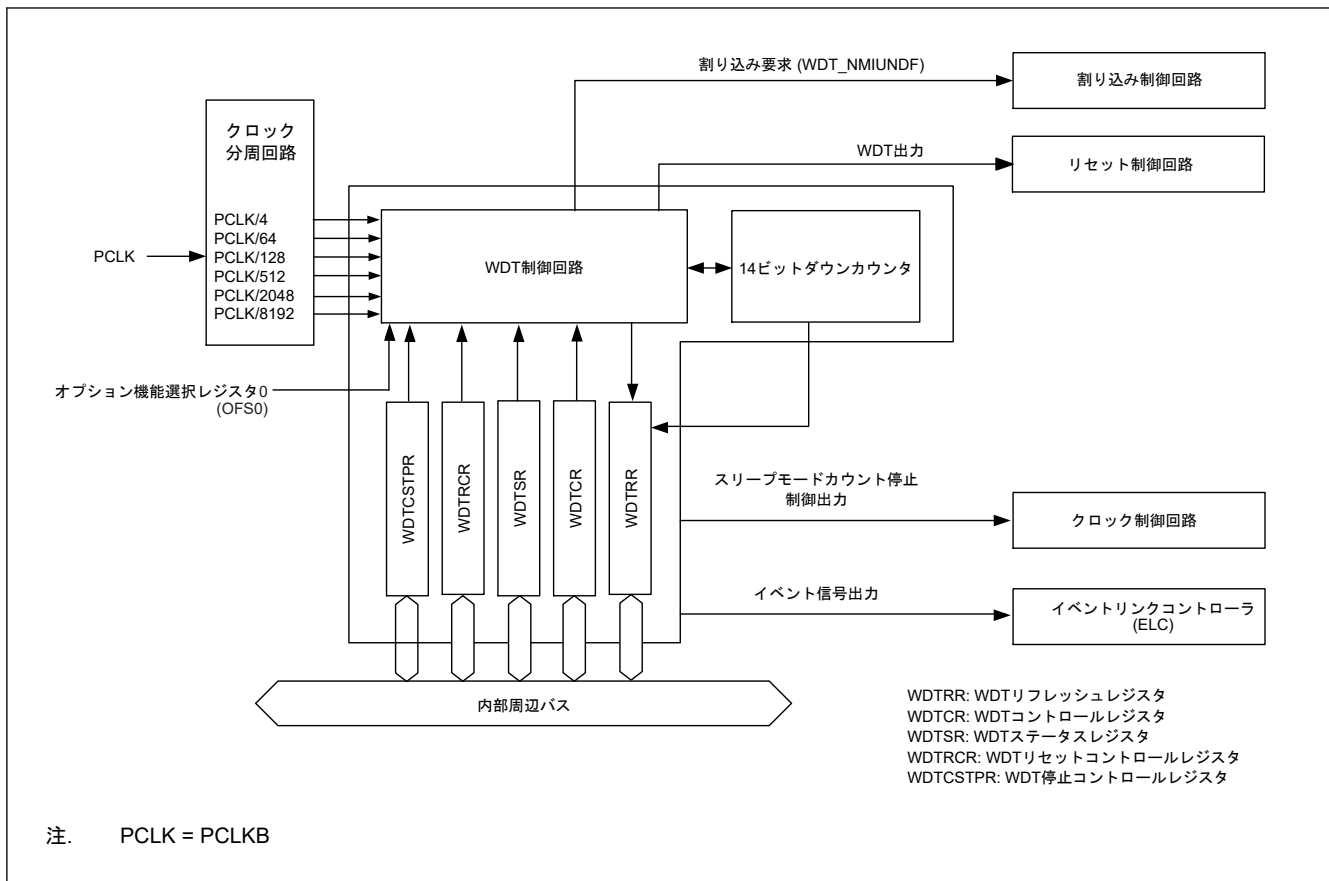


図 24.1 WDT のブロック図

24.2 レジスタの説明

24.2.1 WDTRR : WDT リフレッシュレジスタ

Base address: WDT = 0x4008_3400

Offset address: 0x00

Bit position: 7 0

Bit field:

Value after reset: 1 1 1 1 1 1 1 1

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	n/a	このレジスタに対して、0x00 の書き込み後、0xFF の書き込みでダウンカウンタがリフレッシュ	R/W

WDTRR レジスタは、WDT のダウンカウンタをリフレッシュするためのレジスタです。

リフレッシュ許可期間内に、WDTRR レジスタに 0x00 を書き込んだ後、0xFF を書き込むこと（リフレッシュ動作）により、WDT のダウンカウンタがリフレッシュされます。

オートスタートモードでは WDT タイムアウト期間選択ビット (OFS0.WDTPOPS[1:0]) で設定した値からダウンカウンタがスタートします。レジスタスタートモードでは、WDT コントロールレジスタのタイムアウト期間選択ビット (WDTCSR.TOPS[1:0]) で設定した値からダウンカウンタがスタートします。

読み出し値は、0x00 を書き込んだ場合は 0x00 であり、0x00 以外の値を書き込んだ場合は 0xFF となります。リフレッシュ動作の詳細は、「24.3.3. リフレッシュ動作」を参照してください。

24.2.2 WDTCR : WDT コントロールレジスタ

Base address: WDT = 0x4008_3400

Offset address: 0x02

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	RPSS[1:0]	—	—	RPES[1:0]	CKS[3:0]			—	—	TOPS[1:0]				
Value after reset:	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	TOPS[1:0]	タイムアウト期間選択 0 0: 1024 サイクル (0x03FF) 0 1: 4096 サイクル (0x0FFF) 1 0: 8192 サイクル (0x1FFF) 1 1: 16384 サイクル (0x3FFF)	R/W
3:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7:4	CKS[3:0]	クロック分周比選択 0x1: PCLKB/4 0x4: PCLKB/64 0xF: PCLKB/128 0x6: PCLKB/512 0x7: PCLKB/2048 0x8: PCLKB/8192 その他: 設定禁止	R/W
9:8	RPES[1:0]	ウィンドウ終了位置選択 0 0: 75% 0 1: 50% 1 0: 25% 1 1: 0% (ウィンドウ終了位置の設定なし)	R/W
11:10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
13:12	RPSS[1:0]	ウィンドウ開始位置選択 0 0: 25% 0 1: 50% 1 0: 75% 1 1: 100% (ウィンドウ開始位置の設定なし)	R/W
15:14	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

WDTCR レジスタは、レジスタスタートモード時のダウンカウンタがアンダーフローするまでのタイムアウト期間、クロック分周比、リフレッシュのウィンドウ開始/終了位置を設定するレジスタです。

WDTCR レジスタへの書き込みには、いくつかの制限があります。詳細は「[24.3.2. WDTCR、WDTRCR、および WDTCSSTPR レジスタへの書き込み制御](#)」を参照してください。

オートスタートモードの場合、WDTCR レジスタの設定値は無効となり、オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の設定値が有効となります。OFS0 レジスタの設定は、WDTCR レジスタと同様の設定が可能です。詳細は、「[24.3.8. オプション機能選択レジスタ 0 \(OFS0\) と WDT のレジスタの対応関係](#)」を参照してください。

TOPS[1:0]ビット (タイムアウト期間選択)

TOPS[1:0]ビットはタイムアウト期間 (ダウンカウンタがアンダーフローするまでの期間) を、CKS[3:0]ビットで設定した分周クロックを 1 サイクルとして、1024 サイクル/4096 サイクル/8192 サイクル/16384 サイクルから選択します。ダウンカウンタのリフレッシュ後、アンダーフローするまでの時間 (PCLKB サイクル数) は、CKS[3:0]ビットと TOPS[1:0]ビットの組み合わせで決定されます。

表 24.2 に、CKS[3:0]および TOPS[1:0]ビットの設定値、タイムアウト期間、および PCLKB サイクル数の関係を示します。

表 24.2 タイムアウト期間の設定

CKS[3:0]ビット	TOPS[1:0]ビット	クロック分周比	タイムアウト期間 (サイクル数)	PCLKB クロックサイクル数
0x1	00b	PCLKB/4	1024	4096
	01b		4096	16384
	10b		8192	32768
	11b		16384	65536
0x4	00b	PCLKB/64	1024	65536
	01b		4096	262144
	10b		8192	524288
	11b		16384	1048576
0xF	00b	PCLKB/128	1024	131072
	01b		4096	524288
	10b		8192	1048576
	11b		16384	2097152
0x6	00b	PCLKB/512	1024	524288
	01b		4096	2097152
	10b		8192	4194304
	11b		16384	8388608
0x7	00b	PCLKB/2048	1024	2097152
	01b		4096	8388608
	10b		8192	16777216
	11b		16384	33554432
0x8	00b	PCLKB/8192	1024	8388608
	01b		4096	33554432
	10b		8192	67108864
	11b		16384	134217728

CKS[3:0]ビット (クロック分周比選択)

CKS[3:0]ビットはダウンカウンタで使用するクロックの分周比を設定します。分周比は、WDT カウントクロック (PCLKB) の 4 分周/64 分周/128 分周/512 分周/2048 分周/8192 分周から選択できます。TOPS[1:0]ビット設定と組み合わせて、WDT のカウント期間を PCLKB クロックの 4096~134217728 サイクルから選択できます。

RPES[1:0]ビット (ウィンドウ終了位置選択)

RPES[1:0]ビットはリフレッシュ許可期間を示すウィンドウ終了位置を設定します。ウィンドウ終了位置は、タイムアウト期間の 75%、50%、25%、0%から選択できます。ウィンドウ終了位置には、ウィンドウ開始位置より小さい値を選択してください (ウィンドウ開始位置 > ウィンドウ終了位置)。ウィンドウ終了位置がウィンドウ開始位置よりも大きいと、ウィンドウ開始位置の設定のみが有効となります。

RPSS[1:0]ビット (ウィンドウ開始位置選択)

RPSS[1:0]ビットはリフレッシュ許可期間を示すウィンドウ開始位置を設定します。ウィンドウ開始位置は、タイムアウト期間の 100%、75%、50%、25%から選択できます。ウィンドウ開始位置には、ウィンドウ終了位置より大きい値を設定してください。ウィンドウ開始位置に対してウィンドウ終了位置以下の値を設定した場合、ウィンドウ終了位置は 0%になります。

表 24.3 にウィンドウ開始、終了位置のカウント値を、図 24.2 に RPSS[1:0]、RPES[1:0]、TOPS[1:0]ビットで設定されるリフレッシュ許可期間を示します。

表 24.3 タイムアウト期間とウィンドウ開始/終了カウンタ値の対応表

TOPS[1:0] ビット	タイムアウト期間		ウィンドウ開始/終了カウンタ値			
	サイクル数	カウンタ値	100%	75%	50%	25%
00b	1024	0x03FF	0x03FF	0x02FF	0x01FF	0x00FF
01b	4096	0x0FFF	0x0FFF	0x0BFF	0x07FF	0x03FF
10b	8192	0x1FFF	0x1FFF	0x17FF	0x0FFF	0x07FF
11b	16384	0x3FFF	0x3FFF	0x2FFF	0x1FFF	0x0FFF

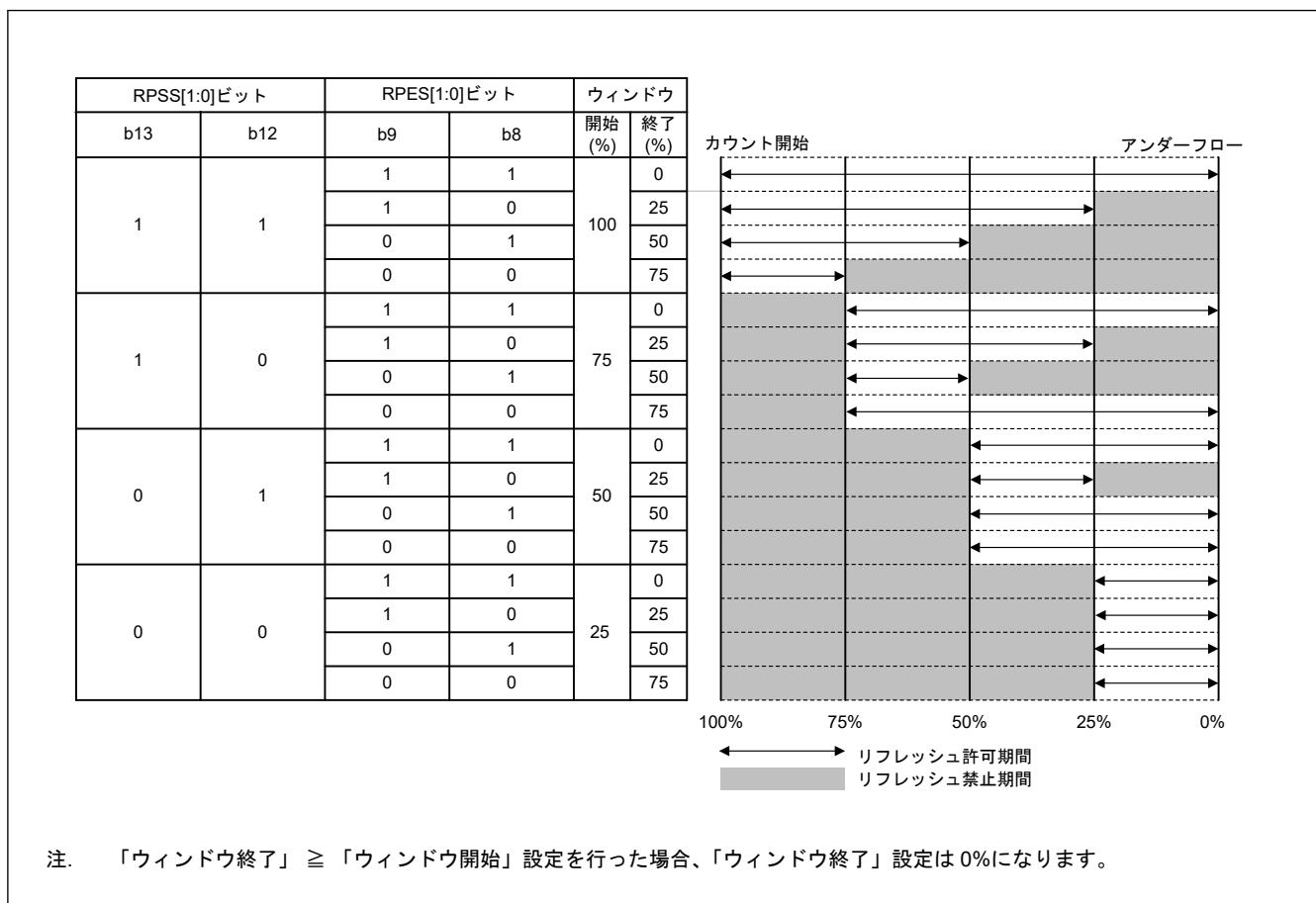


図 24.2 RPSS[1:0]および RPES[1:0]ビットとリフレッシュ許可期間

24.2.3 WDTSR : WDT ステータスレジスタ

Base address: WDT = 0x4008_3400

Offset address: 0x04

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	REFE F	UNDF F	CNTVAL[13:0]												
------------	-----------	-----------	--------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
13:0	CNTVAL[13:0]	ダウンカウンタ値 ダウンカウンタのカウンタ値	R
14	UNDF	アンダーフローフラグ 0: アンダーフローなし 1: アンダーフロー発生	R/W(注1)

ビット	シンボル	機能	R/W
15	REFEF	リフレッシュエラーフラグ 0: リフレッシュエラーなし 1: リフレッシュエラー発生	R/W(注1)

注 1. フラグをクリアするための 0 書き込みのみ可能です。

WDTSR レジスタは、ダウンカウンタのカウント値表示、およびアンダーフロー、リフレッシュエラーの発生状態を表示するレジスタです。

CNTVAL[13:0]ビット (ダウンカウンタ値)

CNTVAL[13:0]ビットを読み出すことにより、ダウンカウンタの値を確認できます。読み出し値は、実際のカウント値から 1 カウントずれる場合があります。

UNDFE フラグ (アンダーフローフラグ)

UNDFE フラグを読み出すことにより、ダウンカウンタのアンダーフロー発生状態を確認できます。読み出し値が 1 のとき、ダウンカウンタがアンダーフローしたことを示します。値を 0 にするには 0 を書き込んでください。1 の書き込みは無効です。

UNDFE フラグのクリアには、(N+1) PCLKB サイクルを要します。さらに、アンダーフローの発生から (N+1) PCLKB サイクルの間は、このフラグをクリアしても無視されます。N は以下のように、WDTCR.CKS[3:0]ビットで指定されます。

- WDTCR.CKS[3:0] = 0x1 の時、N = 4
- WDTCR.CKS[3:0] = 0x4 の時、N = 64
- WDTCR.CKS[3:0] = 0xF の時、N = 128
- WDTCR.CKS[3:0] = 0x6 の時、N = 512
- WDTCR.CKS[3:0] = 0x7 の時、N = 2048
- WDTCR.CKS[3:0] = 0x8 の時、N = 8192

REFEF フラグ (リフレッシュエラーフラグ)

REFEF フラグを読み出すことにより、リフレッシュエラー発生状態を確認できます。読み出し値が 1 のとき、リフレッシュエラーが発生したことを示します。値を 0 にするには、0 を書き込んでください。1 の書き込みは無効です。

REFEF フラグのクリアには、(N+1) PCLKB サイクルを要します。さらに、リフレッシュエラーの発生から (N+1) PCLKB サイクルの間は、このフラグをクリアしても無視されます。N は以下のように、WDTCR.CKS[3:0]ビットで指定されます。

- WDTCR.CKS[3:0] = 0x1 の時、N = 4
- WDTCR.CKS[3:0] = 0x4 の時、N = 64
- WDTCR.CKS[3:0] = 0xF の時、N = 128
- WDTCR.CKS[3:0] = 0x6 の時、N = 512
- WDTCR.CKS[3:0] = 0x7 の時、N = 2048
- WDTCR.CKS[3:0] = 0x8 の時、N = 8192

24.2.4 WDTRCR : WDT リセットコントロールレジスタ

Base address: WDT = 0x4008_3400

Offset address: 0x06

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	RSTIR QS	—	—	—	—	—	—	—

Value after reset: 1 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
6:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	RSTIRQS	リセット割り込み要求選択 0: ノンマスクابل割り込み要求または割り込み要求の出力を許可 1: リセット出力を許可	R/W

WDTRCR レジスタは、WDT のダウンカウンタのアンダーフローによるリセット出力、または割り込み要求出力の制御を行うレジスタです。

WDTRCR レジスタへの書き込みには、いくつかの制限があります。詳細は、「[24.3.2. WDTCR、WDTRCR、および WDTCSSTPR レジスタへの書き込み制御](#)」を参照してください。

オートスタートモードの場合、WDTRCR レジスタの設定値は無効となり、オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の設定値が有効となります。OFS0 レジスタの設定は、WDTRCR レジスタと同様の設定が可能です。詳細は、「[24.3.8. オプション機能選択レジスタ 0 \(OFS0\) と WDT のレジスタの対応関係](#)」を参照してください。

24.2.5 WDTCSSTPR : WDT カウント停止コントロールレジスタ

Base address: WDT = 0x4008_3400

Offset address: 0x08

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	SLCS TP	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
6:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	SLCSTP	WDT カウント停止制御 0: カウント停止を禁止 1: スリープモード遷移時にカウント停止	R/W

WDTCSSTPR レジスタは、低消費電力状態において、WDT カウンタを停止させるか否かを制御します。

WDTCSSTPR レジスタへの書き込みには、いくつかの制限があります。詳細は、「[24.3.2. WDTCR、WDTRCR、および WDTCSSTPR レジスタへの書き込み制御](#)」を参照してください。

オートスタートモードの場合、WDTCSSTPR レジスタの設定値は無効となり、オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の設定値が有効となります。OFS0 レジスタの設定は、WDTCSSTPR レジスタと同様の設定が可能です。詳細は、「[24.3.8. オプション機能選択レジスタ 0 \(OFS0\) と WDT のレジスタの対応関係](#)」を参照してください。

SLCSTP ビット (WDT カウント停止制御)

SLCSTP ビットはスリープモード、スヌーズモード、またはソフトウェアスタンバイモードに遷移した時にカウントを停止させるかどうかを選択します。

24.2.6 オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0)

OFS0 レジスタの詳細は、「[24.3.8. オプション機能選択レジスタ 0 \(OFS0\) と WDT のレジスタの対応関係](#)」を参照してください。

24.3 動作説明

24.3.1 スタートモード別のカウント動作

WDT には、次の 2 つのスタートモードがあります。

- オートスタートモード：リセット状態の解除後、自動的にカウント開始
- レジスタスタートモード：レジスタへの書き込みによるリフレッシュでカウント開始

オートスタートモードでは、リセット状態の解除後、フラッシュメモリ内のオプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の設定に従って自動的にカウントを開始します。

レジスタスタートモードでは、リセット状態の解除後、各レジスタを設定してから WDTRR レジスタへの書き込みによるリフレッシュを行うと、カウントを開始します。

オートスタートモードまたはレジスタスタートモードの選択は、OFS0 レジスタの WDT スタートモード選択ビット (OFS0.WDTSTRT) で行います。

オートスタートモードを選択した場合、WDT コントロールレジスタ (WDTCR)、WDT リセットコントロールレジスタ (WDTRCR)、および WDT カウント停止コントロールレジスタ (WDTCSSTPR) の設定値は無効となり、OFS0 レジスタの設定値が有効となります。

レジスタスタートモードを選択した場合、OFS0 レジスタの設定値は無効となり、WDT コントロールレジスタ (WDTCR)、WDT リセットコントロールレジスタ (WDTRCR)、および WDT カウント停止コントロールレジスタ (WDTCSSTPR) の設定値が有効となります。

24.3.1.1 レジスタスタートモード

WDT スタートモード選択ビット (OFS0.WDTSTRT) が 1 の場合、レジスタスタートモードが選択されて、WDT コントロールレジスタ (WDTCR)、WDT リセットコントロールレジスタ (WDTRCR)、および WDT カウント停止コントロールレジスタ (WDTCSSTPR) が有効となります。

リセット状態の解除後、以下を設定してください。

- クロック分周比
- ウィンドウ開始/終了位置
- WDTCR レジスタにおいて、タイムアウト期間
- WDTRCR レジスタにおいて、リセット出力または割り込み要求出力
- WDTCSSTPR レジスタでスリープモード遷移時のカウンタ停止制御

次に、ダウンカウンタをリフレッシュして、タイムアウト期間選択ビット (WDTCR.TOPS[1:0]) で設定した値からダウンカウントを開始してください。

以降、リフレッシュ許可期間内にカウンタがリフレッシュされている場合は、リフレッシュごとにカウンタ値がリセットされて、ダウンカウントを継続します。カウントが継続する間、WDT はリセット信号を出力しません。ただし、プログラムの暴走によってダウンカウンタをリフレッシュが不可能になったか、あるいはリフレッシュ許可期間外のリフレッシュによってリフレッシュエラーが発生したため、カウンタがアンダーフローした場合は、WDT はリセット信号またはノンマスカブル割り込み要求/割り込み要求 (WDT_NMIUNDF) をアサートします。リセット出力または割り込み要求出力の選択は、WDT リセット割り込み要求選択ビット (WDTRCR.RSTIRQS) で行います。ノンマスカブル割り込み要求または割り込み要求の選択は、WDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込み許可ビット (NMIER.WDTEN) で行います。詳細は、「XX. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

図 24.3 に、下記の条件下での動作例を示します。

- レジスタスタートモード (OFS0.WDTSTRT = 1)
- リセット出力を許可 (WDTRCR.RSTIRQS = 1)
- ウィンドウ開始位置 75% (WDTCR.RPSS[1:0] = 10b)
- ウィンドウ終了位置 25% (WDTCR.RPES[1:0] = 10b)

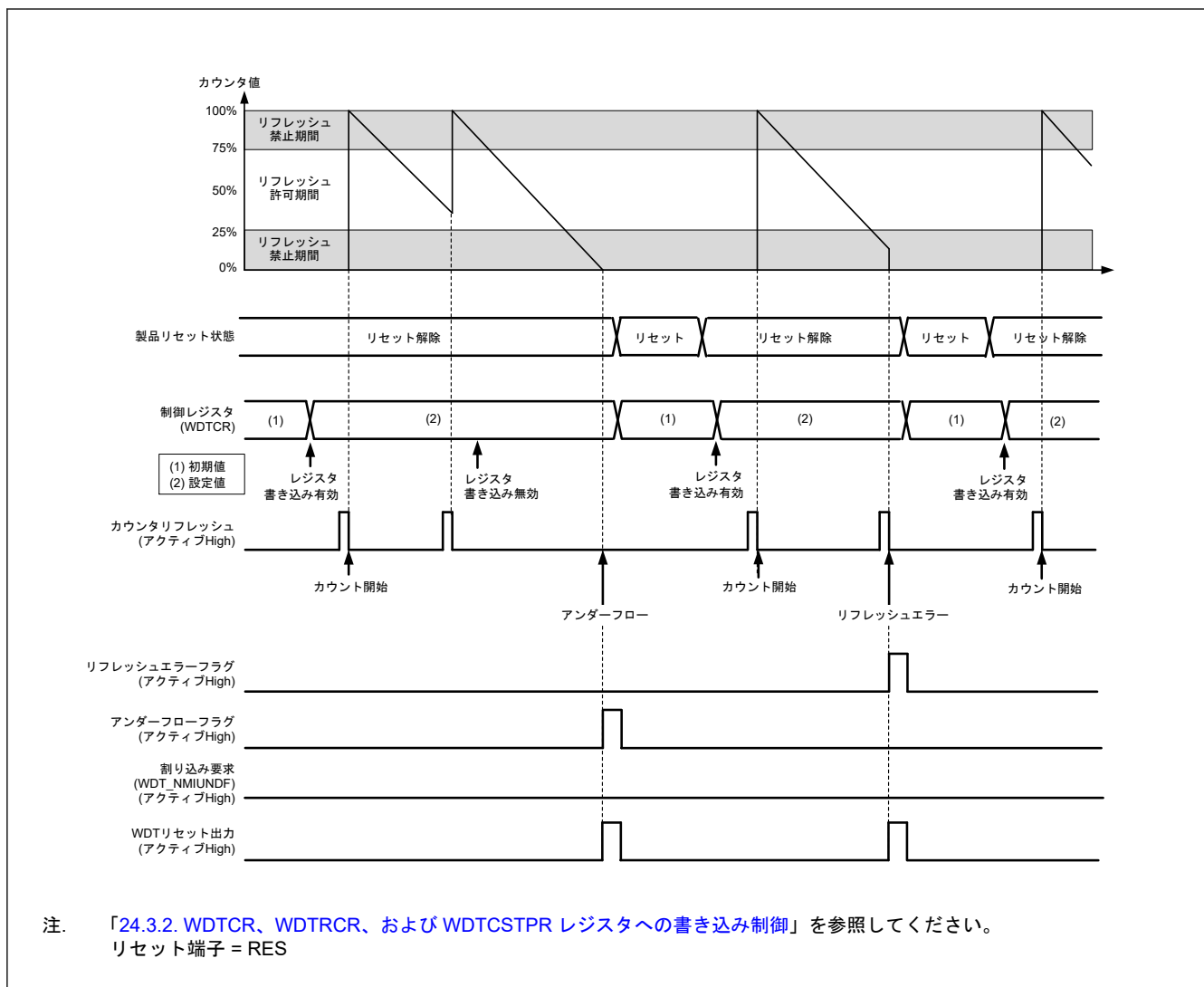


図 24.3 レジスタスタートモードでの動作例

24.3.1.2 オートスタートモード

WDT スタートモード選択ビット (OFS0.WDTSTRT) が 0 の場合、オートスタートモードが選択されます。WDT コントロールレジスタ (WDTCR)、WDT リセットコントロールレジスタ (WDTRCR)、および WDT カウント停止コントロールレジスタ (WDCSTPR) の設定値は無効となり、OFS0 レジスタの設定値が有効となります。

リセット状態の間に、オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の下記の設定値が WDT のレジスタに設定されません。

- クロック分周比
- ウィンドウ開始/終了位置
- タイムアウト期間
- リセット出力または割り込み要求
- スリープモード遷移時のカウント停止制御

リセット状態が解除されると、WDT タイムアウト期間選択ビット (OFS0.WDTPS[1:0]) で設定された値からダウンカウンタが自動でダウンカウントを開始します。

以降、リフレッシュ許可期間内にカウンタがリフレッシュされている場合は、リフレッシュごとにカウンタ値がリセットされて、ダウンカウントを継続します。カウント継続中、WDT はリセット信号を出力しません。ただし、プログラムの暴走によってダウンカウンタをリフレッシュが不可能になったか、あるいはリフレッシュ許可

期間外のリフレッシュによってリフレッシュエラーが発生したため、カウンタがアンダーフローした場合は、WDT はリセット信号またはノンマスカブル割り込み要求/割り込み要求 (WDT_NMIUNDF) をアサートします。リセット信号またはノンマスカブル割り込み要求/割り込み要求が発生してから 1 サイクルカウント後に、カウンタはタイムアウト期間をリロードします。ダウンカウンタにタイムアウト期間の値が設定され、カウントが再開します。

リセット出力または割り込み要求出力の選択は、WDT リセット割り込み要求選択ビット (OFS0.WDTRSTIRQS) で行います。ノンマスカブル割り込み要求または割り込み要求の選択は、WDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込み許可ビット (NMIER.WDTEN) で行います。詳細は、「XX. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

図 24.4 に、下記の条件下での動作 (ノンマスカブル割り込み) 例を示します。

- オートスタートモード (OFS0.WDTSTRT = 0)
- ノンマスカブル割り込み要求出力を許可 (OFS0.WDTRSTIRQS = 0)
- ウィンドウ開始位置 75% (OFS0.WDTRPSS[1:0] = 10b)
- ウィンドウ終了位置 25% (OFS0.WDTRPES[1:0] = 10b)

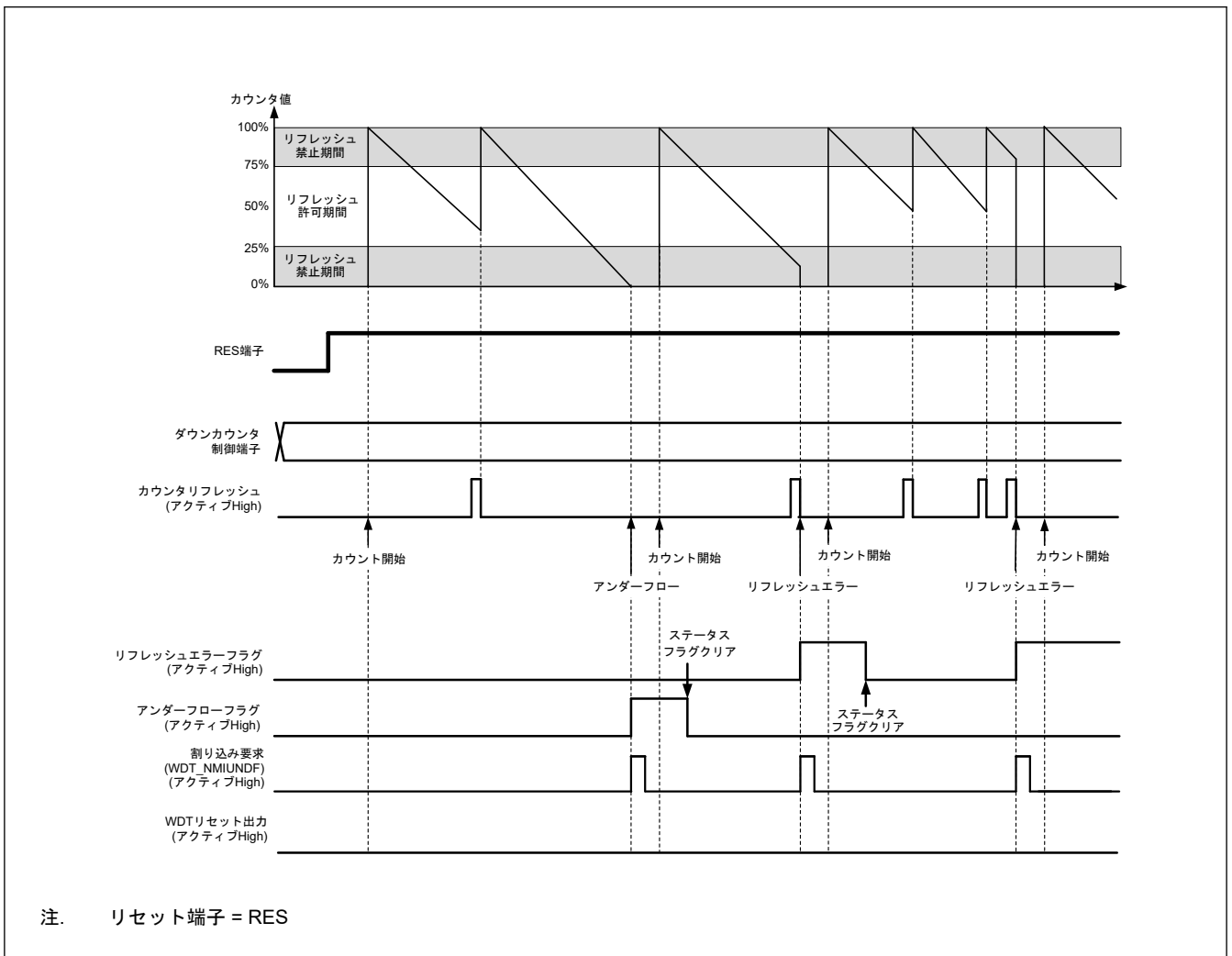


図 24.4 オートスタートモードでの動作例

24.3.2 WDTCR、WDTRCR、および WDTCSSTPR レジスタへの書き込み制御

WDT コントロールレジスタ (WDTCR)、WDT リセットコントロールレジスタ (WDTRCR)、および WDT カウント停止コントロールレジスタ (WDTCSSTPR) への書き込みは、リセット状態の解除から最初のリフレッシュ動作までの間に 1 回可能です。

リフレッシュ (カウントスタート) 後、あるいは WDTCR、WDTRCR、または WDTCSSTPR レジスタへ書き込み後に、WDT 内部のプロテクト信号が 1 となり、以後 WDTCR、WDTRCR、および WDTCSSTPR レジスタへの書き込みを保護します。この保護動作は、WDT のリセット要因によって解除されます。それ以外のリセット要因では解除されません。

図 24.5 に、WDTCR レジスタへの書き込みに対して生成される制御波形を示します。

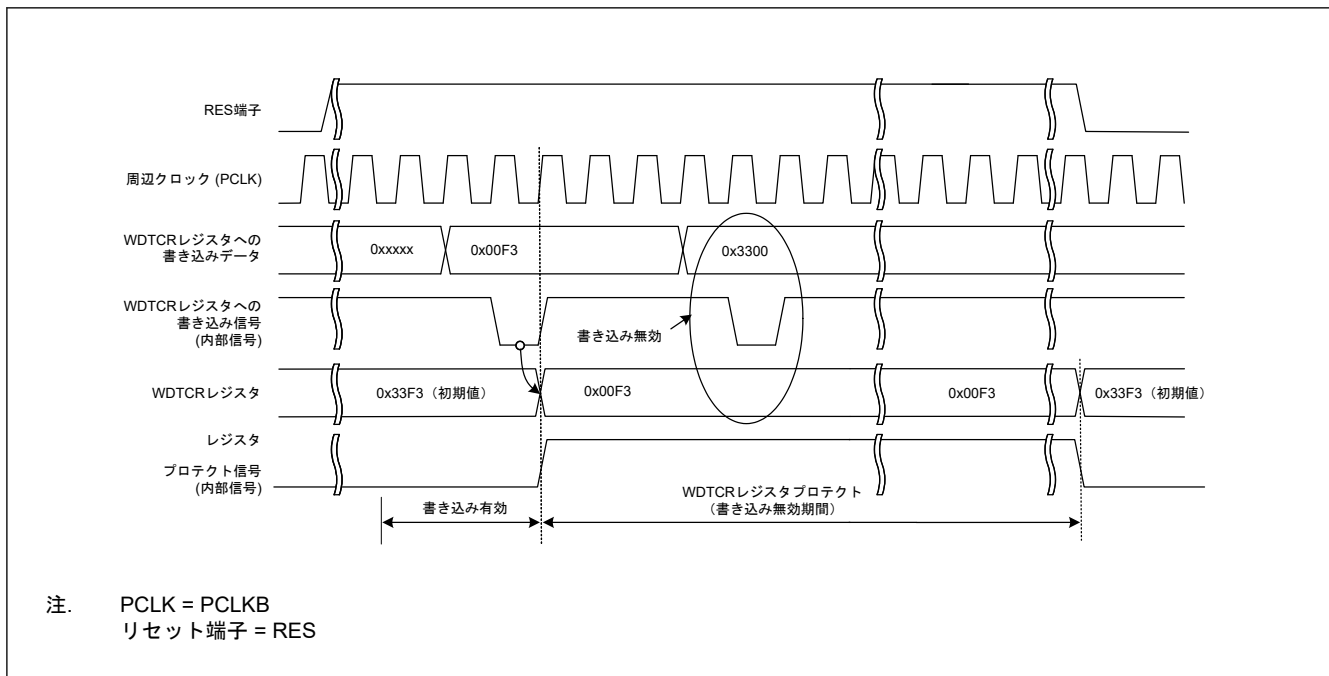


図 24.5 WDTCR レジスタへの書き込みに対して生成される制御波形

24.3.3 リフレッシュ動作

ダウンカウンタをリフレッシュしてカウント動作を開始するには、WDT リフレッシュレジスタ (WDTRR) へ 0x00 書き込みに続けて 0xFF の書き込みを行います。0x00 の後に 0xFF 以外の値を書き込むと、ダウンカウンタはリフレッシュされません。無効な値を書き込んだ場合は、WDTRR レジスタへ 0x00 と 0xFF を書き込むと、正常なリフレッシュが再開します。

WDTRR レジスタへの 0x00 書き込みと 0xFF 書き込みの間に、WDTRR のレジスタ以外へのアクセス、または WDTRR レジスタの読み出しを行った場合も正常なリフレッシュを行います。カウンタをリフレッシュするための書き込みは、リフレッシュ許可期間中に行う必要があります、この判定は 0xFF の書き込み時に行われます。そのため、0x00 の書き込みがリフレッシュ許可期間外であっても、リフレッシュは正常に行われます。

【カウンタのリフレッシュに有効な書き込み順序の例】

- 0x00 → 0xFF
- 0x00 (n-1 回目) → 0x00 (n 回目) → 0xFF
- 0x00 → 別レジスタへのアクセスまたは WDTRR レジスタの読み出し → 0xFF

【カウンタのリフレッシュに無効な書き込み順序の例】

- 0x23 (0x00 以外の値) → 0xFF
- 0x00 → 0x54 (0xFF 以外の値)
- 0x00 → 0xAA (0x00 および 0xFF 以外の値) → 0xFF

ダウンカウンタのリフレッシュには、WDT リフレッシュレジスタ (WDTRR) に 0xFF を書き込んでから、カウント信号のサイクル数で最大 4 サイクルを要します。この要件を満たすには、ダウンカウンタのアンダーフローが発生する 4 カウントサイクル前までに、WDTRR レジスタへの 0xFF の書き込みを完了する必要があります。

図 24.6 に、クロック分周比が PCLKB/64 である場合の WDT リフレッシュ動作波形を示します。

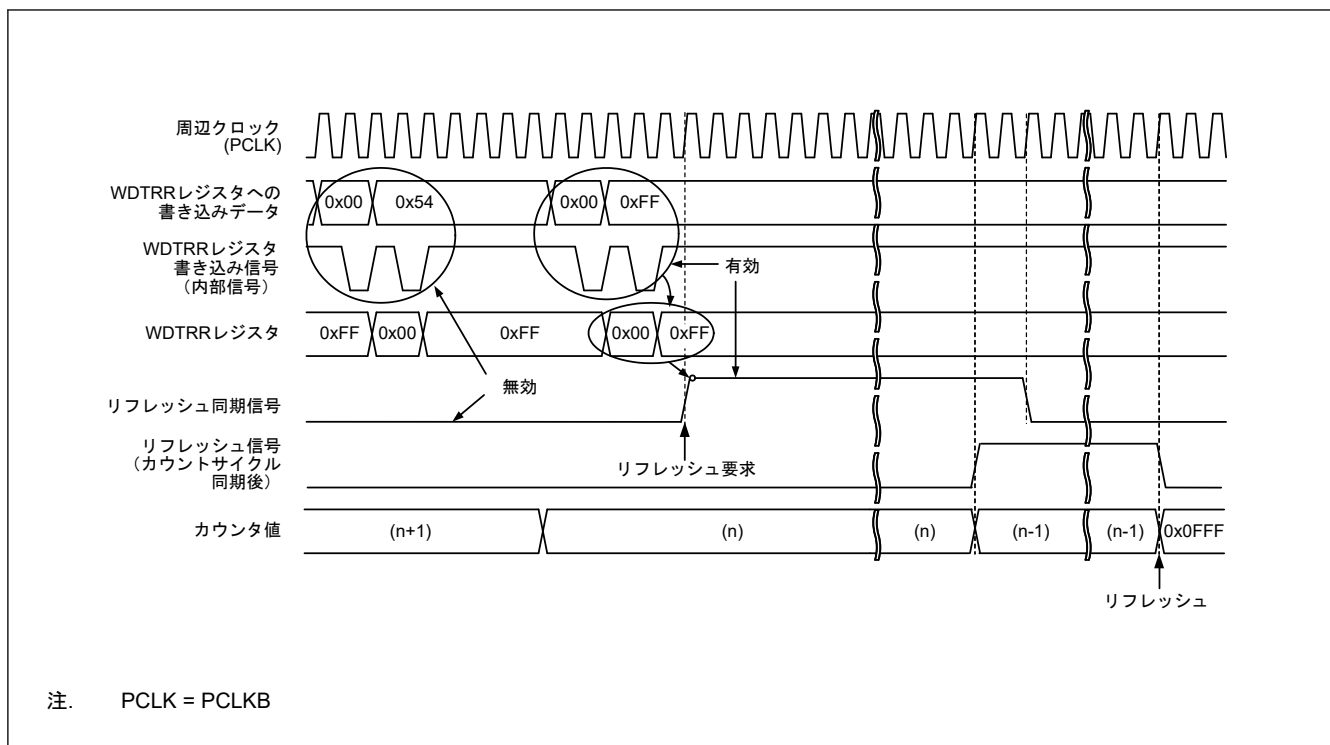


図 24.6 WDT リフレッシュ動作波形 (WDTCR.CKS[3:0] = 0x4、WDTCR.TOPS[1:0] = 01b の場合)

注. リフレッシュ時間を設定する際は、PCLKB と WDTCLK のクロックソースの発振精度を考慮してください。発振精度による誤差の範囲で周期が変動してもリフレッシュできる値を設定してください。

24.3.4 ステータスフラグ

リフレッシュエラーフラグ (WDTSR.REFEF) とアンダーフローフラグ (WDTSR.UNDF) は、WDT の割り込み要求が発生した場合の割り込み要因を保持します。割り込み要求の発生後に、WDTSR.REFEF フラグと WDTSR.UNDF フラグを読み出すことで、割り込み要因の発生状態を確認できます。各フラグは、0 を書くことによってクリアされます。1 の書き込みは無効です。ステータスフラグをそのままにしても、動作に影響を与えません。次に WDT が割り込み要求を出力したとき、フラグがクリアされていないければ、古い割り込み要因はクリアされて、新しい割り込み要因が書き込まれます。なお、各フラグに 0 を書いてから、その値が反映されるまでの時間は、「24.2.3. WDTSR : WDT ステータスレジスタ」を参照してください。

24.3.5 リセット出力

レジスタスタートモードでリセット割り込み要求選択ビット (WDTSCR.RSTIRQS) を 1 にした場合、またはオートスタートモードでオプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の WDT リセット割り込み要求選択ビット (OFS0.WDTRSTIRQS) を 1 にした場合、ダウンカウンタのアンダーフローまたはリフレッシュエラー発生時に、リセット信号を 1 サイクル間出力します。

レジスタスタートモードでは、リセット信号の出力後、ダウンカウンタが初期化され (全ビットが 0 になり)、その状態のまま停止します。リセット状態が解除されて、プログラムが再起動した後は、リフレッシュ動作によってカウンタが設定され、ダウンカウントを再開します。オートスタートモードでは、リセット状態の解除後、自動的にダウンカウントを開始します。

24.3.6 割り込み要因

レジスタスタートモードでリセット割り込み要求選択ビット (WDTSCR.RSTIRQS) を 0 にした場合、またはオートスタートモードでオプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の WDT リセット割り込み要求選択ビット (OFS0.WDTRSTIRQS) を 0 にした場合、カウンタのアンダーフローまたはリフレッシュエラー発生時に、割り込み信号 (WDT_NMIUNDF) が発生します。この割り込みは、ノンマスクابل割り込みと割り込みの両方に対応しています。詳細は、「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

表 24.4 WDT の割り込み要因

名称	割り込み要因	CPU への割り込み	DMAC/DTC の起動
WDT_NMIUNDF	<ul style="list-style-type: none"> ダウンカウンタのアンダーフロー リフレッシュエラー 	可能	不可能

24.3.7 ダウンカウンタ値の読み出し

WDT は、カウンタ値を WDT ステータスレジスタのダウンカウンタ値ビット (WDTSR.CNTVAL[13:0]) に格納します。これらのビットを確認して、カウンタ値を取得してください。ダウンカウンタの読み出し値は、実際のカウンタから 1 カウントずれる場合があります。

図 24.7 に、クロック分周比が PCLKB/64 である場合の WDT ダウンカウンタ値の読み出し処理を示します。

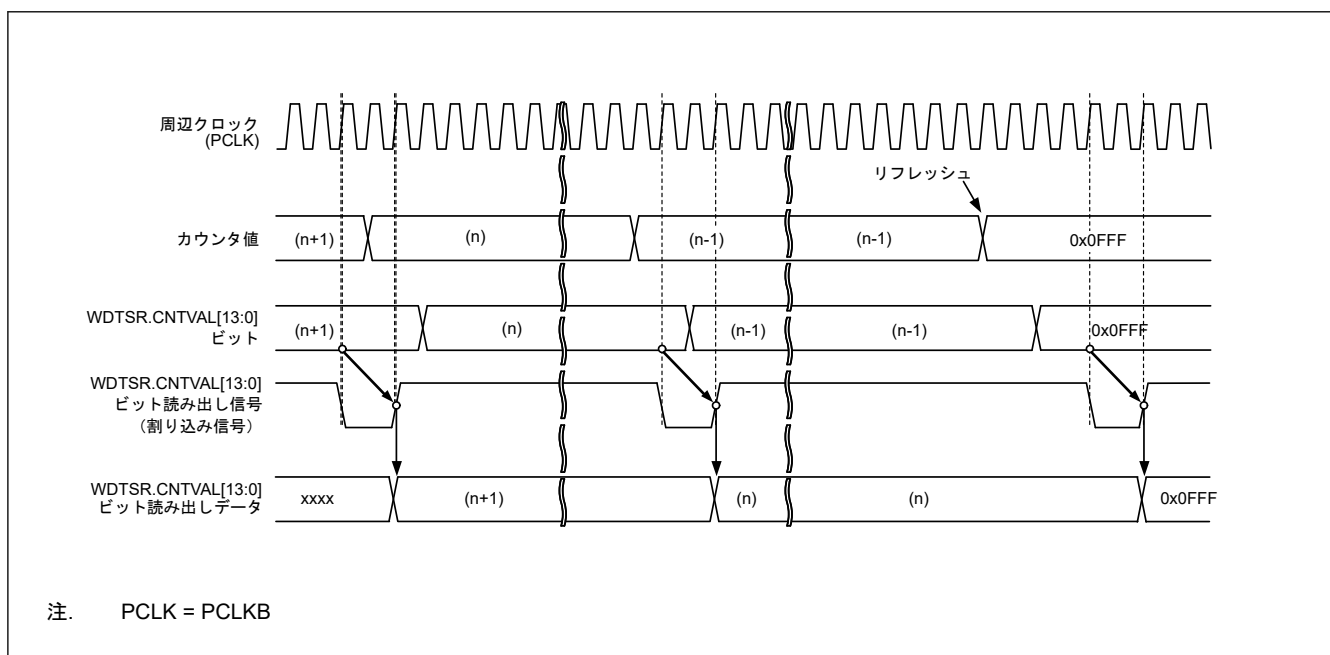


図 24.7 WDT ダウンカウンタ値の読み出し処理 (WDTCR.CKS[3:0] = 0x4、WDTCR.TOPS[1:0] = 01b の場合)

24.3.8 オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) と WDT のレジスタの対応関係

表 24.5 に、オートスタートモードで使用するオプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) と、レジスタスタートモードで使用するレジスタの対応関係を示します。オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) については、「6.2.1. OFS0: オプション機能選択レジスタ 0」を参照してください。

表 24.5 オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) と WDT のレジスタの対応関係

制御対象	機能	OFS0 レジスタ (オートスタートモードで有効) OFS0.WDTSTRT = 0	WDT のレジスタ (レジスタスタートモードで有効) OFS0.WDTSTRT = 1
ダウンカウンタ	タイムアウト期間選択	OFS0.WDTPSS[1:0]	WDTCR.TOPS[1:0]
	クロック分周比選択	OFS0.WDTCKS[3:0]	WDTCR.CKS[3:0]
	ウィンドウ開始位置選択	OFS0.WDTRPSS[1:0]	WDTCR.RPSS[1:0]
	ウィンドウ終了位置選択	OFS0.WDTRPES[1:0]	WDTCR.RPES[1:0]
リセット出力/割り込み要求出力	リセット出力/割り込み要求出力選択	OFS0.WDTRSTIRQS	WDTCR.RSTIRQS
カウント停止	スリープモードまたはスヌーズモードカウント停止制御	OFS0.WDTSTPCTL	WDTCR.SLCSTP

24.4 イベントリンクコントローラ (ELC) への出力

ELC が割り込み要求信号をイベント信号として使用する場合、WDT は設定したモジュールに対してリンク動作が可能です。イベント信号はカウンタのアンダーフローまたはリフレッシュエラーによって出力されます。イベント信号は、レジスタスタートモードでは `WDTRCR.RSTIRQS` ビットの設定とは無関係に、オートスタートモードでは `OFS0.WDTRSTIRQS` ビットの設定とは無関係に出力されます。リフレッシュエラーフラグ (`WDTSR.REFEF`) またはアンダーフローフラグ (`WDTSR.UNDFE`) が 1 の状態で次の割り込み要因が発生した場合も、イベント信号の出力が可能です。詳細は、「[18. イベントリンクコントローラ \(ELC\)](#)」を参照してください。

24.5 使用上の注意事項

24.5.1 ICU イベントリンク設定レジスタ `n` (`IELSRn`) の設定に関する制限

WDT リセットアサートを許可 (`OFS0.WDTRSTIRQS = 0` または `WDTRCR.RSTIRQS = 0`) にした場合、またはイベントリンク動作を許可 (`IELSRm.ELS[8:0] = 0x53`) にした場合、ICU イベントリンク設定レジスタ `n` (`ICU.IELSRn`) に `0x53` を設定することは禁止されています。

25. 独立ウォッチドッグタイマ (IWDT)

25.1 概要

独立ウォッチドッグタイマ (IWDT) は 14 ビットのダウンカウンタで、システム暴走時に MCU をリセットすることができます。IWDT は、MCU をリセットする機能や、カウンタのアンダーフロー発生時に、割り込み/ノンマスカブル割り込みを発生させることが可能です。

IWDT の機能は、WDT とは以下の点で異なります。

- カウントソースとして IWDT 専用クロック (IWDTCLK) の分周したものを使用 (PCLKB の影響を受けない)
- IWDT はレジスタスタートモードを非サポート

表 25.1 に IWDT の仕様を、図 25.1 に IWDT のブロック図を示します。

表 25.1 IWDT の仕様

項目	内容
カウントソース(注1)	IWDT 専用クロック (IWDTCLK)
クロック分周比	1 分周/16 分周/32 分周/64 分周/128 分周/256 分周
カウンタ動作	14 ビットのダウンカウンタによるダウンカウント
カウント開始条件	<ul style="list-style-type: none"> ● リセット後、自動的にカウント開始 ● セキュアデベロッパーのみが IWDT を開始可能
カウント停止条件	<ul style="list-style-type: none"> ● リセット (ダウンカウンタおよび他のレジスタが初期値に戻る) ● カウンタのアンダーフローまたはリフレッシュエラー発生時自動的にカウント再開
ウィンドウ機能	ウィンドウ開始/終了位置を設定可能 (リフレッシュ許可/禁止期間)
独立ウォッチドッグタイマリセット要因	<ul style="list-style-type: none"> ● ダウンカウンタのアンダーフロー ● リフレッシュ許可期間外でのリフレッシュ動作 (リフレッシュエラー)
ノンマスカブル割り込み/割り込み要因	<ul style="list-style-type: none"> ● ダウンカウンタのアンダーフロー ● リフレッシュ許可期間外でのリフレッシュ動作 (リフレッシュエラー)
カウンタ値の読み出し	IWDTSR レジスタを読み出すことで、ダウンカウンタ値の読み出しが可能
イベントリンク機能	<ul style="list-style-type: none"> ● ダウンカウンタアンダーフローイベント出力 ● リフレッシュエラーイベント出力
出力信号 (内部信号)	<ul style="list-style-type: none"> ● リセット出力 ● 割り込み要求出力 ● スリープモードカウント停止制御出力
オートスタートモード	以下のトリガに対して設定可能 : <ul style="list-style-type: none"> ● リセット後のクロック分周比の選択 (OFS0.IWDTCKS[3:0]ビット) ● 独立ウォッチドッグタイマのタイムアウト期間の選択 (OFS0.IWDTTOPS[1:0]ビット) ● 独立ウォッチドッグタイマのウィンドウ開始位置の選択 (OFS0.IWDRPSS[1:0]ビット) ● 独立ウォッチドッグタイマのウィンドウ終了位置の選択 (OFS0.IWDRPES[1:0]ビット) ● リセット出力または割り込み要求出力の選択 (OFS0.IWDRSTIRQS ビット) ● スリープモード、スヌーズモード、またはソフトウェアスタンバイモード遷移時のダウンカウント停止機能の選択 (OFS0.IWDTSTPCTL ビット)
TrustZone フィルタ	セキュリティ属性を設定可能

注 1. 周辺モジュールクロック (PCLKB) 周波数 $\geq 4 \times$ (カウントクロックソースの分周後周波数) となるように設定してください。

バスインタフェース部とレジスタ部は PCLKB で動作し、14 ビットカウンタと制御回路は IWDTCLK で動作します。

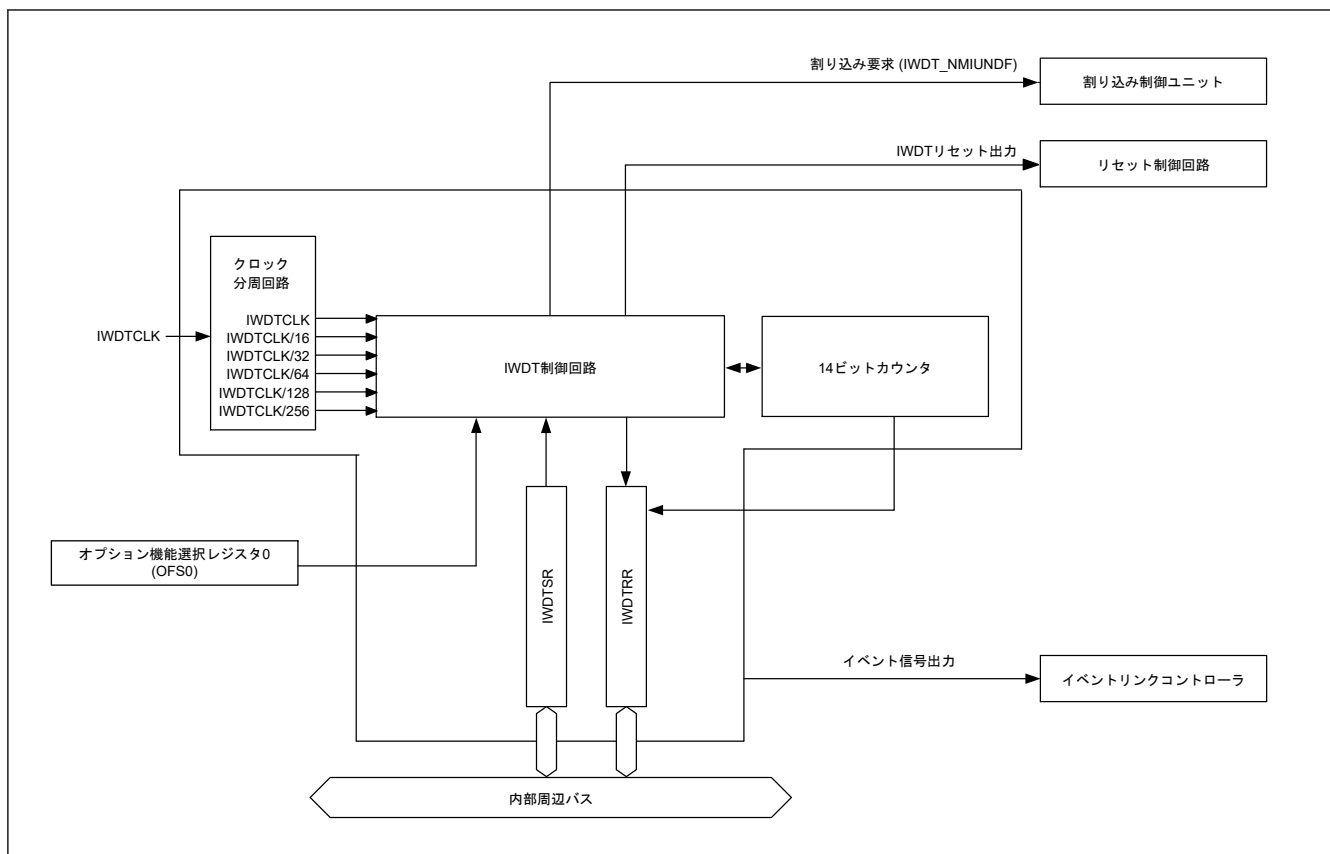


図 25.1 IWDT のブロック図

25.2 レジスタの説明

25.2.1 IWDTRR : IWDT リフレッシュレジスタ

Base address: IWDT = 0x4008_3200

Offset address: 0x00



Value after reset: 1 1 1 1 1 1 1 1

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	n/a	このレジスタに対して、0x00 の書き込み後、0xFF の書き込みでダウンカウンタがリフレッシュ	R/W

IWDTRR レジスタは、IWDT のダウンカウンタをリフレッシュするためのレジスタです。リフレッシュ許可期間内に、IWDTRR レジスタに 0x00 を書き込んだ後、0xFF を書き込むこと（リフレッシュ動作）により、IWDT のダウンカウンタがリフレッシュされます。ダウンカウンタがリフレッシュされると、オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の IWDT タイムアウト期間選択ビット (OFS0.IWDTTOPS[1:0]) で設定した値からダウンカウントがスタートします。

読み出し値は、0x00 を書き込んだ場合は 0x00 であり、0x00 以外の値を書き込んだ場合は 0xFF となります。リフレッシュ動作の詳細は、「25.3.2. リフレッシュ動作」を参照してください。

25.2.2 IWDTSR : IWDT ステータスレジスタ

Base address: IWDT = 0x4008_3200

Offset address: 0x04

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	REFE F	UNDF F	CNTVAL[13:0]													
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
13:0	CNTVAL[13:0]	ダウンカウンタ値 ダウンカウンタのカウンタ値	R
14	UNDF	アンダーフローフラグ 0: アンダーフローなし 1: アンダーフロー発生	R/W(注1)
15	REFEF	リフレッシュエラーフラグ 0: リフレッシュエラーなし 1: リフレッシュエラー発生	R/W(注1)

注 1. フラグをクリアするための 0 書き込みのみ可能です。

IWDTSR レジスタは、ダウンカウンタのカウンタ値表示、およびアンダーフロー、リフレッシュエラーの発生状態を表示するレジスタです。

CNTVAL[13:0]ビット (ダウンカウンタ値)

CNTVAL[13:0]ビットを読み出すことにより、ダウンカウンタの値を確認できます。読み出し値は、実際のカウンタ値から 1 カウントずれる場合があります。

UNDF フラグ (アンダーフローフラグ)

UNDF フラグを読み出すことにより、ダウンカウンタのアンダーフロー発生状態を確認できます。読み出し値が 1 のとき、ダウンカウンタがアンダーフローしたことを示します。値を 0 にするには、UNDF フラグに 0 を書き込んでください。1 の書き込みは無効です。

UNDF フラグのクリアには、(N+2) IWDTCLK サイクルと 2PCLKB サイクルを要します。さらに、アンダーフローの発生から (N+2) IWDTCLK サイクル数の間は、このフラグをクリアしても無視されます。N は以下のように、OFS0.IWDTCKS[3:0]ビットで指定されます。

- OFS0.IWDTCKS[3:0] = 0x0 の時、N = 1
- OFS0.IWDTCKS[3:0] = 0x2 の時、N = 16
- OFS0.IWDTCKS[3:0] = 0x3 の時、N = 32
- OFS0.IWDTCKS[3:0] = 0x4 の時、N = 64
- OFS0.IWDTCKS[3:0] = 0xF の時、N = 128
- OFS0.IWDTCKS[3:0] = 0x5 の時、N = 256

REFEF フラグ (リフレッシュエラーフラグ)

REFEF フラグを読み出すことにより、リフレッシュエラー発生状態を確認できます。読み出し値が 1 のとき、リフレッシュエラーが発生したことを示します。値を 0 にするには、REFEF フラグに 0 を書き込んでください。1 の書き込みは無効です。

REFEF フラグのクリアには、(N+2) IWDTCLK サイクルと 2PCLKB サイクルを要します。さらに、リフレッシュエラーの発生から (N+2) IWDTCLK サイクル数の間は、このフラグをクリアしても無視されます。N は以下のように、OFS0.IWDTCKS[3:0]ビットで指定されます。

- OFS0.IWDTCKS[3:0] = 0x0 の時、N = 1
- OFS0.IWDTCKS[3:0] = 0x2 の時、N = 16
- OFS0.IWDTCKS[3:0] = 0x3 の時、N = 32

- OFS0.IWDTCKS[3:0] = 0x4 の時、N = 64
- OFS0.IWDTCKS[3:0] = 0xF の時、N = 128
- OFS0.IWDTCKS[3:0] = 0x5 の時、N = 256

25.2.3 OFS0 : オプション機能選択レジスタ 0

オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の詳細は、「[6.2.1. OFS0 : オプション機能選択レジスタ 0](#)」を参照してください。

IWDTTOPS[1:0]ビット (IWDT タイムアウト期間選択)

IWDTTOPS[1:0]ビットはタイムアウト期間 (ダウンカウンタがアンダーフローするまでの期間) を、IWDTCKS[3:0]ビットで設定した分周クロックを 1 サイクルとして、128 サイクル/512 サイクル/1024 サイクル/2048 サイクルから選択します。

ダウンカウンタのリフレッシュ後、アンダーフローするまでの時間 (IWDTCLK サイクル数) は、IWDTCKS[3:0]ビットと IWDTTOPS[1:0]ビットの組み合わせで決定されます。

表 25.2 に、IWDTCKS[3:0]および IWDTTOPS[1:0]ビットの設定値、タイムアウト期間、および IWDTCLK サイクル数の関係を示します。

表 25.2 タイムアウト期間の設定

IWDTCKS[3:0]ビット				IWDTTOPS[1:0]ビット		クロック分周比	タイムアウト期間 (サイクル数)	IWDTCLK クロックサイクル数
b7	b6	b5	b4	b1	b0			
0	0	0	0	0	0	IWDTCLK	128	128
				0	1		512	512
				1	0		1024	1024
				1	1		2048	2048
0	0	1	0	0	0	IWDTCLK/16	128	2048
				0	1		512	8192
				1	0		1024	16384
				1	1		2048	32768
0	0	1	1	0	0	IWDTCLK/32	128	4096
				0	1		512	16384
				1	0		1024	32768
				1	1		2048	65536
0	1	0	0	0	0	IWDTCLK/64	128	8192
				0	1		512	32768
				1	0		1024	65536
				1	1		2048	131072
1	1	1	1	0	0	IWDTCLK/128	128	16384
				0	1		512	65536
				1	0		1024	131072
				1	1		2048	262144
0	1	0	1	0	0	IWDTCLK/256	128	32768
				0	1		512	131072
				1	0		1024	262144
				1	1		2048	524288

IWDTCKS[3:0]ビット (IWDT 専用クロック分周比選択)

IWDTCKS[3:0]ビットはダウンカウンタで使用するクロックの分周比を設定します。分周比は、IWDT 専用クロック (IWDTCLK) の 1 分周/16 分周/32 分周/64 分周/128 分周/256 分周から選択できます。IWDTTOPS[1:0] ビット設定と組み合わせて、IWDT のカウント期間を IWDTCLK の 128~524288 サイクルから選択できます。

IWDRPES[1:0]ビット (IWDT ウィンドウ終了位置選択)

IWDRPES[1:0]ビットはリフレッシュ許可期間を示すウィンドウ終了位置を設定します。ウィンドウ終了位置は、タイムアウト期間の 75%、50%、25%、0%から選択できます。ウィンドウ終了位置には、ウィンドウ開始位置より小さい値を選択してください (ウィンドウ開始位置 > ウィンドウ終了位置)。ウィンドウ終了位置がウィンドウ開始位置よりも大きいと、ウィンドウ開始位置の設定のみが有効となります。

IWDRPSS[1:0]ビット (IWDT ウィンドウ開始位置選択)

リフレッシュ許可期間を示すウィンドウ開始位置を設定します。ウィンドウ開始位置は、タイムアウト期間の 100%、75%、50%、25%から選択できます。ウィンドウ開始位置には、ウィンドウ終了位置より大きい値を設定してください。ウィンドウ開始位置がウィンドウ終了位置以下であると、ウィンドウ終了位置は 0%になります。

ウィンドウ開始、終了位置のカウント値を表 25.3 に、IWDRPSS[1:0]、IWDRPES[1:0]、IWDTTOPS[1:0]ビットで設定されるリフレッシュ許可期間を図 25.2 に示します。

表 25.3 タイムアウト期間とウィンドウ開始/終了カウンタ値の対応表

IWDTTOPS[1:0]ビット		タイムアウト期間		ウィンドウ開始/終了カウンタ値			
b1	b0	サイクル数	カウンタ値	100%	75%	50%	25%
0	0	128	0x007F	0x007F	0x005F	0x003F	0x001F
0	1	512	0x01FF	0x01FF	0x017F	0x00FF	0x007F
1	0	1024	0x03FF	0x03FF	0x02FF	0x01FF	0x00FF
1	1	2048	0x07FF	0x07FF	0x05FF	0x03FF	0x01FF

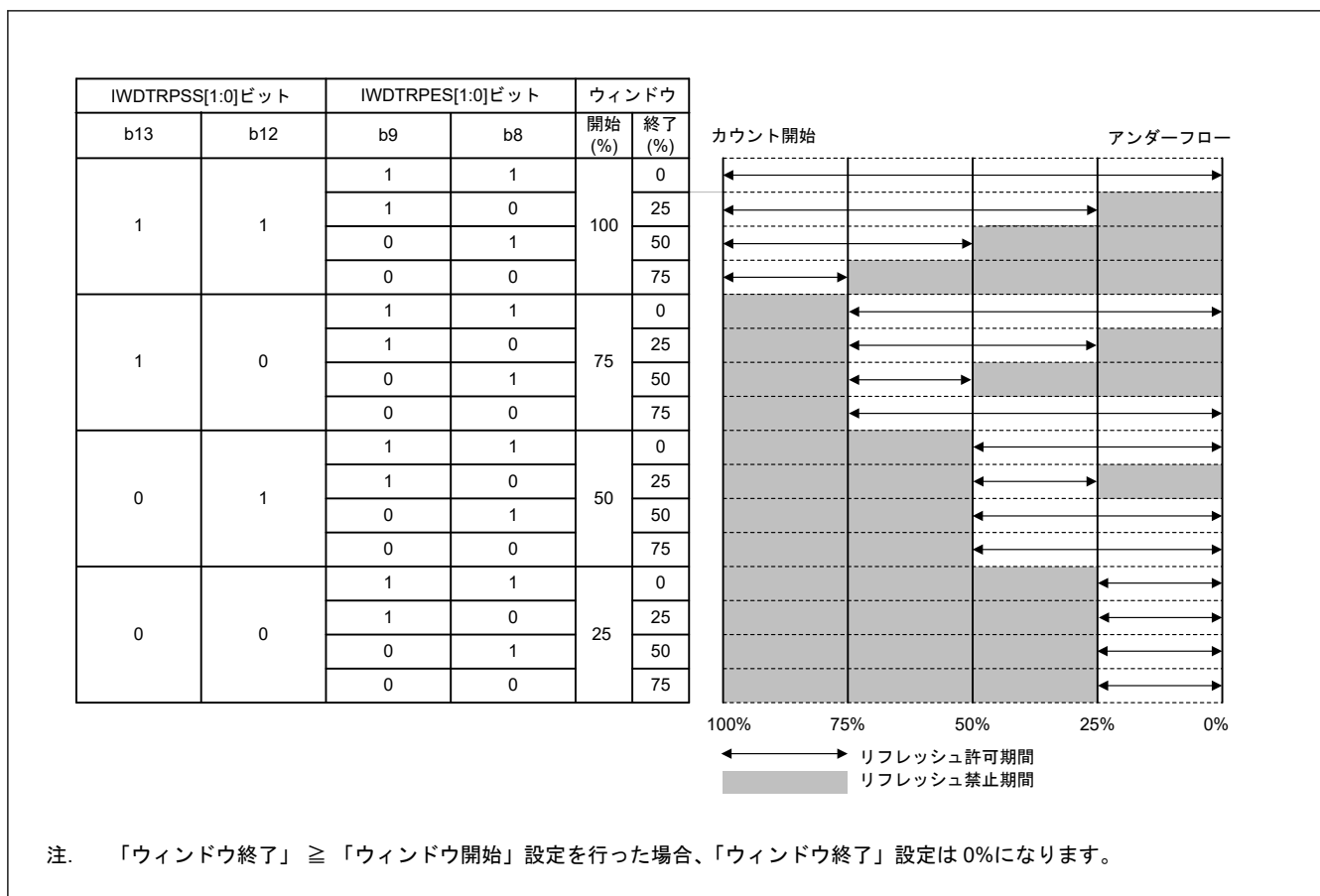


図 25.2 IWDRPSS[1:0]および IWDRPES[1:0]ビットとリフレッシュ許可期間

IWDRSTIRQS ビット (IWDT リセット割り込み要求選択)

アンダーフローまたはリフレッシュエラー発生時の動作を指定します。1 にすると、リセット出力が選択されます。0 にすると、ノンマスクابل割り込み/割り込みが選択されます。

IWDTSTPCTL ビット (IWDT 停止制御)

スリープモード、スヌーズモード、またはソフトウェアスタンバイモードに遷移した時にカウントを停止させるかどうかを選択します。

25.3 動作説明

25.3.1 オートスタートモード

オプション機能選択レジスタ 0 の IWDT スタートモード選択ビット (OFS0.IWDTSTRT) が 0 の場合、オートスタートモードが選択されています。OFS0.IWDTSTRT ビットが 1 の場合、リセット後の IWDT は停止状態です。

リセット状態の間に、オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の下記の設定値が IWDT のレジスタに設定されます。

- クロック分周比 (OFS0.IWDTCKS[3:0])
- ウィンドウ開始および終了位置 (OFS0.IWDRPSS[1:0]、OFS0.IWDRPES[1:0])
- タイムアウト期間 (OFS0.IWDTTOPS[1:0])
- リセット出力または割り込み要求 (OFS0.IWDRSTIRQS)

リセット状態が解除されると、IWDT タイムアウト期間選択ビット (OFS0.IWDTTOPS[1:0]) で設定された値からダウンカウンタが自動でダウンカウントを開始します。

以降、プログラムが正常に動作し続けて、リフレッシュ許可期間内にカウンタがリフレッシュされている場合は、リフレッシュごとにカウンタ値がリセットされて、ダウンカウントを継続します。カウント継続中は、IWDT はリセット信号を出力しません。プログラムの暴走によりダウンカウンタのリフレッシュが行われず、ダウンカウンタのアンダーフローが発生した場合、またはリフレッシュ許可期間以外でのリフレッシュ動作によりリフレッシュエラーが発生した場合は、IWDT はリセットを出力するか、もしくはノンマスクابل割り込み要求または割り込み要求 (IWDT_NMIUNDF) を出力します。

リセット信号またはノンマスクابل割り込み要求/割り込み要求が発生してから 1 サイクルカウント後に、カウンタはタイムアウト期間をリロードします。ダウンカウンタにタイムアウト期間の値が設定され、カウントが再開します。リセット出力または割り込み要求出力の選択は、IWDT リセット割り込み要求選択ビット (OFS0.IWDRSTIRQS) で行います。ノンマスクابل割り込み要求または割り込み要求の選択は、IWDT アンダーフロー/リフレッシュエラー割り込み許可ビット (NMIER.IWDTEN) で行います。

図 25.3 に、下記の条件下での動作例 (ノンマスクابل割り込み) を示します。

- オートスタートモード (OFS0.IWDTSTRT = 0)
- ノンマスクابل割り込み要求出力を許可 (OFS0.IWDRSTIRQS = 0)
- ウィンドウ開始位置 75% (OFS0.IWDRPSS[1:0] = 10b)
- ウィンドウ終了位置 25% (OFS0.IWDRPES[1:0] = 10b)

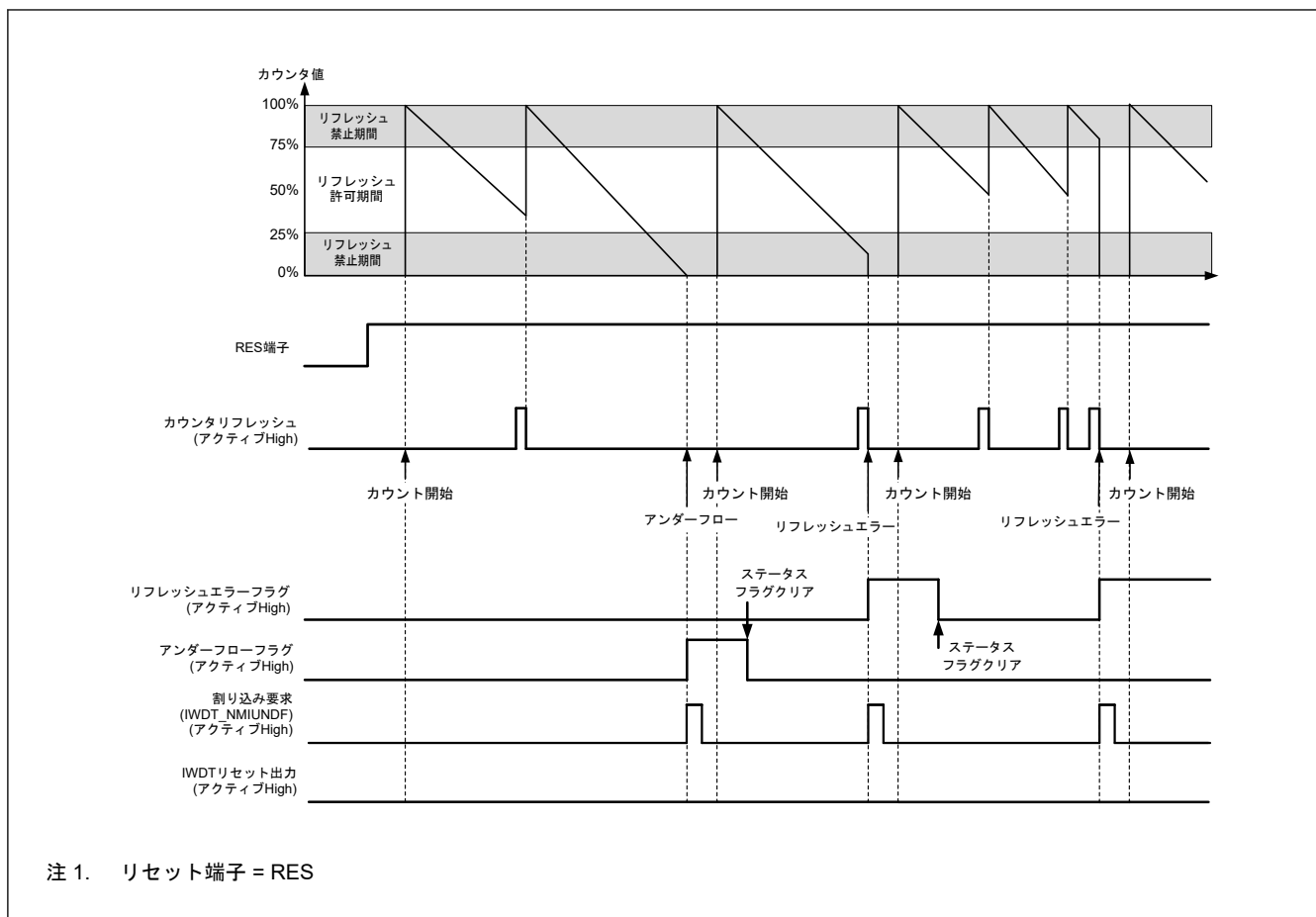


図 25.3 オートスタートモードでの動作例

25.3.2 リフレッシュ動作

ダウンカウンタをリフレッシュしてカウント動作を開始するには、IWDTRR レジスタへ 0x00 書き込みに続けて 0xFF の書き込みを行います。0x00 の後に 0xFF 以外の値を書き込むと、ダウンカウンタはリフレッシュされません。無効な値を書き込んだ場合は、IWDTRR レジスタへ 0x00 と 0xFF を書き込むと、正常なリフレッシュが再開します。

0x00 (1 回目) → 0x00 (2 回目) の順で書き込みを行った場合でも、その後に 0xFF を書き込めば、0x00 → 0xFF の書き込み順序が成立します。0x00 (n-1 回目) → 0x00 (n 回目) → 0xFF という書き込み順序は有効であり、正常にリフレッシュを行います。0x00 より前の書き込み値が 0x00 以外であっても、動作に 0x00 → 0xFF という書き込み順序が含まれている限り、正常にリフレッシュを行います。

また、IWDTRR レジスタへの 0x00 の書き込みと 0xFF の書き込みの間に、IWDTRR 以外のレジスタにアクセスするか、または IWDTRR レジスタを読み出しても、正常にリフレッシュを行います。カウンタをリフレッシュするための書き込みは、リフレッシュ許可期間中に行う必要があります。この判定は 0xFF の書き込み時に行われます。そのため、0x00 の書き込みがリフレッシュ許可期間外であっても、リフレッシュは正常に行われます。

【カウンタのリフレッシュに有効な書き込み順序の例】

- 0x00 → 0xFF
- 0x00 (n-1 回目) → 0x00 (n 回目) → 0xFF
- 0x00 → 別レジスタへのアクセスまたは IWDTRR レジスタの読み出し → 0xFF

【カウンタのリフレッシュに無効な書き込み順序の例】

- 0x23 (0x00 以外の値) → 0xFF
- 0x00 → 0x54 (0xFF 以外の値)
- 0x00 → 0xAA (0x00 および 0xFF 以外の値) → 0xFF

ダウンカウンタのリフレッシュには、IWDTRR レジスタに 0xFF を書き込んでから、カウント信号のサイクル数で最大 4 サイクルを要します (1 サイクル間の IWDT 専用クロック (IWDTCLK) 数は、IWDT 専用クロック分周比選択ビット (OFS0.IWDTCKS[3:0]) の設定値により異なります)。この要件を満たすには、リフレッシュ許可期間の終了またはダウンカウンタのアンダーフローが発生する 4 カウントサイクル前までに、IWDTRR レジスタへの 0xFF 書き込みを完了してください。カウンタの値はカウンタ値ビット (IWDTSR.CNTVAL[13:0]) で確認できます。

【リフレッシュ動作タイミング例】

- ウィンドウ開始位置を 0x1FFF とした場合、IWDTRR レジスタへの 0x00 の書き込みが 0x1FFF より前 (たとえば 0x2002) であっても、IWDTSR.CNTVAL[13:0] ビット値が 0x1FFF になってから IWDTRR レジスタへ 0xFF を書き込めば、リフレッシュを行います。
- ウィンドウ終了位置を 0x1FFF とした場合、IWDTRR レジスタへ 0x00 → 0xFF を書き込んだ直後に IWDTSR.CNTVAL[13:0] ビットから読み出した値が 0x2003 (0x1FFF の 4 カウントサイクル前) 以上であれば、リフレッシュを行います。
- リフレッシュ許可期間が 0x0000 まで続く場合、アンダーフローの直前でリフレッシュが可能です。この場合、IWDTRR レジスタへ 0x00 → 0xFF を書き込んだ直後に IWDTSR.CNTVAL[13:0] ビットから読み出した値が 0x0003 (アンダーフローの 4 カウントサイクル前) 以上であれば、アンダーフローは発生しないでリフレッシュを行います。

図 25.4 に、PCLKB > IWDTCLK のとき、クロック分周比が IWDTCLK × 1 分周である場合の IWDT リフレッシュ動作波形を示します。

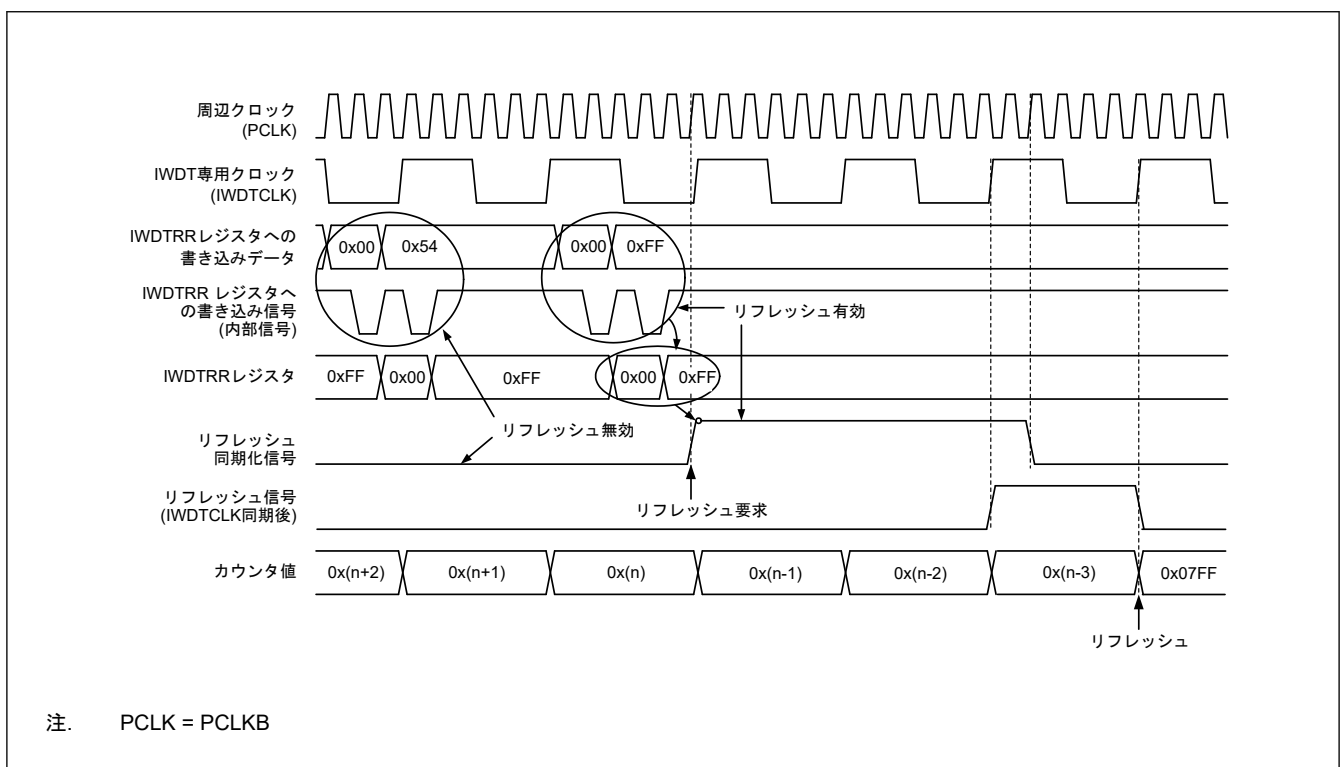


図 25.4 IWDT リフレッシュ動作波形 (OFS0.IWDTCKS[3:0] = 0000b、OFS0.IWDTTOPS[1:0] = 11b の場合)

25.3.3 ステータスフラグ

リフレッシュエラーフラグ (IWDTSR.REFEEF) とアンダーフローフラグ (IWDTSR.UNDFE) は、IWDT の割り込み要求が発生した場合の割り込み要因を保持します。割り込み要求の発生後に、IWDTSR.REFEEF フラグと IWDTSR.UNDFE フラグを読み出すことで、割り込み要因の発生状態を確認できます。各フラグは、0 を書くことによってクリアされます。1 の書き込みは無効です。

ステータスフラグをそのままにしても、動作に影響を与えません。次に IWDT が割り込み要求を出力したときに、現在のフラグの値にかかわらず、新しい割り込み要因が書き込まれます。なお、各フラグに 0 を書いてから、その値が反映されるまでの時間は、「25.2.2. IWDTSR : IWDT ステータスレジスタ」を参照してください。

25.3.4 リセット出力

オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の IWDT リセット割り込み要求選択ビット (OFS0.IWDRSTIRQS) を 1 にした場合、ダウンカウンタのアンダーフローまたはリフレッシュエラー発生時に、リセット信号を出力します。リセットが解除された後、自動でダウンカウントを開始します。

25.3.5 割り込み要因

オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0) の IWDT リセット割り込み要求選択ビット (OFS0.IWDRSTIRQS) を 0 にした場合、カウンタのアンダーフローまたはリフレッシュエラー発生時に、割り込み信号 (IWDT_NMIUNDF) を生成します。この割り込みは、ノンマスカブル割り込みと割り込みの両方に対応しています。詳細は「13. 割り込みコントローラユニット (ICU)」を参照してください。

表 25.4 IWDT の割り込み要因

名称	割り込み要因	CPU への割り込み	DMAC/DTC の起動
IWDT_NMIUNDF	<ul style="list-style-type: none"> ダウンカウンタのアンダーフロー リフレッシュエラー 	可能	不可能

25.3.6 ダウンカウンタ値の読み出し

IWDT のカウンタは IWDT 専用クロック (IWDTCLK) で動作しているため、カウンタ値を直接読み出すことはできません。IWDT は、カウンタ値を周辺クロック (PCLKB) に同期させて、IWDT ステータスレジスタのダウンカウンタ値ビット (IWDTSR.CNTVAL[13:0]) へ格納します。これらのビットを確認して、間接的にカウンタ値を取得してください。

カウンタ値の読み出しには PCLKB で数クロックサイクル (最大 4 クロックサイクル) を要するため、読み出されるカウンタ値は、実際のカウンタ値から 1 カウントずれる場合があります。

図 25.5 に、PCLKB > IWDTCLK のとき、クロック分周比が IWDTCLK × 1 分周である場合の IWDT ダウンカウンタ値の読み出し処理を示します。

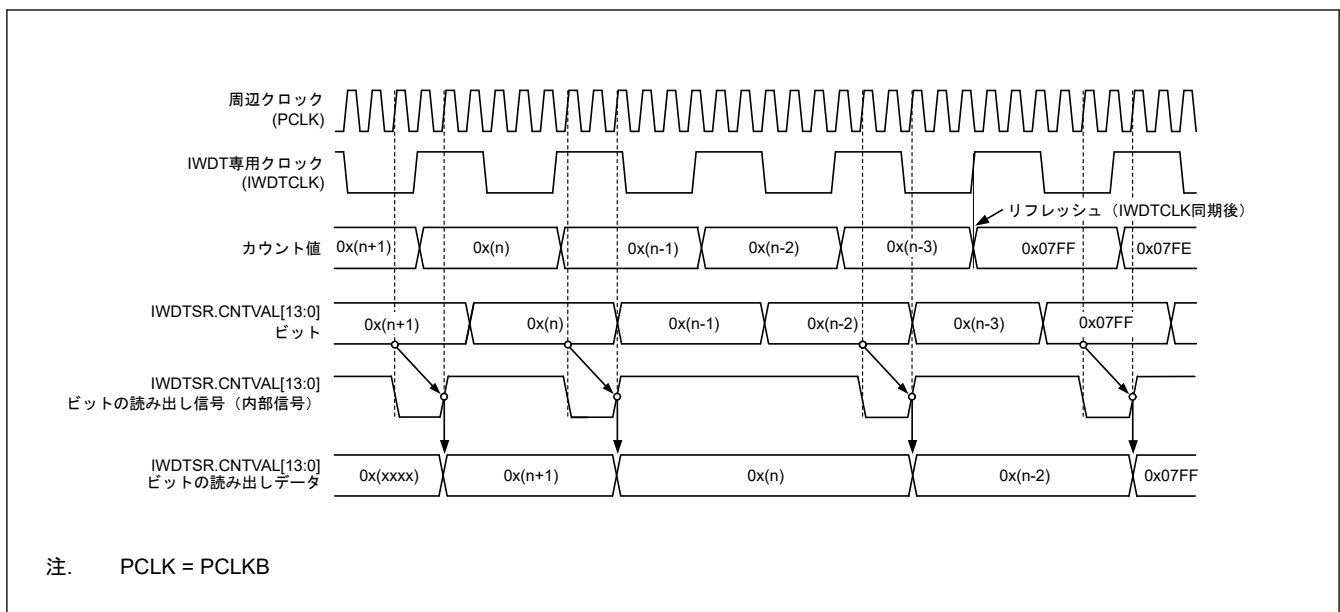


図 25.5 IWDT ダウンカウンタ値の読み出し処理 (OFS0.IWDTCKS[3:0] = 0000b、OFS0.IWDTTOPS[1:0] = 11b の場合)

25.4 イベントリンクコントローラ (ELC) への出力

ELC が割り込み要求信号をイベント信号として使用する場合、IWDT は設定したモジュールに対してリンク動作が可能です。イベント信号はカウンタのアンダーフローまたはリフレッシュエラーによって出力されます。

イベント信号は、OFS0.WDTRSTIRQS ビットの設定とは無関係に出力されます。また、リフレッシュエラーフラグ (IWDTSR.REFEF) またはアンダーフローフラグ (IWDTSR.UNDF) が 1 の状態で次の割り込み要因が発生した

場合も、イベント信号の出力が可能です。詳細は、「[18. イベントリンクコントローラ \(ELC\)](#)」を参照してください。

25.5 使用上の注意事項

25.5.1 リフレッシュ動作

リフレッシュ時間を設定する際は、PCLKB と IWDTCLK のクロックソースの発振精度を考慮してください。発振精度による誤差の範囲で周期が変動してもリフレッシュできる値を設定してください。

25.5.2 クロック分周比の設定に関する制限

周辺モジュールクロック (PCLKB) の周波数が下記の要件を満たすように設定してください。

$PCLKB \geq 4 \times (\text{カウントクロックソースの分周後周波数})$

25.5.3 ICU イベントリンク設定レジスタ n (IELSRn) の設定に関する制限

IWDT リセットアサートを許可 (OFS0.IWDTRSTIRQS = 0) にした場合、またはイベントリンク動作を許可 (IELSRn.ELS[8:0] = 0x52) にした場合、ICU イベントリンク設定レジスタ n (IELSRn.IELS[8:0]) に 0x52 を設定することは禁止されています。

26. USB2.0 フルスピードモジュール (USBFS)

26.1 概要

USB 2.0 フルスピードモジュール (USBFS) は、USB (Universal Serial Bus) 2.0 規格に準拠したホストコントローラまたはデバイスコントローラとして動作します。ホストコントローラは USB 2.0 フルスピード転送とロースピード転送に対応し、デバイスコントローラは USB 2.0 フルスピード転送に対応しています。また、USBFS は USB トランシーバを内蔵し、USB 2.0 規格で定義されている全転送タイプに対応しています。

USBFS はデータ転送用に FIFO バッファを内蔵し、最大 10 本のパイプを使用できます。パイプ 1~9 に対しては、周辺デバイスやユーザシステムの通信要件に合わせた任意のエンドポイント番号の割り付けが可能です。

表 26.1 に USBFS の仕様を、図 26.1 にそのブロック図を、表 26.2 に入出力端子を示します。

表 26.1 USBFS の仕様

パラメータ	仕様
機能	<ul style="list-style-type: none"> ホストコントローラ、デバイスコントローラに対応した UDC (USB Device Controller) および USB2.0 トランシーバ (1 チャンネル) ホストコントローラとデバイスコントローラはソフトウェアで切り替え可能 セルフパワーモードまたはバスパワーモードの選択が可能 バッテリーチャージング規格リビジョン 1.2 に対応
	ホストコントローラの特長 <ul style="list-style-type: none"> フルスピード転送 (12 Mbps) およびロースピード転送 (1.5 Mbps) SOF およびパケット送信のスケジュールを自動化 アイソクロナス転送およびインタラプト転送の転送インターバル設定機能 1 段のハブを経由して、複数の周辺デバイスと接続した通信が可能
	デバイスコントローラの特長 <ul style="list-style-type: none"> フルスピード転送 (12 Mbps) (注1) コントロール転送ステージ管理機能 デバイスステート管理機能 SET_ADDRESS リクエストに対する自動応答機能 SOF 補完
対応する転送タイプ	<ul style="list-style-type: none"> コントロール転送 バルク転送 インタラプト転送 アイソクロナス転送
パイプコンフィグレーション	<ul style="list-style-type: none"> USB 通信用の FIFO バッファ 最大 10 本のパイプを選択可能 (デフォルトコントロールパイプ (DCP) を含む) パイプ 1~9 は任意のエンドポイント番号を割り付け可能
	パイプごとに指定可能な転送条件: <ul style="list-style-type: none"> パイプ 0: 64 バイトシングルバッファによるコントロール転送 パイプ 1~2: 64 バイトダブルバッファのバルク転送または 256 バイトダブルバッファのアイソクロナス転送から選択可能 パイプ 3~5: 64 バイトダブルバッファによるバルク転送 パイプ 6~9: 64 バイトシングルバッファによるインタラプト転送
その他の機能	<ul style="list-style-type: none"> トランザクションカウントによる受信終了機能 BRDY 割り込みイベント通知タイミング変更機能 (BFRE) DnFIFO ポート (n = 0, 1) で指定したパイプのデータを読み出した後に自動で FIFO バッファをクリアする機能 (DCLRM) 転送終了による応答 PID の NAK 設定機能 (SHTNAK) D+/D-ラインのプルアップ抵抗、プルダウン抵抗をチップに内蔵 バッテリーチャージング規格リビジョン 1.2 に準拠
モジュールストップ機能	モジュールストップ状態への設定が可能
TrustZone フィルタ	セキュリティ属性を設定可能

注 1. ロースピード転送 (1.5 Mbps) は未対応です。

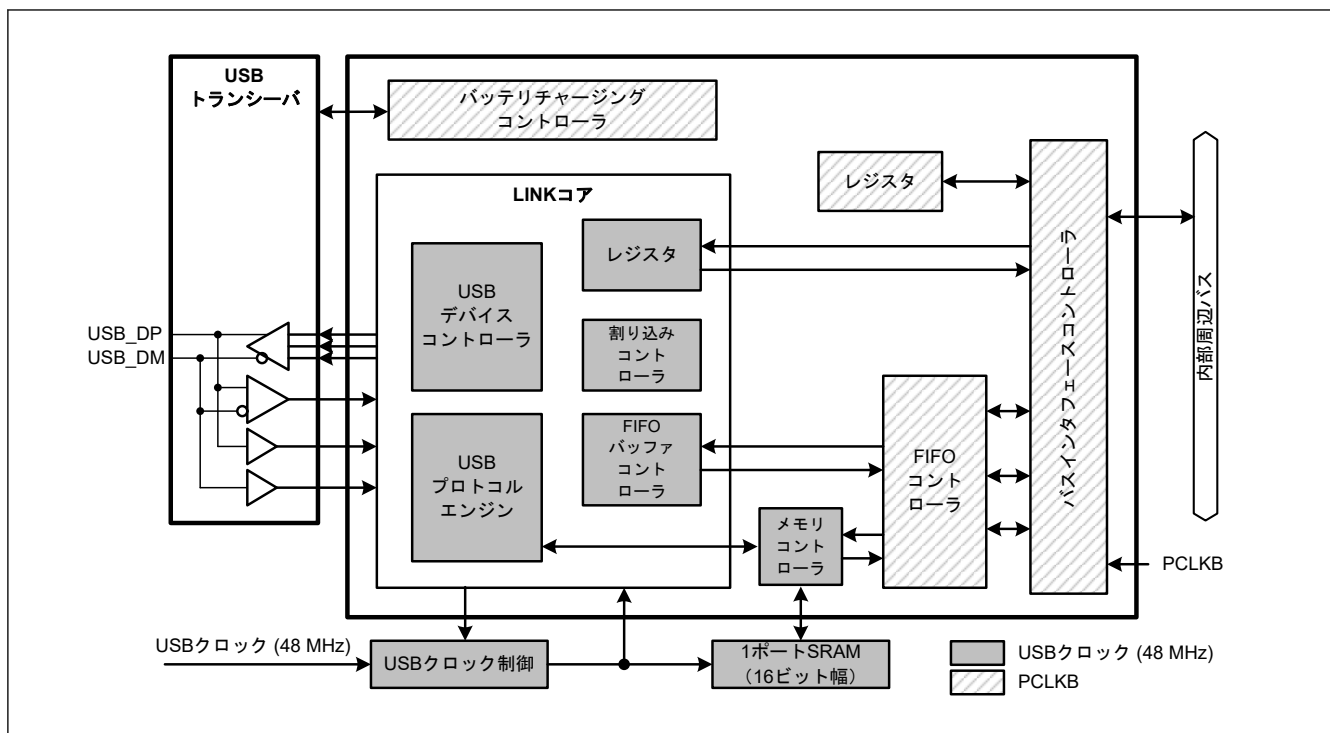


図 26.1 USBFS のブロック図

表 26.2 USBFS の端子構成

機能	端子名	入出力	機能
USBFS	USB_DP	入出力	USB 内蔵トランシーバ D+入出力端子。この端子は USB バスの D+端子に接続してください。
	USB_DM	入出力	USB 内蔵トランシーバ D-入出力端子。この端子は USB バスの D-端子に接続してください。
	USB_VBUS	入力	USB ケーブル接続モニタ端子。USB バスの VBUS に接続してください。ファンクションコントローラ機能選択時の VBUS の接続/切断を検出することができます。
	USB_VBUSEN	出力	外部電源チップへの VBUS (5 V) 供給許可信号。
	USB_OVRCURA	入力	外部オーバーカレント検出信号を接続してください。
	VCC_USB	入力	電源端子。
	VSS_USB	入力	グランド端子。

26.2 レジスタの説明

26.2.1 SYSCFG : システムコンフィグレーションコントロールレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x000

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	—	—	—	—	SCKE	—	—	—	DCFM	DRPD	DPRP U	—	—	—	USBE
------------	---	---	---	---	------	---	---	---	------	------	-----------	---	---	---	------

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	USBE	USBFS 動作許可 0: 無効 1: 有効	R/W
2:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	DPRPU	D+ライン抵抗制御 0: ラインのプルアップは禁止 1: ラインのプルアップは許可	R/W
5	DRPD	D+/D-ライン抵抗制御 0: ラインのプルダウンは禁止 1: ラインのプルダウンは許可	R/W
6	DCFM	コントローラ機能選択 0: デバイスコントローラを選択 1: ホストコントローラを選択	R/W
7	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
9:8	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
10	SCKE	USB クロック許可 0: USBFS へのクロック供給を停止 1: USBFS へのクロック供給を許可	R/W
15:11	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. SCKE ビットに 1 を書き込んだ後、このビットを読み出して 1 になっていることを確認してください。

USBE ビット (USBFS 動作許可)

USBE ビットは USBFS の動作許可/禁止を指定します。

USBE ビットを 1 から 0 に変更したときに初期化されるビットを表 26.3 に示します。本ビットの変更は、SCKE ビットが 1 のときに限り実施してください。ホストコントローラモード時は、DRPD ビットを 1 にした後、SYSSTS0.LNST[1:0]フラグのチャタリング除去を行い、USB バスステートが安定したことを確認した後で、USBE ビットを 1 にしてください。

表 26.3 SYSCFG.USBE ビットへの 0 の書き込みにより初期化されるレジスタ

選択した機能	レジスタ	ビット	備考
デバイスコントローラ	SYSSTS0	LNST[1:0]	ホストコントローラモード時、値を保持
	DVSTCTR0	RHST[2:0]	—
	INTSTS0	DVSQ[2:0]	ホストコントローラモード時、値を保持
	USBADDR	USBADDR[6:0]	ホストコントローラモード時、値を保持
	USBREQ	BREQUEST[7:0]、 BMREQUESTTYPE[7:0]	ホストコントローラモード時、値を保持
	USBVAL	WVALUE[15:0]	ホストコントローラモード時、値を保持
	USBINDX	WINDEX[15:0]	ホストコントローラモード時、値を保持
	USBLENG	WLENTUH[15:0]	ホストコントローラモード時、値を保持
ホストコントローラ	DVSTCTR0	RHST[2:0]	—
	FRMNUM	FRNM[10:0]	デバイスコントローラモード時、値を保持

DPRPU ビット (D+ライン抵抗制御)

DPRPU ビットはデバイスコントローラモードで、D+ラインのプルアップ許可/禁止を指定します。

デバイスコントローラモードで、DPRPU ビットを 1 にすると、USBFS は D+ラインをプルアップし、USB ホストに対してアタッチされたことを通知します。DPRPU ビットを 1 から 0 に変更するとプルアップが解除され、USB ホストに対してデタッチされたことを通知します。

デバイスコントローラモードでは 1、ホストコントローラモードでは 0 にしてください。

DRPD ビット (D+/D-ライン抵抗制御)

DRPD ビットはホストコントローラモードで、D+/D-ラインのプルダウン許可/禁止を指定します。

ホストコントローラモードでは 1、デバイスコントローラモードでは 0 にしてください。

DCFM ビット (コントローラ機能選択)

DCFM ビットは USBFS の機能をホスト機能にするかデバイス機能にするかを選択します。

DCFM ビットの変更は、DPRPU ビットおよび DRPD ビットの両方が 0 のときに行ってください。

SCKE ビット (USB クロック許可)

SCKE ビットは USBFS への 48MHz クロック供給の停止/許可を指定します。

本ビットが 0 の場合、SYSCFG のみ読み出し/書き込みが可能です。他の USB 関連レジスタの読み出し/書き込みはしないでください。

26.2.2 SYSSTS0 : システムコンフィグレーションステータスレジスタ 0

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x004

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	OVCM ON	—	—	—	—	—	—	—	—	HTACT	SOFEA	—	—	—	LNST[1:0]	
Value after reset:	x	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	LNST[1:0]	USB データラインステータスマニタ USB データラインのステータスを示します。表 26.4 を参照してください。	R
2	—	読み出し値は不定です。	R
4:3	—	読むと 0 が読めます。	R
5	SOFEA	ホストコントローラモード選択時のアクティブモニタ 0: SOF 出力停止 1: SOF 出力動作	R
6	HTACT	USB ホストシーケンサステータスマニタ 0: ホストシーケンサが完全に停止している 1: ホストシーケンサが完全に停止していない	R
13:7	—	読むと 0 が読めます。	R
14	—	読み出し値は不定です。	R
15	OVCMON	外部 USB_OVRCURA 入力端子モニタ OVCMON は、USB_OVRCURA 端子のステータスを示します。	R

注: OVCMON ビットの値は、USB_OVRCURA 端子のステータスに依存します。

LNST[1:0]ビット (USB データラインステータスマニタ)

LNST[1:0]ビットは USB データライン (D+および D-) のステータスを示します。詳細は、表 26.4 を参照してください。

デバイスコントローラモード時は、アタッチ処理 (SYSCFG.DPRPU ビット=1) 以降に LNST[1:0]ビットを読み出ししてください。ホストコントローラモード時は、ラインのプルダウンの許可 (SYSCFG.DRPD ビット=1) 以降に読み出ししてください。

表 26.4 USB データバスライン (D+および D-) のステータス

LNST[1:0]ビット	フルスピード動作時	ロースピード動作時
00b	SE0	SE0
01b	J-State	K-State
10b	K-State	J-State
11b	SE1	SE1

SOFEA ビット (ホストコントローラモード選択時のアクティブモニタ)

SOFEA ビットはホストコントローラモードで、DVSTCTR0.UACT ビットが 0 のために USBFS がサスペンド状態になった場合、最後の SOF 出力が完了したかどうかを確認するために使用します。

ホストコントローラモードで、SYSCFG.USBE ビットを 0 にして USBFS を停止する場合、または SYSCFG.SCKE ビットを 0 にして通信時のクロック信号供給を停止する場合は、事前に HTACT ビットと SOFEA ビットがどちらも 0 であることを確認してください。

HTACT ビット (USB ホストシーケンサステータスマニタ)

USBFS のホストシーケンサが完全に停止しているとき、HTACT ビットは 0 になります。

ホストコントローラモードで、DVSTCTR0.UACT ビットを 0 にして USBFS をサスペンド状態にする場合、または SCKE ビットを 0 にして通信時のクロック信号供給を停止する場合は、事前に HTACT ビットが 0 であることを確認してください。

OVCMON ビット (外部 USB_OVRCURA 入力端子モニタ)

OVCMON ビットは外部電源 IC からのオーバーカレント信号のステータスを示します。

26.2.3 DVSTCTR0 : デバイスステートコントロールレジスタ 0

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x008

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	EXICE N	VBUS EN	WKUP	RWUP E	USBR ST	RESU ME	UACT	—	RHST[2:0]		
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	RHST[2:0]	USB バスリセットステータス 0 0 0: ホストコントローラモード時: 通信速度は不確定 (パワード時または非接続時) デバイスコントローラモード時: 通信速度は不確定 0 0 1: ホストコントローラモード時: ロースピード接続時 デバイスコントローラモード時: USB バスリセット処理中 0 1 0: ホストコントローラモード時: フルスピード接続時 デバイスコントローラモード時: USB バスリセット処理中またはフルスピード接続時 0 1 1: 設定禁止 その他: ホストコントローラモード時: USB バスリセット処理中 デバイスコントローラモード時: 設定禁止	R
3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	UACT	USB バス許可 0: ダウンストリームポート禁止 (SOF 送出禁止) 1: ダウンストリームポート許可 (SOF 送出許可)	R/W
5	RESUME	レジャーム出力 0: レジャーム信号を出力しない 1: レジャーム信号を出力する	R/W
6	USBRST	USB バスリセット出力 0: USB バスリセット信号を出力しない 1: USB バスリセット信号を出力する	R/W
7	RWUPE	ウェイクアップ検出許可 0: ダウンストリームポートリモートウェイクアップ禁止 1: ダウンストリームポートリモートウェイクアップ許可	R/W
8	WKUP	ウェイクアップ出力 0: リモートウェイクアップ信号を出力しない 1: リモートウェイクアップ信号を出力する	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
9	VBUSEN	USB_VBUSEN 出力端子制御 0: 外部 USB_VBUSEN 端子は Low を出力 1: 外部 USB_VBUSEN 端子は High を出力	R/W
10	EXICEN	USB_EXICEN 出力端子制御 0: 外部 USB_EXICEN 端子は Low を出力 1: 外部 USB_EXICEN 端子は High を出力	R/W
11	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
15:12	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

デバイスコントローラモード時、USBFS コントローラはロースピード接続に対応しません。この値を読み出したときは、上位のアプリケーションソフトウェアで異常接続処理を実行する必要があります。

RHST[2:0]ビット (USB バスリセットステータス)

RHST[2:0]ビットは USB バスリセットのステータスを示します。

ホストコントローラモードでは、USBRST ビットを 1 にすると RHST[2:0]ビットが 100b になります。USBRST ビットを 0 にして USBFS が SE0 ステートを終了すると、RHST[2:0]ビットが新しい値に更新されます。

デバイスコントローラモードでは、USBFS が USB バスリセットを検出すると、DPRPU ビットが 1 の場合に RHST[2:0]ビットが 010b を表示し、DVST 割り込みが発生します。

UACT ビット (USB バス許可)

ホストコントローラモードで UACT ビットを 1 にすると、UACT ビットは USB バスへの SOF パケットの送信 (データと受信を含む) を制御することで、USB バス動作を許可します。UACT ビットを 1 にすると、USBFS は 1 フレーム周期内に SOF パケット出力を開始します。UACT を 0 にすると、USBFS は SOF パケット出力後にアイドル状態に遷移します。

以下のいずれかの場合に、USBFS は UACT ビットを 0 にします。

- 通信中 (UACT=1 のとき) に DTCH 割り込みを検出したとき
- 通信中 (UACT=1 のとき) に EOFERR 割り込みを検出したとき

UACT ビットへの 1 の書き込みは、必ず、USB バスリセット処理終了時 (USBRST ビットへの 0 書き込み)、またはサスペンド状態からのレジューム処理終了時 (RESUME ビットへの 0 書き込み) のいずれかのタイミングで行ってください。

デバイスコントローラモードでは、本ビットを必ず 0 にしてください。

RESUME ビット (レジューム出力)

RESUME ビットはホストコントローラモードで、レジューム信号の出力制御を行います。

RESUME ビットを 1 にすると、USBFS は USB ポートを K-State にし、レジューム信号を出力します。RWUPE ビットが 1 で USB がサスペンド状態のとき、USBFS がリモートウェイクアップ信号を検出すると、本ビットを 1 にします。

RESUME ビットが 1 のとき、ソフトウェアが RESUME ビットをクリアして 0 にするまで、USBFS は K-State 出力を続けます。RESUME ビットを 1 にする場合、USB2.0 規格で定められた期間、1 (レジューム期間) にする必要があります。インタフェースがサスペンド状態のときにのみ、RESUME ビットを 1 にしてください。レジューム処理の終了 (RESUME ビットへの 0 書き込み) と同時に UACT ビットに 1 を書き込んでください。

デバイスコントローラモード時は、常に本ビットを 0 にしてください。

USBRST ビット (USB バスリセット出力)

USBRST ビットはホストコントローラモード時に、USB バス信号の出力制御を行います。本ビットを 1 にすると、USBFS は USB ポートを SE0 ステートにして USB バスをリセットします。USBFS は USBRST ビットが 1 の状態の間は、本ビットがソフトウェアにより 0 にクリアされるまで、SE0 出力を続けます。USBRST ビットを 1 にする場合、USB2.0 規格で定められた期間、1 (USB バスリセット期間) にする必要があります。通信中 (UACT ビット=1) またはレジューム処理中 (RESUME ビット=1) に、USBRST ビットに 1 を書き込むと、UACT ビットと RESUME ビットの両方が 0 になるまで、USBFS は USB バスリセット処理を開始できません。USB バス

リセット処理の終了 (USBRSST ビットへの 0 書き込み) と同時に UACT ビットに 1 を書き込むようにしてください。

デバイスコントローラモード時は、常にこのビットを 0 にしてください。

RWUPE ビット (ウェイクアップ検出許可)

RWUPE ビットはホストコントローラモードで、下流の周辺デバイスからのリモートウェイクアップ信号 (レジューム信号) の受け付けを許可または禁止します。本ビットを 1 にすると、USBFS は下流の周辺デバイスからのリモートウェイクアップ信号 (2.5 μ s 間の K-State) を検出し、レジューム処理を実行して K-State にします。RWUPE ビットを 0 にした場合、USBFS は、USB ポートに接続された周辺デバイスからのリモートウェイクアップ信号 (K-State) を検出しても無視します。

RWUPE ビットが 1 のときは、サスペンド状態であっても内部クロックを停止しないでください (SYSCFG.SCKE ビットは 1 にしてください)。

デバイスコントローラモード時は、常に本ビットを 0 にしてください。

WKUP ビット (ウェイクアップ出力)

WKUP ビットはデバイスコントローラモードで、USB バスへのリモートウェイクアップ信号 (レジューム信号) の受け付けを許可または禁止します。

USBFS は、リモートウェイクアップ信号の出力タイミングを管理しています。WKUP ビットを 1 にすると、USBFS は 10 ms 間 K-State を出力した後、WKUP ビットをクリアして 0 にします。USB2.0 規格では、リモートウェイクアップ信号の送信までに、5 ms 以上 USB バスアイドル状態を保持する必要があります。そのため、USBFS は、サスペンド状態を検出した直後に WKUP ビットに 1 を書き込んだ場合、2 ms 後に K-State を出力します。

WKUP ビットへの 1 の書き込みは、デバイスがサスペンド状態 (INTSTS0.DVSQ[2:0]ビット= 1xxb) であり、かつ USB ホストからリモートウェイクアップ信号が許可されている場合 (RWUPE = 1) のみ行ってください。本ビットが 1 のときは、Suspended ステートであっても、内部クロックを停止しないでください (SYSCFG.SCKE ビットは 1 にする必要があります)。

ホストコントローラモードでは、常に本ビットを 0 にしてください。

26.2.4 CFIFO/CFIFOL : CFIFO ポートレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x014

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	FIFOPORT[15:0]															
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	FIFOPORT[15:0] ^(注1)	FIFO ポート これらのビットにアクセスして、FIFO バッファから受信データを読み出すか、または FIFO バッファへ送信データを書き込みます。	R/W

注 1. 有効ビットは、関連するポート選択レジスタにおける MBW の設定値 (CFIFOSEL.MBW) および BIGEND の設定値 (CFIFOSEL.BIGEND) により異なります。表 26.5 および表 26.6 を参照してください。

3 つの FIFO ポートが有効です。

- CFIFO
- D0FIFO
- D1FIFO

各 FIFO ポートは下記のレジスタで構成されます。

- FIFO バッファからのデータリードと、FIFO バッファへのデータライトを処理するポートレジスタ (CFIFO、D0FIFO、または D1FIFO)

- FIFO ポートに割り当てられたパイプを選択するためのポート選択レジスタ (CFIFOSEL、D0FIFOSEL、または D1FIFOSEL)
- ポートコントロールレジスタ (CFIFOCTR、D0FIFOCTR、または D1FIFOCTR)

各 FIFO ポートには、下記の制限事項があります。

- DCP コントロール転送用 FIFO バッファへのアクセスは CFIFO ポートを通して行います
- DMA/DTC 転送用 FIFO バッファへのアクセスは D0FIFO または D1FIFO ポートを通して行う。
- CPU による D0FIFO あるいは D1FIFO ポートアクセスも可能。
- DMA/DTC 転送機能などの FIFO ポート固有の機能を使用している場合、ポート選択レジスタの CURPIPE[3:0]ビットで選択したパイプ番号は変更できない。
- FIFO ポートを設定するレジスタ群が他の FIFO ポートに影響を与えることはない。
- 同一パイプを複数の FIFO ポートに割り当てないでください
- FIFO バッファの状態には、アクセス権が CPU にある場合と Serial Interface Engine (SIE) にある場合の 2 種類があります。SIE にアクセス権がある場合は、CPU から FIFO バッファにアクセスできない。

FIFOPORT[15:0]ビット (FIFO ポート)

FIFOPORT[15:0]ビットへのアクセス時に、USBFS は FIFO バッファから受信データを読み出すか、または FIFO バッファへ送信データを書き込みます。FIFO ポートレジスタへのアクセスは、関連するポートコントロールレジスタ (CFIFOCTR、D0FIFOCTR、または D1FIFOCTR) の FRDY ビットが 1 のときに限り可能です。

FIFO ポートレジスタの有効ビットは、ポート選択レジスタ (CFIFOSEL、D0FIFOSEL、または D1FIFOSEL) の MBW ビットおよび BIGEND ビットの設定値により異なります。表 26.5 および表 26.6 を参照してください。

表 26.5 16 ビットアクセス時のエンディアン動作

CFIFOSEL.BIGEND ビット	ビット[15:8]	ビット[7:0]
0	N + 1 データ	N + 0 データ
1	N + 0 データ	N + 1 データ

表 26.6 8 ビットアクセス時のエンディアン動作

CFIFOSEL.BIGEND ビット	ビット[15:8]	ビット[7:0]
0	アクセス禁止(注1)	N + 0 データ
1	アクセス禁止(注1)	N + 0 データ

注 1. アクセス禁止領域に対する書き込みや読み出しはしないでください。

26.2.5 DnFIFO/DnFIFOL : D0FIFO ポートレジスタ (n = 0, 1)

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x018 + 0x4 × n

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field: FIFOPORT[15:0]

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	FIFOPORT[15:0] ^(注1)	FIFO ポート これらのビットにアクセスして、FIFO バッファから受信データを読み出すか、または FIFO バッファへ送信データを書き込みます。	R/W

注 1. 有効ビットは、関連するポート選択レジスタにおける MBW の設定値 (CFIFOSEL.MBW、D0FIFOSEL.MBW、および D1FIFOSEL.MBW) および BIGEND の設定値 (CFIFOSEL.BIGEND、D0FIFOSEL.BIGEND、および D1FIFOSEL.BIGEND) により異なります。表 26.7 および表 26.8 を参照してください。

3 つの FIFO ポートが有効です。

- CFIFO
- D0FIFO
- D1FIFO

各 FIFO ポートは下記のレジスタで構成されます。

- FIFO バッファからのデータリードと、FIFO バッファへのデータライトを処理するポートレジスタ (CFIFO、D0FIFO、または D1FIFO)
- FIFO ポートに割り当てられたパイプを選択するためのポート選択レジスタ (CFIFOSEL、D0FIFOSEL、または D1FIFOSEL)
- ポートコントロールレジスタ (CFIFOCTR、D0FIFOCTR、または D1FIFOCTR)

各 FIFO ポートには、下記の制限事項があります。

- DCP コントロール転送用 FIFO バッファへのアクセスは CFIFO ポートを通して行います
- DMA/DTC 転送用 FIFO バッファへのアクセスは D0FIFO または D1FIFO ポートを通して行う。
- CPU による D0FIFO あるいは D1FIFO ポートアクセスも可能。
- DMA/DTC 転送機能などの FIFO ポート固有の機能を使用している場合、ポート選択レジスタの CURPIPE[3:0]ビットで選択したパイプ番号は変更できない。
- FIFO ポートを設定するレジスタ群が他の FIFO ポートに影響を与えることはない。
- 同一パイプを複数の FIFO ポートに割り当てない。
- FIFO バッファの状態には、アクセス権が CPU にある場合と Serial Interface Engine (SIE) にある場合の 2 種類がある。SIE にアクセス権がある場合は、CPU から FIFO バッファにアクセスできない。

FIFOPORT[15:0]ビット (FIFO ポート)

FIFOPORT ビットへのアクセス時に、USBFS は FIFO バッファから受信データを読み出すか、または FIFO バッファへ送信データを書き込みます。FIFO ポートレジスタへのアクセスは、関連するポートコントロールレジスタ (CFIFOCTR、D0FIFOCTR、または D1FIFOCTR) の FRDY ビットが 1 のときに限り可能です。

FIFO ポートレジスタの有効ビットは、ポート選択レジスタ (CFIFOSEL、D0FIFOSEL、または D1FIFOSEL) の MBW ビットおよび BIGEND ビットの設定値により異なります。表 26.7 および表 26.8 を参照してください。

表 26.7 16 ビットアクセス時のエンディアン動作

CFIFOSEL.BIGEND ビット D0FIFOSEL.BIGEND ビット D1FIFOSEL.BIGEND ビット	ビット[15:8]	ビット[7:0]
0	N+1 データ	N+0 データ
1	N+0 データ	N+1 データ

表 26.8 8 ビットアクセス時のエンディアン動作

CFIFOSEL.BIGEND ビット D0FIFOSEL.BIGEND ビット D1FIFOSEL.BIGEND ビット	ビット[15:8]	ビット[7:0]
0	アクセス禁止 ^(注1)	N+0 データ
1	アクセス禁止 ^(注1)	N+0 データ

注 1. アクセス禁止領域に対する書き込みや読み出しはしないでください。

26.2.6 CFIFOSEL : CFIFO ポート選択レジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x020

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	RCNT	REW	—	—	—	MBW	—	BIGEND	—	—	ISEL	—	CURPIPE[3:0]			
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	CURPIPE[3:0]	CFIFO ポートアクセスパイプ指定 0x0: デフォルトコントロールパイプ 0x1: パイプ 1 0x2: パイプ 2 0x3: パイプ 3 0x4: パイプ 4 0x5: パイプ 5 0x6: パイプ 6 0x7: パイプ 7 0x8: パイプ 8 0x9: パイプ 9 その他: 設定禁止	R/W
4	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
5	ISEL	DCP 選択時 CFIFO ポートアクセス方向 0: FIFO バッファ読み出し選択 1: FIFO バッファ書き込み選択	R/W
7:6	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
8	BIGEND	CFIFO ポートエンディアン制御 0: リトルエンディアン 1: ビッグエンディアン	R/W
9	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
10	MBW	CFIFO ポートアクセスビット幅 0: 8 ビット幅 1: 16 ビット幅	R/W
13:11	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
14	REW	バッファポインタリワインド 0: バッファポインタのリワインドをしない 1: バッファポインタのリワインドをする	W(注1)
15	RCNT	リードカウントモード 0: CFIFO からすべての受信データを読み出したときに、DTLN[8:0]ビット (CFIFOCTR.DTLN[8:0]、D0FIFOCTR.DTLN[8:0]、D1FIFOCTR.DTLN[8:0]) をクリア。ダブルバッファモードの場合、一面のみ読み出し終了時に DTLN[8:0]の値をクリア。 1: CFIFO から受信データを読み出すごとに DTLN[8:0]ビットをダウンカウント。	R/W

注 1. 読むと 0 が読み出されます。

CFIFOSEL、D0FIFOSEL、および D1FIFOSEL レジスタの CURPIPE[3:0]ビットに同じパイプ番号を設定しないでください。D0FIFOSEL、D1FIFOSEL レジスタの CURPIPE[3:0]ビットの設定が 0000b の場合には、パイプ指定なしとなります。

なお、DMA または DTC 転送が許可されている状態でパイプ番号の変更は行わないでください。

CURPIPE[3:0]ビット (CFIFO ポートアクセスパイプ指定)

CURPIPE[3:0]ビットは CFIFO ポート経由のデータの読み出し/書き込みに使用するパイプ番号を指定します。これらのビットに書き込む際は、書き込み後に読み出して、書き込み値と読み出し値が一致していることを確認

してから、次の処理に進んでください。CFIFOSEL、D0FIFOSEL、および D1FIFOSEL レジスタの CURPIPE[3:0] ビットに同じパイプ番号を設定しないでください。

FIFO バッファへのアクセス中は、ソフトウェアが CURPIPE[3:0] ビットの設定値を変更しようとしても、アクセスが完了するまで現在のアクセス設定が維持されます。

ISEL ビット (DCP 選択時 CFIFO ポートアクセス方向)

選択パイプが DCP のときに ISEL ビットへの新しい値の書き込みを行ったときは、その後に ISEL ビットの読み出しを行い、書き込み値と読み出し値が一致することを確認してから次の処理に進んでください。ISEL ビットと CURPIPE[3:0] ビットの設定は同時に行ってください。

MBW ビット (CFIFO ポートアクセスビット幅)

MBW ビットは CFIFO ポートへのアクセスビット幅を指定します。

選択パイプが受信方向の場合、CURPIPE[3:0] ビットと MBW ビットを同時に設定してください。これらのビットへの書き込みで FIFO バッファからのデータ読み出しが開始したら、すべてのデータが読み出されるまでビットの変更を行わないでください。

選択パイプが送信方向の場合、FIFO バッファへの書き込み処理実行中に 8 ビットから 16 ビットへのビット幅切り替えは行えません。

16 ビット幅の設定でも、バイトアクセス制御することにより、奇数バイトの書き込みは可能です。

REW ビット (バッファポインタリワインド)

REW ビットはバッファポインタのリワインドを行うか否かを指定します。

選択パイプが受信方向の場合、FIFO バッファの読み出し中に本ビットを 1 にすると、FIFO バッファの最初のデータから再読み出しが可能になります。ダブルバッファの場合は、この設定により現在読み出し中の FIFO バッファの面の最初のデータから再読み出しすることが可能になります。

REW ビットを 1 にするとき、CURPIPE[3:0] ビットの設定変更を同時に行わないでください。REW ビットを 1 にする前に、必ず FRDY ビットが 1 であることを確認してください。

送信方向のパイプに対して FIFO バッファの最初のデータから書き込みをやり直す場合は、BCLR ビットを使用してください。

26.2.7 DnFIFOSEL : D0FIFO ポート選択レジスタ (n = 0, 1)

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x028 + 0x4 × n

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	RCNT	REW	DCLR M	DREQ E	—	MBW	—	BIGEN D	—	—	—	—	CURPIPE[3:0]			
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	CURPIPE[3:0]	FIFO ポートアクセスパイプ指定 0x0: デフォルトコントロールパイプ 0x1: パイプ 1 0x2: パイプ 2 0x3: パイプ 3 0x4: パイプ 4 0x5: パイプ 5 0x6: パイプ 6 0x7: パイプ 7 0x8: パイプ 8 0x9: パイプ 9 その他: 設定禁止	R/W
7:4	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
8	BIGEND	FIFO ポートエンディアン制御 0: リトルエンディアン 1: ビッグエンディアン	R/W
9	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
10	MBW	FIFO ポートアクセスビット幅 0: 8 ビット幅 1: 16 ビット幅	R/W
11	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
12	DREQE	DMA/DTC 転送要求許可 0: DMA/DTC 転送要求禁止 1: DMA/DTC 転送要求許可	R/W
13	DCLRM	指定パイプデータ読み出し後自動バッファメモリクリアモードアクセス 0: 自動バッファクリアモード禁止 1: 自動バッファクリアモード許可	R/W
14	REW	バッファポインタリワインド 0: バッファポインタのリワインドをしない 1: バッファポインタのリワインドをする	W
15	RCNT	リードカウントモード 0: DnFIFO の全受信データ読み出し終了時(ダブルバッファモードの場合は一面のみ読み出し終了後)に DTLN[8:0]ビット (CFIFOCTR.DTLN[8:0]、D0FIFOCTR.DTLN[8:0]、D1FIFOCTR.DTLN[8:0]) をクリア 1: DnFIFO から受信データ読み出しごとに DTLN[8:0]ビットをダウンカウント	R/W

CFIFOSEL、D0FIFOSEL、および D1FIFOSEL レジスタの CURPIPE[3:0]ビットで同一のパイプを指定しないでください。D0FIFOSEL、および D1FIFOSEL レジスタの CURPIPE[3:0]ビットの設定が 0000b の場合には、パイプ指定なしとなります。DMA または DTC 転送が許可されている状態でパイプ番号の変更は行わないでください。

CURPIPE[3:0]ビット (FIFO ポートアクセスパイプ指定)

CURPIPE[3:0]ビットは DnFIFO ポート経由のデータの読み出しまたは書き込みに使用するパイプ番号を指定します。これらのビットに書き込む際は、書き込み後に読み出して、書き込み値と読み出し値が一致していることを確認してから、次の処理に進んでください。CFIFOSEL、D0FIFOSEL、および D1FIFOSEL レジスタの CURPIPE[3:0]ビットに同じパイプ番号を設定しないでください。

FIFO バッファへのアクセス中は、ソフトウェアが CURPIPE[3:0]ビットの設定値を変更しようとしても、アクセスが完了するまで現在のアクセス設定が維持されます。

MBW ビット (FIFO ポートアクセスビット幅)

MBW ビットは D0FIFO ポートへのアクセスビット幅を指定します。

選択パイプが受信方向の場合、これらのビットへの書き込みで FIFO バッファからのデータ読み出しが開始したら、すべてのデータが読み出されるまでビットの変更を行わないでください。CURPIPE[3:0]ビットと MBW ビットの設定は同時に行ってください。

選択パイプが送信方向の場合、FIFO バッファへの書き込み処理実行中に 8 ビットから 16 ビットへのビット幅切り替えは行えません。

16 ビット幅の設定でも、バイトアクセス制御することにより、奇数バイトの書き込みは可能です。

DREQE ビット (DMA/DTC 転送要求許可)

DREQE ビットは DMA または DTC 転送要求発行の許可/禁止を指定します。DMA または DTC 転送要求を許可する場合、CURPIPE[3:0]ビットを設定後に DREQE ビットを 1 にしてください。CURPIPE[3:0]ビットを書き換える場合、まず DREQE ビットを 0 にしてから書き換えてください。

DCLRM ビット (指定パイプデータ読み出し後自動バッファメモリクリアモードアクセス)

DCLRM ビットは選択パイプのデータを読み出した後の自動 FIFO バッファクリアを許可または禁止します。

本ビットを 1 にすると、指定パイプに割り当てられた FIFO バッファが空のときに Zero-Length パケットを受信した場合、または PIPECFG.BFRE ビットが 1 で受信したショートパケットの読み出しが完了した場合、USBFS は FIFO ポートコントロールレジスタの BCLR ビットを 1 にします。

SOFCFG.BRDYM ビットを 1 にして USBFS を使用する場合、本ビットを 0 にしてください。

REW ビット (バッファポインタリワインド)

REW ビットはバッファポインタのリワインドを行うか否かを指定します。

選択パイプが受信方向の場合、FIFO バッファの読み出し中に本ビットを 1 にすると、FIFO バッファの最初のデータから再読み出しが可能になります。ダブルバッファの場合は、この設定により現在読み出し中の FIFO バッファの面の最初のデータから再読み出しすることが可能になります。

REW ビットを 1 にするとき、CURPIPE[3:0] ビットの設定変更を同時に行わないでください。本ビットを 1 にする前に、必ず FRDY ビットが 1 であることを確認してください。

送信方向のパイプに対して FIFO バッファの最初のデータから書き込みをやり直す場合は、BCLR ビットを使用してください。

RCNT ビット (リードカウントモード)

RCNT ビットは CFIFOCTR.DTLN ビットの読み出しモードを指定します。PIPECFG.BFRE ビットを 1 にして DnFIFO にアクセスを行う場合は、RCNT ビットを 0 にしてください。

26.2.8 CFIFOCTR : CFIFO ポートコントロールレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x022

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	BVAL	BCLR	FRDY	—	—	—	—	DTLN[8:0]								
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
8:0	DTLN[8:0]	受信データ長 受信データ長を示します。 ポート選択レジスタの RCNT ビットの設定により、表示される内容が異なります。詳細は、DTLN[8:0] ビットの説明を参照してください。	R
12:9	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
13	FRDY	FIFO ポートレディ 0: FIFO ポートアクセス不可能 1: FIFO ポートアクセス許可	R
14	BCLR	CPU バッファクリア 0: 動作なし 1: CPU 側 FIFO バッファクリア	W
15	BVAL	バッファメモリ有効フラグ 0: 無効 (0 の書き込みは影響なし) 1: 書き込み終了	R/W

CFIFOCTR レジスタ、D0FIFOCTR レジスタおよび D1FIFOCTR レジスタは、それぞれ CFIFO、D0FIFO、および D1FIFO バッファに対応しています。

DTLN[8:0] ビット (受信データ長)

DTLN[8:0] ビットは受信データ長を示します。

FIFO バッファ読み出し中の DTLN[8:0] ビットの値は、DnFIFOSEL.RCNT ビット (n=0, 1) により、以下のように異なります。

- RCNT ビットが 0 のとき

CPU または DMA/DTC が FIFO バッファ 1 面分の全受信データの読み出しを完了するまで、USBFS は受信データ長を DTLN[8:0] ビットに表示します。

PIPECFG.BFRE ビットが 1 の場合、読み出しが完了しても、BCLR ビットが 1 になるまで USBFS は受信データ長を保持します。

- RCNT ビットが 1 のとき

FIFO バッファからデータを読み出すごとに、USBFS は DTLN[8:0] ビットの表示値をダウンカウントします。MBW=0 のときは -1 ずつ、MBW=1 のときは -2 ずつ値がダウンカウントされます。

1 面分の FIFO バッファ読み出し完了時に、USBFS は DTLN[8:0] ビットを 0 にします。ダブルバッファモード時、かつ FIFO バッファ 1 面分の受信データの読み出しを完了する前にもう 1 面分の FIFO バッファにデータを受信した場合、USBFS は先の 1 面分の読み出し完了時に後の 1 面の受信データ長を DTLN[8:0] ビットに表示します。

FRDY ビット (FIFO ポートレディ)

FRDY ビットは CPU または DMA/DTC から FIFO ポートにアクセス可能かどうかが表示されます。

以下の場合、USBFS は FRDY ビットを 1 にしますが、読み出すべきデータがないため、FIFO ポート経由のデータ読み出しはできません。

- 選択パイプに割り当てられている FIFO バッファが空の状態です。Zero-Length パケットを受信した場合
- PIPECFG.BFRE ビットが 1 のときに、ショートパケットを受信し、データ読み出しを完了した場合

これらのケースでは、BCLR ビットを 1 にして FIFO バッファのクリアを行い、次のデータ送受信を行える状態にしてください。

BCLR ビット (CPU バッファクリア)

選択パイプの CPU 側の FIFO バッファをクリアする場合は BCLR ビットを 1 にします。

選択パイプに割り当てられている FIFO バッファにダブルバッファモードが設定されている場合、FIFO バッファの両面ともに読み出し可能な場合でも、USBFS は片面の FIFO バッファのみをクリアします。

選択パイプが DCP のときに BCLR ビットを 1 にすると、FIFO バッファへのアクセス権を持つのが CPU 側か SIE 側かにかかわらず、USBFS は FIFO バッファをクリアします。SIE 側にアクセス権があるときに FIFO バッファをクリアする場合、DCPCTR.PID[1:0] ビットを 00b (NAK 応答) にしてから BCLR ビットを 1 にしてください。

選択パイプが送信方向の場合、同時に BVAL フラグと BCLR ビットの両方に 1 を書き込むと、USBFS はすでに書き込まれたデータをクリアし、Zero-Length パケットの送信を可能にします。

選択パイプが DCP 以外の場合、BCLR ビットへの 1 の書き込みは、FIFO ポートコントロールレジスタの FRDY ビットの (USBFS による) 設定値が 1 のときにのみ行ってください。

BVAL フラグ (バッファメモリ有効フラグ)

CURPIPE[3:0] ビットで選択したパイプの CPU 側の FIFO バッファの書き込み終了時に BVAL フラグを 1 にします。

選択パイプが送信方向のとき、以下の場合に BVAL フラグを 1 にしてください。

- ショートパケットを送信する場合は、データ書き込み後に本フラグを 1 にする
- Zero-Length パケットの送信を行いたいとき、FIFO バッファへデータを書き込む前に本フラグを 1 にする

これを行うと、USBFS は CPU の FIFO バッファを SIE に切り替え、送信可能状態にします。

連続転送モード時にパイプに対して最大パケットサイズ分のデータを書き込むと、USBFS は BVAL フラグを 1 にし、FIFO バッファを CPU から SIE に切り替え、送信可能状態にします。

BVAL フラグへの 1 の書き込みは、USBFS が FRDY ビットを 1 にしているときにのみ行ってください。選択パイプが受信方向の場合、BVAL フラグは 1 にしないでください。

26.2.9 DnFIFOCTR : D0FIFO ポートコントロールレジスタ (n = 0, 1)

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x02A + 0x4 × n

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	BVAL	BCLR	FRDY	—	—	—	—	DTLN[8:0]								
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
8:0	DTLN[8:0]	受信データ長 受信データ長を示します。 ポート選択レジスタの RCNT ビットの設定により、表示される内容が異なります。詳細は、DTLN[8:0]ビットの説明を参照してください。	R
12:9	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
13	FRDY	FIFO ポートレディ 0: FIFO ポートアクセス不可能 1: FIFO ポートアクセス許可	R
14	BCLR	CPU バッファクリア 0: 動作なし 1: CPU 側 FIFO バッファクリア	R/W(注1)
15	BVAL	バッファメモリ有効フラグ 0: 無効 (0 の書き込みは影響なし) 1: 書き込み終了	R/W

注 1. 読むと 0 が読み出されます。

CFIFOCTR レジスタ、D0FIFOCTR レジスタ、および D1FIFOCTR レジスタは、それぞれ CFIFO、D0FIFO、および D1FIFO バッファに対応しています。

DTLN[8:0]ビット (受信データ長)

DTLN[8:0]ビットは受信データ長を示します。

FIFO バッファ読み出し中の DTLN[8:0]ビットの値は、DnFIFOSEL.RCNT ビット (n = 0, 1) により、以下のように異なります。

- RCNT ビットが 0 のとき

CPU または DMA/DTC が FIFO バッファ 1 面分の全受信データの読み出しを完了するまで、USBFS は受信データ長を DTLN[8:0]ビットに表示します。

PIPECFG.BFRE ビットが 1 の場合、読み出しが完了しても、BCLR ビットが 1 になるまで USBFS は受信データ長を保持します。

- RCNT ビットが 1 のとき

FIFO バッファからデータを読み出すごとに、USBFS は DTLN[8:0]ビットの表示値をダウンカウントします。MBW = 0 のときは -1 ずつ、MBW = 1 のときは -2 ずつ値がダウンカウントされます。

1 面分の FIFO バッファ読み出し完了時に、USBFS は DTLN[8:0]ビットを 0 にします。ダブルバッファモード時、かつ FIFO バッファ 1 面分の受信データの読み出しを完了する前にもう 1 面分の FIFO バッファにデータを受信した場合、USBFS は先の 1 面分の読み出し完了時に後の 1 面の受信データ長を DTLN[8:0]ビットに表示します。

FRDY ビット (FIFO ポートレディ)

FRDY ビットは CPU または DMA/DTC から FIFO ポートにアクセス可能かどうかが表示されます。

以下の場合、USBFS は FRDY ビットを 1 にしますが、読み出すべきデータがないため FIFO ポート経由のデータ読み出しはできません。

- 選択パイプに割り当てられている FIFO バッファが空の状態 Zero-Length パケットを受信した場合
- PIPECFG.BFRE ビットが 1 のときに、ショートパケットを受信し、データ読み出しを完了した場合

これらのケースでは、BCLR ビットを 1 にして FIFO バッファのクリアを行い、次のデータ送受信を行える状態にしてください。

BCLR ビット (CPU バッファクリア)

選択パイプの CPU 側の FIFO バッファをクリアする場合は BCLR ビットを 1 にします。

選択パイプに割り当てられている FIFO バッファにダブルバッファモードが設定されている場合、FIFO バッファの両面ともに読み出し可能な場合でも、USBFS は片面の FIFO バッファのみをクリアします。

選択パイプが DCP のときに BCLR ビットを 1 にすると、FIFO バッファへのアクセス権を持つのが CPU 側か SIE 側かにかかわらず、USBFS は FIFO バッファをクリアします。SIE 側にアクセス権があるときに FIFO バッファをクリアする場合、DCPCTR.PID[1:0] ビットを 00b (NAK 応答) にしてから BCLR ビットを 1 にしてください。

選択パイプが送信方向の場合、同時に BVAL フラグと BCLR ビットの両方に 1 を書き込むと、USBFS はすでに書き込まれたデータをクリアし、Zero-Length パケットの送信を可能にします。

選択パイプが DCP 以外の場合、BCLR ビットへの 1 の書き込みは、FIFO ポートコントロールレジスタの FRDY ビットの (USBFS による) 設定値が 1 のときにのみ行ってください。

BVAL フラグ (バッファメモリ有効フラグ)

CURPIPE[3:0] ビットで選択したパイプの CPU 側の FIFO バッファの書き込み終了時に BVAL フラグを 1 にします。

選択パイプが送信方向のとき、以下の場合に BVAL フラグを 1 にしてください。

- ショートパケットを送信する場合は、データ書き込み後に本フラグを 1 にする
- Zero-Length パケットの送信を行いたいとき、FIFO バッファへデータを書き込む前に本フラグを 1 にする

これを行うと、USBFS は CPU の FIFO バッファを SIE に切り替え、送信可能状態にします。

連続転送モード時にパイプに対して最大パケットサイズ分のデータを書き込むと、USBFS は BVAL フラグを 1 にし、FIFO バッファを CPU から SIE に切り替え、送信可能状態にします。

BVAL フラグへの 1 の書き込みは、USBFS が FRDY ビットを 1 にしているときにのみ行ってください。選択パイプが受信方向の場合、BVAL フラグは 1 にしないでください。

26.2.10 INTENB0 : 割り込みイネーブルレジスタ 0

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x030

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	VBSE	RSME	SOFE	DVSE	CTRE	BEMPE	NRDYE	BRDYE	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
8	BRDYE	バッファレディ割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
9	NRDYE	バッファノットレディ応答割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
10	BEMPE	バッファエンプティ割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
11	CTRE	コントロール転送ステージ遷移割り込み許可 (注1) 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
12	DVSE	デバイスステート遷移割り込み許可 (注1) 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
13	SOFE	フレーム番号更新割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
14	RSME	レジューム割り込み許可(注1) 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
15	VBSE	VBUS 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W

注 1. RSME、DVSE、および CTRE ビットは、デバイスコントローラモード時にのみ 1 にできます。ホストコントローラモードでは、これらのビットを 1 にしないでください。

INTSTS0 レジスタのステータスフラグが 1 で、INTENB0 レジスタの関連する割り込み要求許可ビットが 1 の場合、USBFS は USBFS 割り込み要求を発行します。

INTENB0 レジスタの設定値にかかわらず、関連する条件を満たすステート切り替えに応じて、INTSTS0 レジスタのステータスフラグは 1 となります。

INTENB0 レジスタの関連するステータスフラグが 1 の場合に、INTENB0 レジスタの割り込み要求許可ビットが 0 から 1 に切り替えられると、USBFS 割り込み要求が発行されます。

26.2.11 INTENB1 : 割り込みイネーブルレジスタ 1

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x032

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	OVRC RE	BCHG E	—	DTCH E	ATTC HE	—	—	—	—	EOFE RRE	SIGNE	SACK E	—	—	—	PDDE TINTE
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PDDETINTE	PDDETINTE 検出割り込み要求許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
3:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	SACKE	SETUP トランザクション正常応答割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
5	SIGNE	SETUP トランザクションエラー割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
6	EOFERRE	EOF エラー検出割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
10:7	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
11	ATTCHE	接続検出割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
12	DTCHE	切断検出割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
13	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
14	BCHGE	USB バス変化割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
15	OVRCRE	オーバーカレント入力変化割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W

注. INTENB1のビットは、ホストコントローラモード時のみ1にできます。デバイスコントローラモードでは、これらのビットを1にしないでください。

INTENB1は、ホストコントローラモードおよびSETUP トランザクションでの割り込みマスクを指定します。

INTSTS1レジスタのステータスフラグが1で、INTENB1レジスタの関連する割り込み要求許可ビットが1の場合、USBFSはUSBFS割り込み要求を発行します。

INTENB1レジスタの設定値にかかわらず、関連する条件を満たすステート切り替えに応じて、INTSTS1レジスタのステータスフラグは1となります。

INTSTS1レジスタの関連するステータスフラグが1の場合に、INTENB1レジスタの割り込み要求許可ビットが0から1に切り替えられると、USBFS割り込み要求が発行されます。

デバイスコントローラモードでは、割り込みを許可しないでください。

26.2.12 BRDYENB : BRDY 割り込みイネーブルレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x036

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	—	—	—	—	—	—	PIPE9 BRDY E	PIPE8 BRDY E	PIPE7 BRDY E	PIPE6 BRDY E	PIPE5 BRDY E	PIPE4 BRDY E	PIPE3 BRDY E	PIPE2 BRDY E	PIPE1 BRDY E	PIPE0 BRDY E

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PIPE0BRDYE	パイプ0のBRDY割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
1	PIPE1BRDYE	パイプ1のBRDY割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
2	PIPE2BRDYE	パイプ2のBRDY割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
3	PIPE3BRDYE	パイプ3のBRDY割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
4	PIPE4BRDYE	パイプ4のBRDY割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
5	PIPE5BRDYE	パイプ5のBRDY割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
6	PIPE6BRDYE	パイプ6のBRDY割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
7	PIPE7BRDYE	パイプ7のBRDY割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
8	PIPE8BRDYE	パイプ 8 の BRDY 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
9	PIPE9BRDYE	パイプ 9 の BRDY 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
15:10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

BRDYENB レジスタは、各パイプの BRDY 割り込み検出時に、INTSTS0.BRDY ビットへの 1 の書き込みの許可／禁止を指定します。

BRDYSTS レジスタのステータスフラグが 1 で、BRDYENB レジスタの関連する PIPE n BRDYE ビット ($n=0\sim9$) が 1 の場合、INTSTS0.BRDY フラグは 1 になります。この場合、INTENB0 レジスタの BRDYE ビットが 1 であれば、USBFS は BRDY 割り込み要求を発生させます。少なくともひとつの PIPE n BRDY ビットが 1 の状態で、ソフトウェアで BRDYENB レジスタの関連する割り込み要求許可ビットが 0 から 1 に変更されると、USB は BRDY 割り込み要求を発生させます。

26.2.13 NRDYENB : NRDY 割り込みイネーブルレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x038

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	—	—	—	—	—	—	PIPE9 NRDY E	PIPE8 NRDY E	PIPE7 NRDY E	PIPE6 NRDY E	PIPE5 NRDY E	PIPE4 NRDY E	PIPE3 NRDY E	PIPE2 NRDY E	PIPE1 NRDY E	PIPE0 NRDY E

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PIPE0NRDYE	パイプ 0 の NRDY 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
1	PIPE1NRDYE	パイプ 1 の NRDY 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
2	PIPE2NRDYE	パイプ 2 の NRDY 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
3	PIPE3NRDYE	パイプ 3 の NRDY 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
4	PIPE4NRDYE	パイプ 4 の NRDY 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
5	PIPE5NRDYE	パイプ 5 の NRDY 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
6	PIPE6NRDYE	パイプ 6 の NRDY 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
7	PIPE7NRDYE	パイプ 7 の NRDY 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
8	PIPE8NRDYE	パイプ 8 の NRDY 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
9	PIPE9NRDYE	パイプ 9 の NRDY 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
15:10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

NRDYENB レジスタは、各パイプの NRDY 割り込み検出時に、INTSTS0.NRDY ビットへの 1 の書き込みの許可 / 禁止を指定します。

NRDYSTS レジスタのステータスフラグが 1 で、NRDYENB レジスタの関連する PIPE n BRDYE ビット ($n=0\sim 9$) が 1 の場合、INTSTS0.NRDY フラグは 1 になります。この場合、INTENB0 レジスタの NRDYE ビットが 1 であれば、USBFS は NRDY 割り込み要求を発生させます。少なくともひとつの PIPE n NRDY ビットが 1 の状態で、ソフトウェアで NRDYENB レジスタの関連する割り込み要求許可ビットが 0 から 1 に変更されると、USBFS は NRDY 割り込み要求を発生させます。

26.2.14 BEMPENB : BEMP 割り込みイネーブルレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x03A

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	—	—	—	—	—	—	PIPE9 BEMPE	PIPE8 BEMPE	PIPE7 BEMPE	PIPE6 BEMPE	PIPE5 BEMPE	PIPE4 BEMPE	PIPE3 BEMPE	PIPE2 BEMPE	PIPE1 BEMPE	PIPE0 BEMPE

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PIPE0BEMPE	パイプ 0 の BEMP 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
1	PIPE1BEMPE	パイプ 1 の BEMP 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
2	PIPE2BEMPE	パイプ 2 の BEMP 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
3	PIPE3BEMPE	パイプ 3 の BEMP 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
4	PIPE4BEMPE	パイプ 4 の BEMP 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
5	PIPE5BEMPE	パイプ 5 の BEMP 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
6	PIPE6BEMPE	パイプ 6 の BEMP 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
7	PIPE7BEMPE	パイプ 7 の BEMP 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
8	PIPE8BEMPE	パイプ 8 の BEMP 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W
9	PIPE9BEMPE	パイプ 9 の BEMP 割り込み許可 0: 割り込み要求を禁止 1: 割り込み要求を許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
15:10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

BEMPENB レジスタは、各パイプの BEMP 割り込み検出時に、INTSTS0.BEMP ビットへの 1 の書き込みの許可/禁止を指定します。

BEMPSTS レジスタのステータスフラグが 1 で、BEMPENB レジスタの関連する PIPE_nBEMPE (n=0~9) ビットが 1 の場合、INTSTS0.BEMP フラグは 1 になります。この場合、INTENB0 レジスタの BEMPE ビットが 1 であれば、USBFS は BEMP 割り込み要求を発生させます。少なくともひとつの PIPE_nBEMP ビットが 1 の状態で、ソフトウェアで BEMPENB レジスタの関連する割り込み要求許可ビットが 0 から 1 に変更されると、USBFS は BEMP 割り込み要求を発生させます。

26.2.15 SOFCFG : SOF 出力コンフィグレーションレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x03C

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	TRNE NSEL	—	BRDY M	—	EDGE STS	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	EDGESTS	エッジ割り込み出力ステータスマニタ(注1) エッジ割り込み出力信号のエッジ処理中は 1 となります。	R
5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6	BRDYM	BRDY 割り込みステータスクリアタイミング 0: ソフトウェアによる BRDY フラグのクリア 1: FIFO バッファからのデータ読み出しまたは FIFO バッファへのデータ書き込みにより USBFS が BRDY フラグをクリア	R/W
7	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
8	TRNENSEL	トランザクション有効期間選択(注1) 0: ロースピード通信非対応 1: ロースピード通信対応	R/W
15:9	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. USBFS へのクロック供給を停止するときは、事前に EDGESTS フラグが 0 であることを確認してください。

EDGESTS ビット (エッジ割り込み出力ステータスマニタ)

EDGESTS ビットはエッジ割り込み出力信号のエッジ処理中は 1 となります。USBFS へのクロック供給を停止するときは、事前に本ビットが 0 であることを確認してください。

BRDYM ビット (BRDY 割り込みステータスクリアタイミング)

BRDYM ビットはパイプの BRDY 割り込みステータスフラグのクリア方法を指定します。

TRNENSEL ビット (トランザクション有効期間選択)

TRNENSEL ビットは USB ポートでフルスピードまたはロースピード通信を行う場合に、1 フレーム中に USBFS がトークン発行を行うタイミング (トランザクション有効期間) を指定します。

ロースピードデバイスが接続されたときは、本ビットを 1 にしてください。本ビットはホストコントローラモードでのみ有効です。デバイスコントローラモード時は、本ビットを 0 にしてください。

26.2.16 INTSTS0 : 割り込みステータスレジスタ 0

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x040

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	VBINT	RESM	SOFR	DVST	CTRT	BEMP	NRDY	BRDY	VBST S	DVSQ[2:0]		VALID	CTSQ[2:0]			
Value after reset:	0	0	0	x	0	0	0	0	x	0	0	x	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	CTSQ[2:0]	コントロール転送ステージ 000: アイドルまたはセットアップステージ 001: コントロールリードデータステージ 010: コントロールリードステータスステージ 011: コントロールライトデータステージ 100: コントロールライトステータスステージ 101: コントロールライト (ノーデータ) ステータスステージ 110: コントロール転送シーケンスエラー	R
3	VALID	USB リクエスト受信 0: Setup パケットを受信していない 1: Setup パケットを受信した	R/W
6:4	DVSQ[2:0]	デバイスステート デバイスステートを示します。 000: Powered ステート 001: Default ステート 010: Address ステート 011: Configured ステート その他: Suspended ステート	R
7	VBSTS	VBUS 入カステータス 0: USB_VBUS 端子が Low 1: USB_VBUS 端子が High	R
8	BRDY	バッファレディ割り込みステータス 0: BRDY 割り込み発生なし 1: BRDY 割り込み発生あり	R
9	NRDY	バッファノットレディ割り込みステータス 0: NRDY 割り込み発生なし 1: NRDY 割り込み発生あり	R
10	BEMP	バッファエンプティ割り込みステータス 0: BEMP 割り込み発生なし 1: BEMP 割り込み発生あり	R
11	CTRT	コントロール転送ステージ遷移割り込みステータス ^(注2) 0: コントロール転送ステージ遷移割り込み発生なし 1: コントロール転送ステージ遷移割り込み発生あり	R/W ^(注1)
12	DVST	デバイスステート遷移割り込みステータス ^(注2) 0: デバイスステート遷移割り込み発生なし 1: デバイスステート遷移割り込み発生あり	R/W ^(注1)
13	SOFR	フレーム番号更新割り込みステータス 0: SOF 割り込み発生なし 1: SOF 割り込み発生あり	R/W ^(注1)
14	RESM	レジューム割り込みステータス ^(注2) ^(注3) 0: レジューム割り込み発生なし 1: レジューム割り込み発生あり	R/W ^(注1)
15	VBINT	VBUS 割り込みステータス ^(注3) 0: VBUS 割り込み発生なし 1: VBUS 割り込み発生あり	R/W ^(注1)

注. DVST ビットは MCU がリセットされると 0、USB バスリセットのときは 1 になります。

注. VBSTS ビットは USB_VBUS 端子が High のときは 1、Low のときは 0 になります。

- 注. DVSQ[2:0]ビットは MCU がリセットされると 000b、USB バスリセットのときは 001b になります。
- 注 1. VBINT ビット、RESM ビット、SOFR ビット、DVST ビット、CTRT ビット、または VALID ビットをクリアする場合は、クリアしたいビットにのみ 0 を書き込んでください。その他のビットには 1 を書き込んでください。0 を示しているステータスビットへの 0 書き込みを行わないでください。
- 注 2. RESM、DVST、および CTRT ビットのステータスは、デバイスコントローラモードでのみ変化します。ホストコントローラモードでは関連する割り込み許可ビットを 0 (禁止) にしてください。
- 注 3. USBFS は VBINT ビットおよび RESM ビットが示すステータス変化をクロック供給停止中 (SCKE ビット = 0) でも検出し、関連する割り込み要求ビットが 1 であれば割り込みを要求します。ステータスをソフトウェアでクリアするときは、事前にクロック供給を許可してから行ってください。

CTSQ[2:0]ビット (コントロール転送ステージ)

ホストコントローラモード時、CTSQ[2:0]ビットの読み出し値は無効です。

VALID ビット (USB リクエスト受信)

ホストコントローラモード時、VALID ビットの読み出し値は無効です。

DVSQ[2:0]ビット (デバイスステート)

USB バスリセットで DVSQ[2:0]ビットは初期化されます。ホストコントローラモード時、読み出し値は無効です。

BRDY フラグ (バッファレディ割り込みステータス)

BRDY フラグは BRDY 割り込みステータスを示します。

USBFS は、BRDY 割り込みが許可された ($BRDYENB.PIPEnBRDYE = 1$) パイプのうち少なくとも 1 つに対して BRDY 割り込みステータス ($PIPEnBRDY = 1, n = 0 \sim 9$) を検出したときに、BRDY ビットを 1 にします。

PIPEnBRDY ステータスがアサートされる条件については、「[26.3.3.1. BRDY 割り込み](#)」を参照してください。

1 に設定されている PIPEnBRDYE ビットに関連する PIPEnBRDY ビットのすべてにソフトウェアで 0 を書きこむと、USBFS は BRDY ビットを 0 にします。ソフトウェアで BRDY フラグに 0 を書き込んだ場合でも、本フラグはクリアされません。

NRDY フラグ (バッファノットレディ割り込みステータス)

NRDY フラグは NRDY 割り込みステータスを示します。

USBFS は NRDY 割り込みが許可された ($NRDYENB.PIPEnNRDYE = 1$) パイプのうち少なくとも 1 つに対して NRDY 割り込みステータス ($PIPEnNRDY = 1, n = 0 \sim 9$) を検出したときに、NRDY ビットを 1 にします。

PIPEnNRDY ステータスがアサートされる条件については、「[26.3.3.2. NRDY 割り込み](#)」を参照してください。

1 に設定されている PIPEnNRDYE ビットに関連する PIPEnNRDY ビットのすべてにソフトウェアで 0 を書きこむと、USBFS は NRDY ビットを 0 にします。ソフトウェアで NRDY フラグに 0 を書き込んだ場合でも、本フラグはクリアされません。

BEMP フラグ (バッファエンプティ割り込みステータス)

BEMP フラグは BEMP 割り込みステータスを示します。

USBFS は BEMP 割り込みが許可された ($BEMPENB.PIPEnBEMPE = 1$) パイプのうち少なくとも 1 つに対して BEMP 割り込みステータス ($PIPEnBEMP = 1, n = 0 \sim 9$) を検出したときに、BEMP ビットを 1 にします。

PIPEnBEMP ステータスがアサートされる条件については、「[26.3.3.3. BEMP 割り込み](#)」を参照してください。

ソフトウェアで、1 に設定されている PIPEnBEMPE ビットに対応する PIPEnBEMP ビットのすべてに 0 を書くと、USBFS は BEMP ビットを 0 にします。ソフトウェアで BEMP フラグに 0 を書き込んだ場合でも、本フラグはクリアされません。

CTRT フラグ (コントロール転送ステージ遷移割り込みステータス)

デバイスコントローラモード時、USBFS がコントロール転送のステージ遷移を検出すると、USBFS は CTSQ[2:0]ビットの値を更新し、CTRT フラグを 1 にします。コントロール転送ステージ遷移割り込みが発生した場合、USBFS が次のコントロール転送ステージ遷移を検出するまでに CTRT フラグをクリアしてください。

ホストコントローラモード時に CTRT フラグから読み出した値は無効です。

DVST フラグ (デバイスステート遷移割り込みステータス)

デバイスコントローラモード時、USBFS がデバイスステートのステージ切り替えを検出すると、USBFS は DVSQ[2:0] ビットの値を更新し、DVST フラグを 1 にします。デバイスステート遷移割り込みが発生した場合、USBFS が次のデバイスステート遷移を検出するまでに DVST フラグをクリアしてください。

ホストコントローラモード時に DVST フラグから読み出した値は無効です。

SOFR フラグ (フレーム番号更新割り込みステータス)

ホストコントローラモード時に、ソフトウェアで DVSTCTR0.UACT ビットを 1 にしている場合、USBFS はフレーム番号を更新するときに SOFR フラグを 1 にします。SOFR 割り込みの検出間隔は 1 ms です。

デバイスコントローラモード時に、USBFS はフレーム番号を更新するときに SOFR フラグを 1 にします。フレーム番号更新割り込みは、1 ms ごとに検出します。

USB ホストから受信した SOF パケットが破損していても、内部補完機能により、USBFS は SOFR 割り込みを検出できます。

RESM フラグ (レジューム割り込みステータス)

デバイスコントローラモード時、USBFS は、Suspended ステート (DVSQ[2:0] = 1xxb) であり、かつ、USB_DP 端子で信号の立ち下がりがエッジを検出したときに、RESM フラグを 1 にします。ホストコントローラモード時に RESM フラグから読み出した値は無効です。

VBINT フラグ (VBUS 割り込みステータス)

USBFS は、USB_VBUS 端子入力値のレベル変化 (High から Low、または Low から High) を検出すると、VBINT フラグを 1 にします。USBFS は USB_VBUS 端子の入力値を VBSTS フラグに表示します。VBUS 割り込みが発生した場合は、ソフトウェアで VBSTS フラグを 3 回以上読み出し、値が一致することを確認してトランジェント除去を行ってください。

26.2.17 INTSTS1 : 割り込みステータスレジスタ 1

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x042

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	OVRC R	BCHG	—	DTCH	ATTCH	—	—	—	—	EOFERR	SIGN	SACK	—	—	—	PDDETINT
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PDDETINT ^(注1)	PDDET 検出割り込みステータスフラグ 0: PDDET 割り込み発生なし 1: PDDET 割り込み発生あり	R/W ^(注2)
3:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	SACK	SETUP トランザクション正常応答割り込みステータス 0: SACK 割り込み発生なし 1: SACK 割り込み発生あり	R/W ^(注3)
5	SIGN	SETUP トランザクションエラー割り込みステータス 0: SIGN 割り込み発生なし 1: SIGN 割り込み発生あり	R/W ^(注3)
6	EOFERR	EOF エラー検出割り込みステータス 0: EOFERR 割り込み発生なし 1: EOFERR 割り込み発生あり	R/W ^(注3)
10:7	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
11	ATTCH	ATTCH 割り込みステータス 0: ATTCH 割り込み発生なし 1: ATTCH 割り込み発生あり	R/W ^(注3)

ビット	シンボル	機能	R/W
12	DTCH	USB 切断検出割り込みステータス 0: DTCH 割り込み発生なし 1: DTCH 割り込み発生あり	R/W ^(注3)
13	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
14	BCHG	USB バス変化割り込みステータス ^(注4) 0: BCHG 割り込み発生なし 1: BCHG 割り込み発生あり	R/W ^(注3)
15	OVRRCR	オーバーカレント入力変化割り込みステータス ^(注4) 0: OVRRCR 割り込み発生なし 1: OVRRCR 割り込み発生あり	R/W ^(注3)

注 1. USBFS は PDDDETINT ビット、OVRRCR ビット、または BCHG ビットのステータス変化をクロック停止中 (SYSCFG.SCKE = 0) でも検出し、関連する割り込み要求ビットが 1 であれば割り込みを要求します。ステータスをソフトウェアでクリア (SYSCFG.SCKE = 1) する場合は、クロック供給を許可してから行ってください。その他の割り込みは、クロック停止中 (SYSCFG.SCKE ビット = 0) は検出しません。

注 2. INTSTS1 レジスタの各ビットを 0 にする場合は、クリアしたいビットにのみ 0 を書き込んでください。その他のビットには 1 を書き込んでください。

注 3. INTSTS1 レジスタの各ビットを 0 にする場合は、クリアしたいビットにのみ 0 を書き込んでください。その他のビットには 1 を書き込んでください。

注 4. USBFS は OVRRCR ビットまたは BCHG ビットのステータス変化をクロック停止中 (SYSCFG.SCKE = 0) でも検出し、関連する割り込み要求ビットが 1 であれば割り込みを要求します。ステータスをソフトウェアでクリア (SYSCFG.SCKE = 1) する場合は、クロック供給を許可してから行ってください。その他の割り込みは、クロック停止中 (SYSCFG.SCKE ビット = 0) は検出しません。

INTSTS1 レジスタは、ホストコントローラモードでの各割り込みのステータスを確認するレジスタです。

INTSTS1 レジスタの各ビットが示すステータス変化による割り込みは、ホストコントローラモードでのみ許可してください。

PDDDETINT フラグ (PDDDET 検出割り込みステータスフラグ)

USBFS は、PDDDET 端子入力値のレベル変化 (High から Low、または Low から High) を検出すると、PDDDETINT フラグを 1 にします。PDDDETINT 割り込みが発生した場合は、ソフトウェアで BCCTRL1.PDDDETSTS フラグを 3 回以上読み出し、値が一致することを確認してデバウンスを行ってください。

SACK フラグ (SETUP トランザクション正常応答割り込みステータス)

SACK フラグはホストコントローラモード時、SETUP トランザクション正常応答割り込みステータスを示します。

USBFS が発行した SETUP トランザクションにおいて周辺デバイスから ACK 応答が返されると、USBFS は SACK 割り込みを検出し、本フラグを 1 にします。ソフトウェアで関連する割り込み許可ビットを 1 にしていれば、USBFS は割り込みを発生させます。

デバイスコントローラモード時に SACK フラグから読み出した値は無効です。

SIGN フラグ (SETUP トランザクションエラー割り込みステータス)

SIGN フラグは、ホストコントローラモード時、SETUP トランザクションエラー割り込みステータスを示します。

USBFS が発行した SETUP トランザクションにおいて、周辺デバイスが ACK 応答を行わない事態が連続 3 回発生すると、USBFS は SIGN 割り込みを検出し、本フラグを 1 にします。ソフトウェアで関連する割り込み許可ビットを 1 にしていれば、USBFS は割り込みを発生させます。

USBFS の SIGN 割り込みは、3 回の連続した SETUP トランザクションに対して、以下のいずれかの応答条件が発生したときに検出されます。

- 周辺デバイスが何も応答しない状態で USBFS がタイムアウトを検出したとき
- 破損した ACK パケットを受信したとき
- ACK 以外のハンドシェイク (NAK、NYET、または STALL) を受信したとき

デバイスコントローラモード時に SIGN フラグから読み出した値は無効です。

EOFERR フラグ (EOF エラー検出割り込みステータス)

EOFERR フラグはホストコントローラモード時、EOF エラー検出割り込みステータスを示します。

USBFS は、USB2.0 規格で定められている EOF2 タイミングで通信が終了しないことを検出すると、EOFERR 割り込みを検出して本フラグを 1 にします。ソフトウェアで関連する割り込み許可ビットを 1 にしていれば、USBFS は割り込みを発生させます。

USBFS は、EOFERR 割り込みを検出後、関連する割り込み許可ビットの設定値にかかわらず、以下のハードウェア制御を行います。

- EOFERR 割り込みを検出したポートの DVSTCTR0.UACT ビットを 0 にする
- EOFERR 割り込みが発生したポートをアイドル状態に遷移させる

ソフトウェアで、通信を行っているすべてのパイプを終了させ、USB ポートへの再エニュメレーションを行ってください。

デバイスコントローラモード時に EOFERR フラグから読み出した値は無効です。

ATTCH フラグ (ATTCH 割り込みステータス)

ATTCH フラグはホストコントローラモード時、USB アタッチ検出割り込みステータスを示します。

USBFS は、フルスピード信号レベルまたはロースピード信号レベルの J-State または K-State を 2.5 μ s 検出すると、ATTCH 割り込みを検出して本フラグを 1 にします。ソフトウェアで関連する割り込み許可ビットを 1 にしていれば、USBFS は割り込みを発生させます。

USBFS の ATTCH 割り込み検出条件は以下のいずれかです。

- K-State、SE0、または SE1 から J-State に変化し、J-State のまま 2.5 μ s 間継続したとき
- J-State、SE0、または SE1 から K-State に変化し、K-State のまま 2.5 μ s 間継続したとき

デバイスコントローラモード時に ATTCH フラグから読み出した値は無効です。

DTCH フラグ (USB 切断検出割り込みステータス)

DTCH フラグはホストコントローラモード時、USB 切断検出割り込みステータスを示します。

USBFS は、USB バスデタッチイベントを検出すると、DTCH 割り込みを検出して本フラグを 1 にします。ソフトウェアで関連する割り込み許可ビットを 1 にしていれば、USBFS は割り込みを発生させます。

USBFS は、USB2.0 規格に準じてバスデタッチイベントを検出します。

USBFS は、DTCH 割り込みを検出後、関連する割り込み許可ビットの設定値にかかわらず、以下のハードウェア制御を行います。

- DTCH 割り込みを検出したポートの DVSTCTR0.UACT ビットを 0 にする
- DTCH 割り込みが発生したポートをアイドル状態に遷移させる

ソフトウェアで、通信を行っているすべてのパイプを終了させ、USB ポートへのアタッチ待ちの状態 (ATTCH 割り込み発生待ちの状態) を呼び出してください。

デバイスコントローラモード時に DTCH フラグから読み出した値は無効です。

BCHG フラグ (USB バス変化割り込みステータス)

BCHG フラグはホストコントローラモード時、USB バス変化割り込みステータスを示します。

USBFS は、USB ポートでフルスピード信号レベルまたはロースピード信号レベルの変化が起こると、BCHG 割り込みを検出して本フラグを 1 にします。対象とする変化は、J-State、K-State、SE0 のいずれかから J-State、K-State、SE0 のいずれかへの変化すべてを含みます。ソフトウェアで関連する割り込み許可ビットを 1 にしていれば、USBFS は割り込みを発生させます。

USBFS は USB ポートの入力状態を、LNST[1:0] ビットに表示します。BCHG 割り込みが発生した場合は、ソフトウェアで LNST[1:0] ビットの読み出しを同じ値が 3 回以上得られるまで繰り返し、トランジェント除去を行ってください。

USB バス状態の変化は、内部クロック停止状態でも検出します。

デバイスコントローラモード時に BCHG フラグから読み出した値は無効です。

OVRCCR フラグ (オーバーカレント入力変化割り込みステータス)

OVRCCR フラグは、USB_OVRCURA 入力端子の変化割り込みステータスを示します。

USB_OVRCURA 端子の入力値の少なくともどちらか一方が変化 (High から Low への変化あるいは Low から High への変化) すると、USBFS は OVRCR 割り込みを検出して本フラグを 1 にします。ソフトウェアで対応する割り込み許可ビットを 1 にしている場合、USBFS は割り込みを発生させます。

26.2.18 BRDYSTS : BRDY 割り込みステータスレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x046

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	PIPE9 BRDY	PIPE8 BRDY	PIPE7 BRDY	PIPE6 BRDY	PIPE5 BRDY	PIPE4 BRDY	PIPE3 BRDY	PIPE2 BRDY	PIPE1 BRDY	PIPE0 BRDY
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PIPE0BRDY	パイプ 0 の BRDY 割り込みステータス (注2) 0: BRDY 割り込み発生なし 1: BRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
1	PIPE1BRDY	パイプ 1 の BRDY 割り込みステータス (注2) 0: BRDY 割り込み発生なし 1: BRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
2	PIPE2BRDY	パイプ 2 の BRDY 割り込みステータス (注2) 0: BRDY 割り込み発生なし 1: BRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
3	PIPE3BRDY	パイプ 3 の BRDY 割り込みステータス (注2) 0: BRDY 割り込み発生なし 1: BRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
4	PIPE4BRDY	パイプ 4 の BRDY 割り込みステータス (注2) 0: BRDY 割り込み発生なし 1: BRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
5	PIPE5BRDY	パイプ 5 の BRDY 割り込みステータス (注2) 0: BRDY 割り込み発生なし 1: BRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
6	PIPE6BRDY	パイプ 6 の BRDY 割り込みステータス (注2) 0: BRDY 割り込み発生なし 1: BRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
7	PIPE7BRDY	パイプ 7 の BRDY 割り込みステータス (注2) 0: BRDY 割り込み発生なし 1: BRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
8	PIPE8BRDY	パイプ 8 の BRDY 割り込みステータス (注2) 0: BRDY 割り込み発生なし 1: BRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
9	PIPE9BRDY	パイプ 9 の BRDY 割り込みステータス (注2) 0: BRDY 割り込み発生なし 1: BRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
15:10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. SOFCFG.BRDYM ビットが 0 の場合、BRDYSTS レジスタの各ビットが示すステータスをクリアする場合は、クリアしたいビットにのみ 0 を書き込んでください。その他のビットには 1 を書き込んでください。

注 2. SOFCFG.BRDYM ビットが 0 の場合、BRDY 割り込みのクリアは、FIFO にアクセスする前に行ってください。

26.2.19 NRDYSTS : NRDY 割り込みステータスレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x048

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	PIPE9 NRDY	PIPE8 NRDY	PIPE7 NRDY	PIPE6 NRDY	PIPE5 NRDY	PIPE4 NRDY	PIPE3 NRDY	PIPE2 NRDY	PIPE1 NRDY	PIPE0 NRDY
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PIPE0NRDY	パイプ 0 の NRDY 割り込みステータス 0: NRDY 割り込み発生なし 1: NRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
1	PIPE1NRDY	パイプ 1 の NRDY 割り込みステータス 0: NRDY 割り込み発生なし 1: NRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
2	PIPE2NRDY	パイプ 2 の NRDY 割り込みステータス 0: NRDY 割り込み発生なし 1: NRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
3	PIPE3NRDY	パイプ 3 の NRDY 割り込みステータス 0: NRDY 割り込み発生なし 1: NRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
4	PIPE4NRDY	パイプ 4 の NRDY 割り込みステータス 0: NRDY 割り込み発生なし 1: NRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
5	PIPE5NRDY	パイプ 5 の NRDY 割り込みステータス 0: NRDY 割り込み発生なし 1: NRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
6	PIPE6NRDY	パイプ 6 の NRDY 割り込みステータス 0: NRDY 割り込み発生なし 1: NRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
7	PIPE7NRDY	パイプ 7 の NRDY 割り込みステータス 0: NRDY 割り込み発生なし 1: NRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
8	PIPE8NRDY	パイプ 8 の NRDY 割り込みステータス 0: NRDY 割り込み発生なし 1: NRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
9	PIPE9NRDY	パイプ 9 の NRDY 割り込みステータス 0: NRDY 割り込み発生なし 1: NRDY 割り込み発生あり	R/W(注1)
15:10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. NRDYSTS レジスタの各ビットが示すステータスをクリアする場合は、クリアしたいビットにのみ 0 を書き込んでください。その他のビットには 1 を書き込んでください。

26.2.20 BEMPSTS : BEMP 割り込みステータスレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x04A

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	PIPE9 BEMP	PIPE8 BEMP	PIPE7 BEMP	PIPE6 BEMP	PIPE5 BEMP	PIPE4 BEMP	PIPE3 BEMP	PIPE2 BEMP	PIPE1 BEMP	PIPE0 BEMP
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PIPE0BEMP	パイプ 0 の BEMP 割り込みステータス 0: BEMP 割り込み発生なし 1: BEMP 割り込み発生あり	R/W(注1)
1	PIPE1BEMP	パイプ 1 の BEMP 割り込みステータス 0: BEMP 割り込み発生なし 1: BEMP 割り込み発生あり	R/W(注1)
2	PIPE2BEMP	パイプ 2 の BEMP 割り込みステータス 0: BEMP 割り込み発生なし 1: BEMP 割り込み発生あり	R/W(注1)
3	PIPE3BEMP	パイプ 3 の BEMP 割り込みステータス 0: BEMP 割り込み発生なし 1: BEMP 割り込み発生あり	R/W(注1)
4	PIPE4BEMP	パイプ 4 の BEMP 割り込みステータス 0: BEMP 割り込み発生なし 1: BEMP 割り込み発生あり	R/W(注1)
5	PIPE5BEMP	パイプ 5 の BEMP 割り込みステータス 0: BEMP 割り込み発生なし 1: BEMP 割り込み発生あり	R/W(注1)
6	PIPE6BEMP	パイプ 6 の BEMP 割り込みステータス 0: BEMP 割り込み発生なし 1: BEMP 割り込み発生あり	R/W(注1)
7	PIPE7BEMP	パイプ 7 の BEMP 割り込みステータス 0: BEMP 割り込み発生なし 1: BEMP 割り込み発生あり	R/W(注1)
8	PIPE8BEMP	パイプ 8 の BEMP 割り込みステータス 0: BEMP 割り込み発生なし 1: BEMP 割り込み発生あり	R/W(注1)
9	PIPE9BEMP	パイプ 9 の BEMP 割り込みステータス 0: BEMP 割り込み発生なし 1: BEMP 割り込み発生あり	R/W(注1)
15:10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. BEMPSTS レジスタの各ビットが示すステータスをクリアする場合は、クリアしたいビットにのみ 0 を書き込んでください。その他のビットには 1 を書き込んでください。

26.2.21 FRMNUM : フレームナンバレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x04C

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	OVRN	CRCE	—	—	—	FRNM[10:0]									
------------	------	------	---	---	---	------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
10:0	FRNM[10:0]	フレーム番号 最新のフレーム番号	R
13:11	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
14	CRCE	受信データエラー 0: エラーなし 1: エラー発生	R/W(注1)
15	OVRN	オーバーラン/アンダーラン検出ステータス 0: エラーなし 1: エラー発生	R/W(注1)

注 1. ステータスをクリアする場合は、クリアしたいビットにのみ 0 を書き込んでください。その他のビットには 1 を書き込んでください。

FRNM[10:0]フラグ (フレーム番号)

SOF パケットの発行時または受信時に、FRNM[10:0]フラグは最新のフレーム番号 (1ms ごとに更新) を示します。

CRCE フラグ (受信データエラー)

アイソクロナス転送中に CRC エラーやビットスタッフィングエラーが発生した場合、CRCE フラグは 1 になります。ホストコントローラモードで CRC エラー検出時、USBFS は内部 NRDY 割り込みを発生させます。

CRCE フラグをクリアする場合は、本フラグに 0 を書き、FRMNUM レジスタの他のビットは 1 にします。

OVRN フラグ (オーバーラン/アンダーラン検出ステータス)

アイソクロナス転送中にオーバーランエラーやアンダーランエラーが発生した場合、OVRN フラグは 1 になります。本フラグをクリアする場合は、本フラグに 0 を書き、FRMNUM レジスタの他のビットは 1 にします。

ホストコントローラモード時、以下のいずれかの条件で、OVRN フラグは 1 になります。

- 転送タイプがアイソクロナスの送信方向パイプにおいて、FIFO バッファへのすべての送信データの書き込みが完了する前に OUT トークン発行タイミングに達したとき
- 転送タイプがアイソクロナスの受信方向パイプにおいて、FIFO バッファのすべての面で空きがない状態で、IN トークン発行タイミングに達したとき

デバイスコントローラモード時、以下のいずれかの条件で、OVRN フラグは 1 になります。

- 転送タイプがアイソクロナスの送信方向パイプにおいて、FIFO バッファへのすべての送信データの書き込みが完了する前に IN トークンを受信したとき
- 転送タイプがアイソクロナスの受信方向パイプにおいて、FIFO バッファのすべての面で空きがない状態で、OUT トークンを受信したとき

26.2.22 DVCHGR : デバイスステート切り替えレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x04E

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	DVCHG	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
14:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
15	DVCHG	デバイスステート切り替え 0: USBADDR.STSRECOV[3:0]ビットおよび USBADDR.USBADDR[6:0]ビットへの書き込み無効 1: USBADDR.STSRECOV[3:0]ビットおよび USBADDR.USBADDR[6:0]ビットへの書き込み有効	R/W

詳細については、「[26.3.1.5. USB のサスペンド/レジューム割り込みによるディープソフトウェアスタンバイモードの解除](#)」を参照してください。

26.2.23 USBADDR : USB アドレスレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x050

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	STSRECOV[3:0]			—	USBADDR[6:0]							
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
6:0	USBADDR[6:0]	USB アドレス デバイスコントローラモード時、USBFS が SET_ADDRESS リクエストを正常に処理したときに、ホストから割り付けられた USB アドレスを表示します。	R/W
7	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
11:8	STSRECOV[3:0]	ステータスリカバリ 0x4: デバイスコントローラモード時の復帰：設定禁止 ホストコントローラモード時の復帰： ロースピード状態に復帰 (DVSTCTR0.RHST[2:0]ビット = 001b) 0x8: デバイスコントローラモード時の復帰：設定禁止 ホストコントローラモード時の復帰： フルスピード状態に復帰 (DVSTCTR0.RHST[2:0]ビット = 010b) 0x9: デバイスコントローラモード時の復帰： フルスピード状態に復帰 (DVSTCTR0.RHST[2:0]ビット = 010b)、 INTSTS0.DVSQ[2:0]ビット = 001b (Default ステート) ホストコントローラモード時の復帰：設定禁止 0xA: デバイスコントローラモード時の復帰： フルスピード状態に復帰 (DVSTCTR0.RHST[2:0]ビット = 010b)、 INTSTS0.DVSQ[2:0]ビット = 010b (address ステート) ホストコントローラモード時の復帰：設定禁止 0xB: デバイスコントローラモード時の復帰： フルスピード状態に復帰 (DVSTCTR0.RHST[2:0]ビット = 010b)、 INTSTS0.DVSQ[2:0]ビット = 011b (configured ステート) ホストコントローラモード時の復帰：設定禁止 その他: 設定禁止	R/W
15:12	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

USBADDR[6:0]ビット (USB アドレス)

デバイスコントローラモード時、USBFS が SetAddress 要求の処理を正常に終了すると、USBADDR[6:0]フラグは受信した USB アドレス受信します。USBFS は USB バスリセットを検出すると、USBADDR[6:0]ビットを 0x00 にします。

DVCHGR.DVCHG ビットが 1 に設定されているときに、USBADDR[6:0]ビットに書き込み可能となります。USB 電源遮断からの復帰時に、ソフトウェアによる遮断の前に設定されていた USB アドレスから再開することが可能です。

ホストコントローラモード時、USBADDR[6:0]ビットは無効です。

STSRECOV[3:0]ビット (ステータスリカバリ)

STSRECOV[3:0]ビットは USB 電源遮断から復帰するときに、内部シーケンサの状態を遮断前の状態に復帰させるときに使用します。詳細については、「[26.3.1.5. USB のサスペンド/レジューム割り込みによるディープソフトウェアスタンバイモードの解除](#)」を参照してください。

DVCHGR.DVCHG ビットが 1 に設定されているときに STSRECOV[3:0]ビットに書き込み可能となります。

26.2.24 USBREQ : USB リクエストタイプレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x054

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	BREQUEST[7:0]								BMREQUESTTYPE[7:0]							
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	BMREQUESTTYPE[7:0]	リクエストタイプ USB リクエスト bmRequestType の値	R/W(注1)
15:8	BREQUEST[7:0]	リクエスト USB リクエスト bRequest の値	R/W(注1)

注 1. デバイスコントローラモードでは、読み出しのみ可能で書き込みは無効です。ホストコントローラモードでは、これらは読み出し、書き込み両方のビットとなります。

USBREQ レジスタは、コントロール転送のセットアップリクエストを格納します。

デバイスコントローラモード時、USBREQ レジスタは受信した bRequest および bmRequestType の値を格納します。ホストコントローラモード時には、送信する bRequest および bmRequestType の値を設定します。

USBREQ レジスタは、USB バスリセットで初期化されます。

BMREQUESTTYPE[7:0]ビット (リクエストタイプ)

BMREQUESTTYPE[7:0]ビットは USB リクエスト bmRequestType の値を保持します。

- ホストコントローラモード時 :
送信する SETUP トランザクションの USB リクエストデータ値を設定してください。DCPCTR.SUREQ ビットが 1 の状態でこれらのビットの値の書き換えは行わないでください。
- デバイスコントローラモード時 :
SETUP トランザクションで受信した USB リクエストデータ値を表示します。書き込みは無効です。

BREQUEST[7:0]ビット (リクエスト)

BREQUEST[7:0]ビットは USB リクエスト bRequest の値を格納します。

- ホストコントローラモード時 :
送信する SETUP トランザクションの USB リクエストデータ値を設定してください。DCPCTR.SUREQ ビットが 1 の状態でこれらのビットの値の書き換えは行わないでください。
- デバイスコントローラモード時 :
SETUP トランザクションで受信した USB リクエストデータ値を表示します。書き込みは無効です。

26.2.25 USBVAL : USB リクエストバリューレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x056

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	WVALUE[15:0]															
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	WVALUE[15:0]	バリュー USB リクエスト wValue の値	R/W(注1)

注 1. デバイスコントローラモードでは、読み出しのみ可能で書き込みは無効です。ホストコントローラモードでは、これらは読み出し、書き込み両方のビットとなります。

デバイスコントローラモードでは、USBVAL レジスタは受信した wValue の値を格納します。ホストコントローラモードでは、送信する wValue の値を設定します。

USBVAL レジスタは、USB バスリセットで初期化されます。

WVALUE[15:0]ビット (バリュー)

WVALUE[15:0]ビットは USB リクエスト wValue の値を格納します。

- ホストコントローラモード時：

送信する SETUP トランザクションの USB リクエスト wValue の値を設定してください。DCPCTR.SUREQ ビットが 1 のときは、これらのビット値を変更しないでください。

- デバイスコントローラモード時：

SETUP トランザクションで受信した USB リクエスト wValue の値を示します。書き込みは無効です。

26.2.26 USBINDX : USB リクエストインデックスレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x058

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	WINDEX[15:0]															
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	WINDEX[15:0]	インデックス USB リクエスト wIndex の値	R/W(注1)

注 1. デバイスコントローラモードでは、読み出しのみ可能で書き込みは無効です。ホストコントローラモードでは、これらは読み出し、書き込み両方のビットとなります。

USBINDX レジスタは、コントロール転送のセットアップリクエストを格納します。

デバイスコントローラモード時、USBINDX レジスタは受信した wIndex の値を格納します。ホストコントローラモードでは、送信する wIndex の値を設定します。

USBINDX レジスタは、USB バスリセットで初期化されます。

WINDEX[15:0]ビット (インデックス)

WINDEX[15:0]ビットは USB リクエスト wIndex の値を保持します。

- ホストコントローラモード時：

送信する SETUP トランザクションの USB リクエスト wIndex の値を設定してください。DCPCTR.SUREQ ビットが 1 のときは、これらのビット値を変更しないでください。

- デバイスコントローラモード時：

SETUP トランザクションで受信した USB リクエスト wIndex の値を示します。書き込みは無効です。

26.2.27 USBLENG : USB リクエストレングスレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x05A

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	WLENTUH[15:0]															
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	WLENTUH[15:0]	レンジス USB リクエスト wLength の値	R/W(注1)

注 1. デバイスコントローラモードでは、読み出しのみ可能で書き込みは無効です。ホストコントローラモードでは、これらは読み出し、書き込み両方のビットとなります。

USBLENG レジスタは、コントロール転送のセットアップリクエストを格納します。

デバイスコントローラモード時、受信した wLength の値を格納します。ホストコントローラモード時、送信する wLength の値を設定します。

USBLENG レジスタは、USB バスリセットで初期化されます。

WLENTUH[15:0]ビット (レンジス)

WLENTUH[15:0]ビットは USB リクエスト wLength の値を保持します。

- ホストコントローラモード時：

送信する SETUP トランザクションの USB リクエスト wLength の値を設定してください。DCPCTR.SUREQ ビットが 1 のときは、これらのビット値を変更しないでください。

- デバイスコントローラモード時：

SETUP トランザクションで受信した USB リクエスト wLength の値を示します。書き込みは無効です。

26.2.28 DCPCFG : DCP コンフィグレーションレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x05C

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	SHTN AK	—	—	DIR	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	DIR	転送方向(注1) 0: データ受信方向 1: データ送信方向	R/W
6:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	SHTNAK	転送終了時のパイプ禁止(注1) 0: 転送終了後パイプがオープンの状態を維持 1: 転送終了後にパイプを禁止	R/W
15:8	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. このビットの設定は、PID = NAK の状態のときのみ実施してください。このビットを設定する場合には、DCPCTR.PBUSY ビットが 0 であることを確認し、DCP の DCPCTR.PID[1:0]ビットを BUF から NAK へ変更してから実施してください。USBFS が PID[1:0]ビットを NAK に変更した場合には、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は必要ありません。

DIR ビット (転送方向)

ホストコントローラモード時、DIR ビットは、コントロール転送のデータステージのおよびステータスステージの転送方向を設定します。デバイスコントローラモードでは、DIR ビットは 0 にしてください。

SHTNAK ビット (転送終了時のパイプ禁止)

SHTNAK ビットは選択パイプが受信方向の場合に、転送終了時に PID を NAK に変更するかどうかを指定します。SHTNAK ビットは、選択パイプが受信方向の場合のみ有効なビットです。

SHTNAK ビットが 1 の場合、USBFS は、転送の終了を判定したときに DCP の DCPCTR.PID[1:0]ビットを NAK に変更します。USBFS は、以下の条件が満たされると転送終了を判定します。

- ショートパケット (Zero-Length パケットを含む) を正常に受信したとき。

26.2.29 DCPMAXP : DCP マックスパケットサイズレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x05E

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	DEVSEL[3:0]			—	—	—	—	—	MXPS[6:0]							
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
6:0	MXPS[6:0]	最大パケットサイズ ^(注1) DCP の最大データペイロード (最大パケットサイズ) を指定します。	R/W
11:7	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
15:12	DEVSEL[3:0]	デバイス選択 ^(注2) 0x0: アドレス 0000b 0x1: アドレス 0001b 0x2: アドレス 0010b 0x3: アドレス 0011b 0x4: アドレス 0100b 0x5: アドレス 0101b その他: 設定禁止	R/W

注 1. MXPS[6:0]ビットの設定は、PID = NAK の状態のときのみ実施してください。これらのビットを設定する場合には、DCPCTR.PBUSY ビットが 0 であることを確認し、DCP の DCPCTR.PID[1:0]ビットを BUF から NAK へ変更してから実施してください。USBFS が PID[1:0]ビットを NAK に変更した場合には、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は必要ありません。MXPS[6:0]ビットを設定し、ポート選択レジスタの CURPIPE[3:0]ビットに DCP を設定した後に、ポートコントロールレジスタの BCLR ビットを 1 にしてバッファをクリアしてください。

注 2. DEVSEL[3:0]ビットの設定は、PID = NAK の状態および DCPCTR.SUREQ ビットが 0 の期間にのみ実施してください。これらのビットを設定する場合には、DCPCTR.PBUSY ビットが 0 であることを確認し、DCP の DCPCTR.PID[1:0]ビットを BUF から NAK へ変更してから実施してください。USBFS が PID[1:0]ビットを NAK に変更した場合には、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は必要ありません。

MXPS[6:0]ビット (最大パケットサイズ)

MXPS[6:0]ビットは DCP の最大データペイロード (最大パケットサイズ) を指定します。初期値は 0x40 (64 バイト) です。このビットには USB2.0 規格に準じた値を設定してください。MXPS[6:0]ビットが 0 の状態で FIFO バッファへの書き込み、あるいは PID = BUF の設定を行わないでください。

DEVSEL[3:0]ビット (デバイス選択)

ホストコントローラモード時、DEVSEL[3:0]ビットは、コントロール転送の対象の周辺デバイスのアドレスを指定します。関連する DEVADDn (n = 0~5) レジスタでデバイスアドレスを設定した後で、DEVSEL[3:0]ビットを対応する値に設定してください。たとえば、DEVSEL[3:0]ビットを 0010b にするには、まず DEVADD2 レジスタでアドレスを設定します。

デバイスコントローラモードでは、DEVSEL[3:0]ビットを 0000b にしてください。

26.2.30 DCPCTR : DCP コントロールレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x060

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	BSTS	SUREQ	—	—	SUREQCLR	—	—	SQCLR	SQSET	SQMON	PBUSY	—	—	CCPL	PID[1:0]	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	PID[1:0]	応答 PID 0 0: NAK 応答 0 1: BUF 応答 (バッファ状態に従う) 1 0: STALL 応答 1 1: STALL 応答	R/W
2	CCPL	コントロール転送終了許可 0: コントロール転送終了を許可しない 1: コントロール転送終了を許可する	R/W
4:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
5	PBUSY	パイプビジョ 0: DCP を USB バスにて未使用 1: DCP を USB バスにて使用中	R
6	SQMON	シーケンストグルビットモニタ 0: DATA0 1: ATA1	R
7	SQSET	シーケンストグルビットセット(注2) DCP 転送においてシーケンストグルビットを設定します。 読むと 0 が読めます。 0: 無効 (0 の書き込みは影響なし) 1: 次回トランザクションの期待値を DATA1 にする	R/W(注1)
8	SQCLR	シーケンストグルビットクリア(注2) DCP 転送におけるシーケンストグルビットをクリアします。 読むと 0 が読めます。 0: 無効 (0 の書き込みは影響なし) 1: 次回トランザクションの期待値を DATA0 にクリアします。	R/W(注1)
10:9	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
11	SUREQCLR	SUREQ ビットクリア ホストコントローラモード時に SUREQ ビットをクリアします。 読むと 0 が読めます。 0: 無効 (0 の書き込みは影響なし) 1: SUREQ を 0 にクリアする	R/W
13:12	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
14	SUREQ	SETUP トークン送出 ホストコントローラモード時のトークン送出を設定します。 0: 無効 (0 の書き込みは影響なし) 1: Setup パケット送出	R/W
15	BSTS	バッファステータス 0: バッファアクセス不可能 1: バッファアクセス可能	R

注 1. 読むと 0 が読めます。

注 2. SQSET ビットおよび SQCLR ビットの設定は、PID が NAK の状態のときにのみ実施してください。これらのビットを設定する場合には、PBUSY ビットが 0 であることを確認し、DCP の PID[1:0] ビットを BUF から NAK へ変更してから実施してください。USBFS が PID[1:0] ビットを NAK に変更した場合には、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は必要ありません。

PID[1:0] ビット (応答 PID)

PID[1:0] ビットは、コントロール転送における USB 応答の種類を制御します。

ホストコントローラモードでは、以下のように PID[1:0] ビットの設定を NAK から BUF に変更します。

- 送信方向設定時：
 - a. DVSTCTR0.UACT ビットが 1 かつ PID が NAK の状態で、FIFO バッファにすべての送信データを書き込む。
 - b. PID[1:0] ビットを 01b (BUF) にする。
これにより、USBFS が OUT トランザクションを実行する。
- 受信方向設定時：

- a. DVSTCTR0.UACT ビットが 1 かつ PID が NAK の状態で、FIFO バッファが空の状態であることを確認する (または空の状態にする)。
- b. PID[1:0] ビットを 01b (BUF) にする。
これにより、USBFS が IN トランザクションを実行する。

USBFS は PID[1:0] の設定値変更を以下のように行います。

- ソフトウェアが PID[1:0] ビットを BUF (01b) にし、USBFS が MaxPacketSize を超えるデータを受信すると、USBFS は PID[1:0] を STALL (11b) にする。
- CRC エラーなどの受信エラーを 3 回連続で検出した場合、USBFS は PID[1:0] ビットを NAK (00b) にする。
- STALL ハンドシェイクを受信すると、USBFS は PID[1:0] を STALL (11b) にする。

デバイスコントローラモードでは、USBFS は PID[1:0] の設定値変更を以下のように行います。

- Setup パケットを受信すると、USBFS は PID[1:0] ビットを NAK (00b) にする。このとき、USBFS は INTSTS0.VALID フラグを 1 にし、ソフトウェアで VALID フラグが 0 にクリアされるまで、PID[1:0] の設定値変更は不可となる。
- ソフトウェアが PID[1:0] ビットを BUF (01b) にし、USBFS が MaxPacketSize を超えるデータを受信すると、USBFS は PID[1:0] を STALL (11b) にする。
- コントロール転送シーケンスエラーを検出すると、USBFS は PID[1:0] を STALL (1xb) にする。
- USB バスリセットを検出したとき、USBFS は PID[1:0] を NAK にする。

SET_ADDRESS リクエスト処理時には、USBFS は PID[1:0] の設定値を参照しません。

USB バスリセットで PID[1:0] ビットは初期化されます。

CCPL ビット (コントロール転送終了許可)

デバイスコントローラモード時、CCPL ビットを 1 にすることによりコントロール転送のステータスステージの終了を許可します。関連する PID[1:0] ビットが BUF のとき、ソフトウェアで CCPL ビットを 1 にすると、USBFS はコントロール転送のステータスステージを完了させます。

コントロールリード転送では、USBFS は USB ホストからの OUT トランザクションに対して、ACK ハンドシェイクを送信します。コントロールライト転送またはノーデータコントロール転送では、USBFS は USB ホストからの IN トランザクションに対して、Zero-Length パケットを送信します。SET_ADDRESS リクエスト検出時は、CCPL ビットの設定値に関係なく、USBFS はセットアップステージからステータスステージ完了まで自動応答モードで動作します。

新たな Setup パケットを受信したときに、USBFS は CCPL ビットを 1 から 0 に変更します。INTSTS0.VALID ビットが 1 のとき、ソフトウェアは CCPL ビットを 1 にできません。CCPL ビットは USB バスリセットで初期化されます。

ホストコントローラモードでは、必ず CCPL ビットを 0 にしてください。

PBUSY ビット (パイプビジー)

PBUSY ビットは USBFS が PID[1:0] ビットを BUF から NAK に変更した場合に、DCP がトランザクションに使用されるかどうかを示します。USBFS は、選択パイプに対する USB トランザクションの開始時に、PBUSY ビットを 0 から 1 へ変更します。1 つのトランザクションの完了時に、USBFS は PBUSY ビットを 1 から 0 に変更します。

ソフトウェアが PID を NAK にすると、PBUSY ビットの値はパイプ設定の変更が可能かどうかを示します。

詳細については、「[26.3.4.1. パイプコントロールレジスタの切り替え手順](#)」を参照してください。

SQMON ビット (シーケンストグルビットモニタ)

SQMON ビットは DCP 転送において、次のトランザクションのシーケンストグルビットの期待値を示します。

トランザクションが正常終了すると、USBFS は SQMON ビットをトグルします。ただし、受信方向転送時に DATA-PID 不一致が発生すると、USBFS は SQMON ビットをトグルしません。

デバイスコントローラモードでは、Setup パケット正常受信時に、USBFS は SQMON ビットを 1 (期待値を DATA1 に設定) にします。

デバイスコントローラモード時、USBFS はステータスステージの IN または OUT トランザクションでは SQMON ビットを参照しません。また、正常終了しても SQMON ビットをトグルしません。

SQSET ビット (シーケンストグルビットセット)

SQSET ビットは DCP 転送において、次のトランザクションのシーケンストグルビットの期待値を DATA1 に指定します。

SQCLR ビットと SQSET ビットを同時に 1 にしないでください。

SQCLR ビット (シーケンストグルビットクリア)

SQCLR ビットは DCP 転送において、次のトランザクションのシーケンストグルビットの期待値を DATA0 に指定します。読むと 0 が読めます。

SQCLR ビットと SQSET ビットを同時に 1 にしないでください。

SUREQCLR ビット (SUREQ ビットクリア)

ホストコントローラモードでは、SUREQCLR ビットを 1 にすると SUREQ ビットが 0 になります。読むと 0 が読めます。

SETUP トランザクションにおいて SUREQ ビットが 1 のときに転送が停止した場合、ソフトウェアで SUREQCLR ビットを 1 にしてください。正常な SETUP トランザクションでは、その終了時に USBFS が自動的に SUREQ ビットを 0 にするため、ソフトウェアによるクリア処理は必要ありません。

SUREQCLR ビットによる SUREQ ビットの制御は、DVSTCTR0.UACT ビットが 0 のときにのみ行ってください。UACT が 0 のときは、通信が停止しているか、バス切断検出により転送が行われていない状態となっています。

デバイスコントローラモードでは、必ず本ビットを 0 にしてください。

SUREQ ビット (SETUP トークン送出)

ホストコントローラモード時、SUREQ ビットを 1 にすると、USBFS による Setup パケット送信がトリガされます。SETUP トランザクション処理終了後、USBFS は SACK 割り込み、もしくは SIGN 割り込みのどちらかを発生させ、SUREQ ビットを 0 にします。また、SUREQCLR ビットをソフトウェアで 1 にすることにより、USBFS は SUREQ ビットを 0 にします。

DCPMAXP.DEVSEL[3:0] ビット、USBREQ レジスタ、USBVAL レジスタ、USBINDX レジスタおよび USBLENG レジスタに SETUP トランザクションで送信したい USB リクエストを設定した後で、SUREQ ビットを 1 にしてください。また、DCP の PID[1:0] ビットを NAK にしていることを確認してください。SUREQ ビットを 1 にした後、SETUP トランザクションが終了するまで (SUREQ ビット=1) の期間は DCPMAXP.DEVSEL[3:0] ビット、USBREQ レジスタ、USBVAL レジスタ、USBINDX レジスタ、および USBLENG レジスタの値を変更しないでください。SETUP トークンを送信するときみ SUREQ ビットを 1 にしてください。それ以外の場合は 0 にしてください。

デバイスコントローラモードでは、必ず本ビットを 0 にしてください。

BSTS フラグ (バッファステータス)

BSTS フラグは DCP FIFO バッファへのアクセスステータスを示します。本フラグが示す内容は、CFIFOSEL.ISEL ビットの設定に応じて以下のように異なります。

- ISEL ビットが 0 のとき、本ビットはバッファから受信データの読み出しが可能かどうかを示す。
- ISEL ビットが 1 のとき、本ビットはバッファから送信データの書き込みが可能かどうかを示す。

26.2.31 PIPESEL : パイプウィンドウ選択レジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x064

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	PIPESEL[3:0]			

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	PIPESEL[3:0]	パイプウィンドウ選択 0x0: パイプ選択なし 0x1: パイプ 1 0x2: パイプ 2 0x3: パイプ 3 0x4: パイプ 4 0x5: パイプ 5 0x6: パイプ 6 0x7: パイプ 7 0x8: パイプ 8 0x9: パイプ 9 その他: 設定禁止	R/W
15:4	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

PIPESEL レジスタ、PIPECFG レジスタ、PIPEMAXP レジスタ、PIPEPERI レジスタ、PIPEnCTR レジスタ、PIPEnTRE レジスタ、および PIPEnTRN レジスタ (n=0~9) を使用して、パイプ 1~9 を設定します。

PIPESEL レジスタでパイプを選択した後、関連する PIPECFG、PIPEMAXP、および PIPEPERI レジスタでパイプ機能設定を行います。PIPEnCTR、PIPEnTRE、および PIPEnTRN レジスタは、PIPESEL レジスタにおけるパイプ選択とは無関係に設定可能です。

PIPESEL[3:0]ビット (パイプウィンドウ選択)

PIPESEL[3:0]ビットは書き込みおよび読み出しに使用する PIPECFG、PIPEMAXP、および PIPEPERI レジスタに関連付けるパイプ番号を選択します。PIPESEL[3:0]ビットでパイプ番号を選択することで、指定したパイプ番号に関連付けられた PIPECFG、PIPEMAXP、および PIPEPERI レジスタへの書き込みおよび各レジスタからの読み出しができます。

PIPESEL[3:0]ビット=0000b のときは、PIPECFG、PIPEMAXP、および PIPEPERI レジスタのビットすべてから 0 が読めます。書き込みは無効です。

26.2.32 PIPECFG : パイプコンフィグレーションレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x068

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	TYPE[1:0]	—	—	—	BFRE	DBLB	—	SHTN AK	—	—	DIR	EPNUM[3:0]			
------------	-----------	---	---	---	------	------	---	------------	---	---	-----	------------	--	--	--

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	EPNUM[3:0]	エンドポイント番号(注1) 選択パイプのエンドポイント番号を指定します。0000b の設定は、未使用パイプを意味します。	R/W
4	DIR	転送方向(注2) (注3) 0: 受信方向 1: 送信方向	R/W
6:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	SHTNAK	転送終了時のパイプ禁止(注1) 0: 転送終了後にパイプ動作を継続 1: 転送終了後にパイプを禁止	R/W
8	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
9	DBLB	ダブルバッファモード(注2) (注3) 0: シングルバッファ 1: ダブルバッファ	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
10	BFRE	BRDY 割り込み動作指定(注2) (注3) 0: データ送受信で BRDY 割り込み生成 1: データ読み出し完了時に BRDY 割り込み生成	R/W
13:11	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
15:14	TYPE[1:0]	転送タイプ(注1) 0 0: パイプ不使用 0 1: パイプ 1~2 : バルク転送 パイプ 3~5 : バルク転送 パイプ 6~9 : 設定禁止 1 0: パイプ 1~2 : 設定禁止 パイプ 3~5 : 設定禁止 パイプ 6~9 : インタラプト転送 1 1: パイプ 1~2 : アイソクロナス転送 パイプ 3~5 : 設定禁止 パイプ 6~9 : 設定禁止	R/W

注 1. TYPE[1:0]ビット、SHTNAK ビットおよび EPNUM[3:0]ビットの設定は、PID が NAK の状態のときにのみ実施してください。これらのビットを設定する場合には、PIPEEnCTR.PBUSY ビットが 0 であることを確認し、PIPEEnCTR.PID[1:0]ビットを 01b (BUF) から 00b (NAK) へ変更してから実施してください。USBFS が PID[1:0]ビットを 00 (NAK) に変更した場合には、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は必要ありません。

注 2. BFRE ビット、DBLB ビット、および DIR ビットの設定は、PID が NAK かつポート選択レジスタの CURPIPE[3:0]ビットにパイプ未設定の状態のときにのみ実施してください。これらのビットを設定する場合には、PIPEEnCTR.PBUSY ビットが 0 であることを確認し、PIPEEnCTR.PID[1:0]ビットを 01b (BUF) から 00b (NAK) へ変更してから実施してください。USBFS が PID[1:0]ビットを 00 (NAK) に変更した場合には、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は必要ありません。

注 3. 選択パイプを使用した USB 通信の終了後に BFRE ビット、DBLB ビットまたは DIR ビットを変更する場合には、注 2 記載の制限事項に加え、ソフトウェアで PIPEEnCTR.ACLRM ビットに 1 と 0 を連続して書き込み、選択パイプに割り当てられた FIFO バッファのクリアを実行してください。

PIPECFG レジスタは、パイプ 1~9 に対して、各パイプの転送タイプ、FIFO バッファのアクセス方向、およびエンドポイント番号を指定します。またシングルバッファかダブルバッファか、および転送終了時のパイプ動作を禁止するか否かの選択をするレジスタです。

EPNUM[3:0]ビット (エンドポイント番号)

EPNUM[3:0]ビットは選択パイプのエンドポイント番号を指定します。0000b の設定は、未使用パイプを意味します。

DIR ビットと EPNUM[3:0]ビットの設定の組み合わせが、他のパイプの設定と重複しないように EPNUM[3:0]ビットを設定してください。すべてのパイプに対して EPNUM[3:0]ビットの設定を 0000b とすることは可能です。

DIR ビット (転送方向)

DIR ビットは選択パイプの転送方向を指定します。

ソフトウェアで DIR ビットを 0 にすると、USBFS は選択パイプを受信方向に使用します。ソフトウェアで DIR ビットを 1 にすると、USBFS は選択パイプを送信方向に使用します。

SHTNAK ビット (転送終了時のパイプ禁止)

SHTNAK ビットは選択パイプの転送方向が受信の場合、転送終了時に PIPEEnCTR.PID[1:0]ビットを 00b (NAK) に変更するかどうかを指定します。SHTNAK ビットは、受信方向のパイプ 1~5 の場合に有効なビットです。

受信方向パイプに対してソフトウェアで SHTNAK ビットを 1 にすると、USBFS は転送終了を判定したときに、関連する PIPEEnCTR.PID[1:0]ビットを 00b (NAK) に変更します。USBFS は、以下の条件が満たされると転送終了を判定します。

- ショートパケットデータ (Zero-Length パケットを含む) を正常に受信したとき
- トランザクションカウンタを使用し、トランザクションカウンタ分のパケットを正常受信したとき

DBLB ビット (ダブルバッファモード)

DBLB ビットは選択パイプが使用する FIFO バッファがシングルバッファかダブルバッファかを選択します。本ビットはパイプ 1~5 の場合に有効です。

BFRE ビット (BRDY 割り込み動作指定)

BFRE ビットは USBFS から CPU への選択パイプに関する BRDY 割り込みの発行タイミングを指定します。

ソフトウェアで BFRE ビットを 1 にし、かつ選択パイプを受信方向で使用している場合、USBFS は転送終了を検出し、パケットの読み出し時に BRDY 割り込みを発行します。

この設定で BRDY 割り込みが発生した場合、ソフトウェアによりポートコントロールレジスタの BCLR ビットに 1 を書き込む必要があります。BCLR ビットに 1 を書き込むまでは選択パイプに割り付けられた FIFO バッファは受信可能状態になりません。

ソフトウェアで BFRE ビットを 1 にし、かつ選択パイプを送信方向で使用している場合、USBFS は BRDY 割り込みを発生させません。詳細については、「[26.3.3.1. BRDY 割り込み](#)」を参照してください。

TYPE[1:0]ビット (転送タイプ)

TYPE[1:0]ビットは PIPESEL.PIPESEL[3:0]ビットに指定したパイプの転送タイプを指定します。PID を BUF にして選択パイプで USB 通信を開始する前に、TYPE[1:0]ビットを 00b 以外の値にしてください。

26.2.33 PIPEMAXP : パイプマックスパケットサイズレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x06C

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	DEVSEL[3:0]			—	—	—	MXPS[8:0]									

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 x 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
8:0	MXPS[8:0]	最大パケットサイズ(注1) <ul style="list-style-type: none"> パイプ 1~2 1 バイト (0x001)~256 バイト (0x100) (ビット[9]はサポートされていません。) パイプ 3~5 8 バイト (0x008)、16 バイト (0x010)、32 バイト (0x020)、64 バイト (0x040) (ビット[9:7]および[2:0]はサポートされていません。) パイプ 6~9 1 バイト (0x001) ~64 バイト (0x040) (ビット[9:7]はサポートされていません。) 	R/W
11:9	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
15:12	DEVSEL[3:0]	デバイス選択(注2) <ul style="list-style-type: none"> 0x0: アドレス 0000b 0x1: アドレス 0001b 0x2: アドレス 0010b 0x3: アドレス 0011b 0x4: アドレス 0100b 0x5: アドレス 0101b その他: 設定禁止 	R/W

注. MXPS[8:0]ビットの値は、PIPESEL.PIPESEL[3:0]ビットでパイプを選択していないときは 0x000、選択しているときは 0x040 です。

注 1. MXPS[8:0]ビットの設定は、PID が NAK かつポート選択レジスタの CURPIPE[3:0]ビットでパイプ未設定の状態のときにのみ実施してください。これらのビットを設定する場合には、PIPEnCTR.PBUSY ビットが 0 であることを確認し、PIPEnCTR.PID[1:0]ビットを 01b (BUF) から 00b (NAK) へ変更してから実施してください。USBFS が PID[1:0]ビットを 00 (NAK) に変更した場合には、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は必要ありません。

注 2. DEVSEL[3:0]ビットの設定は、PID が NAK の状態のときにのみ実施してください。これらのビットを設定する場合には、PIPEnCTR.PBUSY ビットが 0 であることを確認し、PIPEnCTR.PID[1:0]ビットを 01b (BUF) から 00b (NAK) へ変更してから実施してください。USBFS が PID[1:0]ビットを 00b (NAK) に変更した場合には、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は必要ありません。

PIPEMAXP レジスタは、パイプ 1~9 に対して、最大パケットサイズを指定するレジスタです。

MXPS[8:0]ビット (最大パケットサイズ)

MXPS[8:0]ビットは選択パイプの最大データペイロード (最大パケットサイズ) を指定します。

MXPS[8:0]ビットの設定は、転送タイプごとに USB2.0 規格に準拠した値を設定してください。MXPS[8:0]ビット = 0 のとき、FIFO バッファへの書き込み、または PID = BUF の設定は行わないでください。これらの書き込みは無効です。

DEVSEL[3:0]ビット (デバイス選択)

ホストコントローラモード時、DEVSEL[3:0]ビットは、USB 通信対象デバイスのアドレスを指定します。関連する DEVADDn (n=0~5) レジスタでデバイスアドレスを設定した後で、DEVSEL[3:0]ビットを対応する値に設定してください。たとえば、DEVSEL[3:0]ビットを 0x2 にするには、まず DEVADD2 レジスタでアドレスを設定します。

デバイスコントローラモードでは、DEVSEL[3:0]ビットを 0x0 にしてください。

26.2.34 PIPEPERI : パイプ周期コントロールレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x06E

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	IFIS	—	—	—	—	—	—	—	—	—	IITV[2:0]		
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	IITV[2:0] ^(注1)	インターバルエラー検出間隔 選択パイプのインターバルエラー検出タイミングを、フレームタイミングの2のn乗で指定してください。	R/W
11:3	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
12	IFIS	アイソクロナス IN バッファフラッシュ 0: バッファフラッシュしない 1: バッファフラッシュする	R/W
15:13	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

注 1. IITV[2:0]ビットの設定は、PIDがNAKの状態のときにのみ実施してください。これらのビットを設定する場合には、PBUSYビットが0であることを確認し、PID[1:0]ビットを01b (BUF) から00b (NAK)へ変更してから実施してください。USBFSがPID[1:0]ビットを00 (NAK)に変更した場合には、ソフトウェアによるPBUSYビットの確認は必要ありません。

PIPEPERI レジスタは、パイプ1~9に対して、アイソクロナス IN 転送時にインターバルエラーが発生した場合にバッファフラッシュ機能を動作させるかどうかの選択、およびインターバルエラーの検出間隔の設定をするレジスタです。

IITV[2:0]ビット (インターバルエラー検出間隔)

IITV[2:0]ビットを設定し、USB 通信を行った後で IITV[2:0]ビットを別の値に変更する場合は、PIPEnCTR.PID[1:0]ビットを00b (NAK) にしてから PIPEnCTR.ACLRM ビットを1にして、インターバルタイムの初期化を行ってください。

パイプ3~5に対しては、IITV[2:0]ビットは存在しません。パイプ3~5に関連する IITV[2:0]ビットの位置には、000b を書き込んでください。

IFIS ビット (アイソクロナス IN バッファフラッシュ)

IFIS ビットは PIPESEL.PIPESEL[3:0]ビットで選択したパイプがアイソクロナス IN 転送で使用される場合に、バッファフラッシュの有無を指定します。

デバイスコントローラモードでは、選択パイプの転送タイプがアイソクロナス、かつ転送方向が IN 転送の場合において、IITV[2:0]ビットに設定したインターバルごとのフレーム中に、USB ホストから IN トークンを USBFS が受信しなかった場合は、USBFS が自動的に FIFO バッファをクリアします。

ダブルバッファ設定時 (PIPECFG.DBLLB ビット = 1) は、USBFS は前回使用した1面分のデータのみクリアします。

USBFS が FIFO バッファをクリアするタイミングは、USBFS が IN トークンを受信するはずのフレーム直後の SOF パケット受信時です。SOF パケットが破損した場合でも、内部補完機能により SOF パケットの受信が見込まれるタイミングで FIFO バッファをクリアします。

ホストコントローラモードでは、IITV[2:0]ビットを000b にしてください。

選択パイプの転送タイプがアイソクロナス以外の場合は、IITV[2:0]ビットを000b にしてください。

26.2.35 PIPEnCTR : パイプ n コントロールレジスタ (n = 1~5)

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x070 + 0x2 × (n - 1)

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	BSTS	INBUF M	—	—	—	ATRE PM	ACLR M	SQCL R	SQSE T	SQMO N	PBUS Y	—	—	—	PID[1:0]	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	PID[1:0]	応答 PID 00: NAK 応答 01: BUF 応答 (バッファ状態に従う) 10: STALL 応答 11: STALL 応答	R/W
4:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
5	PBUSY	パイプビジー 0: パイプ n をトランザクションで未使用 1: パイプ n をトランザクションで使用中	R
6	SQMON	シーケンスストグルビット確認 0: DATA0 1: DATA1	R
7	SQSET	シーケンスストグルビットセット(注2) パイプ n にシーケンスストグルビットを設定します。 読むと 0 が読めます。 0: 無効 (0 の書き込みは影響なし) 1: 次回トランザクションの期待値を DATA1 にする	R/W(注1)
8	SQCLR	シーケンスストグルビットクリア(注2) パイプ n のシーケンスストグルビットをクリアします。 読むと 0 が読めます。 0: 無効 (0 の書き込みは影響なし) 1: 次回トランザクションの期待値を DATA0 にクリアする	R/W(注1)
9	ACLARM	自動バッファクリアモード(注3) 0: 無効 1: 許可 (全バッファ初期化)	R/W
10	ATREPM	自動応答モード(注2) 0: 自動応答モード禁止 1: 自動応答モード許可	R/W
13:11	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
14	INBUF M	送信バッファモニタ 0: FIFO バッファに送信可能データなし 1: FIFO バッファに送信可能データあり	R
15	BSTS	バッファステータス 0: CPU からのバッファアクセス不可能 1: CPU からのバッファアクセス可能	R

注 1. 読むと 0 が読み出されます。

注 2. ATREPM ビットの設定および SQCLR ビットまたは SQSET ビットへの 1 の書き込みは、PID が NAK の状態のときのみ実施してください。これらのビットを設定する場合には、PBUSY ビットが 0 であることを確認し、PID[1:0] ビットを 01b (BUF) から 00b (NAK) へ変更してから実施してください。USBFS が PID[1:0] ビットを 00 (NAK) に変更した場合には、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は必要ありません。

注 3. ACLARM ビットの設定は、PID が NAK かつポート選択レジスタの CURPIPE[3:0] ビットにパイプ未設定の状態のときのみ実施してください。このビットを設定する場合には、PBUSY ビットが 0 であることを確認し、PID[1:0] ビットを 01b (BUF) から 00b (NAK) へ変更してから実施してください。USBFS が PID[1:0] ビットを 00 (NAK) に変更した場合には、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は必要ありません。

PIPEnCTR レジスタは、PIPESEL レジスタで選択されたどのパイプに対しても設定可能です。

PID[1:0]ビット (応答 PID)

PID[1:0]ビットは選択パイプの次回トランザクションにおける応答の種類を指定します。

PID[1:0]ビットの初期値は NAK です。関連するパイプで USB 転送を行う場合には、PID[1:0]ビット設定値を BUF に変更してください。PID[1:0]ビットの設定値に基づく USBFS の基本動作 (通信パケットにエラーがない場合) を、表 26.9 と表 26.10 に示します。

選択パイプが USB 通信中であるときにソフトウェアで PID[1:0]の設定を BUF から NAK に変更した場合は、実際にそのパイプの USB 転送が NAK 状態に遷移したかを確認するために、PBUSY ビットが 1 であることを確認してください。USBFS が PID[1:0]ビットを NAK 変更した場合には、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は必要ありません。

以下の場合には、USBFS が PIPEnCTR.PID[1:0]設定値を変更します。

- 選択パイプが受信方向で、かつ、ソフトウェアで選択パイプの PIPECFG.SHTNAK ビットを 1 にしている場合、USBFS は転送終了を認識したときに PID を NAK にする
- 選択パイプに対し、最大パケットサイズを超えるペイロードのデータパケットを受信した場合、USBFS は PID を STALL (11b) にする
- デバイスコントローラモード時に USB バスリセットを検出した場合、USBFS は PID を NAK にする
- ホストコントローラモード時に CRC エラーなどの受信エラーを 3 回連続で検出した場合、USBFS は PID を NAK にする
- ホストコントローラモード時に STALL ハンドシェイクを受信した場合、USBFS は PID を STALL (11b) にする

応答の種類を指定するための PID[1:0]ビットの設定は以下の手順で行ってください。

- NAK (00b) 状態から STALL 状態にする場合には、10b を設定
- BUF (01b) 状態から STALL 状態にする場合には、11b を設定
- STALL (11b) 状態から NAK 状態にする場合には、一度 10b を設定してから 00b を設定
- STALL 状態から BUF 状態にする場合には、一度 00b (NAK) を設定してから 01b (BUF) を設定

表 26.9 PID[1:0]の設定値ごとの USBFS の動作 (ホストコントローラモード時)

PID[1:0]値	転送タイプ	転送方向 (DIR ビット)	USBFS 動作
00b (NAK)	設定値に依存しない	設定値に依存しない	トークンを発行しません。
01b (BUF)	バルクまたはインタラプト	設定値に依存しない	DVSTCTR0.UACT ビットが 1 で、選択パイプに関連付けられている FIFO バッファが送受信可能な状態にある場合、トークンを発行します。 DVSTCTR0.UACT ビットが 0 であるか、選択パイプに関連付けられている FIFO バッファが送受信可能な状態にない場合、トークンを発行しません。
	アイソクロナス	設定値に依存しない	選択パイプに関連付けられている FIFO バッファの状態にかかわらずトークンを発行します。
10b (STALL) または 11b (STALL)	設定値に依存しない	設定値に依存しない	トークンを発行しません。

表 26.10 PID[1:0]の設定値ごとの USBFS の動作 (デバイスコントローラモード時) (1/2)

PID[1:0]値	転送タイプ	転送方向 (DIR ビット)	USBFS 動作
00b (NAK)	バルクまたはインタラプト	設定値に依存しない	USB ホストからのトークンに NAK 応答を行います。
	アイソクロナス	設定値に依存しない	USB ホストからのトークンに応答を行いません。

表 26.10 PID[1:0]の設定値ごとの USBFS の動作 (デバイスコントローラモード時) (2/2)

PID[1:0]値	転送タイプ	転送方向 (DIR ビット)	USBFS 動作
01b (BUF)	バルク	受信方向 (DIR = 0)	USB ホストからの OUT トークンに対し、選択パイプに関連付けられている FIFO バッファが受信可能な状態であればデータを受信し ACK 応答を行います。
	割り込み	受信方向 (DIR = 0)	USB ホストからの OUT トークンに対し、選択パイプに関連付けられている FIFO バッファが受信可能な状態であればデータを受信し ACK 応答を行います。
	バルクまたはインタラプト	送信方向 (DIR = 1)	USB ホストからのトークンに対し、選択パイプに関連付けられている FIFO バッファが送信可能な状態であればデータを送信します。送信可能な状態でなければ、NAK 応答を行います。
	アイソクロナス	受信方向 (DIR = 0)	USB ホストからの OUT トークンに対し、選択パイプに関連付けられている FIFO バッファが受信可能な状態であればデータを受信します。受信可能な状態でなければ、データを破棄します。
	アイソクロナス	送信方向 (DIR = 1)	USB ホストからのトークンに対し、関連する FIFO バッファが送信可能な状態であればデータを送信します。送信可能な状態でなければ、Zero-Length パケットを送信します。
10b (STALL) または 11b (STALL)	バルクまたはインタラプト	設定値に依存しない	USB ホストからのトークンに STALL 応答を行います。
	アイソクロナス	設定値に依存しない	USB ホストからのトークンに応答を行いません。

PBUSY ビット (パイプビジー)

PBUSY ビットは選択パイプを現在のトランザクションで使用かどうかを示します。

USBFS は、選択パイプの USB トランザクション開始時に PBUSY ビットを 0 から 1 に変更し、1 つのトランザクションが終了すると PBUSY ビットを 1 から 0 に変更します。

PID を NAK に設定した後、ソフトウェアで PBUSY ビットを読み出すことにより、パイプ設定変更が可能になったかどうかを確認することが可能です。詳細については、「[26.3.4.1. パイプコントロールレジスタの切り替え手順](#)」を参照してください。

SQMON ビット (シーケンストグルビット確認)

SQMON ビットは選択パイプの次回トランザクションにおけるシーケンストグルビットの期待値を示します。

選択パイプの転送タイプがアイソクロナス以外の場合、トランザクションが正常終了すると、USBFS は SQMON フラグをトグルします。ただし、受信方向転送時に DATA-PID 不一致が発生すると、USBFS は SQMON フラグをトグルしません。

SQSET ビット (シーケンストグルビットセット)

ソフトウェアで SQSET ビットを 1 にすると、USBFS は選択パイプにおける次回トランザクションのシーケンストグルビットの期待値を DATA1 に設定します。USBFS は、SQSET ビットを 0 にクリアします。

SQCLR ビット (シーケンストグルビットクリア)

ソフトウェアで SQCLR ビットを 1 にすると、USBFS は選択パイプにおける次回トランザクションのシーケンストグルビットの期待値を DATA0 に設定します。USBFS は、SQCLR ビットを 0 にクリアします。

ACLRM ビット (自動バッファクリアモード)

ACLRM ビットは選択パイプの自動バッファクリアモードの許可または禁止を指定します。選択パイプに割り当てられた FIFO バッファのデータを完全にクリアする場合、ACLRM ビットに 1 と 0 を連続して書き込んでください。

ACLRM ビットに 1 と 0 を連続して書き込んだ場合にクリアされるデータと、この処理が必要な状況を [表 26.11](#) に示しています。

表 26.11 ACLRM = 1 のときに USBFS がクリアするデータ (1/2)

番号	ACLRM ビットの設定によりクリアされるデータ	データのクリアが必要な状況
1	選択パイプに割り当てられた FIFO バッファの全データ (ダブルバッファモードでは 2 つの FIFO バッファ)	選択パイプを初期化する場合

表 26.11 ACLRM = 1 のときに USBFS がクリアするデータ (2/2)

番号	ACLRM ビットの設定によりクリアされるデータ	データのクリアが必要な状況
2	転送タイプがアイソクロナスの選択パイプの場合はインターバルカウンタ値	インターバルカウンタ値をリセットする場合
3	PIPECFG.BFRE ビットに関する内部フラグ	PIPECFG.BFRE ビットの設定値を変更する場合
4	FIFO バッファトグル制御	PIPECFG.DBLB ビットの設定値を変更する場合
5	トランザクションカウントに関する内部フラグ	トランザクションカウント機能を強制終了する場合

ATREPM ビット (自動応答モード)

ATREPM ビットは選択パイプの自動応答モードの許可/禁止を指定します。

デバイスコントローラモードで、選択パイプの転送タイプがバルク転送のとき、本ビットを 1 にすることが可能です。本ビットを 1 にした場合、USBFS は USB ホストからのトークンに対し以下のように応答します。

- 選択パイプの設定がバルク IN 転送 (PIPECFG.TYPE[1:0] = 01b かつ PIPECFG.DIR = 1) のとき：
 - a. ATREPM ビット = 1 かつ PID = BUF の状態の場合、IN トークンに対して USBFS は Zero-Length パケットを送信する。
 - b. USB は、USB ホストから ACK を受信するごとに、シーケンストグルビット (DATA-PID) を更新 (トグルを許可) します。1 トランザクションでは、IN トークン受信、Zero-Length パケット送信、ACK 受信の順序で発生する。USBFS は BRDY 割り込みや BEMP 割り込みを生成しない。
- 選択パイプの設定がバルク OUT 転送 (PIPECFG.TYPE[1:0] = 01b かつ PIPECFG.DIR = 0) のとき：

ATREPM ビット = 1 かつ PID = BUF の状態の場合、OUT トークンに対して USBFS は NAK 応答を行い、NRDY 割り込みを発生させる。

自動応答モードで USB 通信を行う場合、FIFO バッファが空の状態に ATREPM ビットを 1 にしてください。自動応答モードで USB 通信を行っている期間は FIFO バッファへの書き込みを行わないでください。選択パイプの転送タイプがアイソクロナス転送の場合は、常に本ビットを 0 にしてください。

ホストコントローラモードでは、ATREPM ビットを必ず 0 にしてください。

INBUFM ビット (送信バッファモニタ)

INBUFM ビットは選択パイプが送信方向の場合に、選択パイプの FIFO バッファステータスを示します。

選択パイプを送信方向 (PIPECFG.DIR ビットが 1) に設定している場合、CPU または DMA/DTC が少なくとも 1 面分のデータを FIFO バッファに書き込みを完了したときに、USBFS は本ビットを 1 にします。

書き込みが完了している面の FIFO バッファ上のデータを USBFS がすべて送信完了したときに、USBFS は本ビットを 0 にします。ダブルバッファモード時 (PIPECFG.DBLB = 1) には、USBFS が FIFO バッファの 2 面分のデータを送信完了し、かつ CPU または DMA/DTC が FIFO バッファの 1 面分のデータ書き込みを完了していないときに、USBFS は INBUFM ビットを 0 にします。

選択パイプを受信方向 (PIPECFG.DIR = 0) に設定している場合には、INBUFM ビットは BSTS ビットと同じ値を示します。

BSTS ビット (バッファステータス)

BSTS ビットは選択パイプの FIFO バッファステータスを示します。

BSTS ビットの機能は、PIPECFG.DIR ビット、PIPECFG.BFRE ビット、および DnFIFOSEL.DCLRM ビットの設定値により表 26.12 に示すように異なります。

表 26.12 BSTS ビットの動作

DIR 値	BFRE 値	DCLRM 値	BSTS ビットの機能
0	0	0	FIFO バッファからの受信データの読み出しが可能な場合は 1、データ読み出し完了時には 0
		1	設定禁止
	1	0	FIFO バッファからの受信データの読み出しが可能な場合は 1、データ読み出し完了後にソフトウェアがポートコントロールレジスタの BCLR ビットを 1 にする場合は 0
		1	FIFO バッファからの受信データの読み出しが可能な場合は 1、データ読み出し完了時には 0
1	0	0	FIFO バッファへの送信データの書き込みが可能な場合は 1、データ書き込み完了時には 0
		1	設定禁止
	1	0	設定禁止
		1	設定禁止

26.2.36 PIPEnCTR : パイプ n コントロールレジスタ (n = 6~9)

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x07A + 0x2 × (n - 6)

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	BSTS	—	—	—	—	—	ACL M	SQCL R	SQSE T	SQM ON	PBUS Y	—	—	—	PID[1:0]
------------	------	---	---	---	---	---	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	---	---	---	----------

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	PID[1:0]	応答 PID 0 0: NAK 応答 0 1: BUF 応答 (バッファ状態に従う) 1 0: STALL 応答 1 1: STALL 応答	R/W
4:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
5	PBUSY	パイプビジー 0: パイプ n をトランザクションで未使用 1: パイプ n をトランザクションで使用	R
6	SQM ON	シーケンスストグルビット確認 0: DATA0 1: DATA1	R
7	SQSET	シーケンスストグルビットセット(注1) パイプ n にシーケンスストグルビットを設定します。 0: 無効 (0 の書き込みは影響なし) 1: 次回トランザクションの期待値を DATA0 にする	W
8	SQCLR	シーケンスストグルビットクリア(注1) パイプ n のシーケンスストグルビットをクリアします。 0: 無効 (0 の書き込みは影響なし) 1: 次回トランザクションの期待値を DATA0 にクリアします。	W
9	ACL RM	自動バッファクリアモード(注2) 0: 無効 1: 許可 (全バッファ初期化)	R/W
14:10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
15	BSTS	バッファステータス 0: バッファアクセス不可能 1: バッファアクセス可能	R

- 注 1. SQCLR ビットまたは SQSET ビットへの 1 の書き込みは、PID が NAK の状態のときにのみ実施してください。これらのビットを設定する場合には、PBUSY ビットが 0 であることを確認し、PID[1:0] ビットを 01b (BUF) から 00b (NAK) へ変更してから実施してください。USBFS が PID[1:0] ビットを 00b (NAK) に変更した場合には、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は必要ありません。
- 注 2. ACLRM ビットの設定は、PID が NAK かつポート選択レジスタの CURPIPE[3:0] ビットにパイプ未設定の状態のときにのみ実施してください。本ビットを設定する場合は、PIPEnCTR.PBUSY ビットが 0 であることを確認し、PIPEnCTR.PID[1:0] ビットを 01b (BUF) から 00b (NAK) へ変更してから実施してください。USBFS が PID[1:0] ビットを 00b (NAK) に変更した場合には、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は必要ありません。

PID[1:0] ビット (応答 PID)

PID[1:0] ビットは選択パイプの次回トランザクションにおける応答の種類を指定します。

PID[1:0] ビットの初期値は NAK です。関連するパイプで USB 転送を行う場合には、PID[1:0] ビット設定値を BUF に変更してください。PID[1:0] ビット設定値ごとの USBFS の基本動作 (送受信パケットにエラーがない場合) は表 26.9 および表 26.10 のとおりです。

選択パイプが USB 通信中であるときに、ソフトウェアで PID[1:0] の設定を BUF から NAK に変更する場合、実際にその選択パイプの USB 転送が NAK 状態に遷移したかを確認するために、PBUSY ビットが 1 であることを確認してください。USBFS が PID[1:0] ビットを NAK に変更した場合には、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は必要ありません。

以下の場合、USBFS は PIPEnCTR.PID[1:0] 設定値を変更します。

- 選択パイプに対し、最大パケットサイズを超えるペイロードのデータパケットを受信した場合、USBFS は PID を STALL (11b) にする
- デバイスコントローラモード時に USB バスリセットを検出した場合、USBFS は PID = NAK を表示
- ホストコントローラモード時に CRC エラーなどの受信エラーを 3 回連続で検出した場合、USBFS は PID = NAK を表示
- ホストコントローラモード時に STALL ハンドシェイクを受信した場合、USBFS は PID = STALL (11b) を表示

各応答の種類を指定するための PID[1:0] ビットの設定は以下の手順で行ってください。

- NAK (00b) 状態から STALL 状態にする場合には、10b を設定
- BUF (01b) 状態から STALL 状態にする場合には、11b を設定
- STALL (11b) 状態から NAK 状態にする場合には、一度 10b を設定してから 00b を設定
- STALL 状態から BUF 状態にする場合には、一度 00b (NAK) を設定してから 01b (BUF) を設定

PBUSY ビット (パイプビジー)

PBUSY ビットは選択パイプを現在のトランザクションで使用かどうかが表示されます。

USBFS は、選択パイプの USB トランザクション開始時に PBUSY ビットを 0 から 1 に変更し、1 つのトランザクションが終了すると PBUSY ビットを 1 から 0 に変更します。

PID を NAK にした後、ソフトウェアで PBUSY ビットを読み出すことにより、パイプ設定変更が可能になったかどうかを確認することが可能です。

SQMON ビット (シーケンストグルビット確認)

SQMON ビットは選択パイプの次回トランザクションにおけるシーケンストグルビットの期待値を示します。

トランザクションが正常終了すると、USBFS は SQMON ビットをトグルします。ただし、受信方向転送時に DATA-PID 不一致が発生すると、USBFS は SQMON ビットをトグルしません。

SQSET ビット (シーケンストグルビットセット)

ソフトウェアで SQSET ビットを 1 にすると、USBFS は選択パイプにおける次回トランザクションのシーケンストグルビットの期待値を DATA1 に設定します。USBFS は、SQSET ビットを 0 にします。

SQCLR ビット (シーケンストグルビットクリア)

ソフトウェアで SQCLR ビットを 1 にすると、USBFS は選択パイプにおける次回トランザクションのシーケンストグルビットの期待値を DATA0 に設定します。USBFS は、SQCLR ビットを 0 にします。

ACLRM ビット (自動バッファクリアモード)

ACLRM ビットは選択パイプの自動バッファクリアモードの許可または禁止を指定します。選択パイプに割り当てられた FIFO バッファのデータを完全にクリアする場合、ACLRM ビットに 1 と 0 を連続して書き込んでください。

表 26.13 は、ACLRM ビットに 1 と 0 を連続して書き込んだ場合にクリアされるデータと、この処理が必要な状況を示しています。

表 26.13 ACLRM = 1 のときに USBFS がクリアするデータ

番号	ACLRM ビットの設定によりクリアされるデータ	データのクリアが必要な状況
1	選択パイプに割り当てられた FIFO バッファの全データ	選択パイプを初期化する場合
2	転送タイプがアイソクロナスの選択パイプのときはインターバルカウンタ値	インターバルカウンタ値をリセットする場合
3	PIPECFG.BFRE ビットに関する内部フラグ	PIPECFG.BFRE ビットの設定値を変更する場合
4	トランザクションカウンタに関する内部フラグ	トランザクションカウンタ機能を強制終了する場合

BSTS ビット (バッファステータス)

BSTS ビットは選択パイプの FIFO バッファステータスを示します。

BSTS ビットの機能は、PIPECFG.DIR ビット、PIPECFG.BFRE ビット、および DnFIFOSEL.DCLRM ビットの設定値により表 26.12 に示すように異なります。

26.2.37 PIPEnTRE : パイプ n トランザクションカウンタインーブルレジスタ (n = 1~5)

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x090 + 0x4 × (n - 1)

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	TREN B	TRCL R	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
8	TRCLR	トランザクションカウンタクリア 0: 無効 (0 の書き込みは影響なし) 1: カウンタ値をクリア	R/W
9	TRENB	トランザクションカウンタ許可 0: トランザクションカウンタ禁止 1: トランザクションカウンタ許可	R/W
15:10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. PIPEnTRE レジスタの各ビットの設定は、PID が NAK の状態のときに実施してください。選択パイプの PIPEnCTR.PID[1:0] ビットを BUF から NAK へ変更した後で各ビットを設定する場合には、PIPEnCTR.PBUSY ビットが 0 であることを確認してください。ただし、USBFS が PID[1:0] ビットを NAK に変更した場合には、ソフトウェアによる PBUSY ビットの確認は必要ありません。

TRCLR ビット (トランザクションカウンタクリア)

TRCLR ビットが 1 の場合、USBFS は選択パイプに関連付けられているトランザクションカウンタの値をクリアし、その後 TRCLR ビットを 0 にします。

TRENB ビット (トランザクションカウンタ許可)

TRENB ビットは、トランザクションカウンタの許可または禁止を指定します。

受信パイプに対して、ソフトウェアで PIPEnTRN.TRNCNT[15:0] ビットに総受信パケット数を設定した後で TRENB ビットを 1 にすると、USBFS は TRNCNT[15:0] ビットの設定値と同数のパケット受信を終了したときに以下のハードウェア制御を行います。

- PIPECFG.SHTNAK ビットが 1 のとき、TRNCNT[15:0] ビットの設定値と同数のパケットの受信を終了した時点で USBFS は関連するパイプの PID ビットを NAK に変更する
- PIPECFG.BFRE ビットが 1 のとき、TRNCNT[15:0] ビットの設定値と同数のパケットを受信しその最後の受信データを読み出し終えたときに、USBFS は BRDY 割り込みをアサートする

送信パイプについては、TRENB ビットを 0 にしてください。

トランザクションカウンタを使用しない場合は、本ビットを 0 にしてください。トランザクションカウンタを使用する場合、TRENB ビットを 1 にする前に TRNCNT[15:0] ビットの設定を行ってください。トランザクションカウンタのカウント対象となる最初のパケットを受信する前に、本ビットを 1 にしてください。

26.2.38 PIPEnTRN : パイプ n トランザクションカウンタレジスタ (n = 1~5)

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x092 + 0x4 × (n - 1)

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	TRNCNT[15:0]															
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	TRNCNT[15:0]	トランザクションカウンタ レジスタ書き込み時、選択パイプが受信すべき総パケット数（トランザクション回数）を指定します。 レジスタ読み出し時、PIPEnTRE.TRENB ビットが 0 の場合は、指定したトランザクション回数を示します。 PIPEnTRE.TRENB ビットが 1 の場合は、現在のトランザクションカウントを示します。	R/W

PIPEnTRN レジスタは、USB バスリセット時にもその設定値を保持します。

TRNCNT[15:0] ビット（トランザクションカウンタ）

USBFS は、パケット受信時の状態が以下の条件をすべて満たしたときに、TRNCNT[15:0] ビットの値を 1 増加させます。

- PIPEnTRE.TRENB ビット = 1
- パケット受信時に「TRNCNT[15:0] 設定値 ≠ 現在のカウンタ値 + 1」である
- 受信したパケットのペイロードが PIPEMAXP.MXPS[9:0] ビットの設定値と一致した TRNCNT[15:0]

USBFS は、以下のいずれかの条件を満たしたとき、TRNCNT[15:0] ビットの値を 0 にします。

以下の条件がすべて満たされたとき：

- PIPEnTRE.TRENB ビット = 1
- パケット受信時に「TRNCNT[15:0] 設定値 = 現在のカウンタ値 + 1」である
- TRNCNT[15:0] 受信したパケットのペイロードが PIPEMAXP.MXPS[9:0] ビットの設定値と一致した

以下条件がどちらも満たされたとき：

- PIPEnTRE.TRENB ビット = 1
- USBFS がショートパケットを受信した

以下条件がどちらも満たされたとき：

- PIPEnTRE.TRENB ビット = 1
- PIPEnTRE.TRCLR ビットがソフトウェアによって 1 にされた

送信パイプについては、TRNCNT[15:0] ビットを 0 にしてください。トランザクションカウンタを使用しない場合は、TRNCNT[15:0] ビットを 0 にしてください。

TRNCNT[15:0]ビットに転送されるトランザクション数の設定は、PIPEnTRE.TRENB ビットが0のときのみ可能です。転送されるトランザクション数を設定するには、PIPEnTRE.TRENB ビットを1にする前に、TRCLR ビットを1にして現在のカウンタ値をクリアしてください。

26.2.39 BCCTRL1 : バッテリチャージングコントロールレジスタ 1

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x0B0

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	CHGD ETSTS	PDDE TSTS	—	—	CHGD ETE	PDDE TE	VDPS RCE	VDMS RCE	IDPSR CE	RPDM E
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	RPDME	D-ラインプルダウン制御 0: D-ラインのプルダウンは禁止 1: D-ラインのプルダウンは許可	R/W
1	IDPSRCE	D+ライン IDPSRC 出力制御 0: 停止 1: 10 μA 出力	R/W
2	VDMSRCE	D-ライン VDMSRC (0.6 V) 出力制御 0: 停止 1: 0.6 V 出力	R/W
3	VDPSRCE	D+ライン VDPSRC (0.6 V) 出力制御 0: 停止 1: 0.6 V 出力	R/W
4	PDDETE	D+ライン 0.6 V 入力検知制御 0: 検知を無効にする 1: 検知を有効にする	R/W
5	CHGDETE	D-ライン 0.6 V 入力検知制御 0: 検知を無効にする 1: 検知を有効にする	R/W
7:6	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
8	PDDETSTS	D+ライン 0.6 V 入力検知ステータスフラグ 本フラグは PDDETE ビットが1の場合に有効です。 0: 未検知 1: 検知	R
9	CHGDETSTS	D-ライン 0.6 V 入力検知ステータスフラグ 本フラグは CHGDETE ビットが1の場合に有効です。 0: 未検知 1: 検知	R
31:10	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

RPDME ビット (D-ラインプルダウン制御)

デバイスコントローラ動作にてデータコンタクト検出を実行する場合、本ビットを1にしてください。バッテリーチャージング規格 Rev. 1.2 では、データコンタクト検出の処理方法として、ソフトウェアウェイトにより実現する方法とハードウェアでデータラインのコンタクトを検知する方法の2通りの方法を示しています。RPDME ビットは後者の方式を採用する場合に使用します。RPDME ビットが1の場合、USBFS は D-ラインプルダウンを制御します。

IDPSRCE ビット (D+ライン IDPSRC 出力制御)

デバイスコントローラ動作にてデータコンタクト検出を実行する場合、本ビットを1にしてください。バッテリーチャージング規格 Rev. 1.2 では、データコンタクト検出の処理方法として、ソフトウェアウェイトにより実現する方法とハードウェアでデータラインのコンタクトを検知する方法の2通りの方法を示しています。IDPSRCE ビットは後者の方式を採用する場合に使用します。IDPSRCE ビットが1の場合、USBFS は IDP_SRC 回路を有効にします。

VDMSRCE ビット (D-ライン VDMSRC (0.6 V) 出力制御)

ホストコントローラ動作にて一次検出時、本ビットは USB_DM 端子からの VDMSRC (0.6 V) 出力を制御します。デバイスコントローラ動作にて二次検出時、本ビットは USB_DM 端子からの VDMSRC (0.6 V) 出力を制御します。

VDPSRCE ビット (D+ライン VDPSRC (0.6 V) 出力制御)

デバイスコントローラ動作にて一次検出を実行する場合、本ビットは USB_DP 端子からの VDPSRC (0.6 V) 出力を制御します。

PDDETE ビット (D+ライン 0.6 V 入力検知制御)

PDDETE ビットを1にすると、以下の状態を検知できます。

ホストコントローラ動作にて一次検出時、周辺デバイスから USB_DP 端子に VDPSRC (0.6 V) が入力された

デバイスコントローラ動作にて二次検出時、USBFS が USB_DM 端子に出力した VDPSRC (0.6 V) が、ホストを
経由して USB_DP 端子に入力された

CHGDETE ビット (D-ライン 0.6 V 入力検知制御)

デバイスコントローラ動作にて CHGDETE ビットを1にすると、以下の状態を検知できます。

一次検出時、ホストから USB_DM 端子へ VDMSRC (0.6 V) が入力された

一次検出時、USBFS が USB_DP 端子に出力した VDPSRC (0.6 V) が USB ホストを經由して USB_DM 端子に入力
された

PDDETSTS フラグ (D+ライン 0.6 V 入力検知ステータスフラグ)

PDDETE ビットが0のとき、PDDETSTS フラグは有効です。PDDETSTS フラグは、以下のときに1になります。

ホストコントローラ動作にて一次検出時、周辺デバイスから USB_DP 端子に VDPSRC (0.6V) が入力された

デバイスコントローラ動作にて二次検出時、USBFS が USB_DM 端子に出力した VDMSRC (0.6V) が、ホストを
経由して USB_DP 端子に入力された

CHGDETSTS フラグ (D-ライン 0.6 V 入力検知ステータスフラグ)

デバイスコントローラ動作にて、CHGDETE ビットが1のとき本フラグは有効です。CHGDETSTS フラグは、以下のときに1になります。

一次検出時、USB ホストから USB_DM 端子へ VDMSRC (0.6V) が入力された

一次検出時、USBFS が USB_DP 端子に出力した VDPSRC (0.6V) が USB ホストを經由して USB_DM 端子に入力
された

26.2.40 BCCTRL2 : バッテリチャージングコントロールレジスタ 2

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x0B4

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	PHYDET[1:0]	—	—	—	—	BATC HGE	DCPM ODE	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
5:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6	DCPMODE	専用チャージングポート (DCP) モード制御 ホストコントローラモードでは、本ビットを 1 にして D+/D-ラインを接続します。USBFS が DCP に設定されていたら、VBUS を駆動する前に本ビットを 1 に設定する必要があります。 デバイスコントローラモードでは本ビットを 0 に設定してください。 0: DCP 禁止 1: DCP 許可	R/W
7	BATCHGE	バッテリーチャージング許可 0: バッテリチャージング禁止 1: バッテリチャージング許可	R/W
11:8	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
13:12	PHYDET[1:0]	検出感度補正 ポータブルデバイス検出と D ポートの充電検出の感度を補正します 初期値は 10b ですが、01b に設定しなおす必要があります。	R/W
31:14	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

26.2.41 DEVADDn : デバイスアドレス n コンフィグレーションレジスタ (n = 0~5)

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x0D0 + 0x2 × n

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	USBSPD[1:0]	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
5:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7:6	USBSPD[1:0]	通信対象デバイス転送速度 0 0: DEVADDn レジスタ未使用 0 1: ロースピード 1 0: フルスピード 1 1: 設定禁止	R/W
15:8	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

DEVADDn レジスタは、パイプ 0~9 に対して、通信対象の周辺デバイスの転送速度を指定するレジスタです。ホストコントローラモードでは、パイプへの通信を開始する前に、DEVADDn レジスタのビットをすべて設定してください。DEVADDn レジスタの各ビットの変更は、各ビットの設定を使用している有効なパイプが存在しないときにのみ行ってください。有効なパイプとは、以下の両方の条件を満たしているパイプです。

- DEVSEL[3:0]ビットの設定が、DEVADDn レジスタを指定している
- 選択パイプのPID[1:0]ビットに BUF を設定しているか、または選択パイプが DCP であり DCPCTR.SUREQ ビットが 1 になっている

デバイスコントローラモードでは、本レジスタのビットはすべて 0 にしてください。

USBSPD[1:0]ビット (通信対象デバイス転送速度)

USBSPD[1:0]ビットは対象の周辺デバイスの USB 転送速度を設定します。HUB 経由でフルスピードデバイスが接続されたときには、USBSPD[1:0]ビットを 10b にしてください。ホストコントローラモード時、USBFS は USBSPD[1:0]の設定に応じてパケットを生成します。デバイスコントローラモードでは、USBSPD[1:0]ビットを 00b にしてください。

26.2.42 PHYSECTRL : PHY シングルエンドレシーバコントロールレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x0F4

Bit position:	31																													4	0
Bit field:	-																												CNEN	-	
Value after reset:	0																												0	0	

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	CNEN	シングルエンドレシーバ許可 0: シングルエンドレシーバ動作を禁止 1: シングルエンドレシーバ動作を許可	R/W
31:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

CNEN ビット (シングルエンドレシーバ許可)

CNEN ビットを 1 にすると、シングルエンドレシーバ動作が可能になります。デバイスコントローラモードでバッテリーチャージング機能を使ってハードウェアによるデータコンタクト検出を行う場合は、本ビットを 1 にしてください。

26.2.43 DPUSR0R : ディープソフトウェアスタンバイ USB トランシーバコントロール/端子モニタレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x400

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	DVBS TS0	—	—	DOVC A0	—	—	DM0	DP0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	x	0	0	x	x
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	FIXPH Y0	DRPD 0	—	RPUE 0	SRPC 0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SRPC0 ^(注1)	USB シングルエンドレシーバ制御 0: DP/DM の入力を禁止 1: DP/DM の入力を許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
1	RPUE0(注1)	DP プルアップ抵抗制御 0: DP プルアップ抵抗を禁止 1: DP プルアップ抵抗を許可	R/W
2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
3	DRPD0(注1)	D+/D-プルダウン抵抗制御 0: DP/DP プルダウン抵抗を禁止 1: DP/DP プルダウン抵抗を許可	R/W
4	FIXPHY0	USB トランシーバ出力固定 0: ノーマルモード時およびディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰時に出力を固定 1: ディープソフトウェアスタンバイモードへの遷移時に出力固定	R/W
15:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
16	DP0	USB D+入力 USBFS 側の D+入力信号を示します。	R
17	DM0	USB D-入力 USBFS 側の D-入力信号を示します。	R
19:18	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
20	DOVCA0	OVRCURA 入力 USBFS 側の OVRCURA 入力信号を示します。	R
21	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
22	—	読み出し値は不定です。書く場合、0 としてください。	R/W
23	DVBST0	USB VBUS 入力 USBFS 側の VBUS 入力信号を示します。	R
31:24	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. 本ビットは、ディープソフトウェアスタンバイモードでの動作時に使用してください。詳細については、「[26.3.1.5. USB のサスペンド/レジューム割り込みによるディープソフトウェアスタンバイモードの解除](#)」を参照してください。

SRPC0 ビット (USB シングルエンドレシーバ制御)

SRPC0 ビットは、USB トランシーバの D+/D-入力制御を行います。ホストコントローラモードでは、本ビットを 1 にしてください。デバイスコントローラモードで、切断状態では本ビットを 0 に、サスペンド状態では 1 に設定してください。FIXPHY0 ビットが 1 のときのみ、本ビットは有効です。

FIXPHY0 ビット (USB トランシーバ出力固定)

FIXPHY0 ビットは、USB トランシーバの出力を不可に固定します。

26.2.44 DPUSR1R : ディープソフトウェアスタンバイ USB サスペンド/レジューム割り込みレジスタ

Base address: USBFS = 0x4009_0000

Offset address: 0x404

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	DVBIN T0	—	—	DOVR CRA0	—	—	DMINT 0	DPINT 0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	DVBS E0	—	—	DOVR CRAE 0	—	—	DMINT E0	DPINT E0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DPINTE0	USB DP 割り込み許可／クリア 0: DP 入力によるディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰を禁止 1: DP 入力によるディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰を許可	R/W
1	DMINTE0	USB DM 割り込み許可／クリア 0: DM 入力によるディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰を禁止 1: DM 入力によるディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰を許可	R/W
3:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	DOVRCRAE0	USB OVRCURA 割り込み許可／クリア 0: OVRCURA 入力によるディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰を禁止 1: OVRCURA 入力によるディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰を許可	R/W
5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	DVBSE0	USB VBUS 割り込み許可／クリア 0: VBUS 入力によるディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰を禁止 1: VBUS 入力によるディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰を許可	R/W
15:8	—	T 読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
16	DPINT0	USB DP 割り込み要因による復帰 0: ディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰なし 1: DP 入力によるディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰あり	R
17	DMINT0	USB DM 割り込み要因による復帰 0: ディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰なし 1: DM 入力によるディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰あり	R
19:18	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
20	DOVRCRA0	USB OVRCURA 割り込み要因による復帰 0: ディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰なし 1: OVRCURA 入力によるディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰あり	R
21	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
22	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
23	DVBINT0	USB VBUS 割り込み要因による復帰 0: ディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰なし 1: VBUS 入力によるディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰あり	R
31:24	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

DPINTE0 ビット (USB DP 割り込み許可／クリア)

DPINTE0 ビットは USBFS の DP 入力によるディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰の許可／禁止を指定します。DPINT0 ビットが 1 のときに本ビットに 0 を書き込むことにより、DPINT0 ビットが 0 になります。

DMINTE0 ビット (USB DM 割り込み許可／クリア)

DMINTE0 ビットは、USBFS の DM 入力によるディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰の許可／禁止を指定します。DMINT0 ビットが 1 のときに本ビットに 0 を書くことにより、DMINT0 ビットが 0 にクリアされます。

DOVRCRAE0 ビット (USB OVRCURA 割り込み許可／クリア)

DOVRCRAE0 ビットは、USBFS の OVRCURA 入力によるディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰の許可／禁止を指定します。DOVRCRA0 ビットが 1 のときに本ビットに 0 を書くことにより、DOVRCRA0 ビットが 0 にクリアされます。

DVBSE0 ビット (USB VBUS 割り込み許可／クリア)

DVBSE0 ビットは、USBFS の VBUS 入力によるディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰の許可／禁止を指定します。DVBINT0 ビットが 1 のときに本ビットに 0 を書くことにより、DVBINT0 ビットが 0 にクリアされます。

DPINT0 ビット (USB DP 割り込み要因による復帰)

DPINT0 ビットは USBFS の DP 入力が必要でディープソフトウェアスタンバイモードから復帰したことを表示します。この復帰は、DPINTE0 ビットが 1 のときのみ許可されます。本ビットが 1 のときに DPINTE0 ビットに 0 を書き込むことにより、本ビットが 0 にクリアされます。

DMINT0 ビット (USB DM 割り込み要因による復帰)

DMINT0 ビットは、USBFS の DM 入力が必要でディープソフトウェアスタンバイモードから復帰したことを表示します。この復帰は、DMINTE0 ビットが 1 のときのみ許可されます。本ビットが 1 のときに DMINTE0 ビットに 0 を書くことにより、本ビットは 0 にクリアされます。

DOVRCRA0 ビット (USB OVRCURA 割り込み要因による復帰)

DOVRCRA0 ビットは、USBFS の OVRCURA 入力が必要でディープソフトウェアスタンバイモードから復帰したことを表示します。この復帰は、DOVRCRAE0 ビットが 1 のときのみ許可されます。本ビットが 1 のときに DOVRCRAE0 ビットに 0 を書くことにより、本ビットは 0 にクリアされます。

DVBINT0 ビット (USB VBUS 割り込み要因による復帰)

DVBINT0 ビットは、USBFS の VBUS 入力が必要でディープソフトウェアスタンバイモードから復帰したことを表示します。この復帰は、DVBSE0 ビットが 1 のときのみ許可されます。本ビットが 1 のときに DVBSE0 ビットに 0 を書くことにより、本ビットは 0 にクリアされます。

26.3 動作説明**26.3.1 システムコントロール**

USBFS の初期化および消費電力の制御に必要なレジスタの設定について説明します。

26.3.1.1 USBFS レジスタのデータ設定

クロック供給が開始された状態 (SYSCFG.SCKE ビット = 1) で、SYSCFG.USBE ビットを 1 にすることにより、USBFS は動作が許可され、動作を開始します。

26.3.1.2 コントローラ機能の選択

USBFS の動作は、ホストコントローラとデバイスコントローラの 2 種類の機能から選択できます。

どちらの機能にするかは、SYSCFG.DCFM ビットで選択できます。DCFM ビットの変更は、リセット直後の初期設定時、または D+プルアップ禁止 (SYSCFG.DPRPU ビット = 0) かつ D+/D-プルダウン禁止 (SYSCFG.DRPD ビット = 0) のときに行ってください。

26.3.1.3 抵抗による USB データバス制御

USBFS は、D+/D-ラインのプルアップ抵抗およびプルダウン抵抗を内蔵しています。SYSCFG.DPRPU ビットおよび SYSCFG.DRPD ビットの設定により、ラインのプルアップ、プルダウンを設定してください。

デバイスコントローラモードでは、USB ホストへの接続を確認した後で、SYSCFG.DPRPU ビットを 1 にし、D+ライン (フルスピード通信時) をプルアップしてください。

PC と通信中に SYSCFG.DPRPU ビットに 0 を設定した場合は、USBFS は USB データラインのプルアップ抵抗を無効にするので、USB ホストにデバイス切断を通知することが可能です。

ホストコントローラモード時は、SYSCFG.DRPD ビットを 1 に設定し、D+/D-ラインをプルダウンしてください。

表 26.14 USB データバス抵抗制御 (1/2)

SYSCFG レジスタ設定		USB データバス制御		機能
DRPD ビット	DPRPU ビット	D-	D+	
0	0	オープン	オープン	抵抗未使用時
0	1	オープン	プルアップ	デバイスコントローラとしてフルスピードで動作させる場合
1	0	プルダウン	プルダウン	ホストコントローラとして動作させる場合

表 26.14 USB データバス抵抗制御 (2/2)

SYSCFG レジスタ設定		USB データバス制御		機能
DRPD ビット	DPRPU ビット	D-	D+	
1	1	—	—	設定禁止

26.3.1.4 外部接続回路例

USBFS は、D+ラインのプルアップ抵抗と、D+および D-ラインのプルダウン抵抗を制御します。SYSCFG.DPRPU ビットと SYSCFG.DRPD ビットで、ラインのプルアップとプルダウンを選択してください。デバイスコントロールモードでは、USB ホストとの通信中に SYSCFG.DPRPU ビットを 0 にすると、USB データラインのプルアップ抵抗が無効になります。USBFS はこれを利用して、USB ホストに対してデバイスの切断を知らせることができます。

図 26.2 に、ホスト接続例を示します。

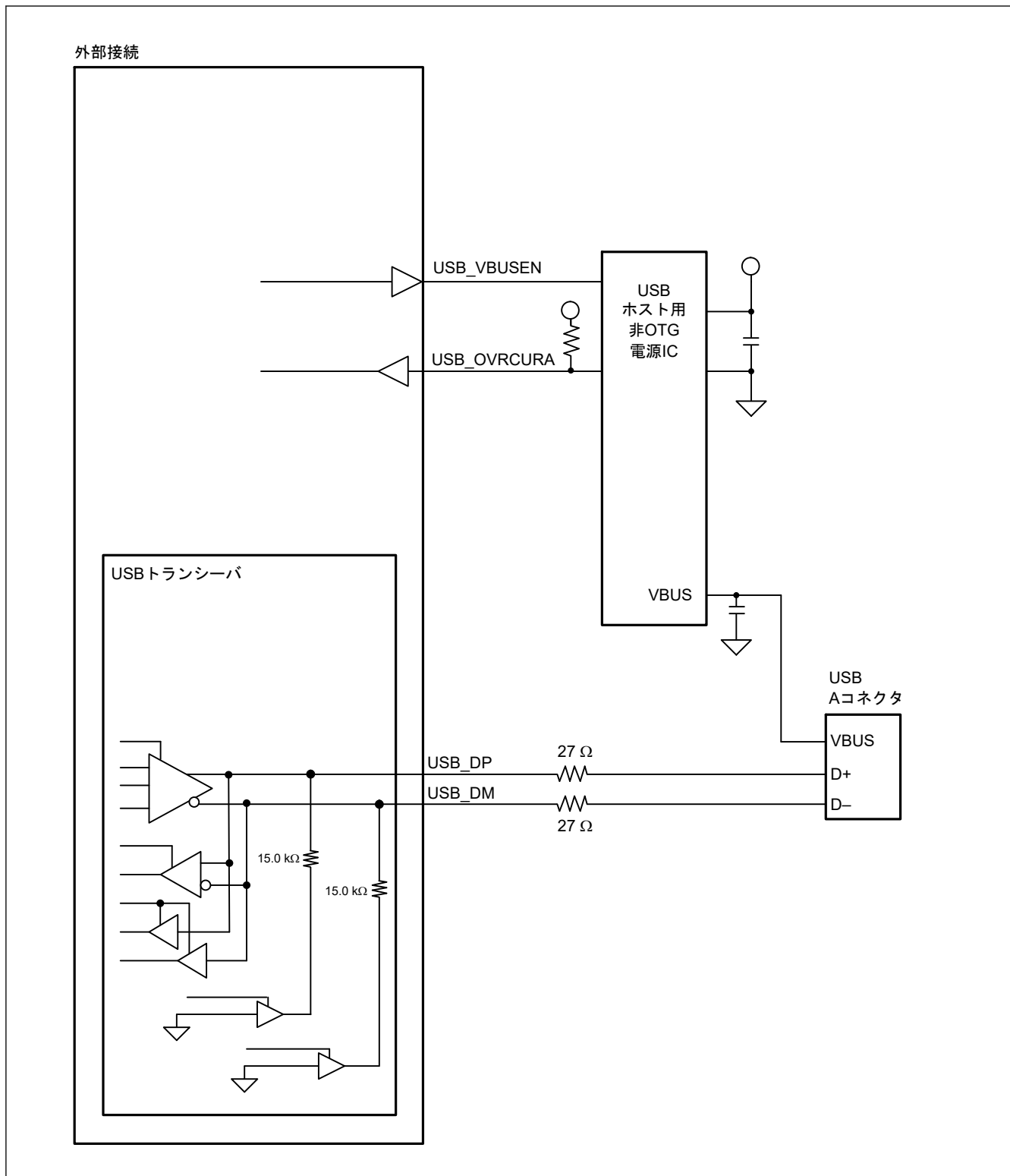


図 26.2 ホスト接続例

図 26.3 に、バスパワーシステムでのデバイス接続例を示します。

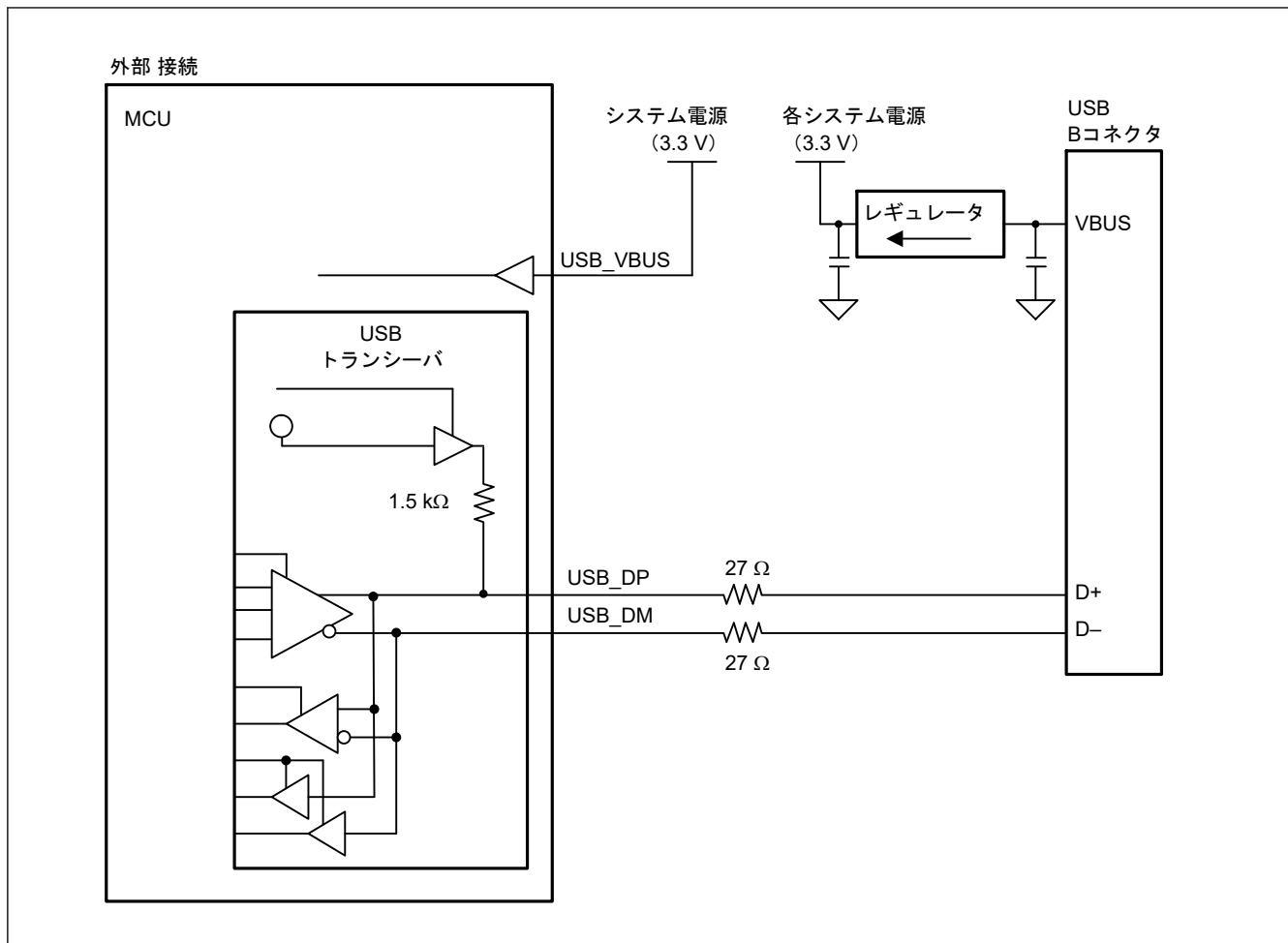


図 26.3 バスパワー状態でのデバイス接続例

図 26.4 に、バッテリーチャージング規格リビジョン 1.2 対応 USB コネクタのファンクション接続例を示します。

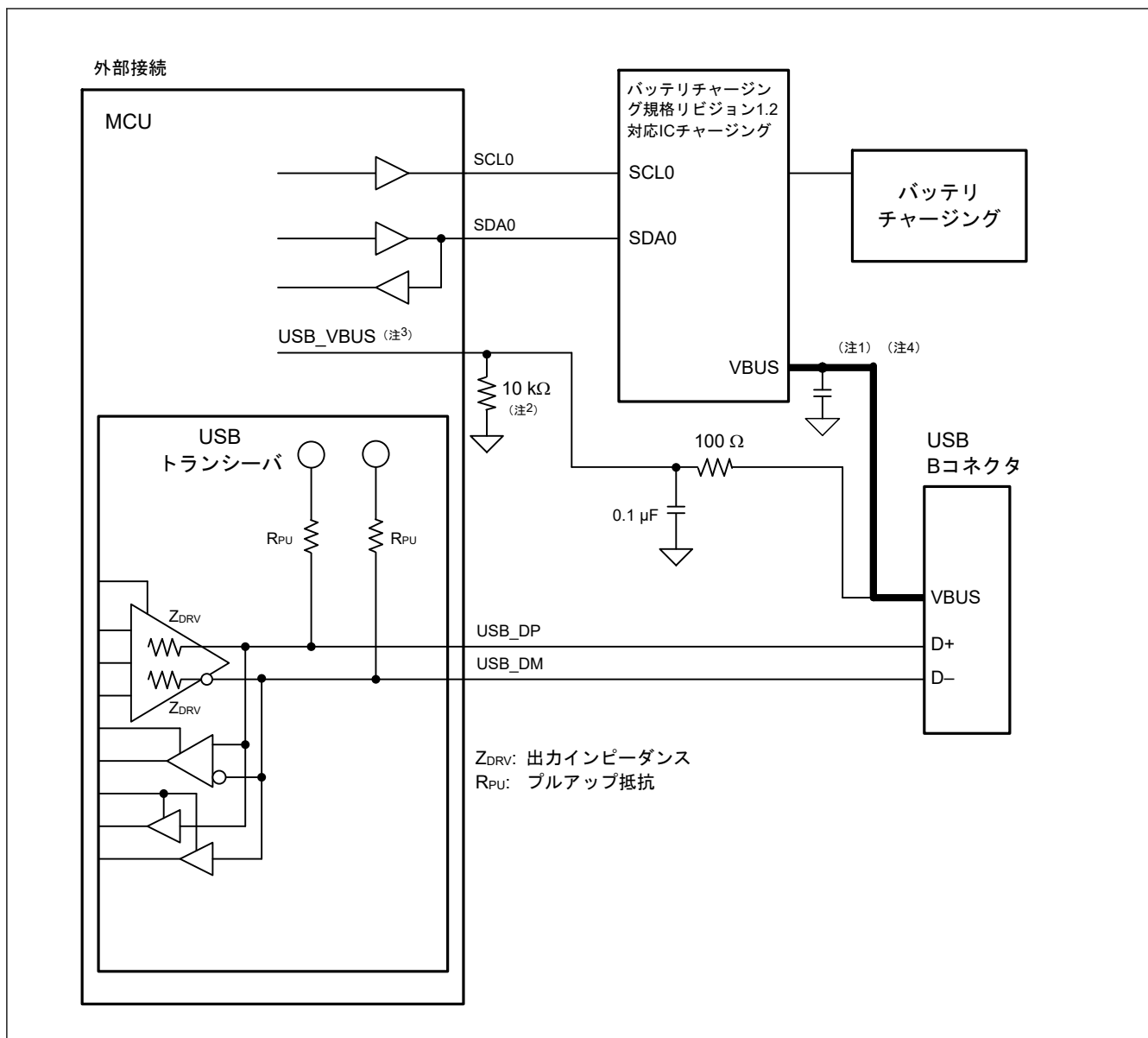


図 26.4 バッテリーチャージング規格リビジョン 1.2 に対応したファンクション接続例

本項に記載した各外部回路例は、概略回路であり、すべてのシステムにおいて動作保証するものではありません。

26.3.1.5 USB のサスペンド/レジューム割り込みによるディープソフトウェアスタンバイモードの解除

ディープソフトウェアスタンバイモードは、USB のサスペンド/レジューム割り込みにより解除できます。USB のサスペンド/レジューム割り込みの検出は、USB レジューム検出部が行います。USB レジューム検出部は、USB 用の入出力端子の制御およびモニタを行い、割り込みを検出します。

図 26.5 に、USB レジューム検出部と USB 用の入出力端子の接続回路図を示します。

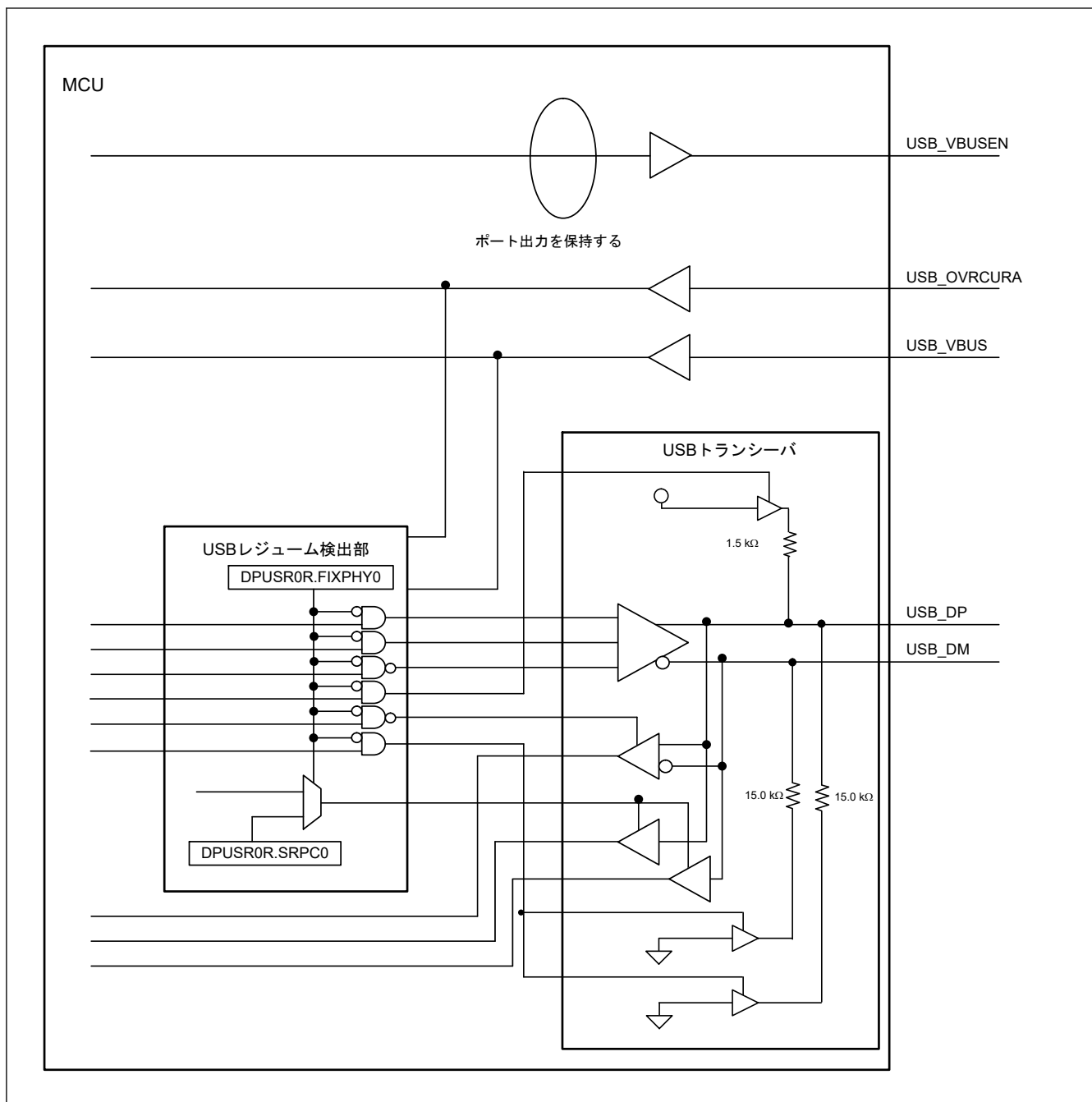


図 26.5 USB レジューム検出部と USB 用の入出力端子の接続

表 26.15 に、USB のサスペンド/レジューム割り込みの要因およびそれらに関連する入出力端子を示します。

表 26.15 USB のサスペンド/レジューム割り込みの要因およびそれらに関連する入出力端子

USB 動作モード	要因	端子名
デバイス	レジューム	USB_DP
ホスト	アタッチまたはデタッチ	USB_DP、USB_DM
デバイス	アタッチまたはデタッチ	USB_VBUS
ホスト	過電流検出	USB_OVRCURA

図 26.6 に、ホストコントローラモードまたはデバイスコントローラモードからディープソフトウェアスタンバイモードに遷移するときの USBFS 設定フローを示します。図 26.7 に、ホストコントローラモードからディープソフトウェアスタンバイモードを解除するときの USBFS 設定フローを示します。図 26.8 に、デバイスコントローラモードからディープソフトウェアスタンバイモードを解除するときの USBFS 設定フローを示します。

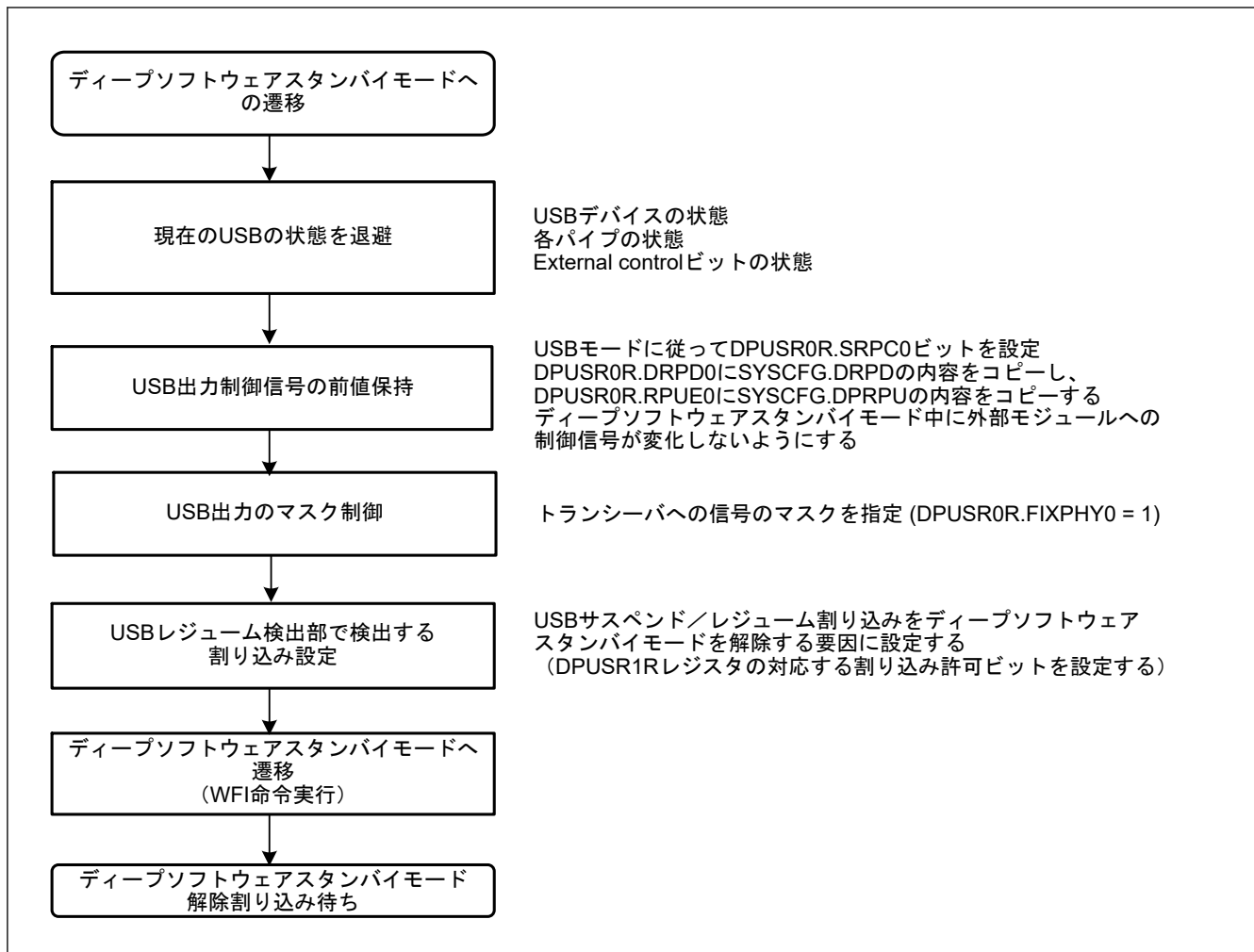


図 26.6 ホストコントローラ機能またはデバイスコントローラ機能選択時におけるディープソフトウェアスタンバイモード遷移時の USBFS 設定フロー

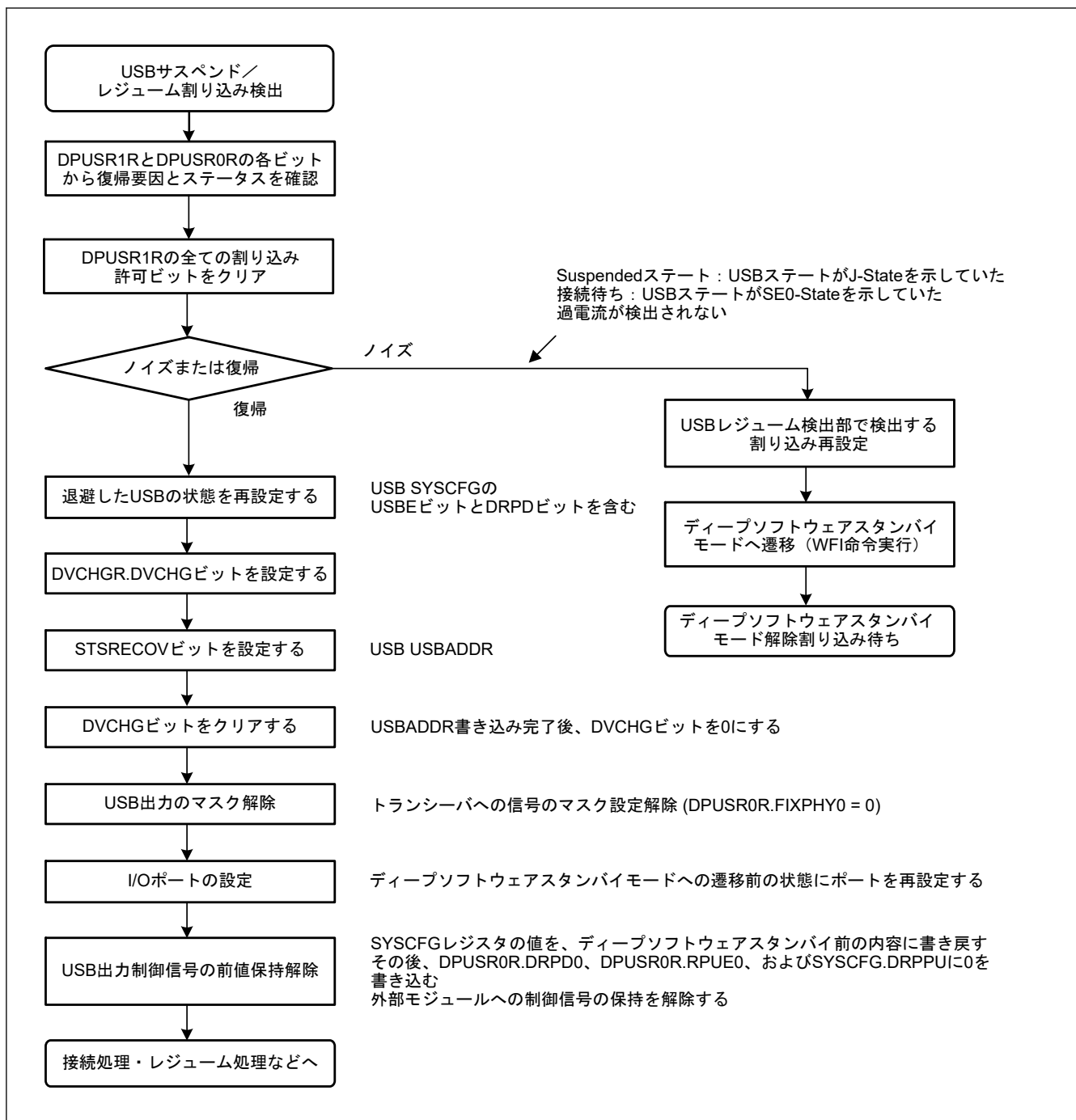


図 26.7 ホストコントローラ機能選択時におけるディープソフトウェアスタンバイモード解除時の USBFS 設定フロー

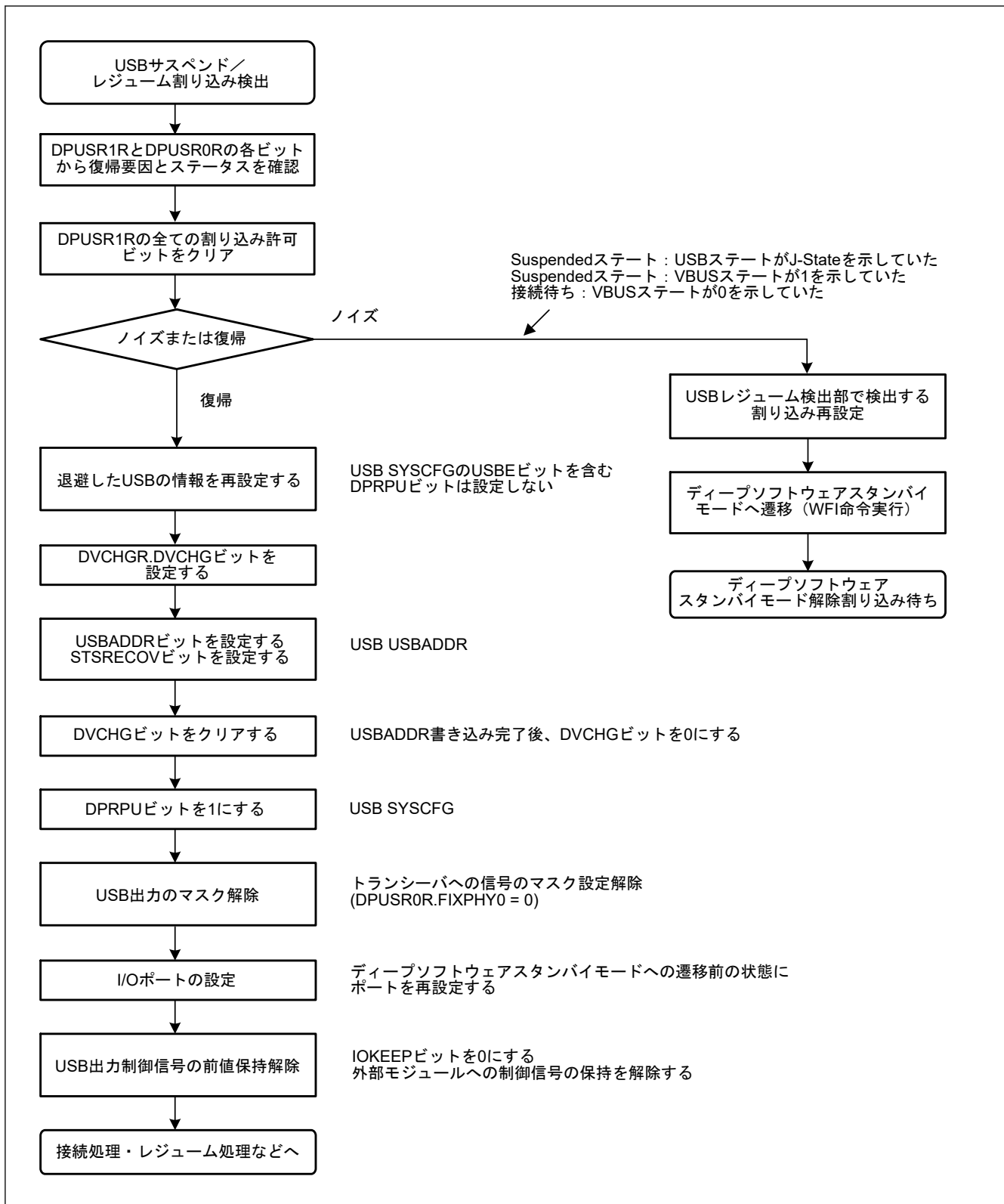


図 26.8 デバイスコントローラ機能選択時におけるディープソフトウェアスタンバイモード解除時の USBFS 設定フロー

26.3.2 割り込み

表 26.16 に、USBFS の割り込み要因一覧を示します。これらの割り込み発生条件が成立し、関連する割り込み許可レジスタにて割り込み出力許可に設定されているとき、USBFS は割り込みコントローラユニット (ICU) に対して USBFS 割り込み要求を発行し、USBFS 割り込みが発生します。

表 26.16 割り込み要因 (1/2)

1にするビット	名称	割り込み要因	対象となるコントローラ機能	ステータスフラグ
VBINT	VBUS 割り込み	<ul style="list-style-type: none"> USB_VBUS 入力端子の状態変化を検出したとき (Low から High、または High から Low) 	ホストまたはデバイス(注1)	INTSTS0.VBSTS
RESM	レジューム割り込み	<ul style="list-style-type: none"> Suspended ステートにおいて USB バスの状態変化を検出したとき (J-State から K-State または J-State から SE0) 	デバイス	—
SOFR	フレーム番号更新割り込み	ホストコントローラモード時： <ul style="list-style-type: none"> フレーム番号の異なる SOF パケットを送信したとき デバイスコントローラモード時： <ul style="list-style-type: none"> フレーム番号の異なる SOF パケットを受信したとき 	ホストまたはデバイス	—
DVST	デバイスステート遷移割り込み	<ul style="list-style-type: none"> 以下のいずれかのデバイスステート遷移を検出したとき： <ul style="list-style-type: none"> USB バスリセットを検出 Suspended ステートを検出 SET_ADDRESS リクエストを受信 SET_CONFIGURATION リクエストを受信 	デバイス	INTSTS0.DVSQ[2:0]
CTRT	コントロール転送ステージ遷移割り込み	<ul style="list-style-type: none"> コントロール転送ステージ遷移を、以下のいずれかの状態の発生により検出したとき： <ul style="list-style-type: none"> セットアップステージの完了 コントロールライト転送ステータスステージ遷移発生 コントロールリード転送ステータスステージ遷移発生 コントロール転送終了 コントロール転送シーケンスエラー発生 	デバイス	INTSTS0.CTSQ[2:0]
BEMP	バッファエンpty割り込み	<ul style="list-style-type: none"> FIFO バッファ中の全データを送信しバッファが空になったとき 最大パケットサイズを超えたパケットを受信したとき 	ホストまたはデバイス	BEMPSTS.PIPEnBEMP
NRDY	バッファノートレディ割り込み	ホストコントローラモード時 <ul style="list-style-type: none"> 発行したトークンに対して周辺デバイス側からの STALL 応答を受信したとき 発行したトークンに対して、周辺デバイス側から応答が正しく受信できなかったとき (無応答が 3 回連続、またはパケット受信エラーが 3 回連続) アイソクロナス転送時にオーバーランエラーまたはアンダーランエラーが発生したとき デバイスコントローラモード時 <ul style="list-style-type: none"> PID[1:0]ビットが 01b (BUF) のときに、IN トークンまたは OUT トークンに対して NAK を応答したとき アイソクロナス転送でデータ受信時に CRC エラーまたはビットスタッフィングエラーが発生したとき アイソクロナス転送でデータ受信時にオーバーランまたはアンダーランが発生したとき 	ホストまたはデバイス	NRDYSTS.PIPEnNRDY
BRDY	バッファレディ割り込み	<ul style="list-style-type: none"> バッファがレディ (読み出しもしくは書き込み可能状態) になったとき 	ホストまたはデバイス	BRDYSTS.PIPEnBRDY
OVRRCR	過電流入力変化割り込み	<ul style="list-style-type: none"> USB_OVRCURA 入力端子の状態変化 (Low→High または High→Low) を検出したとき 	ホスト	INTSTS1.OVRRCR
BCHG	バス変化割り込み	<ul style="list-style-type: none"> USB バスステートの変化を検出したとき 	ホストまたはデバイス	SYSSTS0.LNST[1:0]
DTCH	フルスピード動作時切断検出	フルスピード動作時に周辺デバイスの切断を検出したとき	ホスト	DVSTCTR0.RHST[2:0]
ATTCH	デバイス接続検出割り込み	<ul style="list-style-type: none"> USB バスで J-State または K-State を 2.5 μs 間継続的に検出したとき この割り込みを使って、周辺デバイスが接続されているかどうかを確認できる。	ホスト	—
EOFERR	EOF エラー検出割り込み	<ul style="list-style-type: none"> 周辺デバイスの EOF エラーを検出したとき 	ホスト	—

表 26.16 割り込み要因 (2/2)

1にするビット	名称	割り込み要因	対象となるコントローラ機能	ステータスフラグ
SACK	SETUP 正常割り込み	<ul style="list-style-type: none">SETUP トランザクションの正常応答 (ACK) を受信したとき	ホスト	—
SIGN	SETUP エラー割り込み	<ul style="list-style-type: none">SETUP トランザクションのエラー (無応答または ACK パケット破損) を 3 回連続で検出したとき	ホスト	—
PDDETINT	ポータブルデバイス検出割り込み	<ul style="list-style-type: none">ポータブルデバイスの接続を検知したとき	ホスト	BCCTRL1.PDDETSTS

注 1. この割り込みは、ホストコントローラモードでも発生しますが、通常はホストコントローラモードでは使用しません。

図 26.9 に、USBFS 割り込みに関連する回路を示します。

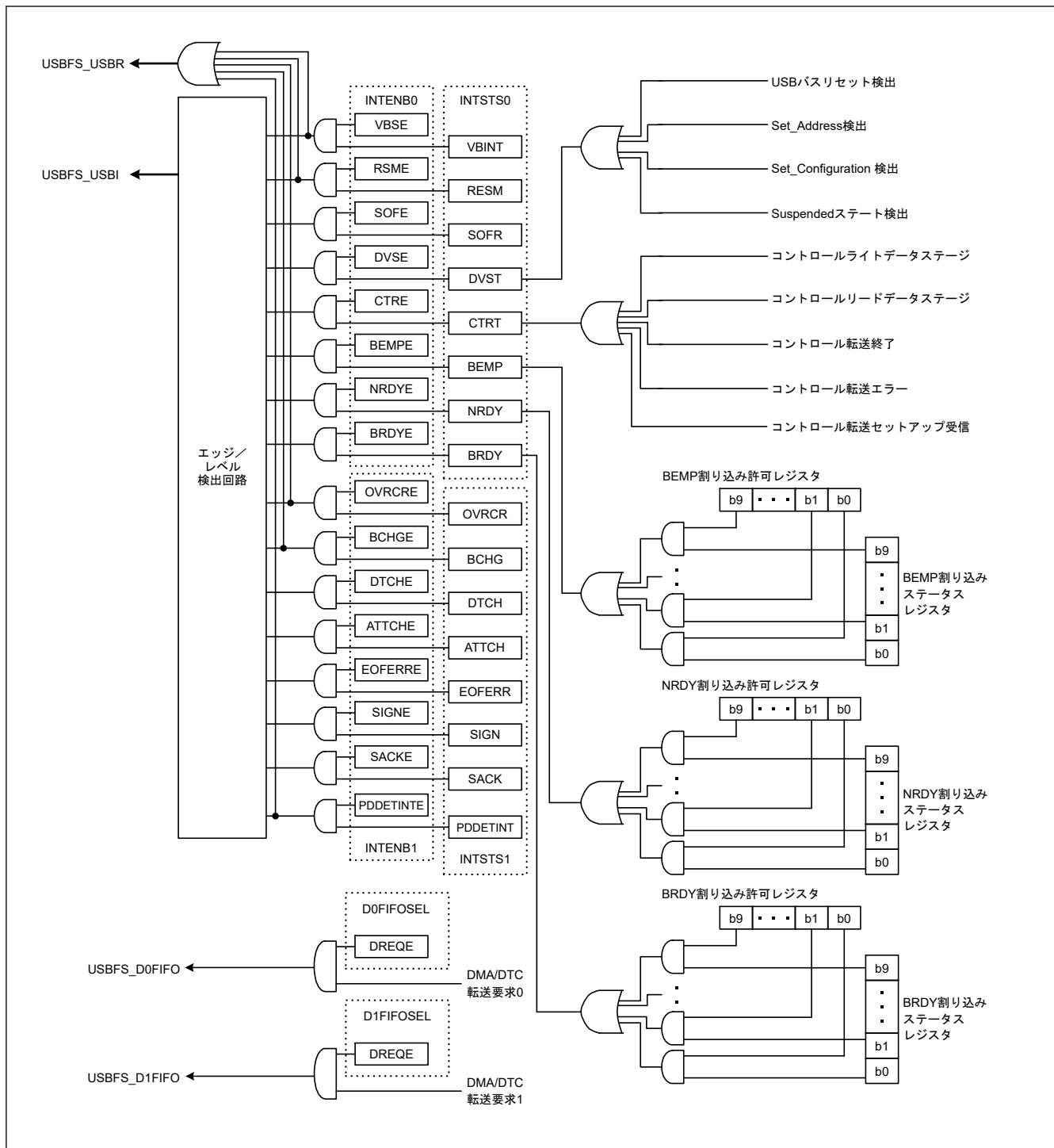


図 26.9 USBFS 割り込みに関連する回路

表 26.17 に、USBFS が発生させる割り込みの一覧を示します。

表 26.17 USBFS の割り込み

割り込み名	割り込みステータスフラグ	DTC の起動	DMAC の起動	優先度
USBFS_D0FIFO	DMA 転送要求 0	可能	可能	高
USBFS_D1FIFO	DMA 転送要求 1	可能	可能	↑
USBFS_USBI	VBUS 割り込み、レジューム割り込み、フレーム番号更新割り込み、デバイスステート遷移割り込み、コントロール転送ステージ遷移割り込み、バッファエンプティ割り込み、バッファノットレディ割り込み、バッファレディ割り込み、オーバーカレント入力変化割り込み、バス変化割り込み、フルスピード動作時切断検出割り込み、デバイス接続検出割り込み、EOF エラー検出割り込み、SETUP 正常動作割り込み、SETUP エラー割り込み、およびポータブルデバイス検出割り込み	不可能	不可能	低
USBFS_USBR	VBUS 割り込み、レジューム割り込み、過電流入力変化割り込み、バス変化割り込み、およびポータブルデバイス検出割り込み	不可能	不可能	—

26.3.3 割り込みの説明

26.3.3.1 BRDY 割り込み

BRDY 割り込みは、ホストコントローラモードとデバイスコントローラモードのどちらを選択しても発生します。ここでは、USBFS が BRDYSTS の関連するビットを 1 にする条件について説明します。これらの条件の下では、ソフトウェアが、該当するパイプに関連付けられている BRDYENB レジスタのビットを 1 にし、かつ、INTENB0.BRDYE ビットを 1 にしていれば、USBFS は BRDY 割り込みを発生させます。

BRDY 割り込みは、各パイプの SOFCFG.BRDYM ビットおよび PIPECFG.BFRE ビットの設定により、発生条件およびクリア条件が異なります。

(1) SOFCFG.BRDYM ビット = 0 かつ PIPECFG.BFRE ビット = 0 のとき

この設定の場合、BRDY 割り込みは FIFO ポートにアクセス可能になったことを示す割り込みになります。

USBFS は、以下のいずれかの条件のときに、内部 BRDY 割り込み要求トリガを発生させ、選択パイプに関連付けられている BRDYSTS.PIPEnBRDY ビットを 1 にします。

送信パイプの場合

- ソフトウェアで DIR ビットを 0 から 1 に変更したとき
- パイプに割り付けた FIFO バッファへの CPU からの書き込みが不可能な状態のとき (BSTS ビットの読み出し値が 0 のとき) に、パイプの packets 送信が完了したとき
- FIFO バッファをダブルバッファモードに設定しているときで、片方の FIFO バッファ書き込み完了時にもう一方の FIFO バッファが空であったとき
- FIFO バッファへの書き込み中にもう一方の FIFO バッファへの送信が完了しても、現在書き込み中の面が書き込み完了になるまでは要求トリガは発生しません。
- 転送タイプがアイソクロナスのパイプにおいて、ハードウェアによるバッファフラッシュが発生したとき
- PIPEnCTR.ACLRM ビットに 1 を書き込むことより、FIFO バッファが書き込み不可能な状態から書き込み可能な状態になったとき

DCP に対しては (すなわち、コントロール転送でのデータ送信においては) 要求トリガは発生しません。

受信パイプの場合

- 該当するパイプに割り付けた FIFO バッファへの CPU からの読み出しが不可能な状態のとき (BSTS ビットの読み出し値が 0 のとき) に、パケット受信が正常に完了し、FIFO バッファが読み出し可能状態になったとき。DATA-PID 不一致のトランザクションに対し、要求トリガは発生しない。
- FIFO バッファをダブルバッファモードに設定しているときで、片方の FIFO バッファ読み出し完了時にもう一方の FIFO バッファも読み出し可能であったとき。FIFO バッファへの読み出し中にもう一方の FIFO バッファへの受信が完了しても、現在読み出し中の面が読み出し完了になるまでは要求トリガは発生しない。

デバイスコントローラモードでは、コントロール転送のステータスステージでは BRDY 割り込みは発生しません。選択パイプの PIPEBRDY 割り込みステータスは、関連する PIPEnBRDY ビットにソフトウェアで 0 を書き込むことにより 0 にすることが可能です。この場合、他の PIPEBRDY ビットは 1 にしてください。

BRDY ステータスのクリアは、FIFO バッファへのアクセスを行う前に実施してください。

(2) SOFCFG.BRDYM ビット = 0 かつ PIPECFG.BFRE ビット = 1 のとき

この設定の場合、USBFS は、受信パイプにおいて 1 転送分の全データ読み出し完了時に BRDY 割り込みを発生させ、BRDYSTS レジスタの該当するパイプに関連付けられているビットを 1 にします。

下記条件のいずれかに該当する場合、USBFS は 1 転送分の最後のデータが受信されたと判定します。

- ショートパケット (Zero-Length パケットを含む) を受信したとき
- パイプ n トランザクションカウンタレジスタ (PIPEnTRN) を使用し、PIPEnTRN.TRNCNT[15:0] ビットで設定したパケット数をすべて受信したとき

上記判定条件を満たした後、そのデータの読み出しが完了したときに、USBFS は 1 転送分の全データ読み出し完了と判断します。

FIFO バッファが空の状態 Zero-Length パケットを受信した場合は、FIFO ポートコントロールレジスタの FRDY ビットが 1、DTLN[8:0] ビットが 0 の状態になった時点で、USBFS は 1 転送分の全データ読み出し完了と判断します。この場合、次の転送を開始するためには、関連するポートコントロールレジスタの BCLR ビットにソフトウェアで 1 を書き込んでください。この設定の場合には、USBFS は送信パイプに対して BRDY 割り込みを検出しません。

パイプの PIPEBRDY 割り込みステータスは、関連する BRDYSTS.PIPEnBRDY ビットにソフトウェアで 0 を書き込むことにより 0 にすることが可能です。この場合、他の PIPEBRDY ビットは 1s にしてください。

このモードを使用するときには、1 転送分のすべてのデータの処理を終了するまで PIPECFG.BFRE ビットの設定値を変更しないでください。途中で PIPECFG.BFRE ビットを変更する必要がある場合には、PIPEnCTR.ACLRM ビットによりパイプの FIFO バッファをすべてクリアしてください。

(3) SOFCFG.BRDYM ビット = 1 かつ PIPECFG.BFRE ビット = 0 のとき

この設定の場合、BRDYSTS.PIPEnBRDY ビットの値は各パイプの BSTS ビット設定値に連動します。すなわち、USB は FIFO バッファステータスに基づいて BRDY 割り込みステータスビット (PIPEBRDY) を 1 または 0 にします。

送信パイプの場合

BRDY 割り込みステータスビットは、FIFO バッファにデータが書き込み可能な状態であれば 1 になり、書き込み不可能な状態になれば 0 になります。送信方向の DCP が書き込み可能であっても、BRDY 割り込みは発生しません。

受信パイプの場合

BRDY 割り込みステータスビットは、FIFO バッファからデータが読み出し可能であれば 1 になり、すべてのデータを読み出したら (読み出しが不可能になったら) 0 になります。

FIFO バッファが空の状態 Zero-Length パケットを受信した場合、ソフトウェアで BCLR に 1 を書き込むまで、関連するビットには 1 が表示され BRDY 割り込みは発生し続けます。この設定の場合、ソフトウェアで PIPEnBRDY ビットを 0 にすることはできません。

SOFCFG.BRDYM ビットが 1 のときは、全パイプの PIPECFG.BFRE ビットは 0 にしてください。

図 26.10 に、BRDY 割り込み発生タイミングを示します。

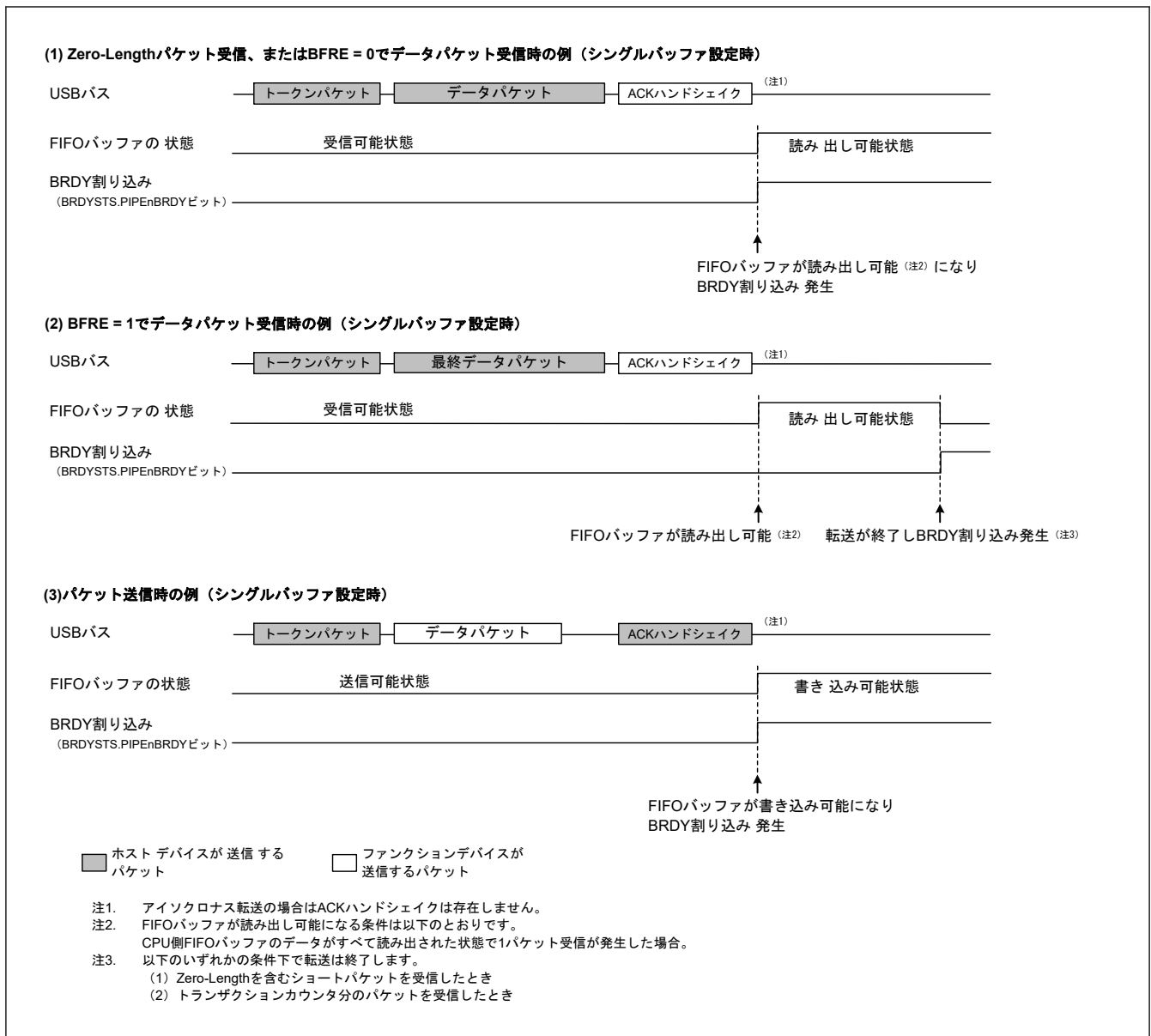


図 26.10 BRDY 割り込み発生タイミング

INTSTS0.BRDY ビットがクリアされる条件は、表 26.18 に示すように、SOFCFG.BRDYM ビットの設定値によって異なります。

表 26.18 BRDY ビットクリア条件

BRDYM ビット	BRDY ビットのクリア条件
0	ソフトウェアで BRDYSTS レジスタの全ビットを 0 にすると、USBFS は BRDY ビットを 0 にクリアします。
1	全パイプの BSTS ビットが 0 になったとき、USBFS は BRDY ビットを 0 にクリアします。

26.3.3.2 NRDY 割り込み

ソフトウェアで PID を BUF に設定したパイプに対して、USBFS が内部 NRDY 割り込み要求を発生させた場合に、USBFS は関連する NRDYSTS.PIPE_nNRDY ビットを 1 にします。ソフトウェアによって NRDYENB レジスタの関連するビットを 1 にしている場合、USBFS は INTSTS0.NRDY ビットを 1 にし、USBFS 割り込みを発生させます。

ここでは、USBFS が、あるパイプに対して内部 NRDY 割り込み要求を発生させる条件を説明します。

ホストコントローラモードでの SETUP トランザクション実行時は、内部 NRDY 割り込み要求を発生させません。ホストコントローラモード時の SETUP トランザクションでは、SACK 割り込みまたは SIGN 割り込みを検出しません。

デバイスコントローラモードでのコントロール転送ステータスステージ実行時は、内部 NRDY 割り込み要求を発生させません。

(1) ホストコントローラモード時

送信パイプの場合

USBFS は、以下のいずれかの条件を満たした場合に、NRDY 割り込みを検出します。

- 転送タイプがアイソクロナスのパイプにおいて、FIFO バッファに送信データがない状態で OUT トークン発行タイミングに達したとき。このとき USBFS は、OUT トークンに続けて Zero-Length パケットを送信し、関連する NRDYSTS.PIPEnNRDY ビットおよび FRMNUM.OVRN ビットを 1 にする。
- 転送タイプがアイソクロナス以外のパイプ、かつ SETUP トランザクション以外の通信において、以下の 2 つのケースが任意の組み合わせで 3 回連続で発生したとき。
 - 周辺デバイスからの応答がないとき（周辺デバイスからのハンドシェイクパケットを検出する前にタイムアウトが検出される時）。
 - 周辺デバイスからのパケットにエラーが検出される時。このとき USBFS は、関連する PIPEnNRDY ビットを 1 にし、該当するパイプの関連する PID[1:0]ビットの設定値を NAK に変更する。
- SETUP トランザクション以外の通信において、周辺デバイスから STALL ハンドシェイクを受信したとき。このとき USBFS は、関連する PIPEnNRDY ビットを 1 にし、関連するパイプの PID[1:0]ビットの設定値を STALL (11b) に変更する。

受信パイプの場合

- 転送タイプがアイソクロナスのパイプにおいて、IN トークン発行タイミングに達したが、FIFO バッファに空きがないとき。このとき USBFS は、IN トークンに対する受信データを破棄し、該当するパイプの関連する PIPEnNRDY ビットおよび OVRN ビットを 1 にする。さらに、IN トークンに対する受信データにパケットエラーを検出した場合には、USBFS は FRMNUM.CRCE ビットも 1 にします。
- 転送タイプがアイソクロナス以外のパイプにおいて、以下の 2 つのケースが任意の組み合わせで 3 回連続で発生したとき。
 - USBFS が発行した IN トークンに対して周辺デバイスから応答がないとき（周辺デバイスからの DATA パケットを検出する前にタイムアウトが検出される時）。
 - 周辺デバイスからのパケットにエラーが検出された時。このとき USBFS は、関連する PIPEnNRDY ビットを 1 にし、該当するパイプの関連する PID[1:0]ビットの設定値を NAK に変更する。
- 転送タイプがアイソクロナスのパイプにおいて、IN トークンに対して周辺デバイスから応答がない（周辺デバイスからの DATA パケットを検出する前にタイムアウトが検出される時）、または周辺デバイスからのパケットにエラーが検出される時。このとき USBFS は、該当するパイプの関連する PIPEnNRDY ビットを 1 にする。該当するパイプの PID[1:0]ビットの設定値変更は行わない。
- 転送タイプがアイソクロナスのパイプにおいて、受信したデータパケットに CRC エラーまたはビットスタッフィングエラーが検出される時。このとき USBFS は、該当するパイプの関連する PIPEnNRDY ビットおよび CRCE ビットを 1 にする。
- STALL ハンドシェイクを受信したとき。このとき USBFS は、該当するパイプに関連する PIPEnNRDY ビットを 1 にし、関連するパイプの PID[1:0]ビットの設定値を STALL に変更する。

(2) デバイスコントローラモード時

送信パイプの場合

- FIFO バッファに送信データがない状態で IN トークンを受信したとき。このとき USBFS は、IN トークン受信時に NRDY 割り込み要求を発生させ、NRDYSTS.PIPEnNRDY ビットを 1 にする。割り込み発生パイプの転送タイプがアイソクロナスの場合、USBFS は Zero-Length パケットを送信し、FRMNUM.OVRN ビットを 1 にする。

受信パイプの場合

- OUT トークンを受信したが、FIFO バッファに空きがないとき。割り込み発生パイプの転送タイプがアイソクロナスの場合、OUT トークン受信時に USBFS は NRDY 割り込み要求を発生させ、PIPE_nNRDY ビットを 1 にし、OVRN ビットを 1 にする。割り込み発生パイプの転送タイプがアイソクロナス以外の場合、OUT トークンに続くデータ受信後 NAK ハンドシェイクが送信されるときに、USBFS は NRDY 割り込み要求を発生させ、PIPE_nNRDY ビットを 1 にする。DATA-PID 不一致の発生による再送時には、NRDY 割り込み要求を発生させない。また、DATA パケットにエラーがある場合にも、NRDY 割り込み要求を発生させない。
- 転送タイプがアイソクロナスのパイプにおいて、インターバルフレーム内にトークンが正常受信されなかったとき。このとき USBFS は、SOF 受信のタイミングで NRDY 割り込み要求を発生させ、PIPE_nNRDY ビットを 1 にする。

図 26.11 に、デバイスコントローラモード時の NRDY 割り込み発生タイミングを示します。

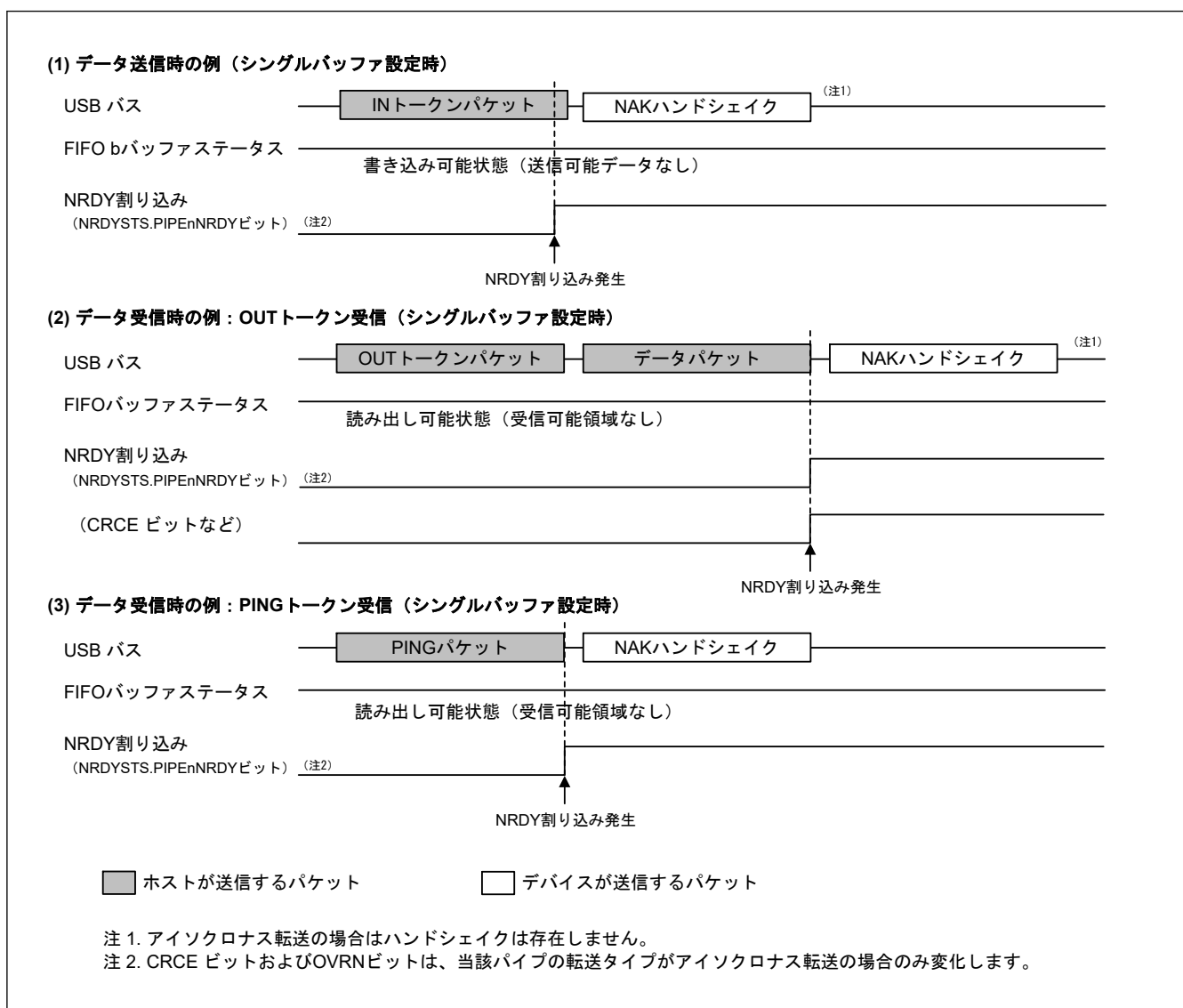


図 26.11 デバイスコントローラモード時の NRDY 割り込み発生タイミング

26.3.3.3 BEMP 割り込み

ソフトウェアで PID を BUF に設定したパイプに対して BEMP 割り込みを検出すると、USBFS は関連する BEMPSTS.PIPE_nBEMP ビットを 1 にします。ソフトウェアによって BEMPENB レジスタの関連するビットを 1 にしている場合、USBFS は INTSTS0.BEMP ビットを 1 にし、USBFS 割り込みを発生させます。ここでは、USBFS が内部 BEMP 割り込み要求を発生させる条件を説明します。

(1) 送信パイプの場合

送信完了時（Zero-Length パケットの送信時を含む）に関連するパイプの FIFO バッファが空のとき、およびシングルバッファモード時は、DCP 以外のパイプに対しての BRDY 割り込みと同時に内部 BEMP 割り込み要求を発生させます。以下のいずれかの条件では、内部 BEMP 割り込み要求は発生しません。

- ダブルバッファモードで、片方の FIFO バッファからのデータ送信完了時に、CPU または DMA/DTC が CPU 側の FIFO バッファに対する書き込みを開始しているとき
- PIPEnCTR.ACLRM ビットまたはポートコントロールレジスタの BCLR ビットを 1 にしてバッファをクリア（空に）したとき
- デバイスコントローラモードでのコントロール転送ステータスステージの IN 転送（Zero-Length パケット送信）を実行したとき

(2) 受信パイプの場合

正常受信したデータパケットサイズが指定された最大パケットサイズを超えたとき。このとき、USBFS は、BEMP 割り込み要求を発生させ、関連する BEMPSTS.PIPEnBEMP ビットを 1 にし、受信データを破棄し、該当するパイプの関連する PID[1:0] ビットの設定を STALL (11b) に変更します。USBFS は、ホストコントローラモードでは応答を返さず、デバイスコントローラモードでは STALL 応答を行います。

以下のいずれかの条件では、内部 BEMP 割り込み要求は発生しません。

- 受信したデータパケットに CRC エラーまたはビットスタッフィングエラーが検出される時。
- SETUP トランザクションが実行時
 - BEMPSTS.PIPEnBEMP ビットに 0 を書き込むことにより、ステータスをクリアすることが可能。
 - BEMPSTS.PIPEnBEMP ビットに 1 を書き込んでも、動作に影響はない。

図 26.12 に、デバイスコントローラモード時の BEMP 割り込み発生タイミングを示します。

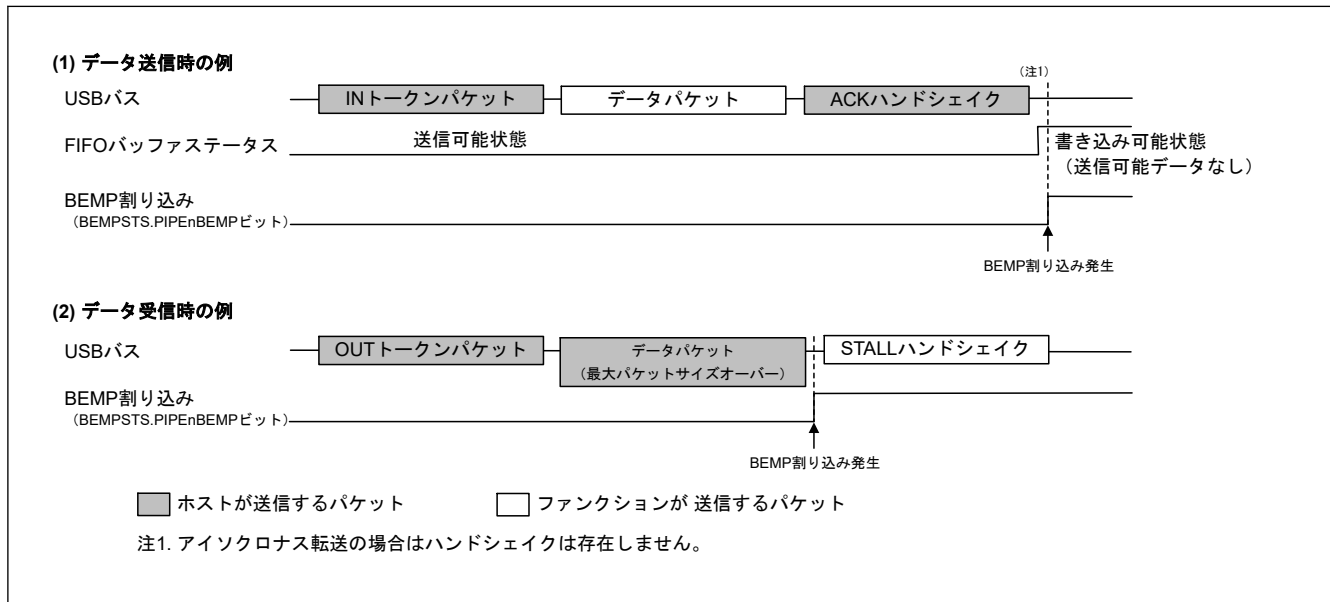


図 26.12 デバイスコントローラモード時の BEMP 割り込み発生タイミング

26.3.3.4 デバイスステート遷移割り込み（デバイスコントローラモード時）

図 26.13 に、USBFS のデバイスステート遷移図を示します。USBFS はデバイスステートを制御し、デバイスステート遷移割り込みを発生させます。ただし、Suspended ステートからの復帰（レジューム信号検出）は、レジューム割り込みで検出します。デバイスステート遷移割り込みの許可/禁止は、INTENB0 レジスタで個別に指定できます。状態が変化したデバイスは、INTSTS0.DVSQ[2:0] ビットで確認できます。

Default ステートに遷移する場合には、USB バスリセット検出後に、デバイスステート遷移割り込みが発生します。

デバイスステートはUSBFSが制御し、デバイスステート遷移割り込みはデバイスコントローラモードでのみ発生させることが可能です。

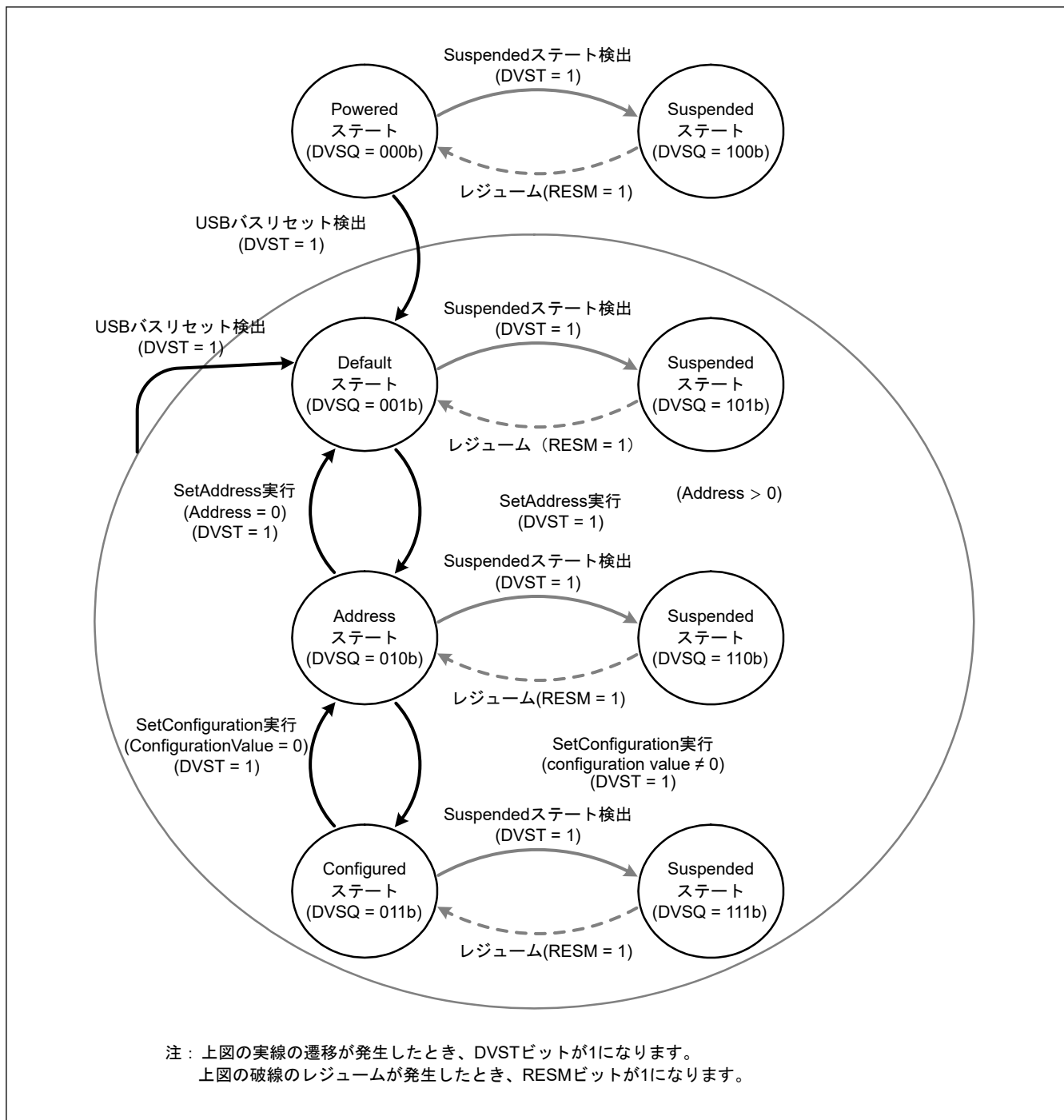


図 26.13 デバイスステートの遷移

26.3.3.5 コントロール転送ステージ遷移割り込み（デバイスコントローラモード時）

図 26.14 に、USBFS のコントロール転送ステージ遷移図を示します。USBFS はコントロール転送のシーケンスを制御し、コントロール転送ステージ遷移割り込みを発生させます。コントロール転送ステージ遷移割り込みは、INTENB0 レジスタで個別に許可または禁止できます。遷移が発生した転送ステージは、INTSTS0.CTSQ[2:0]ビットで確認できます。

コントロール転送ステージ遷移割り込みは、デバイスコントローラモードでのみ発生します。ここではコントロール転送のシーケンスエラーについて説明します。エラーが発生した場合は、DCPCTR.PID[1:0]ビットが 1xb (STALL 応答) になります。

(1) コントロールリード転送エラー

- データステージの IN トークンに対して一度もデータ転送していない状態で OUT トークンを受信
- ステータスステージで IN トークンを受信
- ステータスステージで DATAPID = DATA0 のデータパケットを受信

(2) コントロールライト転送エラー

- データステージの OUT トークンに対して一度も ACK 応答していない状態で IN トークンを受信
- データステージで最初のデータパケットとして DATAPID = DATA0 のデータパケットを受信
- ステータスステージで OUT トークンを受信

(3) コントロールライトノーデータ転送エラー

- ステータスステージで OUT トークンを受信

コントロールライト転送データステージで、受信データ長が USB リクエストの wLength 値を超えた場合は、コントロール転送シーケンスエラーと認識されません。コントロールリード転送ステータスステージで、Zero-Length パケット以外のパケット受信には、ACK 応答を行い転送は正常終了します。

シーケンスエラーによる CTRT 割り込み発生時 (INTSTS0.CTRT = 1) は、CTRT ビットを 0 にして割り込みステータスクリアが行われるまで、CTS_Q[2:0] = 110b の値が保持されます。CTS_Q[2:0] = 110b が保持されている状態では、新しい USB リクエストを受信しても、セットアップステージ完了の CTRT 割り込みは発生しません。セットアップステージ完了ステータスは USBFS が保持しており、ソフトウェアによる割り込みステータスクリア後に、USBFS が CTRT 割り込みを発生させます。

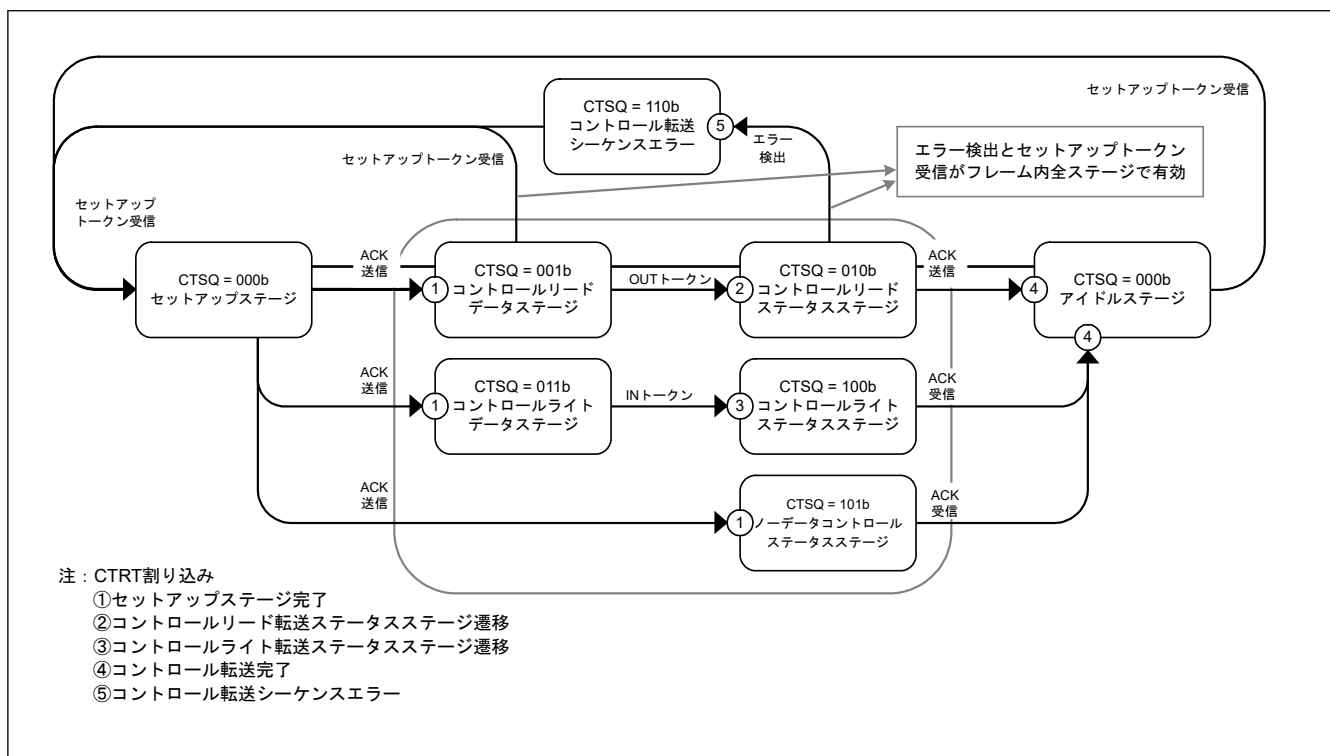


図 26.14 コントロール転送ステージの遷移

26.3.3.6 フレーム番号更新割り込み

ホストコントローラモードでは、フレーム番号が更新されると割り込みが発生します。

デバイスコントローラモードでは、フレーム番号が更新されると SOFR 割り込みが発生します。USBFS は、フルスピード動作中に新しい SOF パケットを検出すると、フレーム番号を更新して SOFR 割り込みを発生させます。

26.3.3.7 VBUS 割り込み

USB_VBUS 端子レベルに変化があった場合に VBUS 割り込みが発生します。INTSTS0.VBSTS ビットで USB_VBUS 端子のレベルを確認できます。VBUS 割り込みによって、ホストコントローラの接続および切断の確認ができます。ホストコントローラが接続された状態でシステムが起動された場合は、USB_VBUS 端子レベルが変化しないため、最初の VBUS 割り込みは発生しません。

26.3.3.8 レジューム割り込み

デバイスコントローラモードでは、デバイスステートが **Suspended** ステートで、USB バスステートが変化 (J-State から K-State、または J-State から SE0) したときにレジューム割り込みが発生します。レジューム割り込みによって **Suspended** ステートからの復帰を検出します。

ホストコントローラモードでは、レジューム割り込みは発生しません。USB バスステートの変化は BCHG 割り込みを用いて検出してください。

26.3.3.9 OVRCCR 割り込み

USB_OVRCURA 端子のレベルが変化した場合に、OVRCCR 割り込みが発生します。SYSSTS0.OVCMON[1:0] フラグで、USB_OVRCURA 端子のレベルを確認できます。OVRCCR 割り込みによって外部電源 IC からオーバーカレント検出の確認ができます。

26.3.3.10 BCHG 割り込み

USB バスステートに変化があった場合に、BCHG 割り込みが発生します。BCHG 割り込みは、ホストコントローラモードでの周辺デバイスの接続、およびリモートウェイクアップの検出に使用します。ホストコントローラモードとデバイスコントローラモードの両方で発生します。

26.3.3.11 DTCH 割り込み

ホストコントローラモード時に USB バス切断を検出した場合、DTCH 割り込みが発生します。USBFS は、USB2.0 規格に準じてバス切断を検出します。

割り込みが検出されたら、該当するポートに対して通信を行っているパイプをすべてソフトウェアで終了させてください。通信を終了したパイプは、該当するポートへのバス接続 (ATTCH 割り込み発生) 待ちの状態に遷移します。関連する割り込み許可ビットの設定値にかかわらず、USBFS ハードウェアは以下の処理を行います。

- DTCH 割り込みを検出したポートの DVSTCTR0.UACT ビットを 0 にする
- DTCH 割り込みが発生したポートをアイドル状態に遷移させる

26.3.3.12 SACK 割り込み

ホストコントローラモード時に、送信した **Setup** パケットに対して周辺デバイスから **ACK** 応答を受信した場合に、SACK 割り込みが発生します。SACK 割り込みにより、SETUP トランザクションが正常に終了したことを確認できます。

26.3.3.13 SIGN 割り込み

ホストコントローラモード時に、送信した **Setup** パケットに対して周辺デバイスからの **ACK** 応答を 3 回連続で正常に受信できなかった場合、SIGN 割り込みが発生します。SIGN 割り込みを使用して、周辺デバイスが **ACK** 応答を送信しなかったことや、**ACK** パケットの破損を検出することが可能です。

26.3.3.14 ATTCH 割り込み

ホストコントローラモード時、USB ポートにフルスピード信号レベルの J-State または K-State を 2.5 μ s 間検出した場合、ATTCH 割り込みが発生します。ATTCH 割り込み検出条件は、具体的には以下のとおりです。

- K-State、SE0、または SE1 から J-State に変化し、J-State のまま 2.5 μ s 間継続したとき
- J-State、SE0、または SE1 から K-State に変化し、K-State のまま 2.5 μ s 間継続したとき

26.3.3.15 EOFERR 割り込み

USB2.0 規格で定められている EOF2 タイミング時点で通信が終了しないことを USBFS が検出した場合、EOFERR 割り込みが発生します。

割り込み検出時には、該当するポートに対して通信を行っているパイプをすべてソフトウェアで終了させ、該当するポートへの再エニュメレーションを行ってください。関連する割り込み許可ビットの設定値にかかわらず、USBFS ハードウェアは以下の処理を行います。

- EOFERR 割り込みを検出したポートの DVSTCTR0.UACT ビットを 0 にする
- EOFERR 割り込みが発生したポートをアイドル状態に遷移させる

26.3.3.16 ポータブルデバイス検出割り込み

ポータブルデバイスを検出すると、USBFS は INTSTS1.PDDETINT フラグを 1 に設定し、ポータブルデバイス検出割り込みを生成します。ポータブルデバイス検出割り込み発生時は、同じ値が 3 回以上読み出されるまで、ソフトウェアで BCCTRL1.PDDETSTS フラグの読み出しを繰り返し、チャタリングを除去してください。

26.3.4 パイプコントロール

表 26.19 に、USBFS のパイプ設定項目一覧を示します。USB データ転送は、ソフトウェアがエンドポイントと関連付けた論理パイプにて行います。USBFS にはデータ転送用に 10 本のパイプがあります。各パイプは、ユーザシステムの仕様に合わせて設定を行ってください。

表 26.19 パイプ設定項目 (1/2)

レジスタ名	ビット名	設定内容	備考
DCPCFG PIPECFG	TYPE	転送タイプ	パイプ 1~9 : 設定可能
	BFRE	BRDY 割り込みモード	パイプ 1~5 : 設定可能
	DBLB	ダブルバッファ選択	パイプ 1~5 : 設定可能
	DIR	転送方向選択	IN または OUT 設定可能
	EPNUM	エンドポイント番号	パイプ 1~9 : 設定可能 パイプ使用時は 0000b 以外に設定
	SHTNAK	転送終了時のパイプ選択禁止	パイプ 1~2 : パルク転送時のみ設定可能 パイプ 3~5 : 設定可能
DCPMAXP PIPEMAXP	DEVSEL	デバイス選択	ホストコントローラモード時のみ参照
	MXPS	最大パケットサイズ	USB2.0 規格準拠
PIPEPERI	IFIS	バッファフラッシュ	パイプ 1~2 : アイソクロナス転送時のみ設定可能 パイプ 3~9 : 設定不可能
	IITV	インターバルカウンタ	パイプ 1~2 : アイソクロナス転送時のみ設定可能 パイプ 3~5 : 設定不可能 パイプ 6~9 : ホストコントローラモード時のみ設定可能
DCPCTR PIPECTR	BSTS	バッファステータス	DCP は ISEL ビットにより受信/送信バッファ状態を切り替え
	INBUFM	IN バッファモニタ	パイプ 1~5 のみ搭載
	SUREQ	SETUP リクエスト	DCP のみ設定可能、ホストコントローラモード時のみ制御
	SUREQCLR	SUREQ クリア	DCP のみ設定可能、ホストコントローラモード時のみ制御
	ATREPM	自動応答モード	パイプ 1~5 : デバイスコントローラモード時のみ設定可能
	ACLRM	自動バッファクリア	パイプ 1~9 : 設定可能
	SQCLR	シーケンスクリア	データトグルビットのクリア
	SQSET	シーケンスセット	データトグルビットの設定
	SQMON	シーケンスモニタ	データトグルビットの監視
	PBUSY	パイプビジーステータス	—
	PID	応答 PID	「26.3.4.6. 応答 PID」を参照してください。

表 26.19 パイプ設定項目 (2/2)

レジスタ名	ビット名	設定内容	備考
PIPEnTRE	TRENB	トランザクションカウンタ許可	パイプ 1~5 : 設定可能
	TRCLR	トランザクションカウンタのクリア	パイプ 1~5 : 設定可能
PIPEnTRN	TRNCNT	トランザクションカウンタ	パイプ 1~5 : 設定可能

26.3.4.1 パイプコントロールレジスタの切り替え手順

パイプコントロールレジスタの以下のビットは、USB 通信が禁止 (PID = NAK) されているときのみ書き換えが可能です。

USB 通信が許可 (PID = BUF) されている状態で、以下のレジスタおよびビットを変更しないでください。

- DCPCFG レジスタ、および DCPMAXP レジスタの各ビット
- DCPCTR.SQCLR、および SQSET ビット
- PIPECFG レジスタ、PIPEMAXP レジスタ、および PIPEPERI レジスタの各ビット
- PIPEnCTR.ATREPM、ACLRM、SQCLR、および SQSET ビット
- PIPEnTRE レジスタ、および PIPEnTRN レジスタの各ビット

USB 通信が許可 (PID = BUF) されている状態で、上記の各ビットを設定する場合は、以下の手順で行ってください。

1. パイプコントロールレジスタのビット変更要求が発生する。
2. 関連するパイプの PID[1:0] ビットを NAK にする。
3. 関連するパイプの PBUSY ビットが 0 になるまで待つ。
4. パイプコントロールレジスタのビット設定を開始する。

パイプコントロールレジスタの以下のビットは、CFIFOSEL、D0FIFOSEL、および D1FIFOSEL レジスタの CURPIPE[3:0] ビットに選択パイプ情報が設定されていない場合のみ書き換えが可能です。

CURPIPE[3:0] ビット設定中には以下のレジスタを設定しないでください。

- DCPCFG レジスタ、および DCPMAXP レジスタの各ビット
- PIPECFG レジスタ、PIPEMAXP レジスタ、および PIPEPERI レジスタの各ビット

パイプ情報を変更する場合には、ポート選択レジスタの CURPIPE[3:0] ビットの設定を変更パイプ以外に指定してください。DCP についてはパイプ情報修正後、ポートコントロールレジスタの BCLR ビットにてバッファのクリア処理をしてください。

26.3.4.2 転送タイプ

PIPECFG.TYPE[1:0] ビットで各パイプに以下の転送タイプを設定します。

- DCP : 設定不要 (コントロール転送固定)
- パイプ 1~2 : バルク転送またはアイソクロナス転送を設定
- パイプ 3~5 : バルク転送を設定
- パイプ 6~9 : インタラプト転送を設定

26.3.4.3 エンドポイント番号

PIPECFG.EPNUM[3:0] ビットにて、各パイプのエンドポイント番号を設定します。DCP は、エンドポイント 0 に固定されています。他のパイプは、エンドポイント 1 からエンドポイント 15 までの設定が可能です。

- DCP : 設定不要 (エンドポイント 0 固定)
- パイプ 1~9 : PIPECFG.DIR ビットと EPNUM[3:0] ビットの組み合わせが重複しないように、エンドポイント番号 1 から 15 までを選択して設定します。

26.3.4.4 最大パケットサイズ設定

DCPMAXP.MXPS[6:0]ビットおよび PIPEMAXP.MXPS[9:0]ビットにて各パイプの最大パケットサイズを設定します。DCP およびパイプ 1~5 は USB2.0 規格で定義されているすべての最大パイプサイズに設定が可能です。パイプ 6~9 では、64 バイトが最大パケットサイズです。最大パケットサイズは、転送を開始 (PID = BUF) する前に、以下のように設定してください。

- DCP : 8、16、32、または 64 から選択して設定
- パイプ 1~5 : バルク転送時は 8、16、32、または 64 から選択して設定
- パイプ 1~2 : アイソクロナス転送時は 1 から 256 の値を設定
- パイプ 6~9 : 1 から 64 の値を設定

26.3.4.5 トランザクションカウンタ (受信方向パイプ 1~5)

USBFS は、データパケット受信方向で、指定回数のトランザクションが終了した場合に、転送終了と認識します。トランザクションカウンタには、実行トランザクション回数を指定する PIPEnTRN レジスタと、実行されたトランザクションを内部でカウントするカレントカウンタがあります。PIPECFG.SHTNAK ビットが 1 の状態でカレントカウンタの値がトランザクションの指定回数と一致すると、関連する PIPEnCTR.PID[1:0]ビットが NAK に設定され、次の転送を禁止状態にします。PIPEnTRE.TRCLR ビットにて、トランザクションカウンタ機能のカレントカウンタを初期化し、トランザクションを最初からカウントし直すことができます。PIPEnTRE.TRENB ビットの設定により、PIPEnTRN レジスタ読み出し時のデータは以下のように異なります。

- TRENB ビットが 0 : トランザクションカウンタの設定値を読み出し可能
- TRENB ビットが 1 : 内部でカウントした実行済みトランザクション数を示すカレントカウンタ値を読み出し可能

TRCLR ビットの操作には、以下の制限事項があります。

- トランザクションカウント中かつ PID = BUF の場合、カレントカウンタはクリア不可
- バッファ内にデータが残っている場合、カレントカウンタはクリア不可

26.3.4.6 応答 PID

DCPCTR レジスタおよび PIPEnCTR レジスタの PID[1:0]ビットで、各パイプの応答 PID を設定します。ここでは、各応答 PID 設定における USBFS の動作について説明します。

(1) ソフトウェアの応答 PID 設定 (ホストコントローラモード時)

応答 PID を選択して、以下のようにトランザクションの実行について指定します。

- NAK 設定 : パイプ使用禁止状態かつトランザクション実行なし
- BUF 設定 : FIFO バッファの状態に応じて下記のトランザクションを実行
 - OUT 方向の場合 : FIFO バッファに送信データがある場合、OUT トークンを発行
 - IN 方向の場合 : FIFO バッファに空きがあり受信可能な場合に、IN トークンを発行
- STALL 設定 : パイプ使用禁止状態かつトランザクション実行なし

注. DCP の SETUP トランザクションを実行するには、DCPCTR.SUREQ ビットを使用してください。

(2) ソフトウェアの応答 PID 設定 (デバイスコントローラモード時)

応答 PID を選択して、以下のようにホストからのトランザクションに返信します。

- NAK 設定 : 発生したすべてのトランザクションに対して NAK 応答を返信
- BUF 設定 : FIFO バッファの状態に応じてトランザクションに返信
- STALL 設定 : 発生したすべてのトランザクションに対して STALL 応答を返信

注. SETUP トランザクションに対しては、PID[1:0]ビットの設定にかかわらず、常に ACK 応答し、レジスタに USB リクエストを格納します。

以下の(3)および(4)では、特定のトランザクションの結果に従って USBFS が PID[1:0]ビットに書き込みを行う状況について説明します。

(3) ハードウェアの応答 PID 設定 (ホストコントローラモード時)

- NAK 設定：以下の場合に PID = NAK となり、トークンの発行が自動的に停止
 - アイソクロナス以外の転送で、NRDY 割り込みが発生したとき
(詳細については、「26.3.3.2. NRDY 割り込み」を参照してください。)
 - バルク転送において PIPECFG.SHTNAK ビットが 1 の場合に、ショートパケットを受信したとき
 - バルク転送で SHTNAK ビットが 1 の場合にトランザクションカウンタが終了したとき
- BUF 設定：USBFS によるこの設定の書き込みはなし
- STALL 設定：以下の場合に PID = STALL となり、トークンの発行が自動的に停止
 - 送信したトークンに対して STALL を受信したとき
 - 最大パケットサイズより大きなデータパケットを受信したとき

(4) ハードウェアの応答 PID 設定 (デバイスコントローラモード時)

- NAK 設定：以下の場合に PID = NAK となり、トランザクションに対して NAK 応答を返す
 - SETUP トークンを正常に受信したとき (DCP のみ)
 - バルク転送で PIPECFG.SHTNAK ビットが 1 の場合に、トランザクションカウンタが終了したとき、またはショートパケットを受信したとき
- BUF 設定：USBFS による BUF 書き込みはなし
- STALL 設定：以下の場合に PID = STALL となり、トランザクションに対して STALL 応答を返す
 - 受信したデータのパケットサイズが、最大パケットサイズを超えたとき
 - コントロール転送シーケンスエラーを検出したとき (DCP のみ)

26.3.4.7 データ PID シーケンスビット

コントロール転送のデータステージ、バルク転送、およびインタラプト転送において正常なデータ転送が行われると、USBFS がデータ PID のシーケンスビットを自動的にトグルします。次に送出されるデータ PID のシーケンスビットは、DCPCTR レジスタおよび PIPEnCTR レジスタの SQMON ビットにて確認できます。データ送信時は、ACK ハンドシェイク受信のタイミングでシーケンスビットが切り替わります。データ受信時は、ACK ハンドシェイク送信のタイミングでシーケンスビットが切り替わります。DCPCTR レジスタの SQCLR ビット、および PIPEnCTR レジスタの SQSET ビットによって、データ PID シーケンスビットの変更が可能です。

デバイスコントローラモードでのコントロール転送では、ステージ遷移時に USBFS が自動的にシーケンスビットを設定します。セットアップステージ終了時は DATA1 が返されます。ステータスステージではシーケンスビットは参照せず、PID = DATA1 が返されます。このため、ソフトウェアによる設定は必要ありません。ただし、ホストコントローラモードでのコントロール転送では、ステージ遷移時にシーケンスビットをソフトウェアで設定する必要があります。

ホストコントローラモードとデバイスコントローラモードのどちらの場合でも、ClearFeature リクエストの送信または受信時には、ソフトウェアでデータ PID シーケンスビットを設定する必要があります。

26.3.4.8 応答 PID = NAK 機能

USBFS には、トランザクションの最後のデータパケットの受信タイミングで、パイプ動作を禁止 (PID 応答 = NAK) する機能があります。USBFS は、ショートパケット受信またはトランザクションカウンタでトランザクションの終了を自動識別します。PIPECFG.SHTNAK ビットが 1 の場合、この機能が有効です。

この機能を使用することで、FIFO バッファをダブルバッファモードで使用している場合に、転送単位でのデータパケットの受信が可能です。パイプ動作が禁止された場合は、ソフトウェアで再度パイプを許可 (PID 応答 = BUF) する必要があります。

応答 PID = NAK 機能はバルク転送時のみ動作することが可能です。

26.3.4.9 自動応答モード

バルク転送のパイプ (1~5) において、PIPEnCTR.ATREPM ビットを 1 にすると、自動応答モードとなります。OUT 転送時 (PIPECFG.DIR ビット = 0) には OUT-NAK モードとなり、IN 転送時 (DIR ビット = 1) には Null 自動応答モードとなります。

26.3.4.10 OUT-NAK モード

バルク OUT 転送のパイプにおいて、PIPEnCTR.ATREPM ビットを 1 にすると、OUT トークンに対して NAK 応答し、NRDY 割り込みを出力します。ノーマルモードから OUT-NAK モードへ遷移させる場合には、パイプ動作禁止状態 (PID[1:0]ビット = 00b (NAK 応答)) で、OUT-NAK モードを指定してください。次に、パイプ動作を許可 (PID[1:0]ビット = 01b (BUF 応答)) します。これにより、OUT-NAK モードが有効になります。パイプ動作禁止にする直前で OUT トークンを受信した場合は、その OUT トークンのデータは正常に受信され、ホストへ ACK 応答されます。

OUT-NAK モードからノーマルモードへ遷移させる場合には、パイプ動作禁止状態 (NAK) で、OUT-NAK モードを解除してください。次に、パイプ動作を許可 (BUF) します。ノーマルモードでは、OUT データ受信が可能となります。

26.3.4.11 Null 自動応答モード

バルク IN 転送のパイプにおいて、PIPEnCTR.ATREPM ビットを 1 にすると、Zero-Length パケットを送信し続けます。

ノーマルモードから Null 自動応答モードへ遷移させるためには、パイプ動作禁止状態 (応答 PID = NAK) で、Null 自動応答モードを指定してください。次に、パイプ動作を許可 (応答 PID = BUF) します。Null 自動応答モードが有効になります。Null 自動応答モードを設定する場合は、バッファ内は空である必要があるため、PIPEnCTR.INBUFM ビットが 0 であることを確認してください。INBUFM ビットが 1 の場合には、PIPEnCTR.ACLRM ビットによりバッファを空にしてください。Null 自動応答モードへの遷移中は、FIFO ポートからのデータ書き込みは行わないでください。

Null 自動応答モードからノーマルモードへ遷移させる場合には、Zero-Length パケット送信の期間 (約 10 μ s) をパイプ動作禁止状態 (応答 PID = NAK) にした後、Null 自動応答モードを解除してください。ノーマルモードでは、FIFO ポートからの書き込みが可能となり、パイプ動作許可 (応答 PID = BUF) を行うことにより、ホストへのパケット送信が可能となります。

26.3.5 FIFO バッファ

USBFS はデータ転送用の FIFO バッファを備えており、これによって各パイプに使用されるメモリ領域を管理します。FIFO バッファの状態には、アクセス権がシステム (CPU 側) にある場合と USBFS (SIE 側) にある場合があります。

(1) バッファステータス

表 26.20 および表 26.21 に、USBFS のバッファステータスを示します。FIFO バッファステータスは、DCPCTR.BSTS ビットおよび PIPEnCTR.INBUFM ビットを使用して確認できます。FIFO バッファの転送方向は、PIPECFG.DIR ビットまたは CFIFOSEL.ISEL ビット (DCP 選択時) で指定します。

INBUFM ビットは送信方向のパイプ 0~5 で有効です。

送信側の転送パイプがダブルバッファモードを使用している場合、ソフトウェアは BSTS ビットを読み出して CPU 側の FIFO バッファステータスを監視し、INBUFM ビットを読み出して SIE 側の FIFO バッファステータスを監視します。CPU または DMA/DTC による FIFO ポートへの書き込みが遅く、BEMP 割り込みではバッファの空き状態が判別できない場合に、ソフトウェアは INBUFM ビットで送信完了を確認できます。

表 26.20 BSTS ビットが示すバッファステータス (1/2)

ISEL または DIR	BSTS	FIFO バッファステータス
0 (受信方向)	0	受信データなし、または受信中。 FIFO ポートからの読み出し不可能。
0 (受信方向)	1	受信データあり、または Zero-Length パケット受信。 FIFO ポートからの読み出し可能。 zero-Length パケット受信時は読み出し不可能のためバッファクリアが必要。

表 26.20 BSTS ビットが示すバッファステータス (2/2)

ISEL または DIR	BSTS	FIFO バッファステータス
1 (送信方向)	0	送信未完了。 FIFO ポートへの書き込み不可能。
1 (送信方向)	1	送信完了。 CPU は書き込み可能。

表 26.21 INBUFM ビットが示すバッファステータス

DIR	INBUFM	FIFO バッファステータス
0 (受信方向)	無効	無効。
1 (送信方向)	0	送信完了。 送信可能データなし。
1 (送信方向)	1	データが FIFO ポートからバッファへ書き込まれた。 送信可能データあり。

26.3.6 FIFO バッファクリア

表 26.22 に、FIFO バッファのクリア方式一覧を示します。FIFO バッファは、ポートコントロールレジスタの BCLR ビット、DnFIFOSEL.DCLRM ビット、または PIPEnCTR.ACLRM ビットでクリアできます。

パイプ 1~5 は、PIPECFG.DBLB ビットにてシングルバッファまたはダブルバッファを選択できます。

表 26.22 バッファクリア方式一覧

FIFO バッファクリアモード	CPU 側 FIFO バッファクリア	指定パイプのデータ読み出し後に FIFO バッファを自動でクリアするモード	受信パケットをすべて破棄するための自動バッファクリアモード
使用するレジスタ	CFIFOCTR DnFIFOCTR	DnFIFOSEL	PIPEnCTR
使用するビット	BCLR	DCLRM	ACLRM
0 になる条件	1 書き込みでクリア	1: モード有効 0: モード無効	1: モード有効 0: モード無効

(1) 自動バッファクリアモード機能

PIPEnCTR.ACLRM ビットが 1 の場合、USBFS は受信したすべてのデータパケットを破棄します。正常なデータパケットを受信した場合は、ホストコントローラに対して ACK 応答を行います。自動バッファクリアモード機能は、FIFO バッファ読み出し方向にのみ設定可能です。

ACLRM ビットを 1 にし、続けて 0 にすると、アクセス方向に関係なく、選択パイプの FIFO バッファがクリアされます。ハードウェアの内部シーケンス実行時間として、ACLRM ビットへの 1 書き込みと 0 書き込みの間隔は 100ns 以上あけてください。

26.3.7 FIFO ポートの機能

表 26.23 に、FIFO ポート機能設定を示します。データ書き込み時は、最大パケットサイズまで書き込みを行うと、自動的にデータが送信可能状態となります。最大パケットサイズ未満のデータを送信可能状態にするには、ポートコントロールレジスタの BVAL フラグを書き込み終了に設定してください。Zero-Length パケットを送信するには、BCLR ビットでバッファをクリアし、BVAL フラグを書き込み終了に設定してください。

読み出し時は、すべてのデータを読み出すと、自動的に新しいパケットを受信可能な状態になります。Zero-Length パケット受信時 (DTLN[8:0]ビット = 0) は、データは読み出せませんので、BCLR ビットによるバッファクリアが必要です。受信データ長は、ポートコントロールレジスタの DTLN[8:0]ビットにて確認します。

表 26.23 FIFO ポート機能設定

レジスタ名	ビット名	説明
CFIFOSEL、 DnFIFOSEL (n = 0, 1)	RCNT	DTLN[11:0]読み出しモード選択
	REW	FIFO バッファリワインド (再読み出し、再書き込み)
	DCLRM	指定パイプの受信データ読み出し後、受信データの自動クリア (DnFIFO 専用)
	DREQE	DMA/DTC 転送許可 (DnFIFO 専用)
	MBW	FIFO ポートアクセスビット幅
	BIGEND	FIFO ポートエンディアン選択
	ISEL	FIFO ポートアクセス方向 (DCP 専用)
	CURPIPE	カレントパイプ選択
CFIFOCTR、 DnFIFOCTR (n = 0, 1)	BVAL	FIFO バッファ書き込み終了
	BCLR	CPU 側 FIFO バッファクリア
	DTLN	受信データ長確認

(1) FIFO ポート選択

表 26.24 に、各 FIFO ポートで選択可能なパイプを示します。ポート選択レジスタの CURPIPE[3:0]ビットにて、アクセスするパイプを選択します。パイプ選択後、書き込んだ CURPIPE[3:0]ビット値が正しく読み出せたかどうかをソフトウェアで確認する必要があります。前回のパイプ番号が読み出された場合には、USBFS がパイプ変更処理中であることを示します。次に、ポートコントロールレジスタの FRDY ビットが 1 であることをソフトウェアで確認します。

また、ポート選択レジスタの MBW ビットでアクセスするバス幅をソフトウェアで指定する必要があります。FIFO バッファアクセス方向は、PIPECFG.DIR ビットの設定値に従います。DCP のみ、ポート選択レジスタの ISEL ビットにより方向を決定します。

表 26.24 パイプ別 FIFO ポートアクセス

パイプ	アクセス方法	使用可能なポート
DCP	CPU アクセス	CFIFO ポートレジスタ
パイプ 1~9	CPU アクセス	<ul style="list-style-type: none"> CFIFO ポートレジスタ D0FIFO/D1FIFO ポートレジスタ
	DMA/DTC アクセス	D0FIFO/D1FIFO ポートレジスタ

(2) REW ビット

実行中のパイプアクセスを一時的に中断し、別のパイプに対するアクセスを行ってから、再度最初のパイプの処理を続行することが可能です。このような処理には、ポート選択レジスタの REW ビットを使用します。

ポート選択レジスタの CURPIPE[3:0]ビットでパイプ選択を行うのと同時に REW ビットを 1 にすると、FIFO バッファからの読み出しまたは FIFO バッファへの書き込みポインタをリセットし、最初のバイトから読み出しまたは書き込みを行うことができます。REW ビットを 0 にしてパイプ選択を行うと、バッファの読み出しまたは書き込みポインタをリセットせずに、前回選択時の続きから継続してデータの読み出しおよび書き込みができます。

FIFO ポートにアクセスするには、パイプ選択後、ポートコントロールレジスタの FRDY ビットが 1 であることをソフトウェアで確認する必要があります。

26.3.8 DMA 転送 (D0FIFO/D1FIFO ポート)

(1) DMA 転送概要

パイプ 1~9 に対して、DMAC による FIFO ポートアクセスが可能です。DMA 転送用のパイプのバッファがアクセス可能になったとき、DMA 転送要求を出力します。

DnFIFOSEL.MBW ビットにて FIFO ポートへの転送単位を、DnFIFOSEL.CURPIPE[3:0]ビットにて DMA 転送するパイプを選択してください。なお、DMA 転送中は選択しているパイプを変更しないでください。

(2) DnFIFO 自動クリアモード (D0FIFO/D1FIFO ポート読み出し方向)

USBFS は、DnFIFOSEL.DCLRM ビットを 1 にすることで、FIFO バッファからのデータ読み出しを完了したとき、選択パイプの FIFO バッファを自動的にクリアします。

表 26.25 に、各設定での、パケット受信とソフトウェアによる FIFO バッファクリア処理を示します。表に示すように、PIPECFG.BFRE ビットの設定値によりバッファクリア条件が異なります。バッファクリアが必要などのような状態においても、DnFIFOSEL.DCLRM ビットを使用することでソフトウェアによるバッファクリアが不要になります。これにより、ソフトウェアを介在させない DMA 転送が可能となります。

DnFIFO 自動クリアモードは、FIFO バッファ読み出し方向のみ設定できます。

表 26.25 パケット受信とソフトウェアによる FIFO バッファクリア処理

パケット受信時のバッファステータス	レジスタ設定			
	DCLRM = 0		DCLRM = 1	
	BFRE = 0	BFRE = 1	BFRE = 0	BFRE = 1
バッファフル	クリア不要	クリア不要	クリア不要	クリア不要
Zero-Length パケット受信	クリア必要	クリア必要	クリア不要	クリア不要
通常のショートパケット受信	クリア不要	クリア必要	クリア不要	クリア不要
トランザクションカウント終了	クリア不要	クリア必要	クリア不要	クリア不要

26.3.9 DCP を使用したコントロール転送

コントロール転送データステージのデータ転送には、DCP を使用します。DCP の FIFO バッファは、コントロールリードおよびコントロールライト共用の固定領域を持つ 64 バイトシングルバッファです。FIFO バッファへのアクセスは、CFIFO ポートのみ可能です。

26.3.9.1 ホストコントローラモードでのコントロール転送

(1) セットアップステージ

USBREQ レジスタ、USBVAL レジスタ、USBINDX レジスタ、および USBLENG レジスタは、SETUP トランザクションの USB リクエスト送信用のレジスタです。Setup パケットのデータをレジスタに書き込み、DCPCTR.SUREQ ビットに 1 を書き込むことで、設定されているデータが SETUP トランザクションとして送出されます。SUREQ ビットは、トランザクションが終了すると 0 にクリアされます。SUREQ ビットが 1 のとき、上記 USB リクエストレジスタを変更しないでください。

アタッチされたファンクションデバイスが検出された場合、ソフトウェアで DCPMAXP.DEVSEL[3:0] ビットを 0 にクリアし、DEVADD0.USBSPPD[1:0] ビットを適切に設定し、前述のシーケンスに従って、該当するデバイスの最初の SETUP トランザクションを発行してください。

アタッチされたファンクションデバイスが Address ステートに遷移したとき、ソフトウェアによって、DEVSEL[3:0] ビットに割り付けた USB アドレス値を設定し、指定 USB アドレスに対応する DEVADDn レジスタの各ビットを適切に設定し、前述のシーケンスに従って SETUP トランザクションを発行してください。たとえば、PIPEMAXP.DEVSEL[3:0] = 0010b のときは、DEVADD2 レジスタを適切に設定してください。また、PIPEMAXP.DEVSEL[3:0] = 0101b のときは、DEVADD5 レジスタを適切に設定してください。

SETUP トランザクションデータを送信すると、周辺デバイスからの応答 (INTSTS1 レジスタの SIGN ビットまたは SACK ビット) に基づき割り込み要求が発生します。この割り込み要求によりソフトウェアで SETUP トランザクション結果を確認できます。

SETUP トランザクションの DATA0 データパケット (USB リクエスト) は、DCPCTR.SQMON ビットのステータスにかかわらず常に送信されます。

(2) データステージ

DCP の FIFO バッファを使用してデータの転送を行うためにデータステージを使用します。

DCP の FIFO バッファにアクセスする前に、CFIFOSEL.ISEL ビットでアクセス方向を指定してください。DCPCFG.DIR ビットで転送方向を指定してください。

データステージの第1データパケットは、データ PID を DATA1 として転送する必要があります。DCPCTR.SQSET ビットでデータ PIDs = DATA1 に設定し、PID ビット=BUF に設定します。データ転送の完了は、BRDY 割り込みまたは BEMP 割り込みによって検出します。

コントロールライト転送の場合、送信データバイト数が最大パケットサイズの整数倍の場合は、ソフトウェアで最後に Zero-Length パケットを送出してください。

(3) ステータスステージ

データステージと逆方向の Zero-Length パケットのデータ転送を行うためにステータスステージを使用します。データステージ同様に、DCP の FIFO バッファを使用したデータ転送になります。データステージと同様の手順でトランザクションを実行します。

ステータスステージのデータパケットは、DCPCTR.SQSET ビットを使用してデータ PID を DATA1 として送受信する必要があります。

Zero-Length パケットを受信した場合、BRDY 割り込み発生後に CFIFOCTR.DTLN[8:0]ビットで受信データ長を確認してから、BCLR ビットで FIFO バッファをクリアしてください。

26.3.9.2 デバイスコントローラモードでのコントロール転送

(1) セットアップステージ

USBFS は、USBFS に対する正常な Setup パケットに対して ACK 応答します。セットアップステージの USBFS 動作を以下に示します。

新しい Setup パケットを受信すると、USBFS は以下のビットを設定します。

- INTSTS0.VALID ビットを 1 にする
- DCPCTR.PID[1:0]ビットを NAK にする
- DCPCTR.CCPL ビットを 0 にする

Setup パケットの後にデータパケットを受信すると、USBFS は、USB リクエストのパラメータを、USBREQ レジスタ、USBVAL レジスタ、USBINDX レジスタ、および USBLENG レジスタに格納します。

コントロール転送に対する応答処理は、VALID フラグを 0 にしてから実行してください。VALID ビットが 1 の状態では PID = BUF 設定が行えず、データステージを終了することができません。

VALID ビットの機能により、USBFS は、コントロール転送中に新しい USB リクエストを受信すると、実行中のリクエスト処理を中断し、最新のリクエストに対する応答を行うことができます。

また、USBFS は、受信した USB リクエストの方向ビット (bmRequestType のビット 8) と、リクエストデータ長 (wLength) を自動検出します。USBFS は他にも、コントロールリード転送、コントロールライト転送、およびノーデータコントロール転送を判別し、ステージ遷移を管理します。誤ったシーケンスに対しては、コントロール転送ステージ遷移割り込み中にシーケンスエラーが発生し、ソフトウェアに割り込みが報告されます。USBFS のステージ管理を示す図については、[図 26.14](#) を参照してください。

(2) データステージ

受信した USB リクエストに対応したデータ転送を DCP にて行ってください。DCP の FIFO バッファにアクセスする前に、CFIFOSEL.ISEL ビットでアクセス方向を指定してください。

転送データが DCP の FIFO バッファのサイズより大きい場合には、コントロールライト転送では BRDY 割り込みを、コントロールリード転送では BEMP 割り込みを使用してデータ転送を行ってください。

(3) ステータスステージ

DCPCTR.PID[1:0]ビットが BUF に設定された状態で、DCPCTR.CCPL ビットを 1 にすることによりコントロール転送を終了します。

上記設定後、セットアップステージで確定したデータ転送方向に従い、USBFS が自動的にステータスステージを実行します。手順は以下のとおりです。

- コントロールリード転送の場合
USBFS は、USB ホストから Zero-Length パケットを受信し、ACK 応答を送信します。
- コントロールライト転送、ノーデータコントロール転送の場合

USBFS は、Zero-Length パケットを送信し、USB ホストから ACK 応答を受信します。

(4) コントロール転送自動応答機能

USBFS は、正常な SET_ADDRESS リクエストに自動応答します。SET_ADDRESS リクエストに下記のエラーのいずれかが発生した場合は、ソフトウェアによる応答が必要です。

- bmRequestType が 0x00 でない場合：コントロールライト転送以外
- wIndex が 0x00 でない場合：リクエストエラー
- wLength が 0x00 でない場合：ノーデータコントロール転送以外
- wValue が 0x7F より大きい場合：リクエストエラー
- INTSTS0.DVSQ[2:0]ビットが 011b (Configured ステート) の場合：デバイスステートエラーのコントロール転送

SET_ADDRESS リクエスト以外のすべてのリクエストには、対応するソフトウェアによる応答が必要です。

26.3.10 バルク転送 (パイプ 1~5)

バルク転送は、FIFO バッファ使用方法 (シングル/ダブルバッファ設定) の設定ができます。USBFS は、バルク転送専用として下記の機能を備えています。

- BRDY 割り込み機能 (PIPECFG.BFRE ビット) : 「26.3.3.1. BRDY 割り込み」参照
- トランザクションカウント機能 (PIPEnTRE.TRENB ビット、TRCLR ビット、PIPEnTRN.TRNCNT[15:0]ビット) : 「26.3.4.5. トランザクションカウンタ (受信方向パイプ 1~5)」参照
- 応答 PID = NAK 機能 (PIPECFG.SHTNAK ビット) : 「26.3.4.8. 応答 PID = NAK 機能」参照
- 自動応答モード (PIPEnCTR.ATREPM ビット) : 「26.3.4.9. 自動応答モード」参照

26.3.11 インタラプト転送 (パイプ 6~9)

デバイスコントローラモード時、USBFS は、ホストコントローラが指示しているタイミングに基づいてインタラプト転送を行います。

ホストコントローラモード時、インターバルカウンタを使用してソフトウェアでトークン発行タイミングを設定できます。

26.3.11.1 ホストコントローラモードでのインタラプト転送時のインターバルカウンタ

インタラプト転送を行う場合、PIPEPERI.IITV[2:0]ビットにトランザクションのインターバルを指定します。USBFS は、指定されたインターバルに従ってインタラプト転送のトークンを発行します。

(1) カウンタの初期化

USBFS は、以下の条件でインターバルカウンタを初期化します。

- パワーオンリセット
IITV[2:0]ビットが初期化されます。
- PIPEnCTR.ACLRM ビットを使用した FIFO バッファの初期化
IITV[2:0]ビットは初期化されませんが、カウント値は初期化されます。PIPEnCTR.ACLRM ビットを 0 にすると、IITV[2:0]ビット設定値からカウントが開始します。

なお、下記の場合にはインターバルカウンタは初期化されません。

- USB バスリセット、または USB Suspended ステート
IITV[2:0]ビットは初期化されません。DVSTCTR0.UACT ビットを 1 にすることにより、USB バスリセット状態または USB サスペンド状態となる前に保存された値からカウントが開始します。

(2) トークン発生タイミングであってもトークンの送受信ができない場合の動作

以下の場合、トークンの発生タイミングであってもトークンは発生しません。このような場合、USBFS は次のインターバルにトランザクションの実行を試みます。

- PID を NAK または STALL に設定した場合
- 受信 (IN) 方向の転送でトークンの送信タイミングに FIFO バッファに空き領域がない場合
- 送信 (OUT) 方向の転送でトークンの送信タイミングに FIFO バッファに送信データがない場合

26.3.12 アイソクロナス転送 (パイプ 1~2)

USBFS は、アイソクロナス転送専用として下記の機能を備えています。

- アイソクロナス転送のエラー通知
- PIPEPERL.IITV[2:0]ビットで指定されたインターバルカウンタ
- アイソクロナス IN 転送データセットアップコントロール (IDLY 機能)
- PIPEPERL.IFIS ビットで指定されたアイソクロナス IN 転送バッファフラッシュ機能

26.3.12.1 アイソクロナス転送のエラー検出

USBFS は、アイソクロナス転送時に発生したエラーをソフトウェアで管理できるようにするために、下記のエラー検出機能を備えています。表 26.26 および表 26.27 に、USBFS によるエラー検出の優先順位、および関連する割り込みを示します。

PID エラー

- 受信パケットの PID 値が不正な場合

CRC エラー、ビットスタッフィングエラー

- 受信パケットに CRC エラーがあった場合、またはビットスタッフィングが不正な場合

最大パケットサイズオーバー

- 受信パケットのデータサイズが、最大パケットサイズの設定値を越える場合

オーバーラン、アンダーランエラー

ホストコントローラモード時：

- IN (受信) 方向の転送時にトークンの送信タイミングに FIFO バッファに空き領域がない場合
- OUT (送信) 方向の転送時にトークンの送信タイミングに FIFO バッファに送信データがない場合

デバイスコントローラモード時：

- IN (送信) 方向の転送時にトークンの受信タイミングに FIFO バッファに送信データがない場合
- OUT (受信) 方向の転送時にトークンの受信タイミングに FIFO バッファに空き領域がない場合

インターバルエラー

デバイスコントローラモード時は、以下の場合にインターバルエラーとして処理されます。

- アイソクロナス IN 転送時に、インターバルフレーム内に IN トークンを受信できなかった場合
- アイソクロナス OUT 転送時に、インターバルフレーム内に OUT トークンを受信できなかった場合

表 26.26 トークン送受信エラー検出 (1/2)

検出の優先順位	エラー	発生する割り込みとステータス
1	PID エラー	ホストコントローラモードとデバイスコントローラモードのどちらの場合でも割り込みを発生させません (破損パケットとして無視)。

表 26.26 トークン送受信エラー検出 (2/2)

検出の優先順位	エラー	発生する割り込みとステータス
2	CRC エラー、ビットスタッフィングエラー	ホストコントローラモードとデバイスコントローラモードのどちらの場合でも割り込みを発生させません (破損パケットとして無視)。
3	オーバーランエラー、アンダーランエラー	ホストコントローラモードとデバイスコントローラモードのどちらの場合でも、NRDY 割り込みを発生させ、FRMNUM.OVRN ビットを 1 にします。 デバイスコントローラモード時は、IN トークンに対して、Zero-Length パケットを送信しません。OUT トークンに対してはデータパケットを受信しません。
4	インターバルエラー	デバイスコントローラモード時は NRDY 割り込みを発生させます。ホストコントローラモード時は割り込みを発生させません。

表 26.27 データパケット受信エラー検出

検出の優先順位	エラー	発生する割り込みとステータス
1	PID エラー	割り込みを発生させません (破損パケットとして無視)。
2	CRC エラー、ビットスタッフィングエラー	ホストコントローラモードとデバイスコントローラモードのどちらの場合でも、NRDY 割り込みを発生させ、FRMNUM.CRCE ビットを 1 にします。
3	最大パケットサイズオーバーエラー	ホストコントローラモードとデバイスコントローラモードのどちらの場合でも、BEMP 割り込みを発生させ、PID[1:0] ビットを STALL にします。

26.3.12.2 DATA-PID

デバイスコントローラモード時、受信 PID に対する USBFS の対応を以下に示します。

(1) IN 方向の場合

- DATA0 : データパケットの PID として送信
- DATA1 : 送信しない
- DATA2 : 送信しない
- mData : 送信しない

(2) OUT 方向の場合

- DATA0 : データパケットの PID として正常受信
- DATA1 : データパケットの PID として正常受信
- DATA2 : パケットを無視
- mData : パケットを無視

26.3.12.3 インターバルカウンタ

アイソクロナス転送のインターバルは、PIPEPERI.IITV[2:0] ビットで設定できます。デバイスコントローラモードでは、インターバルカウンタにより、表 26.28 に示す機能を可能にします。ホストコントローラモードでは、USBFS はトークン発行タイミングを生成し、インターバルカウンタはインタラプト転送と同じように動作します。

表 26.28 デバイスコントローラモード時のインターバルカウンタ機能

転送方向	機能	検出条件
IN	送信パツファフラッシュ	アイソクロナス IN 転送でインターバルフレーム内に IN トークンを正常受信できない。
OUT	トークン未受信の通知	アイソクロナス OUT 転送でインターバルフレーム内に OUT トークンを正常受信できない。

インターバルのカウントは、SOF の受信時または補完された SOF で行うので、SOF が破損しても等時性を保つことができます。設定できるフレーム間隔は 2^{IITV} フレームです。

(1) デバイスコントローラモード時のカウンタの初期化

USBFS は、以下の条件でインターバルカウンタを初期化します。

- パワーオンリセット
PIPEPERL.IITV[2:0]ビットが初期化されます。
- ACLRM ビットを使用した FIFO バッファの初期化
IITV[2:0]ビットは初期化されませんが、カウント値は初期化されます。

インターバルカウンタが初期化されると、パケットを正常転送したときに、以下のいずれかの条件でインターバルのカウンタを開始します。

- PID = BUF のときに IN トークンに対してデータを送信後 SOF を受信
- PID = BUF のときに OUT トークンに対してデータを受信後 SOF を受信

下記の条件ではインターバルカウンタは初期化されません。

- PID[1:0]ビットを NAK または STALL に設定した場合
インターバルタイマは停止しません。USBFS は次のインターバルにトランザクションの実行を試みます。
- USB バスリセット状態または USBFS が Suspended ステートの場合
IITV[2:0]ビットは初期化されません。SOF を受信すると、SOF 受信前に設定された値からインターバルカウンタのカウンタを開始します。

(2) ホストコントローラモード時のインターバルカウンタと転送制御

USBFS は、PIPEPERL.IITV[2:0]ビットの設定値に従い、トークン発行間隔を制御します。具体的には、USBFS は 2^{IITV} 回のフレームに 1 回の間隔で、選択パイプに対するトークンを発行します。

USBFS は、ソフトウェアで PID[1:0]ビットを BUF に設定したフレームの次のフレームからトークン発行間隔のカウンタを開始します。

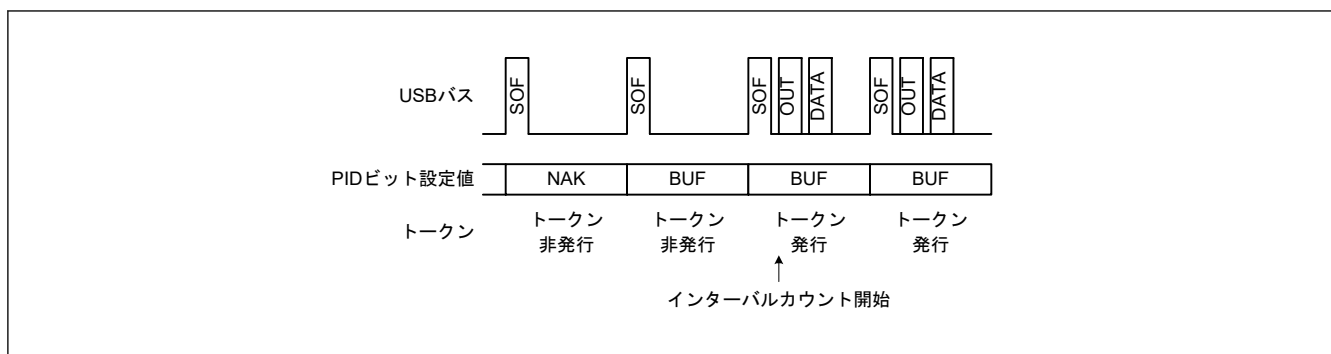


図 26.15 IITV = 0 の場合のトークン発行の有無

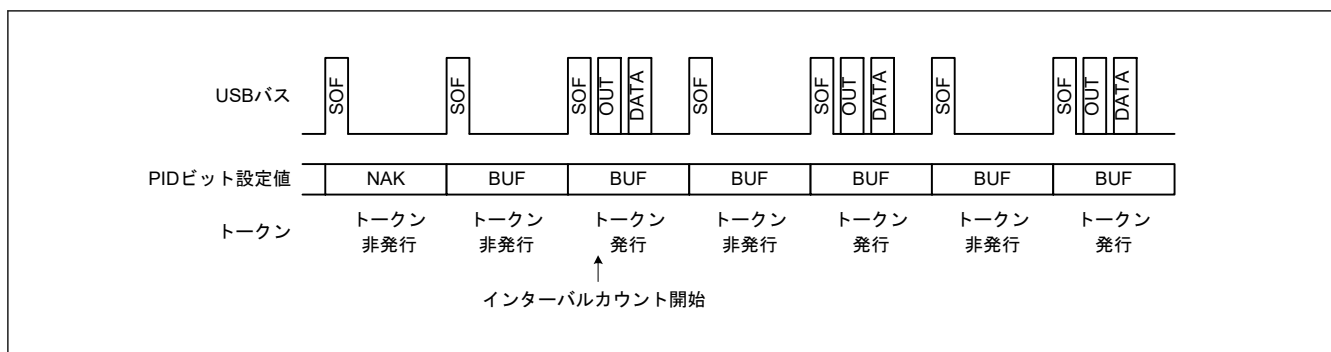


図 26.16 IITV = 1 の場合のトークン発行の有無

選択パイプの転送タイプがアイソクロナスの場合、USBFS はトークン発行間隔の制御に付随して以下の動作を行います。NRDY 割り込み発生条件を満たした場合でも、USBFS はトークンを発行します。

選択パイプがアイソクロナス IN 転送パイプの場合

USBFS は、IN トークンを発行しても周辺デバイスからパケットを正常受信しなかった場合（無応答やパケットエラーの場合）、NRDY 割り込みを発生させます。

CPU または DMAC/DTC が FIFO バッファからデータを読み出すのが遅いなどの原因で FIFO バッファがフルのために、USBFS がデータを受信できない状態で IN トークン発行タイミングになった場合、USBFS は FRMNUM.OVRN ビットを 1 にし、NRDY 割り込みを発生させます。

選択パイプがアイソクロナス OUT 転送パイプの場合

CPU または DMAC/DTC が FIFO バッファにデータを書き込むのが遅いなどの原因で、送信可能なデータが FIFO バッファにない状態で OUT トークン発行タイミングに至ったとき、USBFS は OVRN ビットを 1 にし、NRDY 割り込みを発生させ、Zero-Length パケットを送信します。

以下の条件を満たす場合、トークン発行間隔はリセットされます。

- USBFS がリセット端子でリセットされた場合
IITV[2:0] ビットが初期化されます。
- ソフトウェアが PIPEnCTR.ACLRM ビットを 1 にした場合

(3) デバイスコントローラモード時のインターバルカウントと転送制御

選択パイプがアイソクロナス OUT 転送パイプの場合

PIPEPERI.IITV[2:0] ビットに設定したインターバル中にデータパケットを受信しなかったとき、USBFS は NRDY 割り込みを発生させます。

データパケットに CRC エラーなどのエラーが発生したため、または FIFO バッファがフルのために USBFS がデータを受信できなかったときにも USBFS は NRDY 割り込みを発生させます。

NRDY 割り込みの発生のタイミングは、SOF パケット受信時です。SOF パケットが破損した場合でも内部補完機能により SOF パケットを受信したタイミングに割り込みを発生させます。ただし、IITV ビットが 0 以外のときには、インターバルカウント開始後のインターバルごとに、USBFS は SOF パケット受信のタイミングで NRDY 割り込みを発生させます。

インターバルタイマ起動後、ソフトウェアで PID[1:0] ビットに NAK を設定した場合、USBFS は SOF パケットを受信しても NRDY 割り込みを発生させません。

インターバルのカウント開始タイミングは、IITV[2:0] ビットの設定値により下記のように異なります。

- IITV[2:0] ビットが 0 の場合
ソフトウェアが選択パイプの PID[1:0] ビットを BUF に変更したフレームの次のフレームで、インターバルのカウントを開始します。
- IITV[2:0] ビットが 0 ではない場合
選択パイプの PID[1:0] ビットを BUF に変更した後、最初のデータパケットの正常受信完了時にインターバルのカウントを開始します。

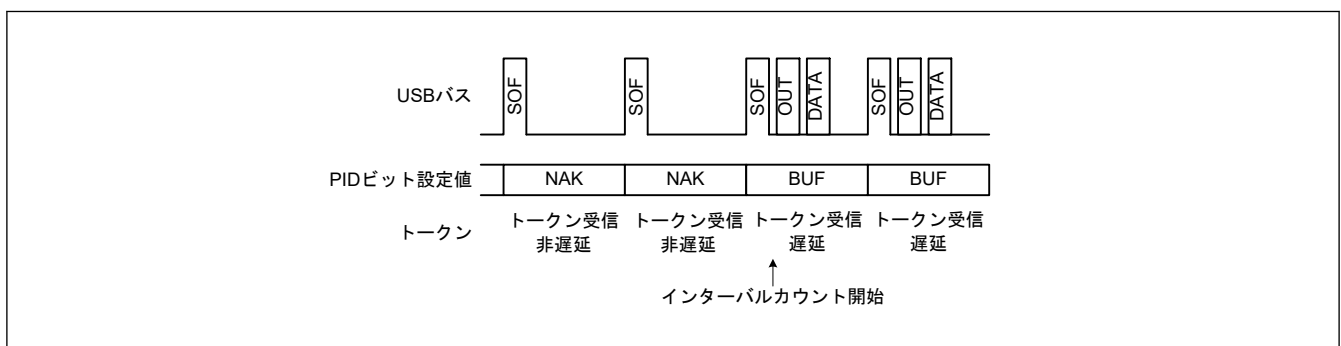


図 26.17 IITV[2:0] = 0 の場合のフレームとトークン受信期待の関係

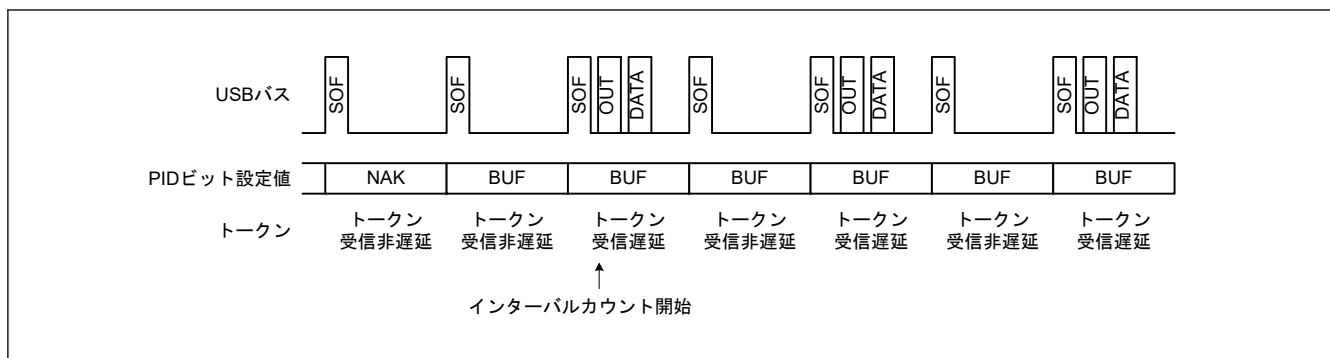


図 26.18 IITV[2:0] ≠ 0 の場合のフレームとトークン受信期待の関係

選択パイプがアイソクロナス IN 転送パイプの場合

この場合、PIPEPERI.IFIS ビットを 1 にする必要があります。IFIS ビットが 0 の場合、PIPEPERI.IITV[2:0] ビットの設定に関係なく、USBFS は IN トークン受信時にデータパケットを送信します。

IFIS ビットが 1 で、FIFO バッファに送信可能なデータがある場合、IITV[2:0] ビットに設定したインターバルごとのフレーム中に IN トークンを受信できなければ、USBFS は FIFO バッファをクリアします。

USBFS は、IN トークンに CRC エラーなどのバスエラーが発生したために正常受信できなかった場合も、FIFO バッファをクリアします。

FIFO バッファクリアのタイミングは、SOF パケット受信時です。SOF パケットが破損した場合でも、内部補完機能により、SOF パケットを受信したタイミングで FIFO バッファをクリアします。

インターバルのカウント開始タイミングは、OUT 転送と同様に、IITV[2:0] ビットの設定値により異なります。

デバイスコントローラモード時は、以下のいずれかの条件でインターバルカウントを行います。

- USBFS がハードウェアリセットされた場合 (IITV[2:0] ビットの設定値も 000b になります)
- ソフトウェアが PIPEnCTR.ACLRM ビットを 1 にした場合
- USBFS が USB バスリセットを検出した場合

(4) デバイスコントローラモード時のアイソクロナス転送用送信データセットアップ

デバイスコントローラモードでの USBFS アイソクロナスデータ送信では、FIFO バッファへのデータ書き込み後、SOF パケットを検出した後の最初のフレームでデータパケットの送出が可能になります。このアイソクロナス転送送信データセットアップ機能により、送信を開始したフレームを特定することが可能です。

バッファをダブルバッファモードで使用している場合で、両方のバッファの書き込みが終了している場合でも、送信可能状態になるバッファは先に書き込みを終了した 1 面だけとなります。このため、複数の IN トークンを受信しても、送出される FIFO バッファデータは 1 パケット分のみとなります。

IN トークン受信時に FIFO バッファがデータ送信可能であれば、データを転送し正常応答が返されます。ただし、FIFO バッファがデータ送信不能であれば、Zero-Length パケットを送出しアンダーランエラーとなります。

図 26.19 に、IITV = 0 (毎フレーム) にした場合のアイソクロナス転送送信データセットアップ機能による送信例を示します。

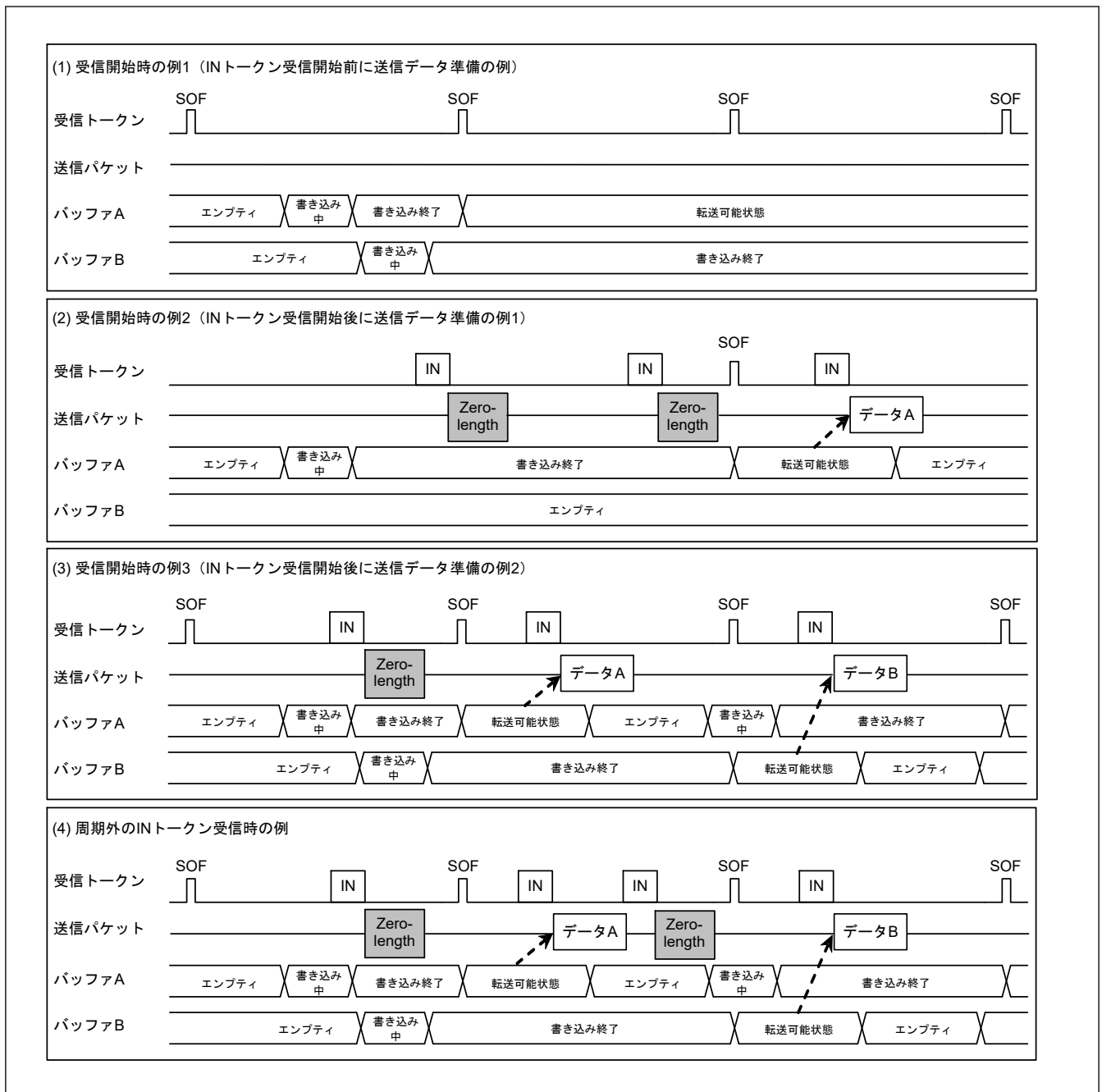


図 26.19 データセットアップ動作例

(5) デバイスコントローラモード時のアイソクロナス転送用送信バッファフラッシュ

デバイスコントローラモードでのアイソクロナスデータ転送時に、USBFS がインターバルフレーム内に IN トークンを受信しないまま、次フレームの SOF パケットを受信した場合は、USBFS はそれを IN トークン破損として扱い、送信可能状態となっているバッファをクリアし、そのバッファを書き込み可能状態とします。

このときにバッファをダブルバッファモードで使用しており、両方のバッファの書き込みが終了している場合は、クリアされた FIFO バッファ内のデータが上記の同インターバルフレーム内に送信されたものとみなされ、SOF パケット受信でクリアされていない FIFO バッファを送信可能状態とします。

バッファフラッシュ機能は、以下のように PIPEPERI.IITV[2:0]ビットの設定値により動作開始タイミングが異なります。

- IITV = 0 の場合：
パイプが有効となった後の最初のフレームからバッファフラッシュ動作を開始します。
- IITV ≠ 0 の場合：

最初の正常なトランザクション以降にバッファフラッシュ動作を開始します。

図 26.20 に、バッファフラッシュの例を示します。インターバルフレーム前に予期しないトークンを受信した場合、データセットアップ状態に応じ、USBFS は書き込みデータを送出またはアンダーランエラーとして Zero-Length パケットを送出します。

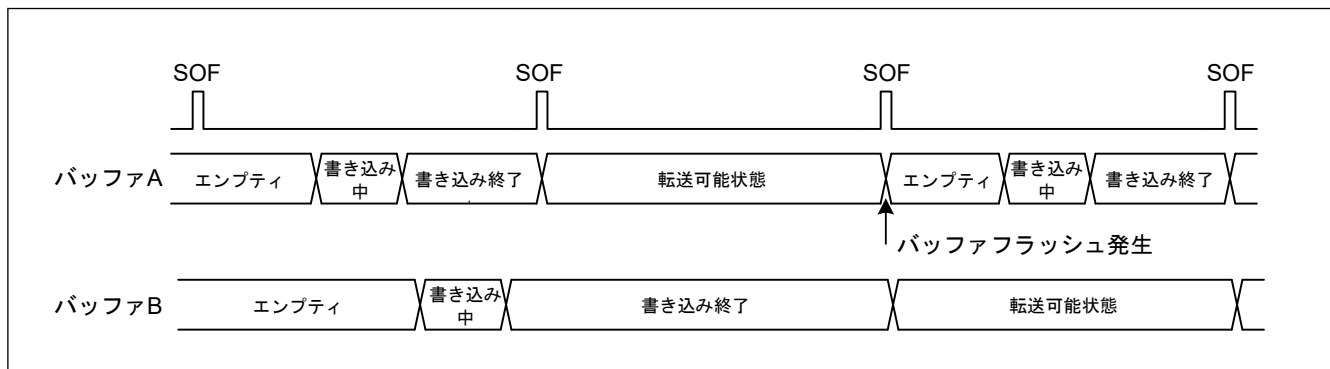


図 26.20 バッファフラッシュ動作例

図 26.21 に、インターバルエラー発生例を示します。図に示すとおり、インターバルエラーは 5 種類あります。図中の (A) のタイミングでインターバルエラーが発生し、バッファフラッシュ機能が動作します。

IN 転送時にインターバルエラーが発生した場合は、バッファフラッシュ機能が動作します。OUT 転送時にインターバルエラーが発生した場合は、NRDY 割り込みが発生します。この NRDY 割り込みと受信パケットエラーおよびオーバーランエラーによる NRDY 割り込みとの区別は、FRMNUM.OVRN ビットで判定してください。

図中に網掛けで示したトークンに対しては、FIFO バッファの状態に応じて応答が返されます。

- IN 方向の場合：
 - バッファがデータを転送できる状態であれば、データが転送されて正常応答が返される
 - バッファがデータ転送不能であれば、Zero-Length パケットを送信してアンダーランエラー
- OUT 方向の場合：
 - バッファがデータを受信できる状態であれば、データが受信されて正常応答が返される
 - バッファがデータ受信不能であれば、受信データを破棄してオーバーランエラー

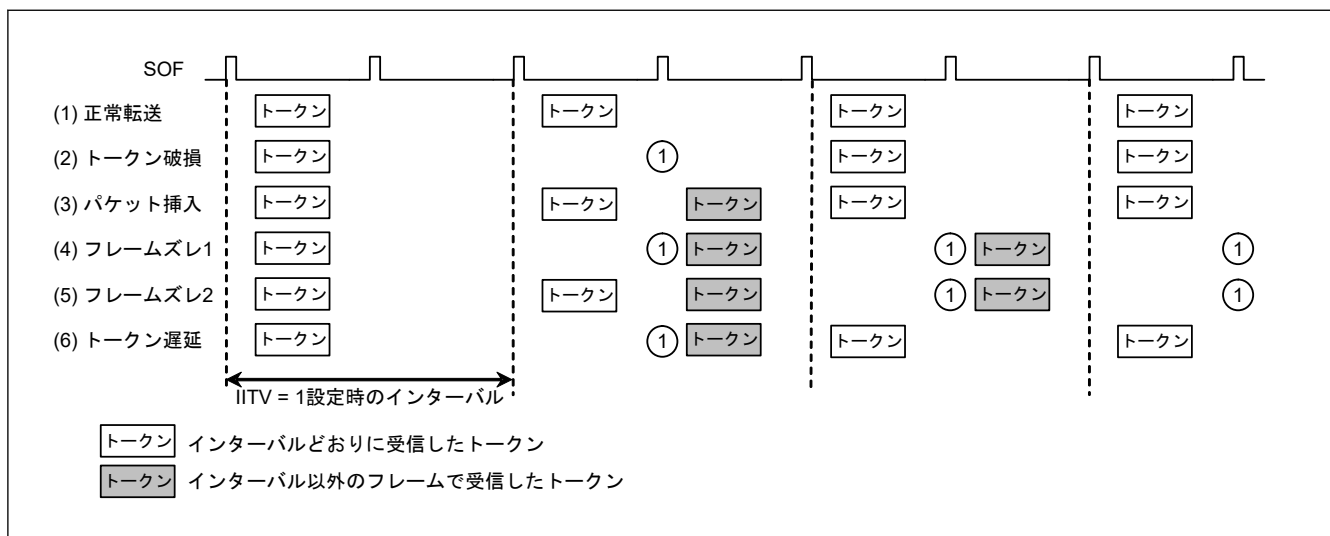


図 26.21 IITV = 1 のときのインターバルエラー発生例

26.3.13 SOF 補完機能

デバイスコントローラモードでは、SOF パケットの破損または欠落のために、1 ms 間隔でパケットを受信できなかった場合に、USBFS は SOF を補完します。SOF 補完の開始は、SYSCFG.USBE ビットと SYSCFG.SCKE ビットがともに 1 であること、および SOF パケットの受信が条件となります。

下記の条件で補完機能が初期化されます。

- MCU のリセット
- USB バスリセット
- Suspended ステート検出

SOF 補完は次の仕様で動作します。

- SOF パケット受信までは補完機能は動作しない
- 最初の SOF パケットを受信すると、48 MHz の内部クロックで 1 ms をカウントし補完する
- 2 回目以降の SOF パケットを受信したときは前回の受信間隔を用いて補完する
- Suspended ステート時および USB バスリセット受信時は補完しない

USBFS は、SOF パケットの受信で制御される下記の機能を動作させます。SOF パケットが欠落した場合は、これらの機能により SOF 補完を行うため、正常動作を継続させることができます。

- フレーム番号の更新
- SOFR 割り込みタイミング
- アイソクロナス転送インターバルカウント

フルスピード動作時に SOF パケットが欠落した場合には、FRMNUM.FRNM[10:0] ビットは更新されません。

26.3.14 パイプスケジュール

26.3.14.1 トランザクション発行条件

ホストコントローラモード時、DVSTCTR0.UACT ビットを 1 にすると、USBFS は表 26.29 に示す条件でトランザクションを発行します。

表 26.29 トランザクション発行条件

トランザクション	発行条件				
	DIR	PID	IITV0	バッファステート	SUREQ
SETUP	—(注1)	—(注1)	—(注1)	—(注1)	1 設定
コントロール転送のデータステージ、ステータスステージ、バルク転送	IN	BUF	無効	受信領域あり	—(注1)
	OUT	BUF	無効	送信データあり	—(注1)
インタラプト転送	IN	BUF	有効	受信領域あり	—(注1)
	OUT	BUF	有効	送信データあり	—(注1)
アイソクロナス転送	IN	BUF	有効	(注2)	—(注1)
	OUT	BUF	有効	(注3)	—(注1)

注 1. 表中の「—」は、トークンの発行に関係のない条件であることを示します。「有効」はインタラプト転送とアイソクロナス転送において、インターバルカウンタによる転送フレームでのみトランザクションが発行されることを示します。「無効」はインターバルカウンタにかかわらずトランザクションが発行されることを示します。

注 2. 受信領域の有無にかかわらずトランザクションを発行します。ただし受信領域がなかった場合は、受信データを破棄します。

注 3. 送信データの有無にかかわらずトランザクションを発行します。ただし送信データがなかった場合は、Zero-Length パケットを送信します。

26.3.14.2 転送スケジュール

USBFS のフレーム内の転送スケジューリング方法について説明します。USBFS は、SOF を送信後、以下の順番で転送を行います。

1. 周期的転送の実行：

パイプ 1→パイプ 2→パイプ 6→パイプ 7→パイプ 8→パイプ 9 の順にパイプを検索し、アイソクロナス転送またはインタラプト転送のトランザクションの発行が可能なパイプがあれば、トランザクションを発行します。

2. コントロール転送の SETUP トランザクション：

DCP を確認して、SETUP トランザクションが可能であれば送信します。

3. バルク転送、コントロール転送データステージ、およびコントロール転送ステータスステージの実行：

DCP→パイプ 1→パイプ 2→パイプ 3→パイプ 4→パイプ 5 の順にパイプを検索し、バルク転送、コントロール転送データステージ、コントロール転送ステータスステージのトランザクションの発行が可能なパイプがあれば、トランザクションを発行します。

トランザクションを発行したとき、周辺デバイスからの応答が ACK であっても NAK であっても、処理は次のパイプのトランザクションに移ります。また、フレーム内に転送を行う時間があれば、ステップ 3 を繰り返します。

26.3.14.3 USB 通信許可

DVSTCTR0.UACT ビットを 1 にすると、SOF の送信が開始され、トランザクションの発行が可能となります。UACT ビットを 0 にすると、SOF の送信を停止し Suspended ステートとなります。UACT ビットを 1 から 0 にする場合、次の SOF を送信してから処理を停止します。

26.3.15 バッテリチャージング検出処理

バッテリチャージング仕様で規定されている、データコンタクト検出 (D+ラインコンタクトチェック)、一次検出 (チャージャ検出)、および二次検出 (チャージャ検証) の処理を制御することが可能です。

26.3.15.1 デバイスコントローラモードでの処理

ファンクションデバイスをバッテリチャージ用のポータブルデバイスとして動作させる場合、以下の処理が必要です。

- データライン (D+/D-) がコンタクトしたタイミングを検出し、一次検出処理を開始します。バッテリチャージング規格は、2 通りのデータコンタクト検出処理方法が示されています。以下のとおり、USBFS は両方の方法に対応しています。
 - ソフトウェア処理
VBINT 割り込みの後、または VBSTS フラグのポーリングが USBFS_VBUS 入力端子のステート変化を示すとき、ソフトウェアはウェイトを 300 ms~900 ms に制御します。次に BCCTRL1.VDPSRCE ビットと CHGDETE ビットを 1 にして、一次検出処理を開始します。
 - ハードウェア処理
D+ラインに 7~13 μ A の電流を印加して、D+ラインを Logic High にします。これは、D+/D-ラインがホストのプルダウン抵抗とコンタクトすると、ホストデバイス側のプルダウン抵抗により D+/D-ラインが Logic Low になることを検知するために行います。PHYSECTRL.CNEN ビット、BCCTRL1.RPDME ビット、および IDPSRCE ビットが 1 のとき、D+ライン上のレベルが High から Low にいつ変化するかを確認するため、SYSSTS0.LNST[1:0]フラグをモニタリングします。D+ライン上の Low レベルを検出後、PHYSECTRL.CNEN ビット、BCCTRL1.RPDME ビット、および IDPSRCE ビットを 0 にして、BCCTRL1.VDPSRCE ビットと CHGDETE ビットの両方を 1 にして、一次検出処理を開始します。VDPSRCE ビットおよび CHGDETE ビットは、同時に 1 にしてください。
- 一次検出処理の開始後、ソフトウェア制御による 40 ms のウェイトの後に、BCCTRL1.CHGDETSTS フラグを確認してください。値が 1 のとき、チャージャ検出と二次検出処理の開始を示します。(注1)
- 二次検出処理を開始するには、BCCTRL1.VDPSRCE ビットを 0 にして、ソフトウェア制御による 20 ms のウェイトの後に、BCCTRL1.CHGDETE ビットを 0 にします。続いて、BCCTRL1.VDMSRCE ビットと PDETE ビットの両方を 1 にします。

4. 二次検出処理の開始後、ソフトウェア制御による 40 ms のウェイトの後に、BCCTRL1.PDDETSTS フラグを確認し、二次検出処理の結果を判定します。

注 1. 一次検出中に、D-ラインの電圧が 0.25~0.4 V 以上かつ 0.8~2.0 V 以下であることが検出されると、ターゲットデバイスが、バッテリーチャージ用ホストデバイス（チャージングダウンストリームポート）として認識されます。PHY ブロックの BCCTRL1.CHGDETSTS フラグは、D-ライン上の電圧が 0.25~0.4 V の範囲より大きいかどうかのみ示します。そのため、必要に応じて SYSSTS0.LNST[1:0]フラグの読み出し処理を追加で行い、D-ライン上の電圧が 0.8~2.0 V の範囲より小さいことも確認してください。

図 26.22 に、この処理フローを示します。

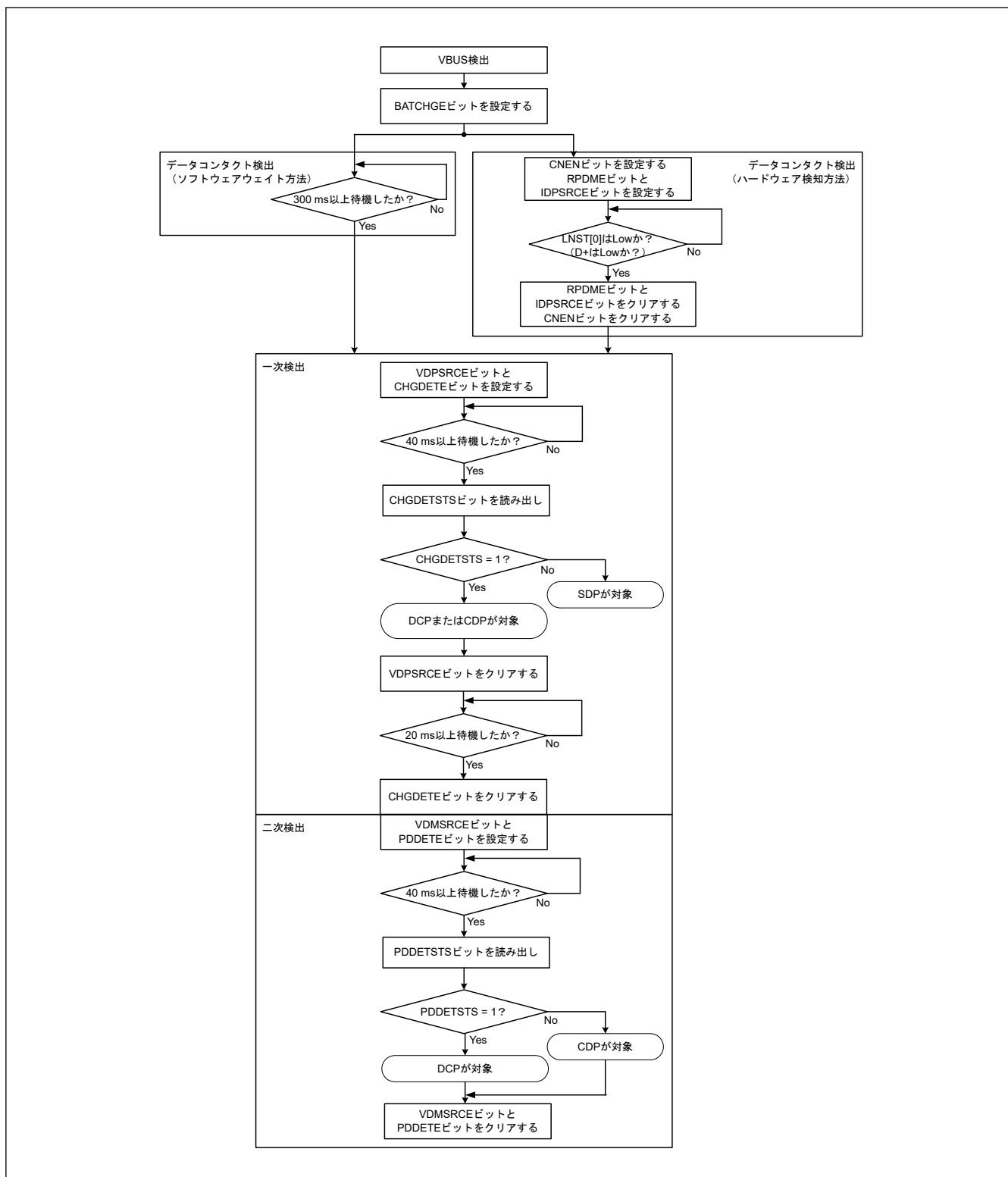


図 26.22 ポータブルデバイスとして動作時の処理フロー

26.3.15.2 ホストコントローラモードでの処理

ホストコントローラモード時は、ポータブルデバイスが一次検出を実施できるように、D-ラインをドライブする必要があります。USBFSは、以下の2種類の一次検出方式に対応しています。

ポータブルデバイス検出機能を使用する場合

ポータブルデバイスを検知した場合にD-ラインをドライブします。

1. VBUS のドライブを開始します。
 2. BCCTRL1.PDDETE ビットを 1 にして、ポータブルデバイス検出回路を有効にします。
 3. ポータブルデバイス検出信号をモニタし、検出信号が High であれば D-ラインのドライブを開始します。
(注1)
 4. ポータブルデバイス検出信号のレベルが Low になったら、D-ラインのドライブを停止します。(注1)
- 注 1. PDDETINT 割り込みは、ポータブルデバイス検出信号のレベル変化を示します。PDDETSTS フラグを読み出すと、現在のレベルが取得できます。

ポータブルデバイス検出機能を使用しない場合

ポータブルデバイスを検知したかどうかにかかわらず、デバイス切断検出後に D-ラインをドライブし、デバイス接続検出後に D-ラインを解放します。a および b のタイミング調整はソフトウェアが行います。

- a. デバイス切断検出後、200 ms 以内に D-ラインのドライブを開始する。
- b. 接続検出後、10 ms 以内に D-ラインのドライブを停止する。

図 26.23 にステップ 1.~4.の処理フローと、図 26.24 にステップ a.およびステップ b.の処理フローをそれぞれ示します。

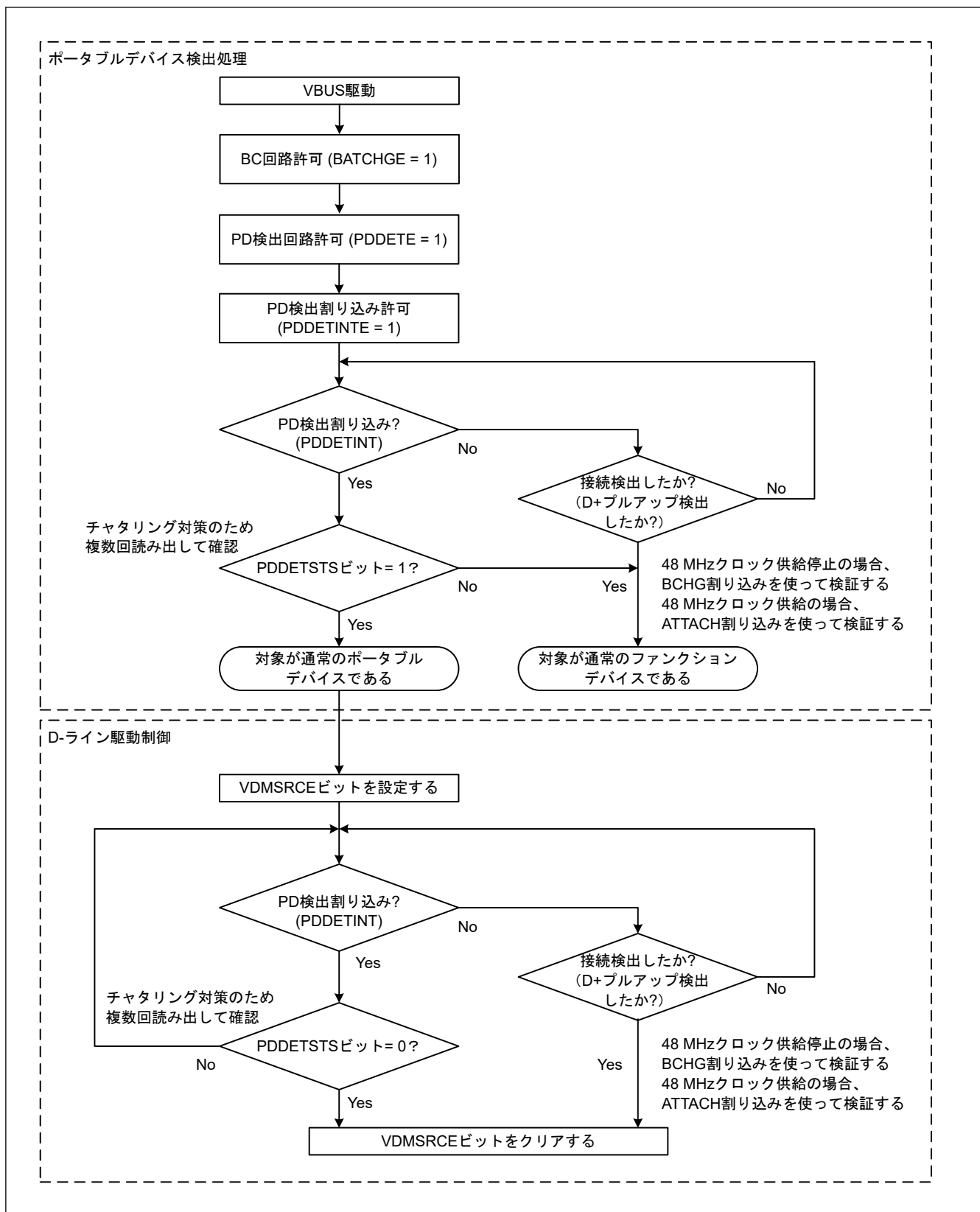


図 26.23 ポータブルデバイス検知機能を使用する場合の処理フロー (ステップ 1~4)

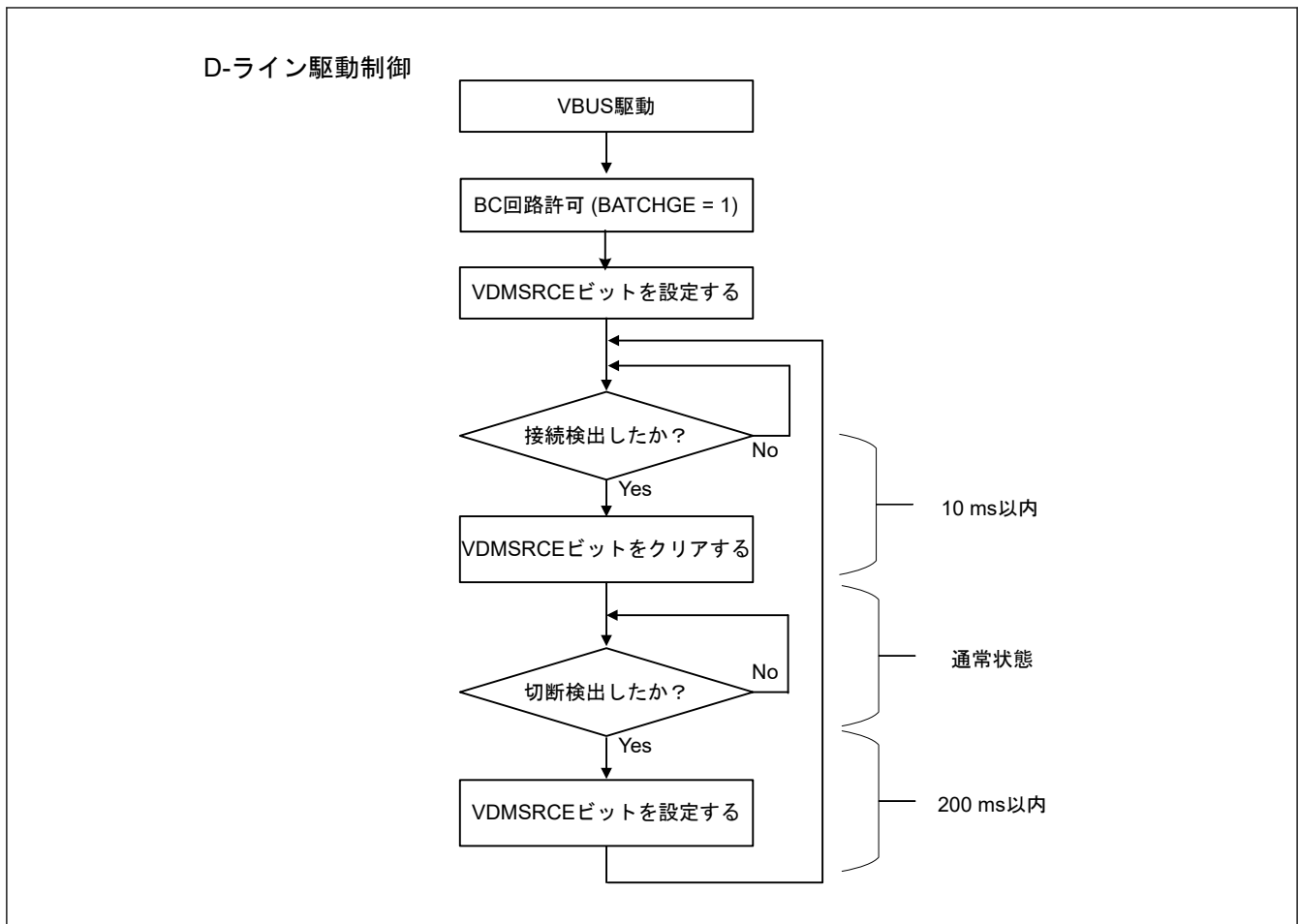


図 26.24 ポータブルデバイス検知機能を使用しない場合の処理フロー（ステップ a、b）

26.4 使用上の注意事項

26.4.1 モジュールストップ状態の設定

モジュールストップコントロールレジスタ B (MSTPCRB) により、USBFS の動作を禁止／許可することが可能です。USBFS は、リセット後の初期状態では動作が停止しています。モジュールストップ状態を解除すると、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細については、「10. 低消費電力モード」を参照してください。

26.4.2 ソフトウェアスタンバイモード終了時の割り込みステータスレジスタのクリア

ソフトウェアスタンバイモードでは入力バッファが常に有効となるため、下記条件下では、予期せぬ割り込みが発生する場合があります。

- 通常モードで割り込みを許可する
- ソフトウェアスタンバイモードで割り込みを禁止する
- ソフトウェアスタンバイを解除する端子の入力レベルがソフトウェアスタンバイモードで変更されている場合

これらの条件を満たすと、割り込みステータスレジスタの関連する割り込みフラグが予期せず設定されることがあります。MCU がソフトウェアスタンバイモードを終了した後に、予期せぬ割り込みが割り込みコントローラに送信される場合があります。この問題を避けるために、解除シーケンスで INTSTS0 および INTSTS1 レジスタを必ずクリアしてください。

26.4.3 ポート機能設定後の割り込みステータスレジスタのクリア

入力バッファは PmnPFS.PSEL および PmnPFS.PMR ポートを設定する前に無効にされるため、内部信号はハイまたはローに固定されます。入力バッファはポート設定後に有効にされるので、外部端子の状態が MCU に伝播し

ます。このとき、予期せぬ割り込みが発生する場合があります。INTSTS0 と INTSTS1 レジスタの VBINT と OVRCCR ビット、またはその他の割り込みステータスフラグが 1 になります。誤作動を避けるために、ポート設定後は INTSTS0 および INTSTS1 レジスタを必ずクリアしてください。

27. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

27.1 概要

シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI) × 4 チャンネルには調歩同期式および同期式のシリアルインタフェースがあります。

- 調歩同期式インタフェース (UART および調歩同期式通信インタフェースアダプタ (ACIA))
- 8ビットクロック同期式インタフェース
- 簡易 IIC (マスタのみ)
- 簡易 SPI
- スマートカードインタフェース
- マンチェスタインタフェース

スマートカードインタフェースは、電子信号と伝送プロトコルに関して ISO/IEC 7816-3 規格に準拠しています。SCI_n (n = 0, 3, 4, 9) は FIFO バッファを内蔵しており、連続した全二重通信が可能です。また、内蔵のボーレートジェネレータを用いて、データ転送速度の個別設定が可能です。

本節では、PCLK = PCLKA を指します。

表 27.1 に SCI の仕様を、図 27.1 に SCI のブロック図を、表 27.3 に SCI の入出力端子を示します。

表 27.1 SCI の仕様 (1/3)

項目	内容	
モジュール数	4 (SCI _n (n = 0, 3, 4, 9))	
シリアル通信方式	<ul style="list-style-type: none"> ● 調歩同期式 ● クロック同期式 ● 簡易 IIC ● 簡易 SPI ● スマートカードインタフェース ● マンチェスタインタフェース (SCI_n (n = 3, 4)) 	
転送速度	内蔵のボーレートジェネレータにより任意のビットレートを設定可能	
全二重通信	<ul style="list-style-type: none"> ● 送信部：ダブルバッファによる連続送信が可能 ● 受信部：ダブルバッファによる連続受信が可能 	
データ転送	LSB ファースト/MSB ファーストの選択が可能	
通信端子 (RXD _n , TXD _n) のためのインバータ	各端子 (RXD _n , TXD _n) に選択できるインバータ	
割り込み要因	送信終了、送信データEMPTY、受信データフル、受信エラー、受信データレディ、アドレス一致開始条件、再開始条件、停止条件の生成完了 (簡易 IIC モード用)	
モジュールストップ機能	チャンネルごとにモジュールストップ状態の設定が可能	
スヌーズ終了要求	SCI0 アドレス不一致 (SCI0_DCUF)	
クロック同期式モード	データ長	8 ビット
	受信エラー検出機能	オーバーランエラー
	クロックソース	内部クロック (マスタモード) または外部クロック (スレーブモード) の選択が可能
	ハードウェアフロー制御	CTS _n _RTS _n 端子を用いた送受信制御が可能
	送信/受信	1 段レジスタまたは 16 段 FIFO のいずれかを選択可能
調歩同期式モード	データ長	7 ビット/8 ビット/9 ビット
	送信ストップビット	1 または 2 ビット
	受信サンプリングタイミングの調節	デフォルトタイミングから前または後に調節可能な受信サンプリングタイミング
	送信タイミングの調節	レジスタの設定値によって制御される送信波形の調節可能エッジタイミング

表 27.1 SCI の仕様 (2/3)

項目	内容	
	パリティ	偶数パリティ/奇数パリティ/パリティなし
	受信エラー検出機能	<ul style="list-style-type: none"> パリティエラー オーバーランエラー フレーミングエラー
	ハードウェアフロー制御	CTS _n _RTS _n 端子を用いた送受信制御が可能
	送信/受信	1 段レジスタまたは 16 段 FIFO のいずれかを選択可能
	アドレス一致	受信データとコンペアマッチレジスタの値が一致したとき、割り込み要求/イベント出力の発行が可能
	アドレス不一致 (SCI0 のみ) 受信データ	受信データとコンペアマッチレジスタ内の値が一致しないとき、スヌーズ終了要求の発行が可能
	スタートビットの検出	Low 検出/立ち下がリエッジ検出を選択可能
	ブレイクの検出	SPTR レジスタを読み出すことで、フレーミングエラーからのブレイクの検出が可能
	クロックソース	内部クロックまたは外部クロックの選択が可能
	倍速モード	ボーレートジェネレータ倍速モードを選択可能
	マルチプロセッサ通信機能	複数プロセッサ間でシリアル通信が可能
	ノイズ除去	RXD _n 端子入力経路にデジタルノイズフィルタを内蔵
	スマートカードインタフェースモード	エラー処理
送信中にエラーシグナルを受信するとデータを自動再送信		
データタイプ		ダイレクトコンベンション/インバースコンベンションをサポート
マンチェスタモード	通信フォーマット	プレフィスとスタートビットが付加されたマンチェスタコード
	データ長	7 ビット、8 ビット、または 9 ビット
	送信ストップビット	1 または 2 ビット
	パリティ機能	偶数パリティ/奇数パリティ/パリティなし
	受信エラー検出機能	パリティエラー、オーバーランエラー、フレーミングエラー、マンチェスタエラー
	ハードウェアフロー制御	を用いた送信制御が可能
	クロックソース	内部クロックのみが使用可能
	倍速モード	ボーレートジェネレータ倍速モードを選択可能
	マルチプロセッサ通信機能	複数プロセッサ間のシリアル通信機能
	ノイズ除去	RXD _n 端子入力経路にデジタルノイズフィルタを内蔵
	プレフィスを設定/検出する機能	設定されたプレフィスパターンを出力し検出する
	スタートビットを設定/検出する機能	設定されたスタートビットパターンを出力し検出する
	受信再タイミング機能	受信信号の各ビットに対してタイミングを補正
簡易 IIC モード	通信フォーマット	I ² C バスフォーマット (MSB ファーストのみ)
	動作モード	マスタ (シングルマスタ動作のみ)
	転送速度	最大 400 kbps
	ノイズ除去	SCL _n 端子と SDA _n 端子の入力経路にデジタルノイズフィルタを内蔵し、ノイズ除去幅の調整が可能
簡易 SPI モード	データ長	8 ビット
	エラー検出	オーバーランエラー

表 27.1 SCI の仕様 (3/3)

項目	内容	
	クロックソース	内部クロック (マスタモード) または外部クロック (スレーブモード) の選択が可能
	SSn 入力端子機能	SSn 端子を High にすることで、出力端子をハイインピーダンスにすることが可能
	クロック設定	クロック位相、クロック極性の設定を 4 種類から選択可能
ビットレートモジュレーション機能	内蔵ボーレートジェネレータの出力補正により誤差の低減が可能	
イベントリンク機能	受信エラーまたはエラーシグナル検出におけるエラーイベント出力 (SCIn_ERI) (n = 0, 3, 4, 9)	
	受信データフルイベント出力 (SCIn_RXI) (n = 0, 3, 4, 9)	
	送信データエンブティイベント出力 (SCIn_TXI) (n = 0, 3, 4, 9)	
	アドレス一致イベント出力 (SCIn_AM) (n = 0, 3, 4, 9)	
	送信終了イベント出力 (SCIn_TEI) (n = 0, 3, 4, 9)	
TrustZone フィルタ	各チャネルに対してセキュリティ属性を設定可能	

表 27.2 SCI チャネルの機能

項目	SCI0、SCI9	SCI3、SCI4
調歩同期式モード	使用可能	使用可能
クロック同期式モード	使用可能	使用可能
スマートカードインタフェースモード	使用可能	使用可能
簡易 I2C モード	使用可能	使用可能
簡易 SPI モード	使用可能	使用可能
FIFO モード	使用可能	使用可能
アドレス一致	使用可能	使用可能
マンチェスタモード	使用不可能	使用可能

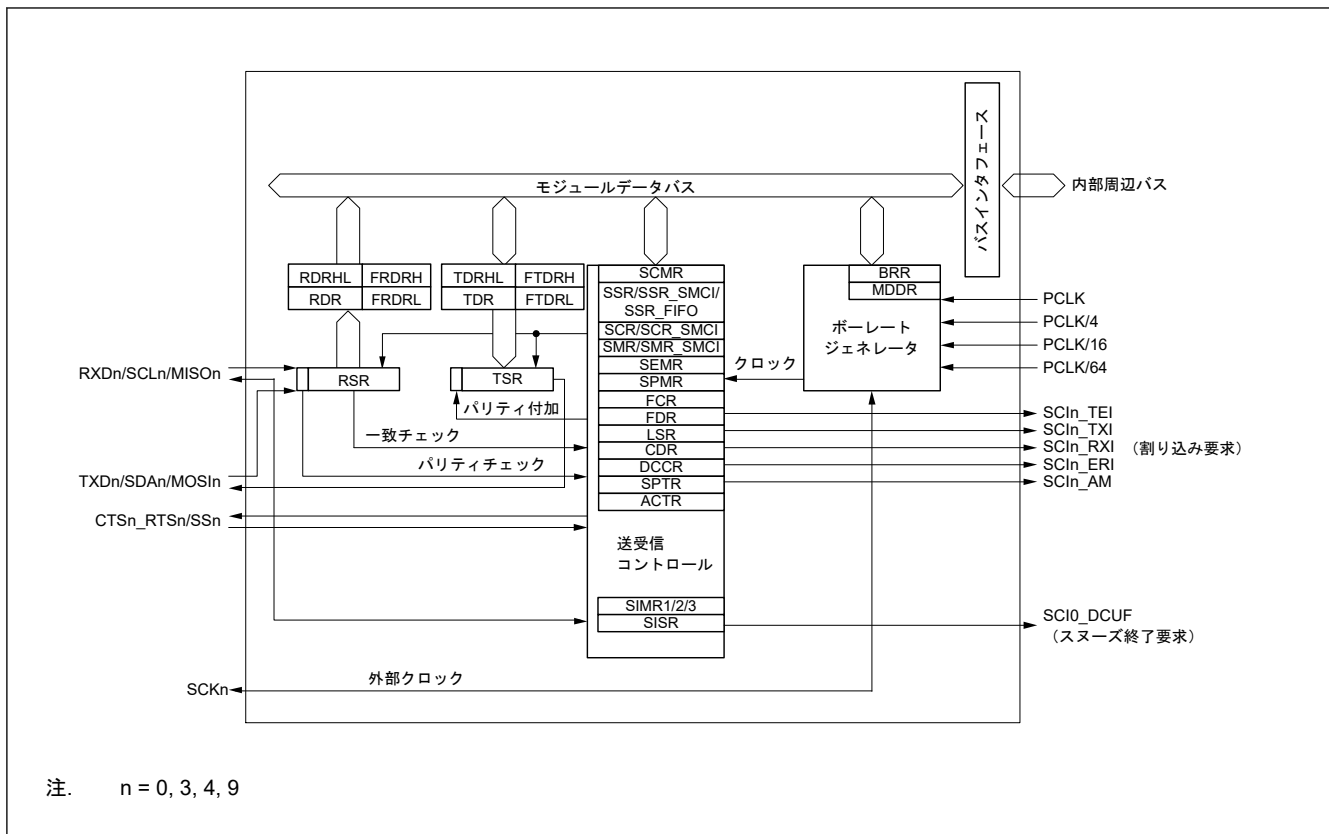


図 27.1 SCI のブロック図

表 27.3 SCI の入出力端子

機能	端子名	入出力	説明
SCI _n (n = 0, 3, 4, 9)	RXD _n /SCL _n /MISO _n	入出力	SCI _n の受信データ入力 SCI _n の I ² C クロック入出力 SCI _n のスレーブ送信データ入出力
	TXD _n /SDA _n /MOS _n	入出力	SCI _n の送信データ出力 SCI _n の I ² C データ入出力 SCI _n のマスタ送信データ入出力
	SS _n /CTS _n _RTS _n	入出力	SCI _n のチップセレクト入力、アクティブ Low SCI _n の送受信開始制御用入出力、アクティブ Low
	CTS _n (n = 0, 3, 4, 9)	入力	SCI _n の送受信開始制御用入力、アクティブ Low
	SCK _n	入出力	SCI _n のクロック入出力

27.2 レジスタの説明

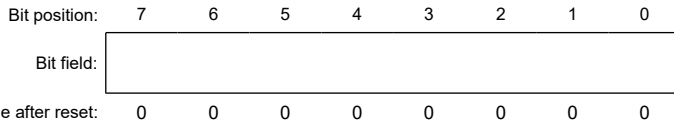
27.2.1 RSR : 受信シフトレジスタ

RSR レジスタは、RXD_n 端子から入力されたシリアルデータをパラレルデータに変換するための受信用シフトレジスタです。1 フレーム分のデータを受信すると、データは自動的に RDR レジスタ、RDRHL レジスタ、または受信 FIFO レジスタへ転送されます。CPU から RSR レジスタに直接アクセスすることはできません。

27.2.2 RDR : 受信データレジスタ

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x05



RDR レジスタは、受信データを格納するための 8 ビットのレジスタです。1 フレーム分のシリアルデータを受信すると、受信データは RSR レジスタからこのレジスタへ転送され、RSR レジスタは次のデータを受信できるようになります。RSR レジスタと RDR レジスタはダブルバッファとして機能するため、連続受信動作が可能になります。

RDR レジスタの読み出しは、受信データフル割り込み (SCIn_RXI) 要求が発生したときに 1 回だけ行ってください。

注: 受信データを RDR レジスタから読み出す前に次の 1 フレーム分のデータを受け取ると、オーバーランエラーになります。CPU から RDR レジスタに書き込むことはできません。

27.2.3 RDRHL : 非マンチェスタモード用 (MMR.MANEN = 0) 受信データレジスタ

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x10



ビット	シンボル	機能	R/W
8:0	RDAT[8:0]	シリアル受信データ	R
15:9	—	読むと 0 が読めます。	R

RDRHL レジスタは、受信データを格納するための 16 ビットのレジスタです。調歩同期式モードおよび 9 ビットデータ長選択時に使用します。

RDRHL レジスタの下位 8 ビットは RDR レジスタのシャドウレジスタであるため、RDRHL レジスタへアクセスすると RDR レジスタに影響を与えます。7 ビットまたは 8 ビットのデータ長を選択した場合、RDRHL レジスタへのアクセスはしないでください。

1 フレーム分のデータを受信すると、受信データは RSR レジスタから RDR/RDRHL レジスタへ転送されるため、RSR レジスタは次のデータを受信できるようになります。

RSR レジスタと RDRHL レジスタはダブルバッファとして機能するため、連続受信動作が可能になります。RDRHL レジスタの読み出しは、受信データフル割り込み (SCIn_RXI) 要求が発生した場合にのみ行ってください。受信データを RDRHL から読み出す前に次の 1 フレーム分のデータを受け取ると、オーバーランエラーになります。CPU から RDRHL レジスタに書き込むことはできません。

27.2.4 RDRHL_MAN : マンチェスタモード用受信データレジスタ (MMR.MANEN = 1)

Base address: SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x10

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	RSYN C	—	—	MPB	RDAT[8:0]								
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
8:0	RDAT[8:0]	シリアル受信データ シリアル受信データの読み出しが可能です。	R
9	MPB	マルチプロセッサビット シリアル受信データ (RDAT[8:0]) に対応したマルチプロセッサビットの読み出しが可能です。 0: データ送信サイクル 1: ID 送信サイクル	R
11:10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R
12	RSYNC	受信 SYNC データビット マンチェスタモードで MMR.SBSEL = 1 であるときに有効です。それ以外の場合 0 が読み出されます。 0: 受信したスタートビットは DATA SYNC です。 1: 受信したスタートビットは COMMAND SYNC です。	R
15:13	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R

RDRHL_MAN レジスタは、受信データを格納するための 16 ビットのレジスタです。調歩同期式モードおよび 9 ビットデータ長選択時に使用します。RDRHL_MAN レジスタの下位 8 ビットは RDR レジスタのシャドウレジスタであるため、RDRHL_MAN レジスタへアクセスすると RDR レジスタに影響を与えます。7 ビットまたは 8 ビットのデータ長を選択した場合、RDRHL_MAN レジスタへアクセスしないでください。

1 フレーム分のデータを受信すると、受信データは RSR レジスタから RDR/RDRHL_MAN レジスタへ転送されるため、RSR レジスタは次のデータを受信できるようになります。

RSR レジスタと RDRHL_MAN レジスタはダブルバッファとして機能するため、連続受信動作が可能になります。

RDRHL_MAN レジスタの読み出しは、受信データフル割り込み (SCIIn_RXI) 要求が発生した場合にのみ行ってください。受信データを RDRHL_MAN レジスタから読み出す前に次の 1 フレーム分のデータを受け取ると、オーバーランエラーになります。

CPU から RDRHL_MAN レジスタに書き込むことはできません。

RDAT[8:0]ビット (シリアル受信データ)

シリアル受信データの読み出しが可能です。

MPB ビット (マルチプロセッサビット)

受信フレーム中のマルチプロセッサビットの値を格納します。SCR.RE ビットが 0 のときは変化しません。

RSYNC ビット (受信 SYNC データビット)

本ビットは、マンチェスタモードで MMR.SBSEL = 1 であるとき、受信したスタートビットの SYNC のタイプを示します。そのほかの設定では、0 に固定されています。

27.2.5 FRDRHL/FRDRH/FRDRL : 受信 FIFO データレジスタ

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
 SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x10 (FRDRHL/FRDRH)
 0x11 (FRDRL)

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	RDF	ORER	FER	PER	DR	MPB	RDAT[8:0]								
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
8:0	RDAT[8:0]	シリアル受信データ シリアル受信データを格納します。 調歩同期式モード（マルチプロセッサモードを含む）およびクロック同期式モードにおいて、FIFO 選択時にのみ有効です。	R
9	MPB	マルチプロセッサ シリアル受信データ (RDAT[8:0]) に関連するマルチプロセッサビットの値を格納します。 調歩同期式モードにおいて、SMR.MP = 1 および FIFO 選択時にのみ有効です。 0: データ送信サイクル 1: ID 送信サイクル	R
10	DR	受信データレディフラグ このフラグは SSR_FIFO.DR と同じです。 0: 受信中であるか、または正常に受信を完了した後、FRDRH レジスタおよび FRDRL レジスタに受信データが残っていない 1: 正常に受信を完了した後、次の受信データが一定期間来ない	R(注1)
11	PER	パリティエラーフラグ 0: FRDRH および FRDRL の第 1 データにパリティエラーの発生なし 1: FRDRH および FRDRL の第 1 データにパリティエラーの発生あり	R
12	FER	フレーミングエラーフラグ 0: FRDRH および FRDRL の第 1 データにフレーミングエラーの発生なし 1: FRDRH および FRDRL の第 1 データにフレーミングエラーの発生あり	R
13	ORER	オーバーランエラーフラグ このフラグは SSR_FIFO.ORER と同じです。 0: オーバーランエラーの発生なし 1: オーバーランエラーの発生あり	R(注1)
14	RDF	受信 FIFO データフルフラグ このフラグは SSR_FIFO.RDF と同じです。 0: FRDRH と FRDRL に書き込まれた受信データ量が指定された受信トリガ数より少ない 1: FRDRH と FRDRL に書き込まれた受信データ量が指定された受信トリガ数以上である	R(注1)
15	—	読むと 0 が読めます。	R

注 1. 本フラグを読むと、SSR_FIFO レジスタと同じ値が読み出されます。フラグをクリアする場合は、SSR_FIFO レジスタに 0 を書いてください。

FRDRHL レジスタは、8 ビットの FRDRH レジスタと FRDRL レジスタからなる 16 ビットのレジスタです。FRDRH は FRDRHL[15:8] ビットに割り当てられ、FRDRHL と同じアドレスに割り付けられます。FRDRL は FRDRHL[7:0] ビットに割り当てられ、FRDRHL のアドレス+1 のアドレスに割り付けられます。

FRDRH と FRDRL は、ソフトウェアで読み出し可能なシリアル受信データと関連するステータス情報を格納するための 16 段の FIFO レジスタを構成します。このレジスタは、調歩同期式モード（マルチプロセッサモードを含む）またはクロック同期式モードでのみ有効です。

SCI は、受信データを受信シフトレジスタ (RSR) から FRDRH と FRDRL へ転送し格納することで、1 フレーム分のシリアルデータの受信動作を完了します。16 段が格納されるまで連続受信が実行されます。FRDRH と FRDRL に受信データが存在しない場合、データを読み出すと、その値は不定値です。FRDRH と FRDRL がいっぱいになると、それ以降のシリアル受信データは失われます。CPU から FRDRH レジスタと FRDRL レジスタを読み出すことはできますが、書き込むことはできません。

FRDRH レジスタの RDF、ORER、または DR フラグから 1 を読むことは、SSR_FIFO レジスタの対応するビットを読むことと同等です。FRDRH レジスタの読み出し後、SSR_FIFO レジスタのフラグに 0 を書いてクリアする場合は、クリアするフラグにのみ 0 を書いて、他のフラグには 1 を書いてください。

FRDRH レジスタと FRDRL レジスタの両方を読み出す場合は、FRDRH から FRDRL の順に読んでください。FRDRHL レジスタは 16 ビット単位でアクセスが可能です。

27.2.6 TDR : 送信データレジスタ

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x03

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:								
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	n/a	シリアル送信データ	R/W

TDR レジスタは、送信データを格納するための 8 ビットのレジスタです。

SCI は、TSR レジスタに空きを検出すると、TDR レジスタに書き込まれた送信データを TSR レジスタへ転送し、送信を開始します。

TDR レジスタと TSR レジスタはダブルバッファとして機能するため、連続送信動作が可能になります。1 フレーム分のデータを送信したとき、TDR レジスタに次の送信データが書き込まれていれば、SCI はそれを TSR レジスタへ転送して送信を続けます。

CPU からいつでも TDR レジスタの読み出し/書き込みが可能です。TDR レジスタへの送信データの書き込みは、送信データエンプティ割り込み (SCIn_TXI) 要求が発生するごとに 1 回だけ行ってください。

27.2.7 TDRHL : 非マンチェスタモード用 (MMR.MANEN = 0) 送信データレジスタ

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x0E

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	TDAT[8:0]								
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
8:0	TDAT[8:0]	シリアル送信データ	R/W
15:9	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

TDRHL レジスタは、送信データを格納するための 16 ビットのレジスタです。調歩同期式モードおよび 9 ビットデータ長選択時に使用します。

TDRHL レジスタの下位 8 ビットは TDR レジスタのシャドウレジスタであるため、TDRHL レジスタへアクセスすると TDR レジスタに影響を与えます。7 ビットまたは 8 ビットのデータ長を選択した場合、TDRHL レジスタへアクセスしないでください。

TSR レジスタに空きを検出されると、TDRHL レジスタに書き込まれている送信データが TSR レジスタへ転送されて、送信が開始されます。

TSR レジスタと TDRHL レジスタはダブルバッファとして機能するため、連続送信動作が可能になります。1 フレーム分のデータを送信したとき、TDRHL レジスタに次の送信データが書き込まれていれば、TSR レジスタへ転送されて、送信動作が継続します。

CPU から TDRHL レジスタの読み出し/書き込みが可能です。TDRHL レジスタのビット[15:9]は 1 に固定されています。これらビットから読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。

TDRHL レジスタへの送信データの書き込みは、送信データエンプティ割り込み (SCIn_TXI) 要求が発生したときに 1 回だけ行ってください。

27.2.8 TDRHL_MAN : マンチェスタモード用送信データレジスタ (MMR.MANEN = 1)

Base address: SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x0E

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	TSYN C	—	—	MPBT	TDAT[8:0]								
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
8:0	TDAT[8:0]	シリアル送信データ シリアル送信データの設定が可能です。	R/W
9	MPBT	マルチプロセッサ送信ビットフラグ 送信フレーム中のマルチプロセッサビットの値 0: データ送信サイクル 1: ID 送信サイクル	R/W
11:10	—	書く場合、1 としてください。	R
12	TSYNC	送信 SYNC データビット マンチェスタモードで MMR.SBSEL = 1 かつ MMR.SYNSEL = 1 であるときに有効です。 0: スタートビットは DATA SYNC として送信されます。 1: スタートビットは COMMAND SYNC として送信されます。	R/W
15:13	—	書く場合、1 としてください。	R

TDRHL_MAN レジスタは、送信データを格納するための 16 ビットのレジスタです。調歩同期式モードおよび 9 ビットデータ長選択時に使用します。

TDRHL_MAN レジスタの下位 8 ビットは TDR レジスタのシャドールレジスタであるため、TDRHL_MAN レジスタへアクセスすると TDR レジスタに影響を与えます。7 ビットまたは 8 ビットのデータ長を選択した場合、TDRHL_MAN レジスタへアクセスしないでください。

TSR レジスタに空きが検出されると、TDRHL_MAN レジスタに書き込まれている送信データが TSR レジスタへ転送されて、送信が開始されます。

TSR レジスタと TDRHL_MAN レジスタはダブルバッファとして機能するため、連続送信動作が可能になります。1 フレーム分のデータを送信したとき、TDRHL_MAN レジスタに次の送信データが書き込まれていれば、TSR レジスタへデータが転送されて、送信動作が継続します。

TDRHL_MAN レジスタへの送信データの書き込みは、送信データエンプティ割り込み (SCIn_TXI) 要求が発生したときに 1 回だけ行ってください。

TDAT[8:0]ビット (シリアル送信データ)

シリアル送信データを設定します。

MPBT ビット (マルチプロセッサ送信ビットフラグ)

送信フレームのマルチプロセッサビットを選択します。

TSYNC ビット (送信 SYNC データビット)

マンチェスターモードで、MMR.SBSEL = 1 かつ MMR.SYNSEL = 1 のとき、このビットに従って選択した SYNC のタイプが、送信フレームのスタートビットになります。

27.2.9 FTDRHL/FTDRH/FTDRL : 送信 FIFO データレジスタ

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
 SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x0E (FTDRHL/FTDRH)
 0x0F (FTDRL)

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	MPBT	TDAT[8:0]								
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
8:0	TDAT[8:0]	シリアル送信データ シリアル送信データを設定します。 調歩同期式モード（マルチプロセッサモードを含む）およびクロック同期式モードにおいて、FIFO 選択時にのみ有効です。	W
9	MPBT	マルチプロセッサ送信ビットフラグ 送信フレーム中のマルチプロセッサビットを設定します。調歩同期式モードにおいて、SMR.MP = 1 および FIFO 選択時にのみ有効です。調歩同期式モード（マルチプロセッサモードを含む）、クロック同期式モード、および FIFO 選択に対してのみ有効です。 0: データ送信サイクル 1: ID 送信サイクル	W
15:10	—	書く場合、1 としてください。	W

FTDRHL レジスタは、8 ビットの FTDRH レジスタと FTDRL レジスタからなる 16 ビットのレジスタです。FTDRH は FTDRHL[15:8] ビットに割り当てられ、FTDRHL と同じアドレスに割り付けられます。FTDRL は FTDRHL[7:0] ビットに割り当てられ、FTDRHL のアドレス+1 のアドレスに割り付けられます。

FTDRH と FTDRL は、シリアル送信データとマルチプロセッサ送信ビットを格納するための 16 段の FIFO レジスタを構成します。このレジスタは、調歩同期式モード（マルチプロセッサモードを含む）またはクロック同期式モードでのみ有効です。

SCI は、送信シフトレジスタ (TSR) に空きを検出すると、FTDRH レジスタと FTDRL レジスタに書き込まれたデータを TSR レジスタに転送し、シリアル送信を開始します。FTDRH と FTDRL に送信データが残っていない状態になるまで、連続シリアル送信が実行されます。FTDRHL レジスタが送信データでフルになると、次のデータを書き込むことはできません。新たに書き込みを試みても、そのデータは無視されます。CPU から FTDRH と FTDRL に書き込むことはできますが、読み出すことはできません。

FTDRH レジスタと FTDRL レジスタの両方に書き込む場合は、FTDRH から FTDRL の順に書いてください。

TDAT[8:0] ビット（シリアル送信データ）

TDAT[8:0] ビットは、シリアル送信データを設定します。調歩同期式モード（マルチプロセッサを含む）またはクロック同期式モードにおいて、FIFO 選択時にのみ有効です。

MPBT フラグ（マルチプロセッサ送信ビットフラグ）

MPBT フラグは、送信フレームのマルチプロセッサビットの値を指定します。FCR.FM = 1 の場合、SSR.MPBT ビットは無効です。

27.2.10 TSR : 送信シフトレジスタ

TSR レジスタは、シリアルデータを送信するためのシフトレジスタです。シリアルデータ送信を行う場合、SCI は最初、TDR、TDRHL、または送信 FIFO から TSR レジスタへ送信データを自動転送し、その後、そのデータを TXDn 端子に送出します。CPU から TSR レジスタに直接アクセスすることはできません。

27.2.11 SMR : 非スマートカードインタフェースモード用シリアルモードレジスタ (SCMR.SMIF = 0)

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
 SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x00

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	CM	CHR	PE	PM	STOP	MP	CKS[1:0]	

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	CKS[1:0]	クロック選択 0 0: PCLK クロック (n = 0) ^(注1) 0 1: PCLK/4 クロック (n = 1) ^(注1) 1 0: PCLK/16 クロック (n = 2) ^(注1) 1 1: PCLK/64 クロック (n = 3) ^(注1)	R/W ^(注4)
2	MP	マルチプロセッサモード 調歩同期式モードでのみ有効です。 0: マルチプロセッサ通信機能は無効 1: マルチプロセッサ通信機能は有効	R/W ^(注4)
3	STOP	ストップビット長 調歩同期式モードでのみ有効です。 0: 1ストップビット 1: 2ストップビット	R/W ^(注4)
4	PM	パリティモード PE ビット = 1 の場合にのみ有効です。 0: 偶数パリティ 1: 奇数パリティ	R/W ^(注4)
5	PE	パリティ許可 調歩同期式モードでのみ有効です。 0: 送信時パリティビットを付加しない 受信時パリティビットをチェックしない 1: 送信時パリティビットを付加する 受信時パリティビットをチェックする	R/W ^(注4)
6	CHR	キャラクタ長 調歩同期式モードでのみ有効です。 ^(注2) SCMR.CHR1 ビットと組み合わせて送受信キャラクタ長を選択します。 0: SCMR.CHR1 = 0: データ長 9 ビットで送受信 SCMR.CHR1 = 1: データ長 8 ビットで送受信 (初期値) 1: SCMR.CHR1 = 0: データ長 9 ビットで送受信 SCMR.CHR1 = 1: データ長 7 ビットで送受信 ^(注3)	R/W ^(注4)
7	CM	通信モード 0: 調歩同期式モード、または簡易 IIC モード 1: クロック同期式モード、または簡易 SPI モード	R/W ^(注4)

注 1. n は BRR レジスタの設定値を 10 進表記で示します。「27.2.20. BRR : ビットレートレジスタ」を参照してください。

注 2. 調歩同期式モード以外では、本ビットの設定は無効であり、データ長は 8 ビット固定です。

注 3. LSB ファースト固定となり、送信モードでは TDR レジスタの MSB (ビット[7]) は送信されません。

注 4. SCR.TE ビットと SCR.RE ビットが 0 (シリアル送信動作およびシリアル受信動作を禁止) の場合にのみ書き込み可能です。

SMR レジスタは、通信フォーマットと、内蔵ポーレートジェネレータのクロックソースを設定するためのレジスタです。

CKS[1:0]ビット (クロック選択)

CKS[1:0]ビットは内蔵ポーレートジェネレータのクロックソースを選択します。これらのビットの設定値とポーレートの関係については、「27.2.20. BRR : ビットレートレジスタ」を参照してください。

MP ビット (マルチプロセッサモード)

MP ビットは、マルチプロセッサ通信機能を有効または無効にします。マルチプロセッサモードでは、PE および PM ビットの設定は無効です。

STOP ビット (ストップビット長)

STOP ビットは、送信データのストップビット長を選択します。

受信時には、このビットの設定にかかわらず、受信したストップビットの 1 ビット目のみがチェックされます。2 ビット目が 0 の場合は、次の送信フレームのスタートビットと見なされます。

PM ビット (パリティモード)

PM ビットは、送受信時のパリティ (偶数パリティ/奇数パリティ) を選択します。マルチプロセッサモードでは、PM ビットの設定は無効です。

PE ビット (パリティ許可)

PE ビットが 1 のとき、送信時はパリティビットを付加し、受信時はパリティチェックを行います。マルチプロセッサフォーマットでは、PE ビットの設定にかかわらず、パリティビットの付加、チェックは行いません。

CHR ビット (キャラクタ長)

CHR ビットは、SCMR.CHR1 ビットと組み合わせて、送受信データのデータ長を選択します。調歩同期式モード以外では、データ長は 8 ビット固定です。

CM ビット (通信モード)

CM ビットは、通信モードを以下から選択します。

- 調歩同期式モード、または簡易 IIC モード
- クロック同期式モード、または簡易 SPI モード

27.2.12 SMR_SMCI : スマートカードインタフェースモード用シリアルモードレジスタ (SCMR.SMIF = 1)

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x00

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	GM	BLK	PE	PM	BCP[1:0]	CKS[1:0]
------------	----	-----	----	----	----------	----------

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	CKS[1:0]	クロック選択 0 0: PCLK クロック (n = 0) ^(注1) 0 1: PCLK/4 クロック (n = 1) ^(注1) 1 0: PCLK/16 クロック (n = 2) ^(注1) 1 1: PCLK/64 クロック (n = 3) ^(注1)	R/W ^(注2)
3:2	BCP[1:0]	基本クロックパルス SCMR.BCP2 ビットと組み合わせて基本クロックのサイクル数を選択します。表 27.4 に、SCMR.BCP2 ビットと SMR.BCP[1:0] ビットの組み合わせを示します。	R/W ^(注2)
4	PM	パリティモード PE ビット = 1 の場合にのみ有効です。 0: 偶数パリティ 1: 奇数パリティ	R/W ^(注2)
5	PE	パリティ許可 PE ビットが 1 のとき、送信時はパリティビットを付加し、受信時はパリティチェックを行います。スマートカードインタフェースモードでは、本ビットを 1 にしてください。	R/W ^(注2)

ビット	シンボル	機能	R/W
6	BLK	ブロック転送モード 0: 通常モードで動作します 1: ブロック転送モードで動作	R/W(注2)
7	GM	GSM モード 0: 通常モードで動作します 1: GSM モードで動作	R/W(注2)

注 1. n は BRR レジスタの設定値を 10 進表記で示します。「27.2.20. BRR: ビットレートレジスタ」を参照してください。

注 2. SCR_SMCI.TE ビットと SCR_SMCI.RE ビットが 0 (シリアル送信動作およびシリアル受信動作を禁止) の場合にのみ書き込み可能です。

SMR_SMCI レジスタは、通信フォーマットと、内蔵ボーレートジェネレータのクロックソースを設定するためのレジスタです。

CKS[1:0]ビット (クロック選択)

CKS[1:0]ビットは内蔵ボーレートジェネレータのクロックソースを選択します。これらのビットの設定値とボーレートの関係については、「27.2.20. BRR: ビットレートレジスタ」を参照してください。

BCP[1:0]ビット (基本クロックパルス)

BCP[1:0]ビットは、スマートカードインタフェースモードにおいて、1 ビット転送期間中の基本クロック数を選択します。SCMR.BCP2 ビットと組み合わせて設定します。

詳細は「27.7.4. 受信データサンプリングタイミングと受信マージン」を参照してください。

表 27.4 SCMR.BCP2 ビットと SMR_SMCI.BCP[1:0]ビットの組み合わせ

SCMR.BCP2 ビット	SMR_SMCI.BCP[1:0]ビット	1 ビット転送時間中の基本クロック数(注1)
0	00b ビット	93 クロック (S = 93)
0	01b ビット	128 クロック (S = 128)
0	10b ビット	186 クロック (S = 186)
0	11b ビット	512 クロック (S = 512)
1	00b ビット	32 クロック (S = 32) (初期値)
1	01b ビット	64 クロック (S = 64)
1	10b ビット	372 クロック (S = 372)
1	11b ビット	256 クロック (S = 256)

注 1. S は BRR レジスタの S の値を表します («27.2.20. BRR: ビットレートレジスタ」を参照してください)。

PM ビット (パリティモード)

PM ビットは、送受信時のパリティモード (偶数パリティ/奇数パリティ) を選択します。スマートカードインタフェースモードにおけるこのビットの使用方法については、「27.7.2. データフォーマット (ブロック転送モード時を除く)」を参照してください。

PE ビット (パリティ許可)

PE ビットを 1 にする。送信時はパリティビットを付加し、受信時はパリティチェックを行います。

BLK ビット (ブロック転送モード)

BLK ビットを 1 にすると、ブロック転送モードで動作します。詳細は「27.7.3. ブロック転送モード」を参照してください。

GM ビット (GSM モード)

GM ビットを 1 にすると、GSM モードで動作します。GSM モードでは、SSR_SMCI.TEND フラグのセットタイミングが、先頭ビットから 11.0ETU (ETU: Elementary Time Unit = 1 ビット転送時間) に繰り上げられ、クロック出力制御が追加されます。詳細は、「27.7.6. シリアルデータの送信 (ブロック転送モードを除く)」および「27.7.8. クロック出力制御」を参照してください。

27.2.13 SCR : 非スマートカードインタフェースモード用シリアルコントロールレジスタ (SCMR.SMIF = 0)

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
 SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x02

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	TIE	RIE	TE	RE	MPIE	TEIE	CKE[1:0]	

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	CKE[1:0]	クロック許可 0 0: 調歩同期式モードでは、入出力ポートの設定に基づき、SCKn 端子は入出力ポートとして使用できます。 クロック同期モードでは、SCKn 端子はクロック出力端子となります。 0 1: 調歩同期式モードでは、SCKn 端子からビットレートと同じ周波数のクロックを出力します。 クロック同期モードでは、SCKn 端子はクロック出力端子となります。 その他: 調歩同期式モードでは、SEMR.ABCS ビットが 0 の場合、SCKn 端子からビットレートの 16 倍の周波数のクロックを入力してください。SEMR.ABCS ビットが 1 の場合、8 倍の周波数のクロック信号を入力してください。 クロック同期モードでは、SCKn 端子はクロック入力端子となります。	R/W(注1)
2	TEIE	送信終了割り込み許可 0: SCIn_TEI 割り込み要求を禁止 1: SCIn_TEI 割り込み要求を許可	R/W
3	MPIE	マルチプロセッサ割り込み許可 調歩同期式モードで、SMR.MP ビット = 1 のとき有効です。 0: 通常の受信動作 1: マルチプロセッサビットが 0 のデータを受信した場合、そのデータは読み飛ばし、SSR レジスタの RDRF、ORER および FER の各ステータスフラグを 1 にすることはできません。また、MESR 内のステータスフラグ SYER、PFER、および SBER が無効になります。 マルチプロセッサビットが 1 のデータを受信した場合、MPIE ビットは自動的に 0 にクリアされ、通常の受信動作に戻ります。	R/W(注3)
4	RE	受信許可 0: シリアル受信動作を禁止 1: シリアル受信動作を許可	R/W(注2)
5	TE	送信許可 0: シリアル送信動作を禁止 1: シリアル送信動作を許可	R/W(注2)
6	RIE	受信割り込み許可 0: SCIn_RXI および SCIn_ERI 割り込み要求を禁止 1: SCIn_RXI および SCIn_ERI 割り込み要求を許可	R/W
7	TIE	送信割り込み許可 0: SCIn_TXI 割り込み要求を禁止 1: SCIn_TXI 割り込み要求を許可	R/W

注 1. TE ビット = 0 かつ RE ビット = 0 の場合にのみ書き込み可能です。

注 2. SMR.CM ビットが 1 のとき、TE ビット = 0 かつ RE ビット = 0 の場合にのみ 1 の書き込みが可能です。TE ビットまたは RE ビットを 1 にした後は、TE ビットと RE ビットには 0 の書き込みのみが可能です。SMR.CM ビットが 0、かつ SIMR1.IICM ビットが 0 の場合、任意のタイミングで書き込みが可能です。

注 3. マルチプロセッサモード (SMR.MP ビット = 1) では、このレジスタの MPIE ビット以外のビットに新しい値を書き込む場合、ビット操作命令を用いたときにリードモディファイライト命令によって MPIE ビットが誤って 1 になってしまうのを防ぐため、ストア命令を用いて MPIE ビットに 0 を書いてください。

SCR レジスタは、送受信の制御とクロックソース選択を行うためのレジスタです。

CKE[1:0]ビット (クロック許可)

CKE[1:0]ビットは、クロックソースと SCKn 端子機能を選択します。

TEIE ビット (送信終了割り込み許可)

TEIE ビットは、SCIn_TEI 割り込み要求を許可または禁止します。SCIn_TEI 割り込み要求を禁止にするには、TEIE ビットを 0 にしてください。

簡易 IIC モードでは、開始/再開/停止条件の発行完了時の割り込み (STIn 割り込み) に SCIn_TEI 割り込みが割り当てられます。この場合、TEIE ビットによって STI 割り込み要求を許可または禁止することが可能です。

MPIE ビット (マルチプロセッサ割り込み許可)

MPIE ビットを 1 にすると、マルチプロセッサビットが 0 のデータを受信した場合、そのデータは読み飛ばされて、SSR/SSR_FIFO レジスタの RDRF、ORER、FER、RDF、および DR の各ステータスフラグを 1 にすることはできません。マルチプロセッサビットが 1 のデータを受信した場合、MPIE ビットは自動的に 0 になり、通常の受信動作に戻ります。詳細は、「27.4. マルチプロセッサ通信機能」を参照してください。

SSR レジスタの MPB ビットが 0 のときは、RSR レジスタから RDR レジスタへ受信データは転送されず、受信エラーも検出されません。また、ORER および FER フラグを 1 にすることはできません。

MPB ビットが 1 であると、MPIE ビットは自動的に 0 に設定され、SCIn_RXI および SCIn_ERI 割り込み要求が許可されます (SCR.RIE ビットが 1 の場合)。また、ORER および FER フラグを 1 に設定できます。

マルチプロセッサ通信機能を使用しない場合、MPIE ビットを 0 にしてください。

RE ビット (受信許可)

RE ビットは、シリアル受信動作を許可または禁止します。RE ビットを 1 にすると、調歩同期式モードの場合はスタートビットを、クロック同期式モードの場合は同期クロック入力を検出することによって、シリアル受信を開始します。RE ビットを 1 にする前に、SMR レジスタに受信フォーマットを設定してください。

非 FIFO 動作では、RE ビットを 0 にして受信動作を停止させても、SSR レジスタの RDRF、ORER、FER、および PER の各フラグは影響を受けず、以前の値が保持されます。

FIFO 選択時は、RE ビットを 0 にして受信動作を停止させても、SSR_FIFO レジスタの RDF、ORER、FER、PER、および DR の各フラグは影響を受けず、以前の値が保持されます。

TE ビット (送信許可)

TE ビットはシリアル送信動作を許可または禁止します。

TE ビットを 1 にすると、TDR レジスタに送信データを書き込むことでシリアル送信を開始します。TE ビットを 1 にする前に、SMR レジスタに送信フォーマットを設定してください。

RIE ビット (受信割り込み許可)

RIE ビットは、SCIn_RXI および SCIn_ERI 割り込み要求を許可または禁止します。

RIE ビットを 0 にすると、SCIn_RXI および SCIn_ERI 割り込み要求が禁止されます。

SCIn_ERI 割り込み要求の解除は、SSR/SSR_FIFO レジスタの ORER、FER、または PER フラグから 1 を読み出した後に 0 にするか、RIE ビットを 0 にすることで行うことができます。

TIE ビット (送信割り込み許可)

TIE ビットは SCIn_TXI 割り込み要求を許可または禁止します。TIE ビットを 0 にすると、SCIn_TXI 割り込み要求が禁止されます。

注. FIFO モードで TIE ビット値を 0 から 1 に切り替えるには、TIE ビットと TE ビットを同時に 1 に設定するか、TE = 1 のときに TIE ビットを 1 に設定します。FIFO モードで TE = 0 の場合、TIE ビットを 1 に設定することは禁止されています。

27.2.14 SCR_SMCI : スマートカードインタフェースモード用シリアルコントロールレジスタ (SCMR.SMIF = 1)

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x02

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	TIE	RIE	TE	RE	MPIE	TEIE	CKE[1:0]	

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	CKE[1:0]	クロック許可 0 0: SMR_SMCI.GM = 0 の場合 : 出力禁止 SCKn 端子は、入出力ポートの設定でセットアップされている場合は入出力ポートとして使用できます。 SMR_SMCI.GM = 1 の場合 : 出力を Low に固定 0 1: SMR_SMCI.GM = 0 の場合 : 出力クロック SMR_SMCI.GM = 1 の場合 : 出力クロック 1 0: SMR_SMCI.GM = 0 の場合 : 設定禁止 SMR_SMCI.GM = 1 の場合 : 出力を High に固定 1 1: SMR_SMCI.GM = 0 の場合 : 設定禁止 SMR_SMCI.GM = 1 の場合 : 出力クロック	R/W(注1)
2	TEIE	送信終了割り込み許可 スマートカードインタフェースモードでは、このビットを 0 にしてください。	R/W
3	MPIE	マルチプロセッサ割り込み許可 スマートカードインタフェースモードでは、本ビットを 0 にしてください。	R/W
4	RE	受信許可 0: シリアル受信動作を禁止 1: シリアル受信動作を許可	R/W(注2)
5	TE	送信許可 0: シリアル送信動作を禁止 1: シリアル送信動作を許可	R/W(注2)
6	RIE	レシーブインタラプト許可 0: SCIn_RXI および SCIn_ERI 割り込み要求を禁止 1: SCIn_RXI および SCIn_ERI 割り込み要求を許可	R/W
7	TIE	送信割り込み許可 0: SCIn_TXI 割り込み要求を禁止 1: SCIn_TXI 割り込み要求を許可	R/W

注 1. TE ビット = 0 かつ RE ビット = 0 の場合にのみ書き込み可能です。

注 2. TE ビット = 0 かつ RE ビット = 0 の場合にのみ、1 の書き込みが可能です。TE ビットまたは RE ビットを 1 にした後は、TE ビットと RE ビットには 0 の書き込みのみが可能です。

SCR_SMCI レジスタは、送受信制御、割り込み制御、および送受信のクロックソース選択を行うためのレジスタです。

各割り込み要求については、「[27.11. 割り込み要因](#)」を参照してください。

CKE[1:0]ビット (クロック許可)

CKE[1:0]ビットは SCKn 端子からのクロック出力を制御します。GSM モードでは、クロック出力を動的に切り替えることが可能です。詳細は、「[27.7.8. クロック出力制御](#)」を参照してください。

TEIE ビット (送信終了割り込み許可)

スマートカードインタフェースモードでは、TEIE ビットを 0 にしてください。

MPIE ビット (マルチプロセッサ割り込み許可)

スマートカードインタフェースモードでは、MPIE ビットを 0 にしてください。

RE ビット (受信許可)

RE ビットはシリアル受信動作を許可または禁止します。RE ビットを 1 にすると、スタートビットを検出することでシリアル受信を開始します。RE ビットを 1 にする前に、SMR_SMCI レジスタに受信フォーマットを設定してください。

RE ビットを 0 にして受信動作を停止しても、SSR_SMCI レジスタの ORER、FER、および PER の各フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

TE ビット (送信許可)

TE ビットはシリアル送信動作を許可または禁止します。TE ビットを 1 にすると、TDR レジスタに送信データを書き込むことでシリアル送信を開始します。TE ビットを 1 にする前に、SMR_SMCI レジスタに送信フォーマットを設定してください。

RIE ビット (レシーブインタラプト許可)

RIE ビットは SCIn_RXI および SCIn_ERI 割り込み要求を許可または禁止します。

RIE ビットを 0 にすると、SCIn_RXI および SCIn_ERI 割り込み要求が禁止されます。

SCIn_ERI 割り込み要求の解除は、SSR_SMCI レジスタの ORER、FER、または PER フラグから 1 を読み出した後にフラグを 0 にするか、あるいは RIE ビットを 0 にすることで行うことができます。

TIE ビット (送信割り込み許可)

TIE ビットは SCIn_TXI 割り込み要求を許可または禁止します。TIE ビットを 0 にすると、SCIn_TXI 割り込み要求が禁止されます。

27.2.15 SSR : 非スマートカードインタフェースおよび非 FIFO モード用シリアルステータスレジスタ (SCMR.SMIF = 0、FCR.FM = 0、および MMR.MANEN = 0)

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x04

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	TDRE	RDRF	ORER	FER	PER	TEND	MPB	MPBT

Value after reset: 1 0 0 0 0 1 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	MPBT	マルチプロセッサビット転送 送信フレーム中のマルチプロセッサビットの値を設定します。 0: データ送信サイクル 1: ID 送信サイクル	R/W
1	MPB	マルチプロセッサ 受信フレーム中のマルチプロセッサビットの値 0: データ送信サイクル 1: ID 送信サイクル	R
2	TEND	送信終了フラグ 0: キャラクタを送信中 1: キャラクタを送信終了	R
3	PER	パリティエラーフラグ 0: パリティエラーの発生なし 1: パリティエラーの発生あり	R/(W) (注1)
4	FER	フレーミングエラーフラグ 0: フレーミングエラーの発生なし 1: フレーミングエラーの発生あり	R/(W) (注1)
5	ORER	オーバーランエラーフラグ 0: オーバーランエラーの発生なし 1: オーバーランエラーの発生あり	R/(W) (注1)

ビット	シンボル	機能	R/W
6	RDRF	受信データフルフラグ 0: RDR レジスタに受信データなし 1: RDR レジスタに受信データあり	R(/W) (注1)
7	TDRE	送信データエンプティフラグ 0: TDR レジスタに送信データあり 1: TDR レジスタに送信データなし	R(/W) (注1)

注 1. フラグをクリアするため、1 を読んだ後に 0 を書き込むことのみ可能です。

SSR レジスタは、SCI ステータスフラグと送受信マルチプロセッサビットを設定するためのレジスタです。

MPBT ビット (マルチプロセッサビット転送)

MPBT ビットは、送信フレームのマルチプロセッサビットの値を設定します。

MPB ビット (マルチプロセッサ)

MPB ビットは受信フレーム中のマルチプロセッサビットの値を格納します。SCR.RE ビットが 0 のときは変化しません。

TEND フラグ (送信終了フラグ)

TEND フラグは、送信が終了したことを示します。

[1 になる条件]

- SCR.TE ビットが 0 (シリアル送信動作を禁止)、かつ FCR.FM ビットが 0 (非 FIFO 選択時) のとき SCR.TE ビットが 1 のときは、TEND フラグは影響を受けず、1 の値を保持します
- 送信キャラクタの最後尾ビットの送信時、TDR レジスタが更新されないとき

[0 になる条件]

- SCR.TE ビットが 1 の状態で、TDR レジスタに送信データを書いたとき
- SCR.TE ビットが 1 の状態で、TDRE = 1 を読んだ後、TDRE に 0 を書いたとき

PER フラグ (パリティエラーフラグ)

PER フラグは調歩同期式モードでの受信時に、パリティエラーが発生して異常終了したことを示します。

[1 になる条件]

- 調歩同期式モードでの受信時に、アドレス一致検出機能が無効 (DCCR.DCME = 0) の状態で、パリティエラーが検出されたとき
パリティエラーが発生した場合、受信データは RDR レジスタへ転送されますが、SCI_{In}_RXI 割り込み要求は発生しません。PER フラグが 1 の状態では、以降の受信データは RDR レジスタへ転送されません。

[0 になる条件]

- PER = 1 を読んだ後、PER = 0 を書いたとき。PER フラグに 0 を書いた後は、PER フラグを読み出して、実際に 0 になっていることを確認してください。

SCR.RE ビットを 0 (シリアル受信動作を禁止) にしても、PER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

FER フラグ (フレーミングエラーフラグ)

FER フラグは、調歩同期式モードで、受信中にフレーミングエラーが発生して異常終了したことを示します。

[1 になる条件]

- 調歩同期式モードでの受信時に、アドレス一致検出機能が無効 (DCCR.DCME = 0) の状態で、ストップビットとして 0 がサンプリングされたとき
2 ストップビットモードでは、ストップビットの 1 ビット目のみがチェックされます。2 ビット目はチェックされません。フレーミングエラーが発生した場合、受信データは RDR レジスタへ転送されますが、SCI_{In}_RXI 割り込み要求は発生しません。FER フラグが 1 の状態では、以降の受信データは RDR レジスタへ転送されません。

[0 になる条件]

- FER = 1 を読んだ後、FER = 0 を書いたとき。FER フラグに 0 を書いた後は、FER フラグを読み出して、実際に 0 になっていることを確認してください。

SCR.RE ビットを 0 (シリアル受信動作を禁止) にしても、FER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

ORER フラグ (オーバーランエラーフラグ)

ORER フラグは受信時にオーバーランエラーが発生して異常終了したことを示します。

[1 になる条件]

- RDR レジスタからパリティエラーもフレーミングエラーもない受信データを読み出す前に、次のデータを受信したとき

オーバーランエラーが発生する前に受信したデータは RDR レジスタに保持されますが、発生後に受信したデータは失われます。ORER フラグが 1 の状態では、受信データは RDR レジスタへ転送されません。クロック同期式モードでは、シリアル送受信は停止します。

[0 になる条件]

- ORER = 1 を読んだ後、ORER = 0 を書いたとき。ORER フラグに 0 を書いた後は、ORER フラグを読み出して、実際に 0 になっていることを確認してください。

SCR.RE ビットを 0 (シリアル受信動作を禁止) にしても、ORER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

RDRF フラグ (受信データフルフラグ)

RDRF レジスタ内の受信データの有無を示します。

[1 になる条件]

- 受信が正常終了し、RSR レジスタから RDR レジスタへ受信データが転送されたとき

[0 になる条件]

- RDRF = 1 を読んだ後、RDRF = 0 を書いたとき
- RDR レジスタからデータを転送したとき

TDRE フラグ (送信データエンプティフラグ)

TDRE フラグは TDR レジスタ内の送信データの有無を示します。

[1 になる条件]

- SCR.TE ビットが 0 のとき
- TDR レジスタから TSR レジスタへデータが転送されたとき

[0 になる条件]

- TDRE = 1 を読んだ後、TDRE = 0 を書いたとき
- SCR.TE ビットが 1 の状態で、データを TDR レジスタに書き込んだとき

27.2.16 SSR_FIFO : 非スマートカードインタフェースおよび FIFO モード用シリアルステータスレジスタ (SCMR.SMIF = 0、FCR.FM = 1、および MMR.MANEN = 0)

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x04

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	TDRE	RDRF	ORER	FER	PER	TEND	—	DR

Value after reset: 1 0 0 0 0 0 x 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DR	受信データレディフラグ 0: 受信中であるか、または正常に受信を完了した後、FRDRHL に受信データが残っていない (受信 FIFO が空である) 1: FIFO に格納されているデータ数が受信トリガ数以下であるとき、正常に受信を完了した後、次の受信データが一定期間来ない	R/W ^(注1)
1	—	読み出し値は不定です。書く場合、1 としてください。	R/W
2	TEND	送信終了フラグ 0: キャラクタを送信中 1: キャラクタを送信終了	R/W ^(注1)
3	PER	パリティエラーフラグ 0: パリティエラーの発生なし 1: パリティエラーの発生あり	R/W ^(注1)
4	FER	フレーミングエラーフラグ 0: フレーミングエラーの発生なし 1: フレーミングエラーの発生あり	R/W ^(注1)
5	ORER	オーバーランエラーフラグ 0: オーバーランエラーの発生なし 1: オーバーランエラーの発生あり	R/W ^(注1)
6	RDF	受信 FIFO データフルフラグ 0: FRDRHL に書き込まれた受信データ量が指定された受信トリガ数より少ない 1: FRDRHL に書き込まれた受信データ量が指定された受信トリガ数以上である	R/W ^(注1)
7	TDFE	送信 FIFO データエンptyフラグ 0: FTDRHL に書き込まれた送信データ量が指定された送信トリガ数を超過している 1: FTDRHL に書き込まれた送信データ量が指定された送信トリガ数以下である	R/W ^(注1)

注 1. フラグをクリアするため、1 を読んだ後に 0 を書き込むことのみ可能です。

SSR_FIFO レジスタは、FIFO モード用のステータスフラグのためのレジスタです。

DR フラグ (受信データレディフラグ)

DR フラグは、受信 FIFO データレジスタ (FRDRHL) に格納されたデータ量が指定された受信トリガ数より少ないこと、および、調歩同期式モードにおいて最後のストップビットから 15ETU (Elementary Time Unit) 経過しても次のデータが受信されていないことを示します。本フラグは、調歩同期式モード (マルチプロセッサモードを含む) において、FIFO 選択時にのみ有効です。

クロック同期式モードでは、DR フラグは 1 になりません。

[1 になる条件]

- FRDRHL 内のデータ数が指定された受信トリガ数より少なく、最後のストップビットから 15ETU^(注1)経過しても次のデータが受信されておらず、かつ SSR_FIFO.FER および SSR_FIFO.PER フラグが 0 のとき

[0 になる条件]

- 受信データをすべて読み出した後、DR フラグから 1 を読み出したとき
- FCR.FM ビットが 0 から 1 に切り替わったとき

注 1. 15ETU は、8 ビットフォーマットで 1 ストップビットが選択されている場合の 1.5 フレーム分に相当します。

DR フラグは、調歩同期式モード (マルチプロセッサモードを含む) において、FIFO 選択時にのみ 1 になります。他の動作モードでは 1 になりません。

TEND フラグ (送信終了フラグ)

TEND フラグは、シリアルキャラクタの最後尾ビットの送信時に、FTDRHL レジスタに有効なデータがなく、送信が停止したことを示します。

[1 になる条件]

- 1 バイトのシリアル送信キャラクタの最後尾ビット送信時に、FTDRHL レジスタに送信データがないとき

[0 になる条件]

- SCR.TE ビットが 1 の状態で、FTDRHL レジスタ(注1)に送信データを書いたとき
- SCR.TE ビットが 1 の状態で、TEND から 1 を読み出した後、TEND に 0 を書き込んだとき
- FCR.FM ビットが 0 から 1 に切り替わったとき

注 1. SCI_n TXI 割り込み要求に応じて DTC が FTDRHL レジスタにデータを書き込む場合は、TEND ビットを送信終了フラグとして使用しないでください。

PER フラグ (パリティエラーフラグ)

PER フラグは、アドレス一致検出機能が無効 (DCCR.DCME = 0) のとき、調歩同期式モードで FRDRHL レジスタから読み出したデータにパリティエラーが存在するか否かを示します。

[1 になる条件]

- アドレス一致検出機能が無効 (DCCR.DCME = 0) の状態で、データ受信時にパリティエラーが検出されたとき

[0 になる条件]

- PER = 1 を読んだ後、PER = 0 を書いたとき

データ受信中にパリティエラーが発生しても、受信動作は継続し、受信データが FRDRHL レジスタに格納されます。

SCR.RE ビットを 0 (シリアル受信動作を禁止) にしても、PER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

FER フラグ (フレーミングエラーフラグ)

FER フラグは、アドレス一致検出機能が無効 (DCCR.DCME = 0) のとき、調歩同期式モードで FRDRHL レジスタから読み出したデータにフレーミングエラーが存在するか否かを示します。

[1 になる条件]

- アドレス一致検出機能が無効 (DCCR.DCME = 0) の状態で、受信時にストップビットとして 0 がサンプリングされたとき

[0 になる条件]

- FER = 1 を読んだ後、FER = 0 を書いたとき

データ受信中にフレーミングエラーが発生しても、受信動作は継続し、受信データが FRDRHL レジスタに格納されます。

SCR.RE ビットを 0 (シリアル受信動作を禁止) にしても、FER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

ORER フラグ (オーバーランエラーフラグ)

ORER フラグは、オーバーランエラーの発生が原因で受信動作が異常停止したことを示します。

[1 になる条件]

- 受信 FIFO が 16 バイトの受信データでフルになった状態で、次のシリアル受信を完了したとき

[0 になる条件]

- ORER = 1 を読んだ後、ORER = 0 を書いたとき

SCR.RE ビットを 0 (シリアル受信動作を禁止) にしても、ORER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

RDF フラグ (受信 FIFO データフルフラグ)

RDF フラグは、受信データが FRDRHL レジスタへ転送されて、FRDRHL 内のデータ量が指定された受信トリガ数と等しいか、または超えたことを示します。RTRG が 0 の場合は、受信 FIFO 内のデータ数が 0 であっても、RDF フラグは 1 になりません。

[1 になる条件]

- 指定された受信トリガ数以上の受信データ量が FRDRHL レジスタ(注1)に格納され、かつ FIFO が空状態ではないとき

[0 になる条件]

- RDF = 1 を読んだ後、RDF = 0 を書いたとき
- FRDRHL レジスタが DTC によって読み出されたとき (ブロック転送が最終送信の場合のみ)
- 1 になる条件と 0 になる条件が同時に発生したとき この場合、RDF フラグは 0 になります。その後、FRDRHL レジスタに格納されたデータ量が RTRG の値以上になると、1PCLK 後に RDF フラグは 1 になります。

注 1. FRDRHL は 16 段の FIFO レジスタであるため、RDF が 1 のときに読み出し可能な最大のデータ数は、指定された受信トリガ数と同等です。FRDRHL 内のデータをすべて読み出した後に、さらに読み出しを実行すると、不定値が読み出されます。

TDFE フラグ (送信 FIFO データエンptyフラグ)

TDFE フラグは、データが FTDRHL レジスタから TSR レジスタへ転送され、FTDRHL 内のデータ量が指定された送信トリガ数を下回り、FTDRHL への送信データの書き込みが可能になったことを示します。

[1 になる条件]

- SCR.TE ビットが 0 のとき
- FTDRHL に書き込まれた送信データ量が、指定された送信トリガ数以下であるとき(注1)

[0 になる条件]

- DTC が起動している状態で、最終送信に対する FTDRHL への書き込みが実行されたとき
- TDFE = 1 を読んだ後、TDFE フラグに 0 を書いたとき(注2)
TE = 0 のときは、1 になる条件が優先されます。1 になる条件と 0 になる条件が同時に発生した場合、TDFE フラグは 0 になります。その後、FTDRHL レジスタに格納されたデータ量が TTRG の値以下になると、1PCLK 後に TDFE フラグは 1 になります。

注 1. FTDRHL レジスタは 16 段の FIFO レジスタであるため、TDFE フラグが 1 のときに FTDRHL レジスタに書き込み可能なデータの最大バイト数は“16 - FDR.T[4:0]”になります。さらにデータを書き込んでも、そのデータは破棄されません。

注 2. DTC によるブロック転送処理中には、TDFE フラグをクリアしないでください。

27.2.17 SSR_SMCI : スマートカードインタフェースモード用シリアルステータスレジスタ (SCMR.SMIF = 1 かつ MMR.MANEN = 0)

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x04

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	TDRE	RDRF	ORER	ERS	PER	TEND	MPB	MPBT
Value after reset:	1	0	0	0	0	1	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	MPBT	マルチプロセッサビット転送 スマートカードインタフェースモードでは、本ビットを 0 にしてください。	R/W
1	MPB	マルチプロセッサ スマートカードインタフェースモードでは、本ビットを 0 にしてください。	R
2	TEND	送信終了フラグ 0: キャラクタを送信中 1: キャラクタを送信終了	R
3	PER	パリティエラーフラグ 0: パリティエラーなし 1: パリティエラーの発生あり	R/W(注1)

ビット	シンボル	機能	R/W
4	ERS	エラーシグナルステータスフラグ 0: エラーシグナル Low 応答なし 1: エラーシグナル Low 応答あり	R/W(注1)
5	ORER	オーバーランエラーフラグ 0: オーバーランエラーの発生なし 1: オーバーランエラーの発生あり	R/W(注1)
6	RDRF	受信データフルフラグ 0: RDR レジスタに受信データなし 1: RDR レジスタに受信データあり	R/W(注1)
7	TDRE	送信データエンプティフラグ 0: TDR レジスタに送信データあり 1: TDR レジスタに送信データなし	R/W(注1)

注 1. フラグをクリアするため、1 を読んだ後に 0 を書き込むことのみ可能です。

SSR_SMCI レジスタは、スマートカードインタフェースモード用のステータスフラグのためのレジスタです。

TEND フラグ (送信終了フラグ)

受信側からエラー信号がなく、次の送信データが TDR レジスタに転送可能となったとき、TEND フラグは 1 になります。

[1 になる条件]

- SCR_SMCI.TE ビット = 0 (シリアル送信動作を禁止) のとき
SCR_SMCI.TE ビットを 0 から 1 に変更しても、TEND フラグは影響を受けず、1 の値を保持します。
- 1 バイトのデータを送信してから指定した期間が経過した後、ERS フラグが 0 で、TDR レジスタが更新されないとき

1 になるタイミングは、以下のように、レジスタの設定値によって決定されます。

- SMR_SMCI.GM = 0、SMR_SMCI.BLK = 0 のとき、送信開始から 12.5ETU 経過後
- SMR_SMCI.GM = 0、SMR_SMCI.BLK = 1 のとき、送信開始から 11.5ETU 経過後
- SMR_SMCI.GM = 1、SMR_SMCI.BLK = 0 のとき、送信開始から 11.0ETU 経過後
- SMR_SMCI.GM = 1、SMR_SMCI.BLK = 1 のとき、送信開始から 11.0ETU 経過後

[0 になる条件]

- SCR_SMCI.TE ビットが 1 の状態で、TDR レジスタに送信データを書いたとき
- SCR_SMCI.TE ビットが 1 の状態で、TDRE = 1 を読んだ後、TDRE に 0 を書いたとき

PER フラグ (パリティエラーフラグ)

PER フラグは調歩同期式モードでの受信時に、パリティエラーが発生して異常終了したことを示します。

[1 になる条件]

- 受信中にパリティエラーが検出されたとき。パリティエラーが発生した場合、受信データは RDR レジスタへ転送されますが、SCI_{In} RXI 割り込み要求は発生しません。PER フラグが 1 になった後は、以降の受信データは RDR レジスタへ転送されません。

[0 になる条件]

- PER = 1 を読んだ後、PER = 0 を書いたとき。PER フラグに 0 を書いた後は、フラグを読み出して、実際に 0 になっていることを確認してください。

SCR_SMCI.RE ビットを 0 (シリアル受信動作を禁止) にしても、PER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

ERS フラグ (エラーシグナルステータスフラグ)

[1 になる条件]

- エラーシグナル Low をサンプリングしたとき

[0 になる条件]

- ERS = 1 を読んだ後、ERS = 0 を書いたとき

ORER フラグ (オーバーランエラーフラグ)

ORER フラグは受信時にオーバーランエラーが発生して異常終了したことを示します。

[1 になる条件]

- RDR レジスタからパリティエラーのない受信データを読み出す前に、次のデータを受信したとき。オーバーランエラーが発生する前に受信したデータは RDR レジスタに保持されますが、発生後に受信したデータは失われます。ORER フラグが 1 の状態では、受信データは RDR レジスタへ転送されません。

[0 になる条件]

- ORER = 1 を読んだ後、ORER = 0 を書いたとき。ORER フラグに 0 を書いた後は、フラグを読み出して、実際に 0 になっていることを確認してください。

SCR_SMCI.RE ビットを 0 にしても、ORER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

RDRF フラグ (受信データフルフラグ)

RDRF レジスタ内の受信データの有無を示します。

[1 になる条件]

- 受信が正常終了し、RSR レジスタから RDR レジスタへ受信データが転送されたとき

[0 になる条件]

- RDRF = 1 を読んだ後、RDRF = 0 を書いたとき
- RDR レジスタからデータを転送したとき

TDRE フラグ (送信データエンプティフラグ)

TDRE フラグは TDR レジスタ内の送信データの有無を示します。

[1 になる条件]

- SCR_SMCI.TE ビットが 0 のとき
- TDR レジスタから TSR レジスタへデータが転送されたとき

[0 になる条件]

- TDRE = 1 を読んだ後、TDRE = 0 を書いたとき
- SCR_SMCI.TE ビットが 1 の状態でデータを TDR レジスタに書き込んだとき

27.2.18 SSR_MANC : マンチェスタモード用シリアルステータスレジスタ (SCMR.SMIF = 0 かつ MMR.MANEN = 1)

Base address: SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x04

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	TDRE	RDRF	ORER	FER	PER	TEND	MPB	MER
Value after reset:	1	0	0	0	0	1	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	MER	マンチェスタエラーフラグ マンチェスタモードでのみ有効 0: マンチェスタエラーの発生なし 1: マンチェスタエラーの発生あり	R/(W) (注1)

ビット	シンボル	機能	R/W
1	MPB	マルチプロセッサ 受信フレーム中のマルチプロセッサビットの値 0: データ送信サイクル 1: ID 送信サイクル	R
2	TEND	送信終了フラグ 0: キャラクタを送信中 1: キャラクタを送信終了	R
3	PER	パリティエラーフラグ 0: パリティエラーの発生なし 1: パリティエラーの発生あり	R/(W) (注1)
4	FER	フレーミングエラーフラグ 0: フレーミングエラーの発生なし 1: フレーミングエラーの発生あり	R/(W) (注1)
5	ORER	オーバーランエラーフラグ 0: オーバーランエラーの発生なし 1: オーバーランエラーの発生あり	R/(W) (注1)
6	RDRF	受信データフルフラグ 0: RDR レジスタに受信データなし 1: RDR レジスタに受信データあり	R/(W) (注1)
7	TDRE	送信データエンプティフラグ 0: TDR レジスタに送信データあり 1: TDR レジスタに送信データなし	R/(W) (注1)

注 1. フラグが 1 になっていることを確認した (読み出した) 後、フラグをクリアするために 0 のみ書き込みが可能です。

SSR は SCI のステータスフラグと受信マルチプロセッサビット内に構成されます。

MER フラグ (マンチェスタエラーフラグ)

マンチェスタモードでデータを受信すると、マンチェスタエラーが検出され表示されます。

[1 になる条件]

- マンチェスタモードでの受信中に、受信フレームのデータ領域でマンチェスタコードエラーを検出したとき。エラー発生時は受信データが RDR レジスタに転送されますが、RXI 割り込み要求は発生せず、ERI 割り込み要求が発生します。
マンチェスタエラーフラグが 1 の状態では、以降の受信データは RDR レジスタへ転送されません。
マンチェスタエラーの詳細については、「[27.5.11. マンチェスタモードにおけるエラー](#)」を参照してください。

[0 になる条件]

- MER から 1 を読んだ後、MER に 0 を書いたとき (0 を書いた後は、MER ビットを読んで実際に 0 になっていることを確認してください)
SCR.RE ビットを 0 (シリアル受信動作を禁止) にしても、MER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

MPB フラグ (マルチプロセッサ)

受信フレーム中のマルチプロセッサビットの値を格納します。SCR.RE ビットが 0 のときは変化しません。

TEND フラグ (送信終了フラグ)

送信が終了したことを示します。

[1 になる条件]

- SCR.TE ビットが 0 (シリアル送信動作を禁止)、かつ FCR.FM ビットが 0 (非 FIFO 選択時) のとき
SCR.TE ビットを 0 から 1 に変更しても、TEND フラグは影響を受けず、1 の値を保持します。
- 送信キャラクタの最後尾ビットの送信時、TDR レジスタが更新されていないとき

[0 になる条件]

- SCR.TE ビットが 1 の状態で、TDR レジスタに送信データを書いたとき
- SCR.TE ビットが 1 の状態で、TDRE = 1 を読んだ後、TDRE に 0 を書いたとき

PER フラグ (パリティエラーフラグ)

調歩同期式モードでの受信時に、パリティエラーが発生して異常終了したことを示します。

[1 になる条件]

- 調歩同期式モードでの受信時に、アドレス一致検出機能が無効 (DCCR.DCME = 0) の状態で、パリティエラーが検出されたとき
パリティエラーが発生したときの受信データは RDR レジスタへ転送されますが、RXI 割り込み要求は発生しません。なお、PER フラグが 1 の状態では、以降の受信データは RDR レジスタへ転送されません。

[0 になる条件]

- PER フラグから 1 を読んだ後、PER フラグに 0 を書いたとき (0 を書いた後は、PER フラグを読んで実際に 0 になっていることを確認してください)

SCR.RE ビットを 0 (シリアル受信動作を禁止) にしても、PER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

FER フラグ (フレーミングエラーフラグ)

調歩同期式モードで受信時にフレーミングエラーが発生して異常終了したことを表示します。

[1 になる条件]

- 調歩同期式モードでの受信時に、アドレス一致検出機能が無効 (DCCR.DCME = 0) の状態で、ストップビットとして 0 がサンプリングされたとき
2 ストップビットモードでは、ストップビットの 1 ビット目のみが 1 であるかチェックされ、2 ビット目はチェックされません。なお、フレーミングエラーが発生したときの受信データは RDR レジスタへ転送されますが、RXI 割り込み要求は発生しません。さらに、FER フラグが 1 にされた状態では、以降の受信データは RDR レジスタに転送されません。

[0 になる条件]

- FER から 1 を読んだ後、FER に 0 を書いたとき (0 を書いた後は、FER ビットを読んで実際に 0 になっていることを確認してください)

SCR.RE ビットを 0 にしても、FER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

ORER フラグ (オーバーランエラーフラグ)

受信時にオーバーランエラーが発生して異常終了したことを示します。

[1 になる条件]

- RDR レジスタから受信エラーのない受信データを読み出す前に次のデータを受信したとき
RDR レジスタは、オーバーランエラーが発生する前の受信データを保持しますが、後から受信したデータは失われます。ORER フラグが 1 の状態では、受信データは RDR レジスタへ転送されません。なお、クロック同期式モードでは、シリアル送受信は停止します。

[0 になる条件]

- ORER フラグから 1 を読んだ後、ORER フラグに 0 を書いたとき (0 を書いた後は、ORER フラグを読んで実際に 0 になっていることを確認してください)

SCR.RE ビットを 0 にしても、ORER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

RDRF フラグ (受信データフルフラグ)

RDR レジスタ内の受信データの有無を示します。

[1 になる条件]

- 受信が正常終了し、RSR レジスタから RDR レジスタへ受信データが転送されたとき

[0 になる条件]

- 1 を読み出した後に、0 を書き込んだとき
- RDR レジスタからデータを読み出したとき

TDRE フラグ (送信データエンプティフラグ)

TDR レジスタ内の送信データの有無を示します。

[1 になる条件]

- SCR.TE ビットが 0 のとき
- TDR レジスタから TSR レジスタへデータが転送されたとき

[0 になる条件]

- 1 を読み出した後に、0 を書き込んだとき
- SCR.TE ビットが 1 の状態で、TDR レジスタへ書き込んだとき

注. 通信が中断されない限り、RDRF と TDRE は SSR レジスタを使用してクリアしないでください。

27.2.19 SCMR : スマートカードモードレジスタ

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x06

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	BCP2	—	—	CHR1	SDIR	SINV	—	SMIF
Value after reset:	1	1	1	1	0	0	1	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SMIF	スマートカードインタフェースモード選択 0: 非スマートカードインタフェースモード (調歩同期式モード、クロック同期式モード、簡易 SPI モード、または簡易 IIC モード) 1: スマートカードインタフェースモード	R/W(注1)
1	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
2	SINV	送受信データ反転 簡易 IIC モードで動作させる場合は、SINV ビットを 0 にしてください。 通信端子 (RXD, TXD) のレベルは、本ビットと SPTR.TINV/RINV ビットの組み合わせにより制御されます。詳細は、 図 27.2 を参照してください。 SINV ビットは以下のモードで使用可能です。 ● スマートカードインタフェースモード ● 調歩同期式モード (マルチプロセッサモードを含む) ● クロック同期式モード ● 簡易 SPI モード 0: TDR レジスタの内容をそのまま送信。受信データをそのまま RDR レジスタに格納。 1: TDR レジスタの内容を反転して送信。受信データを反転して RDR レジスタに格納	R/W(注1)
3	SDIR	送受信データ転送方向 簡易 IIC モードで動作させる場合は、SDIR ビットを 1 にしてください。 SDIR ビットは以下のモードで使用可能です。 ● スマートカードインタフェースモード ● 調歩同期式モード (マルチプロセッサモードを含む) ● クロック同期式モード ● 簡易 SPI モード 0: LSB ファースト転送 1: MSB ファースト転送	R/W(注1)
4	CHR1	キャラクタ長 1 調歩同期式モードでのみ有効です。(注2) SMR.CHR ビットと組み合わせて送受信キャラクタ長を選択します。 0: SMR.CHR = 0 : データ長 9 ビットで送受信 SMR.CHR = 1 : データ長 9 ビットで送受信 1: SMR.CHR = 0 : データ長 8 ビットで送受信 (初期値) SMR.CHR = 1 : データ長 7 ビットで送受信(注3)	R/W(注1)

ビット	シンボル	機能	R/W
6:5	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
7	BCP2	基本クロックパルス 2 SMR_SMCI.BCP[1:0]ビットと組み合わせて基本クロックのサイクル数を選択します。 表 27.5 に、SCMR.BCP2 ビットと SMR_SMCI.BCP[1:0]ビットの組み合わせを示します。	R/W(注1)

注 1. SCR/SCR_SMCI レジスタの TE ビットと RE ビットが 0 (シリアル送信動作およびシリアル受信動作を禁止) の場合にのみ書き込み可能です。

注 2. 調歩同期式モード以外では、本ビットの設定は無効であり、データ長は 8 ビット固定となります。

注 3. LSB ファーストを選択する必要があります。TDR レジスタの MSB (ビット [7]) の値は送信されません。

SCMR レジスタは、スマートカードインタフェースと通信フォーマットを選択するためのレジスタです。

SMIF ビット (スマートカードインタフェースモード選択)

SMIF ビットを 1 にすると、スマートカードインタフェースモードが選択されます。本ビットを 0 にすると、下記のすべてのモードが選択されます。

- 調歩同期式モード (マルチプロセッサモードを含む)
- クロック同期式モード
- 簡易 SPI モード
- 簡易 IIC モード

SINV ビット (送受信データ反転)

SINV ビットは、送受信データのロジックレベルを反転します。本ビットは、パリティビットのロジックレベルには影響を与えません。パリティビットを反転させる場合は、SMR または SMR_SMCI レジスタの PM ビットを反転してください。

CHR1 ビット (キャラクタ長 1)

CHR1 ビットは、SMR レジスタの CHR ビットと組み合わせて、送受信データのデータ長を選択します。調歩同期式モード以外では、データ長は 8 ビット固定です。

BCP2 ビット (基本クロックパルス 2)

BCP2 ビットは、スマートカードインタフェースモードにおける、1 ビット転送時間中の基本クロックのサイクル数を選択します。SMR_SMCI.BCP[1:0]ビットと組み合わせて設定します。

表 27.5 SCMR.BCP2 ビットと SMR_SMCI.BCP[1:0]ビットの組み合わせ

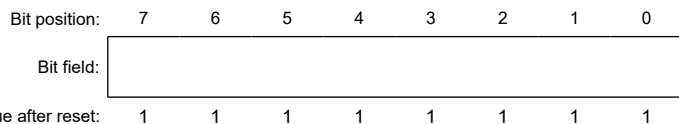
SCMR.BCP2 ビット	SMR_SMCI.BCP[1:0]ビット	1 ビット転送時間中の基本クロック数
0	00b	93 クロック (S = 93)(注1)
0	01b	128 クロック (S = 128)(注1)
0	10b	186 クロック (S = 186)(注1)
0	11b	512 クロック (S = 512)(注1)
1	00b	32 クロック (S = 32) (初期値) (注1)
1	01b	64 クロック (S = 64)(注1)
1	10b	372 クロック (S = 372)(注1)
1	11b	256 クロック (S = 256)(注1)

注 1. S は「27.2.20. BRR: ビットレートレジスタ」レジスタの S の値を表します。

27.2.20 BRR : ビットレートレジスタ

Base address: SCLn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
 SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x01



BRR レジスタは、ビットレートを調節するための 8 ビットのレジスタです。

SCI はチャンネルごとにボーレートジェネレータが独立しているため、それぞれ異なるビットレートの設定が可能です。表 27.6 に通常の調歩同期式モード、マルチプロセッサ通信、クロック同期式モード、スマートカードインタフェースモード、簡易 SPI モード、および簡易 IIC モードにおける、BRR レジスタの設定値 N とビットレート B の関係を示します。

BRR レジスタの初期値は 0xFF です。BRR レジスタは、CPU から読み出しは可能ですが、書き込みは SCR/SCR_SMCI レジスタの TE および RE ビットが 0 の場合にのみ可能です。

表 27.6 BRR レジスタの設定値 N とビットレート B の関係

モード	SEMR レジスタの設定			BRR レジスタの設定	誤差
	BGDM ビット	ABCS ビット	ABCS E ビット		
調歩同期式、マルチプロセッサ通信	0	0	0	$N = \frac{PCLK \times 10^6}{64 \times 2^{2n-1} \times B} - 1$	誤差 (%) = $\left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times 64 \times 2^{2n-1} \times (N+1)} - 1 \right\} \times 100$
	1	0	0	$N = \frac{PCLK \times 10^6}{32 \times 2^{2n-1} \times B} - 1$	誤差 (%) = $\left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times 32 \times 2^{2n-1} \times (N+1)} - 1 \right\} \times 100$
	0	1	0	$N = \frac{PCLK \times 10^6}{16 \times 2^{2n-1} \times B} - 1$	誤差 (%) = $\left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times 16 \times 2^{2n-1} \times (N+1)} - 1 \right\} \times 100$
	Don't care	Don't care	1	$N = \frac{PCLK \times 10^6}{12 \times 2^{2n-1} \times B} - 1$	誤差 (%) = $\left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times 12 \times 2^{2n-1} \times (N+1)} - 1 \right\} \times 100$
クロック同期式、簡易 SPI				$N = \frac{PCLK \times 10^6}{8 \times 2^{2n-1} \times B} - 1$	—
スマートカードインタフェース				$N = \frac{PCLK \times 10^6}{S \times 2^{2n+1} \times B} - 1$	誤差 (%) = $\left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times S \times 2^{2n+1} \times (N+1)} - 1 \right\} \times 100$
簡易 IIC ^(注1)				$N = \frac{PCLK \times 10^6}{64 \times 2^{2n-1} \times B} - 1$	—

注. B : ビットレート (bps)
 N : 内蔵ボーレートジェネレータの BRR の設定値 (0 ≤ N ≤ 255)
 PCLK : 動作周波数 (MHz)
 n および S : 表 27.8 および表 27.9 に示すように、SMR/SMR_SMCI レジスタと SCMR レジスタの設定値によって決まります。
 注 1. 簡易 IIC モードでは、SCLn 出力の High/Low 幅が I²C バス規格を満たすように、ビットレートを調節してください。

表 27.7 SCLn の High レベル幅と Low レベル幅の計算

モード	SCLn	算出式 (結果は秒単位)
IIC	High 幅 (min 値)	$(N + 1) \times 4 \times 2^{2n-1} \times 7 \times \frac{1}{PCLK \times 10^6}$
	Low 幅 (min 値)	$(N + 1) \times 4 \times 2^{2n-1} \times 8 \times \frac{1}{PCLK \times 10^6}$

表 27.8 クロックソースの設定

SMR または SMR_SMCI.CKS[1:0] ビットの設定値	クロックソース	n
CKS[1:0] ビット		
00b	PCLK クロック	0
01b	PCLK/4 クロック	1
10b	PCLK/16 クロック	2
11b	PCLK/64 クロック	3

表 27.9 スマートカードインタフェースモード時の基本クロックの設定

SCMR.BCP2 ビットの設定値	SMR_SMCI.BCP[1:0] ビットの設定値	1 ビット期間中の基本クロック数	S
BCP2 ビット	BCP[1:0] ビット		
0	00b	93 クロックサイクル	93
0	01b	128 クロックサイクル	128
0	10b	186 クロックサイクル	186
0	11b	512 クロックサイクル	512
1	00b	32 クロックサイクル	32
1	01b	64 クロックサイクル	64
1	10b	372 クロックサイクル	372
1	11b	256 クロックサイクル	256

通常の調歩同期式モードにおける、BRR レジスタ値 N の設定例を表 27.10 と表 27.11 に示します。各動作周波数において設定可能な最大ビットレートを表 27.12 に示します。また、スマートカードインタフェースモードにおける、BRR レジスタ値 N の設定例を表 27.16 に示します。

スマートカードインタフェースモードでは、1 ビット転送時間における基本クロックのサイクル数 S を選択できます。詳細は、「27.7.4. 受信データサンプリングタイミングと受信マージン」を参照してください。また、表 27.13 と表 27.15 に、外部クロック入力時の最大ビットレートを示します。

調歩同期式モードにおいて、シリアル拡張モードレジスタ (SEMR) の調歩同期基本クロック選択ビット (ABCS) またはボーレートジェネレータ倍速モード選択ビット (BGDM) のいずれか一方を 1 にした場合、ビットレートは表 27.17 に記載された値の 2 倍になります。両ビットとも 1 にした場合、ビットレートは記載値の 4 倍になります。

表 27.10 各ビットレートに対する BRR の設定例 (調歩同期式モード) (1) (1/2)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)														
	8			9.8304			10			12			12.288		
	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)
110	2	141	0.03	2	174	-0.26	2	177	-0.25	2	212	0.03	2	217	0.08
150	2	103	0.16	2	127	0.00	2	129	0.16	2	155	0.16	2	159	0.00
300	1	207	0.16	1	255	0.00	2	64	0.16	2	77	0.16	2	79	0.00
600	1	103	0.16	1	127	0.00	1	129	0.16	1	155	0.16	1	159	0.00
1200	0	207	0.16	0	255	0.00	1	64	0.16	1	77	0.16	1	79	0.00
2400	0	103	0.16	0	127	0.00	0	129	0.16	0	155	0.16	0	159	0.00
4800	0	51	0.16	0	63	0.00	0	64	0.16	0	77	0.16	0	79	0.00
9600	0	25	0.16	0	31	0.00	0	32	-1.36	0	38	0.16	0	39	0.00
19200	0	12	0.16	0	15	0.00	0	15	1.73	0	19	-2.34	0	19	0.00
31250	0	7	0.00	0	9	-1.70	0	9	0.00	0	11	0.00	0	11	2.40
38400	—	—	—	0	7	0.00	0	7	1.73	0	9	-2.34	0	9	0.00

表 27.10 各ビットレートに対する BRR の設定例 (調歩同期式モード) (1) (2/2)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)														
	14			16			17.2032			18			19.6608		
	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)
110	2	248	-0.17	3	70	0.03	3	75	0.48	3	79	-0.12	3	86	0.31
150	2	181	0.16	2	207	0.16	2	223	0.00	2	233	0.16	2	255	0.00
300	2	90	0.16	2	103	0.16	2	111	0.00	2	116	0.16	2	127	0.00
600	1	181	0.16	1	207	0.16	1	223	0.00	1	233	0.16	1	255	0.00
1200	1	90	0.16	1	103	0.16	1	111	0.00	1	116	0.16	1	127	0.00
2400	0	181	0.16	0	207	0.16	0	223	0.00	0	233	0.16	0	255	0.00
4800	0	90	0.16	0	103	0.16	0	111	0.00	0	116	0.16	0	127	0.00
9600	0	45	-0.93	0	51	0.16	0	55	0.00	0	58	-0.69	0	63	0.00
19200	0	22	-0.93	0	25	0.16	0	27	0.00	0	28	1.02	0	31	0.00
31250	0	13	0.00	0	15	0.00	0	16	1.20	0	17	0.00	0	19	-1.70
38400	—	—	—	0	12	0.16	0	13	0.00	0	14	-2.34	0	15	0.00

注. この例は、SEMR.ABCS = 0、SEMR.ABCSE = 0、および SEMR.BGDM = 0 の場合を示しています。
 ABCS ビットまたは BGDM ビットのいずれか一方を 1 にした場合は、ビットレートが 2 倍になります。
 ABCS = 1 かつ BGDM = 1 の場合は、ビットレートが 4 倍になります。

表 27.11 各ビットレートに対する BRR の設定例 (調歩同期式モード) (2) (1/3)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)														
	20			25			30			33			40		
	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)
110	3	88	-0.25	3	110	-0.02	3	132	0.13	3	145	0.33	3	177	-0.25
150	3	64	0.16	3	80	0.47	3	97	-0.35	3	106	0.39	3	129	0.16
300	2	129	0.16	2	162	-0.15	2	194	0.16	2	214	-0.07	3	64	0.16
600	2	64	0.16	2	80	0.47	2	97	-0.35	2	106	0.39	2	129	0.16
1200	1	129	0.16	1	162	-0.15	1	194	0.16	1	214	-0.07	2	64	0.16
2400	1	64	0.16	1	80	0.47	1	97	-0.35	1	106	0.39	1	129	0.16
4800	0	129	0.16	0	162	-0.15	0	194	0.16	0	214	-0.07	1	64	0.16
9600	0	64	0.16	0	80	0.47	0	97	-0.35	0	106	0.39	0	129	0.16
19200	0	32	-1.36	0	40	-0.76	0	48	-0.35	0	53	-0.54	0	64	0.16
31250	0	19	0.00	0	24	0.00	0	29	0.00	0	32	0.00	0	39	0.00
38400	0	15	1.73	0	19	1.73	0	23	1.73	0	26	-0.54	0	32	-1.36

表 27.11 各ビットレートに対する BRR の設定例 (調歩同期式モード) (2) (2/3)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)								
	50			60			100		
	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)
110	3	221	-0.02	—	—	—	3	255	—
150	3	162	-0.15	3	194	0.16	3	255	—
300	3	80	0.47	3	97	-0.35	3	162	-0.15
600	2	162	-0.15	3	48	-0.35	3	80	0.47
1200	2	80	0.47	2	97	-0.35	2	162	-0.15
2400	1	162	-0.15	2	48	-0.35	2	80	0.47
4800	1	80	0.47	1	97	-0.35	1	162	-0.15

表 27.11 各ビットレートに対する BRR の設定例 (調歩同期式モード) (2) (3/3)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)								
	50			60			100		
	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)
9600	0	162	-0.15	1	48	-0.35	1	80	0.47
19200	0	80	0.47	0	97	-0.35	0	162	-0.15
31250	0	49	0.00	0	59	0.00	1	24	0.00
38400	0	40	-0.76	0	48	-0.35	0	80	0.47

注. この例は、SEMR.ABCS = 0、SEMR.ABCSE = 0、および SEMR.BGDM = 0 の場合を示しています。
 ABCS ビットまたは BGDM ビットのいずれか一方を 1 にした場合は、ビットレートが 2 倍になります。
 ABCS = 1 かつ BGDM = 1 の場合は、ビットレートが 4 倍になります。

表 27.12 各動作周波数における最大ビットレート (調歩同期式モード) (1/2)

PCLK (MHz)	SEMR の設定					最大ビットレート (bps)	PCLK (MHz)	SEMR の設定					最大ビットレート (bps)
	BGDM ビット	ABCS ビット	ABCSE ビット	n	N			BGDM ビット	ABCS ビット	ABCSE ビット	n	N	
8	0	0	0	0	0	250,000	16	0	0	0	0	0	500,000
		1	0	0	0	500,000			1	0	0	0	1,000,000
	1	0	0	0	0	1,000,000		1	0	0	0	0	2,000,000
		1	0	0	0	1,333,333			1	0	0	0	2,666,666
9.8304	0	0	0	0	0	307,200	17.2032	0	0	0	0	0	537,600
		1	0	0	0	614,400			1	0	0	0	1,075,200
	1	0	0	0	0	1,228,800		1	0	0	0	0	2,150,400
		1	0	0	0	1,638,400			1	0	0	0	2,867,200
10	0	0	0	0	0	312,500	18	0	0	0	0	0	562,500
		1	0	0	0	625,000			1	0	0	0	1,125,000
	1	0	0	0	0	1,250,000		1	0	0	0	0	2,250,000
		1	0	0	0	1,666,666			1	0	0	0	3,000,000
12	0	0	0	0	0	375,000	19.6608	0	0	0	0	0	614,400
		1	0	0	0	750,000			1	0	0	0	1,228,800
	1	0	0	0	0	1,500,000		1	0	0	0	0	2,457,600
		1	0	0	0	2,000,000			1	0	0	0	3,276,800
12.288	0	0	0	0	0	384,000	20	0	0	0	0	0	625,000
		1	0	0	0	768,000			1	0	0	0	1,250,000
	1	0	0	0	0	1,536,000		1	0	0	0	0	2,500,000
		1	0	0	0	2,048,000			1	0	0	0	3,333,333

表 27.12 各動作周波数における最大ビットレート (調歩同期式モード) (2/2)

PCLK (MHz)	SEMR の設定					最大ビットレート (bps)	PCLK (MHz)	SEMR の設定					最大ビットレート (bps)
	BGDM ビット	ABCS ビット	ABCSE ビット	n	N			BGDM ビット	ABCS ビット	ABCSE ビット	n	N	
14	0	0	0	0	0	437,500	25	0	0	0	0	0	781,250
		1	0	0	0	875,000			1	0	0	0	1,562,500
	1	0	0	0	0	1,750,000		1	0	0	0	0	3,125,000
		1	0	0	0				1	0	0	0	
Don't care	Don't care	1	0	0	2,333,333	Don't care	Don't care	1	0	0	4,166,666		
30	0	0	0	0	0	937,500	50	0	0	0	0	0	1,562,500
		1	0	0	0	1,875,000			1	0	0	0	3,125,000
	1	0	0	0	0	3,750,000		1	0	0	0	0	6,250,000
		1	0	0	0				1	0	0	0	
Don't care	Don't care	1	0	0	5,000,000	Don't care	Don't care	1	0	0	8,333,333		
33	0	0	0	0	0	1,031,250	60	0	0	0	0	0	1,875,000
		1	0	0	0	2,062,500			1	0	0	0	3,750,000
	1	0	0	0	0	4,125,000		1	0	0	0	0	7,500,000
		1	0	0	0				1	0	0	0	
Don't care	Don't care	1	0	0	5,500,000	Don't care	Don't care	1	0	0	10,000,000		
40	0	0	0	0	0	1,250,000	100	0	0	0	0	0	3,125,000
		1	0	0	0	2,500,000			1	0	0	0	6,250,000
	1	0	0	0	0	5,000,000		1	0	0	0	0	12,500,000
		1	0	0	0				1	0	0	0	
Don't care	Don't care	1	0	0	6,666,666	Don't care	Don't care	1	0	0	16,666,666		

表 27.13 外部クロック入力時の最大ビットレート (調歩同期式モード) (1/2)

最大ビットレート (bps)			
PCLK (MHz)	外部入力クロック (MHz)	SEMR.ABCS ビット = 0	SEMR.ABCS ビット = 1
8	2.0000	125,000	250,000
9.8304	2.4576	153,600	307,200
10	2.5000	156,250	312,500
12	3.0000	187,500	375,000
12.288	3.0720	192,000	384,000
14	3.5000	218,750	437,500
16	4.0000	250,000	500,000
17.2032	4.3008	268,800	537,600
18	4.5000	281,250	562,500
19.6608	4.9152	307,200	614,400
20	5.0000	312,500	625,000
25	6.2500	390,625	781,250
30	7.5000	468,750	937,500
33	8.2500	515,625	1,031,250

表 27.13 外部クロック入力時の最大ビットレート (調歩同期式モード) (2/2)

最大ビットレート (bps)			
PCLK (MHz)	外部入力クロック (MHz)	SEMR.ABCS ビット = 0	SEMR.ABCS ビット = 1
40	10.0000	625,000	1,250,000
50	12.5000	781,250	1,562,500
60	15.0000	937,500	1,875,000
100	25.0000	1,562,500	3,125,000

表 27.14 各ビットレートに対する BRR の設定例 (クロック同期式モード、簡易 SPI モード)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)																					
	8		10		16		20		25		30		33		40		50		60		100	
	n	N	n	N	n	N	n	N	n	N	n	N	n	N	n	N	n	N	n	N	n	N
110																						
250	3	124	—	—	3	249																
500	2	249	—	—	3	124	—	—			3	233										
1 k	2	124	—	—	2	249	—	—	3	97	3	116	3	128	3	155	3	194	3	233		
2.5 k	1	199	1	249	2	99	2	124	2	155	2	187	2	205	2	249	3	77	3	93	3	155
5 k	1	99	1	124	1	199	1	249	2	77	2	93	2	102	2	124	2	155	3	46	3	77
10 k	0	199	0	249	1	99	1	124	1	155	1	187	1	205	1	249	2	77	2	93	3	38
25 k	0	79	0	99	0	159	0	199	0	249	1	74	1	82	1	99	1	124	1	149	1	249
50 k	0	39	0	49	0	79	0	99	0	124	0	149	0	164	1	49	1	61	1	74	1	124
100 k	0	19	0	24	0	39	0	49	0	62	0	74	0	82	0	99	0	124	0	149	0	249
250 k	0	7	0	9	0	15	0	19	0	24	0	29	0	32	0	39	0	49	0	59	1	24
500 k	0	3	0	4	0	7	0	9	—	—	0	14	—	—	0	19	0	24	0	29	0	49
1 M	0	1			0	3	0	4	—	—	—	—	—	—	0	9	—	—	0	14	0	24
2.5 M			0	0 (注1)			0	1	—	—	0	2	—	—	0	3	0	4	0	5	0	9
5 M							0	0 (注1)	—	—	—	—	—	—	0	1	—	—	0	2	0	4
7.5 M											0	0 (注1)							0	1		
10 M															0	0 (注1)						
15 M																			0	0 (注1)		

注: 空欄: 設定禁止

—: 設定可能ですが誤差が生じます。

注 1. 連続送受信はできません。1 フレームの送受信後、次のフレームの送受信を開始するまでに 1 ビット期間の間隔が空きます。すなわち、同期クロックの出力が 1 ビット期間停止します。そのため、1 フレーム (8 ビット) のデータ転送に 9 ビット分の時間がかかり、平均転送レートはビットレートの 8/9 倍になります。FIFO 選択時は、この設定 (BRR = 0x00 かつ SMR.CKS[1:0] = 00b) は利用できません。

表 27.15 外部クロック入力時の最大ビットレート (クロック同期式モード、簡易 SPI モード)

PCLK (MHz)	外部入力クロック (MHz)	最大ビットレート (Mbps)
8	1.3333	1.3333333
10	1.6667	1.6666667
12	2.0000	2.0000000
14	2.3333	2.3333333
16	2.6667	2.6666667
18	3.0000	3.0000000
20	3.3333	3.3333333
25	4.1667	4.1666667
30	5.0000	5.0000000
33	5.5000	5.5000000
40	6.6667	6.6666667
50	8.3333	8.3333333
60	10.0000	10.0000000
100	16.6667	16.6666667

表 27.16 各ビットレートに対する BRR の設定 (スマートカードインタフェースモード、n = 0、S = 372 の場合) (1/4)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)											
	7.1424			10.00			10.7136			13.00		
	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)
9600	0	0	0.00	0	1	30	0	1	25	0	1	8.99

表 27.16 各ビットレートに対する BRR の設定 (スマートカードインタフェースモード、n = 0、S = 372 の場合) (2/4)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)											
	14.2848			16.00			18.00			20.00		
	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)
9600	0	1	0.00	0	1	12.01	0	2	15.99	0	2	6.66

表 27.16 各ビットレートに対する BRR の設定 (スマートカードインタフェースモード、n = 0、S = 372 の場合) (3/4)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)											
	25.00			30.00			33.00			40.00		
	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)
9600	0	3	12.49	0	3	5.01	0	4	7.59	0	5	-6.66

表 27.16 各ビットレートに対する BRR の設定 (スマートカードインタフェースモード、n = 0、S = 372 の場合) (4/4)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)											
	50.00			60.00			100.00					
	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)			
9600	0	6	0.01	0	7	5.01	0	13	0.01			

表 27.17 各動作周波数における最大ビットレート (スマートカードインタフェースモード、S = 32 の場合) (1/2)

PCLK (MHz)	最大ビットレート (bps)	n	N
10.00	156,250	0	0
10.7136	167,400	0	0
13.00	203,125	0	0

表 27.17 各動作周波数における最大ビットレート (スマートカードインタフェースモード、S = 32 の場合) (2/2)

PCLK (MHz)	最大ビットレート (bps)	n	N
16.00	250,000	0	0
18.00	281,250	0	0
20.00	312,500	0	0
25.00	390,625	0	0
30.00	468,750	0	0
33.00	515,625	0	0
40.00	625,000	0	0
50.00	781,250	0	0
60.00	937,500	0	0
100.00	1,562,500	0	0

表 27.18 各ビットレートに対する BRR の設定例 (簡易 IIC モード) (1/4)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)														
	8			10			16			20			25		
	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)
10 k	0	24	0.0	0	31	-2.3	1	12	-3.8	1	15	-2.3	1	19	-2.3
25 k	0	9	0.0	0	12	-3.8	1	4	0.0	1	6	-10.7	1	7	-2.3
50 k	0	4	0.0	0	6	-10.7	1	2	-16.7	1	3	-21.9	1	3	-2.3
100 k	0	2	-16.7	0	3	-21.9	0	4	0.0	0	6	-10.7	1	1	-2.3
250 k	0	0	0.0	0	1	-37.5	0	1	0.0	0	2	-16.7	0	3	-21.9
350 k										0	1	-10.7	0	2	-25.6
400 k										0	1	-21.9	0	1	-2.3

表 27.18 各ビットレートに対する BRR の設定例 (簡易 IIC モード) (2/4)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)														
	30			33			40			50			60		
	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)
10 k	1	23	-2.3	1	25	-0.8	0	124	0.00	2	9	-2.3	1	46	-0.27
25 k	1	9	-6.3	1	10	-6.3	0	40	0.00	2	3	-2.3	0	74	0.00
50 k	1	4	-6.3	1	5	-14.1	0	24	0.00	2	1	-2.3	0	37	-1.32
100 k	1	2	-21.9	1	2	-14.1	0	12	-3.85	1	3	-2.3	0	18	-1.32
250 k	0	3	-6.3	0	4	-17.5	0	4	0.00	0	6	-10.7	0	7	-6.25
350 k	0	2	-10.7	0	2	-1.8	0	3	-10.71	0	4	-10.7	0	4	7.14
400 k	0	1	17.2	0	2	-14.1	0	2	4.17	0	3	-2.34	0	4	-6.25

表 27.18 各ビットレートに対する BRR の設定例 (簡易 IIC モード) (3/4)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)		
	100		
	n	N	誤差 (%)
10 k	1	77	0.16
25 k	0	124	0.00

表 27.18 各ビットレートに対する BRR の設定例 (簡易 IIC モード) (4/4)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)		
	100		
	n	N	誤差 (%)
50 k	0	62	-0.79
100 k	0	30	0.81
250 k	0	12	-3.85
350 k	0	8	-0.79
400 k	0	8	-13.19

表 27.19 複数のビットレート設定での SCL の High/Low 幅最小値 (簡易 IIC モード) (1/3)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)											
	8			10			16			20		
	n	N	SCL High/Low 幅最小値 (μs)	n	N	SCL High/Low 幅最小値 (μs)	n	N	SCL High/Low 幅最小値 (μs)	n	N	SCL High/Low 幅最小値 (μs)
10 k	0	24	43.75/50.00	0	31	44.80/51.20	1	12	45.5/52.00	1	15	44.80/51.20
25 k	0	9	17.50/20.00	0	12	18.2/20.80	1	4	17.50/20.00	1	6	19.60/22.40
50 k	0	4	8.75/10.00	0	6	9.80/11.20	1	2	10.50/12.00	1	3	11.20/12.80
100 k	0	2	5.25/6.00	0	3	5.60/6.40	0	4	4.37/5.00	0	6	4.90/5.60
250 k	0	0	1.75/2.00	0	1	2.80/3.20	0	1	1.75/2.00	0	2	2.10/2.40
350 k										0	1	1.40/1.60
400 k										0	1	1.40/1.60

表 27.19 複数のビットレート設定での SCL の High/Low 幅最小値 (簡易 IIC モード) (2/3)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)											
	25			30			33			40		
	n	N	SCL High/Low 幅最小値 (μs)	n	N	SCL High/Low 幅最小値 (μs)	n	N	SCL High/Low 幅最小値 (μs)	n	N	SCL High/Low 幅最小値 (μs)
10 k	1	19	44.80/51.20	1	23	44.80/51.20	1	25	44.12/50.42	1	32	46.20/52.80
25 k	1	7	17.92/20.48	1	9	18.66/21.33	1	10	18.66/21.33	1	12	18.20/20.80
50 k	1	3	8.96/10.24	1	4	9.33/10.66	1	5	10.18/11.63	1	6	9.80/11.20
100 k	1	1	4.48/5.12	1	2	5.60/6.40	1	2	5.09/5.81	0	13	4.90/5.60
250 k	0	3	2.24/2.56	0	3	1.86/2.13	0	4	2.12/2.42	0	4	1.75/2.00
350 k	0	2	1.68/1.92	0	2	1.40/1.60	0	2	1.27/1.45	0	3	1.40/1.60
400 k	0	1	1.12/1.28	0	1	0.93/1.07	0	2	1.27 /1.45	0	2	1.05/1.20

表 27.19 複数のビットレート設定での SCL の High/Low 幅最小値 (簡易 IIC モード) (3/3)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)								
	50			60			100		
	n	N	SCL High/Low 幅最小値 (μs)	n	N	SCL High/Low 幅最小値 (μs)	n	N	SCL High/Low 幅最小値 (μs)
10 k	2	9	44.80/51.20	1	46	44.80/51.20	0	0	43.68/49.92
25 k	2	3	17.92/20.48	0	74	17.50/20.00	0	0	17.50/20.00
50 k	2	1	8.96/10.24	0	37	8.87/10.13	0	0	8.82/10.08
100 k	1	3	4.48/5.12	0	18	4.43/5.07	0	0	4.34/4.96
250 k	0	6	1.96/2.24	0	7	1.87/2.13	0	0	1.82/2.08
350 k	0	4	1.40/1.60	0	4	1.17/1.33	0	0	1.26/1.44
400 k	0	3	1.12/1.28	0	4	1.17/1.33	0	0	1.26/1.44

27.2.21 MDDR : モジュレーションデューティレジスタ

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
 SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x12

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

--

Value after reset: 1 1 1 1 1 1 1 1

MDDR レジスタは、BRR レジスタで調節されたビットレートを補正するためのレジスタです。

SEMR.BRME ビットが 1 のとき、内蔵ポーレートジェネレータにより生成されるビットレートは、MDDR レジスタの設定に応じて均一に補正されます (M/256)。MDDR レジスタの設定値 M とビットレート B の関係を表 27.20 に示します。

MDDR レジスタの初期値は 0xFF です。本レジスタのビット[7]は 1 に固定されています。

MDDR レジスタは、CPU から読み出しは可能ですが、書き込みは SCR/SCR_SMCI レジスタの TE ビットと RE ビットが 0 の場合にのみ可能です。

表 27.20 ビットレートモジュレーション機能使用時の MDDR レジスタ設定値 M とビットレート B の関係

B : ビットレート (bps)

M : MDDR 設定 ($128 \leq MDDR \leq 256$)

N : ボーレートジェネレータの BRR の設定値 ($0 \leq N \leq 255$)

PCLK : 動作周波数 (MHz)

n および S : 「27.2.20. BRR : ビットレートレジスタ」の表 27.8 と表 27.9 に示すように、SMR/SMR_SMCI レジスタと SCMR レジスタの設定値によって決まります。

モード	SEMR レジスタの設定			BRR レジスタの設定	誤差
	BGDM ビット	ABCS ビット	ABCSE ビット		
調歩同期式マルチプロセッサ転送	0	0	0	$N = \frac{PCLK \times 10^6}{64 \times 2^{2n-1} \times \left(\frac{256}{M}\right) \times B} - 1$	誤差 (%) = $\left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times 64 \times 2^{2n-1} \times \left(\frac{256}{M}\right) \times (N+1)} - 1 \right\} \times 100$
	1	0	0	$N = \frac{PCLK \times 10^6}{32 \times 2^{2n-1} \times \left(\frac{256}{M}\right) \times B} - 1$	誤差 (%) = $\left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times 32 \times 2^{2n-1} \times \left(\frac{256}{M}\right) \times (N+1)} - 1 \right\} \times 100$
	0	1	0	$N = \frac{PCLK \times 10^6}{32 \times 2^{2n-1} \times \left(\frac{256}{M}\right) \times B} - 1$	誤差 (%) = $\left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times 32 \times 2^{2n-1} \times \left(\frac{256}{M}\right) \times (N+1)} - 1 \right\} \times 100$
	1	1	0	$N = \frac{PCLK \times 10^6}{16 \times 2^{2n-1} \times \left(\frac{256}{M}\right) \times B} - 1$	誤差 (%) = $\left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times 16 \times 2^{2n-1} \times \left(\frac{256}{M}\right) \times (N+1)} - 1 \right\} \times 100$
	Do n't care	Do n't care	1	$N = \frac{PCLK \times 10^6}{12 \times 2^{2n-1} \times \left(\frac{256}{M}\right) \times B} - 1$	誤差 (%) = $\left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times 12 \times 2^{2n-1} \times \left(\frac{256}{M}\right) \times (N+1)} - 1 \right\} \times 100$
クロック同期式、簡易 SPI(注1)				$N = \frac{PCLK \times 10^6}{8 \times 2^{2n-1} \times \left(\frac{256}{M}\right) \times B} - 1$	—
スマートカードインタフェース				$N = \frac{PCLK \times 10^6}{S \times 2^{2n+1} \times \left(\frac{256}{M}\right) \times B} - 1$	誤差 (%) = $\left\{ \frac{PCLK \times 10^6}{B \times S \times 2^{2n+1} \times \left(\frac{256}{M}\right) \times (N+1)} - 1 \right\} \times 100$
簡易 IIC(注2)				$N = \frac{PCLK \times 10^6}{64 \times 2^{2n-1} \times \left(\frac{256}{M}\right) \times B} - 1$	—

注 1. クロック同期式モードと、簡易 SPI モードの最高速設定 (SMR.CKS[1:0]ビット = 00b、SCR.CKE[1]ビット = 0、および BRR = 0) では、この機能を使用しないでください。

注 2. 簡易 IIC モードでは、SCLn 出力の High/Low 幅が IIC 規格を満たすように、ビットレートを調節してください。

通常の調歩同期式モードにおける、BRR レジスタ値 N と MDDR レジスタ値 M の設定例を表 27.21 と表 27.22 に示します。

表 27.21 各ビットレートに対する BRR と MDDR の設定例 (調歩同期式モード) (1) (1/3)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)														
	8					9.8304					16				
	n	N	M	BGDM ビット	誤差 (%)	n	N	M	BGDM ビット	誤差 (%)	n	N	M	BGDM ビット	誤差 (%)
38400	0	5	236	0	0.03	0	7	(256) (注1)	0	0.00	0	10	173	1	-0.01
57600	0	3	236	0	0.03	0	4	240	0	0.00	0	4	236	0	0.03
115200	0	1	236	0	0.03	0	1	192	0	0.00	0	4	236	1	0.03
230400	0	0	236	0	0.03	0	0	192	0	0.00	0	1	189	1	0.14
460800	0	0	236	1	0.03	0	0	192	1	0.00	0	0	189	1	0.14

表 27.21 各ビットレートに対する BRR と MDDR の設定例 (調歩同期式モード) (1) (2/3)

ビット レート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)														
	12					12.288					14				
	n	N	M	BGDM ビット	誤差 (%)	n	N	M	BGDM ビット	誤差 (%)	n	N	M	BGDM ビット	誤差 (%)
38400	0	8	236	0	0.03	0	9	(256) (注1)	0	0.00	0	16	191	1	0.00
57600	0	5	236	0	0.03	0	4	192	0	0.00	0	13	236	1	0.03
115200	0	2	236	0	0.03	0	4	192	1	0.00	0	6	236	1	0.03
230400	0	2	236	1	0.03	0	2	230	1	-0.17	0	2	202	1	-0.11
460800	0	0	157	1	-0.18	0	0	154	1	-0.26	0	0	135	1	0.14

表 27.21 各ビットレートに対する BRR と MDDR の設定例 (調歩同期式モード) (1) (3/3)

ビット レート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)														
	16					17.2032					18				
	n	N	M	BGDM ビット	誤差 (%)	n	N	M	BGDM ビット	誤差 (%)	n	N	M	BGDM ビット	誤差 (%)
38400	0	11	236	0	0.03	0	13	(256) (注1)	0	0.00	0	18	166	1	-0.01
57600	0	7	236	0	0.03	0	6	192	0	0.00	0	18	249	1	-0.01
115200	0	3	236	0	0.03	0	6	192	1	0.00	0	8	236	1	0.03
230400	0	1	236	0	0.03	0	3	219	1	-0.20	0	1	210	0	0.14
460800	0	1	236	1	0.03	0	1	219	1	-0.20	0	0	210	0	0.14

注 1. この例は、SEMR レジスタの ABCS ビットと ABCSE ビットが 0 の場合を示しています。SEMR.BRME = 0 (M = 256) の場合、ビットレートモジュレーション機能は無効になります。

表 27.22 各ビットレートに対する BRR と MDDR の設定例 (調歩同期式モード) (2) (1/3)

ビットレ ート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)														
	19.6608					20					25				
	n	N	M	BG DM ビット	誤差 (%)	n	N	M	BG DM ビット	誤差 (%)	n	N	M	BGDM ビット	誤差 (%)
38400	0	15	(256) (注1)	0	0.00	0	10	173	0	-0.01	0	11	151	0	0.00
57600	0	9	240	0	0.00	0	9	236	0	0.03	0	7	151	0	0.00
115200	0	4	240	0	0.00	0	4	236	0	0.03	0	3	151	0	0.00
230400	0	1	192	0	0.00	0	4	236	1	0.03	0	1	151	0	0.00
460800	0	0	192	0	0.00	0	0	189	0	0.14	0	0	151	0	0.00

表 27.22 各ビットレートに対する BRR と MDDR の設定例 (調歩同期式モード) (2) (2/3)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)														
	30					33					40				
	n	N	M	BGDM ビット	誤差 (%)	n	N	M	BGDM ビット	誤差 (%)	n	N	M	BGDM ビット	誤差 (%)
38400	0	36	194	1	0.01	0	14	143	0	0.01	0	21	173	0	-0.01
57600	0	10	173	0	-0.01	0	9	143	0	0.01	0	38	230	1	-0.01
115200	0	10	173	1	-0.01	0	4	143	0	0.01	0	9	236	0	0.03
230400	0	6	220	1	-0.09	0	4	143	1	0.01	0	4	236	0	0.03
460800	0	3	252	1	0.14	0	1	229	0	0.10	0	4	236	1	0.03

表 27.22 各ビットレートに対する BRR と MDDR の設定例 (調歩同期式モード) (2) (3/3)

ビットレート (bps)	動作周波数 PCLK (MHz)														
	50					60					120				
	n	N	M	BGDM ビット	誤差 (%)	n	N	M	BGDM ビット	誤差 (%)	n	N	M	BGDM ビット	誤差 (%)
38400	0	23	151	0	0.00	0	36	194	0	0.01	0	73	194	0	0.01
57600	0	15	151	0	0.00	0	21	173	0	-0.01	0	58	232	0	0.01
115200	0	7	151	0	0.00	0	10	173	0	-0.01	0	21	173	0	-0.01
230400	0	3	151	0	0.00	0	10	173	1	-0.01	0	10	173	0	-0.01
460800	0	1	151	0	0.00	0	6	220	1	-0.09	0	10	173	1	-0.09

注 1. この例は、SEMR レジスタの ABCS ビットと ABCSE ビットが 0 の場合を示しています。
SEMR.BRME = 0 (M = 256) の場合、ビットレートモジュレーション機能は無効になります。

27.2.22 SEMR : シリアル拡張モードレジスタ

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x07

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	RXDE SEL	BGDM	NFEN	ABCS	ABCS E	BRME	PADIS	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
1	PADIS	プリアンプ機能無効 調歩同期式モードでのみ有効 0: プリアンプ出力機能有効 1: プリアンプ出力機能無効 SCIn (n = 0, 3, 4, 9) 以外は予約ビットです。	R/W
2	BRME	ビットレートモジュレーション有効 0: ビットレートモジュレーション機能は無効 1: ビットレートモジュレーション機能は有効	R/W(注1)
3	ABCSE	調歩同期拡張基本クロック選択 1 調歩同期式モードにおいて、SCR.CKE[1] = 0 の場合にのみ有効です。 0: 1 ビット期間のクロックサイクル数は、SEMR レジスタの BGDM ビットと ABCS ビットの組み合わせにより決定 1: ボーレートは 1 ビット期間に対して基本クロックの 6 サイクル SCIn (n = 0, 3, 4, 9) 以外は予約ビットです。	R/W(注1)
4	ABCS	調歩同期基本クロック選択 調歩同期式モードでのみ有効 0: 1 ビット期間に対して基本クロックの 16 サイクルを選択 1: 1 ビット期間に対して基本クロックの 8 サイクルを選択	R/W(注1)
5	NFEN	デジタルノイズフィルタ機能有効 他のすべてのモードでは、NFEN ビットは 0 でなければなりません。 0: 調歩同期式モードの場合 RXDn 入力信号のノイズ除去機能は無効 簡易 I ² C モードの場合 SCLn と SDA _n の入力信号のノイズ除去機能は無効 1: 調歩同期式モードの場合 RXDn 入力信号のノイズ除去機能は有効 簡易 I ² C モードの場合 SCLn と SDA _n の入力信号のノイズ除去機能は有効	R/W(注1)
6	BGDM	ボーレートジェネレータ倍速モード選択 調歩同期式モードにおいて、SCR.CKE[1] = 0 の場合にのみ有効です 0: ボーレートジェネレータから通常の周波数のクロックを出力 1: ボーレートジェネレータから 2 倍の周波数のクロックを出力	R/W(注1)

ビット	シンボル	機能	R/W
7	RXDESEL	調歩同期スタートビットエッジ検出選択 調歩同期式モードでのみ有効です。 0: RXDn 端子入力の Low レベルでスタートビットを検出 1: RXDn 端子入力の立ち下がりがリッジでスタートビットを検出	R/W(注1)

注 1. SCR/SCR_SMCI レジスタの TE ビットと RE ビットが 0 (シリアル送信動作およびシリアル受信動作を禁止) の場合にのみ書き込み可能です。

SEMR レジスタは、調歩同期式モードにおいて、1 ビット期間のクロックソースを選択するためのレジスタです。

PADIS ビット (プリアンプル機能無効)

調歩同期式モードでは、プリアンプル機能の有効/無効を設定します。マンチェスタモードでは、プリアンプルは本ビットの設定に関係なく出力されません。

BRME ビット (ビットレートモジュレーション有効)

BRME ビットは、ビットレートモジュレーション機能を有効または無効にします。有効にすると、内蔵ボーレートジェネレータにより生成されるビットレートを均一に補正します。マンチェスタモードでは 0 にしてください。

ABCSE ビット (調歩同期拡張基本クロック選択 1)

ABCSE ビットは、1 ビット期間における基本クロックのパルス数を 6 に設定します。ボーレートジェネレータからは 2 倍の周波数のクロックが出力されます。バスクロック周波数を分周しているときにビットレートを 6 にする場合、本ビットを使用し、かつ SMR.CKS[1:0] = 00b、BRR = 0 に設定してください。

本ビットは、調歩同期式モード以外では 0 にしてください。調歩同期式モードにおいても、外部クロックを使っている場合は本ビットを 0 にしてください。

ABCS ビット (調歩同期基本クロック選択)

ABCS ビットは、1 ビット期間のクロックサイクル数を選択します。

調歩同期式モードおよびマンチェスタモード以外では 0 としてください。

NFEN ビット (デジタルノイズフィルタ機能有効)

NFEN ビットは、デジタルノイズフィルタ機能を有効または無効にします。

デジタルノイズフィルタ機能を有効にした場合：

- 調歩同期式モードでは、RXDn 入力信号のノイズを除去する。
- 簡易 I²C モードでは、SDAn 入力信号と SCLn 入力信号のノイズを除去する。

他のすべてのモードでは、NFEN ビットを 0 にして、デジタルノイズフィルタ機能を無効にしてください。デジタルノイズフィルタ機能を無効にすると、受信した信号がそのまま内部信号として転送されます。

BGDM ビット (ボーレートジェネレータ倍速モード選択)

BGDM ビットは、ボーレートジェネレータから出力する基本クロックの周波数を 2 倍にするかどうかを選択します。

BGDM ビットは、調歩同期式モード (SMR.CM ビット = 0) またはマンチェスタモード (MMR.MANEN ビット = 1) において、クロックソースに内蔵ボーレートジェネレータ (SCR.CKE[1] ビット = 0) を選択したとき有効です。外部クロック選択時 (SCR.CKE[1] ビット = 1)、0 にしてください。ボーレートジェネレータから出力されるクロックは基本クロックの生成に使用されます。BGDM ビットを 1 にすると、基本クロックの周期が 1/2 倍になり、ビットレートが 2 倍になります。

本ビットは、調歩同期式モードまたはマンチェスタモード以外では 0 にしてください。

RXDESEL ビット (調歩同期スタートビットエッジ検出選択)

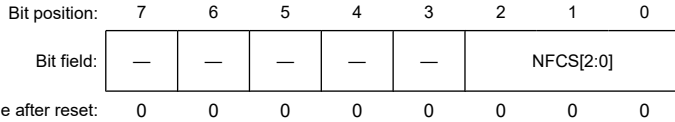
RXDESEL ビットは、調歩同期式モードで受信する場合のスタートビットの検出方法を選択します。本ビットの設定により、ブレイク時のデータ受信動作が異なります。ブレイク中に受信動作を停止させたい場合、またはブレイク終了後に RXDn 端子入力を 1 フレーム期間以上 High レベルに保持せずに受信を開始したい場合、本ビットを 1 にしてください。

このビットは、調歩同期式モード以外では 0 にしてください。

27.2.23 SNFR : ノイズフィルタ設定レジスタ

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
 SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x08



ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	NFCS[2:0]	ノイズフィルタクロック選択 調歩同期式モードの場合、基本クロックの標準設定を選択します。 簡易 I ² C モードの場合、SMR.CKS[1:0]ビットで選択した内蔵ポーレートジェネレータのクロックソースの標準設定を選択します。 0 0 0: 調歩同期式モードの場合：1分周のクロックをノイズフィルタに使用 簡易 I ² C モードの場合：設定禁止 0 0 1: 調歩同期式モードの場合：設定禁止 簡易 I ² C モードの場合：1分周のクロックをノイズフィルタに使用 0 1 0: 調歩同期式モードの場合：設定禁止 簡易 I ² C モードの場合：2分周のクロックをノイズフィルタに使用 0 1 1: 調歩同期式モードの場合：設定禁止 簡易 I ² C モードの場合：4分周のクロックをノイズフィルタに使用 1 0 0: 調歩同期式モードの場合：設定禁止 簡易 I ² C モードの場合：8分周のクロックをノイズフィルタに使用 その他: 設定禁止	R/W(注1)
7:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. SCR/SCR_SMCI レジスタの TE ビットと RE ビットが 0 (シリアル送信動作を禁止、かつ受信動作を禁止) の場合にのみ書き込み可能です。

SNFR レジスタは、デジタルノイズフィルタのクロックを設定するためのレジスタです。

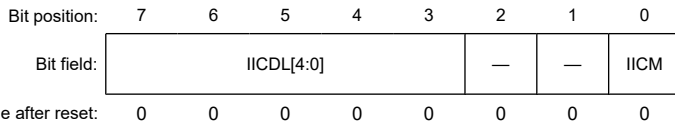
NFCS[2:0]ビット (ノイズフィルタクロック選択)

NFCS[2:0]ビットは、デジタルノイズフィルタのサンプリングクロックを選択します。調歩同期式モードでノイズフィルタを使用する場合、これらのビットを 000b にしてください。簡易 I²C モードで、SEMR レジスタの基本クロック選択ビットにおいて 32 個のクロックが 1 ビット期間として選択された場合、NFCS[2:0]ビットを 001b ~ 100b の範囲に設定してください。基本クロック選択ビットにおいて他の値が選択されている場合は、NFCS ビットを 001b に設定してください。

27.2.24 SIMR1 : IIC モードレジスタ 1

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
 SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x09



ビット	シンボル	機能	R/W
0	IICM	簡易 IIC モード選択 0: SCMR.SMIF = 0 : 調歩同期式モード、マルチプロセッサモード、クロック同期式モード、または簡易 SPI モード SCMR.SMIF = 1 : スマートカードインタフェースモード 1: SCMR.SMIF = 0 : 簡易 IIC モード SCMR.SMIF = 1 : 設定禁止	R/W(注1)
2:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
7:3	IICDL[4:0]	SDAn 遅延出力選択 SDAn 内蔵ポーレートジェネレータからのクロック信号のサイクル数で示す信号出力遅延です。 0x00: 出力遅延なし その他: (IICDL - 1) サイクル~(IICDL) サイクル	R/W ^(注1)

注 1. SCR.TE ビットと SCR.RE ビットが 0 (シリアル送信動作およびシリアル受信動作を禁止) の場合にのみ書き込み可能です。
SIMR1 レジスタは、簡易 IIC モードと、SDAn 出力の遅延段数を選択するためのレジスタです。

IICM ビット (簡易 IIC モード選択)

IICM ビットは、SCMR.SMIF ビットとの組み合わせで動作モードを選択します。

IICDL[4:0] ビット (SDAn 遅延出力選択)

IICDL[4:0] ビットは、SCLn 端子出力の立ち下がりに対する SDAn 端子出力の遅延を指定します。

内蔵ポーレートジェネレータからのクロック信号を基準として、「遅延なし」から 31 サイクルまでの範囲で設定が可能です。SMR.CKS[1:0] ビットの設定によって分周された PCLK クロックが、内蔵ポーレートジェネレータからのクロック信号として供給されます。簡易 IIC モード以外では、IICDL[4:0] ビットを 00000b に設定してください。簡易 IIC モードでは、これらのビットを 00001b~11111b の範囲で設定してください。

表 27.23 各通信モードで IICDL[4: 0] ビットに設定可能な値

通信モード	ABCS	IICDL[4:0] ビットに設定可能な値
簡易 IIC モード以外	Don't care	00000b
簡易 IIC モード	0	00001b~11111b
	1	00001b~00100b

27.2.25 SIMR2 : IIC モードレジスタ 2

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x0A

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	IICAC KT	—	—	—	IICCS C	IICINT M
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	IICINTM	IIC 割り込みモード選択 0: ACK/NACK 割り込みを使用 1: 受信割り込み、送信割り込みを使用	R/W ^(注1)
1	IICCS	クロック同期化 0: クロック信号と同期しない 1: クロック信号と同期する	R/W ^(注1)
4:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
5	IICACKT	ACK 送信データ 0: ACK 送信 1: NACK 送信または ACK/NACK 受信	R/W
7:6	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. SCR.RE ビットと SCR.TE ビットが 0 (シリアル受信動作およびシリアル送信動作を禁止) の場合にのみ書き込み可能です。
SIMR2 レジスタは、簡易 IIC モードにおいて、送受信の制御方法を選択するためのレジスタです。

IICINTM ビット (IIC 割り込みモード選択)

IICINTM ビットは、簡易 IIC モードにおいて、割り込み要求の要因を選択します。

IICCSC ビット (クロック同期化)

他のデバイスがウェイトを挿入したため SCLn 端子が Low になったとき、内部で生成する SCLn クロック信号を同期化する場合は、IICCSC ビットを 1 にしてください。

IICCSC ビットを 0 にすると、SCLn クロック信号の同期化を行いません。SCLn 端子の入力レベルにかかわらず、BRR レジスタで選択したビットレートに従って SCLn クロック信号を生成します。

デバッグ時を除いて、IICCSC ビットは 1 にしてください。

IICACKT ビット (ACK 送信データ)

送信データは ACK ビットを含みます。ACK/NACK ビット受信時は、IICACKT ビットを 1 にしてください。

27.2.26 SIMR3 : IIC モードレジスタ 3

Base address: SCLn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
SCLk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x0B

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	IICSCLS[1:0]		IICSDAS[1:0]		IICSTIF	IICSTPREQ	IICRSTAREQ	IICSTAREQ
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	IICSTAREQ	開始条件生成 0: 開始条件を生成しない 1: 開始条件を生成する(注1)(注3)(注5)(注6)	R/W
1	IICRSTAREQ	再開条件生成 0: 再開条件を生成しない 1: 再開条件を生成する(注2)(注3)(注5)(注6)	R/W
2	IICSTPREQ	停止条件生成 0: 停止条件を生成しない 1: 停止条件を生成する(注2)(注3)(注5)(注6)	R/W
3	IICSTIF	開始/再開/停止条件生成完了フラグ 0: 各条件の生成要求がない状態、または生成中の状態 1: 開始条件、再開条件、停止条件の生成が完了した状態 IICSTIF ビットに 0 を書くと、0 になります。(注4)	R/W(注4)
5:4	IICSDAS[1:0]	SDAn 出力選択 00: シリアルデータ出力 01: 開始条件、再開条件、または停止条件の生成 10: SDAn 端子には Low を出力 11: SDAn 端子はハイインピーダンス状態	R/W
7:6	IICSCLS[1:0]	SCLn 出力選択 00: シリアルクロック出力 01: 開始条件、再開条件、または停止条件の生成 10: SCLn 端子には Low を出力 11: SCLn 端子はハイインピーダンス状態	R/W

注 1. バスの状態を確認し、バスフリー状態のときにのみ開始条件を生成してください。

注 2. バスの状態を確認し、バスビジー状態のときに再開条件または停止条件を生成してください。

注 3. IICSTAREQ ビット、IICRSTAREQ ビット、IICSTPREQ ビットは、2 つ以上を 1 にしないでください。

注 4. 0 のみを書いてください。1 を書くと、その値は無視されます。

注 5. IICSTIF フラグを 0 にしてから、各条件生成を行ってください。

注 6. 1 の状態にあるとき、0 を書かないでください。このビットが 1 の状態にあるとき 0 を書くと、条件生成が中断します。

SIMR3 レジスタは、簡易 I²C モードの開始条件、再開条件、停止条件生成、および、SSDAn 端子、SSCLn 端子の出力値固定を制御するためのレジスタです。

IICSTAREQ ビット (開始条件生成)

開始条件の生成を行うときは、IICSTAREQ ビットを 1 にするとともに、IICSDAS[1:0]ビットと IICSCLS[1:0]ビットをそれぞれ 01b にしてください。

[1 になる条件]

- 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- 開始条件の生成が完了したとき

IICRSTAREQ ビット (再開条件生成)

再開条件の生成を行うときは、IICRSTAREQ ビットを 1 にするとともに、IICSDAS[1:0]ビットと IICSCLS[1:0]ビットをそれぞれ 01b にしてください。

[1 になる条件]

- 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- 再開条件の生成が完了したとき

IICSTPREQ ビット (停止条件生成)

停止条件の生成を行うときは、IICSTPREQ ビットを 1 にするとともに、IICSDAS[1:0]ビットと IICSCLS[1:0]ビットをそれぞれ 01b にしてください。

[1 になる条件]

- 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- 停止条件の生成が完了したとき

IICSTIF フラグ (開始/再開/停止条件生成完了フラグ)

IICSTIF フラグは、各条件の生成後に、生成が完了したことを示します。IICSTAREQ ビット、IICRSTAREQ ビット、または IICSTPREQ ビットを用いて各条件の生成を行うときは、IICSTIF フラグを 0 にしてから生成を実行してください。

SCR.TEIE ビットで割り込み要求が許可されているとき、IICSTIF フラグが 1 の場合に STI 要求が出力されます。

[1 になる条件]

- 開始条件、再開条件、停止条件の生成が完了したとき
1 になる条件が 0 になる条件と競合した場合は、0 になる条件が優先されます。

[0 になる条件]

- 0 を書いたとき。IICSTIF ビットに 0 を書いた後は、ビットを読み出して、実際に 0 になっていることを確認してください。
- SIMR1.IICM ビットに 0 を書いたとき (簡易 IIC モード以外の場合)
- SCR.TE ビットに 0 を書いたとき

IICSDAS[1:0]ビット (SDAn 出力選択)

IICSDAS[1:0]ビットは、SDAn 端子からの出力を制御します。通常動作時は、IICSDAS[1:0]ビットと IICSCLS[1:0]ビットは同じ値にしてください。

IICSCLS[1:0]ビット (SCLn 出力選択)

IICSCLS[1:0]ビットは、SCLn 端子からの出力を制御します。通常動作時は、IICSDAS[1:0]ビットと IICSCLS[1:0]ビットは同じ値にしてください。

27.2.27 SISR : IIC ステータスレジスタ

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
 SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x0C

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	IICAC KR

Value after reset: 0 0 x x 0 x 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	IICACKR	ACK 受信データフラグ 0: ACK 受信 1: NACK 受信	R
1	—	読むと 0 が読めます。	R
2	—	読み出し値は不定です。	R
3	—	読むと 0 が読めます。	R
5:4	—	読み出し値は不定です。	R
7:6	—	読むと 0 が読めます。	R

SISR レジスタは、簡易 IIC モードにおける状態をモニタするためのレジスタです。

IICACKR フラグ (ACK 受信データフラグ)

IICACKR フラグから、受信された ACK/NACK ビットを読み出すことができます。IICACKR フラグは、ACK/NACK ビット受信時の SCLn クロックの立ち上がりのタイミングで更新されます。

27.2.28 SPMR : SPI モードレジスタ

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
 SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x0D

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	CKPH	CKPOL	—	MFF	CTSP EN	MSS	CTSE	SSE

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SSE	SSn 端子機能有効 0: SSn 端子機能は無効 1: SSn 端子機能は有効	R/W(注1)
1	CTSE	CTS 有効 0: CTS 機能は無効 (RTS 出力機能は有効) 1: CTS 機能は有効	R/W(注1)
2	MSS	マスタスレーブ選択 0: TXDn 端子は送信、RXDn 端子は受信 (マスタモード) 1: TXDn 端子は受信、RXDn 端子は送信 (スレーブモード)	R/W(注1)
3	CTSPEN	CTS 外部端子許可 0: 1 つの端子で CTS 機能および RTS 機能を交互に使用するための設定 1: CTS 機能および RTS 機能をそれぞれ別の端子で専用に使用するための設定 SCIn (n = 0, 3, 4, 9) 以外は予約ビットです。	R/W
4	MFF	モードフォルトフラグ 0: モードフォルトエラーなし 1: モードフォルトエラーあり	R/W(注2)

ビット	シンボル	機能	R/W
5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6	CKPOL	クロック極性選択 0: クロック極性反転なし 1: クロック極性反転あり	R/W(注1)
7	CKPH	クロック位相選択 0: クロック遅延なし 1: クロック遅延あり	R/W(注1)

注 1. SCR.TE ビットと SCR.RE ビットが 0 (シリアル送信動作およびシリアル受信動作を禁止) の場合にのみ書き込み可能です。

注 2. フラグをクリアするための 0 書き込みのみ可能です。

SPMR レジスタは、調歩同期式モードおよびクロック同期式モードの拡張設定を選択するためのレジスタです。

SSE ビット (SSn 端子機能有効)

簡易 SPI モードで SSn 端子を用いて送受信制御を行うには、SSE ビットを 1 にしてください。他のすべてのモードでは 0 にしてください。簡易 SPI モードでは、マスタモード (SCR.CKE[1:0] = 00b および SPMR.MSS = 0) 選択時にシングルマスタが存在する場合は、送受信制御にマスタ側 SSn 端子は必要ありません。そのような場合は、SSE ビットを 0 にします。SSE ビットと CTSE ビットの両方を 1 にしないでください。両方を有効にした場合、これらのビットを 0 にしたときと同じ動作になります。

CTSE ビット (CTS 有効)

SSn 端子を CTS 制御信号入力として用いて送受信制御を行う場合、CTSE ビットを 1 にしてください。本ビットを 0 にした場合は RTS 信号が出力されます。スマートカードインタフェースモード、簡易 SPI モード、および簡易 IIC モードでは、本ビットを 0 にしてください。CTSE ビットと SSE ビットの両方を 1 にしないでください。両方を有効にした場合、これらのビットを 0 にしたときと同じ動作になります。

MSS ビット (マスタスレーブ選択)

MSS ビットは、簡易 SPI モードにおいて、マスタ動作またはスレーブ動作を選択します。本ビットを 1 にすると、TXDn 端子と RXDn 端子の機能が逆になり、データは TXDn 端子を介して受信され、RXDn 端子を介して送信されます。

簡易 SPI モード以外では 0 にしてください。

CTSPEN ビット (CTS 外部端子許可)

CTS 機能と RTS 機能の両機能使用時、端子の使用方法を選択します。

MFF フラグ (モードフォルトフラグ)

MFF フラグは、モードフォルトエラーが発生したことを示します。マルチマスタ構成では、本フラグを読み出すことでモードフォルトエラーの発生を判定できます。

[1 になる条件]

- 簡易 SPI モードでマスタモード (SSE ビット = 1 かつ MSS ビット = 0) の場合に、SSn 端子入力が Low になったとき

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき

CKPOL ビット (クロック極性選択)

CKPOL ビットは、SCKn 端子からのクロック信号出力の極性を選択します。詳細は、[図 27.96](#) を参照してください。簡易 SPI モードおよびクロック同期式モード以外のすべてのモードで、CKPOL ビットを 0 としてください。

CKPH ビット (クロック位相選択)

CKPH ビットは、SCKn 端子からのクロック信号出力の位相を選択します。詳細は、[図 27.96](#) を参照してください。簡易 SPI モードおよびクロック同期式モード以外のすべてのモードで、CKPH ビットを 0 としてください。

27.2.29 FCR : FIFO コントロールレジスタ

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
 SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x14

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	RSTRG[3:0]			RTRG[3:0]			TTRG[3:0]			DRES	TFRS T	RFRS T	FM			
Value after reset:	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	FM	FIFO モード選択 調歩同期式モード (マルチプロセッサモードを含む) またはクロック同期式モードでのみ有効です。 0: 非 FIFO モード。 通信には TDR/RDR または TDRHL/RDRHL レジスタが選択されます。 1: FIFO モード 通信には FTDRHL/FRDRHL レジスタが選択されます。	R/W(注1)
1	RFRST	受信 FIFO データレジスタリセット FCR.FM = 1 の場合にのみ有効です。 0: FRDRHL レジスタをリセットしない 1: FRDRHL レジスタをリセットする	R/W
2	TFRST	送信 FIFO データレジスタリセット FCR.FM = 1 の場合にのみ有効です。 0: FTDRHL レジスタをリセットしない 1: FTDRHL レジスタをリセットする	R/W
3	DRES	受信データレディエラー選択 受信データレディ検出時に要求する割り込みを選択します。 0: 受信データフル割り込み (SCIn_RXI) 1: 受信エラー割り込み (SCIn_ERI)	R/W
7:4	TTRG[3:0]	送信 FIFO データトリガ数 調歩同期式モード (マルチプロセッサモードを含む) またはクロック同期式モードでのみ有効です。 トリガ番号は、TTRG[3:0]ビットで指定されます。	R/W
11:8	RTRG[3:0]	受信 FIFO データトリガ数 調歩同期式モード (マルチプロセッサモードを含む) またはクロック同期式モードでのみ有効です。 トリガ番号は、RTRG[3:0]ビットで指定されます。	R/W
15:12	RSTRG[3:0]	RTS 出力アクティブトリガ数選択 調歩同期式モード (マルチプロセッサモードを含む) またはクロック同期式モードにおいて、FCR.FM = 1、SPMR.CTSE = 0、および SPMR.SSE = 0 の場合にのみ有効です。 トリガ番号は、RSTRG[3:0]ビットで指定されます。	R/W

注 1. TE ビット = 0、RE ビット = 0 の場合のみ書き込み可能です。

FCR レジスタは、FIFO モードの選択、FTDRHL レジスタと FRDRHL レジスタのリセット、送受信用 FIFO データトリガ数の選択、および RTS 出力アクティブトリガ数の選択を行います。

FM ビット (FIFO モード選択)

FM ビットを 1 にすると、通信には FTDRHL と FRDRHL が選択されます。FM ビットを 0 にすると、通信には TDR、RDR もしくは TDRHL、RDRHL が選択されます。

RFRST ビット (受信 FIFO データレジスタリセット)

RFRST ビットを 1 にすると、FRDRHL レジスタがリセットされ、受信データ数は 0 にリセットされます。1 を書いてから 1PCLK 経過後、RFRST ビットは 0 にクリアされます。

TFRST ビット (送信 FIFO データレジスタリセット)

TFRST ビットを 1 にすると、FTDRHL レジスタがリセットされ、送信データ数は 0 にリセットされます。1 を書いてから 1PCLK 経過後、TFRST ビットは 0 にクリアされます。

DRES ビット (受信データレディエラー選択)

受信データレディエラー検出時、SCIn_RXI 割り込み要求または SCIn_ERI 割り込み要求を選択できます。DTC または DMAC を開始して FRDRH レジスタと FRDRL レジスタを読み出すときは、DRES ビットを 1 にしてください。

TTRG[3:0]ビット (送信 FIFO データトリガ数)

FTDRHL レジスタ内の送信データ数が TTRG[3:0]ビットに指定された送信トリガ数以下の場合、TDFE フラグが 1 になり、ソフトウェアによる FTDRHL レジスタへのデータ書き込みが可能になります。SCR.TIE = 1 の場合は、SCIn_TXI 割り込み要求が発生します。

RTRG[3:0]ビット (受信 FIFO データトリガ数)

FRDRHL レジスタ内の受信データ数が RTRG[3:0]ビットに指定された受信トリガ数以上の場合、RDF フラグが 1 になり、ソフトウェアによる FRDRHL レジスタからのデータ読み出しが可能になります。SCR.RIE = 1 の場合は、SCIn_RXI 割り込み要求が発生します。

RTRG[3:0]ビットが 0 の場合は、受信 FIFO 内のデータ数が 0 であっても、RDF フラグはセットされず、SCIn_RXI 割り込み要求も発生しません。

RSTRG[3:0]ビット (RTS 出力アクティブトリガ数選択)

FRDRHL レジスタに格納された受信データ数が RSTRG[3:0]ビットに指定された受信トリガ数以上の場合、RTS 信号は High 状態になります。

RSTRG[3:0]ビットが 0 の場合は、FRDRHL レジスタのデータ数が 0 であっても、RTS 信号は High 状態になりません。

27.2.30 FDR : FIFO データ数レジスタ

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x16

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	T[4:0]				—	—	—	R[4:0]					
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
4:0	R[4:0]	受信 FIFO データ 調歩同期式モード (マルチプロセッサモードを含む) またはクロック同期式モードにおいて、FCR.FM = 1 の場合にのみ有効です。 FRDRHL レジスタに格納された受信データ量を示します。	R
7:5	—	読むと 0 が読めます。	R
12:8	T[4:0]	送信 FIFO データ数 調歩同期式モード (マルチプロセッサモードを含む) またはクロック同期式モードにおいて、FCR.FM = 1 の場合にのみ有効です。 FTDRHL レジスタに格納された未送信データ量を示します。	R
15:13	—	読むと 0 が読めます。	R

FDR レジスタは、FRDRHL/FTDRHL レジスタに格納されたデータ量を示します。

R[4:0]ビット (受信 FIFO データ)

R[4:0]ビットは、FRDRHL レジスタに格納された受信データ量を示します。値 0x00 は受信データがないことを意味します。また、値 0x10 は最大数の受信データが FRDRHL レジスタに格納されていることを意味します。

T[4:0]ビット (送信 FIFO データ数)

T[4:0]ビットは、FTDRHL レジスタに格納された未送信データ量を示します。値 0x00 は送信データがないことを意味します。また、値 0x10 は全送信データ (最大数) が FTDRHL レジスタに格納されていることを意味します。

27.2.31 LSR : ラインステータスレジスタ

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
 SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x18

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	PNUM[4:0]				—	FNUM[4:0]				—	ORER		
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	ORER	オーバーランエラーフラグ 調歩同期式モード（マルチプロセッサモードを含む）またはクロック同期式モードにおいて、FIFO 選択時にのみ有効です。 0: オーバーランエラーの発生なし 1: オーバーランエラーの発生あり	R(注1)
1	—	読むと 0 が読めます。	R
6:2	FNUM[4:0]	フレーミングエラー数 FRDRHL レジスタに格納された受信データ中の、フレーミングエラーのあるデータ数を示します。	R
7	—	読むと 0 が読めます。	R
12:8	PNUM[4:0]	パリティエラー数 FRDRHL レジスタに格納された受信データ中の、パリティエラーのあるデータ数を示します。	R
15:13	—	読むと 0 が読めます。	R

注 1. SSR_FIFO.ORER に 0 を書いて、フラグをクリアしてください。

LSR レジスタは受信エラー状況を示すレジスタです。

ORER フラグ（オーバーランエラーフラグ）

ORER フラグは、SSR_FIFO.ORER の値を反映します。

FNUM[4:0]ビット（フレーミングエラー数）

FNUM[4:0]ビットの値は、FRDRHL レジスタ中のフレーミングエラーのあるデータ数を示します。

PNUM[4:0]ビット（パリティエラー数）

PNUM[4:0]ビットの値は、FRDRHL レジスタ中のパリティエラーのあるデータ数を示します。

27.2.32 CDR : コンペアマッチデータレジスタ

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
 SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x1A

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	CMPD[8:0]								
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
8:0	CMPD[8:0]	コンペアマッチデータ アドレス一致ウェイクアップ機能用の比較データパターンを格納します。	R/W
15:9	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

CDR レジスタは、アドレス一致検出機能用の比較データを設定するためのレジスタです。

CMPD[8:0]ビット (コンペアマッチデータ)

CMPD[8:0]ビットは、アドレス一致検出機能が有効 (DCCR.DCME = 1) のとき、アドレス一致検出機能で受信データと比較するデータを設定します。

以下の3種類のビット長から選択できます。

- 7ビット長の CMPD[6:0]
- 8ビット長の CMPD[7:0]
- 9ビット長の CMPD[8:0]

27.2.33 DCCR : データコンペアマッチコントロールレジスタ

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x13

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	DCME	IDSEL	—	DFER	DPER	—	—	DCMF
Value after reset:	0	1	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	DCMF	データコンペアマッチフラグ 0: 不一致 1: 一致	R(/W) (注1)
2:1	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
3	DPER	データコンペアマッチパリティエラーフラグ 0: パリティエラーの発生なし 1: パリティエラーの発生あり	R(/W) (注1)
4	DFER	データコンペアマッチフレーミングエラーフラグ 0: フレーミングエラーの発生なし 1: フレーミングエラーの発生あり	R(/W) (注1)
5	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
6	IDSEL	ID フレーム選択 調歩同期式モード (マルチプロセッサモードを含む) でのみ有効です。 0: MPB ビット値とは無関係に、常にデータを比較する 1: MPB ビットが1 (ID フレーム) の場合にのみデータを比較する	R/W
7	DCME	データコンペアマッチ有効 調歩同期式モード (マルチプロセッサモードを含む) でのみ有効です。 0: アドレス一致検出機能は無効 1: アドレス一致検出機能は有効	R/W

注1. フラグをクリアするため、1を読んだ後に0を書き込むことのみ可能です。

DCCR レジスタは、アドレス一致検出機能を制御するためのレジスタです。

DCMF フラグ (データコンペアマッチフラグ)

DCMF フラグは、SCI が受信データと比較データ (CDR.CMPD) の一致を検出したことを示します。

[1 になる条件]

- DCCR.DCME = 1 の状態で、受信データが比較データ (CDR.CMPD) と一致したとき

[0 になる条件]

- DCMF から1を読んだ後、0を書いたとき

SCR.RE ビットを0にしても、DCMF フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

DPER フラグ (データコンペアマッチパリティエラーフラグ)

DPER フラグは、アドレス一致検出 (受信データの一致検出) 時に、パリティエラーが発生したことを示します。

[1 になる条件]

- アドレス一致が検出されたフレームでパリティエラーが検出されたとき

[0 になる条件]

- DPER から 1 を読んだ後、0 を書いたとき

SCR.RE ビットを 0 (シリアル受信動作を禁止) にしても、DPER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

DFER フラグ (データコンペアマッチフレーミングエラーフラグ)

DFER フラグは、アドレス一致検出 (受信データの一致検出) 時に、フレーミングエラーが発生したことを示します。

[1 になる条件]

- アドレス一致が検出されたフレームのストップビットが 0 のとき
2 ストップビットモードの場合、ストップビットの 1 ビット目のみが 1 であるかチェックされます (2 ビット目はチェックされません)。

[0 になる条件]

- DFER から 1 を読んだ後、0 を書いたとき

SCR.RE ビットを 0 (シリアル受信動作を禁止) にしても、DFER フラグは影響を受けず、以前の値を保持します。

IDSEL ビット (ID フレーム選択)

IDSEL ビットは、アドレス一致検出機能が有効な場合、MPB ビットの値とは無関係に比較を行うか、または SSR.MPB ビット = 1 (ID フレーム) の場合にのみ比較を行うかを選択します。

DCME ビット (データコンペアマッチ有効)

DCME ビットは、アドレス一致検出機能 (データコンペアマッチ機能) の有効/無効を選択します。

SCI によって受信データと比較データ (CDR.CMPD) の一致が検出された場合、DCME ビットは自動的にクリアされ、その後、SCI の動作モードは通常の実受信モードになります。「[27.3.6. アドレス一致 \(受信データ一致\) 検出機能](#)」を参照してください。

調歩同期式モード以外では、書き込み値は 0 にする必要があります。

27.2.34 SPTR : シリアルポートレジスタ

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x1C

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	ATEN	ASEN	TINV	RINV	—	SPB2 O	SPB2 DT	RXDM ON
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	RXDMON	シリアル入力データモニタ RXDn 端子の状態を示します。 0: RINV が 0 のとき、RXDn 端子は Low になる RINV が 1 のとき、RXDn 端子は High になる 1: RINV が 0 のとき、RXDn 端子は High になる RINV が 1 のとき、RXDn 端子は Low になる	R

ビット	シンボル	機能	R/W
1	SPB2DT	シリアルポートブレイクデータ選択 SCR.TE = 0 の場合、TXDn 端子の出力レベルを選択します。 0: TINV が 0 のとき、TXDn 端子は Low を出力する TINV が 1 のとき、TXDn 端子は High を出力する 1: TINV が 0 のとき、TXDn 端子は High を出力する TINV が 1 のとき、TXDn 端子は Low を出力する	R/W
2	SPB2IO	シリアルポートブレイク入出力 ^(注1) TXDn 端子へ SPB2DT の値を出力するか否かを選択します。 0: SPB2DT ビットの値を TXDn 端子に出力しない 1: SPB2DT ビットの値を TXDn 端子に出力する	R/W
3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	RINV	RXDn 反転 0: RXDn 端子からの受信データを反転せずに入力する ^(注2) 1: RXDn 端子からの受信データを反転して入力する	R/W ^(注3)
5	TINV	TXDn 反転 0: 送信データを反転せずに TXDn 端子に出力する ^(注2) 1: 送信データを反転し TXDn 端子に出力する	R/W ^(注3)
6	ASEN	受信サンプリングタイミング調節許可 (本ビットは内部クロックを使用して、調歩同期式モードで有効になります。) この機能で受信サンプリングタイミングを調節できます。 内部クロックを使用する調歩同期式モードの詳細については、「 27.3.10. 受信サンプリングタイミング調節機能 (調歩同期式モード) 」を参照してください。 0: サンプリングタイミング調節を禁止 1: サンプリングタイミング調節を許可	R/W ^(注3)
7	ATEN	送信タイミング調節許可 (本ビットは内部クロックを使用して、調歩同期式モードで有効になります。) この機能で TXDn 波形の送信エッジを調節できます。詳細は、「 27.3.11. 送信タイミング調節機能 (調歩同期式モード) 」を参照してください。 0: 送信タイミング調節を禁止 1: 送信タイミング調節を許可	R/W ^(注3)

注 1. 本ビットを調歩同期式モードおよびマンチェスタモードで使用してください。他のモードでの動作は保証されません。

注 2. スマートカードインタフェースモード、および簡易 IIC モードでは、RINV/TINV を 0 に設定してください。

注 3. これらのビット値の変更は、SCR.TE = SCR.RE = 0 の状態で行ってください。

SPTR レジスタは、シリアル受信端子 (RXDn 端子) の状態を確認し、送信端子と受信端子の状態を設定するためのレジスタです。

また、SPTR レジスタには受信サンプリングタイミングと送信タイミングの調節機能を許可するビットがありません。

表 27.24 に示すように、TXDn 端子の状態は、SCR.TE ビット、SPTR.SPB2IO ビット、および SPTR.SPB2DT ビットの各設定値の組み合わせで決定されます。

RDR のデータは RINV と SCMR.SINV によって制御されます。また、TXDn 端子からのデータは TINV と SCMR.SINV によって制御されます。RINV/TINV による制御は通信端子 (RXDn/TXDn) に対して実施されます。したがって、制御対象としてデータビットだけでなく他のビット (スタートビット、ストップビット、パリティビット) も含まれます。詳細については [図 27.2](#) を参照してください。

表 27.24 TXDn 端子の状態

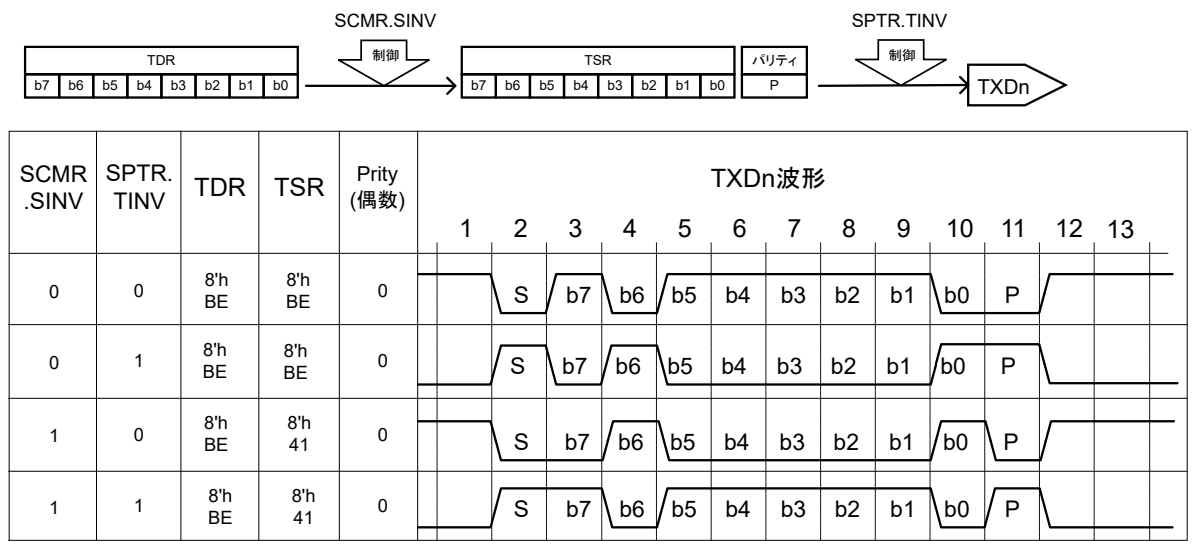
SCR.TE ビットの値	SPTR.SPB2IO ビットの値	SPTR.SPB2DT ビットの値	TXDn 端子の状態
0	0	—	Hi-Z (初期値)
0	1	0	Low を出力
0	1	1	High を出力
1	—	—	シリアル送信データを出力

注. —: Do not care.

注. SPTR レジスタは調歩同期式モードでのみ使用してください。他のモードでの使用は保証されません。

送受信データ制御 (データサイズ=8ビット、偶数パリティ、MSBファースト)

送信データは、SPTR.TINV、SCMR.SINVビットにより制御されます。



受信データは、SPTR.TINV、SCMR.SINVビットにより制御されます。

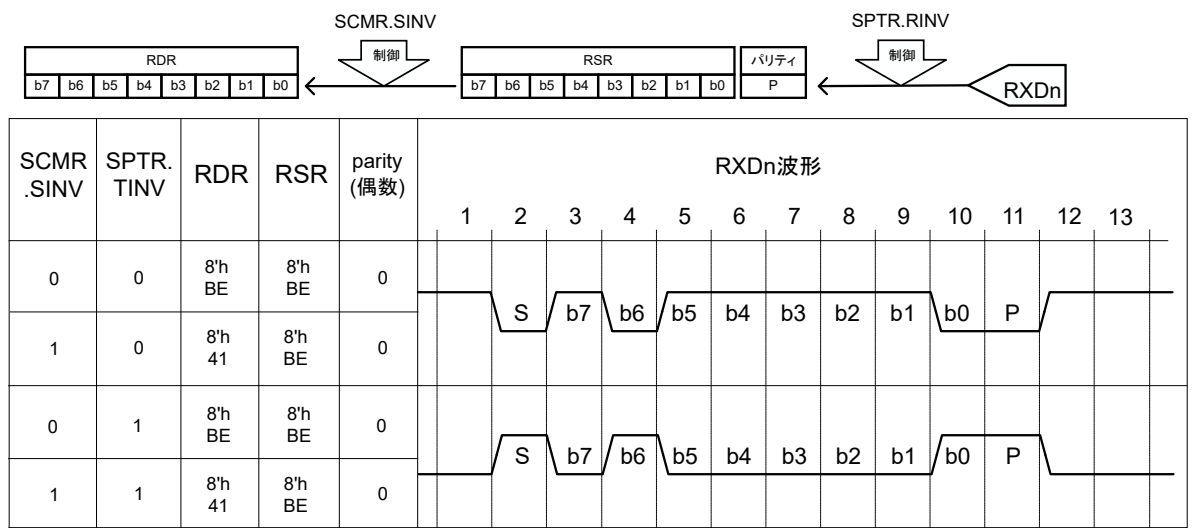


図 27.2 受信/送信データ制御の例

27.2.35 ACTR : 通信タイミング調節レジスタ

Base address: SCIn = 0x4011_8000 + 0x0100 × n (n = 0, 9)
 SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x1D

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	AET	ATT[2:0]			AJD	AST[2:0]		

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	AST	受信サンプリングタイミングの調節値 RXD 端子のサンプリングタイミングは、次の式によってビットの中心から調節されます。 調節サンプリングタイミング = 基本クロック * AST[2:0]の設定値 このビットは SPTR.ASEN = 1 の場合のみに有効になります。この設定タイミングは基本クロックサイクル数の設定によって制限されます。詳細は「 27.3.10. 受信サンプリングタイミング調節機能 (調歩同期式モード) 」を参照してください。	R/W(注1)
3	AJD	受信サンプリングタイミングの調節方向 RXD の受信サンプリングタイミングの調節方向はこのビットによって決定されます。 0: サンプリングタイミングはビットの中心に向かって後ろに調節されます。 1: サンプリングタイミングはビットの中心に向かって前に調節されます。 このビットは SPTR.ASEN = 1 の場合のみに有効になります。詳細は「 27.3.10. 受信サンプリングタイミング調節機能 (調歩同期式モード) 」を参照してください。	R/W(注1)
6:4	ATT	送信タイミングの調節値 TXD のエッジ選択タイミングは次の式によって調節されます。 調節エッジタイミング = 基本クロック * AST[2:0]の設定値 このビットは SPTR.ATEN = 1 のときのみ有効です。この設定タイミングは基本クロックサイクル数の設定によって制限されます。詳細は「 27.3.11. 送信タイミング調節機能 (調歩同期式モード) 」を参照してください。	R/W(注2)
7	AET	送信タイミングの調節エッジ 調節可能エッジはこのビットによって設定されます。 SPTR.TINV ビットが 0 のとき 0: 立ち上がりエッジタイミングを調節します。 1: 立ち下がりエッジタイミングを調節します。 SPTR.TINV ビットが 1 のとき 0: 立ち下がりエッジタイミングを調節します。 1: 立ち上がりエッジタイミングを調節します。 このビットは SPTR.ATEN = 1 のときのみ有効です。詳細は「 27.3.11. 送信タイミング調節機能 (調歩同期式モード) 」を参照してください。	R/W(注2)

注 1. このビットへの書き込みは、SPTR.ASEN = 0 の場合のみに行ってください。

注 2. このビットへの書き込みは、SPTR.ATEN = 0 の場合のみに行ってください。

このレジスタは受信サンプリングタイミングと送信タイミングの調節を行います。このレジスタは内部クロックを使用した調歩同期式モードの場合にのみ有効になります。

このレジスタによる受信サンプリングタイミングの調節については「[27.3.10. 受信サンプリングタイミング調節機能 \(調歩同期式モード\)](#)」を参照してください。

このレジスタによる送信タイミングの調節については「[27.3.11. 送信タイミング調節機能 \(調歩同期式モード\)](#)」を参照してください。

注. IP 動作説明（「[27.1. 概要](#)」、「[27.2. レジスタの説明](#)」、「[27.3.10. 受信サンプリングタイミング調節機能 \(調歩同期式モード\)](#)」、および「[27.3.11. 送信タイミング調節機能 \(調歩同期式モード\)](#)」を除く）の説明文とタイミングチャートは、受信サンプリングタイミングと送信タイミングの調節機能が無効（SPTR.ASEN = 0、SPTR.ATEN = 0）の場合を説明したものです。

27.2.36 MMR : マンチェスタモードレジスタ

Base address: SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x20

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	MANE N	SBSE L	SYNS EL	SYNV AL	—	ERTE N	TMPO L	RMPO L
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	RMPO L	受信マンチェスタコードの極性 受信マンチェスタコードの極性を設定します 0: 論理 0 がマンチェスタコードの 0 から 1 の遷移によってコード化されます 論理 1 がマンチェスタコードの 1 から 0 の遷移によってコード化されます 1: 論理 0 がマンチェスタコードの 1 から 0 の遷移によってコード化されます 論理 1 がマンチェスタコードの 0 から 1 の遷移によってコード化されます	R/W(注1)

ビット	シンボル	機能	R/W
1	TMPOL	送信マンチェスタコードの極性 送信マンチェスタコードの極性を設定します 0: 論理 0 がマンチェスタコードの 0 から 1 の遷移によってコード化されます 論理 1 がマンチェスタコードの 1 から 0 の遷移によってコード化されます 1: 論理 0 がマンチェスタコードの 1 から 0 の遷移によってコード化されます 論理 1 がマンチェスタコードの 0 から 1 の遷移によってコード化されます	R/W ^(注1)
2	ERTEN	マンチェスタエッジ再タイミング許可 受信再タイミング機能を設定します 0: 受信再タイミング機能が無効 1: 受信再タイミング機能が有効	R/W ^(注1)
3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R
4	SYNVAL	SYNC 値設定 マンチェスタコードのスタートビットの SYNC タイプを設定します スタートビット領域が 1 ビットの場合 (SBSEL = 0) • 送信時 0: 0 から 1 への遷移するスタートビットが追加されます。 1: 1 から 0 への遷移するスタートビットが追加されます。 • 受信時 0: スタートビットが 0 から 1 に遷移した場合のみにデータが受信されます。他のケースはエラーと判断されます。 1: スタートビットが 1 から 0 に遷移した場合のみにデータが受信されます。他のケースはエラーと判断されます。 スタートビット領域が 3 ビットの場合 (SBSEL = 1) • 送信時 0: 0 から 1 への遷移するスタートビットが追加されます (DATA SYNC)。 1: 1 から 0 への遷移するようにスタートビットがコーディングされます (COMMAND SYNC)。 • 受信時 スタートビット領域が 3 ビットの場合、このビットとは関係なしにデータが受信されます。	R/W ^(注1)
5	SYNSEL	SYNC 選択 0: スタートビットパターンが SYNVAL ビットで設定されます。 1: スタートビットパターンが TSYNC ビットで設定されます。	R/W ^(注1)
6	SBSEL	スタートビットの選択 0: スタートビット領域が 1 ビットで構成されます。 1: スタートビット領域が 3 ビットで構成されます (COMMAND SYNC または DATA SYNC)。	R/W ^(注1)
7	MANEN	マンチェスタモード許可 マンチェスタモードを設定します 0: マンチェスタモードを禁止します 1: マンチェスタモードを許可します	R/W ^(注1)

注. このレジスタのビット 6~1 はマンチェスタモードが有効な場合 (MANEN = 1 (ビット 7)) のみに有効です。

注 1. SCR.TE ビットと SCR.RE ビットが 0 (シリアル送信動作を禁止、かつシリアル受信動作を禁止) の場合にのみ書き込み可能です。

このレジスタはマンチェスタモードの許可または禁止、スタートビット領域の設定、および論理極性の設定のために使用します。

RMPOL ビット (受信マンチェスタコードの極性)

受信マンチェスタコードの極性を設定します。詳細は「[27.5.7. シリアルデータの受信 \(マンチェスタモード\)](#)」をご参照ください。

TMPOL ビット (送信マンチェスタコードの極性)

送信マンチェスタコードの極性を設定します。詳細は「[27.5.6. シリアルデータの送信 \(マンチェスタモード\)](#)」をご参照ください。

ERTEN ビット (マンチェスタエッジ再タイミング許可)

マンチェスタコードの受信再タイミング機能を設定します。

受信再タイミング機能については、「[27.5.9. 受信再タイミング](#)」を参照してください。

SYNVAL ビット (SYNC 値設定)

このビットはこのレジスタの SYNSEL ビットが 0 に設定されている場合に有効です。

SYNC タイプはこのビットと SBSEL ビットを組み合わせてることによって設定できます。

このビットと SBSEL ビットを組み合わせてることによって決まるスタートビット領域については、[図 27.49](#) と [図 27.50](#) を参照してください。

SYNSEL ビット (SYNC 選択)

このビットはこのレジスタの SBSEL ビットが 1 に設定されている場合に有効です。このビットは、マンチェスタフレームに追加されるスタートビット領域の SYNC タイプを設定する際の、参照先を指定します。

このビットが 0 のとき、このレジスタの SYNVAL ビットが参照されます。

このビットが 1 のとき、TDRH レジスタの TSYNC ビットが参照されます。

詳細については、「[27.2.36. MMR : マンチェスタモードレジスタ](#)」のビットテーブルを参照してください。

SBSEL ビット (スタートビットの選択)

このビットはマンチェスタフレームのスタートビット領域を設定します。

このビットが 1 に設定されているときは、各フレームに追加されるスタートビット領域は 3 ビットで構成され、このレジスタの SYNSEL ビットと SYNVAL ビットが有効になります。

このビットが 0 に設定されているときは、各フレームに追加されるスタートビット領域は 1 ビットで構成されません。

MANEN ビット (マンチェスタモード許可)

マンチェスタモードを設定します。

このビットを 0 にすると、マンチェスタモードが無効になります。

このビットを 1 にすると、マンチェスタモードが有効になります。

27.2.37 TMPR : マンチェスタプレフィス設定レジスタの転送

Base address: SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x22

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	TPPAT[1:0]	TPLEN[3:0]				
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	TPLEN	送信プレフィス長 マンチェスタモードの送信データのプレフィス長を設定します 0x0: 送信プレフィスの生成を無効にします その他: 送信プレフィス長 (ビット長)	R/W(注1)
5:4	TPPAT	送信プレフィスパターン 送信データのプレフィスパターンを設定します 00: すべて 0 01: 0 と 1 10: 1 と 0 11: すべて 1	R/W(注1)
7:6	—	読み出し値は不定です。書く場合、0としてください。	R

注. このレジスタはマンチェスタモードが有効の場合 (MMR.MANEN = 1) のみに有効です。

注 1. SCR.TE ビットと SCR.RE ビットが 0 (シリアル送信動作を禁止、かつシリアル受信動作を禁止) の場合にのみ書き込み可能です。

このレジスタは、マンチェスタモードでの送信データのプレフィス長とプレフィスパターンを設定するために使用します。

TPLEN ビット (送信プレフィス長)

これらビットは、マンチェスタモードにおける送信データのプレフィスビット長を設定します。

設定範囲は 0x0~0xF (0~15) です。0x0 の場合は送信プレフィスが無効になり、付加されなくなります。

TPPAT ビット (送信プレフィスパターン)

これらのビットはマンチェスタモードの4つのプレフィスパターンのうちのいずれかに設定されます。
 これらビットが 00b に設定されている場合、プレフィス領域はすべて 0 に設定されます。
 これらビットが 01b に設定されている場合、プレフィス領域は 0-1-0-1 のパターンに設定されます。
 これらビットが 10b に設定されている場合、プレフィス領域は 1-0-1-0 のパターンに設定されます。
 これらビットが 11b に設定されている場合、プレフィス領域はすべて 1 に設定されます。

注. TPPAT ビットが設定されている場合の送信データと受信データについては、[図 27.48](#) を参照してください。

27.2.38 RMPR : マンチェスタプレフィス設定レジスタの受信

Base address: SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x23

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	RPPAT[1:0]	RPLEN[3:0]				
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	RPLEN	受信プレフィス長 マンチェスタモードが有効時に、プレフィス長を設定します 0: 受信プレフィスの生成を無効にします その他: 受信プレフィス長 (ビット長)	R/W(注1)
5:4	RPPAT	受信プレフィスパターン 受信フレームのプレフィスパターンを設定します 00: すべて 0 01: 0 と 1 10: 1 と 0 11: すべて 1	R/W(注1)
7:6	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R

注. このレジスタはマンチェスタモードが有効の場合 (MMR.MANEN = 1) のみに有効です。

注 1. SCR.TE ビットと SCR.RE ビットが 0 (シリアル送信動作を禁止、かつシリアル受信動作を禁止) の場合にのみ書き込み可能です。
 このレジスタは、マンチェスタモードでの受信フレームのプレフィス長とプレフィスパターンを設定するために使用します。

RPLEN ビット (受信プレフィス長)

これらビットは、マンチェスタモードにおける受信フレームのプレフィスビット長を設定します。

設定範囲は 0x0~0xF (0~15) です。0x0 の場合は受信プレフィスが無効になり、付加されなくなります。0x1~0xF が設定された場合は、設定値が受信プレフィスビット長として扱われます。

RPPAT ビット (受信プレフィスパターン)

これらのビットはマンチェスタモードの4つのプレフィスパターンのうちのいずれかに設定されます。
 これらビットが 00b に設定されている場合は、プレフィス領域はすべて 0 として扱われます。
 これらビットが 01b に設定されている場合、プレフィス領域は 0-1-0-1 のパターンとして扱われます。
 これらビットが 10b に設定されている場合、プレフィス領域は 1-0-1-0 のパターンとして扱われます。
 これらビットが 11b に設定されている場合は、プレフィス領域はすべて 1 として扱われます。

注. RPPAT ビットが設定されている場合の送信データと受信データについては、[図 27.48](#) を参照してください。

27.2.39 MESR : マンチェスタ拡張エラーステータスレジスタ

Base address: SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x24

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	SBER	SYER	PFER
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PFER	プレフィスエラーフラグ このビットはプレフィスエラー（パターン不一致）が検出されたときに設定されます。 0: プレフィスエラー未検出 1: プレフィスエラー検出	R/(W) (注1)
1	SYER	SYNC エラーフラグ このビットは受信再タイミング時の調節可能範囲でエッジが検出されなかった場合に設定されます。 0: 受信 SYNC エラーの検出なし 1: 受信 SYNC エラーの検出あり	R/(W) (注1)
2	SBER	スタートビットエラーフラグ このビットはスタートビット領域でパターン不一致が検出されたときに設定されます。 0: スタートビットエラーの検出なし 1: スタートビットエラーの検出あり	R/(W) (注1)
7:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R

注. このレジスタはマンチェスタモードが有効の場合 (MMR.MANEN = 1) のみに有効です。

注1. フラグをクリアするための 0 書き込みのみ可能です。フラグをクリアするには、フラグが 1 であることを確認してから 0 を書いてください。

このレジスタはマンチェスタモードでのフレーム受信時のエラー状態を示します。

プレフィスエラー、受信 SYNC エラー、スタートビットエラーの検出を示します。

PFER ビット (プレフィスエラーフラグ)

このビットはマンチェスタモードでのフレーム受信時にプレフィスエラーを検出したことを示します。

[1 になる条件]

- マンチェスタモードでのフレーム受信時にプレフィスエラーが検出されたとき
プレフィスエラーが発生したときに以下の動作が行われます。
(MECR.PFEREN = 1 の場合)
受信データは RDR レジスタに転送されず、RXI 割り込み要求も発生しません。代わりに ERI 割り込み要求が発生します。なお、PFER フラグが 1 の状態では、以降の受信データは RDR レジスタへ転送されません。
(MECR.PFEREN = 0 の場合)
受信データが RDR レジスタに転送され、RXI 割り込み要求が発生します。ERI 割り込み要求は発生しません。
PFER フラグが 1 になっていても以降の受信動作には影響しません。

[0 になる条件]

- ビットから 1 を読み出した後に 0 を書き込んだとき

SCR.RE ビットを 0 にクリアしても、PFER フラグは影響を受けず、以前の状態を保持します。

SYER ビット (SYNC エラーフラグ)

このビットはマンチェスタモードで MMR.ERTEN = 1 (マンチェスタエッジ再タイミング許可) の場合のフレーム受信時に受信 SYNC エラーを検出したことを示します。

[1 になる条件]

- マンチェスタモードでのフレーム受信時に受信 SYNC エラーが検出されたとき
受信 SYNC エラーが発生したときに以下の動作が行われます。

(MECR.SYEREN = 1 の場合)

受信データが RDR レジスタに転送されますが、RXI 割り込み要求は発生しません。代わりに ERI 割り込み要求が発生します。なお、SYER フラグが 1 の状態では、以降の受信データは RDR レジスタへ転送されません。

(MECR.SYEREN = 0 の場合)

受信データが RDR レジスタに転送され、RXI 割り込み要求が発生します。ERI 割り込み要求は発生しません。SYER フラグが 1 になっていても以降の受信動作には影響しません。

[0 になる条件]

- ビットから 1 を読み出した後に 0 を書き込んだとき

SCR.RE ビットを 0 にクリアしても、SYER フラグは影響を受けず、以前の状態を保持します。

SBER ビット (スタートビットエラーフラグ)

このビットはマンチェスタモードでのフレーム受信時にスタートビットエラーを検出したことを示します。

[1 になる条件]

- マンチェスタモードでのフレーム受信時にスタートビットエラーが検出されたとき
スタートビットエラーが発生したときに以下の動作が行われます。

(MECR.SBEREN = 1 の場合)

受信データは RDR レジスタに転送されず、RXI 割り込み要求も発生しません。代わりに ERI 割り込み要求が発生します。なお、SBER フラグが 1 の状態では、以降の受信データは RDR レジスタへ転送されません。

(MECR.SBEREN = 0 の場合)

受信データが RDR レジスタに転送され、RXI 割り込み要求が発生します。ERI 割り込み要求は発生しません。SBER フラグが 1 になっていても以降の受信動作には影響しません。

[0 になる条件]

- ビットから 1 を読み出した後に 0 を書き込んだとき

SCR.RE ビットを 0 にクリアしても、SBER フラグは影響を受けず、以前の状態を保持します。

27.2.40 MECR : マンチェスタ拡張エラーコントロールレジスタ

Base address: SCIk = 0x4011_8000 + 0x0100 × k (k = 3, 4)

Offset address: 0x25

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	SBER EN	SYER EN	PFER EN
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PFEREN	プレフィスエラー許可 プレフィスエラーを割り込み要因として扱うかどうかを指定します 0: プレフィスエラーを割り込み要因として扱わない 1: プレフィスエラーを割り込み要因として扱う	R/W
1	SYEREN	受信 SYNC エラー許可 受信 SYNC エラーを割り込み要因として扱うかどうかを指定します 0: 受信 SYNC エラーを割り込み要因として扱わない 1: 受信 SYNC エラーを割り込み要因として扱う	R/W
2	SBEREN	スタートビットエラー許可 スタートビットエラーを割り込み要因として扱うかどうかを指定します 0: スタートビットエラーを割り込み要因として扱わない 1: スタートビットエラーを割り込み要因として扱う	R/W
7:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R

注. このレジスタはマンチェスタモードが有効の場合 (MMR.MANEN = 1) のみに有効です。

このレジスタは、マンチェスタモードにおいてプレフィスエラー、受信 SYNC エラー、またはスタートビットエラーを割り込み要因として扱うかどうかを指定します。これらエラーが割り込み要因として扱われると、各エラ

一発生時に割り込み要求とイベント要求が生成され、対応するエラーフラグがクリアされるまで受信が中断します。

MMR.MANEN = 0 の状態でこのレジスタを設定してください。また、通信中はこのレジスタを変更しないでください。

PFEREN ビット (プレフィスエラー許可)

プレフィスエラーを割り込み要因として扱うかどうかを指定します。

0 に設定されると、プレフィスエラーが割り込み要因として扱われません。1 に設定されると、プレフィスエラーが割り込み要因として扱われます。

SYEREN ビット (受信 SYNC エラー許可)

受信 SYNC エラーを割り込み要因として扱うかどうかを指定します。

0 に設定されると、受信 SYNC エラーが割り込み要因として扱われません。1 に設定されると、受信 SYNC エラーが割り込み要因として扱われます。

SBEREN ビット (スタートビットエラー許可)

スタートビットエラーを割り込み要因として扱うかどうかを指定します。

0 に設定されると、スタートビットエラーが割り込み要因として扱われません。1 に設定されると、スタートビットエラーが割り込み要因として扱われます。

27.3 調歩同期式モードの動作

調歩同期式シリアル通信の一般的なデータフォーマットを図 27.3 に示します。1 フレームは、スタートビット (Low) で始まり、送受信データ、パリティビット、ストップビット (High) の順に構成されます。調歩同期式シリアル通信では、通信回線は通常、マーク状態 (High) に保たれています。

SCI は通信回線を監視しています。Low を検出すると、スタートビットと見なしてシリアル通信を開始します。

SCI 内部では送信部と受信部は独立しており、全二重通信が可能です。また、送信部と受信部はどちらも FIFO モードに加えてダブルバッファ構成になっているため、送受信中でもデータの読み出し/書き込みが可能であり、連続送受信動作が実現されます。

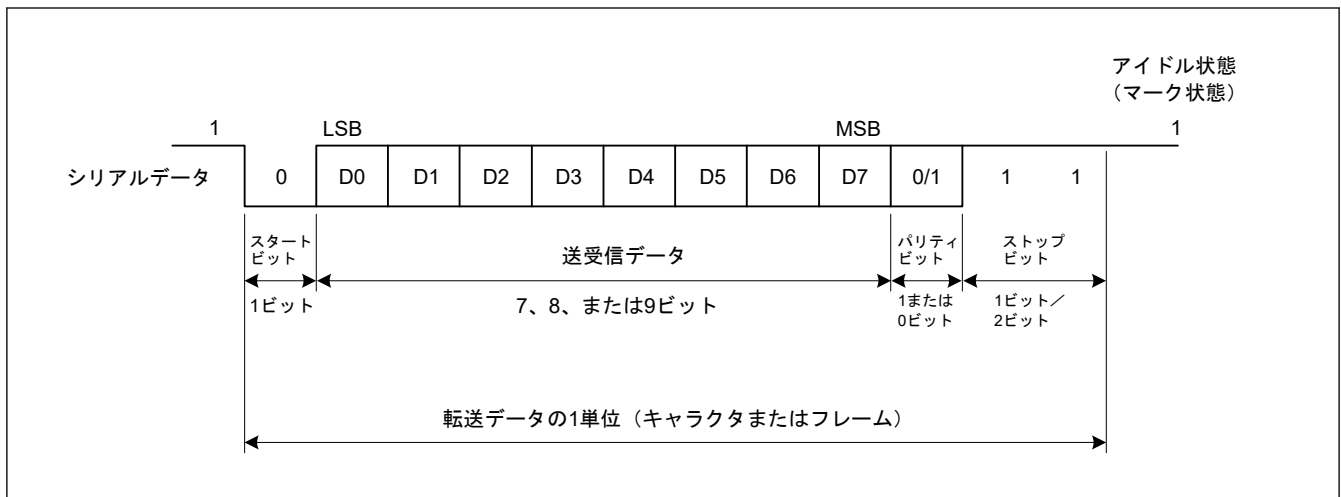


図 27.3 調歩同期式シリアル通信のデータフォーマット (8 ビットデータ/パリティあり/2 ストップビットの場合)

27.3.1 シリアル転送フォーマット

調歩同期式モードで設定できるシリアル送信/受信フォーマットを表 27.25 に示します。フォーマットは 18 種類あり、SMR レジスタおよび SCMR レジスタの設定で選択できます。マルチプロセッサ機能の詳細については「27.4. マルチプロセッサ通信機能」を参照してください。

表 27.25 シリアル転送フォーマット (調歩同期式モード)

SCMR 設定値	SMR 設定値				シリアル送信/受信フォーマットとフレーム長																	
	CHR1	CHR	PE	MP	STOP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
0	0	0	0	0	0	ST	9 ビットデータ									SP						
0	0	0	0	1	1	ST	9 ビットデータ									SP	SP					
0	0	1	0	0	0	ST	9 ビットデータ									P	SP					
0	0	1	0	1	1	ST	9 ビットデータ									P	SP	SP				
1	0	0	0	0	0	ST	8 ビットデータ								SP							
1	0	0	0	1	1	ST	8 ビットデータ								SP	SP						
1	0	1	0	0	0	ST	8 ビットデータ								P	SP						
1	0	1	0	1	1	ST	8 ビットデータ								P	SP	SP					
1	1	0	0	0	0	ST	7 ビットデータ							SP								
1	1	0	0	1	1	ST	7 ビットデータ							SP	SP							
1	1	1	0	0	0	ST	7 ビットデータ							P	SP							
1	1	1	0	1	1	ST	7 ビットデータ							P	SP	SP						
0	0	—	1	0	0	ST	9 ビットデータ									MPB	SP					
0	0	—	1	1	1	ST	9 ビットデータ									MPB	SP	SP				
1	0	—	1	0	0	ST	8 ビットデータ								MPB	SP						
1	0	—	1	1	1	ST	8 ビットデータ								MPB	SP	SP					
1	1	—	1	0	0	ST	7 ビットデータ							MPB	SP							
1	1	—	1	1	1	ST	7 ビットデータ							MPB	SP	SP						

ST: スタートビット
 SP: ストップビット
 P: パリティビット
 MPB: マルチプロセスサビット

27.3.2 調歩同期式モードの受信データサンプリングタイミングと受信マージン

調歩同期式モードでは、SCI はビットレートの 16 倍(注1)の周波数の基本クロックで動作します。
 受信時はスタートビットの立ち上がりエッジを基本クロックでサンプリングして内部を同期化します。(注2)

また、図 27.4 に示すように、受信データは基本クロックの 8 パルス目(注1)の立ち上がりエッジでサンプリングされるため、各ビット (サンプリング時間を調整しない場合 (SPTR.ASEN = 0)) の途中でデータが取り込まれます。調歩同期式モードでの受信マージンは以下の式 (1) のように表すことができます。

$$M = \left| \left(0.5 - \frac{1}{2N} \right) - (L - 0.5)F - \frac{|D - 0.5|}{N}(1 + F) \right| \times 100 [\%] \quad \dots \quad \text{式 (1)}$$

注. M: 受信マージン

N: クロックに対するビットレートの比

(SEMR.ABCSE = 0 かつ SEMR.ABCS = 0 の場合は、N = 16)

SEMR.ABCS = 1 の場合、N = 8

(SEMR.ABCSE = 1 の場合は、N = 6)

D: クロックのデューティサイクル (D = 0.5~1.0)

L: フレーム長 (L = 9~13)

F: クロック周波数の偏差の絶対値

式 (1) で、F = 0、D = 0.5 とすると、受信マージンは下記の式で算出されます。

$$M = \{ 0.5 - 1/(2 \times 16) \} \times 100 (\%) = 46.875 \%$$

これは計算上の値を表しています。システム設計の際には 20~30%の余裕を持たせることが推奨されます。

注 1. この例では、SEMR.ABCS ビットと SEMR.ABCSE ビットが 0 です。ABCS ビットが 1 で ABCSE ビットが 0 の場合は、ビットレートの 8 倍の周波数が基本クロックとなり、受信データは基本クロックの 4 パルス目の立ち上がりエッジでサンプリングされます。

ABCSE ビットが 1 の場合は、ビットレートの 6 倍の周波数が基本クロックとなり、受信データは基本クロックの 3 パルス目の立ち上がりエッジでサンプリングされます。

注 2. スタートビットの決定条件は以下の通りです。

サンプリングタイミング調節機能がオフ (ASEN = 0) :

スタートビットの決定条件は、Low 状態がビットの中間点より後ろまで続くことです。サンプリングタイミングと同様です。図 27.4 では、スタートビットを検出するためには Low 状態が 8 サイクルより長く続く必要があります。Low 状態が 8 サイクルより長く続かなかつた場合は、IP はこれをノイズと判断します。したがって IP はスタートビットの受信待機をしません。

サンプリングタイミング調節機能がオン (ASEN = 1) :

スタートビットの決定条件は、Low 状態がサンプリングタイミングまで継続することです。サンプリングタイミングを前に調節 (AJD = 1) すると、ノイズをスタートビットと誤って判断する可能性が増します。

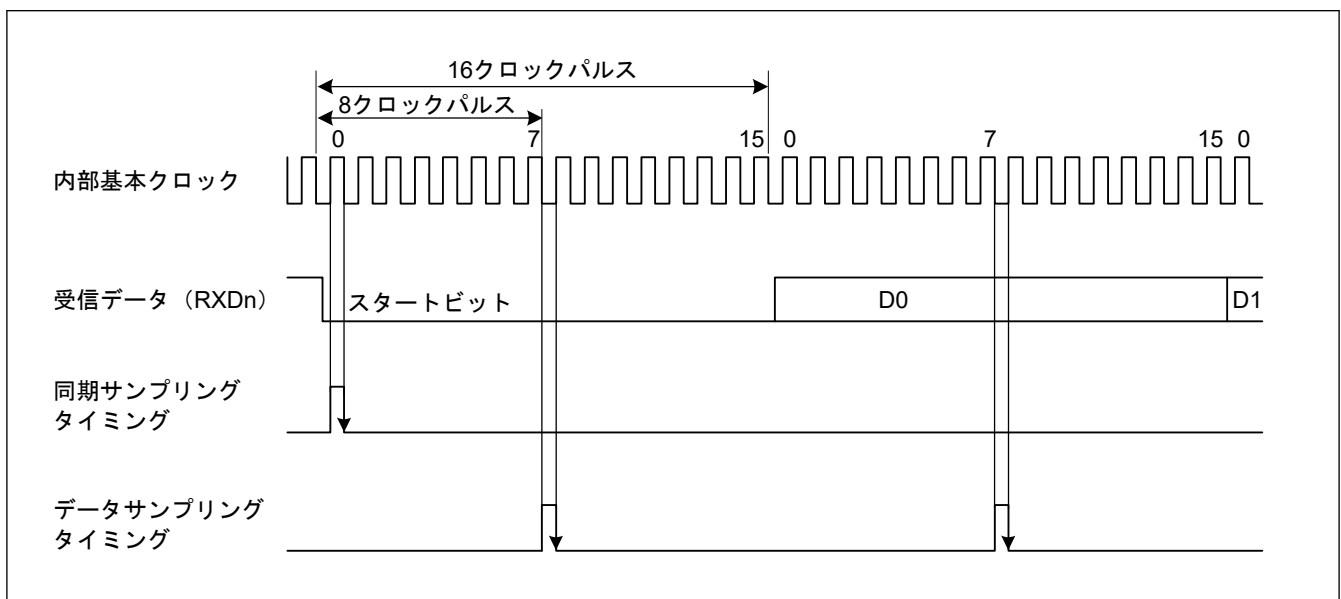


図 27.4 調歩同期式モードでの受信データサンプリングタイミング

27.3.3 クロック

SCI の送受信クロックは、SMR.CM ビットと SCR.CKE[1:0] ビットの設定により、内蔵ボーレートジェネレータが生成する内部クロック、または SCKn 端子に入力される外部クロックのいずれかを選択できます。

外部クロックを使用する場合は、SCKn 端子にビットレートの 16 倍 (SEMR.ABCS ビット = 0 のとき)、または 8 倍 (SEMR.ABCS ビット = 1 のとき) の周波数のクロックを入力する必要があります。

内部クロックで動作させるときは、SCKn 端子からクロックを出力させることができます。このとき出力されるクロックの周波数はビットレートと等しく、位相は図 27.5 に示すように、送信データの中にクロックの立ち上がりエッジが来るように設定されます。

クロック出力を選択した場合は、SCR.TE = 1 もしくは SCR.RE = 1 に設定した後でクロック出力が行われます。

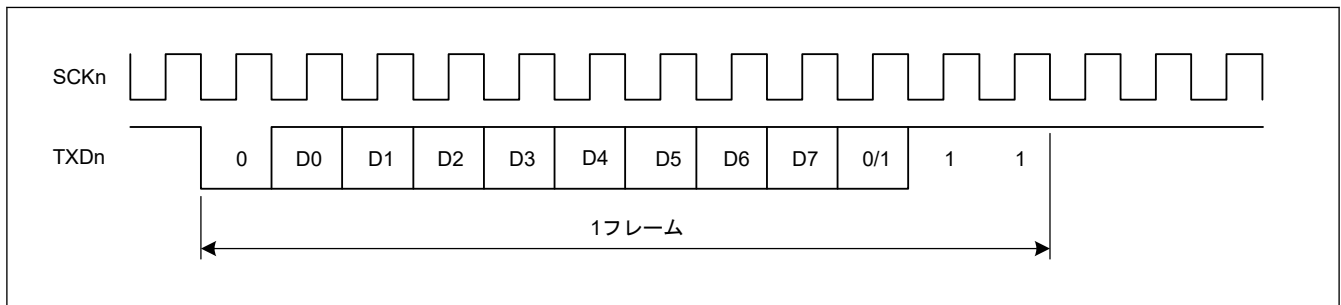


図 27.5 調歩同期式モードにおける出力クロックと送信データの位相関係 (SMR.CHR = 0、PE = 1、MP = 0、および STOP = 1 の場合)

27.3.4 倍速動作とビットレートの 6 倍の周波数

SEMR.ABCS ビットを 1 にして、1 ビット期間として基本クロックの 8 パルスを選択した場合、ABCS ビットが 0 の場合に比べて、SCI は 2 倍のビットレートで動作します。SEMR.BGDM ビットが 1 になっていると、基本クロックの周期は 1/2 倍になり、ビットレートは BGDM ビットが 0 の場合の 2 倍になります。SCR.CKE[1] ビットを 0 にして、内蔵ボーレートジェネレータを選択した場合、ABCS ビットと BGDM ビットを 1 にすることにより、ABCS ビットと BGDM ビットが 0 の場合に比べて、SCI は 4 倍のビットレートで動作できるようになります。

SEMR.ABCSE ビットが 1 になっている場合、基本クロックのパルス数は 1 ビット期間中 6 になり、SEMR.ABCS、SEMR.BGDM、および SEMR.ABCSE が 0 の場合に比べて、SCI は 16/3 倍のビットレートで動作します。

「27.3.2. 調歩同期式モードの受信データサンプリングタイミングと受信マージン」の式 (1) に示すとおり、SEMR.ABCS ビットまたは SEMR.ABCSE ビットが 1 の場合、受信マージンは減少します。そのため、ABCS ビットまたは ABCSE ビットが 0 の状態で目的とするビットレートが達成できるのであれば、ABCS ビットと ABCSE ビットを 0 にして SCI を使用することが推奨されます。

27.3.5 CTS、RTS 機能

CTS 機能は、CTS_n_RTS_n 端子入力を使用して送信制御を行います。SPMR.CTSE ビットを 1 にすると、CTS 機能が有効になります。CTS、RTS 機能に対して、1 端子で片方の機能を使用する設定および 2 端子で各機能を独立に使用する専用設定を選択できます。これは SPMR.CTSPEN ビットにより設定されます。

CTS 機能が有効な場合、CTS_n_RTS_n 端子入力が Low になると送信が開始されます。

送信中に CTS_n_RTS_n 端子入力を High にしても、送信中のフレームは影響を受けません。

RTS 機能は、CTS_n_RTS_n 端子出力を使用して受信要求を行う機能で、受信可能な状態になると Low を出力します。Low および High を出力する条件は以下のとおりです。

[Low になる条件]

下記条件をすべて満たす場合

非 FIFO 選択時

- SCR.RE ビットが 1
- 受信動作中でない

- 読み出し前の受信データがない
- SSR レジスタの ORER、FER、PER フラグがすべて 0

FIFO 選択時

- SCR.RE ビットが 1
- FRDRHL に書き込まれた受信データ数が FCRH.RSTRG[3:0]の設定値以下
- SSR_FIFO レジスタの ORER フラグ (FRDRH.ORER) が 0

[High になる条件]

- Low になる条件を満たさない場合

27.3.6 アドレス一致（受信データ一致）検出機能

アドレス一致検出機能は、調歩同期式モードでのみ使用可能です。

DCCR.DCME ビットを 1 にした場合、1 フレーム分のデータを受信すると、SCI は受信データと CDR.CMPD ビットの値を比較します。SCI によって受信データと比較データ (CDR.CMPD^(注1)) の一致が検出された場合、SCI_{In}_RXI 割り込み要求を発生させることができます。

SMR.MP ビットが 0 の場合は、受信フォーマットの有効データのみが比較対象になります。マルチプロセッサモード (SMR.MP ビット=1) では、DCCR.IDSEL ビットが 1 の場合、MPB ビット=1 の受信データがアドレス一致の比較対象となり、MPB ビット=0 の受信データは、常に不一致として処理されます。

DCCR.IDSEL ビットが 0 の場合、受信データの MPB ビットの値にかかわらず、SCI はアドレス一致検出を実行します。

受信データと比較データ (CDR.CMPD^(注1)) の一致が検出されるまで、受信データが読み飛ばされる (廃棄される) ので、SCI はパリティエラーもフレーミングエラーも検出することができません。

SCI が一致を検出すると、DCCR.DCME ビットは自動的にクリアされ、DCCR.DCMF フラグは 1 になります。DCCR.IDSEL ビットが 1 の場合は、SCR.MPIE ビットが自動的にクリアされます。また、DCCR.IDSEL ビットが 0 であれば、SCR.MPIE ビットの値が保持されます。SCR.RIE ビットが 1 になっていると、SCI は SCI_{In}_RXI 割り込み要求を発行します。

一致が検出された受信データに対して、SCI がフレーミングエラーを検出すると、DCCR.DFER フラグが 1 になります。また、そのフレームにパリティエラーを検出すると、DCCR.DPER フラグが 1 になります。比較された受信データは RDR レジスタに格納されません。また、SSR.RDRF フラグは 0 を保持します。FCR.FM = 1 の場合、RDR レジスタは FRDRHL レジスタを示します。SSR.RDRF フラグは SSR_FIFO.RDF フラグを示します。

SCI が一致を検出すると、DCCR.DCME ビットは自動的にクリアされ、SCI は現在のレジスタ設定に基づいて次のデータを連続して受信します。

DCCR.DFER フラグまたは DCCR.DPER フラグが 1 の状態では、アドレス一致検出は実行されません。アドレス一致検出機能を有効にする場合は、事前に DCCR.DFER フラグと DCCR.DPER フラグを 0 にしてください。

アドレス一致検出機能の例を図 27.6 および図 27.7 に示します。

注 1. 比較対象は、以下の 3 種類のビット長から選択できます。7 ビット長の CMPD[6:0]、8 ビット長の CMPD[7:0]、および 9 ビット長の CMPD[8:0]

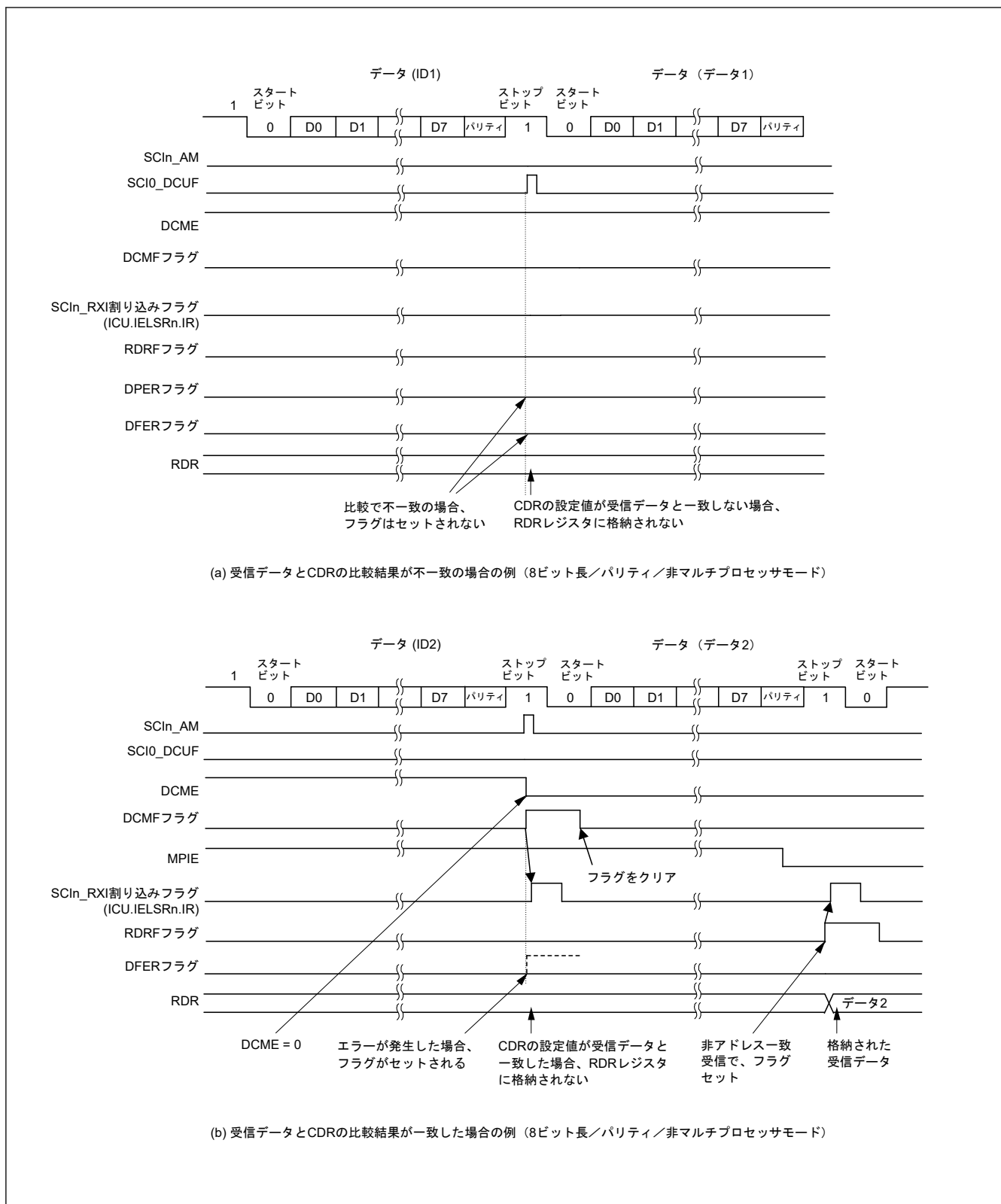


図 27.6 アドレス一致検出の例 (1) (通常モード)

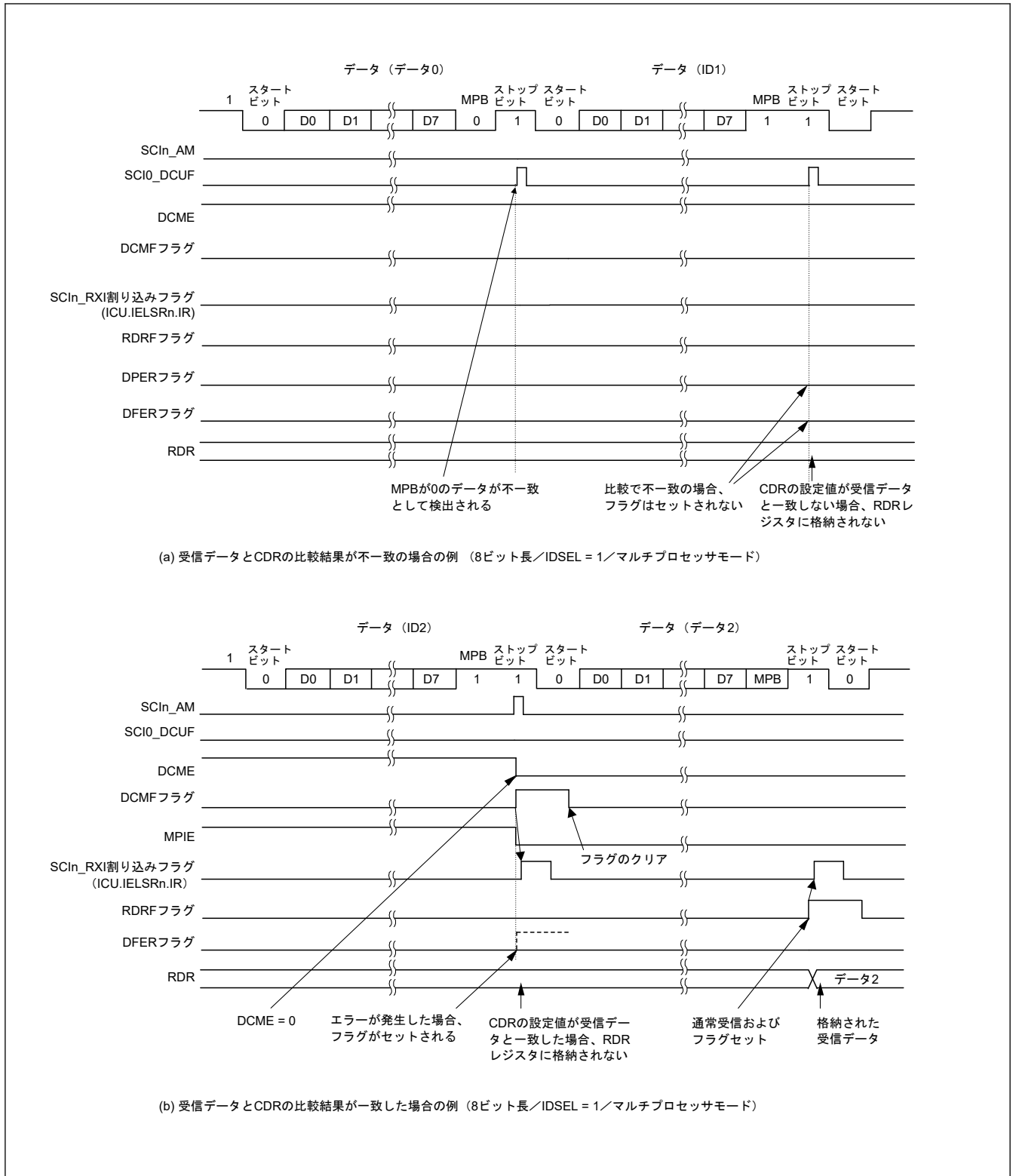


図 27.7 アドレス一致検出の例 (2) (マルチプロセッサモード)

27.3.7 SCI の初期化 (調歩同期式モード)

データを送受信する前に、最初に初期値 0x00 を SCR レジスタに書き込み、次に SCI の初期設定 (非 FIFO 選択時または FIFO 選択時) を表 27.26 と表 27.27 のフローチャートに従って続けてください。動作モードまたは通信フォーマットを変更する場合も、SCR レジスタを初期値にしてから変更してください。

調歩同期式モードで外部クロックを使用する場合は、初期化の期間も含めてクロックを供給してください。

注. SCRCR0.RE ビットを 0 にしても、SSR/SSR_FIFO レジスタの ORER、FER、RDRF、RDFRDAT、PER、DR の各フラグ、ならびに RDR レジスタと RDRHL レジスタ CSR レジスタと RDR レジスタは初期化されません。TE ビットが 0 の場合、選択した FIFO バッファに対する TEND フラグは初期化されません。

注. 非 FIFO モードにおいて、SCR.TIE ビットが 1 の状態で、SCR.TE ビットを 1 から 0、または 0 から 1 に変更すると、SCIn_TXI 割り込み要求が発生します。

表 27.26 非 FIFO を選択した調歩同期式モードにおける SCI 初期化の手順例

No.	ステップ名	説明
1	初期化を開始	
2	SCR.TIE、RIE、TE、RE、および TEIE ビットを 0 に設定	
3	FCR.FM ビットを 0 に設定	FCR.FM ビットを 0 に設定します。
4	SCR.CKE[1:0] ビットを設定	SCR レジスタにクロック選択を設定します。 調歩同期モードでクロック出力を選択した場合は、SCR 設定の完了後、ただちにクロックが出力されます。
5	SIMR1.IICM ビットを 0 に設定します。 SPMR.CKPH ビットと SPMR.CKPOL ビットを 0 に設定します。	SIMR1.IICM ビットを 0 にします。 SPMR.CKPH ビットと SPMR.CKPOL ビットを 0 にします。 これらの値が初期値から変更されていない場合、手順 5 は省略できます。
6	SMR、SCMR、および SEMR レジスタに送信/受信フォーマットを設定	SMR、SCMR、および SEMR レジスタに送信/受信フォーマットを設定します。
7	SPTR レジスタおよび ACTR レジスタに値を設定	SPTR レジスタに通信端子状態を、ACTR レジスタに調整可能なサンプリング値を設定します。
8	BRR に値を設定	BRR レジスタにビットレートに対応する値を書き込みます。 外部クロックを使用する場合、この手順は不要です。
9	MDDR に値を設定	MDDR レジスタにビットレート誤差補正値を書き込みます。SEMR.BRME ビットを 0 にした場合、または外部クロックを使用する場合、この手順は不要です。
10	I/O ポート機能を設定	I/O ポートを設定して、TXDn、RXDn、および SCKn 端子に必要な入出力機能を有効にします。
11	SCR_SMCI.TE ビットまたは SCR_SMCI.RE ビットを 1 にし、SCR_SMCI.TIE ビットと SCR_SMCI.RIE ビットを設定	SCR.TE ビットまたは SCR.RE ビットを 1 にします。SCR.TIE ビットおよび SCR.RIE ビットも設定します。 TE ビットおよび RE ビットを設定することで、TXDn および RXDn 端子が使用可能となります。
12	初期化の完了	

表 27.27 FIFO を選択した調歩同期式モードにおける SCI 初期化の手順例 (1/2)

No.	ステップ名	説明
1	初期化を開始	
2	SCR.TIE、RIE、TE、RE、および TEIE ビットを 0 に設定	
3	FCR.FM ビット、FCR.TFRST ビット、および FCR.RFRST ビットを 1 にします。 FCR.TTRG[3:0] ビット、RTRG[3:0] ビット、および RSTRG[3:0] ビットを設定します。	FCR.FM、TFRST、および RFRST ビットを 1 にします (FIFO モードが有効、送信/受信 FIFO が空)。 FCR.TTRG[3:0] ビット、RTRG[3:0] ビット、および RSTRG[3:0] ビットを設定します。
4	SCR.CKE[1:0] ビットを設定	SCR レジスタにクロック選択を設定します。 調歩同期モードでクロック出力を選択した場合は、SCR 設定の完了後、ただちにクロックが出力されます。

表 27.27 FIFO を選択した調歩同期式モードにおける SCI 初期化の手順例 (2/2)

No.	ステップ名	説明
5	SIMR1.IICM ビットを 0 に設定します。 SPMR.CKPH ビットと SPMR.CKPOL ビットを 0 に設定します。	SIMR1.IICM ビットを 0 にします。 SPMR.CKPH ビットと SPMR.CKPOL ビットを 0 にします。 これらの値が初期値から変更されていない場合、手順 5 は省略できます。
6	SMR、SCMR、および SEMR レジスタに送信/受信フォーマットを設定	SMR、SCMR、および SEMR レジスタに送信/受信フォーマットを設定します。
7	SPTR レジスタおよび ACTR レジスタに値を設定	SPTR レジスタに通信端子状態を、ACTR レジスタに調整可能なサンプリング値を設定します。
8	BRR に値を設定	BRR レジスタにビットレートに対応する値を書き込みます。 外部クロックを使用する場合、この手順は不要です。
9	MDDR に値を設定	MDDR レジスタにビットレート誤差補正值を書き込みます。SEMR.BRME ビットを 0 にした場合、または外部クロックを使用する場合、この手順は不要です。
10	FCR.TFRST ビットと FCR.RFRST ビットを 0 に設定	FCR.TFRST ビットと FCR.RFRST ビットを 0 にします。
11	I/O ポート機能を設定	I/O ポートを設定して、TXDn、RXDn、および SCKn 端子に必要な入出力機能を有効にします。
12	SCR_SMCI.TE ビットまたは SCR_SMCI.RE ビットを 1 にし、SCR_SMCI.TIE ビットと SCR_SMCI.RIE ビットを設定	SCR.TE ビットまたは SCR.RE ビットを 1 にします。SCR.TIE ビットおよび SCR.RIE ビットも設定します。 TE ビットおよび RE ビットを設定することで、TXDn および RXDn 端子が使用可能となります。
13	初期化の完了	

27.3.8 シリアルデータの送信（調歩同期式モード）

(1) 非 FIFO 選択時

図 27.8、図 27.9、および図 27.10 に、調歩同期式モードにおけるシリアル送信の動作例を示します。

本項では、シリアルデータ送信時の SCI の動作について説明します。SCR.TE ビットが 1 の場合、1 フレーム分の High レベルが TXDn 端子に出力されます。ただし、SEMR.PADIS ビットが 1 の場合、このプリアンブルは出力されません。プリアンブルが出力されない場合の動作例を図 27.11 に示します。

- SCI_{In}_TXI 割り込み処理ルーチンで TDR レジスタ(注1)にデータが書き込まれると、SCI は TDR レジスタ(注1)から TSR レジスタへデータを転送します。
なお、送信開始時の SCI_{In}_TXI 割り込み要求は、SCR.TE ビットと SCR.TIE ビットを 1 命令で同時に 1 にすることで発生します。
- SPMR.CTSE ビットが 0 (CTS 機能は無効) であるか、または CTS_n_RTS_n 端子入力が Low であると、TDR レジスタ(注1)から TSR レジスタへデータが転送され、送信が開始されます。SCR.TIE ビットが 1 であれば、SCI_{In}_TXI 割り込み要求が発生します。この SCI_{In}_TXI 割り込み処理ルーチンにおいて、現在のデータ送信が終了する前に、TDR レジスタ(注1)に次の送信データを書き込むことで連続送信が可能になります。SCI_{In}_TEI 割り込み要求を使用する場合、SCI_{In}_TXI 割り込み要求に対応する処理ルーチン内で最終送信データを TDR レジスタ(注1)に書き込んだ後、SCR.TIE ビットを 0 (SCI_{In}_TXI 割り込み要求を禁止) にして、SCR.TEIE ビットを 1 (SCI_{In}_TEI 割り込み要求を許可) にします。
- データは、以下の順に TXDn 端子から送り出されます。
 - スタートビット
 - 送信データ
 - パリティビットまたはマルチプロセッサビット (フォーマットによっては、ない場合もある)
 - ストップビット
- ストップビットを送り出すタイミングで、SCI は TDR レジスタの更新をチェックします。
- TDR レジスタが更新されていると、SPMR.CTSE ビットが 0 (CTS 機能は無効)、または CTS_n_RTS_n 端子入力が Low に設定されていれば、次の送信データが TDR レジスタ(注1)から TSR レジスタへ転送され、ストップビット送出後、次のフレームのシリアル送信が開始されます。

6. TDR レジスタが更新されていない場合は、SSR.TEND フラグが 1 になり、ストップビットを送り出した後、1 を出力するマーク状態になります。このとき、SCR.TEIE ビットが 1 になっていると、SSR.TEND フラグが 1 になり、SCIn_TEI 割り込み要求が発生します。

注 1. データ長 9 ビット選択時は、TDR レジスタは TDRHL レジスタになります。

図 27.8、図 27.9、および図 27.10 に、調歩同期式モードにおけるシリアル送信の動作例を示します。

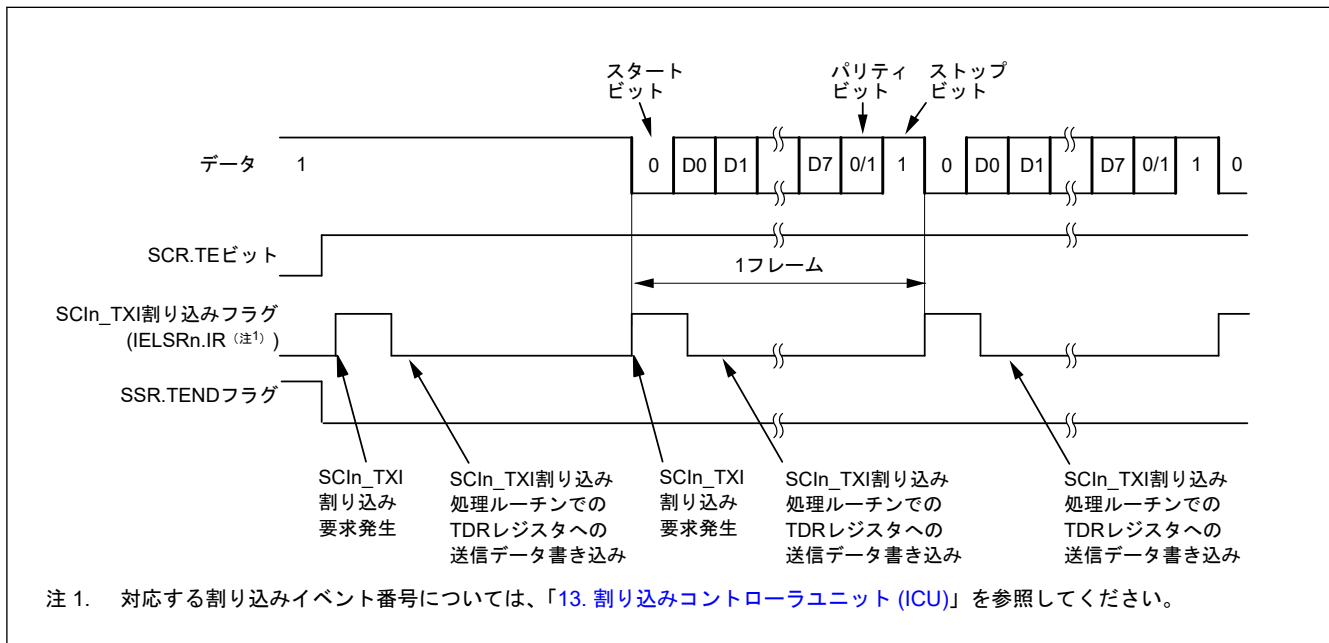


図 27.8 調歩同期式モードにおけるシリアル送信の動作例 (1) (8 ビットデータ/パリティあり/1ストップビット/CTS 機能不使用/送信開始時)

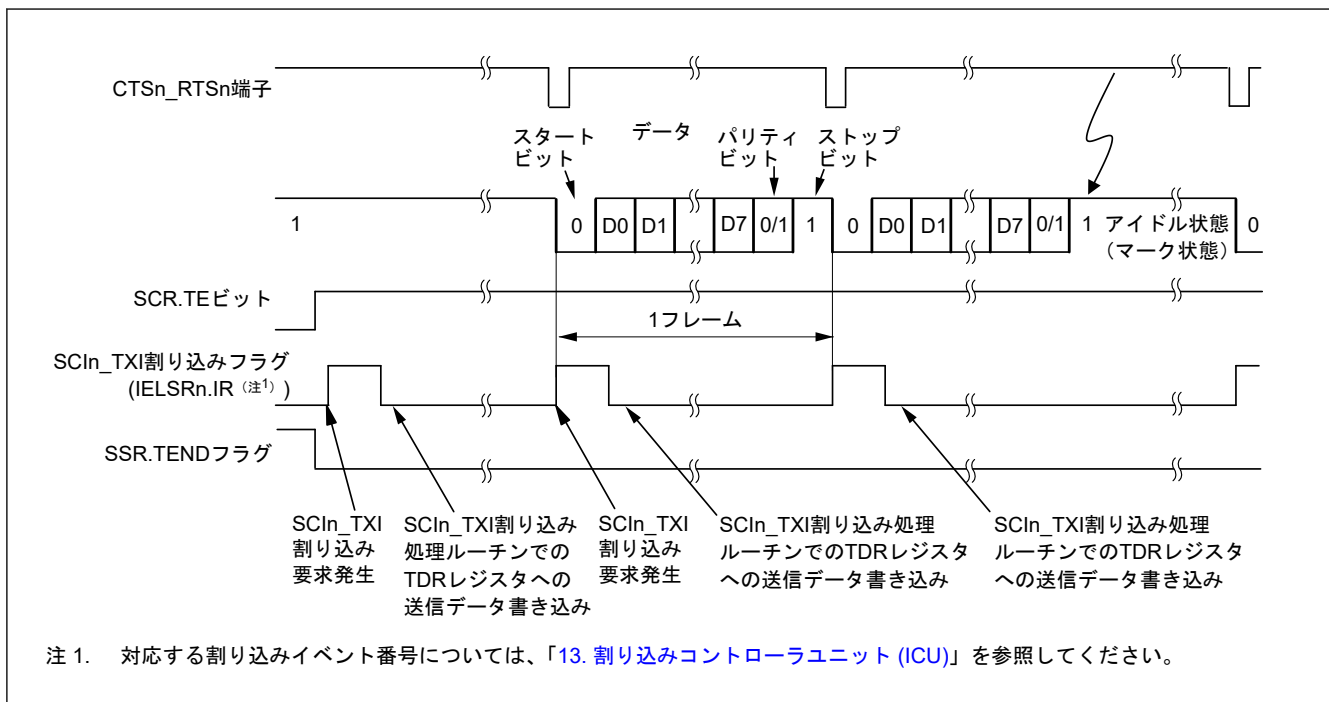


図 27.9 調歩同期式モードにおけるシリアル送信の動作例 (2) (8 ビットデータ/パリティあり/1ストップビット/CTS 機能使用/送信開始時)

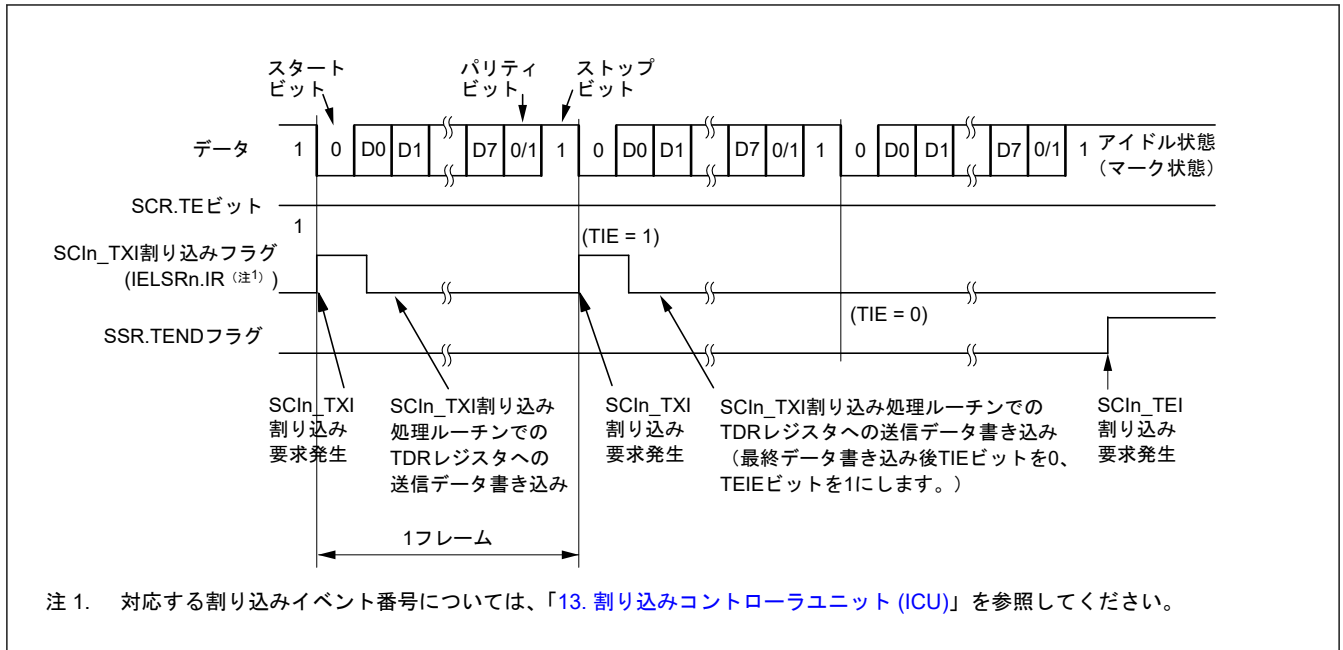


図 27.10 調歩同期式モードにおけるシリアル送信の動作例 (3) (8 ビットデータ/パリティあり/1ストップビット/CTS 機能不使用/送信中~送信終了時)

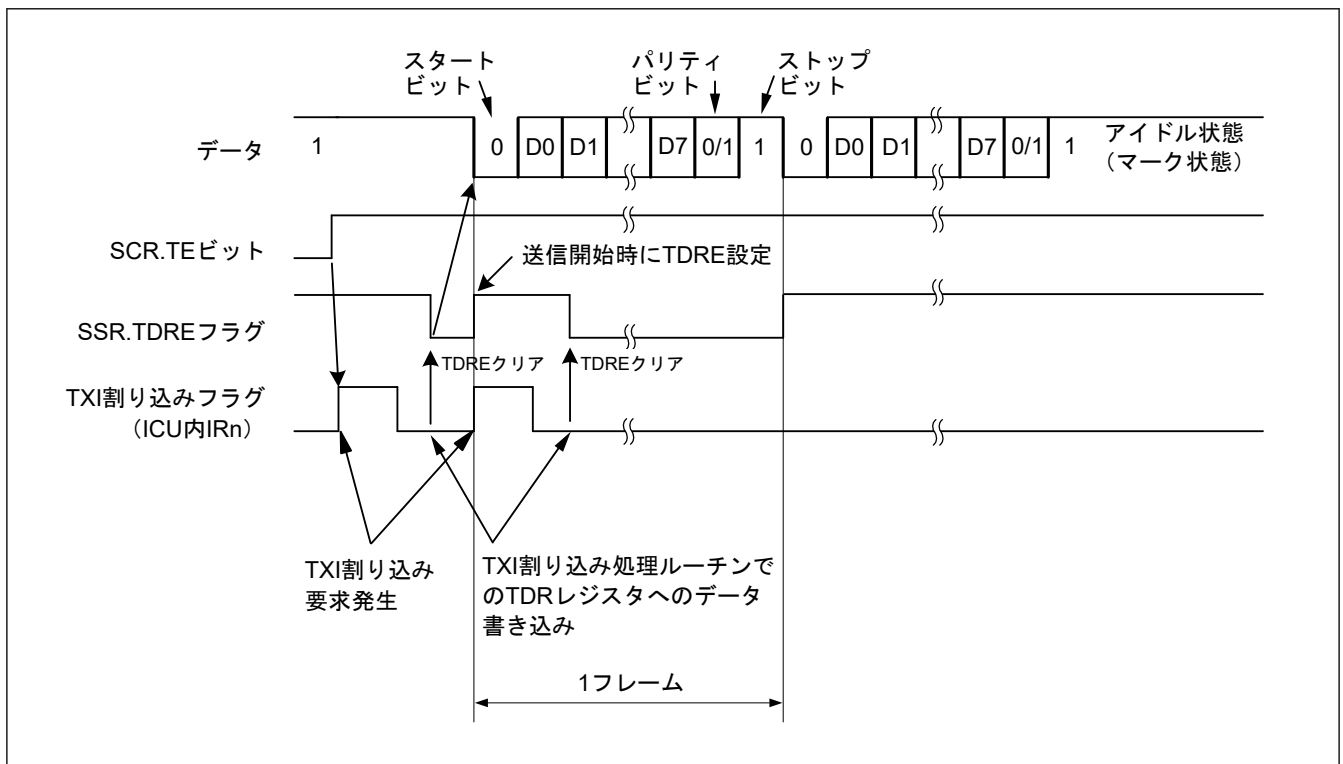


図 27.11 調歩同期式モードにおけるシリアル送信の動作例 (4) (8 ビットデータ/パリティあり/1ストップビット/CTS 機能使用しない/送信中~送信終了時、プリアンブル停止)

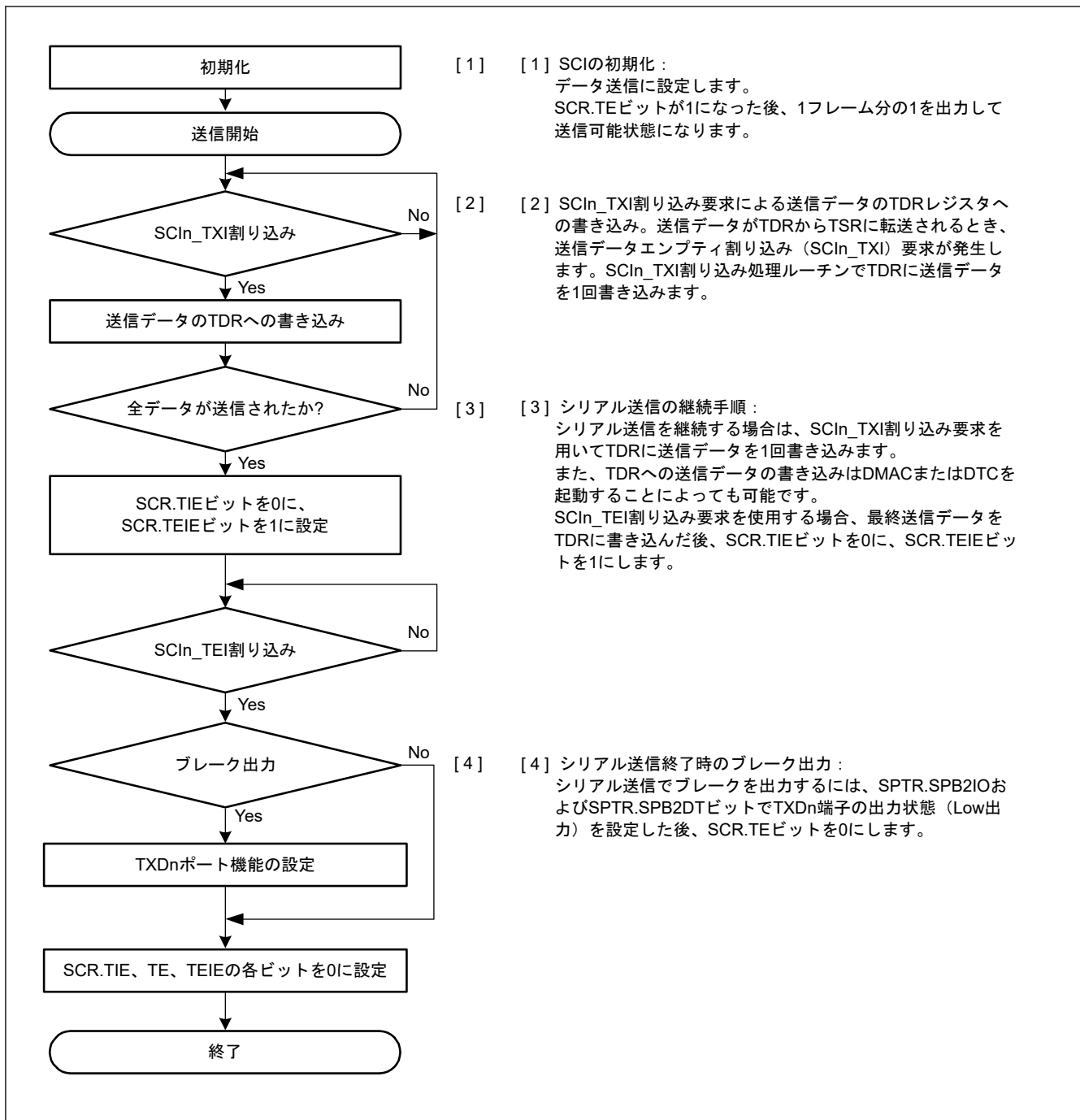


図 27.12 調歩同期式モードにおけるシリアル送信のフローチャート例 (非 FIFO 選択時)

(2) FIFO 選択時

図 27.13 に、調歩同期式モードにおいて FTDRH レジスタと FTDRL レジスタに書き込まれるデータフォーマットの例を示します。

データ長に対応したデータが FTDRH レジスタと FTDRL レジスタ FTDRH レジスタと FTDRL レジスタに設定されます。使用しないビットには 0 を書いてください。FTDRH レジスタ→FTDRL レジスタの順に書いてください。

データ長	レジスタ設定		FTDRH、FTDRL内の送信データ																
			FTDRH								FTDRL								
	SCMR. CHR1	SMR. CHR	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	
7ビット	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7ビットの送信データ
8ビット	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8ビットの送信データ
9ビット	0	Don't care	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9ビットの送信データ

注. —: 無効書く場合、0としてください。

図 27.13 FTDRH と FTDRL に書き込まれるデータフォーマット (FIFO 選択時)

本項では、シリアルデータ送信時の SCI の動作について説明します。TE ビットが 1 の場合、1 フレーム (プリアンブル) 分の High レベルが TXDn 端子に出力されます。

- SCI_n_TXI 割り込み処理ルーチンで FTDRL^(注1)レジスタにデータが書き込まれると、SCI は FTDRL^(注1)レジスタから TSR レジスタへデータを転送します。FTDRL レジスタに書き込み可能なデータのバイト数は“16 - FDR.T[4:0]”です。なお、送信開始時の SCI_n_TXI 割り込み要求は、SCR.TE ビットと SCR.TIE ビットを 1 命令で同時に 1 にすることで発生します。
- SPMR.CTSE ビットが 0 (CTS 機能は無効) であるか、または CTS_n RTS_n 端子入力が Low であると、FTDRL^(注1)レジスタから TSR レジスタへデータが転送され、送信が開始されます。FTDRL レジスタに書き込まれた送信データ数が、指定された送信トリガ数以下のとき、SSR_FIFO.TDFE ビットが 1 になります。SCR.TIE ビットが 1 であれば、SCI_n_TXI 割り込み要求が発生します。この SCI_n_TXI 割り込み処理ルーチンにおいて、現在のデータ送信が終了する前に、FTDRL レジスタ^(注1)に次の送信データを書き込むことで連続送信が可能になります。SCI_n_TEI 割り込み要求を使用する場合、SCI_n_TXI 割り込み要求に対応する処理ルーチン内で最終送信データを FTDRL レジスタ^{(注1)(注2)}に書き込んだ後、SCR.TIE ビットを 0 (SCI_n_TXI 割り込み要求を禁止) にして、SCR.TEIE ビットを 1 (SCI_n_TEI 割り込み要求を許可) にします。
- データは、以下の順に TXDn 端子から送り出されます。
 - スタートビット
 - 送信データ
 - パリティビットまたはマルチプロセッサビット (フォーマットによっては、ない場合もある)
 - ストップビット
- ストップビットを送り出すタイミングで、SCI は FTDRL^(注3)レジスタに未送信データが残っていないかチェックします。
- FTDRL^(注3)レジスタにデータがある場合、SPMR.CTSE ビットが 0 (CTS 機能は無効) であるか、または CTS_n RTS_n 端子入力が Low であると、次の送信データが FTDRL^(注1)レジスタから TSR レジスタへ転送され、ストップビット送出後、次のフレームのシリアル送信が開始されます。
- FTDRL^(注3)レジスタにデータがない場合、SSR_FIFO レジスタの TEND フラグが 1 になり、ストップビットを送り出した後、1 を出力するマーク状態になります。このとき、SCR.TEIE ビットが 1 になっていると、SSR_FIFO.TEND フラグが 1 になり、SCI_n_TEI 割り込み要求が発生します。

注 1. FTDRL レジスタのみへの書き込みデータではなく、FTDRH レジスタと FTDRL レジスタへの書き込みデータになります。

注 2. 9 ビットデータ長選択時、FTDRH→FTDRL の順にデータを書き込んでください。

注 3. データ長 9 ビット選択時、SCI は FTDRL レジスタの更新のみを確認し、FTDRH レジスタは確認しません。

図 27.14 に、調歩同期式モードにおける FIFO 選択時のシリアル送信のフローチャート例を示します。

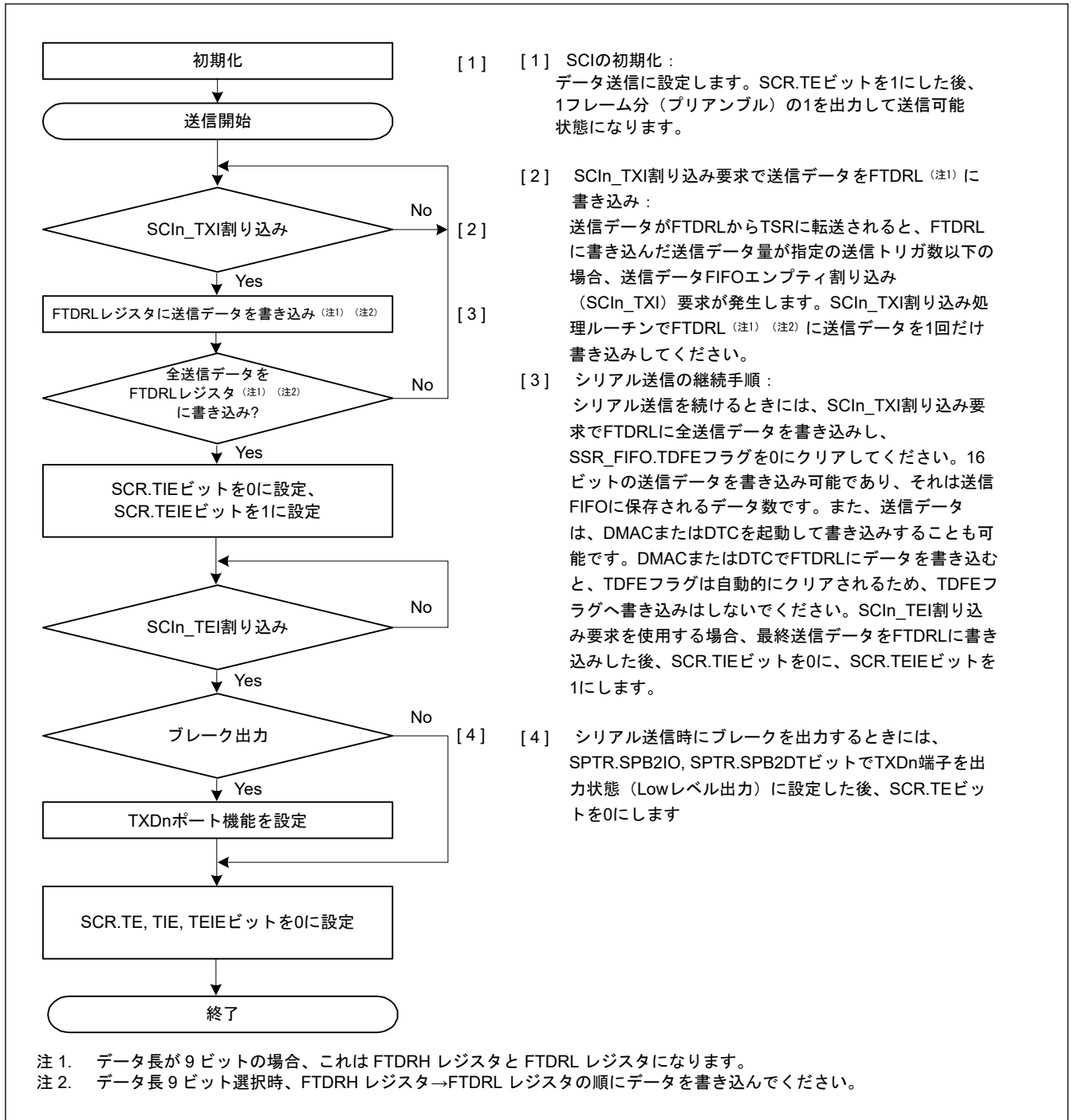


図 27.14 調歩同期式モードにおけるシリアル送信のフローチャート例（FIFO 選択時）

27.3.9 シリアルデータの受信（調歩同期式モード）

(1) 非 FIFO 選択時

図 27.15 と図 27.16 に、調歩同期式モードにおけるシリアル受信の動作例を示します。

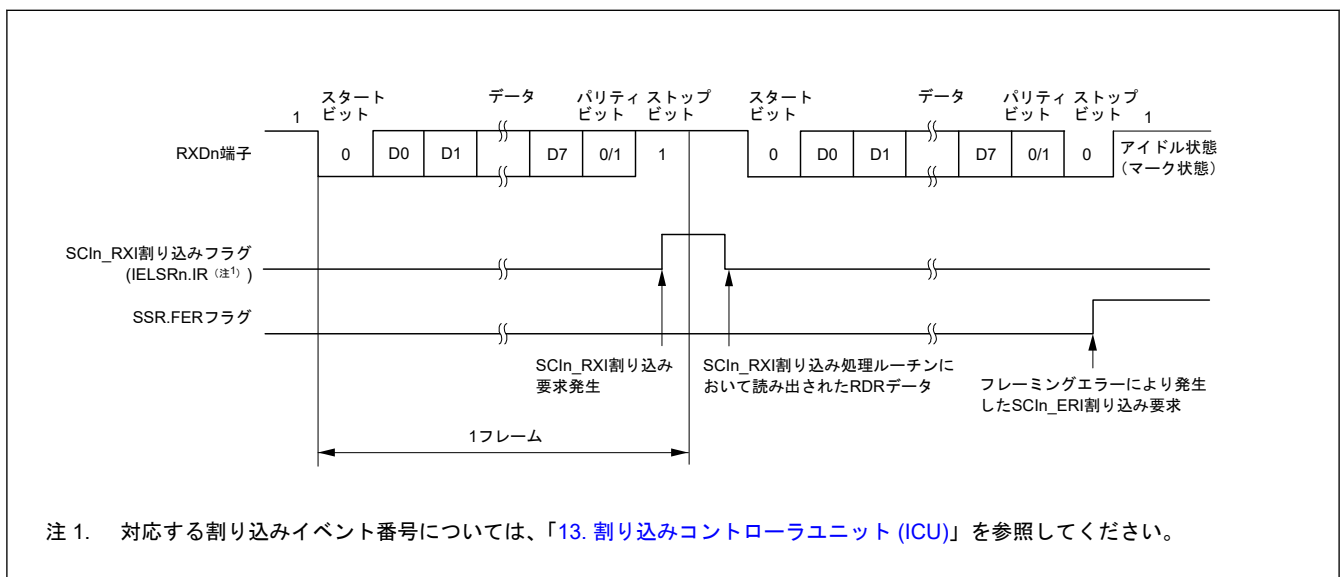
シリアルデータの受信時、SCI は以下のように動作します。

1. SCR.RE ビットが 1 になると、CTS_n、RTS_n 端子出力が Low になります。
2. SCI が通信回線を監視し、スタートビットを検出すると、内部を同期化して受信データを RSR レジスタに取り込みます。
3. マルチプロセッサ通信機能が許可されている場合 (SMR.MP = 1)、「27.4.2. マルチプロセッサシリアルデータ受信」を参照してください。アドレスマッチ機能（データコンペアマッチ機能）が許可されている場合

(DCCR.DCME = 1)、SCI が受信データとコンペアデータ (CDR.CMPD^(注1)) が一致するのを検出するまでの間、受信データはスキップ (廃棄) されるため、SCI はパリティエラーとフレーミングエラーを検知できません。

4. SCI がアドレスマッチを検出すると、DCCR.DCME ビットは自動的にクリアされ、DCCR.DCMF フラグが 1 になり、SCIn_AM 割り込み^(注2)要求が発生します。SCIn_RXI 割り込み要求の生成を許可するには、SCR.RIE ビットを 1 にしてください。比較された受信データは RDR レジスタ^(注3)に格納されません。SSR.RDRF フラグは 0 を保持します。
5. アドレスマッチが検出された受信データで、SCI がフレーミングエラーを検出すると、DCCR.DFER フラグが 1 になります。また、そのフレームにパリティエラーを検出すると、DCCR.DPER フラグが 1 になります。SCIn_ERI 割り込み要求の生成を許可するには、SCR.RIE ビットを 1 にしてください。
6. SCIn_AM 割り込み処理ルーチン内でフレーミングエラーまたはパリティエラーを検出した場合 (DCCR.DFER フラグか DCCR.DPER フラグが 1 の場合)、アドレスマッチ機能を再び許可するため、DCCR.DFER フラグと DCCR.DPER フラグを 0 にして、DCCR.DCME ビットを 1 にします。フレーミングエラーもパリティエラーも検出されなかった場合 (DCCR.DFER フラグも DCCR.DPER フラグもどちらも 0 の場合)、DCCR.DCMF フラグを 0 に設定してください。図 27.6 を参照してください。
7. オーバーランエラーが発生した場合、SSR.ORER フラグが 1 になります。SCR.RIE ビットが 1 であれば、SCIn_ERI 割り込み要求が発生します。受信データは RDR レジスタ^(注3)へ転送されません。
8. パリティエラーが検出された場合は、SSR.PER フラグが 1 になり、受信データが RDR レジスタ^(注3)へ転送されます。SCR.RIE ビットが 1 であれば、SCIn_ERI 割り込み要求が発生します。
9. フレーミングエラーが検出された場合は、SSR.FER フラグが 1 になり、受信データが RDR レジスタ^(注3)へ転送されます。SCR.RIE ビットが 1 であれば、SCIn_ERI 割り込み要求が発生します。
10. 正常に受信したときは、受信データが RDR レジスタ^(注3)へ転送されます。SCR.RIE ビットが 1 であれば、SCIn_RXI 割り込み要求が発生します。この SCIn_RXI 割り込み処理ルーチンにおいて、次のデータ受信が終了する前に、RDR レジスタへ転送された受信データを読み出すことで連続受信が可能になります。RDR レジスタへ転送された受信データを読み出されると、CTSn_RTsn 端子出力が Low になります。

- 注 1. このコンペアの範囲は 3 種類の長さから 1 つ選択できます。CMPD[6:0]は 7 ビット長、CMPD[7:0]は 8 ビット長、CMPD[8:0]は 9 ビット長です。
- 注 2. SCIn_AM 割り込みには割り込み許可ビットが割り当てられないため、割り込み要求は DCCR.DCMF ビットを 1 にすることで生成します。
- 注 3. データ長 9 ビット選択時は、RDRHL レジスタのデータだけを読み出してください。



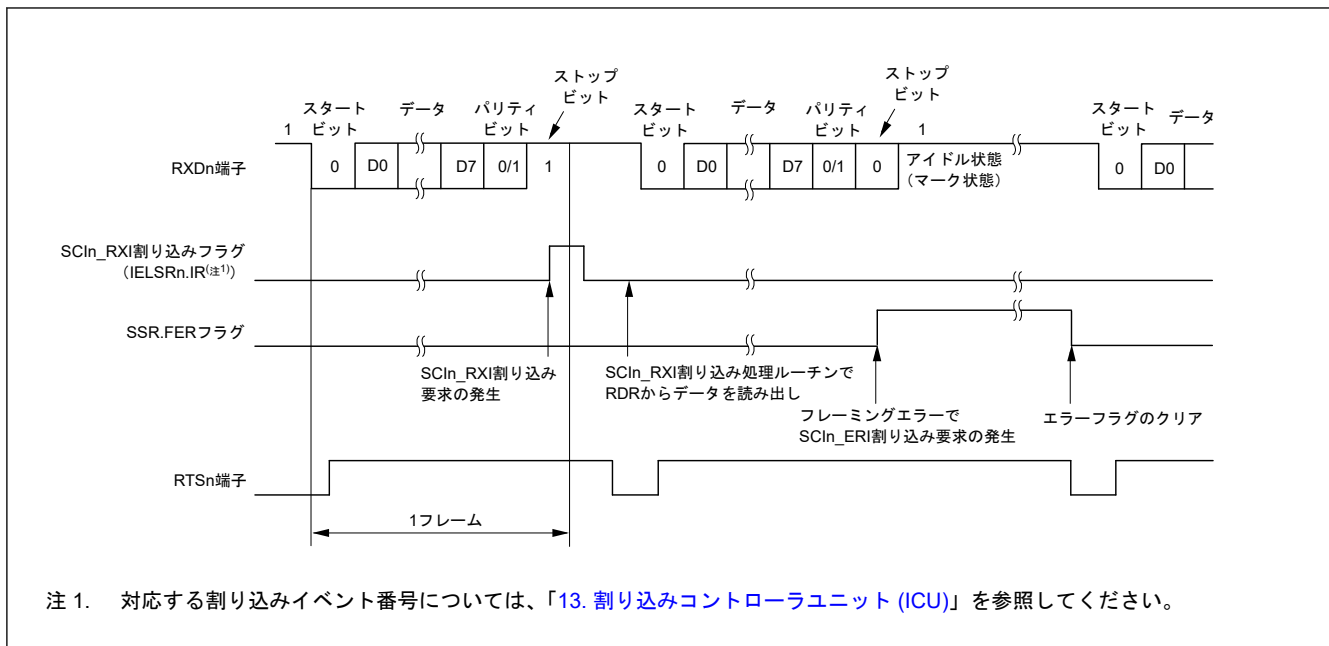


図 27.16 調歩同期式モードにおけるシリアル受信の動作例 (2) (RTS 機能を使用する場合) (8 ビットデータ／パリティあり／1 ストップビットの場合)

受信エラーを検出した場合の SSR レジスタの各フラグの状態と受信データの処理を表 27.28 に示します。

受信エラーが検出されると、SCIIn_ERI 割り込み要求は発生しますが、SCIIn_RXI 割り込み要求は発生しません。受信エラーフラグが 1 の状態では受信動作を再開できません。したがって、ORER、FER、および PER フラグを 0 にしてから受信を再開してください。また、オーバーランエラー処理では、必ず RDR または RDRHL レジスタを読み出してください。受信動作中に SCR.RE ビットを 0 にして受信動作を強制終了させた場合、RDR (または RDRHL) レジスタに読み出し前の受信データが残っている可能性があるため、RDR (または RDRHL) レジスタを読み出す必要があります。

図 27.17 と図 27.18 に、シリアル受信のフローチャート例を示します。

表 27.28 SSR ステータスレジスタのフラグの状態と受信データの処理

SSR ステータスレジスタのフラグ			受信データ	受信エラーの種類
ORER	FER	PER		
1	0	0	消失	オーバーランエラー
0	1	0	RDR(注1)へ転送	フレーミングエラー
0	0	1	RDR(注1)へ転送	パリティエラー
1	1	0	消失	オーバーランエラー+フレーミングエラー
1	0	1	消失	オーバーランエラー+パリティエラー
0	1	1	RDR(注1)へ転送	フレーミングエラー+パリティエラー
1	1	1	消失	オーバーランエラー+フレーミングエラー+パリティエラー

注 1. データ長 9 ビット選択時は、RDRHL レジスタのデータだけを読み出してください。

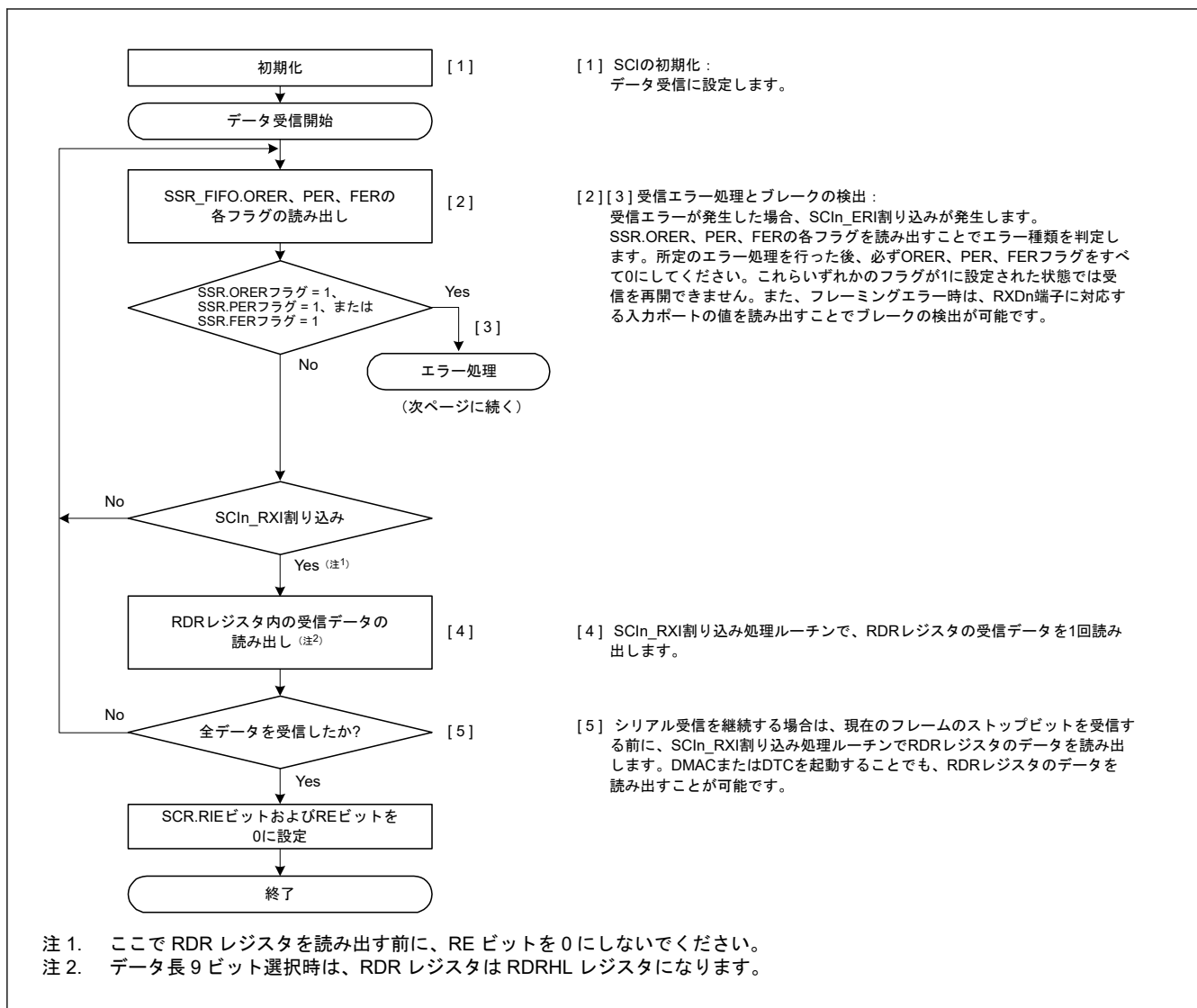


図 27.17 調歩同期式モードにおけるシリアル受信のフローチャート例（非 FIFO 選択、アドレス一致検出無効時）(1)

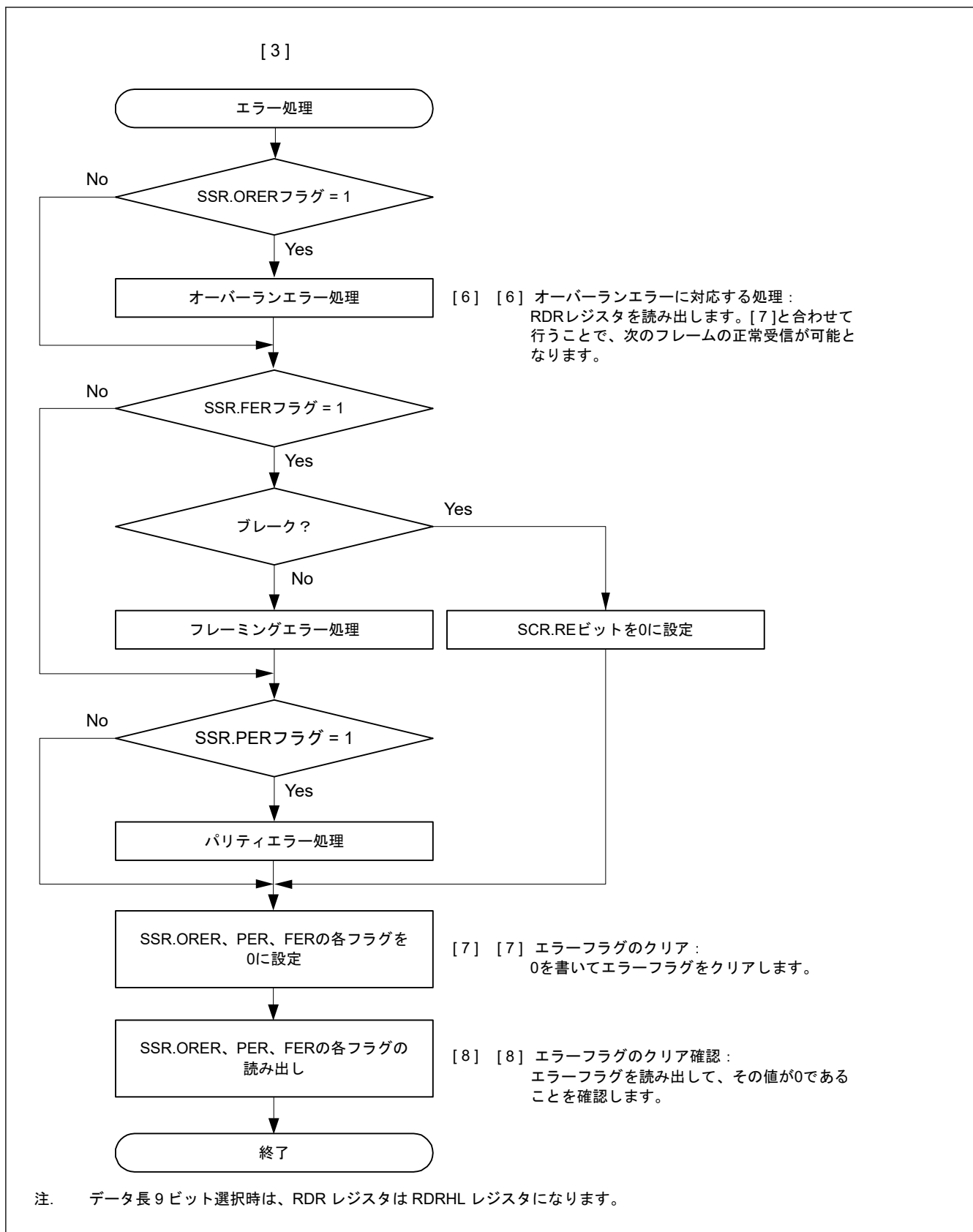


図 27.18 調歩同期式モードにおけるシリアル受信のフローチャート例（非 FIFO 選択、アドレス一致検出無効時）(2)

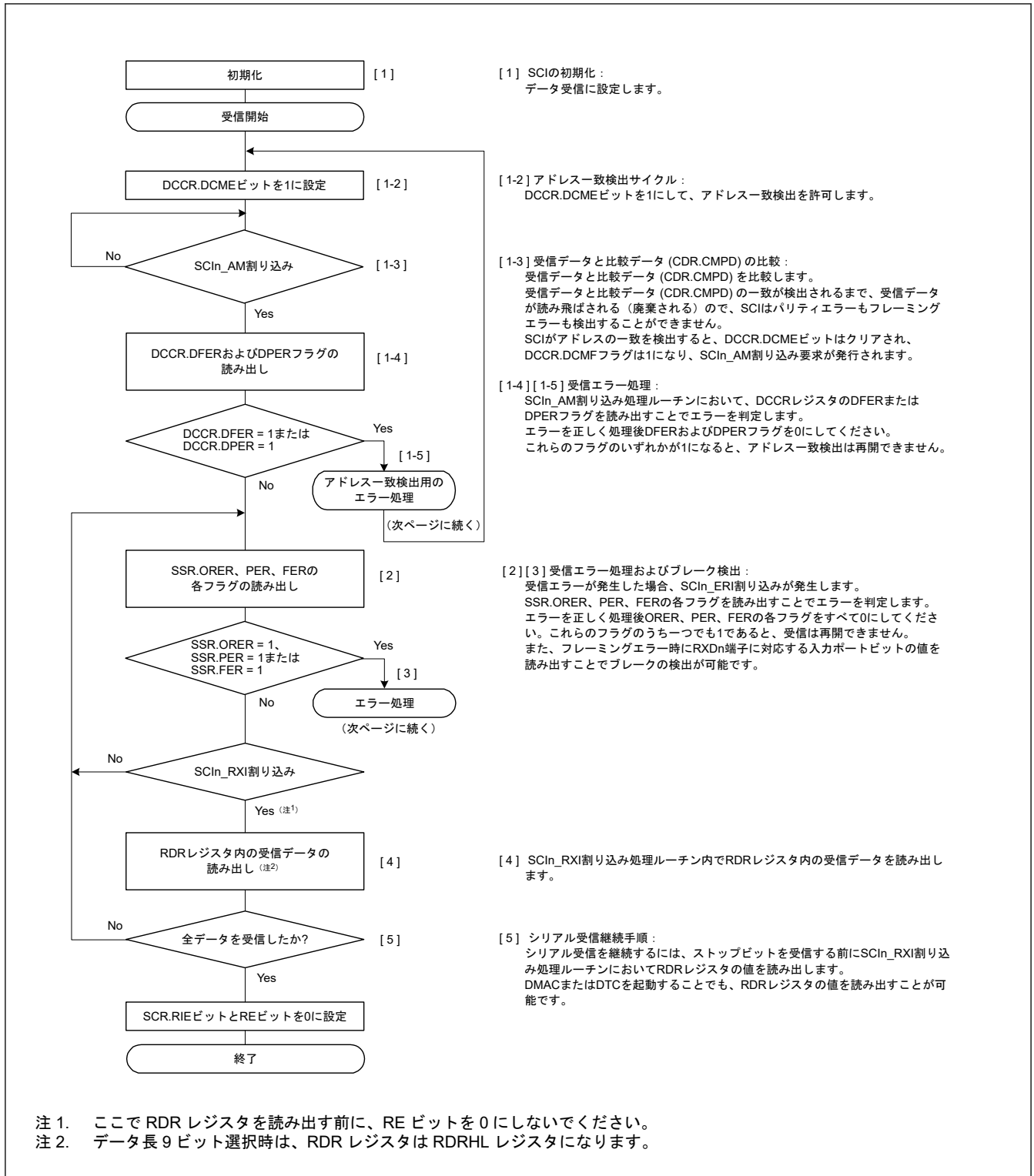


図 27.19 調歩同期モードにおけるシリアル受信のフローチャート例（非 FIFO 選択、アドレス一致検出有効時）(1)

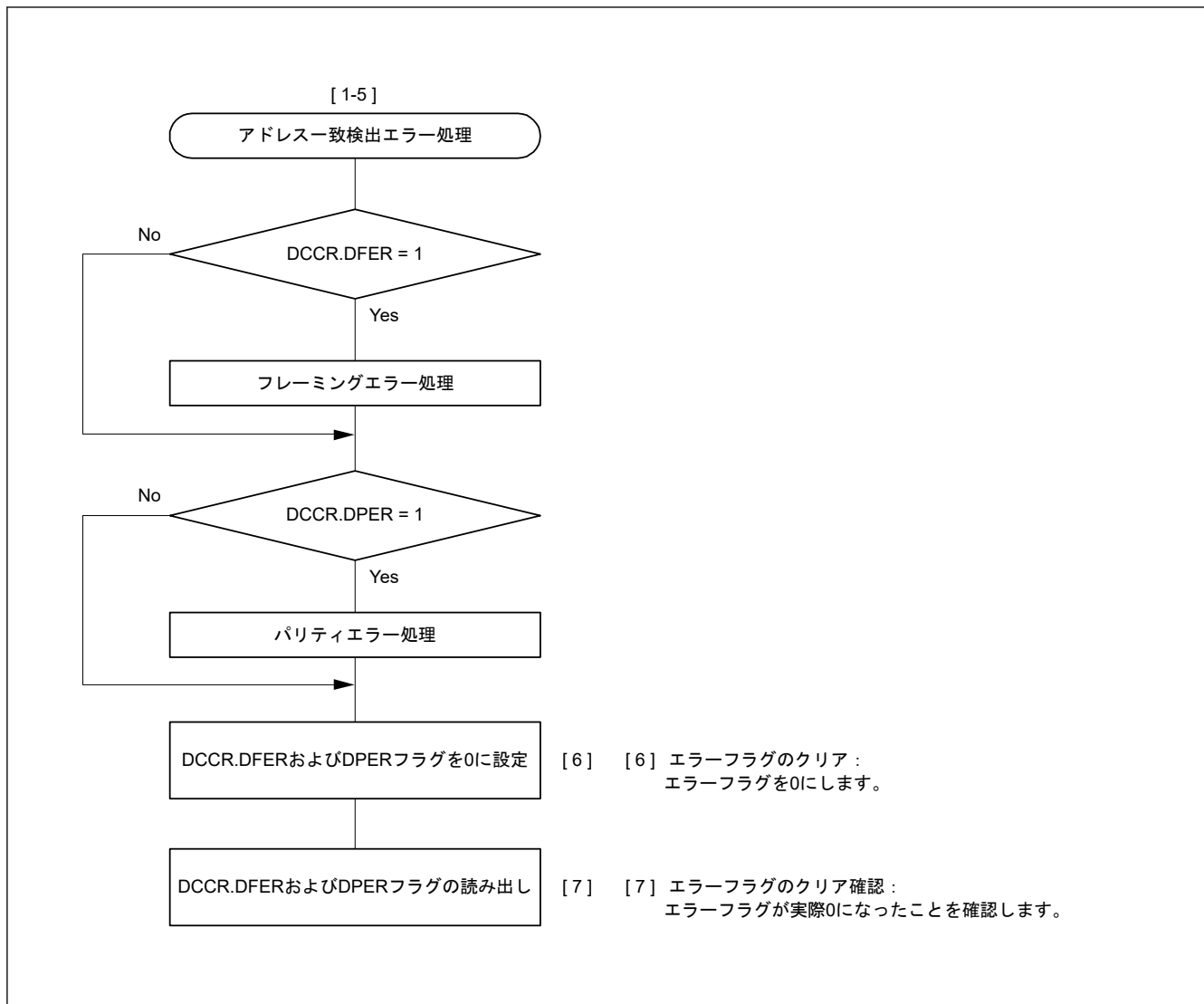


図 27.20 調歩同期式モードにおけるシリアル受信のフローチャート例 (非 FIFO 選択、アドレス一致検出有効時) (2)

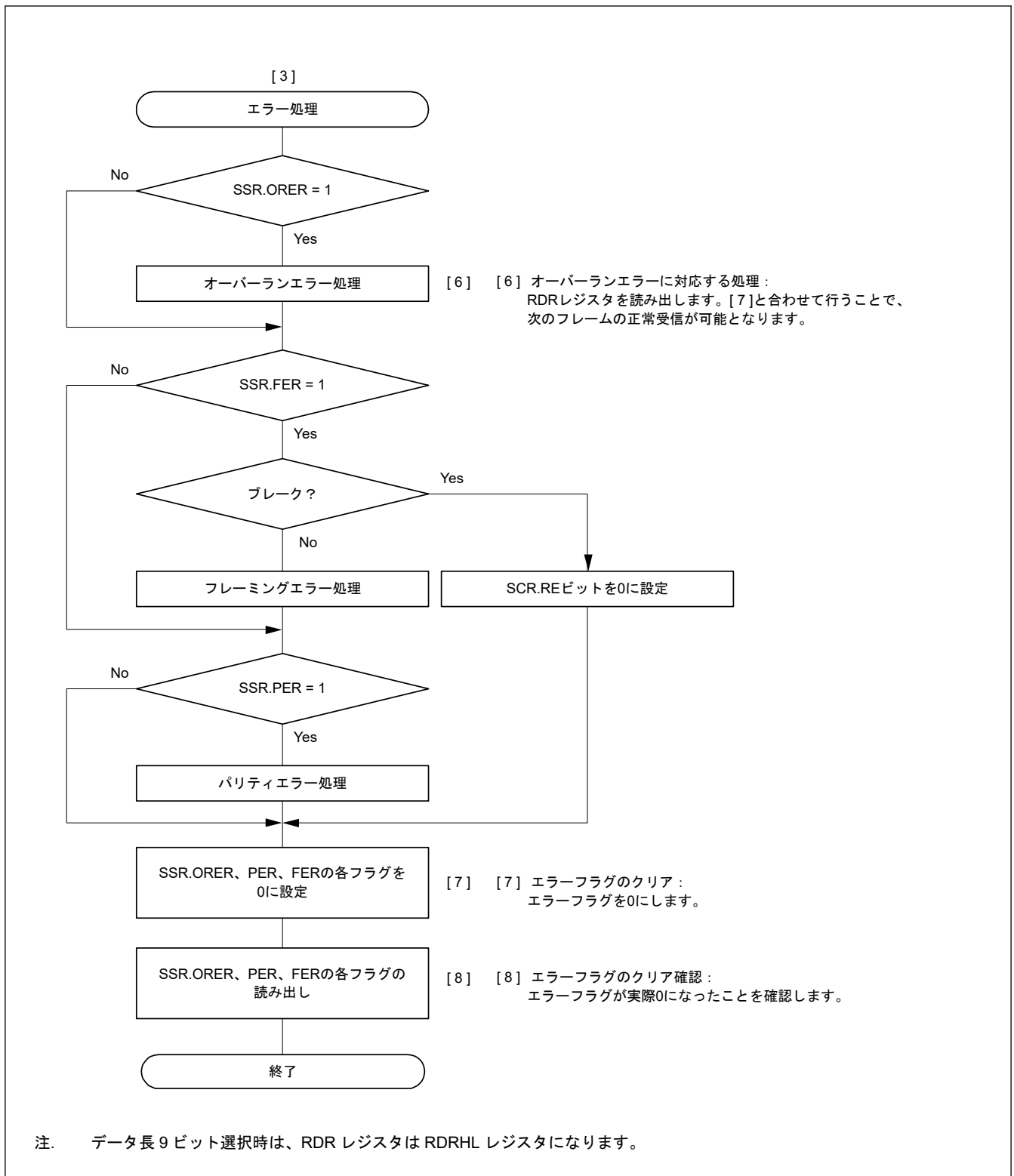


図 27.21 調歩同期式モードにおけるシリアル受信のフローチャート例（非 FIFO 選択、アドレス一致検出有効時）(3)

(2) FIFO 選択時

図 27.22 に、調歩同期式モードにおいて FRDRH レジスタと FRDRL レジスタに書き込まれるデータフォーマットの例を示します。

調歩同期式モードでは、FRDRH レジスタの MPB ビットに 0 が書き込まれます。データ長に対応したデータが FRDRH レジスタと FRDRL レジスタに書き込まれます。使用されないビットには、0 が書き込まれます。FRDRH レジスタ→FRDRL レジスタの順に読み出してください。ソフトウェアが FRDRL レジスタを読み出す

と、SCI は FER、PER、および FRDRL レジスタの受信データ (RDAT[8:0]) を次のデータで更新します。FRDRH レジスタの RDF、ORER、および DR フラグは、常に SSR_FIFO レジスタの対応するフラグを反映しています。

データ長	レジスタ設定		FRDRH、FRDRLの受信データ															
	SCMR. CHR1	SMR. CHR	FRDRHL															
			FRDRH							FRDRL								
			b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
7ビット	1	0	-	RDF	ORER	FER	PER	DR	0	0	0	7ビットの受信データ						
8ビット	1	1	-	RDF	ORER	FER	PER	DR	0	0	8ビットの受信データ							
9ビット	0	Don't care	-	RDF	ORER	FER	PER	DR	0	9ビットの受信データ								

注. MPB ビット (FRDRH[1]) では常に 0 が読み出されます。
 データ長が 7 ビットの場合、FRDRH[0] と FRDRL[7] では常に 0 が読み出されます。
 データ長が 8 ビットの場合、FRDRH[0] では常に 0 が読み出されます。
 FRDRH[7] ビットは不定値として読み出されます。

図 27.22 FRDRH と FRDRL に格納されるデータフォーマット (FIFO 選択時)

シリアルデータの受信時、SCI は以下のように動作します。

- SCR.RE ビットが 1 になると、CTS_n、RTS_n 端子出力が Low になります。
- SCI が通信回線を監視し、スタートビットを検出すると、内部を同期化して受信データを RSR レジスタに取り込みます。
- マルチプロセッサ通信機能が許可されている場合 (SMR.MP = 1)、「27.4.2. マルチプロセッサシリアルデータ受信」を参照してください。アドレスマッチ機能 (データコンペアマッチ機能) が許可されている場合 (DCCR.DCME = 1)、SCI が受信データとコンペアデータ (CDR.CMPD^(注1)) が一致するのを検出するまでの間、受信データはスキップ (廃棄) されるため、SCI はパリティエラーとフレーミングエラーを検知できません。
- SCI がアドレスマッチを検出すると、DCCR.DCME ビットは自動的にクリアされ、DCCR.DCMF フラグが 1 になり、SCI_{In}_AM 割り込み^(注2)要求が発生します。SCI_{In}_RXI 割り込み要求の生成を許可するには、SCR.RIE ビットを 1 にしてください。比較された受信データは RDR レジスタ^(注3)に格納されません。SSR.RDRF フラグは 0 を保持します。
- アドレスマッチが検出された受信データで、SCI がフレーミングエラーを検出すると、DCCR.DFER フラグが 1 になります。また、そのフレームにパリティエラーを検出すると、DCCR.DPER フラグが 1 になります。SCI_{In}_ERI 割り込み要求の生成を許可するには、SCR.RIE ビットを 1 にしてください。
- SCI_{In}_AM 割り込み処理ルーチン内でフレーミングエラーまたはパリティエラーを検出した場合 (DCCR.DFER フラグか DCCR.DPER フラグが 1 の場合)、アドレスマッチ機能を再び許可するため、DCCR.DFER フラグと DCCR.DPER フラグを 0 にして、DCCR.DCME ビットを 1 にします。フレーミングエラーもパリティエラーも検出されなかった場合 (DCCR.DFER フラグも DCCR.DPER フラグもどちらも 0 の場合)、DCCR.DCMF フラグを 0 に設定してください。図 27.6 を参照してください。
- 通常の通信でオーバーランエラーが発生した場合、SSR_FIFO.ORER フラグが 1 になります。SCR の SCR.RIE ビットが 1 であれば、SCI_{In}_ERI 割り込み要求が発生します。受信データは FRDRL レジスタ^(注3)へ転送されません。
- パリティエラーが検出された場合は、PER フラグと受信データが FRDRL レジスタ^(注3)へ転送されます。SCR.RIE ビットが 1 であれば、SCI_{In}_ERI 割り込み要求が発生します。
- フレーミングエラーが検出された場合は、FER フラグと受信データが FRDRL レジスタ^(注3)へ転送されます。SCR.RIE ビットが 1 であれば、SCI_{In}_ERI 割り込み要求が発生します。
- フレーミングエラーが検出された後、SCI によって連続受信データが 1 フレーム分 0 であることが検出された場合、受信動作が停止します。
- FRDRL レジスタに格納されたデータ数が、指定された受信トリガ数より少なく、かつ、調歩同期式モードにおいて最後のストップビットから 15 ETU 経過しても次のデータが受信されていない場合は、SSR_FIFO.DR

フラグが 1 になります。SCR.RIE ビットが 1 で、FCR.DRES ビットが 0 の場合、SCI は SCIn_RXI 割り込み要求を発生させます。FCR.DRES ビットが 1 の場合、SCI は SCIn_ERI 割り込み要求を発生させます。

12. 正常に受信したときは、受信データが FRDRL レジスタ(注3)へ転送されます。FRDRHL に書き込まれた受信データ数が、指定された受信トリガ数以上であると、RDF ビットが 1 になります。SCR の SCR.RIE ビットが 1 であれば、SCIn_RXI 割り込み要求が発生します。この SCIn_RXI 割り込み処理ルーチンにおいて、オーバーランエラーが発生する前に、FRDRL レジスタ(注4)へ転送された受信データを読み出すことで連続受信が可能になります。FRDRL レジスタ(注5)へ転送された受信データ数が RTS トリガ数未満であると、CTSn_RTSn 端子出力が Low になります。

- 注 1. コンペアの対象として、3 種類の長さから 1 つ選択できます。CMPD[6:0]は 7 ビット長、CMPD[7:0]は 8 ビット長、CMPD[8:0]は 9 ビット長です。
- 注 2. SCIn_AM 割り込みには割り込み許可ビットが割り当てられないため、割り込み要求は DCCR.DCMF ビットを 1 にすることで生成します。
- 注 3. 9 ビットデータ長選択時、FRDRH レジスタと FRDRL レジスタのデータのみを読み出してください。
- 注 4. 9 ビットデータ長選択時、FRDRH→FRDRL の順にデータをを読み出してください。
- 注 5. データ長 9 ビット選択時、SCI は FRDRL レジスタの更新のみを確認し、FRDRH レジスタは確認しません。

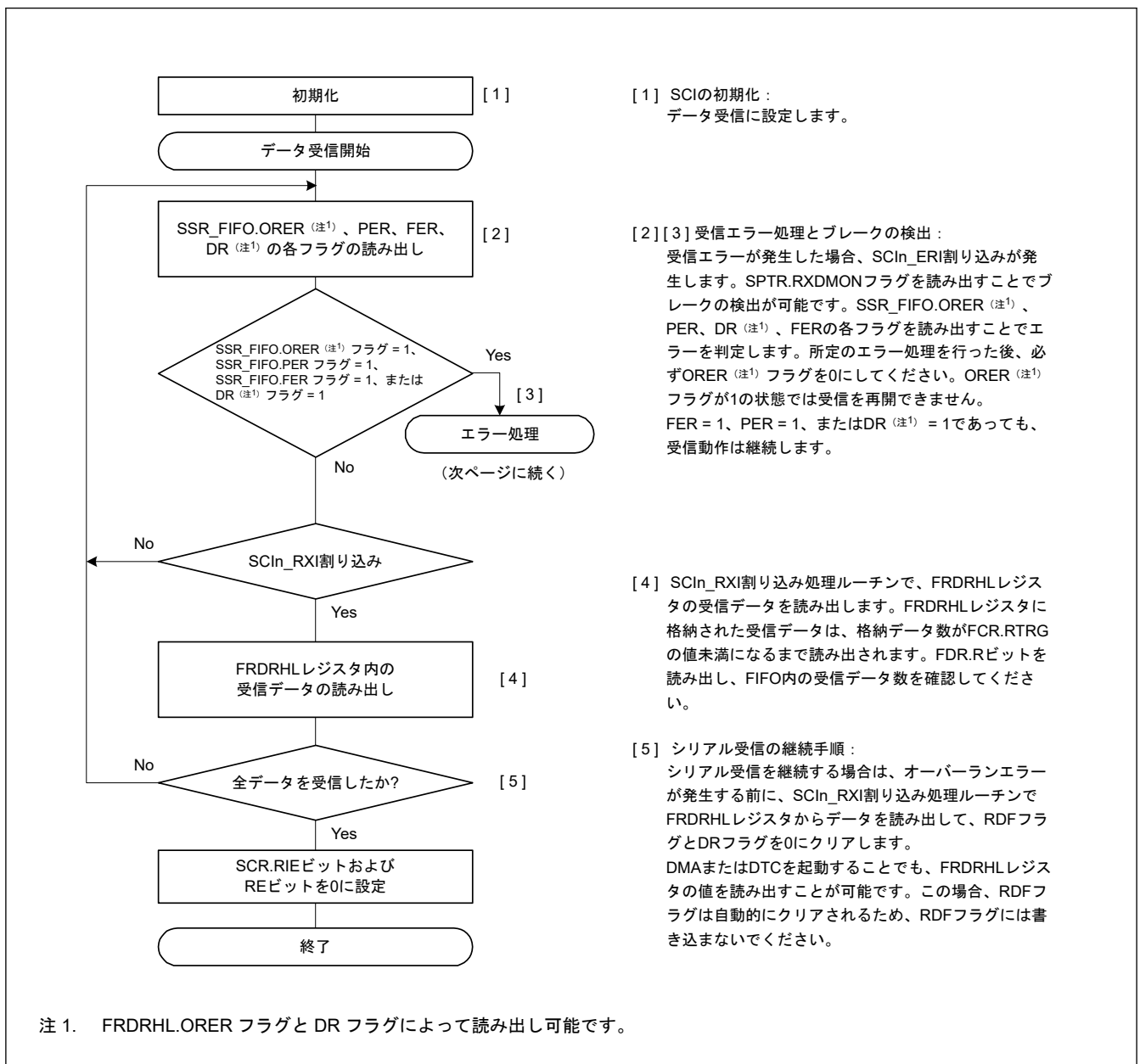


図 27.23 調歩同期式モードにおけるシリアル受信のフローチャート例 (FIFO 選択、アドレス一致検出有効時) (1)

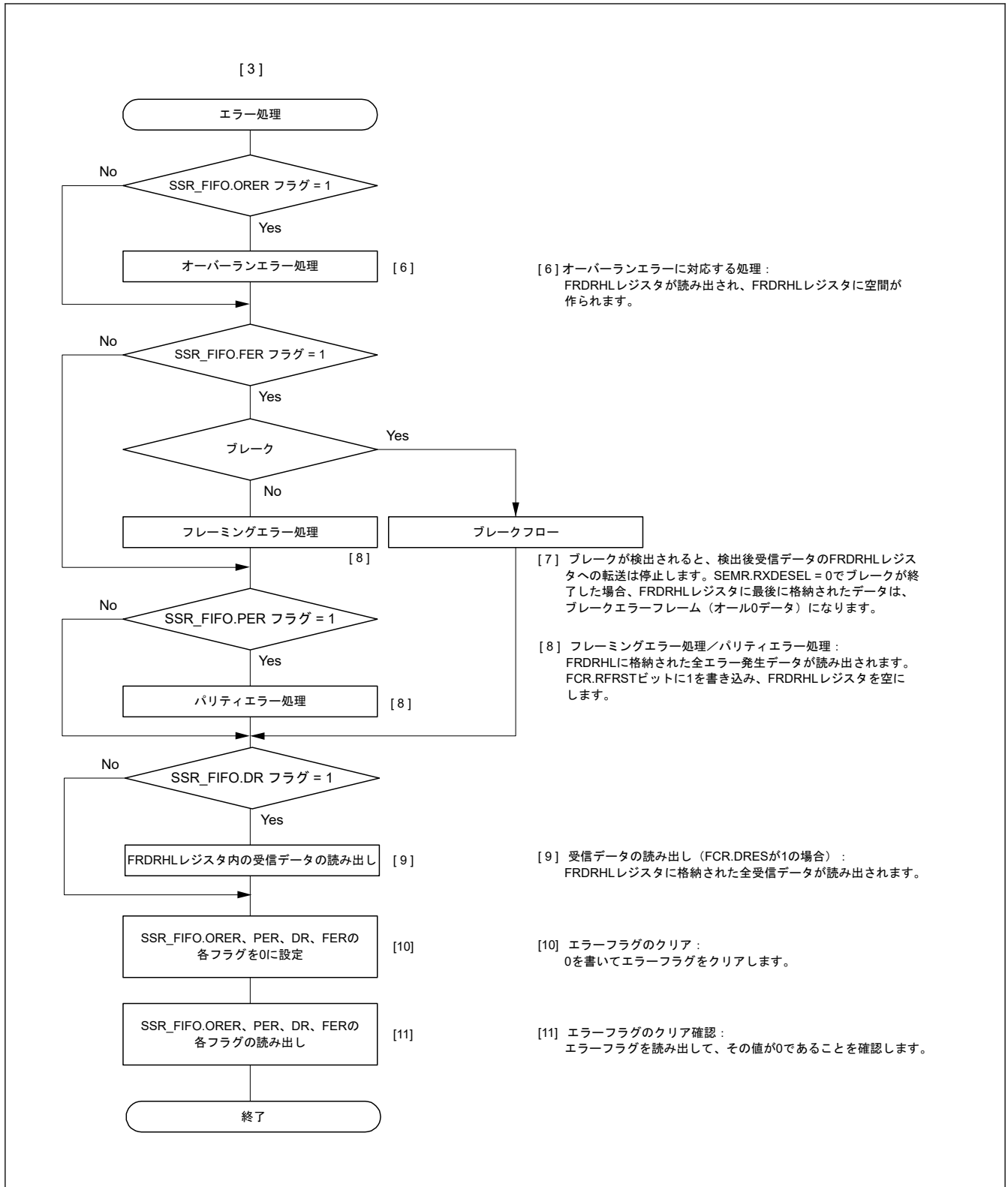


図 27.24 調歩同期式モードにおけるシリアル受信のフローチャート例 (FIFO 選択、アドレス一致検出無効時) (2)

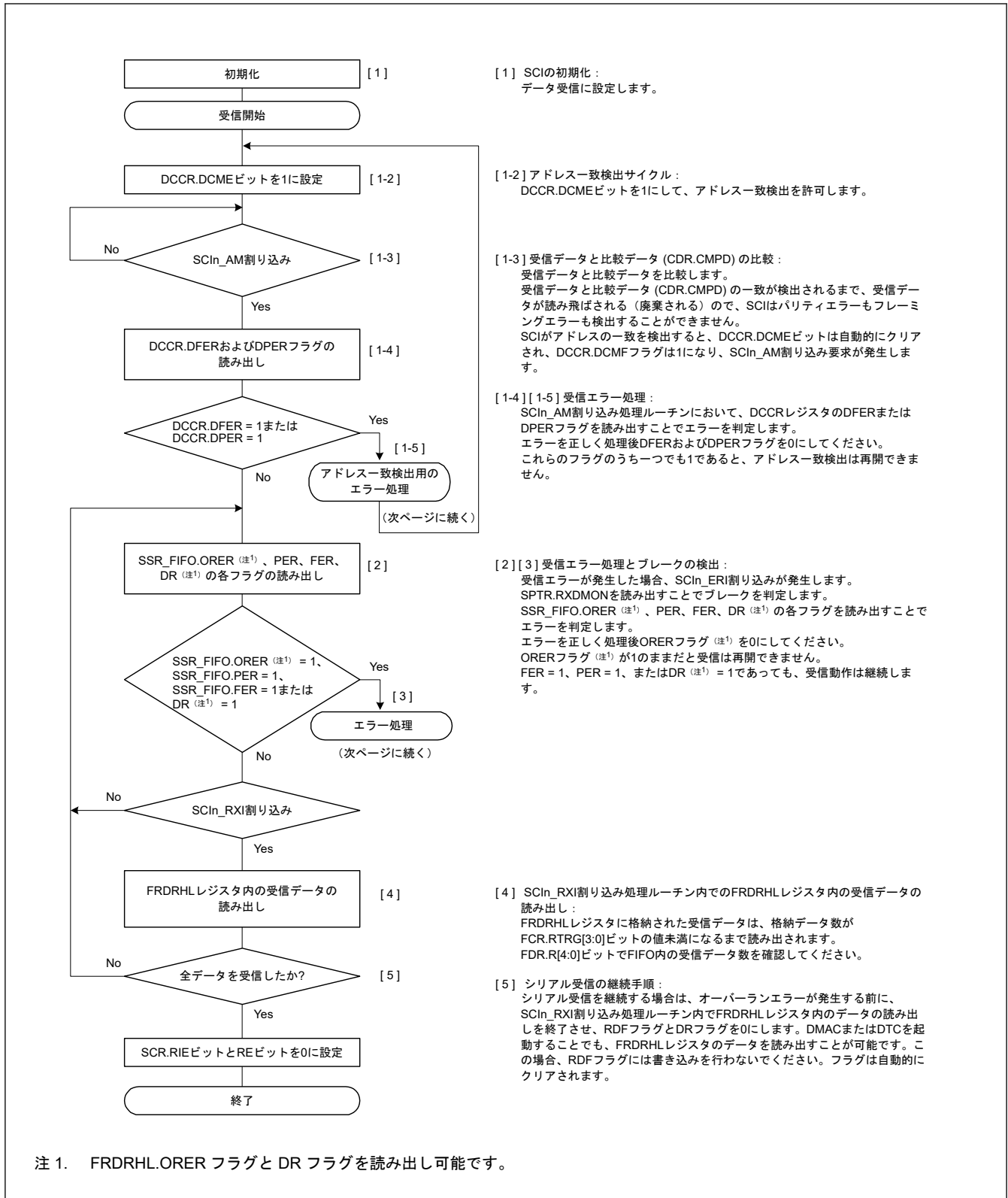


図 27.25 調歩同期式モードにおけるシリアル受信のフローチャート例 (FIFO 選択、アドレス一致検出有効時) (1)

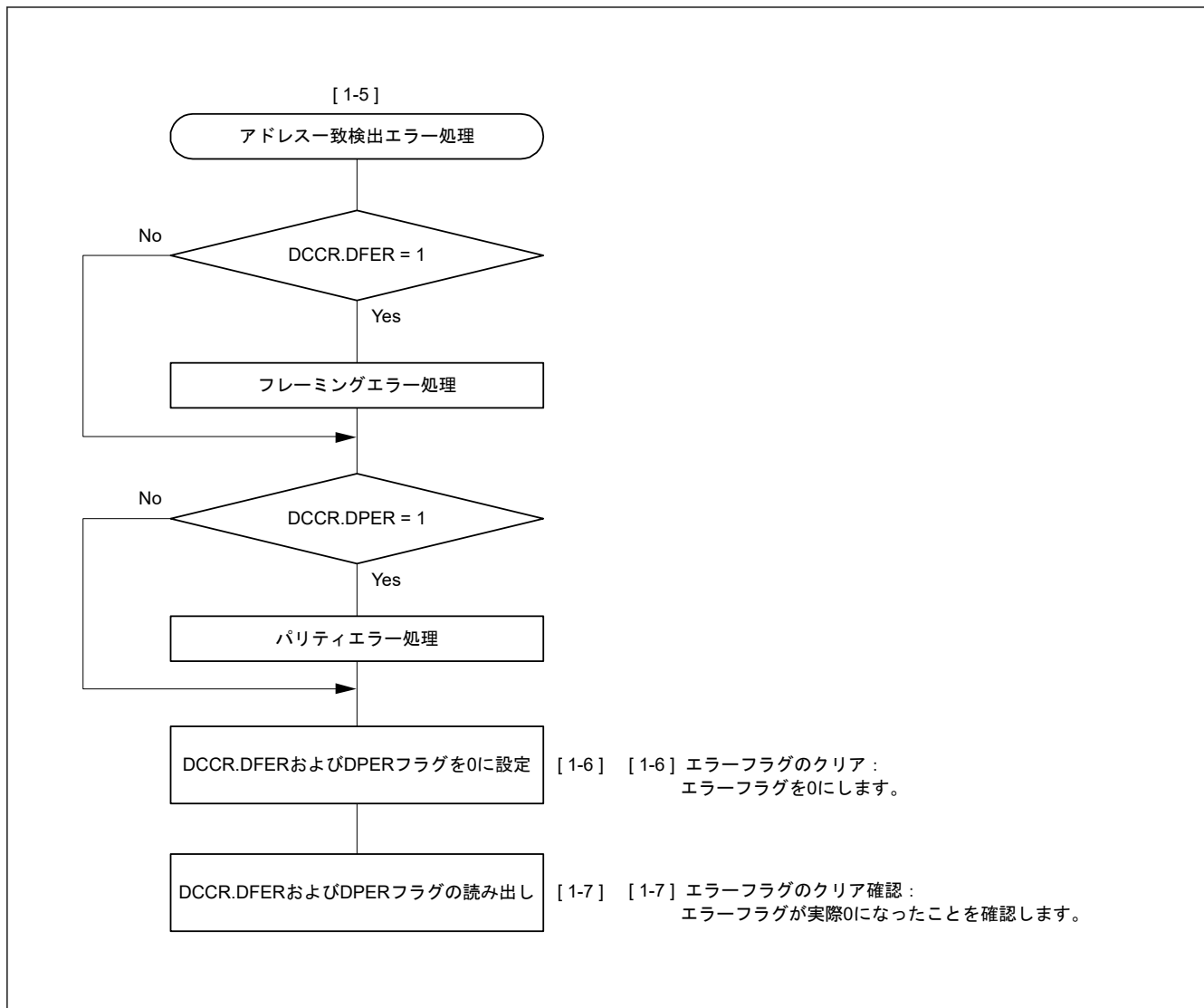


図 27.26 調歩同期式モードにおけるシリアル受信のフローチャート例 (FIFO 選択、アドレス一致検出有効時) (2)

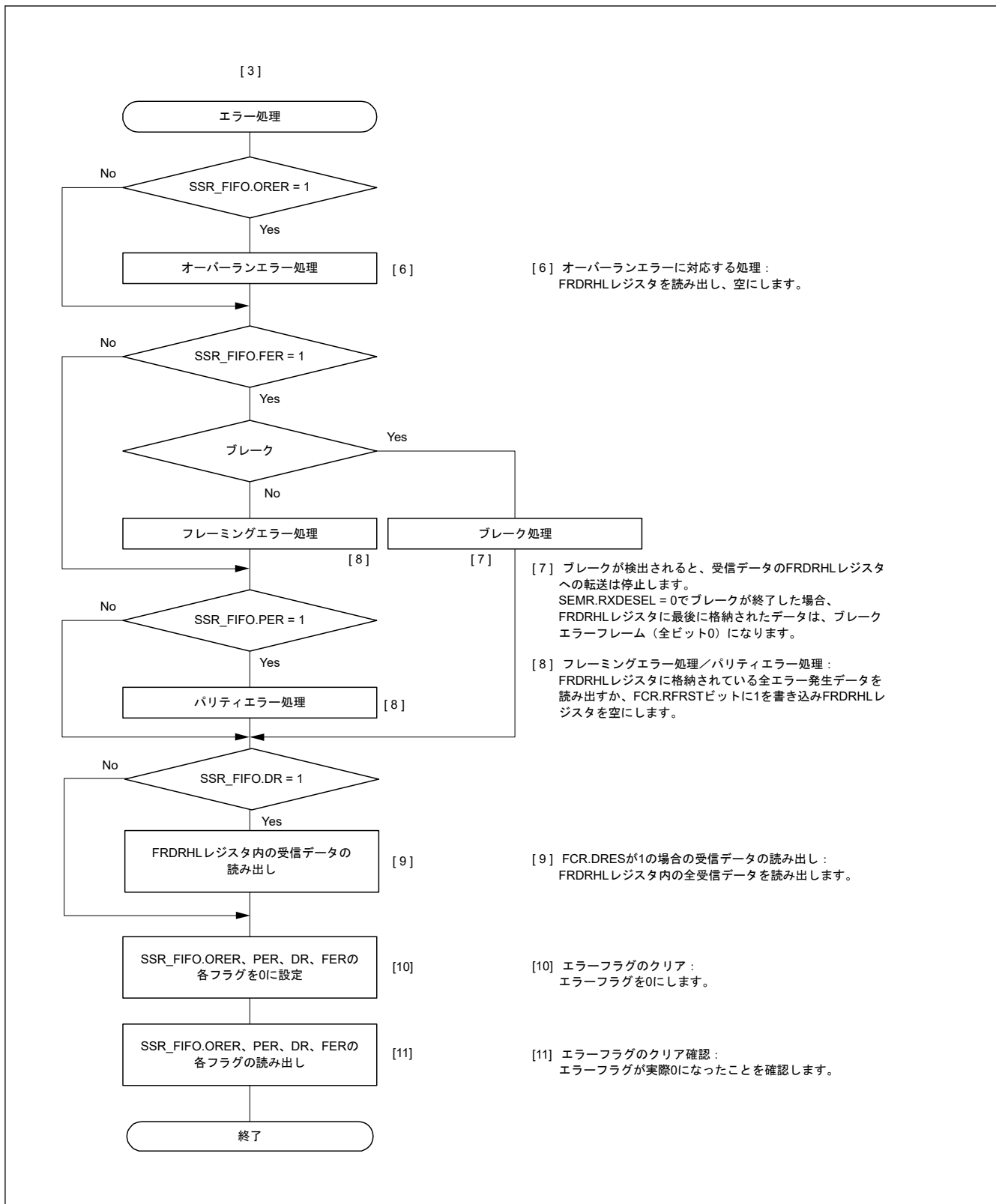


図 27.27 調歩同期式モードにおけるシリアル受信のフローチャート例 (FIFO 選択、アドレス一致検出有効時) (3)

27.3.10 受信サンプリングタイミング調節機能 (調歩同期式モード)

フォトカプラ通過後の波形で立ち上がり転送時間と立ち下がり転送時間の差がある場合、ビットの中間部分での受信サンプリングタイミングが受信マージンに影響します。この場合、この機能を利用することで受信サンプリングタイミングをビットの中間部分から最適なタイミングに調整できます。

受信サンプリングタイミングは、下記の式によりビットの中間部分から調整します。また調整方向は ACTR.AJD により設定されます。ビットの中間から前方向または後ろ方向を選択可能です。後ろ方向に調整 (ACTRAJD = 0) の場合 AJD = +1 とし、前方向に調整 (ACTR.AJD = 1) の場合 AJD = -1 とします。

サンプリングタイミング調整 = ビットの間 + AJD * (基本クロック * ACTR.AST[2:0]設定値)

設定タイミングは、1 ビットごとの基本クロックサイクル数により制限されます。詳細は表 27.29 を参照してください。

この機能を使用した場合の、フォトカプラを通過する通信の受信動作の概要を図 27.28、図 27.29 と図 27.30 に、本機能の動作の説明を図 27.31 に示します。

立ち上がり転送時間と立ち下り転送時間に差がない場合はこの機能を使用しないでください。受信マージンに悪影響を及ぼす可能性があります。

表 27.29 ACTR レジスタの許容値 (内部クロックを使用した調歩同期式モード)

SEMR.ABCSE	SEMR.ABCS	1 ビットごとの基本クロックサイクル数	ACTR の許容値	
			ACTR.AJD	ACTR.AST
1	x	6	0	000b~010b(注1)
			1	
0	1	8	0	000b~011b(注1)
			1	
0	0	16	0	000b~111b
			1	

注. x: Don't care

注 1. ACTR.AST の値が許容値を超えている場合、サンプリングはデフォルトのタイミングで行われます。(サンプリングの調整は行われません。)

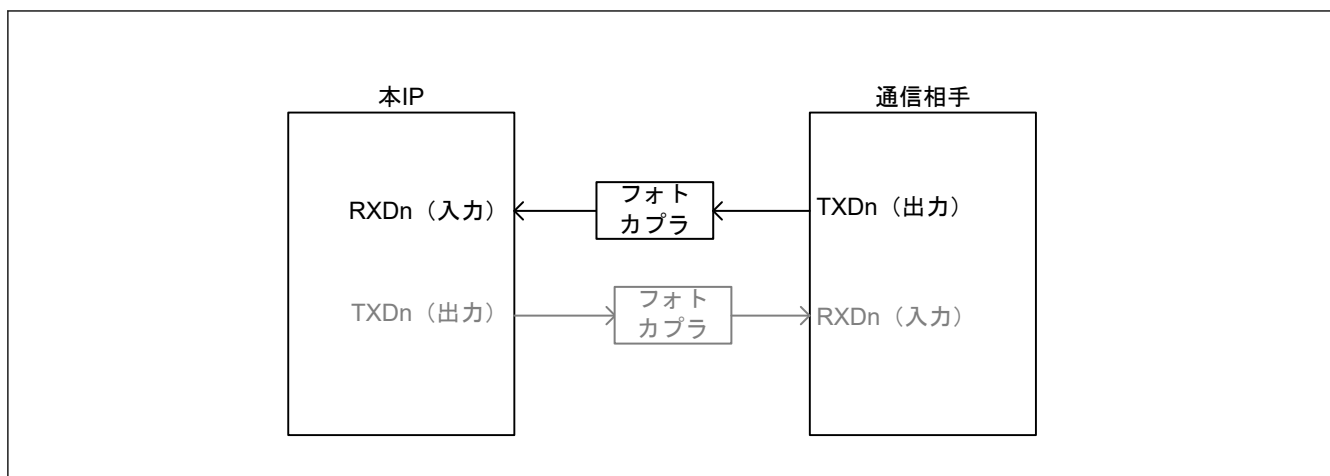
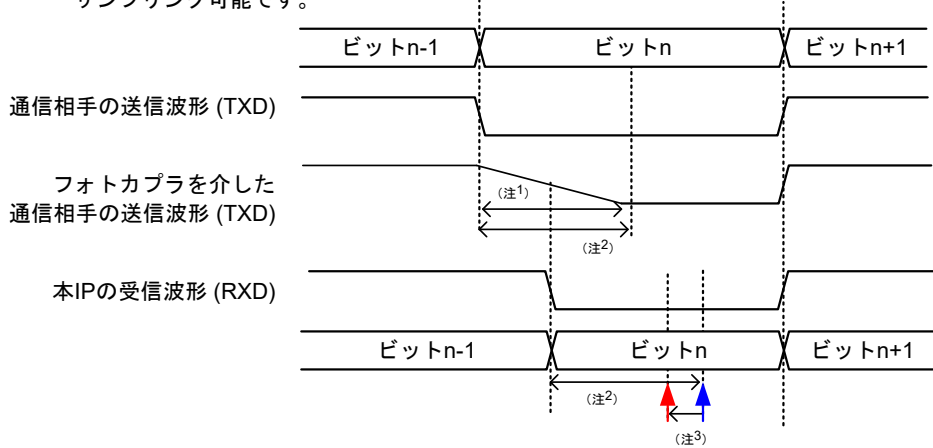


図 27.28 フォトカプラを通過する受信のブロック図イメージ

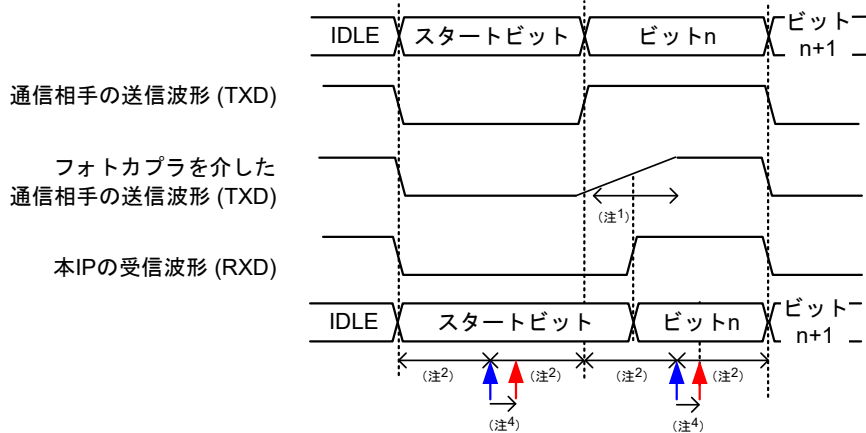
(a) 立ち下がり転送時間 >> 立ち上がり転送時間の場合

受信波形の立ち下がりエッジは下図に示すように鈍くなります。
 この場合、受信サンプリングタイミングを前方向に調整すると (AJD=1'b1)、ビットの途中で
 サンプリング可能です。



(b) 立ち下がり転送時間 << 立ち上がり転送時間の場合

受信波形の立ち上がりエッジは下図に示すように鈍くなります。
 したがって、受信相手の受信マージンは悪化します。この場合、受信サンプリングタイミングを
 後方に調整することにより受信マージンを改善できます。



▲ 調整なしの場合の受信サンプリングタイミング
 (ビットの中間部分)

▲ 調整された受信サンプリングタイミング

- 注. この波形は受信サンプリングタイミング調整の動作イメージを示します。
 注 1. フォトカプラの不感時間設定
 注 2. 通信レートでのビット中央タイミング
 注 3. ACTR.AJD が 1 の場合、受信サンプリングタイミングを、ACTR.AST[2:0]ビットの設定値により前方向にシフトします。
 注 4. ACTR.AJD が 0 の場合、受信サンプリングタイミングを、ACTR.AST[2:0]ビットの設定値により後ろ方向にシフトします。

図 27.29 フォトカプラを通過する通信の受信動作の概要

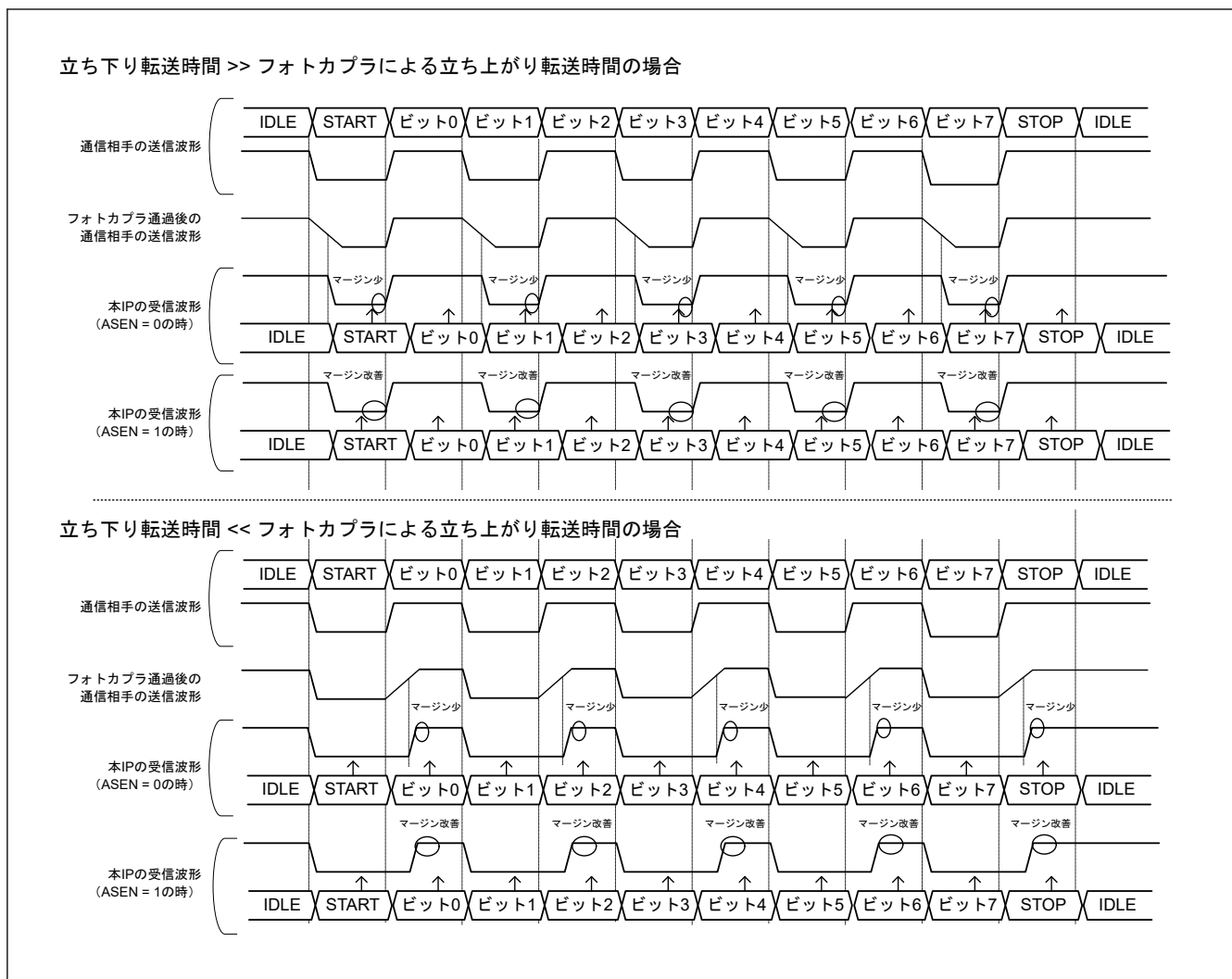


図 27.30 受信サンプリングタイミング調整機能による受信マージン向上の例

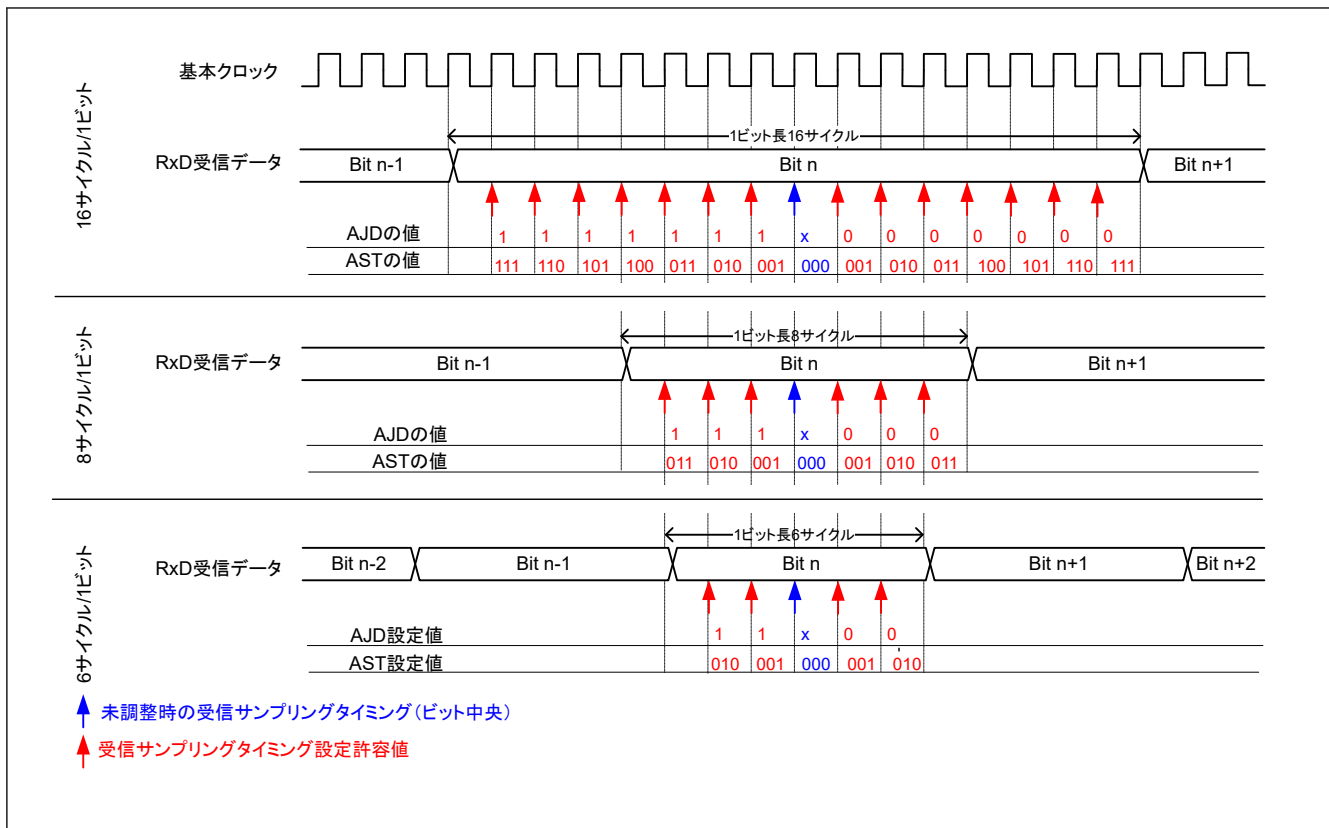


図 27.31 受信サンプリングタイミングの調整動作の概要 (内部クロックを使用した調歩同期式モード)

27.3.11 送信タイミング調節機能 (調歩同期式モード)

フォトカプラなどを経由した通信では、TXDn 出力信号の立ち上がりまたは立ち下りの遷移時間が長い場合に、通信先で受信する波形が鈍くなります。この場合、受信マージンに影響する可能性があります。

このような場合は、通信先で送信タイミング調節機能を使用してビットの中間部分でサンプリングするようにします。

SPTR.ATEN が 1 の場合に、この機能により、ACTR.AET により設定されたエッジに対してエッジタイミングを次の式で算出されるタイミングに調節できます。

$$\text{調節エッジタイミング} = \text{基本クロック} * \text{ACTR.ATT}[2:0]$$

さらに、調節エッジタイミングの上限は基本クロックの設定によって制限されます。詳細は表 27.30 を参照してください。

この機能を使用した場合の、フォトカプラを通過する通信の送信動作イメージ図を図 27.32、図 27.33 と図 27.34 に、本機能の動作の概要を図 27.35 と図 27.36 に示します。

立ち上がり転送時間と立ち下り転送時間に差がない場合はこの機能を使用しないでください。通信相手の受信マージンに悪影響を及ぼす可能性があります。

表 27.30 ACTR.AET と ACTR.ATT の許容値 (内部クロックを使用した調歩同期式モード)

ABCSE	ABCS	1 ビットごとの基本クロックサイクル数	ACTR の許容値	
			AET	ATT[2:0]
1	x	6	0	000b~101b
			1	
0	1	8	0	000b~111b
			1	
0	0	16	0	000b~111b
			1	

注. x: Don't care

注. ACTR.AET または ATT の値が許容範囲内でない場合、この SCI モジュールは送信タイミングの調節を行いません。

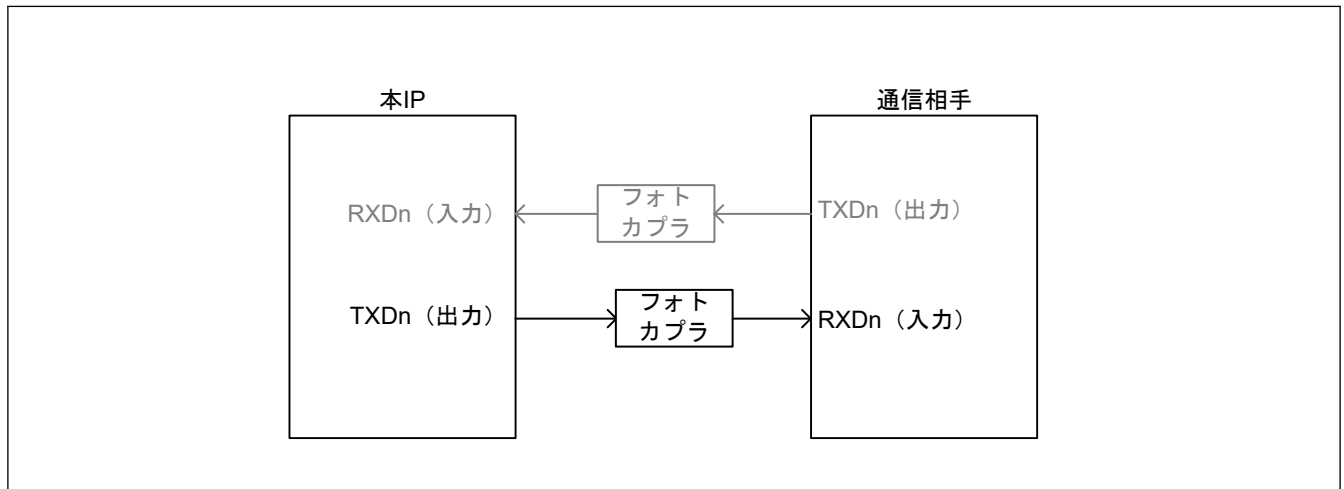
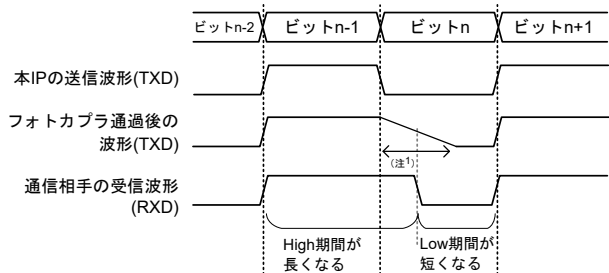


図 27.32 フォトカプラを通過する送信のブロック図イメージ

(a) 立ち下がり転送時間 >> 立ち上がり転送時間の場合

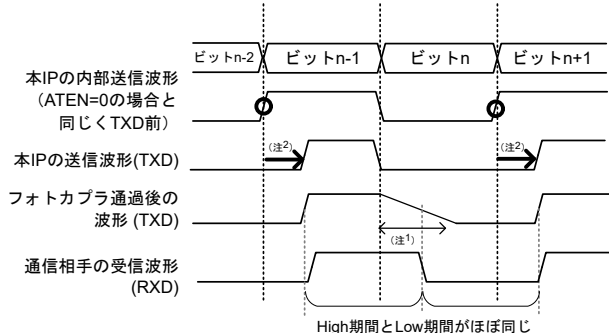
(a-1) 送信波形調整機能OFF (ATEN = 0) 時



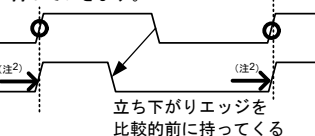
送信波形の立ち下がりエッジは左図に示すように鈍くなります。通信相手の受信波形では、ビットn-1のHigh期間が長くなり、ビットnのLow期間が短くなります。

この種の通信波形は崩壊するので、通信相手のサンプリングタイミングによってはLow値がサンプルできない心配がありません。

(a-2) 送信波形調整機能ON (ATEN = 1) かつ立ち上がりエッジ調整時 (AET = 0)



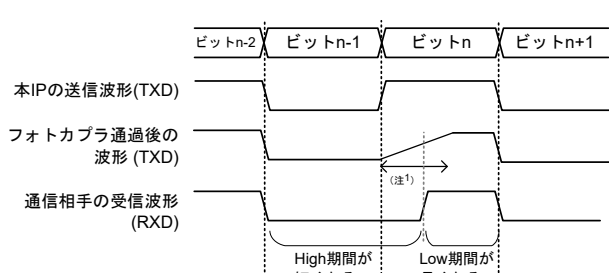
TxD波形の立ち上がりエッジタイミングを調整します。本IPは、立ち下がりエッジを比較的前方に持っています。



これにより通信相手は理想的な波形を受信できます。通信相手はまた、データを確実にサンプリングでき、受信マージンを確保できます。

(b) 立ち下がり転送時間 << 立ち上がり転送時間の場合

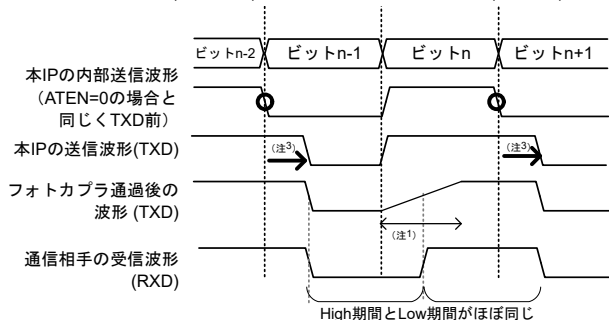
(b-1) 送信波形調整機能OFF (ATEN = 0) 時



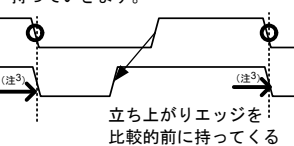
送信波形の立ち上がりエッジは左図に示すように鈍くなります。通信相手の受信波形では、ビットnのLow期間が長くなり、ビットn-1のHigh期間が短くなります。

この種の通信波形は崩壊するので、通信相手のサンプリングタイミングによってはHigh値がサンプルできない心配がありません。

(b-2) 送信波形調整機能ON (ATEN = 1) かつ立ち下がりエッジ調整時 (AET = 1)



TxD波形の立ち下がりエッジタイミングを調整します。本IPは、立ち上がりエッジを比較的前方に持っています。



これにより通信相手は理想的な波形を受信できます。通信相手はまた、データを確実にサンプリングでき、受信マージンを確保できます。

注. この波形は送信タイミング調節の動作イメージを示します。

注1. フォトカプラの不感時間

注2. ACTR.AET が 0 の場合、送信波形タイミングの立ち上がりエッジを、ACTR.ATT[2:0]ビットの設定値により後ろにシフトします。このIP送信波形は、立ち下がりエッジを相対的に前にシフトします。

注3. ACTR.AET が 1 の場合、送信波形タイミングの立ち下がりエッジを、ACTR.ATT[2:0]ビットの設定値により後ろにシフトします。このIP送信波形は、立ち下がりエッジを相対的に前にシフトします。

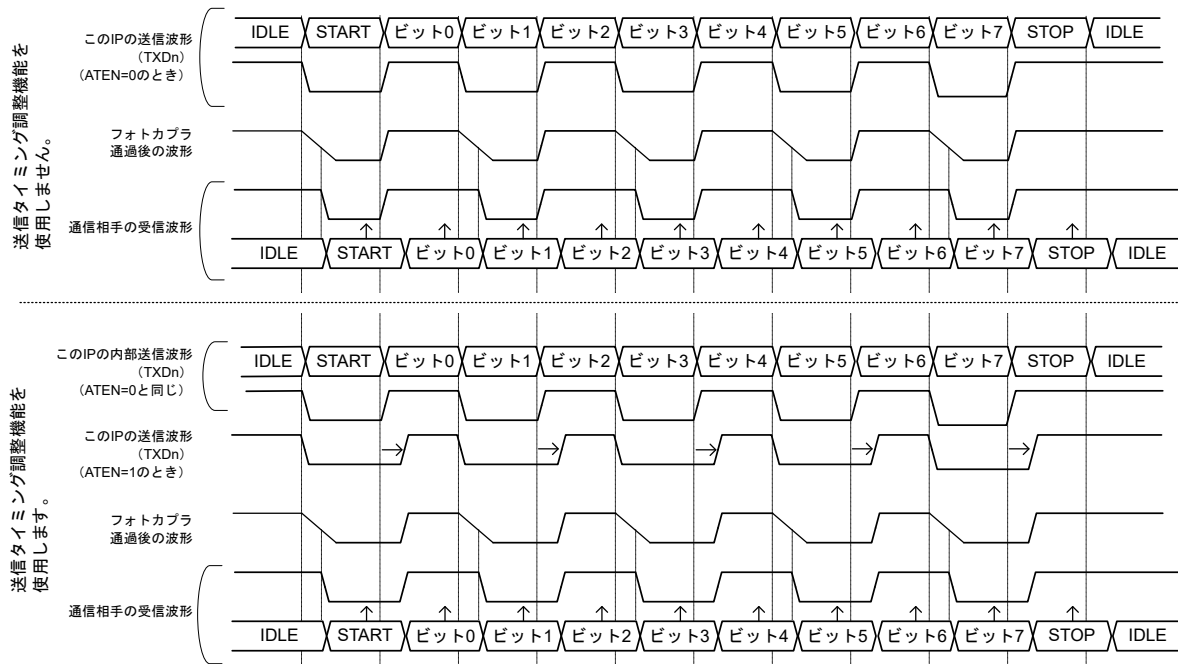
図 27.33 フォトカプラを通過する通信の送信動作の概要

送信波形調整機能を用いた、フォトカプラを介する通信の送信波形の説明

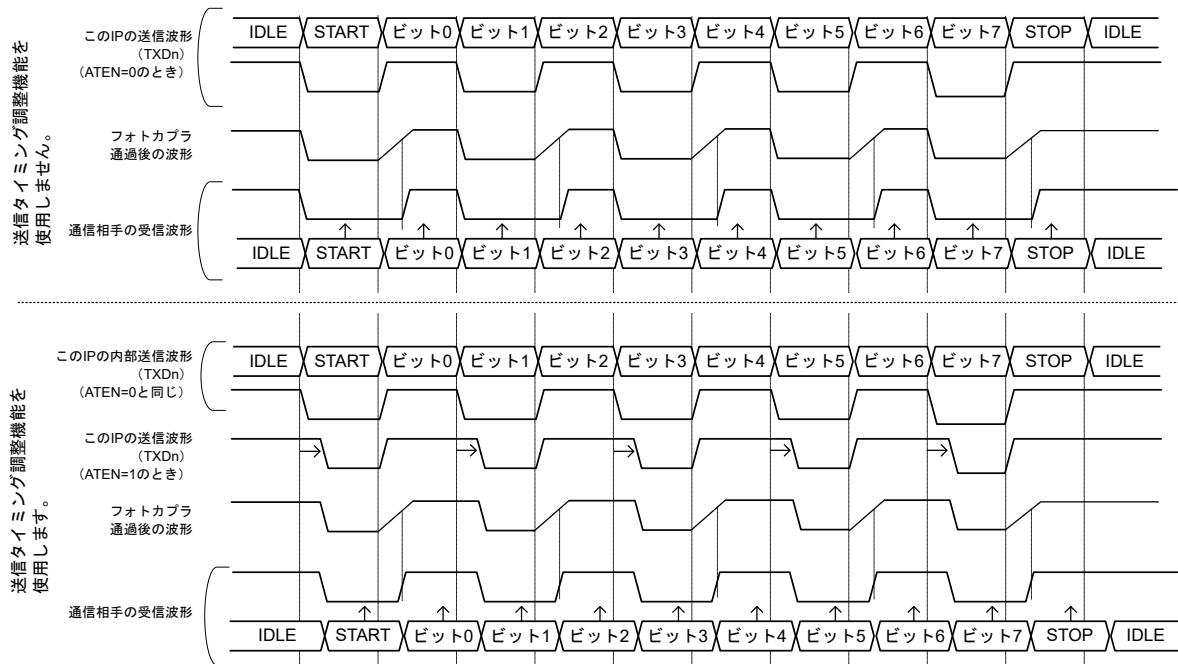
送信波形調整機能を使用すると、送信波形のエッジのタイミングが調整され、通信相手の受信波形が補正されます。

8ビット長のデータの例を以下に示します。

(a) 立ち下がりエッジの転送時間 >> 立ち上がりエッジの転送時間の場合



(b) 立ち下がりエッジの転送時間 << 立ち上がりエッジの転送時間の場合



→ : この機能を使用したエッジタイミング調整 ↑ : 通信相手のサンプリング時間

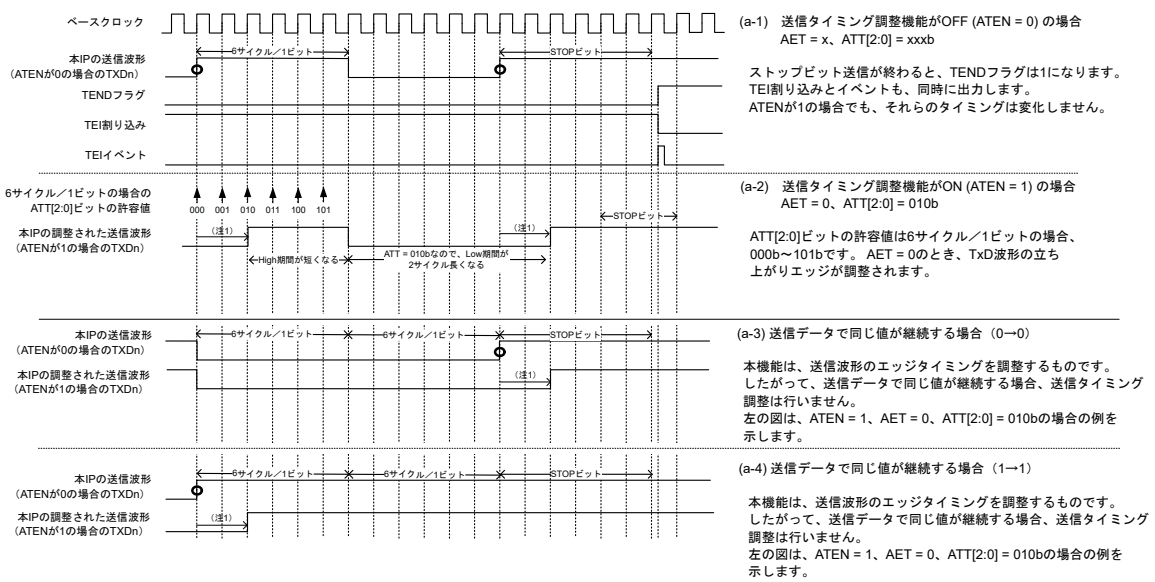
図 27.34 フォトカプラを経由する送信波形の説明

送信タイミング調整動作の説明

(a) 立ち下がりエッジの転送時間 >> 立ち上がりエッジの転送時間の場合

この場合、通信相手の受信波形のHigh期間が長くなり、Low期間が短くなります。そのため、本IPは立下りエッジのタイミングを調整することでエッジを相対的に手前にシフトして波形を転送します。したがって、通信相手にとってLow期間/1ビットとHigh期間/1ビットが等しくなるように調整値 (ATT[2:0]) を設定してください。

この機能の動作を、6サイクル/1ビットの事例で説明します。



注 1. 送信タイミング立ち上がりエッジを、ACTR.ATT[2:0]ビットの設定値により後ろにシフトします。

図 27.35 AET が 0 の場合の送信タイミング調節動作の説明

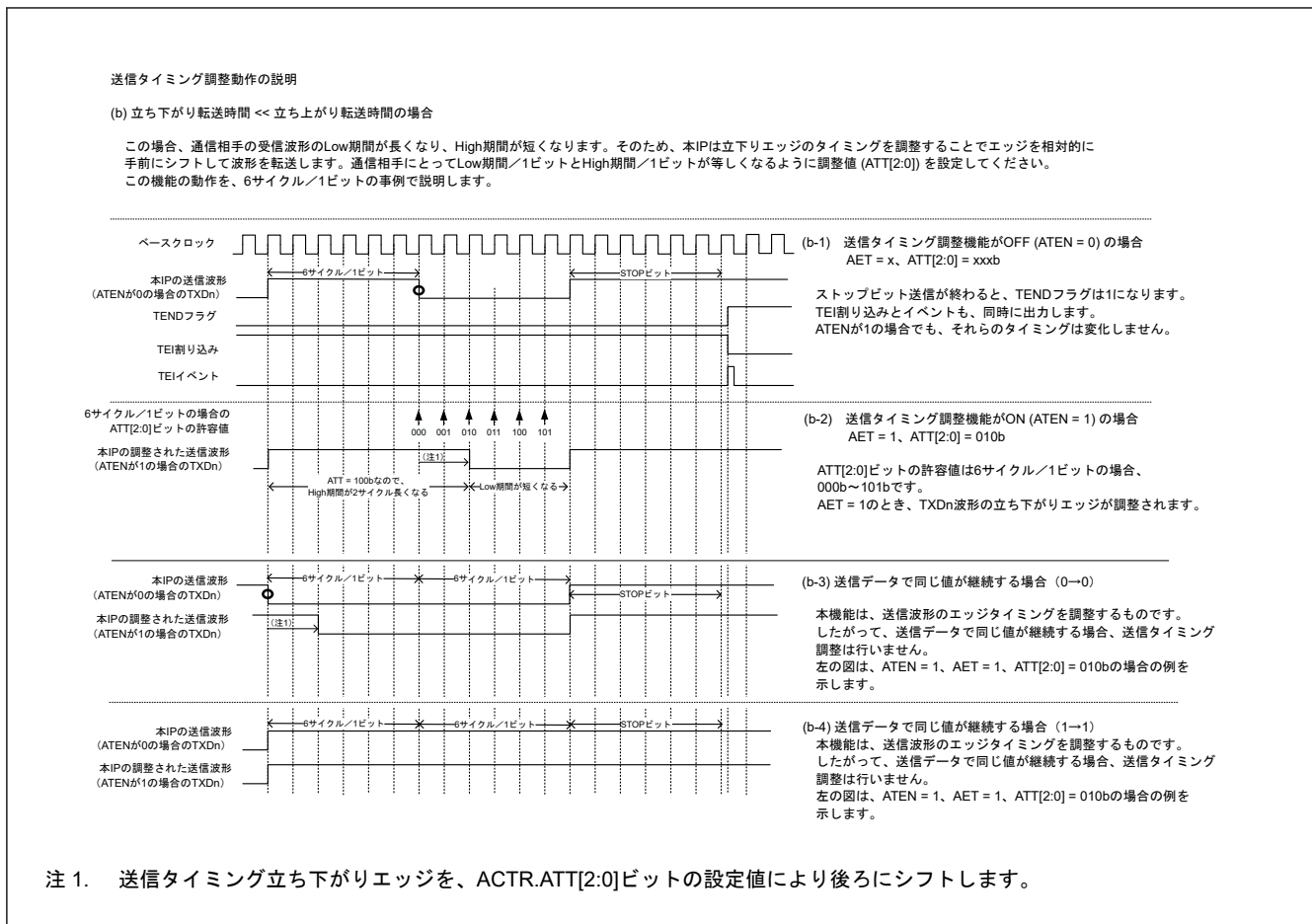


図 27.36 AET が 1 の場合の送信タイミング調節動作の説明

27.4 マルチプロセッサ通信機能

マルチプロセッサ通信機能を使用すると、マルチプロセッサビットを付加した調歩同期式シリアル通信の回線を共有することにより、複数のプロセッサ間でデータの送受信が可能になります。マルチプロセッサ通信では、各受信局にそれぞれ固有の ID コードが割り付けられます。シリアル通信サイクルは、受信局を指定する ID 送信サイクルと、指定された受信局にデータを送信するためのデータ送信サイクルで構成されます。

ID 送信サイクルとデータ送信サイクルの区別はマルチプロセッサビットで行います。

- マルチプロセッサビットが 1 のとき、送信サイクルは ID 送信サイクル
- マルチプロセッサビットが 0 のとき、送信サイクルはデータ送信サイクル

図 27.37 に、マルチプロセッサフォーマットを使用したプロセッサ間通信の例を示します。送信局は、まず受信局の ID コードに 1 を設定したマルチプロセッサビットを付加した通信データを送信します。続いて、送信データに 0 を設定したマルチプロセッサビットを付加した通信データを送信します。受信局は、マルチプロセッサビットが 1 の通信データを受信すると、受信した ID を自局の ID と比較します。2 つが一致した場合、受信局は、続いて送信される通信データを受信します。一致しなかった場合、マルチプロセッサビットが 1 の通信データを受信するまで、受信局は通信データを読み飛ばします。

(1) 非 FIFO 選択時

この機能をサポートするため、SCI は SCR.MPIE ビットを用意しています。MPIE ビットを 1 にすると、マルチプロセッサビットが 1 のデータを受信するまで、下記の動作が禁止されます。

- RSR レジスタから RDR レジスタ (データ長 9 ビット選択時は RDRHL レジスタ) への受信データの転送
- 受信エラーの検出
- SSR レジスタの RDRF、ORER、FER の各ステータスフラグの設定

マルチプロセッサビットが1のキャラクタを受信すると、SSR.MPBT ビットが1になるとともに、SCR.MPIE ビットが自動的にクリアされ、SCIは通常を受信動作に戻ります。SCR.RIE ビットが1であれば、SCI_{In}_RXI 割り込み要求が発生します。

マルチプロセッサフォーマットを指定した場合は、パリティビット機能は無効です。それ以外は、通常の調歩同期式モードと変わりません。マルチプロセッサ通信を行うときのクロックも、通常の調歩同期式モードで使用するクロックと同一です。

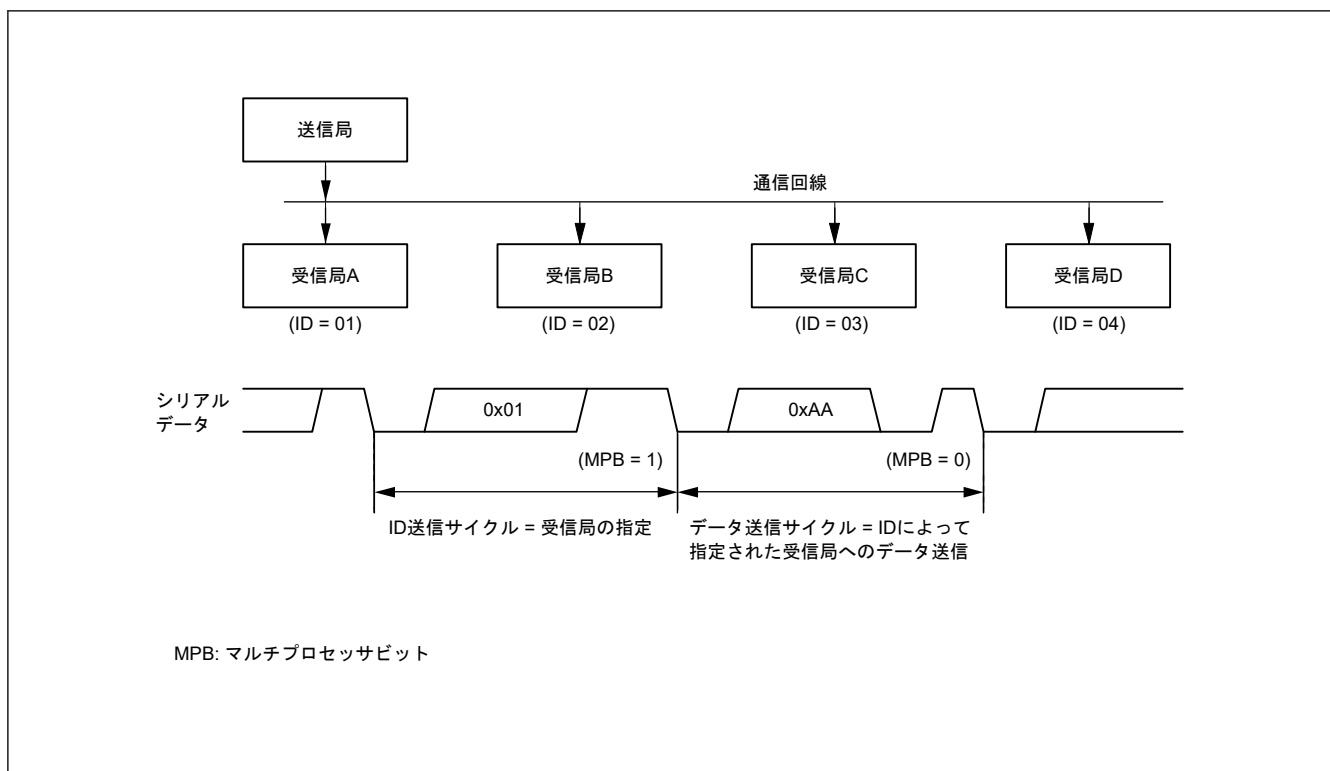


図 27.37 マルチプロセッサフォーマットを使用した通信例（データ 0xAA を受信局 A に送信する場合）

(2) FIFO 選択時

データ送信では、ソフトウェアにおいて、FTDRHL.TDAT 内の送信データに対応する FTDRHL.MPBT ビットにデータを書き込む必要があります。データ受信では、受信データの一部であるマルチプロセッサビットが FTDRHL.MPB ビットに書き込まれ、受信データは FRDRL レジスタに書き込まれます。

MPIE ビットを1にすると、マルチプロセッサビットが1のデータを受信するまで、下記の動作が禁止されます。

- RSR レジスタから FRDRHL レジスタへの受信データの転送
- 受信エラーの検出
- ブレーク
- SSR_FIFO レジスタの RDF、ORER、FER の各ステータスフラグの設定

マルチプロセッサビットが1の8ビットキャラクタをSCIが受信すると、FTDRHL.MPB ビットが1になるとともに、受信データが FRDRHL.RDAT に書き込まれます。SCR.MPIE ビットが自動的にクリアされ、SCIは通常を受信動作に戻ります。SCR.RIE ビットが1であれば、SCI_{In}_RXI 割り込み要求が発生します。

マルチプロセッサフォーマットを指定した場合は、パリティビット機能は無効です。それ以外は通常の調歩同期式モードの FIFO 選択時と変わりません。

27.4.1 マルチプロセッサシリアルデータ送信

(1) 非 FIFO 選択時

図 27.38 に、マルチプロセッサデータ送信のフロー例を示します。ID 送信サイクルでは、SSR.MPBT ビットを1にして ID を送信してください。データ送信サイクルでは、MPBT ビットを0にしてデータを送信してください。その他の動作は、調歩同期式モードの動作と同じです。FTDRH から FTDRL の順に書いてください。

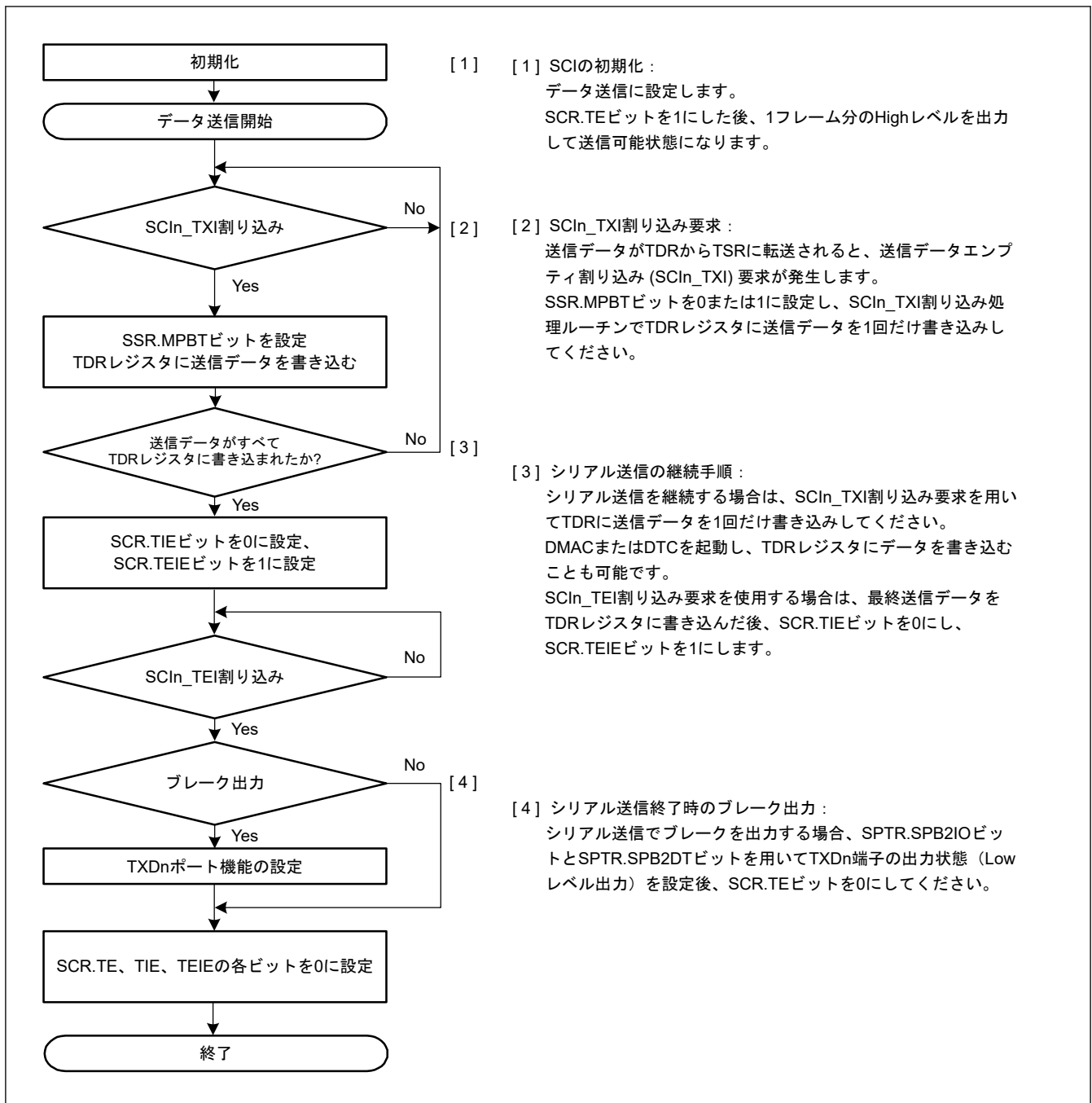


図 27.38 マルチプロセッサシリアル送信のフローチャート例 (非 FIFO 選択時)

(2) FIFO 選択時

図 27.39 に、マルチプロセッサモードにおいて FTDRH レジスタと FTDRL レジスタに書き込まれるデータフォーマットの例を示します。FTDRH.MPBT ビットは 1 になります。適切なデータ長のデータが FTDRH レジスタと FTDRL レジスタに書き込まれます。使用しないビットには 0 を書いてください。FTDRH レジスタ→FTDRL レジスタの順に書いてください。

データ長	レジスタ設定		FTDRH、FTDRLの送信データ															
			FTDRHL															
	SCMR. CHR1	SMR. CHR	FTDRH								FTDRL							
			b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
7ビット	1	0	-	-	-	-	-	-	MPBT	-	-	7ビットの送信データ						
8ビット	1	1	-	-	-	-	-	-	MPBT	-	8ビットの送信データ							
9ビット	0	Don't care	-	-	-	-	-	-	MPBT	9ビットの送信データ								

注. —: 無効書く場合、0としてください。

図 27.39 マルチプロセッサモードにおいて FTDRH レジスタと FTDRL レジスタに書き込まれるデータフォーマット (FIFO 選択時)

図 27.40 に、FIFO 選択時のマルチプロセッサシリアル送信のフローチャート例を示します。ID 送信サイクルでは、FTDRH.MPBT ビットを 1 にして ID を送信してください。データ送信サイクルでは、MPBT ビットを 0 にしてデータを送信してください。その他の動作は、調歩同期式モードにおける FIFO 選択時の動作と同じです。

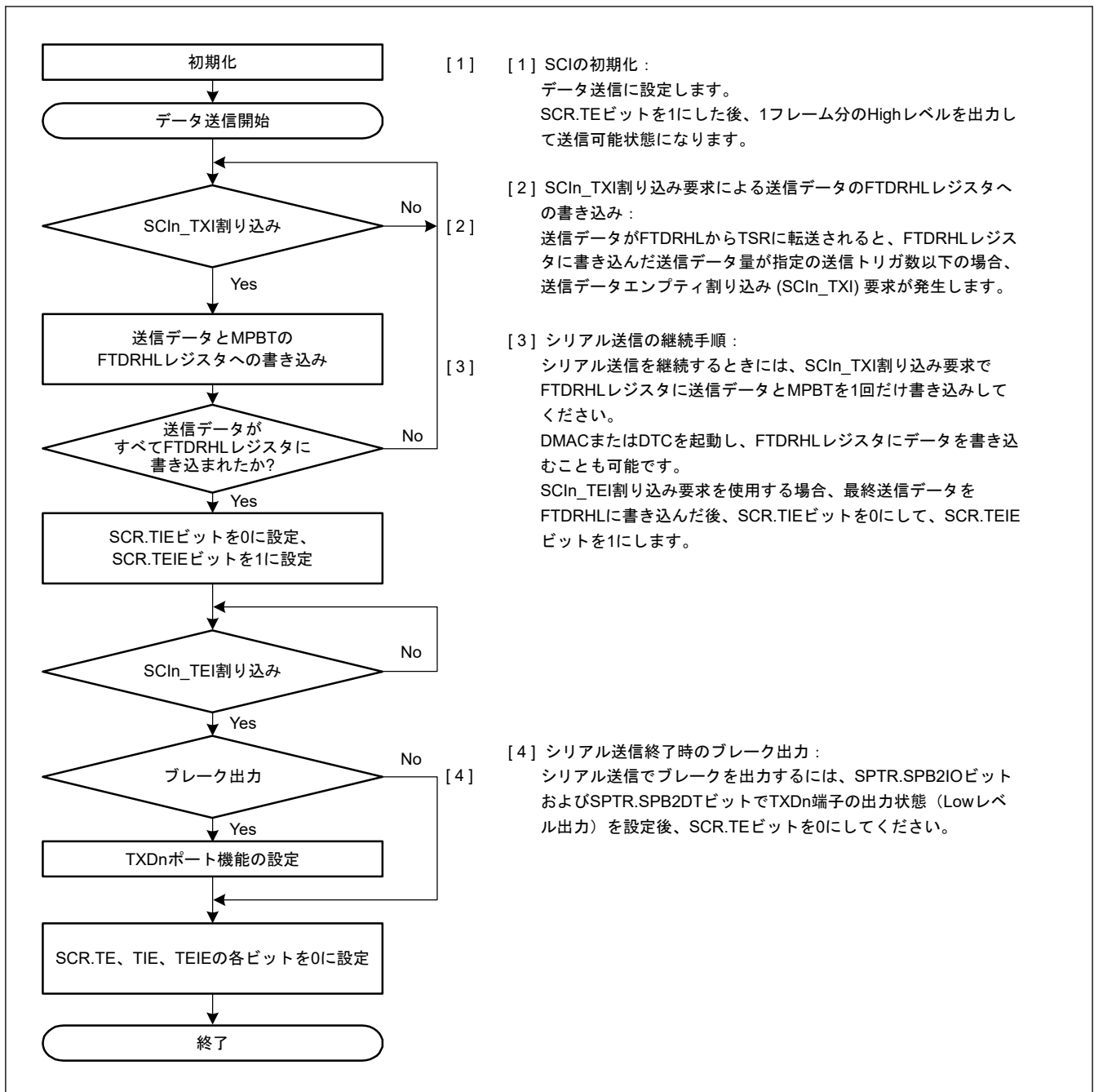


図 27.40 マルチプロセッサモードにおけるシリアル送信のフローチャート例 (FIFO 選択時)

27.4.2 マルチプロセッサシリアルデータ受信

(1) 非 FIFO 選択時

図 27.42 と図 27.43 に、マルチプロセッサシリアル受信のフローチャート例を示します。SCR.MPIE ビットを 1 にすると、マルチプロセッサビットが 1 の通信データを受信するまで、通信データは読み飛ばされます。マルチプロセッサビットが 1 の通信データを受信すると、その受信データは RDR レジスタ (データ長 9 ビット選択時は RDRHL レジスタ) へ転送され、SCIn_RXI 割り込み要求が発生します。その他の動作は、調歩同期式モードの動作と同じです。FRDRH から FRDRL の順に読み出してください。

図 27.41 に、データ受信時の動作例を示します。

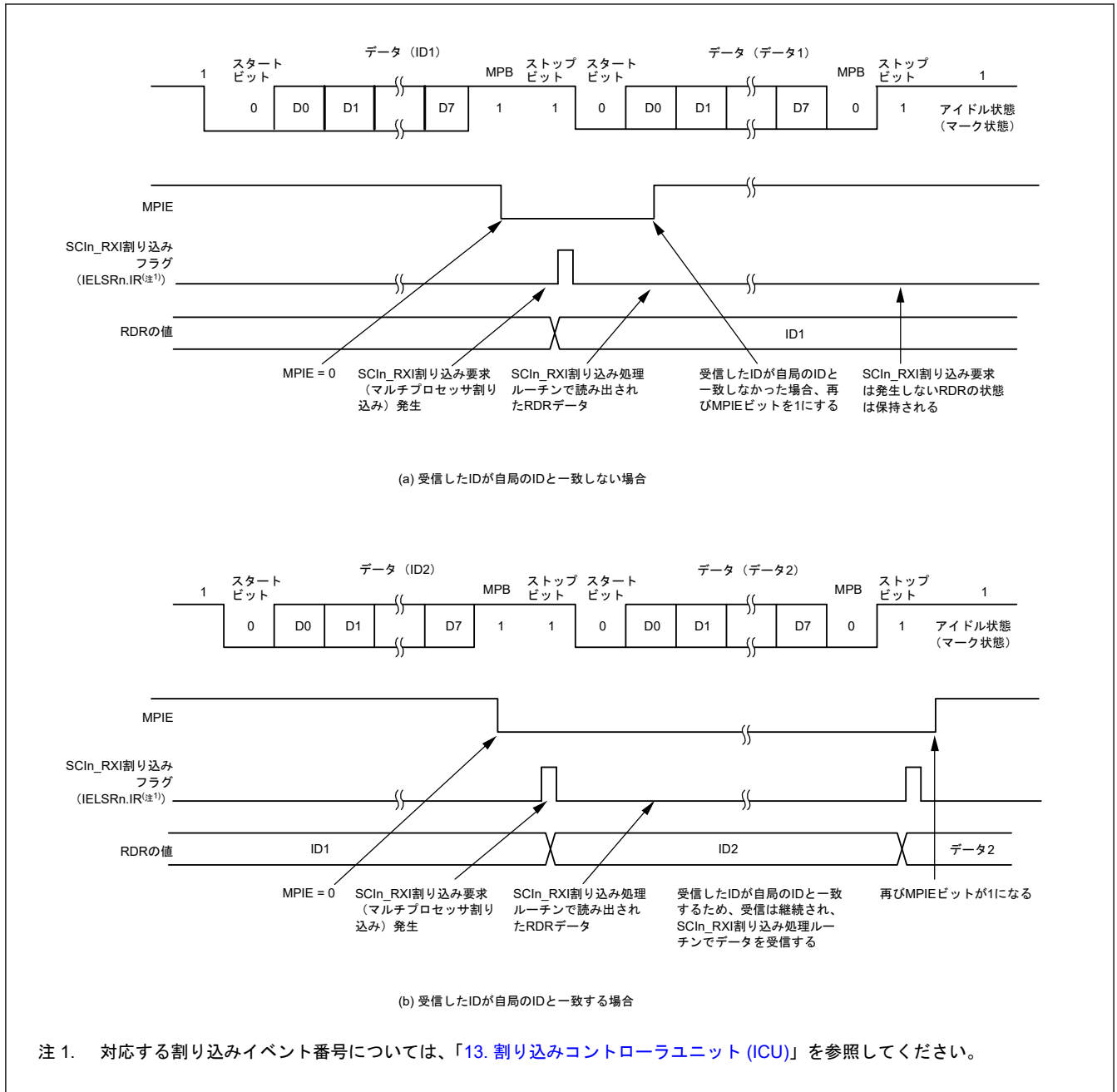


図 27.41 SCI の受信時の動作例 (8 ビットデータ/マルチプロセッサビットあり/1ストップビットの場合)

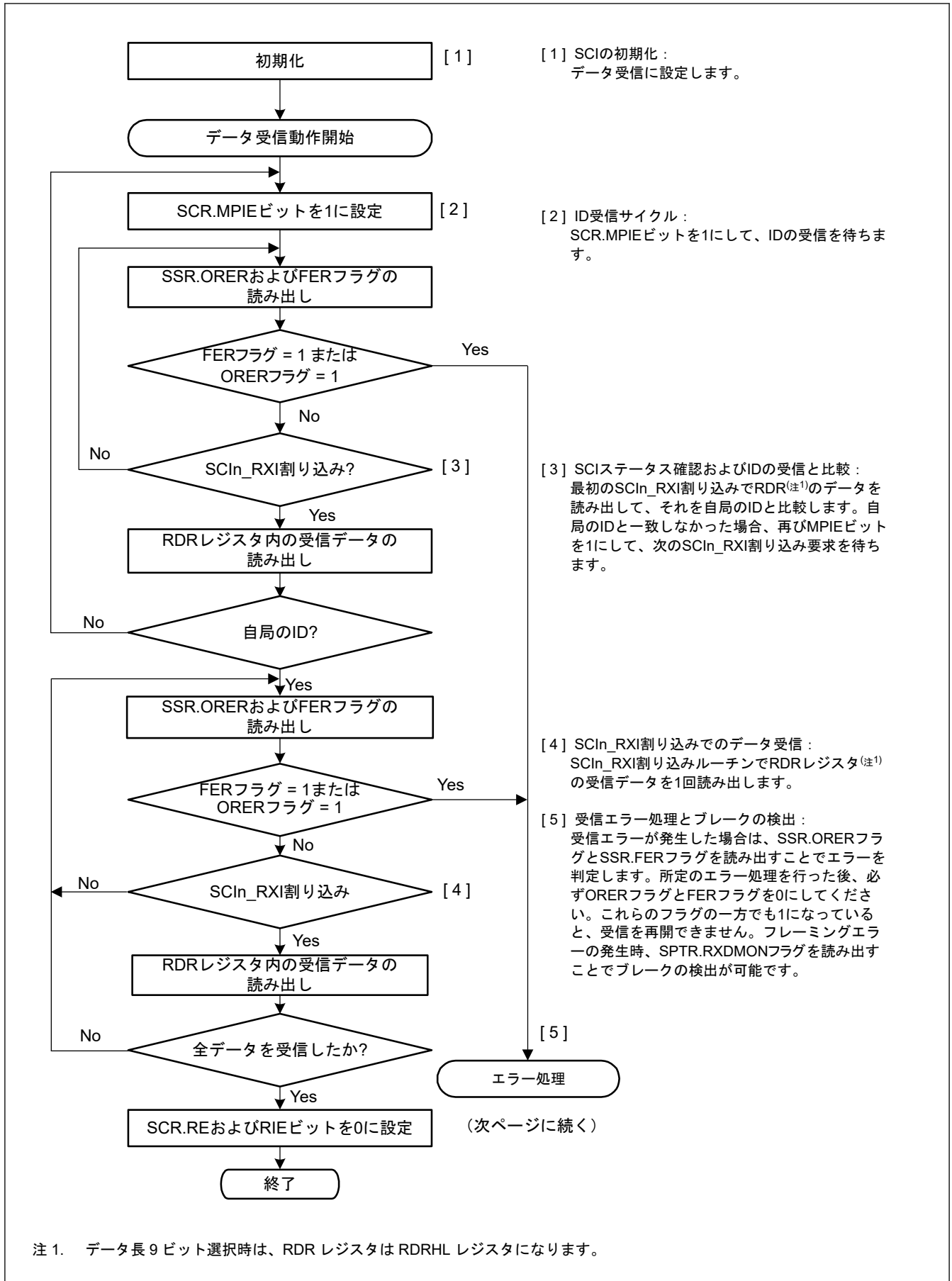


図 27.42 マルチプロセッサシリアル受信のフローチャート例 (非 FIFO 選択時) (1)

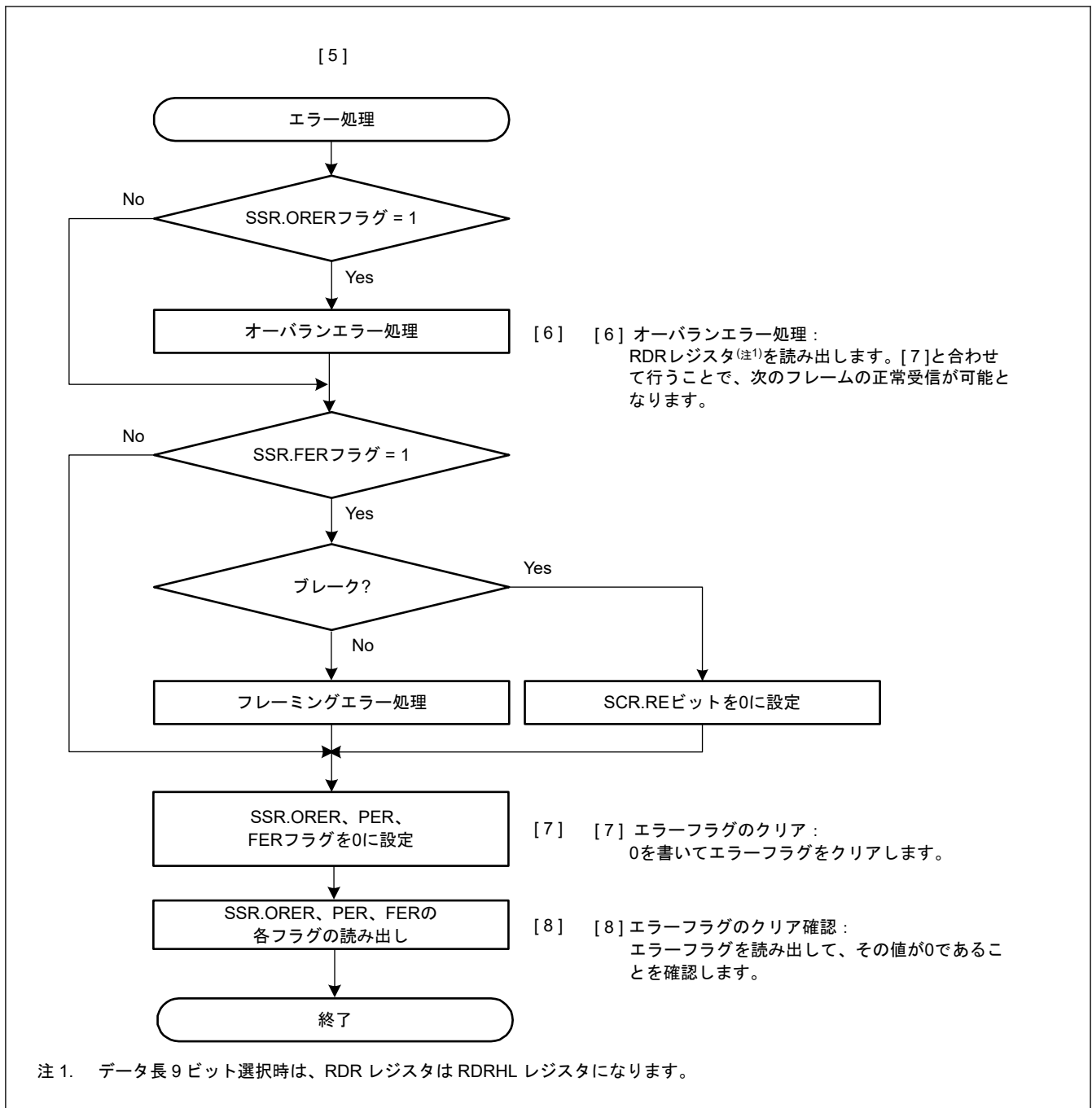


図 27.43 マルチプロセッサシリアル受信のフローチャート例 (非 FIFO 選択時) (2)

(2) FIFO 選択時

図 27.44 に、マルチプロセッサモードにおいて FRDRH レジスタと FRDRL レジスタに書き込まれるデータフォーマットの例を示します。

マルチプロセッサモードでは、受信データの一部である MPB の値が FRDRH.MPB ビットに書き込まれます。FRDRH.PER フラグに 0 が書き込まれます。適切なデータ長のデータが FRDRH レジスタと FRDRL レジスタに書き込まれます。使用されないビットには、0 が書き込まれます。FRDRH レジスタ→FRDRL レジスタの順に読み出してください。ソフトウェアが FRDRL レジスタを読み出すと、SCI は FER、MPB フラグ、および FRDRL レジスタの受信データ (RDAT[8:0]) を次のデータで更新します。FRDRH レジスタの RDF、ORER、DR フラグは、常に SSR_FIFO レジスタの対応するフラグを反映しています。

データ長	レジスタ設定		FRDRH、FRDRLの受信データ														
			FRDRH										FRDRL				
	SCMR. CHR1	SMR. CHR	b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1
7ビット	1	0	-	RDF	ORER	FER	0	DR	MPB	0	0	7ビットの受信データ					
8ビット	1	1	-	RDF	ORER	FER	0	DR	MPB	0	8ビットの受信データ						
9ビット	0	Don't care	-	RDF	ORER	FER	0	DR	MPB	9ビットの受信データ							

注. データ長が7ビットの場合、FRDRH[0]とFRDRL[7]では常に0が読み出されます。
 データ長が8ビットの場合、FRDRH[0]では常に0が読み出されます。
 FRDRHL[15]ビットは不定値として読み出されます。

図 27.44 マルチプロセッサモードにおいて FRDRH と FRDRL に格納されるデータフォーマット (FIFO 選択時)

図 27.45 に、FIFO 選択時のマルチプロセッサデータ受信のフローチャート例を示します。SCR.MPIE ビットを 1 にすると、マルチプロセッサビットが 1 の通信データを受信するまで、通信データは読み飛ばされます。マルチプロセッサビットが 1 の通信データを受信すると、その受信データ、MPB、および関連のエラーが FRDRHL レジスタへ転送されます。SCR.MPIE ビットは自動的にクリアされ、通常の実受信動作が継続します。

フレーミングエラーが発生して SSR_FIFO.FER フラグが 1 になると、SCI はデータ受信を継続します。その他の動作は、調歩同期式モードにおける FIFO 選択時の動作と同じです。

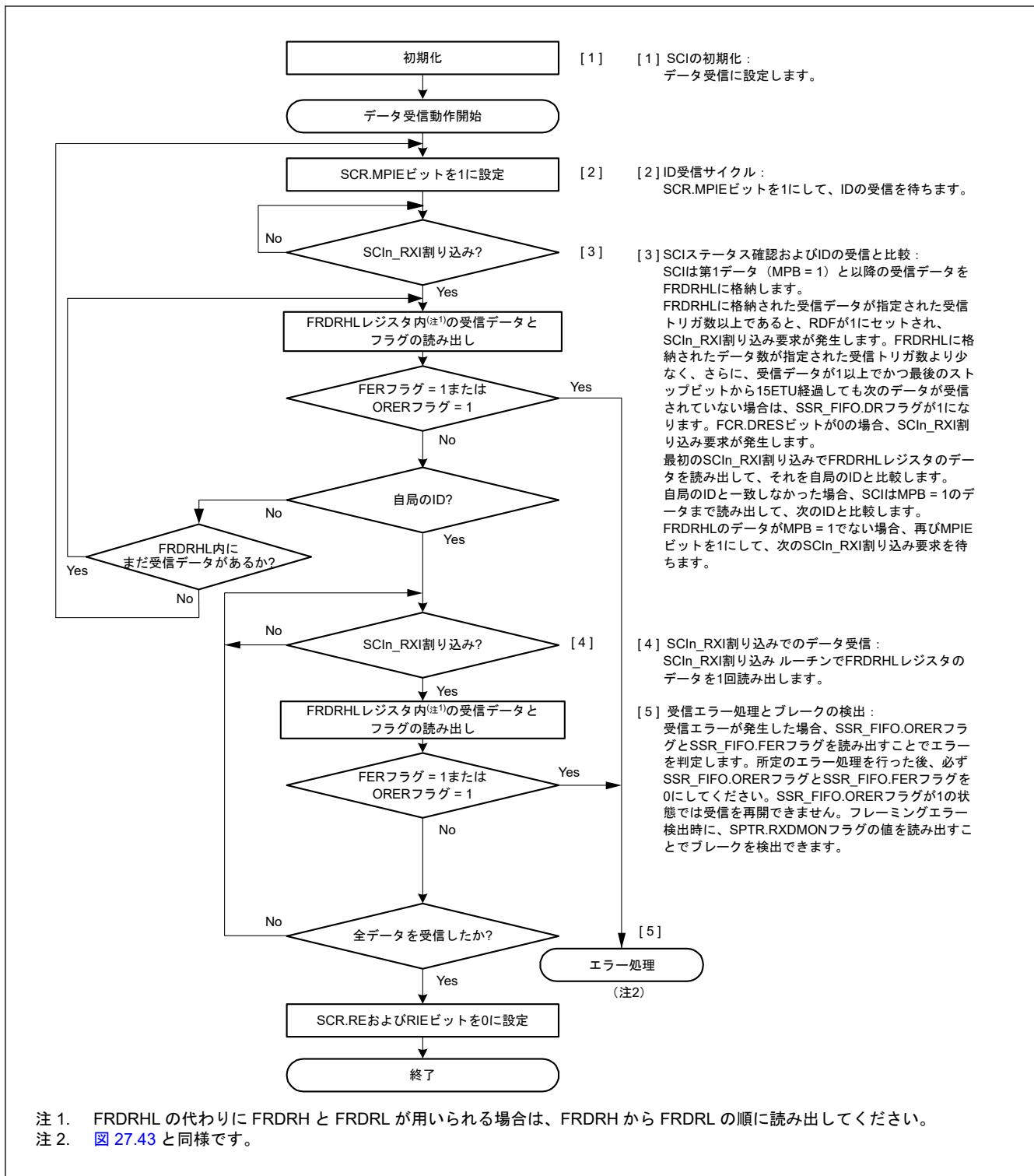


図 27.45 マルチプロセッサモードにおけるシリアル受信のフローチャート例 (FIFO 選択時)

27.5 マンチェスタモードの動作

マンチェスタモードにおいては、受信または送信されるシリアルデータはマンチェスタエンコードによってコード化されます。

図 27.46 にマンチェスタエンコードのイメージを示します。

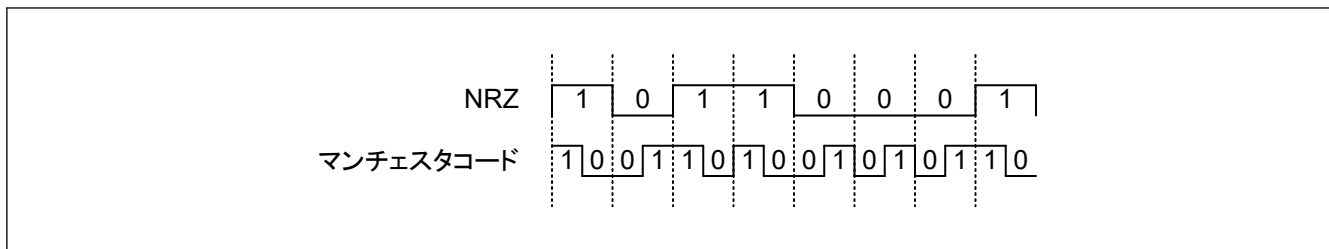


図 27.46 マンチェスタエンコードの例

マンチェスタモードでは、プレフィスとスタートビット領域がレジスタ内の送信データに追加され、送信フレームが構成されます。送信時に、データはマンチェスタエンコードでコード化されます。データが受信される時に、送信フレームと同じフォーマットのフレームが検出され、マンチェスタデコードが行われます。

フレームフォーマットの詳細については、「27.5.1. フレームフォーマット」を参照してください。

27.5.1 フレームフォーマット

図 27.47 にマンチェスタモードでのフレームフォーマットを示します。

図の上半分に関する設定レジスタを示します。

プレフィス領域とデータ領域はマンチェスタエンコーディングでコーディングされます。

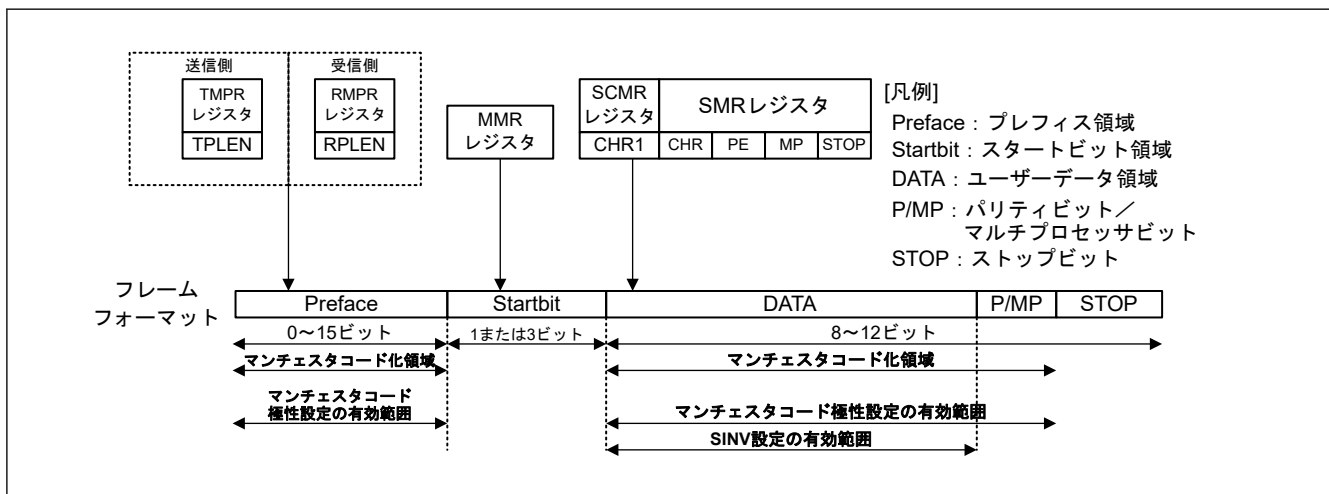


図 27.47 マンチェスタモードでのフレームフォーマット

(1) プレフィス領域

この領域は固定パターンであり、各フレームの先頭に位置しています。

プレフィス領域の送信と受信の設定のためにいくつかのレジスタが使用されます。送信時のプレフィス長は TMPR.TPLEN[3:0] の設定で決まります。受信については RMPR.RPLEN[3:0] の設定で決まります。

0 に設定されると、送信プレフィスは無効になり付加されません。

1d~15d に設定されると、この設定で決まる長さのプレフィスが付加されます。

(例えば 1d に設定されると 1 ビット長のプレフィスが付加されます。15d に設定されると 15 ビット長のプレフィスが付加されます。)

送信時と受信時のプレフィスパターンは、それぞれ TMPR.TPPAT[1:0] と RMPR.RPPAT[1:0] により 4 パターンから選択されます。

図 27.48 にプレフィスがどのように設定されるかを示します。プレフィス領域とスタートビット領域が各通信フレームに付加されます。

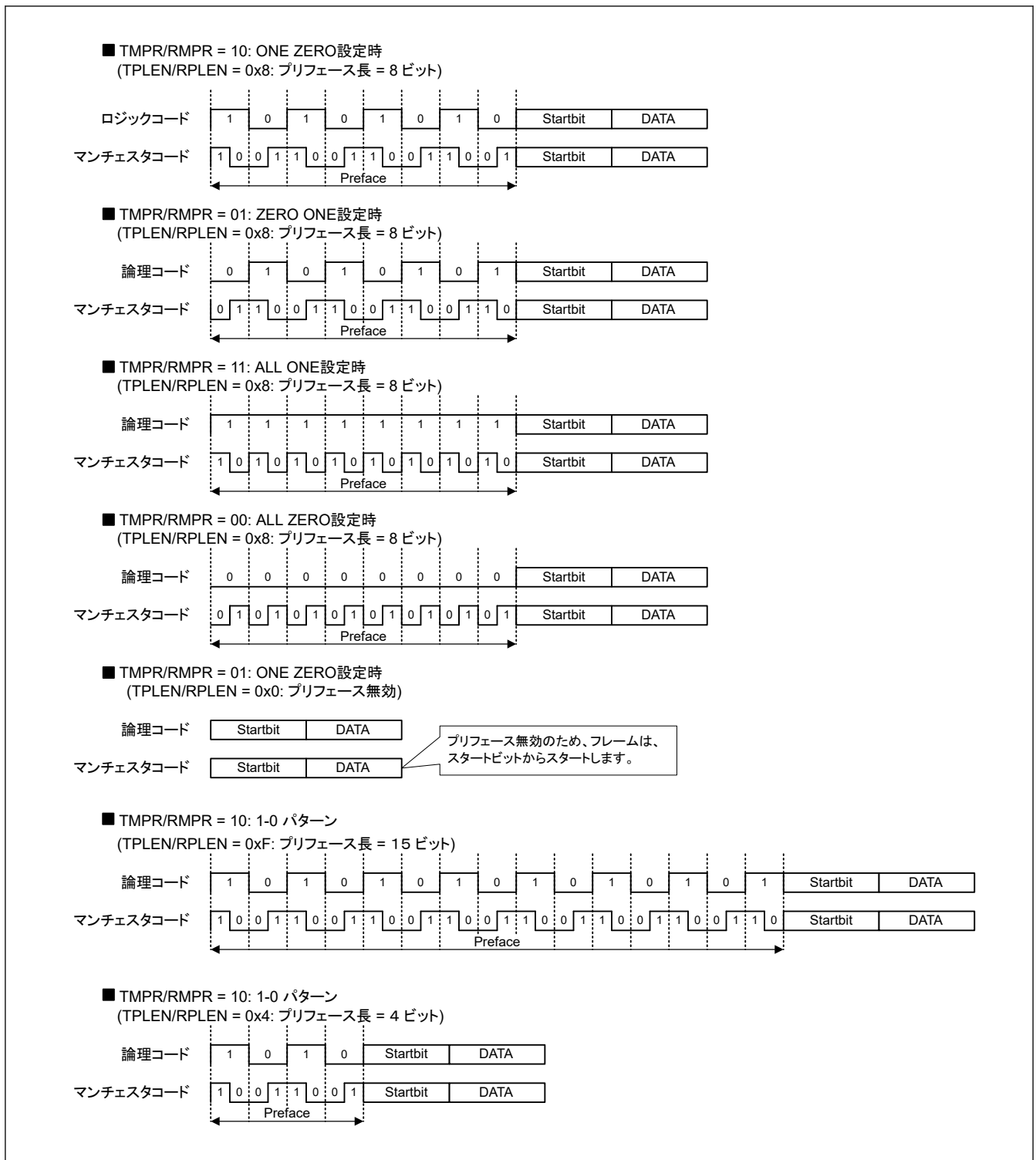


図 27.48 プレフィスパターンの設定例

(2) スタートビット領域

フレーム内の有効データの開始を示します。この領域はプレフィス領域の後に追加されます。

スタートビットの長さは MMR.SBSEL の設定によって決まります。MMR.SBSEL = 0 の場合はスタートビット長が 1 ビットです。

MMR.SBSEL = 1 の場合はスタートビット長が 3 ビットです。

MMR.SBSEL = 1 の場合は SYNC タイプをコマンド SYNC とデータ SYNC から選択できます。

コマンド SYNC は 3 ビットが 1 から 0 への遷移として付加されることを意味します。

データ SYNC は 3 ビットが 0 から 1 への遷移として付加されることを意味します。

SYNC タイプは MMR.SYNSEL、MMR.SYNVAL、および TDRH_MAN.TSYNC の設定で決まります。

(受信時は、RDRH_MAN.RSYNC に受信結果が適用されます。)

MMR.SBSEL = 0 の場合は、スタートビットが 0 から 1 または 1 から 0 への遷移として付加されます。

どちらにするかは MMR.SYNVAL の設定によって選択されます。

MMR.SYNSEL ビットは送信設定時の参照先を示します。

MMR.SYNSEL ビットが 1 のときは MMR.SYNVAL の設定が参照されます。MMR.SYNSEL ビットが 0 のときは TDRH_MAN.TSYNC の設定が参照されます。

図 27.49 に MMR.SYNSEL レジスタ、MMR.SYNVAL レジスタ、および TDRH_MAN.TSYNC レジスタの設定によって決まる送信時のスタートビット領域の状態を示します。図 27.50 に受信の場合を示します。

スタートビットは MMR.TMPOL または MMR.RMPOL の設定の影響を受けません。

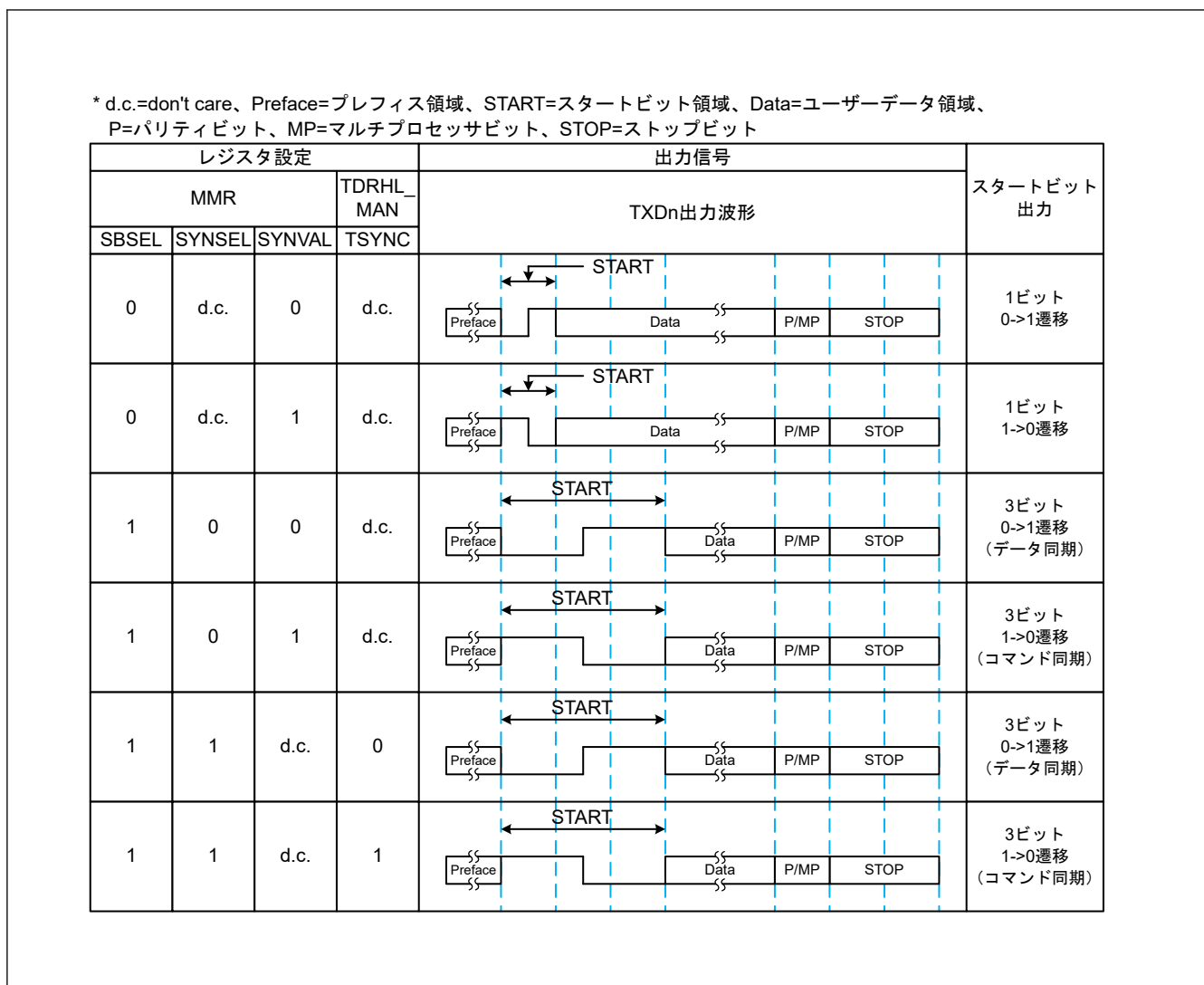


図 27.49 送信時のスタートビット領域に関する設定とフォーマット

スタートビット領域が3ビット長の場合、SYNVALビットは参照されません。

d.c.=don't care、Preface=プレフィス領域、START=スタートビット領域、Data=データ領域

P=パリティビット、MP=マルチプロセスビット、STOP=ストップビット

レジスタ設定				入力信号	スタートビット検出結果 (注1)	レジスタ表示
MMR			TDRHL_MAN	RXDn入力波形		RDRHL_MAN.R SYNC
SBSEL	SYNSEL	SYNVAL	TSYNC			
0	d.c.	0	d.c.		スタートビット正常 (1ビット: 0->1 遷移)	0
					スタートビットエラー	0
					スタートビットエラー	0
					スタートビットエラー	0
0	d.c.	1	d.c.		スタートビットエラー	0
					スタートビット正常 (1ビット: 1->0 遷移)	0
					スタートビットエラー	0
					スタートビットエラー	0
1	d.c.	d.c.	d.c.		スタートビットエラー	0
					スタートビットエラー	0
					データ同期	0
					コマンド同期	1

注1. スタートビット以外のデータは正常であると仮定します。

図 27.50 受信時のスタートビット領域に関する設定と判定

(3) DATA

データ領域のフォーマットについては、調歩同期式モードと同様ですので「27.3.1. シリアル転送フォーマット」を参照してください。

図 27.46 マンチェスタモードでのフレームフォーマットに示される通り、ストップビットはマンチェスタエンコーディングの範囲に含まれません。

27.5.2 クロック

SMR.CKS[1:0]を設定することによって、マンチェスタモードでの送受信クロックとして内蔵ボーレートジェネレータから生成されるクロックが使用されます。

また、SEMR.ABCS ビットによってオーバーサンプリング（1 ビット時間の転送速度）を設定することも可能です。

SMER.ABCS ビットが 0 に設定されると、1 ビット時間を基本クロックの 16 サイクルとして、オーバーサンプリング x16 が選択されます。SMER.ABCS ビットが 1 に設定されると、1 ビット時間を基本クロックの 8 サイクルとして、オーバーサンプリング x8 が選択されます。

27.5.3 マンチェスタモードにおける SCI の初期化

データの送受信前に、SCR レジスタに初期値 0x00 を書き込み、図 27.51 のフローチャート例に従って、SCI を初期化してください。

動作モードまたは通信フォーマットを変更する場合も、SCR レジスタを初期値にしてから変更してください。

SCR.RE ビットを 0 にしても、SSR_MANC レジスタの ORER、FER、PER、MER、RDRF フラグ、MESR レジスタの SYER、PFER、SBER フラグ、ならびに RDR レジスタ、RDRHL_MAN レジスタは初期化されません。

また、SCR.TIE が 1 のときに SCR.TE の値を 0 から 1 に変化させると、SCI_{In}_TXI 割り込み要求が生成されます。

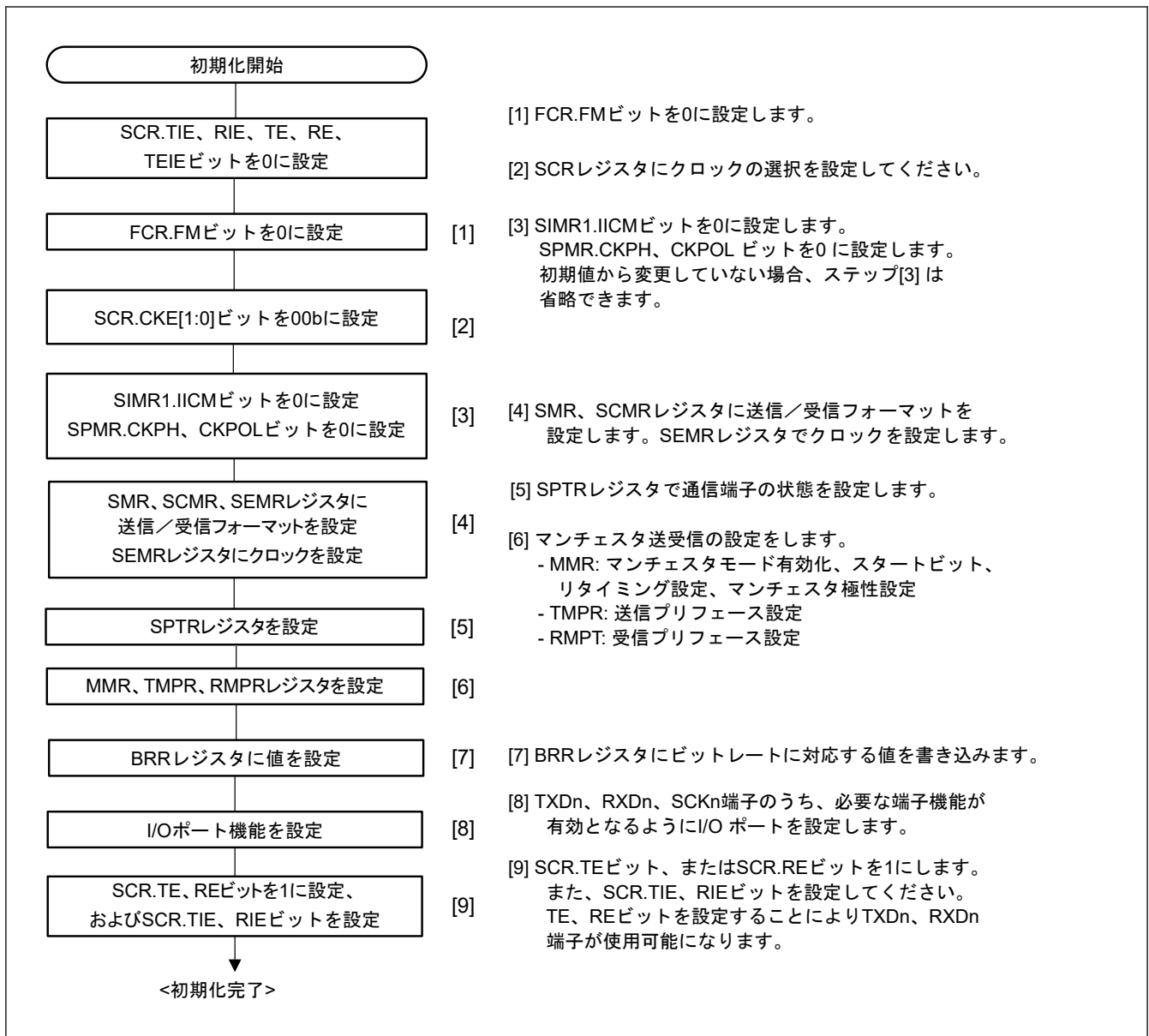


図 27.51 SCIの初期化フロー（マンチェスタモード）

27.5.4 倍速動作

SEMR.ABCS ビットを1にして、1ビット期間として基本クロックの8パルスを選択した場合、ABCS ビットが0の場合に比べて、SCIは2倍のビットレートで動作します。

SEMR.BGDM ビットが1になっていると、基本クロックの周期は1/2倍に減少し、SCIのビットレートはABCS ビットが0の場合の2倍になります。

SEMRレジスタのABCS、BGDMビットが1に設定されているときは、SEMRレジスタのABCS、BGDMビットが0に設定されているときと比べて、SCIは4倍のビットレートで動作します。

27.5.5 CTS、RTS 機能

CTS機能は、CTS_n_RTS_n 端子入力を使用して送信制御を行います。SPMR.CTSE ビットを1にすると、CTS機能が有効になります。CTS_n_RTS_n 端子は、1つの端子がいずれの機能にも使用できる兼用端子としても設定できませんし、各端子が単一の機能に対応する専用端子としても設定できます。この設定を行うには、SPMR.CTSPEN ビットを使ってください。

CTS機能有効時、CTS_n_RTS_n 端子がLowの場合のみ受信開始します。

送信開始後にCTS_n_RTS_n 端子入力をHighにしても、送信中のフレームは影響を受けず、送信を継続します。

RTS 機能は、CTS_n_RTS_n 端子出力を使用して送信要求を行います。SCI は受信可能になると、CTS_n_RTS_n 端子に Low を出力します。Low および High を出力する条件は以下のとおりです。

[Low になる条件]

以下の条件がすべて満たされる場合：

- SCR.RE ビットが 1
- SCI が受信可能状態
- 読み出し前の受信データがない
- 以下のすべてのフラグが 0 になっている：SSR_MANC レジスタの ORER、FER、PER、MER フラグ、MESR レジスタの SYER フラグ (SYEREN = 1 の場合)、PFER フラグ (PFEREN = 1 の場合)、SBER フラグ (SBEREN = 1 の場合)

[High になる条件]

- Low になる条件を満たさない場合

27.5.6 シリアルデータの送信 (マンチェスタモード)

SCI はマンチェスタエンコーディングによりデータをコード化し、その結果をマンチェスタモードで送信します。

極性設定 (MMR.TMPOL) が 0 の場合、論理 0 はマンチェスタコード内での 0 から 1 への遷移、論理 1 はマンチェスタコード内での 1 から 0 への遷移としてエンコーディングされます。

極性設定 (MMR.TMPOL) が 1 の場合、論理 0 はマンチェスタコード内での 1 から 0 への遷移、論理 1 はマンチェスタコード内での 0 から 1 への遷移としてエンコーディングされます。

そのため、マンチェスタエンコードされたデータのレベル遷移が各論理データの間で発生します。(図 27.46 を参照してください。)

送信部はデータにプレフィスを付加し極性設定に従ってスタートビットを設定したうえで、特定のフォーマットで送信フレームを作成します。そして作成されたシリアルデータを送信します。

フレームフォーマットの詳細については、「27.5.1. フレームフォーマット」を参照してください。

図 27.52 に送信のフローチャートを示します。図 27.53、図 27.54、および図 27.55 にマンチェスタモードのシリアル送信の動作例を示します。

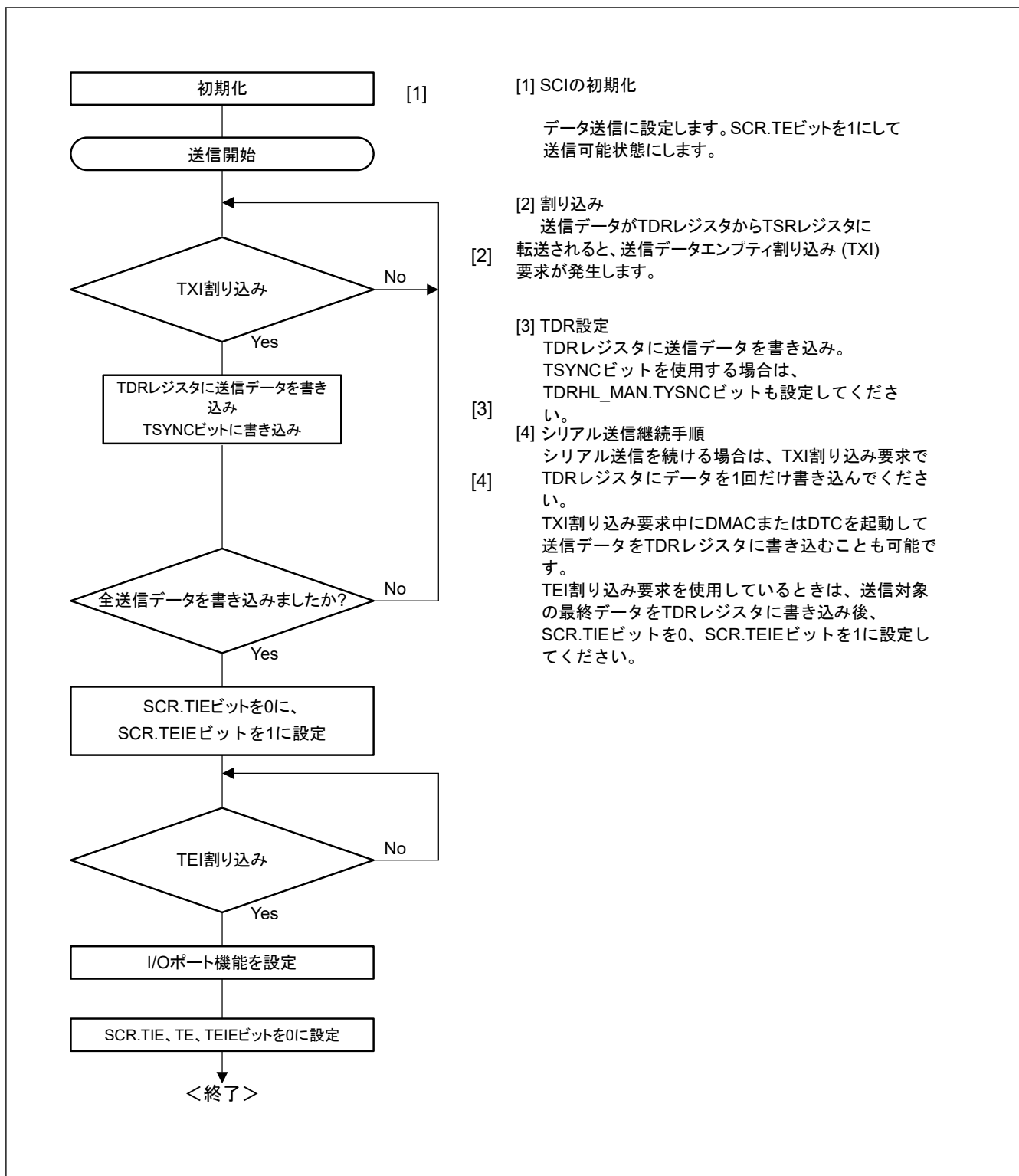


図 27.52 マンチェスタモードのシリアル送信のフローチャート例

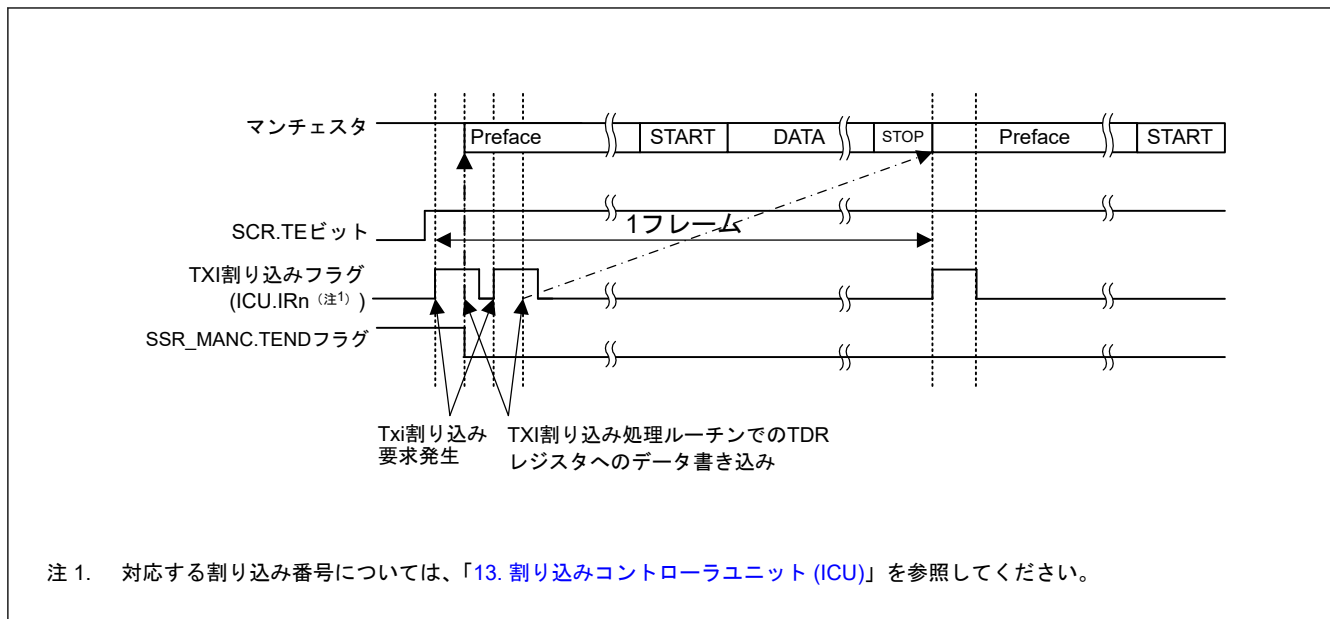


図 27.53 マンチェスタモードにおけるシリアル送信の送信開始動作の例 (プレフィスあり、CTS 機能なし)

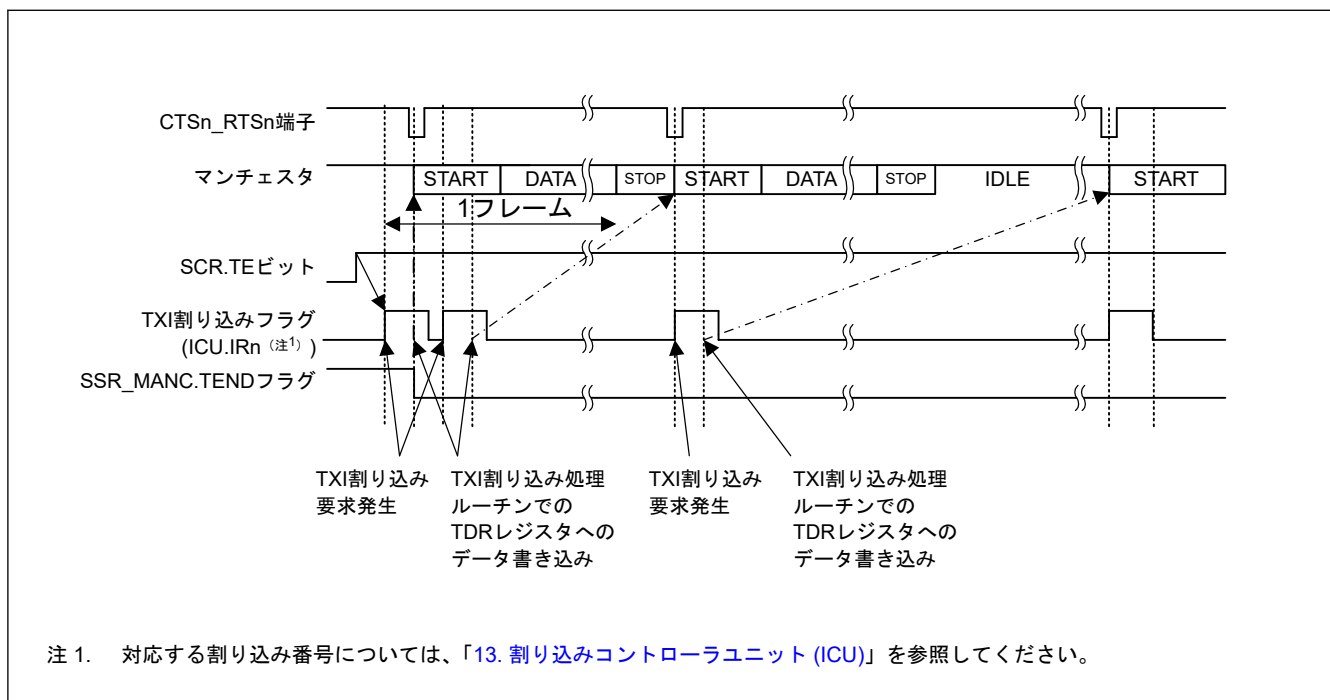


図 27.54 マンチェスタモードにおけるシリアル送信の送信開始動作の例 (プレフィスなし、CTS 機能あり)

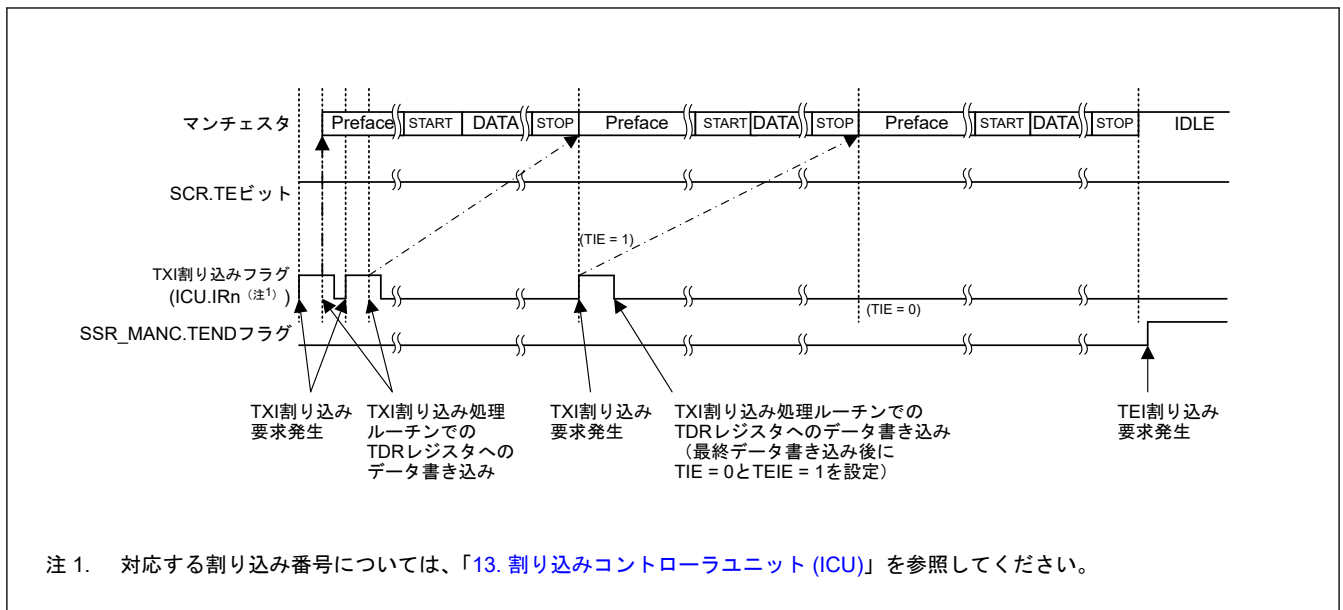


図 27.55 マンチェスタモードにおけるシリアル送信の終了動作の例（プレフィスあり、CTS 機能なし）

27.5.7 シリアルデータの受信（マンチェスタモード）

マンチェスタモードでは、SCIはビットレートの16倍^(注1)の周波数の基本クロックで動作します。受信は、基本クロックでの受信データの立ち下がりエッジのサンプリングによって開始します。図 27.56 に示す通り、受信は受信データの立ち下がりエッジで開始し、受信データが 1/4 ビットの間 Low 状態を維持すると受信が継続します。受信データが 1/4 ビットの間で High になると、SCIはエラーと判断し、次の立ち下がりエッジを待機します。

受信データの前半において High レベルであることが予想されると、SCIは1基本クロックサイクルの Low レベルをエラーと判断し、Low レベルへの変化を無視します。

注 1. これは SEMR.ABCS = 0 の場合です。SEMR.ABCS = 1 の場合、SCIはビットレートの8倍の周波数の基本クロックで動作します。

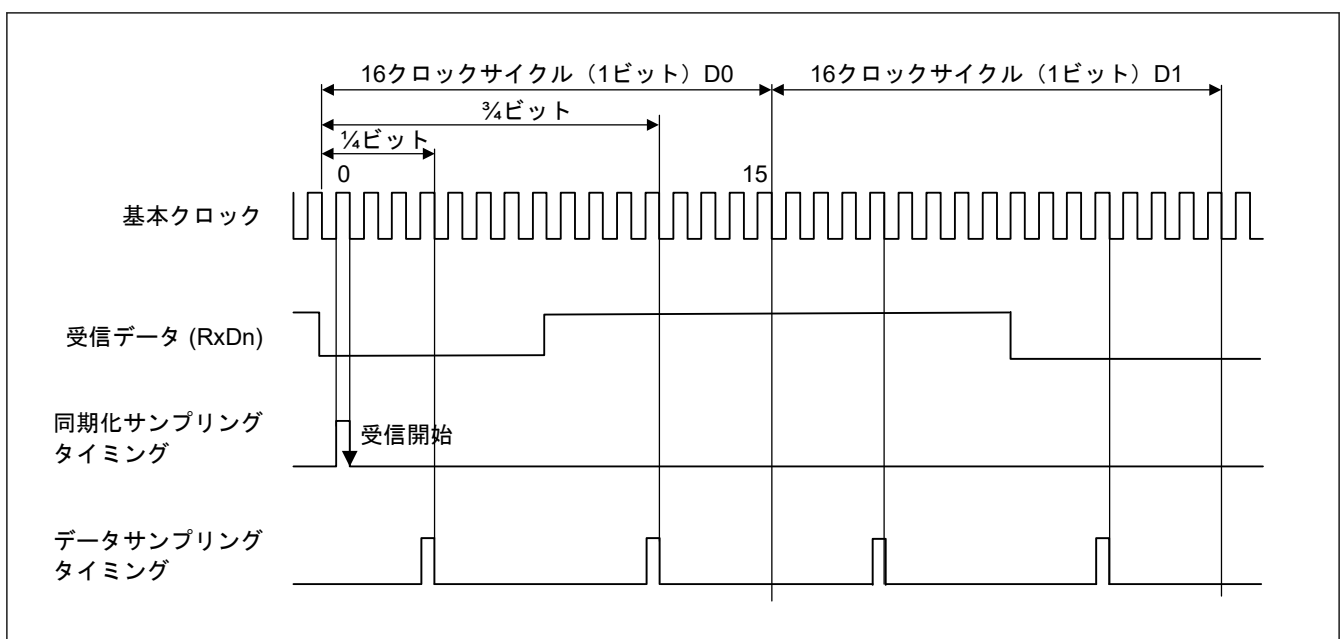


図 27.56 マンチェスタモードでのデータ受信サンプリングタイミング

マンチェスタモードでは、データ受信はプレフィスとスタートビット領域の検出で開始します。

SCIはRXDn端子からの入力をチェックし、RMPR.RPLENの値に基づいてプレフィスが追加されているかどうかを判断します。

プレフィスが無効の場合 (RMPR.RPLEN = 0)、プレフィス検出は行わずスタートビット領域の検出動作に移りません。

プレフィスが有効の場合、RMPR.RPPAT の設定値に基づいてプレフィスパターン設定を特定し、それを RXDn 入力と比較してプレフィスパターンの検出を行います。

プレフィスパターンの一致を検出すると、それを正常プレフィスと判断し、スタートビット領域の検出動作に移ります。

プレフィス領域においてプレフィスパターンの不一致またはマンチェスタコードエラーを検出すると、プレフィスエラーと判断してプレフィスエラー (PFER) をアサートします。

スタートビットの検出のために、SCI はレジスタ設定 (MMR.SBSEL と SYNVAL) に基づいて期待値を選択し、これと RXDn とのパターンマッチングによってスタートビット領域を検出します。スタートビットのパターン一致を検出すると、これを正常なスタートビット領域と判断してデータ処理動作に移行します。

プレフィスとスタートビット領域を正常に検出した場合のみ、データ受信の次のフェーズに移行します。

スタートビットのパターン不一致を検出すると、スタートビットエラーフラグ (SBER) をアサートします。

データ処理において、SCI はレジスタ設定 (SCMR.CHR1 と SMR.CHR) に基づいて、RSR レジスタによって期待受信データ長だけデータをシフトします。受信データの 1 ビット内の 2 つのサンプル点が一致すると、SCI はこれをマンチェスタコードエラーと判断します。

詳細については、「27.5.11. マンチェスタモードにおけるエラー」(4)を参照してください。

パリティ機能が無効の場合 (SMR.PE = 0) は、SCI はストップビット検出の次のフェーズに移行します。パリティ機能が有効の場合 (SMR.PE = 1) は、SCI はパリティチェックを行います。パリティエラーを検出すると、パリティエラーフラグ (PER) をアサートしてストップビット検出動作に移行します。

ストップビットの検出においては、SCI は受信フレームのストップビット領域内で以下をチェックします。

ビット内に 2 つのサンプリング点があります。両方のサンプリング点が High レベルの場合、そのビットは正常なストップビットとみなされ、データが RDR レジスタに保存されます。Low レベル点が少なくとも 1 つあると異常ストップビットと判断され、フレームエラーフラグ (FER) が設定されます。エラーが検出された場合でも、受信データは異常データとして RDR レジスタに保存されます。

図 27.57 にマンチェスタモードにおけるシリアル受信の動作例を示します。

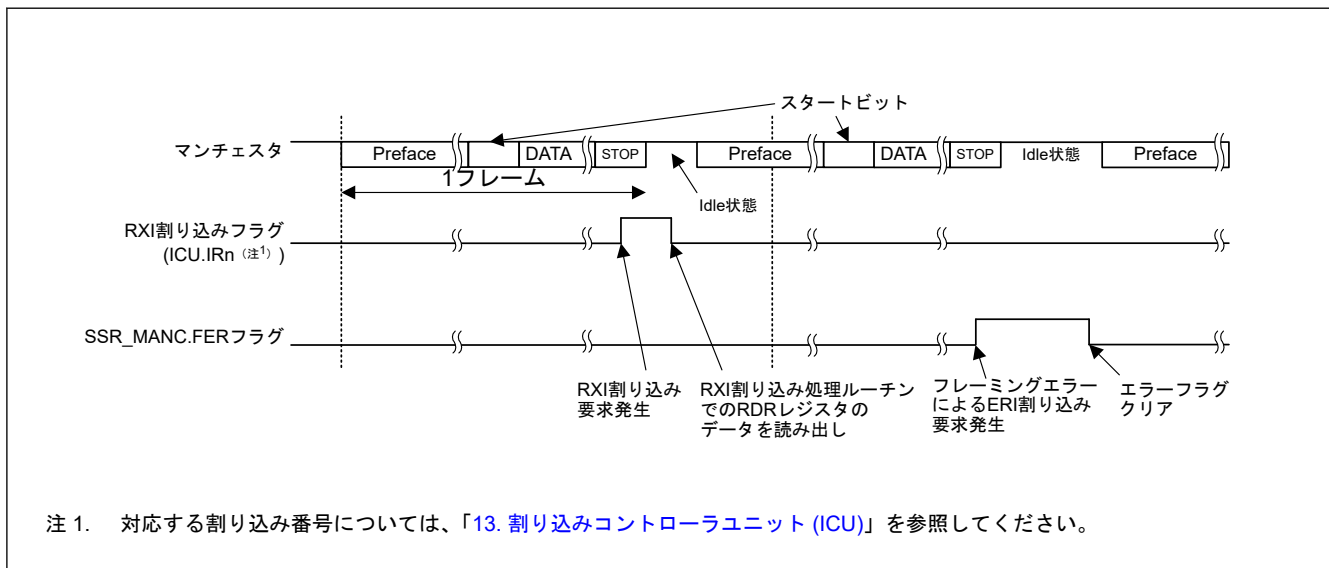


図 27.57 マンチェスタモードにおけるシリアルデータ受信の動作例 (プレフィスあり)

受信エラーが検出された場合の SSR レジスタの各ステータスフラグの状態と RXDn 入力処理については、「27.5.11. マンチェスタモードにおけるエラー」を参照してください。

受信エラーが検出されると、SCI_{In}_ERI 割り込み要求は発生しますが、SCI_{In}_RXI 割り込み要求は発生しません。

受信エラーフラグが 1 の状態では受信動作を再開できません。したがって、ORER、FER、PER、MER、SYER(注1)、PFER(注1)、および SBER(注1)フラグを 0 にしてから受信を再開してください。また、オーバーランエラー処理では、必ず RDR (または RDRHL_MAN) レジスタを読み出してください。受信動作中に SCR.RE ビッ

トを 0 にして受信動作を強制終了させた場合、RDR（または RDRHL_MAN）レジスタに読み出し前の受信データが残っている可能性があるため、RDR（または RDRHL_MAN）レジスタを読み出す必要があります。

図 27.58 と図 27.59 に、マンチェスタモードにおけるシリアルデータ受信フローチャートの例を示します。

注 1. 対応するビットが有効のときに有効になります。

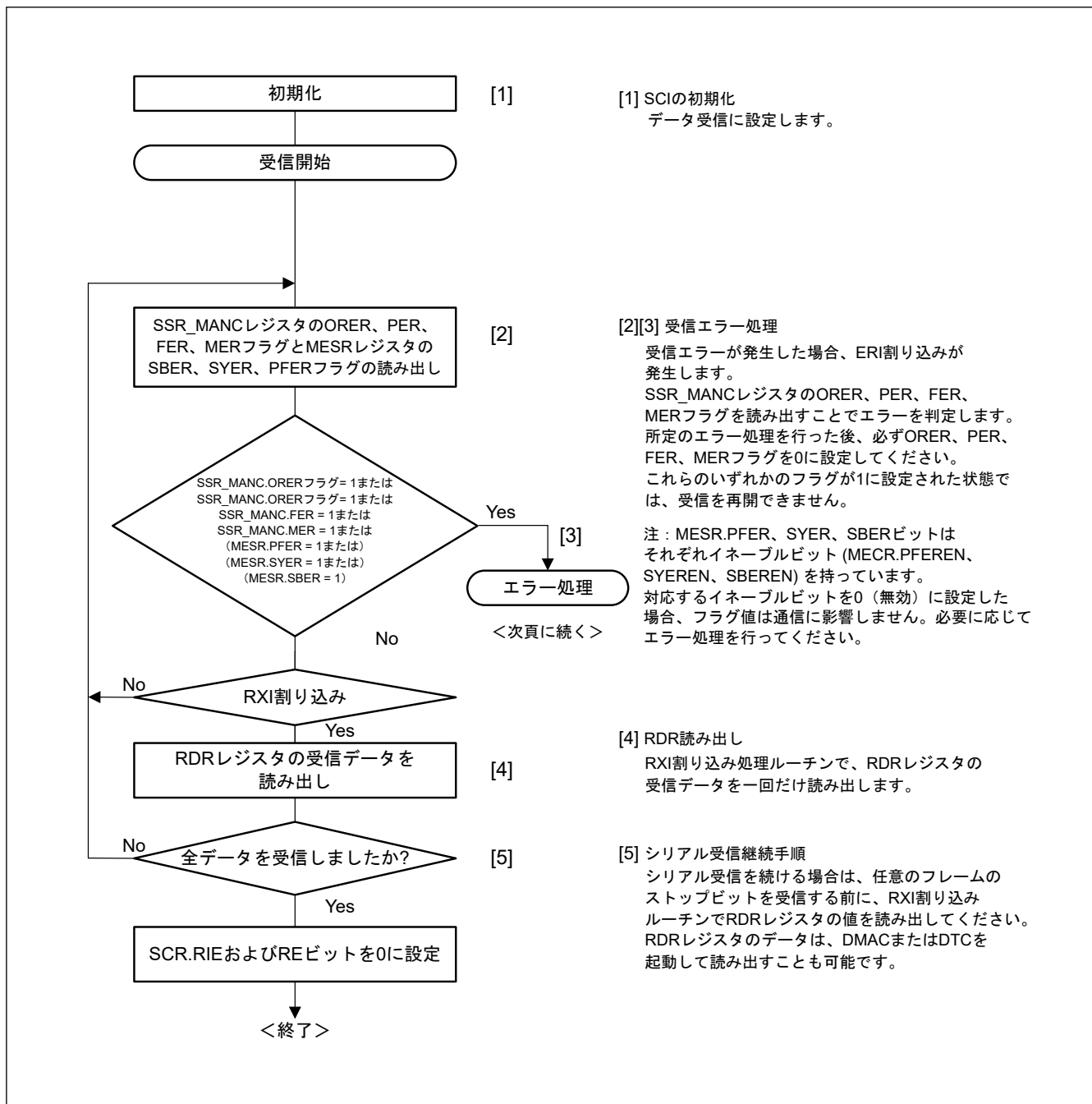


図 27.58 マンチェスタモードにおけるシリアルデータ受信フローチャートの例（正常受信）

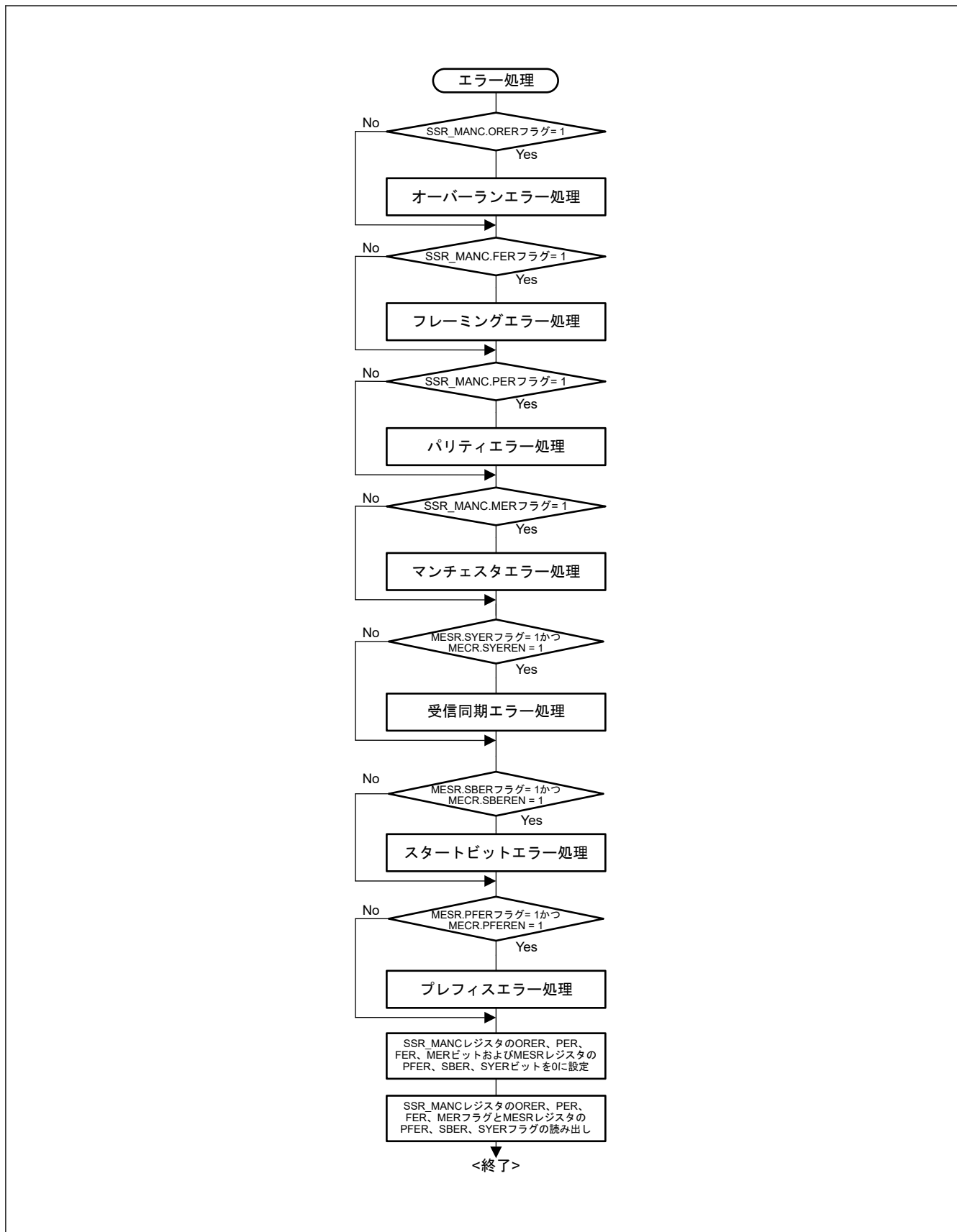


図 27.59 マンチェスタモードにおけるシリアル受信フローチャートの例 (エラー処理)

27.5.8 マルチプロセッサが使用されている場合の動作

マルチプロセッサが使用されている場合のマンチェスタモードにおける動作については、「[27.4. マルチプロセッサ通信機能](#)」(1) の場合と同じなのでこれを参照してください。

マンチェスタモードではフレームフォーマットにプレフィスとスタートビット領域が追加されます。受信フローチャートのマンチェスタモードにおけるエラー処理については、[図 27.59](#) を参照してください。[\(図 27.43\)](#) 各種エラーを検出した際の動作状態については、[表 27.33](#) を参照してください。

27.5.9 受信再タイミング

この機能は、マンチェスタコードにおいてビットのエッジが中央にあることを利用して、各ビットの中央エッジのタイミングを補正します。

受信再タイミング機能は MMR レジスタの ERTEN ビットの設定によってオンまたはオフにできます。

受信再タイミング機能がオフのとき (MMR.ERTEN = 0) は再タイミングが実施されません。その結果内部クロックと RXDn 入力のずれが蓄積し受信マージンが減少します。

受信再タイミング機能がオンのとき (MMR.ERTEN = 1) は、再タイミングがプレフィス領域、スタートビット領域^(注1)、データ領域 (ストップビットを除く) に対して実施されます。

注 1. プレフィス長が 0 でスタートビット長が 3 のときは、スタートビット領域の再タイミングが実施されません。

例として、オーバーサンプリング x16 が選択されているときの受信再タイミングを以下に示します。

RXDn 入力エッジを期待位置よりも 2~4 サイクル前で検出したときは、1 サンプル CLK サイクルだけ受信処理が短くなります。

RXDn 入力エッジを期待位置よりも 2~3 サイクル後ろで検出したときは、1 サンプル CLK サイクルだけ受信処理が長くなります。

(クロックとデータのずれが 2 サイクルより大きくても、各ビットで 1 サイクルだけ補正されます。)

[図 27.60](#) に受信再タイミング範囲の概念図を示します。

エッジを図の許容領域で検出したときは、補正なしでデータをそのまま受信します。

エッジを図の SyncJump 領域で検出したときは、補正してデータを受信します。

エッジを図の SyncError 領域で検出したときは、補正を行わず異常データとして受信します。

マンチェスタコードエラー (1/4 相と 3/4 相のサンプリングポイントでデータが一致したとき) に対しては、SCI がコードエラーを報告します。

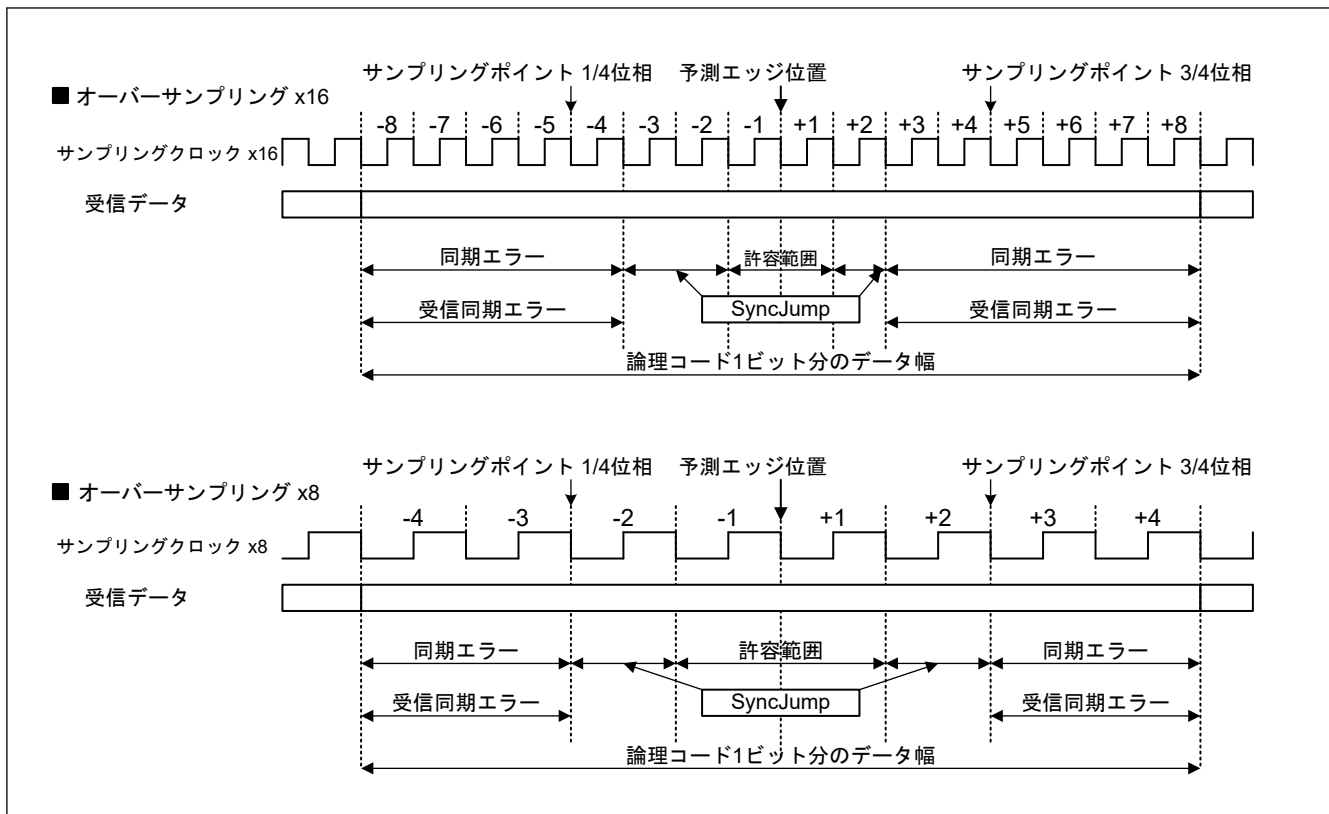


図 27.60 受信再タイミング範囲の概念図

27.5.10 マンチェスタコードの極性設定

マンチェスタコードの極性はマンチェスタモードレジスタ(MMR)で設定できます。

極性は送信と受信に対して個別に設定できます。送信の極性は MMR.TMPOL ビット、受信の極性は MMR.RMPOL ビットを使用して設定します。

マンチェスタコードの極性設定は、プレフィス領域、データ領域、およびパリティまたはマルチプロセッサ領域で有効です。

マンチェスタコードの極性に初期設定値 (TMPOL/RMPOL = 0) が使用される場合、論理 0 はマンチェスタコード内での 0 から 1 への遷移、論理 1 はマンチェスタコード内での 1 から 0 への遷移としてエンコーディングされます。設定が TMPOL/RMPOL = 1 に変更されると、論理 0 はマンチェスタコード内での 1 から 0 への遷移、論理 1 はマンチェスタコード内での 0 から 1 への遷移としてエンコーディングされます。図 27.61 に設定と動作の概念図を示します。

上記の機能とは別に、データ領域内の送信データと受信データは受信/送信データ反転機能 (SCMR.SINV) によって反転できます。マンチェスタコードの極性 (MMR.TMPOL/RMPOL) は送信/受信データ反転機能 (SCMR.SINV) とは別に設定できるので、これら両方を反転に設定すると (MMR.TMPOL/RMPOL = 1 かつ SCMR.SINV = 1)、送信データと受信データが初期状態 (反転 + 反転 = 正常) になります。

スタートビット領域の極性は上記のレジスタとは別のレジスタにより設定されます。

別のレジスタが使用されるので、スタートビット領域の極性は上記のマンチェスタコード極性設定の影響を受けません。

スタートビット領域の設定については、「27.5.1. フレームフォーマット」の (2) を参照してください。

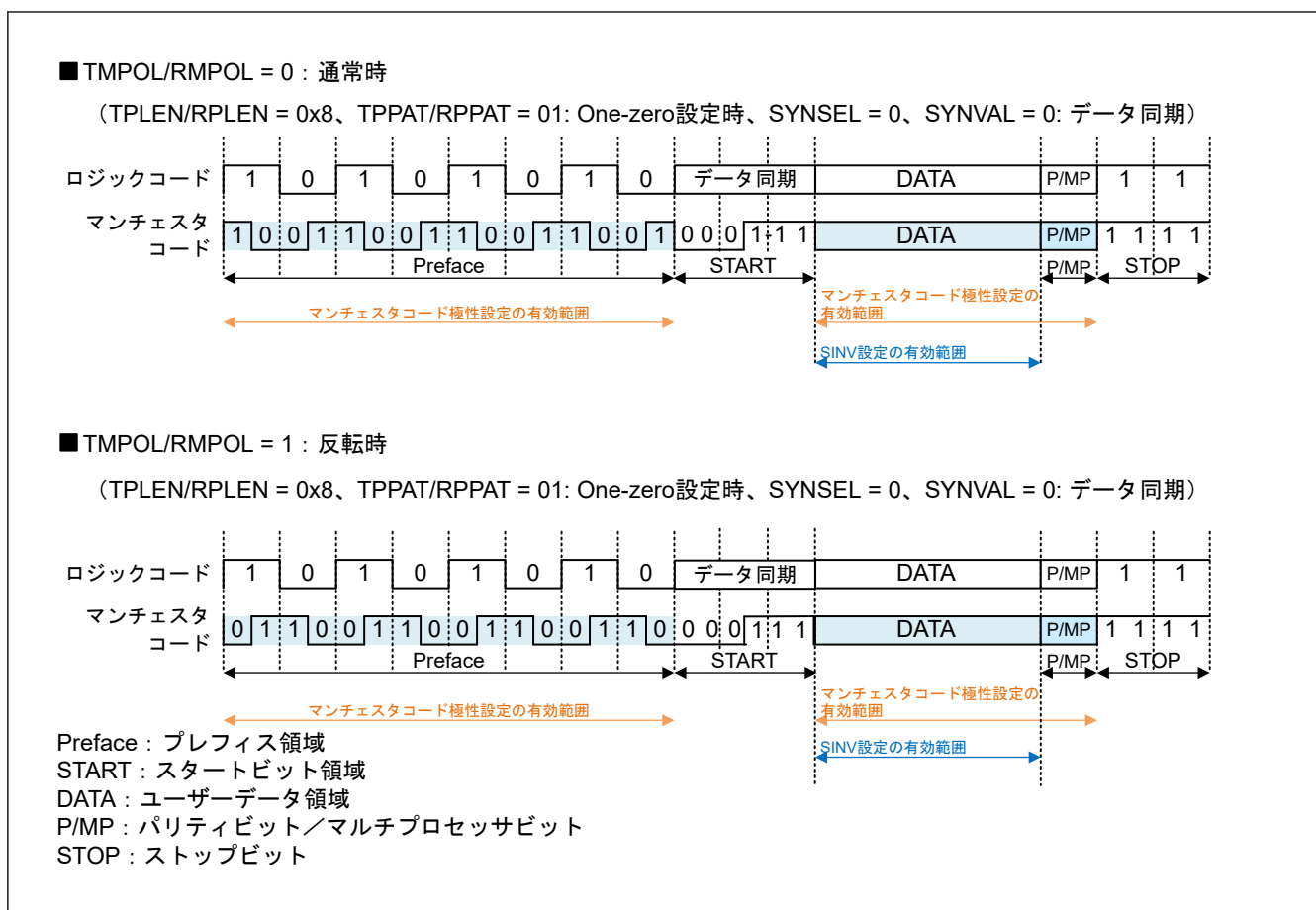


図 27.61 マンチェスタコード極性設定の有効範囲

27.5.11 マンチェスタモードにおけるエラー

マンチェスタモードには以下のエラーがあります。

1. パリティエラー
2. オーバーランエラー
3. フレーミングエラー
4. マンチェスタエラー
5. プレフィスエラー
6. スタートビットエラー
7. 受信 SYNC エラー

(1)～(3)のエラーについては調歩同期式モードと同様ですので「[27.3.9. シリアルデータの受信 \(調歩同期式モード\)](#)」(1)を参照してください。

各エラーは個別の領域で判定されますが、フラグと動作への反映はストップビット領域の3/4ビットサンプリングのタイミングで実施されます。プレフィスエラーまたはスタートビットエラーが検出されると、後続データは受信されません。したがって他のエラーは検出されず、エラーフラグは前の情報を保持します。

表 27.31 にエラーを検出した時のシリアルステータスレジスタの状態と RDR へのデータ保存の判断について示します。

表 27.32 にマンチェスタフレームの各領域で検出される可能性のあるエラーを示します。

プレフィスエラーまたはスタートビットエラーが検出されると、後続データは受信されません。したがって他のエラーは検出されず、エラーフラグは前のフレームを受信した結果を保持します。また、前のフレームでエラーが検出されると、データ受信は行われませんがプレフィス領域とスタートビット領域のエラーによるフラグの更新は行われます。表 27.33 にそれぞれの場合におけるフラグと動作について示します。

(4) マンチェスタエラー

マンチェスタエラーはマンチェスタコードにエラーが検出されたときに生成されます。

マンチェスタコードでは、ビットの中心にエッジ（遷移）が存在する必要があります。

受信フレームのデータ領域（パリティ/マルチプロセッサコードを含む）において、1/4-ビットと 3/4-ビットのサンプリングポイント値が各受信ビットでチェックされ、これら 2 つの値が一致するとマンチェスタコードエラーと判定されます。

マンチェスタコードエラーが検出されると、マンチェスタエラーフラグ (SSR_MANC.MER) がアサートされます。マンチェスタエラーが発生すると、割り込み要因およびイベント要因として扱われます。マンチェスタエラーが検出されると、対応するエラーフラグがクリアされるまで次の受信処理は実施されません。

(5) プレフィスエラー

プレフィスエラーは、プレフィスパターンと一致しない場合またはプレフィス領域でマンチェスタコードエラーが検出された場合に生成されます。プレフィスエラーが検出されると、プレフィスエラーフラグ (SSR_MANC.PFER) がアサートされます。

MECR レジスタの設定によって、このエラーフラグを割り込み要因として使用するかどうかを指定できます。

MECR.PFEREN = 1 の場合は、プレフィスエラーが割り込み要因またはイベント要因として扱われます。プレフィスエラーが検出されると、対応するエラーフラグがクリアされるまで次の受信処理は実施されません。

MECR.PFEREN = 0 の場合はプレフィスエラーが割り込み要因またはイベント要因として扱われず、受信処理が継続します。ただし、プレフィスエラーは MESR.PFER に通知されます。

(6) スタートビットエラー

スタートビットエラーは、受信フレームのスタートビット領域が事前設定されたスタートビットパターンに一致しない場合に生成されます。スタートビットエラーが検出されると、スタートビットエラーフラグ (MESR.SBER) がアサートされます。

MECR レジスタの設定によって、スタートビットエラーを割り込み要因として使用するかどうかを指定できます。

MECR.SBEREN = 1 の場合は、スタートビットエラーが割り込み要因またはイベント要因として扱われます。スタートビットエラーが検出されると、対応するエラーフラグがクリアされるまで次の受信処理は実施されません。

MECR.SBEREN = 0 の場合はスタートビットエラーが割り込み要因またはイベント要因として扱われず、受信処理が継続します。ただし、スタートビットエラーは MESR.SBER に通知されます。

(7) 受信 SYNC エラー

「27.5.9. 受信再タイミング」で説明されている受信再タイミング機能が有効化されている場合に、受信再タイミング動作が実行されます。

受信タイミング動作中に受信再タイミング範囲（図 27.60 の Sync エラー領域）でエッジが検出されない場合に、受信 SYNC エラーが生成されます。受信 SYNC エラーが検出されると、受信 SYNC エラーフラグ (MESR.SYER) がアサートされます。再タイミングの対象でない領域については、受信 SYNC エラーが検出されません。

受信再タイミング動作が実行されるプレフィス領域^(注1)、スタートビット領域^(注1)、^(注2)、およびデータ領域（ストップビットを除く）がチェックされます。

MECR レジスタの設定によって、受信 SYNC エラーを割り込み要因として使用するかどうかを指定できます。

MECR.SYEREN = 1 の場合は、受信 SYNC エラーが割り込み要因またはイベント要因として扱われます。受信 SYNC エラーが検出されると、対応するエラーフラグがクリアされるまで次の受信処理は実施されません。

MECR.SYEREN = 0 の場合は受信 SYNC エラーが割り込み要因またはイベント要因として扱われず、受信処理が継続します。ただし、受信 SYNC エラーは MESR.SYER に通知されます。

注 1. 最初のビットが High であると期待されるパターンで開始するフレームの場合は再タイミングの対象外です。

注 2. スタートビット領域にプレフィス長と 3 ビットのスタートビットが存在しない場合は再タイミングの対象外です。

また、3 ビットのスタートビットが設定されている場合は、第 1 ビットと第 2 ビットは再タイミングの対象外です。

表 27.31 マンチェスタモードにおける SSR_MANC レジスタのフラグと受信データ処理

SSR_MANC レジスタのフラグ				MESR レジスタのフラグ			受信データ	受信エラーの状態 (ERI 割り込み/イベントの生成)
ORER	FER	PER	MER	SBER(注1)	PFER(注1)	SYER		
0	0	0	0	0	0	0	RDR へ転送	エラーなし
0	1	0	0	0	0	0	RDR へ転送	フレーミングエラー
0	0	1	0	0	0	0	RDR へ転送	パリティエラー
0	1	1	0	0	0	0	RDR へ転送	フレーミングエラー+パリティエラー
0	0	0	1	0	0	0	RDR へ転送	マンチェスタエラー
0	1	0	1	0	0	0	RDR へ転送	フレーミングエラー+マンチェスタエラー
0	0	1	1	0	0	0	RDR へ転送	パリティエラー+マンチェスタエラー
0	1	1	1	0	0	0	RDR へ転送	フレーミングエラー+パリティエラー+マンチェスタエラー
1	0	0	0	0	0	0	消失	オーバーランエラー
1	1	0	0	0	0	0	消失	オーバーランエラー+フレーミングエラー
1	0	1	0	0	0	0	消失	オーバーランエラー+パリティエラー
1	1	1	0	0	0	0	消失	オーバーランエラー+フレーミングエラー+パリティエラー
1	0	0	1	0	0	0	消失	オーバーランエラー+マンチェスタエラー
1	1	0	1	0	0	0	消失	オーバーランエラー+フレーミングエラー+マンチェスタエラー
1	0	1	1	0	0	0	消失	オーバーランエラー+パリティエラー+マンチェスタエラー
1	1	1	1	0	0	0	消失	オーバーランエラー+フレーミングエラー+パリティエラー+マンチェスタエラー
0	上記の組み合わせ			0	0	0	RDR へ転送	上記のエラー+受信 SYNC エラー(注2)
1				0	0	0	消失	上記のエラー+受信 SYNC エラー(注2)
保持	保持	保持	保持	0	1	0	消失	プレフィスエラー(注3)
保持	保持	保持	保持	1	0	0	消失	スタートビットエラー(注3)
保持	保持	保持	保持	0	1	1	消失	プレフィスエラー(注3)+受信 SYNC エラー(注2)
保持	保持	保持	保持	1	0	1	消失	スタートビットエラー(注3)+受信 SYNC エラー(注2)

注 1. スタートビットエラーとプレフィスエラーが同時に 1 になることはありません。

注 2. MECSR.SYEREN = 1 の場合、SCIn_ERI 割り込み/イベントが SYER ファクタによって生成されます。

注 3. MECSR.PFEREN = 1 または MECSR.SBEREN = 1 の場合、対応するフラグが設定されているときに SCIn_ERI 割り込み/イベントが生成されます。

表 27.32 各領域で検出されるエラー

	プレフィスエラー (PFER)	スタートビットエラー (SBER)	マンチェスタエラー (MER)	受信 SYNC エラー (SYER)	パリティエラー (PER)	フレーミングエラー (FER)
プレフィス領域	✓	—	_(注1)	✓(注2)	—	—
スタートビット領域	—	✓	—	✓(注2)	—	—
データ領域	—	—	✓	✓	—	—
パリティ領域	—	—	✓	✓	✓	—
マルチプロセッサ領域	—	—	✓	✓	—	—
ストップビット領域	—	—	—	—	—	✓

注. ✓ : 検出、— : 検出せず

- 注 1. プレフィス領域でマンチェスタコードエラーが発生すると、プレフィスエラーとして扱われます。
 注 2. 受信 SYNC エラーの検出対象ではありません。詳細については「27.5.11. マンチェスタモードにおけるエラー」(7) の説明を参照してください。

表 27.33 前のフレームのエラーの有無による動作状態およびマルチプロセッサモードにおける動作状態のリスト (1/2)

前のフレーム	フレームの各領域					PFERE N	SBERE N	SYERE N	受信データ	エラーフラグ	割り込み要求	イベント信号
	プレフィス	スタートビット	データ	パリティ	ストップ							
エラーなし	PFER	エラーなし	Don't care	Don't care	Don't care	0	Don't care	Don't care	消失	PFER を設定(注1)	出力なし	出力なし
	SYER なし(注1)					1					出力	出力
エラーなし	エラーなし	SBER	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	0	Don't care	消失	SBER を設定(注1)	出力なし	出力なし
		SYER なし(注1)					1				出力	出力
SYER PFER なし	エラーなし	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	0	RDR へ転送	SYER を設定	出力なし	出力なし
								1	消失		出力	出力
エラーなし	SYER SBER なし	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	0	RDR へ転送	SYER を設定	出力なし	出力なし
								1	消失		出力	出力
エラーなし	エラーなし	SYER		エラーなし	Don't care	Don't care	0	RDR へ転送	SYER を設定	出力なし	出力なし	
								1		消失	出力	出力
エラーなし	エラーなし	MER		エラーなし	Don't care	Don't care	Don't care	RDR へ転送	MER を設定	出力	出力	
エラーなし	エラーなし	Don't care	PER	エラーなし	Don't care	Don't care	Don't care	RDR へ転送	PER を設定	出力	出力	
エラーなし	エラーなし	Don't care	Don't care	FER	Don't care	Don't care	Don't care	RDR へ転送	FER を設定	出力	出力	
エラーあり ORER					Don't care	Don't care	Don't care	消失	フラグを設定(注2)	出力	出力	
エラーなし	エラーなし	エラーなし	エラーなし	エラーなし ORER	Don't care	Don't care	Don't care	消失	ORER を設定	出力	出力	

表 27.33 前のフレームのエラーの有無による動作状態およびマルチプロセッサモードにおける動作状態のリスト (2/2)

前のフレーム	フレームの各領域					PFERE N	SBERE N	SYERE N	受信データ	エラーフラグ	割り込み要求	イベント信号
	プレフィクス	スタートビット	データ	パリティ	ストップ							
エラーあり(注3) (注6)	PFER SYERなし(注1)	エラーなし	Don't care	Don't care	Don't care	0 1	Don't care	Don't care	消失	PFERを設定(注1)	出力(注4)	出力なし(注5)
	エラーなし	SBER SYERなし(注1)	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	0 1	Don't care				
	SYER PFERなし	エラーなし	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	0 1	SYERを設定			
	エラーなし	SYER SBERなし	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	0 1	SYERを設定			
	エラーなし	エラーなし	SYER		エラーなし	Don't care	Don't care	0 1	フラグを設定しない			
	エラーなし	エラーなし	MER		エラーなし	Don't care	Don't care	Don't care				
	エラーなし	エラーなし	Don't care	PER	エラーなし	Don't care	Don't care	Don't care				
	エラーなし	エラーなし	Don't care	Don't care	FER	Don't care	Don't care	Don't care				
	エラーあり ORER					Don't care	Don't care	Don't care				
	エラーなし	エラーなし	エラーなし	エラーなし	エラーなし ORER	Don't care	Don't care	Don't care				

- 注 1. SYER が検出されると SYER フラグも設定されます。他の動作についてはこの表に示す通りです。
- 注 2. 検出された他のエラーフラグ (ORER など) も設定されます。
- 注 3. ストップビット判定の前にすべてのエラーフラグがクリアされると、この表に示される、前のフレームにエラーがなかった場合の動作と同様になります。
- 注 4. SCIn_ERI 割り込み要求はレベル出力であるため、対象フレームにおけるエラーの有無にかかわらず前のフレームのエラーによってアクティブの状態が継続します。
- 注 5. エラー要因の検出は継続的に実施されるため、対象フレームにおけるエラーの有無にかかわらず、SCIn_ERI イベントが新たに出力されることはありません。
- 注 6. PFER、SBER、および SYER は、それぞれの許可ビットが禁止に設定されているとエラーなしとして扱われます。

表 27.34 マルチプロセッサモード (MPIE = 0) で MPIE = 1 の場合の動作

MPB (注1)	フレームの各領域					PFERE N	SBERE N	SYERE N	受信データ	エラーフラグ	割り込み要求	イベント信号
	プレフィクス	スタートビット	データ	パリティ	ストップ							
1	エラーなし	エラーなし	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	RDRへ転送	フラグを設定	出力(注2)	出力(注2)
	PFERなし	SBERなし	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	0				
	SYER(注3)	SYER(注3)						1	消失	フラグを設定しない	出力なし	出力なし
	PFER	エラーなし	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care			
	エラーなし	SBER	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care	Don't care				

- 注 1. 受信 MPB ビットが 0 の場合はフレームを受信してなく、動作はこの表における受信データ消失の場合と同様になります。

- 注 2. エラーが検出されない場合は SCI_n_RXI の割り込み要求またはイベントが出力されます。それが検出されると、SCI_n_ERI の割り込み要求またはイベントが出力されます。
- 注 3. プレフィス領域またはスタートビット領域で SYER が検出された場合は、エラーとしての処理の動作は SYEREN ビットの変化に依存します。

27.6 クロック同期式モードの動作

図 27.62 にクロック同期式シリアル通信のデータフォーマットを示します。

クロック同期式モードでは、クロックパルスに同期してデータを送受信します。通信データの 1 キャラクタは 8 ビットデータで構成されます。クロック同期式モードでは、パリティビットの付加はできません。

SCI は、データ送信時は同期クロックの立ち下がりエッジから次の立ち下がりエッジまで出力します。データ受信時は同期クロックの立ち上がりエッジに同期してデータを取り込みます。8 ビット出力後の送信ラインは最終ビット出力状態を保ちます。スレーブモードにおいて SPMR.CKPH ビットが 1 の場合、送信ラインは第 1 ビットの出力状態を保ちます。

SCI 内部では送信部と受信部は独立しており、クロックを共有することで全二重通信が可能です。また、送信部と受信部はどちらもダブルバッファ構成になっているため、送信中に次の送信データの書き込み、受信中に前の受信データの読み出しが可能であり、連続送受信動作が実現されます。

ただし、最高速ビットレートの設定 (BRR[7:0] = 0x00 かつ SMR.CKS[1:0] = 00b) では、連続送受信動作が不可能です。そのため FIFO 選択時は、この設定 (BRR[7:0] = 0x00 かつ SMR.CKS[1:0] = 00b) は利用できません。

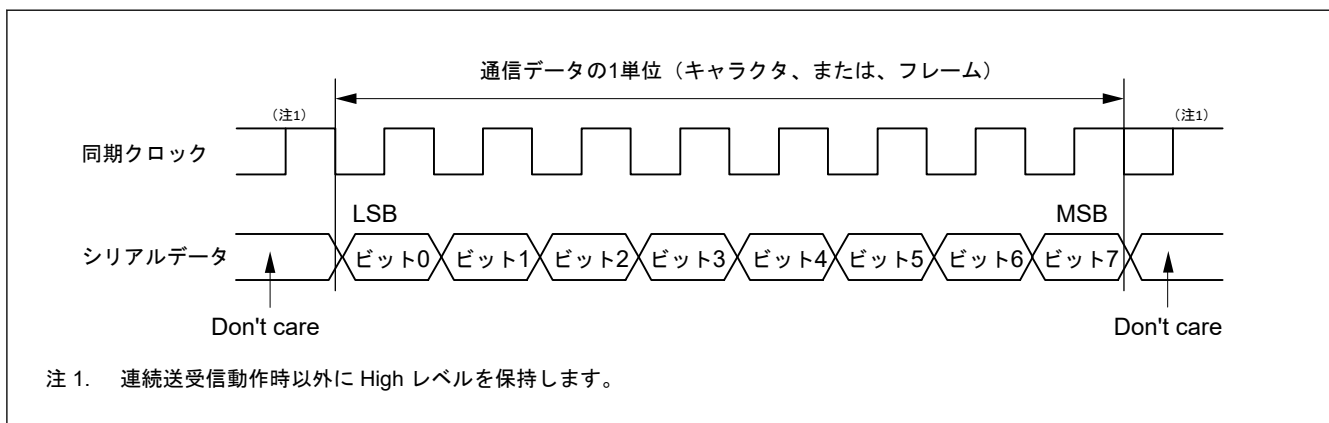


図 27.62 クロック同期式シリアル通信のデータフォーマット (LSB ファーストの並び順の場合)

27.6.1 クロック

SCR.CKE[1:0] ビットの設定により、内蔵ボーレートジェネレータが生成する内部クロック、または SCK_n 端子に入力される外部同期クロックのいずれかを選択できます。

SCI が内部クロックで動作する場合、SCK_n 端子から同期クロックが出力されます。1 キャラクタの送受信で 8 パルスの同期クロックが出力されます。送受信を行わないとき、クロックは High に固定されます。ただし、受信動作のみで CTS 機能が無効な場合、SCR.RE ビットが 1 になると、同期クロックの出力が始まります。オーバーランエラーが発生するか、または SCR.RE ビットが 0 になると、同期クロックは High レベル(注1)になったところで停止します。

受信動作のみで CTS 機能が有効な場合は、SCR.RE ビットが 1 になっても CTS_n_RTS_n 端子入力が High であれば、クロック出力は始まりません。SCR.RE ビットが 1 になったとき、CTS_n_RTS_n 端子入力が Low であれば、同期クロックの出力が始まります。その後、フレームの受信が完了した時点で CTS_n_RTS_n 端子入力が High であれば、同期クロック出力は High レベルになったところで停止します。CTS_n_RTS_n 端子入力が引き続き Low であれば、オーバーランエラーが発生するか、または SCR.RE ビットが 0 になったときに、同期クロックは High レベル(注1)になったところで停止します。

- 注 1. (SPMR.CKPH = 0 かつ SPMR.CKPOL = 1) または (SPMR.CKPH = 1 かつ SPMR.CKPOL = 1) の状態にあるとき、信号は High に固定されます。(SPMR.CKPH = 0 かつ SPMR.CKPOL = 1) または (SPMR.CKPH = 1 かつ SPMR.CKPOL = 0) の状態にあるとき Low に固定されます。

27.6.2 CTS、RTS 機能

CTS 機能では、クロックソースが内部クロックの場合に、CTS_n_RTS_n 端子入力を使用してデータ送受信の開始制御を行います。SPMR.CTSE ビットを 1 にすると、CTS 機能が有効になります。CTS 機能が有効な場合、CTS_n_RTS_n 端子入力が Low になると、データの送受信が開始されます。

送受信中に CTS_n_RTS_n 端子入力を High にしても、処理中のフレームの送受信には影響を与えません。

RTS 機能では、クロックソースが外部同期クロックの場合に、CTS_n_RTS_n 端子出力を使用してデータ送受信の開始要求を行います。シリアル通信が可能な状態になると、CTS_n_RTS_n 出力が Low になります。CTS_n_RTS_n が Low および High を出力する条件は以下のとおりです。

[Low になる条件]

以下の条件がすべて満たされる場合：

非 FIFO 選択時に、下記条件がすべて満たされたとき

- SCR.RE ビットまたは SCR.TE ビットが 1
- 送受信動作中でない
- 読み出し前の受信データがない (SCR.RE ビットが 1 のとき)
- 送信データを書き込み済み (SCR.TE ビットが 1、かつ SCR.CKE[1] ビットが 0 の場合)
- TSR レジスタに送信用データがある (SCR.TE ビットが 1、SCR.CKE[1] ビットが 1 の場合)
- SSR.ORER フラグが 0

FIFO 選択時に、下記条件がすべて満たされたとき

- SCR.RE ビットまたは SCR.TE ビットが 1
- 送受信動作中でない
- FRDRHL に書き込まれた受信データ数が、FCRH.RSTRG[3:0] の設定値より少ない (SCR.RE = 1 の場合)
- FTDRHL に未送信データがある (SCR.TE ビットが 1、SCR.CKE[1] ビットが 0 の場合)
- TSR レジスタに送信用データがある (SCR.TE ビットが 1、SCR.CKE[1] ビットが 1 の場合)
- SSR_FIFO.ORER フラグが 0

[High になる条件]

- Low になる条件を満たさない場合

27.6.3 SCI の初期化 (クロック同期式モード)

データを送受信する前に、最初に SCR レジスタに初期値 0x00 を書き込み、次に「27.6.2. CTS、RTS 機能」の非 FIFO と FIFO の選択を説明した項目に従って SCI の初期設定を続けてください。動作モードまたは通信フォーマットを変更する場合も必ず、SCR レジスタを初期値にしてから変更してください。

注. SCR.RE ビットを 0 にしても、SSR/SSR_FIFO レジスタの ORER、FER、PER の各フラグ、ならびに RDR レジスタは初期化されません。TE ビットが 0 の場合、選択した FIFO バッファに対する TEND フラグは初期化されません。

注. 非 FIFO モードにおいて、SCR.TIE ビットが 1 の状態で、SCR.TE ビットを 1 から 0、または 0 から 1 に変更すると、SCI_n_TXI 割り込み要求が発生します。

表 27.35 クロック同期式モードにおける SCI の初期化フローチャート例 (非 FIFO 選択時) (1/2)

番号	ステップ名	説明
1	初期化を開始	
2	SCR.TIE、RIE、TE、RE、および TEIE ビットを 0 に設定	
3	FCR.FM ビットを 0 に設定	FCR.FM ビットを 0 にします。
4	SCR.CKE[1:0] ビットを設定	SCR レジスタにクロック選択を設定します。

表 27.35 クロック同期式モードにおける SCI の初期化フローチャート例 (非 FIFO 選択時) (2/2)

番号	ステップ名	説明
5	SIMR1.IICM ビットを 0 にします。 また、SPMR.CKPH ビットと SPMR.CKPOL ビットを設定します。	SIMR1.IICM ビットを 0 にします。 また、SPMR.CKPH ビットと SPMR.CKPOL ビットを設定します。 これらの値が初期値から変更されていない場合、手順 5 は省略できます。
6	SMR、SCMR、および SEMR レジスタに送信/受信フォーマットを設定	SMR、SCMR、および SEMR レジスタに送信/受信フォーマットを設定します。
7	SPTR に値を設定	SPTR に通信端子状態を設定します。
8	BRR に値を設定	BRR レジスタにビットレートに対応する値を書き込みます。 外部クロックを使用する場合、この手順は不要です。
9	MDDR に値を設定	MDDR レジスタにビットレート誤差補正値を書き込みます。SEMR.BRME ビットを 0 にした場合、または外部クロックを使用する場合、この手順は不要です。
10	I/O ポート機能を設定	I/O ポートを設定して、TXDn、RXDn、および SCKn 端子に必要な入出力機能を有効にします。
11	SCR_SMCI.TE ビットまたは SCR_SMCI.RE ビットを 1 にし、SCR_SMCI.TIE ビットと SCR_SMCI.RIE ビットを設定	SCR.TE ビットまたは SCR.RE ビットを 1 にします。SCR.TIE ビットおよび SCR.RIE ビットも設定します。 TE ビットおよび RE ビットを設定することで、TXDn および RXDn 端子が使用可能となります。
12	初期化の完了	

注. 同時送受信動作では、SCR.TE ビットと SCR.RE ビットの両方を同時に 0 または 1 にする必要があります。

表 27.36 FIFO を選択したクロック同期式モードにおける SCI 初期化の手順例 (1/2)

番号	ステップ名	説明
1	初期化を開始	
2	SCR.TIE、RIE、TE、RE、および TEIE ビットを 0 に設定	
3	FCR.FM ビット、FCR.TFRST ビット、および FCR.RFRST ビットを 1 にします。 FCR.TTRG[3:0] ビット、RTRG[3:0] ビット、および RSTRG[3:0] ビットを設定します。	FCR.FM、TFRST、および RFRST ビットを 1 にします (FIFO モードが有効、送信/受信 FIFO が空)。 FCR.TTRG[3:0] ビット、RTRG[3:0] ビット、および RSTRG[3:0] ビットを設定します。
4	SCR.CKE[1:0] ビットを設定	SCR レジスタにクロック選択を設定します。
5	SIMR1.IICM ビットを 0 にします。 また、SPMR.CKPH ビットと SPMR.CKPOL ビットを設定します。	SIMR1.IICM ビットを 0 にします。 また、SPMR.CKPH ビットと SPMR.CKPOL ビットを設定します。 これらの値が初期値から変更されていない場合、手順 5 は省略できます。
6	SMR、SCMR、および SEMR レジスタに送信/受信フォーマットを設定	SMR、SCMR、および SEMR レジスタに送信/受信フォーマットを設定します。
7	SPTR に値を設定	SPTR に通信端子状態を設定します。
8	BRR に値を設定	BRR レジスタにビットレートに対応する値を書き込みます。 外部クロックを使用する場合、この手順は不要です。
9	MDDR に値を設定	MDDR レジスタにビットレート誤差補正値を書き込みます。SEMR.BRME ビットを 0 にした場合、または外部クロックを使用する場合、この手順は不要です。
10	FCR.TFRST ビットと FCR.RFRST ビットを 0 に設定	FCR.TFRST ビットと FCR.RFRST ビットを 0 にします。
11	I/O ポート機能を設定	I/O ポートを設定して、TXDn、RXDn、および SCKn 端子に必要な入出力機能を有効にします。
12	SCR_SMCI.TE ビットまたは SCR_SMCI.RE ビットを 1 にし、SCR_SMCI.TIE ビットと SCR_SMCI.RIE ビットを設定	SCR.TE ビットまたは SCR.RE ビットを 1 にします。SCR.TIE ビットおよび SCR.RIE ビットも設定します。 TE ビットおよび RE ビットを設定することで、TXDn および RXDn 端子が使用可能となります。

表 27.36 FIFO を選択したクロック同期式モードにおける SCI 初期化の手順例 (2/2)

番号	ステップ名	説明
13	初期化の完了	

注. 同時送受信動作では、SCR.TE ビットと SCR.RE ビットの両方を同時に 0 または 1 にする必要があります。

27.6.4 シリアルデータの送信（クロック同期式モード）

(1) 非 FIFO 選択時

図 27.63、図 27.64、および図 27.65 に、クロック同期式モードにおけるシリアル送信の動作例を示します。

シリアルデータの送信時、SCI は以下のように動作します。

1. SCIn_TXI 割り込み処理ルーチンで TDR レジスタにデータが書き込まれると、SCI は TDR レジスタから TSR レジスタへデータを転送します。なお、送信開始時の SCIn_TXI 割り込み要求は、SCR レジスタの TIE ビットを 1 にした後に TE ビットを 1 にするか、これら 2 つのビットを 1 命令で同時に 1 にすることで発生します。
2. SCI は、TDR レジスタから TSR レジスタへデータを転送した後、送信を開始します。SCR.TIE ビットが 1 であれば、SCIn_TXI 割り込み要求が発生します。この SCIn_TXI 割り込み処理ルーチンにおいて、現在のデータ送信が終了する前に、TDR レジスタに次の送信データを書き込むことで連続送信が可能になります。SCIn_TEI 割り込み要求を使用する場合、SCIn_TXI 割り込み要求に対応する処理ルーチン内で最終送信データを TDR レジスタに書き込んだ後、SCR.TIE ビットを 0 にして、SCR.TEIE ビットを 1 にします。
3. クロック出力モードを指定したときは出力クロックに同期して、外部クロックを指定したときは入力クロックに同期して、TXDn 端子から 8 ビットのデータが送信されます。クロック信号出力は、SPMR.CTSE ビットが 1 のとき、CTS 信号入力 Low になるまで待機します。
4. 最終ビットを送り出すタイミングで、SCI は TDR レジスタの更新をチェックします。
5. TDR レジスタが更新されていれば、TDR レジスタから TSR レジスタに次の送信データを転送し、次のフレームのシリアル送信を開始します。
6. TDR レジスタが更新されていなければ、SSR.TEND フラグを 1 にします。TXDn 端子は最終ビットの出力状態を保持します。このとき、SCR.TEIE ビットが 1 になっていると、SCIn_TEI 割り込み要求が発生し、SCKn 端子は High に固定されます。

図 27.63、図 27.64、および図 27.65 に、シリアルデータ送信の例を示します。

受信エラーフラグ (SSR.ORER、FER、または PER) が 1 の状態では、送信は開始されません。送信を開始する前に、受信エラーフラグは必ず 0 にしてください。

注. 受信エラーフラグは、SCR.RE ビットを 0 にしてもクリアされません。

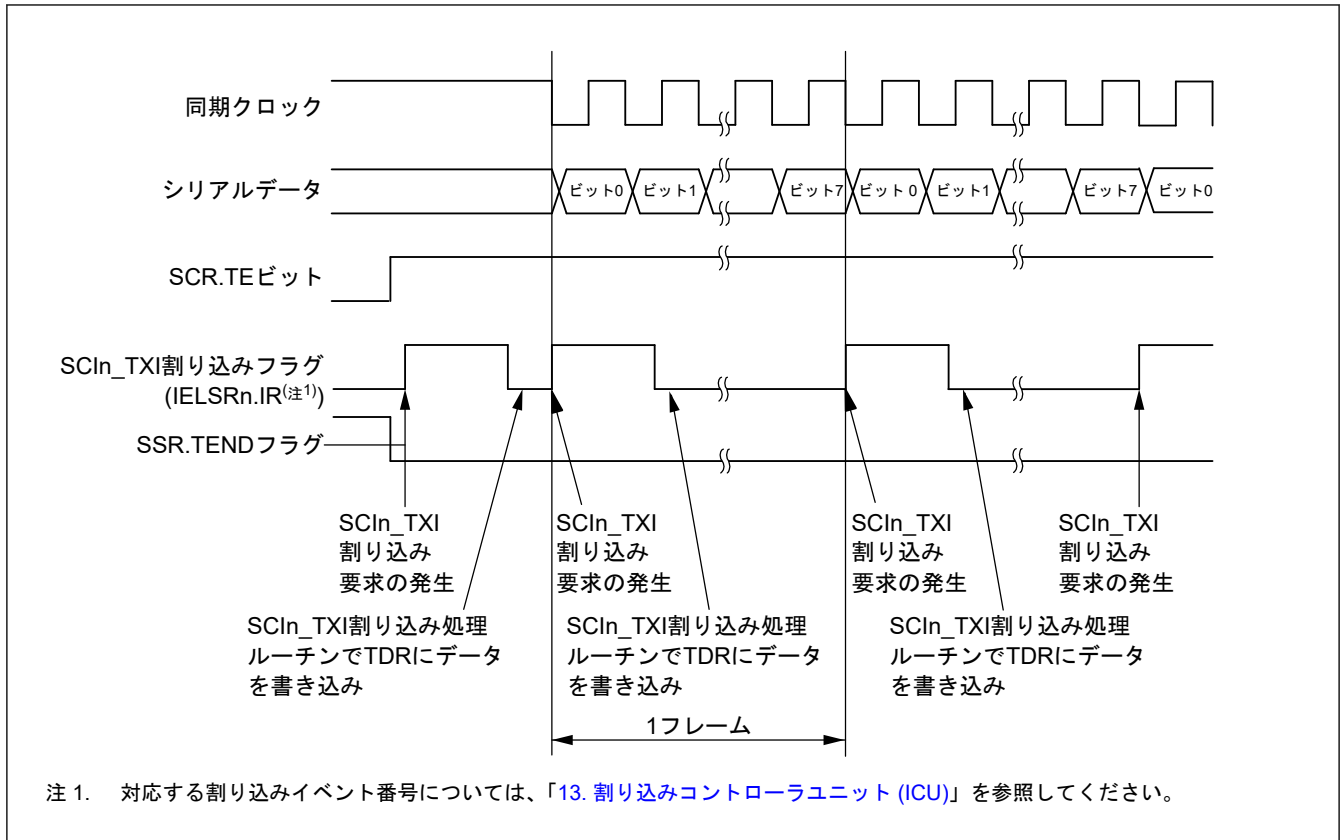


図 27.63 クロック同期式モードにおけるシリアル送信の動作例 (送信開始時に CTS 機能を使用しない場合)

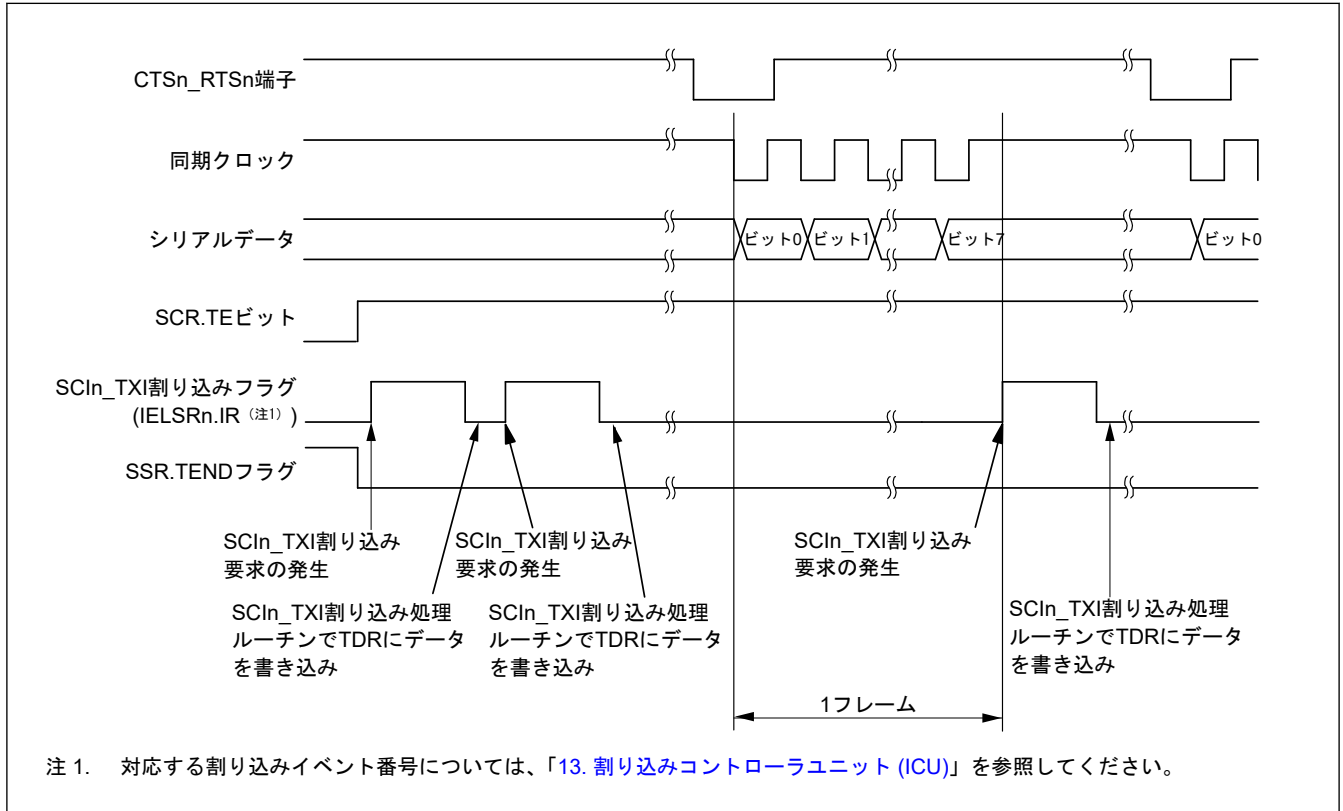


図 27.64 クロック同期式モードにおけるシリアル送信の動作例 (送信開始時に CTS 機能を使用する場合)

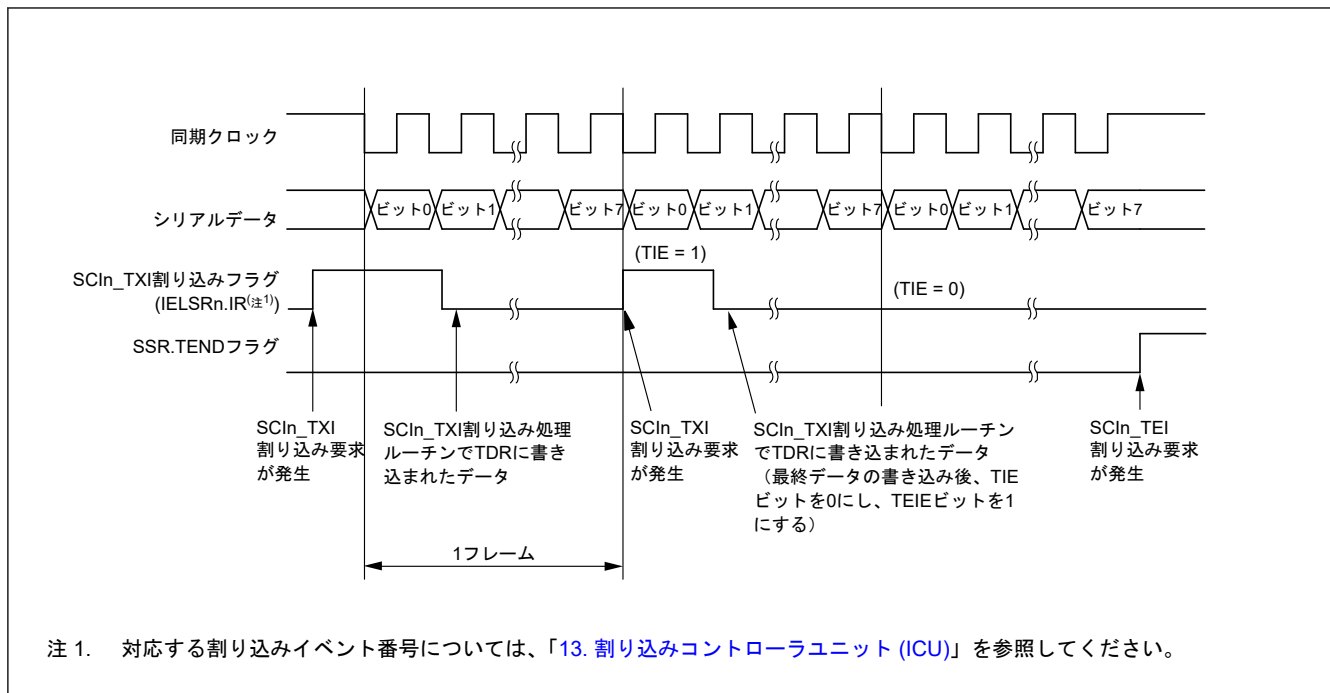


図 27.65 クロック同期式モードにおけるシリアル送信の動作例 (送信中～送信終了時)

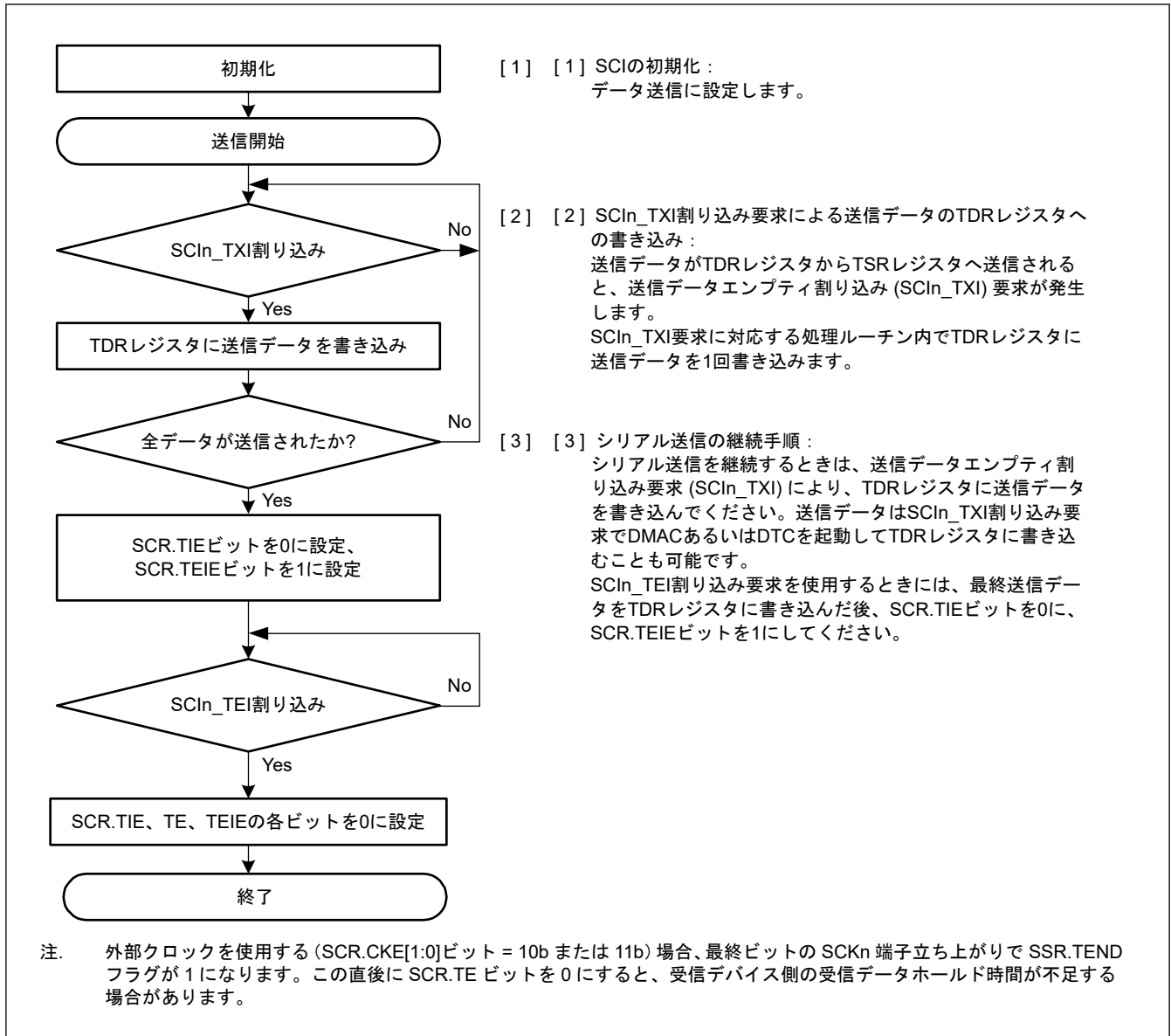


図 27.66 クロック同期式モードにおけるシリアル送信のフローチャート例 (非 FIFO 選択時)

(2) FIFO 選択時

図 27.67 に、クロック同期式モードにおける FIFO 選択時のシリアル送信のフローチャート例を示します。

シリアルデータの送信時、SCI は以下のように動作します。

- SCIn_TXI 割り込み処理ルーチンで FTDRL レジスタ(注1)にデータが書き込まれると、SCI は FTDRL レジスタ(注1)から TSR レジスタへデータを転送します。FTDRL レジスタに書き込み可能なデータのバイト数は 16 - FDR.T[4:0]です。なお、送信開始時の SCIn_TXI 割り込み要求は、SCR.TIE ビットを 1 にした後に SCR.TE ビットを 1 にするか、これら 2 つのビットを 1 命令で同時に 1 にすることで発生します。
- SCI は、FTDRL レジスタから TSR レジスタへデータを転送した後、送信を開始します。FTDRL レジスタに書き込まれた送信データ数が、指定された送信トリガ数以下のとき、SSR_FIFO.TDFE ビットが 1 になります。SCR.TIE ビットが 1 であれば、SCIn_TXI 割り込み要求が発生します。この SCIn_TXI 割り込み処理ルーチンにおいて、現在のデータ送信が終了する前に、FTDRL レジスタに次の送信データを書き込むことで連続送信が可能になります。SCIn_TEI 割り込み要求を使用する場合、SCIn_TXI 割り込み要求に対応する処理ルーチン内で最終送信データを FTDRL レジスタに書き込んだ後、SCR.TIE ビットを 0 にして、SCR.TEIE ビットを 1 にします。
- クロック出力モードを指定したときは出力クロックに同期して、外部クロックを指定したときは入力クロックに同期して、TXDn 端子から 8 ビットのデータが送信されます。クロック信号出力は、SPMR.CTSE ビットが 1 のとき、CTS 信号入力が Low になるまで待機します。

4. ストップビットを送り出すタイミングで、SCI は FTDRL レジスタに未送信データが残っていないかチェックします。
5. FTDRL レジスタが更新されていれば、FTDRL レジスタから TSR レジスタにデータを転送し、次のフレームの送信を開始します。
6. FTDRL レジスタが更新されていなければ、SSR_FIFO.TEND フラグを 1 にします。TXDn 端子は最終ビットの出力状態を保持します。このとき、SCR.TEIE ビットが 1 になっていると、SCIn_TEI 割り込み要求が発生し、SCKn 端子は High に固定されます。

注 1. クロック同期式モードでは、FTDRH レジスタを使用しません。

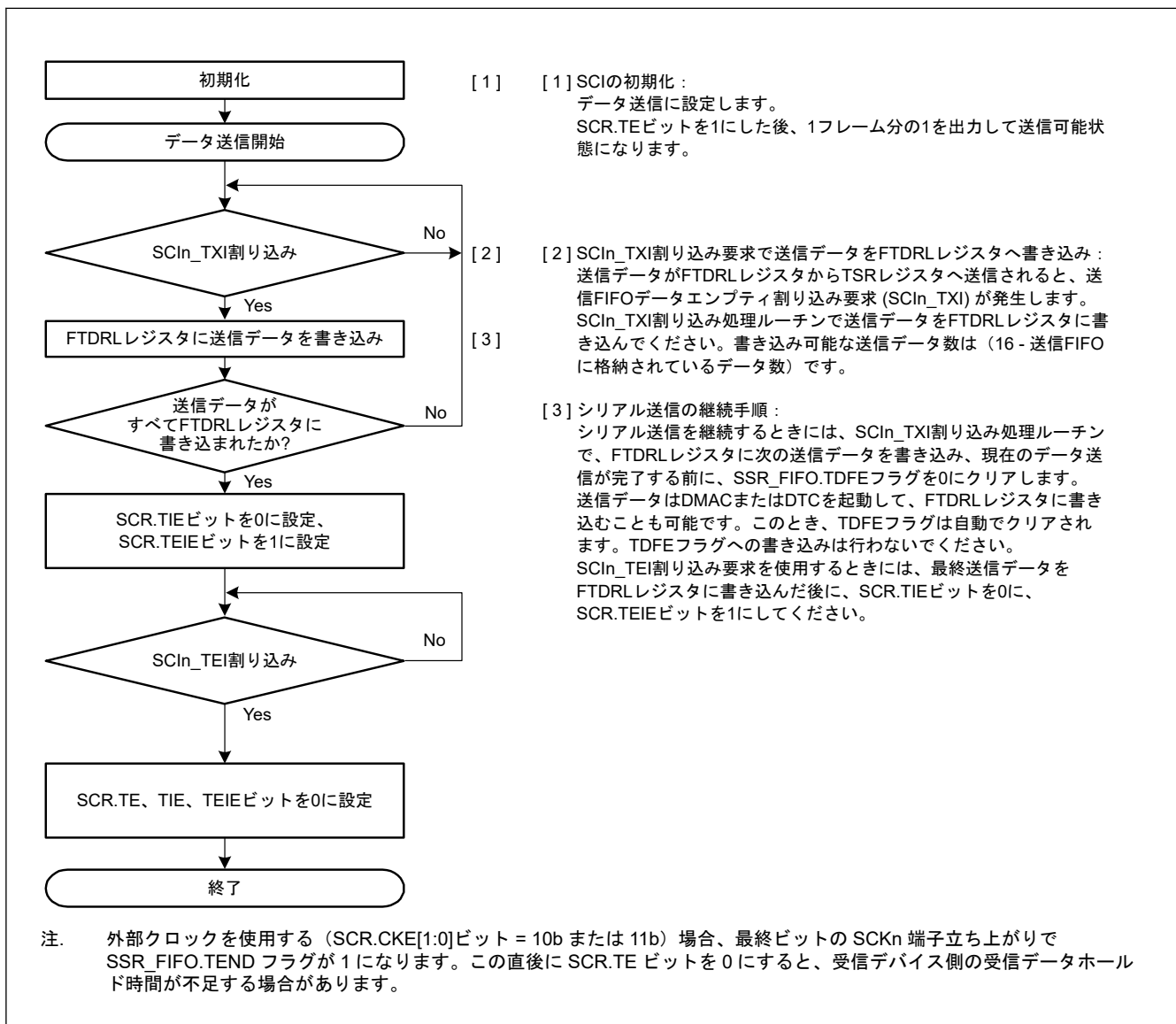


図 27.67 クロック同期式モードにおけるシリアル送信のフローチャート例 (FIFO 選択時)

27.6.5 シリアルデータの受信 (クロック同期式モード)

(1) 非 FIFO 選択時

図 27.68 と図 27.69 に、クロック同期式モードにおけるシリアル受信の SCI 動作例を示します。

シリアルデータの受信時、SCI は以下のように動作します。

1. SCR.RE ビットが 1 になると、CTS_n、RTS_n 端子出力が Low になります。
2. SCI は内部を初期化し、同期クロックの入力または出力に同期して受信を開始して、受信データを RSR レジスタに取り込みます。

3. オーバーランエラーが発生した場合、SSR.ORER フラグが 1 になります。SCR.RIE ビットが 1 であれば、SCIn_ERI 割り込み要求が発生します。受信データは RDR レジスタへ転送されません。
4. 正常に受信したときは、受信データが RDR レジスタへ転送されます。SCR.RIE ビットが 1 であれば、SCIn_RXI 割り込み要求が発生します。この SCIn_RXI 割り込み処理ルーチンにおいて、次のデータ受信が終了する前に、RDR レジスタへ転送された受信データを読み出すことで連続受信が可能になります。RDR レジスタへ転送された受信データを読み出されると、CTSn_RTSn 端子出力が Low になります。

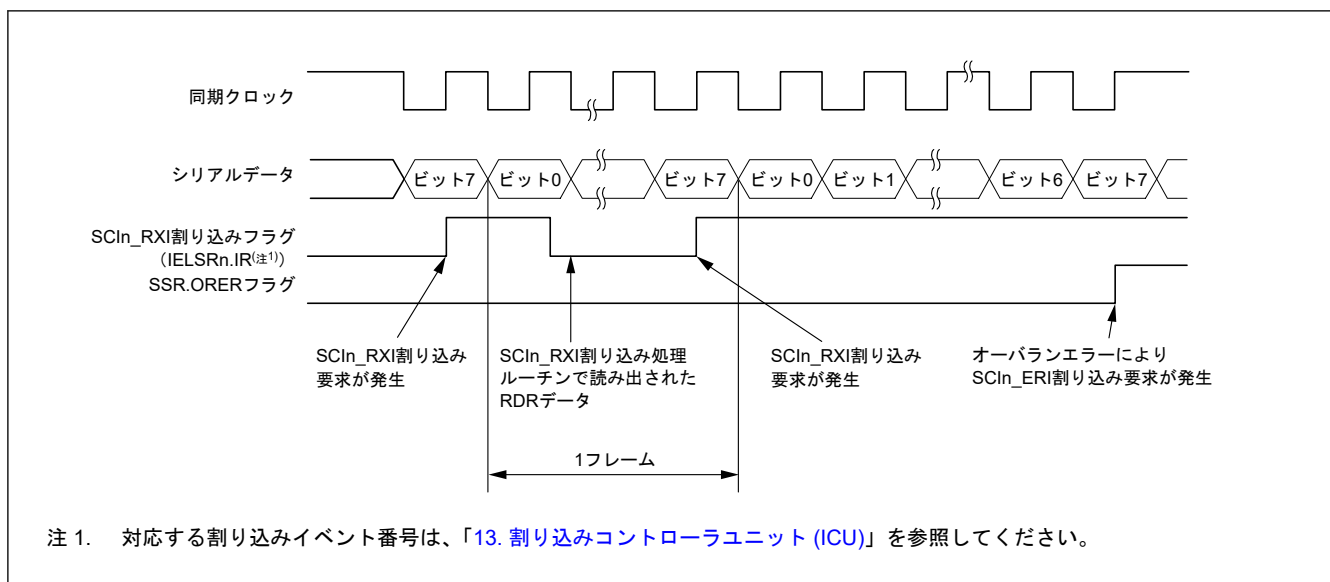


図 27.68 クロック同期式モードにおけるシリアル受信の動作例 (1) (RTS 機能を使用しない場合)

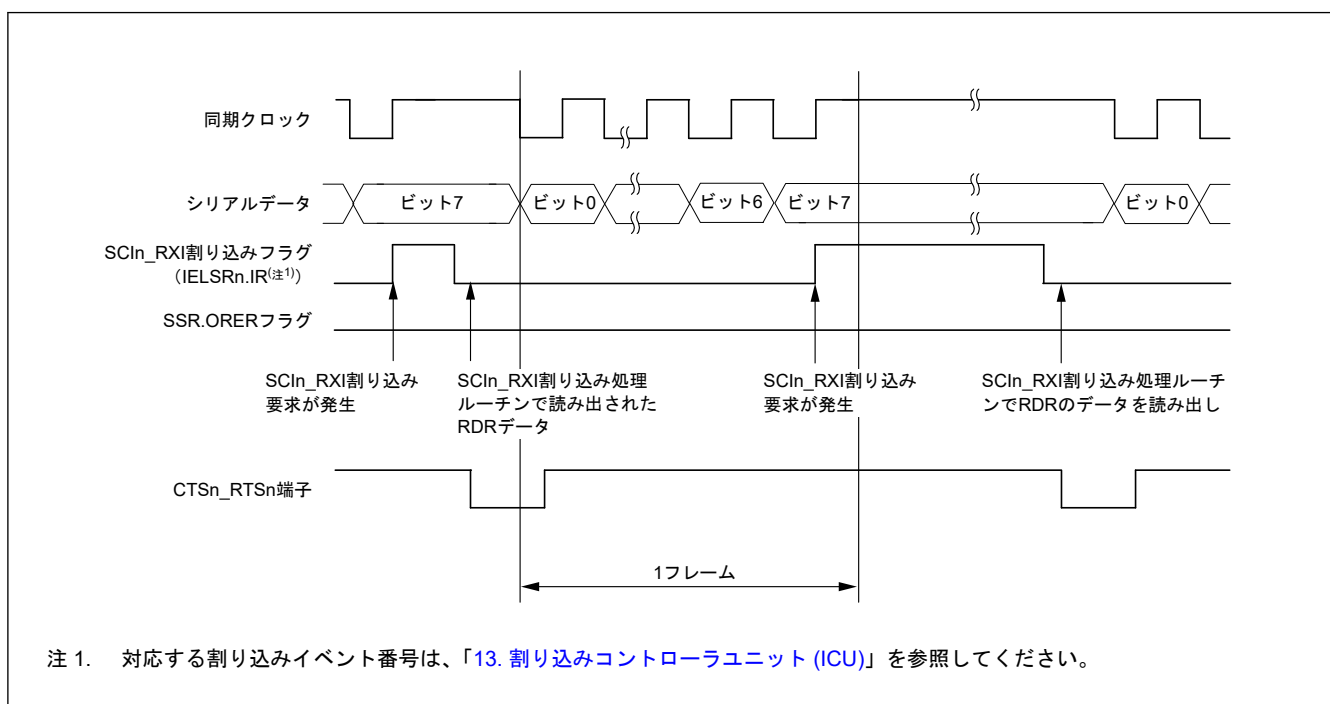


図 27.69 クロック同期式モードにおけるシリアル受信の動作例 (2) (RTS 機能を使用する場合)

受信エラーフラグが 1 の状態では、送受信動作を再開できません。したがって、SSR レジスタの ORER、FER、および PER フラグを 0 にしてから受信を再開してください。また、オーバーランエラー処理では、必ず RDR レジスタを読み出してください。受信動作中に SCR.RE ビットに 0 を書いてデータ受信動作を強制終了させた場合、RDR レジスタに読み出し前の受信データが残っている可能性があるため、RDR レジスタを読み出す必要があります。

図 27.70 に、シリアル受信のフローチャート例を示します。

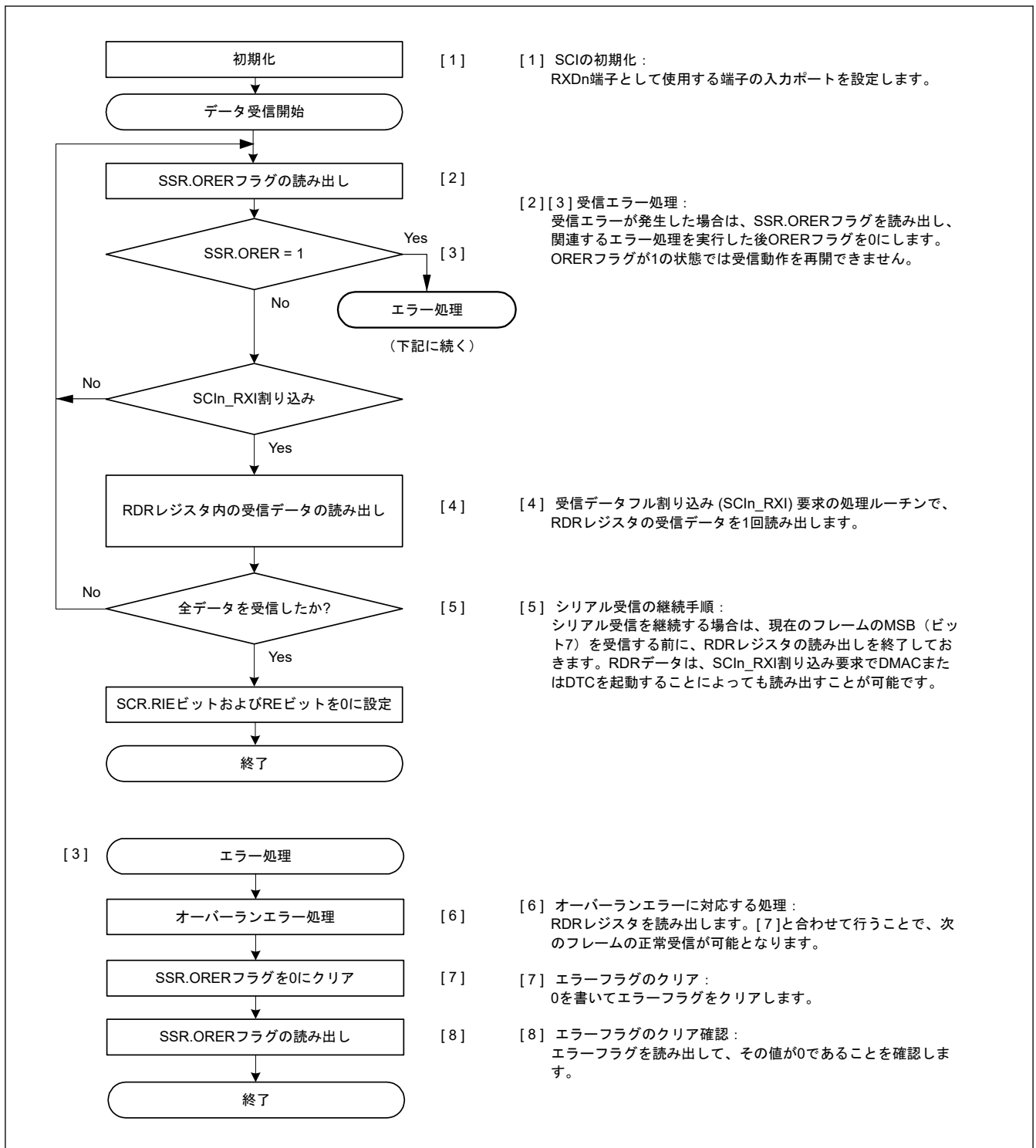


図 27.70 クロック同期式モードにおけるシリアル受信のフローチャート例 (非 FIFO 選択時)

(2) FIFO 選択時

図 27.71 に、クロック同期式モードにおける FIFO 選択時のシリアル受信のフローチャート例を示します。

シリアルデータの受信時、SCI は以下のように動作します。

- SCR.RE ビットが 1 になると、CTS_n、RTS_n 端子出力が Low になります。
- SCI は内部を初期化し、同期クロックの入力または出力に同期して受信を開始して、受信データを RSR レジスタに取り込みます。
- オーバーランエラーが発生した場合、SSR_FIFO.ORER フラグが 1 になります。SCR.RIE ビットが 1 であれば、SCIn_ERI 割り込み要求が発生します。受信データは FRDRL レジスタ(注1)へ転送されません。

4. 正常に受信したときは、受信データが FRDRL レジスタ^(注1)へ転送されます。FRDRL に格納された受信データ数が、指定された受信トリガ数以上であると、RDF フラグが 1 になります。SCR.RIE ビットが 1 であれば、SCIn_RXI 割り込み要求が発生します。この SCIn_RXI 割り込み処理ルーチンにおいて、オーバーランエラーが発生する前に、FRDRL レジスタ^(注2)へ転送された受信データを読み出すことで連続受信が可能になります。FRDRL レジスタへ転送された受信データ数が指定の受信トリガ数未満であると、CTS_n_RTS_n 端子出力が Low になります。

注 1. クロック同期式モードでは、FRDRH レジスタを使用しません。

注 2. RDF と ORER を受信データとともに読み出す場合は、FRDRH→FRDRL の順に読み出してください。

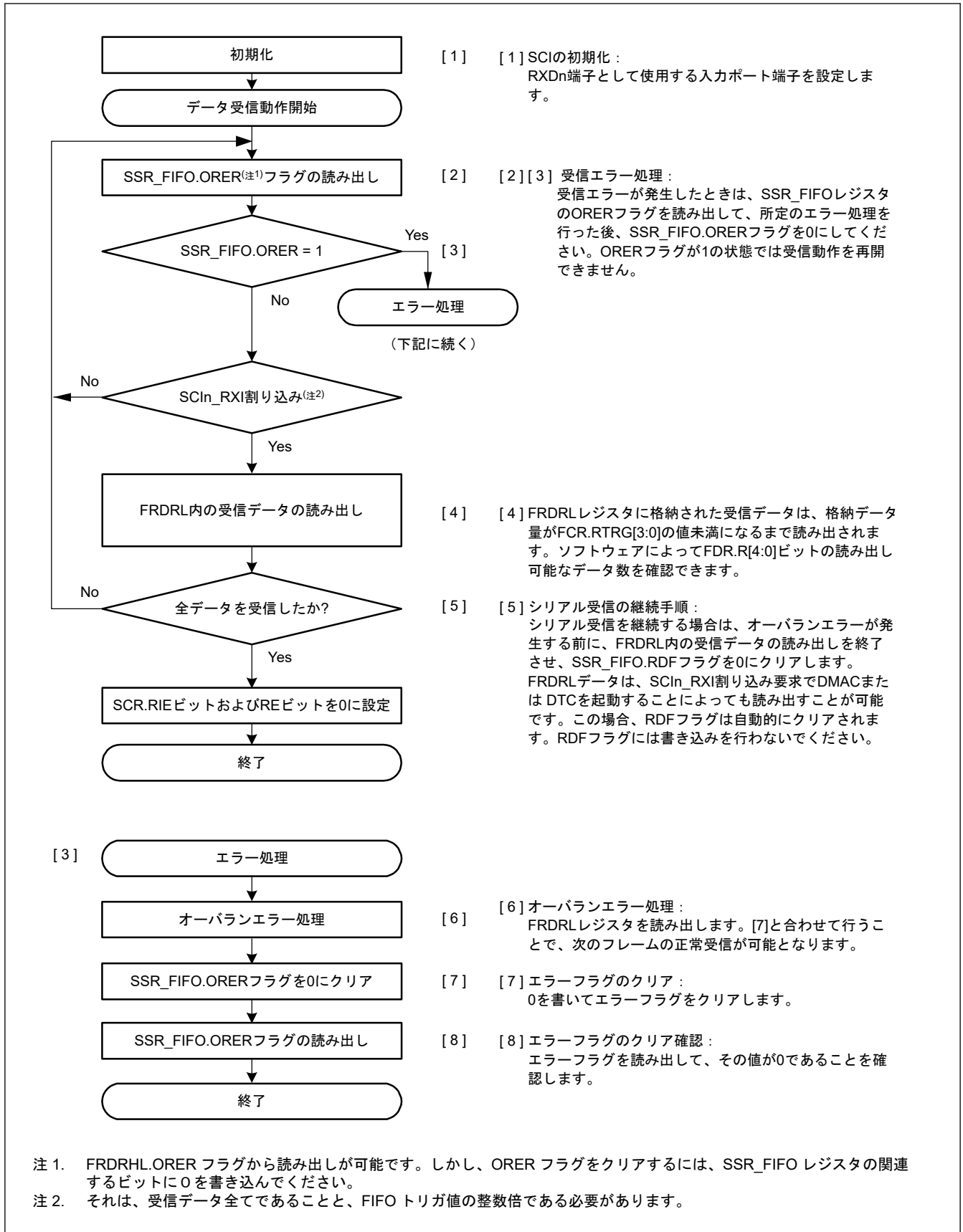


図 27.71 クロック同期式モードにおけるシリアル受信のフローチャート例 (FIFO 選択時)

27.6.6 シリアルデータの同時送受信（クロック同期式モード）

(1) 非 FIFO 選択時

図 27.72 に、クロック同期式モードにおけるシリアル同時送受信動作のフローチャート例を示します。シリアル同時送受信動作は、SCI の初期化後、以下の手順に従ってください。

送信モードから同時送受信モードへ切り替えるとき、

1. SCI が送信完了状態であることを SSR.TEND フラグが 1 になっていることで確認してください。
2. その後、SCR レジスタを初期化してから、SCR レジスタの TIE、RIE、TE、および RE の各ビットを 1 命令で同時に 1 にしてください。

受信モードから同時送受信モードへ切り替えるとき、

1. SCI がデータ受信完了状態であることを確認してください。
2. RIE ビットと RE ビットを 0 にした後、受信エラーフラグ (SSR.ORER) が 0 になっていることを確認します。
3. その後、SCR レジスタの TIE、RIE、TE、RE の各ビットを 1 命令で同時に 1 にしてください。

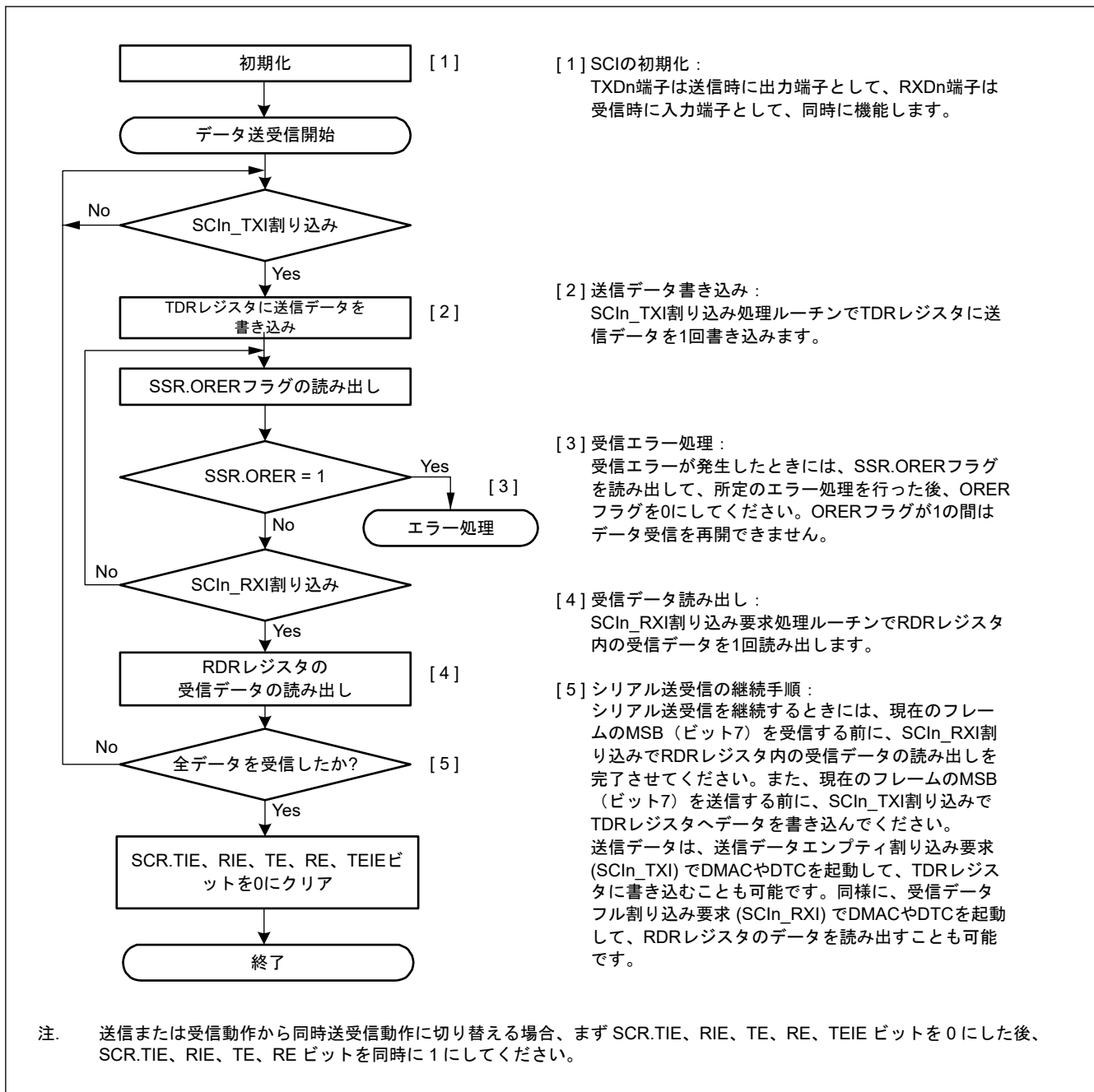


図 27.72 クロック同期式モードにおけるシリアル同時送受信動作のフローチャート例（非 FIFO 選択時）

(2) FIFO 選択時

図 27.73 に、クロック同期式モードにおける FIFO 選択時のシリアル同時送受信動作のフローチャート例を示します。

SCI の初期化後、シリアルデータ同時送受信動作は以下の手順に従ってください。

送信モードから同時送受信モードへ切り替えるとき、

1. SCI が送信完了状態であることを SSR_FIFO.TEND フラグが 1 になっていることで確認してください。
2. その後、SCR レジスタを初期化してから、SCR レジスタの TIE、RIE、TE、および RE の各ビットを 1 命令で同時に 1 にしてください。

受信モードから同時送受信モードへ切り替えるとき、

1. SCI が受信完了状態であることを確認してください。
2. RIE ビットと RE ビットを 0 にします。

3. 受信エラーフラグ (SSR_FIFO.ORER) が 0 になっていることを確認した後、SCR.TIE、RIE、TE、RE の各ビットを 1 命令で同時に 1 にしてください。

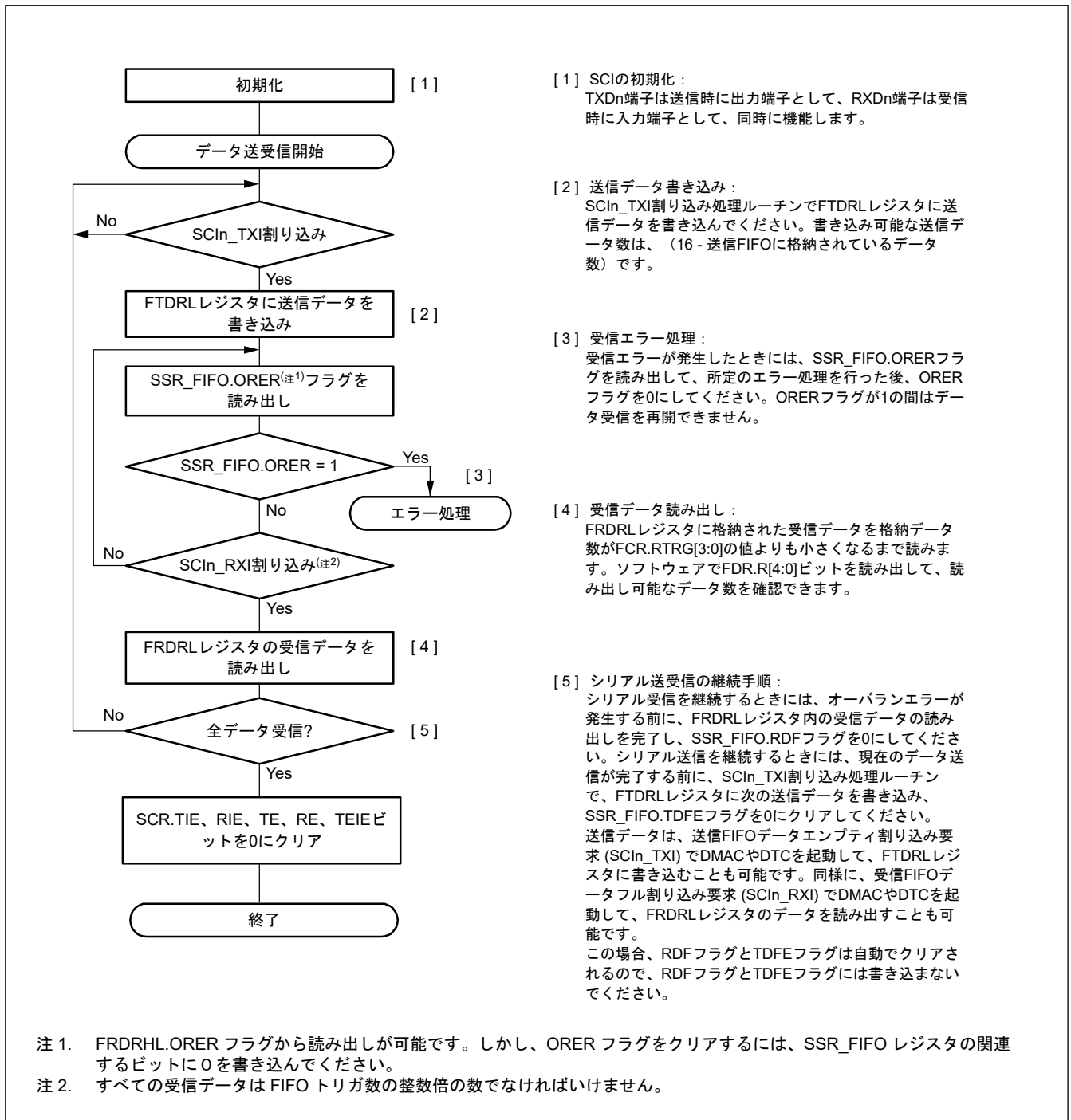


図 27.73 クロック同期式モードにおけるシリアル同時送受信動作のフローチャート例 (FIFO 選択時)

27.7 スマートカードインタフェースモードの動作

SCI は拡張機能として、ISO/IEC 7816-3 (Identification Card 規格) に対応したスマートカード (IC カード) インタフェースをサポートしています。

スマートカードインタフェースモードへの切り替えはレジスタにより行います。

27.7.1 接続例

図 27.74 に、スマートカード (IC カード) と本 MCU の接続例を示します。図 27.74 に示すように、MCU と IC カードは 1 本のデータ伝送線で通信を行うため、TXDn 端子と RXDn 端子を結線し、データ伝送線を抵抗で電源 VCC 側にプルアップしてください。

IC カードを接続しない状態で SCR_SMCI.TE ビットと SCR_SMCI.RE ビットを 1 にすると、閉ループの送受信が実現され、自己診断が可能になります。SCI で生成するクロックを IC カードに供給する場合は、SCKn 端子出力を IC カードの CLK 端子に入力してください。

リセット信号の出力には、MCU の出力ポートを使用できます。

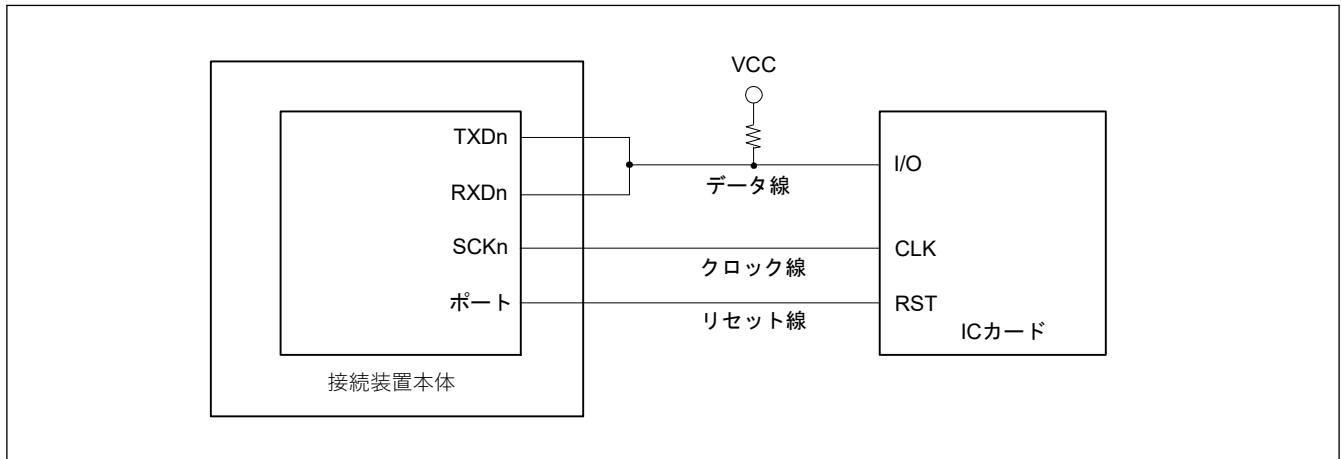


図 27.74 スマートカード (IC カード) との接続例

27.7.2 データフォーマット (ブロック転送モード時を除く)

図 27.75 にスマートカードインタフェースモードでの送受信フォーマットを示します。

- 調歩同期式モードでは、1 フレームは 8 ビットデータとパリティビットで構成
- 送信中は、パリティビットの終了から次のフレーム開始まで、2 ETU (Elementary Time Unit = 1 ビット転送時間) 以上のガードタイムが必要
- 受信中にパリティエラーを検出した場合、スタートビットから 10.5 ETU 経過後、エラーシグナル (Low) を 1 ETU 期間出力
- 送信時にエラーシグナルをサンプリングすると、2 ETU 以上経過後、自動的に同じデータを再送信

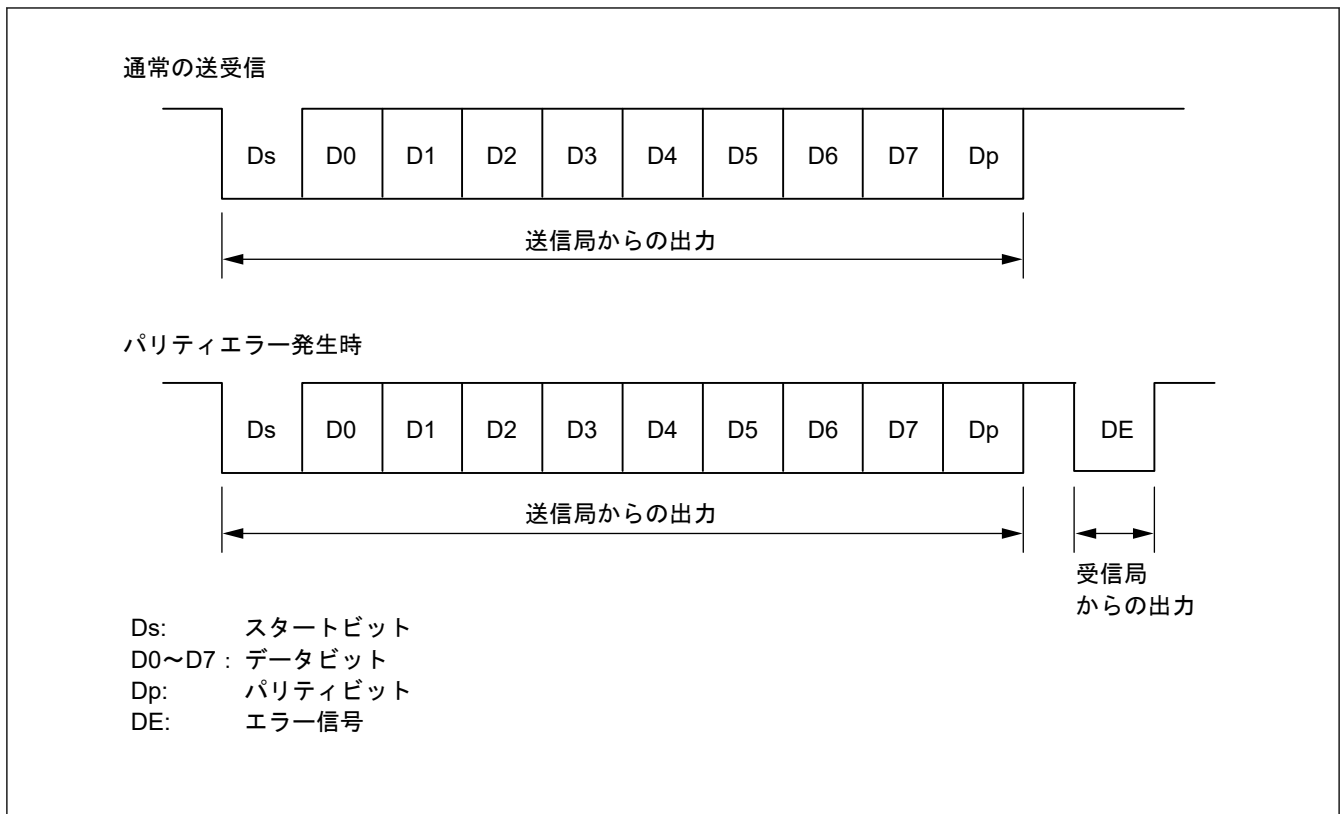


図 27.75 スマートカードインタフェースモードにおけるデータフォーマット

本節では、ダイレクトコンベンションタイプと、インバースコンベンションタイプの2種類のICカードと送受信する場合について説明します。

(1) ダイレクトコンベンションタイプ

ダイレクトコンベンションタイプでは、図 27.76 に示すように、ロジックレベル 1 は状態 Z を、ロジックレベル 0 は状態 A をそれぞれ表し、開始キャラクタに対して LSB ファーストでデータが転送されます。したがって、この図の開始キャラクタでは、データは 0x3B となります。

ダイレクトコンベンションタイプを使用する場合、SCMR.SDIR ビットと SCMR.SINV ビットの両方を 0 にしてください。また、スマートカードの規定により、偶数パリティとなるよう SMR_SMCI.PM ビットは 0 にしてください。

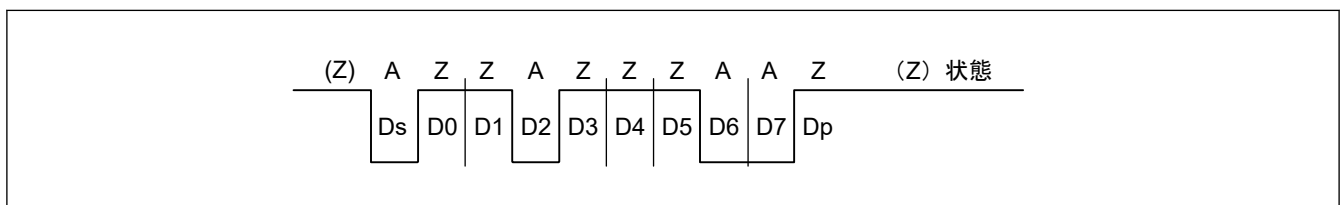


図 27.76 ダイレクトコンベンション (SCMR.SDIR ビット = 0、SCMR.SINV ビット = 0、SMR_SMCI.PM ビット = 0)

(2) インバースコンベンションタイプ

インバースコンベンションタイプでは、図 27.77 に示すように、ロジックレベル 1 は状態 A を、ロジックレベル 0 は状態 Z をそれぞれ表し、開始キャラクタに対して MSB ファーストでデータが転送されます。したがって、この図の開始キャラクタでは、データは 0x3F となります。

インバースコンベンションタイプを使用する場合、SCMR.SDIR ビットと SCMR.SINV ビットの両方を 1 にしてください。また、スマートカード規格に従って偶数パリティとするため、パリティビットは状態 Z に対応するロジックレベル 0 になります。本 MCU では、SINV ビットはデータビット D7~D0 のみを反転させます。そのため、送信時と受信時の両方において、SMR_SMCI.PM ビットに 1 を書いてパリティビットを反転させてください。

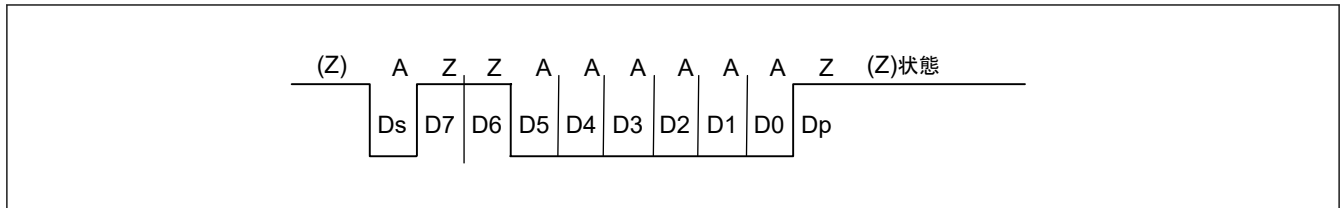


図 27.77 インパースコンペンション (SCMR.SDIR ビット = 1、SCMR.SINV ビット = 1、SMR_SMCI.PM ビット = 1)

27.7.3 ブロック転送モード

ブロック転送モードは、通常のスマートカードインタフェースモードと比較して以下の点が異なります。

- 受信中にパリティエラーが検出されても、エラーシグナルは出力されません。エラー検出時に SSR_SMCI.PER フラグがセットされるので、次のフレームのパリティビットを受信する前にクリアしてください。
- 送信中は、パリティビットの終了から次のフレーム開始までのガードタイムとして 1ETU 以上が必要です。
- 同じデータの再送信を行わないため、送信開始から 11.5 ETU 経過後に、SSR_SMCI レジスタの TEND フラグがセットされます。
- ブロック転送モードでは、SSR_SMCI レジスタの ERS フラグは通常のスマートカードインタフェースモードと同じエラーシグナル状態を示します。ただし、エラーシグナルの送受信を行わないため、読むと 0 が読めます。

27.7.4 受信データサンプリングタイミングと受信マージン

スマートカードインタフェースモードで使用できる送受信クロックは、内蔵ポーレートジェネレータが生成する内部クロックのみです。

スマートカードインタフェースモードでは、SCMR.BCP2 ビットと SMR_SMCI.BCP[1:0] ビットの設定により、ビットレートの 32 倍、64 倍、372 倍、256 倍、93 倍、128 倍、186 倍、または 512 倍の周波数の基本クロックで動作します。通常の調歩同期式モードでは、周波数はビットレートの 16 倍に固定されています。

受信時は、スタートビットの立ち下がり基本クロックでサンプリングして内部を同期化します。

また、図 27.78 に示すように、受信データは基本クロックのそれぞれ 16 番目、32 番目、186 番目、128 番目、46 番目、64 番目、93 番目、256 番目の立ち上がりエッジでサンプリングされるため、各ビットの途中でデータが取り込まれます。受信マージンは次式で表わすことができます。

$$M = \left| \left(0.5 - \frac{1}{2N} \right) - (L - 0.5)F - \frac{|D - 0.5|}{N}(1 + F) \right| \times 100 [\%]$$

M: 受信マージン (%)

N: クロックに対するビットレートの比 (N = 32, 64, 372, 256)

D: クロックのデューティ (D = 0 ~ 1.0)

L: フレーム長 (L = 10)

F: クロック周波数の偏差の絶対値

上の式で、F = 0、D = 0.5、N = 372 とすると、受信マージンは次式のようにになります。

$$M = \{ 0.5 - 1 / (2 \times 372) \} \times 100 [\%] = 49.866 \%$$

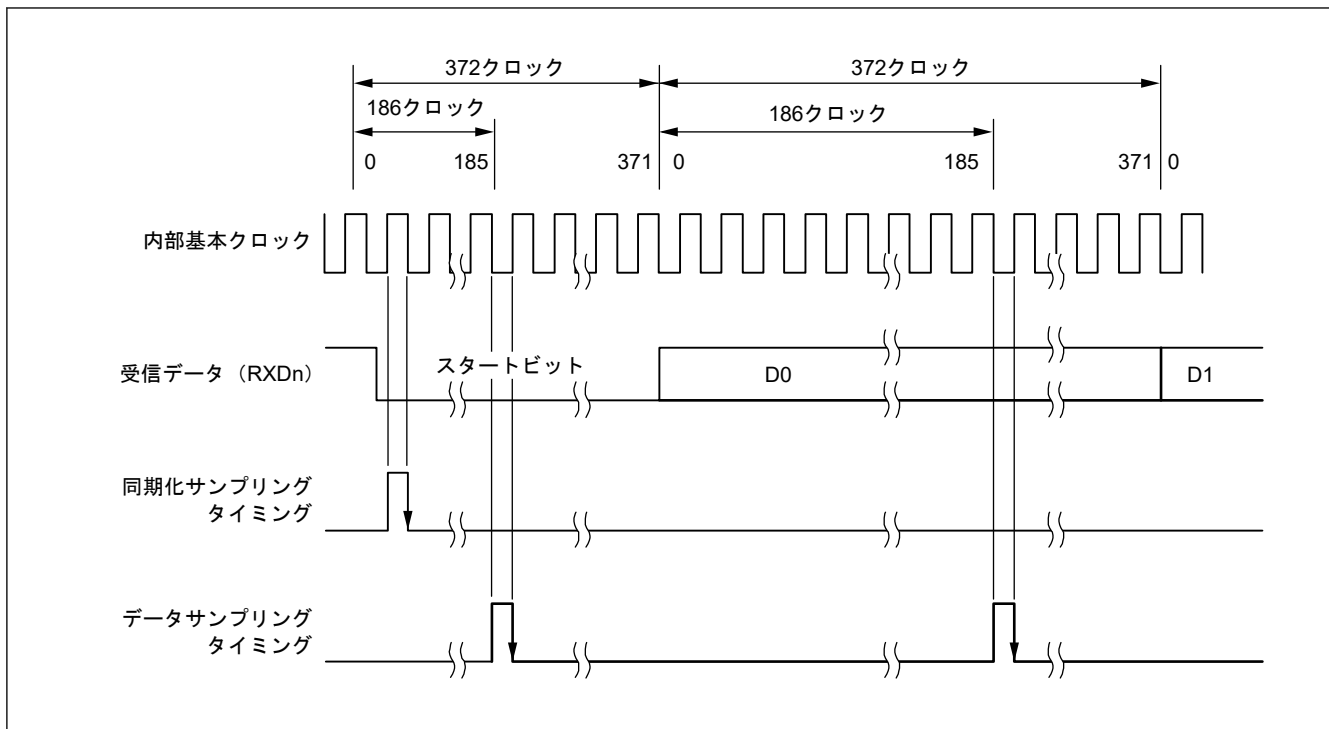


図 27.78 スマートカードインタフェースモードにおける受信データのサンプリングタイミング (ビットレート
の 372 倍のクロック周波数の場合)

27.7.5 SCI の初期化 (スマートカードインタフェースモード)

データの送受信前に、SCR_SMCI レジスタに初期値 0x00 を書き込み、表 27.37 に示すフローチャートの例に従って、SCI を初期化してください。

送信モードから受信モードへ (またはその逆へ) 切り替える場合、必ず事前に SCR_SMCI レジスタの TIE、RIE、TE、RE、および TEIE ビットに初期値を設定してください。なお、SCR_SMCI.RE ビットを 0 にしても RDR レジスタは初期化されません。

受信モードから送信モードへ切り替える場合、受信動作が完了していることを確認してから、SCI を初期化してください。初期化の最後では、SCR_SMCI.TE ビット = 1、SCR_SMCI.RE ビット = 0 にしてください。受信動作の完了は、SCIn_RXI 割り込み要求、SSR_SMCI レジスタの ORER フラグ、あるいは PER フラグで確認できます。

送信モードから受信モードへ切り替える場合、送信動作が完了していることを確認してから、SCI を初期化してください。初期化の最後では、SCR_SMCI.TE ビット = 0、SCR_SMCI.RE ビット = 1 にしてください。送信動作の完了は SSR_SMCI.TEND フラグで確認できます。

表 27.37 スマートカードインタフェースモードにおける SCI 初期化の手順例 (1/2)

番号	ステップ名	説明
1	初期化を開始	
2	SCR_SMCI の TIE、RIE、TE、RE、TEIE、および CKE[1:0] ビットを 0 に設定	通信を停止し、SKE[1:0] を初期化します。
3	SIMR1.IICM ビットに 0 を設定 SCMR.SMIF に 1 を設定	スマートカードインタフェースモードにします。
4	SSR_SMCI の ORER、ERS、PER を 0 に設定	SSR_SMCI レジスタを読み出した後に、SSR_SMCI レジスタに書き込みを行います。
5	SPMR.CKPH ビットと SPMR.CKPOL ビットを設定	SPMR レジスタに送信または受信フォーマットを設定します。
6	SMR_SMCI の GM、BLK、PM、BCP[1:0]、CKS[1:0] を設定し、SMR_SMCI.PE を 1 に設定	SMR_SMCI レジスタに動作モードおよび送信または受信フォーマットを設定します。

表 27.37 スマートカードインタフェースモードにおける SCI 初期化の手順例 (2/2)

番号	ステップ名	説明
7	SCMR の BCP2、SDIR、SINV を設定	SCMR レジスタに送信／受信フォーマットを設定します。
8	SPTR を初期値に設定	SPTR を初期値に設定します。
9	SEMR.BRME ビットと SEMR.RXDESEL ビットを 0 に設定	SEMR.BRME ビットと SEMR.RXDESEL ビットを 0 にします。
10	BRR に値を設定	ビットレートに対応する値を BRR レジスタに書き込みます。
11	I/O ポート機能を設定	I/O ポート機能を TXDn、RXDn、および SCKn に設定します。
12	SCR_SMCI.CKE[1:0]に値を設定	SCR_SMCI.CKE[1:0]を設定します。SMR_SMCI.GM に依存する機能であっても、CKE[0]ビットを 1 にした場合は、SCKn 端子からクロックが出力されます。
13	SCR_SMCI.TE ビットまたは SCR_SMCI.RE ビットを 1 にし、SCR_SMCI.TIE ビットと SCR_SMCI.RIE ビットを設定	SCR_SMCI レジスタの TE ビットまたは RE ビットを 1 にし、次に TIE ビットおよび RIE ビットを設定します。自己診断以外は TE ビットと RE ビットを同時に 1 にしないでください。
14	初期化の完了	

27.7.6 シリアルデータの送信（ブロック転送モードを除く）

スマートカードインタフェースモードにおけるシリアル送信（ブロック転送モード時を除く）では、エラーシグナルのサンプリングと再送信処理があるため、非スマートカードインタフェースモードと動作が異なります。送信中の再転送動作を [図 27.79](#) に示します。

- 1 フレーム分の送信を完了した後、受信側からのエラーシグナルがサンプリングされると、SSR_SMCI.ERS フラグが 1 になります。SCR_SMCI.RIE ビットが 1 であれば、SCIn_ERI 割り込み要求が発生します。次のパリティビットがサンプリングされる前に、ERS フラグを 0 にクリアしてください。
- 2 エラーシグナルを受信したフレームでは、SSR_SMCI.TEND フラグはセットされません。TDR レジスタから TSR レジスタへ再度データが転送され、自動的に再送信が行われます。
- 3 受信側からエラーシグナルが返ってこない場合、ERS フラグは 1 になりません。
- 4 この場合、SCI は再転送を含む 1 フレーム分の送信が完了したと判断し、TEND フラグがセットされます。SCR_SMCI.TIE ビットが 1 であれば、SCIn_TXI 割り込み要求が発生します。送信データを TDR レジスタに書き込むことにより次のデータが送信されます。

[図 27.81](#) に、シリアル送信のフローチャート例を示します。これら一連の処理は、SCIn_TXI 割り込み要求で DTC または DMAC を起動することによって、自動的に行うことができます。

送信動作では、SSR_SMCI.TEND フラグが 1 になっていると、SCR_SMCI.TIE ビットが 1 の場合、SCIn_TXI 割り込み要求が発生します。

あらかじめ DTC または DMAC の起動要因として SCIn_TXI 割り込み要求を設定しておけば、SCIn_TXI 割り込み要求によって DTC または DMAC が起動され、送信データの転送が可能になります。TEND フラグは、DTC または DMAC によるデータ転送時に自動的に 0 になります。

エラーが発生した場合は、SCI が自動的に同じデータを再送信します。再送信中、TEND フラグは 0 のまま保持され、DTC または DMAC は起動されません。したがって、エラー発生時の再送信を含め、SCI と DTC または DMAC が、指定されたバイト数を自動的に送信します。ただし、ERS フラグは自動的にクリアされないため、RIE ビットを 1 にしておくことで、エラー発生時に SCIn_ERI 割り込み要求を発生させて、ERS フラグをクリアしてください。

なお、DTC または DMAC を使用して送受信を行う場合は、必ず DTC または DMAC を有効にしてから SCI の設定を行ってください。

DTC または DMAC の設定方法については、「[17. データトランスファコントローラ \(DTC\)](#)」と「[16. DMA コントローラ \(DMAC\)](#)」を参照してください。

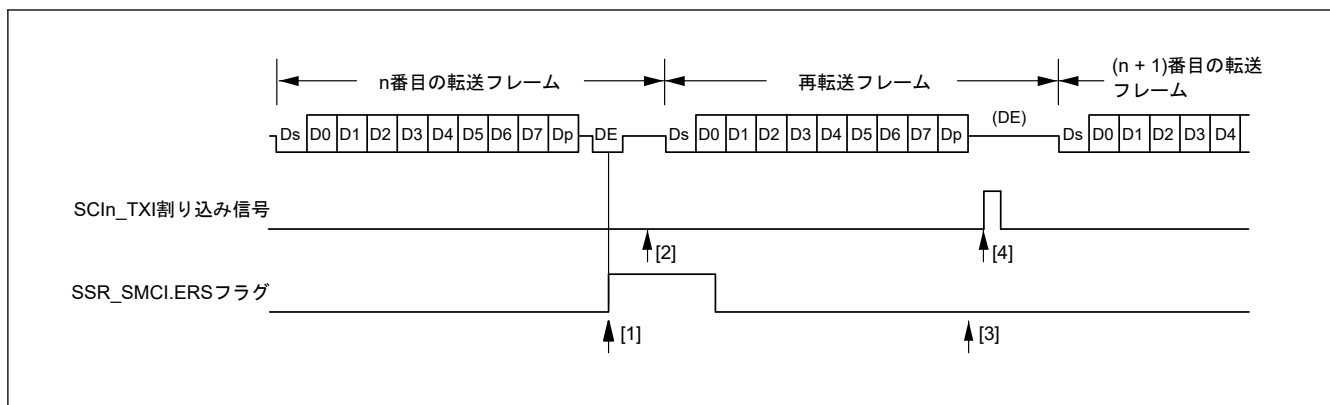


図 27.79 スマートカードインタフェース送信モードでのデータ再送信動作

SMR_SMCI.GM ビットの設定によっては、SSR_SMCI.TEND フラグのセットタイミングが異なります。図 27.80 に、TEND フラグの発生タイミングを示します。

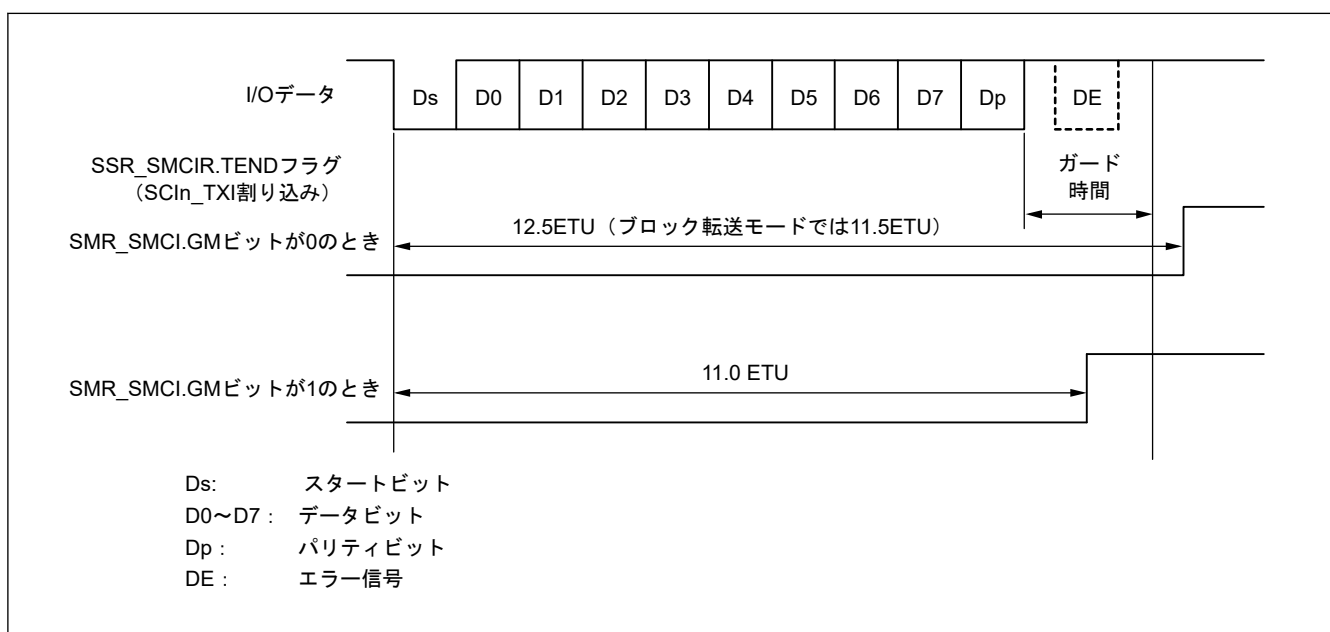


図 27.80 送信中の SSR.TEND フラグの発生タイミング

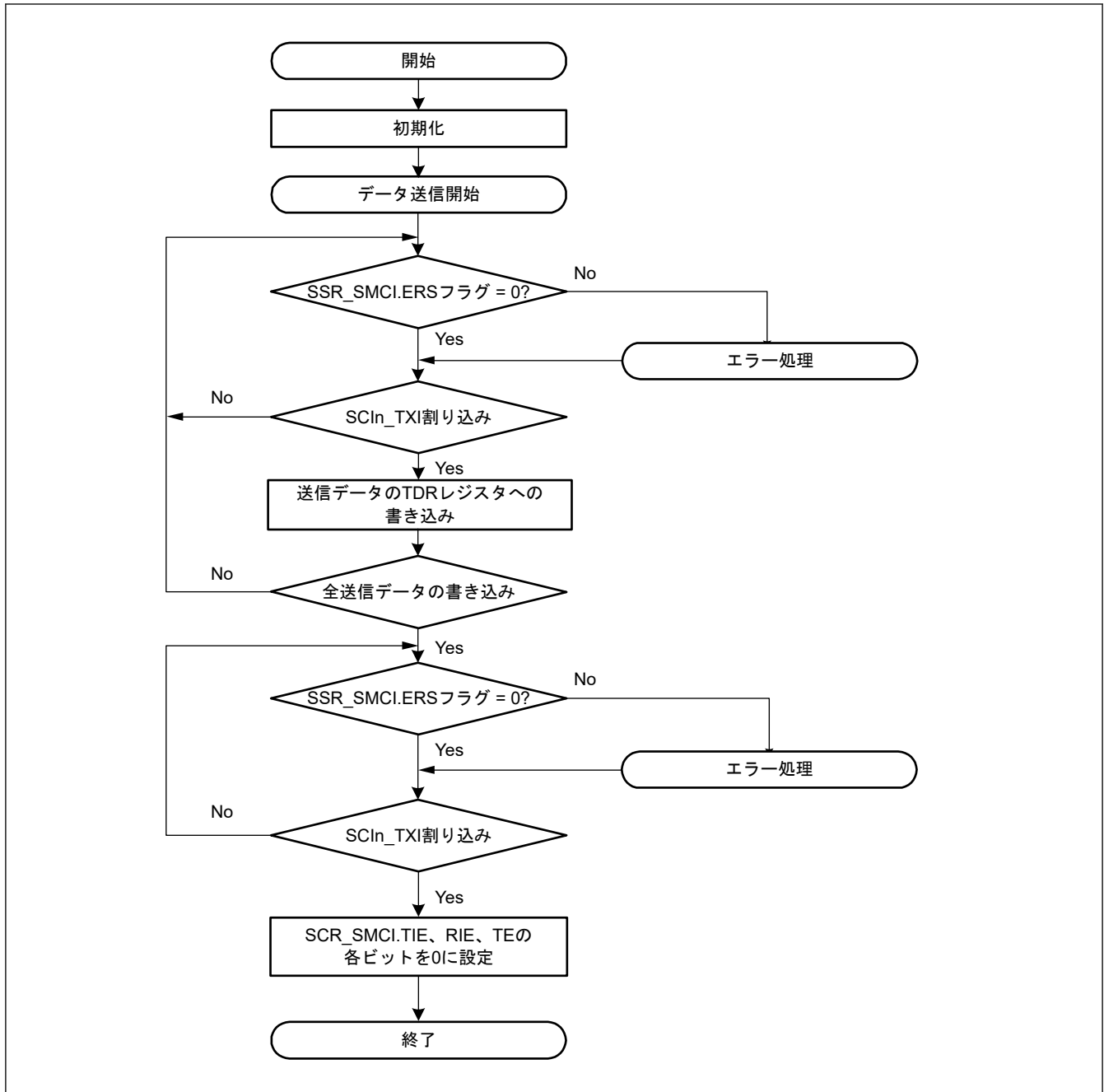


図 27.81 スマートカードインタフェース送信のフローチャート例

27.7.7 シリアルデータの受信（ブロック転送モード時を除く）

スマートカードインタフェースモードにおけるシリアル受信は、非スマートカードインタフェースモードと同様の処理手順になります。受信モードでの再転送動作を図 27.82 に示します。

1. 受信データにパリティエラーが検出されると、SSR_SMCI.PER フラグが 1 になります。SCR_SMCI.RIE ビットが 1 であれば、SCIn_ERI 割り込み要求が発生します。次のパリティビットがサンプリングされる前に、PER フラグを 0 にクリアしてください。
2. パリティエラーが検出されたフレームに対しては、SCIn_RXI 割り込みは発生しません。
3. パリティエラーが検出されない場合、SCR_SMCI.PER フラグは 1 になりません。
4. この場合、正常に受信が完了したと判断されます。SCR_SMCI.RIE ビットが 1 であれば、SCIn_RXI 割り込み要求が発生します。

図 27.83 に、シリアルデータ受信のフローチャート例を示します。これら一連の処理は、SCIn_RXI 割り込み要求で DTC または DMAC を起動することによって、自動的に行うことができます。

受信動作では、RIE ビットを 1 にしておくと、SCIn_RXI 割り込み要求が発生します。あらかじめ DTC または DMAC の起動要因として SCIn_RXI 割り込み要求を設定しておけば、SCIn_RXI 割り込み要求によって DTC または DMAC が起動され、受信データの転送が可能になります。

また、受信時にエラーが発生して SSR_SMCI レジスタの ORER フラグまたは PER フラグのいずれかが 1 になると、受信エラー割り込み (SCIn_ERI) 要求が発生します。エラー発生後に、エラーフラグをクリアしてください。エラーが発生した場合、DTC または DMAC は起動されず、受信データはスキップされます。そのため、DTC または DMAC に指定されたバイト数だけ受信データが転送されます。

なお、受信中にパリティエラーが発生して PER フラグが 1 になった場合でも、受信したデータは RDR レジスタへ転送されるので、このデータを読み出すことは可能です。

また、受信動作中に SCR_SMCI.RE ビットを 0 にして受信動作を強制終了させた場合、RDR レジスタに読み出し前の受信データが残っている可能性があるため、RDR レジスタを読み出す必要があります。

注. ブロック転送モードの場合は、「27.3.9. シリアルデータの受信 (調歩同期式モード)」を参照してください。

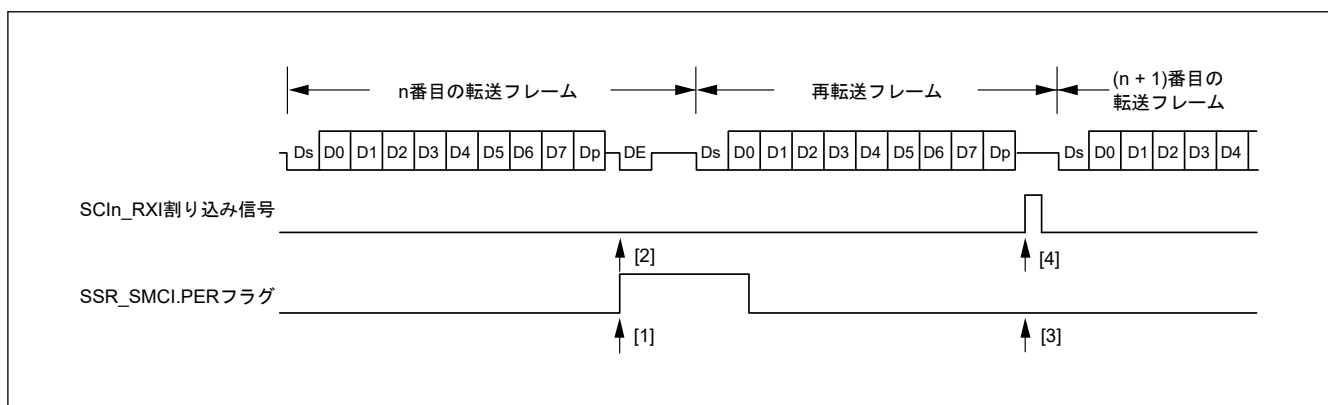


図 27.82 スマートカードインタフェース受信モードでの再転送動作

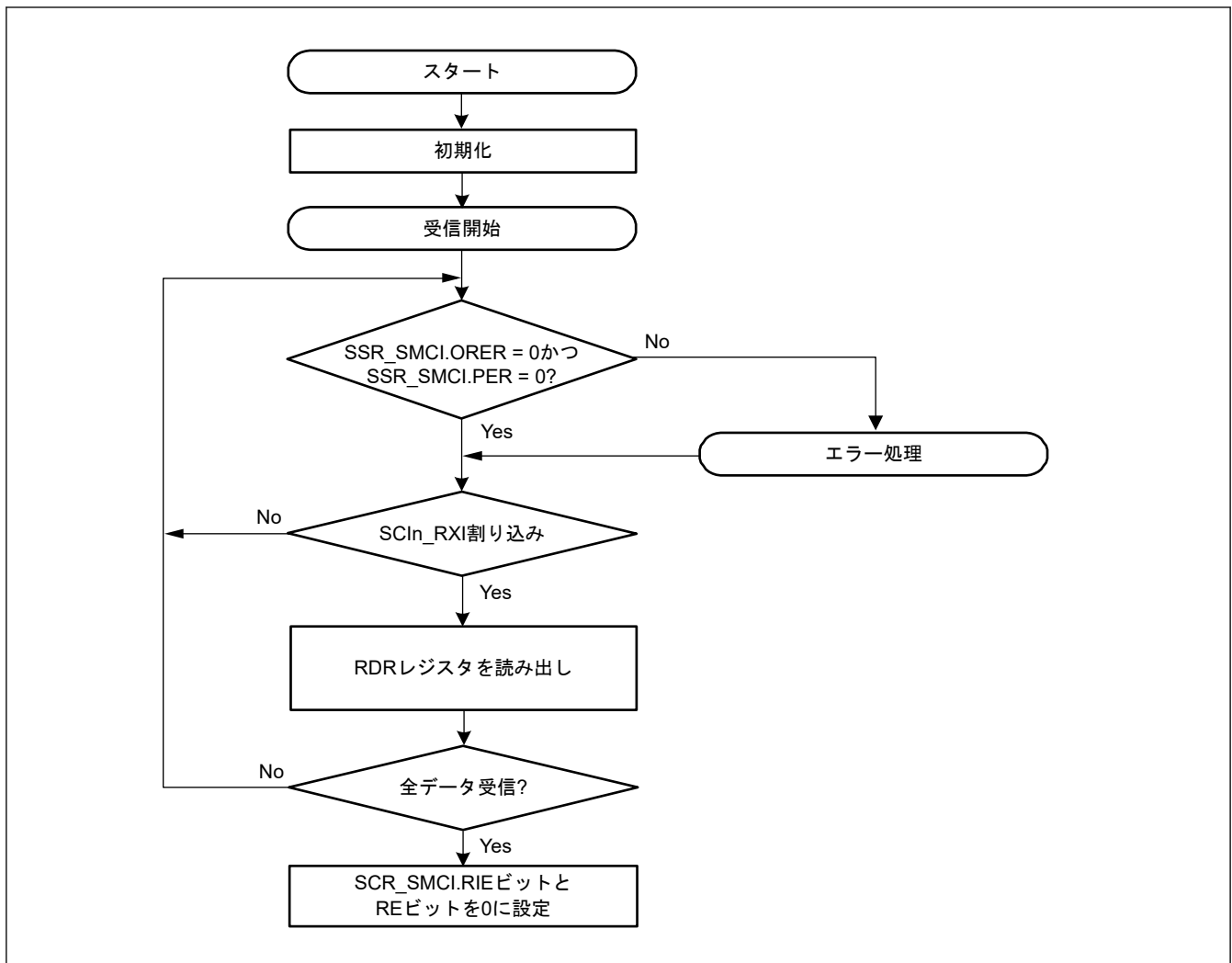


図 27.83 スマートカードインタフェース受信のフローチャート例

27.7.8 クロック出力制御

SMR_SMCI.GM ビットを 1 にすると、SCR_SMCI.CKE[1:0] ビットでクロック出力の制御が行えます。CKE[1:0] ビットの詳細については、「[27.2.14. SCR_SMCI : スマートカードインタフェースモード用シリアルコントロールレジスタ \(SCMR.SMIF = 1\)](#)」を参照してください。クロック出力を設定すると、「[27.7.4. 受信データサンプリングタイミングと受信マージン](#)」で説明されている基本クロックになります。

図 27.84 に、SCR_SMCI レジスタの CKE[1] ビットを 0 にして SCR_SMCI レジスタの CKE[0] ビットを制御する場合のクロック出力制御のタイミング例を示します。

SMR_SMCI レジスタの GM ビットが 0 の場合、SCR_SMCI レジスタの CKE[0] ビットで制御される出力は、SCKn 端子にただちに反映されます。したがって、意図しない幅のパルスが SCKn 端子から出力される可能性があります。

SMR_SMCI.GM ビットを 1 にすると、SCR_SMCI レジスタの CKE[0] ビットが変更されても基本クロックと同じパルス幅のクロックが出力されます。

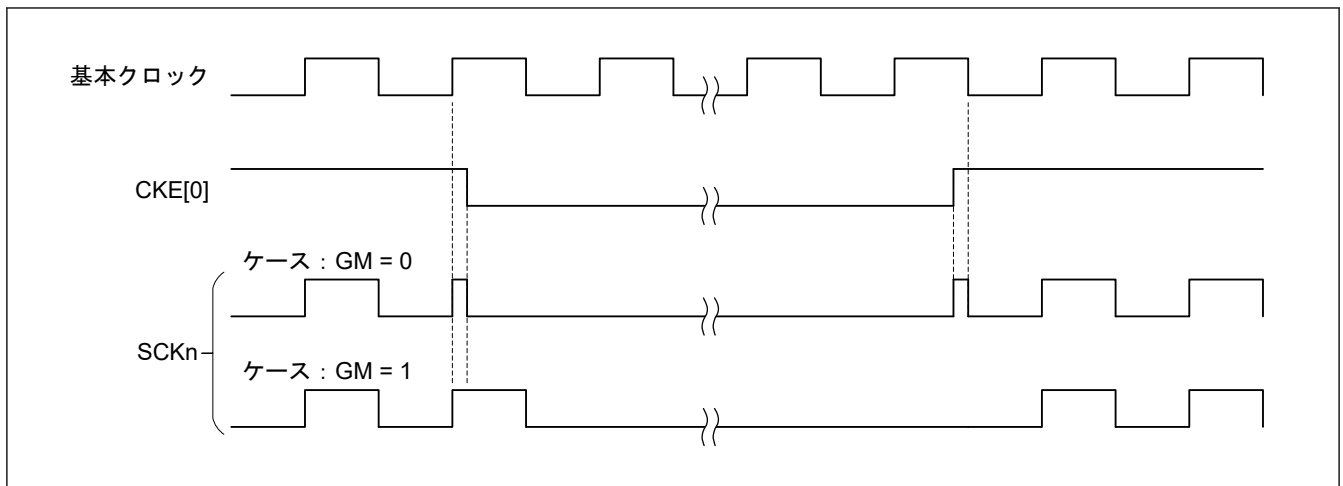


図 27.84 クロック出力固定タイミング

27.8 簡易 IIC モードの動作

簡易 IIC モードフォーマットは、8 ビットのデータと 1 ビットのアクノリッジから構成されます。開始条件および再開始条件に続くフレームはスレーブアドレスのフレームであり、マスタデバイスは、通信先であるスレーブデバイスを指定するために使用します。指定されたスレーブデバイスは、新たにスレーブデバイスが指定されるか、または停止条件が満たされるまで有効です。各フレーム内の 8 ビットのデータは、MSB から順に送信されます。

図 27.85 に、I²C バスフォーマットを、図 27.86 に、I²C バスタイミングを示します。

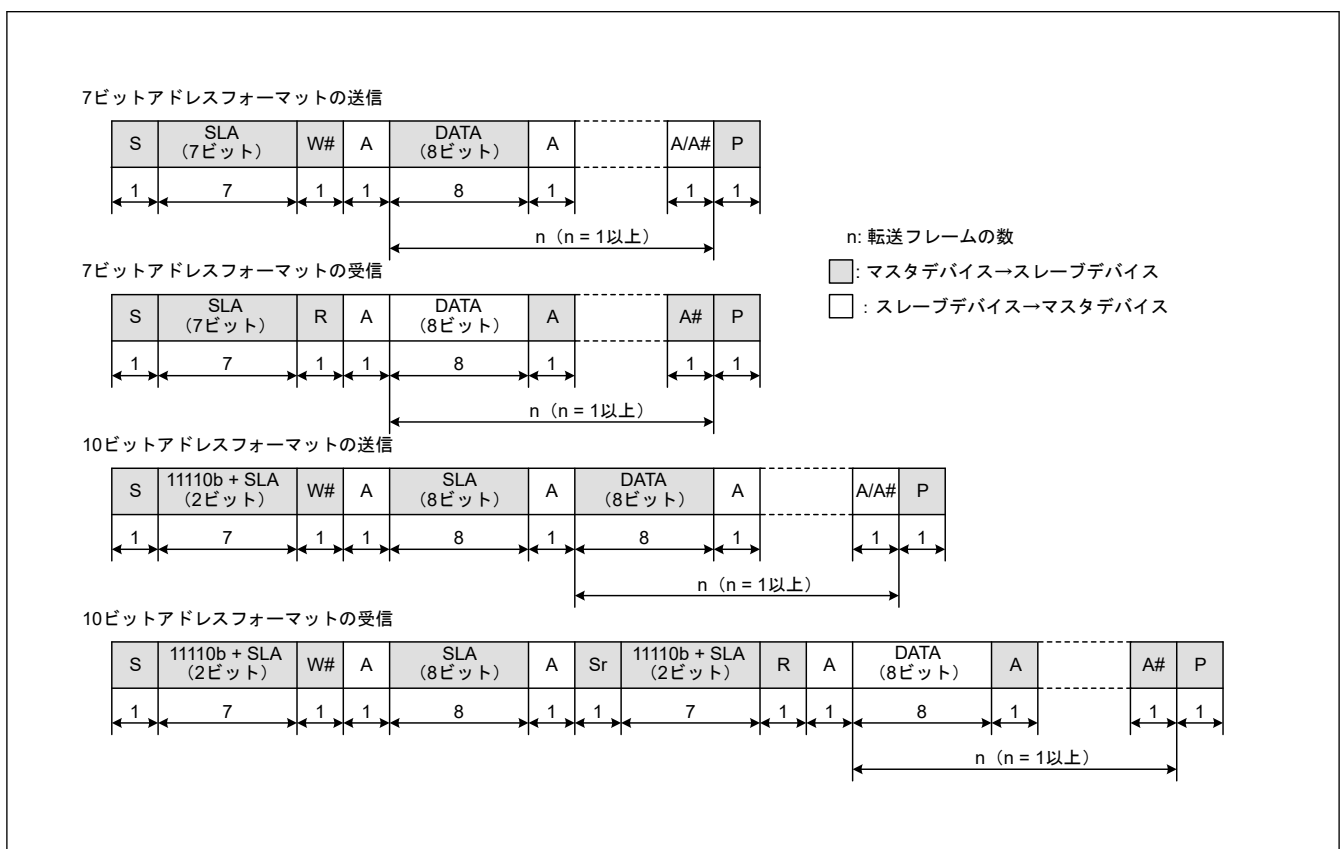


図 27.85 I²C バスフォーマット

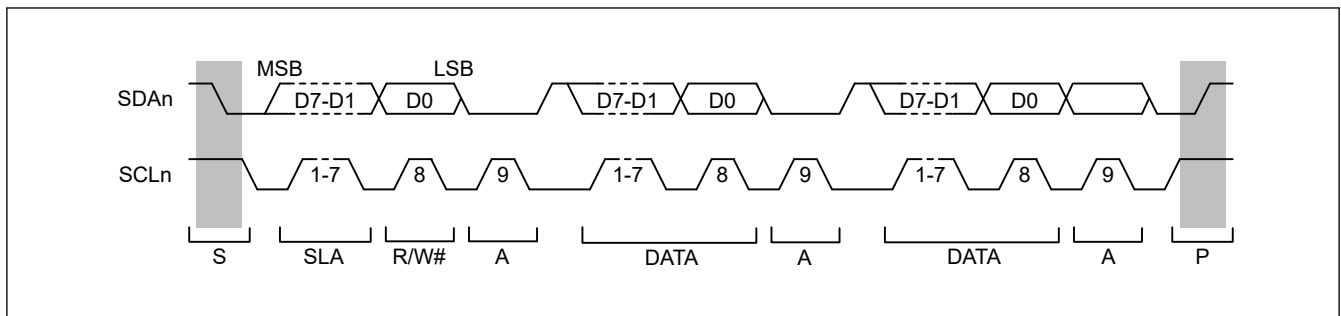


図 27.86 I²C バスタイミング (SLA = 7 ビットの場合)

- S : 開始条件を示します。マスタデバイスは、SCLn ラインが High 状態にあるとき、SDAn ラインのレベルを High から Low へ変化させます。
- SLA : スレーブアドレスを示します。これによってマスタデバイスがスレーブデバイスを選択します。
- R/W# : 転送方向 (送信/受信) を示します。値 1 のときはスレーブデバイスからマスタデバイスへ、値 0 のときはマスタデバイスからスレーブデバイスへデータを送信します。
- A/A# : アクノリッジを示します。マスタ送信モードでは、スレーブデバイスがアクノリッジを返します。マスタ受信モードでは、マスタデバイスがアクノリッジを返します。Low を返すことで ACK を、High を返すことで NACK を示します。
- Sr : 再開始条件を示します。マスタデバイスは、SCLn ラインが High 状態にあるとき、セットアップ時間経過後に SDA_n ラインのレベルを High から Low へ変化させます
- DATA : 送受信データを示します。
- P : 停止条件を示します。マスタデバイスは、SCLn ラインが High 状態にあるとき、SDAn ラインのレベルを Low から High へ変化させます。

27.8.1 開始条件、再開始条件、停止条件の生成

SIMR3.IICSTAREQ ビットに 1 を書き込むことにより、開始条件の生成を行います。開始条件の生成では、以下の動作が行われます。

- SDA_n ラインを立ち下げ (High から Low へ変化)、SCLn ラインは開放状態を保持
- BRR レジスタで設定したビットレートでの 1 ビット期間の半分を、開始条件のホールド時間に設定
- SCLn ラインを立ち下げ (High から Low へ変化)、SIMR3.IICSTAREQ ビットを 0 にして、開始条件生成割り込み要求を出力

SIMR3.IICRSTAREQ ビットに 1 を書き込むことにより、再開始条件の生成を行います。再開始条件の生成では、以下の動作が行われます。

- SDA_n ラインを開放、SCLn ラインは Low を保持
- BRR レジスタで設定したビットレートでの 1 ビット期間の半分を、SCLn ラインの Low 期間に設定
- SCLn ラインを開放 (Low から High へ変化)
- SCLn ラインの High を検出後、BRR レジスタで設定したビットレートでの 1 ビット期間の半分を、再開始条件のセットアップ時間に設定
- SDA_n ラインを立ち下げ (High から Low へ変化)
- BRR レジスタで設定したビットレートでの 1 ビット期間の半分を、再開始条件のホールド時間に設定
- SCLn ラインを立ち下げ (High から Low へ変化)、SIMR3.IICRSTAREQ ビットを 0 にして、再開始条件生成割り込み要求を出力

SIMR3.IICSTPREQ ビットに 1 を書き込むことにより、停止条件の生成を行います。停止条件の生成では、以下の動作が行われます。

- SDA_n ラインを立ち下げ (High から Low へ変化)、SCLn ラインは Low を保持
- BRR レジスタで設定したビットレートでの 1 ビット期間の半分を、SCLn ラインの Low 期間に設定

- SCLn ラインを開放 (Low から High へ変化)
- SCLn ラインの High を検出後、BRR レジスタで設定したビットレートでの 1 ビット期間の半分を、停止条件のセットアップ時間に設定
- SDAn ラインを開放 (Low から High へ変化)、SIMR3.IICSTPREQ ビットを 0 にして、停止条件生成割り込み要求を出力

図 27.87 に開始条件、再開条件、停止条件生成の動作タイミングを示します。

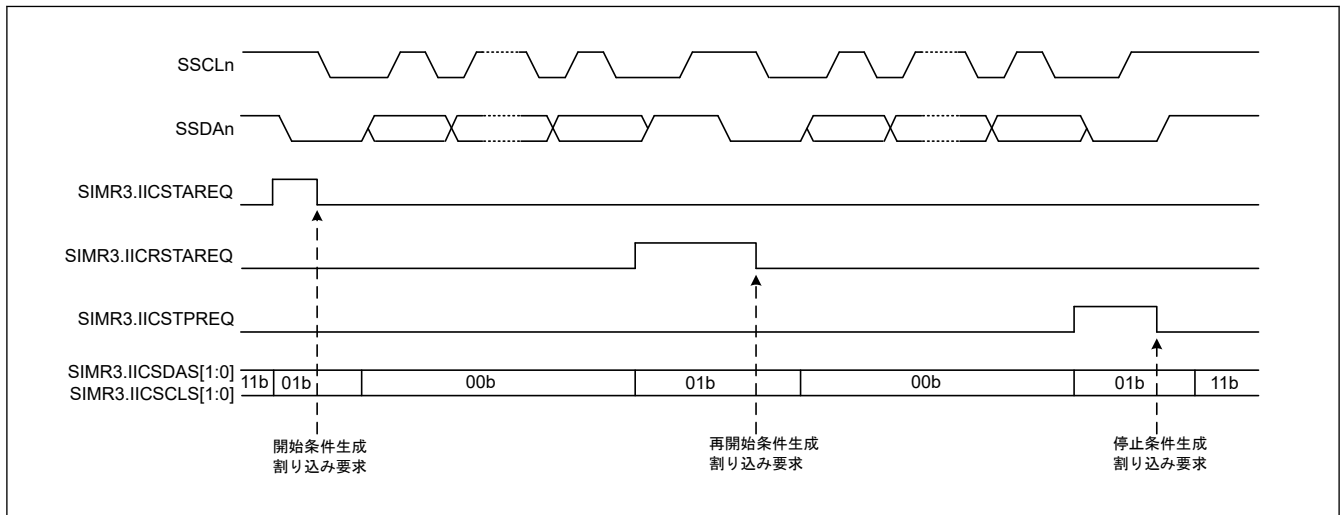


図 27.87 開始条件、再開条件、停止条件生成の動作タイミング

27.8.2 クロック同期化

通信先のスレーブデバイスがウェイトを挿入する目的で、SCLn ラインを Low にする場合があります。SIMR2.IICCSB ビットを 1 にすると、内部 SCLn クロック信号が SCLn 端子入力のレベルと異なる場合に、同期を取るための制御を行います。

SIMR2.IICCSB ビットを 1 にすると、内部 SCLn クロック信号が Low から High へ変化します。SCLn 端子入力が Low の間は High 期間のカウントを停止し、SCLn 端子入力が High へ変化すると、High 期間のカウントを開始します。

このとき、SCLn 端子が High へ変化して High 期間のカウントを開始するまでの間隔は、SCLn 端子出力遅延、SCLn 端子入力のノイズフィルタ遅延 (ノイズフィルタのサンプリングクロックで 2~3 サイクル)、内部処理遅延 (PCLK で 1~2 サイクル) の合計になります。この間、他のデバイスが SCLn ラインを Low にしていなくても、内部 SCLn クロックの High 期間が延長されます。

SIMR2.IICCSB ビットが 1 の場合、データの送受信は、SCLn 端子入力と内部 SCLn クロックの論理積に同期して行われます。SIMR2.IICCSB ビットが 0 の場合は、データの送受信は、内部 SCLn クロックに同期して行われます。

開始条件、再開条件、または停止条件の生成要求発行後、内部 SCLn クロックが Low から High へ変化するまでの間にスレーブデバイスからウェイトが挿入された場合、その期間分、生成までの時間が延長されます。

内部 SCLn クロックが Low から High へ変化した後、スレーブデバイスがウェイトを挿入した場合は、そのウェイト期間も停止はせず、生成完了割り込み要求を発行しますが、条件生成自体は保証されません。

図 27.88 に、クロック同期化の動作例を示します。

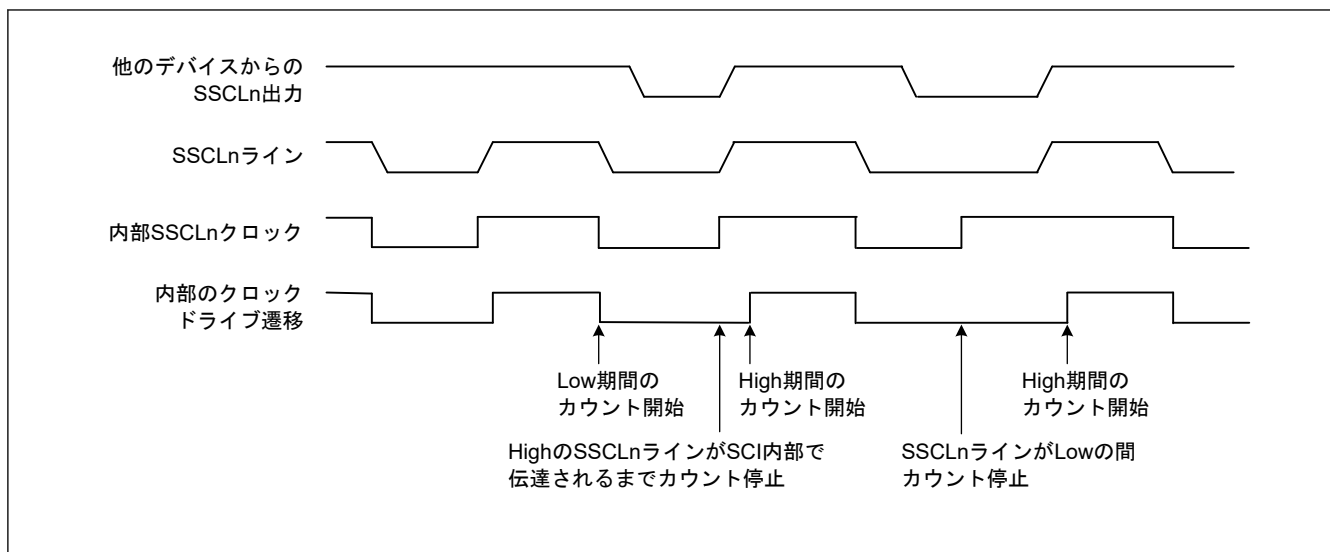


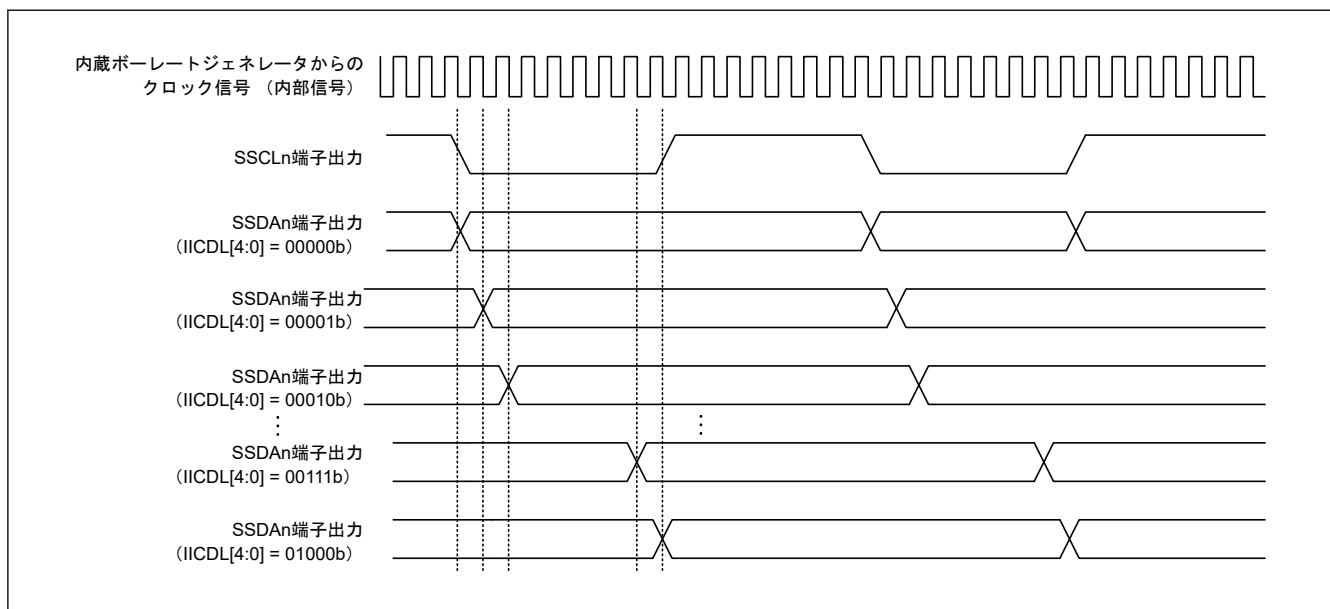
図 27.88 クロック同期化の動作例

27.8.3 SDA_n 出力遅延

SIMR1.IICDL[4:0]ビットを用いて、SCL_n 端子出力の立ち下がりに対し、SDA_n 端子出力を遅延させることが可能です。遅延時間は0~31 サイクルから選択できます。これは、対応する内蔵ポーレートジェネレータからのクロック信号のサイクル数を表します (SMR.CKS[1:0]ビットで選択した分周ベースクロック (PCLK) を基準とします)。SDA_n 端子出力の遅延は、開始条件/再開条件/停止条件の各信号、8ビットの送信データ、およびアクノリッジビットに適用されます。

SDA_n 出力遅延が SCL_n 端子出力の立ち下がり時間より短い場合、SCL_n 端子出力の立ち下がり中に SDA_n 端子出力が変化を開始して、スレーブデバイスが誤動作する可能性があります。SDA_n 端子出力遅延は、SCL_n 端子出力の立ち下がり時間の最大値 (IIC の標準モードとファストモードでは 300 ns) より大きくなるように設定してください。

図 27.89 に、SDA_n 出力遅延のタイミングを示します。

図 27.89 SDA_n 出力遅延のタイミング

27.8.4 SCI の初期化 (簡易 IIC モード)

データの送受信前に、SCR レジスタに初期値 0x00 を書き込み、表 27.38 のフローチャート例に従って、インタフェースを初期化してください。

動作モードまたは通信フォーマットを変更する前に、必ず SCR レジスタを初期値にしてください。また、簡易 IIC モード時の通信ポートのオープンドレイン設定は、ポート側で行ってください。

表 27.38 簡易 IIC モードにおける SCI 初期化の手順例

番号	ステップ名	説明
1	初期化を開始	
2	SCR の TIE、RIE、TE、RE、TEIE、および CKE[1:0] ビットを 0 に設定	
3	I/O ポート機能を設定	SSCLn および SSDAn 端子の機能が (N チャネルオープンドレイン出力端子で) 使用可能となるように I/O ポートを設定します。
4	SIMR3 の IICSDAS[1:0] ビットと IICSCLS[1:0] ビットを 11b に設定	SSCLn および SSDAn 端子を、開始条件生成を行うときまでハイインピーダンス状態にします。
5	SMR レジスタと SCMR レジスタに送信/受信フォーマットを設定	SMR および SCMR に送信/受信フォーマットを設定します。 SMR では、CKS[1:0] ビットを目的の値にし、その他のビットを 0 にします。 SCMR では、SDIR ビットを 1 にし、SINV ビットと SMIF ビットを 0 にします。
6	SPTR を初期値に設定します。	SPTR を初期値に設定します。
7	BRR に値を設定	BRR レジスタに目的のビットレート値を書き込みます。
8	MDDR に値を設定	MDDR レジスタにビットレート誤差補正值を書き込みます。SEMR.BRME ビットが 0 に設定されている場合、この手順は不要です。
9	SEMR、SNFR、SIMR1、SIMR2、および SPMR に値を設定	SEMR、SNFR、SIMR1、SIMR2、および SPMR に値を設定します。 NFEN ビットと BRME ビットを SEMR に設定します。SNFR に、NFCS[2:0] ビットを設定します。 SIMR1 では、IICM ビットを 1 にし、IICDL[4:0] ビットには必要に応じた値を設定します。 SIMR2 では、IICACKT ビットと IICSCS ビットを 1 にし、IICINTM ビットには必要に応じた値を設定します。 SPMR レジスタでは、すべてのビットを 0 にします。
10	SCR.RE ビットおよび SCR.TE ビットを 1 にし、SCR.TIE ビット、SCR.RIE ビット、および SCR.TEIE ビットを設定	SCR レジスタの RE ビットと TE ビットを 1 にしてください。その後で、SCR.TIE、RIE、TEIE ビットを設定します(送信用で SIMR2.IICINTM ビットが 1 の状態の場合は、RIE ビットを 0 にします)。TE ビットと RE ビットを 1 にすることで、SSCLn および SSDAn 端子の機能が有効となります。
11	送信または受信の開始	

27.8.5 マスタ送信動作 (簡易 IIC モード)

図 27.90 と図 27.91 にマスタ送信の動作例を、図 27.92 にデータ送信のフローチャート例を示します。

図 27.90 に、SIMR2.IICINTM ビットが 1 (受信割り込み、送信割り込みを使用) で、かつ SCR.RIE ビットが 0 (SCI_n_RXI および SCI_n_ERI 割り込み要求を禁止) の場合の動作例を示します。

STI 割り込みについては、表 27.43 を参照してください。

図 27.92 に、SIMR2.IICINTM が 1 の状態で、CPU によるアドレス送信と DTC または DMAC によるデータ送信の場合のフローチャートを示します。10 ビットスレーブアドレス使用時は、[3] と [4] の手順を 2 回繰り返します。

簡易 IIC モードでの送信データエンプティ割り込み (SCI_n_TXI) は、クロック同期式送信時の SCI_n_TXI 割り込み要求発生のタイミングとは異なり、1 フレームの通信を完了した時点で発生します。

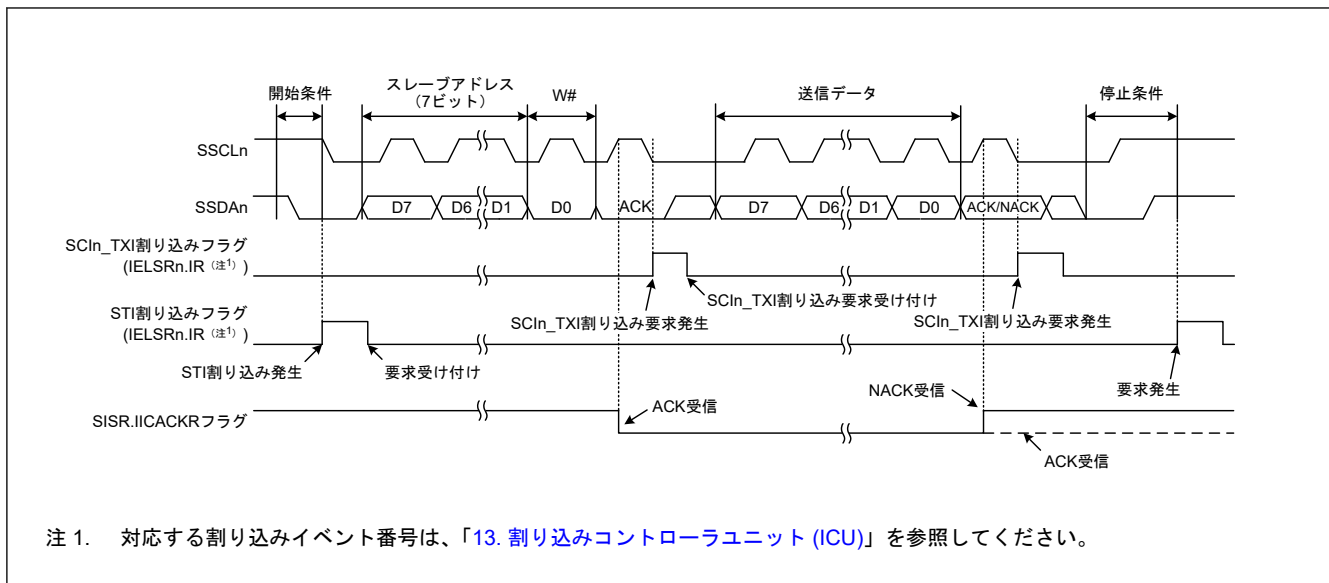


図 27.90 簡易 IIC モードにおけるマスタ送信の動作例 1 (7 ビットスレーブアドレス、送信割り込み、受信割り込み使用時)

マスタ送信で、SIMR2.IICINTM ビットを 0 (ACK 割り込み、NACK 割り込みを使用) にした場合、ACK 割り込みをトリガにして DTC または DMAC を起動し、データを必要バイト数送信します。NACK を受信した場合は、NACK 割り込みをトリガにして、送信中止や再送信などのエラー処理を行います。

TDR にデータを書き込んだ後に、なんらかの理由で通信をリスタートさせたい場合は以下の手順に従ってください。

1. SCR レジスタの TE、RE ビットを 0 にして通信停止させてください
2. SIMR3 レジスタに 0xF0 を設定し、I²C バスを解放し、各条件生成をクリアしてください
3. SSR レジスタの RDRF フラグが 1 にセットされている場合、RDRF フラグをクリアします
4. SCR レジスタの TE、RE ビットに 1 を設定し、次の通信を開始してください

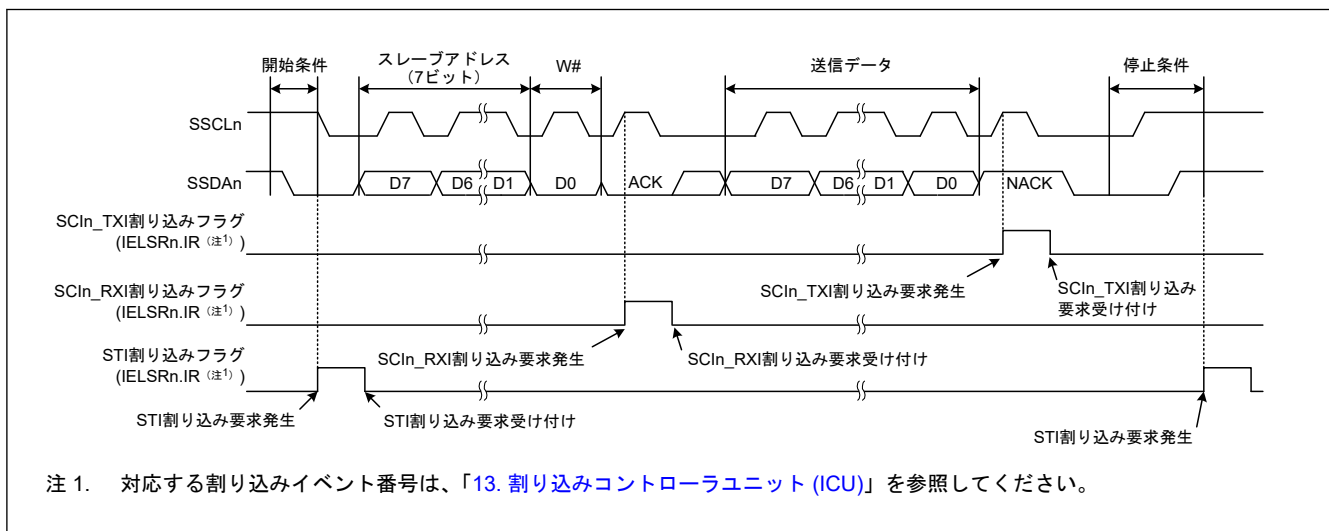


図 27.91 簡易 IIC モードにおけるマスタ送信の動作例 2 (7 ビットスレーブアドレス、ACK 割り込み、NACK 割り込み使用時)

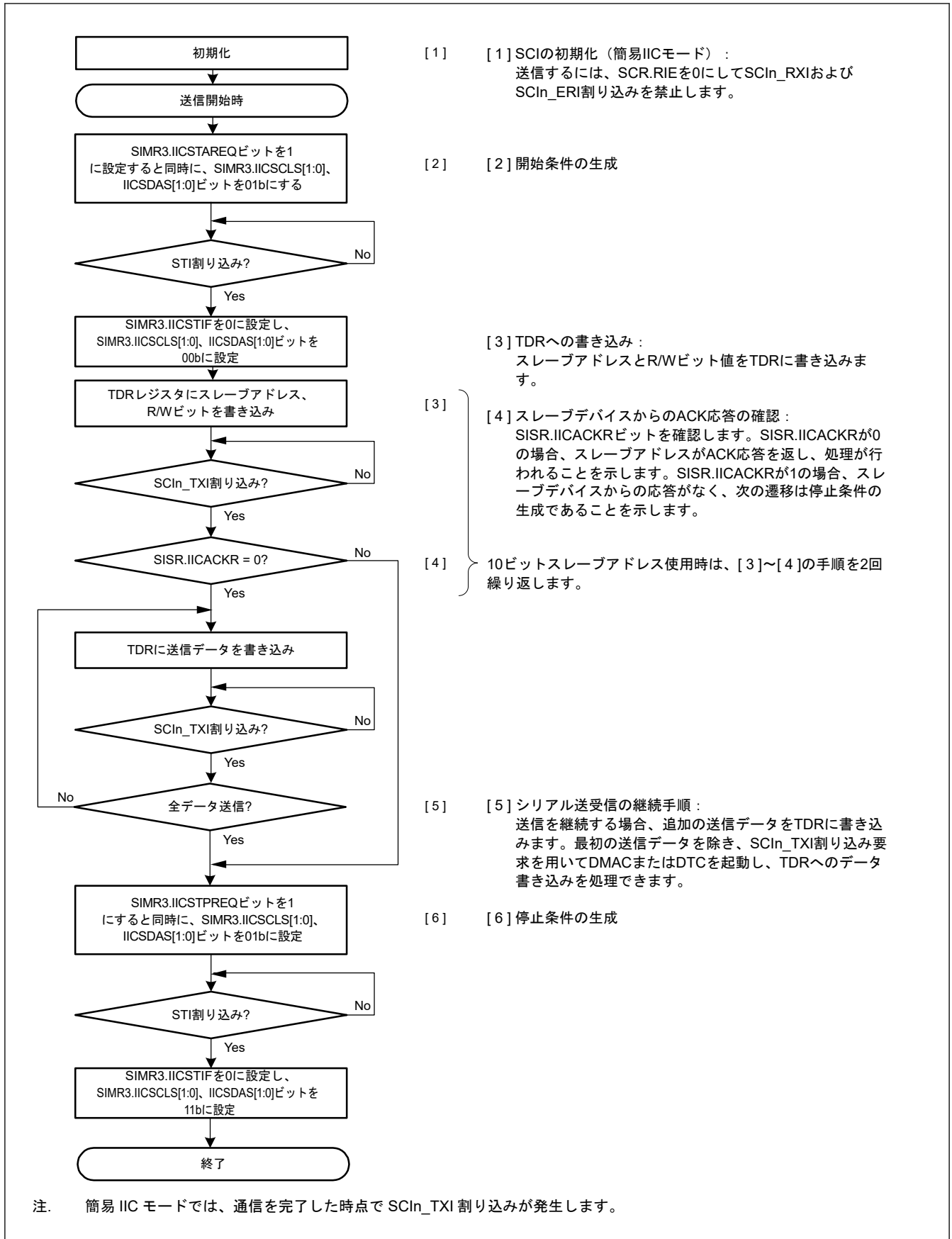


図 27.92 簡易 IIC モードにおけるマスタ送信のフローチャート例（送信割り込み、受信割り込み使用時）

27.8.6 マスタ受信動作 (簡易 IIC モード)

図 27.93 に簡易 IIC モードにおけるマスタ受信の動作例を、図 27.94 にマスタ受信のフローチャート例を示します。

下図では、SIMR2.IICINTM ビットが 1 (受信割り込み、送信割り込みを使用) の場合を想定しています。

簡易 IIC モードでの送信データエンプティ割り込み (SCIn_TXI) は、クロック同期式送信時の SCIn_TXI 割り込み要求発生とのタイミングとは異なり、1 フレームの通信を完了した時点で発生します。

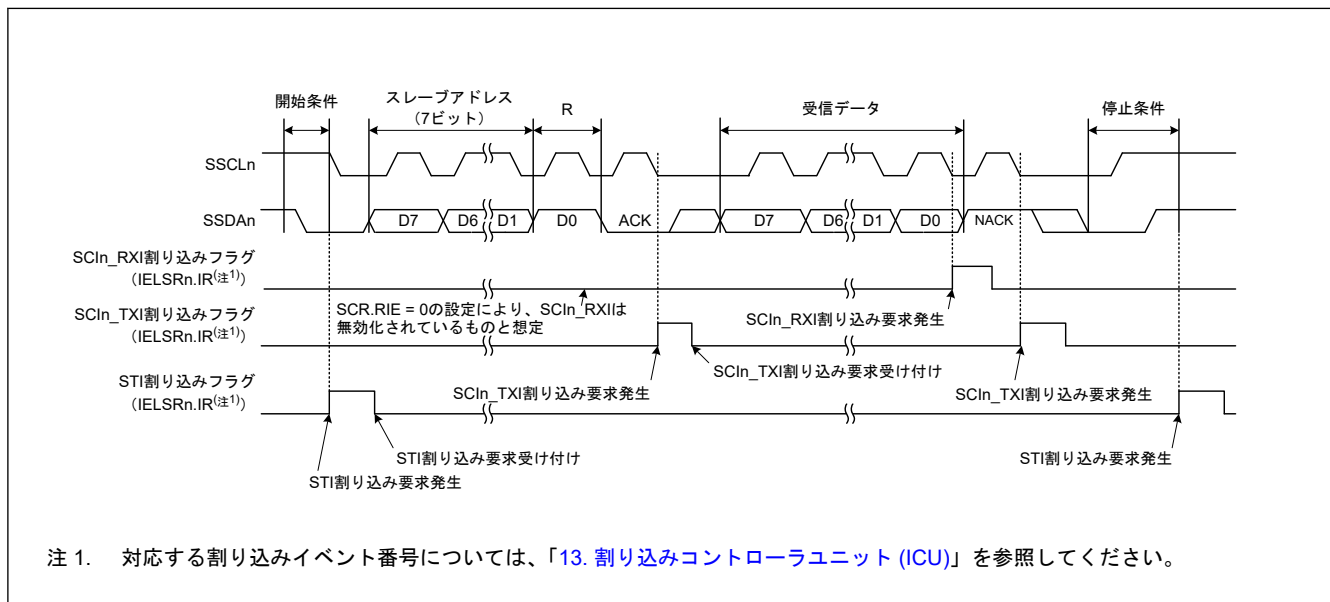


図 27.93 簡易 IIC モードにおけるマスタ受信の動作例 (7 ビットスレーブアドレス、送信割り込み、受信割り込み使用時)

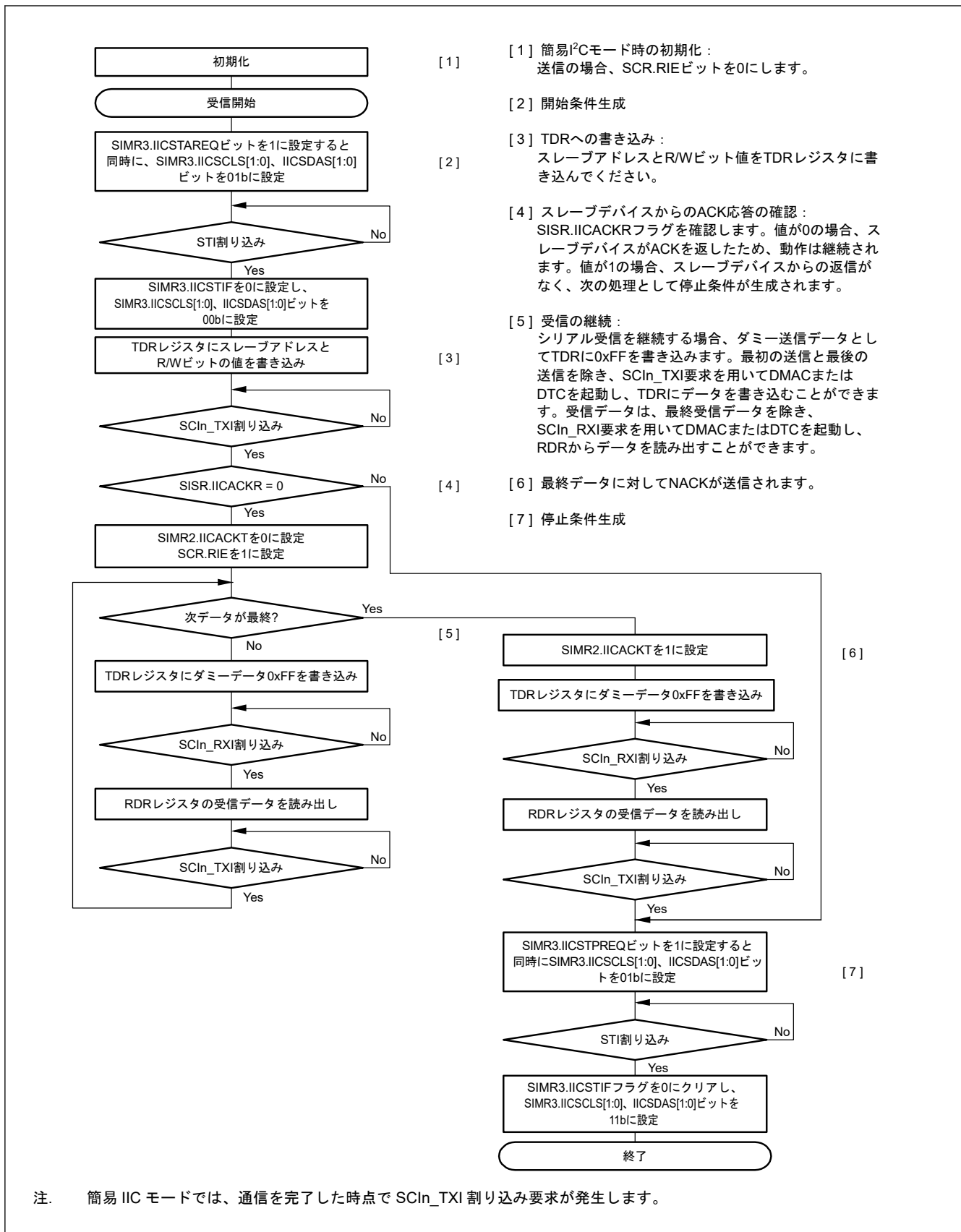


図 27.94 簡易 IIC モードにおけるマスタ受信のフローチャート例 (送信割り込み、受信割り込み使用時)

27.9 簡易 SPI モードの動作

SCIは拡張機能として、1つまたは複数のマスタと複数のスレーブとの間で通信が可能な、簡易 SPI モードをサポートしています。

クロック同期式モードの設定 (SCMR.SMIF = 0、SIMR1.IICM = 0、SMR.CM = 1) を使用するとともに、SPMR.SSE ビットを 1 にすることによって、SCI は簡易 SPI モードになります。なお、構成がシングルマスタのみの場合は、簡易 SPI モードでマスタとして使用されるデバイスの接続に、マスタ側の SS_n 端子機能は不要です。よって、そのような場合は、SPMR.SSE ビットを 0 にしてください。

図 27.95 に、簡易 SPI モードの接続例を示します。マスタからの SS_n 信号出力については、汎用ポートで制御してください。

簡易 SPI モードでは、クロック同期式モードと同様に、クロックパルスに同期してデータを送受信します。通信データの 1 キャラクタは 8 ビットデータで構成され、パリティビットの付加はできません。SCMR.SINV ビットを 1 にすることで、送受信データを反転できます。

SCI 内部では送信部と受信部は独立しており、クロックを共有することで全二重通信が可能です。また、送信部と受信部はどちらもバッファ構成になっているため、送信中に次の送信データを書き込むことや、受信中に前の受信データを読み込むことが可能です。これにより、連続転送が可能となります。

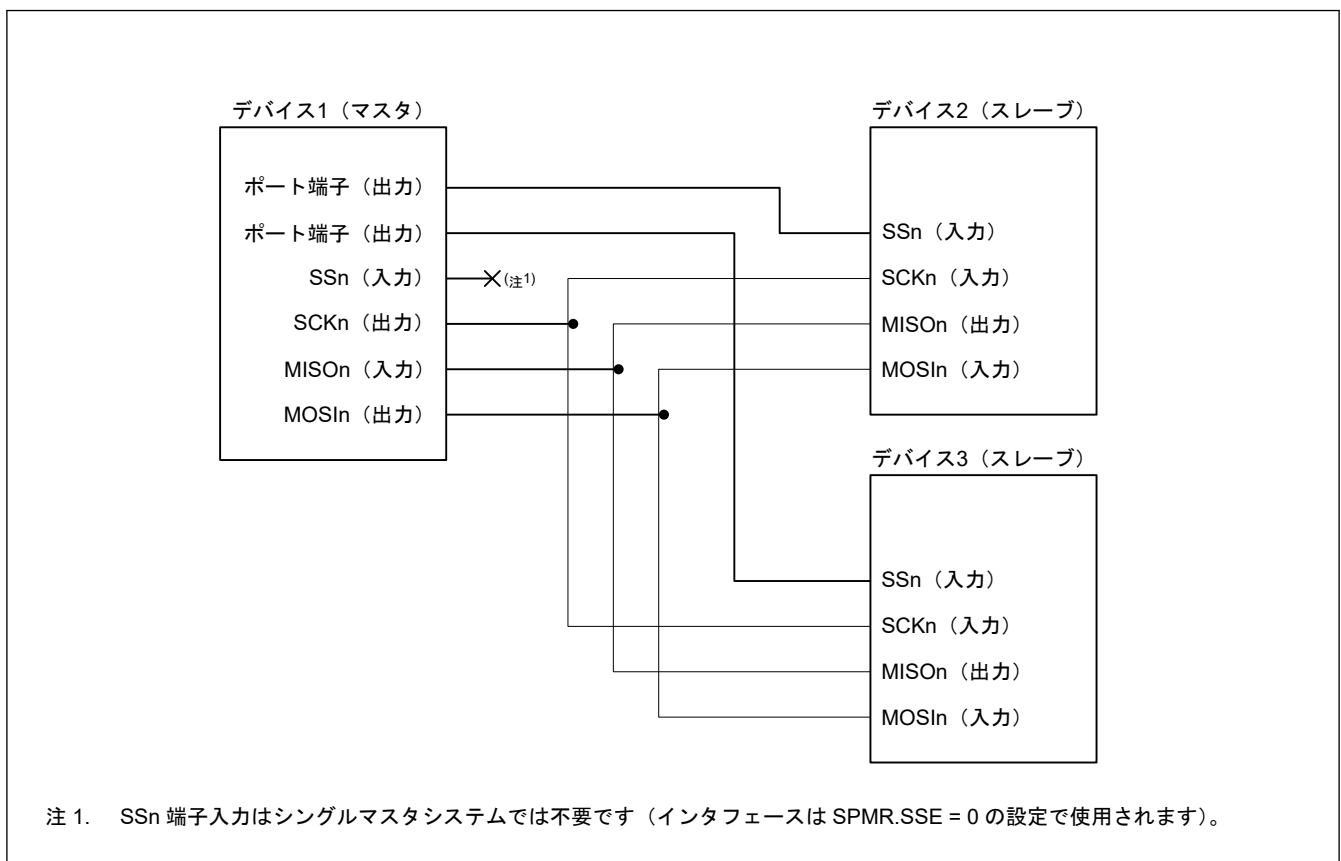


図 27.95 簡易 SPI モードでの接続例 (シングルマスタ時、SPMR.SSE ビット = 0)

27.9.1 マスタモード、スレーブモードと各端子の状態

簡易 SPI モードでは、マスタモード (SCR.CKE[1:0] = 00b または 01b、かつ SPMR.MSS = 0) と、スレーブモード (SCR.CKE[1:0] = 10b または 11b、かつ SPMR.MSS = 1) で、各端子の入出力方向が異なります。

表 27.39 に、端子状態、モード、および SS_n 端子入力レベルの関係を示します。

表 27.39 モードおよび SSn 端子入力と各端子状態の関係

モード	SSn 端子入力	MOSIn 端子状態	MISOn 端子状態	SCKn 端子状態
マスタモード(注1)	High (通信可能)	送信データ出力(注2)	受信データ入力	クロック出力(注3)
	Low (通信不可)	ハイインピーダンス	受信データ入力 (無効)	ハイインピーダンス
スレーブモード	High レベル (通信不可)	受信データ入力 (無効)	ハイインピーダンス	クロック入力 (無効)
	Low レベル (通信可能)	受信データ入力	送信データ出力	クロック入力

注 1. シングルマスタ構成 (SPMR.SSE ビット = 0) のみの場合、SSn 端子の入力レベルにかかわらず、通信可能となります。これは、SSn 端子入力が High のときと等価です。

注 2. シリアル送信禁止 (SCR.TE ビット = 0) の場合、MOSIn 端子出力はハイインピーダンスです。

注 3. マルチマスタ構成 (SPMR.SSE = 1) では、シリアル送受信禁止 (SCR.TE = 0 および SCR.RE = 0) の場合、SCKn 端子出力はハイインピーダンスです。

27.9.2 マスタモード時の SS 機能

SCR.CKE[1:0]ビットを 00b または 01b にして、SPMR.MSS ビットを 0 にすると、マスタモードになります。シングルマスタ構成 (SPMR.SSE ビット = 0) では SSn 端子が使用されないため、SSn 端子の値にかかわらず送受信動作が可能です。

マルチマスタ構成 (SPMR.SSE ビット = 1) において SSn 端子入力が High の場合、他にマスタが存在しないこと、あるいは別のマスタが送受信動作を行っていることを示すために、マスタデバイスは SCKn 端子からクロックを出力した後、送受信動作を開始します。

マルチマスタ構成 (SPMR.SSE ビット = 1) において SSn 端子入力が Low の場合は、別のマスタが存在し、送受信動作中です。MOSIn 端子出力と SCKn 端子出力はハイインピーダンスになり、送受信動作を開始することができません。また、モードフォルトエラーとして SPMR.MFF ビットが 1 になります。マルチマスタ構成では、SPMR.MFF フラグを読むことでエラー処理を開始してください。なお、送受信動作中にモードフォルトが発生しても、送受信動作は停止しませんが、送受信動作完了後の MOSIn 出力と SCKn 出力はハイインピーダンス状態です。

汎用ポート端子を使用して、マスタからの SS 出力信号を生成してください。

27.9.3 スレーブモード時の SS 機能

SCR.CKE[1:0]ビットを 10b または 11b にして、SPMR.MSS ビットを 1 にすると、スレーブモードになります。SSn 端子入力が High のとき、MISOn 出力端子の状態はハイインピーダンスになり、SCKn 端子からのクロック入力は無視されます。SSn 端子入力が Low のとき、SCKn 端子からのクロック入力が有効になり、送信または受信動作が可能になります。

送信または受信動作中に SSn 端子入力が Low から High に変化した場合、MISOn 出力端子の状態をハイインピーダンスにします。なお、内部的な送信または受信処理は、SCKn 端子から入力されるクロックレートで継続し、1 キャラクタ分の送受信が完了すると、動作が停止して、割り込み (SCIn_TXI、SCIn_RXI、SCIn_TEI のいずれか) が発生します。

27.9.4 クロックと送受信データの関係

SPMR レジスタの CKPOL ビットと CKPH ビットを用いて、送受信に用いるクロックを 4 種類から選択できます。クロック信号と送受信データの間係を [図 27.96](#) に示します。マスタモードとスレーブモードの両方で、クロックと送受信データの間係は同一です。これは、SSn 端子入力が High のときと等価です。

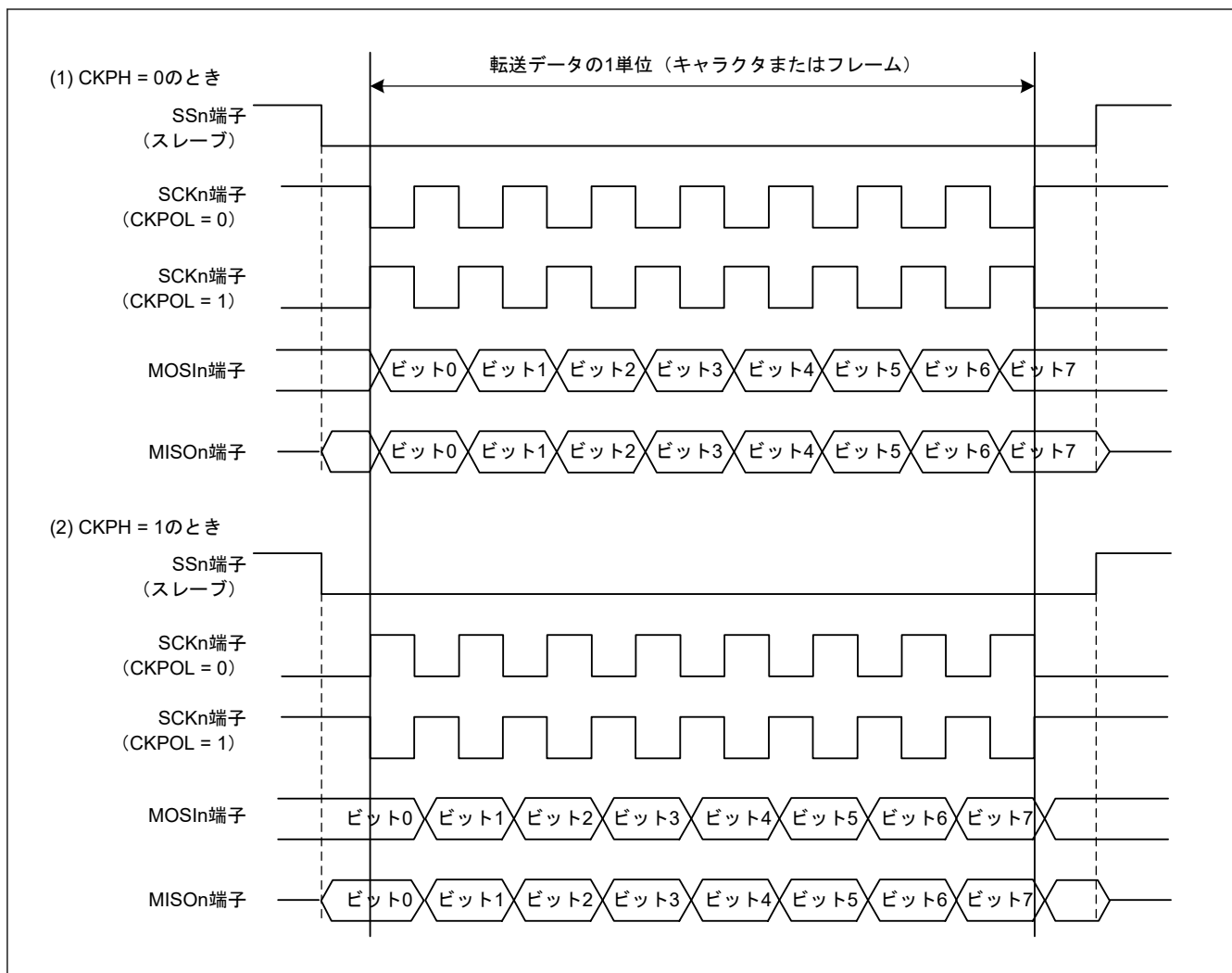


図 27.96 簡易 SPI モードにおけるクロックと送受信データの関係

27.9.5 SCI の初期化 (簡易 SPI モード)

簡易 SPI モードでの初期化は、クロック同期式モードの場合と同じです。初期化フローの例は、「[27.6.3. SCI の初期化 \(クロック同期式モード\)](#)」を参照してください。SPMR レジスタの CKPOL ビットと CKPH ビットは、マスタデバイスとスレーブデバイスの両方に適切なクロック信号となるように設定する必要があります。

動作モードや転送フォーマットに変更を加える場合は、必ず SCR レジスタを初期化してから行ってください。

注. 0 になるのは RE ビットのみです。SSR.ORER、FER、PER、RDR の各フラグは初期化されません。

SCR レジスタの TIE ビットが 1 のときに、TE ビットの値を 1 から 0、または 0 から 1 に変更すると、送信データエンプティ割り込み (SCIn_TXI) が発生します。

27.9.6 シリアルデータの送受信 (簡易 SPI モード)

マスタモードでは、送受信先のスレーブデバイスの SSn 端子を、送受信開始前に Low にして、送受信終了後に High にしてください。それ以外の手順はクロック同期式モードと同様です。

27.10 ビットレートモジュレーション機能

ビットレートモジュレーション機能では、SMR/SMR_SMCi レジスタの CKS[1:0] ビットで選択された内部クロックの 256 クロックサイクルの間で、MDDR レジスタで指定した数を用いて、ビットレートを均一に補正することが可能です。

調歩同期式モードにおいて、PCLK が SMR/SMR_SMCI レジスタの CKS[1:0] ビットで選択されたとき、BRR と MDDR がそれぞれ 0 と 160 の場合の例を図 27.97 に示します。この例では、基本クロックの周期が均一に 256/160 に補正され、同時にビットレートも 160/256 に補正されています。

注. 内部クロックを有効にするとバイアスが発生し、内部基本クロックのパルス幅に伸縮が生じます。

クロック同期式モードと、簡易 SPI モードでの最高速設定 (SMR.CKS[1:0] = 00b、SCR.CKE[1] = 0、および BRR = 0) では、この機能を使用しないでください。

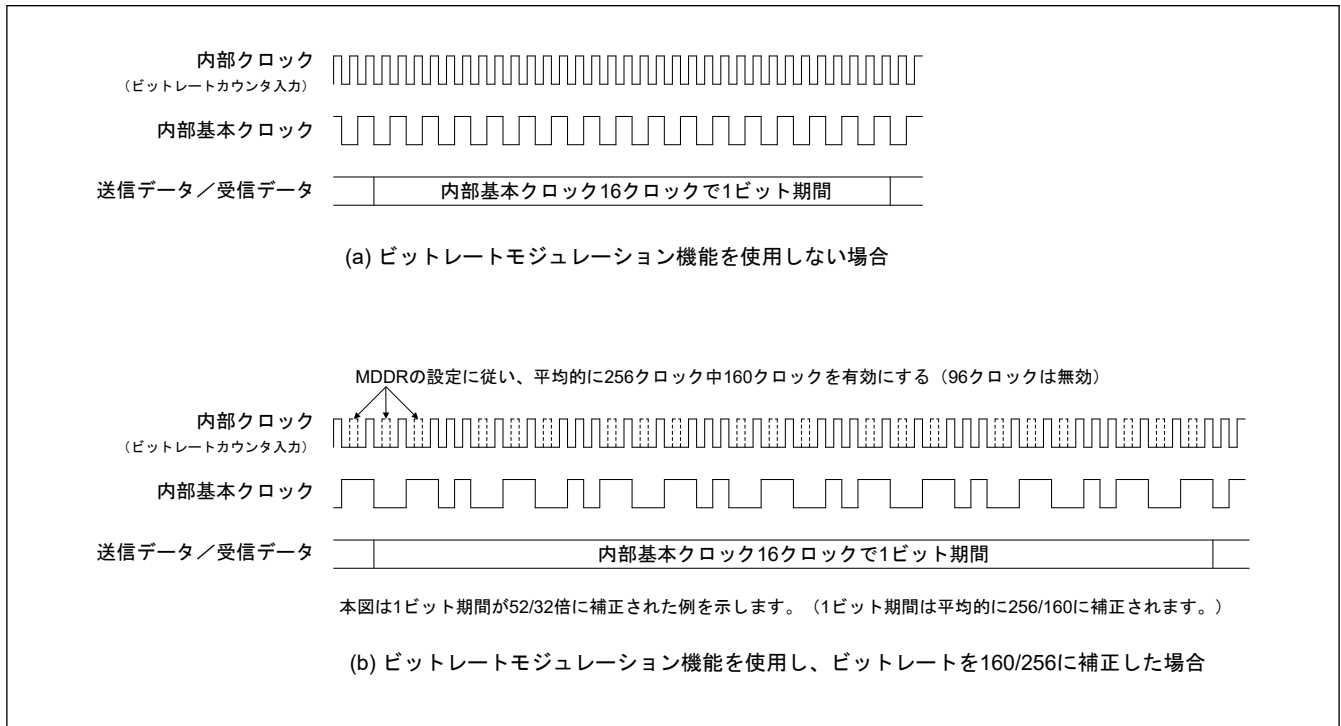


図 27.97 ビットレートモジュレーション機能使用時の内部基本クロックの例

27.11 割り込み要因

27.11.1 SCIn_TXI および SCIn_RXI 割り込みのバッファ動作 (非 FIFO 選択時)

ICU の割り込みステータスフラグが 1 のときは、SCIn_TXI 割り込みと SCIn_RXI 割り込みの発生条件が成立していても、ICU は割り込み要求を出力せず、内部で保存します (内部で保存できる容量は、1 要因ごとに 1 要求までです)。

ICU の割り込みステータスフラグが 0 になると、ICU 内に保持されていた割り込み要求が出力されます。割り込み要求が出力されると、内部で保持されていた割り込みは自動的に破棄されます。また、内部で保持されていた割り込み要求は、対応する割り込み許可ビット (SCR/SCR_SMCI レジスタの TIE ビットまたは RIE ビット) をクリアすることでも破棄できます。

27.11.2 SCIn_TXI および SCIn_RXI 割り込みのバッファ動作 (FIFO 選択時)

ICU の割り込みステータスフラグを 1 にすると、SCIn_TXI 割り込みと SCIn_RXI 割り込みは、ICU に対して割り込み要求を出力しません。ICU の割り込みステータスフラグを 0 にした場合に、SCIn_TXI 割り込みと SCIn_RXI 割り込みの条件が満たされていれば、割り込み要求が発生します。

27.11.3 調歩同期式モード、マンチェスタモード、クロック同期式モード、および簡易 SPI モードにおける割り込み

(1) 非 FIFO 選択時

表 27.40 に調歩同期式モード、マンチェスタモード、クロック同期式モードおよび簡易 SPI モードにおける割り込み要因を示します。

各割り込み要因には、異なる割り込みベクタの割り当てが可能です。SCR レジスタの許可ビットによって、割り込み要因を個別に許可/禁止することができます。

SCR.TIE ビットが 1 のとき、送信データが TDR レジスタまたは TDRHL レジスタ(注1)から TSR レジスタへ転送されると、SCIn_TXI 割り込み要求が発生します。また、SCIn_TXI 割り込み要求は、SCR.TE ビットと SCR.TIE ビットを 1 命令で同時に 1 にすることも発生します。SCIn_TXI 割り込み要求を用いて DTC または DMAC を起動し、データ転送を行うことができます。

SCIn_TXI 割り込み要求は、SCR.TIE ビットが 0 の状態で SCR.TE ビットを 1 にした場合、または SCR.TE ビットが 1 の状態で SCR.TIE ビットを 1 にした場合には発生しません。(注2)

SCR.TEIE ビットが 1 のとき、送信データの最終ビットを送信するタイミングまでに次のデータが書き込まれていないと、SSR.TEND フラグが 1 になり、SCIn_TEI 割り込み要求が発生します。また、SCR.TE ビットを 1 にしてから TDR レジスタまたは TDRHL レジスタ(注1)に送信データを書き込むまでの間は、SSR.TEND フラグは 1 を保持しており、SCR.TEIE ビットを 1 にすると SCIn_TEI 割り込み要求が発生します。

TDR レジスタまたは TDRHL レジスタ(注1)にデータを書き込むと、SSR.TEND フラグがクリアされて SCIn_TEI 割り込み要求は取り消されますが、取り消されるまである程度時間がかかります。

SCR.RIE ビットが 1 のとき、受信データが RDR レジスタに格納されると、SCIn_RXI 割り込み要求が発生します。SCIn_RXI 割り込み要求を用いて DTC または DMAC を起動し、データ転送を行うことができます。

SCR.RIE ビットが 1 のとき、SSR レジスタの ORER、FER、PER および MER(注3)のいずれかのフラグを 1 にすると、SCIn_ERI 割り込み要求が発生します。

このとき、SCIn_RXI 割り込み要求は発生しません。これら全てのフラグ (ORER、FER、PER、MER(注3)、SYER(注3)、PFER(注3)、SBER(注3)) のすべてをクリアすることによって、SCIn_ERI 割り込み要求を取り消すことができます。

注 1. 調歩同期モードにおいて、データ長 9 ビットを選択した場合です。

注 2. 最終データの送信時に SCIn_TXI 割り込みを一時的に禁止して、送信終了割り込みによる処理を行った後、新たにデータ送信を開始したい場合は、SCR.TIE ビットではなく、ICU の割り込み要求許可ビットを用いて、割り込みの発行を制御してください。この方法によって、新しいデータの送信時に、SCIn_TXI 割り込み要求の発生が抑止されるのを防ぐことができます。

注 3. MER、SYER、PFER、および SBER は、マンチェスタモードにおいてのみ SCIn_ERI 割り込み要因になります。SYER、PFER、および SBER はまた、その許可ビット (MECR の SYEREN、PFEREN、SBEREN) が 1 の場合のみ機能します。

(2) FIFO 選択時

表 27.41 に、FIFO モード選択時の割り込み要因を示します。

SCR.TIE ビットが 1 のとき、FTDRL レジスタに格納されたデータ数が FCR.TTRG で指示されたしきい値以下になると、SCIn_TXI 割り込み要求が発生します。また、SCIn_TXI 割り込み要求は、SCR.TIE ビットと SCR.TE ビットを 1 命令で同時に 1 にすることも発生します。または、SCR.TE ビットが 1 のときに SCR.TIE ビットを 1 にしても発生します。

SCIn_TXI 割り込み要求は、SCR.TIE ビットが 0 の状態で SCR.TE ビットを 1 にした場合には発生しません。

SCR.TEIE ビットが 1 のとき、送信データの最終ビットを送信するタイミングまでに次のデータが FTDRL レジスタに書き込まれていないと、SSR_FIFO.TEND フラグが 1 になり、SCIn_TEI 割り込み要求が発生します。

SCR.RIE ビットが 1 のとき、FRDRL レジスタに格納されたデータ数が FCR.RTRG で指示されたしきい値以上になると、SCIn_RXI 割り込み要求が発生します。RTRG が 0 の場合は、受信 FIFO 内のデータ数が 0 であっても、SCIn_RXI 割り込み要求は発生しません。

SCR.RIE ビットが 1 のとき、SSR_FIFO.ORER フラグが 1 になるか、あるいは、フレーミングエラーまたはパリティエラーのあるデータが FRDRL レジスタに格納されると、SCIn_ERI 割り込み要求が発生します。FRDRL レジスタに格納されたデータ数がしきい値以上であると、同時に SCIn_RXI 割り込み要求も発生します。

SSR_FIFO.ORER、FER、および PER フラグをすべてクリアすることで、SCIn_ERI 割り込み要求を取り消すことができます。

表 27.40 SCI の割り込み要因 (非 FIFO 選択時)

名称	割り込み要因	割り込みフラグ	割り込み許可	DTC または DMAC の起動
SCIn_ERI (n = 0, 3, 4, 9)	受信エラー(注1)	SSR.ORER、SSR.FER、SSR.PER、DCCR.DFER、DCCR.DPER、(SSR.MER、MESR.SYER、MESR.PFER、MESR.SBER)(注2)	SCR.RIE	不可
SCIn_RXI (n = 0, 3, 4, 9)	受信データフル	SSR.RDRF	SCR.RIE	可能
	アドレス一致	DCCR.DCMF	SCR.RIE	可能
SCIn_AM (n = 0, 3, 4, 9)	アドレス一致	DCCR.DCMF	—	不可
SCIn_TXI (n = 0, 3, 4, 9)	受信データエンプティ	SSR.TDRE	SCR.TIE	可能
SCIn_TEI (n = 0, 3, 4, 9)	送信完了	SSR.TEND	SCR.TEIE	不可

注 1. 割り込みフラグが ORER になるのはクロック同期モードおよび簡易 SPI モードのみです。

注 2. MER、SYER、PFER、および SBER は、マンチェスタモードでのみ ERI 割り込みの要因として機能します。SYER、PFER、および SBER も、許可ビット (MECR レジスタの SYEREN、PFEREN、SBEREN) が 1 に設定されているときのみ機能します。

表 27.41 SCI の割り込み要因 (FIFO 選択時)

名称	割り込み要因	割り込みフラグ	割り込み許可	DTC または DMAC の起動
SCIn_ERI (n = 0, 3, 4, 9)	受信エラー(注1)	SSR_FIFO.ORER、SSR_FIFO.FER、SSR_FIFO.PER、DCCR.DFER、DCCR.DPER	SCR.RIE	不可
		SSR_FIFO.DR (FCR.DRES = 1 の場合)	SCR.RIE	不可
SCIn_RXI (n = 0, 3, 4, 9)	受信データフル	SSR_FIFO.RDF	SCR.RIE	可能
	受信データレディ	SSR_FIFO.DR (FCR.DRES = 0 の場合)	SCR.RIE	可能
	アドレス一致	DCCR.DCMF	SCR.RIE	可能
SCIn_AM (n = 0, 3, 4, 9)	アドレス一致	DCCR.DCMF	—	不可
SCIn_TXI (n = 0, 3, 4, 9)	受信データエンプティ	SSR_FIFO.TDFE	SCR.TIE	可能
SCIn_TEI (n = 0, 3, 4, 9)	送信完了	SSR_FIFO.TEND	SCR.TEIE	不可

注 1. 割り込みフラグが ORER になるのはクロック同期モードおよび簡易 SPI モードのみです。

27.11.4 スマートカードインタフェースモードにおける割り込み

スマートカードインタフェースモードでは、表 27.42 の割り込み要因があります。このモードでは、送信終了割り込み (SCIn_TEI) 要求とアドレス一致 (SCIn_AM) 要求は使用できません。

表 27.42 SCI 割り込み要因

名称	割り込み要因	割り込みフラグ	割り込み許可	DTC または DMAC の起動
SCIn_ERI (n = 0, 3, 4, 9)	受信エラー、エラーシグナル検出	SSR_SMCI.ORER、SSR_SMCI.PER、SSR_SMCI.ERS	SCR_SMCI.RIE	不可
SCIn_RXI (n = 0, 3, 4, 9)	受信データフル	SSR_SMCI.RDRF	SCR_SMCI.RIE	可能
SCIn_TXI (n = 0, 3, 4, 9)	送信データエンプティ	SSR_SMCI.TEND	SCR_SMCI.TIE	可能

スマートカードインタフェースモードの場合も、通常の SCI モードと同様に、DTC または DMAC を使用した送受信が可能です。送信時に SSR_SMCI.TEND フラグが 1 であれば、SCIn_TXI 割り込み要求が発生します。あらかじめ DTC または DMAC の起動要因として SCIn_TXI 割り込み要求を設定しておけば、SCIn_TXI 割り込み要求

によって DTC または DMAC が起動され、送信データの転送が可能になります。TEND フラグは、DTC または DMAC によるデータ転送時に自動的に 0 になります。

エラーが発生した場合は、SCI が自動的に同じデータを再送信します。再送信中は、TEND フラグが 0 のまま保持され、DTC または DMAC は起動されません。したがって、エラー発生後の再送信を含め、SCI と DTC または DMAC が、指定されたバイト数を自動的に送信します。ただし、エラー発生時に SSR_SMCLERS フラグは自動的に 0 になりません。そのため、あらかじめ SCR_SMCLRIE ビットを 1 にしておき、エラー発生時に SCIn_ERI 割り込み要求を発生させることで、ERS フラグをクリアしてください。

なお、DTC または DMAC を使用して送受信を行う場合は、必ず DTC または DMAC を有効にしてから SCI の設定を行ってください。DTC または DMAC の設定方法については、「17. データトランスファコントローラ (DTC)」 「16. DMA コントローラ (DMAC)」を参照してください。

受信動作では、受信データが RDR レジスタに格納されると、SCIn_RXI 割り込み要求が発生します。あらかじめ DTC または DMAC の起動要因として SCIn_RXI 割り込み要求を設定しておけば、SCIn_RXI 割り込み要求によって DTC または DMAC が起動され、送信データの転送が可能になります。エラーが発生した場合は、エラーフラグがセットされます。そのため、DTC または DMAC は起動せず、代わりに CPU に対して SCIn_ERI 割り込み要求が発行されます。エラーフラグをクリアしてください。

27.11.5 簡易 IIC モードにおける割り込み

表 27.43 に、簡易 IIC モードにおける割り込み要因を示します。STI 割り込みは、送信終了割り込み (SCIn_TEI) 要求に割り当てられます。受信エラー割り込み (SCIn_ERI) 要求とアドレス一致 (SCIn_AM) 要求は使用できません。

簡易 IIC モードにおいても、DTC または DMAC を使用した送受信が可能です。

SIMR2.IICINTM ビットが 1 のとき：

- SCLn 信号の 8th ビット目の立ち下がり、SCIn_RXI 割り込み要求が発生します。あらかじめ DTC または DMAC の起動要因として SCIn_RXI 割り込み要求を設定しておけば、SCIn_RXI 割り込み要求によって DTC または DMAC が起動され、受信データの転送が可能になります。
- また、SCLn 信号の 9th ビット目 (アクノリッジビット) の立ち下がりエッジで、SCIn_TXI 割り込み要求が発生します。あらかじめ DTC または DMAC の起動要因として SCIn_TXI 割り込み要求を設定しておけば、SCIn_TXI 割り込み要求によって DTC または DMAC が起動され、送信データの転送が可能になります。

SIMR2.IICINTM ビットが 0 のとき：

- SCLn 信号の 9th ビット目 (アクノリッジビット) の立ち上がりで、SDAn 端子入力が Low であると、SCIn_RXI 割り込み要求 (ACK 検出) が発生します。
- SCLn 信号の 9th ビット目 (アクノリッジビット) の立ち上がりで、SDAn 端子入力が High であると、SCIn_TXI 割り込み要求 (NACK 検出) が発生します。
- あらかじめ DTC または DMAC の起動要因として SCIn_RXI 割り込み要求を設定しておけば、SCIn_RXI 割り込み要求によって DTC または DMAC が起動され、受信データの転送が可能になります。

なお、DTC または DMAC を使用して送受信を行う場合は、必ず DTC または DMAC を有効にしてから SCI の設定を行ってください。

SIMR3.IICSTAREQ、IICRSTAREQ、IICSTPREQ の各ビットを用いて開始条件、再開条件、停止条件を生成した場合、生成が完了すると STI 割り込み要求が発生します。

表 27.43 SCI の割り込み要因

名称	割り込み要因	割り込みフラグ	割り込み許可	DTC または DMAC の起動
SCIn_RXI (n = 0, 3, 4, 9)	受信、ACK 検出	—	SCMR.RIE	可能(注1)
SCIn_TXI (n = 0, 3, 4, 9)	送信、NACK 検出	—	SCMR.TIE	可能
SCIn_TEI (STIn) (n = 0, 3, 4, 9)	開始条件、再開条件、停止条件生成終了	SIMR3.IICSTIF	SCMR.TEIE	不可

注 1. SIMR2.IICINTM ビットが 1 (受信割り込み、送信割り込みを使用) の場合にのみ、DTC または DMAC の起動が可能です。

27.12 イベントリンク機能

SCIn は、各割り込み要因をイベントとしてイベントリンクコントローラ (ELC) へ出力し、あらかじめ設定しておいたモジュールを動作させることが可能です。

イベントは、対応する割り込みの割り込み要求許可ビットの設定に関係なく出力させることが可能です。

(1) エラーイベント出力（受信エラーまたはエラーシグナル検出時）（SCIn_ERI、n = 0, 3, 4, 9）

- 調歩同期式モードで、受信中にパリティエラーが発生して異常終了したことを示します。
- 調歩同期式モードで、受信中にフレーミングエラーが発生して異常終了したことを示します。
- 受信中にオーバーランエラーが発生して異常終了したことを示します。
- スマートカードインタフェースモードで、送信時にエラー信号が検出されたことを示します。
- FIFO 選択時かつ FCR.DRES ビットが 1 の場合、SSR_FIFO レジスタの FER フラグと PER フラグが 0 であり、受信 FIFO データトリガ数より少ない受信データが受信 FIFO バッファに格納され、15 ETU 経過したことを示します。

(2) 受信データフルイベント出力（SCIn_RXI、n = 0, 3, 4, 9）

- 簡易 IIC モードで、SIMR2.IICINTM ビットが 0 のとき、ACK が検出されたことを示します。
- 簡易 IIC モードで、SIMR2.IICINTM ビットが 1 のとき、SCLn 信号の 8 ビット目の立ち下がりが検出されたことを示します。
- 簡易 IIC モードでのマスタ送信時に、SIMR2.IICINTM ビットが 1 のときは、受信データフルイベントを使用しないようにイベントリンクコントローラ (ELC) を設定してください。

非 FIFO 選択時

- 受信データが受信データレジスタ（RDR または RDRHL）に格納されたことを示します。

FIFO 選択時

- このイベント出力は使用しないでください。

(3) 送信データエンプティイベント出力（SCIn_TXI、n = 0, 3, 4, 9）

- SCR/SCR_SMCI.TE ビットが 0 から 1 に変化したことを示します。
- スマートカードインタフェースモードで、送信が完了したことを示します。
- 簡易 IIC モードで、SIMR2.IICINTM ビットが 0 のとき、NACK が検出されたことを示します。
- 簡易 IIC モードで、SIMR2.IICINTM ビットが 1 のとき、SCLn 信号の 9 ビット目の立ち下がりが検出されたことを示します。

非 FIFO 選択時

- 送信データが送信データレジスタ（TDR または TDRHL）から送信シフトレジスタ (TSR) へ転送されたことを示します。

FIFO 選択時

- このイベント出力は使用しないでください。

(4) 送信終了イベント出力（SCIn_TEI、n = 0, 3, 4, 9）

- 送信が完了したことを示します。
- 簡易 IIC モードで、開始条件、再開条件、停止条件の生成が完了したことを示します。

注. FIFO が選択されている場合、このイベント出力は使用しないでください。

(5) アドレス一致イベント出力 (SCIn_AM, n = 0, 3, 4, 9)

- 調歩同期式モード (マルチプロセッサモードを含む) において、DCCR.DCME ビットが 1 の場合、比較データ (CDR.CMPD) と受信データの 1 フレームが一致したことを示します。

27.13 アドレス不一致イベント出力 (SCI0_DCUF)

調歩同期式モード (マルチプロセッサモードを含む) において、DCCR.DCME ビットが 1 の場合、比較データ (CDR.CMPD) と受信データの 1 フレームが一致しなかったことを示します。このイベントは、スヌーズ終了要求に対してのみ使用可能です。詳細は、「10. 低消費電力モード」を参照してください。

27.14 ノイズ除去機能

図 27.98 にノイズ除去機能に用いるノイズフィルタの構成を示します。ノイズフィルタは 2 段のフリップフロップ回路と一致検出回路で構成されます。ノイズフィルタの入力信号と、2 段のフリップフロップ回路の出力信号が完全に一致したとき、一致したレベルが内部信号として伝えられます。一致しない場合は前の値が保持されます。ノイズフィルタのサンプリングクロックで、同じレベルが 3 サイクル以上保持された場合、有効な受信信号とみなされます。3 サイクルに達する前にパルスが変化した場合、それは受信信号ではなく、ノイズとみなされます。

調歩同期式モードでは、RXDn 端子に入力される受信信号にノイズ除去機能を使用できます。RXDn 端子の受信レベルは、調歩同期式モードの基本クロックを使用して、ノイズフィルタのフリップフロップ回路に取り込まれます。

- SEMR.ABCS = 0 かつ SEMR.ABCSE = 0 の場合、周期は 1 ビット期間の 1/16 となります。
- SEMR.ABCS = 1 かつ SEMR.ABCSE = 0 の場合、周期は 1 ビット期間の 1/8 となります。
- SEMR.ABCSE = 1 の場合、周期は 1 ビット期間の 1/6 となります。

簡易 IIC モードでは、SDAn 端子と SCLn 端子の各入力信号に、この機能を使用できます。サンプリングクロックは、ボーレートジェネレータの分周クロックの設定 SNFR.NFCS[2:0] ビットから選択されます。

ノイズフィルタが有効な状態で基本クロックをいったん停止させ、その後、基本クロック入力を再開させた場合、ノイズフィルタは、クロック停止時の状態から動作を再開します。基本クロックの入力中に SCR.TE ビットと SCR.RE ビットを 0 にすると、ノイズフィルタのフリップフロップ値はすべて 1 に初期化されます。したがって、受信再開時の入力データが 1 の場合は、レベル一致が検出されたと判断され、その結果が内部信号として伝えられます。入力レベルが 0 の場合は、サンプリングサイクルで連続して 3 回信号のレベルが一致するまで、ノイズフィルタの最初の出力値が保持されます。

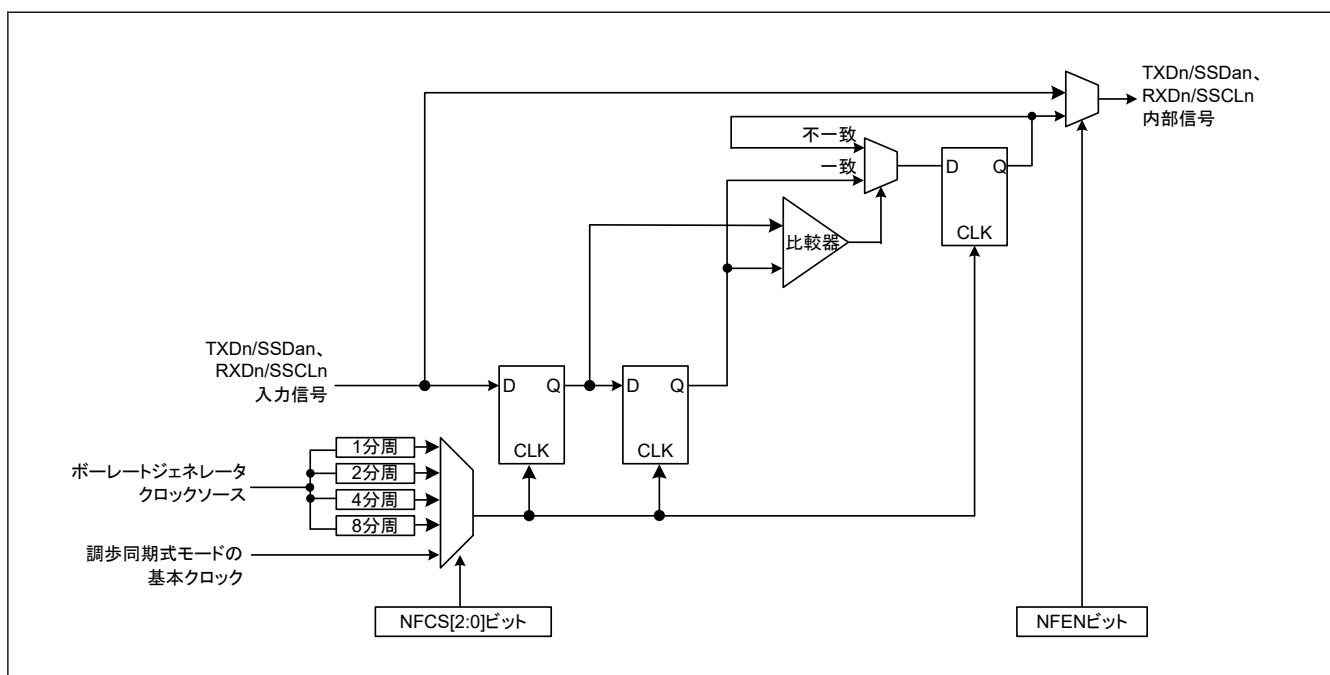


図 27.98 デジタルノイズフィルタ回路のブロック図

27.15 使用上の注意

27.15.1 モジュールストップ機能の設定

モジュールストップコントロールレジスタ B (MSTPCRB) により、SCI の動作禁止/許可を設定できます。SCI は、リセット後の初期状態では動作が停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細は、「10. 低消費電力モード」を参照してください。

27.15.2 低消費電力状態での SCI の動作について

(1) 送信

モジュールストップ状態を設定する場合、またはソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、TXDn 端子を汎用入出力ポート機能に切り替えた後、送信動作を停止 (SCR/SCR_SMCI レジスタの TIE、TE、TEIE ビットを 0) にしてください。入出力ポートを SCI 接続に設定すると、SPTR レジスタによって TXDn 端子状態の制御が可能になります。TE ビットを 0 にすることにより、TSR レジスタが初期化され、SSR/SSR_SMCI レジスタの TEND ビットは、1 にリセットされます (非 FIFO 選択時)。また、FIFO 選択時には値が保持されます。モジュールストップ状態またはソフトウェアスタンバイモードから復帰した後の出力端子の状態は、ポートの設定と SPTR レジスタの設定に依存し、低消費電力状態へ遷移する前のレベルを出力する場合があります。送信中に低消費電力状態へ遷移すると、送信中のデータは不定になります。

低消費電力状態を解除した後、同じ送信モードで送信する場合は、以下の手順を実行します。

1. TE ビットを 1 にします。
2. Read SSR/SSR_FIFO/SSR_SMCI.
3. 連続して TDR レジスタへの書き込みを行い、データ送信を開始します。

異なる送信モードで送信する場合は、SCI の初期化からやり直してください。

図 27.99 に、送信中にソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合のフローチャート例を示します。図 27.100 と図 27.101 に、ソフトウェアスタンバイモード遷移時のポートの端子状態を示します。

DTC 転送または DMAC 転送による送信モードから、モジュールストップ状態を設定する場合、またはソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、最初に、送信動作を停止 (TE ビットを 0) にしてください。低消費電力状態の解除後に DTC または DMAC による送信を開始する場合は、TE ビットを 1 にしてください。SCI_{In}_TXI 割り込みフラグが 1 になり、DTC または DMAC による送信が始まります。

(2) 受信

ウェイクアップ条件としてアドレス一致検出機能を使用しない場合

モジュールストップ状態を設定する場合、またはソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、最初に、受信動作を停止 (SCR/SCR_SMCI.RE ビットを 0) にしてください。受信中に遷移すると、受信中のデータは無効になります。

図 27.102 に、受信中にソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合のフローチャート例を示します。

ウェイクアップ条件としてアドレス一致検出機能を使用する場合

モジュールストップ状態を設定する場合、またはソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、以下の手順を実行します。

1. 低消費電力状態解除後の動作を設定します。
2. CDR.CMPD ビットと DCCR.DCME ビットを 1 にします。
3. 受信動作を許可 (SCR/SCR_SMCI.RE = 1) にします。
4. モジュールストップ状態またはソフトウェアスタンバイモードを設定します。

SCI が低消費電力モードへ遷移するとき、受信データ端子 (RXDn) が Low であれば、SEMR.RXDESEL を 0 にしてください。

SEMR.RXDESEL が 1 になっていると、低消費電力モードの解除時にスタートビット (RXDn 端子の立ち下がり) が検出されない可能性があります。

図 27.103 に、アドレス一致を用いて受信中にソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合のフロー例を示します。

SCI0 をスヌーズモードで使用する場合

SCI0 をスヌーズモードで使用する場合は、最大ビットレートなどのいくつかの制約事項があります。詳細は「10. 低消費電力モード」を参照してください。

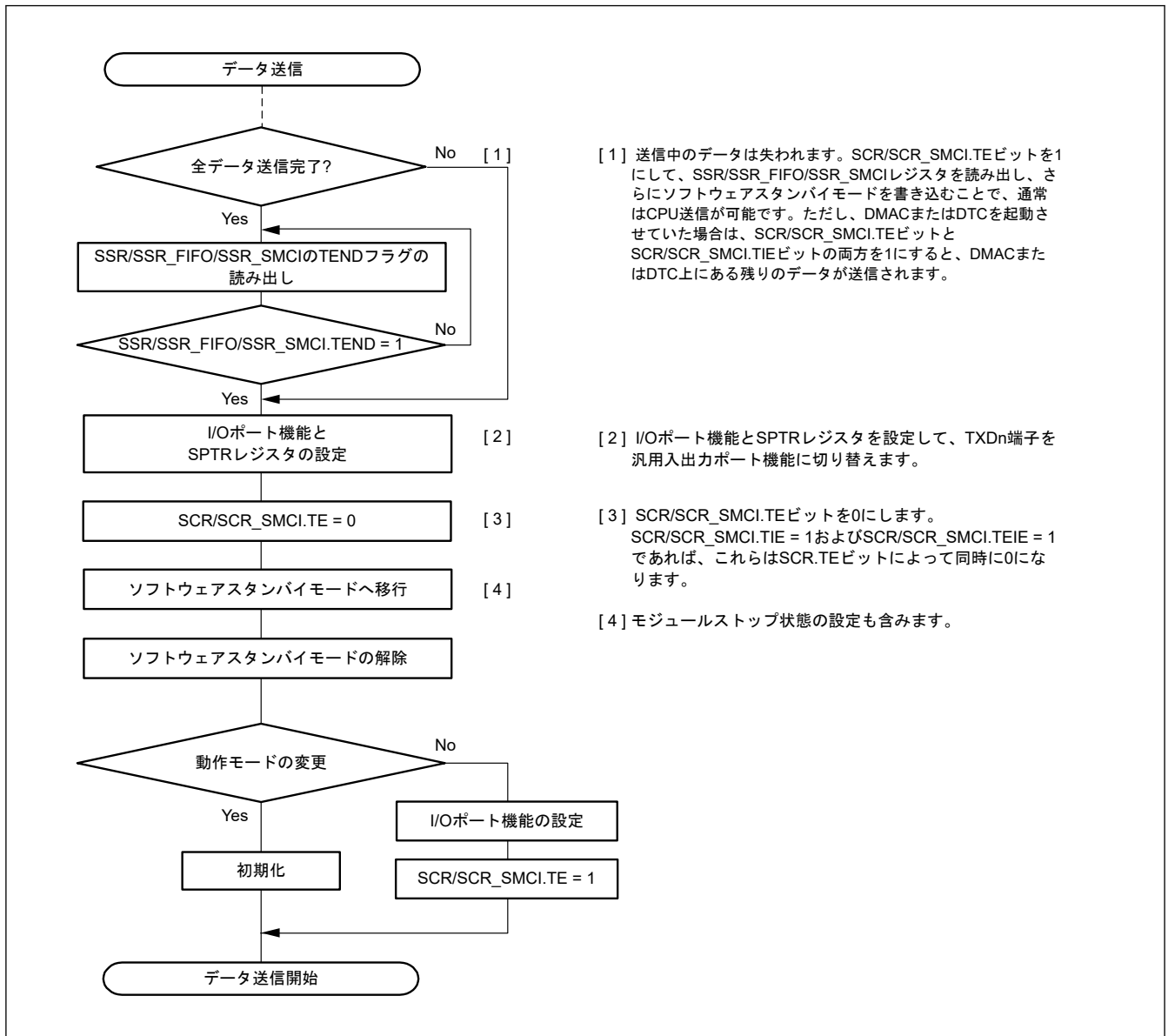


図 27.99 送信中にソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合のフローチャート例

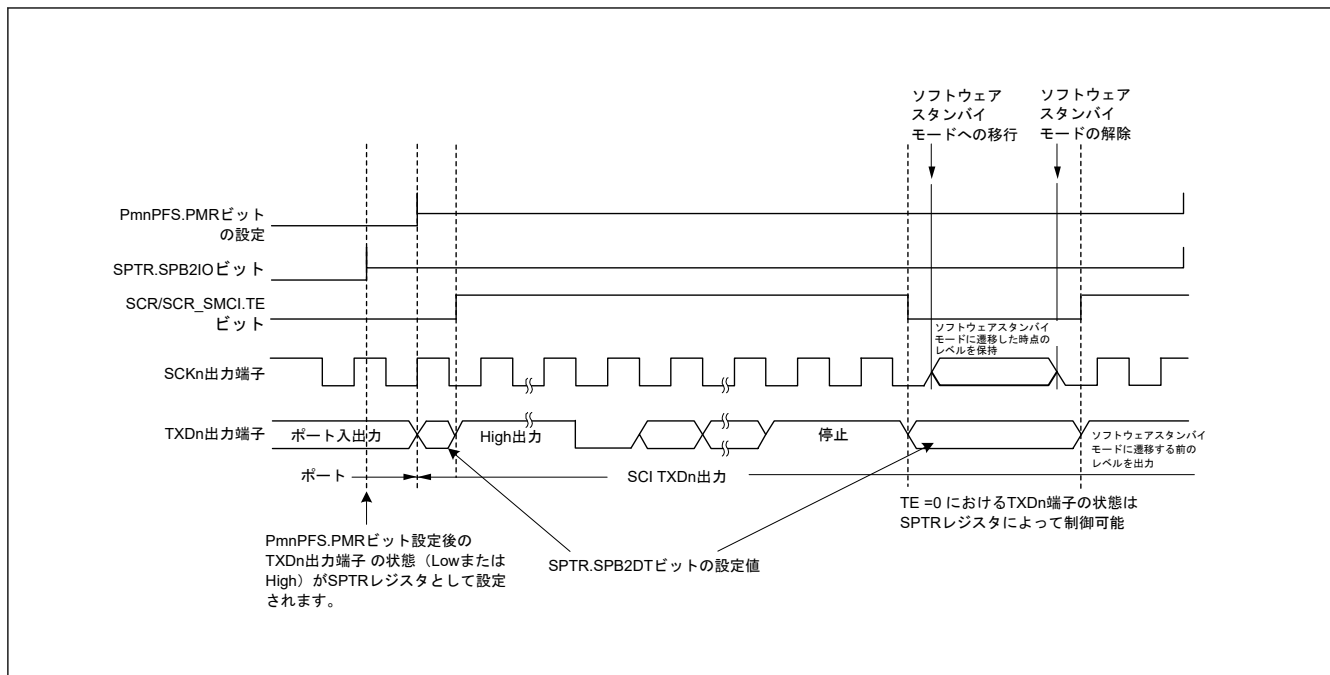


図 27.100 ソフトウェアスタンバイモード遷移中のポートの端子状態 (内部クロック、調歩同期式送信)

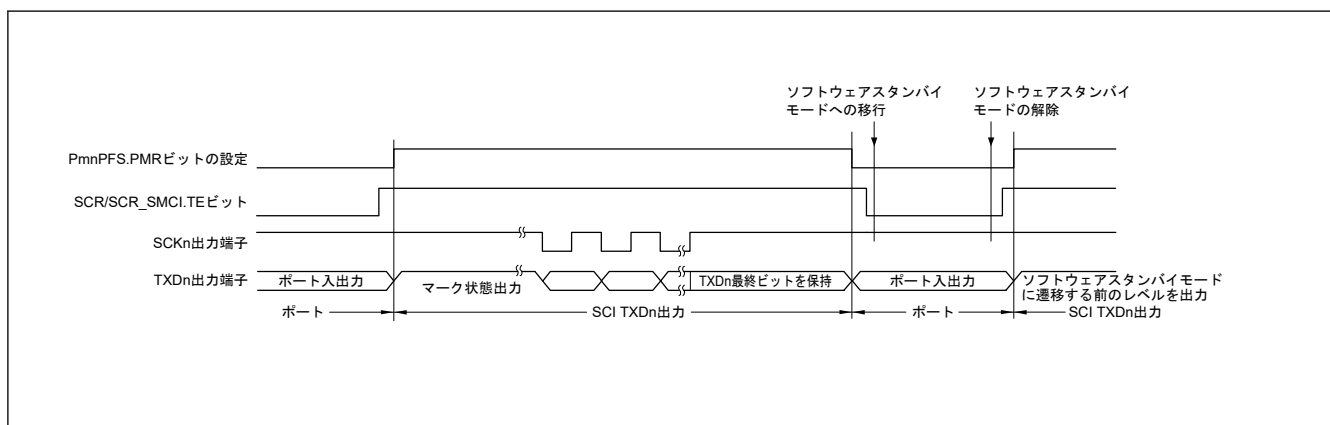


図 27.101 ソフトウェアスタンバイモード遷移中のポートの端子状態 (内部クロック、クロック同期式送信)

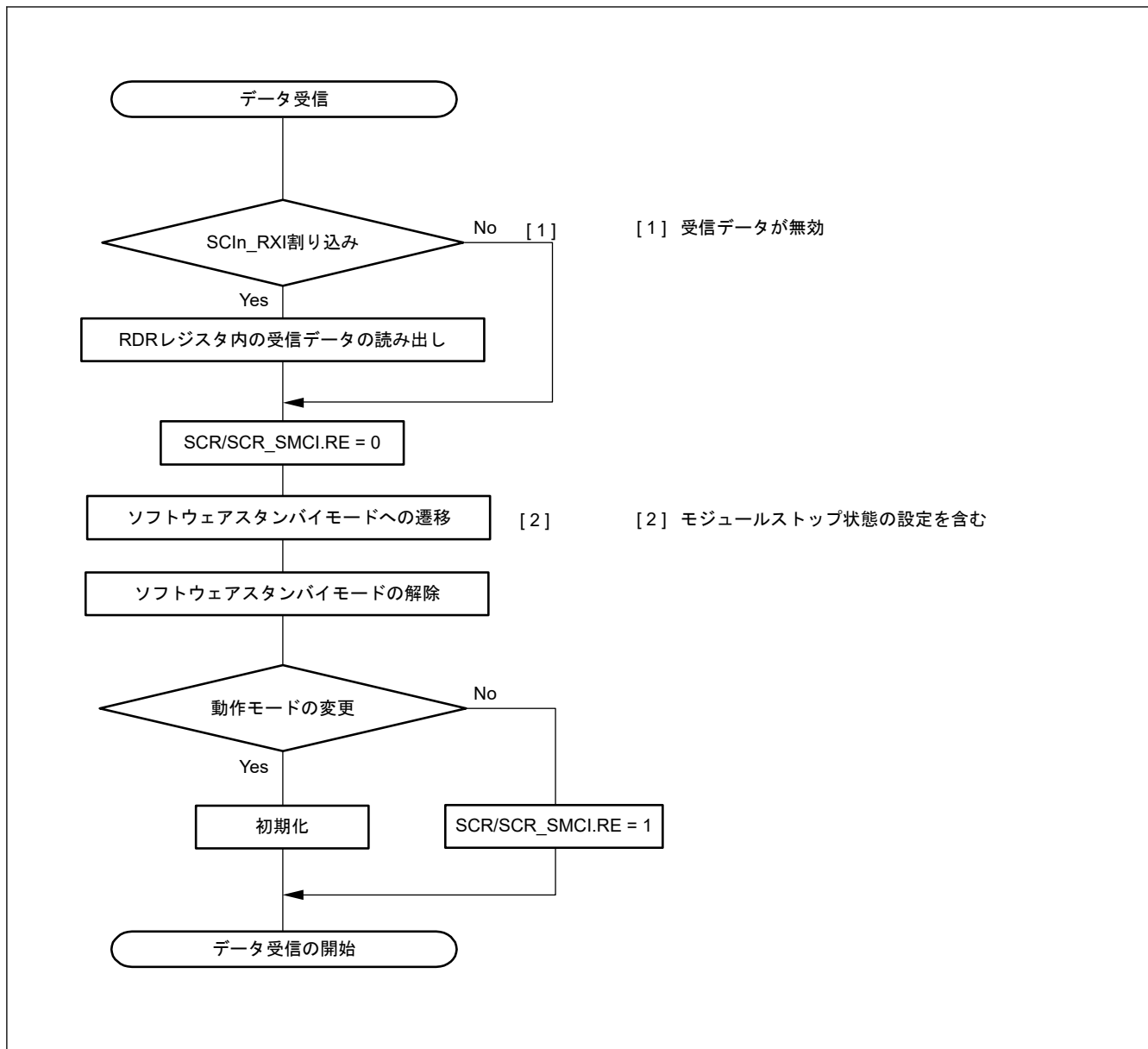


図 27.102 受信中にソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合のフローチャート例

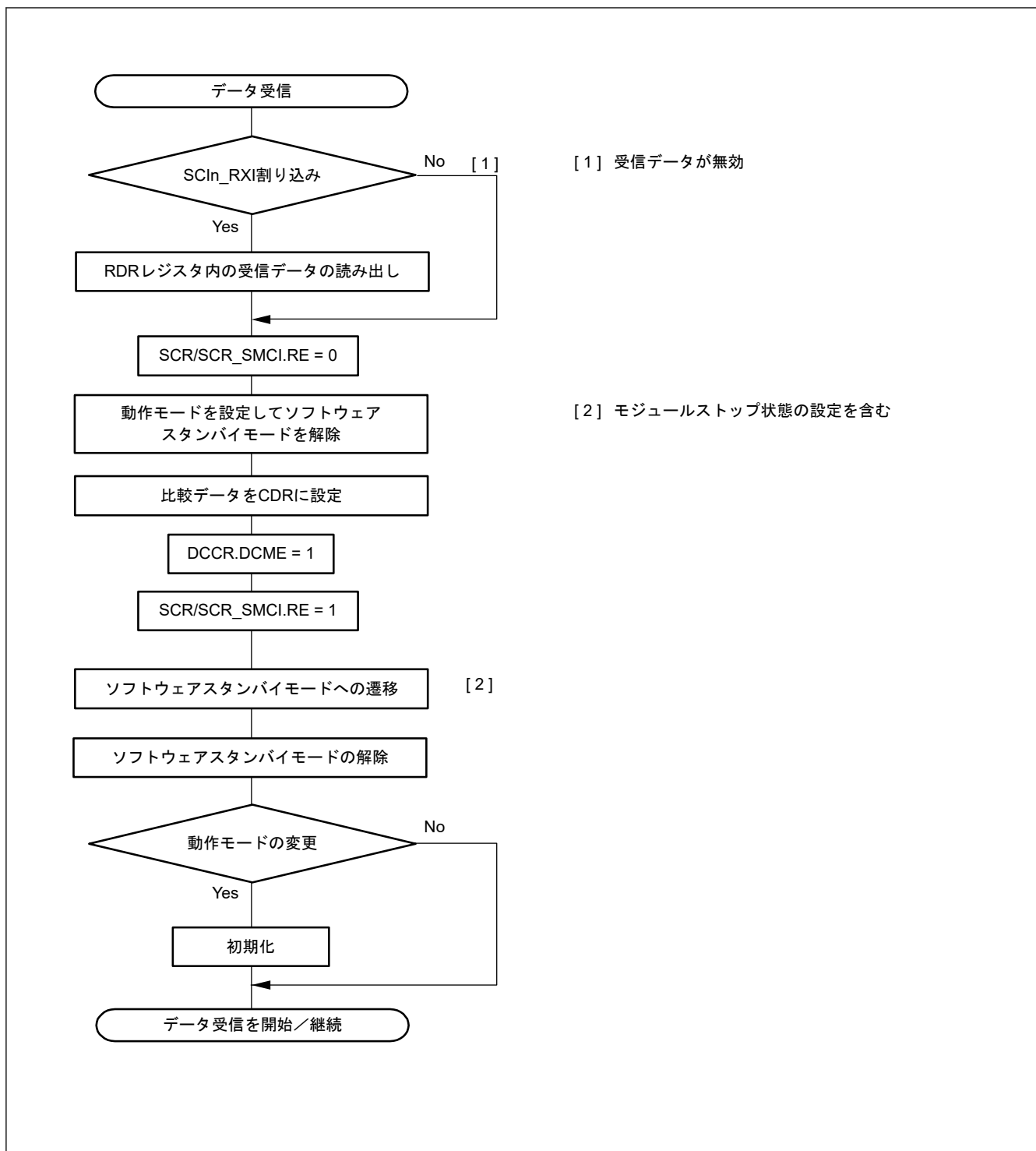


図 27.103 アドレス一致を用いて受信中にソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合のフローチャート例

27.15.3 ブレークの検出と処理について

(1) 非 FIFO 選択時

フレーミングエラー検出時に、RXDn 端子の値を直接読み出すことでブレークを検出できます。ブレークでは、RXDn 端子からの入力すべて 0 になるため、SSR.FER フラグが 1 (フレーミングエラーの発生あり) になり、さらに SSR.PER フラグも 1 (パリティエラーの発生あり) になる可能性があります。SCI は、ブレークを受信した後も受信動作を続けます。したがって、FER フラグを 0 (フレーミングエラーの発生なし) にしても、再び FER フラグが 1 になります。SEMR.RXDESEL ビットが 1 のとき、SCI は、SSR.FER フラグを 1 にして、次のデータフレームのスタートビットが検出されるまで、受信動作を停止します。このとき、SSR.FER フラグが 0 であれば、ブレーク中は SSR.FER フラグは 0 を保持します。

RXDn 端子が 1 になってブレークが終了した後、最初の RXDn 端子の立ち下がりエッジでスタートビットの先頭を検出すれば、受信動作を開始させることが可能です。

(2) FIFO 選択時

フレーミングエラーが検出された後、SCI によって 1 フレーム分の連続する受信データが 0 であることが検出された場合、受信動作が停止します。フレーミングエラー検出時に、SPTR.RXDMON フラグの値を読み出すことでブレークの検出が可能です。RXDn 信号が High になってブレークが終了した後、FRDRHL レジスタへのデータ受信が再開されます。

27.15.4 マーク状態とブレークの送出

SCR/SCR_SMCI.TE ビットが 0 (シリアル送信動作を禁止) のとき、SPTR.SPB2IO ビットと SPTR.SPB2DT ビットを用いて TXDn 端子状態の設定が可能です。この方法により、TXDn 端子をマーク状態にして、ブレークを送出できます。

SCR/SCR_SMCI.TE ビットを 1 (シリアル送信動作を許可) にする前に、SPB2IO ビットと SPB2DT ビットによって通信回線をマーク状態 (1 の状態) に設定し、I/O ポート機能を用いて TXDn 端子を変更してください。データ送信時にブレークを出力したいときは、SPB2IO ビットと SPB2DT ビットによって TXDn 端子を 0 出力に設定した後、I/O ポート機能を用いて TXDn 端子を変更し、SCR/SCR_SMCI.TE ビットを 0 にしてください。SCR/SCR_SMCI.TE ビットを 0 にすると、現在の送信状態とは無関係に送信部は初期化されます。

27.15.5 受信エラーフラグと送信動作について (クロック同期式モードおよび簡易 SPI モード)

受信エラーフラグ (SSR/SSR_FIFO.ORER) が 1 の状態では、TDR または FTDR^(注1) レジスタにデータを書き込んでも、送信は開始されません。送信を開始する前に、受信エラーフラグは必ず 0 にしてください。

注. SCR/SCR_SMCI.RE ビットを 0 (シリアル受信動作を禁止) にしても、受信エラーフラグは 0 になりません。

注 1. 簡易 SPI モードでは、FTDRH レジスタを使用しないでください。

27.15.6 クロック同期送信に関する制限事項 (クロック同期式モードおよび簡易 SPI モード)

同期クロックに外部クロックソースを使用する場合、以下の制限事項があります。

(1) 送信開始時

TDR レジスタへの送信データの書き込みから、外部クロック入力の開始まで、下記に示す以上の待機時間を確保してください。

1PCLK + スレーブのデータ出力遅延時間 (t_{DO}) + マスタのセットアップ時間 (t_{SU}) [図 27.104](#) を参照してください。

(2) 連続送信時

送信クロックのビット[7]の立ち下がりエッジ以前に、TDR または TDRHL レジスタに次の送信データを書き込んでください。[図 27.104](#) を参照してください。

ビット[7]送信開始以降に TDR レジスタを更新する場合は、同期クロックが Low の期間に TDR を更新し、かつ送信クロックの 7 ビット目の High 幅を、4PCLK サイクル以上にしてください。[図 27.104](#) を参照してください。

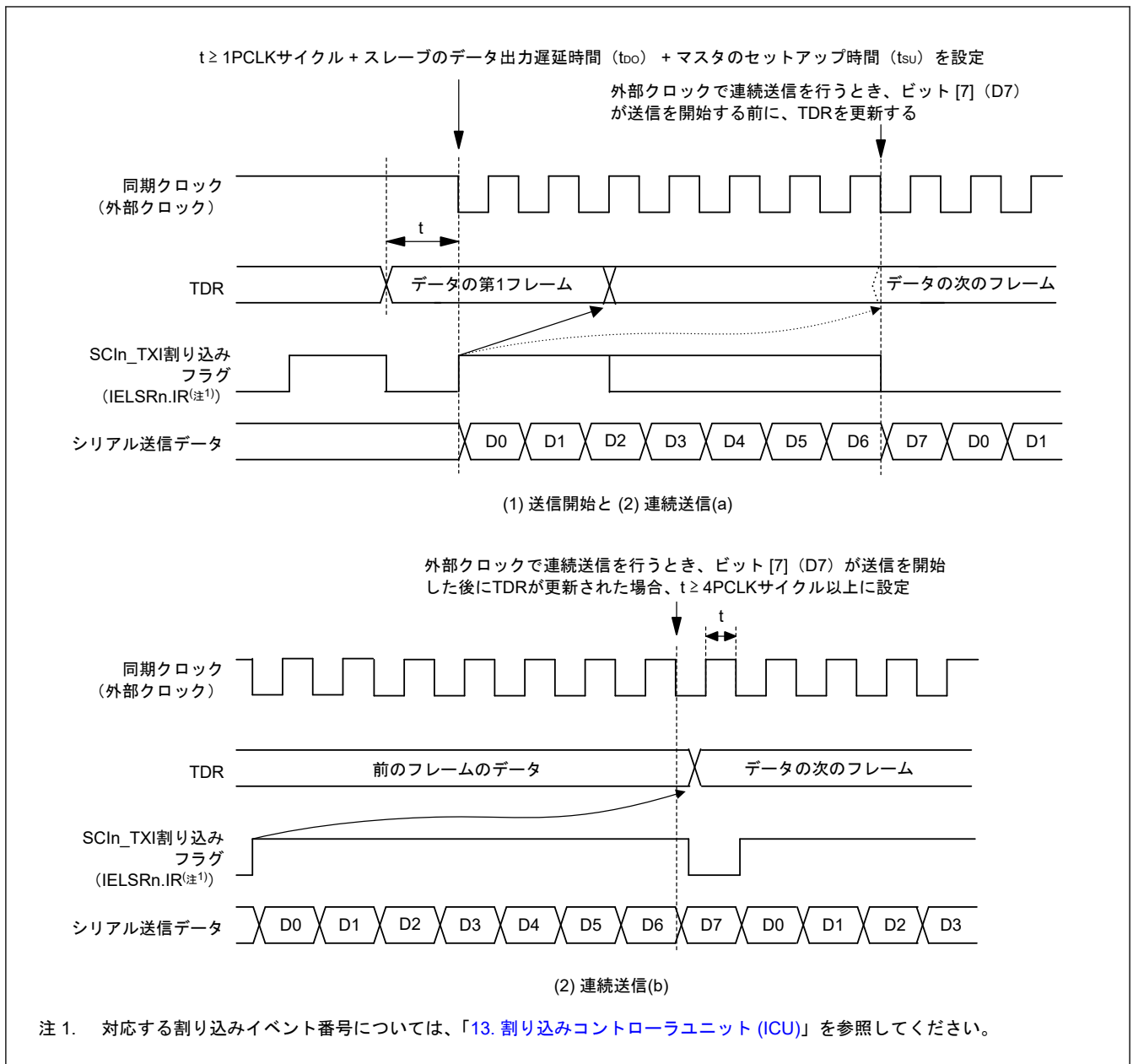


図 27.104 クロック同期式送信時の外部クロック使用に関する制約事項

27.15.7 DTC または DMAC 使用時の制約事項

DTC または DMAC による送受信動作中は、DTC または DMAC に転送データを設定しないでください。

(1) TDR (FTDRHL) レジスタへの書き込み

非 FIFO 選択時

TDR および TDRHL レジスタにデータを書き込むことが可能です。ただし、TDR または TDRHL レジスタに送信データが残っている状態で、TDR または TDRHL レジスタに新しいデータを書き込むと、残っていたデータは TSR レジスタへ転送されず、失われます。DTC または DMAC を使用する場合、TDR または TDRHL レジスタへの送信データの書き込みは、必ず SCIn_TXI 割り込み要求の処理ルーチンで行ってください。

FIFO 選択時

SCR.TE ビットが 1 の場合に、FTDRH および FTDRL レジスタにデータを書き込むことが可能です。FDR.T[4:0] ビットによって、書き込み可能なデータ数を確認してください。

(2) RDR (FRDRHL) レジスタからの読み出し

DTC または DMAC を用いて RDR および RDRHL レジスタを読み出すときは、対応する SCI の起動要因として、必ず受信データフル割り込み (SCI_n_RXI) を設定してください。

27.15.8 通信の開始に関する注意事項

通信開始時点で ICU の割り込みステータスフラグ (IELSR_n.IR フラグ) が 1 のときは、動作許可 (SCR/SCR_SMCI.TE ビットまたは SCR/SCR_SMCI.RE ビットを 1) にする前に、以下の手順で割り込み要求をクリアしてください。割り込みステータスフラグの詳細については、「[13. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。

1. 通信が停止していること (SCR/SCR_SMCI.TE ビットまたは SCR/SCR_SMCI.RE ビットが 0 になっていること) を確認します。
2. 対応する割り込み許可ビット (SCR/SCR_SMCI.TIE ビットまたは SCR/SCR_SMCI.RIE ビット) を 0 にします。
3. 対応する割り込み許可ビット (SCR/SCR_SMCI.TIE ビットまたは SCR/SCR_SMCI.RIE ビット) を読み出し、実際に 0 になっていることを確認します。
4. ICU の割り込みステータスフラグ (IELSR_n.IR フラグ) を 0 にします。

27.15.9 クロック同期式モードおよび簡易 SPI モードにおける外部クロック入力

クロック同期式モードと簡易 SPI モードでは、外部クロック SCK_n 入力を下記のように設定してください。

High パルス期間および Low パルス期間は 2PCLK 以上、周期は 6PCLK 以上

27.15.10 簡易 SPI モードに関する制限事項

(1) マスタモード

- SPMR.SSE ビットが 1 の場合、SPMR.CKPH ビットと CKPOL ビットで設定した送受信クロックの初期値に合わせて、クロック線を抵抗でプルアップまたはプルダウンしてください。
これによって、SCR.TE ビットを 0 にしたときにクロック線がハイインピーダンス状態になったり、SCR.TE ビットを 0 から 1 に変更したときにクロック線に意図しないエッジが発生したりするのを防止できます。シングルマスタモードで SPMR.SSE ビットが 0 の場合は、SCR.TE ビットを 0 にしてもクロック線はハイインピーダンスにならないので、プルアップまたはプルダウンは不要です。
- クロック遅れあり (SPMR.CKPH ビット = 1) では、[図 27.105](#) に示すように、SCK_n 端子の最終クロックエッジ手前のクロックエッジで受信データフル割り込み (SCI_n_RXI) が発生します。SCR レジスタの TE ビットと RE ビットを SCK_n 端子の最終クロックエッジより前に 0 にすると、SCK_n 端子出力がハイインピーダンスとなり、送受信クロックの最後のクロックパルス幅が短くなります。また、SCI_n_RXI 割り込みの発生によって、SCK_n 端子の最終クロックエッジより前に接続先スレーブの SS_n 端子入力信号が High になった場合、スレーブが誤動作する可能性があります。
- マルチマスタ構成では、キャラクタ転送中にモードフォルトエラーが発生すると、SS_n 端子入力が Low の間に、SCK_n 端子出力がハイインピーダンスとなり、接続先スレーブへの送受信クロック供給が停止します。送受信動作再開時のビットずれを回避するために、接続先スレーブの再設定を行ってください。

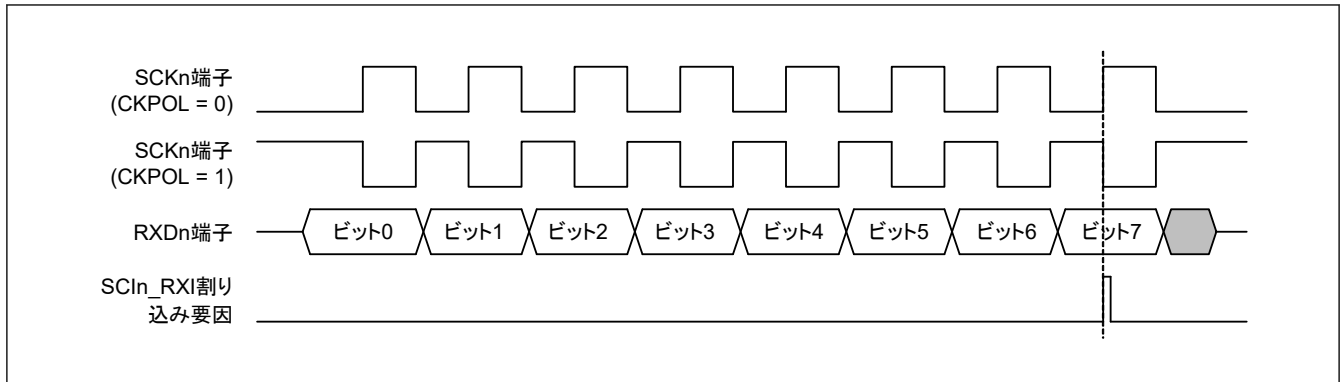


図 27.105 簡易 SPI モードにおける SCIIn_RXI 割り込みの発生タイミング (クロック遅れあり)

(2) スレーブモード

- TDR レジスタへの送信データの書き込みから、外部クロック入力の開始まで、下記に示す以上の待機時間を確保してください。
 $1PCLK + \text{スレーブのデータ出力遅延時間 (t}_{DO}) + \text{マスタのセットアップ時間 (t}_{SU})$
 また、SSn 端子への Low 入力から、外部クロック入力の開始までについても、 $5PCLK$ 以上の待機時間を確保してください。
- マスタからの外部クロックの供給は、転送データ長に合わせてください。
- SSn 端子入力は、データ転送開始前と完了後に制御してください。
- キャラクタの転送中に SSn 端子への入力レベルが Low から High に変化した場合は、SCR レジスタの TE ビットと RE ビットを 0 にして、設定を回復後に 1 バイト目から転送をやり直してください。

27.15.11 トランスミットイネーブルビット (SCR.TE) に関する注意事項

SCR.TE ビットが 0 のとき、初期レジスタ値において TXDn 端子出力が高インピーダンスになります。

したがって、以下のいずれかの方法により、TXDn ラインが高インピーダンスにならないようにしてください。

1. プルアップ抵抗を TXDn ラインに接続する。
2. SCR.TE ビットが 0 になる前に、端子機能を一般の入力ポートまたは出力ポートにする。SCR.TE ビットを 1 にした後、端子機能を TXDn に変更する。
3. 調歩同期式モードにおいて SCR.TE ビットが 0 の場合、SPTR を設定し、TXDn 端子に対して決定されたレベルを設定できます。

簡易 SPI モードのスレーブ動作では、RXDn 端子は上記 TXDn 端子と同様の動作をします。したがって 1 または 2 について同様に扱ってください。(3 は使用できません。)

27.15.12 調歩同期式モードで RTS 機能を使用した時の受信の停止について

調歩同期式モードにおいて、SCR.RE ビットを 0 に設定してから RTS 信号ジェネレータを停止するまでに PCLK の 1 クロックサイクルが必要です。

SCR.RE ビットを 0 に設定した後で RDR (または RDRL) レジスタから読み出すときは、これら 2 つの処理が続けて実行されることを防ぐために、RDR (または RDRL) レジスタから読み出す前に RE が 0 に設定されていることを確認してください。

28. I²C バスインタフェース (IIC)

28.1 概要

I²C バスインタフェース (IIC) は 1 チャンネルあります。IIC は、NXP 社の I²C バス (Inter-Integrated Circuit Bus) インタフェース方式に準拠しており、そのサブセット機能を備えています。

表 28.1 に IIC の仕様を、図 28.1 に IIC のブロック図を、図 28.2 に入出力端子の外部回路接続例 (I²C バス構成例) を示します。表 28.2 に IIC の入出力端子を示します。

表 28.1 IIC の仕様 (1/2)

項目	内容
通信フォーマット	<ul style="list-style-type: none"> I²C バスフォーマットまたは SMBus フォーマット マスタ/スレーブモードを選択可能 転送速度に応じたセットアップ時間、ホールド時間、バスフリー時間を自動確保
転送速度	<ul style="list-style-type: none"> ファストモードプラス対応 (~1 Mbps)
SCL クロック	マスタ動作時、SCL クロックのデューティ比を 4%~96% の範囲で設定可能
コンディション発行・コンディション検出	<ul style="list-style-type: none"> スタートコンディション/リスタートコンディション/ストップコンディションの自動生成 スタートコンディション (リスタートコンディション含む) /ストップコンディションの検出が可能
スレーブアドレス	<ul style="list-style-type: none"> 異なるスレーブアドレスを 3 種類まで設定可能 7 ビット/10 ビットアドレスフォーマット対応 (混在可能) ジェネラルコールアドレス検出、デバイス ID アドレス検出、SMBus のホストアドレス検出可能
アクリッジ応答	<ul style="list-style-type: none"> 送信時、アクリッジビットの自動ロード ノットアクリッジビット検出時に次送信データ転送の自動中断が可能 受信時、アクリッジビットの自動送付 8 クロック目と 9 クロック目の間にウェイトありを選択すると、受信値に応じたアクリッジビット値のソフトウェア制御が可能
ウェイト機能	受信時、SCL クロックの Low ホールドによる下記期間のウェイトが可能： <ul style="list-style-type: none"> 8 クロック目と 9 クロック目の間をウェイト 9 クロック目と次転送の 1 クロック目の間をウェイト
SDA 出力遅延機能	アクリッジ送信を含むデータ送信の出カタイミングを遅延させることが可能
アービトレーション	<ul style="list-style-type: none"> マルチマスタ対応 <ul style="list-style-type: none"> 他のマスタとの SCL クロック衝突時、SCL クロックの同期が可能 スタートコンディション発行がバスで競合した場合、SDA 内部信号と SDA ラインの状態の不一致によるアービトレーションロストを検出可能 マスタ動作時、SDA 内部信号と SDA ラインの状態の不一致によるアービトレーションロストを検出可能 バスビジー中のスタートコンディション発生によるアービトレーションロストを検出可能 (スタートコンディションの二重発行防止) ノットアクリッジビット送信時、SDA 内部信号と SDA ラインの状態の不一致によるアービトレーションロストを検出可能 スレーブ送信時、データの SDA 内部信号と SDA ラインの状態の不一致によるアービトレーションロストを検出可能
タイムアウト検出機能	SCL クロックの長時間停止を内部で検出
ノイズ除去	<ul style="list-style-type: none"> SCL および SDA 信号用のデジタルノイズフィルタ フィルタによるノイズ除去幅をプログラマブルに調整可能
割り込み要因	<ul style="list-style-type: none"> 通信エラーまたはイベント発生：アービトレーションロスト検出、NACK、タイムアウト、スタート/リスタートコンディション、またはストップコンディション 受信データフル (スレーブアドレス一致時含む) 送信データエンpty (スレーブアドレス一致時含む) 送信終了
モジュールストップ機能	モジュールストップ状態を設定して消費電力の削減が可能
IIC の動作モード	<ul style="list-style-type: none"> マスタ送信 マスタ受信 スレーブ送信 スレーブ受信

表 28.1 IIC の仕様 (2/2)

項目	内容
イベントリンク機能 (出力)	<ul style="list-style-type: none"> 通信エラーまたはイベント発生: アービトレーションロスト検出、NACK、タイムアウト、スタート/リスタートコンディション、またはストップコンディション 受信データフル (スレーブアドレス一致時含む) 送信データエンプティ (スレーブアドレス一致時含む) 送信終了
ウェイクアップ機能	CPU はウェイクアップイベントを使用して、ソフトウェアスタンバイモードから復帰可能
TrustZone フィルタ	セキュリティ属性を各チャンネルに設定可能

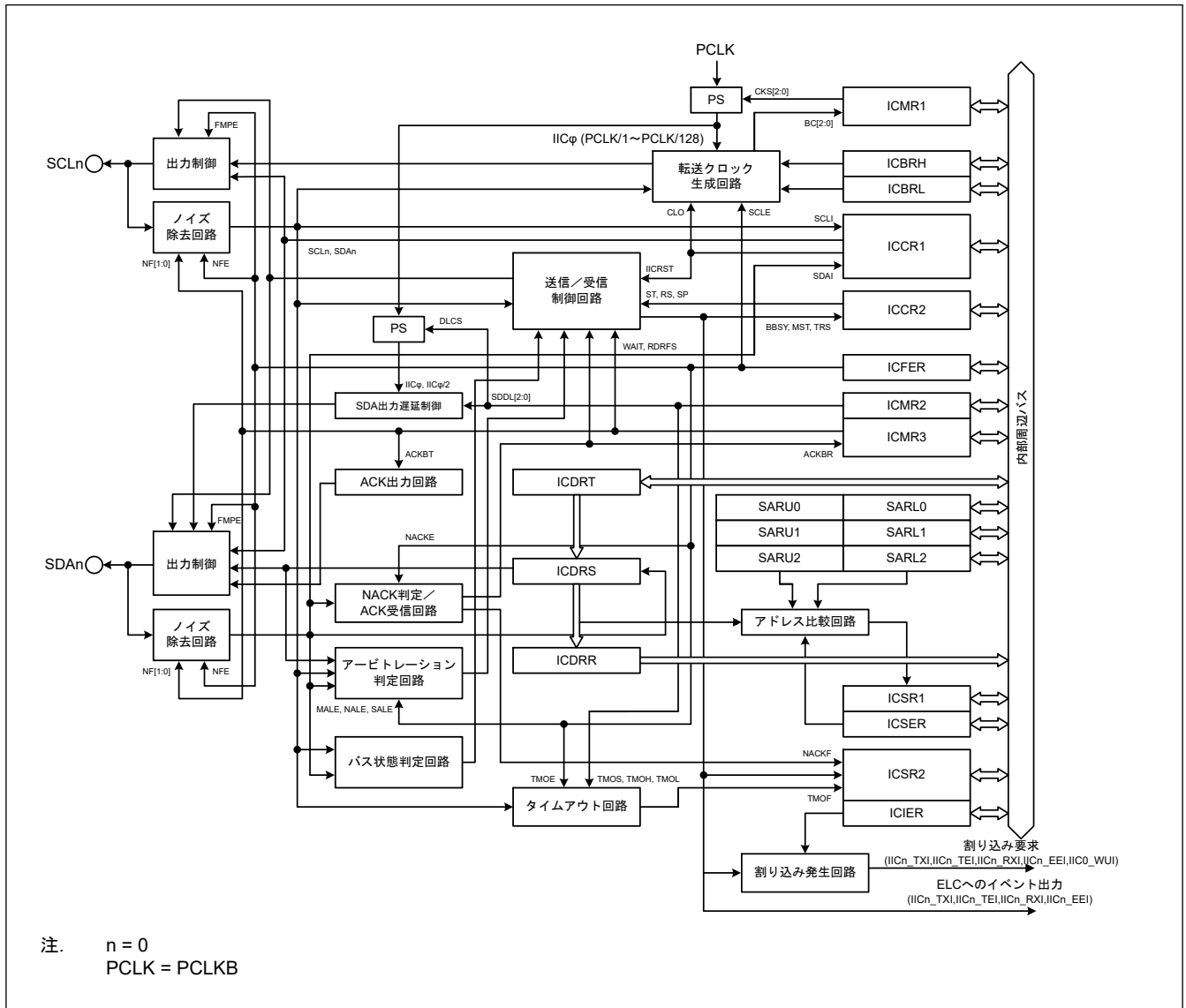


図 28.1 IIC のブロック図

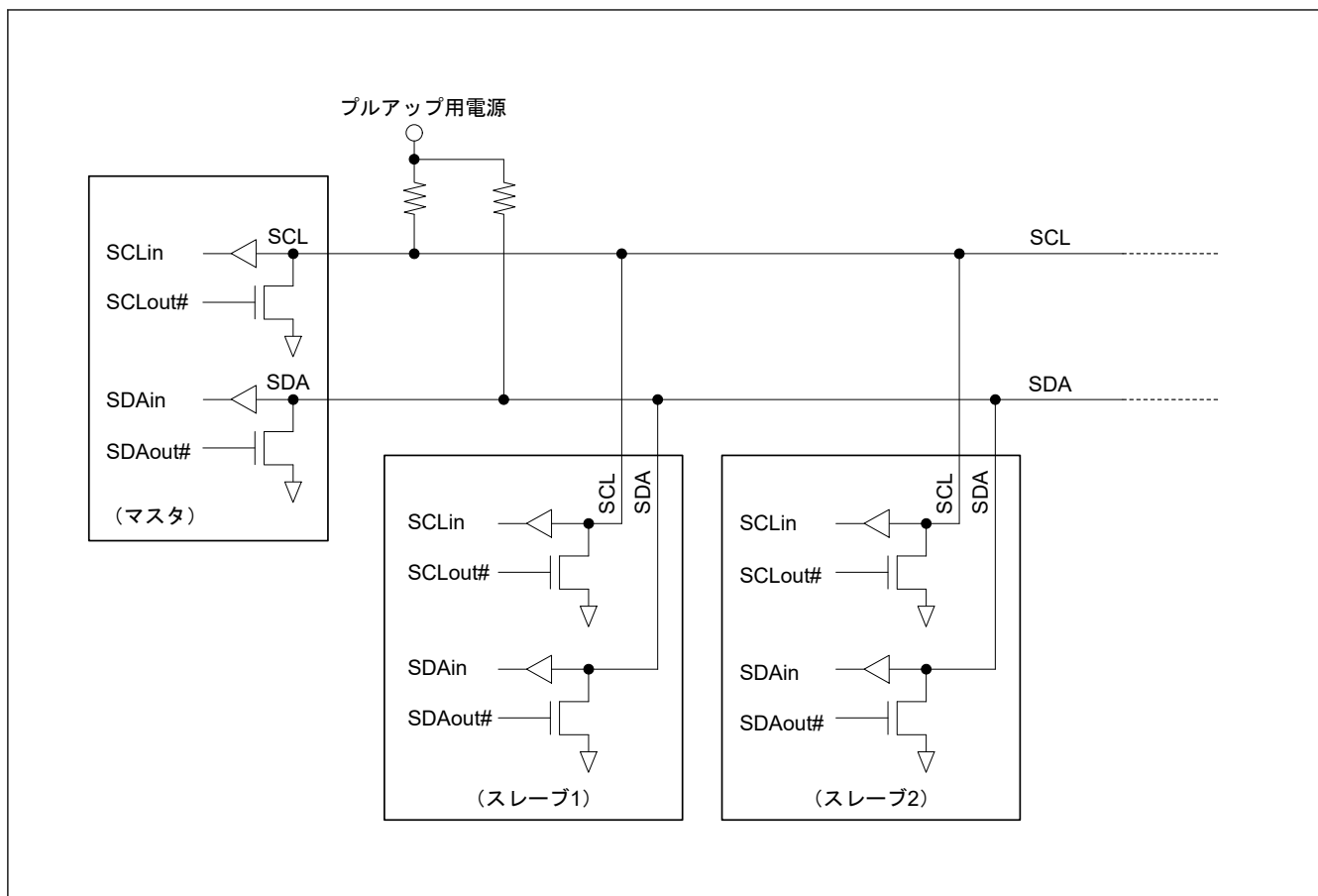


図 28.2 入出力端子の外部回路接続例 (I²C バス構成例)

IIC の各信号の入力レベルは、I²C バス選択時 (ICMR3.SMBS = 0) は CMOS レベルであり、SMBus 選択時 (ICMR3.SMBS = 1) は TTL レベルです。

表 28.2 IIC の入出力端子

チャンネル	端子名	入出力	機能
IICn	SCLn	入出力	IICn シリアルクロック入出力端子
	SDAn	入出力	IICn シリアルデータ入出力端子

注. n = 0

28.2 レジスタの説明

28.2.1 ICCR1 : I²C バスコントロールレジスタ 1

Base address: IIC0 = 0x4009_F000

Offset address: 0x00

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	ICE	IICRS _T	CLO	SOWP	SCLO	SDAO	SCLI	SDAI

Value after reset: 0 0 0 1 1 1 1 1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SDAI	SDAn ラインモニタフラグ 0: SDA0 ラインは Low 1: SDA0 ラインは High	R

ビット	シンボル	機能	R/W
1	SCLI	SCLn ラインモニタフラグ 0: SCL0 ラインは Low 1: SCL0 ラインは High	R
2	SDAO	SDA 出力制御/モニタ 0: 読み出し時 SDA0 端子を Low にしている 書き込み時 SDA0 端子を Low にする 1: 読み出し時 SDA0 端子を解放している 書き込み時 SDA0 端子を解放する	R/W
3	SCLO	SCL 出力制御/モニタ 外部プルアップ抵抗を使用して信号を High にしてください。 0: 読み出し時 SCLO 端子を Low にしている 書き込み時 SCLO 端子を Low にする 1: 読み出し時 SCLO 端子を解放している 書き込み時 SCLO 端子を解放する	R/W
4	SOWP	SCLO/SDAO ライトプロテクト 読むと 1 が読めます。 0: SCLO ビットおよび SDA0 ビットの書き込みを許可 1: SCLO ビットおよび SDA0 ビットの書き込みを禁止	W
5	CLO	SCL クロック追加出力 1 クロック出力後、自動的に 0 になります。 0: SCL クロックを追加で出力しない 1: SCL クロックを追加で出力する	R/W
6	IICRST	I ² C インタフェース内部リセット これにより、ビットカウンタをクリアし、SCLO/SDAO 出力ラッチを解除します。 0: IIC リセットまたは内部リセットを解除する 1: IIC リセットまたは内部リセットを行う	R/W
7	ICE	I ² C インタフェース許可 IICRST ビットとの組み合わせで、IIC リセット、または内部リセットを選択します。 0: 禁止 (SCLO および SDA0 端子は非駆動状態) 1: 許可 (SCLO および SDA0 端子は駆動状態)	R/W

SDAO ビット (SDA 出力制御/モニタ)、SCLO ビット (SCL 出力制御/モニタ)

SDAO ビットおよび SCLO ビットは、IIC から出力される SDA0 信号と SCLO 信号を直接操作します。これらのビットに書き込む場合は、SOWP ビットにも 0 を書いてください。これらのビットを設定すると、入力バッファを介して IIC に入力されます。スレーブモードに設定していると、ビットの設定によってはスタートコンディションを検出してバスを解放することがあります。

スタートコンディション、ストップコンディション、リスタートコンディションの期間中、または送受信中に、これらのビットを書き換えしないでください。これらの期間に書き換えた場合の動作は保証されません。これらのビットを読んだ場合は、そのとき IIC が出力している信号の状態が読めます。

CLO ビット (SCL クロック追加出力)

CLO ビットは、SCL クロックを 1 クロック単位で追加出力できるようにするもので、デバッグ時またはエラー処理時に使用します。通常は 0 にしてください。通常の通信状態でこのビットを 1 にすると、通信エラーの原因になります。この機能の詳細については、「[28.12.2. SCL クロック追加出力機能](#)」を参照してください。

IICRST ビット (I²C インタフェース内部リセット)

IICRST ビットは、IIC の内部状態をリセットします。このビットを 1 にすると、IIC リセットまたは内部リセットを起動できます。IIC リセットまたは内部リセットのどちらが起動するかは、ICE ビットとの組み合わせにより決定されます。表 28.3 に IIC のリセットの種類を示します。

IIC リセットでは、IIC の ICCR1.ICE ビットと ICCR1.IICRST ビットを除く全レジスタと内部状態が初期化されます。内部リセットでは、IIC の内部状態に加えて、以下を初期化します。

- ビットカウンタ (ICMR1.BC[2:0]ビット)
- I²C バスシフトレジスタ (ICDRS)
- I²C バスステータスレジスタ (ICSR1、ICSR2)
- SDAO、SCLO 出力制御/モニタ (ICCR1.SDAO ビット、ICCR1.SCLO ビット)

- I²C バスコントロールレジスタ 2 (ICCR2.BBSY ビットを除く)

各レジスタのリセット条件については、「[28.15. 各コンディション発行時のリセット、レジスタ、機能の状態](#)」を参照してください。

動作中に (ICE = 1 の状態で) IICRST ビットを 1 にして内部リセットを行うと、通信不具合によってバスや IIC がハングアップしたとき、ポートの設定と IIC のコントロールレジスタや設定レジスタを初期化することなく、IIC の内部状態がリセットされます。また、IIC が Low を出力したままハングアップした場合、内部状態をリセットすることで、Low 出力状態が解除され、SCL0 端子と SDA0 端子がハイインピーダンスの状態が解放されます。

注. スレーブモード時に、マスタデバイスとの通信中に生じたバスのハングアップに対して IICRST ビットで内部リセットを行うと、ビットカウンタ情報の差異が原因で、スレーブデバイスとマスタデバイスが異なる状態になることがあります。そのため、スレーブモード時には内部リセットは行わないでください。復帰処理はマスタデバイスから行うようにしてください。スレーブモード時に SCL0 ラインが Low 出力状態のまま IIC がハングアップしたため、内部リセットが必要になった場合は、内部リセット後にマスタデバイスからリスタートコンディションを発行するか、またはストップコンディションを発行して、スタートコンディションから通信をやり直してください。スレーブデバイスでのみ単独でリセットを行い、マスタデバイスからスタートコンディションまたはリスタートコンディション発行がないまま通信が再開されると、双方の動作状態に差異が生じたまま動作することになるため同期ズレの原因になります。

表 28.3 IIC のリセットの種類

IICRST	ICE	状態	内容
1	0	IIC リセット	IIC の ICCR1.IICRST ビットと ICCR1.ICE ビットを除く全レジスタと内部状態をリセット
	1	内部リセット	以下をリセット <ul style="list-style-type: none"> • ICMR1.BC[2:0]ビット • ICSR1, ICSR2, ICDRS レジスタ • SDAO、SCLO 出力制御/モニタ (ICCR1.SDAO ビット、ICCR1.SCLO ビット) • I²C バスコントロールレジスタ 2 (ICCR2.BBSY ビットを除く) • IIC の内部状態

ICE ビット (I²C インタフェース許可)

ICE ビットは、SCL0 および SDA0 端子の駆動状態/非駆動状態を選択します。また、IICRST ビットと組み合わせ、2 種類のリセットを起動できます。リセットの説明については、[表 28.3](#) を参照してください。

IIC を使用するときには、ICE ビットを 1 にしてください。ICE ビットを 1 にすると、SCL0 および SDA0 端子は駆動状態になります。IIC を使用しないときは、ICE ビットを 0 にしてください。ICE ビットを 0 にすると、SCL0 および SDA0 端子は非駆動状態になります。端子機能制御を設定するときに、SCL0 または SDA0 端子を IIC に割り当てないでください。これらの端子が IIC に割り当てられると、スレーブアドレス比較が行われます。

28.2.2 ICCR2 : I²C バスコントロールレジスタ 2

Base address: IIC0 = 0x4009_F000

Offset address: 0x01

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	BBSY	MST	TRS	—	SP	RS	ST	—
------------	------	-----	-----	---	----	----	----	---

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
1	ST	スタートコンディション発行要求 0: スタートコンディション要求を発行しない 1: スタートコンディション要求を発行する	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
2	RS	リスタートコンディション発行要求 0: リスタートコンディション要求を発行しない 1: リスタートコンディション要求を発行する	R/W
3	SP	ストップコンディション発行要求 0: ストップコンディション要求を発行しない 1: ストップコンディション要求を発行する	R/W
4	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
5	TRS	送信/受信モード 0: 受信モード 1: 送信モード	R/W(注1)
6	MST	マスタ/スレーブモード 0: スレーブモード 1: マスタモード	R/W(注1)
7	BBSY	バスビジー検出フラグ 0: I ² C バスは解放状態 (バスフリー状態) 1: I ² C バスは占有状態 (バスビジー状態)	R

注 1. ICMR1.MTWP ビットが 1 のとき、MST および TRS ビットへの書き込みが可能です。

ST ビット (スタートコンディション発行要求)

ST ビットは、マスタモードへの遷移を要求し、スタートコンディションを発行します。このビットを 1 にすると、BBSY フラグが 0 (バスフリー状態) のときに、スタートコンディションが発行されます。この機能の詳細については、「[28.11. スタートコンディション、リスタートコンディション、ストップコンディション発行機能](#)」を参照してください。

[1 になる条件]

- ST ビットに 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- ST ビットに 0 を書いたとき
- スタートコンディションが発行されたとき (スタートコンディションが検出されたとき)
- ICSR2.AL (アービトレーションロスト) フラグが 1 になったとき
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

注. BBSY フラグが 0 (バスフリー状態) のときに、ST ビットを 1 (スタートコンディション発行要求) にしてください。BBSY フラグが 1 (バスビジー状態) のときに、ST ビットを 1 (スタートコンディション要求) にすると、アービトレーションロストが発生する場合があります。

RS ビット (リスタートコンディション発行要求)

RS ビットは、マスタモード時にリスタートコンディションの発行を要求します。このビットを 1 にしてリスタートコンディションを要求すると、BBSY フラグが 1 (バスビジー状態) かつ MST ビットが 1 (マスタモード) のときに、リスタートコンディションが発行されます。この機能の詳細については、「[28.11. スタートコンディション、リスタートコンディション、ストップコンディション発行機能](#)」を参照してください。

[1 になる条件]

- ICCR2.BBSY フラグが 1 の状態で、RS ビットに 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- RS ビットに 0 を書いたとき
- リスタートコンディションが発行されたとき (スタートコンディションが検出されたとき)
- ICSR2.AL (アービトレーションロスト) フラグが 1 になったとき
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

注. ストップコンディション発行中に RS ビットを 1 にしないでください。

注. スレーブモードで RS ビットを 1 (リスタートコンディション要求) にすると、リスタートコンディションは発行されず、RS ビットは 1 のままになります。RS ビットがクリアされていない状態で動作モードをマスタモードに変更すると、リスタートコンディションが発行される場合があります。

SP ビット (ストップコンディション発行要求)

SP ビットは、マスタモード時にストップコンディションの発行を要求します。このビットを 1 にすると、BBSY フラグが 1 (バスビジー状態) かつ MST ビットが 1 (マスタモード) のときに、ストップコンディションが発行されます。この機能の詳細については、「[28.11. スタートコンディション、リスタートコンディション、ストップコンディション発行機能](#)」を参照してください。

[1 になる条件]

- ICCR2.BBSY フラグと ICCR2.MST ビットが両方とも 1 の状態で、SP ビットに 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- SP ビットに 0 を書いたとき
- ストップコンディションが発行されたとき (ストップコンディションが検出されたとき)
- ICSR2.AL (アービトレーションロスト) フラグが 1 になったとき
- スタートコンディションおよびリスタートコンディションが検出されたとき
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

注. BBSY フラグが 0 (バスフリー状態) のとき、SP ビットへの書き込みはできません。

注. リスタートコンディション発行中に SP ビットを 1 にしないでください。

TRS ビット (送信/受信モード)

TRS ビットは、送信モードであるか、受信モードであるかを示します。IIC は、TRS ビットが 0 のときは受信モード、1 のときは送信モードになります。このビットと MST ビットの組み合わせで IIC の動作モードを示します。

スタートコンディションの発行または検出時、および R/W# ビットの設定時に、TRS ビット値は自動的に 1 (送信モード) または 0 (受信モード) に変化します。ICMR1.MTWP ビットが 1 のとき、TRS ビットへ書き込むことは可能ですが、通常の使用時は、書き込む必要はありません。

[1 になる条件]

- スタートコンディション要求によってスタートコンディションが正常に発行されたとき (ST ビットが 1 の状態で、スタートコンディションが検出されたとき)
- リスタートコンディション要求によってリスタートコンディションが正常に発行されたとき (RS ビットが 1 の状態で、リスタートコンディションが検出されたとき)
- マスタモード時、スレーブアドレスに付加した R/W# ビットが 0 になったとき
- スレーブモードで受信したアドレスが ICSEI レジスタで有効にしたアドレスと一致し、かつ R/W# ビットが 1 になったとき
- ICMR1.MTWP ビットが 1 の状態で、TRS ビットに 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- ストップコンディションが検出されたとき
- ICSR2.AL (アービトレーションロスト) フラグが 1 になったとき
- マスタモード時、スレーブアドレスに付加した R/W# ビットが 1 になったとき
- スレーブモード時、受信したアドレスが ICSEI レジスタで有効にしたアドレスと一致し、かつ受信した R/W# ビットの値が 0 のとき (ジェネラルコールアドレスを受信した場合を含む)
- スレーブモード時、リスタートコンディションが検出されたとき (ICCR2.BBSY = 1、ICCR2.MST = 0 の状態でスタートコンディションが検出されたとき)
- ICMR1.MTWP ビットが 1 の状態で、TRS ビットに 0 を書いたとき
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

MST ビット (マスタ/スレーブモード)

MST ビットは、マスタモードであるか、スレーブモードであるかを示します。IIC は、MST ビットが 0 のときはスレーブモード、1 のときはマスタモードになります。MST ビットと TRS ビットの組み合わせで IIC の動作モードを示します。

スタートコンディションの発行時、あるいはストップコンディションの発行または検出時、MST ビットの値は自動的に 1 (マスタモード) または 0 (スレーブモード) に変化します。ICMR1.MTWP ビットが 1 のとき、MST ビットへ書き込むことは可能ですが、通常の使用時は、書き込む必要はありません。

[1 になる条件]

- スタートコンディション要求によってスタートコンディションが正常に発行されたとき (ST ビットが 1 の状態で、スタートコンディションが検出されたとき)
- ICMR1.MTWP ビットが 1 の状態で、MST ビットに 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- ストップコンディションが検出されたとき
- ICSR2.AL (アービトレーションロスト) フラグが 1 になったとき
- ICMR1.MTWP ビットが 1 の状態で、MST ビットに 0 を書いたとき
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

BBSY フラグ (バスビジー検出フラグ)

BBSY フラグは、I²C バスが占有されているか (バスビジー状態)、解放されているか (バスフリー状態) を示します。SCL0 ラインが High のときに SDA0 ラインが High から Low に変化すると、スタートコンディションが発行されたとみなされて、このフラグは 1 になります。バスフリー時間 (ICBRL レジスタの設定) スタートコンディションが検出されないと、ストップコンディションが発行されたとみなされて、このフラグは 0 になります。

[1 になる条件]

- スタートコンディションが検出されたとき

[0 になる条件]

- ストップコンディション検出後、バスフリー時間 (ICBRL レジスタの設定) スタートコンディションが検出されないとき
- ICCR1.ICE ビットが 0 の状態で、ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いたとき (IIC リセット)

28.2.3 ICMR1 : I²C バスモードレジスタ 1

Base address: IIC0 = 0x4009_F000

Offset address: 0x02

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	MTWP		CKS[2:0]		BCWP	BC[2:0]		
Value after reset:	0	0	0	0	1	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	BC[2:0]	ビットカウンタ 000: 9ビット 001: 2ビット 010: 3ビット 011: 4ビット 100: 5ビット 101: 6ビット 110: 7ビット 111: 8ビット	R/W(注1)

ビット	シンボル	機能	R/W
3	BCWP	BC ライトプロテクト 読むと 1 が読めます。 0: BC[2:0]ビットの書き込み許可 1: BC[2:0]ビットの書き込み禁止	W(注1)
6:4	CKS[2:0]	内部基準クロック選択 IIC の内部基準クロックソース (IICφ) を選択します。 IICφ = (PCLKB / 2 ^{CKS[2:0]}) クロック	R/W
7	MTWP	MST/TRS ライトプロテクト 0: ICCR2.MST、TRS ビットの書き込み禁止 1: ICCR2.MST、TRS ビットの書き込み許可	R/W

注 1. BC[2:0]ビットを書き換える場合は、同時に BCWP ビットを 0 にしてください。

BC[2:0]ビット (ビットカウンタ)

BC[2:0]ビットは、SCL0 ラインの立ち上がりエッジの検出時に、残りの転送ビット数を示すカウンタです。BC[2:0]ビットは読み出しおよび書き込みは可能ですが、通常はこれらのビットへのアクセスは不要です。

なお、これらのビットへ書き込む場合は、SCL0 ラインが Low の状態で、転送するデータのビット数+1 (追加のアクノリッジビット分) を転送フレーム間で指定してください。BC[2:0]ビットの値は、アクノリッジビットを含むデータ転送の終了時、あるいはスタートコンディション/リスタートコンディションの検出時に 000b に戻ります。

28.2.4 ICMR2 : I²C バスモードレジスタ 2

Base address: IIC0 = 0x4009_F000

Offset address: 0x03

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	DLCS	SDDL[2:0]	—	TMOH	TMOL	TMOS
------------	------	-----------	---	------	------	------

Value after reset: 0 0 0 0 0 1 1 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	TMOS	タイムアウト検出時間選択 0: ロングモードを選択 1: ショートモードを選択	R/W
1	TMOL	タイムアウト L カウント制御 0: SCL0 ラインが Low のときカウントを禁止 1: SCL0 ラインが Low のときカウントを許可	R/W
2	TMOH	タイムアウト H カウント制御 0: SCL0 ラインが High のときカウントを禁止 1: SCL0 ラインが High のときカウントを許可	R/W
3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6:4	SDDL[2:0]	SDA 出力遅延カウンタ 0 0 0: 出力遅延なし 0 0 1: IICφ の 1 サイクル (ICMR2.DLCS = 0 (IICφ) のとき) IICφ の 1 または 2 サイクル (ICMR2.DLCS = 1 (IICφ/2) のとき) 0 1 0: IICφ の 2 サイクル (ICMR2.DLCS = 0 (IICφ) のとき) IICφ の 3 または 4 サイクル (ICMR2.DLCS = 1 (IICφ/2) のとき) 0 1 1: IICφ の 3 サイクル (ICMR2.DLCS = 0 (IICφ) のとき) IICφ の 5 または 6 サイクル (ICMR2.DLCS = 1 (IICφ/2) のとき) 1 0 0: IICφ の 4 サイクル (ICMR2.DLCS = 0 (IICφ) のとき) IICφ の 7 または 8 サイクル (ICMR2.DLCS = 1 (IICφ/2) のとき) 1 0 1: IICφ の 5 サイクル (ICMR2.DLCS = 0 (IICφ) のとき) IICφ の 9 または 10 サイクル (ICMR2.DLCS = 1 (IICφ/2) のとき) 1 1 0: IICφ の 6 サイクル (ICMR2.DLCS = 0 (IICφ) のとき) IICφ の 11 または 12 サイクル (ICMR2.DLCS = 1 (IICφ/2) のとき) 1 1 1: IICφ の 7 サイクル (ICMR2.DLCS = 0 (IICφ) のとき) IICφ の 13 または 14 サイクル (ICMR2.DLCS = 1 (IICφ/2) のとき)	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
7	DLCS	SDA 出力遅延クロックソース選択 0: SDA 出力遅延カウンタのクロックソースに内部基準クロック (IICφ) を選択 1: SDA 出力遅延カウンタのクロックソースに内部基準クロックの 2 分周 (IICφ/2) を選択(注1)	R/W

注 1. DLCS = 1 (IICφ/2) の設定は、SCL が Low のときのみに有効です。SCL が High のとき、DLCS = 1 の設定は無効となり、クロックソースは内部基準クロック (IICφ) となります。

TMOS ビット (タイムアウト検出時間選択)

TMOS ビットは、タイムアウト検出機能が有効 (ICFER.TMOE = 1) の場合に、タイムアウト検出時間としてロングモードまたはショートモードを選択します。このビットを 0 にすると、ロングモードが選択され、1 にすると、ショートモードが選択されます。ロングモードでは、タイムアウト検出用の内部カウンタが 16 ビットカウンタとして機能します。ショートモードでは、このカウンタが 14 ビットカウンタとして機能します。SCL0 ラインが、このカウンタを TMOH ビットと TMOL ビットの指定通り動作させる状態にあるとき、このカウンタは内部基準クロック (IICφ) をカウントソースとしてアップカウントを行います。タイムアウト検出機能の詳細については、「[28.12.1. タイムアウト検出機能](#)」を参照してください。

TMOL ビット (タイムアウト L カウント制御)

TMOL ビットは、SCL0 ラインが Low ホールドであり、かつタイムアウト検出機能が有効 (ICFER.TMOE = 1) のときに、タイムアウト検出機能の内部カウンタによるカウントアップを許可または禁止します。

TMOH ビット (タイムアウト H カウント制御)

TMOH ビットは、SCL0 ラインが High ホールドであり、かつタイムアウト検出機能が有効 (ICFER.TMOE = 1) のときに、タイムアウト検出機能の内部カウンタによるカウントアップを許可または禁止します。

SDDL[2:0] ビット (SDA 出力遅延カウンタ)

SDDL[2:0] ビットを使用して、SDA 出力を遅延させることができます。SDA 出力遅延カウンタは、DLCS ビットで選択したクロックソースで動作します。この機能の設定値は、アクノリッジビット送出を含むすべての種類の SDA 出力に適用されます。

SDA 出力遅延時間は、データ有効時間/アクノリッジ有効時間(注1)に対する I²C バス規格、または SMBus 規格を満たすように、「データホールド時間 (300 ns 以上+SCL クロックの Low 幅) - データセットアップ時間 (250 ns)」の範囲内で設定してください。規格外に設定すると、デバイス間の通信に誤動作を引き起こすか、バスの状態によってはスタートコンディションまたはストップコンディションを誤って表示することがあります。

この機能の詳細については、「[28.5. SDA 出力遅延機能](#)」を参照してください。

注 1. データ有効時間/アクノリッジ有効時間

3450 ns (~100 kbps) : スタンダードモード (Sm)

900 ns (~400 kbps) : ファストモード (Fm)

450 ns (~1 Mbps) : ファストモードプラス (Fm+)

28.2.5 ICMR3 : I²C バスモードレジスタ 3

Base address: IIC0 = 0x4009_F000

Offset address: 0x04

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	SMBS	WAIT	RDRF S	ACKW P	ACKB T	ACKB R	NF[1:0]	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	NF[1:0]	ノイズフィルタ段数選択 0 0: 1IICφ サイクル以下のノイズを除去 (フィルタは 1 段) 0 1: 2IICφ サイクル以下のノイズを除去 (フィルタは 2 段) 1 0: 3IICφ サイクル以下のノイズを除去 (フィルタは 3 段) 1 1: 4IICφ サイクル以下のノイズを除去 (フィルタは 4 段)	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
2	ACKBR	受信アクリッジ 0: アクリッジビットに0を受信 (ACK 受信) 1: アクリッジビットに1を受信 (NACK 受信)	R
3	ACKBT	送信アクリッジ 0: アクリッジビットに0を送出 (ACK 送信) 1: アクリッジビットに1を送出 (NACK 送信)	R/W ^(注1)
4	ACKWP	ACKBT ライトプロテクト 0: ACKBT ビットの書き込み禁止 1: ACKBT ビットの書き込み許可	R/W
5	RDRFS	RDRF フラグセットタイミング選択 Low ホールドはACKBT ビットへの書き込みで解除されます。 0: SCL クロックの9クロック目の立ち上がりでRDRF フラグをセット、8クロック目の立ち下がりでSCLn ラインのLow ホールドを行わない 1: SCL クロックの8クロック目の立ち上がりでRDRF フラグをセット、8クロック目の立ち下がりでSCLn ラインのLow ホールドを行う	R/W ^(注2)
6	WAIT	Low ホールドはICDRR レジスタの読み出しで解除されます。 0: ウェイトなし (9クロック目と1クロック目の間でSCLn のLow ホールドを行わない) 1: ウェイトあり (9クロック目と1クロック目の間でSCLn のLow ホールドを行う)	R/W ^(注2)
7	SMBS	SMBus/I ² C バス選択 0: I ² C バスを選択 1: SMBus を選択	R/W

注 1. ACKBT ビットに書き込む場合は、ACKWP ビットが1の状態であるときにのみ行ってください。ACKWP ビットとACKBT ビットに同時に1を書き込んでも、ACKBT ビットは1になりません。

注 2. WAIT ビットとRDRFS ビットは、受信モードでのみ有効 (送信モードでは無効) です。

NF[1:0]ビット (ノイズフィルタ段数選択)

NF[1:0]ビットは、デジタルノイズフィルタの段数を選択します。デジタルノイズフィルタ機能の詳細については、「[28.6. デジタルノイズフィルタ回路](#)」を参照してください。

注. ノイズフィルタで除去するノイズ幅は、SCL0 ラインのHigh 幅またはLow 幅よりも狭くなるように設定してください。ノイズ幅の設定が [SCL クロックの幅: High 幅またはLow 幅のいずれか短い方] - [1.5 内部基準クロック (IIC ϕ) サイクル+アナログノイズフィルタ: 120 ns (参考値)] の値以上の場合、SCL クロックはノイズとみなされ、IIC が正常に動作しない可能性があります。

ACKBR ビット (受信アクリッジ)

ACKBR ビットは、送信モード時に受信デバイスから受け取ったアクリッジビットの内容を格納します。

[1 になる条件]

- ICCR2.TRS ビットが1の状態、アクリッジビットに1を受信したとき

[0 になる条件]

- ICCR2.TRS ビットが1の状態、アクリッジビットに0を受信したとき
- ICCR1.ICE ビットが0の状態、ICCR1.IICRST ビットに1を書いたとき (IIC リセット)

ACKBT ビット (送信アクリッジ)

ACKBT ビットは、受信モード時に送られるアクリッジビットを設定します。

[1 になる条件]

- ACKWP ビットが1の状態、このビットに1を書いたとき

[0 になる条件]

- ACKWP ビットが1の状態、このビットに0を書いたとき
- ストップコンディションの発行が検出されたとき (ICCR2.SP ビットが1の状態、ストップコンディションが検出されたとき)
- ICCR1.ICE ビットが0の状態、ICCR1.IICRST ビットに1を書いたとき (IIC リセット)

ACKWP ビット (ACKBT ライトプロテクト)

ACKWP ビットは、ACKBT ビットの書き込みを制御します。

RDRFS ビット (RDRF フラグセットタイミング選択)

RDRFS ビットは、受信モード時の RDRF フラグのセットタイミングと、SCL クロックの 8 クロック目の立ち下がりや SCL0 ラインの Low ホールドを行うかどうかを選択します。

RDRFS ビットが 0 のとき、SCL クロックの 8 クロック目の立ち下がりや SCL0 ラインの Low ホールドは行わず、SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりや RDRF フラグを 1 にします。

RDRFS ビットが 1 のとき、SCL クロックの 8 クロック目の立ち上がりや RDRF フラグを 1 にし、SCL クロックの 8 クロック目の立ち下がりや SCL0 ラインの Low ホールドを行います。この SCL0 ラインの Low ホールドは、ACKBT ビットへの書き込みによって解除されます。

この設定でデータを受信した後、アクノリッジビット送出前に、SCL0 ラインは自動的に Low ホールドされます。これによって、受信データの内容に応じた ACK (ACKBT ビットが 0) または NACK (ACKBT ビットが 1) の送出処理が可能となります。

WAIT ビット (WAIT)

WAIT ビットは、受信モードにおいて 1 バイト受信ごとに、I²C バス受信データレジスタ (ICDRR) の読み出しが完了するまで、SCL クロックの 9 クロック目と 1 クロック目の間を強制的に Low ホールドするかどうかを制御します。

WAIT ビットが 0 のとき、SCL クロックの 9 クロック目と 1 クロック目の間の Low ホールドは行わず、受信動作をそのまま続けます。RDRFS ビットと WAIT ビットがともに 0 のとき、ダブルバッファによる連続受信動作が可能です。

WAIT ビットが 1 のとき、1 バイト受信ごとに、9 クロック目の立ち下がり以降、ICDRR レジスタ値が読み出されるまでの間、SCL0 ラインを Low にホールドします。これによって、1 バイトごとの受信動作が可能になります。

注. WAIT ビットの値を読み出す場合は、最初に ICDRR レジスタを読み出してください。

SMBS ビット (SMBus/I²C バス選択)

SMBS ビットを 1 にすると、SMBus が選択されて、ICSER.HOAE ビットが有効になります。

28.2.6 ICFER : I²C バスファンクションイネーブルレジスタ

Base address: IIC0 = 0x4009_F000

Offset address: 0x05

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	FMPE	SCLE	NFE	NACK E	SALE	NALE	MALE	TMOE
Value after reset:	0	1	1	1	0	0	1	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	TMOE	タイムアウト検出機能有効 0: 無効 1: 有効	R/W
1	MALE	マスタアービトレーションロスト検出有効 0: アービトレーションロスト検出機能を無効にして、アービトレーションロスト発生による ICCR2.MST および TRS ビットの自動クリアを禁止します。 1: アービトレーションロスト検出機能を有効にして、アービトレーションロスト発生による ICCR2.MST および TRS ビットの自動クリアを許可します。	R/W
2	NALE	NACK 送信アービトレーションロスト検出有効 0: 無効 1: 有効	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
3	SALE	スレーブアービトレーションロスト検出有効 0: 無効 1: 有効	R/W
4	NACKE	NACK 受信転送中断許可 0: NACK 受信時、転送を中断しない (転送中断禁止) 1: NACK 受信時、転送を中断する (転送中断許可)	R/W
5	NFE	デジタルノイズフィルタ回路有効 0: デジタルノイズフィルタ回路を使用しない 1: デジタルノイズフィルタ回路を使用する	R/W
6	SCLE	SCL 同期回路有効 0: SCL 同期回路を使用しない 1: SCL 同期回路を使用する	R/W
7	FMPE ^(注1)	ファストモードプラス有効 0: SCLn および SDA _n 端子に Fm+ のスローブ制御回路を使用しない 1: SCLn および SDA _n 端子に Fm+ のスローブ制御回路を使用する	R/W

注 1. 高速モードプラスイネーブルビット (FMPE) は IIC0 (SCL0_A, SDA0_A) に対応しています。ビット [7] はサポートしていないチャンネルの予約ビットです。

TMOE ビット (タイムアウト検出機能有効)

TMOE ビットは、タイムアウト検出機能を有効または無効にします。タイムアウト検出機能の詳細については、「[28.12.1. タイムアウト検出機能](#)」を参照してください。

MALE ビット (マスタアービトレーションロスト検出有効)

MALE ビットは、マスタモード時にアービトレーションロスト検出機能を使用するかどうかを指定します。通常の動作では、このビットを 1 にしてください。

NALE ビット (NACK 送信アービトレーションロスト検出有効)

NALE ビットは、受信モード時で NACK 送出中に ACK が検出された場合 (同じアドレスのスレーブがバス上に存在した場合や、2 つ以上のマスタが同時に同一のスレーブデバイスを選択し、それぞれ受信バイト数が異なる場合など) に、アービトレーションロストを発生させるかどうかを選択します。

SALE ビット (スレーブアービトレーションロスト検出有効)

SALE ビットは、スレーブ送信モード時に、送出中の値と異なる値がバス上で検出された場合 (同じアドレスのスレーブがバス上に存在した場合や、ノイズが原因で送信データとの不一致が生じた場合など)、アービトレーションロストを発生させるかどうかを選択します。

NACKE ビット (NACK 受信転送中断許可)

NACKE ビットは、送信モード時に NACK を受信した場合、転送動作を継続するか中断するかを選択します。通常は、このビットを 1 にしてください。

NACKE ビットが 1 の状態で NACK を受信した場合、次の転送動作が中断されます。NACKE ビットが 0 の場合は、受信したアクノリッジの内容にかかわらず、次の転送動作が継続されます。

NACK 受信転送中断機能の詳細については、「[28.9.2. NACK 受信転送中断機能](#)」を参照してください。

SCLE ビット (SCL 同期回路有効)

SCLE ビットは、SCL クロックを SCL 入力クロックと同期させるか否かを選択します。通常は、このビットを 1 にしてください。

SCLE ビットを 0 (SCL 同期回路を使用しない) にすると、IIC は SCL クロックを SCL 入力クロックと同期させません。この設定の場合、SCL0 ラインの状態にかかわらず、IIC は、ICBRH および ICBRL レジスタで設定した転送速度の SCL クロックを出力します。そのため、I²C バスラインのバス負荷が規格値よりも大幅に大きい場合や、マルチマスタにおいて SCL クロック出力が重なった場合に、規格外の短い SCL クロックが出力される場合がありますので注意してください。また、SCL 同期回路を使用しないと、スタートコンディション/リスタートコンディション/ストップコンディションの発行および、追加 SCL クロックサイクルの連続出力にも影響します。

SCLE ビットは、設定した転送速度が出力されているかどうかを確認する場合を除き、0 にしないでください。

FMPE ビット (ファストモードプラス有効)

FMPE ビットは、ファストモードプラス (Fm+) 用のスロープ制御回路を使用するか否かを指定します。

本ビットを 1 にすると、I²C バスのファストモードプラス (Fm+) 規格 (tof) に準拠したスロープ制御回路が選択されます。本ビットを 0 にすると、I²C バスの標準モード (Sm) およびファストモード (Fm) 規格 (tof) に準拠したスロープ制御回路が選択されます。

通信速度を～1 Mbps (ファストモードプラス (Fm+)) で使用する場合は、本ビットを 1 にしてください。それ以外の通信速度 (～100 kbps (Sm)、～400 kbps (Fm)) または SMBus (10 kbps～100 kbps) で使用する場合は、本ビットを 0 にしてください。

28.2.7 IC SER : I²C バスステータスイネーブルレジスタ

Base address: IIC0 = 0x4009_F000

Offset address: 0x06

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	HOAE	—	DIDE	—	GCAE	SAR2 E	SAR1 E	SAR0 E
Value after reset:	0	0	0	0	1	0	0	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SAR0E	スレーブアドレスレジスタ 0 有効 0: SARL0 および SARU0 のスレーブアドレスは無効 1: SARL0 および SARU0 のスレーブアドレスは有効	R/W
1	SAR1E	スレーブアドレスレジスタ 1 有効 0: SARL1 および SARU1 のスレーブアドレスは無効 1: SARL1 および SARU1 のスレーブアドレスは有効	R/W
2	SAR2E	スレーブアドレスレジスタ 2 有効 0: SARL2 および SARU2 のスレーブアドレスは無効 1: SARL2 および SARU2 のスレーブアドレスは有効	R/W
3	GCAE	ジェネラルコールアドレス有効 0: ジェネラルコールアドレス検出は無効 1: ジェネラルコールアドレス検出は有効	R/W
4	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
5	DIDE	デバイス ID アドレス検出有効 0: デバイス ID アドレス検出は無効 1: デバイス ID アドレス検出は有効	R/W
6	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	HOAE	ホストアドレス有効 0: ホストアドレス検出は無効 1: ホストアドレス検出は有効	R/W

SARnE ビット (スレーブアドレスレジスタ n 有効) (n = 0～2)

SARnE ビットは、受信したスレーブアドレスと、SARLn および SARUn レジスタで設定したスレーブアドレスを有効または無効にします。

このビットを 1 にすると、SARLn および SARUn レジスタで設定したスレーブアドレスが有効になり、受信したスレーブアドレスと比較されます。SARnE ビットを 0 にすると、SARLn および SARUn レジスタで設定したスレーブアドレスが無効になり、受信したスレーブアドレスと一致しても無視されます。

GCAE ビット (ジェネラルコールアドレス有効)

GCAE ビットは、ジェネラルコールアドレス (0000 000b + 0[W] : すべて 0) を受信した場合、それを無視するかどうかを選択します。

このビットを 1 にした場合、受信したスレーブアドレスがジェネラルコールアドレスと一致すると、IIC は、SARLn および SARUn レジスタ (n = 0～2) で設定したスレーブアドレスとは無関係に、受信したスレーブアド

レスをジェネラルコールアドレスと認識し、データ受信動作を行います。このビットを 0 にした場合、受信したスレーブアドレスは、ジェネラルコールアドレスと一致しても無視されます。

DIDE ビット (デバイス ID アドレス検出有効)

DIDE ビットは、スタートコンディションまたはリスタートコンディション検出後の第 1 フレームでデバイス ID (1111 100b) を受信した場合、デバイス ID アドレスと認識して動作させるかどうかを選択します。

DIDE ビットが 1 のときに、受信した第 1 フレームがデバイス ID と一致すると、IIC はデバイス ID アドレスを受信したと認識します。続く R/W# ビットが 0[W] の場合、IIC は第 2 フレーム以降をスレーブアドレスとみなして、受信動作を継続します。DIDE ビットが 0 の場合、IIC は受信した第 1 フレームがデバイス ID アドレスと一致してもそれを無視し、第 1 フレームを通常のスレーブアドレスと認識します。

この機能の詳細については、「[28.7.3. デバイス ID アドレス検出機能](#)」を参照してください。

HOAE ビット (ホストアドレス有効)

HOAE ビットは、ICMR3.SMBS ビットが 1 の場合、受信したホストアドレス (0001 000b) を無視するかどうかを選択します。

このビットが 1 で、かつ ICMR3.SMBS ビットも 1 の場合、受信したスレーブアドレスがホストアドレスと一致すると、IIC は SARLn および SARUn レジスタ (n=0~2) で設定したスレーブアドレスとは無関係に、受信したスレーブアドレスをホストアドレスとして認識し、受信動作を行います。

ICMR3.SMBS ビットまたは HOAE ビットが 0 の場合、受信したスレーブアドレスがホストアドレスと一致しても無視されます。

28.2.8 ICIEP : I²C バス割り込みイネーブルレジスタ

Base address: IIC0 = 0x4009_F000 (n = 0)

Offset address: 0x07

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	TIE	TEIE	RIE	NAKIE	SPIE	STIE	ALIE	TMOIE

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	TMOIE	タイムアウト割り込み要求許可 0: タイムアウト割り込み (TMOI) 要求を禁止 1: タイムアウト割り込み (TMOI) 要求を許可	R/W
1	ALIE	アービトレーションロスト割り込み要求許可 0: アービトレーションロスト割り込み (ALI) 要求を禁止 1: アービトレーションロスト割り込み (ALI) 要求を許可	R/W
2	STIE	スタートコンディション検出割り込み要求許可 0: スタートコンディション検出割り込み (STI) 要求を禁止 1: スタートコンディション検出割り込み (STI) 要求を許可	R/W
3	SPIE	ストップコンディション検出割り込み要求許可 0: ストップコンディション検出割り込み (SPI) 要求を禁止 1: ストップコンディション検出割り込み (SPI) 要求を許可	R/W
4	NAKIE	NACK 受信割り込み要求許可 0: NACK 受信割り込み (NAKI) 要求を禁止 1: NACK 受信割り込み (NAKI) 要求を許可	R/W
5	RIE	受信データフル割り込み要求許可 0: 受信データフル割り込み (IIC0_RXI) 要求を禁止 1: 受信データフル割り込み (IIC0_RXI) 要求を許可	R/W
6	TEIE	送信終了割り込み要求許可 0: 送信終了割り込み (IIC0_TEI) 要求を禁止 1: 送信終了割り込み (IIC0_TEI) 要求を許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
7	TIE	送信データエンプティ割り込み要求許可 0: 送信データエンプティ割り込み (IIC0_TXI) 要求を禁止 1: 送信データエンプティ割り込み (IIC0_TXI) 要求を許可	R/W

TMOIE ビット (タイムアウト割り込み要求許可)

TMOIE ビットは、ICSR2.TMOF フラグが 1 のとき、タイムアウト割り込み (TMOI) 要求を許可または禁止します。TMOI 割り込み要求を解除するには、TMOF フラグまたは TMOIE ビットを 0 にします。

ALIE ビット (アービトレーションロスト割り込み要求許可)

ALIE ビットは、ICSR2.AL フラグが 1 のとき、アービトレーションロスト割り込み (ALI) 要求を許可または禁止します。ALI 割り込み要求を解除するには、AL フラグまたは ALIE ビットを 0 にします。

STIE ビット (スタートコンディション検出割り込み要求許可)

STIE ビットは、ICSR2.START フラグが 1 のとき、スタートコンディション検出割り込み (STI) 要求を許可または禁止します。STI 割り込み要求を解除するには、START フラグまたは STIE ビットを 0 にします。

SPIE ビット (ストップコンディション検出割り込み要求許可)

SPIE ビットは、ICSR2.STOP フラグが 1 のとき、ストップコンディション検出割り込み (SPI) 要求を許可または禁止します。SPI 割り込み要求を解除するには、STOP フラグまたは SPIE ビットを 0 にします。

NAKIE ビット (NACK 受信割り込み要求許可)

NAKIE ビットは、ICSR2.NACKF フラグが 1 のとき、NACK 受信割り込み (NAKI) 要求を許可または禁止します。NAKI 割り込み要求を解除するには、NACKF フラグまたは NAKIE ビットを 0 にします。

RIE ビット (受信データフル割り込み要求許可)

RIE ビットは、ICSR2.RDRF フラグが 1 のとき、受信データフル割り込み (IIC0_RXI) 要求を許可または禁止します。

TEIE ビット (送信終了割り込み要求許可)

TEIE ビットは、ICSR2.TEND フラグが 1 のとき、送信終了割り込み (IIC0_TEI) 要求を許可または禁止します。IIC0_TEI 割り込み要求を解除するには、TEND フラグまたは TEIE ビットを 0 にします。

TIE ビット (送信データエンプティ割り込み要求許可)

TIE ビットは、ICSR2.TDRE フラグが 1 のとき、送信データエンプティ割り込み (IIC0_TXI) 要求を許可または禁止します。

28.2.9 ICSR1 : I²C バスステータスレジスタ 1

Base address: IIC0 = 0x4009_F000

Offset address: 0x08

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	HOA	—	DID	—	GCA	AAS2	AAS1	AAS0

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	AAS0	スレーブアドレス 0 検出フラグ 0: スレーブアドレス 0 未検出 1: スレーブアドレス 0 検出	R/(W) (注1)
1	AAS1	スレーブアドレス 1 検出フラグ 0: スレーブアドレス 1 未検出 1: スレーブアドレス 1 検出	R/(W) (注1)

ビット	シンボル	機能	R/W
2	AAS2	スレーブアドレス 2 検出フラグ 0: スレーブアドレス 2 未検出 1: スレーブアドレス 2 検出	R/(W) (注1)
3	GCA	ジェネラルコールアドレス検出フラグ 0: ジェネラルコールアドレス未検出 1: ジェネラルコールアドレス検出	R/(W) (注1)
4	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
5	DID	デバイス ID アドレス検出フラグ スタートコンディション検出直後に受信した第 1 フレームが、[デバイス ID (1111 100b) + 0[W]]の値と一致した場合、1 になります。 0: デバイス ID コマンド未検出 1: デバイス ID コマンド検出	R/(W) (注1)
6	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	HOA	ホストアドレス検出フラグ 受信したスレーブアドレスが、ホストアドレス (0001 000b) と一致した場合、1 になります。 0: ホストアドレス未検出 1: ホストアドレス検出	R/(W) (注1)

注 1. フラグをクリアするための 0 書き込みのみ可能です。

AASn フラグ (スレーブアドレス n 検出フラグ) (n = 0~2)

AASn フラグは、スレーブアドレス n が検出されたかどうかを示します。

[1 になる条件]

【7 ビットアドレスフォーマット選択時 (SARUn.FS = 0)】

- ICSER.SARnE ビットが 1 (スレーブアドレス n 検出有効) の状態で、受信したスレーブアドレスが SARLn.SVA[6:0] ビット値と一致したとき。
AASn フラグは、そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 1 になります。

【10 ビットアドレスフォーマット選択時 (SARUn.FS = 1)】

- ICSER.SARnE ビットが 1 (スレーブアドレス n 検出有効) の状態で、受信したスレーブアドレスが (11110b + SARUn.SVA[1:0]) の値と一致し、かつ、それに続くアドレスが SARLn レジスタの値と一致したとき
AASn フラグは、そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 1 になります。

[0 になる条件]

- AASn = 1 を読んだ後、AASn フラグに 0 を書いたとき
- ストップコンディションが検出されたとき
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

【7 ビットアドレスフォーマット選択時 (SARUn.FS = 0)】

- ICSER.SARnE ビットが 1 (スレーブアドレス n 検出有効) の状態で、受信したスレーブアドレスが SARLn.SVA[6:0] ビット値と不一致のとき
AASn フラグは、そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 0 になります。

【10 ビットアドレスフォーマット選択時 (SARUn.FS = 1)】

- ICSER.SARnE ビットが 1 (スレーブアドレス n 検出有効) の状態で、受信したスレーブアドレスが (11110b + SARUn.SVA[1:0]) の値と不一致のとき
AASn フラグは、そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 0 になります。
- ICSER.SARnE ビットが 1 (スレーブアドレス n 検出有効) の状態で、受信したスレーブアドレスが (11110b + SARUn.SVA[1:0]) の値と一致し、かつ、それに続くアドレスが SARLn レジスタの値と不一致のとき
AASn フラグは、そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 0 になります。

GCA フラグ (ジェネラルコールアドレス検出フラグ)

GCA フラグは、ジェネラルコールアドレスが検出されたかどうかを示します。

[1 になる条件]

- ICSEI.GCAE ビットが 1 (ジェネラルコールアドレス検出有効) の状態で、受信したスレーブアドレスがジェネラルコールアドレス (0000 000b + 0[W]) と一致したとき
GCA フラグは、そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 1 になります。

[0 になる条件]

- GCA = 1 を読んだ後、GCA フラグに 0 を書いたとき
- ストップコンディションが検出されたとき
- ICSEI.GCAE ビットが 1 (ジェネラルコールアドレス検出有効) の状態で、受信したスレーブアドレスがジェネラルコールアドレス (0000 000b + 0[W]) と不一致のとき
GCA フラグは、そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 0 になります。
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

DID フラグ (デバイス ID アドレス検出フラグ)

DID フラグは、デバイス ID アドレスが検出されたかどうかを示します。

[1 になる条件]

- ICSEI.DIDE ビットが 1 (デバイス ID アドレス検出有効) の状態で、スタートコンディションまたはリスタートコンディション検出直後に受信した第 1 フレームが (デバイス ID (1111 100b) + 0[W]) の値と一致したとき
DID フラグは、そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 1 になります。

[0 になる条件]

- DID = 1 を読んだ後、DID フラグに 0 を書いたとき
- ストップコンディションが検出されたとき
- ICSEI.DIDE ビットが 1 (デバイス ID アドレス検出有効) の状態で、スタートコンディションまたはリスタートコンディション検出直後に受信した第 1 フレームがデバイス ID (1111 100b) と不一致のとき
DID フラグは、そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 0 になります。
- ICSEI.DIDE ビットが 1 (デバイス ID アドレス検出有効) の状態で、スタートコンディションまたはリスタートコンディション検出直後に受信した第 1 フレームが (デバイス ID (1111 100b) + 0[W]) の値と一致し、かつ、第 2 フレームがスレーブアドレス 0~2 のすべてと不一致のとき
DID フラグは、そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 0 になります。
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

HOA フラグ (ホストアドレス検出フラグ)

HOA フラグは、ホストアドレスが検出されたかどうかを示します。

[1 になる条件]

- ICSEI.HOAE ビットが 1 (ホストアドレス検出有効) の状態で、受信したスレーブアドレスがホストアドレス (0001 000b) と一致したとき
HOA フラグは、そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 1 になります。

[0 になる条件]

- HOA = 1 を読んだ後、HOA フラグに 0 を書いたとき
- ストップコンディションが検出されたとき
- ICSEI.HOAE ビットが 1 (ホストアドレス検出有効) の状態で、受信したスレーブアドレスがホストアドレス (0001 000b) と不一致のとき
HOA フラグは、そのフレームの SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 0 になります。
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

28.2.10 ICSR2 : I²C バスステータスレジスタ 2

Base address: IIC0 = 0x4009_F000

Offset address: 0x09

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	TDRE	TEND	RDRF	NACK F	STOP	START	AL	TMOF
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	TMOF	タイムアウト検出フラグ 0: タイムアウト未検出 1: タイムアウト検出	R/(W) (注1)
1	AL	アービトレーションロストフラグ 0: アービトレーションロスト未発生 1: アービトレーションロスト発生	R/(W) (注1)
2	START	スタートコンディション検出フラグ 0: スタートコンディション未検出 1: スタートコンディション検出	R/(W) (注1)
3	STOP	ストップコンディション検出フラグ 0: ストップコンディション未検出 1: ストップコンディション検出	R/(W) (注1)
4	NACKF	NACK 検出フラグ 0: NACK 未検出 1: NACK 検出	R/(W) (注1)
5	RDRF	受信データフルフラグ 0: ICDRR レジスタに受信データなし 1: ICDRR レジスタに受信データあり	R/(W) (注1)
6	TEND	送信終了フラグ 0: データ送信中 1: データ送信完了	R/(W) (注1)
7	TDRE	送信データエンプティフラグ 0: ICDRT レジスタに送信データあり 1: ICDRT レジスタに送信データなし	R

注 1. フラグをクリアするための 0 の書き込みのみ可能です。

TMOF フラグ (タイムアウト検出フラグ)

TMOF フラグは、SCL0 ラインの状態が一定期間変化しない場合、タイムアウトを検出して 1 になります。

[1 になる条件]

- マスタモードまたはスレーブモード時に、ICFER.TMOE ビットが 1 (タイムアウト検出機能有効) かつ受信したスレーブアドレスが一致した状態で、ICMR2.TMOH、TMOL、TMOS ビットで指定した期間 SCL0 ライン状態が変化しなかったとき

[0 になる条件]

- TMOF = 1 を読んだ後、TMOF フラグに 0 を書いたとき
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

AL フラグ (アービトレーションロストフラグ)

AL フラグは、スタートコンディション発行時やアドレスおよびデータ送信時に、バス競合などが原因で、バス占有権がアービトレーションロストしたことを示します。IIC は、送信中に SDA0 ラインのレベルを監視し、そのラインのレベルと出力中のビット値が一致していないと、AL フラグを 1 にすることで、バスが他のデバイスによって占有されていることを示します。

さらに、IIC では設定により、AL フラグをセットすることで、NACK 送信中やデータ送信中に、アービトレーションロストを検出することも可能です。

[1 になる条件]

【マスタアービトレーションロスト検出有効時 (ICFER.MALE = 1)】

- マスタ送信モードでのデータ送信中の ACK 期間を除き、内部の SDA 出力状態が SCL クロックの立ち上がりで、SDA0 ラインレベルと不一致のとき
- ICCR2.ST ビットが 1 (スタートコンディション要求) の状態でスタートコンディションが検出されたとき、または、内部の SDA 出力状態が SDA0 ラインレベルと不一致のとき
- ICCR2.BBSY フラグが 1 の状態で、ICCR2.ST ビットを 1 (スタートコンディション要求) にしたとき

【NACK アービトレーションロスト検出有効時 (ICFER.NALE = 1)】

- 受信モードでの NACK 送信中に、ACK 期間において、内部の SDA 出力状態が SCL クロックの立ち上がりで SDA_n ラインレベルと不一致のとき

【スレーブアービトレーションロスト検出有効時 (ICFER.SALE = 1)】

- スレーブ送信モードでのデータ送信中の ACK 期間を除き、内部の SDA 出力状態が SCL クロックの立ち上がりで SDA0 ラインレベルと不一致のとき

[0 になる条件]

- AL = 1 を読んだ後、AL フラグに 0 を書いたとき
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

表 28.4 アービトレーションロスト発生要因と各アービトレーションロスト許可機能との関係

ICFER			ICSR2	エラー内容	アービトレーションロスト発生要因
MALE	NALE	SALE	AL		
1	x	x	1	スタートコンディション発行エラー	ICCR2.ST が 1 の状態で、スタートコンディション検出時に、出力した SDA 信号と SDA0 ライン上の信号の状態が不一致のとき ICCR2.BBSY が 1 の状態で、ICCR2.ST を 1 にしたとき
			1	送信データ不一致	マスタ送信モード時に、送信データ (スレーブアドレス含む) とバス状態が不一致のとき
x	1	x	1	NACK 送信不一致	マスタまたはスレーブ受信モード時に、NACK 送信中に ACK を検出したとき
x	x	1	1	送信データ不一致	スレーブ送信モード時に、送信データとバス状態が不一致のとき

x: Don't care

START フラグ (スタートコンディション検出フラグ)

START フラグは、スタートコンディションが検出されたことを示します。

[1 になる条件]

- スタートコンディション (またはリスタートコンディション) が検出されたとき

[0 になる条件]

- START = 1 を読んだ後、START フラグに 0 を書いたとき
- ストップコンディションが検出されたとき
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

STOP フラグ (ストップコンディション検出フラグ)

STOP フラグは、ストップコンディションが検出されたことを示します。

[1 になる条件]

- ストップコンディションが検出されたとき

[0 になる条件]

- STOP = 1 を読んだ後、STOP フラグに 0 を書いたとき
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

NACKF フラグ (NACK 検出フラグ)

NACKF フラグは、NACK が検出されたことを示します。

[1 になる条件]

- ICFER.NACKF ビットが 1 (転送中断許可) の状態で、送信モード時に受信デバイスからアクノリッジを受信しなかった (NACK を受信した) とき

[0 になる条件]

- NACKF = 1 を読んだ後、NACKF フラグに 0 を書いたとき
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

注. NACKF フラグが 1 になると、IIC はデータ送受信動作を中断します。NACKF フラグが 1 の状態では、送信モード時に ICDRT レジスタへ書き込みや、受信モード時に ICDRR レジスタから読み出しを行っても、データ送受信動作は許可されません。データ送受信動作を再開するには、NACKF フラグを 0 にしてください。

RDRF フラグ (受信データフルフラグ)

RDRF フラグは、ICDRR レジスタに受信データがあることを示します。

[1 になる条件]

- ICDRS レジスタから ICDRR レジスタへ受信データが転送されたとき
RDRF フラグは、SCL クロックの 8 クロック目または 9 クロック目 (ICMR3 レジスタの RDRFS ビットで選択) の立ち上がりで 1 になる
- ICCR2.TRS ビットが 0 の状態で、スタートコンディションまたはリスタートコンディション検出後、受信したスレーブアドレスが一致したとき

[0 になる条件]

- RDRF = 1 を読んだ後、RDRF フラグに 0 を書いたとき
- ICDRR レジスタからデータを読んだとき
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

TEND フラグ (送信終了フラグ)

TEND フラグは送信が終了したことを示します。

[1 になる条件]

- TDRE フラグが 1 の状態での SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がり時

[0 になる条件]

- TEND = 1 を読んだ後、TEND フラグに 0 を書いたとき
- ICDRT レジスタへデータを書いたとき
- ストップコンディションが検出されたとき
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

TDRE フラグ (送信データエンptyフラグ)

TDRE フラグは、ICDRT レジスタに送信データがないことを示します。

[1 になる条件]

- ICDRT レジスタから ICDRS レジスタへデータが転送され、ICDRT レジスタが空になったとき
- ICCR2.TRS ビットが 1 になったとき
- TRS ビットが 1 の状態で、受信したスレーブアドレスが一致したとき

[0 になる条件]

- ICDRT レジスタヘータを書いたとき
- ICCR2.TRS ビットが 0 になったとき
- ICCR1.IICRST ビットに 1 を書いて、IIC リセットまたは内部リセットを行ったとき

注. ICFER.NACKF ビットが 1 のとき、NACKF フラグが 1 になると、IIC はデータ送受信動作を中断します。このとき、TDRE フラグが 0 (次の送信データがすでに書き込まれている状態) であれば、9 クロック目の立ち上がりで ICDRS レジスタヘータが転送され、ICDRT レジスタが空になりますが、TDRE フラグは 1 になりません。

28.2.11 ICWUR : I²C バスウェイクアップユニットレジスタ

Base address: IIC0WU = 0x4009_F014

Offset address: 0x02

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	WUE	WUIE	WUF	WUACK	—	—	—	WUAF A
Value after reset:	0	0	0	1	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	WUAF A	ウェイクアップアナログフィルタ追加選択 0: ウェイクアップアナログフィルタを追加しない 1: ウェイクアップアナログフィルタを追加する	R/W
3:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	WUACK	ウェイクアップモード用 ACK ICCR1.IICRST ビットと WUACK ビットの組み合わせで、4 つの応答モードから選択します。表 28.5 を参照してください。	R/W
5	WUF	ウェイクアップイベント発生フラグ 0: ウェイクアップ時にスレーブアドレス不一致 1: ウェイクアップ時にスレーブアドレス一致	R/W
6	WUIE	ウェイクアップ割り込み要求許可 0: ウェイクアップ割り込み要求 (IIC0_WUI) を禁止 1: ウェイクアップ割り込み要求 (IIC0_WUI) を許可	R/W
7	WUE	ウェイクアップ機能有効 0: ウェイクアップ機能無効 1: ウェイクアップ機能有効	R/W

表 28.5 ウェイクアップモード

IICRST	WUACK	動作モード	機能
0	0	ノーマルウェイクアップモード 1	SCL クロックの 9 クロック目で ACK 応答を行い、9 クロック目の後で SCL の Low ホールドを行う。
0	1	ノーマルウェイクアップモード 2	即時 ACK 応答せず、SCL クロックの 8 クロック目と 9 クロック目の間で SCL の Low ホールドを行う。SCL クロックの 9 クロック目で SCL の Low ホールドを解除し、ACK 応答を行う。
1	0	コマンドリカバリモード	SCL クロックの 9 クロック目で ACK 応答を行い、SCL の Low ホールドは行わない。
1	1	EEP 応答モード	SCL クロックの 9 クロック目で NACK 応答を行い、SCL の Low ホールドは行わない。

WUF フラグ (ウェイクアップイベント発生フラグ)

WUF フラグは、ウェイクアップ時にスレーブアドレスが一致しているかどうかを示します。

[1 になる条件]

- ウェイクアップモード時、最初の SCL クロックの 8 クロック目で SCL が Low となり、スレーブアドレスが一致した後、PCLKB が供給されたとき

[0 になる条件]

- WUF ビットで 1 を読んだ後、WUF フラグに 0 を書いたとき
- ICE ビットが 0 で IICRST ビットが 1 のとき

28.2.12 ICWUR2 : I²C バスウェイクアップユニットレジスタ 2

Base address: IIC0WU = 0x4009_F014

Offset address: 0x03

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	WUSY F	WUAS YF	WUSE N
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	0	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	WUSEN	ウェイクアップ機能同期有効 0: IIC 非同期回路有効 1: IIC 同期回路有効	R/W
1	WUASYF	ウェイクアップ機能非同期動作ステータスフラグ 0: IIC 同期回路有効条件 1: IIC 非同期回路有効条件	R
2	WUSYF	ウェイクアップ機能同期動作ステータスフラグ 0: IIC 非同期回路有効条件 1: IIC 同期回路有効条件	R
7:3	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

WUSEN ビット (ウェイクアップ機能同期有効)

WUSEN ビットはウェイクアップ機能が有効な場合 (ICWUR.WUE = 1) に PCLKB の同期動作と非同期動作を切り替えるために、WUASYF フラグ (または WUSYF フラグ) との組み合わせで使用されます。

PCLKB の動作は以下の場合に同期動作から非同期動作に切り替えます。

ICCR2.BBSY フラグが 0 のとき、WUASYF フラグが 0 の間に WUSEN ビットに 0 を書いた場合ウェイクアップイベント検出時に、PCLKB の非同期動作へ切り替え後に、PCLKB の動作 (PCLKB 停止) とは独立に受信が発生します。

PCLKB の動作は以下の場合に非同期動作から同期動作に切り替えます。

- ウェイクアップイベント検出時に、WUASYF フラグが 1 の状態で WUSEN ビットに 1 を書いた場合 1 を書いた直後に、WUASYF フラグは 0 になります。
- ウェイクアップイベント未検出時に、停止条件が検出された場合

WUASYF フラグ (ウェイクアップ機能非同期動作ステータスフラグ)

WUASYF フラグはウェイクアップ機能が有効な場合 (ICWUR.WUE = 1) に IIC を PCLKB の非同期動作にすることができます。

[1 になる条件]

- ICCR2.BBSY フラグが 0 のとき、ICWUR.WUE ビットが 1 の状態で WUSEN ビットに 0 を設定した場合

[0 になる条件]

- ICWUR.WUE ビットが 1 の状態でウェイクアップイベント検出後に、WUSEN ビットに 1 を書いた場合
- WUASY フラグと ICWUR.WUE ビットが 1 の状態でウェイクアップイベント検出前に、WUSEN ビットが 1 の状態で停止条件が検出された場合
- WUASYF フラグが 1 でウェイクアップイベントが ICWUR.WUE = 1 の状態で、WUSEN ビットに 1 を書いた場合
- ICCR1.ICE = 0 かつ ICCRST = 1 (ICC リセット)

- ICWUR.WUE = 0

WUSYF フラグ (ウェイクアップ機能同期動作ステータスフラグ)

WUSYF フラグはウェイクアップ機能が有効な場合 (ICWUR.WUE = 1) に IIC を PCLKB の同期動作にすることができます。本フラグは WUASYF フラグが常に予約となるような値になります。

[1 になる条件]

- WUSYF フラグが 0 で ICWUR.WUE ビットが 1 の状態でウェイクアップイベント検出後に、WUSEN ビットに 1 を書いた場合
- WUSYF フラグが 0 で ICWUR.WUE ビットが 1 の状態でウェイクアップイベント検出前に、WUSEN ビットが 1 の状態で停止条件が検出された場合
- ICCR1.ICE = 0 かつ ICCRST = 1 (ICC リセット)
- ICWUR.WUE = 0

[0 になる条件]

- WUSEN ビットに 0 を書いた後に ICWUR.WUE ビットが 1 の状態で、ICCR2.BBSY フラグが 0 の場合

28.2.13 SARLn : スレーブアドレスレジスタ Ln (n = 0~2)

Base address: IIC0 = 0x4009_F000

Offset address: 0x0A + 0x02 × n (n = 0~2)

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	SVA[6:0]							SVA0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SVA0	10 ビットアドレス最下位 スレーブアドレス設定	R/W
7:1	SVA[6:0]	7 ビットアドレス/10 ビットアドレス下位 スレーブアドレス設定	R/W

SVA0 ビット (10 ビットアドレス最下位)

10 ビットアドレスフォーマット選択時 (SARUn.FS = 1)、SVA0 ビットは 10 ビットアドレスの最下位ビットとして機能します。また、SVA[6:0] ビットと組み合わせて 10 ビットアドレスの下位 8 ビットを形成します。

このビットは、ICSER.SARnE ビットが 1 (SARLn および SARUn レジスタ有効) で、かつ SARUn.FS ビットが 1 の場合に有効です。SARUn.FS ビットまたは SARnE ビットが 0 の場合、このビットの設定値は無視されます。

SVA[6:0] ビット (7 ビットアドレス/10 ビットアドレス下位)

7 ビットアドレスフォーマット選択時 (SARUn.FS = 0)、SVA[6:0] ビットは 7 ビットアドレスとして機能します。10 ビットアドレスフォーマット選択時 (SARUn.FS = 1)、これらのビットは、SVA0 ビットと組み合わせて 10 ビットアドレスの下位 8 ビットを形成します。

ICSER.SARnE ビットが 0 の場合、これらのビットの設定値は無視されます。

28.2.14 SARUn : スレーブアドレスレジスタ Un (n = 0~2)

Base address: IIC0 = 0x4009_F000

Offset address: 0x0B + 0x02 × n (n = 0~2)

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	SVA[1:0]	FS	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	FS	7ビット/10ビットアドレスフォーマット選択 0: 7ビットアドレスフォーマットを選択 1: 10ビットアドレスフォーマットを選択	R/W
2:1	SVA[1:0]	10ビットアドレス上位 スレーブアドレス設定	R/W
7:3	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

FS ビット (7ビット/10ビットアドレスフォーマット選択)

FS ビットは、スレーブアドレス n (SARLn および SARUn レジスタ) に対して、7ビットアドレスまたは10ビットアドレスを選択します。

ICSER.SARnE ビットが1 (SARLn および SARUn レジスタ有効) で、かつ SARUn.FS ビットが0の場合、スレーブアドレス n には7ビットアドレスフォーマットが選択され、SARLn.SVA[6:0]ビットの設定値が有効になり、SVA[1:0]ビットと SARLn.SVA0 ビットの設定値は無視されます。

ICSER.SARnE ビットが1 (SARLn および SARUn レジスタ有効) で、かつ SARUn.FS ビットが1の場合、スレーブアドレス n には10ビットアドレスフォーマットが選択され、SVA[1:0]ビットおよび SARLn レジスタの設定値が有効になります。

ICSER.SARnE ビットが0 (SARLn および SARUn レジスタ無効) の場合、SARUn.FS ビットの設定値は無効です。

SVA[1:0]ビット (10ビットアドレス上位)

10ビットアドレスフォーマット選択時 (FS = 1)、SVA[1:0]ビットは10ビットアドレスの上位2ビットとして機能します。

これらのビットは、ICSER.SARnE ビットが1 (SARLn および SARUn レジスタ有効) で、かつ SARUn.FS ビットが1の場合に有効です。SARUn.FS ビットまたは SARnE ビットが0の場合、これらのビットの設定値は無視されます。

28.2.15 ICBRL : I²C バスビットレート Low レジスタ

Base address: IIC0 = 0x4009_F000

Offset address: 0x10

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	—	—	—	BRL[4:0]				
------------	---	---	---	----------	--	--	--	--

Value after reset: 1 1 1 1 1 1 1 1

ビット	シンボル	機能	R/W
4:0	BRL[4:0]	ビットレート Low 幅設定 SCL クロックの Low 幅	R/W
7:5	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W

BRL[4:0]ビット (ビットレート Low 幅設定)

BRL[4:0]ビットは、SCL クロックの Low 幅を設定するビットです。ICBRL は、ICMR1.CKS[2:0]ビットで指定した内部基準クロックソース (IIC_φ) で Low 幅をカウントします。ICBRL レジスタは、SCL 自動 Low ホールド機能 (「28.9. SCL の自動 Low ホールド機能」を参照) のデータセットアップ時間を生成します。IIC をスレーブモードのみで使用する場合、BRL[4:0]ビットはデータセットアップ時間 (注1) 以上の値を設定してください。

デジタルノイズフィルタ回路を有効 (ICFER.NFE = 1) にした場合、BRL[4:0]ビットにはノイズフィルタの段数 + 1 以上の値を設定してください。この段数の詳細は、「28.2.5. ICMR3 : I²C バスモードレジスタ 3」の NF[1:0]ビットの説明を参照してください。

注 1. データセットアップ時間 (t_{SU}: DAT)

250 ns (～100 kbps) : スタンダードモード (Sm)

100 ns (～400 kbps) : ファストモード (Fm)

50 ns (～1 Mbps) : ファストモードプラス (Fm+)

28.2.16 ICBRH : I²C バスビットレート High レジスタ

Base address: IIC0 = 0x4009_F000

Offset address: 0x11

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	BRH[4:0]				
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
4:0	BRH[4:0]	ビットレート High 幅設定 SCL クロックの High 幅	R/W
7:5	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

BRH[4:0]ビット (ビットレート High 幅設定)

BRH[4:0]ビットは、SCL クロックの High 幅を設定するビットです。BRH[4:0]ビットはマスタモードで有効になります。IIC をスレーブモードのみで使用する場合、BRH[4:0]ビットの設定は不要です。

ICBRH レジスタは、ICMR1.CKS[2:0]ビットで指定した内部基準クロックソース (IICφ) で High 幅をカウントします。

デジタルノイズフィルタ回路を有効 (ICFER.NFE = 1) にした場合、これらのビットにはノイズフィルタの段数 + 1 以上の値を設定してください。ノイズフィルタの段数については、「28.2.5. ICMR3 : I²C バスモードレジスタ 3」の NF[1:0]ビットの説明を参照してください。

IIC 転送速度と SCL クロックのデューティ比は、次式で計算されます。

1. ICFER.SCLE = 0 の場合

$$\text{転送速度} = 1 / [\{ (BRH + 1) + (BRL + 1) \} / IIC\phi^{(\text{注1})} + tr^{(\text{注2})} + tf^{(\text{注2})}]$$

$$\text{デューティ比} = [tr + \{ (BRH + 1) / IIC\phi \}] / [tr + tf + \{ (BRH + 1) + (BRL + 1) \} / IIC\phi]$$

2. ICFER.SCLE = 1、ICFER.NFE = 0、CKS[2:0] = 000b (IICφ = PCLKB) の場合

$$\text{転送速度} = 1 / [\{ (BRH + 3) + (BRL + 3) \} / IIC\phi + tr + tf]$$

$$\text{デューティ比} = [tr + \{ (BRH + 3) / IIC\phi \}] / [tr + tf + \{ (BRH + 3) + (BRL + 3) \} / IIC\phi]$$

3. ICFER.SCLE = 1、ICFER.NFE = 1、CKS[2:0] = 000b (IICφ = PCLKB) の場合

$$\text{転送速度} = 1 / [\{ (BRH + 3 + nf^{(\text{注3})}) + (BRL + 3 + nf) \} / IIC\phi + tr + tf]$$

$$\text{デューティ比} = [tr + \{ (BRH + 3 + nf) / IIC\phi \}] / [tr + tf + \{ (BRH + 3 + nf) + (BRL + 3 + nf) \} / IIC\phi]$$

4. ICFER.SCLE = 1、ICFER.NFE = 0、CKS[2:0] ≠ 000b の場合

$$\text{転送速度} = 1 / [\{ (BRH + 2) + (BRL + 2) \} / IIC\phi + tr + tf]$$

$$\text{デューティ比} = [tr + \{ (BRH + 2) / IIC\phi \}] / [tr + tf + \{ (BRH + 2) + (BRL + 2) \} / IIC\phi]$$

5. ICFER.SCLE = 1、ICFER.NFE = 1、CKS[2:0] ≠ 000b の場合

$$\text{転送速度} = 1 / [\{ (BRH + 2 + nf) + (BRL + 2 + nf) \} / IIC\phi + tr + tf]$$

$$\text{デューティ比} = [tr + \{ (BRH + 2 + nf) / IIC\phi \}] / [tr + tf + \{ (BRH + 2 + nf) + (BRL + 2 + nf) \} / IIC\phi]$$

注 1. IICφ = PCLKB × 分周比

注 2. SCLn ライン立ち上がり時間|および SCLn ライン立ち下がり時間[tf]は、バスライン総容量[Cb]とプルアップ抵抗 [Rp]に依存します。詳細については、NXP 社の I²C バス規格書を参照してください。
| |

注 3. nf = ICMR3.NF ビットで選択したデジタルノイズフィルタの段数

表 28.6 SCLE = 0 の場合の IIC 設定範囲例

転送レート (kbps)	CKS[2:0] (ICMR1)	BRH[4:0] (ICBRH)	BRL[4:0] (ICBRL)	PCLKB (MHz)	NF[1:0]	計算式
100	011b	24 (0xF8)	30 (0xFE)	50	—	(1)
400	010b	7 (0xE7)	15 (0xEF)	50	—	(1)
1000	000b	12 (0xEC)	24 (0xF8)	50	—	(1)

表 28.7 SCLE = 1 かつ NFE = 0 の場合の IIC 設定範囲例

転送レート (kbps)	CKS[2:0] (ICMR1)	BRH[4:0] (ICBRH)	BRL[4:0] (ICBRL)	PCLKB (MHz)	NF[1:0]	計算式
100	100b	11 (0xEB)	13 (0xED)	50	—	(4)
400	001b	13 (0xED)	31 (0xFF)	50	—	(4)
1000	000b	10 (0xEA)	22 (0xF6)	50	—	(2)

表 28.8 SCLE = 1 かつ NFE = 1 の場合の IIC 設定範囲例

転送レート (kbps)	CKS[2:0] (ICMR1)	BRH[4:0] (ICBRH)	BRL[4:0] (ICBRL)	PCLKB (MHz)	NF[1:0]	計算式
100	011b	21 (0xF5)	26 (0xFA)	50	01b	(5)
400	001b	11 (0xEB)	29 (0xFD)	50	01b	(5)
1000	000b	8 (0xE8)	20 (0xF4)	50	01b	(3)

28.2.17 ICDRT : I²C バス送信データレジスタ

Base address: IIC0 = 0x4009_F000

Offset address: 0x12

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

Value after reset: 1 1 1 1 1 1 1 1

ICDRT レジスタは、I²C バスシフトレジスタ (ICDRS) の空きを検出すると、ICDRT レジスタに書き込まれた送信データを ICDRS レジスタへ転送し、送信モードでデータ送信を開始します。ICDRT レジスタと ICDRS レジスタはダブルバッファ構成になっているため、ICDRS レジスタのデータ送信中に、次に送信するデータを ICDRT レジスタに書けば、連続送信動作が可能になります。

ICDRT レジスタは常に読み出し／書き込み可能です。ICDRT レジスタへの送信データの書き込みは、送信データエンプティ割り込み (IIC0_TXI) 要求が発生したときに 1 回だけ行ってください。

28.2.18 ICDRR : I²C バス受信データレジスタ

Base address: IIC0 = 0x4009_F000

Offset address: 0x13

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

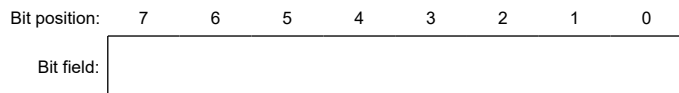
1 バイトのデータを受信すると、受信したデータは I²C バスシフトレジスタ (ICDRS) から ICDRR レジスタへ転送され、次のデータを受信可能にします。ICDRS レジスタと ICDRR レジスタはダブルバッファ構成になっているため、ICDRS レジスタのデータ受信中に、すでに受信したデータを ICDRR レジスタから読み出せば、連続受信動作が可能になります。ICDRR レジスタに書き込むことはできません。ICDRR レジスタからの読み出しは、受信データフル割り込み (IIC0_RXI) 要求が発生したときに 1 回だけ行ってください。

現在のデータを ICDRR レジスタから読み出す前に (ICSR2.RDRF フラグが 1 の場合に)、ICDRR レジスタが次の受信データを受け取ると、RDRF フラグが次に 1 になるタイミングの 1 つ手前の SCL クロックで、IIC は自動的に Low ホールドを行います。

28.2.19 ICDRS : I²C バスシフトレジスタ

Base address: n/a

Offset address: n/a



Value after reset: - - - - -

ICDRS レジスタは、データを送受信するための 8 ビットのシフトレジスタです。送信時は、送信データが ICDRR レジスタから ICDRS レジスタへ転送されて、SDA0 端子からデータが送出されます。受信時は、1 バイトのデータ受信後に、データが ICDRS レジスタから ICDRR レジスタへ転送されます。ICDRS レジスタは、直接アクセスすることはできません。

28.3 動作説明

28.3.1 通信データフォーマット

I²C バスフォーマットは、8 ビットのデータと 1 ビットのアクノリッジで構成されています。スタートコンディションまたはリスタートコンディションに続くフレームは、マスターデバイスの通信先であるスレーブデバイスを指定するアドレスフレームです。指定されたスレーブは、新たにスレーブが指定されるか、またはストップコンディションが発行されるまで有効です。

図 28.3 に I²C バスフォーマットを、図 28.4 に I²C バスタイミングを示します。

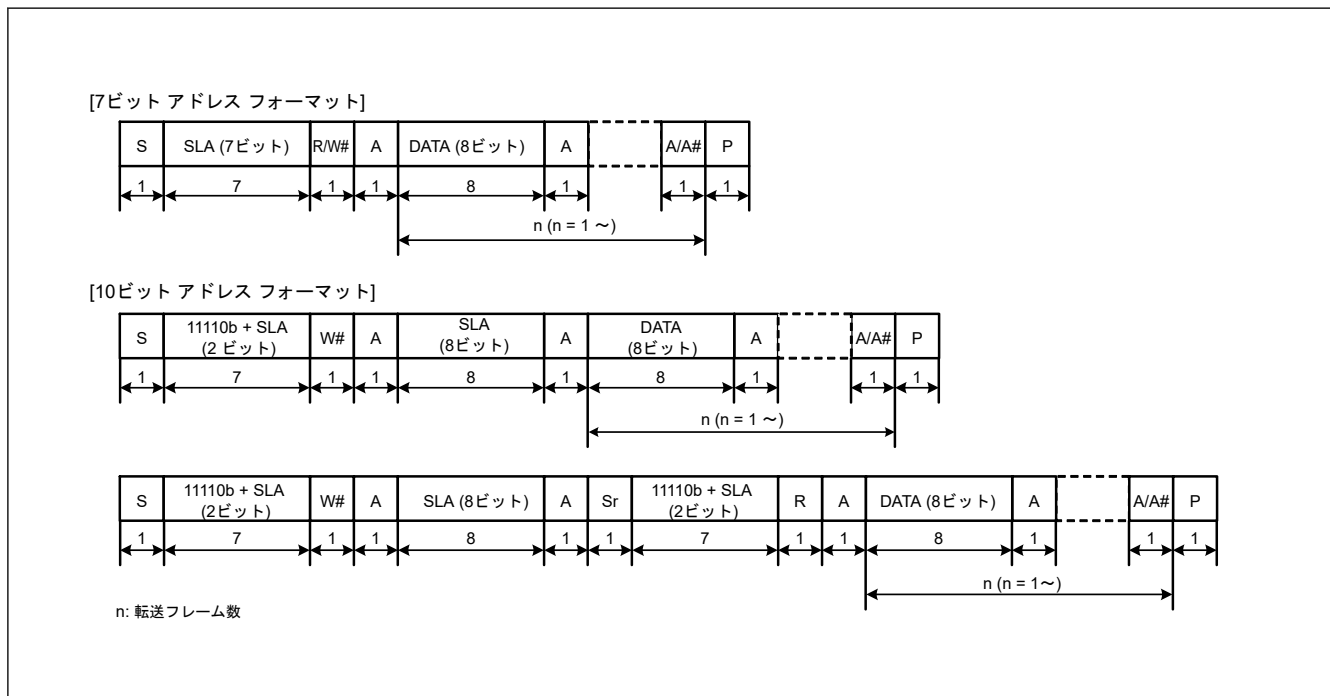


図 28.3 I²C バスフォーマット

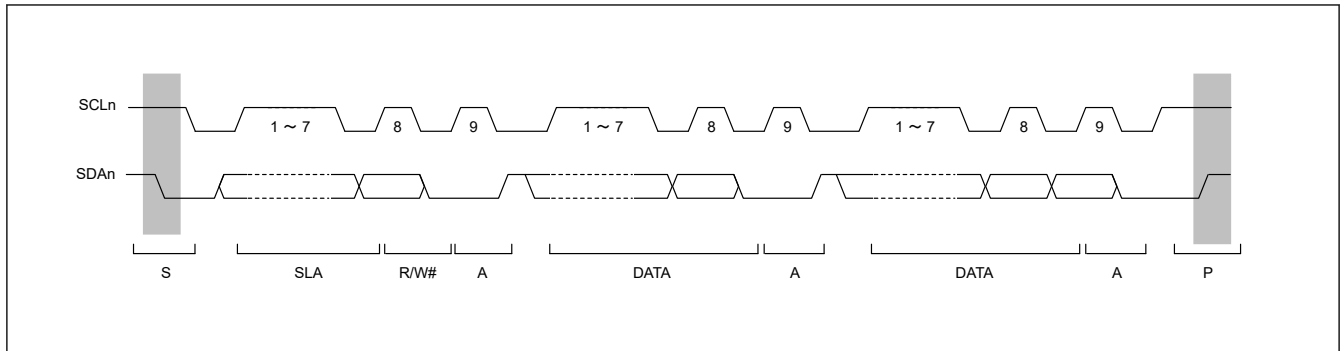


図 28.4 I²C バスタイミング (SLA = 7 ビットの場合)

- S: スタートコンディションを表します。SCLn ラインが High のとき、マスタデバイスが SDAn ラインを High から Low に変化させます。
- SLA: スレーブアドレスを表します。これによって、マスタデバイスがスレーブデバイスを選択します。
- R/W#: データ転送の方向を表します。1 のとき、スレーブデバイスからマスタデバイスの方向、0 のとき、マスタデバイスからスレーブデバイスの方向になります。
- A: アクノリッジを表します。受信デバイスが SDAn ラインを Low にします。マスタ送信モードでは、スレーブデバイスがアクノリッジを返します。マスタ受信モードでは、マスタデバイスがアクノリッジを返します。
- A#: ノットアクノリッジを表します。受信デバイスが SDAn ラインを High にします。
- Sr: リスタートコンディションを表します。SCLn ラインが High のときに、セットアップ時間が経過した後、マスタデバイスが SDAn ラインを High から Low に変化させます。
- DATA: 送信データまたは受信データを表します。
- P: ストップコンディションを表します。SCLn ラインが High のときに、マスタデバイスが SDAn ラインを Low から High に変化させます。

28.3.2 初期設定

データの送受信を開始する前に、図 28.5 に示す手順に従って IIC を初期化してください。

1. ICCR1.ICE ビットを 0 に設定して、SCLn および SDAn 端子を非アクティブ状態に設定します。
2. ICCR1.IICRST ビットを 1 に設定して、IIC リセットします。
3. ICCR1.ICE ビットを 1 に設定して、内部リセットを開始します。
4. SARLy、SARUy、ICSER、ICMR1、ICBRH、および ICBRL レジスタ (y = 0~2) を設定し、必要に応じてその他のレジスタを設定します。IIC の初期設定については、図 28.5 を参照してください。
5. 必要なレジスタ設定が完了したら、ICCR1.IICRST ビットを 0 に設定して IIC リセットを解除します。

すでに IIC の初期化が完了している場合、この手順は不要です。

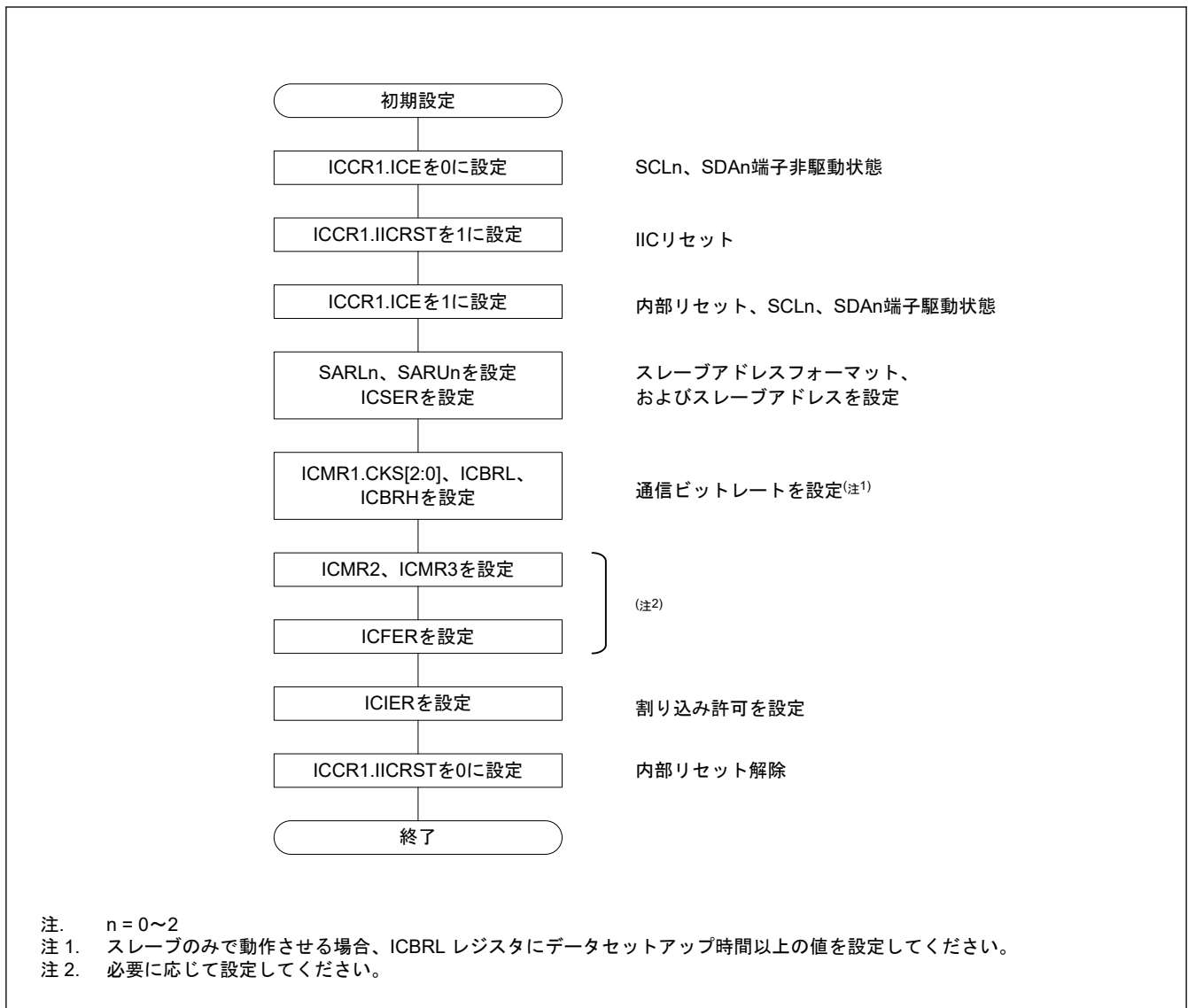


図 28.5 IIC の初期化フローチャート例

28.3.3 マスタ送信動作

マスタ送信動作では、マスタデバイスである IIC が SCL クロックと送信データ信号を出力し、スレーブデバイスがアクノリッジを返します。図 28.6 にマスタ送信の例を、図 28.7~図 28.9 にマスタ送信の動作タイミングを示します。

マスタ送信の設定および実行は以下の手順で行います。

- 初期設定を行います。詳細は、「28.3.2. 初期設定」を参照してください。
- ICCR2.BBSY フラグを読んでバスが解放状態であることを確認した後、ICCR2.ST ビットを 1 (スタートコンディション要求) にします。IIC はスタートコンディション要求を受け付けると、スタートコンディションを発行します。同時に、ICCR2.BBSY フラグと ICSR2.START フラグが自動的に 1 になり、ST ビットが自動的に 0 になります。このとき、ST ビットが 1 の状態でスタートコンディションが検出され、かつ、SDA 出力状態の内部レベルと SDA_n ラインのレベルが一致していれば、IIC は ST ビットによるスタートコンディション発行が正しく行われたと認識し、ICCR2.MST、TRS ビットが自動的に 1 になり、IIC はマスタ送信モードになります。ICSR2.TDRE フラグは、TRS ビットが 1 になることにより自動的に 1 になります。
- ICSR2.TDRE フラグが 1 であることを確認した後、ICDRT レジスタに送信データ (スレーブアドレスと R/W# ビット) を書いてください。ICDRT レジスタに送信データが書き込まれると、TDRE フラグは自動的に 0 になり、ICDRT レジスタから ICDRS レジスタへデータが転送されて、再び TDRE フラグが 1 になります。スレーブアドレスと R/W# ビットを含むバイトの送信後、送信された R/W# ビットの値に応じて TRS ビットの値が

自動的に更新され、マスタ送信モードまたはマスタ受信モードが選択されます。R/W#ビットの値が0であったなら、IICはマスタ送信モードの状態を継続します。

このとき ICSR2.NACKF フラグが1であると、アドレスを認識したスレーブデバイスが存在しないか、または通信エラーが発生していることを示しているため、ICCR2.SP ビットに1を書いて、ストップコンディションを発行してください。

データを10ビットフォーマットのアドレスで送信する場合は、最初に、1回目のアドレス送信処理で ICDRT レジスタに11110b + スレーブアドレスの上位2ビットと W を書きます。次に、2回目のアドレス送信処理では、ICDRT レジスタにスレーブアドレスの下位8ビットを書いてください。

4. ICSR2.TDRE フラグが1であることを確認した後、送信データを ICDRT レジスタに書いてください。なお、送信データの準備ができるまで、またはストップコンディションが発行されるまで、IICは自動的に SCLn ラインを Low にホールドします。
5. 送信データの全バイトを ICDRT レジスタに書いた後、ICSR2.TEND フラグが1に戻るまで待つてから、ICCR2.SP ビットを1 (ストップコンディション要求) にしてください。IICは、ストップコンディション要求を受け付けると、ストップコンディションを発行します。ストップコンディション発行の詳細については、「[28.11.3. ストップコンディション発行動作](#)」を参照してください。
6. IICはストップコンディションを検出すると、ICCR2.MST ビットと ICCR2.TRS ビットを自動的に0にして、スレーブ受信モードへ遷移します。さらにIICは、TDRE フラグと TEND フラグを自動的に0にして、ICSR2.STOP フラグを1にします。
7. ICSR2.STOP フラグが1であることを確認した後、次の転送動作のために、ICSR2.NACKF フラグと ICSR2.STOP フラグを0にしてください。

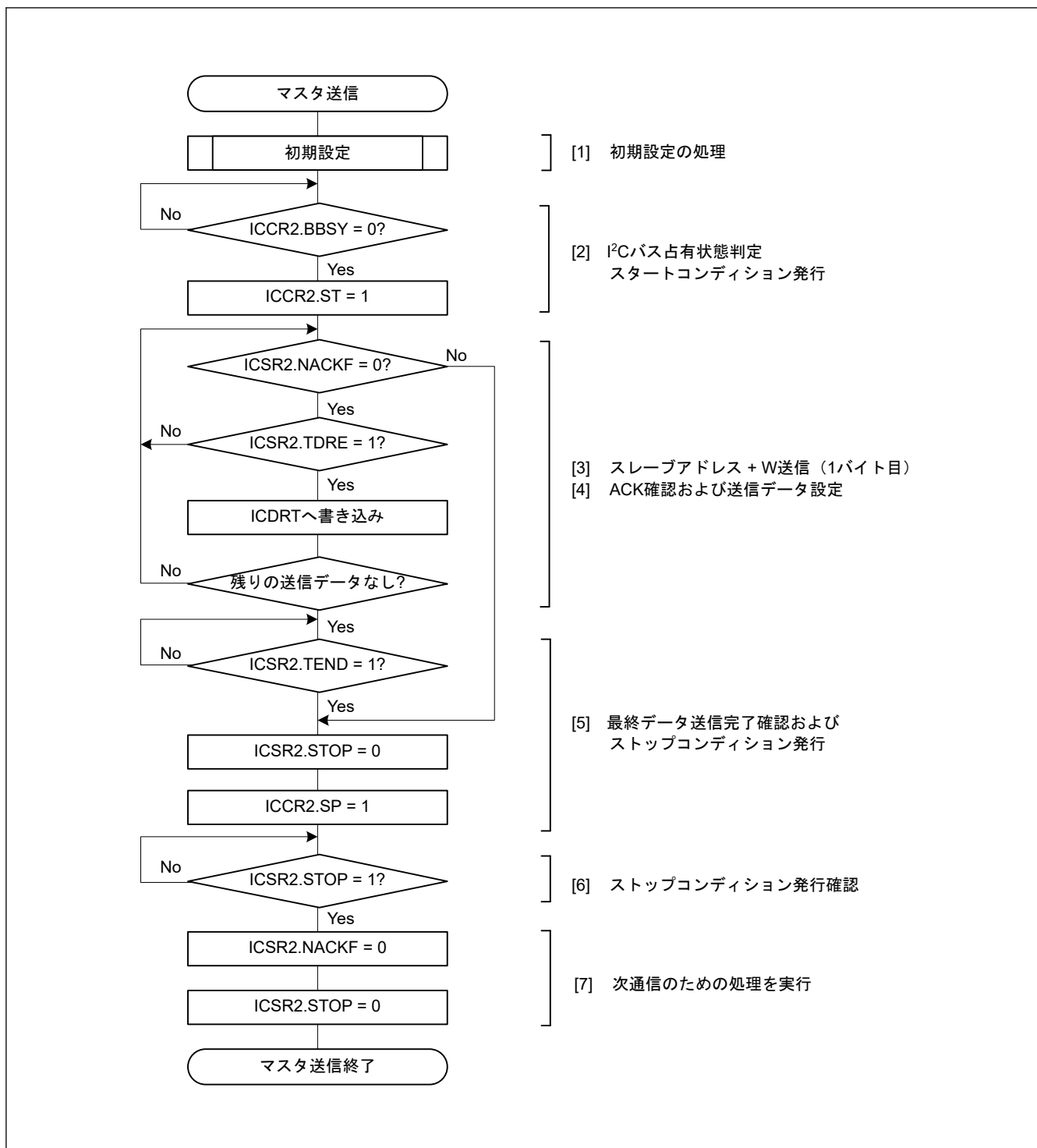


図 28.6 マスタ送信のフローチャート例

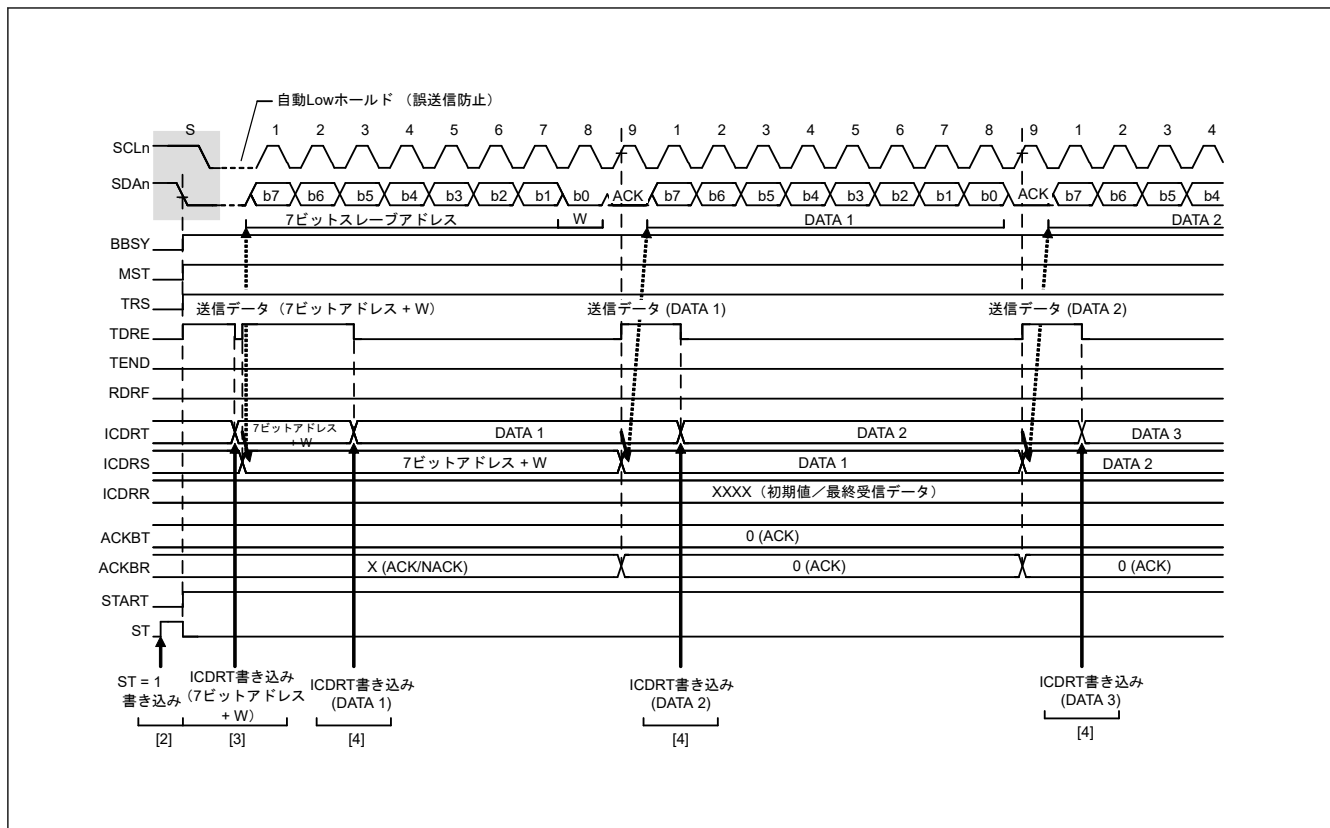


図 28.7 マスタ送信の動作タイミング (1) (7ビットアドレスフォーマット)

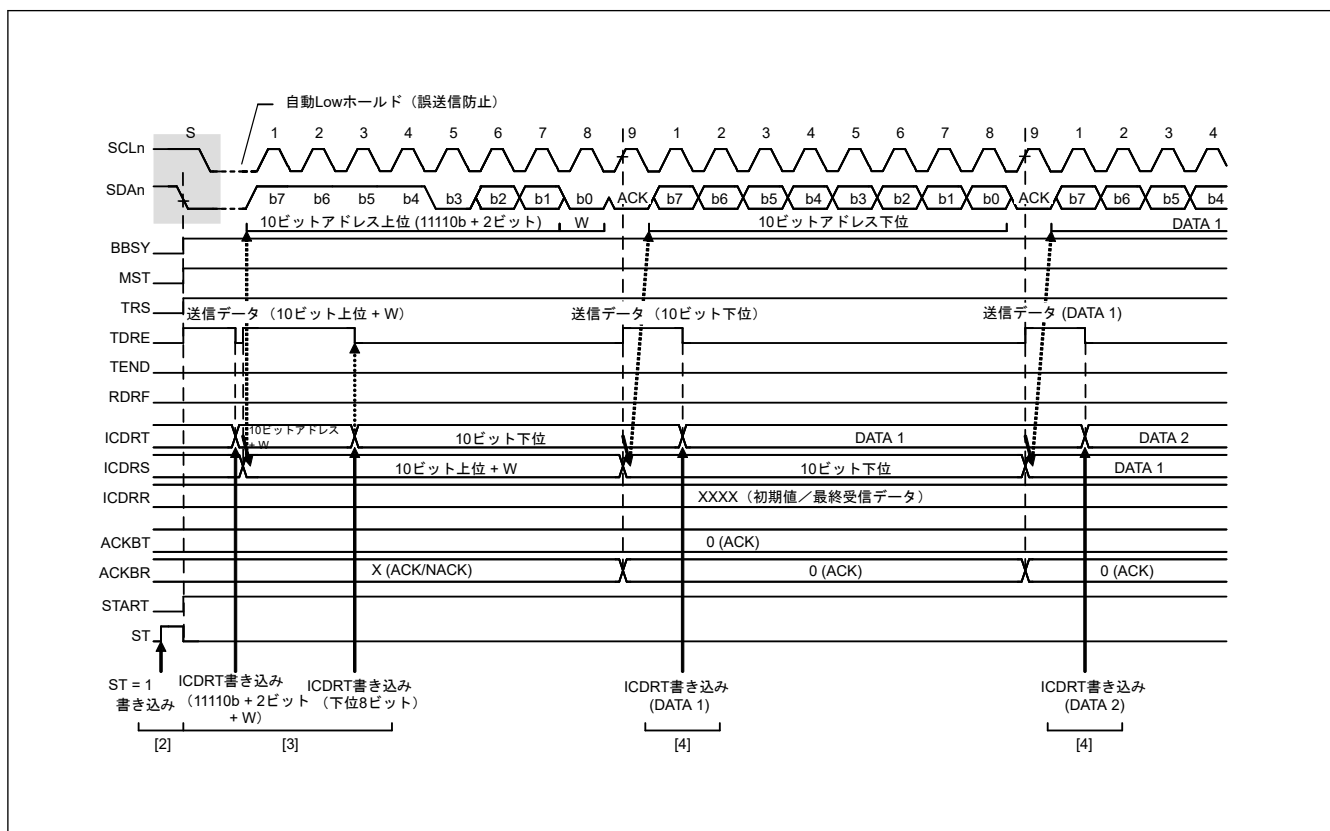


図 28.8 マスタ送信の動作タイミング (2) (10ビットアドレスフォーマット)

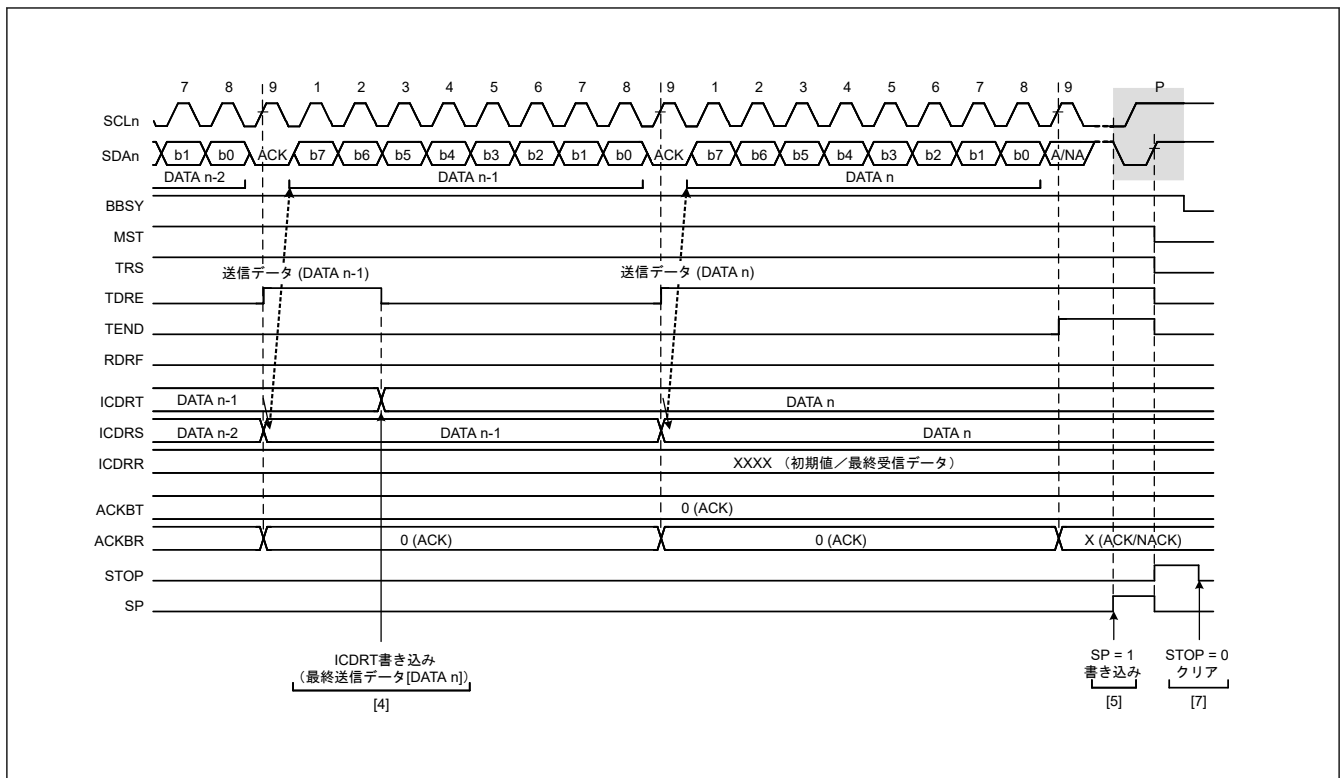


図 28.9 マスタ送信の動作タイミング (3)

28.3.4 マスタ受信動作

マスタ受信動作では、マスタデバイスである IIC が SCL クロックを出力し、スレーブデバイスからデータを受信して、アクリッジを返します。最初に、対応するスレーブデバイスにスレーブアドレスを送信するため、手順のこの部分ではマスタ送信モードで実行し、その後の手順ではマスタ受信モードで実行します。

図 28.10 と図 28.11 にマスタ受信の例 (7 ビットアドレスフォーマットの場合) を、図 28.12～図 28.14 にマスタ受信の動作タイミングを示します。

マスタ受信の設定および実行は以下の手順で行います。

1. 初期設定を行います。詳細は、「28.3.2. 初期設定」を参照してください。
2. ICCR2.BBSY フラグを読んでバスが解放状態であることを確認した後、ICCR2.ST ビットを 1 (スタートコンディション要求) にします。IIC はスタートコンディション要求を受け付けると、スタートコンディションを発行します。IIC がスタートコンディションを検出すると、ICCR2.BBSY フラグと ICSR2.START フラグが自動的に 1 になり、ST ビットが自動的に 0 になります。このとき、ST ビットが 1 の状態でスタートコンディションが検出され、かつ SDA 出力のレベルと SDA_n ラインのレベルが一致したならば、IIC は ST ビットで要求したスタートコンディション発行が正しく完了したと認識し、ICCR2.MST ビットと ICCR2.TRS ビットが自動的に 1 になって、IIC はマスタ送信モードになります。ICSR2.TDRE フラグは、TRS ビットが 1 になることにより自動的に 1 になります。
3. ICSR2.TDRE フラグが 1 であることを確認した後、ICDRT レジスタに送信データ (1 バイト目はスレーブアドレスと R/W# ビットの値を示す) を書いてください。ICDRT レジスタに送信データが書き込まれると、TDRE フラグは自動的に 0 になり、ICDRT レジスタから ICDRS レジスタへデータが転送されて、再び TDRE フラグが 1 になります。スレーブアドレスと R/W# ビットを含むバイトが送信されると、送信された R/W# ビットの値に応じて ICCR2.TRS ビットの値が自動的に更新され、送信モードまたは受信モードが選択されます。R/W# ビットの値が 1 の場合、SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで TRS ビットが 0 になり、IIC はマスタ受信モードになります。このとき、TDRE フラグが 0 になり、ICSR2.RDRF フラグが自動的に 1 になります。このとき ICSR2.NACKF フラグが 1 であると、アドレスを認識したスレーブデバイスが存在しないか、または通信エラーが発生していることを示しているため、ICCR2.SP ビットに 1 を書いて、ストップコンディションを発行してください。
なお、10 ビットアドレスフォーマットでマスタ受信を行う場合は、まずマスタ送信で 10 ビットアドレスを送信した後、リスタートコンディションを発行します。その後、11110b+スレーブアドレスの上位 2 ビットと R ビットを送信することで、IIC はマスタ受信モードになります。

4. ICSR2.RDRF フラグが 1 であることを確認した後、ICDRR レジスタをダミーリードします。これにより、IIC は SCL クロックの出力とデータ受信動作を開始します。
5. 1 バイトのデータの受信後、ICMR3.RDRFS ビットで設定した SCL クロックの 8 クロック目または 9 クロック目の立ち上がりで、ICSR2.RDRF フラグが 1 になります。このとき ICDRR レジスタを読むと、受信したデータを読むことができ、同時に RDRF フラグは自動的に 0 になります。また、SCL クロックの 9 クロック目のアクノリッジビットには、ICMR3.ACKBT ビットに設定した値が返信されます。次に受信するバイトが最後から 2 番目のバイトの場合、そのデータ（最後から 2 番目のバイト）を含む ICDRR レジスタを読む前に、ICMR3.WAIT ビットを 1 (WAIT あり) にしてください。これにより、手順 (6) の ICMR3.ACKBT ビットを 1 (NACK) にする処理が割り込みなどの他の処理によって遅れた場合でも、NACK 出力が可能になるとともに、最終バイトの受信時に 9 クロック目の立ち上がりで SCLn ラインを Low に固定して、ストップコンディションの発行が可能になります。
6. ICMR3.RDRFS ビットが 0 で、かつスレーブデバイスに対して、次および最終バイトの転送でデータ受信が終了することを通知する必要がある場合は、ICMR3.ACKBT ビットを 1 (NACK) にしてください。
7. 最後から 2 番目のバイトを ICDRR レジスタから読み出した後、ICSR2.RDRF フラグが 1 であれば、ICCR2.SP ビットを 1 (ストップコンディション要求) にした後、ICDRR レジスタの最終バイトを読み出してください。ICDRR レジスタの読み出し時、IIC は WAIT 状態から解除され、9 クロック目の Low 出力終了後または SCLn ラインの Low ホールド解除後に、ストップコンディションを発行します。
8. IIC はストップコンディションを検出すると、ICCR2.MST ビットと ICCR2.TRS ビットを自動的に 0 にして、スレーブ受信モードへ遷移します。また、ストップコンディションの検出によって、ICSR2.STOP フラグが 1 になります。
9. ICSR2.STOP フラグが 1 であることを確認した後、次の転送動作のために、ICSR2.NACKF フラグと ICSR2.STOP フラグを 0 にしてください。

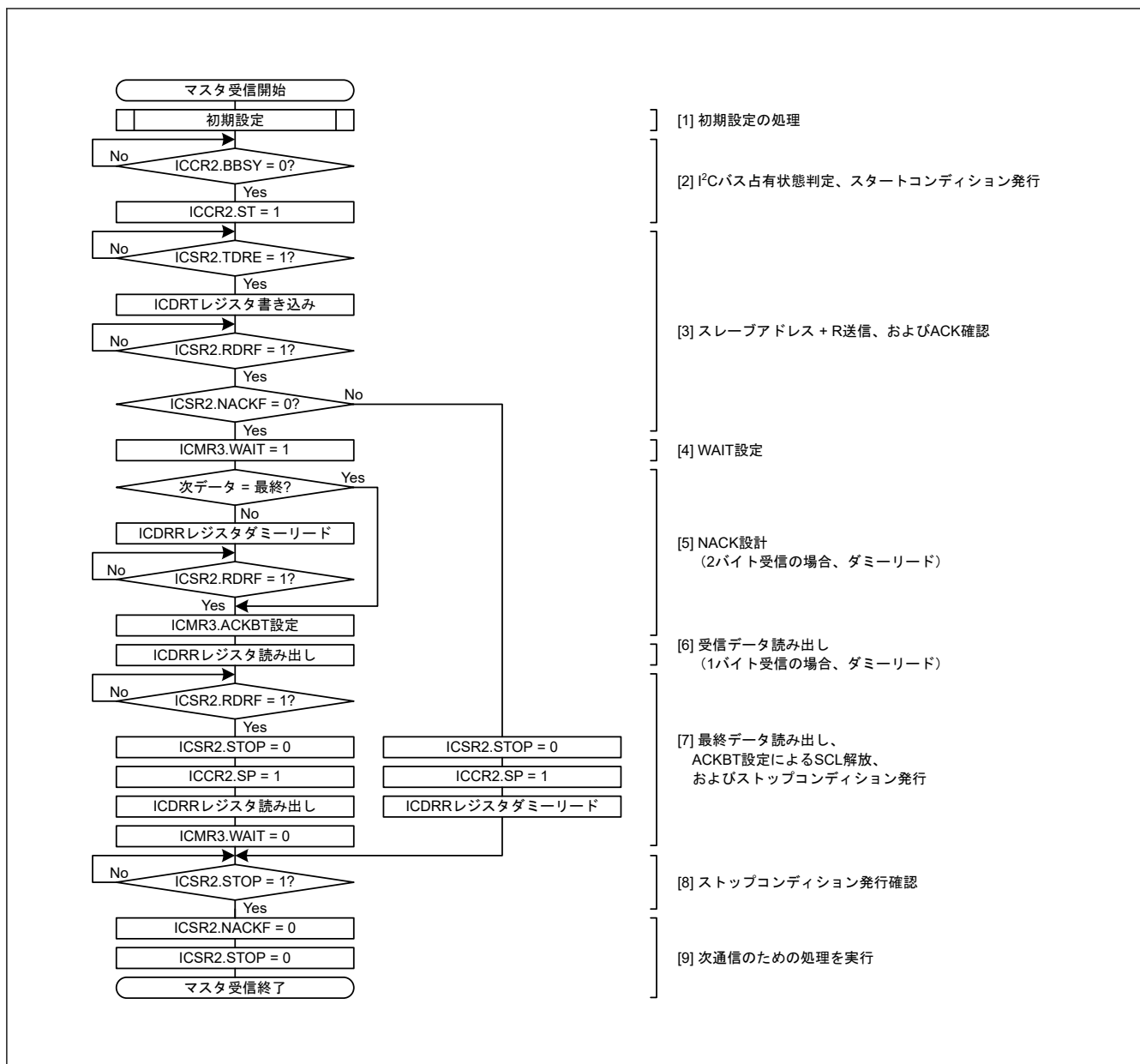


図 28.10 マスタ受信の例 (7ビットアドレスフォーマットで1または2バイト受信の場合)

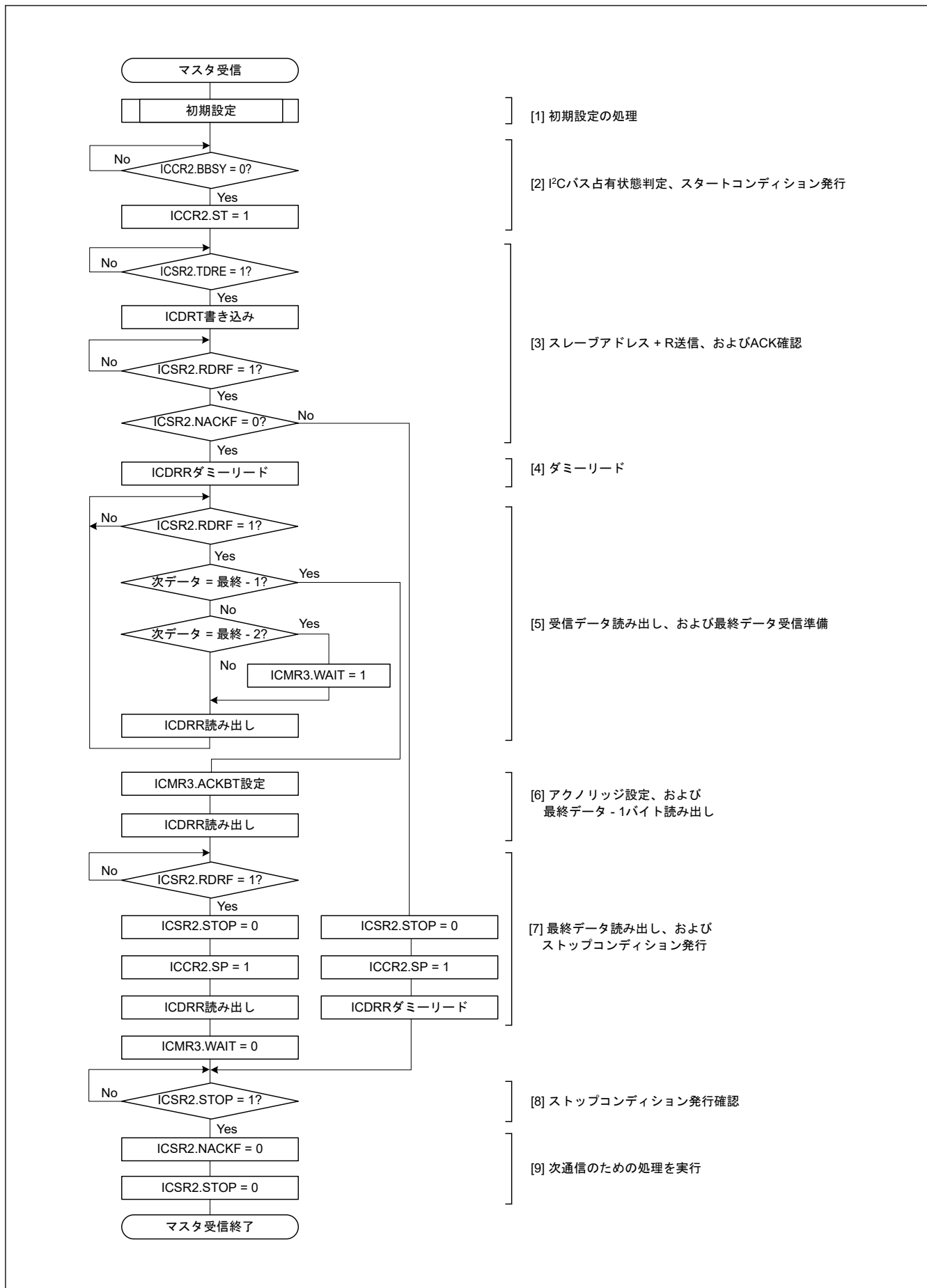


図 28.11 マスタ受信の例 (7ビットアドレスフォーマットで3バイト以上受信の場合)

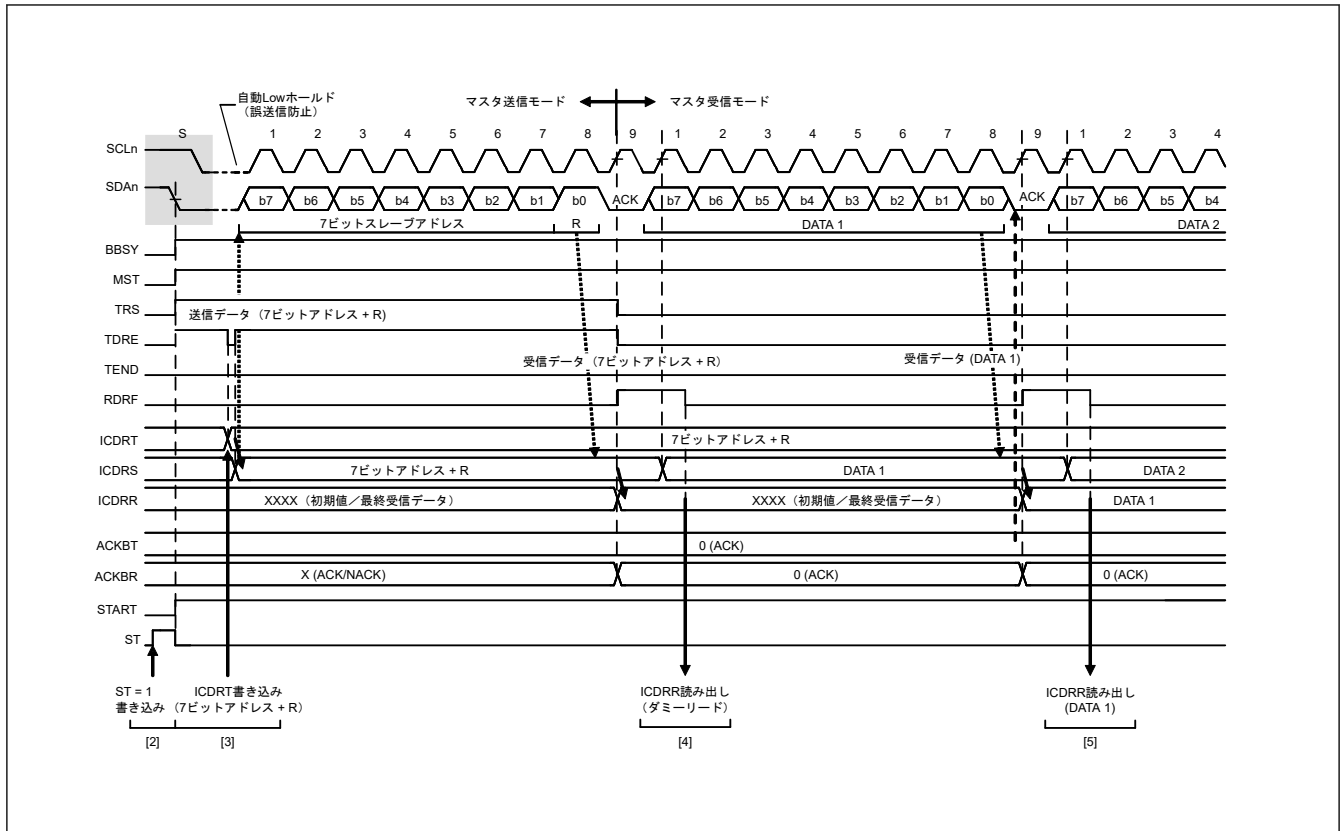


図 28.12 マスタ受信の動作タイミング (1) (7ビットアドレスフォーマットで RDRFS = 0 の場合)

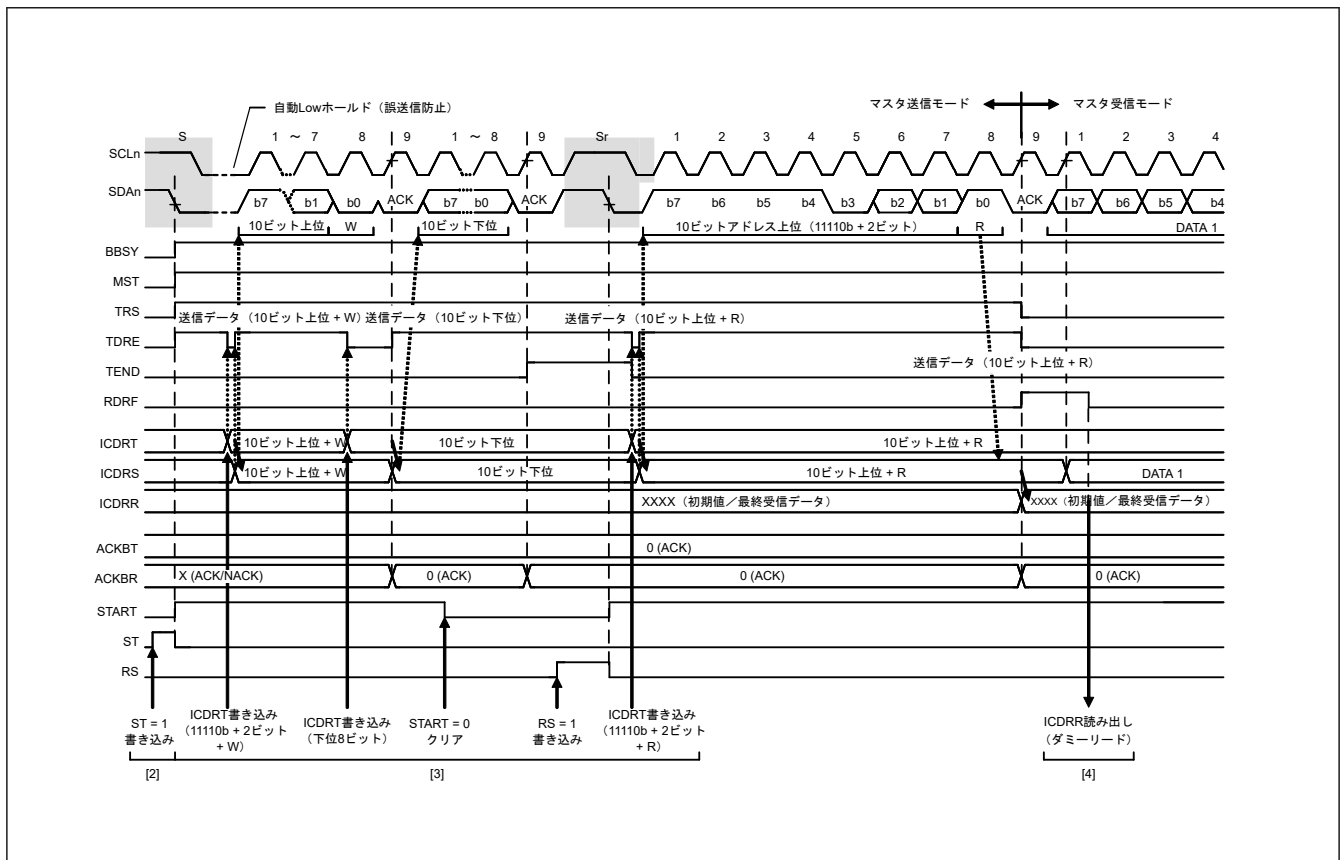


図 28.13 マスタ受信の動作タイミング (2) (10ビットアドレスフォーマットで RDRFS = 0 の場合)

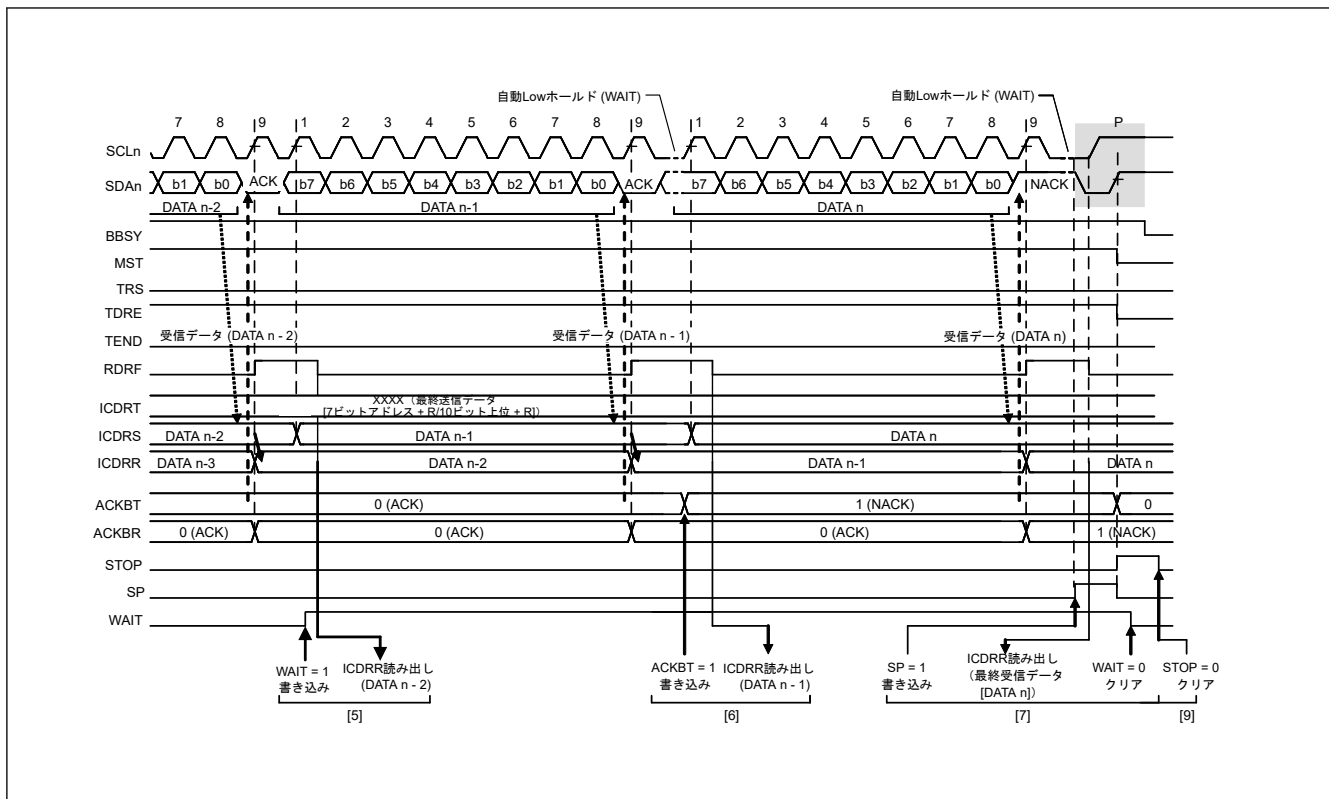


図 28.14 マスタ受信の動作タイミング (3) (RDRFS = 0 の場合)

28.3.5 スレーブ送信動作

スレーブ送信動作では、マスタデバイスが SCL クロックを出力し、スレーブデバイスである IIC がデータを送信し、マスタデバイスがアクノリッジを返します。

図 28.15 にスレーブ送信の例を、図 28.16～図 28.17 にスレーブ送信の動作タイミングを示します。

スレーブ送信の設定および実行は以下の手順で行います。

1. 初期設定を行います。詳細は、「28.3.2. 初期設定」を参照してください。
初期設定完了後、IIC は受信したスレーブアドレスが一致するまで待機状態となります。
2. スレーブアドレスが一致した後、IIC は対応する ICSR1.HOA、GCA、AASn フラグ (n = 0～2) のいずれかを SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 1 にし、SCL クロックの 9 クロック目のアクノリッジビットに ICMR3.ACKBT ビットの設定値を出力します。このとき、同時に受信した R/W# ビットの値が 1 であれば、IIC は ICCR2.TRS ビットと ICSR2.TDRE フラグの両方を 1 にすることで、自動的にスレーブ送信モードに切り替わります。
3. ICSR2.TDRE フラグが 1 であることを確認した後、送信データを ICDRT レジスタに書いてください。このとき、ICFER.NACKE ビットが 1 の状態でマスタデバイスからアクノリッジを受信しなかった (NACK を受信した) 場合、IIC は次の転送動作を中断します。
4. ICSR2.NACKF フラグが 1 になるか、または最終送信バイトを ICDRT レジスタに書いた後、ICSR2.TDRE フラグが 1 の状態で、ICSR2.TEND フラグが 1 になるまで待ってください。ICSR2.NACKF フラグが 1 または TEND フラグが 1 の場合、IIC は SCL クロックの 9 クロック目の立ち下がり SCLn ラインを Low にします。
5. ICSR2.NACKF フラグが 1 または ICSR2.TEND フラグが 1 の場合、終了処理のため ICDRR レジスタをダミーリードしてください。これによって SCLn ラインが解放されます。
6. IIC はストップコンディションを検出すると、ICSR1.HOA、GCA、AASn フラグ (n = 0～2)、ICSR2.TDRE、TEND フラグ、および ICCR2.TRS ビットを自動的に 0 にして、スレーブ受信モードへ移行します。
7. ICSR2.STOP フラグが 1 であることを確認した後、次の転送動作のために、ICSR2.NACKF フラグと ICSR2.STOP フラグを 0 にしてください。

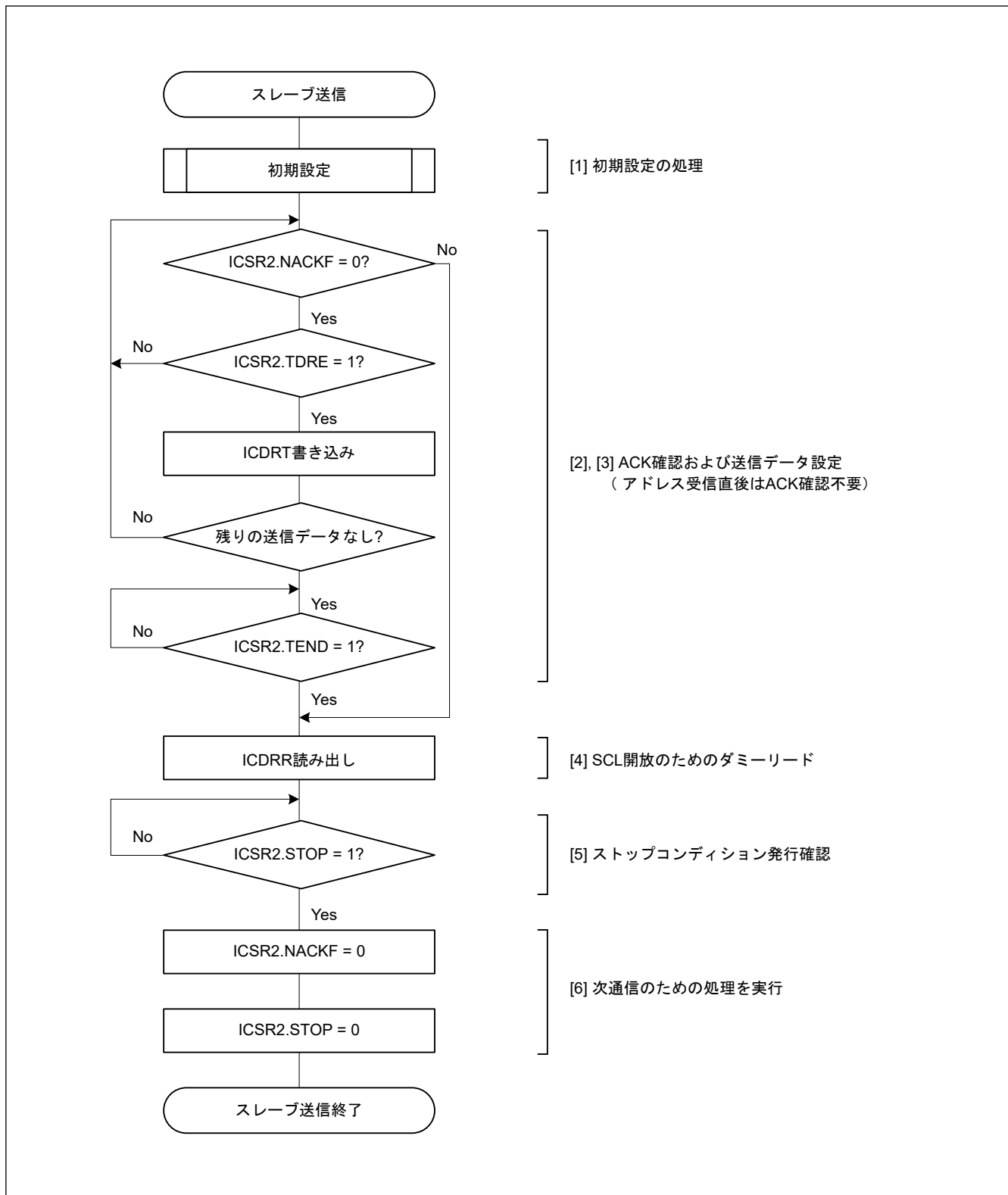


図 28.15 スレーブ送信のフローチャート例

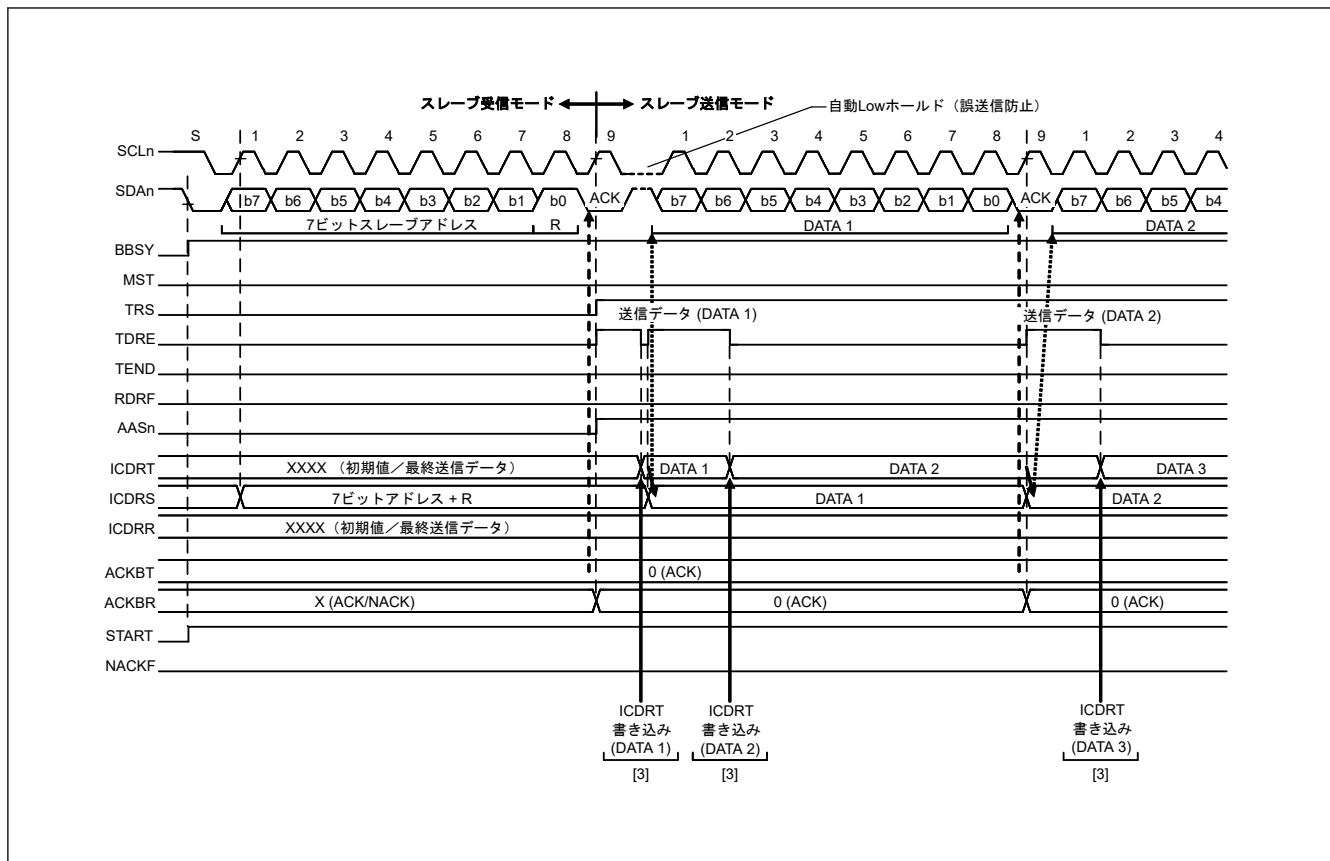


図 28.16 スレーブ送信の動作タイミング (1) (7ビットアドレスフォーマット)

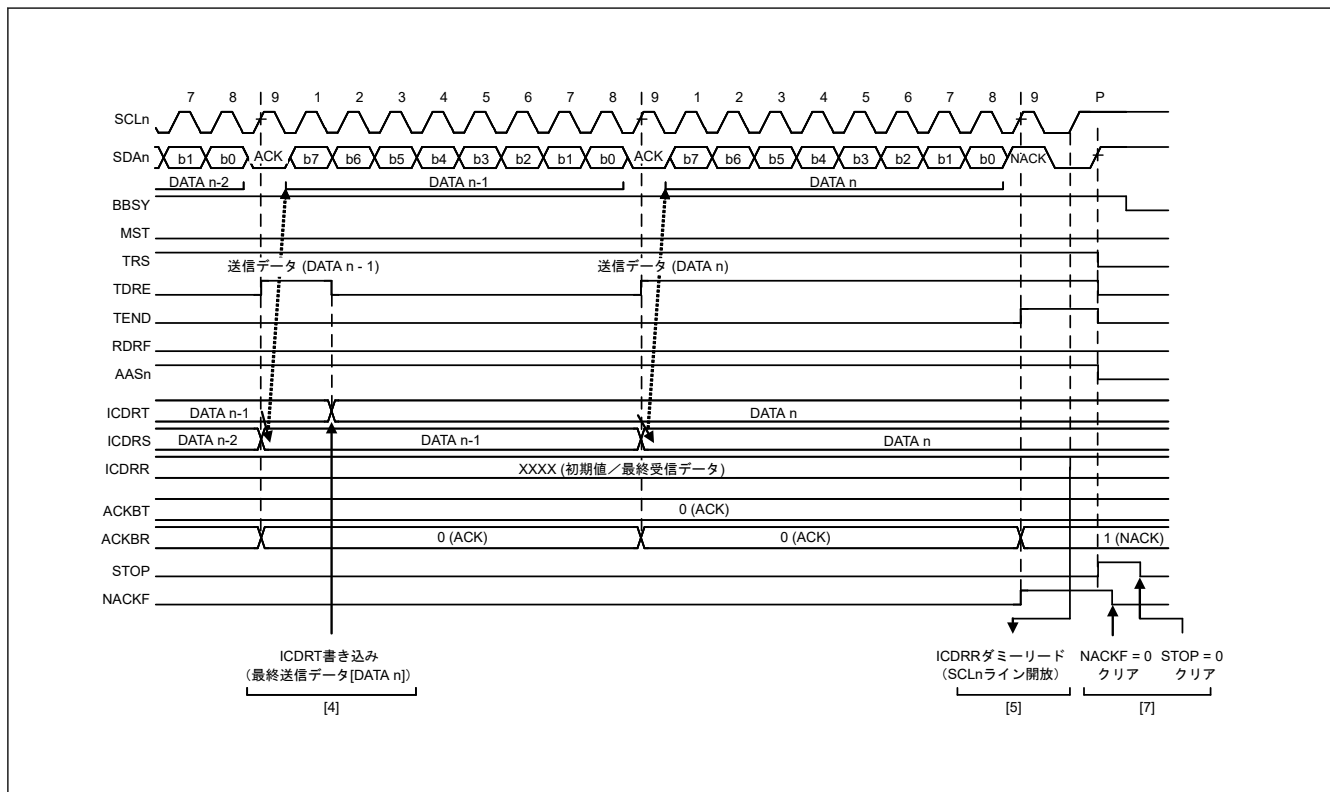


図 28.17 スレーブ送信の動作タイミング (2)

28.3.6 スレーブ受信動作

スレーブ受信動作では、マスタデバイスが SCL クロックと送信データを出力し、スレーブデバイスである IIC がアクノリッジを返します。

図 28.18 にスレーブ受信の例を、図 28.19 と図 28.20 にスレーブ受信の動作タイミングを示します。

スレーブ受信の設定および実行は以下の手順で行います。

1. 初期設定を行います。詳細は、「28.3.2. 初期設定」を参照してください。
初期設定完了後、IIC は受信したスレーブアドレスが一致するまで待機状態となります。
2. スレーブアドレスが一致した後、IIC は対応する ICSR1.HOA、GCA、AASn フラグ (n=0~2) のいずれかを SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 1 にし、SCL クロックの 9 クロック目のアクノリッジビットに ICMR3.ACKBT ビットの設定値を出力します。このとき、同時に受信した R/W#ビットの値が 0 であれば、IIC はスレーブ受信モードを継続し、ICSR2.RDRF フラグを 1 にします。
3. ICSR2.STOP フラグが 0 であることと、ICSR2.RDRF フラグが 1 であることを確認し、ICDRR レジスタをダミーで読んでください。ダミーリードした値は、7 ビットアドレスフォーマット選択時はスレーブアドレス + R/W#ビット、10 ビットアドレスフォーマット選択時は下位 8 ビットアドレスです。
4. ICDRR レジスタが読み出されると、IIC は ICSR2.RDRF フラグを自動的に 0 にします。なお、ICDRR レジスタの読み出しが遅れて、RDRF フラグが 1 になった状態で次のバイトを受信すると、IIC は RDRF フラグが設定されるポイントの 1 つ手前の SCL クロックまで SCLn ラインを Low にホールドします。この Low ホールドは ICDRR レジスタを読むことで解除され、IIC は SCLn ラインを解放します。
ICSR2.STOP フラグが 1 で、かつ ICSR2.RDRF フラグが 1 の場合、全データの受信が完了するまで ICDRR レジスタを読み出してください。
5. IIC はストップコンディションを検出すると、ICSR1.HOA、GCA、AASn フラグ (n=0~2) を自動的に 0 にします。
6. ICSR2.STOP フラグが 1 であることを確認した後、次の転送動作のために ICSR2.STOP フラグを 0 にしてください。

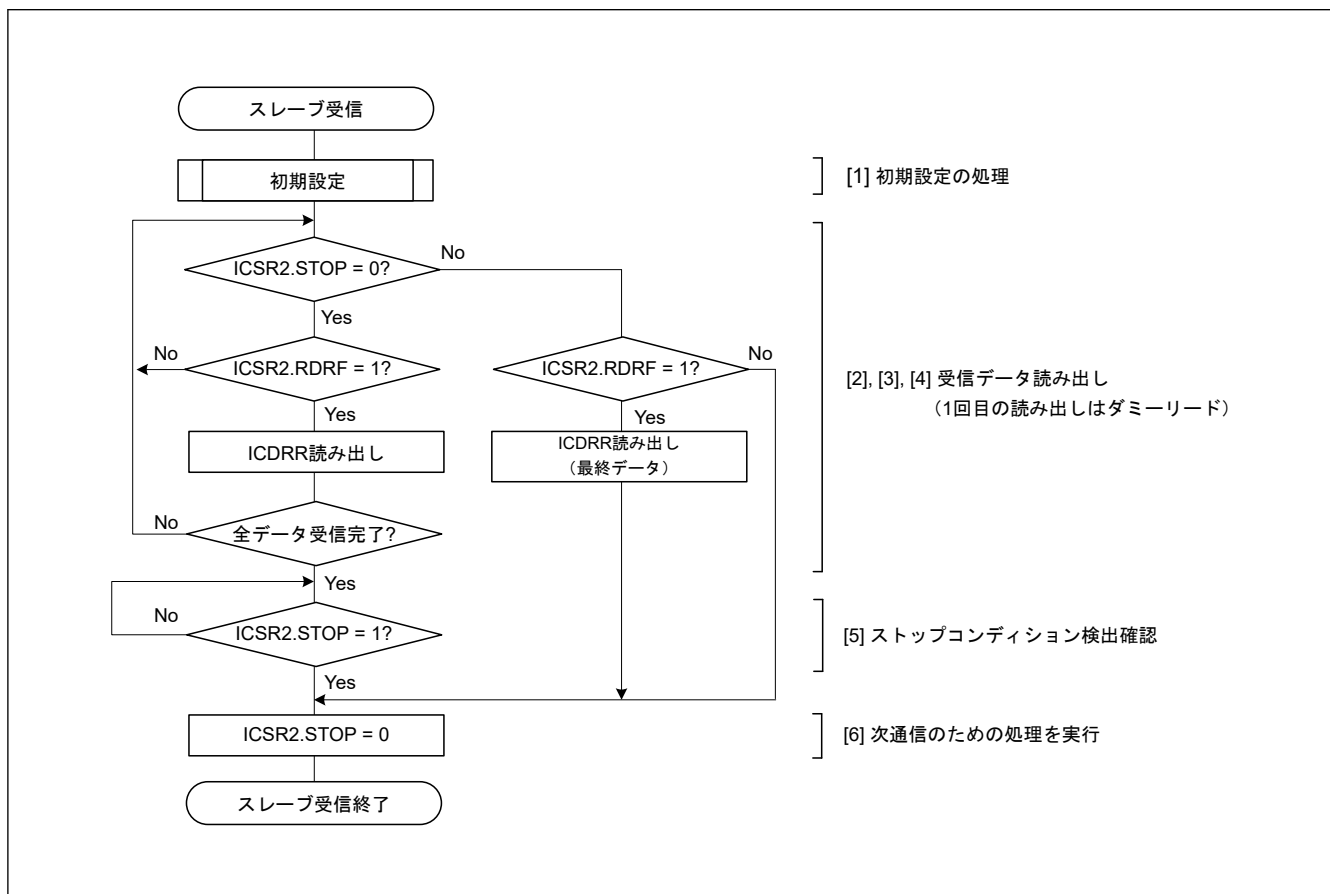


図 28.18 スレーブ受信のフローチャート例

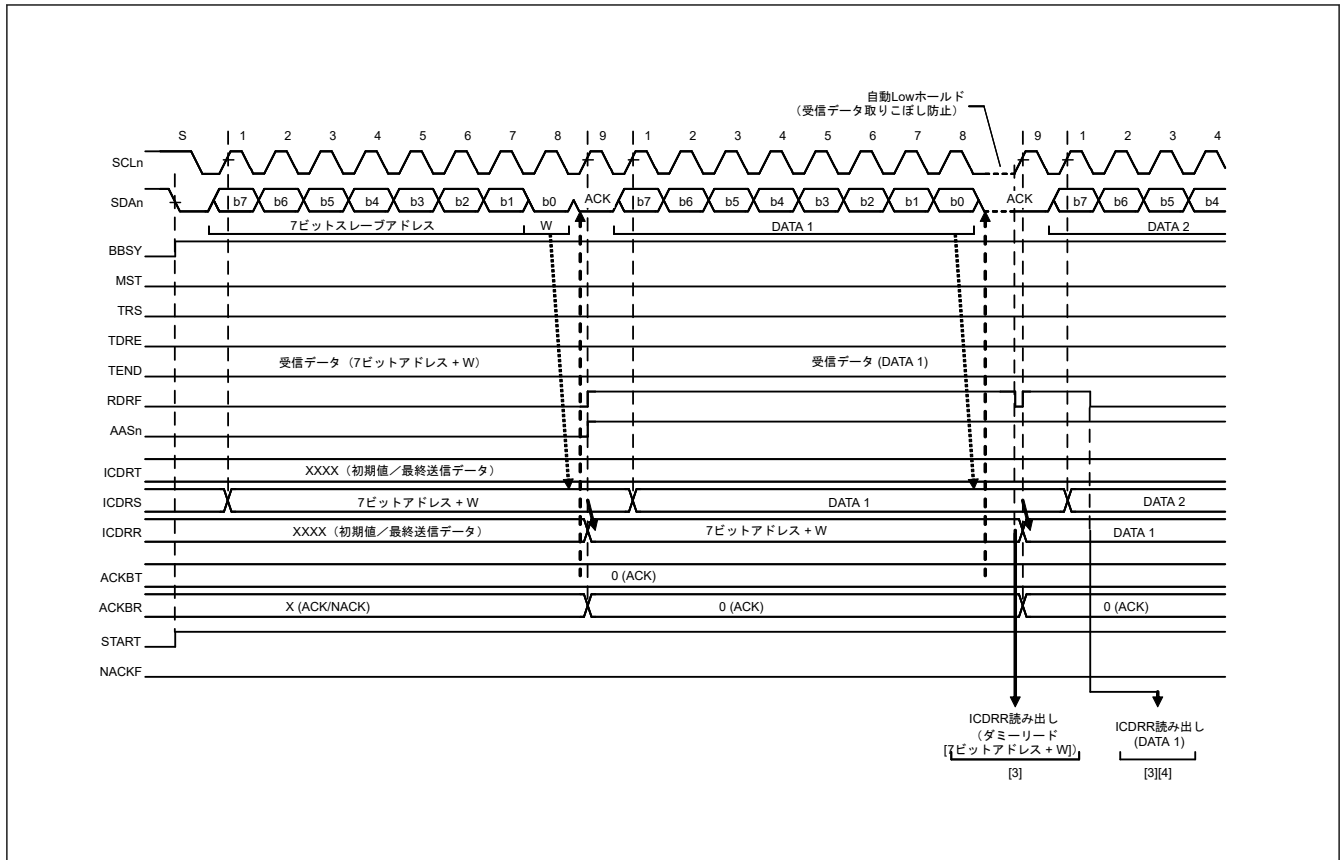


図 28.19 スレーブ受信の動作タイミング (1) (7ビットアドレスフォーマットで RDRFS = 0 の場合)

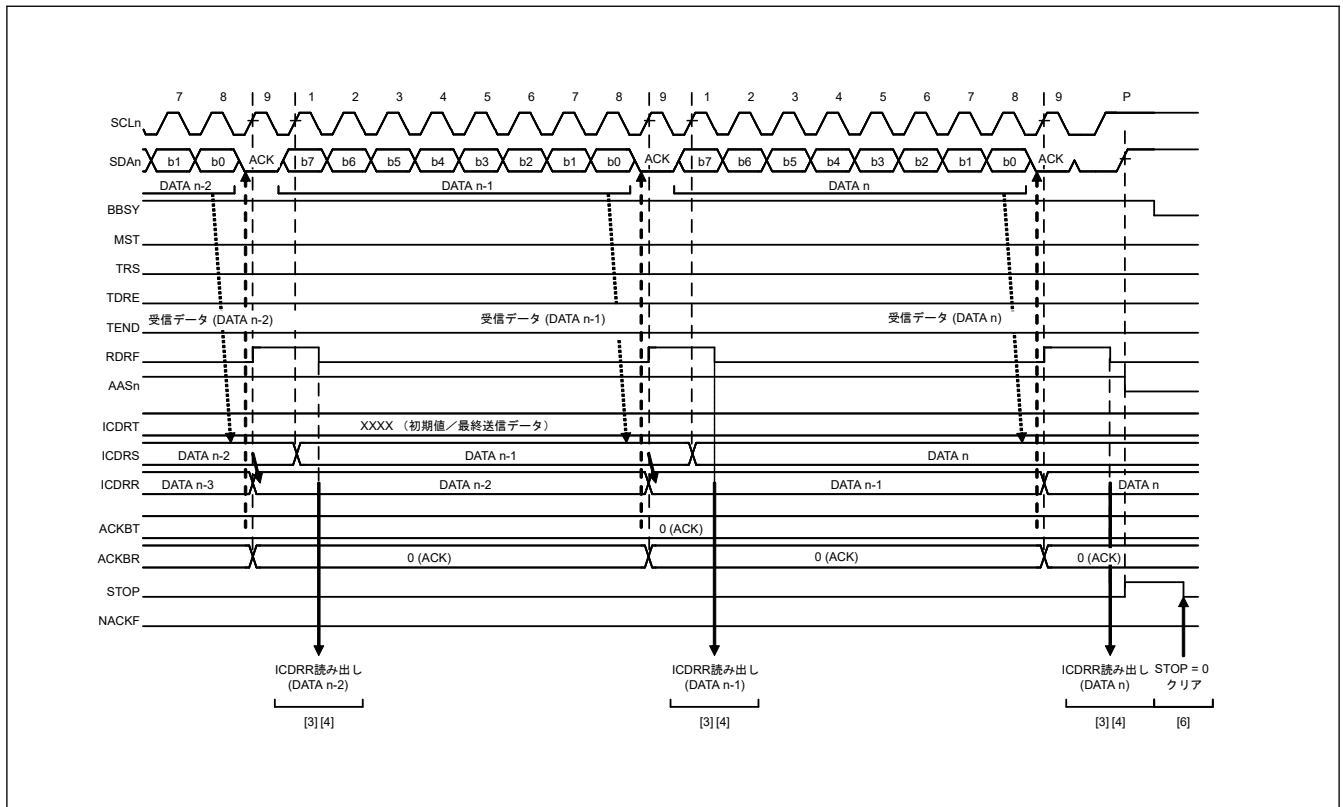


図 28.20 スレーブ受信の動作タイミング (2) (RDRFS = 0 の場合)

28.4 SCL 同期回路

SCL クロック生成では、IIC が SCLn ラインの立ち上がりを検出すると、ICBRH レジスタで設定した High 幅のカウンタを開始し、カウンタが終了すると SCLn ラインを Low にします。また、IIC が SCLn ラインの立ち下がりを検出すると、ICBRL レジスタで設定した Low 幅のカウンタを開始し、カウンタが終了すると SCLn ラインを解放します。IIC はこのプロセスを繰り返すことによって、SCL クロックを生成します。

I²C バスをマルチマスタで使用する場合、他のマスタデバイスとの競合により SCL 信号同士が衝突する場合があります。SCL クロックが衝突した場合、マスタデバイスは SCL 信号の同期化を行う必要があります。この SCL 信号の同期はビットごとに行う必要があるため、IIC はマスタモード時に SCLn ラインを監視することで、ビットごとに SCL クロック信号の同期を取る SCL 同期回路を備えています。

IIC が SCLn ラインの立ち上がりを検出して、ICBRH レジスタで設定した High 幅のカウンタを開始したとき、他のマスタデバイスが生成している SCL 信号によって SCLn ラインが Low にされた場合、IIC は以下のように動作します。

1. IIC は SCLn ラインの立ち下がりを検出すると、High 幅のカウンタ動作を中断します。
2. SCLn ラインを Low にします。
3. ICBRL レジスタで設定した Low 幅のカウンタを開始します。

Low 幅のカウンタが終了すると、IIC は SCLn ラインを解放します。このとき、他のマスタデバイスからの SCL クロック信号の Low 幅が、IIC 側で設定した Low 幅よりも長いと、SCL クロックの Low 幅が延長されます。他のマスタデバイスの Low 幅出力が終了すると、SCLn ラインの解放によって SCL クロックが立ち上がります。

IIC が SCL クロックの Low 幅の出力を終了すると、SCLn ラインが解放され、SCL クロックが立ち上がります。すなわち、マルチマスタによる SCL 信号衝突時の SCL 信号の High 幅は、High 幅の短いクロックに同期化され、SCL 信号の Low 幅は、Low 幅の長いクロックに同期化されます。この SCL 同期は、ICFER.SCLE ビットが 1 のときのみ有効です。

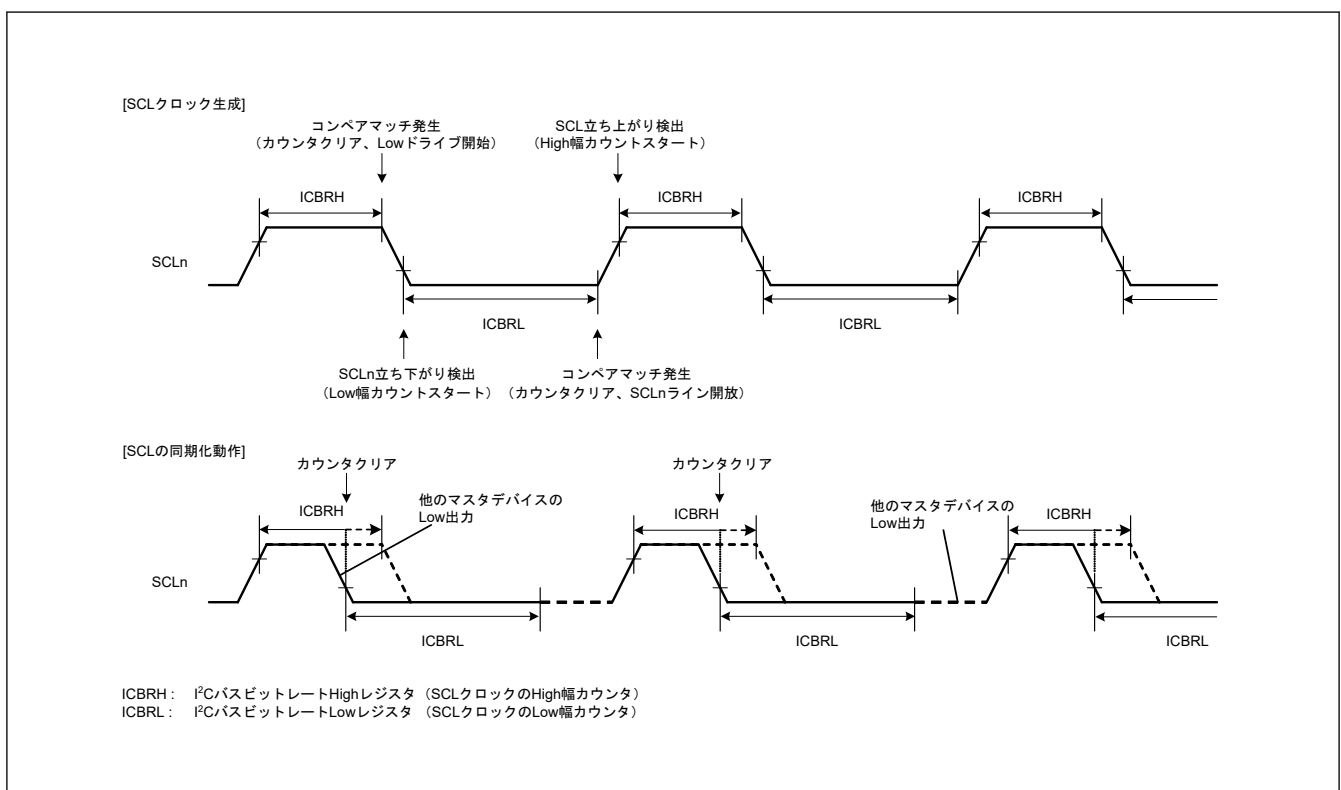


図 28.21 IIC の SCL クロック生成および SCL 同期化動作

28.5 SDA 出力遅延機能

IIC は SDA 出力遅延機能を備えています。SDA 出力遅延機能は、すべての SDA 出力タイミング（スタート/リスタート/ストップコンディションの発行、データ出力、ACK/NACK 出力）を遅延させることができます。

この機能は、SCL 信号の立ち下がり検出から SDA 出力を遅延させ、SCL クロックが Low である期間中に確実に SDA 信号が出力されるようにします。この方法により、SMBus 仕様の最小データホールド時間 (300 ns) の要件を満たして、通信デバイスの誤動作を防止できるようになります。この SDA 出力遅延機能は、ICMR2.SDDL[2:0] ビットが 000b 以外のとき有効で、SDDL[2:0] ビットが 000b のとき無効です。

SDA 出力遅延機能が有効 (ICMR2.SDDL[2:0] ビットが 000b 以外) になっているとき、ICMR2.DLCS ビットでは、SDA 出力遅延カウンタが使用するクロックソースを、内部基準クロック (IICφ) またはその 2 分周クロック (IICφ/2) として選択します。カウンタは、ICMR2.SDDL[2:0] ビットに設定されたサイクル数をカウントします。遅延サイクルのカウント終了後、IIC は SDA ライン上で必要な出力 (スタート/リスタート/ストップコンディション、データ、ACK/NACK 信号) を行います。

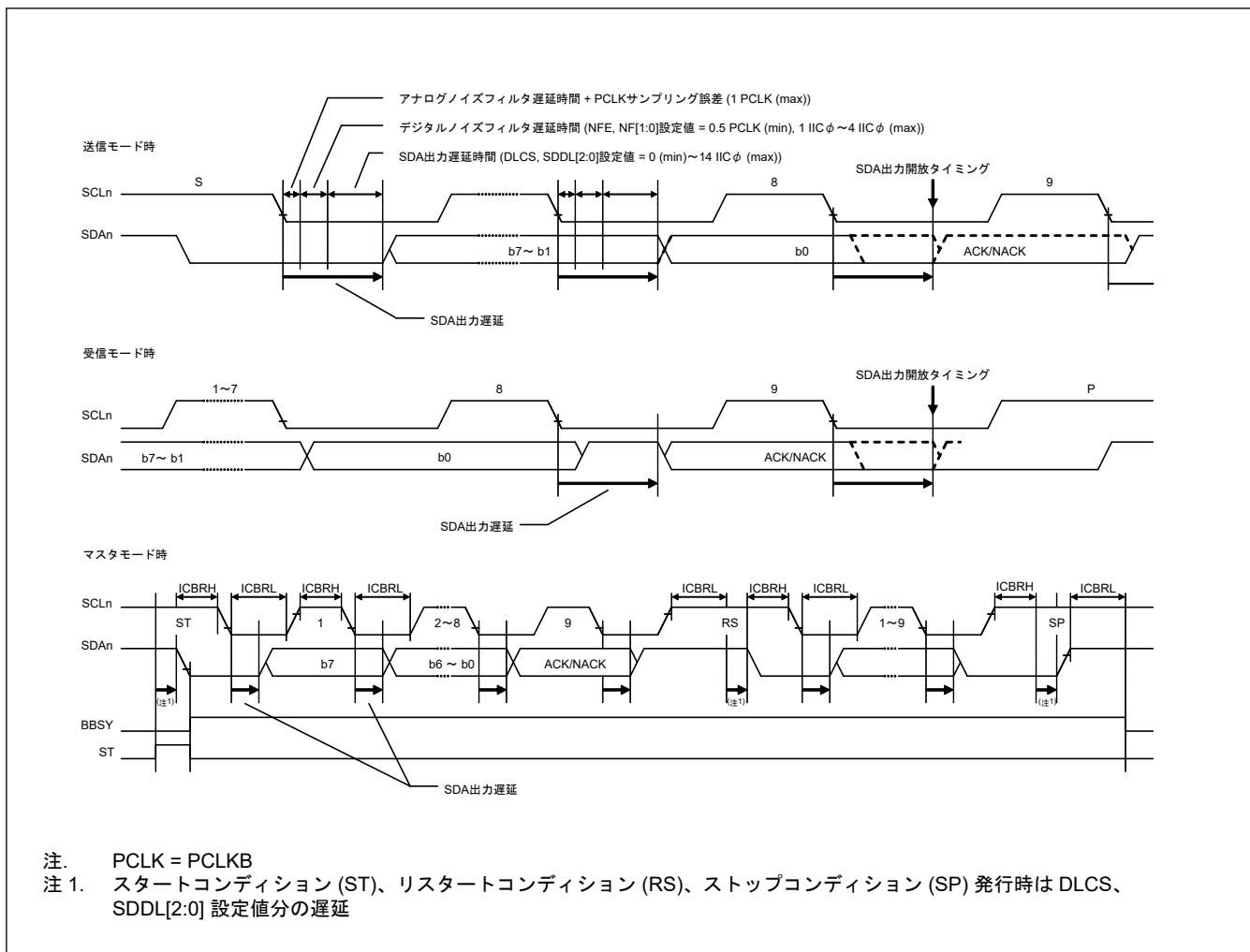


図 28.22 SDA 出力遅延機能

28.6 デジタルノイズフィルタ回路

SCLn 端子および SDAn 端子の状態は、アナログノイズフィルタ回路とデジタルノイズフィルタ回路を経由して内部に取り込まれます。図 28.23 にデジタルノイズフィルタ回路のブロック図を示します。

IIC に内蔵されているデジタルノイズフィルタ回路は、4 段の直列に接続されたフリップフロップ回路と一致検出回路で構成されています。デジタルノイズフィルタの有効段数は ICMR3.NF[1:0] ビットで選択します。ノイズ除去能力は、選択した有効段数に応じて $1IIC\phi \sim 4IIC\phi$ サイクル分となります。

SCLn 端子入力信号 (または SDAn 端子入力信号) は $IIC\phi$ の立ち下がり でサンプリングされます。入力信号レベルが、ICMR3.NF[1:0] ビットで選択した有効なフリップフロップ回路段数の出力レベルと一致したとき、その信号レベルが後続の段数に伝えられます。一致しない場合は前のレベルを保持します。

なお、たとえば $PCLKB = 4\text{ MHz}$ 時の 400 kbps 通信のように、内部動作クロック (PCLKB) と通信速度の比が小さい場合、デジタルノイズフィルタは有効信号をノイズとして処理する可能性があります。そのような場合は、

ICFER.NFE ビットを 0 にすることでデジタルノイズフィルタ回路を無効にし、アナログノイズフィルタ回路のみを使用することが可能です。

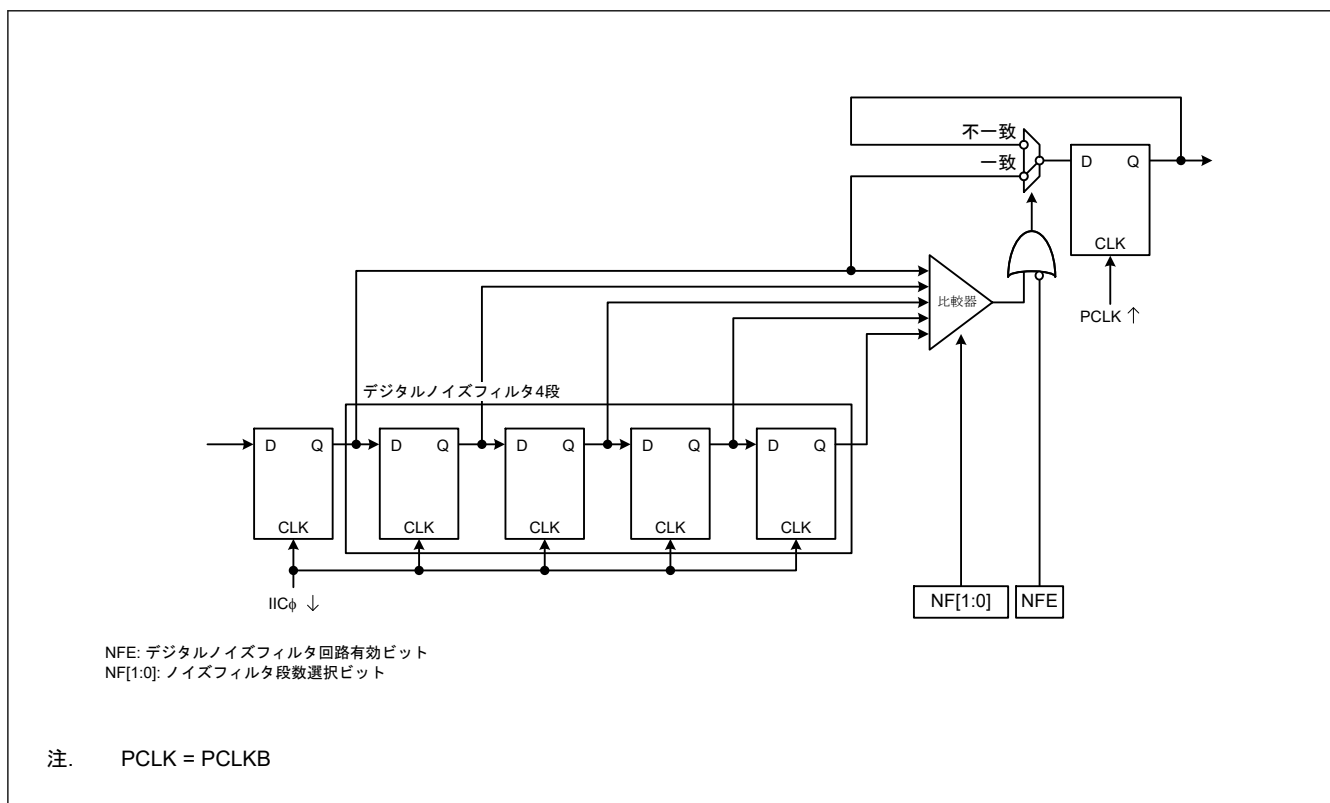


図 28.23 デジタルノイズフィルタ回路のブロック図

28.7 アドレス一致検出機能

IIC は、ジェネラルコールアドレス、ホストアドレスの他に 3 種類の固有のスレーブアドレスの設定が可能です。またスレーブアドレスには、7 ビットアドレスまたは 10 ビットアドレスを設定できます。

28.7.1 スレーブアドレス一致検出機能

IIC は 3 種類の固有のスレーブアドレスの設定が可能であり、それぞれに対してスレーブアドレス検出機能を備えています。ICSER.SARnE ビット ($n=0\sim 2$) が 1 のとき、SARUn および SARLn レジスタ ($n=0\sim 2$) に設定されたスレーブアドレスを検出できます。

IIC が設定されたスレーブアドレス一致を検出すると、対応する ICSR1.AASn フラグ ($n=0\sim 2$) が SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 1 になり、続く R/W# ビットにより ICSR2.RDRF フラグまたは ICSR2.TDRE フラグが 1 になります。これによって、受信データフル割り込み (IICn_RXI) または送信データエンpty割り込み (IICn_TXI) を発生させることができます。どのスレーブアドレスが指定されたかは AASn フラグで識別できます。

図 28.24 ~ 図 28.26 に AASn フラグが 1 になるタイミングを 3 つのケースで示します。

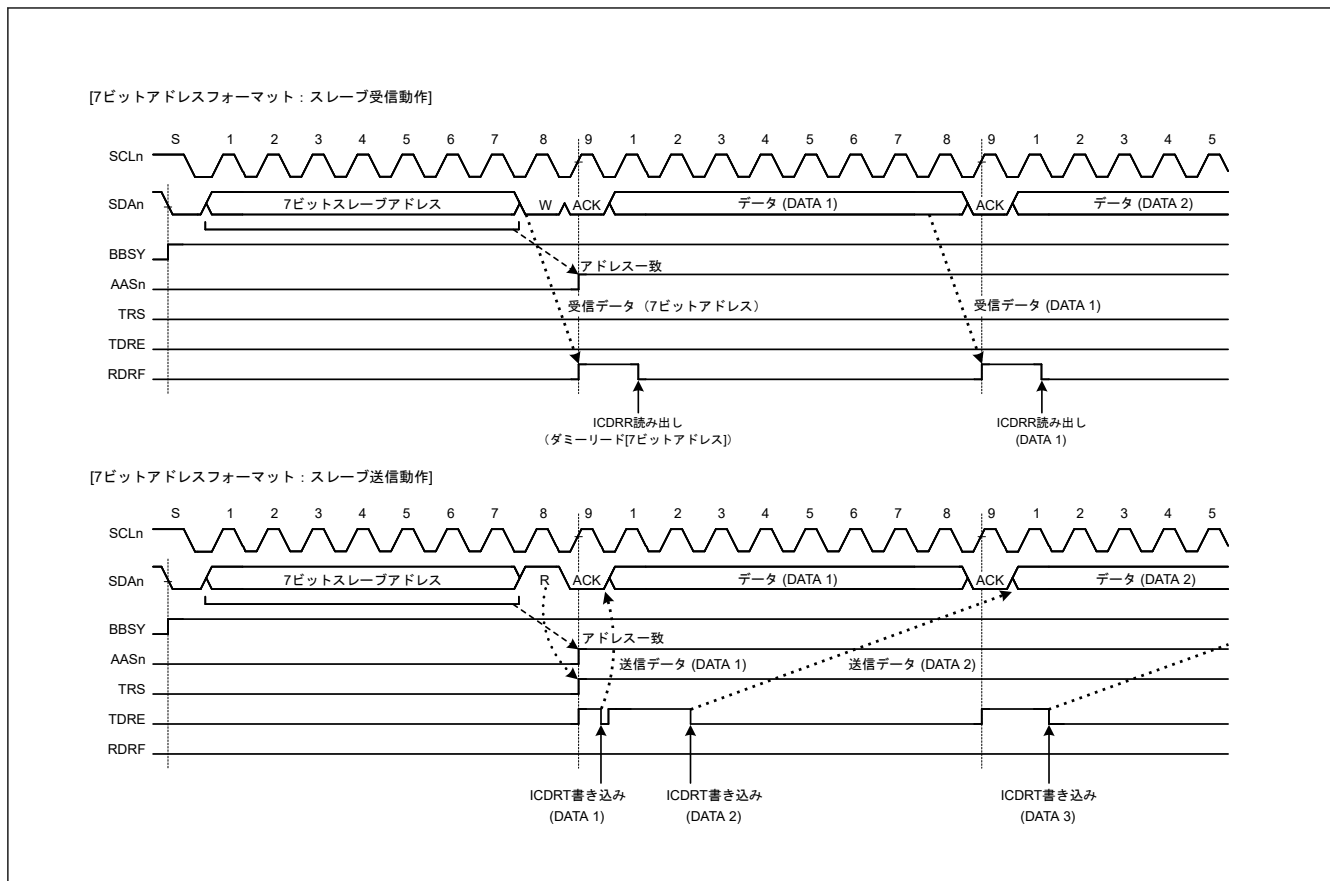


図 28.24 AASn フラグが1になるタイミング (7ビットアドレスフォーマット選択時)

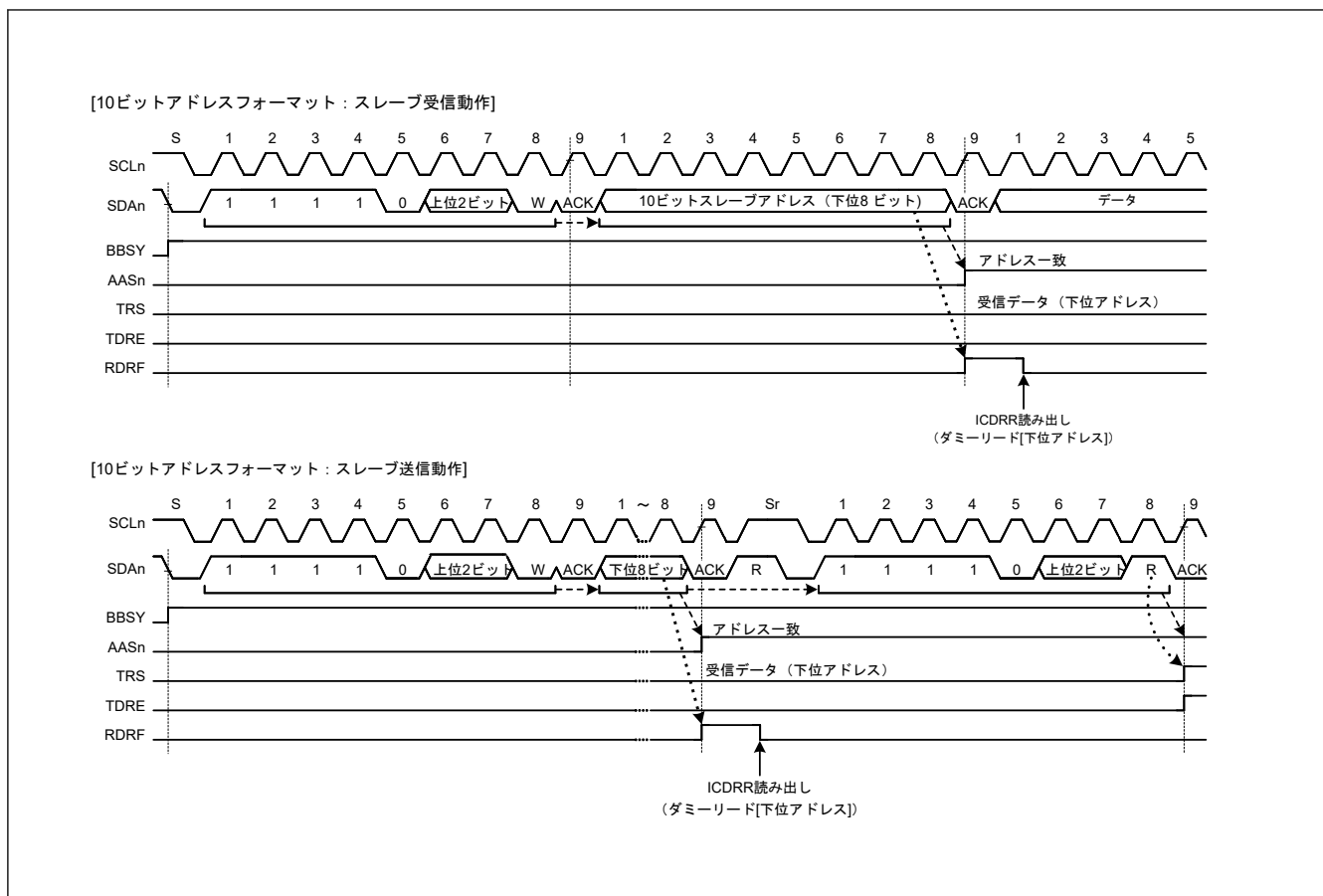


図 28.25 AASn フラグが 1 になるタイミング (10 ビットアドレスフォーマット選択時)

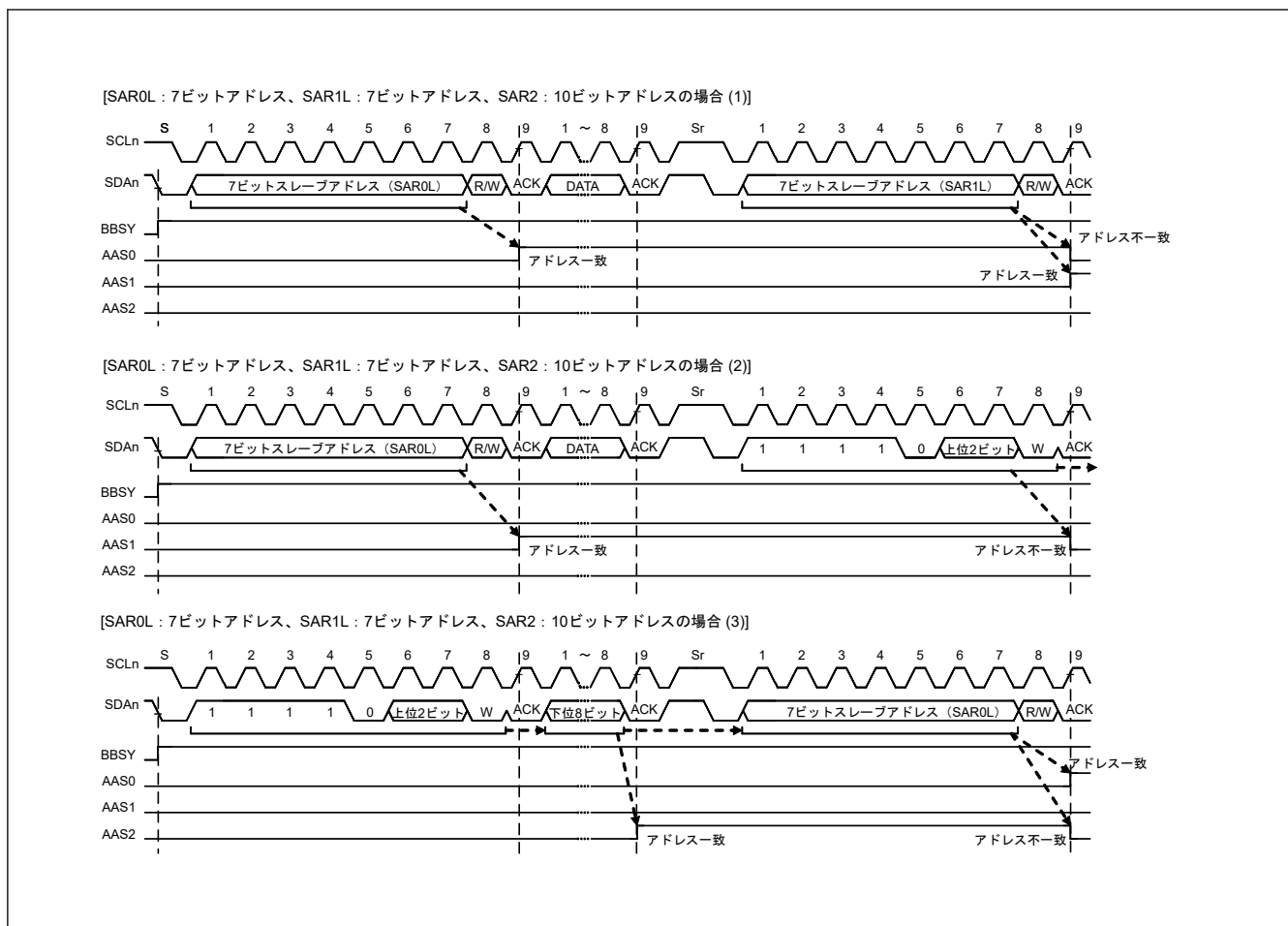


図 28.26 AASn フラグが 1 または 0 になるタイミング (7 ビット/10 ビットアドレスフォーマット混在)

28.7.2 ジェネラルコールアドレス検出機能

IIC は、ジェネラルコールアドレス (0000 000b + 0[W]) の検出機能を備えています。この機能は、ICSER.GCAE ビットを 1 にすることで有効になります。

スタートコンディションまたはリスタートコンディション発行後に受信したアドレスが 0000 000b + 1[R] (開始バイト) の場合は、IIC はスレーブアドレスの内容はすべて 0 であるとみなし、ジェネラルコールアドレスは認識しません。

IIC がジェネラルコールアドレスを検出すると、SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで ICSR1.GCA フラグと ICSR2.RDRF フラグが 1 になります。これによって、受信データフル割り込み (IICn RXI) が発生します。GCA フラグを確認することで、ジェネラルコールアドレスが送信されたことを確認できます。

なお、ジェネラルコールアドレス検出後の動作は、通常のスレーブ受信動作と同じです。

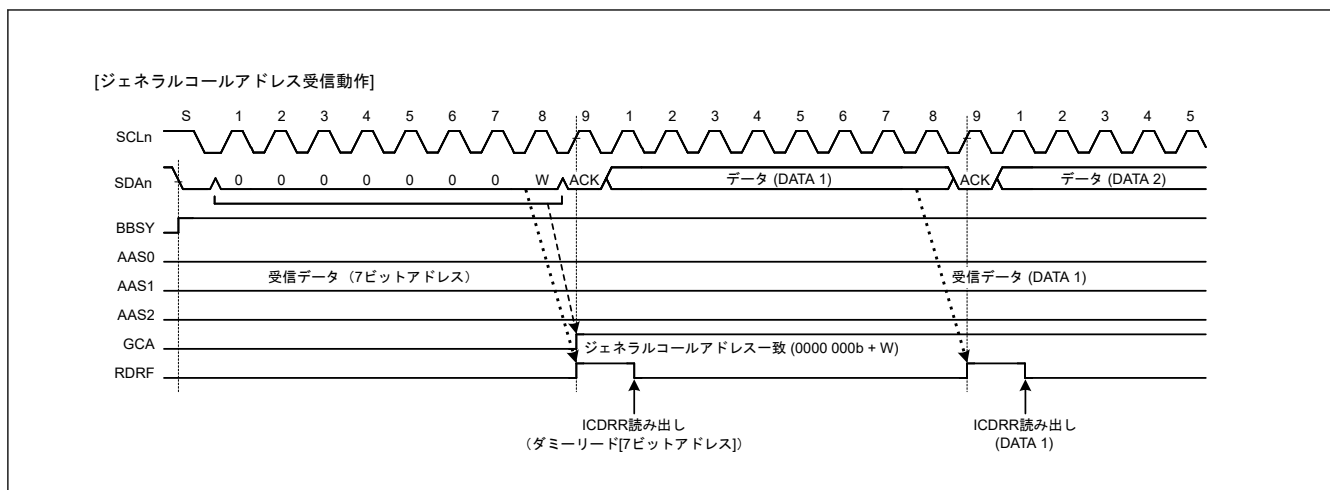


図 28.27 ジェネラルコールアドレス受信時に GCA フラグが 1 になるタイミング

28.7.3 デバイス ID アドレス検出機能

IIC は、I²C バス仕様 (リビジョン 03) に準拠したデバイス ID アドレスの検出機能を備えています。ICSR.DIDE ビットを 1 にした状態で、スタートコンディションまたはリスタートコンディション発行後の 1 バイト目に 1111 100b を受信すると、IIC はこのアドレスをデバイス ID アドレスと認識し、続く R/W#ビットが 0 のとき、SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで ICSR1.DID フラグを 1 にした後、2 バイト目以降とスレーブアドレスとの比較動作を行います。この 2 バイト目以降のアドレスがスレーブアドレスレジスタの値と一致した場合、IIC は対応する ICSR1.AASn フラグ (n=0~2) を 1 にします。

その後、スタートコンディションまたはリスタートコンディション発行後の 1 バイト目が再びデバイス ID アドレス (1111 100b) と一致し、続く R/W#ビットが 1 のとき、IIC は続く 2 バイト目以降はアドレス比較を行わず、ICSR2.TDRE フラグを 1 にします。

デバイス ID アドレス検出機能では、IIC スレーブアドレスと一致しなかった場合、あるいは IIC スレーブアドレスが一致し、リスタートコンディションの検出後のアドレスがデバイス ID アドレスと一致しなかった場合、IIC は DID フラグを 0 にします。スタートコンディションまたはリスタートコンディション検出後の 1 バイト目がデバイス ID アドレス (1111 100b) と一致し、かつ R/W#ビットが 0 の場合は、IIC は DID フラグを 1 にして、続く 2 バイト目以降を IIC のスレーブアドレスと比較します。R/W#ビットが 1 の場合、DID フラグは前値の状態を継続し、IIC は 2 バイト目以降の比較を行いません。このようにして、TDRE = 1 の確認後、DID フラグを読むことで、デバイス ID アドレスを受信したことを確認することができます。

なお、一連のデバイス ID フィールド受信後にホストに送信するデバイス ID フィールドとして必要な情報 (3 バイトデータ: メーカー情報[12 ビット]+部品識別[9 ビット]+リビジョン[3 ビット]) を、通常の送信データとして準備しておいてください。デバイス ID フィールドに含める必要のある情報については、NXP 社にお問い合わせください。

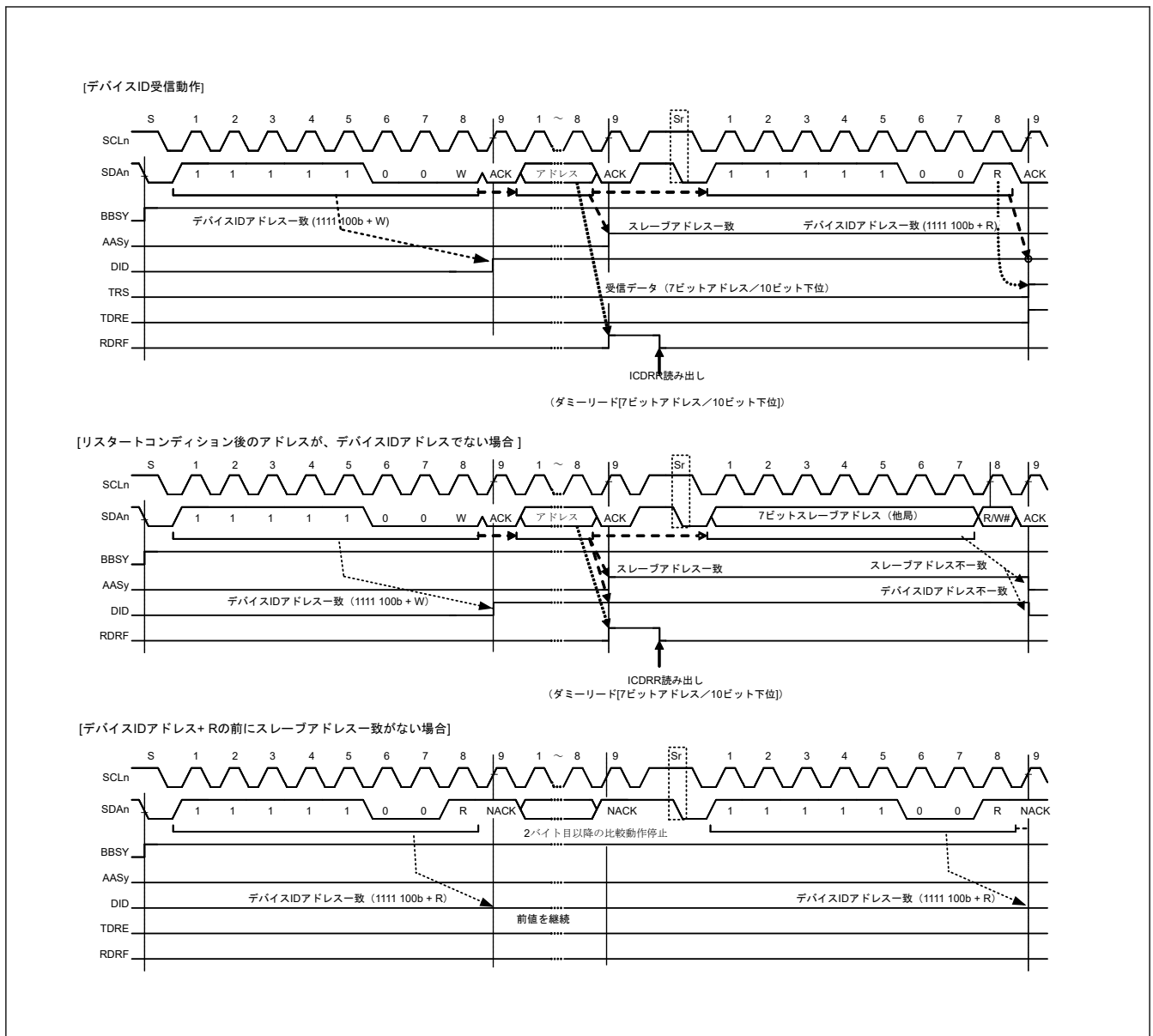


図 28.28 デバイス ID 受信時の AASn、DID フラグのセット/クリアタイミング

28.7.4 ホストアドレス検出機能

IIC は、SMBus 動作時のホストアドレス検出機能を備えています。ICMR3.SMBS ビットが 1 のとき IC SER.HOAE ビットを 1 にすると、スレーブ受信モード (ICCR2.MST, TRS = 00b) 時に、ホストアドレス (0001 000b) の検出が可能です。

IIC がホストアドレスを検出すると、SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで ICSR1.HOA フラグが 1 になり、R/W# ビットが 0 (Wr ビット) のとき、ICSR2.RDRF フラグが 1 になります。これによって、受信データフル割り込み (IICn_RXI) が発生します。HOA フラグは、他のデバイスからホストアドレスが送信されたことを示します。

なお、ホストアドレス (0001 000b) に続くビットが Rd ビット (R/W# = 1) の場合にも、ホストアドレスの検出が可能です。ホストアドレス検出後の動作は、通常のスレーブ動作と同じです。

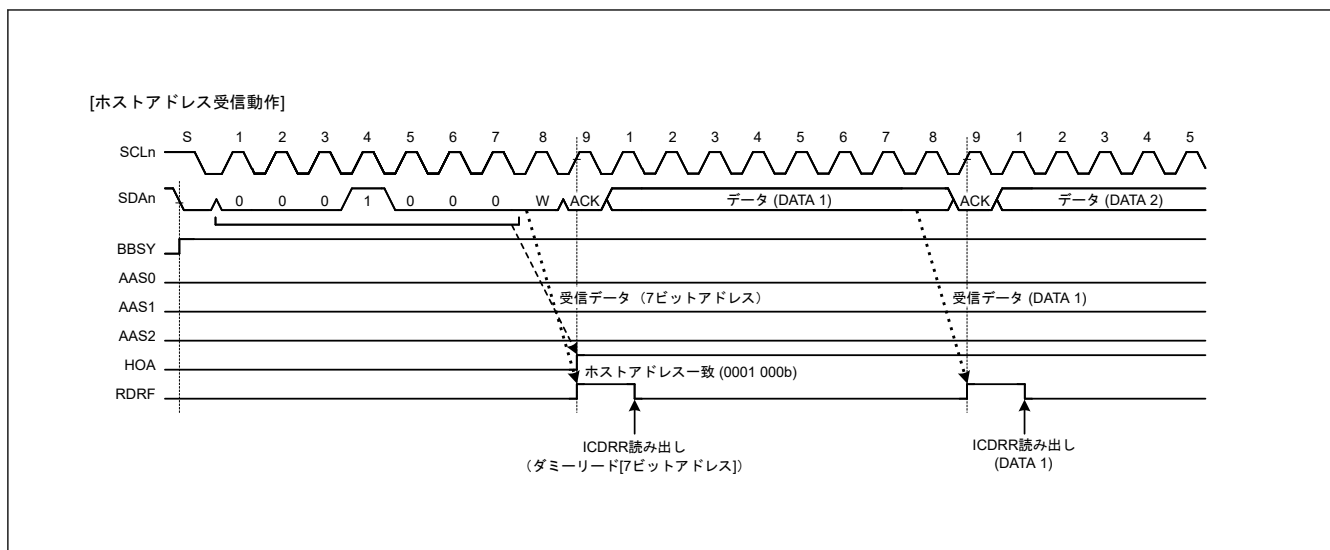


図 28.29 ホストアドレス受信時に HOA フラグが 1 になるタイミング

28.8 ウェイクアップ機能

IIC は、MCU をソフトウェアスタンバイモードまたはスリープモードから通常動作に移させるウェイクアップ機能を備えています。ウェイクアップ機能は、システムクロック (PCLKB) 停止時にデータの受信を許可し、受信データのスレーブアドレスが一致した場合にウェイクアップ割り込み信号を生成します。この割り込み信号が、通常動作への復帰をトリガします。ウェイクアップ割り込み発生後、通信が継続できるように IIC を PCLKB 同期動作に切り替えてください。

ウェイクアップ機能には、以下の 4 つの動作モードがあります。

- ノーマルウェイクアップモード 1
- ノーマルウェイクアップモード 2
- コマンドリカバリモード
- EEP 応答モード

表 28.9 に各モードの動作を示します。

表 28.9 ウェイクアップ動作モード

動作モード	ACK 応答タイミング	PCLKB 同期動作に対するウェイクアップ前の ACK 応答	PCLKB 同期動作に対するウェイクアップ時の SCL 状態
ノーマルウェイクアップモード 1	PCLKB 同期動作に対してウェイクアップ前(注1)	ACK	Low に固定
ノーマルウェイクアップモード 2	PCLKB 同期動作に対してウェイクアップ後(注2)	ウェイクアップ前: 応答なし (NACK レベル保持) ウェイクアップ後: ACK 応答	Low に固定
コマンドリカバリモード	PCLKB 同期動作に対してウェイクアップ前(注1)	ACK	オープン
EEP 応答モード	PCLKB 同期動作に対してリカバリ前(注1)	NACK	オープン

注 1. PCLKB 非同期動作から PCLKB 同期動作へのタイミング切り替えは、9 番目の SCL クロックの立ち下がりエッジで発生します。
 注 2. PCLKB 非同期動作から PCLKB 同期動作へのタイミング切り替えは、8 番目の SCL クロックの立ち下がりエッジで発生します。

ウェイクアップ割り込み要因として以下の要因が選択可能です。

- ホストアドレス検出 (ICSER.HOAE = 1 の場合に有効)
- ジェネラルコールアドレス検出 (ICSER.GCAE = 1 の場合に有効)
- スレーブアドレス 0(注1)検出 (ICSER.SAR0E = 1 の場合に有効)
- スレーブアドレス 1(注1)検出 (ICSER.SAR1E = 1 の場合に有効)

- スレーブアドレス 2^(注1)検出 (ICSER.SAR2E = 1 の場合に有効)

注 1. 7 ビットアドレスのみ設定可能 SARU_y (y = 0~2) レジスタの FS ビットに 0 を設定してください。

ウェイクアップ機能使用時の注意事項

- ICWUR2 レジスタの WUASYF フラグが 1 (PCLKB 非同期動作時) の間は、ICWUR2 レジスタの WUSEN ビットを除き、IIC レジスタの内容を変更しないでください。
- PCLKB 非同期モードに切り替える前に、ICWUR.WUE ビット、ICWUR.WUIE ビットを 1 に、ICCR2.MST ビット、ICCR2.TRS ビットを 0 (スレーブ受信モード) にしてください。
- デバイス ID および 10 ビットスレーブアドレスはウェイクアップ割り込み要因に選択できません。ICSER レジスタの DIDE ビットおよび SARU_y (y = 0~2) レジスタの FS ビットを 0 に設定してください。
- 非同期動作に切り替える前に、ICIER レジスタのビット (TIE、TEIE、RIE、NAKIE、SPIE、STIE、ALIE、TMOIE) を 0 (割り込み禁止) にしてください。
- ウェイクアップ機能を有効にする場合、タイムアウト機能を使用しないでください (ICWUR.WUE = 1)。
- PCLKB 非同期動作時 (ICWUR2.WUASYF = 1 の場合) にウェイクアップ割り込みが発生した場合でも、スレーブアドレスが PCLKB 同期モード (ICWUR2.WUASYF = 0) であれば、ウェイクアップ割り込みは発生せず、WUF フラグは設定されません。
- ICWUR2.WUSEN ビットに 0 を書き込むタイミングと開始条件を検出するタイミングが競合する場合、IIC は PCLKB 同期動作モードで次の受信を開始する可能性があります。この場合、データ通信完了時に ICWUR2.WUASYF フラグは 1 になり (PCLKB 非同期モードへ切り替え)、停止条件が検出され、ウェイクアップイベントの検出を開始します。
- ICWUR2.WUSEN ビットに 0 を書き込んだ後、モードが PCLKB 同期動作から PCLKB 非同期動作に切り替わるまで (ICWUR2.WUASYF フラグが 1 の間)、IIC 動作モード設定に関連するレジスタ (ICMR3、ICSER、および SARL_y レジスタ) を変更しないでください。割り込み処理または他の要因により、この周期の間にレジスタ値が変化する場合、非同期動作へ切り替える前に IIC が誤作動する可能性があります。

28.8.1 ノーマルウェイクアップモード 1

以下では、ノーマルウェイクアップモード 1 の動作、タイミング、および動作例について説明します。

スレーブアドレスの一致によってトリガされたウェイクアップ割り込みにより、以下のように通常動作への遷移が行われます。

ウェイクアップ前: IIC の自スレーブアドレスとともに受信したデータに対して ACK を送信する。

ウェイクアップ中: SCL の 9 クロック目で ACK 応答を行ってから、SCL の Low ホールドを行う^(注1)。

ウェイクアップ後: 通常動作が継続する。

注 1. ウェイクアップ中の 9 クロック目と 1 クロック目の間では、WAIT = 1 は無効です。

スレーブアドレスが不一致の場合、SCL の 9 クロック目の立ち下がり後に SCL ラインの Low ホールドは行われず、スレーブ動作が継続します。図 28.30 に動作例を、図 28.32 に詳細なタイミングを示します。

ウェイクアップ割り込み以外の割り込み (IRQ_n など) で、ソフトウェアスタンバイモードまたはスヌーズモードからの遷移がトリガされると、WUF フラグは 1 に設定されません。図 28.31 に動作例を示します。

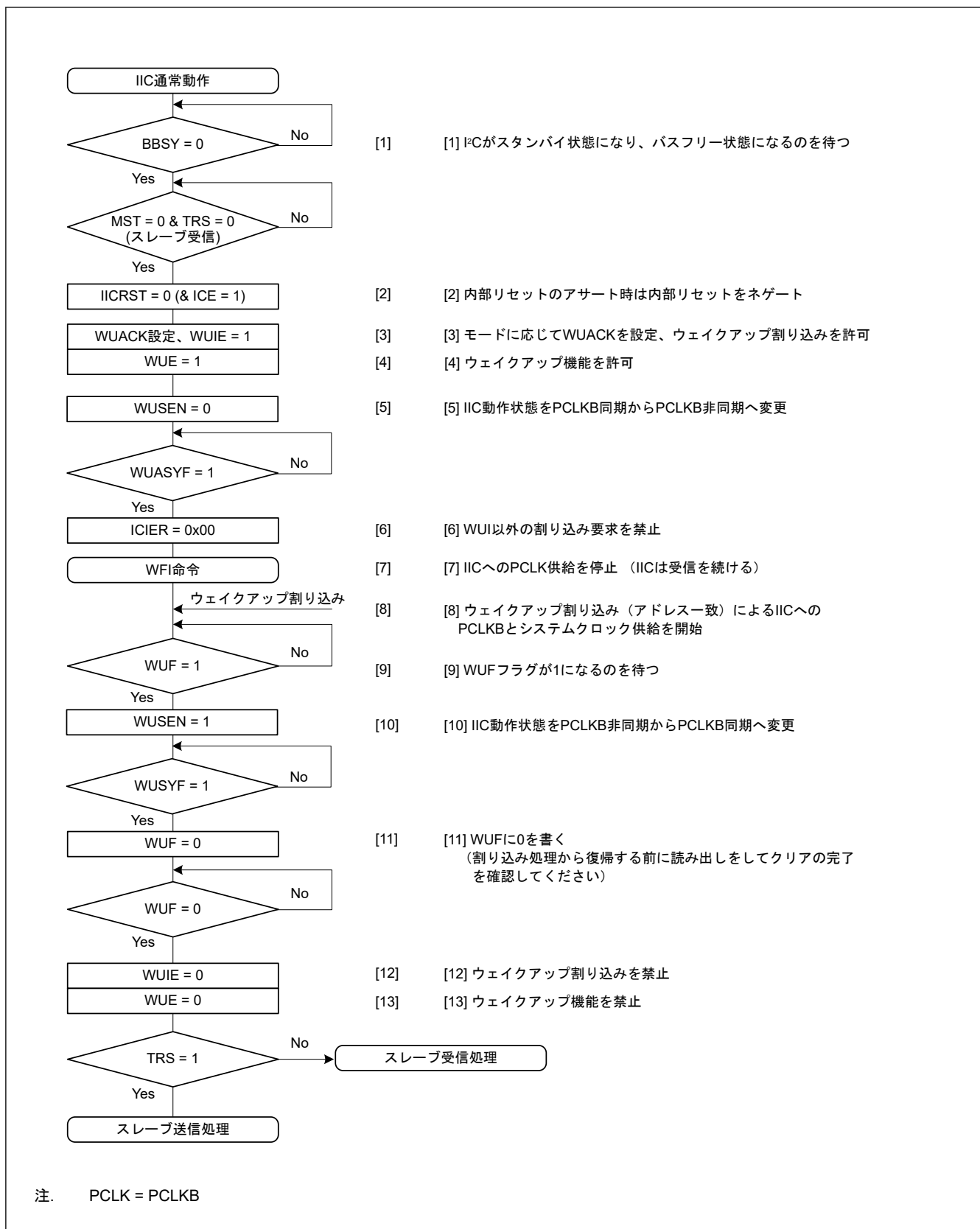


図 28.30 ノーマルウェイクアップモード1の動作例 (スレーブアドレス一致時のウェイクアップ割り込みによるウェイクアップの場合)

注. ウェイクアップ機能使用時の注意事項を参照してください。

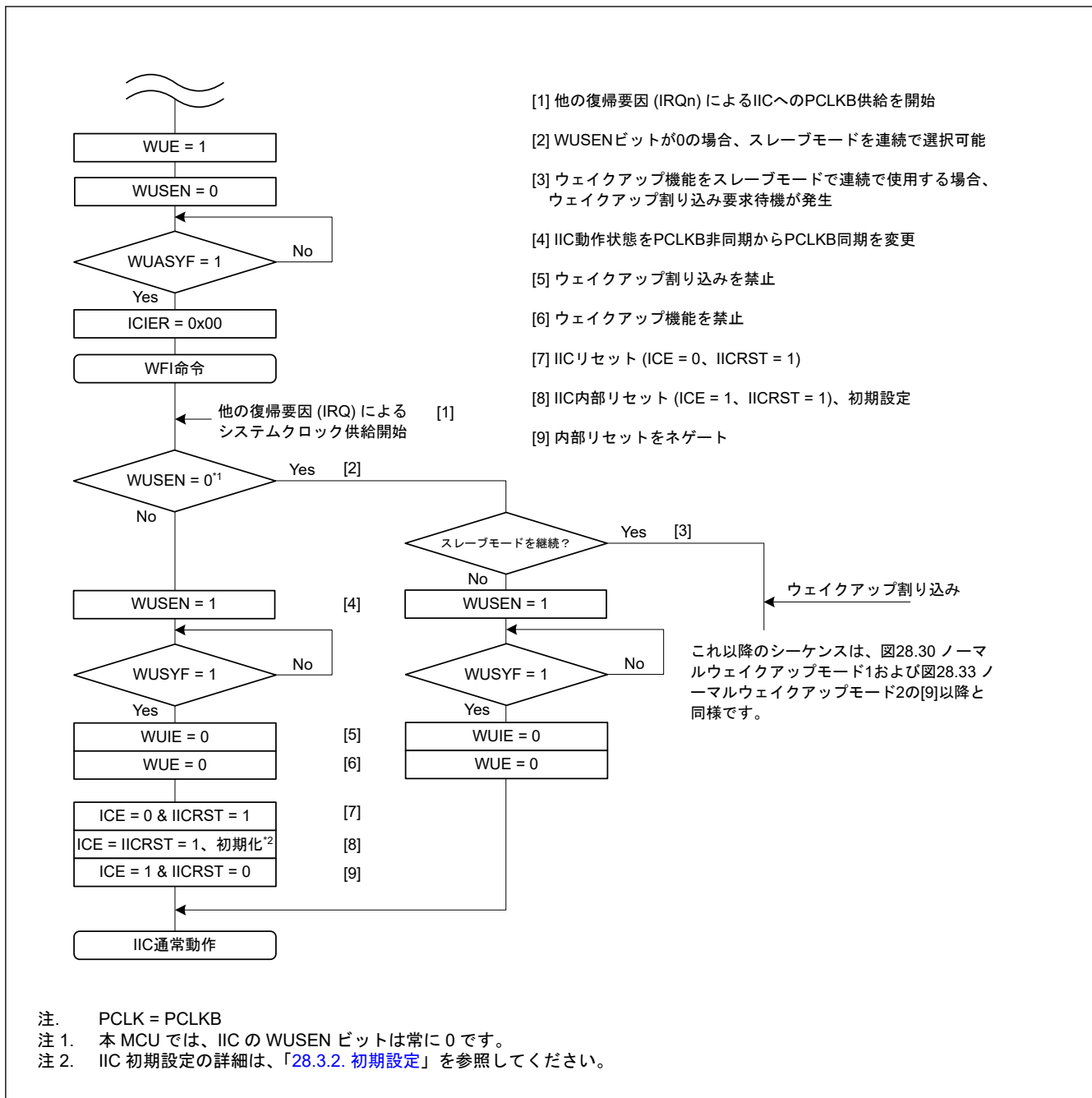


図 28.31 ノーマルウェイクアップモード1および2の動作例 (IIC ウェイクアップ割り込み以外の割り込み (たとえば IRQn) によるウェイクアップの場合)

注. IIC 初期設定の詳細は、「28.3.2. 初期設定」を参照してください。

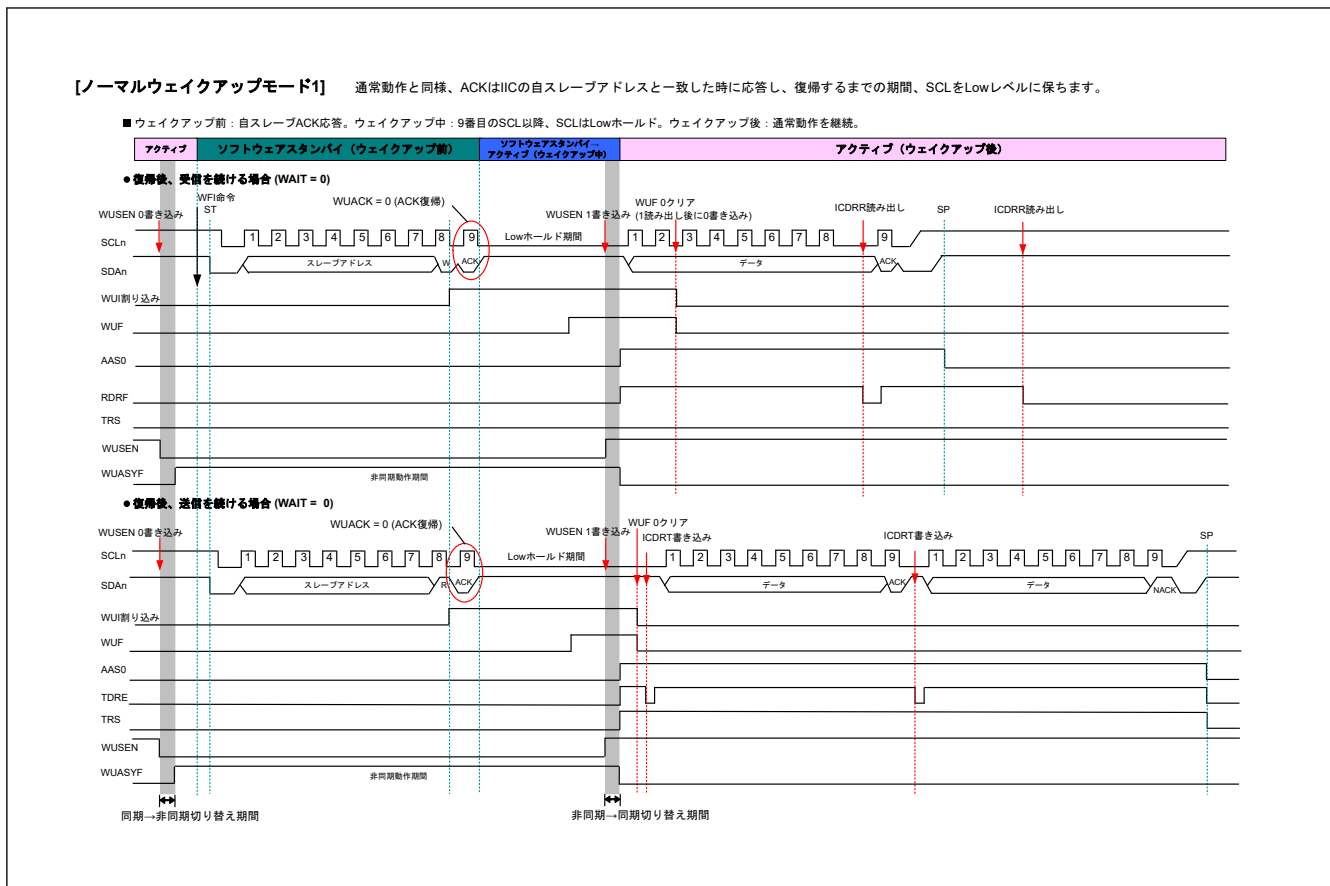


図 28.32 ノーマルウェイクアップモード1のタイミング

28.8.2 ノーマルウェイクアップモード2

以下では、ノーマルウェイクアップモード2の動作、タイミング、および動作例について説明します。スレーブアドレスの一致によってトリガされたウェイクアップ割り込みにより、以下のように通常動作への遷移が行われます。

- ウェイクアップ前： SCL8クロック目の終わりまでは、自スレーブアドレスで受信したデータへの応答はありません。
- ウェイクアップ中： SCLラインは8クロック目と9クロック目の間でLowを保持します。
- ウェイクアップ後： SCL9クロック目でACKを返し、通常動作が継続します。

スレーブアドレスが一致しない場合、SCLラインはSCL8クロック目の後でLowを保持せずに、スレーブ動作が継続します。図 28.33 に動作例を、図 28.34 にタイミングの詳細を示します。

ウェイクアップ割り込み以外の割り込み (IRQn など) で、ソフトウェアスタンバイモードまたはスヌーズモードからの遷移がトリガされると、WUFフラグは1に設定されません。図 28.31 に動作例を示します。

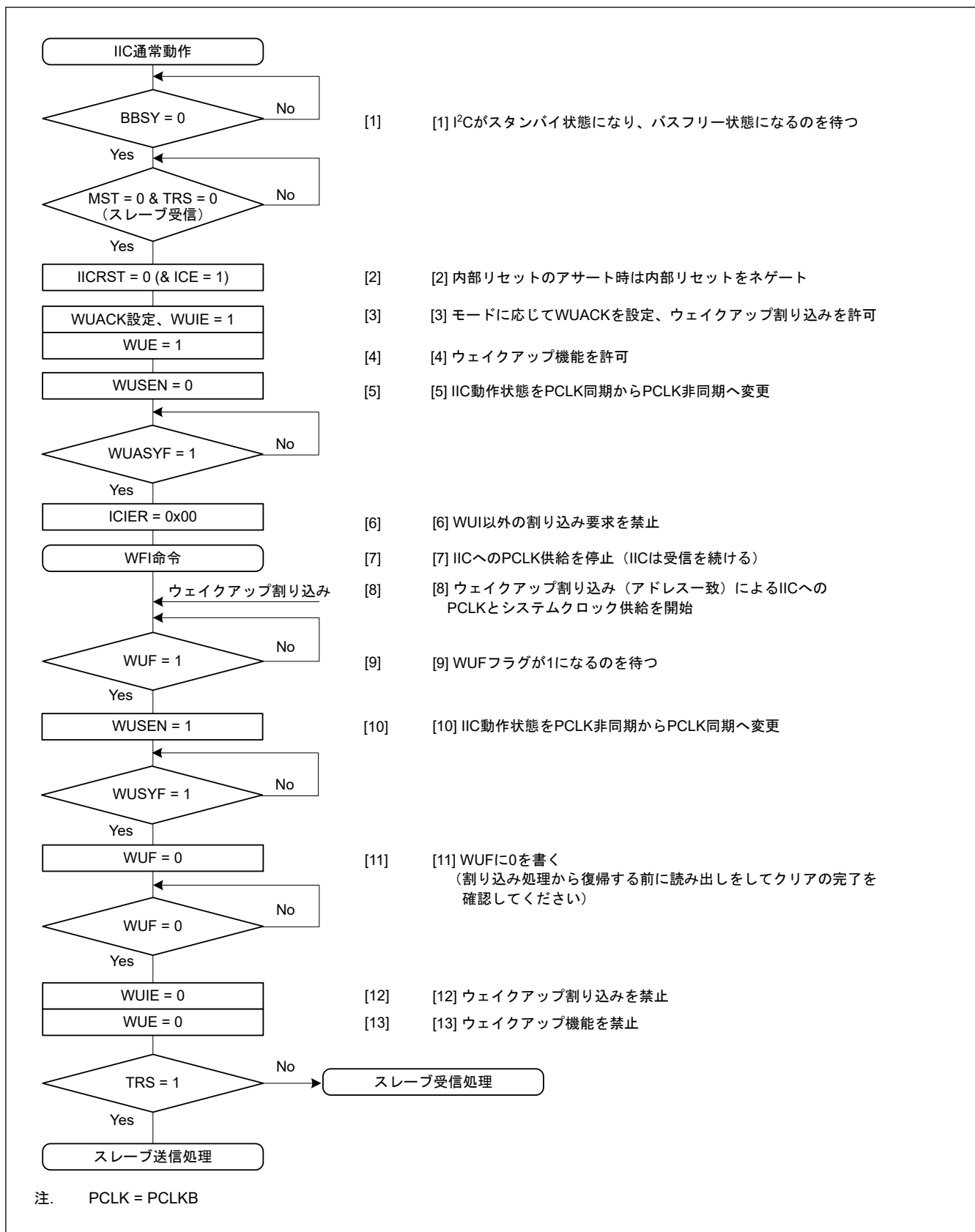


図 28.33 ノーマルウェイクアップモード2の動作例 (スレーブアドレス一致時のウェイクアップ割り込みによるウェイクアップの場合)

注. ウェイクアップ機能使用時の注意事項を参照してください。

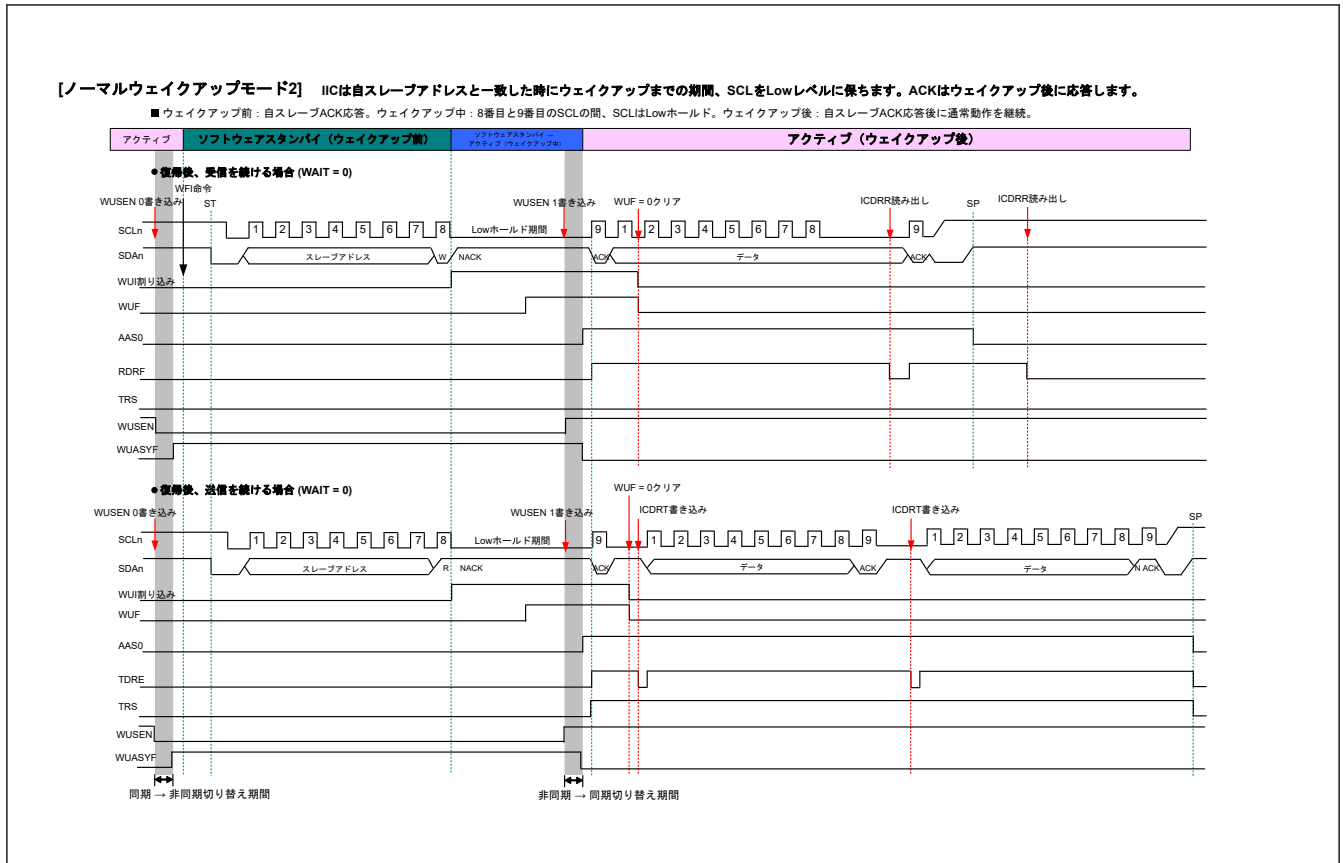


図 28.34 ノーマルウェイクアップモード2のタイミング

28.8.3 コマンドリカバリモードとEEP 応答モード (特殊ウェイクアップモード)

以下では、コマンドリカバリモードとEEP 応答モードの動作、タイミング、および動作例について説明します。コマンドリカバリモードとEEP 応答モードでは、ウェイクアップ期間中 (SCL の9クロック目の立ち上がり後) にSCL ラインのLow ホールドを行いません。よって、他のIIC デバイスはこの期間にI²C バスを利用できます。スレーブアドレスの一致によってトリガされたウェイクアップ割り込みにより、以下のように通常動作への遷移が行われます。

- ウェイクアップ前： 自スレーブアドレスで受信したデータの応答として、IIC はACK (コマンドリカバリモード) またはNACK (EEP 応答モード) を返します。
- ウェイクアップ中： SCL ラインはLow で保持されません。
- ウェイクアップ後： IIC 初期化後に通常動作が継続します。

スレーブアドレスが一致しない場合、スレーブ動作が継続します。

- 注. ウェイクアップ中にSCL ラインのLow ホールドは行われないので、スレーブアドレスの後続データは送受信できません。
- 注. コマンドリカバリモードとEEP 応答モードは、内部リセット状態 (ICE = IICRST = 1) です。したがって、スレーブアドレスが一致しても、ICSR1 レジスタのフラグ (HOA、GCA、ASS0、ASS1、ASS2) は設定されません。

図 28.35 にコマンドリカバリモードとEEP 応答モードの動作例を示します。図 28.37 に詳細なタイミングを示します。

ウェイクアップ割り込み以外の割り込み (IRQn など) で、ソフトウェアスタンバイモードまたはスヌーズモードからの遷移がトリガされると、WUF フラグは1 に設定されません。図 28.36 に示す処理に従ってください。

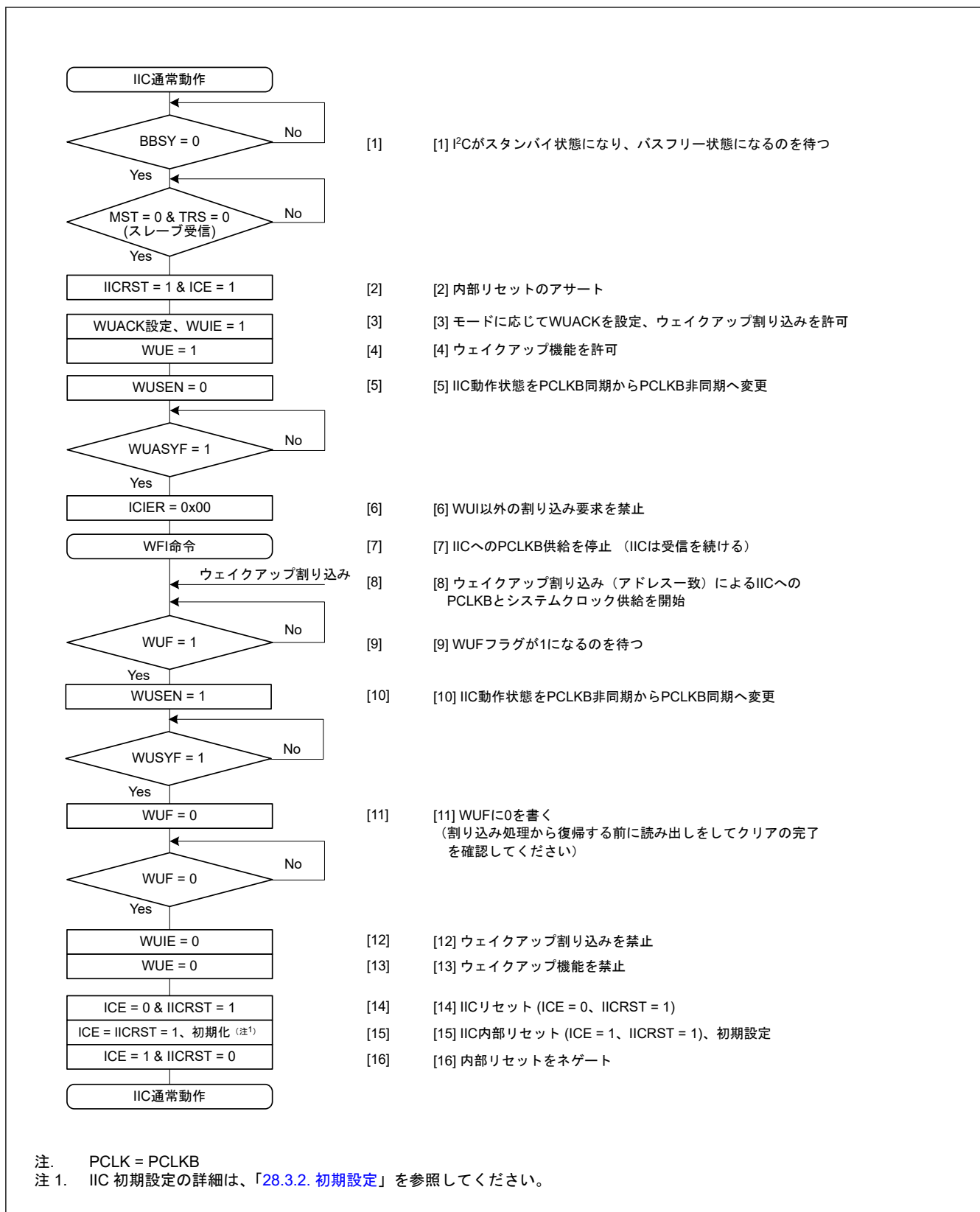


図 28.35 コマンドリカバリモードとEEP 応答モードの動作例 (スレープアドレス一致時のウェイクアップ割り込みによるウェイクアップの場合)

注. ウェイクアップ機能使用時の注意事項を参照してください。

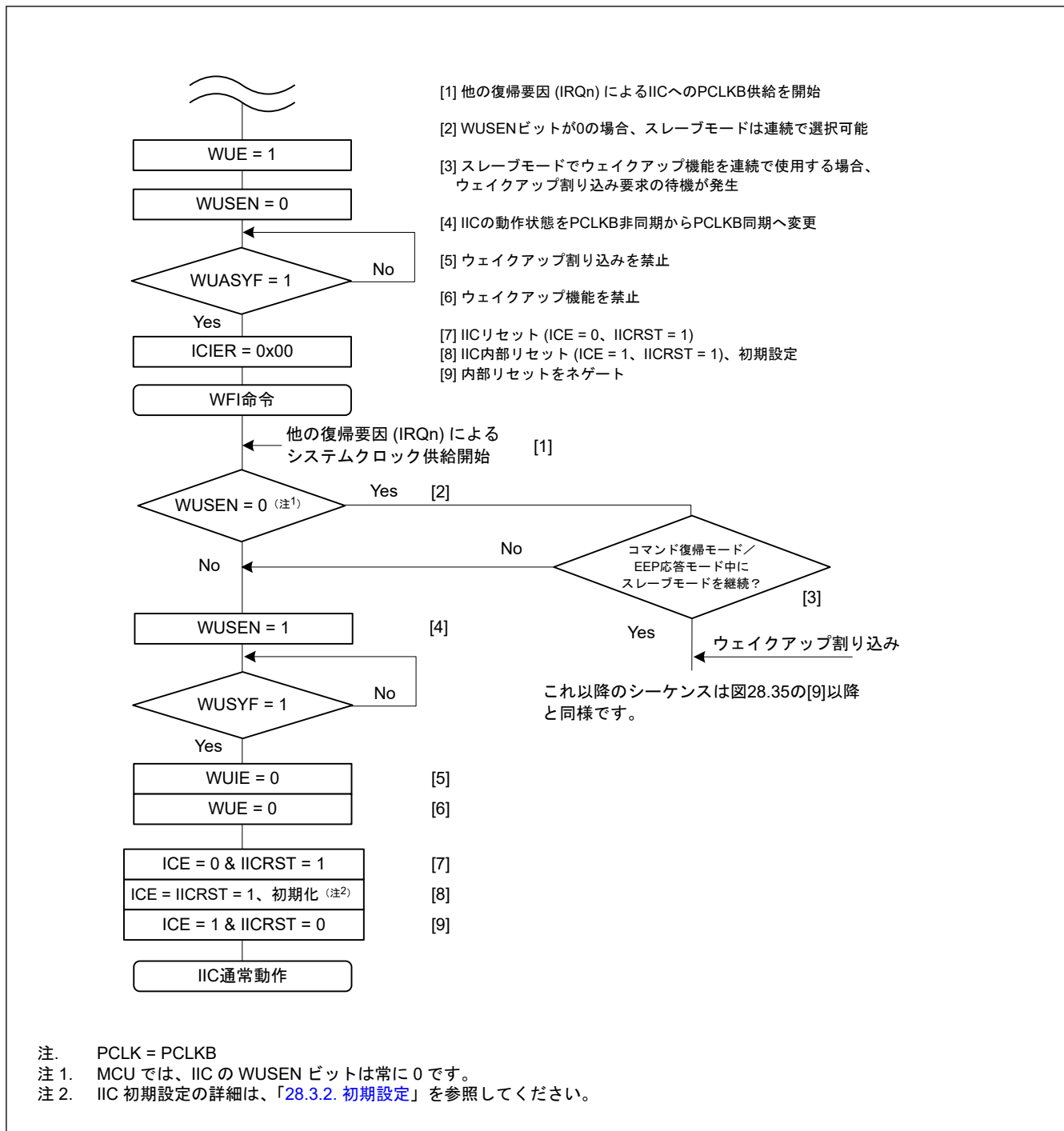


図 28.36 コマンドリカバリモードとEEP 応答モードの動作例 (IIC ウェイクアップ割り込み以外の割り込み (たとえば IRQn) によるウェイクアップの場合)

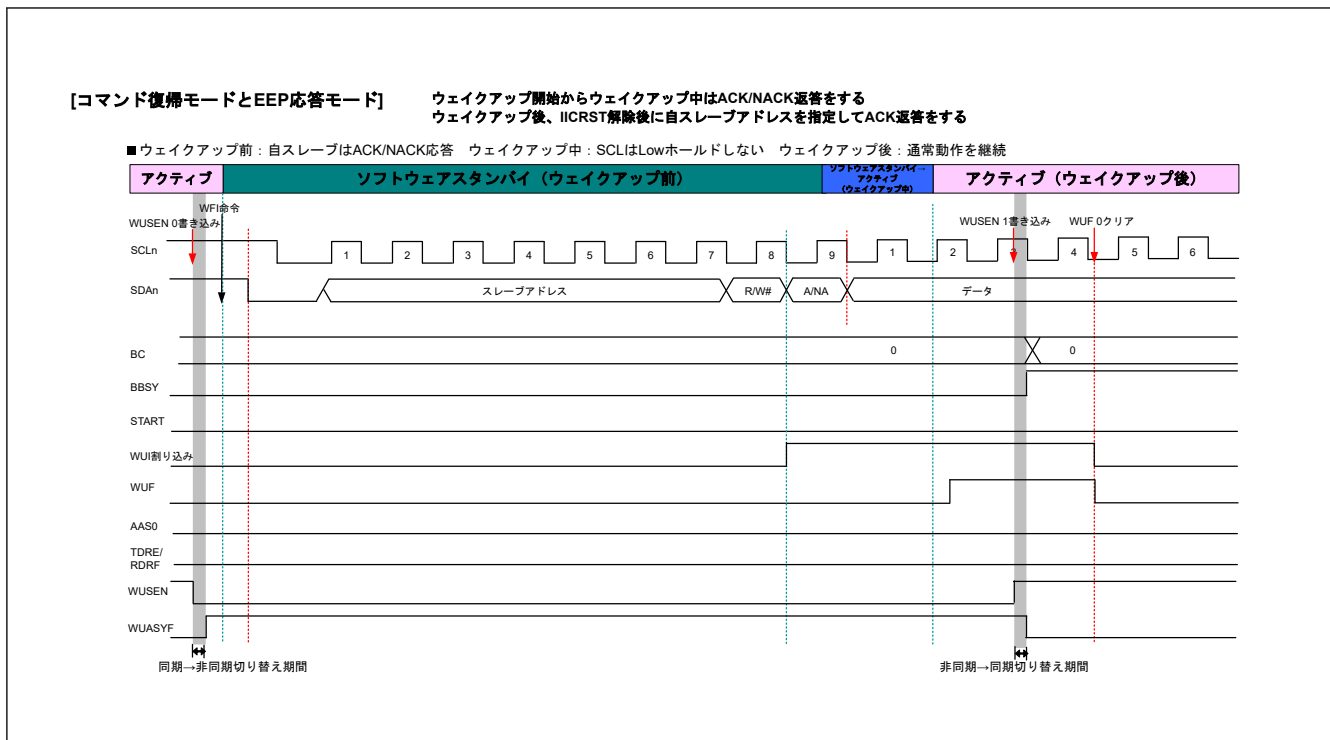


図 28.37 コマンドリカバリモードとEEP 応答モードのタイミング

28.9 SCL の自動 Low ホールド機能

28.9.1 送信データの誤送信防止機能

IIC が送信モード (ICCR2.TRS = 1) のとき、I²C バスシフトレジスタ (ICDRS) が空の状態、かつ I²C バス送信データレジスタ (ICDRT) にデータが書かれていないと、以下に示す区間、自動的に SCLn ラインの Low ホールドを行います。この Low ホールドは、送信データの書き込みが行われるまでの期間 Low 区間を延長し、意図しない送信データの誤送信を防止します。

マスタ送信モード

- スタートコンディション/リスタートコンディション発行後の Low 区間
- 9クロック目と1クロック目の間の Low 区間

スレーブ送信モード

- 9クロック目と1クロック目の間の Low 区間

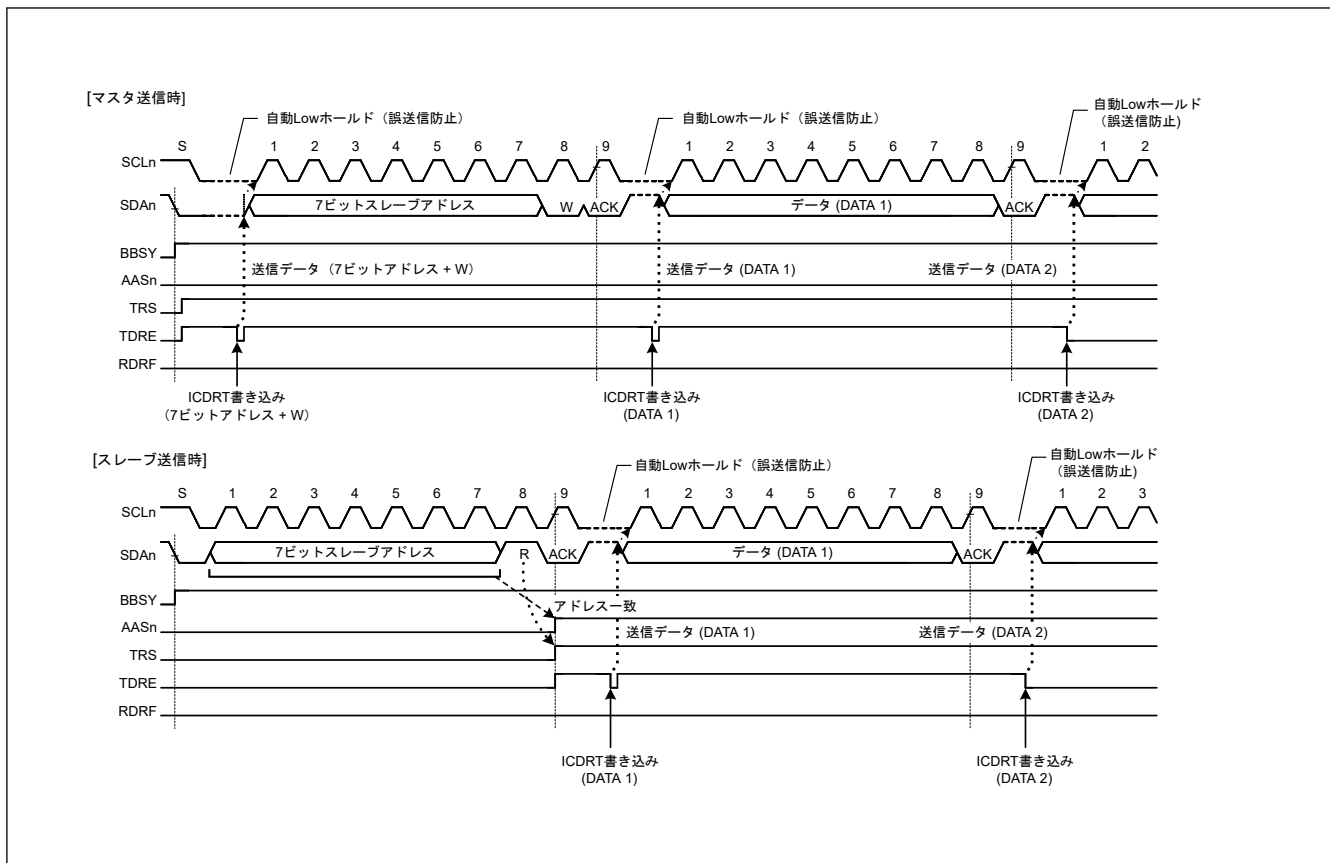


図 28.38 送信モード時の自動 Low ホールド動作

28.9.2 NACK 受信転送中断機能

この機能は、送信モード時 (ICCR2.TRS = 1)、NACK を受信した場合に転送動作を中断します。この機能は、ICFER.NACKC ビットが 1 のとき有効になります。NACK 受信時にすでに次の送信データが書き込まれていた場合 (ICSR2.TDRE = 0)、SCL クロックの 9 クロック目の立ち下がり、次のデータ送信を自動的に中断します。これによって、次送信データの MSB が 0 の場合、SDAn ライン Low 出力固定を防止することができます。

この機能によって転送動作が中断された場合 (ICSR2.NACKF = 1)、以後の送受信動作は行われません。送受信動作を再開するには、NACKF フラグを 0 にする必要があります。マスタ送信モードでは、リスタートコンディションまたはストップコンディション発行後に、NACKF フラグを 0 にしてから、再度スタートコンディションを発行してください。

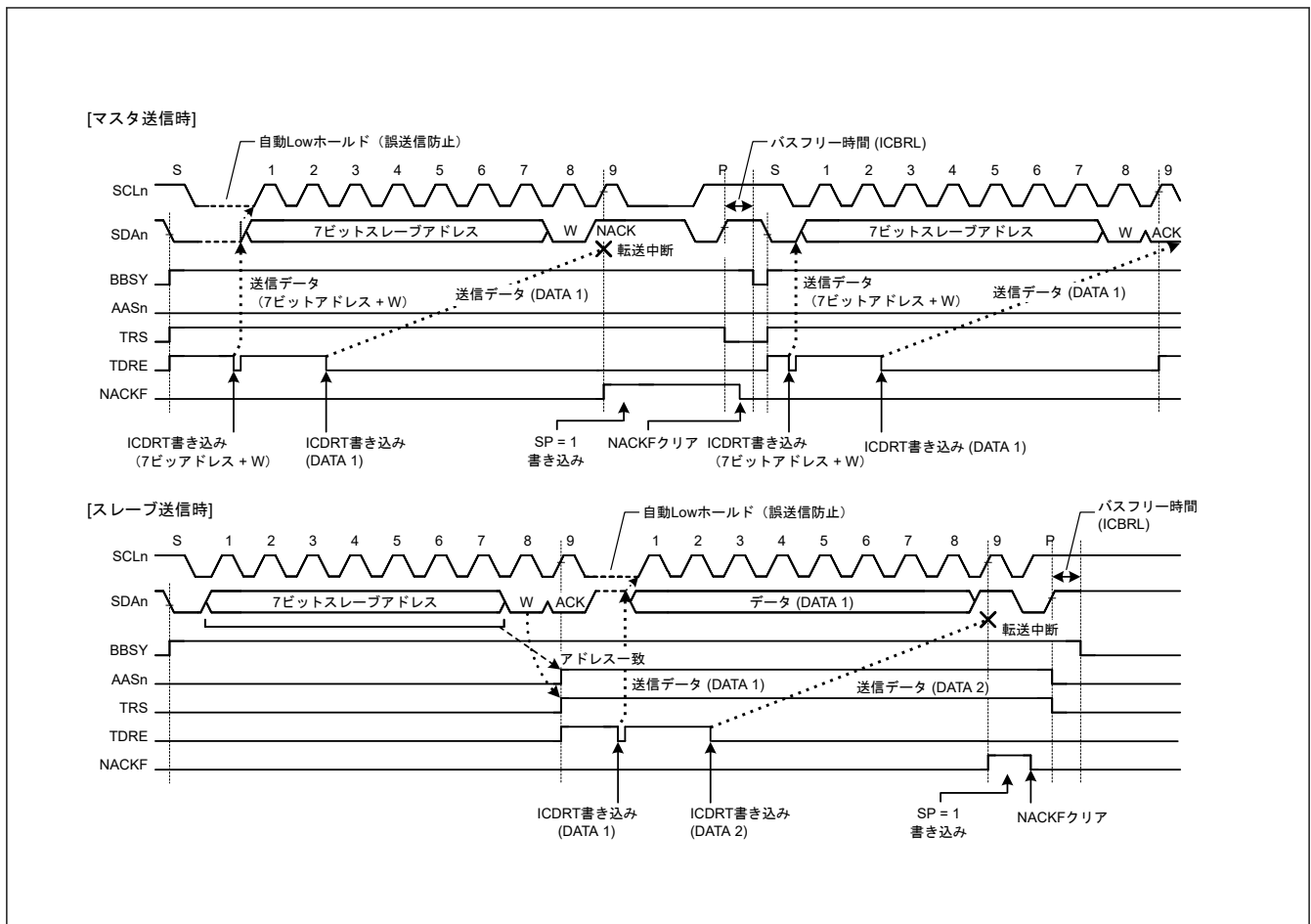


図 28.39 NACK 受信時のデータ転送中断動作 (NACK = 1 の場合)

28.9.3 受信データ取りこぼし防止機能

受信モード時 (ICCR2.TRS = 0) に、受信データフル (ICSR2.RDRF = 1) の状態で受信データ (ICDRR レジスタ) の読み出しが 1 転送フレーム以上遅れるなどの応答処理遅延が発生した場合、IIC は次のデータ受信の直前で自動的に SCLn ラインの Low ホールドを行い、受信データの取りこぼしを防止します。

この機能は、最終受信データの読み出し処理が遅れて、その間にストップコンディションが発行され、IIC スレーブアドレスが指定された場合でも有効です。ストップコンディション発行後に自スレーブアドレスとの不一致が発生した場合は、IIC は SCLn ラインの Low ホールドを行わないため、本機能によって他の通信を妨げることはありません。

また、ICMR3 レジスタの WAIT ビットと RDRFS ビットの組み合わせにより、SCLn ラインが Low ホールドされる期間を選択できます。

(1) WAIT ビットによる 1 バイト受信動作 / 自動 Low ホールド機能

ICMR3.WAIT ビットを 1 にすると、IIC は WAIT ビット機能を用いた 1 バイト受信動作を行います。また、ICMR3.RDRFS ビットが 0 の場合、SCL クロックの 8 クロック目の立ち下がりから 9 クロック目の立ち下がりまでの期間、IIC はアクノリッジビットに対し自動的に ICMR3.ACKBT ビットの内容を送出し、9 クロック目の立ち下がりを検出すると、WAIT ビット機能を用いて自動的に SCLn ラインの Low ホールドを行います。この Low ホールドは、ICDRR レジスタからデータを読み出すことで解除されます。そのため 1 バイトごとの受信動作が可能となります。

なお WAIT ビット機能は、マスタ受信モードまたはスレーブ受信モード時に、ジェネラルコールアドレスとホストアドレスを含む IIC スレーブアドレスとの一致があった以降の受信フレームから有効になります。

(2) RDRFS ビットによる 1 バイト受信動作 (ACK/NACK 送出制御) / 自動 Low ホールド機能

ICMR3.RDRFS ビットを 1 にすると、IIC は RDRFS ビット機能を用いた 1 バイト受信動作を行います。RDRFS ビットを 1 にすると、SCL の 8 クロック目の立ち上がりで ICSR2.RDRF フラグが 1 (受信データフル) になり、

8 クロック目の立ち下がりによって自動的に SCLn ラインの Low ホールドが行われます。この Low ホールドは、ICMR3.ACKBT ビットに値を書き込むことで解除されますが、ICDRR レジスタからデータを読み出しても解除されません。そのため、1 バイトごとに受信したデータの内容に応じて ACK/NACK の送信を制御することにより、受信動作が可能となります。

なお RDRFS ビット機能は、マスタ受信モードまたはスレーブ受信モード時に、ジェネラルコールアドレスとホストアドレスを含む IIC スレーブアドレスとの一致があった以降の受信フレームから有効になります。

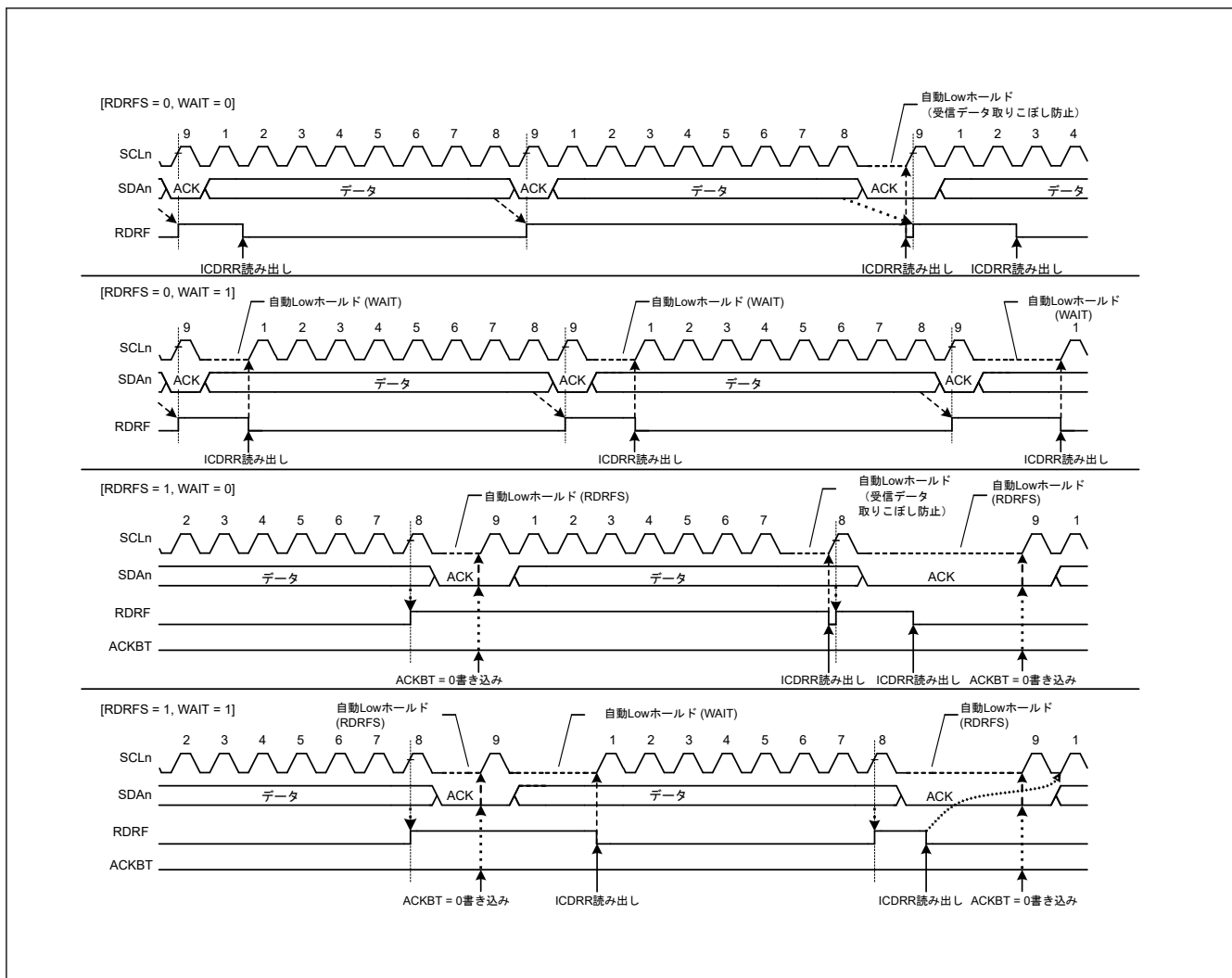


図 28.40 受信モード時の自動 Low ホールド動作 (RDRFS および WAIT ビットを使用)

28.10 アービトレーションロスト検出機能

IIC は、I²C バス規格で定められている通常のアービトレーションロスト検出機能の他に、スタートコンディションの二重発行防止機能、NACK 送信時のアービトレーションロスト検出機能、およびスレーブ送信モード時のアービトレーションロスト検出機能を備えています。

28.10.1 マスタアービトレーションロスト検出機能 (MALE ビット)

IIC はスタートコンディション発行の際、SDAn ラインを Low にします。ただし、これよりも早く他のマスタデバイスがスタートコンディションを発行して SDAn ラインを Low にした場合、IIC は自身のスタートコンディションをエラーと判断し、これをアービトレーションロストとみなします。他のマスタデバイスによる転送の方が優先されます。同様に、バスビジー (ICCR2.BBSY = 1) の状態で ICCR2.ST ビットを 1 にすることでスタートコンディション発行を要求すると、IIC はこれをスタートコンディションの二重発行エラーと判断し、自身がアービトレーションロストを発生させたとみなします。この機能は、転送中のスタートコンディション発行による転送の失敗を防止します。

スタートコンディション発行が正常に行われた場合、アドレスビットを含む送信データ（内部の SDA 出力レベル）と SDA_n ラインのレベルが不一致（内部 SDA 出力として High 出力、すなわち SDA_n 端子がハイインピーダンス状態）であれば、SDA_n ラインに Low が検出されたとき、IIC はアービトレーションロストを発生させます。マスターアービトレーションロストが発生した後、IIC はただちにスレーブ受信モードへ遷移します。このとき、ジェネラルコールアドレスを含むスレーブアドレスが自身のアドレスと一致していれば、IIC はスレーブ動作を継続します。

なお、マスターアービトレーションロストは、ICFER.MALE ビットが 1（マスターアービトレーションロスト検出有効）の状態、以下に示す条件が成立したとき検出されます。

[マスターアービトレーションロスト条件]

- ICCR2.BBSY フラグが 0 の状態で ICCR2.ST ビットを 1 にしてスタートコンディションを発行した後、SDA の内部出力レベルと SDA_n ラインのレベルが不一致のとき（スタートコンディション発行エラー）
- ICCR2.BBSY フラグが 1 の状態で ICCR2.ST ビットを 1 にしたとき（スタートコンディション二重発行エラー）
- マスタ送信モード時 (ICCR2.MST, TRS = 11b)、アクノリッジを除く送信データ（内部の SDA 出力レベル）と SDA_n ラインのレベルが不一致のとき

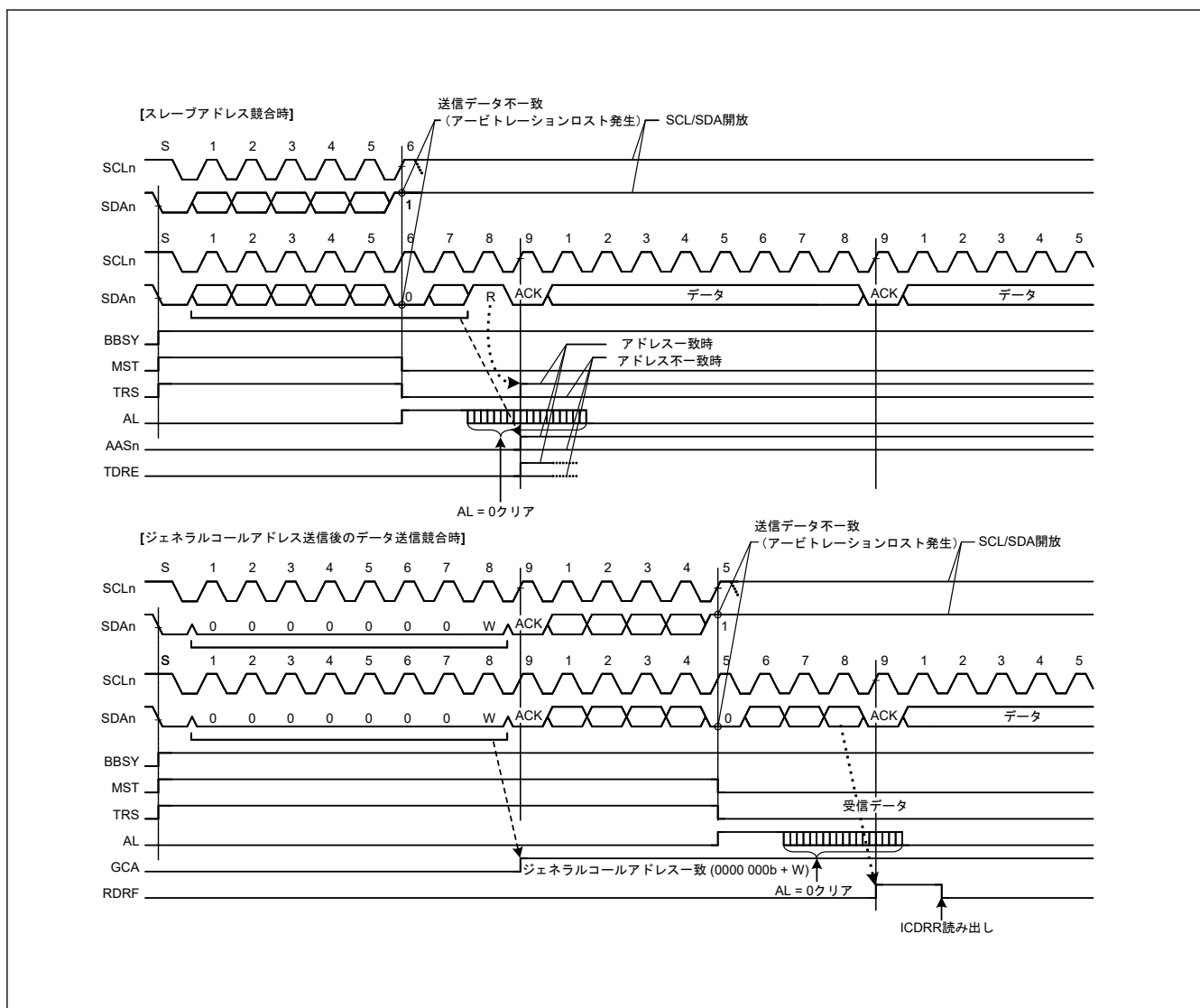


図 28.41 マスタアービトレーションロスト検出動作例 (MALE = 1 の場合)

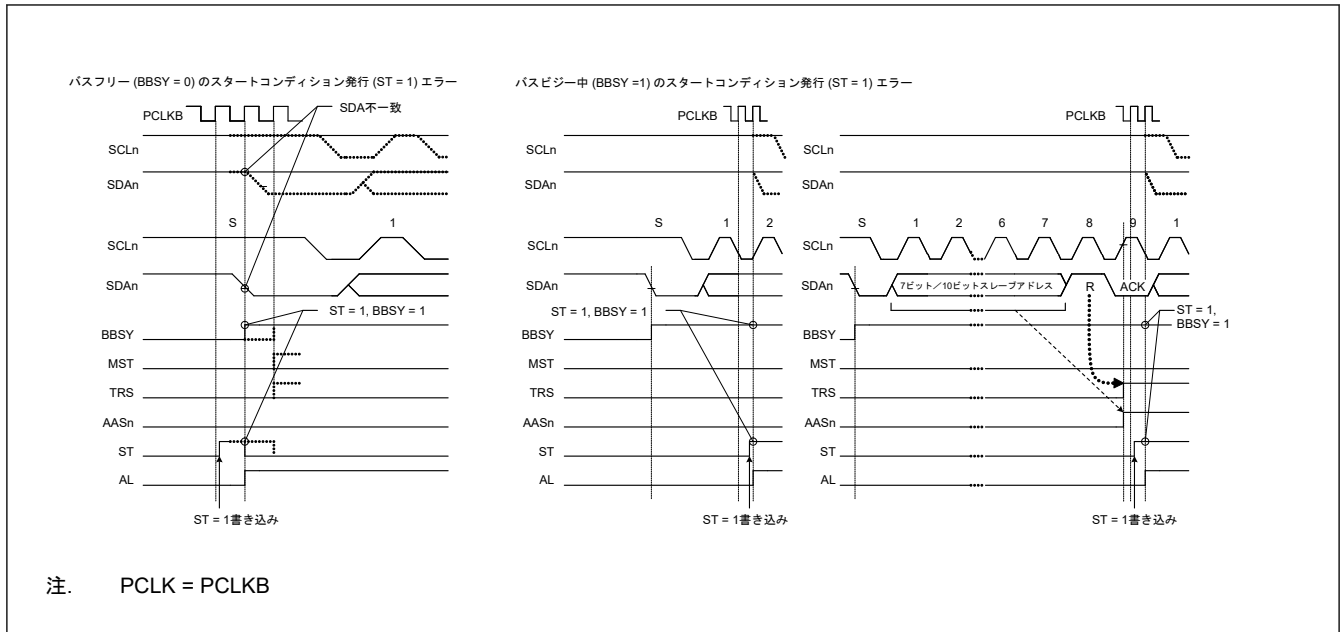


図 28.42 スタートコンディション発行時のアービトレーションロスト (MALE = 1 の場合)

28.10.2 NACK 送信中のアービトレーションロスト検出機能 (NALE ビット)

この機能は、受信モードで NACK 送信時に、内部の SDA 出力レベルと SDA_n ラインのレベルが不一致 (内部 SDA 出力が High 出力、すなわち SDA_n 端子がハイインピーダンス状態) であれば、SDA_n ラインに Low が検出されたとき、アービトレーションロストを発生させます。マルチマスタのシステムにおいて、2 つ以上のマスタデバイスが同じスレーブデバイスから同時にデータを受信するとき、NACK 送信と ACK 送信の衝突が原因で、アービトレーションロストが発生します。このような衝突は、複数のマスタデバイスが 1 つのスレーブデバイスに対して同じ情報を送受信する際に生じます。図 28.43 に、NACK 送信中のアービトレーションロスト検出の動作例を示します。

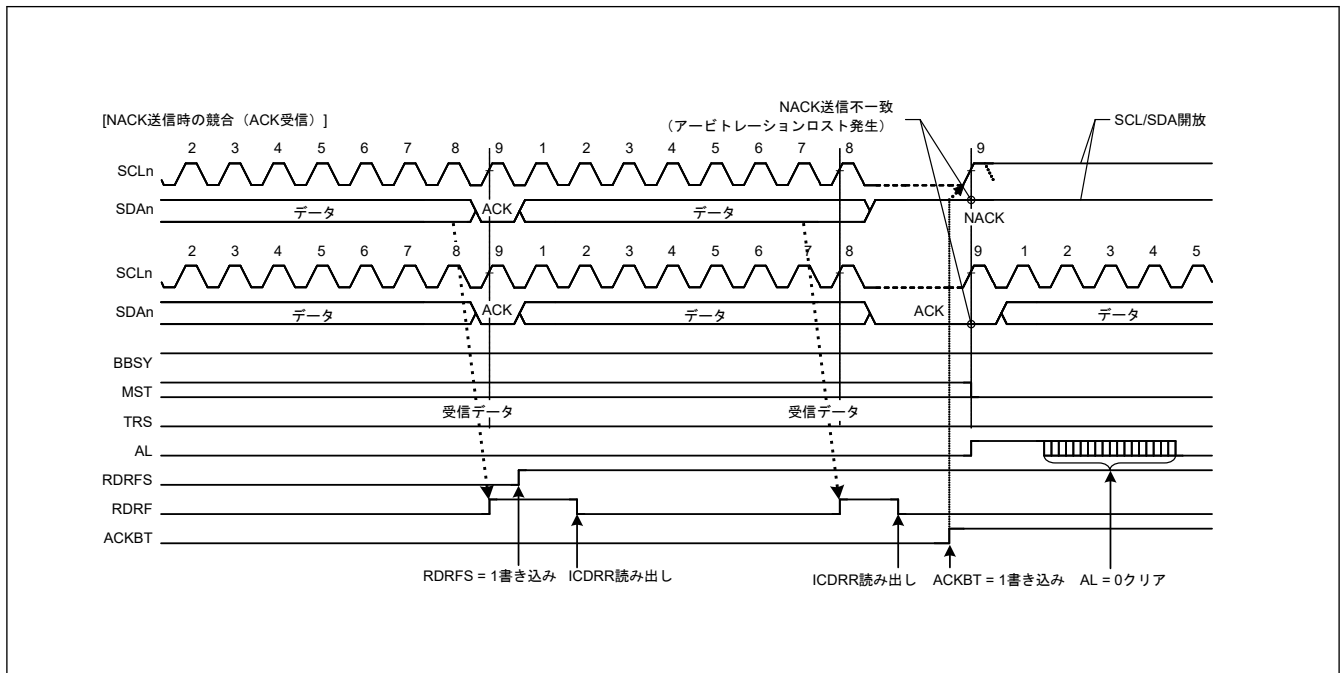


図 28.43 NACK 送信中のアービトレーションロスト検出の動作例 (NALE = 1 の場合)

以下では、2 つのマスタデバイス (マスタ A、B) と 1 つのスレーブデバイスがバス上に接続されている場合を例に挙げてアービトレーションロストを説明します。マスタ A はスレーブデバイスから 2 バイト受信、マスタ B はスレーブデバイスから 4 バイト分のデータ受信を行うものとしします。

マスタ A とマスタ B が同時にスレーブデバイスにアクセスした場合、スレーブアドレスが同じであるため、スレーブデバイスアクセス中にマスタ A にも B にもアービトレーションロストは発生しません。マスタ A とマスタ B は、どちらもバス権を取得したものと認識して動作します。ここでマスタ A は、スレーブデバイスから最終バイトである 2 バイト分の受信が完了した時点で NACK を送信します。一方マスタ B は、スレーブデバイスからの受信データが必要な 4 バイト受信に満たないため ACK 送信を行います。このときマスタ A の NACK 送信とマスタ B の ACK 送信の衝突が発生します。一般的に、このような衝突が発生した場合、マスタ A はマスタ B が出した ACK 送信を検出できずにストップコンディションを発行します。このストップコンディションの発行は、マスタ B の SCL クロック出力と競合し、通信を中断させます。

IIC は、NACK 送信時に ACK を受信した場合、他のマスタデバイスと競合負けが発生したことを検知し、アービトレーションロストを発生させることができます。NACK 送信時にアービトレーションロストが発生すると、IIC はただちにスレーブ一致状態を解除して、スレーブ受信モードへ遷移します。この機能は、ストップコンディション発行を未然に防ぎ、バスの通信エラーを防止します。

同様に、SMBus の ARP コマンド処理においても、NACK 送信中のアービトレーションロスト検出機能を用いて、割り付けられたアドレスコマンド後の Get UDID 汎用処理で割り付けられたアドレスの UDID (ユニークデバイス ID) が不一致の場合に、0xFF 送信処理などの追加クロック処理を省くことができます。

ICFER.NALE ビットが 1 (NACK 送信中アービトレーションロスト検出有効) の状態で、以下に示す条件が成立したとき、IIC は NACK 送信中のアービトレーションロストを検出します。

[NACK 送信中アービトレーションロスト条件]

- NACK 送信時 (ICMR3.ACKBT = 1)、内部の SDA 出力レベルと SDA_n ラインの状態 (ACK 受信) が不一致のとき

28.10.3 スレーブアービトレーションロスト検出機能 (SALE ビット)

この機能は、スレーブ送信モード時に、送信データ (内部の SDA 出力レベル) と SDA_n ラインのレベルが不一致 (内部 SDA 出力が High 出力、すなわち SDA_n 端子がハイインピーダンス状態) であれば、SDA_n ラインに Low が検出されたとき、アービトレーションロストを発生させます。このアービトレーションロスト検出機能は、主に SMBus での UDID (ユニークデバイス ID) 送信時に使用します。

スレーブアービトレーションロストが発生した場合、IIC はただちにスレーブ一致状態を解除してスレーブ受信モードへ遷移します。この機能によって、SMBus での UDID 送信時のデータ衝突を検出し、以降の余剰な 0xFF 送信処理を省くことができます。

ICFER.SALE ビットが 1 (スレーブアービトレーションロスト検出有効) の状態で、以下に示す条件が成立したとき、IIC はスレーブアービトレーションロストを検出します。

[スレーブアービトレーションロスト条件]

- スレーブ送信モード時 (ICCR2.MST, TRS = 01b)、アクノリッジを除く送信データ (内部 SDA 出力レベル) と SDA_n ラインが不一致のとき

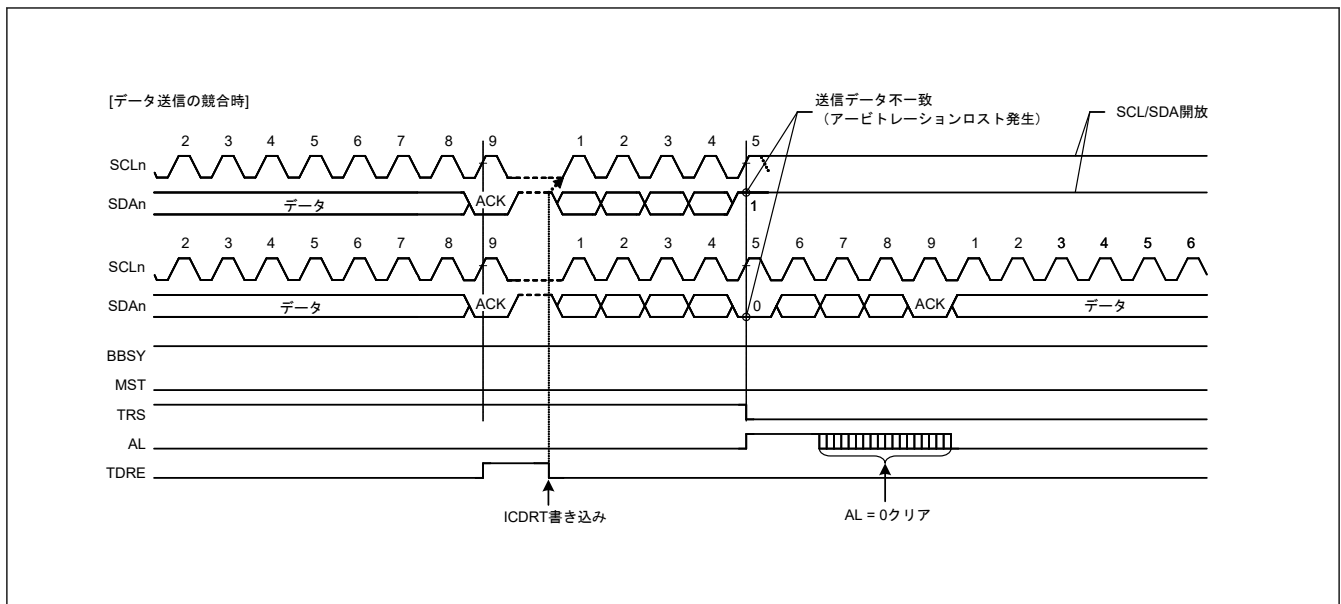


図 28.44 スレーブアービトレーションロスト検出動作例 (SALE = 1 の場合)

28.11 スタートコンディション、リスタートコンディション、ストップコンディション発行機能

28.11.1 スタートコンディション発行動作

IIC は、ICCR2.ST ビットが 1 のときにスタートコンディションを発行します。ST ビットを 1 にすると、スタートコンディション要求が行われ、ICCR2.BBSY フラグが 0 (バスフリー状態) の場合、IIC はスタートコンディションを発行します。スタートコンディションが正常に発行された場合、IIC は自動的にマスタ送信モードへ遷移します。

スタートコンディションの発行方法：

1. SDA_n ラインを立ち下げる (High から Low に遷移)。
2. ICBRH レジスタで設定した時間とスタートコンディションのホールド時間が経過したことを確認する。
3. SCL_n ラインを立ち下げる (High から Low に遷移)。
4. SCL_n ラインの Low を検出後、ICBRL レジスタで設定した SCL_n ラインの Low 幅が経過したことを確認する。

28.11.2 リスタートコンディション発行動作

IIC は、ICCR2.RS ビットが 1 のときリスタートコンディションを発行します。RS ビットを 1 にすると、リスタートコンディション要求が行われ、ICCR2.BBSY フラグが 1 (バスビジー状態) で、かつ ICCR2.MST ビットが 1 (マスタモード) の場合、IIC はリスタートコンディションを発行します。

リスタートコンディションの発行方法：

1. SDA_n ラインを解放する。
2. ICBRL レジスタで設定した SCL_n ラインの Low 幅が経過したことを確認する。
3. SCL_n ラインを解放する (Low から High に遷移)。
4. SCL_n ラインの High を検出後、ICBRL レジスタで設定した時間とリスタートコンディションのセットアップ時間が経過したことを確認する。
5. SDA_n ラインを立ち下げる (High から Low に遷移)。
6. ICBRH レジスタで設定した時間とリスタートコンディションのホールド時間が経過したことを確認する。
7. SCL_n ラインを立ち下げる (High から Low に遷移)。
8. SCL_n ラインの Low を検出後、ICBRL レジスタで設定した SCL_n ラインの Low 幅が経過したことを確認する。

注. リスタートコンディション要求の発行時、ICCR2.RS が 0 であることを確認してから、ICDRT レジスタにスレーブアドレスを書いてください。ICCR2.RS が 1 のときに書き込まれたデータは、以前の再送条件と判断されるため、転送されません。

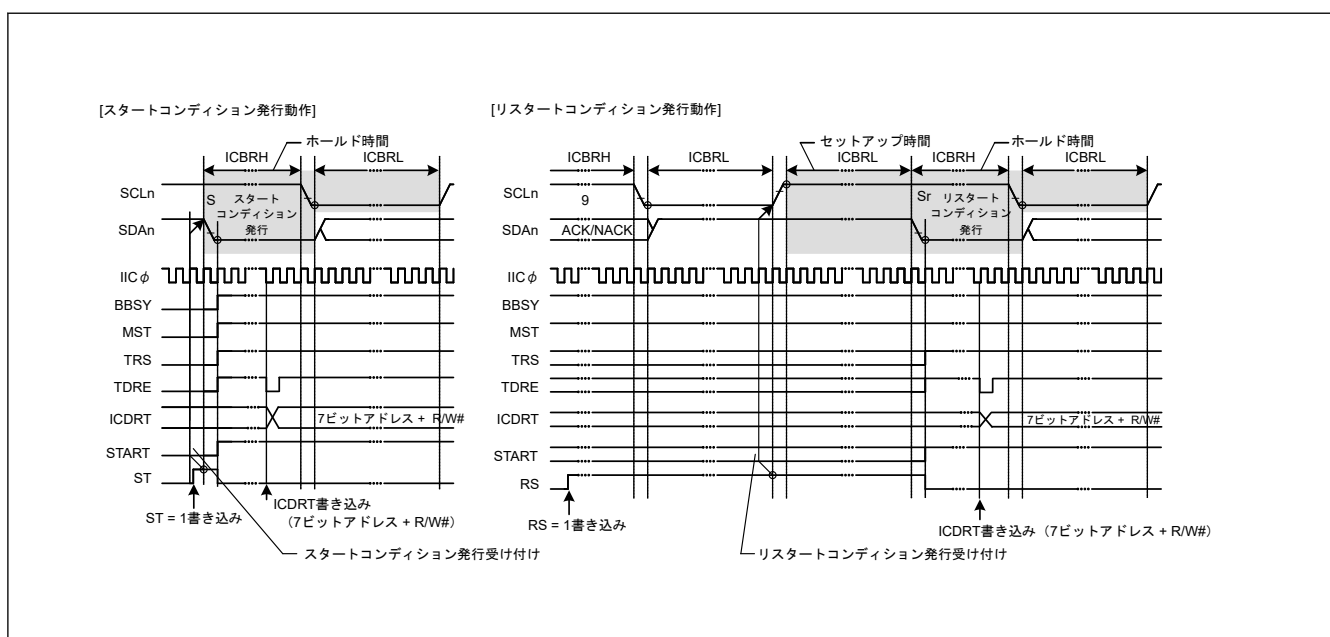


図 28.45 スタートコンディション/リスタートコンディション発行動作タイミング (ST、RS ビット)

図 28.46 に、マスタ送信後にリスタートコンディションが発行されたときの動作タイミングを示します。

[マスタ送信後のリスタートコンディション発行動作]

1. 初期設定を行います。詳細は、「28.3.2. 初期設定」を参照してください。
2. ICCR2.BBSY フラグを読んでバスが解放状態であることを確認した後、ICCR2.ST ビットを 1 (スタートコンディション要求) にします。IIC はスタートコンディション要求を受け付けると、スタートコンディションを発行します。同時に、ICCR2.BBSY フラグと ICSR2.START フラグが自動的に 1 になり、ST ビットが自動的に 0 になります。このとき、ST ビットが 1 の状態でスタートコンディションが検出され、かつ、内部の SDA 出力レベルと SDA_{An} ラインのレベルが一致していれば、IIC は ST ビットによるスタートコンディション発行が正常に行われたと認識し、ICCR2.MST、TRS ビットが自動的に 1 になり、IIC はマスタ送信モードになります。TRS ビットが 1 になるのに応じて、ICSR2.TDRE フラグも自動的に 1 になります。
3. ICSR2.TDRE フラグが 1 であることを確認した後、ICDRT レジスタに送信データ (スレーブアドレスと R/W# ビット) を書いてください。ICDRT レジスタに送信データが書き込まれると、TDRE フラグは自動的に 0 になり、ICDRT レジスタから ICDRS レジスタへデータが転送されて、再び TDRE フラグが 1 になります。スレーブアドレスと R/W# ビットを含むバイトの送信が完了すると、送信された R/W# ビットの値に応じて自動的に TRS ビットの値が更新され、マスタ送信モードまたはマスタ受信モードが選択されます。R/W# ビットの値が 0 であったなら、IIC はマスタ送信モードの状態を継続します。このとき ICSR2.NACKF フラグが 1 であるため、アドレスを認識したスレーブデバイスが存在しないか、または通信エラーが発生していることを示しているため、ICCR2.SP ビットに 1 を書いて、ストップコンディションを発行してください。データを 10 ビットフォーマットのアドレスで送信する場合は、最初に、1 回目のアドレス送信処理で ICDRT レジスタに 1111 0b + スレーブアドレスの上位 2 ビットと W を書きます。次に、2 回目のアドレス送信処理では、ICDRT レジスタにスレーブアドレスの下位 8 ビットを書いてください。
4. ICSR2.TDRE フラグが 1 であることを確認した後、送信データを ICDRT レジスタに書いてください。なお、送信データの準備ができるまで、あるいは、リスタートコンディションまたはストップコンディションが発行されるまでの間、IIC は自動的に SCL_n ラインを Low にホールドします。
5. 送信する全バイトを ICDRT レジスタに書いた後、ICSR2.TEND フラグが 1 に戻るのを待ってから、ICSR2.START フラグが 1 であることを確認した後、ICSR2.START フラグを 0 にしてください。
6. ICCR2.RS ビットを 1 (リスタートコンディション要求) にします。IIC はこの要求を受け付けると、リスタートコンディションを発行します。
7. ICSR2.START フラグが 1 であることを確認した後、ICDRT レジスタに送信データ (スレーブアドレスと R/W# ビット) を書いてください。

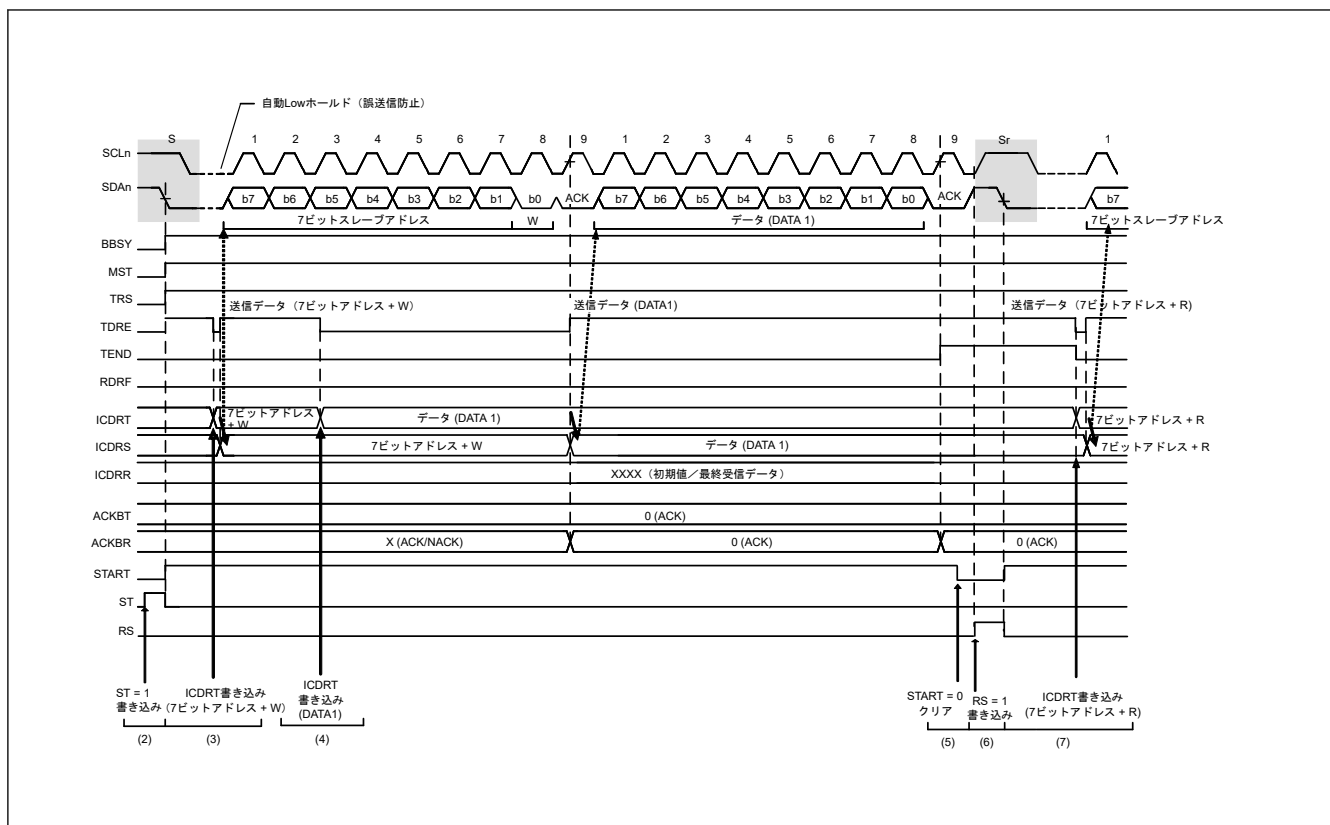


図 28.46 マスタ送信後のリスタートコンディション発行タイミング

28.11.3 ストップコンディション発行動作

IIC は、ICCR2.SP ビットが 1 のときストップコンディションを発行します。SP ビットを 1 にすると、ストップコンディション要求が行われ、ICCR2.BBSY フラグが 1 (バスビジー状態) で、かつ ICCR2.MST ビットが 1 (マスタモード) の場合、IIC はストップコンディションを発行します。

ストップコンディションの発行方法：

1. SDA_n ラインを立ち下げる (High から Low に遷移)。
2. ICBRL レジスタで設定した SCL_n ラインの Low 幅が経過したことを確認する。
3. SCL_n ラインを解放する (Low から High に遷移)。
4. SCL_n ラインの High 検出後、ICBRH レジスタで設定した時間とストップコンディションのセットアップ時間が経過したことを確認する。
5. SDA_n ラインを解放する (Low から High に遷移)。
6. ICBRL レジスタで設定した時間とバスフリー時間が経過したことを確認する。
7. BBSY フラグをクリアしてバス権を解放する。

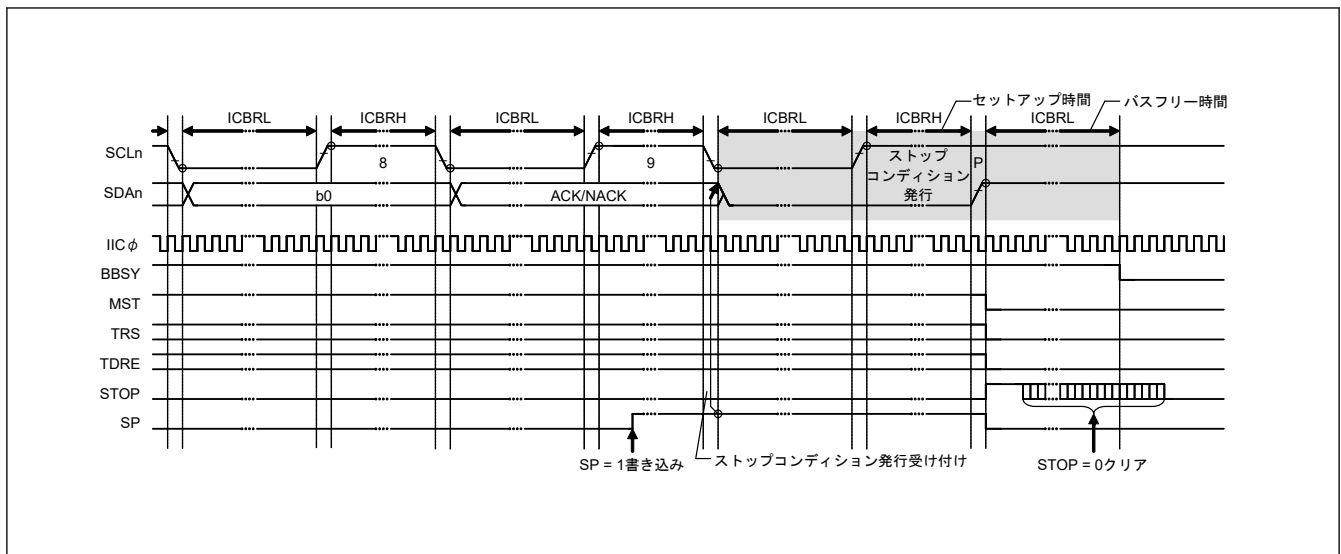


図 28.47 ストップコンディション発行タイミング (SP ビットの使用)

28.12 バスハングアップ

I²C バスではノイズなどの影響によりマスタデバイスとスレーブデバイス間で同期ズレが発生すると、SCLn ラインや SDA n ライン上のレベルが固定されたままバスハングアップを起こす場合があります。

バスハングアップを管理するため、IIC は SCLn ラインを監視してハングアップを検出するためのタイムアウト検出機能と、以下のようなバス状態を解除するための SCL クロック追加出力機能を備えています。

- 同期ズレによるバスハングアップ状態
- IIC リセット機能
- 内部リセット機能

ICCR1.SCLO、SDAO、SCLI、SDAI の各ビットをチェックすることで、IIC 自身と通信相手のどちらが SCLn ラインまたは SDA n ラインを Low にしているのか確認することが可能です。

28.12.1 タイムアウト検出機能

タイムアウト検出機能では、SCLn ラインに一定時間以上変化が見られない状態を検出できます。IIC は、SCLn ラインが Low または High に固定されたまま一定時間以上経過したことを監視して、バスの異常状態を検出することができます。

タイムアウト検出機能は SCLn ラインの状態を監視し、Low または High の時間を内部カウンタでカウントします。タイムアウト検出機能は、SCLn ラインの変化（立ち上がり／立ち下がり）があった場合、内部カウンタをリセットし、変化がない場合カウント動作を続けます。SCLn ラインに変化がないために内部カウンタがオーバーフローすると、IIC はタイムアウトを検出してバスハングアップ状態を報告します。

タイムアウト検出機能は、ICFER.TMOE ビットが 1 のときのみに有効です。以下の条件で SCLn ラインが Low 固定または High 固定の場合にバスハングアップを検出します。

- マスタモード (ICCR2.MST = 1) で、バスビジー (ICCR2.BBSY = 1)
- スレーブモード (ICCR2.MST = 0) で、IIC スレーブアドレス検出 (ICSR1 ≠ 0x00) かつバスビジー (ICCR2.BBSY = 1)
- スタートコンディション要求中 (ICCR2.ST = 1) で、バスフリー (ICCR2.BBSY = 0)

タイムアウト検出機能の内部カウンタは、ICMR1.CKS[2:0] ビットで設定された内部基準クロック (IICφ) をカウントソースとして使用します。このカウンタは、ロングモード選択時 (ICMR2.TMOS = 0) は 16 ビットカウンタ、ショートモード選択時 (ICMR2.TMOS = 1) は 14 ビットカウンタとして機能します。

また、内部カウンタのカウント動作は、SCLn ラインが Low のときカウントさせるか、High のときカウントさせるか、あるいはその両方をカウントさせるかを ICMR2.TMOH、TMOL ビットで選択することが可能です。TMOL ビットと TMOH ビットの両方を 0 にした場合、内部カウンタは動作しません。

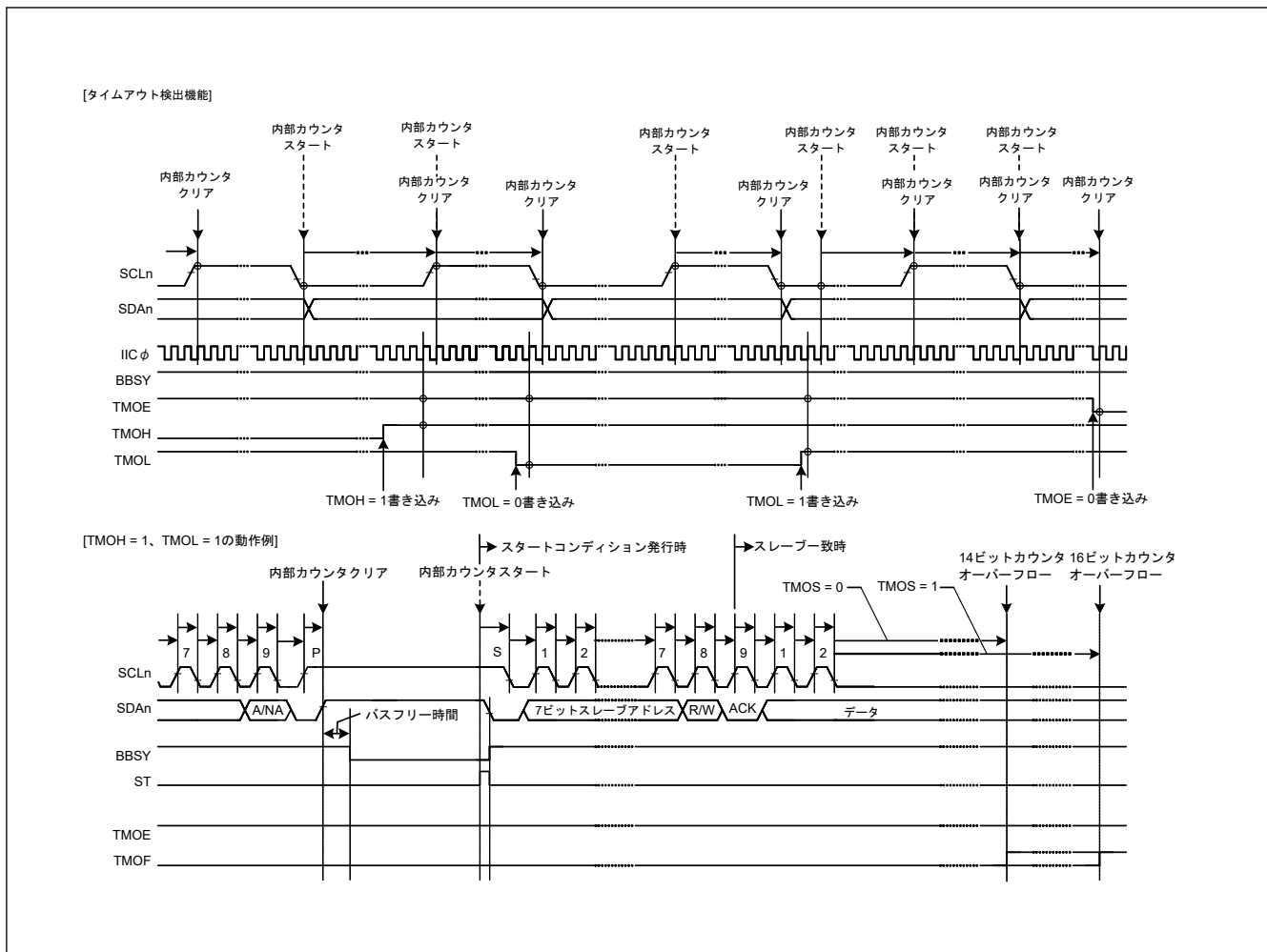


図 28.48 タイムアウト検出機能 (TMOE、TMOS、TMOH、TMOL ビットの使用)

28.12.2 SCL クロック追加出力機能

マスターモード時、この機能は SCL クロックを追加出力して、スレーブデバイスとの同期ズレによるスレーブデバイスの SDA_n ライン Low 固定状態を解放します。この機能は主にマスターモードで使用され、SCL クロックを IIC から追加出力することによって、スレーブデバイスの SDA_n ラインを Low 固定から解放します。この機能は、スレーブデバイスが SDA_n ラインを Low 固定しているため、IIC がストップコンディションを発行できない状態のバスエラー発生時に、SCL クロックを 1 クロック単位で使用します。通常はこの機能を使用しないでください。正常な通信動作中に使用すると通信異常の原因になります。

マスターモードで ICCR1.CLO ビットを 1 にすると、ICMR1.CKS[2:0] ビットおよび ICBRH、ICBRL レジスタで設定した周波数で、SCL クロックが 1 クロック分追加クロックとして出力されます。1 クロック分の追加クロック出力が終了すると CLO ビットは自動的に 0 になります。このとき、ICCR2.BBSY = 1 の場合、SCL 端子は Low を出力し、ICCR2.BBSY = 0 の場合、SCL 端子は High になります。また、ソフトウェアで CLO ビットが 0 であることを確認した後、CLO ビットに 1 を書くことにより、追加クロックを連続的に出力することができます。

IIC がマスターモードであるとき、ノイズなどによるスレーブデバイスとの同期ズレが原因で、スレーブデバイスが SDA_n ラインを Low に固定したままであると、ストップコンディションを出力できません。この機能を使用して SCL 追加クロックを 1 クロックずつ出力することで、スレーブデバイスの SDA_n ラインの Low 固定状態を解放させ、バスを使用できない状態から回復させることができます。スレーブデバイスによる SDA_n ラインの解放は、ICCR1.SDAI フラグを読みだすことで確認できます。スレーブデバイスによる SDA_n ラインの解放を確認した後、通信を終了させるため再度ストップコンディション発行してください。

[ICCR1.CLO ビット使用時の出力条件]

- バスフリー状態 (ICCR2.BBSY = 0) またはマスターモード (ICCR2.MST = 1、BBSY = 1) のとき
- 通信デバイスが SCL_n ラインを Low ホールドにしていない状態のとき

図 28.49 に SCL クロック追加出力機能 (CLO ビット) の動作タイミングを示します。

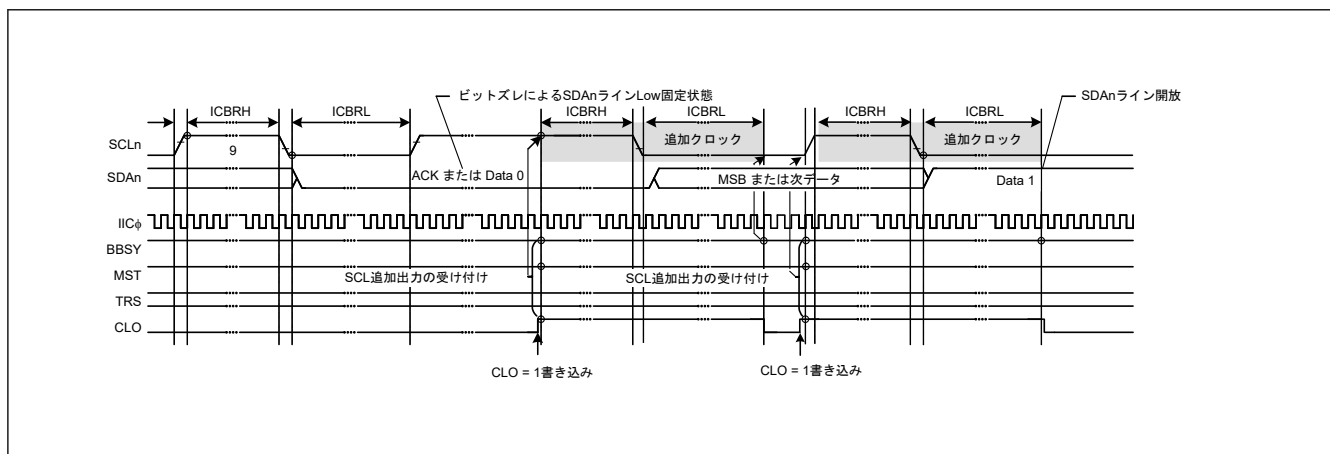


図 28.49 SCL クロック追加出力機能 (CLO ビット)

28.12.3 IIC リセット、内部リセット

IIC は自身をリセットする機能を備えています。IIC では 2 種類のリセットが用いられます。

- ICCR2.BBSY フラグを含めた全レジスタの初期化を行う IIC リセット
- 各種設定値を保持したまま IIC をスレーブアドレス一致状態から解放し内部カウンタの初期化を行う内部リセット

リセット後は、ICCR1.IICRST ビットを 0 にしてください。いずれのリセットも、SCLn 端子 / SDA_n 端子の出力状態を解除してハイインピーダンスに戻すため、バスハングアップ状態の解除に有効です。

なおスレーブ動作時のリセットは、マスタデバイスとの同期ズレを引き起こす原因になるので、使用は極力避けてください。また、IIC リセット (ICCR1.ICE, IICRST = 01b) 中は、スタートコンディションの有無など、バス状態の監視はできません。

IIC リセットと内部リセットの詳細については、「28.15. 各コンディション発行時のリセット、レジスタ、機能の状態」を参照してください。

28.13 SMBus 動作

IIC は、SMBus 仕様 (Ver.2.0) に準拠した通信動作が可能です。SMBus 通信を行うには、ICMR3.SMBS ビットを 1 にしてください。転送速度が SMBus 規格の 10 kbps ~ 100 kbps の範囲に収まるように、ICMR1.CKS[2:0] ビットと ICBRH および ICBRL レジスタを設定してください。また、データホールド時間の規定値 300 ns 以上を満たすように、ICMR2.DLCS ビットおよび ICMR2.SDDL[2:0] ビットの値を指定してください。IIC をスレーブデバイスとしてのみ使用する場合は、転送速度の設定は不要ですが、ICBRL レジスタにはデータセットアップ時間 (250 ns) 以上の値を設定してください。

なお、SMBus デバイスデフォルトアドレス (1100 001b) には、スレーブアドレスレジスタ L0 ~ L2 (SARL0、SARL1、SARL2) のいずれか 1 本を使用し、対応する SARUn.FS ビット ($n = 0 \sim 2$) (7 ビットまたは 10 ビットアドレスフォーマット選択ビット) を 0 (7 ビットアドレスフォーマット) にしてください。

また、UDID (ユニークデバイス ID) 送信時には、ICFER.SALE ビットを 1 にして、スレーブアービトラージョンロスト検出機能を有効にしてください。

28.13.1 SMBus タイムアウト測定

(1) スレーブデバイスのタイムアウト測定

SMBus 通信では、スレーブデバイスは下記に示す区間 (タイムアウト間隔: $T_{\text{LOW:SEXT}}$) を計測する必要があります。

- スタートコンディションからストップコンディションまで

スレーブデバイスでタイムアウト測定を行うには、IIC スタートコンディション検出割り込み (STIn) とストップコンディション検出割り込み (SPIn)を利用して、スタートコンディション検出からストップコンディション検出までの期間を GPT を使用して計測してください。測定したタイムアウト時間は、SMBus 規格のクロック Low 累積時間 (スレーブデバイス) $T_{LOW:SEXT}$: 25 ms (max) 以内でなければいけません。

GPT で計測した時間が、SMBus 規格のクロック Low 検出のタイムアウト $T_{TIMEOUT}$: 25 ms (min) を超えた場合、スレーブデバイスは ICCR1.IICRST ビットに 1 を書き込み IIC の内部リセットを発行してバス解放動作を行う必要があります。内部リセットを行うと IIC は SCLn 端子と SDA_n 端子のバス駆動を中止し、両端子の出力をハイインピーダンスにすることができます。これによりバス解放を行うことができます。

(2) マスタデバイスのタイムアウト測定

SMBus 通信では、マスタデバイスは下記に示す区間 (タイムアウト間隔: $T_{LOW:MEXT}$) を計測する必要があります。

- スタートコンディションからアクノリッジビットまで
- アクノリッジビットから次のアクノリッジビットまで
- アクノリッジビットからストップコンディションまで

マスタデバイスでタイムアウト測定を行うには、IIC スタートコンディション検出割り込み (STIn)、ストップコンディション検出割り込み (SPIn)、送信終了割り込み (IICn_TEI)、または受信データフル割り込み (IICn_RXI) を利用して、GPT を使用して計測してください。測定したタイムアウト時間は、SMBus 規格のクロック Low 累積延長時間 (マスタデバイス) $T_{LOW:MEXT}$: 10 ms (max) 以内であり、かつスタートコンディションからストップコンディションまでのすべての $T_{LOW:MEXT}$ の値の合計が $T_{LOW:SEXT}$: 25 ms (max) 以内でなければいけません。

ACK 受信タイミング (SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がり) は、マスタ送信モード時 (マスタトランスミッタ) は ICSR2.TEND フラグ、マスタ受信モード時 (マスタレシーバ) は ICSR2.RDRF フラグで監視します。マスタ送信モード時は 1 バイト送信動作を行い、マスタ受信モード時は最終バイト受信の直前まで ICMR3.RDRFS ビットを 0 に保持してください。RDRFS ビットが 0 のとき、RDRF フラグは SCL クロックの 9 クロック目の立ち上がりで 1 になります。

GPT で計測した時間が、SMBus 規格のクロック Low 累積延長時間 (マスタデバイス) $T_{LOW:MEXT}$: 10 ms (max) を超えた場合、または各計測時間の合計が、SMBus 規格のクロック Low 検出のタイムアウト $T_{TIMEOUT}$: 25 ms (min) を超えた場合は、マスタデバイスはストップコンディションを発行してトランザクションを中止する必要があります。マスタ送信モード時には即座に送信動作 (ICDRT レジスタへの書き込み) を中止してください。

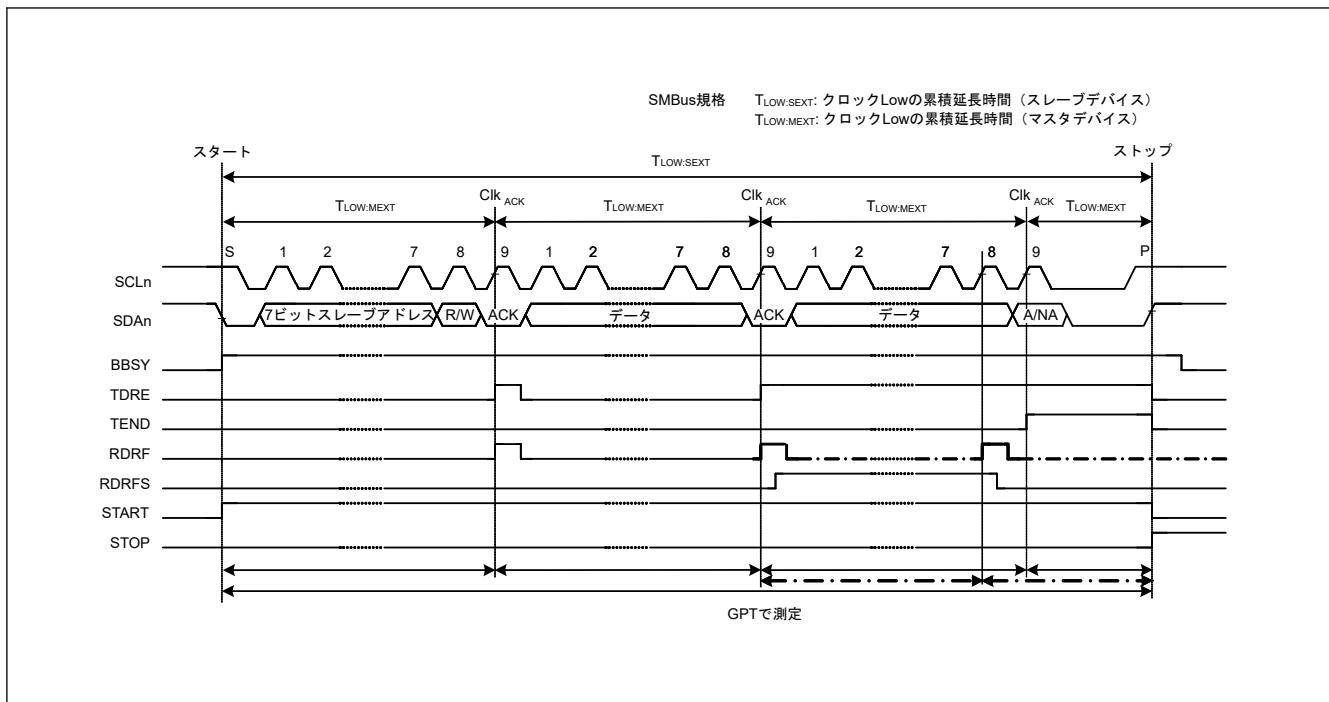


図 28.50 SMBus タイムアウト測定

28.13.2 パケットエラーコード (PEC)

本 MCU は CRC 演算器を内蔵しており、この CRC 演算器を利用して、パケットエラーコード (PEC) の送信や IIC の SMBus データ通信時の受信データチェックを行うことができます。CRC 演算器の生成多項式については「[32. 巡回冗長検査 \(CRC\)](#)」を参照してください。

マスタ送信モード時の PEC データは、全送信データを CRC 演算器の CRC データ入力レジスタ (CRCDIR) に書くことで生成することができます。

マスタ受信モード時の PEC データは、全受信データを CRC 演算器の CRCDIR レジスタに書き、取得した CRC データ出力レジスタ (CRCDOR) の値と受信した PEC データを比較することでチェックできます。

PEC コードチェックの結果として最終バイトを受信したとき、結果（一致／不一致）に応じて ACK/NACK 送出を行う場合は、最終バイト受信時の SCL の 8 クロック目の立ち上がりまでに ICMR3.RDRFS ビットを 1 にし、8 クロック目の立ち下がりまで SCLn ラインを Low にホールドしてください。

28.13.3 SMBus ホスト通知プロトコル (Notify ARP Master コマンド)

SMBus 通信では、スレーブデバイスが一時的にマスタデバイスとなり、SMBus ホスト（または ARP マスタ）に対して自スレーブアドレスを通知したり、SMBus ホストに対して自スレーブアドレスを要求したりできます。

本 MCU を使用する製品を SMBus ホストまたは ARP マスタとして動作させる場合、スレーブデバイスからのホストアドレス (0001 000b) 送信をスレーブアドレスとして検出する必要があるため、IIC はホストアドレス検出機能を備えています。ホストアドレスをスレーブアドレスとして検出するには、ICMR3.SMBS ビットを 1、ICSER.HOAE ビットを 1 にしてください。ホストアドレス検出後の動作は、通常のスレーブ動作と同じです。

28.14 割り込み要因

IIC が発行する割り込み要求には、以下の 5 種類があります。

- 通信エラー／イベント発生（アービトレーションロスト検出、NACK 検出、タイムアウト検出、スタートコンディション検出、ストップコンディション検出）
- 受信データフル
- 送信データエンプティ
- 送信終了
- ウェイクアップ機能中のアドレス一致

表 28.10 に割り込み要因の詳細を示します。受信データフル割り込みおよび送信データエンプティ割り込みにより、DTC または DMAC を起動してデータ転送を行うことができます。

表 28.10 割り込み要因

シンボル	割り込み要因	割り込みフラグ	DTC/DMAC の起動	割り込み発生条件
IICn_EEI(注5)	通信エラー／イベント発生	ICSR2.AL	不可能	AL = 1, ALIE = 1
		ICSR2.NACKF		NACKF = 1, NAKIE = 1
		ICSR2.TMOF		TMOF = 1, TMOIE = 1
		ICSR2.START		START = 1, STIE = 1
		ICSR2.STOP		STOP = 1, SPIE = 1
IICn_RXI(注2) (注5)	受信データフル	ICSR2.RDRF	可能	RDRF = 1, RIE = 1
IICn_TXI(注1) (注5)	送信データエンプティ	ICSR2.RDRF	可能	TDRE = 1, TIE = 1
IICn_TEI(注3) (注5)	送信終了	ICSR2.TEND	不可能	TEND = 1, TEIE = 1
IIC0_WUI(注4)	ウェイクアップ機能中のスレーブアドレス一致	ICSR2.WUF	不可能	スレーブアドレス一致 スレーブ受信完了 RWAK 動作 ASY0 = 1 WUIE = 1

注. CPU による周辺モジュールへの書き込み命令の実行と、実際にモジュールに書き込まれるタイミングとの間には、遅延があります。割り込みフラグをクリアまたはマスクした場合は、関連するフラグを再度読み出し、クリアまたはマスク処理の完了を確認した後、割り込み処理から復帰させてください。そうしないと、同じ割り込み処理が繰り返されることがあります。

- 注 1. IICn_TXI 割り込みはエッジ検出割り込みであるため、クリアの必要はありません。また IICn_TXI 割り込みの条件となる ICSR2.TDRE フラグは、ICDRT レジスタへの送信データの書き込み、あるいはストップコンディションの検出 (ICSR2.STOP = 1) で自動的に 0 になります。
- 注 2. IICn_RXI 割り込みはエッジ検出割り込みであるため、クリアの必要はありません。また IICn_RXI 割り込みの条件となる ICSR2.RDRF フラグは、ICDRR レジスタの読み出しで自動的に 0 になります。
- 注 3. IICn_TEI 割り込みを使用する場合、IICn_TEI 割り込み処理で ICSR2.TEND フラグをクリアしてください。ICSR2.TEND フラグは、ICDRT レジスタへの送信データの書き込み、あるいはストップコンディションの検出 (ICSR2.STOP = 1) で自動的に 0 になります。
- 注 4. チャンネル 0 のみウェイクアップ機能があり、IIC0_WUI はチャンネル 0 のみです。
- 注 5. チャンネル番号 (n = 0)

割り込み処理の中でそれぞれのフラグをクリアまたはマスクしてください。

28.14.1 IICn_TXI 割り込みおよび IICn_RXI 割り込みのバッファ動作

対応する ICU.IELSRn.IR フラグが 1 のときに、IICn_TXI 割り込みまたは IICn_RXI 割り込みの発生条件が成立した場合、割り込み要求は ICU へ出力されず、内部に保存されます。1 要因あたり 1 要求を内部に保持できます。

ICU.IELSRn.IR フラグが 0 になると、ICU に保存されていた割り込み要求が出力されます。通常の状態では、内部的に保存されていた割り込み要求が自動的にクリアされます。これらは、対応する周辺モジュール側の割り込み許可ビットを 0 にすることでクリアが可能です。

28.15 各コンディション発行時のリセット、レジスタ、機能の状態

IIC は、リセット、IIC リセット、および内部リセットの機能を備えています。表 28.11 に、各コンディション発行時のリセット、レジスタ、機能の状態間の関係を示します。

表 28.11 各コンディション発行時のリセット、レジスタ、機能の状態 (1/2)

レジスタ		リセット	IIC のリセット (ICE = 0, IICRST = 1)	内部リセット (ICE = 1, IICRST = 1)	スタートコンディション またはリスタート コンディション検出	ストップコンディション 検出	
ICCR1	ICE, IICRST	リセット	保持	保持	保持	保持	
	SCLO, SDAO		リセット	リセット			
	その他			保持			
ICCR2	BBSY	リセット	リセット	保持	セット	リセット	
	ST, RS			リセット	リセット	保持	
	SP					リセット	
	TRS					セットまたは保持	リセット
	MST						リセット
ICMR1	BC[2:0]	リセット	リセット	リセット	リセット	保持	
	その他			保持			保持
ICMR2		リセット	リセット	保持	保持	保持	
ICMR3	ACKBT	リセット	リセット	保持	保持	リセット	
	その他					保持	
ICFER		リセット	リセット	保持	保持	保持	
ICSER		リセット	リセット	保持	保持	保持	
ICIER		リセット	リセット	保持	保持	保持	
ICSR1		リセット	リセット	リセット	保持	リセット	
ICSR2	TEND	リセット	リセット	リセット	保持	リセット	
	TDRE				セットまたは保持		
	START				セット		
	STOP				保持		セット
	その他				保持		保持
ICWUR		リセット	リセット	保持	保持	保持	

表 28.11 各コンディション発行時のリセット、レジスタ、機能の状態 (2/2)

レジスタ	リセット	IIC のリセット (ICE = 0, IICRST = 1)	内部リセット (ICE = 1, IICRST = 1)	スタートコンディション またはリスタートコ ンディション検出	ストップコンディション 検出
SARL0, SARL1, SARL2 SARU0, SARU1, SARU2	リセット	リセット	保持	保持	保持
ICBRH, ICBRL	リセット	リセット	保持	保持	保持
ICDRT	リセット	リセット	保持	保持	保持
ICDRR	リセット	リセット	保持	保持	保持
ICDRS	リセット	リセット	リセット	保持	保持
タイムアウト検出機能	リセット	リセット	リセット	動作	動作
バスフリー時間計測	リセット	リセット	動作	動作	動作
ICWUR2	WUSEN	リセット	リセット	保持	保持
	その他				保持または動作またはリ セット

28.16 イベントリンク出力機能

IIC0 モジュールは、ELC に対して以下の要因によってイベント出力を行います。

(1) 通信エラーイベント

通信エラーイベントが発生すると、対応するイベント信号を ELC によって他のモジュールに出力できます。

(2) 受信データフル

受信データレジスタが受信データフルになると、対応するイベント信号を ELC によって他のモジュールに出力できます。

(3) 送信データエンプティ

送信データレジスタが送信データエンプティになると、対応するイベント信号を ELC によって他のモジュールに出力できます。

(4) 送信終了

転送が終了すると、対応するイベント信号を ELC によって他のモジュールに出力できます。

28.16.1 割り込み処理とイベントリンクの関係

IIC の各割り込み (表 28.10 参照) には、対応する割り込み信号の許可または禁止を制御する許可ビットがあります。対応する割り込み許可ビットがセットされている場合に割り込み要因の条件が成立すると、CPU に対して割り込み要求信号が出力されます。

割り込み要因が発生すると、割り込み許可ビットの設定にかかわらず、対応するイベントリンク出力信号が ELC によって他のモジュールにイベント信号として出力されます。各割り込み要因については、表 28.10 を参照してください。

28.17 使用上の注意事項

28.17.1 モジュールストップ機能の設定

モジュールストップコントロールレジスタ B (MSTPCRB) により、IIC の動作禁止/許可を設定することが可能です。リセット後の値では、IIC の動作は停止します。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細は、「10. 低消費電力モード」を参照してください。

28.17.2 転送開始に関する注意事項

転送開始 (ICCR1.ICE = 1) 時点で IIC の割り込みに対応した ICU.IELSRn.IR フラグが 1 であれば、動作を許可する前に下記の手順で割り込み要求をクリアしてください。ICCR1.ICE ビットが 1 の状態で ICU.IELSRn.IR フラグ

を 1 にして転送を開始すると、転送開始後、割り込み要求が内部で保持されるため、ICU.IELSRn.IR フラグが予期しない動作となることがあります。

転送開始前に割り込みをクリアする方法：

1. ICCR1.ICE ビットが 0 であることを確認する。
2. 周辺機能で対応する割り込み許可ビット (ICIER.TIE など) を 0 にする。
3. 周辺機能で対応する割り込み許可ビット (ICIER.TIE など) を読み出して、それらの値が 0 であることを確認する。
4. ICU.IELSRn.IR フラグを 0 にする。

29. CAN (Controller Area Network) モジュール

29.1 概要

CAN (Controller Area Network) モジュールは、電磁的にノイズの高いアプリケーション内で、メッセージベースのプロトコルを使用して複数のスレーブとマスタの間でデータを送信および受信します。このモジュールは、ISO 11898-1 (CAN 2.0A/CAN 2.0B) 規格に準拠し、最大 32 個のメールボックスに対応します。これらのメールボックスは、通常のメールボックスおよび FIFO モードで送信または受信用に設定できます。標準 (11 ビット) と拡張 (29 ビット) の両方のメッセージングフォーマットに対応しています。CAN モジュールには外付け CAN トランシーバが必要です。

表 29.1 に CAN の仕様を、図 29.1 にブロック図を示します。

表 29.1 CAN の仕様 (1/2)

項目	仕様
データ転送速度	ISO11898-1 準拠の標準フレームと拡張フレーム
ビットレート	データ転送速度は最大 1 Mbps (fCAN ≥ 8 MHz) までプログラム可能 fCAN : CAN クロックソース
メッセージボックス	32 個のメールボックスに対し、下記の 2 種類のメールボックスモードを選択可能 <ul style="list-style-type: none"> 通常モード : 32 個のメールボックスを送信または受信用に個別に設定可能 FIFO モード : 24 個のメールボックスを送信または受信用に個別に設定可能で、残りのメールボックスは受信 (RX) および送信 (TX) の 4 段 FIFO で使用
受信	<ul style="list-style-type: none"> データフレームとリモートフレームを受信可能 受信 ID フォーマットは標準 ID のみ、拡張 ID のみ、または標準 ID と拡張 ID の両方を選択可能 ワンショット受信機能を選択可能 オーバーライトモード (未読メッセージ上書き) とオーバーランモード (未読メッセージ破棄) が選択可能 各メールボックスで受信完了割り込みの許可または禁止を設定可能
アクセプタンスフィルタ	<ul style="list-style-type: none"> 8 つのアクセプタンスマスク (4 メールボックスごとに個別のマスク) 各メールボックスでマスクの有効または無効を設定可能
送信	<ul style="list-style-type: none"> データフレームとリモートフレームを送信可能 送信 ID フォーマットは標準 ID のみ、拡張 ID のみ、または標準 ID と拡張 ID の両方を選択可能 ワンショット送信機能を選択可能 ブロードキャストメッセージ機能 ID 優先送信モードまたはメールボックス番号優先送信モードを選択可能 送信要求アボート可能、ステータスフラグでアボート完了を確認可能 各メールボックスで送信完了割り込みの許可または禁止を設定可能
バスオフ復帰のモード遷移	バスオフ状態からの復帰のモード遷移を選択可能 : <ul style="list-style-type: none"> ISO11898-1 規格に準拠 バスオフへの遷移時に自動的に CAN Halt モードへ遷移 バスオフからの復帰時に自動的に CAN Halt モードへ遷移 ソフトウェアにより CAN Halt モードへ遷移 ソフトウェアによりエラーアクティブ状態へ遷移
エラー状態監視	<ul style="list-style-type: none"> CAN バスエラーの監視 (スタッフエラー、フォームエラー、ACK エラー、15 ビット CRC エラー、ビットエラー、ACK デリミタエラー) エラー状態への遷移の検出 (エラーワーニング、エラーパッシブ、バスオフ移行、バスオフ復帰) エラーカウンタを読み出し可能
タイムスタンプ	<ul style="list-style-type: none"> 16 ビットカウンタを使用したタイムスタンプ機能 基準クロックは 1 ビット、2 ビット、4 ビット、8 ビットから選択可能
割り込み機能	5 種類の割り込み要因をサポート : <ul style="list-style-type: none"> 受信完了 送信完了 受信 FIFO 送信 FIFO エラー割り込み
CAN スリープモード	CAN クロックを停止することで消費電力低減

表 29.1 CAN の仕様 (2/2)

項目	仕様
ソフトウェアサポートユニット	3つのソフトウェアサポートユニット： <ul style="list-style-type: none"> アクセプタンスフィルタサポート メールボックス検索サポート（受信メールボックス検索、送信メールボックス検索、メッセージロスト検索） チャンネル検索サポート
CAN クロックソース	CANMCLK または PCLKB
テストモード	評価用に3つのテストモードを用意： <ul style="list-style-type: none"> リッスンオンリーモード セルフテストモード0（外部ループバック） セルフテストモード1（内部ループバック）
TrustZone フィルタ	セキュリティの属性を設定可能

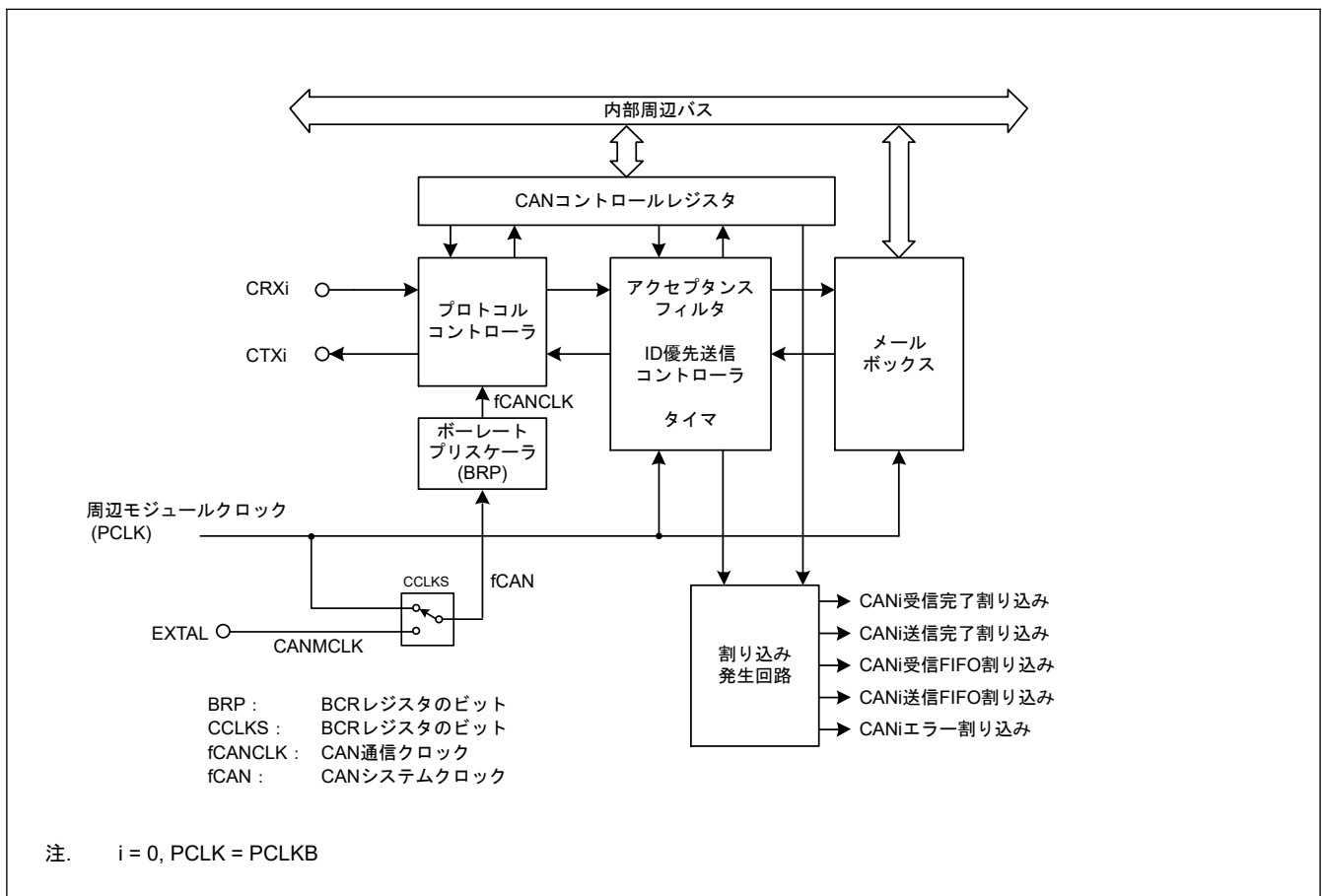


図 29.1 CAN モジュールブロック図

CAN モジュールには以下のブロックが含まれています。

- CAN 入出力端子
CRXi および CTXi (i = 0)
- プロトコルコントローラ
バスアービトラージョンや送受信時のビットタイミング、スタンプ処理、エラー処理といった、CAN プロトコルの処理を行います。
- メールボックス
32 個のメールボックスで構成され、送信または受信に設定できます。各メールボックスには固有の ID、データ長コード (DLC)、データフィールド (8 バイト)、タイムスタンプがあります。

- アクセプタンスフィルタ
受信メッセージのフィルタ処理を行います。このフィルタ処理には、MKR0～MKR7 レジスタを使用します。
- タイマ
タイムスタンプ機能に使用します。メッセージがメールボックスに格納されたときのタイマ値が、タイムスタンプ値として書き込まれます。
- 割り込み発生回路 (5 種類の割り込み)
 - CANi 受信完了割り込み
 - CANi 送信完了割り込み
 - CANi 受信 FIFO 割り込み
 - CANi 送信 FIFO 割り込み
 - CANi エラー割り込み

表 29.2 に CAN モジュールの端子を示します。これらの端子は MCU 上の信号により多重化されます。詳細については、「19. I/O ポート」を参照してください。

表 29.2 CAN モジュール入出力端子 (i = 0)

端子名	I/O	機能
CRXi	入力	データ受信
CTXi	出力	データ送信

29.2 レジスタの説明

29.2.1 CTRLR : コントロールレジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x840

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	RBOC	BOM[1:0]	SLPM	CANM[1:0]	TSPTS[1:0]	TSRC	TPM	MLM	IDFM[1:0]	MBM				
Value after reset:	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	MBM	CAN メールボックスモード選択(注1) 0: 通常メールボックスモード 1: FIFO メールボックスモード	R/W
2:1	IDFM[1:0]	ID フォーマットモード選択(注1) 00: 標準 ID モード FIFO メールボックスを含むすべてのメールボックスは標準 ID のみを処理します。 01: 拡張 ID モード FIFO メールボックスを含むすべてのメールボックスは拡張 ID のみを処理します。 10: ミックス ID モード FIFO メールボックスを含むすべてのメールボックスは標準 ID と拡張 ID の両方を処理します。通常メールボックスモードでは、対応する IDE ビットを使って標準か拡張かを決定します。FIFO メールボックスモードでは、メールボックス 0～23 の対応する IDE ビットを、受信 FIFO では FIDCR0 と FIDCR1 の IDE ビットを、送信 FIFO ではメールボックス 24 の IDE ビットを使います。 11: 設定禁止	R/W
3	MLM	メッセージロストモード選択(注1) 0: オーバーライトモード 1: オーバーランモード	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
4	TPM	送信優先順位モード選択(注1) 0: ID 優先送信モード 1: メールボックス番号優先送信モード	R/W
5	TSRC	タイムスタンプカウンタリセットコマンド(注4) 0: タイムスタンプカウンタをリセットしない 1: タイムスタンプカウンタをリセットする(注3)	R/W
7:6	TSPS[1:0]	タイムスタンププリスケアラ選択(注1) 00: 1ビットタイムごと 01: 2ビットタイムごと 10: 4ビットタイムごと 11: 8ビットタイムごと	R/W
9:8	CANM[1:0]	CAN オペレーションモード選択(注5) 00: CAN オペレーションモード 01: CAN リセットモード 10: CAN Halt モード 11: CAN リセットモード (強制遷移)	R/W
10	SLPM	CAN スリープモード(注5) (注6) 0: CAN スリープモード以外 1: CAN スリープモード	R/W
12:11	BOM[1:0]	バスオフ復帰モード(注1) 00: ノーマルモード (ISO11898-1 規格に準拠) 01: バスオフへの移行時に自動的に CAN Halt モードへ移行 10: バスオフからの復帰時に自動的に CAN Halt モードへ移行 11: バスオフ復帰中にソフトウェア要求により CAN Halt モードへ移行	R/W
13	RBOC	バスオフからの強制復帰(注2) 0: 復帰しない 1: バスオフからの強制復帰(注3)	R/W
15:14	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. CAN リセットモードでは BOM[1:0]、TSPS[1:0]、TPM、MLM、IDFM[1:0]、MBM ビットを書き込みます。

注 2. バスオフ状態では RBOC ビットを 1 に設定します。

注 3. このビットは 1 に設定されたあと、自動的に 0 になります。0 として読み取るはずです。

注 4. CAN オペレーションモードでは TSRC ビットを 1 に設定します。

注 5. CANM[1:0] ビットと SLPM ビットを変更した場合、モードが切り替わったことを STR で確認してください。モードが切り替わるまで CANM[1:0] ビットや SLPM ビットを変更しないでください。

注 6. CAN リセットモードや CAN Halt モードでは、SLPM ビットに書き込んでください。SLPM ビットを変更する場合、SLPM ビットだけに 0 または 1 を書き込みます。

MBM ビット (CAN メールボックスモード選択)

MBM ビットが 0 (通常メールボックスモード) のとき、メールボックス 0~31 は送信または受信メールボックスに設定されます。MBM ビットが 1 (FIFO メールボックスモード) の場合

- メールボックス 0~23 は送信または受信メールボックスに設定される。
- メールボックス 24~27 は送信 FIFO に設定される。
- メールボックス 28~31 は受信 FIFO に設定される。

送信データは、送信 FIFO のウィンドウメールボックスであるメールボックス 24 に書き込まれます。受信データは、受信 FIFO のウィンドウメールボックスであるメールボックス 28 から読み出されます。

表 29.3 にメールボックスの設定を示します。

IDFM[1:0] ビット (ID フォーマットモード選択)

IDFM[1:0] ビットは ID フォーマットを指定します。

MLM ビット (メッセージロストモード選択)

MLM ビットは、読み出しが完了していないメールボックスが新しいメッセージを取り込んだときの動作を指定します。オーバーライトモードまたはオーバーランモードを選択できます。選択したモードは、受信 FIFO を含むすべてのメールボックスに適用されます。

MLM ビットが 0 の場合、すべてのメールボックスがオーバーライトモードに設定されます。新しく受信したメッセージは既存のメッセージを上書きします。

MLM ビットが 1 の場合、すべてのメールボックスがオーバーランモードに設定されます。新しく受信したメッセージは既存のメッセージを上書きせず、破棄します。

TPM ビット (送信優先順位モード選択)

TPM ビットはメッセージを送信するときの優先順位を設定します。ID 優先送信モードまたはメールボックス番号優先送信モードを選択できます。すべてのメールボックスが、ID 優先送信モードまたはメールボックス番号優先送信モードのどちらかに設定されます。

TPM ビットが 0 の場合、ID 優先送信モードが選択され、ISO11898-1 の CAN 仕様に準拠して送信の優先度が調整されます。ID 優先送信モードの場合、通常メールボックスモードではメールボックス 0~31 の ID を、FIFO メールボックスモードではメールボックス 0~23 および送信 FIFO が送信用に設定したメールボックスの ID を比較します。同じメールボックス ID が 2 個以上ある場合、小さい番号のメールボックスの優先順位が高くなります。

送信 FIFO から次に送信される予定のメッセージのみが送信アービトレーションの対象になります。FIFO メッセージが送信中になると、送信 FIFO 内の次の待機メッセージが送信アービトレーションの対象になります。

TPM ビットが 1 の場合、メールボックス番号優先モードが選択され、最も小さい番号のメールボックスの優先順位が高くなります。FIFO メールボックスモードでは、送信 FIFO は通常のメールボックス (0~23) よりも優先順位が低くなります。

TSRC ビット (タイムスタンプカウンタリセットコマンド)

TSRC ビットはタイムスタンプカウンタをリセットします。1 のとき、TSR は 0x0000 に設定されます。TSRC は自動的に 0 になります。

TSPS[1:0]ビット (タイムスタンププリスケアラ選択)

TSPS[1:0]ビットはタイムスタンプ用のプリスケアラを選択します。タイムスタンプの基準クロックは、1 ビット、2 ビット、4 ビット、または 8 ビットを選択できます。

CANM[1:0]ビット (CAN オペレーションモード選択)

CANM[1:0]ビットは CAN モジュールを以下のいずれかのモードに選択します。

- CAN オペレーションモード
- CAN リセットモード
- CAN Halt モード

CAN スリープモードは SLPM ビットで設定します。詳細については、「[29.3. 動作モード](#)」を参照してください。

CAN モジュールが BOM[1:0]の設定によって CAN Halt モードに移行した場合、CANM[1:0]ビットは自動的に 10b になります。

SLPM ビット (CAN スリープモード)

SLPM ビットが 1 に設定されると、CAN モジュールは CAN スリープモードに移行します。SLPM ビットが 0 に設定されると、CAN モジュールは CAN スリープモードを解除します。詳細については、「[29.3. 動作モード](#)」を参照してください。

BOM[1:0]ビット (バスオフ復帰モード)

BOM[1:0]ビットは CAN モジュールのバスオフ復帰モードの選択に使用します。

BOM[1:0]ビットが 00b の場合、バスオフからの復帰は、ISO11898-1 の CAN 仕様に準拠します。CAN モジュールは 11 の連続するリセシブビットを 128 回検出すると、CAN 通信 (エラーアクティブ状態) に復帰します。バスオフからの復帰時、バスオフ復帰割り込み要求が発生します。

BOM[1:0]ビットが 01b の場合、CAN モジュールがバスオフ状態になると、CTRL の CANM[1:0]ビットは 10b に設定され、CAN Halt モードに移行します。バスオフからの復帰時にバスオフ復帰割り込み要求は発生せず、TECR および RECR は 0x00 になります。

BOM[1:0]ビットが 10b の場合、CAN モジュールがバスオフ状態になると、CANM[1:0]ビットはすぐに 10b になります。バスオフ状態からの復帰後、11 の連続するリセシブビットを 128 回検出すると、CAN モジュールは

CAN Halt モードに移行します。バスオフからの復帰時にバスオフ復帰割り込み要求が発生し、TECR および RECR は 0x00 になります。

BOM[1:0]ビットが 11b の場合、バスオフ状態のまま CANM[1:0]ビットを 10b にすることで CAN モジュールは CAN Halt モードに移行します。バスオフからの復帰時にバスオフ復帰割り込み要求は発生せず、TECR および RECR は 0x00 になります。ただし、CANM[1:0]ビットが 10b に設定される前に、11 の連続するリセーブビットを 128 回検出して CAN モジュールがバスオフ状態から復帰した場合、バスオフ復帰割り込み要求が発生します。

CAN モジュールが CAN Halt モードへの移行 (BOM[1:0]ビットが 01b の場合のバスオフ移行、または BOM[1:0]ビットが 10b の場合のバスオフ復帰) を試みると同時に CPU が CAN リセットモードへの移行を要求した場合、CPU からの要求が優先されます。

RBOC ビット (バスオフからの強制復帰)

バスオフ状態のときに RBOC ビットが 1 に設定されている場合、CAN モジュールは強制的にバスオフ状態を終了します。このビットは自動的に 0 になり、エラー状態はバスオフからエラーアクティブに変わります。RBOC ビットが 1 に設定されている場合、RECR および TECR は 0x00 に、STR の BOST ビットは 0 になり、CAN モジュールがバスオフ状態ではないことを示します。RBOC が 1 に設定されている場合、他のレジスタは変化しません。このバスオフ状態からの復帰の場合、バスオフ復帰割り込み要求は発生しません。RBOC ビットは、BOM[1:0]ビットが 00b (ノーマルモード) の場合にのみ使用してください。

表 29.3 メールボックスの設定

メールボックス	MBM ビット=0 (通常メールボックスモード)	MBM ビット=1 (FIFO メールボックスモード) (注1) (注2) (注3) (注4) (注5)
メールボックス 0~23	通常のメールボックス	通常のメールボックス
メールボックス 24~27		送信 FIFO
メールボックス 28~31		受信 FIFO

- 注 1. 送信 FIFO は TFCR によって制御されます。メールボックス 24~27 に対応している MCTL_TX[j]レジスタは無効になっています。MCTL_TX[24]~MCTL_TX[27]は、送信 FIFO で使用できません。
- 注 2. 受信 FIFO は RFCR によって制御されます。メールボックス 28~31 に対応している MCTL_RX[j]レジスタは無効になっています。MCTL_RX[28]~MCTL_RX[31]は、受信 FIFO で使用できません。
- 注 3. FIFO 割り込みの詳細については、MIER_FIFO の説明を参照してください。
- 注 4. メールボックス 24~31 に対応している MKIVLR のビットは無効になっています。これらのビットは 0 に設定してください。
- 注 5. 送信および受信 FIFO は、データフレームとリモートフレームの両方に使用できます。

29.2.2 BCR : ビットコンフィグレーションレジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x844

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	TSEG1[3:0]			—	—	BRP[9:0]										
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	SJW[1:0]	—	TSEG2[2:0]			—	—	—	—	—	—	—	—	CCLK S
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	CCLKS	CAN クロックソース選択 0: PCLKB (PLL クロックにより生成) 1: CANMCLK (メインクロック発振器により生成)	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
10:8	TSEG2[2:0]	タイムセグメント2の制御 000: 設定禁止 001: 2 Tq 010: 3 Tq 011: 4 Tq 100: 5 Tq 101: 6 Tq 110: 7 Tq 111: 8 Tq	R/W
11	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
13:12	SJW[1:0]	同期ジャンプ幅の制御 00: 1 Tq 01: 2 Tq 10: 3 Tq 11: 4 Tq	R/W
15:14	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
25:16	BRP[9:0]	ポーレートプリスケアラの選択(注1) CAN 通信クロック (fCANCLK) の周波数を設定します。	R/W
27:26	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
31:28	TSEG1[3:0]	タイムセグメント1の制御 0x3: 4 Tq 0x4: 5 Tq 0x5: 6 Tq 0x6: 7 Tq 0x7: 8 Tq 0x8: 9 Tq 0x9: 10 Tq 0xA: 11 Tq 0xB: 12 Tq 0xC: 13 Tq 0xD: 14 Tq 0xE: 15 Tq 0xF: 16 Tq その他: 設定禁止	R/W

注. Tq: Time Quantum

注1. SCKSCR.CKSEL[2:0]ビットが011b (メインクロック発振器を選択) の場合、1以下の値を選択しないでください。

ビットタイミングの設定の詳細については、「[29.4. データ転送速度の設定](#)」を参照してください。CAN リセットモードから CAN Halt または CAN オペレーションモードに移行する前に BCR を設定してください。この設定が行われた後、CAN リセットまたは CAN Halt モードでレジスタに書き込むことができますようになります。32 ビットの読み出し/書き込みアクセスは、ビット[7:0]を変更しないように注意して実行する必要があります。

CCLKS ビット (CAN クロックソース選択)

CCLKS ビットは CAN のクロックソースを選択します。CCLKS ビットが0の場合、PLL 周波数シンセサイザによって生成された周辺モジュールクロック (PCLKB) が CAN クロックソース (fCAN) として使用されます。CCLKS ビットが1の場合、EXTAL ピンによって外部で生成された CANMCLK が CAN クロックソース (fCAN) として使用されます。

TSEG2[2:0]ビット (タイムセグメント2の制御)

TSEG2[2:0]ビットは、フェーズバッファセグメント2 (PHASE_SEG2) の長さを Tq 値で指定します。2~8 の Tq 値を設定できます。TSEG1[3:0]ビットの値よりも小さい値を設定してください。

SJW[1:0]ビット (同期ジャンプ幅の制御)

SJW[1:0]ビットは、同期ジャンプ幅を Tq 値で指定します。1~4 の Tq 値を設定できます。TSEG2[2:0]ビットの値以下の値を設定してください。

BRP[9:0]ビット (ポーレートプリスケアラの選択)

BRP[9:0]ビットは、CAN 通信クロック (fCANCLK) の周波数を設定します。fCANCLK の周期が 1 Tq となります。設定が P (0~1023) の場合、ポーレートプリスケアラは fCAN を P+1 で分周します。

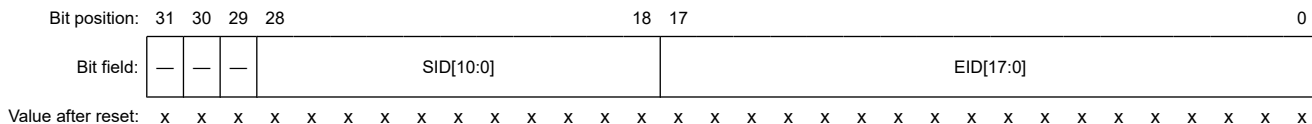
TSEG1[3:0]ビット (タイムセグメント1の制御)

TSEG1[3:0]ビットは、プロパゲーションタイムセグメント (PROP_SEG) とフェーズバッファセグメント1 (PHASE_SEG1) の合計長を time quantum (Tq) 値で指定します。4~16 の Tq 値を設定できます。

29.2.3 MKR[k] : マスクレジスタ k (k = 0~7)

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x400 + 0x04 × k



ビット	シンボル	機能	R/W
17:0	EID[17:0]	拡張 ID 0: 対応する EID[17:0]ビットと比較しない 1: 対応する EID[17:0]ビットと比較する	R/W
28:18	SID[10:0]	標準 ID 0: 対応する SID[10:0]ビットと比較しない 1: 対応する SID[10:0]ビットと比較する	R/W
31:29	—	読み出し値は不定です。書く場合、0としてください。	R/W

FIFO メールボックスモードでのマスク機能については、「29.6. アクセプタンスフィルタ処理とマスク機能」を参照してください。

CAN リセットモードまたは CAN Halt モードでは MKR0~MKR7 に書き込んでください。

EID[17:0]ビット (拡張 ID)

EID[17:0]ビットは、CAN 拡張 ID ビットに対応するフィルタマスクビットです。拡張 ID メッセージを受信するために使用します。EID[17:0]ビットが 0 に設定されている場合、受信した ID は対応するメールボックス ID とは比較されません。EID[17:0]ビットが 1 に設定されている場合、受信した ID は対応するメールボックス ID と比較されます。

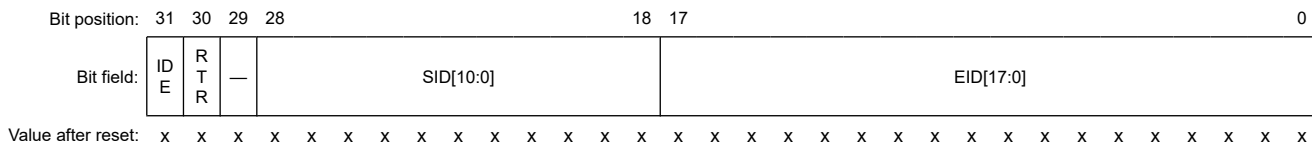
SID[10:0]ビット (標準 ID)

SID[10:0]ビットは、CAN 標準 ID ビットに対応するフィルタマスクビットです。標準 ID と拡張 ID の両方のメッセージを受信するために使用します。SID[10:0]ビットが 0 に設定されている場合、受信した ID は対応するメールボックス ID とは比較されません。SID[10:0]ビットが 1 に設定されている場合、受信した ID は対応するメールボックス ID と比較されます。

29.2.4 FIDCRk : FIFO 受信 ID 比較レジスタ k (k = 0, 1)

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x420 + 0x04 × k



ビット	シンボル	機能	R/W
17:0	EID[17:0]	データおよびリモートフレームの拡張 ID	R/W
28:18	SID[10:0]	データおよびリモートフレームの標準 ID	R/W
29	—	読み出し値は不定です。書く場合、0としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
30	RTR	リモート送信要求 0: データフレーム 1: リモートフレーム	R/W
31	IDE	ID 拡張 ^(注1) 0: 標準 ID 1: 拡張 ID	R/W

注 1. IDE ビットは、CTRL.IDFM[1:0]ビットが 10b (ミックス ID モード) の場合に有効になります。IDFM[1:0]ビットが 10b でない場合、IDE には 0 のみを書き込んでください。読むと 0 が読めます。

FIDCR0 および FIDCR1 は、CTRL の MBM ビットが 1 に設定されている場合に有効になります (FIFO メールボックスモード)。このモードでは、メールボックス 28~31 の EID[17:0]、SID[10:0]、RTR、および IDE ビットが無効になります。CAN リセットモードまたは CAN Halt モードで FIDCR0 および FIDCR1 に書き込みます。FIDCR0 および FIDCR1 の使用については、「29.6. アクセプタンスフィルタ処理とマスク機能」を参照してください。

EID[17:0]ビット (データおよびリモートフレームの拡張 ID)

EID[17:0]ビットは、データフレームとリモートフレームの拡張 ID を設定します。これらのビットは、拡張 ID メッセージを受信するために使用します。

SID[10:0]ビット (データおよびリモートフレームの標準 ID)

SID[10:0]ビットは、データフレームとリモートフレームの標準 ID を設定します。これらのビットは、標準 ID と拡張 ID メッセージの両方の受信で使用します。

RTR ビット (リモート送信要求)

RTR ビットは、フレームフォーマットをデータフレームまたはリモートフレームに設定します。

- FIDCR0 レジスタおよび FIDCR1 レジスタの両方の RTR ビットが 0 に設定されている場合、データフレームのみを受信する。
- FIDCR0 レジスタおよび FIDCR1 レジスタの両方の RTR ビットが 1 に設定されている場合、リモートフレームのみを受信する。
- FIDCR0 レジスタおよび FIDCR1 レジスタの両方の RTR ビットが異なる値に設定されている場合、データフレームとリモートフレームの両方を受信する。

IDE ビット (ID 拡張)

IDE ビットは、ID フォーマットを標準 ID または拡張 ID に設定します。IDE ビットは、CTRL レジスタの IDFM[1:0]ビットが 10b (ミックス ID モード) の場合に有効です。

- FIDCR0 レジスタおよび FIDCR1 レジスタの両方の IDE ビットが 0 に設定されている場合、標準 ID フレームのみを受信する。
- FIDCR0 レジスタおよび FIDCR1 レジスタの両方の IDE ビットが 1 に設定されている場合、拡張 ID フレームのみを受信する。
- FIDCR0 レジスタおよび FIDCR1 レジスタの両方の IDE ビットが異なる値に設定されている場合、標準 ID フレームと拡張 ID フレームの両方を受信する。

29.2.5 MKIVLR : マスク無効レジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x428

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	MB31	MB30	MB29	MB28	MB27	MB26	MB25	MB24	MB23	MB22	MB21	MB20	MB19	MB18	MB17	MB16
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	MB15	MB14	MB13	MB12	MB11	MB10	MB9	MB8	MB7	MB6	MB5	MB4	MB3	MB2	MB1	MB0
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	MB31~MB0	マスク無効 0: マスク有効 1: マスク無効	R/W

MKIVLR レジスタの各ビットは同じ番号のメールボックスに対応しています。MKIVLR レジスタのビット[0]はメールボックス 0 (MB0) に対応し、ビット[31]はメールボックス 31 (MB31) に対応します。(注1)

ビットが 1 に設定されると、アクセプタンスマスクレジスタは、対応するメールボックスに対して無効になります。マスク無効ビットが 1 に設定されている場合、受信メッセージ ID がメールボックス ID と正確に一致する場合にのみ、対応するメールボックスがメッセージを受信します。

MKIVLR レジスタへの書き込みは、CAN リセットモードまたは CAN halt モード時に行ってください。

注 1. FIFO メールボックスモードでは、ビット[31:24]を 0 に設定してください。

29.2.6 メールボックスレジスタ

表 29.4 に CANi メールボックスメモリ配置、表 29.5 に CAN データフレームの構成を示します。

リセット後の CANi メールボックスの値は不定です。

関連する MCTL_TX[j]または MCTL_RX[j]レジスタ (j=0~31) が 0x00 で、対応するメールボックスがアポート要求を処理していない場合にのみ、MBj_ID、MBj_DL、MBj_Dm、および MBj_TS に書き込んでください。

レジスタアドレスの詳細については、表 29.4 を参照してください。

表 29.4 CANi メールボックスのメモリ配置 (i = 0) (1/2)

アドレス	メッセージ内容
CANn (n = 0)	メモリ配置
0x4005_0200 + 1000 × n + 16 × j + 0	IDE、RTR、SID10~SID6
0x4005_0200 + 1000 × n + 16 × j + 1	SID5~SID0、EID17、EID16
0x4005_0200 + 1000 × n + 16 × j + 2	EID15~EID8
0x4005_0200 + 1000 × n + 16 × j + 3	EID7~EID0
0x4005_0200 + 1000 × n + 16 × j + 4	—
0x4005_0200 + 1000 × n + 16 × j + 5	データ長コード (DLC[3:0])
0x4005_0200 + 1000 × n + 16 × j + 6	データバイト 0
0x4005_0200 + 1000 × n + 16 × j + 7	データバイト 1
0x4005_0200 + 1000 × n + 16 × j + 8	データバイト 2
0x4005_0200 + 1000 × n + 16 × j + 9	データバイト 3
0x4005_0200 + 1000 × n + 16 × j + 10	データバイト 4
0x4005_0200 + 1000 × n + 16 × j + 11	データバイト 5

表 29.4 CAN_i メールボックスのメモリ配置 (i = 0) (2/2)

アドレス	メッセージ内容
CAN _n (n = 0)	メモリ配置
0x4005_0200 + 1000 × n + 16 × j + 12	データバイト 6
0x4005_0200 + 1000 × n + 16 × j + 13	データバイト 7
0x4005_0200 + 1000 × n + 16 × j + 14	タイムスタンプ上位バイト
0x4005_0200 + 1000 × n + 16 × j + 15	タイムスタンプ下位バイト

表 29.5 CAN データフレームの構成

SID10~SID6	SID5~SID0	EID17~EID16	EID15~EID8	EID7~EID0	DLC3~DLC1	DATA0	DATA1	...	DATA7
------------	-----------	-------------	------------	-----------	-----------	-------	-------	-----	-------

新しいメッセージが受信されない限り、各メールボックスの以前の値は保持されます。

29.2.6.1 MB_j_ID : メールボックス ID レジスタ j (j = 0~31)

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x200 + 0x10 × j

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	
Bit field:	IDE	RTR	—	SID[10:0]											EID[17:0]		
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
Bit field:	EID[17:0]																
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0

ビット	シンボル	機能	R/W
17:0	EID[17:0]	データおよびリモートフレームの拡張 ID ^(注1)	R/W
28:18	SID[10:0]	データおよびリモートフレームの標準 ID	R/W
29	—	読み出し値は不定です。書く場合、0としてください。	R/W
30	RTR	リモート送信要求 0: データフレーム 1: リモートフレーム	R/W
31	IDE	ID 拡張 ^(注2) 0: 標準 ID 1: 拡張 ID	R/W

注 1. メールボックスが標準 ID メッセージを受信した場合、メールボックスの EID ビットは不定です。

注 2. IDE ビットは、CTRL.IDFM[1:0]ビットが 10b (ミックス ID モード) のとき有効です。IDFM[1:0]ビットが 10b 以外のときは、IDE は 0 のみを書き込んでください。読むと 0 が読めます。

EID[17:0]ビット (データおよびリモートフレームの拡張 ID)

EID[17:0]ビットは、データフレームとリモートフレームの拡張 ID を設定します。拡張 ID メッセージを送信または受信するために使用します。

SID[10:0]ビット (データおよびリモートフレームの標準 ID)

SID[10:0]ビットは、データフレームとリモートフレームの標準 ID を設定します。標準 ID メッセージを送信または受信するために使用します。

RTR ビット (リモート送信要求)

RTR ビットは、データフレームとリモートフレームのフレームフォーマットを設定します。

- 受信メールボックスは、RTR ビットで指定されたフォーマットのフレームのみを受信する。

- 送信メールボックスは、RTR ビットで指定されたフレームフォーマットで送信する。
- 受信 FIFO メールボックスは、FIDCR0 レジスタおよび FIDCR1 レジスタの RTR ビットで指定されたデータフレーム、リモートフレーム、または両方のフレームを受信する。
- 送信 FIFO メールボックスは、送信メッセージ内の RTR ビットで指定されたデータフレームまたはリモートフレームを送信する。

IDE ビット (ID 拡張)

IDE ビットは、ID フォーマットを標準 ID または拡張 ID に設定します。IDE ビットは、CTRL レジスタの IDFM[1:0] ビットが 10b (ミックス ID モード) の場合に有効です。

- 受信メールボックスは、IDE ビットで指定された ID フォーマットのみを受信する。
- 送信メールボックスは、IDE ビットで指定された ID フォーマットで送信する。
- 受信 FIFO メールボックスは、FIDCR0 レジスタおよび FIDCR1 レジスタの IDE ビットで指定された標準 ID と拡張 ID の設定でメッセージを受信する。
- 送信 FIFO メールボックスは、送信メッセージの IDE ビットで指定された標準 ID または拡張 ID を持つメッセージを送信する。

29.2.6.2 MBj_DL : メールボックスデータ長レジスタ j (j = 0~31)

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x204 + 0x10 × j

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	DLC[3:0]			
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	DLC[3:0]	データ長コード(注1) 0x0: データ長 = 0 バイト 0x1: データ長 = 1 バイト 0x2: データ長 = 2 バイト 0x3: データ長 = 3 バイト 0x4: データ長 = 4 バイト 0x5: データ長 = 5 バイト 0x6: データ長 = 6 バイト 0x7: データ長 = 7 バイト その他: データ長 = 8 バイト	R/W
15:4	—	読み出し値は不定です。書く場合、0としてください。	R/W

注 1. メールボックスが n バイトのデータ長 (DLC[3:0] で設定) のメッセージを受信し、n が 8 未満の場合、メールボックスの DATAn から DATA7 レジスタのデータは不定です。DATA0~DATA7 が、このメールボックスのデータレジスタです。たとえば、データ長が 6 バイト (DLC[3:0] = 0x6) の場合、DATA6 および DATA7 レジスタのデータは不定です。

DLC[3:0] ビット (データ長コード)

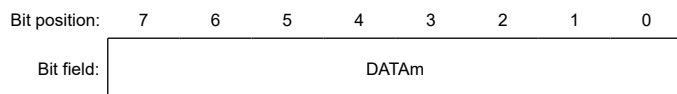
DLC[3:0] ビットは、データフレームで送信されるデータ長を指定します。リモートフレームを使用してデータを要求する場合、このフィールドは要求するデータ長を指定します。

データフレームを受信すると、受信したデータ長がこのフィールドに格納されます。リモートフレームを受信すると、要求したデータ長がこのフィールドに格納されます。

29.2.6.3 MB_j_Dm : メールボックスデータレジスタ j (j = 0~31、m = 0~7)

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: (0x206 + m) + 0x10 × j



Value after reset: x x x x x x x x

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	DATA0~DATA7	データバイト 0~7(注1)(注2) DATA0~DATA7 は、送信または受信した CAN メッセージデータを格納します。送信または受信は DATA0 から始まります。CAN バスのビット順序は MSB ファーストで、送信または受信はビット[7]から始まります。	R/W

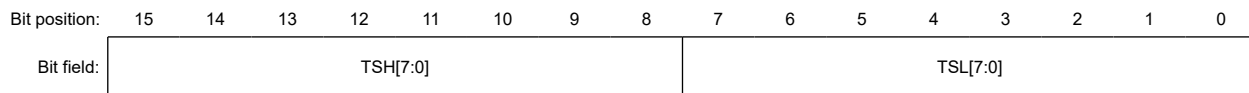
注 1. メールボックスが n バイトのデータ長のメッセージを受信し、n が 8 バイト未満の場合、メールボックスの DATA_n から DATA7 の値は不定です。

注 2. メールボックスがリモートフレームを受信した場合、メールボックス内の DATA0~DATA7 の以前の値を保持します。

29.2.6.4 MB_j_TS : メールボックスタイムスタンプレジスタ j (j = 0~31)

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x20E + 0x10 × j



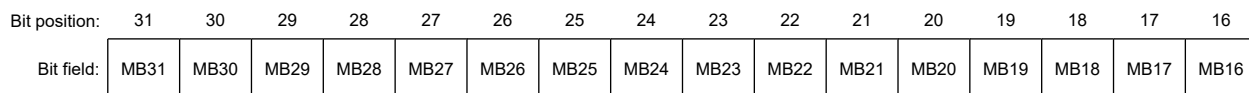
Value after reset: x x x x x x x x x x x x x x x x

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	TSL[7:0]	タイムスタンプ下位バイト TSH[7:0]と TSL[7:0]ビットは受信メッセージがメールボックスに取り込まれたときのタイムスタンプ値のカウンタを格納します。	R/W
15:8	TSH[7:0]	タイムスタンプ上位バイト TSH[7:0]と TSL[7:0]ビットは受信メッセージがメールボックスに取り込まれたときのタイムスタンプ値のカウンタを格納します。	R/W

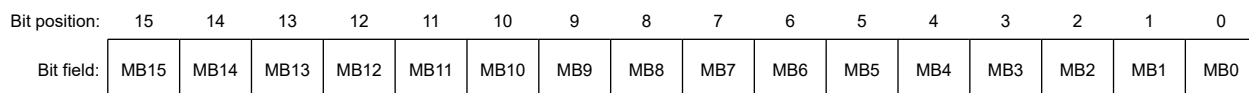
29.2.7 MIER : メールボックス割り込み許可レジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x42C



Value after reset: x x x x x x x x x x x x x x x x



Value after reset: x x x x x x x x x x x x x x x x

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	MB31~MB0	割り込み許可 ビット[31]はメールボックス 31 (MB31) に対応し、ビット[0]はメールボックス 0 (MB0) に対応します。 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可	R/W

MIER は各メールボックスの割り込みを個別に許可します。このレジスタは、通常のメールボックスモードで使用できます。FIFO メールボックスモードではこのレジスタにアクセスしないでください。

各ビットは、同じ番号のメールボックスに対応しています。これらのビットは、対応するメールボックス（下記参照）の送信完了割り込みと受信完了割り込みを許可または禁止します。

- MIER レジスタのビット[0]はメールボックス 0 (MB0) に対応する。
- MIER レジスタのビット[31]はメールボックス 31 (MB31) に対応する。

関連する MCTL_TX[j]または MCTL_RX[j]レジスタ (j=0~31) が 0x00 で、対応するメールボックスが送信または受信アポート要求を処理していない場合にのみ、MIER に書き込んでください。

29.2.8 MIER_FIFO : FIFO メールボックスモード用のメールボックス割り込み許可レジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x42C

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	MB29	MB28	—	—	MB25	MB24	MB23	MB22	MB21	MB20	MB19	MB18	MB17	MB16
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	MB15	MB14	MB13	MB12	MB11	MB10	MB9	MB8	MB7	MB6	MB5	MB4	MB3	MB2	MB1	MB0
Value after reset:	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	シンボル	機能	R/W
23:0	MB23~MB0	割り込み許可 ビット[23]はメールボックス 23 (MB23) に対応し、ビット[0]はメールボックス 0 (MB0) に対応します。 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可	R/W
24	MB24	送信 FIFO 割り込み許可 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可	R/W
25	MB25	送信 FIFO 割り込み発生タイミング制御 0: 送信が完了するたびに発生 1: 送信完了により送信 FIFO が空になったときに発生	R/W
27:26	—	読み出し値は不定です。書く場合、0としてください。	R/W
28	MB28	受信 FIFO 割り込み許可 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可	R/W
29	MB29	受信 FIFO 割り込み発生タイミング制御 ^(注1) 0: 受信が完了するたびに発生 1: 受信完了時に受信 FIFO がバッファワーニング ^(注2) になったときに発生	R/W
31:30	—	読み出し値は不定です。書く場合、0としてください。	R/W

注 1. 受信 FIFO がフルのためバッファワーニングになった場合、割り込み要求は発生しません。

注 2. バッファワーニングは、受信 FIFO に 3 番目のメッセージが格納されている状態を示します。

MIER_FIFO は各メールボックスおよび FIFO の割り込みを個別に許可します。このレジスタは、FIFO メールボックスモードで使用できます。通常メールボックスモードではこのレジスタにアクセスしないでください。

MB0~MB23 ビットは同じ番号のメールボックスが対応しています。これらのビットは、対応するメールボックスの送信および受信完了割り込みを以下の通り許可または禁止します。

- MIER_FIFO のビット[0]はメールボックス 0 (MB0) に対応する。
- MIER_FIFO のビット[23]はメールボックス 23 (MB23) に対応する。

MB24、MB25、MB28、MB29 は、送信および受信 FIFO 割り込みを許可するか禁止するかどうか、および割り込み要求のタイミングを指定します。

関連する MCTL_TX[j]または MCTL_RX[j]レジスタ (j=0~31) が 0x00 で、対応するメールボックスが送信または受信アボート要求を処理していない場合にのみ、MIER_FIFO に書き込んでください。また、以下の条件がすべて満たされている場合にのみ、対応する FIFO の MIER_FIFO ビットを変更してください。

- TFCR の TFE ビットが 0 で、TFEST ビットが 1
- RFCR の RFE ビットが 0 で、RFCR の RFEST ビットが 1

29.2.9 MCTL_TX[j] : 送信用メッセージコントロールレジスタ (j = 0~31)

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x820 + 0x01 × j

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	TRMR EQ	RECR EQ	—	ONES HOT	—	TRMA BT	TRMA CTIVE	SENT DATA
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SENTDATA	送信完了フラグ(注1) (注2) 0: 送信未完了 1: 送信完了	R/W
1	TRMACTIVE	送信中ステータスフラグ 0: 送信待機中または要求なし 1: 送信中	R
2	TRMABT	送信アボート完了フラグ(注1) (注2) 0: 送信が開始された、送信が完了したため送信アボートが失敗した、または送信アボートが要求されていない 1: 送信アボート完了	R/W
3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	ONESHOT	ワンショット許可(注2) (注3) 0: ワンショット送信禁止 1: ワンショット送信許可	R/W
5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6	RECREQ	受信メールボックス要求(注2) (注3) (注4) (注5) 0: 受信を設定しない 1: 受信を設定する	R/W
7	TRMREQ	送信メールボックス要求(注2) (注4) 0: 送信を設定しない 1: 送信を設定する	R/W

注 1. 0 のみを書き込んでください。1 を書き込んでも効果はありません。

注 2. このレジスタのビットに書き込むとき、SENTDATA および TRMABT フラグが書き込み対象ではない場合は、これらのビット 1 を書き込みます。

注 3. ワンショット送信モードに移行するには、ONESHOT ビットを 1 に設定すると同時に TRMREQ ビットに 1 を書き込みます。ワンショット送信モードを終了するには、メッセージの送信またはアボート後に ONESHOT ビットに 0 を書き込みます。

注 4. RECREQ ビットと TRMREQ ビットの両方を 1 に設定しないでください。

注 5. RECREQ ビットを 0 に設定する場合は、同時に SENTDATA、TRMACTIVE、および TRMABT フラグに 0 を設定します。

MCTL_TX[j]は、メールボックス j を送信モードまたは受信モードに設定します。送信モードでは、MCTL_TX[j] は送信ステータスの制御と表示も行います。メールボックス j が受信モードのとき、MCTL_TX[j] にアクセスしないでください。MCTL_TX[j] は、CAN オペレーションモードまたは CAN Halt モード時のみ書き込んでください。FIFO メールボックスモードでは MCTL_TX24~MCTL_TX31 は使用しないでください。

SENTDATA フラグ (送信完了フラグ)

メールボックスからのデータ送信が完了すると、対応する SENTDATA フラグが 1 に設定されます。このフラグには、ソフトウェア書き込みにより 0 になります。このフラグを 0 に設定するには、最初に TRMREQ ビットを 0 に設定します。SENTDATA フラグと TRMREQ ビットを同時に 0 に設定することはできません。メールボックスから新しいメッセージを送信するには、対応する SENTDATA フラグを 0 に設定します。

TRMACTIVE フラグ (送信中ステータスフラグ)

CAN モジュールのメールボックスがメッセージの送信を開始すると、対応する TRMACTIVE フラグが 1 に設定されます。CAN モジュールが CAN バスアービトレーションに負けたとき、CAN バスエラーが発生したとき、またはデータ送信が完了したとき、このフラグが 0 に設定されます。

TRMABT フラグ (送信アボート完了フラグ)

TRMABT フラグは、以下の場合に 1 に設定されます。

- 送信アボート要求後、送信開始前に送信アボートが完了した場合
- 送信アボート要求後、CAN モジュールが CAN バスアービトレーションロスト、または CAN バスエラーを検出した場合
- ワンショット送信モード (RECREQ=0、TRMREQ=1、および ONESHOT=1) で、CAN モジュールが CAN バスアービトレーションロスト、または CAN バスエラーを検出した場合

データ送信が完了したとき、TRMABT フラグは 1 に設定されません。SENTDATA フラグは 1 になります。TRMABT フラグは、ソフトウェア書き込みにより 0 になります。

ONESHOT ビット (ワンショット許可)

送信モード (RECREQ=0 および TRMREQ=1) で ONESHOT ビットが 1 に設定されている場合、CAN モジュールはメッセージを 1 回だけ送信します。CAN モジュールは、CAN バスエラーが発生した場合または CAN バスアービトレーションロストが発生した場合、メッセージを再送信しません。送信が完了すると、SENTDATA フラグが 1 に設定されます。CAN バスエラーが発生または CAN バスアービトレーションロストエラーのため送信が完了しない場合、TRMABT フラグは 1 に設定されます。SENTDATA または TRMABT フラグが 1 に設定されたあと、ONESHOT ビットを 0 に設定します。

RECREQ ビット (受信メールボックス要求)

RECREQ ビットは表 29.10 に記載されている受信モードを選択します。

RECREQ ビットが 1 に設定されている場合、対応するメールボックスはデータまたはリモートフレームの受信用に設定されます。

RECREQ ビットが 0 に設定されている場合、対応するメールボックスはデータまたはリモートフレームの受信用に設定されません。

ハードウェアプロテクトのため、下記の期間中、RECREQ ビットをソフトウェア書き込みで 0 にすることはできません。

- アクセプタンスフィルタ処理 (CRC フィールドの先頭) によってハードウェアプロテクトが開始した場合
- ハードウェアプロテクトが解除された場合
 - 着信メッセージを受信するように指定されているメールボックスで、受信したデータがメールボックスに格納されるか、CAN バスエラーが発生した場合。つまり、ハードウェアプロテクトの最大期間は、CRC フィールドの先頭から EOF の 7 番目のビットの終わりまでとなる
 - その他のメールボックスは、アクセプタンスフィルタ処理後
 - メッセージの受信用に指定されたメールボックスがない場合、アクセプタンスフィルタ処理後

RECREQ ビットを 1 に設定した場合、TRMREQ ビットを 1 に設定しないでください。メールボックスの設定を送信から受信に変更するには、最初に送信をアポートし、SENTDATA および TRMABT フラグを 0 に設定してから受信に変更します。

注. MCTL_TX[j].RECREQ は MCTL_RX[j].RECREQ のミラービットです。

TRMREQ ビット (送信メールボックス要求)

TRMREQ ビットは表 29.10 に記載されている送信モードを選択します。

TRMREQ ビットが 1 に設定されている場合、対応するメールボックスはデータまたはリモートフレームの送信用に設定されます。

TRMREQ ビットが 0 に設定されている場合、対応するメールボックスはデータまたはリモートフレームの送信用に設定されません。

TRMREQ ビットを 1 から 0 に変更して、対応する送信要求をキャンセルすると、TRMABT または SENTDATA フラグが 1 に設定されます。TRMREQ ビットを 1 に設定した場合、RECREQ ビットを 1 に設定しないでください。メールボックスの設定を受信から送信に変更するには、最初に受信をアポートし、NEWDATA および MSGLOST フラグを 0 に設定してから送信に変更します。

注. MCTL_TX[j].TRMREQ は MCTL_RX[j].TRMREQ のミラービットです。

29.2.10 MCTL_RX[j] : 受信用メッセージコントロールレジスタ (j = 0~31)

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x820 + 0x01 × j

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	TRMR EQ	RECR EQ	—	ONES HOT	—	MSGL OST	INVAL DATA	NEW DATA
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	NEWDATA	受信完了フラグ(注1) (注2) 0: データを受信していないか、0 がフラグに書き込まれた 1: メールボックスに新しいメッセージを取り込み中、または格納済み	R/W
1	INVALDATA	受信中ステータスフラグ 0: メッセージ有効 1: メッセージ更新中	R
2	MSGLOST	メッセージロストフラグ(注1) (注2) 0: メッセージがオーバーライトまたはオーバーランされない 1: メッセージがオーバーライトまたはオーバーランされる	R/W
3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	ONESHOT	ワンショット許可(注2) (注3) 0: ワンショット受信禁止 1: ワンショット受信許可	R/W
5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6	RECREQ	受信メールボックス要求(注2) (注3) (注4) (注5) 0: 受信を設定しない 1: 受信を設定する	R/W
7	TRMREQ	送信メールボックス要求(注2) (注4) 0: 送信を設定しない 1: 送信を設定する	R/W

注 1. 0 のみを書き込んでください。1 を書き込んでも効果はありません。

注 2. このレジスタのビットに書き込むとき、これらのビットが書き込みターゲットではない場合、NEWDATA および MSGLOST フラグに 1 を書き込みます。

注 3. ワンショット受信モードに移行するには、ONESHOT ビットを 1 に設定すると同時に RECREQ ビットに 1 を書き込みます。ワンショット受信モードを終了するには、RECREQ ビットに 0 を書き込み、それが 0 であることを確認してから ONESHOT ビットに 0 を書き込みます。

注 4. RECREQ ビットと TRMREQ ビットの両方を 1 に設定しないでください。

注 5. RECREQ ビットを 0 に設定する場合は、同時に MSGLOST、NEWDATA、および RECREQ フラグに 0 を設定します。

MCTL_RX[j]は、メールボックス j を送信モードまたは受信モードに設定します。受信モードでは、MCTL_RX[j] は受信ステータスの制御と表示も行います。メールボックス j が送信モードのとき、MCTL_RX[j] にアクセスしないでください。MCTL_RX[j]は、CAN オペレーションモードまたは CAN Halt モード時のみ書き込んでください。FIFO メールボックスモードでは MCTL_RX24~MCTL_RX31 は使用しないでください。

NEWDATA フラグ (受信完了フラグ)

新しいメッセージがメールボックスに取り込み中または格納済みのとき、NEWDATA フラグは 1 に設定されます。INVALIDDATA フラグと同時にこのビットを常に 1 に設定します。NEWDATA フラグは、ソフトウェア書き込みにより 0 になります。NEWDATA フラグには、対応する INVALIDDATA フラグが 1 のとき、ソフトウェア書き込みで 0 にすることはできません。

INVALIDDATA フラグ (受信中ステータスフラグ)

メッセージ受信の完了後、対応するメールボックスに受信したメッセージを更新中に INVALIDDATA フラグは 1 になります。INVALIDDATA フラグは、メッセージが格納された直後に 0 になります。INVALIDDATA フラグが 1 のときにメールボックスが読まれると、データは不定になります。

MSGLOST フラグ (メッセージロストフラグ)

NEWDATA フラグが 1 のとき、新しい受信メッセージによってメールボックスにオーバーライトまたはオーバーランが発生した場合、MSGLOST フラグは 1 になります。MSGLOST フラグは、EOF の 6 番目のビットの終わりで 1 になります。MSGLOST フラグは、ソフトウェア書き込みで 0 にクリアされます。

オーバーライトとオーバーランモードのいずれも、EOF の 6 番目のビットに続く 5PCLKB サイクルの間は MSGLOST フラグをソフトウェア書き込みで 0 にすることはできません。

ONESHOT ビット (ワンショット許可)

受信モード (RECREQ=1 および TRMREQ=0) で ONESHOT ビットが 1 に設定されている場合、メールボックスはメッセージを 1 回だけ受信します。メールボックスは、メッセージを 1 回受信した後、受信メールボックスとして動作しません。NEWDATA および INVALIDDATA フラグの動作は、通常の実受信モードと同じです。ワンショット受信モードでは、MSGLOST フラグは 1 になりません。ONESHOT ビットを 0 に設定するには、まず RECREQ ビットに 0 を書き込み、それが 0 であることを確認してから ONESHOT ビットに 0 を書き込みます。

RECREQ ビット (受信メールボックス要求)

RECREQ ビットは、表 29.10 に示す受信モードを選択します。

RECREQ ビットを 1 にすると、対応するメールボックスはデータフレームまたはリモートフレームの受信用に設定されます。

RECREQ ビットを 0 にすると、対応するメールボックスはデータフレームまたはリモートフレームの受信用に設定されません。

ハードウェアプロテクトのため、下記の期間中、RECREQ ビットをソフトウェア書き込みで 0 にすることはできません。

- アクセプタンスフィルタ処理 (CRC フィールドの先頭) によってハードウェアプロテクトが開始した場合
- ハードウェアプロテクトが解除された場合
 - 着信メッセージを受信するように指定されているメールボックスで、受信したデータがメールボックスに格納されるか、CAN バスエラーが発生した場合。つまり、ハードウェアプロテクトの最大期間は、CRC フィールドの先頭から EOF の 7 番目のビットの終わりまでとなる
 - その他のメールボックスでは、アクセプタンスフィルタ処理後
 - メッセージを受信するメールボックスが指定されていない状態でのアクセプタンスフィルタ処理後

RECREQ ビットを 1 に設定した場合、TRMREQ ビットを 1 に設定しないでください。メールボックスの設定を送信から受信に変更するには、最初に送信をアボートし、SENTDATA および TRMABT フラグを 0 に設定してから受信に変更します。

注. MCTL_RX[j].RECREQ は MCTL_TX[j].RECREQ のミラービットです。

TRMREQ ビット (送信メールボックス要求)

TRMREQ ビットは表 29.10 に記載されている送信モードを選択します。

TRMREQ ビットが 1 に設定されている場合、対応するメールボックスはデータまたはリモートフレームの送信用に設定されます。

TRMREQ ビットが 0 に設定されている場合、対応するメールボックスはデータまたはリモートフレームの送信用に設定されません。

TRMREQ ビットを 1 から 0 に変更して、対応する送信要求をキャンセルすると、TRMABT または SENTDATA フラグが 1 に設定されます。TRMREQ ビットを 1 に設定した場合、RECREQ ビットを 1 に設定しないでください。メールボックスの設定を受信から送信に変更するには、最初に受信をアポートし、NEWDATA および MSGLOST フラグを 0 に設定してから送信に変更します。

注. MCTL_RX[j].TRMREQ は MCTL_TX[j].TRMREQ のミラービットです。

29.2.11 RFCR : 受信 FIFO コントロールレジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x848

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	RFES T	RFWS T	RFFS T	RFML F	RFUST[2:0]		RFE	

Value after reset: 1 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	RFE	受信 FIFO 許可 0: 受信 FIFO 禁止 1: 受信 FIFO 許可	R/W
3:1	RFUST[2:0]	受信 FIFO 未送信メッセージ数ステータス 0 0 0: 未読メッセージなし 0 0 1: 未読メッセージ 1 件 0 1 0: 未読メッセージ 2 件 0 1 1: 未読メッセージ 3 件 1 0 0: 未読メッセージ 4 件 1 0 1: 予約 1 1 0: 予約 1 1 1: 予約	R
4	RFMLF	受信 FIFO メッセージロストフラグ 0: 受信 FIFO メッセージロストなし 1: 受信 FIFO メッセージロストあり	R/W
5	RFFST	受信 FIFO フルステータスフラグ 0: 受信 FIFO はフルではない 1: 受信 FIFO がフル (4 件の未読メッセージ)	R
6	RFWST	受信 FIFO バッファワーニングステータスフラグ 0: 受信 FIFO はバッファワーニングではない 1: 受信 FIFO がバッファワーニング (3 件の未読メッセージ)	R
7	RFEST	受信 FIFO 空ステータスフラグ 0: 受信 FIFO に未読メッセージあり 1: 受信 FIFO に未読メッセージなし	R

RFCR は、CAN オペレーションモードまたは CAN halt モード時に書き込んでください。

RFE ビット (受信 FIFO 許可)

RFE ビットを 1 にすると、受信 FIFO が許可されます。

RFE ビットを 0 にすると、受信 FIFO は受信禁止になり、空状態 (RFEST ビット = 1) になります。RFMLF フラグの設定と同時に RFE ビットに 0 を書いてください。

通常メールボックスモード (CTRL.MBM ビットが 0) では、本ビットを 1 にしないでください。ハードウェアプロテクトのため、下記の期間中、RFE ビットをソフトウェア書き込みで 0 にすることはできません。

- アクセプタンスフィルタ処理 (CRC フィールドの先頭) によってハードウェアプロテクトが開始した場合
- ハードウェアプロテクトが解除された場合
 - 受信 FIFO が着信メッセージを受信するように指定され、受信したデータが受信 FIFO に格納されるか、CAN バスエラーが発生した場合。つまり、ハードウェアプロテクトの最大期間は、CRC フィールドの先頭から EOF の 7 番目のビットの終わりまでとなる
 - メッセージの受信用に受信 FIFO が指定されていない場合は、アクセプタンスフィルタ処理後

RFUST[2:0]ビット (受信 FIFO 未送信メッセージ数ステータス)

RFUST[2:0]ビットは、受信 FIFO の未読メッセージの数を示します。RFE ビットを 0 にすると、RFUST[2:0]ビットの値は 000b に初期化されます。

RFMLF フラグ (受信 FIFO メッセージロストフラグ)

受信 FIFO が新しいメッセージを受信してフルになると、RFMLF フラグは 1 (受信 FIFO メッセージロスト) になります。フラグは、EOF の 6 番目のビットの終わりで 1 に設定されます。

RFMLF フラグは、ソフトウェア書き込みで 0 になります。1 を書き込んでも効果はありません。オーバーライトモードとオーバーランモードの両方において、受信 FIFO がフルのときにメッセージを受信したと判断された場合、EOF の 6 ビット目の終わりから、PCLKB の 5 サイクルの間は、RFMLF フラグをソフトウェア書き込みで 0 (受信 FIFO メッセージロスト発生なし) にすることができません。

RFFST フラグ (受信 FIFO フルステータスフラグ)

受信 FIFO 内の未読メッセージの数が 4 件になると、RFFST フラグは 1 (受信 FIFO はフル) になります。受信 FIFO 内の未読メッセージの数が 4 件未満になると、RFFST フラグは 0 (受信 FIFO はフルでない) になります。RFE ビットが 0 の場合、このフラグは 0 になります。

RFWST フラグ (受信 FIFO バッファワーニングステータスフラグ)

受信 FIFO 内の未読メッセージの数が 3 件になると、RFWST フラグは 1 (受信 FIFO はバッファワーニング) になります。受信 FIFO 内の未読メッセージの数が 3 件未満または 4 件になると、RFWST フラグは 0 (受信 FIFO はバッファワーニングでない) になります。RFE ビットが 0 の場合、RFWST フラグは 0 に設定されます。

RFEST フラグ (受信 FIFO 空ステータスフラグ)

受信 FIFO 内に未読メッセージがなくなると、RFEST フラグは 1 (受信 FIFO に未読メッセージなし) になります。RFE ビットを 0 にすると、RFEST フラグは 1 になります。受信 FIFO 内の未読メッセージ数が 1 件以上になると、このフラグは 0 (受信 FIFO に未読メッセージあり) になります。

[図 29.2](#) に受信 FIFO メールボックスの動作を示します。

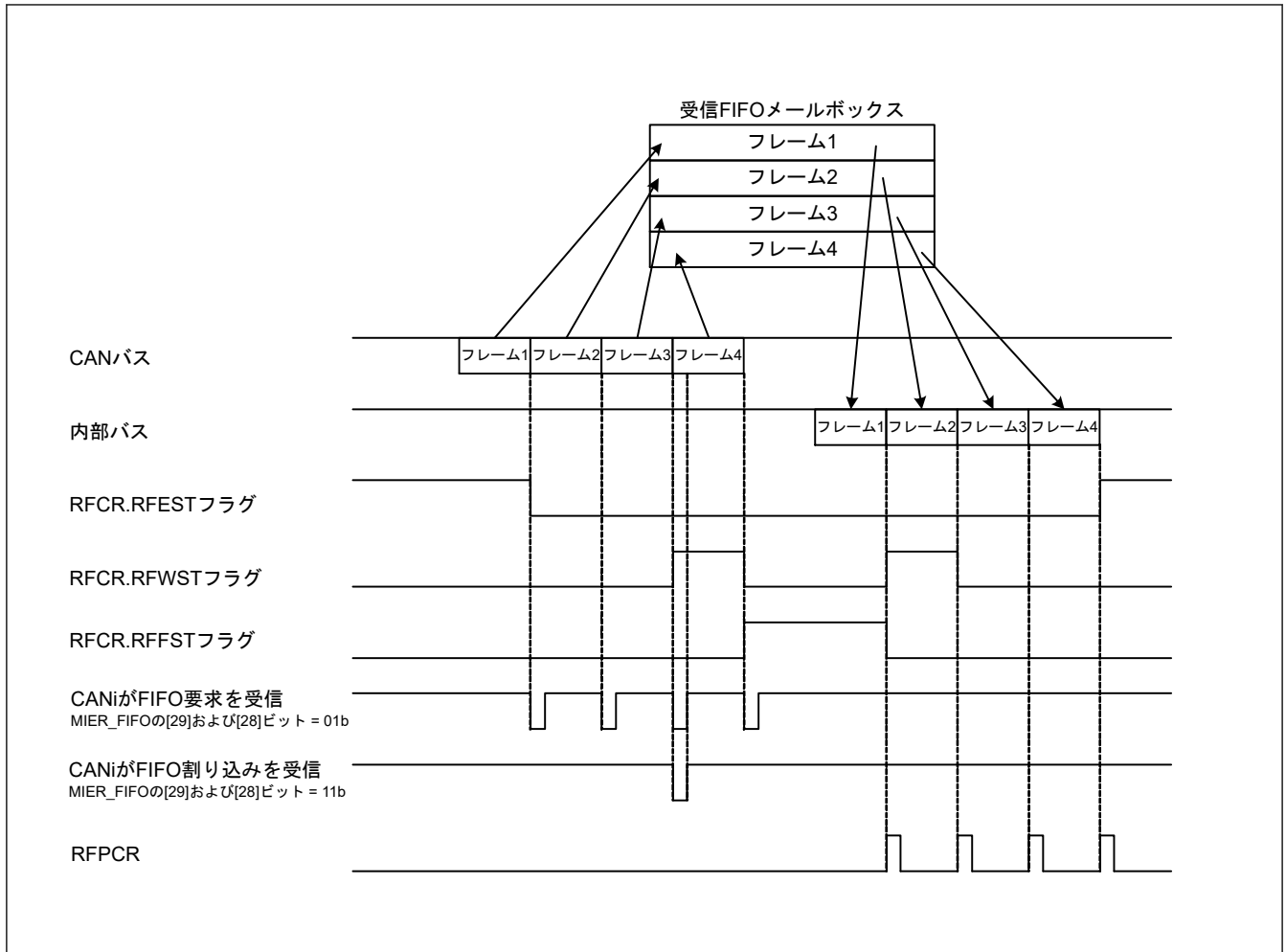


図 29.2 受信 FIFO メールボックスの動作 (MIER_FIFO レジスタのビット[29]および[28]が 01b または 11b のとき)

29.2.12 RFPCR : 受信 FIFO ポインタコントロールレジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x849

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

Value after reset: x x x x x x x x

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	n/a	受信 FIFO の CPU ポインタは、RFPCR に 0xFF を書き込むことによりインクリメントされます。	W

受信 FIFO が空になっていない場合、ソフトウェアによって 0xFF を RFPCR に書き込み、CPU ポインタを次のメールボックスの場所にインクリメントします。RFCR の RFE ビットが 0 (受信 FIFO 禁止) の場合、RFPCR に書き込まないでください。

オーバーライトモードで新しいメッセージを受信し、RFFST フラグが 1 (受信 FIFO がフル) になると、CAN ポインタと CPU ポインタの両方がインクリメントされます。この状態で RFMLF フラグが 1 の場合、RFPCR へのソフトウェア書き込み時に CPU ポインタはインクリメントされません。

29.2.13 TFCR : 送信 FIFO コントロールレジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x84A

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	TFEST	TFFST	—	—	TFUST[2:0]		TFE	
Value after reset:	1	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	TFE	送信 FIFO 許可 0: 送信 FIFO 禁止 1: 送信 FIFO 許可	R/W
3:1	TFUST[2:0]	送信 FIFO 未送信メッセージ数ステータス 000: 未送信メッセージ 0 件 001: 未送信メッセージ 1 件 010: 未送信メッセージ 2 件 011: 未読メッセージ 3 件 100: 未読メッセージ 4 件 101: 予約 110: 予約 111: 予約	R
5:4	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6	TFFST	送信 FIFO フルステータス 0: 送信 FIFO はフルではない 1: 送信 FIFO がフル (4 件の未送信メッセージ)	R
7	TFEST	送信 FIFO 空ステータス 0: 送信 FIFO に未送信メッセージあり 1: 送信 FIFO に未送信メッセージなし	R

TFCR は、CAN オペレーションモードまたは CAN halt モード時に書き込んでください。

TFE ビット (送信 FIFO 許可)

TFE ビットを 1 にすると、送信 FIFO が許可されます。TFE ビットを 0 にすると、送信 FIFO は空状態 (TFEST ビット = 1) になり、下記のように送信 FIFO から未送信メッセージが失われます。

- 送信 FIFO から次のメッセージ送信予定がなく、まだ送信中でもない場合はただちに
- 送信 FIFO から次のメッセージ送信予定があるか、あるいはすでに送信中の場合、送信完了、CAN バスエラー、CAN バスアービトラクションロスト、または CAN Halt モードへの遷移が発生した時点

TFE ビットを再度 1 にする前に、TFEST ビットが 1 になっていることを確認してください。TFE ビットを 1 にした後、送信データをメールボックス 24 に書いてください。

通常メールボックスモード (CTRL.MBM ビットが 0) では、TFE ビットを 1 にしないでください。

TFUST[2:0] ビット (送信 FIFO 未送信メッセージ数ステータス)

TFUST[2:0] ビットは、送信 FIFO の未送信メッセージの数を示します。TFE ビットが 0 に設定され、送信がアボートまたは完了すると、これらのビットは 000b に設定されます。

TFFST ビット (送信 FIFO フルステータス)

送信 FIFO 内の未送信メッセージの数が 4 件の場合、TFFST ビットは 1 (送信 FIFO がフル) に設定されます。送信 FIFO 内の未送信メッセージの数が 4 件未満の場合、TFFST ビットは 0 に設定されます (送信 FIFO はフルではない)。送信 FIFO からの送信がアボートされると、TFFST ビットは 0 に設定されます。

TFEST ビット (送信 FIFO 空ステータス)

送信 FIFO 内の未送信メッセージの数が 0 の場合、TFEST ビットは 1 (送信 FIFO に未送信メッセージなし) に設定されます。送信 FIFO からの送信がアボートされると、TFEST ビットは 1 に設定されます。送信 FIFO 内の未

送信メッセージの数が0ではない場合、TFEST ビットは0 (送信 FIFO に未送信メッセージあり) に設定されます。

図 29.3 に送信 FIFO メールボックスの動作を示します。

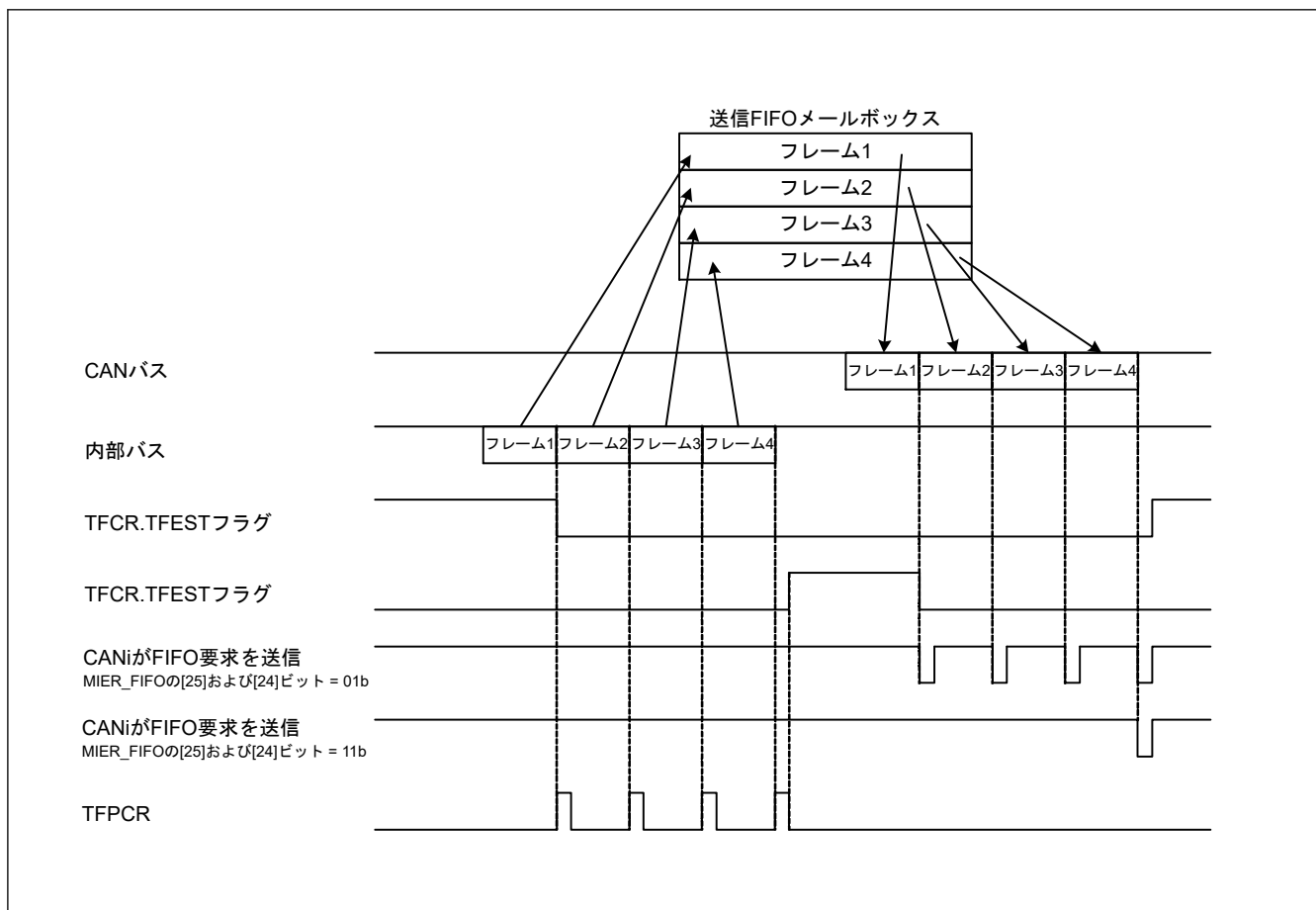


図 29.3 MIER_FIFO のビット[25]および[24]が 01b または 11b の場合の送信 FIFO メールボックスの動作説明

29.2.14 TFPCR : 送信 FIFO ポインタコントロールレジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x84B

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

Value after reset: x x x x x x x x

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	n/a	送信 FIFO の CPU ポインタは、TFPCR に 0xFF を書き込むことによりインクリメントされます。	W

送信 FIFO がフルになっていない場合、ソフトウェアによって 0xFF を TFPCR に書き込み、送信 FIFO の CPU ポインタを次のメールボックスの場所にインクリメントします。

TFPCR の TFE ビットが 0 (送信 FIFO が無効) の場合、TFPCR に書き込まないでください。

29.2.15 STR : ステータスレジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x842

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	RECS T	TRMS T	BOST	EPST	SLPST	HLTST	RSTS T	EST	TABST	FMLS T	NMLS T	TFST	RFST	SDST	NDST
Value after reset:	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	NDST	NEWDATA ステータスフラグ 0: NEWDATA = 1 のメールボックスなし 1: 1つまたは複数の NEWDATA = 1 のメールボックスあり	R
1	SDST	SENTDATA ステータスフラグ 0: SENTDATA = 1 のメールボックスなし 1: 1つまたは複数の SENTDATA = 1 のメールボックスあり	R
2	RFST	受信 FIFO ステータスフラグ 0: 受信 FIFO が空 1: 受信 FIFO にメッセージあり	R
3	TFST	送信 FIFO ステータスフラグ 0: 送信 FIFO はフル 1: 送信 FIFO はフルではない	R
4	NMLST	通常のメールボックスメッセージロスステータスフラグ 0: MSGLOST = 1 のメールボックスなし 1: 1つまたは複数の MSGLOST = 1 のメールボックスあり	R
5	FMLST	FIFO メールボックスメッセージロスステータスフラグ 0: RFMLF = 0 1: RFMLF = 1	R
6	TABST	送信アボートステータスフラグ 0: TRMABT = 1 のメールボックスなし 1: 1つまたは複数の TRMABT = 1 のメールボックスあり	R
7	EST	エラーステータスフラグ 0: エラーなし 1: エラー発生	R
8	RSTST	CAN リセットステータスフラグ 0: CAN リセットモードではない 1: CAN リセットモード	R
9	HLTST	CAN Halt ステータスフラグ 0: CAN Halt モードではない 1: CAN Halt モード	R
10	SLPST	CAN スリープステータスフラグ 0: CAN スリープモードではない 1: CAN スリープモード	R
11	EPST	エラーパッシブステータスフラグ 0: エラーパッシブ状態ではない 1: エラーパッシブ状態	R
12	BOST	バスオフステータスフラグ 0: バスオフ状態ではない 1: バスオフ状態	R
13	TRMST	送信ステータスフラグ 0: バスアイドルまたは受信 1: 送信中またはバスオフ状態	R
14	RECST	受信ステータスフラグ 0: バスアイドルまたは送信 1: 受信	R

ビット	シンボル	機能	R/W
15	—	読むと 0 が読めます。	R

NDST フラグ (NEWDATA ステータスフラグ)

MCTL_RX[j] (j=0~31) の NEWDATA フラグが 1 つでも 1 になると、MIER または MIER_FIFO の値に関係なく NDST フラグは 1 に設定されます。すべての NEWDATA フラグが 0 の場合、NDST フラグは 0 に設定されます。

SDST フラグ (SENTDATA ステータスフラグ)

MCTL_TX[j] (j=0~31) の SENTDATA フラグが 1 つでも 1 になると、MIER または MIER_FIFO の値に関係なく SDST フラグは 1 に設定されます。すべての SENTDATA フラグが 0 の場合、SDST フラグは 0 に設定されます。

RFST フラグ (受信 FIFO ステータスフラグ)

受信 FIFO にメッセージが存在する場合、RFST フラグは 1 に設定されます。受信 FIFO が空の場合、または通常メールボックスモードが選択されている場合、RFST フラグは 0 に設定されます。

TFST フラグ (送信 FIFO ステータスフラグ)

送信 FIFO がフルではない場合、TFST フラグは 1 に設定されます。送信 FIFO がフルの場合、または通常メールボックスモードが選択されている場合、TFST フラグは 0 に設定されます。

NMLST フラグ (通常のメールボックスメッセージロストステータスフラグ)

MCTL_RX[j] (j=0~31) の MSGLOST フラグが 1 つでも 1 になると、MIER または MIER_FIFO の値に関係なく NMLST フラグは 1 に設定されます。すべての MSGLOST フラグが 0 の場合、NMLST フラグは 0 に設定されます。

FMLST フラグ (FIFO メールボックスメッセージロストステータスフラグ)

RFCR の RFMLF フラグが 1 になると、MIER_FIFO の値に関係なく FMLST フラグは 1 に設定されます。RFMLF フラグが 0 の場合、FMLST フラグは 0 に設定されます。

TABST フラグ (送信アポートステータスフラグ)

MCTL_TX[j] (j=0~31) の TRMABT フラグが 1 つでも 1 になると、MIER または MIER_FIFO の値に関係なく TABST フラグは 1 に設定されます。すべての TRMABT フラグが 0 の場合、TABST フラグは 0 に設定されます。

EST フラグ (エラーステータスフラグ)

EIFR で 1 つでもエラーが検出されると、EIER の値に関係なく EST フラグは 1 に設定されます。EIFR でエラーが検出されない場合、EST フラグは 0 に設定されます。

RSTST フラグ (CAN リセットステータスフラグ)

CAN モジュールが CAN リセットモードのとき、RSTST フラグは 1 に設定されます。CAN モジュールが CAN リセットモード以外のとき、RSTST フラグは 0 に設定されます。CAN リセットモードから CAN スリープモードに移行しても、フラグは 1 のままです。

HLTST フラグ (CAN Halt ステータスフラグ)

CAN モジュールが CAN Halt モードのとき、HLTST フラグは 1 に設定されます。CAN モジュールが CAN Halt モード以外のとき、HLTST フラグは 0 に設定されます。CAN Halt モードから CAN スリープモードに移行しても、フラグは 1 のままです。

SLPST フラグ (CAN スリープステータスフラグ)

CAN モジュールが CAN スリープモードのとき、SLPST フラグは 1 に設定されます。CAN モジュールが CAN スリープモード以外のとき、SLPST フラグは 0 に設定されます。

EPST フラグ (エラーパッシブステータスフラグ)

EPST フラグは、TECR または RECR の値が 127 を超え、CAN モジュールがエラーパッシブ状態 ($128 \leq \text{TEC} < 256$ または $128 \leq \text{REC} < 256$) になると 1 に設定されます。CAN モジュールがエラーパッシブ状態ではないとき、EPST フラグは 0 に設定されます。

BOST フラグ (バスオフステータスフラグ)

BOST フラグは、TECR の値が 255 を超え、CAN モジュールがバスオフ状態 ($TEC \geq 256$) になると 1 に設定されます。CAN モジュールがバスオフ状態ではないとき、BOST フラグは 0 に設定されます。

TRMST フラグ (送信ステータスフラグ)

CAN モジュールが送信ノードまたはバスオフ状態のとき、TRMST フラグは 1 に設定されます。CAN モジュールが受信ノードまたはバスアイドル状態のとき、TRMST フラグは 0 に設定されます。

RECST フラグ (受信ステータスフラグ)

CAN モジュールが受信ノードのとき、RECST フラグは 1 に設定されます。CAN モジュールが送信ノードまたはバスアイドル状態のとき、RECST フラグは 0 に設定されます。

29.2.16 MSMR : メールボックス検索モードレジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x853

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	MBSM[1:0]	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	MBSM[1:0]	メールボックス検索モード選択 00: 受信メールボックス検索モード 01: 送信メールボックス検索モード 10: メッセージロスト検索モード 11: チャンネル検索モード	R/W
7:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

MSMR は、CAN オペレーションまたは CAN Halt モード時に書き込んでください。

MBSM[1:0]ビット (メールボックス検索モード選択)

MBSM[1:0]ビットは、メールボックス検索機能の検索モードを指定します。

MBSM[1:0]ビットが 00b の場合、受信メールボックス検索モードになります。このモードで検索対象となるのは、通常のメールボックスで使用する MCTL_RX[j] ($j=0\sim 31$) の NEWDATA フラグと RFCR の RFEST フラグです。

MBSM[1:0]ビットが 01b の場合、送信メールボックス検索モードになります。このモードで検索対象となるのは、MCTL_TX[j] の SENTDATA フラグです。

MBSM[1:0]ビットが 10b の場合、メッセージロスト検索モードになります。このモードで検索対象となるのは、通常のメールボックスで使用する MCTL_RX[j] ($j=0\sim 31$) の MSGLOST フラグと RFCR の RFMLF フラグです。

MBSM[1:0]ビットが 11b の場合、チャンネル検索モードになります。このモードで検索対象となるのは CSSR です。「[29.2.18. CSSR : チャンネル検索サポートレジスタ](#)」を参照してください。

29.2.17 MSSR : メールボックス検索ステータスレジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x852

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	SEST	—	—	MBNST[4:0]				
Value after reset:	1	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
4:0	MBNST[4:0]	検索結果メールボックス番号ステータス MSMR で選択した各検索モードでの検索結果のうち、最小のメールボックス番号を出力します。	R
6:5	—	読むと 0 が読めます。	R
7	SEST	検索結果ステータス 0: 検索結果あり 1: 検索結果なし	R

MBNST[4:0]ビット (検索結果メールボックス番号ステータス)

すべてのメールボックス検索モードで、MBNST[4:0]ビットは検索結果の中で最小のメールボックス番号を出力します。受信メールボックス検索モード、送信メールボックス検索モード、およびメッセージロスト検索モードでは、メールボックスの値 (出力される検索結果) は以下の条件で更新されます。

- MBNST[4:0]ビットによって出力されたメールボックスに対応する NEWDATA、SENTDATA、または MSGLOST フラグが 0 に設定されている場合
- MBNST[4:0]ビットで出力されたメールボックスよりも小さな番号のメールボックスについて、それぞれの NEWDATA、SENTDATA、または MSGLOST フラグが 1 に設定されている場合

MBSM[1:0]ビットが 00b (受信メールボックス検索モード) または 10b (メッセージロスト検索モード) に設定されている場合、受信 FIFO (メールボックス 28) にメッセージが存在し、通常のメールボックス 0~23 のいずれにも未読の受信メッセージやロストメッセージがない場合、受信 FIFO が出力されます。MBSM[1:0]ビットが 01b (送信メールボックス検索モード) に設定されている場合、送信 FIFO (メールボックス 24) は出力されません。表 29.6 に、FIFO メールボックスモードでの MBNST[4:0]ビットの動作を示します。

チャンネル検索モードでは、MBNST[4:0]ビットは対応するチャンネル番号を出力します。MSSR レジスタがソフトウェアで読み出された後に、次のターゲットチャンネル番号が出力されます。

SEST ビット (検索結果ステータス)

すべてのメールボックスを検索したあと、該当するメールボックスが見つからない場合、SEST ビットは 1 (検索結果なし) になります。たとえば、送信メールボックス検索モードで、SENTDATA フラグが 1 のメールボックスが 1 つもない場合、SEST ビットは 1 になります。SENTDATA フラグが 1 のメールボックスが 1 つでもある場合、SEST ビットは 0 になります。SEST ビットが 1 の場合、MBNST[4:0]ビットの値は不定です。

表 29.6 FIFO メールボックスモードでの MBNST[4:0]ビットの動作

MBSM[1:0]ビット	メールボックス 24 (送信 FIFO)	メールボックス 28 (受信 FIFO)
00b	メールボックス 24 は出力されません。	通常のメールボックスでどの MCTL_RX[j].NEWDATA フラグも 1 (新しいメッセージがメールボックスに取り込み中または格納済み) にならず、受信 FIFO にメッセージが存在する場合、メールボックス 28 が出力されます。
01b		メールボックス 28 は出力されません。
10b		通常のメールボックスでどの MCTL_RX[j].MSGLOST フラグも 1 (メッセージがオーバーライトまたはオーバーラン) にならず、受信 FIFO 内の RFCR.RFMLF フラグが 1 (受信 FIFO メッセージロスト) に設定されている場合、メールボックス 28 が出力されます。
11b		メールボックス 28 は出力されません。

29.2.18 CSSR : チャンネル検索サポートレジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x851

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

--	--	--	--	--	--	--	--	--

Value after reset: x x x x x x x x

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	n/a	チャンネル検索の値が入力されると、チャンネル番号が MSSR に出力されます。	R/W

1 が設定された CSSR レジスタのビットは 8/3 エンコーダによってエンコードされ (LSB 側が優先されます)、MSSR の MBNST[4:0] ビットに出力されます。MSSR レジスタは、ソフトウェアで読み出されるたびに更新された値を出力します。

CSSR レジスタは、MSMR.MBSM[1:0] ビットが 11b (チャンネル検索モード) の場合に限り書き込みを行ってください。また、CSSR レジスタへの書き込みは、CAN オペレーションモードまたは CAN Halt モード時に行ってください。

図 29.4 に、CSSR レジスタおよび MSSR レジスタの書き込みと読み出しの動作を示します。

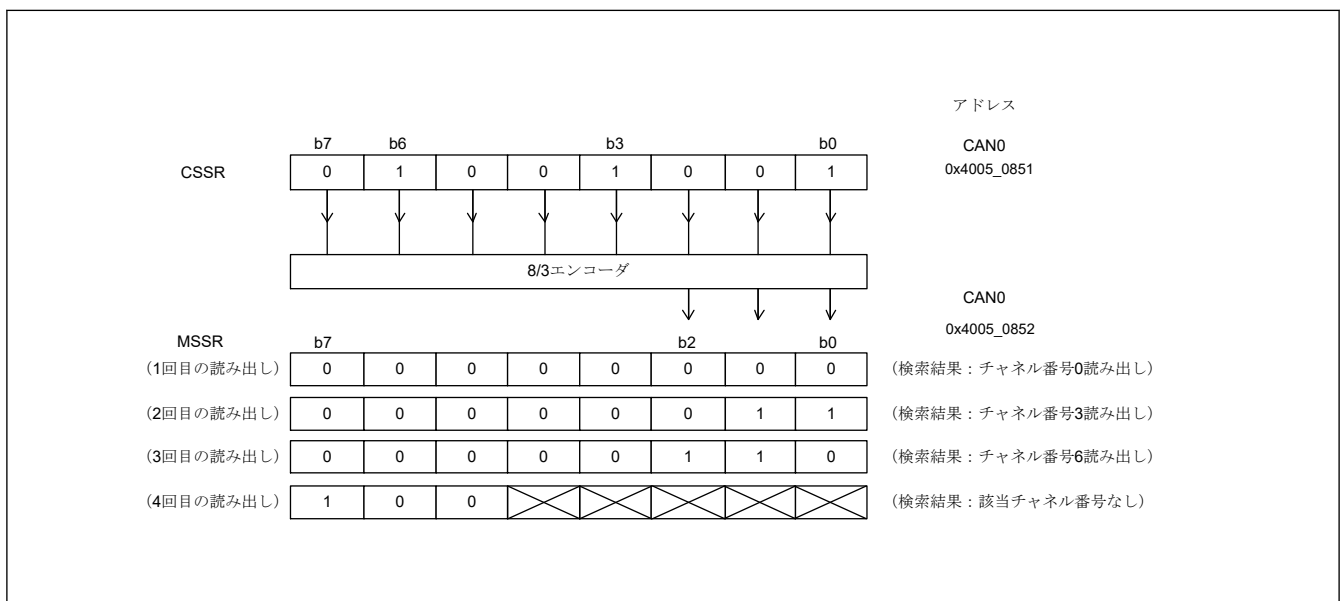


図 29.4 CSSR レジスタおよび MSSR レジスタの書き込みおよび読み出し動作

MSSR が読み出されるたびに、CSSR の値も更新されます。読んだ場合、8/3 エンコーダで変換前の値が読めます。

29.2.19 AFSR : アクセプタンスフィルタサポートレジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x856

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

Value after reset: x x x x x x x x x x x x x x x x

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	n/a	受信したメッセージの標準 ID が書き込まれたあと、データテーブル検索用に変換された値を読み取ることができます。	R/W

注: AFSR は、CAN オペレーションモードまたは CAN halt モード時に書き込んでください。

アクセプタンスフィルタサポートユニット (ASU) が、データテーブル (8 ビット×256) の検索に使用可能です。このデータテーブルには、作成されたすべての標準 ID の有効/無効が 1 ビット単位で設定されています。受信した標準 ID が格納された MBj_ID.SID[10:0] ビット (j=0~31) を含む 16 ビット単位のデータを AFSR レジスタに書き込むと、デコードされたデータテーブル検索用の行 (バイトオフセット) 位置と、列 (ビット) 位置が読み出せます。ASU は、標準 ID (11 ビット) にのみ使用できます。

ASU は、次の場合に有効です。

- 受信する ID をアクセプタンスフィルタでマスクできない場合。たとえば、受信する ID が 0x078、0x087、0x111 の場合
- 受信する ID が多すぎるため、ソフトウェアによるフィルタリング処理時間を短縮したい場合

注. AFSR は CAN リセットモードでは設定できません。

図 29.5 に、AFSR レジスタの書き込みおよび読み出し動作を示します。

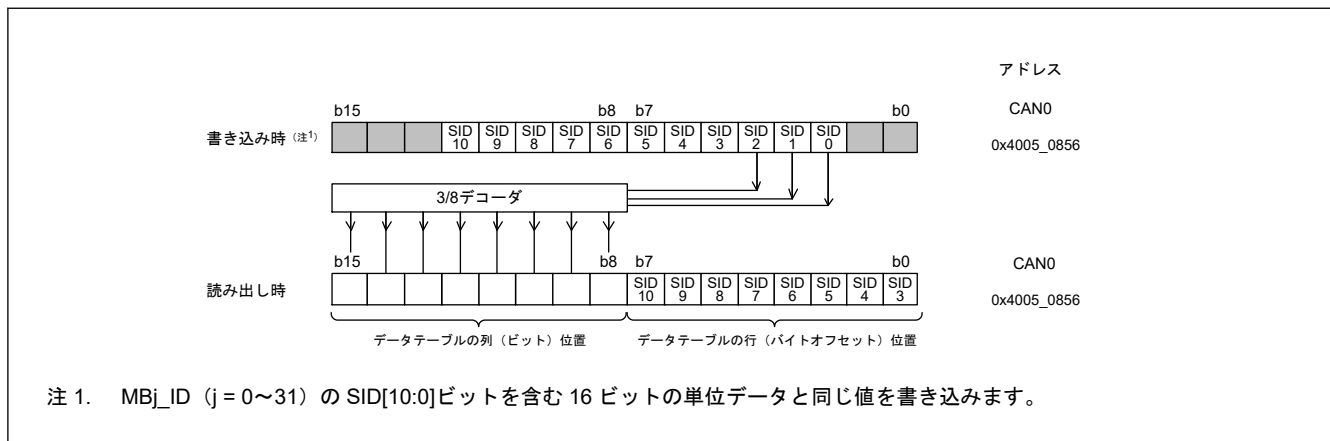


図 29.5 AFSR レジスタの書き込みおよび読み出し動作

29.2.20 EIER : エラー割り込み許可レジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x84C

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	BLIE	OLIE	ORIE	BORIE	BOEIE	EPIE	EWIE	BEIE

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	BEIE	バスエラー割り込み許可 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可	R/W
1	EWIE	エラーワーニング割り込み許可 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可	R/W
2	EPIE	エラーパッシブ割り込み許可 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可	R/W
3	BOEIE	バスオフ移行割り込み許可 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可	R/W
4	BORIE	バスオフ復帰割り込み許可 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可	R/W
5	ORIE	オーバーラン割り込み許可 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可	R/W
6	OLIE	オーバーロードフレーム送信割り込み許可 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
7	BLIE	バスロック割り込み許可 0: 割り込み禁止 1: 割り込み許可	R/W

EIER レジスタは、EIFR の各エラー割り込み要因に対して個別に許可または禁止します。EIER は、CAN リセットモード時に書き込んでください。

BEIE ビット (バスエラー割り込み許可)

BEIE ビットが 0 の場合、EIFR の BEIF フラグが 1 であってもエラー割り込み要求は発生しません。BEIE ビットが 1 の場合、BEIF フラグが 1 のときにエラー割り込み要求が発生します。

EWIE ビット (エラーワーニング割り込み許可)

EWIE ビットが 0 の場合、EIFR の EWIF フラグが 1 であってもエラー割り込み要求は発生しません。EWIE ビットが 1 の場合、EWIF フラグが 1 のときにエラー割り込み要求が発生します。

EPIE ビット (エラーパッシブ割り込み許可)

EPIE ビットが 0 の場合、EIFR の EPIF フラグが 1 であってもエラー割り込み要求は発生しません。EPIE ビットが 1 の場合、EPIF フラグが 1 のときにエラー割り込み要求が発生します。

BOEIE ビット (バスオフ移行割り込み許可)

BOEIE ビットが 0 の場合、EIFR の BOEIF フラグが 1 であってもエラー割り込み要求は発生しません。BOEIE ビットが 1 の場合、BOEIF フラグが 1 のときにエラー割り込み要求が発生します。

BORIE ビット (バスオフ復帰割り込み許可)

BORIE ビットが 0 の場合、EIFR の BORIF フラグが 1 であってもエラー割り込み要求は発生しません。BORIE ビットが 1 の場合、BORIF フラグが 1 のときにエラー割り込み要求が発生します。

ORIE ビット (オーバーラン割り込み許可)

ORIE ビットが 0 の場合、EIFR の ORIF フラグが 1 であってもエラー割り込み要求は発生しません。ORIE ビットが 1 の場合、ORIF フラグが 1 のときにエラー割り込み要求が発生します。

OLIE ビット (オーバーロードフレーム送信割り込み許可)

OLIE ビットが 0 の場合、EIFR の OLIF フラグが 1 であってもエラー割り込み要求は発生しません。OLIE ビットが 1 の場合、OLIF フラグが 1 のときにエラー割り込み要求が発生します。

BLIE ビット (バスロック割り込み許可)

BLIE ビットが 0 の場合、EIFR の BLIF フラグが 1 であってもエラー割り込み要求は発生しません。BLIE ビットが 1 の場合、BLIF フラグが 1 のときにエラー割り込み要求が発生します。

29.2.21 EIFR : エラー割り込み要因判定レジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x84D

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	BLIF	OLIF	ORIF	BORIF	BOEIF	EPIF	EWIF	BEIF

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	BEIF	バスエラー検出フラグ 0: バスエラー未検出 1: バスエラー検出	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
1	EWIF	エラーワーニング検出フラグ 0: エラーワーニング未検出 1: エラーワーニング検出	R/W
2	EPIF	エラーパッシブ検出フラグ 0: エラーパッシブ未検出 1: エラーパッシブ検出	R/W
3	BOEIF	バスオフ移行検出フラグ 0: バスオフ移行未検出 1: バスオフ移行検出	R/W
4	BORIF	バスオフ復帰検出フラグ 0: バスオフ復帰未検出 1: バスオフ復帰検出	R/W
5	ORIF	受信オーバーラン検出フラグ 0: 受信オーバーラン未検出 1: 受信オーバーラン検出	R/W
6	OLIF	オーバーロードフレーム送信検出フラグ 0: オーバーロードフレーム送信未検出 1: オーバーロードフレーム送信検出	R/W
7	BLIF	バスロック検出フラグ 0: バスロック未検出 1: バスロック検出	R/W

EIFR フラグでイベントが発生すると、EIER の設定に関係なく、EIFR の対応するビットが 1 に設定されます。ソフトウェア書き込みによりビットを 0 にクリアします。ビットが 1 になるのと、ソフトウェアがビットをクリアするタイミングが同時の場合、そのビットは 1 になります。ソフトウェアで単一ビットを 0 に設定する場合、転送命令 (MOV) を使用して、指定したビットのみが 0 に設定され、他のビットが 1 に設定されるようにします。これらのビット値に 1 を書いても効果はありません。

BEIF フラグ (バスエラー検出フラグ)

バスエラーが検出された場合、BEIF フラグは 1 に設定されます。

EWIF フラグ (エラーワーニング検出フラグ)

EWIF フラグは、受信エラーカウンタ (REC) または送信エラーカウンタ (TEC) の値が 95 を超えると 1 に設定されます。EWIF フラグは、REC または TEC が最初に 95 を超えた場合にのみ 1 に設定されます。REC または TEC の値が 95 を超えたままでソフトウェアがこのフラグに 0 を書き込んだ場合、REC または TEC の値が一度 95 を下回り、再び 95 を超えるまで EWIF フラグは 1 に設定されません。

EPIF フラグ (エラーパッシブ検出フラグ)

EPIF フラグは、CAN エラー状態がエラーパッシブになる (REC または TEC 値が 127 を超える) と 1 に設定されます。EPIF フラグは、REC または TEC が最初に 127 を超えた場合にのみ 1 に設定されます。REC または TEC の値が 127 を超えたままでソフトウェアがこのフラグに 0 を書き込んだ場合、REC または TEC の値が一度 127 を下回り、再び 127 を超えるまで EPIF フラグは 1 に設定されません。

BOEIF フラグ (バスオフ移行検出フラグ)

BOEIF フラグは、CAN エラー状態がバスオフになる (TEC 値が 255 を超える) と 1 に設定されます。BOEIF フラグは、CTRL の BOM[1:0] ビットが 01b (バスオフ移行直後に自動的に CAN Halt モードへ移行) で、CAN モジュールがバスオフ状態になった場合も 1 に設定されます。

BORIF フラグ (バスオフ復帰検出フラグ)

CAN モジュールが以下の条件で 11 個の連続ビットを 128 回検出することによりバスオフ状態から通常復帰した場合、BORIF フラグは 1 に設定されます。

- CTRL.BOM[1:0] ビットが 00b の場合
- CTRL.BOM[1:0] ビットが 10b の場合
- CTRL.BOM[1:0] ビットが 11b の場合

CAN モジュールが以下の条件でバスオフ状態から復帰した場合、BORIF フラグは 1 に設定されません。

- CTLR レジスタの CANM[1:0]ビットが 01b または 11b (CAN リセットモード) の場合
- CTLR レジスタの RBOC ビットが 1 (バスオフからの強制復帰) の場合
- CTLR レジスタの BOM[1:0]ビットが 01b の場合
- CTLR レジスタの BOM[1:0]ビットが 11b で、通常復帰が発生する前に、CTLR レジスタの CANM[1:0]ビットを 10b (CAN Halt モード) にした場合

表 29.7 に、各 CTLR.BOM[1:0]ビットの設定値による BOEIF および BORIF フラグの動作を示します。

表 29.7 各 CTLR.BOM[1:0]ビットの設定値による BOEIF および BORIF フラグの動作

BOM[1:0]ビット	BOEIF フラグ	BORIF フラグ
00b	バスオフ状態への移行時に 1 になる	バスオフ状態からの復帰時に 1 になる
01b		1 に設定しない
10b		バスオフ状態からの復帰時に 1 になる
11b		CANM[1:0]ビットが 10b (CAN Halt モード) に設定される前にバスオフ通常復帰が発生した場合は 1 になる

ORIF フラグ (受信オーバーラン検出フラグ)

受信オーバーランが発生した場合、ORIF フラグは 1 に設定されます。このフラグは、オーバーライトモードでは 1 に設定されません。

オーバーライトモードでは、オーバーライト条件が発生すると受信完了割り込み要求が発生し、ORIF フラグは 1 に設定されません。

通常メールボックスモードでのオーバーランモードでは、メールボックス 0~31 のいずれかでオーバーランが発生すると、ORIF フラグが 1 に設定されます。FIFO メールボックスモードでのオーバーランモードでは、メールボックス 0~23 または受信 FIFO のいずれかでオーバーランが発生すると、このフラグが 1 に設定されます。

OLIF フラグ (オーバーロードフレーム送信検出フラグ)

CAN モジュールの送信中または受信中にオーバーロードフレームの送信条件が検出された場合、OLIF フラグは 1 に設定されます。

BLIF フラグ (バスロック検出フラグ)

CAN モジュールが CAN オペレーションモードのとき、CAN バス上に 32 個の連続するドミナントビットが検出されると、BLIF フラグは 1 になります。BLIF フラグが 1 になった後、次のいずれかの条件下では、32 個の連続するドミナントビットが再検出されます。

- BLIF フラグが 1 から 0 に変化した後、リセツビットが検出された場合
- BLIF フラグが 1 から 0 に変化した後、CAN モジュールが CAN リセットモードまたは CAN Halt モードになり、その後、再び CAN オペレーションモードになった場合

29.2.22 RECR : 受信エラーカウンタレジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x84E

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

--

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	n/a	受信エラーカウント機能。RECR は、受信中の CAN モジュールのエラー状態によってカウンタ値をインクリメントまたはデクリメントします。	R

RECR は受信エラーカウンタの値を示します。受信エラーカウンタのインクリメントおよびデクリメント条件については、CAN 仕様 (ISO11898-1) を参照してください。

バスオフ状態での RECR の値は不定です。

29.2.23 TECR : 送信エラーカウンタレジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x84F

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

--

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	n/a	送信エラーカウント機能。TECR は、送信中の CAN モジュールのエラー状態によってカウンタ値をインクリメントまたはデクリメントします。	R

TECR は送信エラーカウンタの値を示します。送信エラーカウンタのインクリメントおよびデクリメント条件については、CAN 仕様 (ISO11898-1) を参照してください。

バスオフ状態での TECR の値は不定です。

29.2.24 ECSR : エラーコード格納レジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x850

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field: EDPM ADEF BE0F BE1F CEF AEF FEF SEF

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SEF	スタッフエラーフラグ(注1)(注2) 0: スタッフエラー未検出 1: スタッフエラー検出	R/W
1	FEF	フォームエラーフラグ(注1)(注2) 0: フォームエラー未検出 1: フォームエラー検出	R/W
2	AEF	ACK エラーフラグ(注1)(注2) 0: ACK エラー未検出 1: ACK エラー検出	R/W
3	CEF	CRC エラーフラグ(注1)(注2) 0: CRC エラー未検出 1: CRC エラー検出	R/W
4	BE1F	ビットエラー (リセシブ) フラグ(注1)(注2) 0: ビットエラー (リセシブ) 未検出 1: ビットエラー (リセシブ) 検出	R/W
5	BE0F	ビットエラー (ドミナント) フラグ(注1)(注2) 0: ビットエラー (ドミナント) 未検出 1: ビットエラー (ドミナント) 検出	R/W
6	ADEF	ACK デリミタエラーフラグ(注1)(注2) 0: ACK デリミタエラー未検出 1: ACK デリミタエラー検出	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
7	EDPM	エラー表示モード選択(注3)(注4) 0: 最初に検出したエラーコードを出力 1: 蓄積したエラーコードを出力	R/W

注 1. これらのビット値への 1 の書き込みは無効です。

注 2. SEF、FEF、AEF、CEF、BE1F、BE0F および ADEF ビットに 1 を書き込む場合、転送命令 (MOV) を使用して、指定したビットのみが 0 に設定され、他のビットが 1 に設定されるようにします。

注 3. EDPM には、CAN リセットまたは Halt モード時に書き込んでください。

注 4. 2 個以上のエラー条件が同時に検出された場合、該当するすべてのビットが 1 に設定されます。

ECSR は、CAN バス上でエラーが発生したかどうかを示します。各エラーが発生する条件については、CAN 仕様 (ISO11898-1) を参照してください。

ソフトウェア書き込みにより、EDPM ビットを除くすべてのビットを 0 にクリアします。ECSR ビットが 1 になると、ソフトウェアがビットをクリアするタイミングが同時の場合、そのビットは 1 になります。

SEF フラグ (スタッフエラーフラグ)

スタッフエラーが検出された場合、SEF フラグは 1 に設定されます。

FEF フラグ (フォームエラーフラグ)

フォームエラーが検出された場合、FEF フラグは 1 に設定されます。

AEF フラグ (ACK エラーフラグ)

ACK エラーが検出された場合、AEF フラグは 1 に設定されます。

CEF フラグ (CRC エラーフラグ)

CRC エラーが検出された場合、CEF フラグは 1 に設定されます。

BE1F フラグ (ビットエラー (リセシブ) フラグ)

リセシブビットエラーが検出された場合、BE1F フラグは 1 に設定されます。

BE0F フラグ (ビットエラー (ドミナント) フラグ)

ドミナントビットエラーが検出された場合、BE0F フラグは 1 に設定されます。

ADEF フラグ (ACK デリミタエラーフラグ)

送信中に ACK デリミタでフォームエラーが検出された場合、ADEF フラグは 1 に設定されます。

EDPM ビット (エラー表示モード選択)

EDPM ビットは ECSR の出力モードを選択します。EDPM ビットが 0 に設定されている場合、ECSR は最初のエラーコードを出力します。EDPM ビットが 1 に設定されている場合、ECSR は蓄積されたエラーコードを出力します。

29.2.25 TSR : タイムスタンプレジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x854

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	n/a	タイムスタンプ機能のフリーランカウンタ値	R

注. TSR を 16 ビット単位で読み出します。

TSR レジスタを読むと、その時点でのタイムスタンプ値 (16 ビットのフリーランカウンタ) が読み出せます。タイムスタンプカウンタの基準クロックは、CTLR の TSPS[1:0] ビットで設定されます。カウンタは、CAN スリー

プモードと CAN Halt モードで停止し、CAN リセットモードで初期化されます。受信メッセージが受信メールボックスに格納される際のタイムスタンプカウンタ値が、MB_j_TS の TSL[7:0]および TSH[7:0]ビットに保存されます。

29.2.26 TCR : テストコントロールレジスタ

Base address: CAN0 = 0x400A_8000

Offset address: 0x858

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	TSTM[1:0]	TSTE	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	TSTE	CAN テストモード許可 0: CAN テストモード禁止 1: CAN テストモード許可	R/W
2:1	TSTM[1:0]	CAN テストモード選択 00: CAN テストモードではない 01: リッスンオンリーモード 10: セルフテストモード0 (外部ループバック) 11: セルフテストモード1 (内部ループバック)	R/W
7:3	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

TCR は CAN テストモードを制御します。TCR は、CAN Halt モード時にのみ書き込んでください。

(1) リッスンオンリーモード

CAN 仕様 (ISO11898-1) では、オプションのバス監視モードを推奨しています。リッスンオンリーモードでは、有効なデータフレームと有効なリモートフレームを受信できます。ただし、CAN バス上で送信できるのはリセシブビットのみです。ACK ビット、オーバーロードフラグ、およびアクティブエラーフラグは送信できません。

リッスンオンリーモードは、ボーレートの検出に使用できます。リッスンオンリーモードでは、どのメールボックスからも送信を要求しないでください。

図 29.6 に、リッスンオンリーモード選択時の接続を示します。

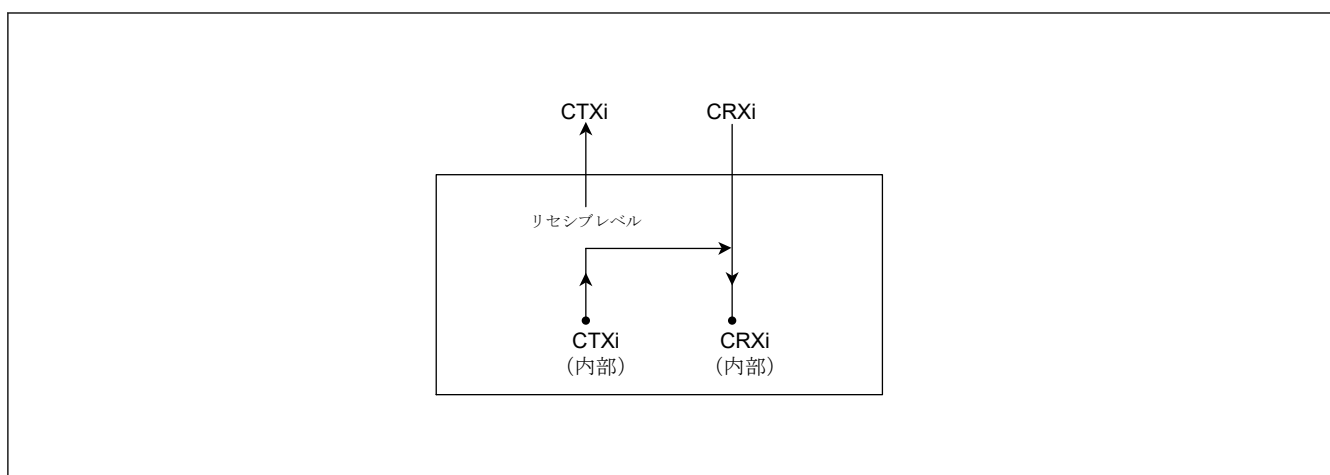


図 29.6 リッスンオンリーモード選択時の接続 (i = 0)

(2) セルフテストモード0 (外部ループバック)

セルフテストモード0 は、CAN トランシーバテスト用です。このモードでは、プロトコルモジュールは送信したメッセージを CAN トランシーバが受信したものとして扱い、受信メールボックスに格納します。外部の刺激に

影響されないようにするため、プロトコルモジュールは ACK ビットを生成します。CTXi 端子および CRXi 端子はトランシーバに接続してください。

図 29.7 に、セルフテストモード 0 選択時の接続を示します。

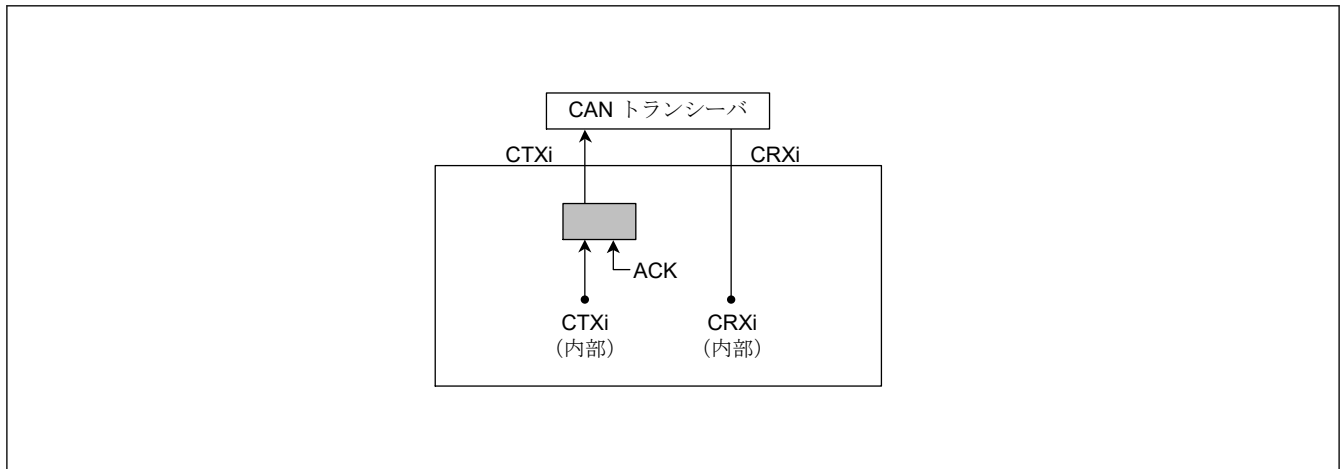


図 29.7 セルフテストモード 0 選択時の接続 ($i = 0$)

(3) セルフテストモード 1 (内部ループバック)

セルフテストモード 1 は、セルフテスト機能用です。このモードでは、送信したメッセージを受信したメッセージとして取り扱い、送信したメッセージを受信メールボックスに格納します。外部の刺激に影響されないようにするため、プロトコルコントローラは ACK ビットを生成します。

セルフテストモード 1 では、プロトコルコントローラは内部 CTXi 端子から内部 CRXi 端子への内部フィードバックを実行します。外部 CRXi 端子の入力値は無視されます。外部 CTXi 端子は、リセシブビットのみを出力します。CTXi および CRXi 端子は、CAN バスまたは外部デバイスにも接続する必要はありません。

図 29.8 に、セルフテストモード 1 選択時の接続を示します。

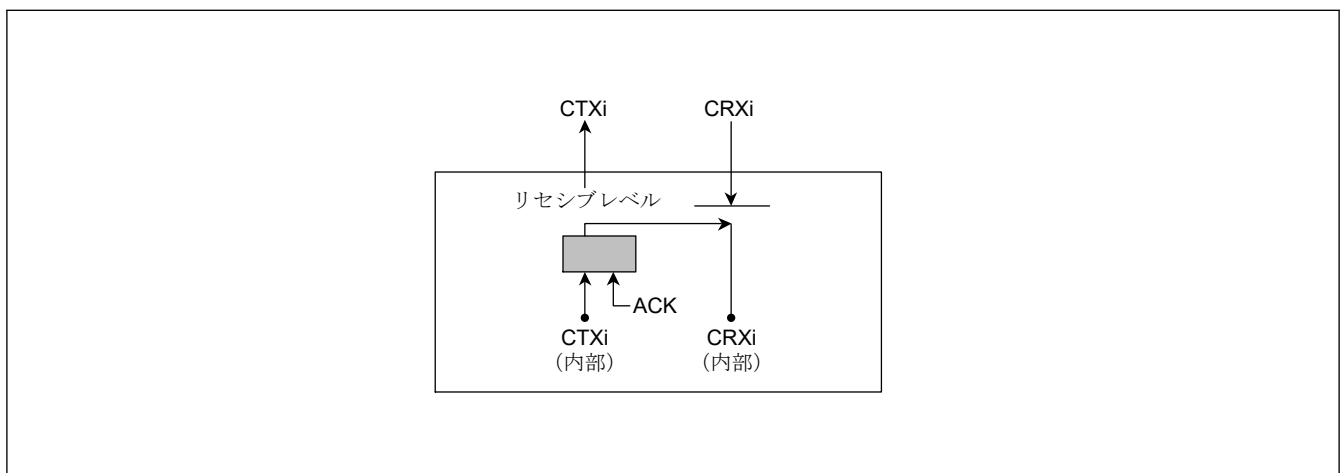


図 29.8 セルフテストモード 1 選択時の接続 ($i = 0$)

29.3 動作モード

CAN モジュールには以下の動作モードがあります。

- CAN リセットモード
- CAN Halt モード
- CAN オペレーションモード
- CAN スリープモード

図 29.9 に、動作モード間の遷移を示します。

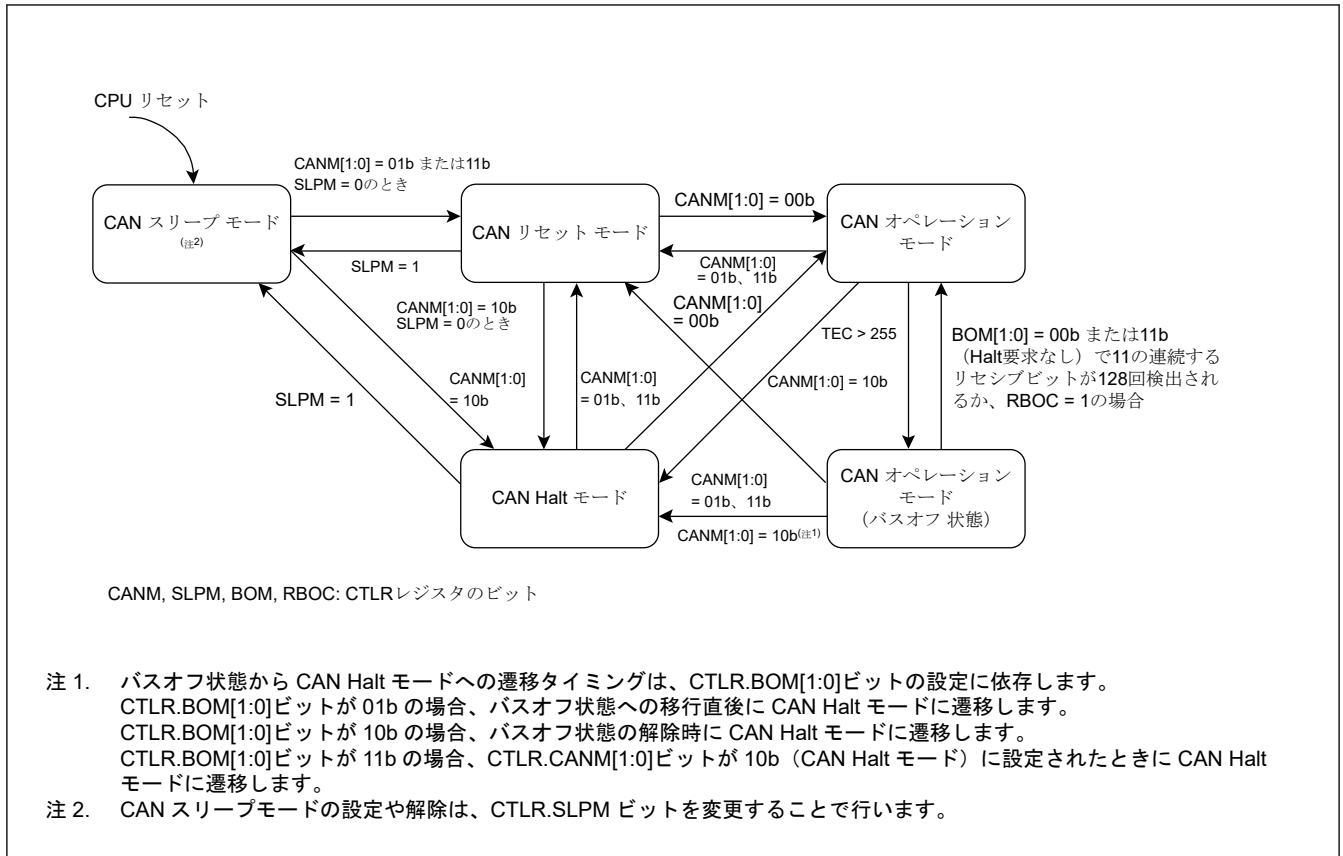


図 29.9 異なる動作モード間の遷移

29.3.1 CAN リセットモード

CAN リセットモードは CAN 通信の設定を行うモードです。CTLR.CANM[1:0]ビットが 01b または 11b に設定されると、CAN モジュールは CAN リセットモードに移行します。そのとき STR.RSTST ビットは 1 になります。RSTST フラグが 1 になるまで CTLR.CANM[1:0]ビットを変更しないでください。他のモードに移行するには、CAN リセットモードを終了する前に BCR を設定してください。

以下のレジスタは、CAN リセットモードに移行したあと、リセット値に初期化され、CAN リセットモード中は初期値を保持します。

- MCTL_TX[j]および MCTL_RX[j]
- STR (SLPST と TFST ビットを除く)
- EIFR
- RECR
- TECR
- TSR
- MSSR
- MSMR
- RFCR
- TFCR
- TCR
- ECSR (EDPM ビットを除く)

次のレジスタは、CAN リセットモードに移行したあとも以前の値を保持します。

- CTLR

- STR (SLPST と TFST ビットのみ)
- MIER および MIER_FIFO
- EIER
- BCR
- CSSR
- ECSR (EDPM ビットのみ)
- MBj_ID、MBj_DL、MBj_Dm および MBj_TS
- MKRk
- FIDCR0 および FIDCR1
- MKIVLR
- AFSR
- RFPCR
- TFPCR

29.3.2 CAN Halt モード

CAN Halt モードは、メールボックスの設定とテストモードの設定を行うモードです。

CTLR.CANM[1:0]ビットが 10b に設定されると CAN Halt モードが選択され、STR.HLTST ビットが 1 に設定されます。HLTST ビットが 1 になるまで CTLR.CANM[1:0]ビットを変更しないでください。

送信または受信時の状態遷移の条件については、表 29.8 を参照してください。

CAN Halt モードへの遷移では、STR の RSTST、HLTST、および SLPST ビット以外のレジスタは変更されません。CAN Halt モードでは CTLR (CANM[1:0]および SLPM ビットを除く) および EIER を変更しないでください。CAN Halt モードで BCR を変更できるのは、自動ポーレート検出でリッスンオンリーモードが選択されている場合のみです。

表 29.8 CAN リセットモードと CAN Halt モードの動作説明

動作モード	受信	送信	バスオフ
CAN リセットモード (強制遷移) CANM[1:0] = 11b	CAN モジュールは、メッセージ受信の終了を待たずに CAN リセットモードに移行。	CAN モジュールは、メッセージ送信の終了を待たずに CAN リセットモードに移行。	CAN モジュールは、バスオフ復帰の完了を待たずに CAN リセットモードに移行。
CAN リセットモード CANM[1:0] = 01b	CAN モジュールは、メッセージ受信の終了を待たずに CAN リセットモードに移行。	CAN モジュールは、メッセージ送信の終了を待って CAN リセットモードに移行。(注1)(注4)	CAN モジュールは、バスオフ復帰の完了を待たずに CAN リセットモードに移行。
CAN Halt モード	CAN モジュールは、メッセージ受信の終了を待って CAN Halt モードに移行。(注2)(注3)	CAN モジュールは、メッセージ送信の終了を待って CAN Halt モードに移行。(注1)(注4)	<ul style="list-style-type: none"> ● BOM[1:0]ビットが 00b の場合 : ソフトウェアからの Halt 要求は、バスオフ復帰後のみ受け付け。 ● BOM[1:0]ビットが 01b の場合 : CAN モジュールは、ソフトウェアからの Halt 要求に関係なく、バスオフ復帰の完了を待たずに自動的に CAN Halt モードに移行。 ● BOM[1:0]ビットが 10b の場合 : CAN モジュールは、ソフトウェアからの Halt 要求に関係なく、バスオフ復帰の完了を待って自動的に CAN Halt モードに移行。 ● BOM[1:0]ビットが 11b の場合 : CAN モジュールは、バスオフ状態でソフトウェアから Halt 要求された場合、バスオフ復帰の完了を待たずに CAN Halt モードに移行。

注. BOM[1:0]ビット : CTLR のビット

- 注 1. 複数のメッセージ送信が要求された場合、最初の送信の完了時にモード遷移が発生します。サスペンドトランスマッション中に CAN リセットモードが要求された場合、バスがアイドル状態になるか、次の送信が終了するか、または CAN モジュールが受信になったときにモード遷移が発生します。
- 注 2. CAN バスがドミナントレベルでロックされている場合、ソフトウェアは EIFR の BLIF を監視することでこれを検出できます。
- 注 3. CAN Halt モードが要求されたあと、受信中に CAN バスエラーが発生した場合、CAN モジュールは CAN Halt モードに移行します。
- 注 4. CAN リセットモードまたは CAN Halt モードが要求されたあと、送信中に CAN バスエラーまたはアービトレーションロストが発生した場合、CAN モジュールは要求された CAN モードに移行します。

29.3.3 CAN スリープモード

CAN スリープモードは、CAN モジュールへのクロック供給を停止することにより、消費電力を削減します。MCU 端子からのリセットまたはソフトウェアリセットにより、CAN モジュールは CAN スリープモードから動作を開始します。

CTLR の SLPM ビットが 1 に設定されると、CAN モジュールは CAN スリープモードに移行し、そのとき STR の SLPST ビットが 1 に設定されます。SLPST ビットが 1 になるまで、SLPM ビットの値を変更しないでください。CAN モジュールが CAN スリープモードに移行するとき、他のレジスタは変更されません。

SLPM ビットには、CAN リセットモードまたは CAN Halt モード時に書き込んでください。CAN スリープモード中はレジスタ (SLPM ビットを除く) を変更しないでください。読み出し動作は許可されます。

SLPM ビットが 0 に設定されると、CAN モジュールは CAN スリープモードから解除されます。CAN モジュールが CAN スリープモードから移行するとき、他のレジスタは変更されません。

29.3.4 CAN オペレーションモード (バスオフ状態以外)

CAN オペレーションモードは CAN 通信を行うモードです。

CTLR.CANM[1:0] ビットを 00b にすると、CAN モジュールは CAN オペレーションモードになります。STR レジスタの RSTST ビットと HLTST ビットが 0 になります。RSTST ビットと HLTST ビットが 0 になるまで、CANM[1:0] ビットの値を変更しないでください。

CAN オペレーションモードへ遷移後、リセシブビットが連続 11 個検出されると、以下の状態になります。

- CAN モジュールは、ネットワーク上でアクティブノードとなり、CAN メッセージの送受信が可能になる
- 受信エラーカウンタや送信エラーカウンタなど、CAN バスのエラー監視処理が行われる

CAN オペレーションモード中、CAN モジュールは、CAN バスの状態に応じて、以下の 3 つのサブモードのいずれかになります。

- アイドルモード：送受信は発生していない
- 受信モード：他のノードが送信した CAN メッセージを受信中
- 送信モード：CAN メッセージを送信中。セルフテストモード 0 (TCR.TSTM[1:0] = 10b) またはセルフテストモード 1 (TCR.TSTM[1:0] = 11b) を選択した場合、CAN モジュールは同時に自ノードが送信したメッセージを受信する

図 29.10 に、CAN オペレーションモードのサブモードを示します。

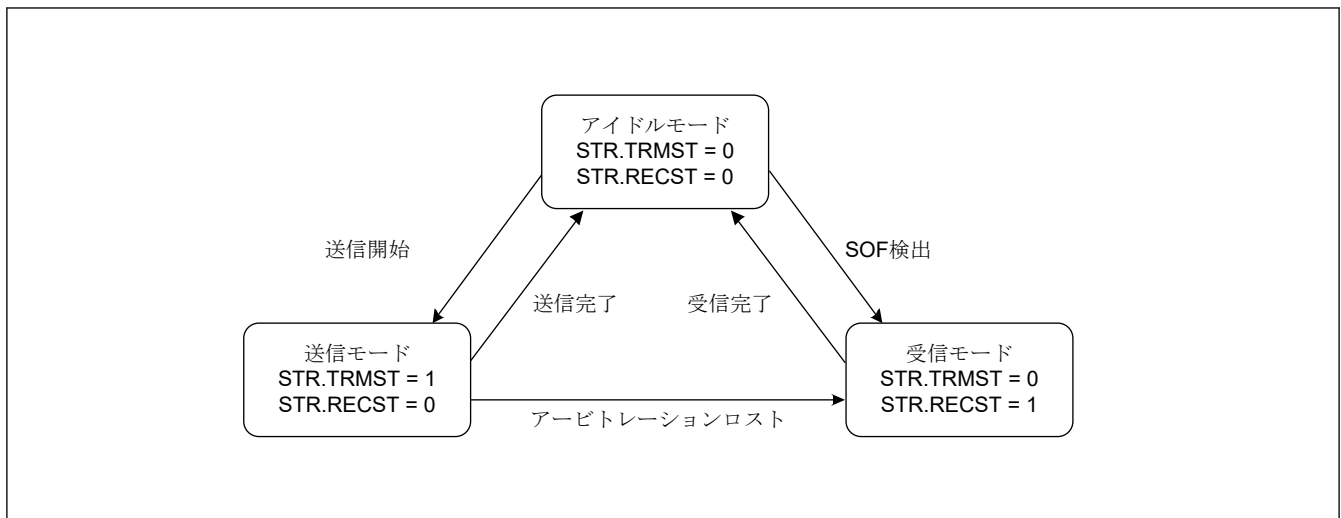


図 29.10 CAN オペレーションモードのサブモード

29.3.5 CAN オペレーションモード (バスオフ状態)

CAN モジュールは、CAN 仕様で定義されている送信およびエラーカウンタのインクリメントまたはデクリメントルールに準拠してバスオフ状態に移行します。

CAN モジュールがバスオフ状態から復帰するとき、以下のいずれかのケースになります。CAN モジュールがバスオフ状態の場合、STR、EIFR、RECR、TECR、および TSR 以外の CAN モジュールレジスタの値は変更されません。

(1) CTLR.BOM[1:0] = 00b (ノーマルモード) の場合

バスオフ状態からの復帰が完了し、CAN モジュールがエラーアクティブ状態になると、CAN 通信が有効になります。EIFR の BORIF フラグが 1 に設定されます (バスオフ復帰が検出されます)。

(2) CTLR.RBOC = 1 (バスオフからの強制復帰) の場合

CAN モジュールは、バスオフ状態で RBOC ビットが 1 の場合、エラーアクティブ状態になります。11 個の連続するリセシブビットを検出すると、CAN 通信が再び有効になります。BORIF フラグは 1 に設定されません。

(3) CTLR.BOM[1:0] = 01b (バスオフ移行後、CAN Halt モードへ自動遷移) の場合

CAN モジュールは、バスオフ状態になると CAN Halt モードに移行します。BORIF フラグは 1 に設定されません。

(4) CTLR.BOM[1:0] = 10b (バスオフ解除時、CAN Halt モードへ自動遷移) の場合

CAN モジュールは、バスオフから復帰すると CAN Halt モードに移行します。BORIF フラグは 1 に設定されません。

(5) バスオフ状態で CTLR.BOM[1:0] = 11b (ソフトウェアにより CAN Halt モードへ自動遷移) および CTLR.CANM[1:0] = 10b (CAN Halt モード) の場合

CAN モジュールは、バスオフ状態で CANM[1:0] ビットが 10b (CAN Halt モード) に設定されている場合、CAN Halt モードに移行します。BORIF フラグは 1 に設定されません。

バスオフ中に CANM[1:0] ビットが 10b に設定されていない場合、(1) と同じ動作になります。

29.4 データ転送速度の設定

ここではデータ転送速度の設定方法について説明します。

29.4.1 クロックの設定

CAN モジュールには CAN クロック発振器が内蔵されています。CAN クロックは、BCR の CCLKS および BRP[9:0] ビットで設定できます。図 29.11 に、CAN クロック発振器のブロック図を示します。

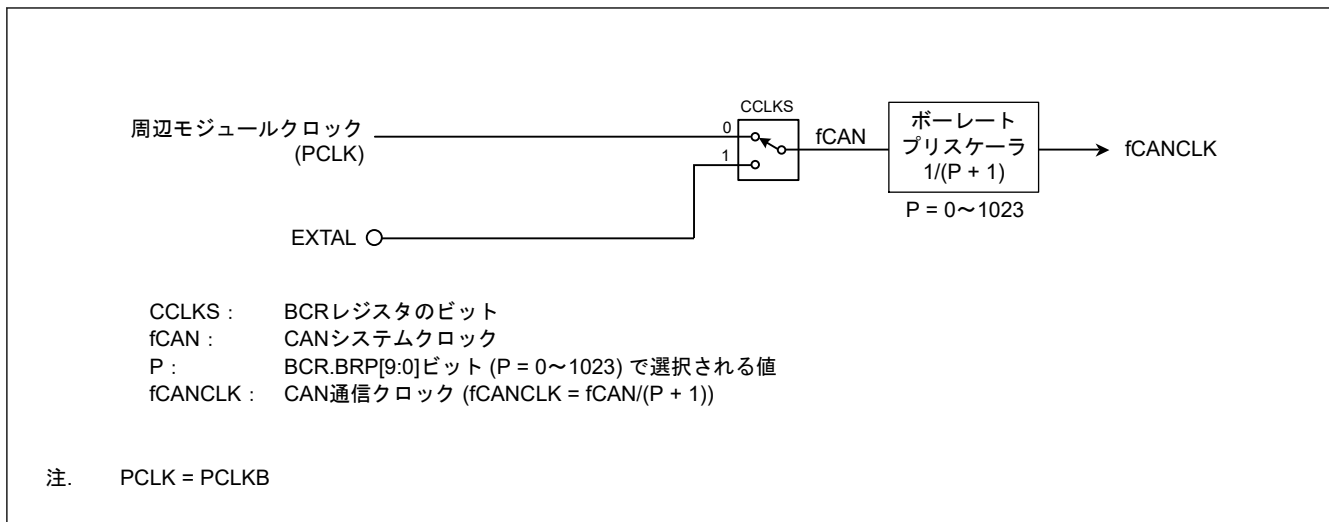


図 29.11 CAN クロック発振器のブロック図

29.4.2 ビットタイミングの設定

図 29.12 に示す通り、ビットタイミングは 3 つのセグメントで構成されています。

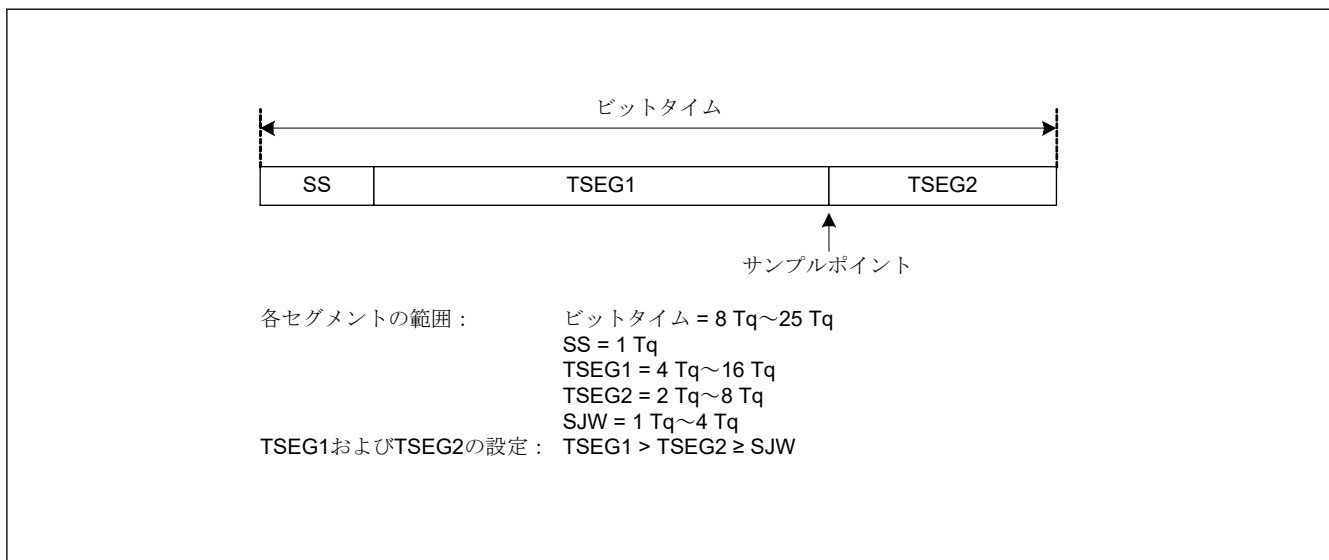


図 29.12 ビットタイミング

29.4.3 データ転送速度

データ転送速度は、fCAN (CAN システムクロック) の分周値、ボーレートプリスケラの分周値、および 1 ビットタイムの Tq 値に依存します。

ボーレートプリスケラの分周値は P + 1 (P: 0 ~ 1023) で、P は BCR の BRP[9:0] で設定します。

$$\text{データ転送速度 (bps)} = \frac{f_{CAN}}{\text{ボーレートプリスケラ分周値} \times 1 \text{ビットタイムの} Tq \text{数}} = \frac{f_{CANCLK}}{1 \text{ビットタイムの} Tq \text{数}}$$

表 29.9 に、データ転送速度の例を示します。

表 29.9 データ転送速度の例 (1/2)

fCAN	20 MHz	
データ転送速度	Tq 値	P + 1
1 Mbps	5 Tq	4
	10 Tq	2

表 29.9 データ転送速度の例 (2/2)

fCAN	20 MHz	
データ転送速度	Tq 値	P + 1
500 kbps	5 Tq 10 Tq	8 4
250 kbps	5 Tq 10 Tq	16 8
125 kbps	5 Tq 10 Tq	32 16
83.3 kbps	5 Tq 10 Tq	48 24
33.3 kbps	5 Tq 8 Tq 10 Tq	120 75 60

29.5 メールボックスとマスクレジスタの構造

図 29.13 に、32 個のメールボックスレジスタ (MBj_ID、MBj_DL、MBj_Dm、MBj_TS) の構造を示します。

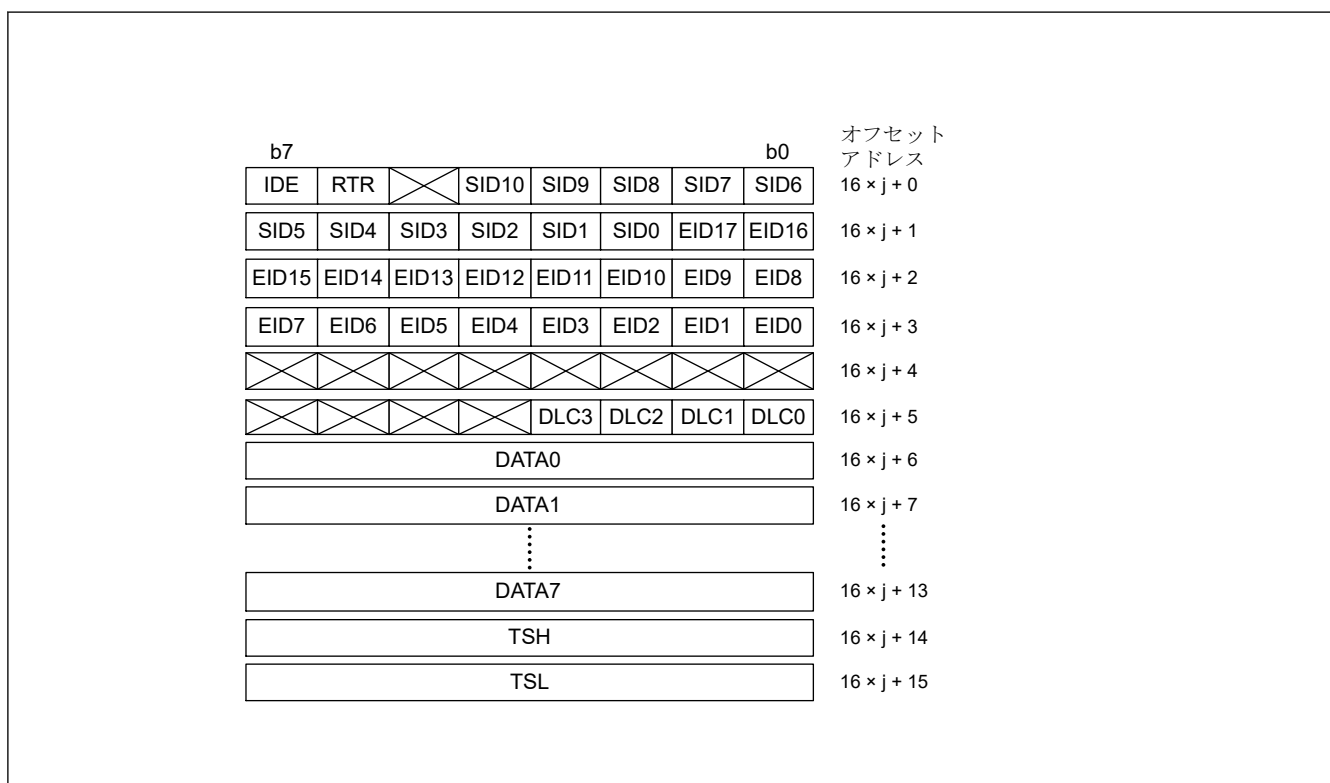


図 29.13 メールボックスレジスタの構造 (j = 0~31)

図 29.14 に、8 本のマスクレジスタ (MKRk) の構成を示します。

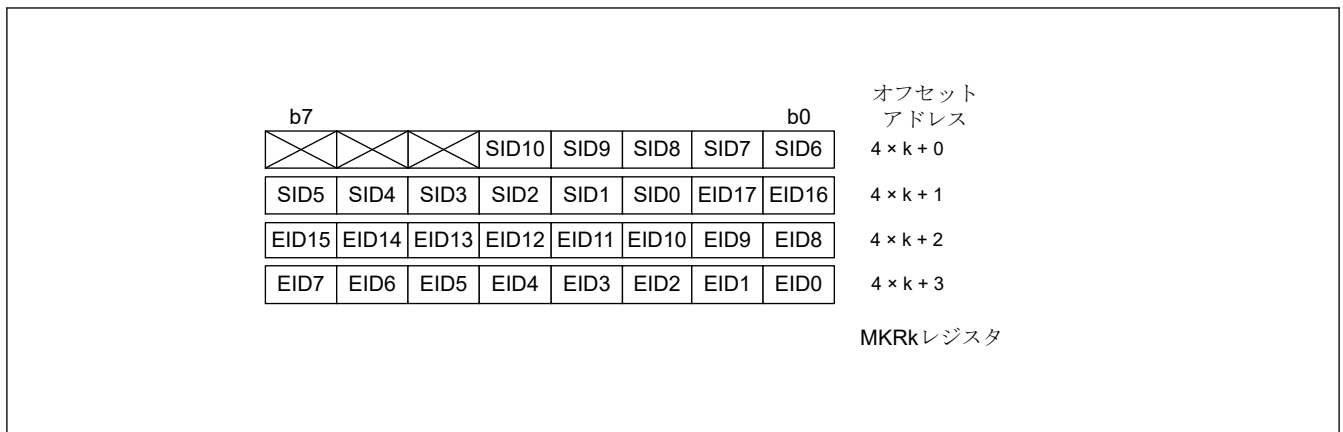


図 29.14 マスクレジスタの構造 (j = 0~7)

図 29.15 に、2 本の FIFO 受信 ID 比較レジスタ (FIDCR0 および FIDCR1) の構成を示します。

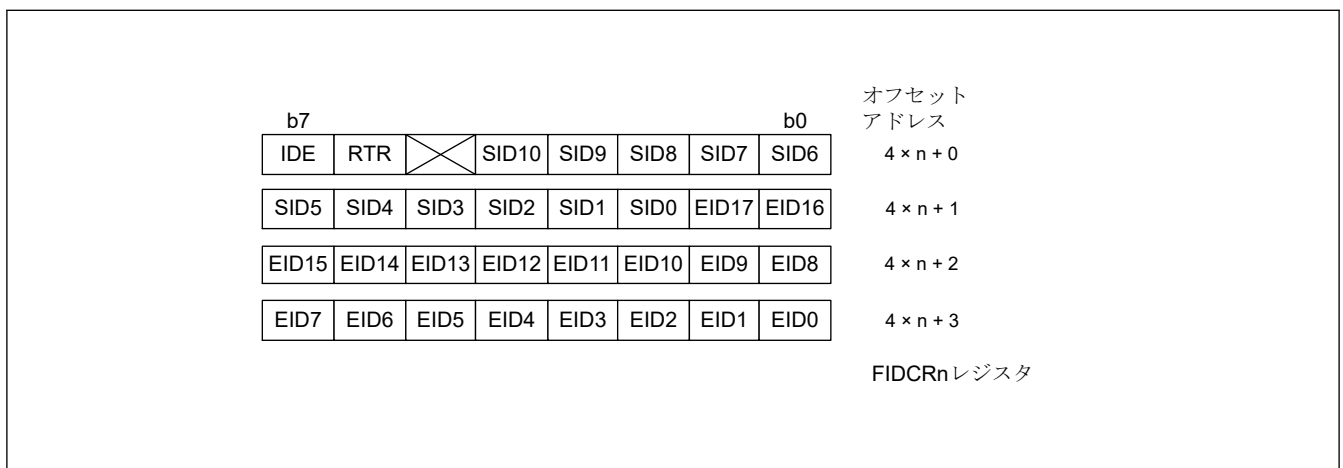


図 29.15 FIDCRn レジスタの構成 (n = 0, 0)

29.6 アクセプタンスフィルタ処理とマスク機能

アクセプタンスフィルタ処理およびマスク機能を使用すると、指定した範囲内のメールボックスに対して複数の ID を持つメッセージを選択して受信できるようになります。

MKRk レジスタは、29 ビットの標準 ID と拡張 ID をマスクできます。

- MKR0 はメールボックス 0~3 を制御
- MKR1 はメールボックス 4~7 を制御
- MKR2 はメールボックス 8~11 を制御
- MKR3 はメールボックス 12~15 を制御
- MKR4 はメールボックス 16~19 を制御
- MKR5 はメールボックス 20~23 を制御
- MKR6 は、通常メールボックスモードでメールボックス 24~27 を制御し、FIFO メールボックスモードで受信 FIFO メールボックス 28~31 を制御
- MKR7 は、通常メールボックスモードでメールボックス 28~31 を制御し、FIFO メールボックスモードで受信 FIFO メールボックス 28~31 を制御

MKIVLR は、各メールボックスで個別にアクセプタンスフィルタ処理を禁止します。

MBj_ID の IDE ビットは、CTRL の IDFM[1:0] ビットが 10b (ミックス ID モード) のとき有効です。

MBj_ID の RTR ビットは、データフレームまたはリモートフレームを選択します。

FIFO メールボックスモードでは、通常のメールボックス 0~23 は、アクセプタンスフィルタ処理として MKR0 ~MKR5 の中から対応するレジスタ 1 つを使用します。受信 FIFO メールボックス 28~31 は、アクセプタンスフィルタ処理に 2 つのレジスタ (MKR6 および MKR7) を使用します。

受信 FIFO は、ID 比較のために FIDCR0 および FIDCR1 の 2 つのレジスタも使用します。受信 FIFO の MB28~MB31 レジスタの EID[17:0]、SID[10:0]、RTR、IDE ビットは無効になります。アクセプタンスフィルタ処理は 2 つの論理 AND 演算の結果を使用するので、受信 FIFO は 2 つの範囲の ID を受信することができます。MKIVLR レジスタは、受信 FIFO に対しては無効です。

FIDCR0 と FIDCR1 の IDE ビットに標準 ID と拡張 ID の異なる値が設定されている場合、両方の ID フォーマットが受信されます。

FIDCR0 と FIDCR1 の RTR ビットにデータフレームとリモートフレームの異なる値が設定されている場合、データフレームとリモートフレームの両方が受信されます。

2 つの範囲の組み合わせが不要な場合は、FIFO ID とマスクレジスタの両方に同じマスク値と同じ ID を設定します。

図 29.16 に、マスクレジスタとメールボックスの対応を示します。図 29.17 に、アクセプタンスフィルタ処理を示します。

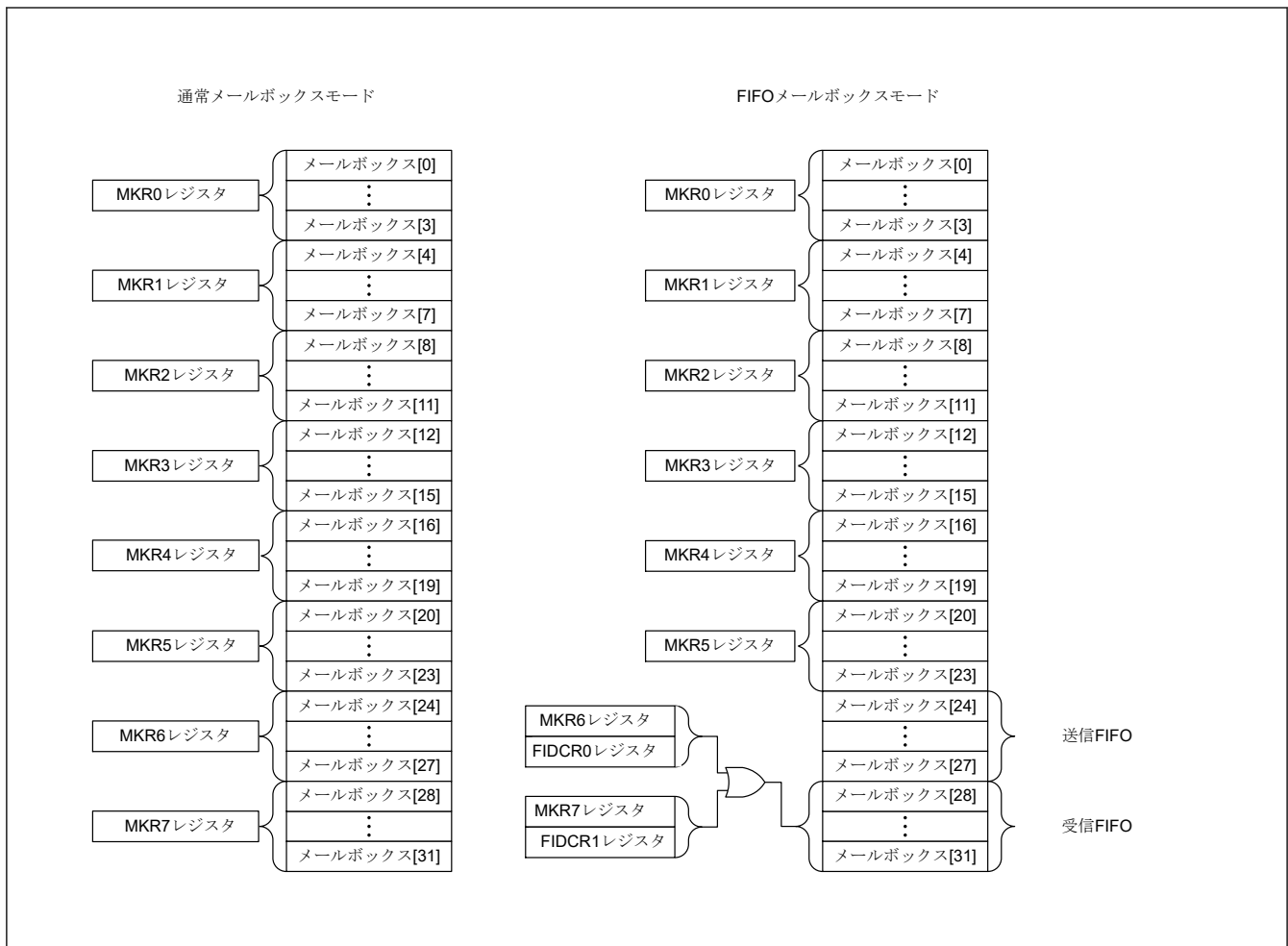


図 29.16 マスクレジスタとメールボックスの対応

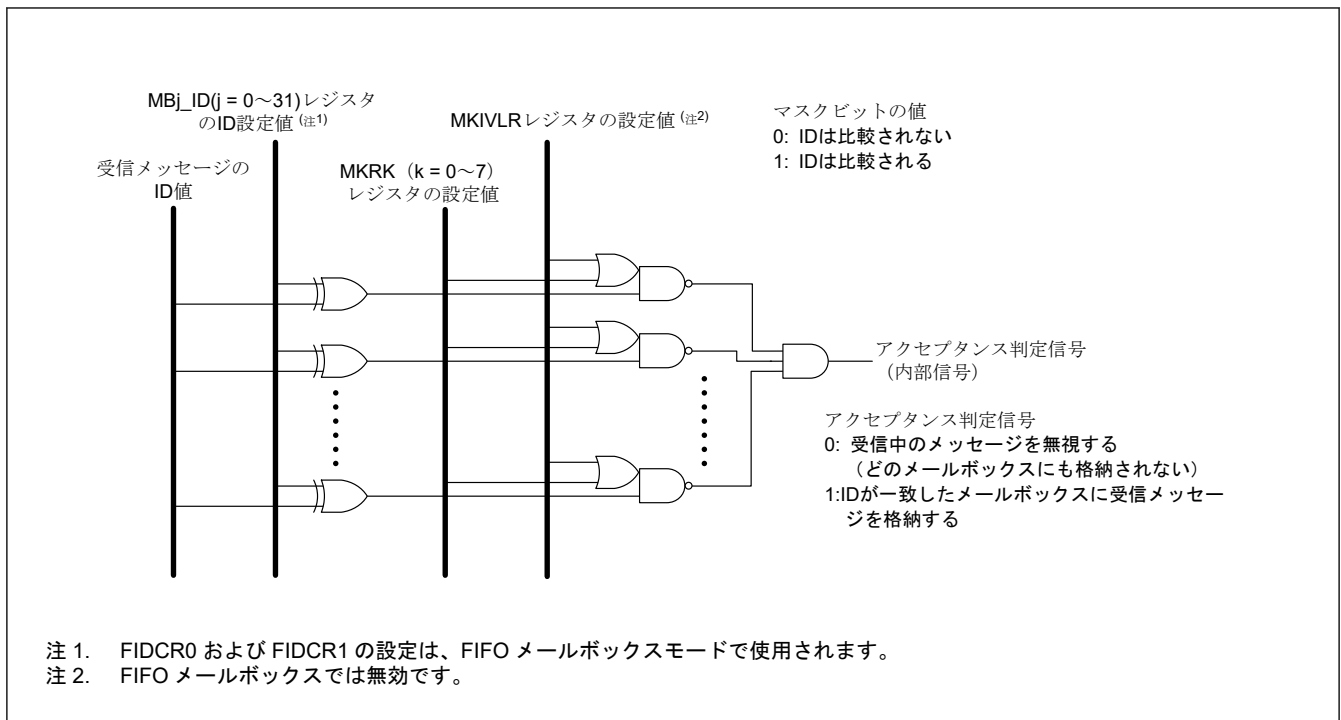


図 29.17 アクセプタンスフィルタ処理

29.7 受信と送信

表 29.10 に、CAN 通信モードの設定を示します。

表 29.10 CAN 受信および送信モードの設定方法

MCTL_TX[j].TRMREQ および MCTL_RX[j].TRMREQ	MCTL_TX[j].RECREQ および MCTL_RX[j].RECREQ	MCTL_TX[j].ONESHOT および MCTL_RX[j].ONESHOT	メールボックスの通信モード
0	0	0	メールボックス使用不可または送信アポート中
0	0	1	ワンショットモードでプログラムされたメールボックスからの送信か受信がアポートされた場合のみ設定可能
0	1	0	データフレームまたはリモートフレームの受信メールボックスとして設定
0	1	1	データフレームまたはリモートフレームのワンショット受信メールボックスとして設定
1	0	0	データフレームまたはリモートフレームの送信メールボックスとして設定
1	0	1	データフレームまたはリモートフレームのワンショット送信メールボックスとして設定
1	1	0	設定しない
1	1	1	設定しない

注. j = 0~31

メールボックスを受信メールボックスまたはワンショット受信メールボックスとして設定する場合、以下の制限が適用されます。

- メールボックスを設定する前に、MCTL_RX[j]を 0x00 にする。
- 受信したメッセージは、受信モードの設定とアクセプタンスフィルタ処理の条件に一致する最初のメールボックスに格納される。条件に一致するメールボックスのうち最小の番号を持つメールボックスが、受信メッセージの格納先としての優先順位が高くなる。
- CAN オペレーションモードでは、ID が一致する場合でも、CAN モジュールは自身の送信データを受信しない。ただし、セルフテストモードのときは、CAN モジュールは自身の送信データを受信し、ACK を返す。

メールボックスを送信メールボックスまたはワンショット送信メールボックスとして設定する場合、以下の制限が適用されます。

- メールボックスを設定する前に、MCTL_TX[j]が 0x00 であり、保留中のアボートプロセスがないことを確認すること。

29.7.1 受信

図 29.18 に、オーバーライトモードでのデータフレーム受信の動作例を示します。この例では、MCTL_RX[j] (j = 0~31) の受信条件に一致する 2 つの連続した CAN メッセージを CAN モジュールが受信した場合、最初のメッセージが上書きされます。

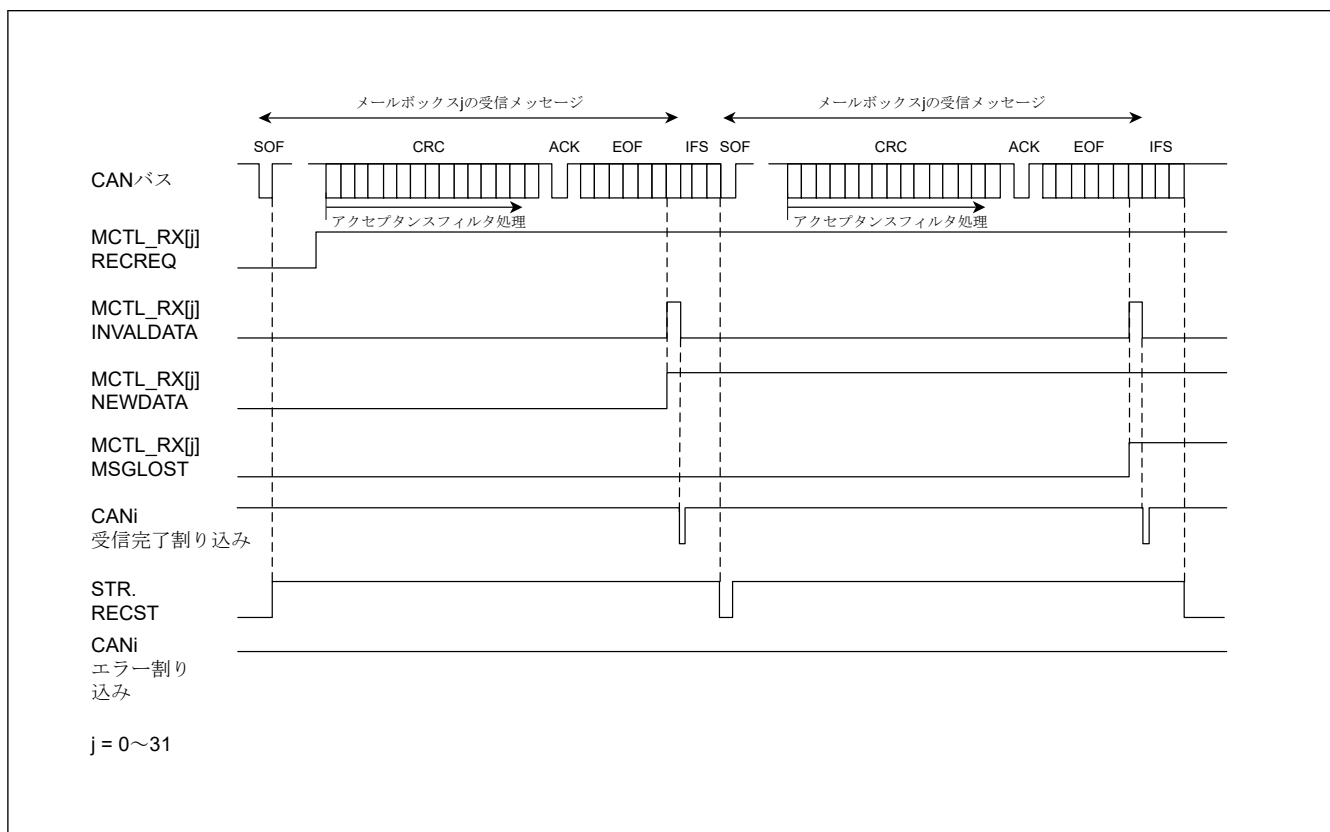


図 29.18 オーバーライトモードでのデータフレーム受信の動作例

1. CAN バス上で SOF が検出されると、CAN モジュールに送信を開始するメッセージがない場合、STR の RECST ビットが 1 (受信中) に設定されます。
2. CRC フィールドの先頭からアクセプタンスフィルタ処理を開始し、受信メールボックスを選択します。
3. メッセージを受信すると、受信メールボックスの MCTL_RX[j] の NEWDATA フラグが 1 (新しいメッセージをメールボックスに取り込み中、またはメールボックスに格納済み) に設定されます。MCTL_RX[j] の INVALIDDATA フラグが同時に 1 (メッセージ更新中) に設定され、メッセージ全体がメールボックスに転送された後、INVALIDDATA フラグが再び 0 (メッセージ有効) に設定されます。
4. 受信メールボックスの MIER の割り込み許可ビットが 1 (割り込み許可) の場合、INVALIDDATA フラグは 0 に設定され、CAN0 受信完了割り込み要求が発生します。
5. メールボックスからメッセージを読み出したあと、ソフトウェアによって NEWDATA フラグを 0 に設定する必要があります。
6. オーバーライトモードでは、MCTL_RX[j] の NEWDATA フラグが 1 に設定される前に次の CAN メッセージを受信すると、MCTL_RX[j] の MSGLOST フラグが 1 (メッセージ上書き) に設定されます。新しい受信メッセージはメールボックスに転送されます。CAN0 受信完了割り込み要求が、ステップ 4 と同様に発生します。

図 29.19 に、オーバーランでのデータフレーム受信の動作例を示します。この例は、MCTL_RX[j] レジスタ (j = 0 ~ 31) の受信条件に一致する 2 つの連続した CAN メッセージを受信したときに、CAN モジュールが 2 番目のメッセージをオーバーランする場合の動作です。

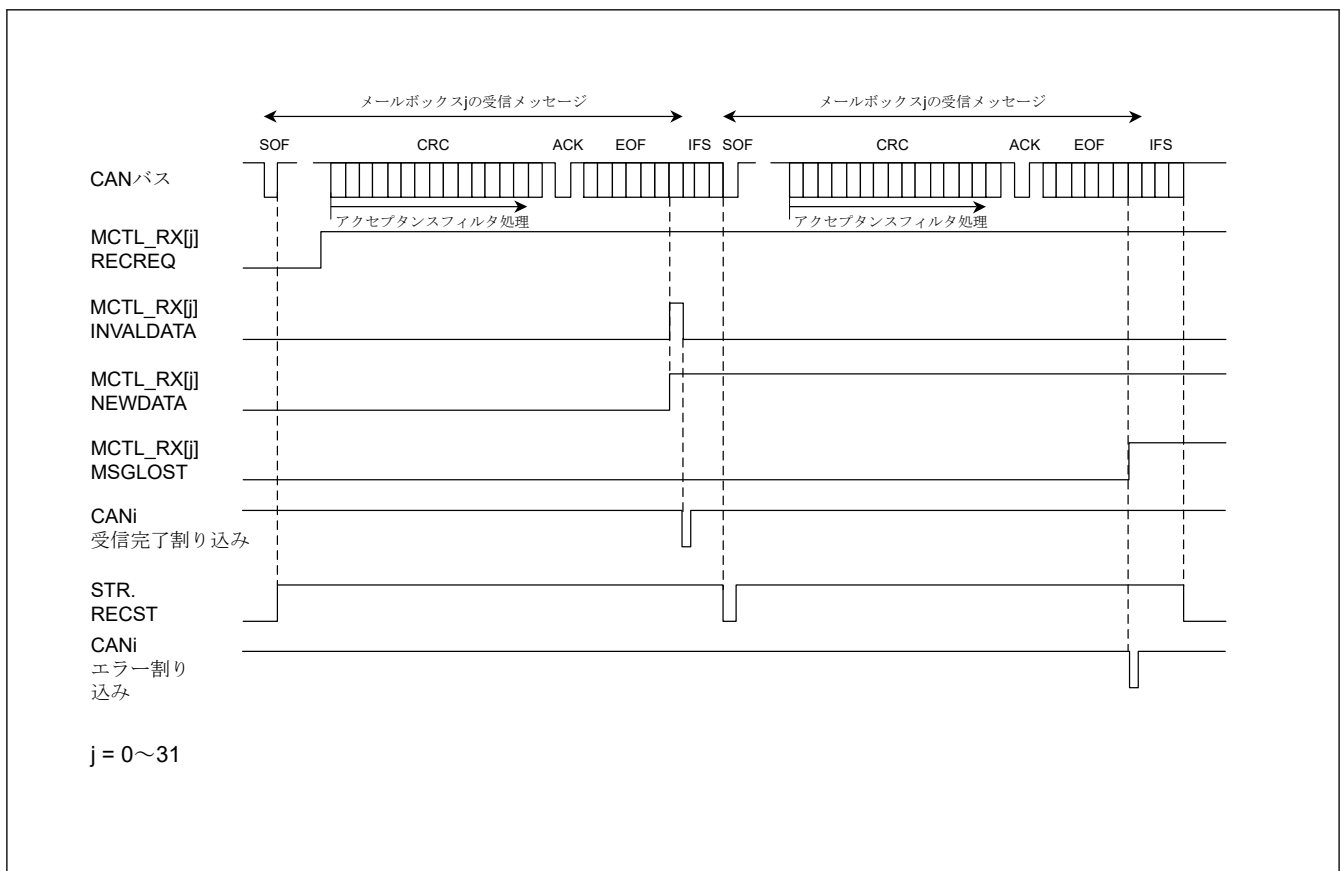


図 29.19 オーバーランモードでのデータフレーム受信の動作例

1. CAN バス上で SOF が検出されると、CAN モジュールに送信を開始するメッセージがない場合、STR の RECST ビットが 1 (受信中) に設定されます。
2. CRC フィールドの先頭からアクセプタンスフィルタ処理を開始し、受信メールボックスを選択します。
3. メッセージを受信すると、受信メールボックスの MCTL_RX[j] の NEWDATA フラグが 1 (新しいメッセージをメールボックスに取り込み中、またはメールボックスに格納済み) に設定されます。MCTL_RX[j] の INVALIDDATA フラグが同時に 1 (メッセージ更新中) に設定され、メッセージ全体がメールボックスに転送された後、INVALIDDATA フラグが再び 0 (メッセージ有効) に設定されます。
4. 受信メールボックスの MIER の割り込み許可ビットが 1 (割り込み許可) の場合、INVALIDDATA フラグは 0 に設定され、CAN0 受信完了割り込み要求が発生します。
5. メールボックスからメッセージを読み出したあと、ソフトウェアによって NEWDATA フラグを 0 に設定する必要があります。
6. オーバーランモードでは、MCTL_RX[j] の NEWDATA フラグが 0 に設定される前に次の CAN メッセージを受信すると、MCTL_RX[j] の MSGLOST フラグが 1 (メッセージ保存済み) に設定されます。EIER の対応する割り込み許可ビットが 1 (割り込み許可) に設定されている場合、新しい受信メッセージは破棄され、CANi エラー割り込み要求が発生します。

29.7.2 送信

図 29.20 に、データフレーム送信の動作例を示します。

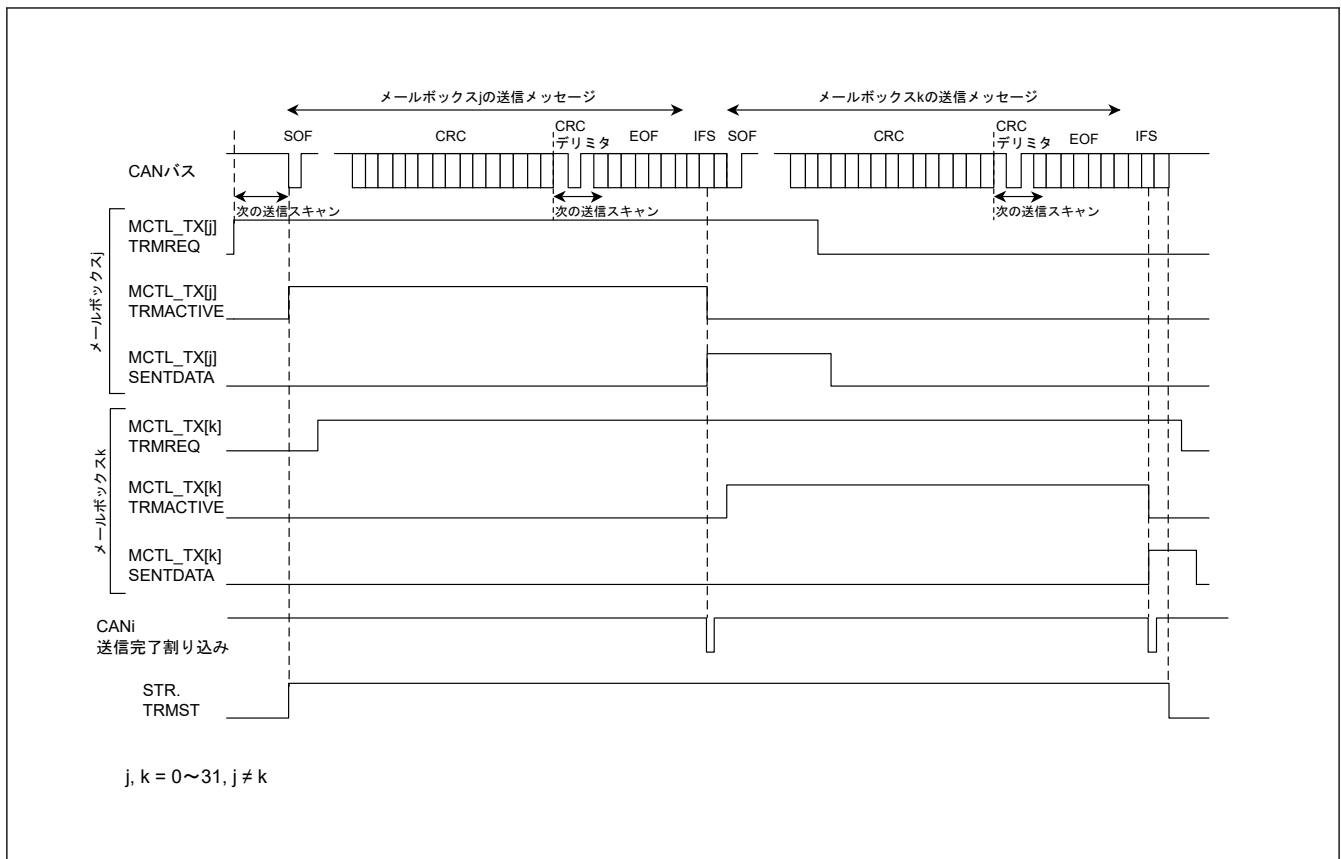


図 29.20 データフレーム送信の動作例

1. バスアイドル状態で MCTL_TX[j] ($j = 0 \sim 31$) の TRMREQ ビットが 1 (送信メールボックス) に設定されると、メールボックススキャン処理が開始され、最も優先順位が高い送信メールボックスが決定されます。送信メールボックスが決定されると、MCTL_TX[j] の TRMACTIVE フラグが 1 に設定され (送信要求の受け入れから送信完了、またはエラーあるいはアービトレーションロストまで)、STR の TRMST ビットが 1 (送信中) に設定され、CAN モジュールは送信を開始します。(注1)
2. 他の TRMREQ ビットが設定されている場合、次の送信のため、CRC デリミタから送信スキャン処理を開始します。
3. アービトレーションロストが発生せずに送信が完了すると、MCTL_TX[j].SENTDATA フラグが 1 (送信完了) に、TRMACTIVE フラグが 0 (送信待機中または送信要求なし) になります。MIER の割り込み許可ビットが 1 (割り込み許可) の場合、CANi 送信完了割り込み要求が生成されます。
4. 同じメールボックスから次の送信を要求する場合は、SENTDATA フラグと TRMREQ ビットを 0 に設定し、SENTDATA フラグと TRMREQ ビットが 0 に設定されていることを確認してから TRMREQ ビットを 1 に設定します。

注 1. CAN モジュールが送信を開始したあとでアービトレーションロストとなった場合、TRMACTIVE フラグは 0 に設定されます。送信スキャン処理が再度実行され、CRC デリミタの先頭から最も優先度の高い送信メールボックスを検索します。送信中またはアービトレーションロストのあとにエラーが発生した場合、送信スキャン処理が再び実行され、エラーデリミタの先頭から最も優先度の高い送信メールボックスを検索します。

29.8 割り込み

CAN モジュールでは、各チャンネルで以下の割り込みが使用できます。表 29.11 に CAN 割り込みを示します。

- メールボックス 0~31 (CANi_RXM) 用の CANi 受信完了割り込み
- メールボックス 0~31 (CANi_TXM) 用の CANi 送信完了割り込み
- CANi 受信 FIFO 割り込み (CANi_RXF)
- CANi 送信 FIFO 割り込み (CANi_TXF)
- CANi エラー割り込み (CANi_ERS)

CANi エラー割り込みには、8つの割り込み要因があります。EIFRを確認することで、割り込み要因を確認することができます。

- バスエラー
- エラーワーニング
- エラーパッシブ
- バスオフ移行
- バスオフ復帰
- 受信オーバーラン
- オーバーロードフレーム送信
- バスロック

表 29.11 CAN 割り込み

モジュール	割り込み名	割り込み要因	要因フラグ
CANi (i = 0)	CANi_ERS	バスロック検出	EIFR.BLIF
		オーバーロードフレーム送信検出	EIFR.OLIF
		オーバーラン検出	EIFR.ORIF
		バスオフ復帰検出	EIFR.BORIF
		バスオフ移行検出	EIFR.BOEIF
		エラーパッシブ検出	EIFR.EPIF
		エラーワーニング検出	EIFR.EWIF
		バスエラー検出	EIFR.BEIF
	CANi_RXF	受信 FIFO メッセージの受信 (MIER_FIFO.MB29 = 0)	RFCR.RFUST[2:0]
		受信 FIFO ワーニング (MIER_FIFO.MB29 = 1)	
	CANi_TXF	送信 FIFO メッセージの送信完了 (MIER_FIFO.MB25 = 0)	TFCR.TFUST[2:0]
		FIFO 最後のメッセージの送信完了 (MIER_FIFO.MB25 = 1)	
	CANi_RXM	メールボックス 0~31 のメッセージ受信	MCTL_RX0.NEWDATA~ MCTL_RX31.NEWDATA
	CANi_TXM	メールボックス 0~31 のメッセージ送信完了	MCTL_TX0.SENTDATA~ MCTL_TX31.SENTDATA

29.9 使用上の注意事項

29.9.1 モジュールストップ状態の設定

MSTPCRB レジスタが CAN の動作を許可/禁止します。CAN モジュールは、リセット後の初期状態では動作が停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細については、「10. 低消費電力モード」を参照してください。

29.9.2 動作クロックの設定

動作クロックは以下のように設定してください。

- CAN モジュールでは、以下のクロック制約を満たす必要があります。
 $PCLKB \geq CANMCLK$
- CCLKS ビットが 0 の場合、CAN モジュールの周辺モジュールクロックソースは PLL でなければなりません。

30. シリアルペリフェラルインタフェース (SPI)

30.1 概要

シリアルペリフェラルインタフェース (SPI) には 1 チャンネルあります。SPI によって、複数のプロセッサや周辺デバイスとの高速な全二重同期式シリアル通信が可能です。表 30.1 に SPI の仕様を、図 30.1 にブロック図を、表 30.2 に入出力端子を示します。

表 30.1 SPI の仕様 (1/2)

項目	内容
チャンネル数	1 チャンネル
SPI 転送機能	<ul style="list-style-type: none"> • MOSI (Master Out/Slave In)、MISO (Master In/Slave Out)、SSL (Slave Select)、RSPCK (SPI Clock) の各信号号を使用して、SPI 動作 (4 線式) またはクロック同期式動作 (3 線式) によるシリアル通信が可能 • 送信のみの動作が可能 • 受信のみの動作が可能 (スレーブモードのみ) • 通信モード: 全二重または送信のみを選択可能 • RSPCK 極性切り替え • RSPCK 位相切り替え
データフォーマット	<ul style="list-style-type: none"> • MSB ファーストまたは LSB ファーストを選択可能 • 転送ビット長を 8、9、10、11、12、13、14、15、16、20、24、32 ビットから選択可能 • 128 ビット送信/受信バッファ • 一度の送受信で最大 4 フレームを転送 (1 フレームは最大 32 ビット) • バイトスワップ動作機能 • 送受信データは反転可能
ビットレート	<ul style="list-style-type: none"> • マスタモード時、内蔵ポーレートジェネレータで PCLKA を分周して RSPCK を生成 (分周比は 2~4096 分周) • スレーブモード時は、PCLKA の最小 4 分周のクロックを、RSPCK として入力可能 (RSPCK の最高周波数は PCLKA の 4 分周) High 幅: PCLKA の 2 サイクル、Low 幅: PCLKA の 2 サイクル
バッファ構成	<ul style="list-style-type: none"> • 送信および受信バッファはそれぞれダブルバッファ構造 • 送信および受信バッファは 128 ビット
エラー検出	<ul style="list-style-type: none"> • モードフォルトエラー検出 • アンダーランエラー検出 • オーバーランエラー検出(注1) • パリティエラー検出
SSL 制御機能	<ul style="list-style-type: none"> • 1 チャンネルあたり 4 本の SSL 端子 (SSLn: SSLn0~SSLn3) (n = A) • シングルマスタモード時、SSLn0~SSLn3 端子は出力 • マルチマスタモード時、SSLn0 端子は入力、SSLn1~SSLn3 端子は出力または未使用 • スレーブモード時、SSLn0 端子は入力、SSLn1~SSLn3 端子は未使用 • SSL 出力のアサートから RSPCK 動作までの遅延 (RSPCK 遅延) を制御可能 設定範囲: 1~8RSPCK 周期 (設定単位: 1RSPCK 周期) • RSPCK 停止から SSL 出力のネゲートまでの遅延 (SSL ネゲート遅延) を制御可能 設定範囲: 1~8RSPCK 周期 (設定単位: 1RSPCK 周期) • 次アクセスの SSL 出力アサートのウェイト (次アクセス遅延) を制御可能 設定範囲: 1~8RSPCK 周期 (設定単位: 1RSPCK 周期) • SSL 極性変更機能 • パースト転送時のフレーム間遅延を設定可能
マスタ転送時の制御方式	<ul style="list-style-type: none"> • 最大 8 コマンドで構成された転送を連続してループ実行可能 • 各コマンドに以下の項目を設定可能: SSL 信号値、ビットレート、RSPCK 極性/位相、転送データ長、MSB/LSB ファースト、パースト、RSPCK 遅延、SSL ネゲート遅延、次アクセス遅延 • 送信バッファへの書き込みによる転送起動 • SSL ネゲート時の MOSI 信号値を設定可能 • RSPCK 自動停止機能
割り込み要因	<p>割り込み要因:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 受信バッファフル割り込み • 送信バッファエンプティ割り込み • SPI エラー割り込み (モードフォルトエラー、オーバーランエラー、パリティエラー) • SPI アイドル割り込み (SPI アイドル) • 送信完了割り込み

表 30.1 SPI の仕様 (2/2)

項目	内容
イベントリンク機能	以下のイベントをイベントリンクコントローラ (ELC) へ出力可能 : <ul style="list-style-type: none"> ● 受信バッファフル信号 ● 送信バッファエンpty信号 ● モードフォルト/アンダーラン/オーバーラン/パリティエラー信号 ● SPI アイドル信号 ● 通信終了信号
その他	<ul style="list-style-type: none"> ● CMOS 出力/オープンドレイン出力の切り替え ● SPI 初期化機能 ● ループバックモード
モジュールストップ機能	モジュールストップ状態への設定が可能
TrustZone フィルタ	セキュリティ属性を設定可能

注 1. マスタ受信時に RSPCK 自動停止機能が有効な場合は、オーバーランエラーが検出されると転送クロックが停止するため、オーバーランエラーは発生しません。

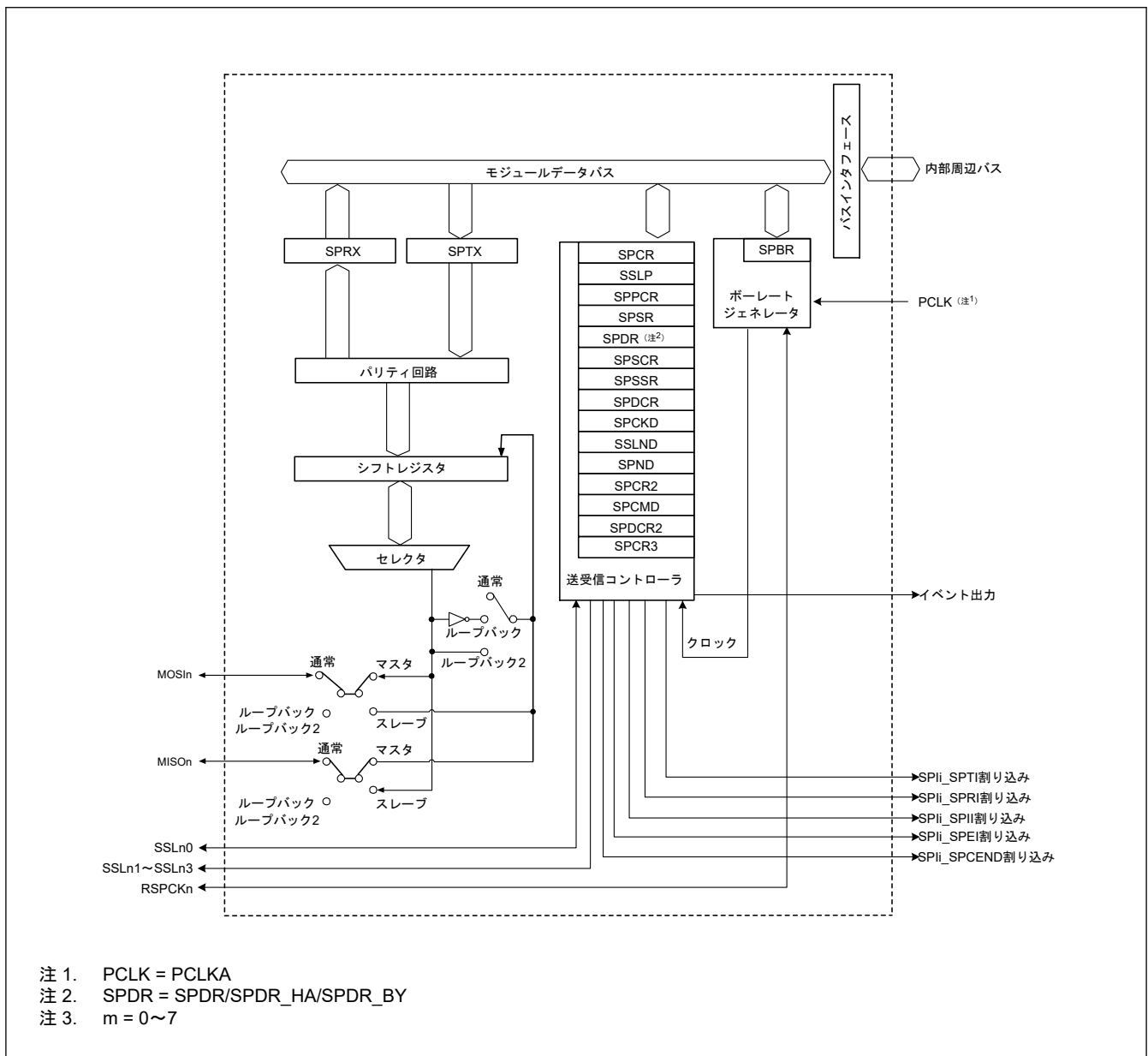


図 30.1 SPI のブロック図

SSLn0 端子の入出力方向は、SPI が自動的に切り替えます。SSLn0 端子は、SPI がシングルマスタの場合は出力状態、マルチマスタまたはスレーブの場合は入力状態になります。RSPCKn、MOSIn、および MISO_n 端子の入出力方向は、マスタ/スレーブ設定と SSLn0 端子の入力レベルに応じて、SPI が自動的に切り替えます。詳細は、「30.3.2. SPI 端子の制御」を参照してください。

表 30.2 SPI の端子構成

チャンネル	端子名	入出力	内容
SPI0	RSPCKA	入出力	クロック入出力
	SSLA0	入出力	スレーブセレクト入出力
	SSLA1~SSLA3	出力	スレーブセレクト出力
	MOSIA	入出力	マスタ送出データ入出力
	MISOA	入出力	スレーブ送出データ入出力

30.2 レジスタの説明

30.2.1 SPCR : SPI コントロールレジスタ

Base address: SPI0 = 0x4011_A000

Offset address: 0x00

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	SPRIE	SPE	SPTIE	SPEIE	MSTR	MODFEN	TXMD	SPMS
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SPMS	SPI モード選択 0: SPI 動作 (4 線式) を選択 1: クロック同期式動作 (3 線式) を選択	R/W
1	TXMD	通信動作モード選択 0: 全二重同期式シリアル通信を選択 1: 送信のみのシリアル通信を選択	R/W
2	MODFEN	モードフォルトエラー検出許可 0: モードフォルトエラー検出を禁止 1: モードフォルトエラー検出を許可	R/W
3	MSTR	SPI マスタ/スレーブモード選択 0: スレーブモードを選択 1: マスタモードを選択	R/W
4	SPEIE	SPI エラー割り込み許可 0: SPI エラー割り込み要求を禁止 1: SPI エラー割り込み要求を許可	R/W
5	SPTIE	送信バッファエンプティ割り込み許可 0: 送信バッファエンプティ割り込み要求を禁止 1: 送信バッファエンプティ割り込み要求を許可	R/W
6	SPE	SPI 機能有効 0: SPI 機能を無効 1: SPI 機能を有効	R/W
7	SPRIE	SPI 受信バッファフル割り込み許可 0: SPI 受信バッファフル割り込み要求を禁止 1: SPI 受信バッファフル割り込み要求を許可	R/W

SPMS ビット (SPI モード選択)

SPMS ビットは SPI 動作 (4 線式) またはクロック同期式動作 (3 線式) を選択します。

クロック同期式動作では、SSLn0～SSLn3 端子は使用されません。RSPCKn 端子、MOSIn 端子、MISO_n 端子の 3 端子を用いて通信を行います。また、マスタモード (MSTR = 1) でクロック同期式動作を行う場合は、SPCMDm.CPHA ビットを 0 または 1 にしてください。スレーブモード (MSTR = 0) でクロック同期式動作を行う場合は、必ず CPHA ビットを 1 にしてください。スレーブモード (MSTR = 0) でクロック同期式動作を行う場合、CPHA ビットが 0 であれば、動作を行わないでください。

TXMD ビット (通信動作モード選択)

TXMD ビットは全二重同期式のシリアル通信または送信のみのシリアル通信を選択します。TXMD ビットを 1 にして通信を行う場合、SPI は送信のみを行い、受信動作を行いません (「30.3.6. データ転送モード」を参照してください)。また、TXMD ビットを 1 にした場合、受信バッファフルの割り込み要求を使用することはできません。

受信専用スレーブモードでは、TXMD の設定は無効です。

MODFEN ビット (モードフォルトエラー検出許可)

MODFEN ビットはモードフォルトエラーの検出を許可または禁止します (「30.3.9. エラー検出」を参照)。また、SPI は MODFEN ビットと MSTR ビットとの組み合わせに基づいて、SSLni 端子の入出力方向を決定します (「30.3.2. SPI 端子の制御」を参照)。

MSTR ビット (SPI マスタ/スレーブモード選択)

MSTR ビットは SPI に対してマスタモードまたはスレーブモードを選択します。SPI は MSTR ビットの設定に従って、RSPCKn、MOSIn、MISO_n、および SSLni 端子の方向を決定します。

SPEIE ビット (SPI エラー割り込み許可)

SPEIE ビットは、以下の場合に、SPI エラー割り込み要求の発生を許可または禁止します。

- SPI がモードフォルトエラーまたはアンダーランエラーを検出し、SPSR.MODF フラグを 1 にした場合
- SPI がオーバーランエラーを検出し、SPSR.OVRF フラグを 1 にした場合
- SPI がパリティエラーを検出し、SPSR.PERF フラグを 1 にした場合

詳細は「30.3.9. エラー検出」を参照してください。

SPTIE ビット (送信バッファエンプティ割り込み許可)

SPTIE ビットは SPI が送信バッファエンプティを検出したときの、送信バッファエンプティ割り込み要求の発生を許可または禁止します。送信開始時の送信バッファエンプティ割り込み要求は、SPE ビットと SPTIE ビットを同時に 1 にするか、または SPTIE ビットを 1 にした後、SPE ビットを 1 にすることで発生します。

SPI 機能が無効 (SPE ビットを 0 に変更) にしても、SPTIE ビットが 1 であると、割り込みが発生します。

SPE ビット (SPI 機能有効)

SPE ビットは SPI 機能を有効または無効にします。SPSR.MODF フラグが 1 の場合、SPE ビットを 1 にすることはできません。詳細は、「30.3.9. エラー検出」を参照してください。

SPE ビットを 0 にすると、SPI 機能が無効になり、このモジュール機能の一部が初期化されます。詳細は、「30.3.10. SPI の初期化」を参照してください。また、SPE ビットを 0 から 1 へまたは 1 から 0 へ切り替えると、送信バッファエンプティ割り込み要求が発生します。

SPRIE ビット (SPI 受信バッファフル割り込み許可)

SPRIE ビットは SPI がシリアル転送完了後の受信バッファフルを検出したときの、SPI 受信バッファフル割り込み要求の発生を許可または禁止します。

30.2.2 SSLP : SPI スレーブ選択極性レジスタ

Base address: SPI0 = 0x4011_A000

Offset address: 0x01

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	SSL3P	SSL2P	SSL1P	SSL0P

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SSL0P	SSLn0 端子の信号極性設定 0: SSLn0 端子の信号はアクティブ Low 1: SSLn0 端子の信号はアクティブ High	R/W
1	SSL1P	SSLn1 端子の信号極性設定 0: SSLn1 端子の信号はアクティブ Low 1: SSLn1 端子の信号はアクティブ High	R/W
2	SSL2P	SSLn2 端子の信号極性設定 0: SSLn2 端子の信号はアクティブ Low 1: SSLn2 端子の信号はアクティブ High	R/W
3	SSL3P	SSLn3 端子の信号極性設定 0: SSLn3 端子の信号はアクティブ Low 1: SSLn3 端子の信号はアクティブ High	R/W
7:4	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

30.2.3 SPPCR : SPI 端子コントロールレジスタ

Base address: SPI0 = 0x4011_A000

Offset address: 0x02

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	MOIFE	MOIFV	—	—	SPLP2	SPLP

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SPLP	SPI ループバック 0: 通常モード 1: ループバックモード (受信データ = 送信データの反転)	R/W
1	SPLP2	SPI ループバック 2 0: 通常モード 1: ループバックモード (受信データ = 送信データ)	R/W
3:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	MOIFV	MOSI アイドル固定値 0: MOSI アイドル時の MOSIn 端子の出力レベルを Low に設定 1: MOSI アイドル時の MOSIn 端子の出力レベルを High に設定	R/W
5	MOIFE	MOSI アイドル値固定許可 0: MOSI 出力値は前回転送の最終データに設定 1: MOSI 出力値は MOIFV ビットの設定値に設定	R/W
7:6	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

SPLP ビット (SPI ループバック)

SPLP ビットは SPI の端子モードを選択します。SPLP ビットが 1 の場合、SPCR.MSTR ビットが 1 であれば、SPI は MISO_n 端子とシフトレジスタ間の経路を遮断し、SPCR.MSTR ビットが 0 であれば、MOSIn 端子とシフトレジスタ間の経路を遮断します。その後、SPI はシフトレジスタの入力経路の値を反転し、出力経路に接続します (ループバックモード)。詳細は、「[30.3.13. ループバックモード](#)」を参照してください。

SPLP2 ビット (SPI ループバック 2)

SPLP2 ビットは SPI の端子モードを選択します。SPLP2 ビットが 1 の場合、SPCR.MSTR ビットが 1 であれば、SPI は MISO_n 端子とシフトレジスタ間の経路を遮断し、SPCR.MSTR ビットが 0 であれば、MOSI_n 端子とシフトレジスタ間の経路を遮断します。その後、SPI はシフトレジスタの入力経路の値を反転せず出力経路に接続します (ループバックモード)。詳細は、「[30.3.13. ループバックモード](#)」を参照してください。

MOIFV ビット (MOSI アイドル固定値)

マスタモードで MOIFE ビットが 1 の場合、MOIFV ビットは SSL ネゲート期間 (バースト転送における SSL 保持期間を含む) における MOSI_n 端子の出力値を決定します。

MOIFE ビット (MOSI アイドル値固定許可)

MOIFE ビットは、SPI がマスタモードで SSL ネゲート期間 (バースト転送における SSL 保持期間を含む) である場合、MOSI_n 端子の出力値を固定します。MOIFE ビットが 0 の場合、SPI は SSL ネゲート期間中に前回のシリアル転送の最終データを MOSI_n 端子に出力します。MOIFE ビットが 1 の場合、SPI は MOIFV ビットに設定された固定値を MOSI_n 端子に出力します。

30.2.4 SPSR : SPI ステータスレジスタ

Base address: SPI0 = 0x4011_A000

Offset address: 0x03

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	SPRF	CEND F	SPTF F	UDRF	PERF	MODF	IDLNF	OVRF
Value after reset:	0	0	1	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	OVRF	オーバーランエラーフラグ 0: オーバーランエラーの発生なし 1: オーバーランエラーの発生あり	R/W(注1)
1	IDLNF	SPI アイドルフラグ 0: SPI がアイドル状態 1: SPI が転送状態	R
2	MODF	モードフォルトエラーフラグ 0: モードフォルトエラーおよびアンダーランエラーの発生なし 1: モードフォルトエラーおよびアンダーランエラーの発生あり	R/W(注1)
3	PERF	パリティエラーフラグ 0: パリティエラーの発生なし 1: パリティエラーの発生あり	R/W(注1)
4	UDRF	アンダーランエラーフラグ MODF フラグが 1 の場合、UDRF ビットは有効です。 0: モードフォルトエラー発生 (MODF = 1) 1: アンダーランエラー発生 (MODF = 1)	R/W(注1) (注2)
5	SPTF	SPI 送信バッファエンプティフラグ 0: 送信バッファにデータあり 1: 送信バッファにデータなし	R/W(注3)
6	CENDF	通信終了フラグ 0: 通信中または通信なし 1: 通信終了	R/W(注1)
7	SPRF	SPI 受信バッファフルフラグ 0: SPDR レジスタに有効なデータなし 1: SPDR レジスタに有効なデータあり	R/W(注3)

注 1. フラグをクリアするため、1 を読んだあとに 0 を書き込むことのみ可能です。

注 2. MODF フラグをクリアすると同時に、UDRF フラグをクリアしてください。

注 3. 書く場合、1 としてください。

OVRF フラグ (オーバーランエラーフラグ)

OVRF フラグはオーバーランエラーの発生を示します。マスタモード (SPCR.MSTR=1) かつ RSPCK クロック自動停止機能有効 (SPCR1.SCKASE=1) の場合、オーバーランエラーは発生せず、このフラグは 1 になりません。詳細は、「[30.3.9.1. オーバーランエラー](#)」を参照してください。

[1 になる条件]

受信バッファフルの状態、次のシリアル転送が終了し、かつ以下の 1 つを満たしたとき

- SPCR.TXMD = 0 (送受信マスタモード、送受信スレーブモード、または受信スレーブモード)
- SPCR.MSTR = 0 かつ SPCR3.ETXMD = 1 (受信スレーブモード)

[0 になる条件]

- OVRF フラグが 1 の状態で SPSR レジスタを読んだ後、OVRF フラグに 0 を書いたとき

IDLNF フラグ (SPI アイドルフラグ)

IDLNF フラグは SPI の転送状況を示します。

[1 になる条件]

マスタモード

- このフラグの [0 になる条件] に示した、マスタモード時のいずれの条件も満たさないとき

スレーブモード

- SPCR.SPE ビットが 1 (SPI 機能が有効) のとき

[0 になる条件]

マスタモード

条件 1 が満たされたとき、または他のすべての条件が満たされたとき

- 条件 1: SPCR.SPE ビットが 0 (SPI 初期化) のとき
- 条件 2: 送信バッファ (SPTX) が空である (次転送データがセットされていない) とき
- 条件 3: SPI 内部シーケンサがアイドル状態へ遷移したとき (次アクセス遅延までの動作が完了した状態)
- 条件 4: SPSR.SPSP[2:0] ビットが 000b (シーケンス制御の先頭) であるとき

スレーブモード

- 条件 1 が満たされたとき

MODF フラグ (モードフォルトエラーフラグ)

MODF フラグはモードフォルトエラーまたはアンダーランエラーの発生を示します。発生したエラーの種類は UDRF フラグによって示されます。

[1 になる条件]

マルチマスタモード

- SPCR.MSTR ビットが 1 (マスタモード)、SPCR.MODFEN ビットが 1 (モードフォルトエラー検出を許可) の状態で、SSLni 端子の入力レベルがアクティブレベルになり、モードフォルトエラーが発生したとき

スレーブモード

- 条件 1 または 2 が満たされたとき

- 条件 1: SPCR.MSTR ビットが 0 (スレーブモード)、かつ SPCR.MODFEN ビットが 1 (モードフォルトエラー検出許可) の状態で、データ転送に必要な RSPCK サイクルが終了する前に SSLni 端子がネゲートされ、モードフォルトエラーが発生した場合
- 条件 2: SPCR.MSTR ビットが 0 (スレーブモード)、SPCR.SPE ビットが 1、かつ送信データが準備されていない状態で、シリアル転送が開始されたため、アンダーランエラーが発生した場合

なお、SSLni 信号のアクティブレベルは、SSLP.SSLiP ビット (SSLi 信号極性設定ビット) によって決定されま
す。

[0 になる条件]

- このフラグが 1 の状態で SPSR レジスタを読んだ後、本フラグに 0 を書いたとき

PERF フラグ (パリティエラーフラグ)

PERF フラグはパリティエラーの発生を示します。

[1 になる条件]

SPCR2.SPPE ビットが 1 の状態で、シリアル転送が終了し、パリティエラーが発生し、かつ以下の 1 つを満たし
たとき

- SPCR.TXMD = 0 (送受信マスタモード、送受信スレーブモード、または受信スレーブモード)
- SPCR.MSTR = 0 かつ SPCR3.ETXMD = 1 (受信スレーブモード)

[0 になる条件]

- PERF フラグが 1 の状態で SPSR レジスタを読んだ後、本フラグに 0 を書いたとき

UDRF フラグ (アンダーランエラーフラグ)

UDRF フラグはアンダーランエラーの発生を示します。

[1 になる条件]

- SPCR.MSTR ビットが 0 (スレーブモード)、SPCR3.ETXMD ビットが 0 (送受信スレーブモードまたは送信ス
レーブモード)、SPCR.SPE ビットが 1、かつ送信データが準備されていない状態で、シリアル転送が開始さ
れたため、アンダーランエラーが発生したとき

[0 になる条件]

- UDRF フラグが 1 の状態で SPSR レジスタを読んだ後、本フラグに 0 を書いたとき

SPTEF フラグ (SPI 送信バッファエンプティフラグ)

SPTEF フラグは SPI データレジスタ (SPDR/SPDR_HA) の送信バッファの状態を示します。

[1 になる条件]

- 以下の条件 1 または条件 2 が満たされたとき
 1. SPI 初期化のため、SPCR.SPE ビットが 0 であるとき
 2. 送信データ (SPDCR.SPFC[1:0] ビットで指定されるフレームサイズ) が送信バッファからシフトレジスタ
へ転送されたとき

[0 になる条件]

- SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタに書き込まれたデータが、SPI データコントロールレジスタ (SPDCR) の
SPFC[1:0] ビットに設定したフレーム数に等しいとき

なお、SPTEF フラグが 1 の場合のみ、データを SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタに書き込むことができます。
SPTEF フラグが 0 のときに SPDR/SPDR_HA レジスタの送信バッファにデータが書き込まれた場合、送信バッ
ファのデータは更新されません。

CENDF フラグ (通信終了フラグ)

本フラグは、SPI の通信終了ステータスを示します。通信終了時に 1 となり、次の通信開始時に 0 となります。

[1 になる条件]

マスタモード

以下 3 つの条件を満たしたとき

- 送信バッファ (SPTX) が空である (次の送信データが存在しない)
- SPSSR.SPCCP[2:0] ビットが 000b である (連続コントロールの先頭を意味する)

- SPI 内部シーケンサが、アイドル状態に遷移した（次アクセス遅延完了を意味する）

SPI シリアル通信、送受信／送信のみスレーブモード（4 線式：SPCR.SPMS ビット=0 のとき）

以下 3 つの条件を満たしたとき

- 送信バッファ (SPTX) が空である（次の送信データが存在しない）
- 送信シフトレジスタが空である（SPI がシリアル転送をしないことを意味する）
- SSL0 がネゲートされた

クロック同期モード、送受信／送信のみスレーブモード（3 線式：SPCR.SPMS ビット=1 のとき）

以下 3 つの条件を満たしたとき

- 送信バッファ (SPTX) が空である（次の送信データが存在しない）
- 送信シフトレジスタが空である（SPI がシリアル転送をしないことを意味する）
- 最終データの RSPCK の最終偶数エッジを検出した（SPCMD.CPHA ビット=1 のとき）

SPI シリアル通信、受信のみスレーブモード（4 線式：SPCR.SPMS ビット=0 のとき）

以下の条件を満たしたとき

- 受信バッファに最終データが書き込まれた後、SSL0 がネゲートされた

クロック同期モード、受信のみスレーブモード（3 線式：SPCR.SPMS ビット=1 のとき）

以下の条件を満たしたとき

- 最終データの RSPCK の最終偶数エッジを検出した（SPCMD.CPHA ビット=1 のとき）

[0 になる条件]

マスタモード

以下のいずれかの条件を満たしたとき

- 次の送信データが送信バッファ (SPTX) に書かれたとき
- CENDF フラグが 1 のとき SPSR レジスタ読み出し後 CENDF フラグに 0 が書き込まれたとき

送受信／送信のみスレーブモード

以下のいずれかの条件を満たしたとき

- 次の送信データが送信バッファ (SPTX) に書かれたとき
- CENDF フラグが 1 のとき SPSR レジスタ読み出し後 CENDF フラグに 0 が書き込まれたとき

SPI シリアル通信、受信のみスレーブモード（4 線式：SPCR.SPMS ビット=0 のとき）

以下のいずれかの条件を満たしたとき

- 次のデータの SSL0 アサートを検出した
- CENDF フラグが 1 のとき SPSR レジスタ読み出し後 CENDF フラグに 0 が書き込まれたとき

クロック同期モード、受信のみスレーブモード（3 線式：SPCR.SPMS ビット=1 のとき）

以下のいずれかの条件を満たしたとき

- 次のデータの RSPCK の最初のエッジを検出した
- CENDF フラグが 1 のとき SPSR レジスタ読み出し後 CENDF フラグに 0 が書き込まれたとき

SPRF フラグ（SPI 受信バッファフルフラグ）

SPRF フラグは、SPI データレジスタ (SPDR/SPDR_HA) の受信バッファの状態を示します。

[1 になる条件]

- SPRF フラグが 0 の状態で、SPDCR.SPFC[1:0] ビットで指定されるフレームサイズの受信データがシフトレジスタから SPDR レジスタへ転送されたとき。また、以下のうちいずれかを満たしたとき。ただし、OVRF フラグが 1 の場合、SPRF フラグは 0 から 1 に変更されません。
 - SPCR.TXMD = 0 (送受信マスタモード、送受信スレーブモード、または受信専用スレーブモード)
 - SPCR.MSTR = 0 かつ SPCR3.ETXMD = 1 (受信専用スレーブモード)

[0 になる条件]

- 受信データが SPDR レジスタから読み出されたとき

30.2.5 SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY : SPI データレジスタ

Base address: SPI0 = 0x4011_A000

Offset address: 0x04

Bit position: 31

0

Bit field:

Value after reset: 0

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	n/a	SPI データ	R/W

SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタは、SPI 送受信用のデータを格納するバッファとのインタフェースです。ワードアクセス (SPDCR.SPLW ビットが 1) の場合は、SPDR レジスタにアクセスしてください。ハーフワードアクセス (SPLW ビットが 0) の場合は、SPDR_HA レジスタにアクセスしてください。バイトアクセス (SPDCR.SPBYT ビットが 1) の場合は、SPDR_BY レジスタにアクセスしてください。

送信バッファ (SPTX) と受信バッファ (SPRX) は独立したバッファですが、SPDR レジスタにマッピングされています。図 30.2 に、SPDR レジスタの構成図を示します。

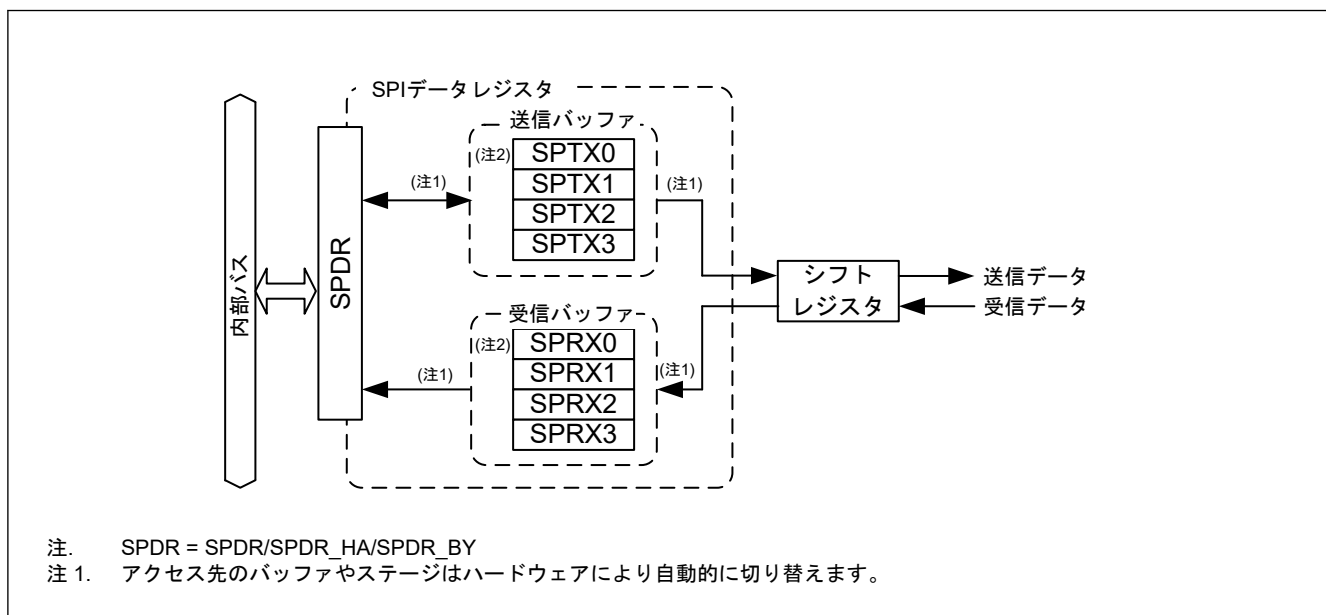


図 30.2 SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタの構成図

送信バッファと受信バッファは、それぞれ 1 ステージあります。SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタの 1 アドレスに、この合計 4 バッファステージすべてがマッピングされます。

SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタへ書き込まれたデータは、送信バッファステージ (SPTXn) (n = 0~3) へ書き込まれた後、バッファから送信されます。受信バッファは、受信完了時に受信データを格納します。オーバーランが発生すると、受信バッファは更新されません。

データ長が 32 ビット以外の場合、SPRX_n (n=0~3) の関連ビットには、SPTX_n (n=0~3) の非参照ビットが格納されます。たとえば、データ長が 9 ビットのデータを受信した場合、SPRX[8:0] ビットには受信データが格納され、SPRX[31:9] ビットには SPTX[31:9] ビットが格納されます。

(1) バスインタフェース

SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタは、32 ビットの送信および受信バッファとのインタフェースであり、それぞれのバッファが 1 ステージを持ち、合計 32 バイトになります。これらの 32 バイトを SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタの 4 バイトのアドレス空間にマッピングしています。SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタへのアクセスは、SPI データコントロールレジスタの SPI ワードアクセス/ハーフワードアクセス設定ビット (SPDCR.SP1W) で設定したアクセスサイズで行ってください。SPDR レジスタへのアクセスは、SPI データコントロールレジスタの SPI バイトアクセスビット (SPDCR.SPBYT) で設定したアクセスサイズでも行うことができます。

送信データは、LSB 詰めで書いてください。受信データは LSB 詰めで格納されます。

以下では、SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタに対する書き込みおよび読み出しに関連する動作について説明します。

書き込み

SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタに書き込むことによって、送信バッファ (SPTX) にデータを書き込むことができます。SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタの読み出し時と異なり、書き込みは SPDCR.SPRDTD ビットの値に影響されません。送信バッファには送信バッファライトポイントがあり、SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタへデータを書き込むたびに、ポイントが自動更新され、次のステージを参照するようになります。

図 30.3 に SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタへの書き込み時の送信バッファ付きバスインタフェースの構成を示します。

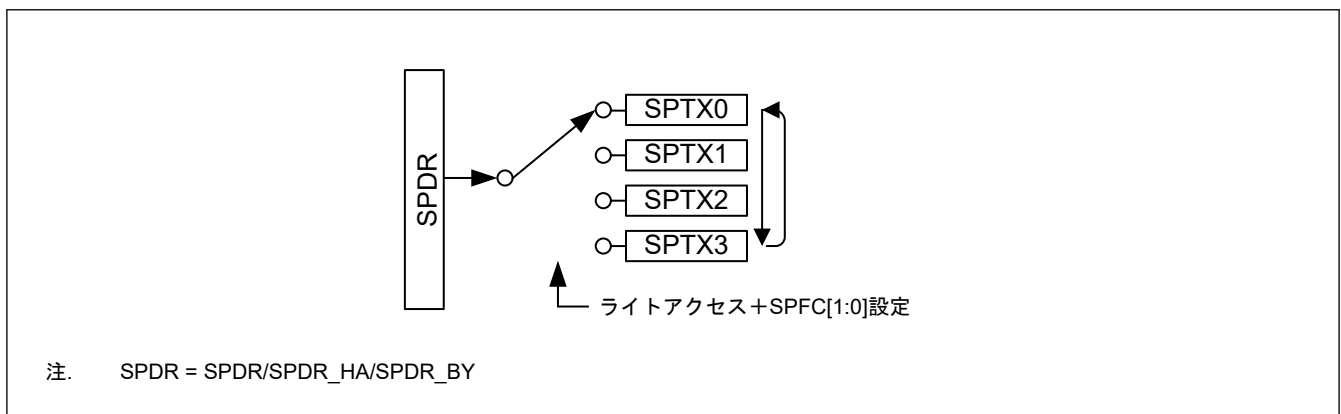


図 30.3 書き込み時の SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタの構成図

送信バッファライトポイントの切り替えシーケンスは、SPI データコントロールレジスタのフレーム数設定ビット (SPDCR.SPFC[1:0]) の設定と異なります。SPFC[1:0] の設定と SPTX0~SPTX3 のポイント切り替えのシーケンスの関係は以下の通りです。

- SPFC[1:0] = 00b の場合 SPTX0 → SPTX0 → SPTX0 → ...
- SPFC[1:0] = 01b の場合 SPTX0 → SPTX1 → SPTX0 → SPTX1 → ...
- SPFC[1:0] = 10b の場合 SPTX0 → SPTX1 → SPTX2 → SPTX0 → SPTX1 → ...
- SPFC[1:0] = 11b の場合 SPTX0 → SPTX1 → SPTX2 → SPTX3 → SPTX0 → SPTX1 → ...

SPI コントロールレジスタの SPI 機能有効ビット (SPCR.SPE) の値が 0 の状態で、同ビットに 1 を書くと、次の書き込み先は SPTX0 になります。

送信バッファエンプティ割り込みの発生後 (SPSR.SPTEF = 1)、送信バッファ (SPTX_n) へ書き込む際は、SPI データコントロールレジスタ (SPDCR) の SPFC[1:0] ビットで設定したフレーム数分を書き込んでください。送信バッファ (SPTX_n) に指定したフレーム数を書き込んで、書き込み完了後、次の送信バッファエンプティ割り込み (SPTEF = 0) が発生するまでの期間は、バッファの値は更新されません。

読み出し

SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタにアクセスすることによって、受信バッファ (SPRX) または送信バッファ (SPTX) の値を読み出すことができます。SPI データコントロールレジスタの SPI 受信/送信データ選択ビット (SPDCR.SPRDTD) の設定によって、受信バッファと送信バッファのどちらの内容を読み出すかが決まります。SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタの読み出し順序は、独立した受信バッファリードポインタと送信バッファリードポインタによって制御されます。

図 30.4 に、SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタからの読み出し時の受信および送信バッファのバスインタフェースの構成図を示します。

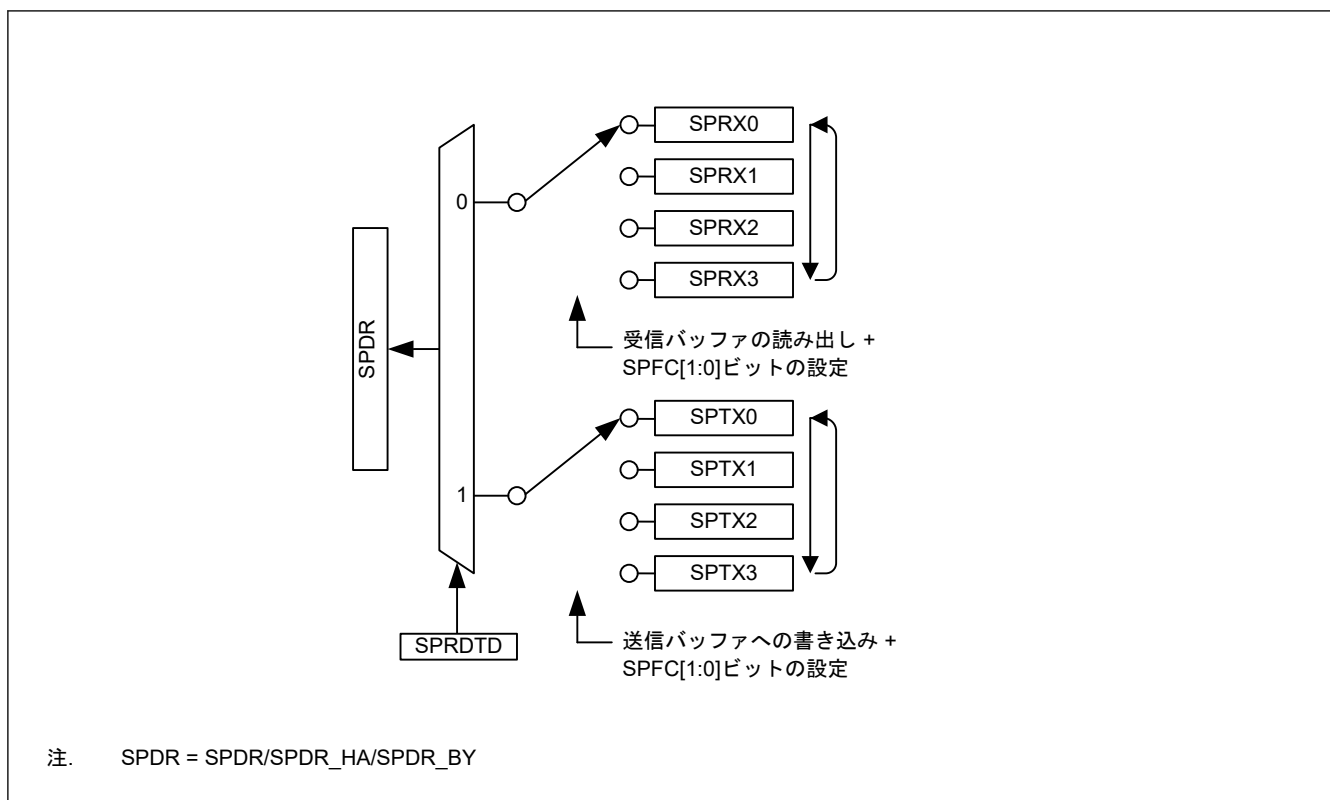


図 30.4 読み出し時の SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタの構成図

受信バッファを読み出すと、受信バッファリードポインタが次のバッファに自動的に切り替わります。受信バッファリードポインタの切り替え順序は、送信バッファライトポインタと同じです。ただし、SPI コントロールレジスタの SPI 機能有効ビット (SPCR.SPE) が 1 の状態で、本ビットに 1 を書くと、次の読み出し時はバッファリードポインタによって SPRX0 が参照されます。

送信バッファリードポインタは、SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタへの書き込み時に更新され、送信バッファからの読み出し時には更新されません。送信バッファを読み出すと、SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY レジスタに最後に書き込まれた値が読み出せます。

ただし、送信バッファエンpty割り込み発生後、SPDCR.SPFC[1:0] ビットで設定したフレーム数分のデータ書き込み完了から次の送信バッファエンpty割り込み発生 (SPTEF = 0) までの期間は、送信バッファからの読み出し値がすべて 0 となります。

30.2.6 SPSCR : SPI シーケンスコントロールレジスタ

Base address: SPI0 = 0x4011_A000

Offset address: 0x08

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	SPSLN[2:0]		

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	SPSLN[2:0]	SPI シーケンス長設定 これらのビットで設定したシーケンス長によって、SPCMD0～SPCMD7 レジスタの参照順序が決まります。また、シーケンス長と、SPI が参照する SPCMD0～SPCMD7 レジスタの関係が定義されます。スレーブモードでは、SPI は SPCMD0 レジスタを参照します。 0 0 0: 1 0→0→... 0 0 1: 2 0→1→0→... 0 1 0: 3 0→1→2→0→... 0 1 1: 4 0→1→2→3→0→... 1 0 0: 5 0→1→2→3→4→0→... 1 0 1: 6 0→1→2→3→4→5→0→... 1 1 0: 7 0→1→2→3→4→5→6→0→... 1 1 1: 8 0→1→2→3→4→5→6→7→0→...	R/W
7:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

SPSCR レジスタは、SPI がマスタモードで動作する場合のシーケンス長を指定するためのレジスタです。SPCR.MSTR および SPCR.SPE ビットがともに 1 の状態で SPSLN[2:0] ビットを変更する場合、事前に SPSR.IDLNF フラグが 0 であることを確認してください。

SPSLN[2:0]ビット (SPI シーケンス長設定)

SPSLN[2:0]ビットはマスタモードの SPI がシーケンス動作する場合のシーケンス長を指定します。マスタモードの SPI は、このシーケンス長の設定に応じて、参照する SPCMD0～SPCMD7 レジスタとその参照順序を変更します。スレーブモードでは、SPCMD0 レジスタが参照されます。

30.2.7 SPSSR : SPI シーケンスステータスレジスタ

Base address: SPI0 = 0x4011_A000

Offset address: 0x09

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	—	SPECM[2:0]	—	SPCP[2:0]
------------	---	------------	---	-----------

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	SPCP[2:0]	SPI コマンドポインタ 0 0 0: SPCMD0 0 0 1: SPCMD1 0 1 0: SPCMD2 0 1 1: SPCMD3 1 0 0: SPCMD4 1 0 1: SPCMD5 1 1 0: SPCMD6 1 1 1: SPCMD7	R
3	—	読むと 0 が読めます。	R
6:4	SPECM[2:0]	SPI エラーコマンド 0 0 0: SPCMD0 0 0 1: SPCMD1 0 1 0: SPCMD2 0 1 1: SPCMD3 1 0 0: SPCMD4 1 0 1: SPCMD5 1 1 0: SPCMD6 1 1 1: SPCMD7	R
7	—	読むと 0 が読めます。	R

SPSSR レジスタは、SPI がマスタモードで動作する場合のシーケンス制御の状態を示します。SPSSR レジスタへの書き込みは無効です。

SPCP[2:0]ビット (SPI コマンドポインタ)

SPCP[2:0]ビットは SPI によるシーケンス制御中に、ポインタで参照されている SPCMDm レジスタを示します。SPI のシーケンス制御については、「[30.3.11.1. マスタモード動作](#)」を参照してください。

SPECM[2:0]ビット (SPI エラーコマンド)

SPECM[2:0]ビットは SPI によるシーケンス制御中にエラーが検出されたとき、SPCP[2:0]ビットで指定した SPCMDm レジスタを示します。SPI は、エラー検出時のみ SPECM[2:0]ビットを更新します。SPSR.OVRF および SPSR.MODF フラグがともに 0 で、エラーが発生していない場合、SPECM[2:0]ビット値には意味がありません。

SPI のエラー検出機能については、「[30.3.9. エラー検出](#)」を参照してください。SPI のシーケンス制御については、「[30.3.11.1. マスタモード動作](#)」を参照してください。

30.2.8 SPBR : SPI ビットレートレジスタ

Base address: SPI0 = 0x4011_A000

Offset address: 0x0A

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:								
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	n/a	ビットレート	R/W

SPBR レジスタは、マスタモード時のビットレートを設定するレジスタです。

SPI をスレーブモードで使用する場合、SPBR レジスタと SPCMDm.BRDV[1:0]ビット (ビットレート分周設定ビット) の設定に関係なく、ビットレートは入力クロックのビットレートに依存します。入力クロックには、常にデバイスの電気的特性を満たすビットレートを選択してください。

ビットレートは、SPBR レジスタの設定値と SPCMDm.BRDV[1:0] ビットの設定値の組み合わせで決定されます。次式でビットレートを計算してください。

$$\text{ビットレート} = \frac{f(\text{PCLK})}{2 \times (n+1) \times 2^N}$$

(PCLK = PCLKA)

この式で、n は SPBR レジスタの設定値 (0, 1, 2, ..., 255)、N は SPCMDm.BRDV[1:0] ビットの設定値 (0, 1, 2, 3) です。

SPBR レジスタの設定値、BRDV[1:0]ビットの設定値、およびビットレートの関係の例を表 30.3 に示します。

表 30.3 SPBR レジスタの設定値、BRDV[1:0]ビットの設定値、およびビットレートの関係 (1/2)

SPBR(n)	BRDV[1:0]ビット (N)	分周比	ビットレート
			PCLKA = 32 MHz
0	0	2	16.0 Mbps
1	0	4	8.00 Mbps
2	0	6	5.33 Mbps
3	0	8	4.00 Mbps
4	0	10	3.20 Mbps
5	0	12	2.67 Mbps
5	1	24	1.33 Mbps
5	2	48	667 kbps
5	3	96	333 kbps

表 30.3 SPBR レジスタの設定値、BRDV[1:0]ビットの設定値、およびビットレートの関係 (2/2)

SPBR(n)	BRDV[1:0]ビット (N)	分周比	ビットレート
			PCLKA = 32 MHz
255	3	4096	7.81 kbps

30.2.9 SPDCR : SPI データコントロールレジスタ

Base address: SPI0 = 0x4011_A000

Offset address: 0x0B

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	SPBY T	SPLW	SPRD TD	—	—	SPFC[1:0]	

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	SPFC[1:0]	フレーム数設定 0 0: 1 フレーム 0 1: 2 フレーム 1 0: 3 フレーム 1 1: 4 フレーム	R/W
3:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	SPRDTD	SPI 受信/送信データ選択 0: SPDR レジスタの値は受信バッファから読み出す 1: SPDR レジスタの値は送信バッファから読み出す (ただし、送信バッファが空の場合)	R/W
5	SPLW	SPI ワードアクセス/ハーフワードアクセス設定 0: SPDR_HA レジスタが有効 (ハーフワードアクセス) 1: SPDR レジスタが有効 (ワードアクセス)	R/W
6	SPBYT	SPI バイトアクセス設定 0: SPDR/SPDR_HA レジスタへのアクセスは、ハーフワードまたはワードサイズで行ってください。(SPLW 有効) 1: SPDR_BY へのアクセスはバイトアクセス (SPLW 無効)	R/W
7	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

SPI データコントロールレジスタ (SPDCR) は、SPDR レジスタに格納できるフレーム数、SPDR レジスタの読み出し、SPDR レジスタへのアクセス幅をワードアクセス/ハーフワードアクセス/バイトアクセスに設定するためのレジスタです。1 回の送受信で最大 4 フレームを送受信できます。各転送におけるデータ量は、SPCMDm.SP[B3:0]ビット、SPSCR.SP[SLN]2:0]ビット、および SPFC[1:0]ビットの組み合わせで制御されます。

SPCR.SPE ビットが 1 の状態で、SPFC[1:0]ビットを変更する場合、SPSR.IDLNF フラグが 0 であることを確認してください。

SPFC[1:0]ビット (フレーム数設定)

SPFC[1:0]ビットは 1 回の転送起動で SPDR レジスタに格納できるフレーム数を設定します。1 回の送受信で最大 4 フレームを送受信できます。

SPFC[1:0]ビットで指定したフレーム数分の送信データが、SPDR レジスタに書き込まれると、SPI は SPSR.SPTEF フラグを 0 にして送信を開始します。その後、SPFC[1:0]ビットで指定されたフレーム数分の送信データがシフトレジスタに送信されると、SPI は送信バッファエンプティ割り込みを発生させます (SPSR.SPTEF が 1 になります)。

SPFC[1:0]ビットで指定されたフレーム数分のデータが受信されると、SPI は受信バッファフル割り込みを発生させます (SPSR.SPRF が 1 になります)。

表 30.4 SPSLN[2:0]ビットと SPFC[1:0]ビットの設定可能な組み合わせ

設定	SPSLN[2:0]	SPFC[1:0]	1シーケンスで転送するフレーム数	送信バッファ、受信バッファがフルになるフレーム数
1-1	000b	00b	1	1
1-2	000b	01b	2	2
1-3	000b	10b	3	3
1-4	000b	11b	4	4
2-1	001b	01b	2	2
2-2	001b	11b	4	4
3	010b	10b	3	3
4	011b	11b	4	4
5	100b	00b	5	1
6	101b	00b	6	1
7	110b	00b	7	1
8	111b	00b	8	1

SPRDTD ビット (SPI 受信/送信データ選択)

SPRDTD ビットは SPDR レジスタが、値を受信バッファと送信バッファのどちらから読み出すかを選択します。送信バッファから読み出す場合、SPDR レジスタへ直前に書き込まれた値が読み出されます。送信バッファの読み出しは、SPFC[1:0] ビットで設定したフレーム数の書き込み終了前 (SPSR.SPTEF = 1 のとき)、かつ送信バッファエンプティ割り込みの発生後に行ってください。

詳細は、「[30.2.5. SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY : SPI データレジスタ](#)」を参照してください。

SPLW ビット (SPI ワードアクセス/ハーフワードアクセス設定)

SPLW ビットは SPDR レジスタへのアクセス幅を設定します。SPLW ビットが 0 の場合、SPDR_HA レジスタへのハーフワードアクセスが有効となり、SPLW ビットが 1 の場合、SPDR レジスタへのワードアクセスが有効となります。SPDR レジスタにワードアクセスもしくはハーフワードアクセスする時は、SPBYT ビットを 0 に設定してください。また、SPLW ビットが 0 のとき、SPCMDm.SPB[3:0] ビット (SPI データ長設定ビット) の設定は、8~16 ビットにしてください。20、24、32 ビットに設定した場合の動作はしないでください。

SPBYT ビット (SPI バイトアクセス設定)

SPBYT ビットは、SPI データレジスタ (SPDR) にアクセスする際のデータ幅を設定するのに使用します。SPBYT = 0 のとき、SPDR/SPDR_HA レジスタへのアクセスは、ワードアクセスまたはハーフワードアクセスを使用してください。SPBYT = 1 (この場合 SPLW は無効) の場合、SPDR_BY レジスタへのアクセスにはバイトアクセスを使用してください。

SPBYT = 1 の場合、SPI コマンドレジスタ m (SPCMDm) の SPI データ長ビット (SPB[3:0]) を 8 ビットに設定してください。SPB[3:0] を 9~16、20、24 または 32 ビットに設定した場合、その後の動作は保証されません。

30.2.10 SPCKD : SPI クロック遅延レジスタ

Base address: SPI0 = 0x4011_A000

Offset address: 0x0C

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	SCKDL[2:0]		

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	SCKDL[2:0]	RSPCK 遅延設定 0 0 0: 1 RSPCK 0 0 1: 2 RSPCK 0 1 0: 3 RSPCK 0 1 1: 4 RSPCK 1 0 0: 5 RSPCK 1 0 1: 6 RSPCK 1 1 0: 7 RSPCK 1 1 1: 8 RSPCK	R/W
7:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

SPCKD レジスタは、SPCMDm.SCKDEN ビットが 1 の場合、SSLni 信号アサート開始から RSPCK 発振までの期間 (RSPCK 遅延) を設定するためのレジスタです。

SCKDL[2:0]ビット (RSPCK 遅延設定)

SCKDL[2:0]ビットは SPCMDm.SCKDEN ビットが 1 の場合の RSPCK 遅延値を設定します。SPI をスレーブモードで使用する場合は、SCKDL[2:0]ビットを 000b にしてください。

30.2.11 SSLND : SPI スレーブ選択ネゲート遅延レジスタ

Base address: SPI0 = 0x4011_A000

Offset address: 0x0D

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	SLNDL[2:0]		
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	SLNDL[2:0]	SSL ネゲート遅延設定 0 0 0: 1 RSPCK 0 0 1: 2 RSPCK 0 1 0: 3 RSPCK 0 1 1: 4 RSPCK 1 0 0: 5 RSPCK 1 0 1: 6 RSPCK 1 1 0: 7 RSPCK 1 1 1: 8 RSPCK	R/W
7:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

SSLND レジスタは、SPI コマンドレジスタ m (SPCMDm) の SLNDEN ビットが 1 の場合に、マスタモードの SPI がシリアル転送の最終 RSPCK エッジを送信してから SSLni 信号をネゲートするまでの期間 (SSL ネゲート遅延) を設定するためのレジスタです。

SLNDL[2:0]ビット (SSL ネゲート遅延設定)

SLNDL[2:0]ビットは SPI がマスタモードのとき、SSL ネゲート遅延値を設定します。SPI をスレーブモードで使用する場合は、SLNDL[2:0]ビットを 000b にしてください。

30.2.12 SPND : SPI 次アクセス遅延レジスタ

Base address: SPI0 = 0x4011_A000

Offset address: 0x0E

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	SPNDL[2:0]		
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	SPNDL[2:0]	SPI 次アクセス遅延設定 0 0 0: 1 RSPCK + 2 PCLKA 0 0 1: 2 RSPCK + 2 PCLKA 0 1 0: 3 RSPCK + 2 PCLKA 0 1 1: 4 RSPCK + 2 PCLKA 1 0 0: 5 RSPCK + 2 PCLKA 1 0 1: 6 RSPCK + 2 PCLKA 1 1 0: 7 RSPCK + 2 PCLKA 1 1 1: 8 RSPCK + 2 PCLKA	R/W
7:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

SPND レジスタは、SPCMDm.SPNDEN ビットが 1 の場合、シリアル転送終了後の SSLni 信号の非アクティブ期間（次アクセス遅延）を設定するためのレジスタです。

SPNDL[2:0]ビット (SPI 次アクセス遅延設定)

SPNDL[2:0]ビットは SPCMDm.SPNDEN ビットが 1 の場合に、次アクセス遅延を設定します。SPI をスレーブモードで使用する場合は、SPNDL[2:0]ビットを 000b にしてください。

30.2.13 SPCR2 : SPI コントロールレジスタ 2

Base address: SPI0 = 0x4011_A000

Offset address: 0x0F

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	SCKASE	PTE	SPIIE	SPOE	SPPE

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SPPE	パリティ許可 0: 送信データにパリティビットを付加せず、受信データのパリティビットをチェックしない 1: (SPCR.TXMD = 0 の場合) 送信データにパリティビットを付加し、受信データのパリティビットをチェックする (SPCR.TXMD = 1 の場合) 送信データにパリティビットを付加するが、受信データのパリティビットをチェックしない	R/W
1	SPOE	パリティモード 0: 送受信用に偶数パリティを選択 1: 送受信用に奇数パリティを選択	R/W
2	SPIIE	SPI アイドル割り込み許可 0: アイドル割り込み要求禁止 1: アイドル割り込み要求許可	R/W
3	PTE	パリティ自己診断 0: パリティ回路自己診断機能は無効 1: パリティ回路自己診断機能は有効	R/W
4	SCKASE	RSPCK 自動停止機能有効 0: RSPCK 自動停止機能は無効 1: RSPCK 自動停止機能は有効	R/W
7:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

SPPE ビット (パリティ許可)

SPPE ビットはパリティ機能を有効または無効にします。

SPCR.TXMD ビットが 0 で、SPCR2.SPPE ビットが 1 のとき、送信データにパリティビットを付加し、受信データのパリティチェックを行います。

SPCR.TXMD ビットが 1 で、SPCR2.SPPE ビットが 1 のとき、送信データにパリティビットを付加しますが、受信データのパリティチェックは行いません。

SPOE ビット (パリティモード)

SPOE ビットは偶数パリティまたは奇数パリティを設定します。

偶数パリティを設定すると、パリティビットと送受信キャラクタを合わせて、値が 1 のビットの総数が偶数になるようにパリティビットが付加されます。同様に、奇数パリティを設定すると、パリティビットと送受信キャラクタを合わせて、値が 1 のビットの総数が奇数になるようにパリティビットが付加されます。

SPOE ビットは、SPPE ビットが 1 の場合にのみ有効です。

SPIIE ビット (SPI アイドル割り込み許可)

SPIIE ビットは SPI のアイドル状態が検出されて SPSR.IDLNF フラグが 0 になった場合の、SPI アイドル割り込み要求の発生を許可または禁止します。

PTE ビット (パリティ自己診断)

PTE ビットはパリティ機能が正常であることを確認するための、パリティ回路の自己診断機能を有効または無効にします。

SCKASE ビット (RSPCK 自動停止機能有効)

SCKASE ビットは RSPCK 自動停止機能を有効または無効にします。この機能を有効にした場合、マスタモードでのデータ受信時に、オーバーランエラーが発生する前に RSPCK クロックが停止します。詳細は、「30.3.9.1. オーバーランエラー」を参照してください。

30.2.14 SPCMDm : SPI コマンドレジスタ m (m = 0~7)

Base address: SPI0 = 0x4011_A000

Offset address: 0x10 + 0x02 × m

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	SCKD EN	SLND EN	SPND EN	LSBF	SPB[3:0]			SSLK P	SSLA[2:0]			BRDV[1:0]	CPOL	CPHA		
Value after reset:	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	CPHA	RSPCK 位相設定 0: 立ち上がりエッジでデータサンプリング、立ち下がりエッジでデータ変化を選択 1: 立ち上がりエッジでデータ変化、立ち下がりエッジでデータサンプリングを選択	R/W
1	CPOL	RSPCK 極性設定 0: アイドル時の RSPCK が Low 1: アイドル時の RSPCK が High	R/W
3:2	BRDV[1:0]	ビットレート分周設定 00: ベースのビットレート 01: ベースのビットレートの 2 分周 10: ベースのビットレートの 4 分周 11: ベースのビットレートの 8 分周	R/W
6:4	SSLA[2:0]	SSL 端子の信号アサート設定 000: SSL0 001: SSL1 010: SSL2 011: SSL3 その他: 設定禁止	R/W
7	SSLKP	SSL 端子の信号レベル保持 0: 転送完了時にすべての SSL 信号をネグート 1: SSL 信号レベルを転送後から次のアクセス開始まで保持	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
11:8	SPB[3:0]	SPI データ長設定 0x0: 20 ビット 0x1: 24 ビット 0x2: 32 ビット 0x3: 32 ビット 0x8: 9 ビット 0x9: 10 ビット 0xA: 11 ビット 0xB: 12 ビット 0xC: 13 ビット 0xD: 14 ビット 0xE: 15 ビット 0xF: 16 ビット その他: 8 ビット	R/W
12	LSBF	SPI LSB ファースト 0: MSB ファースト 1: LSB ファースト	R/W
13	SPNDEN	SPI 次アクセス遅延許可 0: 次アクセス遅延は 1 RSPCK + 2 PCLKA 1: 次アクセス遅延は SPI 次アクセス遅延レジスタ (SPND) の設定値	R/W
14	SLNDEN	SSL ネゲート遅延設定許可 0: SSL ネゲート遅延は 1RSPCK 1: SSL ネゲート遅延は SPI スレーブ選択ネゲート遅延レジスタ (SSLND) の設定値	R/W
15	SCKDEN	RSPCK 遅延設定許可 0: RSPCK 遅延は 1RSPCK 1: RSPCK 遅延は SPI クロック遅延レジスタ (SPCKD) の設定値	R/W

SPCMDm レジスタは、マスタモードの SPI に対して転送フォーマットを指定するレジスタです。チャンネルごとに 8 つの SPCMDm (m = 0~7) があります。SPCMD0 レジスタの一部のビットは、スレーブモードの SPI に対して転送モードを設定するために使用されます。マスタモードの SPI は、SPSCR.SPCLN[2:0] ビットの設定に従ってシーケンシャルに SPCMDm レジスタを参照し、参照した SPCMDm レジスタに設定されたシリアル転送を実行します。

SPCMDm レジスタの設定は、送信バッファが空の (SPSR.SPTEF = 1 で、次転送のデータがセットされていない) 状態で、その SPCMDm レジスタが参照されたときに送信されるデータの設定前に行ってください。

マスタモードの SPI が参照している SPCMDm レジスタは、SPSSR.SPCP[2:0] ビットで確認できます。

CPHA ビット (RSPCK 位相設定)

CPHA ビットはマスタモードまたはスレーブモードの SPI に対して、RSPCK の位相を設定します。SPI モジュール間でデータ通信を行う場合、モジュール間では同一の RSPCK 位相を設定する必要があります。

CPOL ビット (RSPCK 極性設定)

CPOL ビットはマスタモードまたはスレーブモードの SPI に対して、RSPCK の極性を設定します。SPI モジュール間でデータ通信を行う場合、モジュール間では同一の RSPCK 極性を設定する必要があります。

BRDV[1:0] ビット (ビットレート分周設定)

BRDV[1:0] ビットは、SPBR レジスタの設定値との組み合わせでビットレートを決定します。(「[30.2.8. SPBR : SPI ビットレートレジスタ](#)」を参照してください)。SPBR レジスタの設定値は、ベースとなるビットレートを決定します。BRDV[1:0] ビットの設定値は、ベースのビットレートに対して分周なし / 2 分周 / 4 分周 / 8 分周したビットレートを選択します。BRDV[1:0] ビットに異なる値を設定することで、コマンドごとに異なるビットレートでシリアル転送を実行できます。

SSLA[2:0] ビット (SSL 端子の信号アサート設定)

SSLA[2:0] ビットはマスタモードの SPI がシリアル転送を行う際の、SSLni 信号のアサートを制御します。SSLni 信号アサート時の信号極性は、関連する SSLP レジスタの設定値で決定されます。マルチマスタモードで SSLA[2:0] ビットを 000b にした場合、SSLn0 端子は入力になるため、全 SSL 信号がネゲート状態でシリアル転送が実行されます。

SPI をスレーブモードで使用する場合は、SSLA[2:0] ビットを 000b にしてください。

SSLKP ビット (SSL 端子の信号レベル保持)

SSLKP ビットは、マスタモードの SPI がシリアル転送を行う際、現在のコマンドに関連する SSL ネゲートおよび次のコマンドに関連する SSL アサーション間と、現在の SSLni 信号のレベルをキープするか、またはネゲートするかを指定します。SSLKP ビットを 1 にすると、バースト転送が有効になります。詳細は、「30.3.11.1. マスタモード動作」の (4) バースト転送 (SPI0 のみ) を参照してください。SPI スレーブモードを使用する際は SSLKP ビットを 0 にしてください。

SPB[3:0] ビット (SPI データ長設定)

SPB[3:0] ビットは、マスタモードまたはスレーブモードの SPI に対して、転送データ長を設定します。

LSBF ビット (SPI LSB ファースト)

LSBF ビットはマスタモードまたはスレーブモードの SPI に対して、そのデータフォーマットを MSB ファーストまたは LSB ファーストに設定します。

SPNDEN ビット (SPI 次アクセス遅延許可)

SPNDEN ビットはマスタモードの SPI がシリアル転送を終了して SSLni 信号を非アクティブにしてから、次アクセスの SSLni 信号のアサートが可能にするまでの期間 (次アクセス遅延) を設定します。SPNDEN ビットが 0 のとき、SPI は次アクセス遅延を $1RSPCK + 2PCLKA$ に設定します。SPNDEN ビットが 1 のとき、SPI は SPND レジスタの設定に従った次アクセス遅延を挿入します。

SPI をスレーブモードで使用する場合は、SPNDEN ビットを 0 にする必要があります。

SLNDEN ビット (SSL ネゲート遅延設定許可)

SLNDEN ビットはマスタモードの SPI が、RSPCK を発振停止してから SSLni 信号を非アクティブにするまでの期間 (SSL ネゲート遅延) を設定します。SLNDEN ビットが 0 のとき、SPI は SSL ネゲート遅延を $1RSPCK$ に設定します。SLNDEN ビットが 1 のとき、SPI は SSLND レジスタの設定に従った SSL ネゲート遅延で SSLni 信号をネゲートします。

SPI をスレーブモードで使用する場合は、SLNDEN ビットを 0 にする必要があります。

SCKDEN ビット (RSPCK 遅延設定許可)

SCKDEN ビットはマスタモードの SPI が、SSLni 信号をアクティブにしてから RSPCK の発振を開始するまでの期間 (SPI クロック遅延) を設定します。SCKDEN ビットが 0 のとき、SPI は RSPCK 遅延を $1RSPCK$ にします。SCKDEN ビットが 1 のとき、SPI は SPCKD レジスタの設定に従った RSPCK 遅延で RSPCK の発振を開始します。

SPI をスレーブモードで使用する場合は、SCKDEN ビットを 0 にする必要があります。

30.2.15 SPDCR2 : SPI データコントロールレジスタ 2

Base address: SPI0 = 0x4011_A000

Offset address: 0x20

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	—	—	—	—	—	SINV	BYSW
------------	---	---	---	---	---	------	------

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	BYSW	バイトスワップ動作モード選択 0: バイトスワップ OFF 1: バイトスワップ ON	R/W
1	SINV	シリアルデータ反転ビット 0: シリアルデータ反転なし 1: シリアルデータ反転あり	R/W
7:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

SPI データコントロールレジスタ 2 (SPDCR2) は、送受信データのバイト単位スワップの設定と、シリアルデータの反転を設定する設定レジスタです。スレーブモードで SPI が有効 (SPCR.SPE = 1) な状態でこれらのビットが修正されると、その後の動作は保証されません。

BYSW ビット (バイトスワップ動作モード選択)

本ビットは、送受信データのバイト単位スワップの設定をする設定レジスタです。バイトアクセスが有効 (SPDCR.SPBYT = 1) な状態ではバイトスワップは無効です。バイトスワップが有効なとき、パリティ機能は無効 (SPCR2.SPPE ビット = 0) でなければなりません。BYSW ビットの設定変更は、SPCR.SPE ビット = 0 でなければなりません。

バイトスワップ後のデータは、指定のデータ長だけ異なります (SPCMD.SPB[3:0]の設定)。

バイトスワップ時、データ長 (SPB[3:0]ビットの設定) は 32 ビットか 16 ビットでなければなりません。ほかのデータ長 (すなわち 8~15、20、24 ビット長) のケースでは、バイトスワップ動作は保証されません。スワップ前と後の状態を以下に示します (データ長 (32 ビット/16 ビット))。

- データ長 32 ビット (SPB[3:0] = 0010b または 0011b)
 - スワップ前 : [31:24] [23:16] [15:8] [7:0]
 - スワップ後 : [7:0] [15:8] [23:16] [31:24]
- データ長 16 ビット (SPB[3:0] = 1111b)
 - スワップ前 : [31:24] [23:16]
 - スワップ後 : [23:16] [31:24]

バイトアクセスモード (SPDCR.SPBT = 1) の場合、バイトスワップ設定は無効です。

バイトスワップが有効なとき、パリティ機能を無効 (SPCR2.SPPE = 0) でなければなりません。パリティ機能を有効に設定すると、動作は保証されません。

SINV ビット (シリアルデータ反転ビット)

本ビットは、送信データと受信データの反転に使用します。

SINV ビットが 1 に設定される時、送信バッファ (SPTX) データは送信データと受信データを反転するために反転されます。それから、反転したデータを受信バッファに格納します。パリティビットは、反転した送受信データに対応した値になります。

30.2.16 SPCR3 : SPI コントロールレジスタ 3

Base address: SPI0 = 0x4011_A000

Offset address: 0x21

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	CENDI E	—	—	BFDS	ETXMD

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	ETXMD	拡張通信モード選択 0: 全二重同期式または送信のみシリアル通信 [SPCR.TXMD ビットが有効] 1: スレーブモードの受信のみシリアル通信 (SPCR.MSTR ビット = 0) [SPCR.TXMD ビットが無効] マスターモードでは設定禁止 (SPCR.MSTR ビット = 1)	R/W
1	BFDS	バースト転送フレーム間遅延選択 0: バースト転送時、フレーム間に遅延 (RSPCK 遅延、SSL ネゲート遅延、次アクセス遅延) を挿入する。 1: バースト転送時にフレーム間の遅延を挿入しない。	R/W
3:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
4	CENDIE	SPI 通信終了割り込み許可 0: 通信終了割り込み要求無効 1: 通信終了割り込み要求有効	R/W
7:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

SPI コントロールレジスタ 3 (SPCR3) は動作モードのコントロールレジスタです。SPCR.SPE ビットの値が 1 の状態で ETXMD ビットと BFDS ビットの値を変更すると、SPI 動作は保証されません。

ETXMD ビット (拡張通信モード選択)

本ビットは、スレーブモード時のみ有効です (SPCR.MSTR ビット=0)。このビットは受信のみ動作の選択をします。スレーブモードで ETXMD ビットが 1 のとき、通信は受信のみとなり送信をしません (「30.3.6. データ転送モード」参照)。ETXMD ビットが 1 のとき、送信データエンプティ割り込みを使用できません。

モード毎の通信状態 (マスタモード、スレーブモード) を以下に示します。ETXMD ビット、SPCR.MSTR ビット、TXMD ビットで制御します。

表 30.5 SPI 通信状態 (マスタ/スレーブモード)

SPCR.MSTR ビット	SPCR3.ETXMD ビット	SPCR.TXMD bit	通信状態
1	0	0	送受信マスタモード
1	0	1	送信マスタモード
0	0	0	送受信スレーブモード (デフォルト)
0	0	1	送信スレーブモード
0	1	—	受信スレーブモード

BFDS ビット (バースト転送フレーム間遅延選択)

バースト転送フレーム間に遅延時間を挿入するかどうかを制御します。

マスタモード (SPCR.MSTR ビットが 1) で SPCMD.SSLKP ビットが 1 のとき有効です。

本ビットはスレーブモードで 0 に設定してください。送信フレーム間 SSL 遅延制御の使用方法を以下に示します。詳細は、(4)バースト転送を参照してください。

表 30.6 送信フレーム間 SSL 遅延制御の使用方法 (マスタモード)

送信	SPCMD.SSLK P ビット	SPCR3.BFDS ビット	SSL 遅延制御レジスタ(注1) (RSPCK クロック遅延、SSL ネゲート遅延、次アクセス遅延)
非バースト転送	0	0	任意値。RSPCK クロック遅延、SSL ネゲート遅延、次アクセス遅延の設定に従い、遅延の値を制御可能です。
フレーム間遅延ありバースト転送	最初のフレームから最後の一つ手前のフレームまで	1	任意値。但し、遅延は以下の場合のみ挿入されます。 <ul style="list-style-type: none"> 最初のフレームの RSPCK クロック遅延 最後のフレームの SSL ネゲート遅延と次アクセス遅延
	最後のフレーム	0	
フレーム間遅延なしバースト転送	最初のフレームから最後の一つ手前のフレームまで	1	任意値。但し、遅延は以下の場合のみ挿入されます。 <ul style="list-style-type: none"> 最初のフレームの RSPCK クロック遅延 最後のフレームの SSL ネゲート遅延と次アクセス遅延
	最後のフレーム	0	

注 1. 以下のビットの設定値が有効であるかどうかは、SPCMD.SPNDEN ビットの設定値によります。(「30.2.14. SPCMDm : SPI コマンドレジスタ m (m=0~7)」を参照)
 SPCKD.SCKDL[2:0]ビット : RSPCK 遅延
 SSLND.SLNDL[2:0]ビット : SSL ネゲート遅延
 SPND.SPNDL[2:0]ビット : 次アクセス遅延

CENDIE ビット (SPI 通信終了割り込み許可)

通信終了割り込み要求の発生を制御します。

30.3 動作説明

本節では、シリアル転送期間という用語を、有効データのドライブ開始から最終有効データの取り込みまでの期間を意味する用語として使用しています。

30.3.1 SPI 動作の概要

SPI は、下記のモードでの同期式シリアル転送が可能です。

- スレーブモード (SPI 動作)
- シングルマスタモード (SPI 動作)
- マルチマスタモード (SPI 動作)
- スレーブモード (クロック同期式動作)
- マスタモード (クロック同期式動作)

SPI のモードは、SPCR.MSTR、SPCR.MODFEN、SPCR.SPMS ビットで選択できます。表 30.7 に、SPI のモードと SPCR レジスタの設定値との関係、および各モードの概要を示します。

表 30.7 SPI のモードと SPCR レジスタの設定値との関係、および各モードの概要 (1/2)

モード	スレーブ (SPI 動作)	シングルマスタ (SPI 動作)	マルチマスタ (SPI 動作)	スレーブ (クロック同期式動作)	マスタ (クロック同期式動作)
MSTR ビット設定値	0	1	1	0	1
MODFEN ビット設定値	0 または 1	0	1	0	0
SPMS ビット設定値	0	0	0	1	1
RSPCKn 端子	入力	出力	出力/Hi-Z	入力	出力
MOSIn 端子	入力	出力	出力/Hi-Z	入力	出力
MISO _n 端子	出力/Hi-Z	入力	入力	出力	入力
SSL _{n0} 端子	入力	出力	入力	Hi-Z(注1)	Hi-Z(注1)
SSL _{n1} ~SSL _{n3} 端子	Hi-Z(注1)	出力	出力/Hi-Z	Hi-Z(注1)	Hi-Z(注1)
SSL 極性変更機能	あり	あり	あり	—	—
最大転送速度	PCLKA/4	PCLKA/2	PCLKA/2	PCLKA/4	PCLKA/2
クロックソース	RSPCK 入力	内蔵ポーレートジェネレータ	内蔵ポーレートジェネレータ	RSPCK 入力	内蔵ポーレートジェネレータ
クロック極性	2 種				
クロック位相	2 種	2 種	2 種	1 種 (CPHA = 1)	2 種
先頭転送ビット	MSB/LSB				
転送データ長	8~16、20、24、32 ビット				
バースト転送	可能 (CPHA = 1)	可能 (CPHA = 0, 1)	可能 (SPCMDm.CPHA = 0, 1)	—	—
RSPCK 遅延制御	なし	あり	あり	なし	あり
SSL ネゲート遅延制御	なし	あり	あり	なし	あり
次アクセス遅延制御	なし	あり	あり	なし	あり
転送トリガ	SSL 入力アクティブまたは RSPCK 発振	送信バッファエンプティ割り込み要求発生で送信バッファ書き込み (SPTEF = 1)	送信バッファエンプティ割り込み要求発生で送信バッファ書き込み (SPSR.SPTEF = 1)	RSPCK 発振	送信バッファエンプティ割り込み要求発生で送信バッファ書き込み (SPTEF = 1)
シーケンス制御	なし	あり	あり	なし	サポートあり
送信バッファエンプティ検出	あり(注5)				
受信バッファフル検出	あり(注2)				

表 30.7 SPI のモードと SPCR レジスタの設定値との関係、および各モードの概要 (2/2)

モード	スレーブ (SPI 動作)	シングルマスタ (SPI 動作)	マルチマスタ (SPI 動作)	スレーブ (クロック同期式動作)	マスタ (クロック同期式動作)
オーバーランエラー検出	あり(注2)	あり(注2)(注4)	あり(注2)(注4)	あり(注2)	あり(注2)
パリティエラー検出	あり(注3)(注2)				
モードフォルトエラー検出	あり (MODFEN = 1)	なし	あり	なし	なし
アンダーランエラー検出	あり(注5)	なし	なし	あり(注5)	なし

注 1. この機能は本モードでは使用しません。

注 2. SPCR.TXMD ビットが 1 のときは、受信バッファフル検出、オーバーランエラー検出、パリティエラー検出を行いません。

注 3. SPCR2.SPPE ビットが 0 のときは、パリティエラー検出を行いません。

注 4. SPCR2.SCKASE ビットが 1 のときは、オーバーランエラー検出を行いません。

注 5. 受信スレーブモード時は、送信バッファエンpty検出、アンダーランエラー検出を行いません。

30.3.2 SPI 端子の制御

SPI は、SPCR.MSTR、SPCR.MODFEN、SPCR.SPMS ビットの設定と入出力ポートの PmnPFS.NCODR ビットの設定に基づき、端子の状態を切り替えます。端子状態と各ビットの設定値との関係を表 30.8 に示します。入出力ポートの PmnPFS.NCODR ビットの設定値を 0 にすると、CMOS 出力となります。設定値を 1 にするとオープンドレイン出力となります。入出力ポートの設定も同じとなるよう設定してください。

表 30.8 端子状態とビット設定値の関係 (1/2)

モード	端子	端子状態(注2)	
		入出力ポートの PmnPFS.NCODR = 0	入出力ポートの PmnPFS.NCODR = 1
シングルマスタモード (SPI 動作) (MSTR = 1, MODFEN = 0, SPMS = 0)	RSPCKn	CMOS 出力	オープンドレイン出力
	SSLn0~SSLn3	CMOS 出力	オープンドレイン出力
	MOSIn	CMOS 出力	オープンドレイン出力
	MISOn	入力	入力
マルチマスタモード (SPI 動作) (MSTR = 1, MODFEN = 1, SPMS = 0)	RSPCKn(注3)	CMOS 出力/Hi-Z	オープンドレイン出力/Hi-Z
	SSLn0	入力	入力
	SSLn1~SSLn3(注3)	CMOS 出力/Hi-Z	オープンドレイン出力/Hi-Z
	MOSIn(注3)	CMOS 出力/Hi-Z	オープンドレイン出力/Hi-Z
	MISOn	入力	入力
スレーブモード (SPI 動作) (MSTR = 0, SPMS = 0)	RSPCKn	入力	入力
	SSLn0	入力	入力
	SSLn1~SSLn3(注5)	Hi-Z(注1)	Hi-Z(注1)
	MOSIn	入力	入力
	MISOn(注4)	CMOS 出力/Hi-Z	オープンドレイン出力/Hi-Z
マスタモード (クロック同期式動作) (MSTR = 1, MODFEN = 0, SPMS = 1)	RSPCKn	CMOS 出力	オープンドレイン出力
	SSLn0~SSLn3(注5)	Hi-Z(注1)	Hi-Z(注1)
	MOSIn	CMOS 出力	オープンドレイン出力
	MISOn	入力	入力
スレーブモード (クロック同期式動作) (MSTR = 0, SPMS = 1)	RSPCKn	入力	入力
	SSLn0~SSLn3(注5)	Hi-Z(注1)	Hi-Z(注1)

表 30.8 端子状態とビット設定値の関係 (2/2)

モード	端子	端子状態 ^(注2)	
		入出力ポートの PmnPFS.NCODR = 0	入出力ポートの PmnPFS.NCODR = 1
	MOSIn	入力	入力
	MISOOn	CMOS 出力	オープンドレイン出力

注 1. この機能は本モードでは使用しません。

注 2. SPI 機能が選択されていない兼用端子には、SPI の設定値は反映されません。

注 3. SSLn0 がアクティブレベルの場合、端子の状態は Hi-Z になります。入力信号がアクティブレベルかどうかは、SSLP.SSLOP ビットの値で決まります。

注 4. SSLn0 が非アクティブレベルまたは SPCR.SPE ビットが 0 の場合、端子の状態は Hi-Z になります。入力信号がアクティブレベルかどうかは、SSLP.SSLOP ビットの値で決まります。

注 5. これらの端子は入出力ポート端子として使用できます。

シングルマスタモード (SPI 動作) またはマルチマスタモード (SPI 動作) の SPI は、SPPCR レジスタの MOIFE ビットと MOIFV ビットの設定値に基づいて、SSL ネゲート期間 (バースト転送中の SSL 保持期間を含む) の MOSI 信号値を表 30.9 のように決定します。

表 30.9 SSL ネゲート期間の MOSI 端子の信号値の決定方法

SPPCR.MOIFE ビット	SPPCR.MOIFV ビット	SSL ネゲート期間の MOSIn 信号値
0	0, 1	前回転送の最終データ
1	0	Low
1	1	High

30.3.3 SPI システム構成例

30.3.3.1 シングルマスタとシングルスレーブ (MCU はマスタ)

図 30.5 に、MCU がマスタである場合のシングルマスタとシングルスレーブの SPI システム構成例を示します。シングルマスタとシングルスレーブ構成では、MCU (マスタ) の SSLni 出力は使用されません。SPI スレーブの SSL 入力は Low に固定して、SPI スレーブの選択状態を維持します。(注1)

注 1. SPCMDm.CPHA ビットが 0 の場合に使用する転送フォーマットでは、SSL 端子へ入力される信号をアクティブレベルに固定することができないスレーブデバイスも存在します。このような場合は、本 MCU の SSLni 出力をスレーブデバイスの SSL 入力に接続してください。

MCU (マスタ) は、RSPCKn および MOSIn 信号をドライブします。SPI スレーブは、MISO 信号をドライブします。

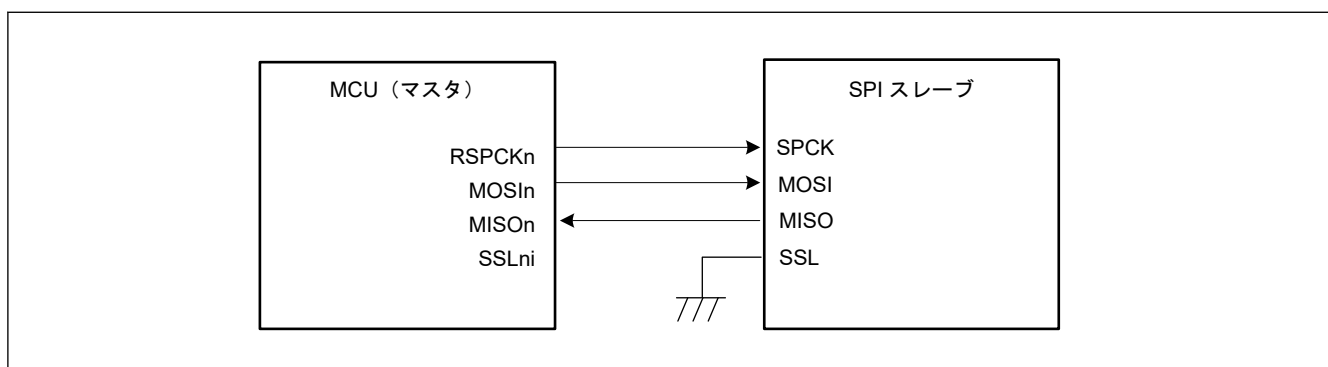


図 30.5 シングルマスタとシングルスレーブの構成例 (MCU はマスタ)

30.3.3.2 シングルマスタとシングルスレーブ (MCU はスレーブ)

図 30.6 に、MCU をスレーブとして使用する場合のシングルマスタ/シングルスレーブの SPI システム構成例を示します。MCU がスレーブとして動作する場合は、SSLn0 端子は SSL 入力として使用されます。SPI マスタは、RSPCK および MOSI 信号をドライブします。MCU (スレーブ) は、MISOOn 信号をドライブします。(注1)

注 1. SSLn0 が非アクティブレベルの場合、端子状態が Hi-Z になります。

SPCMDm.CPHA ビットを 1 にしたシングルスレーブ構成の場合には、MCU (スレーブ) の SSLn0 入力を Low に固定して、MCU (スレーブ) は選択状態を維持します。これにより、シリアル転送を実行することも可能です (図 30.7)。ただし、SSL0 入力が図 30.7 に固定される場合、通信終了割り込みは出力されません。

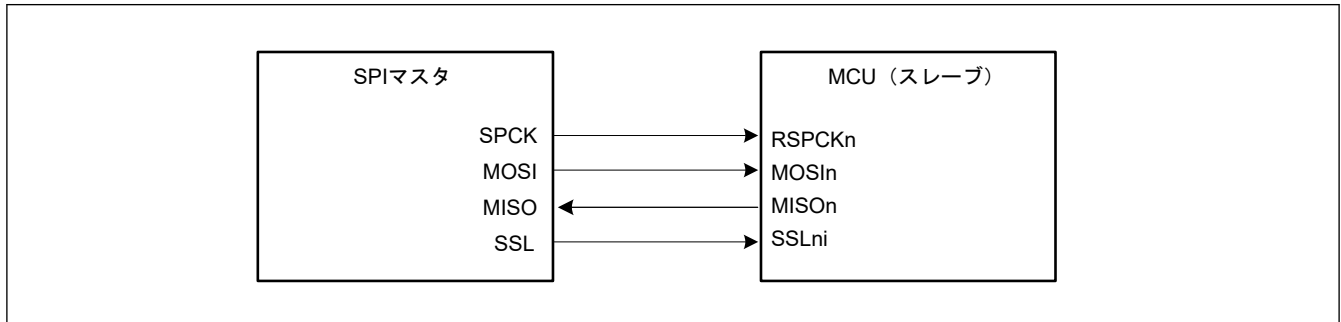


図 30.6 シングルマスタとシングルスレーブの構成例 (MCU はスレーブ、SPCMDm.CPHA = 0)

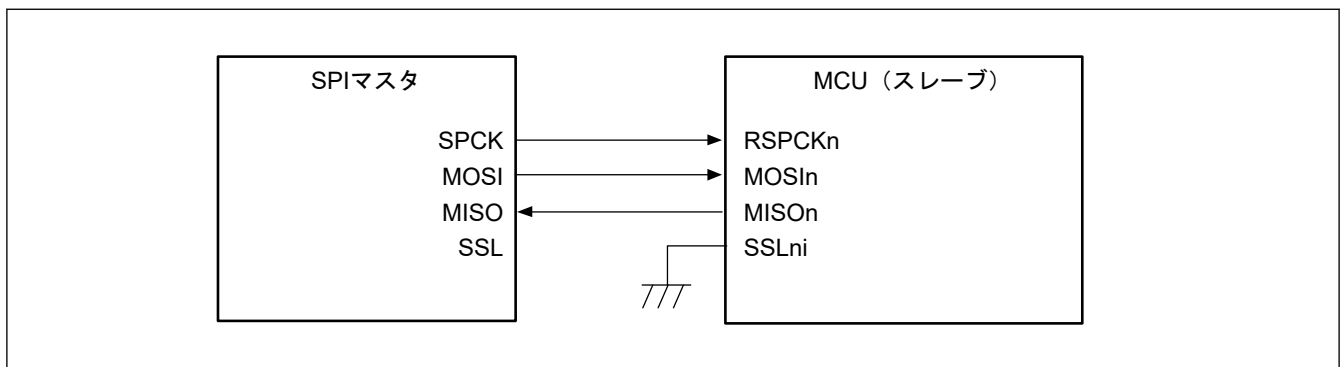


図 30.7 シングルマスタとシングルスレーブの構成例 (MCU はスレーブ、SPCMDm.CPHA = 1)

30.3.3.3 シングルマスタとマルチスレーブ (MCU はマスタ)

図 30.8 に、MCU がマスタである場合のシングルマスタとマルチスレーブの SPI システム構成例を示します。この例では、MCU (マスタ) と 4 つのスレーブ (SPI スレーブ 0~SPI スレーブ 3) から SPI システムを構成しています。

MCU (マスタ) の RSPCK_n 出力と MOSI_n 出力は、SPI スレーブ 0~SPI スレーブ 3 の RSPCK 入力と MOSI 入力に接続します。SPI スレーブ 0~SPI スレーブ 3 の MISO 出力は、すべて MCU (マスタ) の MISO_n 入力に接続します。MCU (マスタ) の SSLn₀~SSLn₃ 出力は、それぞれ SPI スレーブ 0~SPI スレーブ 3 の SSL 入力に接続します。

MCU (マスタ) は、RSPCK、MOSI、SSLn₀~SSLn₃ をドライブします。SPI スレーブ 0~SPI スレーブ 3 のうち、SSL 入力が Low を入力されているスレーブが、MISO 信号をドライブします。

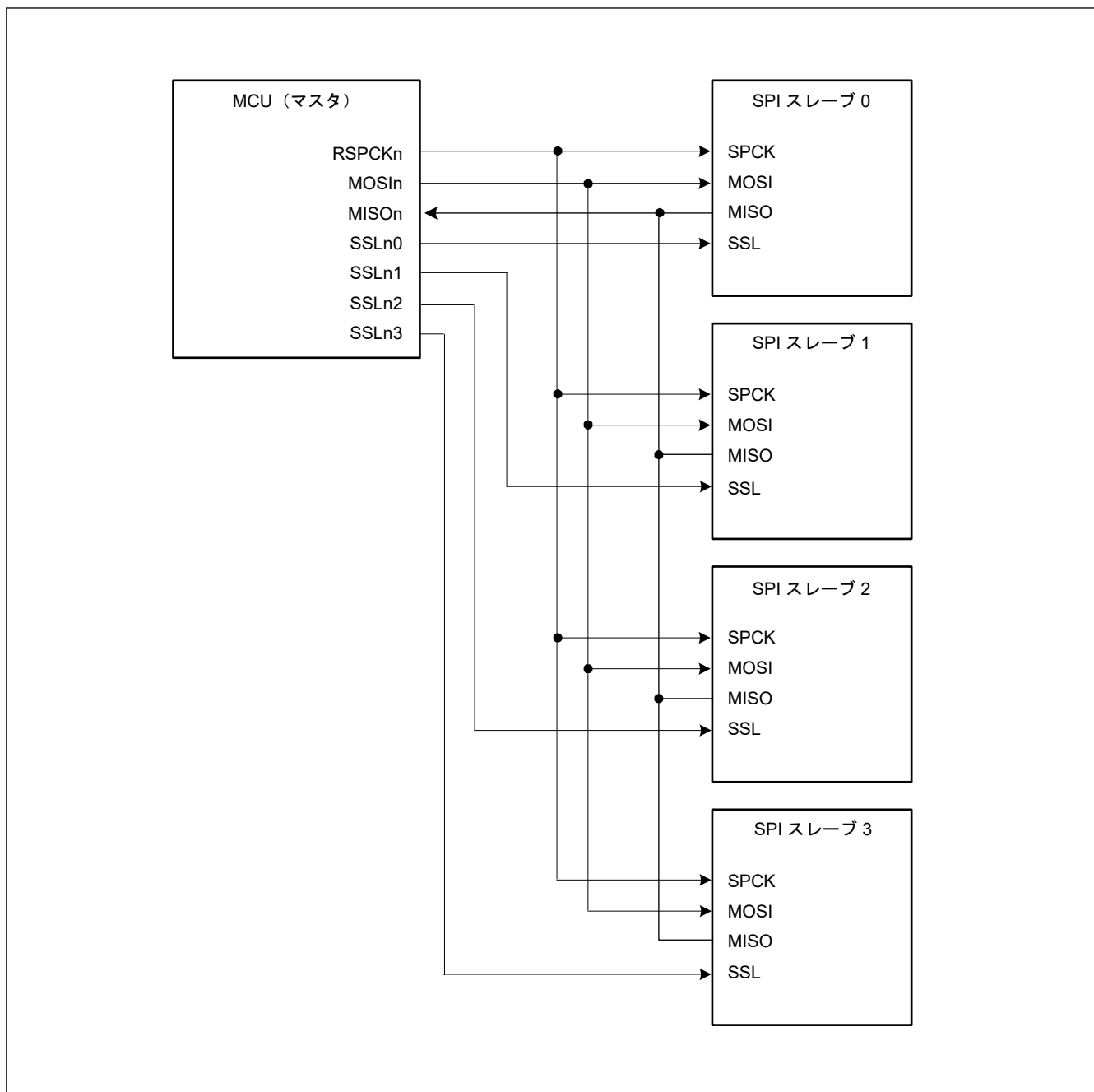


図 30.8 シングルマスタとマルチスレーブの構成例 (MCU はマスタ)

30.3.3.4 シングルマスタ／マルチスレーブ (MCU はスレーブ)

図 30.9 に、MCU がスレーブである場合のシングルマスタ／マルチスレーブの SPI システム構成例を示します。この例では、SPI マスタと 2 つの MCU (スレーブ X、スレーブ Y) から SPI システムを構成しています。

SPI マスタの SPCK 出力と MOSI 出力は、MCU (スレーブ X、スレーブ Y) の RSPCKn 入力と MOSIn 入力に接続します。MCU (スレーブ X、スレーブ Y) の MISO n 出力は、すべて SPI マスタの MISO 入力に接続します。SPI マスタの SSLX 出力、SSLY 出力は、それぞれ MCU (スレーブ X、スレーブ Y) の SSLn0 入力に接続します。

SPI マスタは、SPCK、MOSI、SSLX、SSLY をドライブします。MCU (スレーブ X、スレーブ Y) のうち、SSLn0 入力に Low を入力されているスレーブが、MISO n をドライブします。

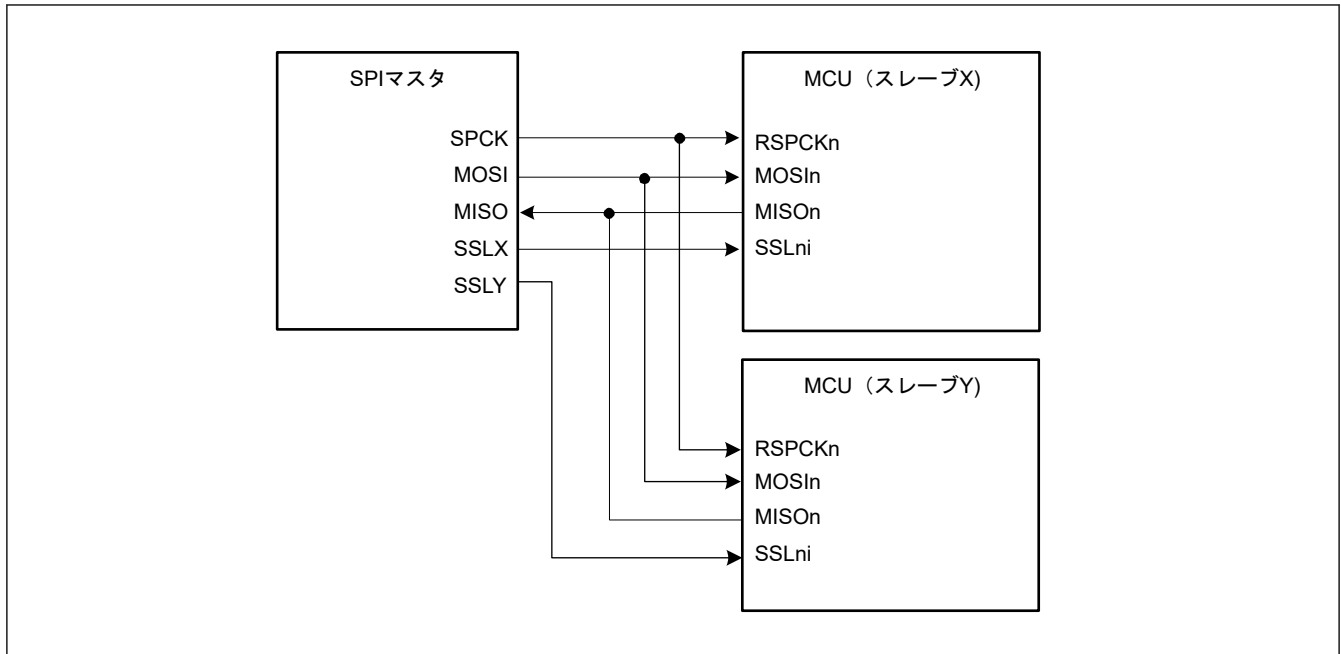


図 30.9 シングルマスタとマルチスレーブの構成例 (MCU はスレーブ)

30.3.3.5 マルチマスタとマルチスレーブ (MCU はマスタ)

図 30.10 に、MCU がマスタである場合のマルチマスタ/マルチスレーブの SPI システム構成例を示します。この例では、2つの MCU (マスタ X、マスタ Y) と 2つの SPI スレーブ (SPI スレーブ 1、SPI スレーブ 2) から SPI システムを構成しています。

MCU (マスタ X、マスタ Y) の RSPCKn 出力と MOSIn 出力は、SPI スレーブ 1、SPI スレーブ 2 の RSPCK 入力と MOSI 入力に接続します。SPI スレーブ 1、SPI スレーブ 2 の MISO 出力は、MCU (マスタ X、マスタ Y) の MISO_n 入力に接続します。MCU (マスタ X) の任意の汎用ポート Y 出力は、MCU (マスタ Y) の SSL_{n0} 入力に接続します。MCU (マスタ Y) の任意の汎用ポート X 出力は、MCU (マスタ X) の SSL_{n0} 入力に接続します。MCU (マスタ X、マスタ Y) の SSL_{n1} 出力と SSL_{n2} 出力は、SPI スレーブ 1、SPI スレーブ 2 の SSL 入力に接続します。この構成例では、SSL_{n0} 入力と、スレーブ接続用の SSL_{n1} 出力および SSL_{n2} 出力のみでシステムを構成できるため、MCU の SSL_{n3} 出力は必要ありません。

MCU は、SSL_{n0} 入力レベルが High の場合には、RSPCK_n、MOSIn、SSL_{n1}、SSL_{n2} 信号をドライブします。SSL_{n0} 入力レベルが Low の場合、MCU はモードフォルトエラーを検出し、RSPCK_n、MOSIn、SSL_{n1}、および SSL_{n2} を Hi-Z にして、他方のマスタに SPI バスを直接解放します。SPI スレーブ 1 または SPI スレーブ 2 のうち、SSL 入力に Low を入力されているスレーブが、MISO 信号をドライブします。

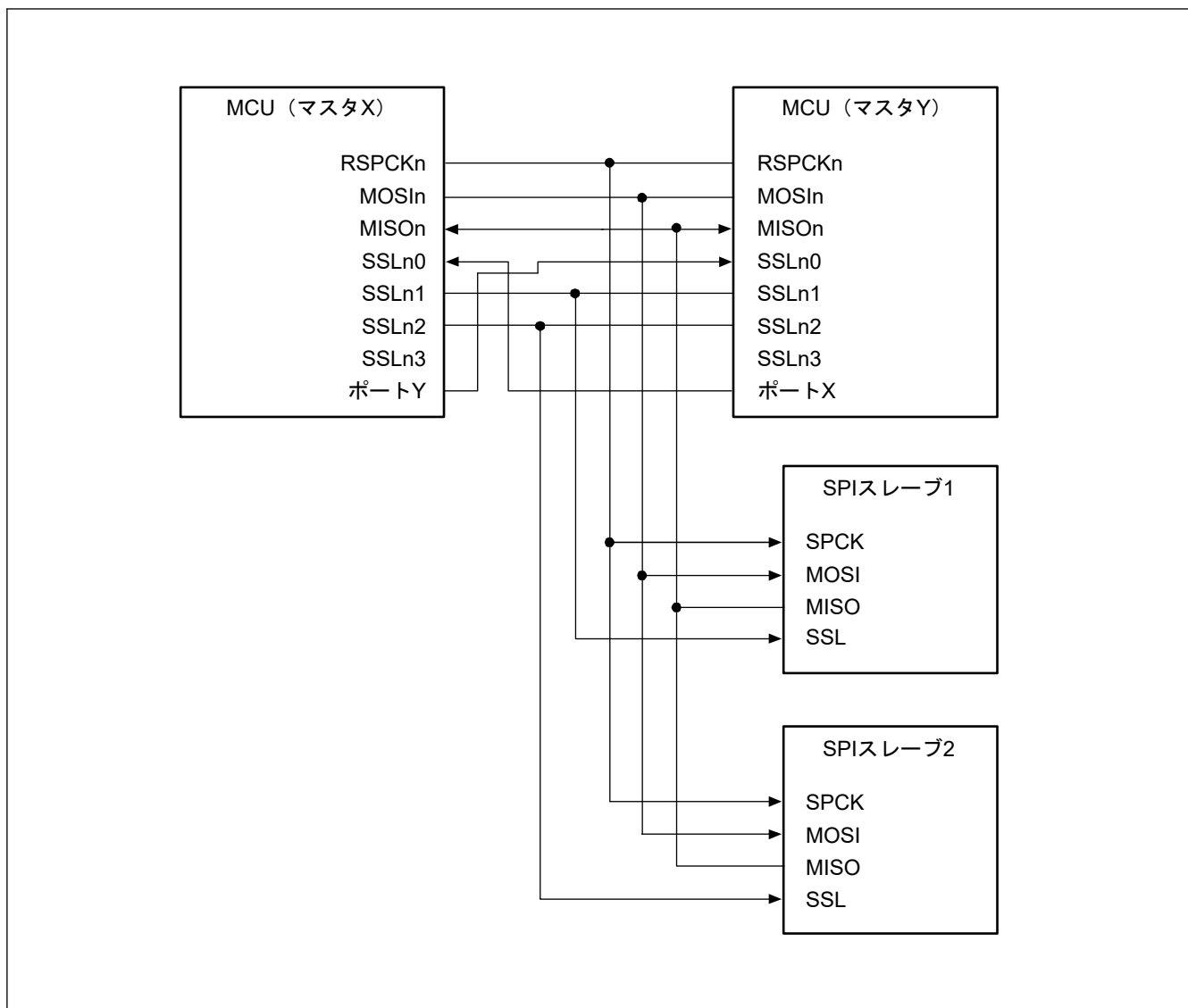


図 30.10 マルチマスタとマルチスレーブの構成例 (MCU はマスタ)

30.3.3.6 クロック同期式動作のマスタとスレーブ (MCU はマスタ)

図 30.11 に、MCU がマスタである場合のクロック同期式動作のマスタ/スレーブの構成例を示します。この構成では、MCU (マスタ) の SSLni は使用しません。

MCU (マスタ) は、RSPCKn および MOSIn 信号をドライブします。SPI スレーブは、MISO 信号をドライブします。

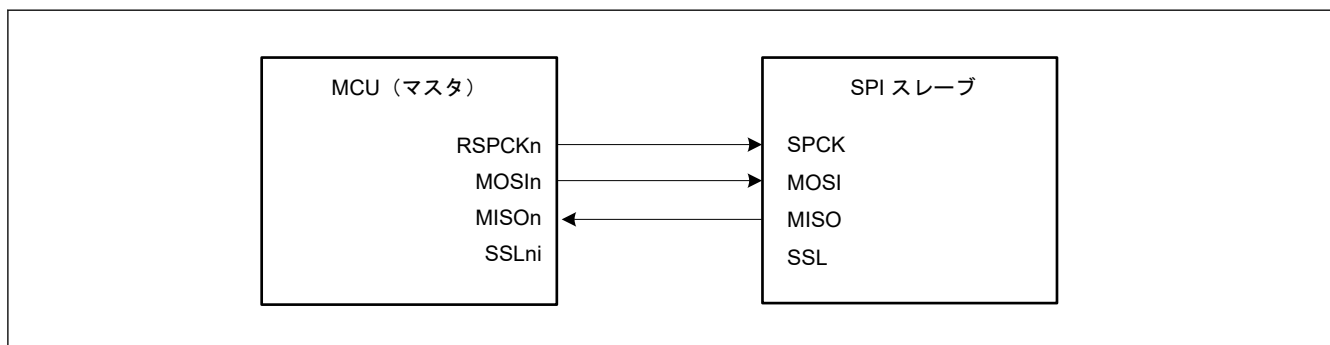


図 30.11 クロック同期式動作のマスタとスレーブの構成例 (MCU はマスタ)

30.3.3.7 クロック同期式動作のマスタとスレーブ (MCU はスレーブ)

図 30.12 に、MCU がスレーブである場合のクロック同期式動作のマスタ/スレーブの構成例を示します。MCU をスレーブ (クロック同期式動作) として使用する場合は、MCU (スレーブ) は MISO_n 信号をドライブし、SPI マスタは SPCK および MOSI 信号をドライブします。また、MCU (スレーブ) の SSL_{n0}~SSL_{n3} は使用しません。

SPCMDm.CPHA ビットが 1 でシングルスレーブ構成の場合のみ、MCU (スレーブ) はシリアル転送を実行できます。

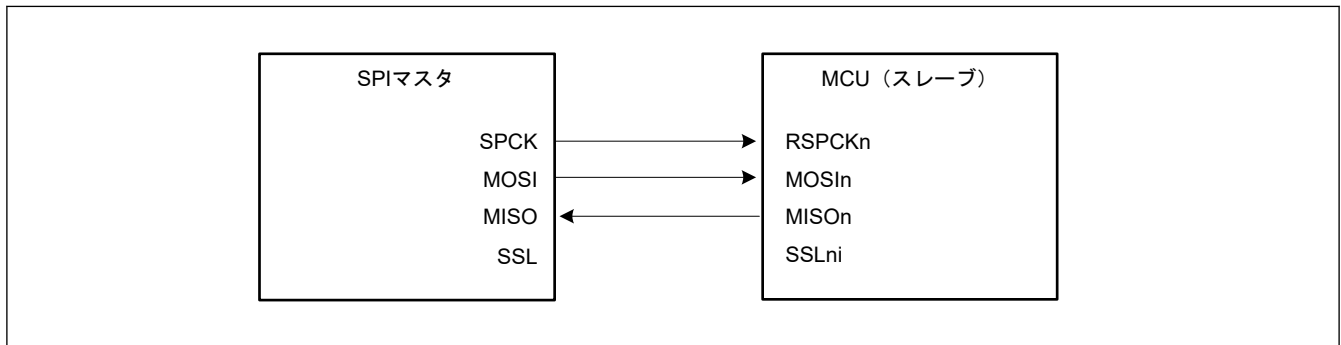


図 30.12 クロック同期式動作のマスタとスレーブの構成例 (MCU はスレーブ、CPHA = 1)

30.3.4 データフォーマット

SPI のデータフォーマットは、SPI コマンドレジスタ m (SPCMDm) と SPI コントロールレジスタ 2 (SPCR2) のパリティ許可ビット (SPPE) の設定値に依存します。MSB ファーストか LSB ファーストかにかかわらず、SPI は SPI データレジスタ (SPDR/SPDR_HA) の LSB ビットから設定データ長に該当するビット分の範囲を転送データとして扱います。

以下では、転送前または転送後のデータの 1 フレーム分のデータフォーマットについて説明します。

パリティ機能無効時のデータフォーマット

パリティ機能無効時は、SPI データ長設定ビット (SPI コマンドレジスタ m (SPCMDm.SP[3:0])) で設定したビット長のデータの送受信を行います。

パリティ機能有効時のデータフォーマット

パリティ機能有効時は、SPI データ長設定ビット (SPI コマンドレジスタ m (SPCMDm.SP[3:0])) で設定したビット長のデータの送受信を行います。ただし、最終ビットはパリティビットです。

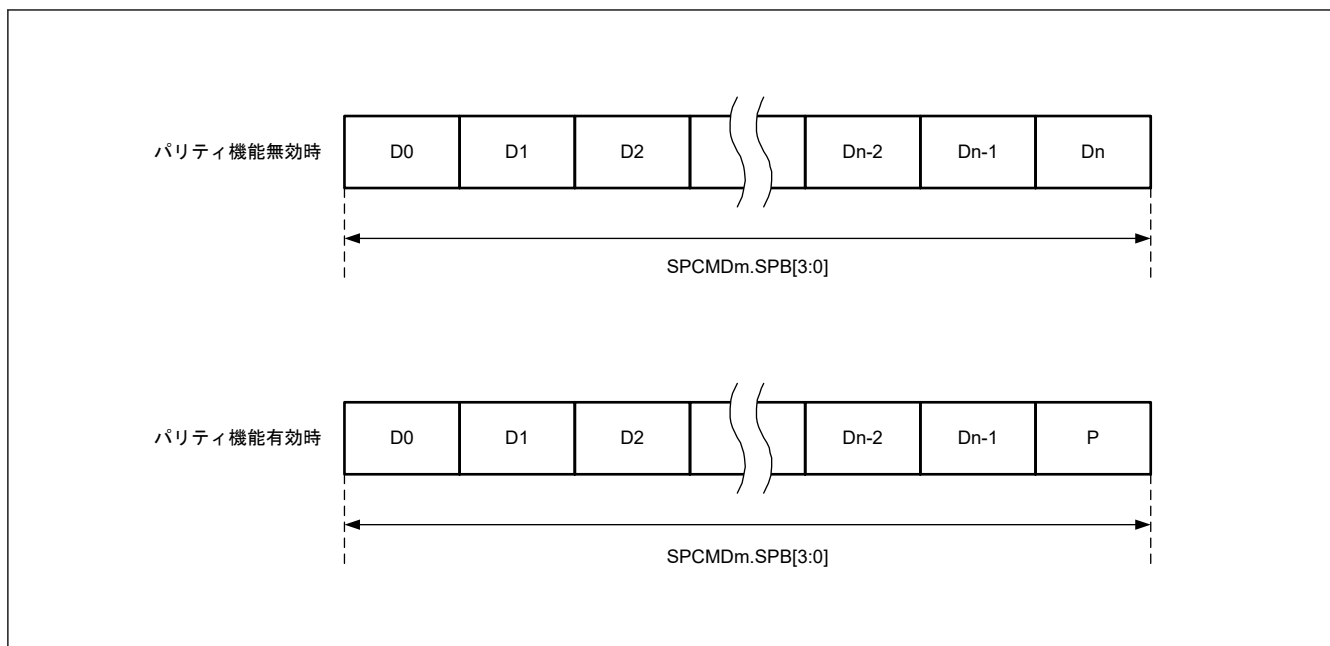


図 30.13 パリティ機能無効時と有効時のデータフォーマット

30.3.4.1 パリティ機能無効時 (SPCR2.SPPE = 0) の動作

パリティ機能が無効の場合、送信データを加工せず、シフトレジスタにコピーします。以下では、SPI データレジスタ (SPDR/SPDR_HA) とシフトレジスタの関係を、MSB/LSB ファーストとビット長の組み合わせで説明します。

(1) MSB ファースト転送 (32 ビットデータ)

図 30.14 に、パリティ機能無効時に、SPI データ長が 32 ビットの MSB ファースト転送を実施する場合の SPI データレジスタ (SPDR) とシフトレジスタの動作内容を示します。

送信時は、送信バッファの現ステージの T31～T00 ビットをシフトレジスタにコピーします。送信データは、T31 → T30 → … → T00 の順にシフトレジスタの値をシフトして送信されます。

受信時は、受信データをシフトレジスタのビット 0 から格納し、1 ビットごと受信データをシフトします。必要数分の RSPCK 周期が入力され、R31～R00 ビットまでデータがたまると、シフトレジスタの値を受信バッファにコピーします。

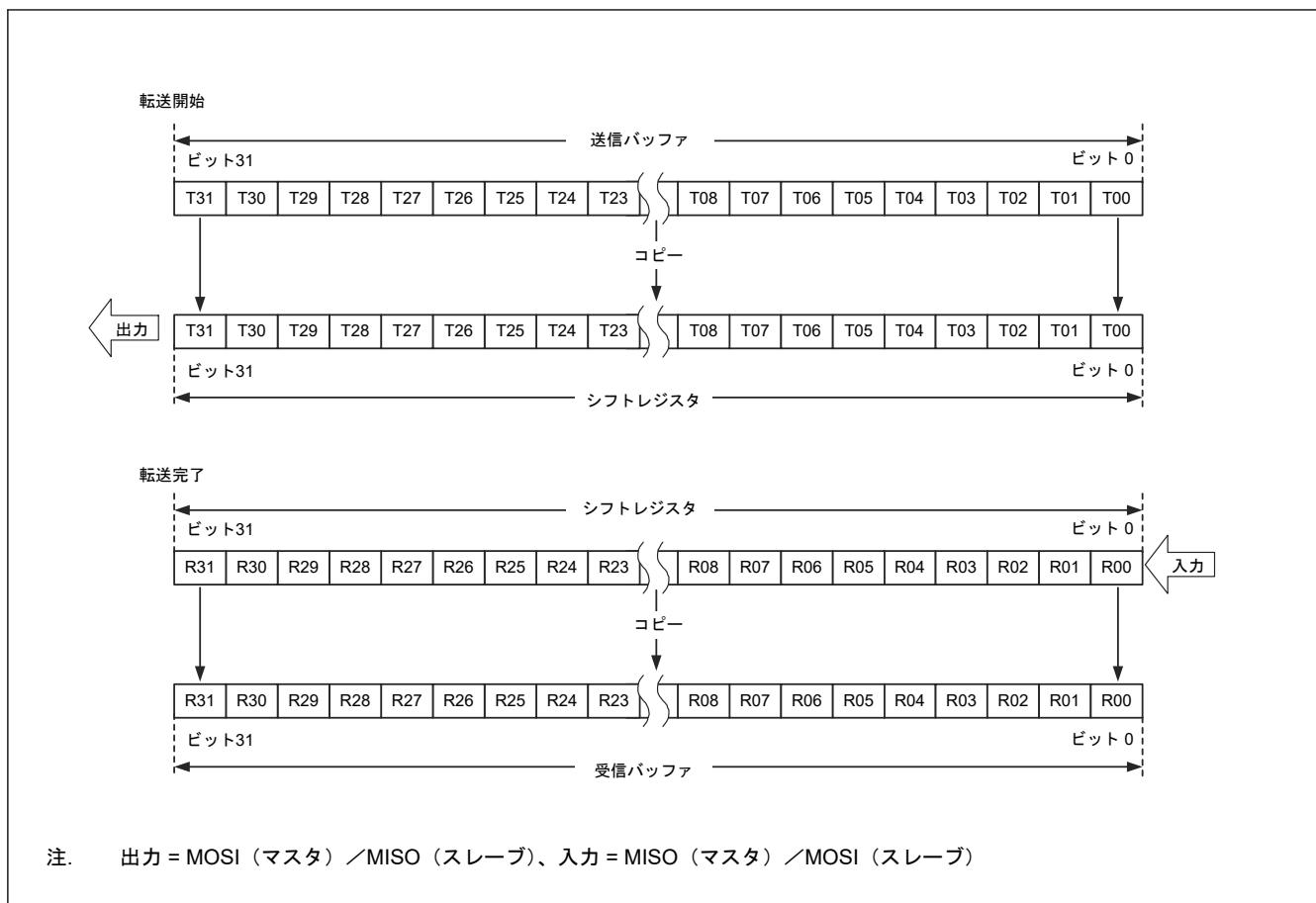


図 30.14 MSB ファースト転送 (32 ビットデータ/パリティ機能無効)

(2) MSB ファースト転送 (24 ビットデータ)

図 30.15 に、パリティ機能無効時に、SPI データ長が 32 ビット以外のデータを MSB ファースト転送する例として、24 ビットのデータ転送を実施する場合の SPI データレジスタ (SPDR) とシフトレジスタの動作内容を示します。

送信時は、送信バッファの現ステージの下位 24 ビット (T23~T00) をシフトレジスタにコピーします。送信データは、T23 → T22 → … → T00 の順にシフトレジスタの値をシフトして送信されます。

受信時は、受信データをシフトレジスタのビット 0 から格納し、1 ビットごとに受信データをシフトします。必要数分の RSPCK 周期が入力され、R23~R00 ビットまでデータがたまると、シフトレジスタの値を受信バッファにコピーします。送受信動作の場合には、受信バッファの上位 8 ビットには送信バッファの上位 8 ビットの値が格納されます。送信時に T31~T24 ビットに 0 を書き込んでおくことにより、受信バッファの上位 8 ビットに 0 を入れることができます。他方で、受信専用動作の場合は、受信バッファの上位 8 ビットには 0 が書き込まれません。

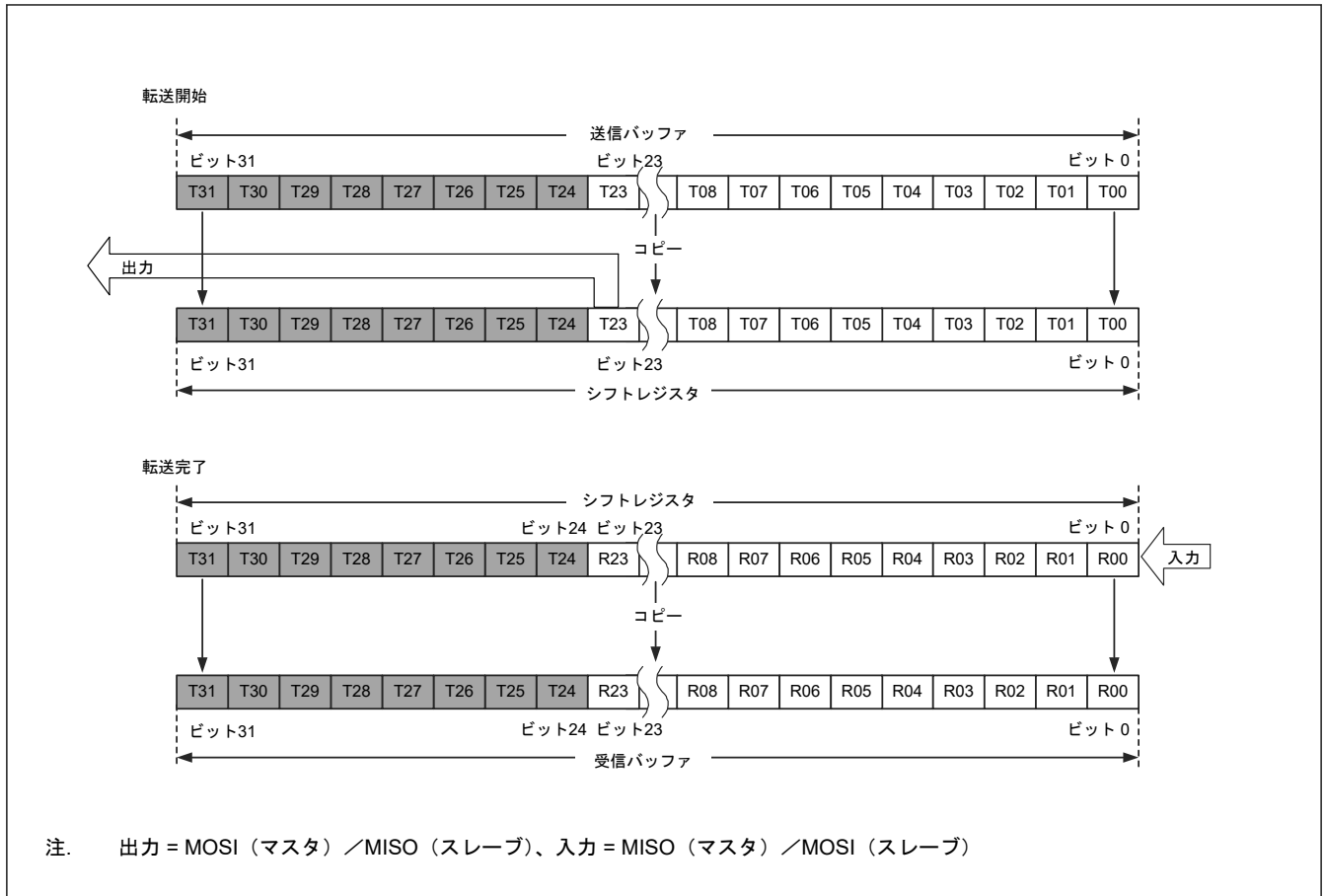


図 30.15 MSB ファースト転送 (24 ビットデータ/パリティ機能無効)

(3) LSB ファースト転送 (32 ビットデータ)

図 30.16 に、パリティ機能無効時に、SPI データ長が 32 ビットの LSB ファースト転送を実施する場合の SPI データレジスタ (SPDR) とシフトレジスタの動作内容を示します。

送信時は、送信バッファの現ステージのビット T31~T00 をビット単位で T00~T31 の順序に並び替えて、シフトレジスタにコピーします。送信データは、T00 → T01 → … → T31 の順にシフトレジスタの値をシフトして送信されます。

受信時は、受信データをシフトレジスタのビット 0 から格納し、1 ビットごと受信データをシフトします。必要数分の RSPCK 周期が入力され、R00~R31 ビットまでデータがたまると、シフトレジスタの値を受信バッファにコピーします。

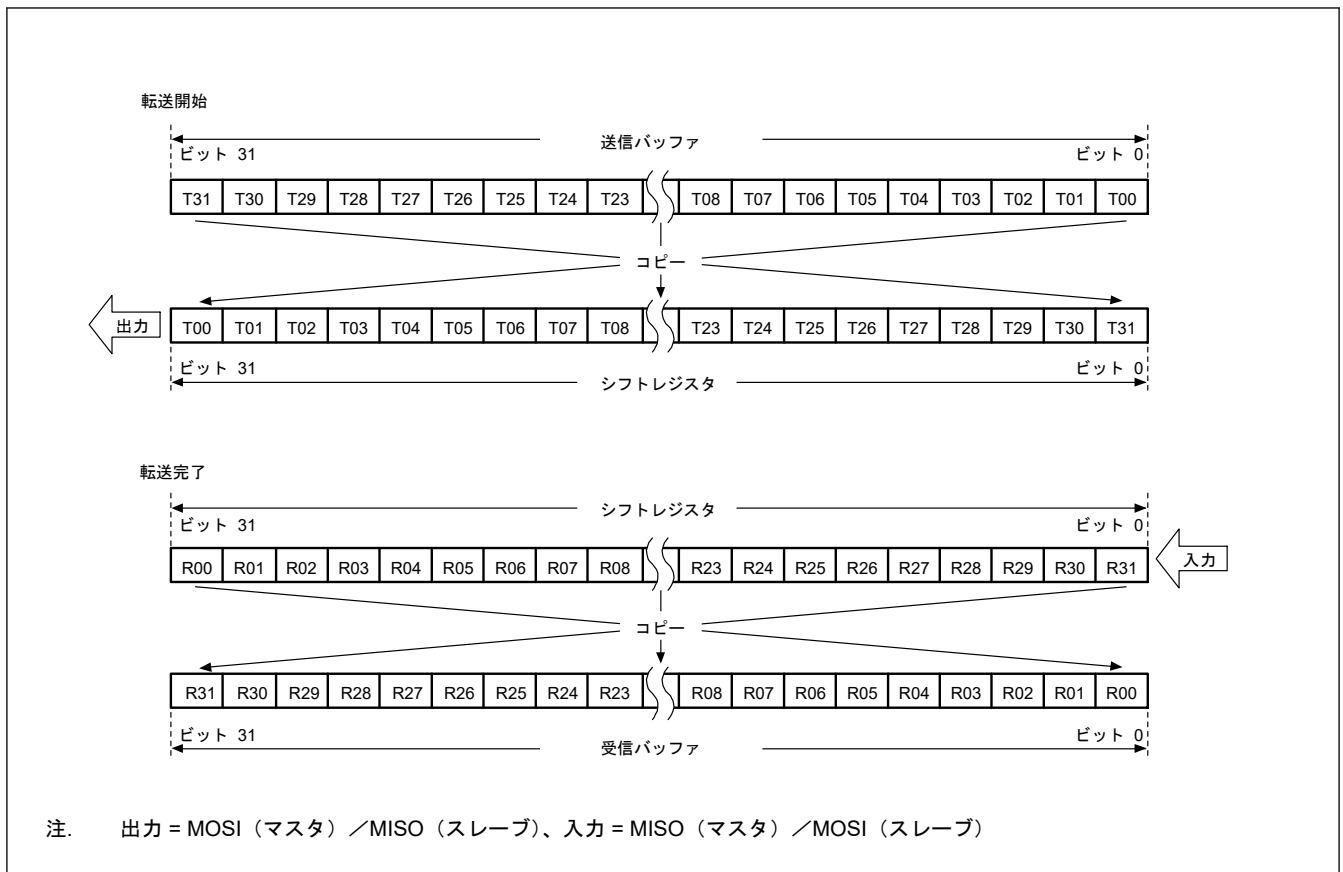


図 30.16 LSB ファースト転送 (32 ビットデータ/パリティ機能無効)

(4) LSB ファースト転送 (24 ビットデータ)

図 30.17 に、パリティ機能無効時に、SPI データ長が 32 ビット以外のデータを LSB ファースト転送する例として、24 ビットのデータ転送を実施する場合の SPI データレジスタ (SPDR) とシフトレジスタの動作内容を示します。

送信時は、送信バッファの現ステージの下位 24 ビット (T23～T00) をビット単位で T00～T23 の順序に並び換えて、シフトレジスタにコピーします。送信データは、T00 → T01 → … → T23 の順にシフトレジスタの値をシフトして送信されます。

受信時は、受信データをシフトレジスタのビット 8 から格納し、1 ビットごと受信データをシフトします。必要数分の RSPCK 周期が入力され、R00～R23 ビットまでデータがたまると、シフトレジスタの値を受信バッファにコピーします。

送受信動作の場合、受信バッファの上位 8 ビットには送信バッファの上位 8 ビットの値が格納されます。送信時に T31～T24 ビットに 0 を書き込んでおくことにより、受信バッファの上位 8 ビットに 0 を入れることができます。また、受信動作のみの場合は、受信バッファの上位 8 ビットに 0 が書き込まれます。

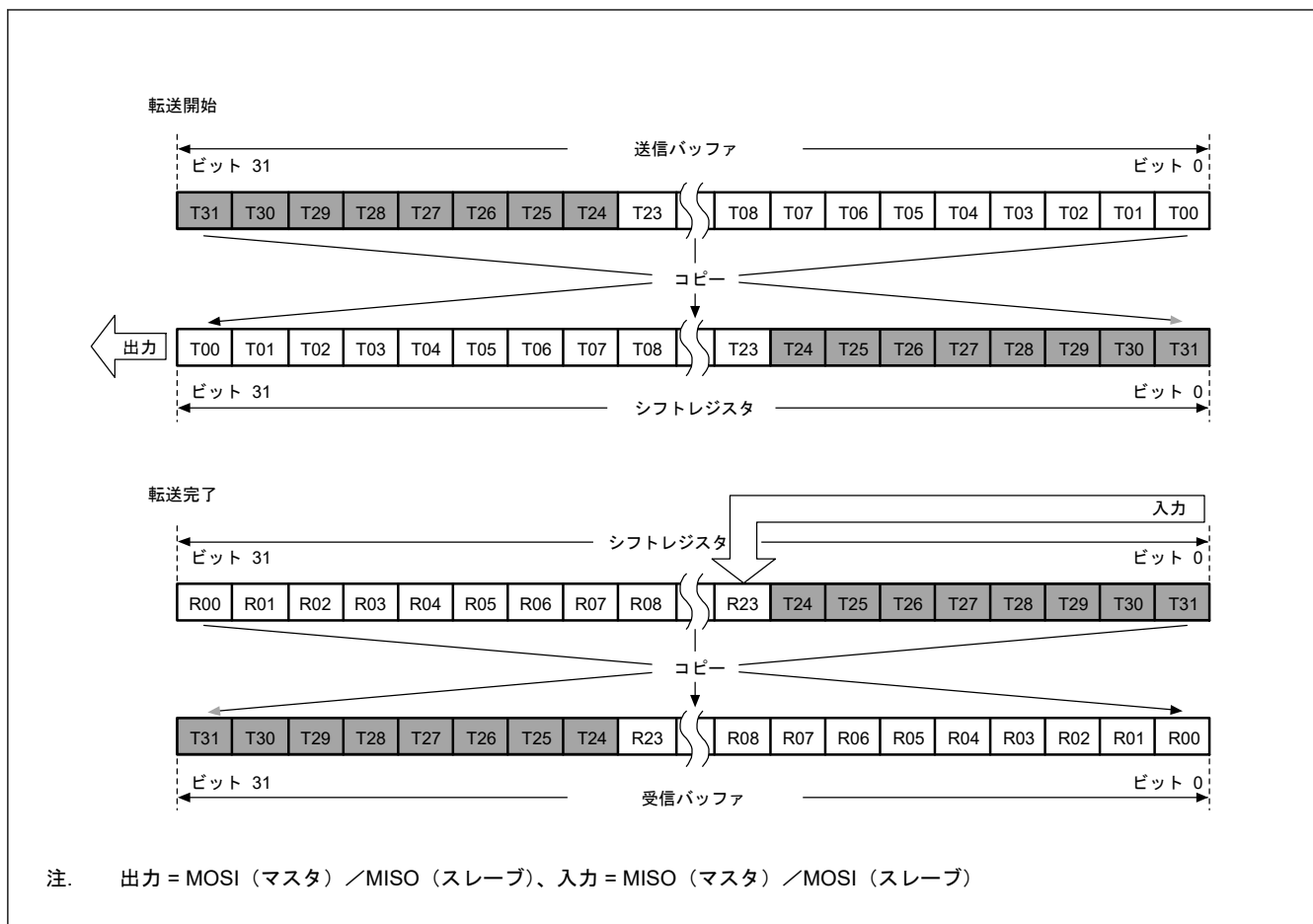


図 30.17 LSB ファースト転送 (24 ビットデータ/パリティ機能無効)

30.3.4.2 パリティ機能有効時 (SPCR2.SPPE = 1) の動作

パリティ機能が有効の場合、送信データの最下位ビットはパリティビットになります。パリティビットの値は、ハードウェアが計算します。

(1) MSB ファースト転送 (32 ビットデータ)

図 30.18 に、パリティ機能有効時に、SPI データ長が 32 ビットの MSB ファースト転送を実施する場合の SPI データレジスタ (SPDR) とシフトレジスタの動作内容を示します。

送信時は、最初に T31 ~ T01 ビットからパリティビット (P) の値を計算し、最終ビットである T00 と置き換えて、値全体をシフトレジスタにコピーします。データは、T31 → T30 → … → T01 → P の順に送信されます。

受信時は、受信データをシフトレジスタのビット 0 から格納し、1 ビットごと受信データをシフトします。必要数分の RSPCK 周期が入力され、R31 ~ P ビットまでデータがたまると、シフトレジスタの値を受信バッファにコピーします。シフトレジスタにデータをコピーするとき、パリティエラーがないか R31 ~ P ビットのデータをチェックします。

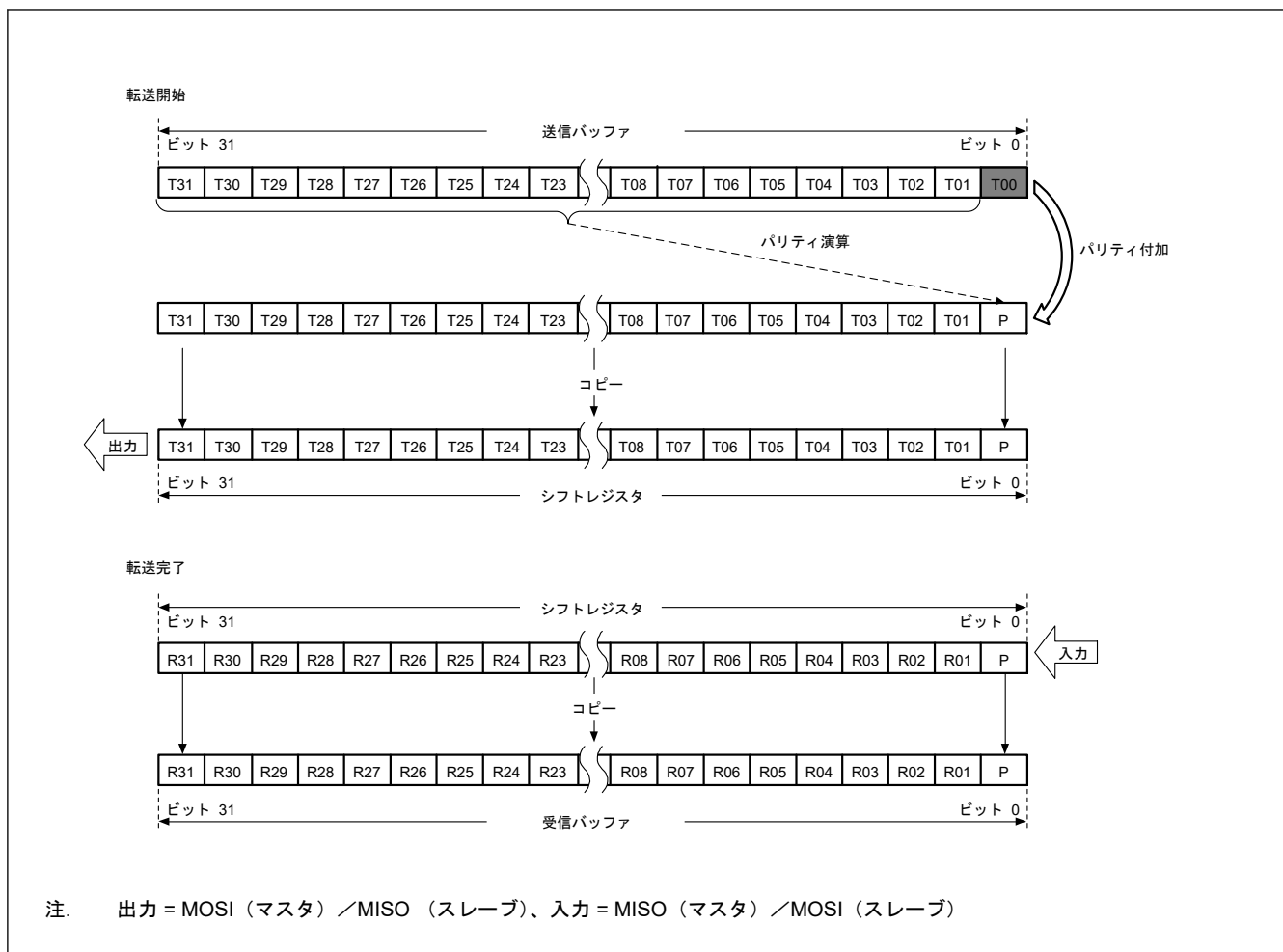


図 30.18 MSB ファースト転送 (32 ビットデータ/パリティ機能有効)

(2) MSB ファースト転送 (24 ビットデータ)

図 30.19 に、パリティ機能有効時に、SPI データ長が 32 ビット以外のデータを MSB ファースト転送する例として、24 ビットのデータ転送を実施する場合の SPI データレジスタ (SPDR) とシフトレジスタの動作内容を示します。

送信時は、T23～T01 ビットからパリティビット (P) の値を計算し、最終ビットである T00 と置き換えて、値全体をシフトレジスタにコピーします。データは、T23 → T22 → … → T01 → P の順に送信されます。

受信時は、受信データをシフトレジスタのビット 0 から格納し、1 ビットごとに受信データをシフトします。必要数分の RSPCK 周期が入力され、R23～P ビットまでデータがたまると、シフトレジスタの値を受信バッファにコピーします。シフトレジスタにデータをコピーするとき、パリティエラーがないか R23～P ビットのデータをチェックします。送受信動作の場合には、受信バッファの上位 8 ビットには送信バッファの上位 8 ビットの値が格納されます。送信時に T31～T24 ビットに 0 を書き込んでおくことにより、受信バッファの上位 8 ビットに 0 を入れることができます。他方で、受信専用動作の場合は、受信バッファの上位 8 ビットには 0 が書き込まれません。

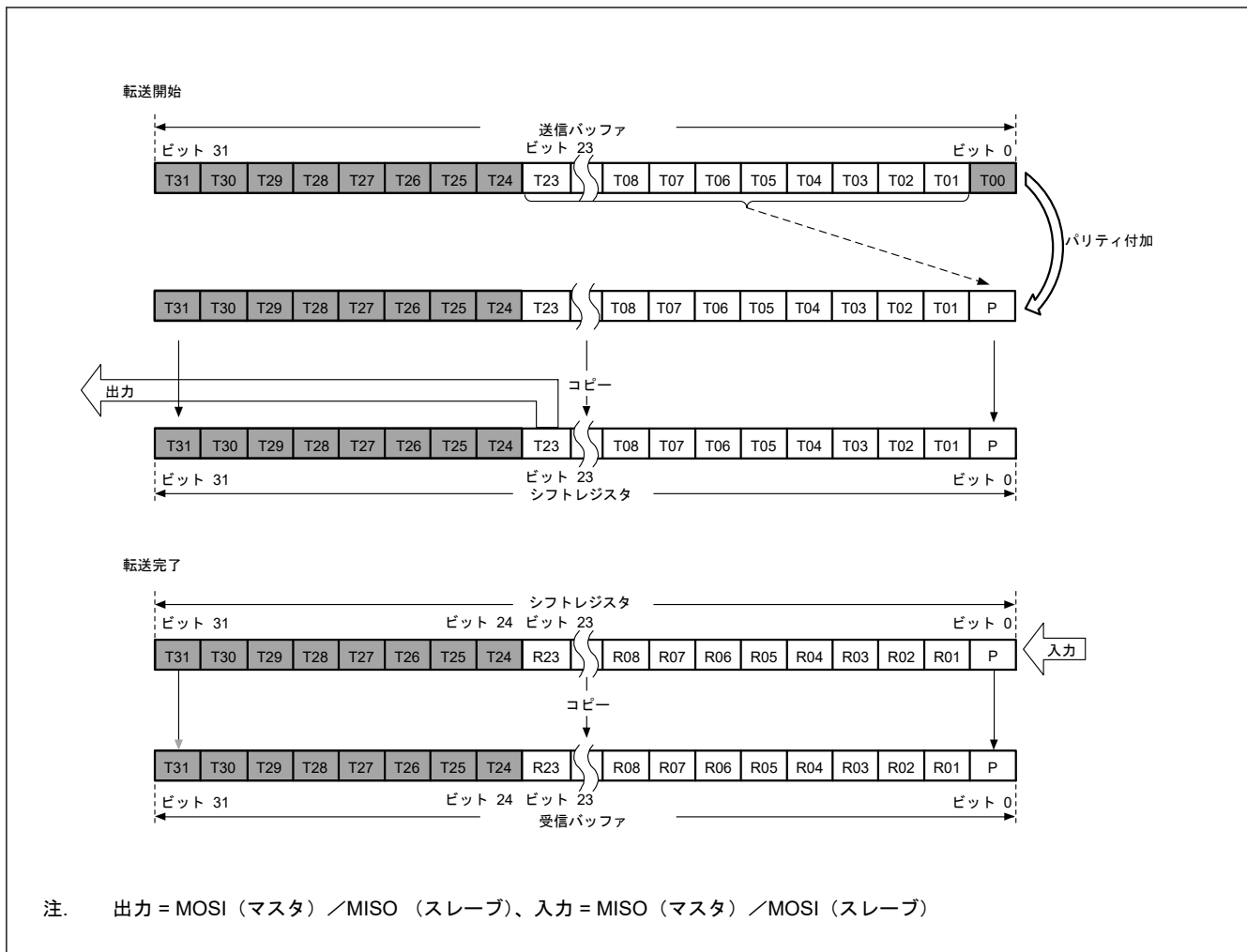


図 30.19 MSB ファースト転送 (24 ビットデータ/パリティ機能有効)

(3) LSB ファースト転送 (32 ビットデータ)

図 30.20 に、パリティ機能有効時に、SPI データ長が 32 ビットの LSB ファースト転送を実施する場合の SPI データレジスタ (SPDR) とシフトレジスタの動作内容を示します。

送信時は、T30～T00 ビットからパリティビット (P) の値を計算し、最終ビットである T31 と置き換えて、値全体をシフトレジスタにコピーします。送信データは、T00 → T01 → … → T30 → P の順番に送信します。

受信時は、受信データをシフトレジスタのビット 0 から格納し、1 ビットごと受信データをシフトします。必要数分の RSPCK 周期が入力され、R00～P ビットまでデータがたまると、シフトレジスタの値を受信バッファにコピーします。シフトレジスタにデータをコピーするとき、パリティエラーがないか R00～P ビットのデータをチェックします。

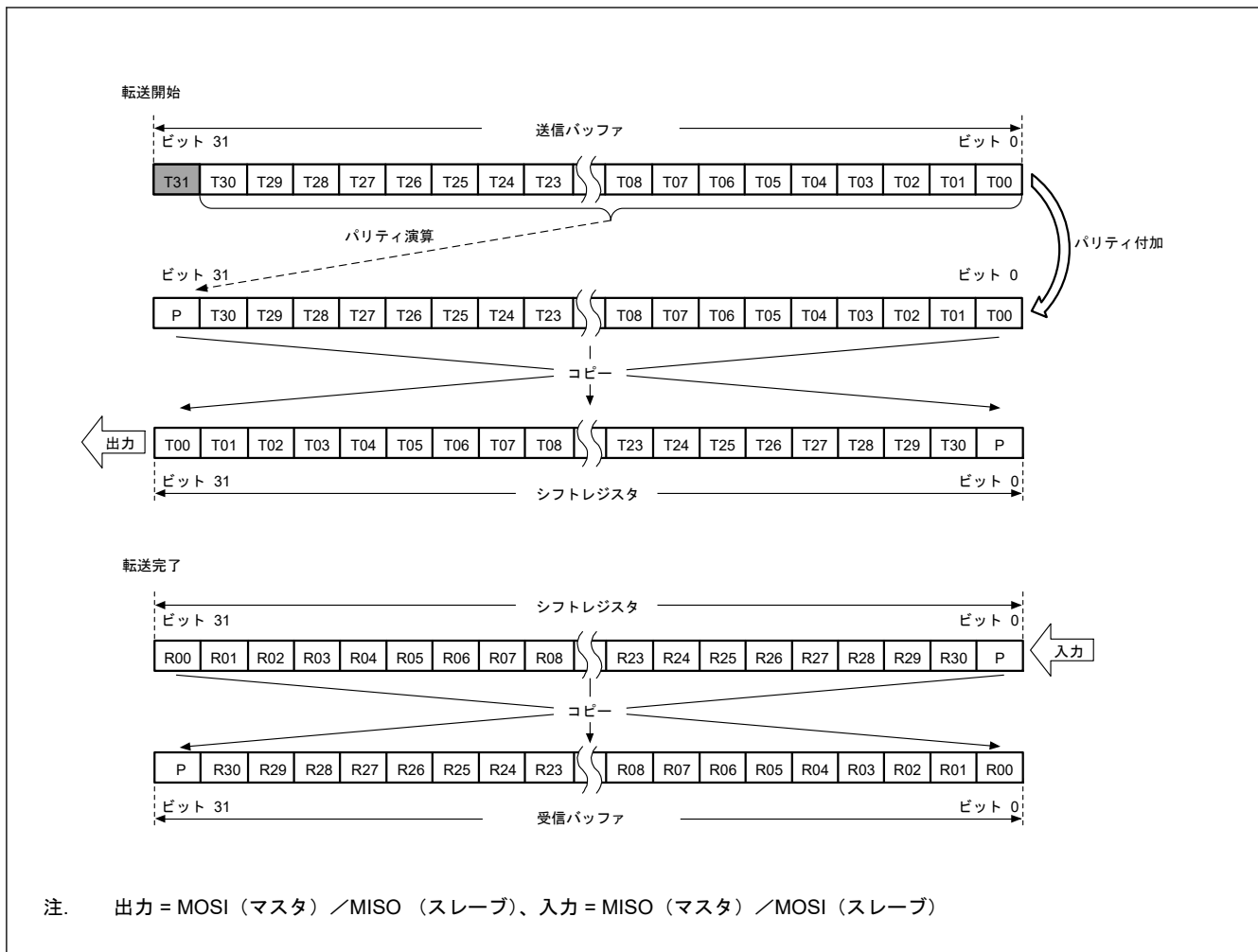


図 30.20 LSB ファースト転送 (32 ビットデータ/パリティ機能有効)

(4) LSB ファースト転送 (24 ビットデータ)

図 30.21 に、パリティ機能有効時に、SPI データ長が 32 ビット以外のデータを LSB ファースト転送する例として、24 ビットのデータ転送を実施する場合の SPI データレジスタ (SPDR) とシフトレジスタの動作内容を示します。

送信時は、T22～T00 ビットからパリティビット (P) の値を計算し、最終ビットである T23 と置き換えて、値全体をシフトレジスタにコピーします。データは、T00 → T01 → … → T22 → P の順に送信されます。

受信時は、受信データをシフトレジスタのビット 8 から格納し、1 ビットごとに受信データをシフトします。必要数分の RSPCK 周期が入力され、R00～P ビットまでデータがたまると、シフトレジスタの値を受信バッファにコピーします。シフトレジスタにデータをコピーするとき、パリティエラーがないか R00～P ビットのデータをチェックします。送受信動作の場合には、受信バッファの上位 8 ビットには送信バッファの上位 8 ビットの値が格納されます。送信時に T31～T24 ビットに 0 を書き込んでおくことにより、受信バッファの上位 8 ビットに 0 を入れることができます。他方で、受信専用動作の場合は、受信バッファの上位 8 ビットには 0 が書き込まれません。

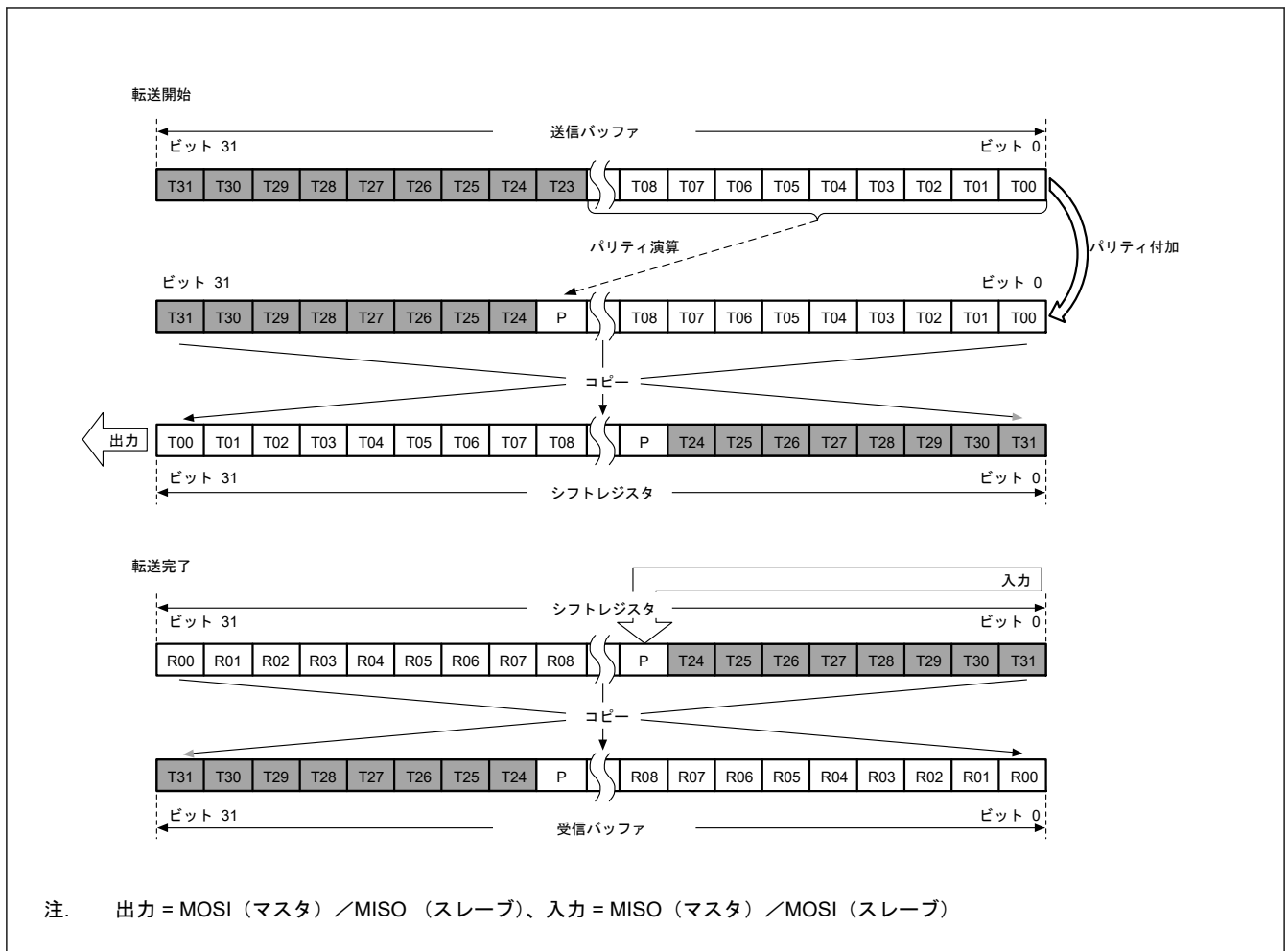


図 30.21 LSB ファースト転送 (24 ビットデータ/パリティ機能有効)

30.3.4.3 バイトスワップ送信

(1) MSB ファースト転送 (バイトスワップ無効時)

送信バッファ (Byte0 [T31~T24]~Byte3 [T07~T00]) のデータがシフトレジスタにコピーされます。シフトレジスタのビット値が T31 → T30 → ... → T00 の順に送信データとしてシフトし送信されます。

(2) MSB ファースト転送 (バイトスワップ有効時)

送信バッファ (Byte0 [T31~T24]~Byte3 [T07~T00]) のバイト値をバイト単位で入れ替え、Byte3 [T07~T00]~Byte0 [T31~T24]の順でシフトレジスタにコピーされます。

シフトレジスタのビット値が T07 → T06 → ... → T00 → T15 → T14 → ... → T08 → T23 → T22 → ... → T16 → T31 → T30 → ... → T24 の順に送信データとしてシフトし送信されます。

(3) LSB ファースト転送 (バイトスワップ無効時)

送信バッファ (Byte0 [T31~T24]~Byte3 [T07~T00]) のビット値をビット単位で入れ替え、Byte3 [T00~T07]~Byte0 [T24~T31]の順でシフトレジスタにコピーされます。

シフトレジスタのビット値が T00 → T01 → ... → T31 の順に送信データとしてシフトし送信されます。

(4) LSB ファースト転送 (バイトスワップ有効時)

送信バッファ (Byte0 [T31~T24]~Byte3 [T07~T00]) の各バイトのビット値をビット単位で入れ替え、Byte0 [T24~T31]~Byte3 [T00~T07]の順でシフトレジスタにコピーされます。

シフトレジスタのビット値が T24 → T25 → ... → T31 → T16 → T17 → ... → T23 → T08 → T09 → ... → T15 → T00 → T01 → ... → T07 の順に送信データとしてシフトし送信されます。

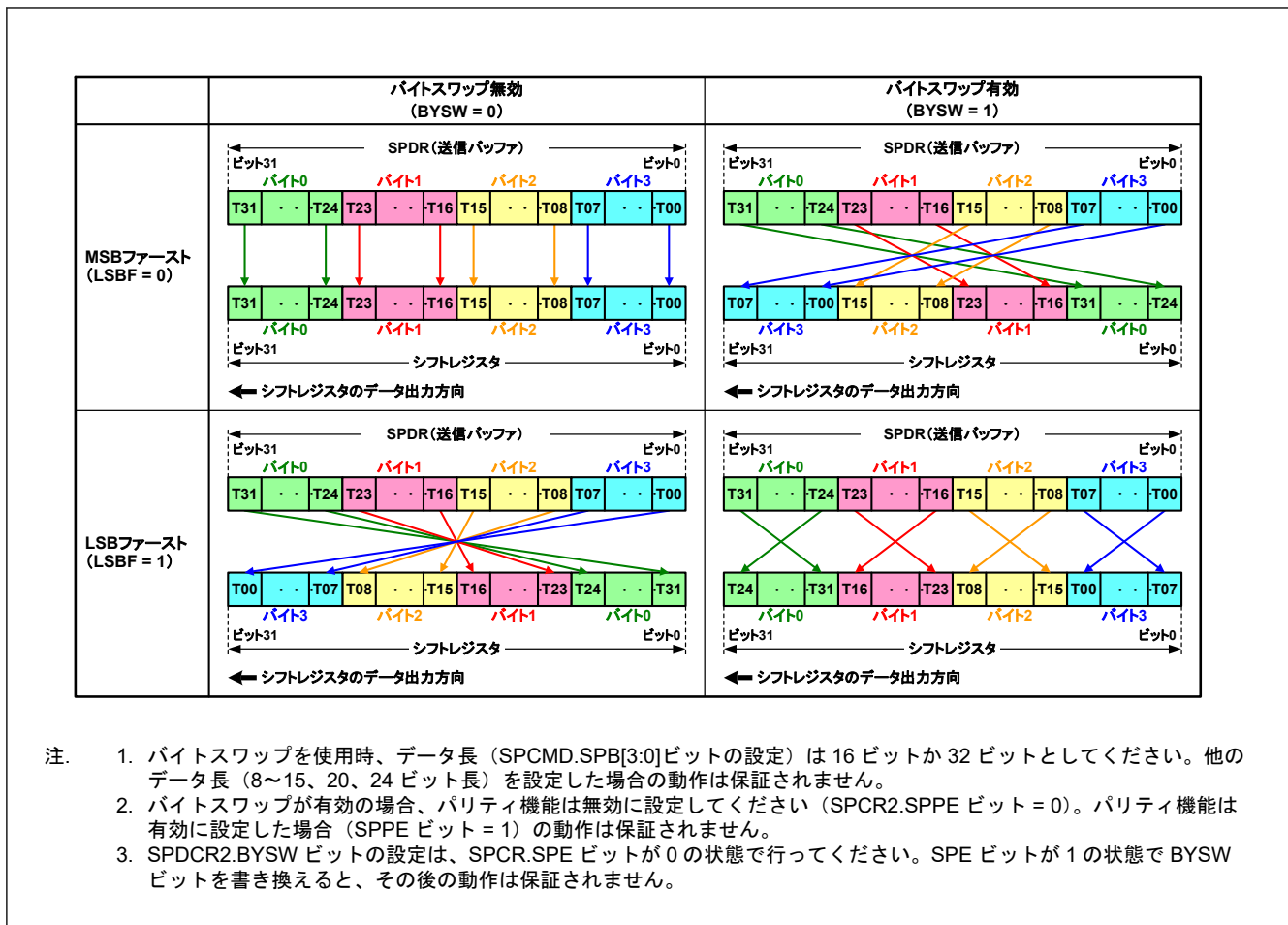


図 30.22 MSB/LSB 転送でのバイトスワップ

30.3.4.4 バイトスワップ受信

(1) MSB ファースト転送 (バイトスワップ無効時)

最初の受信データ (R31) をシフトレジスタのビット 0 に格納し、受信データは R31 → R30 → ... → R00 の順にシフトします。

必要数分の RSPCK 周期が入力され、Byte0 [R31~R24]~Byte3 [R07~R00]にデータがたまと、シフトレジスタの値を受信バッファにコピーします。

(2) MSB ファースト転送 (バイトスワップ有効時)

最初の受信データ (R07) をシフトレジスタのビット 0 に格納し、受信データは R07 → R06 → ... → R00 → R15 → R14 → ... → R08 → R23 → R22 → ... → R16 → R31 → R30 → ... → R24 の順にシフトします。

必要数分の RSPCK 周期が入力され、Byte3 [R07~R00]~Byte0 [R31~R24]にデータがたまと、シフトレジスタのバイト値をバイト単位で入れ替え、Byte0 [R31~R24]~Byte3 [R07~R00]の順で受信バッファにコピーされます。

(3) LSB ファースト転送 (バイトスワップ無効時)

最初の受信データ (R00) をシフトレジスタのビット 0 に格納し、受信データは R00 → R01 → ... → R31 の順にシフトします。

必要数分の RSPCK 周期が入力され、Byte3 [R00~R07]~Byte0 [R24~R31]にデータがたまと、シフトレジスタのビット値をビット単位で入れ替え、Byte0 [R31~R24]~Byte3 [R07~R00]の順で受信バッファにコピーされます。

(4) LSB ファースト転送 (バイトスワップ有効時)

最初の受信データ (R24) をシフトレジスタのビット 0 に格納し、受信データは R24 → R25 → ... → R31 → R16 → R17 → ... → R23 → R08 → R09 → ... → R15 → R00 → R01 → ... → R07 の順にシフトします。

必要数分の RSPCK 周期が入力され、Byte0 [R24~R31]~Byte3 [R00~R07]にデータがたまると、シフトレジスタの各バイトのビット値をビット単位で入れ替え、Byte0 [R31~R24]~Byte3 [R07~R00]の順で受信バッファにコピーされます。

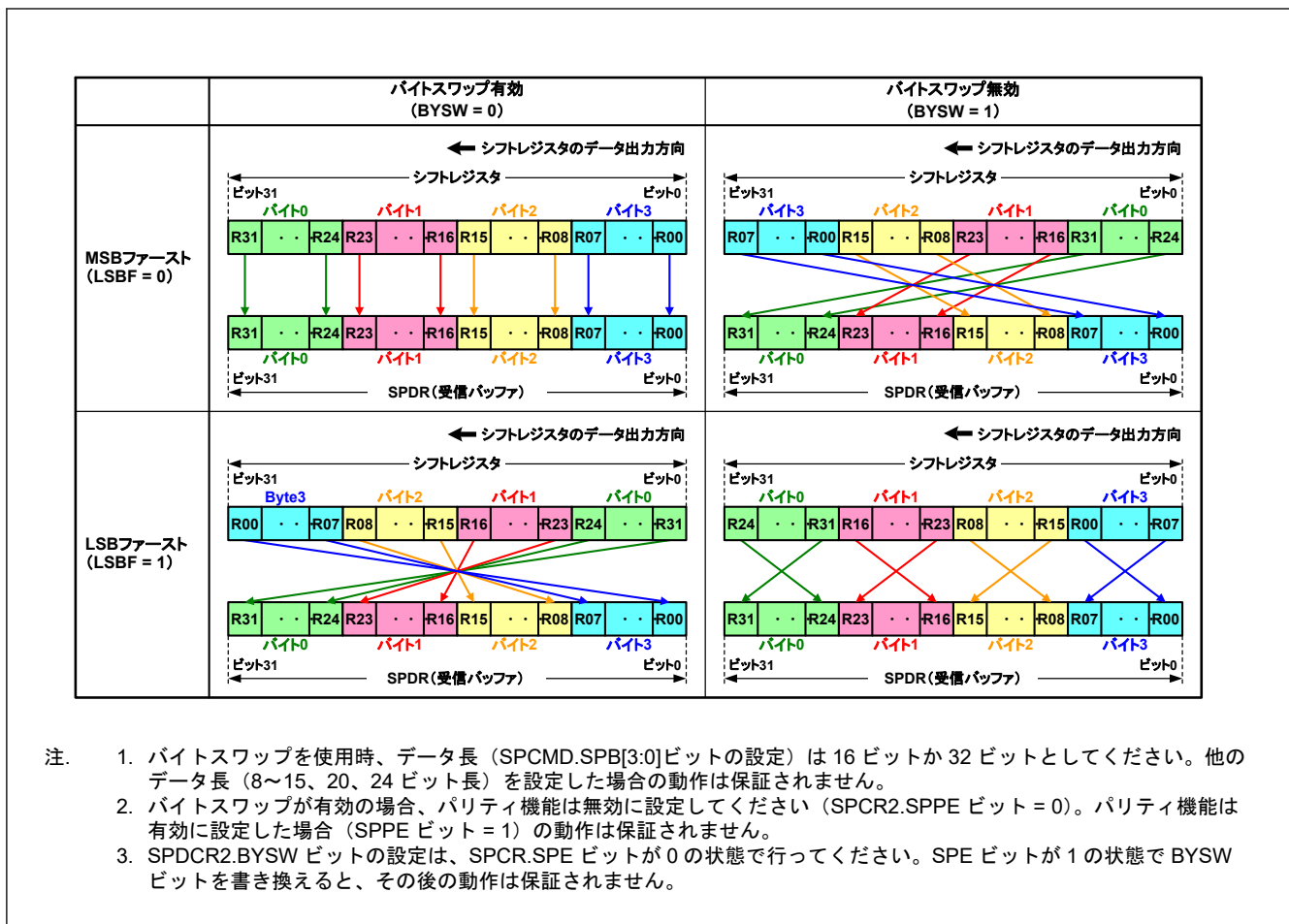


図 30.23 MSB/LSB 転送でのバイトスワップ

30.3.5 転送フォーマット

30.3.5.1 SPCMDm.CPHA = 0 の場合

図 30.24 に SPCMDm.SPCMD0.CPHA ビットが 0 の場合に、8 ビットのデータをシリアル転送した場合の転送フォーマット例を示します。SPI がスレーブモード (SPCR.MSTR = 0) で、SPCMDm.CPHA ビットが 0 の場合、クロック同期式動作 (SPCR.SPMS = 1) は行わないでください。図 30.24 において、RSPCKn (CPOL = 0) は、SPCMDm.CPOL ビットが 0 の場合の RSPCKn 信号波形を示します。また、RSPCKn (CPOL = 1) は、CPOL ビットが 1 の場合の RSPCKn 信号波形を示します。サンプリングタイミングは、SPI がシフトレジスタにシリアル転送データを取り込むタイミングを表します。各信号の入出力方向は、SPI の設定に依存します。詳細は、「30.3.2. SPI 端子の制御」を参照してください。

SPCMDm.CPHA ビットが 0 の場合には、SSLni 信号のアサートタイミングで、MOSIn 信号と MISOOn 信号への有効データのドライブが開始されます。SSLni 信号のアサート後に発生する最初の RSPCKn 信号変化が、最初の転送データ取り込みになり、これ以降、1RSPCK 周期ごとにデータがサンプリングされます。MOSIn 信号と MISOOn 信号の変化タイミングは、転送データ取り込みタイミングの 1/2RSPCK 周期後になります。SPCMDm.CPOL ビットの設定値は、RSPCK 信号の動作タイミングには影響を与えず、信号極性のみに影響を与えます。

t1 は、SSLni 信号のアサートから RSPCKn 発振までの期間 (RSPCK 遅延) を示します。t2 は、RSPCKn 発振停止から SSLni 信号のネゲートまでの期間 (SSL ネゲート遅延) を示します。t3 は、シリアル転送終了後に次転送のための SSLni 信号アサートを抑制する期間 (次アクセス遅延) を示します。t1、t2、t3 は、SPI システム上のマスタデバイスによって制御されます。MCU の SPI がマスタモードである場合の t1、t2、t3 については、「30.3.11.1. マスタモード動作」を参照してください。

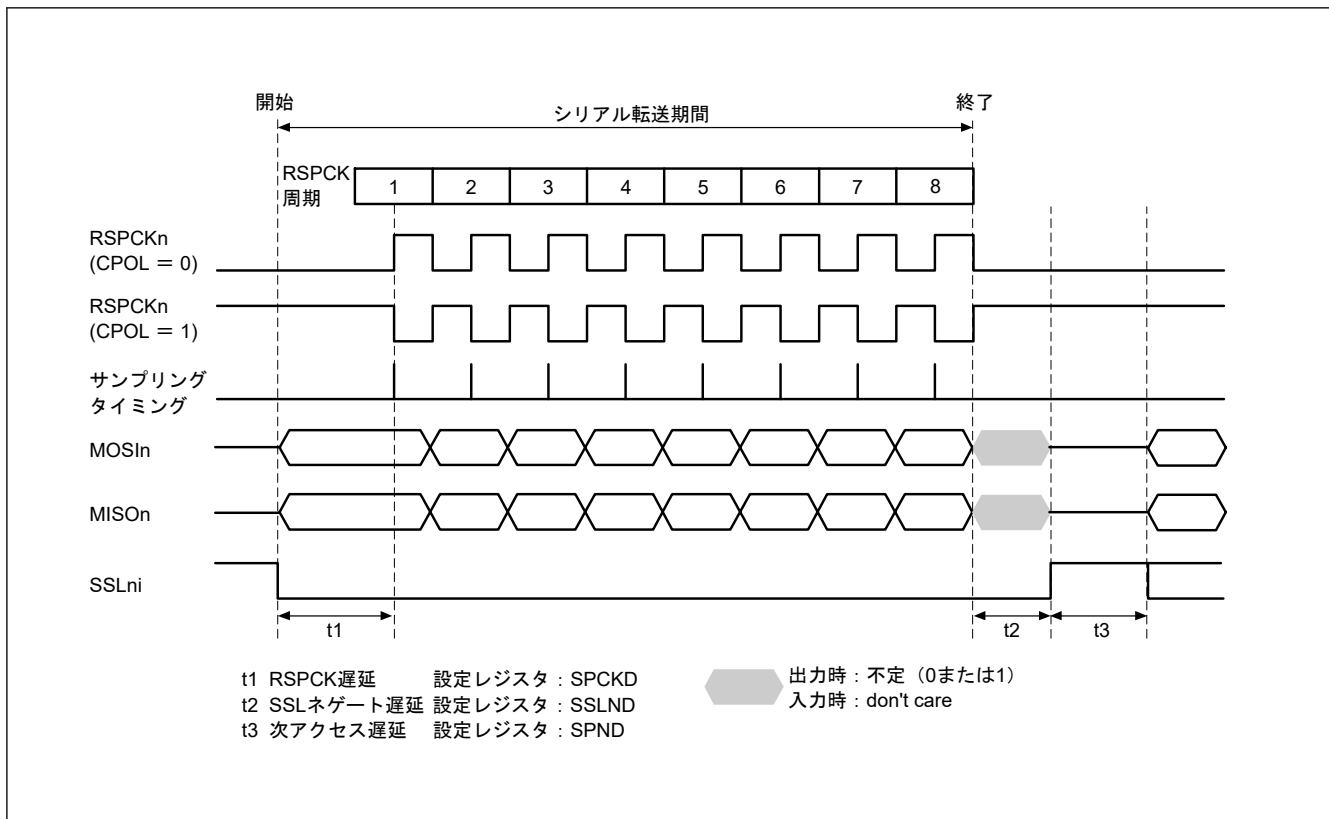


図 30.24 SPI 転送フォーマット (CPHA = 0 の場合)

30.3.5.2 SPCMDm.CPHA = 1 の場合

図 30.25 に SPCMDm.CPHA ビットが 1 の場合に、8 ビットのデータをシリアル転送した場合の転送フォーマット例を示します。ただし、SPCR.SPMS ビットが 1 の場合は SSLni 信号を用いず、RSPCKn 信号、MOSIn 信号、MISO 信号の 3 つの信号のみで通信を行います。図 30.25 において、RSPCK (CPOL = 0) は、SPCMDm.CPOL ビットが 0 の場合の RSPCKn 信号波形を示します。また、RSPCK (CPOL = 1) は、CPOL ビットが 1 の場合の RSPCKn 信号波形を表します。サンプリングタイミングは、SPI がシフトレジスタにシリアル転送データを取り込むタイミングを示しています。各信号の入出力方向は、SPI のモード (マスタ/スレーブ) に依存します。詳細は、「30.3.2. SPI 端子の制御」を参照してください。

SPCMDm.CPHA ビットが 1 の場合には、SSLni 信号のアサートタイミングで、MISO 信号への無効データのドライブが開始されます。SSLni 信号のアサート後に発生する最初の RSPCKn 信号変化で、MOSIn 信号と MISO 信号への有効データの出力が開始され、これ以降、1RSPCK 周期ごとにデータが更新されます。転送データの取り込みは、このデータ更新タイミングの 1/2RSPCK 周期後になります。SPCMDm.CPOL ビットの設定値は、RSPCKn 信号の動作タイミングには影響を与えず、信号極性のみに影響を与えます。

t1、t2、t3 の内容は、SPCMDm.CPHA ビットが 0 の場合と同様です。MCU の SPI がマスタモードである場合の t1、t2、t3 については、「30.3.11.1. マスタモード動作」を参照してください。

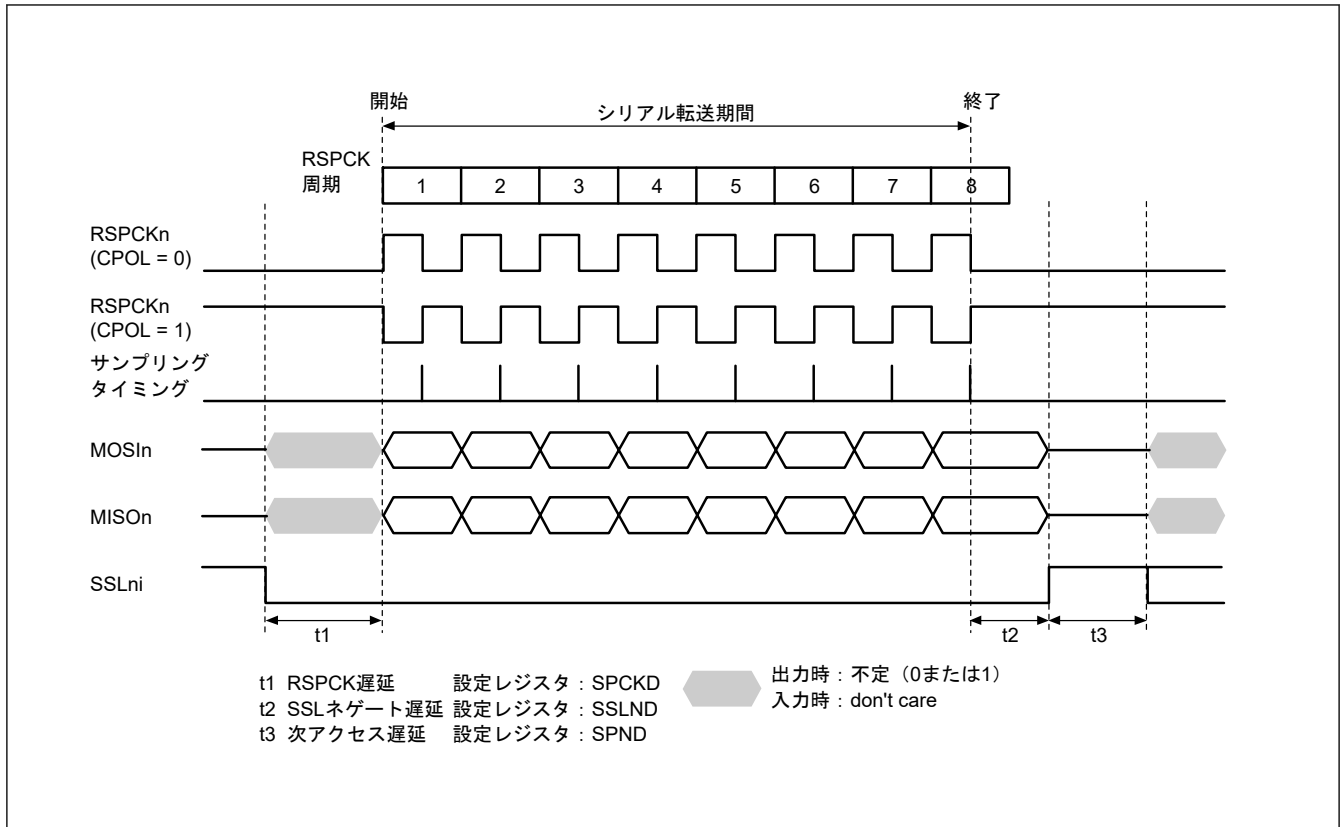


図 30.25 SPI 転送フォーマット (CPHA = 1 の場合)

30.3.6 データ転送モード

通信動作モード選択ビット (SPCR.TXMD) の設定により、全二重同期式シリアル通信または送信のみの動作が選択できます (拡張通信モード選択ビット (SPCR3.ETXMD) が 0 の場合)。SPCR3.ETXMD ビットが 1 の場合、スレーブモード (SPCR.MSTR = 0) で SPI の動作は受信のみです。これは SPCR.TXMD ビットが SPI の動作に影響を及ぼさないためです。図 30.26、図 30.27、および図 30.28 に記載した SPDR アクセスは、SPDR レジスタへのアクセス状況を示しています。W は書き込みサイクルを示しています。

30.3.6.1 全二重同期式シリアル通信 (SPCR3.ETXMD = 0, SPCR.TXMD = 0)

図 30.26 に、SPI コントロールレジスタ 3 (SPCR3) の拡張通信モード選択ビット (ETXMD) を 0、通信動作モード選択ビット (SPCR.TXMD) を 0 にした場合の動作例を示します。この例では、SPDCR.SPFC[1:0] ビットが 00b、SPCMDm.CPHA ビットが 1、SPCMDm.CPOL ビットが 0 の設定で、SPI が 8 ビットのシリアル転送を実行しています。RSPCKn 波形の下に記載した数字は、RSPCK サイクル数 (= 転送ビット数) を示しています。

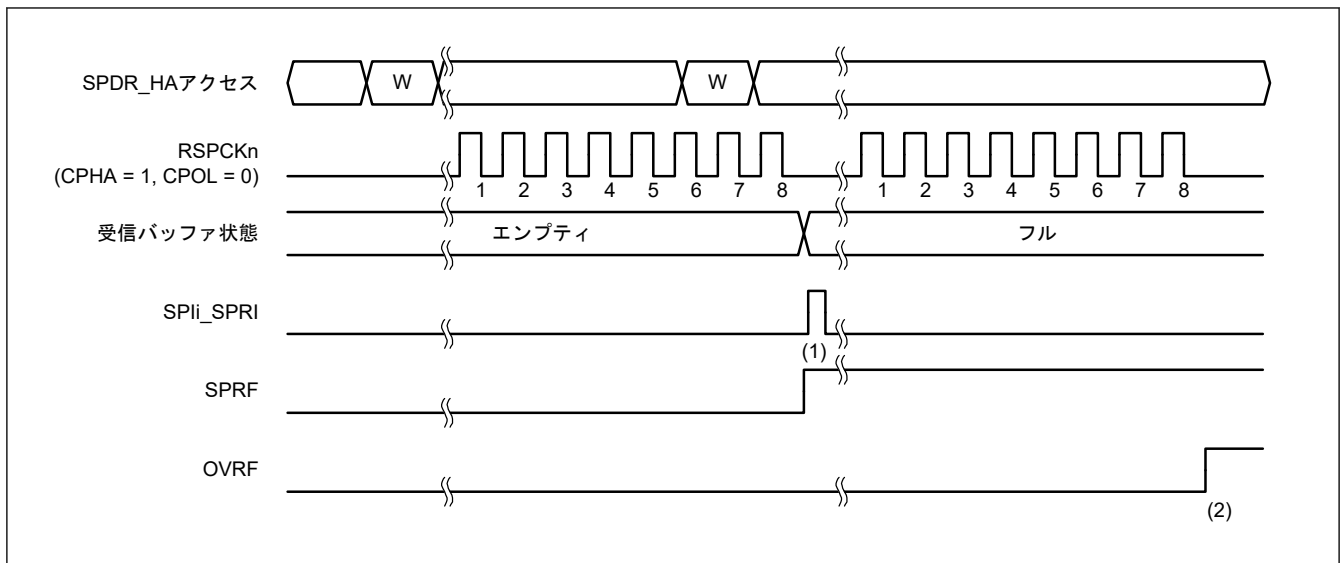


図 30.26 SPCR3.ETXMD = 0 かつ SPCR.TXMD = 0 の動作例

以下に、図 30.26 の (1)、(2) に示したタイミングでのフラグ動作を説明します。

1. SPDR_HA レジスタの受信バッファが空の状態ではシリアル転送が終了すると、SPI は受信バッファフル割り込み要求 (SPIi_SPRI) を発生させ、SPSR.SPRF フラグを 1 にして、シフトレジスタの受信データを受信バッファにコピーします。
2. SPDR_HA レジスタの受信バッファに以前のシリアル転送の受信データがある状態でシリアル転送が終了すると、SPI は SPSR.OVRF フラグを 1 にして、シフトレジスタの受信データを破棄します。SPSR.OVRF フラグの詳細動作については「30.3.9.1. オーバーランエラー」をご参照ください。

30.3.6.2 送信のみのシリアル通信 (SPCR3.ETXMD = 0、SPCR.TXMD = 1)

図 30.27 に、拡張通信モード選択ビット (SPCR3.ETXMD) を 0 にした場合および通信動作モード選択ビット (SPCR.TXMD) を 1 にした場合の動作例を示します。この例では、SPDCR.SPFC[1:0] ビットが 00b、SPCMDm.CPHA ビットが 1、SPCMDm.CPOL ビットが 0 の設定で、SPI が 8 ビットのシリアル転送を実行しています。RSPCKn 波形の下に記載した数字は RSPCK サイクル数 (= 転送ビット数) を示しています。

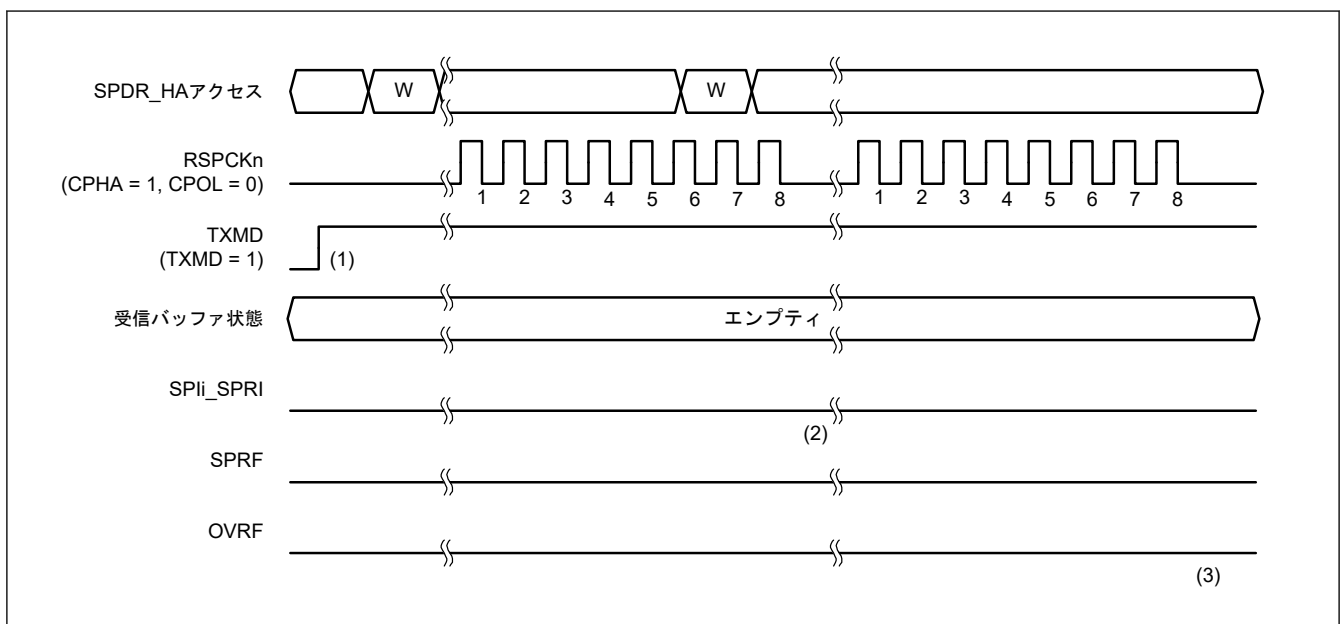


図 30.27 SPCR3.ETXMD = 0 および SPCR.TXMD = 1 の動作例

以下に、図 30.27 の (1)~(3) に示したタイミングでのフラグの動作内容を説明します。

1. 送信のみのシリアル通信 (SPCR3.ETXMD = 0, SPCR.TXMD = 1) へ遷移する前に、受信バッファにデータが残っていないこと (SPSR.SPRF = 0)、および SPSR.OVRF フラグが 0 であることを確認してください。
2. SPDR_HA レジスタの受信バッファが空の状態ではシリアル転送が終了すると、送信のみのシリアル通信 (SPCR3.ETXMD = 0, SPCR.TXMD = 1) を選択している場合、SPSR.SPRF フラグは 0 を保持し、SPI はシフトレジスタのデータを受信バッファへコピーしません。
3. SPDR_HA レジスタの受信バッファに以前のシリアル転送の受信データは存在しないため、シリアル転送が終了しても、SPSR.OVRF フラグは 0 を保持し、シフトレジスタのデータを受信バッファへコピーしません。

送信のみのシリアル通信動作 (SPCR3.ETXMD = 0, SPCR.TXMD = 1) では、SPI はデータを送信しますが、受信はしません。そのため、SPSR.SPRF および SPSR.OVRF フラグは (1)~(3) それぞれのタイミングで 0 を保持します。

30.3.6.3 受信のみシリアル通信 (MSTR = 0, ETXMD = 1)

SPI コントロールレジスタ (SPCR) の SPI マスタ/スレーブモード選択ビット (MSTR) を 0 に設定し、SPI コントロールレジスタ 3 (SPCR3) の拡張通信モード選択ビット (ETXMD) を 1 に設定した場合の動作例を図 30.28 に示します。SPI データコントロールレジスタ (SPDCR) の SPFC[1:0] ビット = 00b、SPI コマンドレジスタ (SPCMD) の CPHA ビット = 1、SPCMD の CPOL ビット = 0 の設定で、SPI が 8 ビットデータシリアル転送をする例を図 30.28 に示します。RSPCK 波形の下の番号は、RSPCK 周期の番号 (転送ビットの番号) を示します。

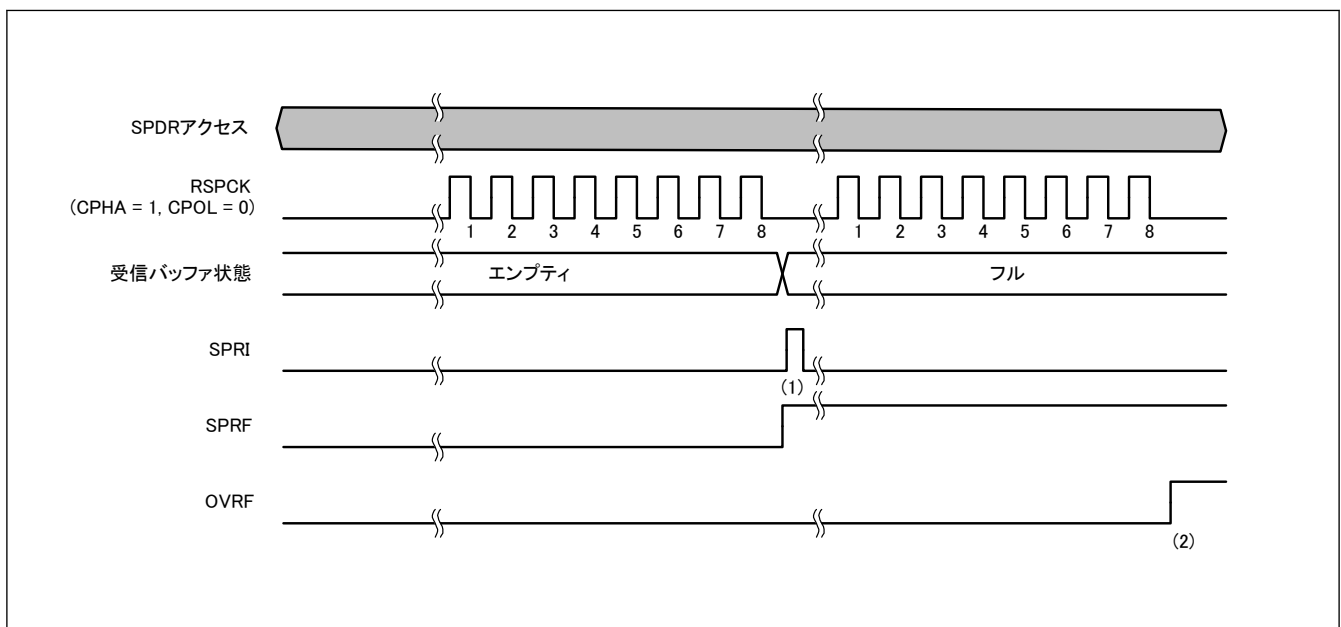


図 30.28 MSTR = 0 かつ ETXMD = 1 の場合の動作例

上図のタイミング (1) と (2) における動作を以下に説明します。

- (1) SPDR レジスタの受信バッファが空の状態ではシリアル転送が終了すると、SPI は受信バッファフル割り込み要求 (SPRI) を発生して (SPSR.SPRF フラグを 1 にする)、シフトレジスタの受信データを受信バッファにコピーします。
- (2) SPDR レジスタの受信バッファに以前の受信データがある状態でシリアル転送が終了すると、SPI は SPI ステータスレジスタ (SPSR) の OVRF フラグを 1 にしてシフトレジスタの受信データを破棄します。

30.3.7 送信バッファエンプティ/受信バッファフル割り込み

図 30.29 および図 30.30 に、送信バッファエンプティ割り込み (SPI_i_SPTI) と受信バッファフル割り込み (SPI_i_SPRI) の動作例を示します。図 38.26 および図 38.27 に記載した SPDR レジスタアクセスは、SPDR_HA レジスタへのアクセス状況を示しています。W は書き込みサイクル、R は読み出しサイクルを示しています。図 30.29 では、SPCR.TXMD ビットが 0、SPDCR.SPFC[1:0] ビットが 00b、SPCMDm.CPHA ビットが 0、SPCMDm.CPOL ビットが 0 の設定で、SPI が 8 ビットのシリアル転送を実行しています。図 30.30 では、SPCR.TXMD ビットが 0、SPDCR.SPFC[1:0] ビットが 00b、SPCMDm.CPHA ビットが 1、SPCMDm.CPOL ビットが 0 の設定で、SPI が 8 ビットのシリアル転送を実行しています。RSPCK_n 波形の下に記載した数字は、RSPCK サイクル数 (= 転送ビット数) を示しています。

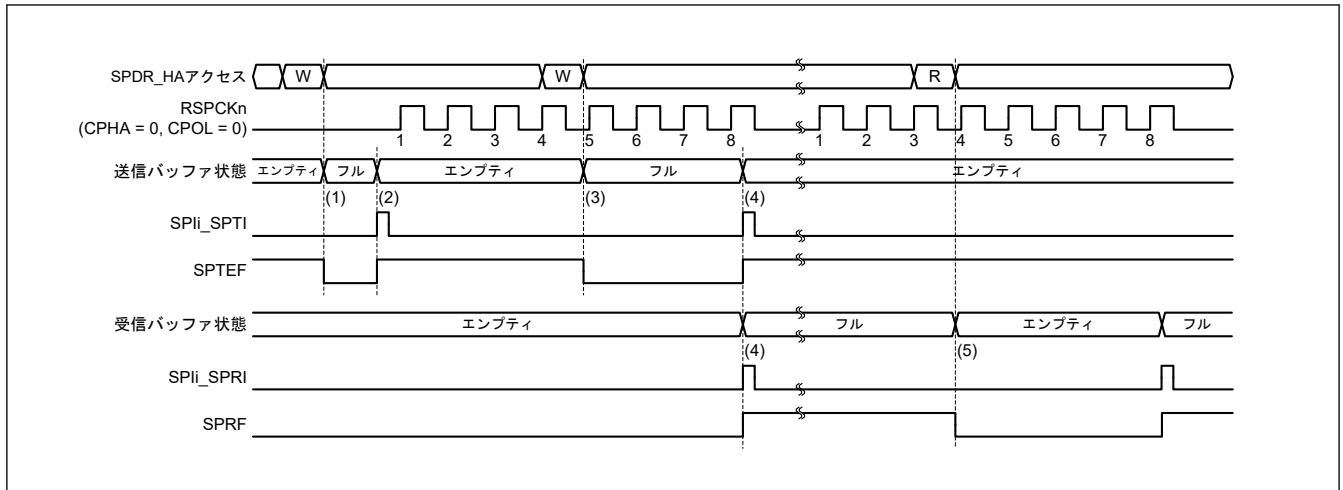


図 30.29 SPIi_SPTI、SPIi_SPRI 割り込みの動作例 (CPHA = 0、CPOL = 0)

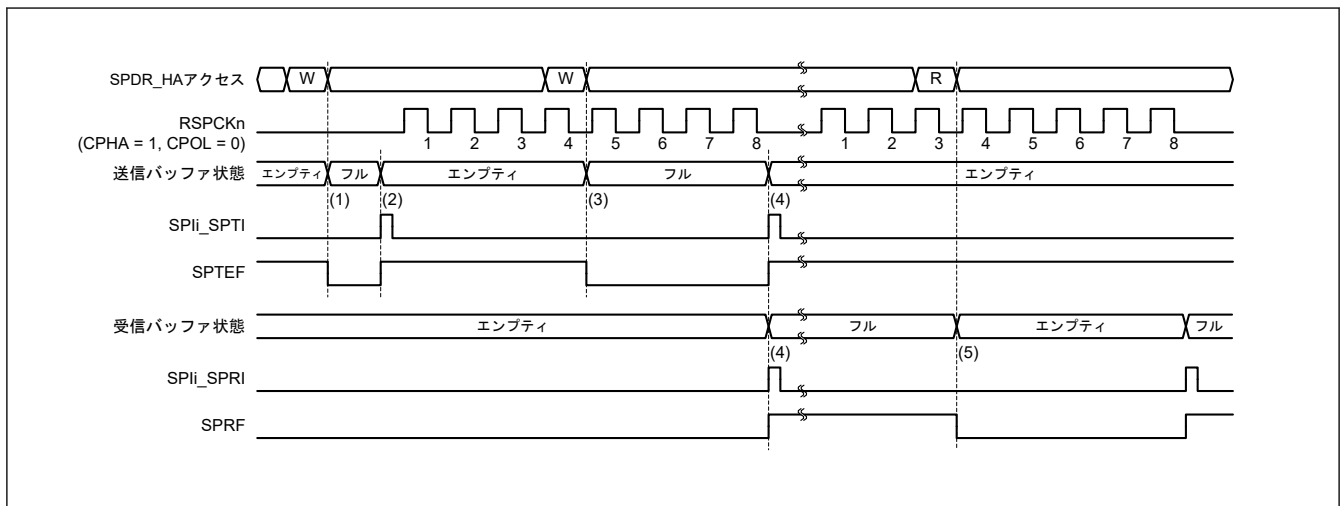


図 30.30 SPIi_SPTI、SPIi_SPRI 割り込みの動作例 (CPHA = 1、CPOL = 0)

以下に、図 30.29 および図 30.30 の (1)~(5) での SPI の動作内容を説明します。

1. SPDR_HA レジスタの送信バッファが空の（次転送のデータがセットされていない）状態で、SPDR_HA レジスタに送信データを書き込むと、SPI は送信バッファにデータを書き込み、SPSR.SPTEF フラグを 0 にクリアします。
2. シフトレジスタが空の場合には、SPI は送信バッファのデータをシフトレジスタにコピーして送信バッファを空に割り込み要求 (SPIi_SPTI) を発生させ、SPSR.SPTEF フラグを 1 にします。なお、シリアル転送の開始方法は、SPI のモードに依存します。詳細は、「30.3. 動作説明」および「30.3.12. クロック同期式動作」を参照してください。
3. 送信バッファを空に割り込みルーチン、または SPSR.SPTEF フラグによる送信バッファを空にする処理で SPDR_HA レジスタに送信データを書き込むと、SPI は送信バッファにデータを書き込み、SPSR.SPTEF フラグを 0 にクリアします。シフトレジスタにはシリアル転送中のデータが格納されているため、SPI は送信バッファのデータをシフトレジスタにコピーしません。
4. SPDR_HA レジスタの受信バッファが空の状態ではシリアル転送が終了すると、SPI はシフトレジスタの受信データを受信バッファにコピーし、受信バッファがフルに割り込み要求 (SPIi_SPRI) を発生させ、SPSR.SPRF フラグを 1 にします。また、シリアル転送が終了するとシフトレジスタが空になるため、シリアル転送が終了する前に送信バッファがフルであった場合には、SPI が SPSR.SPTEF フラグを 1 にし、送信バッファのデータをシフトレジスタにコピーします。なお、オーバーランエラー発生状態で、シフトレジスタから受信バッファへ受信データをコピーしなかった場合でも、シリアル転送が終了すると SPI はシフトレジスタが空であると判断し、送信バッファからシフトレジスタへのデータ転送が可能になります。
5. 受信バッファがフルに割り込みルーチン、または SPSR.SPRF フラグによる受信バッファがフルになる処理で SPDR_HA レジスタを読み出すと、受信データが読み出せます。

送信バッファに未送信のデータがある状態 ($SPSR.SPTEF = 0$) で、 $SPDR_HA$ レジスタへ書き込みが行われた場合には、SPI は送信バッファのデータを更新しません。 $SPDR_HA$ レジスタへ書き込む場合は、送信バッファエンプティ割り込み要求を使用するか、または $SPSR.SPTEF$ フラグによる送信バッファエンプティ割り込みの処理で行ってください。また、送信バッファエンプティ割り込みを利用する場合には、 $SPCR.SPTIE$ ビットを 1 にしてください。SPI 機能が無効 ($SPCR.SPE = 0$) の場合には、 $SPCR.SPTIE$ ビットを 0 にしてください。

受信バッファフルの状態 ($SPSR.SPRF = 1$) で、シリアル転送が終了した場合には、SPI はシフトレジスタから受信バッファへデータをコピーせず、オーバーランエラーを検出します(「[30.3.9. エラー検出](#)」を参照してください)。受信データのオーバーランエラーを防ぐために、受信バッファフル割り込み要求で、次のシリアル転送終了よりも前に受信データを読み出してください。また、SPI 受信バッファフル割り込みを利用する場合には、 $SPCR.SPRIE$ ビットを 1 にしてください。

送信/受信バッファの状態は、送信/受信割り込み、または関連する ICU の $IELSRn.IR$ フラグ (n は割り込みベクタ番号) によって確認することができます。

同様に、 $SPSR.SPTEF$ および $SPSR.SPRF$ フラグによっても、送信/受信バッファの状態を確認できます。割り込みベクタ番号については、「[13. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。

30.3.8 通信終了割り込み

30.3.8.1 マスタモードでの送受信/送信

送受信マスタモードや送信マスタモードにおいて以下の条件を満たす場合、通信終了割り込み (SPCI) を発生し、 $CENDF$ フラグを 1 に設定します。 $CENDF$ フラグの設定タイミングは、 $IDLNF$ フラグと同じです。通信終了割り込み (SPCI) は、1 $PCLKUSCIx$ 幅、Low アクティブです。

- $SPSSR.SPCP[2:0]$ ビットの値が、 $SPSCR.SPSSLN[2:0]$ ビットの値と同じとき
- 次の送信データが存在しないとき

$CENDF$ フラグが 1 になった後 $SPCR.SPE$ ビットがクリアされても $CENDF$ フラグはクリアされません。 $CENDF$ フラグは下記 2 条件のいずれかの場合にクリアされます。

- 次の送信データが送信バッファ (SPTX) に書かれたとき
- $CENDF$ フラグが 1 のとき $SPSR$ レジスタ読み出し後 $CENDF$ フラグに 0 が書き込まれたとき

[図 30.31](#) に、送受信/送信マスタモードでの通信終了割り込み動作例を示します。

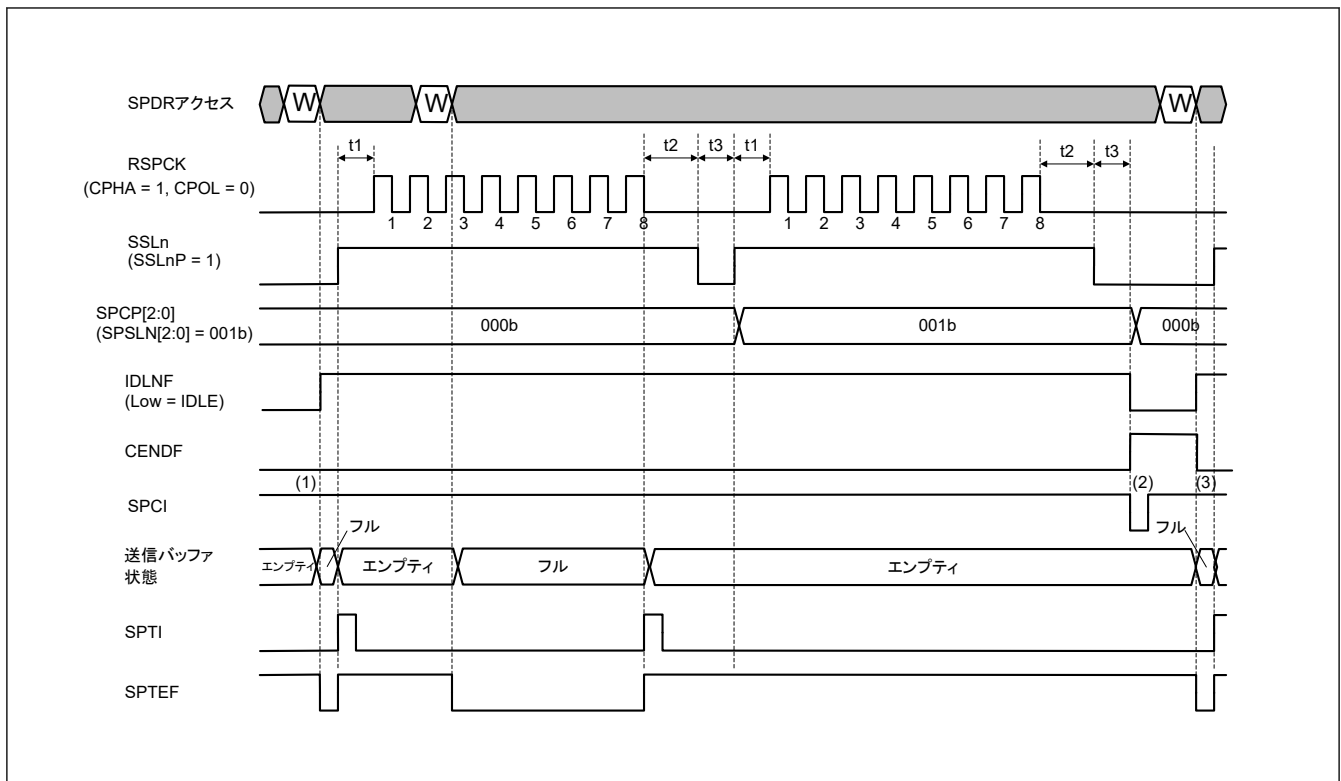


図 30.31 通信終了割り込み動作例（送受信／送信マスターモード）

1. 通信開始前は CENDF フラグは 0、SPCI のレベルは 1 です。通信期間中維持されます。
2. 次のコマンドが 000b で次の送信データが無いいため、t3 期間の終わりで CENDF フラグは 1（通信終了）になり、CENDIE ビットが 1 の場合、SPCI 割り込みが出力されます。
3. 次の送信データが送信バッファ (SPTX) に書かれると、CENDF フラグがクリアされます。もしくは CENDF フラグが 1 のとき SPCR レジスタ読み出し後 CENDF フラグに 0 が書き込まれると、CENDF フラグはクリアされます。

スレーブモード動作において、通信終了割り込みの出力タイミングは SPCR.SPMS ビット（SPI モード選択ビット）の値によって異なり、通信終了割り込みのクリアタイミングは通信モード（送受信、送信のみ、または受信のみ）によって異なります。

30.3.8.2 SPI 動作（4 線式）時のスレーブモードでの送受信／送信

SPI 動作（4 線式）時の送受信／送信スレーブモードにおいて、SPTX バッファと送信シフトバッファの両方が空のとき、通信終了割り込み (SPCI) が発生し、CENDF フラグが 1 に設定されます。CENDF フラグの設定タイミングは、SSL0 ネゲートタイミングと同じです。通信終了割り込み (SPCI) は、1 PCLKUSCIx 幅、Low アクティブです。

CENDF フラグが 1 になった後 SPCR.SPE ビットがクリアされても CENDF フラグはクリアされません。CENDF フラグは下記 2 条件のいずれかの場合にクリアされます。

- 次の送信データが送信バッファ (SPTX) に書かれたとき
- CENDF フラグが 1 のとき SPCR レジスタ読み出し後 CENDF フラグに 0 が書き込まれたとき

図 30.32 に、SPI 動作時の送受信／送信スレーブモードでの通信終了割り込み動作例を示します。

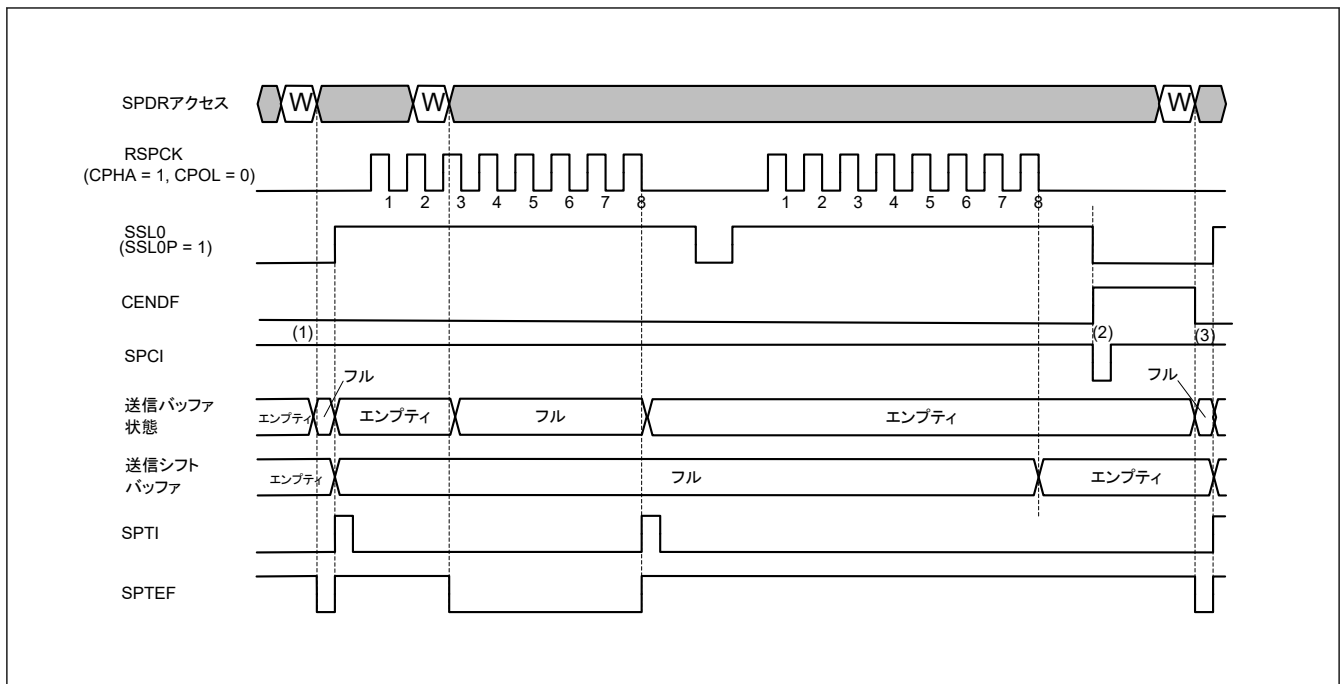


図 30.32 通信終了割り込み動作例 (SPI 動作時の送受信/送信スレーブモード)

1. 通信開始前は CENDF フラグは 0、SPCI のレベルは 1 です。通信期間中維持されます。
2. SPTX バッファと送信シフトバッファの両方が空の場合、SSL0 ネゲートのタイミングで CENDF フラグは 1 (通信終了) になり、CENDIE ビットが 1 の場合、SPCI 割り込みが出力されます。
3. 次の送信データが送信バッファ (SPTX) に書かれると、CENDF フラグがクリアされます。もしくは CENDF フラグが 1 のとき SPCR レジスタ読み出し後 CENDF フラグに 0 が書き込まれると、CENDF フラグはクリアされます。

30.3.8.3 SPI 動作 (4 線式) 時のスレーブモードでの受信専用

SPI 動作 (4 線式) 時の受信のみスレーブモードにおいて、SSL0 ネゲートのタイミングで通信終了割り込み (SPCI) が発生し、CENDF フラグが 1 に設定されます。送信フレーム数は、SPDCR.SPFC[1:0] ビットで設定します。それから最後のフレームの送信終了時に SSL0 をネゲートします。通信終了割り込み (SPCI) は、1 PCLKUSCIx 幅、Low アクティブです。

CENDF フラグが 1 になった後 SPCR.SPE ビットがクリアされても CENDF フラグはクリアされません。CENDF フラグは下記 2 条件のいずれかの場合にクリアされます。

- 次送信の SSL0 アサートタイミング
- CENDF フラグが 1 のとき SPCR レジスタ読み出し後 CENDF フラグに 0 が書き込まれたとき

図 30.33 に、SPI 動作 (4 線式) 時の受信のみスレーブモードでの通信終了割り込み動作例を示します。

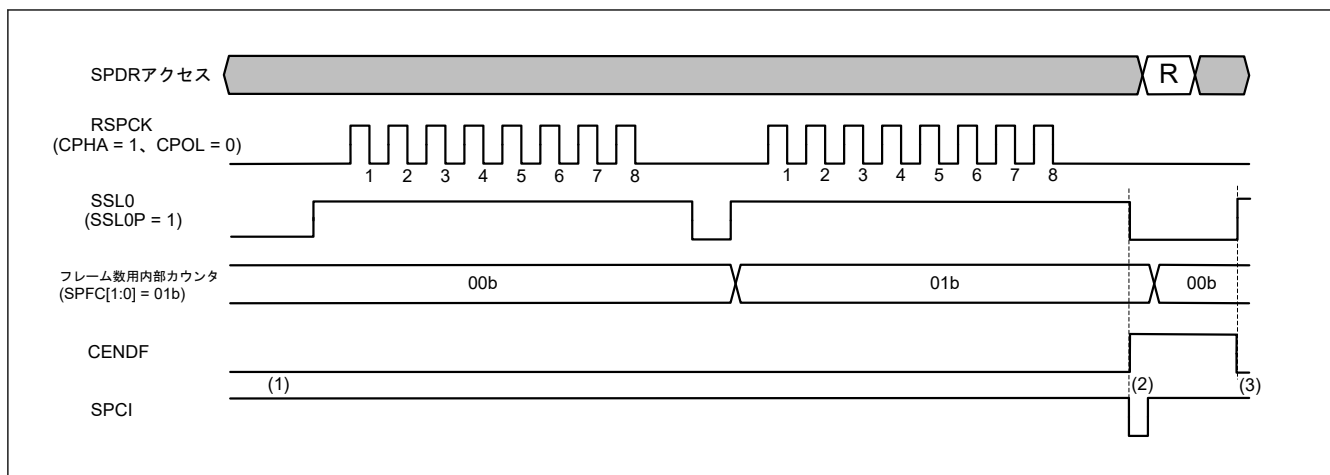


図 30.33 通信終了割り込み動作例 (SPI 動作時の受信のみスレーブモード)

1. 通信開始前は CENDF フラグは 0、SPCI のレベルは 1 です。通信期間中維持されます。
2. 最後のフレームの送信終了時、SSL0 ネゲートのタイミングで CENDF フラグは 1 (通信終了) になり、CENDIE ビットが 1 になると SPCI 割り込みが出力されます。
3. 次の送信がスタートしたとき、SSL0 アサート時に CENDF フラグがクリアされます。もしくは CENDF フラグが 1 のとき SPCR レジスタ読み出し後 CENDF フラグに 0 が書き込まれると、CENDF フラグはクリアされます。

30.3.8.4 クロック同期式動作 (3 線式) 時のスレーブモードでの送受信/送信

クロック同期式動作 (3 線式) 時送受信/送信スレーブモードで SPTX バッファと送信シフトレジスタの両方が空の場合、通信終了割り込み (SPCI) が行われ、CENDF フラグが 1 になります。CENDF フラグの設定タイミングは、RSPCK の最終データサンプリングと同じ (SPCMD0.CPHA ビットが 0 のとき RSPCK の最終奇数エッジ、SPCMD0.CPHA ビットが 1 のとき RSPCK の最終偶数エッジ) です。通信終了割り込み (SPCI) は、1 PCLKUSC1x 幅、Low アクティブです。

CENDF が 1 になった後 SPCR.SPE ビットがクリアされても CENDF フラグはクリアされません。CENDF フラグは下記 2 条件のいずれかによりクリアされます。

- 次送信の SSL0 アサートタイミング
- CENDF フラグが 1 のとき SPCR レジスタ読み出し後 CENDF フラグに 0 が書き込まれたとき

図 30.34 に、クロック同期式動作 (3 線式) 時の送受信/送信スレーブモードでの通信終了割り込み動作例を示します。

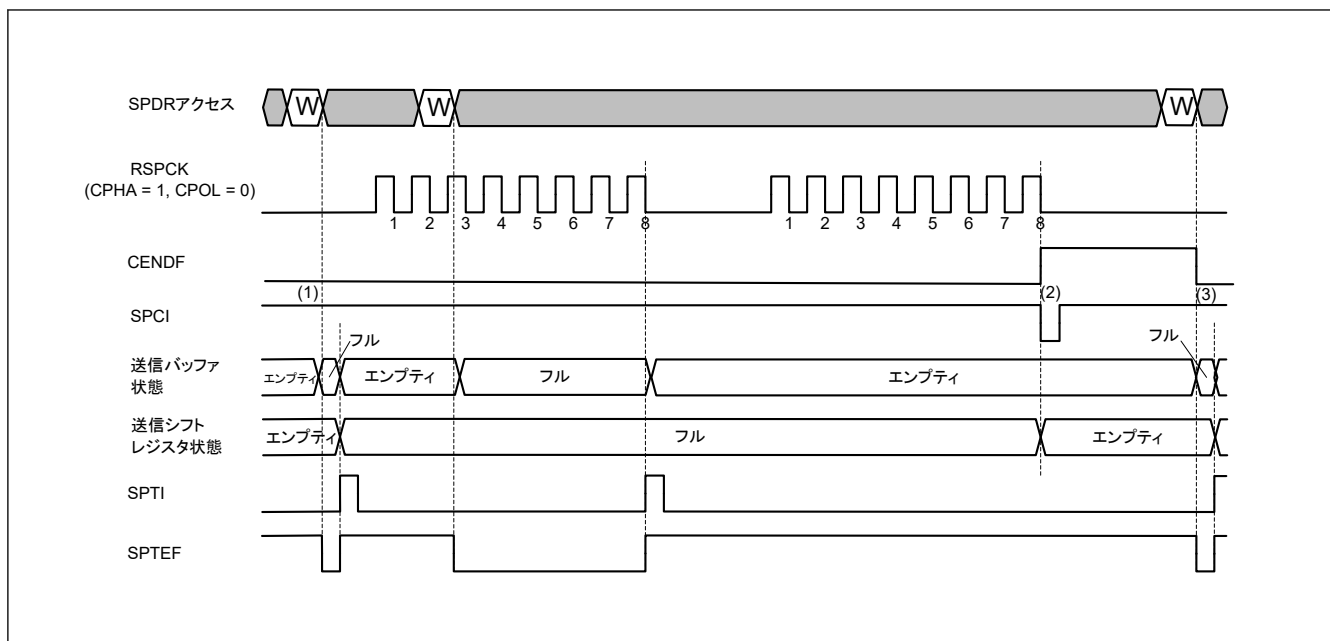


図 30.34 通信終了割り込み動作例（クロック同期式動作時の送受信／送信スレーブモード）

1. 通信開始前は CENDF フラグは 0、SPCI のレベルは 1 です。通信期間中維持されます。
2. SPTX バッファと送信シフトバッファの両方が空の場合、RSPCK の最終データサンプリングタイミングで CENDF フラグは 1（通信終了）になり、CENDIE ビットが 1 の場合、SPCI 割り込みが出力されます。
3. 送信バッファ (SPTX) に次の送信データが書き込まれると CENDF フラグはクリアされます。または、CENDF フラグが 1 のとき SPCR レジスタ読み出し後に CENDF フラグに 0 が書き込まれると CENDF フラグはクリアされます。

30.3.8.5 クロック同期式動作（3 線式）時のスレーブモードでの受信専用

クロック同期式動作（3 線式）時の受信のみスレーブモードにおいて、最終送信フレームの最終データサンプリングで通信終了割り込み (SPCI) が発生し、CENDF フラグが 1 に設定されます。サンプリングタイミングは、SPCMD0.CPHA ビットが 0 のとき RSPCK の最終奇数エッジ、SPCMD0.CPHA ビットが 1 のとき RSPCK の最終偶数エッジです。送信フレーム数は、SPDCR.SPFC[1:0] ビットで設定します。通信終了割り込み (SPCI) は、1 PCLKUSCix 幅、Low アクティブです。

CENDF フラグが 1 になった後 SPCR.SPE ビットがクリアされても CENDF フラグはクリアされません。CENDF フラグは下記 2 条件のいずれかの場合にクリアされます。

- 次の送信の RSPCK の最初のエッジ
- CENDF フラグが 1 のとき SPSR レジスタ読み出し後 CENDF フラグに 0 が書き込まれたとき

図 30.35 に、クロック同期動作時の受信のみスレーブモードでの通信終了割り込み動作例を示します。

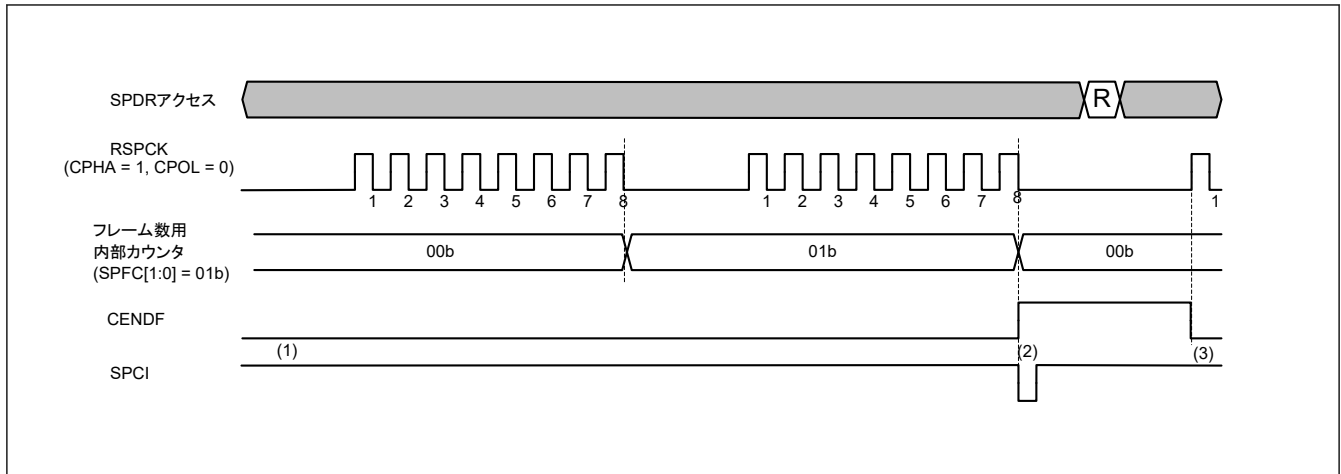


図 30.35 通信終了割り込み動作例（クロック同期式動作時の受信のみスレープモード）

1. 通信開始前は CENDF フラグは 0、SPCI のレベルは 1 です。通信期間中維持されます。
2. 最終フレーム送信終了時に、RSPCK の最終データサンプリングのタイミングで CENDF フラグが 1（通信終了）になります。送信フレーム数は、SPDCR.SPFC[1:0] ビットで設定します。それから CENDIE ビットが 1 のとき、SPCI 割り込みを出力します。
3. 次の送信の RSPCK の最初のエッジで、CENDF フラグがクリアされます。もしくは CENDF フラグが 1 のとき SPCR レジスタ読み出し後 CENDF フラグに 0 が書き込まれると、CENDF フラグはクリアされます。

30.3.8.6 共通動作

この章では「30.3.8.1. マスタモードでの送受信／送信」～「30.3.8.5. クロック同期式動作（3 線式）時のスレープモードでの受信専用」に記載の各モード／エリアオプション通信に共通する動作について説明します。通信完了時 SPI 通信終了割り込みイネーブルビット (CENDIE) が 0 の場合、通信終了フラグ (CENDF) がセットされ、通信終了のイベント (sp_elccend) が出力されますが、割り込みは出力されません。しかしながら、SPI 機能イネーブルビット (SPE) が 1 のときに通信終了フラグ (CENDF) クリア前に通信終了割り込みイネーブルビット (CENDIE) が 1 になると、通信終了割り込みが出力されます。

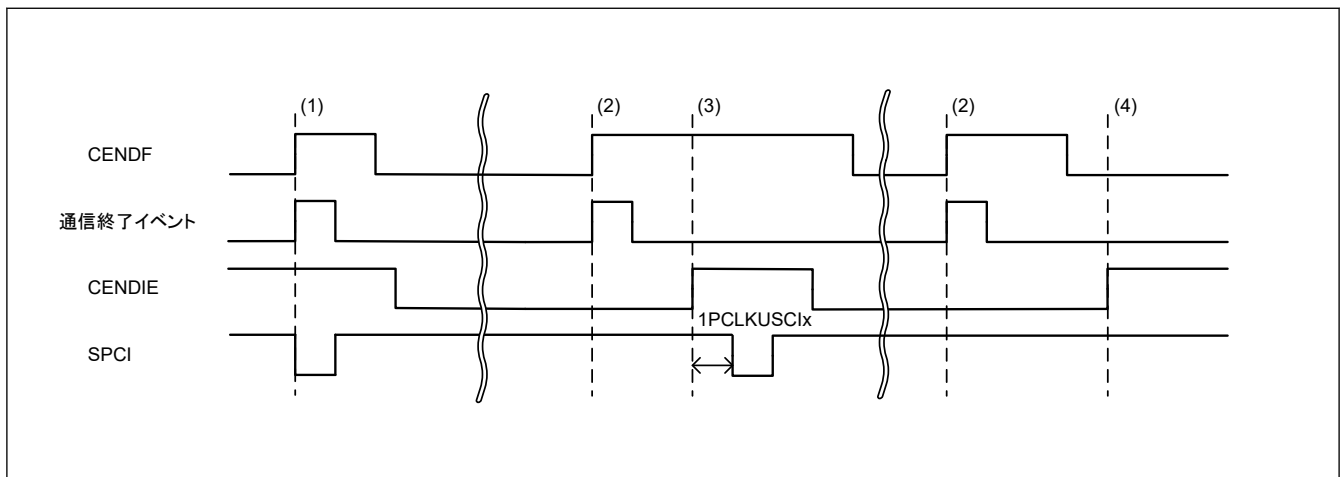


図 30.36 通信終了割り込みの動作例（イネーブル制御）

1. 通信完了時 SPI 通信終了割り込みのイネーブルビット (CENDIE) が 1 の場合、下記の 3 つが同じタイミングになります。
 - 通信終了フラグ (CENDF)
 - 通信終了イベント (sp_elccend)
 - 通信終了割り込み
2. 通信完了時 SPI 通信終了割り込みのイネーブルビット (CENDIE) が 0 の場合、下記の 2 つが同じタイミングになりますが、割り込みは発生しません。

- 通信終了フラグ (CENDF)
 - 通信終了イベント (sp_elccend)
3. (2) の後、SPI 機能イネーブルビット (SPE) および通信終了フラグ (CENDF) が 1 のとき通信終了割り込みイネーブルビット (CENDIE) がセットされると、1 PCLKUSCIx 後通信終了割り込みが出力されます。
4. (2) の後、SPI 機能イネーブルビット (SPE) または通信終了フラグ (CENDF) が 0 のときは通信終了割り込みイネーブルビット (CENDIE) がセットされても、通信終了割り込みは出力されません。

30.3.9 エラー検出

通常の SPI のシリアル転送では、SPDR/SPDR_HA レジスタの送信バッファに書き込んだデータが送信され、受信したデータは SPDR/SPDR_HA レジスタの受信バッファから読み出すことができます。SPDR/SPDR_HA レジスタにアクセスがあった場合、送信または受信バッファの状態やシリアル転送の開始時または終了時の SPI の状態によって、通常以外の転送となることがあります。

通常以外の転送が発生した場合には、SPI はアンダーランエラー、オーバーランエラー、パリティエラー、またはモードフォルトエラーとして検出します。表 30.10 に、通常以外の転送動作と SPI のエラー検出機能の関係を示します。

表 30.10 通常以外の転送動作と SPI のエラー検出機能の関係

動作	発生条件	SPI 動作	エラー検出
1	送信バッファフルの状態です PDR/SPDR_HA レジスタに書き込み	<ul style="list-style-type: none"> ● 送信バッファ内容を保持 ● 書き込みデータ欠落 	なし
2	受信バッファエンプティの状態です PDR/SPDR_HA レジスタを読み出し	受信バッファ内容および受信済みデータを出力	なし
3	SPI がデータ送信不能のときに、スレーブモードでシリアル転送が開始	<ul style="list-style-type: none"> ● シリアル転送を中断 ● 送受信データ欠落 ● MISO 端子の出力信号のドライブ停止 ● SPI 機能は無効 	アンダーランエラー
4	受信バッファフルの状態ですシリアル転送が終了	<ul style="list-style-type: none"> ● 受信バッファ内容を保持 ● 受信データ欠落 	オーバーランエラー
5	以下のモードで、全二重同期式シリアル通信時にパリティ機能が有効な状態で誤ったパリティビットを受信 <ul style="list-style-type: none"> ● 送受信マスターモード ● 送受信スレーブモード ● 受信専用スレーブモード 	パリティエラーフラグのアサート	パリティエラー
6	マルチマスターモードでシリアル転送アイドル時に SSLn0 端子の入力信号アサート	<ul style="list-style-type: none"> ● RSPCKn、MOSIn、SSLn1～SSLn3 端子の出力信号のドライブ停止 ● SPI 機能は無効 	モードフォルトエラー
7	マルチマスターモードでシリアル転送中に SSLn0 端子の入力信号アサート	<ul style="list-style-type: none"> ● シリアル転送を中断 ● 送受信データ欠落 ● RSPCKn、MOSIn、SSLn1～SSLn3 端子の出力信号のドライブ停止 ● SPI 機能は無効 	モードフォルトエラー
8	スレーブモードでシリアル転送中に SSLn0 入力信号ネゲート	<ul style="list-style-type: none"> ● シリアル転送を中断 ● 送受信データ欠落 ● MISO 端子の出力信号のドライブ停止 ● SPI 機能は無効 	モードフォルトエラー

表 30.10 の動作 1 に対しては、SPI はエラーを検出しません。SPDR/SPDR_HA レジスタへの書き込み時にデータを欠落させないために、送信バッファエンプティ割り込み要求で SPDR/SPDR_HA レジスタへの書き込みを実行してください (SPSR.SPTEF フラグが 1 の場合)。

動作 2 に対しても、SPI はエラーを検出しません。無関係なデータを読み出さないようにするためには、SPI 受信バッファフル割り込み要求で SPDR/SPDR_HA レジスタの読み出しを実行するようにしてください (SPSR.SPRF フラグが 1 の場合)。

表中のその他のエラーについては、下記の節を参照してください。

- 動作 3 に示したアンダーランエラーについては、「[30.3.9.4. アンダーランエラー](#)」を参照してください。

- 動作 4 に示したオーバーランエラーについては、「[30.3.9.1. オーバーランエラー](#)」を参照してください。
- 動作 5 に示したパリティエラーについては、「[30.3.9.2. パリティエラー](#)」を参照してください。
- 動作 6～8 に示したモードフォルトエラーについては、「[30.3.9.3. モードフォルトエラー](#)」を参照してください。
- 送信および受信割り込みについては、「[30.3.7. 送信バッファエンプティ/受信バッファフル割り込み](#)」を参照してください。

30.3.9.1 オーバーランエラー

SPDR レジスタの受信バッファフル状態でシリアル転送が終了すると、SPI はオーバーランエラーを検出して SPSR.OVRF フラグを 1 にします。SPSR.OVRF フラグが 1 の状態では、SPI はシフトレジスタのデータを受信バッファにコピーしないので、受信バッファにはエラー発生前のデータが保持されます。SPSR.OVRF フラグを 0 にするためには、SPSR.OVRF フラグが 1 の状態の SPSR レジスタを CPU が読み出した後に、SPSR.OVRF フラグに 0 を書く必要があります。

図 30.37 に、SPSR.OVRF フラグと SPRF フラグの動作例を示します。図 30.37 に記載した SPSR アクセスと SPDR_HA アクセスは、それぞれ SPSR、SPDR_HA レジスタへのアクセス状況を示しています。W は書き込みサイクル、R は読み出しサイクルを示しています。この例では、SPCMDm.CPHA ビットが 1、SPCMDm.CPOL ビットが 0 の設定で、SPI が 8 ビットのシリアル転送を実行しています。RSPCKn 波形の下に記載した数字は、RSPCK サイクル数 (= 転送ビット数) を示しています。

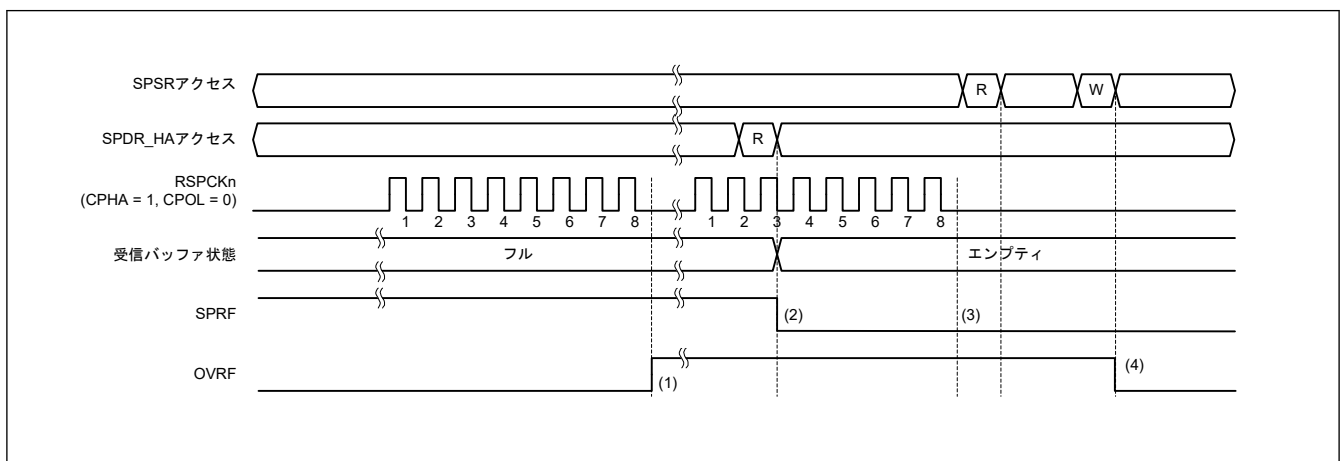


図 30.37 OVRF フラグおよび SPRF フラグの動作例

以下に、図 30.37 の (1)～(4) に示したタイミングでのフラグの動作内容を説明します。

1. SPSR.SPRF フラグが 1 (受信バッファフル) の状態でシリアル転送が終了すると、SPI がオーバーランエラーを検出し、SPSR.OVRF フラグを 1 にします。SPI はシフトレジスタのデータを受信バッファにコピーしません。また、SPCR2.SPPE ビットが 1 であってもパリティエラーの検出は行いません。
2. SPDR レジスタを読み出すと、SPI は受信バッファのデータを出力します。その後、SPSR.SPRF フラグが 0 になります。受信バッファが空になっても、SPSR.OVRF フラグは 0 になりません。
3. OVRF フラグが 1 の状態 (オーバーランエラー) でシリアル転送が終了した場合には、SPI はシフトレジスタのデータを受信バッファにコピーしません (SPSR.SPRF フラグは 1 になりません)。受信バッファフル割り込みも発生しません。また、SPSR.SPPE ビットが 1 であってもパリティエラーの検出は行いません。オーバーランエラー発生状態で、SPI がシフトレジスタから受信バッファへ受信データをコピーしなかった場合でも、シリアル転送が終了すると SPI はシフトレジスタを空であると判定します。これにより、送信バッファからシフトレジスタへのデータ転送が可能な状態になります。
4. SPSR.OVRF フラグが 1 の状態で SPSR レジスタを読んだ後、SPSR.OVRF フラグに 0 を書くと、SPSR.OVRF フラグは 0 になります。

オーバーランエラーの発生は、SPSR レジスタの読み出し、あるいは SPI エラー割り込みと SPSR レジスタの読み出しによって、確認できます。シリアル転送を実行する場合には、SPDR レジスタの読み出し直後に SPSR レジスタを読み出すなどの方法で、オーバーランエラー発生を早期に検出できるように対処してください。マスタモ

ードでは、SPSSR.SPECM[2:0]ビットを読み出すことで、エラー発生時の SPCMDm レジスタに対するポインタ値を確認できます。

オーバーランエラーが発生して SPSR.OVRF フラグが 1 になると、SPSR.OVRF フラグが 0 になるまで正常な受信動作ができなくなります。

マスタモードで RSPCK 自動停止機能を有効 (SPCR2.SCKASE = 1) にした場合は、オーバーランエラーが発生しません。図 30.38、図 30.39 にマスタモードの受信バッファフル状態でシリアル転送が継続するときのクロック停止波形を示します。

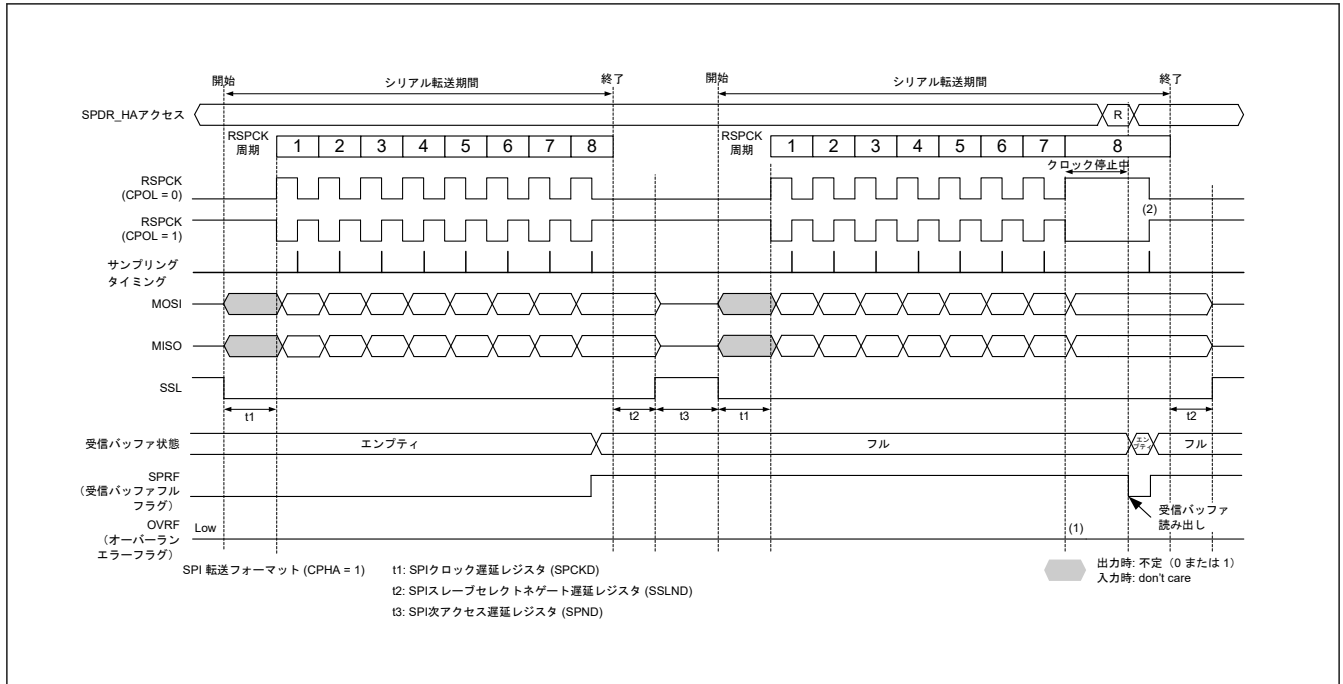


図 30.38 マスタモードの受信バッファフル状態でシリアル転送が継続するときのクロック停止波形 (SPCMDm.CPHA = 1)

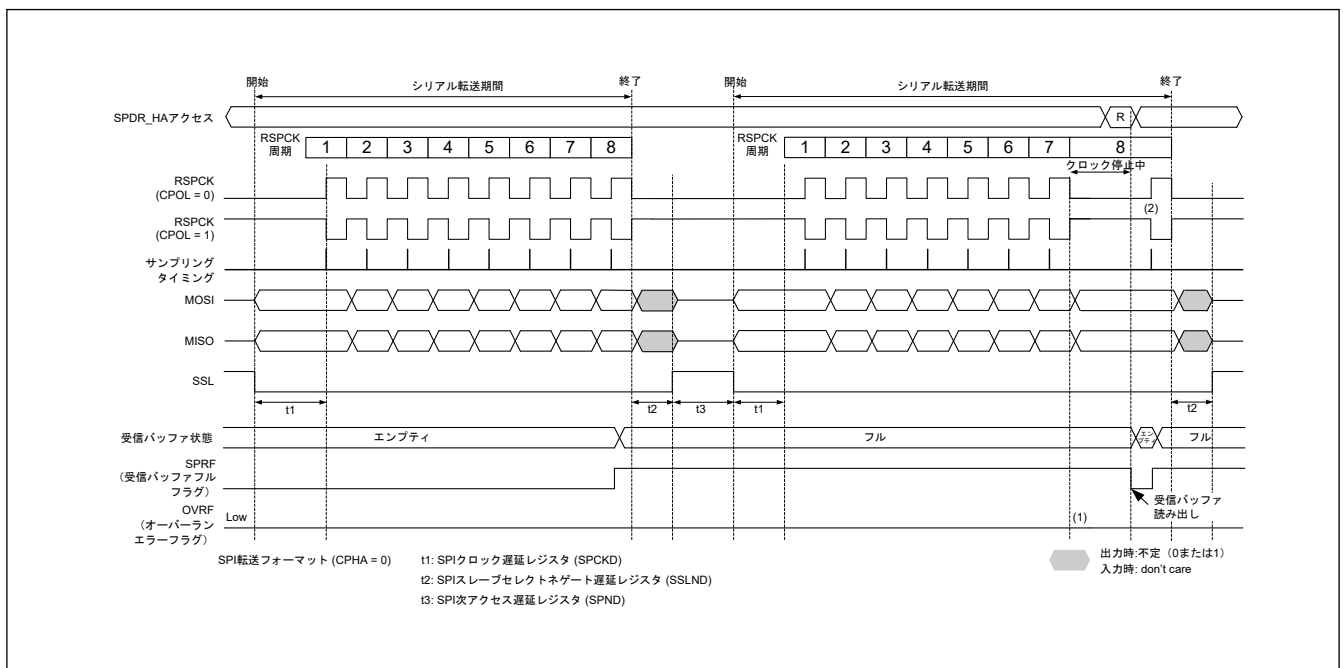


図 30.39 マスタモードの受信バッファフル状態でシリアル転送が継続するときのクロック停止波形 (SPCMDm.CPHA = 0)

以下に、図 30.38 および図 30.39 の (1)、(2) に示したタイミングでのフラグ動作を説明します。

1. 受信バッファフルの場合は、RSPCK クロックが停止するためオーバーランエラーは発生しません。
2. クロック停止中に SPDR レジスタを読み出すと、受信バッファのデータが読み出せます。受信バッファの読み出し後 (SPSR.SPRF フラグが 0 にされた後)、RSPCK クロックが再開します。

マスタモードにおけるバースト転送の際、フレーム間遅延なしの転送に対し自動停止機能が有効であるとき、オーバーランエラーは発生しません。図 30.40 と図 30.41 に、バースト転送のフレーム間遅延なしで、かつ受信バッファフル状態でシリアル転送が継続する場合のクロック停止波形を示します。

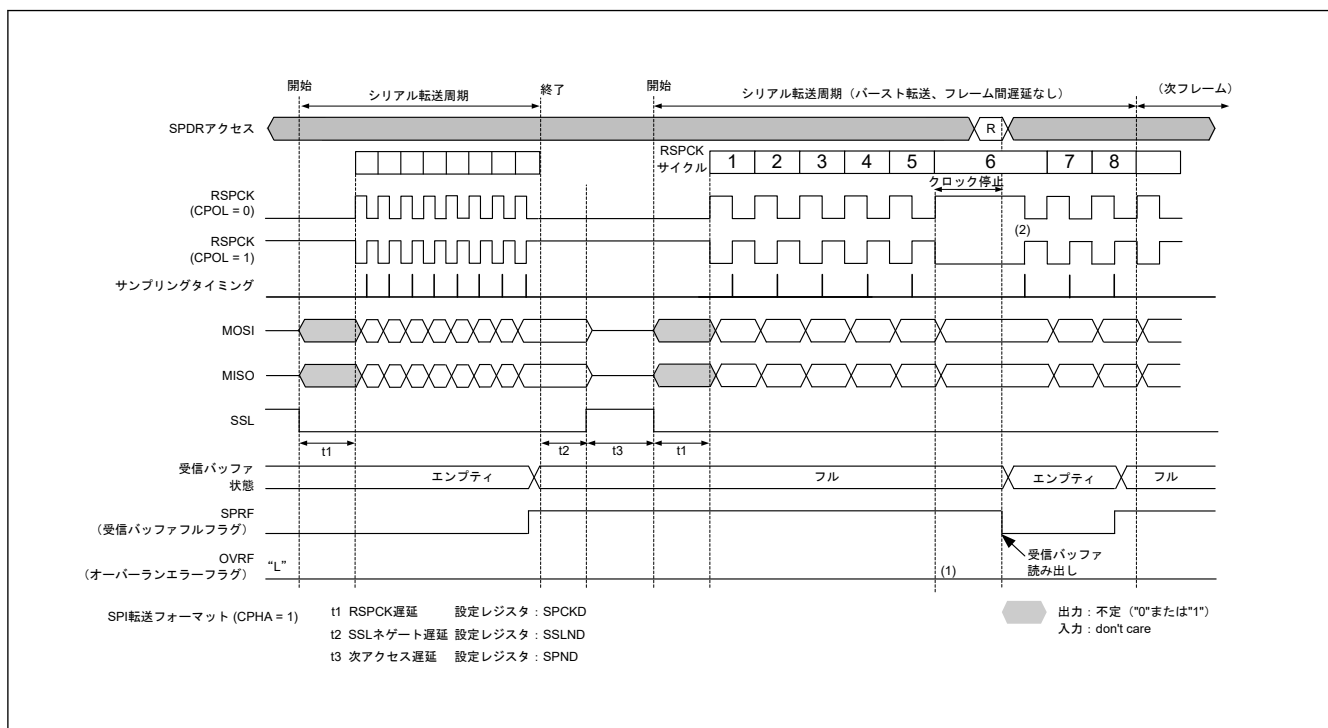


図 30.40 マスタモードの受信バッファフル状態でシリアル転送が継続する場合のクロック停止波形 (バースト転送でフレーム間遅延なし、CPHA = 1)

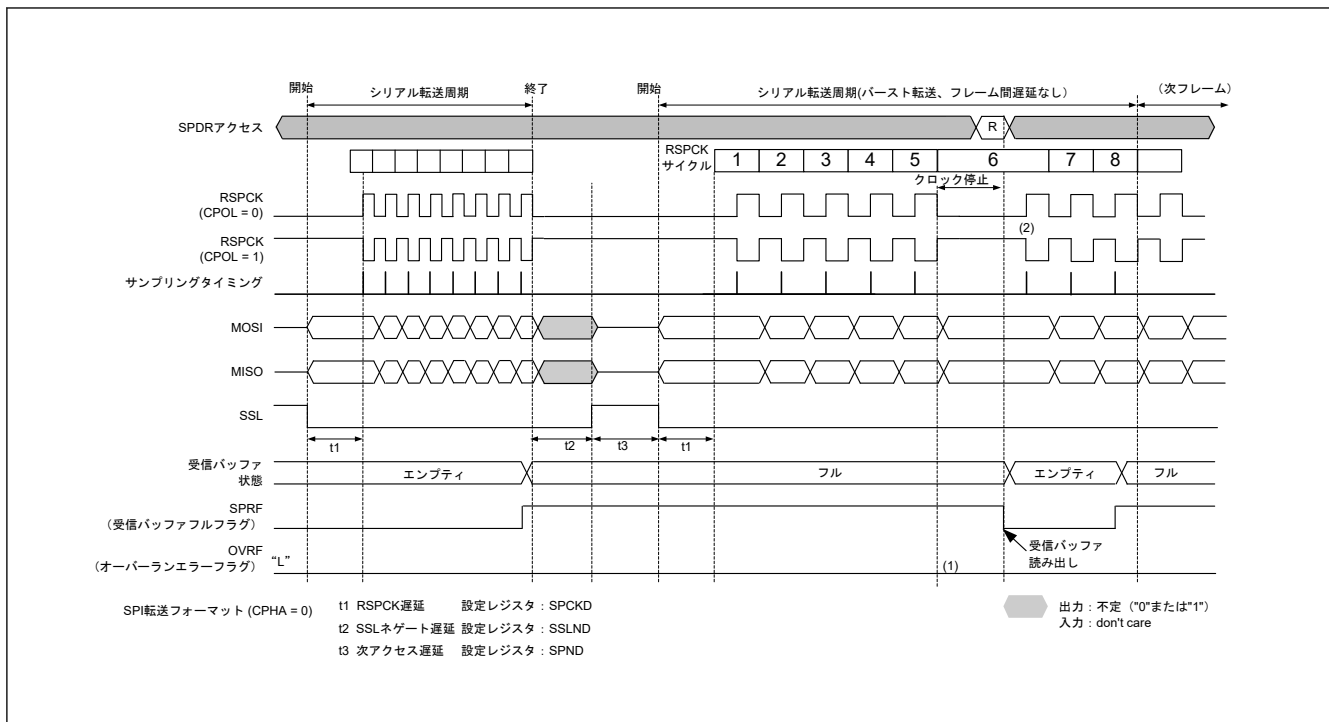


図 30.41 マスタモードの受信バッファフル状態でシリアル転送が継続する場合のクロック停止波形（パースト転送でフレーム間遅延なし、CPHA = 0）

上図のタイミング (1) と (2) における動作を以下に説明します。

1. 受信バッファフルのとき、RSPCK が発振停止になってオーバーランエラーが発生しません。
2. クロック発振停止中、SPDR を読み出すことで受信バッファデータを読み出せます。受信バッファデータを読み出した後（SPSR.SPRF フラグが 0 にクリアされた後）、RSPCK クロックが発振再開します。

30.3.9.2 パリティエラー

SPCR.TXMD ビットが 0、SPCR2.SPPE ビットが 1 の状態で、全二重同期式シリアル通信を行い、シリアル転送が終了すると、SPI はパリティエラーの判定を行います。SPI は、受信データにパリティエラーを検出すると、SPSR.PERF フラグを 1 にします。SPSR.OVRF フラグが 1 の状態では、SPI はシフトレジスタのデータを受信バッファにコピーしないので、受信データに対するパリティエラーの検出は行いません。SPSR.PERF フラグを 0 にするためには、SPSR.PERF フラグが 1 の状態の SPSR レジスタを読んだ後、SPSR.PERF フラグに 0 を書いてください。

図 30.42 に、OVRF フラグと PERF フラグの動作例を示します。図 30.42 に記載の SPSR アクセスは、SPSR レジスタへのアクセス状況を示しています。W は書き込みサイクル、R は読み出しサイクルを示しています。この例では、SPCR.TXMD ビットが 0、SPCR2.SPPE ビットが 1 の状態で全二重同期式シリアル通信を行います。SPCMDm.CPHA ビットが 1、SPCMDm.CPOL ビットが 0 の設定で、SPI が 8 ビットのシリアル転送を実行しています。RSPCKn 波形の下に記載した数字は、RSPCK サイクル数 (= 転送ビット数) を示しています。

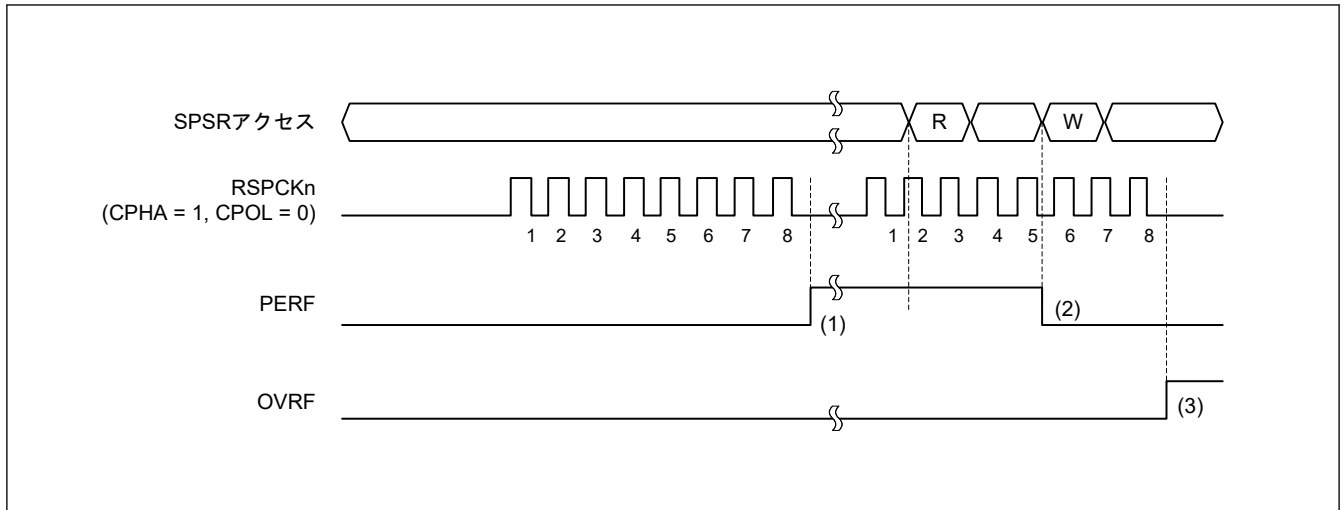


図 30.42 OVRF フラグおよび PERF フラグの動作例

以下に、図 30.42 の (1)~(3) に示したタイミングでのフラグの動作内容を説明します。

1. SPI がオーバーランエラーを検出せず、シリアル転送が終了すると、SPI はシフトレジスタのデータを受信バッファにコピーします。このとき、SPI が受信データをチェックし、パリティエラーを検出すると SPSR.PERF フラグを 1 にします。
2. SPSR.PERF フラグが 1 の状態で SPSR レジスタを読んだ後、SPSR.PERF フラグに 0 を書くと、SPSR.PERF フラグは 0 になります。
3. SPI がオーバーランエラーを検出し、シリアル転送が終了すると、シフトレジスタのデータを受信バッファにコピーしません。このとき、SPI はパリティエラーを検出しません。

パリティエラーの発生は、SPSR レジスタの読み出し、あるいは SPI エラー割り込みと SPSR レジスタの読み出しによって、確認できます。シリアル転送を実行する場合には、SPSR レジスタを読み出すなどの方法で、パリティエラー発生を早期に検出できるように対処してください。SPI をマスタモードで使用する場合、SPSSR.SPECM[2:0] ビットを読み出すことで、エラー発生時の SPCMDm レジスタに対するポインタ値を確認できます。(SPI0 のみ)

30.3.9.3 モードフォルトエラー

SPCR.MSTR ビットが 1、SPCR.SPMS ビットが 0、SPCR.MODFEN ビットが 1 の場合には、SPI はマルチマスタモードで動作します。マルチマスタモードの SPI の SSLn0 端子へ入力される信号に対してアクティブレベルが入力されると、シリアル転送状態にかかわらず、SPI はモードフォルトエラーを検出して SPSR.MODF フラグを 1 にします。SPI はモードフォルトエラーを検出すると、SPCMDm レジスタに対するポインタの値を SPSSR.SPECM[2:0] ビットにコピーします。なお、SSLn0 端子へ入力される信号のアクティブレベルは、SSLP.SSL0P ビットによって決定されます。

SPCR.MSTR ビットが 0 の場合には、SPI はスレーブモードで動作します。スレーブモードの SPI の SPCR.MODFEN ビットが 1、SPCR.SPMS ビットが 0 の場合、シリアル転送期間（有効データのドライブ開始から最終有効データの取り込みまで）に SSLn0 端子へ入力される信号がネゲートされると、SPI はモードフォルトエラーを検出します。

SPI はモードフォルトエラーを検出すると、出力信号のドライブを停止して、SPCR.SPE ビットを 0 にクリアします（「30.3.10. SPI の初期化」を参照）。マルチマスタ構成の場合には、モードフォルトエラーの検出によって出力信号のドライブと SPI 機能を停止させ、マスタであることを解除できます。

モードフォルトエラーの発生は、SPSR レジスタの読み出し、あるいは SPI エラー割り込みと SPSR レジスタの読み出しによって確認できます。SPI エラー割り込みを利用せずにモードフォルトエラーを検出するためには、SPSR レジスタをポーリングする必要があります。SPI をマスタモードで使用する場合、SPSSR.SPECM[2:0] ビットを読み出すことで、エラー発生時の SPCMDm レジスタに対するポインタ値を確認できます。

SPSR.MODF フラグが 1 の状態では、SPI は SPCR.SPE ビットへの 1 の書き込みを無視します。モードフォルトエラー検出後に SPI 機能を有効にするには、SPSR.MODF フラグを 0 にしてください。

30.3.9.4 アンダーランエラー

スレーブモード (SPCR.MSTR = 0) において SPI が動作中で、SPI コントロールレジスタ 3 (SPCR3) の拡張通信モード選択ビット (ETXMD) が 0 の場合、SPCR.SPE ビットが 1 (SPI 機能有効) で送信データ出力がレディになる前にシリアル転送が開始すると、SPI はアンダーランエラーを検出します。その後、SPI は SPSR.MODF および SPSR.UDRF フラグを 1 にします。

SPI はアンダーランエラーを検出すると、出力信号のドライブ停止および SPCR.SPE ビットを 0 にクリアします (「30.3.10. SPI の初期化」を参照)。

アンダーランエラーは、SPSR レジスタの読み出し、あるいは SPI エラー割り込みと SPSR レジスタの読み出しによって確認できます。SPI エラー割り込みを利用せずにアンダーランエラーを検出するためには、SPSR レジスタをポーリングする必要があります。

MODF フラグが 1 の状態では、SPI は SPCR.SPE ビットへの 1 の書き込みを無視します。アンダーランエラー検出後に SPI 機能を有効にするには、MODF フラグを 0 にしてください。

30.3.10 SPI の初期化

SPCR.SPE ビットに 0 を書いた場合、あるいは SPI がモードフォルトエラーまたはアンダーランエラーを検出して SPCR.SPE ビットを 0 にした場合は、SPI は SPI 機能を無効にして、モジュール機能の一部を初期化します。また、システムリセットが発生した場合には、SPI はモジュール機能をすべて初期化します。以下では、SPCR.SPE ビットのクリアによる初期化と、システムリセットによる初期化について説明します。

30.3.10.1 SPCR.SPE ビットのクリアによる初期化

SPCR.SPE ビットを 0 にしたとき、SPI は以下に示す方法で初期化を実施します。

- 実行中のシリアル転送を中断
- スレーブモードの場合、出力信号のドライブ停止 (Hi-Z)
- SPI 内部ステータスの初期化
- SPI 送信バッファの初期化 (SPSR.STEF フラグが 1 になります)

SPCR.SPE ビットのクリアによる初期化では、SPI の制御ビットは初期化されません。このため、再度 SPCR.SPE ビットを 1 にすれば初期化前と同じ転送モードで SPI を起動できます。

SPSR.CENDF、SPSR.SPRF、SPSR.OVRF、SPSR.MODF、SPSR.PERF、および SPSR.UDRF フラグの値は初期化されません。また、SPI シーケンスステータスレジスタ (SPSSR) の値も初期化されません。このため、SPI の初期化後も受信バッファからデータを読み出すことで、SPI 転送時の通信終了状態およびエラー状況を確認できます。

送信バッファは空の状態に初期化されます (SPSR.SPTEF フラグが 1 になります)。このため、SPI 初期化後に SPCR.SPTIE ビットを 1 にしていると、送信バッファエンプティ割り込みが発生します。SPI を初期化する場合に、送信バッファエンプティ割り込みを禁止するためには、SPCR.SPE ビットへの 0 書き込みと同時に SPCR.SPTIE ビットにも 0 を書き込んでください。

30.3.10.2 システムリセットによる初期化

システムリセットでは、「30.3.10.1. SPCR.SPE ビットのクリアによる初期化」に記載の要件に加え、SPI 制御用ビット、ステータスビット、およびデータレジスタが初期化され、SPI が完全に初期化されます。

30.3.11 SPI 動作

30.3.11.1 マスタモード動作

シングルマスタモード動作とマルチマスタモード動作の違いは、モードフォルトエラー検出の有無のみです (「30.3.9. エラー検出」を参照)。SPI は、シングルマスタモードではモードフォルトエラーを検出しませんが、マルチマスタモードでは検出します。以下では、シングル/マルチマスタモードで共通する動作について説明します。

(1) シリアル転送の開始

SPI 送信バッファが空きで、次転送のデータがセットされていない (SPSR.STEF = 0) 状態で、SPI データレジスタ (SPDR) にデータを書き込むと、SPI は送信バッファ (SPTX) のデータを更新します。SPDR/SPDR_HA/SPDR_BY

レジスタへ SPDCR.SPFC[1:0]ビットで設定したフレーム分のデータを書き込んだ後、シフトレジスタが空の場合には、SPI は送信バッファのデータをシフトレジスタにコピーしてシリアル転送を開始します。SPI は、シフトレジスタに送信データをコピーすると、シフトレジスタのステータスを「フル」に変更し、シリアル転送が終了すると、シフトレジスタのステータスを「空」に変更します。シフトレジスタのステータスを参照することはできません。

SSLni 出力端子の極性は、SSLP レジスタの設定値で決まります。SPI の転送フォーマットの詳細については、「30.3.5. 転送フォーマット」を参照してください。

(2) シリアル転送の終了

SPCMDm.CPHA ビットの設定にかかわらず、SPI は最終サンプリングタイミングに対応する RSPCKn エッジを送出するとシリアル転送を終了します。受信バッファ (SPRX) が空 (SPSR.SPRF = 0) の場合には、シリアル転送終了後に SPI はシフトレジスタから SPDR レジスタの受信バッファにデータをコピーします。

なお、最終サンプリングタイミングは転送データのビット長に依存して変化します。マスタモードの SPI のデータ長は、SPCMDm.SPB[3:0]ビットの設定値で決まります。SSLni 出力端子の極性は、SSLP レジスタの設定値で決まります。SPI の転送フォーマットの詳細については、「30.3.5. 転送フォーマット」を参照してください。

(3) シーケンス制御

マスタモード時の転送フォーマットは、SPSCR レジスタ、SPCMDm レジスタ、SPBR レジスタ、SPCKD レジスタ、SSLND レジスタ、および SPND レジスタによって決定されます。

SPSCR レジスタは、マスタモードの SPI で実行するシリアル転送のシーケンス構成を決定するためのレジスタです。SPCMDm レジスタでは、以下の項目を設定します。

- SSLni 端子の出力信号値
- MSB/LSB ファースト
- データ長
- ビットレート設定の一部
- RSPCK 極性/位相
- SPCKD レジスタの参照要否
- SSLND レジスタの参照要否
- SPND レジスタの参照要否

SPBR レジスタは、SPCKD レジスタ (SPI クロック遅延)、SSLND レジスタ (SSL ネゲート遅延)、SPND レジスタ (次アクセス遅延) などの、ビットレート設定の一部を保持しています。

SPI は、SPSCR レジスタに設定されたシーケンス長に従って、SPCMDm レジスタの一部/全部からなるシーケンスを構成します。SPI には、シーケンスを構成している SPCMDm レジスタに対するポインタが存在します。このポインタの値は、SPSSR.SPCP[2:0]ビットの読み出しによって確認できます。SPCR.SPE ビットを 1 にして SPI 機能を有効にすると、SPI はコマンドに対するポインタを SPCMD0 レジスタにセットし、シリアル転送の開始時に SPCMD0 レジスタの設定内容を転送フォーマットに反映します。SPI は、各データ転送の次アクセス遅延期間が終了するたびにポインタをインクリメントします。シーケンスの最終コマンドに対応するシリアル転送が終了すると、SPI はポインタを SPCMD0 レジスタにセットするため、シーケンスが繰り返し実行されます。

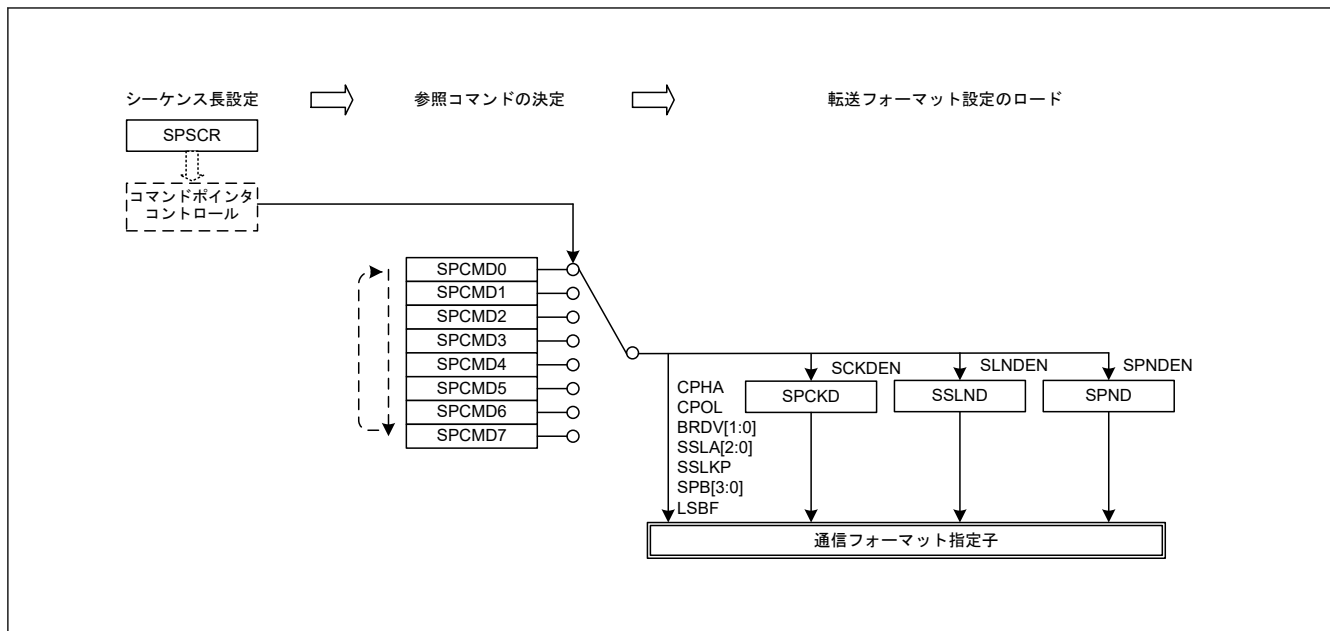


図 30.43 マスタモードでのシリアル転送方式の決定方法

ここでは、データ (SPDR) と設定 (SPCMDm) の 2 つを合わせてフレームとします。

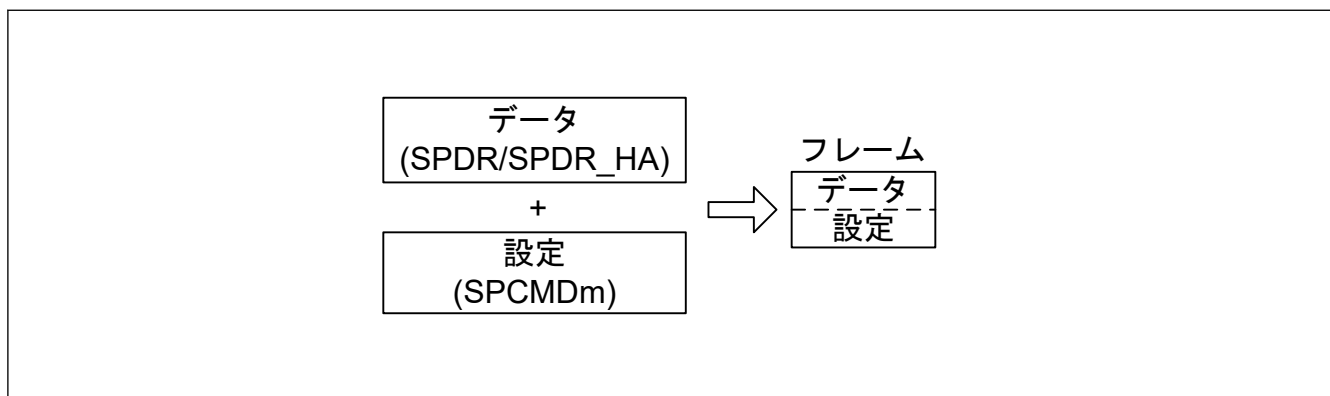


図 30.44 フレームの概念図

図 30.45 に表 30.4 の設定でシーケンス動作を行ったときのコマンドと送信バッファ/受信バッファの対応関係を示します。

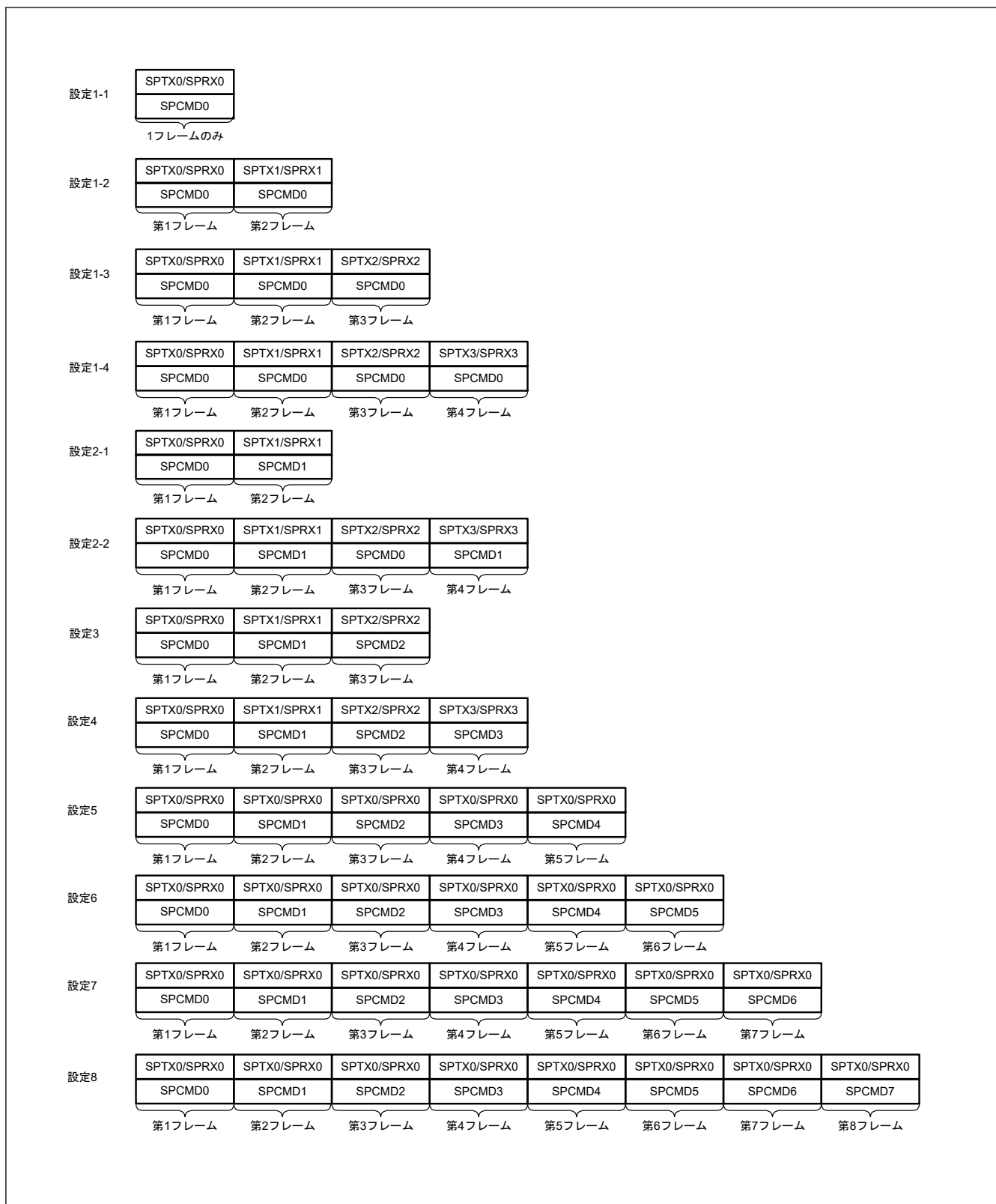


図 30.45 シーケンス動作時の SPI コマンドレジスタと送受信バッファの対応関係

(4) バースト転送

SPI が現在のシリアル転送で参照している SPCMDm.SSLKP ビットが 1 の場合には、SPI はシリアル転送中の SSLni 信号レベルを次のシリアル転送の SSLni 信号のアサート開始まで保持します。次のシリアル転送での SSLni 信号レベルが、現在のシリアル転送での SSLni 信号レベルと同じであれば、SPI は SSLni 信号のアサート状態を保持したまま連続的にシリアル転送を実行することが可能です (バースト転送)。

- SPCR3.BFDS ビットが 0 の場合

図 30.46 に、SPCMD0 および SPCMD1 レジスタの設定値を使用してバースト転送を実現した場合の SSLni 信号の動作例を示します。以下では、図 30.46 に示す (1)~(8) の SPI 動作内容について説明します。

注. SSLni 端子の出力信号の極性は、SSLP レジスタの設定値で決まります。

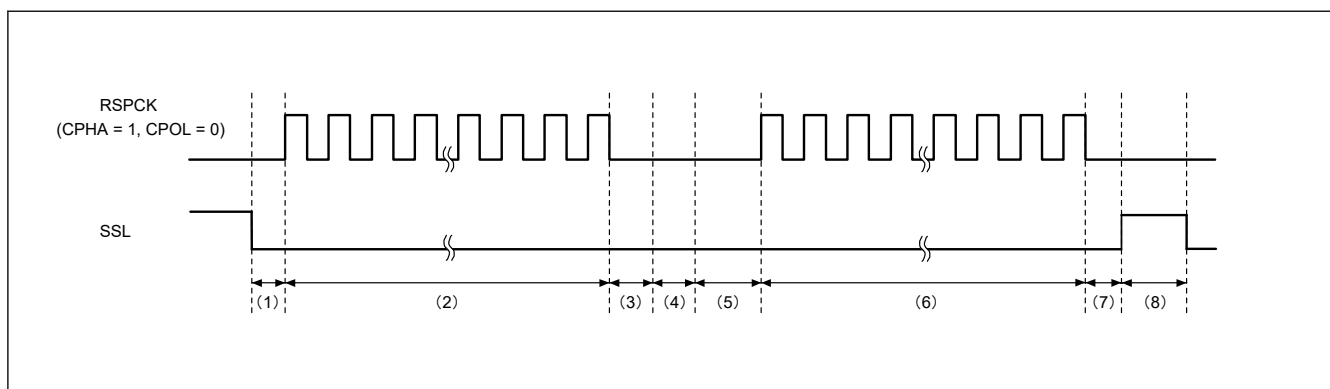


図 30.46 SSLKP ビット(BFDS = 0) を利用したバースト転送の動作例

図中の (1)~(8) に示したタイミングでの SPI の動作は以下のとおりです。

1. SPI は、SPCMD0 レジスタの設定値に従って SSLni 信号をアサートし、RSPCK 遅延を挿入します。
2. SPI は SPCMD0 レジスタの設定に従ったシリアル転送を実行します。
3. SPI は、SSL ネゲート遅延を挿入します。
4. SPCMD0.SSLKP ビットが 1 であるため、SPI は SPCMD0 レジスタで指定した SSLni 信号値を保持します。この期間は、最短でも SPCMD0 レジスタの次アクセス遅延と同じだけ継続されます。最短期間が経過してもシフトレジスタが空の場合は、次転送のための送信データがシフトレジスタに格納されるまで、この期間は継続します。
5. SPI は、SPCMD1 レジスタの設定値に従って SSLni 信号をアサートし、RSPCK 遅延を挿入します。
6. SPI は SPCMD1 レジスタの設定に従ったシリアル転送を実行します。
7. SPI は、SSL ネゲート遅延を挿入します。
8. SPCMD1.SSLKP ビットが 0 であるため、SPI は SSLni 信号をネゲートします。また、SPCMD1 レジスタに従った次アクセス遅延が挿入されます。

SSLKP ビットを 1 にした SPCMDm レジスタでの SSLni 端子の信号出力設定と、次転送で使用する SPCMDm レジスタでの SSLni 端子の信号出力設定が異なる場合、SPI は図 30.46 の (5) で示すように、SSLni 信号状態を SSLni 信号のアサートに切り替えます。この SSLni 信号は次転送のコマンドに対応しています。

注. このような SSLni 信号の切り替えが発生した場合、MISO_n 信号をドライブするスレーブが競合して信号レベルの衝突が発生することがあります。

マスタモードの SPI は、SPCMDm.SSLKP ビットを使用しない場合は、SSLni 信号動作をモジュール内部で参照しています。SPCMDm.CPHA ビットが 0 であると、SPI は内部で検出した次転送の SSLni 信号のアサートを使用してシリアル転送を正確に開始できます。

- SPCR3.BFDS ビットが 1 の場合

図 30.47 に、SPCMD0 および SPCMD1 レジスタの設定値を使用してバースト転送を実現した場合の SSLni 信号の動作例を示します。以下では、図 30.47

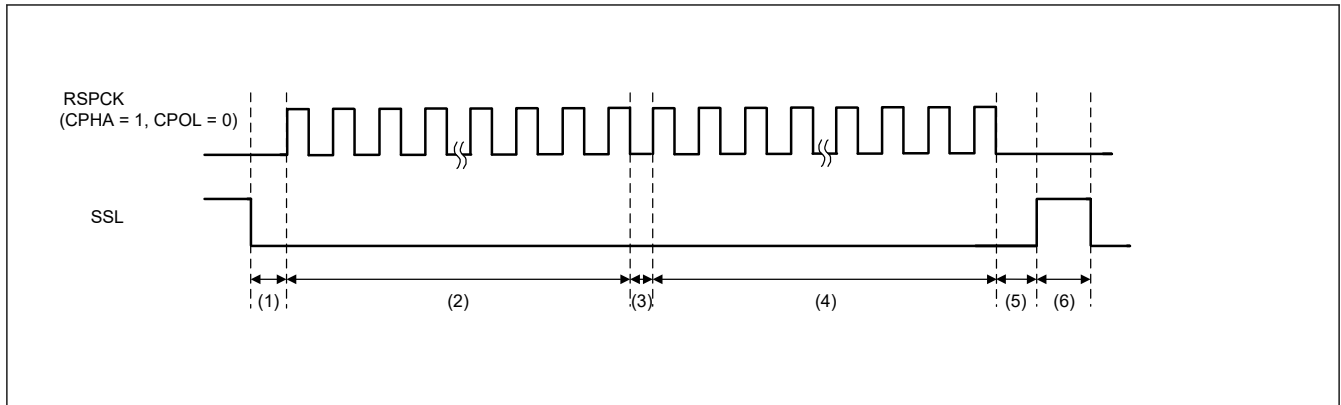


図 30.47 SSLKP ビットを利用したバースト転送の動作例 (BFDS = 1)

1. SPI は SPCMD0 レジスタの設定値に従って SSLni 信号をアサートし、RSPCK 遅延を挿入します。RSPCK 遅延はバースト転送の最初のフレームのみに挿入されます。
2. SPI は SPCMD0 レジスタの設定に従ったシリアル転送を実行します。フレーム間の RSPCK ネゲート期間中にシフトレジスタが空の場合は、次転送のための送信データがシフトレジスタに格納されるまで、最後のクロックを待ちます。
3. SPCMD0.SSLKP ビットが 1 であるため、SPI は SPCMD0 レジスタで指定した SSLni 端子の信号値を保持します。シフトレジスタが空ではない場合、フレーム間の RSPCK ネゲート期間は 0.5 RSPCK です。
4. SPI は SPCMD1 レジスタの設定に従ったシリアル転送を実行します。
5. SPI は、最後のフレームに対して SSL ネゲート遅延を挿入します。
6. SPCMD1.SSLKP ビットが 0 であるため、SPI は SSLni 信号をネゲートします。また、SPCMD1 レジスタに従った次アクセス遅延が挿入されます。

(5) RSPCK 遅延 (t1)

マスタモードの SPI の RSPCK 遅延値は、SPCMDm.SCKDEN ビットの設定と SPCKD.SCKDL[2:0]ビットの設定で決まります。SPI は、ポインタ制御によってシリアル転送中に参照する SPCMDm レジスタを決定し、SPCMDm.SCKDEN ビットと SPCKD.SCKDL[2:0]ビットを使用して、表 30.11 のように RSPCK 遅延を決定します。なお、RSPCK 遅延の定義については、「30.3.5. 転送フォーマット」を参照してください。

表 30.11 SPCMDm.SCKDEN ビット、SPCKD.SCKDL[2:0]ビット、RSPCK 遅延の関係

SPCMDm.SCKDEN ビット	SPCKD.SCKDL[2:0]ビット	RSPCK 遅延
0	000b~111b	1 RSPCK
1	000b	1 RSPCK
	001b	2 RSPCK
	010b	3 RSPCK
	011b	4 RSPCK
	100b	5 RSPCK
	101b	6 RSPCK
	110b	7 RSPCK
	111b	8 RSPCK

(6) SSL ネゲート遅延 (t2)

マスタモードの SPI の SSL ネゲート遅延値は、SPCMDm.SLNDEN ビットの設定と SSLND.SLNDL[2:0]ビットの設定で決まります。SPI は、ポインタ制御によってシリアル転送中に参照する SPCMDm レジスタを決定し、SPCMDm.SLNDEN ビットと SSLND.SLNDL[2:0]ビットを使用して、表 30.12 のように SSL ネゲート遅延値を決定します。なお、SSL ネゲート遅延の定義については、「30.3.5. 転送フォーマット」を参照してください。

表 30.12 SPCMDm.SLN DEN ビット、SSLND.SLN DL[2:0]ビット、SSL ネゲート遅延の関係

SPCMDm.SLN DEN ビット	SSLND.SLN DL[2:0]ビット	SSL ネゲート遅延
0	000b~111b	1 RSPCK
1	000b	1 RSPCK
	001b	2 RSPCK
	010b	3 RSPCK
	011b	4 RSPCK
	100b	5 RSPCK
	101b	6 RSPCK
	110b	7 RSPCK
	111b	8 RSPCK

(7) 次アクセス遅延 (t3)

マスタモードの SPI の次アクセス遅延値は、SPCMDm.SPNDEN ビットの設定と SPND.SPNDL[2:0]ビットの設定で決まります。SPI は、ポインタ制御によってシリアル転送中に参照する SPCMDm レジスタを決定し、SPCMDm.SPNDEN ビットと SPND.SPNDL[2:0]ビットを使用して、表 30.13 のようにシリアル転送中の次アクセス遅延を決定します。なお、次アクセス遅延の定義については、「30.3.5. 転送フォーマット」を参照してください。

表 30.13 SPCMDm.SPNDEN ビット、SPND.SPNDL[2:0]ビット、次アクセス遅延の関係

SPCMDm.SPNDEN ビット	SPND.SPNDL[2:0]ビット	次アクセス遅延
0	000b~111b	1 RSPCK + 2 PCLKA
1	000b	1 RSPCK + 2 PCLKA
	001b	2 RSPCK + 2 PCLKA
	010b	3 RSPCK + 2 PCLKA
	011b	4 RSPCK + 2 PCLKA
	100b	5 RSPCK + 2 PCLKA
	101b	6 RSPCK + 2 PCLKA
	110b	7 RSPCK + 2 PCLKA
	111b	8 RSPCK + 2 PCLKA

(8) 初期化フロー

図 30.48 に、SPI をマスタモードで使用する場合の SPI 初期化フローの例を示します。なお、割り込みコントローラユニット (ICU)、DMAC、および入出力ポートの設定方法については、各ブロックの説明を参照してください。

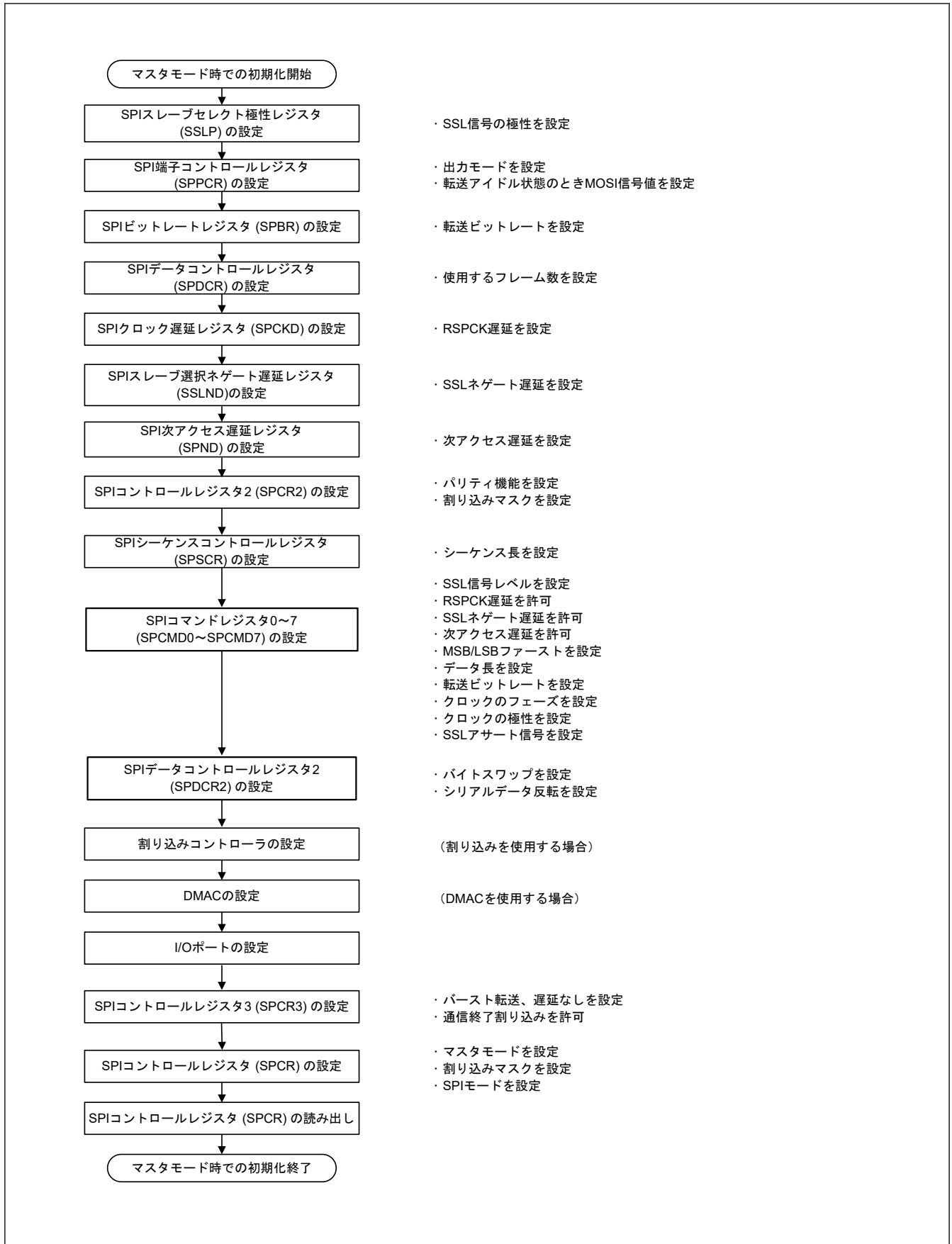


図 30.48 マスタモード時の SPI 動作の初期化フロー例

(9) ソフトウェア処理フロー

図 30.49 ~ 図 30.51 にソフトウェア処理フローの例を示します。

送信処理フロー

データの送信時、SPI_i SPI_{II} 割り込みが許可されていれば、最終データの書き込み後にデータ送信完了を CPU に通知します。

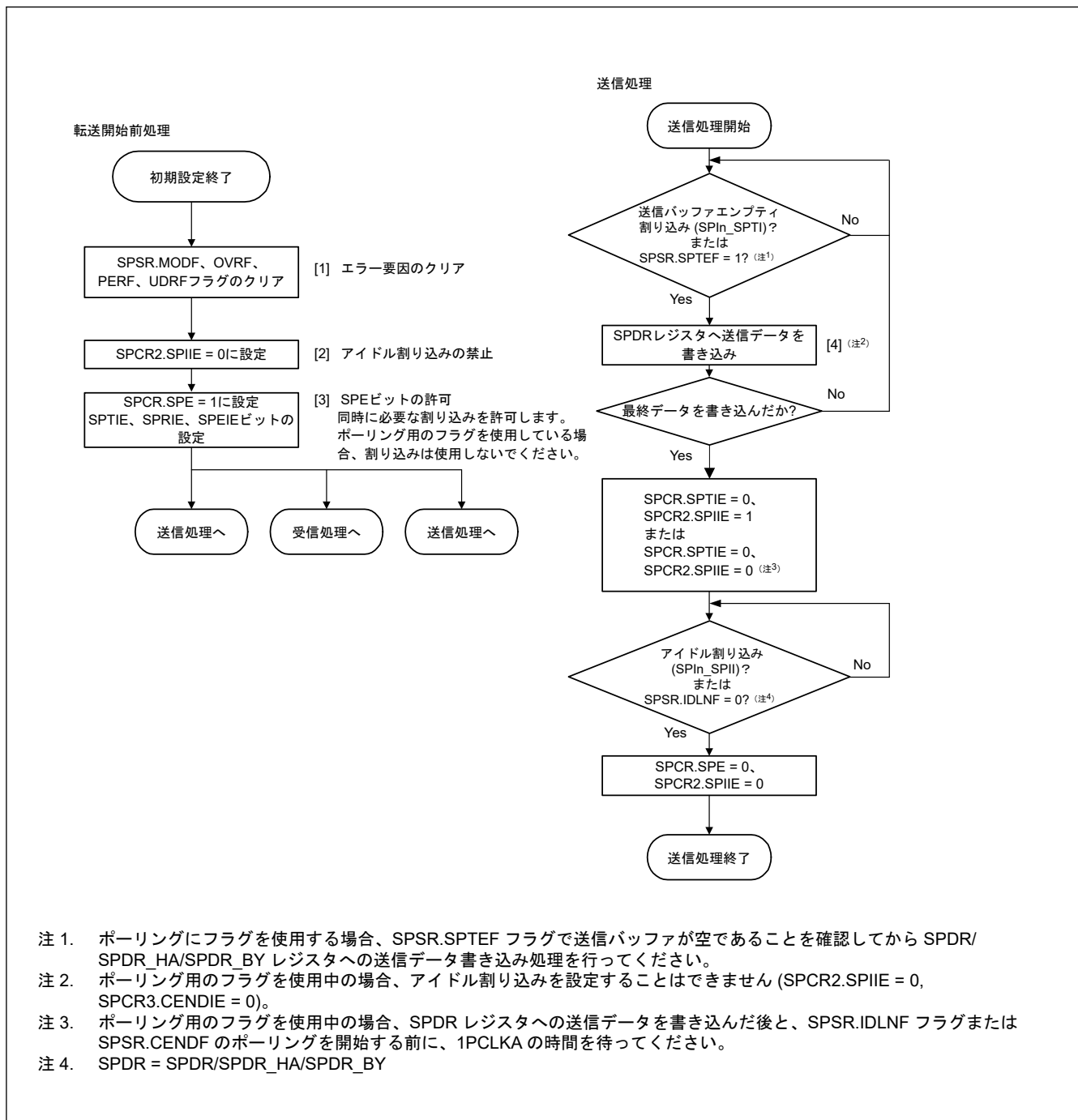


図 30.49 マスタモードでの送信フロー

受信処理フロー

送信するデータがない場合でもダミーデータを送信してください。

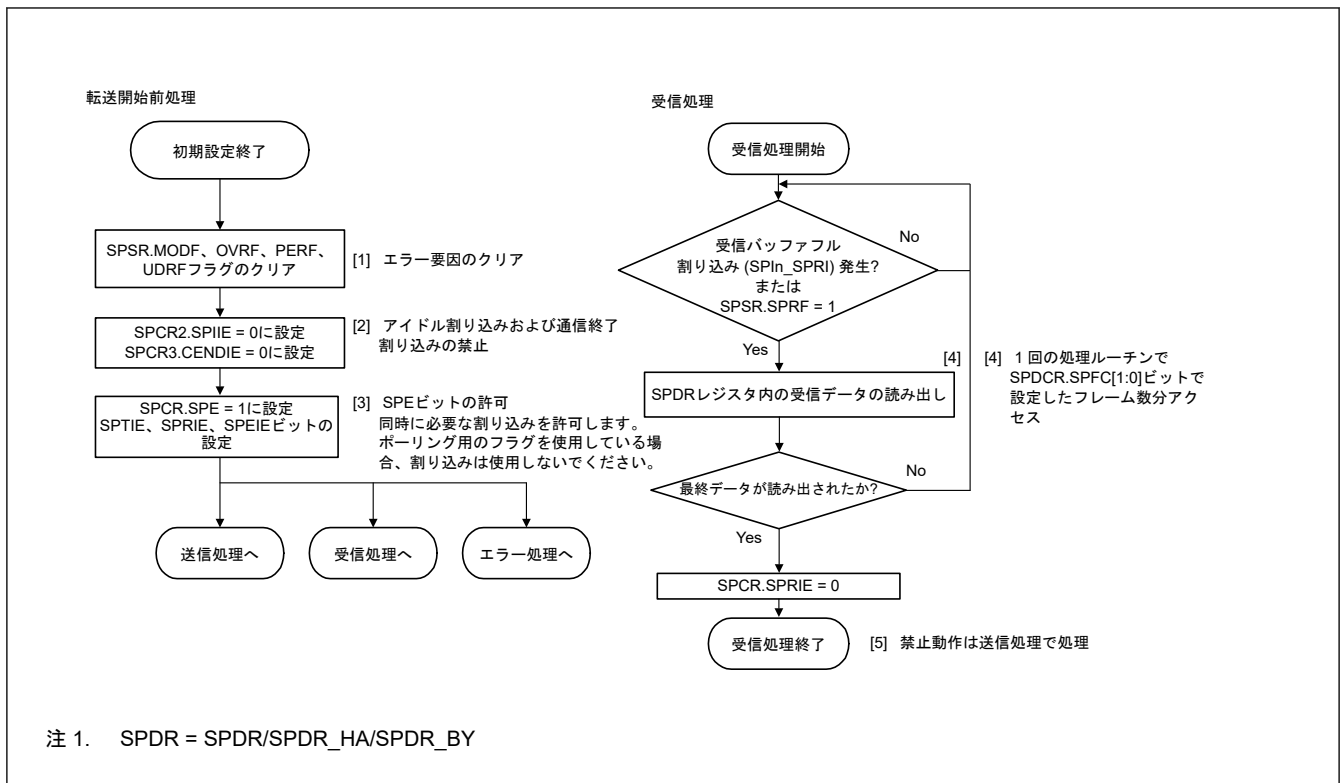


図 30.50 マスタモードでの受信フロー

エラー処理フロー

SPI は以下のエラーの検出を行います。

- モードフォルトエラー
- アンダーランエラー
- オーバーランエラー
- パリティエラー

モードフォルトエラー発生時は、SPCR.SPE ビットが自動的にクリアされ、送信/受信動作を停止させます。その他のエラー要因では、SPCR.SPE ビットはクリアされず、送信/受信動作は継続します。よって、モードフォルトエラー以外のエラーの場合は、SPCR.SPE ビットをクリアし、動作を停止することが推奨されます。動作を停止しないと、SPSR.SPECM[2:0]ビットが更新されます。

割り込みによるエラー発生時は、エラー処理ルーチンにて ICU.IELSRn.IR フラグをクリアしてください。クリアしないと、ICU.IELSRn.IR フラグに送信バッファエンプティ割り込み (SPI_i_SPTI) または受信バッファフル割り込み要求 (SPI_i_SPRI) が保持されていることがあります。また、SPI_i_SPRI 割り込み要求が保持されている場合、受信バッファを読み出して SPI の内部シーケンサを初期化してください。

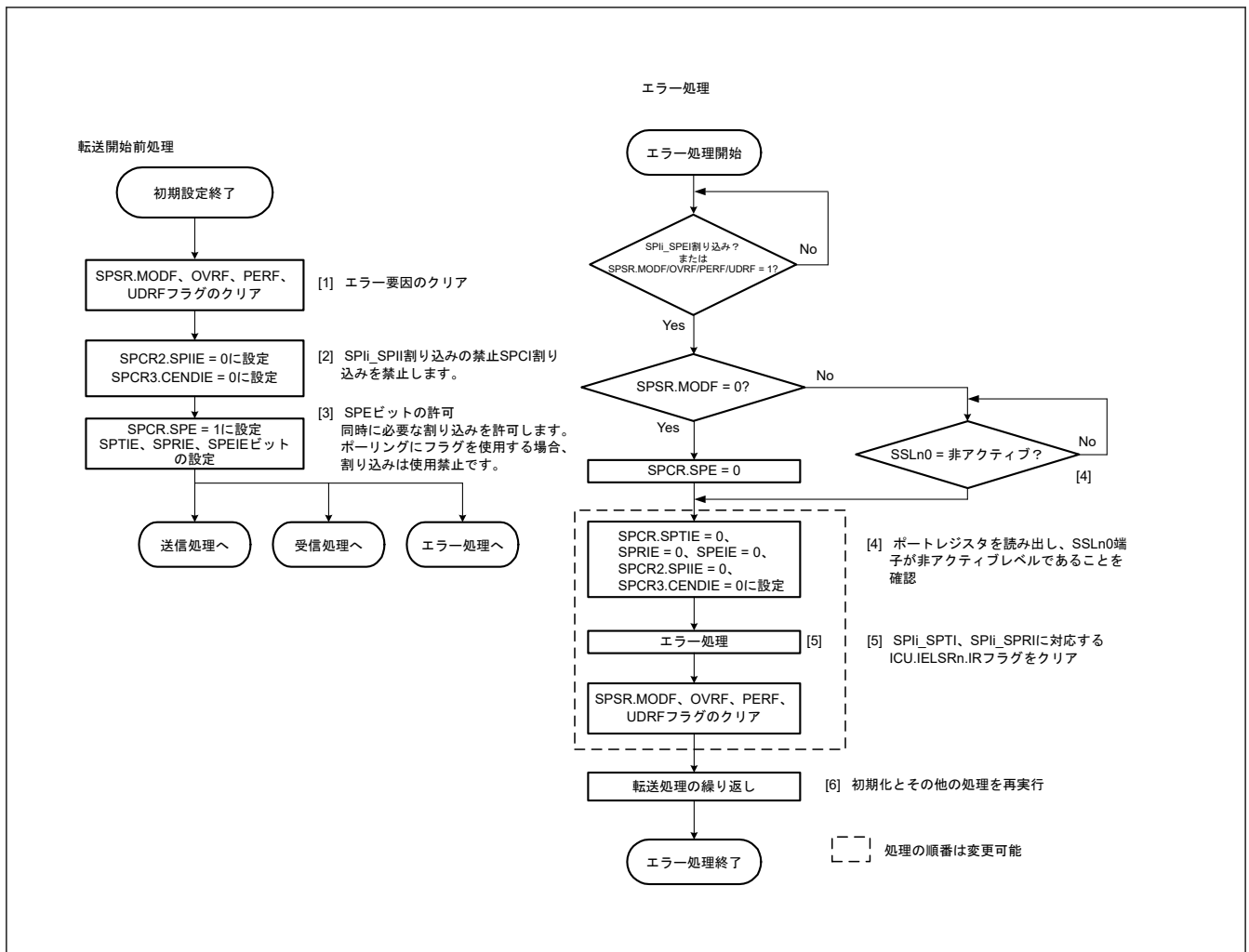


図 30.51 マスタモードでのエラー処理フロー

30.3.11.2 スレーブモード動作

(1) シリアル転送の開始

SPCMD0.CPHA ビットが 0 の場合、SPI は SSLn0 端子へ入力される信号のアサートを検出すると、MISO_n 出力信号への有効データをドライブする必要があります。このため、SPCMD0.CPHA ビットが 0 の場合には、SSLn0 端子へ入力される信号のアサートがシリアル転送開始のトリガになります。

SPCMD0.CPHA ビットが 1 の場合には、SPI は SSLn0 端子へ入力される信号のアサート状態で最初の RSPCK_n エッジを検出すると、MISO_n 出力信号への有効データをドライブする必要があります。SPCMD0.CPHA ビットが 1 の場合には、SSLn0 端子へ入力される信号のアサート状態における最初の RSPCK_n エッジがシリアル転送開始のトリガになります。

SPCMD0.CPHA ビットの設定にかかわらず、SPI は SSLn0 端子へ入力される信号のアサート時に、MISO_n 出力信号のドライブを実行します。SPCMD0.CPHA ビットの設定によって、SPI が出力するデータの有効/無効が異なります。

SPI の転送フォーマットの詳細については、「30.3.5. 転送フォーマット」を参照してください。SSLn0 端子へ入力される信号の極性は、SSLP.SSL0P ビットの設定値で決まります。

(2) シリアル転送の終了

SPCMD0.CPHA ビットにかかわらず、SPI は最終サンプリングタイミングに関連する RSPCK_n エッジを検出するとシリアル転送を終了します。受信バッファが空 (SPSR.SPRF = 0) の場合には、シリアル転送終了後に SPI はシフトレジスタから SPDR レジスタの受信バッファに受信データをコピーします。また、受信バッファの状態にかかわらず、SPI はシリアル転送の終了時にシフトレジスタの状態を「空」に変更します。シリアル転送開始から

シリアル転送終了までの間に SPI が SSLn0 端子へ入力される信号のネゲートを検出すると、モードフォルトエラーが発生します（「[30.3.9. エラー検出](#)」を参照）。

なお、最終サンプリングタイミングは転送データのビット長に依存して変化します。スレーブモードの SPI のデータ長は SPCMD0.SPB[3:0] ビットの設定値で決まります。SSLn0 端子へ入力される信号の極性は、SSLP.SSL0P ビットの設定値で決まります。SPI の転送フォーマットの詳細については、「[30.3.5. 転送フォーマット](#)」を参照してください。

(3) シングルスレーブ動作時の注意点

SPCMD0.CPHA ビットが 0 の場合、SPI は SSLn0 端子へ入力される信号のアサートエッジを検出するとシリアル転送を開始します。[図 30.7](#) の例に示したような構成で SPI をシングルスレーブモードで使用する場合には、SSLn0 端子への入力信号がアクティブ状態に固定されます。そのため、SPCMD0.CPHA ビットを 0 に設定した SPI では、シリアル転送を正しく開始できません。SSLn0 端子への入力信号をアクティブ状態に固定された構成で、スレーブモードの SPI の送受信を正しく実行するには、SPCMD0.CPHA ビットを 1 にしてください。SPCMD0.CPHA ビットを 0 にする必要がある場合、SSLn0 端子への入力信号を固定しないでください。

(4) バースト転送

SPCMD0.CPHA ビットが 1 であれば、SSLn0 端子へ入力される信号のアサート状態を保持したままで連続的なシリアル転送（バースト転送）を実行できます。SPCMDm.CPHA ビットが 1 の場合、シリアル転送期間は、SSLn0 端子への入力信号がアクティブ状態において、最初の RSPCKn エッジから、最終ビット受信のためのサンプリングタイミングまでとなります。SSLn0 端子への入力信号がアクティブレベルのままであっても、SPI はアクセスの開始を検出できるため、バースト転送に対応できます。

SPCMD0.CPHA ビットが 0 の場合、バースト転送の 2 回目以降のシリアル転送を正しく実行できません。

(5) 初期化フロー

[図 30.52](#) に、SPI がスレーブモードの場合の SPI 動作の初期化フローの例を示します。なお、割り込みコントローラユニット、DTC、および入出力ポートの設定方法については、各ブロックの説明を参照してください。

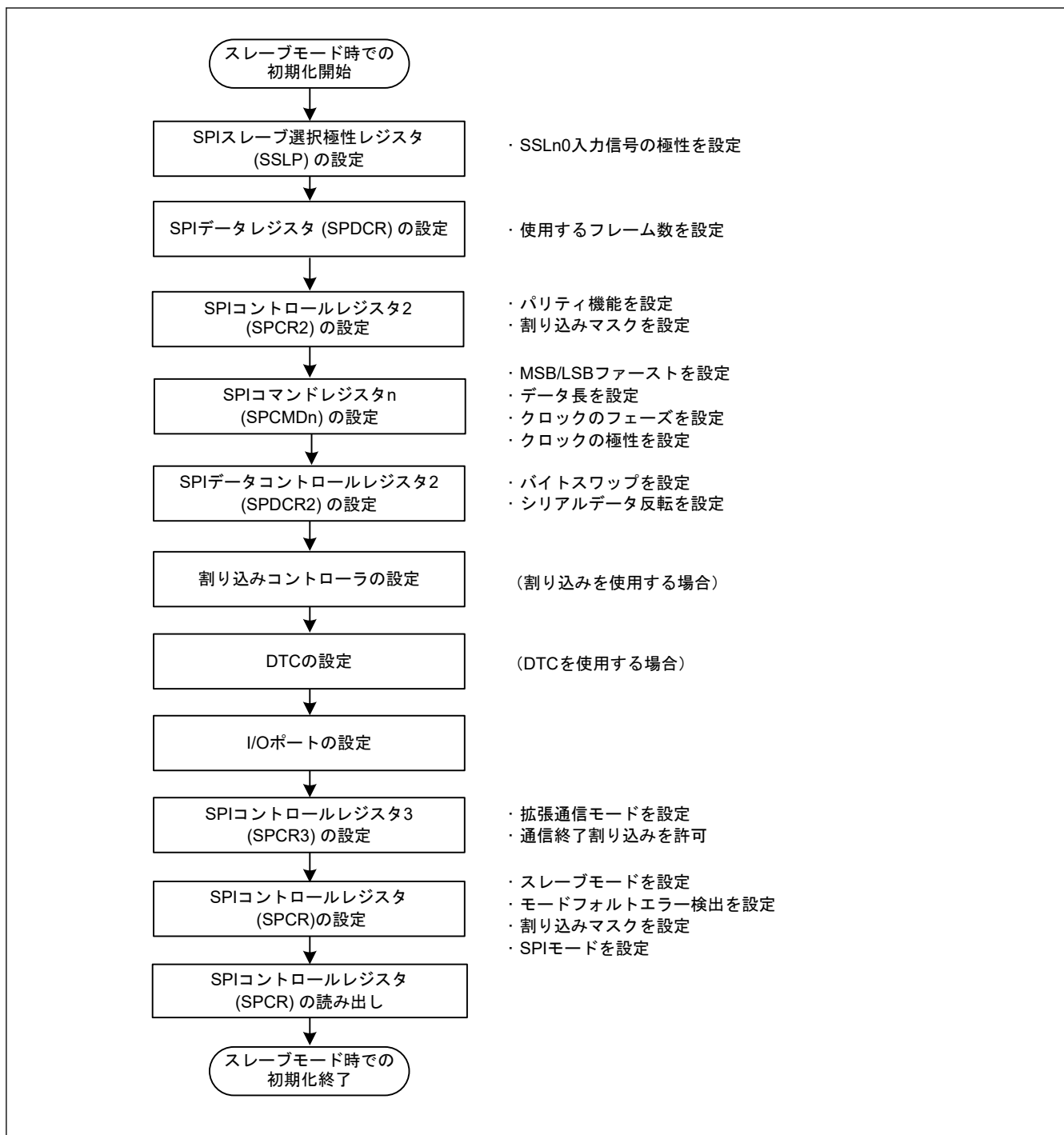


図 30.52 スレーブモード時の SPI 動作の初期化フロー例

(6) ソフトウェア処理フロー

図 30.53 ~ 図 30.55 にソフトウェア処理フローの例を示します。

送信処理フロー

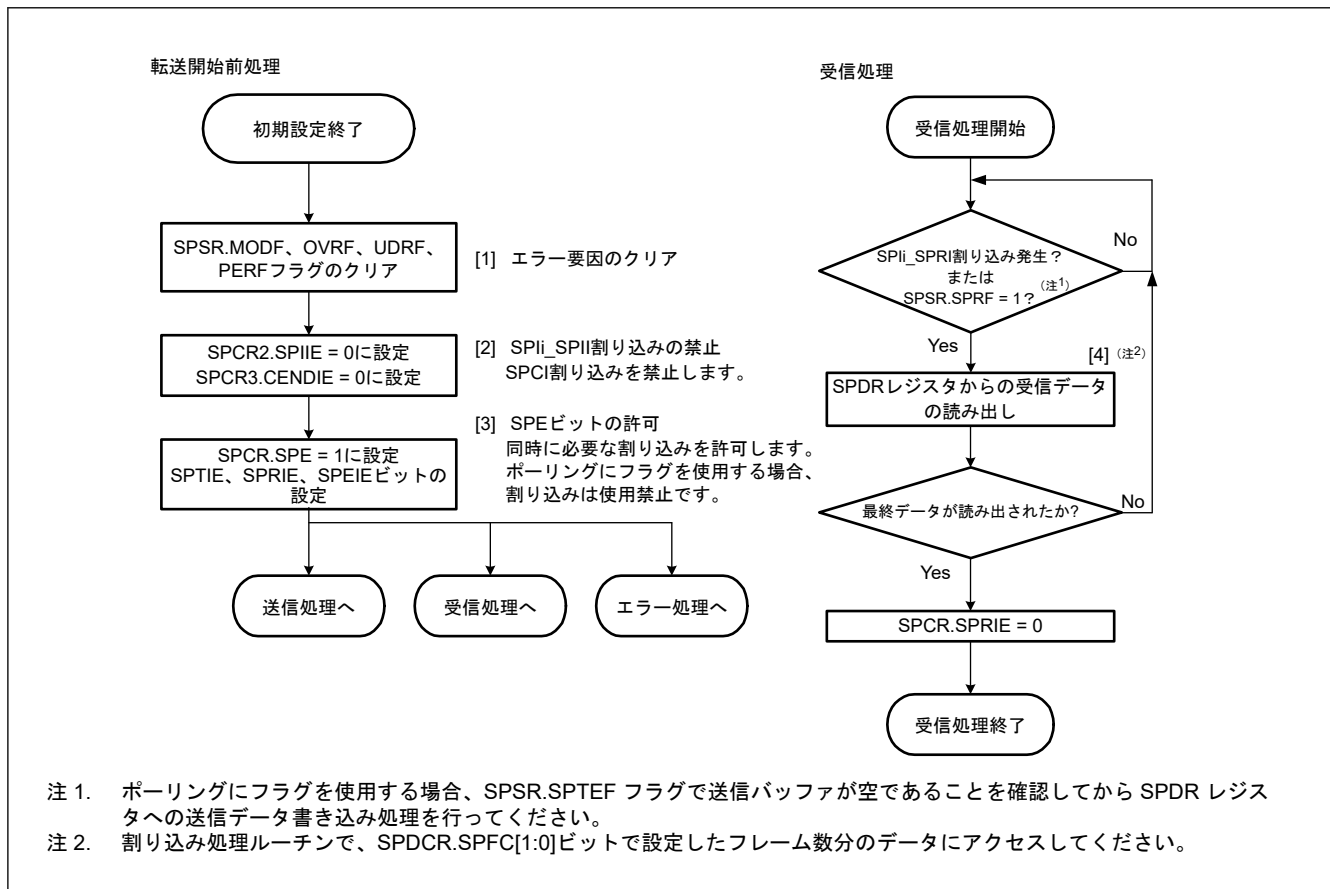


図 30.53 スレーブモードでの送信フロー

受信処理フロー

SPI は受信処理のみで実行することができません。送信するデータがない場合でもダミーデータを送信してください。

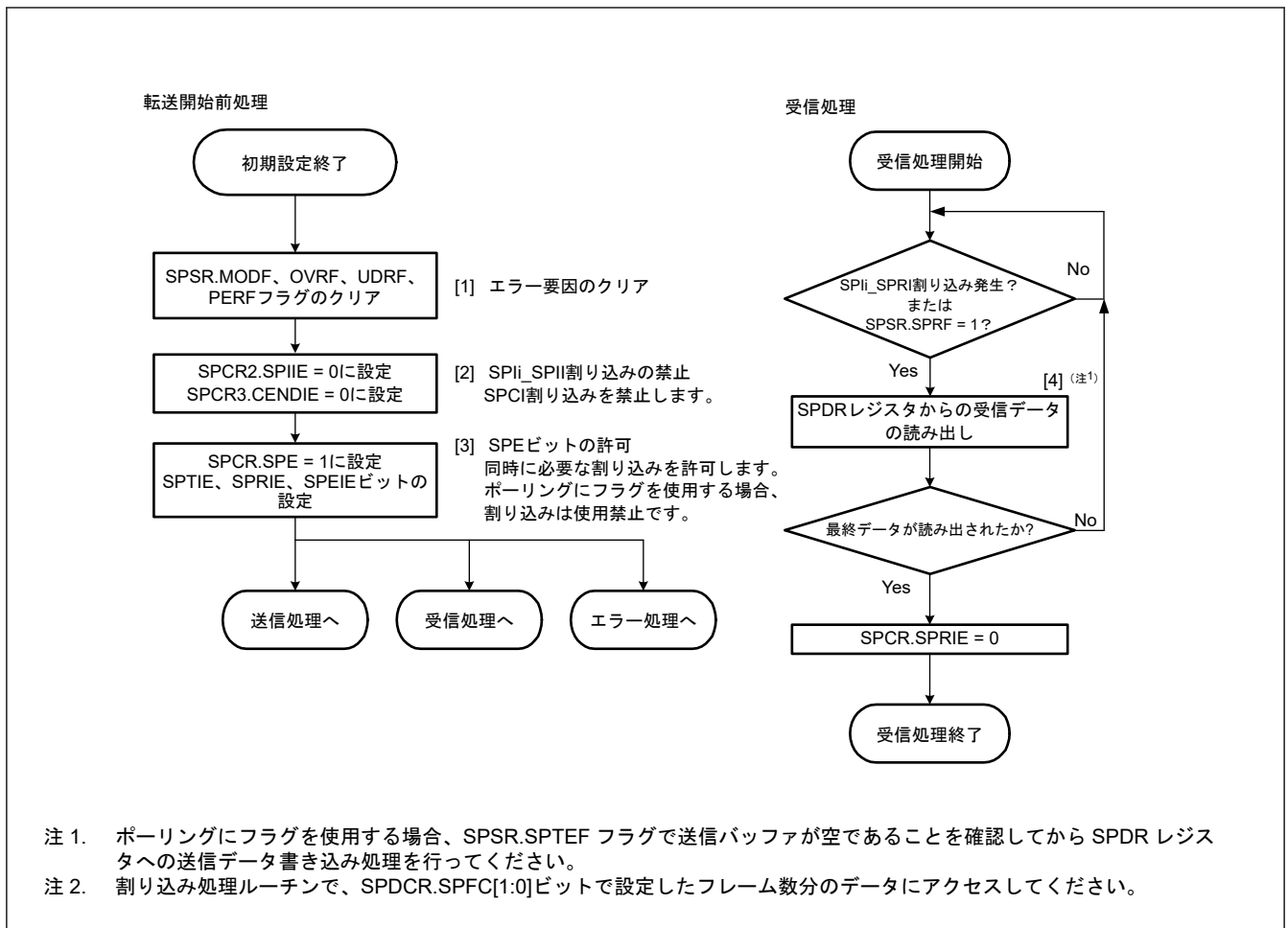


図 30.54 スレーブモードでの受信フロー

エラー処理フロー

スレーブ動作では、モードフォルトエラーが発生しても、SSLn0 端子の状態にかかわらず SPSR.MODF フラグをクリアすることができます。

割り込みによるエラー検出時は、エラー処理ルーチンにて ICU.IELSRn.IR フラグをクリアしてください。クリアしないと、ICU.IELSRn.IR フラグに送信バッファエンプティ割り込み (SPIi_SPTI) または受信バッファフル割り込み要求 (SPIi_SPRII) が保持されていることがあります。受信バッファフル割り込み要求が保持されている場合、受信バッファを読み出して SPI の内部シーケンサを初期化してください。

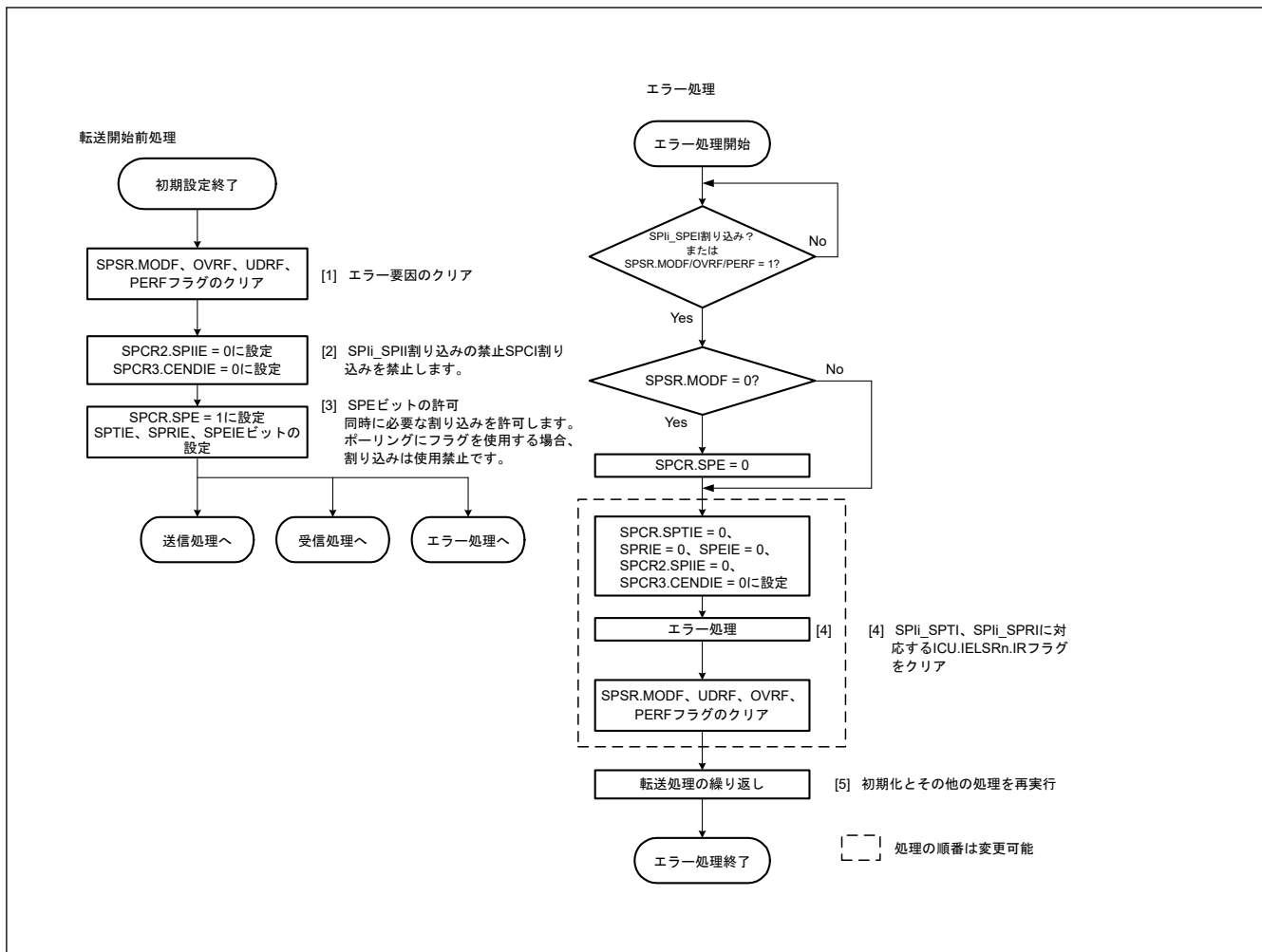


図 30.55 スレーブモードでのエラー処理フロー

30.3.12 クロック同期式動作

SPI は、SPCR.SPMS ビットが 1 であるとき、クロック同期式動作となります。クロック同期式動作は、SSLni 端子を使用せず、RSPCKn、MOSIn、MISON の 3 本の端子を用いて通信を行います。各 SSLni 端子は入出力ポートとして使用することができます。

クロック同期式動作は、SSLni 端子を使用せずに通信を行います。モジュールの動作は SPI 動作と同様です。すなわち、マスタモード動作とスレーブモード動作では、モードフォルトエラーの検出が行われないことを除いて、同様のフローで通信を行うことができます。

また、クロック同期式動作では、スレーブモード時 (SPCR.MSTR = 0) に SPCMDm.CPHA ビットを 0 にした場合の動作はしないでください。

30.3.12.1 マスタモード動作

(1) シリアル転送の開始

送信バッファが空、すなわち次転送のデータがセットされておらず、SPSR.SPTEF フラグが 1 の状態で、SPDR レジスタへデータを書くと、SPI は SPDR レジスタの送信バッファ (SPTX) のデータを更新します。SPDCR.SPFC[1:0] ビットで設定したフレーム数分のデータを、SPDR/SPDR_HA レジスタへ書き込んだ後、シフトレジスタが空の場合は、SPI は送信バッファのデータをシフトレジスタにコピーしてシリアル送信を開始します。SPI は、シフトレジスタに送信データをコピーすると、シフトレジスタのステータスを「フル」に変更し、シリアル転送が終了すると、シフトレジスタのステータスを「空」に変更します。シフトレジスタのステータスを参照することはできません。

クロック同期式動作時は、SSLn0 端子の出力信号を用いずに転送を行います。SPI の転送フォーマットの詳細については、「30.3.5. 転送フォーマット」を参照してください。

(2) シリアル転送の終了

SPI はサンプリングタイミングに対応する $RSPCK_n$ エッジを送出するとシリアル転送を終了します。受信バッファが空 ($SPSR.SPRF = 0$) の場合には、シリアル転送終了後に SPI はシフトレジスタから SPI データレジスタ (SPDR) の受信バッファにデータをコピーします。

なお、最終サンプリングタイミングは転送データのビット長に依存して変化します。マスタモードの SPI のデータ長は、 $SPCMDm.SP[B3:0]$ ビットの設定値で決まります。クロック同期式動作時は、 SSL_n0 端子の出力信号を用いずに転送を行います。SPI の転送フォーマットの詳細については、「[30.3.5. 転送フォーマット](#)」を参照してください。

(3) シーケンス制御

マスタモード時の転送フォーマットは、 $SPSCR$ レジスタ、 $SPCMDm$ レジスタ、 $SPBR$ レジスタ、 $SPCKD$ レジスタ、 $SSLND$ レジスタ、および $SPND$ レジスタによって決定されます。クロック同期式動作時は、 SSL_{ni} 端子へ信号の出力を行いませんが、これらの設定は有効です。

$SPSCR$ レジスタは、マスタモードの SPI で実行するシリアル転送のシーケンス構成を決定するためのレジスタです。 $SPCMDm$ レジスタでは、以下の項目を設定します。

- SSL_{ni} 端子の出力信号値
- MSB/LSB ファースト
- データ長
- ビットレート設定の一部
- $RSPCK$ 極性/位相
- $SPCKD$ レジスタの参照要否
- $SSLND$ レジスタの参照要否
- $SPND$ レジスタの参照要否

$SPBR$ レジスタは、 $SPCKD$ レジスタ (SPI クロック遅延)、 $SSLND$ レジスタ (SSL ネゲート遅延)、 $SPND$ レジスタ (次アクセス遅延) などの、ビットレート設定の一部を保持しています。

SPI は、 $SPSCR$ レジスタに設定されたシーケンス長に従って、 $SPCMDm$ レジスタの一部/全部からなるシーケンスを構成します。SPI には、シーケンスを構成している $SPCMDm$ レジスタに対するポインタが存在します。このポインタの値は、 $SPSSR.SP[C2:0]$ ビットの読み出しによって確認できます。 $SPCR.SPE$ ビットを 1 にして SPI 機能を有効にすると、SPI はコマンドに対するポインタを $SPCMD0$ レジスタにセットし、シリアル転送の開始時に $SPCMD0$ レジスタの設定内容を転送フォーマットに反映します。SPI は、各データ転送の次アクセス遅延期間が終了するたびにポインタをインクリメントします。シーケンスの最終コマンドに対応するシリアル転送が終了すると、SPI はポインタを $SPCMD0$ レジスタにセットするため、シーケンスが繰り返し実行されます。

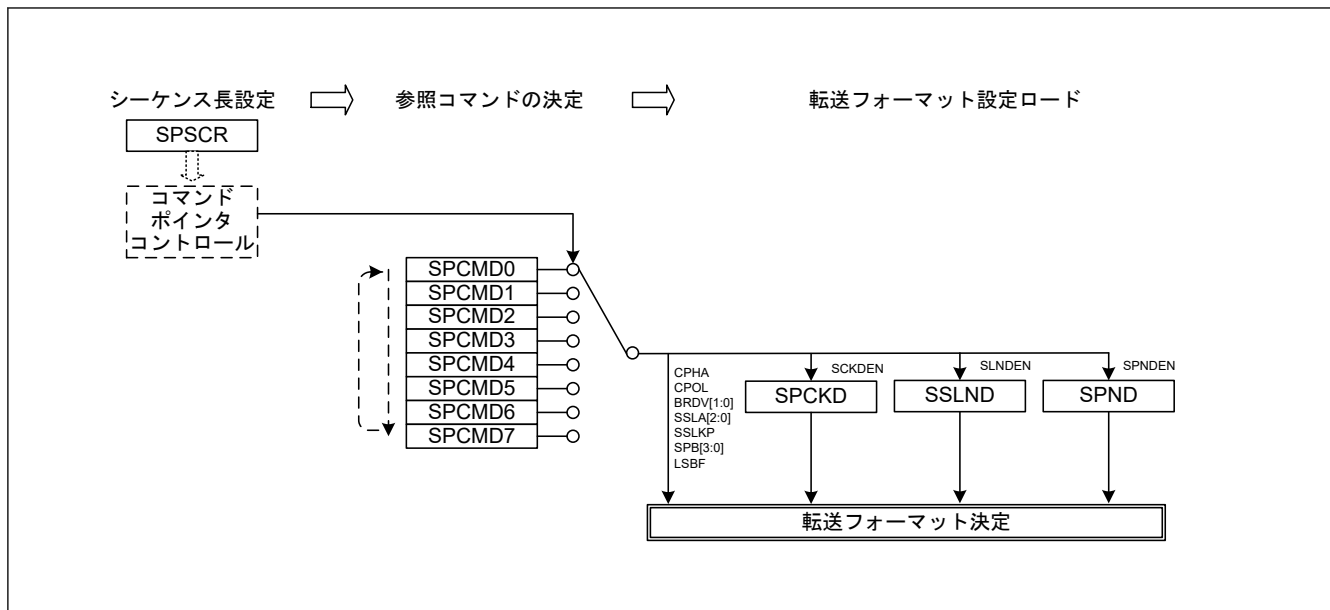


図 30.56 マスタモードでのシリアル転送方式の決定方法

ここでは、データ (SPDR) と設定 (SPCMDm) の 2 つを合わせてフレームとします。

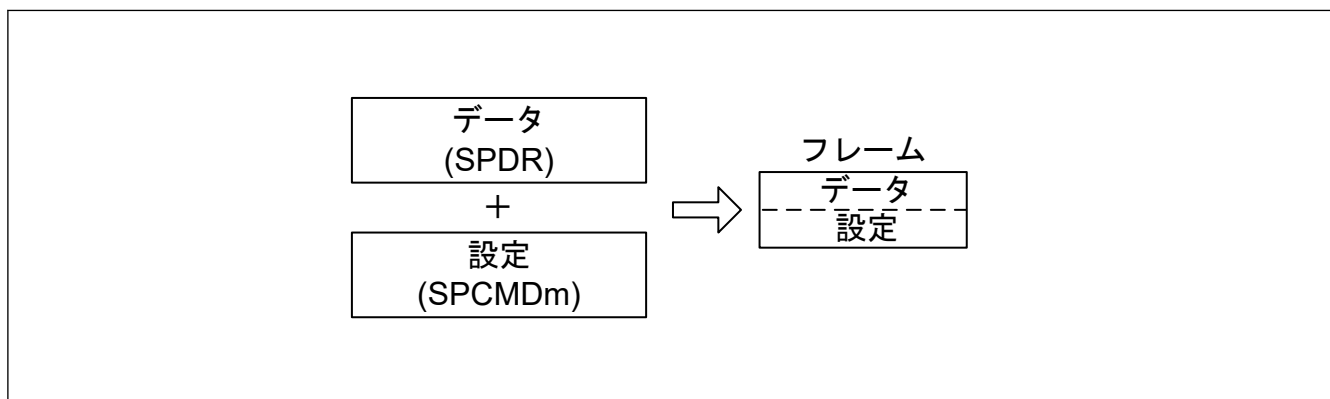


図 30.57 フレームの概念図

表 30.4 の設定でシーケンス動作を行ったときのコマンドと送信バッファ/受信バッファの対応関係を図 30.58 に示します。

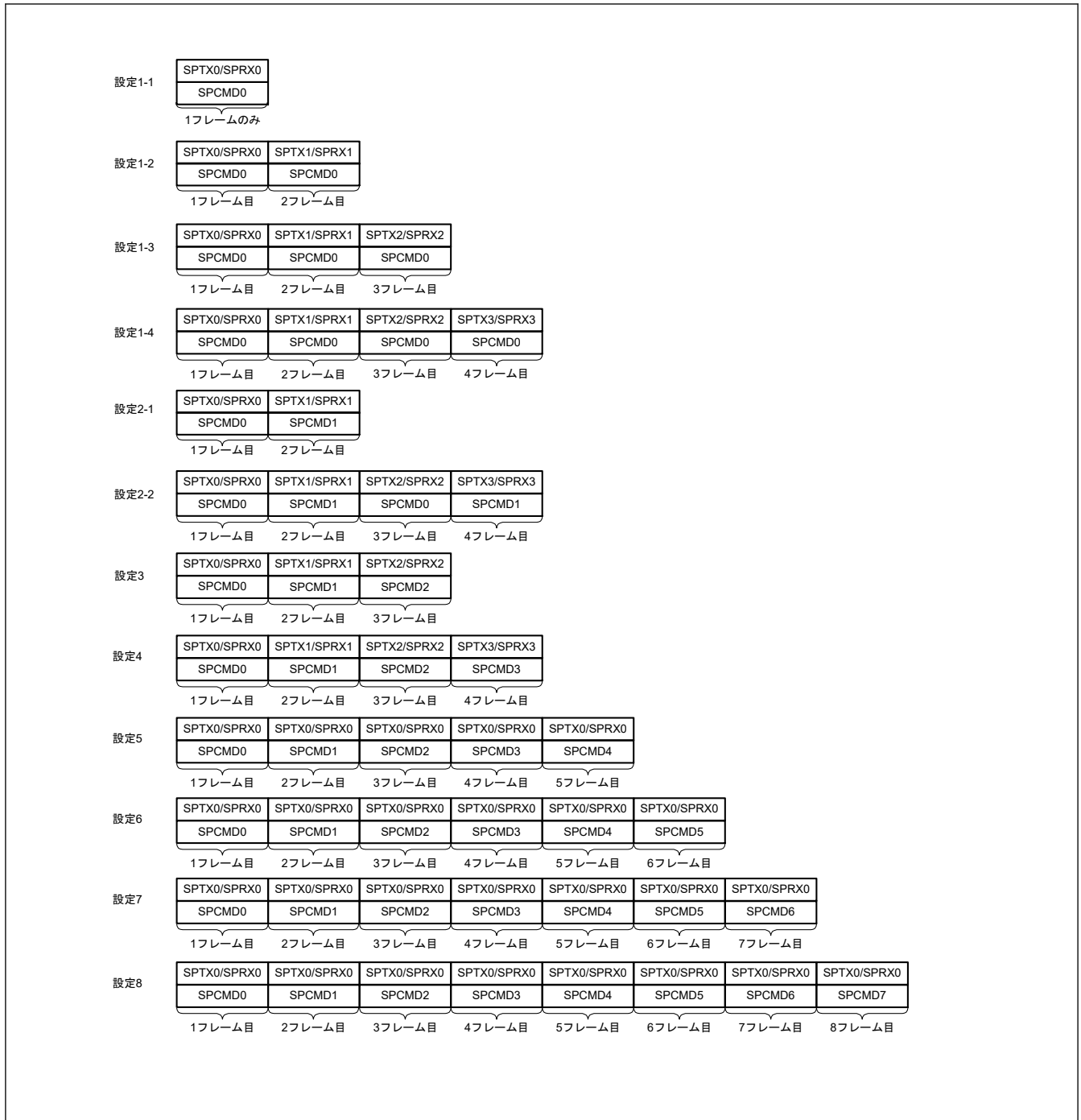


図 30.58 シーケンス動作時の SPI コマンドレジスタと送受信バッファの対応関係

(4) 初期化フロー

図 30.59 に、SPI がマスターモードである場合のクロック同期式動作の初期化フローの例を示します。なお、ICU、DMAC、DTC および入出力ポートの設定方法については、各ブロックの説明を参照してください。

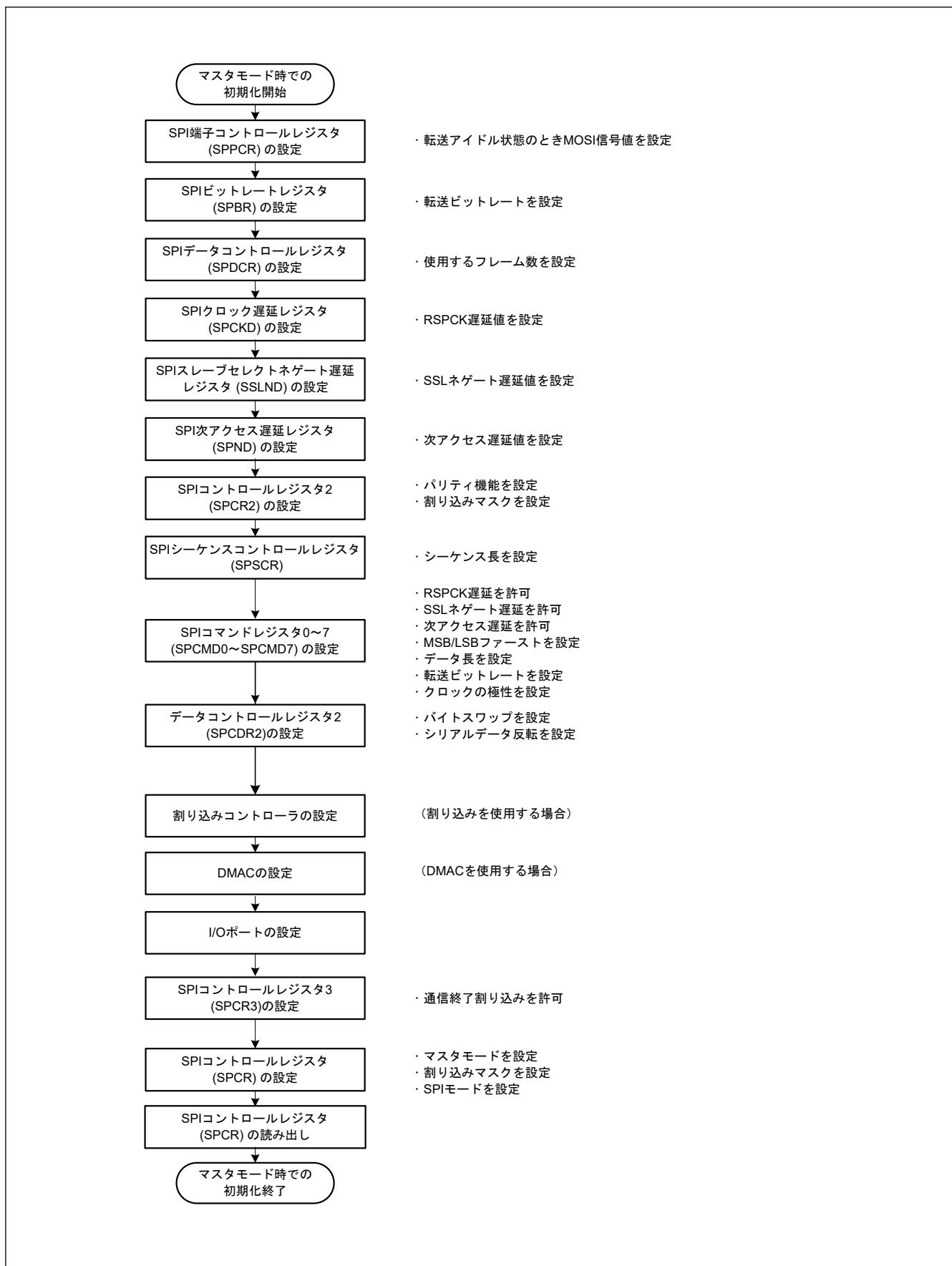


図 30.59 マスタモード時のクロック同期式動作の初期化フロー例

(5) ソフトウェア処理フロー

クロック同期式動作時のマスタモードでのソフトウェア処理は、SPI 動作時のマスタモードでのソフトウェア処理と同様になります。詳細は、「[30.3.11.1. マスタモード動作](#)」を参照してください。クロック同期動作ではモードフォルトエラーは発生しません。

30.3.12.2 スレーブモード動作

(1) シリアル転送の開始

SPCR.SPMS ビットが 1 であるとき、最初の RSPCK_n エッジが SPI のシリアル転送開始のトリガになり、SPI は MISO_n 出力信号をドライブします。

SPI の転送フォーマットの詳細については、「[30.3.5. 転送フォーマット](#)」を参照してください。クロック同期式動作時は SSL0 端子へ入力される信号を使用しません。

(2) シリアル転送の終了

SPI は最終サンプリングタイミングに対応する RSPCK_n エッジを検出するとシリアル転送を終了します。受信バッファで自由空間が使用可能 (SPSR.SPRF フラグが 0) の場合には、シリアル転送終了後に SPI はシフトレジスタから SPDR/SPDR_HA レジスタの受信バッファに受信データをコピーします。また、受信バッファの状態にかかわらず、SPI はシリアル転送の終了時にシフトレジスタの状態をエンプティに変更します。

なお、最終サンプリングタイミングは転送データのビット長に依存して変化します。スレーブモードの SPI のデータ長は SPCMD0.SPB[3:0] ビットの設定値で決まります。SPI の転送フォーマットの詳細については、「[30.3.5. 転送フォーマット](#)」を参照してください。

(3) 初期化フロー

[図 30.60](#) に、SPI がスレーブモードである場合のクロック同期式動作の初期化フローの例を示します。なお、割り込みコントローラユニット、DTC、および入出力ポートの設定方法については、各ブロックの説明を参照してください。

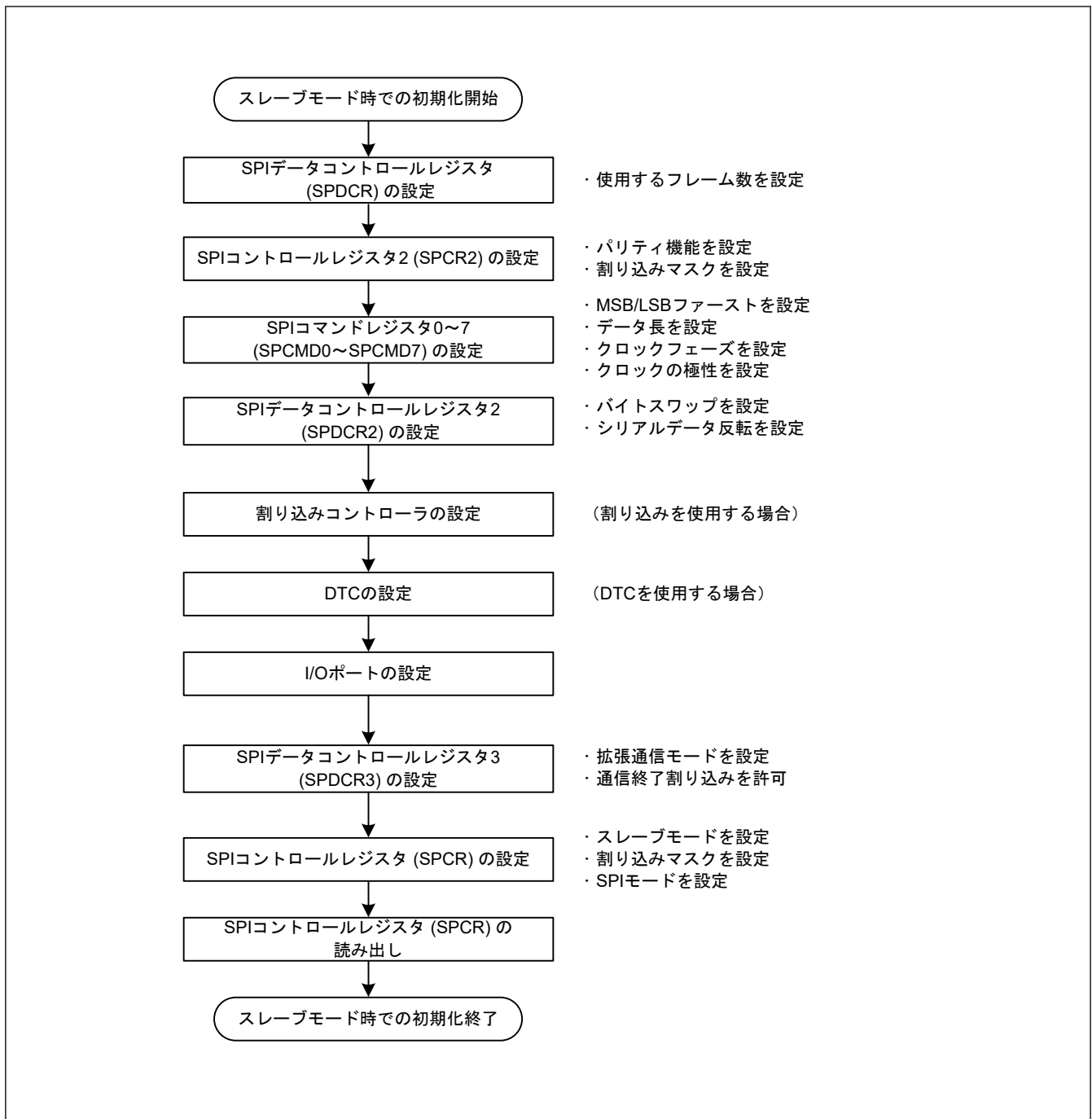


図 30.60 スレーブモード時のクロック同期式動作の初期化フロー例

(4) ソフトウェア処理フロー

クロック同期式動作時のスレーブモードでのソフトウェア処理は、SPI動作時のスレーブモードでのソフトウェア処理と同様になります。詳細は、(6)ソフトウェア処理フローを参照してください。この条件下ではモードフォルトエラーは発生しません。

30.3.13 ループバックモード

SPPCR.SPLP2 ビットまたは SPPCR.SPLP ビットに 1 を書き込むと、SPI は、SPCR.MSTR ビットが 1 であれば、MISO_n 端子とシフトレジスタ間の経路を遮断し、SPCR.MSTR ビットが 0 であれば、MOSIn 端子とシフトレジスタ間の経路を遮断して、シフトレジスタの入力経路と出力経路を接続し、ループバックモードを構成します。また、SPCR.MSTR ビットが 1 であれば、MOSIn 端子とシフトレジスタ間の経路を遮断せず、SPCR.MSTR ビットが 0 であれば、MISO_n 端子とシフトレジスタ間の経路を遮断しません。これをループバックモードと呼びます。

ループバックモードでシリアル転送を実行すると、SPI の送信データまたは送信データの反転が SPI の受信データになります。

表 30.14 に、SPLP2 ビット、SPLP ビット、および受信データの関係を示します。また、図 30.61 にマスタモードの SPI をループバックモード (SPPCR.SPLP2 = 0, SPPCR.SPLP = 1) に設定した場合のシフトレジスタ入出力経路の構成を示します。

表 30.14 SPPCR.SPLP2 ビット、SPPCR.SPLP ビットの設定と受信データ

SPPCR.SPLP2 ビット	SPPCR.SPLP ビット	受信データ
0	0	MOSIn 端子または MISO _n 端子からの入力データ
0	1	送信データの反転
1	0	送信データ
1	1	送信データ

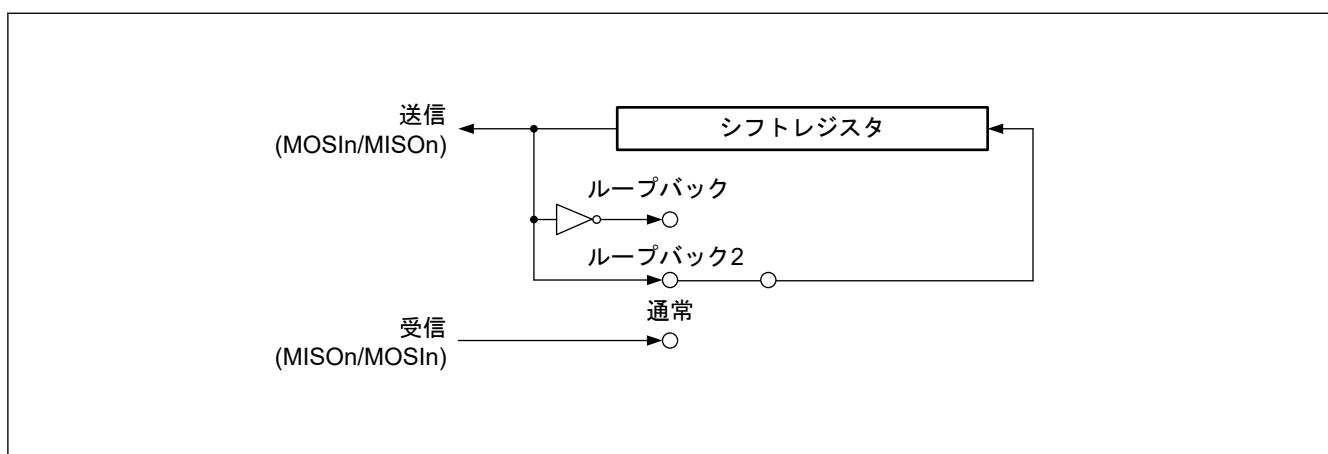


図 30.61 ループバックモード時のシフトレジスタ入出力経路の構成 (マスタモード)

30.3.14 パリティビット機能の自己診断

パリティ回路は、送信データに対するパリティ付加部と、受信データに対するエラー検出部で構成されます。パリティ付加部とエラー検出部の故障を検出するため、パリティ回路は図 30.62 に示す自己診断を実行します。

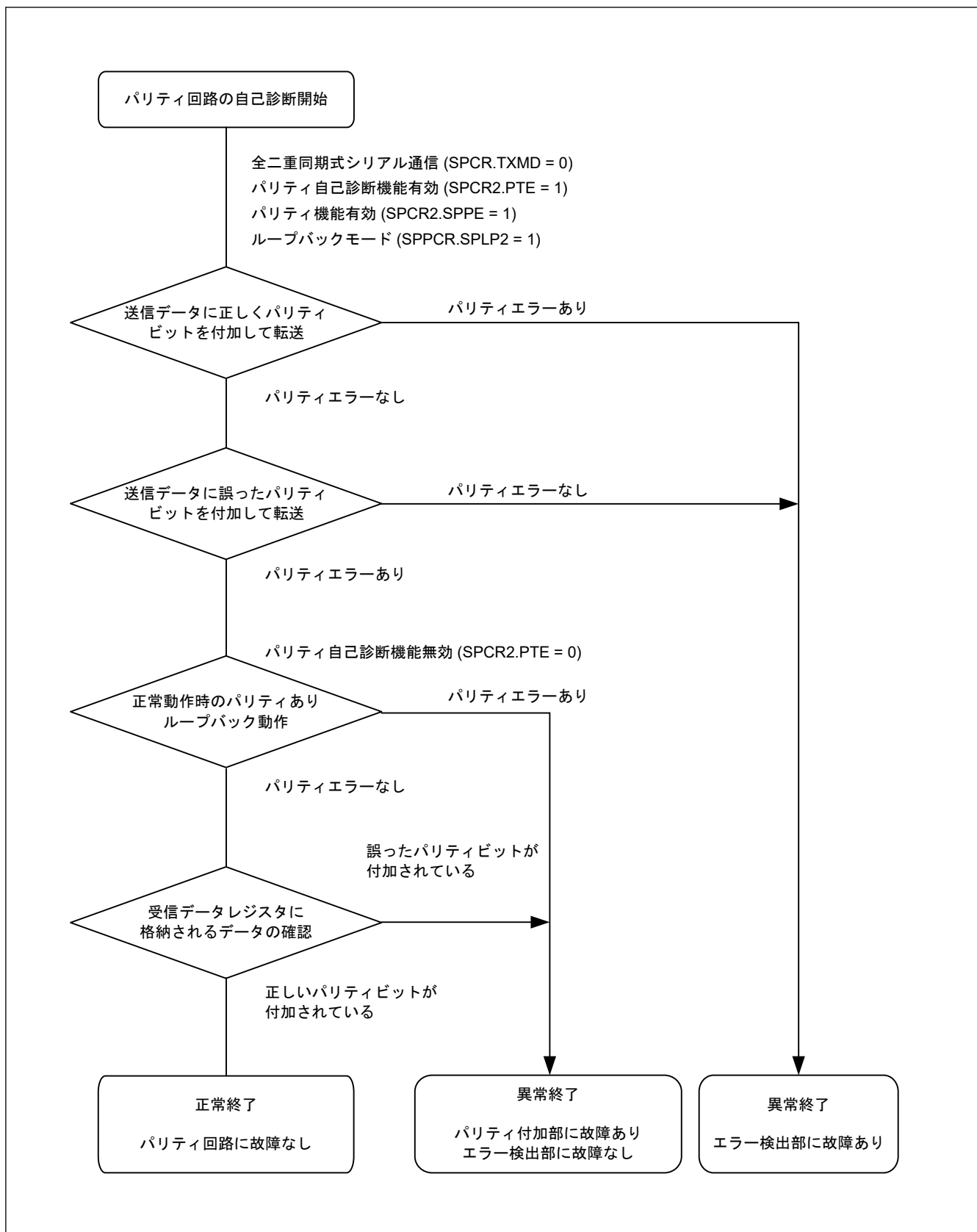


図 30.62 パリティ回路の自己診断フロー

30.3.15 割り込み要因

SPI には以下の割り込み要因があります。

- 受信バッファフル
- 送信バッファエンプティ
- SPI エラー (モードフォルトエラー、アンダーランエラー、オーバーランエラー、パリティエラー)
- SPI アイドル
- 通信終了

また、受信バッファフル、送信バッファエンプティの割り込み要求で DMAC または DTC を起動し、データ転送を行うことができます。

SPI_n.SPEI のベクタアドレスは、モードフォルトエラー、アンダーランエラー、オーバーランエラー、およびパリティエラーでトリガされる割り込み要求に割り付けられるため、実際の割り込み要因は、フラグから判断する必要があります。表 30.15 に SPI の割り込み要因に対応するフラグを示します。表 30.15 の割り込み条件が成立すると、割り込みが発生します。受信バッファフルと送信バッファエンプティの要因に対しては、データ転送でクリアしてください。

DMAC または DTC を使用してデータの送受信を行う場合、最初に DMAC または DTC を転送許可状態に設定してから SPI の設定を行ってください。DMAC または DTC の設定については、「16. DMA コントローラ (DMAC)」と「17. データトランスファコントローラ (DTC)」を参照してください。

ICU.IELSR_n.IR フラグが 1 の状態で、送信バッファエンプティ割り込みまたは受信バッファフル割り込みの発生条件が生じていても、ICU に対して割り込み要求は出力されず、内部で保持されます (内部で保持できる容量は、1 要因ごとに 1 要求までです)。ICU.IELSR_n.IR フラグが 0 になると、保持されていた割り込み要求が出力されます。保持されていた割り込み要求が出力されると、その割り込み要求は自動的に破棄されます。また、内部で保持されている割り込み要求は、対応する割り込み許可ビット (SPCR.SPTIE ビットまたは SPCR.SPRIE ビット) を 0 にすることでもクリアできます。

表 30.15 SPI の割り込み要因

割り込み要因	シンボル	割り込み条件	DTC/DMAC の起動
受信バッファフル	SPI _i .SPRI	SPCR.SPRIE ビットが 1 の状態で受信バッファフル (SPSR.SPRF = 1) になったとき	可能
送信バッファエンプティ	SPI _i .SPTI	SPCR.SPTIE ビットが 1 の状態で送信バッファエンプティ (SPSR.SPTEF = 1) になったとき	可能
SPI エラー (モードフォルトエラー、アンダーランエラー、オーバーランエラー、パリティエラー)	SPI _i .SPEI	SPCR.SPEIE ビットが 1 の状態で SPSR.MODF、OVRF、UDRF、または PERF フラグが 1 になったとき	不可能
SPI アイドル	SPI _i .SPII	SPCR2.SPIIE ビットが 1 の状態で SPSR.IDLNF フラグが 0 になったとき	不可能
通信終了	SPI _i .SPCI	CENDIE = 1 および CENDF = 1	不可能

30.4 イベントリンクコントローラ (ELC) への出力

イベントリンクコントローラ (ELC) は、次のイベント出力信号を生成することができます。

- 受信バッファフルイベント出力
- 送信バッファエンプティイベント出力
- モードフォルトエラー/アンダーランエラー/オーバーランエラー/パリティエラーイベント出力
- SPI アイドルイベント出力
- 送信完了イベント出力

イベントリンク出力信号は、割り込み許可ビットの設定に関係なく出力されます。

30.4.1 受信バッファフルイベント出力

このイベント信号は、シリアル転送の終了時に、受信したデータがシフトレジスタから SPDR レジスタへ転送されたときにイベント信号を出力します。

30.4.2 送信バッファエンपティイベント出力

このイベント信号は、送信バッファからシフトレジスタに送信データが転送されたとき、および SPCR.SPE ビットが 0 から 1 に変化したときにイベント信号を出力します。

30.4.3 モードフォルトエラー／アンダーランエラー／オーバーランエラー／パリティエラーイベント出力

このイベント信号は、モードフォルトエラー、アンダーランエラー、オーバーランエラー、パリティエラーを検出したときに出力されます。このイベント信号を使用する場合は、「[30.5.4. モードフォルトエラー／アンダーランエラー／オーバーランエラー／パリティエラーイベント出力に関する制約](#)」を参照してください。

(1) モードフォルトエラー

表 30.16 にモードフォルトエラーイベントの発生条件を示します。

表 30.16 モードフォルトエラーの発生条件

SPI モード	SPCR.MODFEN ビット	SSLn0 端子	備考
SPI 動作 (SPCR.SPMS = 0) スレーブ (SPCR.MSTR = 0)	1	非アクティブ	通信動作中に SSLn0 端子が非アクティブになった場合のみイベント出力

(2) アンダーランエラー

アンダーランイベント信号は、SPCR.MSTR ビットが 0、SPCR.SPE ビットが 1、かつ送信データが準備されていない状態でシリアル転送を開始したときに出力します。この条件下では、SPSR.MODF フラグおよび SPSR.UDRF フラグが 1 となります。

(3) オーバーランエラー

受信バッファが未読み出しデータを含み、SPCR.TXMD ビットが 0 の状態でシリアル転送が終了したとき、オーバーランに対応してこのイベント信号が出力されます。この条件下では、OVRF フラグが 1 となります。

(4) パリティエラー

SPCR.TXMD ビットが 0 かつ SPCR2.SPPE ビットが 1 の状態でシリアル転送が終了したときに検出されるパリティエラーに対応して、このイベント信号が出力されます。

30.4.4 SPI アイドルイベント出力

(1) マスタモード時

マスタモードの場合、SPSR.IDLNF フラグ (SPI アイドルフラグ) が 0 になる条件が成立すると、イベントが出力されます。

(2) スレーブモード時

スレーブモードの場合、SPCR.SPE ビットが 0 (SPI 初期化) のとき、イベントが出力されます。

30.4.5 通信終了イベント出力

マスタモード時、IDLNF フラグ (SPI アイドルフラグ) が 1 から 0 になるとイベントを出力します。スレーブモード時、表 30.17 と表 30.18 に示す条件でイベントが発生します。

表 30.17 通信終了イベント発生条件 (送受信／送信スレーブモード)

	送信バッファ状態	シフトレジスタ状態	その他
SPI 動作 (SPMS = 0)	エンプティ	エンプティ	SSL0 入力がネゲート
クロック同期式動作 (SPMS = 1)	エンプティ	エンプティ	最終データの RSPCK の最終偶数エッジを検出した (CPHA = 1)

表 30.18 通信終了イベント発生条件 (受信のみスレーブモード)

	その他
SPI 動作 (SPMS = 0)	SSL0 入力がネゲート
クロック同期式動作 (SPMS = 1)	最終データの RSPCK の最終偶数エッジを検出した (CPHA = 1)

マスタモード、スレーブモードのどちらであっても、送信中に SPCR.SPE ビットに 0 が書き込まれた場合、あるいは、モードフォルトエラーまたはアンダーランエラーの発生によって SPCR.SPE ビットがクリアされた場合、イベントは出力されません。

通信終了イベントは、以下のタイミングで出力します。マスタ動作における通信終了イベント出力タイミングは、アイドルイベントと同じタイミングで出力されるため、省略します。

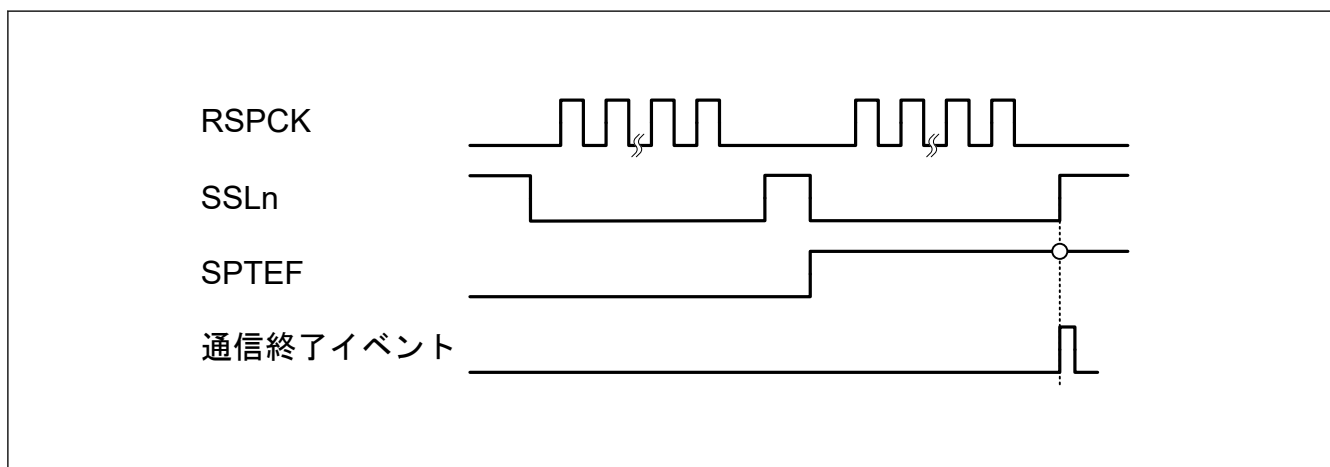


図 30.63 通信終了イベント出力タイミング (送信スレーブモード、SPI 動作)

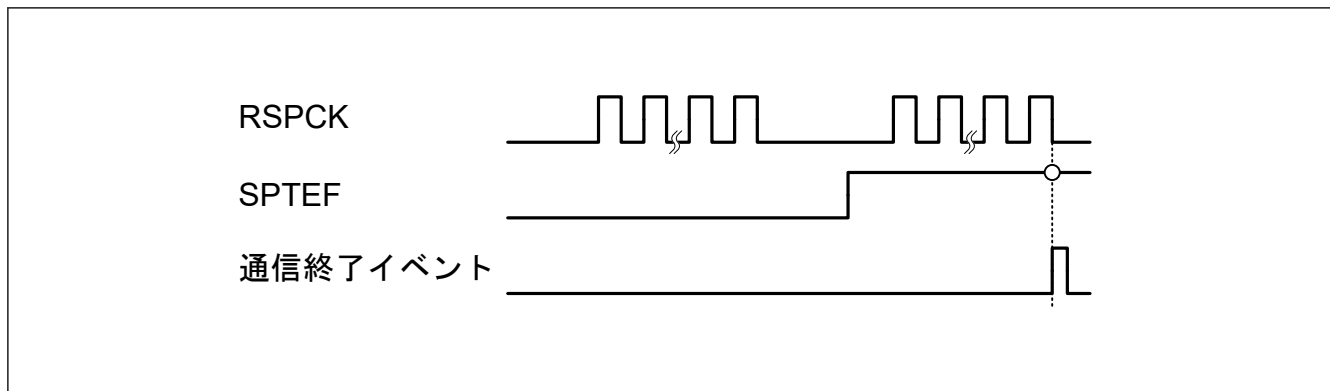


図 30.64 通信終了イベント出力タイミング (送信スレーブモード、クロック同期式動作)

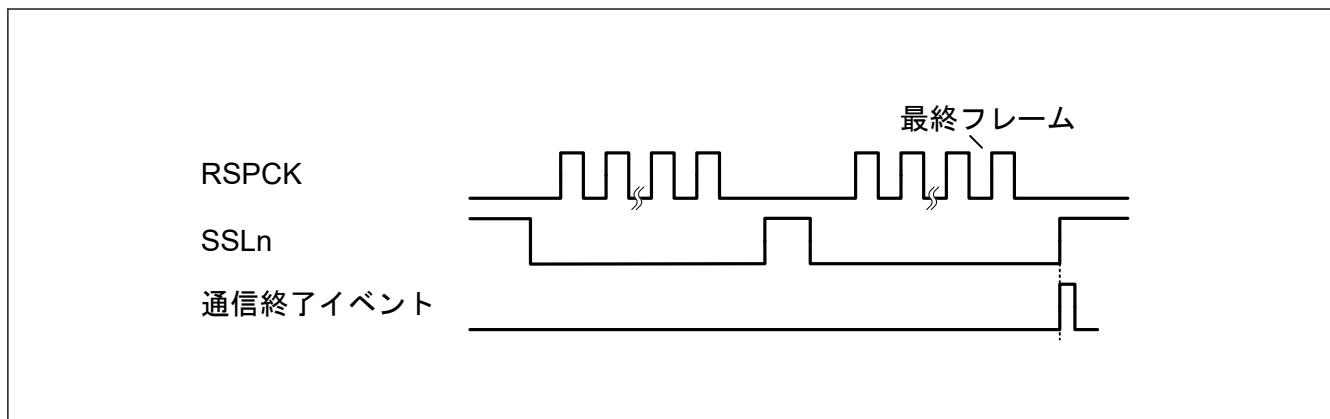


図 30.65 通信終了イベント出力タイミング (受信専用スレーブモード、SPI 動作)

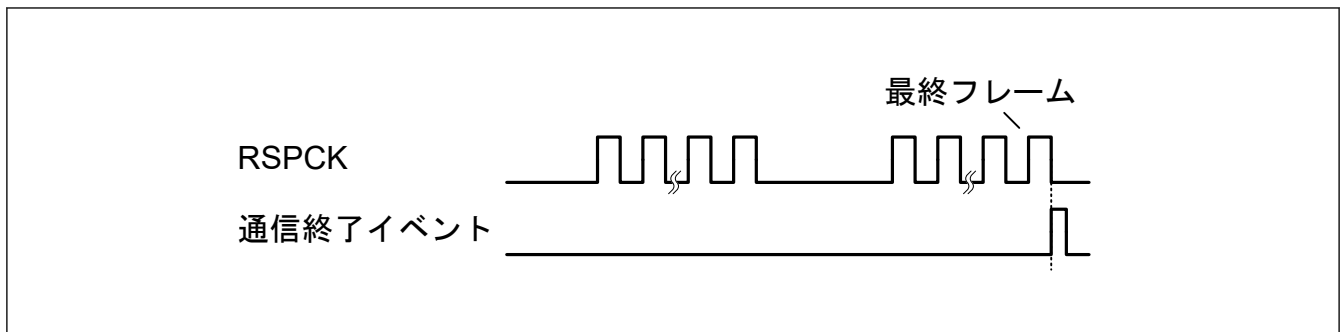


図 30.66 通信終了イベント出力タイミング (受信のみスレーブモード、クロック同期式動作)

30.5 使用上の注意事項

30.5.1 モジュールストップ機能の設定

モジュールストップコントロールレジスタ B (MSTPCRB) により、SPI の動作禁止/許可を設定することが可能です。リセット後の値では、SPI の動作は停止します。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細は、「10. 低消費電力モード」を参照してください。

30.5.2 低消費電力機能に関する制約

モジュールストップ機能を使用する場合、およびスリープモード以外の低消費電力モードへ遷移する場合は、あらかじめ SPCR.SPE ビットを 0 にしてから通信を終了させてください。

30.5.3 転送の開始に関する制約

ICU.IELSRn.IR フラグが 1 の状態で転送を開始すると、転送開始後も割り込み要求が内部で保持されるため、ICU.IELSRn.IR フラグが予期しない挙動となることがあります。

これを避けるには、動作を許可する (SPCR.SPE ビットを 1 にする) 前に、下記の手順で割り込み要求をクリアしてください。

1. 転送が停止していること (SPCR.SPE ビットが 0 であること) を確認する。
2. 対応する割り込み許可ビット (SPCR.SPTIE ビットまたは SPCR.SPRIE ビット) を 0 にする。
3. 対応する割り込み許可ビット (SPCR.SPTIE ビットまたは SPCR.SPRIE ビット) を読み出して、0 であることを確認する。
4. ICU.IELSRn.IR フラグを 0 にする。

30.5.4 モードフォルトエラー/アンダーランエラー/オーバーランエラー/パリティエラーイベント出力に関する制約

SPI がマルチマスタモード (SPCR.SPMS = 0、SPCR.MSTR = 1、SPCR.MODFEN = 1) の場合は、モードフォルトエラー、アンダーランエラー、オーバーランエラー、またはパリティエラーイベントを使用することはできません。

30.5.5 SPSR.SPRF および SPSR.SPTEF フラグに関する制約

ポーリング用のフラグを使用する場合、割り込みを使用することはできません (SPCR.SPRIE および SPCR.SPTIE ビットは 0 にしてください)。割り込みまたはフラグのどちらか一方のみ使用可能です。

31. クワッドシリアルペリフェラルインタフェース (QSPI)

31.1 概要

QSPI は、SPI 互換インタフェースを持つシリアル ROM（シリアルフラッシュメモリ、シリアル EEPROM、シリアル FeRAM などの不揮発性メモリ）に接続するためのメモリコントローラです。

表 31.1 に QSPI の仕様を、図 31.1 にブロック図を、表 31.2 に入出力端子を示します。

表 31.1 QSPI 仕様

項目	内容
チャンネル数	1 チャンネル
SPI プロトコル	<ul style="list-style-type: none"> 全二重通信を実現する、シングル/拡張 SPI プロトコル 注. 標準、および高速読み出しは、シングル SPI 通信でのみ使用できます。 QSSL、QSPCLK、QIO0、QIO1 端子を使用した、4 本の信号線によるシリアルフラッシュメモリとの通信（QIO0、QSSL、QSPCLK は出力用、QIO1 は入力用） 半二重通信を実現する、Dual SPI プロトコル QSSL、QSPCLK、QIO0、QIO1 端子を使用した、4 本の信号線によるシリアルフラッシュメモリとの通信（QSSL、QSPCLK は出力用、QIO0、QIO1 は入出力用） 半二重通信を実現する、Quad SPI プロトコル QSSL、QSPCLK、QIO0~QIO3 端子を使用した、6 本の信号線によるシリアルフラッシュメモリとの通信（QSSL、QSPCLK は出力用、QIO0~QIO3 は入出力用）
SPI モード	<ul style="list-style-type: none"> SPI モード 0 : SPI バスがアクティブでないときは、QSPCLK 信号が Low になります。 SPI モード 3 : SPI バスがアクティブでないときは、QSPCLK 信号が High になります。
SPI タイミング補正機能	さまざまな種類のフラッシュメモリデバイスに対応して、以下の設定が可能です。 <ul style="list-style-type: none"> SPI バス基準周期 (SFMSKC.SFMDV[4:0]) デューティサイクルの補正 (SFMSKC.SFMDTY) ダミーサイクル数の調整 (SFMSDC.SFMDN[3:0]) QSSL 信号の最小 High レベル幅 (SFMSSC.SFMSW[3:0]) QSSL 信号セットアップ時間 (SFMSSC.SFMSLD) QSSL 信号ホールド時間 (SFMSSC.SFMSHD) シリアルデータ出力許可ホールド時間 (SFMSMD.SFMOEX)
ROM アクセスモード	<ul style="list-style-type: none"> 標準リード、ファストリード、ファストリード Dual 出力、ファストリード Dual I/O、ファストリード Quad 出力、ファストリード Quad I/O の各命令をサポート 命令コードの代替可能 プリフェッチ機能（シリアルフラッシュメモリに対する更なる読み込み要求を待たずに、1 つの要求でデータは連続してバッファに格納されます。） ポーリング処理 SPI バスサイクル拡張機能 XIP モード（シリアルフラッシュメモリ読み込みのための命令コード受信をスキップする機能） 注. ROM アクセスモードは、読み込み時のみ有効です。
直接通信モード	ソフトウェア制御による、シリアルフラッシュメモリのイレーズ、ID リード、パワーダウン制御を含む各種命令/機能を柔軟にサポート
割り込み要因	エラー割り込み
モジュールストップ機能	モジュールストップ状態を設定して消費電力を削減可能。
TrustZone フィルタ	セキュリティ属性は、常に非セキュアです。

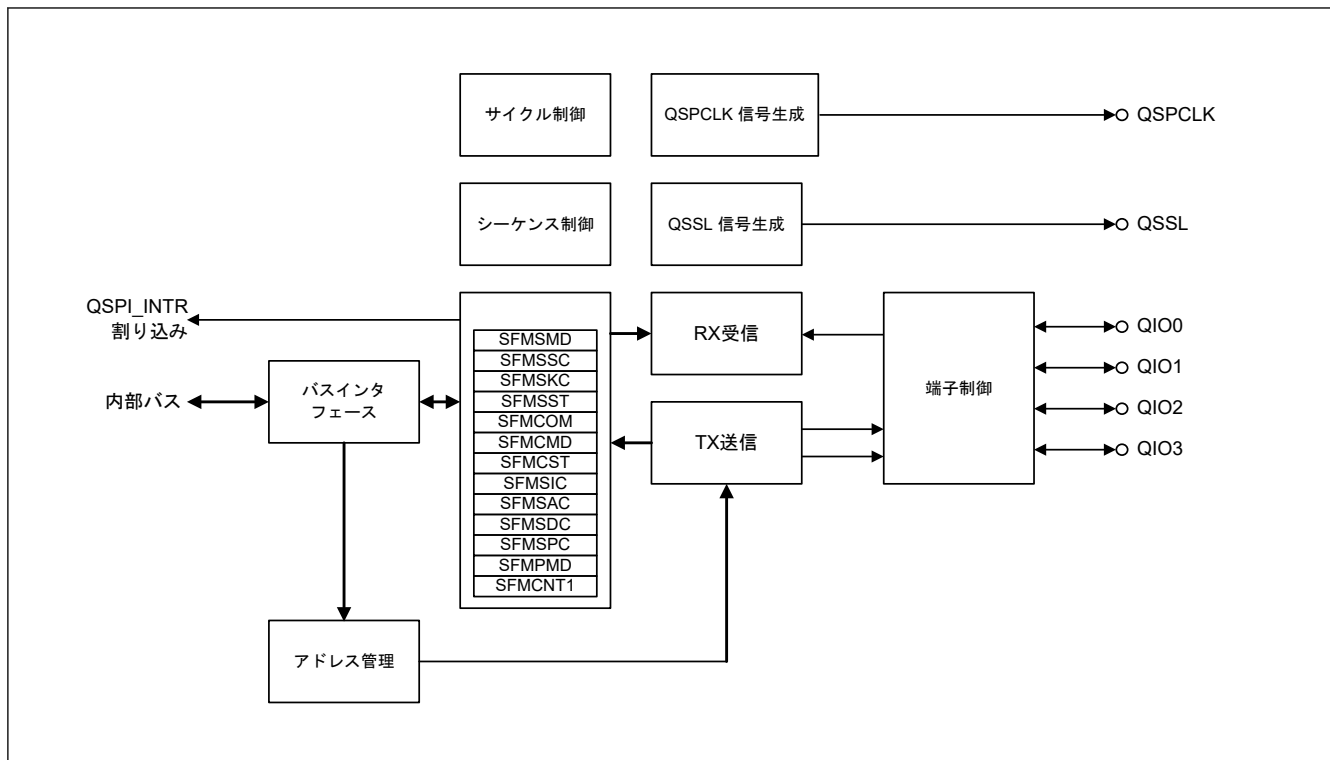


図 31.1 QSPI のブロック図

表 31.2 QSPI 入出力端子

機能	端子名称	I/O	説明
QSPI	QSPCLK	出力	QSPI のクロック出力端子
	QSSL	出力	QSPI スレーブ選択端子
	QIO0~QIO3	I/O	Data0~Data3

31.2 レジスタの説明

31.2.1 SFMSMD : 転送モードコントロールレジスタ

Base address: QSPI = 0x6400_0000

Offset address: 0x000

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	SFMC CE	—	—	—	SFMO SW	SFMO HW	SFMO EX	SFMM D3	SFMP AE	SFMP FE	SFMSE[1:0]	—	—	—	SFMRM[2:0]	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	記号	機能	R/W
2:0	SFMRM[2:0]	シリアルインタフェースリードモード選択 000: 標準リード 001: ファストリード 010: ファストリード Dual 出力 011: ファストリード Dual I/O 100: ファストリード Quad 出力 101: ファストリード Quad I/O その他 設定禁止	R/W
3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
5:4	SFMSE[1:0]	SPI バスアクセス後の QSSL 拡張機能選択 00: QSSL の拡張なし 01: 33 クロック (QSPCLK) の間、QSSL 端子の出力を Low に固定 10: 129 クロック (QSPCLK) の間、QSSL 端子の出力を Low に固定 11: 無限に QSSL 端子の出力を Low に固定	R/W
6	SFMPFE	プリフェッチ機能選択 0: 機能を無効化 1: 機能を有効化	R/W
7	SFMPE	バイト境界以外でのプリフェッチ停止機能選択(注1) 0: 機能を無効化 1: 機能を有効化	R/W
8	SFMMD3	SPI モード選択 0: SPI モード 0 1: SPI モード 3	R/W
9	SFMOEX	シリアルインタフェースの入出力バッファ出力許可信号の拡張選択 0: 拡張なし 1: QSPCLK × 1 クロックで拡張	R/W
10	SFMOHW	シリアル送信のホールド時間補正 0: 送信時に QSPCLK の High レベル幅を拡張しない 1: 送信時に QSPCLK の High レベル幅を PCLKA × 1 クロック分拡張	R/W
11	SFMOSW	シリアル送信のセットアップ時間補正 0: 送信時に QSPCLK の Low レベル幅を拡張しない 1: 送信時に QSPCLK の Low レベル幅を PCLKA × 1 クロック分拡張	R/W
14:12	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
15	SFMCCE	リード命令コード選択 0: 自動生成される SPI 命令コード(注2) 1: SFMSIC レジスタに設定した命令コードを使用	R/W
31:16	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. QSPI がデータ受信を伴わずに追加の 1 クロックを出力します。「31.5.9. シリアルデータ受信レイテンシ」を参照してください。
 注 2. QSPI がシリアルフラッシュメモリにアクセスするとき、命令コードは SFMSAC レジスタおよび SFMSMD レジスタの設定値に基づいています。「31.6.1. 自動生成される SPI 命令」を参照してください。

31.2.2 SFMSSC : チップ選択コントロールレジスタ

Base address: QSPI = 0x6400_0000

Offset address: 0x004

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SFMS LD	SFMS HD	SFMSW[3:0]			
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1

ビット	記号	機能	R/W
3:0	SFMSW[3:0]	QSSL 信号の最小 High レベル幅選択 0x0: 1 QSPCLK 0x1: 2 QSPCLK 0x2: 3 QSPCLK 0x3: 4 QSPCLK 0x4: 5 QSPCLK 0x5: 6 QSPCLK 0x6: 7 QSPCLK 0x7: 8 QSPCLK 0x8: 9 QSPCLK 0x9: 10 QSPCLK 0xA: 11 QSPCLK 0xB: 12 QSPCLK 0xC: 13 QSPCLK 0xD: 14 QSPCLK 0xE: 15 QSPCLK 0xF: 16 QSPCLK	R/W
4	SFMSHD	QSSL 信号ホールド時間 0: QSPCLK の最後の立ち上がりエッジから QSPCLK × 0.5 クロックサイクル後に QSSL をネゲート (アクティブ Low) 1: QSPCLK の最後の立ち上がりエッジから QSPCLK × 1.5 クロックサイクル後に QSSL をネゲート (アクティブ Low)	R/W
5	SFMSLD	QSSL 信号セットアップ時間 0: QSPCLK の最後の立ち上がりエッジから QSPCLK × 0.5 クロックサイクル前に QSSL をアサート (アクティブ Low) 1: QSPCLK の最後の立ち上がりエッジから QSPCLK × 1.5 クロックサイクル前に QSSL をアサート (アクティブ Low)	R/W
31:6	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

31.2.3 SFMSKC : クロックコントロールレジスタ

Base address: QSPI = 0x6400_0000

Offset address: 0x008

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SFMD TY	SFMDV[4:0]				
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

ビット	記号	機能	R/W
4:0	SFMDV[4:0]	シリアルインタフェース基準周期選択（不規則性に注意） 0x00: 2 PCLKA 0x01: 3 PCLKA (奇数で分周) ^(注1) 0x02: 4 PCLKA 0x03: 5 PCLKA (奇数で分周) ^(注1) 0x04: 6 PCLKA 0x05: 7 PCLKA (奇数で分周) ^(注1) 0x06: 8 PCLKA 0x07: 9 PCLKA (奇数で分周) ^(注1) 0x08: 10 PCLKA 0x09: 11 PCLKA (奇数で分周) ^(注1) 0x0A: 12 PCLKA 0x0B: 13 PCLKA (奇数で分周) ^(注1) 0x0C: 14 PCLKA 0x0D: 15 PCLKA (奇数で分周) ^(注1) 0x0E: 16 PCLKA 0x0F: 17 PCLKA (奇数で分周) ^(注1) 0x10: 18 PCLKA 0x11: 20 PCLKA 0x12: 22 PCLKA 0x13: 24 PCLKA 0x14: 26 PCLKA 0x15: 28 PCLKA 0x16: 30 PCLKA 0x17: 32 PCLKA 0x18: 34 PCLKA 0x19: 36 PCLKA 0x1A: 38 PCLKA 0x1B: 40 PCLKA 0x1C: 42 PCLKA 0x1D: 44 PCLKA 0x1E: 46 PCLKA 0x1F: 48 PCLKA	R/W
5	SFMDTY	QSPCLK 信号のデューティ比補正機能選択 0: 補正なし 1: 補正あり	R/W
31:6	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. 奇数で分周される場合は、SFMDTY ビットの値を 1 に設定してください。

31.2.4 SFMSST : ステータスレジスタ

Base address: QSPI = 0x6400_0000

Offset address: 0x00C

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	PFOF F	PFFUL	—	PFCNT[4:0]				
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

ビット	記号	機能	R/W
4:0	PFCNT[4:0]	プリフェッチデータのバイト数 0x00: 0 バイト 0x01: 1 バイト 0x02: 2 バイト 0x03: 3 バイト 0x04: 4 バイト 0x05: 5 バイト 0x06: 6 バイト 0x07: 7 バイト 0x08: 8 バイト 0x09: 9 バイト 0x0A: 10 バイト 0x0B: 11 バイト 0x0C: 12 バイト 0x0D: 13 バイト 0x0E: 14 バイト 0x0F: 15 バイト 0x10: 16 バイト 0x11: 17 バイト 0x12: 18 バイト その他 予約	R
5	—	読むと 0 が読めます。	R
6	PFFUL	プリフェッチバッファ状態 0: プリフェッチバッファに空きあり 1: プリフェッチバッファに空きなし	R
7	PFOFF	プリフェッチ機能動作状態 0: プリフェッチ機能は動作中 1: プリフェッチ機能は無効または動作していない	R
31:8	—	読むと 0 が読めます。	R

31.2.5 SFMCOM : 通信ポートレジスタ

Base address: QSPI = 0x6400_0000

Offset address: 0x010

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	SFMD[7:0]							
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x

ビット	記号	機能	R/W
7:0	SFMD[7:0]	SPI バスとの直接通信用ポート 直接通信モード (SFMCMD.DCOM = 1) ではこのレジスタの入出力は SPI バスサイクルに変換されます。ROM アクセスモードでは、このレジスタへのアクセスは無視されます。	R/W
31:8	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

31.2.6 SFMCMD : 通信モードコントロールレジスタ

Base address: QSPI = 0x6400_0000

Offset address: 0x014

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	DCOM
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	記号	機能	R/W
0	DCOM	SPI バスとの通信モード選択 0: ROM アクセスモード 1: 直接通信モード(注1)	R/W
31:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. トランザクションが完了したときは、SFMCMD.DCOM = 1 を必ず書き込んでください。詳細は「31.10. 直接通信モード」を参照してください。

31.2.7 SFMCST : 通信ステータスレジスタ

Base address: QSPI = 0x6400_0000

Offset address: 0x018

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	EROM R	—	—	—	—	—	—	COMB SY
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	記号	機能	R/W
0	COMBSY	直接通信時 SPI バスサイクル完了状態 0: 処理中のシリアル転送なし 1: 処理中のシリアル転送あり	R
6:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	EROMR	直接通信モード時 ROM アクセス検出状態 0: ROM アクセスの検出なし 1: ROM アクセスの検出あり	R/(W) (注1)
31:8	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. このビットは 0 のみ書けます。

31.2.8 SFMSIC : 命令コードレジスタ

Base address: QSPI = 0x6400_0000

Offset address: 0x020

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	SFMCIC[7:0]							
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	記号	機能	R/W
7:0	SFMCIC[7:0]	代替シリアルフラッシュ命令コード	R/W
31:8	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

31.2.9 SFMSAC : アドレスモードコントロールレジスタ

Base address: QSPI = 0x6400_0000

Offset address: 0x024

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SFM4 BC	—	—	SFMAS[1:0]	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

ビット	記号	機能	R/W
1:0	SFMAS[1:0]	シリアルインタフェースのアドレスバイト数選択 00: 1バイト 01: 2バイト 10: 3バイト 11: 4バイト	R/W
3:2	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
4	SFM4BC	シリアルインターフェースのアドレス幅が4バイトの場合に自動生成される命令コードの選択 0: 4バイトアドレスリード命令コードを使用しない 1: 4バイトアドレスリード命令コードを使用する	R/W
31:5	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

31.2.10 SFMSDC : ダミーサイクルコントロールレジスタ

Base address: QSPI = 0x6400_0000

Offset address: 0x028

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	SFMXD[7:0]								SFMX EN	SFMX ST	—	—	SFMDN[3:0]			
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	記号	機能	R/W
3:0	SFMDN[3:0]	ファストリード命令のダミーサイクル数選択 0x0: 命令ごとのデフォルトダミーサイクル数 - ファストリード Quad I/O: 6 QSPCLK - ファストリード Quad 出力: 8 QSPCLK - ファストリード Dual I/O: 4 QSPCLK - ファストリード Dual 出力: 8 QSPCLK - ファストリード: 8 QSPCLK 0x1: 3 QSPCLK(注1) 0x2: 4 QSPCLK 0x3: 5 QSPCLK 0x4: 6 QSPCLK 0x5: 7 QSPCLK 0x6: 8 QSPCLK 0x7: 9 QSPCLK 0x8: 10 QSPCLK 0x9: 11 QSPCLK 0xA: 12 QSPCLK 0xB: 13 QSPCLK 0xC: 14 QSPCLK 0xD: 15 QSPCLK 0xE: 16 QSPCLK 0xF: 17 QSPCLK	R/W
5:4	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6	SFMXST	XIP モード状態 0: 通常 (非 XIP) モード 1: XIP モード	R
7	SFMXEN	XIP モード許可 0: XIP モード禁止 1: XIP モード許可	R/W
15:8	SFMXD[7:0]	シリアルフラッシュのモードデータ (XIP モード制御) (注2)	R/W
31:16	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. QIO0 端子に接続したシリアルフラッシュ端子の入出力切り替えとの競合を避けるため、SFMSMD.SFMOEX ビットを 1 にして出力許可信号を拡張した場合、QSPCLK の 4 クロック分より長いダミーサイクルを選択してください。

注 2. シリアルフラッシュメモリのモードデータとして、実際のシリアルフラッシュメモリに設定された XIP モード設定データを指定してください。

31.2.11 SFMSPC : SPI プロトコルコントロールレジスタ

Base address: QSPI = 0x6400_0000

Offset address: 0x030

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SFMS DE	—	—	SFMSPC[1:0]	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

ビット	記号	機能	R/W
1:0	SFMSPC[1:0]	SPI プロトコル選択(注1) 0 0: シングル SPI プロトコル、拡張 SPI プロトコル 0 1: Dual-SPI プロトコル 1 0: Quad-SPI プロトコル 1 1: 設定禁止	R/W
3:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
4	SFMSDE	QIOn 端子の入出力切り替え時の QSPCLK 拡張選択 0: QSPCLK の拡張なし 1: QIOn 端子の入出力方向切り替え時に、QSPCLK の拡張あり	R/W
31:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. QIO2 端子と QIO3 端子の状態は、SFMSMD.SFMRM[2:0]ビットと、SFMSPC.SFMSPC[1:0]ビットに指定された設定によって変わります。詳細は「31.9. QIO2 端子、QIO3 端子の状態」を参照してください。

31.2.12 SFMPMD : ポートコントロールレジスタ

Base address: QSPI = 0x6400_0000

Offset address: 0x034

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SFMW PL	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	記号	機能	R/W
1:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
2	SFMWPL	WP 端子レベルの指定 0: Low レベル 1: High レベル	R/W
31:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

31.2.13 SFMCNT1 : 外部 QSPI アドレスレジスタ

Base address: QSPI = 0x6400_0000

Offset address: 0x804

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	QSPI_EXT[5:0]						—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	記号	機能	R/W
25:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
31:26	QSPI_EXT[5:0]	バンク切り替えアドレス 0x60000000 から 0x63FFFFFF までアクセスする場合、アドレスバスは、QSPI_EXT[5:0] を内部バスアドレスの上位 6 ビットに設定します。 0x00: QSPI バンク 00 0x01: QSPI バンク 01 0x02: QSPI バンク 02 ⋮ 0x3C: QSPI バンク 60 0x3D: QSPI バンク 61 0x3E: QSPI バンク 62 0x3F: 設定禁止	R/W

31.3 メモリマップ

31.3.1 外部バス空間

アドレス空間のシリアルフラッシュメモリとコントロールレジスタの場所は、構成内に設定された領域のアドレス範囲により決まります。

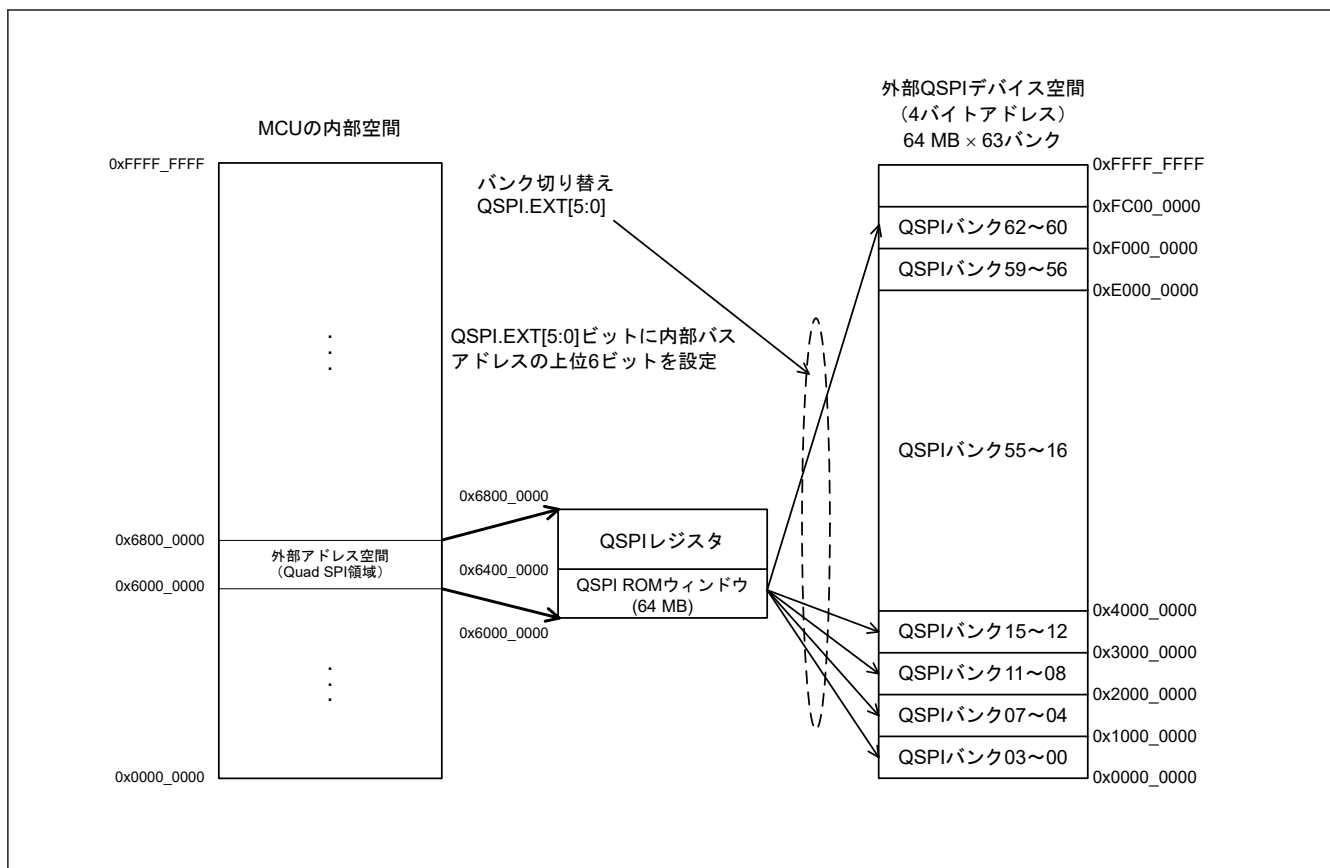


図 31.2 デフォルト領域設定およびメモリマップ

31.3.2 SPI 空間と SPI バスのアドレス幅

SPI 空間は、シリアルフラッシュメモリを参照するための 32 ビットアドレス幅を持っています。SPI 空間にリードアクセスをすると、SPI バスサイクルが自動開始し、シリアルフラッシュメモリから読み出されたデータが返されます。

SPI 空間のアドレス幅は 32 ビット固定です。ただし、SPI バスのアドレス幅は、アドレスモードコントロールレジスタ (SFMSAC) のシリアルインタフェースのアドレスバイト数選択ビット (SFMAS[1:0]) で 8 ビット、16 ビット、24 ビット、32 ビットから選択できます。SPI バスのアドレス幅として 8 ビット、16 ビット、24 ビットを選択すると、SPI 空間へのアクセスに使用するアドレスの下位部分のみが、SPI バスを介してシリアルフラッシュメモリに送られます。結果として、SPI バスのアドレス幅に対応したシリアルフラッシュメモリのミラーイメージが SPI 空間に繰り返し現れます。

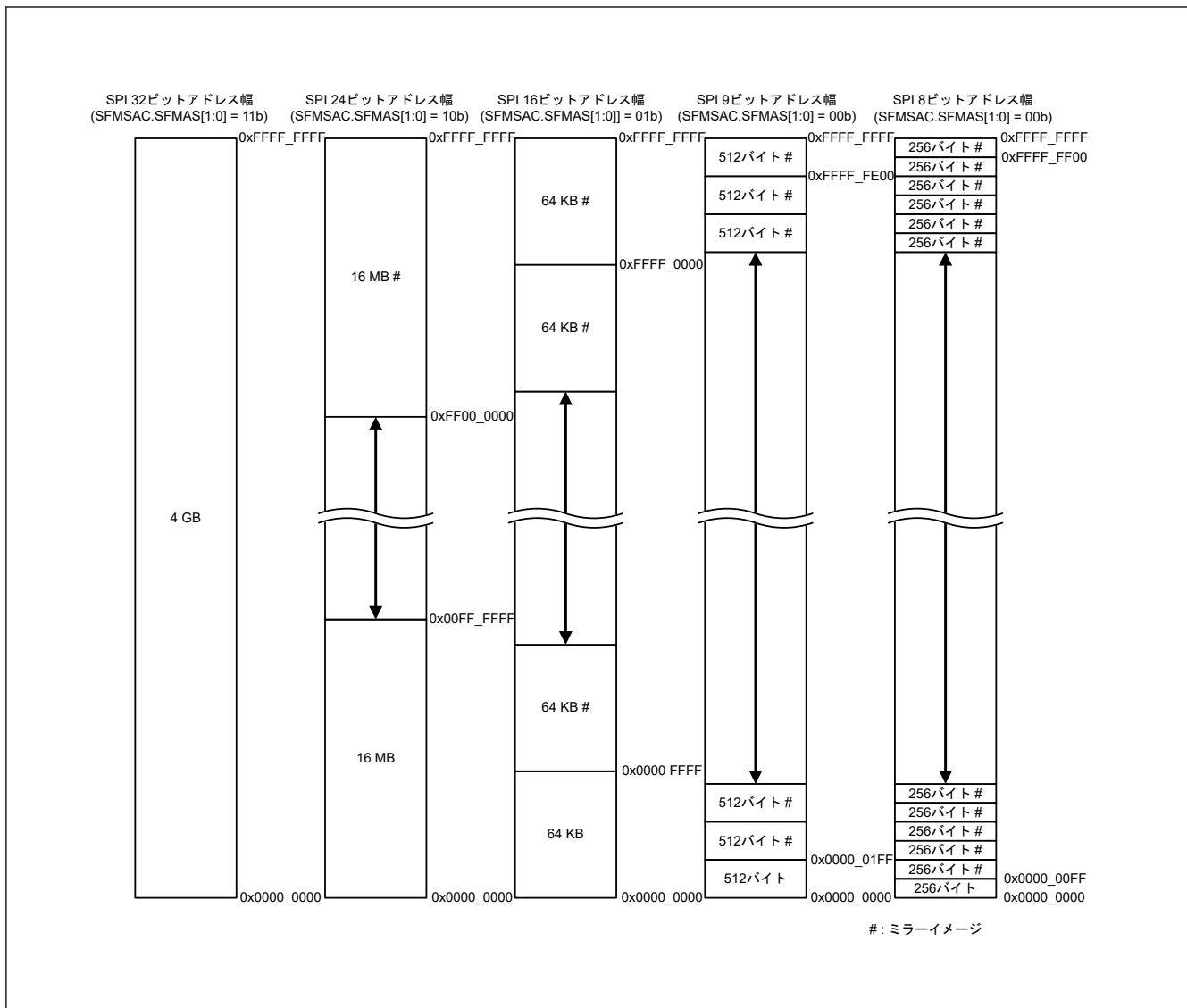


図 31.3 SPI 空間のメモリマップ

注. SFMSAC.SFMAS[1:0]ビットにより、SPI バスのアドレス幅は 8 ビット、16 ビット、24 ビット、32 ビットから選択できます。(図中のケース 1~3 と 5 が、それぞれのアドレス幅に対応します。) 8 ビットのアドレス幅を選択すると、9 番目のビットのアドレス情報をリード命令コードに埋め込むことができます。図のケース 4 のメモリマップは、アドレス幅が 9 ビットのもので、リード命令の詳細は、「31.6.2. 標準リード命令」を参照してください。

31.4 SPI バス

31.4.1 SPI プロトコル

シリアルフラッシュメモリ接続に使用する SPI プロトコルは、シングル SPI、拡張 SPI、Dual-SPI、Quad-SPI をサポートしています。

SPI プロトコルの初期状態はシングル SPI、拡張 SPI ですが、SPI プロトコルコントロールレジスタ (SFMSPC) の SPI プロトコル選択ビット (SFMSPI[1:0]) で変更が可能です。

シングル SPI、拡張 SPI プロトコルで使用するアドレス端子とデータ端子は、転送モードコントロールレジスタ (SFMSMD) のシリアルインターフェースリードモード選択ビット (SFMRM[2:0]) の設定によって変わります。表 31.3 と表 31.4 に、各 SPI プロトコルにおける命令コード、アドレス、データに使用する端子の一覧を示します。

注. リード動作では、QSPI は 1 つの SPI バスサイクルあたりのデータ受信を伴わずに、追加の 1 クロックを出力します。詳細については「31.5.9. シリアルデータ受信レイテンシ」を参照してください。

表 31.3 SPI プロトコル一覧 (1)

SPI プロトコル (SFMSPC.SFMSPi[1:0])	シングル SPI プロトコル、拡張 SPI プロトコル					
シリアルインタフェースリードモード選択 (SFMSMD.SFMRM[2:0])	標準リード	ファストリード	ファストリード Dual 出力	ファストリード Dual I/O	ファストリード Quad 出力	ファストリード Quad I/O
全端子使用	QSPCLK、QSSL、QIO0、QIO1	QSPCLK、QSSL、QIO0、QIO1	QSPCLK、QSSL、QIO0、QIO1	QSPCLK、QSSL、QIO0、QIO1	QSPCLK、QSSL、QIO0、QIO1、QIO2、QIO3	QSPCLK、QSSL、QIO0、QIO1、QIO2、QIO3
命令コードに使用する端子	QIO0	QIO0	QIO0	QIO0	QIO0	QIO0
アドレスに使用する端子	QIO0	QIO0	QIO0	QIO0、QIO1	QIO0	QIO0、QIO1、QIO2、QIO3
データに使用する端子	QIO0/QIO1	QIO0/QIO1	QIO0、QIO1	QIO0、QIO1	QIO0、QIO1、QIO2、QIO3	QIO0、QIO1、QIO2、QIO3

注. シングル SPI プロトコル動作は標準リードとファストリードに対応します。拡張 SPI プロトコル動作はファストリード Dual 出力、ファストリード Dual I/O、ファストリード Quad 出力、ファストリード Quad I/O に対応します。

表 31.4 SPI プロトコル一覧 (2)

SPI プロトコル (SFMSPC.SFMSPi[1:0])	Dual-SPI プロトコル		Quad-SPI プロトコル	
シリアルインタフェースリードモード選択 (SFMSMD.SFMRM[2:0])	ファストリード Dual 出力	ファストリード Dual I/O	ファストリード Quad 出力	ファストリード Quad I/O
全端子使用	QSPCLK、QSSL、QIO0、QIO1	QSPCLK、QSSL、QIO0、QIO1	QSPCLK、QSSL、QIO0、QIO1、QIO2、QIO3	QSPCLK、QSSL、QIO0、QIO1、QIO2、QIO3
命令コードに使用する端子	QIO0、QIO1	QIO0、QIO1	QIO0、QIO1、QIO2、QIO3	QIO0、QIO1、QIO2、QIO3
アドレスに使用する端子	QIO0、QIO1	QIO0、QIO1	QIO0、QIO1、QIO2、QIO3	QIO0、QIO1、QIO2、QIO3
データに使用する端子	QIO0、QIO1	QIO0、QIO1	QIO0、QIO1、QIO2、QIO3	QIO0、QIO1、QIO2、QIO3

シングル SPI プロトコルと拡張 SPI プロトコルでは、命令コードは常に QIO0 端子から出力されます。アドレスおよびデータ入出力動作は SFMSMD.SFMRM[2:0] の設定に従って実行されます。

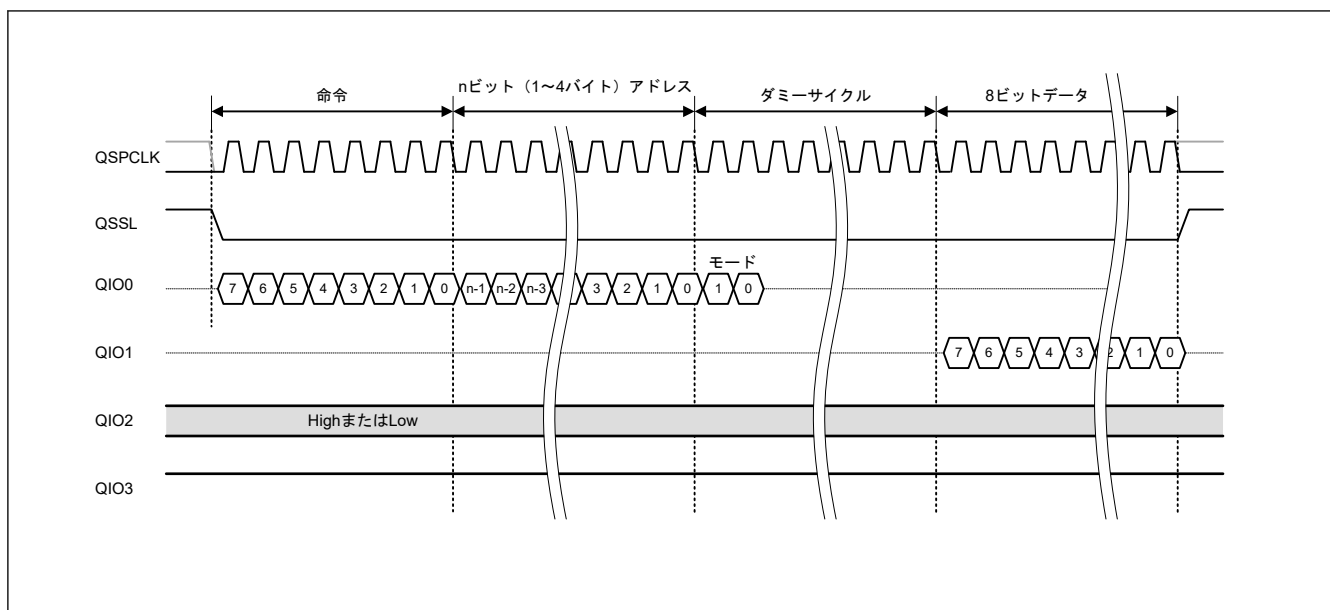


図 31.4 シングル SPI プロトコル例 (ファストリード)

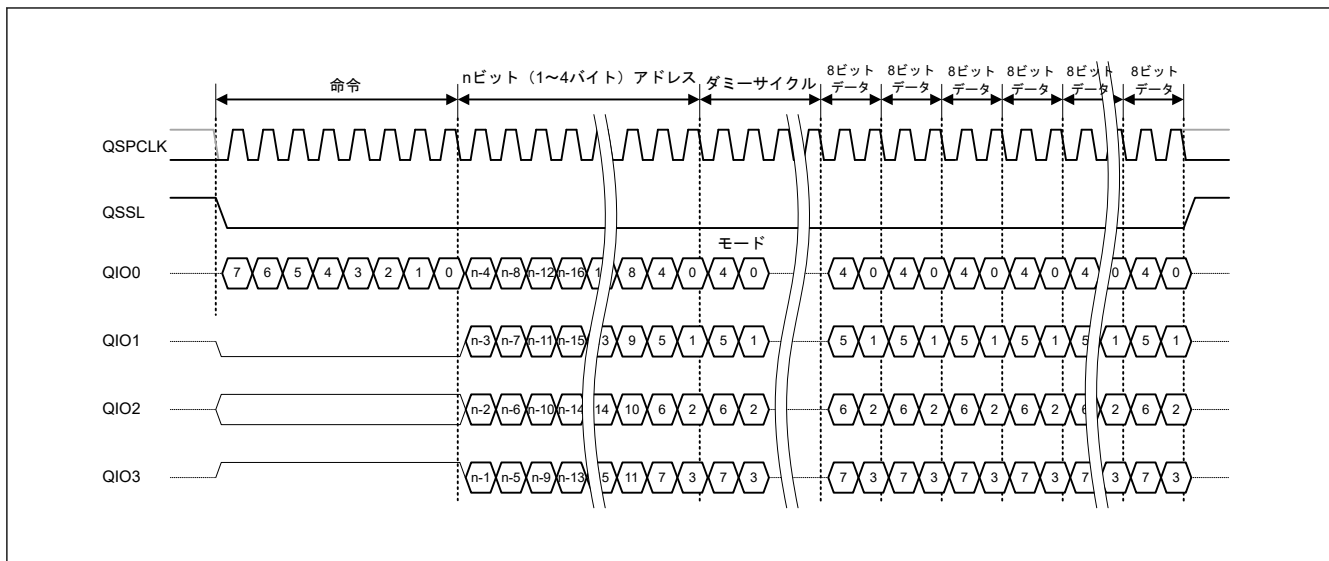


図 31.5 拡張 SPI プロトコル例 (ファストリード Quad I/O)

Dual-SPI プロトコルは、QIO0 および QIO1 の 2 端子を使用して、命令コード、アドレス、データなど、すべての信号の入出力動作を実行します。

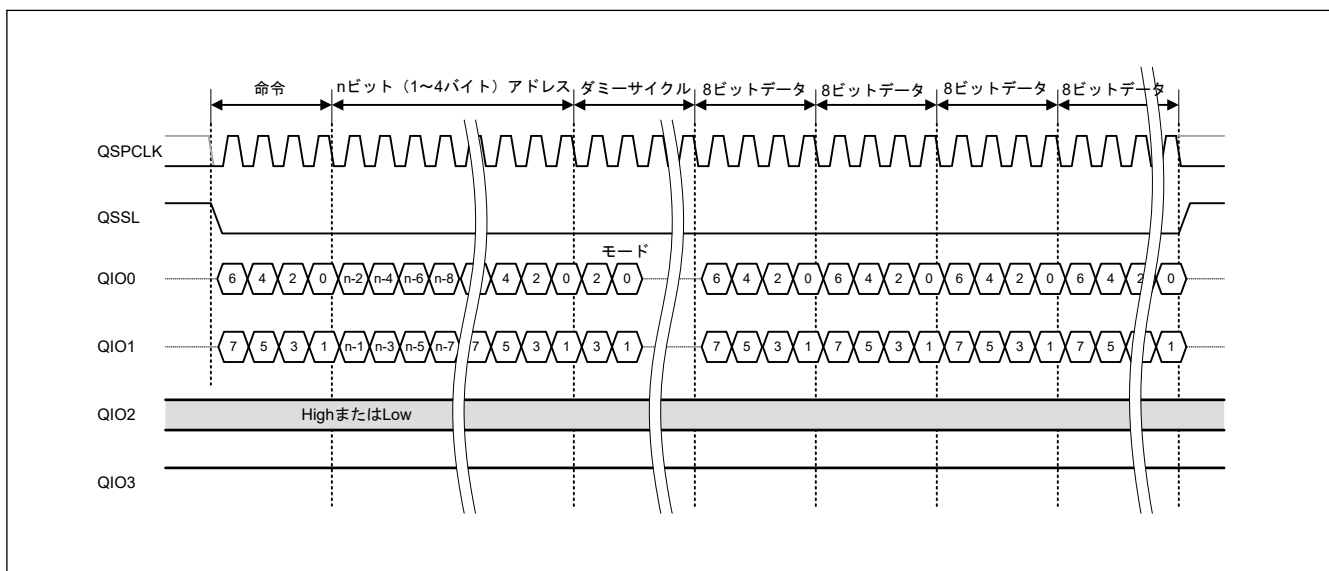


図 31.6 Dual-SPI プロトコル例 (ファストリード Quad I/O)

Quad-SPI プロトコルは、QIO0、QIO1、QIO2、QIO3 の 4 端子を使用して、命令コード、アドレス、データなど、すべての信号の入出力動作を実行します。

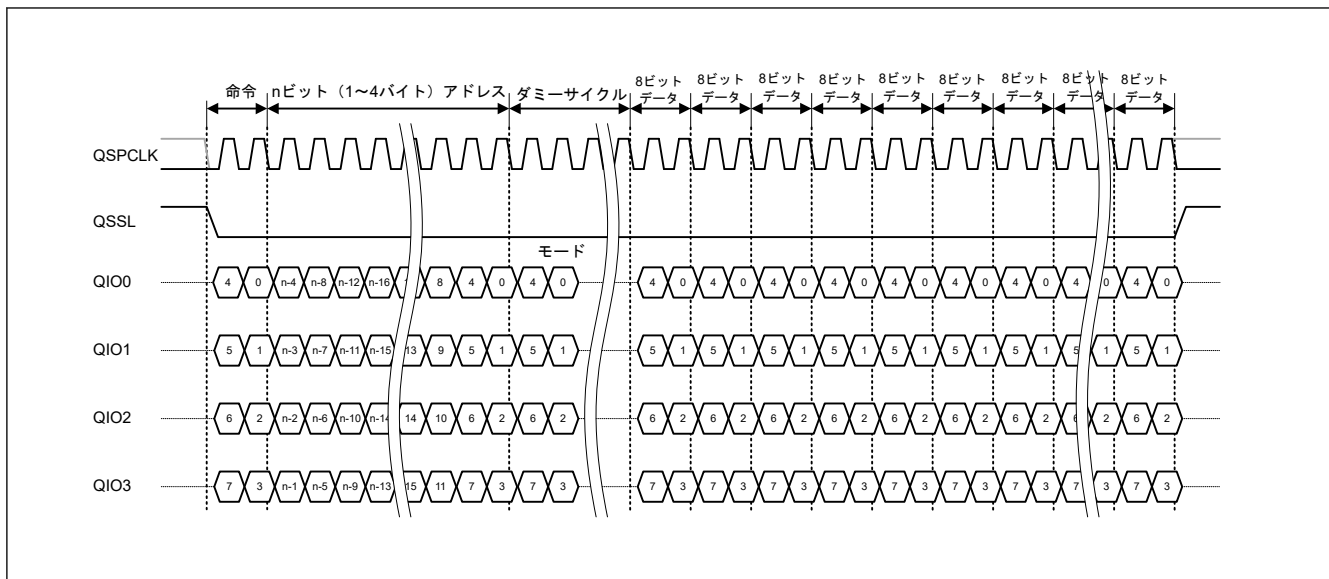


図 31.7 Quad-SPI プロトコル例 (ファストリード Quad I/O)

31.4.2 SPI モード

SPI モードは SFMSMD.SFMMMD3 ビットにより SPI モード 0 または SPI モード 3 から選択可能です。この設定は、動作中にレジスタ設定を変更して切り替えることができます。SPI モード 0 と SPI モード 3 の違いは、非アクティブ状態であるときの QSPCLK 信号の状態です。QSPCLK 信号の非アクティブ状態は、SPI モード 0 では Low、SPI モード 3 では High です。

シリアルデータは、シリアルクロックの立ち下がりエッジで QSPI から出力され、シリアルクロックの立ち上がりエッジでシリアルフラッシュメモリに読み込まれます。シリアルデータは、シリアルクロックの立ち下がりエッジでシリアルフラッシュメモリから出力され、シリアルクロックの次の立ち下がりエッジで QSPI に読み込まれます。

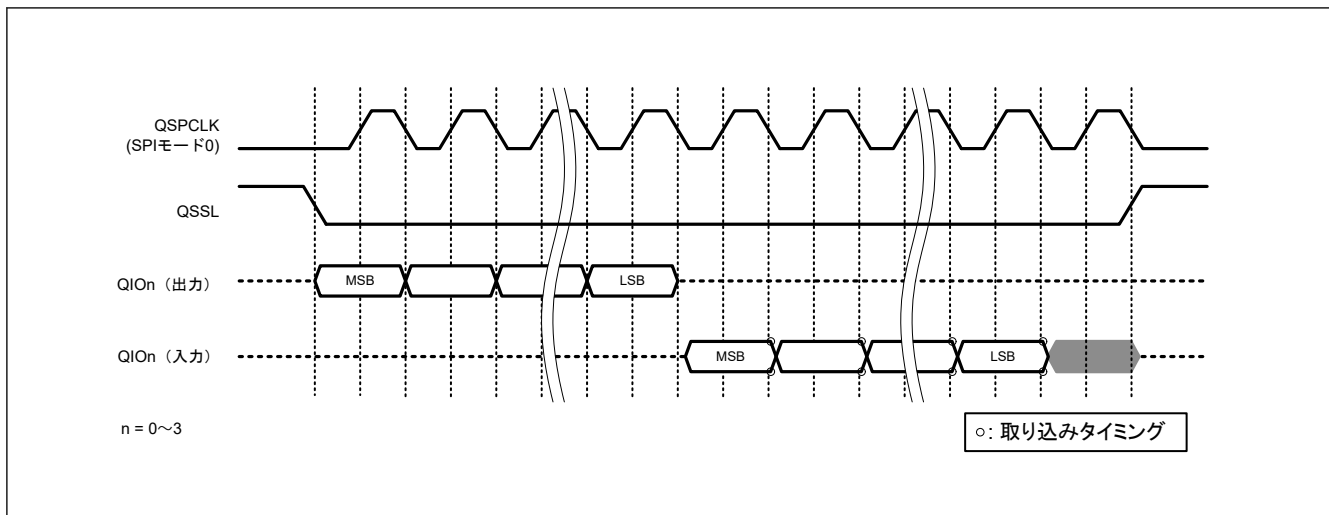


図 31.8 シリアルインタフェースの基本タイミング (SPI モード 0)

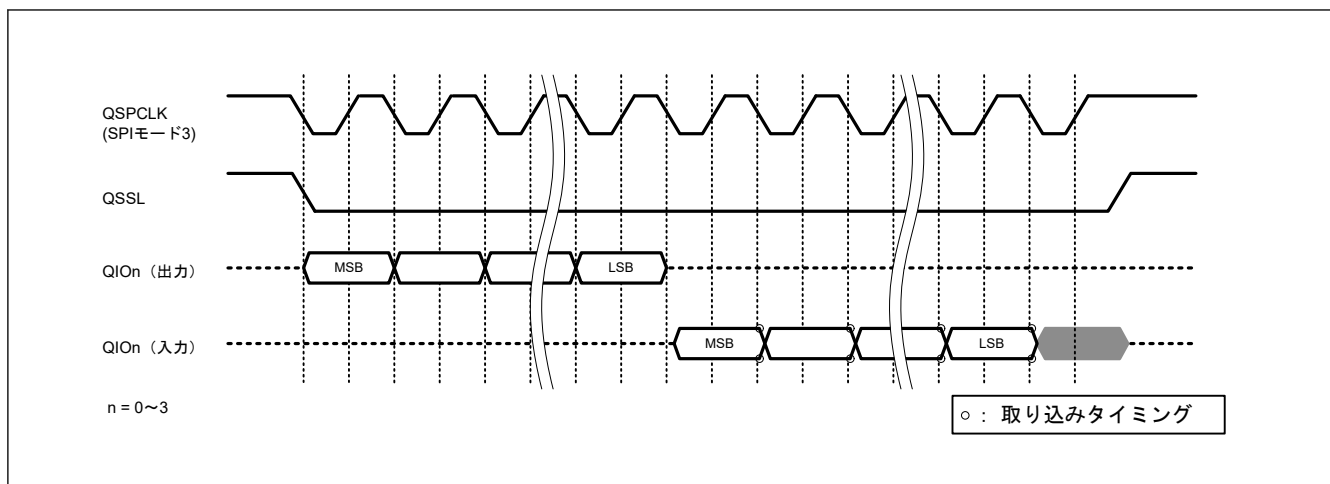


図 31.9 シリアルインタフェースの基本タイミング (SPI モード 3)

31.5 SPI バスタイミング補正

SPI バス信号のタイミングは、レジスタで補正可能です。設定されたタイミングは、ROM アクセスと直接通信の全 SPI バスアクセスに適用されます。

31.5.1 SPI バス基準サイクル

SPI バスは、PCLKA を整数で通倍して得られる基準周期に従って動作します。基準周期は、転送モードコントロールレジスタ (SFMSKC) の SFMDV[4:0] ビットで、PCLKA の 2~48 通倍の範囲で選択できます。

表 31.5 SFMDV[4:0] ビット、サイクル乗算器、シリアルクロック周波数の関係 (1/2)

SFMDV[4:0]	サイクル乗算器	PCLKA = 100 [MHz]
11111b	48	2.08
11110b	46	2.17
11101b	44	2.27
11100b	42	2.38
11011b	40	2.50
11010b	38	2.63
11001b	36	2.78
11000b	34	2.94
10111b	32	3.13
10110b	30	3.33
10101b	28	3.57
10100b	26	3.85
10011b	24	4.17
10010b	22	4.55
10001b	20	5.00
10000b	18	5.56
01111b	17	5.88
01110b	16	6.25
01101b	15	6.67
01100b	14	7.14
01011b	13	7.69
01010b	12	8.33

表 31.5 SFMDV[4:0]ビット、サイクル乗算器、シリアルクロック周波数の関係 (2/2)

SFMDV[4:0]	サイクル乗算器	PCLKA = 100 [MHz]
01001b	11	9.09
01000b	10	10.00
00111b	9	11.11
00110b	8	12.50
00101b	7	14.29
00100b	6	16.67
00011b	5	20.00
00010b	4	25.00
00001b	3	33.33
00000b	2	50.00

31.5.2 QSPCLK 信号デューティー比

基準クロックが奇数で分周した PCLKA に設定され、デューティー比補正をしない場合、QSPCLK 信号のデューティー比は、50%になりません。基準クロックが PCLKA を奇数で分周している場合は、必ずデューティー比補正機能を有効にしてください (SFMSKC.SFMDTY = 1)。

基準クロックが PCLKA を偶数で分周している場合、SFMSKC レジスタの QSPCLK 信号のデューティー比補正機能選択ビット (SFMDTY) 設定は無視されます。

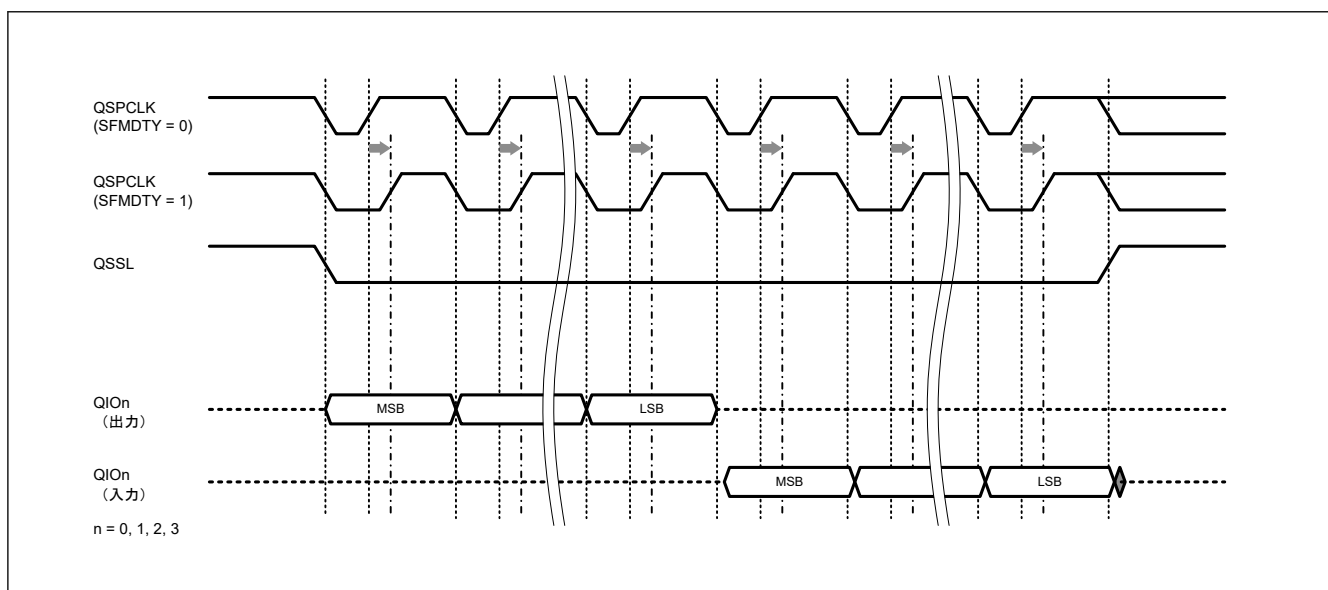


図 31.10 PCLKA を 3 乗倍した場合の SFMDTY ビットを使用した QSPCLK 信号デューティー比補正例

31.5.3 QSSL 信号の最小 High レベル幅

隣り合う SPI バスサイクル間では、QSSL 信号を十分な期間 High (非アクティブ) に保持して、シリアルフラッシュメモリに必要な非選択時間を確保する必要があります。QSSL 出力信号の最小 High レベル幅は、チップ選択コントロールレジスタ (SFMSKC) の QSSL 信号の最小 High レベル幅選択ビット (SFMSW[3:0]) で、基準周期の 1 ~ 16 サイクルに設定できます。

31.5.4 QSSL 信号セットアップ時間

QSSL 信号が Low (アクティブ) になってから QSPCLK 信号の最初の立ち上がりエッジまでの、シリアルフラッシュメモリが必要とする QSSL 信号セットアップ時間を設定できます。セットアップ時間は、SFMSKC レジスタの QSSL 信号セットアップ時間ビット (SFMSLD) で QSPCLK の 0.5 クロック分または QSPCLK の 1.5 クロック分から選択できます。

アプリケーションの最も制約の厳しいタイミング条件を満たすように、値を設定してください。

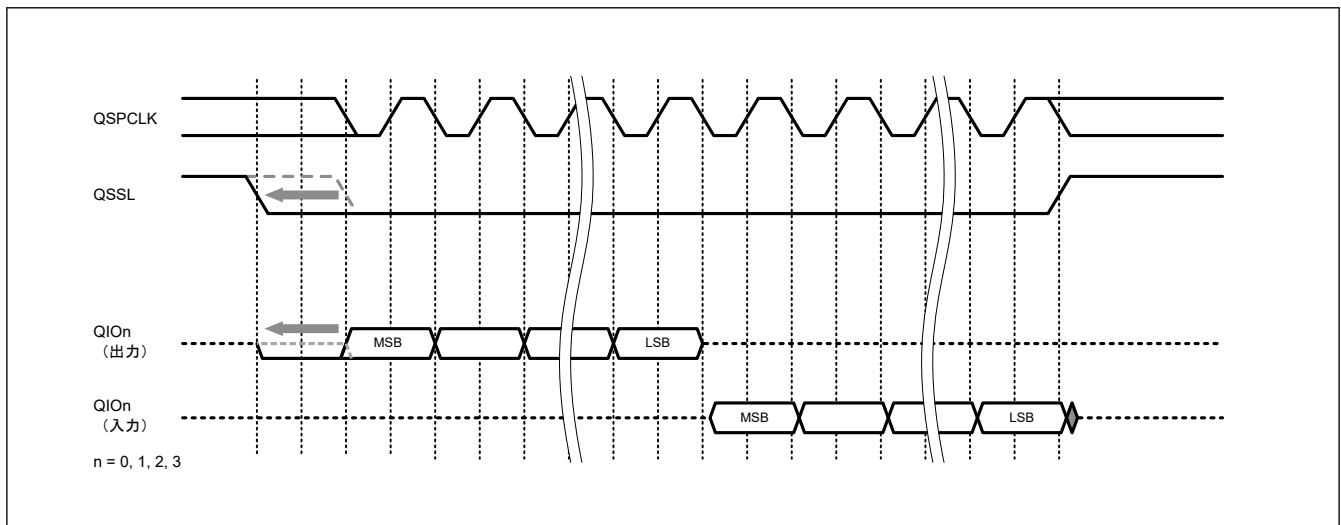


図 31.11 SFMSLD ビットを使用した QSSL 信号のセットアップ時間調整

31.5.5 QSSL 信号ホールド時間

QSPCLK 信号の最後の立ち上がりエッジから QSSL 信号が High (非アクティブ) になるまでの、シリアルフラッシュメモリが必要とする QSSL 信号ホールド時間を設定できます。ホールド時間は、SFMSHC レジスタの QSSL 信号ホールド時間ビット (SFMSHD) で QSPCLK の 0.5 クロック分または QSPCLK の 1.5 クロック分から選択できます。

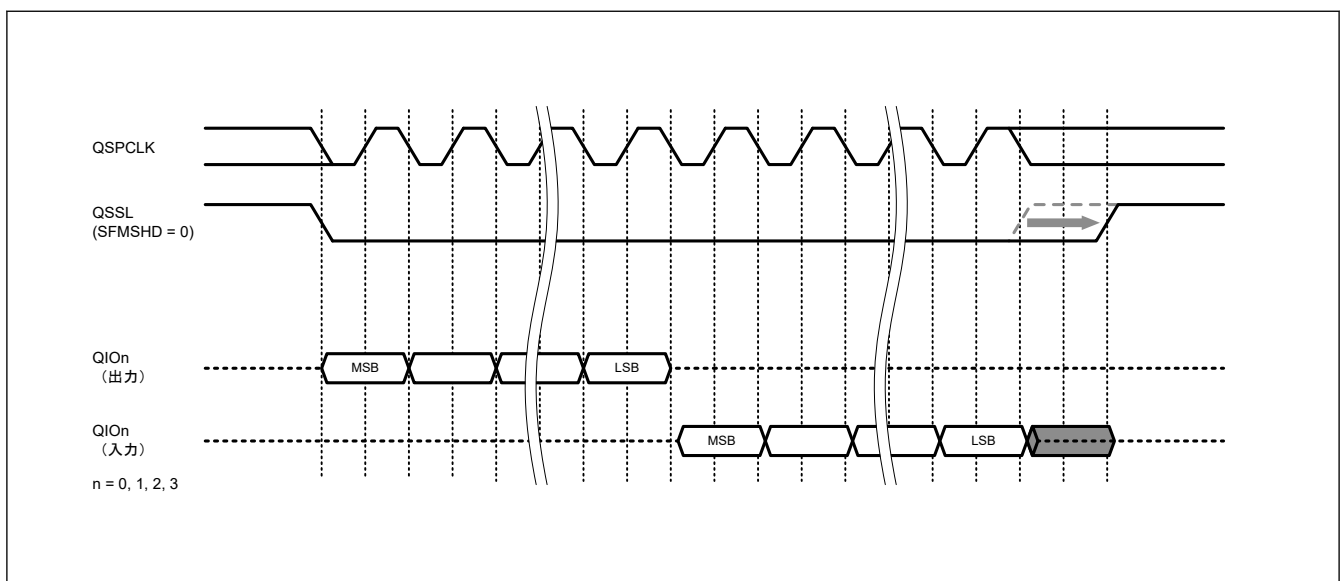


図 31.12 SFMSHD ビットを使用した QSSL 信号のホールド時間調整

31.5.6 シリアルデータ出力許可のホールド時間

QIO0 端子、QIO1 端子、QIO2 端子、QIO3 端子のバッファ出力許可は、SFMSMD レジスタのシリアルインタフェースの入出力バッファ出力許可信号の拡張選択ビット (SFMOEX) を使用して QSPCLK の 1 クロック分拡張できます。

この標準リード命令については、アドレスの直後に拡張されます。他のリード命令については、ダミーサイクル内でシリアルフラッシュメモリのモードデータ (XIP モードコントロール) の 2 サイクルを経過した後に拡張されます。

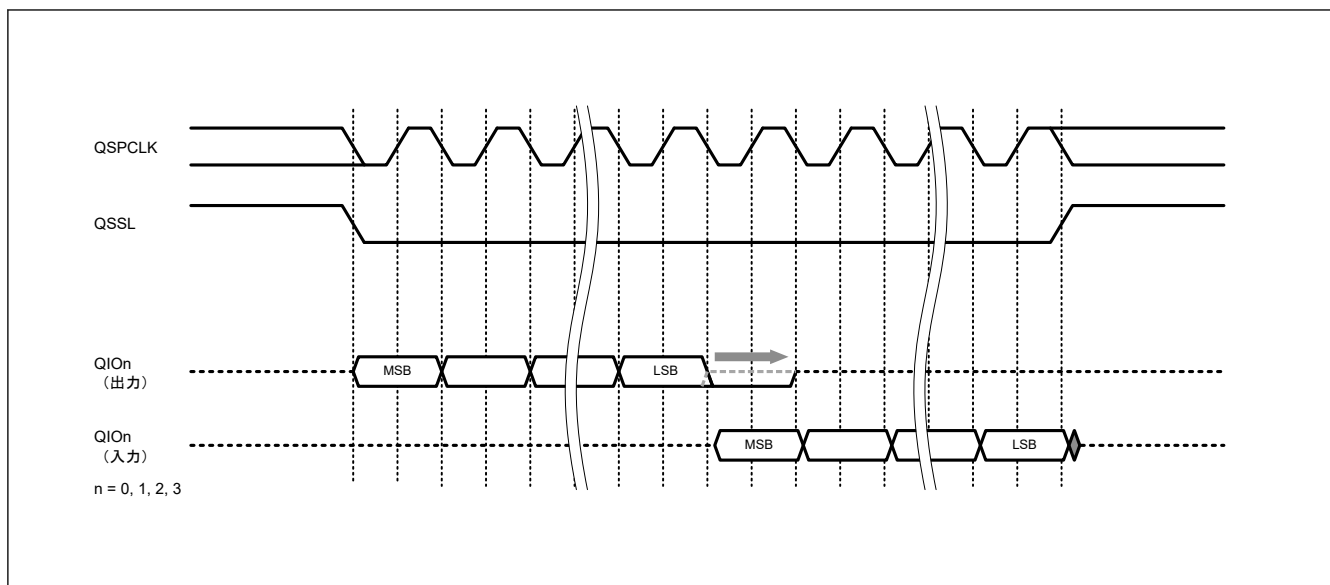


図 31.13 SFMOEX ビットを使用した出力許可ホールド時間調整 (標準リード)

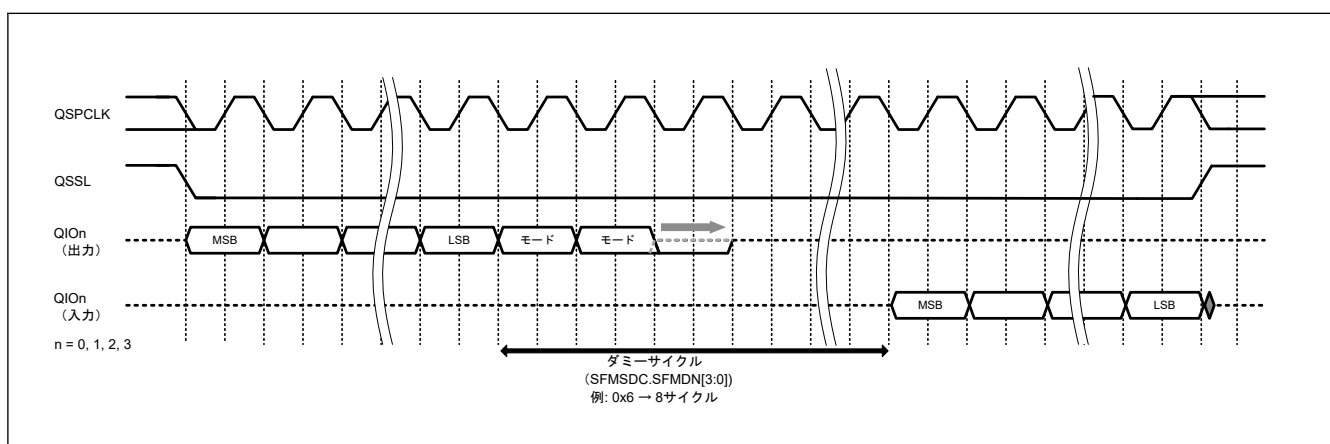


図 31.14 SFMOEX ビットを使用した出力許可ホールド時間調整 (ファストリード)

31.5.7 シリアルデータ出力のセットアップ時間

コマンドまたはアドレスをシリアルフラッシュメモリに送信する場合のセットアップ時間は、送信開始から QSPCLK 信号の立ち上がりまでとなります。セットアップ時間が不十分な場合、SFMSMD.SFMOSW ビットを使用して PCLKA の 1 クロック分拡張できます。SFMOSW ビットを 1 にすると、QSPI からデータが出力されている間、シリアルデータ送信時の QSPCLK の Low レベル幅は PCLKA の 1 クロック分拡張されます。この機能はシリアルデータ受信には影響しません。

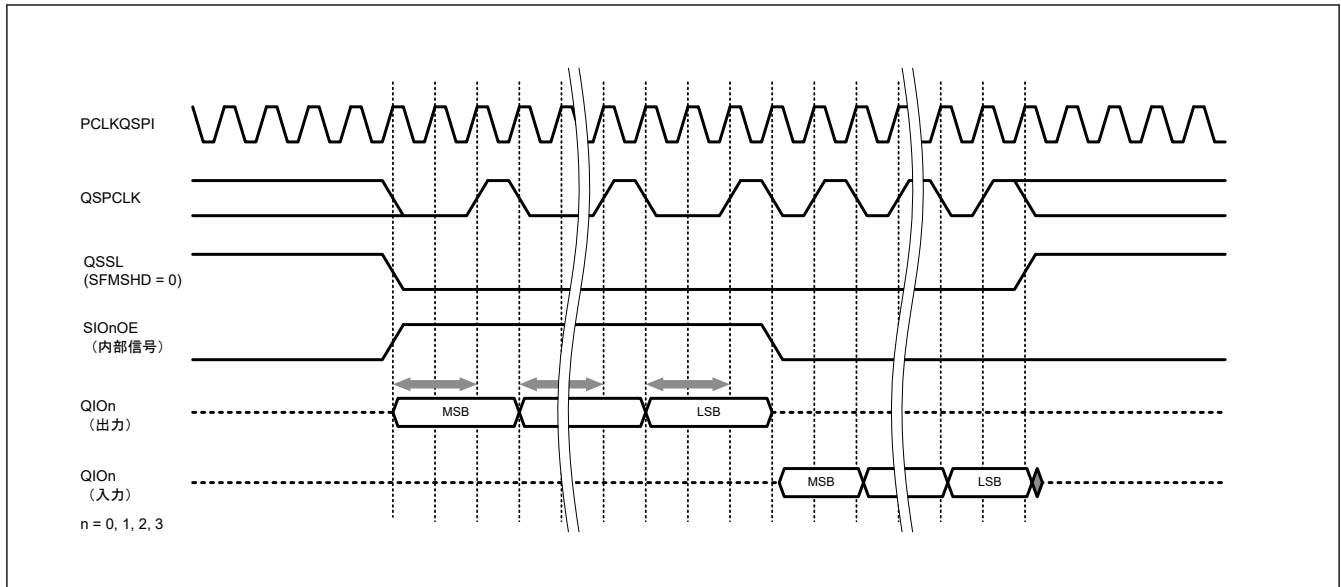


図 31.15 SFMOSW ビットを使用したシリアルデータ出力のセットアップ時間調整

31.5.8 シリアルデータ出力のホールド時間

コマンドまたはアドレスをシリアルフラッシュメモリに送信する場合、ホールド時間は QSPCLK の立ち上がりエッジで開始し、シリアルデータの次の送信で終了します。このホールド時間が不十分な場合は、SFMSMD.SFMOWH ビットを使用して PCLKA の 1 クロック分拡張できます。SFMOSW ビットを 1 にすると、QSPI からデータが出力されている間、シリアルデータ送信時の QSPCLK の High レベル幅が PCLKA の 1 クロック分拡張されます。この機能はシリアルデータ受信には影響しません。

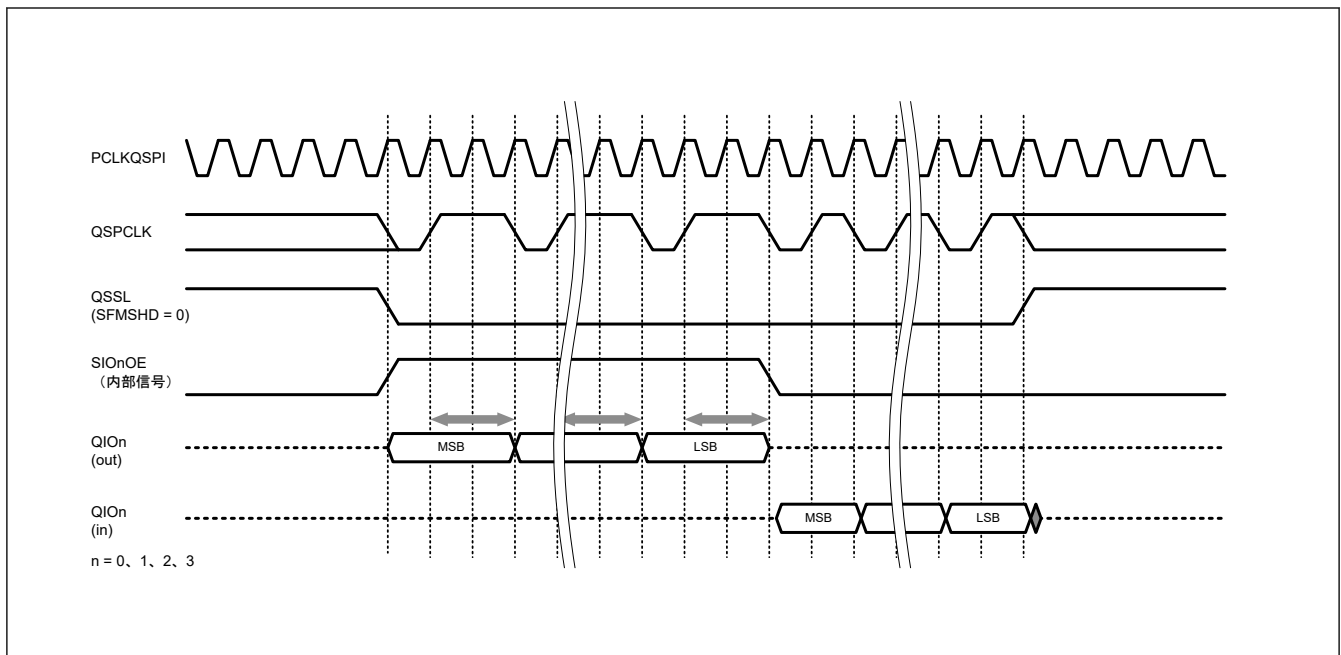


図 31.16 SFMOWH ビットを使用したシリアルデータ出力のホールド時間調整

31.5.9 シリアルデータ受信レイテンシ

シリアルフラッシュは、QSPCLK 信号の立ち下がりエッジと同期してデータを出力します。QSPI は、後続の QSPCLK 信号の立ち下がりエッジと同期してそのデータを受信します。シリアルフラッシュがデータ出力を開始してから QSPI がそのデータを受信するまでの遅延を、受信レイテンシと呼びます。QSPI は、SPI バスサイクルの最初のデータ受信サイクルの直前に、レイテンシ補正サイクルを追加します。シリアルフラッシュ側から見ると、データ受信サイクル数が増加します。このレイテンシ補正サイクルの追加は、データ受信を伴わずに SPI バスサイクル内で発生することはありません。

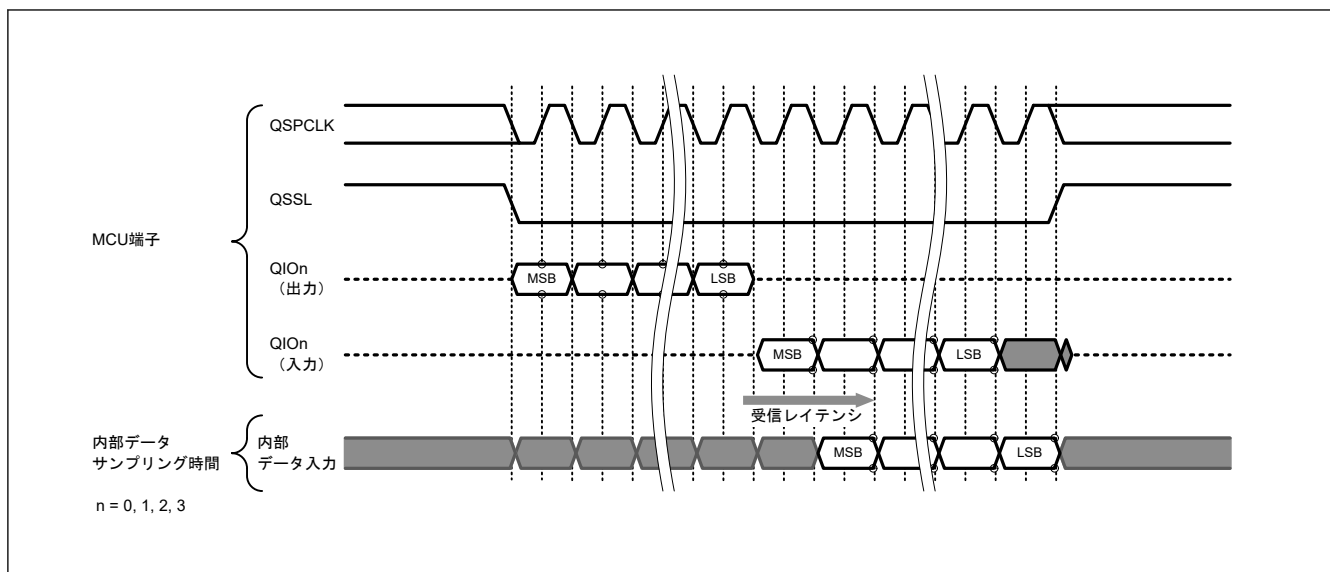


図 31.17 受信レイテンシ

31.6 シリアルフラッシュメモリアクセスに使用される SPI 命令セット

31.6.1 自動生成される SPI 命令

シリアルフラッシュメモリアクセスされると、SFMSAC レジスタと SFMSMD レジスタの設定値に基づいて、表 31.6～表 31.10 に示す命令の 1 つを用いた SPI バスサイクルが自動的に生成されます。

表 31.6 SFMAS[1:0] = 00b の場合に自動生成される SPI 命令

SPI 命令	命令コード	アドレスバイト数	ダミーサイクル数	データバイト数	備考
標準リード	0x03(注1)	1	—	1~∞	SFMRM[2:0] = 000b, A8 = 0
	0x0B(注1)	1	—	1~∞	SFMRM[2:0] = 000b, A8 = 1

注 1. SFMSMD レジスタのリード命令コード選択ビット (SFMCC) が 1 のとき、命令コードレジスタ (SFMCSIC) の代替シリアルフラッシュ命令コードビット (SFMCCIC[7:0]) の設定値が命令コードとして使用されます。

表 31.7 SFMAS[1:0] = 01b の場合に自動生成される SPI 命令

SPI 命令	命令コード	アドレスバイト数	ダミーサイクル数	データバイト数	備考
標準リード	0x03(注1)	2	—	1~∞	SFMRM[2:0] = 000b

注 1. SFMSMD.SFMCC ビットが 1 のとき、SFMCSIC.SFMCCIC[7:0] ビットの設定値が命令コードとして使用されます。

表 31.8 SFMAS[1:0] = 10b の場合に自動生成される SPI 命令

SPI 命令	命令コード	アドレスバイト数	ダミーサイクル数	データバイト数	備考
標準リード	0x03(注1)	3	—	1~∞	SFMRM[2:0] = 000b
ファストリード	0x0B(注1)	3	8(注2)	1~∞	選択可能: SFMRM[2:0] = 001b
ファストリード Dual 出力	0x3B(注1)	3	8(注2)	1~∞	選択可能: SFMRM[2:0] = 010b
ファストリード Dual I/O	0xBB(注1)	3	4(注2)	1~∞	選択可能: SFMRM[2:0] = 011b
ファストリード Quad 出力	0x6B(注1)	3	8(注2)	1~∞	選択可能: SFMRM[2:0] = 100b
ファストリード Quad I/O	0xEB(注1)	3	6(注2)	1~∞	選択可能: SFMRM[2:0] = 101b

注 1. SFMSMD.SFMCC ビットが 1 のとき、SFMCSIC.SFMCCIC[7:0] ビットの設定値が命令コードとして使用されます。

注 2. ダミーサイクルコントロールレジスタ (SFMSDC) のファストリード命令のダミーサイクル数選択ビット (SFMDN[3:0]) で、ダミーサイクル数を設定できます。

表 31.9 SFMAS[1:0] = 11b、SFM4BC = 0 の場合に自動生成される SPI 命令

SPI 命令	命令コード	アドレスバイト数	ダミーサイクル数	データバイト数	備考
標準リード	0x03(注1)	4	—	1~∞	SFMRM[2:0] = 000b
ファストリード	0x0B(注1)	4	8(注2)	1~∞	選択可能: SFMRM[2:0] = 001b
ファストリード Dual 出力	0x3B(注1)	4	8(注2)	1~∞	選択可能: SFMRM[2:0] = 010b
ファストリード Dual I/O	0xBB(注1)	4	4(注2)	1~∞	選択可能: SFMRM[2:0] = 011b
ファストリード Quad 出力	0x6B(注1)	4	8(注2)	1~∞	選択可能: SFMRM[2:0] = 100b
ファストリード Quad I/O	0xEB(注1)	4	6(注2)	1~∞	選択可能: SFMRM[2:0] = 101b

注 1. SFMSMD.SFMCCE ビットが 1 のとき、SFMSIC.SFMCIC[7:0]ビットの設定値が命令コードとして使用されます。

注 2. SFMSDC.SFMDN[3:0]ビットで、ダミーサイクル数を設定できます。

表 31.10 SFMAS[1:0] = 11b、SFM4BC = 1 の場合に自動生成される SPI 命令

SPI 命令	命令コード	アドレスバイト数	ダミーサイクル数	データバイト数	備考
標準リード	0x13(注1)	4	—	1~∞	SFMRM[2:0] = 000b
ファストリード	0x0C(注1)	4	8(注2)	1~∞	選択可能: SFMRM[2:0] = 001b
ファストリード Dual 出力	0x3C(注1)	4	8(注2)	1~∞	選択可能: SFMRM[2:0] = 010b
ファストリード Dual I/O	0xBC(注1)	4	4(注2)	1~∞	選択可能: SFMRM[2:0] = 011b
ファストリード Quad 出力	0x6C(注1)	4	8(注2)	1~∞	選択可能: SFMRM[2:0] = 100b
ファストリード Quad I/O	0xEC(注1)	4	6(注2)	1~∞	選択可能: SFMRM[2:0] = 101b

注 1. SFMSMD.SFMCCE ビットが 1 のとき、SFMSIC.SFMCIC[7:0]ビットの設定値が命令コードとして使用されます。

注 2. SFMSDC.SFMDN[3:0]ビットで、ダミーサイクル数を設定できます。

31.6.2 標準リード命令

標準リード命令は、大部分のシリアルフラッシュメモリでサポートされている一般的なリード命令です。SPI バスサイクルの開始時に、QSSL 信号がアサートされ、命令コード (0x03 または 0x13) (注1)が出力されます。次に、SFMSAC.SFMAS[1:0]ビットで指定した 1~4 バイト幅のアドレスが送信されます。その後、データが受信されます。

この標準リード命令は、QSPI の初期設定で選択されます。

注 1. 多くの 4KB シリアルフラッシュメモリは、オーバーヘッドを最小化しリード命令コードのビット 3 から A8 情報を受信するために、1 バイト (A7-A0) 以内のアドレスフィールドを持っています。これらのデバイスをサポートするため、1 バイトのアドレス幅 (SFMAS[1:0]ビット = 00) が指定されている場合、QSPI は標準リード命令コードのビット 3 に A8 (アドレスビット 8) だけを出力します。そのため、標準リード命令コードとして 0x03 の代わりに 0x0B が出力される場合があります。このコードはファストリード命令コードと重複します。ただし、1 バイトのアドレス幅を持つ、ほとんどの 2 KB 以下のシリアルフラッシュメモリでは、コマンドのビット 3 は don't-care ビットとしてデコードから除外するよう設計されているため、このようなリード命令コードは標準リード命令コードとして正しく認識されます。まれに、ビット 3 のデコードを許可しているシリアルフラッシュメモリがあります。そのようなシリアルフラッシュメモリを接続する場合、A8 = 1 になるアクセスを回避するようにアプリケーションを設定してください。

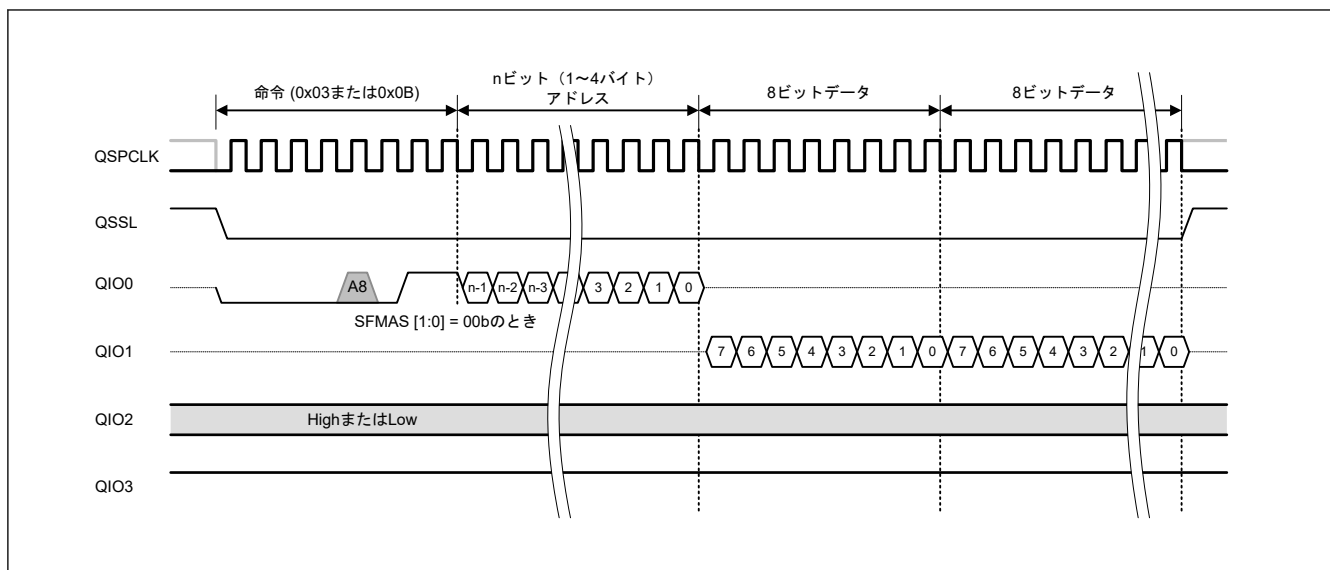


図 31.18 標準リードバスサイクル

31.6.3 ファストリード命令

ファストリード命令は、標準リード命令よりも高速の通信クロックをサポートするリード命令です。SPI バスサイクルの開始時に、QSSL 信号がアサートされ、命令コード (0x0B または 0x0C) が出力されます。次に、SFMSAC.SFMS[1:0]ビットで指定した 1~4 バイト幅のアドレスが送信されます。次に、SFMSDC レジスタで指定した数のダミーサイクルが生成されます。その後、データが受信されます。

ダミーサイクルの最初の 2 周期は、XIP モードの選択に使用します。XIP モードを選択した場合、この時使用される命令と同じ命令が次の SPI バスサイクルにも適用され、次の SPI バスサイクルで命令コードは出力されません。XIP モードの詳細は、「31.8. XIP 制御」を参照してください。

ファストリード命令への切り替えは、SFMSMD レジスタで制御します。

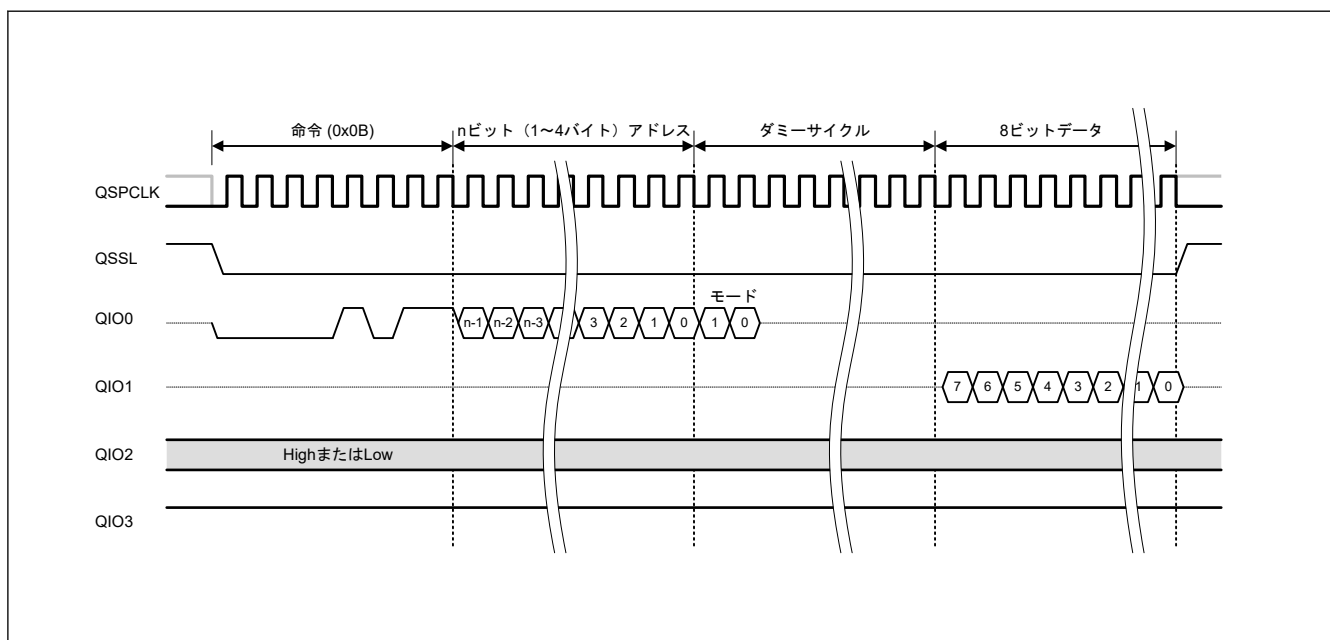


図 31.19 ファストリードバスサイクル

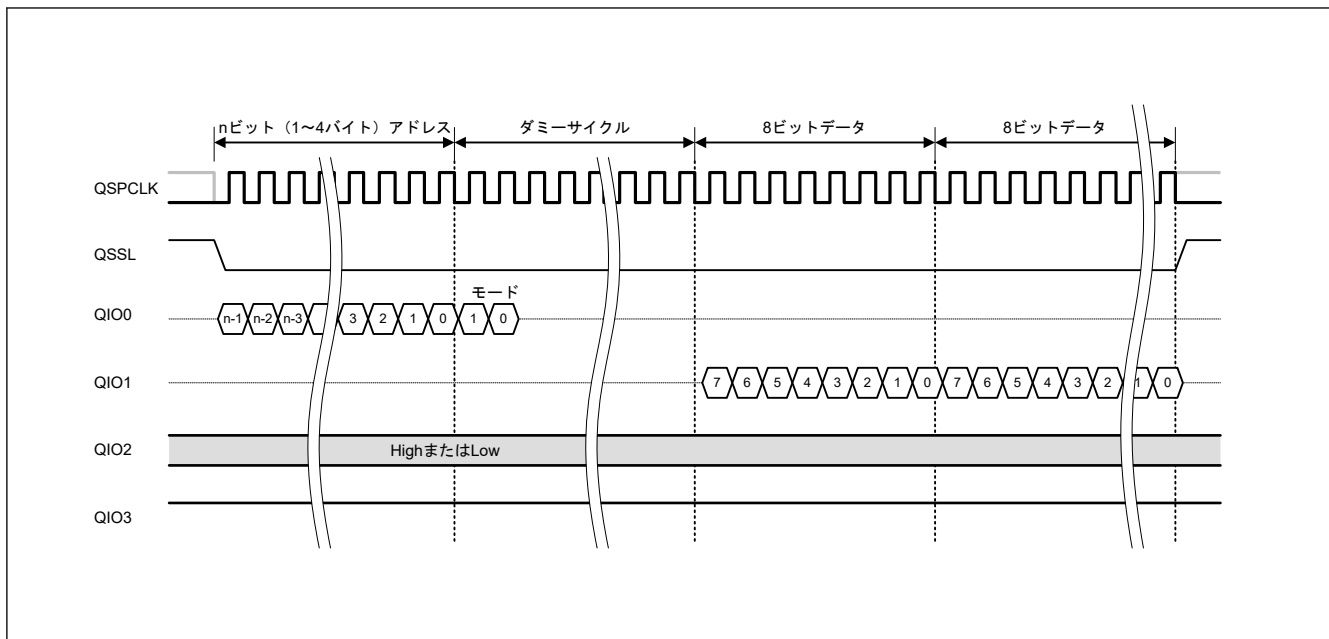


図 31.20 XIP モード時のファストリードバスサイクル

注. ファストリード命令を使用するには、ファストリード転送をサポートするシリアルフラッシュメモリが必要です。

31.6.4 ファストリード Dual 出力命令

ファストリード Dual 出力命令は、データ受信に 2 本の信号線を使用するリード命令です。SPI バスサイクルの開始時に、QSSL 信号がアサートされます。命令コード (0x3B/0x3C) および SFMSAC.SFMAS[1:0] ビットで指定した 1~4 バイト幅のアドレスが、QIO0 端子から拡張 SPI プロトコルで出力され、また QIO0 端子と QIO1 端子からは Dual-SPI プロトコルで出力されます。次に、SFMSDC レジスタで指定した数のダミーサイクルが生成されます。その後、QIO0 端子と QIO1 端子経由でデータを受信します。QIO0 端子からは偶数ビットのデータを受信し、QIO1 端子からは奇数ビットのデータを受信します。

ダミーサイクルの最初の 2 サイクルは、XIP モードの選択に使用します。XIP モードを選択した場合、このとき使用される命令と同じ命令が次の SPI バスサイクルにも適用され、次の SPI バスサイクルで命令コードは出力されません。XIP モードの詳細は、「31.8. XIP 制御」を参照してください。

ファストリード Dual 出力への切り替えは、SFMSMD レジスタで制御します。

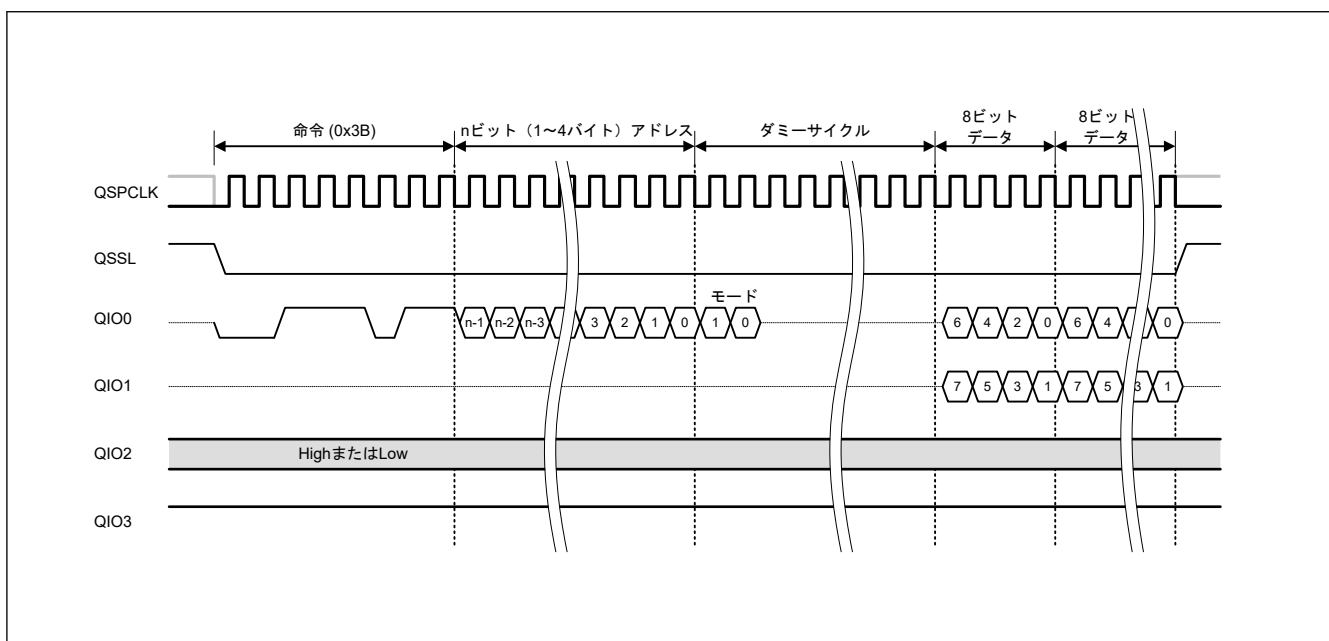


図 31.21 拡張 SPI プロトコルでのファストリード Dual 出力バスサイクル

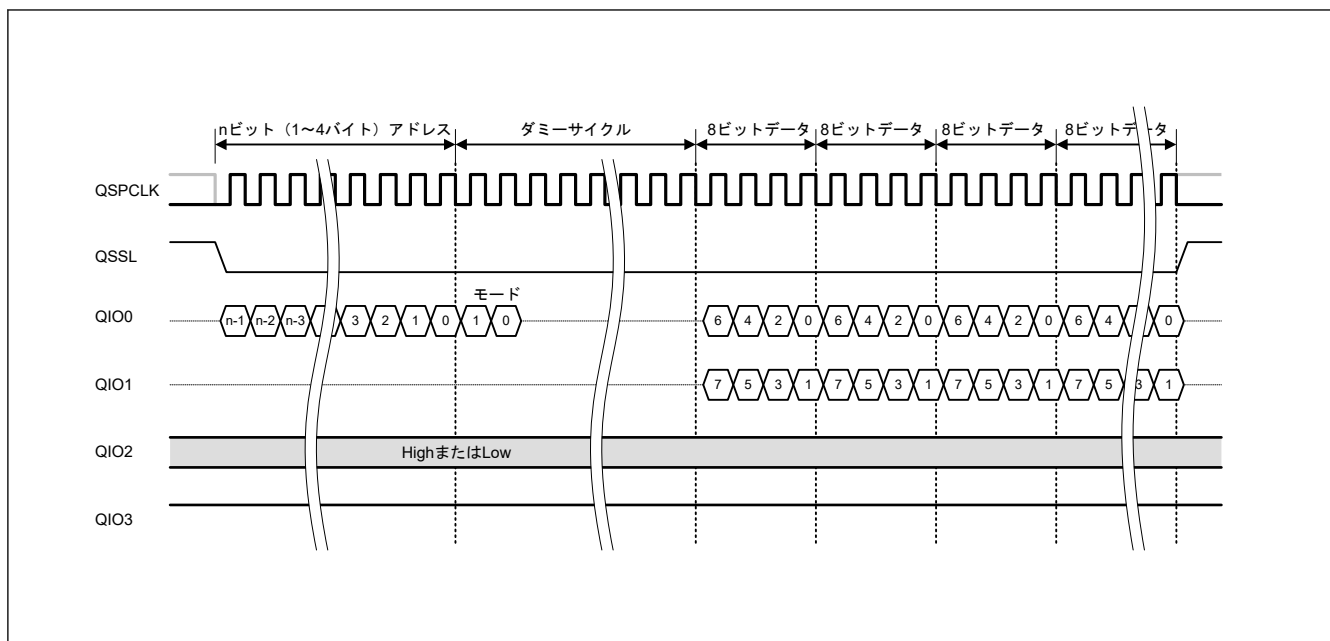


図 31.22 拡張 SPI プロトコルでの XIP モードファストリード Dual 出力バスサイクル

注. ファストリード Dual 出力命令を使用するには、ファストリード Dual 出力転送をサポートするシリアルフラッシュメモリが必要です。

31.6.5 ファストリード Dual I/O 命令

ファストリード Dual I/O 命令は、アドレス送信とデータ受信に 2 本の信号線を使用するリード命令です。SPI バスサイクルの開始時に、QSSL 信号がアサートされ、命令コード (0xBB または 0xBC) が拡張 SPI プロトコル時は QIO0 端子から送信、Dual-SPI プロトコル時は QIO0 端子と QIO1 端子より送信されます。次に、SFMSAC.SFMAS[1:0]ビットで指定した 1~4 バイト幅のアドレスが QIO0 端子および QIO1 端子経由で送信され、SFMSDC レジスタで指定した数のダミーサイクルが生成されます。その後、QIO0 端子と QIO1 端子経由でデータを受信します。アドレスとダミーサイクルの送信およびデータ受信は、偶数ビットについては QIO0 端子経由で、奇数ビットについては QIO1 端子経由で行われます。

ダミーサイクルの最初の 2 周期は、XIP モードの選択に使用します。XIP モードを選択した場合、この時使用される命令と同じ命令が次の SPI バスサイクルにも適用され、次の SPI バスサイクルで命令コードは出力されません。XIP モードの詳細は、「31.8. XIP 制御」を参照してください。

ファストリード Dual I/O への切り替えは、SFMSMD レジスタで制御します。

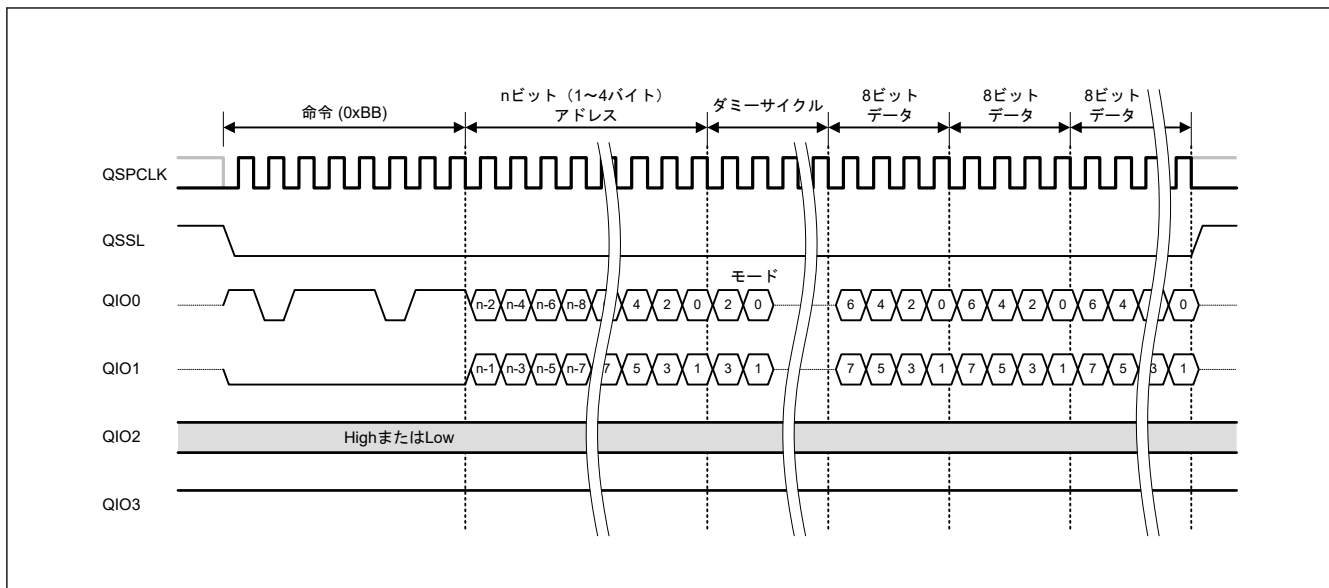


図 31.23 ファストリード Dual I/O バスサイクル(拡張 SPI プロトコル時)

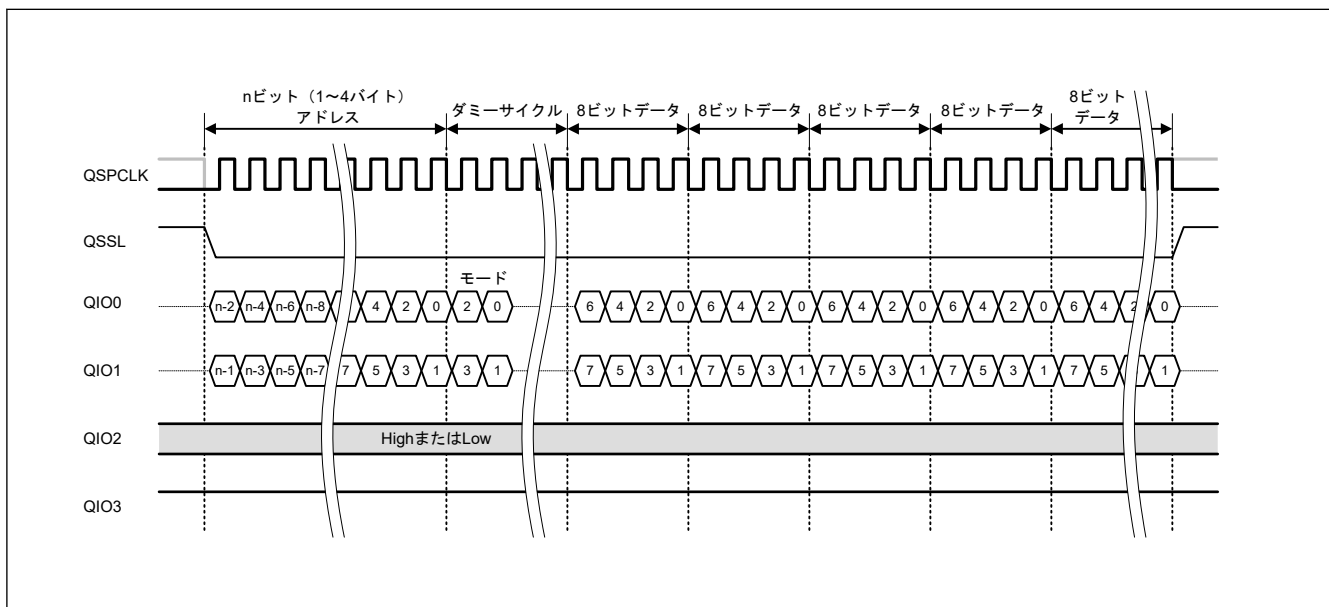


図 31.24 XIP モード時のファストリード Dual I/O バスサイクル

注. ファストリード Dual I/O 命令を使用するには、ファストリード Dual I/O 転送をサポートするシリアルフラッシュメモリが必要です。

31.6.6 ファストリード Quad 出力命令

ファストリード Quad 出力命令は、データ受信に 4 本の信号線を使用するリード命令です。SPI バスサイクルの開始時に、QSSL 信号がアサートされます。命令コード (0x6B/0x6C) および SFMSAC.SFMAS[1:0] ビットで指定した 1~4 バイト幅のアドレスが QIO0 端子から出力されます。次に、SFMSMD.SFMDN[3:0] ビットで指定した数のダミーサイクルが生成されます。その後、QIO0 端子、QIO1 端子、QIO2 端子、および QIO3 端子経由でデータを受信します。

ダミーサイクルの最初の 2 サイクルは、XIP モードの選択に使用します。XIP モードを選択した場合、このとき使用される命令と同じ命令が次の SPI バスサイクルにも適用され、次の SPI バスサイクルで命令コードは出力されません。XIP モードの詳細は、「31.8. XIP 制御」を参照してください。

ファストリード Quad 出力への切り替えは、SFMSMD レジスタで制御します。

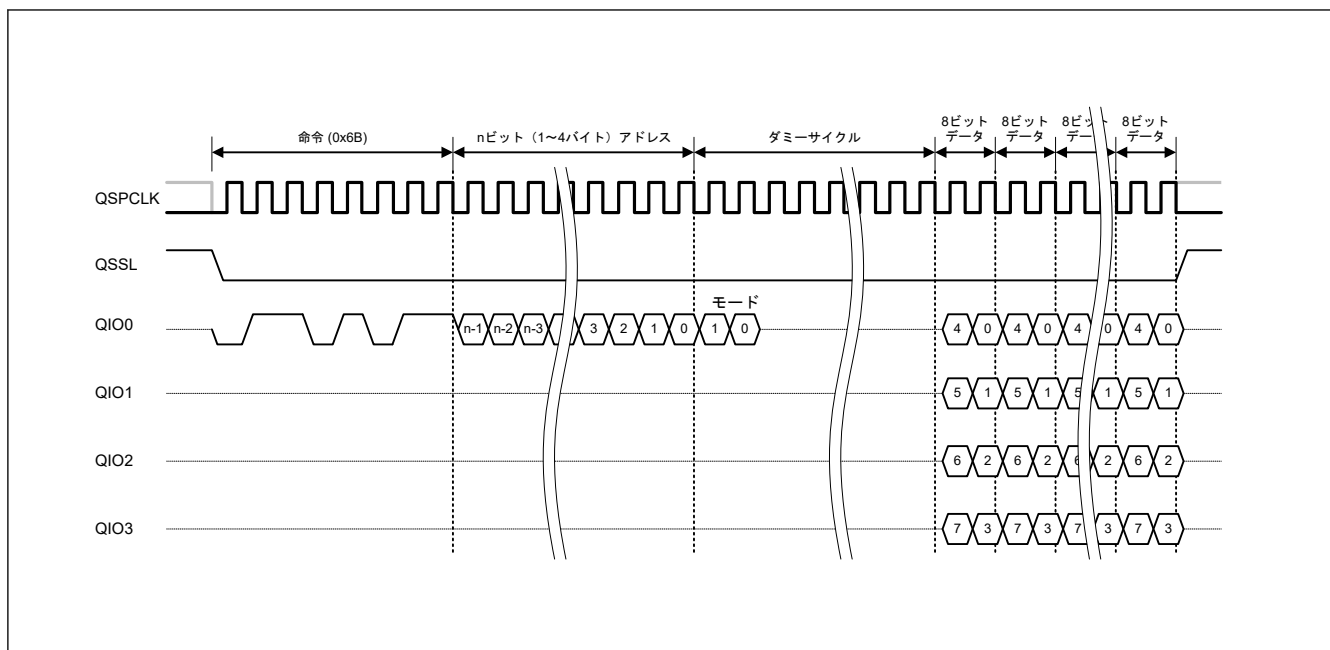


図 31.25 拡張 SPI プロトコルでのファストリード Quad 出力バスサイクル

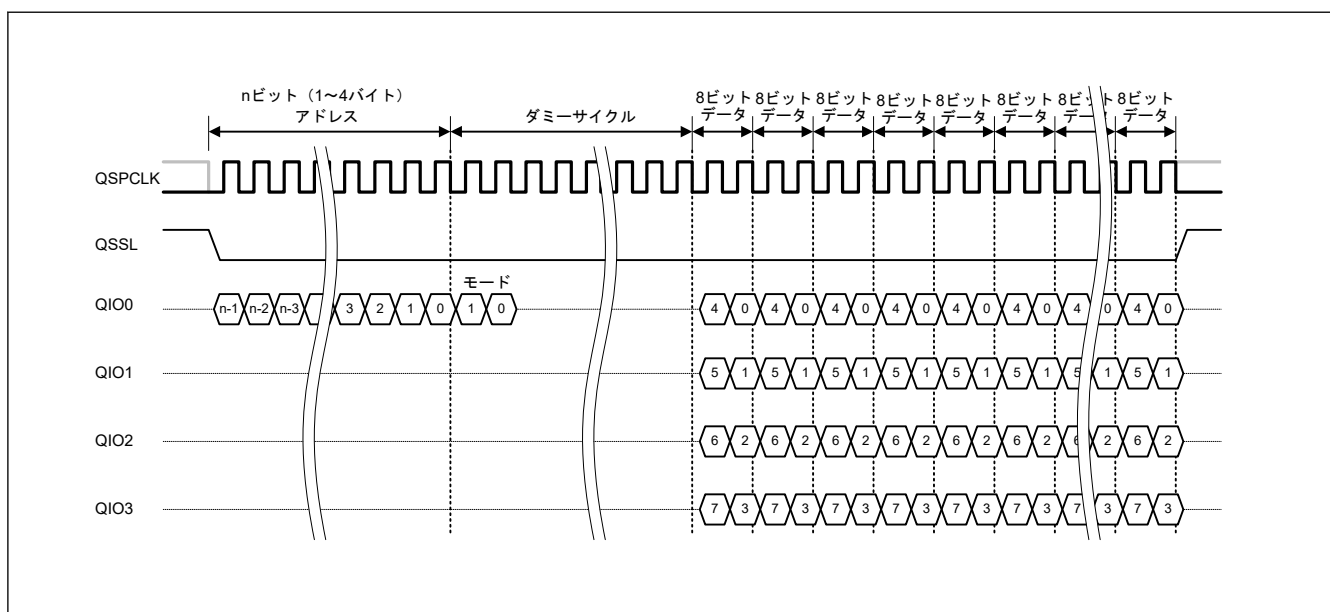


図 31.26 拡張 SPI プロトコルでの XIP モードファストリード Quad 出力バスサイクル

注. ファストリード Quad 出力を使用するには、ファストリード Quad 出力転送をサポートするシリアルフラッシュメモリが必要です。

31.6.7 ファストリード Quad I/O 命令

ファストリード Quad I/O 命令は、アドレス送信とデータ受信に 4 本の信号線を使用するリード命令です。SPI バスサイクルの開始時に、QSSL 信号がアサートされ、命令コード (0xEB または 0xEC) が拡張 SPI プロトコル時は QIO0 端子から送信、Quad-SPI プロトコル時は QIO0 端子、QIO1 端子、QIO2 端子、および QIO3 端子より送信されます。次に、SFMSAC.SFMAS[1:0] ビットで指定した 1~4 バイト幅のアドレスが QIO0 端子、QIO1 端子、QIO2 端子、QIO3 端子経由で送信され、SFMSMD.SFMDN[3:0] ビットで指定した数のダミーサイクルが生成されます。その後、QIO0 端子、QIO1 端子、QIO2 端子、および QIO3 端子経由でデータを受信します。

ダミーサイクルの最初の 2 周期は、XIP モードの選択に使用します。XIP モードを選択した場合、この時使用される命令と同じ命令が次の SPI バスサイクルにも適用され、次の SPI バスサイクルで命令コードは出力されません。XIP モードの詳細は、「31.8. XIP 制御」を参照してください。

ファストリード Quad I/O への切り替えは、SFMSMD レジスタで制御します。

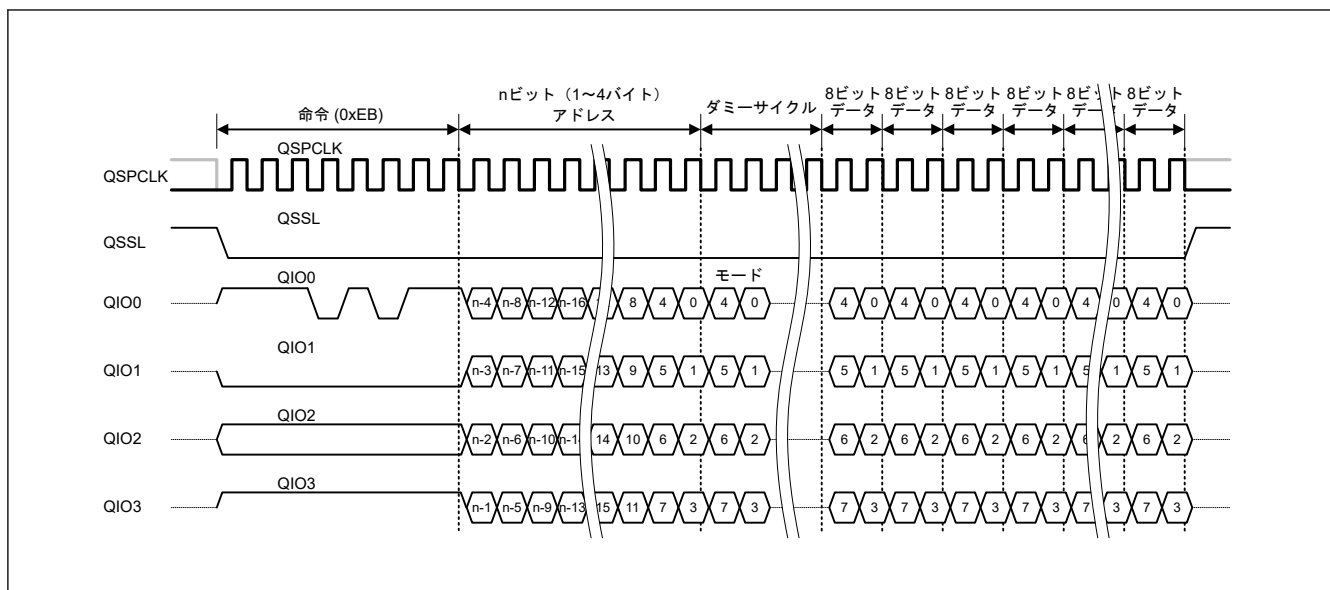


図 31.27 ファストリード Quad I/O パスサイクル

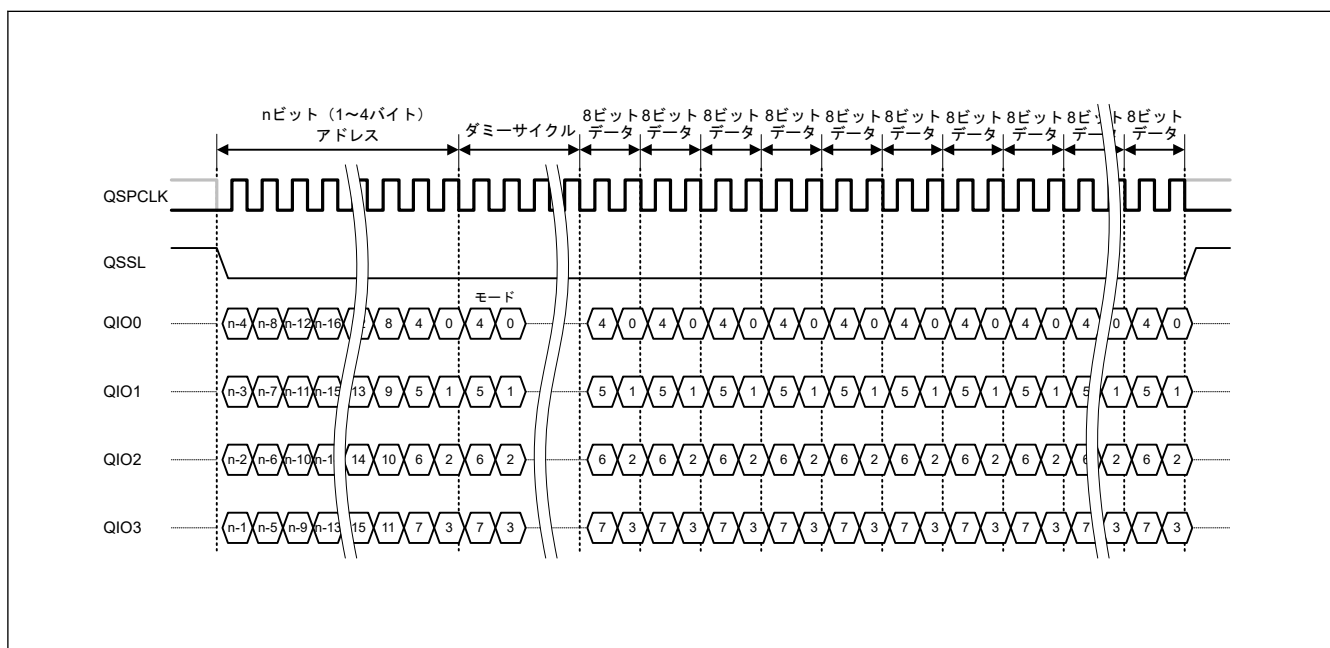


図 31.28 XIP モード時のファストリード Quad I/O パスサイクル

注. ファストリード Quad I/O 命令を使用するには、ファストリード Quad I/O 転送をサポートするシリアルフラッシュメモリが必要です。

31.6.8 4 バイトモード遷移命令

4 バイトモード遷移命令では、シリアルフラッシュのアドレス幅を 4 バイトに設定します。SPI バスサイクルの開始時に、シリアルフラッシュ選択信号がアサートされ、命令コード (0xB7) が出力されます。

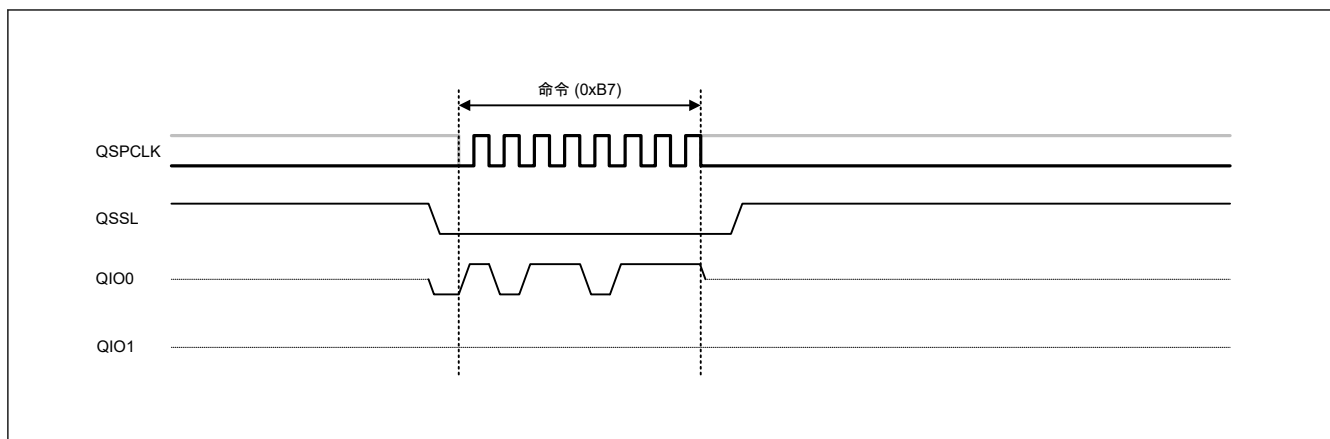


図 31.29 4 バイトモード遷移バスサイクル

注. 4 バイトモード遷移命令の発行は、シリアルフラッシュが 3 バイトモード/4 バイトモードのいずれであるかにかかわらず実行されます。

31.6.9 4 バイトモード解除命令

4 バイトモード解除命令では、シリアルフラッシュのアドレス幅を 3 バイトに設定します。SPI バスサイクルの開始時に、シリアルフラッシュ選択信号がアサートされ、命令コード (0xE9) が出力されます。

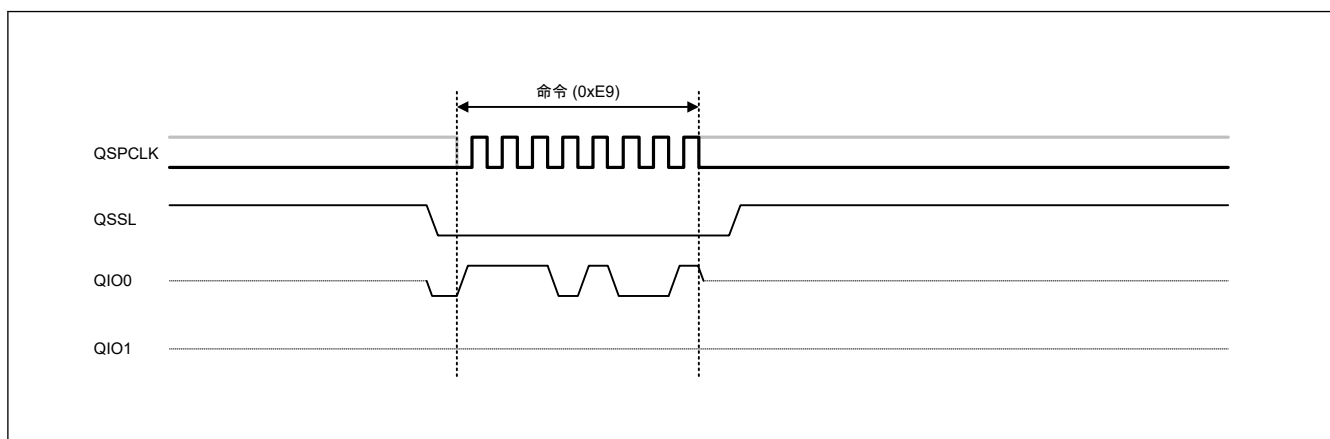


図 31.30 4 バイトモード解除バスサイクル

注. 4 バイトモード解除命令の発行は、シリアルフラッシュが 3 バイトモード/4 バイトモードのいずれであるかにかかわらず実行されます。

31.6.10 ライトイネーブル命令

ライトイネーブル命令は、シリアルフラッシュのアドレス幅の変更を許可します。SPI バスサイクルの開始時に、シリアルフラッシュ選択信号がアサートされ、命令コード (0x06) が出力されます。

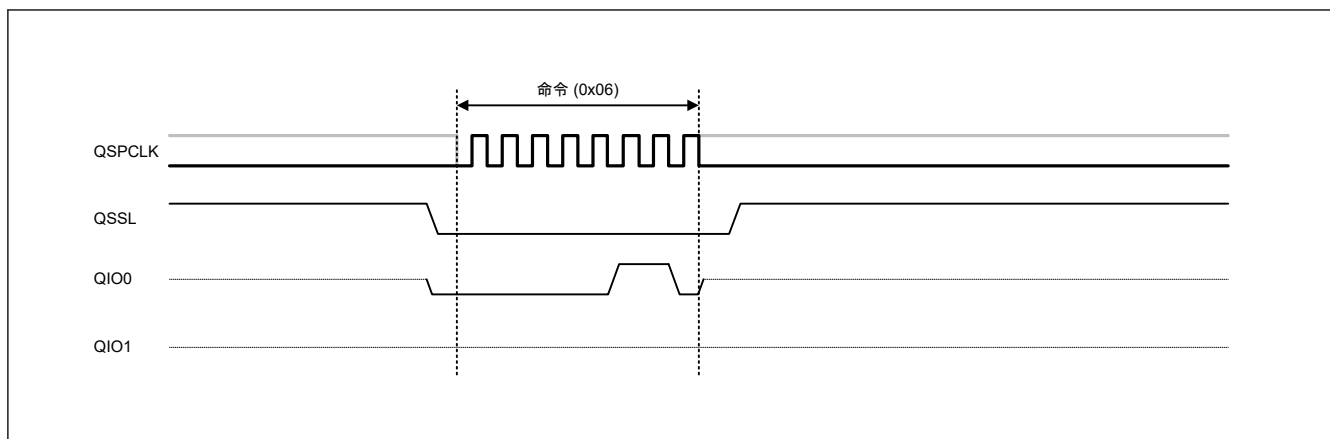


図 31.31 ライトイネーブルバスサイクル

31.7 SPI バスサイクル配置

31.7.1 個々の変換に基づくシリアルフラッシュメモリリード

ROM リードバスサイクルは、サイクルごとに 1 対 1 で SPI バスサイクルに変換されます。ROM リードバスサイクルが検出されると、QSSL 信号がアサートされ、SPI バスサイクルが開始します。シリアルフラッシュメモリからデータの受信を完了すると、QSSL 信号がネゲートされ、SPI バスサイクルは終了します。

次の ROM リードバスサイクルが検出されると、SFMSSC.SFMSW[3:0] ビットで設定された期間経過後、QSSL 信号が再びアサートされます。その後、次の SPI バスサイクルが始まります。

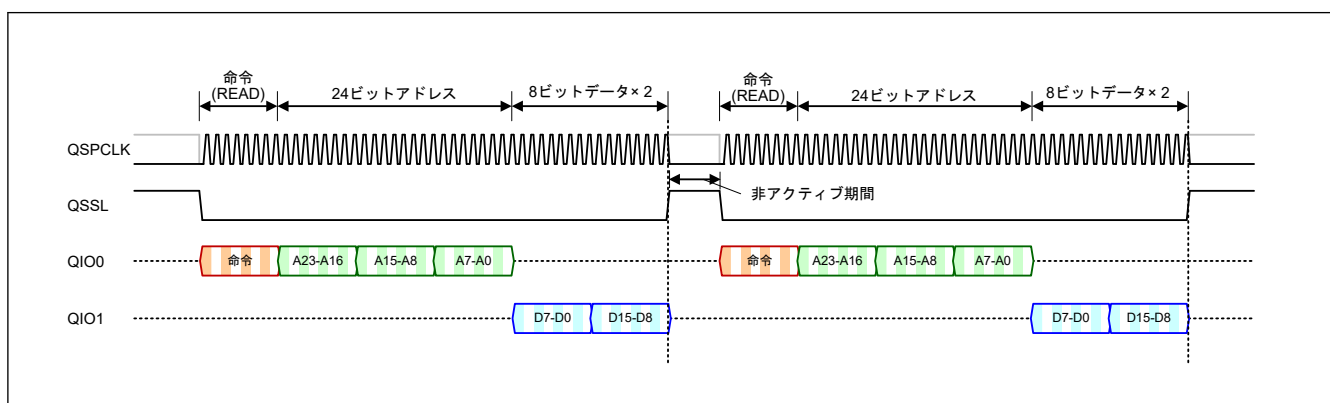


図 31.32 個々の変換に基づく連続データリード動作

31.7.2 プリフェッチ機能を使用したシリアルフラッシュメモリリード

CPU 命令実行やブロックデータ転送のような動作では、多くの場合、データは連続したアドレスから昇順に読み出されます。シリアルフラッシュメモリには、命令コードやアドレスを再発行せずにデータ受信を繰り返す機能があります。この機能を利用するため、QSPI は連続してデータを受信するためのプリフェッチ機能を持ちます。しかし、CPU が連続でないフラッシュアドレスに対してフラッシュリード要求を発行すると、SPI バスサイクルが分割され、プリフェッチ機能が無効になります。

QSPI のプリフェッチ機能を有効にするには、SFMSMD レジスタのプリフェッチ機能選択ビット (SFMPFE) を 1 にします。プリフェッチ機能を有効にすると、データは別のフラッシュリード要求を待つことなく、連続的に受信されて QSPI のプリフェッチバッファに格納されます。CPU がフラッシュリード要求を発行すると、アドレスチェックが実行されます。アドレス一致が確認されると、バッファ内のデータは CPU に送られます。アドレスの不一致が検出されると、バッファ内のデータは捨てられ、新しい SPI バスサイクルが発行されます。

プリフェッチバッファのサイズは 18 バイトです。このバッファがいっぱいになると、SPI バスサイクルは終了します。バッファデータが読み出されて空きができると、新しい SPI バスサイクルが自動的に開始され、プリフェッチが再開されます。

命令フェッチやブロックデータ転送のように連続アドレスから昇順でデータを読み出す場合、プリフェッチ機能は効率的な転送動作を可能にします。

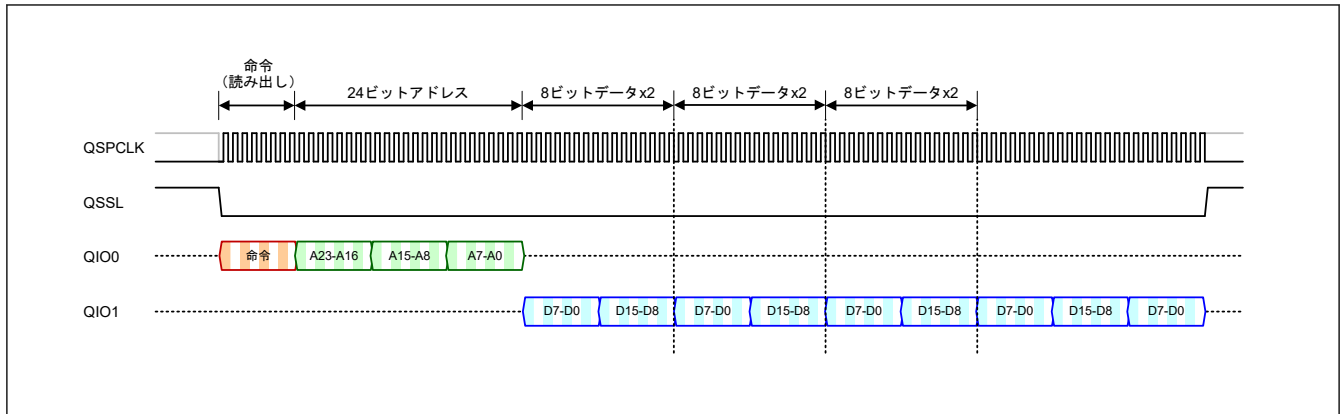


図 31.33 プリフェッチ機能を使用した連続データリード動作

31.7.3 プリフェッチの停止

プリフェッチ機能によって連続データを受信中に、シリアルフラッシュメモリの連続でないアドレスに対する読み込み要求が発行されたら、実行中の連続データの受信を中止し、新しい SPI バスサイクルが開始されます。通常、このようなシリアル転送の停止は、データ受信のバイト境界で発生します。ただし、SFMSMD.SFMPAE ビットを 1 にすると、バイト境界以外の場所で停止することができます。

31.7.4 プリフェッチ先の直接指定

プリフェッチ機能有効時 (SFMSMD.SFMPFE = 1) に、QSPI ウィンドウ領域への書き込みが発生すると、書き込んだ先頭アドレスからプリフェッチを開始します。シリアルフラッシュメモリへの書き込みは実行できません。

この機能を「31.7.5. プリフェッチ状態ポーリング」で述べる機能と組み合わせると、低速シリアルフラッシュからデータを読み出す際に、内部バスの負荷を削減できます。

注. 2 バイト以上のデータサイズで QSPI ウィンドウ領域に書き込みを行うと、ハードフォールトが発生します。

31.7.5 プリフェッチ状態ポーリング

CPU が低速シリアルフラッシュからデータを読み出すと、SPI 受信バスサイクルが完了するまで CPU システムバスが占有されます。プリフェッチ状態ポーリング機能は、この負荷を軽減するための機能です。

ステータスレジスタ (SFMSST) のプリフェッチ機能動作状態ビット (PFOFF) はプリフェッチ機能の状態を示し、SFMSST レジスタのプリフェッチデータのバイト数ビット (PFCNT[4:0]) はプリフェッチ済みのデータバイト数を示します。ポーリングプログラムは、本デバイスの SRAM に配置してください。

```
//
// 1K バイト (32bit x 256 word) データをシリアルフラッシュから内蔵 SRAM へコピー
//
unsigned long *sptr; // シリアルフラッシュのポインタ
unsigned long *dptr; // 転送先のポインタ
int i;

SFMSMD |= 0x0040; // SFMPFE ビットを設定して、プリフェッチを許可
*( (volatile unsigned char *) sptr ) = 0; // TAG を有効にして、プリフェッチを開始

for ( i = 0 ; i < 256 ; i++ ){
while ( ( SFMSST & 0x00FF ) < 0x04 ){}; // 4 バイトデータの受信待ち
*(dptr++) = *(sptr++);
}
}
```

注. ポーリングプログラムを実行する場合、プログラムをシリアルフラッシュメモリの外部に置いてください。ポーリングプログラムを実行するときに、そのプログラムがシリアルフラッシュメモリに置かれていた場合、プリフェッチの対象が頻繁に命令コードに切り替わります。その結果、ポーリングの効果が損なわれ、プリフェッチバッファに空きができるために無限ループに陥ることがあります。

31.7.6 SPI バスサイクル拡張機能

SPI バスサイクル拡張機能は、昇順の連続アドレスからデータが断続的に読み出せる場合に、連続データリードができる機能です。SFMSMD レジスタの SPI バスサイクル拡張機能選択ビット (SFMSE[1:0]) を 00b 以外に設定した後でフラッシュリードを実施すると、SFMSE[1:0] ビットで設定した値の間、QSSL 端子の出力を Low (アクティブ) に保持され、SPI バスサイクルが中断されます。

次のフラッシュリードのアドレスが昇順の連続アドレスの場合、QSPCLK 信号のトグルが再開され、後続データの受信が継続します。次のフラッシュリードのアドレスが昇順の連続アドレスではない場合、QSSL 信号はいったん High になり、中断されていた SPI バスサイクルを終了させます。その後、新しい SPI バスサイクルが開始されます。

昇順の連続アドレスからデータが断続的に読み出される場合、この機能は、命令コードとアドレス送信の負荷を削減することにより、効率的な転送動作を実現します。

SPI バスサイクル拡張時間は、SFMSMD.SFMSE[1:0] ビットで選択できます。指定した拡張時間が経過すると、QSSL 信号は High レベルに戻り、中断されていた SPI バスサイクルを自動的に終了させます。SFMSE[1:0] ビットを 11b にすると、QSSL は無限に拡張されます。その場合、シリアルフラッシュの消費電力が増加します。図 31.34 に動作波形を示します。

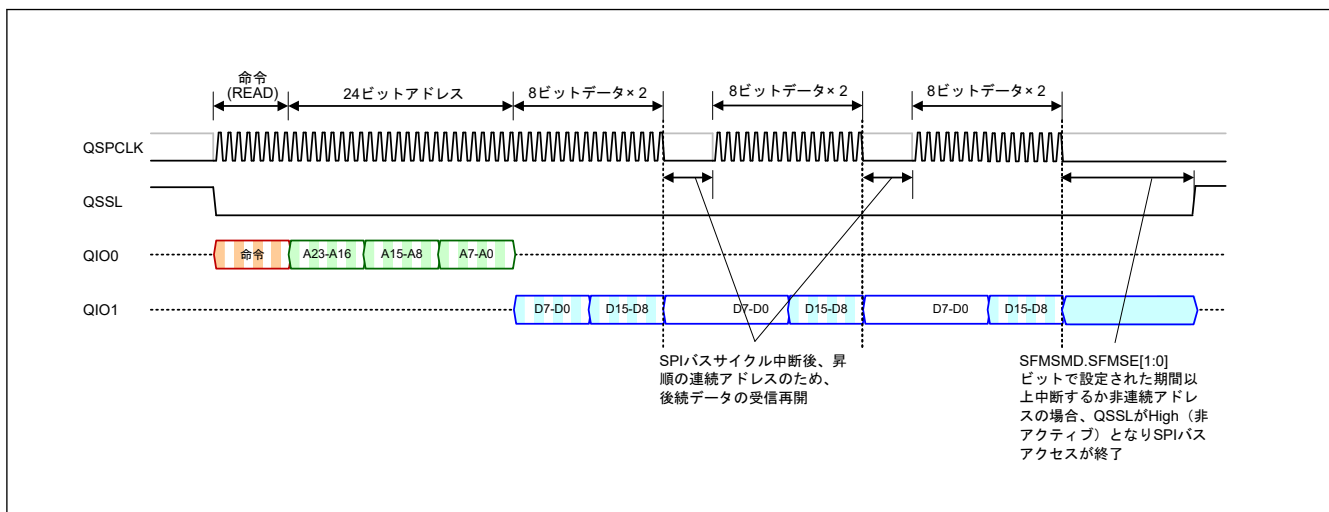


図 31.34 SPI バスサイクル拡張を使用した連続データリード動作

31.8 XIP 制御

シリアルフラッシュメモリデバイスの中には、フラッシュリードのための命令コード受信をスキップすることで、待ち時間を削減できるものもあります。この命令コードスキップ機能は、前のシリアルバスサイクルのダミーサイクル中に受信したモードデータにより選択されます。

ファストリード命令のダミーサイクルで、QSPI は、図 31.35 に示すように、最初の 2 周期で SFMSDC レジスタのシリアルフラッシュのモードデータビット (SFMXD[7:0]) に設定されたモードデータを、シリアルデータ信号を使って送信することによって、シリアルフラッシュメモリの XIP モードを制御します。

XIP モードを有効にするモードデータは、シリアルフラッシュメモリごとに異なります。そのため、SFMXD[7:0] ビットには適切なモードデータを設定してください。

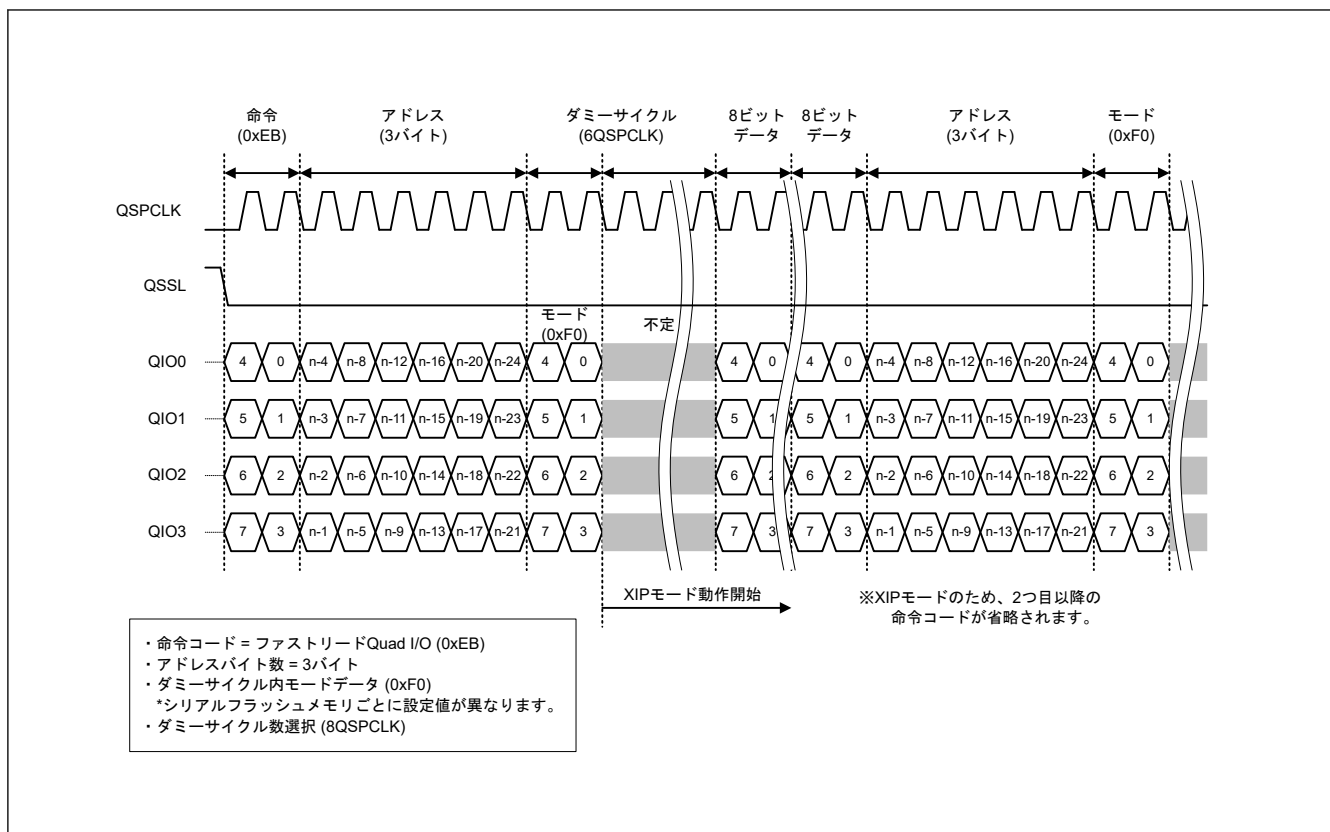


図 31.35 XIP モード制御データ

31.8.1 XIP モードの設定

シリアルフラッシュメモリで XIP モードを開始するため、以下のレジスタ設定をしてください。

- SFMSDC.SFMXD[7:0]ビットに、モードデータ値を設定(注1)
- SFMSDC レジスタの XIP モード許可ビット (SFMXEN) に、1 を設定

これらのレジスタ設定の後、最初ファストリードサイクルのダミーサイクルで、レジスタに設定されたモードデータ値が転送されます。その時点から、シリアルフラッシュメモリの XIP モードが有効になります。XIP モードに遷移した事は SFMSDC レジスタの XIP モード状態ビット (SFMXST) で確認できます。

注 1. SFMSDC.SFMXD[7:0]ビットでは、実際のシリアルフラッシュメモリの仕様に従ったモードデータを設定してください。

XIP モードの設定手順の一例を図 31.36 に示します

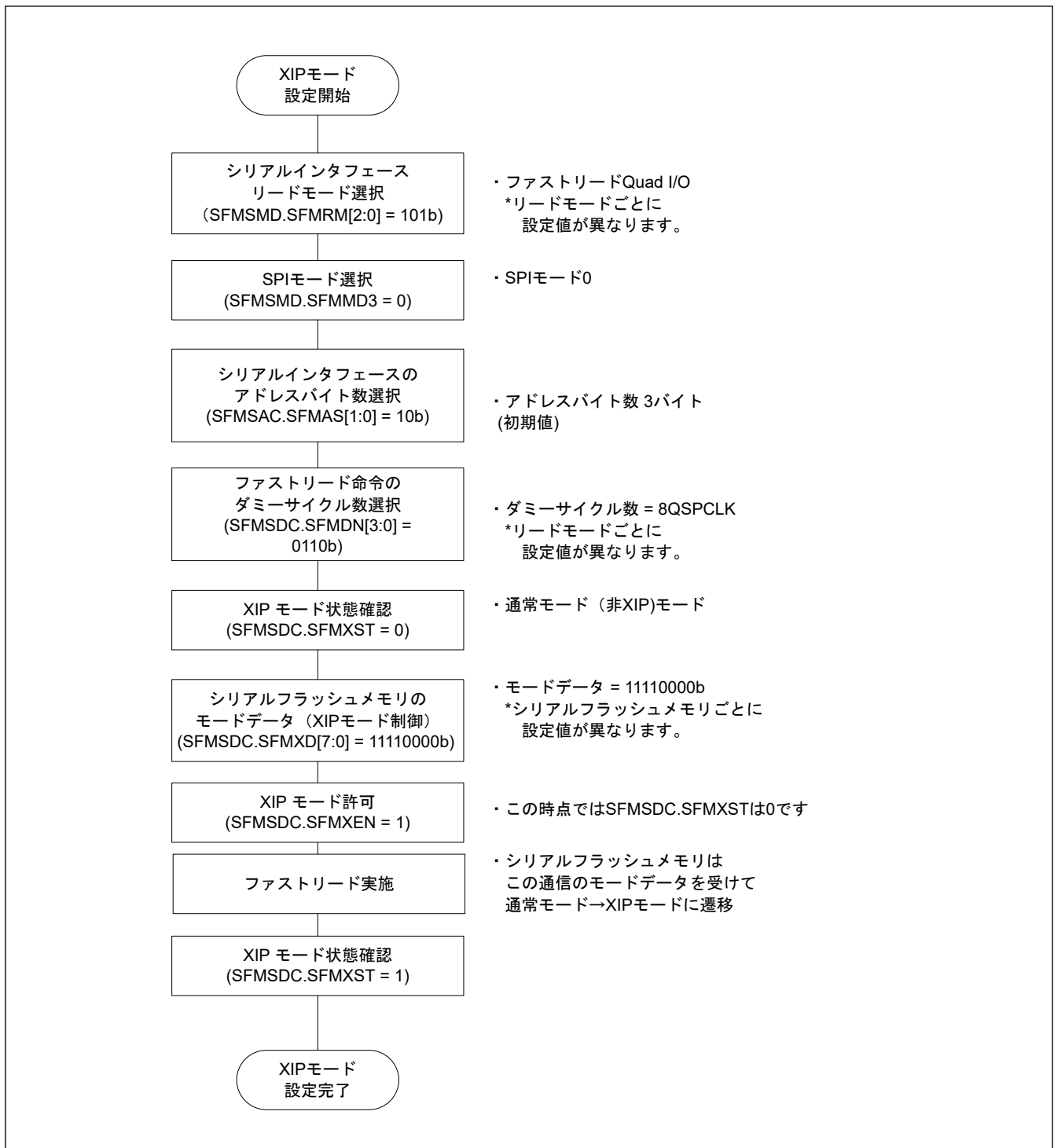


図 31.36 XIPモードのフローチャート

31.8.2 XIPモードの解除

シリアルフラッシュメモリの XIP モードを解除するには、以下のレジスタ設定を行います。

- SFMSDC.SFMXD [7:0]ビットで、モードデータ値を XIP モード禁止に設定する(注1)
- SFMSDC レジスタの SFMXEN ビットを 0 に設定する

このレジスタの設定後、最初のファストリードサイクルのダミーサイクルで、レジスタに設定された XIP モードを禁止するモードデータ値が転送されます。この時点から、シリアルフラッシュメモリの XIP モードは禁止されます。現在の XIP モードのステータスを確認するには、SFMSDC.SFMXST フラグを読み出します。

注 1. シリアルフラッシュメモリの仕様に従い、SFMSDC.SFMXD[7:0]ビットにモードデータを設定します。

図 31.37 に、XIP モードを解除する手順の例を示します。

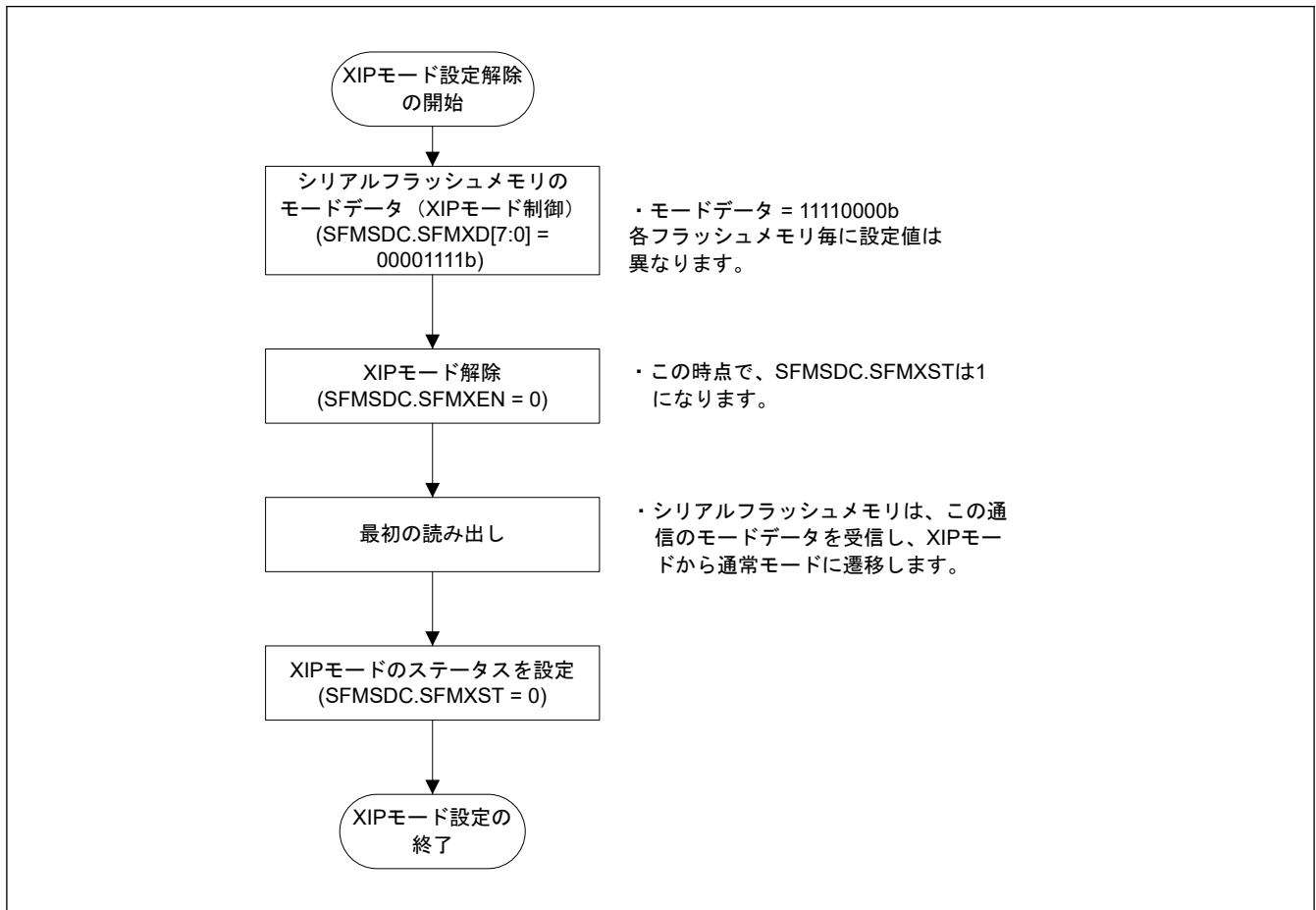


図 31.37 XIP モード解除のフローチャート

31.9 QIO2 端子、QIO3 端子の状態

QIO2 端子と QIO3 端子の状態は、SFMSMD.SFMRM[2:0]ビットに指定されたシリアルインタフェースのリードモードに依存します。

表 31.11 QIO2 端子、QIO3 端子の状態

SFMSMD.SFMRM[2:0]ビット	QIO2 端子の状態 ^(注1)	QIO3 端子の状態 ^(注2)	備考
111	設定禁止		
110			
101	シリアルデータ信号としての入力/出力 (非アクティブ時の端子状態は Hi-Z)	シリアルデータ信号としての入力/出力 (非アクティブ時の端子状態は Hi-Z)	ファストリード Quad I/O
100			ファストリード Quad 出力
011	ポートコントロールレジスタ (SFMPMD) の WP 端子レベルの指定ビット (SFMWPL) 変数出力 (初期値は Low レベル)	出力 High レベル	ファストリード Dual I/O
010			ファストリード Dual 出力
001			ファストリード
000			標準リード (初期状態)

注 1. シリアルフラッシュメモリは、書き込み禁止 (WP) 機能用に QIO2 端子も使用できます。WP 機能は、ステータスレジスタへの書き込みを禁止します。(この機能は、Quad-SPI モード以外で利用できます。)

注 2. シリアルフラッシュメモリは、HOLD または RESET 機能用に QIO3 端子も使用できます。チップを非選択にしなくても、HOLD 機能は入出力端子を非アクティブ状態にします。(この機能は、Quad-SPI モード以外で利用できます。)
リセット機能は、シリアルフラッシュメモリをリセットします。(QSSL 端子が非アクティブ状態 (High) であるか、QIO3 端子を使用しないモードであるときに、この機能を使用できます。)

31.10 直接通信モード

31.10.1 直接通信

QSPI は、QSPI ウィンドウ領域からの読み出しを SPI バスサイクルに自動変換することにより、シリアルフラッシュメモリの内容を読み出すことが可能です。ただし、シリアルフラッシュメモリはメモリデータリードの他にも、ID 情報のリード、イレーズ、プログラミング、状態情報リードなどの各種機能を備えています。これらの機能を使用するための標準命令セットは存在せず、多くのベンダーが様々なデバイスに次々と機能を追加しています。そのため、ソフトウェアがシリアルフラッシュメモリと直接通信することにより、これらの機能をサポートする SPI バスサイクルを生成することが可能です。

31.10.2 直接通信モードの使用

シリアルフラッシュメモリと直接通信するには、通信モードコントロールレジスタ (SFMCMD) の SPI バスとの通信モード選択ビット (DCOM) を 1 にして直接通信モードへ遷移してください。直接通信モードを選択している間は、QSPI ウィンドウによるシリアルフラッシュメモリへのリードはできません。

注. QSPI を XIP モードに設定している場合、XIP モードを停止してから直接通信モードを開始してください。

31.10.3 直接通信時の SPI バスサイクルの発生

直接通信の SPI バスサイクルは、通信ポートレジスタ (SFMCOM) への最初のアクセスにより開始され、SFMCMD.DCOM ビットに 1 を書き込むことにより終了します。

SFMCOM レジスタへの最初のアクセスから SFMCMD レジスタへの最後の書き込み動作までの期間中、QSSL 信号はアクティブに保持され、シリアルフラッシュメモリに一連の SPI バスサイクルが進行中であることを通知します。

注. 直接通信モードでは、SFMCMD および SFMCOM 以外のレジスタ (SFMSMD、FMSSC、SFMSKC、SFMSST、SFMCST、SFMSIC、SFMSAC、SFMSDC、SFMSPC、SFMPMD を含む) への書き込みはすべて禁止されています。

図 31.38 から 図 31.40 に、直接通信のプログラム例を示します。図 31.41 に、ID リードでの直接通信のタイミング例を示します。

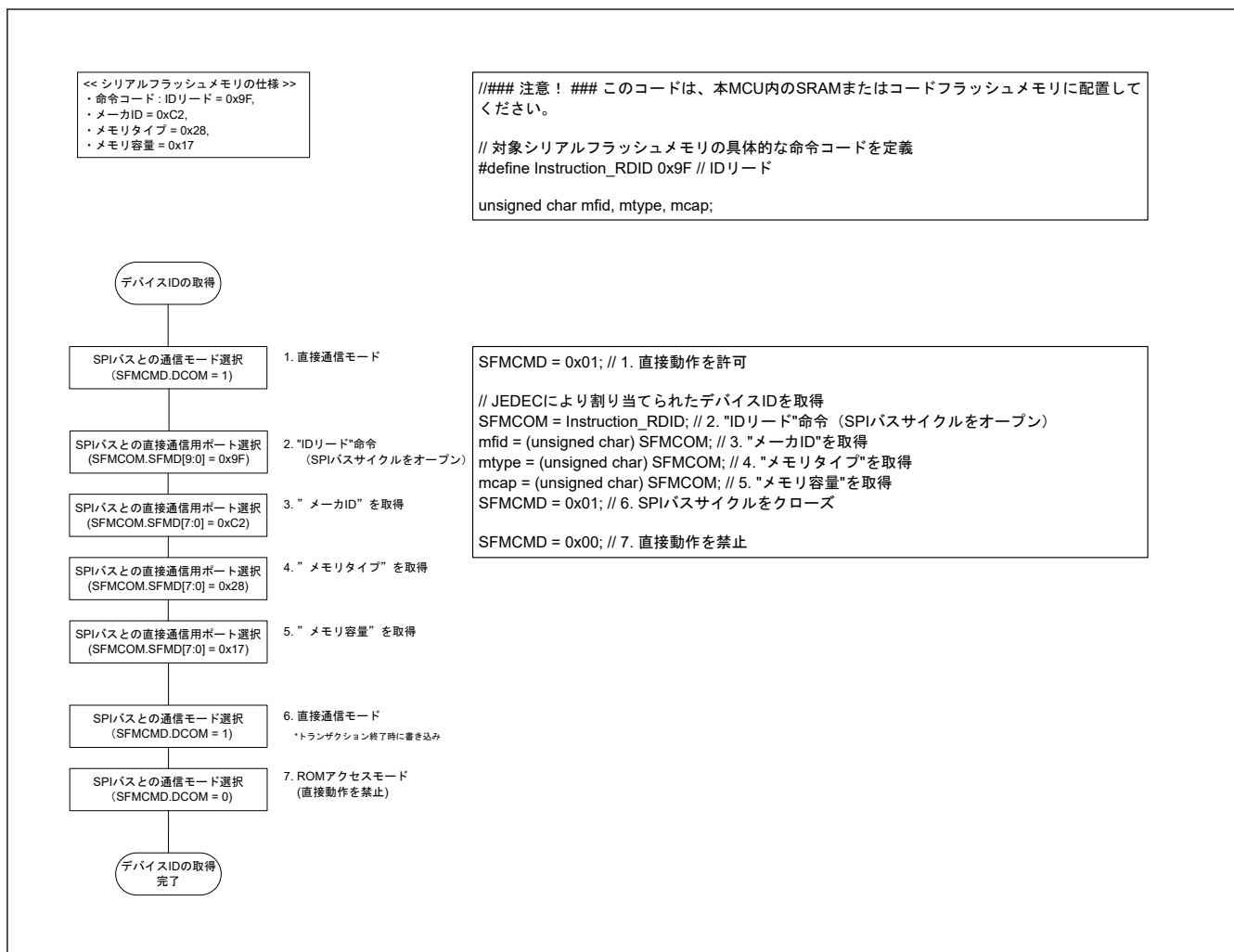
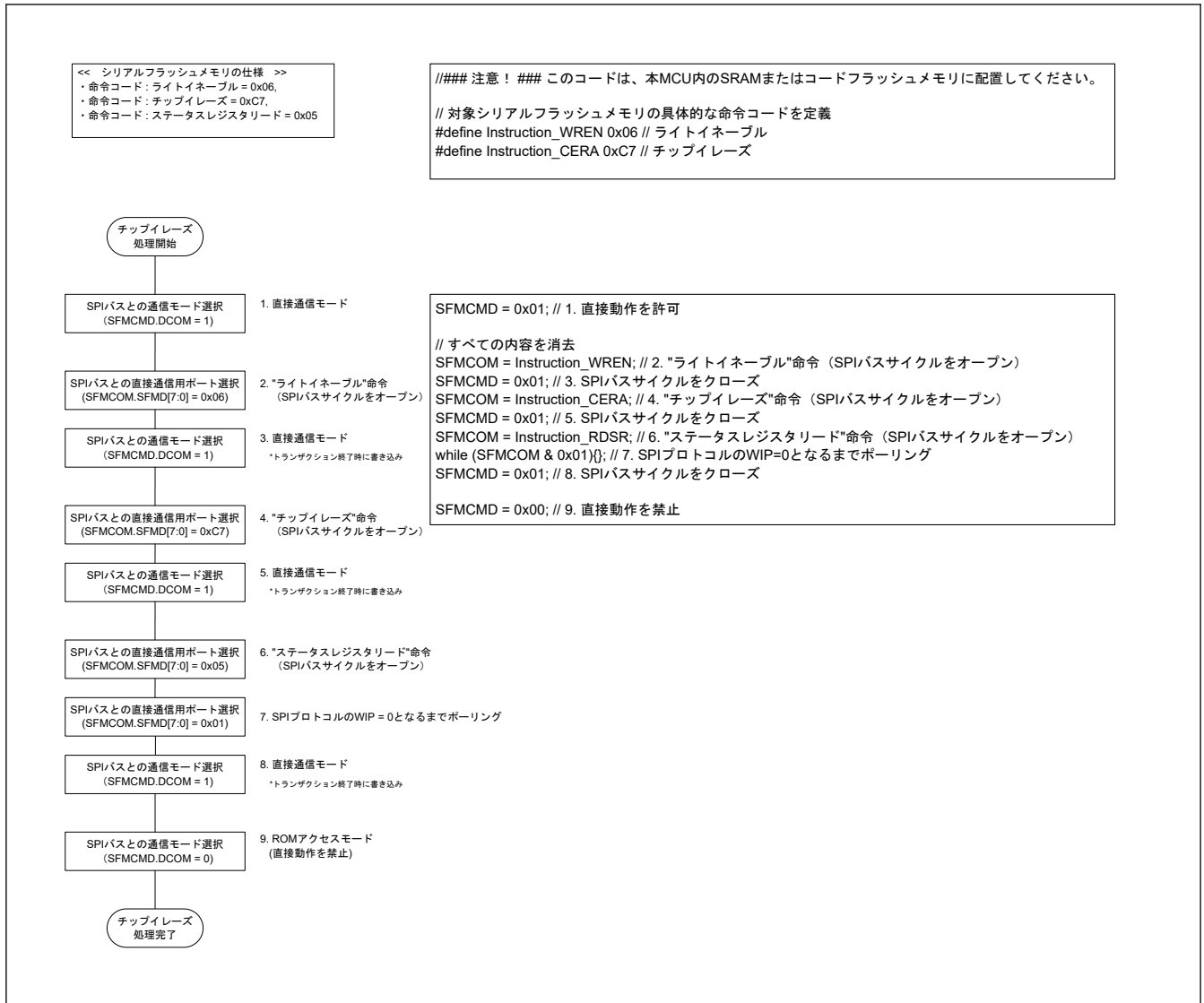


図 31.38 デバイス ID 取得のフローチャート



図 31.39 ファストリード命令による1バイト取得のフローチャート



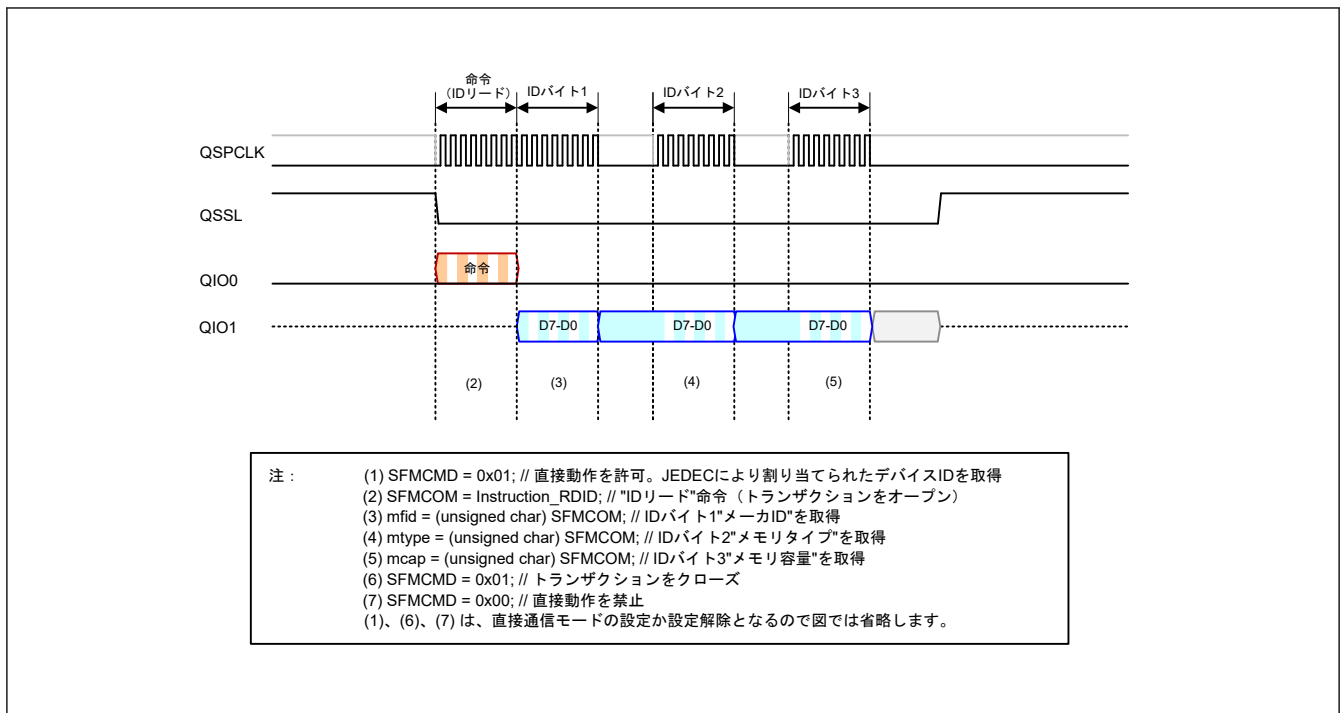


図 31.41 ID リードの直接通信タイミング例

注. 直接通信モードでシングル SPI プロトコル、拡張 SPI プロトコルを使用している場合、シリアルフラッシュメモリの内容を参照するために標準リード命令またはファストリード命令を使用する必要があります。この構成では、QSPI はファストリード Dual 出力、ファストリード Dual I/O、ファストリード Quad 出力、ファストリード Quad I/O の各転送をサポートしていません。これらのファストリード動作が必要な場合、ROM アクセスメモリを使用してください。

31.11 割り込み

直接通信モードで ROM リードアクセスを検出すると、SFMCS.T.EROMR フラグは 1 になり、QSPI は割り込み要求を発生させます。0 書き込みにより EROMR フラグがクリアされるまで、割り込み要求は保持されます。詳細は「[13. 割り込みコントローラユニット \(ICU\)](#)」を参照してください。

31.12 使用上の注意事項

31.12.1 モジュールストップ機能の設定

モジュールストップコントロールレジスタ B (MSTPCRB) によって、QSPI の動作を禁止または許可することが可能です。リセット後の初期状態では、QSPI の動作は停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細は「[10. 低消費電力モード](#)」を参照してください。

31.12.2 複数のコントロールレジスタの設定変更手順

QSPI コントロールレジスタの設定は、システム動作中に動的に変更できます。ただし、複数のコントロールレジスタの設定を連続して変更する場合、すべてのレジスタの更新が完了する前に SPI バスサイクルが発生する場合があります。すべてのレジスタ設定変更段階で SPI バスタイミング仕様を満足するように、レジスタを設定する必要があります。

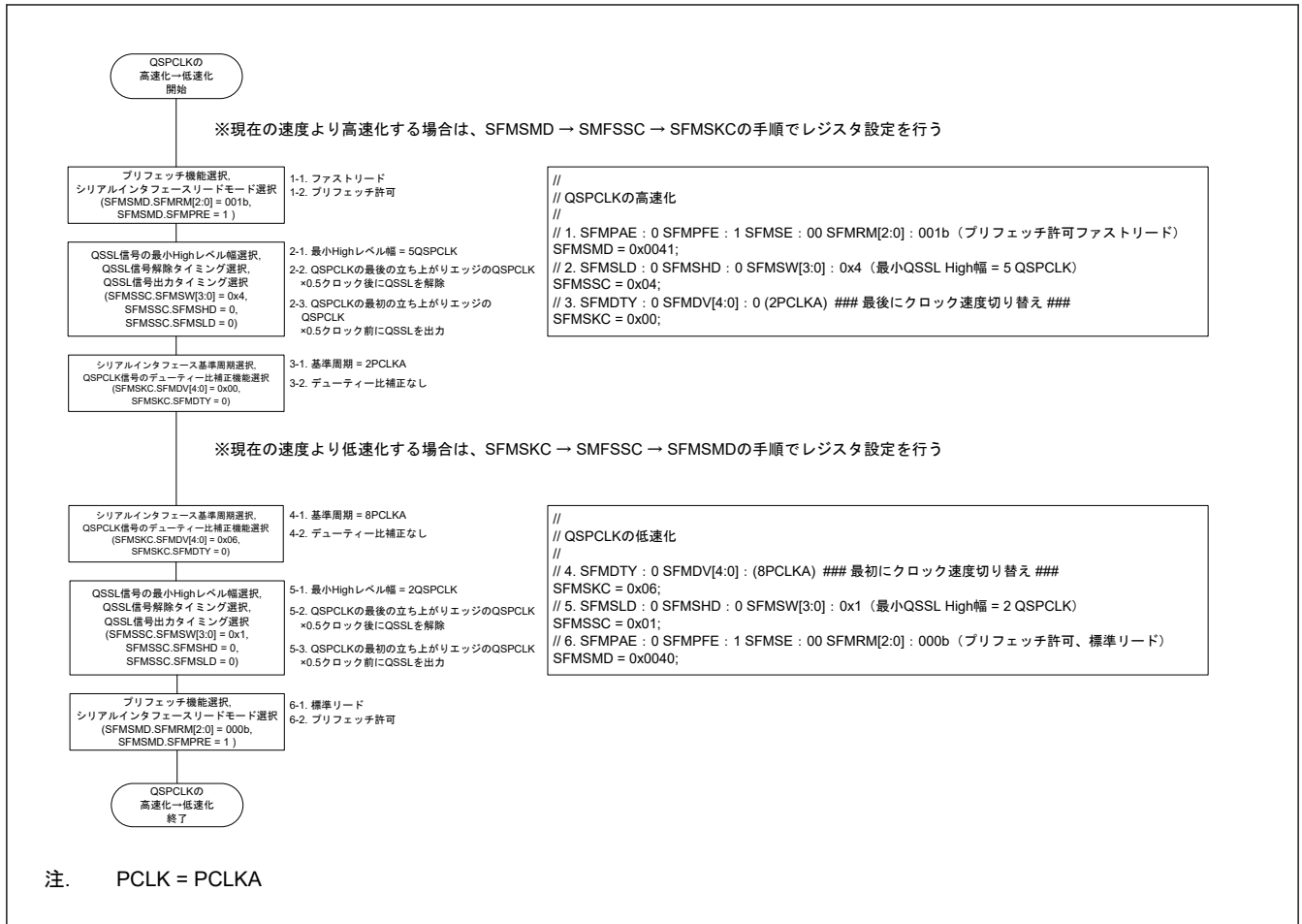


図 31.42 QSPCLK の速度を増減するフローチャート

32. 巡回冗長検査 (CRC)

32.1 概要

巡回冗長検査 (CRC: Cyclic Redundancy Check) は、CRC コードを生成してデータエラーを検出します。LSB ファーストまたは MSB ファーストでの通信用に、CRC 演算結果のビットオーダーを切り替えることができます。さらに、さまざまな CRC 生成多項式を使用できます。

表 32.1 に CRC 演算器の仕様を、図 32.1 にブロック図を示します。

表 32.1 CRC 演算器の仕様

項目	内容	
データサイズ	8 ビット	32 ビット
CRC 演算対象データ(注1)	8n ビット単位の任意データに対し CRC コードを生成 (n = 自然数)	32n ビット単位の任意データに対し CRC コードを生成 (n = 自然数)
CRC 演算処理方式	8 ビット並列実行	32 ビット並列実行
CRC 生成多項式	3 つの生成多項式から 1 つ選択可能 [8 ビット CRC] <ul style="list-style-type: none"> $X^8 + X^2 + X + 1$ (CRC-8) [16 ビット CRC] <ul style="list-style-type: none"> $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$ (CRC-16) $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$ (CRC-CCITT) 	2 つの生成多項式から 1 つ選択可能 [32 ビット CRC] <ul style="list-style-type: none"> $X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$ (CRC-32) $X^{32} + X^{28} + X^{27} + X^{26} + X^{25} + X^{23} + X^{22} + X^{20} + X^{19} + X^{18} + X^{14} + X^{13} + X^{11} + X^{10} + X^9 + X^8 + X^6 + 1$ (CRC-32C)
CRC 演算切り替え	LSB ファーストまたは MSB ファーストでの通信用に、CRC 演算結果のビットオーダーを切り替えることができます。	
モジュールストップ機能	モジュールストップ状態を設定して消費電力を削減が可能	
TrustZone フィルタ	セキュリティ属性を設定可能	

注 1. 本機能は、CRC 演算で使用するデータを分割できません。8 ビット単位または 32 ビット単位で書いてください。

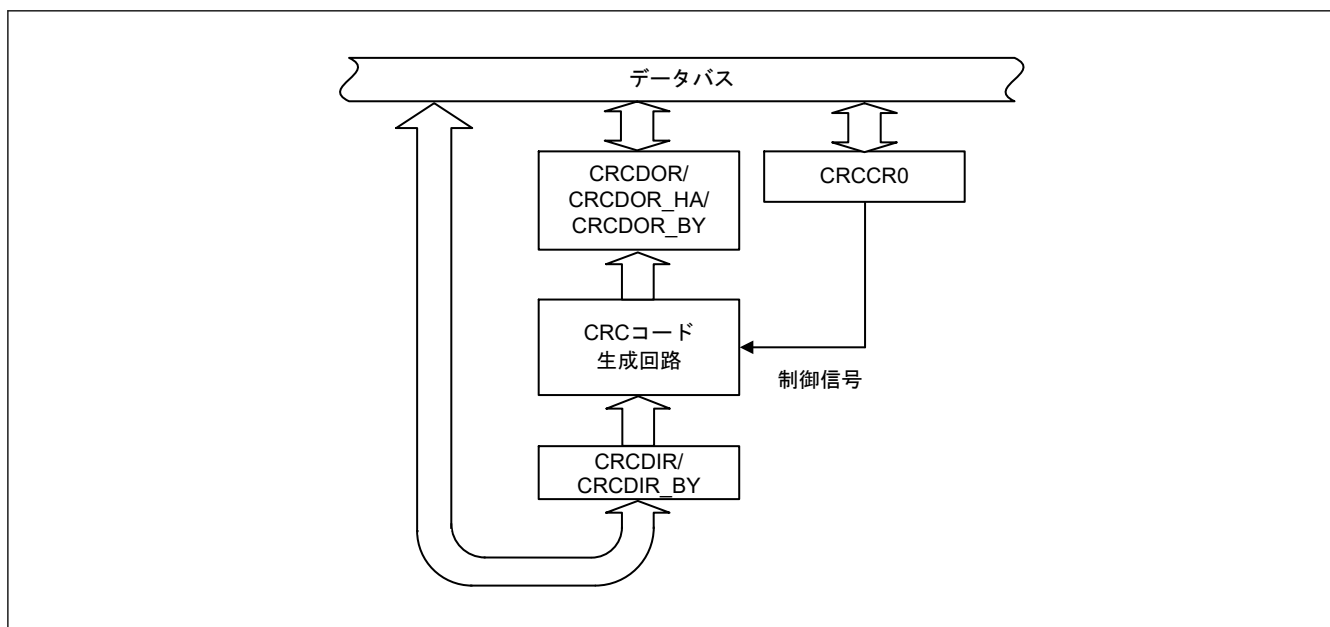


図 32.1 CRC 演算器のブロック図

32.2 レジスタの説明

32.2.1 CRCCR0 : CRC コントロールレジスタ 0

Base address: CRC = 0x4010_8000

Offset address: 0x00

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	DORCLR	LMS	—	—	—	GPS[2:0]		

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	GPS[2:0]	CRC 生成多項式切り替え 0 0 1: 8 ビット CRC-8 ($X^8 + X^2 + X + 1$) 0 1 0: 16 ビット CRC-16 ($X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$) 0 1 1: 16 ビット CRC-CCITT ($X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$) 1 0 0: 32 ビット CRC-32 ($X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$) 1 0 1: 32 ビット CRC-32C ($X^{32} + X^{28} + X^{27} + X^{26} + X^{25} + X^{23} + X^{22} + X^{20} + X^{19} + X^{18} + X^{14} + X^{13} + X^{11} + X^{10} + X^9 + X^8 + X^6 + 1$) その他: 演算しない	R/W
5:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6	LMS	CRC 演算切り替え 0: LSB ファースト通信用に CRC を生成 1: MSB ファースト通信用に CRC を生成	R/W
7	DORCLR	CRCDOR/CRCDOR_HA/CRCDOR_BY レジスタクリア 0: 影響なし 1: CRCDOR/CRCDOR_HA/CRCDOR_BY レジスタをクリア	W

GPS[2:0]ビット (CRC 生成多項式切り替え)

GPS[2:0]ビットは、CRC 生成多項式を選択します。

LMS ビット (CRC 演算切り替え)

LMS ビットは、生成した CRC コードのビットオーダを選択します。LSB ファーストで通信を行う場合は CRC コードの下位バイトから先に、MSB ファーストで通信を行う場合は CRC コードの上位バイトから先に送信してください。CRC コードの送信および受信については、「[32.3. 動作説明](#)」を参照してください。

DORCLR ビット (CRCDOR/CRCDOR_HA/CRCDOR_BY レジスタクリア)

DORCLR ビットを 1 にすると、CRCDOR/CRCDOR_HA/CRCDOR_BY レジスタが 0x00000000 になります。読むと 0 が読めます。このビットには 1 のみ書けます。

32.2.2 CRCDIR/CRCDIR_BY : CRC データ入力レジスタ

Base address: CRC = 0x4010_8000

Offset address: 0x04

Bit position:	31																												0
Bit field:																													

Value after reset: 0

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	n/a	CRC 入力データ CRCDIR レジスタは、CRC-32 または CRC-32C 演算用データを書き込む 32 ビットの読み出し/書き込みレジスタです。CRCDIR_BY (CRCDIR[31:24]) レジスタは、CRC-8、CRC-16、または CRC-CCITT 演算用データを書き込む 8 ビットの読み出し/書き込みレジスタです。	R/W

32.2.3 CRCDOR/CRCDOR_HA/CRCDOR_BY : CRC データ出力レジスタ

Base address: CRC = 0x4010_8000

Offset address: 0x08

Bit position: 31

0

Bit field:

Value after reset: 0

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	n/a	CRC 出力データ CRCDOR レジスタは、CRC-32 または CRC-32C 用の 32 ビットの読み出し/書き込みレジスタです。 CRCDOR_HA (CRCDOR[31:16]) レジスタは、CRC-16 または CRC-CCITT 演算用の 16 ビットの読み出し/書き込みレジスタです。 CRCDOR_BY (CRCDOR[31:24]) レジスタは、CRC-8 演算用の 8 ビットの読み出し/書き込みレジスタです。初期値は 0x00000000 です。初期値以外を用いて演算する場合は、CRCDOR/CRCDOR_HA/CRCDOR_BY レジスタを書き換えてください。 CRCDIR/CRCDIR_BY レジスタに書き込まれたデータに対して CRC 演算が実行され、結果が CRCDOR/CRCDOR_HA/CRCDOR_BY レジスタに格納されます。転送されたデータに続いて CRC コードを計算し、その結果が 0x00000000 であると、CRC エラーなしと判断できます。	R/W

32.3 動作説明

32.3.1 基本動作

CRC 演算器は、LSB ファーストまたは MSB ファースト転送で使用する CRC コードを生成します。

16 ビットの CRC-CCITT 生成多項式 ($X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$) を使用して、入力データ (0xF0) に対し CRC コードを生成する例を以下に示します。この例では、CRC 演算の前に、CRC データ出力レジスタ (CRCDOR_HA) の値をクリアします。

8 ビット CRC ($X^8 + X^2 + X + 1$ の多項式) を使用している場合は、CRCDOR_BY レジスタに有効な CRC コードのビットが得られます。32 ビット CRC を使用している場合は、CRCDOR レジスタに有効な CRC コードのビットが得られます。

図 32.2 と 図 32.3 に LSB ファーストおよび MSB ファーストのデータ送信例をそれぞれ示します。図 32.4 と 図 32.5 に LSB ファーストおよび MSB ファーストのデータ受信例をそれぞれ示します。

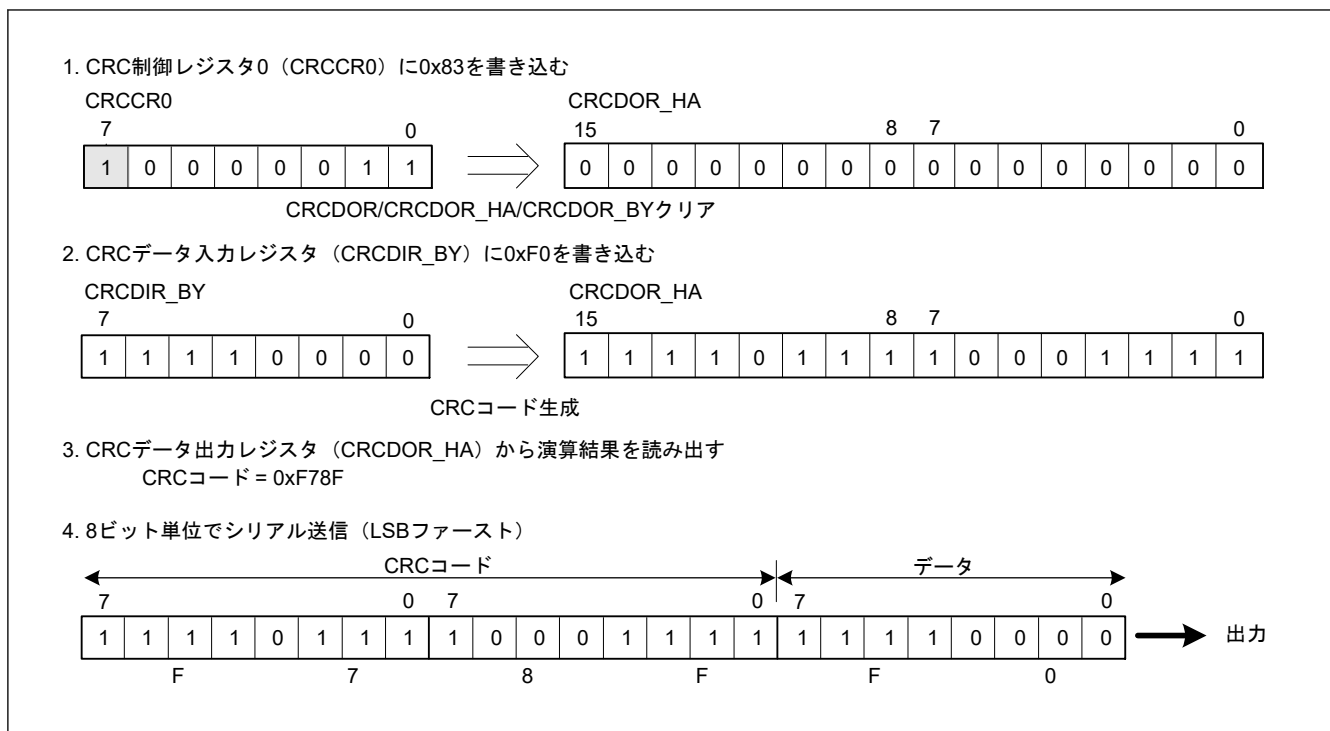


図 32.2 LSB ファーストのデータ送信

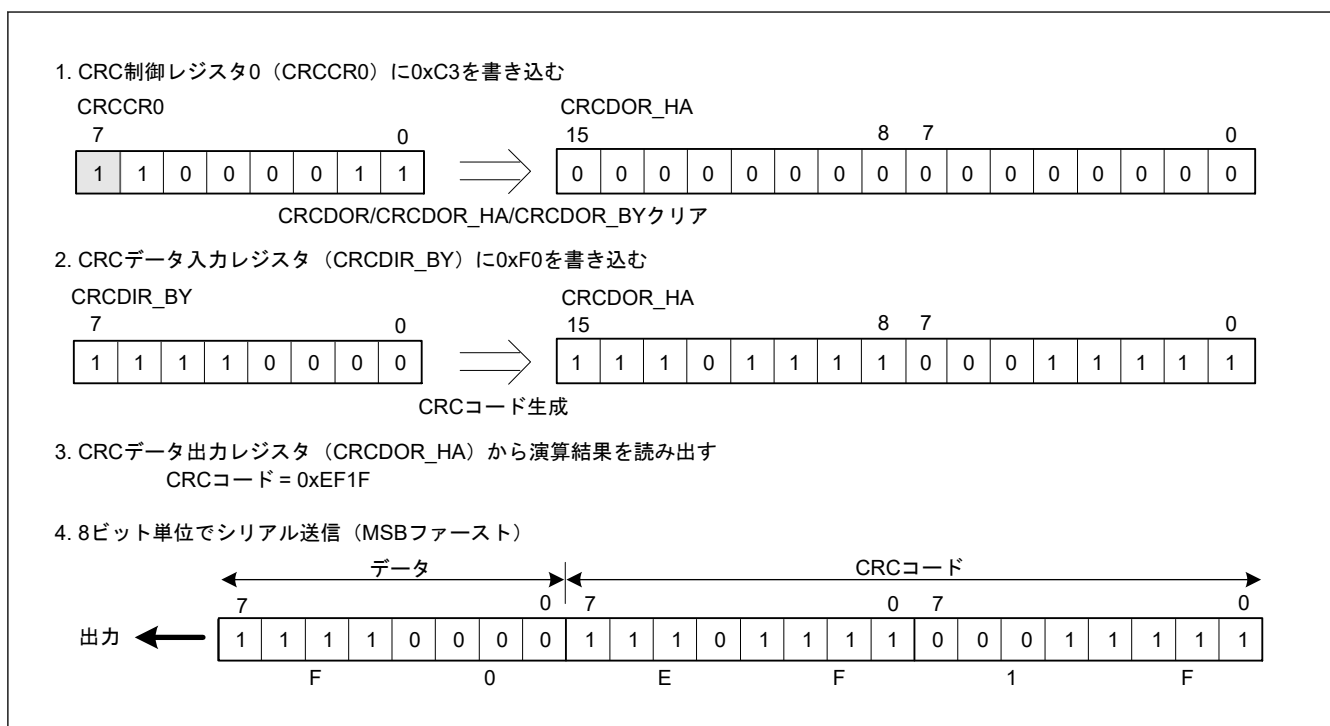


図 32.3 MSB ファーストのデータ送信

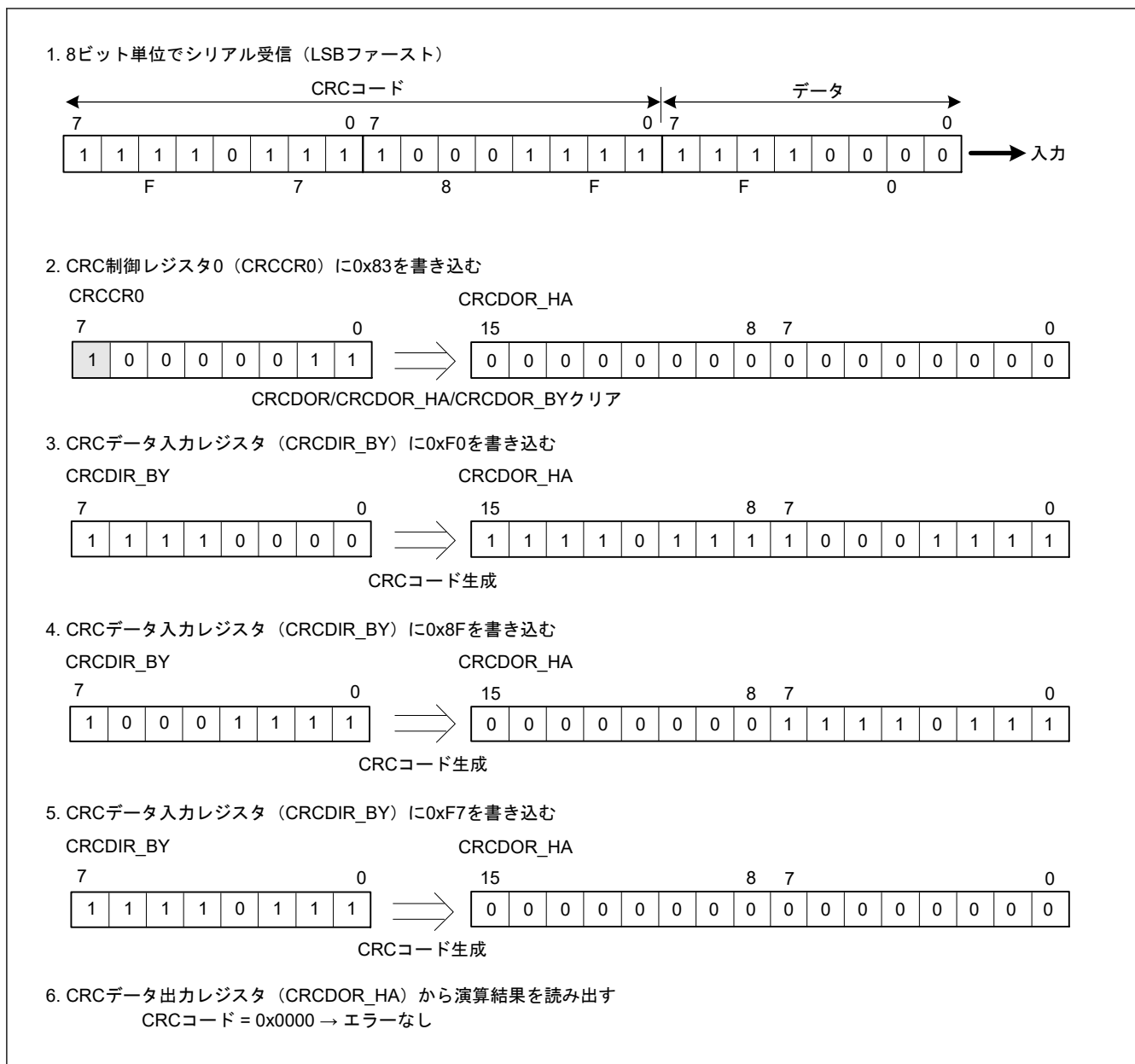


図 32.4 LSBファーストのデータ受信

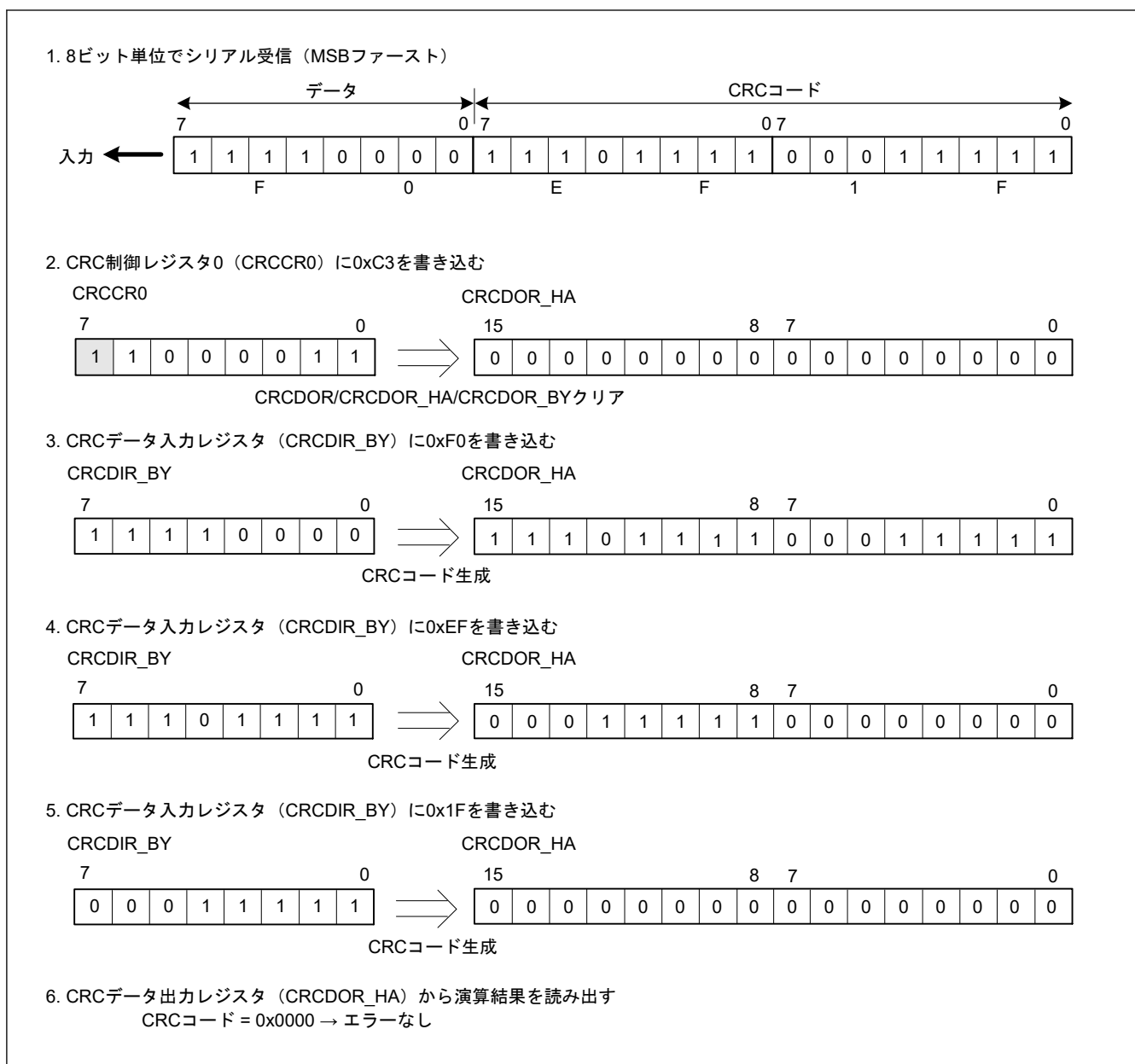


図 32.5 MSB ファーストのデータ受信

32.4 使用上の注意事項

32.4.1 モジュールストップ状態の設定

モジュールストップコントロールレジスタ C (MSTPCRC) により、CRC 演算器の動作禁止/許可を設定することが可能です。リセット後の値では、CRC 演算器の動作は停止します。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細は、「10. 低消費電力モード」を参照してください。

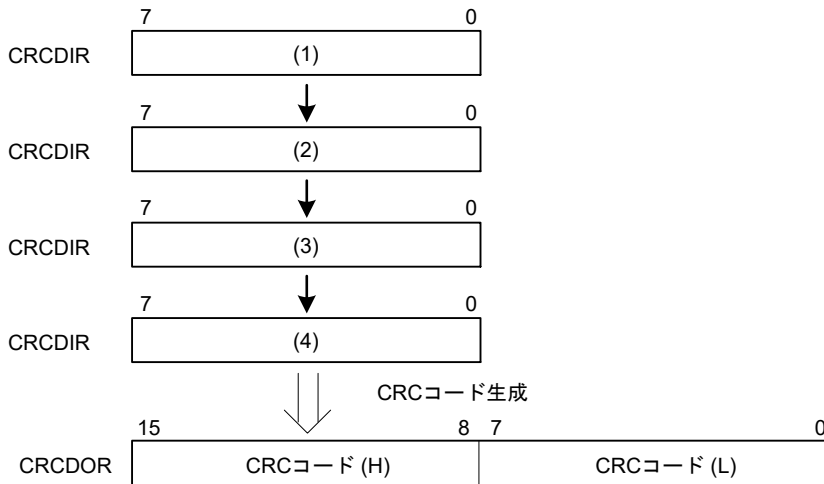
32.4.2 送信時の注意事項

LSB ファーストで送信する場合と、MSB ファーストで送信する場合とでは、CRC コードの送信順序が異なります。図 32.6 に LSB ファーストと MSB ファーストのデータ送信を示します。

32ビットのデータを送信する場合 (8ビット単位での並列処理)

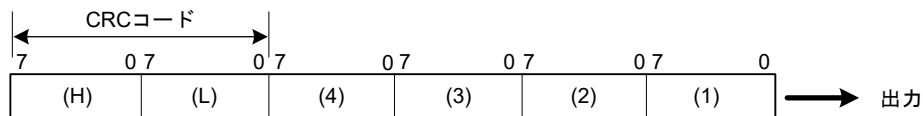
1. CRCコード

生成演算方法を指定後、(1) → (2) → (3) → (4) の順でCRCDIRにデータを書く



2. 送信データ

(i) LSBファーストで送信する場合



(ii) MSBファーストで送信する場合

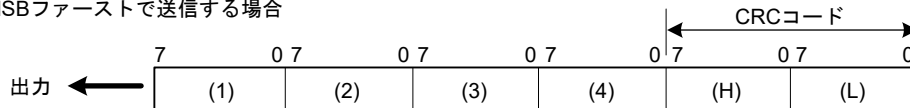


図 32.6 LSBファーストとMSBファーストのデータ送信

33. バウンダリスキャン

33.1 概要

バウンダリスキャン機能は、JTAG (Joint Test Action Group)、IEEE Std.1149.1 および IEEE Standard Test Access Port and Boundary Scan Architecture に基づくシリアル入出力インタフェースを提供します。表 33.1 にバウンダリスキャンの仕様を、図 33.1 にブロック図を、表 33.2 に入出力端子を示します。

表 33.1 バウンダリスキャンの仕様

項目	内容
実行条件	RES 端子が Low の場合にバウンダリスキャンを実行する必要があります。
テストモード	<ul style="list-style-type: none"> ● BYPASS モード ● EXTEST モード ● SAMPLE/PRELOAD モード ● CLAMP モード ● HIGHZ モード ● IDCODE モード

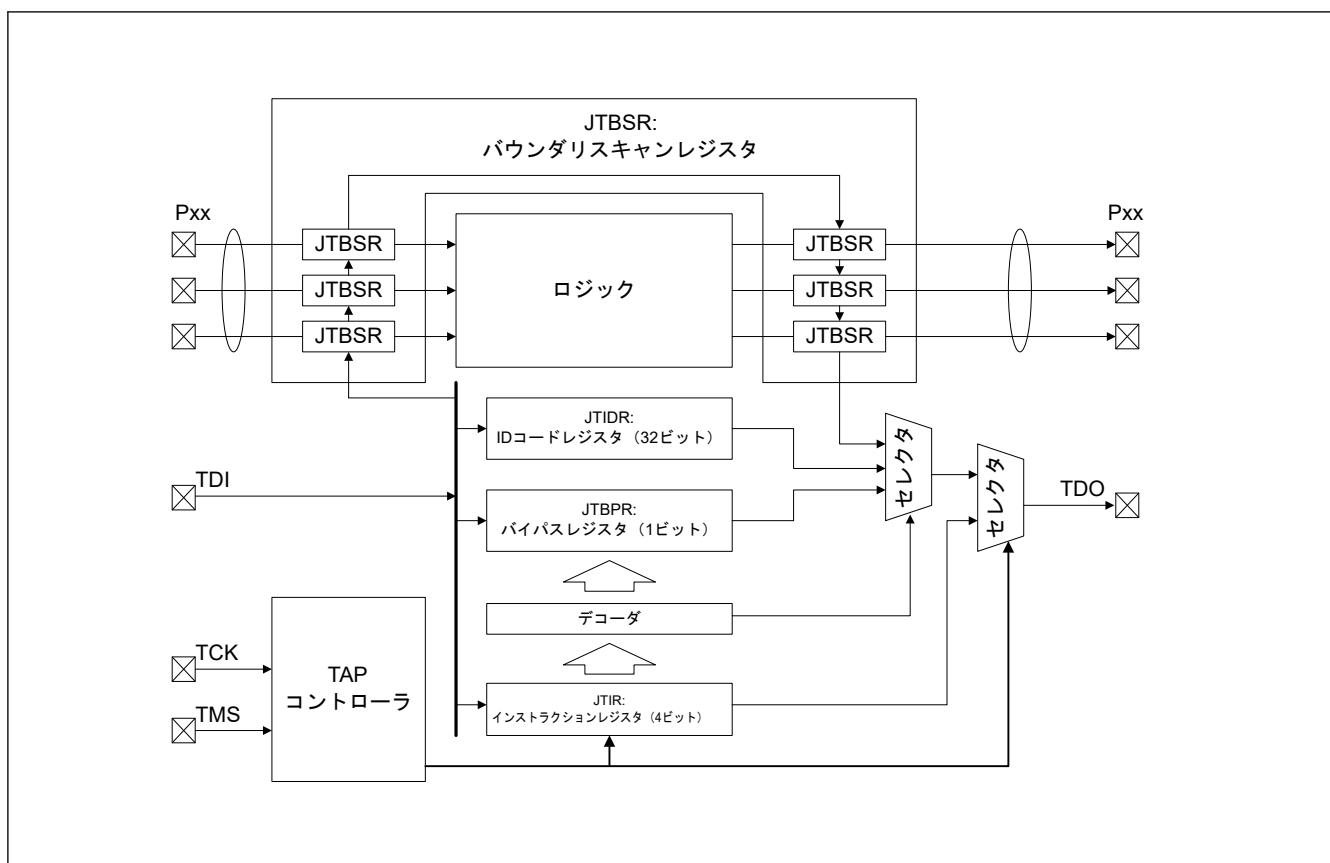


図 33.1 バウンダリスキャン機能のブロック図

表 33.2 バウンダリスキャンの入出力端子

端子名称	入出力	機能
TCK	入力	テストクロック入力 バウンダリスキャン用のクロック信号。バウンダリスキャン機能使用時、入力クロックデューティ比は 50%です。
TMS	入力	テストモード選択
TDI	入力	テストデータ入力
TDO	出力	テストデータ出力

注: 本デバイスは、JTAG インタフェース用の TRST 端子は備えていません。

33.2 レジスタの説明

表 33.3 にバウンダリスキャンのレジスタ一覧を示します。

表 33.3 バウンダリスキャンレジスタ

レジスタ名	記号	リセット後の値
インストラクションレジスタ	JTIR	0xE
ID コードレジスタ	JTIDR	0x0840_E447
バイパスレジスタ	JTBPR	不定
バウンダリスキャンレジスタ	JTBSR	不定

バウンダリスキャンレジスタの使用上の注意

- インストラクションは、TDI 端子からシリアル転送によりインストラクションレジスタ (JTIR) へ入力できません
- バイパスレジスタ (JTBPR) は 1 ビットのレジスタで、BYPASS モード時に TDI 端子と TDO 端子はこのレジスタに接続されます
- バウンダリスキャンレジスタ (JTBSR) は BSDL の記述に基づき構成されており、テストデータをシフトインするときに TDI 端子と TDO 端子の間に接続されます

表 33.4 に各レジスタのシリアル転送を示します。

表 33.4 レジスタのシリアル転送

レジスタ名	シリアル入力	シリアル出力
インストラクションレジスタ (JTIR)	可能	可能
ID コードレジスタ (JTIDR)	可能	可能
バイパスレジスタ (JTBPR)	可能	可能
バウンダリスキャンレジスタ (JTBSR)	可能	可能

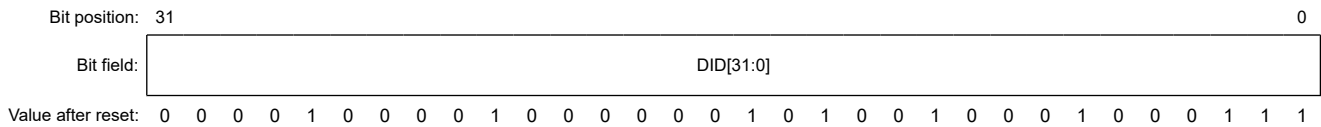
33.2.1 JTIR : インストラクションレジスタ

Bit position:	3	2	1	0
Bit field:	TS[3:0]			
Value after reset:	1	1	1	0

ビット	シンボル	機能	R/W																
3:0	TS[3:0]	テストビットセット これらのビットの命令構成 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>TS[3:0]</th> <th>インストラクション</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0x0</td> <td>EXTEST</td> </tr> <tr> <td>0x1</td> <td>SAMPLE/PRELOAD</td> </tr> <tr> <td>0x3</td> <td>IDCODE (ルネサスコード)</td> </tr> <tr> <td>0x5</td> <td>CLAMP</td> </tr> <tr> <td>0x6</td> <td>HIGHZ</td> </tr> <tr> <td>0xF</td> <td>BYPASS</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>予約</td> </tr> </tbody> </table>	TS[3:0]	インストラクション	0x0	EXTEST	0x1	SAMPLE/PRELOAD	0x3	IDCODE (ルネサスコード)	0x5	CLAMP	0x6	HIGHZ	0xF	BYPASS	その他	予約	—
TS[3:0]	インストラクション																		
0x0	EXTEST																		
0x1	SAMPLE/PRELOAD																		
0x3	IDCODE (ルネサスコード)																		
0x5	CLAMP																		
0x6	HIGHZ																		
0xF	BYPASS																		
その他	予約																		

JTAG 命令は、TDI 端子からのシリアル入力によって JTIR レジスタに転送することができます。JTIR レジスタは、パワーオンリセットが発生したとき、または TAP コントローラが Test-Logic-Reset 状態のときに初期化されます。

33.2.2 JTIDR : ID コードレジスタ



ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	DID[31:0]	デバイス ID 本ビットはデバイス IDCODE (0x0840_E447) を示す固定値を格納します。	—

IDCODE 命令の実行時、JTIDR レジスタのデータを TDO 端子から出力します。リセット解除後に、JTIDR の DID[31:0] ビットは Arm[®] デバッグコードに変化します。Arm[®] CoreSight[™] SoC-400 Technical Reference Manual (ARM DDI 0480F) を参照してください。

33.2.3 JTBPR : バイパスレジスタ

JTBPR レジスタは、1 ビットのレジスタです。JTIR レジスタが BYPASS モードに設定された場合、TDI 端子と TDO 端子は JTBPR レジスタに接続されます。CPU から JTBPR レジスタへの読み出し/書き込みはできません。

33.2.4 JTBSR : バウンダリスキャンレジスタ

JTBSR レジスタは、本デバイスの入出力端子の制御を行うために PAD 上に配置されたシフトレジスタです。バウンダリスキャンテスト中の JTBSR レジスタを適用するには、EXTEST、SAMPLE/PRELOAD、CLAMP、HIGHZ の命令を発行します。BSDL ファイルは、JTBSR レジスタと本デバイスの端子の関係を示しています。リセット後の値は不定です。

33.3 動作

リセット時に、JTAG ポートの TCK、TMS、TDI、および TDO がデフォルトの端子機能として割り当てられます。TCK、TMS、および TDI 端子はプルアップ抵抗器によってプルアップします。パワーオンリセットがネゲートされ、RES 端子が Low の場合に、セットアップ時間が経過した後にバウンダリスキャンテストを行うことができます。

33.3.1 TAP コントローラ

図 33.2 に TAP コントローラの状態遷移図を示します。すべての遷移は TMS 信号によって制御されます。

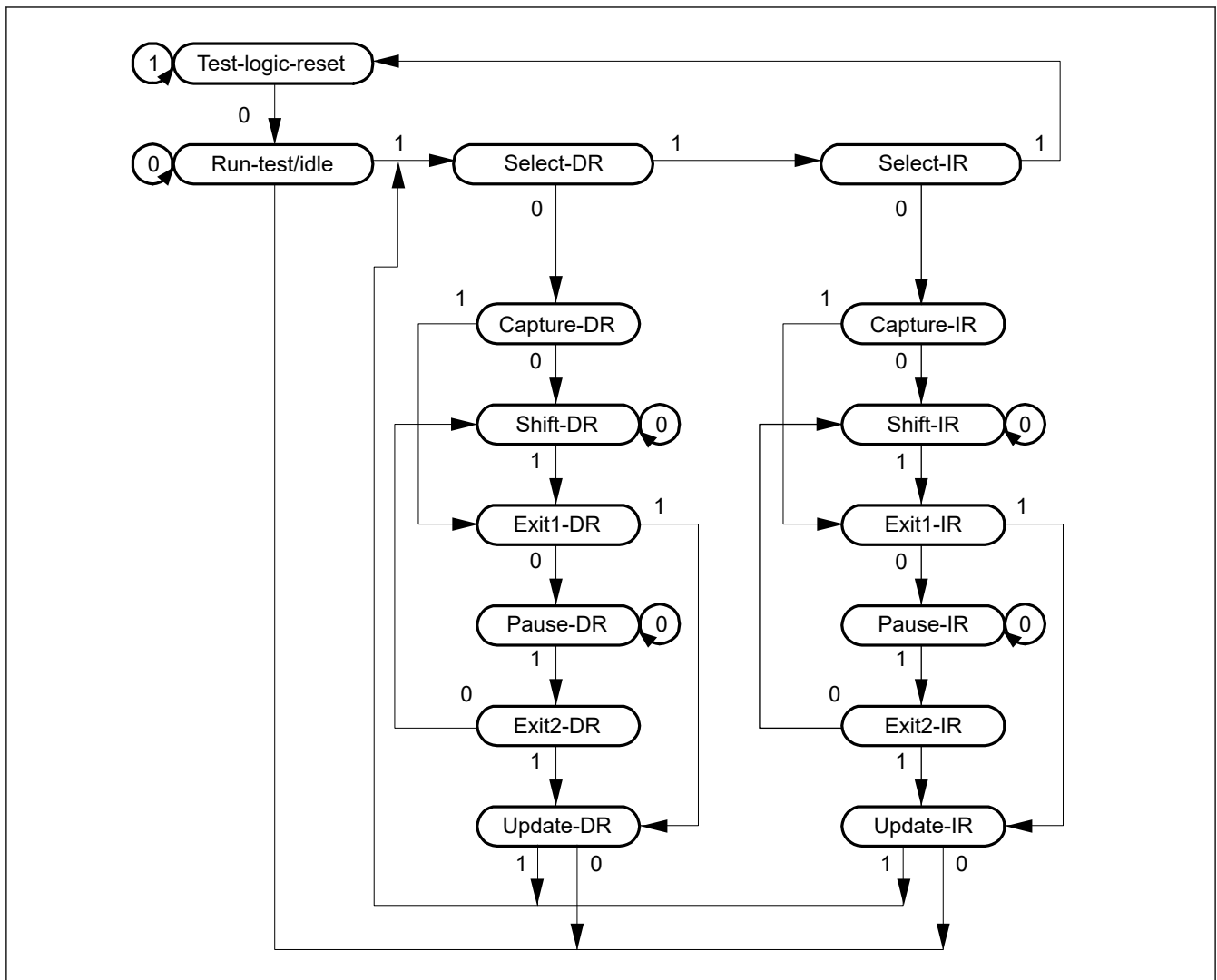


図 33.2 TAP コントローラの状態遷移図

33.3.2 コマンド

(1) BYPASS

BYPASS 命令は、バイパスレジスタ (JTBP) を動作させます。この命令はシフトパスを短縮してプリント基板その他の LSI のシリアルデータの転送速度を高速化するものです。この命令の実行中、テスト回路はシステム回路に何の影響も与えません。

TDI 端子と TDO 端子には JTBP レジスタが接続されます。Shift-DR 動作でバイパス動作となります。Shift-DR の 1 クロック目では TDO 端子が Low となります。その後の Shift-DR で TDI 端子から入力された値が TDO 端子から出力されます。

(2) EXTEST

EXTEST 命令は、本デバイスをプリント基板に実装したとき、外部回路をテストするためのものです。この命令の実行時、出力端子は SAMPLE/PRELOAD 命令で設定されたテストデータをバウンダリスキャンレジスタ (JTBSR) から他のデバイスへ出力するために使用され、入力端子は他のデバイスからバウンダリスキャンレジスタにテスト結果を取り込むために使用されます。

(3) SAMPLE/PRELOAD

SAMPLE/PRELOAD 命令は、本デバイスの内部回路から JTBSR レジスタに値を入力し、スキャンパスから出力したり、スキャンパスにデータをロードする命令です。この命令の実行中、本デバイスの端子からの入力そのまま内部回路に伝達され、内部回路の値はそのまま出力端子から外部へ出力されます。この命令の実行により本デバイスのシステム回路は何の影響も受けません。

SAMPLE 動作では、JTBSR レジスタは、入力端子から内部回路に転送されたデータ、または内部回路から出力端子へ転送されたデータのスナップショットをラッチします。ラッチしたデータは、スキャンパスから読み出します。JTBSR レジスタは、Capture-DR 状態の TCK 端子の立ち上がり同期してデータのスナップショットをラッチします。データのスナップショットは、リセット中に限り内部回路から出力端子に転送されます。

PRELOAD 動作では、EXTEST 命令に先立ちスキャンパスから JTBSR レジスタの平行出力ラッチに初期値を設定します。PRELOAD 動作がないと、EXTEST 命令を実行するとき、EXTEST シーケンスの最初から最後（出力ラッチへの転送）まで出力端子から不定値が出力されます。（EXTEST 命令では、常に出力端子に平行出力ラッチを出力します。）

(4) IDCODE

IDCODE 命令が選択されると、TAP コントローラの Shift-DR 状態時に ID コードレジスタ (JTIDR) の値を TDO 端子に出力します。この場合、JTIDR レジスタ値は LSB ファーストで出力されます。この命令の実行中、テスト回路はシステム回路に何も影響を与えません。

(5) CLAMP

CLAMP 命令が選択されると、出力端子はあらかじめ SAMPLE/PRELOAD 命令によって設定された JTBSR レジスタの値を出力します。CLAMP 命令が選択されている間、JTBSR レジスタの状態は TAP コントローラの状態に関係なく前の状態で保持されます。

TDI 端子と TDO 端子の間には JTBPR レジスタが接続され、BYPASS 命令が選択されたときと同様の動作をします。

(6) HIGHZ

HIGHZ 命令が選択されると、すべての出力端子はハイインピーダンス状態に移ります。HIGHZ 命令が選択されると、TAP コントローラの状態に関わらず、JTBSR レジスタは保持されます。

TDI 端子と TDO 端子の間には JTBPR レジスタが接続され、BYPASS 命令が選択されたときと同様の動作をします。

33.4 使用上の注意

バウンダリスキャン機能には、以下の制約が適用されます。

- RES 端子が Low の場合にバウンダリスキャンを実行します。
- [図 33.3](#) で示すとおりシリアルデータは LSB 側から入出力します。

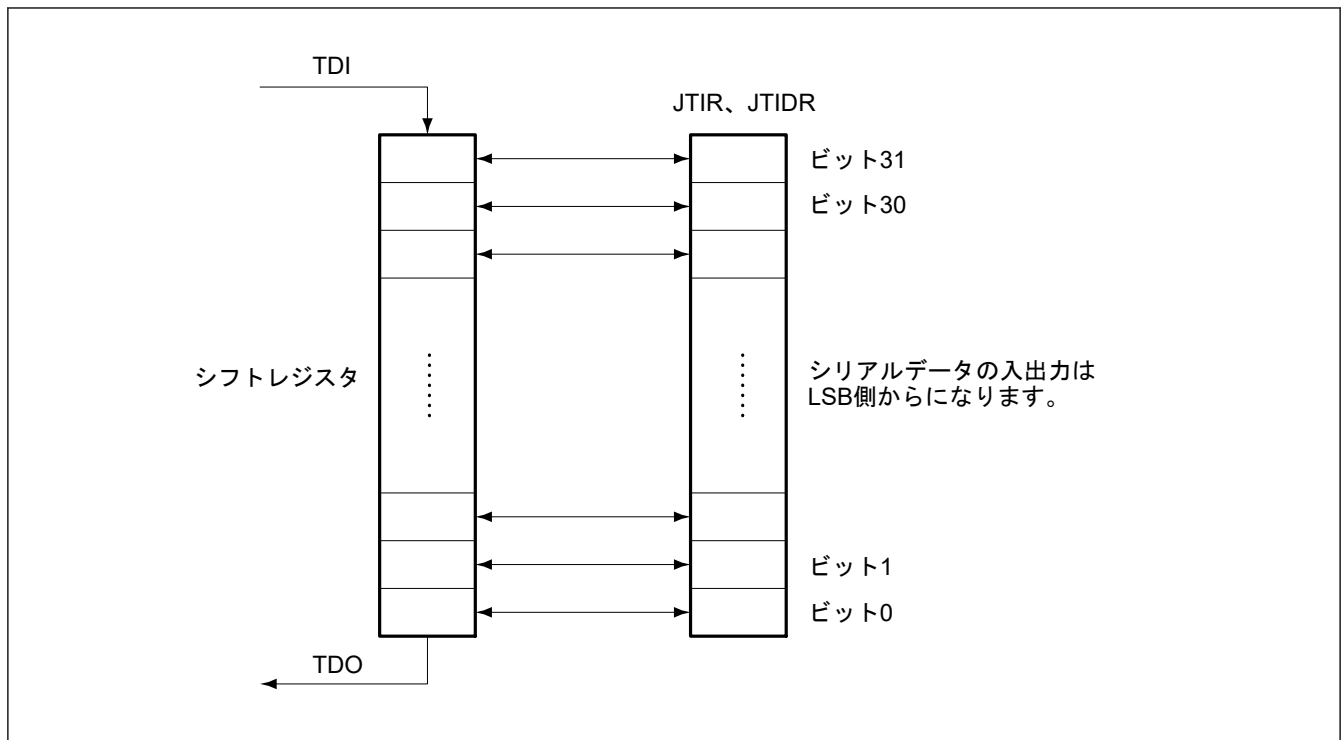


図 33.3 シリアルデータ入出力

以下の端子は、バウンダリスキャン対象外です。

- 電源端子 (VCC, VCL, VSS, VBATT, AVCC0, AVSS0, VCC_USB, VSS_USB)
- アナログ基準端子 (VREFH0, VREFL0, VREFH, VREFL)
- クロック端子 (EXTAL, XTAL, XCIN, XCOU)
- リセット端子 (RES)
- USB 専用端子 (USB_DP, USB_DM)
- バウンダリスキャン端子 (TCK, TMS, TDI, TDO)

34. セキュア暗号エンジン (SCE9)

34.1 概要

セキュア暗号エンジン (SCE9) は、アクセス管理回路、暗号エンジン、乱数生成回路から構成されます。SCE9 ライブラリを組み合わせることで、SCE9 は、盗聴を防止する「秘匿性」、情報の偽造を防止する「完全性」、成りすましを防止する「認証」が実現できます。

また、暗号、復号の処理に用いる鍵情報は SCE9 内のみで格納し、外部からのアクセスを遮断することが可能なため、SCE9 はより強固なセキュリティシステムを実現することができます。

アクセス制御回路、乱数生成回路、およびユニーク ID のみをサポートしています。他の回路の動作は保証対象外です。

表 34.1 に SCE9 の仕様を示します。図 34.1 に SCE9 のブロック図を示します。

表 34.1 SCE9 の仕様

項目	内容
アクセス制御	アクセス管理回路 <ul style="list-style-type: none"> プログラムの改ざんや、CPU の暴走等により SCE9 への異常なアクセスが発生した場合、それ以降のアクセスを受け付けず、SCE9 からのデータ出力を停止
暗号エンジン	AES : NIST FIPS PUB 197 準拠 <ul style="list-style-type: none"> 鍵長 : 鍵長 : 128 ビット、192 ビット、または 256 ビット データブロックサイズ : 128 ビット 暗号利用モード <ul style="list-style-type: none"> ECB、CBC、CTR : NIST SP 800-38A 準拠 CMAC : NIST SP 800-38B 準拠 CCM : NIST SP 800-38C 準拠 GCM : NIST SP 800-38D 準拠 XTS : NIST SP 800-38E 準拠 GCTR 128 ビットデータのスループット <ul style="list-style-type: none"> 鍵長 128 ビット : PCLKA 11 サイクル 鍵長 192 ビット : PCLKA 13 サイクル 鍵長 256 ビット : PCLKA 15 サイクル^(注1) AES-GCM <ul style="list-style-type: none"> AES-GCTR と GHASH の組み合わせで AES GCM を実現 鍵の管理 <ul style="list-style-type: none"> ラップした鍵は、SCE9 の内部でのみ有効
乱数生成	128 ビット真正乱数生成回路
署名の生成と検証	RSA <ul style="list-style-type: none"> 鍵長 1024 ビット、2048 ビット、3072 ビット、4096 ビットをサポート 署名生成、署名検証、公開鍵暗号化、秘密鍵復号化 DSA <ul style="list-style-type: none"> 以下の DSA 鍵長をサポート : <ul style="list-style-type: none"> (1024 ビット、160 ビット) (2048 ビット、224 ビット) (2048 ビット、256 ビット) 署名の生成、署名の検証 ECC <ul style="list-style-type: none"> 曲線のサポート <ul style="list-style-type: none"> NIST P-192、P-224、P-256、P-384 Brainpool P256r1、P384r1、P512r1 署名の生成、署名の検証
メッセージダイジェスト計算	HASH <ul style="list-style-type: none"> SHA224、SHA256
ユニーク ID	<ul style="list-style-type: none"> 読み出し専用、128 ビットの MCU 個体固有 ID (ユニーク ID) をアクセス管理回路からアクセス可能
低消費電力	モジュールストップ状態の設定が可能

注 1. SCE9 ライブラリ呼び出しのオーバーヘッドは含みません。

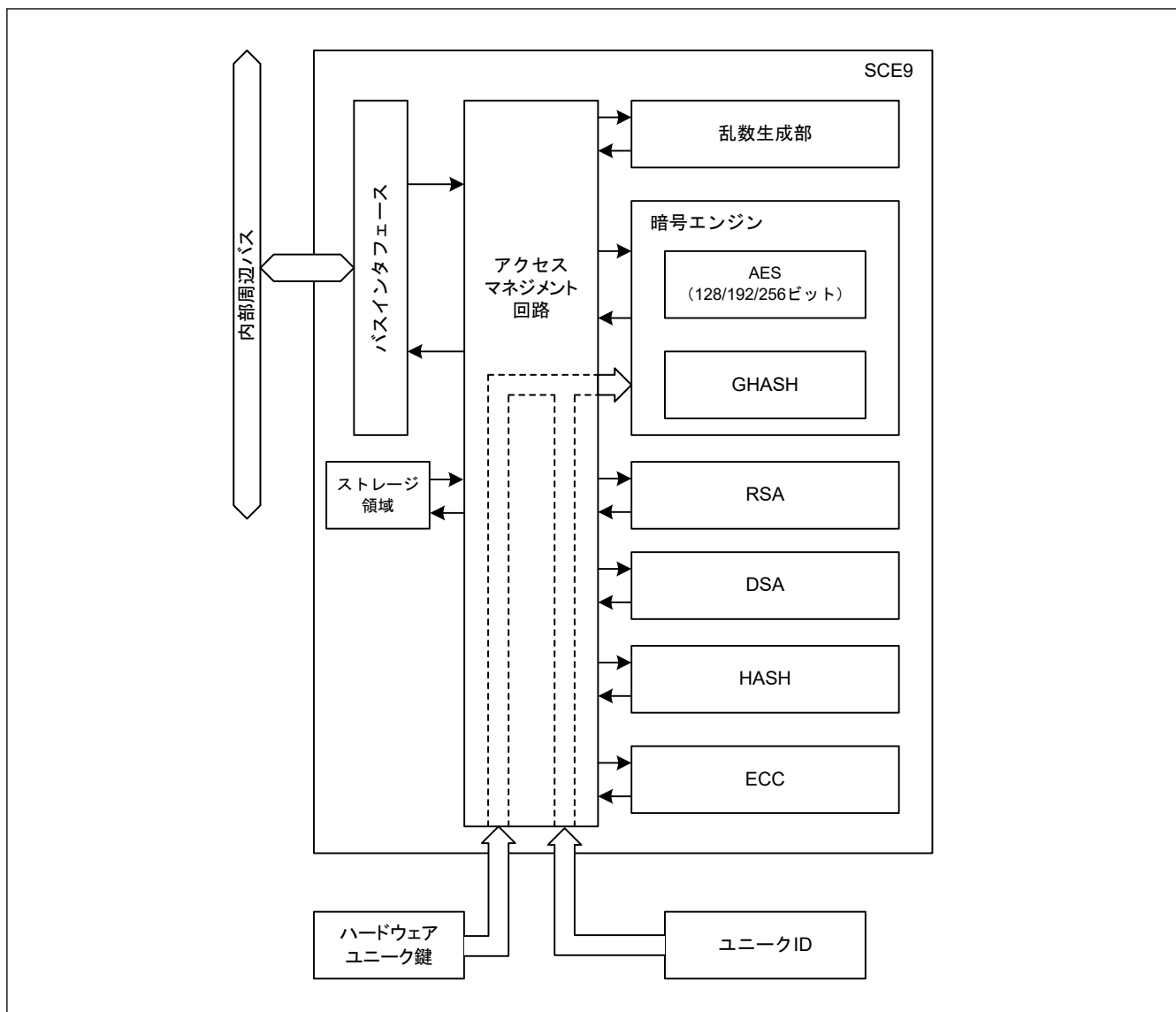


図 34.1 SCE9 のブロック図

34.2 動作説明

34.2.1 暗号エンジン

図 34.2 に SCE9 に搭載している暗号エンジンの概念図を示します。

暗号エンジンは鍵生成情報を使用し、平文を暗号文に、または暗号文を平文に変換する処理をハードウェアで行います。

鍵データや暗号/復号処理の中間データが SCE9 の外部に漏出することなく、暗号/復号処理を行うことができます。

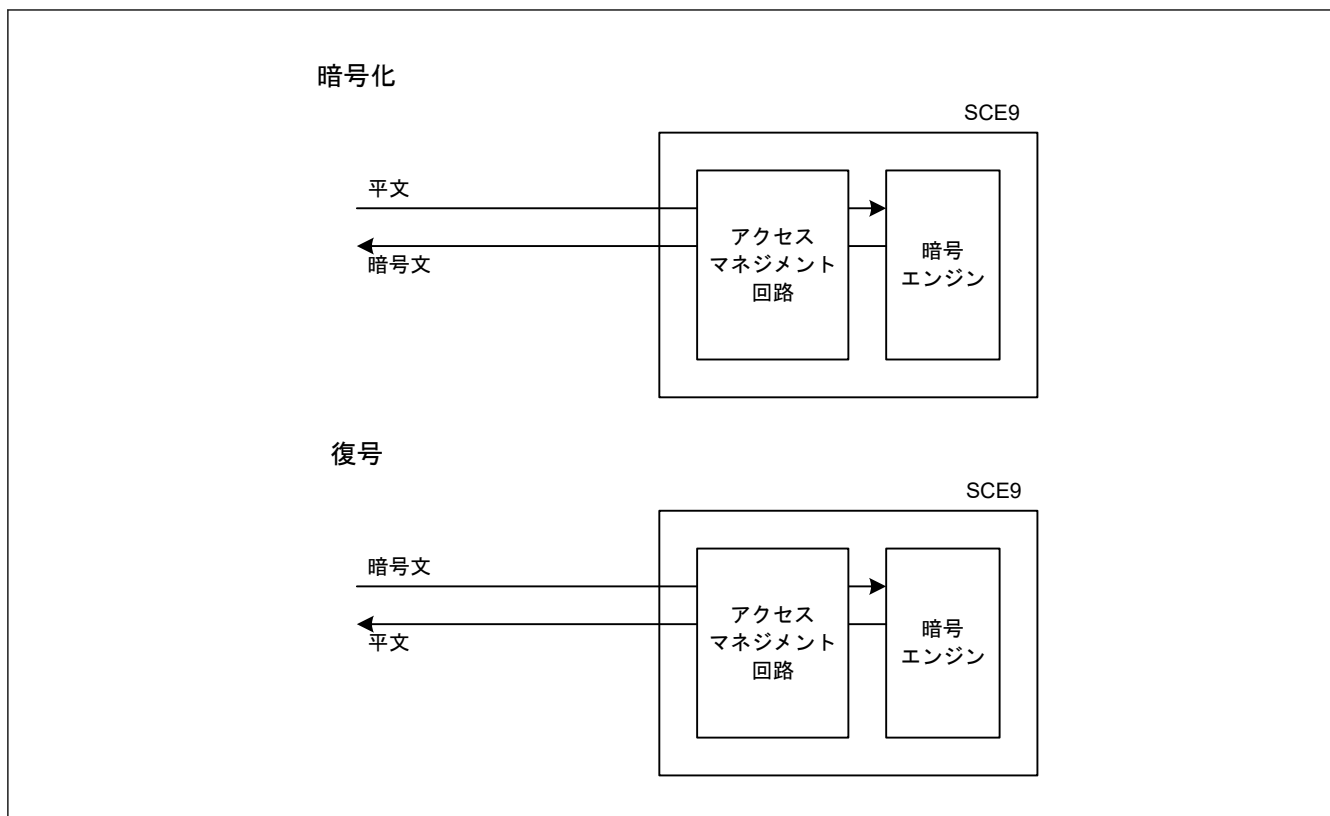


図 34.2 暗号エンジンの概念図

34.2.2 暗号／復号処理

暗号／復号処理は、以下の手順で行います。

1. 鍵生成情報を SCE9 に入力し、鍵データを復元します。
2. 処理対象のデータを SCE9 に入力します。平文は暗号文に、暗号文は平文に変換されます。
3. 変換されたデータを読み出します。

暗号エンジンは入力バッファ、出力バッファを持っており、データの入出力と並行して暗号／復号処理を行うことができます。図 34.3 に暗号エンジンの処理タイミングを示します。

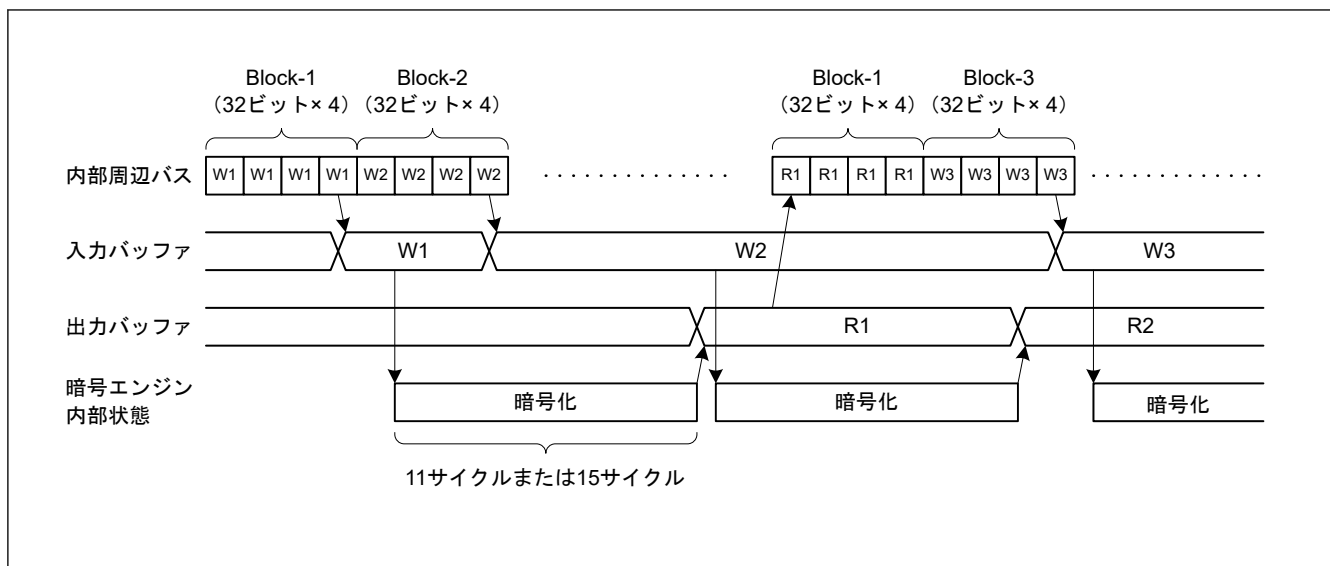


図 34.3 暗号／復号処理タイミング (AES)

34.3 使用上の注意事項

34.3.1 ソフトウェアスタンバイモード

暗号エンジンが処理を実行している途中でソフトウェアスタンバイモードに遷移した場合、復帰後に処理を継続しても正しく動作しません。そのため、ソフトウェアスタンバイモードへの遷移は、暗号エンジンが動作していない状態で行ってください。

34.3.2 モジュールストップ機能の設定

モジュールストップコントロールレジスタ C (MSTPCRC) により、SCE9 の動作を許可または禁止することが可能です。SCE9 は、リセット後の初期状態では動作が停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。

35. 12 ビット A/D コンバータ (ADC12)

35.1 概要

本 MCU は、逐次比較方式の 12 ビットの A/D コンバータ (ADC12) ユニットを内蔵しています。最大 9 チャンネルのアナログ入力を選択可能です。内部基準電圧をアナログ入力として選択できます。

A/D 変換精度には 12 ビット、10 ビット、8 ビット変換を選択でき、デジタル値の生成時に速度と分解能のバランスを最適化することができます。

ADC12 には次の動作モードがあります。

- 任意に選択したチャンネルのアナログ入力を、チャンネル番号の昇順に変換するシングルスキャンモード
- 選択したチャンネルのアナログ入力を、チャンネル番号の昇順に連続して変換する連続スキャンモード
- チャンネルのアナログ入力を任意に 2 つのグループ (グループ A とグループ B) に分け、グループ単位で選択したチャンネルのアナログ入力をチャンネル番号の昇順に変換するグループスキャンモード

グループスキャンモードでは、2 つのグループ (グループ A とグループ B) を選択します。各グループ (A、B) のスキャン開始条件を個別に選択し、各グループのスキャンを異なるタイミングで開始する事ができます。さらに、グループ A の優先制御動作を設定すると、ADC12 はグループ B の A/D 変換動作中にグループ A のスキャン開始を受け付けて、グループ B の A/D 変換動作を中断します。このようにして、グループ A の A/D 変換を優先的に開始することが可能です。

ダブルトリガモードは、任意に選択した 1 チャンネルのアナログ入力をシングルスキャンモードかグループスキャンモード (グループ A) で変換し、1 回目の A/D 変換開始トリガで変換したデータと 2 回目の A/D 変換開始トリガで変換したデータを別々のレジスタに格納 (A/D 変換データの 2 重化) します。

自己診断は、スキャンごとの最初に 1 回実施され、ADC12 で生成される 3 つの基準電圧値のうち 1 つを A/D 変換します。

内部基準電圧はチャンネルのアナログ入力として同時に選択可能です。最初の A/D 変換はチャンネルのアナログ入力に対して行われます。次の A/D 変換は内部基準電圧に対して行われます。

ADC12 は比較機能 (ウィンドウ A およびウィンドウ B) も搭載しています。この比較機能は、ウィンドウ A およびウィンドウ B それぞれの上側基準値および下側基準値を指定し、選択したチャンネルの A/D 変換値が比較条件に一致すると割り込みを出力します。

A/D データ格納バッファは、A/D 変換データを順番に格納するための 16 個のバッファから構成されるリングバッファです。

表 35.1 に ADC12 の仕様を、表 35.2 にその機能一覧を示します。図 35.1 に ADC12 のブロック図を示します。表 35.3 に入出力端子を示します。

表 35.1 ADC12 の仕様 (1/3)

項目	内容
ユニット数	1 ユニット
入力チャンネル	最大 9 チャンネル (AN000~AN004, AN011~AN013, AN016) 拡張
アナログ機能	内部基準電圧
変換方式	逐次比較方式
分解能	12 ビット、10 ビット、8 ビット
変換時間	1 チャンネル当たり 0.4 μ s (12 ビット A/D 変換クロック PCLKC (ADCLK) が 50 MHz で動作時)
A/D 変換クロック	PCLKA および A/D 変換クロック PCLKC (ADCLK) を以下の分周比に設定可能です: PCLKA と PCLKC (ADCLK) の周波数比 = 1:1, 2:1, 4:1, 8:1, 1:2, 1:4

表 35.1 ADC12 の仕様 (2/3)

項目	内容
データレジスタ(注1)	<ul style="list-style-type: none"> アナログ入力用 9 本 ダブルトリガモードでの A/D 変換データ 2 重化用 1 本 ダブルトリガモードでの拡張動作時の A/D 変換データ 2 重化用 2 本 内部基準電圧用 1 本 自己診断用 1 本 A/D 変換結果を A/D データレジスタに格納 A/D 変換結果の 12 ビット、10 ビット、8 ビット精度出力対応 A/D 変換値加算モード (A/D 変換結果の加算値を変換精度ビット数+拡張ビット数で A/D データレジスタに保持) ダブルトリガモード (シングルスキャンとグループスキャンモードで選択可能) <ul style="list-style-type: none"> 選択した 1 つのチャンネルのアナログ入力の A/D 変換データを 1 回目は対象チャンネルのデータレジスタに保持、2 回目の A/D 変換データは 2 重化レジスタに保持 ダブルトリガモード拡張動作 (特定トリガ種別で有効) <ul style="list-style-type: none"> 選択した 1 つのチャンネルのアナログ入力の A/D 変換データを関連するトリガに準備した 2 重化レジスタに保持
動作モード(注2)	<ul style="list-style-type: none"> シングルスキャンモード <ul style="list-style-type: none"> 任意に選択したチャンネルのアナログ入力、内部基準電圧を 1 回のみ A/D 変換 連続スキャンモード <ul style="list-style-type: none"> 選択したチャンネルのアナログ入力および内部基準電圧を繰り返し A/D 変換 グループスキャンモード <ul style="list-style-type: none"> 選択したチャンネルのアナログ入力および内部基準電圧をグループ A、B に分け、グループ単位で選択したアナログ入力を 1 回のみ A/D 変換 グループ A、グループ B は、各々のスキャン開始条件を選択することで、グループ A、グループ B の A/D 変換をそれぞれ異なるタイミングで開始することが可能 グループスキャンモード (グループ優先動作選択時) <ul style="list-style-type: none"> 低優先グループのスキャン中に優先グループのトリガがあった場合、低優先グループのスキャンを中断し、優先グループのスキャンを開始。優先順位は、グループ A (高) > グループ B。 優先グループのスキャン終了後、低優先グループのスキャンを再実行 (再スキャン) する/しないを設定可能。また再スキャンは、選択チャンネルの最初からか、A/D 変換未終了のチャンネルからかを設定可能
A/D 変換開始条件	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェアトリガ イベントリンクコントローラ (ELC) からの同期トリガ 外部トリガ ADTRG0 端子による非同期トリガ
機能	<ul style="list-style-type: none"> サンプリングステート数可変機能 A/D コンバータの自己診断機能 A/D 変換値加算モードと平均モードが選択可能 アナログ入力断線検出機能 (ディスチャージ機能およびプリチャージ機能) ダブルトリガモード (A/D 変換データ 2 重化機能) A/D データレジスタオートクリア機能 デジタルコンペア機能 (コンペアレジスタとデータレジスタとの比較、データレジスタ間の比較) リングバッファ
割り込み要因	<ul style="list-style-type: none"> シングルスキャンモード (ダブルトリガモード非選択) では、1 回のスキャン終了で A/D スキャン終了割り込み要求 (ADC120_ADI) および ELC イベント信号 (ADC120_ADI) を発生 <ul style="list-style-type: none"> デジタルコンペア機能の比較条件成立で、コンペア割り込み要求 (ADC120_CMPAI/ADC120_CMPBI) を発生 デジタルコンペア機能の比較条件成立で、ウィンドウコンペア ELC イベント信号 (ADC120_WCMPPM) を発生 デジタルコンペア機能の比較条件非成立で、ウィンドウコンペア ELC イベント信号 (ADC120_WCMPUM) を発生 シングルスキャンモード (ダブルトリガモード選択) では、2 回のスキャン終了で A/D スキャン終了割り込み要求 (ADC120_ADI) および ELC イベント信号 (ADC120_ADI) を発生 連続スキャンモードでは、選択した全チャンネルのスキャン終了で A/D スキャン終了割り込み要求 (ADC120_ADI) および ELC イベント信号 (ADC120_ADI) を発生 グループスキャンモード (ダブルトリガモード非選択) では、グループ A のスキャン終了で A/D スキャン終了割り込み要求 (ADC120_ADI) および ELC イベント信号 (ADC120_ADI) を発生。グループ B のスキャン終了でグループ B の A/D スキャン終了割り込み要求 (ADC120_GBADI) を発生。 グループスキャンモード (ダブルトリガモード選択) では、2 回のグループ A のスキャン終了で A/D スキャン終了割り込み要求 (ADC120_ADI) および ELC イベント信号 (ADC120_ADI) を発生。グループ B のスキャン終了でグループ B の A/D スキャン終了割り込み要求 (ADC120_GBADI) を発生 ADC120_ADI、ADC120_GBADI、ADC120_WCMPPM、および ADC120_WCMPUM でデータトランスファコントローラ (DTC) を起動可能

表 35.1 ADC12 の仕様 (3/3)

項目	内容
ELC インタフェース	<ul style="list-style-type: none"> グループスキャンモードでグループ A のスキャン終了時にイベント発生 グループスキャンモードでグループ B のスキャン終了時にイベント発生 すべてのスキャン終了時にイベント発生 ELC からのトリガでスキャン開始可能 シングルスキャンモードでのコンペア機能ウィンドウの条件に応じてイベント発生
基準電圧	<ul style="list-style-type: none"> VREFH0 はアナログ基準電圧端子。 VREFL0 はアナロググランド端子。
モジュールストップ機能	モジュールストップ状態を設定して消費電力を削減可能 ^(注3)
TrustZone フィルタ	セキュリティ属性を設定可能

注 1. A/D 変換精度を変えた場合、A/D 変換時間も変わります。詳細は「35.3.6. アナログ入力のサンプリング時間とスキャン変換時間」を参照してください。

注 2. 内部基準電圧を選択している場合は、連続スキャンモードやグループスキャンモードを使用しないでください。

注 3. 詳細は「10. 低消費電力モード」を参照してください。

表 35.2 ADC12 の機能一覧

項目	機能		
アナログ入力チャネル	AN000~AN004, AN011~AN013, AN016 内部基準電圧		
A/D 変換開始条件	ソフトウェア	ソフトウェアトリガ	許可
	非同期トリガ (外部トリガ)	トリガ入力端子	ADTRG0
	同期トリガ (ELC からのトリガ)	ELC トリガ	ELC_AD00, ELC_AD01
割り込み	ADC120_ADI ADC120_GBADI ADC120_CMPAI ADC120_CMPBI		
ELC への出力	ADC120_ADI ADC120_WCMPPM ADC120_WCMPUM		
モジュールストップ機能の設定 ^(注1) ^(注2)	MSTPCRD.MSTPD16 ビット		

注 1. 詳細は「10. 低消費電力モード」を参照してください。

注 2. モジュールストップ状態の解除後に A/D 変換を開始するのに、1 μ s 以上待機します。

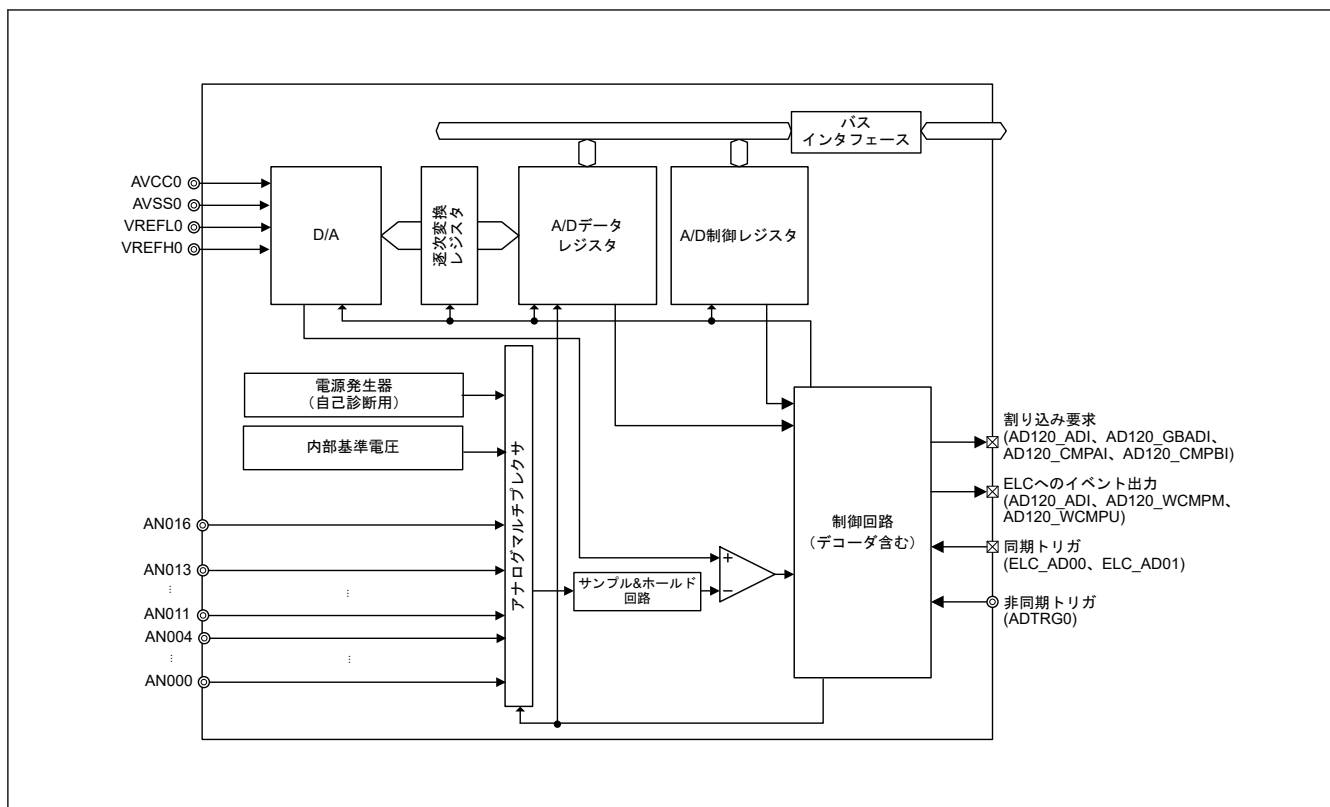


図 35.1 ADC12 のブロック図

表 35.3 に ADC12 の入出力端子を示します。

表 35.3 ADC12 の入出力端子

端子名称	入出力	機能
AVCC0	入力	アナログ部の電源端子 (ADC12/DAC12 を使用しないときは VCC に接続してください)
AVSS0	入力	アナログ部の電源グランド端子 (ADC12/DAC12 を使用しないときは VSS に接続してください)
VREFH0	入力	アナログ基準電圧端子
VREFL0	入力	アナログ基準グランド端子
AN000~AN004, AN011~AN013, AN016	入力	アナログ入力端子 0~4, 11~13, 16
ADTRG0	入力	A/D 変換開始のための外部トリガ入力端子

35.2 レジスタの説明

35.2.1 ADDRn : A/D データレジスタ n (n = 0~4, 11~13, 16)

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x020 + 0x2 × n (n = 0~4, 11~13, 16)

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field: ADDR [15:0]

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	ADDR [15:0]	変換値 15~0 機能は、選択したモードと精度により異なります。表 35.4 と表 35.5 を参照してください。	R

ADDR_n レジスタは、A/D 変換結果を格納する 16 ビットの読み出し専用レジスタです。

これらの A/D データレジスタは、下記の条件によりデータフォーマットが異なります。

- A/D データレジスタフォーマット選択ビット (ADCER.ADRFMT) の設定値 (左詰めまたは右詰め)
- A/D 変換精度選択ビット (ADCER.ADPRC[1:0]) の設定値 (12 ビット、10 ビット、8 ビットから選択可能)
- 加算/平均回数選択ビット (ADADC.ADC[2:0]) の設定値 (1, 2, 3, 4, または 16 回加算)
- 平均モード有効ビット (ADADC.AVEE) の設定値 (加算または平均)

本節では異なるモードにおけるこれらの条件に対するデータフォーマットを説明します。

(1) A/D 変換値加算/平均モードを非選択とした場合

12 ビット精度でのビット割り当ての例を表 35.4 に示します。

表 35.4 12 ビット精度でのビット割り当ての例

精度	b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
12 ビット精度の右詰めデータ	読むと 0 が読めます。				変換値 11~0: 12 ビット A/D 変換値											
12 ビット精度の左詰めデータ	変換値 11~0: 12 ビット A/D 変換値												読むと 0 が読めます。			

(2) A/D 変換値平均モードを選択した場合

A/D 変換値加算モードで 2 回または 4 回を指定した場合、A/D 変換値平均モードを選択できます。A/D 変換値平均モードを選択した場合、本レジスタは特定チャンネルの A/D 変換値を平均した値を示します。通常の A/D 変換と同様に A/D データレジスタフォーマット選択ビットの設定に従い、A/D データレジスタに値が格納されます。

(3) A/D 変換値加算モードを選択した場合

12 ビット、10 ビット、8 ビットビットの A/D データレジスタビット精度の場合、A/D 変換値加算モードで 1, 2, 3, または 4 回を選択できます。A/D 変換結果は、変換精度のビット数に 2 ビット分拡張したデータとして、A/D データレジスタに格納されます。

12 ビットの A/D データレジスタビット精度の場合、A/D 変換値加算モードで 16 回を選択できます。A/D 変換値加算モードを選択したとき、本レジスタは同一チャンネルの A/D 変換値を加算した値を示します。A/D 変換結果は、変換精度のビット数に 4 ビット分拡張したデータとして、A/D データレジスタに格納されます。

A/D 変換値加算モードを選択した場合、A/D データレジスタフォーマット選択ビットの設定に従い、A/D データレジスタに値が格納されます。

12 ビット精度でのビット割り当ての例を表 35.5 に示します。

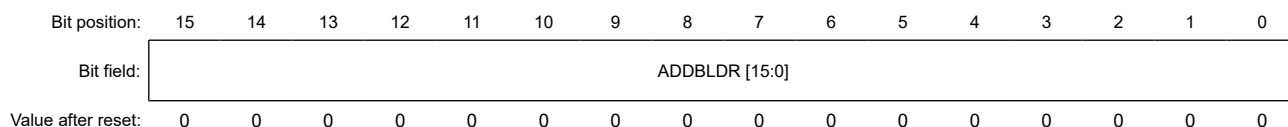
表 35.5 A/D 変換値加算モードを選択した場合の 12 ビット精度でのビット割り当ての例

精度	b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
12 ビット精度の右詰めデータ	16 回変換を指定した場合		加算結果 15~0: 16 ビット A/D 変換結果の合計													
	変換回数が 1, 2, 3, または 4 回の場合		読むと 0 が読めます。	加算結果 13~0: 14 ビット A/D 変換値加算結果												
12 ビット精度の左詰めデータ	変換回数 1, 2, 3, または 4 回が選択された場合		加算結果 15~0: 16 ビット A/D 変換結果の合計													
	変換回数 16 回が選択された場合		加算結果 13~0: 14 ビット A/D 変換値加算結果													

35.2.2 ADDBLDR : A/D データ 2 重化レジスタ

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x018



ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	ADDBLDR [15:0]	変換値 15~0 機能は、選択したモードと精度により異なります。表 35.6 と表 35.7 を参照してください。	R

ADDBLDR レジスタは、ダブルトリガモード選択時の 2 回目のトリガによって A/D 変換した結果を格納する 16 ビットの読み出し専用レジスタです。

これらの A/D データレジスタは、下記の条件によりデータフォーマットが異なります。

- A/D データレジスタフォーマット選択ビット (ADCER.ADRFMT) の設定値 (左詰めまたは右詰め)
- A/D 変換精度選択ビット (ADCER.ADPRC[1:0]) の設定値 (12 ビット、10 ビット、8 ビットから選択可能)
- 加算/平均回数選択ビット (ADADC.ADC[2:0]) の設定値 (1, 2, 3, 4, または 16 回加算)
- 平均モード有効ビット (ADADC.AVEE) の設定値 (加算または平均)

本節では異なるモードにおけるこれらの条件に対するデータフォーマットを説明します。

(1) A/D 変換値加算/平均モードを非選択とした場合

12 ビット精度でのビット割り当ての例を表 35.6 に示します。

表 35.6 12 ビット精度でのビット割り当ての例

精度	b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
12 ビット精度の右詰めデータ	読むと 0 が読めます。				変換値 11~0: 12 ビット A/D 変換値											
12 ビット精度の左詰めデータ	変換値 11~0: 12 ビット A/D 変換値												読むと 0 が読めます。			

(2) A/D 変換値平均モードを選択した場合

A/D 変換値加算モードで 2 回または 4 回を指定した場合、A/D 変換値平均モードを選択できます。A/D 変換値平均モードを選択した場合、本レジスタは特定チャンネルの A/D 変換値を平均した値を示します。通常の A/D 変換と同様に A/D データレジスタフォーマット選択ビットの設定に従い、A/D データレジスタに値が格納されます。

(3) A/D 変換値加算モードを選択した場合

12 ビット、10 ビット、8 ビットビットの A/D データレジスタビット精度の場合、A/D 変換値加算モードで 1, 2, 3, または 4 回を選択できます。A/D 変換結果は、変換精度のビット数に 2 ビット分拡張したデータとして、A/D データレジスタに格納されます。

12 ビットの A/D データレジスタビット精度の場合、A/D 変換値加算モードで 16 回を選択できます。A/D 変換値加算モードを選択したとき、本レジスタは同一チャンネルの A/D 変換値を加算した値を示します。A/D 変換結果は、変換精度のビット数に 4 ビット分拡張したデータとして、A/D データレジスタに格納されます。

A/D 変換値加算モードを選択した場合、A/D データレジスタフォーマット選択ビットの設定に従い、A/D データレジスタに値が格納されます。

12 ビット精度でのビット割り当ての例を表 35.7 に示します。

表 35.7 A/D 変換値加算モードを選択した場合の 12 ビット精度でのビット割り当ての例

精度		b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
12 ビット精度の右詰めデータ	16 回変換を指定した場合	加算結果 15~0: 16 ビット A/D 変換結果の合計															
	変換回数が 1, 2, 3, または 4 回の場合	読むと 0 が読めません。		加算結果 13~0: 14 ビット A/D 変換値加算結果													
12 ビット精度の左詰めデータ	変換回数 1, 2, 3, または 4 回が選択された場合	加算結果 15~0: 16 ビット A/D 変換結果の合計															
	変換回数 16 回が選択された場合	加算結果 13~0: 14 ビット A/D 変換値加算結果														読むと 0 が読めません。	

35.2.3 ADDBLDRn : A/DA データ 2 重化レジスタ n (n = A, B)

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x084 (n = A)
0x086 (n = B)

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field: ADDBLDR [15:0]

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	ADDBLDR [15:0]	変換値 15~0 機能は、選択したモードと精度により異なります。表 35.8 と表 35.9 を参照してください。	R

ADDBLDRn レジスタは、ダブルトリガモード選択時の拡張動作中のトリガ種別によって A/D 変換した結果を格納する 16 ビットの読み出し専用レジスタです。

これらの A/D データレジスタは、下記の条件によりデータフォーマットが異なります。

- A/D データレジスタフォーマット選択ビット (ADCER.ADRFMT) の設定値 (左詰めまたは右詰め)
- A/D 変換精度選択ビット (ADCER.ADPRC[1:0]) の設定値 (12 ビット、10 ビット、8 ビットから選択可能)
- 加算/平均回数選択ビット (ADADC.ADC[2:0]) の設定値 (1, 2, 3, 4, または 16 回加算)
- 平均モード有効ビット (ADADC.AVEE) の設定値 (加算または平均)

本節では異なるモードにおけるこれらの条件に対するデータフォーマットを説明します。

(1) A/D 変換値加算/平均モードを非選択とした場合

12 ビット精度でのビット割り当ての例を表 35.8 に示します。

表 35.8 12 ビット精度でのビット割り当ての例

精度	b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
12 ビット精度の右詰めデータ	読むと 0 が読めません。				変換値 11~0: 12 ビット A/D 変換値											
12 ビット精度の左詰めデータ	変換値 11~0: 12 ビット A/D 変換値												読むと 0 が読めません。			

(2) A/D 変換値平均モードを選択した場合

A/D 変換値加算モードで 2 回または 4 回を指定した場合、A/D 変換値平均モードを選択できます。A/D 変換値平均モードを選択した場合、本レジスタは特定チャンネルの A/D 変換値を平均した値を示します。通常の A/D 変換と同様に A/D データレジスタフォーマット選択ビットの設定に従い、A/D データレジスタに値が格納されます。

(3) A/D 変換値加算モードを選択した場合

12 ビット、10 ビット、8 ビットビットの A/D データレジスタビット精度の場合、A/D 変換値加算モードで 1, 2, 3, または 4 回を選択できます。A/D 変換結果は、変換精度のビット数に 2 ビット分拡張したデータとして、A/D データレジスタに格納されます。

12 ビットの A/D データレジスタビット精度の場合、A/D 変換値加算モードで 16 回を選択できます。A/D 変換値加算モードを選択したとき、本レジスタは同一チャンネルの A/D 変換値を加算した値を示します。A/D 変換結果は、変換精度のビット数に 4 ビット分拡張したデータとして、A/D データレジスタに格納されます。

A/D 変換値加算モードを選択した場合、A/D データレジスタフォーマット選択ビットの設定に従い、A/D データレジスタに値が格納されます。

12 ビット精度でのビット割り当ての例を表 35.9 に示します。

表 35.9 A/D 変換値加算モードを選択した場合の 12 ビット精度でのビット割り当ての例

精度		b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
12 ビット精度の 右詰めデータ	16 回変換を指定 した場合	加算結果 15~0: 16 ビット A/D 変換結果の合計															
	変換回数が 1, 2, 3, または 4 回の 場合	読むと 0 が読めま す。		加算結果 13~0: 14 ビット A/D 変換値加算結果													
12 ビット精度の 左詰めデータ	変換回数 1, 2, 3, または 4 回が選 択された場合	加算結果 15~0: 16 ビット A/D 変換結果の合計															
	変換回数 16 回が 選択された場合	加算結果 13~0: 14 ビット A/D 変換値加算結果														読むと 0 が読めま す。	

35.2.4 ADOCDR : A/D 内部基準電圧データレジスタ

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x01C

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field: ADOCDR [15:0]

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	ADOCDR [15:0]	変換値 15~0 機能は、選択したモードと精度により異なります。表 35.10 と表 35.11 を参照してくださ い。	R

ADOCDR レジスタは、内部基準電圧を A/D 変換した結果を格納する 16 ビットの読み出し専用レジスタです。これらの A/D データレジスタは、下記の条件によりデータフォーマットが異なります。

- A/D データレジスタフォーマット選択ビット (ADCER.ADRFMT) の設定値 (左詰めまたは右詰め)
- A/D 変換精度選択ビット (ADCER.ADPRC[1:0]) の設定値 (12 ビット、10 ビット、8 ビットから選択可能)
- 加算/平均回数選択ビット (ADADC.ADC[2:0]) の設定値 (1, 2, 3, 4, または 16 回加算)
- 平均モード有効ビット (ADADC.AVEE) の設定値 (加算または平均)

本節では異なるモードにおけるこれらの条件に対するデータフォーマットを説明します。

(1) A/D 変換値加算/平均モードを非選択とした場合

12 ビット精度でのビット割り当ての例を表 35.10 に示します。

表 35.10 12 ビット精度でのビット割り当ての例

精度	b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
12 ビット精度の右詰めデータ	読むと 0 が読めます。				変換値 11~0: 12 ビット A/D 変換値											
12 ビット精度の左詰めデータ	変換値 11~0: 12 ビット A/D 変換値												読むと 0 が読めます。			

(2) A/D 変換値平均モードを選択した場合

A/D 変換値加算モードで 2 回または 4 回を指定した場合、A/D 変換値平均モードを選択できます。A/D 変換値平均モードを選択した場合、本レジスタは特定チャンネルの A/D 変換値を平均した値を示します。通常の A/D 変換と同様に A/D データレジスタフォーマット選択ビットの設定に従い、A/D データレジスタに値が格納されます。

(3) A/D 変換値加算モードを選択した場合

12 ビット、10 ビット、8 ビットビットの A/D データレジスタビット精度の場合、A/D 変換値加算モードで 1, 2, 3, または 4 回を選択できます。A/D 変換結果は、変換精度のビット数に 2 ビット分拡張したデータとして、A/D データレジスタに格納されます。

12 ビットの A/D データレジスタビット精度の場合、A/D 変換値加算モードで 16 回を選択できます。A/D 変換値加算モードを選択したとき、本レジスタは同一チャンネルの A/D 変換値を加算した値を示します。A/D 変換結果は、変換精度のビット数に 4 ビット分拡張したデータとして、A/D データレジスタに格納されます。

A/D 変換値加算モードを選択した場合、A/D データレジスタフォーマット選択ビットの設定に従い、A/D データレジスタに値が格納されます。

12 ビット精度でのビット割り当ての例を表 35.11 に示します。

表 35.11 A/D 変換値加算モードを選択した場合の 12 ビット精度でのビット割り当ての例

精度	b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
12 ビット精度の右詰めデータ	16 回変換を指定した場合		加算結果 15~0: 16 ビット A/D 変換結果の合計													
	変換回数が 1, 2, 3, または 4 回の場合		読むと 0 が読めます。		加算結果 13~0: 14 ビット A/D 変換値加算結果											
12 ビット精度の左詰めデータ	変換回数 1, 2, 3, または 4 回が選択された場合		加算結果 15~0: 16 ビット A/D 変換結果の合計													
	変換回数 16 回が選択された場合		加算結果 13~0: 14 ビット A/D 変換値加算結果													読むと 0 が読めます。

35.2.5 ADRD : A/D 自己診断データレジスタ

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x01E

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field: DIAGST[1:0] — — AD[11:0]

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
11:0	AD[11:0]	変換値 11~0 12 ビット A/D 変換値	R
13:12	—	読むと 0 が読めます。	R

ビット	シンボル	機能	R/W
15:14	DIAGST[1:0]	自己診断ステータス 自己診断の詳細については、「 35.2.14. ADCER : A/D コントロール拡張レジスタ 」を参照してください。 0 0: パワーオン後に自己診断を実行していないことを示す 0 1: 0 V の電圧値の自己診断を実行したことを示す 1 0: 基準電圧(注1) × 1/2 の電圧値の自己診断を実行したことを示す 1 1: 基準電圧(注1)の自己診断を実行したことを示す	R

注. 12 ビット精度の右詰めデータのビット配置例を示します。

注 1. 基準電圧は VREFH0 です。

ADRD レジスタは、ADC12 の自己診断により A/D 変換した結果を格納する 16 ビットの読み出し専用レジスタです。A/D 変換値を示す AD[11:0] ビットに加えて、自己診断ステータスビット (DIAGST[1:0]) が付加されます。

本レジスタのデータフォーマットは、A/D データレジスタフォーマットおよび A/D 変換精度の設定により決定されます。

A/D 自己診断機能には A/D 変換加算モードと A/D 変換平均モードを適用することはできません。自己診断の詳細については、「[35.2.14. ADCER : A/D コントロール拡張レジスタ](#)」を参照してください。

以下では、各条件のデータフォーマットについて説明します。本節のビット配置図とビット仕様表は、12 ビット精度の左詰めデータおよび右詰めデータのビット配置例を示します。

表 35.12 各精度における右詰め時のビット配置

精度	b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
12 ビット精度の右詰めデータ	DIAGST[1:0]		—			AD[11:0]										

表 35.13 各精度における左詰め時のビット配置

精度	b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
12 ビット精度の左詰めデータ	AD[11:0]												—		DIAGST[1:0]	

35.2.6 ADCSR : A/D コントロールレジスタ

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x000

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	ADST	ADCS[1:0]	—	—	—	TRGE	EXTR G	DBLE	GBADIE	—	DBLANS[4:0]					
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
4:0	DBLANS[4:0]	ダブルトリガ対象チャンネル選択 ダブルトリガ対象のアナログ入力を 1 チャンネル選択します。ダブルトリガモード選択時のみ有効です。	R/W
5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6	GBADIE	グループ B スキャン終了割り込みおよび ELC イベント許可 グループ B のスキャンは、グループスキャンモードでのみ実行できます。 0: グループ B のスキャン終了後に ADC120_GBADI 割り込み発生を禁止 1: グループ B のスキャン終了後に ADC120_GBADI 割り込み発生を許可	R/W
7	DBLE	ダブルトリガモード選択 0: ダブルトリガモード非選択 1: ダブルトリガモード選択	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
8	EXTRG	トリガ選択(注1) 0: 同期トリガで A/D 変換を開始 (ELC) 1: 非同期トリガ (ADTRG0) により A/D 変換開始	R/W
9	TRGE	トリガ開始許可 0: 同期、非同期トリガによる A/D 変換の開始を禁止 1: 同期、非同期トリガによる A/D 変換の開始を許可	R/W
10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
11	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
12	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
14:13	ADCS[1:0]	スキャンモード選択 00: シングルスキャンモード 01: グループスキャンモード 10: 連続スキャンモード 11: 設定禁止	R/W
15	ADST	A/D 変換スタート 0: A/D 変換停止 1: A/D 変換開始	R/W

注 1. 外部端子 (非同期トリガ) で A/D 変換を起動する方法:

外部端子 (ADTRG0) に High を入力した状態で、ADCSR.TRGE ビットおよび ADCSR.EXTRG ビットを 1 にし、ADTRG0 端子から Low を入力します。ADTRG0 の立ち下がりがエッジを検出し、スキャン変換を開始します。Low 入力のパルス幅は、1.5PCLKA クロック以上が必要です。

ADCSR レジスタは、ダブルトリガモードの設定、A/D 変換起動トリガの設定、スキャン終了割り込み許可/禁止、スキャンモードの選択、A/D 変換の開始/停止を行うレジスタです。

DBLANS[4:0]ビット (ダブルトリガ対象チャンネル選択)

DBLANS[4:0]ビットは、ダブルトリガモードで A/D 変換データを 2 重化する 1 チャンネルを選択します。これは、2 重化するチャンネル番号のバイナリ値を設定することで選択できます。DBLANS[4:0]ビットで選択したチャンネルのアナログ入力を、1 回目の A/D 変換開始トリガで変換した結果が A/D データレジスタ y に格納され、2 回目の A/D 変換開始トリガで変換した結果が A/D データ 2 重化レジスタに格納されます。

ダブルトリガモードを選択した場合は、ADANSA0 および ADANSA1 レジスタで選択したチャンネルの選択は無効になり、DBLANS[4:0]ビットで選択した 1 チャンネルが A/D 変換を行うチャンネルとなります。

グループスキャンモードでダブルトリガモードを使用する場合、ダブルトリガ制御はグループ A のみに適用され、グループ B には適用されません。そのため、ダブルトリガモードでもグループ B に対してはマルチチャンネルアナログ入力を選択できます。

DBLANS[4:0]ビットの設定は、ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。DBLANS[4:0]ビットの設定を ADST ビットへの 1 書き込みと同時にに行わないでください。

ダブルトリガモード時に A/D 変換値加算/平均モードに遷移するには、DBLANS[4:0]ビットで選択したチャンネルを ADANSA0 および ADANSA1 レジスタに設定してください。

ダブルトリガモードでは、自己診断機能からの A/D 変換データ、および内部基準電圧を使用できません。

GBADIE ビット (グループ B スキャン終了割り込みおよび ELC イベント許可)

GBADIE ビットはグループスキャンモードでのグループ B のスキャン終了割り込み (ADC12_GBADI) の発生を許可/禁止します。

DBLE ビット (ダブルトリガモード選択)

DBLE ビットは、ダブルトリガモードの選択/非選択を指定します。ダブルトリガモードは、ADSTRGR.TRSA[5:0]ビットで選択された同期トリガ (ELC) のみで動作できます。

ダブルトリガは以下のように動作します。

- 1 回目の変換終了時は ADC12_ADI 割り込みを出力せず、2 回目の変換終了時に出力します。
- 1 回目のトリガで開始した 2 重化チャンネル (DBLANS[4:0]で選択) の A/D 変換結果は、A/D データレジスタ y に格納され、2 回目のトリガで開始した変換結果は、A/D データ 2 重化レジスタに格納されます。

DBLE ビットが設定 (ダブルトリガモードを選択) されている場合、ADANSA0 および ADANSA1 レジスタで指定したチャンネルは無効です。DBLE を 0 にすると、ダブルトリガモードは非選択となります。DBLE ビットを再度 1 にすると、ダブルトリガモードの動作は、1.と 2.に示される最初のトリガによる最初のスキャンと同様になります。

ダブルトリガモードは、連続スキャンモードで選択しないでください。ダブルトリガモードでは、ソフトウェアトリガを使用できません。DBLE ビットの設定は、ADST ビットを 0 にしてから行ってください。DBLE ビットの設定を ADST ビットへの 1 書き込みと同時にに行わないでください。

EXTRG ビット (トリガ選択)

EXTRG ビットは、A/D 変換を開始するトリガを同期トリガにするか、非同期トリガにするかを選択します。

グループスキャンモードでは、グループ A の選択トリガに対して本ビットの設定が有効です。グループ B は、本ビットの設定によらず、選択した同期トリガで A/D 変換を開始します。

TRGE ビット (トリガ開始許可)

TRGE ビットは、同期トリガ、非同期トリガによる A/D 変換の起動を許可または禁止します。グループスキャンモード時は本ビットを 1 にしてください。

ADCS[1:0]ビット (スキャンモード選択)

ADCS[1:0]ビットは、スキャン変換モードを選択します。

シングルスキャンモードでは、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したチャンネルのアナログ入力をチャンネル番号の昇順で A/D 変換を実施します。選択したすべてのチャンネルの A/D 変換が終了するとスキャン変換を停止します。

連続スキャンモードでは、ADCSR.ADST ビットが 1 のとき、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したチャンネルのアナログ入力をチャンネル番号の昇順で A/D 変換を実施します。選択したすべてのチャンネルの A/D 変換が終了すると最初のチャンネルに戻り A/D 変換を継続します。連続スキャン中に ADCSR.ADST ビットを 0 にすると、スキャン中でも A/D 変換を停止します。

グループスキャンモード時：

- ADSTRGR.TRSA[5:0]ビットで選択された同期トリガ (ELC) で、グループ A のスキャンを開始します。ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択されたチャンネルのアナログ入力 (グループ A) をチャンネル番号の昇順で A/D 変換します。選択したすべてのチャンネルの A/D 変換が終了すると A/D 変換を停止します。
- ADSTRGR.TRSB[5:0]ビットで選択された同期トリガ (ELC) で、グループ B のスキャンを開始します。ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択されたチャンネルのアナログ入力 (グループ B) をチャンネル番号の昇順で A/D 変換します。選択したすべてのチャンネルの A/D 変換が終了すると A/D 変換を停止します。

このとき、グループ A 側とグループ B 側の変換が同時に発生した場合、変換は別々に制御することができません。この場合は、A/D グループスキャン優先コントロールレジスタのグループ A 優先コントロール設定ビット (ADGSPCR.PGS) を 1 にして、変換優先順位をグループ A 側に設定してください。

グループスキャンモードでは、グループ A、グループ B に異なるチャンネルとトリガを選択してください。

ADCS[1:0]ビットの設定は、ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。ADCS[1:0]ビットの設定を ADST ビットへの 1 書き込みと同時にに行わないでください。

表 35.14 スキャンモード、ダブルトリガモードの設定による A/D 変換の選択対象

スキャンモード設定	ダブルトリガモード設定	A/D 変換対象			
		自己診断	アナログ入力 (グループ A)	アナログ入力 (グループ B)	内部基準電圧
シングルスキャン	DBLE = 0	✓	✓	—	✓
	DBLE = 1	—	✓ (1 ch のみ)	—	—
連続スキャン	DBLE = 0	✓	✓	—	✓
	DBLE = 1	—	—	—	—
グループスキャン	DBLE = 0	✓	✓	✓	✓
	DBLE = 1	—	✓ (1 ch のみ)	✓	✓

注. ✓ : 選択可能、— : 選択不可能

ADST ビット (A/D 変換スタート)

ADST ビットは、A/D 変換の開始/停止を制御します。ADST ビットを 1 にする前に、A/D 変換クロック、変換モード、変換対象アナログ入力の設定を行ってください。

[1 になる条件]

- 1 を書いたとき
- ADCSR.EXTRG ビットを 0、ADCSR.TRGE ビットを 1 にし、ADSTRGR.TRSA[5:0] ビットで選択した同期トリガ (ELC) を検出したとき
- グループスキャンモードで ADCSR.TRGE ビットを 1 にし、ADSTRGR.TRSA[5:0] ビットで選択した同期トリガ (ELC) を検出したとき
- ADCSR.TRGE ビットと ADCSR.EXTRG ビットを 1、ADSTRGR.TRSA[5:0] ビットを 0x00 にし、非同期トリガを検出したとき
- グループ優先動作モード有効時 (ADCSR.ADCS[1:0] = 01b かつ ADGSPCR.PGS = 1) に、ADGSPCR.GBRP ビットを 1 に設定し、最も優先度の低いグループの A/D 変換を開始したとき

[0 になる条件]

- 0 を書いたとき
- シングルスキャンモードで、選択したすべてのチャンネル、内部基準電圧の A/D 変換が完了したとき
- グループスキャンモードでグループ A のスキャンが終了したとき
- グループスキャンモードでグループ B のスキャンが終了したとき
- グループ優先動作モード有効時 (ADCSR.ADCS[1:0] = 01b かつ ADGSPCR.PGS = 1) に、ADGSPCR.GBRSCN ビットを 1 に設定し、トリガにより開始した最も優先度の低いグループの A/D 変換が終了したとき

注. グループ優先動作モード有効時 (ADCSR.ADCS[1:0] = 01b かつ ADGSPCR.PGS = 1)、ADST ビットを 1 にしないでください。

注. グループ優先動作モード有効時 (ADCSR.ADCS[1:0] = 01b かつ ADGSPCR.PGS = 1)、かつ ADGSPCR.GBRP = 1 のとき、ADST ビットを 0 にしないでください。A/D 変換を強制停止させる場合、ADST ビットのクリア手順に従ってください。

35.2.7 ADANSA0 : A/D チャンネル選択レジスタ A0

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x004

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	ANSA13	ANSA12	ANSA11	—	—	—	—	—	—	ANSA4	ANSA3	ANSA2	ANSA1	ANSA0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
4:0	ANSA4~ANSA0	A/D 変換チャンネル選択 n ビット 4 (ANSA4) は AN004 に、ビット 0 (ANSA0) は AN000 に対応します。 0: 対応する入力チャンネルを非選択 1: 対応する入力チャンネルを選択	R/W
10:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
13:11	ANSA13~ANSA11	A/D 変換チャンネル選択 n ビット 13 (ANSA13) は AN013 に、ビット 11 (ANSA11) は AN011 に対応します。 0: 対応する入力チャンネルを非選択 1: 対応する入力チャンネルを選択	R/W
15:14	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ADANSA0 レジスタは A/D 変換を行うアナログ入力チャンネルを選択します。グループスキャンモードでは、本レジスタはグループ A チャンネルを選択します。

ADANSA0 レジスタの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

ANSAn ビット (A/D 変換チャンネル選択 n) (n = 0~4、11~13)

ADANSA0 レジスタは A/D 変換を行うアナログ入力チャンネルの組み合わせを選択します。チャンネルおよびチャンネル数は任意に設定可能です。

ダブルトリガモード時は、ADANSA0 レジスタで選択したチャンネルは無効となり、代わりに ADCSR.DBLANS[4:0] ビットで選択した 1 チャンネルがグループ A の選択チャンネルとなります。

また、グループスキャンモード選択時は、A/D チャンネル選択レジスタ B0 (ADANSB0)、および A/D チャンネル選択レジスタ B1 (ADANSB1) で指定したチャンネルを選択しないでください。

35.2.8 ADANSA1 : A/D チャンネル選択レジスタ A1

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x006

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ANSA16
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	ANSA16	A/D 変換チャンネル選択 16 ビット 0 (ANSA16) は AN016 に対応します。 0: 対応する入力チャンネルを非選択 1: 対応する入力チャンネルを選択	R/W
15:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ADANSA1 レジスタは A/D 変換のアナログ入力チャンネルを選択します。グループスキャンモードでは、本レジスタはグループ A チャンネルを選択します。

ADANSA1 レジスタの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

ANSA16 ビット (A/D 変換チャンネル選択 16)

ADANSA1 レジスタは A/D 変換を行うアナログ入力チャンネルの組み合わせを選択します。チャンネルおよびチャンネル数は任意に設定可能です。

ダブルトリガモード時は、ADANSA1 レジスタで選択したチャンネルは無効となり、代わりに ADCSR.DBLANS[4:0] ビットで選択した 1 チャンネルがグループ A の選択チャンネルとなります。

また、グループスキャンモード選択時は、A/D チャンネル選択レジスタ B0 (ADANSB0)、および A/D チャンネル選択レジスタ B1 (ADANSB1) で指定したチャンネルを選択しないでください。

35.2.9 ADANSB0 : A/D チャンネル選択レジスタ B0

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x014

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	ANSB13	ANSB12	ANSB11	—	—	—	—	—	—	ANSB4	ANSB3	ANSB2	ANSB1	ANSB0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
4:0	ANSB4~ANSB0	A/D 変換チャンネル選択 n ビット 4 (ANSB4) は AN004 に、ビット 0 (ANSB0) は AN000 に対応します。 0: 対応する入力チャンネルを非選択 1: 対応する入力チャンネルを選択	R/W
10:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
13:11	ANSB13~ANSB11	A/D 変換チャンネル選択 n ビット 13 (ANSB13) は AN013 に、ビット 11 (ANSB11) は AN011 に対応します。 0: 対応する入力チャンネルを非選択 1: 対応する入力チャンネルを選択	R/W
15:14	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ADANSB0 レジスタは、グループスキャンモード選択時にグループ B で A/D 変換を行うチャンネルのアナログ入力を選択するレジスタです。ADANSB0 レジスタは他のスキャンモードでは使用しません。

ADANSB0 レジスタの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

ANSBn ビット (A/D 変換チャンネル選択 n) (n = 0~4、11~13)

ADANSB0 レジスタは、グループスキャンモード選択時にグループ B で A/D 変換を行うチャンネルのアナログ入力の組み合わせを選択するレジスタです。ADANSB0 レジスタはグループスキャンモードで使用され、他のスキャンモードでは使用しません。

グループ A で指定したチャンネル (ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択またはダブルトリガモード時に ADCSR.DBLANS[4:0] ビットで選択したチャンネル) を選択しないでください。

35.2.10 ADANSB1 : A/D チャンネル選択レジスタ B1

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x016

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ANSB16
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	ANSB16	A/D 変換チャンネル選択 16 ビット 0 (ANSB16) は AN016 に対応します。 0: 対応する入力チャンネルを非選択 1: 対応する入力チャンネルを選択	R/W
15:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ADANSB1 レジスタは、グループスキャンモード選択時にグループ B で A/D 変換を行うチャンネルのアナログ入力を選択するレジスタです。ADANSB1 レジスタは他のスキャンモードでは使用しません。

ADANSB1 レジスタの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

ANSB16 ビット (A/D 変換チャンネル選択 16)

ADANSB1 レジスタはグループスキャンモード選択時にグループ B で A/D 変換を行うチャンネルのアナログ入力の組み合わせを選択するレジスタです。ADANSB1 レジスタは他のスキャンモードでは使用しません。

グループ A で指定したチャンネル (ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択またはダブルトリガモード時に ADCSR.DBLANS[4:0] ビットで選択したチャンネル) を選択しないでください。

35.2.11 ADADS0 : A/D 変換値加算/平均チャンネル選択レジスタ 0

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x008

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	ADS13	ADS12	ADS11	—	—	—	—	—	—	ADS4	ADS3	ADS2	ADS1	ADS0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
4:0	ADS4~ADS0	A/D 変換値加算／平均チャンネル選択 n ビット 4 (ADS4) は AN004 に、ビット 0 (ADS0) は AN000 に対応します。 0: 対応する入力チャンネルを非選択 1: 対応する入力チャンネルを選択	R/W
10:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
13:11	ADS13~ADS11	A/D 変換値加算／平均チャンネル選択 n ビット 13 (ADS13) は AN013 に、ビット 11 (ADS11) は AN011 に対応します。 0: 対応する入力チャンネルを非選択 1: 対応する入力チャンネルを選択	R/W
15:14	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ADS_n ビット (A/D 変換値加算／平均チャンネル選択 n) (n = 0~4、11~13)

ADS_n ビットは A/D 変換値加算／平均の対象となる A/D 変換チャンネルを決定します。選択した A/D 変換チャンネルに対応する ADS_n ビットを 1 にすると、選択したチャンネルのアナログ入力を、ADADC.ADC[2:0] ビットで指定した回数 (1, 2, 3, 4, または 16 回) 分、連続して A/D 変換します。

ADADC.AVEE ビットが 0 の場合は加算した値を、ADADC.AVEE ビットが 1 の場合は加算値から平均した値を、A/D データレジスタに格納します。

ADS_n ビットは、以下で選択された A/D 変換チャンネルのみに適用されます。

- ADANSA0 レジスタの ANSA_n ビットまたは ADCSR レジスタの DBLANS[4:0] ビット
- ADANSB0 レジスタの ANSB_n ビット

加算／平均モードが非選択の A/D 変換チャンネルは、通常の 1 回変換を実施し、A/D データレジスタに変換結果を格納します。

ADADS0 レジスタのビット設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

図 35.2 に ADADS0 レジスタのビット (チャンネル c と g) を 1 にしたときのスキャン動作シーケンスを示します。本図では、以下のような設定になっています。

- 加算モードを選択 (ADADC.AVEE = 0)
- 変換回数を 4 に設定 (ADADC.ADC[1:0] = 11b)
- 連続スキャンモード (ADCSR.ADCS[1:0] = 10b) でアナログ入力チャンネル a~h を選択 (ADANSA0 レジスタ)

アナログ入力 A (チャンネル a) から変換を開始します。アナログ入力 C (チャンネル c) の変換は 4 回連続実行し、加算値を A/D データレジスタ c (ADDR_c) に返します。その後、アナログ入力 D (チャンネル d) の変換を開始し、アナログ入力 G (チャンネル g) の変換は 4 回連続実行し、加算値を A/D データレジスタ g (ADDR_g) に返します。アナログ入力 H (チャンネル h) の変換後、再度アナログ入力 A (チャンネル a) から同じシーケンスで動作します。

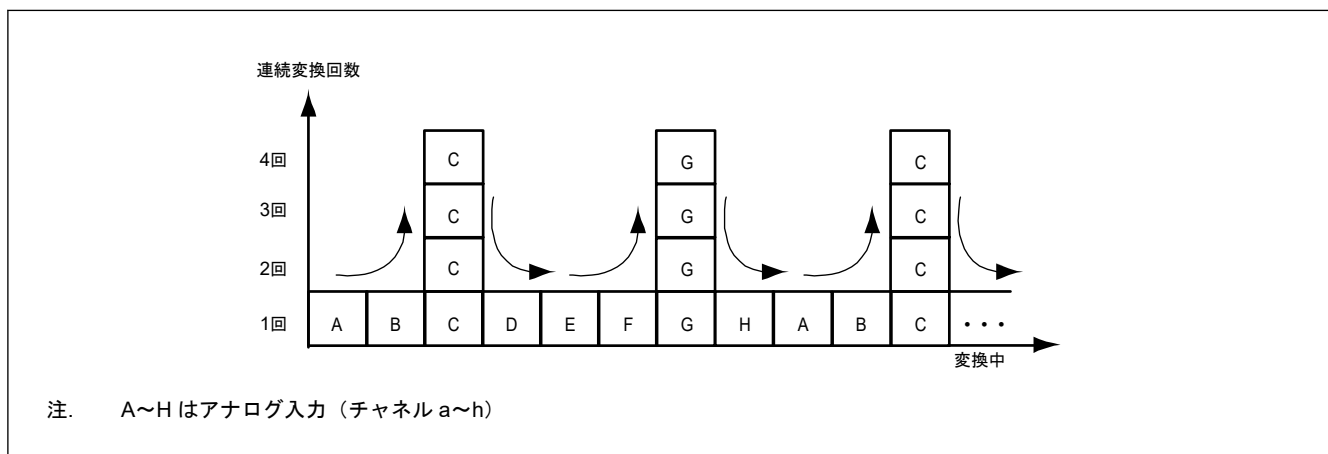


図 35.2 ADADC.ADC[2:0] = 011b および ADADS0/1 によるアナログ入力 C と G を 1 に選択時のスキャン変換シーケンス

35.2.12 ADADS1 : A/D 変換値加算／平均チャンネル選択レジスタ 1

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x00A

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ADS16
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	ADS16	A/D 変換値加算／平均チャンネル選択 16 ビット 0 (ADS16) は AN016 に対応します。 0: 対応する入力チャンネルを非選択 1: 対応する入力チャンネルを選択	R/W
15:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ADS16 ビット (A/D 変換値加算／平均チャンネル選択 16)

ADS16 ビットは A/D 変換値加算／平均の対象となる A/D 変換チャンネルを決定します。選択した A/D 変換チャンネルに対応する ADS16 ビットを 1 にすると、選択したチャンネルのアナログ入力を、ADADC.ADC[2:0] ビットで指定した回数 (1, 2, 3, 4, または 16 回) 分、連続して A/D 変換します。

ADADC.AVEE ビットが 0 の場合は加算した値を、ADADC.AVEE ビットが 1 の場合は加算値から平均した値を、A/D データレジスタに格納します。

ADS16 ビットは、以下で選択された A/D 変換チャンネルのみに適用されます。

- ADANSA1 レジスタの ANSAn ビットまたは ADCSR レジスタの DBLANS[4:0] ビット
- ADANSB1 レジスタの ANSBn ビット

加算／平均モードが非選択の A/D 変換チャンネルは、通常の 1 回変換を実施し、A/D データレジスタに変換結果を格納します。

ADADS1 レジスタの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

35.2.13 ADADC : A/D 変換値加算／平均回数選択レジスタ

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x00C

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	AVEE	—	—	—	—	ADC[2:0]		
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	ADC[2:0]	加算／平均回数選択 0 0 0: 1 回変換 (加算なし。通常変換と同じ。) 0 0 1: 2 回変換 (1 回加算を行う) 0 1 0: 3 回変換 (2 回加算を行う) 設定禁止 0 1 1: 4 回変換 (3 回加算を行う) 1 0 1: 16 回変換 (15 回加算を行う) その他: 設定禁止	R/W
6:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	AVEE	平均モードを選択 0: 加算モードを選択 1: 平均モードを選択	R/W

ADADC は加算モードまたは平均モードの選択、および A/D 変換の加算回数を設定します。表 35.15 に、ADADC レジスタの設定可能な組み合わせを示します。

表 35.15 ADADC レジスタの設定可能な組み合わせ

平均モード選択 (AVEE)	変換回数				
	1 回	2 回	3 回	4 回	16 回
0	✓	✓	✓	✓	✓
1	✓	✓	—	✓	—

注: ✓: 選択可能、—: 選択不可能

ADC[2:0]ビット (加算/平均回数選択)

ADC[2:0]ビットはダブルトリガモードでの選択チャンネル (ADCSR.DBLANS[4:0]ビットでの選択チャンネル) を含む A/D 変換および加算/平均モードが選択されたすべてのチャンネルに対して加算回数を設定します。加算回数は、内部基準電圧の A/D 変換にも適用されます。

自己診断機能 (ADCER.DIAGM = 1) を実施する場合、ADC[2:0]ビットを 000b 以外の値にしないでください。

AVEE ビット (平均モードを選択)

AVEE ビットはダブルトリガモードでの選択チャンネル (ADCSR.DBLANS[4:0]ビットでの選択チャンネル) を含む A/D 変換および加算/平均モードが選択されたチャンネル、内部基準電圧の A/D 変換に対して加算モードまたは平均モードの選択を行います。

35.2.14 ADCER : A/D コントロール拡張レジスタ

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x00E

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	ADRFMT	—	—	—	DIAGM	DIAGLD	DIAGVAL[1:0]	—	—	ACE	—	—	ADPRC[1:0]	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
2:1	ADPRC[1:0]	A/D 変換精度選択 0 0: 12 ビット精度で A/D 変換を実施 0 1: 10 ビット精度で A/D 変換を実施 1 0: 8 ビット精度で A/D 変換を実施 1 1: 設定禁止	R/W
4:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
5	ACE	A/D データレジスタ自動クリアイネーブル 0: 自動クリアを禁止 1: 自動クリアを許可	R/W
7:6	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
9:8	DIAGVAL[1:0]	自己診断変換電圧選択 0 0: 自己診断有効時は設定禁止 0 1: 0 V 1 0: 基準電圧(注1) × 1/2 1 1: 基準電圧(注1)	R/W
10	DIAGLD	自己診断モード選択 0: 自己診断電圧ローテーションモードを選択 1: 自己診断電圧固定モードを選択	R/W
11	DIAGM	自己診断イネーブル 0: ADC12 の自己診断を実施しない 1: ADC12 の自己診断を実施する	R/W
14:12	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
15	ADRFMT	A/D データレジスタフォーマット選択 0: A/D データレジスタのフォーマットを右詰めにする 1: A/D データレジスタのフォーマットを左詰めにする	R/W

注 1. 基準電圧は VREFH0 です。

ADPRC[1:0]ビット (A/D 変換精度選択)

ADPRC[1:0]ビットは A/D 変換の精度を選択します。A/D 変換精度を変えた場合、結果レジスタに格納する有効データのビット幅、A/D 変換時間も変わります。詳細は、「[35.3.6. アナログ入力のスキャン変換時間](#)」を参照してください。ADPRC[1:0]ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

ACE ビット (A/D データレジスタ自動クリアイネーブル)

ACE ビットは、CPU または DTC によって ADDRy、ADRD、ADDBLDR、ADDBLDRB、または ADOCADR レジスタのいずれかを読み出した後、当該レジスタの自動クリア (すべて 0) を行うか行わないかを選択します。A/D データレジスタの自動クリアにより各 A/D データレジスタの未更新障害を検出することができます。詳細は、「[35.3.7. A/D データレジスタの自動クリア機能の使用例](#)」を参照してください。

DIAGVAL[1:0]ビット (自己診断変換電圧選択)

DIAGVAL[1:0]ビットは自己診断電圧固定モードでの電圧値を選択します。詳細は、DIAGLD ビットの説明を参照してください。

DIAGVAL[1:0]ビットが 00b の場合、DIAGLD ビットを 1 にして自己診断を実行しないでください。

DIAGLD ビット (自己診断モード選択)

DIAGLD ビットは、自己診断に使用する 3 つの電圧値をローテーションするか、電圧値を固定するかを選択します。

DIAGLD ビットを 0 にすると、0 V → 基準電圧 × 1/2 → 基準電圧の順番にローテーションして変換していきます。リセット後、および自己診断電圧ローテーションモードを選択した場合は、0 V から自己診断を行います。スキャン変換が終了しても自己診断電圧値は 0 V に戻りません。再びスキャン変換を実行すると、前回に続く電圧値からローテーションを開始します。

DIAGLD ビットを 1 にすることにより固定電圧を選択します。ADCER.DIAGVAL[1:0]ビットで指定した固定電圧が変換されます。固定モードからローテーションモードに切り替えた場合は、固定電圧値からローテーションを開始します。

DIAGLD ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

DIAGM ビット (自己診断イネーブル)

DIAGM ビットは、自己診断を実施するかしないかを選択します。

自己診断は、ADC12 の故障を検出するための機能です。自己診断モードでは、3 つの電圧値 (0 V、基準電圧 × 1/2、基準電圧) のいずれかを変換します。変換が終了すると自己診断データレジスタ (ADRD) に変換した電圧の情報と変換結果を格納します。その後、ADRD レジスタを読み出し、変換値が正常の範囲にある (正常) かない (異常) かを判断します。

自己診断は、スキャンごとの最初に 1 回実施され、3 つの電圧値のうち 1 つを A/D 変換します。ダブルトリガモード (ADCSR.DBLE = 1) では、自己診断 (DIAGM = 0) は選択されません。グループスキャンモードで自己診断を選択した場合は、グループ A とグループ B のそれぞれで自己診断を実行します。

DIAGM ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

ADRFMT ビット (A/D データレジスタフォーマット選択)

ADRFMT ビットは、ADDRy、ADDBLDR、ADDBLDRB、ADDBLDRB、ADOCADR、ADCOMPDR0/1、ADWINLLB、ADWINULB、または ADRD レジスタに格納するデータの右詰め/左詰めを選択します。

ADRFMT ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

35.2.15 ADSTRGR : A/D 変換開始トリガ選択レジスタ

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x010

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	TRSA[5:0]					—	—	TRSB[5:0]						
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
5:0	TRSB[5:0]	グループ B 用 A/D 変換開始トリガ選択 グループスキャンモードでグループ B の A/D 変換開始トリガを選択します。	R/W
7:6	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
13:8	TRSA[5:0]	A/D 変換開始トリガ選択 シングルスキャンモード、連続スキャンモードでの A/D 変換開始トリガを選択します。グループスキャンモードではグループ A の A/D 変換開始トリガを選択します。	R/W
15:14	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

TRSB[5:0]ビット (グループ B 用 A/D 変換開始トリガ選択)

TRSB[5:0]ビットはグループ B で選択したアナログ入力のスキャンを開始するトリガを選択します。TRSB[5:0]ビットはグループスキャンモードでのみ使用するビットで、他のスキャンモードでは使用しません。グループ B のスキャン変換開始トリガとしてソフトウェアトリガまたは非同期トリガは設定しないでください。グループスキャンモードでは、TRSB[5:0]ビットを 0x00 以外の値にし、ADCSR.TRGE ビットを 1 にしてください。

グループスキャンモードのグループ優先動作選択時に、ADGSPCR.GBRP ビットを 1 にすることで、グループ B をシングルスキャンモードで連続動作させることができます。ADGSPCR.GBRP ビットを 1 にする場合は、TRSB[5:0]ビットを 0x3F にしてください。変換トリガの発行間隔は、実際のスキャン変換時間 (t_{SCAN}) 以上となるように設定してください。発行間隔が t_{SCAN} より短い場合は、トリガによる A/D 変換が無効となる場合があります。

表 35.16 に TRSB[5:0]ビットでの A/D 変換起動要因選択一覧を示します。

表 35.16 TRSB[5:0]ビットでの A/D 変換起動要因選択一覧

要因	備考	TRSB[5]	TRSB[4]	TRSB[3]	TRSB[2]	TRSB[1]	TRSB[0]
トリガ要因非選択状態	—	1	1	1	1	1	1
ELC_AD00	ELC	0	0	1	0	0	1
ELC_AD01	ELC	0	0	1	0	1	0
ELC_AD00, ELC_AD01	ELC	0	0	1	0	1	1

TRSA[5:0]ビット (A/D 変換開始トリガ選択)

TRSA[5:0]ビットはシングルスキャンモードおよび連続スキャンモードでは A/D 変換開始トリガまたはグループスキャンモードではグループ A で選択したアナログ入力のスキャンを開始するトリガを選択します。グループスキャンモードまたはダブルトリガモードでスキャンを行う場合、ソフトウェアトリガや非同期トリガは使用しないでください。

- 同期トリガ (ELC) を使用する場合は、ADCSR.TRGE ビットを 1 にし、かつ ADCSR.EXTRG ビットを 0 にしてください。
- 非同期トリガ (ADTRG0) を使用する場合は、ADCSR.TRGE ビットを 1 にし、かつ ADCSR.EXTRG ビットを 1 にしてください。
- ソフトウェアトリガ (ADCSR.ADST) は、ADCSR.TRGE ビット、ADCSR.EXTRG ビット、TRSA[5:0]ビットの設定値にかかわらず有効です。

変換トリガの発行間隔は、実際のスキャン変換時間 (t_{SCAN}) 以上となるように設定してください。発行間隔が t_{SCAN} より短い場合は、トリガによる A/D 変換が無効となる場合があります。

表 35.17 に TRSA[5:0]ビットでの A/D 変換起動要因選択一覧を示します。

表 35.17 TRSA[5:0]ビットでの A/D 変換起動要因選択一覧

要因	備考	TRSA[5]	TRSA[4]	TRSA[3]	TRSA[2]	TRSA[1]	TRSA[0]
トリガ要因非選択状態	—	1	1	1	1	1	1
ADTRG0	トリガ入力端子	0	0	0	0	0	0
ELC_AD00	ELC	0	0	1	0	0	1
ELC_AD01	ELC	0	0	1	0	1	0
ELC_AD00, ELC_AD01	ELC	0	0	1	0	1	1

35.2.16 ADEXICR : A/D 変換拡張入力コントロールレジスタ

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x012

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	OCSB	—	OCSA	—	—	—	—	—	—	—	OCSA D	—

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
1	OCSAD	内部基準電圧 A/D 変換値加算/平均モード選択 0: 内部基準電圧に対し加算/平均モード非選択 1: 内部基準電圧に対し加算/平均モード選択	R/W
7:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
8	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
9	OCSA	内部基準電圧 A/D 変換選択 0: 内部基準電圧の A/D 変換禁止 1: 内部基準電圧の A/D 変換許可	R/W
10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
11	OCSB	グループ B 専用・内部基準電圧 A/D 変換選択 0: 内部基準電圧の A/D 変換禁止 1: 内部基準電圧の A/D 変換許可	R/W
15:12	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

OCSAD ビット (内部基準電圧 A/D 変換値加算/平均モード選択)

OCSAD ビットが 1 の場合、ADADC.ADC[2:0]ビットで設定した回数分、連続して内部基準電圧の A/D 変換が行われます。ADADC.AVEE ビットが 0 の場合、加算 (積算) した値を A/D 内部基準電圧データレジスタ (ADOCADR) に返します。ADADC.AVEE ビットが 1 の場合、平均した値を A/D 内部基準電圧データレジスタ (ADOCADR) に返します。

OCSAD ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

OCSA ビット (内部基準電圧 A/D 変換選択)

OCSA ビットは、シングルスキャンモード、連続スキャンモード、およびグループスキャンモードのグループ A での内部基準電圧の A/D 変換を選択します。内部基準電圧の A/D 変換をする場合、ADCSR.DBLE ビットを 0 にしてください。

OCSA ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。また、OCSA ビットを 1 に設定した場合は、設定後 400 ns 以上待ってから A/D 変換を開始してください。

OCSB ビット (グループ B 専用・内部基準電圧 A/D 変換選択)

OCSB ビットはグループスキャンモードのグループ B での内部基準電圧の A/D 変換を選択します。OCSB ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。OCSA ビットが 1 のときは、OCSB ビットを 1 にしないでください。さらに、OCSB ビットを 1 にしてから 400 ns 以上待機後に、A/D 変換を開始してください。

35.2.17 ADSSTRn/ADSSTRL/ADSSTRO : A/D サンプルングステートレジスタ (n = 0~4, 11~13)

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x0E0 + 0x1 × n (n = 0~4, 11~13)
0x0DD (ADSSTRL)
0x0DF (ADSSTRO)

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	SST[7:0]							
Value after reset:	0	0	0	0	1	0	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	SST[7:0]	サンプリング時間設定 5~255 ステートの間でサンプリング時間を設定します。	R/W

ADSSTRn レジスタは、アナログ入力のサンプリング時間の設定を行うレジスタです。

本レジスタでは、アナログ入力信号源のインピーダンスが高いためにサンプリング時間が不足する場合や、ADCLK が低速な場合に、サンプリング時間を調整することができます。設定値は 1ADCLK サイクルの時間を示し、必要なサンプリング時間は電圧条件によって規定されます。詳細は、「[43.5. ADC12 特性](#)」を参照してください。

サンプリング時間の下限値は分周比によって異なります。

- PCLKA: PCLKC (ADCLK) の分周比が 1:1、2:1、4:1、または 8:1 の場合、サンプリング時間は 5 ステートより長く設定してください。
- PCLKA: PCLKC (ADCLK) の分周比が 1:2 または 1:4 の場合、サンプリング時間は 6 ステートより長く設定してください。

表 35.18 に A/D サンプルングステートレジスタと対象チャネルの関係を示します。詳細は「[35.3.6. アナログ入力のサンプリング時間とスキャン変換時間](#)」を参照してください。

SST[7:0] ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

表 35.18 A/D サンプルングステートレジスタと関連チャネルの関係

ビット名	関連チャネル
ADSSTRn.SST[7:0] ビット (n = 0~4, 11~13) (注1)	AN000~AN004, AN011~AN013
ADSSTRL.SST[7:0] ビット	AN016
ADSSTRO.SST[7:0] ビット	内部基準電圧

注 1. 自己診断機能を選択した時は、ADSSTR0.SST[7:0] ビットで設定したサンプリング時間が適用されます。

35.2.18 ADDISCR : A/D 断線検出コントロールレジスタ

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x07A

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	PCHG	ADNDIS[3:0]			
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	ADNDIS[3:0]	断線検出アシスト設定 0x0: 断線検出アシスト機能無効 0x1: 設定禁止 その他: プリチャージ/ディスチャージ期間のステート数	R/W
4	PCHG	プリチャージ/ディスチャージ選択 0: ディスチャージ 1: プリチャージ	R/W
7:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ADDISCR レジスタは、A/D 断線検出アシスト機能のプリチャージ/ディスチャージの設定および期間を設定します。ADDISCR レジスタの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。内部基準電圧を A/D 変換する場合、A/D コンバータは自動的にディスチャージを実行します。

下記の機能のいずれかを使用する場合は断線検出アシスト機能を無効にしてください。

- 内部基準電圧
- A/D 自己診断

ADNDIS[3:0]ビット（断線検出アシスト設定）

ADNDIS[3:0]ビットは、プリチャージ/ディスチャージの期間を指定します。ADNDIS[3:0] = 0000b の場合は、断線検出アシスト機能は無効です。ADNDIS[3:0] = 0001b は設定禁止です。ADNDIS[3:0] = 0000b、0001b 以外では、設定した値がプリチャージ/ディスチャージ期間のステート数となります。ADNDIS[3:0]ビットが 0000b および 0001b 以外の値の場合、断線検出アシスト機能は有効になります。

PCHG ビット（プリチャージ/ディスチャージ選択）

プリチャージまたはディスチャージを選択します。

35.2.19 ADGSPCR : A/D グループスキャン優先コントロールレジスタ

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x080

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	GBRP	LGRR S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	GBRS CN	PGS
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PGS	グループ優先動作設定(注1) 0: グループ優先制御動作を行わない 1: グループ優先制御動作を行う	R/W
1	GBRSCN	低優先グループ再起動設定 (PGS = 1 の時のみ有効。PGS = 0 の時は無効。) 0: グループ優先動作で中断されたグループの再スキャンをしない 1: グループ優先動作で中断されたグループの再スキャンをする	R/W
13:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
14	LGRRS	再開チャンネル選択 PGS = 1 かつ GBRSCN = 1 の時のみ有効。 0: スキャン先頭チャンネルから再スキャンを行う 1: A/D 変換が未終了チャンネルから再スキャンを行う	R/W
15	GBRP	シングルスキャン連続起動設定(注2) (PGS = 1 の時のみ有効。PGS = 0 の時は無効。) 0: シングルスキャン連続動作しない 1: 優先度の低いグループがシングルスキャン連続動作する	R/W

- 注 1. ADCSR.ADCS[1:0]ビットは、PGS を 1 にする前に 01b (グループスキャンモード) にする必要があります。それ以外の値にした場合、動作は保証されません。
- 注 2. GBRP ビットを 1 にした場合は、GBRSCN ビットの設定にかかわらず、優先度の低いグループがシングルスキャン連続動作を実行します。

PGS ビット (グループ優先動作設定)

PGS ビットはグループスキャンモードでのグループ優先動作を制御します。グループ優先動作を行うために、PGS ビットを 1 にしてください。

ADCSR.ADCS[1:0]ビットは、PGS ビットを 1 にする前に 01b (グループスキャンモード) にする必要があります。それ以外の値にした場合、動作は保証されません。

PGS ビットを 0 にした場合は、「35.6.3. A/D 変換停止に関する制約」に従い、ソフトウェアでのクリアを行ってください。PGS ビットを 1 にした場合は、「35.3.4.3. グループ優先動作」の手順に従い設定を行ってください。

GBRSCN ビット (低優先グループ再起動設定)

GBRSCN ビットは、グループ優先動作時の再スキャン動作を制御します。

GBRSCN ビットを 1 にすると、優先グループのトリガ入力により低優先グループのスキャン動作が中断した後、優先グループのスキャン終了を待ってから、低優先グループのスキャンを再実行します。また、優先グループのスキャン中に低優先グループのトリガ入力があった場合、優先グループのスキャン終了を待って、低優先グループのスキャンを実行します。

GBRSCN ビットを 0 にした場合は、スキャン中に入力されたトリガは無視されます。GBRSCN ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

LGRRS ビット (再開チャンネル選択)

グループ優先動作時の、再スキャン開始チャンネルを設定します。LGRRS ビットの設定は、PGS ビットと GBRSCN ビットが 1 のときに有効となります。

LGRRS ビットが 0 の時、グループ優先動作によりスキャンを中断した低優先グループは、優先グループのスキャン終了後のスキャンを先頭チャンネルから再実行します。

LGRRS ビットが 1 の時、グループ優先動作によりスキャンを中断した低優先グループは、優先グループのスキャン終了後に A/D 変換未終了のチャンネルからスキャンを再実行します。中断時に加算設定チャンネルの A/D 変換が設定回数分終了していなければ、再実行時、加算設定チャンネルは再度 A/D 変換を設定回数分実行します。

LGRRS ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときに行ってください。

GBRP ビット (シングルスキャン連続起動設定)

GBRP ビットは、グループ優先動作設定で優先度の低いグループをシングルスキャンで連続動作させる場合に設定します。

GBRP ビットを 1 にすると、優先度の低いグループのシングルスキャンが起動します。スキャン終了後、優先度の低いグループのシングルスキャンを自動的に再開します。グループ優先動作でスキャンが中断した後は、優先グループの A/D 変換動作終了後、優先度の低いグループのシングルスキャンを自動的に再開します。

GBRP ビットを 1 にする場合は、事前に優先度の低いグループのトリガ入力を無効にしてください。GBRP ビットを 1 に設定した場合、GBRSCN ビットが 0 でも、優先度の低いグループのみ再スキャンを行います。

35.2.20 ADCMPCR : A/D コンペア機能コントロールレジスタ

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x090

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	CMPA E	WCMP E	CMPB E	—	CMPA E	—	CMPB E	—	—	—	—	—	—	—	—	CMPAB[1:0]
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	CMPAB[1:0]	ウィンドウ A/B 複合条件設定 これらのビットは、ウィンドウ A およびウィンドウ B がどちらも有効 (CMPAE = 1 および CMPBE = 1) な場合に有効となります。 0 0: ウィンドウ A 比較条件に一致 OR ウィンドウ B 比較条件に一致で ADC120_WCMPPM を出力それ以外は ADC120_WCMPUM を出力 0 1: ウィンドウ A 比較条件に一致 EXOR ウィンドウ B 比較条件に一致で ADC120_WCMPPM を出力それ以外は ADC120_WCMPUM を出力 1 0: ウィンドウ A 比較条件に一致 AND ウィンドウ B 比較条件に一致で ADC120_WCMPPM を出力それ以外は ADC120_WCMPUM を出力 1 1: 設定禁止	R/W
8:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
9	CMPBE	コンペアウィンドウ B 動作許可 0: コンペアウィンドウ B 動作禁止 ADC120_WCMPPM および ADC120_WCMPUM の出力不可 1: コンペアウィンドウ B 動作許可	R/W
10	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
11	CMPAE	コンペアウィンドウ A 動作許可 0: コンペアウィンドウ A 動作禁止 ADC120_WCMPPM および ADC120_WCMPUM の出力不可 1: コンペアウィンドウ A 動作許可	R/W
12	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
13	CMPBIE	コンペア B 割り込み許可 0: 比較条件 (ウィンドウ B) 一致による ADC120_CMPBI 割り込み禁止 1: 比較条件 (ウィンドウ B) 一致による ADC120_CMPBI 割り込み許可	R/W
14	WCMPE	ウィンドウ機能設定 0: ウィンドウ機能無効 ウィンドウ A および B はコンパレータとして動作し、下位の 1 つの値を A/D 変換結果と比較します。 1: ウィンドウ機能有効 ウィンドウ A および B はコンパレータとして動作し、上位および下位の 2 つの値を A/D 変換結果と比較します。	R/W
15	CMPAIE	コンペア A 割り込み許可 0: 比較条件 (ウィンドウ A) 一致による ADC120_CMPAI 割り込み禁止 1: 比較条件 (ウィンドウ A) 一致による ADC120_CMPAI 割り込み許可	R/W

CMPAB[1:0]ビット (ウィンドウ A/B 複合条件設定)

CMPAB[1:0]ビットはシングルスキャンモードでウィンドウ A およびウィンドウ B がどちらも有効 (CMPAE = 1 および CMPBE = 1) な場合に有効となります。CMPAB[1:0]ビットにより、ADWINMON.MONCOMB のコンペア機能一致/不一致イベント出力条件および監視条件を指定します。CMPAB[1:0]ビットは、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ設定してください。

CMPBE ビット (コンペアウィンドウ B 動作許可)

CMPBE ビットはコンペアウィンドウ B の動作を許可/禁止します。CMPBE ビットは、ADSCR.ADST ビットが 0 のときに設定してください。

このビットは、以下のレジスタを設定する前に 0 にしてください。

- A/D チャンネル選択レジスタ A0、B0 (ADANSA0、ADANSA1、ADANSB0、ADANSB1)
- A/D 変換拡張入力コントロールレジスタ (ADEXICR) の OCSB、または OCSA ビット
- ウィンドウ B チャンネル選択レジスタ (ADCMPBNSR) の CMPCHB[5:0]ビット

CMPAE ビット (コンペアウィンドウ A 動作許可)

CMPAE ビットはコンペアウィンドウ A の動作を許可/禁止します。CMPAE ビットは、ADSCR.ADST ビットが 0 のときに設定してください。

このビットは、以下のレジスタを設定する前に 0 にしてください。

- A/D チャンネル選択レジスタ A0、A1、B0、B1 (ADANSA0、ADANSA1、ADANSB0、ADANSB1)

- A/D 変換拡張入力コントロールレジスタ (ADEXICR) の OCSB、または OCSA ビット
- ウィンドウ A チャンネル選択レジスタ 0 および 1 (ADCMPANSR0 および ADCMPANSR1)
- ウィンドウ A 拡張入力選択レジスタ (ADCMPANSER)

CMPBIE ビット (コンペア B 割り込み許可)

CMPBIE ビットは比較条件 (ウィンドウ B) の一致による割り込み出力 ADC120_CMPBI を許可/禁止します。

WCMPE ビット (ウィンドウ機能設定)

WCMPE ビットは、ウィンドウ機能の有効/無効を選択します。WCMPE ビットは、ADCSR.ADST ビットが 0 のときに設定してください。

CMPAIE ビット (コンペア A 割り込み許可)

CMPAIE ビットは比較条件 (ウィンドウ A) の一致による割り込み出力 ADC120_CMPAI を許可/禁止します。

35.2.21 ADCMPANSR0 : A/D コンペア機能ウィンドウ A チャンネル選択レジスタ 0

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x094

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	CMPC HA13	CMPC HA12	CMPC HA11	—	—	—	—	—	—	CMPC HA4	CMPC HA3	CMPC HA2	CMPC HA1	CMPC HA0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
4:0	CMPCHA4~ CMPCHA0	コンペアウィンドウ A チャンネル選択 n ビット 4 (CMPCHA4) は AN004 に、ビット 0 (CMPCHA0) は AN000 に対応します。 0: 関連する入力チャンネルに対するコンペア機能を禁止 1: 関連する入力チャンネルに対するコンペア機能を許可	R/W
10:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
13:11	CMPCHA13~ CMPCHA11	コンペアウィンドウ A チャンネル選択 n ビット 13 (CMPCHA13) は AN013 に、ビット 11 (CMPCHA11) は AN011 に対応します。 0: 関連する入力チャンネルに対するコンペア機能を禁止 1: 関連する入力チャンネルに対するコンペア機能を許可	R/W
15:14	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

CMPCHAN_n ビット (コンペアウィンドウ A チャンネル選択 n) (n = 0~4、11~13)

ADANSA0.ANSA_n ビットおよび ADANSB0.ANSB_n ビットで選択した A/D 変換チャンネルと同一番号の CMPCHAN_n ビットを 1 にすると、コンペア機能が有効になります。

CMPCHAN_n ビットは、ADCSR.ADST ビットが 0 のときに設定してください。

35.2.22 ADCMPANSR1 : A/D コンペア機能ウィンドウ A チャンネル選択レジスタ 1

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x096

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	CMPC HA16
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	CMPCHA16	コンペアウィンドウ A チャンネル選択 16 ビット 0 (CMPCHA16) は AN016 に対応します。 0: 関連する入力チャンネルに対するコンペア機能を禁止 1: 関連する入力チャンネルに対するコンペア機能を許可	R/W
15:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

CMPCHA16 ビット (コンペアウィンドウ A チャンネル選択 16)

ADANSA1.ANSA ビットおよび ADANSB1.ANSB ビットで選択した A/D 変換チャンネルと同一番号の CMPCHA16 ビットを 1 にすると、コンペア機能が有効になります。

CMPCHA16 ビットは、ADCSR.ADST ビットが 0 のときに設定してください。

35.2.23 ADCMPANSER : A/D コンペア機能ウィンドウ A 拡張入力選択レジスタ

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x092

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	CMPO CA	—

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
1	CMPOCA	内部基準電圧コンペア選択 0: 内部基準電圧をコンペアウィンドウ A 対象から外す 1: 内部基準電圧をコンペアウィンドウ A 対象とする	R/W
7:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

CMPOCA ビット (内部基準電圧コンペア選択)

ADEXICR.OCSA および ADEXICR.OCSE ビットが 1 の場合、CMPOCA ビットを 1 に設定することにより、コンペア機能ウィンドウ A が有効になります。CMPOCA ビットは、ADCSR.ADST ビットが 0 のときに設定してください。

35.2.24 ADCMPLR0 : A/D コンペア機能ウィンドウ A 比較条件設定レジスタ 0

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x098

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	CMPL CHA1 3	CMPL CHA1 2	CMPL CHA11	—	—	—	—	—	—	CMPL CHA4	CMPL CHA3	CMPL CHA2	CMPL CHA1	CMPL CHA0

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
4:0	CMPLCHA4~ CMPLCHA0	<p>コンペアウィンドウ A 比較条件選択 n ウィンドウ A 比較条件を適用するチャンネルの比較条件を設定します。 ビット 4 (CMPLCHA4) は AN004 に、ビット 0 (CMPLCHA0) は AN000 に対応します。 比較条件を図 35.3 に示します。</p> <p>0: ウィンドウ機能無効時 (ADCMPCR.WCMPE = 0): ADCMPDR0 値 > A/D 変換値 ウィンドウ機能有効時 (ADCMPCR.WCMPE = 1): A/D 変換値 < ADCMPDR0 値、 または ADCMPDR1 値 < A/D 変換値</p> <p>1: ウィンドウ機能無効時 (ADCMPCR.WCMPE = 0): ADCMPDR0 値 < A/D 変換値 ウィンドウ機能有効時 (ADCMPCR.WCMPE = 1): ADCMPDR0 値 < A/D 変換値 < ADCMPDR1 値</p>	R/W
10:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
13:11	CMPLCHA13~ CMPLCHA11	<p>コンペアウィンドウ A 比較条件選択 n ウィンドウ A 比較条件を適用するチャンネルの比較条件を設定します。 ビット 13 (CMPLCHA13) は AN013 に、ビット 11 (CMPLCHA11) は AN011 に対応します。 比較条件を図 35.3 に示します。</p> <p>0: ウィンドウ機能無効時 (ADCMPCR.WCMPE = 0): ADCMPDR0 値 > A/D 変換値 ウィンドウ機能有効時 (ADCMPCR.WCMPE = 1): A/D 変換値 < ADCMPDR0 値、 または ADCMPDR1 値 < A/D 変換値</p> <p>1: ウィンドウ機能無効時 (ADCMPCR.WCMPE = 0): ADCMPDR0 値 < A/D 変換値 ウィンドウ機能有効時 (ADCMPCR.WCMPE = 1): ADCMPDR0 値 < A/D 変換値 < ADCMPDR1 値</p>	R/W
15:14	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

CMPLCHANn ビット (コンペアウィンドウ A 比較条件選択 n)

CMPLCHANn ビットは、ウィンドウ A 比較条件を適用するチャンネルの比較条件を設定します。これらのビットはコンペア対象のアナログ入力ごとに設定可能です。各アナログ入力の比較結果が設定条件と一致すると、ADCMPDR0.CMPSTCHANn フラグは 1 になり、コンペア割り込み (ADC120_CMPAI) が発生します。

ウィンドウ機能が無効のときの比較条件			
CMPLCHAn = 0		CMPLCHAn = 1	
ADCMPDR0値 ≤ A/D変換値	不一致	ADCMPDR0値 < A/D変換値	一致
ADCMPDR0値 > A/D変換値	一致	ADCMPDR0値 ≥ A/D変換値	不一致
ウィンドウ機能が有効のときの比較条件			
CMPLCHAn = 0			
ADCMPDR1値 < A/D変換値		一致	
ADCMPDR0値 ≤ A/D変換値 ≤ ADCMPDR1値		不一致	
A/D変換値 < ADCMPDR0値		一致	
CMPLCHAn = 1			
ADCMPDR1値 ≤ A/D変換値		不一致	
ADCMPDR0値 < A/D変換値 < ADCMPDR1値		一致	
A/D変換値 ≤ ADCMPDR0値		不一致	

図 35.3 コンペア機能ウィンドウ A 比較条件の説明

35.2.25 ADCMPLR1 : A/D コンペア機能ウィンドウ A 比較条件設定レジスタ 1

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x09A

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	CMPLCHA16
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	CMPLCHA16	<p>コンペアウィンドウ A 比較条件選択 16 本ビットはウィンドウ A 比較条件を適用するチャンネルのアナログ入力（標準精度）または VSC_VCC 端子電圧の比較条件を設定します。</p> <p>ビット 0 (CMPLCHA16) は AN016 に対応します。 比較条件を図 35.3 に示します。</p> <p>0: ウィンドウ機能無効時 (ADCMPCR.WCMPE = 0): ADCMPDR0 値 > A/D 変換値 ウィンドウ機能有効時 (ADCMPCR.WCMPE = 1): A/D 変換値 < ADCMPDR0 値、 または ADCMPDR1 値 < A/D 変換値</p> <p>1: ウィンドウ機能無効時 (ADCMPCR.WCMPE = 0): ADCMPDR0 値 < A/D 変換値 ウィンドウ機能有効時 (ADCMPCR.WCMPE = 1): ADCMPDR0 値 < A/D 変換値 < ADCMPDR1 値</p>	R/W
15:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

CMPLCHA16 ビット (コンペアウィンドウ A 比較条件選択 16)

CMPLCHA16 ビットはウィンドウ A 比較条件を適用するアナログチャンネルの比較条件を指定します。このビットはコンペア対象のアナログ入力ごとに設定可能です。各アナログ入力の比較結果が設定条件と一致すると、ADCMPSR1.CMPSTCHA16 ビットは 1 になり、コンペア割り込み (ADC120_CMPAI) が発生します。

35.2.26 ADCMPLER : A/D コンペア機能ウィンドウ A 拡張入力比較条件設定レジスタ

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x093

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	CMPL OCA	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
1	CMPLOCA	<p>コンペアウィンドウ A 内部基準電圧比較条件選択 比較条件を図 35.3 に示します。</p> <p>0: ウィンドウ機能無効時 (ADCMPCR.WCMPE = 0): ADCMPDR0 値 > A/D 変換値 ウィンドウ機能有効時 (ADCMPCR.WCMPE = 1): A/D 変換値 < ADCMPDR0 値、 または A/D 変換値 > ADCMPDR1 値</p> <p>1: ウィンドウ機能無効時 (ADCMPCR.WCMPE = 0): ADCMPDR0 値 < A/D 変換値 ウィンドウ機能有効時 (ADCMPCR.WCMPE = 1): ADCMPDR0 値 < A/D 変換値 < ADCMPDR1 値</p>	R/W
7:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

CMPLOCA ビット (コンペアウィンドウ A 内部基準電圧比較条件選択)

CMPLOCA ビットは、内部基準電圧がウィンドウ A 比較条件の対象である場合の比較条件を指定します。内部基準電圧の比較結果が設定条件と一致すると、ADCMPSER.CMPSTOCA フラグは 1 になり、コンペア割り込み (ADC120_CMPAI) が発生します。

35.2.27 ADCMPDRn : A/D コンペア機能ウィンドウ A 下側/上側レベル設定レジスタ (n = 0, 1)

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x09C + (0x2 × n)



ADCMPDR_y (y = 0, 1) レジスタは、コンペアウィンドウ A 機能使用時、基準となるデータを指定するレジスタです。ADCMPDR₀ はウィンドウ A の下側基準を設定し、ADCMPDR₁ は上側基準を設定します。

ADCMPDR_y は読み出し/書き込みレジスタです。

ADCMPDR_y の書き込みは A/D 変換中でも有効です。A/D 変換中にレジスタ値を書き換えることにより、基準データを動的に変更することができます(注1)。

これらのレジスタを設定するときは、上側基準が下側基準を下回らないようにしてください (ADCMPDR₁ ≥ ADCMPDR₀)。ADCMPDR₁ は、ウィンドウ機能無効時は使用しません。

注 1. 下側基準および上側基準は、それぞれのレジスタが書き込まれる時に変更されます。たとえば上側基準値が変更され、下側基準値が変更中の場合、本 MCU は上側基準値 (変更後) と下側基準値 (変更前) を A/D 変換結果と比較します。図 35.4 を参照してください。2 つの基準値の書き換え時に比較エラーとなった場合、ADCSR.ADST および関連するコンペアウィンドウ動作許可ビット (ADCMPDR.CMPAE または ADCMPDR.CMPBE) がどちらも 0 のときに、それらの基準値を書き換えてください。

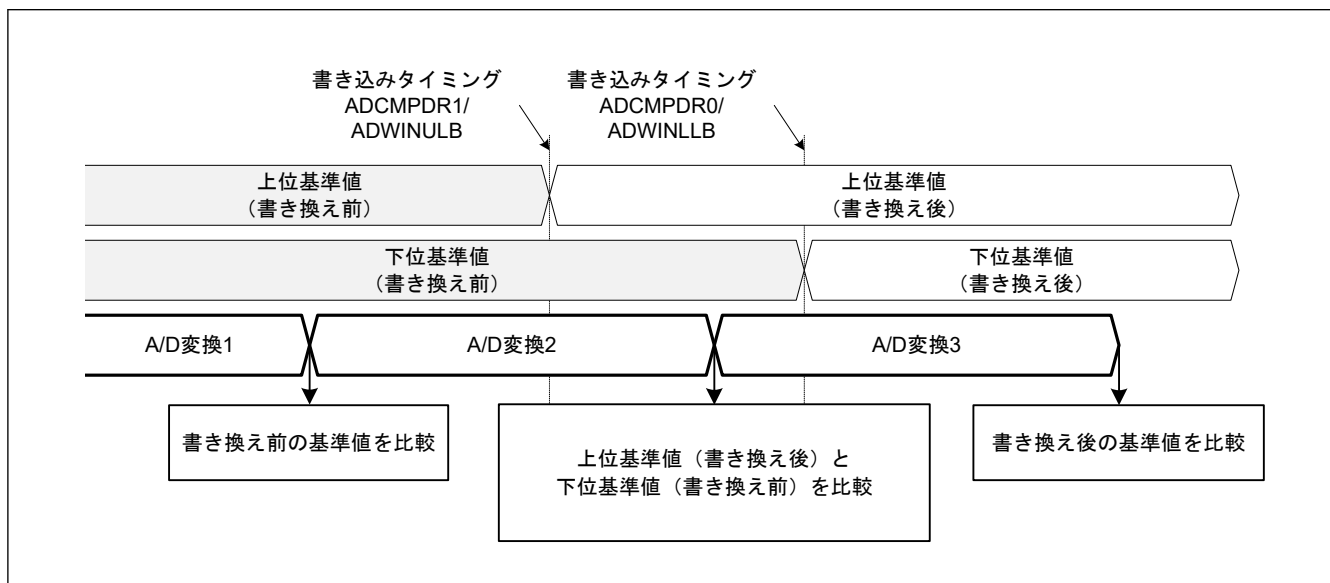


図 35.4 書き換え前後の上側基準値と下側基準値の比較

ADCMPDR_y レジスタは、下記の条件でフォーマットが異なります。

- A/D データレジスタフォーマット選択ビットの設定値 (右詰めまたは左詰め)
- A/D 変換精度指定ビットの設定値 (12 ビット、10 ビット、8 ビット)
- A/D 変換値加算/平均チャネル選択ビットの設定値 (A/D 変換値加算モード選択、または非選択)

以下、条件ごとのフォーマットを示します。

1. A/D 変換値加算モードを非選択とした場合
 - 右詰めフォーマット、12 ビット精度の場合 : 下位 12 ビット ([11:0]) が有効
 - 右詰めフォーマット、10 ビット精度の場合 : 下位 10 ビット ([9:0]) が有効
 - 右詰めフォーマット、8 ビット精度の場合 : 下位 8 ビット ([7:0]) が有効

- 左詰めフォーマット、12 ビット精度の場合：上位 12 ビット ([15:4]) が有効
- 左詰めフォーマット、10 ビット精度の場合：上位 10 ビット ([15:6]) が有効
- 左詰めフォーマット、8 ビット精度の場合：上位 8 ビット ([15:8]) が有効

2. A/D 変換値加算モードを選択した場合

- 右詰めフォーマット、12 ビット精度の場合：下位 14 ビット ([13:0]) が有効
- 右詰めフォーマット、10 ビット精度の場合：下位 12 ビット ([11:0]) が有効
- 右詰めフォーマット、8 ビット精度の場合：下位 10 ビット ([9:0]) が有効
- 左詰めフォーマット、12 ビット精度の場合：上位 14 ビット ([15:2]) が有効
- 左詰めフォーマット、10 ビット精度の場合：上位 12 ビット ([15:4]) が有効
- 左詰めフォーマット、8 ビット精度の場合：上位 10 ビット ([15:6]) が有効

35.2.28 ADWINnLB : A/D コンペア機能ウィンドウ B 下側／上側レベル設定レジスタ (n = L, U)

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x0A8 (n = L)
0x0AA (n = U)

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ADWINULB および ADWINLLB レジスタは、コンペアウィンドウ B 機能使用時、基準となるデータを指定します。ADWINLLB はウィンドウ B の下側基準を設定し、ADWINULB は上側基準を設定します。

ADWINnLB は読み出し／書き込みレジスタです。

ADWINnLB の書き込みは A/D 変換中でも有効です。A/D 変換中にレジスタ値を書き換えることにより、基準データを動的に変更することができます(注1)。

これらのレジスタを設定するときは、上側基準が下側基準を下回らないようにしてください (ADWINULB \geq ADWINLLB)。ADWINULB は、ウィンドウ機能無効時は使用しません。

注 1. 下側基準および上側基準は、それぞれのレジスタが書き込まれる時に変更されます。たとえば上側基準値が変更され、下側基準値が変更中の場合、本 MCU は上側基準値 (変更後) と下側基準値 (変更前) を A/D 変換結果と比較します。図 35.5 を参照してください。2 つの基準値の書き換え時に比較エラーとなった場合、ADCSR.ADST および関連するコンペアウィンドウ動作許可ビット (ADCMPCR.CMPAE または ADCMPCR.CMPBE) がどちらも 0 のときに、それらの基準値を書き換えてください。

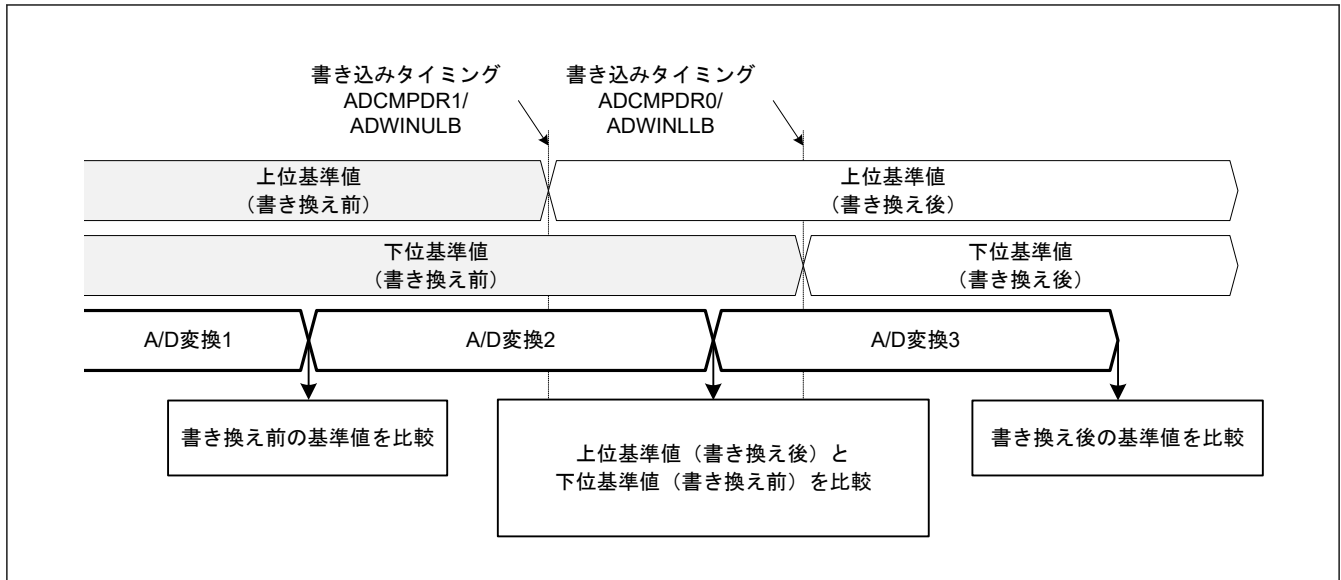


図 35.5 書き換え前後の上側基準値と下側基準値の比較

ADWINnLB レジスタは、下記の条件でフォーマットが異なります。

- A/D データレジスタフォーマット選択ビットの設定値 (右詰めまたは左詰め)
- A/D 変換精度指定ビットの設定値 (12 ビット、10 ビット、8 ビット)
- A/D 変換値加算/平均チャネル選択ビットの設定値 (A/D 変換値加算モード選択、または非選択)

以下、条件ごとのフォーマットを示します。

1. A/D 変換値加算モードを非選択とした場合

- 右詰めフォーマット、12 ビット精度の場合：下位 12 ビット ([11:0]) が有効
- 右詰めフォーマット、10 ビット精度の場合：下位 10 ビット ([9:0]) が有効
- 右詰めフォーマット、8 ビット精度の場合：下位 8 ビット ([7:0]) が有効
- 左詰めフォーマット、12 ビット精度の場合：上位 12 ビット ([15:4]) が有効
- 左詰めフォーマット、10 ビット精度の場合：上位 10 ビット ([15:6]) が有効
- 左詰めフォーマット、8 ビット精度の場合：上位 8 ビット ([15:8]) が有効

2. A/D 変換値加算モードを選択した場合

- 右詰めフォーマット、12 ビット精度の場合：下位 14 ビット ([13:0]) が有効
- 右詰めフォーマット、10 ビット精度の場合：下位 12 ビット ([11:0]) が有効
- 右詰めフォーマット、8 ビット精度の場合：下位 10 ビット ([9:0]) が有効
- 左詰めフォーマット、12 ビット精度の場合：上位 14 ビット ([15:2]) が有効
- 左詰めフォーマット、10 ビット精度の場合：上位 12 ビット ([15:4]) が有効
- 左詰めフォーマット、8 ビット精度の場合：上位 10 ビット ([15:6]) が有効

35.2.29 ADCMPSR0 : A/D コンペア機能ウィンドウ A チャネルステータスレジスタ 0

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x0A0

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	CMPS TCHA 13	CMPS TCHA 12	CMPS TCHA 11	—	—	—	—	—	—	CMPS TCHA 4	CMPS TCHA 3	CMPS TCHA 2	CMPS TCHA 1	CMPS TCHA 0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
4:0	CMPSTCHA4~ CMPSTCHA0	コンペアウィンドウ A フラグ n ウィンドウ A 動作が有効 (ADCMPCR.CMPAE = 1b) な場合、ウィンドウ A 比較条件を適用するチャンネルの比較結果を示します。 ビット 4 (CMPSTCHA4) は AN004 に、ビット 0 (CMPSTCHA0) は AN000 に対応します。 0: 比較条件不成立 1: 比較条件成立	R/W
10:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
13:11	CMPSTCHA13~ CMPSTCHA11	コンペアウィンドウ A フラグ n ウィンドウ A 動作が有効 (ADCMPCR.CMPAE = 1b) な場合、ウィンドウ A 比較条件を適用するチャンネルの比較結果を示します。 ビット 13 (CMPSTCHA13) は AN013 に、ビット 11 (CMPSTCHA11) は AN011 に対応します。 0: 比較条件不成立 1: 比較条件成立	R/W
15:14	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

CMPSTCHAn フラグ (コンペアウィンドウ A フラグ n) (n = 0~4, 11~13)

CMPSTCHAn フラグはウィンドウ A 比較条件を適用したチャンネルの比較結果を示します。ADCMPLR0.CMPLCHA ビットで設定した比較条件が A/D 変換終了時に成立すると、対応する CMPSTCHAn フラグが 1 になります。ADCMPCR.CMPAIE ビットが 1 の場合、本フラグが 1 になるとコンペア割り込み要求 (ADC120_CMPAI) が発生します。

CMPSTCHAn フラグへの 1 書き込みは無効です。

[1 になる条件]

- ADCMPCR.CMPAE が 1 のときに、ADCMPLR0.CMPLCHA で設定した条件が成立したとき

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき

35.2.30 ADCMPSR1 : A/D コンペア機能ウィンドウ A チャンネルステータスレジスタ 1

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x0A2

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	CMPS TCHA 16

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	CMPSTCHA16	コンペアウィンドウ A フラグ 16 ウィンドウ A 動作が有効 (ADCMPCR.CMPAE = 1) な場合、ウィンドウ A 比較条件を適用するチャンネルの比較結果を示します。 ビット 0 (CMPSTCHA16) は AN016 に対応します。 0: 比較条件不成立 1: 比較条件成立	R/W
15:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

CMPSTCHA16 フラグ (コンペアウィンドウ A フラグ 16)

CMPSTCHA16 フラグはウィンドウ A 比較条件を適用したチャンネルの比較結果を示します。ADCMPLR1.CMPLCHA で設定した比較条件が A/D 変換終了時に成立すると、対応する CMPSTCHA16 フラグが 1 になります。ADCMPCR.CMPAIE ビットが 1 の場合、本フラグが 1 になるとコンペア割り込み要求 (ADC120_CMPAI) が発生します。

CMPSTCHA16 フラグへの 1 書き込みは無効です。

[1 になる条件]

- ADCMPPCR.CMPAE が 1 のときに、ADCMPPLR1.CMPLCHA で設定した条件が成立したとき

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき

35.2.31 ADCMPSER : A/D コンペア機能ウィンドウ A 拡張入力チャネルステータスレジスタ

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x0A4

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	CMPS TOCA	—

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
1	CMPSTOCA	コンペアウィンドウ A 内部基準電圧コンペアフラグ ウィンドウ A 動作が有効 (ADCMPPCR.CMPAE = 1) な場合、内部基準電圧の比較結果を示します。 0: 比較条件不成立 1: 比較条件成立	R/W
7:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ADCMPSER レジスタは、コンペア機能ウィンドウ A の比較結果を格納するレジスタです。

CMPSTOCA フラグ (コンペアウィンドウ A 内部基準電圧コンペアフラグ)

CMPSTOCA は、内部基準電圧の比較結果を示すフラグです。ADCMPPLER.CMPLOCA で設定した比較条件が A/D 変換終了時に成立すると 1 になります。ADCMPPCR.CMPAIE ビットが 1 の場合、このフラグが 1 になるとコンペア割り込み要求 (ADC120_CMPAI) が発生します。

CMPSTOCA フラグへの 1 書き込みは無効です。

[1 になる条件]

- ADCMPPCR.CMPAE が 1 のときに、ADCMPPLER.CMPLOCA で設定した条件が成立したとき

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき

35.2.32 ADCMPBNSR : A/D コンペア機能ウィンドウ B チャンネル選択レジスタ

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x0A6

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	CMPL B	—	CMPCHB[5:0]					

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	記号	機能	R/W																								
5:0	CMPCHB[5:0]	コンペアウィンドウ B チャンネル選択 コンペアウィンドウ B 条件と比較するチャンネルを選択します。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>CMPCHB[5:0]</th> <th>ユニット 0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0x00</td><td>AN000</td></tr> <tr><td>0x01</td><td>AN001</td></tr> <tr><td>0x02</td><td>AN002</td></tr> <tr><td>0x03</td><td>AN003</td></tr> <tr><td>0x04</td><td>AN004</td></tr> <tr><td>0x0B</td><td>AN011</td></tr> <tr><td>0x0C</td><td>AN012</td></tr> <tr><td>0x0D</td><td>AN013</td></tr> <tr><td>0x21</td><td>内部基準電圧</td></tr> <tr><td>0x3F</td><td>選択禁止</td></tr> <tr><td>上記以外</td><td>設定禁止</td></tr> </tbody> </table>	CMPCHB[5:0]	ユニット 0	0x00	AN000	0x01	AN001	0x02	AN002	0x03	AN003	0x04	AN004	0x0B	AN011	0x0C	AN012	0x0D	AN013	0x21	内部基準電圧	0x3F	選択禁止	上記以外	設定禁止	R/W
CMPCHB[5:0]	ユニット 0																										
0x00	AN000																										
0x01	AN001																										
0x02	AN002																										
0x03	AN003																										
0x04	AN004																										
0x0B	AN011																										
0x0C	AN012																										
0x0D	AN013																										
0x21	内部基準電圧																										
0x3F	選択禁止																										
上記以外	設定禁止																										
6	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W																								
7	CMPLB	コンペアウィンドウ B 比較条件設定 ウィンドウ B のチャンネル比較条件を設定します。比較条件を図 35.6 に示します。 0: ウィンドウ機能無効時 (ADCMPCR.WCMPE = 0): ADWINLLB 値 > A/D 変換値 ウィンドウ機能有効時 (ADCMPCR.WCMPE = 1): A/D 変換値 < ADWINLLB 値または ADWINULB 値 < A/D 変換値 1: ウィンドウ機能無効時 (ADCMPCR.WCMPE = 0): ADWINLLB 値 < A/D 変換値 ウィンドウ機能有効時 (ADCMPCR.WCMPE = 1): ADWINLLB 値 < A/D 変換値 < ADWINULB 値	R/W																								

CMPCHB[5:0]ビット (コンペアウィンドウ B チャンネル選択)

CMPCHB[5:0]ビットはコンペアウィンドウ B 条件と比較するチャンネルを選択します。AN000～AN004, AN011～AN013, AN016、内部基準電圧を選択できます。コンペアウィンドウ B 機能は、ADANSA0、ADANSA1、ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択した A/D 変換チャンネルのチャンネル番号を指定することで有効になります。

CMPCHB[5:0]ビットの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

CMPLB ビット (コンペアウィンドウ B 比較条件設定)

CMPLB ビットはウィンドウ B のチャンネル比較条件を設定します。各アナログ入力と比較結果が設定条件と一致すると、ADCMPBSR.CMPSTB フラグは 1 になり、コンペア割り込み (ADC120_CMPBI) が発生します。

ウィンドウ機能が無効のときの比較条件			
CMPLB = 0		CMPLB = 1	
ADWINLLB値 ≤ A/D変換値	不一致	ADWINLLB値 < A/D変換値	一致
ADWINLLB値 > A/D変換値	一致	ADWINLLB値 ≥ A/D変換値	不一致
ウィンドウ機能が有効のときの比較条件			
CMPLB = 0			
A/D変換値 > ADWINULB値	一致		
ADWINLLB値 ≤ A/D変換値 ≤ ADWINULB値	不一致		
A/D変換値 < ADWINLLB値	一致		
CMPLB = 1			
A/D変換値 ≥ ADWINULB値	不一致		
ADWINLLB値 < A/D変換値 < ADWINULB値	一致		
A/D変換値 ≤ ADWINLLB値	不一致		

図 35.6 コンペア機能ウィンドウ B 比較条件の説明

35.2.33 ADCMPBSR : A/D コンペア機能ウィンドウ B ステータスレジスタ

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x0AC

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	CMPSTB

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	CMPSTB	コンペアウィンドウ B フラグ ウィンドウ B 動作が有効 (ADCMPPCR.CMPBE = 1) の場合、本ビットはウィンドウ B 比較条件を適用するチャンネル、内部基準電圧の比較結果を示します。 0: 比較条件不成立 1: 比較条件成立	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

CMPSTB フラグ (コンペアウィンドウ B フラグ)

CMPSTB フラグはウィンドウ B 比較条件を適用するチャンネル、内部基準電圧の比較結果を示します。ADCMPBSR.CMPLB で設定した比較条件が A/D 変換終了時に成立すると 1 になります。ADCMPPCR.CMPBIE ビットが 1 の場合、本フラグが 1 になるとコンペア割り込み要求 (ADC120_CMPBI) が発生します。

CMPSTB フラグへの 1 書き込みは無効です。

[1 になる条件]

- ADCMPCR.CMPBE が 1 のときに、ADCMPBNSR.CMPLB で設定した条件が成立したとき

[0 になる条件]

- 1 を読んだ後、0 を書いたとき

35.2.34 ADWINMON : A/D コンペア機能ウィンドウ A/B ステータスマニタレジスタ

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x08C

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	MONC MPB	MONC MPA	—	—	—	MONC OMB
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	MONCOMB	組み合わせ結果モニタ 組み合わせ結果を示します。本ビットは、ウィンドウ A とウィンドウ B の動作がどちらも有効な場合に有効となります。 0: ウィンドウ A/ウィンドウ B の複合条件が不成立 1: ウィンドウ A/ウィンドウ B の複合条件が成立	R
3:1	—	読むと 0 が読めます。	R
4	MONCMPA	比較結果モニタ A 0: ウィンドウ A 比較条件が不成立 1: ウィンドウ A 比較条件が成立	R
5	MONCMPB	比較結果モニタ B 0: ウィンドウ B 比較条件が不成立 1: ウィンドウ B 比較条件が成立	R
7:6	—	読むと 0 が読めます。	R

MONCOMB ビット (組み合わせ結果モニタ)

MONCOMB ビットは、は、ADCMPCR.CMPAB[1:0] ビットで設定した複合条件に従って比較条件結果 A および B の組み合わせの結果を示す読み出し専用ビットです。

[1 になる条件]

- ADCMPCR.CMPAE が 1 かつ ADCMPCR.CMPBE が 1 のとき、組み合わせ結果が ADCMPCR.CMPAB[1:0] ビットで設定した複合条件と一致したとき

[0 になる条件]

- 組み合わせ結果が ADCMPCR.CMPAB[1:0] ビットで設定した複合条件と一致しないとき
- ADCMPCR.CMPAE が 0 または ADCMPCR.CMPBE が 0 のとき

MONCMPA ビット (比較結果モニタ A)

MONCMPA ビットは、ウィンドウ A の対象チャネルの A/D 変換値が ADCMPLR0/ADCMPLR1 および ADCMPLER で設定した条件と一致すると 1 が読み出される読み出し専用ビットです。それ以外の場合は読むと 0 が読み出されます。

[1 になる条件]

- ADCMPCR.CMPAE が 1 のときに、A/D 変換値が ADCMPLR0/ADCMPLR1 および ADCMPLER レジスタで設定した条件と一致するとき

[0 になる条件]

- ADCMPCR.CMPAE が 1 のときに、A/D 変換値が ADCMPLR0/ADCMPLR1 および ADCMPLEP レジスタで設定した条件と一致しないとき
- ADCMPCR.CMPAE が 0 のとき (ADCMPCR.CMPAE の値が 1 から 0 に変化すると自動的に 0 になる)

MONCMPB ビット (比較結果モニタ B)

MONCMPB ビットは、ウィンドウ B の対象チャネルの A/D 変換値が ADCMPBNSR.CMPLB ビットで設定した条件と一致すると 1 が読み出される読み出し専用ビットです。それ以外の場合は読むと 0 が読み出されます。

[1 になる条件]

- ADCMPCR.CMPBE が 1 のときに、A/D 変換値が ADCMPBNSR.CMPLB で設定した条件と一致するとき

[0 になる条件]

- ADCMPCR.CMPBE が 1 のときに、A/D 変換値が ADCMPBNSR.CMPLB で設定した条件と一致しないとき
- ADCMPCR.CMPBE = 0 のとき (ADCMPCR.CMPBE = 1→0 に変化すると自動的に 0 になる)

35.2.35 ADBUFEN : A/D データバッファイネーブルレジスタ

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x0D0

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	BUFEN
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	BUFEN	データバッファ許可 0: データバッファ不使用 1: データバッファ使用	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ADBUFEN レジスタは、データバッファを有効にするかどうかを設定します。

BUFEN ビット (データバッファ許可)

本ビットはデータバッファの使用を許可します。

BUFEN = 1b のとき、自己診断結果以外の A/D 変換結果 (加算結果) を ADBUF_n に格納します。

ADBUFPTR を読み出す前に、データ格納動作を無効 (BUFEN = 0b) にしてください。

データの二重化またはグループスキャンにはデータバッファは使用しないでください。

35.2.36 ADBUFPTR : A/D データバッファポインタレジスタ

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x0D2

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	PTRO VF	BUFPTR[3:0]			
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	BUFPTR[3:0]	データバッファポインタ 次の A/D 変換データの転送先データバッファ番号を示します。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
4	PTROVF	ポインタオーバーフローフラグ 0: データバッファポインタのオーバーフローが発生していない 1: データバッファポインタのオーバーフローが発生した	R/W
7:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ADBUFPtr は、データバッファポインタとオーバーフローステータスを示すレジスタです。

BUFPtr[3:0]ビット (データバッファポインタ)

次の A/D 変換データの転送先データバッファ番号を示します。

データがデータバッファ 15 に転送された場合、ポインタ値は 0000b になり、PTROVF ビットは 1 になります。

次のデータが転送されると、データバッファ 0 のデータが上書きされます。

このレジスタに 0x00 を書き込むと、ビット値が 0 になります。0x00 以外の値を書き込むことはできません。

PTROVF ビット (ポインタオーバーフローフラグ)

データバッファポインタのオーバーフローが発生したかどうかを示すビットです。ポインタ値が 0000b (オーバーフロー) になると、このビットが 1 になります。

このレジスタに 0x00 を書き込むことにより、このビットをクリアできます。0x00 以外の値を書き込むことはできません。

35.2.37 ADBUFn : A/D データバッファレジスタ n (n = 0~15)

Base address: ADC120 = 0x4017_0000

Offset address: 0x0B0 + 0x2 × n (n = 0~15)

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:																
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	n/a	変換値 15~0 機能は選択したモードと精度に依存して変わります。表 35.19 と表 35.20 を参照してください。	R

ADBUFn レジスタはすべての A/D 変換結果を順次格納する 16 ビット読み出し専用レジスタです。これらのレジスタには、自動クリア機能は適用されません。

ADBUFn 設定は A/D データレジスタフォーマット設定と同一です。詳細は、「1.2.1 ADDRn : A/D データレジスタ n」を参照してください。

ADBUFn レジスタのデータフォーマットは、以下の条件により決定されます。

- レジスタフォーマット選択ビット (ADCER.ADRFMT) の設定値 (左詰めまたは右詰め)
- 加算/平均回数選択ビット (ADADC.ADC[2:0]) の設定値 (1, 2, 3, 4, または 16 回)
- 平均モード有効ビット (ADADC.AVEE) の設定値 (加算または平均)

本節では異なるモードでのこれらの条件に対するデータフォーマットを説明します。

(1) A/D 変換値加算/平均モードを非選択とした場合

表 35.19 に各精度のビット配置を示します。

表 35.19 各精度のビット配置

精度	b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
右詰めフォーマット、12ビット精度にした場合	読むと 0 が読めます。				変換値 11~0 : 12 ビット A/D 変換値											
左詰めフォーマット、12ビット精度にした場合	変換値 11~0 : 12 ビット A/D 変換値												読むと 0 が読めます。			

(2) A/D 変換値平均モードを選択した場合

A/D 変換値平均モードは、A/D 変換値加算モードで 2 回または 4 回が指定された場合に選択可能です。A/D 変換値平均モードを選択した場合、本レジスタ本レジスタは特定チャンネルの A/D 変換値を平均した値を示します。通常の A/D 変換と同様に A/D データレジスタフォーマット選択ビットの設定に従い、A/D データレジスタに値が格納されます。

(3) A/D 変換値加算モードを選択した場合

12 ビット、10 ビット、8 ビットビットの A/D データレジスタビット精度の場合、A/D 変換値加算モードで 1, 2, 3, または 4 回を選択できます。A/D 変換結果は、指定された変換精度の 2 ビット拡張値として、A/D データレジスタに格納されます。

12 ビットの A/D データレジスタビット精度の場合、A/D 変換値加算モードで 16 回を選択できます。A/D 変換値加算モードを選択したとき、本レジスタ本レジスタは同一チャンネルの A/D 変換値を加算した値を示します。A/D 変換結果は、指定された変換精度の 4 ビット拡張値として、A/D データレジスタに格納されます。

A/D 変換値加算モードを選択した場合、A/D データレジスタフォーマット選択ビットの設定に従い、A/D データレジスタに値が格納されます。

表 35.20 に各精度のビット配置を示します。

表 35.20 A/D 変換値加算モードを選択した場合の各精度のビット配置

精度	b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
右詰めフォーマット、12ビット精度にした場合	変換回数が 16 回の場合		加算結果 15~0 : 16 ビット A/D 変換結果の合計													
	変換回数が 1, 2, 3, または 4 回の場合		読むと 0 が読めます。		加算結果 13~0 : 14 ビット A/D 変換結果の合計											
左詰めフォーマット、12ビット精度にした場合	変換回数が 1, 2, 3, または 4 回の場合		加算結果 15~0 : 16 ビット A/D 変換結果の合計													
	変換回数が 16 回の場合		加算結果 13~0 : 14 ビット A/D 変換結果の合計													読むと 0 が読めます。

35.3 動作

35.3.1 スキャンの動作説明

スキャンとは、選択したチャンネルのアナログ入力を順次 A/D 変換する動作を指します。

スキャン変換の動作モードには、3 種類の動作モードがあります。

- シングルスキャンモード
- 連続スキャンモード
- グループスキャンモード

シングルスキャンモードは、指定した 1 チャンネル以上のスキャンを 1 回実施して終了するモードです。連続スキャンモードは指定した 1 チャンネル以上のスキャンを、ソフトウェアで ADCSR.ADST ビットを 0 にするまで繰り返し実行するモードです。グループスキャンモードでは、グループ A、B で選択されたチャンネルは、各同期トリガに応じたスキャン開始後に、1 回スキャンされます。

シングルスキャンモードおよび連続スキャンモードでは、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したアナログ入力チャンネル (ANn) に対して、変換順序に従って最小のチャンネル番号 n から A/D 変換を開始します。グループスキャンモードでは、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したグループ A のアナログ入力チャンネル (ANn)、ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択したグループ B のアナログ入力チャンネル (ANn) に対して、変換順序に従って最小のチャンネル番号 n から A/D 変換を開始します。

自己診断を選択した場合は、スキャンごとの最初に 1 回実行され、3 つの基準電圧のうち 1 つを A/D 変換します。

内部基準電圧はアナログ入力チャンネルとして同時に選択可能です。A/D 変換はアナログ入力チャンネル、内部基準電圧の順番で実行されます。

ダブルトリガモードは、シングルスキャンモードまたはグループスキャンモードで使用可能です。ダブルトリガモードを許可すると (ADCSR.DBLE = 1)、ADSTRGR.TRSA[5:0] ビットで選択した、同期トリガ (ELC) でのスキャン起動でのみ、ADCSR.DBLANS[4:0] ビットで選択した 1 チャンネルの A/D 変換データを 2 重化します。グループスキャンモードでは、ダブルトリガモードを使用できるのはグループ A のみです。

ダブルトリガモードの拡張動作では、ADSTRGR.TRSA[5:0] ビットで選択した同期トリガコンビネーションから A/D 変換動作が発生します。通常のダブルトリガモードでの動作に加えて、奇数番号トリガ (ELC_AD00) の A/D 変換データは A/D データ 2 重化レジスタ A (ADDBLDRA) に格納され、偶数番号トリガ (ELC_AD01) の A/D 変換データは A/D データ 2 重化レジスタ B (ADDBLDRB) に格納されます。ダブルトリガモードの拡張動作では、トリガコンビネーションの 1 つが同時発生すると、指定したトリガのデータ 2 重化レジスタ設定が実行されず、A/D 変換データは A/D データ 2 重化レジスタ B (ADDBLDRB) に格納されます。

ADC12 は他の同期トリガで開始した A/D 変換の間に生じる同期トリガを無視します。

35.3.2 シングルスキャンモード

35.3.2.1 基本動作

シングルスキャンモードの基本動作は、指定されたチャンネルのアナログ入力を以下のように 1 サイクルのみ A/D 変換します。

1. ソフトウェアトリガ、同期トリガ入力 (ELC) または非同期トリガ入力によって ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したアナログ入力チャンネル (ANn) に対して最小のチャンネル番号 n から A/D 変換を開始します。
2. 1 チャンネルの A/D 変換が終了するごとに、A/D 変換結果は対応する A/D データレジスタ (ADDRy) に格納されます。
3. 選択されたすべてのチャンネルの A/D 変換終了後、ADC120_ADI 割り込み要求が発生します。
4. ADST ビットは A/D 変換中は 1 (A/D 変換開始) を保持し、選択されたすべてのチャンネルの A/D 変換が終了すると自動的に 0 にされ、ADC12 は待機状態になります。

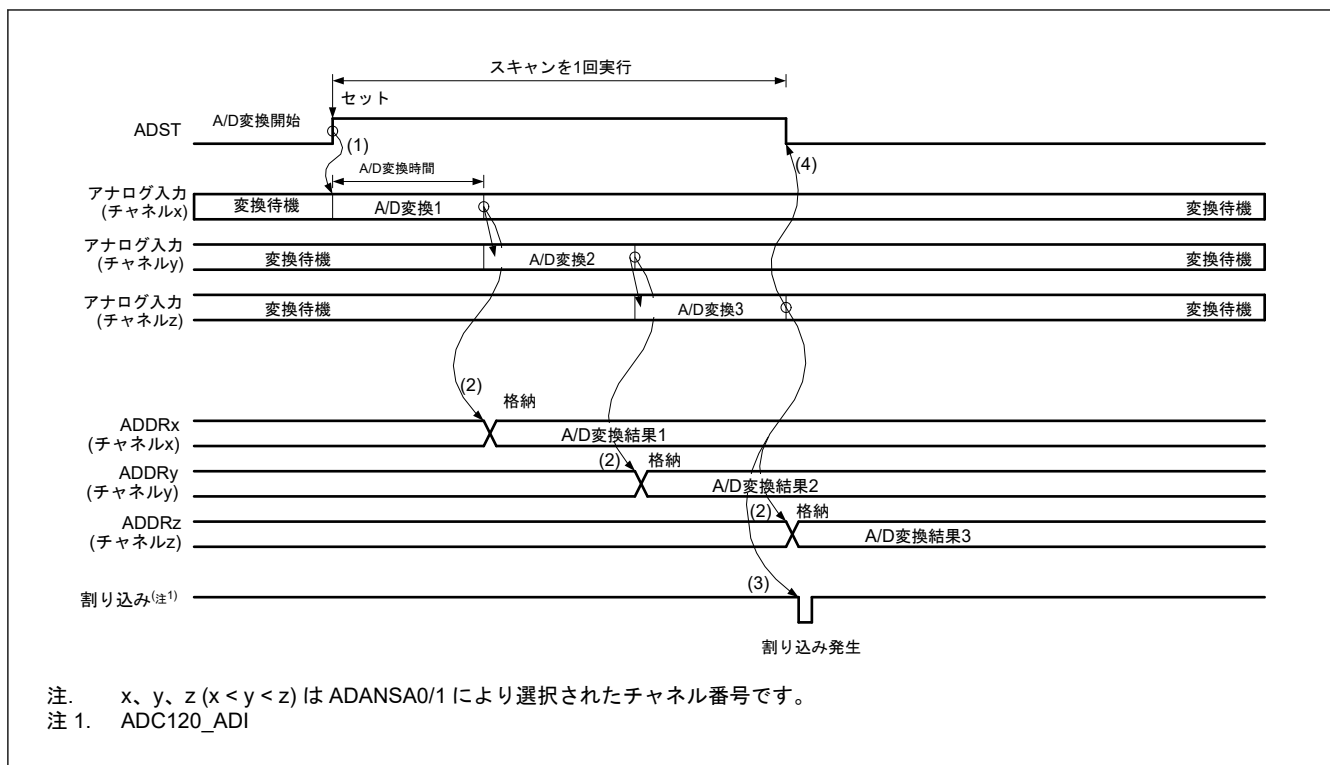


図 35.7 シングルスキャンモードの基本動作例（アナログ入力（チャンネル x~z）選択）

35.3.2.2 チャンネル選択と自己診断

チャンネルと自己診断を選択すると、基準電圧（×0、×1/2、または×1）の A/D 変換を行い、その後選択したチャンネルのアナログ入力を 1 回のみ A/D 変換します。

1. ソフトウェアトリガ入力、同期トリガ入力 (ELC) または非同期トリガ入力によって ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、最初に自己診断での A/D 変換を開始します。
2. 自己診断の A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は A/D 自己診断データレジスタ (ADDRD) に格納されます。次に、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したアナログ入力チャンネル (AN_n) を変換順序に従って最小のチャンネル番号 n から A/D 変換を開始します。
3. 1 チャンネルの A/D 変換が終了するごとに、A/D 変換結果は対応する A/D データレジスタ (ADDR_y) に格納されます。
4. 選択したすべてのチャンネルの A/D 変換終了後、ADC120_ADI 割り込み要求を発生します。
5. ADCSR.ADST ビットは A/D 変換中は 1 (A/D 変換開始) を保持し、選択されたすべてのチャンネルの A/D 変換が終了すると自動的にクリアされ、ADC12 は待機状態になります。

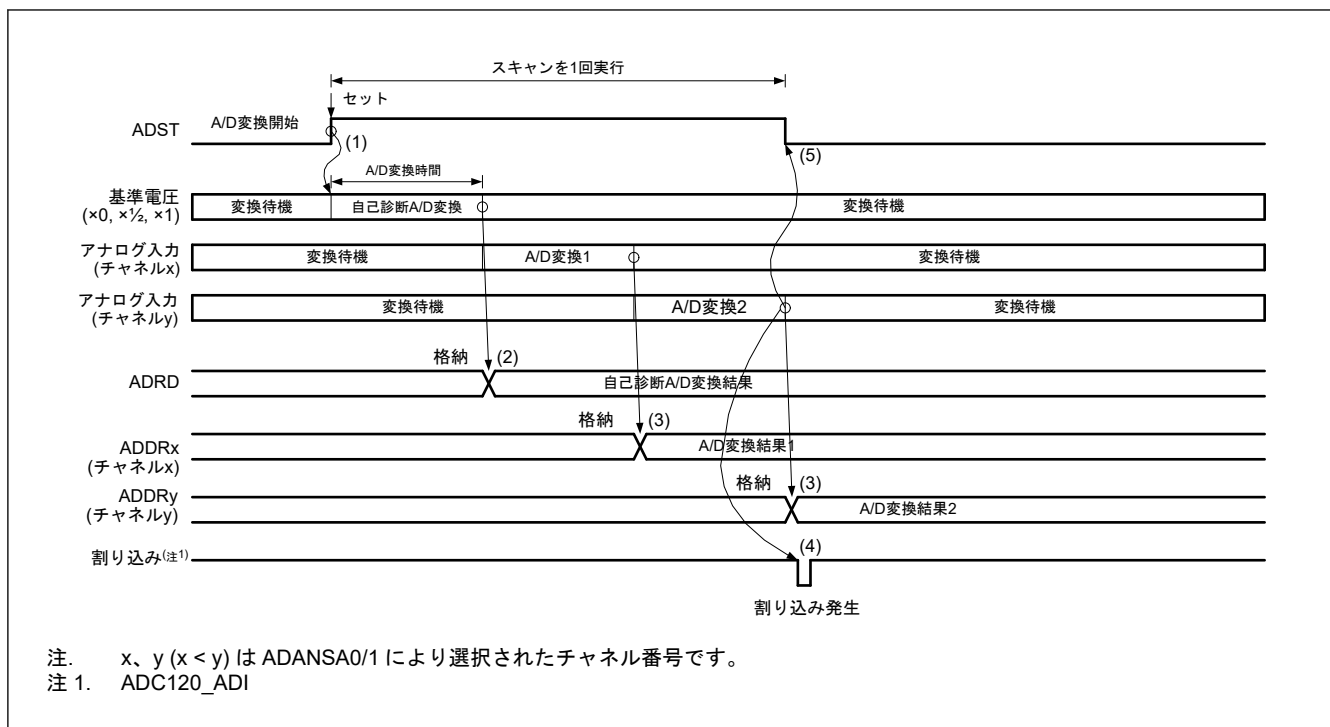


図 35.8 シングルスキャンモードの基本動作例 (アナログ入力 (チャンネル x、y) 選択+自己診断)

35.3.2.3 内部基準電圧選択時の A/D 変換動作

チャンネル選択とともに内部基準電圧を選択すると、選択したチャンネルのアナログ入力の A/D 変換を行い、その後内部基準電圧を 1 回のみ A/D 変換します。チャンネルを非選択とし、内部基準電圧のみを選択することも可能です。

動作は以下のとおりです。

1. ソフトウェアトリガ、同期トリガ (ELC) または非同期トリガによって ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択した ANn の n が小さい番号順に A/D 変換を開始します。
2. チャンネルの A/D 変換が終了すると、結果は関連する A/D データレジスタ y (ADDRy) へ格納され、次に内部基準電圧の A/D 変換を開始します。
3. 内部基準電圧の A/D 変換が終了すると、結果は関連する A/D 内部基準電圧データレジスタ (ADOCDR) へ格納され、ADC120_ADI 割り込み要求が発生します (レジスタ設定なし)。
4. ADCSR.ADST ビットは A/D 変換中は 1 (A/D 変換開始) を保持し、A/D 変換が終了すると自動的に 0 にクリアされ、ADC12 は待機状態になります。

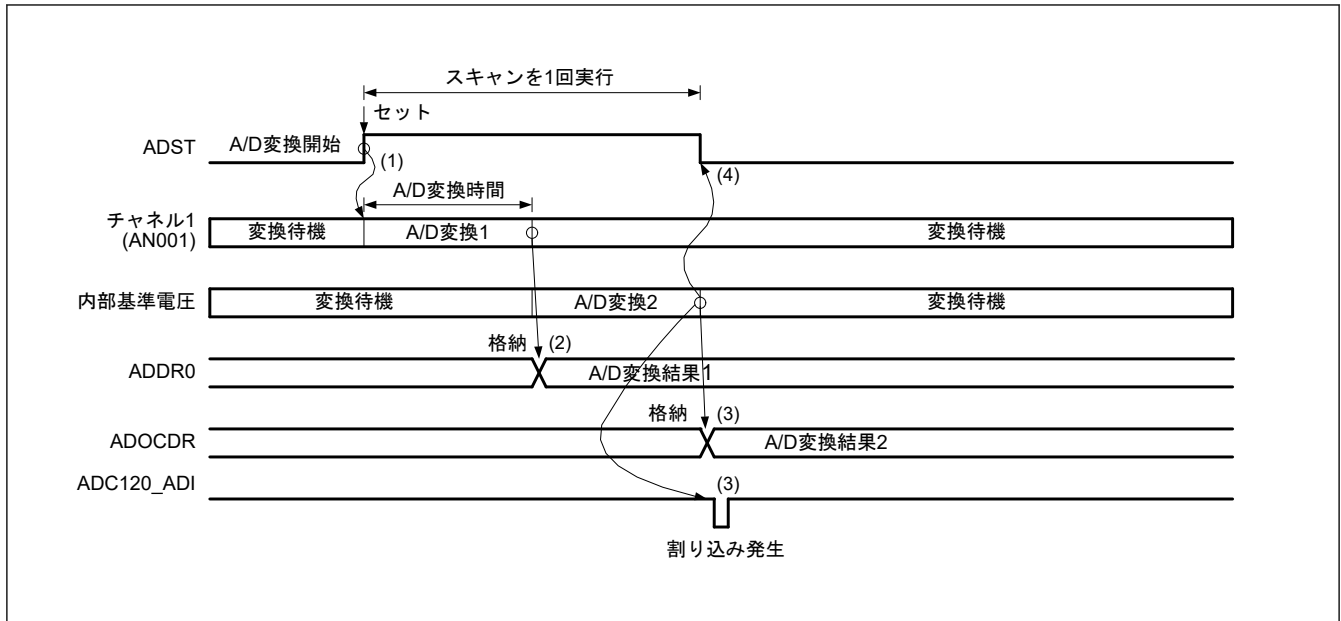


図 35.9 シングルスキャンモードの基本動作例 (AN000、内部基準電圧選択)

35.3.2.4 ダブルトリガモード選択時の A/D 変換動作

シングルスキャンモードでダブルトリガモードを選択した場合は、同期トリガ (ELC) で開始するシングルスキャンモードの実行 2 回分を一連の動作として実行します。

自己診断は非選択とし、内部基準電圧 A/D 変換選択ビット (ADEXICR.OCSA、ADEXICR.OCSB) は 0 に設定してください。

A/D 変換データ 2 重化は、2 重化するチャンネルの番号を ADCSR.DBLANS[4:0]ビットに設定し、ADCSR.DBLE ビットを 1 にすると有効となります。ADCSR.DBLE ビットを 1 にした場合は ADANSA0 および ADANSA1 レジスタのチャンネル選択は無効になります。

ダブルトリガモードでは、ADSTRGR.TRSA[5:0]ビットで同期トリガ (ELC) を選択してください。加えて、ADCSR.EXTRG ビットを 0 に、ADCSR.TRGE ビットを 1 にしてください。ソフトウェアトリガは使用しないでください。

動作は以下のとおりです。

1. 同期トリガ入力 (ELC) によって ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、ADCSR.DBLANS[4:0] ビットで選択した 1 チャンネルの A/D 変換を開始します。
2. 1 チャンネルの A/D 変換が終了するごとに、A/D 変換結果は関連する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
3. ADCSR.ADST ビットは自動的に 0 になり、ADC12 は待機状態になります。ADC120_ADI 割り込み発生要求を発生しません。
4. 2 回目のトリガ入力によって ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、ADCSR.DBLANS[4:0] ビットで選択した 1 チャンネルの A/D 変換を開始します。
5. A/D 変換が終了すると、結果はダブルトリガモード専用の A/D データ 2 重化レジスタ (ADDBLDR) に格納されます。
6. ADC120_ADI 割り込み発生要求が発生します。
7. ADCSR.ADST ビットは A/D 変換中は 1 (A/D 変換開始) を保持し、A/D 変換が終了すると自動的に 0 になり、ADC12 は待機状態になります。

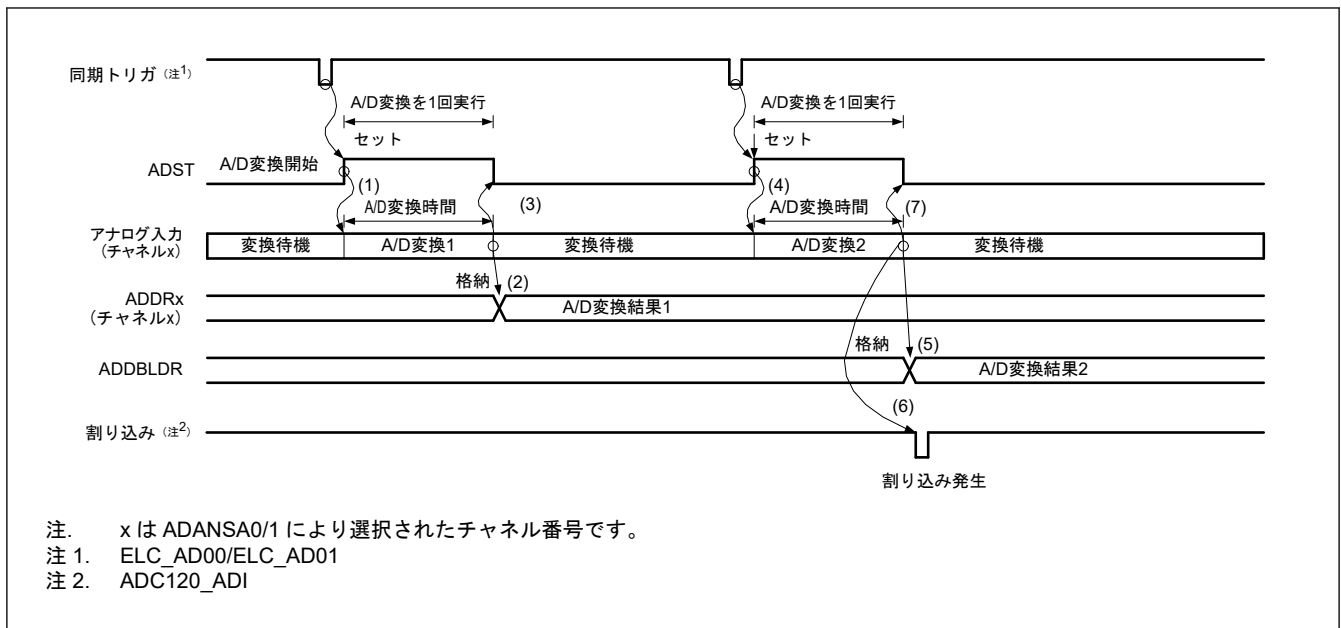


図 35.10 シングルスキャンモードの動作例 (ダブルトリガモード選択、アナログ入力 (チャンネル x) を 2 重化)

35.3.2.5 ダブルトリガモード選択時の拡張動作

シングルスキャンモードでダブルトリガモードを選択した場合で、A/D 変換開始トリガとして同期トリガ (ELC_AD00/ELC_AD01) を選択した場合、シングルスキャンモードの実行 2 回分を行います。

自己診断は非選択とし、内部基準電圧 A/D 変換選択ビット (ADEXICR.OCSA、ADEXICR.OCSB) は 0 にしてください。

A/D 変換データ 2 重化は、2 重化するチャンネルの番号を ADCSR.DBLANS[4:0] ビットに設定し、ADCSR.DBLE ビットを 1 にすると有効となります。ADCSR.DBLE ビットを 1 にした場合は ADANSA0 および ADANSA1 レジスタのチャンネル選択は無効になります。

拡張ダブルトリガモードでは、ADSTRGR.TRSA[5:0] ビットを 0x0B に設定することにより同期トリガ組み合わせ ELC_AD00/ELC_AD01 を選択し、ADCSR.EXTRG ビットを 0 に設定し、ADCSR.TRGE ビットを 1 に設定してください。ソフトウェアトリガは使用しないでください。

動作は以下のとおりです。

1. 同期トリガ入力 (ELC_AD00/ELC_AD01) によって ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、ADCSR.DBLANS[4:0] ビットで選択した 1 チャンネルの A/D 変換を開始します。
2. A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は対応する A/D データレジスタ (ADDR_y) および A/D データ 2 重化レジスタ A (ADDBLDRA) に格納されます。(ELC_ADi0 または ELC_ADi1 トリガ (i = 0) がそれぞれ入力された場合は A/D データ 2 重化レジスタ B (ADDBLDRB) に格納されます。)
3. ADCSR.ADST ビットは自動的に 0 になり、ADC12 は待機状態になります。ADC12_ADI 割り込み発生要求を発生しません。
4. 2 回目のトリガ (ELC_AD00/ELC_AD01) によって ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、ADCSR.DBLANS[4:0] ビットで選択した 1 チャンネルの A/D 変換を開始します。
5. A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は A/D データ 2 重化レジスタ (ADDBLDR) および A/D データ 2 重化レジスタ A (ADDBLDRA) または A/D データ 2 重化レジスタ B (ADDBLDRB) に格納されます。(ELC_ADi0 または ELC_ADi1 トリガ (i = 0) がそれぞれ入力された場合)
6. ADC12_ADI 割り込み発生要求が発生します。
7. ADCSR.ADST ビットは A/D 変換中は 1 (A/D 変換開始) を保持し、A/D 変換が終了すると自動的に 0 になり、ADC12 は待機状態になります。

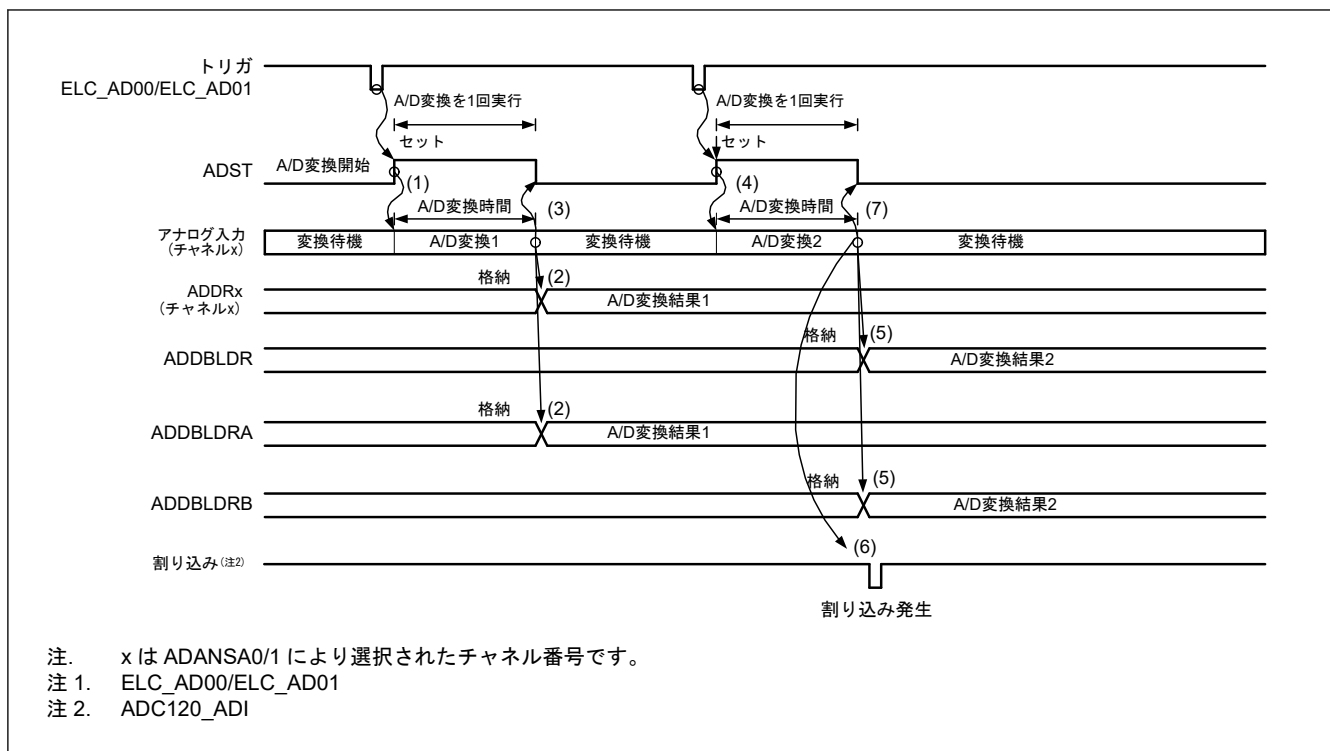


図 35.11 アナログ入力 (チャンネル x) と ELC_AD00/ELC_AD01 の重複選択時のダブルトリガモード拡張動作例

35.3.3 連続スキャンモード

35.3.3.1 基本動作

連続スキャンモードでは、選択されたチャンネルのアナログ入力を繰り返し A/D 変換します。

動作は以下のとおりです。

1. ソフトウェアトリガ、同期トリガ入力 (ELC) または非同期トリガ入力によって ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したアナログ入力チャンネル (ANn) に対して最小のチャンネル番号 n から A/D 変換を開始します。
2. 1 チャンネルの A/D 変換が終了するごとに、A/D 変換結果は関連する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
3. 選択されたすべてのチャンネルの A/D 変換終了後、ADC120_ADI 割り込み要求を発生します。また ADC12 は、継続して ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したアナログ入力チャンネルの最小のチャンネル番号 n から A/D 変換を開始します。
4. ADCSR.ADST ビットは自動的にクリアされず、1 (A/D 変換開始) の状態の間は (2)~(3) を繰り返します。ADCSR.ADST ビットを 0 (A/D 変換停止) にすると、A/D 変換は停止し、ADC12 は待機状態になります。
5. その後、ADCSR.ADST ビットを 1 (A/D 変換開始) にすると、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したアナログ入力チャンネルの最小のチャンネル番号 n から再び A/D 変換を開始します。

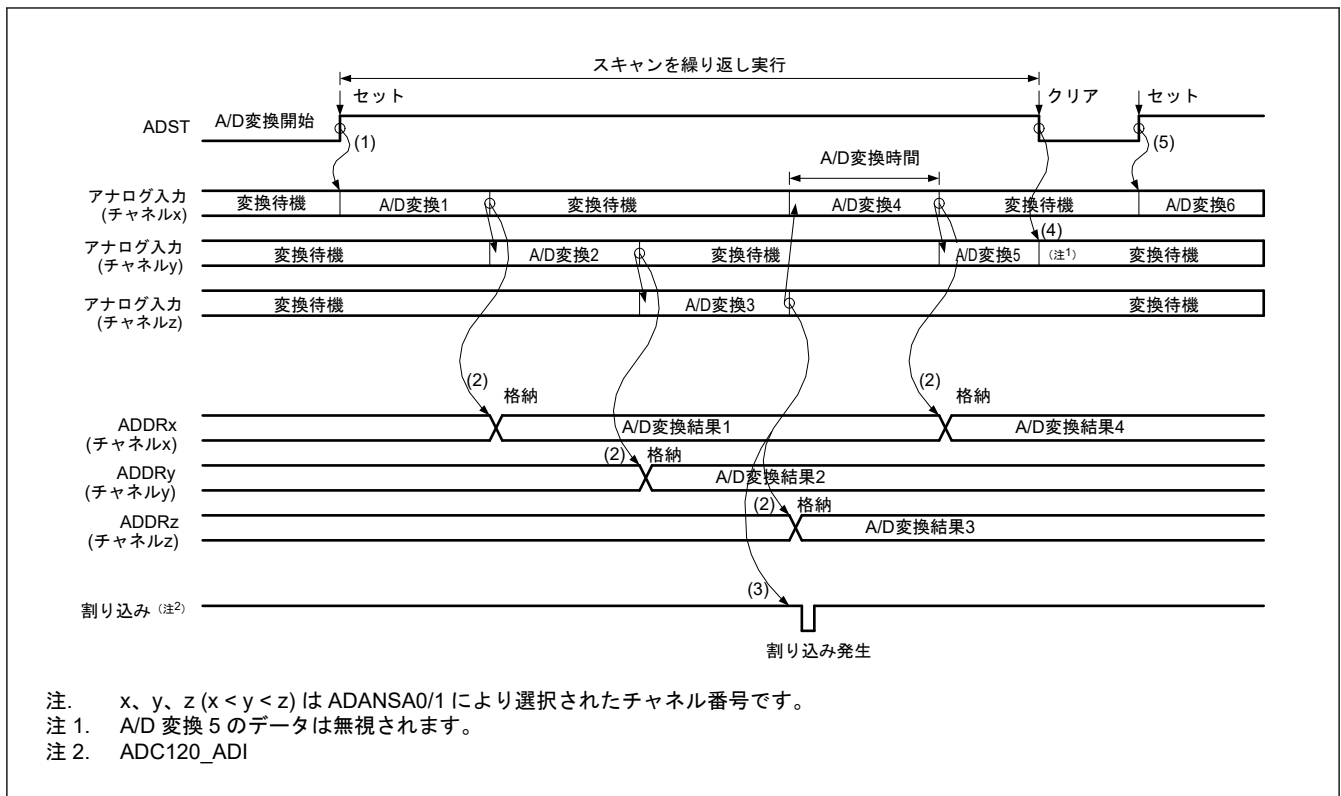


図 35.12 連続スキャンモードの基本動作例 (アナログ入力 (チャンネル x~z) 選択)

35.3.3.2 チャンネル選択と自己診断

チャンネル選択と自己診断を同時に選択すると、ADC12 に供給される基準電圧 ($\times 0$ 、 $\times 1/2$ 、または $\times 1$) の A/D 変換を行い、その後選択したチャンネルのアナログ入力を A/D 変換します。以下の各項で示すように、このシーケンスを繰り返します。

動作は以下のとおりです。

- ソフトウェアトリガ入力、同期トリガ入力 (ELC) または非同期トリガ入力によって ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、最初に自己診断での A/D 変換を開始します。
- 自己診断の A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は A/D 自己診断データレジスタ (ADRD) に格納されます。次に、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したアナログ入力チャンネル (ANn) を変換順序に従って最小のチャンネル番号 n から A/D 変換を開始します。
- 1 チャンネルの A/D 変換が終了するごとに、A/D 変換結果は関連する A/D データレジスタ (ADDRy) に格納されます。
- 選択したすべてのチャンネルの A/D 変換終了後、ADC120_ADI 割り込み要求を発生します。同時に、ADC12 は自己診断での A/D 変換を開始し、その後 ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したアナログ入力チャンネル (ANn) を変換順序に従って最小のチャンネル番号 n から A/D 変換を開始します。
- ADCSR.ADST ビットは自動的にクリアされず、ADCSR.ADST ビットが 1 の間は (2)~(4) を繰り返します。ADST ビットを 0 (A/D 変換停止) にすると、A/D 変換は停止し、ADC12 は待機状態になります。
- その後、ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) に設定されると、再び自己診断での A/D 変換から開始します。

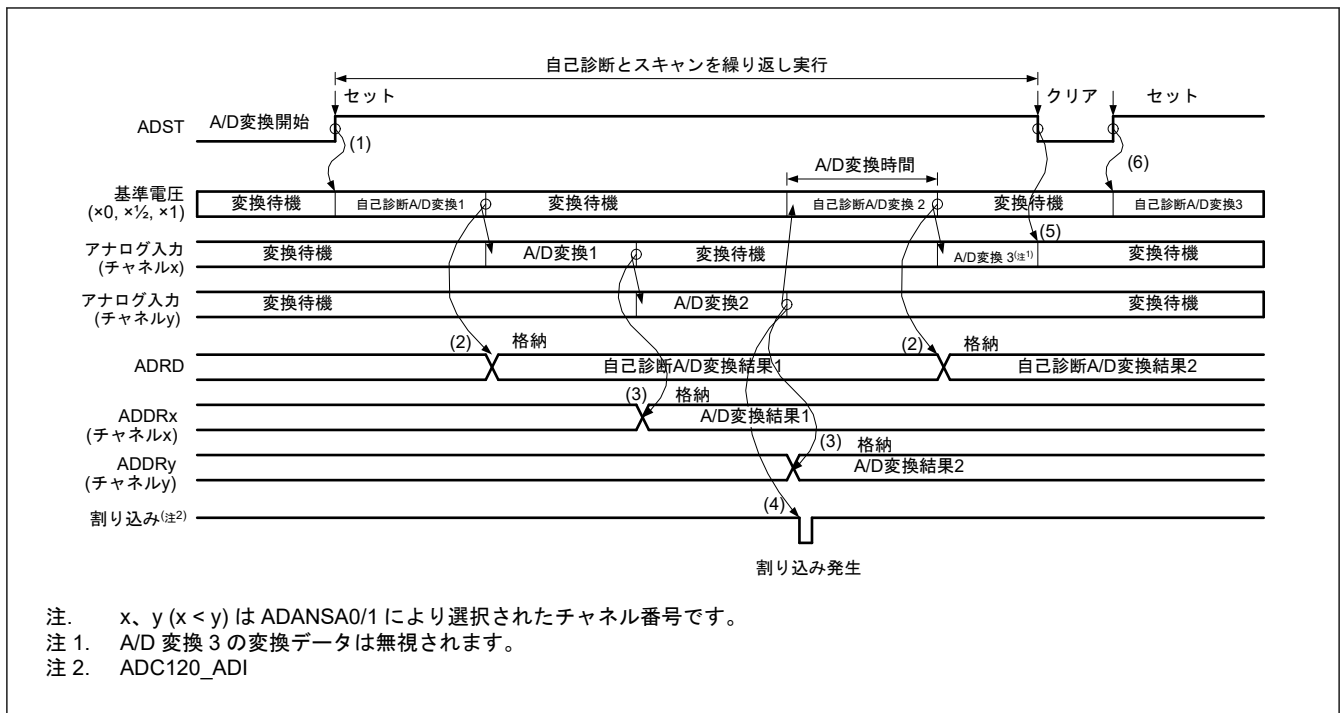


図 35.13 連続スキャンモードの基本動作例 (アナログ入力 (チャンネル x, y) 選択+自己診断)

35.3.3.3 内部基準電圧選択時の A/D 変換動作

チャンネル選択とともに内部基準電圧を選択すると、選択したチャンネルのアナログ入力の A/D 変換を行い、その後内部基準電圧を繰り返し A/D 変換します。

チャンネルを非選択とし、内部基準電圧のみを選択することも可能です。

動作は以下のとおりです。

- ソフトウェアトリガ、同期トリガ (ELC) または非同期トリガによって ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択した ANn チャンネルの n が小さいチャンネル番号順に A/D 変換を開始します。
- チャンネルの A/D 変換が終了すると、結果は関連する A/D データレジスタ y (ADDRy) へ格納され、次に内部基準電圧の A/D 変換を開始します。
- 内部基準電圧の A/D 変換終了後、内部基準電圧の A/D 変換結果は、対応する A/D 内部基準電圧データレジスタ (ADOCDR) に格納され、ADC120_ADI 割り込み要求が発生します。また、ADC12 は、継続して ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したアナログ入力チャンネルを最小のチャンネル番号順に A/D 変換を開始します。
- ADCSR.ADST ビットは自動的にクリアされず、1 (A/D 変換開始) の状態の間は (2)~(4) を繰り返します。ADCSR.ADST ビットを 0 (A/D 変換停止) にすると、A/D 変換は停止し、ADC12 は待機状態になります。
- その後、ADCSR.ADST ビットを 1 (A/D 変換開始) にすると、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したアナログ入力チャンネルを最小のチャンネル番号順に再び A/D 変換を開始します。

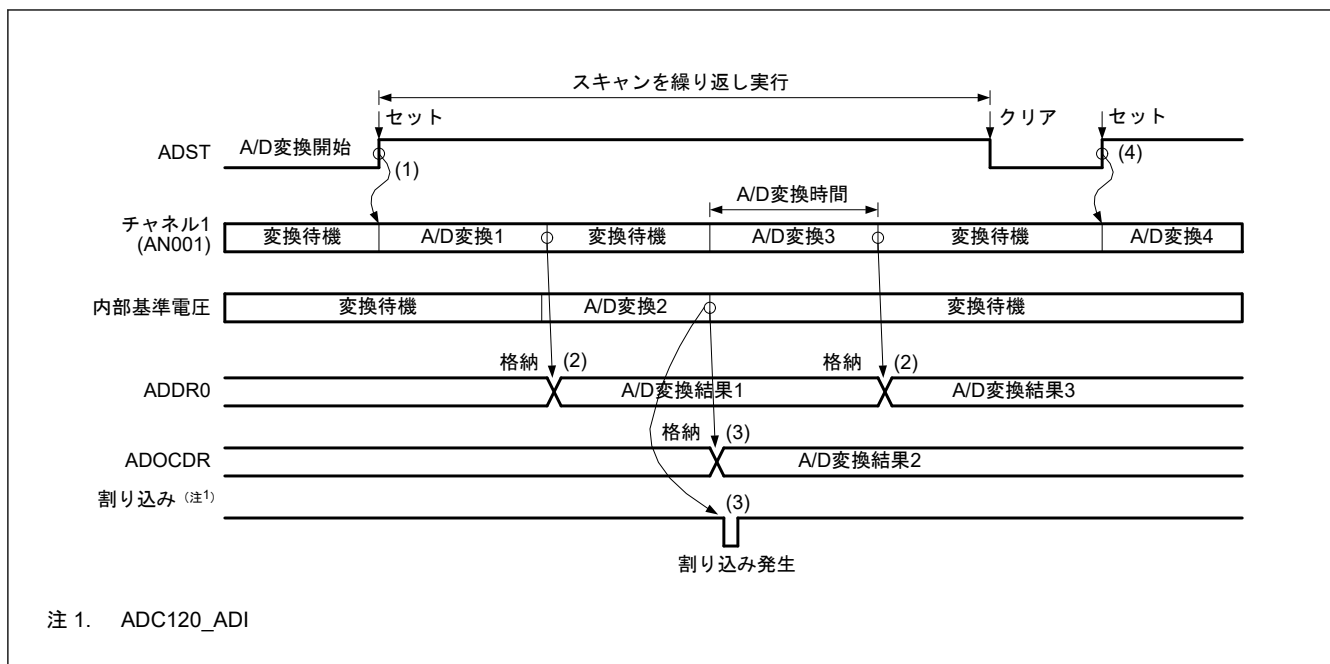


図 35.14 連続スキャンモードの基本動作例 (AN000、内部基準電圧選択)

35.3.4 グループスキャンモード

35.3.4.1 基本動作

グループスキャンモードの基本動作は、同期トリガ (ELC) をスキャン開始条件とし、グループ A、B のそれぞれで選択したすべてのチャンネルのアナログ入力を 1 回のみ A/D 変換します。グループ A とグループ B のそれぞれのスキャン動作は、シングルスキャンモードと同じ動作になります。

グループスキャンモードのトリガ設定は、ADSTRGR.TRSA[5:0]ビットでグループ A の同期トリガを選択し、ADSTRGR.TRSB[5:0]ビットでグループ B の同期トリガを選択します。グループ A、B に対して、2 つのグループの A/D 変換を同時に実行するのを防ぐために、異なるトリガを使用してください。ソフトウェアトリガは使用しないでください。

A/D 変換の対象となるグループ A のチャンネルは ADANSA0 レジスタ、ADANSA1 レジスタ、および ADEXICR.OCSA ビットを用いて選択されます。A/D 変換の対象となるグループ B のチャンネルは ADANSB0 レジスタ、ADANSB1 レジスタ、および ADEXICR.OC SB ビットを用いて選択されます。グループ A、B は同じチャンネルを使用できません。

グループスキャンモードで自己診断を選択した場合は、グループ A、B それぞれのスキャンで自己診断を実施します。

以下に ELC からの同期トリガによるグループスキャンモードの動作例を示します。この例では、グループ A は ELC からの ELC_AD00 トリガで変換開始し、グループ B は ELC からの ELC_AD01 トリガで変換開始します。さらに、ELC_AD00 と ELC_AD01 は対応する ELC.ELSRn レジスタで GPT イベントに対して選択されます。

動作は以下のとおりです。

1. ELC_AD00 でグループ A のスキャンを開始します。
2. グループ A のスキャン終了時に、ADC120_ADI 割り込みが発生します (レジスタ設定なし)。
3. ELC_AD01 でグループ B のスキャンを開始します。
4. グループ B のスキャン終了時に、ADCSR.GBADIE ビットが 1 (スキャン終了時に ADC120_GBADI 割り込み許可) に設定されていると、ADC120_GBADI 割り込みが発生します。

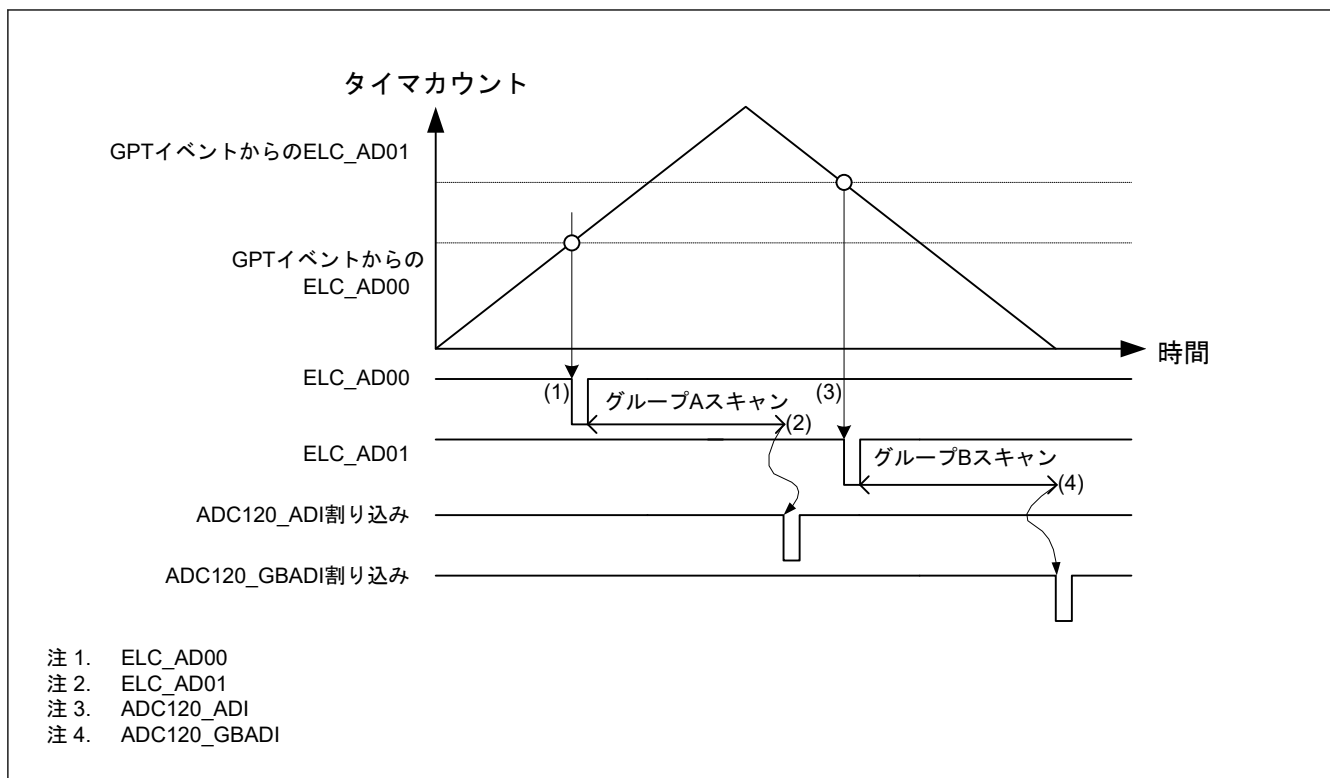


図 35.15 グループスキャンモードの基本動作例 (ELC からの同期トリガ使用)

35.3.4.2 ダブルトリガモード選択時の A/D 変換動作

グループスキャンモードでダブルトリガモードを選択した場合は、グループ A は同期トリガ (ELC) で開始するシングルスキャンモードの実行 2 回分を一連の動作として実行します。グループ B は同期トリガ (ELC) で開始するシングルスキャンモードと同じ動作になります。

グループスキャンモードのトリガ設定は、ADSTRGR.TRSA[5:0]ビットでグループ A の同期トリガを選択し、ADSTRGR.TRSB[5:0]ビットでグループ B の同期トリガを選択します。グループ A とグループ B のトリガは、2 つのグループの A/D 変換を同時に実行するのを防ぐために別々のトリガにしてください。また、ソフトウェアトリガおよびグループ B における非同期トリガは使用しないでください。

ADSTRGR.TRSA[5:0]ビットに 0x0B を設定することにより、グループ A の同期トリガとして ELC_AD00/ELC_AD01 を選択した場合、拡張ダブルトリガモードで動作は進行します。

A/D 変換対象とするチャンネルは、ADCSR レジスタの DBLANS[4:0]ビットでグループ A のチャンネルを選択し、ADANSB0、ADANSB1 レジスタでグループ B のチャンネルを選択します。グループ A とグループ B は同じチャンネルを使用できません。

グループスキャンモードでダブルトリガモードを選択した場合、内部基準電圧 A/D 変換選択ビット (ADEXICR.OCSA) を 0 (非選択) に設定してください。

グループスキャンモードでダブルトリガモード選択時は自己診断を選択できません。

A/D 変換データ 2 重化は、2 重化するチャンネルの番号を ADCSR.DBLANS[4:0]ビットに設定し、ADCSR.DBLE ビットを 1 にすると有効となります。

以下に ELC からの同期トリガによるグループスキャンモードかつダブルトリガモード設定時の動作例を示します。この例では、グループ A は ELC_AD00 トリガで変換開始し、グループ B は ELC_AD01 トリガで変換開始します。さらに、ELC_AD00 と ELC_AD01 は対応する ELC.ELSRn レジスタで GPT イベントに対して選択されません。

動作は以下のとおりです。

1. ELC からの ELC_AD00 トリガでグループ B のスキャンを開始します。
2. グループ B のスキャン終了時に ADCSR.GBADIE ビットが 1 (スキャン終了時 ADC120_GBADI 割り込み許可) に設定されていると、ADC120_GBADI 割り込みが発生します。
3. 1 回目の ELC_AD01 トリガでグループ A の 1 回目のスキャンを開始します。

4. グループ A の 1 回目のスキャン終了時は、変換データを対応する A/D データレジスタ y (ADDR y) に格納し、ADC120_ADI 割り込み要求は発生しません。
5. 2 回目の ELC_AD01 トリガでグループ A の 2 回目のスキャンを開始します。
6. グループ A の 2 回目のスキャン終了時は、変換データを ADDBLDR レジスタ に格納します。ADC120_ADI 割り込みが発生します。

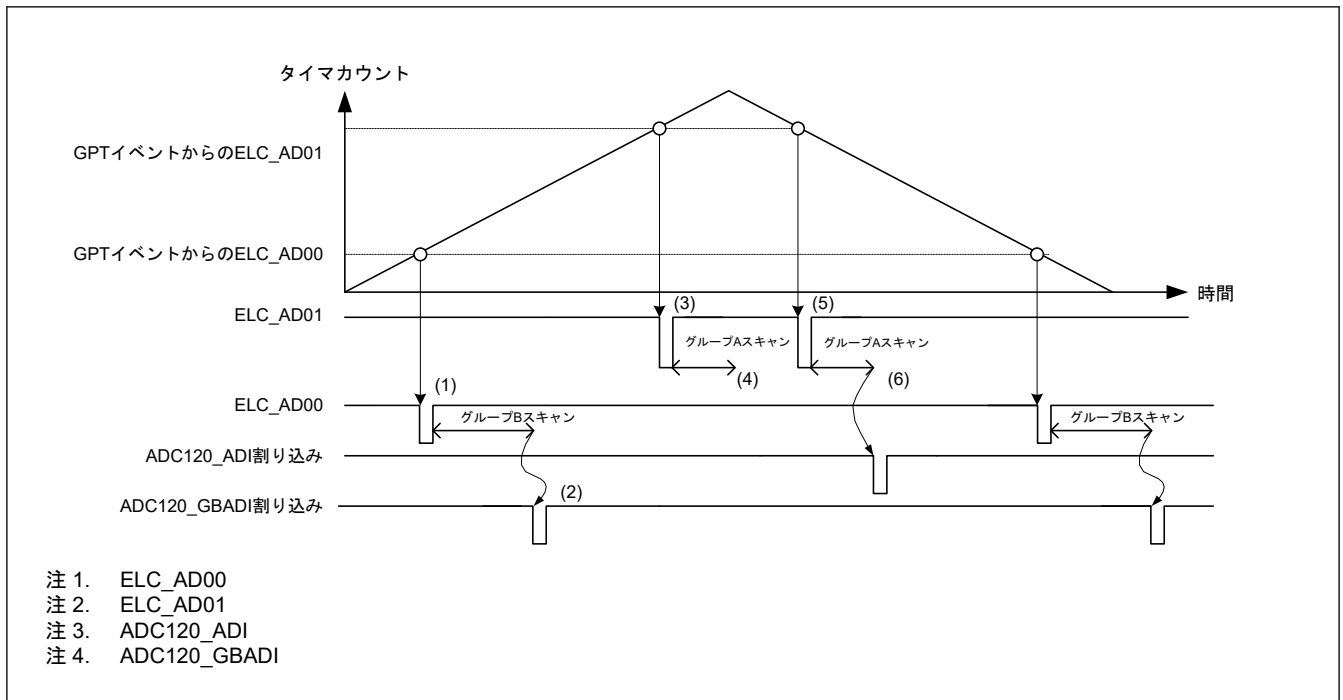


図 35.16 グループスキャンモードでダブルトリガモードを使用する場合の基本動作例 (ELC からの同期トリガ使用時)

35.3.4.3 グループ優先動作

グループスキャンモードで A/D グループスキャン優先コントロールレジスタ (ADGSPCR) の PGS ビットを 1 にすると、グループ優先動作を行います。グループの優先度は、グループ A > グループ B の順となります。

ADGSPCR レジスタの PGS ビットを 1 にする場合、[図 35.17](#) に記載された手順に従い、設定を実行してください。フローチャート以外の設定をした場合、A/D 変換の動作および格納されたデータは保証されません。

グループスキャンモードの基本動作では、グループ A、B の A/D 変換中に発生したトリガ入力は無視され、各グループの A/D 変換動作は、シングルスキャンモードと同じ動作になります。

グループ優先動作では、低優先グループのスキャン中に優先グループのトリガ入力があった場合、低優先グループの A/D 変換動作を中断して、優先グループの A/D 変換動作を行います。

ADGSPCR.GBRSCN ビットが 0 のとき、優先グループの A/D 変換動作終了後、低優先グループは待機状態となります。また A/D 変換中に発生した低優先グループのトリガ入力は無視されます。

ADGSPCR.GBRSCN ビットが 1 のとき、優先グループの A/D 変換動作終了後、自動的に低優先グループの A/D 変換動作を再実行します。また優先グループの A/D 変換中に発生した低優先グループのトリガ入力は有効となり、優先グループの A/D 変換動作終了後、自動的に低優先グループの A/D 変換動作を実行します。

ADGSPCR.GBRSCN ビットが 1、ADGSPCR.LGRRS が 0 のとき、低優先グループの A/D 変換動作は先頭から再実行します。また、ADGSPCR.LGRRS が 1 のとき、低優先グループの A/D 変換動作は中断したチャンネルから再実行します。ただし、自己診断機能を使用した場合は、自己診断後に中断したチャンネルから再実行します。

[表 35.21](#) に ADGSPCR.GBRSCN ビットの設定と A/D 変換中のトリガ入力時の動作を示します。

ADGSPCR.GBRP ビットに 1 を設定したとき、最も優先度の低いグループの A/D 変換動作は、シングルスキャンを連続で実行する動作になります。

グループスキャンモードのトリガ設定は、ADSTRGR.TRSA[5:0] ビットでグループ A の同期トリガを選択し、ADSTRGR.TRSB[5:0] ビットでグループ B の同期トリガを選択してください。各トリガは互いに異なるトリガを

選択してください。ADGSPCR.GBRP ビットを 1 に設定する場合、ADSTRGR.TRSB[5:0] ビットを 0x3F にしてください。

スキャン対象とするチャンネルは、「35.3.4. グループスキャンモード」に記載のレジスタで選択します。

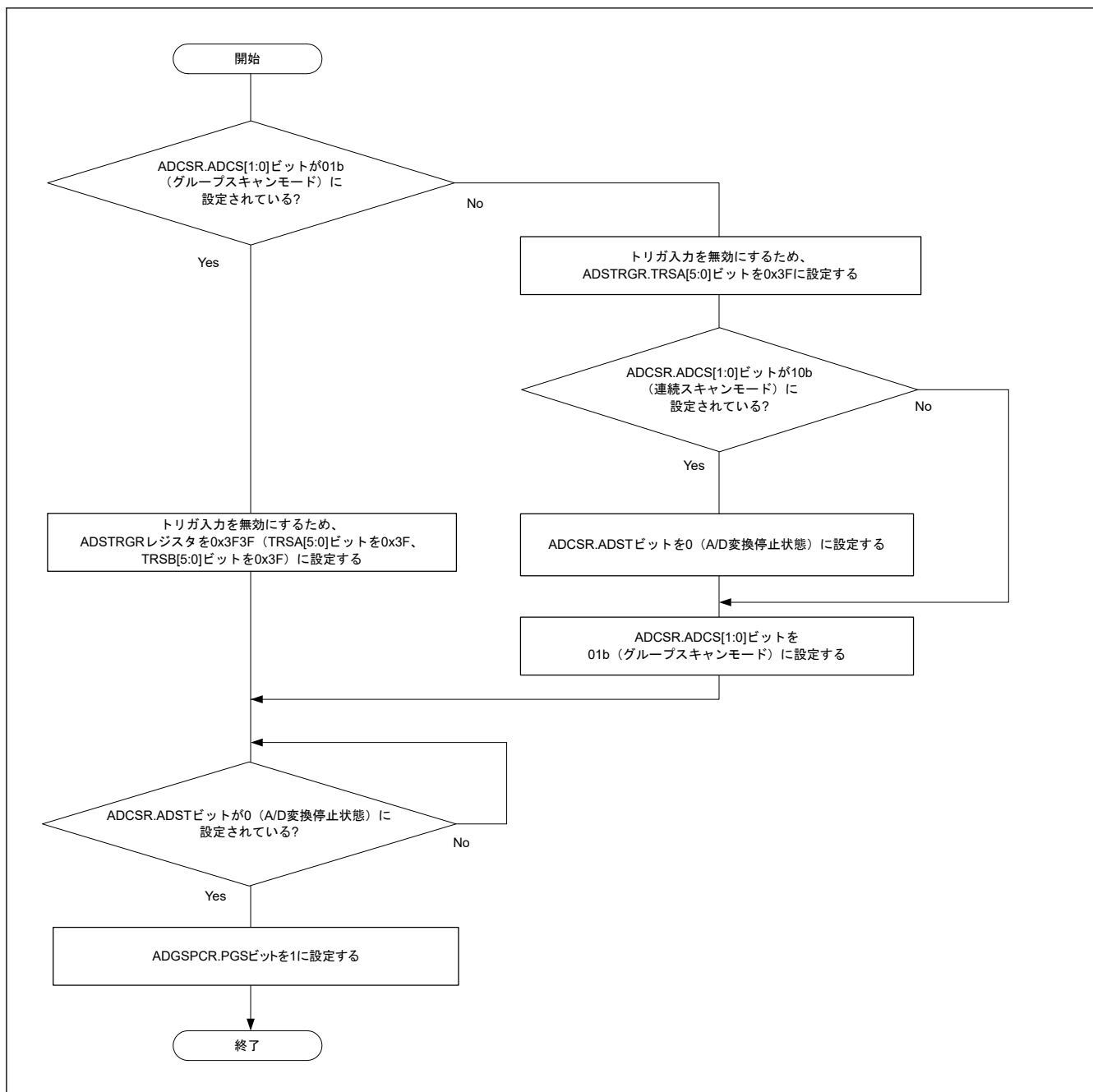


図 35.17 ADGSPCR.PGS ビット設定時のフローチャート

表 35.21 ADGSPCR.GBRSCN ビットの設定による A/D 変換動作制御 (1/2)

A/D 変換動作	トリガ入力	ADGSPCR.GBRSCN = 0	ADGSPCR.GBRSCN = 1
グループ A の A/D 変換中	グループ A トリガ入力	トリガ入力無効	トリガ入力無効
	グループ B トリガ入力	トリガ入力無効	グループ A の A/D 変換動作終了後、 グループ B の A/D 変換動作を行います

表 35.21 ADGSPCR.GBRSCN ビットの設定による A/D 変換動作制御 (2/2)

A/D 変換動作	トリガ入力	ADGSPCR.GBRSCN = 0	ADGSPCR.GBRSCN = 1
グループ B の A/D 変換中	グループ A トリガ入力	グループ B の A/D 変換を中断し、グループ A の A/D 変換動作開始	<ul style="list-style-type: none"> グループ B の A/D 変換を中断し、グループ A の A/D 変換動作開始 グループ A の A/D 変換終了後、グループ B の A/D 変換を開始します。
	グループ B トリガ入力	トリガ入力無効	トリガ入力無効

グループ優先動作モードを使用する場合、下記の表を参考に実現したい動作モードを選択して、レジスタを設定してください。

表 35.22 2 グループのグループ優先動作設定と動作モード (ADGSPCR.PGS = 1)

ADGSPCR			動作分類
GBRSCN	LGRRS	GBRP	
0	x	0	2 グループ (グループ A、B) のグループ優先動作 <ul style="list-style-type: none"> グループ A のトリガが入力されたとき、グループ B の A/D 変換動作は終了する (再実行しない)
1	0	0	2 グループ (グループ A、B) のグループ優先動作 <ul style="list-style-type: none"> グループ B の A/D 変換動作が中断された後、グループ B はグループ A の A/D 変換動作終了後に ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択したチャンネルを、チャンネル番号の小さい順に A/D 変換動作を再開する
1	1	0	2 グループ (グループ A、B) のグループ優先動作 <ul style="list-style-type: none"> グループ B の A/D 変換動作が中断された後、グループ B はグループ A の A/D 変換動作終了後に ADANSB0/1 レジスタで選択したチャンネルのうち、中断したチャンネルからチャンネル番号の小さい順に A/D 変換動作を再開する(注1)
x	0	1	2 グループ (グループ A、B) のグループ優先動作 <ul style="list-style-type: none"> グループ B は開始トリガ入力なしで、連続でシングルスキャンを実施。グループ B の A/D 変換動作が中断された後、グループ B はグループ A の A/D 変換動作終了後に ADANSB0/1 レジスタで選択したチャンネルのうち、中断したチャンネルからチャンネル番号の小さい順に A/D 変換動作を再開する
1	1	1	2 グループ (グループ A、B) のグループ優先動作 <ul style="list-style-type: none"> グループ B は開始トリガ入力なしで、連続でシングルスキャンを実施。グループ B の A/D 変換動作が中断された後は、グループ A の A/D 変換動作終了後に ADANSB0/1 レジスタで選択したチャンネルのうち、中断したチャンネルからチャンネル番号の小さい順にシングルスキャンを再開する(注1)

注. x: Don't care.

注 1. 自己診断機能有 (ADCER.DIAGM = 1) では、自己診断を実行してから中断したチャンネルの A/D 変換を開始します。

(1) 2 グループのグループ優先動作 (ADGSPCR.PGS = 1 設定)

グループ A にチャンネル 0 を、グループ B にチャンネル 1~3 を選択したグループスキャンモードグループ優先動作 (ADGSPCR.GBRSCN = 1, ADGSPCR.GBRP = 0, ADGSPCR.LGRRS = 0 設定時) を動作例 1-1~1-5 に示します。

動作例 1-1 「グループ B スキャン中のグループ A トリガ入力」再スキャンあり

- グループ B のトリガ入力によって ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択したアナログ入力チャンネルを最小のチャンネル番号 n から A/D 変換動作を開始します。
- グループ B の各チャンネルの A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は対応する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
- グループ B の A/D 変換中にグループ A のトリガが入力されると、ADCSR.ADST ビットを 1 に保持したまま、グループ B の A/D 変換が停止します。その後、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したグループ A のアナログ入力チャンネルを最小のチャンネル番号 n から A/D 変換動作を開始します。中断中に A/D 変換が終了していなければ、A/D 変換結果は A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納しません。
- チャンネルの A/D 変換が終了すると A/D 変換結果は対応する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
- ADC120_ADI 割り込み要求が発生します。

6. ADGSPCR.GBRSCN ビットが 1 (グループ優先動作で中断されたグループの再スキャンをする) に設定されていれば、ADCSR.ADST ビットを 1 に保持したまま、ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択したアナログ入力チャンネルを最小のチャンネル番号 n から再度グループ B の A/D 変換動作を開始します。
7. チャンネルの A/D 変換が終了すると A/D 変換結果は対応する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
8. ADCSR.GBADIE ビットが 1 (グループ B のスキャン終了後に割り込み発生への許可) に設定されていると、グループ B スキャン終了割り込み要求が発生します。
9. ADCSR.ADST ビットは、すべての A/D 変換結果が終了すると自動的にクリアされ、A/D コンバータは待機状態になります。

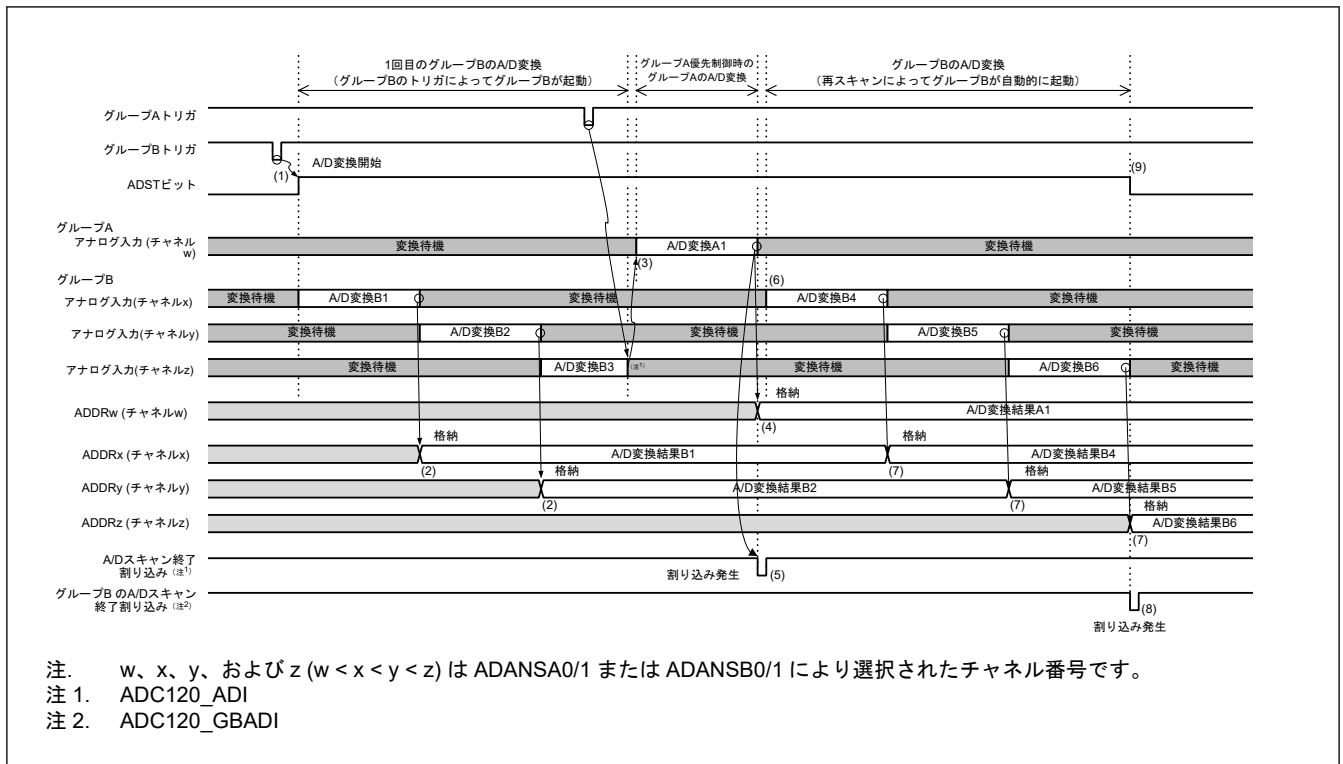


図 35.18 グループ優先動作例 1-1：グループ B スキャン中のグループ A トリガ入力、再スキャンあり (ADGSPCR.GBRSCN = 1、ADGSPCR.GBRP = 0、および ADGSPCR.LGRRS = 0 の場合)

動作例 1-2 「グループ B 再スキャン中のグループ A トリガ入力」再スキャンあり

図 35.19 にグループ B 再スキャン動作中に、グループ A のトリガが入力された場合を示します。

再スキャン動作中であっても、グループ A のトリガが入力されると、グループ B の A/D 変換動作を中断し、グループ A の A/D 変換動作を開始します。グループ A の A/D 変換終了後、グループ B の A/D 変換を開始します。

ADCSR.ADST ビット、A/D 変換結果は A/D データレジスタ y (ADDRy) への格納、割り込み要求の発生は、動作例 1-1 と同じ動作です。

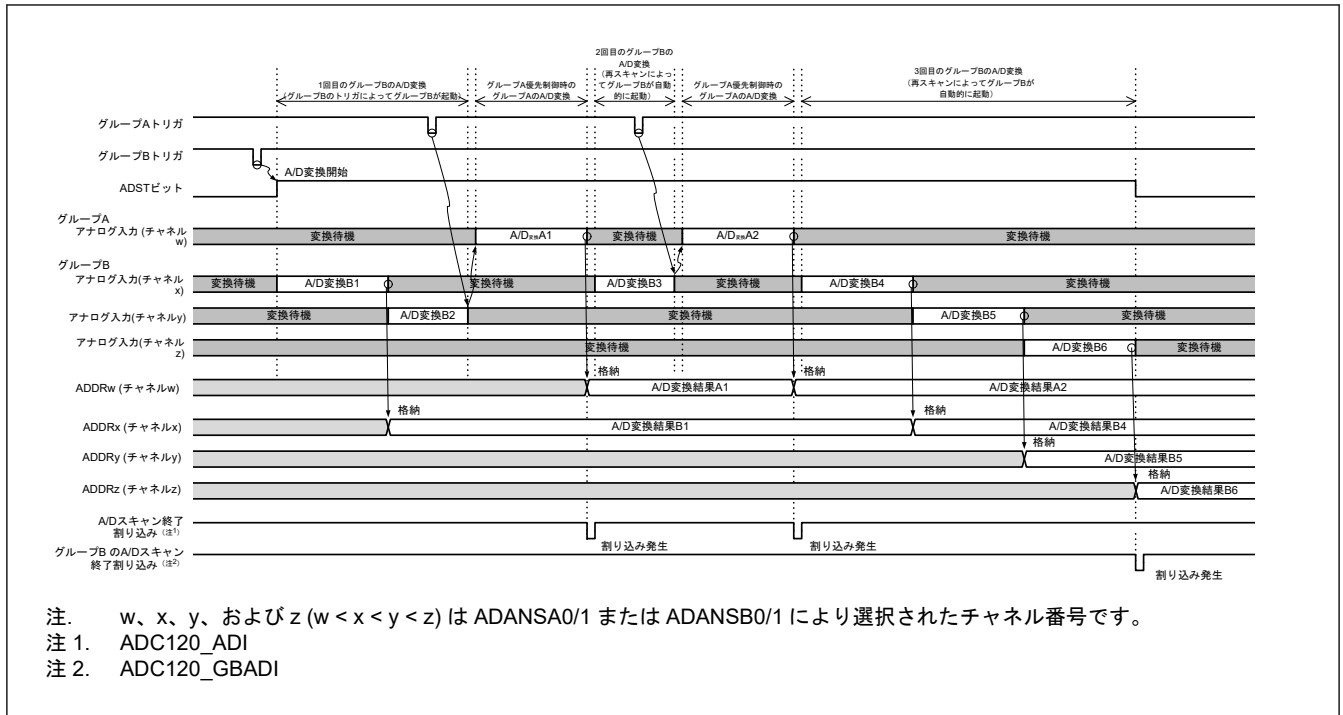


図 35.19 グループ優先動作例 1-2：グループ B 再スキャン中のグループ A トリガ入力、再スキャンあり (ADGSPCR.GBRSCN = 1、ADGSPCR.GBRP = 0、および ADGSPCR.LGRRS = 0 の場合)

動作例 1-3 「グループ A スキャン中のグループ B トリガ入力」再スキャンあり

ADGSPCR.GBRSCN ビットが 1 (グループ優先動作で中断されたグループの再スキャンをする) の設定で、グループ A のスキャン動作中にグループ B のトリガが入力された場合を説明します。

ADGSPCR.GBRSCN ビットが 0 に設定されている場合は、グループ A のスキャン動作中に入力されたグループ B のトリガは全て無効となります。

1. グループ A のトリガ入力によって ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したアナログ入力チャンネルを最小のチャンネル番号 n から A/D 変換動作を開始します。
2. グループ A の A/D 変換中に、グループ B のトリガ入力が入力されると、グループ B は A/D 変換実行可能状態になります。
3. グループ A の各チャンネルの A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は対応する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
4. ADC120_ADI 割り込み要求を発生します。
5. グループ A の A/D 変換終了後、ADCSR.ADST ビットを 1 に保持したまま、ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択したグループ B のアナログ入力チャンネルを最小のチャンネル番号 n からグループ B の A/D 変換動作を開始します。
(グループ B の A/D 変換中にグループ A のトリガが入力されると、動作例 1-1 と同じくグループ A の A/D 変換動作を開始し、グループ A の A/D 変換動作終了後、グループ B の A/D 変換動作を開始します。)
6. 1 チャンネルの A/D 変換が終了すると A/D 変換結果は対応する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
7. グループ B の A/D 変換終了後、ADCSR.GBADIE ビットが 1 (グループ B のスキャン終了後の割り込み発生の許可) に設定されていると、グループ B スキャン終了割り込み要求を発生します。
8. ADCSR.ADST ビットは、すべての A/D 変換結果が終了すると自動的にクリアされ、A/D コンバータは待機状態になります。

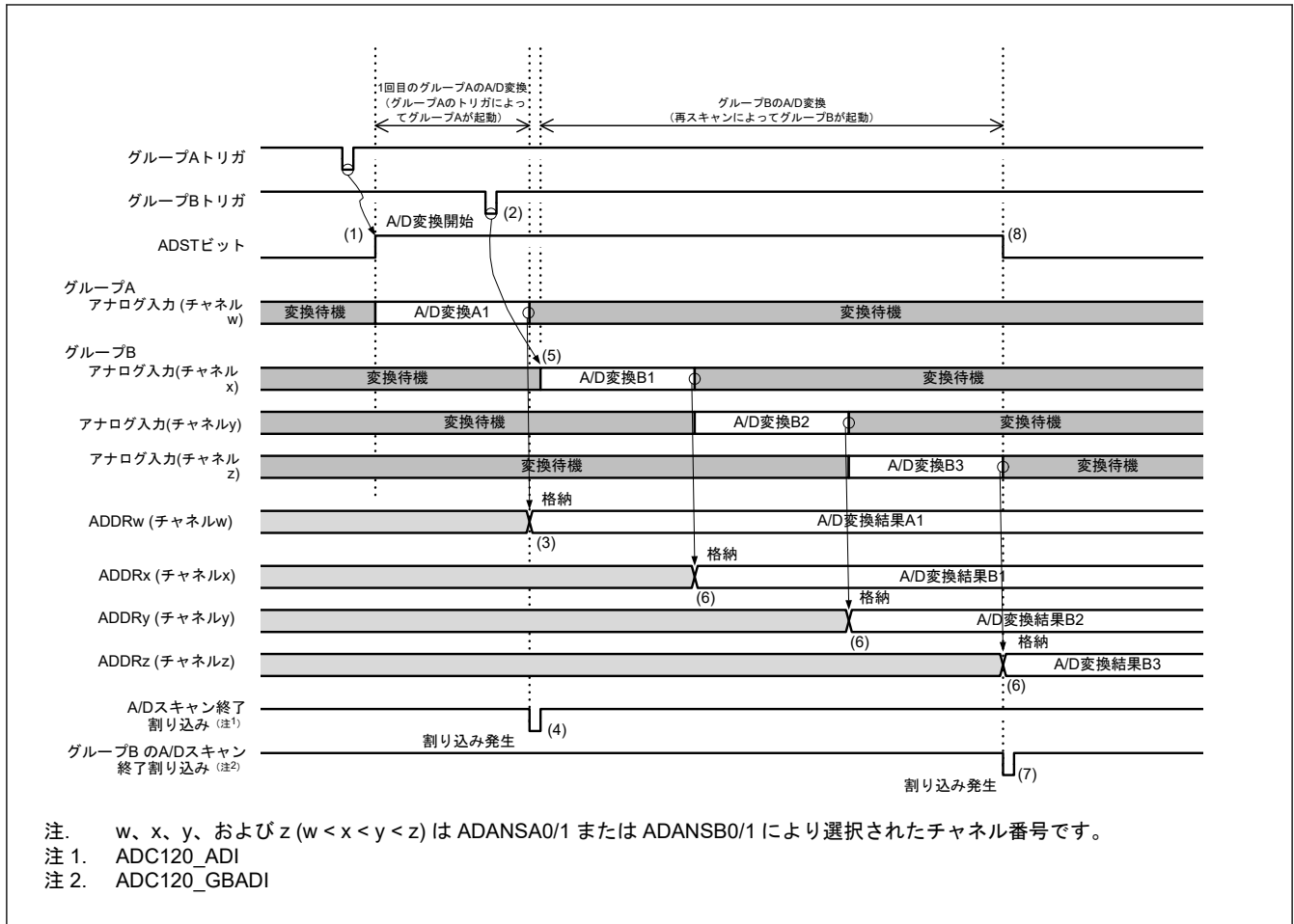


図 35.20 グループ優先動作例 1-3 : グループ A スキャン中のグループ B トリガ入力、再スキャンあり (ADGSPCR.GBRSCN = 1、ADGSPCR.GBRP = 0、および ADGSPCR.LGRRS = 0 の場合)

グループ A にチャンネル 0 を、グループ B にチャンネル 1~3 を選択したグループスキャンモードグループ優先動作 (ADGSPCR.GBRSCN = 0、ADGSPCR.GBRP = 0、ADGSPCR.LGRRS = 0 設定時) を動作例 1-4 に示します。

動作例 1-4 「グループ B スキャン中のグループ A トリガ入力」再スキャンなし

1. グループ B のトリガ入力によって ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になると、ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択したアナログ入力チャンネルを最小のチャンネル番号 n から A/D 変換動作を開始します。
2. グループ B の各チャンネルの A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は対応する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
3. グループ B の A/D 変換中に、グループ A のトリガが入力されると、ADCSR.ADST ビットを 1 に保持したまま、グループ B の A/D 変換動作を中断し、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したアナログ入力チャンネルを最小のチャンネル番号 n からグループ A の A/D 変換動作を開始します。中断中に A/D 変換が終了していなければ、A/D 変換結果は A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納しません。
4. 1 チャンネルの A/D 変換が終了すると A/D 変換結果は対応する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
5. グループ A の A/D 変換終了後、ADC120_ADI 割り込み要求を発生します。
6. ADCSR.ADST ビットは、グループ A の A/D 変換結果が終了すると自動的にクリアされ、A/D コンバータは待機状態になります。グループ B は、以降のグループ B トリガ入力まで A/D 変換を行いません。

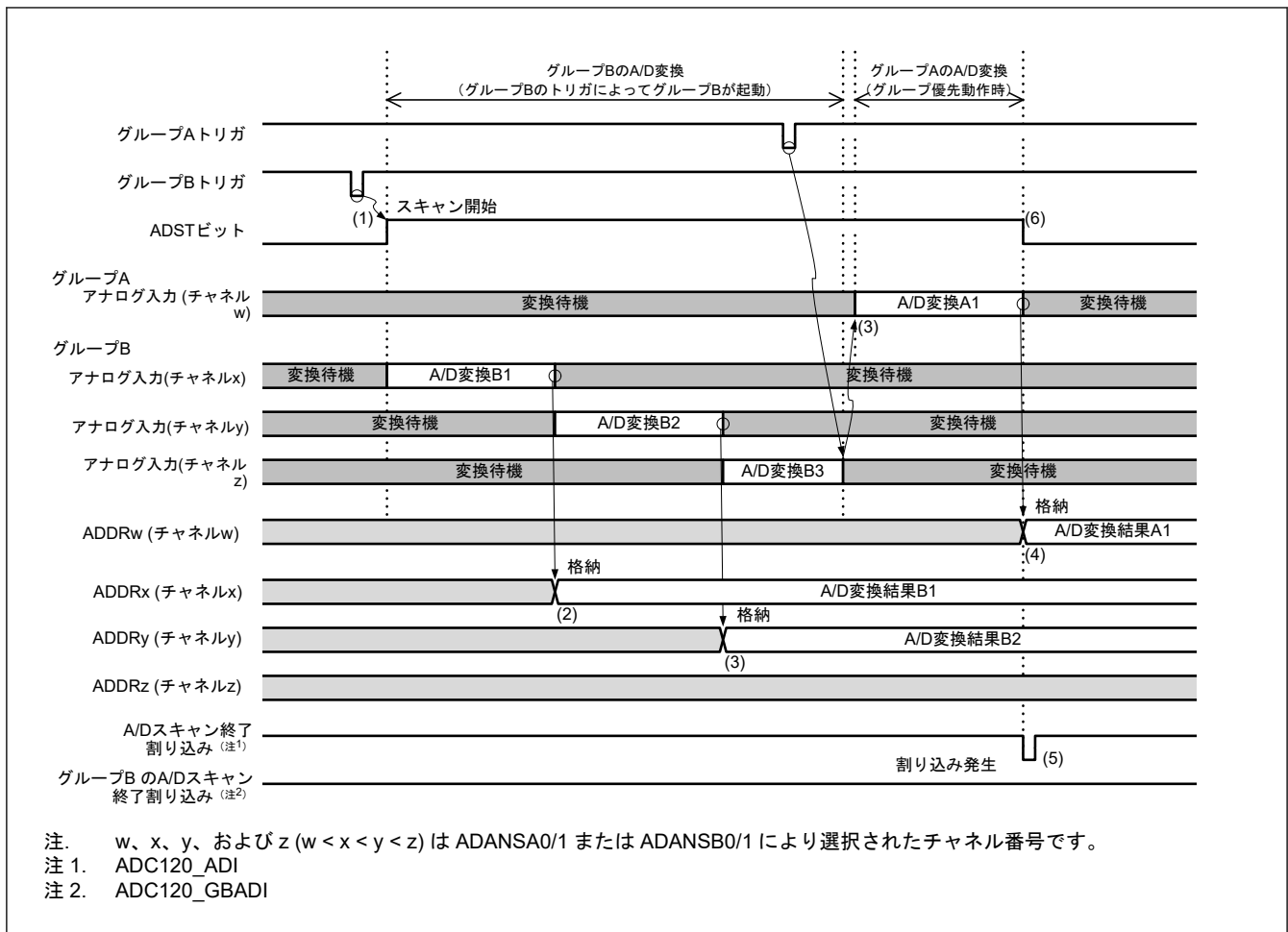


図 35.21 グループ優先動作例 1-4 : グループ B スキャン中のグループ A トリガ入力、再スキャンなし (ADGSPCR.GBRSCN = 0、ADGSPCR.GBRP = 0、および ADGSPCR.LGRRS = 0 の場合)

グループ A にチャンネル 0 を、グループ B にチャンネル 1, 2 を選択したグループスキャンモードグループ優先動作 (ADGSPCR.GBRP = 1、ADGSPCR.LGRRS = 0 設定時) を動作例 1-5 に示します。

動作例 1-5 「グループ B のシングルスキャン連続動作」

1. ADGSPCR.GBRP = 1 を設定すると、ADCSR.ADST ビットが 1 (A/D 変換開始) になり、ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択したアナログ入力チャンネルを最小のチャンネル番号 n から A/D 変換動作を開始します。
2. グループ B の各チャンネルの A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は対応する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
3. グループ B の A/D 変換中に、グループ A のトリガが入力されると、ADCSR.ADST ビットを 1 に保持したままグループ B の A/D 変換動作を中断し、ADANSA0、ADANSA1 レジスタで選択したアナログ入力チャンネルを最小のチャンネル番号 n からグループ A の A/D 変換動作を開始します。中断中に A/D 変換が終了していなければ、A/D 変換結果は A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納しません。
4. 1 チャンネルの A/D 変換が終了すると A/D 変換結果は対応する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
5. グループ A の A/D 変換終了後、ADC120_ADI 割り込み要求を発生します。
6. ADGSPCR.GBRP = 1 (シングルスキャン連続動作する) に設定されていると、ADCSR.ADST ビットを 1 (A/D 変換開始) に保持したまま、ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択したアナログ入力チャンネルを最小のチャンネル番号 n から再度グループ B の A/D 変換動作を開始します。
7. 1 チャンネルの A/D 変換が終了すると A/D 変換結果は対応する A/D データレジスタ y (ADDRy) に格納されます。
8. ADCSR.GBADIE ビットが 1 (グループ B のスキャン終了後に割り込み発生への許可) に設定されていると、グループ B スキャン終了割り込み要求を発生します。

9. ADGSPCR.GBRP = 1 (シングルスキャン連続動作する) に設定されていると、ADCSR.ADST ビットを 1 (A/D 変換開始) に保持したまま、ADANSB0、ADANSB1 レジスタで選択したアナログ入力チャンネルを最小のチャンネル番号 n から再度グループ B の A/D 変換動作を開始します。

ADGSPCR.GBRP ビットが 1 になっている間は、6~9 の動作を繰り返します。ADGSPCR.GBRP ビットが 1 になっている間は、ADCSR.ADST ビットを 0 にクリアしないでください。ADGSPCR.GBRP = 1 の場合に A/D 変換を強制終了するには、[図 35.33](#) の手順に従ってください。

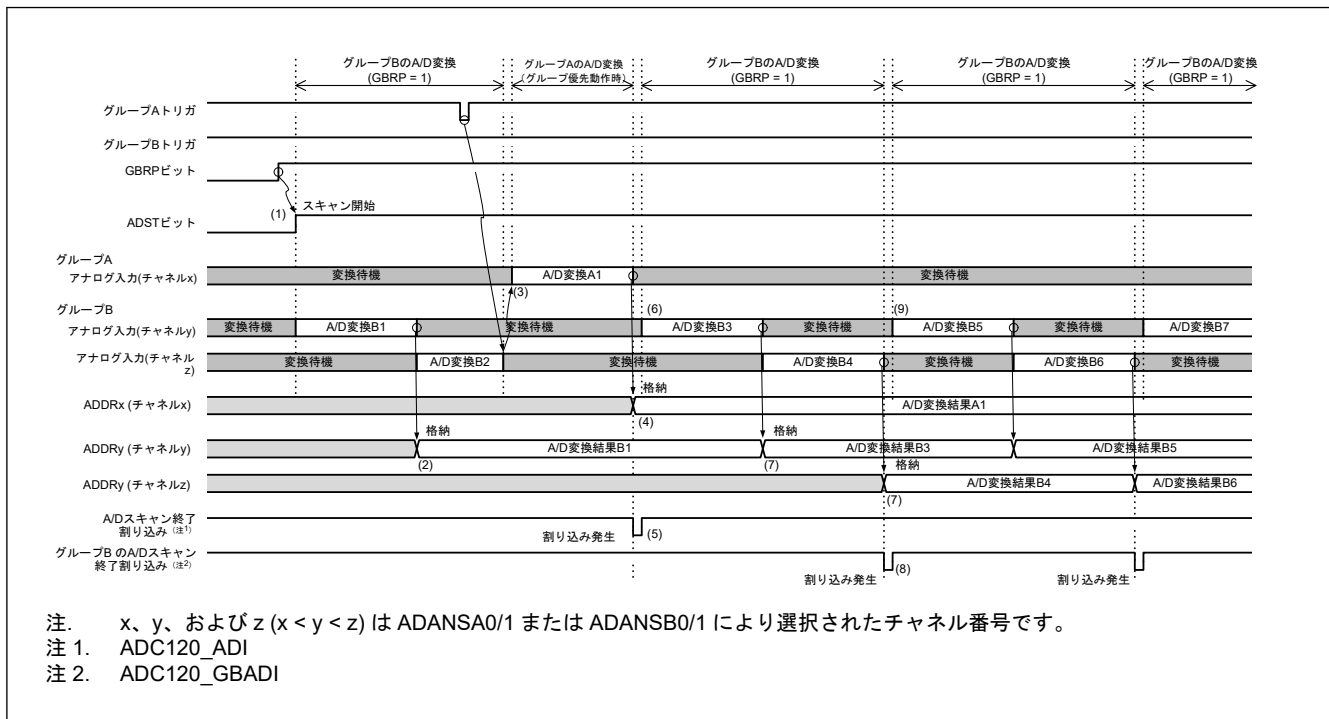


図 35.22 グループ優先動作例 1-5: グループ B のシングルスキャン連続動作 (ADGSPCR.GBRP = 1、ADGSPCR.LGRRS = 0 の場合)

注. グループ B をシングルスキャン連続動作させる場合は、グループ B のトリガ入力を無効にしてください。

35.3.5 コンペア機能 (ウィンドウ A、ウィンドウ B)

35.3.5.1 コンペア機能ウィンドウ A/B

コンペア機能は、基準値と A/D 変換結果を比較する機能です。基準値はウィンドウ A およびウィンドウ B それぞれに設定することができます。コンペア機能の使用中は、自己診断機能およびダブルトリガモードは使用できません。ウィンドウ A とウィンドウ B の大きな違いとしては、割り込み出力信号の違いと、ウィンドウ B は 1 つのチャンネルしか選択できないという制限が挙げられます。

本項では、連続スキャンモードとコンペア機能を組み合わせた動作例を示します。

動作は以下のとおりです。

- ソフトウェア、同期トリガ (ELC) または非同期トリガ入力によって ADCSR.ADST ビットを 1 (A/D 変換開始) にした場合、A/D 変換は選択されたチャンネル、内部基準電圧の順序で開始します。
- A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果は対応する A/D データレジスタ y (ADDRy、または ADOCDR) に格納されます。ADCMPCR.CMPAE が 1 のとき、ウィンドウ A に対して ADCMPANSRy または ADCMPANSER レジスタのビットを設定すると、A/D 変換結果を、設定した ADCMPDR0/1 レジスタ値と比較します。ADCMPCR.CMPBE が 1 のとき、ウィンドウ B に対して ADCMPBNSR レジスタのビットを設定すると、A/D 変換結果を、ADWINULB/ADWINLLB レジスタの設定値と比較します。
- 比較の結果、ウィンドウ A は、ADCMPLR0、ADCMPLR1、または ADCMPLEP レジスタで設定した条件と一致したとき、コンペア機能ウィンドウ A のフラグ (ADCMPSR0.CMPSTCHAn、ADCMPSR1.CMPSTCHAn、または ADCMPSEK.CMPSTOCA) が 1 になります。このとき、ADCMPCR.CMPAIE ビットが 1 に設定されていると、ADC120_CMPAI 割り込み要求が発生します。同様に、ウィンドウ B が ADCMPBNSR.CMPLB に設

定された条件と一致すると、コンペアウィンドウ B フラグ (ADCOMPBSR.CMPSTB) が 1 になります。このとき、ADCMPCR.CMPBIE ビットが 1 に設定されていると、ADC120_CMPBI 割り込み要求が発生します。

4. 選択したすべての A/D 変換および比較が終了すると、スキャンが再開します。
5. ADC120_CMPAI、ADC120_CMPBI 割り込みを受け付けると、ADCSR.ADST ビットを 0 (A/D 変換停止) に設定し、コンペアフラグが 1 であるチャンネルの処理を行います。
6. ウィンドウ A のすべてのコンペアフラグをクリアすると、ADC120_CMPAI 割り込み要求が解除されます。同様に、ウィンドウ B のすべてのコンペアフラグをクリアすると、ADC120_CMPBI 割り込み要求が解除されます。再度比較を実行するには、再度 A/D 変換を開始してください。

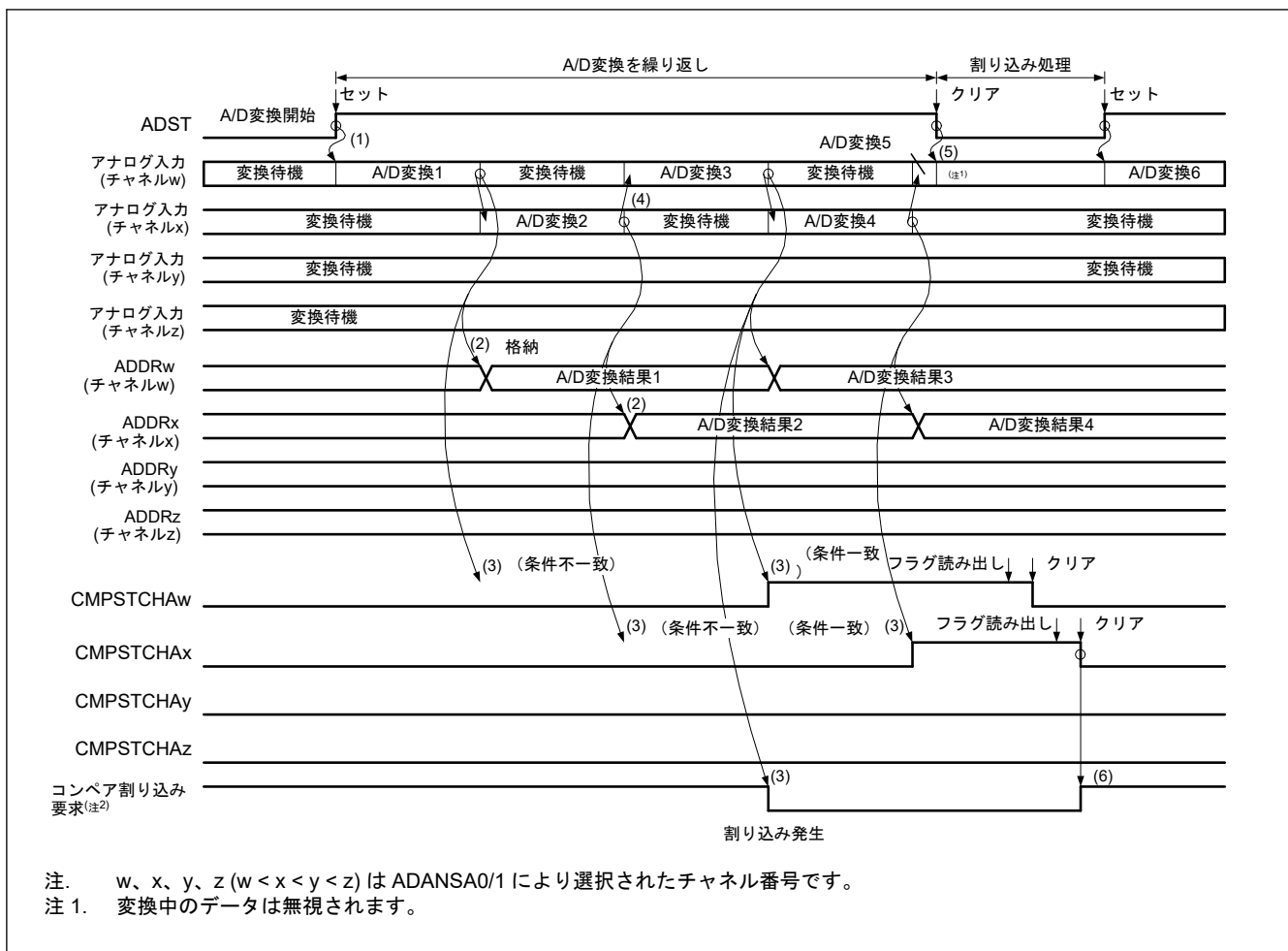


図 35.23 コンペア機能の動作例 (アナログ入力 (チャンネル w~z) を比較)

35.3.5.2 コンペア機能のイベント出力

コンペア機能のイベント出力は、上側基準電圧値および下側基準電圧値をウィンドウ A およびウィンドウ B それぞれに設定します。選択したチャンネルの A/D 変換値を上側/下側基準電圧値と比較して、ウィンドウ A およびウィンドウ B の比較条件成立/不成立からイベント条件 (A or B, A and B, A exor B) に応じてイベント (ADC120_WCMPPM/ADC120_WCMPUM) を出力します。

ウィンドウ A で複数のチャンネルを選択し、チャンネルのうち 1 つでも比較条件と一致した場合、ウィンドウ A の比較結果は一致となります。この機能を使用する場合、A/D 変換はシングルスキャンモードで行ってください。

ウィンドウ A の場合、アナログ入力、内部基準電圧を選択できます。

ウィンドウ B の場合、アナログ入力のチャンネルのどれか 1 つ、内部基準電圧を選択できます。

コンペア機能のイベント出力使用時の設定手順および設定例を以下に示します。

1. ADCSR.ADSCS ビットの値が 00b (シングルスキャンモード) であることを確認します。

- ADCMPANSR0/1 レジスタおよび ADCMPANSER レジスタでウィンドウ A のチャンネルを選択します。ADCMPLR0/1 レジスタおよび ADCMPLEP レジスタにウィンドウ比較条件を設定します。ADCMPDR0/1 レジスタに上側および下側基準値を設定してください。
- ADCMPBNSR レジスタでウィンドウ B のチャンネルおよび比較条件を選択し、ADWINULB/ADWINLLB レジスタで上側および下側基準値を設定します。
- ウィンドウ A/B の複合条件、ウィンドウ A/B 動作許可、および割り込み出力許可を ADCMPCR レジスタに設定してください。

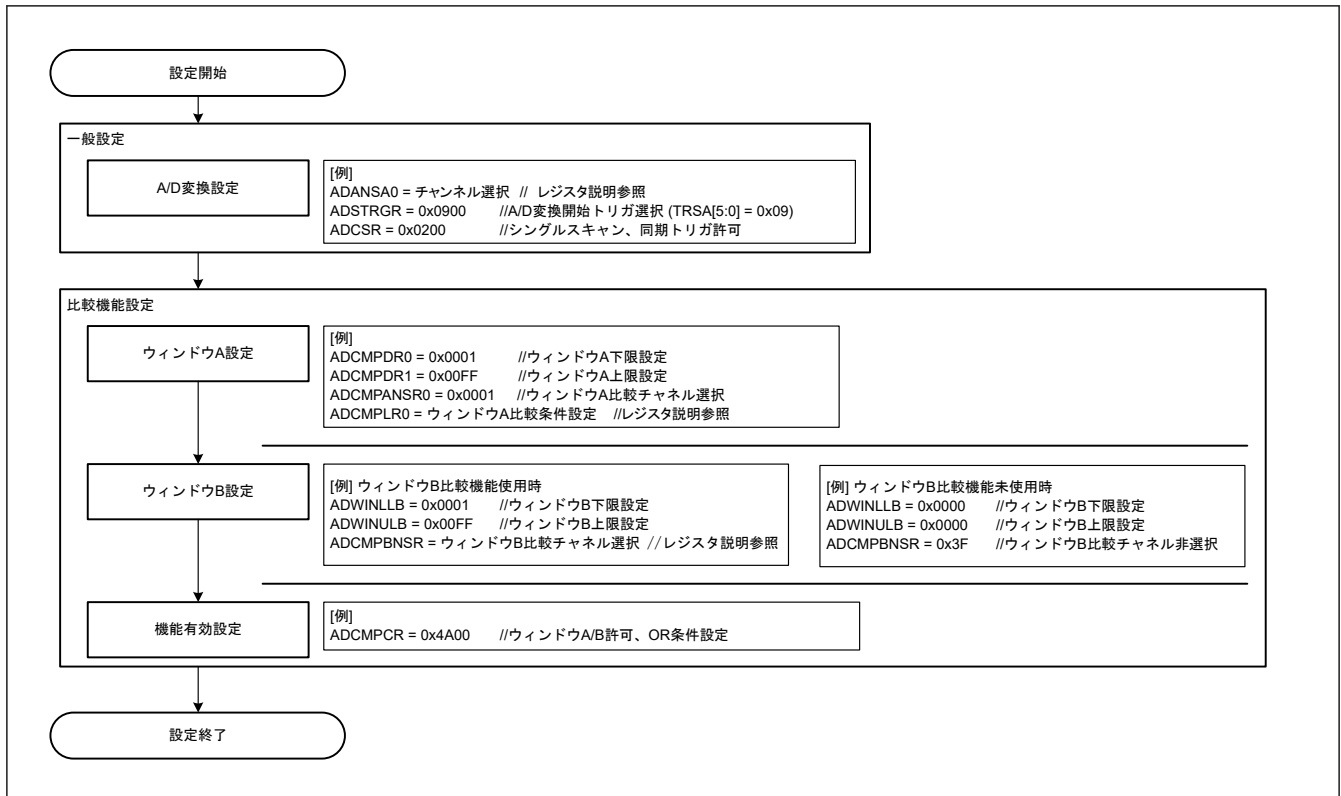


図 35.24 コンペア機能のイベント出力使用時の設定例

コンペア機能でウィンドウ A のみを使用するときのイベント出力の使用方法について、以下に注意点を示します。

- ウィンドウ A および B をどちらも有効 (ADCMPCR.CMPAE = 1、ADCMPCR.CMPBE = 1) にしてください
- ウィンドウ A および B の複合条件を「OR 条件」にしてください (ADCMPCR.CMPAB[1:0] = 00b)
- ウィンドウ B の比較対象チャンネルは「非選択」にしてください (ADCMPBNSR.CMPCHB[5:0] = 0x3F)
- ウィンドウ B の比較条件を、常に不一致を表す「0 < 結果 < 0」に設定してください (ADCMPCR.WCMPPE = 1、ADWINLLB[15:0] = ADWINULB[15:0] = 0x0000、および ADCMPBNSR.CMPLB = 1)

図 35.25 コンペア機能のイベント出力動作例を示します。

シングルスキャンが一度終了するタイミングで、スキャン終了イベント (ADC120_ADI) を出力します。その後、ADCMPCR.CMPAB[1:0]の設定に従い、1PCLKA 遅れて一致または不一致イベント (ADC120_WCMPM/ADC120_WCMPUM) を出力します。

注. 一致イベントと不一致イベントは排他的であるため、2つのイベントを同時に出力することはありません。

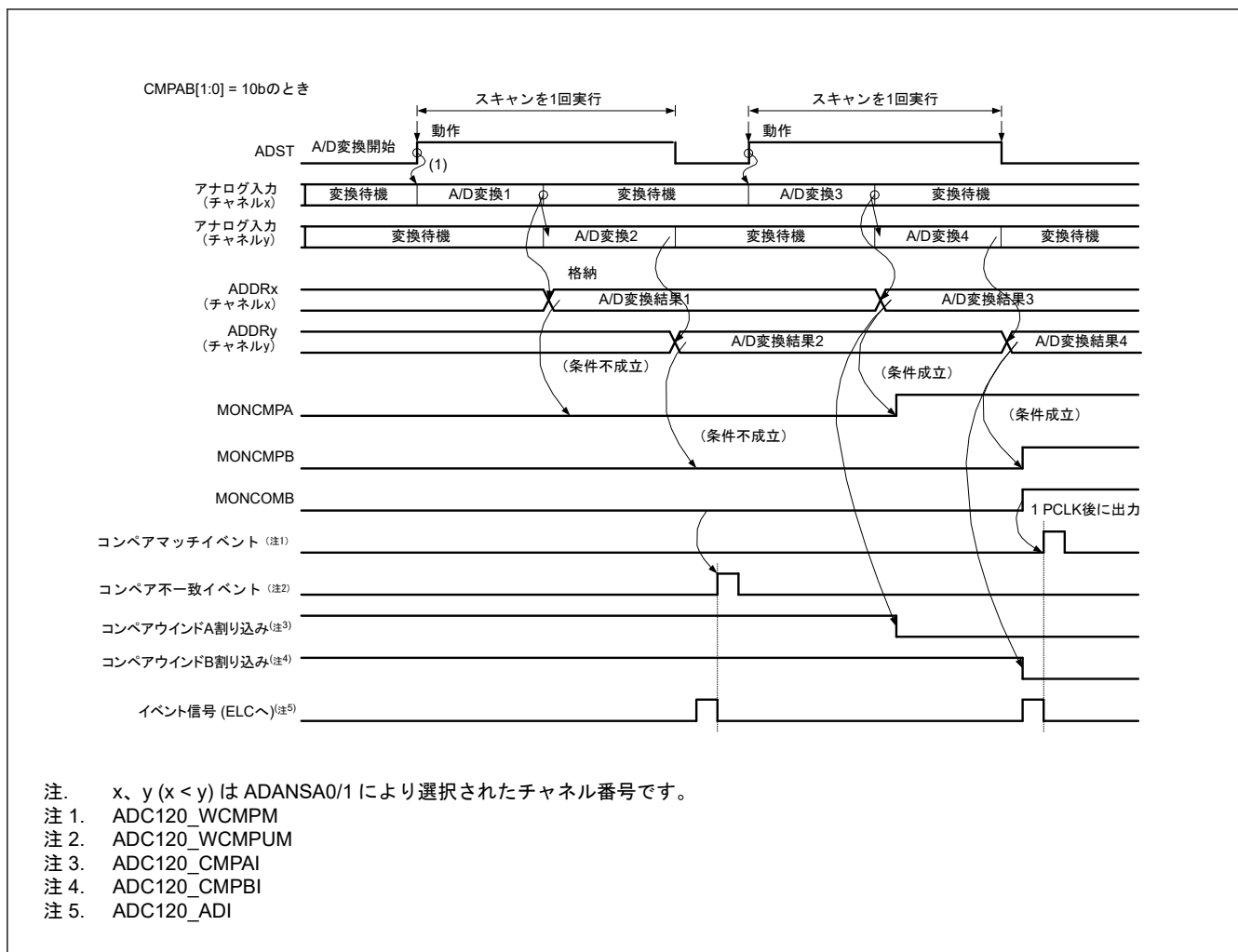


図 35.25 コンペア機能のイベント出力の動作例（アナログ入力（チャンネル x、y）を比較）

- 注. コンペア機能のイベント出力は、ADCMPCR.CMPAB[1:0]の設定に従い、ウインドウ A およびウインドウ B の比較結果の一致／不一致を出力します。
- 注. ウインドウ A の比較結果は、ウインドウ A の比較対象チャンネルの比較結果の論理和です。ウインドウ A および B の比較結果は、A/D 変換ごとに更新され、シングルスキャンが終了しても保持されます。比較結果をクリアするには、ADCMPCR.CMPAE および ADCMPCR.CMPBE を 0 にしてください。

35.3.5.3 コンペア機能の制限事項

コンペア機能には以下の制限事項があります。

- コンペア機能は、自己診断機能またはダブルトリガモードと一緒に使用できません。（ADRD、ADDBLDR、ADDBLDRB はコンペア機能対象外です。）
- 一致／不一致イベント出力を使用する場合はシングルスキャンモードにしてください。
- ウインドウ A に内部基準電圧を選択した場合、ウインドウ B 動作は無効になります。
- ウインドウ B に内部基準電圧を選択した場合、ウインドウ A 動作は無効になります。
- ウインドウ A とウインドウ B に同じチャンネルを設定することはできません
- 基準電圧値を設定する際は、高電位基準電圧値が低電位基準電圧値以上となるように設定してください。

35.3.6 アナログ入力のサンプリング時間とスキャン変換時間

スキャン変換は、ソフトウェアトリガ、同期トリガ (ELC) による起動および非同期トリガ (ADTRG0) による起動が選択できます。スキャン変換開始遅延時間 (t_D) の後に、断線検出アシスト処理、自己診断変換処理をすべて行い、この後に A/D 変換処理が開始されます。

図 35.26 に、ソフトウェアトリガまたは同期トリガ (ELC) 起動によりスキャン変換を行う場合のタイミングを示します。また、図 35.27 に、非同期トリガ (ADTRG0) 起動によるスキャン変換を行う場合のタイミングを示します。スキャン変換時間 (t_{SCAN}) はスキャン変換開始遅延時間 (t_D)、断線検出アシスト処理時間 (t_{DIS})^(注1)、自己診断変換時間 (t_{DIAG} および t_{DSD})^(注2)、A/D 変換処理時間 (t_{CONV})、スキャン変換終了遅延時間 (t_{ED}) を含めた時間となります。

A/D 変換処理時間 (t_{CONV}) は、入力サンプリング時間 (t_{SPL})、逐次変換時間 (t_{SAM}) を合わせた時間となります。サンプリング時間 (t_{SPL}) は、A/D コンバータ内のサンプル&ホールド回路に電荷を充電するための時間です。アナログ入力の信号源インピーダンスが高くサンプリング時間が不足する場合や、A/D 変換クロック (ADCLK) が低速の場合には ADSSTRn レジスタでサンプリング時間を調整できます。

逐次変換時間 (t_{SAM}) は以下の通りです。

- 12 ビット変換精度の場合、13 ステート (ADCLK)
- 10 ビット変換精度の場合、11 ステート (ADCLK)
- 8 ビット変換精度の場合、9 ステート (ADCLK)

表 35.23 に逐次変換時間 (t_{SAM}) を示します。

選択チャンネル数が n のシングルスキャンのスキャン変換時間 (t_{SCAN}) は、次のように表されます。

$$t_{SCAN} = t_D + (t_{DIS} \times n) + t_{DIAG} + t_{ED} + (t_{CONV} \times n) \quad (\text{注3})$$

連続スキャンの 1 サイクル目のスキャン変換時間は、シングルスキャンの t_{SCAN} から t_{ED} を省いた時間です。連続スキャンの 2 サイクル目以降のスキャン変換時間以降は、以下のようになっています。

$$(t_{DIS} \times n) + t_{DIAG} + t_{DSD} + (t_{CONV} \times n) \quad (\text{注3})$$

注 1. 断線検出アシストを設定しない場合は、 $t_{DIS} = 0$ となります。

内部基準電圧を A/D 変換する場合のみ、15 ステート (ADCLK) の自動ディスチャージ期間が入ります。

注 2. 自己診断機能を使用しない場合は、 $t_{DIAG} = 0$ 、 $t_{DSD} = 0$ となります。

注 3. 選択したすべてのチャンネルの入力サンプリング時間 (t_{SPL}) が同じである場合、この要素は $t_{CONV} \times n$ となります。チャンネルごとに異なるサンプリング時間の場合、この要素は選択したチャンネルごとに設定した t_{SPL} と t_{SAM} の和となります。

表 35.23 にスキャン変換時間を示します。

表 35.23 スキャン変換時間 (ADCLK と PCLKA のサイクル数)

項目	シンボル	種別/条件			単位			
		同期トリガ(注4)	非同期トリガ	ソフトウェアトリガ				
スキャン開始処理時間(注1) (注2)	グループ A 優先動作によるグループ A の A/D 変換	グループ B 中断あり (グループ A の A/D 変換要因によってグループ B を停止させた後、グループ A を起動)	3 PCLKA + 6 ADCLK 5 PCLKA + 3 ADCLK(注5)	—	—	サイクル		
		グループ B 中断なし (グループ A の A/D 変換要因によって起動)	2 PCLKA + 4 ADCLK	—	—			
	自己診断有効時の A/D 変換	自己診断変換開始時	2 PCLKA + 6 ADCLK	4 PCLKA + 6 ADCLK	6 ADCLK			
	上記以外		2 PCLKA + 4 ADCLK	2 PCLKA + 4 ADCLK	4 ADCLK			
断線検出アシスト処理時間		t _{DIS}	ADNDIS[3:0]設定値 (初期値 = 0x0) × ADCLK					
自己診断変換処理時間(注1)	サンプリング時間		t _{DIAG}	t _{SPL}	ADSSTR00 設定値 (初期値 = 0x0B) × ADCLK(注3)	—	—	
	逐次変換時間	12 ビット変換精度			t _{SAM}	15 ADCLK	—	—
		10 ビット変換精度	13 ADCLK	—		—		
		8 ビット変換精度	11 ADCLK	—		—		
	自己診断変換終了からアナログチャンネルサンプリング開始までの待機時間			t _{DED}	2 ADCLK			
連続スキャンモードでの最後のチャンネル変換終了から自己診断サンプリング開始までの待機時間		t _{DSD}		2 ADCLK				
A/D 変換処理時間(注1)	サンプリング時間		t _{CONV}	t _{SPL}	ADSSTRn (n = 0~4, 11~13, L, O) 設定値 (初期値 = 0x0B) × ADCLK + 0.5 ADCLK			
	逐次変換時間	12 ビット変換精度			t _{SAM}	13 ADCLK		
		10 ビット変換精度				11 ADCLK		
		8 ビット変換精度				9 ADCLK		
スキャン終了処理時間(注1)		t _{ED}		1 PCLKA + 3 ADCLK 2 PCLKA + 3 ADCLK(注5)				

- 注 1. t_D、t_{SPLSH}、t_{DIAG}、t_{CONV}、t_{ED} の各タイミングについては、[図 35.26](#) および [図 35.27](#) を参照してください。
- 注 2. ソフトウェア書き込みまたはトリガ入力から A/D 変換開始までの最大時間です。
- 注 3. サンプリング時間設定は電気的特性を満たす必要があります。
- 注 4. タイマ出力からトリガ入力までの経路で使われる時間は含みません。
- 注 5. ADCLK が PCLKA より速い場合 (PCLKA : ADCLK の分周比 = 1:2 または 1:4)、スキャン終了処理時間は変わります。

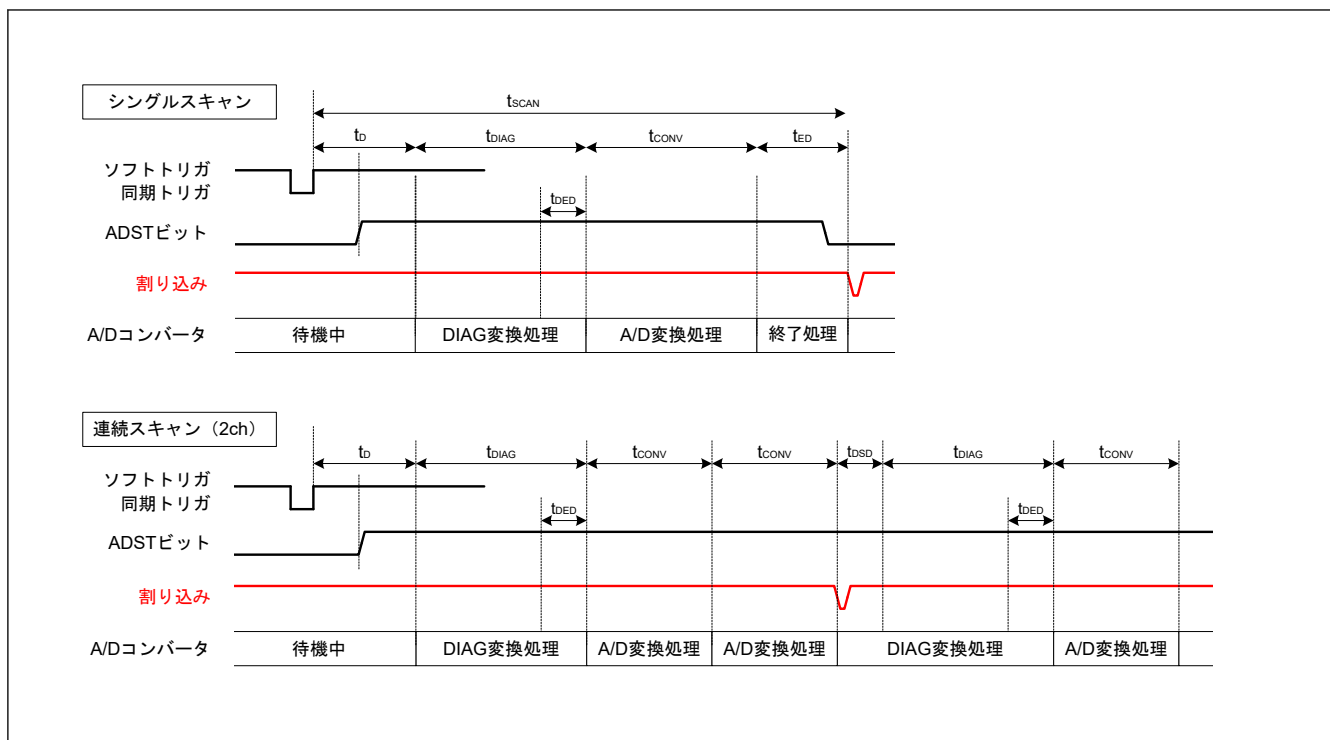


図 35.26 スキャン変換のタイミング (ソフトウェア起動または同期トリガ入力 (ELC) 起動の場合)

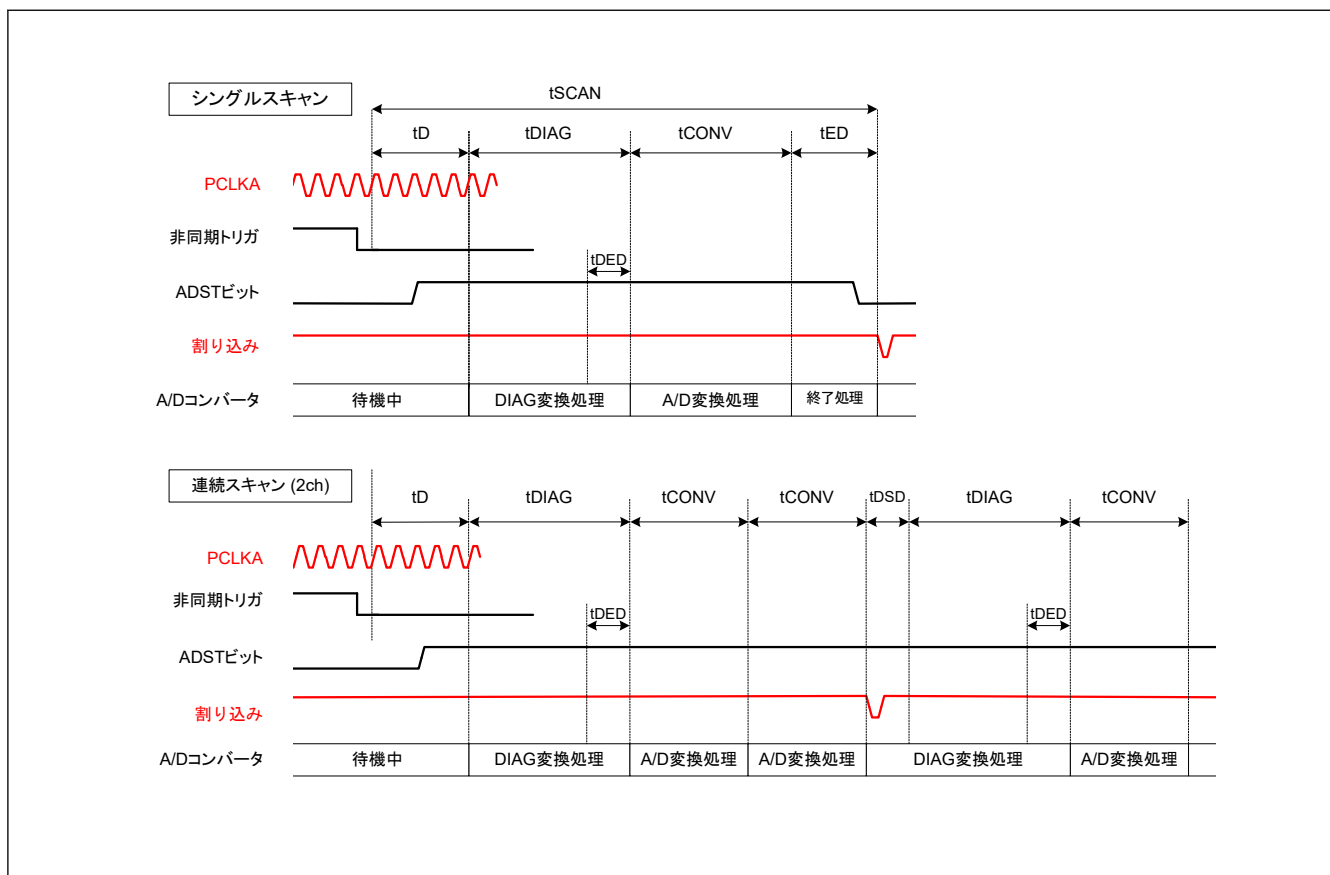


図 35.27 スキャン変換のタイミング (非同期トリガ入力 (ADTRG0) 起動の場合)

35.3.7 A/D データレジスタの自動クリア機能の使用例

ADCER.ACE ビットを 1 にすることにより、CPU、DTC または DMAC によって A/D データレジスタを読み出す際、自動的に A/D データレジスタ (ADDRy, ADDR, ADDBLDR, ADDBLDRA, ADDBLDRB, ADOCDR) を 0x0000 にクリアします。

この機能を使うことにより、A/D データレジスタ (ADDRy, ADDR, ADDBLDR, ADDBLDRA, ADDBLDRB, ADOCDR) の未更新故障を検出することができます。以下に ADDRy レジスタの自動クリア機能が無効/有効時の例を示します。

- ADCER.ACE ビットが 0 (自動クリア禁止) の場合に、A/D 変換結果 (0x0222) が何らかの原因で ADDRy レジスタに書き込みされなかったとき、ADDRy レジスタの値は古いデータ (0x0111) を保持します。さらに A/D スキャン終了割り込みを利用して、この ADDRy レジスタの値を汎用レジスタに読み出した場合、古いデータ (0x0111) を汎用レジスタに保持できます。ただし、未更新のチェックを行う場合、古いデータを SRAM、汎用レジスタに逐一保持しながらチェックを行う必要があります。
- ADCER.ACE ビットが 1 (自動クリア許可) の場合には、ADDRy = 0x0111 を CPU、DTC または DMAC により読み出す際、ADDRy レジスタは自動的に 0x0000 にクリアされます。その後、A/D 変換結果 (0x0222) が ADDRy レジスタに何らかの原因で転送できなかったとき、クリアされたデータ (0x0000) が ADDRy レジスタ値として残ります。ここで A/D スキャン終了割り込みを利用して、この ADDRy レジスタの値を汎用レジスタに読み出した場合は、0x0000 が汎用レジスタに保持されます。読み出されたデータ値が 0x0000 であることをチェックして、ADDRy レジスタの未更新故障があったことを判断できます。

35.3.8 A/D 変換値加算/平均モード

A/D 変換値加算/平均モードは、チャンネル選択アナログ入力 A/D 変換、内部基準電圧 A/D 変換選択時に使用できます。

A/D 変換値加算モードは、同じチャンネルを 1, 2, 3, 4, または 16 回連続で A/D 変換し、その変換値の合計をデータレジスタに保持します。加算機能の 16 回は、変換精度 12 ビット選択時のみ使用できます。A/D 変換値平均モードは、同じチャンネルを 1, 2, または 4 回連続で A/D 変換し、その変換値の平均をデータレジスタに保持します。この結果の平均値を使用することで、ノイズ成分によっては A/D 変換精度が良くなります。ただし、A/D 変換精度が必ず向上することを保証する機能ではありません。

A/D 変換値加算/平均機能は、チャンネル選択アナログ入力 A/D 変換、内部基準電圧 A/D 変換選択時に使用できます。A/D 変換値加算/平均機能は、ダブルトリガ機能選択チャンネルにも使用できます。

加算機能は自己診断にはありません。

35.3.9 断線検出アシスト機能

ADC12 は A/D 変換開始前に、サンプリング容量の電荷を所定の状態 VREFH0 または VREFL0 に固定する断線検出アシスト機能を内蔵しています。この機能により、アナログ入力に接続した配線の断線検出が可能になります。

図 35.28 に断線検出アシスト機能を使用した場合の A/D 変換動作図を示します。図 35.29 にプリチャージを選択した場合の断線検出例を示します。図 35.30 にディスチャージを選択した場合の断線検出例を示します。

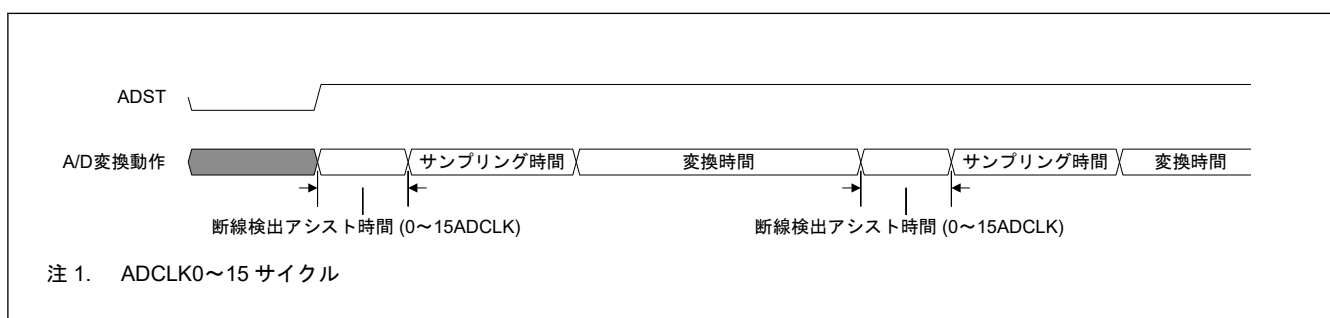


図 35.28 断線検出アシスト機能を使用した場合の A/D 変換動作図

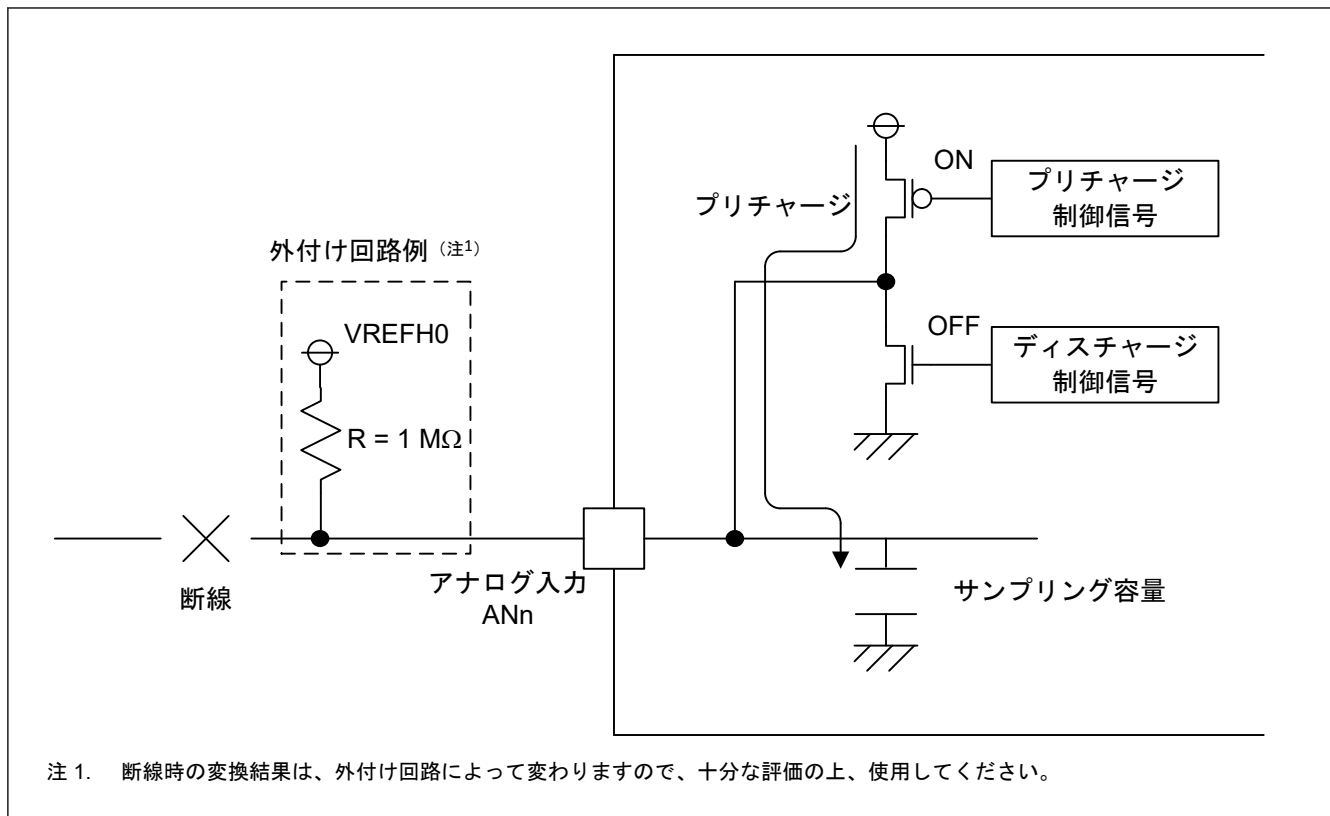


図 35.29 プリチャージを選択した場合の断線検出例

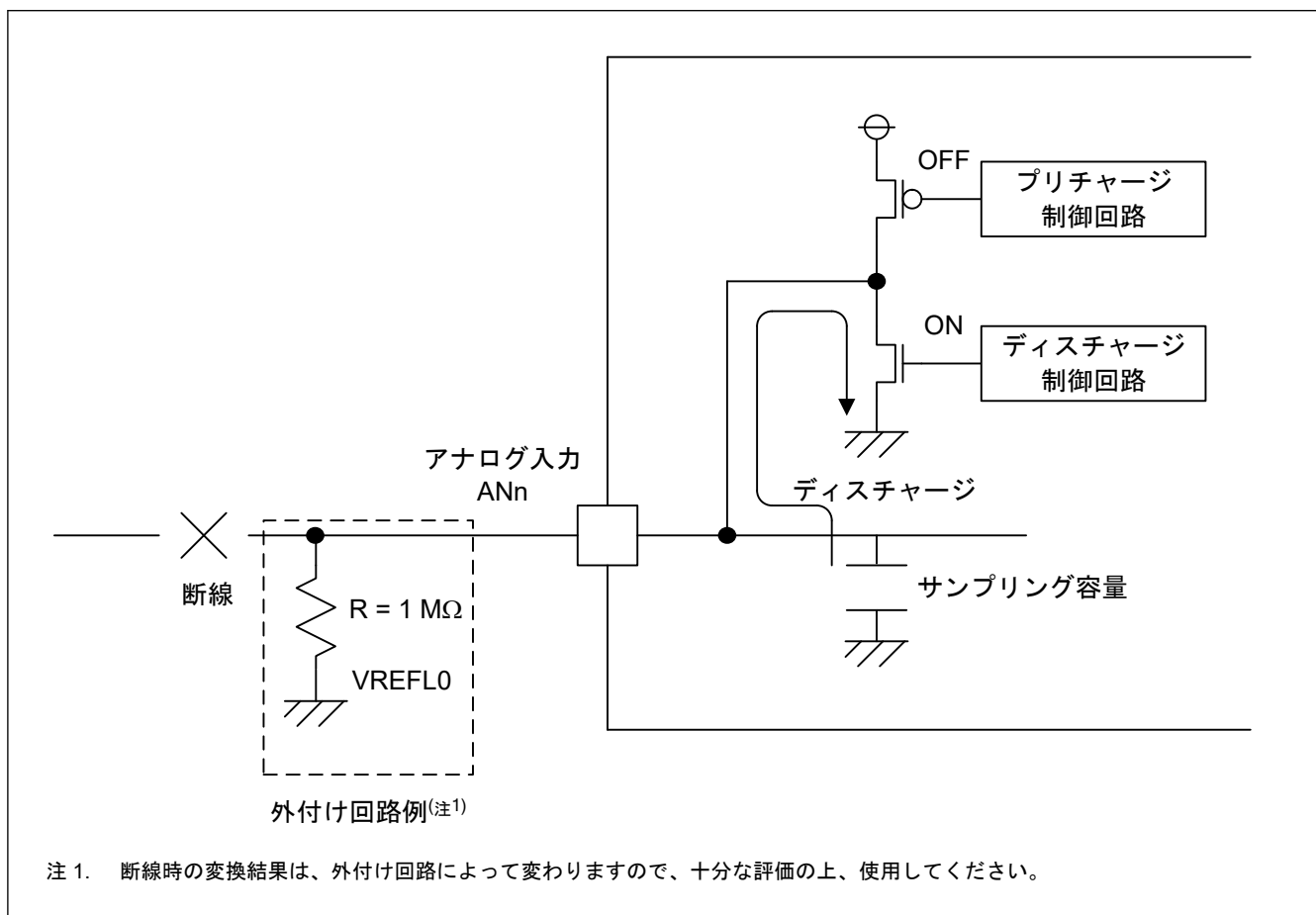


図 35.30 ディスチャージを選択した場合の断線検出例

35.3.10 非同期トリガによる A/D 変換の開始

非同期トリガの入力により AD 変換を開始することができます。非同期トリガを使用して A/D 変換を開始する場合、PmnPFS レジスタで端子機能を設定し、A/D 変換開始トリガ選択ビット (ADSTRGR.TRSA[5:0]) を 0x00 に設定し、非同期トリガ (ADTRG0 端子) に High を入力した後、ADCSR.TRGE ビットと ADCSR.EXTRG ビットをどちらも 1 にしてください。図 35.31 に非同期トリガ入力タイミングを示します。

非同期トリガは、グループスキャンモードで使用するグループ B の A/D 変換開始トリガとして選択できません。端子機能の設定については、「19. I/O ポート」を参照してください。

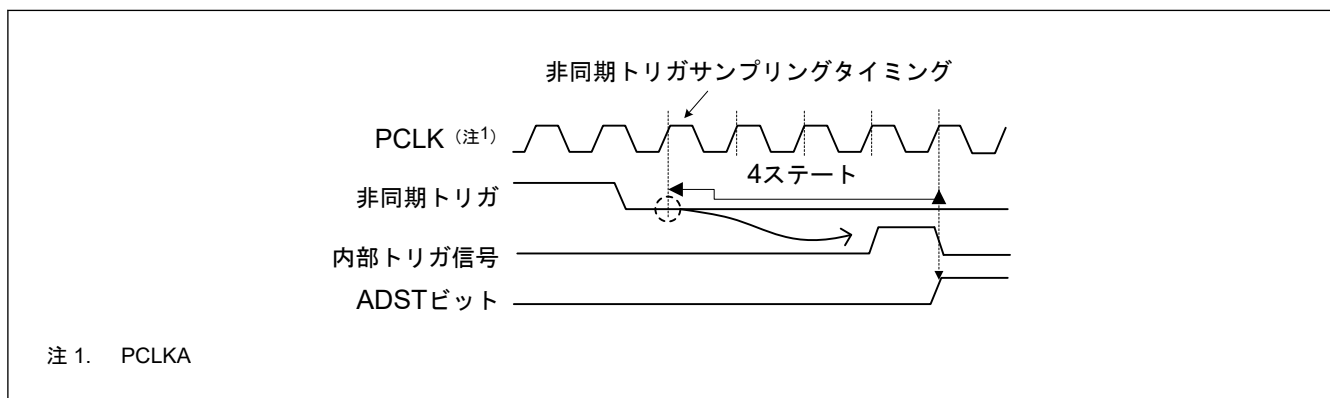


図 35.31 非同期トリガ入力タイミング

35.3.11 周辺モジュールからの同期トリガによる A/D 変換の開始

同期トリガ (ELC) により、A/D 変換を開始できます。そのためには、ADCSR.TRGE ビットを 1 に、ADCSR.EXTRG ビットを 0 にして、ADSTRGR.TRSA[5:0] ビットおよび ADSTRGR.TRSB[5:0] ビットで該当の要因を選択してください。

35.3.12 データバッファの使用

本 IP には、16 個の A/D データバッファから成るリングバッファ機能があります。この機能は、自己診断結果 (加算/平均結果を含む) 以外の A/D 変換結果をデータバッファ (ADBUF n , $n = 0 \sim 15$) に順次格納します。

A/D 変換結果をデータレジスタに格納する時に変換結果をそれぞれ格納し、最新の 16 個の変換結果データを保持します。

下図にデータバッファ、ポインタ、およびオーバーフローフラグの動作概略図を示します。BUFEN ビットを 1 にすると、各 A/D 変換終了時に A/D 変換結果を転送します。ポインタは、次の転送データの書き込み先のデータバッファ番号を示します。データがバッファ 15 に書き込まれると、ポインタは 0000b になり、オーバーフローフラグは 1 になります。その後、転送データで既存データを上書きします。

ADBUFPTR レジスタに 0x00 を書き込むことで、オーバーフローフラグを初期値にリセットします。

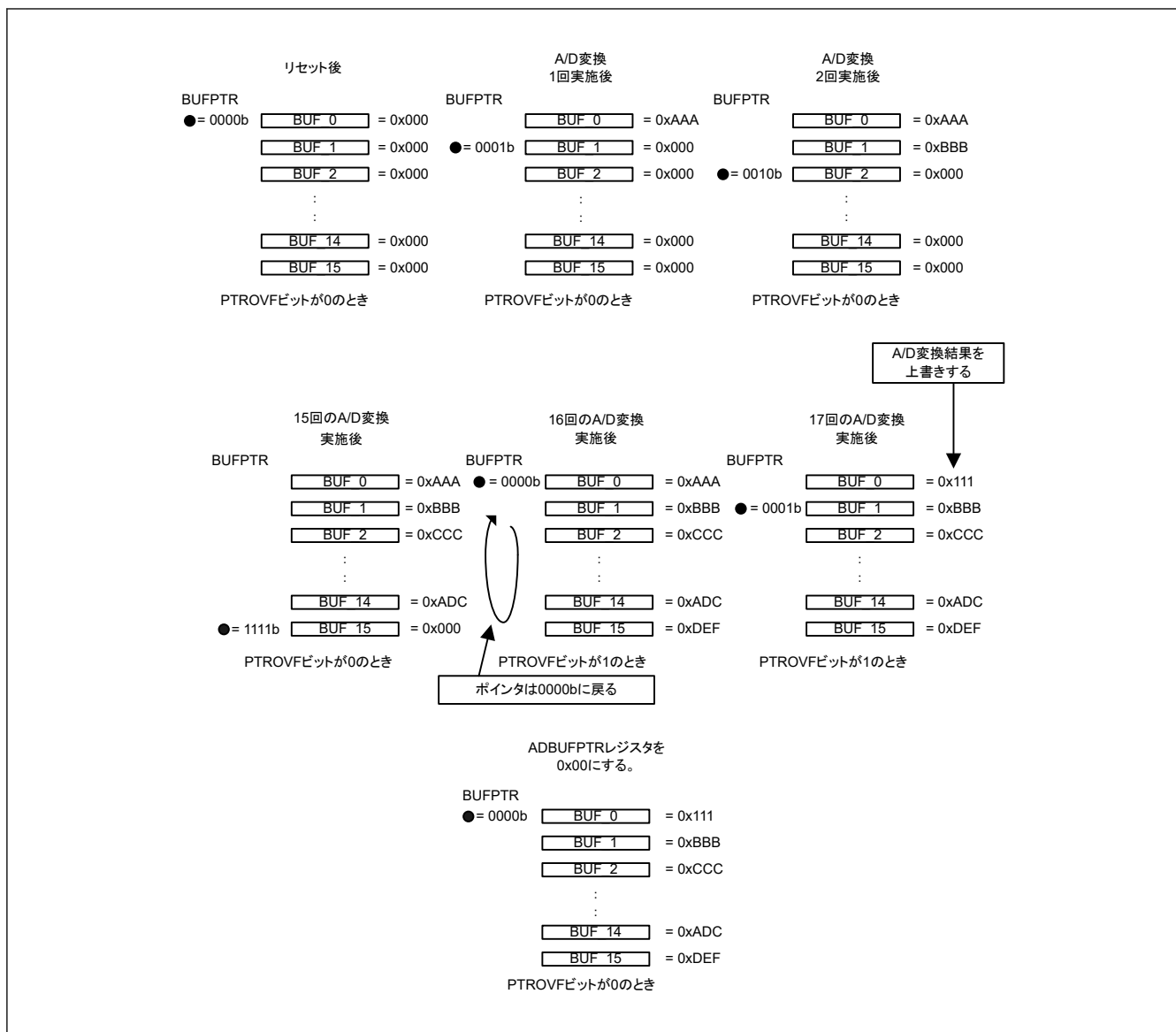


図 35.32 データバッファ、ポインタ、およびオーバーフローフラグの動作概略図

35.4 割り込み要因および DTC、DMAC 転送要求

35.4.1 割り込み要求

ADC12 は、CPU へのスキャン終了割り込み要求である ADC120_ADI/ADC120_GBADI 割り込みを発生することができます。また、ADC12 は CPU へのコンペア条件成立割り込み要求である ADC120_CMPAI/ADC120_CMPBI 割り込みを発生することができます。

ADC120_ADI 割り込みは常時発生します。ADC120_GBADI 割り込みは、ADCSR.GBADIE ビットを 1 にすることで発生させることができます。同様に、ADC120_CMPAI および ADC120_CMPBI 割り込みは ADCMPCR.CMPAIE および ADCMPCR.CMPBIE ビットを 1 にすることで発生させることができます。

また、ADC120_ADI、ADC120_GBADI 発生時に DTC または DMAC を起動できます。ADC120_ADI、ADC120_GBADI 割り込みで変換されたデータの読み出しを DTC または DMAC で行うと、連続変換がソフトウェアの負担なく実現できます。

表 35.24 に割り込み要因と ADC12 に利用可能な ELC イベントを示します。

表 35.24 割り込み要因と ADC12 の ELC イベント

動作			割り込み要求または ELC イベント	割り込み要求	DTC/ DMAC の起動	ELC イベント 発生	機能
スキャンモード	ダブルトリガモード	コンペア機能ウィンドウ A/B					
シングルスキャンモード	非選択	非選択	ADC120_ADI	✓	✓	✓	シングルスキャンの最後に ADC120_ADI 発生
		選択	ADC120_ADI	✓	✓	✓	シングルスキャンの最後に ADC120_ADI 発生
			ADC120_CMPAI	✓	—	—	ウィンドウ A の比較条件一致で ADC120_CMPAI 発生
			ADC120_CMPBI	✓	—	—	ウィンドウ B の比較条件一致で ADC120_CMPBI 発生
			ADC120_WCMPPM	—	✓	✓	ウィンドウ A/B コンペア機能の条件一致で ADC120_WCMPPM 発生
			ADC120_WCMPUM	—	✓	✓	ウィンドウ A/B コンペア機能の条件不一致で ADC120_WCMPUM 発生
連続スキャンモード	非選択	非選択	ADC120_ADI	✓	✓	✓	選択したすべてのチャンネルのスキャン終了時に ADC120_ADI 発生
		選択	ADC120_CMPAI	✓	—	—	ウィンドウ A の比較条件一致で ADC120_CMPAI 発生
			ADC120_CMPBI	✓	—	—	ウィンドウ B の比較条件一致で ADC120_CMPBI 発生
グループスキャンモード	非選択	非選択	ADC120_ADI	✓	✓	✓	グループ A のスキャン終了時に ADC120_ADI 発生
			ADC120_GBADI	✓	✓	—	グループ B のスキャン終了時にグループ B 用の ADC120_GBADI 発生
		選択	ADC120_ADI	✓	✓	✓	グループ A のスキャン終了時に ADC120_ADI 発生
			ADC120_GBADI	✓	✓	—	グループ B のスキャン終了時にグループ B 用の ADC120_GBADI 発生
			ADC120_CMPAI	✓	—	—	ウィンドウ A の比較条件一致で ADC120_CMPAI 発生
			ADC120_CMPBI	✓	—	—	ウィンドウ B の比較条件一致で ADC120_CMPBI 発生
選択	非選択	ADC120_ADI	✓	✓	✓	偶数回のグループ A スキャン終了時に ADC120_ADI 発生	
グループスキャンモード	選択	非選択	ADC120_GBADI	✓	✓	—	グループ B のスキャン終了時にグループ B 用の ADC120_GBADI 発生

注. ✓ 使用可能
 — : 使用不可

DTC の設定の詳細は、「17. データトランスファコントローラ (DTC)」を参照してください。

35.5 イベントリンク機能

35.5.1 ELC へのイベント出力動作

ELC は、ADC120_ADI 割り込み要求信号をイベント信号 ADC120_ADI として使用し、事前設定モジュールに対してリンク動作が可能です。ADC120_GBADI 割り込みと ADC120_CMPAI/ADC120_CMPBI 割り込みはイベント信号として使用できません。詳細は表 35.24 を参照してください。

イベント信号は該当する割り込み要求許可ビットの設定に関係なく出力することができます。スキャン終了イベント (ADC120_ADI) は、表 35.24 に示す割り込み出力 (ADC120_ADI) と同じ出力タイミングで 1PCLKA 分の High パルスを出力します。ELC へのコンペアマッチ (ADC120_WCMPM)/ミスマッチ (ADC120_WCMPUM) イベントは、表 35.24 に示す割り込み出力 (ADC120_ADI) から 1 サイクル (PCLKA) 遅れたタイミングで 1PCLKA 分の High パルスを出力します。

ELC へのコンペアマッチ/アンマッチイベント (ADC120_WCMPM/ADC120_WCMPUM) を使用する場合は、シングルスキャンモードに設定してください。

35.5.2 ELC からのイベントによる ADC12 の動作

ADC12 は、ELSRn レジスタで指定された ELC のプリセットイベントにより A/D 変換を開始できます。

- ELC.ELSR8 レジスタの ELC_AD00 信号を選択
- ELC.ELSR9 レジスタの ELC_AD01 信号を選択

A/D 変換中に ELC イベントが発生すると、そのイベントは無効です。

35.6 使用上の注意

35.6.1 レジスタ設定時の制限

各レジスタの設定は、ADCSR.ADST ビットが 0 のときに設定してください。

35.6.2 データレジスタの読み出しに関する制約

以下のレジスタの読み出しは、ハーフワード単位で行ってください。

- A/D データレジスタ
- A/D データ 2 重化レジスタ
- A/D データ 2 重化レジスタ A
- A/D データ 2 重化レジスタ B
- A/D 内部基準電圧レジスタ
- A/D 自己診断データレジスタ
- A/D データバッファレジスタ n (n=0~15)

バイト単位で上位バイト/下位バイトの 2 回に分けてレジスタを読み出すことにより、1 回目に読み出した A/D 変換値と 2 回目に読み出した A/D 変換値が一致しないことがあります。これを避けるため、バイト単位のデータレジスタの読み出しは行わないでください。

35.6.3 A/D 変換停止に関する制約

(1) A/D 変換停止手順

A/D 変換開始条件に非同期トリガまたは同期トリガを選択している場合、A/D 変換を停止させるためには、[図 35.33](#) のフローチャートの手順に従ってください。

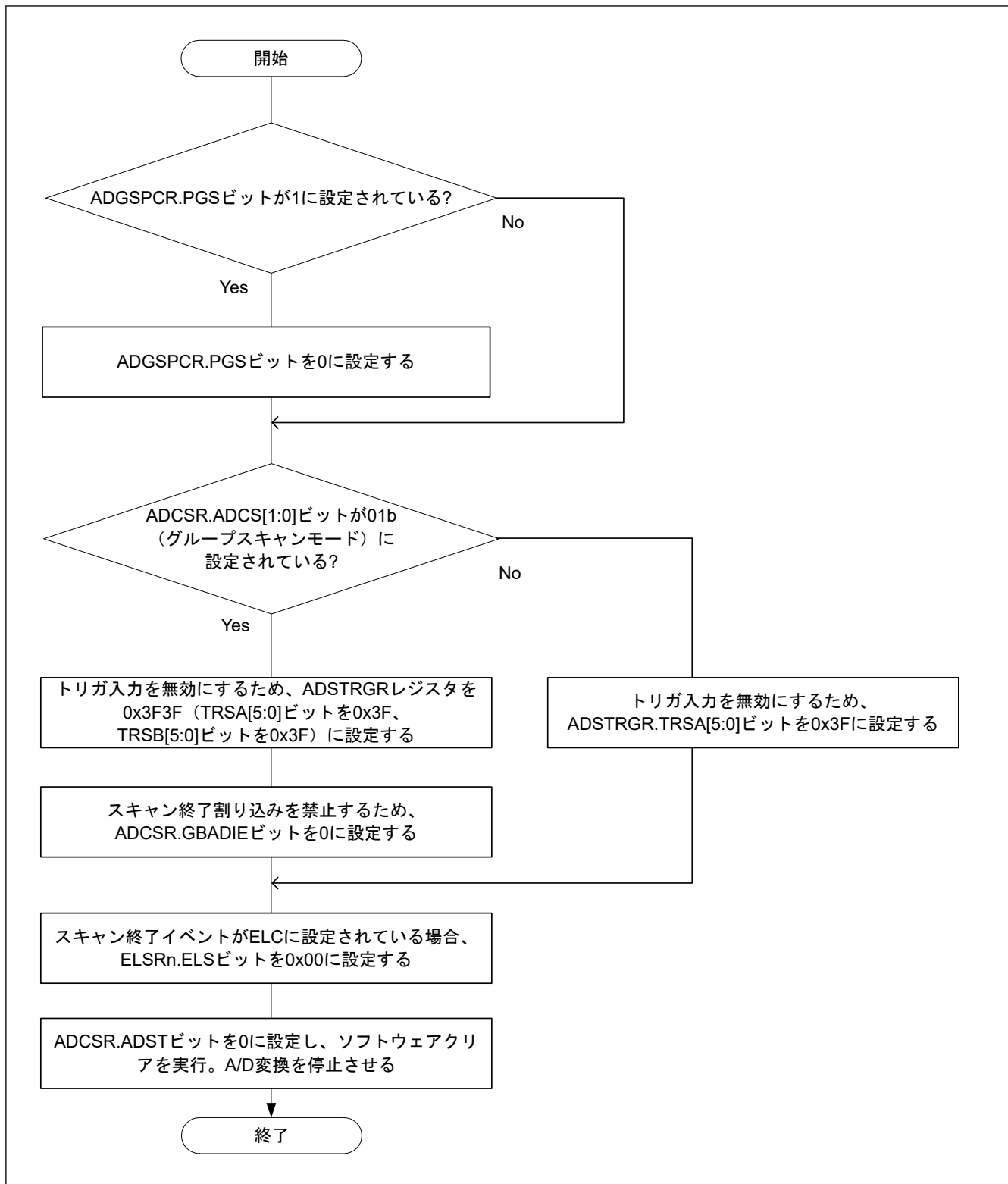


図 35.33 ソフトウェアによる ADCSR.ADST ビットのクリア手順

ソフトウェアクリア実行後に下記を設定する場合は、2ADCLK 以上のウェイトを入れてください。

- スキャン終了割り込み許可
- イベントリンクコントローラのスキャン終了イベント有効設定
- ソフトウェアでの A/D 変換開始
- トリガ入力有効設定

(2) モード/ステータスビットの注意事項

自己診断の電圧ステータスやダブルトリガモードの奇数/偶数判定、コンペア機能のモニタフラグは、必要に応じて個別に初期化または再設定をしてください。

- 自己診断の電圧ステータスの再設定は、ADCER.DIAGLD ビットを 1 とし ADCER.DIAGVAL[1:0] ビットで選択します。
- ダブルトリガモードは、ADCSR.DBLE ビットを 0 から 1 に設定するとスキャン 1 回目の動作から開始します。
- コンペア機能のモニタフラグ (MONCMPA、MONCMPB、MONCOMB) の初期化は、ADCMPER.CMPAE ビットと ADCMPER.CMPBE ビットを 0 に設定します。

35.6.4 A/D 変換強制停止と再開時の動作タイミング

12 ビット A/D コンバータのアナログ部が停止した状態で、ADCSR.ADST ビットを 1 にして ADC12 のアナログ部が動作を開始するのに ADCLK で最大 6 クロックの時間を必要とします。ADCSR.ADST ビットを 0 に設定して A/D 変換を強制停止させると、ADC12 のアナログ部が動作を停止するのに、ADCLK で最大 2 クロックの時間を必要とします。

35.6.5 スキャン終了割り込み処理の制約

トリガ起動による同一アナログ入力のスキャンを 2 回行う場合、1 回目の A/D 変換データが 2 回目の A/D 変換データで上書きされます。この現象は、1 回目のスキャン終了割り込み発生から、2 回目のスキャンによる最初のアナログ入力の A/D 変換が終了するまでに、CPU が A/D 変換データを読み出し終えていない場合に発生します。

35.6.6 モジュールストップ機能の設定

モジュールストップコントロールレジスタにより、ADC12 の動作禁止/許可を設定できます。ADC12 は、リセット後の初期状態では動作は停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。モジュールストップ状態を解除した後は、1 μ s 以上待つてから A/D 変換を開始してください。詳細は「10. 低消費電力モード」を参照してください。

35.6.7 低消費電力状態への遷移に関する注意事項

モジュールストップ状態やソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合は、事前に A/D 変換を停止させてください。A/D 変換を停止させる際、ADCSR.ADST ビットを 0 に設定後、ADC12 のアナログ部が停止するまで一定の期間を確保する必要があります。ソフトウェアで ADCSR.ADST ビットをクリアするには、[図 35.33](#) に示す手順に従ってください。その後、ADCLK の 2 サイクル期間待った後、モジュールストップ状態やソフトウェアスタンバイモードへ遷移させてください。

35.6.8 断線検出アシスト機能使用時の絶対精度誤差

断線検出アシスト機能を使用する場合、ADC12 の絶対精度誤差が生じます。この誤差は、アナログ入力端子にプルアップ/プルダウン抵抗 (R_p) と信号源抵抗 (R_s) の抵抗分圧分の誤った電圧が入力されるために生じます。絶対精度の誤差は下式で表されます。

$$\text{最大絶対精度誤差 (LSB)} = \left(2^{\text{分解能}} - 1\right) \times R_s / (R_s + R_p)$$

断線検出アシスト機能は、十分な評価の上、使用してください。

35.6.9 動作モードおよびステータスビットの制約

自己診断の電圧値、ダブルトリガモードでの 1 回目または 2 回目のスキャンの値、データバッファポインタ、コンペア機能のステータスマニタについては、それぞれ必要に応じて初期化または再設定を行ってください。

- 自己診断の電圧値 (ADCER.DIAGVAL[1:0]) は、ADCER.DIAGLD を 1 に設定してから選択してください。
- ダブルトリガモードは、ADCSR.DBLE を 0 から 1 にした後、1 回目のスキャンとして動作します。
- コンペア機能のステータスマニタビット (MONCMPA、MONCMPB、MONCOMB) は、ADCMPER.CMPAE および ADCMPER.CMPBE を 0 にした後、初期化されます。

35.6.10 ボード設計に関する注意事項

デジタル回路とアナログ回路の間ができるだけ離れるように、ボードを設計してください。また、デジタル信号線とアナログ信号線は、交差させたり互いに近づけたりしないでください。これらの規則に従わないと、アナログ信号にノイズが発生し、A/D 変換精度に影響を及ぼします。アナログ入力端子、基準電源端子 (VREFH0)、基準グランド端子 (VREFL0)、アナログ電源端子 (AVCC0) はデジタル回路から離して、アナロググランド端子 (AVSS0) を使用してください。アナロググランド端子 (AVSS0) は、ボード上の安定したデジタルグランド (VSS) に接続してください (単一グランドプレーン接続)。

35.6.11 ノイズ防止の制限事項

アナログ入力端子が過度のサージのような異常電圧により破壊されるのを防ぐために、AVCC0 と AVSS0 間、VREFH0 と VREFL0 間にキャパシタを挿入してください。さらに、[図 35.34](#) に示されるように、アナログ入力端子を保護するために、保護回路を接続してください。

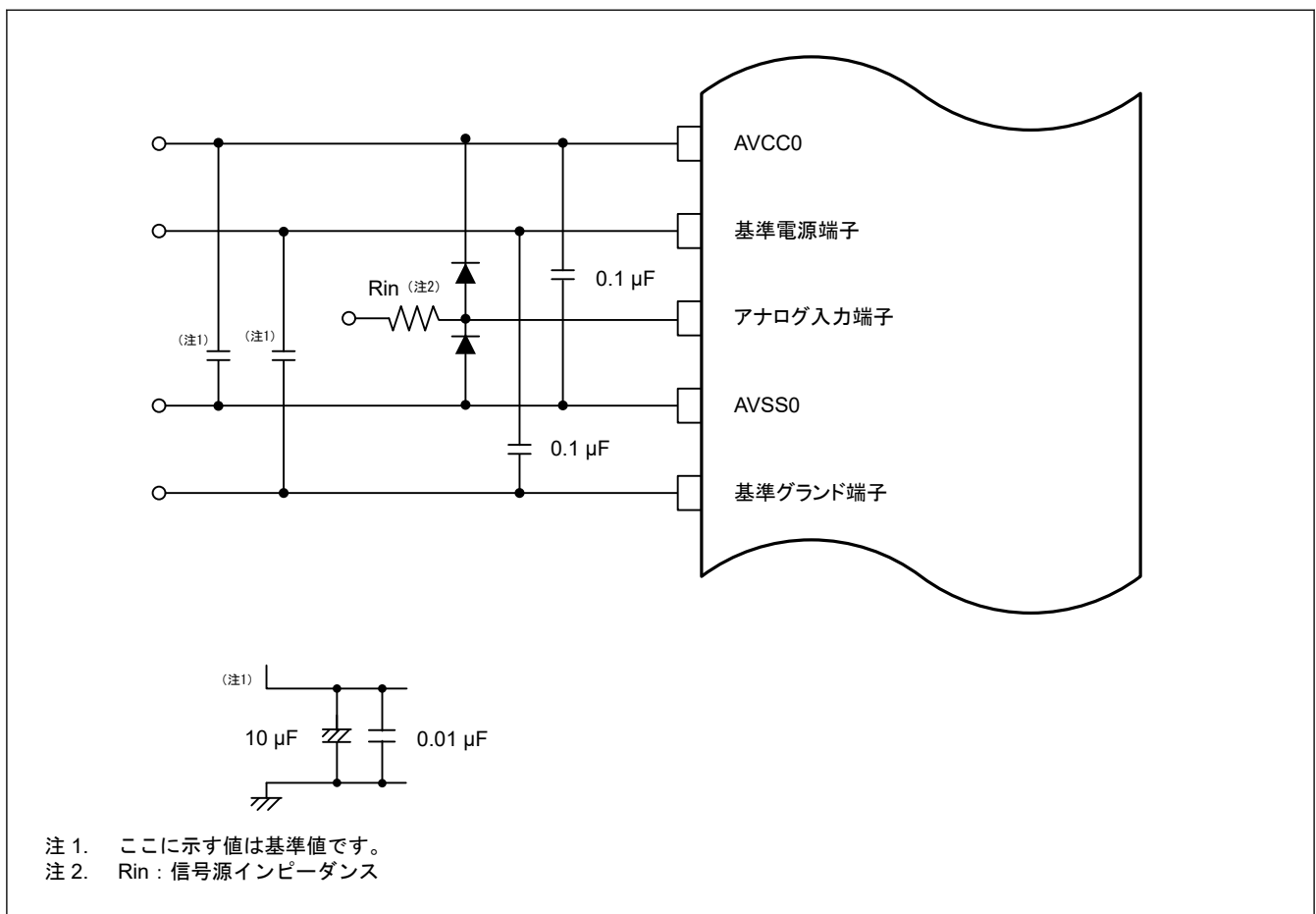


図 35.34 アナログ入力用保護回路例

35.6.12 ADC12 入力使用時のポート設定

高精度チャネルを使用する場合は、PORT0 を汎用入出力端子として使用しないでください。通常精度チャネルを使用している場合は、AD アナログ入力とデジタル出力に同じポートは使用しないことを推奨します。AD アナログ入力としても使用しているデジタル出力を出力信号用に使用する場合は、A/D 変換を複数回実行し、最大値と最小値を除いた平均をとるなどの対策を行ってください。

35.6.13 ソフトウェアスタンバイモード解除時の注意

ソフトウェアスタンバイモードを解除した後は、使用する発振器の安定時間経過後、さらに 1 μs 以上待ってから A/D 変換を開始してください。詳細は「[10. 低消費電力モード](#)」を参照してください。

35.6.14 サンプリング時間の計算

サンプリング時間は、以下の数値と計算式で容易に概算できます。これは、電圧が LSB の 1/4 の範囲に達するのに要する時間です。

$$t_{SPL} = (R_{EXT} + R_{AD}) \times (C_{EXT} + C_{AD}) \times \ln(C_{AD} / (C_{EXT} + C_{AD}) \times 2^{N+2})$$

R_{EXT} は外部入力信号の信号源インピーダンスを示す

C_{EXT} は外部容量（端子容量^(注1) + PCB 寄生容量）を示す

$N = 12$ 、10 または 8（変換分解能）

$C_{AD} = 5$ pF（内部容量）

$R_{AD} = 1.0$ k Ω （高速チャネルの場合の内部抵抗）

$R_{AD} = 2.0$ k Ω （通常速度チャネルの場合の内部抵抗）

注 1. アナログ入力端子の標準値は、5 pF です。

例えば、 $R_{EXT} = 1$ k Ω 、 $C_{EXT} = 10$ pF、 $N = 12$ ビットである場合、高速チャネルの t_{SPL} は 258 ns となります。

この計算式は一般的な使用事例を鑑み簡素化したものです。この計算式は保証されません。見積りのみに使用してください。

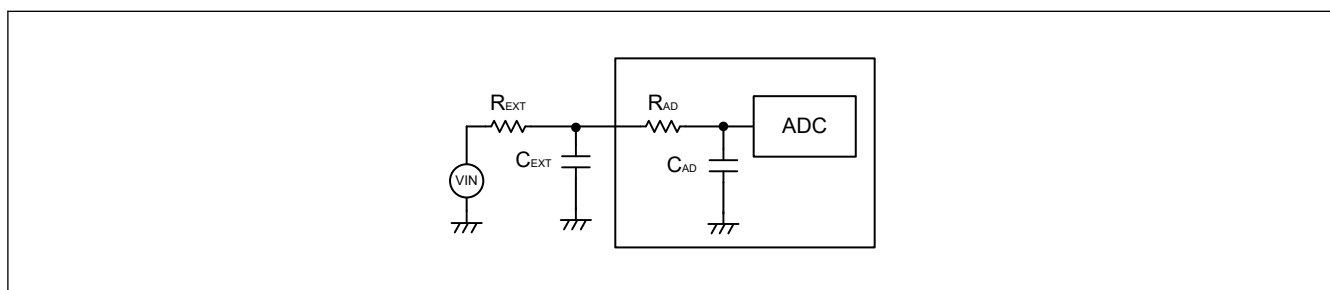


図 35.35 サンプル&ホールド回路の簡略図

36. 12 ビット D/A コンバータ (DAC12)

36.1 概要

本 MCU は、出力アンプ付きの 12 ビット D/A コンバータ (DAC12) を内蔵しています。表 36.1 に DAC12 の仕様を、図 36.1 にブロック図を、表 36.2 に入出力端子を示します。

表 36.1 DAC12 の仕様

項目	内容
分解能	12 ビット
出力チャンネル	1 チャンネル
アナログモジュール間の干渉低減	D/A 変換と A/D 変換の干渉を最小化するための対策 <ul style="list-style-type: none"> 次によって出力される同期 D/A 変換許可入力信号により、D/A 変換データの更新タイミングを制御する：ADC12 DAC12 のインラッシュカレント発生タイミングを許可信号で制御し、干渉による A/D 変換精度の劣化を低減する
モジュールストップ機能	モジュールストップ状態に設定して消費電力を削減
イベントリンク機能 (入力)	イベント信号の入力により、DA0 変換の開始が可能
D/A 出力のアンプ制御機能	出力アンプ (アンプスルー制御およびアンプバイアス制御) の使用/不使用を制御
TrustZone フィルタ	セキュリティ属性を設定可能

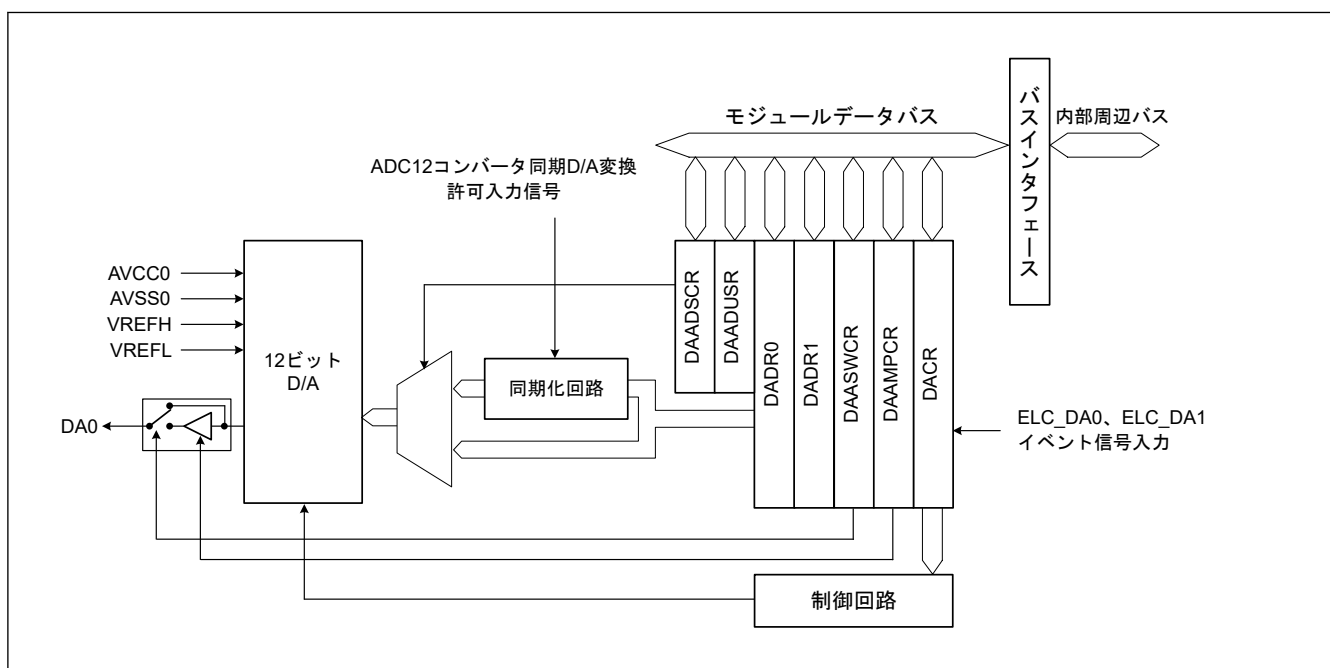


図 36.1 DAC12 のブロック図

表 36.2 に DAC12 の端子構成を示します。

表 36.2 DAC12 の入出力端子 (1/2)

端子名	入出力	機能
AVCC0	入力	<ul style="list-style-type: none"> ADC12 と DAC12 用のアナログ電源およびアナログ基準電圧端子 これらのモジュールを使用しない場合は、VCC に接続してください。
AVSS0	入力	<ul style="list-style-type: none"> ADC12 と DAC12 用のアナロググランド端子およびアナログ基準グランド端子 これらのモジュールを使用しない場合は、VSS に接続してください。
VREFH	入力	DAC12 用のアナログ基準頂部電圧端子
VREFL	入力	DAC12 用のアナログ基準グランド端子

表 36.2 DAC12 の入出力端子 (2/2)

端子名	入出力	機能
DA0	出力	DAC12 で処理されるアナログ信号用のチャンネル 0 出力端子

36.2 レジスタの説明

36.2.1 DADR_n : D/A データレジスタ n (n = 0)

Base address: DAC12 = 0x4017_1000

Offset address: 0x00

Bit position: 15 0

Bit field:

--

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

DADR_n レジスタは、D/A 変換を行うデータを格納するための 16 ビットの読み出し/書き込みレジスタです。アナログ出力を許可すると、DADR_n レジスタの値が変換されアナログ出力端子に出力されます。

12 ビットデータを左詰めにするか右詰めにするかは、DADPR.DPSEL ビットで設定できます。右詰め形式 (DADPR.DPSEL = 0) では、下位 12 ビット ([11:0]) が有効です。左詰め形式 (DADPR.DPSEL = 1) では、上位 12 ビット ([15:4]) が有効です。

36.2.2 DACR : D/A コントロールレジスタ

Base address: DAC12 = 0x4017_1000

Offset address: 0x04

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

—	DAOE 0	DAE	—	—	—	—	—
---	-----------	-----	---	---	---	---	---

Value after reset: 0 0 0 1 1 1 1 1

ビット	シンボル	機能	R/W
4:0	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
5	DAE ^(注1)	D/A 許可 0: チャンネル 0 とチャンネル 1 の D/A 変換を個別制御 1: チャンネル 0 とチャンネル 1 の D/A 変換を一括制御	R/W
6	DAOE0	D/A 出力許可 0 0: チャンネル 0 のアナログ出力 (DA0) を禁止 1: チャンネル 0 の D/A 変換 (DA0) を許可	R/W
7	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. 変換結果の出力を制御する DAOE_i ビット (i = 0) との組み合わせで D/A 変換を制御します。詳細は、表 36.3 を参照してください。

表 36.3 D/A 変換の制御

DAE	DAOE0	機能
0	0	D/A 変換とアナログ出力端子 (DA0) を禁止 ^(注1)
	1	<ul style="list-style-type: none"> チャンネル 0 の D/A 変換を許可 チャンネル 0 (DA0) のアナログ出力を許可^(注1)
1	x	<ul style="list-style-type: none"> チャンネル 0 の D/A 変換を許可 チャンネル 0 (DA0) のアナログ出力を一括して許可

注. x: Don't care

注 1. アナログ出力禁止時、アナログ出力信号は Hi-Z 状態になります。

DACR レジスタは、DAADSCR.DAADST ビットが 1 (D/A 変換と A/D 変換の干渉低減が有効) の状態で、ADC12 が停止中の場合のみ設定してください。DACR を設定するときは、ADC12 トリガで ADC12 を確実に停止させるために、ADCSR.ADST ビットが 0、かつソフトウェアトリガを選択した状態でのみ行ってください。

DAE ビット (D/A 許可)

DAE ビット、DAOE_i ビット (i=0) および DAMMP_{CR}.DAAMP_i ビット (i=0) の組み合わせで、D/A 変換、アンプ動作、およびアナログ出力を制御します。表 36.4 を参照してください。

D/A 変換と A/D 変換の干渉低減が有効 (DAADSCR.DAADST = 1) のときは、ADC12 の ADCSR.ADST ビットを 0 にしてください。このとき、ADC12 を確実に停止させるため、ADC12 のトリガ選択をソフトウェアトリガに設定してください。

DAOE0 ビット (D/A 出力許可 0)

DAOE0 ビット (i=0, 1)、DAE ビット、DAMMP_{CR}.DAAMP_i ビット (i=0, 1) の組み合わせで、D/A 変換、アンプ動作、およびアナログ出力を制御します。表 36.4 を参照してください。

DAOE0 ビットが 0 で DAE ビットも 0 のとき、チャンネル i (i=0) の D/A 変換は行われず、変換結果も出力されません。

D/A 変換と A/D 変換の干渉低減が有効 (DAADSCR.DAADST = 1) のときは、ADC12 の ADCSR.ADST ビットが 0 の状態で DAOE0 ビットを設定してください。このとき、ADC12 を確実に停止させるため、ADC12 のトリガ選択をソフトウェアトリガに設定してください。

イベントリンク機能を使用して、DAOE0 ビットを 1 にできます。ELC の ELSR12 レジスタで設定されたイベント (ELC_DA0 イベント) が発生すると、DAOE0 ビットが 1 になり、D/A 変換結果の出力を開始します。

表 36.4 D/A 変換とアナログ出力制御

DACR		DAAMP _{CR}	チャンネル i の動作	チャンネル i アンプ動作	チャンネル i アナログ出力
DAE	DAOE _i	DAAMP _i			
0	0	0	停止	停止	Hi-Z
		1	停止	停止	Hi-Z
	1	0	動作	停止	アンプスルー
		1	動作	動作	アンプ出力
1	0	0	動作	停止	アンプスルー
		1	動作	動作	アンプ出力
	1	0	動作	停止	アンプスルー
		1	動作	動作	アンプ出力

注: i = 0

36.2.3 DADPR : DADR フォーマット選択レジスタ

Base address: DAC12 = 0x4017_1000

Offset address: 0x05

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	DPSEL	—	—	—	—	—	—
------------	-------	---	---	---	---	---	---

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
6:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	DPSEL	DADR フォーマット選択レジスタ 0: 右詰め 1: 左詰め	R/W

36.2.4 DAADSCR : D/A A/D 同期スタートコントロールレジスタ

Base address: DAC12 = 0x4017_1000

Offset address: 0x06

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	DAAD ST	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
6:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	DAADST	D/A A/D 同期変換 0: DAC12 は ADC12 の動作と同期しない (D/A 変換と A/D 変換の干渉低減が無効) 1: DAC12 は ADC12 の動作と同期する (D/A 変換と A/D 変換の干渉低減が有効)	R/W

DAADSCR レジスタは、D/A 変換と A/D 変換の干渉を最小化するために、D/A 変換の開始タイミングを ADC12 同期 D/A 変換許可入力信号に同期させることができます。

このレジスタの設定は、ADC12 が停止中のとき (ADC12 のトリガ選択をソフトウェアトリガにした後、ADCSR.ADST ビットが 0 のとき) のみ行ってください。

DAADST ビットを 1 にする前に、ADC12 の対象ユニットを設定してください。DAADUSR[0] ビットを 1 にして、ユニット 0 を選択してください。

DAADST ビット (D/A A/D 同期変換)

DAADST ビットを 0 にすると、レジスタの値を随時 D/A 変換します。DAADST ビットを 1 にすると、ADC12 からの同期 D/A 変換許可入力信号に同期して D/A 変換が行われます。本ビットを設定した場合、レジスタの値を書き換えても、ADC12 の A/D 変換が終了するまで D/A 変換は行われません。

DAADST ビットの設定は ADCSR.ADST ビットが 0 のときに行ってください。このとき、ADC12 を確実に停止させるため、ADC12 のトリガ選択をソフトウェアトリガに設定してください。DAADST ビットを 1 にする場合、DAADUSR.AMADSEL0 ビットを 1 にした後にしてください。

なお、DAADST ビットを 1 にした場合は、イベントリンク機能は使用できません。ELSR12 レジスタでイベントリンク機能を停止に設定してください。

36.2.5 DAAMPCR : D/A 出力アンプコントロールレジスタ

Base address: DAC12 = 0x4017_1000

Offset address: 0x08

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	DAAM P0	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
5:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6	DAAMP0	アンプ制御 0 0: チャンネル 0 の出力アンプを使用しない 1: チャンネル 0 の出力アンプを使用する	R/W
7	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

DAAMPCR レジスタは、D/A 出力に対してアンプを使用するか、使用せずにスルー出力するかを選択します。

DAAMP0 ビット (アンプ制御 0)

DAAMP0 ビットを 0 にすると、チャンネル 0 の D/A 出力に対してアンプを介さずにアナログ値を出力します。DAAMP0 ビットを 1 にすると、チャンネル 0 の D/A 出力に対してアンプを介してアナログ値を出力します。

なお、DACR.DAE ビットと DACR.DAOE0 ビットの両方が 0 の状態では、DAAMP0 ビットの設定にかかわらずアンプは停止します。詳細は、表 36.4 を参照してください。

36.2.6 DAASWCR : D/A アンプ安定ウェイトコントロールレジスタ

Base address: DAC12 = 0x4017_1000

Offset address: 0x1C

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	DAASW0	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
6	DAASW0	D/A アンプ安定待ち 0 0: チャンネル 0 のアンプ安定待ちオフ (出力) 1: チャンネル 0 のアンプ安定待ちオン (High-Z)	R/W
7	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

DAASWCR レジスタは、出力アンプを使用した D/A 出力を制御します。本レジスタは、D/A 出力アンプ安定待ちのための初期化手順で使用します。DACR.DAE ビットと DACR.DAOE_i (i = 0) がともに 0 のとき、DAASWCR の各ビットを 1 にしてください。「36.6.5. 出力アンプを使用した初期化手順」を参照してください。

DAASW0 ビット (D/A アンプ安定待ち 0)

チャンネル 0 の D/A 出力アンプ安定待ちのための初期化手順で、DAASW0 ビットを 1 にしてください。DAASW0 を 1 にすると、D/A 変換は動作しますが、D/A 変換結果は、チャンネル 0 から出力されません。DAASW0 ビットを 0 にすると、安定待機時間は終了し、チャンネル 0 の D/A 変換結果が出力アンプによって出力されます。

36.2.7 DAADUSR : D/A A/D 同期ユニット選択レジスタ

Base address: DAC12 = 0x4017_1000

Offset address: 0x10C0

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	AMADSELO
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	AMADSELO	A/D ユニット 0 選択 0: ユニット 0 を選択しない 1: ユニット 0 を選択する	R/W
1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

DAADUSR レジスタは、D/A A/D 同期変換する ADC12 の対象ユニットを選択するレジスタです。MCU で AMADSELO ビットを 1 にして、ユニット 0 を同期対象ユニットとして選択してください。DAADSCR.DAADST ビットを 1 にして同期変換する場合は、事前に本レジスタで対象ユニットを選択してください。

DAADUSR レジスタの設定は、ADC12 の ADCSR.ADST ビットが 0 かつ DAADSCR.DAADST ビットが 0 のときのみ行ってください。

36.3 動作

DAC12 には 1 チャンネルの D/A 変換回路があります。DACR.DAOEn ビット (n = 0) を 1 にすると、DAC12 が有効になり、変換結果が出力されます。

以下にチャンネル 0 での D/A 変換例を示します。図 36.2 に、このときの動作タイミングを示します。

チャンネル 0 で D/A 変換を実行する場合の手順は以下のとおりです。

1. DADR0 レジスタに D/A 変換を行うためのデータ、DADPR.DPSEL ビットにデータフォーマットを設定します。
2. DACR.DAOE0 ビットを 1 にすると、D/A 変換を開始します。t_{DCONV} 時間経過後、変換結果をアナログ出力端子 DA0 より出力します。DADR0 レジスタを書き換えるか、DAOE0 ビットを 0 にするまで、この変換結果が出力され続けます。出力値（参考）は以下の式で計算します。

$$\frac{\text{DADR0の設定値}}{4096} \times \text{VREFH}$$

3. 変換を再度開始するため、別の値を DADR0 へ書き込みます。t_{DCONV} 時間経過後、変換結果が出力されます。DAADSCR.DAADST ビットが 1（D/A 変換と A/D 変換の干渉低減が有効）の場合、D/A 変換開始まで最大で A/D 変換 1 回分の時間が必要です。ADCLK が周辺クロックよりも速い場合は、さらに時間が必要となる場合があります。
4. アナログ出力を禁止する場合は、DAOE0 ビットを 0 にしてください。

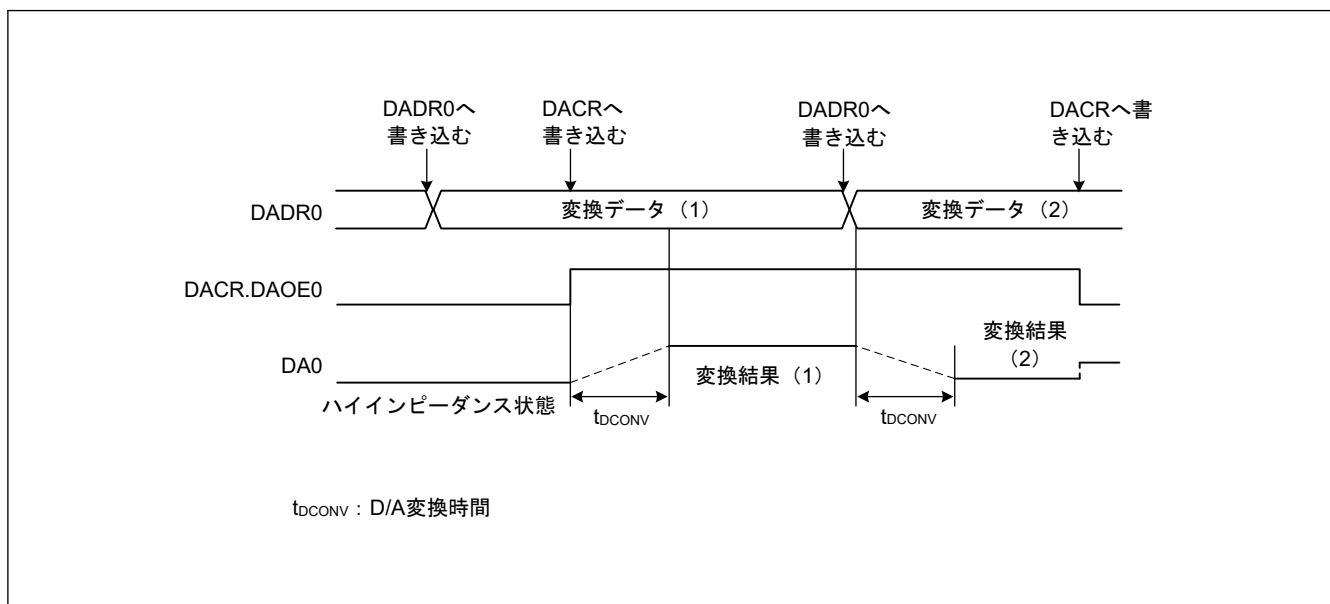


図 36.2 DAC12 の動作例

36.3.1 D/A 変換と A/D 変換の干渉の低減

D/A 変換が始まると DAC12 はラッシュカレントを発生させます。DAC12 と ADC12 のアナログ電源が共通のため、発生したラッシュカレントが ADC12 の動作に干渉することがあります。

DAADSCR.DAADST ビットが 1 の場合、DADR_m レジスタのデータが変更されても、D/A 変換はすぐには実施されません。その代わりに、

- ADC12 が停止中に DADR_m レジスタのデータが変更されると、1PCLKA サイクル後に D/A 変換が開始されます。
- ADC12 が 12 ビット A/D 変換実行中に DADR_m レジスタのデータが変更された場合、A/D 変換完了時に D/A 変換が開始されます。したがって、DADR_m レジスタデータの更新が D/A 変換回路の出力に反映されるまで、最大で A/D 変換 1 回分の間の時間が必要です。D/A 変換が完了するまでの間、DADR_m レジスタ値とアナログ出力値は一致しません。

DAADSCR.DAADST ビットが 1 のときに、レジスタの値が D/A 変換されたかどうかをソフトウェアで確認することはできません。

以下に DAC12 を ADC12 に同期して動作させる場合の D/A 変換例を示します。図 36.3 に、このときの動作タイミングを示します。

D/A 変換を ADC12 に同期して動作させる場合は、以下の手順で行ってください。

1. ADC12 が停止中であることを確認し、DAADUSR.AMADSEL0 ビットを 1 にします。
2. ADC12 が停止中であることを確認し、DAADSCR.DAADST ビットを 1 にします。
3. ADC12 が停止中であることを確認し、DACR.DAOE0 ビットを 1 にします。
4. DADR0 レジスタを設定します。ADCLK が周辺クロックよりも速い場合は、D/A 変換は、A/D 変換 1 回分以上待たされる場合があります。
 - DADR0 レジスタを書き換えたとき、ADC12 が停止していた場合 (ADCSR.ADST = 0)、1PCLKA サイクル後に D/A 変換が開始されます。
 - DADR0 レジスタを書き換えたとき、12 ビット A/D 変換中の場合 (ADCSR.ADST = 1)、A/D 変換終了時に D/A 変換が開始されます。A/D 変換中に DADR0 レジスタを 2 回書き換えた場合、1 回目の更新は、D/A 変換されないことがあります。

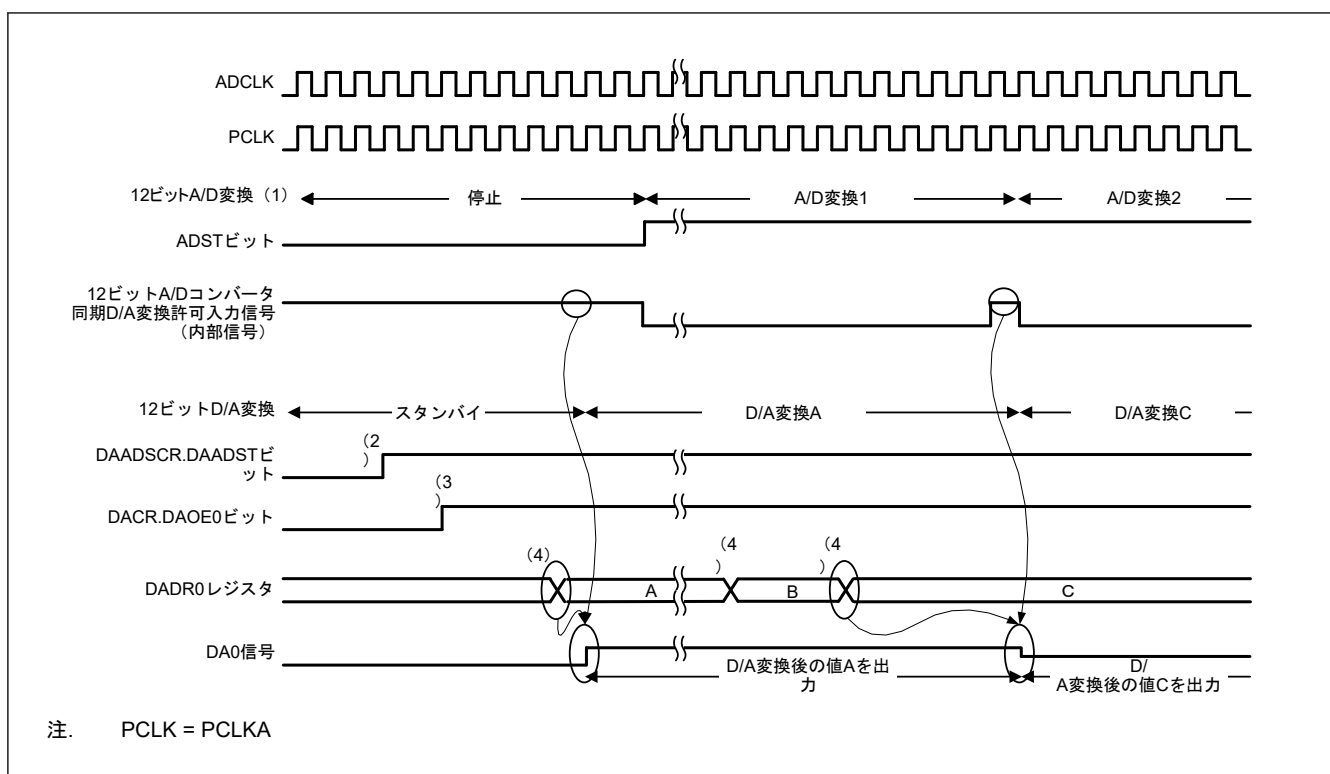


図 36.3 DAC12 を次に同期して変換する例：ADC12

図 36.4 に示すように、ADCLK が PCLKA よりも速い場合、A/D 変換 1 と A/D 変換 2 の間に出力される ADCLK 1 サイクル分の ADC12 からの同期 D/A 変換許可入力信号を DAC12 が取り込めない可能性があります。この場合、DA0 信号は D/A 変換値 A の出力を継続します。

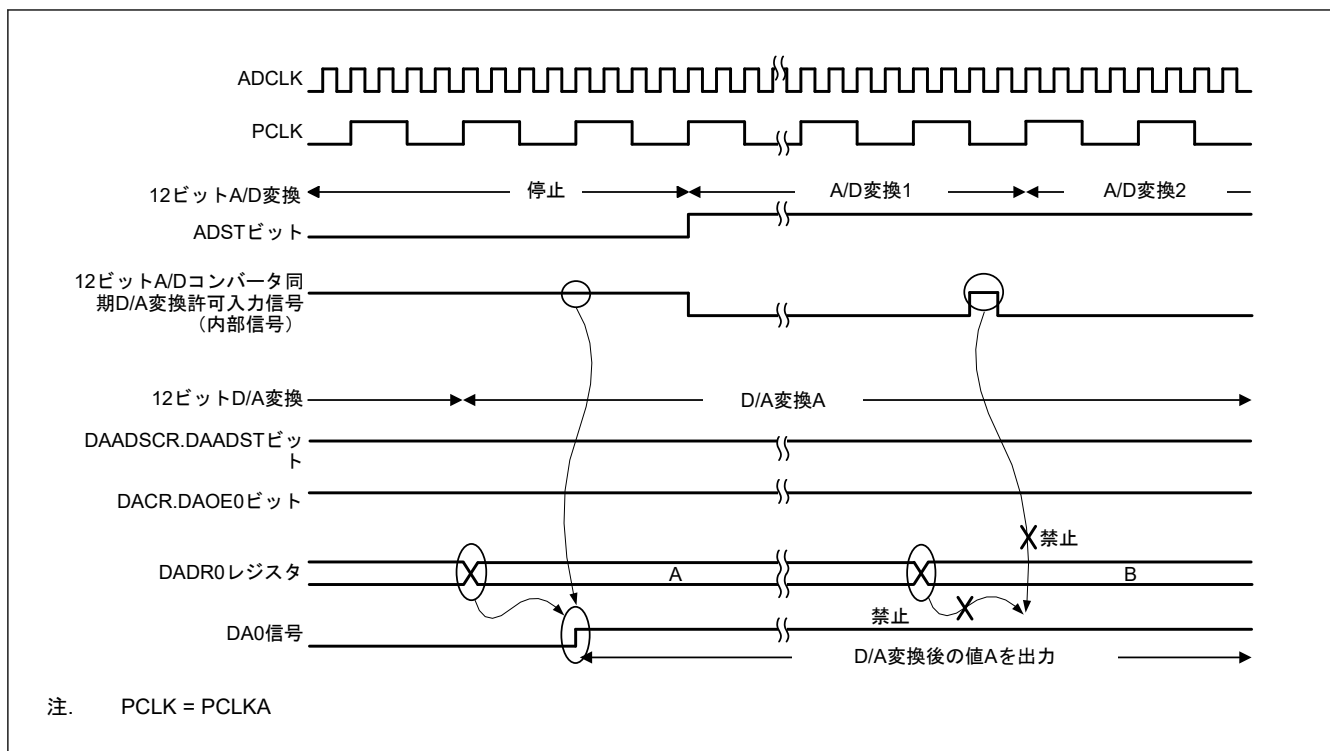


図 36.4 DAC12 が次からの同期 D/A 変換許可入力信号を取り込めない場合の例：ADC12

36.4 イベントリンクの動作設定手順

以下にイベントリンク動作手順を示します。

36.4.1 DA0 イベントリンクの動作設定手順

DA0 イベントリンクの動作を設定する場合は、以下の手順で行います。

1. DADPR.DPSEL ビットを設定し、DADR0 レジスタに D/A 変換を行うためのデータを設定します。
2. ELC_DA0 イベント信号が ELSR12 レジスタの各周辺モジュールとリンクするように設定します。
3. ELCR.ELCON ビットを 1 にします。これによりイベントリンク機能が設定されている全モジュールのイベントリンク動作が有効となります。
4. イベント出力元のモジュールを設定し、イベントリンクを起動します。モジュールからイベントが出力されると、DACR.DAOE0 ビットが 1 になり、チャンネル 0 の D/A 変換が開始されます。
5. DAC12 チャンネル 0 のイベントリンク動作を停止するときは、ELSR12 レジスタを 0x0000 にしてください。また ELCR.ELCON ビットを 0 にすることにより、全モジュールのイベントリンク動作が停止します。

36.5 イベントリンク動作における注意事項

- イベントリンク機能を使用する場合、アンプ出力機能を使用しないでください
- イベントリンク機能を使用する場合、DACR.DAE ビットは 0 にしてください
- DACR.DAOE0 ビットへの書き込み実行中に ELC_DA0 イベント信号で指定されたイベントが発生すると、書き込みサイクルは停止し、発生イベントのビットが優先的に 1 になります
- D/A 変換と A/D 変換の干渉低減のため DAADSCR.DAADST ビットを 1 にしている場合、イベントリンク機能は使用禁止です。

36.6 使用上の注意

36.6.1 モジュールストップ機能の設定

モジュールストップコントロールレジスタによって、DAC12 の動作を禁止/許可することが可能です。DAC12 は、リセット後の初期状態では動作が停止しています。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細は、「10. 低消費電力モード」を参照してください。

36.6.2 モジュールストップ時の DAC12 の動作

D/A 変換を許可した状態で MCU がモジュールストップ状態になると、D/A 出力は保持され、アナログ電源電流は D/A 変換中と同様になります。モジュールストップ時にアナログ電源電流を低減する必要がある場合は、DACR.DAOE0、DAE ビットを 0 にして D/A 変換を禁止してください。

36.6.3 ソフトウェアスタンバイモード時の DAC12 の動作

D/A 変換を許可した状態で MCU がソフトウェアスタンバイモードになると、D/A 出力は保持され、アナログ電源電流は D/A 変換中と同様になります。ソフトウェアスタンバイモード時にアナログ電源電流を低減する必要がある場合は、DACR.DAOE0、DAE ビットを 0 にして D/A 変換を禁止してください。

36.6.4 ディープソフトウェアスタンバイモードへの移行に関する制約

D/A 変換を許可した状態で MCU がディープソフトウェアスタンバイモードに遷移すると、DAC12 の出力はハイインピーダンスとなります。

36.6.5 出力アンプを使用した初期化手順

出力アンプを使用して、以下の初期化手順に従ってください。

出力アンプを使用して DAC12 を初期化するには、以下の手順を行います。

1. DADR0 レジスタに 0x0000 を書き込みます。
2. DAASWCR.DAASW0 ビットを 1 にします。
3. DAAMPCR.DAAMP0 ビットを 1 にします。
4. DACR.DAE ビットまたは DACR.DAOE0 ビットを 1 にして、アンプ動作を開始します。
5. D/A 変換時間 (t_{DCONV}) の期間を待機してから、DAASWCR.DAASW0 ビットを 0 にクリアします。
6. 変換する値を DADR0 レジスタに書き込みます。

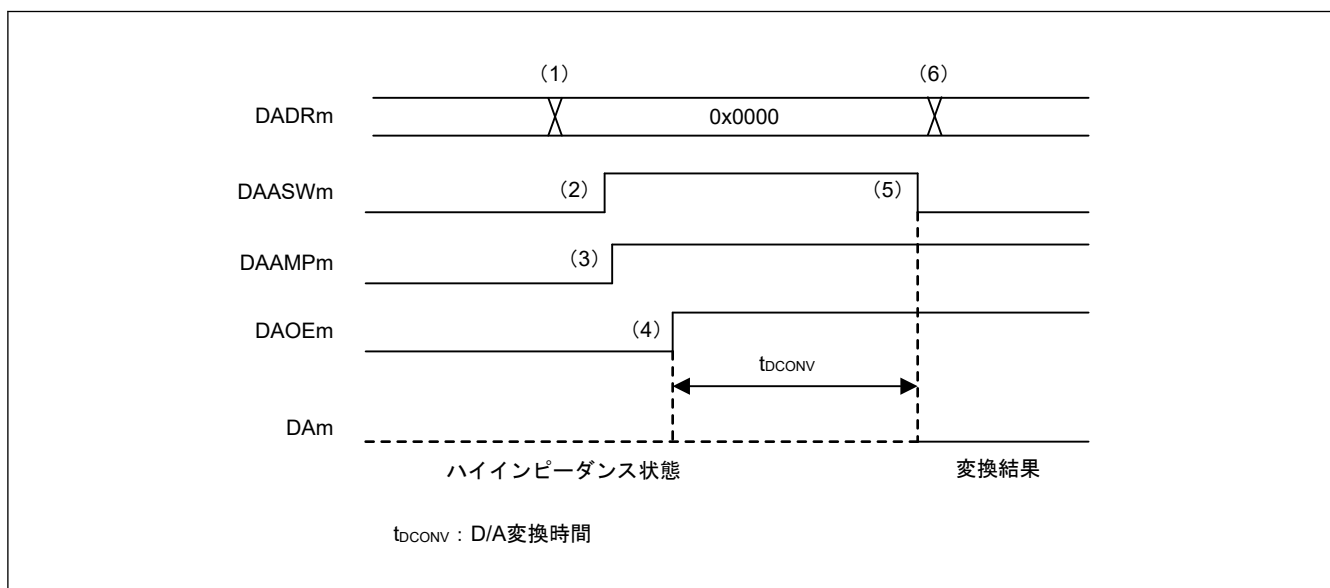


図 36.5 出力アンプを使用した DAC12 の初期化フロー例

なお、アンプが動作している状態で、DACR.DAE ビットと DACR.DA0E0 ビットを 0 にクリアすると、アンプは停止状態になります。再びアンプを使用する場合には、手順 1～6 を再度行ってください。

36.6.6 D/A 変換と A/D 変換の干渉低減有効時の制約

DAADSCR.DAADST ビットが 1 (D/A 変換と A/D 変換の干渉低減が有効) の場合、ADC12 をモジュールストップ状態にしないでください。A/D 変換が停止するだけでなく、D/A 変換も停止する可能性があります。

37. データ演算回路 (DOC)

37.1 概要

データ演算回路 (DOC) は、16 ビットのデータを比較、加算、または減算する機能です。選択した条件に一致する場合、割り込み要求が発生します。表 37.1 に DOC の仕様を、図 37.1 にブロック図を示します。

表 37.1 DOC の仕様

項目	内容
データ演算機能	16 ビットデータの比較、加算、または減算
モジュールストップ機能	モジュールストップ状態に設定して消費電力を削減
割り込みとイベントリンク機能 (DOC_DOPCI)	割り込み要求の発生条件 <ul style="list-style-type: none"> データ比較の結果が一致または不一致のとき データ加算の結果が 0xFFFF より大きくなったとき データ減算の結果が 0x0000 より小さくなったとき
TrustZone フィルタ	セキュリティ属性を設定可能

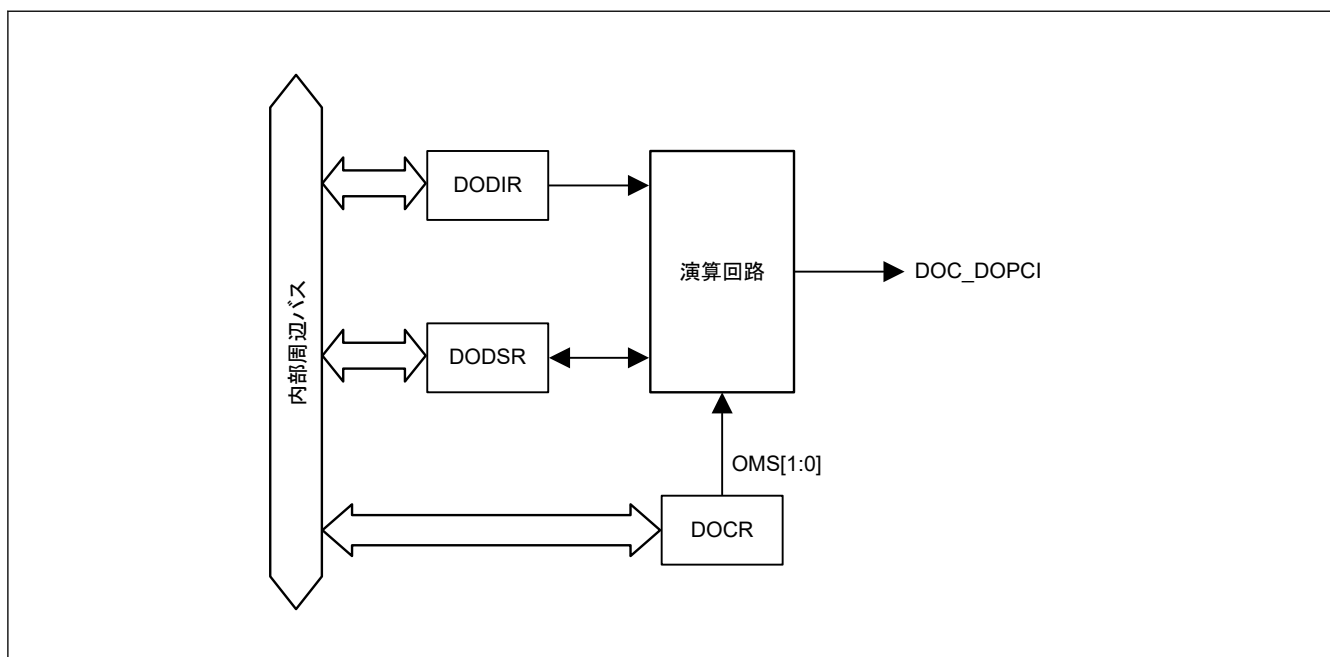


図 37.1 DOC のブロック図

37.2 レジスタの説明

37.2.1 DOCR : DOC コントロールレジスタ

Base address: DOC = 0x4010_9000

Offset address: 0x00

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	—	DOPC FCL	DOPC F	—	—	DCSE L	OMS[1:0]
------------	---	-------------	-----------	---	---	-----------	----------

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	OMS[1:0]	動作モード選択 0 0: データ比較モード 0 1: データ加算モード 1 0: データ減算モード 1 1: 設定禁止	R/W
2	DCSEL ^(注1)	検出条件選択 0: データの不一致検出時に DOPCF フラグを 1 にする 1: データの一致検出時に DOPCF フラグを 1 にする	R/W
4:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
5	DOPCF	DOC フラグ 演算結果を示します。	R
6	DOPCFCL	DOPCF クリア 0: DOPCF フラグ状態を保存 1: DOPCF フラグをクリア	R/W
7	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注 1. データ比較モード選択時のみ有効

OMS[1:0]ビット (動作モード選択)

OMS[1:0]ビットは DOC の動作モードを選択します。

DCSEL ビット (検出条件選択)

DCSEL ビットはデータ比較モード時の検出条件を選択します。データ比較モード選択時のみ有効です。

DOPCF フラグ (DOC フラグ)

DOPCF フラグは、演算結果を示します。

[1 になる条件]

- データ比較の結果が DCSEL ビットで選択した条件になったとき
- データ加算の結果が 0xFFFF より大きくなったとき
- データ減算の結果が 0x0000 より小さくなったとき

[0 になる条件]

- DOPCFCL ビットに 1 を書き込んだとき

DOPCFCL ビット (DOPCF クリア)

DOPCFCL ビットを 1 にすると DOPCF フラグをクリアします。読むと 0 が読めます。

37.2.2 DODIR : DOC データ入力レジスタ

Base address: DOC = 0x4010_9000

Offset address: 0x02

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

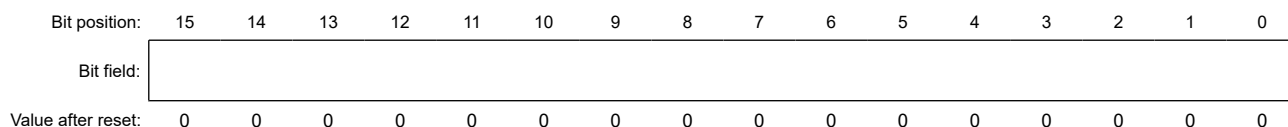
Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	n/a	DODIR レジスタは、演算対象の 16 ビットのデータを格納する 16 ビットの読み書き可能なレジスタです。	R/W

37.2.3 DODSR : DOC データ設定レジスタ

Base address: DOC = 0x4010_9000

Offset address: 0x04



ビット	シンボル	機能	R/W
15:0	n/a	DODSR レジスタは、データ比較モードで基準として使用される 16 ビットのデータを格納する 16 ビットの読み書き可能なレジスタです。また、データ加算モードおよび減算モードでは、演算結果を格納します。	R/W

37.3 動作説明

37.3.1 データ比較モード

図 37.2 にデータ比較モードの動作例を示します。この例では、DCSEL ビットは 0（データ比較の結果、不一致を検出）です。設定方法は以下のとおりです。

1. DOCR.OMS[1:0]ビットに 00b を書き込むと、データ比較モードになります。
2. DODSR レジスタに基準となる 16 ビットのデータを書き込みます。
3. DODIR レジスタに比較する 16 ビットのデータを書き込みます。
4. 比較するすべてのデータの書き込みが完了するまで、続けて 16 ビットのデータを DODIR レジスタに書き込みます。
5. DOCR.DCSEL = 0 のとき、DODIR レジスタに書き込まれたデータが DODSR レジスタ内のデータと一致しなかったとき、DOCR.DOPCF フラグが 1 になります。

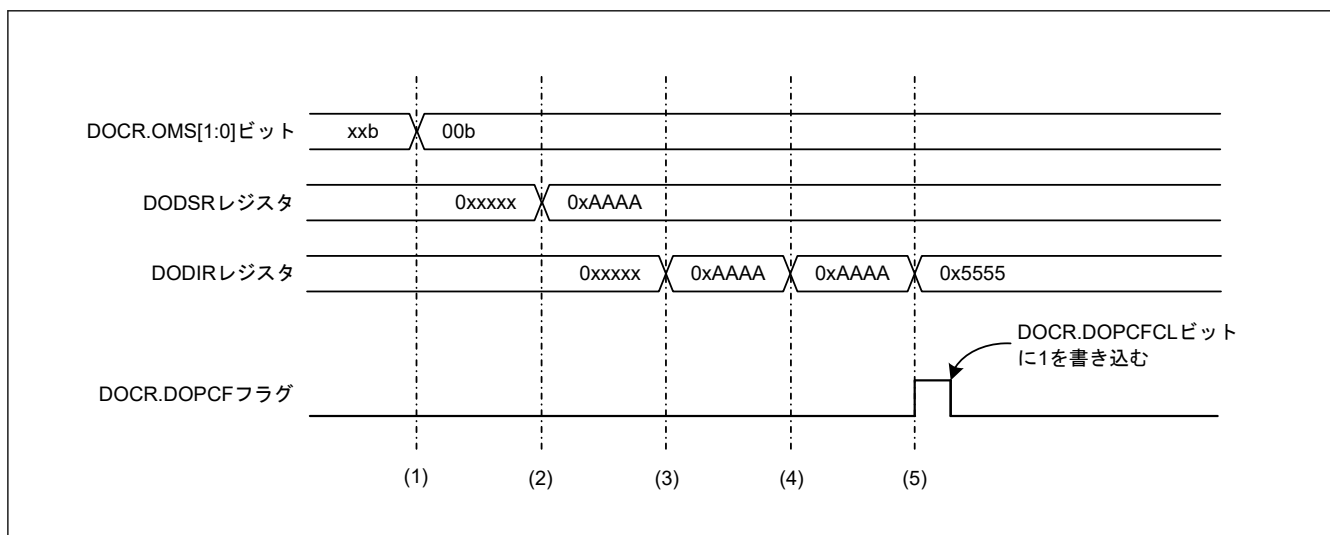


図 37.2 データ比較モードの動作例

37.3.2 データ加算モード

図 37.3 にデータ加算モードの動作例を示します。設定方法は以下のとおりです。

1. DOCR.OMS[1:0]ビットに 01b を書き込むと、データ加算モードになります。
2. DODSR レジスタの初期値として 16 ビットのデータを書き込みます。
3. DODIR レジスタに加算する 16 ビットのデータを書き込みます。演算結果は DODSR レジスタに格納されます。

4. 加算するデータの書き込みが完了するまで、続けて 16 ビットのデータを DODIR レジスタに書き込みます。
5. 加算結果が 0xFFFF よりも大きくなったとき DOCR.DOPCF フラグが 1 になります。

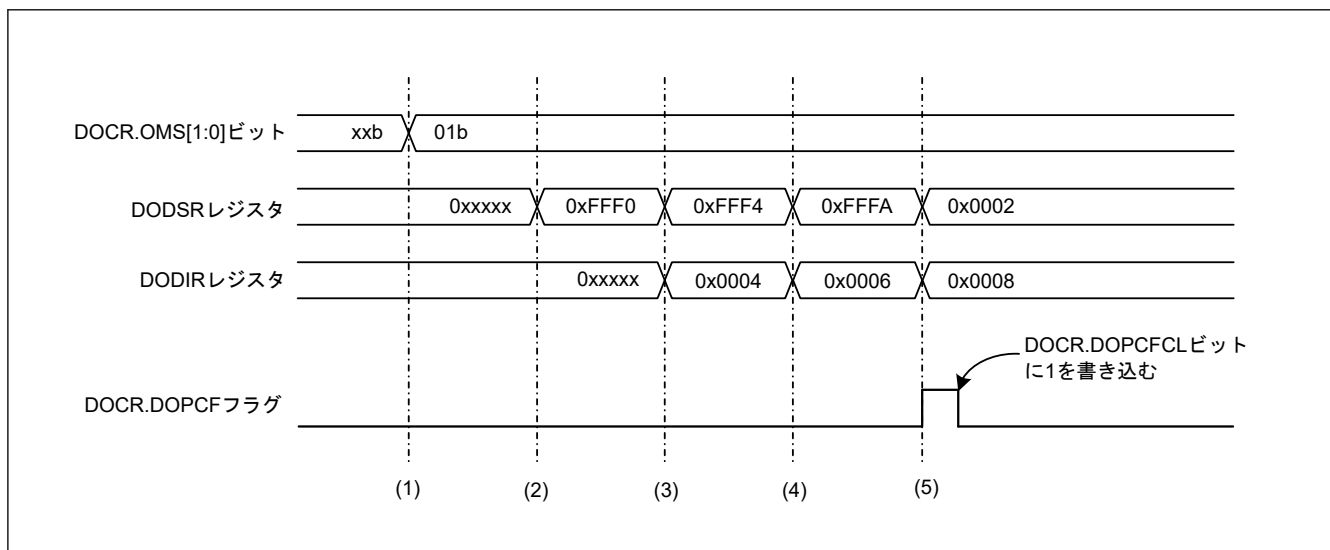


図 37.3 データ加算モードの動作例

37.3.3 データ減算モード

図 37.4 にデータ減算モードの動作例を示します。設定方法は以下のとおりです。

1. DOCR.OMS[1:0]ビットに 10b を書き込むと、データ減算モードになります。
2. DODSR レジスタの初期値として 16 ビットのデータを書き込みます。
3. DODIR レジスタに減算する 16 ビットのデータを書き込みます。演算結果は DODSR レジスタに格納されます。
4. 減算するすべてのデータの書き込みが完了するまで、続けて 16 ビットのデータを DODIR レジスタに書き込みます。
5. 減算結果が 0x0000 よりも小さくなったとき DOCR.DOPCF フラグが 1 になります。

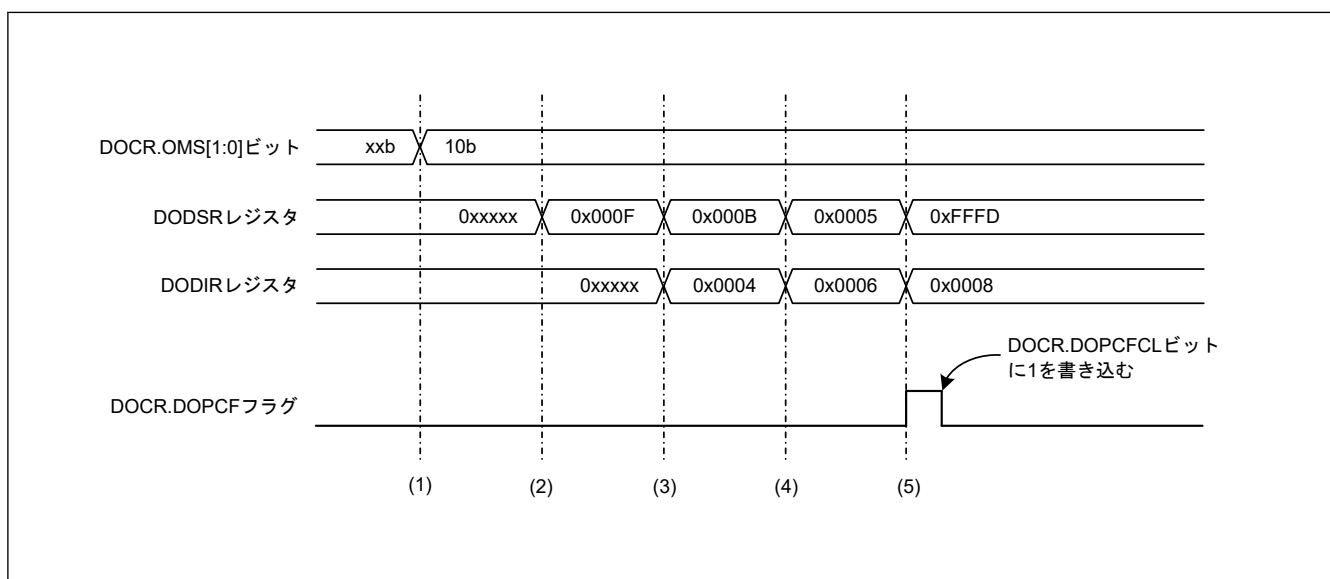


図 37.4 データ減算モードの動作例

37.4 割り込み要因

DOC が生成する割り込み要求には、DOC 割り込み (DOC_DOPCI) があります。表 37.2 に DOC 割り込み要求の内容を示します。

表 37.2 DOC 割り込み要求

割り込み要求	ステータスフラグ	割り込み要因
DOC 割り込み	DOPCF	<ul style="list-style-type: none"> データ比較の結果が、DOCR.DCSEL ビットで選択した条件になったとき データ加算の結果が 0xFFFF より大きくなったとき データ減算の結果が 0x0000 より小さくなったとき

37.5 イベントリンクコントローラ (ELC) へのイベント信号出力

DOC は以下の条件で ELC にイベント信号を出力します。

- データ比較の結果が一致または不一致のとき
- データの加算結果が 0xFFFF より大きいとき
- データの減算結果が 0x0000 より小さいとき

この信号を使用して、あらかじめ設定していたモジュールの動作を開始させることができます。また、割り込み要求として使用することもできます。イベント信号が発生すると、DOC フラグ (DOCR.DOPCF) が 1 になります。

37.6 使用上の注意事項

37.6.1 モジュールストップ機能の設定

モジュールストップコントロールレジスタ C (MSTPCRC) により、DOC の動作禁止/許可を設定することが可能です。リセット後の値では、DOC の動作は停止します。モジュールストップ状態を解除することにより、レジスタへのアクセスが可能になります。詳細は、「10. 低消費電力モード」を参照してください。

38. SRAM

38.1 概要

本 MCU は、パリティビットチェック機能を備えた高密度内蔵 SRAM モジュールを搭載しています。SRAM0 の最初の 64 KB 領域はパリティなしです。パリティチェックは、その他の領域で実行されます。

SRAM の仕様を表 38.1 に示します。

表 38.1 SRAM の仕様

項目	パリティあり	パリティなし
SRAM 容量	SRAM0: 64 KB	SRAM0: 64 KB
SRAM アドレス	SRAM0: 0x2001_0000~0x2001_FFFF	SRAM0: 0x2000_0000~0x2000_FFFF
アクセス	ウェイトなしのアクセスが可能です。初期状態では 1 ウェイトアクセスが設定されます。詳細は「38.3.6. アクセスサイクル」を参照してください。	
データ保持機能	ディープソフトウェアスタンバイモードで使用不可	
モジュールストップ機能	消費電力低減のためにモジュールストップ状態を設定可能です。	
パリティ	8 ビットデータと 1 ビットパリティの偶数パリティ	パリティなし
エラーチェック	偶パリティ (データ : 8 ビット、パリティ : 1 ビット)	エラーチェックなし
セキュリティ	TrustZone フィルタはメモリアクセスと SFR アクセスに対して、統合されます。メモリ空間へのアクセスはメモリのセキュリティ属性 (SA) の設定により、制御されます。I/O 空間 (SFR) へのアクセスはレジスタのセキュリティ属性 (SA) の設定により、制御されます。「38.3.3. TrustZone フィルタ機能」を参照してください。	

38.2 レジスタの説明

38.2.1 SRAMSAR : SRAM セキュリティ属性レジスタ

Base address: CPSCU = 0x4000_8000

Offset address: 0x10

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SRAM SA1	SRAM SA0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SRAMSA0	SRAM 保護のレジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
1	SRAMSA1	SRAM 保護のレジスタのセキュリティ属性 2 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
2	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
31:3	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

SRAMSA0 ビット (SRAM 保護のレジスタのセキュリティ属性)

SRAM 保護のレジスタのセキュリティ属性対象のレジスタを以下に示します。

- PARIOAD
- SRAMPRCR

SRAMSA1 ビット (SRAM 保護のレジスタのセキュリティ属性 2)

SRAM 保護のレジスタのセキュリティ属性 2 対象のレジスタを以下に示します。

- SRAMWTSC
- SRAMPRCR2

38.2.2 PARIOAD : SRAM パリティエラー検出後動作レジスタ

Base address: SRAM = 0x4000_2000

Offset address: 0x00

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	OAD
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	OAD	検出後の動作 0: ノンマスクابل割り込み 1: リセット	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

PARIOAD レジスタは、パリティエラー検出時の動作を制御します。本レジスタへの書き込みは SRAM プロテクトレジスタ (SRAMPRCR) によって保護されています。このビットに書き込む前に、必ず SRAMPRCR の SRAMPRCR ビットを設定してください。PARIOAD レジスタへの書き込み中は、SRAM にアクセスしないでください。

OAD ビット (検出後の動作)

OAD ビットは、パリティエラーが検出された場合、リセットまたはノンマスクابل割り込みのどちらを発生させるかを指定します。OAD ビットは、SRAM0 (パリティあり) /スタンバイ SRAM で使用されます。

38.2.3 SRAMPRCR : SRAM プロテクトレジスタ

Base address: SRAM = 0x4000_2000

Offset address: 0x04

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	KW[6:0]							SRAM PRCR
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SRAMPRCR	レジスタ書き込み制御 0: 保護対象のレジスタへの書き込みを禁止 1: 保護対象のレジスタへの書き込みを許可	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
7:1	KW[6:0]	書き込みキーコード SRAMPRCR ビットへの書き込みを許可または禁止します。	W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

SRAMPRCR ビット (レジスタ書き込み制御)

SRAMPRCR ビットは、PARIOAD レジスタのライトモードを制御します。1 にすると PARIOAD レジスタへの書き込みが許可されます。本ビットに書き込む場合は、常に KW[6:0] ビットに 0x78 を同時に書き込んでください。

KW[6:0] ビット (書き込みキーコード)

KW[6:0] ビットは、SRAMPRCR ビットへの書き込みを許可または禁止します。SRAMPRCR ビットに書き込む場合、常にそれらのビットに 0x78 を同時に書き込んでください。0x78 以外の値を KW[6:0] ビットに書き込むと、SRAMPRCR ビットは更新されません。KW[6:0] ビットは読むと常に 0x00 が読み出されます。

38.2.4 SRAMWTSC : SRAM ウェイトステートコントロールレジスタ

Base address: SRAM = 0x4000_2000

Offset address: 0x08

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	SRAM OWTE N
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SRAM0WTEN	SRAM0 ウェイト許可 0: ウェイトなし 1: SRAM0 へのリードアクセスサイクルにウェイトステートを追加する	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

このレジスタは、SRAMPRCR2 レジスタの SRAMPRCR2 ビットが 1 のときに限り再書き込み可能です。

本レジスタへの書き込みはプロテクトレジスタ (SRAMPRCR2) によって保護されています。プロテクトレジスタ (SRAMPRCR2) の該当ビットを書き込み許可にしてから本レジスタへの書き込みを行ってください。

SRAMWTSC への書き込みは SRAM へのアクセスを行っていない状態で行ってください。

SRAM0WTEN ビット (SRAM0 ウェイト許可)

SRAM0 の動作領域に対するウェイトサイクルを設定します。SRAM0WTEN ビットを 1 にすると、SRAM0 の動作領域のリードサイクルにウェイトサイクルが 1 サイクル挿入されます。また、SRAM0 の同じ領域のライトからリード/ライトの間の連続サイクルに 1 ウェイトサイクルが挿入されます。

38.2.5 SRAMPRCR2 : SRAM プロテクトレジスタ 2

Base address: SRAM = 0x4000_2000

Offset address: 0x0C

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	KW[6:0]							SRAM PRCR 2
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SRAMPRCR2	レジスタ書き込み制御 0: 保護対象のレジスタへの書き込みを禁止 1: 保護対象のレジスタへの書き込みを許可	R/W
7:1	KW[6:0]	書き込みキーコード 本ビットは、SRAMPRCR2 ビットへの書き込みを許可または禁止します。	W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

SRAMPRCR2 ビット (レジスタ書き込み制御)

SRAMPRCR2 ビットは、SRAMWTSC レジスタのライトモードを制御します。本ビットを 1 にすると SRAMWTSC レジスタへの書き込みが許可されます。本ビットに書き込む場合は、常に KW[6:0] ビットに 0x78 を同時に書き込んでください。

KW[6:0] ビット (書き込みキーコード)

KW[6:0] ビットは、SRAMPRCR2 ビットへの書き込みを許可または禁止します。SRAMPRCR2 ビットに書き込む場合、常にそれらのビットに 0x78 を同時に書き込んでください。0x78 以外の値を KW[6:0] に書き込むと、SRAMPRCR2 ビットは更新されません。KW[6:0] ビットは読むと常に 0x00 が読み出されます。

38.3 動作説明

38.3.1 モジュールストップ機能

モジュールストップコントロールレジスタ A (MSTPCRA) の設定により、SRAM へのクロック供給を停止することで、消費電力を低減することが可能です。

SRAM0 は、MSTPCRA レジスタの SRAM0 ビットで制御し、これを 1 にすると、SRAM0 はクロック停止状態になります。

クロック供給の停止により、SRAM はモジュールストップ状態になります。リセット後は、SRAM は動作します。

モジュールストップ状態になると、SRAM へのアクセスができなくなります。SRAM のアクセス中は、モジュールストップ状態へ遷移しないでください。

モジュールストップ状態のとき、SRAM へのアクセスは禁止です。アクセスした場合の正常動作については保証できません。

MSTPCRA レジスタの詳細については、「10. 低消費電力モード」を参照してください。

38.3.2 パリティ計算機能

IEC60730 規格に準拠するには、SRAM データのチェックが必要です。データ書き込み時に 32 ビットデータ幅の SRAM に格納されている 8 ビットデータごとにパリティビットが付与され、データ読み出し時にパリティチェックが行われます。パリティエラーが発生すると、パリティエラー通知が生成されます。この機能は、リセットを実行するためにも使用できます。

パリティエラー通知には、PARIOAD レジスタの OAD ビットで、ノンマスカブル割り込みまたはリセットのいずれかを指定できます。OAD ビットが 1 のとき、パリティエラーはリセット機能に出力されます。OAD ビットが 0 のとき、パリティエラーはノンマスカブル割り込みとして ICU に出力されます。

Parity errors can be occasionally caused by noise. To confirm whether the cause of the parity error is noise or corruption, follow the parity check flows shown in 図 38.1 and 図 38.2.

ライトアクセスの後にリードアクセスを続けて実行すると、リードアクセスが優先的に実行されます。したがって、初期化中は、ライトアクセスの後に続けてリードアクセスを行わないでください。

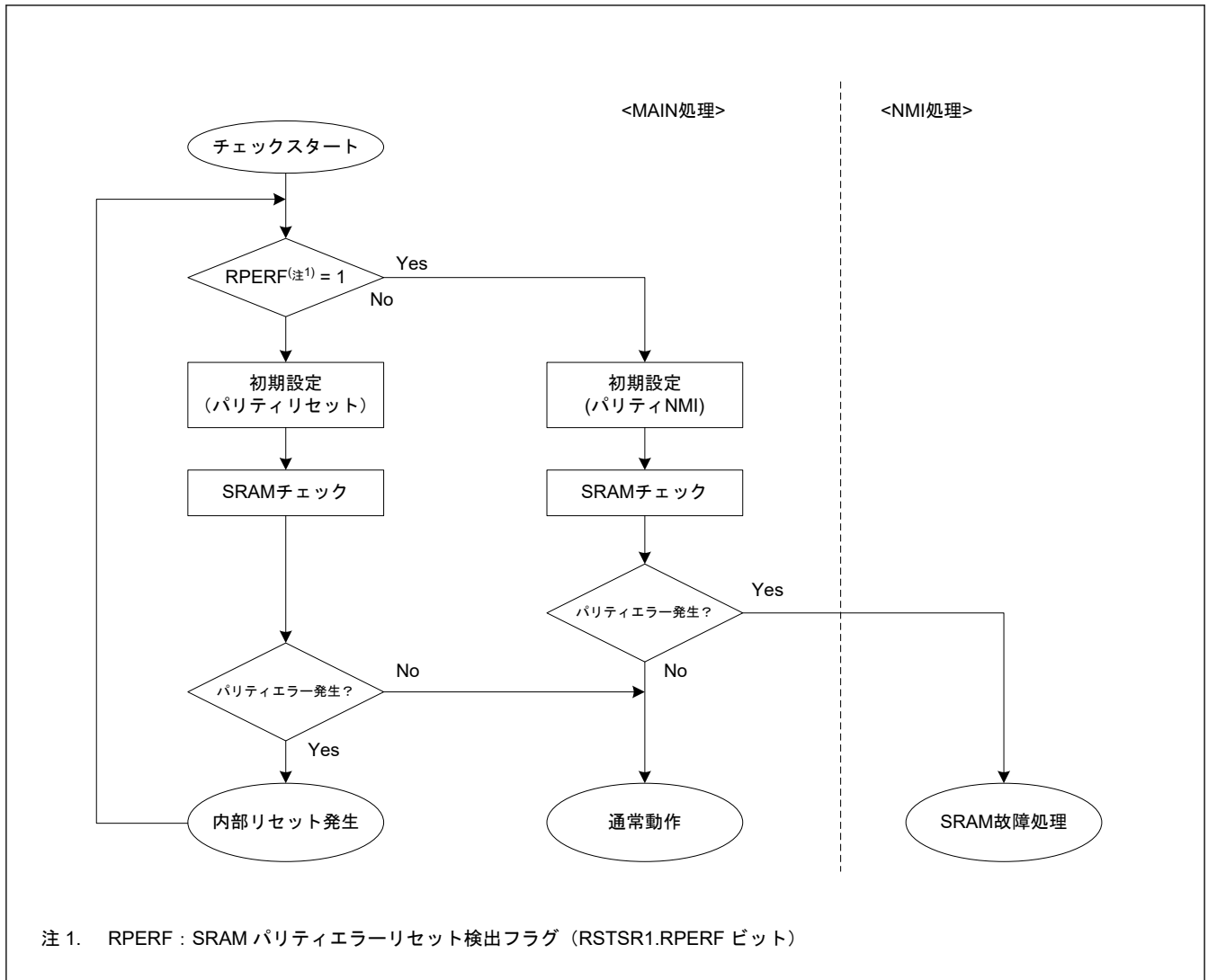


図 38.1 SRAM パリティリセット許可の場合の SRAM パリティチェックのフロー

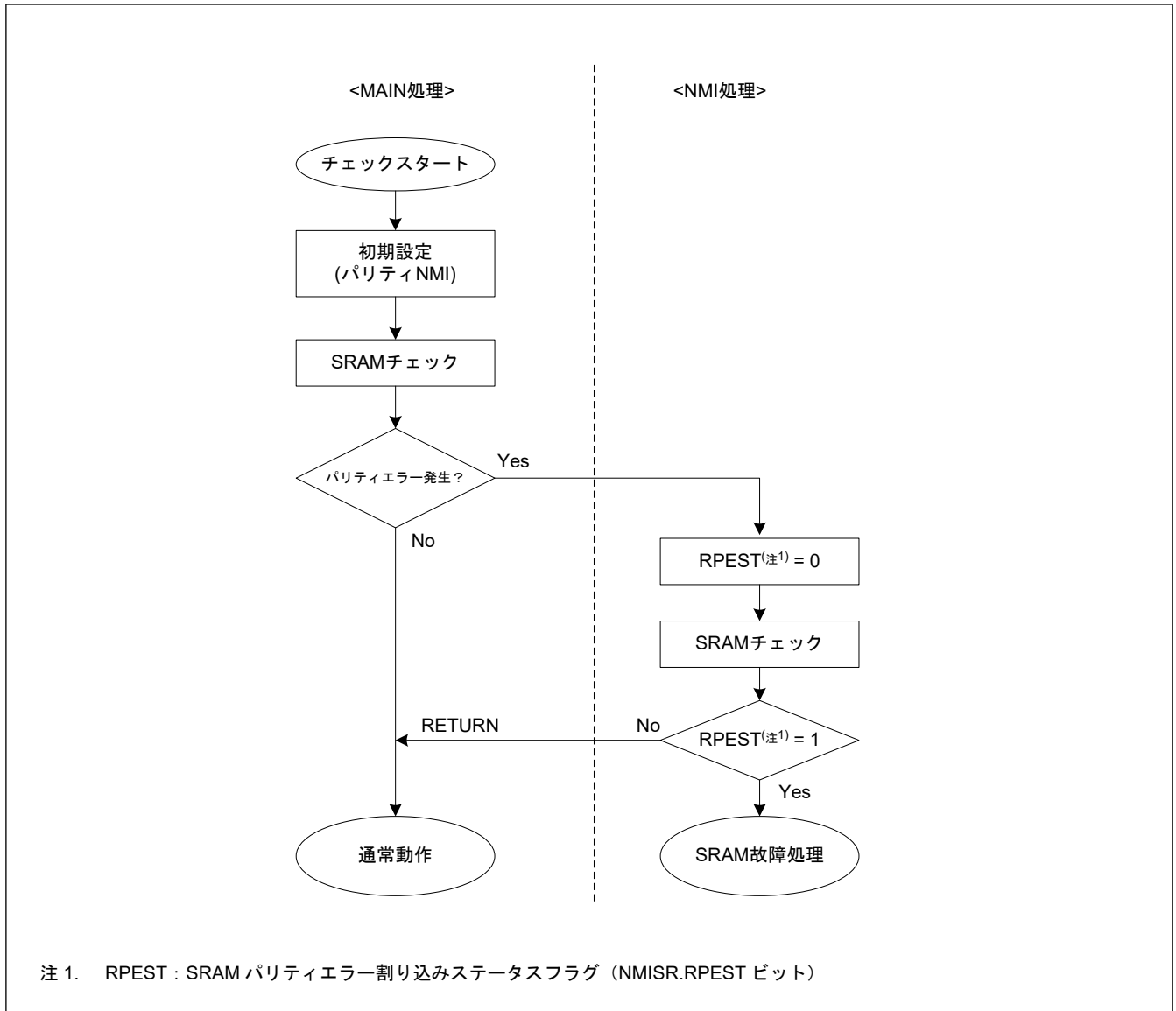


図 38.2 SRAM パリティ割り込み許可の場合の SRAM パリティチェックのフロー

38.3.3 TrustZone フィルタ機能

SRAM には、2 種類の TrustZone フィルタ機能があります。

- SRAM レジスタ保護用 TrustZone フィルタ
- SRAM メモリ保護用 TrustZone フィルタ

38.3.3.1 SRAM レジスタ保護用 TrustZone フィルタ

SRAM レジスタは、セキュリティ属性 (SA) に応じて非セキュアアクセスから保護できます。SRAM レジスタがセキュア状態であることを SA が示しているときは、TrustZone フィルタがエラーを検出し、書き込みアクセスから保護するため、非セキュアアクセスはこのレジスタを上書きできません。SRAM レジスタの SA は、各 SRAM レジスタ間共通で同一の設定となります。

表 38.2 レジスタの保護 (1/2)

SA	アクセス状態	ライトアクセス	リードアクセス
セキュア	セキュア	許可	許可
	非セキュア	TrustZone フィルタエラー保護	許可

表 38.2 レジスタの保護 (2/2)

SA	アクセス状態	ライトアクセス	リードアクセス
非セキュア	セキュア	許可	許可
	非セキュア	許可	許可

SRAM レジスタアクセスで TrustZone フィルタエラーが発生したときは、エラー通知やエラー応答を生成しません。

38.3.3.2 SRAM メモリ保護用 TrustZone フィルタ

SRAM メモリ、例えばパリティなし領域とパリティを含む SRAM0 は、メモリセキュリティ属性 (Memory Security Attribution: MSA) により、Secure/Non secure callable/Non secure に分けられ、非セキュアアクセスから保護できます。MSA が Secure か Non secure callable 属性である SRAM メモリ領域の場合、非セキュアアクセスで上書きできません。

表 38.3 メモリプロテクション

SA	アクセス状態	ライトアクセス	リードアクセス
セキュア/非セキュアコーラブル	セキュア	許可	許可
	非セキュア	TrustZone フィルタエラー • 保護 • エラー応答を生成	TrustZone フィルタエラー • 読み出しデータは 0 • エラー応答を生成
非セキュア	セキュア	許可	許可
	非セキュア	許可	許可

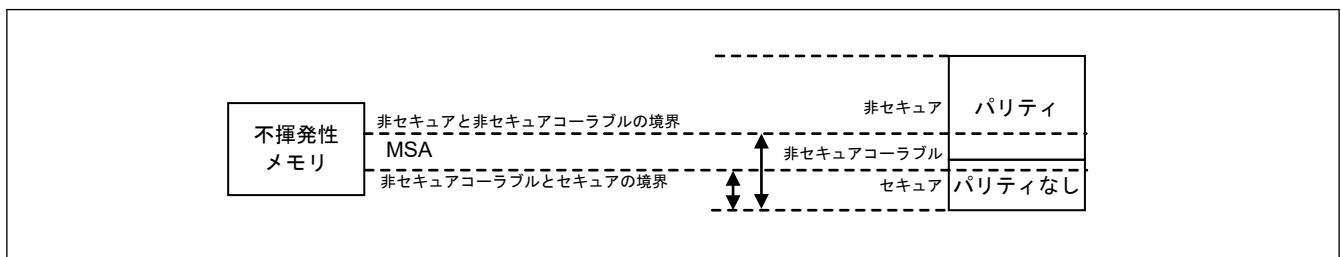


図 38.3 SRAM メモリ用 TrustZone フィルタ

SRAM メモリアccessで TrustZone フィルタエラーが発生する場合、リセット要求か NMI 要求となるエラー通知を生成します。「42.2. Arm TrustZone セキュリティ」を参照してください。

38.3.4 割り込み要因

SRAM 割り込み要因には、パリティエラー、TrustZone フィルタエラーがあります。パリティエラーは、ノンマスカブル割り込みまたは OAD ビットによるリセットのいずれかを選択できます。デバッガが接続されている場合、リセットとノンマスカブル割り込みはマスクできます。デバッグモードの詳細は、「2. CPU」を参照してください。

表 38.4 SRAM 割り込み要因

名称	割り込み要因	DTC の起動	DMAC の起動
PARITYERR	パリティエラー	不可能	不可能
TZFLT	TrustZone フィルタエラー	不可能	不可能

38.3.5 ウェイトステート

SRAM アクセスのための WAIT 設定は、ICLK の動作周波数によって以下の条件となります。

[ICLK 周波数] (SRAM0):

- 100 MHz \geq ICLK の場合、ウェイトなし

38.3.6 アクセスサイクル

■ CPU からのサイクル数

表 38.5 SRAM0

レジスタ設定	リード (サイクル)		ライト (サイクル)	
	ワードアクセス	ハーフワード/バイトアクセス	ワードアクセス	ハーフワード/バイトアクセス
SRAM0WTEN = 0	1		1(注1)	
SRAM0WTEN = 1	2		1(注1)	

注 1. ライトの後同じメモリへのリードアクセスが生じたとき、アクセス効率のため、先行したライトコマンドによるメモリライトが次のアイドルサイクルか次のライトアクセスまで、そのライトアクセスを待たせません。リードが連続するときは、リードを優先します。

39. スタンバイ SRAM

39.1 概要

スタンバイ SRAM は、ディープソフトウェアスタンバイモードでデータを保持する内蔵 SRAM です。表 39.1 に、スタンバイ SRAM の仕様を示します。

表 39.1 スタンバイ SRAM の仕様

項目	内容
SRAM 容量	1 KB
SRAM アドレス	0x2800_0000~0x2800_03FF
アクセス	スタンバイ RAM クロックは、PCLKB と同じクロックです。詳細は、「39.3.5. アクセスサイクル」を参照してください。
データ保持機能	ディープスタンバイモード時、データを保持可能です。詳細は、「39.3.1. データ保持」を参照してください。
パリティ	偶数パリティ（データ：8 ビット、パリティ：1 ビット）
モジュールストップ機能	モジュールストップ状態に設定して消費電力を削減します。詳細は、「39.3.2. モジュールストップ機能の設定」を参照してください。
セキュリティ	TrustZone フィルタ機能に従うスタンバイ RAM の読み出し、書き出し動作が可能です。詳細は、「39.3.4. TrustZone フィルタ機能」を参照してください。

39.2 レジスタの説明

39.2.1 STBRAMSAR : スタンバイ RAM メモリセキュリティ属性レジスタ

Base address: CPSCU = 0x4000_8000

Offset address: 0x014

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	NSBSTBR[3:0]			
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	NSBSTBR[3:0]	スタンバイ RAM 各領域のセキュリティ属性 0x0: 領域 7~0 は全てセキュア 0x1: 領域 7 は非セキュア領域 6~0 はセキュア 0x2: 領域 7~6 は非セキュア領域 5~0 はセキュア 0x3: 領域 7~5 は非セキュア領域 4~0 はセキュア 0x4: 領域 7~4 は非セキュア領域 3~0 はセキュア 0x5: 領域 7~3 は非セキュア領域 2~0 はセキュア 0x6: 領域 7~2 は非セキュア領域 1~0 はセキュア 0x7: 領域 7~1 は非セキュア領域 0 はセキュア その他: 領域 7~0 は全て非セキュア	R/W
31:4	—	読むと 1 が読めます。	R

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

NSBSTBR[3:0]ビット (スタンバイ RAM 各領域のセキュリティ属性)

スタンバイ RAM は、8 つの領域に分割されています。各領域は、NSBSTBR[3:0]ビットでセキュア/非セキュアに設定できます。

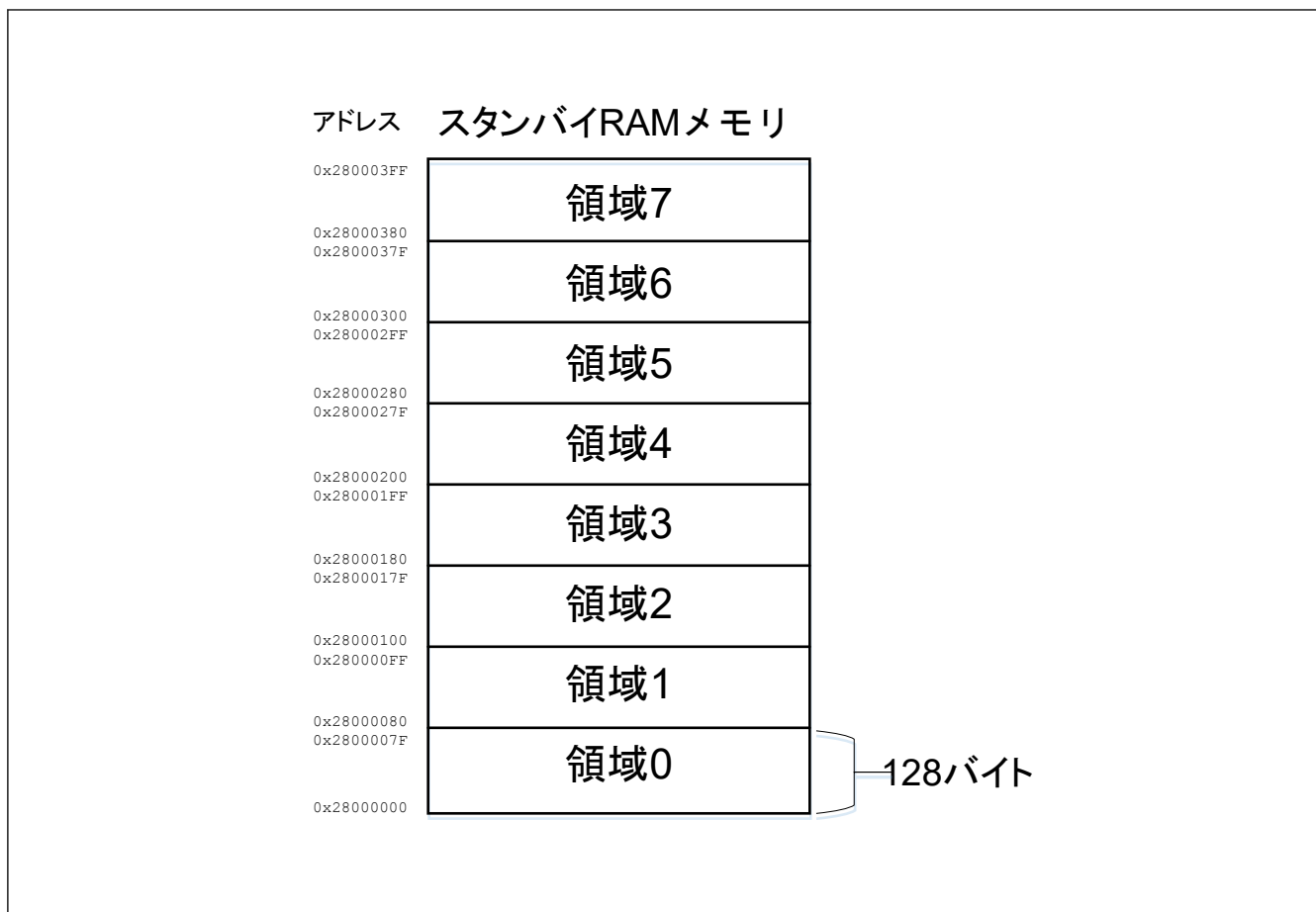


図 39.1 スタンバイ RAM 領域

39.3 動作説明

39.3.1 データ保持

DPSBYCR.DEEPCUT[1:0]ビットの設定により、ディープソフトウェアスタンバイモード時にスタンバイ SRAM へ電源を供給できます。DPSBYCR.DEEPCUT[1:0]ビットが 00b の場合、スタンバイ SRAM のデータをディープソフトウェアスタンバイモードで保持できます。DPSBYCR.DEEPCUT[1:0]ビットの詳細については、「[10. 低消費電力モード](#)」を参照してください。

39.3.2 モジュールストップ機能の設定

モジュールストップコントロールレジスタ A (MSTPCRA) の設定により、SRAM へのクロック供給を停止することで、消費電力を低減することが可能です。

MSTPCRA レジスタのスタンバイ SRAM ビットを 1 にすると、スタンバイ SRAM に供給されるクロック信号が停止します。

クロック供給の停止により、スタンバイ SRAM はモジュールストップ状態になります。リセット後は、スタンバイ SRAM は動作状態になります。

モジュールストップ状態になると、スタンバイ SRAM へのアクセスができなくなります。スタンバイ SRAM のアクセス中は、モジュールストップ状態へ遷移しないでください。

MSTPCRA レジスタの詳細については、「[10. 低消費電力モード](#)」を参照してください。

39.3.3 パリティ計算機能

スタンバイ SRAM のパリティ計算機能は、パリティありの SRAM と同じです。

「[38.3.2. パリティ計算機能](#)」と「[38.3.4. 割り込み要因](#)」を参照してください。

PARIOAD レジスタの OAD ビットは、SRAM0（パリティあり）とスタンバイ SRAM に共通で同一の設定となります。

39.3.4 TrustZone フィルタ機能

スタンバイ SRAM の TrustZone フィルタ機能は、SRAM メモリ保護用 TrustZone フィルタ、1 種類のみです。

39.3.4.1 スタンバイ SRAM メモリ保護用 TrustZone フィルタ

スタンバイ SRAM は、非セキュアアクセスから保護するためのセキュリティ属性 (SA) をもつ各 128 バイトの 8 つの領域に分割できます。スタンバイ SRAM のその領域がセキュア状態であることを SA が示しているときは、TrustZone フィルタがエラーを検出し、書き込みアクセスから保護するため、非セキュアアクセスはこのレジスタを上書きできません。

表 39.2 セキュリティ属性とアクセス状態

SA	アクセス状態	ライトアクセス	リードアクセス
セキュア	セキュア	許可	許可
	非セキュア	TrustZone フィルタエラー - 保護	TrustZone フィルタエラー - 読み出しデータは 0
非セキュア	セキュア	許可	許可
	非セキュア	許可	許可

スタンバイ SRAM アクセスで TrustZone フィルタエラーが発生したときは、エラー通知やエラー応答を生成しません。

39.3.5 アクセスサイクル

CPU からのサイクル数

表 39.3 スタンバイ SRAM (パリティ領域 0x2800_0000~0x2800_03FF)

	リードサイクル		ライトサイクル	
	ワードアクセス	ハーフワード/バイトアクセス	ワードアクセス	ハーフワード/バイトアクセス
ICLK ≥ PCLKB	Min.: 2 PCLKB Max.: (n - 1) ICLK + 2 PCLKB		Min.: 1 PCLKB Max.: (n - 1) ICLK + 1 PCLKB	

注. 周波数比 ICLK : PCLKB が n : 1

39.4 使用上の注意事項

39.4.1 スタンバイ SRAM 領域からの命令フェッチ

スタンバイ SRAM を使用してプログラムを実行する場合、スタンバイ SRAM 領域を初期化して CPU が正確にデータをプリフェッチできるようにします。CPU が初期化されていない領域からプリフェッチすると、パリティエラーが発生する場合があります。4 バイト境界のプログラムの終了アドレスから追加で 12 バイト領域を初期化してください。弊社からは、データの初期化には NOP 命令の使用を推奨します。

40. フラッシュメモリ

本 MCU には、コードフラッシュメモリ、データフラッシュメモリ、およびオプション設定メモリがあります。コードフラッシュメモリは、命令およびオペランドを格納し、データフラッシュメモリはデータを格納します。オプション設定メモリについては、「[6. オプション設定メモリ](#)」を参照してください。

40.1 概要

[表 40.1](#) にフラッシュメモリの仕様を、[図 40.1](#) にフラッシュメモリ関連モジュールのブロック図を示します。

[表 40.27](#) にブートモードで使用する入出力端子の一覧を示します。

FCU (Flash Control Unit) はフラッシュメモリのプログラム/イレースの制御を行います。FACI (Flash Application Command Interface) は設定された FACI コマンドに従って、FCU を制御します。

コードフラッシュメモリのメモリ構成については[図 40.2](#) を、データフラッシュメモリのメモリ構成については[図 40.3](#) を参照してください。

表 40.1 フラッシュメモリの仕様 (1/2)

項目	コードフラッシュメモリ	データフラッシュメモリ
メモリ容量	ユーザ領域：最大 512 KB	データ領域：8 KB
リードサイクル	「 40.16.3. アクセスサイクル 」を参照のこと	「 40.16.3. アクセスサイクル 」を参照のこと
イレース後の値	0xFF	不定
プログラム/イレース方式	<ul style="list-style-type: none"> FACI コマンド発行領域 (0x407E_0000) に設定した FACI コマンドで、コードフラッシュメモリおよびデータフラッシュメモリのプログラム/イレース、オプション設定メモリのプログラムが可能 (セルフプログラミング) シリアルプログラマによるシリアルインタフェース通信を介したプログラム/イレース (シリアルプログラミング) 	
プロテクション機能	フラッシュメモリの誤書き換えを防止	
BGO (バックグラウンドオペレーション) 機能(注1)	<ul style="list-style-type: none"> コードフラッシュメモリのプログラム/イレース中にデータフラッシュメモリの読み出しが可能 データフラッシュメモリのプログラム/イレース中にコードフラッシュメモリの読み出しが可能 	
プログラム/イレース単位	<ul style="list-style-type: none"> ユーザ領域へのプログラム：128 バイト ユーザ領域のイレース：ブロック単位 	<ul style="list-style-type: none"> データ領域へのプログラム：4/8/16 バイト データ領域のイレース：64/128/256 バイト
その他の機能	セルフプログラミング中の割り込み受け付け可能 本 MCU の初期設定でオプション設定メモリの拡張領域の設定可能	
オンボードプログラミング (4 種類)	ブートモード (SCI インタフェース) でのプログラム/イレース <ul style="list-style-type: none"> 調歩同期式シリアルインターフェース (SCI9) を使用 通信速度は自動調整 ブートモード (USB インタフェース) でのプログラム/イレース <ul style="list-style-type: none"> USBFS を使用 特別なハードウェアが不要で、PC と直結可能 オンチップデバッグモードによるプログラム/イレース <ul style="list-style-type: none"> JTAG/SWD インタフェースを使用 セルフプログラミングによるプログラム/イレース <ul style="list-style-type: none"> システムをリセットすることなくコードフラッシュメモリのプログラム/イレースが可能 	
ユニーク ID	各 MCU に 16 バイトの ID を提供	
FACI コマンド	プログラム：128 バイト ブロックイレース：1 ブロック (8 KB または 32 KB) P/E サスペンド P/E レジューム 強制停止 ステータスクリア コンフィグレーション設定 (16 バイト)	プログラム：4/8/16 バイト ブロックイレース：1 ブロック (64 バイト) マルチブロックイレース：64/128/256 バイト P/E サスペンド P/E レジューム 強制停止 ブランクチェック：4 バイト～データフラッシュメモリ容量 ステータスクリア

表 40.1 フラッシュメモリの仕様 (2/2)

項目	コードフラッシュメモリ	データフラッシュメモリ
セキュリティ機能	フラッシュメモリの不正改ざん／不正リードを防止 スタートアップ領域選択設定保護 <ul style="list-style-type: none"> BTFLG レジスタおよび FSUACR レジスタは FSPR ビットにより保護 永久ブロック保護設定保護 <ul style="list-style-type: none"> コードフラッシュメモリは、永久ブロック保護機能によりプログラム／イレース動作から永久に保護されます TrustZone のフラッシュメモリ保護 <ul style="list-style-type: none"> フラッシュメモリ領域の保護 (P/E) フラッシュメモリ領域の保護 (読み出し) レジスタの保護 FACI コマンド動作中の保護 コードフラッシュ P/E モードエントリ保護 	
セーフティ機能	ソフトウェアプロテクション <ul style="list-style-type: none"> FENTRYR レジスタによる FACI コマンド保護 FWEPROR レジスタによるフラッシュメモリ保護 ブロック保護設定によるユーザ領域保護 エラープロテクション <ul style="list-style-type: none"> 意図しないコマンドまたは禁止された設定が行われるとエラーが検出されますエラー検出後 FACI コマンドは受け付けられません ブート領域プロテクション <ul style="list-style-type: none"> スタートアップ領域選択機能によりユーザはブートファームウェアを安全に更新できますスタートアップ領域のサイズは 8 KB です 	
割り込み要求	<ul style="list-style-type: none"> FRDYI (フラッシュシーケンサレディ (処理終了)) : FRDYIE ビットにより許可 FIFERR (フラッシュシーケンサエラー) : CFAEIE/CMDLKIE/DFAEIE ビットにより許可 	
アドレス変換	<ul style="list-style-type: none"> スタートアップ領域選択機能をサポート 	

注 1. プログラム／イレース処理および読み出し処理のアドレス範囲の組み合わせには制限があります。表 40.29 を参照してください。

図 40.1 にフラッシュメモリに関連するモジュールの構成方式を示します。フラッシュシーケンサは FCU および FACI で構成されます。FCU は、フラッシュメモリ書き換えの基本制御を実行します。FACI は、周辺バスを使って FACI コマンドを受信し、コマンドに従って FCU の動作を制御します。

リセットが起こると、FACI はデータをフラッシュメモリからオプションバイト格納レジスタに転送します。

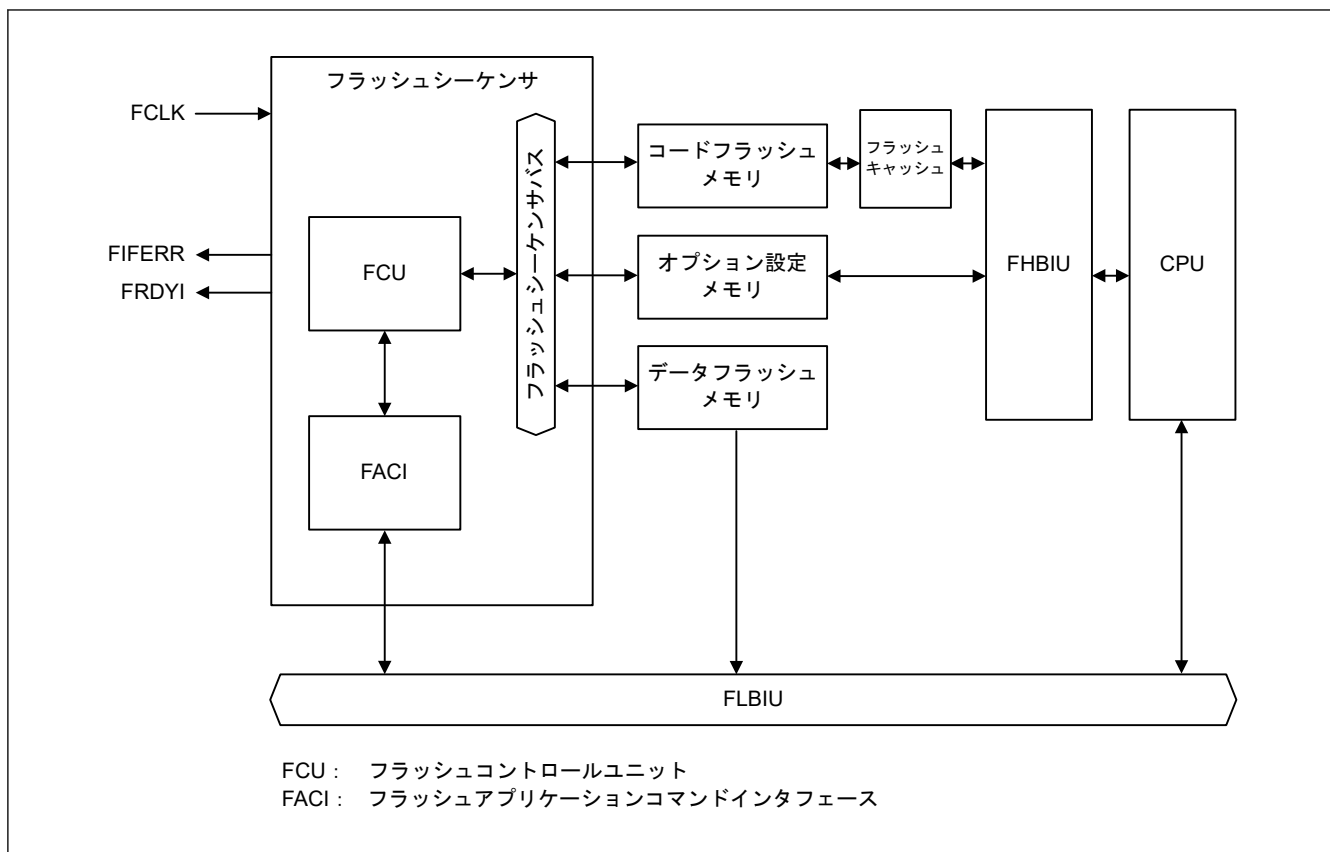


図 40.1 フラッシュメモリ関連モジュールのブロック図

40.2 メモリ構成

コードフラッシュメモリのメモリマップを図 40.2 に示します。

本 MCU のコードフラッシュメモリのユーザ領域は 8 K バイトまたは 32 K バイトのブロックに分割されており、各ブロック単位でイレース可能です。

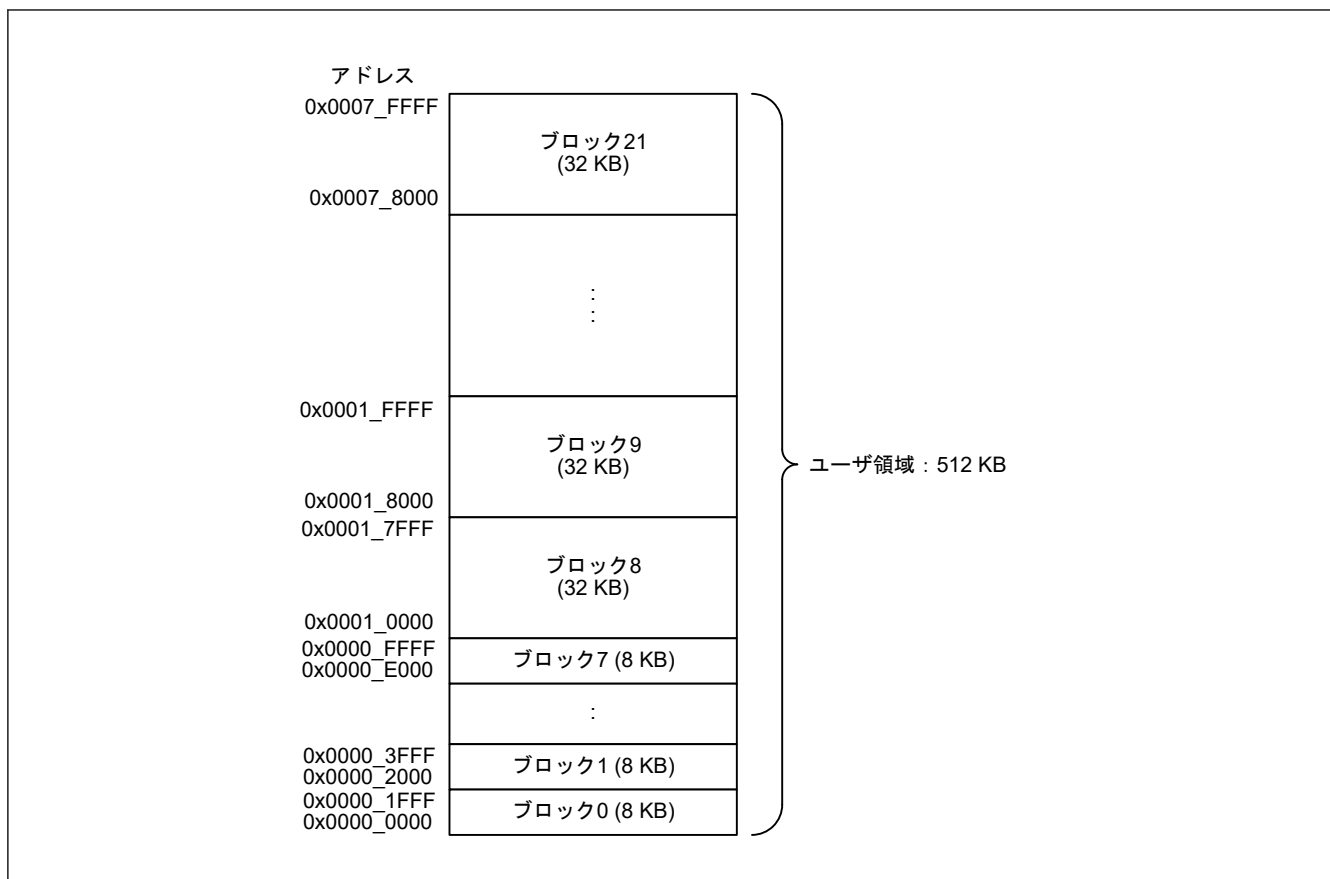


図 40.2 コードフラッシュメモリのマップ

表 40.2 コードフラッシュメモリの製品別読み出しおよびプログラム/イレースアドレス

製品	アドレス	ブロック数
512 K バイト製品	0x0000_0000~0x0007_FFFF	0~21
256 K バイト製品	0x0000_0000~0x0003_FFFF	0~13

本 MCU のデータフラッシュメモリのデータ領域は 64 バイトのブロックに分割されており、各ブロック単位でイレース可能です。図 40.3 にデータフラッシュメモリのマッピングを示します。

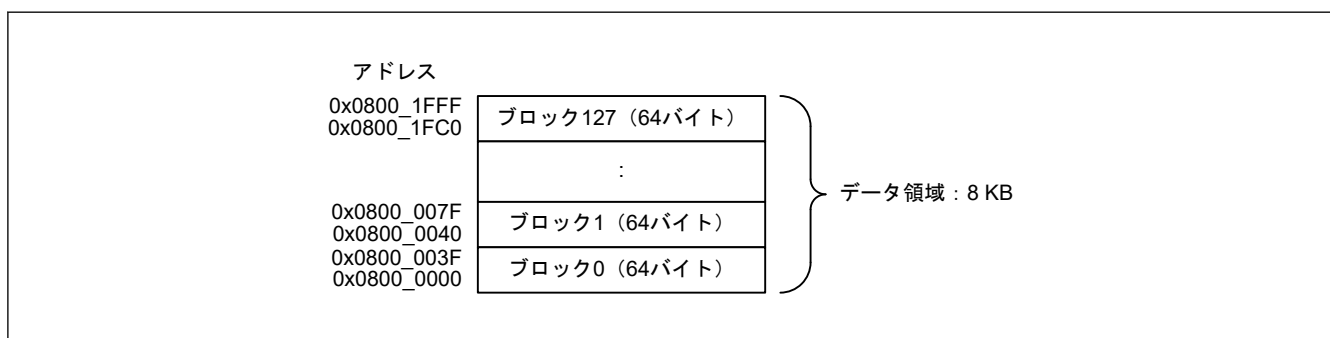


図 40.3 データフラッシュメモリのマップ

40.3 アドレス空間

フラッシュメモリとのハードウェアインタフェースを使用するには、ハードウェアの全レジスタへのアクセスが必要です。これは FACI コマンドを発行するためです。表 40.3 に、ハードウェアインタフェースに関する情報を示します。

表 40.3 ハードウェアインタフェース領域情報

領域	アドレス	容量
ハードウェアの各種レジスタを含む領域	「40.4. レジスタの説明」を参照してください。	「40.4. レジスタの説明」を参照してください。
FACI コマンド発行領域	0x407E_0000	4 バイト

フラッシュメモリのアドレス情報については、[図 40.2](#) を参照してください。

40.4 レジスタの説明

40.4.1 FCACHEE : フラッシュキャッシュイネーブルレジスタ

Base address: FCACHE = 0x4001_C100

Offset address: 0x000

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	FCACHEEN
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----------

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	FCACHEEN	フラッシュキャッシュ許可 0: FCACHE を禁止 1: FCACHE を許可	R/W
15:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

本レジスタは、いずれのセキュリティ属性レジスタによっても制御されません。

FCACHEEN ビット (フラッシュキャッシュ許可)

FCACHEE.FCACHEEN ビットは、FCACHE1、FCACHE2、FLPF のフラッシュキャッシュ機能を許可/禁止します。

FCACHEE.FCACHEEN ビットは FCACHEIV.FCACHEIV ビットに影響を与えません。

FCACHE を許可した場合、「キャッシュ可能」なアクセスができるようになります。

FCACHE を許可後、禁止にはできません。

40.4.2 FCACHEIV : フラッシュキャッシュインバリデートレジスタ

Base address: FCACHE = 0x4001_C100

Offset address: 0x004

Bit position: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	FCACHEIV
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----------

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	FCACHEIV	フラッシュキャッシュインバリデート 0: 読み出し時: インバリデートしない 書き込み時: 設定は無視される 1: インバリデートする FCACHE がインバリデートされます。	R/W
15:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

本レジスタは、いずれのセキュリティ属性レジスタによっても制御されません。

FCACHEIV ビット (フラッシュキャッシュインバリデート)

FCACHEIV.FCACHEIV ビットに 1 を書くと、FCACHE1、FCACHE2、FLPF のフラッシュキャッシュデータがインバリデートされます。

コードフラッシュまたはオプション設定メモリを書き換えた後 FCACHE を許可にした状態で FCACHE をインバリデートしてください。

40.4.3 FLWT : フラッシュウェイトサイクルレジスタ

Base address: FCACHE = 0x4001_C100

Offset address: 0x01C

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	FLWT[2:0]		
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	FLWT[2:0]	フラッシュウェイトサイクル 0 0 0: 0 ウェイト (ICLK ≤ 50 MHz) 0 0 1: 1 ウェイト (ICLK > 50 MHz) 0 1 0: 2 ウェイト 指定なし 0 1 1: 3 ウェイト 指定なし その他: 設定禁止	R/W
7:3	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

- 注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、
- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
 - 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。
- セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、
- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

FLWT[2:0]ビット (フラッシュウェイトサイクル)

フラッシュウェイトサイクルレジスタ (FLWT) は、フラッシュメモリのアクセスウェイト数を設定します。

クロック周波数をこれより高くする場合、クロック周波数を変更する前に FLWT.FLWT を設定してください。クロック周波数をこれより低くする場合、クロック周波数を変更した後に FLWT.FLWT を設定してください。

周波数設定の詳細は、「[8. クロック発生回路](#)」を参照してください。

40.4.4 FSAR : フラッシュセキュリティ属性レジスタ

Base address: FCACHE = 0x4001_C100

Offset address: 0x040

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	FCKM HZSA	—	—	—	—	—	—	—	FLWT SA
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	FLWTSA	FLWT セキュリティ属性 対象レジスタ : FLWT 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
7:1	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
8	FCKMHZSA	FCKMHZ セキュリティ属性 対象レジスタ : FCKMHZ 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
15:9	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

PRCR.PRC4 ビットが 0 の場合、書き込みは無効です。「12. レジスタライトプロテクション」を参照してください。

FLWTSA ビット (FLWT セキュリティ属性)

FLWT レジスタのセキュリティ属性を設定します。

FCKMHZSA ビット (FCKMHZ セキュリティ属性)

FCKMHZ レジスタのセキュア属性を設定します。

40.4.5 UIDRn : ユニーク ID レジスタ n (n = 0~3)

Address: 0x0100_8190 + n × 4

Bit position: 31 0

Bit field:

UID

Value after reset:

チップごとのユニーク値

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	UID	ユニーク ID	R

UIDRn は、個々の MCU を識別するための 16 バイトの ID コード (ユニーク ID) を格納する読み出し専用レジスタです。UIDRn レジスタは 32 ビット単位で設定してください。シリアルプログラミングインタフェースのシグネチャ要求コマンドで読み出す場合、データは大きいアドレスのデータから読み出されます。すなわち、0x0100_819F のデータが最初に読み出され、0x0100_8190 のデータが最後に読み出されます。

40.4.6 PNRn : 型名レジスタ n (n = 0~3)

Address: 0x0100_80F0 + n × 4

Bit position: 31 0

Bit field:

PNR

Value after reset:

チップごとのユニーク値

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	PNR	型名	R

PNRn レジスタは、16 バイトの型名を格納する読み出し専用レジスタです。PNRn レジスタは 32 ビット単位で読み出してください。各バイトは表 1.13 に示すように、製品の型名の ASCII コードに対応しています。型名の最初の文字 ("R", ASCII コードの 0x52) は最小のアドレス (0x0100_80F0) のバイトに格納されます。シリアルプログラミングインタフェースのシグネチャ要求コマンドで読み出す場合、データは小さいアドレスのデータから読み出されます。すなわち、0x0100_80F0 のデータが最初に読み出され、0x0100_80FF のデータが最後に読み出されます。

40.4.7 MCUVER : MCU バージョンレジスタ

Address: 0x0100_81B0

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

MCUVE

Value after reset: チップにより決まる値

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	MCUVE	MCU バージョン	R

MCUVER レジスタは、MCU バージョンを格納する読み出し専用レジスタです。MCUVER レジスタは 8 ビット単位で読み出してください。

40.4.8 FWEPROR : フラッシュ P/E プロテクトレジスタ

Base address: SYSC = 0x4001_E000

Offset address: 0x416

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:

—	—	—	—	—	—	FLWE[1:0]	—
---	---	---	---	---	---	-----------	---

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 1 0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	FLWE[1:0]	フラッシュプログラム/イレース 00: プログラム、ブロックイレース、マルチブロックイレース、ブランクチェック、およびコンフィグレーション設定コマンドの処理を禁止 01: プログラム、ブロックイレース、マルチブロックイレース、ブランクチェック、およびコンフィグレーション設定コマンドの処理を許可 10: プログラム、ブロックイレース、マルチブロックイレース、ブランクチェック、およびコンフィグレーション設定コマンドの処理を禁止 11: プログラム、ブロックイレース、マルチブロックイレース、ブランクチェック、およびコンフィグレーション設定コマンドの処理を禁止	R/W
7:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

ソフトウェアによるプログラム、ブロックイレース、マルチブロックイレース、ブランクチェック、およびコンフィグレーション設定コマンドの処理の禁止が可能です。

FWEPROR レジスタは、以下のようなリセットにより初期化されます。

- すべてのリセット要因
- ディープソフトウェアスタンバイモードへの移行
- ソフトウェアスタンバイモードへの移行

FLWE[1:0]ビット (フラッシュプログラム/イレース)

FLWE[1:0]ビットは、フラッシュ P/E 保護を設定するのに使用されます。リセット後の値は 10b です。

これらのビットが 01b 以外に設定され、フラッシュメモリのプログラム/イレースが禁止されると、下記のコマンドは実行できません。下記のコマンドのいずれかが発行されると、FSTATR レジスタの FLWEERR ビットが 1 に設定されます。

プログラム、ブロックイレース、マルチブロックイレース、ブランクチェック、コンフィグレーション設定コマンド

40.4.9 FASTAT : フラッシュアクセスステータスレジスタ

Base address: FACL = 0x407F_E000

Offset address: 0x10

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	CFAE	—	—	CMDL K	DFAE	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
3	DFAE	データフラッシュメモリアクセス違反フラグ 0: データフラッシュメモリアクセス違反なし 1: データフラッシュメモリアクセス違反あり	R/W(注1)
4	CMDLK	コマンドロックフラグ 0: フラッシュシーケンサはコマンドロック状態ではない 1: フラッシュシーケンサはコマンドロック状態である	R
6:5	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
7	CFAE	コードフラッシュメモリアクセス違反フラグ 0: コードフラッシュメモリアクセス違反は発生していない 1: コードフラッシュメモリアクセス違反が発生した	R/W(注1)

注1. フラグをクリアするため、1を読み出した後に0を書き込むことのみ可能です。

FASTAT レジスタは、コードフラッシュまたはデータフラッシュメモリアクセス違反が起きたかどうかを示します。CFAE ビット、CMDLK ビット、および DFAE ビットのいずれかが1になると、フラッシュシーケンサはコマンドロック状態になります（「40.11.2. エラープロテクション」参照）。シーケンサをコマンドロック状態から解放するには、ステータスクリアコマンドまたは強制停止コマンドをフラッシュシーケンサに発行してください。

DFAE ビット (データフラッシュメモリアクセス違反フラグ)

DFAE ビットは、データフラッシュメモリアクセス違反が起きたかどうかを示します。1の場合、FSTATR レジスタの ILGLERR ビットが1になり、フラッシュシーケンサをコマンドロック状態にします。

[1になる条件]

データフラッシュ P/E モードで発行された FACL コマンドが以下の場合：

- FSADDR レジスタまたは FEADDR レジスタの設定がデータ領域の予約部分であるとき
- FSADDR レジスタまたは FEADDR レジスタの設定がセキュア領域アドレスである場合に非セキュアアクセスの FACL コマンドが発行されたとき

[0になる条件]

- 本ビットが1に設定された後、0を書き込まれたとき
- フラッシュシーケンサがステータスクリアコマンドまたは強制停止コマンドの処理を開始したとき

CMDLK ビット (コマンドロックフラグ)

CMDLK ビットは、フラッシュシーケンサがコマンドロック状態であることを示します。

[1になる条件]

- フラッシュシーケンサがエラーを検出し、コマンドロック状態になったとき

[0になる条件]

- フラッシュシーケンサがステータスクリアコマンドまたは強制停止コマンドの処理を開始したとき

CFAE ビット (コードフラッシュメモリアクセス違反フラグ)

CFAE ビットは、コードフラッシュメモリアクセス違反が起きたかどうかを示します。1 の場合、FSTATR レジスタの IGLERR ビットが 1 になり、フラッシュシーケンサをコマンドロック状態にします。

[1 になる条件]

コードフラッシュ P/E モードで発行された FACI コマンドが以下の場合：

- FSADDR レジスタの設定がユーザ領域の予約部分であるとき
- セルフプログラミングモードにおいて FSADDR レジスタの設定が 0x0000A100~0x0000A2F0 でコンフィグレーション設定コマンドが発行されたとき
- FSADDR レジスタの設定がセキュア領域アドレスである場合に非セキュアアクセスの FACI コマンドが発行されたとき

[0 になる条件]

- 本ビットが 1 に設定された後、0 を書き込まれたとき
- フラッシュシーケンサがステータスクリアコマンドまたは強制停止コマンドの処理を開始したとき

40.4.10 FAEINT : フラッシュアクセスエラー割り込み許可レジスタ

Base address: FAEI = 0x407F_E000

Offset address: 0x14

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	CFAEIE	—	—	CMDLKIE	DFAEIE	—	—	—
Value after reset:	1	0	0	1	1	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
2:0	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
3	DFAEIE	データフラッシュメモリアクセス違反割り込み許可 0: FASTAT.DFAE ビットが 1 のとき FIFERR 割り込み要求の発生を禁止 1: FASTAT.DFAE ビットが 1 のとき FIFERR 割り込み要求の発生を許可	R/W
4	CMDLKIE	コマンドロック割り込み許可 0: FASTAT.CMDLK ビットが 1 のとき FIFERR 割り込み要求の発生を禁止 1: FASTAT.CMDLK ビットが 1 のとき FIFERR 割り込み要求の発生を許可	R/W
6:5	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	CFAEIE	コードフラッシュメモリアクセス違反割り込み許可 0: FASTAT.CFAE ビットが 1 のとき FIFERR 割り込み要求の発生を禁止 1: FASTAT.CFAE ビットが 1 のとき FIFERR 割り込み要求の発生を許可	R/W

FAEINT レジスタは、フラッシュアクセスエラー (FIFERR) 割り込み発生を許可または禁止します。

DFAEIE ビット (データフラッシュメモリアクセス違反割り込み許可)

DFAEIE ビットは、データフラッシュメモリアクセス違反が起きた場合 (FASTAT レジスタの DFAE ビットが 1) の FIFERR 割り込み要求の発生を許可または禁止します。

CMDLKIE ビット (コマンドロック割り込み許可)

CMDLKIE ビットは、フラッシュシーケンサがコマンドロック状態になった場合 (FASTAT レジスタの CMDLK ビットが 1) の FIFERR 割り込み要求の発生を許可または禁止します。

CFAEIE ビット (コードフラッシュメモリアクセス違反割り込み許可)

CFAEIE ビットは、コードフラッシュメモリアクセス違反が起きた場合 (FASTAT レジスタの CFAE ビットが 1) の FIFERR 割り込み要求の発生を許可または禁止します。

40.4.11 FRDYIE : フラッシュレディ割り込み許可レジスタ

Base address: FACL = 0x407F_E000

Offset address: 0x18

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	FRDYIE
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	FRDYIE	フラッシュレディ割り込み許可 0: FRDY 割り込み要求の発生を禁止 1: FRDY 割り込み要求の発生を許可	R/W
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

FRDYIE レジスタは、フラッシュレディ (FRDY) 割り込み発生を許可または禁止します。

FRDYIE ビット (フラッシュレディ割り込み許可)

FRDYIE ビットは、フラッシュシーケンサによるプログラム、ブロックイレース、マルチブロックイレース、ブランクチェック、およびコンフィグレーション設定コマンドの処理完了時、FSTATR レジスタの FRDY ビットが 0 から 1 に変わったときの FRDY 割り込み要求発生を許可または禁止します。

40.4.12 FSADDR : FACL コマンド開始アドレスレジスタ

Base address: FACL = 0x407F_E000

Offset address: 0x30

Bit position:	31	0
Bit field:	FSADDR[31:0]	
Value after reset:	0 0	

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	FSADDR[31:0]	FACL コマンド処理の開始アドレス	R/W(注1)

注 1. これらのビットは、FSTATR レジスタの FRDY ビットが 1 のとき書き込み可能です。FRDY ビットが 0 の場合にこれらのビットに書き込んでも無視されます。b0 と b1 は読み出し専用です。

表 40.4 FACL コマンドアドレスバウンダリ

コマンド	アドレスバウンダリ
プログラム (コードフラッシュメモリ)	128 バイト
プログラム (データフラッシュメモリ)	4、8、16 バイト
ブロックイレース (コードフラッシュメモリ)	8 KB、32 KB
ブロックイレース (データフラッシュメモリ)	64 バイト
マルチブロックイレース (データフラッシュメモリ)	64 バイト
ブランクチェック (データフラッシュメモリ)	4 バイト
コンフィグレーション設定	16 バイト

FSADDR レジスタは、プログラム、ブロックイレース、マルチブロックイレース、ブランクチェック、またはコンフィグレーション設定用の FACL コマンドが発行された場合コマンド処理の対象領域がどこから開始するかを指定します。

FSUINITR レジスタの SUINIT ビットが 1 になると FSADDR レジスタ値が初期化されます。リセットによっても初期化されます。

FSADDR[31:0]ビット (FACI コマンド処理の開始アドレス)

FSADDR[31:0]ビットは、FACI コマンド処理の開始アドレスを指定します。コードフラッシュメモリに対する FACI コマンド処理の場合ビット[31:24]は無視されます。データフラッシュメモリに対する FACI コマンド処理の場合ビット[31:17]は無視されます。表 40.4 に示すアドレスバウンダリ以下のアドレスビットに関連するビットも無視されます。

コードフラッシュメモリおよびデータフラッシュメモリのアドレス情報については、「40.2. メモリ構成」を参照してください。

コンフィグレーション設定のアドレス情報については、「40.9.3.15. コンフィグレーション設定コマンド」を参照してください。

40.4.13 FEADDR : FACI コマンド終了アドレスレジスタ

Base address: FACI = 0x407F_E000

Offset address: 0x34

Bit position: 31

0

Bit field:

FEADDR[31:0]

Value after reset: 0

ビット	シンボル	機能	R/W
31:0	FEADDR[31:0]	FACI コマンド処理の最終アドレス	R/W(注1)

注 1. これらのビットは、FSTATR レジスタの FRDY ビットが 1 のとき書き込み可能です。FRDY ビットが 0 の場合にこれらのビットに書き込んでも無視されます。ビット[0]とビット[1]は読み出し専用です。

FEADDR レジスタは、マルチブロックイレースおよびブランクチェックコマンド処理の対象領域の最終アドレスを指定します。ブランクチェックのアドレッシングモードがインクリメンタルモードに設定されている場合（すなわち FBCCNT.BCDIR = 0）、FSADDR レジスタには、FEADDR レジスタに指定されているアドレス以下のアドレスを指定してください。反対に、ブランクチェックアドレッシングモードがデクリメンタルモードに設定されている場合（すなわち FBCCNT.BCDIR = 1）、FSADDR レジスタには、FEADDR レジスタに指定されているアドレス以上のアドレスを指定してください。BCDIR ビット、FSADDR ビット、および FEADDR ビット設定が指定規則に従っていない場合、フラッシュシーケンサはコマンドロック状態になります（「40.11.2. エラープロテクション」参照）。

FEADDR レジスタ値は、FSUINTR レジスタの SUINIT ビットが 1 になったとき初期化されます。リセットによっても初期化されます。

FEADDR[31:0]ビット (FACI コマンド処理の最終アドレス)

FEADDR[31:0]ビットは、マルチブロックイレースおよびブランクチェックコマンド処理の最終アドレスを指定します。コマンド処理において、ビット 31～ビット 17 および「40.4.12. FSADDR : FACI コマンド開始アドレスレジスタ」に挙げたアドレスバウンダリに達しないビットは無視されます。

フラッシュメモリのアドレス情報については、「40.2. メモリ構成」を参照してください。

40.4.14 FMEPROT : フラッシュ P/E モードエントリ保護レジスタ

Base address: FACI = 0x407F_E000

Offset address: 0x44

Bit position:

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

Bit field:

KEY[7:0]

—

—

—

—

—

—

—

CEPROT

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	CEPROT	コードフラッシュ P/E モードエントリ保護 0: FENTRYC ビットは保護されません 1: FENTRYC ビットは保護されます	R/W(注1) (注2) (注4)
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
15:8	KEY[7:0]	キーコード	W(注3)

注 1. 本ビットは、FSTATR レジスタの FRDY ビットが 1 のとき書き込み可能です。FRDY ビットが 0 のとき本ビットに書き込んでも無視されます。

注 2. 本ビットへの書き込みは、16 ビットが書き込まれ、KEY ビットに書き込まれた値が 0xD9 の場合のみ可能です。

注 3. 書き込まれた値はビットにより保持されません（常に 0x00 が読み出されます）。

注 4. 本レジスタに書き込みできるのはセキュアアクセスのみです。セキュアアクセス、非セキュアアクセスともに読み出しは可能です。非セキュアライトアクセスは拒否されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

CEPROT ビット (コードフラッシュ P/E モードエントリ保護)

CEPROT ビットは、FENTRYR レジスタの FRNTRYC ビットの保護設定を指定します。

[1 になる条件]

- FMEPROT レジスタへの書き込みが許可されているとき CEPROT ビットに 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- FMEPROT レジスタへの書き込みが許可されているとき CEPROT ビットに 0 を書いたとき

40.4.15 FBPROT0 : フラッシュブロック保護レジスタ

Base address: FACI = 0x407F_E000

Offset address: 0x78

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
Bit field:	KEY[7:0]							—	—	—	—	—	—	—	—	BPCN	0
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	BPCN0	非セキュア用ブロック保護解除 0: ブロック保護有効 1: ブロック保護無効	R/W(注1) (注2)
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
15:8	KEY[7:0]	キーコード	W(注3)

注 1. 本ビットは、FSTATR レジスタの FRDY ビットが 1 のとき書き込み可能です。FRDY ビットが 0 の場合に本ビットに書き込んでも無視されます。

注 2. 本ビットへの書き込みは、16 ビットが書き込まれ、KEY[7:0] ビットに書き込まれた値が 0x78 の場合のみ可能です。

注 3. 書き込まれた値はビットにより保持されません（常に 0x00 が読み出されます）。

FBPROT0 レジスタは、非セキュア開発者用のブロック保護機能を無効にするのに使用されます。ブロック保護設定が永久ブロック設定によりロックされている場合は、本レジスタでは無効にできません。

FBPROT0 レジスタ値は、FSUINTR レジスタの SUINIT ビットが 1 になると初期化されます。なぜなら、その場合、FENTRYR レジスタ値が 0x0000 に初期化されるからです。リセットによっても初期化されます。

BPCN0 ビット (非セキュア用ブロック保護解除)

BPCN0 ビットは、非セキュア関数用のブロック保護設定を無効にします。

[1 になる条件]

- 書き込み許可条件が満たされており FENTRYR レジスタ値が 0x0000 ではないとき、本ビットに 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- FRDY ビットが 1 のとき FBPROT0 レジスタに 8 ビットを書いたとき

- FRDY ビットが 1 のとき、KEY ビットで指定された 0x78 以外の値と 16 ビットを FBPROT0 レジスタに書いたとき
- FBPROT0 レジスタへの書き込みが許可されているとき BPCN0 ビットに 0 を書いたとき
- FENTRYR レジスタ値が 0x0000 のとき

40.4.16 FBPROT1: セキュア用フラッシュブロック保護レジスタ

Base address: FACL = 0x407F_E000

Offset address: 0x7C

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	KEY[7:0]							—	—	—	—	—	—	—	—	BPCN 1
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	BPCN1	セキュア用ブロック保護解除 0: ブロック保護有効 1: ブロック保護無効	R/W(注1) (注2)
7:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
15:8	KEY[7:0]	キーコード	W(注3)

注 1. 本ビットは、FSTATR レジスタの FRDY ビットが 1 のとき書き込み可能です。FRDY ビットが 0 のとき本ビットに書き込んでも無視されます。

注 2. 本ビットへの書き込みは、16 ビットが書き込まれ、KEY[7:0] ビットに書き込まれた値が 0xB1 の場合のみ可能です。

注 3. 書き込まれた値はビットにより保持されません（常に 0x00 が読み出されます）。

FBPROT1 レジスタは、セキュア開発者用のブロック保護機能を無効にするのに使用されます。ブロック保護設定が永久ブロック設定によりロックされている場合は、本レジスタでは無効にできません。

FBPROT1 レジスタ値は、FSUINITR レジスタの SUINIT ビットが 1 になると初期化されます。なぜなら、その場合、FENTRYR レジスタ値が 0x0000 に初期化されるからです。リセットによっても初期化されます。

BPCN1 ビット (セキュア用ブロック保護解除)

BPCN1 ビットは、セキュア関数用のブロック保護設定を無効にします。

[1 になる条件]

- 書き込み許可条件が満たされており FENTRYR レジスタ値が 0x0000 ではないとき、BPCN1 ビットに 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- FRDY ビットが 1 のとき FBPROT1 レジスタに 8 ビットを書いたとき
- FRDY ビットが 1 のとき、KEY ビットで指定された 0xB1 以外の値と 16 ビットを FBPROT1 レジスタに書いたとき
- FBPROT1 レジスタへの書き込みが許可されているとき BPCN1 ビットに 0 を書いたとき
- FENTRYR レジスタ値が 0x0000 のとき

40.4.17 FSTATR : フラッシュステータスレジスタ

Base address: FACL = 0x407F_E000

Offset address: 0x80

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	ILGCO MERR	FESE TERR	SECE RR	OTER R	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	FRDY	ILGLE RR	ERSE RR	PRGE RR	SUSR DY	DBFU LL	ERSS PD	PRGS PD	—	FLWE ERR	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
5:0	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
6	FLWEERR	フラッシュライト/イレース保護エラーフラグ 0: エラーの発生なし 1: エラーの発生あり	R
7	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
8	PRGSPD	書き込み中断ステータスフラグ 0: フラッシュシーケンサは書き込みサスペンド処理中またはサスペンド状態ではない 1: フラッシュシーケンサは書き込み中断処理中状態または書き込みサスペンド状態である	R
9	ERSSPD	消去中断ステータスフラグ 0: フラッシュシーケンサは消去サスペンド処理中または消去サスペンド状態ではない 1: フラッシュシーケンサは消去中断処理中状態または消去サスペンド状態である	R
10	DBFULL	データバッファフルフラグ 0: データバッファエンpty 1: データバッファフル	R
11	SUSRDY	サスペンドレディフラグ 0: フラッシュシーケンサはP/E サスペンドコマンド受信不可 1: フラッシュシーケンサはP/E サスペンドコマンド受信可	R
12	PRGERR	書き換えエラーフラグ 0: 書き換えが正常終了 1: 書き換え中にエラー発生	R
13	ERSERR	消去エラーフラグ 0: 消去が正常終了 1: 消去中にエラー発生	R
14	ILGLEERR	不正コマンドエラーフラグ 0: フラッシュシーケンサは不正 FACL コマンドまたは不正フラッシュメモリアクセスを検出 1: フラッシュシーケンサは不正 FACL コマンドまたは不正フラッシュメモリアクセスを検出	R
15	FRDY	フラッシュレディフラグ 0: プログラム、ブロックイレース、マルチブロックイレース、P/E サスペンド、P/E レジューム、強制停止、ブランクチェック、コンフィグレーション設定コマンド処理が進行中 1: 上記のいずれの処理も進行中ではない	R
19:16	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
20	OTERR	その他のエラー 0: ステータスクリアまたは強制停止コマンド処理が完了 1: エラー発生	R

ビット	シンボル	機能	R/W
21	SECERR	セキュリティエラー 0: ステータスクリアまたは強制停止コマンド処理が完了 1: エラー発生	R/W
22	FESETERR	FENTRY 設定エラー 0: ステータスクリアまたは強制停止コマンド処理が完了 1: エラー発生	R
23	ILGCOMERR	不正コマンドエラー 0: ステータスクリアまたは強制停止コマンド処理が完了 1: エラー発生	R
31:24	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W

FSTATR レジスタは、フラッシュシーケンサのステータスを表示するレジスタです。

FLWEERR フラグ (フラッシュライト/イレース保護エラーフラグ)

FLWEERR フラグは、FWEPROR レジスタのフラッシュメモリ上書き保護設定に対する違反を表示します。このフラグが 1 になると、フラッシュシーケンサはコマンドロック状態になります。

[1 になる条件]

- エラーが発生したとき

[0 になる条件]

- フラッシュシーケンサが強制停止コマンドの処理を開始したとき

PRGSPD フラグ (書き込み中断ステータスフラグ)

PRGSPD フラグは、フラッシュシーケンサが書き込み中断処理中状態または書き込みサスペンド状態であることを示します。

[1 になる条件]

- フラッシュシーケンサが書き込み中断コマンドの処理を開始したとき

[0 になる条件]

- (FACI コマンド発行領域への書き込み完了後) フラッシュシーケンサが P/E レジュームコマンドを受信したとき
- フラッシュシーケンサが強制停止コマンドの処理を開始したとき

ERSSPD フラグ (消去中断ステータスフラグ)

ERSSPD フラグは、フラッシュシーケンサが消去中断処理中状態または消去サスペンド状態であることを示します。

[1 になる条件]

- フラッシュシーケンサが消去中断コマンドの処理を開始したとき

[0 になる条件]

- (FACI コマンド発行領域への書き込み完了後) フラッシュシーケンサが P/E レジュームコマンドを受信したとき
- フラッシュシーケンサが強制停止コマンドの処理を開始したとき

DBFULL フラグ (データバッファフルフラグ)

DBFULL フラグは、プログラムコマンド発行後のデータバッファの状態を示します。フラッシュシーケンサは、書き込みデータのバッファ (データバッファ) を内蔵しています。データバッファがフルのときフラッシュメモリへの書き込みデータが FACI コマンド発行領域に書かれると、フラッシュシーケンサは周辺バスにウェイトを 1 サイクル挿入します。

[1 になる条件]

- プログラムコマンド発行時データバッファがフルになったとき

[0 になる条件]

- データバッファがエンプティになったとき

SUSRDY フラグ (サスペンドレディフラグ)

SUSRDY フラグは、フラッシュシーケンサが P/E サスペンドコマンドを受信可能かどうかを示します。

[1 になる条件]

- プログラム/イレース処理開始後フラッシュシーケンサが P/E サスペンドコマンド受信可能状態になったとき

[0 になる条件]

- (FACI コマンド発行領域への書き込み完了後) フラッシュシーケンサが P/E サスペンドコマンドまたは強制停止コマンドを受信したとき
- 書き込みまたは消去中にフラッシュシーケンサがコマンドロック状態になったとき
- 書き込みまたは消去が完了したとき

PRGERR フラグ (書き換えエラーフラグ)

PRGERR フラグは、フラッシュメモリの書き込みの結果を示します。このフラグに 1 になると、フラッシュシーケンサはコマンドロック状態になります。

[1 になる条件]

- 書き込み中にエラーが発生したとき

[0 になる条件]

- フラッシュシーケンサがステータスクリアコマンドまたは強制停止コマンドの処理を開始したとき

ERSERR フラグ (消去エラーフラグ)

ERSERR フラグは、フラッシュメモリの消去の結果を示します。このフラグに 1 になると、フラッシュシーケンサはコマンドロック状態になります。

[1 になる条件]

- 消去中にエラーが発生したとき

[0 になる条件]

- フラッシュシーケンサがステータスクリアコマンドまたは強制停止コマンドの処理を開始したとき

ILGLERR フラグ (不正コマンドエラーフラグ)

ILGLERR フラグは、フラッシュシーケンサが不正 FACI コマンドまたは不正フラッシュメモリアccessを検出したことを示します。このフラグに 1 になると、フラッシュシーケンサはコマンドロック状態になります。

[1 になる条件]

- 「[40.11.2. エラープロテクション](#)」を参照してください。

[0 になる条件]

- フラッシュシーケンサがステータスクリアコマンドまたは強制停止コマンドの処理を開始したとき

FRDY フラグ (フラッシュレディフラグ)

FRDY フラグは、フラッシュメモリのコマンド処理の状態を示します。

[1 になる条件]

- フラッシュシーケンサがコマンド処理を完了したとき
- フラッシュシーケンサが P/E サスペンドコマンドを受信し、フラッシュメモリの処理を中断したとき
- フラッシュシーケンサが強制停止コマンドを受信し、コマンド処理を終了したとき

[0 になる条件]

- フラッシュシーケンサが FACI コマンドを受信したとき
- プログラムおよびコンフィグレーション設定コマンドの場合、FACI コマンド発行領域に最初書き込みしたとき
- その他のコマンドの場合、FACI コマンド発行領域に最後に書き込みしたとき

OTERR フラグ (その他のエラー)

表 40.21 を参照してください。このフラグに 1 になると、フラッシュシーケンサはコマンドロック状態になります。

[1 になる条件]

- エラーが発生したとき

[0 になる条件]

- ステータスクリアまたは強制停止コマンド処理が完了したとき

SECERR フラグ (セキュリティエラー)

表 40.21 を参照してください。このフラグに 1 になると、フラッシュシーケンサはコマンドロック状態になります。

[1 になる条件]

- エラーが発生したとき

[0 になる条件]

- ステータスクリアまたは強制停止コマンド処理が完了したとき

FESETERR フラグ (FENTRY 設定エラー)

表 40.21 を参照してください。このフラグに 1 になると、フラッシュシーケンサはコマンドロック状態になります。

[1 になる条件]

- エラーが発生したとき

[0 になる条件]

- ステータスクリアまたは強制停止コマンド処理が完了したとき

ILGCOMERR フラグ (不正コマンドエラー)

表 40.21 を参照してください。このフラグに 1 になると、フラッシュシーケンサはコマンドロック状態になります。

[1 になる条件]

- エラーが発生したとき

[0 になる条件]

- ステータスクリアまたは強制停止コマンド処理が完了したとき

40.4.18 FENTRYR : フラッシュ P/E モードエントリレジスタ

Base address: FACI = 0x407F_E000

Offset address: 0x84

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	KEY[7:0]							FENT RYD	—	—	—	—	—	—	—	FENT RYC
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	FENTRYC	コードフラッシュ P/E モードエントリ 0: コードフラッシュは読み出しモード 1: コードフラッシュは P/E モード	R/W(注1) (注2)
6:1	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
7	FENTRYD	データフラッシュ P/E モードエントリ 0: データフラッシュは読み出しモード 1: データフラッシュは P/E モード	R/W(注1) (注2)
15:8	KEY[7:0]	キーコード	W(注3)

注 1. これらのビットは、FSTATR レジスタの FRDY ビットが 1 のとき書き込み可能です。FRDY ビットが 0 の場合にこれらのビットに書き込んでも無視されます。

注 2. これらのビットへの書き込みは、16 ビットが書き込まれ、KEY[7:0] ビットに書き込まれた値が 0xAA の場合のみ可能です。

注 3. 書き込まれた値はビットにより保持されません（常に 0x00 が読み出されます）。

FENTRYR レジスタは、コードフラッシュ P/E モードまたはデータフラッシュ P/E モードを指定するのに使用されます。コードフラッシュ P/E モードまたはデータフラッシュ P/E モードを指定しフラッシュシーケンサが FACI コマンドを受信できるようにするには、FENTRYD ビットまたは FENTRYC ビットを 1 にし、フラッシュシーケンサを P/E モードにします。

FENTRYR レジスタは、FSUINTR.SUINIT ビットが 1 になると初期化されます。リセットによっても初期化されます。

注. 本レジスタに値 0xAA81 を書き込むと、FSTATR レジスタの ILGLERR ビットが 1 になり、その結果、フラッシュシーケンサがコマンドロック状態になります。

FENTRYC ビット（コードフラッシュ P/E モードエントリ）

FENTRYC ビットは、コードフラッシュメモリに対して P/E モードを指定します。

[1 になる条件]

- FENTRYR レジスタへの書き込みが許可されており、FENTRYR レジスタが 0x0000 のとき FENTRYC ビットに 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- FRDY ビットが 1 のとき FENTRYR レジスタに 8 ビットを書いたとき
- KEY[7:0] ビットに 0xAA 以外の値が指定され、かつ FRDY ビットが 1 のとき FENTRYR レジスタに 16 ビットを書いたとき
- FENTRYR レジスタへの書き込みが許可されているとき FENTRYC ビットに 0 を書いたとき
- 書き込みが許可されており、かつ値が 0x0000 以外の場合に FENTRYR レジスタに書いたとき
- FMEPROT レジスタの保護が有効であるとき

FENTRYD ビット（データフラッシュ P/E モードエントリ）

FENTRYD ビットは、データフラッシュメモリに対して P/E モードを指定します。

[1 になる条件]

- FENTRYR レジスタへの書き込みが許可されており、FENTRYR が 0x0000 のとき FENTRYD ビットに 1 を書いたとき

[0 になる条件]

- FRDY ビットが 1 のとき FENTRYR レジスタに 8 ビットを書いたとき
- FRDY ビットが 1 のとき KEY[7:0] ビットに 0xAA 以外の値が指定されている状態で FENTRYR レジスタに 16 ビットを書いたとき
- FENTRYR レジスタへの書き込みが許可されているとき FENTRYD ビットに 0 を書いたとき
- 書き込みが許可されており、かつ値が 0x0000 以外の場合に FENTRYR レジスタに書いたとき

KEY[7:0]ビット (キーコード)

KEY[7:0]ビットは、FENTRYD ビットまたは FENTRYC ビットへの書き込み許可を制御します。

40.4.19 FSUINITR : フラッシュシーケンサセットアップ初期化レジスタ

Base address: FACL = 0x407F_E000

Offset address: 0x8C

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	KEY[7:0]								—	—	—	—	—	—	—	SUINI T
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SUINIT	セットアップ初期化 0: FSADDR、FEADDR、FBPROT0、FBPROT1、FENTRYR、FBCCNT、FCPSR の各フラッシュシーケンサセットアップレジスタは、現在の値を維持 1: FSADDR、FEADDR、FBPROT0、FBPROT1、FENTRYR、FBCCNT、FCPSR の各フラッシュシーケンサセットアップレジスタは、初期化される	R/W(注1) (注2)
7:1	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W
15:8	KEY[7:0]	キーコード	W(注3)

注1. 本ビットは、FSTATR レジスタの FRDY ビットが1のとき書き込み可能です。FRDY ビットが0の場合に本ビットに書き込んでも無視されます。

注2. これらのビットへの書き込みは、16ビットが書き込まれ、KEY[7:0]ビットに書き込まれた値が0x2Dの場合のみ可能です。

注3. 書き込まれた値はビットにより保持されません (常に0x00が読み出されます)。

FSUINITR レジスタは、フラッシュシーケンサセットアップの初期化に使用されます。

SUINIT ビット (セットアップ初期化)

SUINIT ビットは、以下のフラッシュシーケンサセットアップレジスタを初期化します。

- FSADDR
- FEADDR
- FBPROT0
- FBPROT1
- FENTRYR
- FBCCNT
- FCPSR

KEY[7:0]ビット (キーコード)

KEY[7:0]ビットは、SUINIT ビットへの書き込み許可を制御します。

40.4.20 FCMDR : FACL コマンドレジスタ

Base address: FACL = 0x407F_E000

Offset address: 0xA0

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	CMDR[7:0]								PCMDR[7:0]							
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	PCMDR[7:0]	プリコマンドフラグ 最後のコマンドの直前のコマンドが格納されます。	R
15:8	CMDR[7:0]	コマンドフラグ 最後のコマンドが格納されます。	R

FCMDR レジスタは、フラッシュシーケンサが受け取った一番最近の2つのコマンドを記録します。

PCMDR[7:0]ビット (プリコマンドフラグ)

PCMDR[7:0]ビットは、フラッシュシーケンサが一番最近受け取ったコマンドの直前に受け取ったコマンドを示します。

CMDR[7:0]ビット (コマンドフラグ)

CMDR[7:0]ビットは、フラッシュシーケンサが一番最近受け取ったコマンドを示します。

表 40.5 コマンド受信後の FCMDR レジスタの状態

コマンド	CMDR	PCMDR
プログラム	0xE8	前回コマンド
ブロックイレース	0xD0	0x20
マルチブロックイレース	0xD0	0x21
P/E サスペンド	0xB0	前回コマンド
P/E レジューム	0xD0	前回コマンド
ステータスクリア	0x50	前回コマンド
強制停止	0xB3	前回コマンド
ブランクチェック	0xD0	0x71
コンフィグレーション設定	0x40	前回コマンド

40.4.21 FBCCNT : ブランクチェックコントロールレジスタ

Base address: FACL = 0x407F_E000

Offset address: 0xD0

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	BCDIR
------------	---	---	---	---	---	---	---	-------

Value after reset: 0 0 0 0 0 0 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	BCDIR	ブランクチェックの方向 0: ブランクチェックは下位アドレスから上位アドレス (インクリメンタルモード) 方向に行う 1: ブランクチェックは上位アドレスから下位アドレス (デクリメンタルモード) 方向に行う	R/W
7:1	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

FBCCNT レジスタは、ブランクチェックコマンド処理におけるアドレッシングモードを指定します。FBCCNT レジスタは、FSUINITR.SUINIT ビットが1になると初期化されます。リセットによっても初期化されます。

BCDIR ビット (ブランクチェックの方向)

BCDIR ビットは、ブランクチェックのアドレッシングモードを指定します。

40.4.22 FBCSTAT : ブランクチェックステータスレジスタ

Base address: FACL = 0x407F_E000

Offset address: 0xD4

Bit position:	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	BCST
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	BCST	ブランクチェックステータスフラグ 0: 対象領域は未プログラム状態 (すなわち、領域はイレース後にプログラミングしていない) 1: 対象領域は0と1でプログラミング済	R
7:1	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

FBCSTAT レジスタは、ブランクチェックコマンドによるチェックの結果を格納します。

BCST フラグ (ブランクチェックステータスフラグ)

BCST フラグは、ブランクチェックコマンドによるチェックの結果を示します。

40.4.23 FPSADDR : データフラッシュ書き込み開始アドレスレジスタ

Base address: FACL = 0x407F_E000

Offset address: 0xD8

Bit position:	31	17	16	0
Bit field:	—	—	—	PSADR[16:0]
Value after reset:	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
16:0	PSADR[16:0]	書き込み領域開始アドレス 最初に書き込まれる領域のアドレス	R
31:17	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

FPSADDR レジスタは、ブランクチェックコマンドの処理で見つかった最初の書き込み領域のアドレスを示します。

PSADR[16:0]ビット (書き込み領域開始アドレス)

PSADR[16:0]ビットは、ブランクチェックコマンドの処理で見つかった最初の書き込み領域のアドレスを示します。アドレスは、データフラッシュメモリの開始アドレスからのオフセットです。これらのビットは、FBCSTAT レジスタの BCST ビットが1で、FSTATR レジスタの FRDY ビットが1の場合のみ有効です。FBCSTAT レジスタの BCST ビットが0の場合は、PSADR[16:0]ビットは、前のチェックで見つかったアドレスを保持します。

40.4.24 FSUASMON : フラッシュスタートアップ領域選択モニタレジスタ

Base address: FACL = 0x407F_E000

Offset address: 0xDC

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	BTFLG	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0/1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	FSPR	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0/1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
14:0	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R
15	FSPR	ブートフラグおよびスタートアップ領域制御設定用保護書き込みフラグ 0: 保護状態 1: 非保護状態	R
30:16	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R
31	BTFLG	ブートスワップ用のスタートアップ領域選択フラグ 0: スタートアップ領域は代替ブロック (ブロック 1) 1: スタートアップ領域はデフォルトブロック (ブロック 0)	R

FSPR ビット (ブートフラグおよびスタートアップ領域制御設定用保護書き込みフラグ)

FSPR ビットは、BTFLG ビットおよび FSUACR レジスタについてコンフィグレーション設定コマンドからの保護状態を示します。

リセットまたはコンフィグレーション設定コマンドに応じて、FACL はデータをフラッシュメモリから本レジスタに転送します。

BTFLG ビット (ブートスワップ用のスタートアップ領域選択フラグ)

BTFLG ビットは、スタートアップ領域のアドレスがブートスワップ機能用に入れ替えられているか否かを示します。

リセットまたはコンフィグレーション設定コマンドに応じて、FACL はデータをフラッシュメモリから本レジスタに転送します。

40.4.25 FCPSR : フラッシュシーケンサ処理切り替えレジスタ

Base address: FACL = 0x407F_E000

Offset address: 0xE0

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ESUS PMD
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	ESUSPMD	消去サスペンドモード 0: サスペンド優先モード 1: 消去優先モード	R/W
15:1	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R/W

FCPSR レジスタは、消去サスペンドモードを選択します。FCPSR は、FSUINTR.SUINIT ビットが 1 になると初期化されます。リセットによっても初期化されます。

ESUSPMD ビット (消去サスペンドモード)

ESUSPMD ビットは、フラッシュシーケンサがイレース処理を実行時 P/E サスペンドコマンドが発行された場合消去サスペンドモードを選択します (「40.9.3.10. P/E サスペンドコマンド」参照)。ブロックイレースコマンドまたはマルチブロックイレースコマンド発行前に本ビットを設定してください。

40.4.26 FPCKAR : フラッシュシーケンサ処理クロック通知レジスタ

Base address: FACL = 0x407F_E000

Offset address: 0xE4

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	KEY[7:0]								PCKA[7:0]							
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	PCKA[7:0]	フラッシュシーケンサ動作クロック通知 これらのビットは、FACL コマンド処理中のフラッシュシーケンサの動作周波数を設定するのに使用されます。	R/W(注1) (注2)
15:8	KEY[7:0]	キーコード	W(注3)

注 1. 本ビットは、FSTATR レジスタの FRDY ビットが 1 のとき書き込み可能です。FRDY ビットが 0 の場合に本ビットに書き込んでも無視されます。

注 2. これらのビットへの書き込みは、16 ビットが書き込まれ、KEY[7:0] ビットに書き込まれた値が 0x1E の場合のみ可能です。

注 3. 書き込まれた値はビットにより保持されません (常に 0x00 が読み出されます)。

FPCKAR レジスタは、FACL コマンド処理中のフラッシュシーケンサの動作周波数を指定します。該当製品の最大動作周波数が初期値として設定されています。

PCKA[7:0] ビット (フラッシュシーケンサ動作クロック通知)

PCKA[7:0] ビットは、FACL コマンド処理中のフラッシュシーケンサの動作周波数を指定します。FACL コマンド発行前にこれらのビットに任意の周波数を設定してください。MHz 単位の周波数を 2 進数に変換後これらのビットに設定します。

例 :

周波数が 35.9 MHz (PCKA = 0x24) の場合です。

35.9 MHz の小数第 1 位を自然数 (= 36) に丸め、2 進数に変換します。

これらのビットに設定された値がフラッシュシーケンサの実際の動作周波数より小さい場合、フラッシュメモリのプログラミング/イレース特性は保証されません。これらのビットに設定された値がフラッシュシーケンサの実際の動作周波数より大きい場合、フラッシュメモリのプログラミング/イレース特性は保証されますが、プログラミング/イレースにかかる時間のような FACL コマンド処理時間は増加します。フラッシュシーケンサの動作周波数が PCKA 値と同じとき FACL コマンド処理時間が最小となります。

KEY[7:0] ビット (キーコード)

KEY[7:0] ビットは、PCKA ビットへの書き込み許可を制御します。

40.4.27 FSUACR : フラッシュスタートアップ領域コントロールレジスタ

Base address: FACL = 0x407F_E000

Offset address: 0xE8

Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	KEY[7:0]								—	—	—	—	—	—	SAS[1:0]	
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット	シンボル	機能	R/W
1:0	SAS[1:0]	スタートアップ領域選択 00: スタートアップ領域は BTFLG ビットにより選択 01: スタートアップ領域は BTFLG ビットにより選択 10: スタートアップ領域はデフォルト領域 (ブロック 0) に一時的に切り替え 11: スタートアップ領域は代替領域 (ブロック 1) に一時的に切り替え	R/W(注1) (注3)
7:2	—	読むと 0 が読めます。書く場合、0 としてください。	R/W
15:8	KEY[7:0]	キーコード	W(注2)

注 1. これらのビットの書き込み条件を下記に示します (これらの条件は同時に満たす必要があります)。

1. 本レジスタへのアクセスサイズは 16 ビットです。
2. KEY[7:0] ビットの値は 0x66 です。
3. FSPR ビットは 1 です。

注 2. 書き込まれた値はビットにより保持されません (常に 0x00 が読み出されます)。

注 3. 本レジスタに書き込みできるのはセキュアアクセスのみです。セキュアアクセス、非セキュアリードアクセスとも可能です。非セキュアライトアクセスは拒否されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

FSUACR レジスタは、ブートスワップ機能のスタートアップ領域を設定します。

SAS[1:0]ビット (スタートアップ領域選択)

SAS[1:0]ビットは、スタートアップ領域を選択します。スタートアップ領域変更方法は 3 つあります。

KEY[7:0]ビット (キーコード)

KEY[7:0]ビットは、SAS[1:0]ビットへの書き込み許可を制御します。

40.4.28 FCKMHZ : データフラッシュアクセス周波数レジスタ

Base address: FLAD = 0x407F_C000

Offset address: 0x40

Bit position: 7 6 5 4 3 2 1 0

Bit field: FCKMHZ[7:0]

Value after reset: 0 0 1 1 1 1 0 0

ビット	シンボル	機能	R/W
7:0	FCKMHZ[7:0]	データフラッシュアクセス周波数レジスタ これらのビットは、データフラッシュメモリの読み出し速度を最適化します。	R/W

注. セキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、

- セキュアのアクセスと非セキュアのリードアクセスは許可されています。
- 非セキュアのライトアクセスは無視されますが、TrustZone アクセスエラーは生成されません。

セキュリティ属性が非セキュアに設定されている場合、

- セキュアアクセスと非セキュアアクセスが許可されます。

本レジスタは、データフラッシュメモリの読み出し速度を最適化します。

データフラッシュメモリにアクセスするためのクロックである内部周辺バスの周辺モジュールクロック (FCLK) の周波数を MHz で設定してください。たとえば、35.9 MHz は丸めて、周波数を 36 に設定してください。データフラッシュメモリアクセスに必要なサイクル数は、この周波数に応じて挿入されます。FCLK の周波数を変更する場合、変更前後で動作周波数が下がるがどうかに応じて次の方法のいずれかを使ってデータフラッシュアクセス周波数レジスタ (FCKMHZ) の値を下記の手順に従い変更します。

- 速度を低速から高速に変える場合: FCKMHZ レジスタを書き換えます。FCKMHZ レジスタを読み出して変更を確認後、周波数を変更します。
- 速度を高速から低速に変える場合: 周波数を変更します。周波数が変わったら FCKMHZ レジスタを書き換えます。

40.5 フラッシュキャッシュ

40.5.1 フラッシュキャッシュの特長

FCACHE（フラッシュキャッシュ）は、バスマスタからフラッシュメモリへのリードアクセスを高速化します。FCACHEには以下が含まれます。

- CPU 命令フェッチで使用する FCACHE1
- CPU オペランドアクセスで使用する FCACHE2
- CPU 命令フェッチのプリフェッチアクセスで使用する FLPF

表 40.6 フラッシュキャッシュ 1 (FCACHE1) の概要

キャッシュ対象領域	0x0000_0000~0x007F_FFFF
対象バスマスタ	CPU 命令フェッチ
容量	256 バイト
アソシアティブ方式	8 ウェイセットアソシアティブ 128 ビット/エントリ（128 ビット整列データ）、2 エントリ/ウェイ
アクセスサイクル	キャッシュヒット：0 ウェイト キャッシュミス：フラッシュウェイトサイクルレジスタのウェイト数

表 40.7 フラッシュキャッシュ 2 (FCACHE2) の概要

キャッシュ対象領域	0x0000_0000~0x007F_FFFF
対象バスマスタ	CPU オペランドアクセス
容量	16 バイト
アソシアティブ方式	フルアソシアティブ 128 ビット/エントリ（128 ビット整列データ）、1 エントリ
アクセスサイクル	キャッシュヒット：0 ウェイト キャッシュミス：フラッシュウェイトサイクルレジスタのウェイト数

表 40.8 プリフェッチバッファ (FLPF) の概要

キャッシュ対象領域	0x0000_0000~0x007F_FFFF
容量	32 バイト
アソシアティブ方式	フルアソシアティブ 128 ビット/エントリ（128 ビット整列データ）、2 エントリ
要求アドレス	前の CPU 命令の次のアドレス
アクセスサイクル	キャッシュヒット：0 ウェイト キャッシュミス：フラッシュウェイトサイクルレジスタのウェイト数

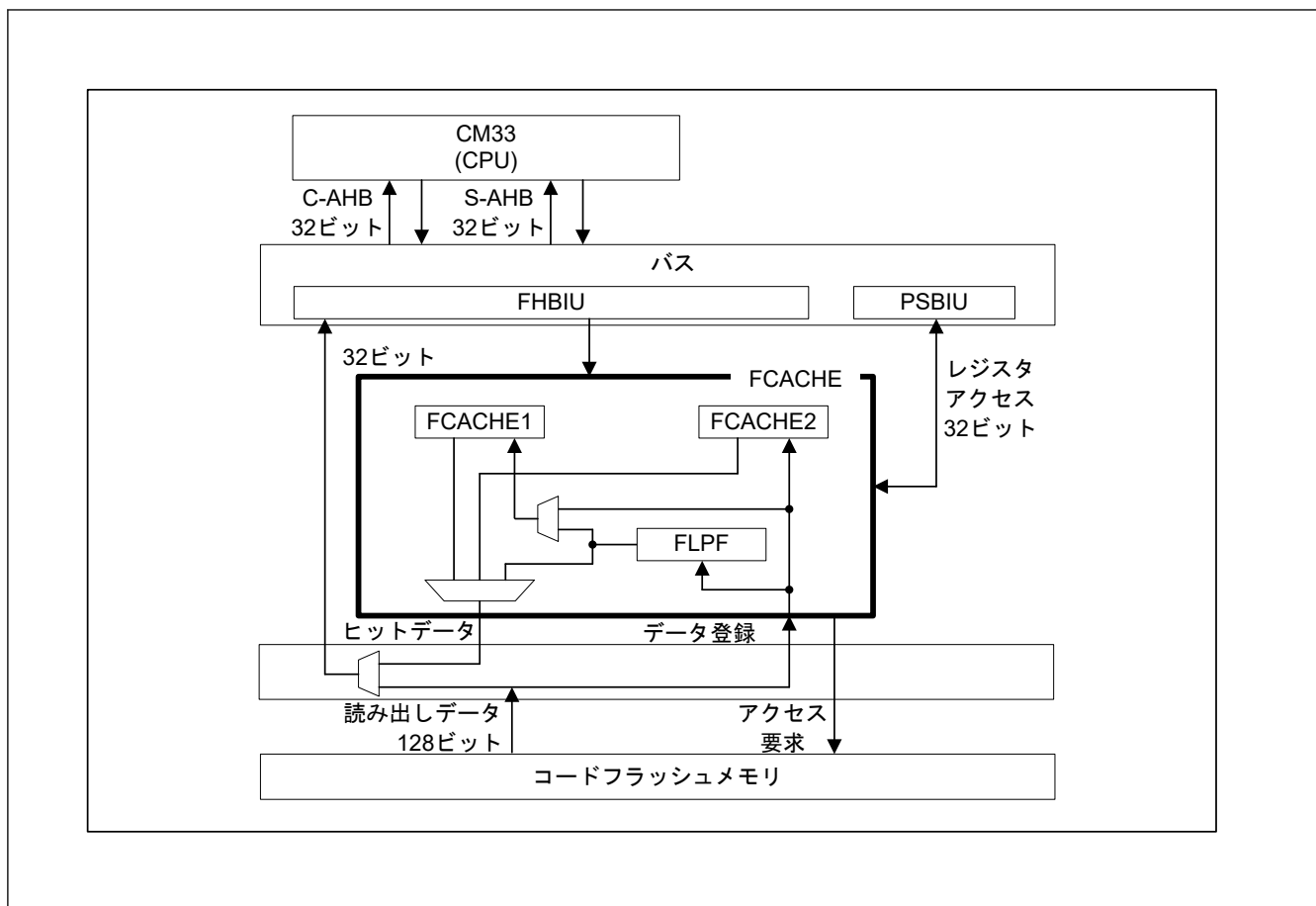


図 40.4 FCACHE のブロック図

40.6 フラッシュメモリ関連の動作モード

図 40.5 にフラッシュメモリに関するモード遷移図を示します。モード設定の方法については「6. オプション設定メモリ」を参照してください。

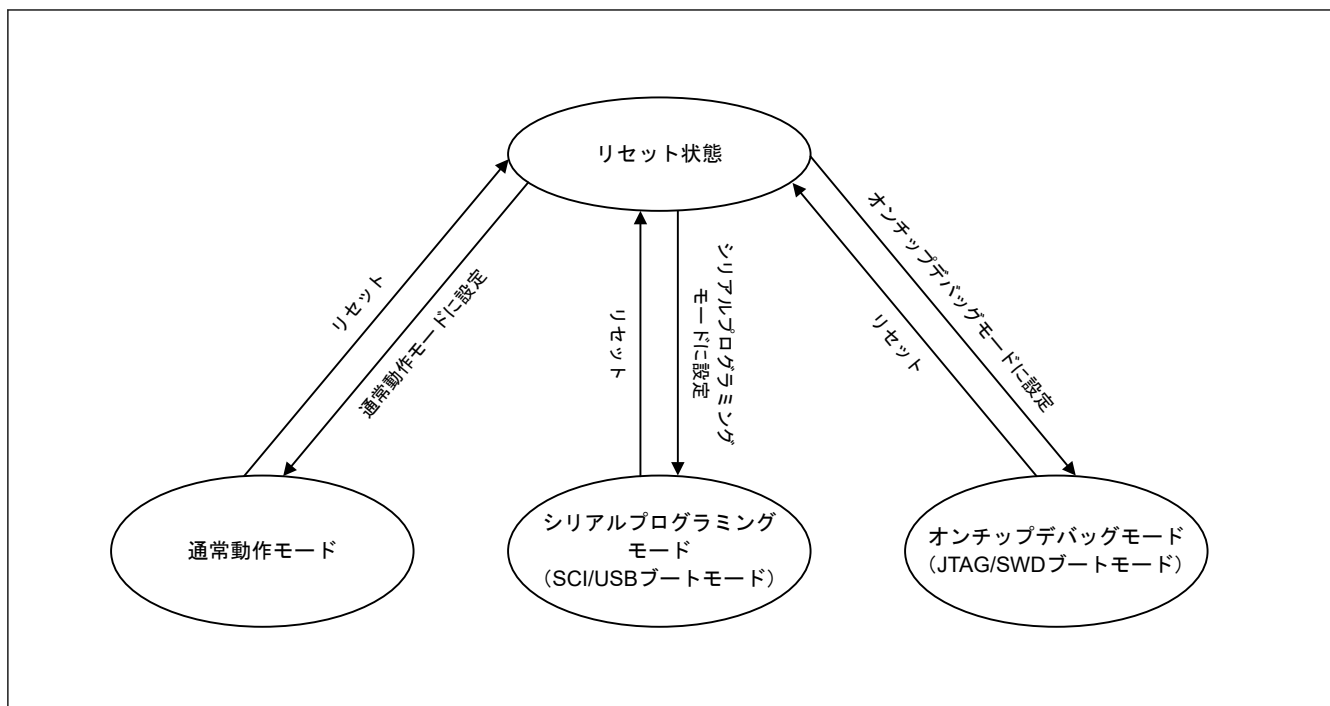


図 40.5 フラッシュメモリに関するモード遷移図

各モードでプログラム／イレースが可能なフラッシュメモリの領域、およびリセット後の起動プログラムは異なります。各モードの相違点を表 40.9 にまとめます。

表 40.9 各モードの相違点

項目	通常動作モード	シリアルプログラミングモード (SCI/USB ブートモード)	オンチップデバッグモード (JTAG/SWD ブートモード)
プログラム／イレースが可能な領域	<ul style="list-style-type: none"> コードフラッシュメモリ データフラッシュメモリ オプション設定メモリ (書き込みのみ) 	<ul style="list-style-type: none"> コードフラッシュメモリ データフラッシュメモリ オプション設定メモリ (書き込みのみ) 	<ul style="list-style-type: none"> コードフラッシュメモリ データフラッシュメモリ オプション設定メモリ (書き込みのみ)
ブロック単位イレース	可能	可能	可能
リセット時のブートプログラム	ユーザ領域のプログラム	シリアルプログラミング用組み込みプログラム	デバッグコマンドに依存

40.7 機能概要

シリアルインタフェース経由（シリアルプログラミングモード）、または JTAG/SWD インタフェース経由（オンチップデバッグモード）で、専用フラッシュメモリプログラマを使用してフラッシュメモリを書き替えることにより、ターゲットシステムへの実装前／実装後にかかわらずデバイスの書き換えが可能です。

また、フラッシュメモリに書かれたユーザプログラムの書き換えまたは読み出しを禁止するセキュリティ機能をサポートしており、第三者によるプログラムの改ざんや不正リードの防止などに対応可能となっています。

ユーザプログラムによる書き換え（セルフプログラミング）は、ターゲットシステムの製造／出荷後のプログラム変更を想定したアプリケーションに適した書き換え方式です。フラッシュメモリを安全に書き換えるためのプロテクション機能もサポートしています。また、セルフプログラミング中の割り込み処理のサポートにより、外部との通信制御に関する割り込み処理を行いながら書き換えを行うなど、さまざまな条件での書き換えが可能です。各プログラミング方式の概要と対応する動作モードを表 40.10 に示します。

表 40.10 プログラミング方式

プログラミング方式	機能概要	動作モード
シリアルプログラミング	SCI/USBFS インタフェース経由で接続されている専用フラッシュメモリプログラマを用いて、ターゲットシステムへの実装後もフラッシュメモリのオンボード書き換えが可能です。	シリアルプログラミングモード
	SCI/USBFS インタフェース経由で接続されている専用フラッシュメモリプログラマ、および専用プログラミングアダプタボードを用いて、たとえばデバイスのプログラミングなど、ターゲットシステム実装前にフラッシュメモリのオフボード書き換えが可能です。	
セルフプログラミング	シリアルプログラミング実行前にメモリに書き込まれたユーザプログラムによっても、フラッシュメモリの書き換えが可能です。データフラッシュメモリの書き換え時には、バックグラウンドオペレーション機能によりコードフラッシュメモリからの命令フェッチまたはデータの読み出しが可能です。そのため、コードフラッシュメモリ上のプログラムを実行してデータフラッシュメモリを書き換えることができます。 バックグラウンドオペレーションを利用できない場合は、セルフプログラミングによるコードフラッシュメモリの書き換え中には、コードフラッシュメモリからの命令フェッチおよびデータアクセスはできません。そのような場合、内蔵 SRAM へ書き換え用のプログラムをあらかじめ転送して実行する必要があります。	通常動作モード
JTAG/SWD プログラミング	JTAG/SWD を経由した専用フラッシュメモリプログラマまたはオンチップデバッガを用いて、ターゲットシステムへの実装後もフラッシュメモリのオンボード書き換えが可能です。 JTAG/SWD を経由した専用フラッシュメモリプログラマまたはオンチップデバッガ、および専用プログラミングアダプタボードを用いて、たとえばデバイスのプログラミングなど、ターゲットシステム実装前にフラッシュメモリのオフボードで書き換えることが可能です。	オンチップデバッグモード

フラッシュメモリの機能一覧を表 40.11 に示します。シリアルプログラミングにおける各機能は、シリアルプログラマのコマンドで実現されます。一方、セルフプログラミングにおける各機能は、FACI コマンドまたはユーザプログラムによるフラッシュメモリの読み出しで実現されます。

表 40.11 基本機能 (1/2)

機能	機能概要	サポートの有無	
		シリアルプログラミング	セルフプログラミング
ブランクチェック	指定したブロックがプログラムされていないことを確認します。イレース後にプログラムされていない状態のデータフラッシュメモリの読み出し結果は保証されません。イレース後にプログラムされていない状態を確認するには、ブランクチェックを使用してください。	なし	あり (データフラッシュプログラミングのみ)
ブロックイレース	指定したブロックのメモリ内容のイレースを行います。	あり	あり
プログラム	指定したアドレスのプログラムを行います。	あり	あり
CRC	フラッシュメモリの指定範囲の CRC を計算し、その結果をフラッシュプログラマに転送します。	あり	なし
リード	フラッシュメモリにプログラムしたデータの読み出しを行います。	あり	なし (ユーザプログラムにて読み出しは可能)
スタートアッププログラムプロテクション機能	スタートアッププログラムプロテクション機能を設定します。	あり	あり
オプション機能選択	オプション機能を選択し、本 MCU の初期設定を変更します。	あり	あり
ブロック保護	ブロック保護の設定	あり	あり
デバイスライフサイクル遷移	デバイスライフサイクルを遷移させます。	あり	なし
メモリセキュリティ属性	メモリセキュリティ属性の設定	あり	なし

表 40.11 基本機能 (2/2)

機能	機能概要	サポートの有無	
		シリアルプログラミング	セルフプログラミング
キー	キーインジェクションを行う。	あり	あり（デバイスライフサイクル遷移に関係するキーを除く）
全消去	フラッシュメモリのデータを消去して出荷前の状態に戻す。	あり	なし

フラッシュメモリは、各種のセキュリティ機能をサポートしています。
フラッシュメモリでサポートされるセキュリティ機能を表 40.12 に示します。

表 40.12 セキュリティ機能一覧

機能	内容
スタートアップ領域選択のセキュリティフラグ	スタートアップ領域選択は、セキュリティフラグ (FSPR) の設定で保護できます。
永久ブロック保護	コードフラッシュメモリの各ブロックはプログラム/イレースから永久に保護できます。
TrustZone 保護	プログラム/イレース領域、読み出し可能領域、レジスタアクセス、および FACI コマンド動作は、ARM TrustZone セキュリティにより保護されます。
プログラム/イレースモード保護	セキュア開発者のみがコードフラッシュのプログラム/イレースモードに遷移できます。

40.8 フラッシュシーケンサの動作モード

フラッシュシーケンサには図 40.6 に示すように 3 つの動作モードがあります。FENTRYR レジスタの値を変更するとモード間の遷移が起動されます。

FENTRYR レジスタの値が 0x0000 の場合、フラッシュシーケンサは読み出しモードです。このモードでは、FACI コマンドを受信しません。コードフラッシュメモリもデータフラッシュメモリも読み出し可能です。

FENTRYR レジスタの値が 0x0001 の場合、フラッシュシーケンサはコードフラッシュ P/E モードで、コードフラッシュメモリは FACI コマンドにより書き換えまたは消去が可能です。このモードでは、データフラッシュメモリは読み出し可能です。

FENTRYR レジスタの値が 0x0080 の場合、フラッシュシーケンサはデータフラッシュ P/E モードで、データフラッシュメモリは FACI コマンドにより書き換えまたは消去が可能です。このモードでは、データフラッシュメモリは読み出しできません。ただし、コードフラッシュメモリは読み出し可能です。

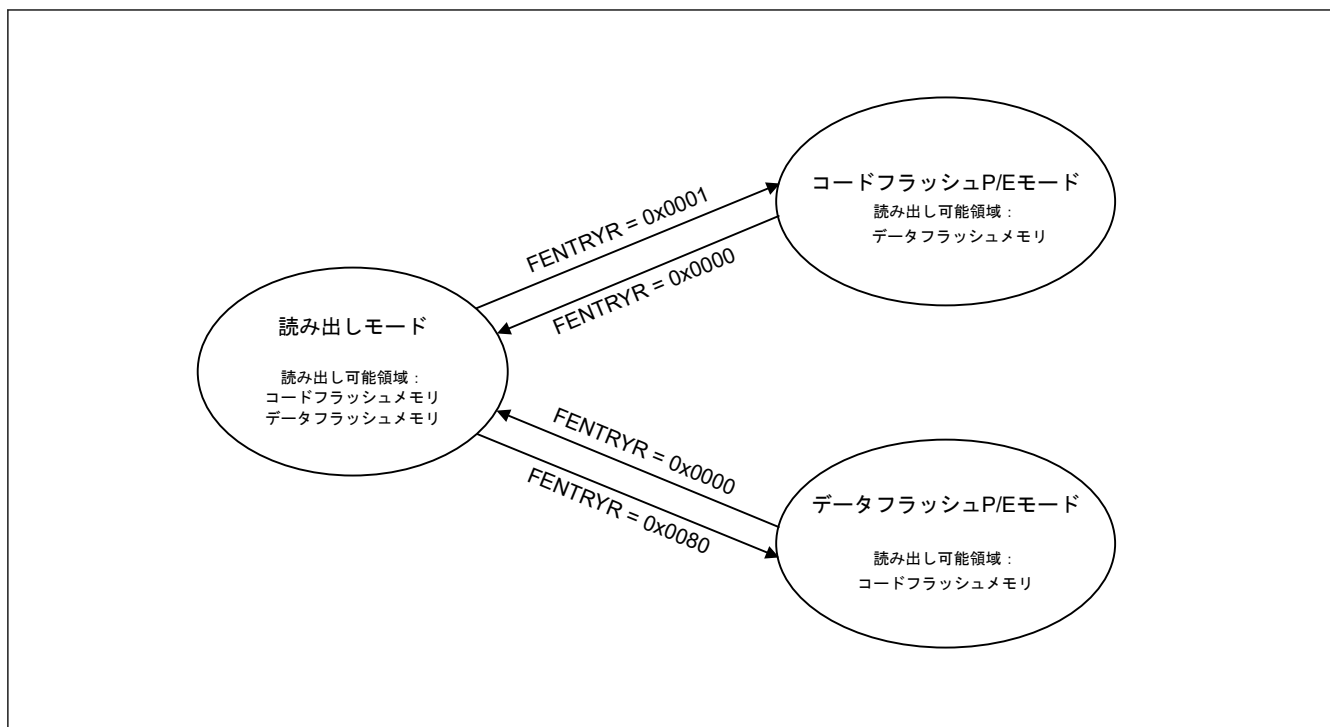


図 40.6 フラッシュシーケンサのモード

40.9 FACI コマンド

40.9.1 FACI コマンド一覧

FACI は設定された FACI コマンドに従って、FCU の制御を行います。

本項では FACI コマンドに関する情報を記述し、表 40.13 に FACI コマンドの一覧を示します。

表 40.13 FACI コマンド

FACI コマンド	機能
プログラム	ユーザー領域およびデータ領域を書き換えます。 ユーザー領域の場合書き換え単位は 128 バイトで、データ領域の場合は 4、8、16 バイトです。
ブロックイレース	ユーザー領域およびデータ領域を消去します。 ユーザー領域の場合消去単位は 8 KB または 32 KB で、データフラッシュの場合は 64 バイトです。
マルチブロックイレース	データ領域を消去します。 データフラッシュの消去単位は、64、128、または 256 バイトです。
P/E サスペンド	プログラム/イレース処理を中断します。
P/E レジューム	中断したプログラム/イレース処理を再開します。
ステータスクリア	FSTATR レジスタの ILGLERR、ERSERR、PRGERR、ILGCOMERR、FESETERR、SECERR、OTERR の各ビット、FASTAT レジスタの CMDLK、CFAE、DFAE の各ビット、およびコマンドロック状態から解除されたフラッシュシーケンサを初期化します。
強制停止	FACI コマンド処理を強制的に中止し、FSTATR レジスタと FASTAT レジスタを初期化します。
ブランクチェック	データ領域がブランクかどうかをチェックします。 ブランクチェックの単位：4 バイト～データフラッシュメモリ容量 (4 バイト単位で指定)
コンフィグレーション設定	オプション設定メモリを設定します。 設定単位：16 バイト

FACI コマンドは、FACI コマンド発行領域に書き込むことにより発行されます (表 40.3 参照)。表 40.14 に示すような書き込みが指定の状態で行うと、フラッシュシーケンサは受信したコマンドに関連する処理を実行します (「40.9.2. フラッシュシーケンサの状態と FACI コマンドの関係」参照)。

表 40.14 FACI コマンドのフォーマット

FACI コマンド	書き込み回数	FACI コマンド発行領域へのデータ書き込み			
		最初のアクセス	2 番目のアクセス	3 番目~(N+2) 番目のアクセス	(N+3) 番目のアクセス
プログラム (ユーザー領域) N = 64	67	0xE8	0x40 (= N)	WD1~WD64	0xD0
プログラム (データ領域) 4 バイトプログラミング: N = 2 8 バイトプログラミング: N = 4 16 バイトプログラミング: N = 8	N+3	0xE8	0x02 (= N) 0x04 (= N) 0x08 (= N)	WD1~WDN	0xD0
ブロックイレース (ユーザー領域 8 KB/32 KB)	2	0x20	0xD0	—	—
ブロックイレース (データ領域 64 バイト)	2	0x20	0xD0	—	—
マルチブロックイレース (データ領域 64/128/256 バイト)	2	0x21	0xD0	—	—
P/E サスペンド	1	0xB0	—	—	—
P/E レジューム	1	0xD0	—	—	—
ステータスクリア	1	0x50	—	—	—
強制停止	1	0xB3	—	—	—
ブランクチェック	2	0x71	0xD0	—	—
コンフィグレーション設定 N = 8	11	0x40	0x08 (= N)	WD1~WD8	0xD0

注: WDN (N = 1, 2, ...): 書き換え対象の N 番目の 16 ビットデータ

フラッシュシーケンサは、ステータスクリアコマンド以外のコマンド処理開始時 FSTATR.FRDY ビットを 0 にクリアし、完了時に 1 にします。

FRDYIE.FRDYIE ビット設定が 1 の場合、FSTATR.FRDY ビットが 1 になるとフラッシュレディ (FRDY) 割り込みが発生します。

40.9.2 フラッシュシーケンサの状態と FACI コマンドの関係

FACI コマンドは、フラッシュシーケンサのモード/状態に応じて受け付けられます。FACI コマンドの発行は、フラッシュシーケンサのコードフラッシュ P/E モードまたはデータフラッシュ P/E モードへの遷移後かつフラッシュシーケンサの状態確認後とします。

フラッシュシーケンサの状態を確認するには FSTATR レジスタおよび FASTAT レジスタを使用してください。さらに、一般的にエラー発生は、FASTAT レジスタの CMDLK ビットを読み出すことにより確認できます。CMDLK ビット値は、FSTATR レジスタの下記のビットの論理和です。

- ILGLERR
- ILGCOMERR
- FESETERR
- SECERR
- OTERR
- ERSERR
- PRGERR
- FLWEERR

表 40.15 に、各動作モードで使用可能な FACI コマンドを示します。

表 40.15 動作モードと使用可能な FACI コマンド

動作モード	FENTRYR	使用可能な FACI コマンド
読み出しモード	0x0000	なし
コードフラッシュ P/E モード	0x0001	プログラム ブロックイレース P/E サスペンド P/E レジューム ステータスクリア 強制停止 コンフィグレーション設定
データフラッシュ P/E モード	0x0080	プログラム ブロックイレース マルチブロックイレース P/E サスペンド P/E レジューム ステータスクリア 強制停止 ブランクチェック

表 40.16 に、フラッシュシーケンサの状態および受け付け可能な FACI コマンドを示します。コマンド実行前に適切なモードになっていることとします。

表 40.16 受け付け可能な FACI コマンドとフラッシュシーケンサの状態

	プログラム、ブロックイレース、またはマルチブロックイレースコマンド処理中	コンフィグレーション設定コマンド処理中	プログラム、ブロックイレース、またはマルチブロックイレースコマンド中断処理中	ブランクチェックコマンド処理中	書き込みサスペンド状態	消去サスペンド状態	消去サスペンド中の書き込み	コマンドロック状態 (FRDY = 1)	コマンドロック状態 (FRDY = 0)	強制停止コマンド処理中	その他の状態
FRDY ビット	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1
SUSRDY ビット	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ERSSPD ビット	0	0	0/1	0/1	0	1	1	0/1	0/1	0	0
PRGSPD ビット	0	0	0/1	0/1	1	0	0	0/1	0/1	0	0
CMDLK ビット	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
プログラム	X	X(注4)	X	X	X	O(注3)	X	X	X	X	O
ブロックイレースまたはマルチブロックイレース	X	X(注4)	X	X	X	X	X	X	X	X	O
P/E サスペンド	O	X(注4)	X	X	X	X	X	—	X	X	—
P/E レジューム	X	X(注4)	X	X	O	O	X	X	X	X	X
ステータスクリア	X	X(注4)	X	X	O	O	X	O	X	X	O
強制停止	O	O(注4)	O	O	O	O	O	O	O	O	O
ブランクチェック	X	X(注4)	X	X	O(注1)	O(注1)	X	X	X	X	O(注1)
コンフィグレーション設定	X	X(注4)	X	X	X	X	X	X	X	X	O(注2)

注. O: 受け付け可能

X: 受け付け不可 (シーケンサはコマンドロック状態になります)

—: 無視

注 1. データフラッシュ P/E モードでのみ受け付け可能

注 2. コードフラッシュ P/E モードでのみ受け付け可能

注 3. 書き込み領域が消去サスペンドブロック以外の場合受け付け可能

注 4. コンフィグレーション設定が処理中で FSTATR.DBFULL ビットが 1 の場合、本コマンドを発行しないでください。

40.9.3 FACI コマンドの使用方式

40.9.3.1 コードフラッシュ P/E モードでのコマンド使用概要

コードフラッシュ P/E モードでの FACI コマンド使用概要を [図 40.7](#) に示します。コードフラッシュ P/E モードで使用可能なコマンドについては、[表 40.15](#) を参照してください。

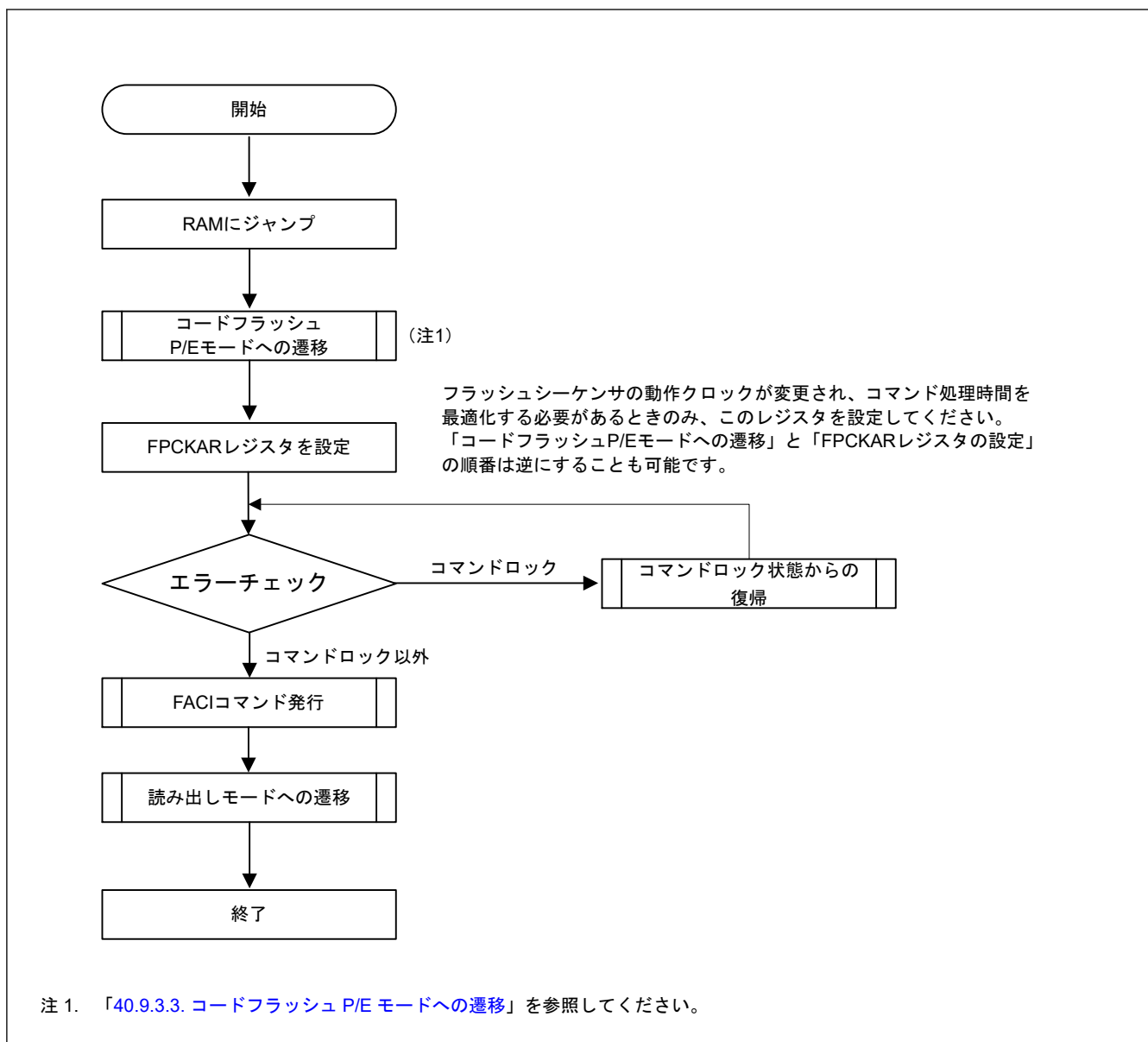


図 40.7 コードフラッシュ P/E モードでのコマンド使用概要

40.9.3.2 データフラッシュ P/E モードでのコマンド使用概要

データフラッシュ P/E モードでの FACI コマンド使用概要を [図 40.8](#)、データフラッシュ P/E モードで使用可能なコマンド一覧を [表 40.15](#) に示します。

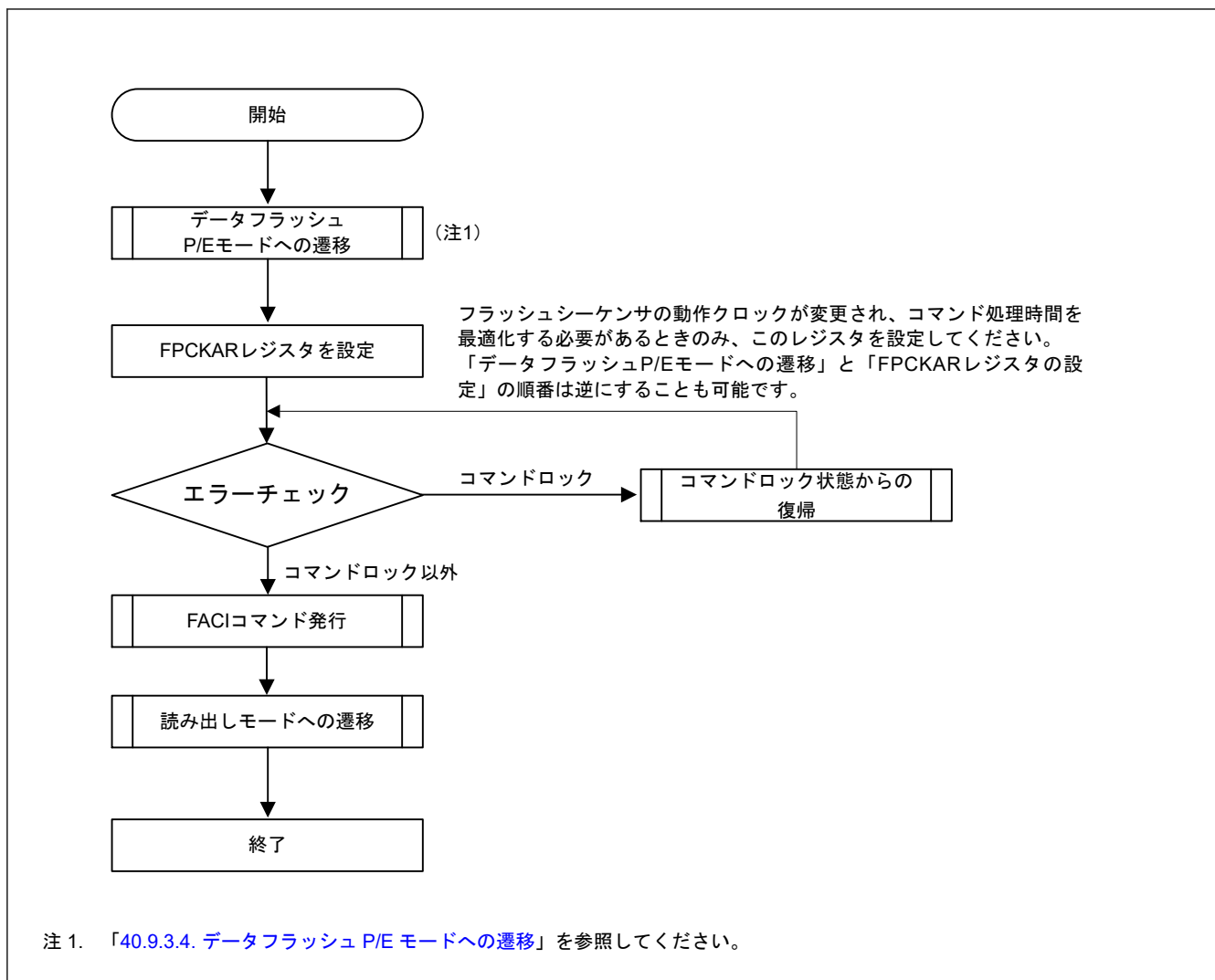


図 40.8 データフラッシュ P/E モードでのコマンド使用概要

40.9.3.3 コードフラッシュ P/E モードへの遷移

コードフラッシュメモリに FACI コマンドを発行するには、FENTRYR レジスタの FENTRYC ビットを 1 にすることによりコードフラッシュ P/E モードに遷移する必要があります。

図 40.9 に、コードフラッシュ P/E モードへの遷移手順を示します。

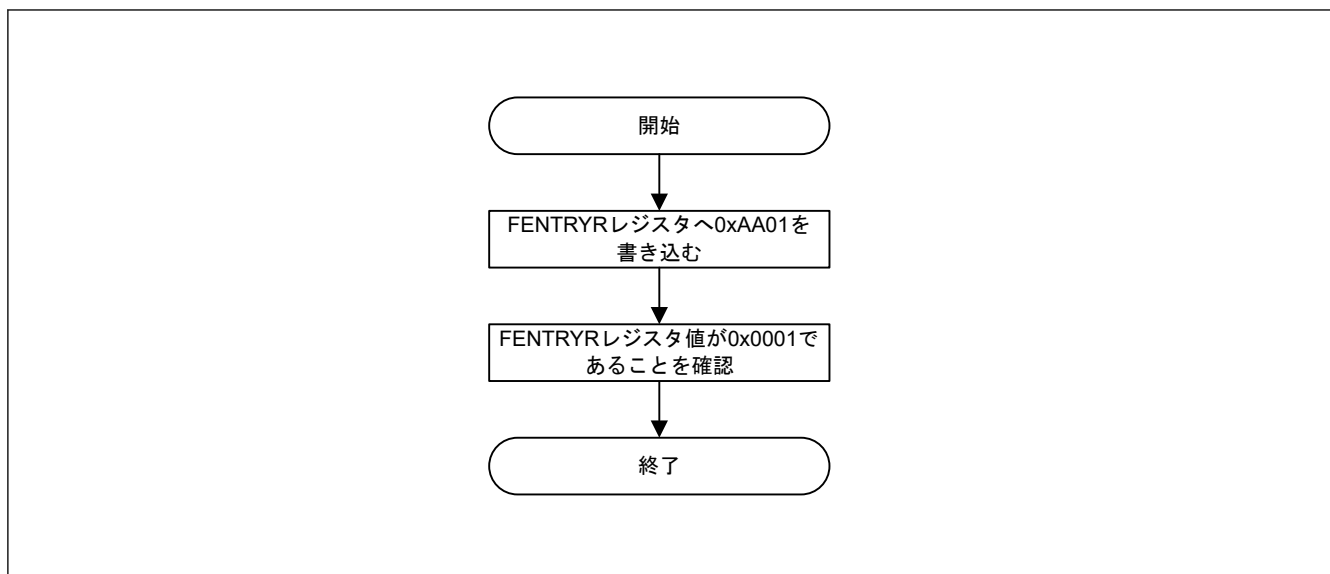


図 40.9 コードフラッシュ P/E モードへの遷移手順

40.9.3.4 データフラッシュ P/E モードへの遷移

データフラッシュメモリに FACI コマンドを発行するには、FENTRYR レジスタの FENTRYD ビットを 1 にすることによりデータフラッシュ P/E モードに遷移する必要があります。

図 40.10 に、データフラッシュ P/E モードへの遷移手順を示します。



図 40.10 データフラッシュ P/E モードへの遷移手順

40.9.3.5 読み出しモードへの遷移

フラッシュメモリを読み出すには、FENTRYR レジスタを 0x0000 に設定することにより読み出しモードに遷移する必要があります。読み出しモードへの遷移は、フラッシュシーケンサの処理完了後かつコマンドロック状態ではない動作状態で行う必要があります。

図 40.11 に、読み出しモードへの遷移手順を示します。

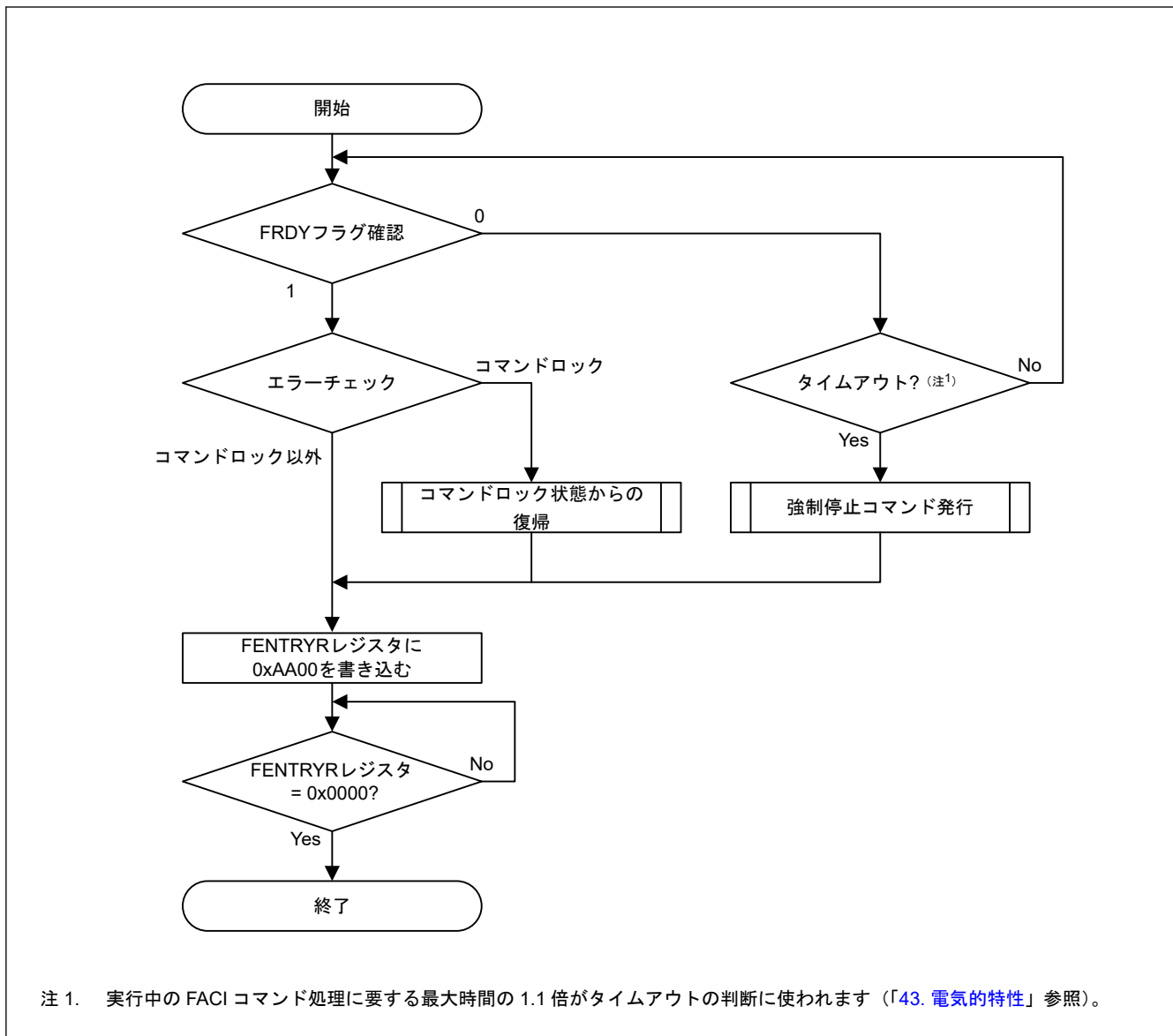


図 40.11 読み出しモードへの遷移手順

40.9.3.6 コマンドロック状態からの復帰

フラッシュシーケンサがコマンドロック状態になると、FACL コマンドは受け付けられなくなります。シーケンサをコマンドロック状態から解放するには、ステータスクリアコマンド、強制停止コマンド、または FASTAT レジスタを使用してください。

P/E サスペンドコマンドを発行する前のエラーチェックによりコマンドロック状態が検出されると、コマンド処理が完了していても FSTAT レジスタの FRDY ビットが 0 になる場合があります。電気的特性で指定されている最大プログラム/イレース時間までに処理が完了しない場合はタイムアウトとなり、強制停止コマンドによりフラッシュシーケンサを停止する必要があります。

FSTAT レジスタの FLWEERR ビットは、ステータスクリアコマンドでは 1 から 0 になりません。これらのビットが 1 の場合、強制停止コマンドを使ってコマンドロック状態を解除してください。コマンドロック状態を示す FSTAT レジスタの FRDY および FLWEERR 以外のビットは、ステータスクリアコマンドまたは強制停止コマンドで 1 から 0 に変更できます。

図 40.12 に、コマンドロック状態からの復帰フローを示します。

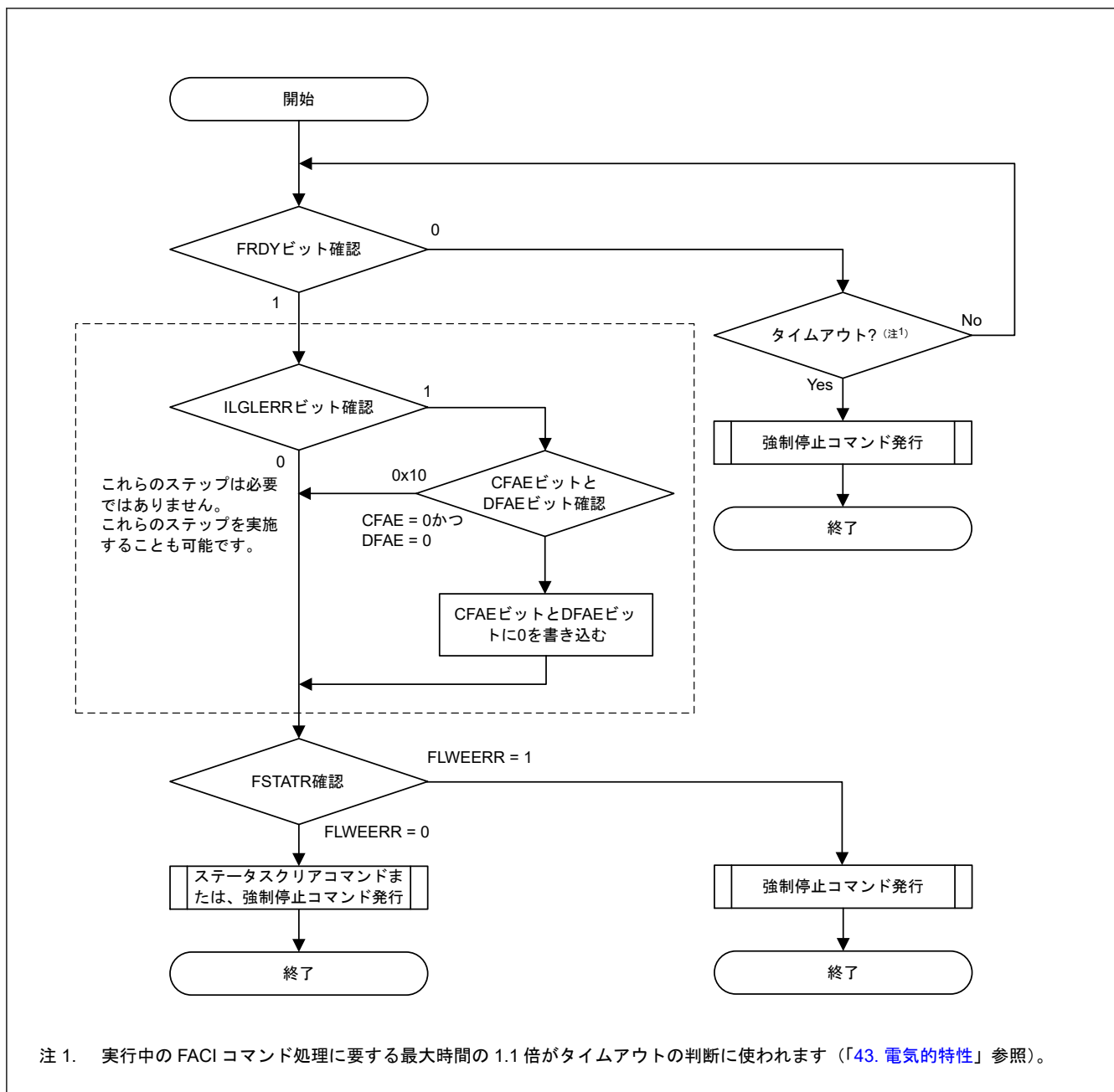


図 40.12 コマンドロック状態からの復帰フロー

40.9.3.7 プログラムコマンド

プログラムコマンドはユーザ領域およびデータ領域への書き込みに使用されます。FSCI プログラムコマンド発行前に、対象ブロックの最初のアドレスを FSADDR レジスタに設定してください。FSCI コマンド発行領域の最終アクセスで 0xD0 を書き込むとプログラムコマンド処理が開始されます。プログラムコマンド処理の対象領域に書き込み用ではない領域が含まれている場合は、該当領域に 0xFFFF を書き込んでください。

FSCI 内部データバッファがフルの状態ではプログラムコマンドを発行すると周辺バスに待ち状態になる期間が発生し、他の周辺モジュールの通信性能に影響を及ぼす可能性があります。待ち期間の発生を避けるには、FSCI コマンド発行時には FSTATR レジスタの DBFULL ビットを 0 にしてください。データ領域に書き込んでもデータバッファがフルになることはありません。

図 40.13 に、プログラムコマンドの使用方法を示します。

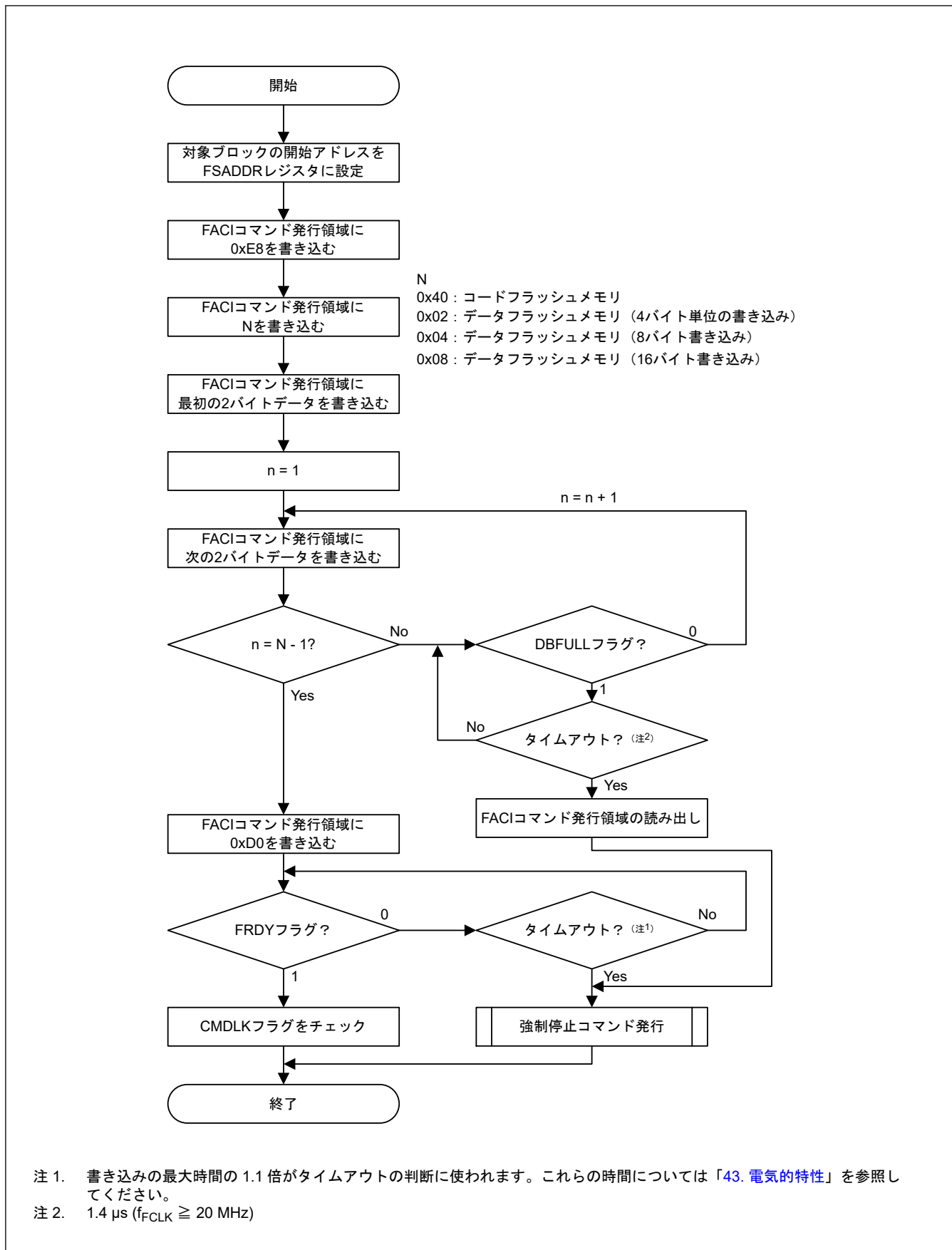


図 40.13 プログラムコマンドの使用フロー

40.9.3.8 ブロックイレースコマンド

ブロックイレースコマンドはユーザ領域またはデータ領域の消去に使用されます。消去はブロック単位です。ブロックイレースコマンド発行前に、対象ブロックの最初のアドレスを FSADDR レジスタに設定してください。FACI コマンドの 2 番目の書き込みで 0xD0 を書くと FACI はブロックイレースコマンド処理を開始します。コマンド処理完了は、FSTATR レジスタの FRDY ビットで確認できます。

ブロックイレースコマンド発行前に FCPSR レジスタを設定してください。さらに、消去サスペンドモードに切り替わる場合は、FCPSR レジスタが設定されている必要があります。

図 40.14 に、ブロックイレースコマンドの使用方法を示します。

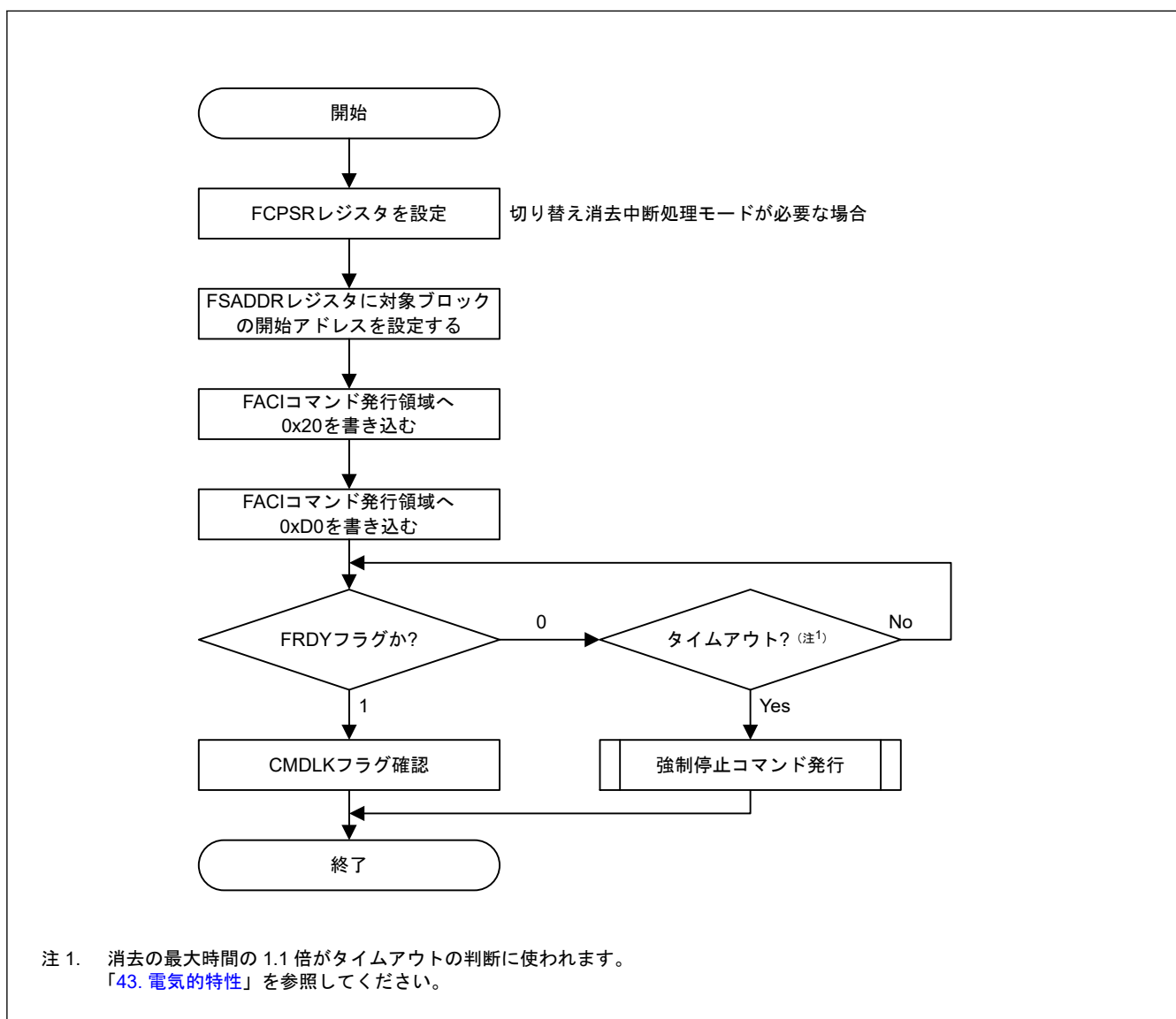


図 40.14 ブロックイレースコマンドの使用フロー

40.9.3.9 マルチブロックイレースコマンド

マルチブロックイレースコマンドはデータ領域の消去に使用されます。消去単位は、64、128、または 256 バイトです。マルチブロックイレースコマンド発行前に、FSADDR レジスタに開始アドレスを、FEADDR レジスタに終了アドレスを設定してください。FACI コマンドの 2 番目の書き込みで 0xD0 を書き込むと、FACI はマルチブロックイレースコマンド処理を開始します。コマンド処理完了は、FSTATR レジスタの FRDY ビットで確認できます。

マルチブロックイレースコマンド発行前に FCPSR レジスタを設定してください。さらに、消去サスペンドモードに切り替える場合は、FCPSR レジスタが設定されている必要があります。

消去サイズの指定は、FSADDR レジスタおよび FEADDR レジスタを設定します。FSADDR レジスタおよび FEADDR レジスタの設定方法を表 40.17 に示します。

表 40.17 消去サイズの設定

消去サイズ	FSADDR	FEADDR
64 バイト	FSA0~FSA5 = 0 (64 バイト境界)	FSADDR + 0x3C
128 バイト	FSA0~FSA6 = 0 (128 バイト境界)	FSADDR + 0x7C
256 バイト	FSA0~FSA7 = 0 (256 バイト境界)	FSADDR + 0xFC

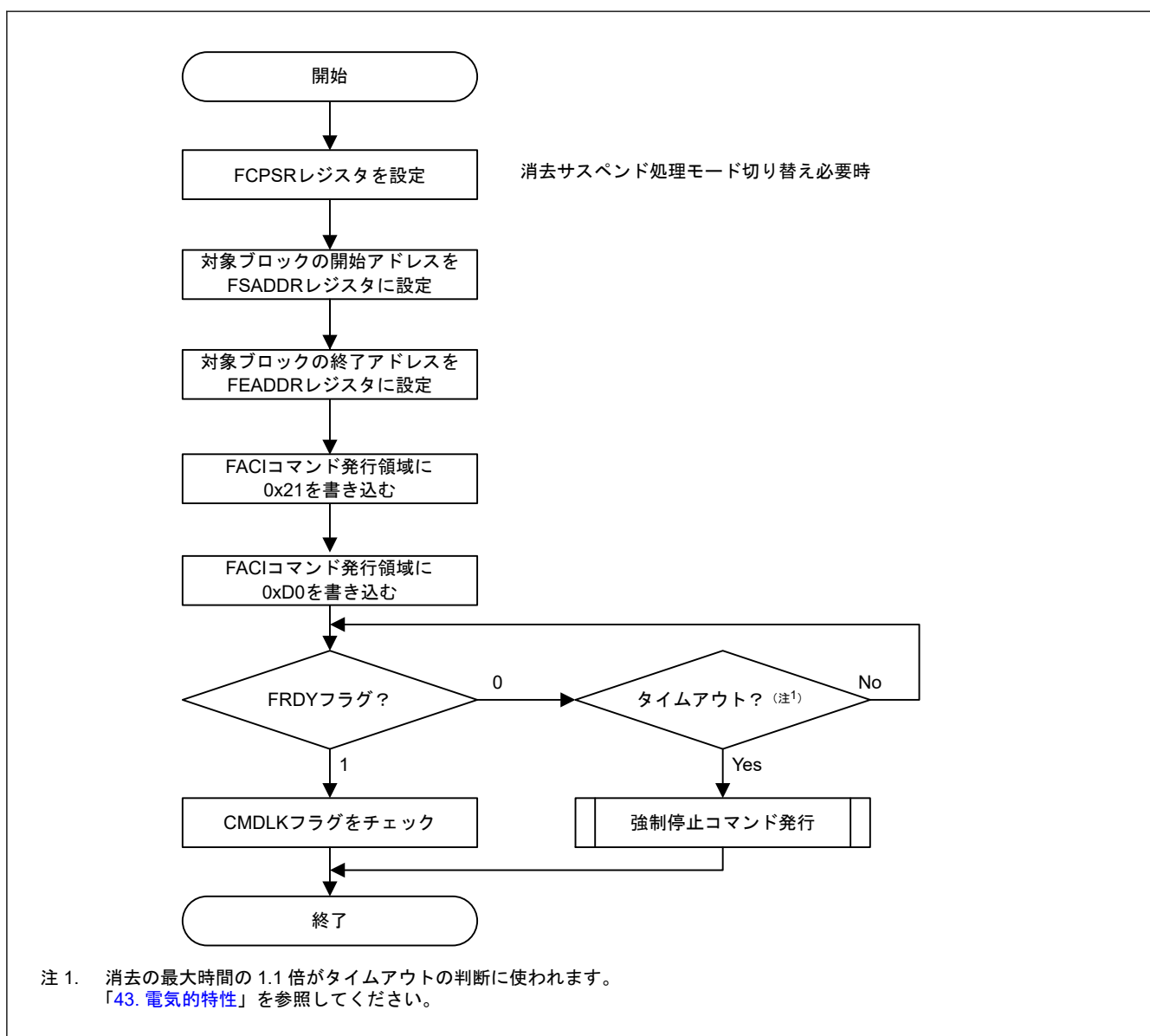


図 40.15 マルチブロックコマンドの使用フロー

40.9.3.10 P/E サスペンドコマンド

P/E サスペンドコマンドは、プログラム/イレースを中断するのに使用されます。P/E サスペンドコマンド発行前に、FASTAT レジスタの CMDLK ビットが 0 であり、プログラム/イレースが正常に実行されることを確認してください。P/E サスペンドコマンドが受信可能であることを確かめるために、FSTATR レジスタの SUSRDY ビットが 1 であることを確認します。P/E サスペンドコマンド発行後、CMDLK ビットを読み出し、エラーが発生しないことを確認します。

プログラム/イレース中エラーが発生すると、CMDLK ビットが 1 になります。プログラム/イレース処理が SUSRDY ビットが 1 になってから P/E サスペンドコマンドを受信するまでに終了した場合、エラーは発生せず、サスペンド状態に移りません (FSTATR レジスタの FRDY ビットは 1 になり、FSTATR レジスタの ERSSPD および PRGSPD ビットは 0 になります)。

P/E サスペンドコマンドを受信しプログラム/イレース中断処理が正常に終了すると、フラッシュシーケンサはサスペンド状態に移り、FRDY ビットは 1 になり、ERSSPD または PRGSPD ビットが 1 になります。P/E サスペンドコマンド発行後、ERSSPD または PRGSPD ビットは 1 で、サスペンド状態になっていることを確認し、次のフローに進みます。サスペンド状態にならなかった場合でも次のフローで P/E レジュームコマンドが発行された場合は、不正コマンドエラーとなり、フラッシュシーケンサはコマンドロック状態になります ([「40.11.2. エラープロテクション」](#) 参照)。

消去サスペンド状態となった場合は、イレース対象ブロック以外のブロックへの書き込みが実行されます。さらに、FENTRYR レジスタをクリアすることによりプログラム/消去サスペンド状態は読み出しモードにシフトできます。

[図 40.16](#) に、P/E サスペンドコマンドの使用方法を示します。

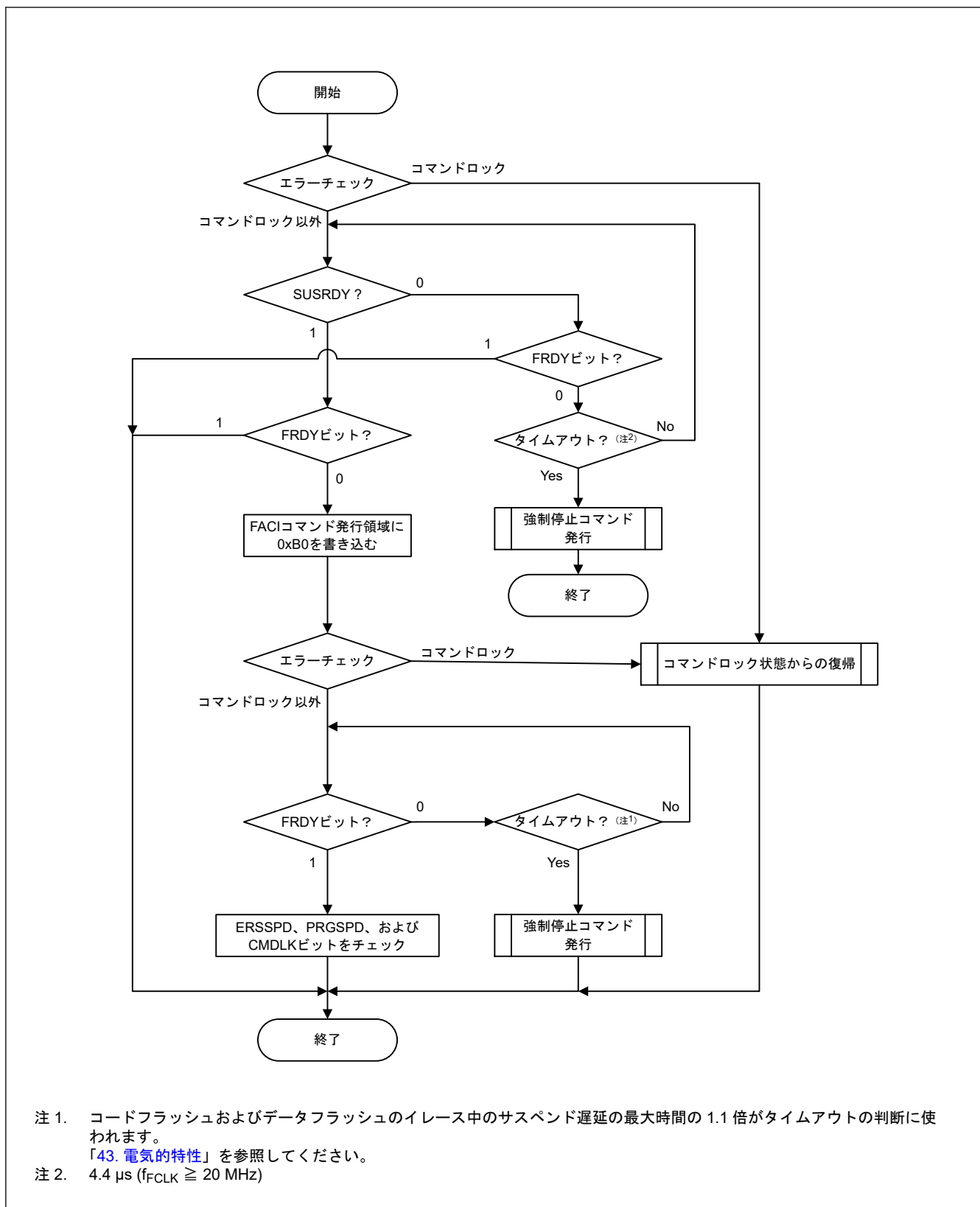


図 40.16 P/E サスペンドコマンドの使用フロー

(1) 書き込み中のサスペンド

フラッシュメモリ書き込み中に P/E サスペンドコマンドを発行すると、フラッシュシーケンサは書き込み処理を中断します。図 40.17 に、書き込み中断動作を示します。書き込み関連のコマンドを受信するとフラッシュシーケンサは FSTATR レジスタの FRDY ビットを 0 にクリアし、書き込みを開始します。書き込み開始後フラッシュ

シーケンサが P/E サスペンドコマンド受信可能な状態になると、FSTATR レジスタの SUSRDY ビットを 1 にします。

P/E サスペンドコマンドが発行されると、フラッシュシーケンサはコマンドを受信し、SUSRDY ビットを 0 にクリアします。書き込みパルス印加中にフラッシュシーケンサが P/E サスペンドコマンドを受信した場合には、フラッシュシーケンサはパルスの印加を継続します。既定のパルス印加時間後フラッシュシーケンサはパルス印加を終了し、書き込みの中断処理を開始して FSTATR レジスタの PRGSPD ビットを 1 にします。

中断処理が完了すると、フラッシュシーケンサは FRDY ビットを 1 にして書き込みサスペンド状態に移ります。書き込みサスペンド状態中に P/E レジュームコマンドを受信すると、フラッシュシーケンサは FRDY ビットと PRGSPD ビットを 0 にクリアして、書き込みを再開します。

書き込み中のサスペンドのタイミングを図 40.17 に示します。

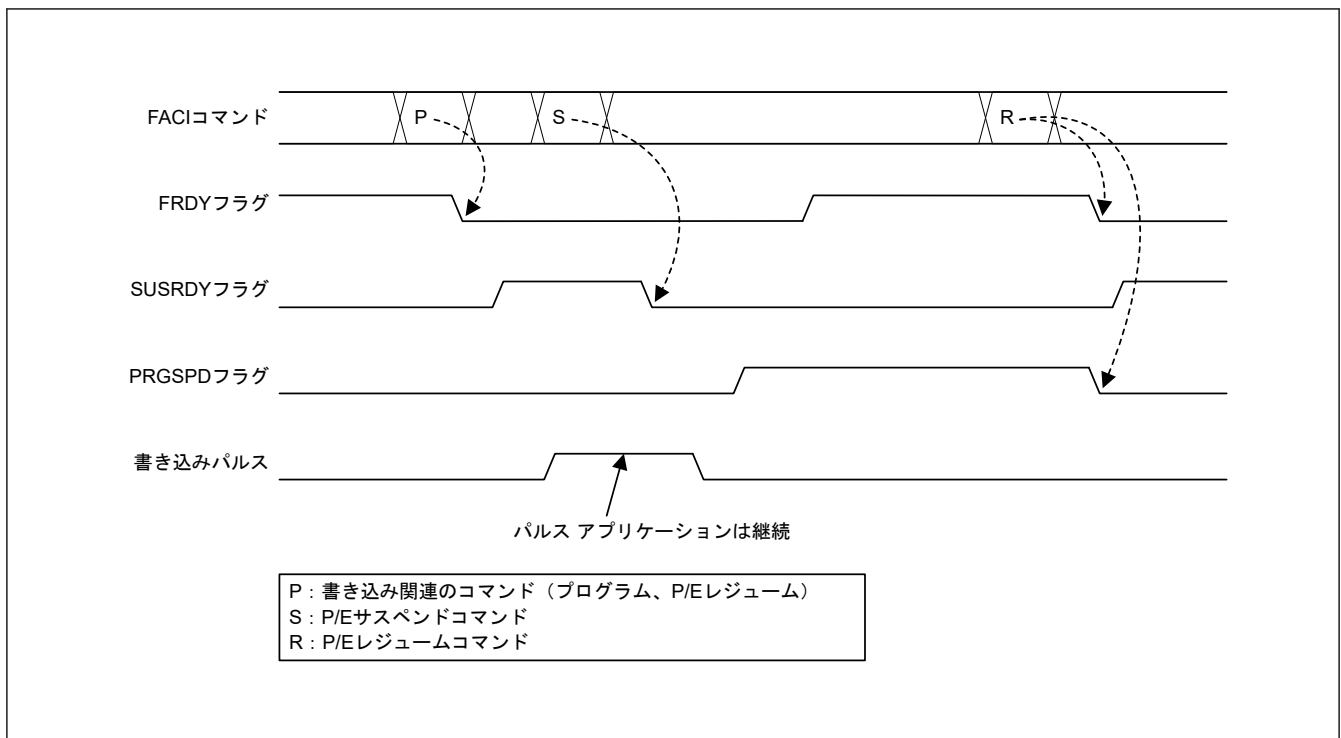


図 40.17 書き込み中のサスペンド

(2) 消去中のサスペンド (サスペンド優先モード)

フラッシュシーケンサは、消去中断用にサスペンド優先モードがあります。消去サスペンドモードがサスペンド優先モードに設定されている場合 (FCPSR.ESUSPMD = 0) の消去中断動作を図 40.18 に示します。

消去関連のコマンドを受信するとフラッシュシーケンサは FSTATR レジスタの FRDY ビットを 0 にクリアし、消去を開始します。消去開始後フラッシュシーケンサが P/E サスペンドコマンド受信可能な状態になると、FSTATR レジスタの SUSRDY ビットを 1 にします。

P/E サスペンドコマンドが発行されると、フラッシュシーケンサはコマンドを受信し、SUSRDY ビットを 0 にクリアします。

消去中にサスペンドコマンドを受信すると、フラッシュシーケンサは消去パルス印加中でも中断処理を開始し、FSTATR レジスタの ERSSPD ビットを 1 にします。中断処理が完了すると、フラッシュシーケンサは FRDY ビットを 1 にして消去サスペンド状態に移ります。消去サスペンド状態中に P/E レジュームコマンドを受信すると、フラッシュシーケンサは FRDY ビットと ERSSPD ビットを 0 にクリアして、消去を再開します。消去の中断および再開時の FRDY、SUSRDY、ERSSPD の各ビットの動作は、消去サスペンドモードに関係なく同じです。

消去サスペンドモードの設定は消去パルスの制御方法に影響します。サスペンド優先モード時に、以前中断されなかった消去パルス A が印加中に P/E サスペンドコマンドを受信すると、フラッシュシーケンサは消去パルス A の印加を中断し、消去サスペンド状態になります。P/E レジュームコマンドにより消去が再開した後の消去パルス A の再印加中に P/E サスペンドコマンドを受信すると、フラッシュシーケンサは消去パルス A の印加を継続します。既定のパルス印加時間後にフラッシュシーケンサは消去パルス印加を終了し、消去サスペンド状態になります。

フラッシュシーケンサが次に P/E レジュームコマンドを受信し消去パルス B が印加中の場合、フラッシュシーケンサは P/E サスペンドコマンドを再び受信し、消去パルス B の印加は中断します。サスペンド優先モードでは、消去パルス印加はパルス毎に 1 回中断され、中断処理が優先されるので、中断による遅延は最小限に抑えることができます。

再開後の中断時間が t_{REST1} （再開時間：中断優先、同じパルスの最初の中断後の再開）よりも長い場合、中断遅延は常に t_{SESD1} （中断遅延：中断優先、同じパルスの最初の中断）になります。

再開後の中断時間が t_{REST1} よりも短い場合、中断遅延は t_{SESD1} または t_{SESD2} （中断遅延：中断優先、同じパルスの 2 番目の中断）になります。

(t_{REST1} / t_{SESD1} / t_{SESD2} の値については「43. 電気的特性」を参照してください。)

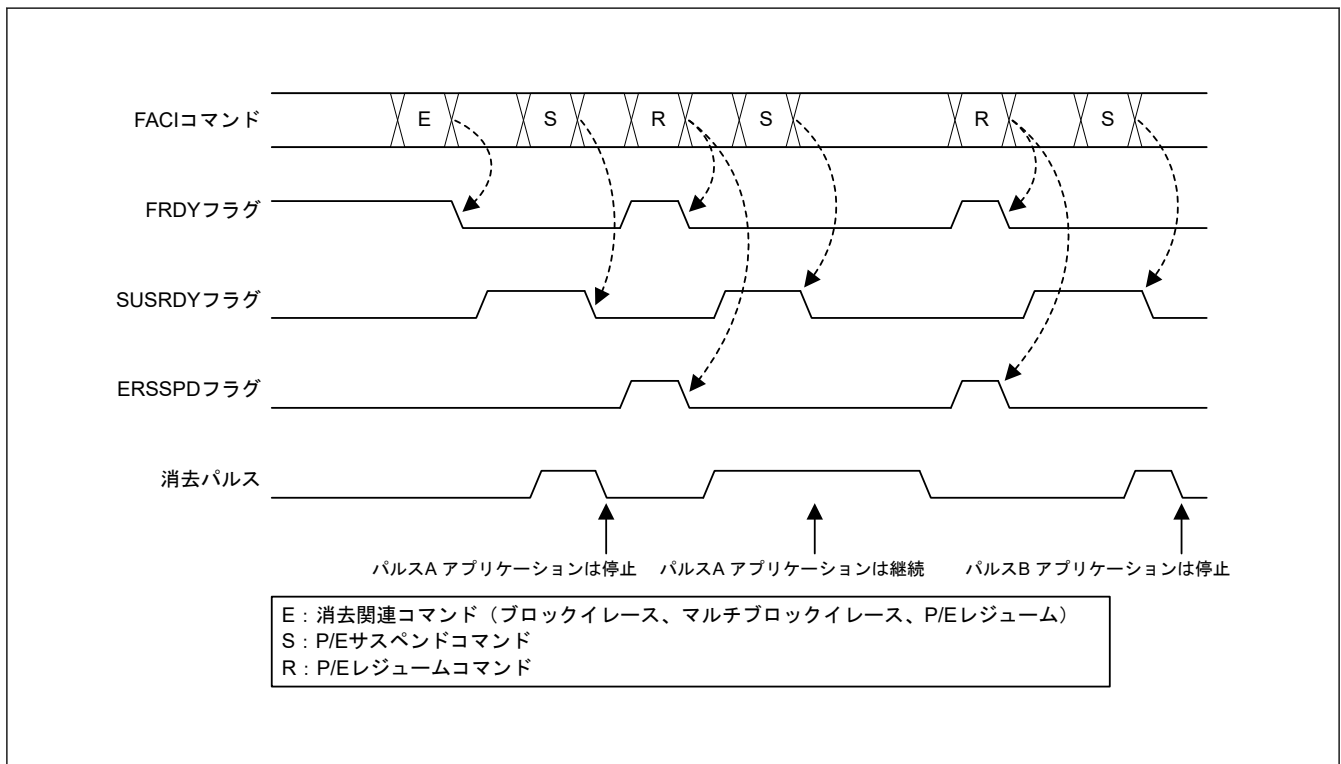


図 40.18 消去中のサスペンド (サスペンド優先モード)

(3) 消去中のサスペンド (イレース優先モード)

フラッシュシーケンサは、消去中断用にイレース優先モードがあります。消去サスペンドモードがイレース優先モードに設定されている場合 (FCPSR.ESUSPMD = 1) の消去中断動作を図 40.19 に示します。イレース優先モード中の消去パルスの制御方法は、書き込み中断処理用の書き込みパルス制御方法と同じです。

消去パルス印加中にフラッシュシーケンサが P/E サスペンドコマンドを受信した場合には、フラッシュシーケンサはパルスの印加を継続します。このモードでは、イレース処理に要する時間は、サスペンド優先モードよりも短縮されます。なぜなら、P/E レジュームコマンド発行時消去パルスの再印加は起きないからです。

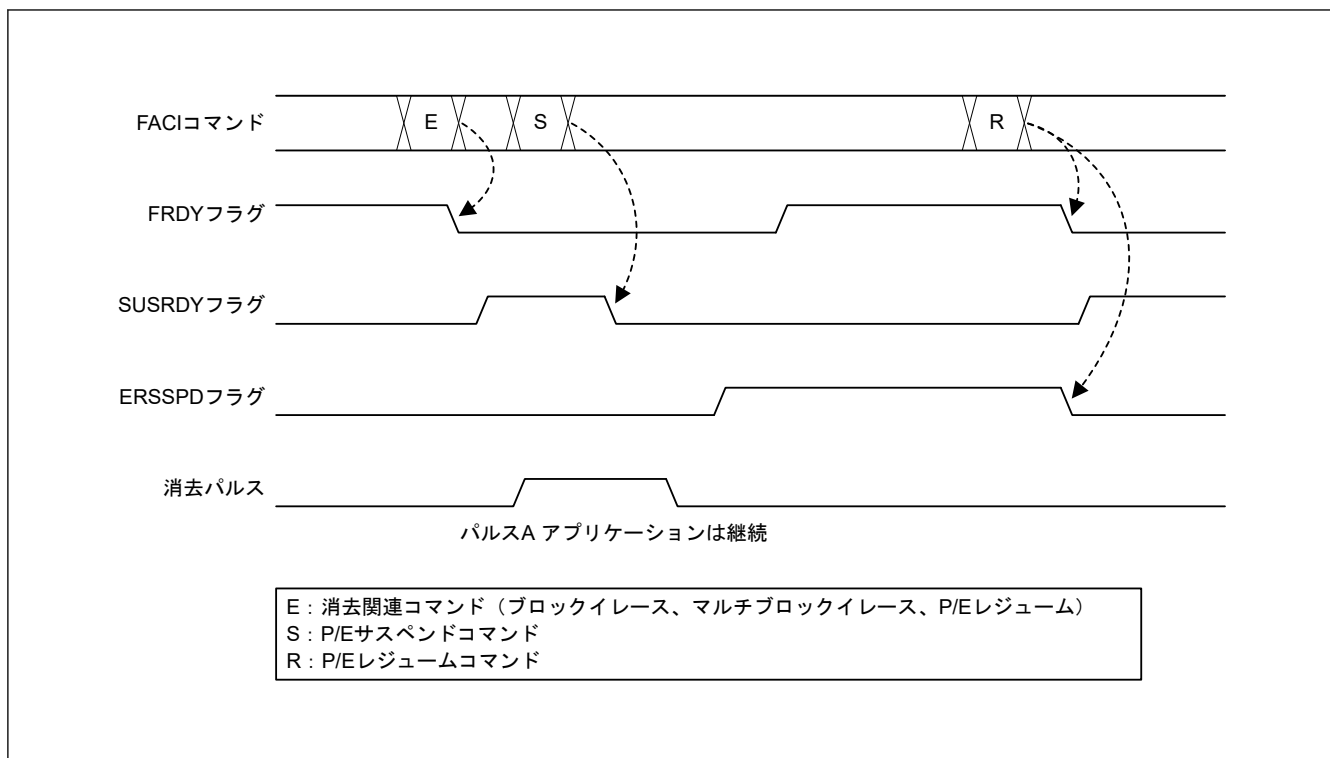


図 40.19 消去中のサスペンド (イレース優先モード)

40.9.3.11 P/E レジュームコマンド

P/E レジュームコマンドは、中断したプログラム/イレース処理を再開するために使用します。FENTRYR レジスタの設定が中断中に変更された場合は、FENTRYR レジスタを P/E サスペンドコマンドが出される前に保持されていた値にリセットした後 P/E レジュームコマンドを発行してください。図 40.20 に、P/E レジュームコマンドの使用方法を示します。

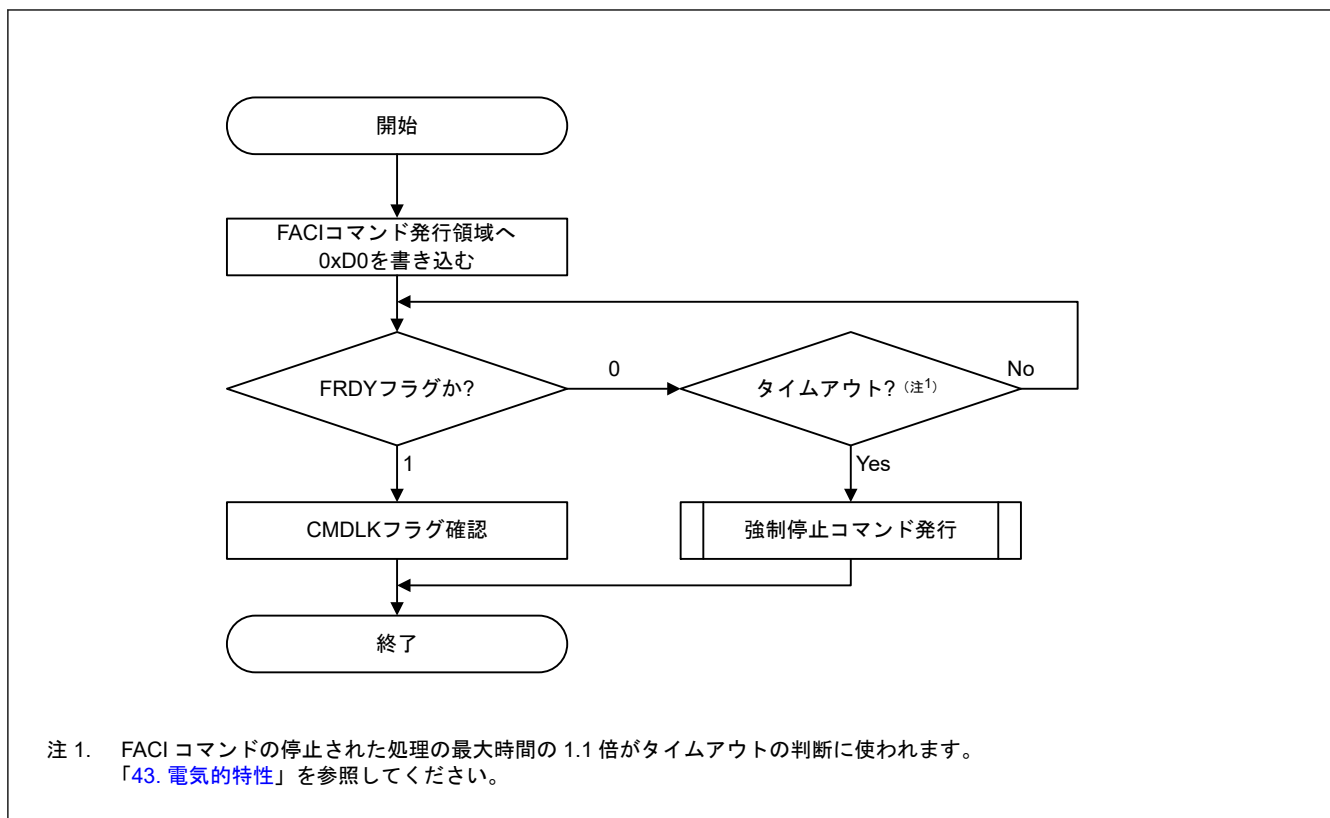


図 40.20 P/E レジュームコマンドの使用フロー

40.9.3.12 ステータスクリアコマンド

ステータスクリアコマンドは、コマンドロック状態をクリアするのに使用されます（「40.9.3.6. コマンドロック状態からの復帰」参照）。

コマンドロック状態のときステータスクリアコマンドを使って FSTATR レジスタの下記ビットをクリアできます。

- ILGLERR
- ILGCOMERR
- FESETERR
- SECERR
- OTERR
- ERSERR
- PRGERR

図 40.21 に、ステータスクリアコマンドの使用方法を示します。

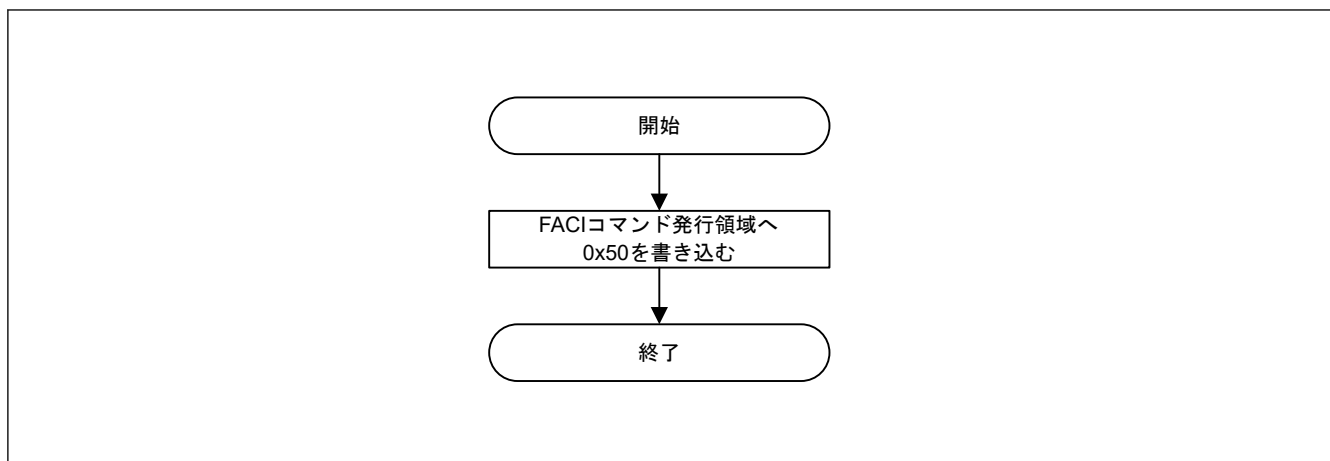


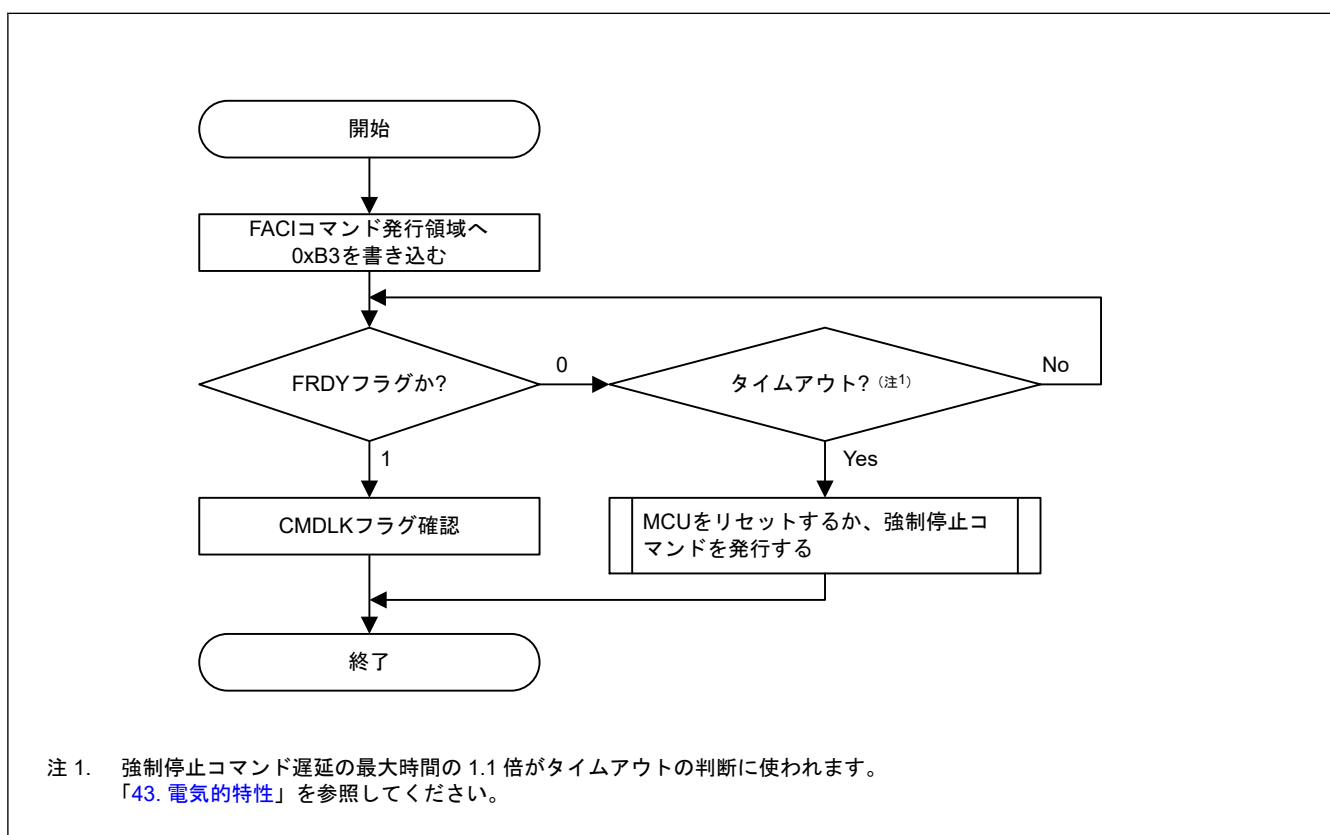
図 40.21 ステータスクリアコマンドの使用フロー

40.9.3.13 強制停止コマンド

強制停止コマンドは、フラッシュシーケンサによるコマンド処理を強制的に終了させる場合に使用します。本コマンドを使用すれば P/E サスペンドコマンドの場合よりも早くコマンド処理を停止させますが、進行中のプログラム/イレースからの値は保証されません。さらに、処理は再開できません。強制停止コマンドで停止させられたプログラム/イレース処理も、一つのプログラミングと定義されます。

強制停止コマンドを実行すると、FACIの一部、FCU全体、FSTATR レジスタおよび FASTAT レジスタの初期化も行います。本コマンドは、コマンドロック状態からの復帰手順およびフラッシュシーケンサタイムアウトに対する処理手順で使用可能です（「40.9.3.6. コマンドロック状態からの復帰」参照）。

図 40.22 に、強制停止コマンドの使用方法を示します。



注 1. 強制停止コマンド遅延の最大時間の 1.1 倍がタイムアウトの判断に使われます。
「43. 電気的特性」を参照してください。

図 40.22 強制停止コマンドの使用フロー

(1) コマンド発行時に強制停止コマンドを使用する場合の注意事項

プログラムコマンドの DBFULL ビットによるタイムアウト発生時強制停止コマンドを使用すると、FACI コマンド発行領域への書き込みがプログラムコマンドのデータ書き込みと処理されることがあります。コマンドロックを強制するための FACI コマンド発行領域に関する詳細については「40.3. アドレス空間」の表 40.3 を参照してください。次に、コマンドロック状態からの復帰方式を使って強制停止コマンドを発行してください (図 40.13 参照)。FACI コマンド発行領域を読み出す単位が 8、16、または 32 ビットである場合はいずれもコマンドロックが可能です。

40.9.3.14 ブランクチェックコマンド

領域が未プログラム状態かどうかを確認するには、ブランクチェックコマンドを使用してください。イレース後に書き換えられていない (未プログラム状態) データフラッシュメモリを読み出すと、値はすべて不定です。

ブランクチェックコマンド発行前に、FBCCNT、FSADDR、FEADDR の各レジスタにアドレッシングモード、ブランクチェック対象領域の開始アドレスと終了アドレスを設定してください。ブランクチェックアドレッシングモードがデクリメンタルモードに設定されている場合 (すなわち FBCCNT.BCDIR = 1)、FSADDR レジスタには、FEADDR レジスタに指定されているアドレス以上のアドレスを指定してください。

一方、ブランクチェックアドレッシングモードがインクリメンタルモードに設定されている場合 (すなわち FBCCNT.BCDIR = 0)、FSADDR レジスタには、FEADDR レジスタに指定されているアドレス以下のアドレスを指定してください。

BCDIR ビット、FSADDR レジスタ、および FEADDR レジスタの設定に矛盾があると、フラッシュシーケンサはコマンドロック状態になります。ブランクチェック対象領域のサイズは、4 バイト~データフラッシュメモリ容量の範囲で、4 バイト単位で設定されます。

ブランクチェックを開始するには、FACI コマンド発行領域に 0x71 および 0xD0 を書き込んでください。処理完了は、FSTATR レジスタの FRDY ビットで確認できます。処理完了時、ブランクチェックの結果は FBCSTAT レジスタの BCST ビットに格納されます。ブランクチェック対象領域内に未プログラムデータが存在する場合、フラッシュシーケンサはブランクチェックコマンドの動作を停止させます。この場合、未プログラムデータのアドレスが FPSADDR レジスタに表示されます。

図 40.23 に、ブランクチェックコマンドの使用方法を示します。

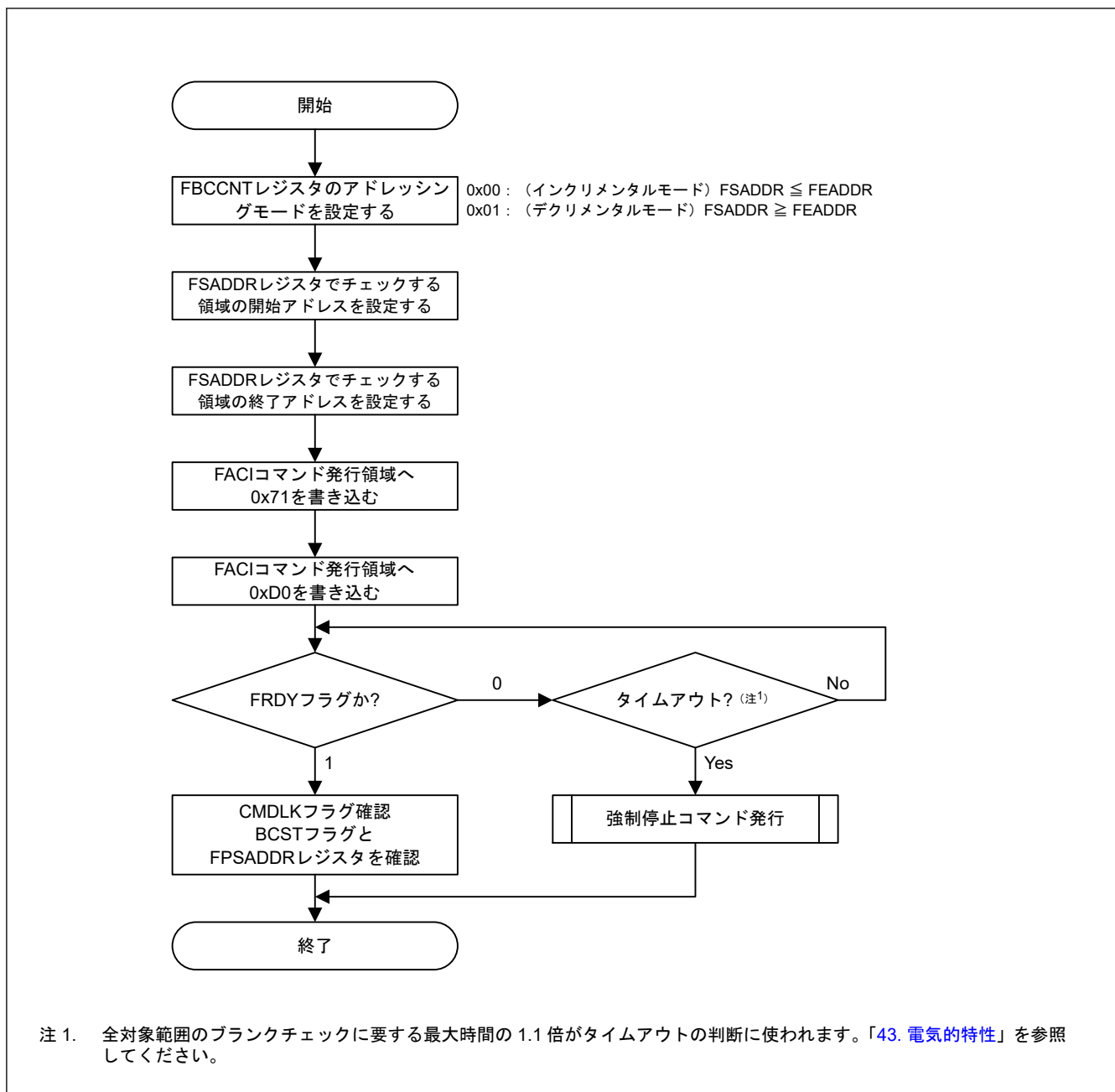
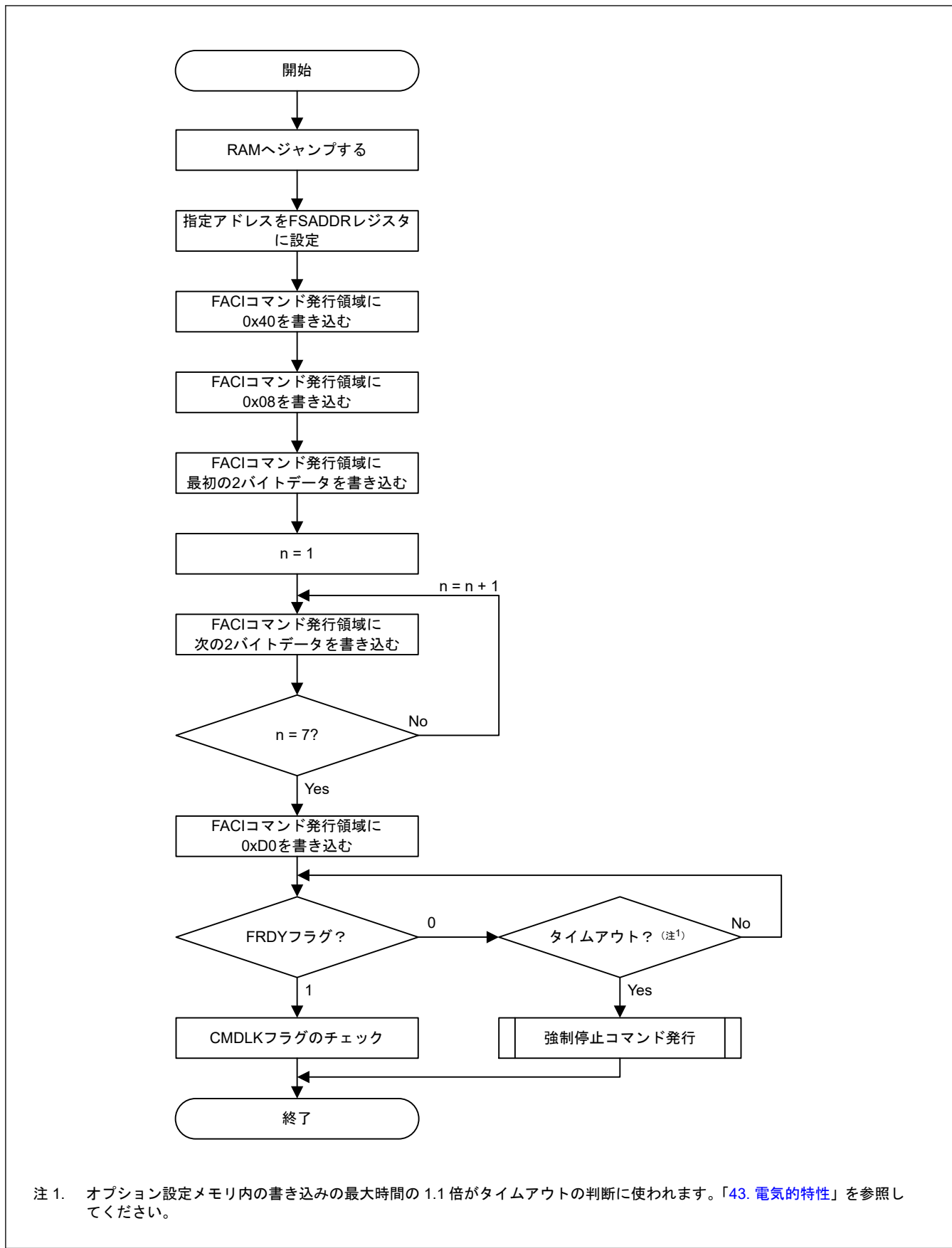


図 40.23 ブランクチェックコマンドの使用フロー

40.9.3.15 コンフィグレーション設定コマンド

コンフィグレーション設定コマンドは、オプション設定メモリを設定するのに使用されます。コンフィグレーション設定コマンド発行前に FSADDR レジスタに（表 40.18 に示す）指定アドレスを設定してください。FSCI コマンド発行の最終アクセスで FSCI コマンド発行領域に 0xD0 を書くと、コンフィグレーション設定コマンドの FSCI 処理が開始されます。

図 40.24 に、コンフィグレーション設定コマンドの使用方法を示します。



注 1. オプション設定メモリ内の書き込みの最大時間の 1.1 倍がタイムアウトの判断に使われます。「43. 電氣的特性」を参照してください。

図 40.24 コンフィグレーション設定コマンドの使用フロー

コンフィグレーション設定に使用されるとされると思われる対象データと FSADDR レジスタに設定されているアドレス値との関係を表 40.18 に示します。詳細は、「40.4.12. FSADDR : FACI コマンド開始アドレスレジスタ」を参照してください。

表 40.18 コンフィグレーション設定コマンドが使用するアドレス

アドレス	FSADDR レジスタ値	設定データ	追加の書き込み		設定が有効になるタイミング
			SAS.FSPR ビットが 1	SAS.FSPR ビットが 0	
0x0100_A100	0x0100_A100	オプション機能選択レジスタ 0 (OFS0)	書き込み可能	書き込み可能	リセット時
0x0100_A134	0x0100_A130	スタートアップ領域設定レジスタ (SAS)	書き込み可能	書き込み不可(注1)	リセットまたはコマンド実行時
0x0100_A180	0x0100_A180	オプション機能選択レジスタ 1 (OFS1)	書き込み可能	書き込み可能	リセット時
0x0100_A1C0	0x0100_A1C0	ブロック保護設定レジスタ (BPS)	書き込み可能(注2)	書き込み可能(注2)	リセットまたはコマンド実行時
0x0100_A1E0	0x0100_A1E0	永久ブロック保護設定レジスタ (PBPS)	書き込み可能(注3) (1 から 0 への変更のみ)	書き込み可能(注3) (1 から 0 への変更のみ)	リセットまたはコマンド実行時
0x0100_A200	0x0100_A200	オプション機能選択レジスタ 1 セキュア (OFS1_SEC)	書き込み可能	書き込み可能	リセット時
0x0100_A240	0x0100_A240	ブロック保護設定レジスタセキュア (BPS_SEC)	書き込み可能(注4)	書き込み可能(注4)	リセットまたはコマンド実行時
0x0100_A260	0x0100_A260	永久ブロック保護設定レジスタセキュア (PBPS_SEC)	書き込み可能(注5) (1 から 0 への変更のみ)	書き込み可能(注5) (1 から 0 への変更のみ)	リセットまたはコマンド実行時
0x0100_A280	0x0100_A280	オプション機能選択レジスタ 1 選択 (OFS1_SEL)	書き込み可能	書き込み可能	リセット時
0x0100_A2C0	0x0100_A2C0	ブロック保護設定レジスタ選択 (BPS_SEL)	書き込み可能	書き込み可能	リセット時

注 1. SAS.FSPR ビットは、いったん 0 に設定されると、コンフィグレーション設定コマンドで 1 に戻すことはできません。したがって、スタートアップ領域選択フラグを再び設定できなくなります。(アドレス 0x0100A134 にコンフィグレーション設定コマンドが出されると、コマンドはロックされます。) SAS.FSPR ビットの取り扱いには特に注意してください。

注 2. PBPS[n] ビットをいったん 0 に設定すると、コンフィグレーション設定コマンドで BPS[n] ビットを 1 に戻すことはできません。

注 3. これらのビットをいったん 0 に設定すると、コンフィグレーション設定コマンドで 1 に戻すことはできません。BPS[n] ビットが 1 のとき PBPS[n] ビットをコンフィグレーション設定コマンドで 0 にすることはできません。

注 4. PBPS_SEC[n] ビットをいったん 0 に設定すると、コンフィグレーション設定コマンドで BPS_SEC[n] ビットを 1 に戻すことはできません。

注 5. これらのビットをいったん 0 に設定すると、コンフィグレーション設定コマンドで 1 に戻すことはできません。BPS_SEC[n] ビットが 1 のとき PBPS_SEC[n] ビットをコンフィグレーション設定コマンドで 0 にすることはできません。

40.10 サスペンド動作

プログラム/イレース処理中は、表 40.29 に示すバックグラウンドオペレーションの条件が満たされない場合、フラッシュメモリの読み出しはできません。P/E サスペンドコマンドを発行し、フラッシュメモリへのプログラム/イレース処理を中断させることによって、フラッシュメモリの読み出しが可能になります。P/E サスペンドコマンドには、書き込みに対するサスペンドモードが 1 種類と消去に対するサスペンドモードが 2 種類 (サスペンド優先モード、イレース優先モード) 存在します。また、中断したプログラム/イレース処理を再開する P/E レジュームコマンドも用意しています。サスペンド動作の詳細は、図 40.16 を参照してください。

40.11 プロテクション機能

40.11.1 ソフトウェアプロテクション

ソフトウェアプロテクションは、コントロールレジスタの設定およびユーザ領域のブロック保護設定によりコードフラッシュメモリの書き換えおよび消去を無効にします。ソフトウェアプロテクションに対して FACI コマンド発行を試みると、フラッシュシーケンサはコマンドロック状態になります。

40.11.1.1 FWEPROR レジスタによるプロテクション

FWEPROR.FLWE[1:0]が 01b でなければ、どのモードでも書き換えはできません。

40.11.1.2 FENTRYR レジスタによるプロテクション

FENTRYR レジスタが 0x0000 に設定されるとフラッシュシーケンサは読み出しモードになります。読み出しモードでは FACI コマンドは受け付けられません。読み出しモードで FACI コマンド発行を試みると、フラッシュシーケンサはコマンドロック状態になります。

40.11.1.3 ブロック保護設定によるプロテクション

ユーザ領域の各ブロックにはブロック保護設定 (BPS または BPS_SEC) があります。FBPROT0 レジスタまたは FBPROT1 レジスタが 0x0000 で、ブロック保護ビットが 0 のとき、コードフラッシュのユーザ領域にプログラムコマンドまたはブロックイレースコマンドを発行するとコマンドロック状態になります。ブロック保護ビットが 0 のブロックを書き換えまたは消去するためには、FBPROT0 レジスタまたは FBPROT1 レジスタを 0x0001 に設定してください。

ブロック保護設定は、永久ブロック保護設定 (PBPS または PBPS_SEC) によりロックできます。永久ブロック保護設定およびブロック保護設定が 0 のとき、コードフラッシュのユーザ領域にプログラムコマンドまたはブロックイレースコマンドを発行すると、FBPROT0 レジスタまたは FBPROT1 レジスタの設定にかかわらず、フラッシュシーケンサはコマンドロック状態になります。

有効なブロック保護設定 (BPS または BPS_SEC) はブロック保護選択ビット (BPS_SEL) に依存します。

ブロック保護設定および永久ブロック保護設定の詳細については「[40.12.2. 永久ブロック保護設定](#)」を参照してください。詳細については、「[40.4.15. FBPROT0: フラッシュブロック保護レジスタ](#)」および「[40.4.16. FBPROT1: セキュア用フラッシュブロック保護レジスタ](#)」を参照してください。

ブロック保護設定 (BPS または BPS_SEC) およびブロック保護選択 (BPS_SEL) の詳細については、「[6. オプション設定メモリ](#)」を参照してください。

ブロック保護設定による保護領域は、アドレススワップ機能の設定 (スタートアップ領域選択、) にかかわらず、常に FSADDR レジスタ設定のアドレスで決まります。表 40.19～表 40.20 に、各機能設定でのユーザ領域とブロック保護設定の関係を示します。

- BPS[0]～BPS[n]または BPS_SEC[0]～BPS_SEC[n]は、ユーザ領域のブロックに割り当てられています (たとえば、アドレスは 0x00_0000～最終ブロックアドレスになります)。
- BPS[0]/BPS_SEC[0]および BPS[1]/BPS_SEC[1]は、スタートアップ領域選択設定 (SAS.BTFLG ビット) に応じてユーザ領域のブロックに割り当てられています。(「[40.11.3. スタートアッププログラムプロテクション](#)」を参照してください。)

スタートアップ領域選択が無効 (スワップなし) の場合のブロック保護設定を表 40.19 に示します。

アドレス変換機能が使用される場合のブロック保護設定の例を表 40.20 に示します。

表 40.19 SAS.BTFLG ビットが 1 の場合のブロック保護設定例 (1/2)

FSADDR[23:0]	ブロックサイズ	ブロック保護設定	ユーザ領域ブロック番号	備考
最終ブロックアドレス	32 KB	BPS[n]または BPS_SEC[n]	ブロック n	—
⋮	⋮	⋮	⋮	—
0x01_8000～0x01_FFFF	32 KB	BPS[9]または BPS_SEC[9]	ブロック 9	—
0x01_0000～0x01_7FFF	32 KB	BPS[8]または BPS_SEC[8]	ブロック 8	—
0x00_E000～0x00_FFFF	8 KB	BPS[7]または BPS_SEC[7]	ブロック 7	—
0x00_C000～0x00_DFFF	8 KB	BPS[6]または BPS_SEC[6]	ブロック 6	—
⋮	⋮	⋮	⋮	—
0x00_2000～0x00_3FFF	8 KB	BPS[1]または BPS_SEC[1]	ブロック 1	本スタートアップ領域選択設定ではブロック 0 とブロック 1 をスワップしない

表 40.19 SAS.BTFLG ビットが 1 の場合のブロック保護設定例 (2/2)

FSADDR[23:0]	ブロックサイズ	ブロック保護設定	ユーザ領域 ブロック番号	備考
0x00_0000~0x00_1FFF	8 KB	BPS[0]または BPS_SEC[0]	ブロック 0	本スタートアップ領域選択設定ではブロック 0 とブロック 1 をスワップしない

表 40.20 SAS.BTFLG ビットが 0 の場合のブロック保護設定例

FSADDR[23:0]	ブロックサイズ	ブロック保護設定	ユーザ領域 ブロック番号	備考
最終ブロックアドレス	32 KB	BPS[n]または BPS_SEC[n]	ブロック n	—
⋮	⋮	⋮	⋮	—
0x01_8000~0x01_FFFF	32 KB	BPS[9]または BPS_SEC[9]	ブロック 9	—
0x01_0000~0x01_7FFF	32 KB	BPS[8]または BPS_SEC[8]	ブロック 8	—
0x00_E000~0x00_FFFF	8 KB	BPS[7]または BPS_SEC[7]	ブロック 7	—
0x00_C000~0x00_DFFF	8 KB	BPS[6]または BPS_SEC[6]	ブロック 6	—
⋮	⋮	⋮	⋮	—
0x00_2000~0x00_3FFF	8 KB	BPS[1]または BPS_SEC[1]	ブロック 0	本スタートアップ領域選択設定ではブロック 0 とブロック 1 をスワップ
0x00_0000~0x00_1FFF	8 KB	BPS[0]または BPS_SEC[0]	ブロック 1	本スタートアップ領域選択設定ではブロック 0 とブロック 1 をスワップ

40.11.2 エラープロテクション

エラープロテクションは、不正 FACY コマンドの発行、不正アクセス、およびフラッシュシーケンサの誤動作を検出します。エラー検出時 FACY コマンドは受け付けられなくなります (コマンドロック状態)。フラッシュシーケンサがコマンドロック状態中、フラッシュメモリは書き込みまたは消去できません。コマンドロック状態から解放するには、ステータスクリアコマンドまたは強制停止コマンドを発行してください。ステータスクリアコマンドは、FSTATR レジスタの FRDY ビットが 1 の場合のみ使用可能です。強制停止コマンドは、FRDY ビットの値に関係なく使用できます。FAEINT レジスタの CMDLKIE ビットが 1 のとき、フラッシュシーケンサがコマンドロック状態 (FSTAT レジスタの CMDLK ビットが 1) になるとフラッシュアクセスエラー (FIFERR) 割り込みが発生します。

プログラム/イレース処理中に P/E サスペンドコマンド以外のコマンドによりフラッシュシーケンサがコマンドロック状態になると、フラッシュシーケンサはプログラム/イレース処理を継続します。この状態ではプログラム/イレース処理を中断するのに P/E サスペンドコマンドは使用できません。コマンドロック状態でコマンドが発行されると、ILGLERR ビットが 1 になり、その他のビットは前回のエラー検出時に設定された値を保持します。

表 40.21 に、プロテクション種別とエラー検出後のステータスビット値を示します。

表 40.21 エラープロテクション種別 (1/3)

エラー種別	説明	ILGOMERR	FESETERR	SECERR	OTERR	ILGLERR	ERSERR	PRGERR	FLWEERR	CFAE	DFAE
FENTRYR 設定エラー	FENTRYR レジスタに設定された値が 0x0000、0x0001、0x0080 のいずれでもない	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	サスペンド時の FENTRYR レジスタ設定がレジャータイム時の設定と異なる	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0

表 40.21 エラープロテクション種別 (2/3)

エラー種別	説明	ILGOMERR	FESETERR	SECERR	OTERR	ILGLERR	ERSERR	PRGERR	FLWEERR	CFAE	DFAE	
不正コマンドエラー	コマンドの最初のサイクルで不定サイズが指定された (バイト書き込みでない)	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	FACI コマンドの最初のアクセスで不定コードが書き込まれた	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	マルチアクセス FACI コマンドの最終アクセスで指定された値が 0xD0 でない	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	プログラムまたはコンフィグレーション設定コマンドで FACI コマンドの 2 番目の書き込みで指定された値 (N) が間違っている	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	ブランクチェックコマンドが発行されたが、BCDIR、FSADDR、FEADDR の各レジスタの設定と一致しない (「40.4.13. FEADDR: FACI コマンド終了アドレスレジスタ」参照)	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0/1 (注1)	
	マルチブロックイレースコマンドが発行されたが、FSADDR レジスタおよび FEADDR レジスタ設定と一致しない <ul style="list-style-type: none"> FSADDR > FEADDR FEADDR レジスタは予約領域に設定されている 	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0/1 (注1)	
	各モードで受け付けできない FACI コマンドが発行された (表 40.15 参照)	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	コマンド受け付け条件が満たされていないときに FACI コマンドが発行された (表 40.16 参照)	0/1	0/1	0/1	0/1	1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
	ブロック保護設定により保護されている領域にプログラムコマンドまたはブロックイレースコマンドが発行された (「40.11.1.3. ブロック保護設定によるプロテクション」参照)	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
消去サスペンド中の消去領域にプログラムコマンドが発行された	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
消去エラー	消去中にエラーが発生した	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
書き込みエラー	書き込み中にエラーが発生した	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
コードフラッシュメモリアクセス違反	コードフラッシュ P/E モードでユーザ領域の予約部分に FACI コマンドが発行された	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
	コンフィグレーション設定コマンドが予約オプション設定メモリに発行された	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
	非セキュアアクセスのコンフィグレーション設定コマンドがコードフラッシュ内 TrustZone のセキュア領域に発行された	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
	非セキュアアクセスのプログラムコマンドまたはブロックイレースコマンドがユーザ領域のセキュア領域に発行された	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	

表 40.21 エラープロテクション種別 (3/3)

エラー種別	説明	ILGOMERR	FESETERR	SECERR	OTERR	ILGLERR	ERSERR	PRGERR	FLWEERR	CFAE	DFAE
データフラッシュメモリアクセス違反	データフラッシュ P/E モードでプログラムコマンドまたはブロックイレースコマンドが予約データ領域に発行された	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	データフラッシュ P/E モードでマルチブロックイレースコマンドが予約データ領域に発行された (FSADDR レジスタは予約データ領域に設定されている)	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	データフラッシュ P/E モードでブランクチェックコマンドが予約データ領域に発行された (FSADDR レジスタは予約データ領域に設定されている)	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	非セキュアアクセスのプログラム、ブロックイレース、マルチブロックイレースまたはブランクチェックコマンドがデータ領域のセキュア領域に発行された	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
セキュリティエラー	SAS.FSPR ビットが 0 のとき SAS.BTFLG ビット設定用のコンフィグレーション設定コマンドが発行された (「40.9.3.15. コンフィグレーション設定コマンド」参照)	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
その他	FACI コマンド発行領域が読み出しモードでアクセスされた	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	コードフラッシュ P/E モードまたはデータフラッシュ P/E モードで FACI コマンド発行領域が読み出された	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
フラッシュライト/イレース保護エラー	フラッシュシーケンサによるコマンド処理中に FWEPROR レジスタ設定(注2)によりフラッシュメモリライトプロテクトエラーが検出された	0	0	0	0	0	0/1	0/1	1	0	0

注 1. DFAE ビット値は、FSADDR レジスタ設定に依存します。

注 2. FWEPROR レジスタの詳細については、「40.4.8. FWEPROR : フラッシュ P/E プロテクトレジスタ」を参照してください。

40.11.3 スタートアッププログラムプロテクション

スタートアッププログラムプロテクションとは、リセット後に起動されるプログラム（スタートアッププログラム）の保護のことです。本機能は、リセット中に書き換えが中断されたスタートアッププログラムを安全に更新する手段になります。

スタートアップ領域のサイズは 8 K バイトで、コードフラッシュメモリのユーザ領域に割り当てられています。本機能は SAS.BTFLG ビットと FSUACR.SAS[1:0] ビット値を使用し、スタートアッププログラムがブロック単位で格納される領域を変更します（図 40.25～図 40.28 参照）。

スタートアッププログラムプロテクションにおいて、スタートアップ領域の選択状態は、FSPR ビットで固定できます。しかしながら、SAS.FSPR ビットはいったん 0 になると、1 に戻りません。SAS.FSPR ビットの取り扱いには特に注意してください。

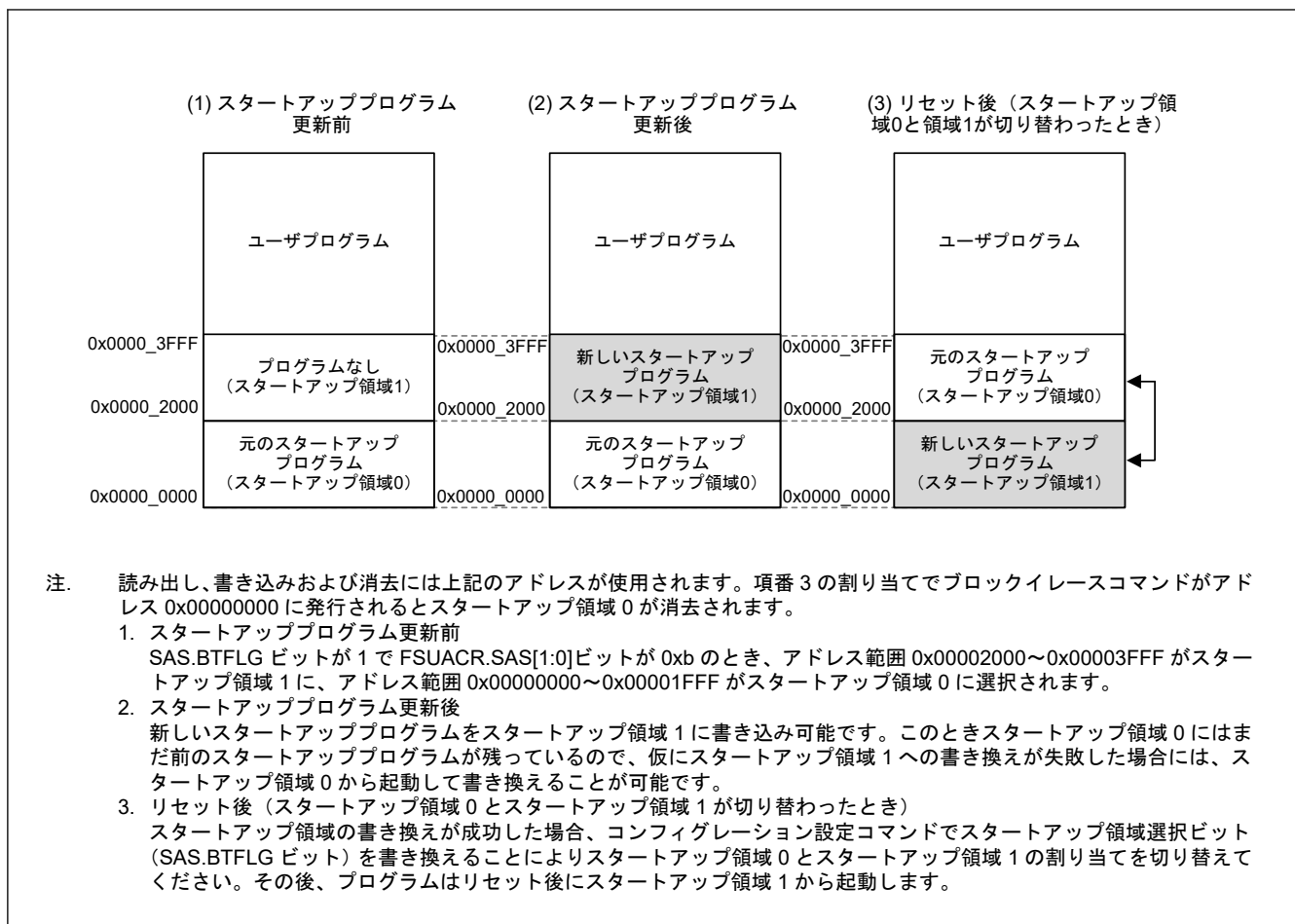


図 40.25 スタートアッププログラムプロテクションの概念

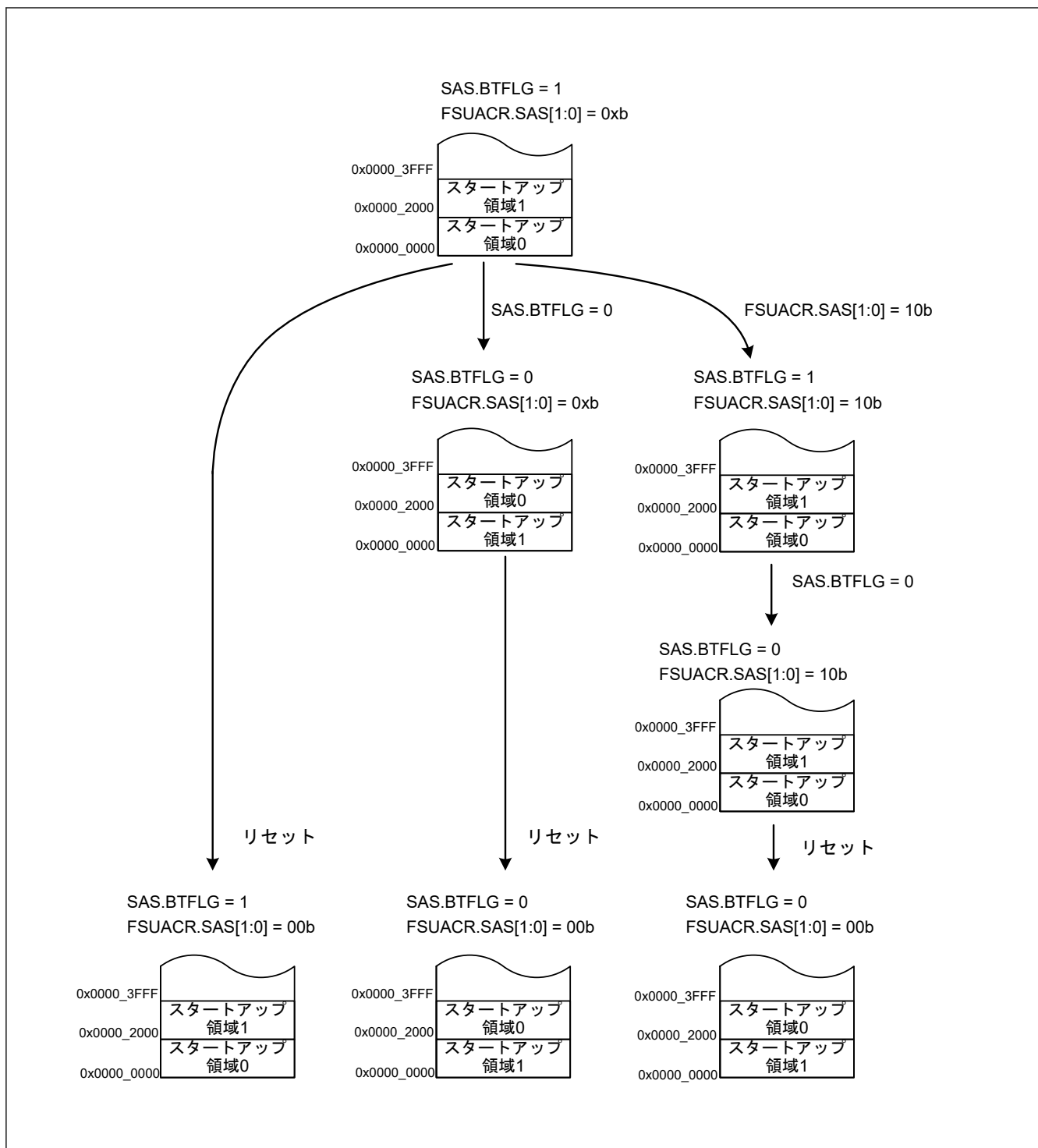


図 40.26 スタートアッププログラムプロテクション設定の遷移例 1

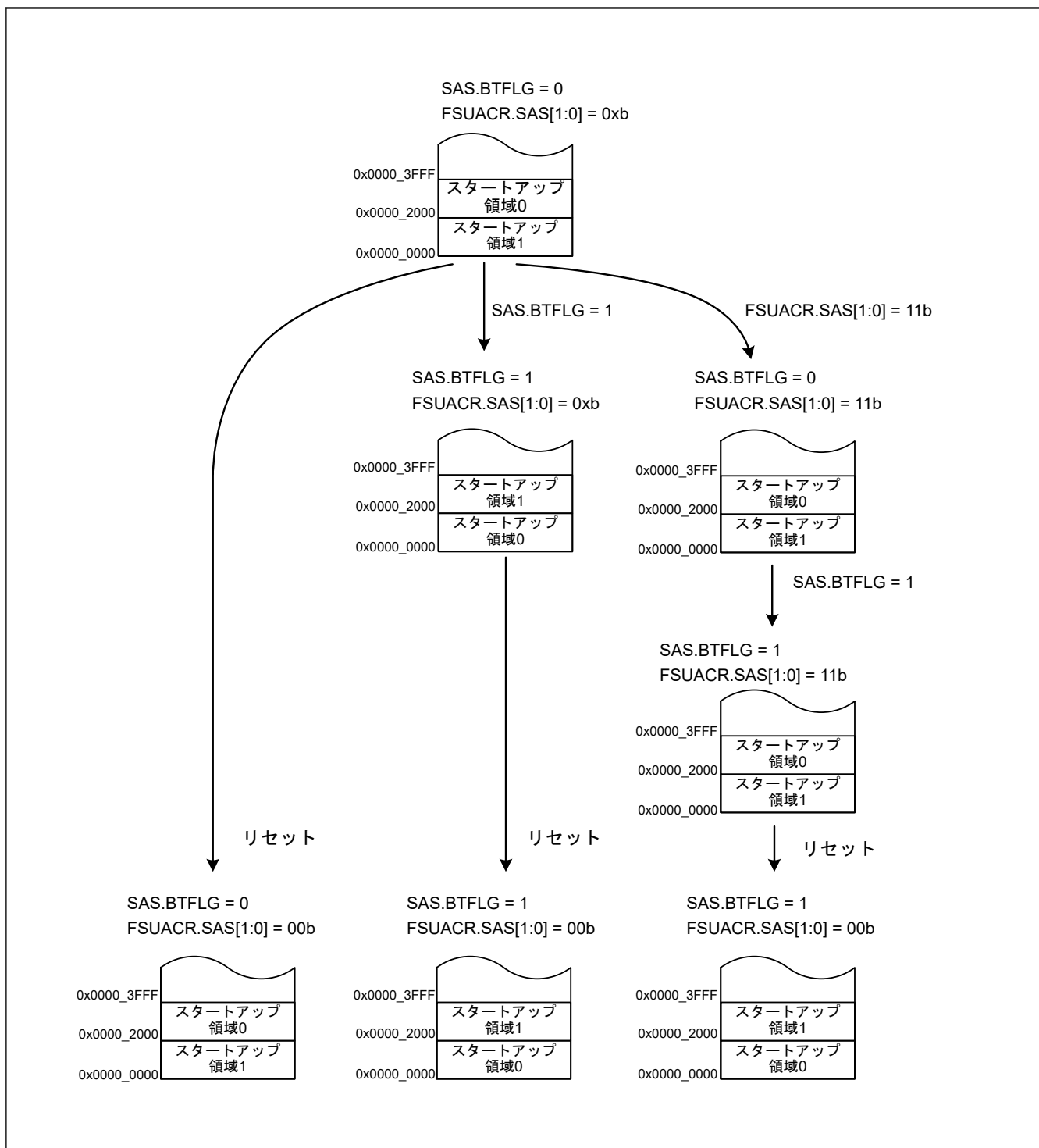


図 40.27 スタートアッププログラム保護設定の遷移例 2

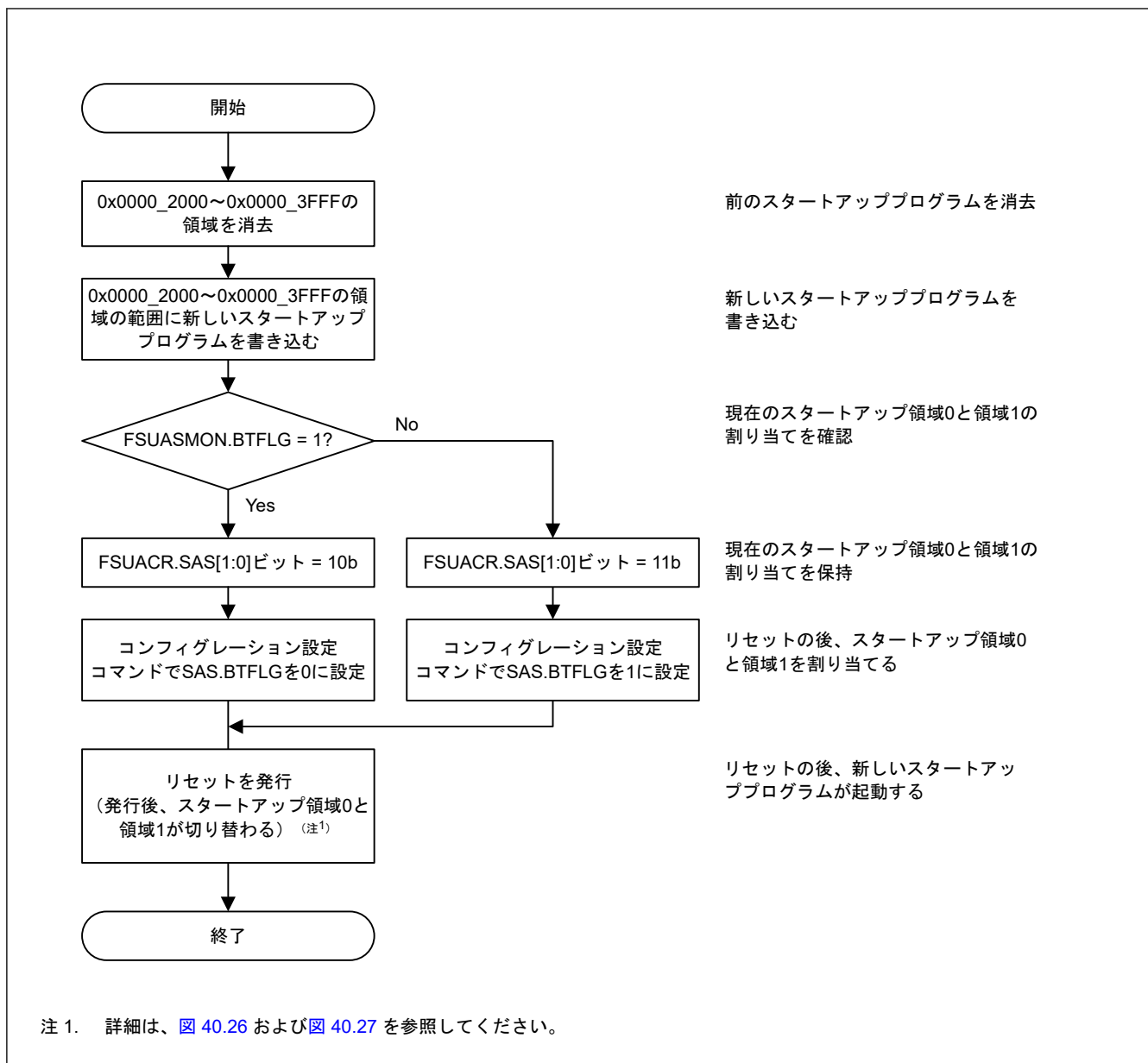


図 40.28 スタートアッププログラムプロテクションの概念

40.12 セキュリティ機能

フラッシュシーケンサは、下記セキュリティ機能をサポートします。

- スタートアップ領域のセキュリティフラグ
- 永久ブロック保護設定
- TrustZone のフラッシュメモリ保護

40.12.1 スタートアップ領域選択のセキュリティフラグ

スタートアップ領域のセキュリティフラグ (SAS.FSPR) は、オプション設定メモリにあります。

SAS.FSPR ビットが 0 のときコンフィグレーション設定コマンドを発行して SAS.BTFLG ビット値を変更すると、フラッシュシーケンサはコマンドロック状態になります。また、SAS.FSPR ビットが 0 のとき FSUACR レジスタのスタートアップ領域選択ビット (SAS[1:0]) への書き込みは無効です。SAS.FSPR ビットは保護を有効にします。

40.12.2 永久ブロック保護設定

永久ブロック保護設定は、ブロック保護設定のクリア保護です。永久ブロック保護設定が有効の場合、ユーザ領域はFACIコマンドを使っても永久に更新されません。詳細は、「[40.11.1.3. ブロック保護設定によるプロテクション](#)」を参照してください。

ブロック保護設定および永久ブロック保護設定をすると、コンフィグレーション設定コマンドに対して書き込み／クリア保護を行います。書き込み／クリア保護設定に対してコンフィグレーション設定コマンドを発行してもフラッシュシーケンサはエラーを検出しません。

図 40.29 および表 40.22 に、ブロック保護設定 (BPS[n]) および永久保護設定 (PBPS[n]) に対する書き込み／クリア保護を示します。図 40.30 および表 40.23 に、セキュア用ブロック保護設定 (BPS_SEC[n]) およびセキュア用永久保護設定 (PBPS_SEC[n]) に対する書き込み／クリア保護を示します。

効果的な永久ブロック保護設定 (PBPS または PBPS_SEC) はブロック保護の選択 (BPS_SEL) に依存します。永久ブロック保護設定 (PBPS または PBPS_SEC) およびブロック保護選択 (BPS_SEL) の詳細については、「[6. オプション設定メモリ](#)」を参照してください。

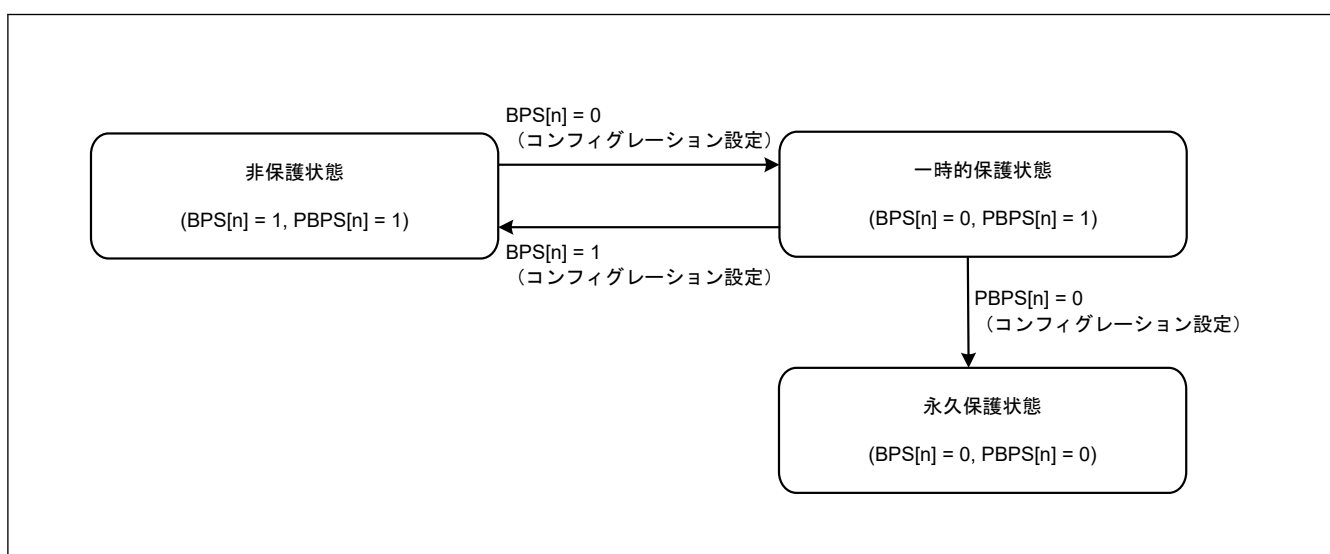


図 40.29 BPS[n]ビットおよびPBPS[n]ビットによるフラッシュシーケンサの状態遷移

表 40.22 BPS[n]ビットおよびPBPS[n]ビットの書き込み／クリア保護

現在の状態		コンフィグレーション設定コマンドによって更新可能			
BPS[n]	PBPS[n]	BPS[n] = 1	BPS[n] = 0	PBPS[n] = 1	PBPS[n] = 0
1	1	✓	✓	✓	X
1	0	—	—	—	—
0	1	✓	✓	✓	✓
0	0	X	✓	X	✓

- 注.
- ✓は、コンフィグレーション設定コマンドによって更新可能であることを示します。
 - Xは、コンフィグレーション設定コマンドによっても更新できないことを示します（エラーは発生しません）。
 - は、この状態にならないことを示します。

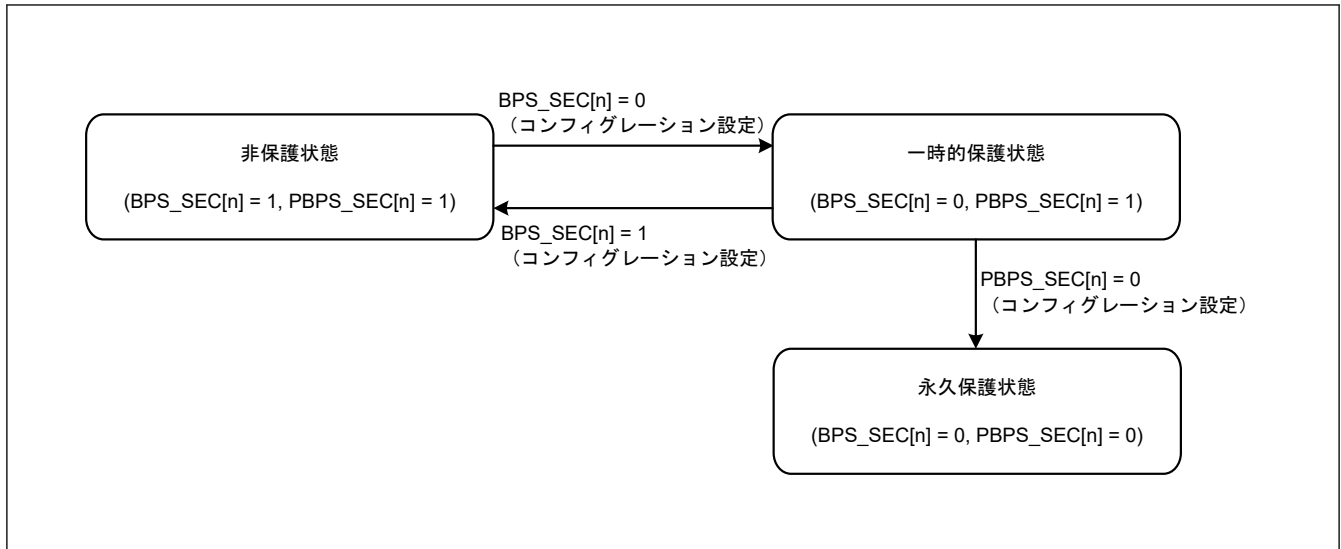


図 40.30 BPS_SEC[n]ビットおよびPBPS_SEC[n]ビットによるフラッシュシーケンサの状態遷移

表 40.23 BPS_SEC[n]ビットおよびPBPS_SEC[n]ビットの書き込み/クリア保護

現在の状態		コンフィグレーション設定コマンドによって更新可能			
BPS_SEC[n]	PBPS_SEC[n]	BPS_SEC[n] = 1	BPS_SEC[n] = 0	PBPS_SEC[n] = 1	PBPS_SEC[n] = 0
1	1	✓	✓	✓	X
1	0	—	—	—	—
0	1	✓	✓	✓	✓
0	0	X	✓	X	✓

注.
 ● ✓は、コンフィグレーション設定コマンドによって更新可能であることを示します。
 ● Xは、コンフィグレーション設定コマンドによっても更新できないことを示します（エラーは発生しません）。
 ● —は、この状態にならないことを示します。

40.12.3 TrustZone のフラッシュメモリ保護

本項の情報は、フラッシュシーケンサの動作に焦点を当てています。

フラッシュメモリは、非セキュアアクセスに対して下記の保護機能を提供します。

- フラッシュメモリ領域の保護 (P/E)
- フラッシュメモリ領域の保護（読み出し）
- レジスタの保護
- FACI コマンド動作中の保護
- コードフラッシュ P/E モードエントリ保護

40.12.3.1 フラッシュメモリ領域の保護 (P/E)

本機能は、非セキュアアクセスの FACI コマンドからコードフラッシュおよびデータフラッシュのセキュア領域を保護します。保護の条件は、FACI コマンド、アクセス属性、およびメモリの境界設定に依存します。

セキュア領域の詳細については、「42. セキュリティ機能」を参照してください。

フラッシュメモリ領域の保護 (P/E) の詳細は表 40.24 を参照してください。

表 40.24 フラッシュメモリ領域の保護 (P/E)

FACI コマンド	対象領域		非セキュアアクセスによる FACI コマンド発行	セキュアアクセスによる FACI コマンド発行
プログラム ブロックイレース	コードフラッシュメモリ	ユーザ領域 (非セキュア領域)	✓	✓
		ユーザ領域 (セキュア領域)	X	✓
	データフラッシュメモリ	データ領域 (非セキュア領域)	✓	✓
		データ領域 (セキュア領域)	X	✓
マルチブロックイレース ブランクチェック	データフラッシュメモリ	データ領域 (非セキュア領域)	✓	✓
		データ領域 (セキュア領域)	X	✓
コンフィギュレーション設定	コードフラッシュメモリ	オプション設定メモリ (非セキュア領域)	✓	✓
		オプション設定メモリ (セキュア領域)	X	✓

注.

- ✓ は、FACI コマンド動作が禁止されていないことを示します。
- X は、FACI コマンド動作が禁止されていることを示します。該当領域が選択され、FACI コマンドが実行されるとエラーになります。

FACI コマンドの対象領域がコードフラッシュのユーザ領域の場合、フラッシュシーケンサは、FSADDR レジスタの設定とコードフラッシュのメモリ境界設定を比較し、対象領域がセキュア領域にあるかどうかを判断します。

メモリの境界は、0x0000_0000~0x00FF_8000 の範囲で 32 KB 単位で設定可能です。

図 40.31 にコードフラッシュのユーザ領域の非セキュア/セキュア属性の詳細を示します。

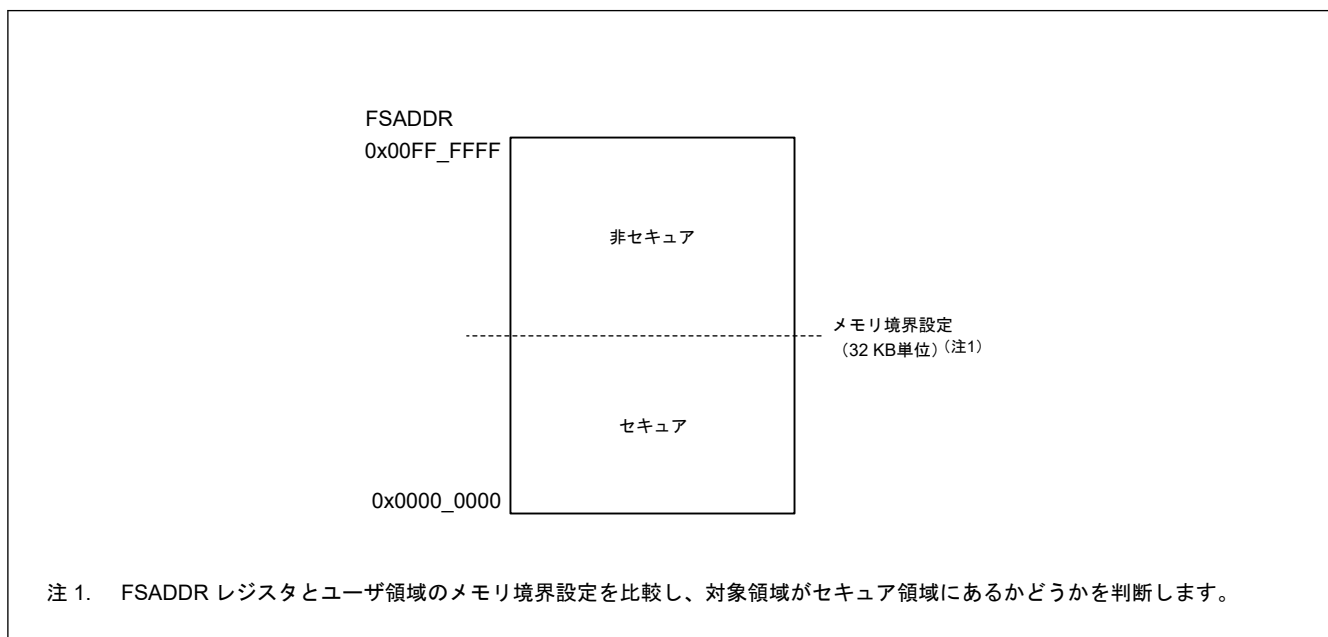


図 40.31 ユーザ領域のセキュア/非セキュア領域

FACI コマンド発行の対象領域がデータフラッシュのデータ領域の場合、フラッシュシーケンサは、FSADDR/FEADDR レジスタの設定とデータフラッシュのメモリ境界設定を比較し、対象領域がセキュア領域にあるかどうかを判断します。メモリの境界は、0x0800_0000~0x0800_FC00 の範囲で 1 KB 単位で設定可能です。図 40.32 に、データフラッシュのデータ領域の非セキュア/セキュア属性の詳細を示します。

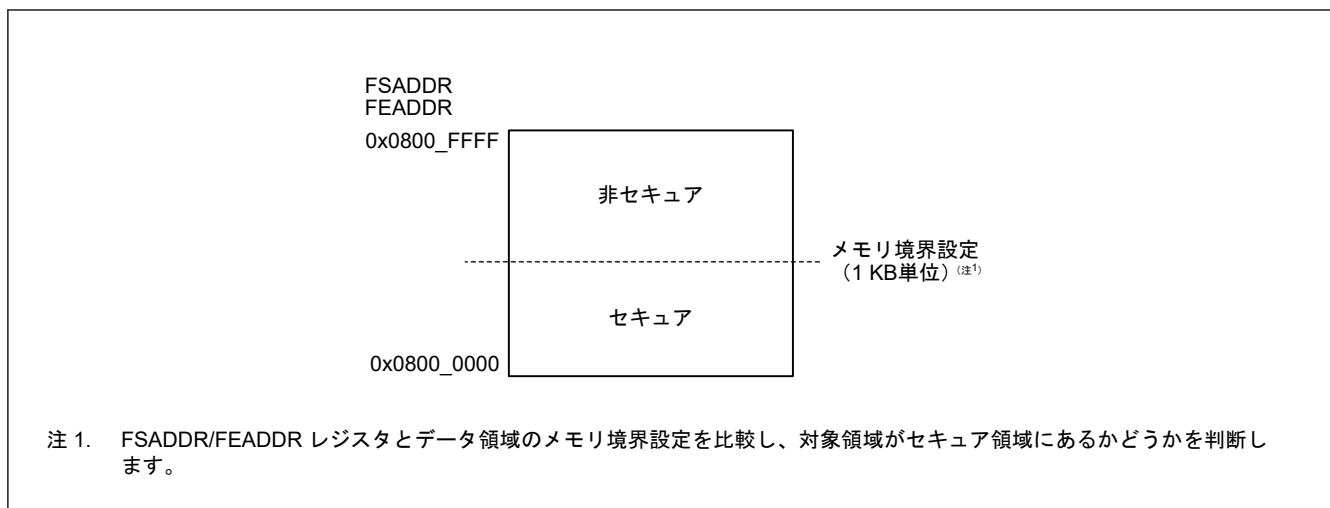


図 40.32 データ領域のセキュア/非セキュア領域

オプション設定メモリの非セキュア/セキュア領域の詳細については図 40.33 を参照してください。フラッシュシーケンサは、FSADDR レジスタの設定から、対象領域がセキュア領域かどうかを判断します。

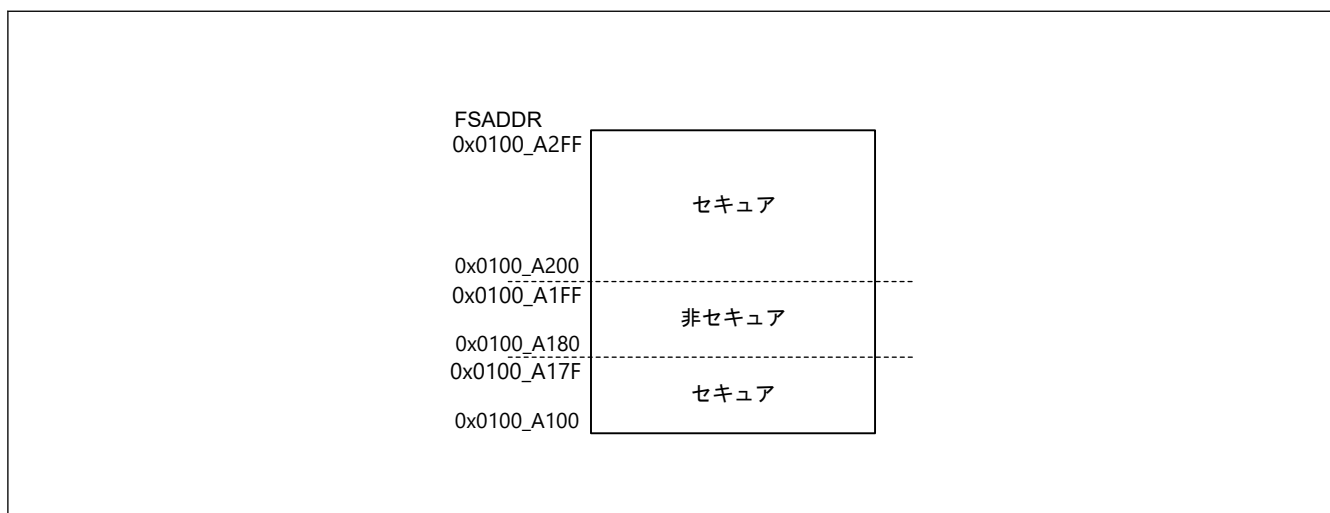


図 40.33 オプション設定メモリのセキュア/非セキュア領域

40.12.3.2 フラッシュメモリ領域の保護（読み出し）

本機能は、非セキュアバスアクセスからコードフラッシュおよびデータフラッシュのセキュア領域を保護します。

セキュア領域の詳細については、「42. セキュリティ機能」を参照してください。

40.12.3.3 レジスタの保護

フラッシュシーケンサレジスタには、非セキュアアクセスに対するライトアクセス保護があります。表 40.25 に、フラッシュシーケンサの保護レジスタの詳細を示します。

表 40.25 TrustZone 用フラッシュシーケンサの保護レジスタ (1/2)

保護対象レジスタ	セキュリティ属性設定	備考
FCKMHZ	セキュリティ属性レジスタ設定 (FSAR.FCKMHZSA)	「40.4.4. FSAR : フラッシュセキュリティ属性レジスタ」を参照してください。
FMEPROT	常にセキュア	「40.4.14. FMEPROT : フラッシュ P/E モードエントリ保護レジスタ」を参照してください。

表 40.25 TrustZone 用フラッシュシーケンサの保護レジスタ (2/2)

保護対象レジスタ	セキュリティ属性設定	備考
FBPROT1	常にセキュア	「40.4.16. FBPROT1: セキュア用フラッシュブロック保護レジスタ」を参照してください。
FSUACR	常にセキュア	「40.4.27. FSUACR: フラッシュスタートアップ領域コントロールレジスタ」を参照してください。
FACI コマンド発行領域、FACI の全レジスタ (FACI のベースアドレス)、および FWEPROR レジスタ	セキュアアクセスによる FACI コマンド処理中	「40.12.3.4. FACI コマンド動作中の保護」を参照してください。

40.12.3.4 FACI コマンド動作中の保護

本機能は、セキュアアクセスの FACI コマンド処理中、FACI の全レジスタ（ベースアドレスが FACI）および FWEPROR レジスタを含む FACI コマンド発行領域への非セキュアアクセスによる読み出し／書き込みを保護します。保護状態には、セキュアアクセスの P/E サスペンドコマンドによるプログラム、ブロックイレース、マルチブロックイレースコマンドのサスペンド時間が含まれます。FACI コマンド動作中の保護の詳細は、[図 40.34](#) および [表 40.26](#) を参照してください。

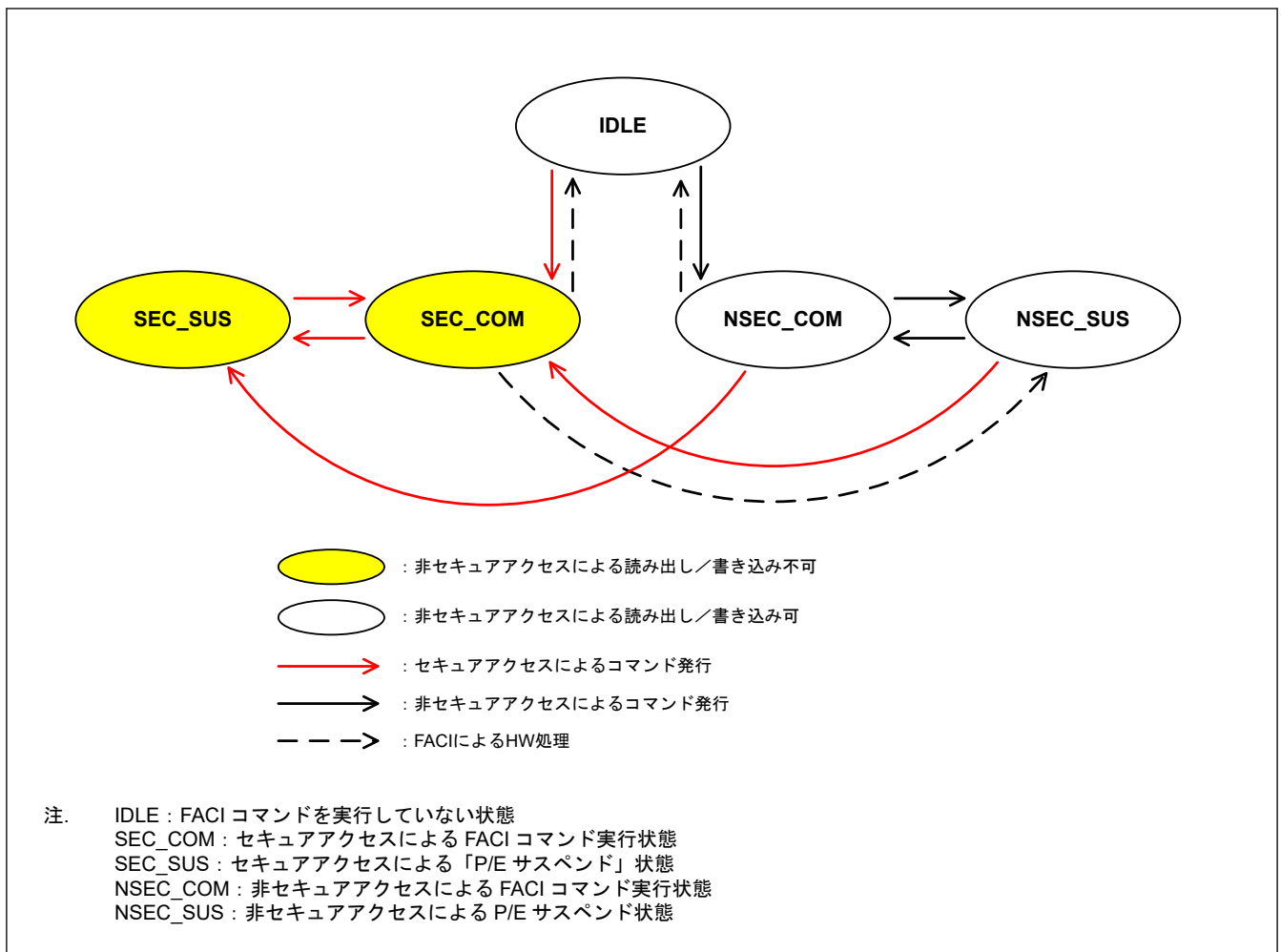


図 40.34 FACI コマンド動作中の保護状態

表 40.26 FACI コマンド動作中の保護

	フラッシュシーケンサは動作していない		プログラム、ブロックイレース、マルチブロックイレース、ブランクチェック、またはコンフィグレーション設定コマンド処理		コマンドロック状態		強制停止コマンド処理		プログラム、ブロックイレース、またはマルチブロックイレースコマンド中断中		セキュアアクセスによるブロックイレースまたはマルチブロックイレースコマンド中断中のプログラムコマンド処理		非セキュアアクセスによるブロックイレースまたはマルチブロックイレースコマンド中断中のプログラムコマンド処理		セキュアアクセスによるプログラム、ブロックイレース、またはマルチブロックイレースコマンド中断中の P/E レジュームコマンド処理		非セキュアアクセスによるプログラム、ブロックイレース、またはマルチブロックイレースコマンド中断中の P/E レジュームコマンド処理	
FACI コマンド属性	—	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS (注1)	S	NS	S	NS (注1)	S	NS	
FRDY ビット	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	
PRGSPD または ERSSPD ビット	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
CMDLK ビット	0	0	0	1	1	1/0	1/0	1/0	1/0	0	0	0	0	0	0	0	0	
非セキュアアクセス	✓	X	✓	✓	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X	✓	

- 注.
- S は、セキュアアクセスによる FACI コマンドを示します。
 - NS は、非セキュアアクセスによる FACI コマンドを示します。
 - ✓ は、非セキュアアクセスによる読み出し/書き込みが可能であることを示します。
 - X は、非セキュアアクセスによる読み出し/書き込みができないことを示します。書き込みデータは無視され、読み出しデータは常に 0 です。

注 1. 非セキュアアクセスにより発行された FACI コマンドは許可されません。

コードフラッシュのプログラム/イレースは、セキュア関数の FMEPROT レジスタにより保護できます。したがって、非セキュア関数のコードフラッシュプログラム/イレース中にセキュア関数が P/E サスペンドコマンドを発行することは想定されていません。

非セキュアのデータフラッシュプログラム/イレースは、セキュア関数により中断可能です。非セキュア関数のデータフラッシュプログラム/イレース中にセキュア関数が P/E サスペンドコマンドを発行した場合、セキュア関数は P/E レジュームコマンドを発行します。セキュア関数が P/E レジュームコマンドを発行した場合、セキュア関数は、非セキュア関数にデータフラッシュプログラム/イレースが完了したことを通知し、非セキュア関数に戻します。非セキュア関数のプログラム/イレース中のセキュア関数の P/E サスペンド発行例を図 40.35 および図 40.36 に示します。

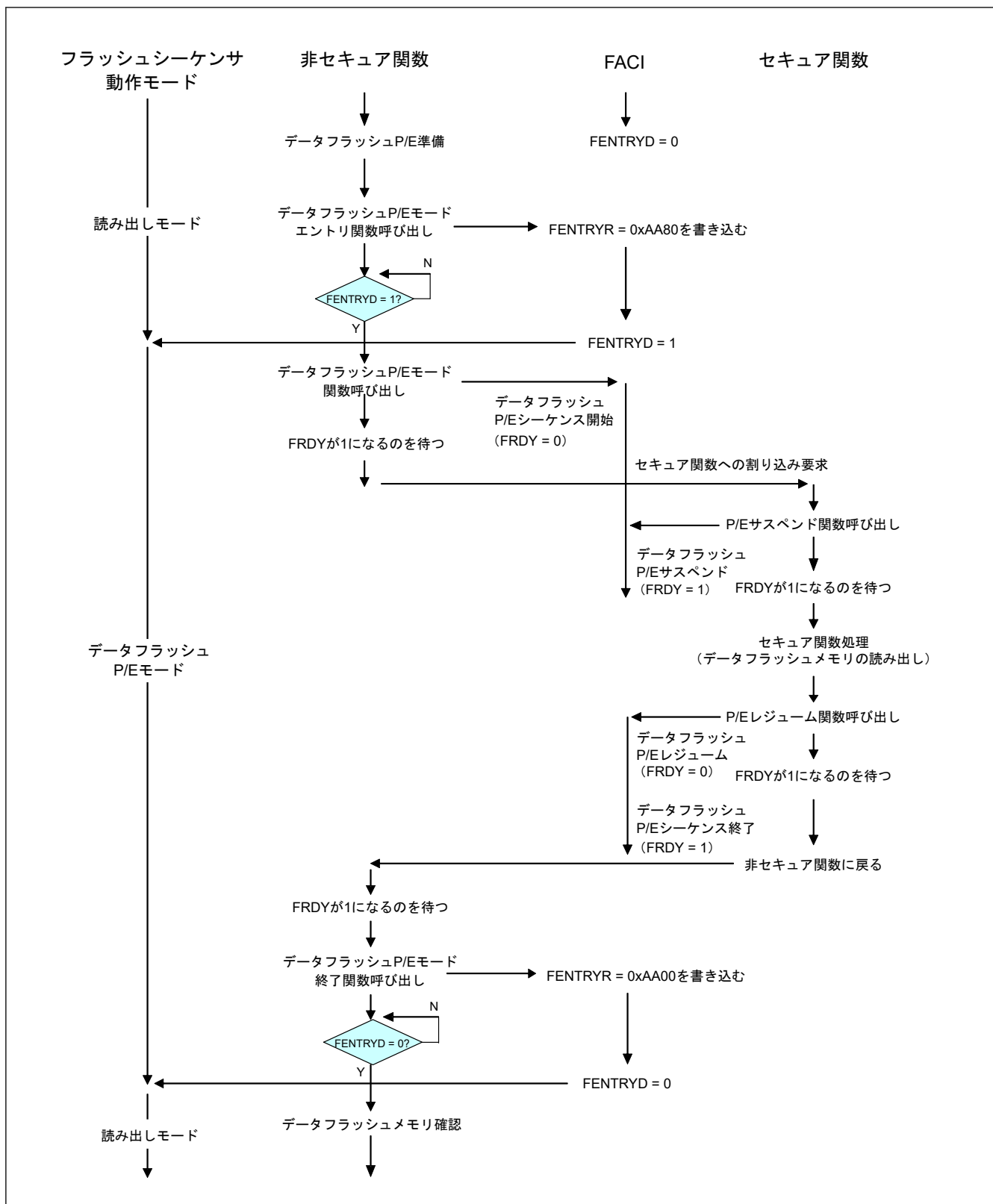


図 40.35 セキュア関数のデータフラッシュ P/E サスペンド例 (P/E 終了を検出するには FRDY ビットを確認)

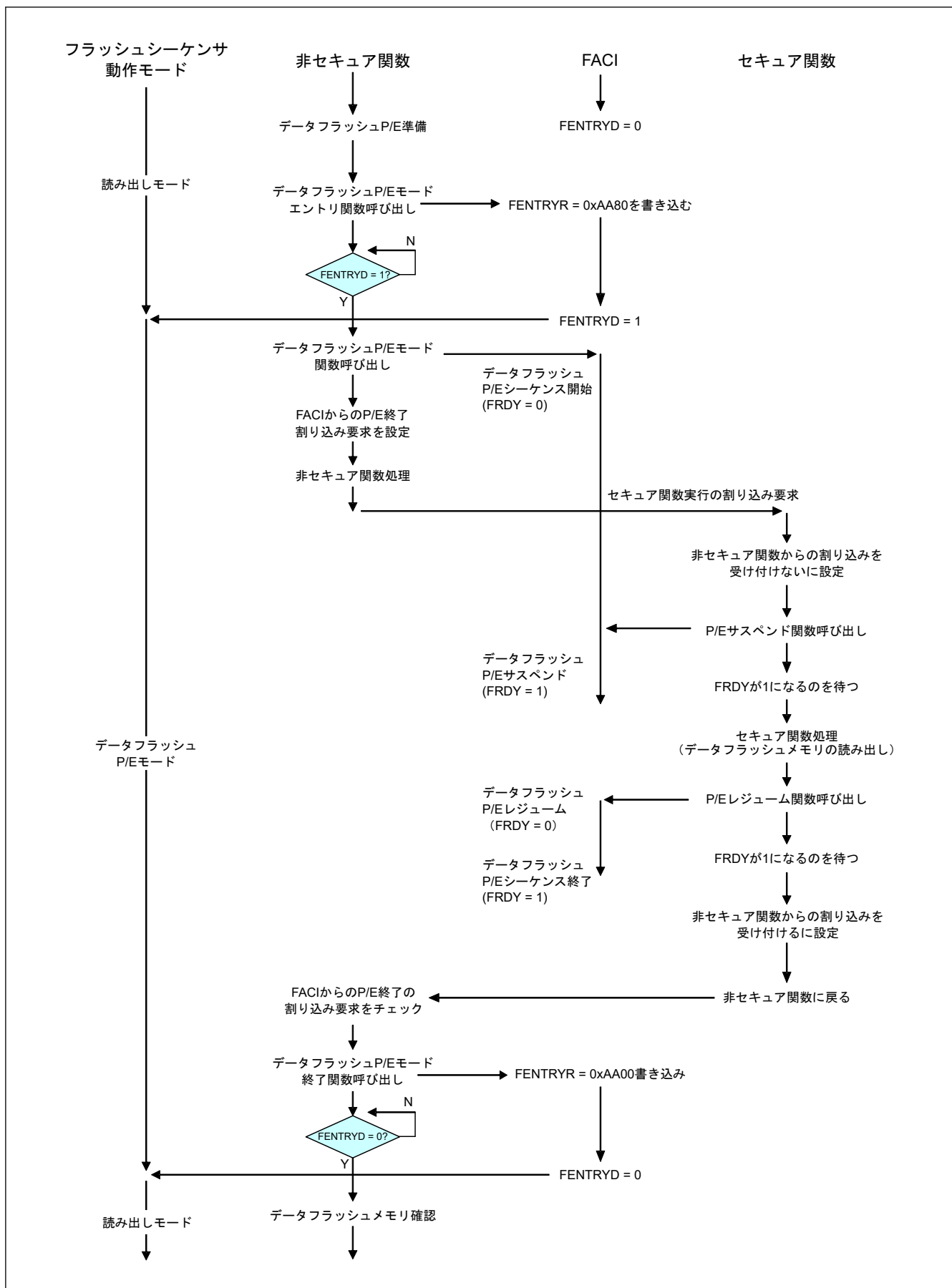


図 40.36 セキュア関数のデータフラッシュ P/E サスペンド例 (P/E 終了を検出するには割り込み要求を確認)

40.12.3.5 コードフラッシュ P/E モードエン트리保護

フラッシュシーケンサには、セキュア開発者用に FMEPROT レジスタによるコードフラッシュ P/E のプロテクション機能があります。本プロテクション機能によりセキュア関数がコードフラッシュメモリの読み出しを防止できます。「[40.4.14. FMEPROT : フラッシュ P/E モードエン트리保護レジスタ](#)」を参照してください。

セキュア関数以外に非セキュア領域のプログラム/イレースを必要としないアプリケーションでは、FMEPROT レジスタのプロテクション機能を有効にすることによりコードフラッシュプログラム/イレースの非セキュア関数を常に無効にしておくことを推奨します。

非セキュア関数によるコードフラッシュ P/E シーケンス例については[図 40.37](#)を参照してください。

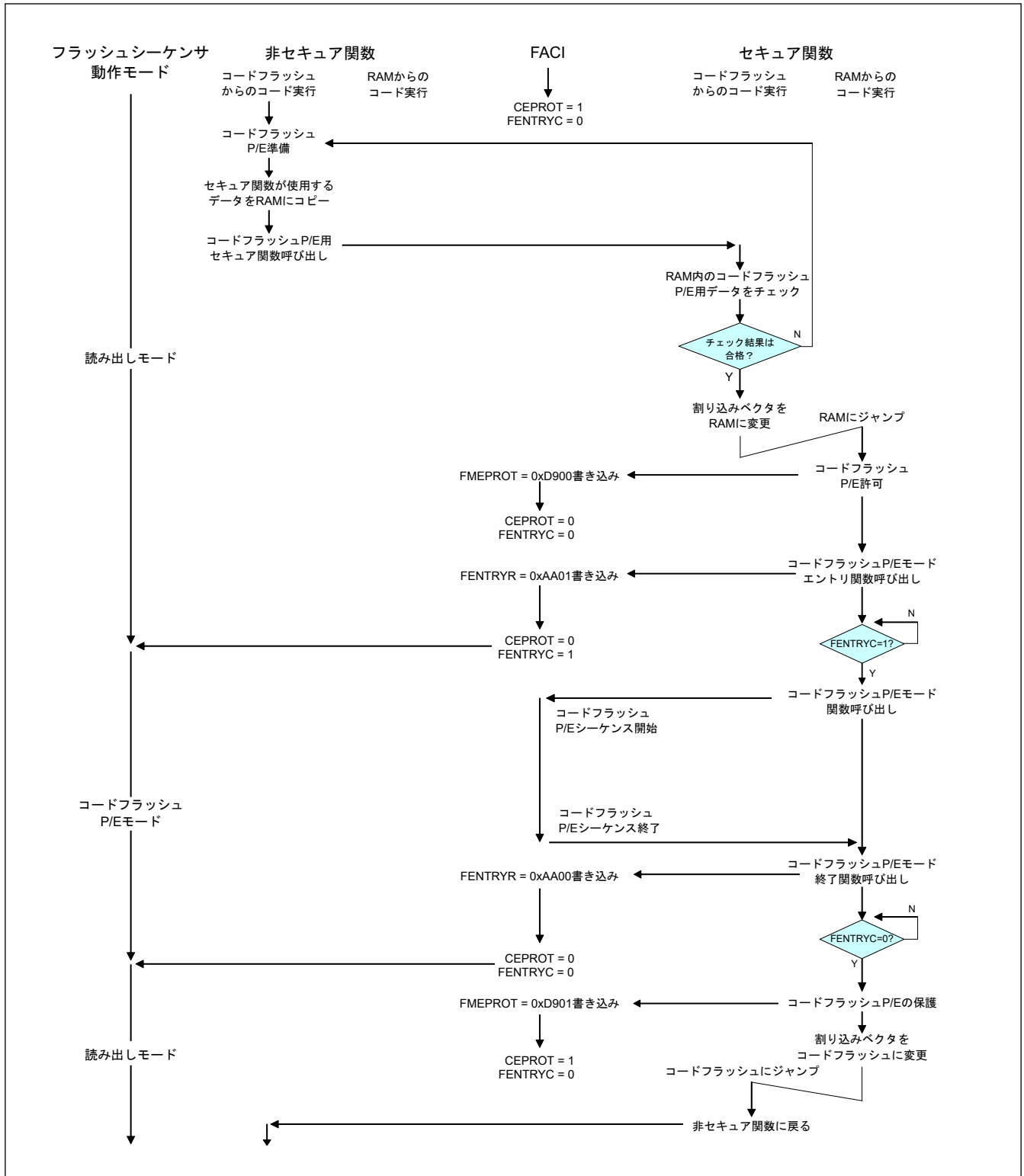


図 40.37 非セキュア関数によるコードフラッシュ P/E シーケンス例 (コードフラッシュ P/E 用セキュア関数使用)

40.13 ブートモード

シリアルプログラミングモードには、SCI9 を使用するブートモード (SCI インタフェース) と USBFS を使用するブートモード (USB インタフェース) があります。表 40.27 にブートモードで使用する入出力端子の一覧を示します。表 40.28 にブートモードで使用可能な通信インタフェースの一覧を示します。

表 40.27 ブートモードで使用する入出力端子

端子名	入出力	使用するモード	用途
MD	入力	ブートモード (SCI インタフェース) ブートモード (USB インタフェース)	動作モードの選択
P110/RXD9	入力	ブートモード (SCI インタフェース)	ホスト通信用 (SCI データ受信用)
P109/TXD9	出力		ホスト通信用 (SCI データ送信用)
USB_DP, USB_DM	入出力	ブートモード (USB インタフェース)	USB データの入出力
USB_VBUS	入力		USB ケーブルの接続/切断の検出

表 40.28 ブートモードで使用可能な通信インタフェース

メインクロック発振器または外部クロック接続	はい	いいえ	いいえ
サブクロック発振器接続(注1)	はいまたはいいえ	はい	いいえ
使用可能なインタフェース	SCI または USB	SCI または USB	SCI
ツール接続時間(注2)	最大 1 秒	最大 2 秒	最大 3 秒

注 1. サブクロック発振器の駆動能力は SOMCR.SODRV ビットにより標準に設定されています。自ボードの低駆動能力に対応した水晶を使用している場合、ブートモードでは水晶が発振しない場合があることに注意してください。

注 2. 詳細な接続時間についてはブートファームウェアマニュアルを参照してください。

40.13.1 ブートモード (SCI インタフェース)

ブートモード (SCI インタフェース) では、ホストは制御コマンドや書き込み用データを送信して、それに従ってフラッシュメモリはプログラム/イレースされます。ホストと本 MCU 間の通信には、内蔵の SCI を調歩同期モードで使用します。ホストには制御コマンドを送信するためのツールとプログラム用データを準備する必要があります。

本 MCU をブートモード (SCI インタフェース) で起動すると、MCU の専用領域上のプログラムが実行されます。ブートプログラムは、SCI のビットレートの自動調整と、ホストからの制御コマンドを受けてのプログラム/イレースの制御を行います。

図 40.38 にブートモード (SCI インタフェース) 時のシステム構成を示します。

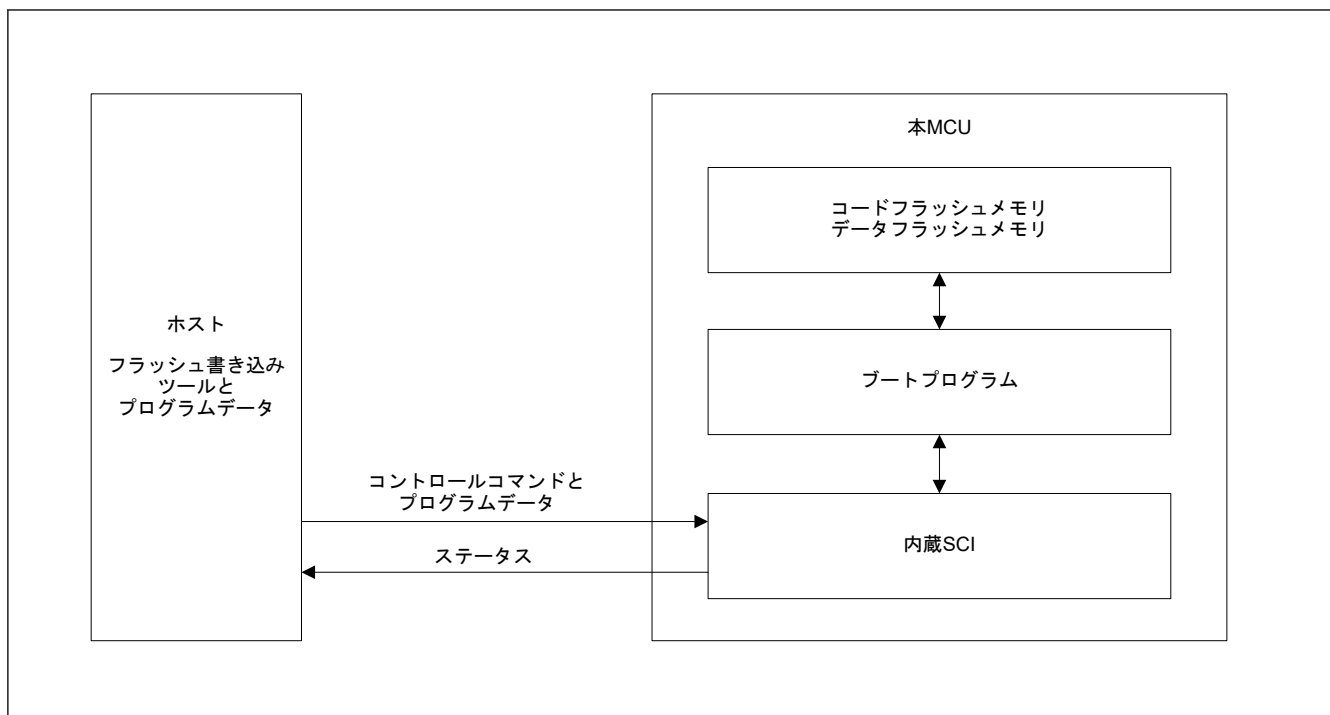


図 40.38 ブートモード (SCI インタフェース) 時のシステム構成

40.13.2 ブートモード (USB インタフェース)

ブートモード (USB インタフェース) では、ホストから制御コマンドや書き込みデータを送信することによりフラッシュメモリへの書き込みまたは消去が可能です。ホストと本MCU間の通信には内蔵USBが使用されます。ホストが制御コマンドや書き込み用のデータを送信するにはツールが必要です。図 40.39 にブートモード (USB インタフェース) のシステム構成を示します。リセット解除時、USB ケーブルが接続されていないとできません。

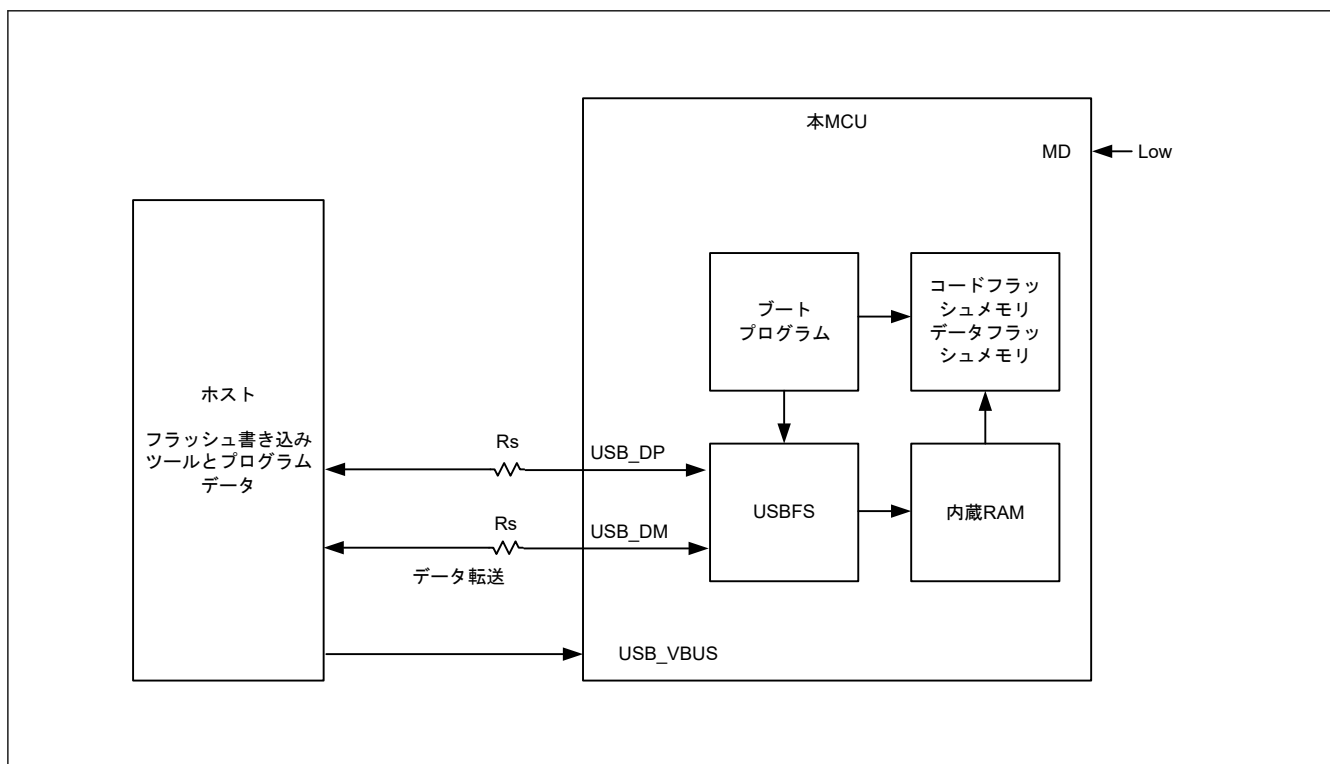


図 40.39 ブートモード (USB インタフェース) のシステム構成図

40.14 シリアルプログラマを使用した書き込み

シリアルプログラマを使用して、ブートモードでフラッシュメモリの書き換えを行うことができます。

(1) シリアルプログラミング

シリアルプログラミング時に、本 MCU はボードに装着されています。ボードにコネクタを備えることにより、シリアルプログラマは本 MCU の書き換えを行うことができます。

40.14.1 シリアルプログラミング環境

本 MCU のフラッシュメモリを書き換えるための推奨される環境を次に示します。

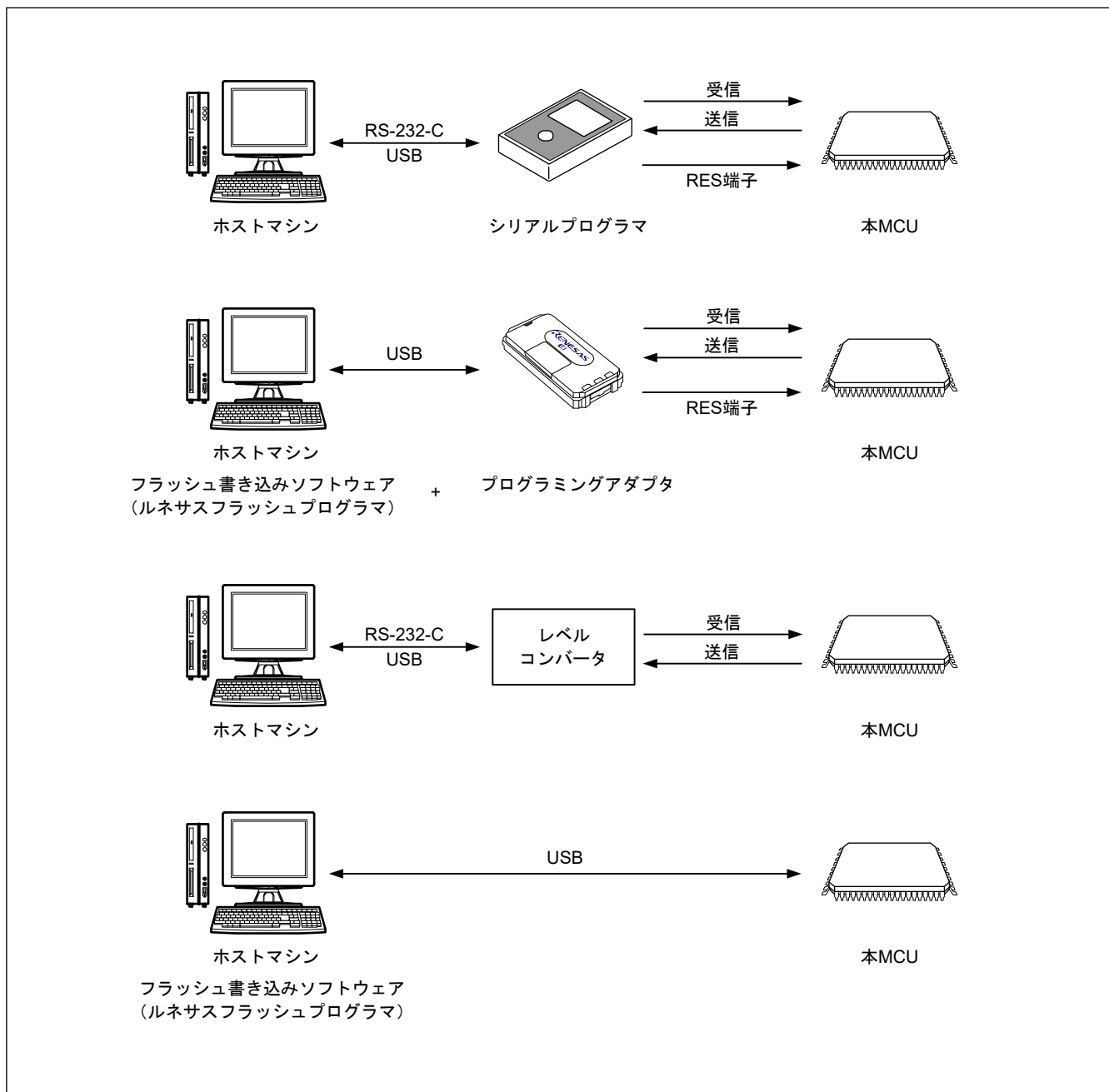


図 40.40 フラッシュメモリを書き換えるための環境

40.15 セルフプログラミングでの書き換え

40.15.1 概要

本 MCU は、ユーザプログラム自体によるフラッシュメモリの書き換えをサポートします。FACI コマンドをユーザのプログラムで使用することにより、フラッシュメモリに書き込むことができます。したがって、ユーザプログラムのアップグレードと、定数データフィールドの書き換えが可能になります。

BGO が使用できないか、オプション設定メモリを書き換える場合、事前に内蔵 RAM に書き換え用のプログラムを転送する必要があります。

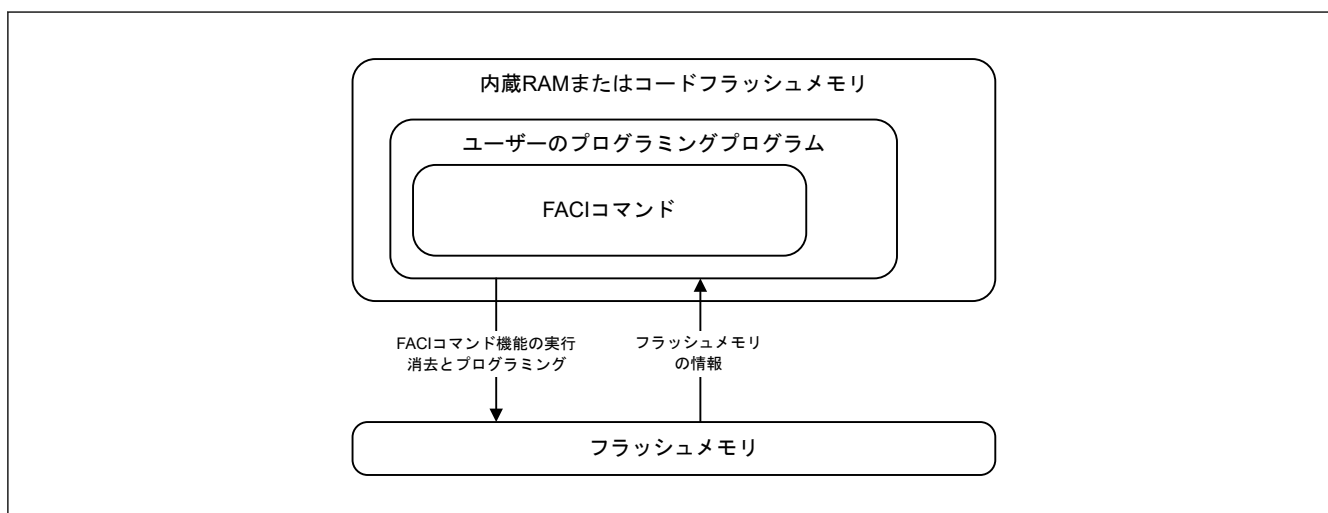


図 40.41 セルフプログラミングの概念

セルフプログラミングの概要情報については、「[40.9. FACI コマンド](#)」を参照してください。

40.15.2 バックグラウンドオペレーション

バックグラウンドオペレーション (BGO) は、データフラッシュメモリが書き換えられるときにコードフラッシュメモリ上でフラッシュ書き換えルーチンを実行するのに使用されます。

書き換え対象のフラッシュメモリと読み出し対象のフラッシュメモリが下記に示す組み合わせである場合には、バックグラウンドオペレーションを利用することができます。

表 40.29 バックグラウンドオペレーションの利用可能な条件

	書き換え範囲	読み出し範囲
共通	コードフラッシュメモリ	データフラッシュメモリ
	データフラッシュメモリ	コードフラッシュメモリ

40.16 フラッシュメモリの読み出し

40.16.1 コードフラッシュメモリの読み出し

リセット解除後のコードフラッシュメモリの読み出し時には、特別な設定は必要ありません。コードフラッシュメモリのアドレスにアクセスすることで、データを読み出すことが可能です。

イレース後にプログラミングしていない状態 (未プログラム状態) のコードフラッシュメモリをリードすると、全ビット 1 が読み出されます。

40.16.2 データフラッシュメモリの読み出し

リセット解除後のデータフラッシュメモリの読み出し時には、特別な設定は必要ありません。データフラッシュメモリのアドレスにアクセスすることで、データを読み出すことが可能です。

イレース後にプログラミングしていない状態 (未プログラム状態) のデータフラッシュメモリの値は不定です。未プログラム状態の確認には、ブランクチェック機能を使用してください。

40.16.3 アクセスサイクル

表 40.30 コードフラッシュメモリ

フラッシュキャッシュ動作	FLWT レジスタ設定	リードサイクル (ICLK)
有効およびヒット	—	1
無効またはミス	0x00	1
	0x01	2

表 40.31 データフラッシュメモリ

FCKMHZ レジスタ設定	リードサイクル
0x00~0x09	Min: 3 FCLK Max: (n - 1) ICLK + 3 FCLK
0x0A~0x13	Min: 4 FCLK Max: (n - 1) ICLK + 4 FCLK
0x14~0x1D	Min: 5 FCLK Max: (n - 1) ICLK + 5 FCLK
0x1E~0x27	Min: 6 FCLK Max: (n - 1) ICLK + 6 FCLK
0x28~0x31	Min: 7 FCLK Max: (n - 1) ICLK + 7 FCLK
0x32	Min: 8 FCLK Max: (n - 1) ICLK + 8 FCLK

注. 周波数比 ICLK: FCLK が n: 1 の場合

40.17 使用上の注意事項

(1) プログラム/イレースを中断した領域およびサスペンド対象領域の読み出し

プログラム/イレースを中断した領域およびサスペンドコマンドを使ってプログラム/イレースが中断された領域に格納されたデータは不定です。不定データを読み出すことによる誤動作を回避するために、プログラム/イレースを中断した領域およびサスペンドコマンドを使ってプログラム/イレースが中断された領域から命令をフェッチしたりデータを読み出さないように注意してください。

(2) プログラム/イレース中のサスペンド

プログラム/イレースの処理が P/E サスペンドコマンドの発行により中止した場合、プログラム/イレース処理は P/E レジュームコマンドを発行することにより再開できます。フラッシュシーケンサが何らかの理由でコマンドロック状態になり、中断処理が正常に完了し ERSSPD フラグまたは PRGSPD フラグが 1 になった後強制停止コマンドを発行すると、中断処理は再開できません。さらに、処理が中断された領域の値は保証されません。該当領域を消去してください。

(3) 追加の書き込み禁止

コードフラッシュメモリまたはデータフラッシュメモリのある領域に 2 回書き込むことはできません。一度書き込まれたコードフラッシュメモリまたはデータフラッシュメモリに書き込むには対象領域を消去します。オプション設定メモリには追加の書き込みが可能です。

(4) プログラム/イレースまたはブランクチェック中のリセット

プログラム/イレース中 RES 端子に現れた信号またはフラッシュメモリのブランクチェックによりリセットとなった場合、動作電圧が電気的特性で規定された範囲になった後リセット入力期間の少なくとも t_{RESW} (「43. 電気的特性」参照) 待機した後、デバイスをリセット状態から解放します。

(5) プログラム/イレース中の割り込み/例外ベクタの配置

プログラム/イレース中に割り込み/例外が発生すると、コードフラッシュメモリからのベクタフェッチが発生する場合があります。BGO が使用できない条件下ではベクタのアドレスをコードフラッシュメモリ以外のアドレスに設定してください。他の方法として、プログラム/イレース中、割り込みや例外処理が起こらないようにしてください。

(6) プログラム/イレースまたはブランクチェック中の禁止項目

プログラム/イレースまたはブランクチェック中フラッシュメモリには高電圧が印加されます。フラッシュメモリの損傷を防ぐため、以下の動作を実行しないでください。

- 電源を動作電圧範囲外にする
- FWEPROR.FLWE[1:0]ビットを変更する。
- OPCCR.OPCM[2:0]ビットおよび SOPCCR.SOPCM ビットを変更する。
- SCKDIVCR.FCK[2:0]ビットを変更する。
- SCKSCR.CKSEL[2:0]ビットを変更する。
- ソフトウェアスタンバイモードまたはディープソフトウェアスタンバイモードへの遷移

(7) Low-speed モードおよび Subosc-speed モードでのプログラム/イレース

動作電力コントロールレジスタ (OPCCR または SOPCCR) で Low-speed モードまたは Subosc-speed モードが選択されているときフラッシュメモリのプログラム/イレースを行わないでください。

(8) エミュレータ接続

ルネサスは、SWD/JTAG 通信を使ったデバッグと SCI 通信を使ったシリアルプログラミングの両方をサポートするエミュレータを提供しています。本エミュレータを使うと、デバッグとシリアルプログラミング間の切り替えを簡単に行うことができます。

表 40.32 に、本エミュレータを使う場合の 10 ピンのピン配列と 20 ピンソケットのピン配列を示します。SWD および JTAG のピン配列は ARM 標準で、MD、TXD、RXD の各端子は、シリアルプログラミング用に SCI 通信を使って追加されます。

シリアルプログラミングインタフェースは、TrustZone IDAU バウンダリレジスタ設定をプログラムするのに使用してください。

デバッグとシリアルプログラミングの両方を使うには、ボード上で P300/SWCLK/TCK 端子と P201/MD 端子をワイヤード OR 回路を用いて接続することを推奨します。

表 40.32 エミュレータ用端子配置

端子番号	SWD	JTAG	SCI を使ったシリアルプログラミング
1	VCC	VCC	VCC
2	P108/SWDIO	P108/TMS	NC
4	P300/SWCLK P201/MD にワイヤード OR 接続	P300/TCK P201/MD にワイヤード OR 接続	P201/MD
6	P109/SWO/TXD9	P109/TDO/TXD9	P109/TXD9
8	P110/RXD9	P110/TDI/RXD9	P110/RXD9
9	GND 検出	GND 検出	GND 検出
10	nRESET	nRESET	nRESET
12	NC	NC	NC
14	NC	NC	NC
16	NC	NC	NC
18	NC	NC	NC
20	NC	NC	NC
3, 5, 15, 17, 19	GND	GND	GND
7	NC	NC	NC
11, 13	NC	NC	NC

41. 内部電圧レギュレータ

41.1 概要

本 MCU は 1 つの内部電圧レギュレータを内蔵しています。

- リニアレギュレータ (LDO)

このレギュレータは、I/O、アナログ、USB、バッテリーバックアップ電源ドメイン以外のすべての内部回路およびメモリに電圧を供給します。

41.2 動作説明

表 41.1 に LDO モードの端子設定を、図 41.1 に LDO モードの設定を示します。LDO モードでは、内部電圧は VCC から生成します。

表 41.1 LDO モード端子設定

端子	設定内容
全 VCC 端子	<ul style="list-style-type: none"> ● 各端子をシステムの電源に接続してください。 ● 各端子を 0.1 μF の積層セラミックコンデンサを介して VSS に接続してください。コンデンサは端子近くに配置してください。
VCL	0.22 μF の積層セラミックコンデンサを介して VSS に各端子を接続してください。コンデンサは端子近くに配置してください。

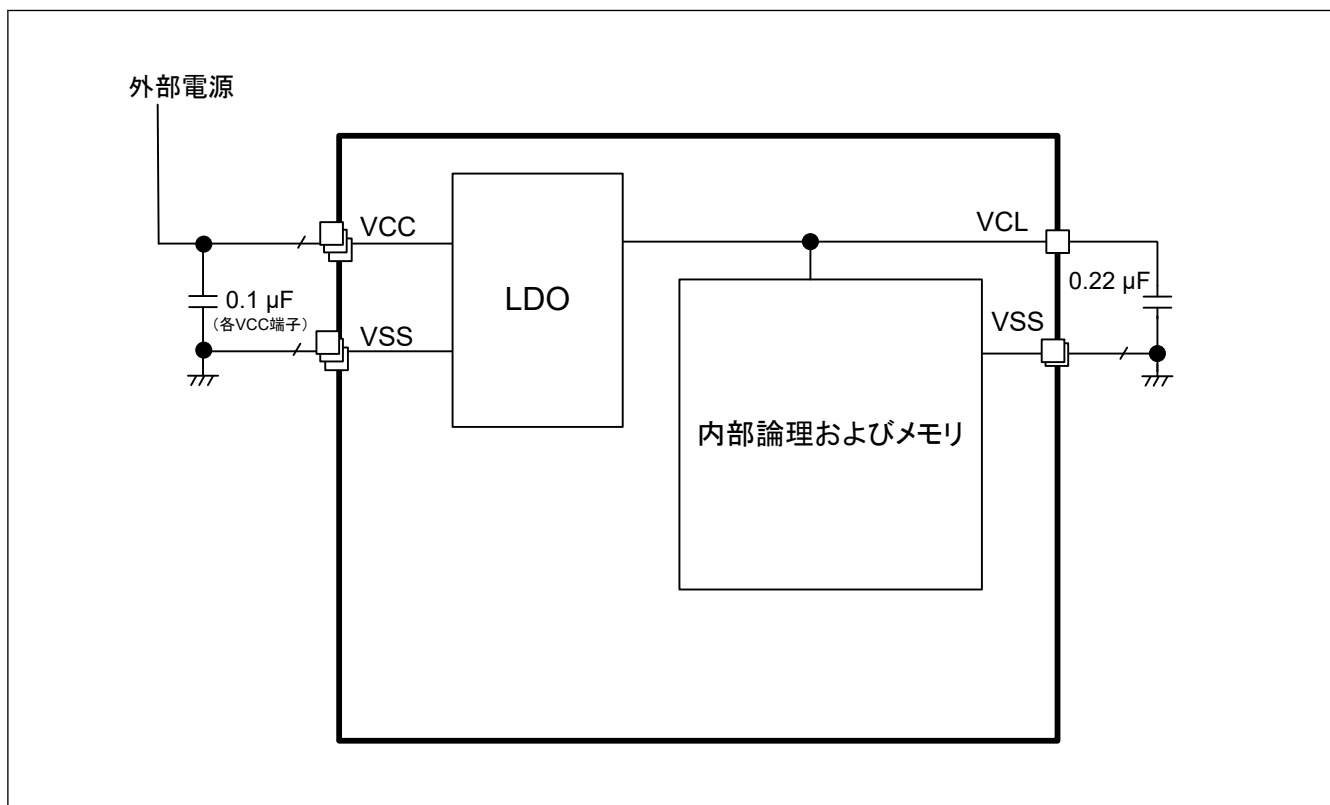


図 41.1 LDO モード設定

42. セキュリティ機能

42.1 特長

- ARMv8-M TrustZone セキュリティ
 - メモリ空間用に 8 領域の IDAU
 - コードフラッシュ用領域：最大 3 領域
 - データフラッシュ用領域：最大 2 領域
 - SRAM 用領域：最大 3 領域
 - IDAU 設定は CPU、DMAC、および DTC に共通
 - SAU 非実装
 - スタンバイ SRAM 用セキュアまたは非セキュア領域
 - VBATT バックアップレジスタ用セキュアまたは非セキュア領域
 - 各周辺モジュール用個別セキュア/非セキュアセキュリティ属性
 - 周辺モジュールによってはセキュアセキュリティ属性および非セキュアセキュリティ属性の両方をサポート
- デバイスライフサイクル管理
- デバッグアクセスレベル：3
 - DBG2：デバッグ接続許可、メモリおよび周辺モジュールへのアクセス制限なし
 - DBG1：デバッグ接続許可、非セキュアメモリ領域および周辺モジュールへのアクセス制限
 - DBG0：デバッグ接続禁止
- キーインジェクション
- 暗号化アクセラレータ
 - 「[34. セキュア暗号エンジン \(SCE9\)](#)」を参照してください。
- セキュア兼用端子
 - 全 I/O ポート端子がセキュアまたは非セキュアとして個別に設定可能
 - SCI3、SPI0、IIC0、GPT321 および GPT165 の端子機能がセキュア端子として設定可能
 - 「[19. I/O ポート](#)」を参照してください。

42.2 Arm TrustZone セキュリティ

42.2.1 Arm TrustZone 技術

Arm TrustZone 技術は、システムとアプリケーションをセキュアドメインと非セキュアドメインに分けます。セキュアアプリケーションは、セキュアおよび非セキュアなメモリおよびリソースにアクセス可能です。非セキュアアプリケーションは、非セキュアメモリおよびリソースのみにアクセス可能です。

システムはデフォルトでセキュア状態で起動します。CPU のセキュリティ状態は、セキュアでも非セキュアでもいずれでも可能です。

42.2.2 メモリのセキュリティ属性

コードフラッシュ、データフラッシュ、および SRAM はセキュア領域 (S)、非セキュア領域 (NS)、および NSC (Non-secure callable) 領域に分けられます。これらのメモリセキュリティ属性は、デバイスのライフサイクルが SSD 状態のとき、シリアルプログラミングコマンドにより不揮発性メモリに設定されます。これらのメモリセキュリティ属性は、アプリケーション実行前に IDAU とメモリコントローラにロードされます。これらのメモリセキュリティ属性はアプリケーションによる更新はできませんが、専用レジスタにより更新可能です。

コードフラッシュは、最大3つの領域に分割可能です。データフラッシュは最大2つの領域に分割可能です。SRAMは最大3つの領域に分割可能です。図42.1にメモリマッピングを示します。表42.1にメモリ領域のサイズを示します。

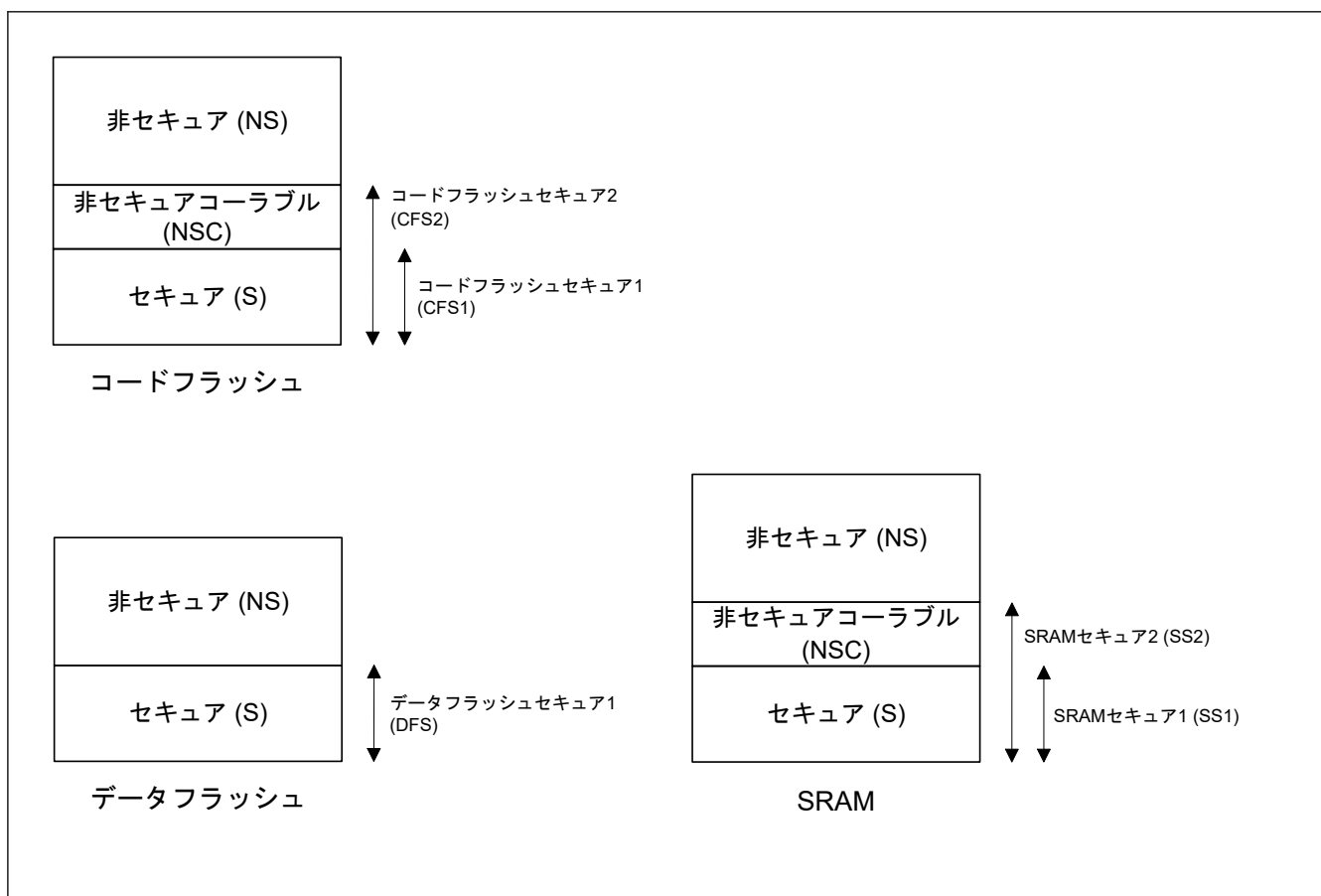


図 42.1 メモリマッピング

表 42.1 メモリ領域サイズ

メモリ領域	開始アドレス	サイズ
コードフラッシュセキュア	0x0000_0000	CFS1 × 1 KB
コードフラッシュ NSC	CFS1 × 1 KB	CFS2 × 32 KB - CFS1 × 1 KB
コードフラッシュ非セキュア	CFS2 × 32 KB	コードフラッシュサイズ - CFS2 × 32 KB
データフラッシュセキュア	0x0800_0000	DFS × 1 KB
データフラッシュ非セキュア	0x0800_0000 + DFS × 1 KB	データフラッシュサイズ - DFS × 1 KB
SRAM セキュア	0x2000_0000	SS1 × 1 KB
SRAM NSC	0x2000_0000 + SS1 × 1 KB	SS2 × 8 KB - SS1 × 1 KB
SRAM 非セキュア	0x2000_0000 + SS2 × 8 KB	SRAM サイズ - SS2 × 8 KB

スタンバイ SRAM は 8 つの領域に分かれています。セキュリティ属性は各領域に設定できますが、セキュア領域と非セキュア領域はともに連続していなければなりません。言い換えれば、スタンバイ SRAM は一つの連続したセキュア領域と一つの連続した非セキュア領域を備えることができます。スタンバイ SRAM のセキュリティ属性は、セキュアアプリケーションにより専用レジスタに設定されます。詳細は、「39. スタンバイ SRAM」を参照してください。

VBATT バックアップレジスタは 8 つの領域に分割されます。セキュリティ属性は各領域に設定できますが、セキュア領域と非セキュア領域はともに連続していなければなりません。言い換えれば、VBATT バックアップレジスタは一つの連続したセキュア領域と一つの連続した非セキュア領域を備えることができます。VBATT バックアップレジスタのセキュリティ属性は、セキュアアプリケーションにより専用レジスタに設定されます。詳細は、「11. バッテリバックアップ機能」を参照してください。

表 42.2 にメモリのアクセス許可を示します。

表 42.2 メモリのアクセス許可

メモリ	セキュアアクセス	非セキュアアクセス
セキュアまたは NSC として設定されたコードフラッシュ、データフラッシュ、SRAM	許可	書き込み無視／読み出し無視 TrustZone アクセスエラー発生
非セキュアとして設定されたコードフラッシュ、データフラッシュ、SRAM	許可	許可
セキュアとして設定されたスタンバイ SRAM、VBATT バックアップレジスタ	許可	書き込み無視／0x00 読み出し TrustZone アクセスエラー発生なし
非セキュアとして設定されたスタンバイ SRAM、VBATT バックアップレジスタ	許可	許可

42.2.3 周辺モジュールのセキュリティ属性

各周辺モジュールは、セキュアまたは非セキュアに設定可能です。

周辺モジュールは 2 種類に分かれます。

タイプ 1 周辺モジュールは一つのセキュリティ属性を持っています。全レジスタへのアクセスが一つのセキュリティ属性により制御されます。タイプ 1 周辺モジュールのセキュリティ属性は、セキュアアプリケーションにより PSARx (x = B~E) レジスタに設定されます。

タイプ 2 周辺モジュールは、各レジスタまたは各ビットに対してセキュリティ属性を持っています。各レジスタまたはビットフィールドへのアクセスは、これらのセキュリティ属性に従って制御されます。タイプ 2 周辺モジュールのセキュリティ属性は、セキュアアプリケーションにより各モジュールのセキュリティ属性レジスタに設定されます。セキュリティ属性レジスタについては、各周辺モジュールユーザーズマニュアルの該当章を参照してください。

表 42.3 に周辺モジュール種別の分類を示します。

表 42.3 周辺モジュール種別の分類

種類	周辺モジュール
タイプ 1	SCI, SPI, USBFS, CAN, IIC, SCE9, DOC, CRC, CAC, ADC12, DAC12, POEG, AGT, GPT, RTC, IWDT, WDT
タイプ 2	システム制御 (リセット、LVD、クロック発生回路、低消費電力モード、バッテリーバックアップ機能)、FLASH CACHE、SRAM コントローラ、DMAC、DTC、ICU、MPU、BUS、セキュリティ設定、ELC、I/O ポート
常に非セキュア	QSPI

表 42.4 にタイプ 1 周辺モジュールのアクセス許可を示します。タイプ 2 周辺モジュールのアクセス許可はモジュールごとに異なります。各周辺モジュールのレジスタの説明を参照してください。

表 42.4 タイプ 1 周辺モジュールのアクセス許可

許可	セキュアアクセス	非セキュアアクセス
セキュアとして設定された周辺モジュール	許可	書き込み無視／読み出し無視 TrustZone アクセスエラー発生
非セキュアとして設定された周辺モジュール	許可	許可

42.2.4 フラッシュシーケンサのセキュリティ属性

フラッシュシーケンサはフラッシュのプログラム／イレースに使用されます。

フラッシュシーケンサは特別なセキュリティ属性を持っています。表 42.5 にフラッシュシーケンサのアクセス許可を示します。

表 42.5 フラッシュシーケンサのアクセス許可

	セキュアアクセス	非セキュアアクセス
FACI コマンド発行領域	許可	FACI コマンドがコードフラッシュ、データフラッシュおよびオプション設定メモリのセキュア領域に発行された場合 <ul style="list-style-type: none"> 発行された FACI コマンドは無効です。 フラッシュシーケンサエラーになります。 FACI コマンドがコードフラッシュ、データフラッシュおよびオプション設定メモリの非セキュア領域に発行された場合 <ul style="list-style-type: none"> 発行された FACI コマンドは有効です。
FBPROT1、FSUACR、FMEPROT レジスタ	許可	書き込み無視/読み出し可能 TrustZone アクセスエラー発生なし
FCKMHZ レジスタ	許可	フラッシュセキュリティ属性レジスタにより設定セキュアとして設定された場合 <ul style="list-style-type: none"> 書き込み無視/読み出し可能 TrustZone アクセスエラー発生なし 非セキュアとして設定された場合 <ul style="list-style-type: none"> 許可
その他のレジスタ	許可	セキュアアプリケーションによるプログラム/イレース中もしくはプログラム/イレース中断中 <ul style="list-style-type: none"> 書き込み無視/0x00 読み出し TrustZone アクセスエラー発生なし その他の状態 <ul style="list-style-type: none"> 許可

42.2.5 アドレス空間のセキュリティ属性

表 42.6 に、アドレス空間のセキュリティ属性を示します。

表 42.6 アドレス空間のセキュリティ属性

領域	属性
コードフラッシュセキュア	セキュア
コードフラッシュ NSC	NSC
コードフラッシュ非セキュア	非セキュア
データフラッシュセキュア	セキュア
データフラッシュ非セキュア	非セキュア
SRAM セキュア	セキュア
SRAM NSC	NSC
SRAM 非セキュア	非セキュア
周辺モジュール	除外
その他のエリア	除外

注. 除外：チェックは行われません。バストランザクションはすべて伝播されます。

42.2.6 TrustZone アクセスエラー

TrustZone アクセスエラー時の動作を表 42.7 に示します。動作はアクセス対象のマスタ/スレーブ領域によって変わります。

表 42.7 TrustZone アクセスエラー時の動作

エリア	CPU	DMAC/DTC
コードフラッシュ、データフラッシュ、SRAM	SecureFault 例外検出(注2)	<ul style="list-style-type: none"> 転送が開始しない NMI またはリセット発生(注1) 割り込み発生 (DMA_TRANSERR)
その他のエリア	<ul style="list-style-type: none"> BusFault 例外検出(注2) (注3) NMI またはリセット発生(注1) (注2) (注3) 	<ul style="list-style-type: none"> 転送停止(注4) NMI またはリセット発生(注1) (注4) 割り込み発生 (DMA_TRANSERR)(注4)

- 注 1. NMI またはリセットが TZFOAD.OAD ビットにより選択されます。
- 注 2. デバッガアクセスにより TrustZone アクセスメッセージが発生した場合、例外、NMI、またはリセットは発生しません。エラー応答が返されるだけです。
- 注 3. ARM MPU によりメモリ属性が「Early Write Acknowledgment」に設定されている PHBIU/PLBIU アドレス空間への書き込みではこれらのエラー動作は起きません。
- 注 4. DMBWR.BWE ビットによりバッファ可能書き込みが許可されている場合、DMAC から PHBIU/PLBIU アドレス空間への書き込みではこれらのエラー動作は起きません。

42.3 デバイスライフサイクルの管理

デバイスライフサイクルは、デバイスの現在のフェーズを識別し、デバッグインタフェース、シリアルプログラミングインタフェースおよびルネサステストモードの機能を制御します。図 42.2 に、デバイスライフサイクルの解説図を示します。表 42.8 に、ライフサイクルの定義および各ライフサイクルでの機能を示します。

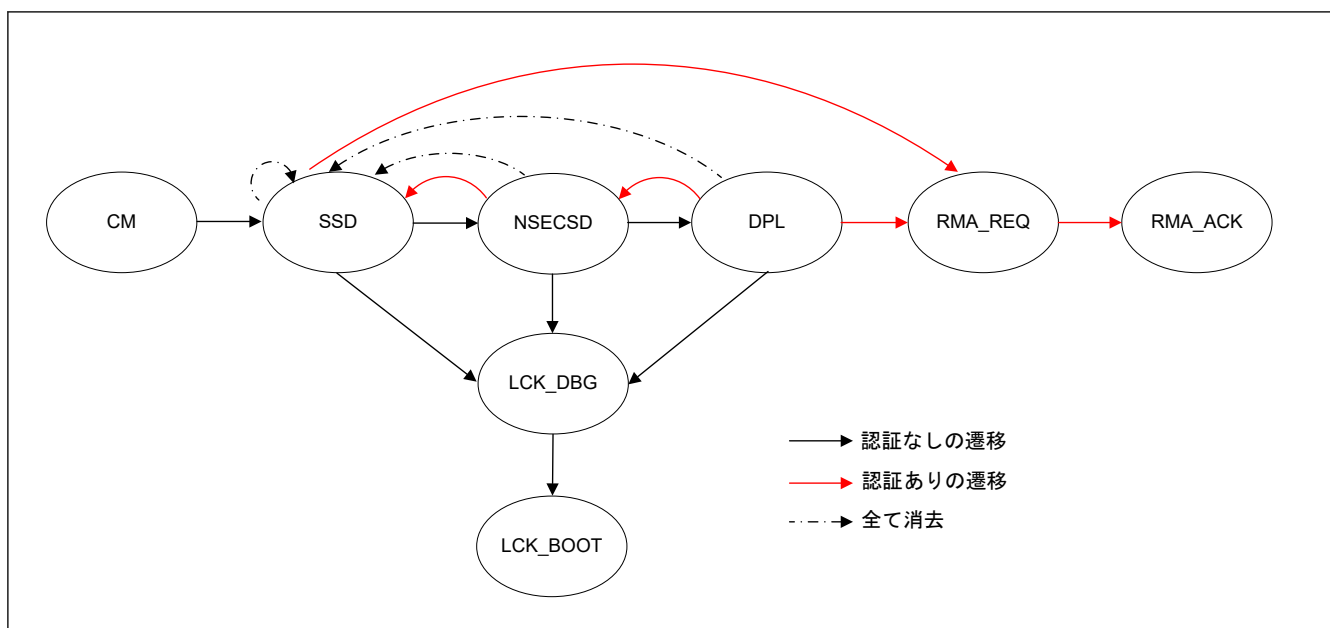


図 42.2 デバイスライフサイクルの解説図

表 42.8 ライフサイクルの定義および各ライフサイクルでの機能 (1/2)

ライフサイクル	定義	デバッグレベル	シリアルプログラミング	ルネサステストモード
CM	Chip Manufacturing (チップ製造中) デバイスはルネサス工場内です。お客様がデバイスを受け取ったときの状態	DBG2	可能 コード/データフラッシュエリアへのアクセス不可	不可
SSD	Secure Software Development (セキュアソフトウェア開発) アプリケーションのセキュア部分を開発中	DBG2	可能 全コード/データフラッシュエリアをプログラム/イレース/読み出し可	不可
NSECSD	Non-SECure Software Development (非セキュアソフトウェア開発) アプリケーションの非セキュア部分を開発中	DBG1	可能 非セキュアコード/データフラッシュエリアのみをプログラム/イレース/読み出し可	不可
DPL	DePLoyed (展開済み) デバイスは現場に展開済み	DBG0	可能 コード/データフラッシュエリアへのアクセス不可	不可
LCK_DBG	LoCKed DeBuG (デバッグロック中) デバッグインタフェースは永久に無効	DBG0	可能 コード/データフラッシュエリアへのアクセス不可	不可

表 42.8 ライフサイクルの定義および各ライフサイクルでの機能 (2/2)

ライフサイクル	定義	デバッグレベル	シリアルプログラミング	ルネサステストモード
LCK_BOOT	LoCKed BOOT interface (ブートインタフェースロック中) デバッグインタフェースおよびシリアルプログラミングインタフェースは永久に無効	DBG0	不可	不可
RMA_REQ	Return Material Authorization REQuest (RMA 要求) RMA 要求。お客様はこの状態でデバイスをルネサスに送ってください。	DBG0	可能 コード/データフラッシュエリアへのアクセス不可	不可
RMA_ACK	Return Material Authorization ACKnowledged (RMA 承認) ルネサスでの故障解析	DBG2	可能 コード/データフラッシュエリアへのアクセス不可	可能

42.3.1 ライフサイクル状態の変更

デバイスのライフサイクル状態を変更するにはシリアルプログラミングコマンドを使用してください。コマンド詳細については、ブートファームウェアアプリケーションノートを参照してください。アプリケーションによるライフサイクル更新はできませんが、専用レジスタにより読み出し可能です。

図 42.2 に示すように、3 種類のライフサイクル遷移があります。

第一の遷移は、デバッグアクセスレベルを下げる、またはシリアルプログラミングモードを制限する変更です。この変更には制限がありません。

注. デバッグインタフェースは、LCK_DBG 状態では永久に無効です。LCK_DBG に変更後、デバッグインタフェースは永久に使用できません。

注. LCK_BOOT 状態ではデバッグインタフェースおよびシリアルプログラミングインタフェースは永久に無効です。LCK_BOOT に変更後はデバッグインタフェースおよびシリアルプログラミングインタフェースは永久に使用できません。

第二の遷移は、デバッグアクセスレベルを上げる、または RMA を要求する変更です。この変更には鍵認証が必要です。キーの長さは 128 ビットです。セキュア開発者は、ライフサイクルが SSD 状態のとき、2 つのキーをインジェクトする必要があります。一つは「SECDBG_KEY」で、ライフサイクルを NSECSD から SSD に変更する場合の認証に使用されます。もう一つは「RMA_KEY」で、ライフサイクルを SSD または DPL から RMA_REQ に変更する場合の認証に使用されます。非セキュア開発者は、ライフサイクルが NSECSD 状態のとき、1 つのキーをインジェクトする必要があります。それは「NONSECDBG_KEY」で、ライフサイクルを DPL から NSECSD に変更する場合の認証に使用されます。キーのインジェクト方法の詳細については、「42.4. キーインジェクション」を参照してください。鍵認証には、チャレンジ&レスポンス認証またはユニーク ID を使った認証が使われます。ユニーク ID を使った認証は RMA_REQ への遷移においてのみ使用可能です。以下にチャレンジ&レスポンス認証でのレスポンス、またはユニーク ID を使った認証コードを計算するプロセスを示します。

レスポンス = HMAC-SHA256 (KEY、128 ビットチャレンジ || 固定値 (256 ビット))

認証コード = HMAC-SHA256 (KEY、128 ビットユニーク ID || 固定値 (256 ビット))

固定値 = 9e56dc41 cf0c9648 1b811141 f8f9ba1e 4dd77746 6d403593 17f46d64 fe64fdf6

注. ここでの"||"は論理 OR ではなく、連結を示します。

注. キーがインジェクトされない場合、ライフサイクルの変更は行われません。

注. NSECSD から SSD、または DPL から NSECSD へのライフサイクル遷移において、フラッシュメモリの内容は消去されません。

注. より上位のデバッグアクセスレベルか RMA_REQ への変更後、MCU は応答しません。シリアルプログラミングコマンドの使用を続けるには、リセット後に再度ブートモードに入りなおす必要があります。コマンド詳細については、ブートファームウェアアプリケーションノートを参照してください。

注. RMA_REQ へのライフサイクル遷移において、永久ロックブロックまたは BPS_SEL レジスタの設定を除きフラッシュメモリの内容は消去されます。永久ロックブロックまたはレジスタの内容は故障解析時ルネサスが読み出し可能

です。永久ロックブロックとは、PBPS、PBPS_SEC、BPS_SEL の各レジスタによりプログラム/イレースが永久に無効にされたブロックを意味します。永久ロックレジスタとは、FSPR ビットによりプログラム/イレースが永久に無効にされた SAS レジスタを意味します。

第三の遷移は、全消去です。全消去は、初期化コマンドにより実行されます（初期化コマンド自体が無効にされている場合を除く）。ライフサイクルは SSD に戻り、フラッシュメモリの内容は消去されます。永久ロックブロックまたはレジスタがある場合、初期化コマンドは実行されません。PBPS レジスタおよび PBPS_SEC レジスタの全ビットが 1 で FSPR ビットが 1 の場合、初期化コマンドは実行可能です。

注. だれでも初期化コマンドを発行でき、フラッシュメモリの内容は簡単に消去できます。開発者がこれを望まない場合は、パラメータ設定コマンドを使って初期化コマンドを永久にインバリデートできます。

注. 初期化コマンドを実行した後、MCU は応答しません。シリアルプログラミングコマンドの使用を続けるには、リセット後に再度ブートモードに入りなおす必要があります。コマンド詳細については、ブートファームウェアアプリケーションノートを参照してください。

42.3.2 デバッグアクセスレベル

3 つのデバッグアクセスレベルがあり、デバッグアクセスレベルはライフサイクル状態に応じて変わります。

- DBG2 : デバッグ接続許可、メモリおよび周辺モジュールへのアクセス制限なし
- DBG1 : デバッグ接続許可、非セキュアメモリ領域および周辺モジュールへのアクセス制限
- DBG0 : デバッグ接続禁止

42.3.3 シリアルプログラミング

シリアルプログラマが接続可能かどうか、およびアクセス可能なフラッシュメモリの範囲は、表 42.8 に示すライフサイクル状態に依存します。そして受け付け可能なシリアルプログラミングコマンドはライフサイクル状態により異なります。コマンド詳細については、ブートファームウェアアプリケーションノートを参照してください。

42.3.4 ライフサイクル変更例

以下に標準的なライフサイクル変更例を示します。

セキュア開発者

- シリアルプログラミングコマンドを使ってライフサイクルを CM から SSD に変更
- シリアルプログラミングコマンドを使ってコードフラッシュ、データフラッシュおよび SRAM のメモリセキュリティ属性を設定
- シリアルプログラミングインタフェースを使ってセキュアアプリケーションをプログラムし、セキュアアプリケーションをデバッグするライフサイクルが CM でもデバッグは可能ですが、CM 状態でメモリセキュリティ属性は設定できません。メモリセキュリティ属性が設定されていない場合、コードフラッシュ、データフラッシュおよび SRAM のすべてのエリアはセキュアです。

注. 表 42.10 に示すレジスタを非セキュアと設定する場合 NSECSD 状態である必要があります。詳細は、「42.6.1. セキュリティ属性の設定に関する制限」を参照してください。

- (必要時) シリアルプログラミングコマンドを使って「SECDBG_KEY」および「RMA_KEY」をインジェクト
- (必要時) 表 42.9 に示す AES、RSA、ECC、HMAC の各キーをインジェクト
- (必要時) シリアルプログラミングコマンドを使って全消去を無効に設定
- シリアルプログラミングコマンドを使ってライフサイクルを SSD から NSECSD に変更

非セキュア開発者

- シリアルプログラミングインタフェースを使って非セキュアアプリケーションをプログラムし、非セキュアアプリケーションをデバッグする
- (必要時) シリアルプログラミングコマンドを使って「NONSECDBG_KEY」をインジェクト

- (必要時) 表 42.9 に示す AES、RSA、ECC、HMAC の各キーをインジェクト
- (必要時) シリアルプログラミングコマンドを使って全消去を無効に設定
- シリアルプログラミングコマンドを使ってライフサイクルを DPL に変更

42.3.5 故障解析

お客様がルネサスに故障解析をご希望の場合は、ライフサイクルを RMA_REQ に変更してからデバイスを送ってください。ライフサイクルが RMA_REQ でないとルネサスは故障解析を行うことができません。RMA_REQ は永久的な状態のため、RMA_REQ に変更後に別の状態に戻すことはできません。RMA_REQ に変更する前に、SSD あるいは NSECSD に変更して解析することをお勧めします。

ルネサスに送られたデバイスはお客様に戻されません。デバイスは廃棄されます。

注. 「42.3.1. ライフサイクル状態の変更」で示すように、ライフサイクルを RMA_REQ に変更するために、RMA_KEY が必要です。RMA_KEY を失念した場合、ルネサスは故障解析を行うことができません。

42.4 キーインジェクション

MCU にユーザキーをインジェクトするには 3 つのステップが必要です。

お客様はまず、128 ビットのインストールキーを作成する必要があります。本キーは、ユーザファクトリプログラミングキー (UFPK) と呼ばれ、ユーザキーの暗号化に使用されます。ルネサスキーラッピングサービスからラッピングされたキー (W-UFPK) を受け取ります。

2 番目に UFPK を使ってユーザキーを AES キーに暗号化します。

最後にシリアルプログラミングインタフェースを使って W-UFPK と暗号化されたユーザキーを MCU に送ります。送られたユーザキーは復号処理され、ハードウェアユニークキーによりラッピングされ、そして不揮発性メモリに格納されます。

キーインジェクションの解説図を図 42.3 に示します。シリアルプログラミングインタフェースでインジェクト可能なキーを表 42.9 に示します。

ユーザキーは、ライフサイクル遷移中の認証にも使用されます。

42.5 レジスタの説明

42.5.1 PSARB: 周辺モジュールセキュリティ属性レジスタ B

Base address: PSCU = 0x400E_0000

Offset address: 0x04

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	PSAR B31	PSAR B30	PSAR B29	PSAR B28	PSAR B27	—	—	—	—	PSAR B22	—	—	PSAR B19	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	PSAR B11	—	PSAR B9	—	—	PSAR B6	—	—	—	PSAR B2	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
1	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
2	PSARB2	CAN0 および MSTPCRB.MSTPB2 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
3	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
5:4	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
6	PSARB6	QSPI および MSTPCRB.MSTPB6 ビットセキュリティ属性 読むと1（非セキュア）が読めます。	R
7	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
8	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
9	PSARB9	IIC0 および MSTPCRB.MSTPB9 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
10	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
11	PSARB11	USBFS および MSTPCRB.MSTPB11 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
12	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
14:13	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
15	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
16	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
17	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
18	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
19	PSARB19	SPI0 および MSTPCRB.MSTPB19 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
21:20	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
22	PSARB22	SCI9 および MSTPCRB.MSTPB22 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
23	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
24	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
25	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
26	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
27	PSARB27	SCI4 および MSTPCRB.MSTPB27 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
28	PSARB28	SCI3 および MSTPCRB.MSTPB28 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
29	PSARB29	SCI2 および MSTPCRB.MSTPB29 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
30	PSARB30	SCI1 および MSTPCRB.MSTPB30 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
31	PSARB31	SCI0 および MSTPCRB.MSTPB31 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W

注. 本表で未定義のビットは予約ビットです。予約ビットは初期値のままとしてください。

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

PSARB レジスタは、各モジュールのセキュリティ属性およびモジュールストップコントロールレジスタの対応ビットを指定します。

42.5.2 PSARC : 周辺モジュールセキュリティ属性レジスタ C

Base address: PSCU = 0x400E_0000

Offset address: 0x08

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	PSAR C31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	PSAR C13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	PSAR C1	PSAR C0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PSARC0	CAC および MSTPCRC.MSTPC0 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
1	PSARC1	CRC および MSTPCRC.MSTPC1 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
2	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
3	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
7:4	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
8	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
11:9	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W
12	—	読むと1が読めます。書く場合、1としてください。	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
13	PSARC13	DOC および MSTPCRC.MSTPC13 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
19:14	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
20	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
21	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
26:22	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
27	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
30:28	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
31	PSARC31	SCE9 および MSTPCRC.MSTPC31 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

PSARC レジスタは、各モジュールのセキュリティ属性およびモジュールストップコントロールレジスタの対応ビットを指定します。

42.5.3 PSARD : 周辺モジュールセキュリティ属性レジスタ D

Base address: PSCU = 0x400E_0000

Offset address: 0x0C

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	PSAR D20	—	—	—	PSAR D16
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	PSAR D14	PSAR D13	PSAR D12	PSAR D11	—	—	—	—	—	—	—	PSAR D3	PSAR D2	PSAR D1	PSAR D0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PSARD0	AGT3 および MSTPCRD.MSTPD0 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
1	PSARD1	AGT2 および MSTPCRD.MSTPD1 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
2	PSARD2	AGT1 および MSTPCRD.MSTPD2 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
3	PSARD3	AGT0 および MSTPCRD.MSTPD3 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
10:4	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
11	PSARD11	POEG グループ D および MSTPCRD.MSTPD11 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
12	PSARD12	POEG グループ C および MSTPCRD.MSTPD12 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
13	PSARD13	POEG グループ B および MSTPCRD.MSTPD13 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
14	PSARD14	POEG グループ A および MSTPCRD.MSTPD14 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
15	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
16	PSARD16	ADC120 および MSTPCRD.MSTPD16 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
19:17	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
20	PSARD20	DAC12 および MSTPCRD.MSTPD20 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
21	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
22	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
31:23	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスメッセージは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

PSARD レジスタは、各モジュールのセキュリティ属性およびモジュールストップコントロールレジスタの対応ビットを指定します。

42.5.4 PSARE : 周辺モジュールセキュリティ属性レジスタ E

Base address: PSCU = 0x400E_0000

Offset address: 0x10

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	PSAR E30	PSAR E29	—	PSAR E27	PSAR E26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	PSAR E15	PSAR E14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	PSAR E2	PSAR E1	PSAR E0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	PSARE0	WDT セキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
1	PSARE1	IWDT セキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
2	PSARE2	RTC セキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
13:3	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
14	PSARE14	AGT5 および MSTPCRE.MSTPE14 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W

ビット	シンボル	機能	R/W
15	PSARE15	AGT4 および MSTPCRE.MSTPE15 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
21:16	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
22	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
23	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
24	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
25	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
26	PSARE26	GPT5 および MSTPCRE.MSTPE26 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
27	PSARE27	GPT4 および MSTPCRE.MSTPE27 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
28	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W
29	PSARE29	GPT2 および MSTPCRE.MSTPE29 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
30	PSARE30	GPT1 および MSTPCRE.MSTPE30 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
31	—	読むと 1 が読めます。書く場合、1 としてください。	R/W

注: セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスメッセージは発生しません。

注: このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

PSARE レジスタは、各モジュールのセキュリティ属性およびモジュールストップコントロールレジスタの対応ビットを指定します。

42.5.5 MSSAR : モジュールストップセキュリティ属性レジスタ

Base address: PSCU = 0x400E_0000

Offset address: 0x14

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	MSSA R3	MSSA R2	MSSA R1	MSSA R0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ビット	シンボル	機能	R/W
0	MSSAR0	MSTPCRC.MSTPC14 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
1	MSSAR1	MSTPCRA.MSTPA22 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
2	MSSAR2	MSTPCRA.MSTPA7 ビットセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W

42.5.11 DLMMON : デバイスライフサイクル管理状態モニタレジスタ

Base address: PSCU = 0x400E_0000

Offset address: 0x2C

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	DLMMON[3:0]			
Value after reset:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	DLM ステータス値			

ビット	シンボル	機能	R/W
3:0	DLMMON[3:0]	デバイスライフサイクル管理状態モニタ 0x1: CM 0x2: SSD 0x3: NSECSD 0x4: DPL 0x5: LCK_DBG 0x6: LCK_BOOT 0x7: RMA_REQ 0x8: RMA_ACK その他: 予約	R
31:4	—	読むと0が読めます。書く場合、0としてください。	R

注. DLMMON レジスタにはセキュリティ属性がありません。

42.5.12 TZFSAR : TrustZone フィルタセキュリティ属性レジスタ

Base address: CPSCU = 0x4000_8000

Offset address: 0x180

Bit position:	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bit position:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit field:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	TZFSA 0
Value after reset:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

ビット	シンボル	機能	R/W
0	TZFSA0	TrustZone フィルタ用レジスタのセキュリティ属性 0: セキュア 1: 非セキュア	R/W
31:1	—	読むと1が読めます。	R

注. セキュアアクセスのみが、このレジスタに書き込むことができます。読み出しは、セキュアアクセスと非セキュアアクセスの両方が許可されています。非セキュア書き込みは許可されていませんが、TrustZone アクセスエラーは発生しません。

注. このレジスタは PRCR レジスタによって書き込み保護されています。

TZFSA0 ビット (TrustZone フィルタ用レジスタのセキュリティ属性)

TZFOAD レジスタおよび TZFPT レジスタ用のセキュリティ属性を指定します。

PROTECT ビット (レジスタの保護)

PROTECT ビットは、保護するレジスタへの書き込みを許可または禁止します。TZFOAD レジスタは PROTECT レジスタにより保護されます。

PROTECT ビットを設定する際は、同時に KEY[7:0] ビットに 0xA5 を書き込んでください。

KEY[7:0] ビット (キーコード)

KEY[7:0] ビットは、PROTECT ビットへの書き込みを禁止/許可します。PROTECT ビットに書き込む際は、同時に KEY[7:0] ビットに 0xA5 を書き込んでください。

0xA5 以外の KEY[7:0] ビット値が書き込まれると、PROTECT ビットは更新されません。

KEY[7:0] ビットは読むと常に 0x00 が読み出されます。

42.6 使用上の注意事項

42.6.1 セキュリティ属性の設定に関する制限

ソフトウェアブレイクポイントを設定するには、デバッガはフラッシュを再プログラムする必要があります。表 42.10 に、フラッシュを再プログラムするのにデバッガが設定するレジスタを示します。表 42.10 に示すレジスタのセキュリティ属性がセキュアに設定されている場合、デバッガはレジスタ設定を変更できないので、NSECSD 状態でソフトウェアブレイクポイントを設定できません。セキュア開発者は、NSECSD 状態でのみ表 42.10 に示すレジスタを非セキュアと設定する必要があります。

表 42.10 フラッシュを再プログラムするのにデバッガが設定するレジスタ

機能名	レジスタ名
クロック発生回路	SCKDIVCR, SCKCR, PLLCCR, PLLCR, HOCOCR, MOCOCR
低消費電力モード	OPCCR, SOPCCR

42.6.2 SAU 設定

リセット後、アドレス空間のすべてが SAU デフォルト設定により「セキュア」になります。SAU_CTRL レジスタを 0x2 に設定し、IDAU セキュリティ属性を有効にしてください。すなわち、SAU_CTRL レジスタを 0x2 に設定後、アドレス空間のセキュリティ属性は表 42.6 に示すようになります。

42.6.3 FACI レジスタ設定中の非セキュア例外

表 42.5 に示すように、FACI に関連したレジスタは、プログラム/イレース中もしくはプログラム/イレース中断中のみ非セキュアアクセスから保護されます。この状態以外では、非セキュア領域からのアクセスは保護されません。たとえば、セキュアユーザがプログラミング中、もし図 40.13 に示すフローで「対象ブロックの開始アドレスを FSADDR レジスタに設定」直後に非セキュア例外が起きた場合、非セキュアユーザは FSADDR レジスタを書き換えることができます。非セキュア例外処理完了後に FACI コマンドが発行され CPU 状態がセキュア状態に戻ると、セキュアユーザにより意図しないアドレスにデータが書き込まれます。

このような事態を避けるために、セキュアユーザは下記の期間、非セキュア例外を受け付けないように設定する必要があります。

- FWEPROR レジスタを 0x01 に設定する前または FENTRYR レジスタを 0x0000 以外の値に設定する前（すなわち、FWEPROR レジスタまたは FENTRYR レジスタの保護を解除する前）は非セキュア例外を受け付けないように設定
- FACI コマンド発行領域へのすべての書き込み完了後に非セキュア例外を受け付けるように設定

42.6.4 FCU 割り込みの使用

セキュアユーザは FCU 割り込みを使用しないで、代わりにレジスタポーリングを使用することをお勧めします。非セキュアユーザは、セキュアゲートウェイを呼び出さずにデータフラッシュをプログラム/イレースできるので、セキュアユーザが FCU 割り込みを使用した場合、非セキュアユーザによるデータフラッシュのプログラム/イレース中に意図しない例外処理が実行される可能性があります。

43. 電気的特性

サポートする周辺機能と端子は、製品型名によって異なります。

特に記載のない限り、本 MCU の電気的特性は以下の条件で定義されています。

- $VCC = AVCC0 = VCC_USB = VBATT = 2.7 \sim 3.6 \text{ V}$
- $2.7 \leq VREFH0/VREFH \leq AVCC0$
- $VSS = AVSS0 = VREFL0/VREFL = VSS_USB = 0 \text{ V}$
- $T_a = T_{opr}$

図 43.1 は、タイミング条件を示しています。

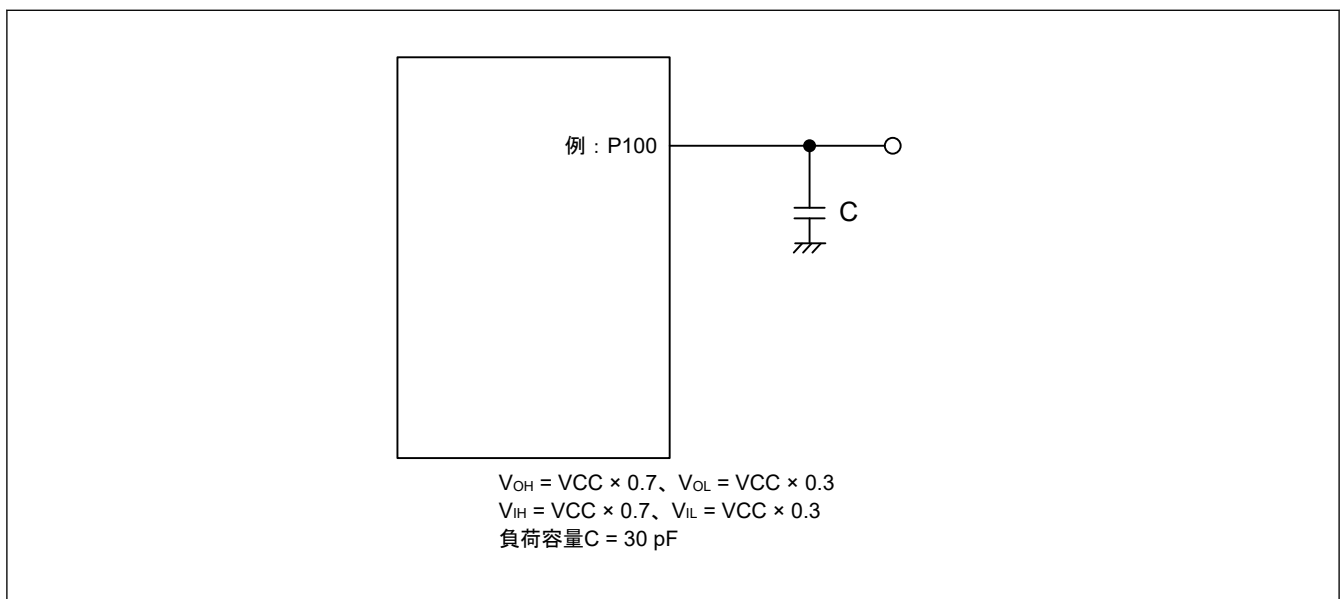


図 43.1 入出力タイミング計測条件

提供される各周辺モジュールのタイミング仕様の推奨計測条件は、最適な周辺動作に対するものです。ただし、ユーザ条件に合うように、各端子の駆動能力を調整してください。

43.1 絶対最大定格

表 43.1 絶対最大定格

項目	シンボル	値	単位
電源電圧	VCC, VCC_USB (注2)	-0.3~+4.0	V
VBATT 電源電圧	VBATT	-0.3~+4.0	V
入力電圧 (5V トレラントポートを除く(注1))	V_{in}	-0.3~ $VCC+0.3$	V
入力電圧 (5V トレラントポート(注1))	V_{in}	-0.3~ $+VCC+4.0$ (最大 5.8)	V
リファレンス電源電圧	$VREFH/VREFH0$	-0.3~ $VCC+0.3$	V
アナログ電源電圧	$AVCC0$ (注2)	-0.3~+4.0	V
アナログ入力電圧	V_{AN}	-0.3~ $AVCC0+0.3$	V
動作温度(注3)(注4)	T_{opr}	-40~+85	°C
保存温度	T_{stg}	-55~+125	°C

注 1. ポート P205、P206、P400、P401、P407~P411 は、5V トレラント対応ポートです。

注 2. $AVCC0$ および VCC_USB を VCC に接続してください。

注 3. 「43.2.1. T_j/T_a の定義」を参照してください。

注 4. $T_a = +85^\circ\text{C}$ の場合のディレーティング動作については、弊社営業窓口までお問い合わせください。ディレーティングとは、信頼性向上のための系統的な負荷軽減策です。

【使用上の注意】絶対最大定格を超えて MCU を使用した場合、MCU の永久破壊となることがあります。

表 43.2 推奨動作条件

項目	シンボル	値	Min	Typ	Max	単位
電源電圧	VCC	USB 未使用時	2.7	—	3.6	V
		USB 使用時	3.0	—	3.6	V
	VSS	—	0	—	V	
USB 電源電圧	VCC_USB	—	VCC	—	V	
	VSS_USB	—	0	—	V	
VBATT 電源電圧	VBATT	1.65 ^(注2)	—	3.6	V	
アナログ電源電圧	AVCC0 ^(注1)	—	VCC	—	V	
	AVSS0	—	0	—	V	

注 1. AVCC0 を VCC に接続してください。A/D コンバータおよび D/A コンバータを使用していない場合、AVCC0 端子、VREFH/VREFH0 端子、AVSS0 端子および VREFL/VREFL0 端子を開放したままにしないでください。AVCC0 端子および VREFH/VREFH0 端子を VCC に、AVSS0 端子および VREFL/VREFL0 端子を VSS にそれぞれ接続してください。

注 2. 低 CL 水晶は VBATT = 1.8 V 以下では使用できません。

43.2 DC 特性

43.2.1 T_j/T_a の定義

表 43.3 DC 特性

条件：動作温度 (T_a) が -40~+85°C の製品

項目	シンボル	Typ	Max	単位	測定条件
許容ジャンクション温度	T _j	—	105	°C	High-speed モード Low-speed モード Subosc-speed モード

注. $T_j = T_a + \theta_{ja} \times \text{総消費電力 (W)}$ となるようにしてください。このとき、総消費電力 = $(V_{CC} - V_{OH}) \times \Sigma I_{OH} + V_{OL} \times \Sigma I_{OL} + I_{CCmax} \times V_{CC}$ です。

43.2.2 I/O V_{IH}, V_{IL}

表 43.4 I/O V_{IH}, V_{IL} (1/2)

項目	シンボル	Min	Typ	Max	単位	
入力電圧 (シュミットトリガ入力端子を除く)	周辺機能端子	EXTAL (外部クロック入力)、SPI (RSPCK を除く)	V _{IH}	VCC × 0.8	—	V
			V _{IL}	—	VCC × 0.2	
	IIC (SMBus)	V _{IH}	2.1	—	VCC + 3.6 (最大 5.8)	
		V _{IL}	—	—	0.8	

表 43.4 I/O V_{IH} , V_{IL} (2/2)

項目				シンボル	Min	Typ	Max	単位	
シュミットトリガ入力電圧	周辺機能端子	IIC (SMBus を除く)		V_{IH}	$VCC \times 0.7$	—	$VCC + 3.6$ (最大 5.8)	V	
				V_{IL}	—	—	$VCC \times 0.3$		
				ΔV_T	$VCC \times 0.05$	—	—		
		5 V トレラントポート(注1)(注5)		V_{IH}	$VCC \times 0.8$	—	$VCC + 3.6$ (最大 5.8)		
				V_{IL}	—	—	$VCC \times 0.2$		
				ΔV_T	$VCC \times 0.05$	—	—		
		RTCIC0	バッテリーバックアップ機能使用時	VBATT 電源選択時	V_{IH}	$V_{BATT} \times 0.8$	—		$V_{BATT} + 0.3$
					V_{IL}	—	—		$V_{BATT} \times 0.2$
					ΔV_T	$V_{BATT} \times 0.05$	—		—
				VCC 電源選択時	V_{IH}	$VCC \times 0.8$	—		高電位側は $VCC + 0.3$ V もしくは $V_{BATT} + 0.3$ V
					V_{IL}	—	—		$VCC \times 0.2$
					ΔV_T	$VCC \times 0.05$	—		—
		バッテリーバックアップ機能非使用時		V_{IH}	$VCC \times 0.8$	—	$VCC + 0.3$		
				V_{IL}	—	—	$VCC \times 0.2$		
				ΔV_T	$VCC \times 0.05$	—	—		
その他の入力端子(注2)		V_{IH}	$VCC \times 0.8$	—	—				
		V_{IL}	—	—	$VCC \times 0.2$				
		ΔV_T	$VCC \times 0.05$	—	—				
ポート	5 V トレラントポート(注3)(注5)	V_{IH}	$VCC \times 0.8$	—	$VCC + 3.6$ (最大 5.8)				
		V_{IL}	—	—	$VCC \times 0.2$				
		V_{IH}	$VCC \times 0.8$	—	—				
		V_{IL}	—	—	$VCC \times 0.2$				

注 1. RES およびポート P205、P206、P400、P401、P407~P411 (合計 10 端子) に関連する周辺機能端子。

注 2. 表で説明した周辺機能端子を除くすべての入力端子

注 3. ポート P205、P206、P400、P401、P407~P411 (合計 9 端子)。

注 4. 表で説明したポートを除くすべての入力端子

注 5. VCC が 2.7 V 未満の場合、5 V トレラントポートの入力電圧は、3.6 V 未満としてください。このようにしないと、絶縁破壊が発生する可能性があります。5 V トレラントポートは耐圧違反を防止するように電氣的に制御されるためです。

43.2.3 I/O I_{OH} , I_{OL} 表 43.5 I/O I_{OH} , I_{OL}

項目		シンボル	Min	Typ	Max	単位	
許容出力電流 (端子ごとの平均値)	ポート P000~P004、P013~P015、P201	I_{OH}	—	—	-2.0	mA	
		I_{OL}	—	—	2.0	mA	
	ポート P205、P206、P407~P411 (合計 7 端子)	低駆動(注1)	I_{OH}	—	—	-2.0	mA
			I_{OL}	—	—	2.0	mA
		中駆動(注2)	I_{OH}	—	—	-4.0	mA
			I_{OL}	—	—	4.0	mA
		高駆動(注3)	I_{OH}	—	—	-20	mA
			I_{OL}	—	—	20	mA
	その他の出力端子(注4)	低駆動(注1)	I_{OH}	—	—	-2.0	mA
			I_{OL}	—	—	2.0	mA
		中駆動(注2)	I_{OH}	—	—	-4.0	mA
			I_{OL}	—	—	4.0	mA
高駆動(注3)		I_{OH}	—	—	-16	mA	
		I_{OL}	—	—	16	mA	
許容出力電流 (端子ごとの最大値)	ポート P000~P004、P013~P015、P201	I_{OH}	—	—	-4.0	mA	
		I_{OL}	—	—	4.0	mA	
	ポート P205、P206、P407~P411 (合計 7 端子)	低駆動(注1)	I_{OH}	—	—	-4.0	mA
			I_{OL}	—	—	4.0	mA
		中駆動(注2)	I_{OH}	—	—	-8.0	mA
			I_{OL}	—	—	8.0	mA
		高駆動(注3)	I_{OH}	—	—	-40	mA
			I_{OL}	—	—	40	mA
	その他の出力端子(注4)	低駆動(注1)	I_{OH}	—	—	-4.0	mA
			I_{OL}	—	—	4.0	mA
		中駆動(注2)	I_{OH}	—	—	-8.0	mA
			I_{OL}	—	—	8.0	mA
高駆動(注3)		I_{OH}	—	—	-32	mA	
		I_{OL}	—	—	32	mA	
許容出力電流 (全端子の最大値)	全出力端子の最大値	$\Sigma I_{OH(max)}$	—	—	-80	mA	
		$\Sigma I_{OL(max)}$	—	—	80	mA	

注 1. PmnPFS レジスタのポート駆動能力ビットで低駆動が選択されている場合の値です。選択された駆動能力は、ディープソフトウェアスタンバイモードで保持されます。

注 2. PmnPFS レジスタのポート駆動能力ビットで中駆動が選択されている場合の値です。選択された駆動能力は、ディープソフトウェアスタンバイモードで保持されます。

注 3. PmnPFS レジスタのポート駆動能力ビットで高駆動が選択されている場合の値です。選択された駆動能力は、ディープソフトウェアスタンバイモードで保持されます。

注 4. 入力ポートである P200 を除きます。

【使用上の注意】 MCU の信頼性を確保するため、出力電流値はこの表の値を超えないようにしてください。平均出力電流は、100 μ s の間に計測した電流の平均値を意味します。

43.2.4 I/O V_{OH} 、 V_{OL} 、その他の特性表 43.6 I/O V_{OH} 、 V_{OL} 、その他の特性

項目		シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件
出力電圧	IIC	V_{OL}	—	—	0.4	V	$I_{OL} = 3.0 \text{ mA}$
		V_{OL}	—	—	0.6		$I_{OL} = 6.0 \text{ mA}$
	IIC(注1)	V_{OL}	—	—	0.4		$I_{OL} = 15.0 \text{ mA}$ (ICFER.FMPE = 1)
		V_{OL}	—	0.4	—		$I_{OL} = 20.0 \text{ mA}$ (ICFER.FMPE = 1)
	ポート P205、P206、P407~P411 (合計 7 端子) (注2)	V_{OH}	$VCC - 1.0$	—	—		$I_{OH} = -20 \text{ mA}$ $VCC = 3.3 \text{ V}$
		V_{OL}	—	—	1.0		$I_{OL} = 20 \text{ mA}$ $VCC = 3.3 \text{ V}$
	その他の出力端子	V_{OH}	$VCC - 0.5$	—	—		$I_{OH} = -1.0 \text{ mA}$
		V_{OL}	—	—	0.5		$I_{OL} = 1.0 \text{ mA}$
入力リーク電流	RES	$ I_{in} $	—	—	5.0	μA	$V_{in} = 0 \text{ V}$ $V_{in} = 5.5 \text{ V}$
	ポート P200		—	—	1.0		$V_{in} = 0 \text{ V}$ $V_{in} = VCC$
スリーステートリーク電流 (オフ状態)	5Vトレラントポート	$ I_{TS} $	—	—	5.0	μA	$V_{in} = 0 \text{ V}$ $V_{in} = 5.5 \text{ V}$
	その他のポート (P200 を除く)		—	—	1.0		$V_{in} = 0 \text{ V}$ $V_{in} = VCC$
入力プルアップ MOS 電流	ポート P0~P5	I_p	-300	—	-10	μA	$VCC = 2.7 \sim 3.6 \text{ V}$ $V_{in} = 0 \text{ V}$
入力容量	USB_DP、USB_DM、およびポート P014、P015、P400、P401	C_{in}	—	—	16	pF	$V_{bias} = 0 \text{ V}$ $V_{amp} = 20 \text{ mV}$ $f = 1 \text{ MHz}$ $T_a = 25^\circ\text{C}$
	その他の入力端子		—	—	8		

注 1. SCL0_A、SDA0_A (合計 2 端子)

注 2. PmnPFS レジスタのポート駆動能力ビットで高駆動が選択されている場合の値です。

選択された駆動能力は、ディープソフトウェアスタンバイモードで保持されます。

43.2.5 動作電流とスタンバイ電流

表 43.7 動作電流とスタンバイ電流 (1/2)

項目			シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件		
消費電流 ^(注1)	High-speed モード	最大動作 ^(注2) (注13)		I _{CC} ^(注3)	—	—	65	mA	ICLK = 100 MHz PCLKA = 100 MHz PCLKB = 50 MHz PCLKC = 50 MHz PCLKD = 100 MHz FCLK = 50 MHz	
		CoreMark [®] (注5) (注6) (注12) (注14)			—	8.1	—			
		通常モード	すべての周辺クロックが有効、(1) コードはフラッシュから実行 ^(注4) (注12)		—	15.4	—			
			すべての周辺クロックが無効、(1) コードはフラッシュから実行 ^(注5) (注6) (注12) (注14)		—	6.1	—			
		スリープモード ^(注5) (注14)			—	4.4 ^(注6) (注12)	25 ^(注7) (注13)			
		BGO 動作時の増加分	データフラッシュ P/E		—	6	—			
	コードフラッシュ P/E		—	8	—					
	Low-speed モード ^(注5) (注10)			—	0.8	—	ICLK = 1 MHz			
	Subosc-speed モード ^(注5) (注11)			—	0.7	—	ICLK = 32.768 kHz			
	ソフトウェアスタンバイモード	SNZCR.RXDREQEN = 1		—	—	14	—			
		SNZCR.RXDREQEN = 0		—	0.7	—	—			
	ディープソフトウェアスタンバイモード	スタンバイ SRAM、USB レジューム検出部への電源供給あり		—	16	96	μA		—	
		SRAM、USB レジューム検出部への電源供給なし	パワーオンリセット回路、低消費電力機能無効	—	12	27	—			
			パワーオンリセット回路、低消費電力機能有効	—	5	17	—			
RTC、AGT 動作中に増加		低速オンチップ発振器 (LOCO) 使用時		—	4.4	—	—			
	低 CL 水晶発振子使用時		—	1.0	—	—				
	標準 CL 水晶発振子使用時		—	1.6	—	—				
VCC オフ時の RTC 動作 (バッテリーバックアップ機能により、RTC、サブクロック発振器のみ動作)		低 CL 水晶発振子使用時	—	0.6	—	—	V _{BATT} = 1.8 V、 VCC = 0 V			
			—	1.2	—	—	V _{BATT} = 3.3 V、 VCC = 0 V			
		標準 CL 水晶発振子使用時	—	1.1	—	—	V _{BATT} = 1.8 V、 VCC = 0 V			
			—	1.8	—	—	V _{BATT} = 3.3 V、 VCC = 0 V			
ディープソフトウェアスタンバイからの復帰時のインラッシュカレント	インラッシュカレント ^(注8)		I _{RUSH}	—	160	—	mA			
	インラッシュカレントのエネルギー ^(注8)		E _{RUSH}	—	1.0	—	μC			

表 43.7 動作電流とスタンバイ電流 (2/2)

項目		シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件	
アナログ電源電流	12 ビット A/D 変換中	I _{ICC}	—	0.8	1.1	mA	—	
	D/A 変換中		AMP 出力なし	—	0.1	0.2	mA	—
			AMP 出力あり	—	0.6	1.1	mA	—
	A/D、D/A 変換待機時		—	0.5	1.0	mA	—	
	スタンバイモードの ADC12、DAC12(注9)		—	0.4	4.0	μA	—	
リファレンス電源電流 (VREFH0)	12 ビット A/D 変換中	I _{IREFH0}	—	70	120	μA	—	
	12 ビット A/D 変換待機時		—	0.07	0.5	μA	—	
	スタンバイモードの ADC12		—	0.07	0.5	μA	—	
リファレンス電源電流 (VREFH)	スタンバイモードの ADC12	I _{IREFH}	—	0.1	0.4	mA	—	
			AMP 出力あり	—	0.1	0.4	mA	—
	D/A 変換待機時	—	0.07	0.8	μA	—		
USB 動作電流	ロースピード	USB	I _{CCUSBLS}	—	3.5	6.5	mA	VCC_USB
	フルスピード	USB	I _{CCUSBFS}	—	4.0	10.0	mA	VCC_USB
LDO _n 動作電流 (ユニット当たり)(注15)		I _{CCLDO}	—	0.18	—	mA	—	
PLL2-LDO 動作電流		I _{CCPLL2LDO}	—	0.21	—	mA	—	

- 注 1. 消費電流値はすべての出力端子を無負荷状態にして、さらに内蔵プルアップ MOS をオフ状態にした場合の値です。
- 注 2. 周辺機能にクロックが供給された状態で計測しました。BGO 動作は含まれません。
- 注 3. I_{CC} は、下記の式にしたがって f (ICLK) に依存します。
 I_{CC} Max. = 0.53 × f + 12 (High-speed モードでの最大動作時)
 I_{CC} Typ. = 0.05 × f + 1.85 (High-speed モードでの通常動作時、すべての周辺クロックが無効)
 I_{CC} Typ. = 0.12 × f + 0.69 (Low-speed モード)
 I_{CC} Max. = 0.13 × f + 12 (スリープモード)
- 注 4. BGO 動作は含まれません。
- 注 5. この状態では、周辺機能へのクロック信号供給は停止されています。BGO 動作は含まれません。
- 注 6. FCLK、PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD は、64 分周 (1.563 MHz) に設定されています。
- 注 7. FCLK、PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD は、64 分周 (3.125 MHz) に設定されています。
- 注 8. 基準値
- 注 9. 本 MCU がソフトウェアスタンバイモードの場合または MSTPCRD.MSTPD16 (12 ビット A/D コンバータ 0 モジュールストップビット) と MSTPCRD.MSTPD20 (12 ビット D/A コンバータモジュールストップビット) がモジュールストップ状態の場合。
- 注 10. FCLK、PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD は、64 分周 (15.6 kHz) に設定されています。
- 注 11. PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD は、64 分周 (512 Hz) に設定されています。FCLK は、ICLK と同じ周波数です。
- 注 12. PLL 出力周波数 = 100 MHz
- 注 13. PLL 出力周波数 = 200 MHz
- 注 14. PLL2-LDO 無効
- 注 15. n = 0, 1

表 43.8 Coremark およびノーマルモード電流

項目	シンボル		Typ	単位	測定条件	
消費電流(注1)	Coremark 動作(注2) (注3) (注4)		I _{CC}	81	μA/MHz	ICLK = 100 MHz PCLKA = PCLKB = PCLKC = PCLKD = FCLK = 1.56 MHz
	通常モード	すべての周辺クロックが無効、キャッシュはオン、(1) コードはフラッシュから実行(注2) (注3) (注4)		60		
		すべての周辺クロックが無効、キャッシュはオフ、(1) コードはフラッシュから実行(注2) (注3) (注4)		118		

- 注 1. 消費電流値はすべての出力端子を無負荷状態にして、さらに内蔵プルアップ MOS をオフ状態にした場合の値です。
- 注 2. この状態では、周辺機能へのクロック信号供給は停止されています。BGO 動作は含まれません。

注 3. PLL 出力周波数 = 100 MHz

注 4. PLL2-LDO 無効

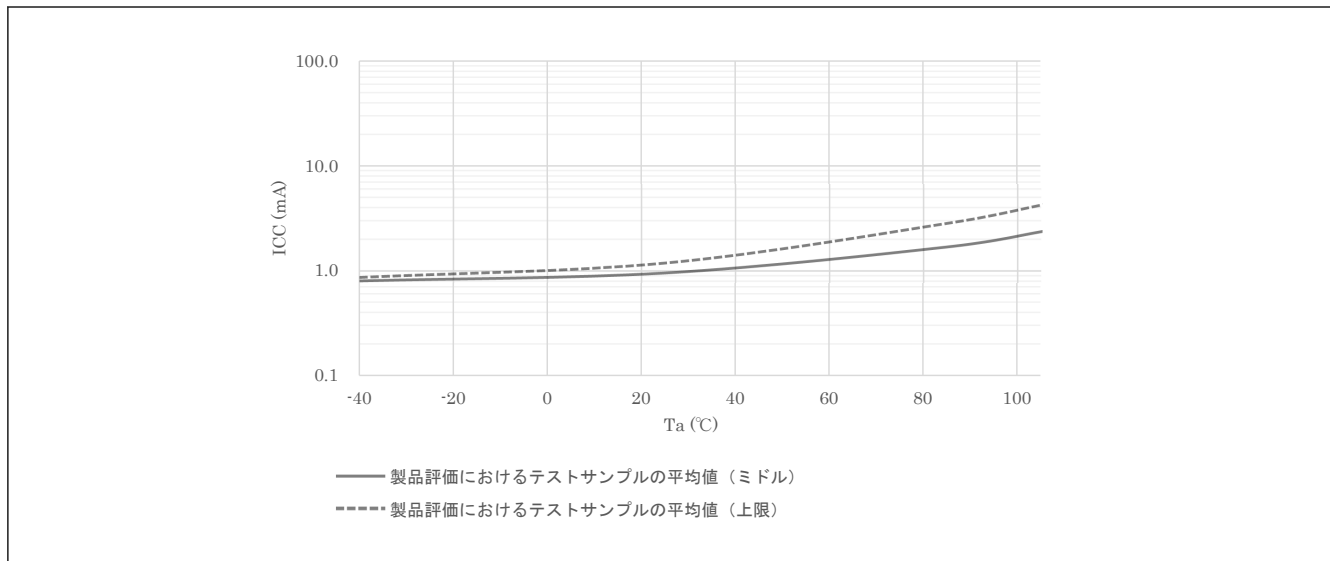


図 43.2 ソフトウェアスタンバイモード時の温度依存性 (参考データ)

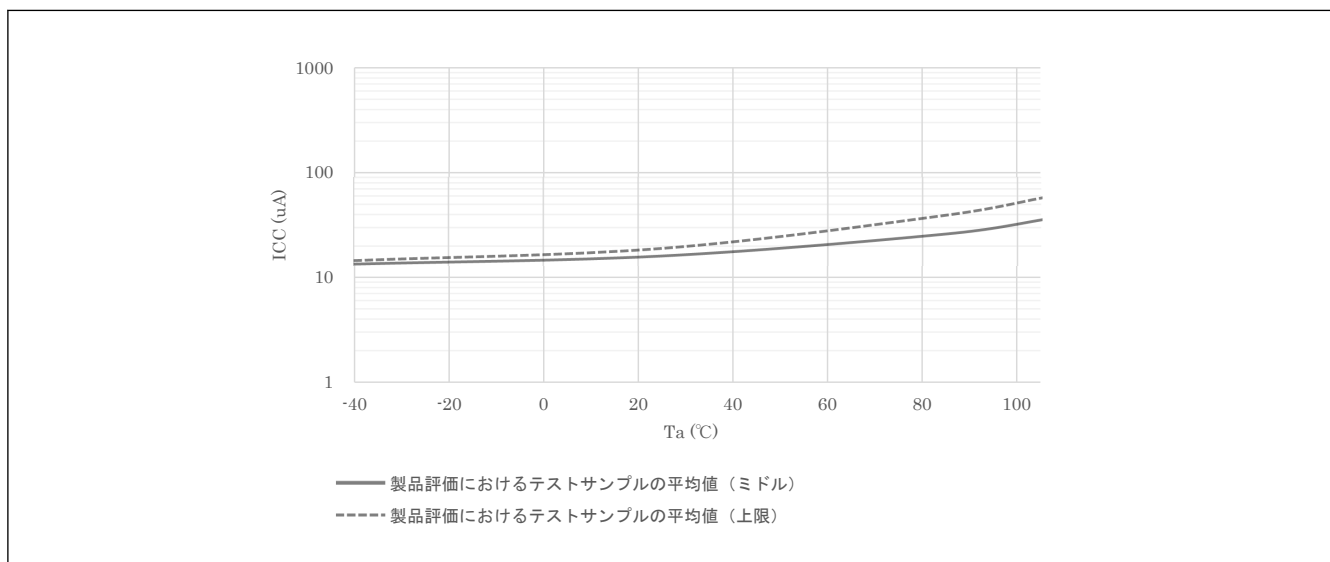


図 43.3 ディープソフトウェアスタンバイモード時の温度依存性、スタンバイ SRAM および USB レジューム検出部への電源供給あり (参考データ)

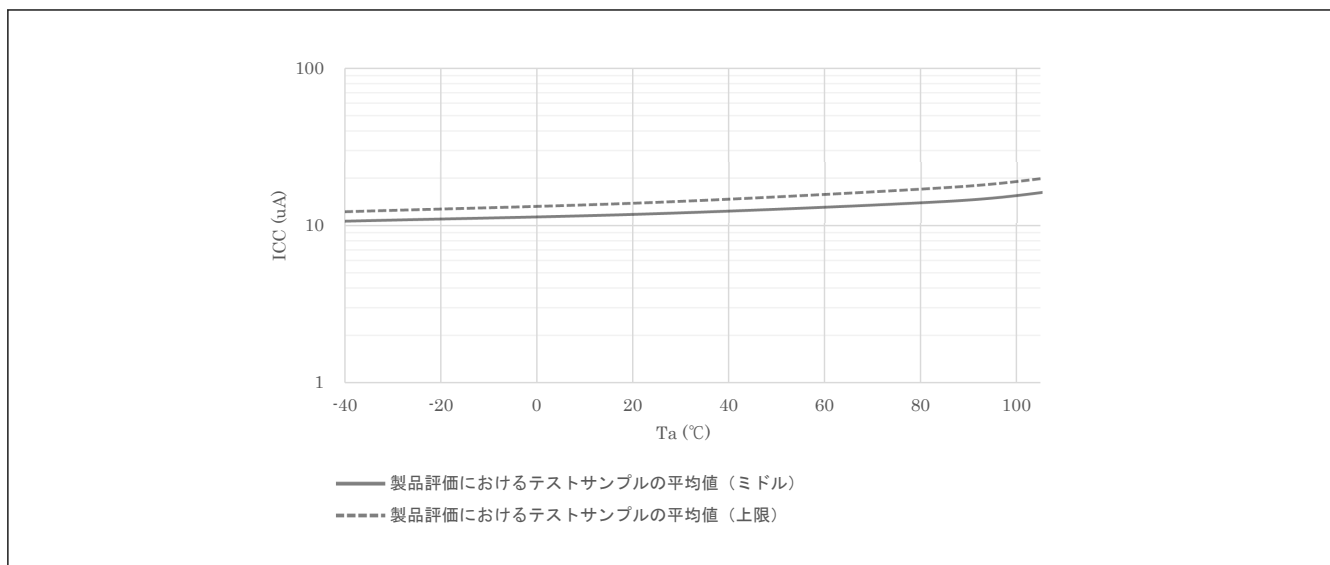


図 43.4 ディープソフトウェアスタンバイモード時の温度依存性、SRAM および USB レジューム検出部への電源供給なし、パワーオンリセット回路、低消費電力機能無効（参考データ）

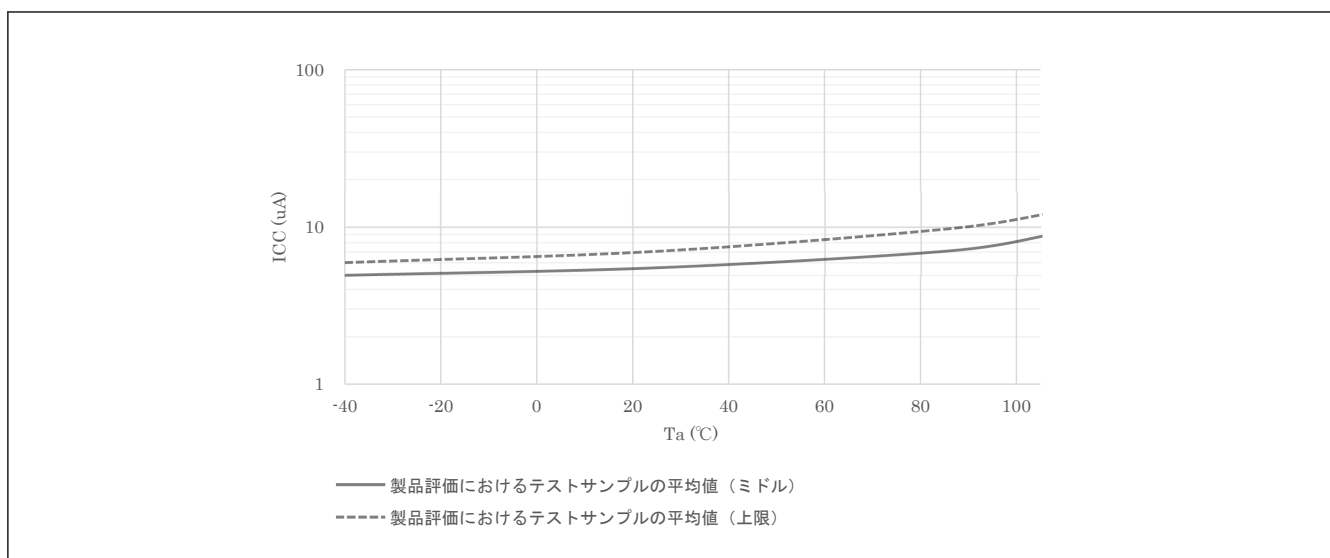


図 43.5 ディープソフトウェアスタンバイモード時の温度依存性、SRAM および USB レジューム検出部への電源供給なし、パワーオンリセット回路、低消費電力機能有効（参考データ）

43.2.6 VCC 立ち上がり／立ち下がり勾配とリップル周波数

表 43.9 VCC 立ち上がり／立ち下がり勾配特性

項目		シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件
VCC 立ち上がり勾配	起動時電圧モニタ 0 リセット無効	SrVCC	0.0084	—	20	ms/V	—
	起動時電圧モニタ 0 リセット有効		0.0084	—	—		—
	SCI/USB ブートモード ^(注1)		0.0084	—	20		—
VCC 立ち下がり勾配 ^(注2)		SrVCC	0.0084	—	—	ms/V	—

注 1. ブートモード時は、OFS1.LVDAS ビットの値にかかわらず、電圧モニタ 0 からのリセットは無効です。

注 2. VBATT を使用する場合に適用します。

表 43.10 立ち上がり/立ち下がり勾配とリップル周波数特性

リップル電圧は、VCC 上限 (3.6 V) と下限 (2.7 V) の範囲内で、許容リップル周波数 $f_r(VCC)$ を満たす必要があります。VCC 変動が $VCC \pm 10\%$ を超える場合は、許容電圧変動立ち上がり/立ち下がり勾配 $dt/dVCC$ を満たす必要があります。

項目	シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件
許容リップル周波数	$f_r(VCC)$	—	—	10	kHz	図 43.6 $V_r(VCC) \leq VCC \times 0.2$
		—	—	1	MHz	図 43.6 $V_r(VCC) \leq VCC \times 0.08$
		—	—	10	MHz	図 43.6 $V_r(VCC) \leq VCC \times 0.06$
許容電圧変動立ち上がり/立ち下がり勾配	$dt/dVCC$	1.0	—	—	ms/V	VCC 変動が $VCC \pm 10\%$ を超える場合

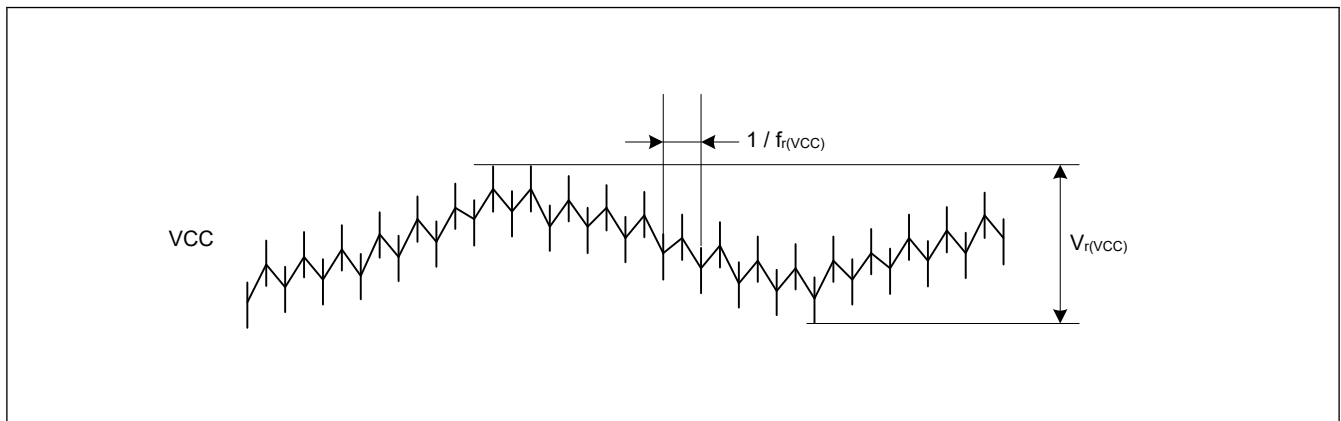


図 43.6 リップル波形

43.2.7 熱特性

ジャンクション温度 (T_j) の最大値は、「43.2.1. T_j/T_a の定義」の値を超えないようにしてください。

T_j は、以下のいずれかの式で計算されます。

- $T_j = T_a + \theta_{ja} \times \text{総消費電力}$
- $T_j = T_t + \Psi_{jt} \times \text{総消費電力}$
 - T_j : ジャンクション温度 (°C)
 - T_a : 周囲温度 (°C)
 - T_t : ケース上面中央部温度 (°C)
 - θ_{ja} : 「ジャンクション」 - 「周囲」間の熱抵抗 (°C/W)
 - Ψ_{jt} : 「ジャンクション」 - 「ケース上面中央部」間の熱抵抗 (°C/W)
- 総消費電力 = 電圧 × (リーク電流 + ダイナミック電流)
- IO のリーク電流 = $\sum (I_{OL} \times V_{OL}) / \text{電圧} + \sum (|I_{OH}| \times |VCC - V_{OH}|) / \text{電圧}$
- IO のダイナミック電流 = $\sum IO (C_{in} + C_{load}) \times IO \text{ のスイッチング周波数} \times \text{電圧}$
 - C_{in} : 入力容量
 - C_{load} : 出力容量

θ_{ja} と Ψ_{jt} については、表 43.11 を参照してください。

表 43.11 熱抵抗

項目	パッケージ	シンボル	値(注1)	単位	測定条件
熱抵抗	48ピン QFN (PWQN0048KC-A)	θ_{ja}	23.9	°C/W	JESD 51-2 および 51-7 準拠
	64ピン LQFP (PLQP0064KB-C)		54.6		
	48ピン QFN (PWQN0048KC-A)	Ψ_{jt}	0.28	°C/W	
	64ピン LQFP (PLQP0064KB-C)		1.90		

注 1. 値は、4層基板使用時の基準値です。熱抵抗は、基板の層数やサイズによって変わります。詳細は、JEDEC 規格を参照してください。

43.2.7.1 I_{CCmax} の計算ガイド

各ユニットの消費電力を表 43.12 に示します。

表 43.12 各ユニットの消費電力

ダイナミック電流/ リーク電流	MCU ドメイン	カテゴリ	項目	周波数 [MHz]	電流 [μ A/MHz]	電流(注1) [mA]	
リーク電流	アナログ	LDO およびリーク (注2)	Ta = 75 °C(注3)	—	—	7.82	
			Ta = 85 °C(注3)	—	—	9.13	
ダイナミック電流	CPU	フラッシュおよび SRAM との動作	Coremark	100	55.556	5.56	
			周辺ユニット	タイマ	GPT16 (2ch)(注4)	100	1.788
	GPT32 (2ch)(注4)	100			2.115	0.21	
	POEG (4 グループ)	50			1.361	0.07	
	AGT (6ch)(注4)	50			9.228	0.46	
	RTC	50			4.277	0.21	
	WDT	50			0.764	0.04	
	IWDT	50			0.339	0.02	
	通信インターフェース	USBFS			50	9.385	0.47
		SCI (4ch)(注4)			100	12.477	1.25
		IIC			50	1.684	0.08
		CAN	50	1.898	0.09		
		SPI	100	3.024	0.30		
		QSPI	100	2.051	0.21		
	アナログ	ADC12	100	2.287	0.23		
		DAC12	100	0.435	0.05		
	イベントリンク	ELC	50	0.865	0.04		
	セキュリティ	SCE9	100	218.100	21.81		
	データ処理	CRC	100	0.600	0.06		
		DOC	100	0.388	0.04		
システム	CAC	50	0.844	0.04			
DMA	DMAC	100	4.479	0.45			
	DTC	100	4.274	0.43			

注 1. 値は設計によって保証されています。

注 2. LDO およびリークは、内部電圧レギュレータの電流と、MCU のリーク電流です。

これは、Ta の温度に従って選択されます。

注 3. 電流測定のため、 $\Delta(T_j - T_a) = 20^\circ\text{C}$ とみなされます。

注 4. チャンネルごと、グループごと、またはユニットごとの消費電流を求めるには、電流[mA]をチャンネル数、グループ数、またはユニット数で割ります。

各ユニットの動作の概要を表 43.13 に示します。

表 43.13 各ユニットの動作の概要

周辺機能	動作の概要
GPT	動作モードが、のこぎり波 PWM モードに設定されています。 GPT が PCLKD で動作しています。
POEG	モジュールストップビットのクリアのみを行います。
AGT	AGT が PCLKB で動作しています。
RTC	RTC が LOCO で動作しています。
WDT	WDT が PCLKB で動作しています。
IWDT	IWDT が IWDTCLK で動作しています。
USBFS	転送タイプがバルク転送に設定されています。 USBFS がフルスピード転送 (12 Mbps) を使用して動作しています。
SCI	SCI がクロック同期式モードでデータを送信しています。
IIC	通信フォーマットが I2C バスフォーマットに設定されています。 IIC がマスタモードでデータを送信しています。
CAN	CAN がセルフテストモード 1 でデータを送受信しています。
SPI	SPI モードが SPI 動作 (4 線式) に設定されています。 SPI マスタ/スレーブモードがマスタモードに設定されています。 SPI が 8 ビット幅のデータを送信しています。
QSPI	QSPI がファストリード Quad I/O 命令を発行しています。
ADC12	分解能は 12 ビット精度に設定されます。 データレジスタが A/D 変換値加算モードに設定されています。 ADC12 がアナログ入力を連続スキャンモードで変換しています。
DAC12	DAC12 が変換結果の出力とデータレジスタ値の更新を行っています。
ELC	モジュールストップビットのクリアのみを行います。
SCE9	SCE9 がビルトインセルフテストを実行しています。
CRC	CRC が 32 ビット CRC32-C 多項式を使用して CRC コードを生成しています。
DOC	DOC がデータ加算モードで動作しています。
CAC	測定対象クロックが PCLKB に設定されています。 測定基準クロックが PCLKB に設定されています。 CAC がクロック周波数精度を測定しています。
DMAC	転送データのビット長が 32 ビットに設定されています。 転送モードがブロック転送モードに設定されています。 DMAC が SRAM0 から SRAM0 にデータを転送しています。
DTC	転送データのビット長が 32 ビットに設定されています。 転送モードがブロック転送モードに設定されています。 DTC が SRAM0 から SRAM0 にデータを転送しています。

43.2.7.2 T_j の計算例

前提事項:

- パッケージ 64 ピン LQFP: $\theta_{ja} = 54.6 \text{ } ^\circ\text{C/W}$
- $T_a = 80 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $I_{CCmax} = 40 \text{ mA}$
- $V_{CC} = 3.5 \text{ V}$ ($V_{CC} = AV_{CC} = V_{CC_USB}$)
- $I_{OH} = 1 \text{ mA}$, $V_{OH} = V_{CC} - 0.5 \text{ V}$, 12 出力
- $I_{OL} = 20 \text{ mA}$, $V_{OL} = 1.0 \text{ V}$, 8 出力
- $I_{OL} = 1 \text{ mA}$, $V_{OL} = 0.5 \text{ V}$, 12 出力
- $C_{in} = 8 \text{ pF}$, 16 ピン、入力周波数 = 10 MHz

- $C_{load} = 30 \text{ pF}$ 、16 ピン、出力周波数 = 10 MHz

$$\begin{aligned} \text{IO のリーク電流} &= \Sigma (V_{OL} \times I_{OL}) / \text{電圧} + \Sigma ((V_{CC} - V_{OH}) \times I_{OH}) / \text{電圧} \\ &= (20 \text{ mA} \times 1 \text{ V}) \times 8 / 3.5 \text{ V} + (1 \text{ mA} \times 0.5 \text{ V}) \times 12 / 3.5 \text{ V} + ((V_{CC} - (V_{CC} - 0.5 \text{ V})) \times 1 \text{ mA}) \times 12 / 3.5 \text{ V} \\ &= 45.7 \text{ mA} + 1.71 \text{ mA} + 1.71 \text{ mA} \\ &= 49.1 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{IO のダイナミック電流} &= \Sigma \text{IO} (C_{in} + C_{load}) \times \text{IO のスイッチング周波数} \times \text{電圧} \\ &= ((8 \text{ pF} \times 16) \times 10 \text{ MHz} + (30 \text{ pF} \times 16) \times 10 \text{ MHz}) \times 3.5 \text{ V} \\ &= 21.3 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{総消費電力} &= (I_{CCmax} \times \text{電圧}) + (\text{IO のリーク電流} + \text{IO のダイナミック電流}) \times \text{電圧} \\ &= (40 \text{ mA} \times 3.5 \text{ V}) + (49.1 \text{ mA} + 21.3 \text{ mA}) \times 3.5 \text{ V} \\ &= 386 \text{ mW} (0.386 \text{ W}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_j &= T_a + \theta_{ja} \times \text{総消費電力} \\ &= 80 \text{ }^\circ\text{C} + 54.6 \text{ }^\circ\text{C/W} \times 0.386 \text{ W} \\ &= 101.1 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

43.3 AC 特性

43.3.1 周波数

表 43.14 High-speed モードにおける動作周波数の値

項目	シンボル	Min	Typ	Max	単位	
動作周波数	システムクロック (ICLK) ^(注2)	f	—	—	100	MHz
	周辺モジュールクロック (PCLKA) ^(注2)	—	—	100		
	周辺モジュールクロック (PCLKB) ^(注2)	—	—	50		
	周辺モジュールクロック (PCLKC) ^(注2)	— ^(注3)	—	50		
	周辺モジュールクロック (PCLKD) ^(注2)	—	—	100		
	フラッシュインタフェースクロック (FCLK) ^(注2)	— ^(注1)	—	50		

注 1. フラッシュメモリのプログラミング/イレース中、FCLK は 4 MHz 以上の周波数で実行する必要があります。

注 2. ICLK、PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD、および FCLK の周波数関係については「8. クロック発生回路」を参照してください。

注 3. ADC12 使用時、PCLKC の周波数は 1 MHz 以上にしてください。

表 43.15 Low-speed モードにおける動作周波数の値

項目	シンボル	Min	Typ	Max	単位	
動作周波数	システムクロック (ICLK) ^(注2)	f	—	—	1	MHz
	周辺モジュールクロック (PCLKA) ^(注2)	—	—	1		
	周辺モジュールクロック (PCLKB) ^(注2)	—	—	1		
	周辺モジュールクロック (PCLKC) ^(注2) ^(注3)	— ^(注3)	—	1		
	周辺モジュールクロック (PCLKD) ^(注2)	—	—	1		
	フラッシュインタフェースクロック (FCLK) ^(注1) (注2)	—	—	1		

注 1. フラッシュメモリのプログラム/イレースは、Low-speed モードでは許可されていません。

注 2. ICLK、PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD、および FCLK の周波数関係については「8. クロック発生回路」を参照してください。

注 3. ADC12 使用時、PCLKC 周波数は 1 MHz 以上にしてください。

表 43.16 Subosc-speed モードにおける動作周波数の値

項目	シンボル	Min	Typ	Max	単位	
動作周波数	システムクロック (ICLK) (注2)	f	29.4	—	36.1	kHz
	周辺モジュールクロック (PCLKA) (注2)	—	—	—	36.1	
	周辺モジュールクロック (PCLKB) (注2)	—	—	—	36.1	
	周辺モジュールクロック (PCLKC) (注2) (注3)	—	—	—	36.1	
	周辺モジュールクロック (PCLKD) (注2)	—	—	—	36.1	
	フラッシュインタフェースクロック (FCLK) (注1) (注2)	—	29.4	—	36.1	

注 1. フラッシュメモリのプログラム/イレースは、Subosc-speed モードでは許可されていません。

注 2. ICLK、PCLKA、PCLKB、PCLKC、PCLKD、および FCLK 相互間の周波数関係については「8. クロック発生回路」を参照してください。

注 3. ADC12 は使用できません。

43.3.2 クロックタイミング

表 43.17 サブクロック発振器以外のクロックタイミング (1/2)

項目	シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件	
EXTAL 外部クロック入力サイクル時間	t_{EXCyc}	41.66	—	—	ns	図 43.7	
EXTAL 外部クロック入力 High レベルパルス幅	t_{EXH}	15.83	—	—	ns		
EXTAL 外部クロック入力 Low レベルパルス幅	t_{EXL}	15.83	—	—	ns		
EXTAL 外部クロック立ち上がり時間	t_{EXr}	—	—	5.0	ns		
EXTAL 外部クロック立ち下がり時間	t_{EXf}	—	—	5.0	ns		
メインクロック発振器周波数	f_{MAIN}	8	—	24	MHz	—	
メインクロック発振安定待機時間 (水晶) (注1)	$t_{MAINOSCWT}$	—	—	—(注1)	ms	図 43.8	
LOCO クロック発振器周波数	f_{LOCO}	29.4912	32.768	36.0448	kHz	—	
LOCO クロック発振安定待機時間	t_{LOCOWT}	—	—	60.4	μ s	図 43.9	
ILOCO クロック発振器周波数	f_{ILOCO}	13.5	15	16.5	kHz	—	
MOCO クロック発振器周波数	F_{MOCO}	6.8	8	9.2	MHz	—	
MOCO クロック発振安定待機時間	t_{MOCOWT}	—	—	15.0	μ s	—	
HOCO クロック発振器発振周波数	FLL なし	f_{HOCO16}	15.78	16	16.22	MHz	$-20 \leq Ta \leq 85^\circ C$
		f_{HOCO18}	17.75	18	18.25		
		f_{HOCO20}	19.72	20	20.28		
		f_{HOCO16}	15.71	16	16.29		$-40 \leq Ta \leq -20^\circ C$
		f_{HOCO18}	17.68	18	18.32		
		f_{HOCO20}	19.64	20	20.36		
	FLL あり	f_{HOCO16}	15.960	16	16.040	MHz	$-40 \leq Ta \leq 85^\circ C$ サブクロック周波数精度は、 ± 50 ppm です。
		f_{HOCO18}	17.955	18	18.045		
		f_{HOCO20}	19.950	20	20.050		
HOCO クロック発振安定待機時間(注2)	t_{HOCOWT}	—	—	64.7	μ s	—	
HOCO ピリオドジッタ	—	—	± 85	—	ps	—	
FLL 安定待機時間	t_{FLLWT}	—	—	1.8	ms	—	
PLL クロック周波数	f_{PLL}	100	—	200	MHz	—	
PLL2 クロック周波数	f_{PLL2}	120	—	240	MHz	—	

表 43.17 サブクロック発振器以外のクロックタイミング (2/2)

項目	シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件
PLL/PLL2 クロック発振安定待機時間	t_{PLLWT}	—	—	174.9	μs	図 43.10
PLL/PLL2 ピリオドジッタ	$f_{PLL}, f_{PLL2} \geq 120 \text{ MHz}$	—	± 100	—	ps	—
	$f_{PLL}, f_{PLL2} < 120 \text{ MHz}$	—	± 120	—	ps	—
PLL/PLL2 ロングタームジッタ	—	—	± 300	—	ps	期間 : 1 μs 、10 μs

注 1. メインクロック発振器を設定する場合、発振器メーカーに発振評価を確認し、その結果を推奨発振安定時間として使用してください。MOSCWTCR レジスタを、推奨値以上に設定してください。メインクロック動作を開始するために MOSCCR.MOSTP ビット設定を変更したら、OSCSF.MOSCSF フラグが 1 であることを確認してからメインクロック発振器の使用を開始してください。

注 2. リセット状態の解除から HOCO 発振周波数 (f_{HOCO}) が動作保証範囲に達するまでの時間です。

表 43.18 サブクロック発振器のクロックタイミング

項目	シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件
サブクロック周波数	f_{SUB}	—	32.768	—	kHz	—
サブクロック発振安定待機時間	$t_{SUBOSCWT}$	—	—	— (注1)	s	図 43.11

注 1. サブクロック発振器を設定する場合、発振器メーカーに発振評価を確認し、その結果を推奨発振安定時間として使用してください。サブクロック動作を開始するために SOSCCR.SOSTP ビット設定を変更したら、必ずサブクロック発振安定時間が十分に経過してからサブクロック発振器の使用を開始してください。示された時間の 2 倍を推奨します。

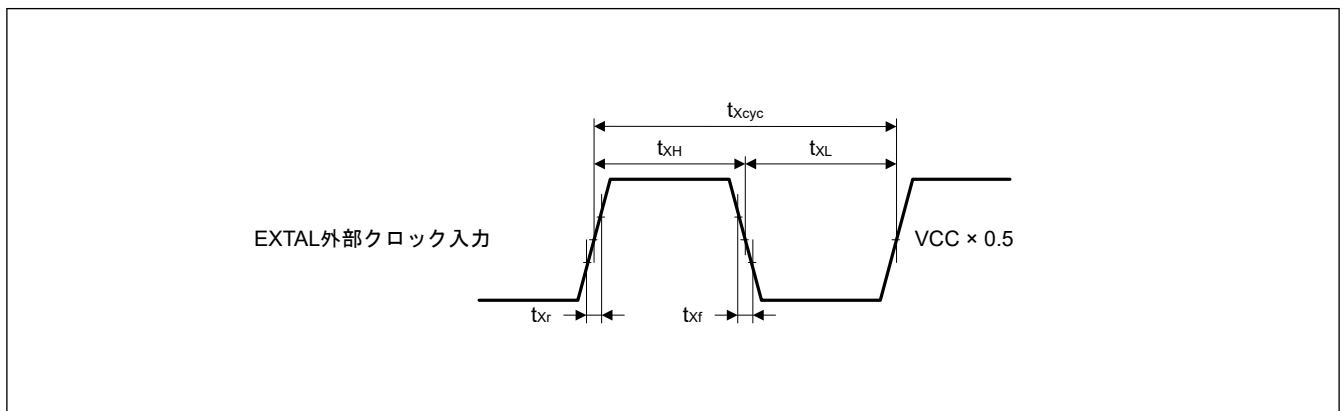


図 43.7 EXTERNAL 外部クロック入力タイミング

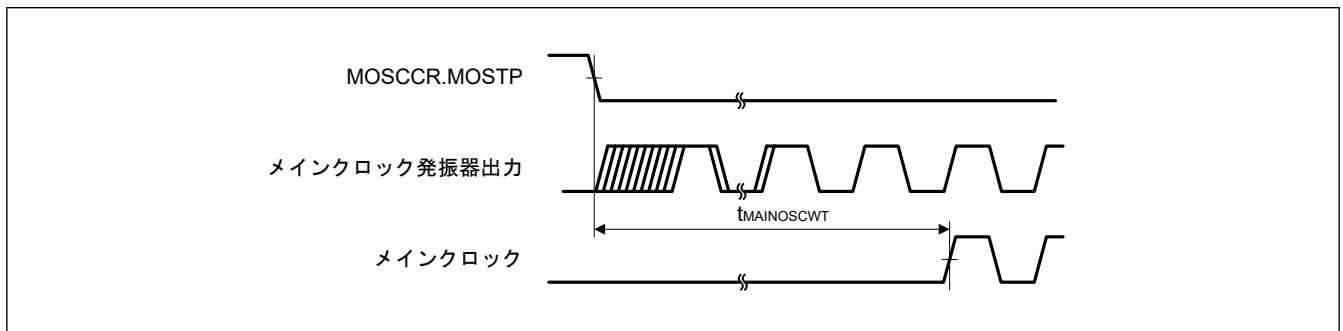


図 43.8 メインクロック発振開始タイミング

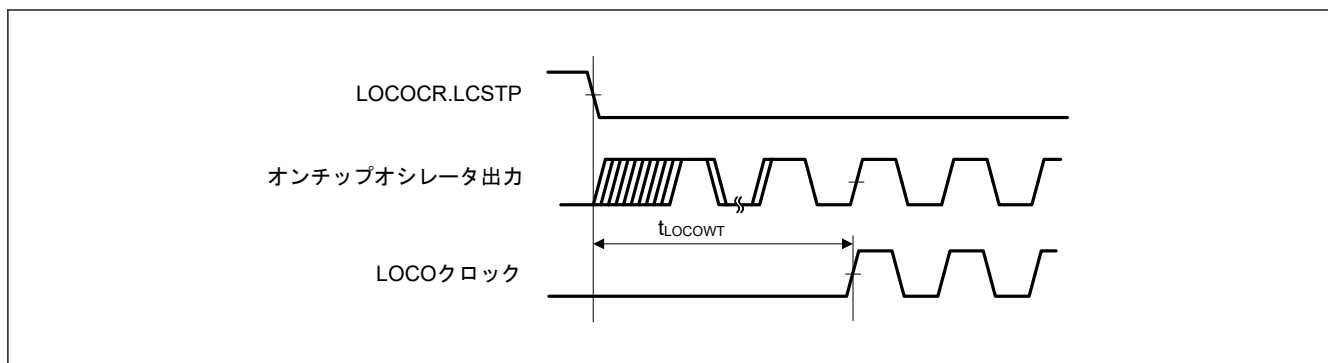


図 43.9 LOCO クロック発振開始タイミング

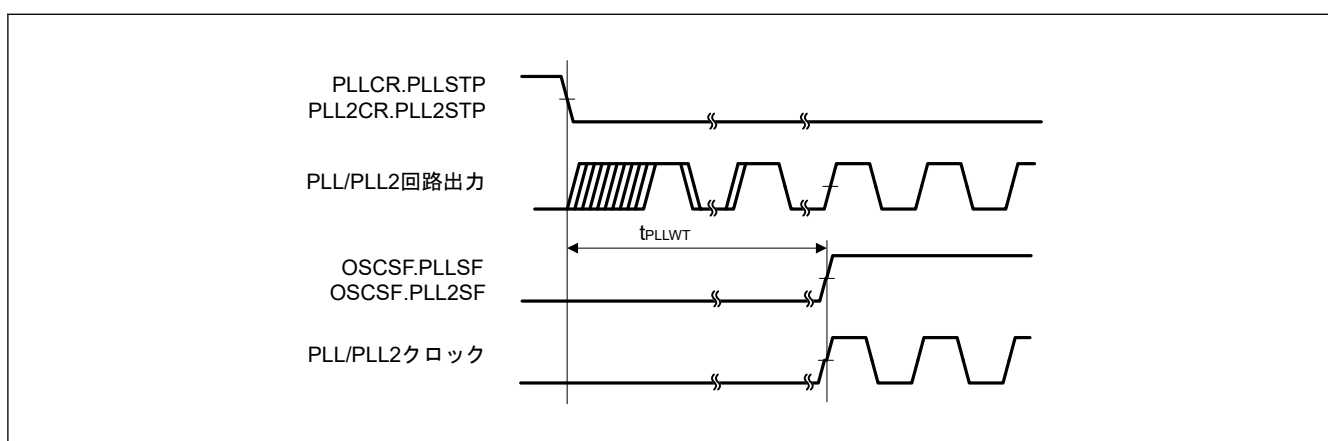


図 43.10 PLL/PLL2 クロック発振開始タイミング

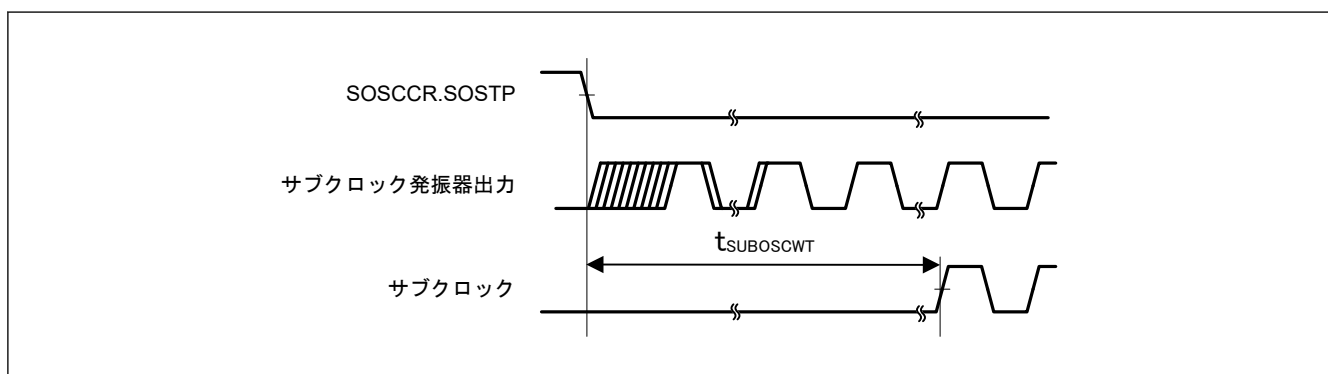


図 43.11 サブクロック発振開始タイミング

43.3.3 リセットタイミング

表 43.19 リセットタイミング (1/2)

項目		シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件
RES パルス幅	パワーオン	t_{RESWP}	0.7	—	—	ms	図 43.12
	ディープソフトウェアスタンバイモード	t_{RESWD}	0.6	—	—	ms	図 43.13
	ソフトウェアスタンバイモード、Subosc-speed モード	t_{RESWS}	0.3	—	—	ms	
	上記以外	t_{RESW}	200	—	—	μ s	
RES 解除後の待機時間		t_{RESWT}	—	37.3	41.2	μ s	図 43.12

表 43.19 リセットタイミング (2/2)

項目	シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件
内部リセット解除後の待機時間 (IWDT リセット、WDT リセット、ソフトウェアリセット、SRAM パリティエラーリセット、バスマスタ MPU エラーリセット、TrustZone エラーリセット)	t_{RESW2}	—	324	397.7	μs	—

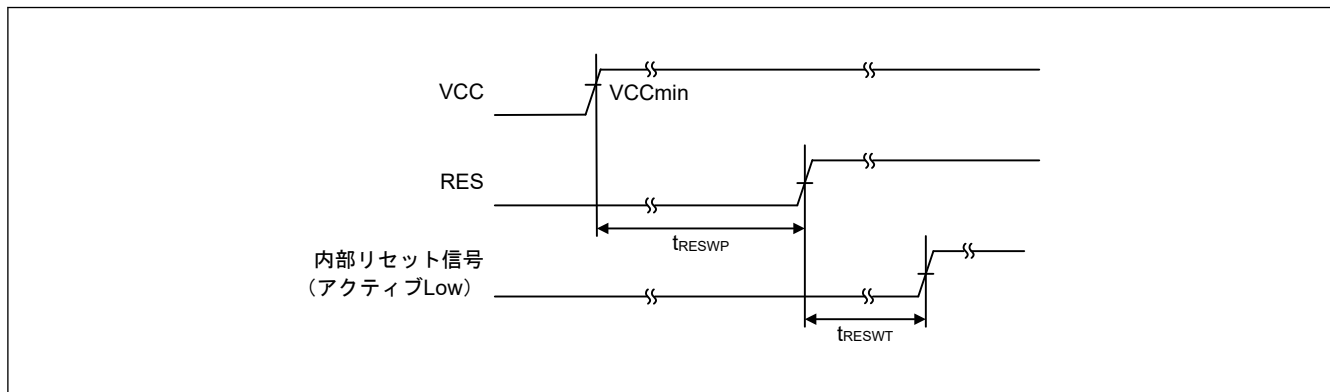


図 43.12 VCC が V_{POR} 電圧しきい値を超える条件下での RES 端子入力タイミング

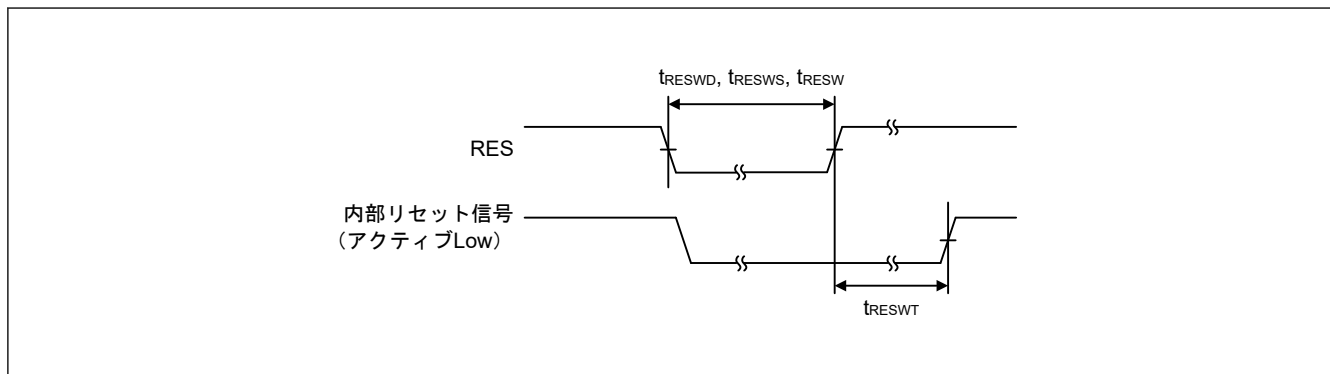


図 43.13 リセット入力タイミング

43.3.4 ウェイクアップタイミング

表 43.20 低消費電力モードからの復帰タイミング

項目	シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件		
ソフトウェアスタンバイモードからの復帰時間(注1)	メインクロック発振器に水晶振動子を接続	システムクロックソースはメインクロック発振器(注2)	t _{SBYMC} (注13)	—	2.1	2.4	ms	図 43.14 全発振器の分周比は 1 です。
		システムクロックソースはメインクロック発振器を使用した PLL(注3)	t _{SBYPC} (注13)	—	2.2	2.6	ms	
	メインクロック発振器に外部クロックを入力	システムクロックソースはメインクロック発振器(注4)	t _{SBYEX} (注13)	—	45	125	μs	
		システムクロックソースはメインクロック発振器を使用した PLL(注5)	t _{SBYPE} (注13)	—	170	255	μs	
	システムクロックソースはサブクロック発振器(注6)(注11)	t _{SBYSC} (注13)	—	0.7	0.8	ms		
	システムクロックソースは LOCO(注7)(注11)	t _{SBYLO} (注13)	—	0.7	0.9	ms		
	システムクロックソースは HOCO クロック発振器(注8)	t _{SBYHO} (注13)	—	55	130	μs		
	システムクロックソースは HOCO を使用した PLL(注9)	t _{SBYPH} (注13)	—	175	265	μs		
	システムクロックソースは MOCO クロック発振器(注10)	t _{SBYMO} (注13)	—	35	65	μs		
ディープソフトウェアスタンバイモードからの復帰時間	DPSBYCR.DEEPCUT[1] = 0 および DPSWCR.WTSTS[5:0] = 0x0E	t _{DSBY}	—	0.38	0.54	ms	図 43.15	
	DPSBYCR.DEEPCUT[1] = 1 および DPSWCR.WTSTS[5:0] = 0x19	t _{DSBY}	—	0.55	0.73	ms		
ディープソフトウェアスタンバイモード解除後待機時間		t _{DSBYWT}	56	—	57	t _{cyc}		
ソフトウェアスタンバイモードからスリープモードへの復帰時間	システムクロックソースが HOCO (20 MHz) の場合は High-speed モード	t _{SNZ}	—	35(注12)	70(注12)	μs	図 43.16	
	システムクロックソースが MOCO (8 MHz) の場合は High-speed モード	t _{SNZ}	—	11(注12)	14(注12)	μs		

- 注 1. 復帰時間は、システムクロックソースにより決定されます。複数の発振器が起動している場合、復帰時間は以下の計算式で決定します。
 総復帰時間 = システムクロックソースとしての発振器の復帰時間 + アクティブな発振器の最長 t_{SBYOSCWT} - システムクロックの t_{SBYOSCWT} + 2 LOCO サイクル (LOCO が動作している場合) + (Subosc が発振中かつ MSTPC0 = 0 (CAC モジュール停止) の場合)
- 注 2. 水晶の周波数が 24 MHz (メインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ (MOSCWTCR) が 0x05) で、かつ内部クロックの分周設定のうち最も大きな値が 1 の場合
- 注 3. PLL の周波数が 200 MHz (メインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ (MOSCWTCR) が 0x05) で、かつ内部クロックの分周設定のうち最も大きな値が 4 の場合
- 注 4. 外部クロックの周波数が 24 MHz (メインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ (MOSCWTCR) が 0x00) で、かつ内部クロックの分周設定のうち最も大きな値が 1 の場合
- 注 5. PLL の周波数が 200 MHz (メインクロック発振器ウェイトコントロールレジスタ (MOSCWTCR) が 0x00) で、かつ内部クロックの分周設定のうち最も大きな値が 4 の場合
- 注 6. サブクロック発振器の周波数が 32.768 kHz で、かつ内部クロックの分周設定のうち最も大きな値が 1 の場合
- 注 7. LOCO 周波数が 32.768 kHz で、かつ内部クロックの分周設定のうち最も大きな値が 1 の場合
- 注 8. HOCO 周波数が 20 MHz で、かつ内部クロックの分周設定のうち最も大きな値が 1 の場合
- 注 9. PLL の周波数が 200 MHz で、かつ内部クロックの分周設定のうち最も大きな値が 4 の場合
- 注 10. MOCO 周波数が 8 MHz で、かつ内部クロックの分周設定のうち最も大きな値が 1 の場合
- 注 11. Subosc-speed モードでは、サブクロック発振器または LOCO はソフトウェアスタンバイモードで発振を継続します。
- 注 12. SNZCR.RXDREQEN ビットが 0 のとき、以下の時間が電源復帰時間として追加されます。16 μs (Typ.)、48 μs (Max.)
- 注 13. 復帰時間は、t_{SBYOSCWT} + t_{SBYSEQ} の式で計算できます。これらは、次の値と式で決定できます。n は内部クロックの分周設定の内、最も大きな値が選択されます。

ウェイクアップ時間	Typ		Max		単位
	t _{SBYOSCWT}	t _{SBYSEQ}	t _{SBYOSCWT}	t _{SBYSEQ}	
t _{SBYMC}	(MSTS[7:0]*32 + 3) / 0.262	35 + 18 / f _{ICLK} + 4n / f _{MAIN}	(MSTS[7:0]*32 + 14) / 0.236	62 + 18 / f _{ICLK} + 4n / f _{MAIN}	μs

ウェイクアップ時間	Typ		Max		単位
	tSBYOSCWT	tSBYSEQ	tSBYOSCWT	tSBYSEQ	
tSBYPC	$(MSTS[7:0]*32 + 34) / 0.262$	$35 + 18 / f_{ICLK} + 4n / f_{PLL}$	$(MSTS[7:0]*32 + 45) / 0.236$	$62 + 18 / f_{ICLK} + 4n / f_{PLL}$	μs
tSBYEX	10	$35 + 18 / f_{ICLK} + 4n / f_{EXMAIN}$	62	$62 + 18 / f_{ICLK} + 4n / f_{EXMAIN}$	μs
tSBYPE	135	$35 + 18 / f_{ICLK} + 4n / f_{PLL}$	192	$62 + 18 / f_{ICLK} + 4n / f_{PLL}$	μs
tSBYSC	0	$35 + 18 / f_{ICLK} + 4n / f_{SUB}$	0	$62 + 18 / f_{ICLK} + 4n / f_{SUB}$	μs
tSBYLO	0	$35 + 18 / f_{ICLK} + 4n / f_{LOCO}$	0	$62 + 18 / f_{ICLK} + 4n / f_{LOCO}$	μs
tSBYHO	20	$35 + 18 / f_{ICLK} + 4n / f_{HOCO}$	67	$62 + 18 / f_{ICLK} + 4n / f_{HOCO}$	μs
tSBYPH	140	$35 + 18 / f_{ICLK} + 4n / f_{PLL}$	202	$62 + 18 / f_{ICLK} + 4n / f_{PLL}$	μs
tSBYMO	0	$35 + 18 / f_{ICLK} + 4n / f_{MOCO}$	0	$62 + 18 / f_{ICLK} + 4n / f_{MOCO}$	μs

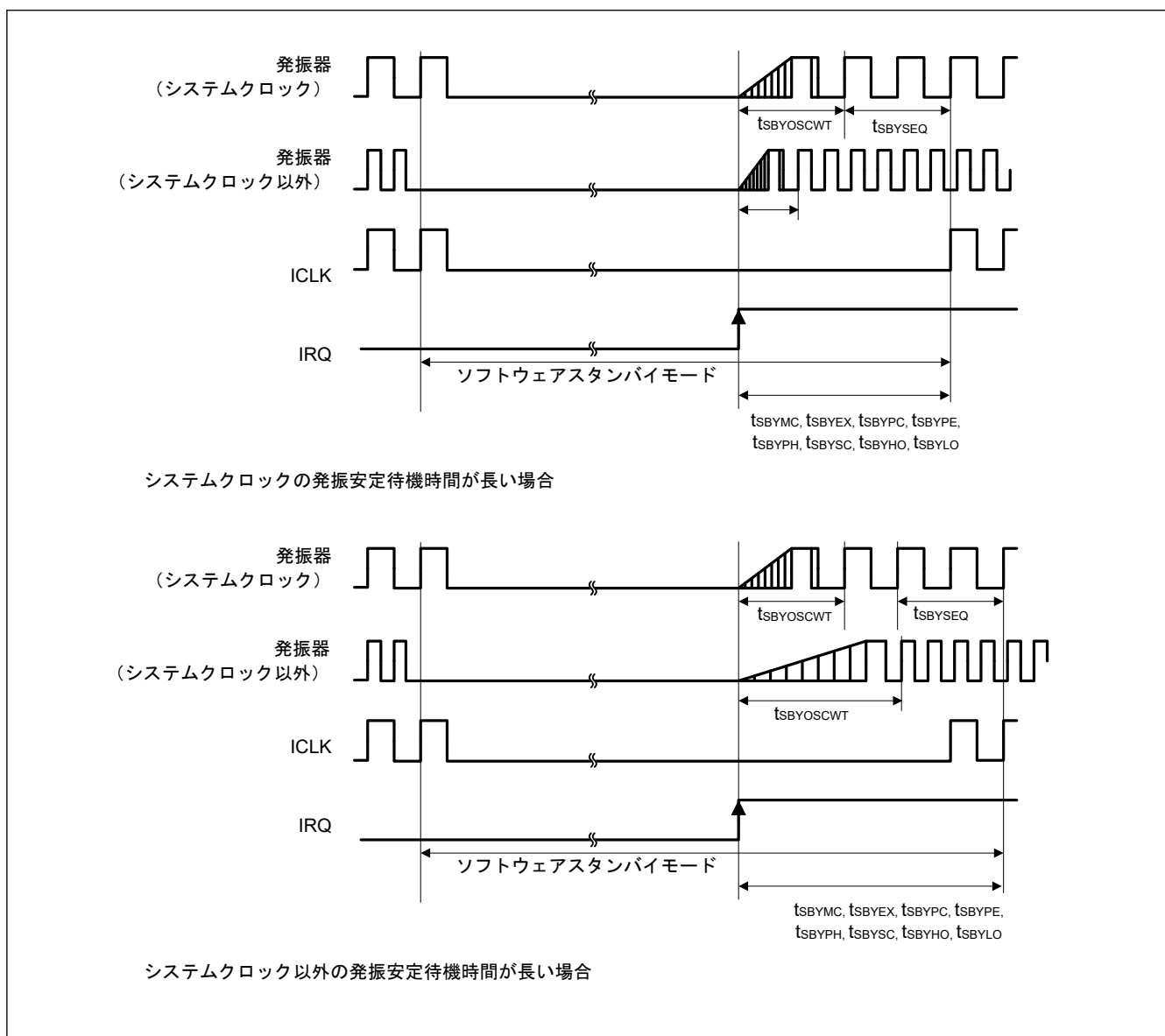


図 43.14 ソフトウェアスタンバイモード解除タイミング

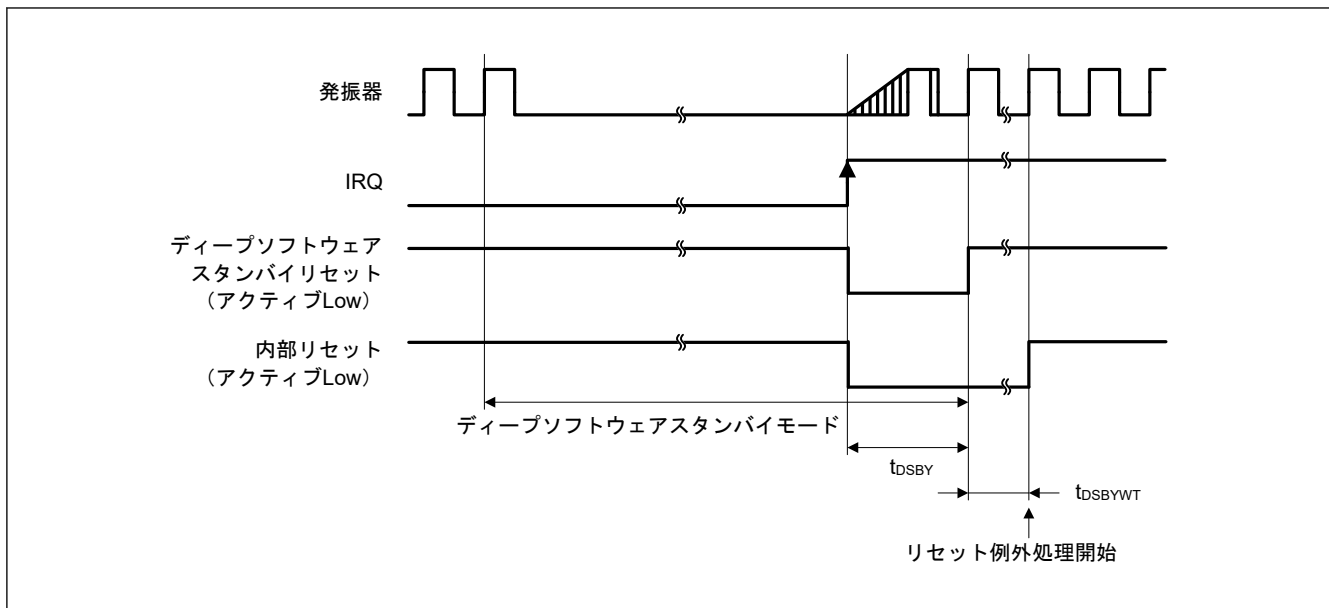
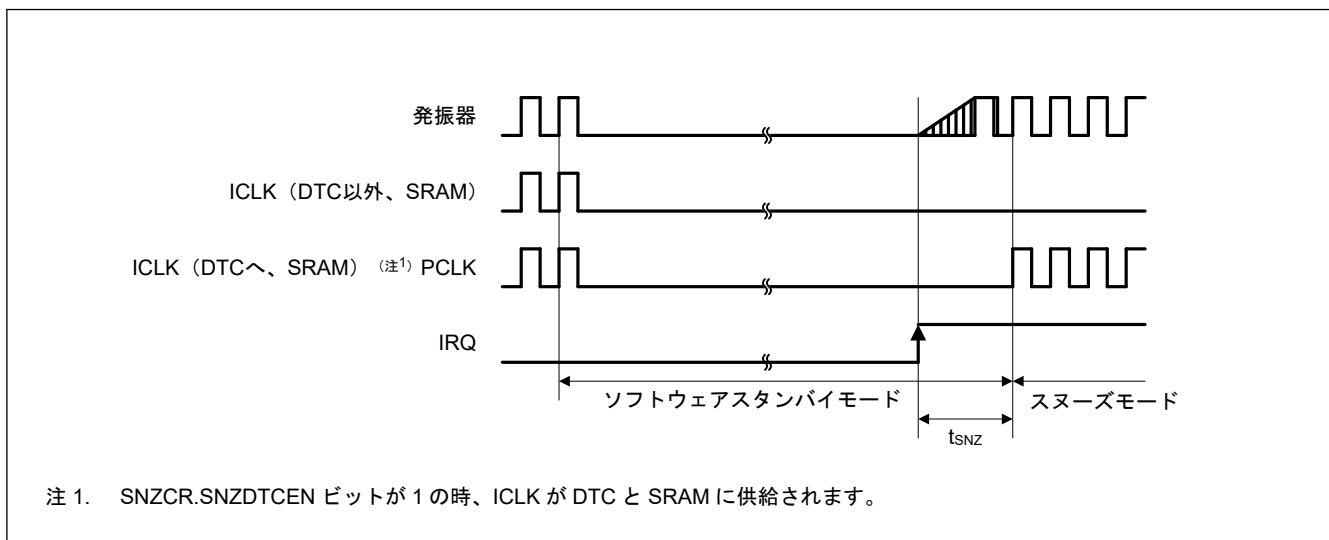


図 43.15 ディープソフトウェアスタンバイモード解除タイミング



注 1. SNZCR.SNZDTCEN ビットが 1 の時、ICLK が DTC と SRAM に供給されます。

図 43.16 ソフトウェアスタンバイモードからスリープモードへの復帰タイミング

43.3.5 NMI/IRQ ノイズフィルタ

表 43.21 NMI/IRQ ノイズフィルタ

項目	シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件	
NMI パルス幅	t_{NMIW}	200	—	—	ns	NMI デジタルフィルタ 無効	
		$t_{Pcyc} \times 2$ (注1)	—	—			$t_{Pcyc} \times 2 > 200$ ns
		200	—	—		NMI デジタルフィルタ 有効	$t_{NMICK} \times 3 \leq 200$ ns
		$t_{NMICK} \times 3.5$ (注2)	—	—			$t_{NMICK} \times 3 > 200$ ns
IRQ パルス幅	t_{IRQW}	200	—	—	ns	IRQ デジタルフィルタ 無効	
		$t_{Pcyc} \times 2$ (注1)	—	—			$t_{Pcyc} \times 2 > 200$ ns
		200	—	—		IRQ デジタルフィルタ 有効	$t_{IRQCK} \times 3 \leq 200$ ns
		$t_{IRQCK} \times 3.5$ (注3)	—	—			$t_{IRQCK} \times 3 > 200$ ns

注. ソフトウェアスタンバイモード時は最小 200 ns です。

注. クロックソースを切り替える場合、切り替えるソースの 4 クロックサイクルを足します。

- 注 1. t_{Pcyc} は PCLKB の周期を示します。
 注 2. t_{NMICK} は、NMI デジタルフィルタサンプリングクロックの周期を示します。
 注 3. t_{IRQCK} は、IRQi デジタルフィルタサンプリングクロックの周期を示します。

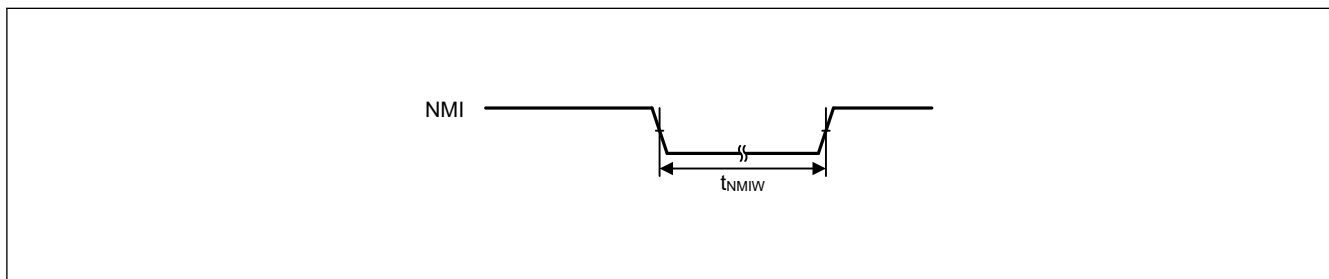


図 43.17 NMI 割り込み入力タイミング

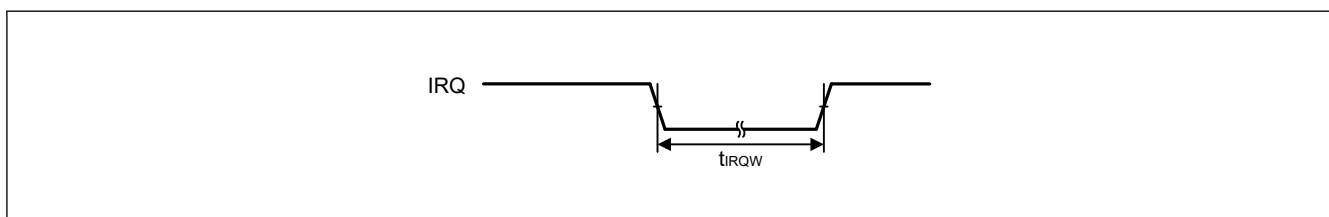


図 43.18 IRQ 割り込み入力タイミング

43.3.6 I/O ポート、POEG、GPT、AGT、ADC12 のトリガタイミング

表 43.22 I/O ポート、POEG、GPT、AGT、ADC12 のトリガタイミング

GPT32 条件：

PmnPFS レジスタのポート駆動能力ビットで高駆動出力が選択されています。

AGT 条件：

PmnPFS レジスタのポート駆動能力ビットで中駆動出力が選択されています。

項目			シンボル	Min	Max	単位	測定条件
I/O ポート	入力データパルス幅		t_{PRW}	1.5	—	t_{Pcyc}	図 43.19
POEG	POEG 入力トリガパルス幅		t_{POEW}	3	—	t_{Pcyc}	図 43.20
GPT	インプットキャプチャパルス幅	単エッジ	t_{GTICW}	1.5	—	t_{PDcyc}	図 43.21
		両エッジ		2.5	—		
	GTIOCxY 出力スキュー (x = 1、2、Y = A または B)	中駆動バッファ	t_{GTISK} (注1)	—	4	ns	図 43.22
		高駆動バッファ		—	4		
	GTIOCxY 出力スキュー (x = 4、5、Y = A または B)	中駆動バッファ		—	4		
		高駆動バッファ		—	4		
GTIOCxY 出力スキュー (x = 1、2、4、5、Y = A または B)	中駆動バッファ	—	6				
	高駆動バッファ	—	6				
AGT	AGTIO、AGTEE 入力サイクル		t_{ACYC} (注2)	100	—	ns	図 43.23
	AGTIO、AGTEE 入力 High レベル幅、Low レベル幅		t_{ACKWH} 、 t_{ACKWL}	40	—	ns	
	AGTIO、AGTO、AGTOA、AGTOB 出力サイクル		t_{ACYC2}	62.5	—	ns	
ADC12	ADC12 トリガ入力パルス幅		t_{TRGW}	1.5	—	t_{Pcyc}	図 43.24

注. t_{Pcyc} : PCLKB サイクル、 t_{PDcyc} : PCLKD サイクル

注 1. このスキューは、同じドライバ I/O が使用されている場合に適用されます。中駆動ドライバと高駆動ドライバの I/O が混在する場合、動作は保証されません。

注 2. 入力サイクルの制限：

ソースクロックを切り替え中でない場合： $t_{Pcyc} \times 2 < t_{ACYC}$ を満たす必要があります。

ソースクロックを切り替え中の場合： $t_{Pcyc} \times 6 < t_{ACYC}$ を満たす必要があります。

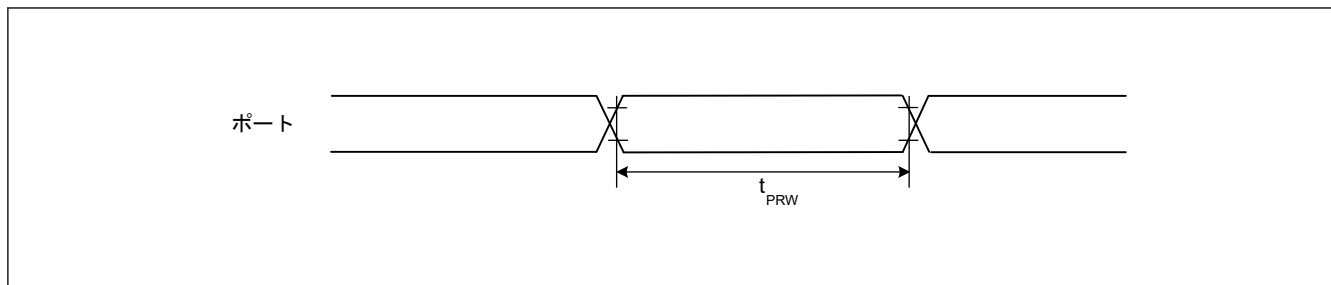


図 43.19 I/O ポート入力タイミング

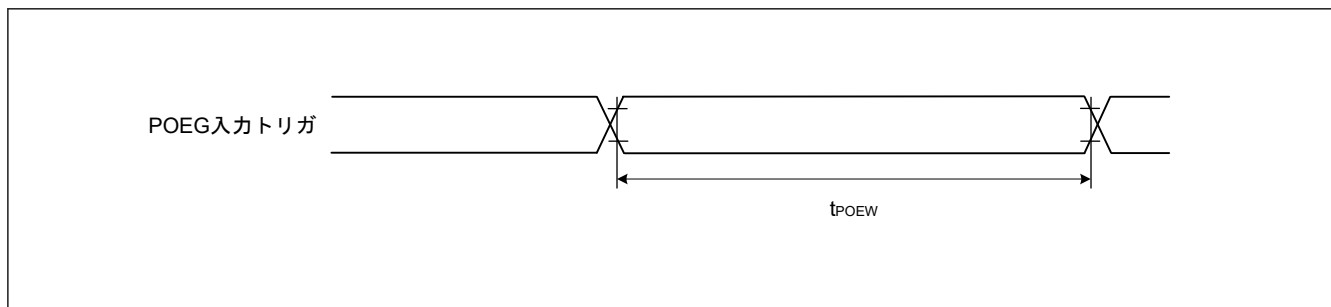


図 43.20 POEG 入力トリガタイミング

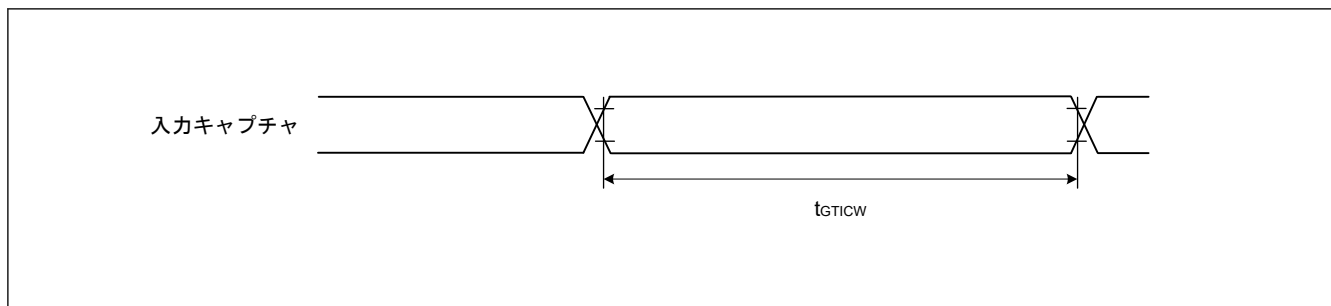


図 43.21 GPT インพุットキャプチャタイミング

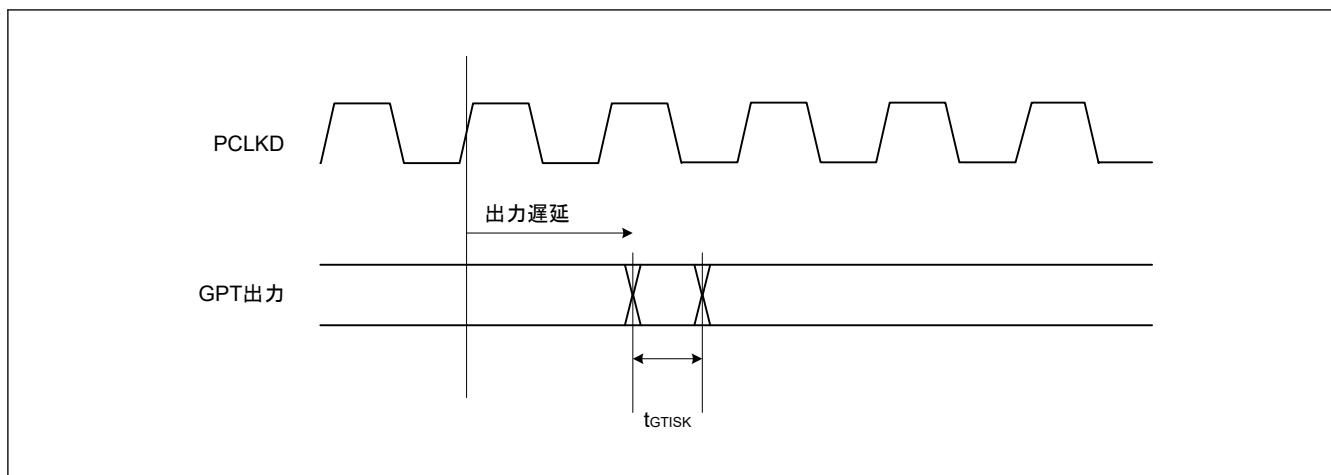


図 43.22 GPT 出力遅延スキュー

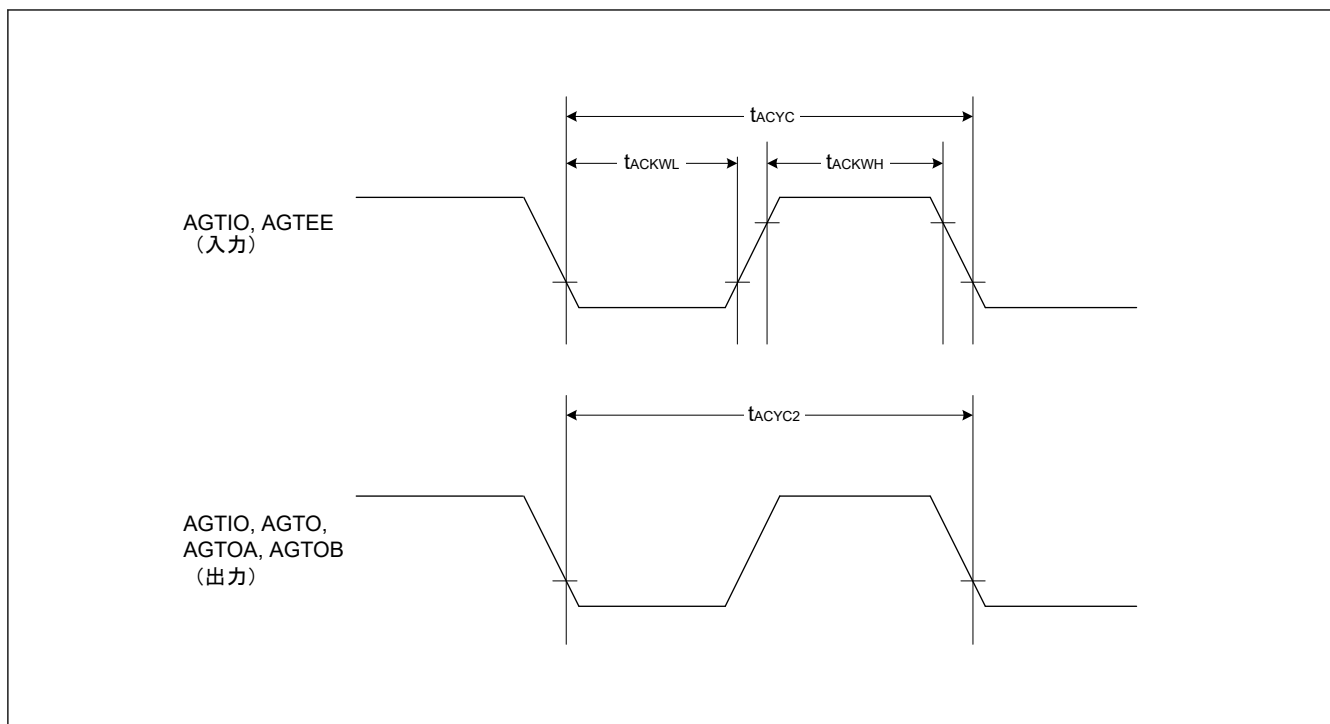


図 43.23 AGT 入出力タイミング

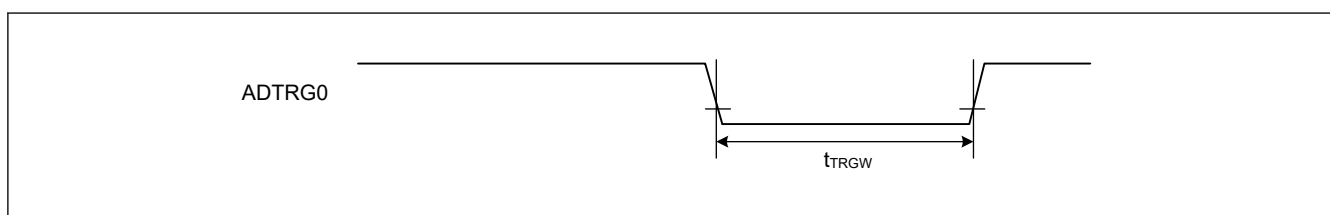


図 43.24 ADC12 トリガ入力タイミング

43.3.7 CAC タイミング

表 43.23 CAC タイミング

項目		シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件
CAC	CACREF 入力パルス幅	t_{CACREF}	$t_{\text{PBcyc}} \leq t_{\text{cac}}$ (注1)	$4.5 \times t_{\text{cac}} + 3 \times t_{\text{PBcyc}}$	—	—	ns
			$t_{\text{PBcyc}} > t_{\text{cac}}$ (注1)	$5 \times t_{\text{cac}} + 6.5 \times t_{\text{PBcyc}}$	—	—	ns

注. t_{PBcyc} : PCLKB の周期

注 1. t_{cac} : CAC カウントクロックソースの周期

43.3.8 SCI タイミング

表 43.24 SCI タイミング (1)

条件 : PmnPFS レジスタのポート駆動能力ビットで高駆動出力が選択されています。

項目		シンボル	Min	Max	単位	測定条件		
SCI	入力クロックサイクル	調歩同期式	$t_{S_{cyc}}$	4	—	$t_{P_{cyc}}$	図 43.25	
		クロック同期式		6	—			
	入力クロックパルス幅		$t_{S_{CKW}}$	0.4	0.6	$t_{S_{cyc}}$		
	入力クロック立ち上がり時間		$t_{S_{CKr}}$	—	5	ns		
	入力クロック立ち下がり時間		$t_{S_{CKf}}$	—	5	ns		
	出力クロックサイクル	調歩同期式	$t_{S_{cyc}}$	6 (SCI1、SCI2 以外) 8 (SCI1、SCI2)	—	$t_{P_{cyc}}$		
		クロック同期式		4	—			
	出力クロックパルス幅		$t_{S_{CKW}}$	0.4	0.6	$t_{S_{cyc}}$		
	出力クロック立ち上がり時間		$t_{S_{CKr}}$	—	5	ns		
	出力クロック立ち下がり時間		$t_{S_{CKf}}$	—	5	ns		
	送信データ遅延時間	クロック同期式マスタモード (内部クロック)	t_{TXD}	—	5	ns		図 43.26
		クロック同期式スレーブモード (外部クロック)	t_{TXD}	—	25	ns		
	受信データセットアップ時間	クロック同期式マスタモード (内部クロック)	t_{RXS}	15	—	ns		
		クロック同期式スレーブモード (外部クロック)	t_{RXS}	5	—	ns		
受信データホールド時間	クロック同期式	t_{RXH}	5	—	ns			

注. $t_{P_{cyc}}$: PCLKA の周期

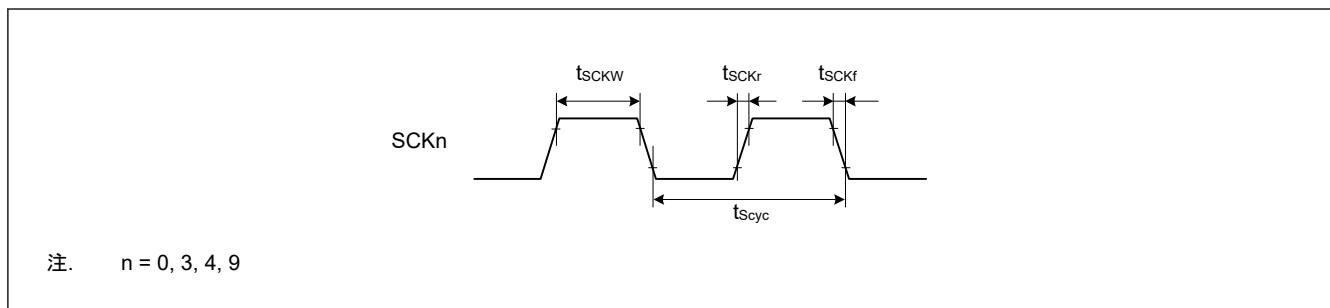


図 43.25 SCK クロック入出力タイミング

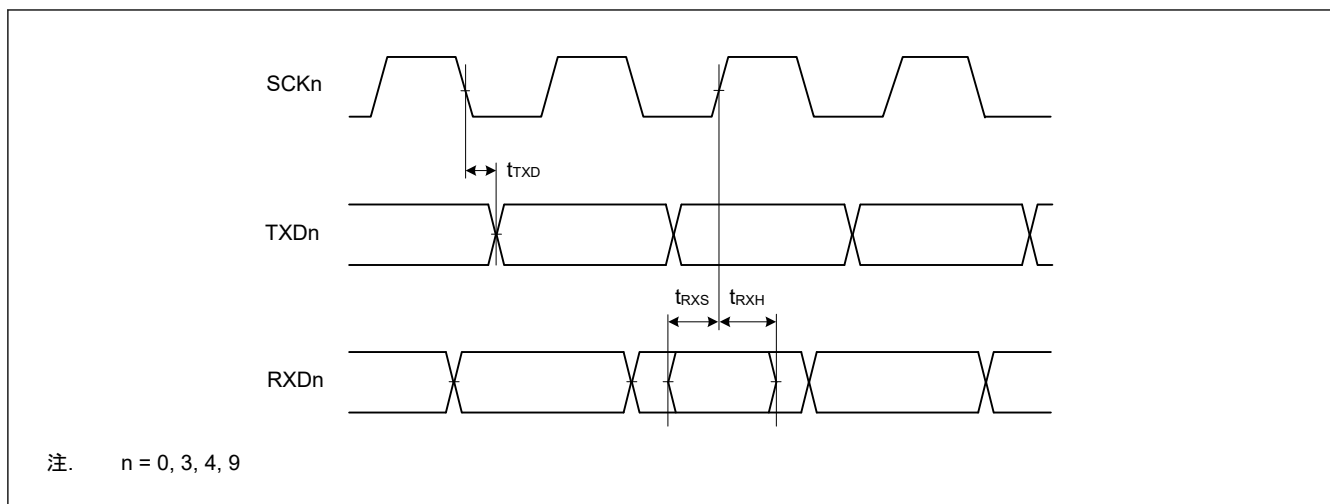


図 43.26 クロック同期式モードにおける SCI 入出力タイミング

表 43.25 SCI タイミング (2)

条件 : PmnPFS レジスタのポート駆動能力ビットで高駆動出力が選択されています。

項目		シンボル	Min	Max	単位	測定条件	
簡易 SPI	SCK クロックサイクル出力 (マスタ)	t_{SPcyc}	4	65536	t_{Pcyc}	図 43.27	
	SCK クロックサイクル入力 (スレーブ)		6	65536			
	SCK クロック High レベルパルス幅	t_{SPCKWH}	0.4	0.6	t_{SPcyc}		
	SCK クロック Low レベルパルス幅	t_{SPCKWL}	0.4	0.6	t_{SPcyc}		
	SCK クロック立ち上がり/立ち下がり時間	t_{SPCKr}, t_{SPCKf}	—	5	ns		
	データ入力セットアップ時間	マスタ	t_{SU}	15	—	ns	図 43.28 ~ 図 43.31
		スレーブ		5	—		
	データ入力ホールド時間	t_H	5	—	ns		
	SS 入力セットアップ時間	t_{LEAD}	1	—	t_{SPcyc}		
	SS 入力ホールド時間	t_{LAG}	1	—	t_{SPcyc}		
	データ出力遅延時間	マスタ	t_{OD}	—	5	ns	
		スレーブ		—	25		
	データ出力ホールド時間	t_{OH}	-5	—	ns		
データ立ち上がり/立ち下がり時間	t_{Dr}, t_{Df}	—	5	ns			
SS 入力立ち上がり/立ち下がり時間	t_{SSLr}, t_{SSLf}	—	5	ns			
スレーブアクセス時間	t_{SA}	—	$3 \times t_{Pcyc} + 25$	ns	図 43.31		
スレーブ出力リリース時間	t_{REL}	—	$3 \times t_{Pcyc} + 25$	ns			

注. t_{Pcyc} : PCLKA の周期

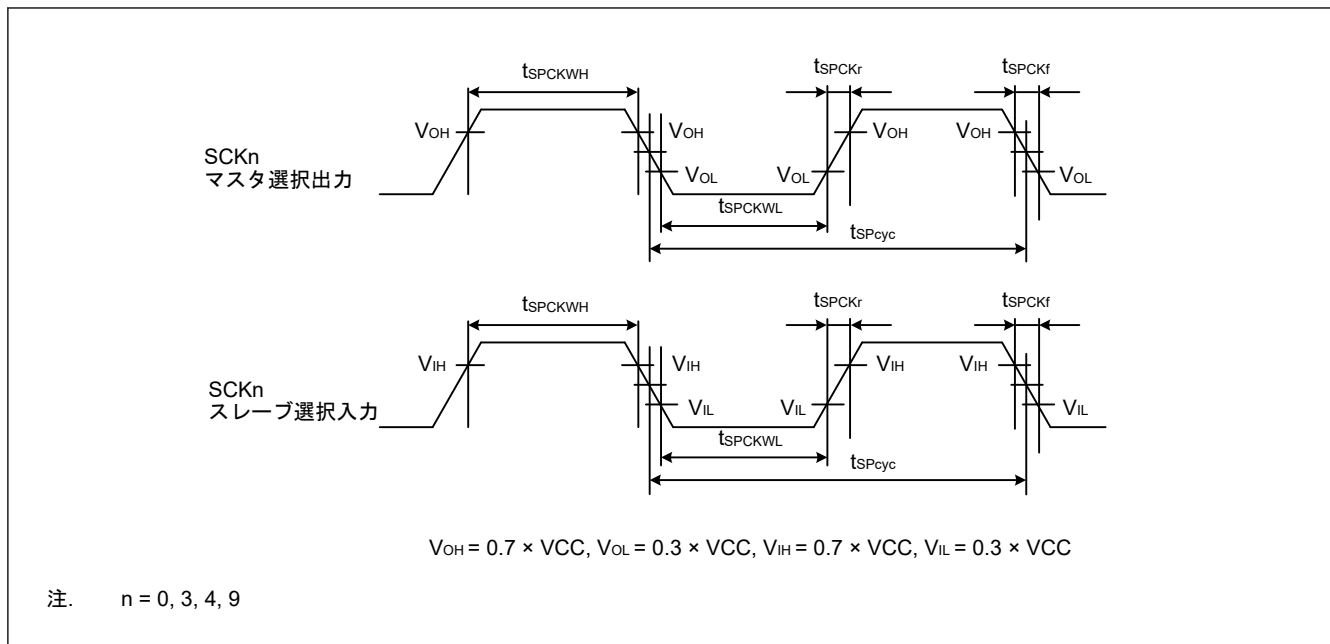


図 43.27 SCI 簡易 SPI モードクロックタイミング

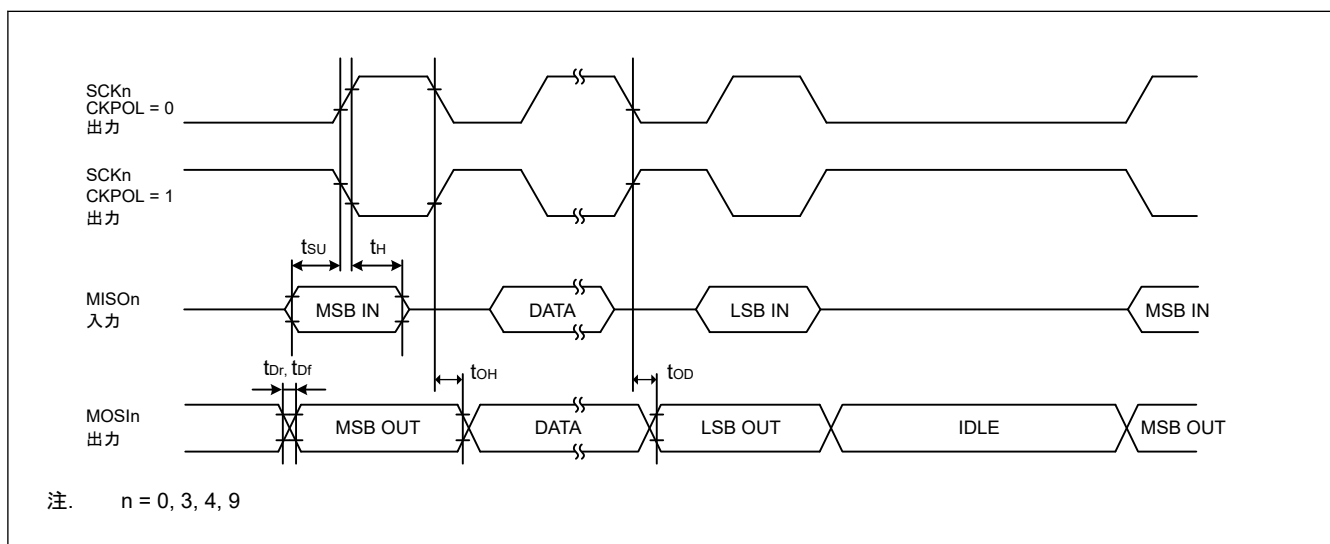


図 43.28 CKPH = 1 の場合におけるマスタの SCI 簡易 SPI モードタイミング

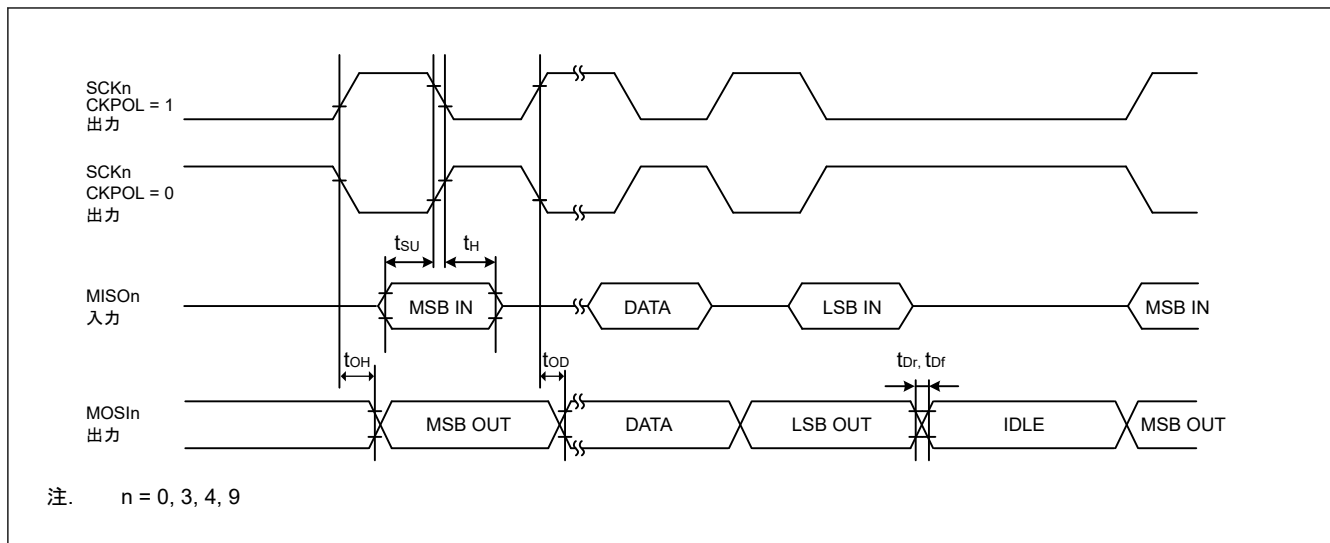


図 43.29 CKPH = 0 の場合におけるマスタの SCI 簡易 SPI モードタイミング

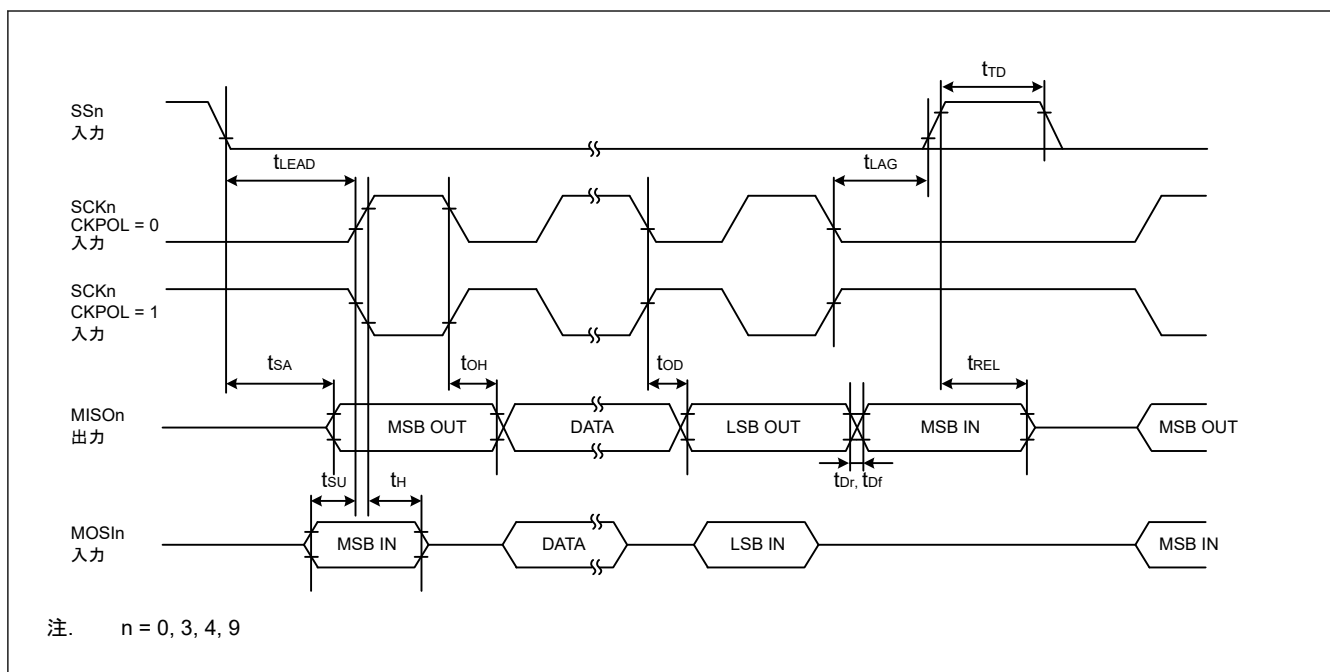


図 43.30 CKPH = 1 の場合におけるスレーブの SCI 簡易 SPI モードタイミング

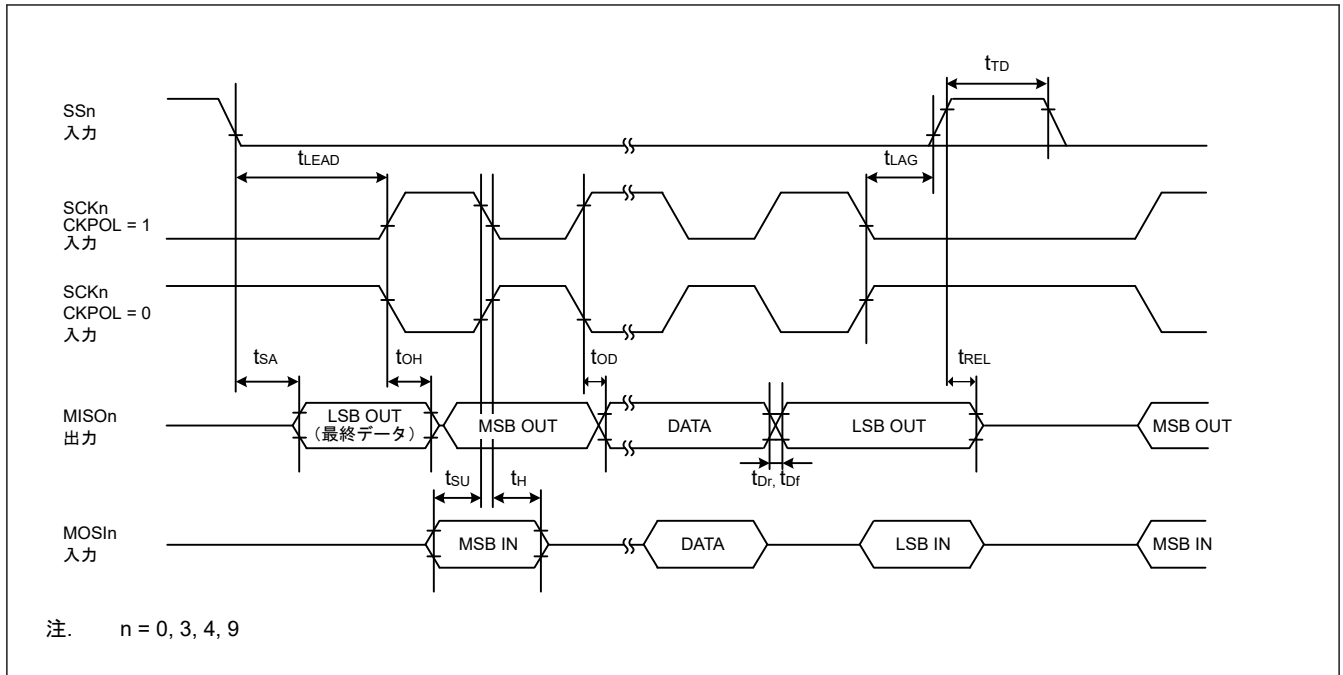


図 43.31 CKPH = 0 の場合におけるスレーブの SCI 簡易 SPI モードタイミング

表 43.26 SCI タイミング (3)

条件: PmnPFS レジスタのポート駆動能力ビットで中駆動出力が選択されています。

項目		シンボル	Min	Max	単位	測定条件
簡易 IIC (標準モード)	SDA 入力立ち上がり時間	t_{sr}	—	1000	ns	図 43.32
	SDA 入力立ち下がり時間	t_{sf}	—	300	ns	
	SDA 入カスパイクパルス除去時間	t_{sp}	0	$4 \times t_{IICcyc}$	ns	
	データ入力セットアップ時間	t_{SDAS}	250	—	ns	
	データ入力ホールド時間	t_{SDAH}	0	—	ns	
	SCL、SDA の負荷容量	C_b (注1)	—	400	pF	
簡易 IIC (ファストモード)	SDA 入力立ち上がり時間	t_{sr}	—	300	ns	図 43.32
	SDA 入力立ち下がり時間	t_{sf}	—	300	ns	
	SDA 入カスパイクパルス除去時間	t_{sp}	0	$4 \times t_{IICcyc}$	ns	
	データ入力セットアップ時間	t_{SDAS}	100	—	ns	
	データ入力ホールド時間	t_{SDAH}	0	—	ns	
	SCL、SDA の負荷容量	C_b (注1)	—	400	pF	

注. t_{IICcyc} : IIC 内部基準クロック (IICφ) の周期

注 1. C_b はバスラインの容量総計を意味します。

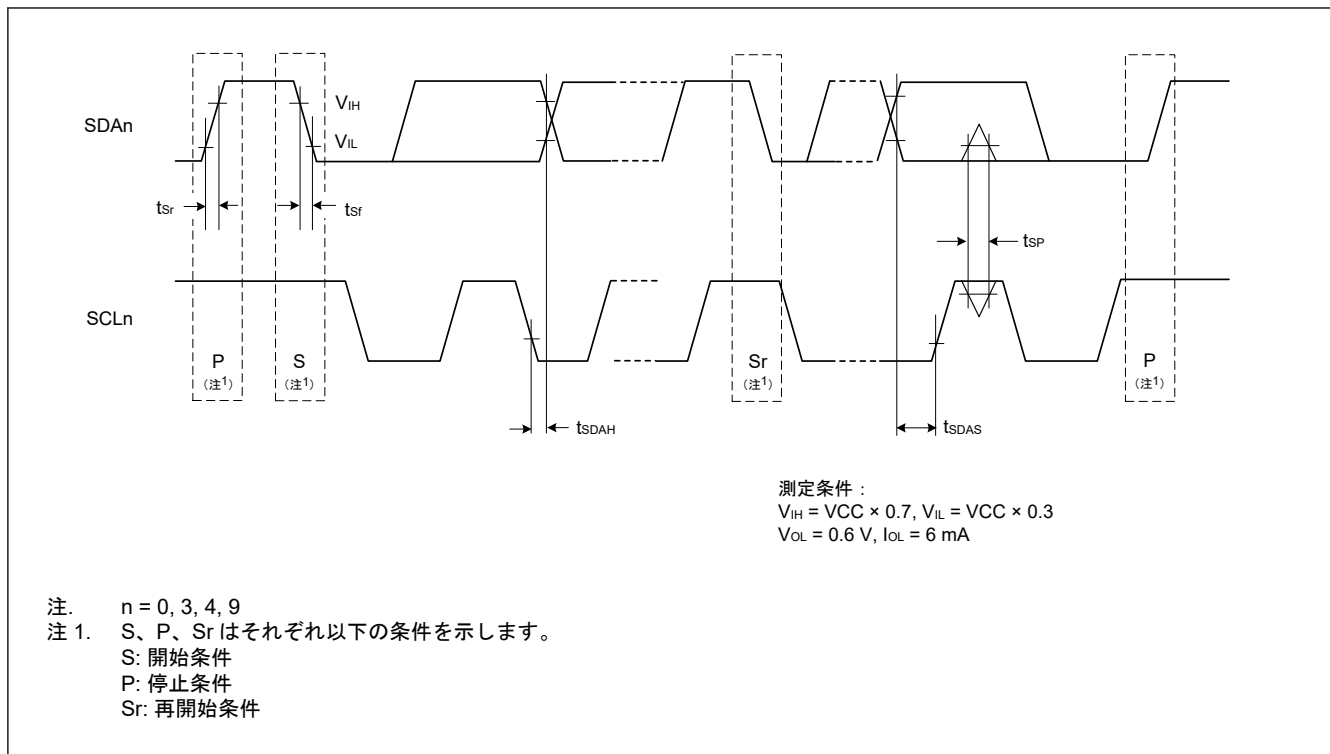


図 43.32 SCI 簡易 IIC モードタイミング

43.3.9 SPI タイミング

表 43.27 SPI タイミング

条件：PmnPFS レジスタのポート駆動能力ビットで高駆動出力が選択されています。

項目		シンボル	Min	Max	単位	測定条件		
SPI	RSPCK クロックサイクル	マスタ	t_{SPcyc}	2	4096	t_{Pcyc}	図 43.33	
		スレーブ		4	4096			
	RSPCK クロック High レベルパルス幅	マスタ	t_{SPCKWH}	$(t_{SPcyc} - t_{SPCKr} - t_{SPCKf}) / 2 - 3$	—	ns		
		スレーブ		0.4	0.6	t_{SPcyc}		
	RSPCK クロック Low レベルパルス幅	マスタ	t_{SPCKWL}	$(t_{SPcyc} - t_{SPCKr} - t_{SPCKf}) / 2 - 3$	—	ns		
		スレーブ		0.4	0.6	t_{SPcyc}		
	RSPCK クロック立ち上がり/立ち下がり時間	マスタ	t_{SPCKr}, t_{SPCKf}	—	5	ns		
		スレーブ		—	1	μs		
	データ入力セットアップ時間	マスタ	t_{SU}	4	—	ns		図 43.34 ~ 図 43.39
		スレーブ		5	—			
	データ入力ホールド時間	マスタ (PCLKA を 2 分周に設定)	t_{HF}	0	—	ns		
		マスタ (PCLKA を 2 分周以外に設定)	t_H	t_{Pcyc}	—			
		スレーブ	t_H	20	—			
	SSL セットアップ時間	マスタ	t_{LEAD}	$N \times t_{SPcyc} - 10$ (注1)	$N \times t_{SPcyc} + 100$ (注1)	ns		
		スレーブ		$4 \times t_{Pcyc}$	—	ns		
	SSL ホールド時間	マスタ	t_{LAG}	$N \times t_{SPcyc} - 10$ (注2)	$N \times t_{SPcyc} + 100$ (注2)	ns		
		スレーブ		$4 \times t_{Pcyc}$	—	ns		
	データ出力遅延時間	マスタ	t_{OD1}	—	6.3	ns		
			t_{OD2}	—	6.3			
		スレーブ	t_{OD}	—	20			
	データ出力ホールド時間	マスタ	t_{OH}	0	—	ns		
		スレーブ		0	—			
	連続転送遅延時間	マスタ	t_{TD}	$t_{SPcyc} + 2 \times t_{Pcyc}$	$8 \times t_{SPcyc} + 2 \times t_{Pcyc}$	ns		
		スレーブ		$4 \times t_{Pcyc}$				
	MOSI、MISO の立ち上がり/立ち下がり時間	出力	t_{Dr}, t_{Df}	—	5	ns		
		入力		—	1	μs		
	SSL 立ち上がり/立ち下がり時間	出力	t_{SSLr}, t_{SSLf}	—	5	ns		
		入力		—	1	μs		
スレーブアクセス時間		t_{SA}	—	25	ns	図 43.38 と 図 43.39		
スレーブ出力リリース時間		t_{REL}	—	25				

注. t_{Pcyc} : PCLKA の周期

注. 所属グループを示すため、"_A"や"_B"などのように端子名の後ろに文字を付加した端子を使用してください。SPI インタフェースについては、電気的特性の AC タイミングを各グループで測定しています。

注 1. N は、SPCKD レジスタで設定可能な 1~8 の整数です。
 注 2. N は、SSLND レジスタで設定可能な 1~8 の整数です。

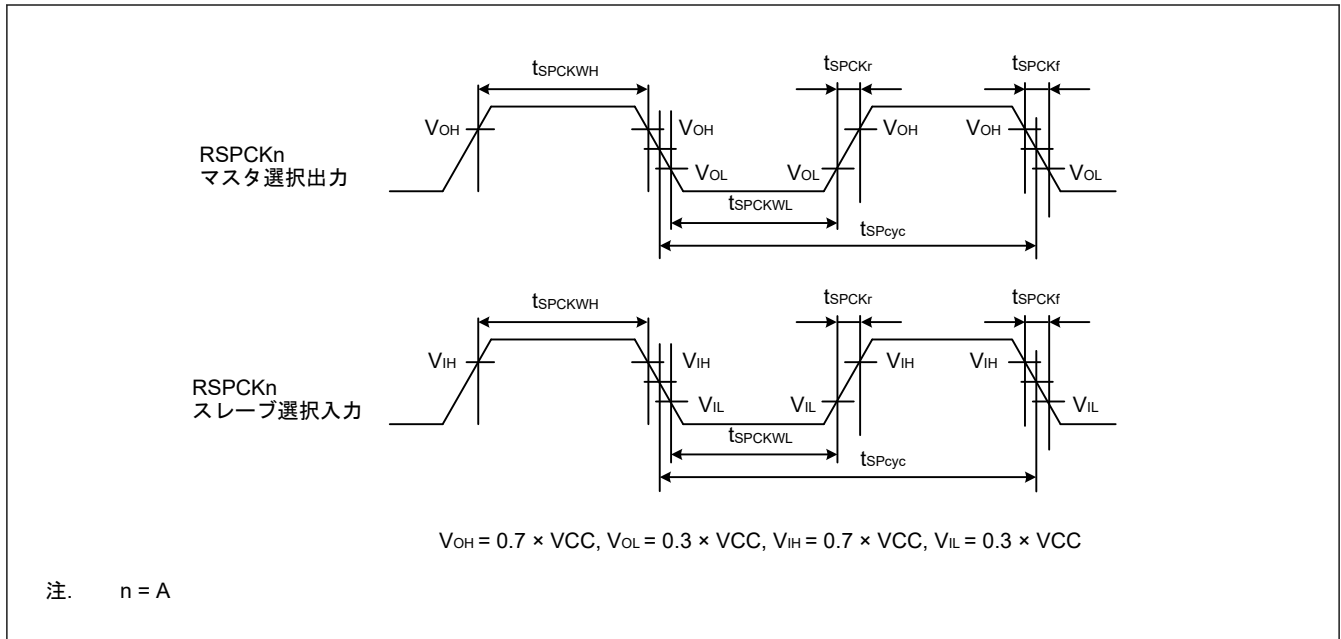


図 43.33 SPI クロックタイミング

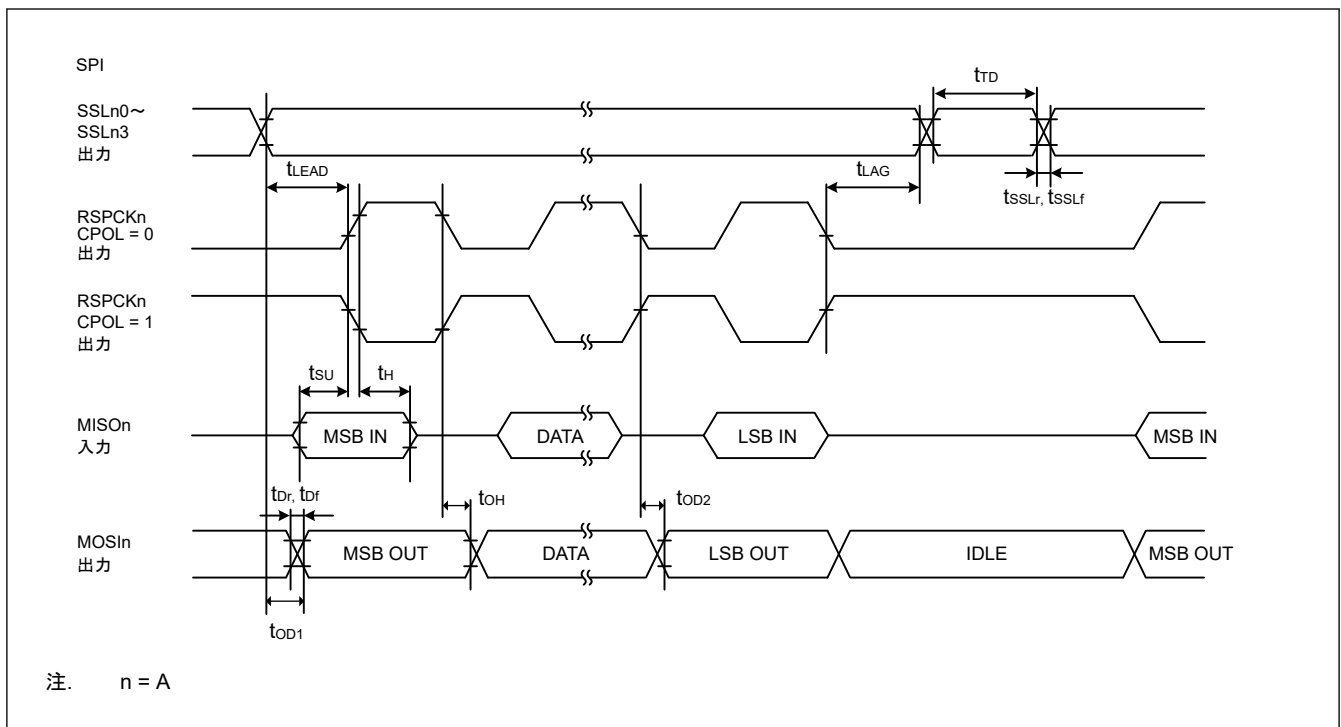


図 43.34 CPHA = 0 の場合におけるマスタの SPI タイミング

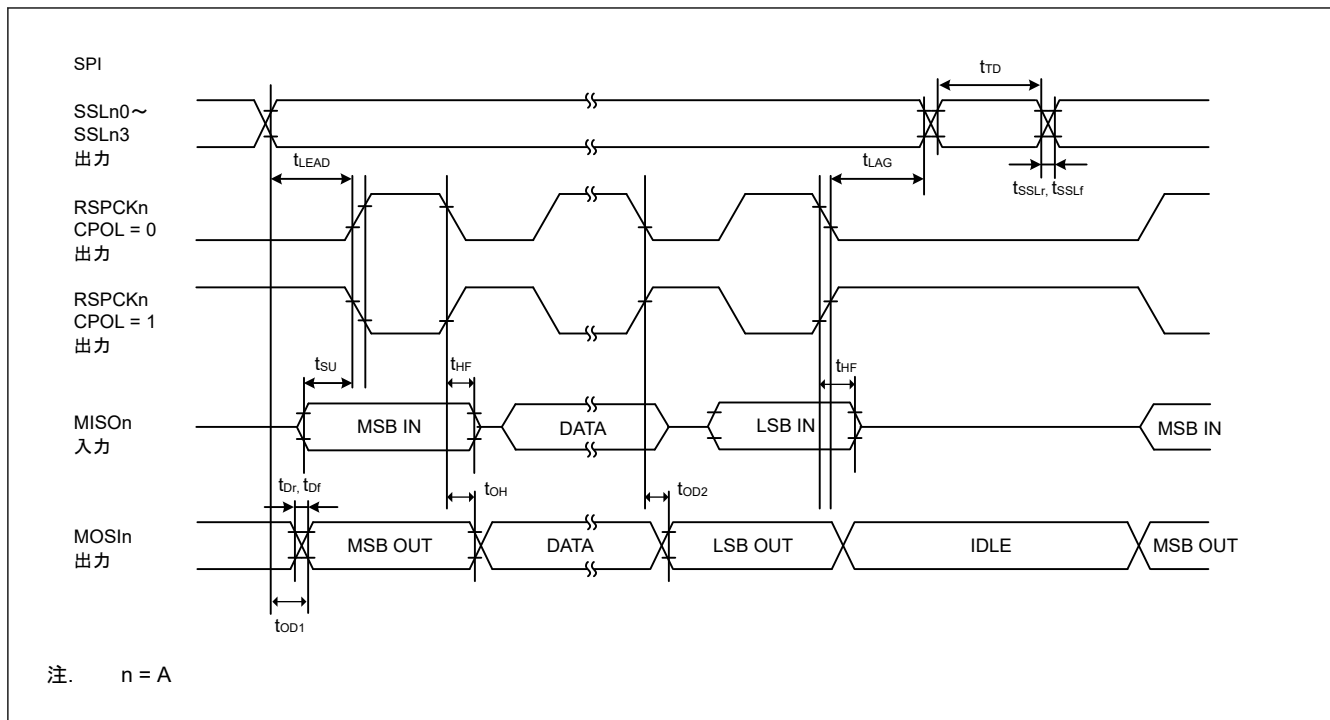


図 43.35 CPHA = 0 で、PCLKA/2 にビットレートが設定されている場合におけるマスタの SPI タイミング

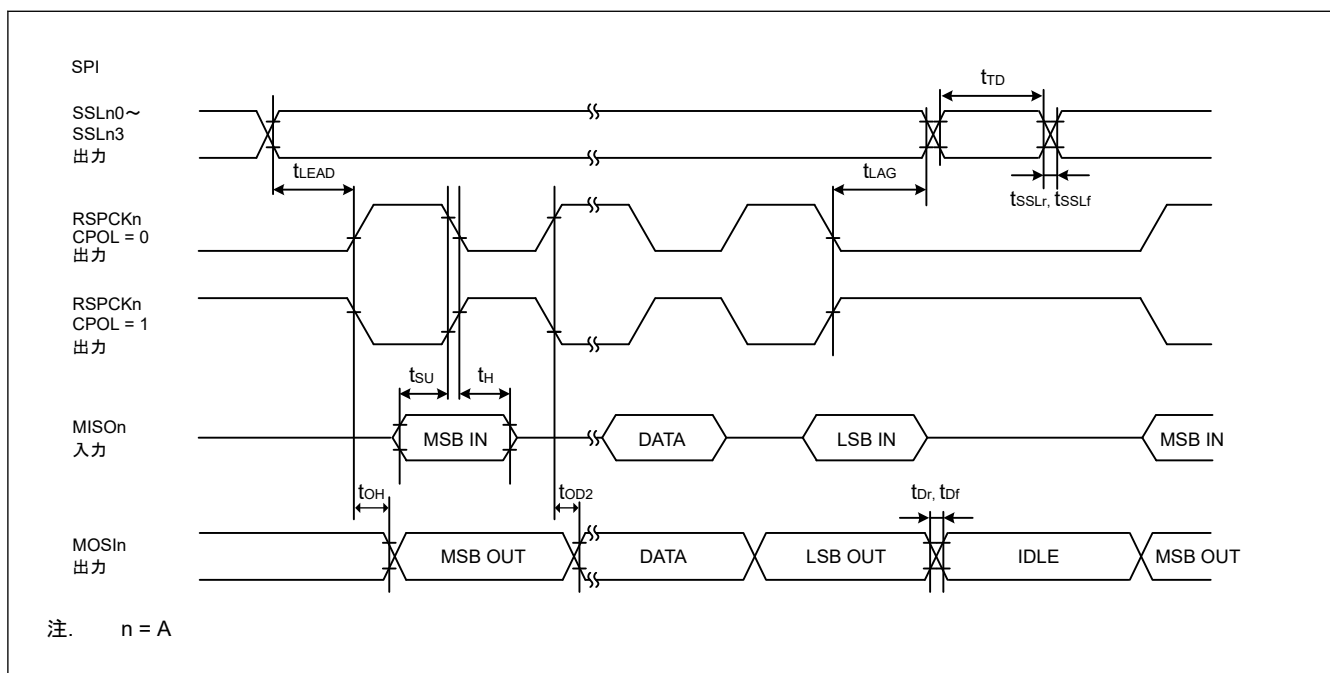


図 43.36 CPHA = 1 の場合におけるマスタの SPI タイミング

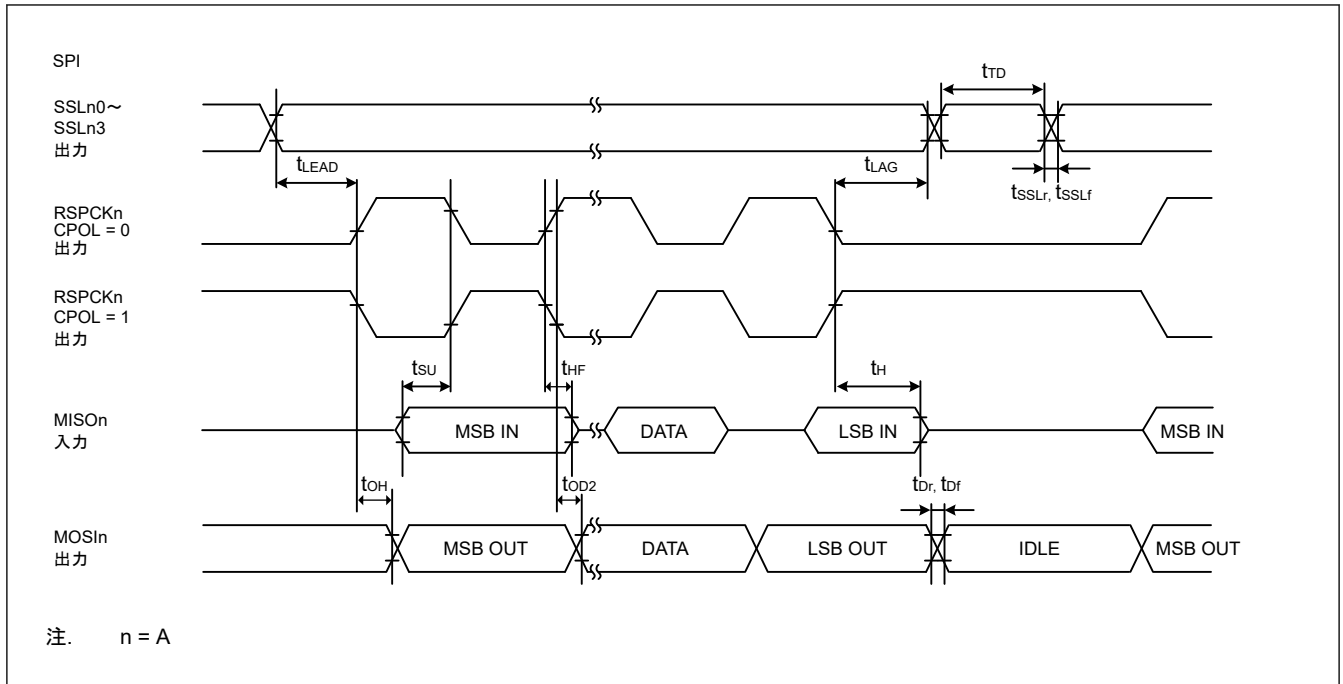


図 43.37 CPHA = 1 で、PCLKA/2 にビットレートが設定されている場合におけるマスタの SPI タイミング

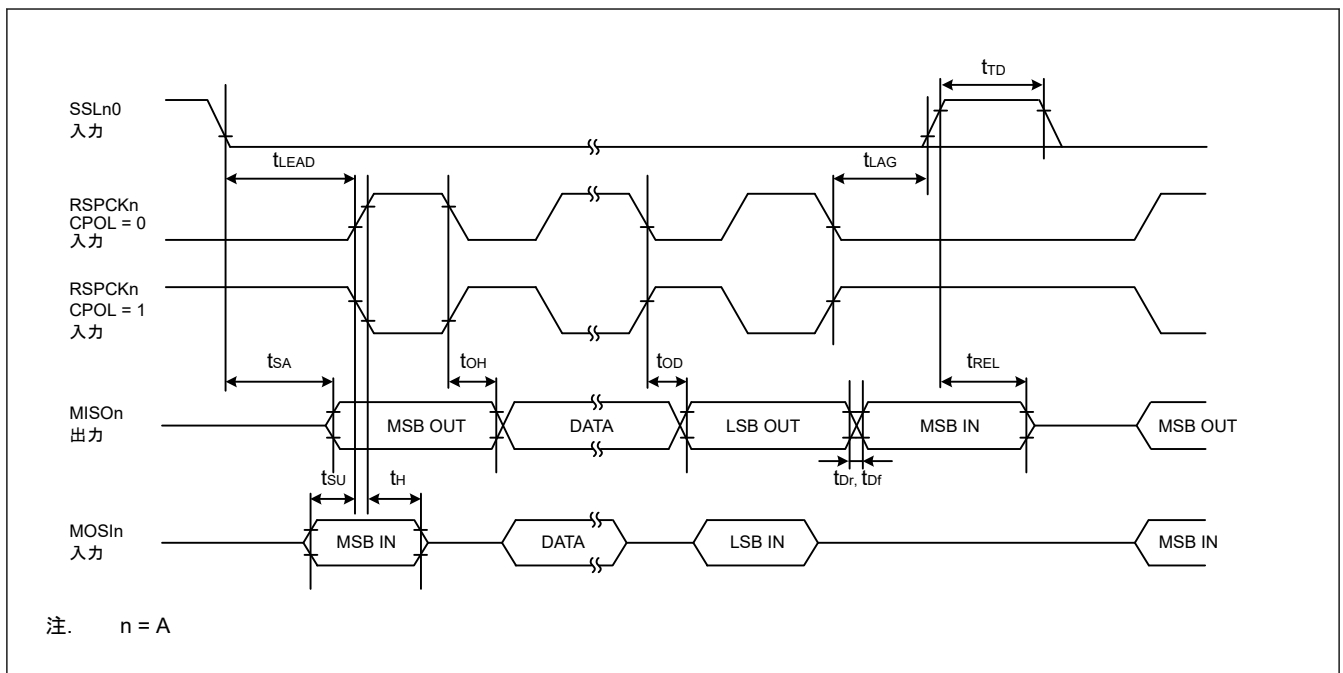


図 43.38 CPHA = 0 の場合におけるスレーブの SPI タイミング

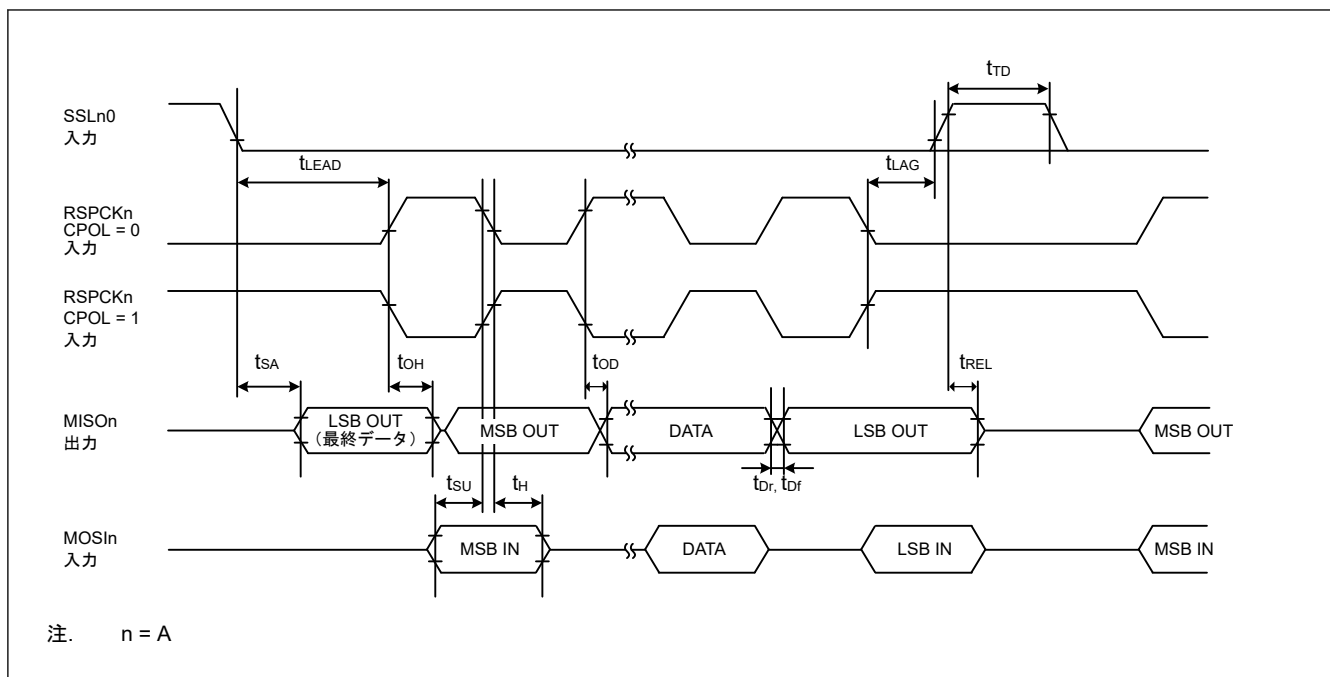


図 43.39 CPHA = 1 の場合におけるスレーブの SPI タイミング

43.3.10 QSPI タイミング

表 43.28 QSPI タイミング

条件：PmnPFS レジスタのポート駆動能力ビットで高駆動出力が選択されています。

項目	シンボル	Min	Max	単位	測定条件	
QSPI	QSPCK クロックサイクル	t_{QScyc}	2	48	t_{Pcyc}	図 43.40
	QSPCK クロック High レベルパルス幅	t_{QSWH}	$t_{QScyc} \times 0.4$	—	ns	
	QSPCK クロック Low レベルパルス幅	t_{QSWL}	$t_{QScyc} \times 0.4$	—	ns	
QSPI	データ入力セットアップ時間	t_{Su}	10	—	ns	図 43.41
	データ入力ホールド時間	t_{IH}	0	—	ns	
	QSSL セットアップ時間	t_{LEAD}	$(N + 0.5) \times t_{QScyc} - 5^{(注1)}$	$(N + 0.5) \times t_{QScyc} + 100^{(注1)}$	ns	
	QSSL ホールド時間	t_{LAG}	$(N + 0.5) \times t_{QScyc} - 5^{(注2)}$	$(N + 0.5) \times t_{QScyc} + 100^{(注2)}$	ns	
	データ出力遅延時間	t_{OD}	—	4	ns	
	データ出力ホールド時間	t_{OH}	-3.3	—	ns	
	連続転送遅延時間	t_{TD}	1	16	t_{QScyc}	

注. t_{Pcyc} : PCLKA の周期

注 1. SFMSLD で N は 0 または 1 になっています。

注 2. SFMSHD で N は 0 または 1 になっています。

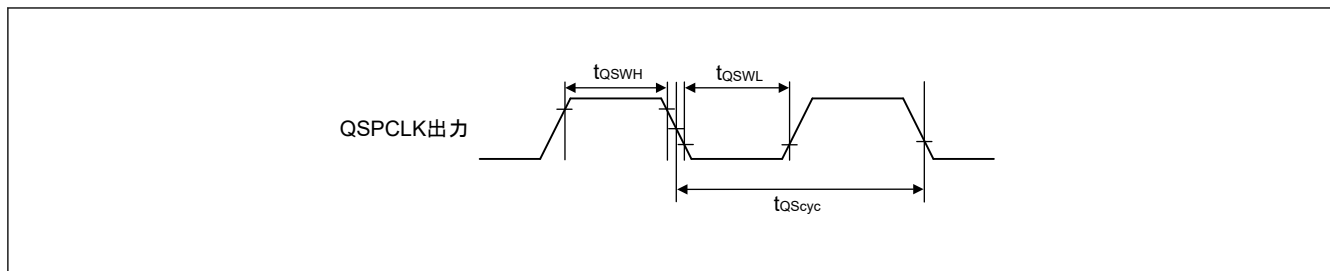


図 43.40 QSPI クロックタイミング

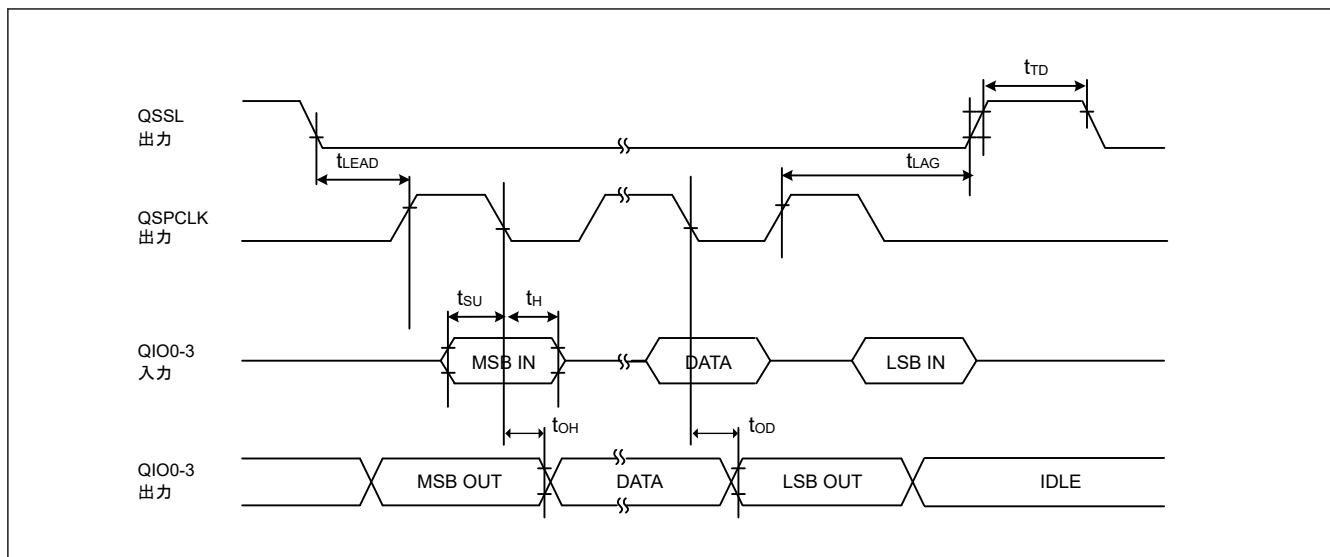


図 43.41 送受信タイミング

43.3.11 IIC タイミング

表 43.29 IIC タイミング (1) (1/2)

(1) 条件：以下の端子は、PmnPFS レジスタのポート駆動能力ビットで中駆動出力が選択されています：SDA0_B、SCL0_B

(2) 以下の端子の設定は必要ありません：SCL0_A、SDA0_A

(3) 所属グループを示すため、"A"や"B"のように端子名の後ろに文字を付加した端子を使用してください。IIC インタフェースについては、電気的特性の AC タイミングを各グループで測定しています。

項目	シンボル	Min	Max	単位	測定条件	
IIC (標準モード、 SMBus) ICFER.FMPE = 0	SCL 入力サイクル時間	t_{SCL}	$6 (12) \times t_{IICcyc} + 1300$	—	ns	図 43.42
	SCL 入力 High レベルパルス幅	t_{SCLH}	$3 (6) \times t_{IICcyc} + 300$	—	ns	
	SCL 入力 Low レベルパルス幅	t_{SCLL}	$3 (6) \times t_{IICcyc} + 300$	—	ns	
	SCL、SDA 立ち上がり時間	t_{Sr}	—	1000	ns	
	SCL、SDA 立ち下がり時間	t_{Sf}	—	300	ns	
	SCL、SDA 入カスパイクパルス除去時間	t_{SP}	0	$1 (4) \times t_{IICcyc}$	ns	
	ウェイクアップ機能が無効な場合の SDA 入力バスフリー時間	t_{BUF}	$3 (6) \times t_{IICcyc} + 300$	—	ns	
	ウェイクアップ機能が有効な場合の SDA 入力バスフリー時間	t_{BUF}	$3 (6) \times t_{IICcyc} + 4 \times t_{Pcyc} + 300$	—	ns	
	ウェイクアップ機能が無効な場合の START 条件入力ホールド時間	t_{STAH}	$t_{IICcyc} + 300$	—	ns	
	ウェイクアップ機能が有効な場合の START 条件入力ホールド時間	t_{STAH}	$1 (5) \times t_{IICcyc} + t_{Pcyc} + 300$	—	ns	
	再送 START 条件入力セットアップ時間	t_{STAS}	1000	—	ns	
	STOP 条件入力セットアップ時間	t_{STOS}	1000	—	ns	
	データ入力セットアップ時間	t_{SDAS}	$t_{IICcyc} + 50$	—	ns	
	データ入力ホールド時間	t_{SDAH}	0	—	ns	
SCL、SDA の負荷容量	$C_p^{(注2)}$	—	400	pF		

表 43.29 IIC タイミング (1) (2/2)

(1) 条件：以下の端子は、PmnPFS レジスタのポート駆動能力ビットで中駆動出力が選択されています：SDA0_B、SCL0_B

(2) 以下の端子の設定は必要ありません：SCL0_A、SDA0_A

(3) 所属グループを示すため、“_A”や“_B”のように端子名の後ろに文字を付加した端子を使用してください。IIC インタフェースについては、電気的特性の AC タイミングを各グループで測定しています。

項目	シンボル	Min	Max	単位	測定条件	
IIC (ファストモード)	SCL 入力サイクル時間	t_{SCL}	$6 (12) \times t_{IICcyc} + 600$	—	ns	図 43.42
	SCL 入力 High レベルパルス幅	t_{SCLH}	$3 (6) \times t_{IICcyc} + 300$	—	ns	
	SCL 入力 Low レベルパルス幅	t_{SCLL}	$3 (6) \times t_{IICcyc} + 300$	—	ns	
	SCL、SDA 立ち上がり時間	t_{Sr}	$20 \times (\text{外付けプルアップ電圧}/5.5 \text{ V})$ (注1)	300	ns	
	SCL、SDA 立ち下がり時間	t_{Sf}	$20 \times (\text{外付けプルアップ電圧}/5.5 \text{ V})$ (注1)	300	ns	
	SCL、SDA 入カスパイクパルス除去時間	t_{SP}	0	$1 (4) \times t_{IICcyc}$	ns	
	ウェイクアップ機能が無効な場合の SDA 入力バスフリー時間	t_{BUF}	$3 (6) \times t_{IICcyc} + 300$	—	ns	
	ウェイクアップ機能が有効な場合の SDA 入力バスフリー時間	t_{BUF}	$3 (6) \times t_{IICcyc} + 4 \times t_{Pcyc} + 300$	—	ns	
	ウェイクアップ機能が無効な場合の START 条件入力ホールド時間	t_{STAH}	$t_{IICcyc} + 300$	—	ns	
	ウェイクアップ機能が有効な場合の START 条件入力ホールド時間	t_{STAH}	$1 (5) \times t_{IICcyc} + t_{Pcyc} + 300$	—	ns	
	再送 START 条件入力セットアップ時間	t_{STAS}	300	—	ns	
	STOP 条件入力セットアップ時間	t_{STOS}	300	—	ns	
	データ入力セットアップ時間	t_{SDAS}	$t_{IICcyc} + 50$	—	ns	
	データ入力ホールド時間	t_{SDAH}	0	—	ns	
SCL、SDA の負荷容量	C_b (注2)	—	400	pF		

注. t_{IICcyc} : IIC 内部基準クロック (IICφ) の周期、 t_{Pcyc} : PCLKB の周期

注. ICFER.NFE が 1 でデジタルフィルタが有効な場合、ICMR3.NF[1:0]が 11b であると () 内の値が適用されます。

注. 所属グループを示すため、“_A”や“_B”のように端子名の後ろに文字を付加した端子を使用してください。IIC インタフェースについては、電気的特性の AC タイミングを各グループで測定しています。

注 1. SCL0_A、SDA0_A に限りサポートされています。

注 2. C_b はバスラインの容量総計を意味します。

表 43.30 IIC タイミング (2)

PmnPFS レジスタのポート駆動能力ビットでは、SCL0_A 端子、SDA0_A 端子の設定は必要ありません。

項目	シンボル	Min	Max	単位	測定条件	
IIC (ファストモード+) ICFER.FMPE = 1	SCL 入力サイクル時間	t_{SCL}	$6 (12) \times t_{IICcyc} + 240$	—	ns	図 43.42
	SCL 入力 High レベルパルス幅	t_{SCLH}	$3 (6) \times t_{IICcyc} + 120$	—	ns	
	SCL 入力 Low レベルパルス幅	t_{SCLL}	$3 (6) \times t_{IICcyc} + 120$	—	ns	
	SCL、SDA 立ち上がり時間	t_{Sr}	—	120	ns	
	SCL、SDA 立ち下がり時間	t_{Sf}	$20 \times (\text{外付けプルアップ電圧}/5.5 \text{ V})$	120	ns	
	SCL、SDA 入カスパイクパルス除去時間	t_{SP}	0	$1 (4) \times t_{IICcyc}$	ns	
	ウェイクアップ機能が無効な場合の SDA 入力バスフリー時間	t_{BUF}	$3 (6) \times t_{IICcyc} + 120$	—	ns	
	ウェイクアップ機能が有効な場合の SDA 入力バスフリー時間	t_{BUF}	$3 (6) \times t_{IICcyc} + 4 \times t_{Pcyc} + 120$	—	ns	
	ウェイクアップ機能が無効な場合の START 条件入力ホールド時間	t_{STAH}	$t_{IICcyc} + 120$	—	ns	
	ウェイクアップ機能が有効な場合の START 条件入力ホールド時間	t_{STAH}	$1 (5) \times t_{IICcyc} + t_{Pcyc} + 120$	—	ns	
	リスタート条件入力セットアップ時間	t_{STAS}	120	—	ns	
	停止条件入力セットアップ時間	t_{STOS}	120	—	ns	
	データ入力セットアップ時間	t_{SDAS}	$t_{IICcyc} + 30$	—	ns	
	データ入力ホールド時間	t_{SDAH}	0	—	ns	
	SCL、SDA の負荷容量	C_b (注1)	—	550	pF	

注. t_{IICcyc} : IIC 内部基準クロック (IICφ) の周期、 t_{Pcyc} : PCLKB の周期

注. ICFER.NFE が 1 でデジタルフィルタが有効な場合、ICMR3.NF[1:0]が 11b であると () 内の値が適用されます。

注 1. C_b はバスラインの容量総計を意味します。

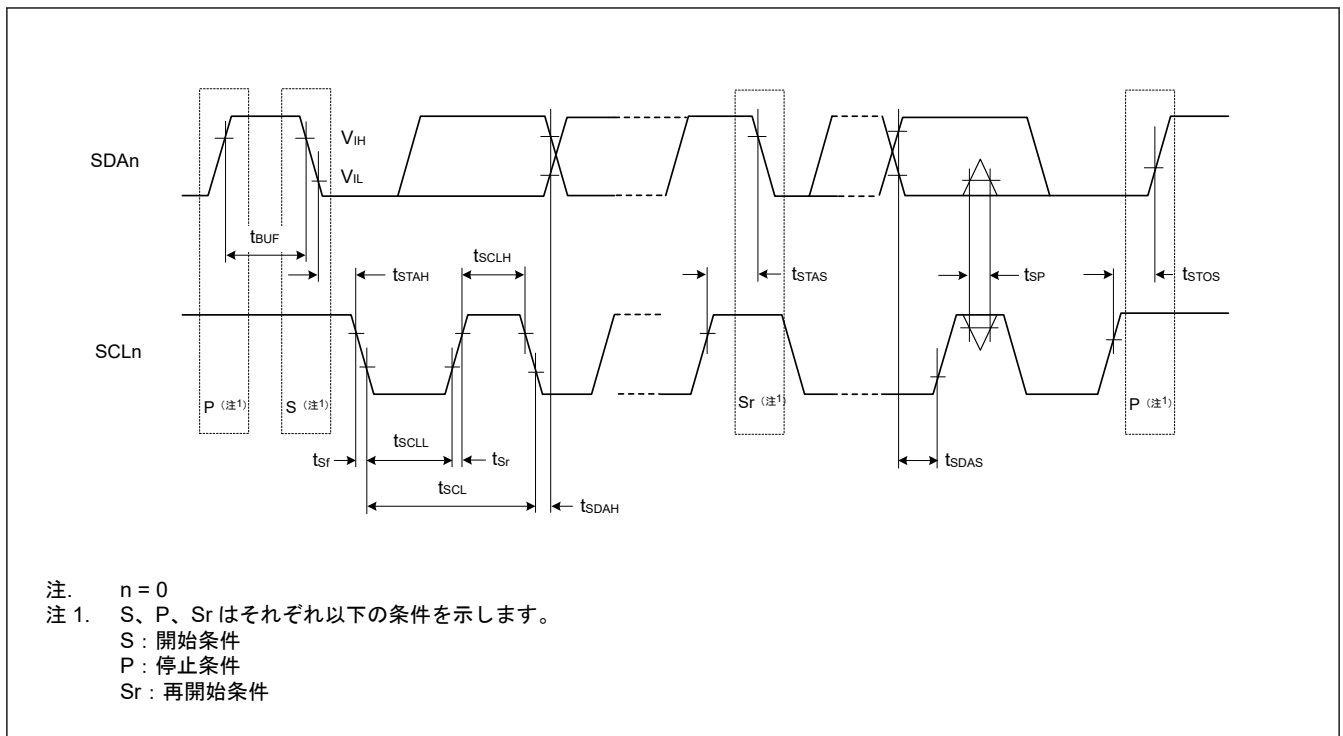


図 43.42 I²C バスインタフェース入出力タイミング

43.4 USB 特性

43.4.1 USBFS タイミング

表 43.31 ホストに限定した USBFS 低速特性 (USB_DP 端子および USB_DM 端子特性)

条件 : VCC = AVCC0 = VCC_USB = VBATT = 3.0~3.6 V、 $2.7 \leq VREFH0/VREFH \leq AVCC0$ 、USBCLK = 48 MHz

項目	シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件	
入力特性	入力 High レベル電圧	V _{IH}	2.0	—	—	V	
	入力 Low レベル電圧	V _{IL}	—	—	0.8	V	
	差動入力感度	V _{DI}	0.2	—	—	V	USB_DP - USB_DM
	差動共通モードレンジ	V _{CM}	0.8	—	2.5	V	—
出力特性	出力 High レベル電圧	V _{OH}	2.8	—	3.6	V	I _{OH} = -200 μA
	出力 Low レベル電圧	V _{OL}	0.0	—	0.3	V	I _{OL} = 2 mA
	クロスオーバー電圧	V _{CRS}	1.3	—	2.0	V	図 43.43
	立ち上がり時間	t _{LR}	75	—	300	ns	t _{LR} /t _{LF}
	立ち下がり時間	t _{LF}	75	—	300	ns	
	立ち上がり/立ち下がり時間比	t _{LR} /t _{LF}	80	—	125	%	
プルアップ/ プルダウン特性	ホストコントローラモードにおける USB_DP、USB_DM のプルダウン抵抗	R _{pd}	14.25	—	24.80	kΩ	—

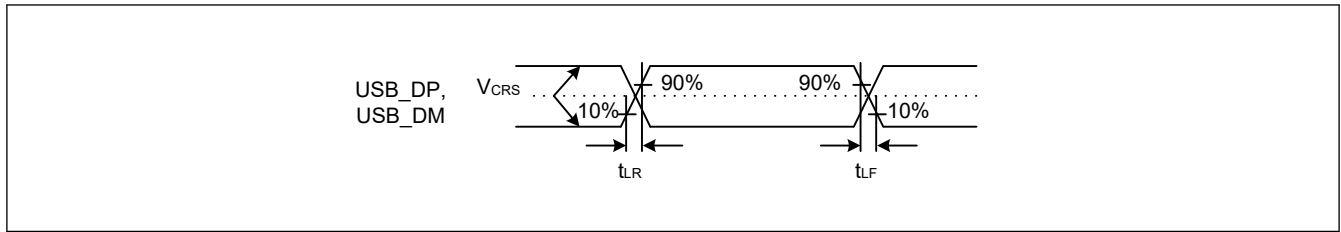


図 43.43 Low-speed モードにおける USB_DP、USB_DM の出力タイミング

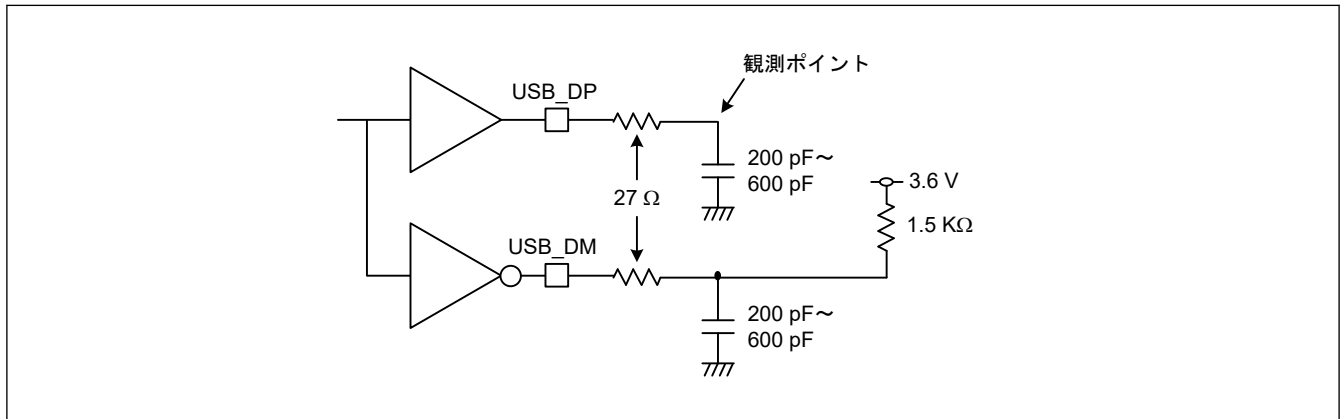


図 43.44 Low-speed モードにおける測定回路

表 43.32 USBFS フルスピード特性 (USB_DP 端子および USB_DM 端子特性)

条件 : VCC = AVCC0 = VCC USB = VBATT = 3.0~3.6 V、 $2.7 \leq VREFH0/VREFH \leq AVCC0$ 、USBCLK = 48 MHz

項目		シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件
入力特性	入力 High レベル電圧	V_{IH}	2.0	—	—	V	—
	入力 Low レベル電圧	V_{IL}	—	—	0.8	V	—
	差動入力感度	V_{DI}	0.2	—	—	V	$ USB_DP - USB_DM $
	差動共通モードレンジ	V_{CM}	0.8	—	2.5	V	—
出力特性	出力 High レベル電圧	V_{OH}	2.8	—	3.6	V	$I_{OH} = -200 \mu A$
	出力 Low レベル電圧	V_{OL}	0.0	—	0.3	V	$I_{OL} = 2 mA$
	クロスオーバー電圧	V_{CRS}	1.3	—	2.0	V	図 43.45
	立ち上がり時間	t_{LR}	4	—	20	ns	
	立ち下がり時間	t_{LF}	4	—	20	ns	
	立ち上がり/立ち下がり時間比	t_{LR} / t_{LF}	90	—	111.11	%	t_{FR} / t_{FF}
	出力抵抗	Z_{DRV}	28	—	44	Ω	USBFS : $R_s = 27 \Omega$ 含む
プルアップ/プルダウン特性	デバイスコントローラモードにおける DM プルアップ抵抗	R_{pu}	0.900	—	1.575	k Ω	アイドル状態の間
			1.425	—	3.090	k Ω	送受信中
	ホストコントローラモードにおける USB_DP、USB_DM のプルダウン抵抗	R_{pd}	14.25	—	24.80	k Ω	—

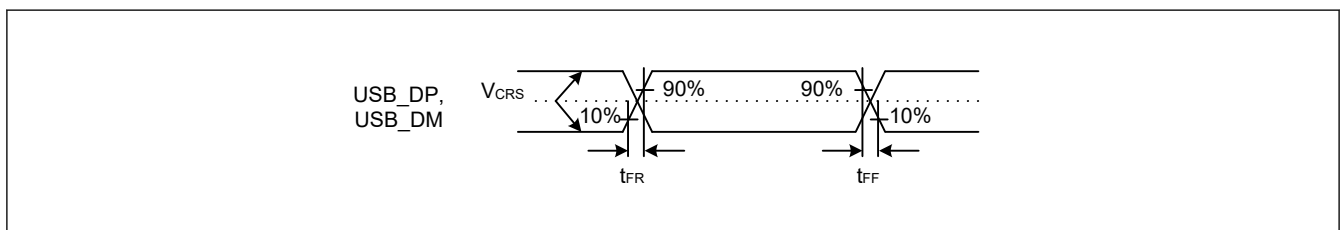


図 43.45 フルスピードモードにおける USB_DP、USB_DM の出力タイミング

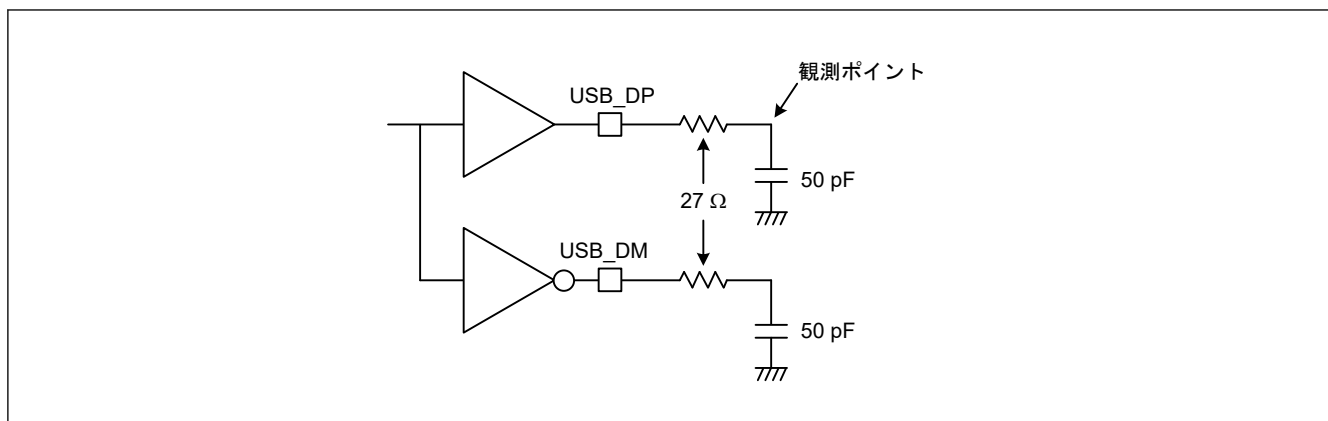


図 43.46 フルスピードモードにおける測定回路

表 43.33 USBFS 特性 (USB_DP 端子および USB_DM 端子特性)

条件 : VCC = AVCC0 = VCC_USB = VBATT = 3.0~3.6 V、 $2.7 \leq VREFH0/VREFH \leq AVCC0$ 、USBCLK = 48 MHz

項目		シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件
バッテリーチャージング規格	D+シンク電流	I_{DP_SINK}	25	—	175	μA	—
	D-シンク電流	I_{DM_SINK}	25	—	175	μA	—
	DCD ソース電流	I_{DP_SRC}	7	—	13	μA	—
	データ検出電圧	V_{DAT_REF}	0.25	—	0.4	V	—
	D+ソース電圧	V_{DP_SRC}	0.5	—	0.7	V	出力電流 = 250 μA
	D+ソース電圧	V_{DM_SRC}	0.5	—	0.7	V	出力電流 = 250 μA

43.5 ADC12 特性

表 43.34 ユニット 0 の A/D 変換特性 (1/2)

条件 : PCLKC = 1~50 MHz

項目			Min	Typ	Max	単位	測定条件
周波数			1	—	50	MHz	—
アナログ入力容量			—	—	30	pF	—
量子化誤差			—	± 0.5	—	LSB	—
分解能			—	—	12	ビット	—
高精度高速チャネル (AN000~AN002)	変換時間(注1) (PCLKC = 50 MHz で動作時)	許容信号源インピーダンス Max = 1 k Ω	0.52 (0.26)(注2)	—	—	μs	サンプリング 13 ステート
		Max = 400 Ω	0.40 (0.14)(注2)	—	—	μs	サンプリング 7 ステート VCC = AVCC0 = 3.0~3.6 V $3.0 V \leq VREFH0 \leq AVCC0$
	オフセット誤差		—	± 1.0	± 2.5	LSB	—
	フルスケール誤差		—	± 1.0	± 2.5	LSB	—
	絶対精度		—	± 2.0	± 4.5	LSB	—
	DNL 微分非直線性誤差		—	± 0.5	± 1.5	LSB	—
	INL 積分非直線性誤差		—	± 1.0	± 2.5	LSB	—

表 43.34 ユニット 0 の A/D 変換特性 (2/2)

条件: PCLKC = 1~50 MHz

項目	Min	Typ	Max	単位	測定条件		
高精度通常速度チャンネル (AN003、AN004、AN011~ AN013)	変換時間(注1) (PCLKC = 50 MHz で動作時)	許容信号源インピー ダンス Max = 1 kΩ	0.92 (0.66)(注2)	—	—	μs	サンプリング 33 ステート
	オフセット誤差	—	±1.0	±2.5	LSB	—	
	フルスケール誤差	—	±1.0	±2.5	LSB	—	
	絶対精度	—	±2.0	±4.5	LSB	—	
	DNL 微分非直線性誤差	—	±0.5	±1.5	LSB	—	
	INL 積分非直線性誤差	—	±1.0	±2.5	LSB	—	
通常精度通常速度チャンネル (AN016)	変換時間(注1) (PCLKC = 50 MHz で動作時)	許容信号源インピー ダンス Max = 1 kΩ	0.92 (0.66)(注2)	—	—	μs	サンプリング 33 ステート
	オフセット誤差	—	±1.0	±5.5	LSB	—	
	フルスケール誤差	—	±1.0	±5.5	LSB	—	
	絶対精度	—	±2.0	±7.5	LSB	—	
	DNL 微分非直線性誤差	—	±0.5	±4.5	LSB	—	
	INL 積分非直線性誤差	—	±1.0	±5.5	LSB	—	

注. これらの規格値は、A/D 変換中に外部メモリアクセスを行わなかった場合の数値です。A/D 変換中にアクセスが発生した場合は、提示した範囲に数値が収まらない可能性があります。

12 ビット A/D コンバータ使用時は、PORT0 をデジタル出力として使用しないでください。

上記の特性は、AVCC0、AVSS0、VREFH0、VREFL0 および 12 ビット A/D コンバータの入力電圧が安定しているときの特性です。

注 1. 変換時間にはサンプリング時間と比較時間が含まれます。測定条件には、サンプリングステート数が示されています。

注 2. () 内の値は、サンプリング時間を意味します。

表 43.35 A/D 内部基準電圧特性

項目	Min	Typ	Max	単位	測定条件
A/D 内部基準電圧	1.13	1.18	1.23	V	—
サンプリング時間	4.15	—	—	μs	—

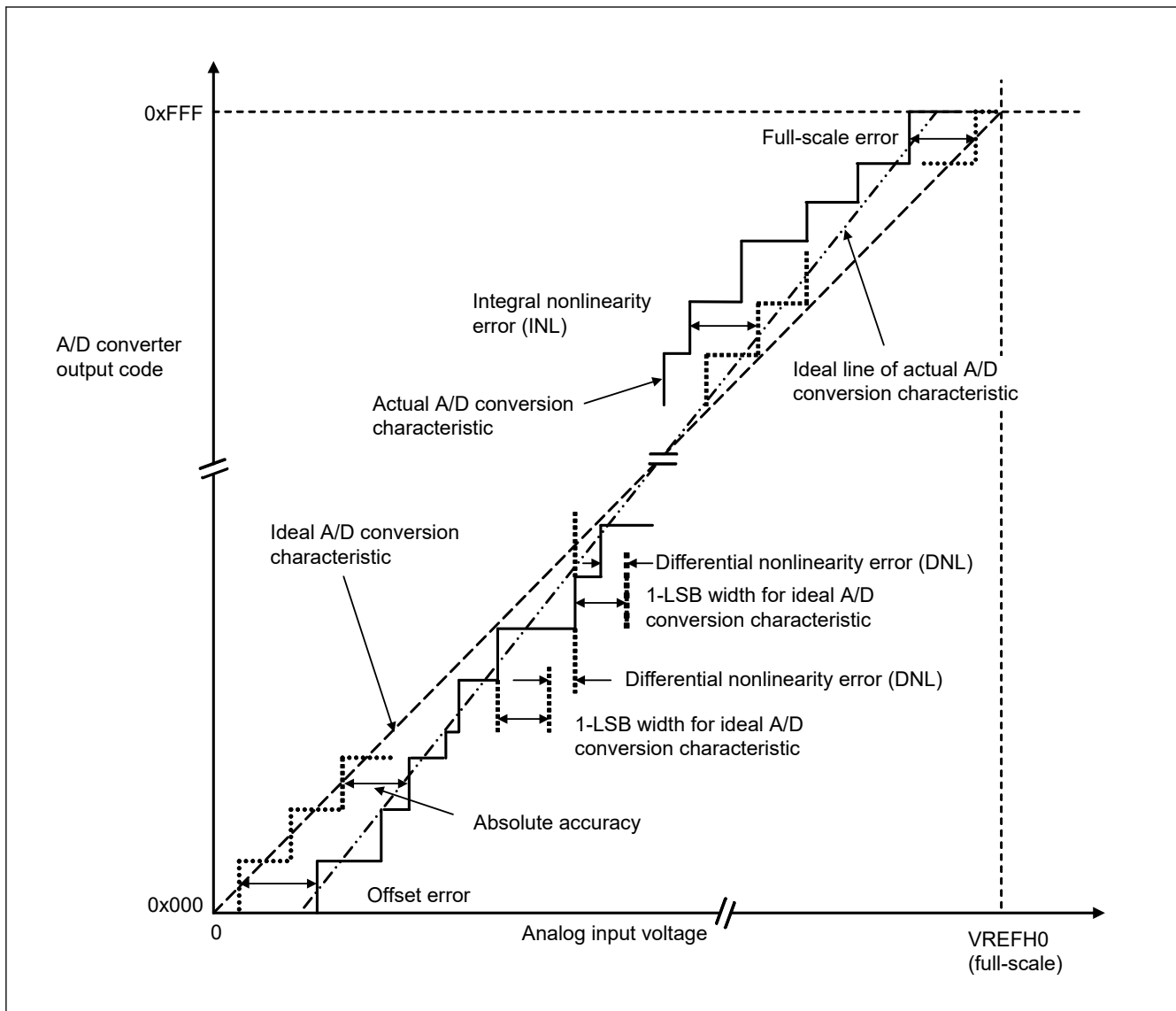


図 43.47 ADC12 特性用語の解説図

絶対精度

絶対精度とは、理論的 A/D 変換特性に基づく出力コードと、実際の A/D 変換結果との差です。絶対精度を測定する場合、理論的 A/D 変換特性において同じ出力コードが期待できるアナログ入力電圧の幅（1-LSB 幅）の midpoint の電圧を、アナログ入力電圧として使用します。たとえば、分解能が 12 ビットで、基準電圧 $V_{REFH0} = 3.072\text{ V}$ の場合、1-LSB 幅は 0.75 mV になり、アナログ入力電圧には 0 mV 、 0.75 mV 、 1.5 mV が使用されます。 $\pm 5\text{ LSB}$ の絶対精度とは、アナログ入力電圧が 6 mV の場合、理論的 A/D 変換特性から期待される出力コードが $0x008$ であっても、実際の A/D 変換結果は $0x003 \sim 0x00D$ の範囲になることを意味します。

積分非直線性誤差 (INL)

積分非直線性誤差とは、測定されたオフセット誤差とフルスケール誤差をゼロにした場合の理想的な直線と実際の出力コードとの最大偏差です。

微分非直線性誤差 (DNL)

微分非直線性誤差とは、理想的 A/D 変換特性に基づく 1-LSB 幅と、実際の出力コード幅との差です。

オフセット誤差

オフセット誤差とは、理想的な最初の出力コードの変化点と実際の最初の出力コードとの差です。

フルスケール誤差

フルスケール誤差とは、理想的な最後の出力コードの変化点と実際の最後の出力コードとの差です。

43.6 DAC12 特性

表 43.36 D/A 変換特性

項目	Min	Typ	Max	単位	測定条件
分解能	—	—	12	ビット	—
出力アンプなし					
絶対精度	—	—	±24	LSB	負荷抵抗 2 MΩ
INL	—	±2.0	±8.0	LSB	負荷抵抗 2 MΩ
DNL	—	±1.0	±2.0	LSB	—
出カインピーダンス	—	8.5	—	kΩ	—
変換時間	—	—	3	μs	負荷抵抗 2 MΩ、負荷容量 20 pF
出力電圧範囲	0	—	VREFH	V	—
出力アンプあり					
INL	—	±2.0	±4.0	LSB	—
DNL	—	±1.0	±2.0	LSB	—
変換時間	—	—	4.0	μs	—
負荷抵抗	5	—	—	kΩ	—
負荷容量	—	—	50	pF	—
出力電圧範囲	0.2	—	VREFH - 0.2	V	—

43.7 OSC 停止検出特性

表 43.37 発振停止検出回路特性

項目	シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件
検出時間	t_{dr}	—	—	1	ms	図 43.48

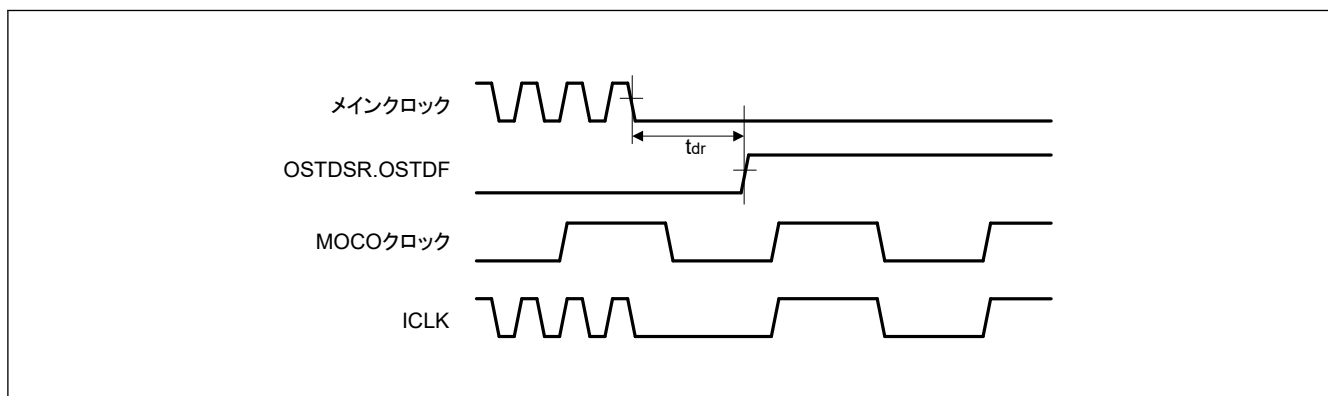


図 43.48 発振停止検出タイミング

43.8 POR/LVD 特性

表 43.38 パワーオンリセット回路、電圧検出回路の特性 (1)

項目		シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件	
電圧検出レベル	パワーオンリセット (POR)	DPSBYCR.DEEPCUT[1:0] = 00b または 01b	V_{POR}	2.5	2.6	2.7	V	図 43.49
		DPSBYCR.DEEPCUT[1:0] = 11b		1.8	2.25	2.7		
	電圧検出回路 (LVD0)		V_{det0_1}	2.84	2.94	3.04		図 43.50
			V_{det0_2}	2.77	2.87	2.97		
			V_{det0_3}	2.70	2.80	2.90		
	電圧検出回路 (LVD1)		V_{det1_1}	2.89	2.99	3.09		図 43.51
			V_{det1_2}	2.82	2.92	3.02		
			V_{det1_3}	2.75	2.85	2.95		
	電圧検出回路 (LVD2)		V_{det2_1}	2.89	2.99	3.09		図 43.52
			V_{det2_2}	2.82	2.92	3.02		
			V_{det2_3}	2.75	2.85	2.95		
	内部リセット時間	パワーオンリセット時間	t_{POR}	—	4.5	—		ms
LVD0 リセット時間		t_{LVD0}	—	0.51	—	図 43.50		
LVD1 リセット時間		t_{LVD1}	—	0.38	—	図 43.51		
LVD2 リセット時間		t_{LVD2}	—	0.38	—	図 43.52		
最小 VCC 低下時間(注1)		t_{VOFF}	200	—	—	μ s	図 43.49、図 43.50	
応答遅延時間		t_{det}	—	—	200	μ s	図 43.50～図 43.52	
LVD 動作安定時間 (LVD 有効切り替え後)		$t_{d(E-A)}$	—	—	10	μ s	図 43.51、図 43.52	
ヒステリシス幅 (LVD1、LVD2)		V_{LVH}	—	70	—	mV		

注 1. 最小 VCC 低下時間は、VCC が POR および LVD の電圧検出レベル V_{POR} 、 V_{det0} 、 V_{det1} および V_{det2} の最小値を下回っている時間です。

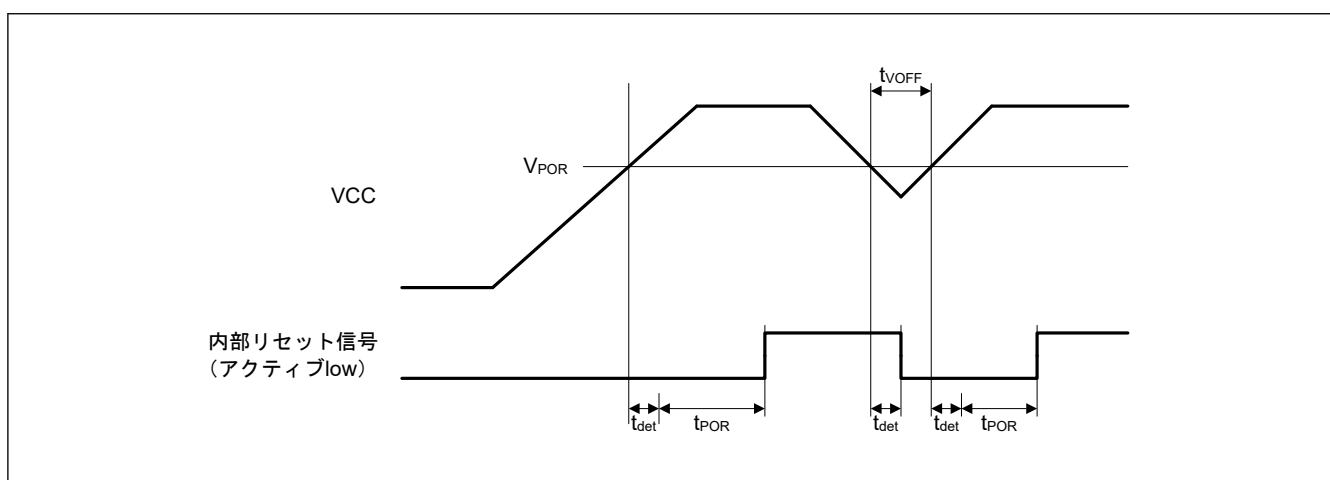


図 43.49 パワーオンリセットタイミング

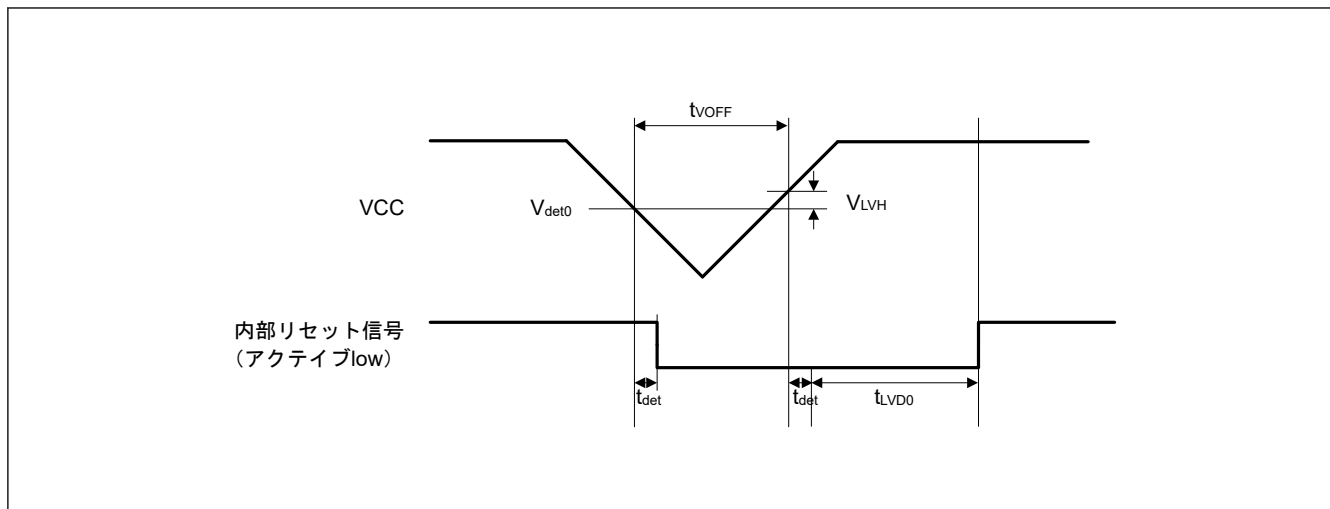


図 43.50 電圧検出回路タイミング (V_{det0})

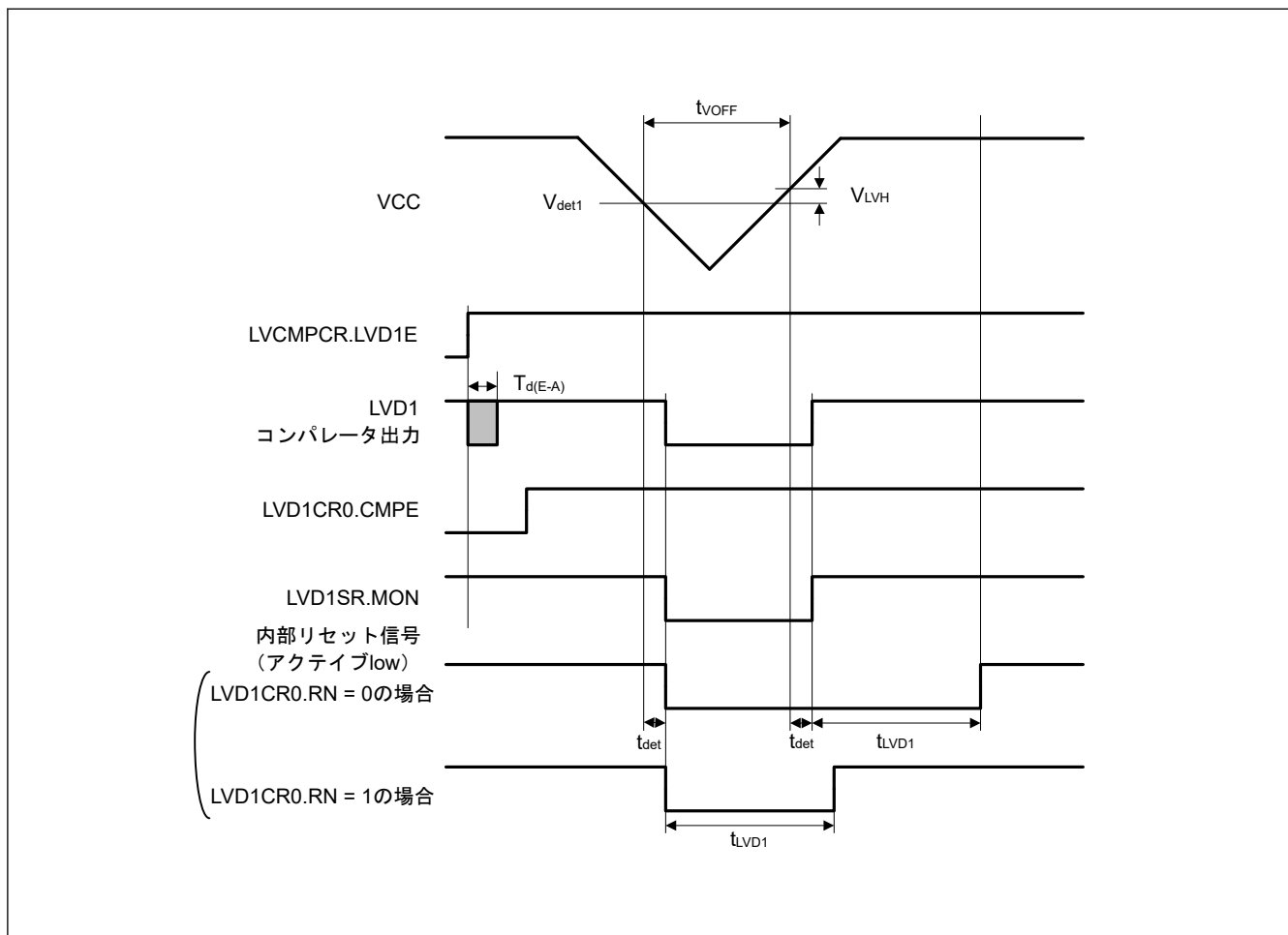


図 43.51 電圧検出回路タイミング (V_{det1})

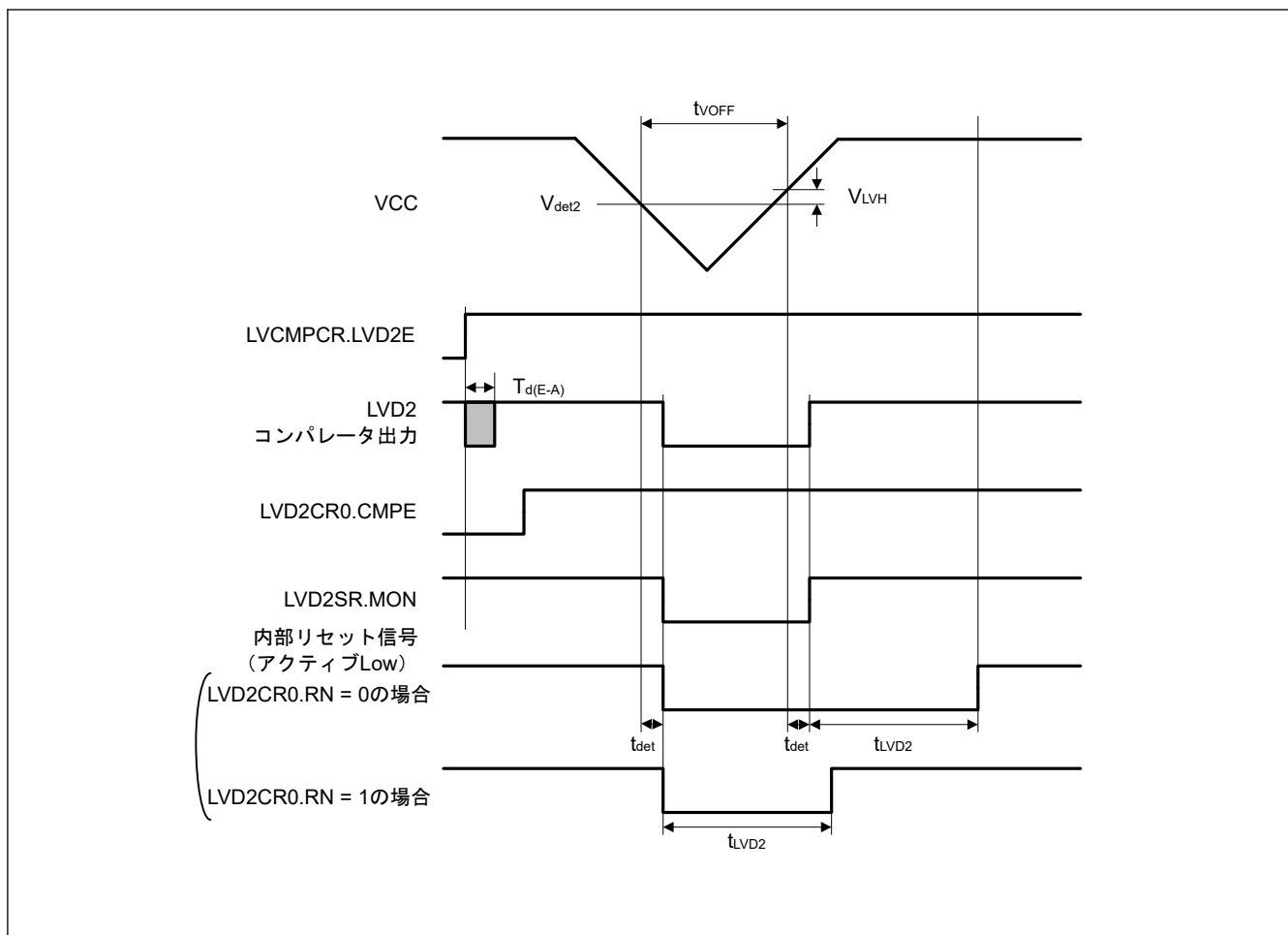


図 43.52 電圧検出回路タイミング (V_{det2})

43.9 VBATT 特性

表 43.39 バッテリバックアップ機能特性

条件 : $VCC = AVCC0 = VCC$, $USB = 2.7 \sim 3.6 V$, $2.7 \leq VREFH0/VREFH \leq AVCC0$, $VBATT = 1.65 \sim 3.6 V$ (注1)

項目	シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件
バッテリバックアップ切り替え電圧レベル	$V_{DET\text{BATT}}$	2.50	2.60	2.70	V	図 43.53
VCC 電圧低下による電源切り替え時の VBATT 下限電圧	$V_{BATT\text{SW}}$	2.70	—	—	V	
電源切り替え開始時 VCC オフ期間	$t_{\text{VOFF}\text{BATT}}$	200	—	—	μs	
VBATT 低電圧検出レベル	$V_{\text{batt}\text{ldet}}$	1.8	1.9	2.0	V	図 43.54
最小 VBATT 低下時間	$t_{\text{BATT}\text{OFF}}$	200	—	—	μs	
応答遅延時間	$t_{\text{BATT}\text{det}}$	—	—	200	μs	
VBATT 監視動作安定化時間 (VBATTMNSSEL.R.VBATTMNSSEL を 1 に変更後)	$t_{\text{d(E-A)}}$	—	—	20	μs	
VBATT 電流増加 (VBATTMNSSEL.R.VBATTMNSSEL = 0 の場合と VBATTMNSSEL.R.VBATTMNSSEL = 1 の場合の比較)	$I_{\text{VBATT}\text{SEL}}$	—	140	350	nA	

注. 電源切り替え開始時 VCC オフ期間は、VCC がバッテリバックアップ切り替え電圧レベル $V_{DET\text{BATT}}$ の min 値を下回っている時間です。

注 1. 低 CL 水晶発振子は $VBATT = 1.8 V$ 以下では使用できません。

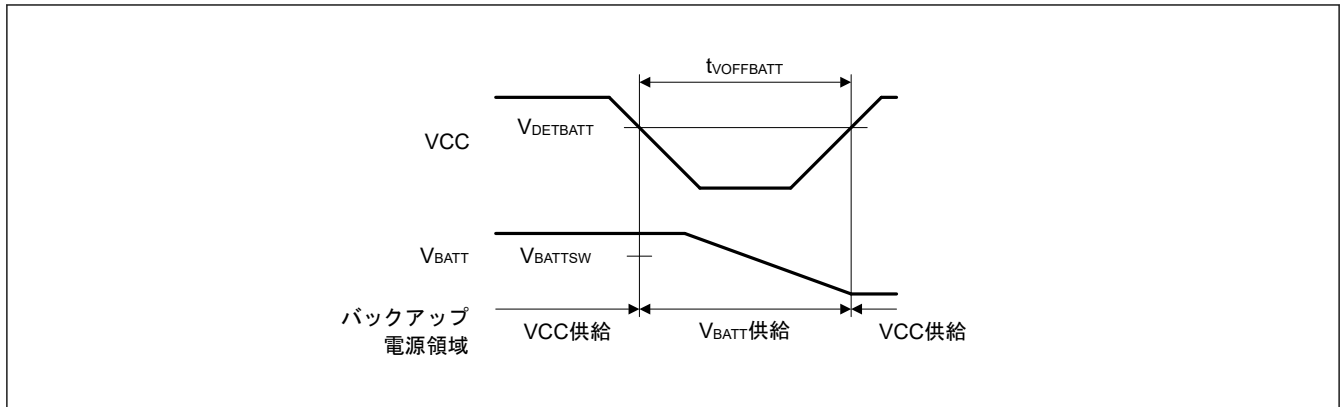


図 43.53 バッテリバックアップ機能特性

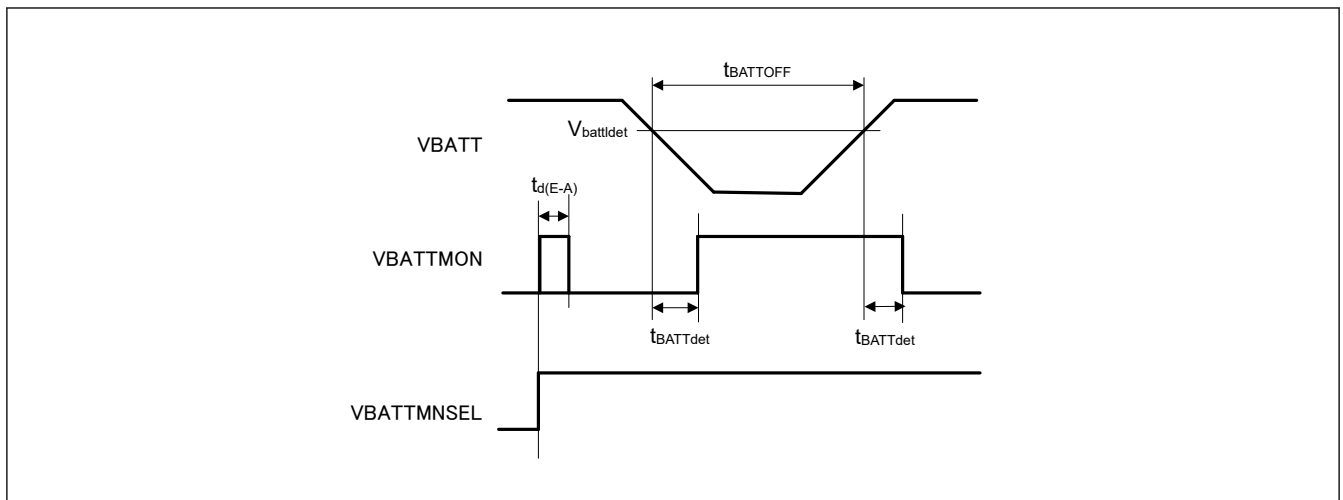


図 43.54 バッテリバックアップ機能特性

43.10 フラッシュメモリ特性

43.10.1 コードフラッシュメモリ特性

表 43.40 コードフラッシュメモリ特性 (1/2)

条件：プログラム/イレース：FCLK = 4~50 MHz
読み出し：FCLK ≤ 50 MHz

項目	シンボル	FCLK = 4 MHz			20 MHz ≤ FCLK ≤ 50 MHz			単位	測定条件	
		Min	Typ(注6)	Max	Min	Typ(注6)	Max			
プログラム時間 N _{PEC} ≤ 100 回	128 バイト	t _{P128}	—	0.75	13.2	—	0.34	6.0	ms	
	8 KB	t _{P8K}	—	49	176	—	22	80	ms	
	32 KB	t _{P32K}	—	194	704	—	88	320	ms	
プログラム時間 N _{PEC} > 100 回	128 バイト	t _{P128}	—	0.91	15.8	—	0.41	7.2	ms	
	8 KB	t _{P8K}	—	60	212	—	27	96	ms	
	32 KB	t _{P32K}	—	234	848	—	106	384	ms	
イレース時間 N _{PEC} ≤ 100 回	8 KB	t _{E8K}	—	78	216	—	43	120	ms	
	32 KB	t _{E32K}	—	283	864	—	157	480	ms	
イレース時間 N _{PEC} > 100 回	8 KB	t _{E8K}	—	94	260	—	52	144	ms	
	32 KB	t _{E32K}	—	341	1040	—	189	576	ms	
再プログラム/イレースサイクル(注4)	N _{PEC}	10000(注1)	—	—	10000(注1)	—	—	—	回	

表 43.40 コードフラッシュメモリ特性 (2/2)

条件：プログラム/イレース：FCLK = 4~50 MHz

読み出し：FCLK ≤ 50 MHz

項目	シンボル	FCLK = 4 MHz			20 MHz ≤ FCLK ≤ 50 MHz			単位	測定条件
		Min	Typ ^(注6)	Max	Min	Typ ^(注6)	Max		
プログラム中のサスペンド遅延時間	t _{SPD}	—	—	264	—	—	120	μs	
プログラムレジャーム時間	t _{PRT}	—	—	110	—	—	50	μs	
サスペンド優先モードにおけるイレース中の1回目のサスペンド遅延時間	t _{SESD1}	—	—	216	—	—	120	μs	
サスペンド優先モードにおけるイレース中の2回目のサスペンド遅延時間	t _{SESD2}	—	—	1.7	—	—	1.7	ms	
イレース優先モードにおけるイレース中のサスペンド遅延時間	t _{SEED}	—	—	1.7	—	—	1.7	ms	
サスペンド優先モードにおけるイレース中の1回目のイレースレジャーム時間 ^(注5)	t _{REST1}	—	—	1.7	—	—	1.7	ms	
サスペンド優先モードにおけるイレース中の2回目のイレースレジャーム時間	t _{REST2}	—	—	144	—	—	80	μs	
イレース優先モードにおけるイレース中のイレースレジャーム時間	t _{REET}	—	—	144	—	—	80	μs	
強制停止コマンド	t _{FD}	—	—	32	—	—	20	μs	
データ保持時間 ^(注2)	t _{DRP}	10 ^(注2) (注3)	—	—	10 ^(注2) (注3)	—	—	年	

注 1. 再プログラム後の、すべての特性を保証する最小回数です。保証範囲は1~最小値です。

注 2. 書き換えが仕様範囲内で行われたときの特性の min 値です。

注 3. 信頼性試験から得られた結果です。

注 4. 再プログラム/イレースサイクルは、ブロックごとの消去回数です。再プログラム/イレースサイクルが n 回 (n = 10,000) の場合、ブロックごとにそれぞれ n 回ずつ消去することができます。たとえば、8 KB のブロックについて、それぞれ異なる番地に 128 バイト書き込みを 64 回に分けて行った後に、そのブロックを消去した場合も、再プログラム/イレースサイクル回数は 1 回と数えます。ただし、消去 1 回に対して、同一アドレスに複数回の書き込みを行うことはできません。上書きはしないでください。

注 5. レジャーム時間には、サスペンド時に中断されたイレースパルス（最大 1 フルパルス）を再印加する時間が含まれます。

注 6. VCC = 3.3 V および室温における基準値

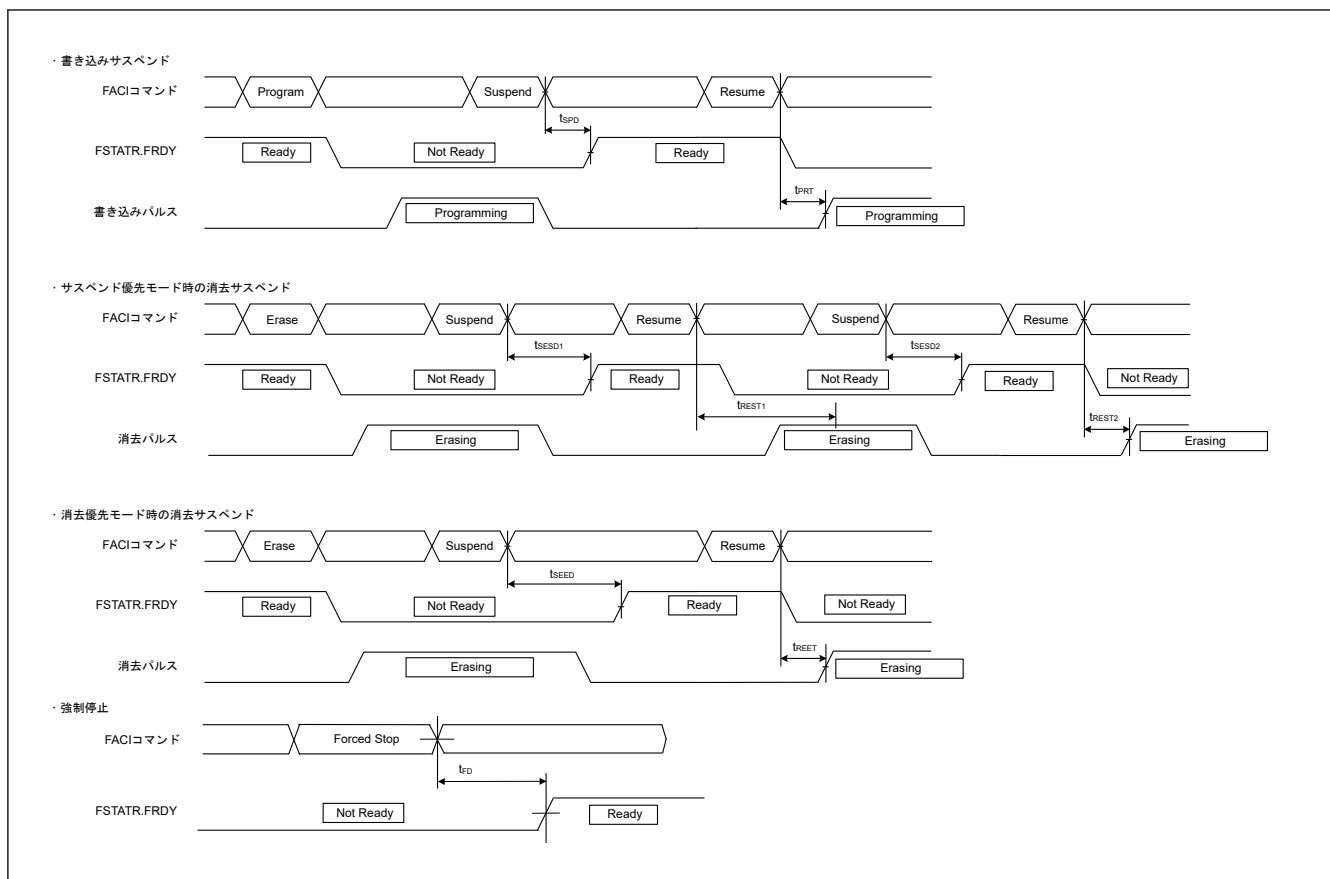


図 43.55 フラッシュメモリのプログラム/イレースのサスペンドタイミングと強制停止タイミング

43.10.2 データフラッシュメモリ特性

表 43.41 データフラッシュメモリ特性 (1/2)

条件：プログラム/イレース回数：FCLK = 4~50 MHz
読み出し：FCLK ≤ 50 MHz

項目	シンボル	FCLK = 4MHz			20MHz ≤ FCLK ≤ 50 MHz			単位	測定条件
		Min	Typ(注6)	Max	Min	Typ(注6)	Max		
プログラム時間	4 バイト	t _{DP4}	—	0.36	3.8	—	0.16	1.7	ms
	8 バイト	t _{DP8}	—	0.38	4.0	—	0.17	1.8	
	16 バイト	t _{DP16}	—	0.42	4.5	—	0.19	2.0	
イレース時間	64 バイト	t _{DE64}	—	3.1	18	—	1.7	10	ms
	128 バイト	t _{DE128}	—	4.7	27	—	2.6	15	
	256 バイト	t _{DE256}	—	8.9	50	—	4.9	28	
ブランクチェック時間	4 バイト	t _{DBC4}	—	—	84	—	—	30	μs
再プログラム/イレースサイクル(注1)		N _{DPEC}	125000(注2)	—	—	125000(注2)	—	—	—
プログラム中のサスペンド遅延時間	4 バイト	t _{DSPD}	—	—	264	—	—	120	μs
	8 バイト		—	—	264	—	—	120	
	16 バイト		—	—	264	—	—	120	
プログラムレジューム時間		t _{DPRT}	—	—	110	—	—	50	μs
サスペンド優先モードにおけるイレース中の1回目のサスペンド遅延時間	64 バイト	t _{DSESD1}	—	—	216	—	—	120	μs
	128 バイト		—	—	216	—	—	120	
	256 バイト		—	—	216	—	—	120	

表 43.41 データフラッシュメモリ特性 (2/2)

条件：プログラム/イレース回数：FCLK = 4~50 MHz

読み出し：FCLK ≤ 50 MHz

項目	シンボル	FCLK = 4MHz			20MHz ≤ FCLK ≤ 50 MHz			単位	測定条件	
		Min	Typ ^(注6)	Max	Min	Typ ^(注6)	Max			
サスペンド優先モードにおけるイレース中の2回目のサスペンド遅延時間	64 バイト	t _{DSESD2}	—	—	300	—	—	300	μs	
	128 バイト		—	—	390	—	—	390		
	256 バイト		—	—	570	—	—	570		
イレース優先モードにおけるイレース中のサスペンド遅延時間	64 バイト	t _{DSEED}	—	—	300	—	—	300	μs	
	128 バイト		—	—	390	—	—	390		
	256 バイト		—	—	570	—	—	570		
サスペンド優先モードにおけるイレース中の1回目のイレースレジューム時間 ^(注5)		t _{DREST1}	—	—	300	—	—	300	μs	
サスペンド優先モードにおけるイレース中の2回目のイレースレジューム時間		t _{DREST2}	—	—	126	—	—	70	μs	
イレース優先モードにおけるイレース中のイレースレジューム時間		t _{DREET}	—	—	126	—	—	70	μs	
強制終了コマンド		t _{FD}	—	—	32	—	—	20	μs	
データ保持時間 ^(注3)		t _{DRP}	10 ^(注3) (注4)	—	—	10 ^(注3) (注4)	—	—	年	

注 1. 再プログラム/イレースサイクルは、ブロックごとの消去回数です。再プログラム/イレースサイクルが n 回 (n = 125,000) の場合、ブロックごとにそれぞれ n 回ずつ消去することができます。たとえば、64 バイトのブロックについて、それぞれ異なる番地に 4 バイト書き込みを 16 回に分けて行った後に、そのブロックを消去した場合も、再プログラム/イレースサイクル回数は 1 回と数えます。ただし、消去 1 回に対して、同一アドレスに複数回の書き込みを行うことはできません。上書きはしないでください。

注 2. 再プログラム後の、すべての特性を保証する最小回数です。保証範囲は 1~最小値です。

注 3. 書き換えが仕様範囲内で行われたときの特性の min 値です。

注 4. 信頼性試験から得られた結果です。

注 5. レジューム時間には、サスペンド時に中断されたイレースパルス（最大 1 フルパルス）を再印加する時間が含まれます。

注 6. VCC = 3.3 V および室温における基準値

43.10.3 オプション設定メモリ特性

表 43.42 オプション設定メモリ特性

条件：プログラム：FCLK = 4~50 MHz

読み出し：FCLK ≤ 50 MHz

項目	シンボル	FCLK = 4 MHz			20 MHz ≤ FCLK ≤ 50 MHz			単位	測定条件
		Min	Typ ^(注4)	Max	Min	Typ ^(注4)	Max		
プログラム時間 N _{OPC} ≤ 100 回	t _{OP}	—	83	309	—	45	162	ms	
プログラム時間 N _{OPC} > 100 回	t _{OP}	—	100	371	—	55	195	ms	
再プログラムサイクル	N _{OPC}	20000 (注1)	—	—	20000 (注1)	—	—	回	
データ保持時間 ^(注2)	t _{DRP}	10 ^(注2) (注3)	—	—	10 ^(注2) (注3)	—	—	年	

注 1. 再プログラム後の、すべての特性を保証する最小回数です。保証範囲は 1~最小値です。

注 2. 書き換えが仕様範囲内で行われたときの特性の min 値です。

注 3. 信頼性試験から得られた結果です。

注 4. VCC = 3.3 V および室温における基準値

43.11 バウンダリスキャン

表 43.43 バウンダリスキャン特性

項目	シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件
TCK クロックサイクル時間	t_{TCKcyc}	100	—	—	ns	図 43.56
TCK クロック High レベルパルス幅	t_{TCKH}	45	—	—	ns	
TCK クロック Low レベルパルス幅	t_{TCKL}	45	—	—	ns	
TCK クロック立ち上がり時間	t_{TCKr}	—	—	5	ns	
TCK クロック立ち下がり時間	t_{TCKf}	—	—	5	ns	
TMS セットアップ時間	t_{TMSS}	20	—	—	ns	図 43.57
TMS ホールド時間	t_{TMSH}	20	—	—	ns	
TDI セットアップ時間	t_{TDIS}	20	—	—	ns	
TDI ホールド時間	t_{TDIH}	20	—	—	ns	
TDO データ遅延時間	t_{TDOD}	—	—	40	ns	図 43.58
バウンダリスキャン回路起動時間(注1)	T_{BSSTUP}	t_{RESWP}	—	—	—	

注 1. パワーオンリセットが無効になるまで、バウンダリスキャンは機能しません。

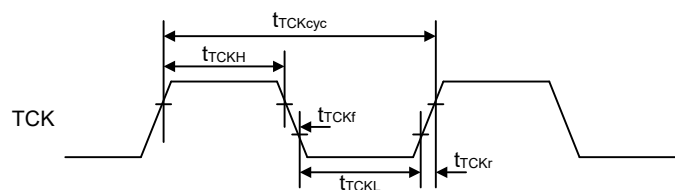


図 43.56 バウンダリスキャン TCK タイミング

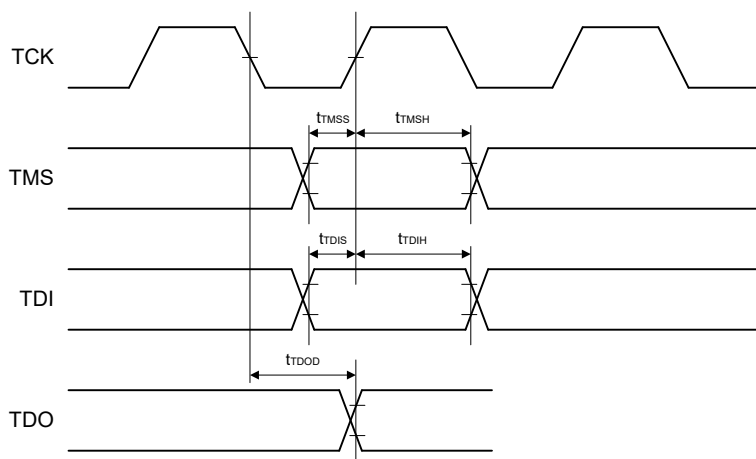


図 43.57 バウンダリスキャン入出カタイミング

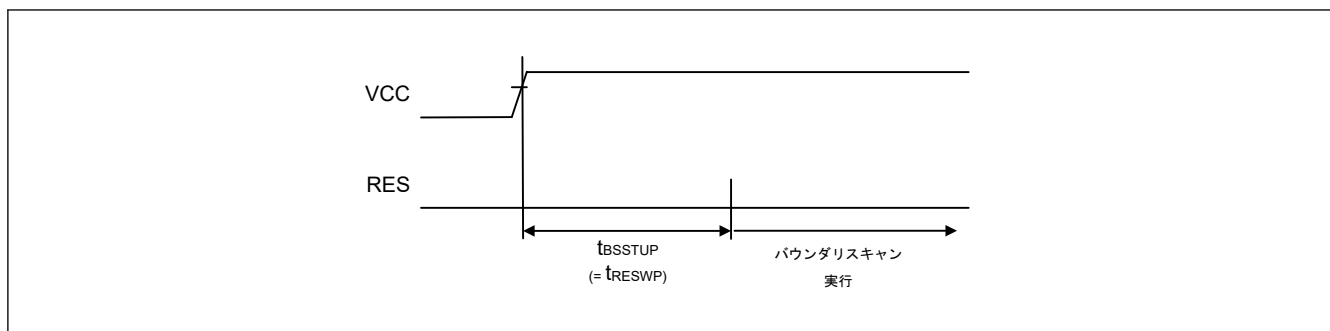


図 43.58 バウンダリスキャン回路起動タイミング

43.12 ジョイントテストアクショングループ (JTAG)

表 43.44 JTAG

項目	シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件
TCK クロックサイクル時間	t_{TCKcyc}	40	—	—	ns	図 43.59
TCK クロック High レベルパルス幅	t_{TCKH}	15	—	—	ns	
TCK クロック Low レベルパルス幅	t_{TCKL}	15	—	—	ns	
TCK クロック立ち上がり時間	t_{TCKr}	—	—	5	ns	
TCK クロック立ち下がり時間	t_{TCKf}	—	—	5	ns	
TMS セットアップ時間	t_{TMSS}	8	—	—	ns	図 43.60
TMS ホールド時間	t_{TMSH}	8	—	—	ns	
TDI セットアップ時間	t_{TDIS}	8	—	—	ns	
TDI ホールド時間	t_{TDIH}	8	—	—	ns	
TDO データ遅延時間	t_{TDOD}	—	—	20	ns	

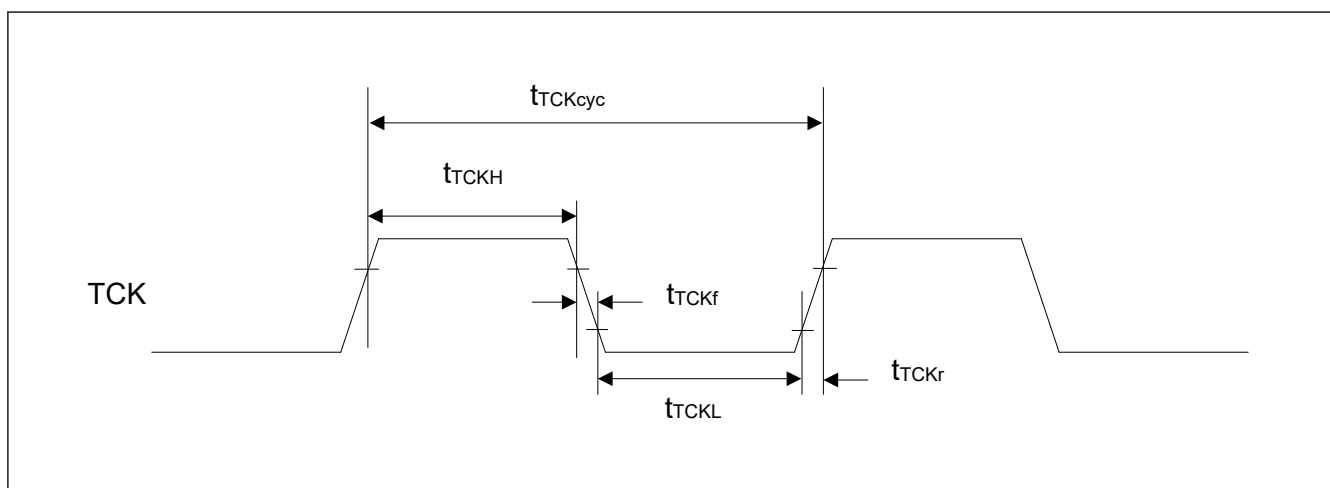


図 43.59 JTAG TCK タイミング

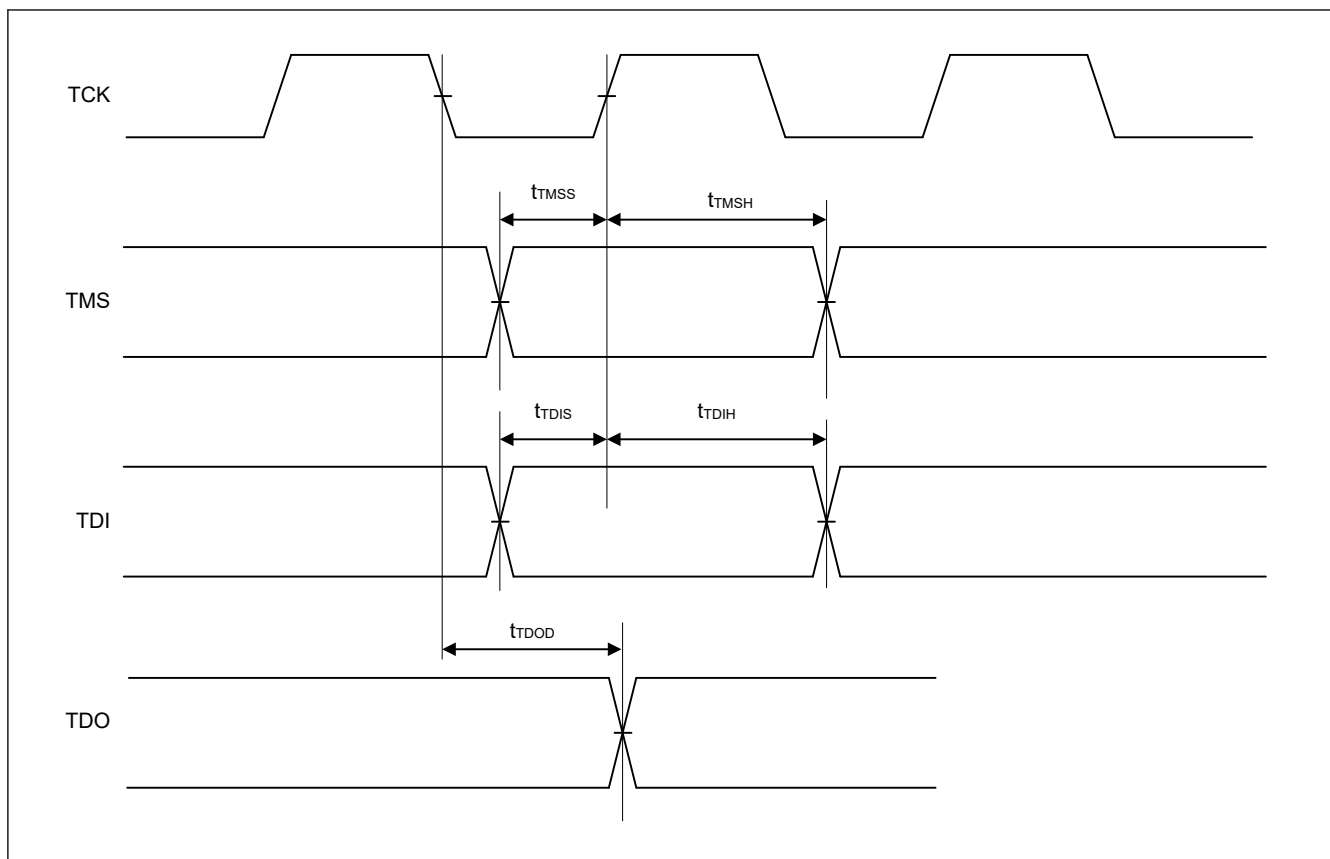


図 43.60 JTAG 入出力タイミング

43.13 シリアルワイヤデバッグ (SWD)

表 43.45 SWD

項目	シンボル	Min	Typ	Max	単位	測定条件
SWCLK クロックサイクル時間	$t_{SWCKcyc}$	40	—	—	ns	図 43.61
SWCLK クロック High レベルパルス幅	t_{SWCKH}	15	—	—	ns	
SWCLK クロック Low レベルパルス幅	t_{SWCKL}	15	—	—	ns	
SWCLK クロック立ち上がり時間	t_{SWCKr}	—	—	5	ns	
SWCLK クロック立ち下がり時間	t_{SWCKf}	—	—	5	ns	
SWDIO セットアップ時間	t_{SWDS}	8	—	—	ns	図 43.62
SWDIO ホールド時間	t_{SWDH}	8	—	—	ns	
SWDIO データ遅延時間	t_{SWDD}	2	—	28	ns	

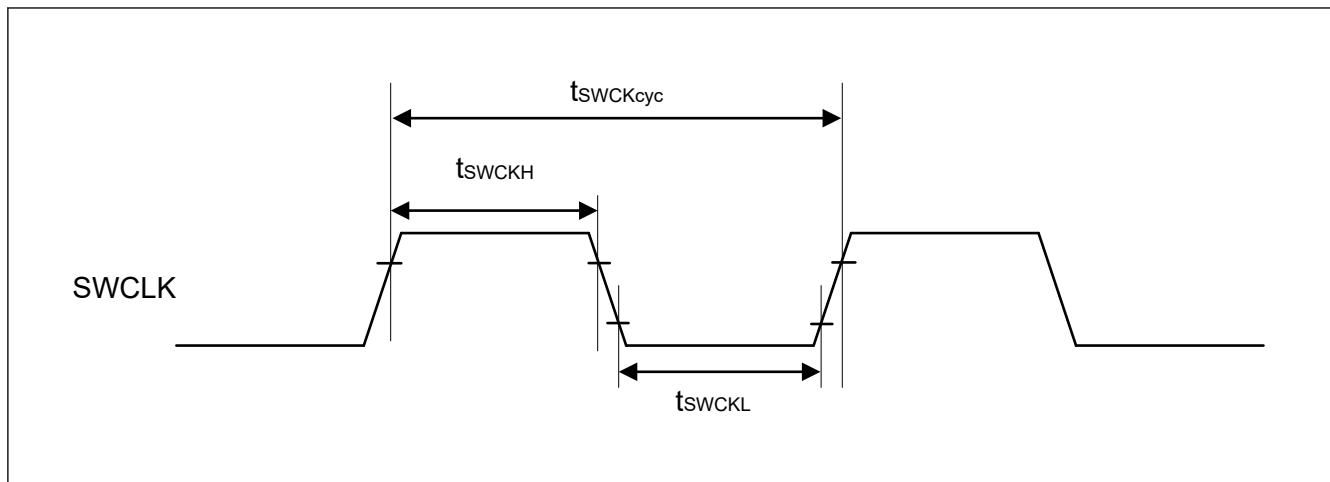


図 43.61 SWD SWCLK タイミング

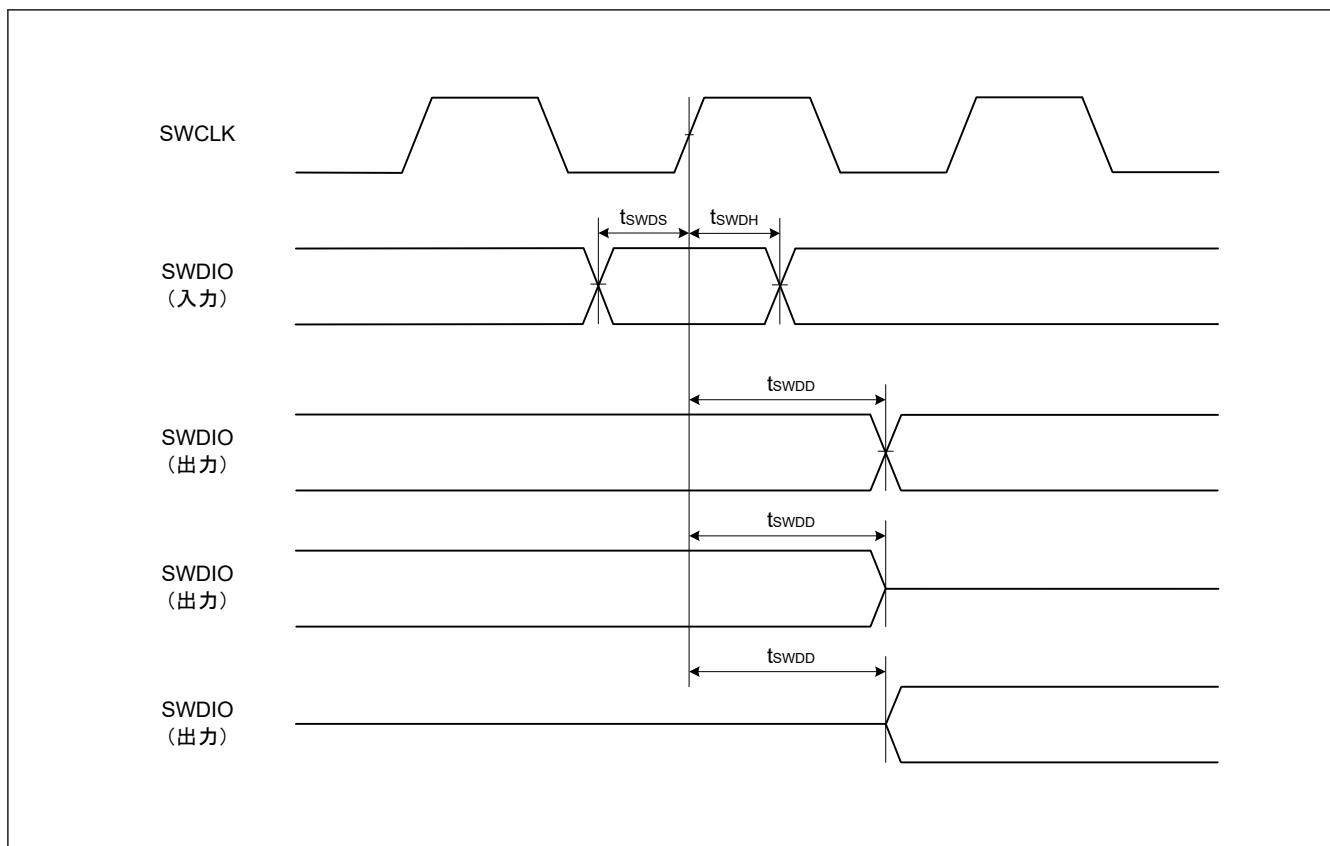


図 43.62 SWD 入出力タイミング

付録 1. 各プロセスモードのポート状態

機能	端子機能	リセット	ソフトウェアスタンバイモード	ディープソフトウェアスタンバイモード	ディープソフトウェアスタンバイモード解除後（スタートアップモードに復帰）	
					IOKEEP = 0	IOKEEP = 1(注1)
モード	MD	プルアップ	Keep-O	Keep	Hi-Z	Keep
JTAG	TCK/TMS/TDI	プルアップ	Keep-O	Keep	Hi-Z	Keep
	TDO	出力	Keep-O	Keep	TDO 出力	Keep
IRQ	IRQx	Hi-Z	Keep-O(注2)	Keep	Hi-Z	Keep
	IRQx-DS	Hi-Z	Keep-O(注2)	Keep(注3)	Hi-Z	Keep
AGT	AGTIO _n	Hi-Z	Keep-O(注2)	Keep	Hi-Z	Keep
	AGTIO _n (n = 1, 3)	Hi-Z	Keep-O(注2)	Keep(注3)	Hi-Z	Keep
SCI	RXD0	Hi-Z	Keep-O(注2)	Keep	Hi-Z	Keep
IIC	SCL _n /SDA _n	Hi-Z	Keep-O(注2)	Keep	Hi-Z	Keep
USBFS	USB_OVRCUR _x	Hi-Z	Keep-O(注2)	Keep	Hi-Z	Keep
	USB_OVRCUR _x -DS/ USB_VBUS	Hi-Z	Keep-O(注2)	Keep(注3)	Hi-Z	Keep
	USB_DP/USB_DM	Hi-Z	Keep-O(注4)	Keep(注3)	Hi-Z	Keep
RTC	RTCIC _x	Hi-Z	Keep-O(注2)	Keep(注3)	Hi-Z	Keep
	RTCCOUT	Hi-Z	[RTCCOUT 選択] RTCCOUT 出力	Keep	Hi-Z	Keep
CLKOUT	CLKOUT	Hi-Z	[CLKOUT 選択] CLKOUT 出力	Keep	Hi-Z	Keep
DAC	DAn	Hi-Z	[DAn 出力 (DAOE = 1)] D/A 出力保持	Keep	Hi-Z	Keep
その他	—	Hi-Z	Keep-O	Keep	Hi-Z	Keep

注. H : High レベル

L : Low レベル

Hi-Z : ハイインピーダンス

Keep-O : 出力端子は前の値を保持します。入力端子はハイインピーダンスになります。

Keep : ソフトウェアスタンバイモード期間中、端子状態は保持されます。

注 1. DPSBYCR.IOKEEP ビットが 0 になるまで、I/O ポートの状態が保持されます。

注 2. 端子が外部割り込み端子として使用され、ソフトウェアスタンバイのキャンセル要因に指定されている場合、入力が許可されます。

注 3. 端子がディープソフトウェアスタンバイのキャンセル要因に指定された場合、入力が許可されます。

注 4. 入力端子として使用されている端子への入力は許可されています。

付録 2. 外形寸法図

外形寸法図の最新版や実装に関する情報は、弊社のウェブサイトの「パッケージ」を参照してください。

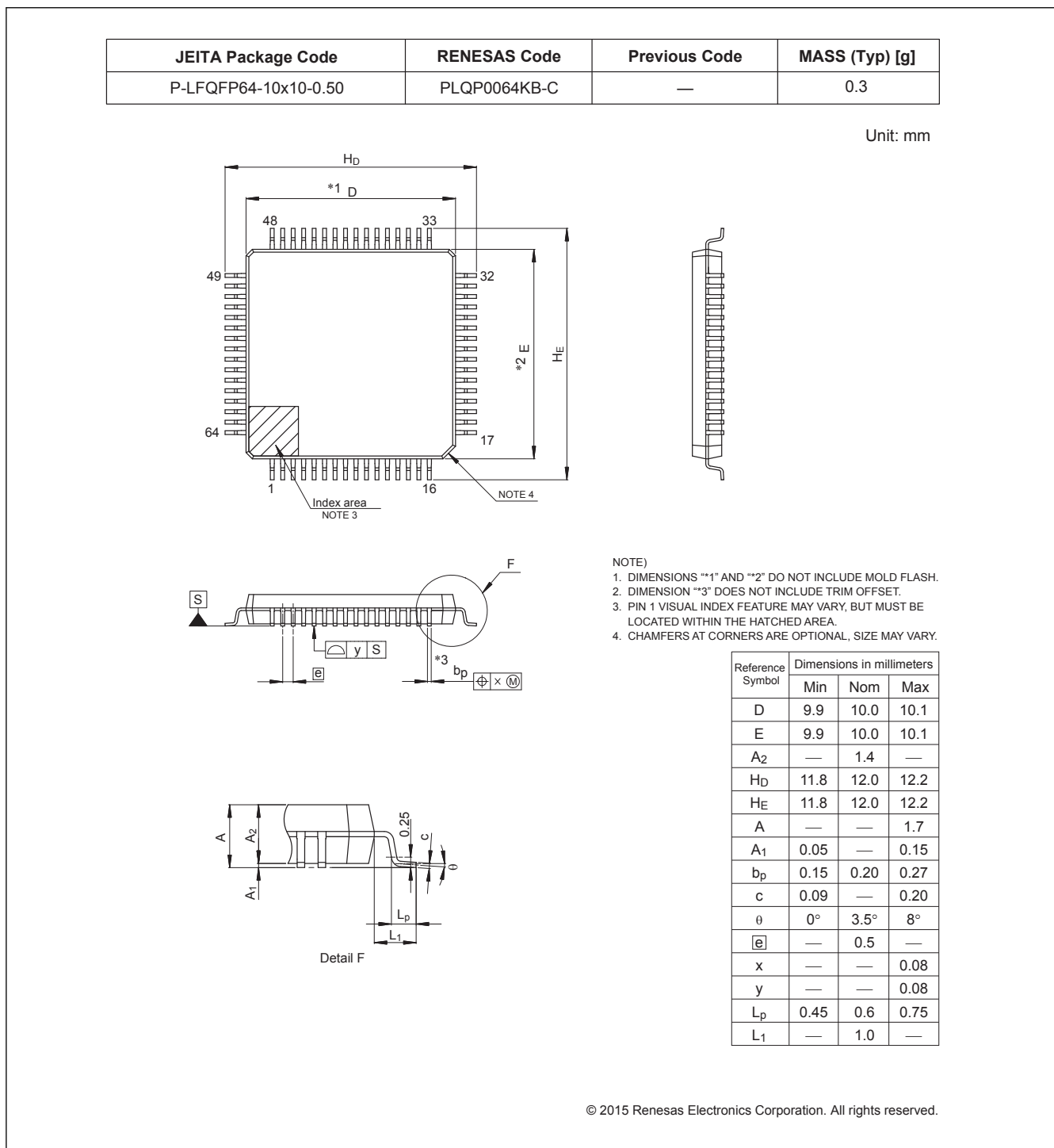
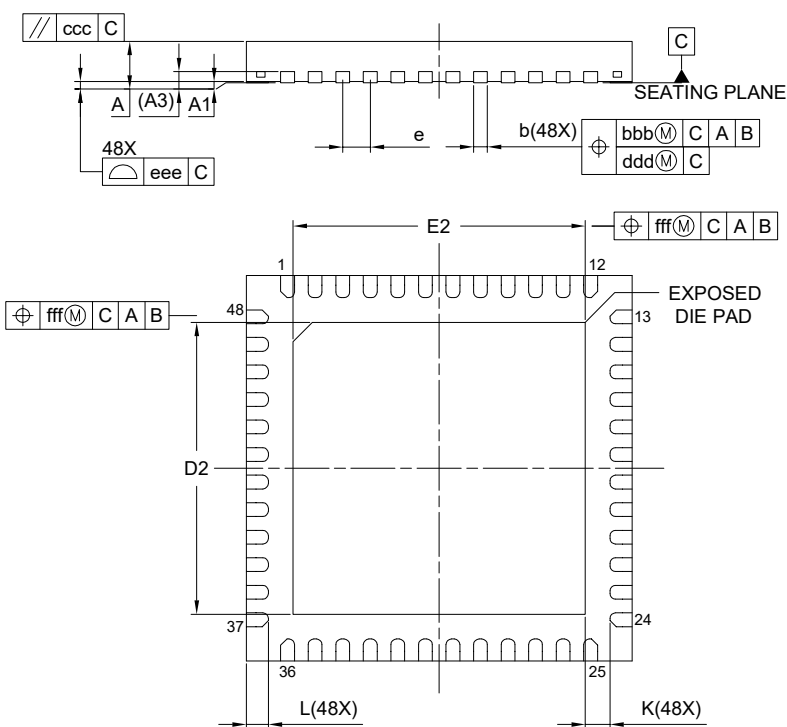
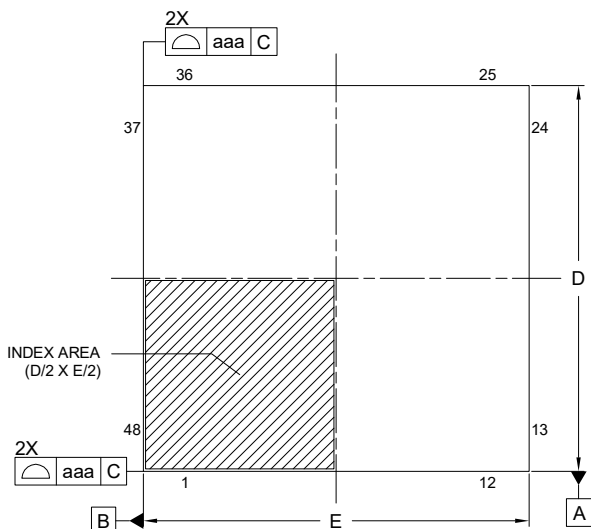


図 2.1 LQFP 64 ピン

JEITA Package code	RENESAS code	MASS(TYP.)[g]
P-HWQFN048-7x7-0.50	PWQN0048KC-A	0.13 g



Reference Symbol	Dimension in Millimeters		
	Min.	Nom.	Max.
A	—	—	0.80
A ₁	0.00	0.02	0.05
A ₃	0.203 REF.		
b	0.20	0.25	0.30
D	7.00 BSC		
E	7.00 BSC		
e	0.50 BSC		
L	0.30	0.40	0.50
K	0.20	—	—
D ₂	5.25	5.30	5.35
E ₂	5.25	5.30	5.35
aaa	0.15		
bbb	0.10		
ccc	0.10		
ddd	0.05		
eee	0.08		
fff	0.10		

図 2.2 QFN 48 ピン

付録 3. I/O レジスタ

この付録では、I/O レジスタアドレス、アクセスサイクルについて機能ごとに説明します。

3.1 周辺機能のベースアドレス

本マニュアルに記載の周辺機能のベースアドレスは下記のとおりです。表 3.1 に、各周辺機能の名前、説明、ベースアドレスを示します。

表 3.1 周辺機能のベースアドレス (1/2)

名称	内容	ベースアドレス
RMPU	ルネサスメモリプロテクションユニット	0x4000_0000
TZF	TrustZone フィルタ	0x4000_0E00
SRAM	SRAM 制御	0x4000_2000
バス	バス制御	0x4000_3000
DMAC0	ダイレクトメモリアクセスコントローラ 0	0x4000_5000
DMAC1	ダイレクトメモリアクセスコントローラ 1	0x4000_5040
DMAC2	ダイレクトメモリアクセスコントローラ 2	0x4000_5080
DMAC3	ダイレクトメモリアクセスコントローラ 3	0x4000_50C0
DMAC4	ダイレクトメモリアクセスコントローラ 4	0x4000_5100
DMAC5	ダイレクトメモリアクセスコントローラ 5	0x4000_5140
DMAC6	ダイレクトメモリアクセスコントローラ 6	0x4000_5180
DMAC7	ダイレクトメモリアクセスコントローラ 7	0x4000_51C0
DMA	DMAC モジュール起動	0x4000_5200
DTC	データトランスファコントローラ	0x4000_5400
ICU	割り込みコントローラ	0x4000_6000
CPSCU	CPU システムセキュリティコントロールユニット	0x4000_8000
DBG	デバッグ機能	0x400_1B000
FCACHE	フラッシュキャッシュ	0x400_1C100
SYSC	システム制御	0x4001_E000
PORT0	ポート 0 コントロールレジスタ	0x4008_0000
PORT1	ポート 1 コントロールレジスタ	0x4008_0020
PORT2	ポート 2 コントロールレジスタ	0x4008_0040
PORT3	ポート 3 コントロールレジスタ	0x4008_0060
PORT4	ポート 4 コントロールレジスタ	0x4008_0080
PORT5	ポート 5 コントロールレジスタ	0x4008_00A0
PFS	Pmn 端子機能コントロールレジスタ	0x4008_0800
ELC	イベントリンクコントローラ	0x4008_2000
RTC	リアルタイムクロック	0x4008_3000
IWDT	独立ウォッチドッグタイマ	0x4008_3200
WDT	ウォッチドッグタイマ	0x4008_3400
CAC	クロック周波数精度測定回路	0x4008_3600
MSTP	モジュールストップコントロール A、B、C、D	0x4008_4000
POEG	GPT 用ポートアウトプットイネーブルモジュール	0x4008_A000
USBFS	USB 2.0 FS モジュール	0x4009_0000
IIC0	I ² C0	0x4009_F000

表 3.1 周辺機能のベースアドレス (2/2)

名称	内容	ベースアドレス
IIC0WU	Inter-Integrated Circuit 0 ウェイクアップユニット	0x4009_F014
CAN0	CAN0 モジュール	0x400A_8000
PSCU	ペリフェラルセキュリティコントロールユニット	0x400E_0000
AGT0	低消費電力非同期汎用タイマ 0	0x400E_8000
AGT1	低消費電力非同期汎用タイマ 1	0x400E_8100
AGT2	低消費電力非同期汎用タイマ 2	0x400E_8200
AGT3	低消費電力非同期汎用タイマ 3	0x400E_8300
AGT5	低消費電力非同期汎用タイマ 5	0x400E_8500
CRC	CRC 演算器	0x4010_8000
DOC	データ演算回路	0x4010_9000
SCI0	シリアルコミュニケーションインタフェース 0	0x4011_8000
SCI3	シリアルコミュニケーションインタフェース 3	0x4011_8300
SCI4	シリアルコミュニケーションインタフェース 4	0x4011_8400
SCI9	シリアルコミュニケーションインタフェース 9	0x4011_8900
SPI0	シリアルペリフェラルインタフェース 0	0x4011_A000
SCE9	セキュア暗号エンジン	0x4016_1000
GPT321	32 ビット汎用 PWM タイマ 1	0x4016_9100
GPT322	32 ビット汎用 PWM タイマ 2	0x4016_9200
GPT164	16 ビット汎用 PWM タイマ 4	0x4016_9400
GPT165	16 ビット汎用 PWM タイマ 5	0x4016_9500
ADC120	12 ビット A/D コンバータ 0	0x4017_0000
DAC12	12 ビット D/A コンバータ	0x4017_1000
FLAD	データフラッシュ	0x407F_C000
FACI	フラッシュアプリケーションコマンドインタフェース	0x407F_E000
QSPI	クワッドシリアルペリフェラルインタフェース	0x6400_0000

注. 名前 = 周辺機能の名前
 内容 = 周辺機能
 ベースアドレス = 最下位の予約アドレスまたは周辺機能が使用するアドレス

3.2 アクセスサイクル

本項では、本マニュアルに記載の I/O レジスタのアクセスサイクル情報を示します。

- レジスタは対応するモジュールごとにグループ化されています。
- アクセスサイクル数については、指定の基準クロックのサイクル数を示しています。
- 内部 I/O 領域では、レジスタに割り当てられていない予約アドレスにアクセスしないでください。アクセスした場合、動作は保証されません。
- I/O アクセスサイクル数は、内部周辺バスのバスサイクル、分周クロック同期化サイクル、および各モジュールのウェイトサイクルによって異なります。分周クロック同期化サイクルは、ICLK と PCLK 間の周波数比によって異なります。
- ICLK 周波数と PCLK 周波数が等しいとき、分周クロック同期化サイクル数は常に一定です。
- ICLK 周波数が PCLK 周波数より大きいとき、分周クロック同期化サイクル数に少なくとも 1PCLK サイクル追加されます。
- 書き込みアクセスのサイクル数は、非バッファラブル書き込みアクセスにより得られるサイクル数を示しません。

注. CPU からのレジスタアクセスが、外部メモリへの命令フェッチや、DMAC や DTC のような他のバスマスタのバスアクセスと競合せずに実行された場合のサイクル数です。

表 3.2 アクセスサイクル (1/3)

周辺機能	アドレス		アクセスサイクル数				サイクルの単位	関連機能
			ICLK = PCLK		ICLK > PCLK(注1)			
	ここから	ここまで	読み出し	書き込み	読み出し	書き込み		
RMPU, TZF, SRAM, BUS, DMACn, DMA, DTC, ICU	0x4000_0000	0x4000_6FFF	2	2	2	2	ICLK	ルネサスメモリプロテクションユニット、TrustZone フィルタ、SRAM コントロール、バスコントロール、ダイレクトメモリアクセスコントローラ n、DMAC モジュール起動、DTC コントロールレジスタ、割り込みコントローラ
CPSCU, DBG, FCACHE	0x4000_8000	0x4001_CFFF	4	3	4	3	ICLK	CPU システムセキュリティコントロールユニット、デバッグ機能、フラッシュキャッシュ
SYSC	0x4001_E000	0x4001_E3FF	5	4	5	4	ICLK	システム制御
SYSC	0x4001_E400	0x4001_E5FF	9	8	5~8	5~8	PCLKB	システム制御
PORTn, PFS	0x4008_0000	0x4008_0FFF	5	4	2~5	2~4	PCLKB	ポート n コントロールレジスタ、Pmn 端子機能コントロールレジスタ
ELC, RTC, IWD, WDT, CAC	0x4008_2000	0x4008_3FFF	5	4	3~5	2~4	PCLKB	イベントリンクコントローラ、リアルタイムクロック、独立ウォッチドッグタイマ、ウォッチドッグタイマ、クロック周波数精度測定回路
MSTP	0x4008_4000	0x4008_4FFF	5	4	2~5	2~4	PCLKB	モジュールストップコントロール
POEG	0x4008_A000	0x4008_AFFF	5	4	3~5	2~4	PCLKB	GPT 用ポートアウトプットイネーブルモジュール
USBFS	0x4009_0000	0x4009_3FFF	6	5	3~6	3~5	PCLKB	USB 2.0 FS モジュール
USBFS	0x4009_4000	0x4009_4FFF	4	3	1~4	1~3	PCLKB	USB 2.0 FS モジュール
IICn, IIC0WU	0x4009_2000	0x4009_FFFF	5	4	2~5	2~4	PCLKB	Inter-Integrated Circuit n、Inter-Integrated Circuit 0 ウェイクアップユニット
CANn	0x400A_8000	0x400A_9FFF	5	4	2~5	2~4	PCLKB	CANn モジュール
PSCU	0x400E_0000	0x400E_0FFF	5	4	2~5	2~4	PCLKB	ペリフェラルセキュリティコントロールユニット
AGTn	0x400E_8000	0x400E_8FFF	7	4	5~7	2~4	PCLKB	低消費電力非同期汎用タイマ n
CRC, DOC	0x4010_8000	0x4010_9FFF	5	4	2~5	2~4	PCLKA	CRC 演算器、データ演算回路
SCIn	0x4011_8000	0x4011_8FFF	5(注2)	4(注2)	2~5(注2)	2~4(注2)	PCLKA	シリアルコミュニケーションインターフェース n
SPIIn	0x4011_A000	0x4011_AFFF	5(注3)	4(注3)	2~5(注3)	2~4(注3)	PCLKA	シリアルペリフェラルインターフェース n
SCE9	0x4016_1000	0x4016_1FFF	6	4	3~6	2~4	PCLKA	セキュア暗号エンジン

表 3.2 アクセスサイクル (2/3)

周辺機能	アドレス		アクセスサイクル数				サイクルの単位	関連機能
			ICLK = PCLK		ICLK > PCLK(注1)			
	ここから	ここまで	読み出し	書き込み	読み出し	書き込み		
GPT32n, GPT16n, GPT_OPS	0x4016_9000	0x4016_9FFF	7	4	4~7	2~4	PCLKA	32ビット汎用PWMタイマn、16ビット汎用PWMタイマn、出力相切り替えコントローラ
ADC12n, DAC12	0x4017_0000	0x4017_2FFF	5	4	2~5	2~4	PCLKA	12ビットA/Dコンバータn、12ビットD/Aコンバータ
QSPI	0x6400_0000	0x6400_000F	5	14~(注4)	2~5	14~(注4)	PCLKA	クワッドシリアルペリフェラルインタフェース
QSPI	0x6400_0010	0x6400_0013	25~(注4)	6~(注4)	25~(注4)	5~(注4)	PCLKA	クワッドシリアルペリフェラルインタフェース
QSPI	0x6400_0014	0x6400_0037	5	14~(注4)	2~5	14~(注4)	PCLKA	クワッドシリアルペリフェラルインタフェース
QSPI	0x6400_0804	0x6400_0807	4	3	1~4	1~3	PCLKA	クワッドシリアルペリフェラルインタフェース

表 3.2 アクセスサイクル (3/3)

周辺機能	アドレス		アクセスサイクル数				サイクルの単位	関連機能
			ICLK = FCLK		ICLK > FCLK(注1)			
	ここから	ここまで	読み出し	書き込み	読み出し	書き込み		
FLAD, FACI	0x407F_C000	0x407F_EFFF	3	3	2~3	2~3	FCLK	データフラッシュ、フラッシュアプリケーションコマンドインタフェース

注 1. PCLK サイクル数が整数ではない (たとえば 1.5) 場合、最小値は小数点以下を切り捨て、最大値は小数点以下を切り上げます。(たとえば、1.5~2.5 は 1~3)

注 2. 16ビットレジスタ (FTDRHL, FRDRHL, FCR, FDR, LSR、および CDR) にアクセスを行う場合は、表 3.2 に記載の値よりも 2 サイクル分多いアクセスサイクルとなります。8ビットレジスタ (FTDRH, FTDRL, FRDRH、および FRDRL) にアクセスを行う場合は、表 3.2 に記載のアクセスサイクルとなります。

注 3. 32ビットレジスタ (SPDR) にアクセスを行う場合は、表 3.2 に記載の値よりも 2 サイクル分多いアクセスサイクルとなります。8ビットまたは 16ビットレジスタ (SPDR_HA) にアクセスを行う場合は、表 3.2 に記載のアクセスサイクルとなります。

注 4. アクセスサイクルは、QSPI バスサイクルによって異なります。

改訂履歴

Revision 1.00 — 2021 年 9 月 15 日

初版発行

Revision 1.10 — 2022 年 2 月 4 日

1.概要：

- 1.1 機能の概要に冒頭の説明文を追加
- 表 1.7 タイマの GPT の機能の説明からブラシレス DC モータの記述を削除
- 表 1.11 セキュリティの注を修正
- 1.1 機能の概要に表 1.12 I/O ポートを追加
- 図 1.1 ブロック図の注 1 を修正
- 表 1.14 機能の比較の QSPI の行を修正
- 表 1.14 機能の比較の I/O ポートの行を追加
- 表 1.14 機能の比較の注 2 を修正

10.低消費電力モード：

- 表 10.2 各低消費電力モードの動作状態で低消費電力非同期汎用タイマを修正

18.イベントリンクコントローラ：

- 表 18.2 ELSRn レジスタと周辺機能の対応で ELSR9 の行を追加

19.I/O ポート：

- 表 19.5 入出力端子機能のレジスタ設定 (PORT0) を修正
- 表 19.7 入出力端子機能のレジスタ設定 (PORT2) を修正

20.GPT 用のポートアウトプットイネーブル：

- 20.3 出力禁止制御の動作で BLDC モータ制御用 3 相 PWM 出力端子に関する文言を削除

21.汎用 PWM タイマ：

- 21.1 概要でブラシレス DC モータに関する記述を削除
- 表 21.1 GPT の仕様でブラシレス DC モータと入力 UVW の文言を削除
- 表 21.2 GPT の機能一覧でブラシレス DC モータ制御機能の行を削除
- 図 21.1 GPT のブロック図で GPT0 を GPT1 に変更
- 21.2.27 GTSECR で GPT0 を GPTn、GPT1 を GPTn+1 に変更

34.セキュア暗号エンジン：

- 34.1 概要に説明文を追加
- 表 34.1 SCE9 の仕様で注を削除

RA4E1 グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編

発行年月日 Rev.1.10 Feb 4, 2022
Rev.1.00 Sep 15, 2021

発行 ルネサスエレクトロニクス株式会社

32 ビット MCU
RA4E1 グループ