

お客様各位

カタログ等資料中の旧社名の扱いについて

2010年4月1日を以ってNECエレクトロニクス株式会社及び株式会社ルネサステクノロジが合併し、両社の全ての事業が当社に承継されております。従いまして、本資料中には旧社名での表記が残っておりますが、当社の資料として有効ですので、ご理解の程宜しくお願ひ申し上げます。

ルネサスエレクトロニクス ホームページ (<http://www.renesas.com>)

2010年4月1日
ルネサスエレクトロニクス株式会社

【発行】ルネサスエレクトロニクス株式会社 (<http://www.renesas.com>)

【問い合わせ先】<http://japan.renesas.com/inquiry>

ご注意書き

1. 本資料に記載されている内容は本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。当社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に当社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、当社ホームページなどを通じて公開される情報に常にご注意ください。
2. 本資料に記載された当社製品および技術情報の使用に関連し発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権の侵害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
3. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。
4. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器の設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。本資料に記載されている当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事事務の目的で使用しないでください。また、当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器に使用することができません。
6. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「高品質水準」および「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認ください。お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途に当社製品を使用することができません。また、お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、意図されていない用途に当社製品を使用することができません。当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途または意図されていない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。なお、当社製品のデータ・シート、データ・ブック等の資料で特に品質水準の表示がない場合は、標準水準製品であることを表します。
標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、防災・防犯装置、各種安全装置、生命維持を目的として設計されていない医療機器（厚生労働省定義の管理医療機器に相当）
特定水準： 航空機器、航空宇宙機器、海中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの、治療行為（患部切り出し等）を行うもの、その他直接人命に影響を与えるもの）（厚生労働省定義の高度管理医療機器に相当）またはシステム等
8. 本資料に記載された当社製品のご使用につき、特に、最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他諸条件につきましては、当社保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないようお客様の責任において冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願いいたします。
10. 当社製品の環境適合性等、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを固くお断りいたします。
12. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせその他お気付きの点等がございましたら当社営業窓口までご照会ください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサスエレクトロニクス株式会社およびルネサスエレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

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

H8S/2602 グループ

ハードウェアマニュアル

ルネサス16ビットシングルチップマイクロコンピュータ

H8S ファミリ / H8/2600 シリーズ

H8S/2602	HD64F2602
	HD6432602
H8S/2601	HD6432601

本資料ご利用に際しての留意事項

1. 本資料は、お客様に用途に応じた適切な弊社製品をご購入いただくための参考資料であり、本資料中に記載の技術情報について弊社または第三者の知的財産権その他の権利の実施、使用を許諾または保証するものではありません。
2. 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例など全ての情報の使用に起因する損害、第三者の知的財産権その他の権利に対する侵害に関し、弊社は責任を負いません。
3. 本資料に記載の製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事用途の目的で使用しないでください。また、輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、それらの定めるところにより必要な手続を行ってください。
4. 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの全ての情報は本資料発行時点のものであり、弊社は本資料に記載した製品または仕様等を予告なしに変更することがあります。弊社の半導体製品のご購入およびご使用に当たっては、事前に弊社営業窓口で最新の情報をご確認頂きますとともに、弊社ホームページ (<http://www.renesas.com>) などを通じて公開される情報に常にご注意下さい。
5. 本資料に記載した情報は、正確を期すため慎重に制作したものです。万一本資料の記述の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、弊社はその責任を負いません。
6. 本資料に記載の製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を流用する場合は、流用する情報を単独で評価するだけでなく、システム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断して下さい。弊社は、適用可否に対する責任を負いません。
7. 本資料に記載された製品は、各種安全装置や運輸・交通用、医療用、燃焼制御用、航空宇宙用、原子力、海底中継用の機器・システムなど、その故障や誤動作が直接人命を脅かしあるいは人体に危害を及ぼすおそれのあるような機器・システムや特に高度な品質・信頼性が要求される機器・システムでの使用を意図して設計、製造されたものではありません（弊社が自動車用と指定する製品を自動車に使用する場合を除きます）。これらの用途に利用されることをご検討の際には、必ず事前に弊社営業窓口へご照会下さい。なお、上記用途に使用されたことにより発生した損害等について弊社はその責任を負いかねますのでご了承願います。
8. 第7項にかかわらず、本資料に記載された製品は、下記の用途には使用しないで下さい。これらの用途に使用されたことにより発生した損害等につきましては、弊社は一切の責任を負いません。
 - 1) 生命維持装置。
 - 2) 人体に埋め込み使用するもの。
 - 3) 治療行為（患部切り出し、薬剤投与等）を行なうもの。
 - 4) その他、直接人命に影響を与えるもの。
9. 本資料に記載された製品のご使用につき、特に最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件およびその他諸条件につきましては、弊社保証範囲内でご使用ください。弊社保証値を越えて製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、弊社はその責任を負いません。
10. 弊社は製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、特に半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。弊社製品の故障または誤動作が生じた場合も人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないよう、お客様の責任において冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計などの安全設計（含むハードウェアおよびソフトウェア）およびエージング処理等、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。特にマイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願い致します。
11. 本資料に記載の製品は、これを搭載した製品から剥がれた場合、幼児が口に入れて誤飲する等の事故の危険性があります。お客様の製品への実装後に容易に本製品が剥がれることがなきよう、お客様の責任において十分な安全設計をお願いします。お客様の製品から剥がれた場合の事故につきましては、弊社はその責任を負いません。
12. 本資料の全部または一部を弊社の文書による事前の承諾なしに転載または複製することを固くお断り致します。
13. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせ、その他お気付きの点等がございましたら弊社営業窓口までご照会下さい。

製品に関する一般的注意事項

1. NC 端子の処理

【注意】NC端子には、何も接続しないようにしてください。

NC (Non-Connection) 端子は、内部回路に接続しない場合のほか、テスト用端子やノイズ軽減などの目的で使用します。このため、NC端子には、何も接続しないようにしてください。

接続された場合については保証できません。

2. 未使用入力端子の処理

【注意】未使用の入力端子は、ハイまたはローレベルに固定してください。

CMOS製品の入力端子は、一般にハイインピーダンス入力となっています。未使用端子を開放状態で動作させると、周辺ノイズの誘導により中間レベルが発生し、内部で貫通電流が流れて誤動作を起こす恐れがあります。

未使用の入力端子は、ハイまたはローレベルに固定してください。

3. 初期化前の処置

【注意】電源投入時は、製品の状態は不定です。

すべての電源に電圧が印加され、リセット端子にローレベルが入力されるまでの間、内部回路は不確定であり、レジスタの設定や各端子の出力状態は不定となります。この不定状態によってシステムが誤動作を起こさないようにシステム設計を行ってください。

リセット機能を持つ製品は、電源投入後は、まずリセット動作を実行してください。

4. 未定義・リザーブアドレスのアクセス禁止

【注意】未定義・リザーブアドレスのアクセスを禁止します。

未定義・リザーブアドレスは、将来の機能拡張用のほか、テスト用レジスタなどが割り付けられている場合があります。

これらのレジスタをアクセスしたときの動作および継続する動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

本書の構成

本書は、以下の構成で制作しています。

1. 製品に関する一般的注意事項
2. 本書の構成
3. はじめに
4. 目次
5. 概要
6. 各機能モジュールの説明
 - ・CPU およびシステム制御系
 - ・内蔵周辺モジュール

各モジュールの機能説明の構成は、モジュール毎に異なりますが、一般的には、①特長、②入出力端子、③レジスタの説明、④動作説明、⑤使用上の注意事項、等の節で構成されています。

本 LSI を用いた応用システムを設計する際、注意事項を十分確認の上設計してください。各章の本文中には説明に対する注意事項と、各章の最後には使用上の注意事項があります。必ずお読みください。（使用上の注意事項は必要により記載されます。）

7. レジスタ一覧
8. 電気的特性
9. 付録
10. 本版で修正または追加された主な箇所（改訂版のみ適用）

改訂来歴は、前版の記載内容について訂正・追加された主な箇所についてまとめたものです。改訂内容の全てについて記載したものではありませんので、詳細については、本書の本文上でご確認ください。

11. 索引

はじめに

H8S/2602 グループは、高速 H8S/2600 CPU を核に、システム構成に必要な周辺機能を集積したシングルチップマイクロコンピュータです。H8S/2600 CPU は、H8/300 CPU および H8/300H CPU と互換性のある命令体系を備えています。

対象者 このマニュアルは、H8S/2602 グループを用いた応用システムを設計するユーザを対象としています。このマニュアルを使用される読者には、電気回路、論理回路、およびマイクロコンピュータに関する基本的な知識を必要とします。

目的 このマニュアルは、H8S/2602 グループのハードウェア機能と電気的特性をユーザに理解して頂くことを目的にしています。なお、実行命令の詳細については、「H8S/2600 シリーズ、H8S/2000 シリーズ ソフトウェアマニュアル」に記載していますのであわせてご覧ください。

読み方

- 機能全体を理解しようとするとき
→ 目次に従って読んでください。
本書は、大きく分類すると、CPU、システム制御機能、周辺機能、電気的特性の順に構成されています。
- CPU機能の詳細を理解したいとき
→ 別冊の「H8S/2600シリーズ、H8S/2000シリーズ ソフトウェアマニュアル」を参照してください。
- レジスタ名が分かっている、詳細機能を知りたいとき
→ 本書の後ろに「索引」があります。索引からページ番号を検索してください。
「第19章 レジスタ一覧」にアドレス、ビット内容、初期化についてまとめています。

凡例

レジスタ表記	: 16 ビットタイマパルスユニット、シリアルコミュニケーションインタフェースなど、同一または類似した機能が複数チャンネルに存在する場合に次の表記を使用します。 XXX_N (XXX は基本レジスタ名称、N はチャンネル番号)
ビット表記順	: 左側が上位ビット、右側が下位ビット
数字の表記	: 2 進数は B'XXXX、16 進数は H'XXXX
信号の表記	: ローアクティブの信号にはオーバーバーを付けます。XXXX̄

関連資料一覧 ウェブサイトに最新資料を掲載しています。ご入手の資料が最新版であるかを確認してください。
(<http://japan.renesas.com>)

- H8S/2602グループに関するユーザーズマニュアル

資料名	資料番号
H8S/2602 グループハードウェアマニュアル	本マニュアル
H8S/2600 シリーズ、H8S/2000 シリーズ ソフトウェアマニュアル	RJJ09B0143

- 開発ツール関連ユーザーズマニュアル

資料名	資料番号
H8S、H8/300 シリーズ C/C++コンパイラ、アセンブラ、最適化リンケージエディタ ユーザーズマニュアル	RJJ10B0049
H8S、H8/300 シリーズ シミュレータ・デバッガユーザーズマニュアル	ADJ-702-355
H8S、H8/300 シリーズ High-performance Embedded Workshop3 チュートリアル	RJJ10B0027
H8S、H8/300 シリーズ High-performance Embedded Workshop3 ユーザーズマニュアル	RJJ10B0029

- アプリケーションノート

資料名	資料番号
H8S、H8/300 シリーズ C/C++コンパイラパッケージアプリケーションノート	RJJ05B0558
F-ZTAT マイコンテクニカル Q&A	ADJ-502-055

すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

目次

1. 概要	1-1
1.1 特長	1-1
1.2 ブロック図	1-2
1.3 ピン配置図	1-3
1.4 端子機能	1-4
2. CPU	2-1
2.1 特長	2-1
2.1.1 H8S/2600 CPU と H8S/2000 CPU との相違点	2-2
2.1.2 H8/300 CPU との相違点	2-3
2.1.3 H8/300H CPU との相違点	2-3
2.2 CPU動作モード	2-4
2.2.1 ノーマルモード	2-4
2.2.2 アドバンスモード	2-6
2.3 アドレス空間	2-8
2.4 レジスタの構成	2-9
2.4.1 汎用レジスタ	2-10
2.4.2 プログラムカウンタ (PC)	2-11
2.4.3 エクステンディレジスタ (EXR)	2-11
2.4.4 コンディションコードレジスタ (CCR)	2-12
2.4.5 積和レジスタ (MAC)	2-13
2.4.6 CPU 内部レジスタの初期値	2-13
2.5 データ形式	2-14
2.5.1 汎用レジスタのデータ形式	2-14
2.5.2 メモリ上でのデータ形式	2-15
2.6 命令セット	2-17
2.6.1 命令の機能別一覧	2-18
2.6.2 命令の基本フォーマット	2-28
2.7 アドレッシングモードと実効アドレスの計算方法	2-29
2.7.1 レジスタ直接 Rn	2-29
2.7.2 レジスタ間接 @ERn	2-29
2.7.3 ディスプレースメント付きレジスタ間接 @ (d:16,ERn) / @ (d:32,ERn)	2-29
2.7.4 ポストインクリメントレジスタ間接@ERn+ / プリデクリメントレジスタ間接@-ERn	2-30
2.7.5 絶対アドレス @aa:8 / @aa:16 / @aa:24 / @aa:32	2-30

2.7.6	イミディエイト #xx:8/#xx:16/#xx:32.....	2-31
2.7.7	プログラムカウンタ相対 @ (d:8, PC) /@ (d:16, PC)	2-31
2.7.8	メモリ間接 @@aa:8	2-31
2.7.9	実効アドレスの計算方法.....	2-32
2.8	処理状態.....	2-34
2.9	使用上の注意.....	2-35
2.9.1	ビット操作命令使用上の注意事項.....	2-35
3.	MCU 動作モード.....	3-1
3.1	動作モードの選択	3-1
3.2	レジスタの説明	3-2
3.2.1	モードコントロールレジスタ (MDCR)	3-2
3.2.2	システムコントロールレジスタ (SYSCR)	3-3
3.3	各動作モードの説明	3-4
3.3.1	端子機能.....	3-4
3.4	アドレスマップ.....	3-5
4.	例外処理.....	4-1
4.1	例外処理の種類と優先度.....	4-1
4.2	例外処理要因とベクタテーブル.....	4-2
4.3	リセット.....	4-3
4.3.1	リセット例外処理	4-3
4.3.2	リセット直後の割り込み.....	4-5
4.3.3	リセット解除後の内蔵周辺機能.....	4-5
4.4	トレース例外処理	4-6
4.5	割り込み例外処理	4-6
4.6	トラップ命令例外処理	4-7
4.7	例外処理後のスタックの状態.....	4-8
4.8	使用上の注意事項	4-9
5.	割り込みコントローラ.....	5-1
5.1	特長.....	5-1
5.2	入出力端子.....	5-3
5.3	レジスタの説明.....	5-3
5.3.1	インタラプトプライオリティレジスタ A~H、J、K、M (IPRA~IPRH、IPRJ、IPRK、IPRM)	5-4
5.3.2	IRQ イネーブルレジスタ (IER)	5-5
5.3.3	IRQ センسコントロールレジスタ H、L (ISCRH、ISCRL)	5-6
5.3.4	IRQ ステータスレジスタ (ISR)	5-7
5.4	割り込み要因.....	5-8

5.4.1	外部割り込み要因	5-8
5.4.2	内部割り込み	5-9
5.5	割り込み例外処理ベクタテーブル	5-9
5.6	割り込み制御モードと割り込み動作	5-12
5.6.1	割り込み制御モード 0	5-12
5.6.2	割り込み制御モード 2	5-14
5.6.3	割り込み例外処理シーケンス	5-16
5.6.4	割り込み応答時間	5-17
5.6.5	割り込みによる DTC の起動	5-18
5.7	使用上の注意事項	5-18
5.7.1	割り込みの発生とディスエーブルとの競合	5-18
5.7.2	割り込みを禁止している命令	5-19
5.7.3	割り込み禁止期間	5-19
5.7.4	EETMOV 命令実行中の割り込み	5-19
6.	PC ブレークコントローラ (PBC)	6-1
6.1	特長	6-1
6.2	レジスタの説明	6-2
6.2.1	ブレークアドレスレジスタ A (BARA)	6-2
6.2.2	ブレークアドレスレジスタ B (BARB)	6-2
6.2.3	ブレークコントロールレジスタ A (BCRA)	6-3
6.2.4	ブレークコントロールレジスタ B (BCRB)	6-3
6.3	動作説明	6-4
6.3.1	命令フェッチによる PC ブレーク割り込み動作	6-4
6.3.2	データアクセスによる PC ブレーク割り込み動作	6-4
6.3.3	データ連続転送時の PC ブレーク動作	6-5
6.3.4	低消費電力モード遷移時の動作	6-5
6.3.5	命令実行が 1 ステート遅れる場合	6-6
6.4	使用上の注意事項	6-6
6.4.1	モジュールストップモードの設定	6-6
6.4.2	PC ブレーク割り込み	6-6
6.4.3	CMFA、CMFB	6-6
6.4.4	DTC がバスマスタのときに発生した PC ブレーク割り込み	6-6
6.4.5	BSR、JSR、JMP、TRAPA、RTE、RTS の次のアドレスの命令フェッチに PC ブレークを設定した場合	6-6
6.4.6	LDC、ANDC、ORC、XORC 命令により I ビットを設定した場合	6-7
6.4.7	Bcc 命令の次のアドレスの命令フェッチに PC ブレークを設定した場合	6-7
6.4.8	Bcc 命令の分岐先のアドレスの命令フェッチに PC ブレークを設定した場合	6-7

7.	バスコントローラ	7-1
7.1	基本動作タイミング	7-1
7.1.1	内蔵メモリアクセスタイミング (ROM、RAM)	7-1
7.1.2	内蔵周辺モジュールアクセスタイミング	7-2
7.2	バスアービトラージ	7-3
7.2.1	バスマスタの優先順位	7-3
7.2.2	バス権移行タイミング	7-3
8.	データトランスファコントローラ (DTC)	8-1
8.1	特長	8-1
8.2	レジスタの説明	8-2
8.2.1	DTC モードレジスタ A (MRA)	8-3
8.2.2	DTC モードレジスタ B (MRB)	8-4
8.2.3	DTC ソースアドレスレジスタ (SAR)	8-4
8.2.4	DTC デスティネーションアドレスレジスタ (DAR)	8-4
8.2.5	DTC 転送カウントレジスタ A (CRA)	8-5
8.2.6	DTC 転送カウントレジスタ B (CRB)	8-5
8.2.7	DTC イネーブルレジスタ (DTCER)	8-5
8.2.8	DTC ベクタレジスタ (DTVECR)	8-6
8.3	起動要因	8-7
8.4	レジスタ情報の配置とDTCベクタテーブル	8-8
8.5	動作説明	8-11
8.5.1	ノーマルモード	8-12
8.5.2	リピートモード	8-13
8.5.3	ブロック転送モード	8-14
8.5.4	チェイン転送	8-15
8.5.5	割り込み要因	8-16
8.5.6	動作タイミング	8-16
8.5.7	DTC 実行ステート数	8-17
8.6	DTC使用手順	8-19
8.6.1	割り込みによる起動	8-19
8.6.2	ソフトウェアによる起動	8-19
8.7	DTC使用例	8-20
8.7.1	ノーマルモード	8-20
8.7.2	チェイン転送	8-21
8.7.3	ソフトウェア起動	8-22
8.8	使用上の注意事項	8-23
8.8.1	モジュールストップモードの設定	8-23
8.8.2	内蔵 RAM	8-23
8.8.3	DTCE ビットの設定	8-23

9.	I/Oポート.....	9-1
9.1	ポート1.....	9-4
9.1.1	ポート1データディレクションレジスタ (P1DDR)	9-4
9.1.2	ポート1データレジスタ (P1DR)	9-4
9.1.3	ポート1レジスタ (PORT1)	9-5
9.1.4	端子機能.....	9-6
9.2	ポート4.....	9-8
9.2.1	ポート4レジスタ (PORT4)	9-8
9.3	ポート9.....	9-8
9.3.1	ポート9レジスタ (PORT9)	9-8
9.4	ポートA.....	9-9
9.4.1	ポートAデータディレクションレジスタ (PADDDR)	9-9
9.4.2	ポートAデータレジスタ (PADR)	9-9
9.4.3	ポートAレジスタ (PORTA)	9-10
9.4.4	ポートAプルアップMOSコントロールレジスタ (PAPCR)	9-10
9.4.5	ポートAオープンドレインコントロールレジスタ (PAODR)	9-11
9.4.6	端子機能.....	9-11
9.5	ポートB.....	9-12
9.5.1	ポートBデータディレクションレジスタ (PBDDR)	9-12
9.5.2	ポートBデータレジスタ (PBDR)	9-12
9.5.3	ポートBレジスタ (PORTB)	9-13
9.5.4	ポートBプルアップMOSコントロールレジスタ (PBPCR)	9-13
9.5.5	ポートBオープンドレインコントロールレジスタ (PBODR)	9-14
9.5.6	端子機能.....	9-14
9.6	ポートC.....	9-16
9.6.1	ポートCデータディレクションレジスタ (PCDDR)	9-16
9.6.2	ポートCデータレジスタ (PCDR)	9-16
9.6.3	ポートCレジスタ (PORTC)	9-17
9.6.4	ポートCプルアップMOSコントロールレジスタ (PCPCR)	9-17
9.6.5	ポートCオープンドレインコントロールレジスタ (PCODR)	9-18
9.6.6	端子機能.....	9-18
9.7	ポートD.....	9-20
9.7.1	ポートDデータディレクションレジスタ (PDDDR)	9-20
9.7.2	ポートDデータレジスタ (PDDR)	9-20
9.7.3	ポートDレジスタ (PORTD)	9-21
9.7.4	ポートDプルアップMOSコントロールレジスタ (PDPCR)	9-21
9.8	ポートF.....	9-22
9.8.1	ポートFデータディレクションレジスタ (PFDDR)	9-22
9.8.2	ポートFデータレジスタ (PFDR)	9-22
9.8.3	ポートFレジスタ (PORTF)	9-23

9.8.4	端子機能	9-23
10.	16 ビットタイマパルスユニット (TPU)	10-1
10.1	特長	10-1
10.2	入出力端子	10-5
10.3	レジスタの説明	10-6
10.3.1	タイマコントロールレジスタ (TCR)	10-8
10.3.2	タイマモードレジスタ (TMDR)	10-12
10.3.3	タイマ I/O コントロールレジスタ (TIOR)	10-13
10.3.4	タイマインタラプトイネーブルレジスタ (TIER)	10-30
10.3.5	タイマステータスレジスタ (TSR)	10-31
10.3.6	タイマカウンタ (TCNT)	10-33
10.3.7	タイマジェネラルレジスタ (TGR)	10-33
10.3.8	タイマスタートレジスタ (TSTR)	10-34
10.3.9	タイマシンクロレジスタ (TSYR)	10-34
10.4	動作説明	10-35
10.4.1	基本動作	10-35
10.4.2	同期動作	10-41
10.4.3	バッファ動作	10-43
10.4.4	カスケード接続動作	10-47
10.4.5	PWM モード	10-49
10.4.6	位相計数モード	10-54
10.5	割り込み要因	10-60
10.6	DTCの起動	10-61
10.7	A/D変換器の起動	10-61
10.8	動作タイミング	10-62
10.8.1	入出力タイミング	10-62
10.8.2	割り込み信号タイミング	10-66
10.9	使用上の注意事項	10-70
10.9.1	モジュールストップモードの設定	10-70
10.9.2	入力クロックの制限事項	10-70
10.9.3	周期設定上の注意事項	10-70
10.9.4	TCNT のライトとクリアの競合	10-71
10.9.5	TCNT のライトとカウントアップの競合	10-71
10.9.6	TGR のライトとコンペアマッチの競合	10-72
10.9.7	バッファレジスタのライトとコンペアマッチの競合	10-73
10.9.8	TGR のリードとインプットキャプチャの競合	10-74
10.9.9	TGR のライトとインプットキャプチャの競合	10-75
10.9.10	バッファレジスタのライトとインプットキャプチャの競合	10-76
10.9.11	オーバフロー／アンダフローとカウンタクリアの競合	10-77

10.9.12	TCNTのライトとオーバフロー／アンダフローの競合	10-78
10.9.13	入出力端子の兼用	10-78
10.9.14	モジュールストップ時の割り込み	10-78
11.	プログラマブルパルスジェネレータ (PPG)	11-1
11.1	特長	11-1
11.2	入出力端子	11-3
11.3	レジスタの説明	11-3
11.3.1	ネクストデータインネーブルレジスタ H、L (NDERH、NDERL)	11-4
11.3.2	アウトプットデータレジスタ H、L (PODRH、PODRL)	11-5
11.3.3	ネクストデータレジスタ H、L (NDRH、NDRL)	11-6
11.3.4	PPG 出力コントロールレジスタ (PCR)	11-8
11.3.5	PPG 出力モードレジスタ (PMR)	11-9
11.4	動作説明	11-10
11.4.1	概要	11-10
11.4.2	出力タイミング	11-11
11.4.3	通常動作のパルス出力設定手順例	11-12
11.4.4	パルス出力通常動作例 (5 相パルス出力例)	11-13
11.4.5	パルス出力ノンオーバラップ動作	11-14
11.4.6	ノンオーバラップ動作のパルス出力設定手順例	11-16
11.4.7	パルス出力ノンオーバラップ動作例 (4 相の相補ノンオーバラップ出力例)	11-17
11.4.8	パルス反転出力	11-19
11.4.9	インプットキャプチャによるパルス出力	11-20
11.5	使用上の注意事項	11-20
11.5.1	モジュールストップモードの設定	11-20
11.5.2	パルス出力端子の動作	11-20
12.	ウォッチドッグタイマ (WDT)	12-1
12.1	特長	12-1
12.2	レジスタの説明	12-2
12.2.1	タイマカウンタ (TCNT)	12-2
12.2.2	タイマコントロール／ステータスレジスタ (TCSR)	12-3
12.2.3	リセットコントロール／ステータスレジスタ (RSTCSR)	12-4
12.3	動作説明	12-5
12.3.1	ウォッチドッグタイマモード	12-5
12.3.2	インターバルタイマモード時	12-5
12.4	割り込み要因	12-5
12.5	使用上の注意事項	12-6
12.5.1	レジスタアクセス時の注意	12-6
12.5.2	タイマカウンタ (TCNT) のライトとカウントアップの競合	12-7

12.5.3	CKS2~CKS0 ビットの書き換え	12-7
12.5.4	ウォッチドッグタイマモードとインターバルタイマモードの切り替え	12-7
12.5.5	ウォッチドッグタイマモードでの内部リセット	12-8
12.5.6	インターバルタイマモードでの OVF フラグのクリア	12-8
13.	シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)	13-1
13.1	特長	13-1
13.2	入出力端子	13-3
13.3	レジスタの説明	13-3
13.3.1	レシーブシフトレジスタ (RSR)	13-4
13.3.2	レシーブデータレジスタ (RDR)	13-4
13.3.3	トランスミットデータレジスタ (TDR)	13-4
13.3.4	トランスミットシフトレジスタ (TSR)	13-4
13.3.5	シリアルモードレジスタ (SMR)	13-5
13.3.6	シリアルコントロールレジスタ (SCR)	13-7
13.3.7	シリアルステータスレジスタ (SSR)	13-9
13.3.8	スマートカードモードレジスタ (SCMR)	13-13
13.3.9	ビットレートレジスタ (BRR)	13-14
13.4	調歩同期式モードの動作	13-21
13.4.1	送受信フォーマット	13-21
13.4.2	調歩同期式モードの受信データサンプリングタイミングと受信マージン	13-23
13.4.3	クロック	13-24
13.4.4	SCI の初期化 (調歩同期式)	13-25
13.4.5	データ送信 (調歩同期式)	13-26
13.4.6	シリアルデータ受信 (調歩同期式)	13-28
13.5	マルチプロセッサ通信機能	13-31
13.5.1	マルチプロセッサシリアルデータ送信	13-32
13.5.2	マルチプロセッサシリアルデータ受信	13-33
13.6	クロック同期式モードの動作	13-36
13.6.1	クロック	13-36
13.6.2	SCI の初期化	13-37
13.6.3	シリアルデータ送信 (クロック同期式)	13-38
13.6.4	シリアルデータ受信 (クロック同期式)	13-40
13.6.5	シリアルデータ送受信同時動作 (クロック同期式)	13-42
13.7	スマートカードインタフェースの動作説明	13-44
13.7.1	接続例	13-44
13.7.2	データフォーマット (ブロック転送モード時を除く)	13-45
13.7.3	ブロック転送モード	13-46
13.7.4	受信データサンプリングタイミングと受信マージン	13-47
13.7.5	初期設定	13-48

13.7.6	データ送信（ブロック転送モードを除く）	13-49
13.7.7	シリアルデータ受信（ブロック転送モードを除く）	13-52
13.7.8	クロック出力制御	13-54
13.8	割り込み要因	13-56
13.8.1	通常のシリアルコミュニケーションインタフェースモードにおける割り込み	13-56
13.8.2	スマートカードインタフェースモードにおける割り込み	13-57
13.9	使用上の注意事項	13-58
13.9.1	モジュールストップモードの設定	13-58
13.9.2	ブレークの検出と処理について	13-58
13.9.3	マーク状態とブレークの送付	13-58
13.9.4	受信エラーフラグと送信動作について（クロック同期式モードのみ）	13-58
13.9.5	DTC の使用上の制約	13-59
13.9.6	モード遷移時の動作	13-59
13.9.7	SCK 端子からポート端子へ切り替えるときの注意事項	13-62
14.	A/D 変換器	14-1
14.1	特長	14-1
14.2	入出力端子	14-3
14.3	レジスタの説明	14-4
14.3.1	A/D データレジスタ A~D（ADDRA~ADDRD）	14-4
14.3.2	A/D コントロール/ステータスレジスタ（ADCSR）	14-5
14.3.3	A/D コントロールレジスタ（ADCR）	14-6
14.4	動作説明	14-6
14.4.1	シングルモード	14-6
14.4.2	スキャンモード	14-7
14.4.3	入力サンプリングと A/D 変換時間	14-7
14.4.4	外部トリガ入力タイミング	14-9
14.5	割り込み要因	14-9
14.6	A/D変換精度の定義	14-10
14.7	使用上の注意事項	14-11
14.7.1	モジュールストップモードの設定	14-11
14.7.2	許容信号源インピーダンスについて	14-11
14.7.3	絶対精度への影響	14-11
14.7.4	アナログ電源端子ほかの設定範囲	14-12
14.7.5	ボード設計上の注意	14-12
14.7.6	ノイズ対策上の注意	14-12

15. RAM	15-1
16. ROM	16-1
16.1 特長	16-1
16.2 モード遷移図	16-3
16.3 ブロック構成	16-6
16.4 入出力端子	16-7
16.5 レジスタの説明	16-7
16.5.1 フラッシュメモリコントロールレジスタ 1 (FLMCR1)	16-8
16.5.2 フラッシュメモリコントロールレジスタ 2 (FLMCR2)	16-9
16.5.3 消去ブロック指定レジスタ 1 (EBR1)	16-9
16.5.4 消去ブロック指定レジスタ 2 (EBR2)	16-10
16.5.5 RAM エミュレーションレジスタ (RAMER)	16-10
16.6 オンボードプログラミング	16-11
16.6.1 ブートモード	16-12
16.6.2 ユーザモードでの書き込み/消去	16-14
16.7 RAMによるフラッシュメモリのエミュレーション	16-15
16.8 書き込み/消去プログラム	16-17
16.8.1 プログラム/プログラムベリファイ	16-17
16.8.2 イレース/イレースベリファイ	16-19
16.8.3 フラッシュメモリの書き込み/消去時の割り込み	16-19
16.9 書き込み/消去プロテクト	16-21
16.9.1 ハードウェアプロテクト	16-21
16.9.2 ソフトウェアプロテクト	16-21
16.9.3 エラープロテクト	16-21
16.10 ライターモード	16-22
16.11 フラッシュメモリの低消費電力動作	16-22
16.12 F-ZTATマイコンのマスクROM化時の注意事項	16-23
17. クロック発振器	17-1
17.1 レジスタの説明	17-2
17.1.1 システムクロックコントロールレジスタ (SCKCR)	17-2
17.1.2 ローパワーコントロールレジスタ (LPWRCR)	17-3
17.2 発振器	17-3
17.2.1 水晶発振子を接続する方法	17-3
17.2.2 外部クロックを入力する方法	17-4
17.3 PLL回路	17-6
17.4 中速クロック分周器	17-6
17.5 バスマスタクロック選択回路	17-6
17.6 使用上の注意事項	17-6

17.6.1	発振子に関する注意事項.....	17-6
17.6.2	ボード設計上の注意.....	17-7
18.	低消費電力状態.....	18-1
18.1	レジスタの説明.....	18-4
18.1.1	スタンバイコントロールレジスタ (SBYCR).....	18-4
18.1.2	モジュールストップコントロールレジスタ A~C (MSTPCRA~MSTPCRC).....	18-5
18.2	中速モード.....	18-6
18.3	スリープモード.....	18-7
18.3.1	スリープモードへの遷移.....	18-7
18.3.2	スリープモードの解除.....	18-7
18.4	ソフトウェアスタンバイモード.....	18-8
18.4.1	ソフトウェアスタンバイモードへの遷移.....	18-8
18.4.2	ソフトウェアスタンバイモードの解除.....	18-8
18.4.3	ソフトウェアスタンバイモード解除後の発振安定時間の設定.....	18-8
18.4.4	ソフトウェアスタンバイモードの応用例.....	18-9
18.5	ハードウェアスタンバイモード.....	18-11
18.5.1	ハードウェアスタンバイモードへの遷移.....	18-11
18.5.2	ハードウェアスタンバイモードの解除.....	18-11
18.5.3	ハードウェアスタンバイモードのタイミング.....	18-11
18.6	モジュールストップモード.....	18-12
18.7	φクロック出力制御.....	18-12
18.8	使用上の注意事項.....	18-13
18.8.1	I/O ポートの状態.....	18-13
18.8.2	発振安定待機中の消費電流.....	18-13
18.8.3	DTC のモジュールストップ.....	18-13
18.8.4	内蔵周辺モジュールの割り込み.....	18-13
18.8.5	MSTPCR のライト.....	18-13
19.	レジスタ一覧.....	19-1
19.1	レジスタアドレス一覧 (アドレス順).....	19-2
19.2	レジスタビット一覧.....	19-8
19.3	各動作モードにおけるレジスタの状態.....	19-14
20.	電气的特性.....	20-1
20.1	絶対最大定格.....	20-1
20.2	DC特性.....	20-2
20.3	AC特性.....	20-4
20.3.1	クロックタイミング.....	20-5
20.3.2	制御信号タイミング.....	20-6

20.3.3	内蔵周辺モジュールタイミング	20-8
20.4	A/D変換特性	20-11
20.5	フラッシュメモリ特性	20-12
付録		付録-1
A.	各処理状態におけるI/Oポートの状態	付録-1
B.	型名一覧	付録-2
C.	外形寸法図	付録-3
索引		索引-1

図目次

1. 概要	
図 1.1	ブロック図..... 1-2
図 1.2	ピン配置図..... 1-3
2. CPU	
図 2.1	例外処理ベクタテーブル（ノーマルモード）..... 2-5
図 2.2	ノーマルモードのスタック構造..... 2-5
図 2.3	例外処理ベクタテーブル（アドバンストモード）..... 2-6
図 2.4	アドバンストモードのスタック構造..... 2-7
図 2.5	アドレス空間..... 2-8
図 2.6	CPU 内部レジスタ構成..... 2-9
図 2.7	汎用レジスタの使用法..... 2-10
図 2.8	スタックの状態..... 2-11
図 2.9	汎用レジスタのデータ形式（1）..... 2-14
図 2.9	汎用レジスタのデータ形式（2）..... 2-15
図 2.10	メモリ上でのデータ形式..... 2-16
図 2.11	命令フォーマットの例..... 2-28
図 2.12	メモリ間接による分岐アドレスの指定..... 2-32
図 2.13	状態遷移図..... 2-35
3. MCU 動作モード	
図 3.1	アドレスマップ..... 3-5
4. 例外処理	
図 4.1	リセットシーケンス（アドバンストモード／内蔵 ROM 有効）..... 4-4
図 4.2	リセットシーケンス（アドバンストモード／内蔵 ROM 無効：本 LSI では使用できません）..... 4-5
図 4.3	例外処理終了後のスタックの状態..... 4-8
図 4.4	SP を奇数に設定したときの動作..... 4-9
5. 割り込みコントローラ	
図 5.1	割り込みコントローラのブロック図..... 5-2
図 5.2	IRQ5～IRQ0 割り込みのブロック図..... 5-8
図 5.3	割り込み制御モード 0 の割り込み受け付けまでのフロー..... 5-13
図 5.4	割り込み制御モード 2 の割り込み受け付けまでのフロー..... 5-15
図 5.5	割り込み例外処理..... 5-16
図 5.6	割り込みの発生とディスエーブルの競合..... 5-18
6. PC ブレークコントローラ（PBC）	
図 6.1	PC ブレークコントローラのブロック図..... 6-2
図 6.2	低消費電力モード遷移時の動作..... 6-5

7. バスコントローラ	
図 7.1 内蔵メモリアクセスサイクル.....	7-1
図 7.2 内蔵周辺モジュールアクセスサイクル.....	7-2
8. データトランスファコントローラ (DTC)	
図 8.1 DTC のブロック図.....	8-2
図 8.2 DTC 起動要因制御ブロック図.....	8-7
図 8.3 アドレス空間上での DTC レジスタ情報の配置.....	8-8
図 8.4 DTC 動作フローチャート.....	8-11
図 8.5 ノーマルモードのメモリマップ.....	8-12
図 8.6 リピートモードのメモリマップ.....	8-13
図 8.7 ブロック転送モードのメモリマップ.....	8-14
図 8.8 チェイン転送の動作.....	8-15
図 8.9 DTC の動作タイミング (ノーマルモード、リピートモードの例).....	8-16
図 8.10 DTC の動作タイミング (ブロック転送モード、ブロックサイズ=2 の例).....	8-16
図 8.11 DTC の動作タイミング (チェイン転送の例).....	8-17
10. 16 ビットタイマパルスユニット (TPU)	
図 10.1 TPU のブロック図.....	10-4
図 10.2 カウンタ動作設定手順例.....	10-35
図 10.3 フリーランニングカウンタの動作.....	10-36
図 10.4 周期カウンタの動作.....	10-37
図 10.5 コンペアマッチによる波形出力動作例.....	10-37
図 10.6 0 出力/1 出力の動作例.....	10-38
図 10.7 トグル出力の動作例.....	10-38
図 10.8 インプットキャプチャ動作の設定例.....	10-39
図 10.9 インプットキャプチャ動作例.....	10-40
図 10.10 同期動作の設定手順例.....	10-41
図 10.11 同期動作の動作例.....	10-42
図 10.12 コンペアマッチバッファ動作.....	10-43
図 10.13 インプットキャプチャバッファ動作.....	10-43
図 10.14 バッファ動作の設定手順例.....	10-44
図 10.15 バッファ動作例 (1).....	10-45
図 10.16 バッファ動作例 (2).....	10-46
図 10.17 カスケード接続動作設定手順.....	10-47
図 10.18 カスケード接続動作例 (1).....	10-48
図 10.19 カスケード接続動作例 (2).....	10-48
図 10.20 PWM モードの設定手順例.....	10-51
図 10.21 PWM モードの動作例 (1).....	10-51
図 10.22 PWM モードの動作例 (2).....	10-52
図 10.23 PWM モード動作例 (3).....	10-53
図 10.24 位相計数モードの設定手順例.....	10-54
図 10.25 位相計数モード 1 の動作例.....	10-55
図 10.26 位相計数モード 2 の動作例.....	10-56
図 10.27 位相計数モード 3 の動作例.....	10-57
図 10.28 位相計数モード 4 の動作例.....	10-58
図 10.29 位相計数モードの応用例.....	10-59

図 10.30	内部クロック動作時のカウントタイミグ	10-62
図 10.31	外部クロック動作時のカウントタイミグ	10-62
図 10.32	アウトプットコンペア出力タイミグ	10-63
図 10.33	インプットキャプチャ入力信号タイミグ	10-63
図 10.34	カウンタクリアタイミグ (コンペアマッチ)	10-64
図 10.35	カウンタクリアタイミグ (インプットキャプチャ)	10-64
図 10.36	バッファ動作タイミグ (コンペアマッチ)	10-65
図 10.37	バッファ動作タイミグ (インプットキャプチャ)	10-65
図 10.38	TGI 割り込みタイミグ (コンペアマッチ)	10-66
図 10.39	TGI 割り込みタイミグ (インプットキャプチャ)	10-67
図 10.40	TCIV 割り込みのセットタイミグ	10-68
図 10.41	TCIU 割り込みのセットタイミグ	10-68
図 10.42	CPU によるステータスフラグのクリアタイミグ	10-69
図 10.43	DTC の起動によるステータスフラグのクリアタイミグ	10-69
図 10.44	位相計数モード時の位相差、オーバーラップ、およびパルス幅	10-70
図 10.45	TCNT のライトとクリアの競合	10-71
図 10.46	TCNT のライトとカウントアップの競合	10-71
図 10.47	TGR のライトとコンペアマッチの競合	10-72
図 10.48	バッファレジスタのライトとコンペアマッチの競合	10-73
図 10.49	TGR のリードとインプットキャプチャの競合	10-74
図 10.50	TGR のライトとインプットキャプチャの競合	10-75
図 10.51	バッファレジスタのライトとインプットキャプチャの競合	10-76
図 10.52	オーバフローとカウンタクリアの競合	10-77
図 10.53	TCNT のライトとオーバフローの競合	10-78
11. プログラマブルパルスジェネレータ (PPG)		
図 11.1	PPG のブロック図	11-2
図 11.2	PPG 概要図	11-10
図 11.3	NDR の内容が転送・出力されるタイミグ例	11-11
図 11.4	パルス出力通常動作の設定手順例	11-12
図 11.5	パルス出力通常動作例 (5 相パルス出力例)	11-13
図 11.6	パルス出力ノンオーバーラップ動作	11-14
図 11.7	ノンオーバーラップ動作と NDR ライトタイミグ	11-15
図 11.8	パルス出力ノンオーバーラップ動作の設定手順例	11-16
図 11.9	パルス出力ノンオーバーラップ動作例 (4 相の相補ノンオーバーラップ出力)	11-17
図 11.10	パルス反転出力例	11-19
図 11.11	インプットキャプチャによるパルス出力例	11-20
12. ウォッチドッグタイマ (WDT)		
図 12.1	WDT のブロック図	12-2
図 12.2	TCNT、TCSR、RSTCSR へのライト	12-6
図 12.3	TCNT のライトとカウントアップの競合	12-7

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)	
図 13.1 SCI のブロック図	13-2
図 13.2 調歩同期式通信のデータフォーマット	
(8 ビットデータ/パリティあり/2 ストップビットの例)	13-21
図 13.3 調歩同期式モードの受信データサンプリングタイミング	13-23
図 13.4 出力クロックと送信データの位相関係 (調歩同期式モード)	13-24
図 13.5 SCI の初期化フローチャートの例	13-25
図 13.6 調歩同期式モードの送信時の動作例	
(8 ビットデータ/パリティあり/1 ストップビットの例)	13-26
図 13.7 シリアル送信のフローチャートの例	13-27
図 13.8 SCI の受信時の動作例 (8 ビットデータ/パリティあり/1 ストップビットの例)	13-28
図 13.9 シリアル受信データフローチャートの例 (1)	13-29
図 13.9 シリアル受信データフローチャートの例 (2)	13-30
図 13.10 マルチプロセッサフォーマットを使用した通信例	
(受信局 A へのデータ H'AA の送信の例)	13-31
図 13.11 マルチプロセッサシリアル送信のフローチャートの例	13-32
図 13.12 SCI の受信時の動作例	
(8 ビットデータ/マルチプロセッサビットあり/1 ストップビットの例)	13-33
図 13.13 マルチプロセッサシリアル受信のフローチャートの例 (1)	13-34
図 13.13 マルチプロセッサシリアル受信のフローチャートの例 (2)	13-35
図 13.14 クロック同期式通信のデータフォーマット (LSB ファーストの場合)	13-36
図 13.15 SCI の初期化フローチャートの例	13-37
図 13.16 クロック同期式モードの送信時の動作例	13-38
図 13.17 シリアル送信のフローチャートの例	13-39
図 13.18 SCI の受信時の動作例	13-40
図 13.19 シリアルデータ受信フローチャートの例	13-41
図 13.20 シリアル送受信同時動作のフローチャートの例	13-43
図 13.21 スマートカードインタフェース端子接続概要	13-44
図 13.22 通常のスマートカードインタフェースのデータフォーマット	13-45
図 13.23 ダイレクトコンベンション (SDIR=SINV=0/ \bar{E} =0)	13-46
図 13.24 インバースコンベンション (SDIR=SINV=0/ \bar{E} =1)	13-46
図 13.25 スマートカードインタフェースモード時の受信データサンプリングタイミング	
(372 倍のクロック使用時)	13-47
図 13.26 SCI 送信モードの場合の再転送動作	13-49
図 13.27 送信動作時の TEND フラグ発生タイミング	13-50
図 13.28 送信処理フローの例	13-51
図 13.29 SCI 受信モードの場合の再転送動作	13-52
図 13.30 受信フローの例	13-53
図 13.31 クロック出力固定タイミング	13-54
図 13.32 クロック停止・再起動手順	13-55
図 13.33 DTC によるクロック同期式送信時の例	13-59
図 13.34 送信時のモード遷移フローチャートの例	13-60
図 13.35 調歩同期式モード送信時 (内部クロック) の端子状態	13-60
図 13.36 クロック同期式モード送信時 (内部クロック) の端子状態	13-61
図 13.37 受信時のモード遷移フローチャートの例	13-61
図 13.38 SCK 端子からポート端子へ切り替えるときの動作	13-62

14. A/D 変換器	
図 14.1 A/D 変換器のブロック図	14-2
図 14.2 A/D 変換タイミング	14-8
図 14.3 外部トリガ入力タイミング	14-9
図 14.4 A/D 変換精度の定義	14-10
図 14.5 A/D 変換精度の定義	14-11
図 14.6 アナログ入力回路の例	14-12
図 14.7 アナログ入力保護回路の例	14-13
図 14.8 アナログ入力端子等価回路	14-13
16. ROM	
図 16.1 フラッシュメモリのブロック図	16-2
図 16.2 フラッシュメモリに関する状態遷移	16-3
図 16.3 ブートモード	16-4
図 16.4 ユーザプログラムモード	16-5
図 16.5 フラッシュメモリのブロック構成	16-6
図 16.6 ユーザモードにおける書き込み/消去例	16-14
図 16.7 RAM によるエミュレーションフロー	16-15
図 16.8 RAM のオーバーラップ例	16-16
図 16.9 プログラム/プログラムベリファイフロー	16-18
図 16.10 イレース/イレースベリファイフロー	16-20
17. クロック発振器	
図 17.1 クロック発振器のブロック図	17-1
図 17.2 水晶発振子の接続例	17-3
図 17.3 水晶発振子の等価回路	17-4
図 17.4 外部クロックの接続例	17-4
図 17.5 外部クロック入力タイミング	17-5
図 17.6 発振回路部のボード設計に関する注意事項	17-7
図 17.7 PLL 回路の外付け推奨回路	17-7
18. 低消費電力状態	
図 18.1 モード遷移図	18-2
図 18.2 中速モードの遷移・解除タイミング	18-7
図 18.3 ソフトウェアスタンバイモードの応用例	18-10
図 18.4 ハードウェアスタンバイモードの遷移タイミング	18-11
図 18.5 ハードウェアスタンバイモードからの復帰タイミング	18-12
20. 電気的特性	
図 20.1 出力負荷回路	20-4
図 20.2 システムクロックタイミング	20-5
図 20.3 発振安定時間タイミング	20-6
図 20.4 リセット入力タイミング	20-7
図 20.5 割り込み入力タイミング	20-7
図 20.6 I/O ポート入出力タイミング	20-9
図 20.7 TPU 入出力タイミング	20-9
図 20.8 TPU クロック入力タイミング	20-9
図 20.9 SCK クロック入力タイミング	20-10

図 20.10	SCI 入出力タイミング/クロック同期式モード	20-10
図 20.11	A/D 変換器外部トリガ入力タイミング	20-10
図 20.12	PPG 出力タイミング	20-10

付録

図 C.1	外形寸法図	付録-3
-------	-------------	------

表目次

2. CPU	
表 2.1 命令の分類	2-17
表 2.2 オペレーションの記号	2-18
表 2.3 データ転送命令	2-19
表 2.4 算術演算命令	2-20
表 2.5 論理演算命令	2-22
表 2.6 シフト命令	2-22
表 2.7 ビット操作命令	2-23
表 2.8 分岐命令	2-25
表 2.9 システム制御命令	2-26
表 2.10 ブロック転送命令	2-27
表 2.11 アドレッシングモード一覧表	2-29
表 2.12 絶対アドレスのアクセス範囲	2-30
表 2.13 実行アドレスの計算方法	2-32
3. MCU 動作モード	
表 3.1 MCU 動作モードの選択	3-1
表 3.2 各動作モードにおける端子機能	3-4
4. 例外処理	
表 4.1 例外処理の種類と優先度	4-1
表 4.2 例外処理ベクタテーブル	4-2
表 4.3 トレース例外処理後の CCR、EXR の状態	4-6
表 4.4 トラップ命令例外処理後の CCR、EXR の状態	4-7
5. 割り込みコントローラ	
表 5.1 端子構成	5-3
表 5.2 割り込み要因とベクタアドレスおよび割り込み優先順位一覧	5-10
表 5.3 割り込み制御モード	5-12
表 5.4 割り込み応答時間	5-17
表 5.5 割り込み例外処理の実行状態のステート数	5-17
8. データトランスファコントローラ (DTC)	
表 8.1 割り込み要因と DTC ベクタアドレスおよび対応する DTCE	8-9
表 8.2 ノーマルモードのレジスタ機能	8-12
表 8.3 リピートモードのレジスタ機能	8-13
表 8.4 ブロック転送モードのレジスタ機能	8-14
表 8.5 DTC の実行状態	8-17
表 8.6 実行状態に必要なステート数	8-18

9. I/O ポート

表 9.1	ポートの機能一覧	9-2
表 9.2	P17 の端子機能	9-6
表 9.3	P16 の端子機能	9-6
表 9.4	P15 の端子機能	9-6
表 9.5	P14 の端子機能	9-6
表 9.6	P13 の端子機能	9-7
表 9.7	P12 の端子機能	9-7
表 9.8	P11 の端子機能	9-7
表 9.9	P10 の端子機能	9-7
表 9.10	PA3 の端子機能	9-11
表 9.11	PA2 の端子機能	9-11
表 9.12	PA1 の端子機能	9-11
表 9.13	PA0 の端子機能	9-11
表 9.14	PB7 の端子機能	9-14
表 9.15	PB6 の端子機能	9-14
表 9.16	PB5 の端子機能	9-14
表 9.17	PB4 の端子機能	9-15
表 9.18	PB3 の端子機能	9-15
表 9.19	PB2 の端子機能	9-15
表 9.20	PB1 の端子機能	9-15
表 9.21	PB0 の端子機能	9-15
表 9.22	PC7 の端子機能	9-18
表 9.23	PC6 の端子機能	9-18
表 9.24	PC5 の端子機能	9-18
表 9.25	PC4 の端子機能	9-18
表 9.26	PC3 の端子機能	9-19
表 9.27	PC2 の端子機能	9-19
表 9.28	PC1 の端子機能	9-19
表 9.29	PC0 の端子機能	9-19
表 9.30	PF7 の端子機能	9-23
表 9.31	PF6 の端子機能	9-23
表 9.32	PF5 の端子機能	9-23
表 9.33	PF4 の端子機能	9-23
表 9.34	PF3 の端子機能	9-24
表 9.35	PF2 の端子機能	9-24
表 9.36	PF1 の端子機能	9-24
表 9.37	PF0 の端子機能	9-24

10. 16 ビットタイマパルスユニット (TPU)

表 10.1	TPU の機能一覧	10-2
表 10.2	端子構成	10-5
表 10.3	CCLR2~CCLR0 (チャンネル 0, 3)	10-9
表 10.4	CCLR2~CCLR0 (チャンネル 1, 2, 4, 5)	10-9
表 10.5	TPSC2~TPSC0 (チャンネル 0)	10-10
表 10.6	TPSC2~TPSC0 (チャンネル 1)	10-10
表 10.7	TPSC2~TPSC0 (チャンネル 2)	10-11

表 10.8	TPSC2~TPSC0 (チャンネル 3)	10-11
表 10.9	TPSC2~TPSC0 (チャンネル 4)	10-11
表 10.10	TPSC2~TPSC0 (チャンネル 5)	10-12
表 10.11	MD3~MD0	10-13
表 10.12	TIORH_0 (チャンネル 0)	10-14
表 10.13	TIORL_0 (チャンネル 0)	10-15
表 10.14	TIOR_1 (チャンネル 1)	10-16
表 10.15	TIOR_2 (チャンネル 2)	10-17
表 10.16	TIORH_3 (チャンネル 3)	10-18
表 10.17	TIORL_3 (チャンネル 3)	10-19
表 10.18	TIOR_4 (チャンネル 4)	10-20
表 10.19	TIOR_5 (チャンネル 5)	10-21
表 10.20	TIORH_0 (チャンネル 0)	10-22
表 10.21	TIORL_0 (チャンネル 0)	10-23
表 10.22	TIOR_1 (チャンネル 1)	10-24
表 10.23	TIOR_2 (チャンネル 2)	10-25
表 10.24	TIORH_3 (チャンネル 3)	10-26
表 10.25	TIORL_3 (チャンネル 3)	10-27
表 10.26	TIOR_4 (チャンネル 4)	10-28
表 10.27	TIOR_5 (チャンネル 5)	10-29
表 10.28	レジスタの組み合わせ	10-43
表 10.29	カスケード接続組み合わせ	10-47
表 10.30	各 PWM 出力のレジスタと出力端子	10-50
表 10.31	位相計数モードクロック入力端子	10-54
表 10.32	位相計数モード 1 のアップ/ダウンカウント条件	10-55
表 10.33	位相計数モード 2 のアップ/ダウンカウント条件	10-56
表 10.34	位相計数モード 3 のアップ/ダウンカウント条件	10-57
表 10.35	位相計数モード 4 のアップ/ダウンカウント条件	10-58
表 10.36	TPU 割り込み一覧	10-60
11. プログラマブルパルスジェネレータ (PPG)		
表 11.1	PPG の入出力端子	11-3
12. ウォッチドッグタイマ (WDT)		
表 12.1	WDT の割り込み要因	12-5
13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)		
表 13.1	端子構成	13-3
表 13.2	BRR の設定値 N とビットレート B の関係	13-14
表 13.3	ビットレートに対する BRR の設定例 [調歩同期式モード]	13-15
表 13.4	各動作周波数における最大ビットレート [調歩同期式モード]	13-18
表 13.5	外部クロック入力時の最大ビットレート [調歩同期式モード]	13-18
表 13.6	ビットレートに対する BRR の設定例 [クロック同期式モード]	13-19
表 13.7	外部クロック入力時の最大ビットレート [クロック同期式モード]	13-19
表 13.8	ビットレートに対する BRR の設定例 (スマートカードインタフェースモードで n=0、S=372 のとき)	13-20
表 13.9	各動作周波数における最大ビットレート (スマートカードインタフェースモードで S=372 のとき)	13-20

表 13.10	シリアル送信/受信フォーマット〔調歩同期式モード〕	13-22
表 13.11	SSR のステータスフラグの状態と受信データの処理	13-29
表 13.12	SCI 割り込み要因	13-56
表 13.13	SCI 割り込み要因	13-57
14. A/D 変換器		
表 14.1	端子構成	14-3
表 14.2	アナログ入力チャンネルと ADDR の対応	14-4
表 14.3	A/D 変換時間 (シングルモード)	14-8
表 14.4	A/D 変換時間 (スキャンモード)	14-8
表 14.5	A/D 変換器の割り込み要因	14-9
表 14.6	アナログ端子の規格	14-13
16. ROM		
表 16.1	ブートモードとユーザプログラムモードの相違点	16-3
表 16.2	端子構成	16-7
表 16.3	プログラミングモード選択方法	16-11
表 16.4	ブートモードの動作	16-13
表 16.5	ビットレート自動合わせ込みが可能なシステムクロック周波数	16-13
表 16.6	フラッシュメモリの動作状態	16-22
表 16.7	F-ZTAT 版に存在してマスク ROM 版に存在しないレジスタ	16-23
17. クロック発振器		
表 17.1	ダンピング抵抗値	17-3
表 17.2	水晶発振子の特性	17-4
表 17.3	外部クロック入力条件	17-5
18. 低消費電力状態		
表 18.1	低消費電力モード遷移条件	18-2
表 18.2	各モードでの本 LSI の内部状態	18-3
表 18.3	発振安定時間の設定	18-9
表 18.4	各処理状態における ϕ 端子の状態	18-12
20. 電気的特性		
表 20.1	絶対最大定格	20-1
表 20.2	DC 特性	20-2
表 20.3	出力許容電流	20-4
表 20.4	クロックタイミング	20-5
表 20.5	制御信号タイミング	20-6
表 20.6	内蔵周辺タイミング	20-8
表 20.7	A/D 変換特性	20-11
表 20.8	フラッシュメモリ特性	20-12

1. 概要

1.1 特長

- 16ビット高速H8S/2600CPU
H8/300CPU、H8/300HCPUとオブジェクトレベルで上位互換
汎用レジスタ：16ビット×16本
基本命令：69種類
- 豊富な周辺機能
PCブ레이크コントローラ（PBC）
データトランスファコントローラ（DTC）
16ビットタイマパルスユニット（TPU）
プログラマブルパルスジェネレータ（PPG）
ウォッチドッグタイマ（WDT）
調歩同期式またはクロック同期式シリアルコミュニケーションインタフェース（SCI）
10ビットA/D変換器
クロック発振器

- 内蔵メモリ

ROM	型名	ROM	RAM	備考
フラッシュメモリ版	HD64F2602	128K バイト	4K バイト	
マスク ROM 版	HD6432602	128K バイト	4K バイト	
	HD6432601	64K バイト	4K バイト	

- 汎用入出力ポート
入出力ポート：43本
入力ポート：13本
- 各種低消費電力モードをサポート
- 小型パッケージ

パッケージ	コード	ボディサイズ	ピンピッチ
80 ピン QFP	FP-80Q/ FP-80QV	14.0×14.0mm	0.65mm

1. 概要

1.2 ブロック図

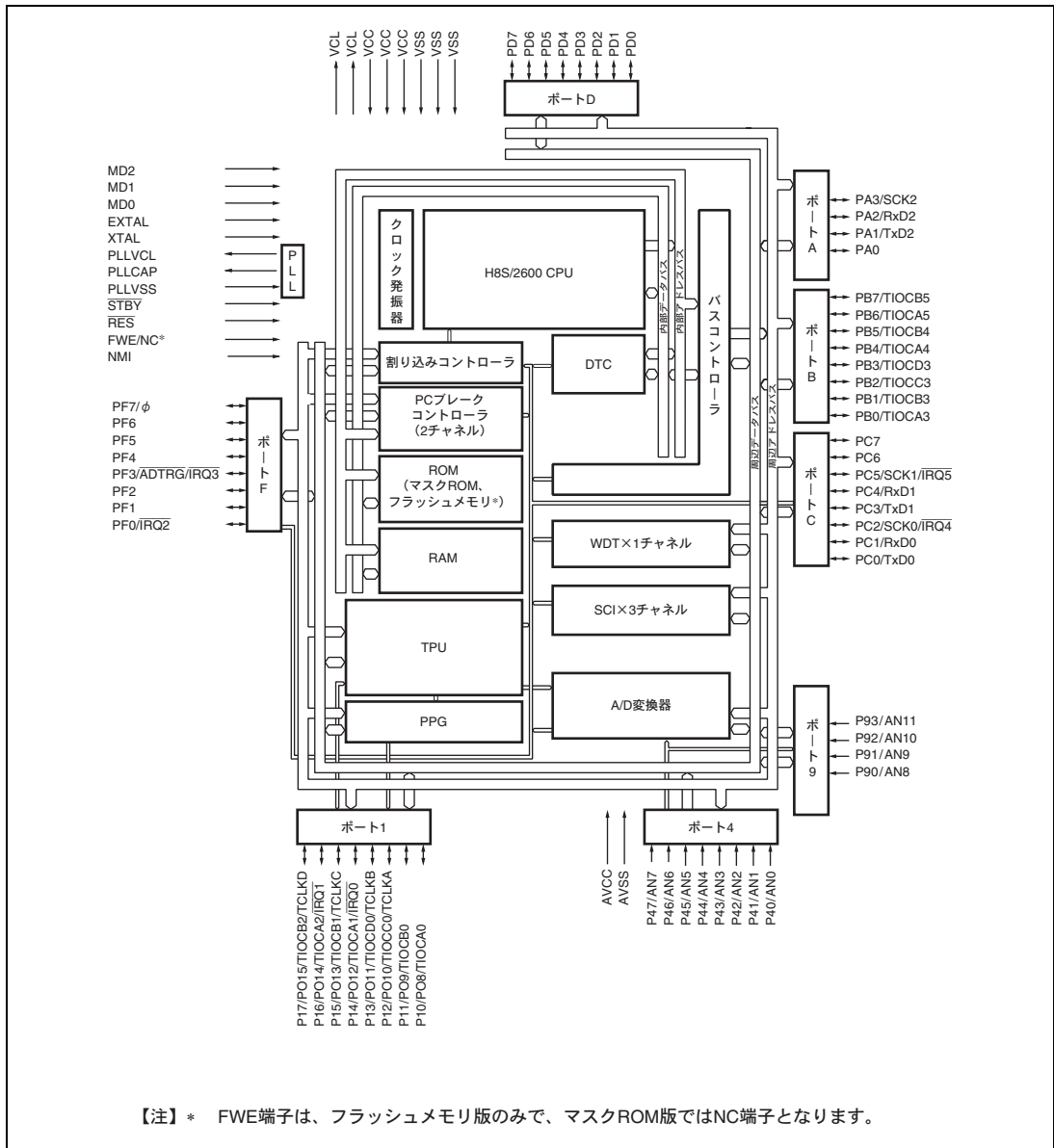


図 1.1 ブロック図

1.3 ピン配置図

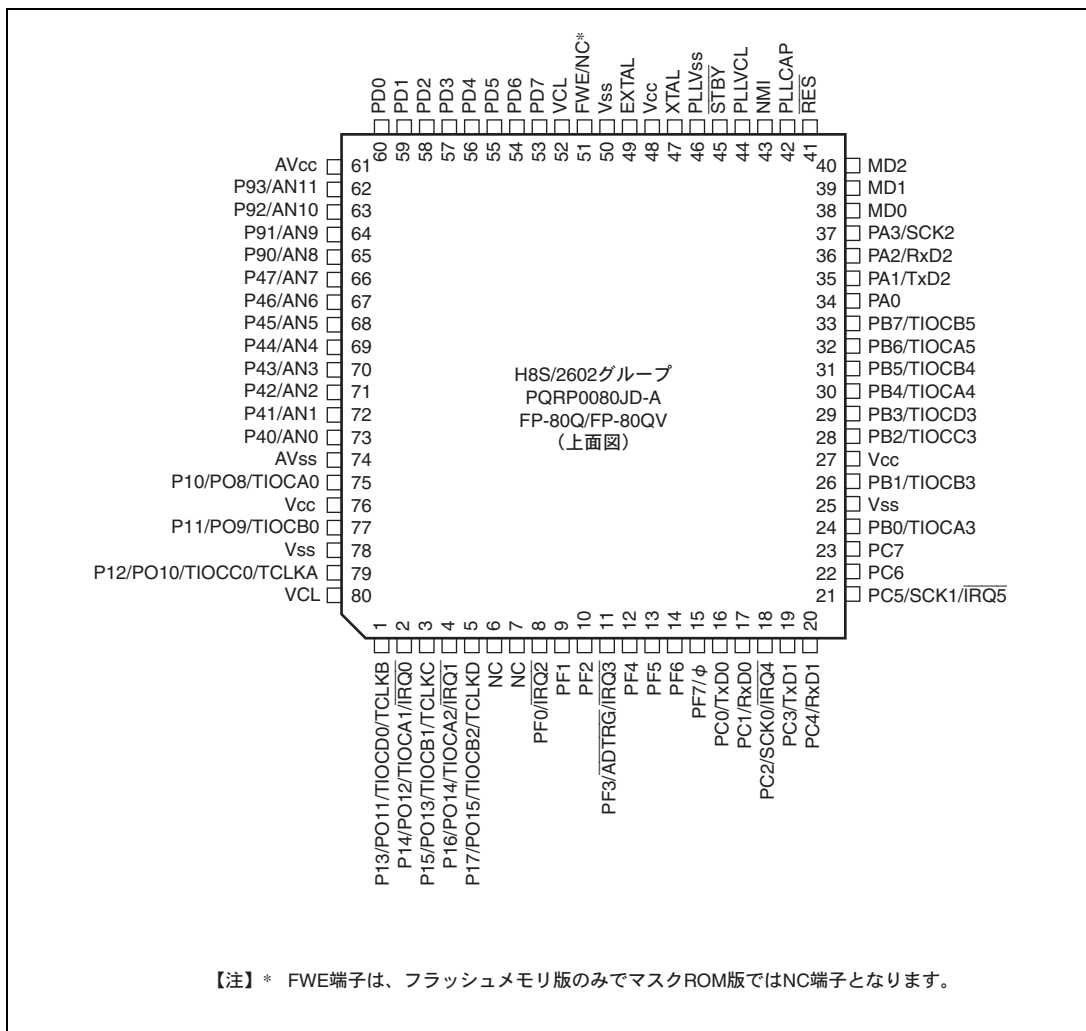


図 1.2 ピン配置図

1. 概要

1.4 端子機能

分類	記号	ピン番号	入出力	機能
電源	VCC	27 48 76	入力	電源端子です。システムの電源に接続してください。
	VSS	25 50 78	入力	グランド端子です。システム電源 (0V) に接続してください。
	VCL	52 80	出力	内部降圧電源用の外付け容量端子です。0.1 μ F のコンデンサを介して VSS に接続してください (端子近くに配置)。
クロック	PLLVCL	44	出力	内蔵 PLL 発振器用の内部降圧電源用の外付け容量端子です。0.1 μ F のコンデンサを介して PLLVSS に接続してください (端子近くに配置)。
	PLLVSS	46	入力	内蔵 PLL 発振器用のグランド端子です。
	PLLCAP	42	出力	内蔵 PLL 発振器用の外付け容量端子です。
	XTAL	47	入力	水晶発振子を接続します。水晶発振子を接続する場合、および外部クロック入力の場合の接続例については、「第 17 章 クロック発振器」を参照してください。
	EXTAL	49	入力	水晶発振子を接続します。また、EXTAL 端子は外部クロックを入力することもできます。水晶発振子を接続する場合、および外部クロック入力の場合の接続例については、「第 17 章 クロック発振器」を参照してください。
	ϕ	15	出力	外部デバイスにシステムクロックを供給します。
動作モード コントロール	MD2	40	入力	動作モードを設定します。これらの端子は動作中には変化させないでください。
	MD1	39		
	MD0	38		
システム制御	$\overline{\text{RES}}$	41	入力	リセット端子です。この端子が Low レベルになると、リセット状態になります。
	STBY	45	入力	この端子が Low レベルになると、ハードウェアスタンバイモードに移移します。
	FWE	51	入力	フラッシュメモリ用の端子です。フラッシュメモリ版のみとなります。

分類	記号	ピン番号	入出力	機能
割り込み	NMI	43	入力	ノンマスクابل割り込み要求端子です。使用しない場合は High レベルに固定してください。
	$\overline{\text{IRQ5}}$	21	入力	マスク可能な割り込みを要求します。
	$\overline{\text{IRQ4}}$	18		
	$\overline{\text{IRQ3}}$	11		
	$\overline{\text{IRQ2}}$	8		
	$\overline{\text{IRQ1}}$	4		
	$\overline{\text{IRQ0}}$	2		
16 ビットタイム パルスユニット	TCLKA	79		
	TCLKB	1		
	TCLKC	3		
	TCLKD	5		
	TIOCA0	75	入出力	TGRA_0~TGRD_0 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM 出力端子です。
	TIOCB0	77		
	TIOCC0	79		
	TIOCD0	1		
	TIOCA1	2	入出力	TGRA_1、TGRB_1 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM 出力端子です。
	TIOCB1	3		
	TIOCA2	4	入出力	TGRA_2、TGRB_2 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM 出力端子です。
	TIOCB2	5		
	TIOCA3	24	入出力	TGRA_3~TGRD_3 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM 出力端子です。
	TIOCB3	26		
TIOCC3	28			
TIOCD3	29			
TIOCA4	30	入出力	TGRA_4、TGRB_4 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM 出力端子です。	
TIOCB4	31			
TIOCA5	32	入出力	TGRA_5、TGRB_5 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/PWM 出力端子です。	
TIOCB5	33			
プログラマ ブルパルス ジェネレータ (PPG)	PO15	5	出力	パルス出力端子です。
	PO14	4		
	PO13	3		
	PO12	2		
	PO11	1		
	PO10	79		
	PO9	77		
PO8	75			

1. 概要

分類	記号	ピン番号	入出力	機能	
シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI) / スマートカードインタフェース	TxD2	35	出力	データ出力端子です。	
	TxD1	19			
	TxD0	16			
	Rx	RxD2	36	入力	データ入力端子です。
		RxD1	20		
		RxD0	17		
	SCK	SCK2	37	入出力	クロック入出力端子です。
		SCK1	21		
		SCK0	18		
A/D 変換器	AN11	62	入力	アナログ入力端子です。	
	AN10	63			
	AN9	64			
	AN8	65			
	AN7	66			
	AN6	67			
	AN5	68			
	AN4	69			
	AN3	70			
	AN2	71			
	AN1	72			
	AN0	73			
	ADTRG	11			入力
	AVCC	61	入力	A/D 変換器の電源端子です。A/D 変換器を使用しない場合はシステム電源 (+5V) に接続してください。	
AVSS	74	入力	A/D 変換器のグランド端子です。システムの電源 (0V) に接続してください。		
I/O ポート	P17	5	入出力	8 ビットの入出力端子です。	
	P16	4			
	P15	3			
	P14	2			
	P13	1			
	P12	79			
	P11	77			
	P10	75			

分類	記号	ピン番号	入出力	機能
I/O ポート	P47	66	入力	8 ビットの入力端子です。
	P46	67		
	P45	68		
	P44	69		
	P43	70		
	P42	71		
	P41	72		
	P40	73		
	P93	62	入力	4 ビットの入力端子です。
	P92	63		
	P91	64		
	P90	65		
	PA3	37	入出力	4 ビットの入出力端子です。
	PA2	36		
	PA1	35		
	PA0	34		
	PB7	33	入出力	8 ビットの入出力端子です。
	PB6	32		
	PB5	31		
	PB4	30		
PB3	29			
PB2	28			
PB1	26			
PB0	24			
PC7	23	入出力	8 ビットの入出力端子です。	
PC6	22			
PC5	21			
PC4	20			
PC3	19			
PC2	18			
PC1	17			
PC0	16			

1. 概要

分類	記号	ピン番号	入出力	機能
I/O ポート	PD7	53	入出力	8ビットの入出力端子です。
	PD6	54		
	PD5	55		
	PD4	56		
	PD3	57		
	PD2	58		
	PD1	59		
	PD0	60		
	PF7	15	入出力	8ビットの入出力端子です。
	PF6	14		
	PF5	13		
	PF4	12		
	PF3	11		
	PF2	10		
	PF1	9		
PF0	8			

2. CPU

H8S/2600 CPU は、H8/300 CPU および H8/300H CPU と上位互換のアーキテクチャを持つ内部 32 ビット構成の高速 CPU です。H8S/2600 CPU には 16 ビットの汎用レジスタが 16 本あり、16M バイトのリニアなアドレス空間を扱うことができるリアルタイム制御に最適な CPU です。この章は H8S/2600 CPU について説明しています。製品によって使用できるモードやアドレス空間が異なりますので、製品ごとの詳細は「第 3 章 MCU 動作モード」を参照してください。

2.1 特長

- H8/300 CPU および H8/300H CPU と上位互換
H8/300 および H8/300H CPU オブジェクトプログラムを実行可能
- 汎用レジスタ：16 ビット×16 本
8 ビット×16 本、32 ビット×8 本としても使用可能
- 基本命令：69 種類
8/16/32 ビット演算命令
乗除算命令
強力なビット操作命令
積和演算命令
- アドレッシングモード：8 種類
レジスタ直接 (Rn)
レジスタ間接 (@ERn)
ディスプレイメント付きレジスタ間接 (@(d:16,ERn)/@(d:32,ERn))
ポストインクリメント/プリデクリメントレジスタ間接 (@ERn+/@-ERn)
絶対アドレス (@aa:8/@aa:16/@aa:24/@aa:32)
イミディエイト (#xx:8/#xx:16/#xx:32)
プログラムカウンタ相対 (@(d:8,PC)/@(d:16,PC))
メモリ間接 (@@aa:8)
- アドレス空間：16M バイト
プログラム：16M バイト
データ：16M バイト

2. CPU

- 高速動作
頻出命令をすべて1~2ステートで実行
8/16/32ビットレジスタ間加減算：1ステート
8×8ビットレジスタ間乗算：3ステート
16÷8ビットレジスタ間除算：12ステート
16×16ビットレジスタ間乗算：4ステート
32÷16ビットレジスタ間除算：20ステート
- CPU動作モード：2種類
ノーマルモード/アドバンスモード

【注】 本 LSI ではノーマルモードは使用できません。

- 低消費電力状態
SLEEP命令により低消費電力状態に移移
CPU動作クロックを選択可能

2.1.1 H8S/2600 CPU と H8S/2000 CPU との相違点

H8S/2600 CPU および H8S/2000 CPU の相違点は以下のとおりです。

- レジスタ構成
MACレジスタは、H8S/2600 CPUのみサポートしています。
- 基本命令
MAC、CLRMAC、LDMAC、STMACの4命令は、H8S/2600 CPUのみサポートしています。
- MULXU、MULXS命令の実行ステート数

命令	ニーモニック	実行ステート	
		H8S/2600	H8S/2000
MULXU	MULXU.B Rs, Rd	3	12
	MULXU.W Rs, ERd	4	20
MULXS	MULXS.B Rs, Rd	4	13
	MULXS.W Rs, ERd	5	21

そのほか、製品によってアドレス空間やCCR、EXRの機能、低消費電力状態などが異なる場合があります。

2.1.2 H8/300 CPU との相違点

H8S/2600 CPU は、H8/300 CPU に対して、次の点が追加、拡張されています。

- 汎用レジスタ、コントロールレジスタを拡張
16ビット×8本の拡張レジスタおよび8ビット×1本、32ビット×2本のコントロールレジスタを追加
- アドレス空間を拡張
ノーマルモードのとき、H8/300 CPUと同一の64Kバイトのアドレス空間を使用可能
アドバンスモードのとき、最大16Mバイトのアドレス空間を使用可能
- アドレッシングモードを強化
16Mバイトのアドレス空間を有効に使用可能
- 命令強化
ビット操作命令のアドレッシングモードを強化
符号付き乗除算命令などを追加
積和演算命令を追加
2ビットシフト命令を追加
複数レジスタの退避／復帰命令を追加
テストアンドセット命令を追加
- 高速化
基本的な命令を2倍に高速化

2.1.3 H8/300H CPU との相違点

H8S/2600 CPU は、H8/300H CPU に対して、次の点が追加、拡張されています。

- コントロールレジスタを拡張
8ビット×1本、32ビット×2本のコントロールレジスタを追加
- 命令強化
ビット操作命令のアドレッシングモードを強化
積和演算命令を追加
2ビットシフト命令を追加
複数レジスタの退避／復帰命令を追加
テストアンドセット命令を追加
- 高速化
基本的な命令を2倍に高速化

2.2 CPU動作モード

H8S/2600 CPUには、ノーマルモードとアドバンスモードの2つの動作モードがあります。サポートするアドレス空間は、ノーマルモードでは最大64Kバイト、アドバンスモードでは16Mバイトです。動作モードはモード端子によって決まります。

2.2.1 ノーマルモード

ノーマルモードでは例外処理ベクタ、スタックの構造はH8/300 CPUと同一です。

- アドレス空間

最大64Kバイトの空間をリニアにアクセス可能です。

- 拡張レジスタ (En)

拡張レジスタ (E0~E7) は、16ビットレジスタとして、または32ビットレジスタの上位16ビットとして使用できます。

拡張レジスタEnは、対応する汎用レジスタRnをアドレスレジスタとして使用している場合でも、16ビットレジスタとして任意の値を設定することができます(ただし、プリデクリメントレジスタ間接 (@-Rn)、ポストインクリメントレジスタ間接 (@Rn+) により汎用レジスタRnが参照された場合、キャリ/ボローが発生すると、対応する拡張レジスタEnの内容に伝播しますので注意してください)。

- 命令セット

命令およびアドレッシングモードはすべて使用できます。実効アドレス (EA) の下位16ビットのみが有効となります。

- 例外処理ベクタテーブルおよびメモリ間接の分岐アドレス

ノーマルモードでは、H'0000から始まる先頭領域に例外処理ベクタテーブル領域が割り当てられており、16ビットの分岐先アドレスを格納します。ノーマルモードの例外処理ベクタテーブルの構造を図2.1に示します。例外処理ベクタテーブルは「第4章 例外処理」を参照してください。

メモリ間接 (@@aa:8) は、JMPおよびJSR命令で使用されます。命令コードに含まれる8ビット絶対アドレスによりメモリ上のオペランドを指定し、この内容が分岐先アドレスとなります。

ノーマルモードでは、オペランドは16ビット (ワード) となり、この16ビットが分岐先アドレスとなります。なお、分岐先アドレスを格納できるのは、H'0000~H'00FFの領域であり、この範囲の先頭領域は例外処理ベクタテーブルと共通となっていますので注意してください。

- スタック構造

ノーマルモード時のサブルーチン分岐時のPCのスタック構造と、例外処理時のPCとCCR、EXRのスタックの構造を図2.2に示します。EXRは割り込み制御モード0ではスタックされません。割り込み制御モードの詳細は「第4章 例外処理」を参照してください。

【注】 本LSIではノーマルモードは使用できません。

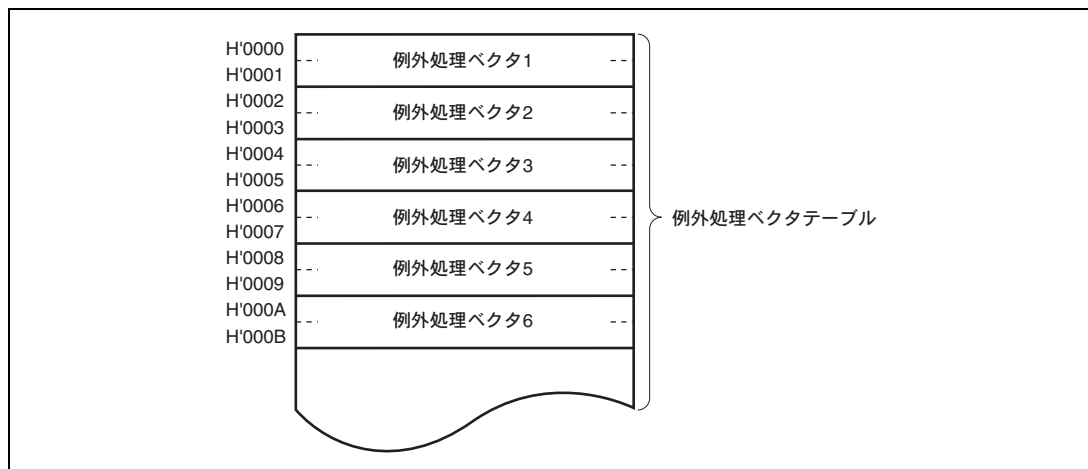


図 2.1 例外処理ベクタテーブル（ノーマルモード）

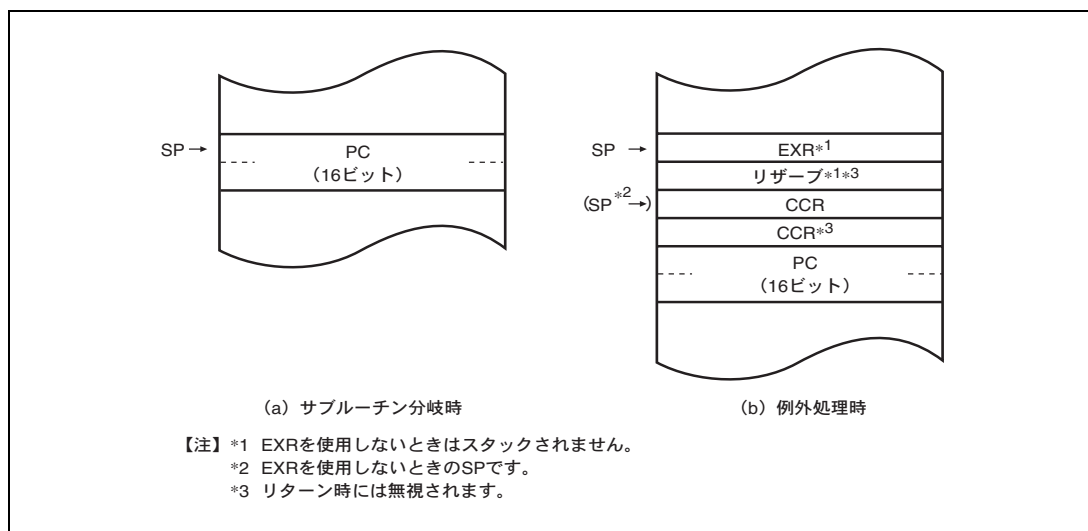


図 2.2 ノーマルモードのスタック構造

2.2.2 アドバンストモード

- アドレス空間

最大16Mバイトの空間をリニアにアクセス可能です。

- 拡張レジスタ (En)

拡張レジスタ (E0~E7) は、16ビットレジスタとして、または32ビットレジスタあるいはアドレスレジスタの上位16ビットとして使用できます。

- 命令セット

命令およびアドレッシングモードはすべて使用できます。

- 例外処理ベクタテーブル、メモリ間接の分岐アドレス

アドバンストモードでは、H'00000000から始まる先頭領域に32ビット単位で例外処理ベクタテーブル領域が割り当てられており、上位8ビットは無視され24ビットの分岐先アドレスを格納します (図2.3参照)。例外処理ベクタテーブルは「第4章 例外処理」を参照してください。

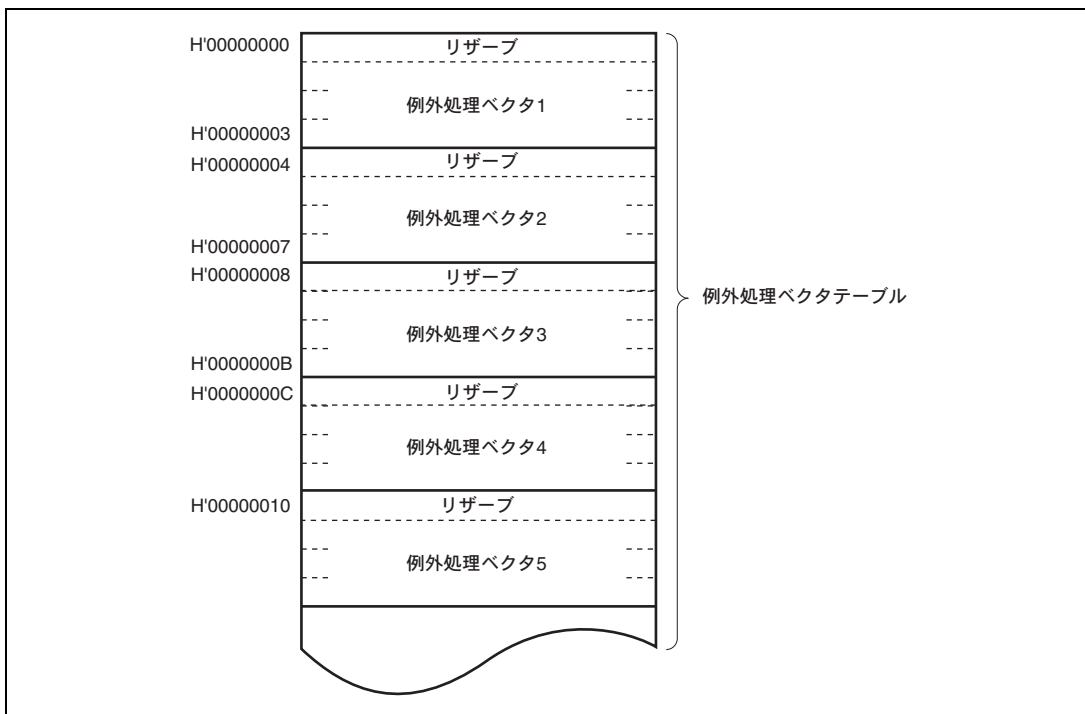


図 2.3 例外処理ベクタテーブル (アドバンストモード)

メモリ間接 (@@aa:8) は、JMPおよびJSR命令で使用されます。命令コードに含まれる8ビット絶対アドレスによりメモリ上のオペランドを指定し、この内容が分岐先アドレスとなります。

アドバンスモードでは、オペランドは32ビット（ロングワード）となり、この32ビットが分岐先アドレスとなります。このうち、上位8ビットは予約領域となっておりH'00とみなされます。なお、分岐先アドレスを格納できるのは、H'00000000～H'000000FFの領域であり、この範囲の先頭領域は例外処理ベクタテーブルと共通となっていますので注意してください。

- スタック構造

アドバンスモード時のサブルーチン分岐時のPCのスタック構造と、例外処理時のPCとCCR、EXRのスタックの構造を図2.4に示します。EXRは割り込み制御モード0ではスタックされません。割り込み制御モードの詳細は「第4章 例外処理」を参照してください。

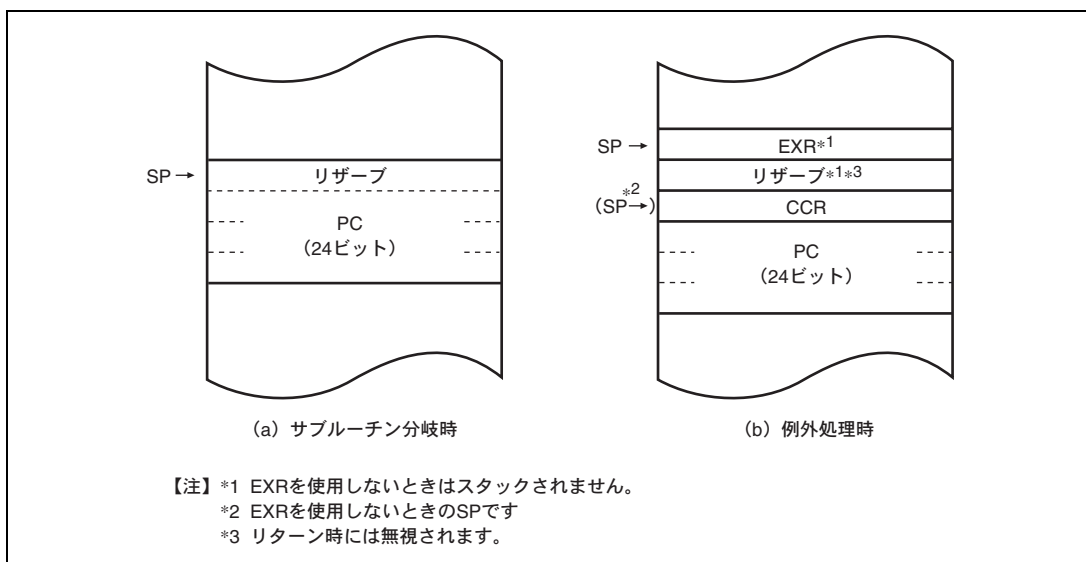


図 2.4 アドバンスモードのスタック構造

2.3 アドレス空間

H8S/2600 CPU のメモリマップを図 2.5 に示します。H8S/2600 CPU は、ノーマルモードのとき最大 64K バイト、アドバンストモードのとき最大 16M バイト（アーキテクチャ上は 4G バイト）のアドレス空間をリニアに使用することができます。実際に使用できるモードやアドレス空間は製品ごとに異なります。詳細は「第 3 章 MCU 動作モード」を参照してください。

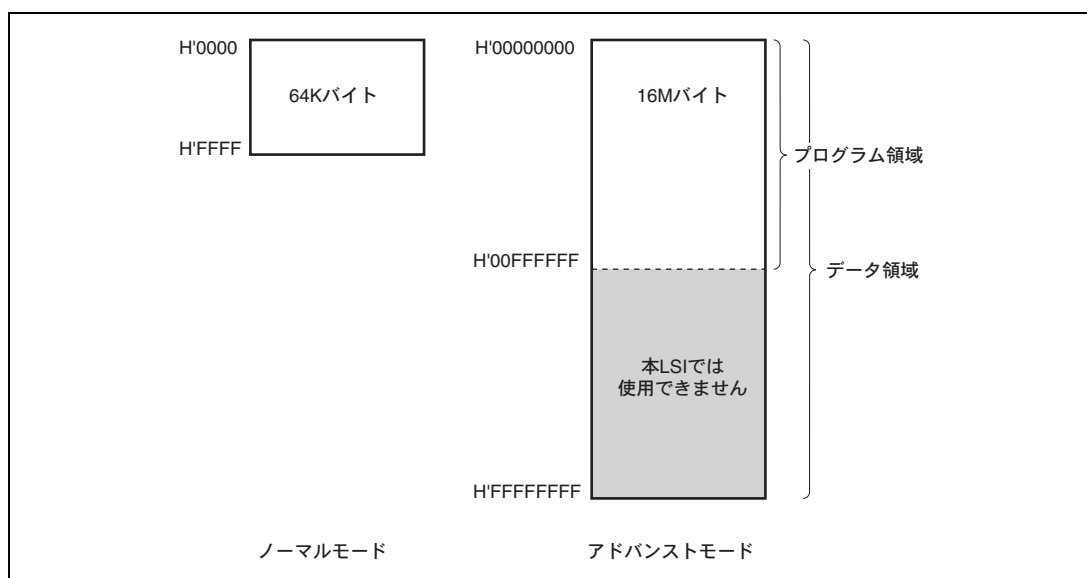


図 2.5 アドレス空間

2.4 レジスタの構成

H8S/2600 CPU の内部レジスタの構成を図 2.6 に示します。これらのレジスタは、汎用レジスタとコントロールレジスタの 2 つに分類することができます。コントロールレジスタには、24 ビットのプログラムカウンタ (PC)、8 ビットのエクステンドレジスタ (EXR)、8 ビットのコンディションコードレジスタ (CCR) および 64 ビット積和レジスタ (MAC) があります。

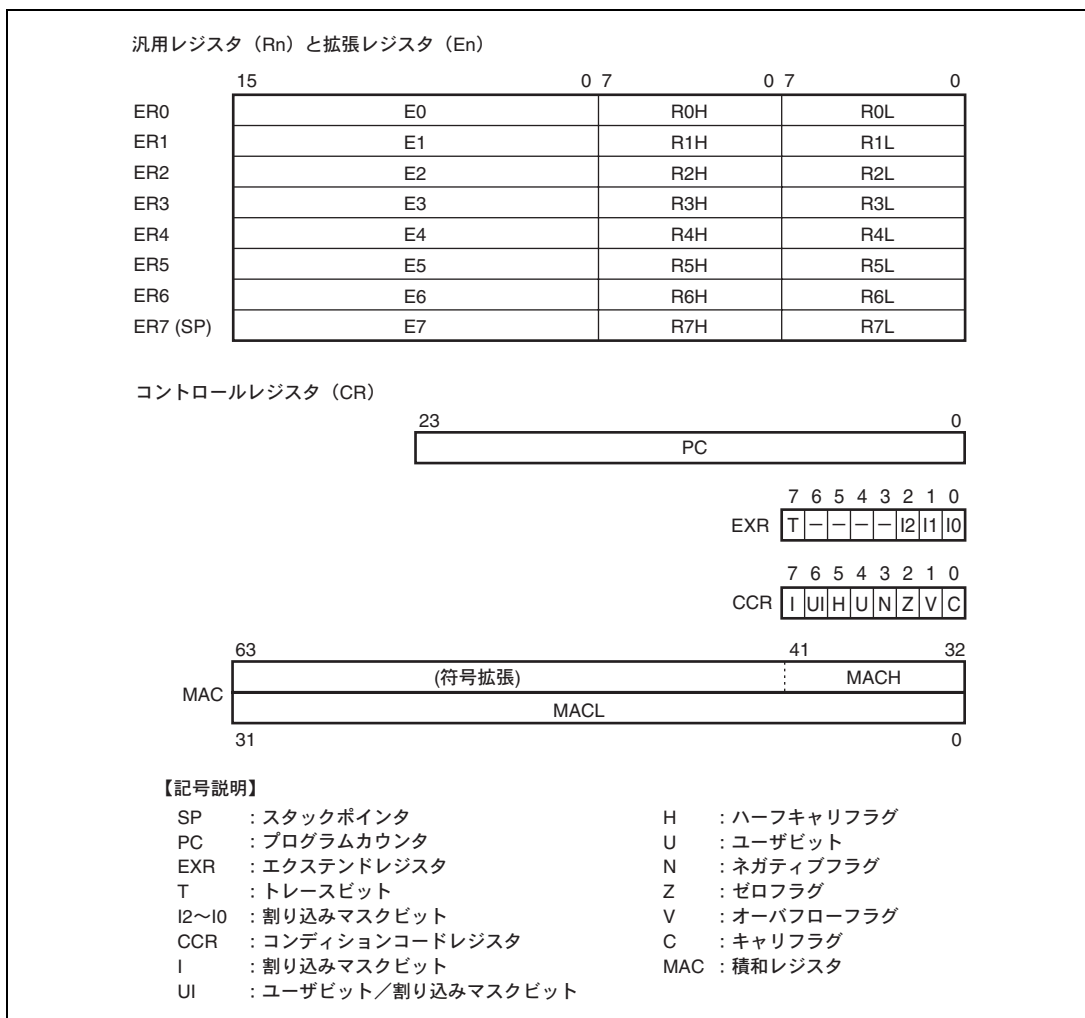


図 2.6 CPU 内部レジスタ構成

2.4.1 汎用レジスタ

H8S/2600 CPU は、32 ビット長の汎用レジスタを 8 本持っています。汎用レジスタは、すべて同じ機能を持っており、アドレスレジスタまたはデータレジスタとして使用することができます。データレジスタとしては 32 ビット、16 ビットまたは 8 ビットレジスタとして使用できます。汎用レジスタの使用方法を図 2.7 に示します。

アドレスレジスタまたは 32 ビットレジスタとして使用する場合は一括して汎用レジスタ ER (ER0~ER7) として指定します。

16 ビットレジスタとして使用する場合は汎用レジスタ ER を分割して汎用レジスタ E (E0~E7)、汎用レジスタ R (R0~R7) として指定します。これらは同等の機能を持っており、16 ビットレジスタを最大 16 本まで使用することができます。なお、汎用レジスタ E (E0~E7) を特に拡張レジスタとよぶ場合があります。

8 ビットレジスタとして使用する場合は汎用レジスタ R を分割して汎用レジスタ RH (R0H~R7H)、汎用レジスタ RL (R0L~R7L) として指定します。これらは同等の機能を持っており、8 ビットレジスタを最大 16 本まで使用することができます。

各レジスタは独立に使用方法を選択できます。

汎用レジスタ ER7 には、汎用レジスタとしての機能に加えて、スタックポインタ (SP) としての機能が割り当てられており、例外処理やサブルーチン分岐などで暗黙的に使用されます。スタックの状態を図 2.8 に示します。

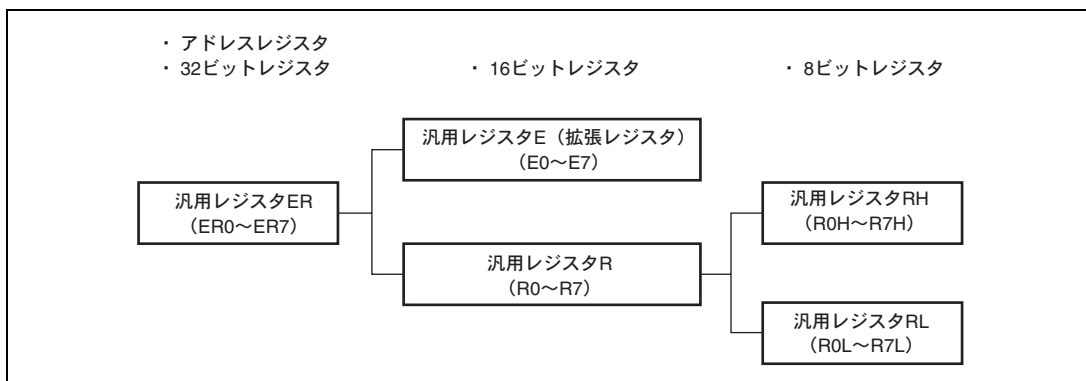


図 2.7 汎用レジスタの使用方法

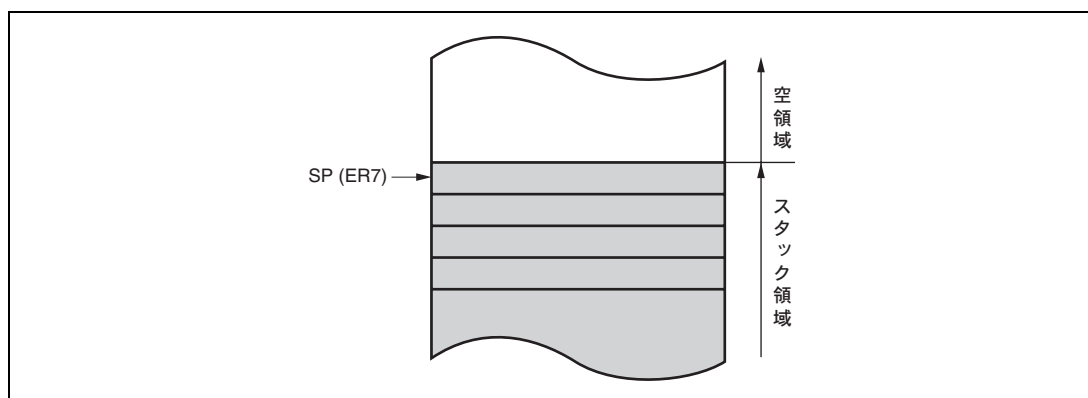


図 2.8 スタックの状態

2.4.2 プログラムカウンタ (PC)

24 ビットのカウンタで、CPU が次に実行する命令のアドレスを指します。CPU の命令は、すべて 2 バイト (ワード) を単位としているため、最下位ビットは無効です (命令コードのリード時は最下位ビットは 0 とみなされます)。

2.4.3 エクステンドレジスタ (EXR)

EXR は 8 ビットのレジスタで LDC、STC、ANDC、ORC、XORC 命令で操作することができます。このうち STC を除く命令を実行した場合、実行終了後 3 ステートの間 NMI を含むすべての割り込みがマスクされます。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	T	0	R/W	トレースビット このビットが 1 にセットされているときは 1 命令実行するごとにトレース例外処理を開始します。0 にクリアされているときは命令を順次実行します。
6~3	—	すべて 1	—	リザーブビットです。リードすると常に 1 がリードされます。
2	I2	1	R/W	割り込み要求マスクレベル (0~7) を指定します。詳細は「第 5 章 割り込みコントローラ」を参照してください。
1	I1	1	R/W	
0	I0	1	R/W	

2. CPU

2.4.4 コンディションコードレジスタ (CCR)

8ビットのレジスタで、CPUの内部状態を示しています。割り込みマスクビット (I) とハーフキャリ (H)、ネガティブ (N)、ゼロ (Z)、オーバーフロー (V)、キャリ (C) の各フラグを含む8ビットで構成されています。CCRは、LDC、STC、ANDC、ORC、XORC命令で操作することができます。また、N、Z、V、Cの各フラグは、条件分岐命令 (Bcc) で使用されます。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	I	1	R/W	割り込みマスクビット 本ビットが1にセットされると、割り込みがマスクされます。ただし、NMIは1ビットに関係なく受け付けられます。例外処理の実行が開始されたときに1にセットされます。詳細は「第5章 割り込みコントローラ」を参照してください。
6	UI	不定	R/W	ユーザビット/割り込みマスクビット ソフトウェア (LDC、STC、ANDC、ORC、XORC命令) でリード/ライトできます。本LSIでは、割り込みマスクビットとしては使用できません。
5	H	不定	R/W	ハーフキャリフラグ ADD.B、ADDX.B、SUB.B、SUBX.B、CMP.B、NEG.B命令の実行により、ビット3にキャリまたはボローが生じたとき1にセットされ、生じなかったとき0にクリアされます。また、ADD.W、SUB.W、CMP.W、NEG.W命令の実行により、ビット11にキャリまたはボローが生じたとき、もしくはADD.L、SUB.L、CMP.L、NEG.L命令の実行により、ビット27にキャリまたはボローが生じたとき1にセットされ、生じなかったとき0にクリアされます。
4	U	不定	R/W	ユーザビット ソフトウェア (LDC、STC、ANDC、ORC、XORC命令) でリード/ライトできます。
3	N	不定	R/W	ネガティブフラグ データの最上位ビットを符号ビットとみなし、最上位ビットの値を格納します。
2	Z	不定	R/W	ゼロフラグ データがゼロのとき1にセットされ、ゼロ以外のとき0にクリアされます。
1	V	不定	R/W	オーバーフローフラグ 算術演算命令の実行により、オーバーフローが生じたとき1にセットされます。それ以外のとき0にクリアされます。
0	C	不定	R/W	キャリフラグ 演算の実行により、キャリが生じたとき1にセットされ、生じなかったとき0にクリアされます。キャリには次の種類があります。 <ul style="list-style-type: none">• 加算結果のキャリ• 減算結果のボロー• シフト/ローテートのキャリ また、キャリフラグには、ビットアキュムレータ機能があり、ビット操作命令で使用されます。

2.4.5 積和レジスタ (MAC)

64 ビットのレジスタで、積和演算結果を格納します。32 ビットの MACH、MACL から構成されます。MACH は下位 10 ビットが有効で、上位は符合拡張されています。

2.4.6 CPU 内部レジスタの初期値

CPU 内部レジスタのうち、PC はリセット例外処理によってベクタアドレスからスタートアドレスをロードすることにより初期化されます。また EXR の T ビットは 0 にクリアされ、EXR、CCR の I ビットは 1 にセットされますが、汎用レジスタと CCR の他のビットは初期化されません。SP (ER7) の初期値も不定です。したがって、リセット直後に、MOVL 命令を使用して SP の初期化を行ってください。

2.5 データ形式

H8S/2600 CPUは、1ビット、4ビットBCD、8ビット（バイト）、16ビット（ワード）、および32ビット（ロングワード）のデータを扱うことができます。

1ビットデータはビット操作命令で扱われ、オペランドデータ（バイト）の第nビット（n=0、1、2、……、7）という形式でアクセスできます。

なお、DAA および DAS の 10 進補正命令では、バイトデータは2桁の4ビットBCDデータとなります。

2.5.1 汎用レジスタのデータ形式

汎用レジスタのデータ形式を図 2.9 に示します。

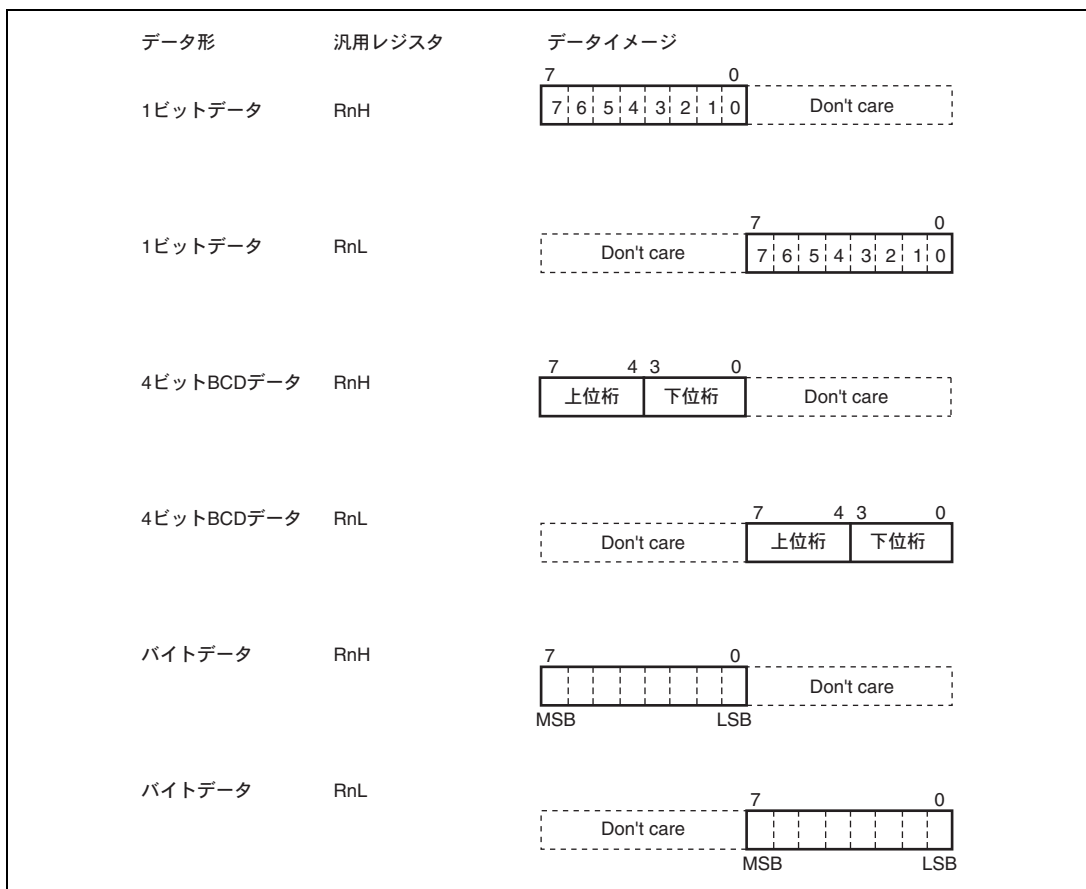


図 2.9 汎用レジスタのデータ形式 (1)

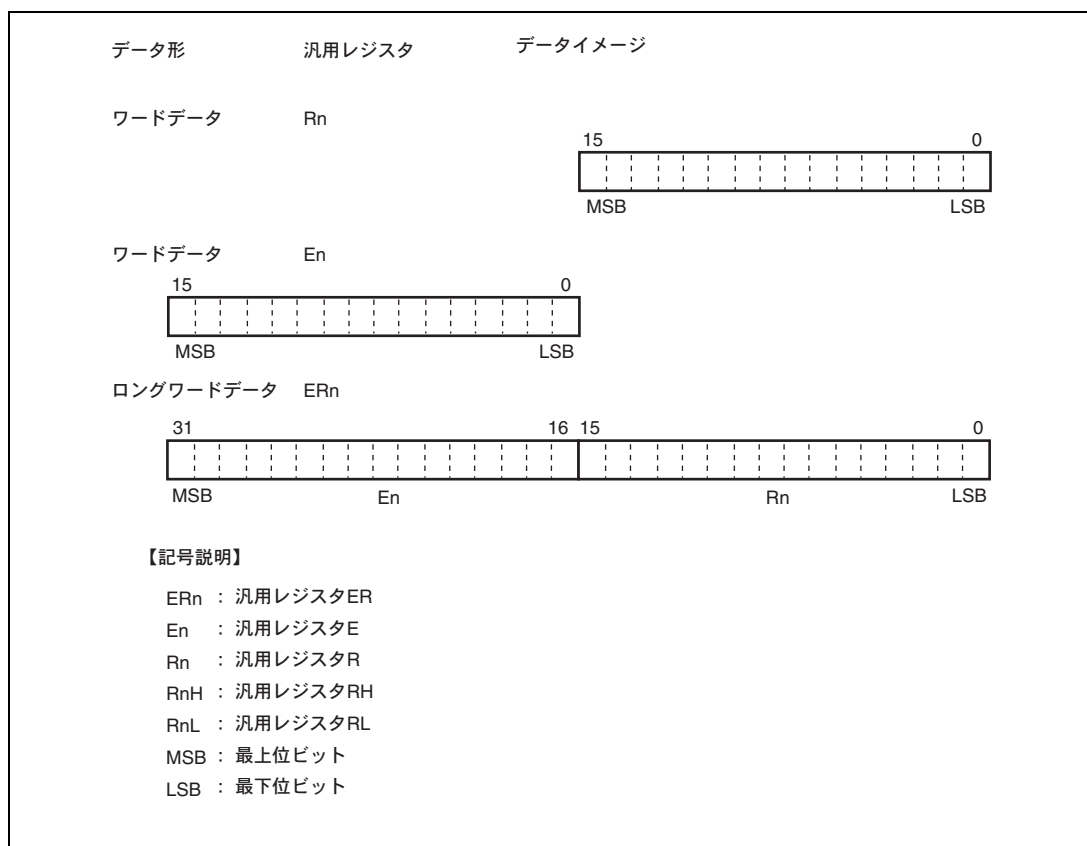


図 2.9 汎用レジスタのデータ形式 (2)

2.5.2 メモリ上でのデータ形式

メモリ上でのデータ形式を図 2.10 に示します。

H8S/2600 CPU は、メモリ上のワードデータ/ロングワードデータをアクセスすることができます。これらは、偶数番地から始まるデータに限定されます。奇数番地から始まるワードデータ/ロングワードデータをアクセスした場合、アドレスの最下位ビットは 0 とみなされ、1 番地前から始まるデータをアクセスします。この場合、アドレスエラーは発生しません。命令コードについても同様です。

なお、SP (ER7) をアドレスレジスタとしてスタック領域をアクセスするときは、必ずワードサイズまたはロングワードサイズでアクセスしてください。

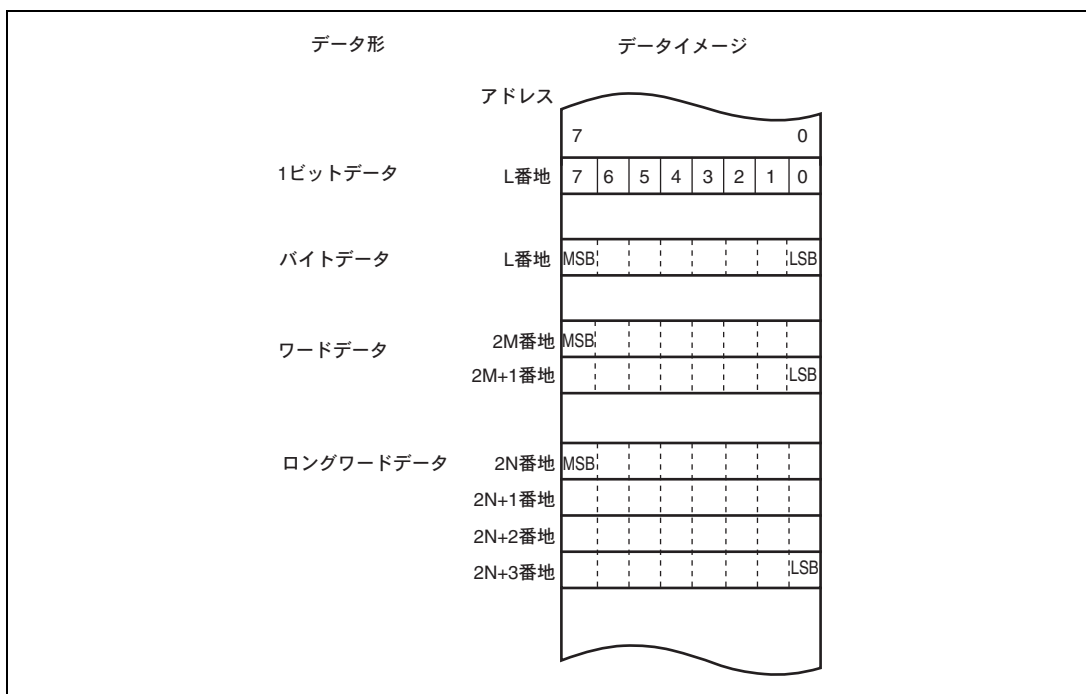


図 2.10 メモリ上でのデータ形式

2.6 命令セット

H8S/2600 CPU の命令は合計 69 種類あり、各命令の持つ機能によって表 2.1 に示すように分類されます。

表 2.1 命令の分類

分類	命令	サイズ	種類
データ転送命令	MOV	B/W/L	5
	POP * ¹ 、PUSH * ¹	W/L	
	LDM、STM	L	
	MOVFP* ³ 、MOVTP* ³	B	
算術演算命令	ADD、SUB、CMP、NEG	B/W/L	23
	ADDX、SUBX、DAA、DAS	B	
	INC、DEC	B/W/L	
	ADDS、SUBS	L	
	MULXU、DIVXU、MULXS、DIVXS	B/W	
	EXTU、EXTS	W/L	
	TAS* ⁴	B	
	MAC、LDMAC、STMAC、CLRMAC	—	
論理演算命令	AND、OR、XOR、NOT	B/W/L	4
シフト命令	SHAL、SHAR、SHLL、SHLR、ROTL、ROTR、ROTXL、ROTXR	B/W/L	8
ビット操作命令	BSET、BCLR、BNOT、BTST、BLD、BILD、BST、BIST、BAND、BIAND、BOR、BIOR、BXOR、BIXOR	B	14
分岐命令	Bcc* ² 、JMP、BSR、JSR、RTS	—	5
システム制御命令	TRAPA、RTE、SLEEP、LDC、STC、ANDC、ORC、XORC、NOP	—	9
ブロック転送命令	EEPMOV	—	1

合計 69 種類

【記号説明】 B：バイトサイズ

W：ワードサイズ

L：ロングワードサイズ

【注】 *1 POP.W Rn、PUSH.W Rn は、それぞれ MOV.W @SP+,Rn、MOV.W Rn,@-SP と同一です。

また、POP.L ERn、PUSH.L ERn は、それぞれ MOV.L @SP+,ERn、MOV.L ERn,@-SP と同一です。

*2 Bcc は条件分岐命令の総称です。

*3 本 LSI では使用できません。

*4 TAS 命令を使用する場合は、レジスタ ER0、ER1、ER4、ER5 を使用してください。

2. CPU

2.6.1 命令の機能別一覧

各命令の機能について表 2.3～表 2.10 に示します。各表で使用しているオペレーションの記号の意味は次のとおりです。

表 2.2 オペレーションの記号

記号	説明
Rd	汎用レジスタ (デスティネーション側) *
Rs	汎用レジスタ (ソース側) *
Rn	汎用レジスタ*
ERn	汎用レジスタ (32 ビットレジスタ)
MAC	積和レジスタ (32 ビットレジスタ)
(EAd)	デスティネーションオペランド
(EAs)	ソースオペランド
EXR	エクステンドレジスタ
CCR	コンディションコードレジスタ
N	CCR の N (ネガティブ) フラグ
Z	CCR の Z (ゼロ) フラグ
V	CCR の V (オーバフロー) フラグ
C	CCR の C (キャリ) フラグ
PC	プログラムカウンタ
SP	スタックポインタ
#IMM	イミディエイトデータ
disp	ディスプレースメント
+	加算
-	減算
×	乗算
÷	除算
^	論理積
∨	論理和
⊕	排他的論理和
→	転送
~	反転論理 (論理的補数)
:8/:16/:24/:32	8/16/24/32 ビット長

【注】 * 汎用レジスタは、8 ビット (R0H～R7H、R0L～R7L)、16 ビット (R0～R7、E0～E7)、または 32 ビットレジスタ (ER0～ER7) です。

表 2.3 データ転送命令

命令	サイズ*	機 能
MOV	B/W/L	(EAs)→Rd、Rs→(EAd) 汎用レジスタと汎用レジスタ、または汎用レジスタとメモリ間でデータ転送します。また、イミディエイトデータを汎用レジスタに転送します。
MOVFPPE	B	本 LSI では使用できません。
MOVTPPE	B	本 LSI では使用できません。
POP	W/L	@SP+→Rn スタックから汎用レジスタへデータを復帰します。 POP.W Rn は MOV.W @SP+, Rn と、また、POP.L ERn は MOV.L @SP+, ERn と同一です。
PUSH	W/L	Rn→@-SP 汎用レジスタの内容をスタックに退避します。 PUSH.W Rn は MOV.W Rn, @-SP と同一です。 PUSH.L ERn は MOV.L ERn, @-SP と同一です。
LDM	L	@SP+→Rn (レジスタ群) スタックから複数の汎用レジスタへデータを復帰します。
STM	L	Rn (レジスタ群) →@-SP 複数の汎用レジスタの内容をスタックに退避します。

【注】 * サイズはオペランドサイズを示します。

B : バイト

W : ワード

L : ロングワード

2. CPU

表 2.4 算術演算命令

命令	サイズ*	機能
ADD SUB	B/W/L	Rd±Rs→Rd、Rd±#IMM→Rd 汎用レジスタと汎用レジスタ、または汎用レジスタとイミディエイトデータ間の加減算を行います（バイトサイズでの汎用レジスタとイミディエイトデータ間の減算はできません。SUBX 命令または ADD 命令を使用してください）。
ADDX SUBX	B	Rd±Rs±C→Rd、Rd±#IMM±C→Rd 汎用レジスタと汎用レジスタ、または汎用レジスタとイミディエイトデータ間のキャリ付きの加減算を行います。
INC DEC	B/W/L	Rd±1→Rd、Rd±2→Rd 汎用レジスタに 1 または 2 を加減算します（バイトサイズで 1 の加減算のみ可能です）。
ADDS SUBS	L	Rd±1→Rd、Rd±2→Rd、Rd±4→Rd 32 ビットレジスタに 1、2、または 4 を加減算します。
DAA DAS	B	Rd(10 進補正) →Rd 汎用レジスタ上の加減算結果を CCR を参照して 4 ビット BCD データに補正します。
MULXU	B/W	Rd×Rs→Rd 汎用レジスタと汎用レジスタ間の符号なし乗算を行います。 8 ビット×8 ビット→16 ビット、16 ビット×16 ビット→32 ビットの乗算が可能です。
MULXS	B/W	Rd×Rs→Rd 汎用レジスタと汎用レジスタ間の符号付き乗算を行います。 8 ビット×8 ビット→16 ビット、16 ビット×16 ビット→32 ビットの乗算が可能です。
DIVXU	B/W	Rd÷Rs→Rd 汎用レジスタと汎用レジスタ間の符号なし除算を行います。 16 ビット÷8 ビット→商 8 ビット余り 8 ビット、 32 ビット÷16 ビット→商 16 ビット余り 16 ビットの除算が可能です。

命令	サイズ* ¹	機 能
DIVXS	B/W	Rd÷Rs→Rd 汎用レジスタと汎用レジスタ間の符号付き除算を行います。 16ビット÷8ビット→商8ビット余り8ビット、 32ビット÷16ビット→商16ビット余り16ビットの除算が可能です。
CMP	B/W/L	Rd-Rs, Rd-#IMM 汎用レジスタと汎用レジスタ、または汎用レジスタとイミディエイトデータ間の比較を行い、その結果をCCRに反映します。
NEG	B/W/L	0-Rd→Rd 汎用レジスタの内容の2の補数（算術的補数）をとります。
EXTU	W/L	Rd(ゼロ拡張) →Rd 16ビットレジスタの下位8ビットをワードサイズにゼロ拡張します。または、32ビットレジスタの下位16ビットをロングワードサイズにゼロ拡張します。
EXTS	W/L	Rd(符号拡張) →Rd 16ビットレジスタの下位8ビットをワードサイズに符号拡張します。または、32ビットレジスタの下位16ビットをロングワードサイズに符号拡張します。
TAS* ²	B	@ERd-0, 1 → (<ビット7>of @ERd) メモリの内容をテストしたあと、最上位ビット（ビット7）を1にセットします。
MAC	—	(EAs)×(EAd)+MAC→MAC メモリとメモリ間の符合付き乗算を行い、結果を積和レジスタに加算します。 16ビット×16ビット+32ビット→32ビットの飽和演算、 16ビット×16ビット+42ビット→42ビットの非飽和演算が可能です。
CLRMAC	—	0→MAC 積和レジスタをゼロクリアします。
LDMAC STMAC	L	Rs→MAC、MAC→Rd 汎用レジスタと積和レジスタ間でデータ転送します。

【注】 *1 サイズはオペランドサイズを示します。

B：バイト

W：ワード

L：ロングワード

*2 TAS 命令を使用する場合は、レジスタ ER0、ER1、ER4、ER5 を使用してください。

2. CPU

表 2.5 論理演算命令

命令	サイズ*	機 能
AND	B/W/L	Rd∧Rs→Rd、Rd∧#IMM→Rd 汎用レジスタと汎用レジスタ、または汎用レジスタとイミディエイトデータ間の論理積をとります。
OR	B/W/L	Rd∨Rs→Rd、Rd∨#IMM→Rd 汎用レジスタと汎用レジスタ、または汎用レジスタとイミディエイトデータ間の論理和をとります。
XOR	B/W/L	Rd⊕Rs→Rd、Rd⊕#IMM→Rd 汎用レジスタと汎用レジスタ、または汎用レジスタとイミディエイトデータ間の排他的論理和をとります。
NOT	B/W/L	~Rd→Rd 汎用レジスタの内容の1の補数（論理的補数）をとります。

【注】 * サイズはオペランドサイズを示します。

B : バイト

W : ワード

L : ロングワード

表 2.6 シフト命令

命令	サイズ*	機 能
SHAL SHAR	B/W/L	Rd(シフト処理) →Rd 汎用レジスタの内容を算術的にシフトします。 1ビットまたは2ビットのシフトが可能です。
SHLL SHLR	B/W/L	Rd(シフト処理) →Rd 汎用レジスタの内容を論理的にシフトします。 1ビットまたは2ビットのシフトが可能です。
ROTL ROTR	B/W/L	Rd(ローテート処理) →Rd 汎用レジスタの内容をローテートします。 1ビットまたは2ビットのローテートが可能です。
ROTXL ROTXR	B/W/L	Rd(ローテート処理) →Rd 汎用レジスタの内容をキャリフラグを含めてローテートします。 1ビットまたは2ビットのローテートが可能です。

【注】 * サイズはオペランドサイズを示します。

B : バイト

W : ワード

L : ロングワード

表 2.7 ビット操作命令

命令	サイズ*	機 能
BSET	B	1→(<ビット番号>of<EAd>) 汎用レジスタまたはメモリのオペランドの指定された 1 ビットを 1 にセットします。ビット番号は、3 ビットのイミディエイトデータまたは汎用レジスタの内容下位 3 ビットで指定します。
BCLR	B	0→(<ビット番号>of<EAd>) 汎用レジスタまたはメモリのオペランドの指定された 1 ビットを 0 にクリアします。ビット番号は、3 ビットのイミディエイトデータまたは汎用レジスタの内容下位 3 ビットで指定します。
BNOT	B	~(<ビット番号>of<EAd>)→(<ビット番号>of<EAd>) 汎用レジスタまたはメモリのオペランドの指定された 1 ビットを反転します。ビット番号は、3 ビットのイミディエイトデータまたは汎用レジスタの内容下位 3 ビットで指定されます。
BTST	B	~(<ビット番号>of<EAd>)→Z 汎用レジスタまたはメモリのオペランドの指定された 1 ビットをテストし、ゼロフラグに反映します。ビット番号は、3 ビットのイミディエイトデータまたは汎用レジスタの内容下位 3 ビットで指定されます。
BAND	B	C∧(<ビット番号>of<EAd>)→C 汎用レジスタまたはメモリのオペランドの指定された 1 ビットとキャリフラグとの論理積をとり、結果をキャリフラグに格納します。
BIAND	B	C∧[~(<ビット番号>of<EAd>)] →C 汎用レジスタまたはメモリのオペランドの指定された 1 ビットを反転し、キャリフラグとの論理積をとり、結果をキャリフラグに格納します。 ビット番号は、3 ビットのイミディエイトデータで指定されます。
BOR	B	C∨(<ビット番号>of<EAd>) →C 汎用レジスタまたはメモリのオペランドの指定された 1 ビットとキャリフラグとの論理和をとり、結果をキャリフラグに格納します。
BIOR	B	C∨[~(<ビット番号>of<EAd>)] →C 汎用レジスタまたはメモリのオペランドの指定された 1 ビットを反転し、キャリフラグとの論理和をとり、結果をキャリフラグに格納します。 ビット番号は、3 ビットのイミディエイトデータで指定されます。

2. CPU

命令	サイズ*	機 能
BXOR	B	$C \oplus (\langle \text{ビット番号} \rangle \text{of} \langle \text{EAd} \rangle) \rightarrow C$ 汎用レジスタまたはメモリのオペランドの指定された 1 ビットとキャリフラグとの排他的論理和をとり、結果をキャリフラグに格納します。
BIXOR	B	$C \oplus [\sim(\langle \text{ビット番号} \rangle \text{of} \langle \text{EAd} \rangle)] \rightarrow C$ 汎用レジスタまたはメモリのオペランドの指定された 1 ビットを反転し、キャリフラグとの排他的論理和をとり、結果をキャリフラグに格納します。 ビット番号は、3 ビットのイミディエイトデータで指定されます。
BLD	B	$(\langle \text{ビット番号} \rangle \text{of} \langle \text{EAd} \rangle) \rightarrow C$ 汎用レジスタまたはメモリのオペランドの指定された 1 ビットをキャリフラグに転送します。
BILD	B	$\sim(\langle \text{ビット番号} \rangle \text{of} \langle \text{EAd} \rangle) \rightarrow C$ 汎用レジスタまたはメモリのオペランドの指定された 1 ビットを反転し、キャリフラグに転送します。 ビット番号は、3 ビットのイミディエイトデータで指定されます。
BST	B	$C \rightarrow (\langle \text{ビット番号} \rangle \text{of} \langle \text{EAd} \rangle)$ 汎用レジスタまたはメモリのオペランドの指定された 1 ビットに、キャリフラグの内容を転送します。
BIST	B	$\sim C \rightarrow (\langle \text{ビット番号} \rangle \text{of} \langle \text{EAd} \rangle)$ 汎用レジスタまたはメモリのオペランドの指定された 1 ビットに、キャリフラグを反転して転送します。 ビット番号は、3 ビットのイミディエイトデータで指定されます。

【注】 * サイズはオペランドサイズを示します。

B : バイト

表 2.8 分岐命令

命令	サイズ	機 能																																																			
Bcc	－	<p>指定した条件が成立しているとき、指定されたアドレスへ分岐します。分岐条件を下表に示します。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ニーモニック</th> <th>説 明</th> <th>分岐条件</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BRA (BT)</td> <td>Always (True)</td> <td>Always</td> </tr> <tr> <td>BRN (BF)</td> <td>Never (False)</td> <td>Never</td> </tr> <tr> <td>BHI</td> <td>High</td> <td>$C \vee Z=0$</td> </tr> <tr> <td>BLS</td> <td>Low or Same</td> <td>$C \vee Z=1$</td> </tr> <tr> <td>BCC (BHS)</td> <td>Carry Clear (High or Same)</td> <td>$C=0$</td> </tr> <tr> <td>BCS (BLO)</td> <td>Carry Set (LOW)</td> <td>$C=1$</td> </tr> <tr> <td>BNE</td> <td>Not Equal</td> <td>$Z=0$</td> </tr> <tr> <td>BEQ</td> <td>Equal</td> <td>$Z=1$</td> </tr> <tr> <td>BVC</td> <td>oVerflow Clear</td> <td>$V=0$</td> </tr> <tr> <td>BVS</td> <td>oVerflow Set</td> <td>$V=1$</td> </tr> <tr> <td>BPL</td> <td>PLus</td> <td>$N=0$</td> </tr> <tr> <td>BMI</td> <td>MInus</td> <td>$N=1$</td> </tr> <tr> <td>BGE</td> <td>Greater or Equal</td> <td>$N \oplus V=0$</td> </tr> <tr> <td>BLT</td> <td>Less Than</td> <td>$N \oplus V=1$</td> </tr> <tr> <td>BGT</td> <td>Greater Than</td> <td>$Z \vee (N \oplus V)=0$</td> </tr> <tr> <td>BLE</td> <td>Less or Equal</td> <td>$Z \vee (N \oplus V)=1$</td> </tr> </tbody> </table>	ニーモニック	説 明	分岐条件	BRA (BT)	Always (True)	Always	BRN (BF)	Never (False)	Never	BHI	High	$C \vee Z=0$	BLS	Low or Same	$C \vee Z=1$	BCC (BHS)	Carry Clear (High or Same)	$C=0$	BCS (BLO)	Carry Set (LOW)	$C=1$	BNE	Not Equal	$Z=0$	BEQ	Equal	$Z=1$	BVC	oVerflow Clear	$V=0$	BVS	oVerflow Set	$V=1$	BPL	PLus	$N=0$	BMI	MInus	$N=1$	BGE	Greater or Equal	$N \oplus V=0$	BLT	Less Than	$N \oplus V=1$	BGT	Greater Than	$Z \vee (N \oplus V)=0$	BLE	Less or Equal	$Z \vee (N \oplus V)=1$
ニーモニック	説 明	分岐条件																																																			
BRA (BT)	Always (True)	Always																																																			
BRN (BF)	Never (False)	Never																																																			
BHI	High	$C \vee Z=0$																																																			
BLS	Low or Same	$C \vee Z=1$																																																			
BCC (BHS)	Carry Clear (High or Same)	$C=0$																																																			
BCS (BLO)	Carry Set (LOW)	$C=1$																																																			
BNE	Not Equal	$Z=0$																																																			
BEQ	Equal	$Z=1$																																																			
BVC	oVerflow Clear	$V=0$																																																			
BVS	oVerflow Set	$V=1$																																																			
BPL	PLus	$N=0$																																																			
BMI	MInus	$N=1$																																																			
BGE	Greater or Equal	$N \oplus V=0$																																																			
BLT	Less Than	$N \oplus V=1$																																																			
BGT	Greater Than	$Z \vee (N \oplus V)=0$																																																			
BLE	Less or Equal	$Z \vee (N \oplus V)=1$																																																			
JMP	－	指定されたアドレスへ無条件に分岐します。																																																			
BSR	－	指定されたアドレスへサブルーチン分岐します。																																																			
JSR	－	指定されたアドレスへサブルーチン分岐します。																																																			
RTS	－	サブルーチンから復帰します。																																																			

2. CPU

表 2.9 システム制御命令

命令	サイズ*	機能
TRAPA	—	命令トラップ例外処理を行います。
RTE	—	例外処理ルーチンから復帰します。
SLEEP	—	低消費電力状態に遷移します。
LDC	B/W	(EAs)→CCR、(EAs)→EXR 汎用レジスタまたはメモリの内容を CCR、EXR に転送します。また、イミディエイトデータを CCR、EXR に転送します。CCR、EXR は 8 ビットですが、メモリと CCR、EXR 間の転送はワードサイズで行われ、上位 8 ビットが有効になります。
STC	B/W	CCR→(EAd)、EXR→(EAd) CCR、EXR の内容を汎用レジスタまたはメモリに転送します。CCR、EXR は 8 ビットですが、CCR、EXR とメモリ間の転送はワードサイズで行われ、上位 8 ビットが有効になります。
ANDC	B	CCR∧#IMM→CCR、EXR∧#IMM→EXR CCR、EXR とイミディエイトデータの論理積をとります。
ORC	B	CCR∨#IMM→CCR、EXR∨#IMM→EXR CCR、EXR とイミディエイトデータの論理和をとります。
XORC	B	CCR⊕#IMM→CCR、EXR⊕#IMM→EXR CCR、EXR とイミディエイトデータの排他的論理和をとります。
NOP	—	PC+2→PC PC のインクリメントだけを行います。

【注】 * サイズはオペランドサイズを示します。

B : バイト

W : ワード

表 2.10 ブロック転送命令

命令	サイズ	機 能
EEPMOV.B	—	<pre> if R4L ≠ 0 then Repeat @ER5+ → @ER6+ R4L - 1 → R4L Until R4L = 0 else next; </pre>
EEPMOV.W	—	<pre> if R4 ≠ 0 then Repeat @ER5+ → @ER6+ R4 - 1 → R4 Until R4 = 0 else next; </pre> <p>ブロック転送命令です。ER5 で示されるアドレスから始まり、R4L または R4 で指定されるバイト数のデータを、ER6 で示されるアドレスのロケーションへ転送します。転送終了後、次の命令を実行します。</p>

2.6.2 命令の基本フォーマット

H8S/2600 CPU の命令は、2 バイト（ワード）を単位にしています。各命令はオペレーションフィールド（op）、レジスタフィールド（r）、EA 拡張部（EA）、およびコンディションフィールド（cc）から構成されています。

図 2.11 に命令フォーマットの例を示します。

- オペレーションフィールド

命令の機能を表し、アドレッシングモードの指定、オペランドの処理内容を指定します。命令の先頭4ビットを必ず含みます。2つのオペレーションフィールドを持つ場合もあります。

- レジスタフィールド

汎用レジスタを指定します。アドレスレジスタのとき3ビット、データレジスタのとき3ビットまたは4ビットです。2つのレジスタフィールドを持つ場合、またはレジスタフィールドを持たない場合もあります。

- EA拡張部

イミディエイトデータ、絶対アドレスまたはディスプレイースメントを指定します。8ビット、16ビット、または32ビットです。

- コンディションフィールド

Bcc命令の分岐条件を指定します。

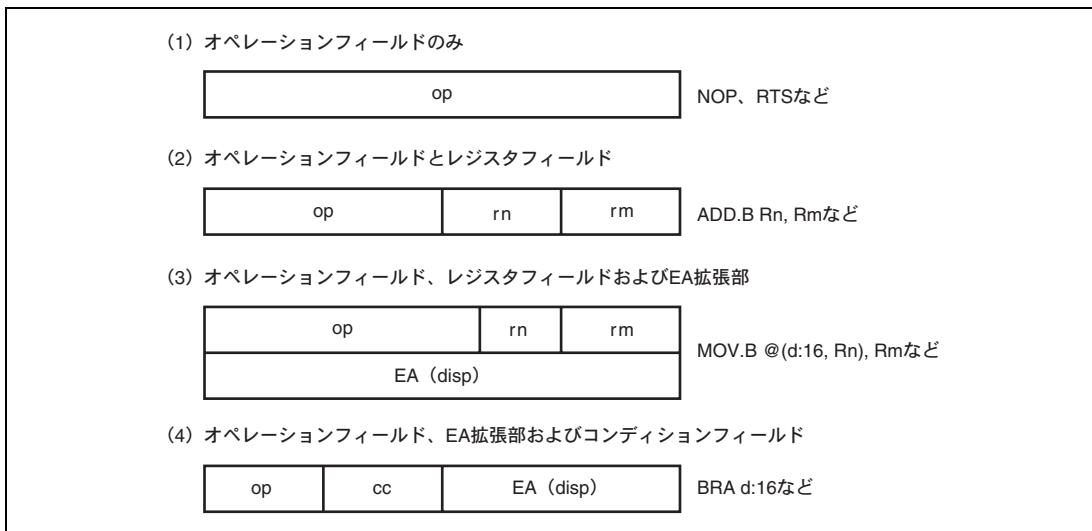


図 2.11 命令フォーマットの例

2.7 アドレッシングモードと実効アドレスの計算方法

H8S/2600 CPU は表 2.11 に示すように、8 種類のアドレッシングモードをサポートしています。命令ごとに、使用できるアドレッシングモードが異なります。

演算命令では、レジスタ直接、およびイミディエイトが使用できます。転送命令では、プログラムカウンタ相対とメモリ間接を除くすべてのアドレッシングモードが使用できます。また、ビット操作命令では、オペランドの指定にレジスタ直接、レジスタ間接、および絶対アドレスが使用できます。さらに、オペランド中のビット番号を指定するためにレジスタ直接 (BSET、BCLR、BNOT、BTST の各命令)、およびイミディエイト (3 ビット) が独立して使用できます。

表 2.11 アドレッシングモード一覧表

No.	アドレッシングモード	記号
1	レジスタ直接	Rn
2	レジスタ間接	@ERn
3	ディスプレースメント付きレジスタ間接	@(d:16,ERn)/@(d:32,ERn)
4	ポストインクリメントレジスタ間接 プリデクリメントレジスタ間接	@ERn+ @-ERn
5	絶対アドレス	@aa:8/@aa:16/@aa:24/@aa:32
6	イミディエイト	#xx:8/#xx:16/#xx:32
7	プログラムカウンタ相対	@(d:8,PC)/@(d:16,PC)
8	メモリ間接	@@aa:8

2.7.1 レジスタ直接 Rn

命令コードのレジスタフィールドで指定されるレジスタ (8 ビット、16 ビット、または 32 ビット) がオペランドとなります。8 ビットレジスタとしては R0H~R7H、R0L~R7L を指定可能です。16 ビットレジスタとしては R0~R7、E0~E7 を指定可能です。32 ビットレジスタとしては ER0~ER7 を指定可能です。

2.7.2 レジスタ間接 @ERn

命令コードのレジスタフィールドで指定されるアドレスレジスタ (ERn) の内容をアドレスとしてメモリ上のオペランドを指定します。プログラム領域としては、下位 24 ビットが有効になり、上位 8 ビットはすべて 0 (H'00) とみなされます。

2.7.3 ディスプレースメント付きレジスタ間接 @(d:16,ERn) /@(d:32,ERn)

命令コードのレジスタフィールドで指定されるアドレスレジスタ (ERn) の内容に、命令コード中に含まれる 16 ビットディスプレースメント、または 32 ビットディスプレースメントを加算した内容をアドレスとして、メモリ上のオペランドを指定します。加算に際して、16 ビットディスプレースメントは符号拡張されます。

2. CPU

2.7.4 ポストインクリメントレジスタ間接@ERn+／プリデクリメントレジスタ間接@-ERn

(1) ポストインクリメントレジスタ間接 @ERn+

命令コードのレジスタフィールドで指定されるアドレスレジスタ (ERn) の内容をアドレスとしてメモリ上のオペランドを指定します。その後、アドレスレジスタの内容に 1、2、または 4 が加算され、加算結果がアドレスレジスタに格納されます。バイトサイズでは 1、ワードサイズでは 2、ロングワードサイズでは 4 がそれぞれ加算されます。ワードサイズまたはロングワードサイズするとき、アドレスレジスタの内容が偶数となるようにしてください。

(2) プリデクリメントレジスタ間接 @-ERn

命令コードのレジスタフィールドで指定されるアドレスレジスタ (ERn) の内容から、1、2、または 4 を減算した内容をアドレスとしてメモリ上のオペランドを指定します。その後、減算結果がアドレスレジスタに格納されます。バイトサイズでは 1、ワードサイズでは 2、ロングワードサイズでは 4 がそれぞれ減算されます。ワードサイズまたはロングワードサイズするとき、アドレスレジスタの内容が偶数になるようにしてください。

2.7.5 絶対アドレス @aa:8／@aa:16／@aa:24／@aa:32

命令コード中に含まれる絶対アドレスで、メモリ上のオペランドを指定します。絶対アドレスは 8 ビット (@aa:8)、16 ビット (@aa:16)、24 ビット (@aa:24)、または 32 ビット (@aa:32) です。絶対アドレスのアクセス範囲を表 2.12 に示します。

データ領域としては、8 ビット (@aa:8)、16 ビット (@aa:16)、または 32 ビット (@aa:32) を使用します。8 ビット絶対アドレスの場合、上位 24 ビットはすべて 1 (H'FFFF) となります。16 ビット絶対アドレスの場合、上位 16 ビットは符号拡張されます。32 ビット絶対アドレスの場合、全アドレス空間をアクセスできます。

プログラム領域としては 24 ビット (@aa:24) を使用します。上位 8 ビットはすべて 0 (H'00) となります。

表 2.12 絶対アドレスのアクセス範囲

絶対アドレス		ノーマルモード*	アドバンスモード
データ領域	8 ビット (@aa:8)	H'FFF00~H'FFFF	H'FFFFF00~H'FFFFFF
	16 ビット (@aa:16)	H'00000~H'FFFF	H'0000000~H'007FFF、H'FF8000~H'FFFFFF
	32 ビット (@aa:32)		H'0000000~H'FFFFFF
プログラム領域	24 ビット (@aa:24)		

【注】 * 本 LSI では使用できません。

2.7.6 イミディエイト #xx:8/#xx:16/#xx:32

命令コード中に含まれる 8 ビット (#xx:8)、16 ビット (#xx:16)、または 32 ビット (#xx:32) のデータを直接オペランドとして使用します。

なお、ADDS、SUBS、INC、DEC 命令では、イミディエイトデータが命令コード中に暗黙的に含まれます。ビット操作命令では、ビット番号を指定するための 3 ビットのイミディエイトデータが、命令コード中に含まれる場合があります。また、TRAPA 命令では、ベクタアドレスを指定するための 2 ビットのイミディエイトデータが命令コードの中に含まれます。

2.7.7 プログラムカウンタ相対 @(d:8, PC) /@ (d:16, PC)

Bcc、BSR 命令で使用されます。PC の内容で指定される 24 ビットのアドレスに、命令コード中に含まれる 8 ビット、または 16 ビットディスプレースメントを加算して 24 ビットの分岐アドレスを生成します。加算に際して、ディスプレースメントは 24 ビットに符号拡張されます。加算結果は下位 24 ビットが有効になり、上位 8 ビットはすべて 0 (H'00) とみなされます。また加算される PC の内容は次の命令の先頭アドレスとなっていますので、分岐可能範囲は分岐命令に対して -126 ~ +128 バイト (-63 ~ +64 ワード) または -32766 ~ +32768 バイト (-16383 ~ +16384 ワード) です。このとき、加算結果が偶数となるようにしてください。

2.7.8 メモリ間接 @@aa:8

JMP、JSR 命令で使用されます。命令コード中に含まれる 8 ビット絶対アドレスでメモリ上のオペランドを指定し、この内容を分岐アドレスとして分岐します。8 ビット絶対アドレスの上位のビットはすべて 0 となりますので、分岐アドレスを格納できるのは 0 ~ 255 (ノーマルモードのとき H'0000 ~ H'00FF、アドバンスモードのとき H'000000 ~ H'0000FF) 番地です。

ノーマルモードの場合は、メモリ上のオペランドはワードサイズで指定し、16 ビットの分岐アドレスを生成します。また、アドバンスモードの場合は、メモリ上のオペランドはロングワードサイズで指定します。このうち先頭の 1 バイトはすべて 0 (H'00) とみなされます。ただし、分岐アドレスを格納可能なアドレスの先頭領域は、例外処理ベクタ領域と共通になっていますので注意してください。詳細は「第 4 章 例外処理」を参照してください。

ワードサイズ、ロングワードサイズでメモリを指定する場合、および分岐アドレスを指定する場合に奇数アドレスを指定すると、最下位ビットは 0 とみなされ、1 番地前から始まるデータまたは命令コードをアクセスします (「2.5.2 メモリ上でのデータ形式」を参照してください)。

【注】 本 LSI ではノーマルモードは使用できません。

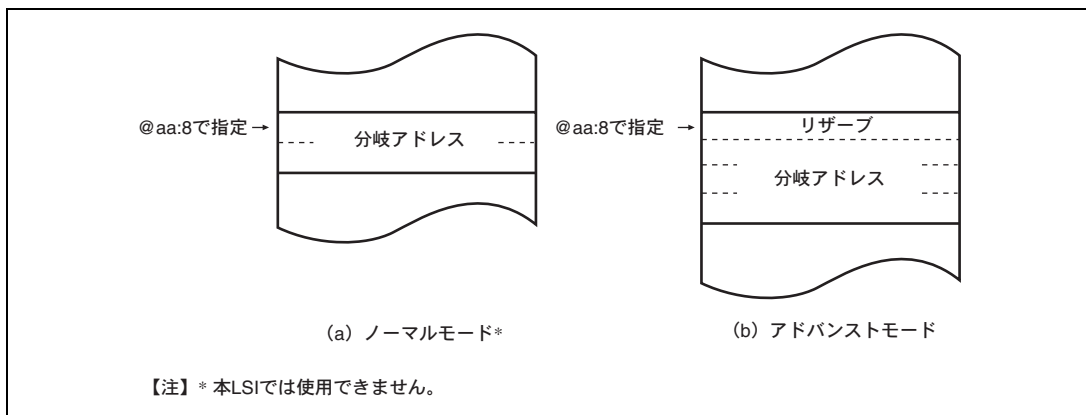


図 2.12 メモリ間接による分岐アドレスの指定

2.7.9 実効アドレスの計算方法

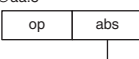

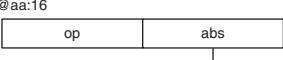
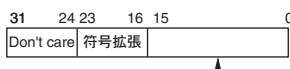
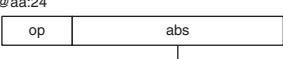
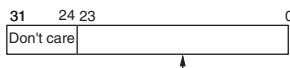

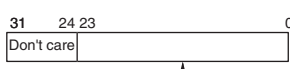
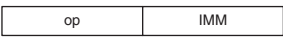
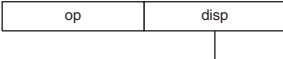
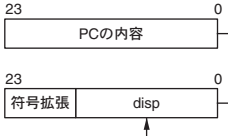
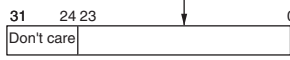
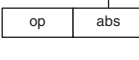
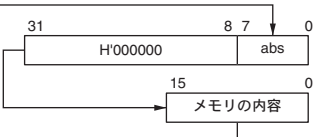
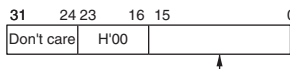
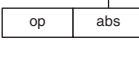
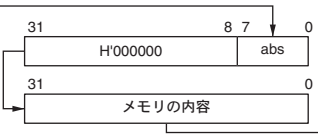
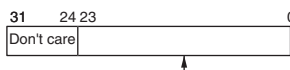
各アドレッシングモードにおける実効アドレス（EA：Effective Address）の計算法を表 2.13 に示します。
 ノーマルモードの場合、実効アドレスの上位 8 ビットは無視され、16 ビットのアドレスとなります。

【注】 本 LSI ではノーマルモードは使用できません。

表 2.13 実行アドレスの計算方法

No	アドレッシングモード・命令フォーマット	実効アドレス計算方法	実効アドレス (EA)
1	レジスタ直接 (Rn) 		オペランドは汎用レジスタの内容です。
2	レジスタ間接 (@ERn) 	汎用レジスタの内容	31 24 23 0 Don't care
3	ディスプレイメント付きレジスタ間接 @(d:16,ERn) / @(d:32,ERn) 	汎用レジスタの内容 符号拡張 disp	31 24 23 0 Don't care
4	ポストインクリメントレジスタ間接/プリデクリメントレジスタ間接 ・ポストインクリメントレジスタ間接 @ERn+ ・プリデクリメントレジスタ間接 @-ERn 	汎用レジスタの内容 汎用レジスタの内容 1、2、または4	31 24 23 0 Don't care

オペランドサイズ	加減算される値
バイト	1
ワード	2
ロングワード	4

No	アドレッシングモード・命令フォーマット	実効アドレス計算方法	実効アドレス (EA)
5	絶対アドレス @aa:8 		
	@aa:16 		
	@aa:24 		
	@aa:32 		
6	イミディエイト #xx:8/#xx:16/#xx:32 		オペランドはイミディエイトデータです。
7	プログラムカウンタ相対 @(d:8,PC)/@(d:16,PC) 		
8	メモリ間接 @aa:8 ・ノーマルモード* 		
	・アドバンストモード 		

【注】 * 本LSIでは使用できません。

2.8 処理状態

H8S/2600 CPU の処理状態には、リセット状態、例外処理状態、プログラム実行状態、バス権解放状態、およびプログラム停止状態の 5 種類があります。処理状態間の状態遷移図を図 2.13 に示します。

- リセット状態

CPU および内蔵周辺モジュールがすべて初期化され、停止している状態です。リセット端子がLowレベルになると、実行中の処理はすべて中止され、CPUはリセット状態になります。リセット状態ではすべての割り込みが禁止されます。リセット端子をLowレベルからHighレベルにすると、リセット例外処理を開始します。リセットの詳細は「**第4章 例外処理**」を参照してください。ウォッチドッグタイマを内蔵する製品では、ウォッチドッグタイマのオーバフローによってもリセットすることもできます。

- 例外処理状態

例外処理状態は、リセット、トレース、割り込み、またはトラップ命令の例外処理要因によってCPUが通常の処理状態の流れを変え、例外処理ベクタテーブルからスタートアドレス（ベクタ）を取り出してそのスタートアドレスに分岐する過渡的な状態です。詳細は「**第4章 例外処理**」を参照してください。

- プログラム実行状態

CPUがプログラムを順次実行している状態です。

- バス権解放状態

DMAコントローラ（DMAC）やデータトランスファコントローラ（DTC）を内蔵している製品で、これらCPU以外のバスマスタからのバス権要求に対してバス権を解放した状態です。バス権解放状態ではCPUは動作を停止します。

- プログラム停止状態

CPUが動作を停止し、消費電力を低下させた状態です。SLEEP命令の実行、またはハードウェアスタンバイモードへの遷移でCPUはプログラム停止状態になります。詳細は「**第18章 低消費電力状態**」を参照してください。

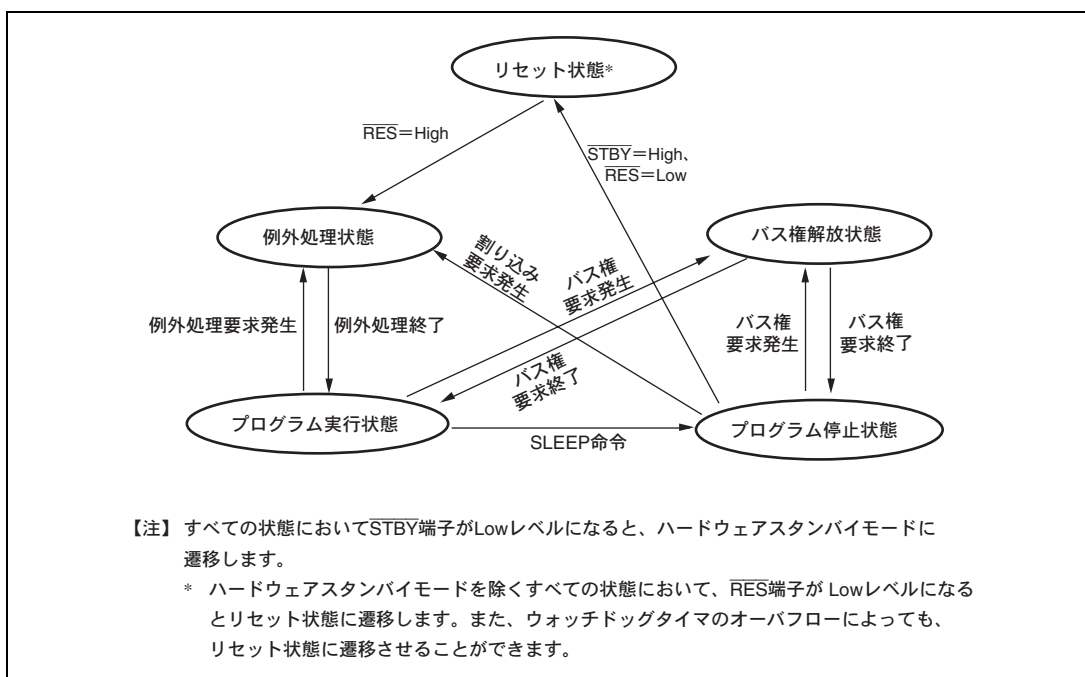


図 2.13 状態遷移図

2.9 使用上の注意

2.9.1 ビット操作命令使用上の注意事項

BSET、BCLR、BNOT、BST、BIST の各命令は、バイト単位でデータをリードし、ビット操作後に再びバイト単位でライトします。したがって、ライト専用ビットを含むレジスタ、またはポートに対してこれらの命令を使用するときは注意が必要です。

また、内部I/Oレジスタのフラグを0にクリアするために、BCLR命令を使用できます。この場合、割り込み処理ルーチンなどで当該フラグが1にセットされていることが明らかであれば、事前に当該フラグをリードする必要はありません。

3. MCU 動作モード

3.1 動作モードの選択

本 LSI は、動作モード 7 のアドバンストシングルチップモードのみサポートしています。動作モードはモード端子（MD2～MD0）の設定で決まります。モード 7 以外は本 LSI では使用できません。したがって、表 3.1 のようにモード端子はすべて High レベルに固定してください。また、モード端子は動作中に変化させないでください。

表 3.1 MCU 動作モードの選択

MCU 動作モード	MD2	MD1	MD0	CPU 動作モード	内容	内蔵 ROM	外部データバス	
							初期値	最大値
7	1	1	1	アドバンストモード	シングルチップモード	有効	—	—

3. MCU 動作モード

3.2 レジスタの説明

動作モードに関連するレジスタには以下のものがあります。

- モードコントロールレジスタ (MDCR)
- システムコントロールレジスタ (SYSCR)

3.2.1 モードコントロールレジスタ (MDCR)

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	—	1	R/W	リザーブビットです。ライト時は必ず 1 としてください。
6~3	—	すべて 0	—	リザーブビットです。リードすると常に 0 がリードされます。ライトは無効です。
2	MDS2	—	R	モードセレクト 2~0 モード端子 (MD2~MD0) の入力レベルを反映した値 (現在の動作モード) を示しています。MDS2~MDS0 ビットは MD2~MD0 端子にそれぞれ対応します。これらのビットはリード専用でライトは無効です。MDCR をリードすると、モード端子 (MD2~MD0) の入力レベルがこれらのビットにラッチされます。このラッチはリセットで解除されます。
1	MDS1	—	R	
0	MDS0	—	R	

3.2.2 システムコントロールレジスタ (SYSCR)

SYSCR は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタで、MAC 命令の飽和演算の選択、割り込み制御モードの選択、NMI の検出エッジの選択、内蔵 RAM の有効/無効の選択を行います。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	MACS	0	R/W	MAC サチュレーション MAC 命令の飽和演算、非飽和演算を選択します。 0: 非飽和演算 1: 飽和演算
6	—	0	—	リザーブビット リードすると、常に 0 がリードされます。ライトは無効です。
5 4	INTM1 INTM0	0 0	R/W R/W	割り込みコントローラの割り込み制御モードを選択します。割り込み制御モードについては「5.6 割り込み制御モードと割り込み動作」を参照してください。 00: 割り込み制御モード 0 01: 設定禁止 10: 割り込み制御モード 2 11: 設定禁止
3	NMIEG	0	R/W	NMI エッジセレクト NMI 端子の入力エッジ選択を行います。 0: NMI 入力の立ち下がりエッジで割り込み要求を発生 1: NMI 入力の立ち上がりエッジで割り込み要求を発生
2, 1	—	すべて 0	—	リザーブビットです。リードすると常に 0 がリードされます。ライトは無効です。
0	RAME	1	R/W	RAM イネーブル 内蔵 RAM の有効または無効を選択します。RAME ビットはリセットを解除したとき初期化されます。 0: 内蔵 RAM 無効 1: 内蔵 RAM 有効

3. MCU 動作モード

3.3 各動作モードの説明

CPU はアドバンスモードで、アドレス空間は 16M バイトです。内蔵 ROM が有効となり、外部アドレスは使用できません。すべての I/O ポートを入出力ポートとして使用できます。

3.3.1 端子機能

モード 7 における端子機能の一覧を表 3.2 に示します。

表 3.2 各動作モードにおける端子機能

ポート		モード 7
ポート 1	P10	P
	P11~P13	
ポート A	PA3~PA0	P
ポート B		P
ポート C		P
ポート D		P
ポート F	PF7	P*/C
	PF6~PF4	P
	PF3	
	PF2~PF0	

【記号説明】

P : 入出力ポート

C : 制御信号・クロック入出力

* : リセット直後

3.4 アドレスマップ

各動作モードのアドレスマップを図 3.1 に示します。

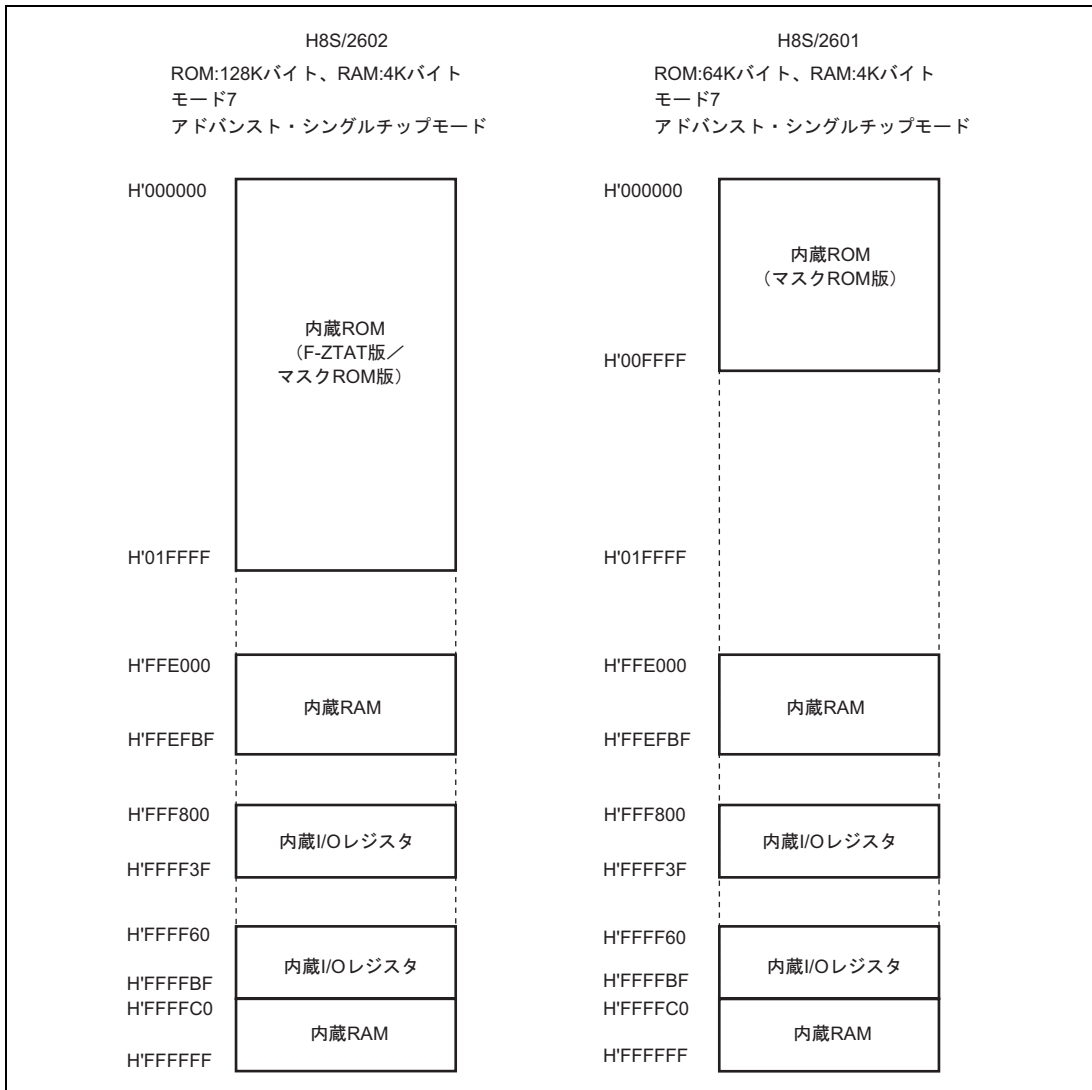


図 3.1 アドレスマップ

3. MCU 動作モード

4. 例外処理

4.1 例外処理の種類と優先度

例外処理要因には表 4.1 に示すように、リセット、トレース、割り込み、およびトラップ命令があります。これらの例外処理要因には表 4.1 のように優先順位が設けられており、複数の例外処理要因が同時に発生した場合は、この優先度に従って受け付けられます。例外処理は割り込み制御モードによって、例外処理要因やスタックの構造、CPU の動作が異なります。割り込み制御モードの詳細については、「第 5 章 割り込みコントローラ」を参照してください。

表 4.1 例外処理の種類と優先度

優先度	例外処理の種類	例外処理開始タイミング
↑ 高 ↓ 低	リセット	RES 端子の Low レベルから High レベルへの遷移時、または、ウォッチドッグタイマのオーバフローにより開始します。RES 端子が Low レベルのときリセット状態になります。
	トレース* ¹	EXR のトレース (T) ビット=1 の状態で、命令または例外処理の実行終了時に開始します。
	直接遷移	SLEEP 命令の実行により、直接遷移が発生すると開始します。
	割り込み	割り込み要求が発生すると、命令または例外処理の実行終了時に開始します。* ²
	トラップ命令* ³	トラップ (TRAPA) 命令の実行により開始します。

【注】 *1 トレースは割り込み制御モード 2 でのみ有効です。トレース例外処理は、RTE 命令の実行終了後には実行しません。

*2 ANDC、ORC、XORC、LDC 命令の実行終了時点、またはリセット例外処理の終了時点では割り込みの検出を行いません。

*3 トラップ命令例外処理は、プログラム実行状態で常に受け付けられます。

4. 例外処理

4.2 例外処理要因とベクタテーブル

例外処理要因には、それぞれ異なるベクタアドレスが割り当てられています。例外処理要因とベクタアドレスとの対応を表4.2に示します。製品によって使用できるモードが異なりますので、製品ごとの詳細は「第3章 MCU 動作モード」を参照してください。

表 4.2 例外処理ベクタテーブル

例外処理要因	ベクタ番号	ベクタアドレス*1	
		ノーマルモード*2	アドバンスモード
パワーオンリセット	0	H'0000~H'0001	H'0000~H'0003
マニュアルリセット*2	1	H'0002~H'0003	H'0004~H'0007
システムリザーブ	2	H'0004~H'0005	H'0008~H'000B
	3	H'0006~H'0007	H'000C~H'000F
	4	H'0008~H'0019	H'0010~H'0013
トレース	5	H'000A~H'000B	H'0014~H'0017
割り込み（直接遷移）*2	6	H'000C~H'000D	H'0018~H'001B
割り込み（NMI）	7	H'000E~H'000F	H'001C~H'001F
トラップ命令（#0）	8	H'0010~H'0011	H'0020~H'0023
トラップ命令（#1）	9	H'0012~H'0013	H'0024~H'0027
トラップ命令（#2）	10	H'0014~H'0015	H'0028~H'002B
トラップ命令（#3）	11	H'0016~H'0017	H'002C~H'002F
システムリザーブ	12	H'0018~H'0019	H'0030~H'0033
	13	H'001A~H'001B	H'0034~H'0037
	14	H'001C~H'001D	H'0038~H'003B
	15	H'001E~H'001F	H'003C~H'003F
外部割り込み IRQ0	16	H'0020~H'0021	H'0040~H'0043
外部割り込み IRQ1	17	H'0022~H'0023	H'0044~H'0047
外部割り込み IRQ2	18	H'0024~H'0025	H'0048~H'004B
外部割り込み IRQ3	19	H'0026~H'0027	H'004C~H'004F
外部割り込み IRQ4	20	H'0028~H'0029	H'0050~H'0053
外部割り込み IRQ5	21	H'002A~H'002B	H'0054~H'0057
システムリザーブ	22	H'002C~H'002D	H'0058~H'005B
	23	H'002E~H'002F	H'005C~H'005F
内部割り込み*3	24	H'0030~H'0031	H'0060~H'0063
	127	H'00FE~H'00FF	H'01FC~H'01FF

【注】 *1 先頭アドレスの下位 16 ビットを示しています。

*2 本 LSI では使用できません。

*3 割り込みのベクタテーブルは、「5.5 割り込み例外処理ベクタテーブル」を参照してください。

4.3 リセット

リセットは、最も優先順位の高い例外処理です。 $\overline{\text{RES}}$ 端子が Low レベルになると、実行中の処理はすべて打ち切られ、本 LSI はリセット状態になります。本 LSI を確実にリセットするため、電源投入時は最低 20ms の間、 $\overline{\text{RES}}$ 端子を Low レベルに保持してください。また、動作中は $\overline{\text{RES}}$ 端子を最低 20 ステートの間、Low レベルに保持してください。リセットによって、CPU の内部状態と内蔵周辺モジュールの各レジスタが初期化されます。またウォッチドッグタイマのオーバーフローによって、リセット状態とすることもできます。詳細は「第 12 章 ウォッチドッグタイマ (WDT)」を参照してください。リセット直後は割り込み制御モードは 0 になっています。

4.3.1 リセット例外処理

$\overline{\text{RES}}$ 端子が一定期間 Low レベルの後 High レベルになると、リセット例外処理を開始し、本 LSI は次のように動作します。

1. CPU の内部状態と内蔵周辺モジュールの各レジスタが初期化され、EXR の T ビットは 0 にクリアされ、EXR、CCR の I ビットが 1 にセットされます。
2. リセット例外処理ベクタアドレスをリードして PC に転送したあと、PC で示されるアドレスからプログラムの実行を開始します。

リセットシーケンスの例を図 4.1、図 4.2 に示します。

4. 例外処理

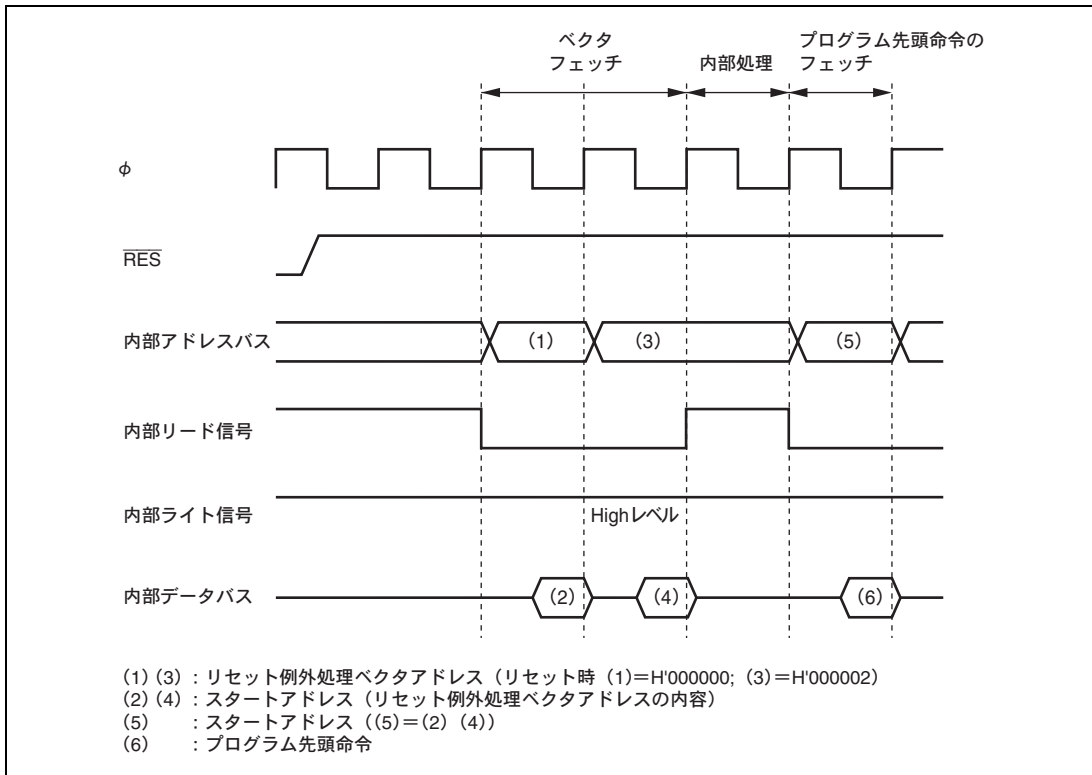


図 4.1 リセットシーケンス (アドバンスモード/内蔵 ROM 有効)

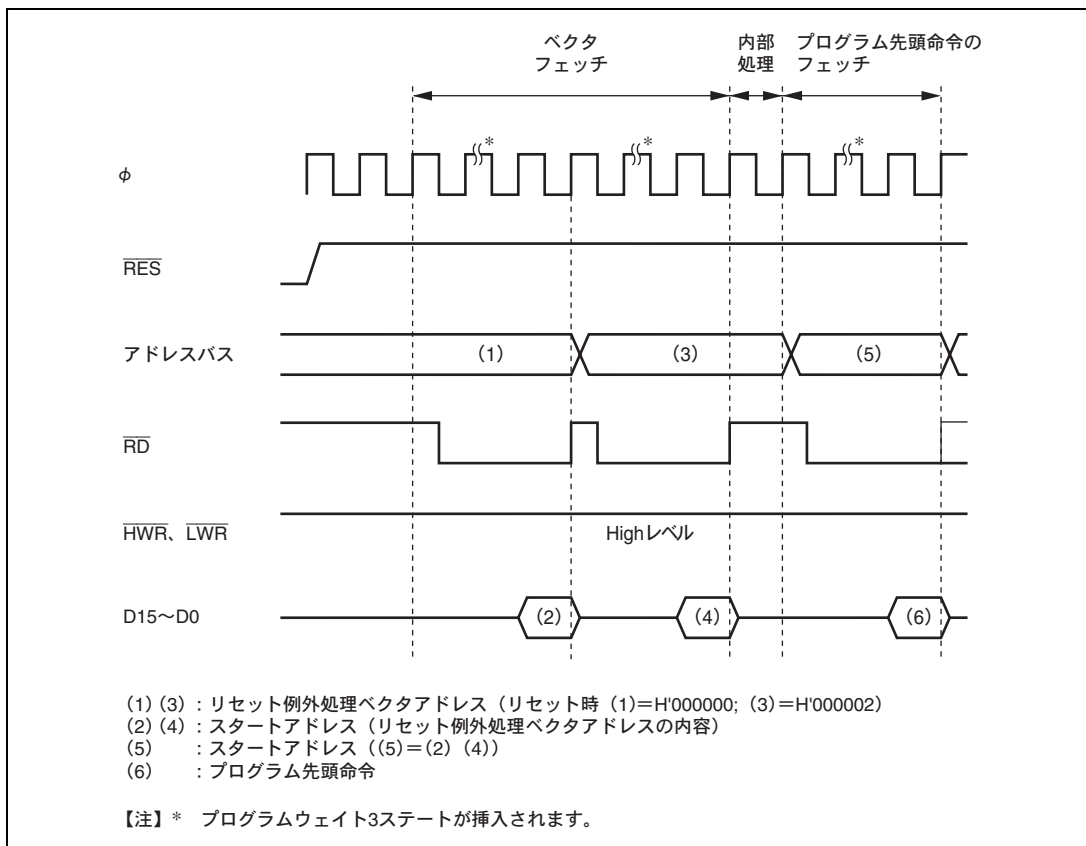


図 4.2 リセットシーケンス (アドバンスモード/内蔵 ROM 無効: 本 LSI では使用できません)

4.3.2 リセット直後の割り込み

リセット直後、スタックポインタ (SP) を初期化する前に割り込みを受け付けると、PC と CCR の退避が正常に行われなため、プログラムの暴走につながります。これを防ぐため、リセット例外処理が実行された直後は、NMI を含めたすべての割り込み要求が禁止されます。すなわち、リセット直後はプログラムの先頭 1 命令が必ず実行されますので、プログラム先頭命令は SP を初期化する命令としてください (例: MOV.L #xx, SP)。

4.3.3 リセット解除後の内蔵周辺機能

リセット解除後、MSTPCRA~MSTPCRC は H'3F、H'FF、H'FF に初期化され、DTC を除くすべてのモジュールがモジュールストップモードになっています。

そのため、各内蔵周辺モジュールのレジスタは、リード/ライトできません。モジュールストップモードを解除することにより、レジスタのリード/ライトが可能となります。

4. 例外処理

4.4 トレース例外処理

トレースは、割り込み制御モード2で有効です。割り込み制御モード0では、Tビットの状態にかかわらず、トレースモードにはなりません。割り込み制御モードについては、「第5章 割り込みコントローラ」を参照してください。

EXRのTビットを1にセットすると、トレースモードになります。トレースモードではCPUが命令を実行するたびにトレース例外処理を開始します。トレース例外処理はCCRの割り込みマスクビットの影響を受けません。表4.3にトレース例外処理後のCCR、EXRの状態を示します。トレース例外処理によってEXRのTビットが0にクリアされてトレースモードが解除されますが、スタックに退避されたTビットは1を保持しており、RTE命令によってトレース例外処理ルーチンから復帰したあとは再びトレースモードになります。RTE命令の実行ではトレース例外処理を行いません。

トレース例外処理ルーチンでも割り込みを受け付けます。

表 4.3 トレース例外処理後のCCR、EXRの状態

割り込み制御モード	CCR		EXR	
	I	UI	I2~I0	T
0	トレース例外処理は使用できません。			
2	1	—	—	0

【記号説明】

- 1 : 1にセットされます。
- 0 : 0にクリアされます。
- : 実行前の値が保持されます。

4.5 割り込み例外処理

割り込みは割り込みコントローラによって制御されます。割り込み制御には、2つの割り込み制御モードがあり、NMI以外の割り込みに8レベルの優先順位/マスクレベルを設定して、多重割り込みの制御を行うことができます。割り込み例外処理を開始させる要因とベクタアドレスは製品によって異なります。詳細は「第5章 割り込みコントローラ」を参照してください。

割り込み例外処理は、次のように動作します。

1. プログラムカウンタ (PC) とコンディションコードレジスタ (CCR)、エクステンドレジスタ (EXR) の内容をスタックに退避します。
2. 割り込みマスクビットを更新し、Tビットを0にクリアします。
3. 割り込み要因に対応するベクタアドレスを生成し、ベクタテーブルからスタートアドレスをPCにロードしてその番地からプログラムの実行を開始します。

4.6 トラップ命令例外処理

トラップ命令例外処理は、TRAPA 命令を実行すると例外処理を開始します。トラップ命令例外処理はプログラム実行状態で常に実行可能です。

トラップ命令例外処理は、次のように動作します。

1. プログラムカウンタ (PC) とコンディションコードレジスタ (CCR)、エクステンドレジスタ (EXR) の内容をスタックに退避します。
2. 割り込みマスクビットを更新し、Tビットを0にクリアします。
3. 割り込み要因に対応するベクタアドレスを生成し、ベクタテーブルからスタートアドレスをPCにロードしてその番地からプログラムの実行を開始します。

TRAPA 命令は、命令コード中で指定した 0~3 のベクタ番号に対応するベクタテーブルからスタートアドレスを取り出します。

表 4.4 に、トラップ命令例外処理実行後の CCR、EXR の状態を示します。

表 4.4 トラップ命令例外処理後の CCR、EXR の状態

割り込み制御モード	CCR		EXR	
	I	UI	I2~I0	T
0	1	—	—	—
2	1	—	—	0

【記号説明】

- 1 : 1 にセットされます。
- 0 : 0 にクリアされます。
- : 実行前の値が保持されます。

4. 例外処理

4.7 例外処理後のスタックの状態

トラップ命令例外処理および割り込み例外処理後のスタックの状態を図 4.3 に示します。

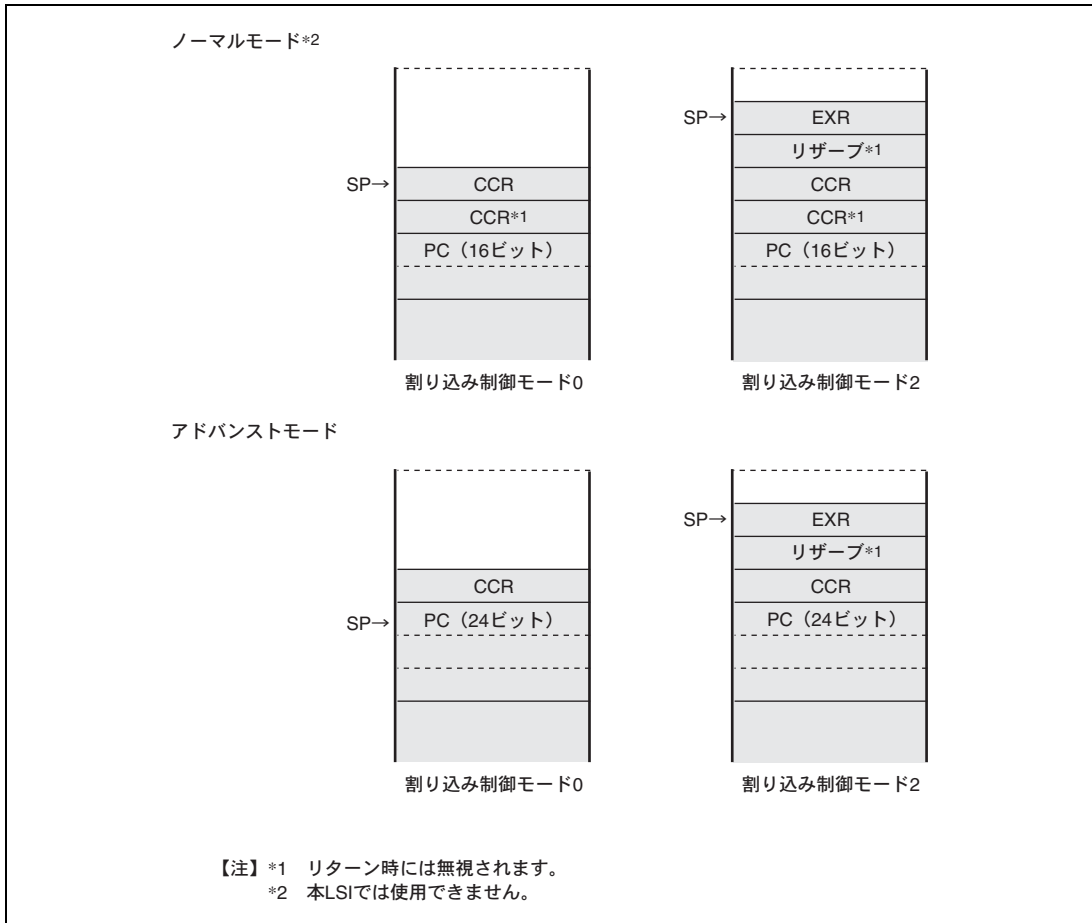


図 4.3 例外処理終了後のスタックの状態

4.8 使用上の注意事項

ワードデータまたはロングワードデータをアクセスする場合は、アドレスの最下位ビットは0とみなされます。スタック領域に対するアクセスは、常にワードサイズまたはロングワードサイズで行い、スタックポインタ（SP：ER7）の内容は奇数にしないでください。

すなわち、レジスタの退避は、

```
PUSH.W Rn (MOV.W Rn, @-SP)
```

```
PUSH.L ERn (MOV.L ERn, @-SP)
```

また、レジスタの復帰は、

```
POP.W Rn (MOV.W @SP+, Rn)
```

```
POP.L ERn (MOV.L @SP+, ERn)
```

を使用してください。

SP を奇数に設定すると、誤動作の原因となります。SP を奇数に設定した場合の動作例を図 4.4 に示します。

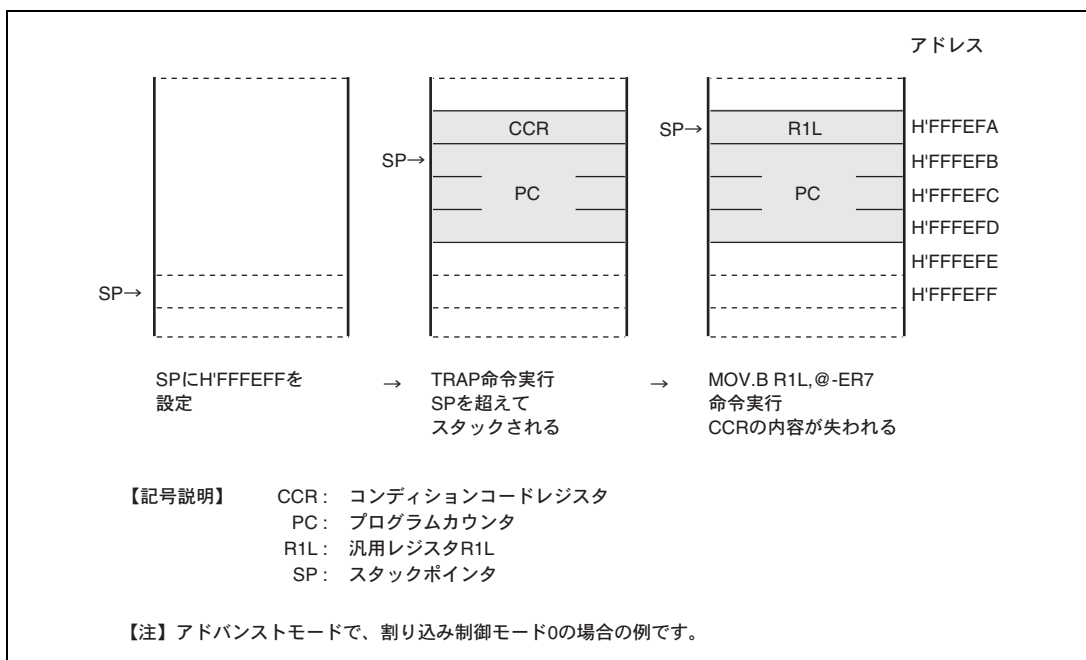


図 4.4 SP を奇数に設定したときの動作

4. 例外处理

5. 割り込みコントローラ

5.1 特長

- 2種類の割り込み制御モード
システムコントロールレジスタ (SYSCR) のINTM1、INTM0ビットにより、2種類の割り込み制御モードをサポートしています。
- IPRにより、優先順位を設定可能
インタラプトプライオリティレジスタ (IPR) により、NMI以外の割り込み要求にはモジュールごとに8レベルの優先順位を設定できます。NMIは、最優先のレベル8の割り込み要求として、常に受け付けられます。
- 独立したベクタアドレス
すべての割り込み要因には独立したベクタアドレスが割り当てられており、割り込み処理ルーチンで要因を判別する必要がありません。
- 7本の外部割り込み端子
NMIは最優先の割り込みで常に受け付けられます。NMIは立ち上がりエッジまたは立ち下がりエッジを選択できます。IRQ5～IRQ0は立ち下がりエッジ、立ち上がりエッジ、両エッジ、レベルセンスのいずれかをそれぞれ独立に選択できます。
- DTCの制御
割り込み要求によりDTCを起動することができます。

5. 割り込みコントローラ

割り込みコントローラのブロック図を図 5.1 に示します。

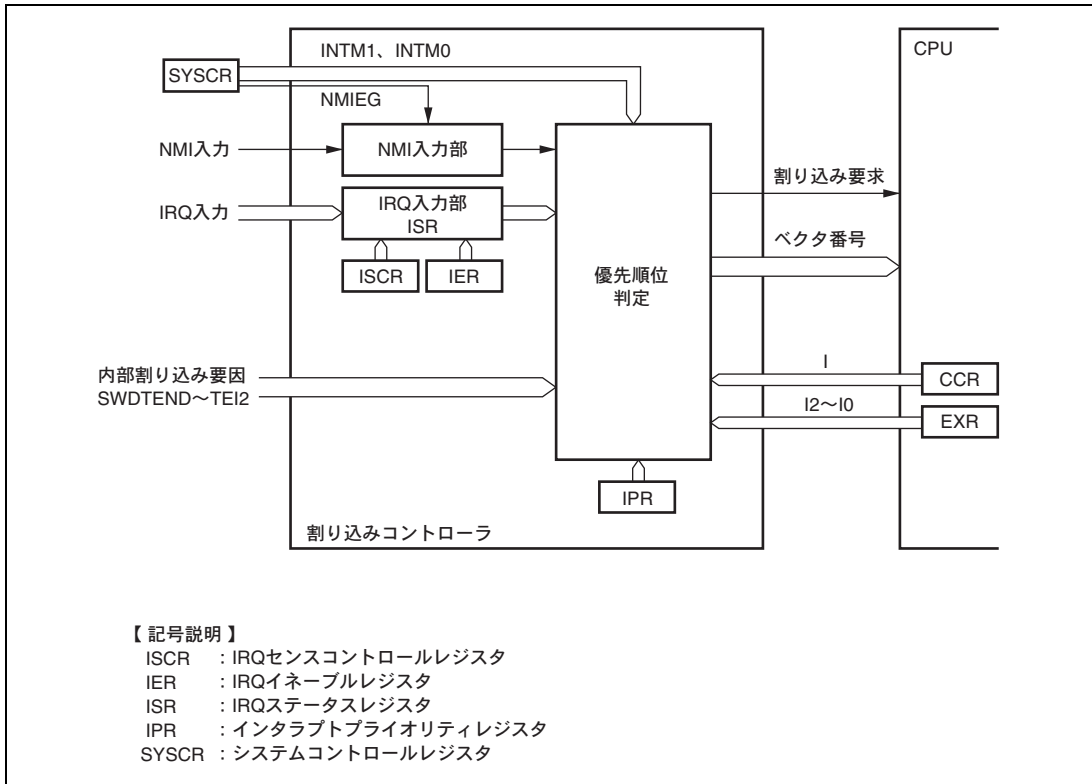


図 5.1 割り込みコントローラのブロック図

5.2 入出力端子

割り込みコントローラの端子構成を表 5.1 に示します。

表 5.1 端子構成

名 称	入出力	機 能
NMI	入力	ノンマスクابل外部割り込み端子 立ち上がりエッジまたは立ち下がりエッジを選択可能。
$\overline{\text{IRQ5}}$	入力	マスク可能な外部割り込み端子 立ち下がりエッジ、立ち上がりエッジ、両エッジ、レベルセンスのいずれかを独立に選択可能。
$\overline{\text{IRQ4}}$	入力	
$\overline{\text{IRQ3}}$	入力	
$\overline{\text{IRQ2}}$	入力	
$\overline{\text{IRQ1}}$	入力	
$\overline{\text{IRQ0}}$	入力	

5.3 レジスタの説明

割り込みコントローラには以下のレジスタがあります。システムコントロールレジスタ (SYSCR) については「3.2.2 システムコントロールレジスタ (SYSCR)」を参照してください。

- システムコントロールレジスタ (SYSCR)
- IRQセンスコントロールレジスタH (ISCRH)
- IRQセンスコントロールレジスタL (ISCRL)
- IRQイネーブルレジスタ (IER)
- IRQステータスレジスタ (ISR)
- インタラプトプライオリティレジスタA (IPRA)
- インタラプトプライオリティレジスタB (IPRB)
- インタラプトプライオリティレジスタC (IPRC)
- インタラプトプライオリティレジスタD (IPRD)
- インタラプトプライオリティレジスタE (IPRE)
- インタラプトプライオリティレジスタF (IPRF)
- インタラプトプライオリティレジスタG (IPRG)
- インタラプトプライオリティレジスタH (IPRH)
- インタラプトプライオリティレジスタJ (IPRJ)
- インタラプトプライオリティレジスタK (IPRK)
- インタラプトプライオリティレジスタM (IPRM)

5. 割り込みコントローラ

5.3.1 インタラプトプライオリティレジスタ A~H、J、K、M (IPRA~IPRH、IPRJ、IPRK、IPRM)

IPR は 8 ビットのリード/ライト可能な 11 本のレジスタで、NMI を除く割り込み要因の優先順位(レベル 7~0)を設定します。各割り込み要因と IPR の対応については表 5.2 を参照してください。ビット 6~4、ビット 2~0 の各 3 ビットに H'0~H'7 の範囲の値を設定することによって、対応する割り込み要求の優先順位が決まります。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	—	0	—	リザーブビットです。リードすると常に 0 がリードされます。
6	IPR6	1	R/W	対応する割り込み要因の優先順位を設定します。 000: 優先レベル 0 (最低) 001: 優先レベル 1 010: 優先レベル 2 011: 優先レベル 3 100: 優先レベル 4 101: 優先レベル 5 110: 優先レベル 6 111: 優先レベル 7 (最高)
5	IPR5	1	R/W	
4	IPR4	1	R/W	
3	—	0	—	リザーブビットです。リードすると常に 0 がリードされます。
2	IPR2	1	R/W	対応する割り込み要因の優先順位を設定します。 000: 優先レベル 0 (最低) 001: 優先レベル 1 010: 優先レベル 2 011: 優先レベル 3 100: 優先レベル 4 101: 優先レベル 5 110: 優先レベル 6 111: 優先レベル 7 (最高)
1	IPR1	1	R/W	
0	IPR0	1	R/W	

5.3.2 IRQ イネーブルレジスタ (IER)

IER は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタで、IRQ5~IRQ0 割り込み要求をイネーブルにします。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7、6	—	すべて 0	R/W	リザーブビットです。ライト時は必ず 0 としてください。
5	IRQ5E	0	R/W	IRQ5 イネーブル このビットが 1 のとき IRQ5 割り込み要求がイネーブルになります。
4	IRQ4E	0	R/W	IRQ4 イネーブル このビットが 1 のとき IRQ4 割り込み要求がイネーブルになります。
3	IRQ3E	0	R/W	IRQ3 イネーブル このビットが 1 のとき IRQ3 割り込み要求がイネーブルになります。
2	IRQ2E	0	R/W	IRQ2 イネーブル このビットが 1 のとき IRQ2 割り込み要求がイネーブルになります。
1	IRQ1E	0	R/W	IRQ1 イネーブル このビットが 1 のとき IRQ1 割り込み要求がイネーブルになります。
0	IRQ0E	0	R/W	IRQ0 イネーブル このビットが 1 のとき IRQ0 割り込み要求がイネーブルになります。

5. 割り込みコントローラ

5.3.3 IRQ センスコントロールレジスタ H、L (ISCRH、ISCRL)

ISCR は 16 ビットのリード/ライト可能なレジスタで、 $\overline{\text{IRQ5}} \sim \overline{\text{IRQ0}}$ 端子から割り込み要求を発生させる要因を選択します。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
15~12	—	すべて 0	R/W	リザーブビットです。ライト時は必ず 0 としてください。
11 10	IRQ5SCB IRQ5SCA	0 0	R/W R/W	IRQ5 センスコントロール B IRQ5 センスコントロール A 00: $\overline{\text{IRQ5}}$ 入力の Low レベルで割り込み要求を発生 01: $\overline{\text{IRQ5}}$ 入力の立ち下がりエッジで割り込み要求を発生 10: $\overline{\text{IRQ5}}$ 入力の立ち上がりエッジで割り込み要求を発生 11: $\overline{\text{IRQ5}}$ 入力の立ち下がり、立ち上がりの両エッジで割り込み要求を発生
9 8	IRQ4SCB IRQ4SCA	0 0	R/W R/W	IRQ4 センスコントロール B IRQ4 センスコントロール A 00: $\overline{\text{IRQ4}}$ 入力の Low レベルで割り込み要求を発生 01: $\overline{\text{IRQ4}}$ 入力の立ち下がりエッジで割り込み要求を発生 10: $\overline{\text{IRQ4}}$ 入力の立ち上がりエッジで割り込み要求を発生 11: $\overline{\text{IRQ4}}$ 入力の立ち下がり、立ち上がりの両エッジで割り込み要求を発生
7 6	IRQ3SCB IRQ3SCA	0 0	R/W R/W	IRQ3 センスコントロール B IRQ3 センスコントロール A 00: $\overline{\text{IRQ3}}$ 入力の Low レベルで割り込み要求を発生 01: $\overline{\text{IRQ3}}$ 入力の立ち下がりエッジで割り込み要求を発生 10: $\overline{\text{IRQ3}}$ 入力の立ち上がりエッジで割り込み要求を発生 11: $\overline{\text{IRQ3}}$ 入力の立ち下がり、立ち上がりの両エッジで割り込み要求を発生
5 4	IRQ2SCB IRQ2SCA	0 0	R/W R/W	IRQ2 センスコントロール B IRQ2 センスコントロール A 00: $\overline{\text{IRQ2}}$ 入力の Low レベルで割り込み要求を発生 01: $\overline{\text{IRQ2}}$ 入力の立ち下がりエッジで割り込み要求を発生 10: $\overline{\text{IRQ2}}$ 入力の立ち上がりエッジで割り込み要求を発生 11: $\overline{\text{IRQ2}}$ 入力の立ち下がり、立ち上がりの両エッジで割り込み要求を発生
3 2	IRQ1SCB IRQ1SCA	0 0	R/W R/W	IRQ1 センスコントロール B IRQ1 センスコントロール A 00: $\overline{\text{IRQ1}}$ 入力の Low レベルで割り込み要求を発生 01: $\overline{\text{IRQ1}}$ 入力の立ち下がりエッジで割り込み要求を発生 10: $\overline{\text{IRQ1}}$ 入力の立ち上がりエッジで割り込み要求を発生 11: $\overline{\text{IRQ1}}$ 入力の立ち下がり、立ち上がりの両エッジで割り込み要求を発生

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
1	IRQ0SCB	0	R/W	IRQ0 センسコントロール B
0	IRQ0SCA	0	R/W	IRQ0 センسコントロール A 00: $\overline{\text{IRQ0}}$ 入力の Low レベルで割り込み要求を発生 01: $\overline{\text{IRQ0}}$ 入力の立ち下がりがエッジで割り込み要求を発生 10: $\overline{\text{IRQ0}}$ 入力の立ち上がりエッジで割り込み要求を発生 11: $\overline{\text{IRQ0}}$ 入力の立ち下がり、立ち上がりの両エッジで割り込み要求を発生

5.3.4 IRQ ステータスレジスタ (ISR)

ISR は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタで、IRQ5~IRQ0 割り込み要求フラグレジスタです。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7, 6	—	すべて 0	R/W	リザーブビットです。ライト時は必ず 0 としてください。
5	IRQ5F	0	R/W	[セット条件]
4	IRQ4F	0	R/W	• ISCR で選択した割り込み要因が発生したとき
3	IRQ3F	0	R/W	[クリア条件]
2	IRQ2F	0	R/W	• 1 の状態をリードしたあと、0 をライトしたとき
1	IRQ1F	0	R/W	• Low レベル検出設定の状態かつ $\overline{\text{IRQn}}$ 入力が High レベルの状態、割り込み例外処理を実行したとき
0	IRQ0F	0	R/W	• 立ち下がりがエッジ、立ち上がりエッジ、両エッジ検出設定時の状態で IRQn 割り込み例外処理を実行したとき • IRQn 割り込みにより DTC が起動され、DTC の MRB の DISEL ビットが 0 のとき (n=5~0)

5.4 割り込み要因

5.4.1 外部割り込み要因

外部割り込みには、NMI、IRQ5～IRQ0 の 7 要因があります。このうち、外部割り込みはソフトウェアスタンバイモードからの復帰に使用できます。

(1) NMI 割り込み

ノンマスカブル割り込み要求 NMI は最優先の外部割り込み要求で、割り込み制御モードや CPU の割り込みマスキットの状態にかかわらず常に受け付けられます。NMI 端子の立ち上がりエッジと立ち下がりエッジのいずれで割り込み要求を発生させるか、SYSCR の NMIEG ビットで選択できます。

(2) IRQ5～IRQ0 割り込み

IRQ5～IRQ0 割り込みは $\overline{\text{IRQ5}}\sim\overline{\text{IRQ0}}$ 端子の入力信号により割り込み要求を発生します。IRQ5～IRQ0 割り込みには以下の特長があります。

- $\overline{\text{IRQ5}}\sim\overline{\text{IRQ0}}$ 端子のLowレベル、立ち下がりエッジ、立ち上がりエッジおよび両エッジのいずれで割り込み要求を発生させるか、ISCRで選択できます。
- IRQ5～IRQ0割り込み要求はIERによりマスクできます。
- IPRにより割り込みプライオリティレベルを設定できます。
- IRQ5～IRQ0割り込み要求のステータスは、ISRに表示されます。ISRのフラグはソフトウェアで0にクリアすることができます。

IRQ5～IRQ0 割り込みの検出は、当該の端子が入力に設定されているか、出力に設定されているかに依存しません。したがって、外部割り込み入力端子として使用する場合には、対応する DDR を 0 にクリアしてそのほかの機能の入出力端子としては使用しないでください。

IRQ5～IRQ0 割り込みのブロック図を図 5.2 に示します。

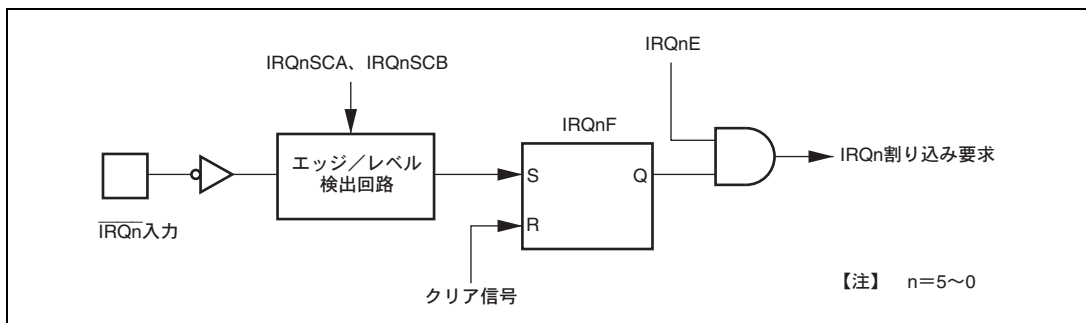


図 5.2 IRQ5～IRQ0 割り込みのブロック図

5.4.2 内部割り込み

内蔵周辺モジュールからの内部割り込み要因には以下の特長があります。

- 各内蔵周辺モジュールには、割り込み要求のステータスを表示するフラグとこれらの割り込みイネーブルビットがあり、独立にマスクすることができます。イネーブルビットが1のとき割り込み要求が割り込みコントローラに送られます。
- IPRによって割り込みプライオリティレベルを設定できます。
- TPU、SCIなどの割り込み要求によりDTCを起動することができます。
- 割り込み要求によりDTCを起動する場合は、割り込み制御モードや、CPUの割り込みマスクビットの影響を受けません。

5.5 割り込み例外処理ベクタテーブル

表 5.2 に割り込み例外処理要因とベクタアドレスおよび割り込み優先順位の一覧を示します。デフォルトの優先順位はベクタ番号の小さいものほど高くなっています。モジュール間の優先順位は、IPR により変更することができます。同一優先順位に設定されたモジュールはデフォルトの優先順位に従います。モジュール内の優先順位は固定されています。

5. 割り込みコントローラ

表 5.2 割り込み要因とベクタアドレスおよび割り込み優先順位一覧

割り込み要因発生元	名称	ベクタ 番号	ベクタアドレス*	IPR	優先 順位
			アドバンスト モード		
外部端子	NMI	7	H'001C		高 ↑
	IRQ0	16	H'0040	IPRA6~IPRA4	
	IRQ1	17	H'0044	IPRA2~IPRA0	
	IRQ2	18	H'0048	IPRB6~IPRB4	
	IRQ3	19	H'004C		
	IRQ4	20	H'0050	IPRB2~IPRB0	
	IRQ5	21	H'0054		
-	システムリザーブ	22	H'0058		
	システムリザーブ	23	H'005C		
DTC	SWDTEND	24	H'0060	IPRC2~IPRC0	
ウォッチドッグタイマ 0	WOVI0	25	H'0064	IPRD6~IPRD4	
PC ブレークコントローラ	PC ブレーク	27	H'006C	IPRE6~IPRB4	
A/D	ADI	28	H'0070	IPRE2~IPRE0	
TPU チャンネル 0	TGIA_0	32	H'0080	IPRF6~IPRF4	
	TGIB_0	33	H'0084		
	TGIC_0	34	H'0088		
	TGID_0	35	H'008C		
	TCIV_0	36	H'0090		
TPU チャンネル 1	TGIA_1	40	H'00A0	IPRF2~IPRF0	
	TGIB_1	41	H'00A4		
	TCIV_1	42	H'00A8		
	TCIU_1	43	H'00AC		
TPU チャンネル 2	TGIA_2	44	H'00B0	IPRG6~IPRG4	
	TGIB_2	45	H'00B4		
	TCIV_2	46	H'00B8		
	TCIU_2	47	H'00BC		
TPU チャンネル 3	TGIA_3	48	H'00C0	IPRG2~IPRG0	
	TGIB_3	49	H'00C4		
	TGIC_3	50	H'00C8		
	TGID_3	51	H'00CC		
	TCIV_3	52	H'00D0		

5. 割り込みコントローラ

5.6 割り込み制御モードと割り込み動作

割り込みコントローラには割り込み制御モード0と割り込み制御モード2の2種類のモードがあり、割り込み制御モードによって動作が異なります。割り込み制御モードの選択はSYSCRで行います。表5.3に割り込み制御モード0と割り込み制御モード2の相違点を示します。

表 5.3 割り込み制御モード

割り込み制御モード	割り込み優先順位	割り込みマスクビット	説明
0	デフォルト	I	各割り込み要因の優先順位はデフォルトで固定されています。 NMIを除く割り込み要因はIビットによりマスクされます。
2	IPR	I2~I0	IPRによりNMIを除く各割り込み要因に8レベルの優先順位を設定できます。 I2~I0ビットにより、8レベルの割り込みマスク制御を行います。

5.6.1 割り込み制御モード0

割り込み制御モード0ではNMIを除く割り込み要求はCPUのCCRのIビットによってマスクされます。割り込み受け付け動作のフローチャートを図5.3に示します。

1. 割り込みイネーブルビットが1にセットされている割り込み要因が発生すると、割り込み要求が割り込みコントローラに送られます。
2. CPUのIビットが1にセットされているときは、割り込みコントローラはNMI以外の割り込み要求を保留します。Iビットがクリアされているときは割り込み要求を受け付けます。
3. 複数の割り込み要求があるときは割り込みコントローラは優先順位に従って最も優先度の高い割り込み要求を選択してCPUに対して割り込み処理を要求し、その他は保留します。
4. CPUは割り込み要求を受け付けると、実行中の命令の処理が終了したあと、割り込み例外処理を開始します。
5. 割り込み例外処理によって、PCとCCRがスタック領域に退避されます。PCにはリターン後に実行する最初の命令のアドレスが退避されます。
6. CCRのIビットを1にセットします。これにより、NMIを除く割り込みがマスクされます。
7. CPUは受け付けた割り込み要求に対応するベクタアドレスを生成し、ベクタテーブルから割り込みルーチン開始アドレスを読み取って割り込み処理を開始します。

5. 割り込みコントローラ

5.6.2 割り込み制御モード 2

割り込み制御モード 2 では NMI を除く割り込み要求は CPU の EXR の割り込みマスクレベル (I2~I0 ビット) と IPR との比較によって 8 レベルのマスク制御を行います。割り込み受け付け動作のフローチャートを図 5.4 に示します。

1. 割り込みイネーブルビットが 1 にセットされている割り込み要因が発生すると、割り込み要求が割り込みコントローラに送られます。
2. 複数の割り込み要求があるときは割り込みコントローラは IPR に設定された割り込みプライオリティレベルに従って最も優先度の高い割り込みを選択し、それより低位の割り込み要求は保留します。プライオリティレベルが同一の場合は表 5.3 に示すデフォルトの優先順位に従って割り込み要求を選択します。
3. その後、選択した割り込み要求の優先順位と EXR の割り込みマスクレベルとを比較します。設定されていたマスクレベル以下であれば保留し、割り込みマスクレベルより優先順位が高ければ CPU に対して割り込み処理を要求します。
4. CPU は割り込み要求を受け付けると、実行中の命令の処理が終了したあと、割り込み例外処理を開始します。
5. 割り込み例外処理によって、PC、CCR および EXR がスタック領域に退避されます。PC にはリターン後に実行する最初の命令のアドレスが退避されます。
6. EXR の T ビットが 0 にクリアされます。割り込みマスクレベルは受け付けた割り込みのプライオリティレベルに書き換えられます。受け付けた割り込みが NMI のときは割り込みマスクレベルは H7 に設定されます。
7. CPU は受け付けた割り込み要求に対応するベクタアドレスを生成し、ベクタテーブルから割り込みルーチン開始アドレスを読み取って割り込み処理を開始します。

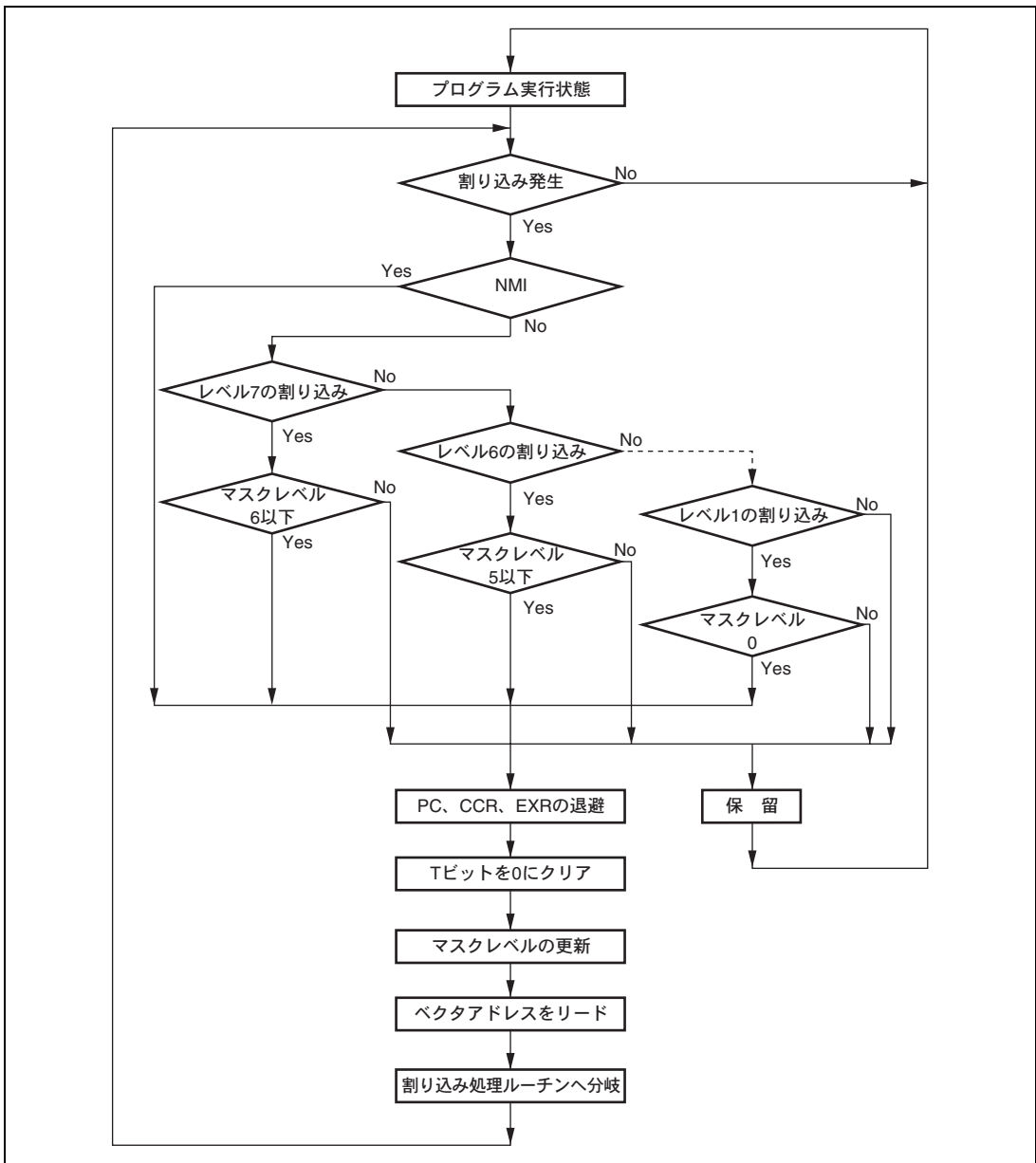


図 5.4 割り込み制御モード 2 の割り込み受け付けまでのフロー

5. 割り込みコントローラ

5.6.3 割り込み例外処理シーケンス

図 5.5 に、割り込み例外処理シーケンスを示します。アドバンスモードで割り込み制御モード 0、プログラム領域およびスタック領域が内蔵メモリの場合の例です。

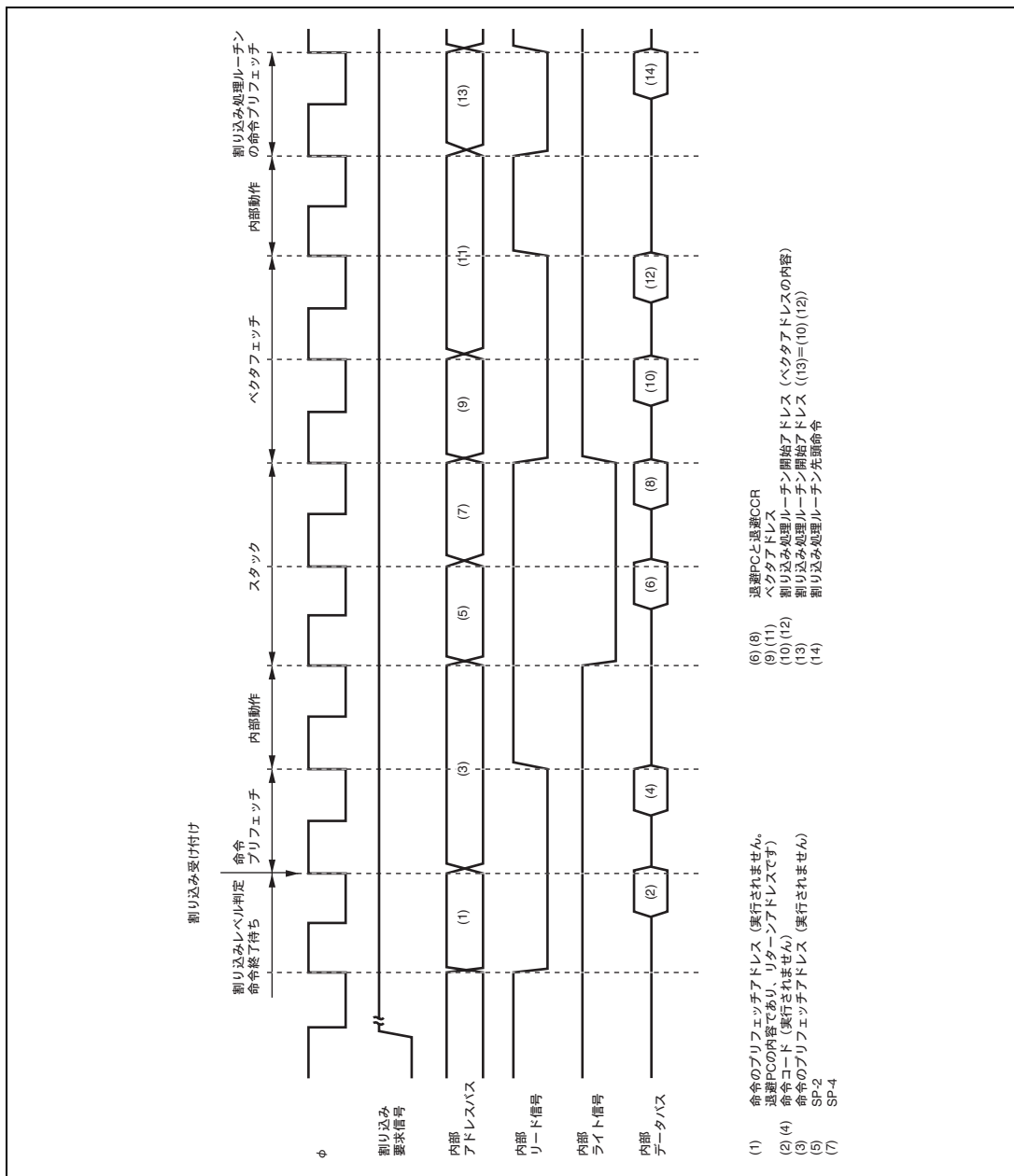


図 5.5 割り込み例外処理

5.6.4 割り込み応答時間

割り込み要求が発生してから、割り込み例外処理ルーチンの先頭命令が実行されるまでの割り込み応答時間を表 5.4 に示します。表 5.4 の実行状態の記号については表 5.5 を参照してください。本 LSI は内蔵メモリに対して高速ワードアクセスが可能のため、プログラム領域を内蔵 ROM、スタック領域を内蔵 RAM に設けることで処理速度の向上が図れます。

表 5.4 割り込み応答時間

No.	実行状態	ノーマルモード* ⁵		アドバンスモード	
		割り込み制御 モード 0	割り込み制御 モード 2	割り込み制御 モード 0	割り込み制御 モード 2
1	割り込み優先順位判定* ¹	3			
2	実行中の命令が終了するまでの待ち状態数* ²	$1 \sim 19 + 2 \cdot S_i$			
3	PC、CCR および EXR のスタック	$2 \cdot S_k$	$3 \cdot S_k$	$2 \cdot S_k$	$3 \cdot S_k$
4	ベクタフェッチ	S_i		$2 \cdot S_i$	
5	命令フェッチ* ³	$2 \cdot S_i$			
6	内部処理* ⁴	2			
合計 (内蔵メモリ使用時)		11~31	12~32	12~32	13~33

- 【注】 *1 内部割り込みの場合 2 ステートとなります。
*2 MULXS、DIVXS 命令について示しています。
*3 割り込み受け付け後のプリフェッチおよび割り込み処理ルーチンのプリフェッチです。
*4 割り込み受け付け後の内部処理およびベクタフェッチ後の内部処理です。
*5 本 LSI では使用できません。

表 5.5 割り込み例外処理の実行状態のステート数

記号	アクセス対象				
	内部メモリ	外部デバイス*			
		8 ビットバス		16 ビットバス	
		2 ステート アクセス	3 ステート アクセス	2 ステート アクセス	3 ステート アクセス
命令フェッチ S_i	1	4	$6 + 2m$	2	$3 + m$
分岐アドレスリード S_j					
スタック操作 S_k					

【記号説明】

m : 外部デバイスアクセス時のウェイトステート数

【注】 * 本 LSI では使用できません。

5. 割り込みコントローラ

5.6.5 割り込みによる DTC の起動

割り込み要求により、DTC を起動することができます。詳細は、「第 8 章 データトランスファコントローラ (DTC)」を参照してください。

5.7 使用上の注意事項

5.7.1 割り込みの発生とディスエーブルとの競合

割り込みイネーブルビットをクリアして割り込み要求をマスクする場合、割り込みのマスクはその命令実行終了後に有効になります。BCLR 命令、MOV 命令などで割り込みイネーブルビットをクリアする場合、命令実行中にその割り込みが発生すると、命令実行終了時点では当該割り込みはイネーブル状態にあるため、命令実行終了後にその割り込み例外処理を開始します。ただし、その割り込みより優先順位の高い割り込み要求がある場合には優先順位の高い割り込み例外処理を実行し、その割り込みは無視されます。割り込み要因フラグを 0 にクリアする場合も同様です。TPU の TIER_0 の TCIEV を 0 にクリアする場合の例を図 5.6 に示します。なお、割り込みをマスクした状態でイネーブルビットまたは割り込み要因フラグを 0 にクリアすれば、上記の競合は発生しません。

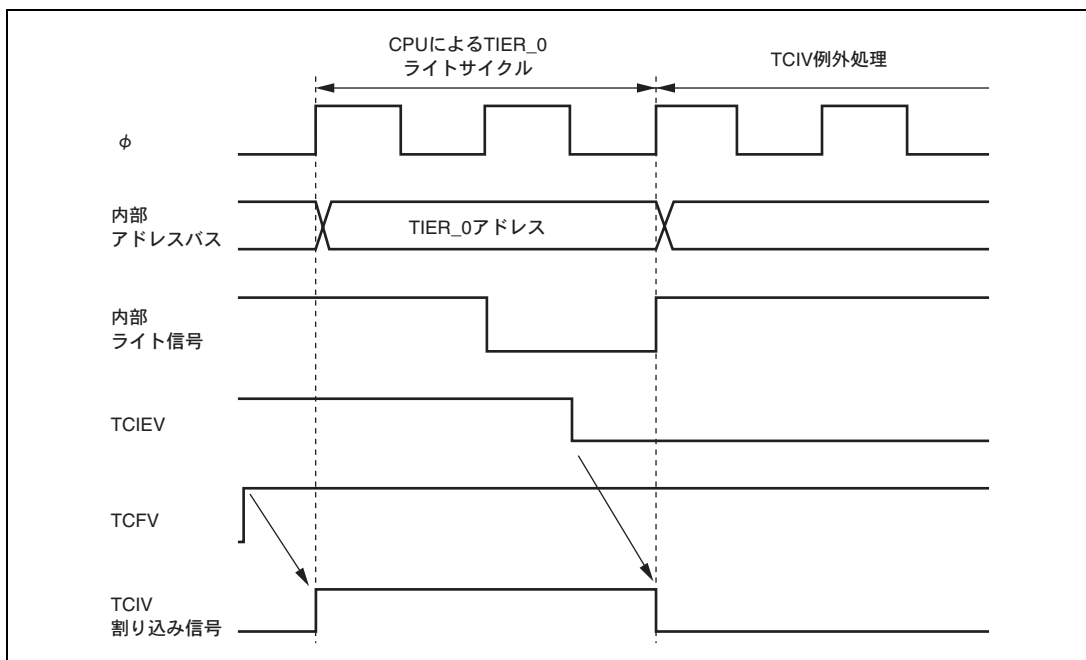


図 5.6 割り込みの発生とディスエーブルの競合

5.7.2 割り込みを禁止している命令

実行直後に割り込み要求を受け付けない命令として、LDC、ANDC、ORC、XORC 命令があります。これらの命令実行終了後は NMI 割り込みを含めて割り込みが禁止され、必ず次の命令を実行します。これらの命令により I ビットを設定した場合、命令実行終了の 2 ステート後に新しい値が有効になります。

5.7.3 割り込み禁止期間

割り込みコントローラには割り込み要求の受け付けを禁止している期間があります。CPU が LDC、ANDC、ORC、XORC 命令によってマスクレベルを更新したあとの 3 ステート期間は、割り込みコントローラは割り込み要求を受け付けません。

5.7.4 EEPMOV 命令実行中の割り込み

EEPMOV.B 命令と EEPMOV.W 命令では、割り込み動作が異なります。

EEPMOV.B 命令のときは、転送中に NMI を含めた割り込み要求があっても転送終了まで割り込みを受け付けません。

EEPMOV.W 命令のときは、転送中に割り込み要求があった場合、転送サイクルの切れ目で割り込み例外処理が開始されます。このときスタックされる PC の値は次の命令のアドレスとなります。このため、EEPMOV.W 命令実行中に割り込みが発生する場合には、以下のプログラムとしてください。

```
L1:    EEPMOV.W
      MOV.WR4,R4
      BNEL1
```

5. 割り込みコントローラ

6. PC ブレークコントローラ (PBC)

PC ブレークコントローラ (PBC) は、プログラムデバッグを容易にする機能を提供します。この機能を使用することにより、セルフモニタデバッガを容易に作成でき、インサーキットエミュレータを使用しなくても LSI 単体で手軽にプログラムをデバッグできます。PC ブレークコントローラのブロック図を図 6.1 に示します。

6.1 特長

- チャンネル数：2チャンネル (チャンネルA、B)
- ブレークアドレス：24ビット
 - 部分的にマスク可能
- コンペア条件：4種類
 - 命令フェッチ
 - データリード
 - データライト
 - データリード/ライト
- 対象バスマスタ
 - CPU、CPU/DTCのいずれか選択可能
- ブレーク条件成立後、下記タイミングでPCブレーク例外処理を実行
 - 設定したアドレスでフェッチした命令の実行直前 (命令フェッチ)
 - 設定したアドレスのデータをアクセスする命令の実行直後 (データアクセス)
- モジュールストップモードの設定可能

6. PC ブレークコントローラ (PBC)

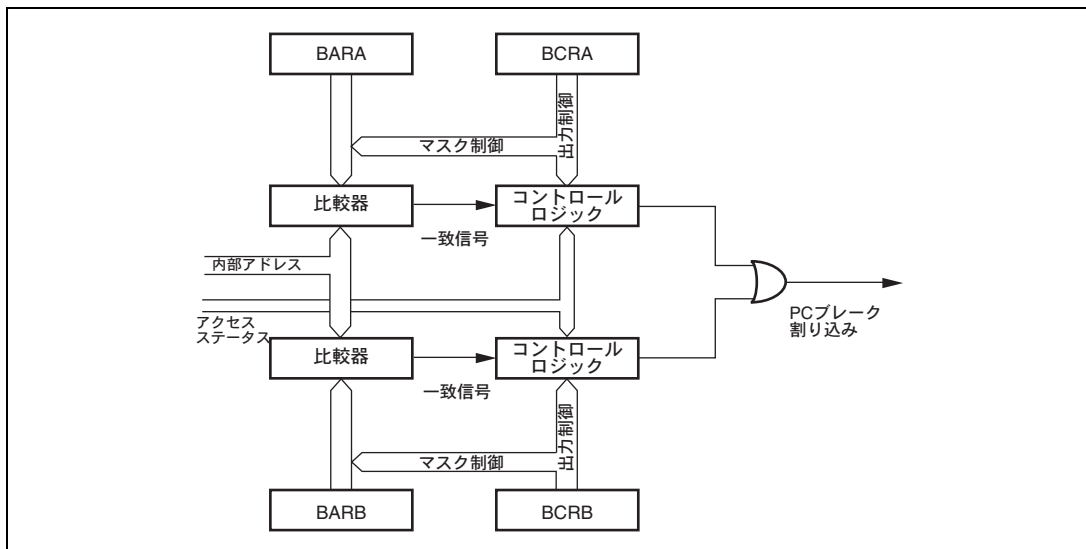


図 6.1 PC ブレークコントローラのブロック図

6.2 レジスタの説明

PC ブレークコントローラには以下のレジスタがあります。

- ブレークアドレスレジスタA (BARA)
- ブレークアドレスレジスタB (BARB)
- ブレークコントロールレジスタA (BCRA)
- ブレークコントロールレジスタB (BCRB)

6.2.1 ブレークアドレスレジスタ A (BARA)

BARA は、32 ビットのリード/ライト可能なレジスタで、チャンネル A のブレークアドレスを指定します。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
31~24	—	不定	—	リザーブビットです。リード値は不定で、ライトは無効です。
23~0	BAA23~BAA0	H'000000	R/W	チャンネル A の PC ブレークのアドレスを設定します。

6.2.2 ブレークアドレスレジスタ B (BARB)

チャンネル B のブレークアドレスレジスタです。ビット構成は BARA と同様です。

6.2.3 ブレークコントロールレジスタ A (BCRA)

BCRA はチャンネル A の PC ブレークを制御します。また、条件一致フラグを持っています。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	CMFA	0	R/W	コンディションマッチフラグ A [セット条件] • チャンネル A に設定したブレーク条件が成立したとき [クリア条件] • 1 の状態をリード後、0 をライトしたとき
6	CDA	0	R/W	CPU サイクル/DTC サイクルセレクト A チャンネル A のブレーク条件のバスマスタを選択します。 0 : CPU 1 : CPU または DTC
5	BAMRA2	0	R/W	ブレークアドレスマスクレジスタ A2~A0 BARA に設定されているブレークアドレスの有効ビットを指定します。 000 : BAA23~0 (全ビット有効) 001 : BAA23~1 (下位 1 ビットをマスク) 010 : BAA23~2 (下位 2 ビットをマスク) 011 : BAA23~3 (下位 3 ビットをマスク) 100 : BAA23~4 (下位 4 ビットをマスク) 101 : BAA23~8 (下位 8 ビットをマスク) 110 : BAA23~12 (下位 12 ビットをマスク) 111 : BAA23~16 (下位 16 ビットをマスク)
4	BAMRA1	0	R/W	
3	BAMRA0	0	R/W	
2	CSELA1	0	R/W	ブレーク条件選択 チャンネル A のブレーク条件を選択します。 00 : 命令フェッチ 01 : データリードサイクル 10 : データライトサイクル 11 : データリード/ライトサイクル
1	CSELA0	0	R/W	
0	BIEA	0	R/W	ブレーク割り込みイネーブル 1 のときチャンネル A の PC ブレーク割り込み要求がイネーブルになります。

6.2.4 ブレークコントロールレジスタ B (BCRB)

チャンネル B のブレークコントロールレジスタです。ビット構成は、BCRA と同様です。

6.3 動作説明

チャンネル A を例にブレーク条件の初期設定から PC ブレーク割り込み例外処理までの動作の流れを「6.3.1 命令フェッチによる PC ブレーク割り込み動作」、「6.3.2 データアクセスによる PC ブレーク割り込み動作」に示します。

6.3.1 命令フェッチによる PC ブレーク割り込み動作

1. ブレークアドレスをBARAに設定します。

命令フェッチによるPCブレークでは、命令の第1バイトが存在するアドレスにブレークアドレスを設定してください。

2. ブレーク条件をBCRに設定します。

命令フェッチによるPCブレークではバスマスタはCPUに限定されるため、ビット6 (CDA) には0を設定してCPUを選択してください。ビット5~3 (BAMA2~0) にマスクするアドレスのビットを設定します。ビット2、1 (CSELA1、0) には00を設定して命令フェッチをブレーク条件とします。ビット0 (BIEA) には1を設定してブレーク割り込みをイネーブルにします。

3. 設定したアドレスの命令をフェッチすると、フェッチした命令を実行する直前でPCブレーク割り込み要求が発生し、コンディションマッチフラグ (CMFA) がセットされます。
4. 割り込みコントローラで優先順位判定後、PCブレーク割り込み例外処理を開始します。

6.3.2 データアクセスによる PC ブレーク割り込み動作

1. ブレークアドレスをBARAに設定します。

データアクセスによるPCブレークでは、ブレークアドレスを対象のROMまたはRAM、I/Oあるいは外部アドレス空間のアドレスに設定してください。データアクセスにはスタック動作や分岐アドレスのリードも含まれます。

2. ブレーク条件をBCRAに設定します。

ビット6 (CDA) でバスマスタを選択してください。ビット5~3 (BAMA2~0) にマスクするアドレスのビットを設定します。ビット2、1 (CSELA1、0) に01、10、または11を設定してデータアクセスのブレーク条件を設定します。ビット0 (BIEA) には1を設定してブレーク割り込みをイネーブルにします。

3. 設定したアドレスのデータをアクセスした命令の実行後、PCブレーク割り込み要求が発生し、コンディションマッチフラグ (CMFA) がセットされます。
4. 割り込みコントローラで優先順位判定後、PCブレーク割り込み例外処理を開始します。

6.3.3 データ連続転送時の PC ブレーク動作

- EEPMOV.B命令の転送アドレスにPCブレーク割り込みが発生した場合
すべてのデータの転送が終了しEEPMOV.B命令が終了したあと、PCブレーク例外処理を実行します。
- DTCの転送アドレスにブレーク割り込みが発生した場合
DTCが指定された回数のデータ転送を終了したあと、あるいはDISELビットが1にセットされたデータを転送終了した後、PCブレーク例外処理を実行します。

6.3.4 低消費電力モード遷移時の動作

SLEEP 命令の次のアドレスの命令フェッチに PC ブレーク割り込みを設定した場合、以下のように動作します。

- SLEEP命令により高速（中速）モードからスリープモードへ遷移する場合
SLEEP命令実行後、スリープモードに遷移せず、PCブレーク例外処理を実行します。PCブレーク例外処理実行後、SLEEP命令の次のアドレスの命令を実行します（図6.2 (A)）。
- SLEEP命令によりソフトウェアスタンバイモードへ遷移する場合
SLEEP命令実行後、ソフトウェアスタンバイモードに遷移し、PCブレーク例外処理は実行しません。ただし、CMFA、CMFBはセットされます（図6.2 (B)）。

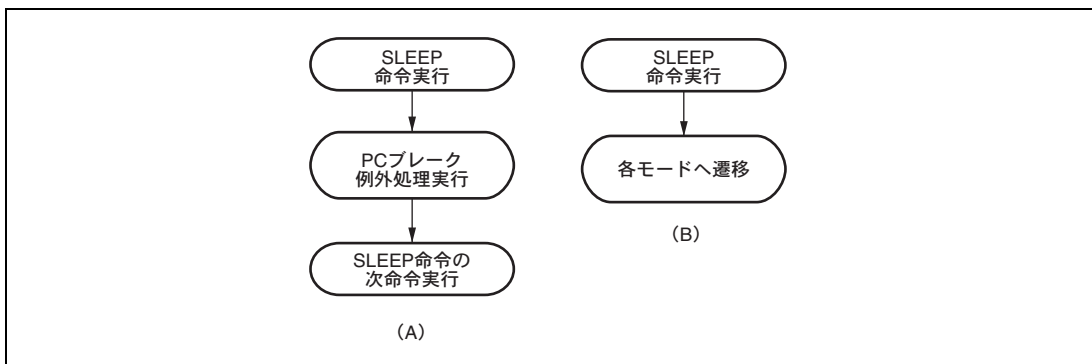


図 6.2 低消費電力モード遷移時の動作

6. PC ブレークコントローラ (PBC)

6.3.5 命令実行が 1 ステート遅れる場合

ブレーク割り込みイネーブルビットがセットされている期間、通常の動作と比較して以下の命令の実行が 1 ステート遅れます。

- 内蔵ROM/RAM内に存在する1ワード分岐命令 (Bcc d:8, BSR, JSR, JMP, TRAPA, RTE, RTS)
- 命令フェッチによるブレーク割り込みを設定した場合で、ブレークアドレスが内蔵ROM/RAM空間にあって、同一アドレスをデータアクセスする命令
- 命令フェッチによるブレーク割り込みが発生する場合で、設定した命令より1つ前に実行される命令が以下のアドレッシングモードを持ち、そのアドレスが内蔵ROM/RAM空間にある場合
(@ERn,@(d:16,ERn),@(d:32,ERn),@-ERn/ERn+,@aa:8,@aa:24,@aa:32,@(d:8,PC), @(d:16,:PC),@aa:8)
- 命令フェッチによるブレーク割り込みが発生する場合で、設定した命令より1つ前に実行される命令がNOP、SLEEPであるか、あるいは#xx,Rnをアドレッシングモードとして持ち、かつその命令が内蔵ROM/RAM空間に存在する場合

6.4 使用上の注意事項

6.4.1 モジュールストップモードの設定

モジュールストップコントロールレジスタにより、PBC の動作禁止/許可を設定することが可能です。初期値では、PBC の動作は停止します。モジュールストップモードを解除することにより、レジスタのアクセスが可能になります。詳細は、「第 18 章 低消費電力状態」を参照してください。

6.4.2 PC ブレーク割り込み

PC ブレーク割り込みは、チャンネル A とチャンネル B の兼用です。割り込み処理の中でどちらのチャンネルからの要求かを判定してください。

6.4.3 CMFA、CMFB

CMFA、CMFB は自動的にクリアされませんので、CMFA=1 または CMFB=1 の状態で、CMFA または CMFB をリード後、0 をライトしてください。1 にセットしたままの状態では、割り込み処理後、再度割り込み要求が発生します。

6.4.4 DTC がバスマスタのときに発生した PC ブレーク割り込み

DTC がバスマスタのときに発生した PC ブレーク割り込みはバス権が CPU に移行したあとに受け付けられます。

6.4.5 BSR、JSR、JMP、TRAPA、RTE、RTS の次のアドレスの命令フェッチに PC ブレークを設定した場合

BSR、JSR、JMP、TRAPA、RTE、RTS の次のアドレスの命令はフェッチされても実行しないため、次のアドレスの命令フェッチで PC ブレーク割り込みは発生しません。

6.4.6 LDC、ANDC、ORC、XORC 命令により 1 ビットを設定した場合

LDC、ANDC、ORC、XORC 命令により 1 ビットを設定した場合、実行命令終了の 2 ステート後に PC ブレーク割り込みが有効になります。また、これらの命令の次命令に PC ブレーク割り込みを設定した場合、LDC、ANDC、ORC、XORC は、3 ステート期間、NMI 割り込みを含めて割り込みが禁止されるため、必ず次の命令を実行します。詳細は「第 5 章 割り込みコントローラ」を参照してください。

6.4.7 Bcc 命令の次のアドレスの命令フェッチに PC ブレークを設定した場合

分岐条件により次のアドレスの命令を実行するときは PC ブレーク割り込みを発生しますが、次のアドレスの命令を実行しないときは PC ブレーク割り込みを発生しません。

6.4.8 Bcc 命令の分岐先のアドレスの命令フェッチに PC ブレークを設定した場合

分岐条件により分岐先の命令を実行するときは PC ブレーク割り込みを発生しますが、分岐先の命令を実行しないときは PC ブレーク割り込みを発生しません。

6. PC ブレークコントローラ (PBC)

7. バスコントローラ

CPUはシステムクロック（ ϕ ）を基準に動作します。メモリサイクルまたはバスサイクルはバスコントローラによって制御され、内蔵メモリ、内蔵周辺モジュールによってそれぞれ異なるアクセスを行います。また、バスコントローラはバス権調停機能を持っており、内部バスマスタであるCPUおよびデータトランスファコントローラ（DTC）の動作を制御します。

7.1 基本動作タイミング

ϕ の立ち上がりから次の立ち上がりまでの1単位をステートとよびます。メモリサイクルまたはバスサイクルは1、2または3、4ステートで構成され、内蔵メモリ、内蔵周辺モジュールによってそれぞれ異なるアクセスを行います。

7.1.1 内蔵メモリアクセスタイミング（ROM、RAM）

内蔵メモリのアクセスは1ステートアクセスを行います。このとき、データバス幅は16ビットで、バイトおよびワードサイズアクセスが可能です。内蔵メモリアクセスサイクルを図7.1に示します。

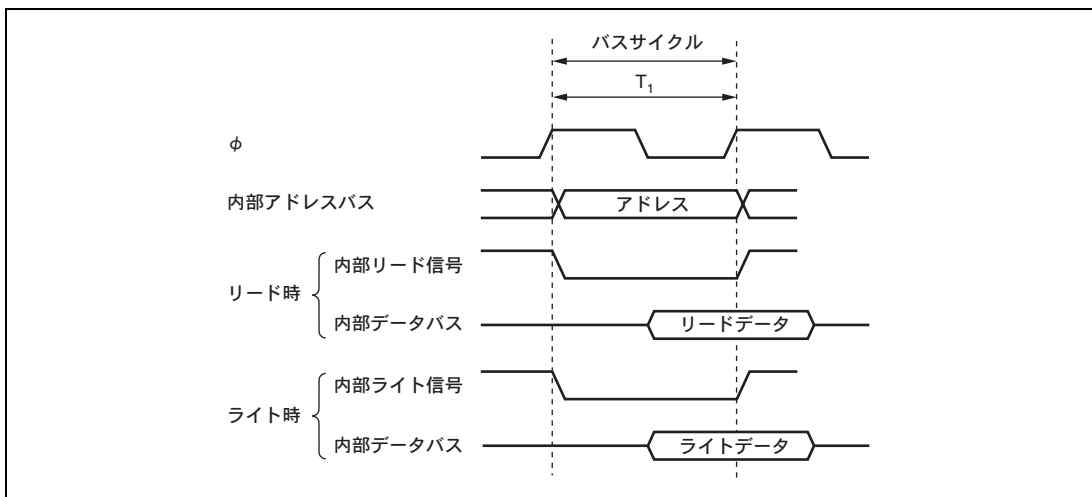


図 7.1 内蔵メモリアクセスサイクル

7. バスコントローラ

7.1.2 内蔵周辺モジュールアクセスタイミング

内蔵周辺モジュールのアクセスは2ステートで行います。このとき、データバス幅は8ビットまたは16ビットで内部 I/O レジスタにより異なります。詳細は「第 19 章 レジスタ一覧」を参照してください。内蔵周辺モジュールアクセスタイミングを図 7.2 に示します。

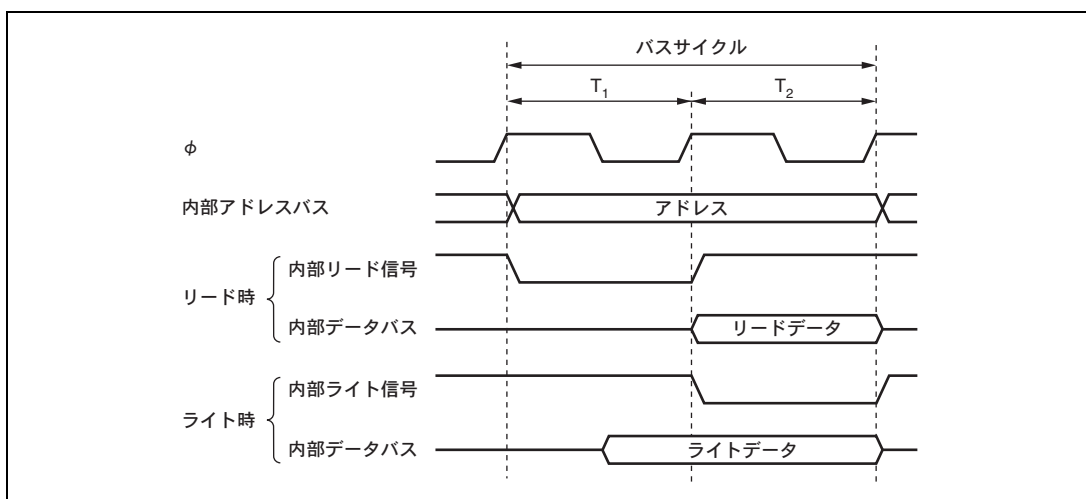


図 7.2 内蔵周辺モジュールアクセスサイクル

7.2 バスアービトレーション

バスコントローラはバスマスタ間のバス権を調停（バスアービトレーション）するバスアービタの機能を内蔵しています。バスマスタには CPU、DTC の 2 つがあり、バス権を占有した状態でリード/ライト動作を行います。

7.2.1 バスマスタの優先順位

各バスマスタはバス権要求信号によりバス権を要求します。バスアービタは、バスマスタのバス権要求信号を検出し、バス権要求あれば所定のタイミングでそのバスマスタにバス権要求アクノリッジ信号を与えます。複数のバスマスタからバス権要求があれば、最も優先順位の高いものにバス権要求アクノリッジ信号を与えます。バス権要求アクノリッジ信号を受け取ったバスマスタは、以後この信号が取り消されるまでバスを占有します。バスマスタの優先順位は以下のとおりです。

(高) DTC > CPU (低)

7.2.2 バス権移行タイミング

バス権を獲得して動作しているバスマスタよりも優先順位の高いバスマスタからのバス権要求があったときでも、すぐにバス権が移行するとは限りません。CPU は最も優先順位が低いバスマスタで、DTC からバス権要求があると、バスアービタはバス権をバス権の要求のあったバスマスタに移行します。バス権が移行するタイミングは次のとおりです。

- バスサイクルの切れ目で、バス権を移行します。

ただし、ロングワードサイズのアクセスなど、バスサイクルを分割して実行する場合などには、分割されたバスサイクルの切れ目では、バス権は移行しません。詳細は「H8S/2600シリーズ、H8S/2000シリーズソフトウェアマニュアル」 「2.7 命令実行中のバス状態」を参照してください。

- CPUがスリープモードの場合は直ちにバス権を移行します。

DTC がバス権を解放できるのは、ベクタのリード後、レジスタ情報のリード（3 ステート）後、1 回のデータ転送後、レジスタ情報のライト（3 ステート）後です。レジスタ情報のリード（3 ステート）中、1 回のデータ転送中、レジスタ情報のライト（3 ステート）中にはバスを解放しません。

8. データトランスファコントローラ (DTC)

本 LSI は、データトランスファコントローラ (DTC) を内蔵しています。DTC は、割り込みまたはソフトウェアによって起動され、データ転送を行うことができます。

図 8.1 に DTC のブロック図を示します。DTC のレジスタ情報は内蔵 RAM に配置されます。DTC を使用する際には、必ず SYSCR の RAME ビットを 1 にセットしてください。DTC と内蔵 RAM (1K バイト) 間は 32 ビットバスで接続されていますので、DTC のレジスタ情報のリード/ライトを 32 ビット 1 ステートで実行できます。

8.1 特長

- 任意チャンネル数の転送可能
- 転送モード：3種類
ノーマルモード、リピートモード、ブロック転送モード
- 1つの起動要因で複数データの連続転送が可能 (チェイン転送)
- 16Mバイトのアドレス空間を直接指定可能
- ソフトウェアによる起動が可能
- 転送単位をバイト/ワードに設定可能
- DTCを起動した割り込みをCPUに要求可能
- モジュールストップモードの設定可能

8. データトランスファコントローラ (DTC)

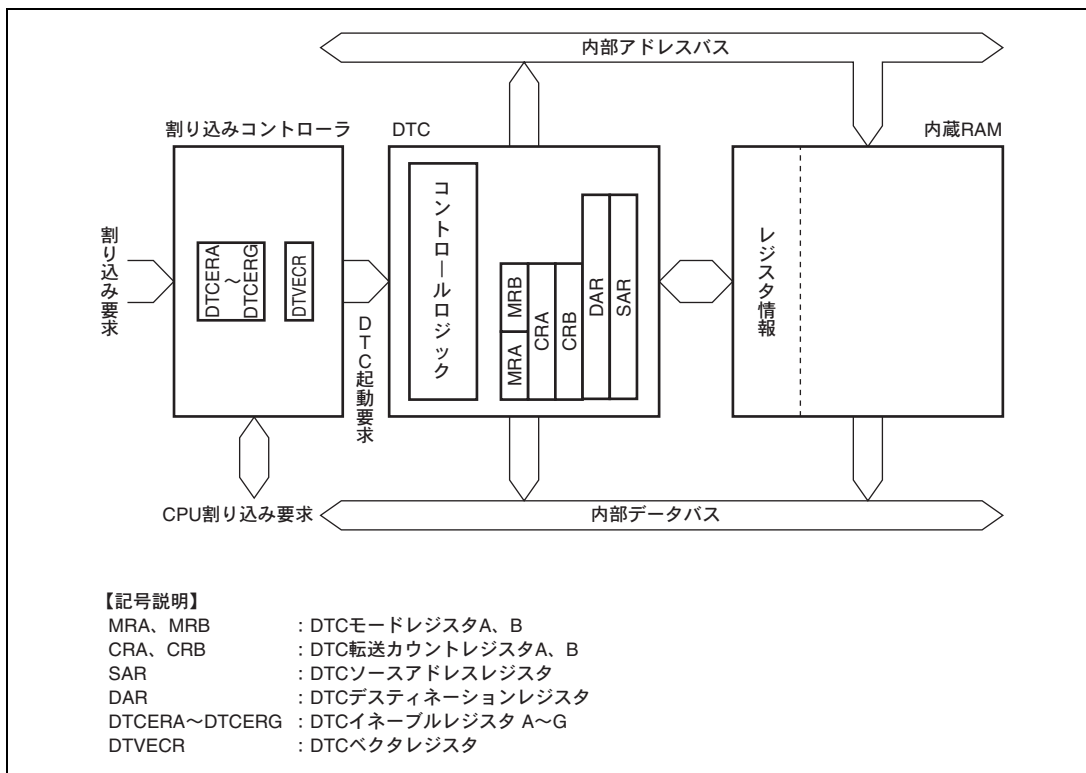


図 8.1 DTC のブロック図

8.2 レジスタの説明

DTC には以下のレジスタがあります。

- DTCモードレジスタA (MRA)
- DTCモードレジスタB (MRB)
- DTCソースアドレスレジスタ (SAR)
- DTCデスティネーションアドレスレジスタ (DAR)
- DTC転送カウントレジスタA (CRA)
- DTC転送カウントレジスタB (CRB)

以上の6本のレジスタはCPUから直接アクセスすることはできません。DTC 起動要因が発生すると内蔵 RAM 上に配置された任意の組のレジスタ情報から該当するレジスタ情報をこれらのレジスタに転送してDTC 転送を行い、転送が終了するとこれらのレジスタの内容がRAMに戻されます。

- DTCイネーブルレジスタ (DTCER)
- DTCベクタレジスタ (DTVECR)

8.2.1 DTC モードレジスタ A (MRA)

MRA は 8 ビットのレジスタで、DTC の動作モードの選択を行います。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7 6	SM1 SM0	不定 不定	— —	ソースアドレスモード 1、0 データ転送後の SAR の動作を指定します。 0X : SAR は固定 10 : 転送後 SAR をインクリメント (Sz=0 のとき+1、Sz=1 のとき+2) 11 : 転送後 SAR をデクリメント (Sz=0 のとき-1、Sz=1 のとき-2)
5 4	DM1 DM0	不定 不定	— —	デスティネーションアドレスモード 1、0 データ転送後の DAR の動作を指定します。 0X : DAR は固定 10 : 転送後 DAR をインクリメント (Sz=0 のとき+1、Sz=1 のとき+2) 11 : 転送後 DAR をデクリメント (Sz=0 のとき-1、Sz=1 のとき-2)
3 2	MD1 MD0	不定 不定	— —	DTC モード DTC の転送モードを指定します。 00 : ノーマルモード 01 : リピートモード 10 : ブロック転送モード 11 : 設定禁止
1	DTS	不定	—	DTC 転送モードセレクト リピートモードまたはブロック転送モードのとき、ソース側とデスティネーション側のどちらをリピート領域またはブロック領域とするかを指定します。 0 : デスティネーション側がリピート領域またはブロック領域 1 : ソース側がリピート領域またはブロック領域
0	Sz	不定	—	DTC データトランスファサイズ 転送データのサイズを指定します。 0 : バイトサイズ転送 1 : ワードサイズ転送

【注】 X : Don't care

8. データトランスファコントローラ (DTC)

8.2.2 DTC モードレジスタ B (MRB)

MRB は 8 ビットのレジスタで、DTC モードの選択を行います。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	CHNE	不定	—	DTC チェイン転送イネーブル このビットが 1 のときチェイン転送を行います。チェイン転送の詳細は「8.5.4 チェイン転送」を参照してください。 CHNE=1 に設定したデータ転送では、指定した転送回数の終了の判定や起動要因フラグのクリアや DTCER のクリアは行いません。
6	DISEL	不定	—	DTC インタラプトセレクト このビットが 1 のとき DTC 転送のたびに CPU に対して割り込み要求を発生します。このビットは 0 のときは指定されたデータ転送を終了したときだけ CPU に対して割り込み要求を発生します。
5~0	—	不定	—	リザーブビット DTC の動作に影響を与えません。ライトするときは 0 をライトしてください。

8.2.3 DTC ソースアドレスレジスタ (SAR)

SAR は 24 ビットのレジスタで、DTC の転送するデータの転送元アドレスを指定します。ワードサイズの場合は偶数アドレスを指定してください。

8.2.4 DTC デスティネーションアドレスレジスタ (DAR)

DAR は 24 ビットのレジスタで、DTC の転送するデータの転送先アドレスを指定します。ワードサイズの場合は偶数アドレスを指定してください。

8.2.5 DTC 転送カウントレジスタ A (CRA)

CRA は 16 ビットのレジスタで、DTC のデータ転送の転送回数を指定します。

ノーマルモードでは、一括して 16 ビットの転送カウンタ (1~65536) として機能します。1 回のデータ転送を行うたびにデクリメント (-1) され、カウンタ値が H'0000 になると転送を終了します。

リピートモードおよびブロック転送モードでは、上位 8 ビットの CRAH と下位 8 ビットの CRAL に分割されます。CRAH は転送回数を保持し、CRAL は 8 ビットの転送カウンタ (1~256) として機能します。CRAL は、1 回のデータ転送を行うたびにデクリメント (-1) され、カウンタ値が H'00 になると、CRAH の内容が転送されます。

8.2.6 DTC 転送カウントレジスタ B (CRB)

CRB は 16 ビットのレジスタで、ブロック転送モードのとき、DTC のブロックデータ転送の転送回数を指定します。16 ビットの転送カウンタ (1~65536) として機能し、1 回のデータ転送を行うたびに、デクリメント (-1) され、カウンタ値が H'0000 になると転送を終了します。

8.2.7 DTC イネーブルレジスタ (DTCER)

DTCER は、DTC を起動する割り込み要因を選択するためのレジスタで、DTCERA~DTCERG があります。各割り込み要因と DTCE ビットの対応については表 8.1 を参照してください。DTCE ビットの設定は、BSET、BCLR などビット操作命令を使用してください。ただし複数の起動要因を一度に設定するときには、初期設定に限り、割り込みをマスクして対象となるレジスタをダミーリードしたあとライトすることができます。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	DTCE7	0	R/W	DTC 起動イネーブル
6	DTCE6	0	R/W	1 をセットすると対応する割り込み要因が DTC 起動要因として選択されます。
5	DTCE5	0	R/W	[クリア条件]
4	DTCE4	0	R/W	• MRB の DISEL ビットが 1 でデータ転送を終了したとき
3	DTCE3	0	R/W	• 指定した回数の転送が終了したとき
2	DTCE2	0	R/W	DISEL ビットが 0 で、指定した回数の転送が終了していないときはクリアされ
1	DTCE1	0	R/W	ません。
0	DTCE0	0	R/W	

8. データトランスファコントローラ (DTC)

8.2.8 DTC ベクタレジスタ (DTVECR)

DTVECR は、8 ビットのリード/ライトが可能なレジスタで、ソフトウェアによる DTC 起動およびソフトウェア起動割り込み用ベクタ番号を設定します。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	SWDTE	0	R/W	DTC ソフトウェア起動イネーブル このビットを 1 にセットすると DTC が起動します。1 のライトのみ可能です。 [クリア条件] <ul style="list-style-type: none">• DIESEL ビットが 0 で、指定した回数の転送が終了しないとき• CPU に対し、ソフトウェア起動データ転送終了割り込みが要求(SWDTEND)が発生したあと 0 をライトしたとき DIESEL ビットが 1 で、データ転送を終了したとき、および指定した回数の転送が終了したときはクリアされません。
6	DTVEC6	0	R/W	DTC ソフトウェア起動ベクタ 6~0
5	DTVEC5	0	R/W	ソフトウェアによる DTC 起動ベクタ番号を設定します。
4	DTVEC4	0	R/W	ベクタアドレスは、H'0400+ベクタ番号×2 となります。たとえば、DTVEC6
3	DTVEC3	0	R/W	~DTVEC0=H'10 のとき、ベクタアドレスは H'0420 となります。
2	DTVEC2	0	R/W	SWDTE=0 のときだけライト可能です。
1	DTVEC1	0	R/W	
0	DTVEC0	0	R/W	

8.3 起動要因

DTC は割り込み要求またはソフトウェアによる DTVECR へのライト動作により起動します。起動する割り込み要因は DTCER で選択します。1 回のデータ転送（チェーン転送の場合、連続した最後の転送）終了時に、起動要因となった割り込みフラグまたは DTCER の対応するビットをクリアします。たとえば RXI_0 の場合、起動要因フラグは、SCI_0 の RDRF フラグになります。

割り込みで DTC を起動する場合は CPU のマスクレベルおよび割り込みコントローラに設定されたプライオリティレベルの影響を受けません。複数の起動要因が同時に発生した場合には、割り込み要因のデフォルトの優先順位に従って DTC が起動します。DTC 起動要因制御ブロック図を図 8.2 に示します。割り込みコントローラの詳細は、「第 5 章 割り込みコントローラ」を参照してください。

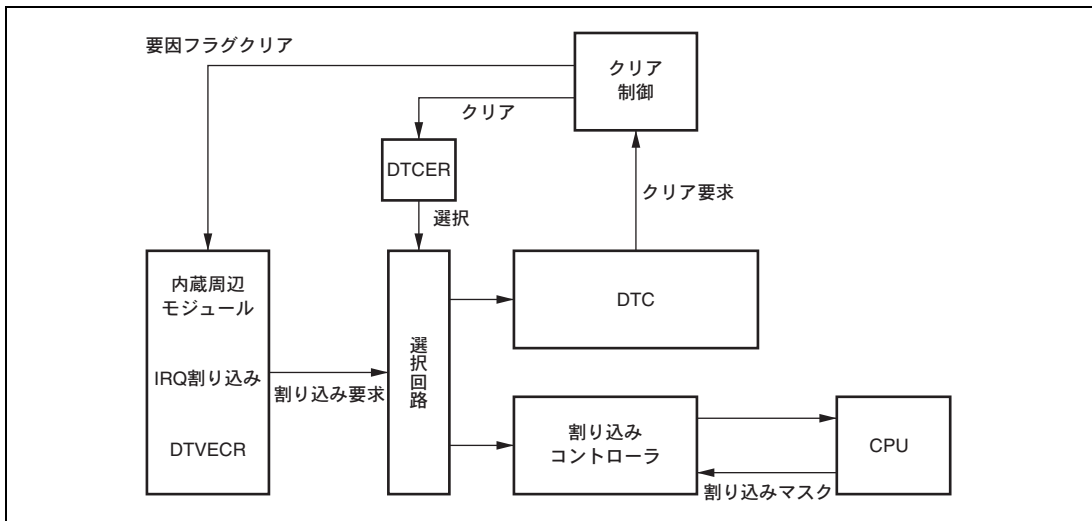


図 8.2 DTC 起動要因制御ブロック図

8.4 レジスタ情報の配置と DTC ベクタテーブル

レジスタ情報は、内蔵 RAM 上のアドレス H'FFEBC0~H'FFEFBF に配置してください。レジスタ情報はこの範囲の任意のアドレスに配置することができますが、アドレスは4の倍数の番地としてください。図 8.3 に、アドレス空間上でのレジスタ情報の配置方法を示します。レジスタ情報の先頭アドレスから、MRA、SAR、MRB、DAR、CRA、CRB の順に配置してください。チェーン転送の場合は、図 8.3 のように連続した領域にレジスタ情報を配置してください。また、各レジスタ情報の先頭アドレスを DTC ベクタテーブルの起動要因に対応する番地に格納してください。DTC は起動要因別にベクタテーブルからレジスタ情報の先頭アドレスをリードし、この先頭アドレスからレジスタ情報をリードします。

ソフトウェアで起動する場合のベクタアドレスは $H'0400+(DTVECR [6:0] \times 2)$ となります。たとえば、DTVECR が H'10 のとき、ベクタアドレスは H'0420 となります。

ベクタアドレスの構造は、ノーマルモードとアドバンスモードとで同一で、2 バイト単位となっています。先頭アドレスの下位 2 バイトを設定してください。

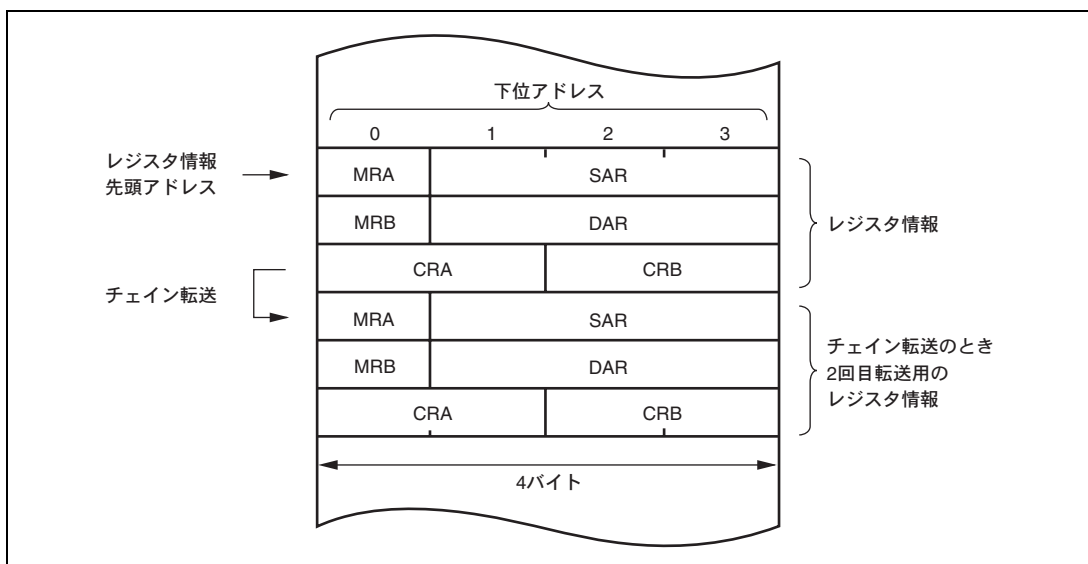


図 8.3 アドレス空間上での DTC レジスタ情報の配置

8. データトランスファコントローラ (DTC)

表 8.1 割り込み要因と DTC ベクタアドレスおよび対応する DTCE

起動要因発生元	起動要因	ベクタ 番号	DTC ベクタアドレス	DTCE*	優先 順位
ソフトウェア	DTVECR へのライト	DTVECR	H'0400+ ベクタ番号×2	—	高 ▲
外部端子	IRQ0	16	H'0420	DTCEA7	↑
	IRQ1	17	H'0422	DTCEA6	
	IRQ2	18	H'0424	DTCEA5	
	IRQ3	19	H'0426	DTCEA4	
	IRQ4	20	H'0428	DTCEA3	
	IRQ5	21	H'042A	DTCEA2	
	システム予約	22	H'042C	DTCEA1	
		23	H'042E	DTCEA0	
A/D変換器	ADI (A/D 変換終了)	28	H'0438	DTCEB6	
TPU チャンネル 0	TGIA_0	32	H'0440	DTCEB5	
	TGIB_0	33	H'0442	DTCEB4	
	TGIC_0	34	H'0444	DTCEB3	
	TGID_0	35	H'0446	DTCEB2	
TPU チャンネル 1	TGIA_1	40	H'0450	DTCEB1	
	TGIB_1	41	H'0452	DTCEB0	
TPU チャンネル 2	TGIA_2	44	H'0458	DTCEC7	
	TGIB_2	45	H'045A	DTCEC6	
TPU チャンネル 3	TGIA_3	48	H'0460	DTCEC5	
	TGIB_3	49	H'0462	DTCEC4	
	TGIC_3	50	H'0464	DTCEC3	
	TGID_3	51	H'0466	DTCEC2	
TPU チャンネル 4	TGIA_4	56	H'0470	DTCEC1	
	TGIB_4	57	H'0472	DTCEC0	
TPU チャンネル 5	TGIA_5	60	H'0478	DTCED5	
	TGIB_5	61	H'047A	DTCED4	
—	システム予約	64	H'0480	DTCED3	
		65	H'0482	DTCED2	
		68	H'0488	DTCED1	
		69	H'048A	DTCED0	
		72	H'0490	DTCEE7	
		73	H'0492	DTCEE6	
		74	H'0494	DTCEE5	
		75	H'0496	DTCEE4	
				低	

8. データトランスファコントローラ (DTC)

起動要因発生元	起動要因	ペクタ 番号	DTC ペクタアドレス	DTCE*	優先 順位
SCI チャンネル 0	RXI_0	81	H'04A2	DTCEE3	高  低
	TXI_0	82	H'04A4	DTCEE2	
SCI チャンネル 1	RXI_1	85	H'04AA	DTCEE1	
	TXI_1	86	H'04AC	DTCEE0	
SCI チャンネル 2	RXI_2	89	H'04B2	DTCEF7	
	TXI_2	90	H'04B4	DTCEF6	
-	システム予約	104	H'04D0	DTCEG7	
		105	H'04D2	DTCEG6	
		106	H'04D4	DTCEG5	
		107	H'04D6	DTCEG4	
-	システム予約	108	H'04D8	DTCEG3	
		109	H'04DA	DTCEG2	
-	システム予約	110	H'04DC	DTCEG1	
		111	H'04DE	DTCEG0	

【注】 * 対応する割り込みのない DTCE ビットはリザーブビットとなります。0 をライトしてください。

8.5 動作説明

DTC はレジスタ情報を内蔵 RAM に格納します。DTC が起動すると、内蔵 RAM からレジスタ情報をリードしてデータ転送を行い、データ転送後のレジスタ情報を内蔵 RAM に戻します。レジスタ情報を内蔵 RAM に格納することで、任意のチャンネル数のデータ転送を行うことができます。転送モードにはノーマルモード、リピートモード、ブロック転送モードがあります。また、MRB の CHNE ビットを 1 にセットしておくことにより、1 つの起動要因で複数の転送を行うことができます (チェーン転送)。

転送元アドレスは 24 ビット長の SAR、転送先アドレスは 24 ビット長の DAR で指定します。SAR、DAR は転送後、レジスタ情報に従って独立にインクリメント、デクリメントされるか固定されます。

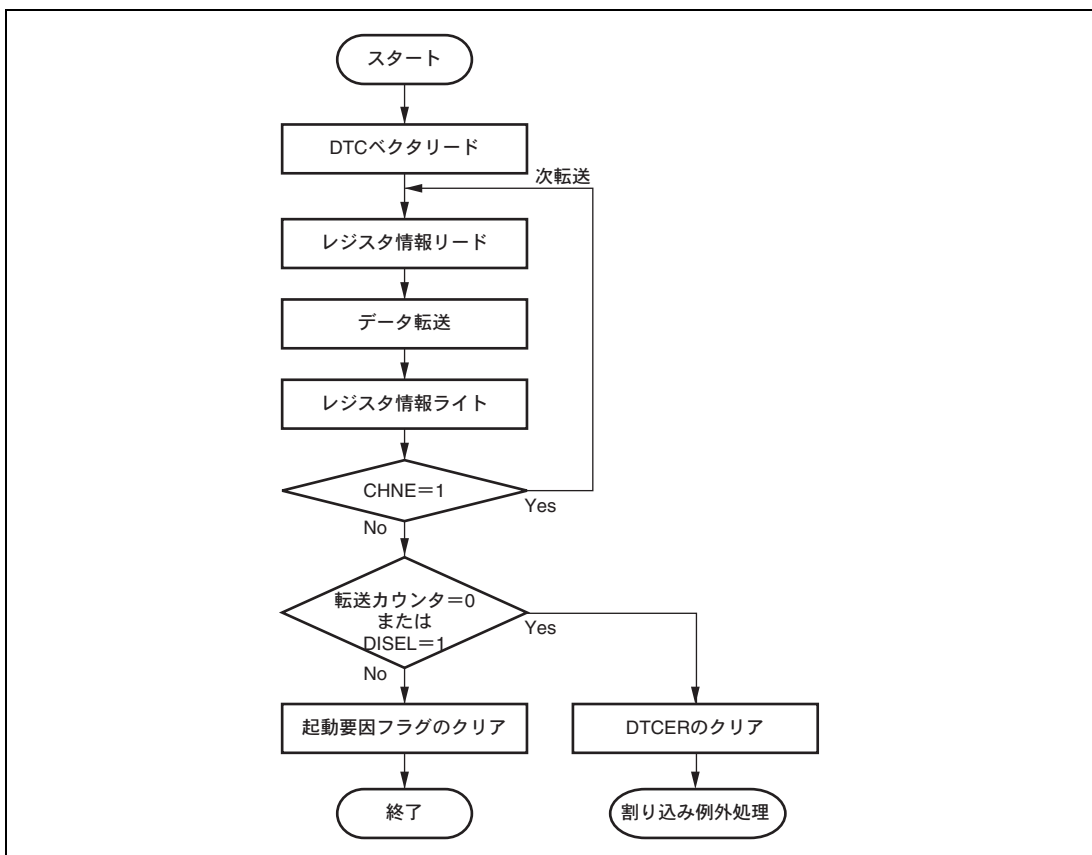


図 8.4 DTC 動作フローチャート

8. データトランスファコントローラ (DTC)

8.5.1 ノーマルモード

1回の動作で、1バイトまたは1ワードの転送を行います。表 8.2 にノーマルモードにおけるレジスタ機能を示します。転送回数は1~65536です。指定回数の転送が終了すると、CPUへ割り込み要求を発生することができます。

表 8.2 ノーマルモードのレジスタ機能

名 称	略称	機 能
DTC ソースアドレスレジスタ	SAR	転送元アドレス
DTC デスティネーションアドレスレジスタ	DAR	転送先アドレス
DTC 転送カウントレジスタ A	CRA	転送カウント
DTC 転送カウントレジスタ B	CRB	使用しません

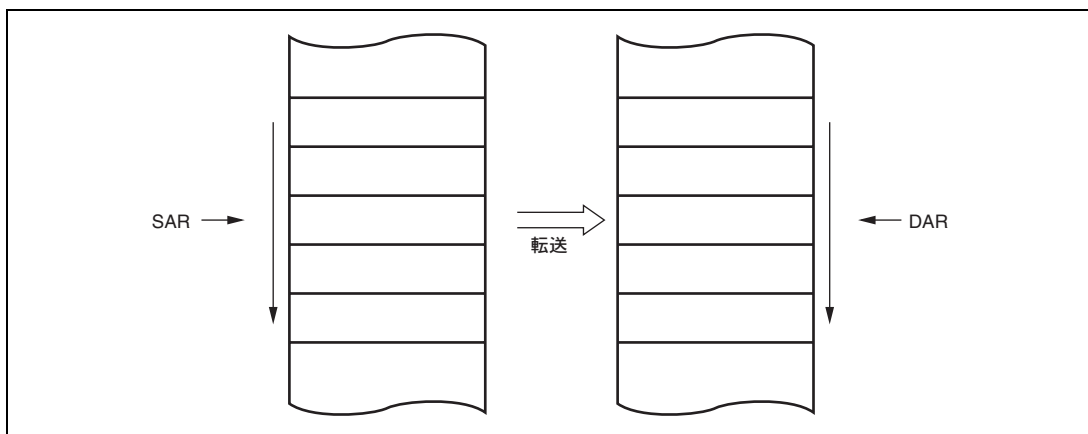


図 8.5 ノーマルモードのメモリマップ

8.5.2 リピートモード

1回の動作で、1バイトまたは1ワードの転送を行います。表 8.3 にリピートモードにおけるレジスタ機能を示します。転送回数は1~256で、指定回数 of 転送が終了すると、転送カウンタおよびリピートエリアに指定された方のアドレスレジスタの初期状態が回復し、転送を繰り返します。リピートモードでは、転送カウンタがH'00にならないので、DISEL=0の場合はCPUへの割り込み要求は発生しません。

表 8.3 リピートモードのレジスタ機能

名称	略称	機能
DTC ソースアドレスレジスタ	SAR	転送元アドレス
DTC デスティネーションアドレスレジスタ	DAR	転送先アドレス
DTC 転送カウンタレジスタ AH	CRAH	転送回数保持
DTC 転送カウンタレジスタ AL	CRAL	転送カウンタ
DTC 転送カウンタレジスタ B	CRB	使用しません

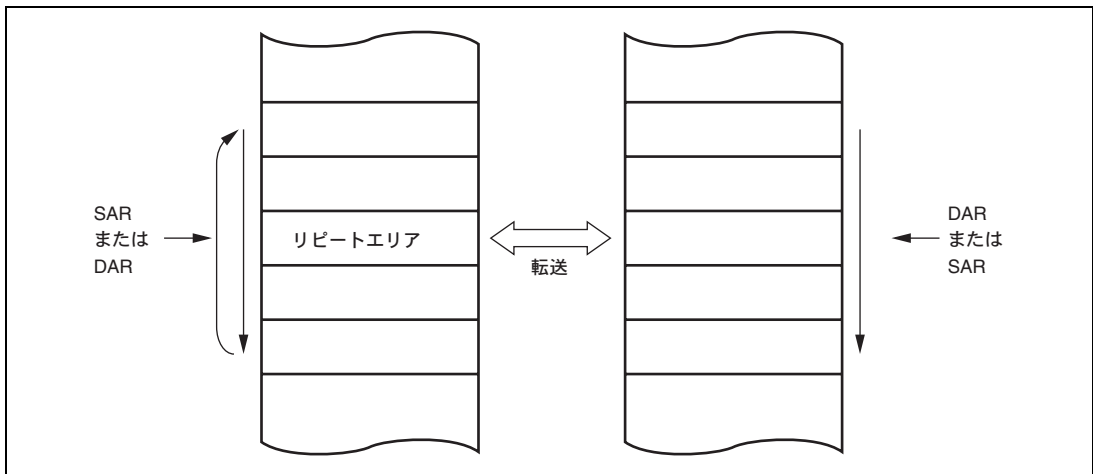


図 8.6 リピートモードのメモリマップ

8. データトランスファコントローラ (DTC)

8.5.3 ブロック転送モード

1回の動作で、1ブロックの転送を行います。転送元、転送先のいずれか一方をブロックエリアに指定します。表 8.4 にブロック転送モードにおけるレジスタ機能を示します。ブロックサイズは1~256で、1ブロックの転送が終了すると、ブロックサイズカウンタとブロックエリアに指定した方のアドレスレジスタの初期状態が復帰します。他方のアドレスレジスタは、レジスタ情報に従い連続してインクリメント、デクリメントするか固定されます。転送回数は1~65536です。指定回数のブロック転送が終了すると、CPUへ割り込み要求を発生させることができます。

表 8.4 ブロック転送モードのレジスタ機能

名称	略称	機能
DTC ソースアドレスレジスタ	SAR	転送元アドレス
DTC デスティネーションアドレスレジスタ	DAR	転送先アドレス
DTC 転送カウントレジスタ AH	CRAH	ブロックサイズ保持
DTC 転送カウントレジスタ AL	CRAL	ブロックサイズカウンタ
DTC 転送カウントレジスタ B	CRB	転送カウンタ

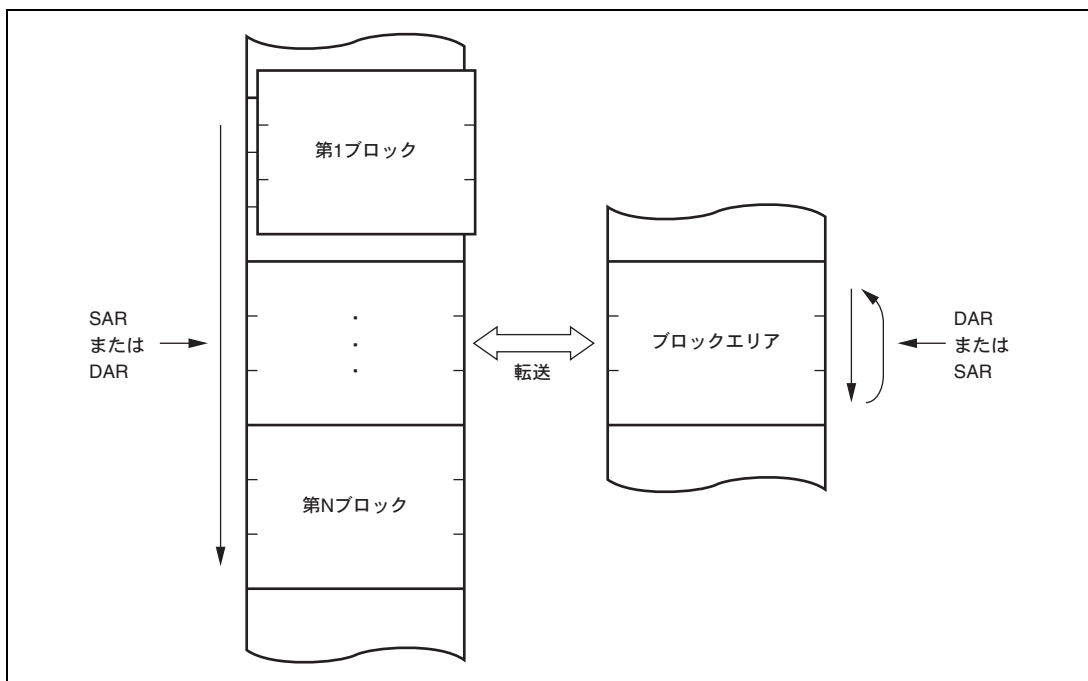


図 8.7 ブロック転送モードのメモリマップ

8.5.4 チェイン転送

MRB の CHNE ビットを 1 にセットしておくことにより、1つの起動要因で複数のデータ転送を連続して行うことができます。SAR、DAR、CRA、CRB、およびMRA、MRBは各々独立に設定できます。

図 8.8 にチェイン転送の動作の概要を示します。DTC は起動すると起動要因に対応した DTC ベクタアドレスからレジスタ情報の先頭アドレスをリードし、この先頭アドレスから最初のレジスタ情報をリードします。データ転送終了後このレジスタの CHNE ビットをテストし、1であれば連続して配置された次のレジスタ情報をリードして転送を行います。この動作を CHNE ビットが 0 のレジスタ情報のデータ転送が終了するまで続けます。

CHNE=1 の転送では指定した転送回数の終了による CPU への割り込み要求や、DISSEL=1 による CPU への割り込み要求は発生しません。また、CHNE=1 の転送は起動要因となった割り込み要因フラグに影響を与えません。

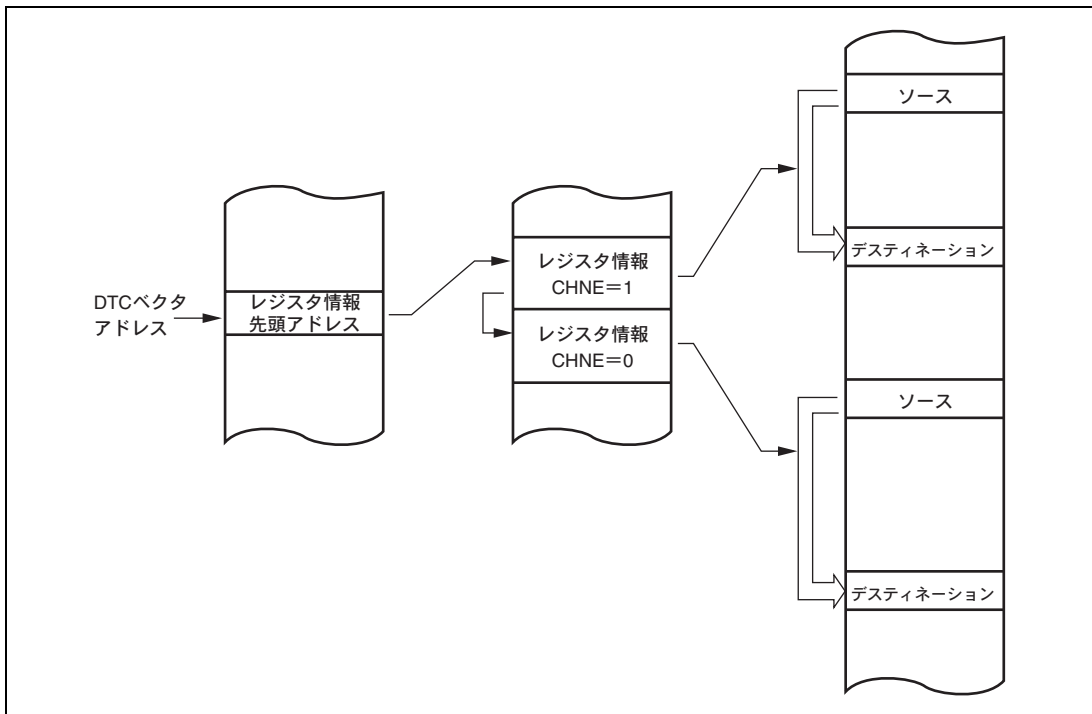


図 8.8 チェイン転送の動作

8. データトランスファコントローラ (DTC)

8.5.5 割り込み要因

DTC が指定された回数のデータ転送を終了したとき、および DISEL ビットが 1 にセットされたデータ転送を終了したとき、CPU に対して割り込みを要求します。割り込み起動の場合、起動要因に設定した割り込みが発生します。これらの CPU に対する割り込みは CPU のマスクレベルや割り込みコントローラのプライオリティレベルの制御を受けます。

ソフトウェアによる起動の場合、ソフトウェア起動データ転送終了割り込み (SWDTEND) を発生します。

DISEL ビットが 1 の状態で、1 回のデータ転送を終了した場合、または指定した回数のデータ転送を終了した場合、データ転送終了後に、SWDTE ビットが 1 に保持され、SWDTEND 割り込みを発生します。割り込み処理ルーチンで SWDTE ビットを 0 にクリアしてください。

ソフトウェアで DTC を起動する場合、SWDTE ビットを 1 にセットしても、データ転送待ち、およびデータ転送中は、SWDTEND 割り込みは発生しません。

8.5.6 動作タイミング

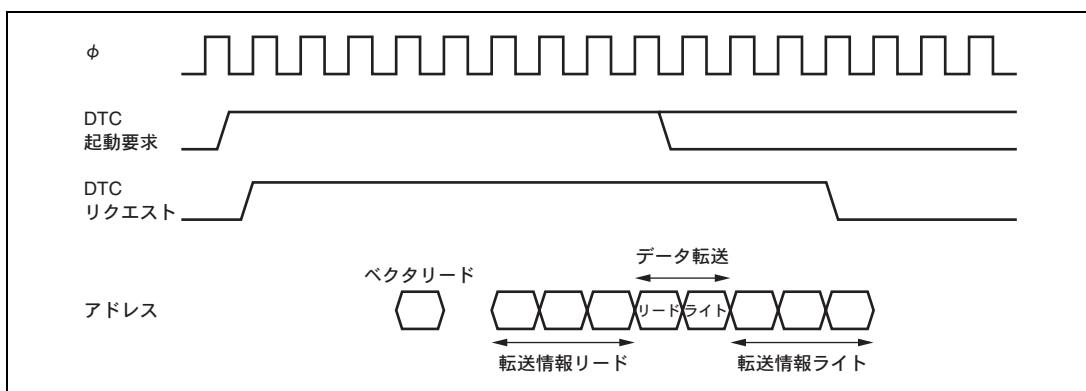


図 8.9 DTC の動作タイミング (ノーマルモード、リピートモードの例)

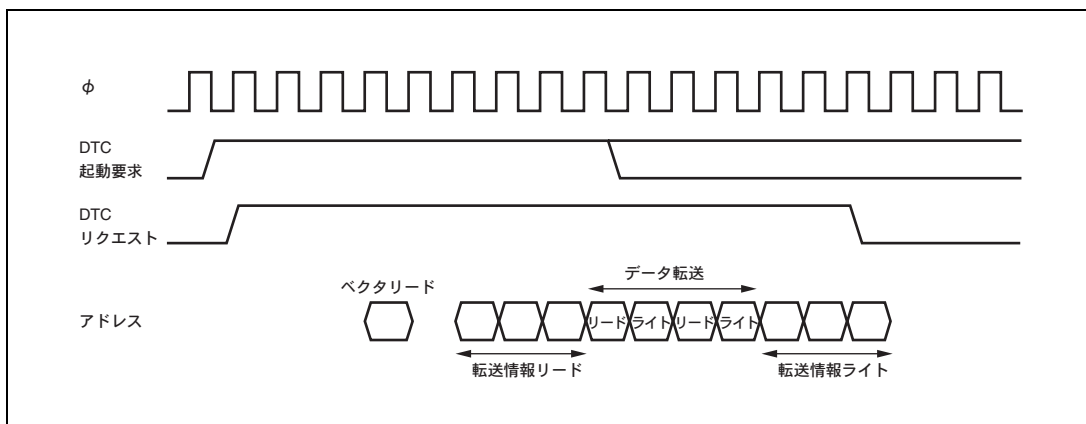


図 8.10 DTC の動作タイミング (ブロック転送モード、ブロックサイズ=2 の例)

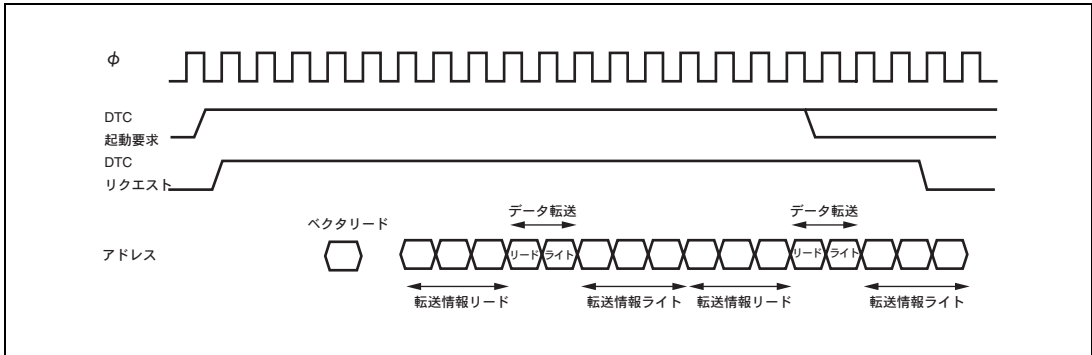


図 8.11 DTC の動作タイミング (チェイン転送の例)

8.5.7 DTC 実行ステート数

表 8.5 に、DTC の 1 回のデータ転送の実行状態を示します。また、表 8.6 に、実行状態に必要なステート数を示します。

表 8.5 DTC の実行状態

モード	ベクタリード	レジスタ情報 リード/ライト	データリード	データライト	内部動作
	I	J	K	L	M
ノーマル	1	6	1	1	3
リピート	1	6	1	1	3
ブロック転送	1	6	N	N	3

N : ブロックサイズ (CRAH、CRAL の初期設定値)

8. データトランスファコントローラ (DTC)

表 8.6 実行状態に必要なステート数

アクセス対象		内蔵 RAM	内蔵 ROM	内部 I/O レジスタ		外部デバイス*			
				8	16	8		16	
バス幅		32	16	8	16	8		16	
アクセスステート		1	1	2	2	2	3	2	3
実 行 状 態	ベクタリードSi	—	1	—	—	4	6+2m	2	3+m
	レジスタ情報Sj リード/ライト	1	—	—	—	—	—	—	—
	バイトデータリードSk	1	1	2	2	2	3+m	2	3+m
	ワードデータリードSk	1	1	4	2	4	6+2m	2	3+m
	バイトデータライトSl	1	1	2	2	2	3+m	2	3+m
	ワードデータライトSl	1	1	4	2	4	6+2m	2	3+m
	内部動作Sm	1							

【注】 * 本 LSI では使用できません。

実行ステート数は次の計算式で計算されます。なお、 Σ は1つの起動要因で転送する回数分（CHNE ビットを1にセットした数+1）の和を示します。

$$\text{実行ステート数} = I \cdot (1 + S_i) + \Sigma (J \cdot S_j + K \cdot S_k + L \cdot S_l) + M \cdot S_m$$

たとえば、DTC ベクタアドレスを内蔵 ROM に配置し、ノーマルモードで、内蔵 ROM→内部 I/O レジスタのデータ転送を行った場合、DTC の動作に必要な時間は 13 ステートです。起動からデータライト終了までの時間は 10 ステートです。

8.6 DTC 使用手順

8.6.1 割り込みによる起動

DTC の割り込み起動による使用手順を以下に示します。

1. MRA、MRB、SAR、DAR、CRA、CRBのレジスタ情報を内蔵RAM上に設定します。
2. レジスタ情報の先頭アドレスを、DTCベクタアドレスに設定します。
3. DTCERの対応するビットを1にセットします。
4. 起動要因となる割り込み要因のイネーブルビットを1にセットします。
要因となる割り込みが発生すると、DTCが起動されます。
5. 1回のデータ転送終了後、または、指定した回数のデータ転送終了後、DTCEビットが0にクリアされ、CPUに割り込みが要求されます。引き続きDTCによるデータ転送を行う場合には、DTCEビットを1にセットしてください。

8.6.2 ソフトウェアによる起動

DTC のソフトウェア起動による使用手順を以下に示します。

1. MRA、MRB、SAR、DAR、CRA、CRBのレジスタ情報を内蔵RAM上に設定します。
2. レジスタ情報の先頭アドレスを、DTCベクタアドレスに設定します。
3. SWDTE=0を確認します。
4. SWDTEに1を、DTVECRにベクタ番号をライトします。
5. DTVECRにライトしたベクタ番号を確認します。
6. 1回のデータ転送終了後、DISELビットが0で、CPUに割り込みを要求しない場合、SWDTEビットが0にクリアされます。引き続きDTCによるデータ転送を行う場合には、SWDTEを1にセットしてください。DISELビットが1の場合、または指定した回数のデータ転送終了後、SWDTEビットは1に保持され、CPUに割り込みが要求されます。

8.7 DTC 使用例

8.7.1 ノーマルモード

DTC の使用例として、SCI による 128 バイトのデータ受信を行う例を示します。

1. MRAはソースアドレス固定 (SM1=SM0=0)、デスティネーションアドレスインクリメント (DM1=1, DM0=0)、ノーマルモード (MD1=MD0=0)、バイトサイズ (Sz=0) を設定します。DTSビットは任意の値とすることができます。MRBは1回の割り込みで1回のデータ転送 (CHNE=0, DISEL=0) を行います。SARはSCIのRDRのアドレス、DARはデータを格納するRAMの先頭アドレス、CRAは128 (H'0080) を設定します。CRBは任意の値とすることができます。
2. レジスタ情報の先頭アドレスを、DTCベクタアドレスに設定します。
3. DTCERの対応するビットを1にセットします。
4. SCIを所定の受信モードに設定します。SCRのRIEビットを1にセットし、受信完了 (RXI) 割り込みを許可します。また、SCIの受信動作中に受信エラーが発生すると、以後の受信が行われませんので、CPUが受信エラー割り込みを受け付けられるようにしてください。
5. SCIの1バイトのデータ受信が完了するごとに、SSRのRDRFフラグが1にセットされ、RXI割り込みが発生し、DTCが起動されます。DTCによって、受信データがRDRからRAMへ転送され、DARのインクリメント、CRAのデクリメントを行います。RDRFフラグは自動的に0にクリアされます。
6. 128回のデータ転送終了後、CRAが0になると、RDRFフラグは1のまま保持され、DTCEが0にクリアされ、CPUにRXI割り込みが要求されます。割り込み処理ルーチンで終了処理を行ってください。

8.7.2 チェイン転送

DTC チェイン転送の例として、PPG によるパルス出力を行う例を示します。チェイン転送を使ってパルス出力データの転送と PPG 出力トリガの周期の変更を行うことができます。チェイン転送の前半で PPG の NDR へのリピートモード転送、後半で TPU の TGR へのノーマルモード転送を行います。起動要因のクリアや指定した回数の転送終了時の割り込み発生は、チェイン転送の後半 (CHNE=0 のときの転送) に限られるためです。

1. PPGのNDRへの転送の設定を行います。MRAはソースアドレスインクリメント (SM1=1、SM0=0)、デスティネーションアドレス固定 (DM1=DM0=0)、リピートモード (MD1=0、MD0=1)、ワードサイズ (Sz=1) を設定します。ソース側をリピート領域 (DTS=1) に設定します。MRBはチェインモード (CHNE=1、DISEL=0) に設定します。SARはデータテーブルの先頭アドレス、DARはNDRHのアドレス、CRAH、CRALはデータテーブルサイズを設定します。CRBは任意の値とすることができます。
2. TPUのTGRへの転送の設定を行います。MRAはソースアドレスインクリメント (SM1=1、SM0=0)、デスティネーションアドレス固定 (DM1=DM0=0)、ノーマルモード (MD1=MD0=0)、ワードサイズ (Sz=1) を設定します。SARは、データテーブルの先頭アドレス、DARはTGRAのアドレス、CRAはデータテーブルサイズを設定します。CRBは任意の値とすることができます。
3. NDR転送用レジスタ情報のあとに連続してTPU転送用レジスタ情報を配置します。
4. NDR転送用レジスタ情報の先頭アドレスを、DTCベクタアドレスに設定します。
5. DTCERのTGIAに対応するビットを1にセットします。
6. TIORでTGRAをアウトプットコンペアレジスタ (出力禁止) に設定し、TIERでTGIA割り込みを許可します。
7. PODRに出力初期値を設定し、NDRに次の出力値を設定します。DDR、NDERの出力を行うビットを1にセットします。また、PCRで出力トリガとなるTPUのコンペアマッチを選択します。
8. TSTRのCSTビットを1にセットし、TCNTのカウント動作を開始します。
9. TGRAのコンペアマッチが発生するごとに次の出力値がNDRへ、次の出力トリガ周期の設定値がTGRAへそれぞれ転送されます。起動要因のTGFAフラグはクリアされます。
10. 指定した回数の転送終了後 (TPU転送用CRAが0になると)、TGFAフラグは1のまま保持され、DTCEビットが0にクリアされ、CPUにTGIA割り込みが要求されます。割り込み処理ルーチンで終了処理を行ってください。

8. データトランスファコントローラ (DTC)

8.7.3 ソフトウェア起動

DTC の使用例として、ソフトウェア起動による 1 ブロック 128 バイトのデータ転送を行う例を示します。転送元アドレスは H'1000、転送先アドレスは H'2000 です。ベクタ番号は H'60、したがって、ベクタアドレスは H'04C0 です。

1. MRAはソースアドレスインクリメント (SM1=1, SM0=0)、デスティネーションアドレスインクリメント (DM1=1, DM0=0)、ブロック転送モード (MD1=1, MD0=0)、バイトサイズ (Sz=0) を設定します。DTSビットは任意の値とすることができます。MRBは1回の割り込みで1回のブロック転送 (CHNE=0) を行います。SARは転送元アドレスでH'1000、DARは転送先アドレスでH'2000、CRAは128 (H'8080) を設定します。CRBは1 (H'0001) をセットします。
2. レジスタ情報の先頭アドレスを、DTCベクタアドレス (H'04C0) に設定します。
3. DTVECRのSWDTE=0を確認します。現在、DTCがソフトウェア起動による転送を行っていないことの確認です。
4. SWDTE=1とともに、ベクタ番号H'60を、DTVECRにライトします。ライトデータはH'E0です。
5. 再度、DTVECRを読み、ベクタ番号H'60が設定されていることを確認します。設定されていないときは、ライトが失敗したことを表します。3.と4.の間に割り込みが入り、ここで他のソフトウェアによって起動された場合が、これに相当します。起動したい場合、3.に戻ってください。
6. ライトが成功すると、DTCが起動され、128バイト1ブロックの転送を行います。
7. 転送後、SWDTEND割り込みが起動します。割り込み処理ルーチンでSWDTEビットの0クリアなど、終了処理を行ってください。

8.8 使用上の注意事項

8.8.1 モジュールストップモードの設定

モジュールストップコントロールレジスタにより、DTC の動作禁止／許可を設定することが可能です。初期値では、DTC の動作許可状態です。モジュールストップモードを設定することにより、レジスタのアクセスが禁止されます。ただし、DTC が起動中にはモジュールストップモードに設定できません。詳細は、「第 18 章 低消費電力状態」を参照してください。

8.8.2 内蔵 RAM

MRA、MRB、SAR、DAR、CRA、CRB の各レジスタは、内蔵 RAM に配置します。DTC を使用する場合は、SYSCR の RAME ビットを 0 にクリアしないでください。

8.8.3 DTCE ビットの設定

DTCE ビットの設定は、必ず BSET、BCLR などビット操作命令を使ってリード／ライトしてください。ただし、初期設定に限り、複数の起動要因を一度に設定するときには、割り込みを禁止して、当該レジスタのダミーリードを行ってからライトすることができます。

8. データトランスファコントローラ (DTC)

9. I/O ポート

ポート機能一覧を表 9.1 に示します。各ポートは周辺モジュールの入出力端子や割り込み入力と端子を兼用しています。入出力ポートは入出力を制御するデータディレクションレジスタ (DDR)、出力データを格納するデータレジスタ (DR) と端子の状態をリードするポートレジスタ (PORT) から構成されています。入力専用ポートには DR、DDR はありません。

ポート A~D には、入力プルアップ MOS が内蔵されており、入力プルアップ MOS コントロールレジスタ (PCR) で入力プルアップ MOS のオン/オフを制御できます。

ポート A~C にはオープンドレインコントロールレジスタ (ODR) が内蔵されており、出力バッファの PMOS のオン/オフを選択できます。

すべてのポートは 1 個の TTL 負荷と 30pF の容量負荷を駆動することができます。

9. I/O ポート

表 9.1 ポートの機能一覧

ポート名	概要	端子名 (兼用端子機能)	入出力形態ほか
ポート 1	TPU 入出力、PPG 出力、割り込み 入力と兼用汎用入出力ポート	P17/PO15/TIOCB2/TCLKD	
		P16/PO14/TIOCA2/IRQ1	
		P15/PO13/TIOCB1/TCLKC	
		P14/PO12/TIOCA1/IRQ0	
		P13/PO11/TIOCD0/TCLKB	
		P12/PO10/TIOCC0/TCLKA	
		P11/PO9/TIOCB0	
		P10/PO8/TIOCA0	
ポート 4	A/D 変換器のアナログ入力兼用 汎用入力ポート	P47/AN7	
		P46/AN6	
		P45/AN5	
		P44/AN4	
		P43/AN3	
		P42/AN2	
		P41/AN1	
		P40/AN0	
ポート 9	A/D 変換器のアナログ入力兼用 汎用入力ポート	P93/AN11	
		P92/AN10	
		P91/AN9	
		P90/AN8	
ポート A	SCI_2 の入出力端子と兼用 汎用入出力ポート	PA3/ SCK2	入力プルアップ MOS 内蔵 プッシュプル/オープンドレイン出力
		PA2/ RxD2	
		PA1/ TxD2	
		PA0	
ポート B	TPU_5、TPU_4、TPU_3 入出力端子と兼用汎用入出力 ポート	PB7/TIOCB5	入力プルアップ MOS 内蔵 プッシュプル/オープンドレイン出力
		PB6/TIOCA5	
		PB5/TIOCB4	
		PB4/TIOCA4	
		PB3/TIOCD3	
		PB2/TIOCC3	
		PB1/TIOCB3	
		PB0/TIOCA3	

ポート名	概 要	端子名 (兼用端子機能)	入出力形態ほか
ポート C	SCI_1、SCI_0 入出力、割り込み 入力と兼用汎用入出力ポート	PC7	入力プルアップ MOS 内蔵 ブッシュブル/オープンドレイン出力
		PC6	
		PC5/SCK1/IRQ5	
		PC4/RxD1	
		PC3/TxD1	
		PC2/SCK0/IRQ4	
		PC1/RxD0	
		PC0/TxD0	
ポート D	汎用入出力ポート	PD7	入力プルアップ MOS 内蔵
		PD6	
		PD5	
		PD4	
		PD3	
		PD2	
		PD1	
		PD0	
ポート F	割り込み入力、A/D 変換器の スタートトリガ入力および システムクロック出力端子(φ)と 兼用汎用入出力ポート	PF7/φ	
		PF6	
		PF5	
		PF4	
		PF3/ADTRG/IRQ3	
		PF2	
		PF1	
		PF0/IRQ2	

9. I/O ポート

9.1 ポート 1

ポート 1 は 8 ビットの兼用入出力ポートです。ポート 1 には以下のレジスタがあります。

- ポート1データディレクションレジスタ (P1DDR)
- ポート1データレジスタ (P1DR)
- ポート1レジスタ (PORT1)

9.1.1 ポート 1 データディレクションレジスタ (P1DDR)

P1DDR は 8 ビットのライト専用レジスタでポート 1 の入出力をビットごとに指定します。

リードは無効です。リードすると不定値が読み出されます。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7	P17DDR	0	W	汎用入出力ポートの機能が選択されているとき、このビットを 1 にセットすると対応する端子は出力ポートとなり、0 にクリアすると入力ポートになります。
6	P16DDR	0	W	
5	P15DDR	0	W	
4	P14DDR	0	W	
3	P13DDR	0	W	
2	P12DDR	0	W	
1	P11DDR	0	W	
0	P10DDR	0	W	

9.1.2 ポート 1 データレジスタ (P1DR)

P1DR は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタでポート 1 の出力データを格納します。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7	P17DR	0	R/W	汎用出力ポートとして使用する端子の出力データを格納します。
6	P16DR	0	R/W	
5	P15DR	0	R/W	
4	P14DR	0	R/W	
3	P13DR	0	R/W	
2	P12DR	0	R/W	
1	P11DR	0	R/W	
0	P10DR	0	R/W	

9.1.3 ポート 1 レジスタ (PORT1)

PORT1 は 8 ビットのリード専用レジスタでポート 1 の端子の状態を反映します。
ライトは無効です。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7	P17	不定*	R	このレジスタをリードすると、P1DDR が 1 にセットされているビットは P1DR の値がリードされます。P1DDR が 0 にクリアされているビットは端子の状態がリードされます。
6	P16	不定*	R	
5	P15	不定*	R	
4	P14	不定*	R	
3	P13	不定*	R	
2	P12	不定*	R	
1	P11	不定*	R	
0	P10	不定*	R	

【注】 * P17～P10 端子の状態により決定されます。

9. I/O ポート

9.1.4 端子機能

ポート 1 は TPU 入出力、PPG 出力、割り込み入力と兼用になっています。レジスタの設定値と端子機能の関係は以下のとおりです。

表 9.2 P17 の端子機能

TPU チャンネル 2 の設定*	出力設定	入力設定または初期値		
P17DDR	—	0	1	1
NDER15	—	—	0	1
端子機能	TIOCB2 出力	P17 入力	P17 出力	PO15 出力
		TIOCB2 入力		
		TCLKD 入力		

表 9.3 P16 の端子機能

TPU チャンネル 2 の設定*	出力設定	入力設定または初期値		
P16DDR	—	0	1	1
NDER14	—	—	0	1
端子機能	TIOCA2 出力	P16 入力	P16 出力	PO14 出力
		TIOCA2 入力		
		IRQ1 入力		

表 9.4 P15 の端子機能

TPU チャンネル 1 の設定*	出力設定	入力設定または初期値		
P15DDR	—	0	1	1
NDER13	—	—	0	1
端子機能	TIOCB1 出力	P15 入力	P15 出力	PO13 出力
		TIOCB1 入力		
		TCLKC 入力		

表 9.5 P14 の端子機能

TPU チャンネル 1 の設定*	出力設定	入力設定または初期値		
P14DDR	—	0	1	1
NDER12	—	—	0	1
端子機能	TIOCA1 出力	P14 入力	P14 出力	PO12 出力
		TIOCA1 入力		
		IRQ0 入力		

【注】 * TPU チャンネルの設定は「第 10 章 16 ビットタイムパルスユニット (TPU)」を参照してください。

表 9.6 P13 の端子機能

TPU チャンネル 0 の設定*	出力設定	入力設定または初期値		
P13DDR	—	0	1	1
NDER11	—	—	0	1
端子機能	TIOCD0 出力	P13 入力	P13 出力	PO11 出力
		TIOCD0 入力		
		TCLKB 入力		

表 9.7 P12 の端子機能

TPU チャンネル 0 の設定*	出力設定	入力設定または初期値		
P12DDR	—	0	1	1
NDER10	—	—	0	1
端子機能	TIOCC0 出力	P12 入力	P12 出力	PO10 出力
		TIOCC0 入力		
		TCLKA 入力		

表 9.8 P11 の端子機能

TPU チャンネル 0 の設定*	出力設定	入力設定または初期値		
P11DDR	—	0	1	1
NDER9	—	—	0	1
端子機能	TIOCB0 出力	P11 入力	P11 出力	PO9 出力
		TIOCB0 入力		

表 9.9 P10 の端子機能

TPU チャンネル 0 の設定*	出力設定	入力設定または初期値		
P10DDR	—	0	1	1
NDER8	—	—	0	1
端子機能	TIOCA0 出力	P10 入力	P10 出力	PO8 出力
		TIOCA0 入力		

【注】 * TPU チャンネルの設定は「第 10 章 16 ビットタイムパルスユニット (TPU)」を参照してください。

9. I/O ポート

9.2 ポート 4

ポート 4 は 8 ビットのアナログ入力兼用入力ポートです。ポート 4 には以下のレジスタがあります。

- ポート4レジスタ (PORT4)

9.2.1 ポート 4 レジスタ (PORT4)

PORT4 は 8 ビットのリード専用レジスタでポート 4 の端子の状態を反映します。

ライトは無効です。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	P47	不定*	R	このレジスタをリードすると、常に端子の状態がリードされます。
6	P46	不定*	R	
5	P45	不定*	R	
4	P44	不定*	R	
3	P43	不定*	R	
2	P42	不定*	R	
1	P41	不定*	R	
0	P40	不定*	R	

【注】 * P47～P40 端子の状態により決定されます。

9.3 ポート 9

ポート 9 は 4 ビットのアナログ入力兼用入力ポートです。ポート 9 には以下のレジスタがあります。

- ポート9レジスタ (PORT9)

9.3.1 ポート 9 レジスタ (PORT9)

PORT9 は 8 ビットのリード専用レジスタでポート 9 の端子の状態を反映します。

ライトは無効です。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	—	不定	R	このレジスタをリードすると、常に端子の状態がリードされます。
6	—	不定	R	
5	—	不定	R	
4	—	不定	R	
3	P93	不定*	R	
2	P92	不定*	R	
1	P91	不定*	R	
0	P90	不定*	R	

【注】 * P93～P90 端子の状態により決定されます。

9.4 ポート A

ポート A は 4 ビットの兼用入出力ポートです。ポート A には以下のレジスタがあります。

- ポートAデータディレクションレジスタ (PADDR)
- ポートAデータレジスタ (PADR)
- ポートAレジスタ (PORTA)
- ポートAプルアップMOSコントロールレジスタ (PAPCR)
- ポートAオープンドレインコントロールレジスタ (PAODR)

9.4.1 ポート A データディレクションレジスタ (PADDR)

PADDR は 8 ビットのライト専用レジスタでポート A の入出力をビットごとに指定します。

リードは無効です。リードすると不定値が読み出されます。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	—	不定	—	リザーブビット
6	—	不定	—	
5	—	不定	—	
4	—	不定	—	
3	PA3DDR	0	W	汎用入出力ポートの機能が選択されているとき、このビットを 1 にセットすると対応する端子は出力ポートとなり、0 にクリアすると入力ポートになります。
2	PA2DDR	0	W	
1	PA1DDR	0	W	
0	PA0DDR	0	W	

9.4.2 ポート A データレジスタ (PADR)

PADR は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタでポート A の出力データを格納します。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	—	不定	—	リザーブビット
6	—	不定	—	
5	—	不定	—	
4	—	不定	—	
3	PA3DR	0	R/W	汎用出力ポートとして使用する端子の出力データを格納します。
2	PA2DR	0	R/W	
1	PA1DR	0	R/W	
0	PA0DR	0	R/W	

9. I/O ポート

9.4.3 ポート A レジスタ (PORTA)

PORTA は 8 ビットのリード専用レジスタでポート A の端子の状態を反映します。
ライトは無効です。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	—	不定	—	リザーブビット リードすると不定値がリードされます。
6	—	不定	—	
5	—	不定	—	
4	—	不定	—	
3	PA3	不定*	R	このレジスタをリードすると、PADDR がセットされているビットは PADR の値がリードされます。PADDR がクリアされているビットは端子の状態がリードされます。
2	PA2	不定*	R	
1	PA1	不定*	R	
0	PA0	不定*	R	

【注】 * PA3～PA0 端子の状態により決定されます。

9.4.4 ポート A プルアップ MOS コントロールレジスタ (PAPCR)

PAPCR は 8 ビットのレジスタでポート A の入力プルアップ MOS のオン/オフを制御します。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	—	不定	—	リザーブビット リードすると不定値がリードされます。
6	—	不定	—	
5	—	不定	—	
4	—	不定	—	
3	PA3PCR	0	R/W	端子が入力状態のとき、このレジスタの 1 にセットされたビットに対応する端子の入力プルアップ MOS がオンします。
2	PA2PCR	0	R/W	
1	PA1PCR	0	R/W	
0	PA0PCR	0	R/W	

9.4.5 ポート A オープンドレインコントロールレジスタ (PAODR)

PAODR は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタでポート A の出力形態を選択します。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	—	不定	—	リザーブビット リードすると不定値がリードされます。
6	—	不定	—	
5	—	不定	—	
4	—	不定	—	
3	PA3ODR	0	R/W	1 にセットすると対応する端子の PMOS は常にオフ状態となり、出力に設定するとオープンドレイン出力となります。0 にクリアされている端子は出力に設定するとプッシュプル出力となります。
2	PA2ODR	0	R/W	
1	PA1ODR	0	R/W	
0	PA0ODR	0	R/W	

9.4.6 端子機能

ポート A は SCL₂ 入出力、割り込み入力と兼用になっています。レジスタの設定値と端子機能の関係は以下のとおりです。

表 9.10 PA3 の端子機能

CKE1	0			1
C/A	0		1	—
CKE0	0	1	—	—
PA3DDR	0	1	—	—
端子機能	PA3 入力	PA3 出力	SCK2 出力	SCK2 出力 SCK2 入力

表 9.11 PA2 の端子機能

RE	0		1
PA2DDR	0	1	—
端子機能	PA2 入力	PA2 出力	RxD2 入力

表 9.12 PA1 の端子機能

TE	0		1
PA1DDR	0	1	—
端子機能	PA1 入力	PA1 出力	TxD2 出力

表 9.13 PA0 の端子機能

PA0DDR	0	1
端子機能	PA0 入力	PA0 出力

9. I/O ポート

9.5 ポート B

ポートBは8ビットの兼用入出力ポートです。ポートBには以下のレジスタがあります。

- ポートBデータディレクションレジスタ (PBDDR)
- ポートBデータレジスタ (PBDR)
- ポートBレジスタ (PORTB)
- ポートBプルアップMOSコントロールレジスタ (PBPCR)
- ポートBオープンドレインコントロールレジスタ (PBODR)

9.5.1 ポート B データディレクションレジスタ (PBDDR)

PBDDRは8ビットのライト専用レジスタでポートBの入出力をビットごとに指定します。

リードは無効です。リードすると不定値が読み出されます。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7	PB7DDR	0	W	汎用入出力ポートの機能が選択されているとき、このビットを1にセットすると対応する端子は出力ポートとなり、0にクリアすると入力ポートになります。
6	PB6DDR	0	W	
5	PB5DDR	0	W	
4	PB4DDR	0	W	
3	PB3DDR	0	W	
2	PB2DDR	0	W	
1	PB1DDR	0	W	
0	PB0DDR	0	W	

9.5.2 ポート B データレジスタ (PBDR)

PBDRは8ビットのリード/ライト可能なレジスタでポートBの出力データを格納します。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7	PB7DR	0	R/W	汎用出力ポートとして使用する端子の出力データを格納します。
6	PB6DR	0	R/W	
5	PB5DR	0	R/W	
4	PB4DR	0	R/W	
3	PB3DR	0	R/W	
2	PB2DR	0	R/W	
1	PB1DR	0	R/W	
0	PB0DR	0	R/W	

9.5.3 ポート B レジスタ (PORTB)

PORTB は 8 ビットのリード専用レジスタでポート B の端子の状態を反映します。

ライトは無効です。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7	PB7	不定*	R	このレジスタをリードすると、PBDDR が 1 にセットされているビットは PBDR の値がリードされます。PBDDR が 0 にクリアされているビットは端子の状態がリードされます。
6	PB6	不定*	R	
5	PB5	不定*	R	
4	PB4	不定*	R	
3	PB3	不定*	R	
2	PB2	不定*	R	
1	PB1	不定*	R	
0	PB0	不定*	R	

【注】 * PB7～PB0 端子の状態により決定されます。

9.5.4 ポート B プルアップ MOS コントロールレジスタ (PBPCR)

PBPCR は 8 ビットの可能なレジスタでポート B の入力プルアップ MOS のオン/オフを制御します。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7	PB7PCR	0	R/W	端子が入力状態のとき、このレジスタの 1 にセットされたビットに対応する端子の入力プルアップ MOS がオンします。
6	PB6PCR	0	R/W	
5	PB5PCR	0	R/W	
4	PB4PCR	0	R/W	
3	PB3PCR	0	R/W	
2	PB2PCR	0	R/W	
1	PB1PCR	0	R/W	
0	PB0PCR	0	R/W	

9. I/O ポート

9.5.5 ポート B オープンドレインコントロールレジスタ (PBODR)

PBODR は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタでポート B の出力形態を選択します。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	PB7ODR	0	R/W	1 にセットすると対応する端子の PMOS は常にオフ状態となり、出力に設定するとオープンドレイン出力となります。0 にクリアされている端子は出力に設定するとプッシュプル出力となります。
6	PB6ODR	0	R/W	
5	PB5ODR	0	R/W	
4	PB4ODR	0	R/W	
3	PB3ODR	0	R/W	
2	PB2ODR	0	R/W	
1	PB1ODR	0	R/W	
0	PB0ODR	0	R/W	

9.5.6 端子機能

ポート B は TPU 入出力と兼用になっています。レジスタの設定値と端子機能の関係は以下のとおりです。

表 9.14 PB7 の端子機能

TPU チャンネル 5 の設定*	出力設定	入力設定または初期値	
PB7DDR	—	0	1
端子機能	TIOCB5 出力	PB7 入力	PB7 出力
		TIOCB5 入力	

表 9.15 PB6 の端子機能

TPU チャンネル 5 の設定*	出力設定	入力設定または初期値	
PB6DDR	—	0	1
端子機能	TIOCA5 出力	PB6 入力	PB6 出力
		TIOCA5 入力	

表 9.16 PB5 の端子機能

TPU チャンネル 4 の設定*	出力設定	入力設定または初期値	
PB5DDR	—	0	1
端子機能	TIOCB4 出力	PB5 入力	PB5 出力
		TIOCB4 入力	

【注】 * TPU チャンネルの設定は「第 10 章 16 ビットタイムパルスユニット (TPU)」を参照してください。

表 9.17 PB4 の端子機能

TPU チャンネル 4 の設定*	出力設定	入力設定または初期値	
PB4DDR	—	0	1
端子機能	TIOCA4 出力	PB4 入力	PB4 出力
		TIOCA4 入力	

表 9.18 PB3 の端子機能

TPU チャンネル 3 の設定*	出力設定	入力設定または初期値	
PB3DDR	—	0	1
端子機能	TIOCD3 出力	PB3 入力	PB3 出力
		TIOCD3 入力	

表 9.19 PB2 の端子機能

TPU チャンネル 3 の設定*	出力設定	入力設定または初期値	
PB2DDR	—	0	1
端子機能	TIOCC3 出力	PB2 入力	PB2 出力
		TIOCC3 入力	

表 9.20 PB1 の端子機能

TPU チャンネル 3 の設定*	出力設定	入力設定または初期値	
PB1DDR	—	0	1
端子機能	TIOCB3 出力	PB1 入力	PB1 出力
		TIOCB3 入力	

表 9.21 PB0 の端子機能

TPU チャンネル 3 の設定*	出力設定	入力設定または初期値	
PB0DDR	—	0	1
端子機能	TIOCA3 出力	PB0 入力	PB0 出力
		TIOCA3 入力	

【注】 * TPU チャンネルの設定は「第 10 章 16 ビットタイムパルスユニット (TPU)」を参照してください。

9. I/O ポート

9.6 ポート C

ポート C は 8 ビットの兼用入出力ポートです。ポート C には以下のレジスタがあります。

- ポートCデータディレクションレジスタ (PCDDR)
- ポートCデータレジスタ (PCDR)
- ポートCレジスタ (PORTC)
- ポートCプルアップMOSコントロールレジスタ (PCPCR)
- ポートCオープンドレインコントロールレジスタ (PCODR)

9.6.1 ポート C データディレクションレジスタ (PCDDR)

PCDDR は 8 ビットのライト専用レジスタでポート C の入出力をビットごとに指定します。

リードは無効です。リードすると不定値が読み出されます。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7	PC7DDR	0	W	汎用入出力ポートの機能が選択されているとき、このビットを 1 にセットすると対応する端子は出力ポートとなり、0 にクリアすると入力ポートになります。
6	PC6DDR	0	W	
5	PC5DDR	0	W	
4	PC4DDR	0	W	
3	PC3DDR	0	W	
2	PC2DDR	0	W	
1	PC1DDR	0	W	
0	PC0DDR	0	W	

9.6.2 ポート C データレジスタ (PCDR)

PCDR は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタでポート C の出力データを格納します。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7	PC7DR	0	R/W	汎用出力ポートとして使用する端子の出力データを格納します。
6	PC6DR	0	R/W	
5	PC5DR	0	R/W	
4	PC4DR	0	R/W	
3	PC3DR	0	R/W	
2	PC2DR	0	R/W	
1	PC1DR	0	R/W	
0	PC0DR	0	R/W	

9.6.3 ポート C レジスタ (PORTC)

PORTC は 8 ビットのリード専用レジスタでポート C の端子の状態を反映します。

ライトは無効です。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7	PC7	不定*	R	このレジスタをリードすると、PCDDR が 1 にセットされているビットは PCDR の値がリードされます。PCDDR が 0 にクリアされているビットは端子の状態がリードされます。
6	PC6	不定*	R	
5	PC5	不定*	R	
4	PC4	不定*	R	
3	PC3	不定*	R	
2	PC2	不定*	R	
1	PC1	不定*	R	
0	PC0	不定*	R	

【注】 * PC7～PC0 端子の状態により決定されます。

9.6.4 ポート C プルアップ MOS コントロールレジスタ (PCPCR)

PCPCR は 8 ビットの可能なレジスタでポート C の入力プルアップ MOS のオン/オフを制御します。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7	PC7PCR	0	R/W	端子が入力状態のとき、このレジスタの 1 にセットされたビットに対応する端子の入力プルアップ MOS がオンします。
6	PC6PCR	0	R/W	
5	PC5PCR	0	R/W	
4	PC4PCR	0	R/W	
3	PC3PCR	0	R/W	
2	PC2PCR	0	R/W	
1	PC1PCR	0	R/W	
0	PC0PCR	0	R/W	

9. I/O ポート

9.6.5 ポート C オープンドレインコントロールレジスタ (PCODR)

PCODR は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタでポート C の出力形態を選択します。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	PC7ODR	0	R/W	1 にセットすると対応する端子の PMOS は常にオフ状態となり、出力に設定するとオープンドレイン出力となります。0 にクリアされている端子は出力に設定するとプッシュプル出力となります。
6	PC6ODR	0	R/W	
5	PC5ODR	0	R/W	
4	PC4ODR	0	R/W	
3	PC3ODR	0	R/W	
2	PC2ODR	0	R/W	
1	PC1ODR	0	R/W	
0	PC0ODR	0	R/W	

9.6.6 端子機能

ポート C は SCI_1、SCI_0 入出力、割り込み入力と兼用になっています。レジスタの設定値と端子機能の関係は以下のとおりです。

表 9.22 PC7 の端子機能

PC7DDR	0	1
端子機能	PC7 入力	PC7 出力

表 9.23 PC6 の端子機能

PC6DDR	0	1
端子機能	PC6 入力	PC6 出力

表 9.24 PC5 の端子機能

CKE1	0			1	
C/ \bar{A}	0		1	—	
CKE0	0		1	—	
PC5DDR	0	1	—	—	
端子機能	PC5 入力	PC5 出力	SCK1 出力	SCK1 出力	SCK1 入力
	IRQ5 入力				

表 9.25 PC4 の端子機能

RE	0		1
PC4DDR	0	1	—
端子機能	PC4 入力	PC4 出力	RxD1 入力

表 9.26 PC3 の端子機能

TE	0		1
PC3DDR	0	1	—
端子機能	PC3 入力	PC3 出力	TxD1 出力

表 9.27 PC2 の端子機能

CKE1	0			1	
C \bar{A}	0		1	—	
CKE0	0	1	—	—	
PC2DDR	0	1	—	—	
端子機能	PC2 入力	PC2 出力	SCK0 出力	SCK0 出力	SCK0 入力
	$\overline{\text{IRQ4}}$ 入力				

表 9.28 PC1 の端子機能

RE	0		1
PC1DDR	0	1	—
端子機能	PC1 入力	PC1 出力	RxD0 入力

表 9.29 PC0 の端子機能

TE	0		1
PC0DDR	0	1	—
端子機能	PC0 入力	PC0 出力	TxD0 出力

9. I/O ポート

9.7 ポート D

ポート D は 8 ビットの兼用入出力ポートです。ポート D には以下のレジスタがあります。

- ポートDデータディレクションレジスタ (PDDDR)
- ポートDデータレジスタ (PDDR)
- ポートDレジスタ (PORTD)
- ポートDプルアップMOSコントロールレジスタ (PDPCR)

9.7.1 ポート D データディレクションレジスタ (PDDDR)

PDDDR は 8 ビットのライト専用レジスタでポート D の入出力をビットごとに指定します。

リードは無効です。リードすると不定値が読み出されます。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	PD7DDR	0	W	汎用入出力ポートの機能が選択されているとき、このビットを 1 にセットすると対応する端子は出力ポートとなり、0 にクリアすると入力ポートになります。
6	PD6DDR	0	W	
5	PD5DDR	0	W	
4	PD4DDR	0	W	
3	PD3DDR	0	W	
2	PD2DDR	0	W	
1	PD1DDR	0	W	
0	PD0DDR	0	W	

9.7.2 ポート D データレジスタ (PDDR)

PDDR は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタでポート D の出力データを格納します。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	PD7DR	0	R/W	汎用出力ポートとして使用する端子の出力データを格納します。
6	PD6DR	0	R/W	
5	PD5DR	0	R/W	
4	PD4DR	0	R/W	
3	PD3DR	0	R/W	
2	PD2DR	0	R/W	
1	PD1DR	0	R/W	
0	PD0DR	0	R/W	

9.7.3 ポート D レジスタ (PORTD)

PORTD は 8 ビットのリード専用レジスタでポート D の端子の状態を反映します。

ライトは無効です。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7	PD7	不定*	R	このレジスタをリードすると、PDDDR が 1 にセットされているビットは PDDR の値がリードされます。PDDDR が 0 にクリアされているビットは端子の状態がリードされます。
6	PD6	不定*	R	
5	PD5	不定*	R	
4	PD4	不定*	R	
3	PD3	不定*	R	
2	PD2	不定*	R	
1	PD1	不定*	R	
0	PD0	不定*	R	

【注】 * PD7～PD0 端子の状態により決定されます。

9.7.4 ポート D プルアップ MOS コントロールレジスタ (PDPCR)

PDPCR は 8 ビットの可能なレジスタでポート D の入力プルアップ MOS のオン/オフを制御します。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7	PD7PCR	0	R/W	端子が入力状態のとき、このレジスタの 1 にセットされたビットに対応する端子の入力プルアップ MOS がオンします。
6	PD6PCR	0	R/W	
5	PD5PCR	0	R/W	
4	PD4PCR	0	R/W	
3	PD3PCR	0	R/W	
2	PD2PCR	0	R/W	
1	PD1PCR	0	R/W	
0	PD0PCR	0	R/W	

9. I/O ポート

9.8 ポート F

ポート F は 8 ビットの兼用入出力ポートです。ポート F には以下のレジスタがあります。

- ポート F データディレクションレジスタ (PFDDR)
- ポート F データレジスタ (PFDR)
- ポート F レジスタ (PORTF)

9.8.1 ポート F データディレクションレジスタ (PFDDR)

PFDDR は 8 ビットのライト専用レジスタでポート F の入出力をビットごとに指定します。

リードは無効です。リードすると不定値が読み出されます。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	PF7DDR	0	W	汎用入出力ポートの機能が選択されているとき、このビットを 1 にセットすると PF7 端子は出力端子となり、0 にクリアすると入力ポートになります。
6	PF6DDR	0	W	
5	PF5DDR	0	W	
4	PF4DDR	0	W	
3	PF3DDR	0	W	
2	PF2DDR	0	W	
1	PF1DDR	0	W	
0	PF0DDR	0	W	

9.8.2 ポート F データレジスタ (PFDR)

PFDR は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタでポート F の出力データを格納します。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	—	0	R/W	リザーブビットです。ライト時は必ず 0 としてください。
6	PF6DR	0	R/W	汎用出力ポートとして使用する端子の出力データを格納します。
5	PF5DR	0	R/W	
4	PF4DR	0	R/W	
3	PF3DR	0	R/W	
2	PF2DR	0	R/W	
1	PF1DR	0	R/W	
0	PF0DR	0	R/W	

9.8.3 ポート F レジスタ (PORTF)

PORTF は 8 ビットのリード専用レジスタでポート F の端子の状態を反映します。

ライトは無効です。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	PF7	不定*	R	このレジスタをリードすると、PFDDR が 1 にセットされているビットは PFDR の値がリードされます。PFDDR が 0 にクリアされているビットは端子の状態がリードされます。
6	PF6	不定*	R	
5	PF5	不定*	R	
4	PF4	不定*	R	
3	PF3	不定*	R	
2	PF2	不定*	R	
1	PF1	不定*	R	
0	PF0	不定*	R	

【注】 * PF7～PF0 端子の状態により決定されます。

9.8.4 端子機能

ポート F は、8 ビットの入出力ポートです。ポート F は、外部割り込み入力端子 ($\overline{IRQ2}$ 、 $\overline{IRQ3}$)、A/D トリガ入力端子 (\overline{ADTRG})、およびシステムクロック出力端子 (ϕ) と兼用になっています。

表 9.30 PF7 の端子機能

PF7DDR	0	1
端子機能	PF7 入力	ϕ 出力

表 9.31 PF6 の端子機能

PF6DDR	0	1
端子機能	PF6 入力	PF6 出力

表 9.32 PF5 の端子機能

PF5DDR	0	1
端子機能	PF5 入力	PF5 出力

表 9.33 PF4 の端子機能

PF4DDR	0	1
端子機能	PF4 入力	PF4 出力

9. I/O ポート

表 9.34 PF3 の端子機能

PF3DDR	0	1
端子機能	PF3 入力	PF3 出力
	$\overline{\text{ADTRG}}$ 入力* ¹	
	$\overline{\text{IRQ3}}$ 入力* ²	

【注】 *1 TRGS0=TRGS1=1 のとき $\overline{\text{ADTRG}}$ 入力となります。

*2 外部割り込み入力端子として使用する場合には、他の機能の入出力端子として使用しないでください。

表 9.35 PF2 の端子機能

PF2DDR	0	1
端子機能	PF2 入力	PF2 出力

表 9.36 PF1 の端子機能

PF1DDR	0	1
端子機能	PF1 入力	PF1 出力

表 9.37 PF0 の端子機能

PF0DDR	0	1
端子機能	PF0 入力	PF0 出力
	$\overline{\text{IRQ2}}$ 入力	

10. 16ビットタイマパルスユニット (TPU)

本 LSI は、6 チャンネルの 16 ビットタイマにより構成される 16 ビットタイマパルスユニット (TPU) を内蔵しています。16 ビットタイマパルスユニットの機能一覧を表 10.1 に、ブロック図を図 10.1 に示します。

10.1 特長

- 最大16本のパルス入出力が可能
- 各チャンネルごとに8種類のカウンタ入力クロックを選択可能
- 各チャンネルとも次の動作を設定可能：コンペアマッチによる波形出力、インプットキャプチャ機能、カウンタクリア動作、複数のタイマカウンタ (TCNT) への同時書き込み、コンペアマッチ/インプットキャプチャによる同時クリア、カウンタの同期動作による各レジスタの同期入出力、同期動作と組み合わせることによる最大15相のPWM出力
- チャンネル0、3はバッファ動作を設定可能
- チャンネル1、2、4、5は各々独立に位相計数モードを設定可能
- カスケード接続動作
- 内部16ビットバスによる高速アクセス
- 26種類の割り込み要因
- レジスタデータの自動転送が可能
- プログラマブルパルスジェネレータ (PPG) の出力トリガを生成可能
- A/D変換器の変換スタートトリガを生成可能
- モジュールストップモードの設定可能

10. 16 ビットタイマパルスユニット (TPU)

表 10.1 TPU の機能一覧

項 目	チャンネル 0	チャンネル 1	チャンネル 2	チャンネル 3	チャンネル 4	チャンネル 5
カウントクロック	φ/1 φ/4 φ/16 φ/64 TCLKA TCLKB TCLKC TCLKD	φ/1 φ/4 φ/16 φ/64 φ/256 TCLKA TCLKB	φ/1 φ/4 φ/16 φ/64 φ/1024 TCLKA TCLKB TCLKC	φ/1 φ/4 φ/16 φ/64 φ/256 φ/1024 φ/4096 TCLKA	φ/1 φ/4 φ/16 φ/64 φ/1024 TCLKA TCLKC	φ/1 φ/4 φ/16 φ/64 φ/256 TCLKA TCLKC TCLKD
ジェネラルレジスタ (TGR)	TGRA_0 TGRB_0	TGRA_1 TGRB_1	TGRA_2 TGRB_2	TGRA_3 TGRB_3	TGRA_4 TGRB_4	TGRA_5 TGRB_5
ジェネラルレジスタ/ バッファレジスタ	TGRC_0 TGRD_0	—	—	TGRC_3 TGRD_3	—	—
入出力端子	TIOCA0 TIOCB0 TIOCC0 TIOCD0	TIOCA1 TIOCB1	TIOCA2 TIOCB2	TIOCA3 TIOCB3 TIOCC3 TIOCD3	TIOCA4 TIOCB4	TIOCA5 TIOCB5
カウンタクリア 機能	TGR の コンペアマッチ または インプット キャプチャ	TGR の コンペアマッチ または インプット キャプチャ	TGR の コンペアマッチ または インプット キャプチャ	TGR の コンペアマッチ または インプット キャプチャ	TGR の コンペアマッチ または インプット キャプチャ	TGR の コンペアマッチ または インプット キャプチャ
コン ペア マッチ 出力	0 出力	○	○	○	○	○
	1 出力	○	○	○	○	○
	トグル 出力	○	○	○	○	○
インプットキャプチャ 機能	○	○	○	○	○	○
同期動作	○	○	○	○	○	○
PWM モード	○	○	○	○	○	○
位相計数モード	—	○	○	—	○	○
バッファ動作	○	—	—	○	—	—
DTC の起動	TGR の コンペアマッチ または インプット キャプチャ	TGR の コンペアマッチ または インプット キャプチャ	TGR の コンペアマッチ または インプット キャプチャ	TGR の コンペアマッチ または インプット キャプチャ	TGR の コンペアマッチ または インプット キャプチャ	TGR の コンペアマッチ または インプット キャプチャ

10. 16ビットタイムパルスユニット (TPU)

項 目	チャンネル0	チャンネル1	チャンネル2	チャンネル3	チャンネル4	チャンネル5
A/D 変換開始 トリガ	TGRA_0 の コンペアマッチ または インプット キャプチャ	TGRA_1 の コンペアマッチ または インプット キャプチャ	TGRA_2 の コンペアマッチ または インプット キャプチャ	TGRA_3 の コンペアマッチ または インプット キャプチャ	TGRA_4 の コンペアマッチ または インプット キャプチャ	TGRA_5 の コンペアマッチ または インプット キャプチャ
PPG トリガ	TGRA_0、 TGRB_0 の コンペアマッチ または インプット キャプチャ	TGRA_1、 TGRB_1 の コンペアマッチ または インプット キャプチャ	TGRA_2、 TGRB_2 の コンペアマッチ または インプット キャプチャ	TGRA_3、 TGRB_3 の コンペアマッチ または インプット キャプチャ	—	—
割り込み要因	5 要因 ・コンペアマッチ /インプット キャプチャ0A ・コンペアマッチ /インプット キャプチャ0B ・コンペアマッチ /インプット キャプチャ0C ・コンペアマッチ /インプット キャプチャ0D ・オーバーフロー	4 要因 ・コンペアマッチ /インプット キャプチャ1A ・コンペアマッチ /インプット キャプチャ1B ・オーバーフロー ・アンダフロー	4 要因 ・コンペアマッチ /インプット キャプチャ2A ・コンペアマッチ /インプット キャプチャ2B ・オーバーフロー ・アンダフロー	5 要因 ・コンペアマッチ /インプット キャプチャ3A ・コンペアマッチ /インプット キャプチャ3B ・コンペアマッチ /インプット キャプチャ3C ・コンペアマッチ /インプット キャプチャ3D ・オーバーフロー	4 要因 ・コンペアマッチ /インプット キャプチャ4A ・コンペアマッチ /インプット キャプチャ4B ・オーバーフロー ・アンダフロー	4 要因 ・コンペアマッチ /インプット キャプチャ5A ・コンペアマッチ /インプット キャプチャ5B ・オーバーフロー ・アンダフロー

【記号説明】

○：可能

—：不可

10. 16ビットタイマパルスユニット (TPU)

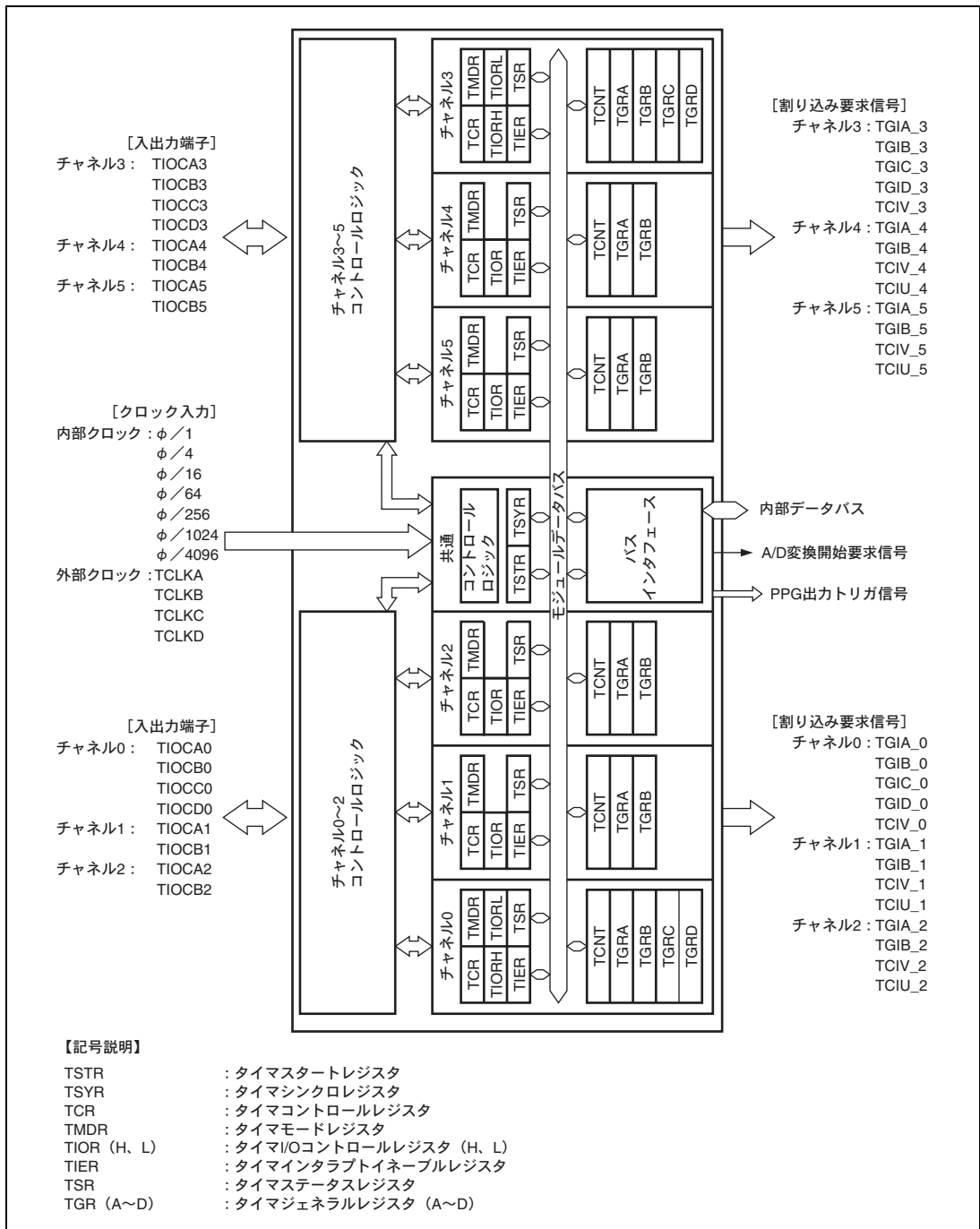


図 10.1 TPUのブロック図

10.2 入出力端子

表 10.2 端子構成

チャンネル	名称	入出力	機能
共通	TCLKA	入力	外部クロック A 入力端子 (チャンネル 1、5 の位相計数モード A 相入力)
	TCLKB	入力	外部クロック B 入力端子 (チャンネル 1、5 の位相計数モード B 相入力)
	TCLKC	入力	外部クロック C 入力端子 (チャンネル 2、4 の位相計数モード A 相入力)
	TCLKD	入力	外部クロック D 入力端子 (チャンネル 2、4 の位相計数モード B 相入力)
0	TIOCA0	入出力	TGRA_0 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/ PWM 出力端子
	TIOCB0	入出力	TGRB_0 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/ PWM 出力端子
	TIOCC0	入出力	TGRC_0 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/ PWM 出力端子
	TIOCD0	入出力	TGRD_0 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/ PWM 出力端子
1	TIOCA1	入出力	TGRA_1 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/ PWM 出力端子
	TIOCB1	入出力	TGRB_1 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/ PWM 出力端子
2	TIOCA2	入出力	TGRA_2 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/ PWM 出力端子
	TIOCB2	入出力	TGRB_2 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/ PWM 出力端子
3	TIOCA3	入出力	TGRA_3 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/ PWM 出力端子
	TIOCB3	入出力	TGRB_3 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/ PWM 出力端子
	TIOCC3	入出力	TGRC_3 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/ PWM 出力端子
	TIOCD3	入出力	TGRD_3 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/ PWM 出力端子
4	TIOCA4	入出力	TGRA_4 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/ PWM 出力端子
	TIOCB4	入出力	TGRB_4 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/ PWM 出力端子
5	TIOCA5	入出力	TGRA_5 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/ PWM 出力端子
	TIOCB5	入出力	TGRB_5 のインプットキャプチャ入力/アウトプットコンペア出力/ PWM 出力端子

10.3 レジスタの説明

TPUには各チャンネルに以下のレジスタがあります。各チャンネルのレジスタ名はチャンネル0のTCRはTCR_0と表記してあります。

- タイマコントロールレジスタ_0 (TCR_0)
- タイマモードレジスタ_0 (TMDR_0)
- タイマI/OコントロールレジスタH_0 (TIORH_0)
- タイマI/OコントロールレジスタL_0 (TIORL_0)
- タイマインタラプトイネーブルレジスタ_0 (TIER_0)
- タイマステータスレジスタ_0 (TSR_0)
- タイマカウンタ_0 (TCNT_0)
- タイマジェネラルレジスタA_0 (TGRA_0)
- タイマジェネラルレジスタB_0 (TGRB_0)
- タイマジェネラルレジスタC_0 (TGRC_0)
- タイマジェネラルレジスタD_0 (TGRD_0)
- タイマコントロールレジスタ_1 (TCR_1)
- タイマモードレジスタ_1 (TMDR_1)
- タイマI/Oコントロールレジスタ_1 (TIOR_1)
- タイマインタラプトイネーブルレジスタ_1 (TIER_1)
- タイマステータスレジスタ_1 (TSR_1)
- タイマカウンタ_1 (TCNT_1)
- タイマジェネラルレジスタA_1 (TGRA_1)
- タイマジェネラルレジスタB_1 (TGRB_1)
- タイマコントロールレジスタ_2 (TCR_2)
- タイマモードレジスタ_2 (TMDR_2)
- タイマI/Oコントロールレジスタ_2 (TIOR_2)
- タイマインタラプトイネーブルレジスタ_2 (TIER_2)
- タイマステータスレジスタ_2 (TSR_2)
- タイマカウンタ_2 (TCNT_2)
- タイマジェネラルレジスタA_2 (TGRA_2)
- タイマジェネラルレジスタB_2 (TGRB_2)
- タイマコントロールレジスタ_3 (TCR_3)
- タイマモードレジスタ_3 (TMDR_3)
- タイマI/OコントロールレジスタH_3 (TIORH_3)

- タイマI/OコントロールレジスタL_3 (TIOR_L_3)
- タイマインタラプトイネーブルレジスタ_3 (TIER_3)
- タイマステータスレジスタ_3 (TSR_3)
- タイマカウンタ_3 (TCNT_3)
- タイマジェネラルレジスタA_3 (TGRA_3)
- タイマジェネラルレジスタB_3 (TGRB_3)
- タイマジェネラルレジスタC_3 (TGRC_3)
- タイマジェネラルレジスタD_3 (TGRD_3)
- タイマコントロールレジスタ_4 (TCR_4)
- タイマモードレジスタ_4 (TMDR_4)
- タイマI/Oコントロールレジスタ_4 (TIOR_4)
- タイマインタラプトイネーブルレジスタ_4 (TIER_4)
- タイマステータスレジスタ_4 (TSR_4)
- タイマカウンタ_4 (TCNT_4)
- タイマジェネラルレジスタA_4 (TGRA_4)
- タイマジェネラルレジスタB_4 (TGRB_4)
- タイマコントロールレジスタ_5 (TCR_5)
- タイマモードレジスタ_5 (TMDR_5)
- タイマI/Oコントロールレジスタ_5 (TIOR_5)
- タイマインタラプトイネーブルレジスタ_5 (TIER_5)
- タイマステータスレジスタ_5 (TSR_5)
- タイマカウンタ_5 (TCNT_5)
- タイマジェネラルレジスタA_5 (TGRA_5)
- タイマジェネラルレジスタB_5 (TGRB_5)

共通レジスタ

- タイマスタートレジスタ (TSTR)
- タイマシンクロレジスタ (TSYR)

10. 16ビットタイマパルスユニット (TPU)

10.3.1 タイマコントロールレジスタ (TCR)

TCR は各チャンネルの TCNT を制御する 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタです。TPU には、チャンネル 0 ~5 に各 1 本、計 6 本の TCR があります。TCR の設定は、TCNT の動作が停止した状態で行ってください。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	CCLR2	0	R/W	カウンタクリア 2~0
6	CCLR1	0	R/W	TCNT のカウンタクリア要因を選択します。詳細は表 10.3、表 10.4 を参照してください。
5	CCLR0	0	R/W	
4	CKEG1	0	R/W	クロックエッジ 1、0 入力クロックのエッジを選択します。内部クロックを両エッジでカウントすると、入力クロックの周期が 1/2 になります (例: $\phi/4$ の両エッジ = $\phi/2$ の立ち上がりエッジ)。チャンネル 1、2、4、5 で位相計数モードを使用する場合は、本設定は無視され、位相計数モードの設定が優先されます。内部クロックのエッジ選択は、入力クロックが $\phi/4$ もしくはそれより遅い場合に有効です。入力クロックに $\phi/1$ 、あるいは他のチャンネルのオーバフロー/アンダフローを選択した場合は本設定は無視されます。 00: 立ち上がりエッジでカウント 01: 立ち下がりエッジでカウント 1X: 両エッジでカウント 【記号説明】 X: Don't care
3	CKEG0	0	R/W	
2	TPSC2	0	R/W	タイマプリスケラ 2~0
1	TPSC1	0	R/W	TCNT のカウンタクロックを選択します。各チャンネル独立にクロックソースを選択することができます。詳細は表 10.5~表 10.10 を参照してください。
0	TPSC0	0	R/W	

表 10.3 CCLR2～CCLR0 (チャンネル 0、3)

チャンネル	ビット7	ビット6	ビット5	説 明
	CCLR2	CCLR1	CCLR0	
0、3	0	0	0	TCNT のクリア禁止
	0	0	1	TGRA のコンペアマッチ/インプットキャプチャで TCNT クリア
	0	1	0	TGRB のコンペアマッチ/インプットキャプチャで TCNT クリア
	0	1	1	同期クリア/同期動作をしている他のチャンネルのカウントクリアで TCNT をクリア* ¹
	1	0	0	TCNT のクリア禁止
	1	0	1	TGRC のコンペアマッチ/インプットキャプチャで TCNT クリア* ²
	1	1	0	TGRD のコンペアマッチ/インプットキャプチャで TCNT クリア* ²
	1	1	1	同期クリア/同期動作をしている他のチャンネルのカウントクリアで TCNT をクリア* ¹

【注】 *1 同期動作の設定は、TSYR の SYNC ビットを 1 にセットすることにより行います。

*2 TGRC または TGRD をバッファレジスタとして使用している場合は、バッファレジスタの設定が優先され、コンペアマッチ/インプットキャプチャが発生しないため、TCNT はクリアされません。

表 10.4 CCLR2～CCLR0 (チャンネル 1、2、4、5)

チャンネル	ビット7	ビット6	ビット5	説 明
	リザーブ* ²	CCLR1	CCLR0	
1、2、 4、5	0	0	0	TCNT のクリア禁止
	0	0	1	TGRA のコンペアマッチ/インプットキャプチャで TCNT クリア
	0	1	0	TGRB のコンペアマッチ/インプットキャプチャで TCNT クリア
	0	1	1	同期クリア/同期動作をしている他のチャンネルのカウントクリアで TCNT をクリア* ¹

【注】 *1 同期動作の設定は、TSYR の SYNC ビットを 1 にセットすることにより行います。

*2 チャンネル 1、2、4、5 ではビット 7 はリザーブです。リードすると常に 0 がリードされます。ライトは無効です。

10. 16 ビットタイムパルスユニット (TPU)

表 10.5 TPSC2~TPSC0 (チャンネル0)

チャンネル	ビット2	ビット1	ビット0	説 明
	TPSC2	TPSC1	TPSC0	
0	0	0	0	内部クロック： $\phi/1$ でカウント
	0	0	1	内部クロック： $\phi/4$ でカウント
	0	1	0	内部クロック： $\phi/16$ でカウント
	0	1	1	内部クロック： $\phi/64$ でカウント
	1	0	0	外部クロック：TCLKA 端子入力でカウント
	1	0	1	外部クロック：TCLKB 端子入力でカウント
	1	1	0	外部クロック：TCLKC 端子入力でカウント
	1	1	1	外部クロック：TCLKD 端子入力でカウント

表 10.6 TPSC2~TPSC0 (チャンネル1)

チャンネル	ビット2	ビット1	ビット0	説 明
	TPSC2	TPSC1	TPSC0	
1	0	0	0	内部クロック： $\phi/1$ でカウント
	0	0	1	内部クロック： $\phi/4$ でカウント
	0	1	0	内部クロック： $\phi/16$ でカウント
	0	1	1	内部クロック： $\phi/64$ でカウント
	1	0	0	外部クロック：TCLKA 端子入力でカウント
	1	0	1	外部クロック：TCLKB 端子入力でカウント
	1	1	0	内部クロック： $\phi/256$ でカウント
	1	1	1	TCNT2 のオーバーフロー/アンダフローでカウント

【注】チャンネル1 が位相計数モード時、この設定は無効になります。

表 10.7 TPSC2~TPSC0 (チャンネル 2)

チャンネル	ビット 2	ビット 1	ビット 0	説 明
	TPSC2	TPSC1	TPSC0	
2	0	0	0	内部クロック : $\phi/1$ でカウント
	0	0	1	内部クロック : $\phi/4$ でカウント
	0	1	0	内部クロック : $\phi/16$ でカウント
	0	1	1	内部クロック : $\phi/64$ でカウント
	1	0	0	外部クロック : TCLKA 端子入力でカウント
	1	0	1	外部クロック : TCLKB 端子入力でカウント
	1	1	0	外部クロック : TCLKC 端子入力でカウント
	1	1	1	内部クロック : $\phi/1024$ でカウント

【注】チャンネル 2 が位相計数モード時、この設定は無効になります。

表 10.8 TPSC2~TPSC0 (チャンネル 3)

チャンネル	ビット 2	ビット 1	ビット 0	説 明
	TPSC2	TPSC1	TPSC0	
3	0	0	0	内部クロック : $\phi/1$ でカウント
	0	0	1	内部クロック : $\phi/4$ でカウント
	0	1	0	内部クロック : $\phi/16$ でカウント
	0	1	1	内部クロック : $\phi/64$ でカウント
	1	0	0	外部クロック : TCLKA 端子入力でカウント
	1	0	1	内部クロック : $\phi/1024$ でカウント
	1	1	0	内部クロック : $\phi/256$ でカウント
	1	1	1	内部クロック : $\phi/4096$ でカウント

表 10.9 TPSC2~TPSC0 (チャンネル 4)

チャンネル	ビット 2	ビット 1	ビット 0	説 明
	TPSC2	TPSC1	TPSC0	
4	0	0	0	内部クロック : $\phi/1$ でカウント
	0	0	1	内部クロック : $\phi/4$ でカウント
	0	1	0	内部クロック : $\phi/16$ でカウント
	0	1	1	内部クロック : $\phi/64$ でカウント
	1	0	0	外部クロック : TCLKA 端子入力でカウント
	1	0	1	外部クロック : TCLKC 端子入力でカウント
	1	1	0	内部クロック : $\phi/1024$ でカウント
	1	1	1	TCNT5 のオーバフロー/アンダフローでカウント

【注】チャンネル 4 が位相計数モード時、この設定は無効になります。

10. 16 ビットタイマパルスユニット (TPU)

表 10.10 TPSC2~TPSC0 (チャンネル 5)

チャンネル	ビット 2	ビット 1	ビット 0	説明
	TPSC2	TPSC1	TPSC0	
5	0	0	0	内部クロック： $\phi/1$ でカウント
	0	0	1	内部クロック： $\phi/4$ でカウント
	0	1	0	内部クロック： $\phi/16$ でカウント
	0	1	1	内部クロック： $\phi/64$ でカウント
	1	0	0	外部クロック：TCLKA 端子入力力でカウント
	1	0	1	外部クロック：TCLKC 端子入力力でカウント
	1	1	0	内部クロック： $\phi/256$ でカウント
	1	1	1	外部クロック：TCLKD 端子入力力でカウント

【注】チャンネル 5 が位相計数モード時、この設定は無効になります。

10.3.2 タイマモードレジスタ (TMDR)

TMDR は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタで、各チャンネルの動作モードの設定を行います。TPU には、各チャンネル 1 本、計 6 本の TMDR があります。TMDR の設定は、TCNT の動作が停止した状態で行ってください。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7, 6	—	すべて 1	—	リザーブ リードすると常に 1 がリードされます。ライトは無効です。
5	BFB	0	R/W	バッファ動作 B TGRB を通常動作させるか、TGRB と TGRD を組み合わせてバッファ動作させるかを設定します。TGRD をバッファレジスタとして使用した場合は、TGRD のインプットキャプチャ/アウトプットコンペアは発生しません。 TGRD を持たないチャンネル 1、2、4、5 ではこのビットはリザーブビットになります。リードすると常に 0 がリードされます。ライトは無効です。 0: TGRB は通常動作 1: TGRB と TGRD はバッファ動作
4	BFA	0	R/W	バッファ動作 A TGRA を通常動作させるか、TGRA と TGRC を組み合わせてバッファ動作させるかを設定します。TGRC をバッファレジスタとして使用した場合は、TGRC のインプットキャプチャ/アウトプットコンペアは発生しません。 TGRC を持たないチャンネル 1、2、4、5 ではこのビットはリザーブビットになります。リードすると常に 0 がリードされます。ライトは無効です。 0: TGRA は通常動作 1: TGRA と TGRC はバッファ動作
3	MD3	0	R/W	モード 3~0 MD3~MD0 はタイマの動作モードを設定します。 MD3 はリザーブビットです。ライト時には常に 0 としてください。 詳細は表 10.11 を参照してください。
2	MD2	0	R/W	
1	MD1	0	R/W	
0	MD0	0	R/W	

表 10.11 MD3~MD0

ビット3	ビット2	ビット1	ビット0	説明
MD3* ¹	MD2* ²	MD1	MD0	
0	0	0	0	通常動作
0	0	0	1	リザーブ
0	0	1	0	PWM モード 1
0	0	1	1	PWM モード 2
0	1	0	0	位相計数モード 1
0	1	0	1	位相計数モード 2
0	1	1	0	位相計数モード 3
0	1	1	0	位相計数モード 4
1	x	x	x	—

【記号説明】 x : Don't care

【注】 *1 MD3 はリザーブビットです。ライト時には常に 0 としてください。

*2 チャンネル 0、3 では、位相計数モードの設定はできません。MD2 には常に 0 をライトしてください。

10.3.3 タイマ I/O コントロールレジスタ (TIOR)

TIOR は TGR を制御する 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタです。TPU には、チャンネル 0、3 に各 2 本、チャンネル 1、2、4、5 に各 1 本、計 8 本の TIOR があります。

TIOR は TMDR の設定により影響を受けますので注意してください。

TIOR で指定した初期出力はカウンタ停止した (TSTR の CST ビットを 0 にクリアした) 状態で有効になります。また、PWM モード 2 の場合にはカウンタが 0 にクリアされた時点での出力を指定します。

TGRC、あるいは TGRD をバッファ動作に設定した場合は、本設定は無効となり、バッファレジスタとして動作します。

- TIORH_0、TIOR_1、TIOR_2、TIORH_3、TIOR_4、TIOR_5

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	IOB3	0	R/W	I/O コントロール B3~B0 TGRB の機能を設定します。
6	IOB2	0	R/W	
5	IOB1	0	R/W	
4	IOB0	0	R/W	
3	IOA3	0	R/W	I/O コントロール A3~A0 TGRA の機能を設定します。
2	IOA2	0	R/W	
1	IOA1	0	R/W	
0	IOA0	0	R/W	

10. 16ビットタイマパルスユニット (TPU)

• TIORL_0、TIORL_3

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	IOD3	0	R/W	I/O コントロール D3~D0 TGRD の機能を設定します。
6	IOD2	0	R/W	
5	IOD1	0	R/W	
4	IOD0	0	R/W	
3	IOC3	0	R/W	I/O コントロール C3~C0 TGRC の機能を設定します。
2	IOC2	0	R/W	
1	IOC1	0	R/W	
0	IOC0	0	R/W	

表 10.12 TIORH_0 (チャンネル 0)

ビット 7	ビット 6	ビット 5	ビット 4	説明	
IOB3	IOB2	IOB1	IOB0	TGRB_0 の機能	TIOCB_0 端子の機能
0	0	0	0	アウトプットコンペア レジスタ	出力禁止
0	0	0	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	0	1	0		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	0	1	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチでトグル出力
0	1	0	0		出力禁止
0	1	0	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	1	1	0		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	1	1	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチでトグル出力
1	0	0	0	インプットキャプチャ レジスタ	立ち上がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	0	1		立ち下がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	1	x		両エッジでインプットキャプチャ
1	1	x	x		キャプチャ入力元はチャンネル 1 / カウントクロック TCNT_1 のカウントアップ / カウントダウンでイン プットキャプチャ*

【記号説明】 x: Don't care

【注】 * TCR_1 の TPSC2~TPSC0 ビットを B'000 とし、TCNT_1 のカウントクロックに $\phi/1$ を使用した場合は、本設定は無効となり、インプットキャプチャは発生しません。

表 10.13 TIORL_0 (チャンネル 0)

ビット7	ビット6	ビット5	ビット4	説 明	
IOD3	IOD2	IOD1	IOD0	TGRD_0の機能	TIOCD_0 端子の機能
0	0	0	0	アウトプットコンペアレジスタ*2	出力禁止
0	0	0	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	0	1	0		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	0	1	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチでトグル出力
0	1	0	0		出力禁止
0	1	0	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	1	1	0		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	1	1	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチでトグル出力
1	0	0	0	インプットキャプチャレジスタ*2	立ち上がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	0	1		立ち下がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	1	x		両エッジでインプットキャプチャ
1	1	x	x		キャプチャ入力元はチャンネル1/カウントクロック TCNT_1のカウントアップ/カウントダウンでイン プットキャプチャ*1

【記号説明】 x : Don't care

【注】 *1 TCR_1の TPSC2~TPSC0 ビットを B'000 とし、TCNT_1 のカウントクロックに $\phi/1$ を使用した場合は、本設定は無効となり、インプットキャプチャは発生しません。

*2 TMDR_0 の BFB ビットを 1 にセットして TGRD_0 をバッファレジスタとして使用した場合は、本設定は無効になり、インプットキャプチャ/アウトプットコンペアは発生しません。

10. 16ビットタイマパルスユニット (TPU)

表 10.14 TIOR_1 (チャンネル 1)

ビット7	ビット6	ビット5	ビット4	説 明	
IOB3	IOB2	IOB1	IOB0	TGRB_1の機能	TIOCB_1 端子の機能
0	0	0	0	TGRB_1はアウトプットコンペアレジスタ	出力禁止
0	0	0	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	0	1	0		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	0	1	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチでトグル出力
0	1	0	0		出力禁止
0	1	0	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	1	1	0		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	1	1	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチでトグル出力
1	0	0	0	インプットキャプチャレジスタ	立ち上がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	0	1		立ち下がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	1	x		両エッジでインプットキャプチャ
1	1	x	x		TGRC_0 コンペアマッチ/インプットキャプチャ TGRC_0のコンペアマッチ/インプットキャプチャの発生でインプットキャプチャ

【記号説明】 x : Don't care

表 10.15 TIOR_2 (チャンネル2)

ビット7	ビット6	ビット5	ビット4	説 明	
IOB3	IOB2	IOB1	IOB0	TGRB_2の機能	TIOCB_2 端子の機能
0	0	0	0	TGRB_2はアウトプットコンペアレジスタ	出力禁止
0	0	0	1		初期出力は0出力 コンペアマッチで0出力
0	0	1	0		初期出力は0出力 コンペアマッチで1出力
0	0	1	1		初期出力は0出力 コンペアマッチでトグル出力
0	1	0	0		出力禁止
0	1	0	1		初期出力は1出力 コンペアマッチで0出力
0	1	1	0		初期出力は1出力 コンペアマッチで1出力
0	1	1	1		初期出力は1出力 コンペアマッチでトグル出力
1	x	0	0	インプットキャプチャレジスタ	立ち上がりエッジでインプットキャプチャ
1	x	0	1		立ち下がりエッジでインプットキャプチャ
1	x	1	x		両エッジでインプットキャプチャ

【記号説明】 x : Don't care

10. 16ビットタイマパルスユニット (TPU)

表 10.16 TIORH_3 (チャンネル3)

ビット7	ビット6	ビット5	ビット4	説 明	
IOB3	IOB2	IOB1	IOB0	TGRB_3の機能	TIOCB_3 端子の機能
0	0	0	0	アウトプットコンペアレジスタ	出力禁止
0	0	0	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	0	1	0		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	0	1	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチでトグル出力
0	1	0	0		出力禁止
0	1	0	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	1	1	0		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	1	1	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチでトグル出力
1	0	0	0	インプットキャプチャレジスタ	立ち上がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	0	1		立ち下がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	1	x		両エッジでインプットキャプチャ
1	1	x	x		キャプチャ入力元はチャンネル4/カウントクロック TCNT_4のカウントアップ/カウントダウンでイン プットキャプチャ*

【記号説明】 x : Don't care

【注】* TCR_4のTPSC2~TPSC0ビットをB'000とし、TCNT_4のカウントクロックにφ/1を使用した場合は、本設定は無効となり、インプットキャプチャは発生しません。

表 10.17 TIORL_3 (チャンネル 3)

ビット7	ビット6	ビット5	ビット4	説 明	
IOD3	IOD2	IOD1	IOD0	TGRD_3の機能	TIOCD_3 端子の機能
0	0	0	0	アウトプットコンペアレジスタ*2	出力禁止
0	0	0	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	0	1	0		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	0	1	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチでトグル出力
0	1	0	0		出力禁止
0	1	0	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	1	1	0		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	1	1	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチでトグル出力
1	0	0	0	インプットキャプチャレジスタ*2	立ち上がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	0	1		立ち下がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	1	x		両エッジでインプットキャプチャ
1	1	x	x		キャプチャ入力元はチャンネル4/カウントクロック TCNT_4のカウンタアップ/カウンタダウンでイン プットキャプチャ*1

【記号説明】 x : Don't care

【注】 *1 TCR_4 の TPSC2~TPSC0 ビットを B'000 とし、TCNT_4 のカウントクロックに $\phi/1$ を使用した場合は、本設定は無効となり、インプットキャプチャは発生しません。

*2 TMDR_3 の BFB ビットを 1 にセットして TGRD_3 をバッファレジスタとして使用した場合は、本設定は無効になり、インプットキャプチャ/アウトプットコンペアは発生しません。

10. 16 ビットタイマパルスユニット (TPU)

表 10.18 TIOR_4 (チャンネル4)

ビット7	ビット6	ビット5	ビット4	説 明	
IOB3	IOB2	IOB1	IOB0	TGRB_4の機能	TIOCB_4端子の機能
0	0	0	0	TGRB_4はアウトプットコンペアレジスタ	出力禁止
0	0	0	1		初期出力は0出力 コンペアマッチで0出力
0	0	1	0		初期出力は0出力 コンペアマッチで1出力
0	0	1	1		初期出力は0出力 コンペアマッチでトグル出力
0	1	0	0		出力禁止
0	1	0	1		初期出力は1出力 コンペアマッチで0出力
0	1	1	0		初期出力は1出力 コンペアマッチで1出力
0	1	1	1		初期出力は1出力 コンペアマッチでトグル出力
1	0	0	0	インプットキャプチャレジスタ	立ち上がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	0	1		立ち下がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	1	x		両エッジでインプットキャプチャ
1	1	x	x		キャプチャ入力元はTGRC_3コンペアマッチ/インプットキャプチャ TGRC_3のコンペアマッチ/インプットキャプチャの発生でインプットキャプチャ

【記号説明】 x : Don't care

表 10.19 TIOR_5 (チャンネル5)

ビット7	ビット6	ビット5	ビット4	説 明	
IOB3	IOB2	IOB1	IOB0	TGRB_5の機能	TIOCB_5 端子の機能
0	0	0	0	アウトプットコンペアレジスタ	出力禁止
0	0	0	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	0	1	0		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	0	1	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチでトグル出力
0	1	0	0		出力禁止
0	1	0	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	1	1	0		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	1	1	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチでトグル出力
1	x	0	0		インプットキャプチャレジスタ
1	x	0	1	立ち下がりエッジでインプットキャプチャ	
1	x	1	x	両エッジでインプットキャプチャ	

【記号説明】 x : Don't care

10. 16 ビットタイムパルスユニット (TPU)

表 10.20 TIORH_0 (チャンネル 0)

ビット3	ビット2	ビット1	ビット0	説 明	
IOA3	IOA2	IOA1	IOA0	TGRA_0の機能	TIOCA_0 端子の機能
0	0	0	0	アウトプットコンペアレジスタ	出力禁止
0	0	0	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	0	1	0		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	0	1	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチでトグル出力
0	1	0	0		出力禁止
0	1	0	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	1	1	0		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	1	1	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチでトグル出力
1	0	0	1	インプットキャプチャレジスタ	立ち下がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	0	0		キャプチャ入力元は TIOCA_0 端子 立ち上がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	1	x		両エッジでインプットキャプチャ
1	1	x	x		キャプチャ入力元はチャンネル 1/カウントクロック TCNT_1 のカウントアップ/カウントダウンでイン プットキャプチャ

【記号説明】 x : Don't care

表 10.21 TIORL_0 (チャンネル0)

ビット3	ビット2	ビット1	ビット0	説 明	
IOC3	IOC2	IOC1	IOC0	TGRC_0 の機能	TIOCC_0 の端子の機能
0	0	0	0	アウトプットコンペアレジスタ*	出力禁止
0	0	0	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	0	1	0		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	0	1	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチでトグル出力
0	1	0	0		出力禁止
0	1	0	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	1	1	0		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	1	1	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチでトグル出力
1	0	0	0	インプットキャプチャレジスタ*	立ち上がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	0	1		立ち下がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	1	x		両エッジでインプットキャプチャ
1	1	x	x		キャプチャ入力元はチャンネル1/カウントクロック TCNT_1 のカウントアップ/カウントダウンでイン プットキャプチャ

【記号説明】 x : Don't care

【注】 * TMDR_0 の BFA ビットを 1 にセットして TGRC_0 をバッファレジスタとして使用した場合は、本設定は無効になり、インプットキャプチャ/アウトプットコンペアは発生しません。

10. 16 ビットタイムパルスユニット (TPU)

表 10.22 TIOR_1 (チャンネル 1)

ビット3	ビット2	ビット1	ビット0	説 明	
IOA3	IOA2	IOA1	IOA0	TGRA_1の機能	TIOCA_1 端子の機能
0	0	0	0	アウトプットコンペアレジスタ	出力禁止
0	0	0	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	0	1	0		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	0	1	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチでトグル出力
0	1	0	0		出力禁止
0	1	0	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	1	1	0		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	1	1	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチでトグル出力
1	0	0	0	インプットキャプチャレジスタ	立ち上がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	0	1		立ち下がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	1	x		両エッジでインプットキャプチャ
1	1	x	x		キャプチャ入力元は TGRA_0 コンペアマッチ/インプットキャプチャ チャンネル 0/TGRA_0 のコンペアマッチ/インプットキャプチャの発生でインプットキャプチャ

【記号説明】 x : Don't care

表 10.23 TIOR_2 (チャンネル2)

ビット3	ビット2	ビット1	ビット0	説 明	
IOA3	IOA2	IOA1	IOA0	TGRA_2の機能	TIOCA_2 端子の機能
0	0	0	0	アウトプットコンペアレジスタ	出力禁止
0	0	0	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	0	1	0		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	0	1	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチでトグル出力
0	1	0	0		出力禁止
0	1	0	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	1	1	0		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	1	1	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチでトグル出力
1	x	0	0	インプットキャプチャレジスタ	立ち上がりエッジでインプットキャプチャ
1	x	0	1		立ち下がりエッジでインプットキャプチャ
1	x	1	x		両エッジでインプットキャプチャ

【記号説明】 x : Don't care

10. 16ビットタイマパルスユニット (TPU)

表 10.24 TIORH_3 (チャンネル 3)

ビット3	ビット2	ビット1	ビット0	説 明	
IOA3	IOA2	IOA1	IOA0	TGRA_3の機能	TIOCA_3 端子の機能
0	0	0	0	アウトプットコンペアレジスタ	出力禁止
0	0	0	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	0	1	0		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	0	1	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチでトグル出力
0	1	0	0		出力禁止
0	1	0	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	1	1	0		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	1	1	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチでトグル出力
1	0	0	0	インプットキャプチャレジスタ	立ち上がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	0	1		立ち下がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	1	x		両エッジでインプットキャプチャ
1	1	x	x		キャプチャ入力元はチャンネル4/カウントクロック TCNT_4のカウントアップ/カウントダウンでイン プットキャプチャ

【記号説明】 x : Don't care

表 10.25 TIORL_3 (チャンネル 3)

ビット 3	ビット 2	ビット 1	ビット 0	説 明	
IOC3	IOC2	IOC1	IOC0	TGRC_3 の端子	TIOCC_3 端子の機能
0	0	0	0	アウトプットコンペアレジスタ*	出力禁止
0	0	0	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	0	1	0		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	0	1	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチでトグル出力
0	1	0	0		出力禁止
0	1	0	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	1	1	0		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	1	1	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチでトグル出力
1	0	0	0	インプットキャプチャレジスタ*	立ち上がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	0	1		立ち下がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	1	x		両エッジでインプットキャプチャ
1	1	x	x		キャプチャ入力元はチャンネル 4 / カウントクロック TCNT_4 のカウントアップ / カウントダウンでイン プットキャプチャ

【記号説明】 x : Don't care

【注】 * TMDR_3 の BFA ビットを 1 にセットして TGRC_3 をバッファレジスタとして使用した場合は、本設定は無効になり、インプットキャプチャ / アウトプットコンペアは発生しません。

10. 16 ビットタイマパルスユニット (TPU)

表 10.26 TIOR_4 (チャンネル 4)

ビット 3	ビット 2	ビット 1	ビット 0	説 明	
IOA3	IOA2	IOA1	IOA0	TGRA_4 の機能	TIOCA_4 端子の機能
0	0	0	0	アウトプットコンペアレジスタ	出力禁止
0	0	0	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	0	1	0		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	0	1	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチでトグル出力
0	1	0	0		出力禁止
0	1	0	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	1	1	0		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	1	1	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチでトグル出力
1	0	0	0	インプットキャプチャレジスタ	立ち上がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	0	1		立ち下がりエッジでインプットキャプチャ
1	0	1	x		両エッジでインプットキャプチャ
1	1	x	x		キャプチャ入力元は TGRA_3 コンペアマッチ / インプットキャプチャ TGRA_3 のコンペアマッチ / インプットキャプチャの発生でインプットキャプチャ

【記号説明】 x : Don't care

表 10.27 TIOR_5 (チャンネル5)

ビット3	ビット2	ビット1	ビット0	説 明	
IOA3	IOA2	IOA1	IOA0	TGRA_5の機能	TIOCA_5 端子の機能
0	0	0	0	アウトプットコンペアレジスタ	出力禁止
0	0	0	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	0	1	0		初期出力は 0 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	0	1	1		初期出力は 0 出力 コンペアマッチでトグル出力
0	1	0	0		出力禁止
0	1	0	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 0 出力
0	1	1	0		初期出力は 1 出力 コンペアマッチで 1 出力
0	1	1	1		初期出力は 1 出力 コンペアマッチでトグル出力
1	x	0	0	インプットキャプチャレジスタ	立ち上がりエッジでインプットキャプチャ
1	x	0	1		立ち下がりエッジでインプットキャプチャ
1	x	1	x		キャプチャ入力元は TIOCA_5 端子 両エッジでインプットキャプチャ

【記号説明】 x : Don't care

10. 16ビットタイマパルスユニット (TPU)

10.3.4 タイマインタラプトイネーブルレジスタ (TIER)

TIERは8ビットのリード/ライト可能なレジスタで、各チャンネルの割り込み要求の許可、禁止を制御します。TPUには、各チャンネル1本、計6本のTIERがあります。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	TTGE	0	R/W	A/D変換開始要求イネーブル TGRAのインプットキャプチャ/コンペアマッチによるA/D変換開始要求の発生を許可または禁止します。 0: A/D変換開始要求の発生を禁止 1: A/D変換開始要求の発生を許可
6	—	1	—	リザーブ リードすると1がリードされます。ライトは無効です。
5	TCIEU	0	R/W	アンダフローインタラプトイネーブル チャンネル1、2、4、5でTSRのTCFUフラグが1にセットされたとき、TCFUフラグによる割り込み要求(TCIU)を許可または禁止します。 チャンネル0、3ではリザーブビットです。 リードすると常に0がリードされます。ライトは無効です。 0: TCFUによる割り込み要求(TCIU)を禁止 1: TCFUによる割り込み要求(TCIU)を許可
4	TCIEV	0	R/W	オーバフローインタラプトイネーブル TSRのTCFVフラグが1にセットされたとき、TCFVフラグによる割り込み要求(TCIV)を許可または禁止します。 0: TCFVによる割り込み要求(TCIV)を禁止 1: TCFVによる割り込み要求(TCIV)を許可
3	TGIED	0	R/W	TGRインタラプトイネーブルD チャンネル0、3でTSRのTGFDビットが1にセットされたとき、TGFDビットによる割り込み要求(TGID)を許可または禁止します。チャンネル1、2、4、5ではリザーブビットです。リードすると常に0がリードされます。ライトは無効です。 0: TGFDビットによる割り込み要求(TGID)を禁止 1: TGFDビットによる割り込み要求(TGID)を許可
2	TGIEC	0	R/W	TGRインタラプトイネーブルC チャンネル0、3でTSRのTGFCビットが1にセットされたとき、TGFCビットによる割り込み要求(TGIC)を許可または禁止します。 チャンネル1、2、4、5ではリザーブビットです。リードすると常に0がリードされます。ライトは無効です。 0: TGFCビットによる割り込み要求(TGIC)を禁止 1: TGFCビットによる割り込み要求(TGIC)を許可

10. 16 ビットタイムパルスユニット (TPU)

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
1	TGIEB	0	R/W	TGR インタラプトイネーブル B TSR の TGFB ビットが 1 にセットされたとき、TGFB ビットによる割り込み要求 (TGIB) を許可または禁止します。 0 : TGFB ビットによる割り込み要求 (TGIB) を禁止 1 : TGFB ビットによる割り込み要求 (TGIB) を禁止
0	TGIEA	0	R/W	TGR インタラプトイネーブル A TSR の TGFA ビットが 1 にセットされたとき、TGFA ビットによる割り込み要求 (TGIA) を許可または禁止します。 0 : TGFA ビットによる割り込み要求 (TGIA) を禁止 1 : TGFA ビットによる割り込み要求 (TGIA) を許可

10.3.5 タイマステータスレジスタ (TSR)

TSR は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタで、各チャンネルのステータスの表示を行います。TPU には、各チャンネル 1 本、計 6 本の TSR があります。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7	TCFD	1	R	カウント方向フラグ チャンネル 1、2、4、5 の TCNT のカウント方向を示すステータスフラグです。 チャンネル 0、3 ではリザーブビットです。リードすると常に 1 がリードされます。 ライトは無効です。 0 : TCNT はダウンカウント 1 : TCNT はアップカウント
6	—	1	—	リードすると常に 1 がリードされます。ライトは無効です。
5	TCFU	0	R(W)	アンダフローフラグ チャンネル 1、2、4、5 が位相計数モードのとき、TCNT のアンダフローの発生を示すステータスフラグです。フラグをクリアするための 0 ライトのみ可能です。 チャンネル 0、3 ではリザーブビットです。リードすると常に 0 がリードされます。 ライトは無効です。 [セット条件] • TCNT の値がアンダフロー (H'0000→H'FFFF) したとき [クリア条件] • TCFU=1 の状態で TCFU をリード後、TCFU に 0 をライトしたとき
4	TCFV	0	R(W)	オーバフローフラグ (TCFV) TCNT のオーバフローの発生を示すステータスフラグです。フラグをクリアするための 0 ライトのみ可能です。 [セット条件] • TCNT の値がオーバフロー (H'FFFF→H'0000) したとき [クリア条件] • TCFV=1 の状態で TCFV をリード後、TCFV に 0 をライトしたとき

10. 16 ビットタイマパルスユニット (TPU)

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
3	TGFD	0	R/(W)	<p>インプットキャプチャ/アウトプットコンペアフラグ D</p> <p>チャンネル 0、3 の TGRD のインプットキャプチャまたはコンペアマッチの発生を示すステータスフラグです。フラグをクリアするための 0 クリアのみ可能です。</p> <p>チャンネル 1、2、4、5 ではリザーブビットです。リードすると常に 0 がリードされます。ライトは無効です。</p> <p>[セット条件]</p> <ul style="list-style-type: none"> • TGRD がアウトプットコンペアレジスタとして機能している場合、TCNT=TGRD になったとき • TGRD がインプットキャプチャとして機能している場合、インプットキャプチャ信号により TCNT の値が TGRD に転送されたとき <p>[クリア条件]</p> <ul style="list-style-type: none"> • TGID 割り込みにより DTC が起動され、DTC の MRB の DISEL ビットが 0 のとき • TGFD=1 の状態で TGFD をリード後、TGFD に 0 をライトしたとき
2	TGFC	0	R/(W)	<p>インプットキャプチャ/アウトプットコンペアフラグ C</p> <p>チャンネル 0、3 の TGRC のインプットキャプチャまたはコンペアマッチの発生を示すステータスフラグです。フラグをクリアするための 0 ライトのみ可能です。</p> <p>チャンネル 1、2、4、5 ではリザーブビットです。リードすると常に 0 がリードされます。ライトは無効です。</p> <p>[セット条件]</p> <ul style="list-style-type: none"> • TGRC がアウトプットコンペアレジスタとして機能している場合、TCNT=TGRC になったとき • TGRC がインプットキャプチャとして機能している場合、インプットキャプチャ信号により TCNT の値が TGRC に転送されたとき <p>[クリア条件]</p> <ul style="list-style-type: none"> • TGIC 割り込みにより DTC が起動され、DTC の MRB の DISEL ビットが 0 のとき • TGFC=1 の状態で TGFC をリード後、TGFC に 0 をライトしたとき
1	TGFB	0	R/(W)	<p>インプットキャプチャ/アウトプットコンペアフラグ B</p> <p>TGRB のインプットキャプチャまたはコンペアマッチの発生を示すステータスフラグです。フラグをクリアするための 0 ライトのみ可能です。</p> <p>[セット条件]</p> <ul style="list-style-type: none"> • TGRB がアウトプットコンペアレジスタとして機能している場合、TCNT=TGRB になったとき • TGRB がインプットキャプチャとして機能している場合、インプットキャプチャ信号により TCNT の値が TGRB に転送されたとき <p>[クリア条件]</p> <ul style="list-style-type: none"> • TGIB 割り込みにより DTC が起動され、DTC の MRB の DISEL ビットが 0 のとき • TGFB=1 の状態で TGFB をリード後、TGFB に 0 をライトしたとき

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
0	TGFA	0	R/(W)	<p>インプットキャプチャ/アウトプットコンペアフラグ A</p> <p>TGRA のインプットキャプチャまたはコンペアマッチの発生を示すステータスフラグです。フラグをクリアするための 0 ライトのみ可能です。</p> <p>[セット条件]</p> <ul style="list-style-type: none"> • TGRA がアウトプットコンペアレジスタとして機能している場合、TCNT=TGRA になったとき • TGRA がインプットキャプチャとして機能している場合、インプットキャプチャ信号により TCNT の値が TGRA に転送されたとき <p>[クリア条件]</p> <ul style="list-style-type: none"> • TGIA 割り込みにより DTC が起動され、DTC の MRB の DISEL ビットが 0 のとき • TGFA=1 の状態で TGFA をリード後、TGFA に 0 をライトしたとき

10.3.6 タイマカウンタ (TCNT)

TCNT は 16 ビットのリード/ライト可能なカウンタです。各チャンネルに 1 本、計 6 本の TCNT があります。

TCNT は、リセットまたはハードウェアスタンバイモード時に H'0000 に初期化されます。

TCNT の 8 ビット単位でのアクセスは禁止です。常に 16 ビット単位でアクセスしてください。

10.3.7 タイマジェネラルレジスタ (TGR)

TGR は 16 ビットのリード/ライト可能なアウトプットコンペア/インプットキャプチャ兼用のレジスタです。チャンネル 0、3 に各 4 本、チャンネル 1、2、4、5 に各 2 本、計 16 本のジェネラルレジスタがあります。チャンネル 0、3 の TGRC と TGRD は、バッファレジスタとして動作設定することができます。TGR の 8 ビット単位でのアクセスは禁止です。常に 16 ビット単位でアクセスしてください。TGR とバッファレジスタの組み合わせは、TGRA-TGRC、TGRB-TGRD になります。

10. 16ビットタイマパルスユニット (TPU)

10.3.8 タイマスタートレジスタ (TSTR)

TSTR は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタで、チャンネル 0~5 の TCNT の動作/停止を選択します。

TMDR へ動作モードを設定する場合や TCR へ TCNT のカウントクロックを設定する場合は、TCNT のカウンタ動作を停止してから行ってください。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7, 6	—	すべて 0	—	リザーブ ライト時は必ず 0 としてください。
5	CST5	0	R/W	カウンタスタート 5~0
4	CST4			TCNT の動作または停止を選択します。
3	CST3			TIOC 端子を出力状態で動作中に、CST ビットに 0 をライトするとカウンタは
2	CST2			停止しますが、TIOC 端子のアウトプットコンペア出力レベルは保持されます。
1	CST1			CST ビットが 0 の状態で TIOR へのライトを行うと、設定した初期出力値に端
0	CST0			子の出力レベルが更新されます。 0 : TCNT_5~TCNT_0 のカウント動作は停止 1 : TCNT_5~TCNT_0 はカウント動作

10.3.9 タイマシンクロレジスタ (TSYR)

TSYR は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタで、チャンネル 0~5 の TCNT の独立動作または同期動作を選択します。対応するビットを 1 にセットしたチャンネルが同期動作を行います。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7, 6	—	すべて 0	R/W	リザーブ ライト時は必ず 0 としてください。
5	SYNC5	0	R/W	タイマ同期 5~0
4	SYNC4			他のチャンネルとの独立動作または同期動作を選択します。
3	SYNC3			同期動作を選択すると、複数の TCNT の同期プリセットや、他チャンネルのカウ
2	SYNC2			ンタクリアによる同期クリアが可能となります。
1	SYNC1			同期動作の設定には、最低 2 チャンネルの SYNC ビットを 1 にセットする必要
0	SYNC0			があります。同期クリアの設定には、SYNC ビットのほかに TCR の CCLR2 ~CCLR0 ビットで、TCNT のクリア要因を設定する必要があります。 0 : TCNT_5~TCNT_0 は独立動作 (TCNT のプリセット/クリアは他チャ ネルと無関係) 1 : TCNT_5~TCNT_0 は同期動作 TCNT の同期プリセット/同期クリアが可能

10.4 動作説明

10.4.1 基本動作

各チャンネルには、TCNTとTGRがあります。TCNTは、アップカウント動作を行い、フリーランニング動作、周期カウント動作、または外部イベントカウント動作が可能です。

TGRは、それぞれインプットキャプチャレジスタまたはアウトプットコンペアレジスタとして使用することができます。

(1) カウンタの動作

TSTRのCST0～CST5ビットを1にセットすると、対応するチャンネルのTCNTはカウント動作を開始します。フリーランニングカウンタ動作、周期カウンタ動作などが可能です。

(a) カウント動作の設定手順例

カウント動作の設定手順例を図10.2に示します。

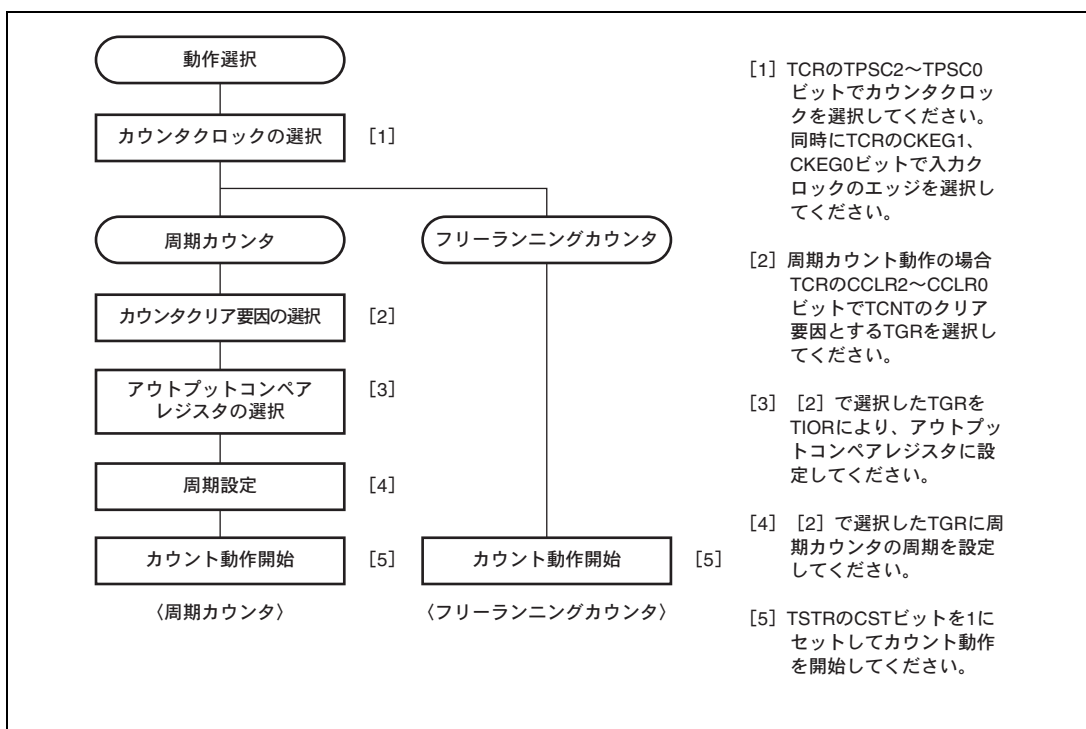


図 10.2 カウンタ動作設定手順例

10. 16ビットタイマパルスユニット (TPU)

(b) フリーランニングカウンタ動作と周期カウンタ動作

TPU の TCNT は、リセット直後はすべてフリーランニングカウンタの設定となっており、TSTR の対応するビットを 1 にセットするとフリーランニングカウンタとしてアップカウント動作を開始します。TCNT がオーバーフロー(H'FFFF→H'0000)すると、TSR の TCFV ビットが 1 にセットされます。このとき、対応する TIER の TCIEV ビットが 1 ならば、TPU は割り込みを要求します。TCNT はオーバーフロー後、H'0000 からアップカウント動作を継続します。

フリーランニングカウンタの動作を図 10.3 に示します。

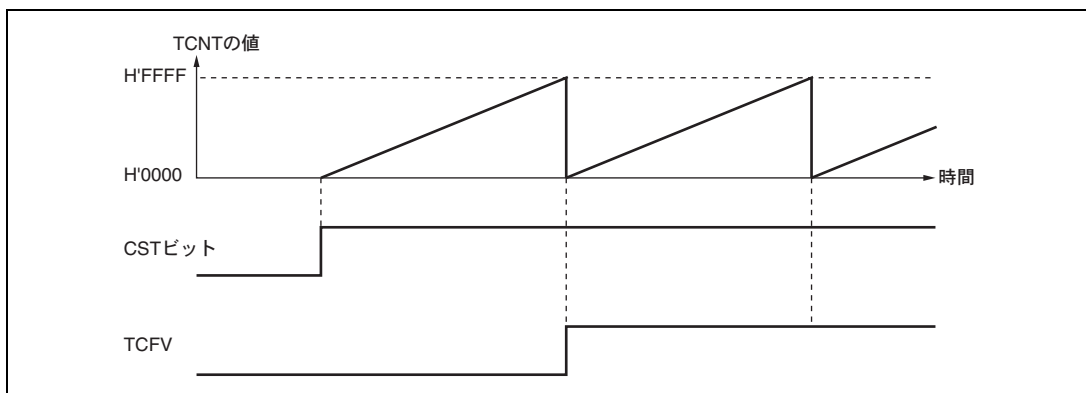


図 10.3 フリーランニングカウンタの動作

TCNT のクリア要因にコンペアマッチを選択したときは、対応するチャンネルの TCNT は周期カウンタ動作を行います。周期設定用の TGR をアウトプットコンペアレジスタに設定し、TCR の CCLR2~CCLR0 ビットによりコンペアマッチによるカウンタクリアを選択します。設定後、TSTR の対応するビットを 1 にセットすると、周期カウンタとしてアップカウント動作を開始します。カウント値が TGR の値と一致すると、TSR の TGF ビットが 1 にセットされ、TCNT は H'0000 にクリアされます。

このとき対応する TIER の TGIE ビットが 1 ならば、TPU は割り込みを要求します。TCNT はコンペアマッチ後、H'0000 からアップカウント動作を継続します。

周期カウンタの動作を図 10.4 に示します。

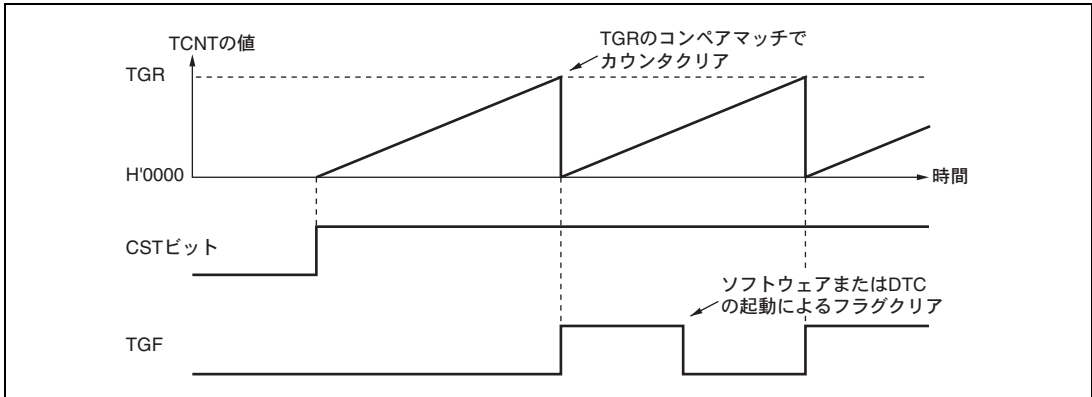


図 10.4 周期カウンタの動作

(2) コンペアマッチによる波形出力機能

TPU は、コンペアマッチにより対応する出力端子から 0 出力/1 出力/トグル出力を行うことができます。

(a) コンペアマッチによる波形出力動作の設定手順例

コンペアマッチによる波形出力動作の設定手順例を図 10.5 に示します。

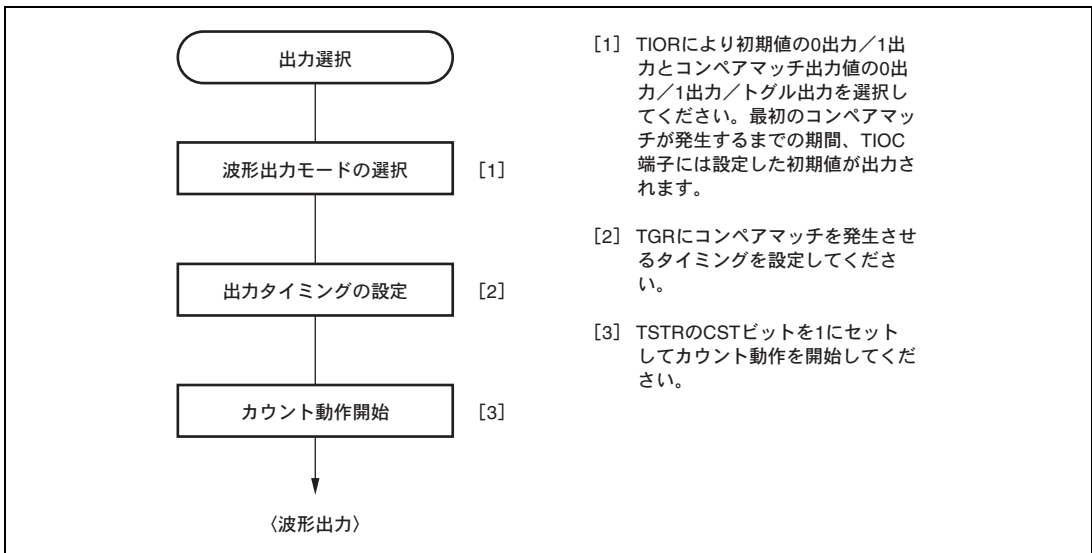


図 10.5 コンペアマッチによる波形出力動作例

10. 16ビットタイマパルスユニット (TPU)

(b) 波形出力動作例

0出力/1出力例を図10.6に示します。

TCNTをフリーランニングカウント動作とし、コンペアマッチAにより1出力、コンペアマッチBにより0出力となるように設定した場合の例です。設定したレベルと端子のレベルが一致した場合には、端子のレベルは変化しません。

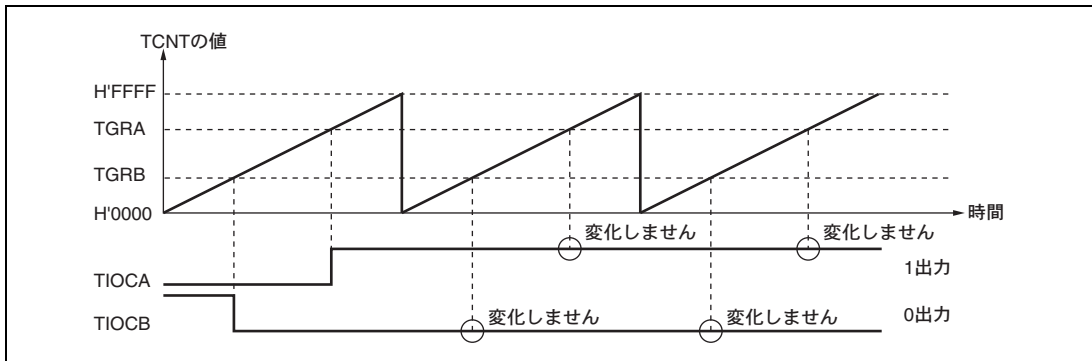


図 10.6 0出力/1出力の動作例

トグル出力の例を図10.7に示します。

TCNTを周期カウント動作(コンペアマッチBによりカウンタクリア)に、コンペアマッチA、Bともトグル出力となるように設定した場合の例です。

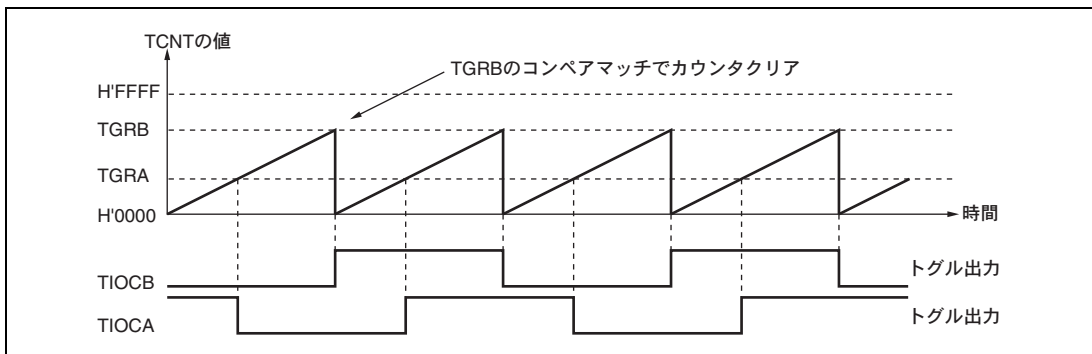


図 10.7 トグル出力の動作例

(3) インพุットキャプチャ機能

TIOC 端子の入力エッジを検出して TCNT の値を TGR に転送することができます。

検出エッジは立ち上がりエッジ/立ち下がりエッジ/両エッジから選択できます。また、チャンネル 0、1、3、4 は別のチャンネルのカウント入力クロックやコンペアマッチ信号をインพุットキャプチャの要因とすることもできます。

【注】 チャンネル 0、3 で別のチャンネルのカウント入力クロックをインพุットキャプチャ入力とする場合は、インพุットキャプチャ入力とするカウント入力クロックに $\phi/1$ を選択しないでください。 $\phi/1$ を選択した場合は、インพุットキャプチャは発生しません。

(a) インพุットキャプチャ動作の設定手順例

インพุットキャプチャ動作の設定手順例を図 10.8 に示します。

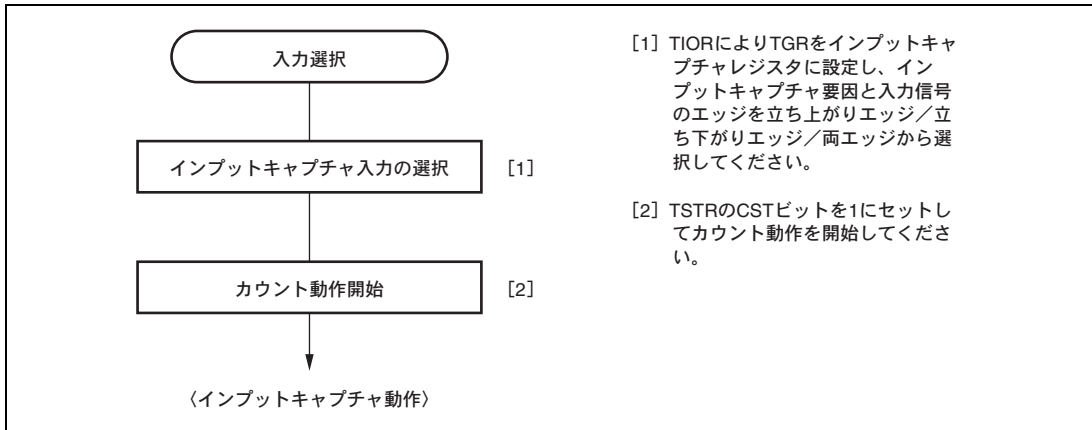


図 10.8 インพุットキャプチャ動作の設定例

10. 16 ビットタイマパルスユニット (TPU)

(b) インพุットキャプチャ動作例

インพุットキャプチャ動作例を図 10.9 に示します。

TIOCA 端子のインพุットキャプチャ入力エッジは立ち上がり/立ち下がりの両エッジ、また TIOCB 端子のインพุットキャプチャ入力エッジは立ち下がりエッジを選択し、TCNT は TGRB のインพุットキャプチャでカウンタクリアされるように設定した場合の例です。

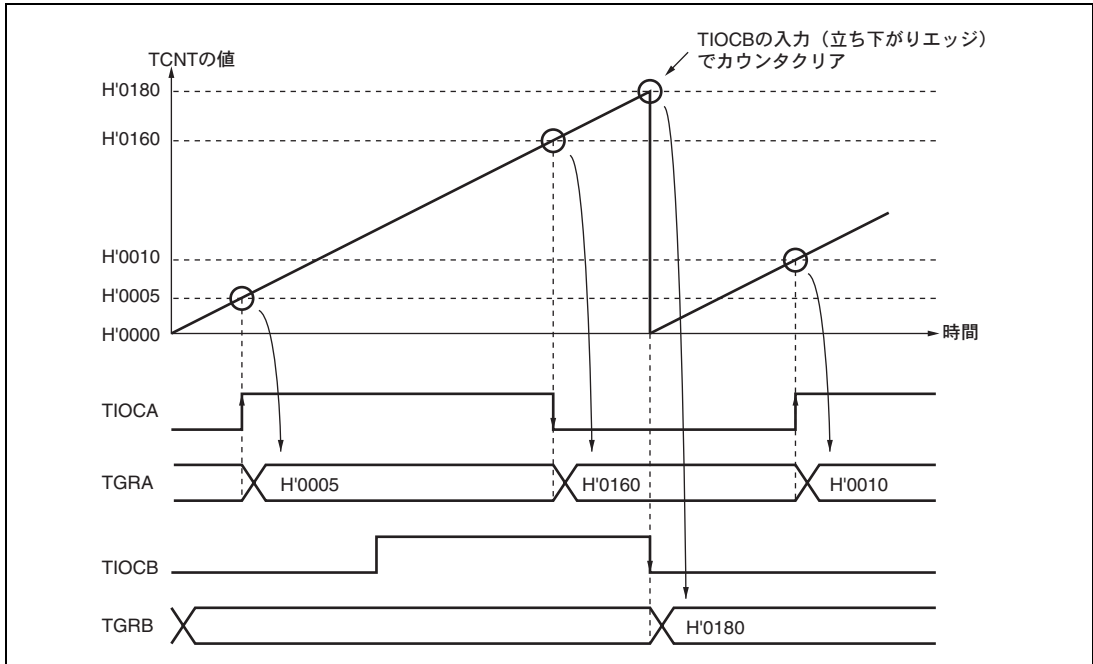


図 10.9 インพุットキャプチャ動作例

10.4.2 同期動作

同期動作は、複数の TCNT の値を同時に書き換えることができます (同期プリセット)。また、TCR の設定により複数の TCNT を同時にクリアすることができます (同期クリア)。

同期動作により、1つのタイムベースに対して TGR を増加することができます。

チャンネル 0~5 はすべて同期動作の設定が可能です。

(1) 同期動作の設定手順例

同期動作の設定手順例を図 10.10 に示します。

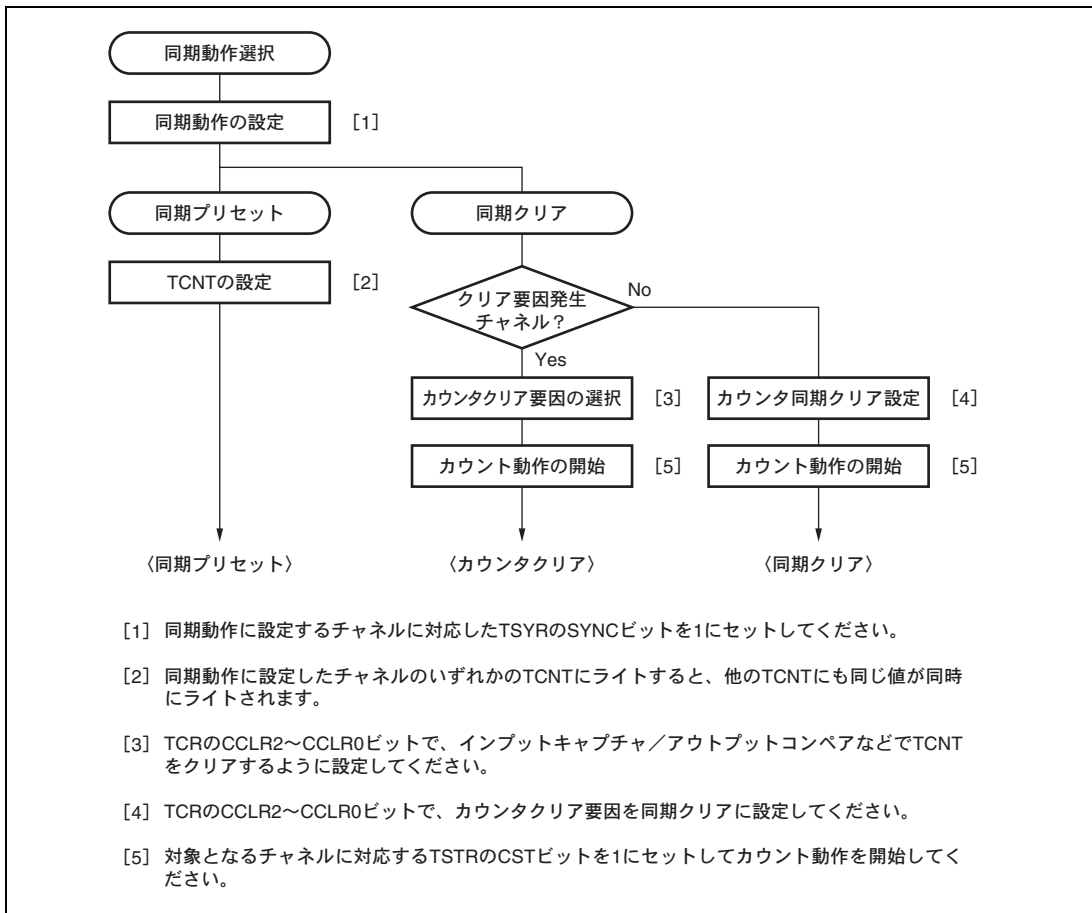


図 10.10 同期動作の設定手順例

10. 16ビットタイマパルスユニット (TPU)

(2) 同期動作の例

同期動作の例を図 10.11 に示します。

チャンネル 0~2 を同期動作かつ PWM モード 1 に設定し、チャンネル 0 のカウンタクリア要因を TGRB_0 のコンペアマッチ、またチャンネル 1、2 のカウンタクリア要因を同期クリアに設定した場合の例です。

3 相の PWM 波形を TIOC0A、TIOC1A、TIOC2A 端子から出力します。このとき、チャンネル 0~2 の TCNT は同期プリセット、TGRB_0 のコンペアマッチによる同期クリアを行い、TGRB_0 に設定したデータが PWM 周期となります。

PWM モードについては、「10.4.5 PWM モード」を参照してください。

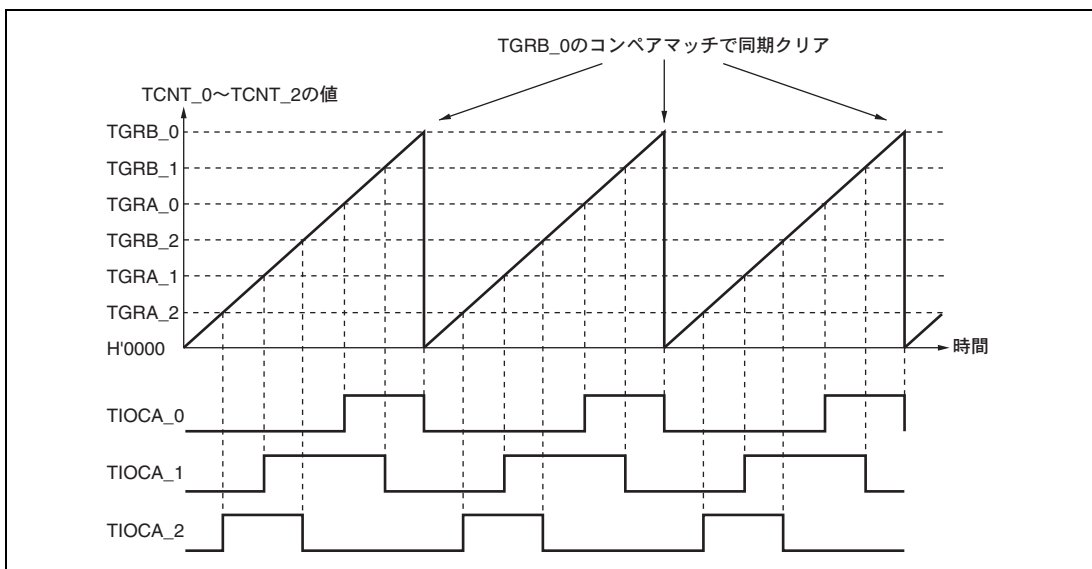


図 10.11 同期動作の動作例

10.4.3 バッファ動作

バッファ動作は、チャンネル 0、3 が持つ機能です。TGRC と TGRD をバッファレジスタとして使用することができます。

バッファ動作は、TGR を入力キャプチャレジスタに設定した場合と、コンペアマッチレジスタに設定した場合のそれぞれで動作内容が異なります。

表 10.28 にバッファ動作時のレジスタの組み合わせを示します。

表 10.28 レジスタの組み合わせ

チャンネル	タイマジェネラルレジスタ	バッファレジスタ
0	TGRA_0	TGRC_0
	TGRB_0	TGRD_0
3	TGRA_3	TGRC_3
	TGRB_3	TGRD_3

• TGR がアウトプットコンペアレジスタの場合

コンペアマッチが発生すると、対応するチャンネルのバッファレジスタの値がタイマジェネラルレジスタに転送されます。

この動作を図 10.12 に示します。

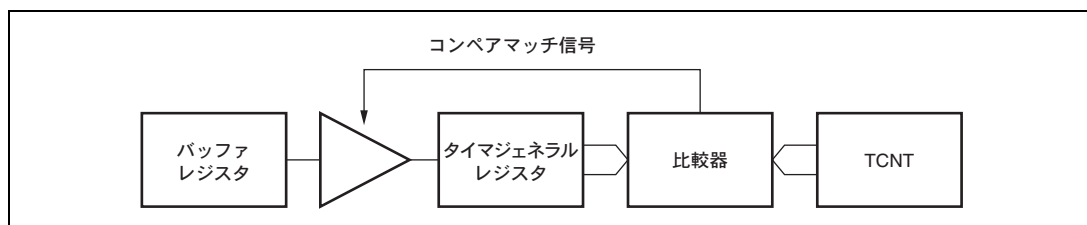


図 10.12 コンペアマッチバッファ動作

• TGR が入力キャプチャレジスタの場合

入力キャプチャが発生すると、TCNT の値を TGR に転送すると同時に、それまで格納されていた TGR の値をバッファレジスタに転送します。

この動作を図 10.13 に示します。

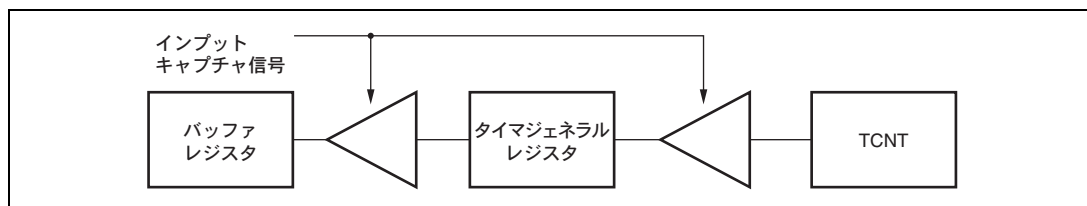


図 10.13 インพุットキャプチャバッファ動作

10. 16ビットタイマパルスユニット (TPU)

(1) バッファ動作の設定手順例

バッファ動作の設定手順例を図 10.14 に示します。

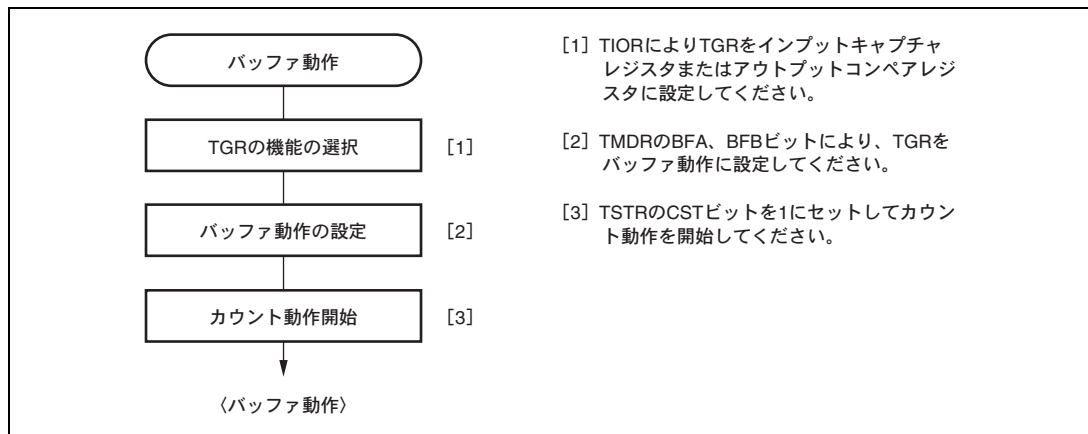


図 10.14 バッファ動作の設定手順例

(2) バッファ動作例

(a) TGR がアウトプットコンペアレジスタの場合

チャンネル 0 を PWM モード 1 に設定し、TGRA と TGRC をバッファ動作に設定した場合の動作例を図 10.15 に示します。TCNT はコンペアマッチ B によりクリア、出力はコンペアマッチ A で 1 出力、コンペアマッチ B で 0 出力に設定した例です。

バッファ動作が設定されているため、コンペアマッチ A が発生すると出力を変化させると同時に、バッファレジスタ TGRC の値がタイマジェネラルレジスタ TGRA に転送されます。この動作は、コンペアマッチ A が発生するたびに繰り返されます。

PWM モードについては、「10.4.5 PWM モード」を参照してください。

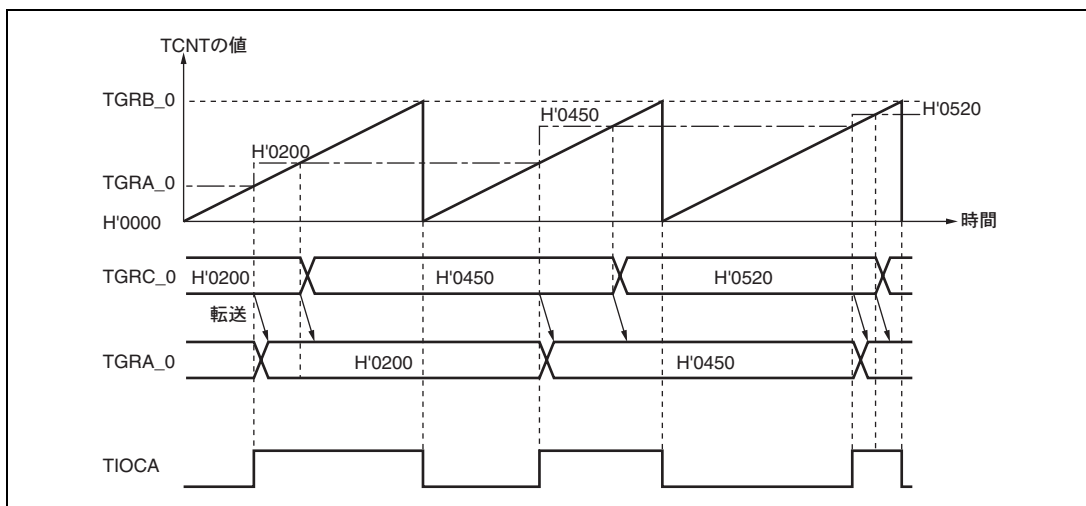


図 10.15 バッファ動作例 (1)

10. 16 ビットタイマパルスユニット (TPU)

(b) TGR がインプットキャプチャレジスタの場合

TGRA をインプットキャプチャレジスタに設定し、TGRA と TGRC をバッファ動作に設定したときの動作例を図 10.16 に示します。

TCNT は TGRA のインプットキャプチャでカウンタクリア、TIOCA 端子のインプットキャプチャ入力エッジは立ち上がりエッジ/立ち下がりエッジの両エッジが選択されています。

バッファ動作が設定されているため、インプットキャプチャ A により TCNT の値が TGRA に格納されると同時に、それまで TGRA に格納されていた値が TGRC に転送されます。

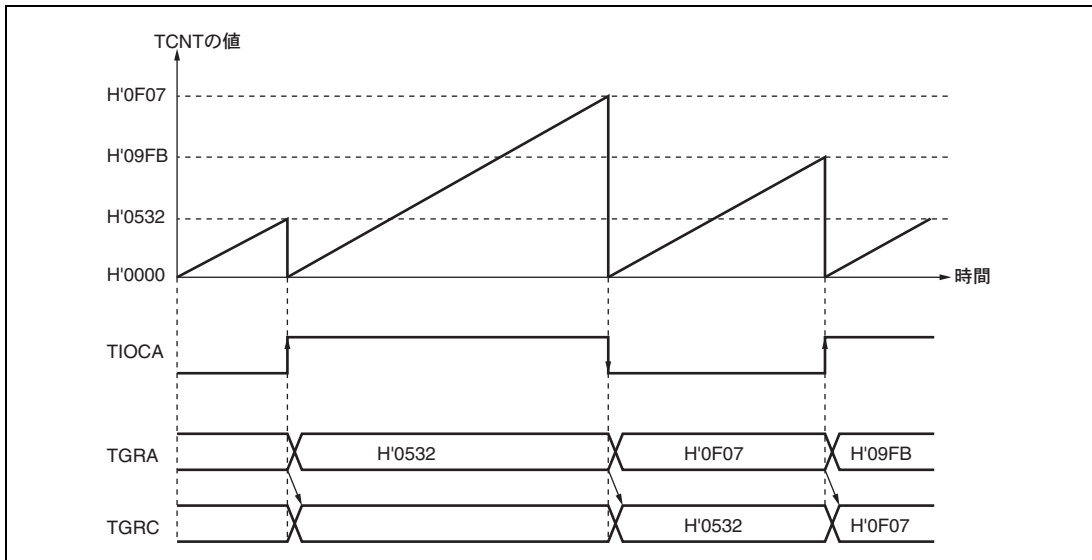


図 10.16 バッファ動作例 (2)

10.4.4 カスケード接続動作

カスケード接続動作は、2チャンネルの16ビットカウンタを接続して32ビットカウンタとして動作させる機能です。

この機能は、チャンネル1(チャンネル4)のカウンタクロックをTCRのTPSC2~TPSC0ビットでTCNT_2(TCNT_5)のオーバーフロー/アンダフローでカウントに設定することにより動作します。

アンダフローが発生するのは、下位16ビットのTCNTが位相計数モードのときのみです。

表10.29にカスケード接続の組み合わせを示します。

【注】 チャンネル1、4を位相計数モードに設定した場合は、カウンタクロックの設定は無効となり、独立して位相計数モードで動作します。

表 10.29 カスケード接続組み合わせ

組み合わせ	上位16ビット	下位16ビット
チャンネル1とチャンネル2	TCNT_1	TCNT_2
チャンネル4とチャンネル5	TCNT_4	TCNT_5

(1) カスケード接続動作の設定手順例

カスケード接続動作の設定手順例を図10.17に示します。

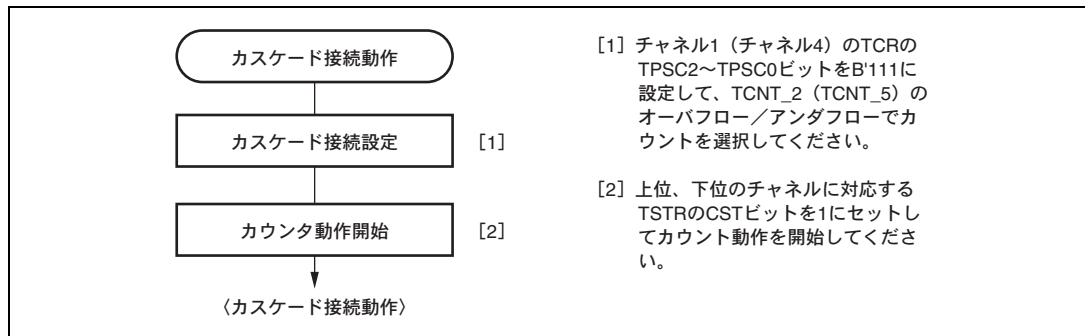


図 10.17 カスケード接続動作設定手順

10. 16 ビットタイマパルスユニット (TPU)

(2) カスケード接続動作例

TCNT_1 は TCNT_2 のオーバフロー／アンダフローでカウント、TGRA_1 と TGRA_2 をインプットキャプチャレジスタに設定し、TIOC 端子の立ち上がりエッジを選択したときの動作を図 10.18 に示します。

TIOCA1 端子と TIOCA2 端子に立ち上がりエッジを同時に入力することにより、TGRA_1 に上位 16 ビット、TGRA_2 に下位 16 ビットの 32 ビットデータが転送されます。

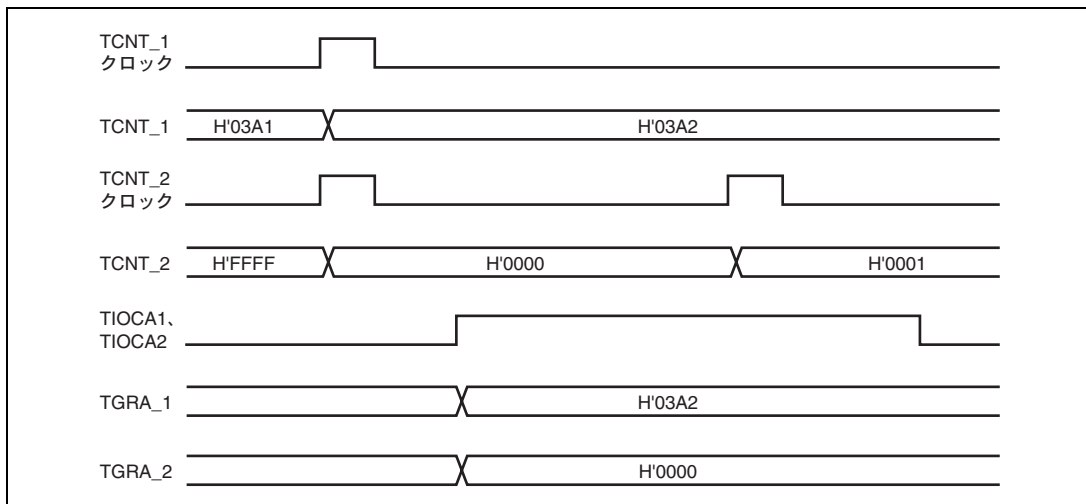


図 10.18 カスケード接続動作例 (1)

TCNT_1 は TCNT_2 のオーバフロー／アンダフローでカウント、チャンネル 2 を位相計数モードに設定したときの動作を図 10.19 に示します。

TCNT_1 は、TCNT_2 のオーバフローでアップカウント、TCNT_2 のアンダフローでダウンカウントされます。

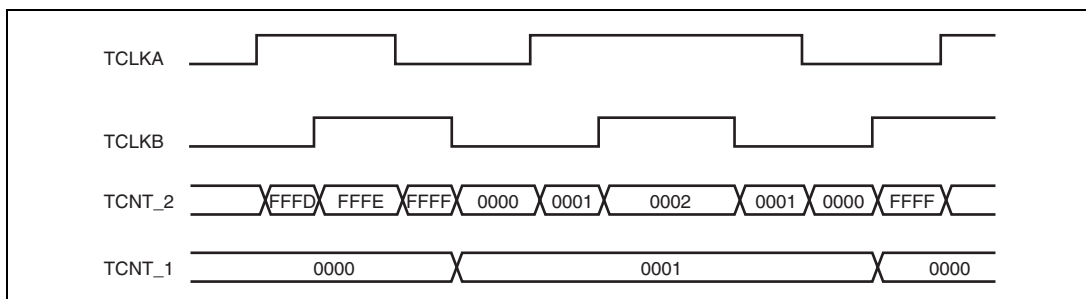


図 10.19 カスケード接続動作例 (2)

10.4.5 PWM モード

PWM モードは出力端子よりそれぞれ PWM 波形を出力するモードです。各 TGR のコンペアマッチによる出力レベルは 0 出力/1 出力/トグル出力の中から選択可能です。

各 TGR の設定により、デューティ 0~100% の PWM 波形が出力できます。

TGR のコンペアマッチをカウンタクリア要因とすることにより、そのレジスタに周期を設定することができます。全チャンネル独立に PWM モードに設定できます。同期動作も可能です。

PWM モードは次に示す 2 種類あります。

- PWMモード1

TGRAとTGRB、TGRCとTGRDをペアで使用して、TIOCA、TIOCC端子からPWM出力を生成します。TIOCA、TIOCC端子からコンペアマッチA、CによってTIORのIOA3~IOA0、IOC3~IOC0ビットで指定した出力を、また、コンペアマッチB、DによってTIORのIOB3~IOB0、IOD3~IOD0ビットで指定した出力を行います。初期出力値はTGRA、TGRCに設定した値になります。ペアで使用するTGRの設定値が同一の場合、コンペアマッチが発生しても出力値は変化しません。

PWMモード1では、最大8相のPWM出力が可能です。

- PWMモード2

TGRの1本を周期レジスタ、他のTGRをデューティレジスタに使用してPWM出力を生成します。コンペアマッチによって、TIORで指定した出力を行います。また、同期レジスタのコンペアマッチによるカウンタのクリアで各端子の出力値はTIORで設定した初期値が出力されます。周期レジスタとデューティレジスタの設定値が同一の場合、コンペアマッチが発生しても出力値は変化しません。

PWMモード2では、同期動作と併用することにより最大15相のPWM出力が可能です。

PWM 出力端子とレジスタの対応を表 10.30 に示します。

10. 16ビットタイマパルスユニット (TPU)

表 10.30 各 PWM 出力のレジスタと出力端子

チャンネル	レジスタ	出力端子	
		PWM モード 1	PWM モード 2
0	TGRA_0	TIOCA0	TIOCA0
	TGRB_0		TIOCB0
	TGRC_0	TIOCC0	TIOCC0
	TGRD_0		TIOCD0
1	TGRA_1	TIOCA1	TIOCA1
	TGRB_1		TIOCB1
2	TGRA_2	TIOCA2	TIOCA2
	TGRB_2		TIOCB2
3	TGRA_3	TIOCA3	TIOCA3
	TGRB_3		TIOCB3
	TGRC_3	TIOCC3	TIOCC3
	TGRD_3		TIOCD3
4	TGRA_4	TIOCA4	TIOCA4
	TGRB_4		TIOCB4
5	TGRA_5	TIOCA5	TIOCA5
	TGRB_5		TIOCB5

【注】 PWM モード 2 のとき、周期を設定した TGR の PWM 出力はできません。

(1) PWMモードの設定手順例

PWMモードの設定手順例を図 10.20 に示します。

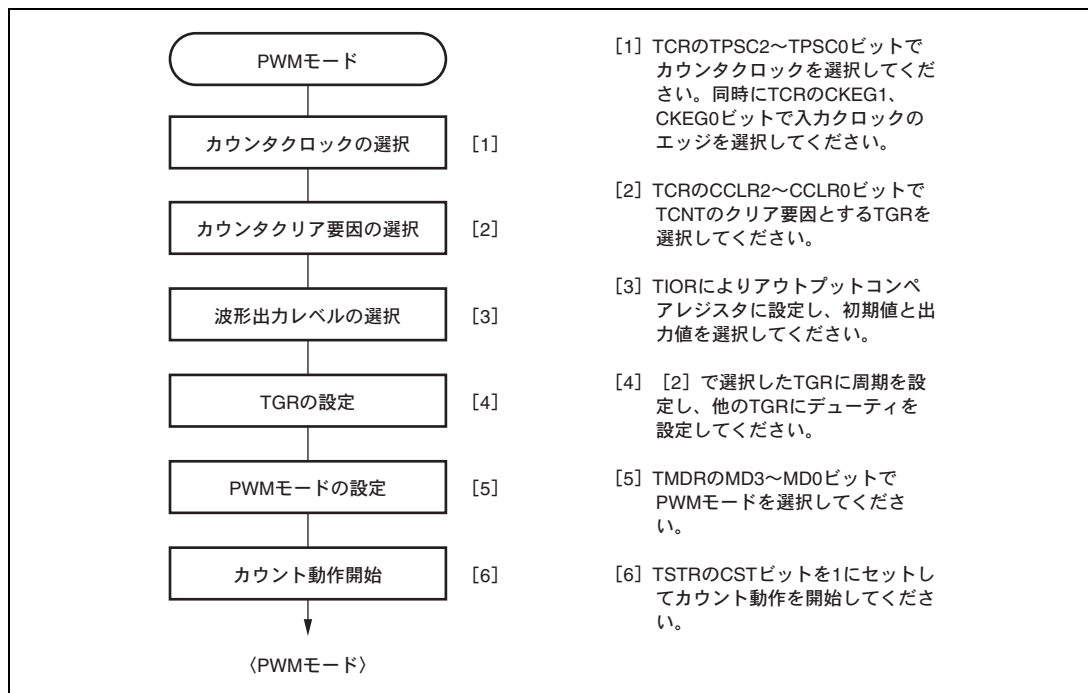


図 10.20 PWMモードの設定手順例

(2) PWMモードの動作例

PWMモード1の動作例を図 10.21 に示します。

この図は、TCNTのクリア要因をTGRAのコンペアマッチとし、TGRAの初期出力値と出力値を0、TGRBの出力値を1に設定した場合の例です。

この場合、TGRAに設定した値が周期となり、TGRBに設定した値がデューティになります。

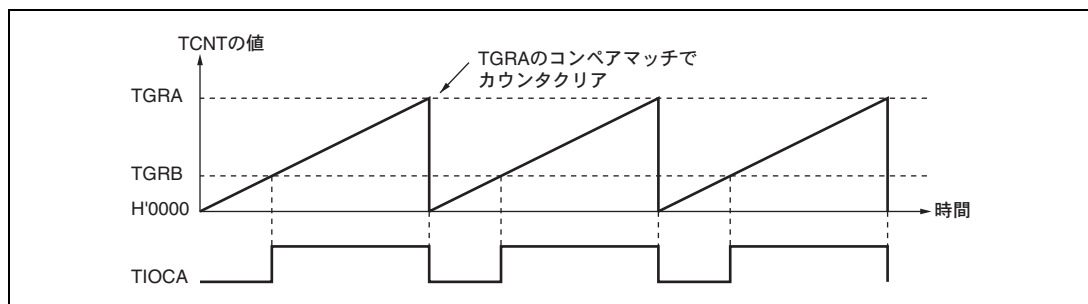


図 10.21 PWMモードの動作例 (1)

10. 16ビットタイマパルスユニット (TPU)

PWM モード2の動作例を図10.22に示します。

この図は、チャンネル0と1を同期動作させ、TCNTのクリア要因をTGRB_1のコンペアマッチとし、他のTGR (TGRA_0~TGRD_0, TGRA_1)の初期出力値を0、出力値を1に設定して5相のPWM波形を出力させた場合の例です。

この場合、TGRB_1に設定した値が周期となり、他のTGRに設定した値がデューティになります。

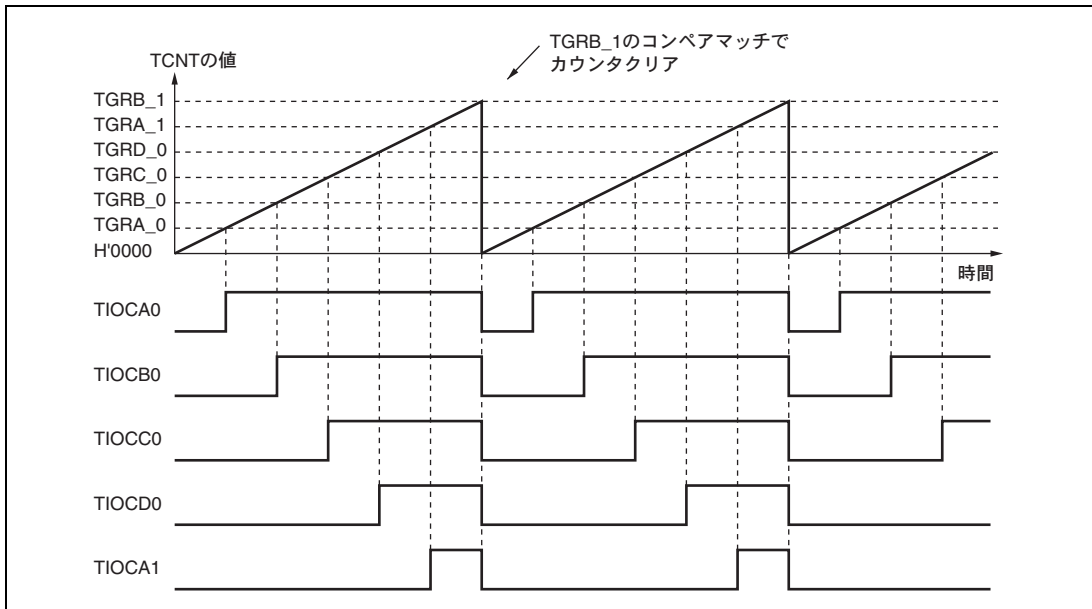


図 10.22 PWM モードの動作例 (2)

PWM モードで、デューティ 0%、デューティ 100%の PWM 波形を出力する例を図 10.23 に示します。

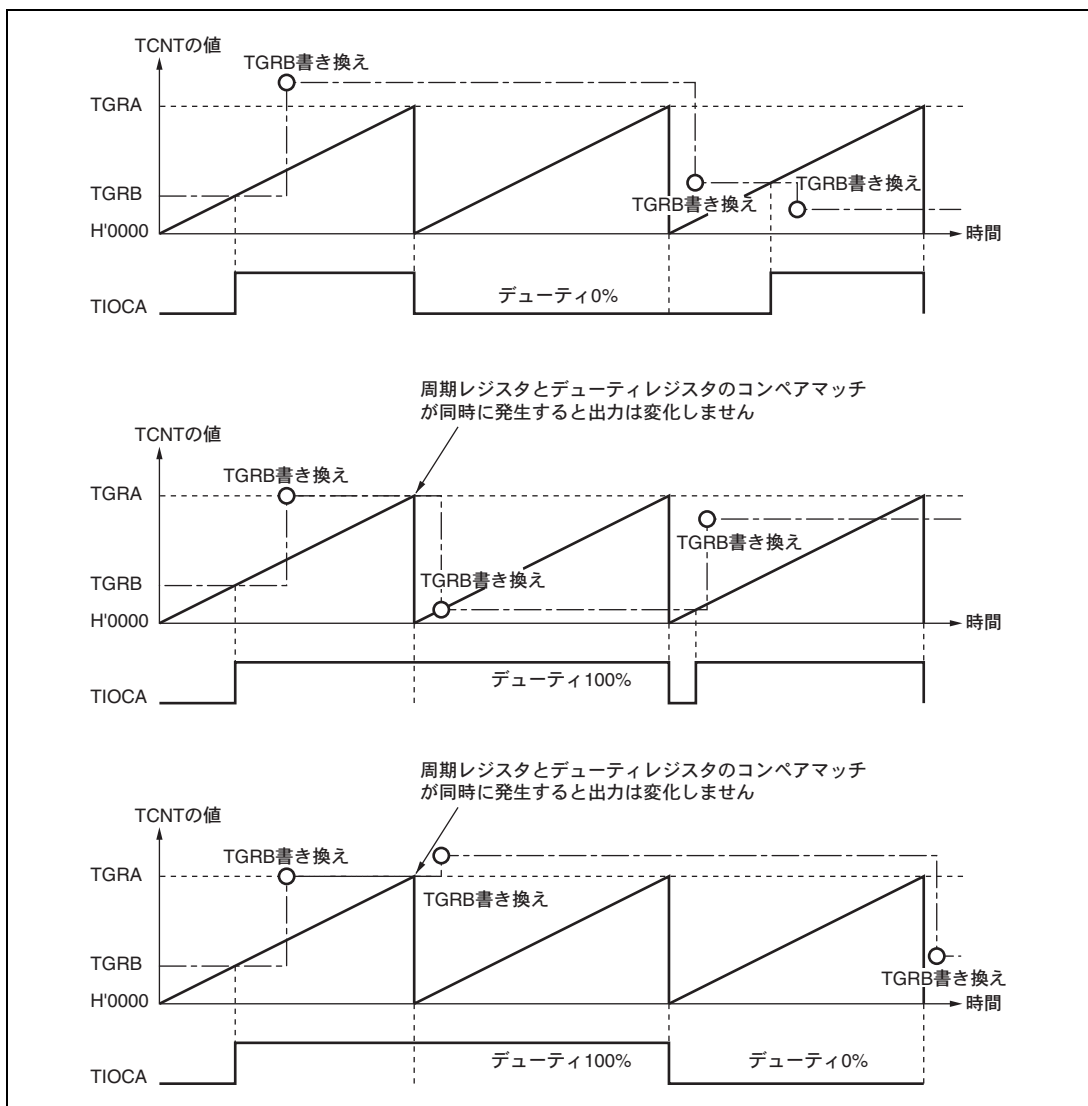


図 10.23 PWM モード動作例 (3)

10. 16ビットタイマパルスユニット (TPU)

10.4.6 位相計数モード

位相計数モードは、チャンネル1、2、4、5の設定により、2本の外部クロック入力の位相差を検出し、TCNTをアップ/ダウンカウントします。

位相計数モードに設定すると、TCRのTPSC2~TPSC0ビット、CKEG1、CKEG0ビットの設定にかかわらずカウンタ入力クロックは外部クロックを選択し、TCNTはアップ/ダウンカウンタとして動作します。ただし、TCRのCCLR1、CCLR0ビット、TIOR、TIER、TGRの機能は有効ですので、インプットキャプチャ/コンペアマッチ機能や割り込み機能は使用することができます。

2相エンコーダパルスの入力として使用できます。

TCNTがアップカウント時、オーバフローが発生するとするとTSRのTCFVフラグがセットされます。また、ダウンカウント時にアンダフローが発生すると、TCFUフラグがセットされます。

TSRのTCFDビットはカウント方向フラグです。TCFDフラグをリードすることにより、TCNTがアップカウントしているかダウンカウントしているかを確認することができます。

表 10.31 に外部クロック端子とチャンネルの対応を示します。

表 10.31 位相計数モードクロック入力端子

チャンネル	外部クロック端子	
	A相	B相
チャンネル1または5を位相計数モードとするとき	TCLKA	TCLKB
チャンネル2または4を位相計数モードとするとき	TCLKC	TCLKD

(1) 位相計数モードの設定手順例

位相計数モードの設定手順例を図 10.24 に示します。

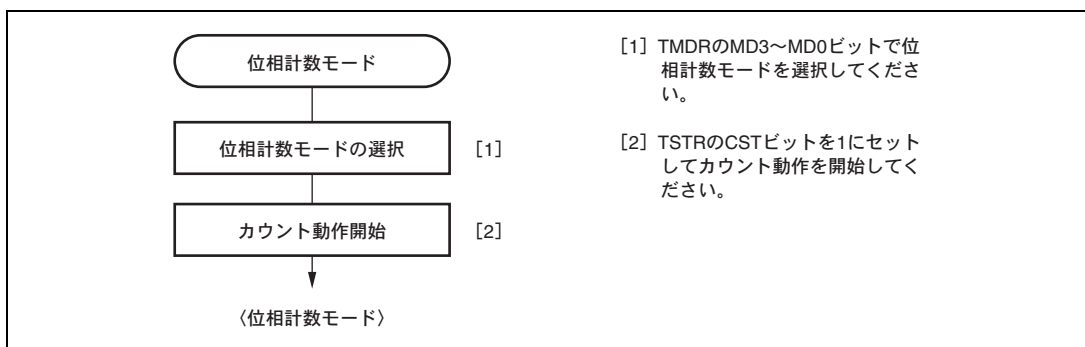


図 10.24 位相計数モードの設定手順例

(2) 位相計数モードの動作例

位相計数モードでは、2本の外部クロックの位相差でTCNTがアップ/ダウンカウントします。また、カウント条件により4つのモードがあります。

(a) 位相計数モード1

位相計数モード1の動作例を図10.25に、TCNTのアップ/ダウンカウント条件を表10.32に示します。

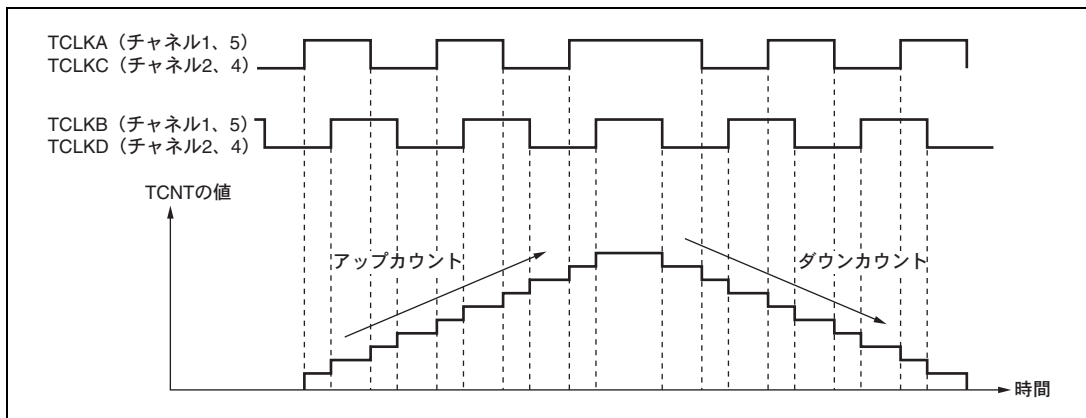


図 10.25 位相計数モード1の動作例

表 10.32 位相計数モード1のアップ/ダウンカウント条件

TCLKA (チャンネル 1, 5) TCLKC (チャンネル 2, 4)	TCLKB (チャンネル 1, 5) TCLKD (チャンネル 2, 4)	動作内容
High レベル	↑	アップカウント
Low レベル	↓	
↑	Low レベル	
↓	High レベル	
High レベル	↓	ダウンカウント
Low レベル	↑	
↑	High レベル	
↓	Low レベル	

【記号説明】

↑ : 立ち上がりエッジ

↓ : 立ち下がりエッジ

10. 16 ビットタイマパルスユニット (TPU)

(b) 位相計数モード 2

位相計数モード 2 の動作例を図 10.26 に、TCNT のアップ/ダウンカウント条件を表 10.33 に示します。

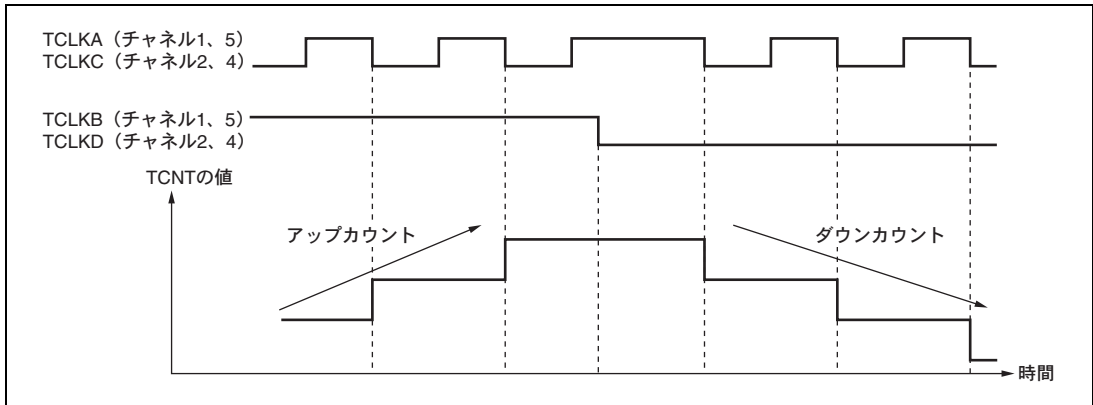


図 10.26 位相計数モード 2 の動作例

表 10.33 位相計数モード 2 のアップ/ダウンカウント条件

TCLKA (チャンネル 1、5) TCLKC (チャンネル 2、4)	TCLKB (チャンネル 1、5) TCLKD (チャンネル 2、4)	動作内容
High レベル	↑	Don't care
Low レベル	↓	
↑	Low レベル	アップカウント
↓	High レベル	Don't care
High レベル	↓	
Low レベル	↑	ダウンカウント
↑	High レベル	
↓	Low レベル	

【記号説明】

↑ : 立ち上がりエッジ

↓ : 立ち下がりエッジ

(c) 位相計数モード3

位相計数モード3の動作例を図10.27に、TCNTのアップ/ダウンカウント条件を表10.34に示します。

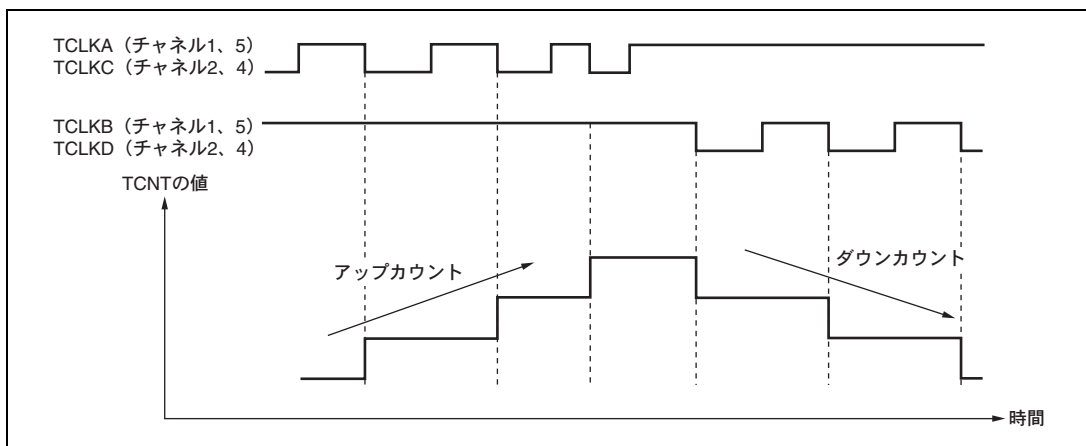


図 10.27 位相計数モード3の動作例

表 10.34 位相計数モード3のアップ/ダウンカウント条件

TCLKA (チャンネル 1、5) TCLKC (チャンネル 2、4)	TCLKB (チャンネル 1、5) TCLKD (チャンネル 2、4)	動作内容
High レベル	↑	Don't care
Low レベル	↓	
↑	Low レベル	アップカウント
↓	High レベル	ダウンカウント
High レベル	↓	Don't care
Low レベル	↑	
↑	High レベル	
↓	Low レベル	

【記号説明】

- ↑ : 立ち上がりエッジ
- ↓ : 立ち下がりエッジ

10. 16 ビットタイマパルスユニット (TPU)

(d) 位相計数モード 4

位相計数モード 4 の動作例を図 10.28 に、TCNT のアップ/ダウンカウント条件を表 10.35 に示します。

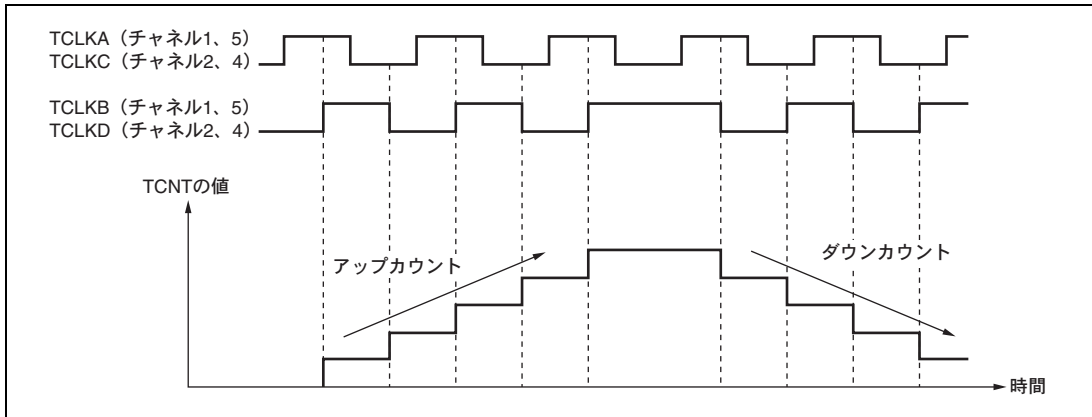


図 10.28 位相計数モード 4 の動作例

表 10.35 位相計数モード 4 のアップ/ダウンカウント条件

TCLKA (チャンネル 1、5) TCLKC (チャンネル 2、4)	TCLKB (チャンネル 1、5) TCLKD (チャンネル 2、4)	動作内容
High レベル	↑	アップカウント
Low レベル	↓	
↑	Low レベル	Don't care
↓	High レベル	
High レベル	↓	ダウンカウント
Low レベル	↑	
↑	High レベル	Don't care
↓	Low レベル	

【記号説明】

↑ : 立ち上がりエッジ

↓ : 立ち下がりエッジ

(3) 位相計数モード応用例

チャンネル1を位相計数モードに設定し、チャンネル0と連携してサーボモータの2相エンコーダパルスを入力して位置または速度を検出する例を図10.29に示します。

チャンネル1は位相計数モード1に設定し、TCLKAとTCLKBにエンコーダパルスのA相、B相を入力します。チャンネル0はTCNTをTGRC_0のコンペアマッチでカウンタクリアとして動作させ、TGRA_0とTGRC_0はコンペアマッチ機能で使用して、速度制御周期と位置制御周期を設定します。TGRB_0は入力キャプチャ機能で使用し、TGRB_0とTGRD_0をバッファ動作させます。TGRB_0の入力キャプチャ要因は、チャンネル1のカウンタ入カロックとし、2相エンコーダの4通倍パルスのパルス幅を検出します。

チャンネル1のTGRA_1とTGRB_1は、入力キャプチャ機能に設定し、入力キャプチャ要因はチャンネル0のTGRA_0とTGRC_0のコンペアマッチを選択し、それぞれの制御周期時のアップ/ダウンカウンタの値を格納します。

これにより、正確な位置/速度検出を行うことができます。

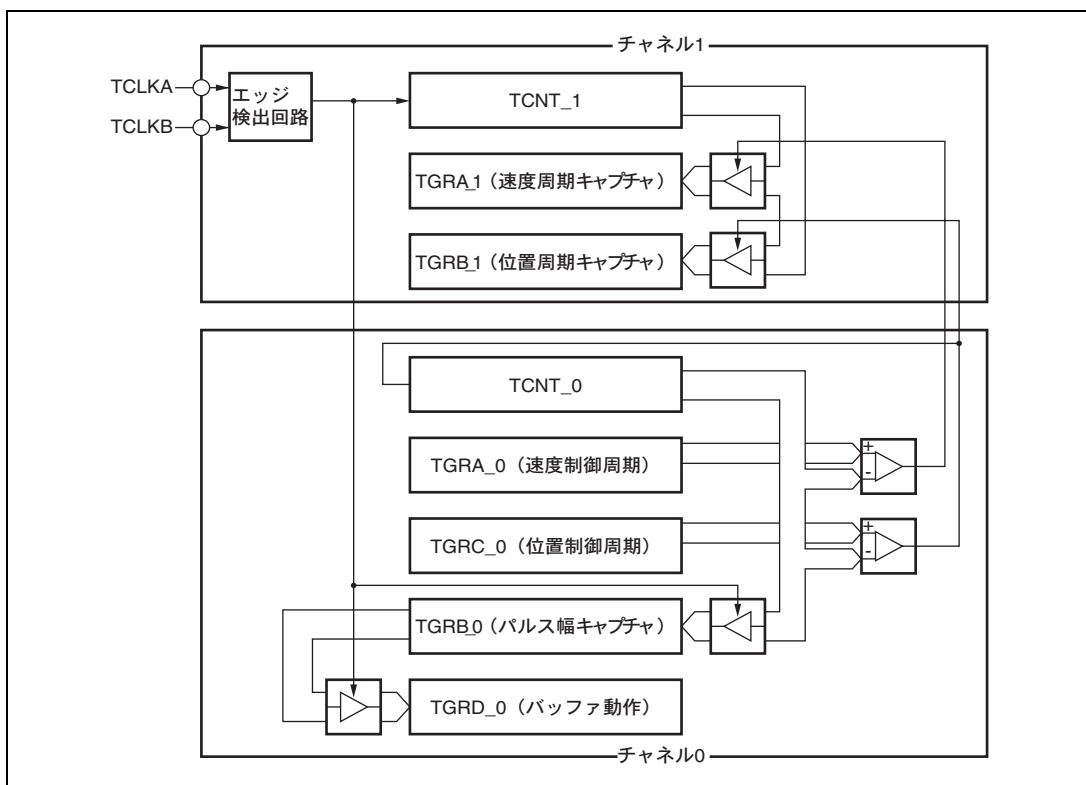


図 10.29 位相計数モードの応用例

10.5 割り込み要因

TPUの割り込み要因には、TGRのインプットキャプチャ/コンペアマッチ、TCNTのオーバフロー、アンダフローの3種類があります。各割り込み要因は、それぞれ専用のステータスフラグと、許可/禁止ビットを持っているため、割り込み要求信号の発生を独立に許可または禁止することができます。

割り込み要因が発生すると、TSRの対応するステータスフラグが1にセットされます。このときTIERの対応する許可/禁止ビットが1にセットされている場合、割り込みを要求します。ステータスフラグを0にクリアすることで割り込み要求は解除されます。

チャンネル間の優先順位は、割り込みコントローラにより変更可能です。チャンネル内の優先順位は固定です。詳細は「第5章 割り込みコントローラ」を参照してください。表 10.36にTPUの割り込み要因の一覧を示します。

表 10.36 TPU 割り込み一覧

チャンネル	名称	割り込み要因	割り込みフラグ	DTCの起動
0	TGIA_0	TGRA_0のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	TGFA_0	可
	TGIB_0	TGRB_0のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	TGFB_0	可
	TGIC_0	TGRC_0のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	TGFC_0	可
	TGID_0	TGRD_0のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	TGFD_0	可
	TCIV_0	TCNT_0のオーバフロー	TCFV_0	不可
1	TGIA_1	TGRA_1のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	TGFA_1	可
	TGIB_1	TGRB_1のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	TGFB_1	可
	TCIV_1	TCNT_1のオーバフロー	TCFV_1	不可
	TCIU_1	TCNT_1のアンダフロー	TCFU_1	不可
2	TGIA_2	TGRA_2のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	TGFA_2	可
	TGIB_2	TGRB_2のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	TGFB_2	可
	TCIV_2	TCNT_2のオーバフロー	TCFV_2	不可
	TCIU_2	TCNT_2のアンダフロー	TCFU_2	不可
3	TGIA_3	TGRA_3のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	TGFA_3	可
	TGIB_3	TGRB_3のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	TGFB_3	可
	TGIC_3	TGRC_3のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	TGFC_3	可
	TGID_3	TGRD_3のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	TGFD_3	可
	TCIV_3	TCNT_3のオーバフロー	TCFV_3	不可
4	TGIA_4	TGRA_4のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	TGFA_4	可
	TGIB_4	TGRB_4のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	TGFB_4	可
	TCIV_4	TCNT_4のオーバフロー	TCFV_4	不可
	TCIU_4	TCNT_4のアンダフロー	TCFU_4	不可
5	TGIA_5	TGRA_5のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	TGFA_5	可
	TGIB_5	TGRB_5のインプットキャプチャ/コンペアマッチ	TGFB_5	可
	TCIV_5	TCNT_5のオーバフロー	TCFV_5	不可
	TCIU_5	TCNT_5のアンダフロー	TCFU_5	不可

(1) インพุットキャプチャ/コンペアマッチ割り込み

各チャンネルのTGRのインพุットキャプチャ/コンペアマッチの発生により、TSRのTGFフラグが1にセットされたとき、TIERのTGIEビットが1にセットされていれば、割り込みを要求します。TGFフラグを0にクリアすることで割り込み要求は解除されます。TPUには、チャンネル0、3に各4本、チャンネル1、2、4、5に各2本、計16本のインพุットキャプチャ/コンペアマッチ割り込みがあります。

(2) オーバフロー割り込み

各チャンネルのTCNTのオーバフローの発生により、TSRのTCFVフラグが1にセットされたとき、TIERのTCIEVビットが1にセットされていれば、割り込みを要求します。TCFVフラグを0にクリアすることで割り込み要求は解除されます。TPUには、各チャンネルに1本、計6本のオーバフロー割り込みがあります。

(3) アンダフロー割り込み

各チャンネルのTCNTのアンダフローの発生により、TSRのTCFUフラグが1にセットされたとき、TIERのTCIEUビットが1にセットされていれば、割り込みを要求します。TCFUフラグを0にクリアすることで割り込み要求は解除されます。TPUには、チャンネル1、2、4、5に各1本、計4本のアンダフロー割り込みがあります。

10.6 DTCの起動

各チャンネルのTGRのインพุットキャプチャ/コンペアマッチ割り込みによって、DTCを起動することができます。詳細は「第8章 データ転送コントローラ (DTC)」を参照してください。

TPUでは、チャンネル0、3が各4本、チャンネル1、2、4、5が各2本、計16本のインพุットキャプチャ/コンペアマッチ割り込みをDTCの起動要因とすることができます。

10.7 A/D変換器の起動

各チャンネルのTGRAのインพุットキャプチャ/コンペアマッチによって、A/D変換器を起動することができます。

各チャンネルのTGRAのインพุットキャプチャ/コンペアマッチの発生により、TSRのTGFAフラグが1にセットされたとき、TIERのTTGEビットが1にセットされていれば、A/D変換器に対してA/D変換の開始を要求します。このときA/D変換器側で、TPUの変換開始トリガが選択されていれば、A/D変換が開始されます。

TPUでは、各チャンネル1本、計6本のTGRAのインพุットキャプチャ/コンペアマッチ割り込みをA/D変換器の変換開始要因とすることができます。

10.8 動作タイミング

10.8.1 入出力タイミング

(1) TCNT のカウントタイミング

内部クロック動作の場合の TCNT のカウントタイミングを図 10.30 に示します。また、外部クロック動作の場合の TCNT のカウントタイミングを図 10.31 に示します。

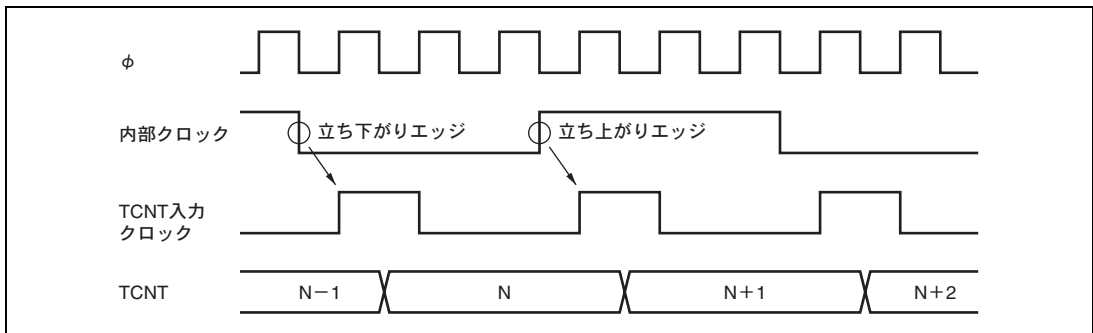


図 10.30 内部クロック動作時のカウントタイミング

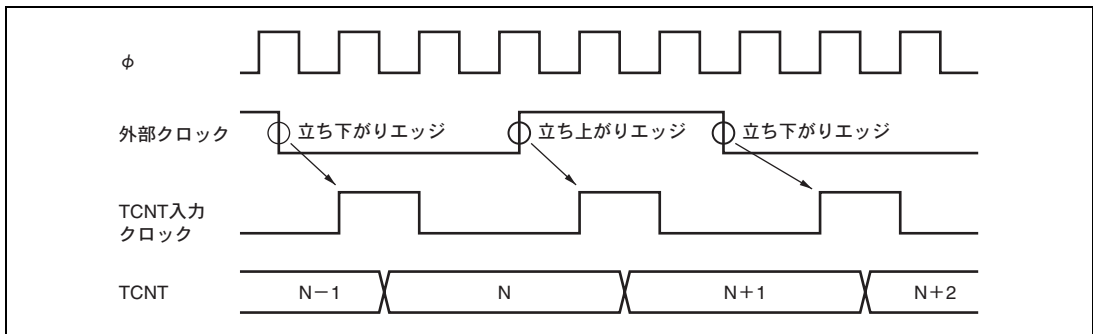


図 10.31 外部クロック動作時のカウントタイミング

(2) アウトプットコンペア出力タイミング

コンペアマッチ信号は、TCNT と TGR が一致した最後のステート (TCNT が一致したカウント値を更新するタイミング) で発生します。コンペアマッチ信号が発生したとき、TIOR で設定した出力値がアウトプットコンペア出力端子 (TIOC 端子) に出力されます。TCNT と TGR が一致したあと、TCNT 入力クロックが発生するまで、コンペアマッチ信号は発生しません。

アウトプットコンペア出力タイミングを図 10.32 に示します。

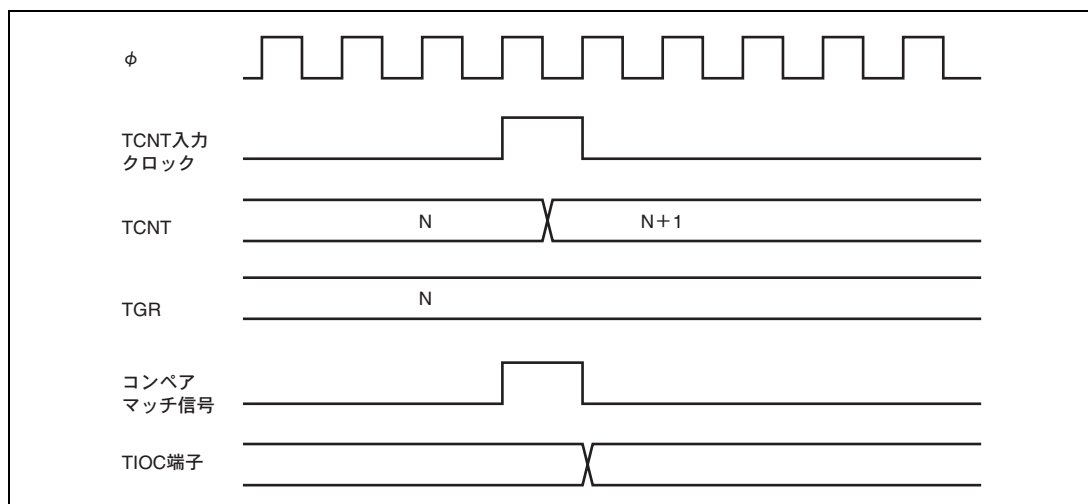


図 10.32 アウトプットコンペア出力タイミング

(3) インプットキャプチャ信号タイミング

インプットキャプチャのタイミングを図 10.33 に示します。

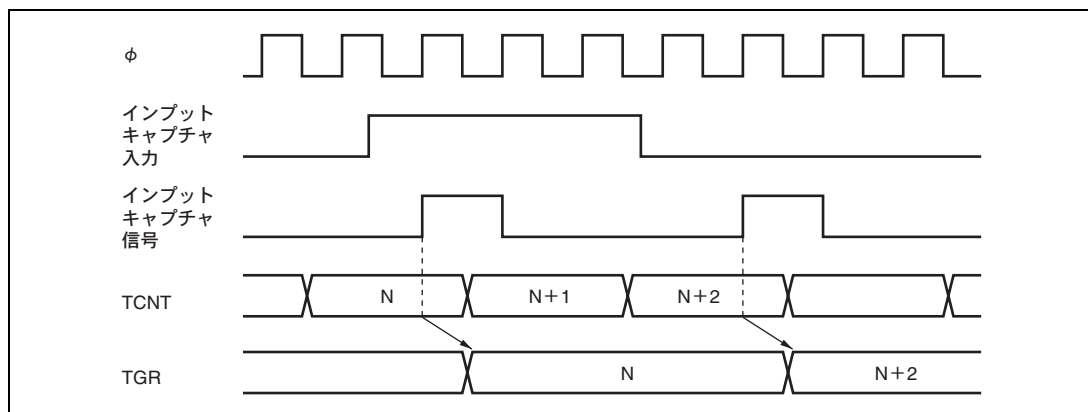


図 10.33 インプットキャプチャ入力信号タイミング

10. 16ビットタイマパルスユニット (TPU)

(4) コンペアマッチ/インプットキャプチャによるカウンタクリアタイミング

コンペアマッチの発生によるカウンタクリアを指定した場合のタイミングを図 10.34 に示します。

インプットキャプチャの発生によるカウンタクリアを指定した場合のタイミングを図 10.35 に示します。

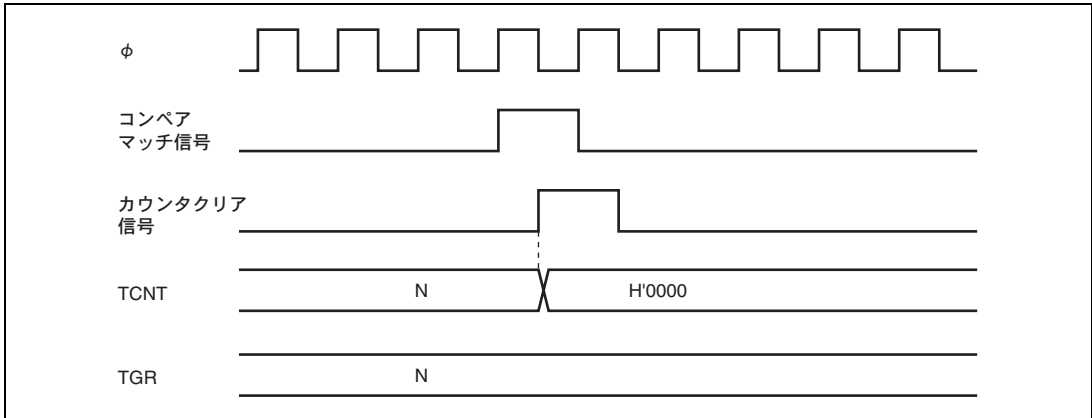


図 10.34 カウンタクリアタイミング (コンペアマッチ)

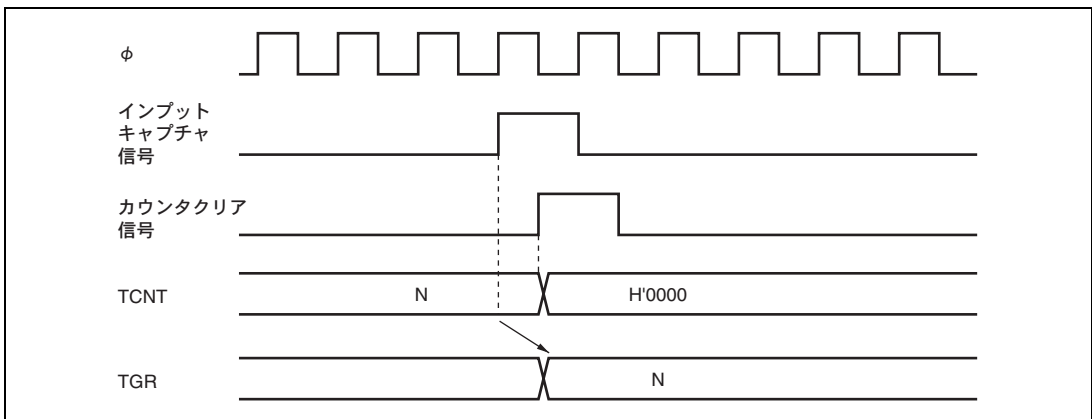


図 10.35 カウンタクリアタイミング (インプットキャプチャ)

(5) バッファ動作タイミング

バッファ動作の場合のタイミングを図 10.36、図 10.37 に示します。

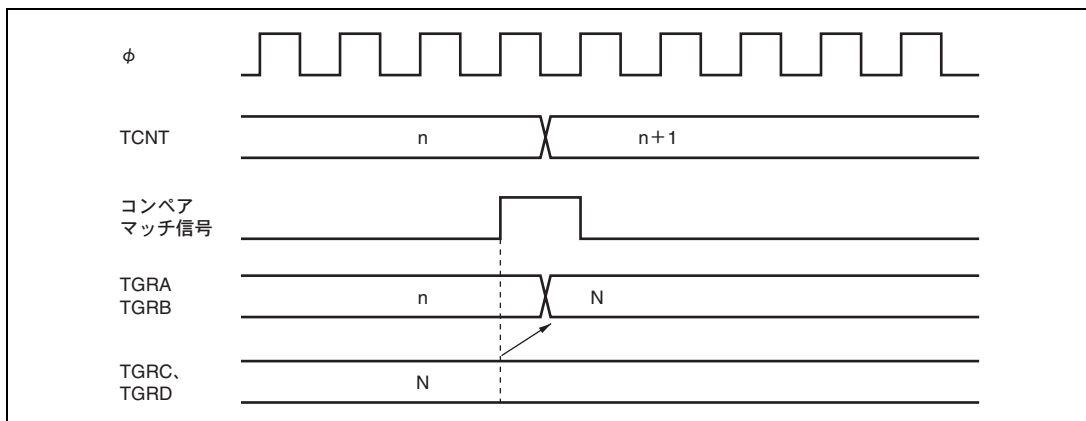


図 10.36 バッファ動作タイミング (コンペアマッチ)

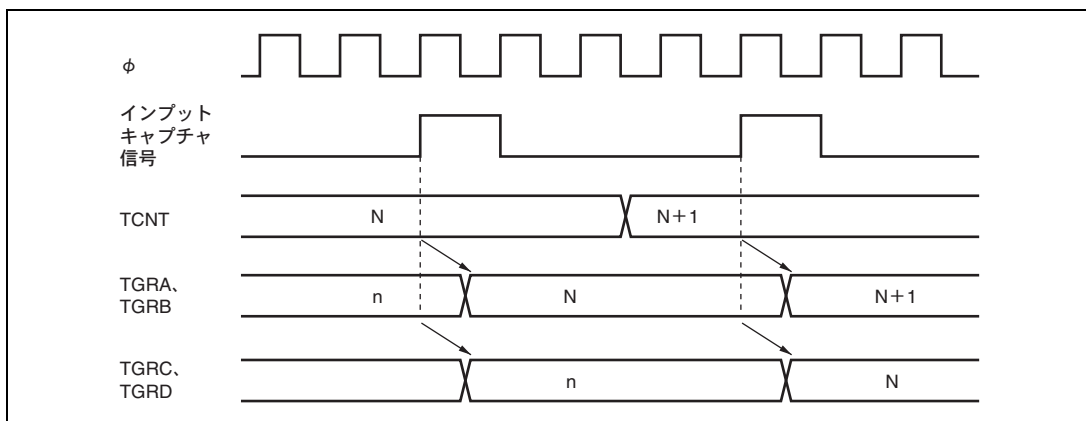


図 10.37 バッファ動作タイミング (インプットキャプチャ)

10.8.2 割り込み信号タイミング

(1) コンペアマッチ時の TGF フラグのセットタイミング

コンペアマッチの発生による TSR の TGF フラグのセットタイミングと、TGI 割り込み要求信号のタイミングを図 10.38 に示します。

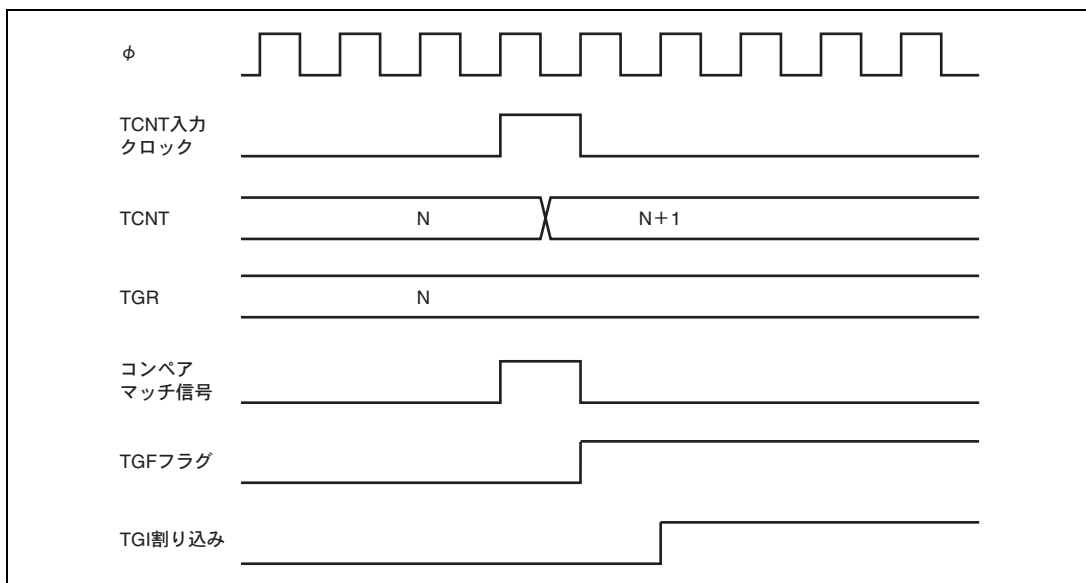


図 10.38 TGI 割り込みタイミング (コンペアマッチ)

(2) インพุットキャプチャ時の TGF フラグのセットタイミング

インพุットキャプチャの発生による TSR の TGF フラグのセットタイミングと、TGI 割り込み要求信号のタイミングを図 10.39 に示します。

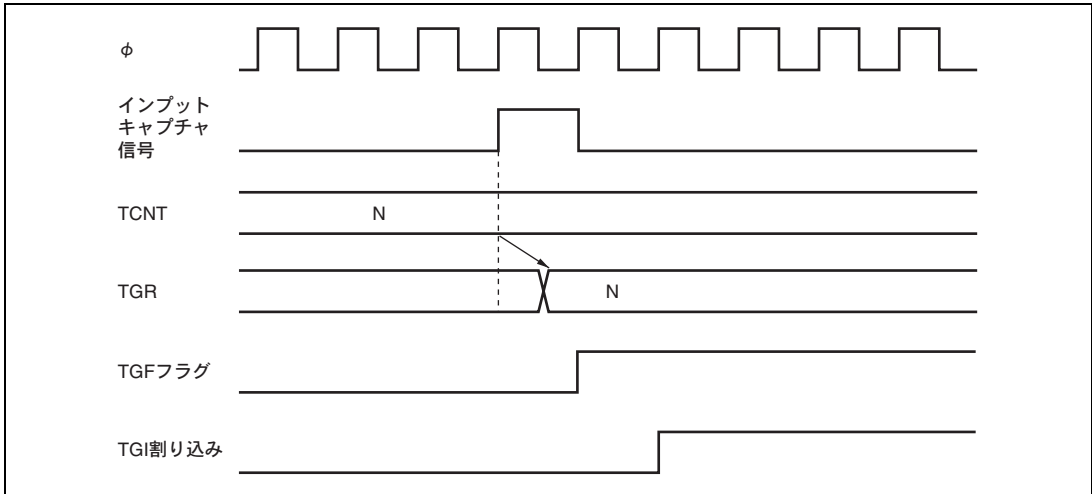


図 10.39 TGI 割り込みタイミング (インพุットキャプチャ)

10. 16 ビットタイマパルスユニット (TPU)

(3) TCFV フラグ/TCFU フラグのセットタイミング

オーバーフローの発生による TSR の TCFV フラグのセットタイミングと、TCIV 割り込み要求信号のタイミングを図 10.40 に示します。

アンダフローの発生による TSR の TCFU フラグのセットタイミングと、TCIU 割り込み要求信号のタイミングを図 10.41 に示します。

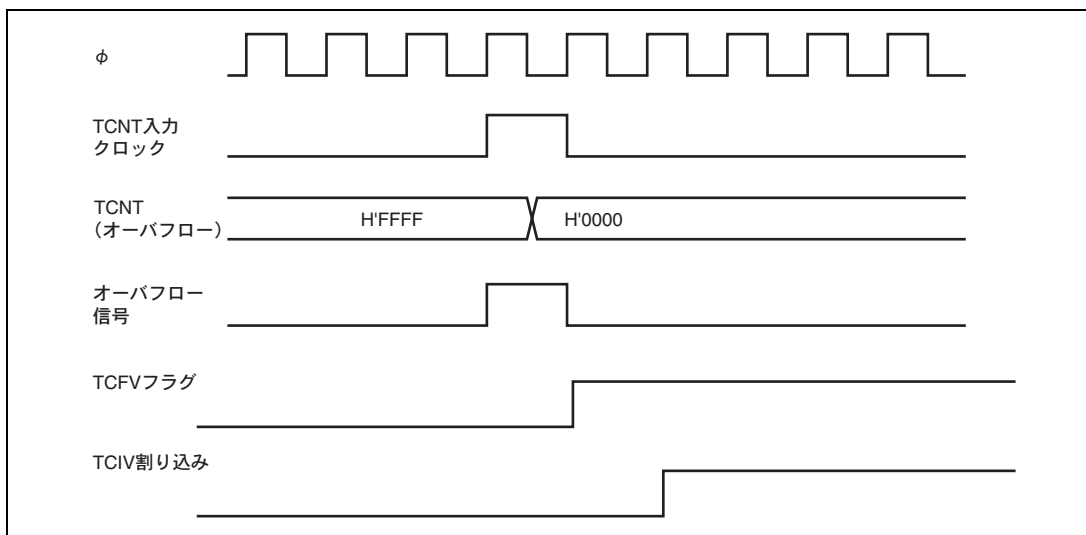


図 10.40 TCIV 割り込みのセットタイミング

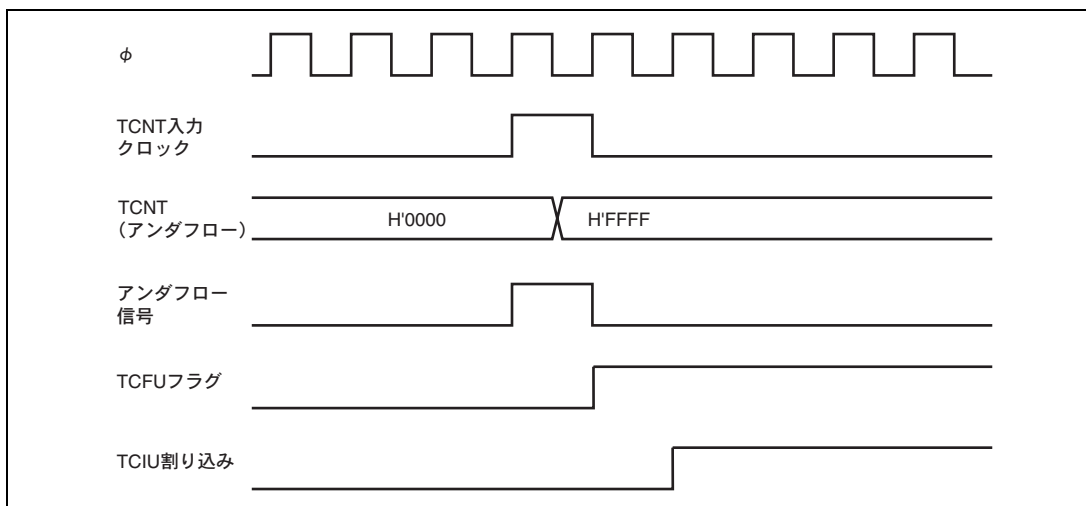


図 10.41 TCIU 割り込みのセットタイミング

(4) ステータスフラグのクリアタイミング

ステータスフラグはCPUが1の状態をリードしたあと、0をライトするとクリアされます。DTCを起動する場合は、自動的にクリアすることもできます。CPUによるステータスフラグのクリアタイミングを図10.42に、DTCによるステータスフラグのクリアのタイミングを図10.43に示します。

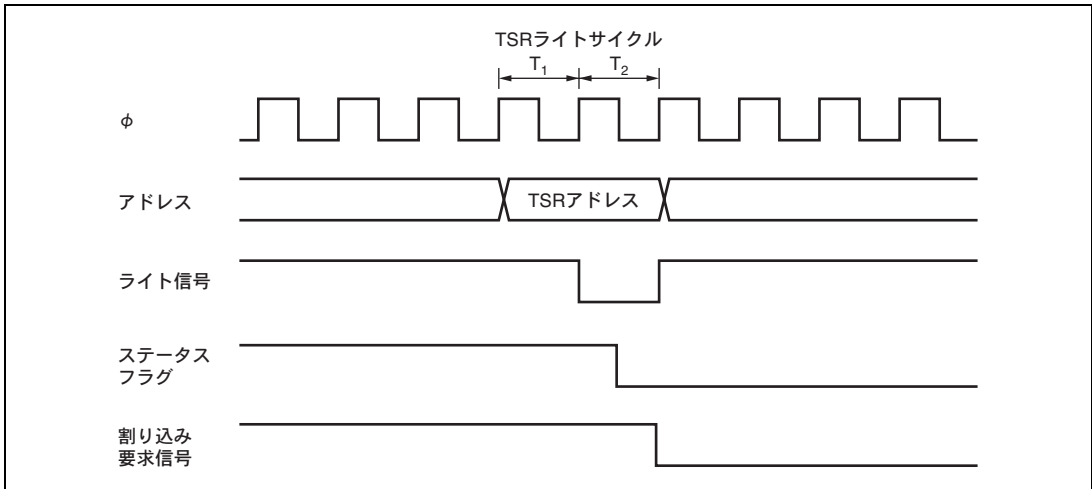


図 10.42 CPUによるステータスフラグのクリアタイミング

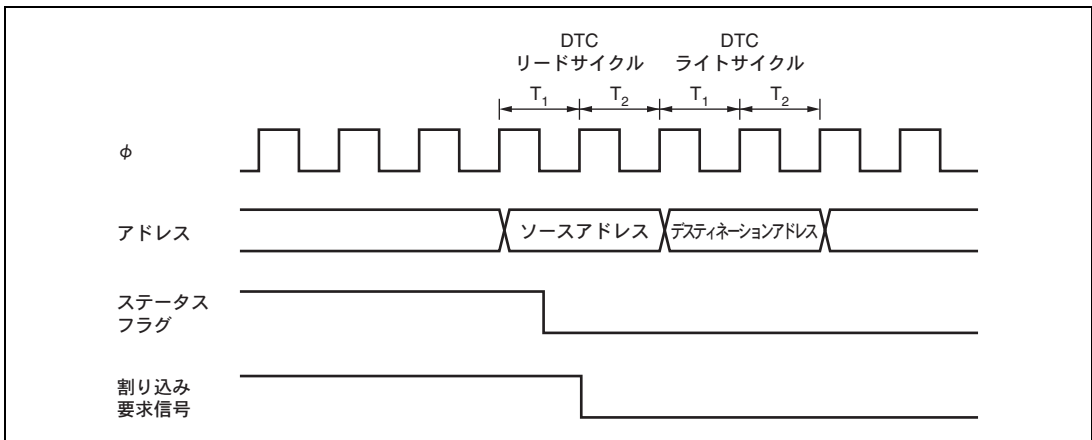


図 10.43 DTCの起動によるステータスフラグのクリアタイミング

10.9 使用上の注意事項

10.9.1 モジュールストップモードの設定

モジュールストップコントロールレジスタにより、TPU の動作禁止/許可を設定することが可能です。初期値では、TPU の動作は停止します。モジュールストップモードを解除することにより、レジスタのアクセスが可能になります。詳細は、「第 18 章 低消費電力状態」を参照してください。

10.9.2 入力クロックの制限事項

入力クロックのパルス幅は、単エッジの場合は 1.5 ステートクロック以上、両エッジの場合は 2.5 ステート以上が必要です。これ以下のパルス幅では正しく動作しませんのでご注意ください。

位相計数モードの場合は、2 本の入力クロックの位相差およびオーバーラップはそれぞれ 1.5 ステート以上、パルス幅は 2.5 ステート以上が必要です。位相計数モードの入力クロックの条件を図 10.44 に示します。

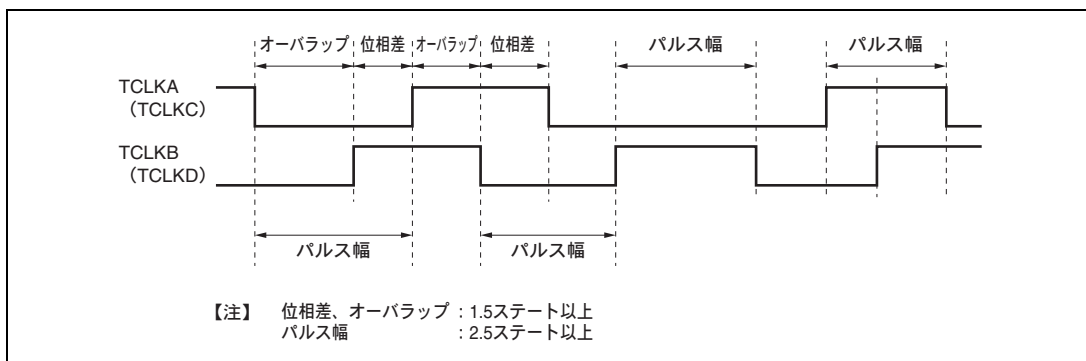


図 10.44 位相計数モード時の位相差、オーバーラップ、およびパルス幅

10.9.3 周期設定上の注意事項

コンペアマッチによるカウンタクリアを設定した場合、TCNT は TGR の値と一致した最後のステート (TCNT が一致したカウント値を更新するタイミング) でクリアされます。このため、実際のカウンタの周波数は次の式のようになります。

$$f = \frac{\phi}{(N+1)}$$

f : カウンタ周波数

ϕ : 動作周波数

N : TGR の設定値

10.9.4 TCNT のライトとクリアの競合

TCNT のライトサイクル中の T_2 ステートでカウンタクリア信号が発生すると、TCNT へのライトは行われずに TCNT のクリアが優先されます。

このタイミングを図 10.45 に示します。

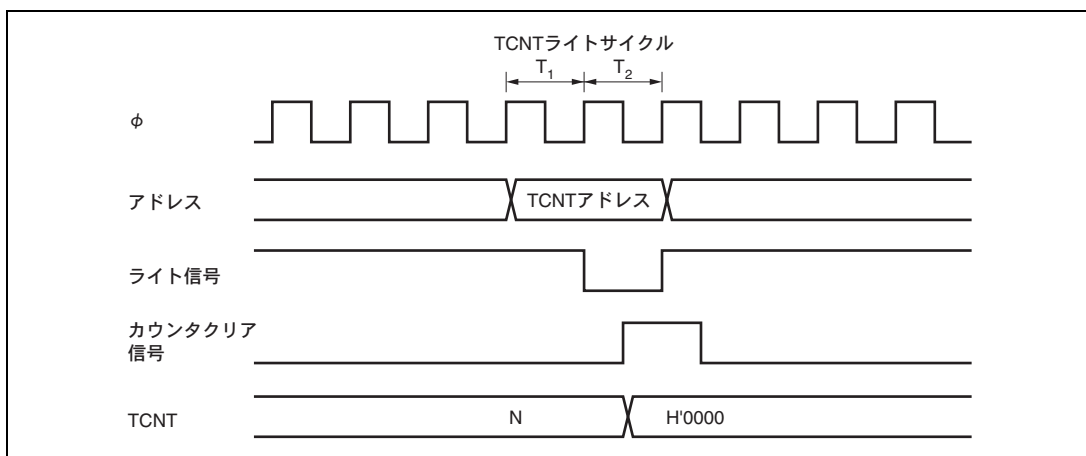


図 10.45 TCNT のライトとクリアの競合

10.9.5 TCNT のライトとカウントアップの競合

TCNT のライトサイクル中の T_2 ステートでカウントアップが発生してもカウントアップされず、TCNT へのライトが優先されます。

このタイミングを図 10.46 に示します。

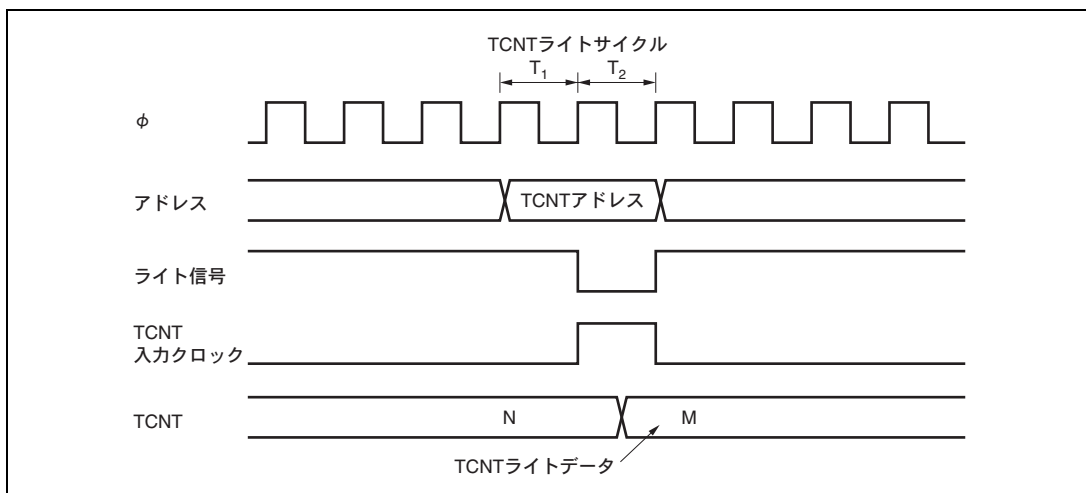


図 10.46 TCNT のライトとカウントアップの競合

10.9.6 TGR のライトとコンペアマッチの競合

TGR のライトサイクル中の T_2 ステートでコンペアマッチが発生しても TGR のライトが優先され、コンペアマッチ信号は禁止されます。前回と同じ値をライトした場合でもコンペアマッチは発生しません。

このタイミングを図 10.47 に示します。

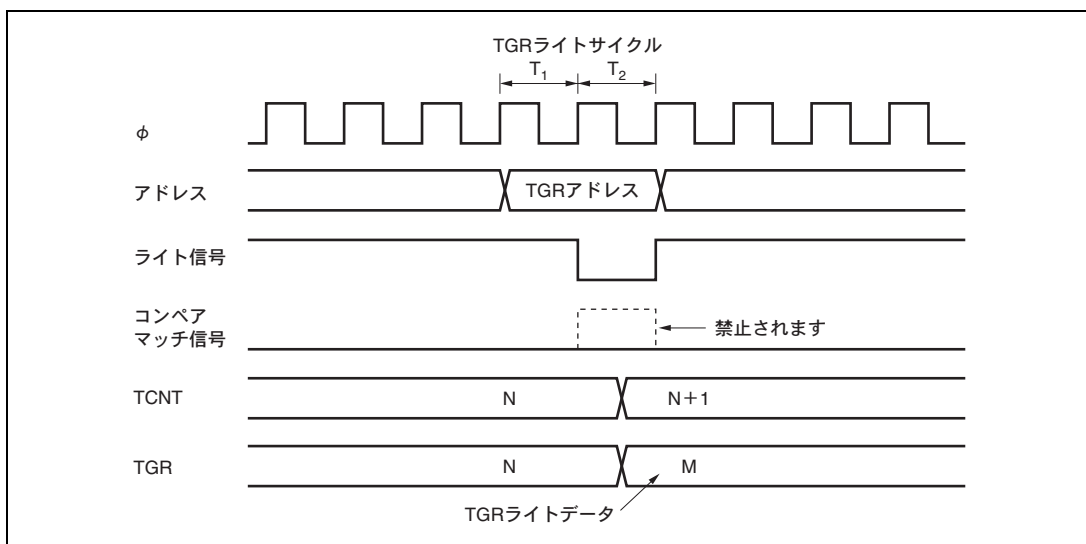


図 10.47 TGR のライトとコンペアマッチの競合

10.9.7 バッファレジスタのライトとコンペアマッチの競合

TGR のライトサイクル中の T_2 ステートでコンペアマッチが発生すると、バッファ動作によって TGR に転送されるデータはライトデータとなります。

このタイミングを図 10.48 に示します。

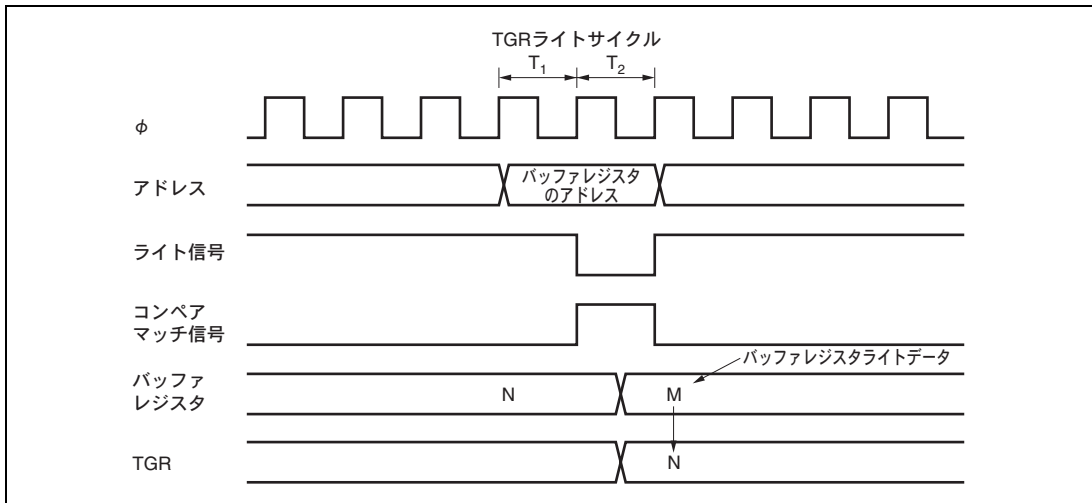


図 10.48 バッファレジスタのライトとコンペアマッチの競合

10.9.8 TGR のリードとインプットキャプチャの競合

TGR のリードサイクル中の T_1 ステートでインプットキャプチャ信号が発生すると、リードされるデータはインプットキャプチャ転送後のデータとなります。

このタイミングを図 10.49 に示します。

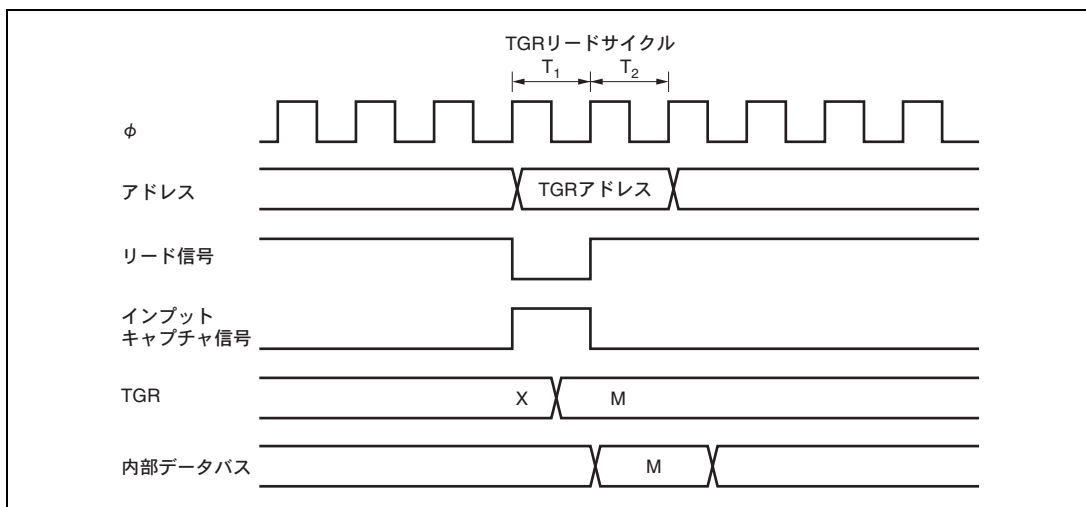


図 10.49 TGR のリードとインプットキャプチャの競合

10.9.9 TGR のライトとインプットキャプチャの競合

TGR のライトサイクル中の T_2 ステートでインプットキャプチャ信号が発生すると、TGR へのライトは行われず、インプットキャプチャが優先されます。

このタイミングを図 10.50 に示します。

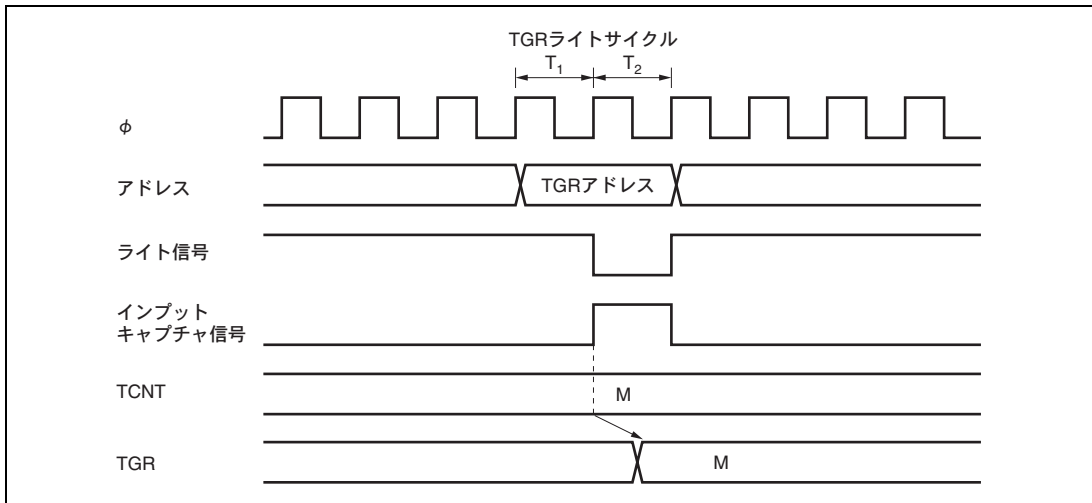


図 10.50 TGR のライトとインプットキャプチャの競合

10.9.10 バッファレジスタのライトと入力キャプチャの競合

バッファレジスタのライトサイクル中の T_2 ステートで入力キャプチャ信号が発生すると、バッファレジスタへのライトは行われず、バッファ動作が優先されます。

このタイミングを図 10.51 に示します。

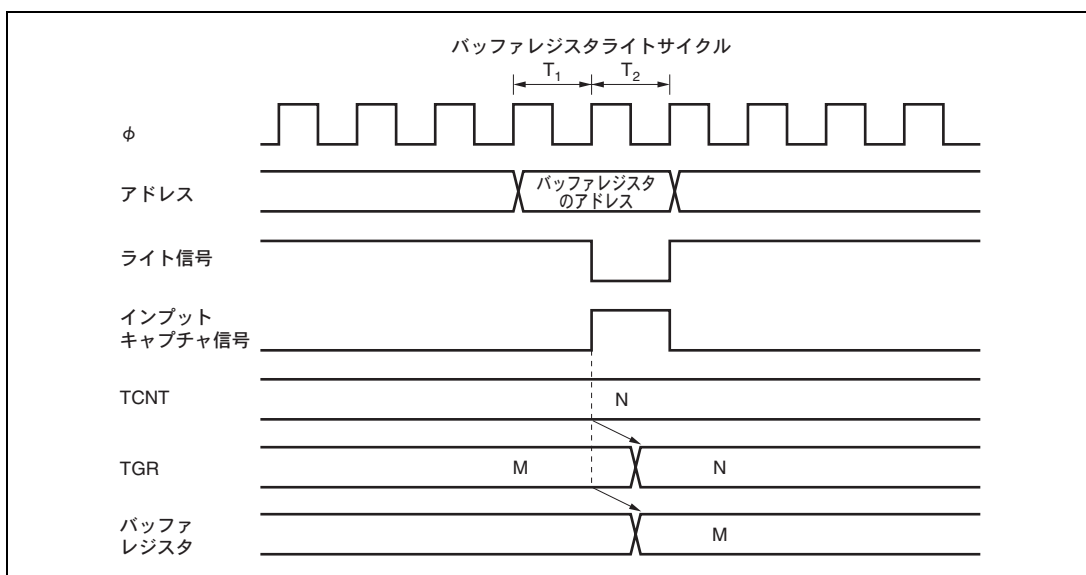


図 10.51 バッファレジスタのライトと入力キャプチャの競合

10.9.11 オーバフロー／アンダフローとカウンタクリアの競合

オーバフロー／アンダフローとカウンタクリアが同時に発生すると、TSR の TCFV / TCFU フラグはセットされず、TCNT のクリアが優先されます。

TGR のコンペアマッチをクリア要因とし、TGR に H'FFFF を設定した場合の動作タイミングを図 10.52 に示します。

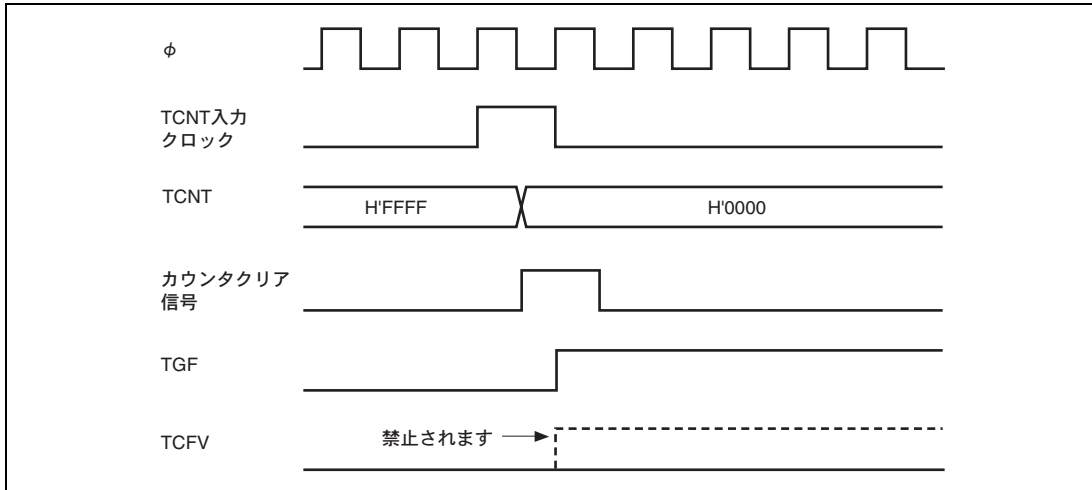


図 10.52 オーバフローとカウンタクリアの競合

10.9.12 TCNT のライトとオーバーフロー／アンダフローの競合

TCNT のライトサイクル中の T_2 ステートでカウントアップ／カウントダウンが発生し、オーバーフロー／アンダフローが発生しても TCNT へのライトが優先され、TSR の TCFV / TCFU フラグはセットされません。

TCNT のライトとオーバーフロー競合時の動作タイミングを図 10.53 に示します。

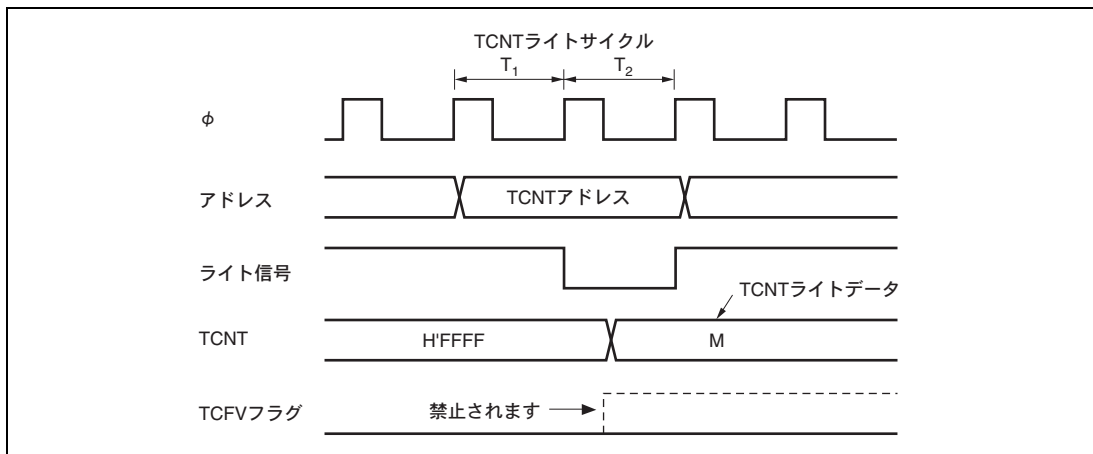


図 10.53 TCNT のライトとオーバーフローの競合

10.9.13 入出力端子の兼用

本 LSI では、TCLKA 入力と TIOCC0 入出力、TCLKB 入力と TIOCD0 入出力、TCLKC 入力と TIOCB1 入出力、TCLKD 入力と TIOCB2 入出力の端子がそれぞれ兼用になっています。外部クロックを入力する場合には、兼用されている端子からコンペアマッチ出力を行わないでください。

10.9.14 モジュールストップ時の割り込み

割り込みが要求された状態でモジュールストップモードにすると、CPU の割り込み要因、または DTC の起動要因のクリアができません。事前に割り込みをディスエーブルしてからモジュールストップモードとしてください。

11. プログラマブルパルスジェネレータ (PPG)

プログラマブルパルスジェネレータ (PPG) は 16 ビットタイマパルスユニット (TPU) をタイムベースとしてパルスを出力します。PPG は 4 ビット単位のパルス出力グループ 3、2 から構成されており、これらは同時に動作させることも、独立に動作させることもできます。PPG のブロック図を図 11.1 に示します。

11.1 特長

- 出力データ 8 ビット
- 2 系統の出力可能
- 出力トリガ信号を選択可能
- ノンオーバーラップ動作可能
- データトランスファコントローラ (DTC) との連携動作可能
- 反転出力の指定可能
- モジュールストップモードの設定可能

11. プログラマブルパルスジェネレータ (PPG)

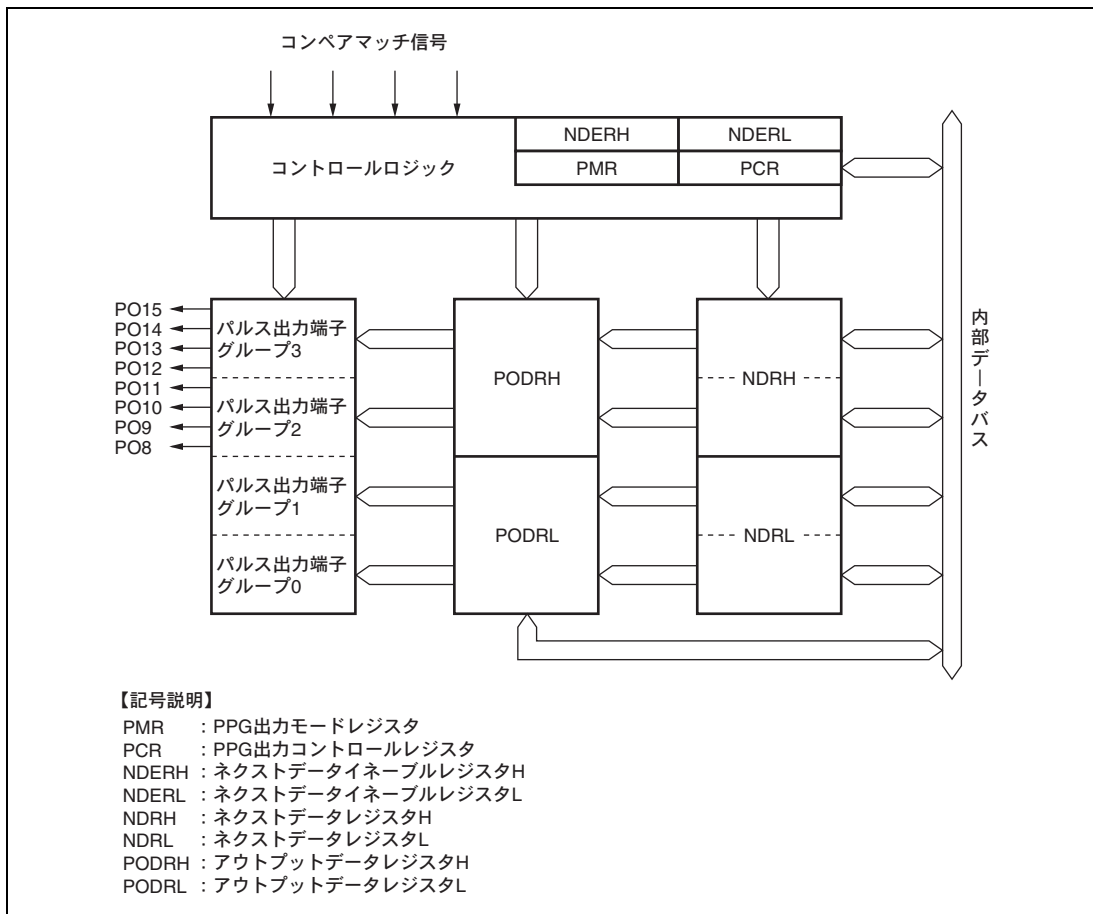


図 11.1 PPG のブロック図

11.2 入出力端子

PPGには表 11.1 の入出力端子があります。

表 11.1 PPGの入出力端子

端子名	入出力	機 能
PO15	出力	パルス出力グループ 3 のパルス出力
PO14	出力	
PO13	出力	
PO12	出力	
PO11	出力	パルス出力グループ 2 のパルス出力
PO10	出力	
PO9	出力	
PO8	出力	

11.3 レジスタの説明

PPGには以下のレジスタがあります。

- PPG出力コントロールレジスタ (PCR)
- PPG出力モードレジスタ (PMR)
- ネクストデータイネーブルレジスタH (NDERH)
- ネクストデータイネーブルレジスタL (NDERL)
- アウトプットデータレジスタH (PODRH)
- アウトプットデータレジスタL (PODRL)
- ネクストデータレジスタH (NDRH)
- ネクストデータレジスタL (NDRL)

11. プログラマブルパルスジェネレータ (PPG)

11.3.1 ネクストデータイネーブルレジスタ H、L (NDERH、NDERL)

NDERH、NDERL は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタで、PPG によるパルス出力端子をビット単位で選択します。PPG によってパルスを出力するためには、このほかに対応する DDR を 1 にセットする必要があります。

• NDERH

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	NDER15	0	R/W	ネクストデータイネーブル 15~8 1 にセットすると選択された出力トリガによって NDRH の対応するビットから PODRH ヘデータが転送されます。クリアされているビットは NDRH から PODRH へのデータ転送は行われません。
6	NDER14	0	R/W	
5	NDER13	0	R/W	
4	NDER12	0	R/W	
3	NDER11	0	R/W	
2	NDER10	0	R/W	
1	NDER9	0	R/W	
0	NDER8	0	R/W	

• NDERL

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	NDER7	0	R/W	ネクストデータイネーブル 7~0 1 にセットすると選択された出力トリガによって NDRL の対応するビットから PODRL ヘデータが転送されます。クリアされているビットは NDRL から PODRL へのデータ転送は行われません。
6	NDER6	0	R/W	
5	NDER5	0	R/W	
4	NDER4	0	R/W	
3	NDER3	0	R/W	
2	NDER2	0	R/W	
1	NDER1	0	R/W	
0	NDER0	0	R/W	

11.3.2 アウトプットデータレジスタ H、L (PODRH、PODRL)

PODRH、PODRL は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタで、パルス出力値が格納されます。NDER によりパルス出力に設定されたビットはリード専用となり、ライトできません。

• PODRH

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7	POD15	0	R/W	アウトプットデータレジスタ 15~8 NDERH によりパルス出力に設定されたビットは PPG 動作中、出力トリガによって NDRH の値がこのレジスタに転送されます。NDERH が 1 にセットされている期間 CPU からはライトできません。NDERH がクリアされている状態ではパルスの初期出力値を設定することができます。
6	POD14	0	R/W	
5	POD13	0	R/W	
4	POD12	0	R/W	
3	POD11	0	R/W	
2	POD10	0	R/W	
1	POD9	0	R/W	
0	POD8	0	R/W	

• PODRL

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7	POD7	0	R/W	アウトプットデータレジスタ 7~0 NDERL によりパルス出力に設定されたビットは PPG 動作中、出力トリガによって NDRL の値がこのレジスタに転送されます。NDERL が 1 にセットされている期間 CPU からはライトできません。NDERL がクリアされている状態ではパルスの初期出力値を設定することができます。
6	POD6	0	R/W	
5	POD5	0	R/W	
4	POD4	0	R/W	
3	POD3	0	R/W	
2	POD2	0	R/W	
1	POD1	0	R/W	
0	POD0	0	R/W	

11. プログラマブルパルスジェネレータ (PPG)

11.3.3 ネクストデータレジスタ H、L (NDRH、NDRL)

NDRH、NDRL は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタで、パルス出力の次のデータを格納します。NDR のアドレスは、パルス出力グループの出力トリガを同一に設定した場合と、異なる出力トリガを選択した場合とで異なります。

- NDRH

パルス出力グループ 2、3 の出力トリガを同一にすると、以下のように 8 ビットすべて同一アドレスにマッピングされ、8 ビット同時にアクセスできます。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	NDR15	0	R/W	ネクストデータレジスタ 15~8 PCR で指定した出力トリガにより、このレジスタの内容が PODRH の対応するビットに転送されます。
6	NDR14	0	R/W	
5	NDR13	0	R/W	
4	NDR12	0	R/W	
3	NDR11	0	R/W	
2	NDR10	0	R/W	
1	NDR9	0	R/W	
0	NDR8	0	R/W	

パルス出力グループ 2 とパルス出力グループ 3 で異なる出力トリガを選択すると、以下のように上位 4 ビットと下位 4 ビットは異なるアドレスにマッピングされます。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	NDR15	0	R/W	ネクストデータレジスタ 15~12 PCR で指定した出力トリガにより、このレジスタの内容が PODRH の対応するビットに転送されます。
6	NDR14	0	R/W	
5	NDR13	0	R/W	
4	NDR12	0	R/W	
3~0	—	すべて 1	—	リザーブビット リードすると常に 1 がリードされ、ライトは無効です。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7~4	—	すべて 1	—	リザーブビット リードすると常に 1 がリードされ、ライトは無効です。
3	NDR11	0	R/W	ネクストデータレジスタ 11~8 PCR で指定した出力トリガにより、このレジスタの内容が PODRH の対応するビットに転送されます。
2	NDR10	0	R/W	
1	NDR9	0	R/W	
0	NDR8	0	R/W	

11. プログラマブルパルスジェネレータ (PPG)

- NDRL

パルス出力グループ 0、1 の出力トリガを同一にすると、以下のように 8 ビットすべて同一アドレスにマッピングされ、8 ビット同時にアクセスできます。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7	NDR7	0	R/W	ネクストデータレジスタ 7~0 PCR で指定した出力トリガにより、このレジスタの内容が PODRL の対応するビットに転送されます。
6	NDR6	0	R/W	
5	NDR5	0	R/W	
4	NDR4	0	R/W	
3	NDR3	0	R/W	
2	NDR2	0	R/W	
1	NDR1	0	R/W	
0	NDR0	0	R/W	

パルス出力グループ 0 とパルス出力グループ 1 で異なる出力トリガを選択すると、以下のように上位 4 ビットと下位 4 ビットは異なるアドレスにマッピングされます。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7	NDR7	0	R/W	ネクストデータレジスタ 7~4 PCR で指定した出力トリガにより、このレジスタの内容が PODRL の対応するビットに転送されます。
6	NDR6	0	R/W	
5	NDR5	0	R/W	
4	NDR4	0	R/W	
3~0	—	すべて 1	—	リザーブビット リードすると常に 1 がリードされ、ライトは無効です。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7~4	—	すべて 1	—	リザーブビット リードすると常に 1 がリードされ、ライトは無効です。
3	NDR3	0	R/W	ネクストデータレジスタ 3~0 PCR で指定した出力トリガにより、このレジスタの内容が PODRL の対応するビットに転送されます。
2	NDR2	0	R/W	
1	NDR1	0	R/W	
0	NDR0	0	R/W	

11. プログラマブルパルスジェネレータ (PPG)

11.3.4 PPG 出力コントロールレジスタ (PCR)

PCR は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタでパルス出力トリガ信号をグループ単位で選択します。出力トリガの選択については「11.3.5 PPG 出力モードレジスタ (PMR)」をあわせて参照してください。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7 6	G3CMS1 G3CMS0	1 1	R/W R/W	グループ 3 コンペアマッチセレクト 1、0 パルス出力グループ 3 の出力トリガを選択します。 00 : TPU チャンネル 0 のコンペアマッチ 01 : TPU チャンネル 1 のコンペアマッチ 10 : TPU チャンネル 2 のコンペアマッチ 11 : TPU チャンネル 3 のコンペアマッチ
5 4	G2CMS1 G2CMS0	1 1	R/W R/W	グループ 2 コンペアマッチセレクト 1、0 パルス出力グループ 2 の出力トリガを選択します。 00 : TPU チャンネル 0 のコンペアマッチ 01 : TPU チャンネル 1 のコンペアマッチ 10 : TPU チャンネル 2 のコンペアマッチ 11 : TPU チャンネル 3 のコンペアマッチ
3 2	G1CMS1 G1CMS0	1 1	R/W R/W	リザーブビット
1 0	G0CMS1 G0CMS0	1 1	R/W R/W	リザーブビット

11.3.5 PPG 出力モードレジスタ (PMR)

PMR は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタで、PPG のパルス出力モードをグループ単位で設定します。反転出力に設定すると PODRH の値が 1 のとき端子に Low レベルを、PODRH の値が 0 のとき端子に High レベルを出力します。また、ノンオーバーラップ動作に設定すると PPG は、出力トリガとなる TPU のコンペアマッチ A、B で出力値を更新します。詳細は、「11.4.5 パルス出力ノンオーバーラップ動作」を参照してください。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	G3INV	1	R/W	グループ 3 インバート パルス出力グループ 3 を直接出力させるか反転出力させるかを選択します。 0: 反転出力 1: 直接出力
6	G2INV	1	R/W	グループ 2 インバート パルス出力グループ 2 を直接出力させるか反転出力させるかを選択します。 0: 反転出力 1: 直接出力
5, 4	—	すべて 1	R/W	リザーブビット
3	G3NOV	0	R/W	グループ 3 ノンオーバーラップ パルス出力グループ 3 を通常動作させるか、ノンオーバーラップ動作させるかを選択します。 0: 通常動作 (選択された TPU のコンペアマッチ A で出力値を更新) 1: ノンオーバーラップ動作 (選択された TPU のコンペアマッチ A、B で出力値を更新)
2	G2NOV	0	R/W	グループ 2 ノンオーバーラップ パルス出力グループ 2 を通常動作させるか、ノンオーバーラップ動作させるかを選択します。 0: 通常動作 (選択された TPU のコンペアマッチ A で出力値を更新) 1: ノンオーバーラップ動作 (選択された TPU のコンペアマッチ A、B で出力値を更新)
1, 0	—	すべて 0	R/W	リザーブビット

11.4 動作説明

11.4.1 概要

PPG 概要図を図 11.2 に示します。PPG は、PIDDR、NDER の対応するビットをそれぞれ 1 にセットすることよりのパルス出力状態となります。初期出力値は対応する PODR の初期設定値により決まります。その後、PCR で指定したコンペアマッチが発生すると、対応する NDR の値がそれぞれ PODR に転送されて出力値が更新されます。次のコンペアマッチが発生するまでに NDR に出力データをライトすることにより、コンペアマッチのたびに最大 8 ビットのデータを順次出力することができます。

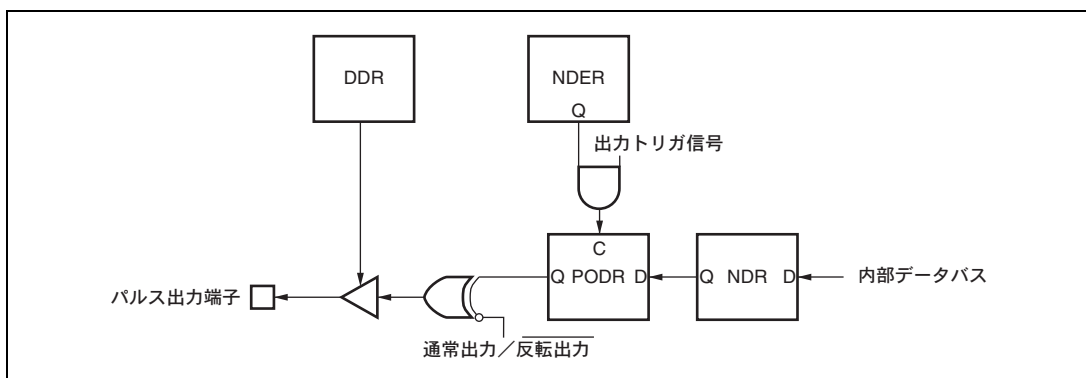


図 11.2 PPG 概要図

11.4.2 出力タイミング

パルス出力許可状態で指定されたコンペアマッチが発生すると、NDR の内容が PODR に転送され、出力されます。このタイミングを図 11.3 に示します。コンペアマッチ A により、グループ 2、3 で通常出力を行った場合の例です。

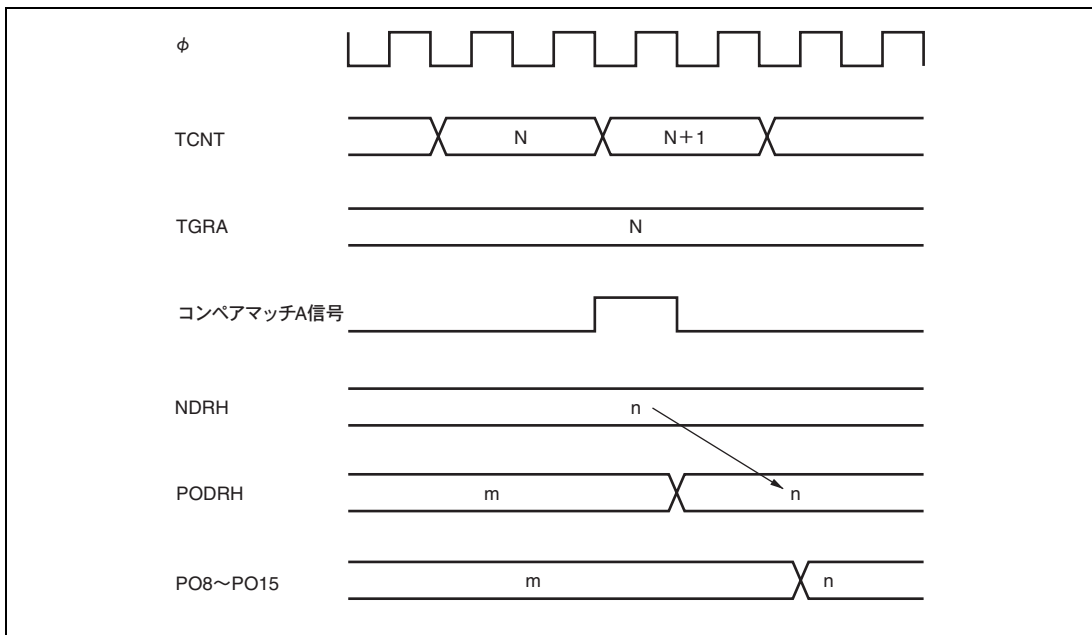


図 11.3 NDR の内容が転送・出力されるタイミング例

11. プログラマブルパルスジェネレータ (PPG)

11.4.3 通常動作のパルス出力設定手順例

パルス出力通常動作の設定手順例を図 11.4 に示します。

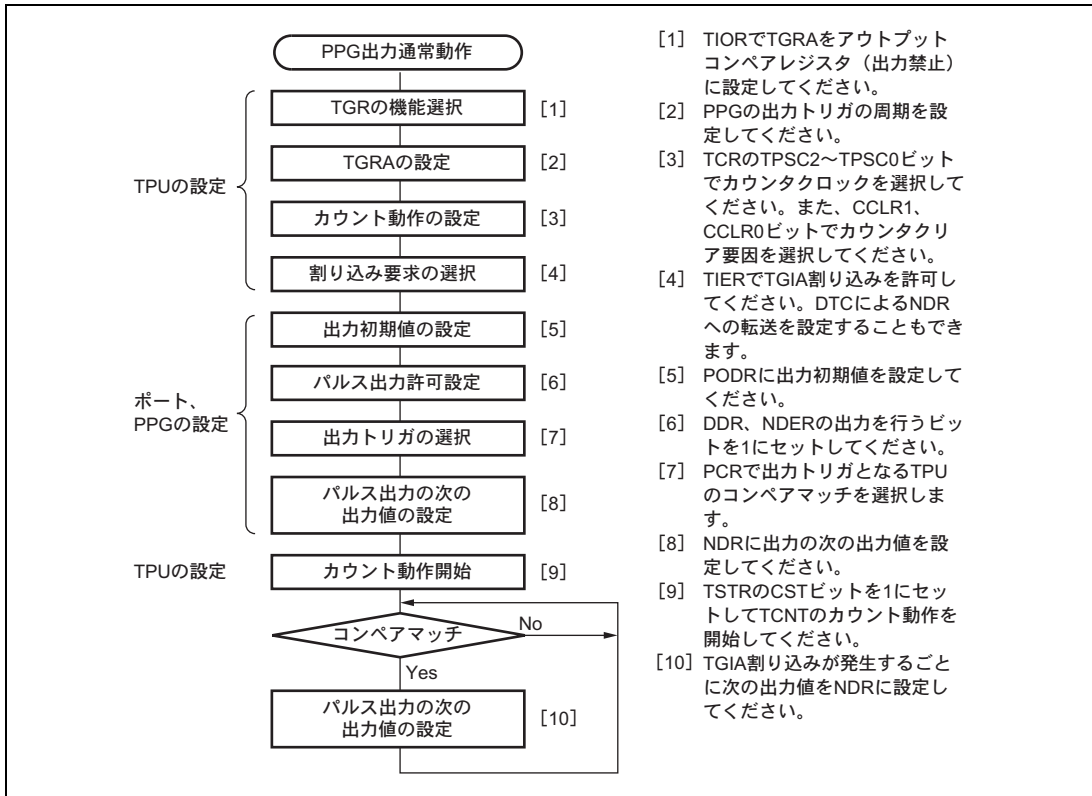


図 11.4 パルス出力通常動作の設定手順例

11.4.4 パルス出力通常動作例 (5相パルス出力例)

パルス出力を使用して一定周期で5相パルスを出力させた例を図 11.5 に示します。

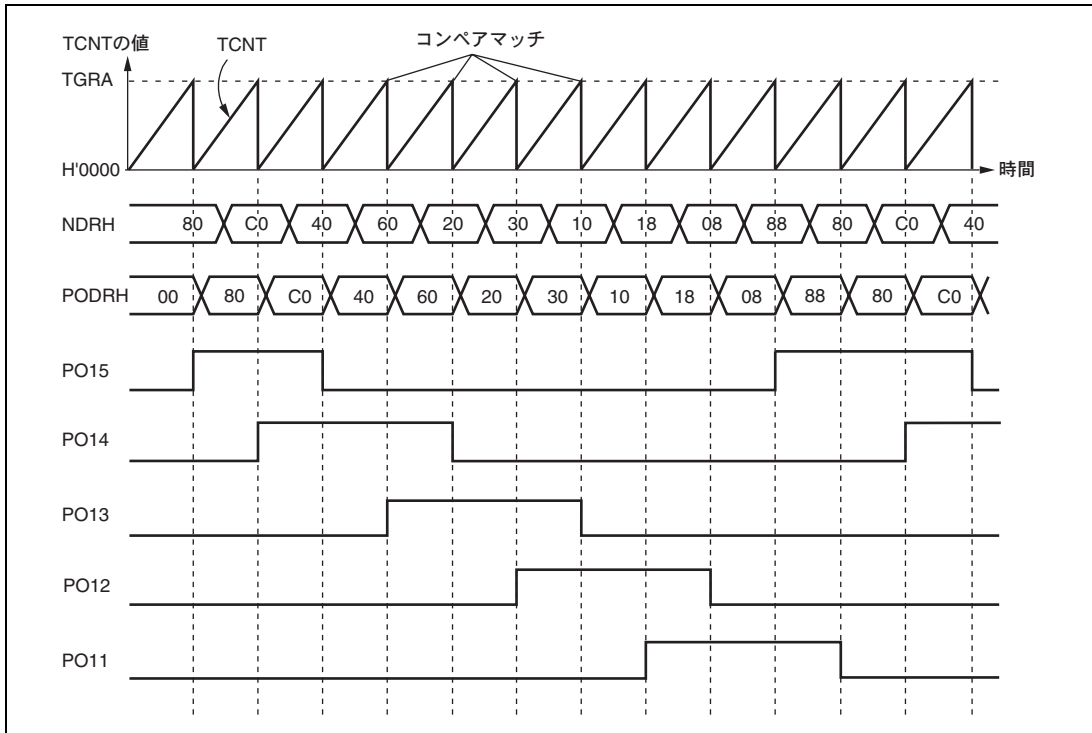


図 11.5 パルス出力通常動作例 (5相パルス出力例)

- 出力トリガとするTPUのTGRAをアウトプットコンペアレジスタに設定します。TGRAには周期を設定し、コンペアマッチAによるカウンタクリアを選択します。また、TIERのTGIEAビットを1にセットして、コンペアマッチ/インプットキャプチャA (TGIA) 割り込みを許可します。
- P1DDR、NDRHにH'F8をライトし、PCRのG3CMS1、G3CMS0ビットおよびG2CMS1、G2CMS0により、1で選択したTPUのコンペアマッチに出力トリガを設定します。NDRHに出力データH'80をライトします。
- TPU当該チャンネルの動作を開始しコンペアマッチAが発生すると、NDRHの内容がPODRHに転送され出力されます。TGIA割り込み処理でNDRHに次の出力データH'C0をライトします。
- 以後、TGIA割り込みで順次H'40、H'60、H'20、H'30、H'10、H'18、H'08、H'88、…をライトすることで、5相の1-2相パルス出力を行うことができます。

TGIA割り込みでDTCを起動するように設定すれば、CPUの負荷なくパルス出力を行うことができます。

11. プログラマブルパルスジェネレータ (PPG)

11.4.5 パルス出力ノンオーバーラップ動作

ノンオーバーラップ動作時の NDR から PODR への転送は以下のようになっています。

- コンペアマッチAではNDRの内容を常にPODRへ転送します。
- コンペアマッチBではNDRの転送するビットの内容が0のときのみ転送を行います。1のときは転送を行いません。

ノンオーバーラップ時のパルス出力動作を図 11.6 に示します。

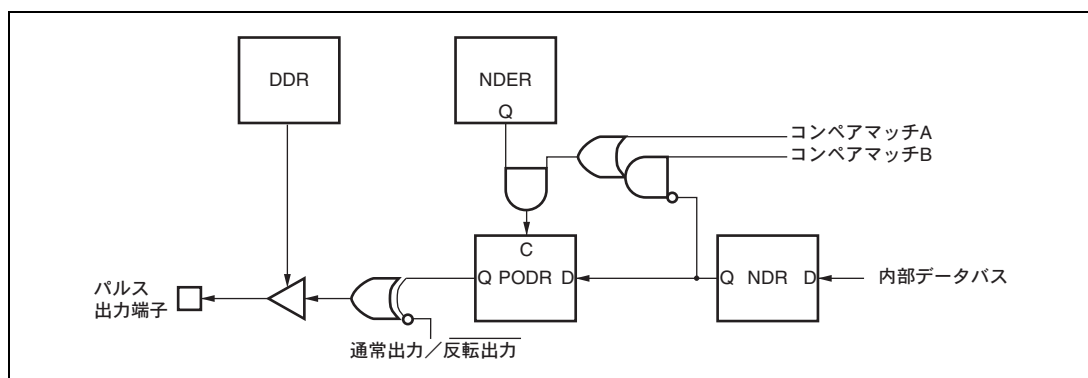


図 11.6 パルス出力ノンオーバーラップ動作

したがって、コンペアマッチ B をコンペアマッチ A よりも先に発生させることにより、0 データの転送を 1 データの転送に先立って行うことが可能です。

この場合、コンペアマッチ B が発生したあと、コンペアマッチ A が発生するまで（ノンオーバーラップ期間）の間、NDR の内容を変更しないようにしてください。

これは TGIA 割り込みの割り込み処理ルーチンで NDR に次のデータをライトすることによって実現できます。また、TGIA 割り込みで DTC を起動することもできます。ただし、このライトは次のコンペアマッチ B が発生する前に行ってください。

このタイミングを図 11.7 に示します。

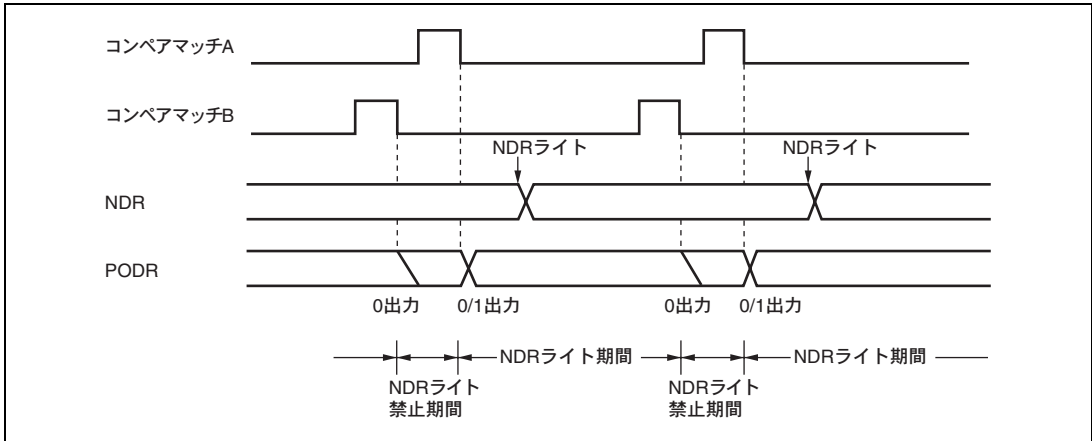


図 11.7 ノンオーバーラップ動作と NDR ライトタイミング

11. プログラマブルパルスジェネレータ (PPG)

11.4.6 ノンオーバーラップ動作のパルス出力設定手順例

パルス出力ノンオーバーラップ動作の設定手順例を図 11.8 に示します。

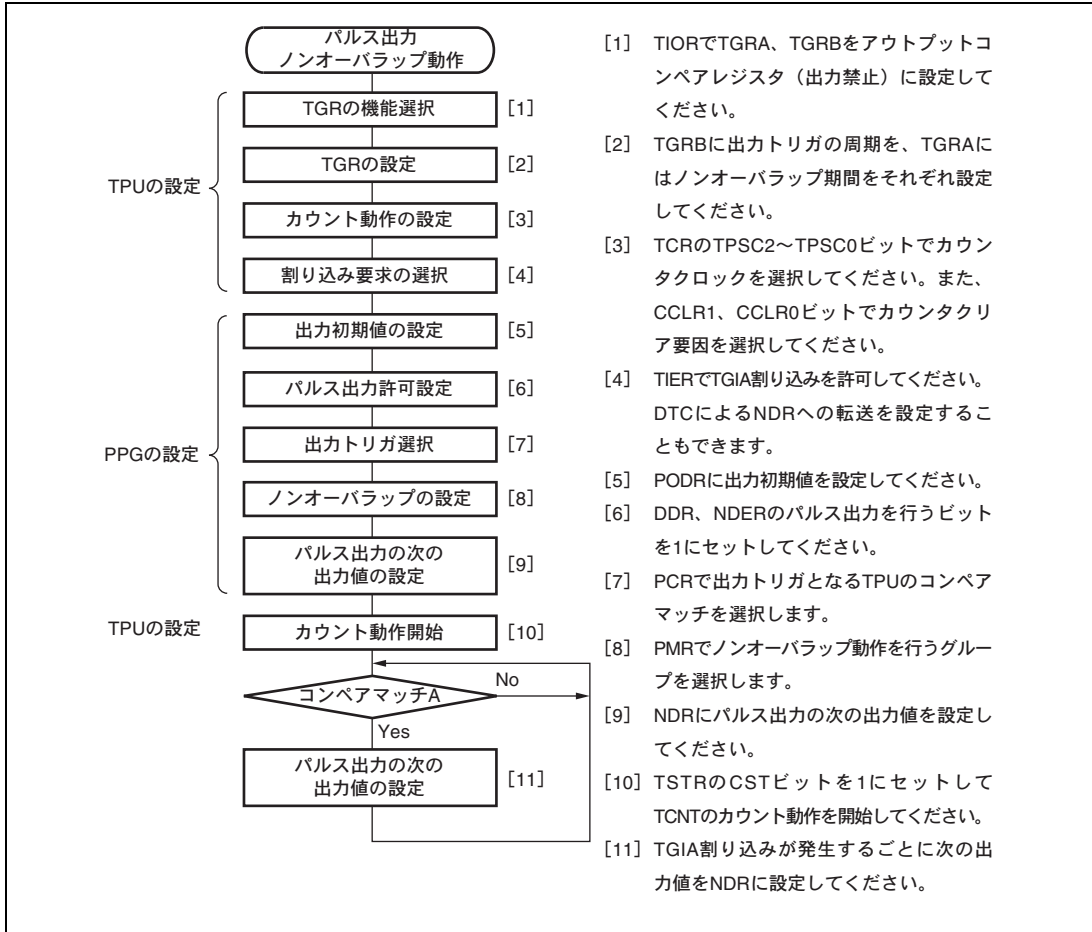


図 11.8 パルス出力ノンオーバーラップ動作の設定手順例

11.4.7 パルス出力ノンオーバーラップ動作例 (4相の相補ノンオーバーラップ出力例)

パルス出力を使用して4相の相補ノンオーバーラップのパルスを出力させた例を図 11.9 に示します。

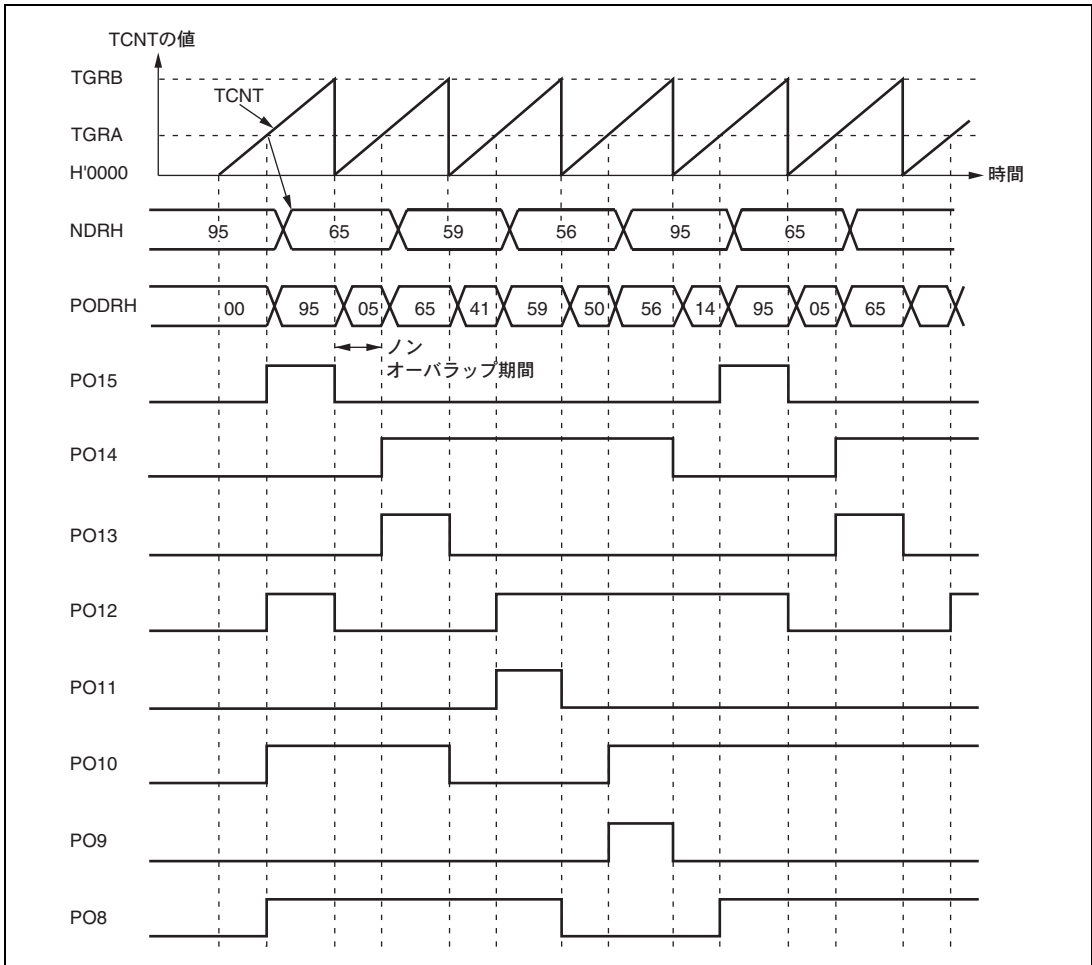


図 11.9 パルス出力ノンオーバーラップ動作例 (4相の相補ノンオーバーラップ出力)

11. プログラマブルパルスジェネレータ (PPG)

1. 出力トリガとするTPUのTGRA、TGRBをアウトプットコンペアレジスタに設定します。TGRBには周期、TGRAにはノンオーバーラップ期間を設定し、コンペアマッチBによるカウンタクリアを選択します。また、TIERのTGIEAビットを1にセットして、TGIA割り込みを許可します。
2. P1DDR、NDRHにH'FFをライトし、PCRのG3CMS1、G3CMS0ビットおよびG2CMS1、G2CMS0ビットにより、1で選択したTPUのコンペアマッチに出力トリガを設定します。
PMRのG3NOV、G2NOVビットをそれぞれ1にセットして、ノンオーバーラップ動作を設定します。
NDRHに出力データH'95をライトします。
3. TPU当該チャネルの動作を開始すると、TGRBのコンペアマッチで1出力→0出力の変化、TGRAのコンペアマッチで0出力→1出力の変化を行います（0出力→1出力の変化はTGRAの設定値分遅延することになります）。TGIA割り込み処理でNDRHに次の出力データH'65をライトします。
4. 以後、TGIA割り込みで順次H'59、H'56、H'95、…をライトすることで、4相の相補ノンオーバーラップ出力を発生することができます。
TGIA割り込みでDTCを起動するように設定すれば、CPUの負荷なくパルス出力を行うことができます。

11.4.8 パルス反転出力

PMR の G3INV、G2INV、G1INV および G0INV を 0 に設定すると、PODR の内容に対する反転値を端子出力することができます。

図 11.9 の設定で、さらに G3INV、G2INV を 0 にしたときの端子出力の様子を図 11.10 に示します。

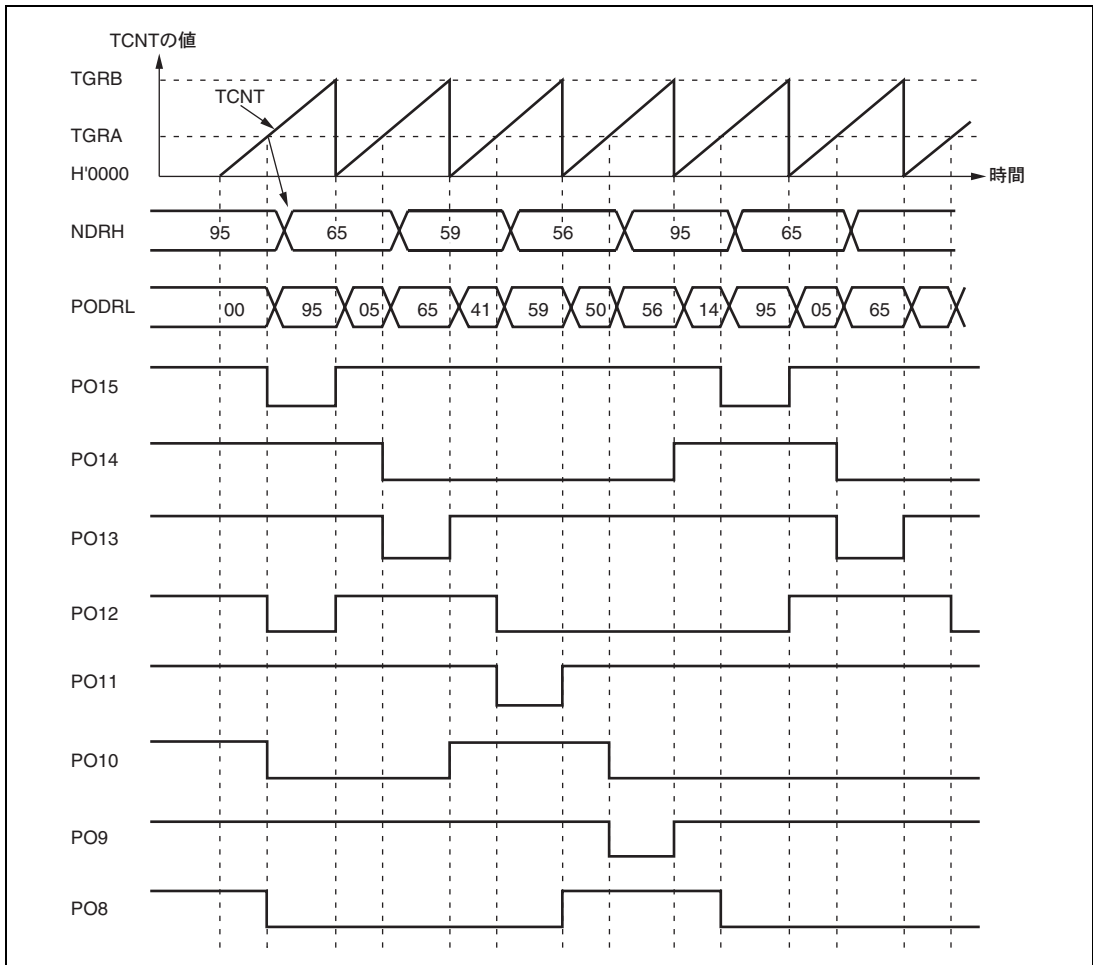


図 11.10 パルス反転出力例

11. プログラマブルパルスジェネレータ (PPG)

11.4.9 インพุットキャプチャによるパルス出力

パルス出力は、TPU のコンペアマッチだけでなく、インพุットキャプチャによっても可能です。PCR によって選択された TPU の TGRA がインพุットキャプチャレジスタとして機能しているとき、インพุットキャプチャ信号によりパルス出力を行います。

このタイミングを図 11.11 に示します。

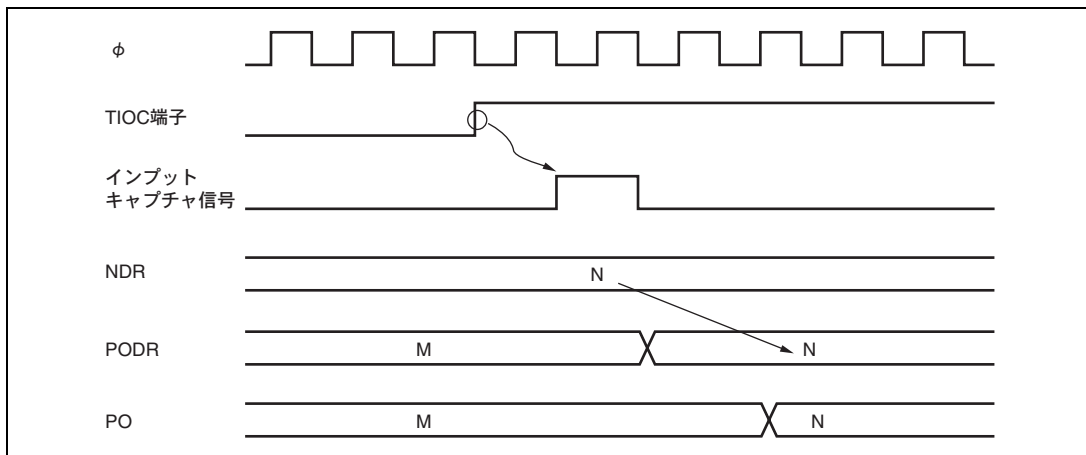


図 11.11 インพุットキャプチャによるパルス出力例

11.5 使用上の注意事項

11.5.1 モジュールストップモードの設定

モジュールストップコントロールレジスタにより、PPG の動作禁止/許可を設定することが可能です。初期値では、PPG の動作は停止します。モジュールストップモードを解除することにより、レジスタのアクセスが可能になります。詳細は、「第 18 章 低消費電力状態」を参照してください。

11.5.2 パルス出力端子の動作

PO8～PO15 は TPU などの他の周辺機能の端子と兼用になっています。これらの端子は、他の周辺機能が出力許可状態になっているときには、パルス出力を行うことができません。ただし、NDR から PODR への転送は、端子の状態にかかわらず常に行うことが可能です。

端子機能の変更は、出力トリガが発生しない状態で行ってください。

12. ウォッチドッグタイマ (WDT)

ウォッチドッグタイマ (WDT) は 8 ビットのタイマで、システムの暴走などによりカウンタの値が書き換えられずにオーバーフローすると本 LSI 内部をリセットすることができます。

ウォッチドッグタイマとして使用しない場合は、インターバルタイマとして使用することもできます。インターバルタイマとして使用する場合は、カウンタがオーバーフローするごとにインターバルタイマ割り込みを発生します。WDT のブロック図を図 12.1 に示します。

12.1 特長

- 8種類のカウント入力クロックを選択可能
- ウォッチドッグタイマモードとインターバルタイマモードを切り替え可能

ウォッチドッグタイマモード

- カウンタがオーバーフローすると、本LSI内部をリセットするかしないかを選択可能

インターバルタイマモード

- カウンタがオーバーフローすると、インターバルタイマ割り込み (WOVI) を発生

12. ウォッチドッグタイマ (WDT)

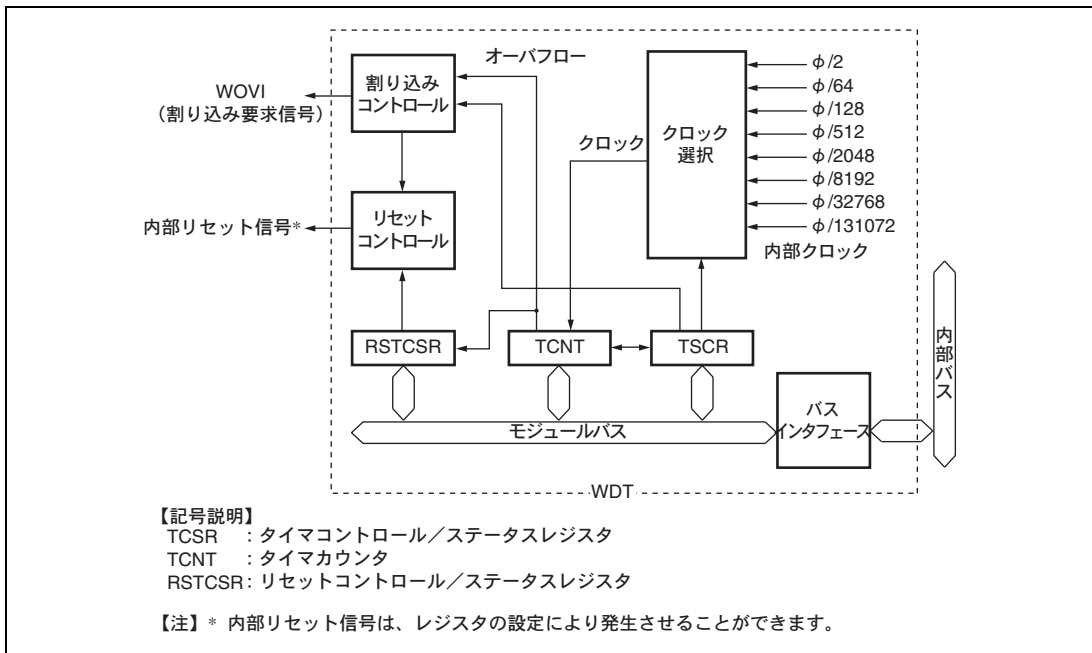


図 12.1 WDT のブロック図

12.2 レジスタの説明

WDTには、以下のレジスタがあります。TCSR、TCNT、RSTCSRは容易に書き換えられないように、ライト方法が一般のレジスタと異なっています。詳細は、「12.5.1 レジスタアクセス時の注意」を参照してください。

- タイマコントロール/ステータスレジスタ (TCSR)
- タイマカウンタ (TCNT)
- リセットコントロール/ステータスレジスタ (RSTCSR)

12.2.1 タイマカウンタ (TCNT)

TCNTは、リード/ライト可能な8ビットのアップカウンタです。TCNTは、タイマコントロール/ステータスレジスタ (TCSR) のTMEビットが0のとき、H'00に初期化されます。

12.2.2 タイマコントロール/ステータスレジスタ (TCSR)

TCSR は、リード/ライト可能な 8 ビットのレジスタで、TCNT に入力するクロック、モードの選択などを行います。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	OVF	0	R/(W)*	<p>オーバーフローフラグ</p> <p>TCNT がオーバーフローしたことを示します。フラグをクリアするための 0 クリアのみ可能です。</p> <p>[セット条件]</p> <ul style="list-style-type: none"> • TCNT がオーバーフロー (H'FF→H'00) したとき <p>ただし、ウォッチドッグタイマモードで、内部リセット要求を選択した場合は、セット後、内部リセットにより自動的にクリアされます。</p> <p>[クリア条件]</p> <ul style="list-style-type: none"> • OVF=1 の状態で、TCSR をリード後、OVF に 0 をライトしたとき
6	WT/IT	0	R/W	<p>タイマモードセレクト</p> <p>ウォッチドッグタイマとして使用するか、インターバルタイマとして使用するかを選択します。</p> <p>0 : インターバルタイマモード 1 : ウォッチドッグタイマモード</p>
5	TME	0	R/W	<p>タイマイネーブル</p> <p>このビットを 1 にセットすると TCNT がカウントを開始します。クリアすると TCNT はカウント動作を停止し、H'00 に初期化されます。</p>
4, 3	—	すべて 1	—	<p>リザーブビット</p> <p>リードすると常に 1 がリードされます。ライトは無効です。</p>
2	CKS2	0	R/W	<p>クロックセレクト 2~0</p> <p>TCNT に入力するクロックを選択します。() 内は $\phi=20\text{MHz}$ のときのオーバーフロー周期を表します。</p> <p>000 : クロック $\phi/2$ (周期 25.6μs) 001 : クロック $\phi/64$ (周期 819.2μs) 010 : クロック $\phi/128$ (周期 1.6ms) 011 : クロック $\phi/512$ (周期 6.6ms) 100 : クロック $\phi/2048$ (周期 26.2ms) 101 : クロック $\phi/8192$ (周期 104.9ms) 110 : クロック $\phi/32768$ (周期 419.4ms) 111 : クロック $\phi/131072$ (周期 1.68s)</p>
1	CKS1	0	R/W	
0	CKS0	0	R/W	

【注】 * フラグをクリアするための 0 ライトのみ可能です。

12. ウォッチドッグタイマ (WDT)

12.2.3 リセットコントロール/ステータスレジスタ (RSTCSR)

RSTCSR は、リード/ライト可能な 8 ビットのレジスタで、TCNT のオーバーフローによる内部リセット信号の発生を制御し、内部リセット信号の種類を選択します。RSTCSR は、 $\overline{\text{RES}}$ 端子からのリセット信号で H'1F に初期化されます。WDT のオーバーフローによる内部リセット信号では初期化されません。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	WOVF	0	R/(W)*	ウォッチドッグタイマオーバーフローフラグ ウォッチドッグタイマモードで、TCNT がオーバーフローするとセットされます。インターバルタイマモードではセットされません。0 ライトのみ可能です。 [セット条件] • ウォッチドッグタイマモードで TCNT がオーバーフロー (H'FF→H'00) したとき [クリア条件] • 1 の状態をリードしたあと、0 をライトしたとき
6	RSTE	0	R/W	リセットイネーブル ウォッチドッグタイマモードで TCNT のオーバーフローにより LSI 内部をリセットするかどうかを選択します。 0 : TCNT がオーバーフローしても、内部はリセットされません。 (本 LSI 内部はリセットされませんが、WDT 内の TCNT、TCSR はリセットされます。) 1 : TCNT がオーバーフローすると内部がリセットされます。
5	RSTS	0	R/W	リセットセレクト ウォッチドッグタイマモードで TCNT がオーバーフローして発生する、内部リセットの種類を選択します。 0 : パワーオンリセット 1 : 設定禁止
4~0	—	すべて 1	—	リザーブビット リードすると常に 1 がリードされます。ライトは無効です。

【注】 * フラグをクリアするための 0 ライトのみ可能です。

12.3 動作説明

12.3.1 ウォッチドッグタイマモード

ウォッチドッグタイマモードとして使用するとき、TCSR の WT/IT ビット=1 に、TME ビット=1 に設定してください。

ウォッチドッグタイマとして動作しているとき、システムの暴走などにより TCNT の値が書き換えられずオーバフローすると、内部リセットが発生し LSI 内部をリセットすることができます。

システムが正常に動作している間は、TCNT のオーバフローは発生しません。TCNT がオーバフローする前に必ず TCNT の値を書き換えて（通常は H'00 をライトする）、オーバフローを発生させないようにプログラムしてください。

このとき、RSTCSR の RSTS ビット=0 に設定して、パワーオンリセットを選択してください。

内部リセット信号は、518 ステートの間出力されます。

$\overline{\text{RES}}$ 端子からの入力信号によるリセットと WDT のオーバフローによるリセットが同時に発生したときは、 $\overline{\text{RES}}$ 端子によるリセットが優先され、RSTCSR の WOVF ビットは 0 にクリアされます。

WDTOVF 信号は、RSTCSR の RSTE ビット=1 のとき 132 ステート、RSTE ビット=0 のとき 130 ステートの間出力されます。

ウォッチドッグタイマモードで TCNT がオーバフローすると、RSTCSR の WOVF ビットが 1 にセットされます。また、RSTCSR の RSTE ビットが 1 にセットしてあると、TCNT がオーバフローしたとき、本 LSI 全体に対して内部リセット信号を発生します。

12.3.2 インターバルタイマモード時

インターバルタイマとして動作しているときは、TCNT がオーバフローするごとにインターバルタイマ割り込み (WOVI) が発生します。したがって、一定時間ごとに、割り込みを発生させることができます。

インターバルタイマモードで TCNT がオーバフローすると、TCSR の OVF ビットが 1 にセットされ、同時にインターバルタイマ割り込み (WOVI) が要求されます。

12.4 割り込み要因

インターバルタイマモード時、オーバフローによりインターバルタイマ割り込み (WOVI) を発生します。インターバルタイマ割り込みは、TCSR の OVF フラグが 1 にセットされると常に要求されます。割り込み処理ルーチンで必ず OVF を 0 にクリアしてください。

表 12.1 WDT の割り込み要因

名称	割り込み要因	割り込みフラグ	DTC の起動
WOVI	TCNT のオーバフロー	WOVF	不可

12.5 使用上の注意事項

12.5.1 レジスタアクセス時の注意

TCNT、TCSR、RSTCSR は、容易に書き換えられないように、ライト方法が一般のレジスタと異なっています。次の方法で、リード/ライトを行ってください。

(1) TCNT、TCSR、RSTCSR へのライト

TCNT、TCSR へライトするときは、必ずワード転送命令を使用してください。バイト転送命令では、ライトできません。

ライト時は、TCNT と TCSR が同一アドレスに割り当てられています。このため、図 12.2 に示すようにしてデータを転送してください。転送すると、下位バイトのデータが TCNT または TCSR へライトされます。

RSTCSR へライトするときは、アドレス H'FF76 に対してワード転送を行ってください。バイト転送命令では、ライトできません。

WOVF ビットへ 0 をライトする場合と、RSTE ビットと RSTS ビットにライトする場合では、ライトの方法が異なります。このため、図 12.2 に示すようにしてデータを転送してください。

転送すると、WOVF ビットが 0 にクリアされます。このとき、RSTE、RSTS ビットは影響を受けません。RSTE、RSTS ビットにライトするときは、図 12.2 に示すようにしてデータを転送してください。転送すると、下位バイトのビット 6 と 5 の値が RSTE ビットと RSTS ビットにそれぞれライトされます。このとき、WOVF ビットは影響を受けません。

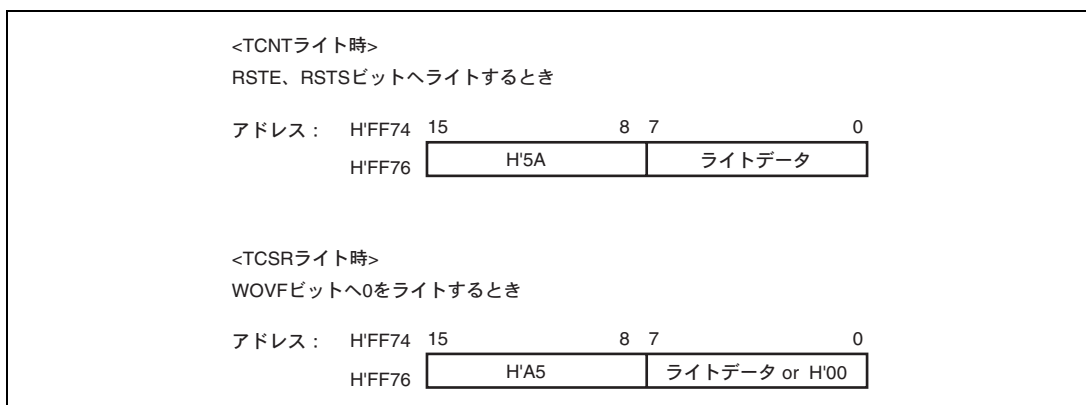


図 12.2 TCNT、TCSR、RSTCSR へのライト

(2) TCNT、TCSR、RSTCSR からのリード

リードは、一般のレジスタと同様の方法で行うことができます。TCSR はアドレス H'FF74 に、TCNT はアドレス H'FF75 に、RSTCSR はアドレス H'FF77 にそれぞれ割り当てられています。

12.5.2 タイマカウンタ (TCNT) のライトとカウントアップの競合

TCNT のライトサイクル中の T_2 ステートでカウントアップが発生しても、カウントアップされずに TCNT へのカウンタライトが優先されます。これを図 12.3 に示します。

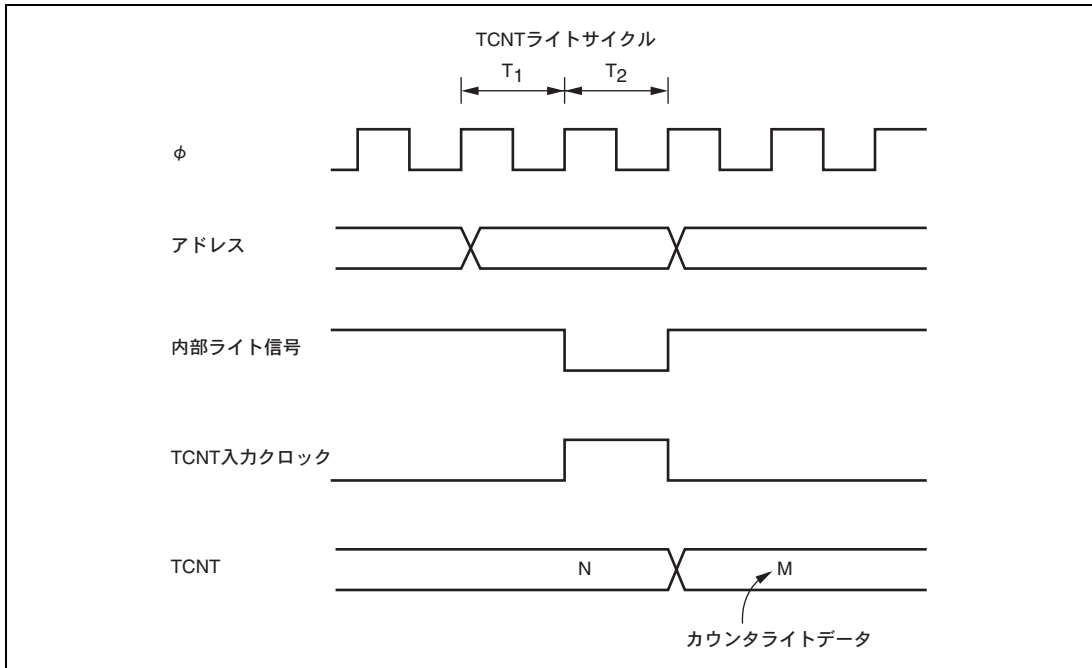


図 12.3 TCNT のライトとカウントアップの競合

12.5.3 CKS2～CKS0 ビットの書き換え

WDT の動作中に TCSR の CKS2～CKS0 ビットを書き換えると、カウントアップが正しく行われない場合があります。CKS2～CKS0 ビットを書き換えるときは、必ず WDT を停止させてから (TME ビットを 0 にクリアしてから) 行ってください。

12.5.4 ウォッチドッグタイマモードとインターバルタイマモードの切り替え

WDT の動作中にウォッチドッグタイマモードとインターバルタイマモードを切り替えると、正しい動作が行われない場合があります。タイマモードの切り替えは、必ず WDT を停止させてから (TME ビットを 0 にクリアしてから) 行ってください。

12. ウォッチドッグタイマ (WDT)

12.5.5 ウォッチドッグタイマモードでの内部リセット

ウォッチドッグタイマモード時に RSTE ビットを 0 にしておくこと、TCNT がオーバーフローしても本 LSI 内部をリセットしませんが、WDT の TCNT、TCSR はリセットされます。

オーバーフローが発生してから 132 ステートの期間は、TCNT、TCSR、RSTCR へのライトはできません。また、この期間は WOVF フラグのリードも認識されません。そのため、WOVF フラグのクリアは、オーバーフローが発生してから 132 ステート待ったあと、WOVF フラグに 0 をライトしてください。

12.5.6 インターバルタイマモードでの OVF フラグのクリア

インターバルタイマモード時に、OVF フラグのセットと OVF フラグのリードが競合した場合、OVF=1 の状態をリードしたにもかかわらず、OVF に 0 をライトしてもフラグがクリアされないことがあります。インターバルタイマ割り込みを禁止して、OVF フラグをポーリングする場合など、OVF フラグのセットとリードが競合する可能性がある場合は、フラグをクリアする際に、少なくとも OVF=1 の状態を 2 回以上リードしてから OVF に 0 をライトしてください。

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

本 LSI は独立した 3 チャンネルのシリアルコミュニケーションインタフェース (SCI : Serial Communication Interface) を備えています。SCI は、調歩同期式とクロック同期式の 2 方式のシリアル通信が可能です。調歩同期方式では Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART) や、Asynchronous Communication Interface Adapter (ACIA) などの標準の調歩同期式通信用 LSI とのシリアル通信ができます。また、調歩同期式モードでは複数のプロセッサ間のシリアル通信機能 (マルチプロセッサ通信機能) を備えています。このほか、SCI は調歩同期式モードの拡張機能として、ISO/IEC 7816-3 (Identification Card) に準拠したスマートカード (IC カード) インタフェースをサポートしています。SCI のブロック図を図 13.1 に示します。

13.1 特長

- シリアルデータ通信フォーマットを調歩同期式またはクロック同期式に設定可能
- 全二重通信が可能
独立した送信部と受信部を備えているので、送信と受信を同時に行うことができます。また、送信部と受信部は共にダブルバッファ構造になっていますので、連続送受信が可能です。
- 内蔵ボーレートジェネレータで任意のビットレートを選択可能
送受信クロックソースとして外部クロックの選択も可能です (スマートカードインタフェースを除く)。
- LSBファースト/MSBファースト選択可能 (調歩同期式7ビットデータを除く)
- 割り込み要因 : 4種類
送信終了、送信データエンプティ、受信データフル、受信エラーの割り込み要因があります。また、送信データエンプティ、受信データフル割り込み要因によりDTCを起動することができます。
- モジュールストップモードの設定可能

調歩同期式モード

- データ長 : 7ビット/8ビット選択可能
- ストップビット長 : 1ビット/2ビット選択可能
- パリティ : 偶数パリティ/奇数パリティ/パリティなしから選択可能
- 受信エラーの検出 : パリティエラー、オーバランエラー、フレーミングエラー
- ブレークの検出 : フレーミングエラー発生時Rx/D端子のレベルを直接リードすることでブレークを検出可能

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

クロック同期式モード

- データ長：8ビット
- 受信エラーの検出：オーバランエラー

スマートカードインタフェース

- 受信時パリティエラーを検出するとエラーシグナルを自動送出
- 送信時エラーシグナルを受信するとデータを自動再送信
- ダイレクトコンベンション／インバースコンベンションの両方をサポート

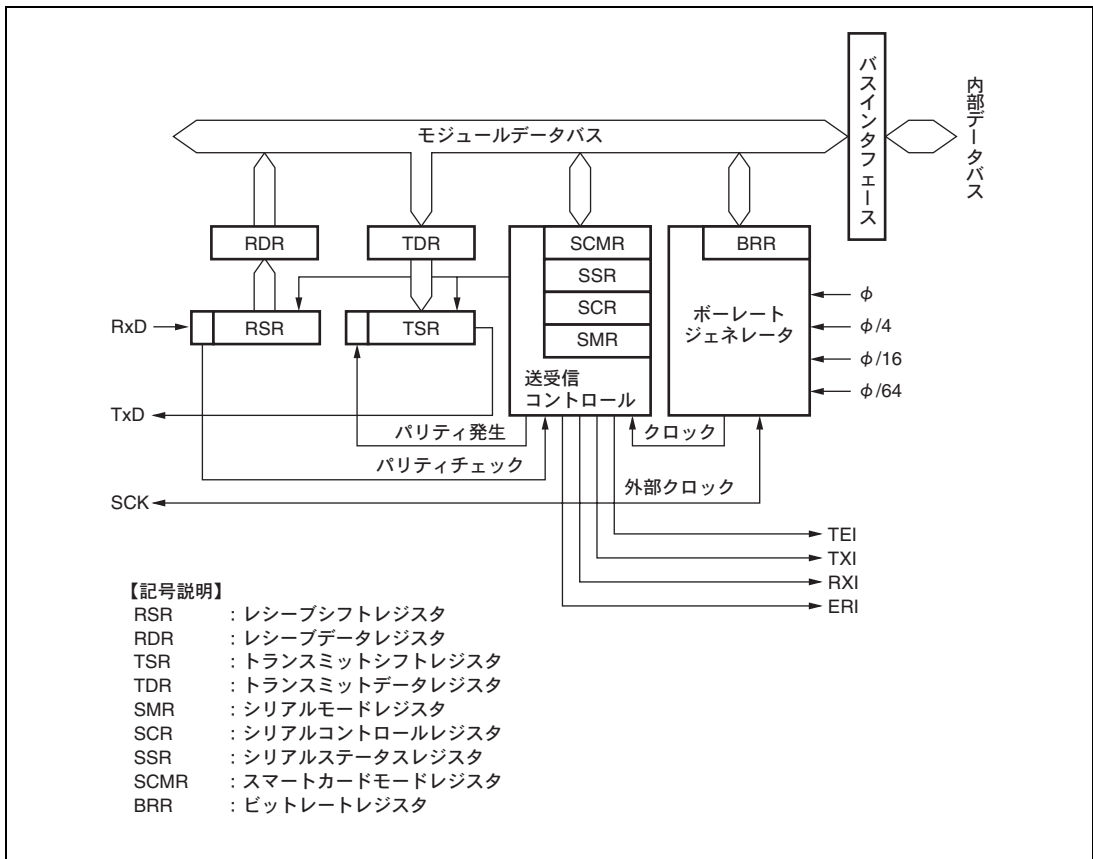


図 13.1 SCI のブロック図

13.2 入出力端子

SCIには、表 13.1 の入出力端子があります。

表 13.1 端子構成

チャンネル	端子名*	入出力	機能
0	SCK0	入出力	チャンネル0のクロック入出力端子
	RxD0	入力	チャンネル0の受信データ入力端子
	TxD0	出力	チャンネル0の送信データ出力端子
1	SCK1	入出力	チャンネル1のクロック入出力端子
	RxD1	入力	チャンネル1の受信データ入力端子
	TxD1	出力	チャンネル1の送信データ出力端子
2	SCK2	入出力	チャンネル2のクロック入出力端子
	RxD2	入力	チャンネル2の受信データ入力端子
	TxD2	出力	チャンネル2の送信データ出力端子

【注】 * 本文中ではチャンネルを省略し、それぞれ SCK、RxD、TxD と略称します。

13.3 レジスタの説明

SCIにはチャンネルごとに以下のレジスタがあります。ただし、シリアルモードレジスタ (SMR)、シリアルステータスレジスタ (SSR)、シリアルコントロールレジスタ (SCR) は通常のシリアルコミュニケーションインタフェースモードとスマートカードインタフェースモードで一部のビットの機能が異なるため、別々に記載してあります。

- レシーブシフトレジスタ (RSR)
- レシーブデータレジスタ (RDR)
- トランスミットデータレジスタ (TDR)
- トランスミットシフトレジスタ (TSR)
- シリアルモードレジスタ (SMR)
- シリアルコントロールレジスタ (SCR)
- シリアルステータスレジスタ (SSR)
- スマートカードモードレジスタ (SCMR)
- ビットレートレジスタ (BRR)

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

13.3.1 レシーブシフトレジスタ (RSR)

RSR は RxD 端子から入力されたシリアルデータをパラレル変換するための受信用シフトレジスタです。1 フレーム分のデータを受信すると、データは自動的に RDR へ転送されます。CPU から直接アクセスすることはできません。

13.3.2 レシーブデータレジスタ (RDR)

RDR は受信データを格納するための 8 ビットのレジスタです。1 フレーム分のデータを受信すると RSR から受信データがこのレジスタへ転送され、RSR は次のデータを受信可能となります。RSR と RDR はダブルバッファ構造になっているため連続受信動作が可能です。RDR のリードは SSR の RDRF が 1 にセットされていることを確認して 1 回だけ行ってください。RDR は CPU からライトできません。

13.3.3 トランスミットデータレジスタ (TDR)

TDR は送信データを格納するための 8 ビットのレジスタです。TSR に空きを検出すると TDR にライトされた送信データは TSR に転送されて送信を開始します。TDR と TSR はダブルバッファ構造になっているため連続送信動作が可能です。1 フレーム分のデータを送信したとき TDR に次の送信データがライトされていれば TSR へ転送して送信を継続します。TDR は CPU から常にリード/ライト可能ですが、シリアル送信を確実にを行うため TDR への送信データのライトは必ず SSR の TDRE が 1 にセットされていることを確認して 1 回だけ行ってください。

13.3.4 トランスミットシフトレジスタ (TSR)

TSR はシリアルデータを送信するためのシフトレジスタです。TDR にライトされた送信データは自動的に TSR に転送され、TxD 端子に送出することでシリアルデータの送信を行います。CPU からは直接アクセスすることはできません。

13.3.5 シリアルモードレジスタ (SMR)

SMR は通信フォーマットと内蔵ボーレートジェネレータのクロックソースを選択するためのレジスタです。SMR は通常モードとスマートカードインタフェースモードで一部のビットの機能が異なります。

● 通常のシリアルコミュニケーションインタフェースモード (SCMRのSMIF=0のとき)

ビット	ビット名	初期値	R/W	説 明
7	C/ \bar{A}	0	R/W	コミュニケーションモード 0: 調歩同期式モードで動作します。 1: クロック同期式モードで動作します。
6	CHR	0	R/W	キャラクタレングス (調歩同期式モードのみ有効) 0: データ長 8 ビットで送受信します。 1: データ長 7 ビットで送受信します。LSB ファースト固定となり、送信では TDR の MSB は送信されません。 クロック同期式モードではデータ長は 8 ビット固定です。
5	PE	0	R/W	パリティイネーブル (調歩同期式モードのみ有効) このビットが 1 のとき、送信時はパリティビットを付加し、受信時はパリティチェックを行います。マルチプロセッサフォーマットではこのビットの設定にかかわらずパリティビットの付加、チェックは行いません。
4	O/ \bar{E}	0	R/W	パリティモード (調歩同期式モードで PE=1 のときのみ有効) 0: 偶数パリティで送受信します。 1: 奇数パリティで送受信します。
3	STOP	0	R/W	ストップビットレングス (調歩同期式モードのみ有効) 送信時のストップビットの長さを選択します。 0: 1 ストップビット 1: 2 ストップビット 受信時はこのビットの設定にかかわらずストップビットの 1 ビット目のみチェックし、2 ビット目が 0 の場合は次の送信フレームのスタートビットとみなします。
2	MP	0	R/W	マルチプロセッサモード (調歩同期式モードのみ有効) このビットが 1 のときマルチプロセッサ通信機能がイネーブルになります。マルチプロセッサモードでは PE、O/ \bar{E} ビットの設定は無効です。
1 0	CKS1 CKS0	0 0	R/W R/W	クロックセレクト 1~0 内蔵ボーレートジェネレータのクロックソースを選択します。 00: ϕ クロック (n=0) 01: $\phi/4$ クロック (n=1) 10: $\phi/16$ クロック (n=2) 11: $\phi/64$ クロック (n=3) このビットの設定値とボーレートの関係については、「13.3.9 ビットレートレジスタ (BRR)」を参照してください。n は設定値の 10 進表示で、「13.3.9 ビットレートレジスタ (BRR)」中の n の値を表します。

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

• スマートカードインタフェース (SCMRのSMIF=1のとき)

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	GM	0	R/W	GSM モード このビットを 1 にセットすると GSM モードで動作します。GSM モードでは TEND のセットタイミングが先頭から 11.0etu に前倒しされ、クロック出力制御機能が追加されます。詳細は「13.7.8 クロック出力制御」を参照してください。
6	BLK	0	R/W	このビットを 1 にセットするとブロック転送モードで動作します。ブロック転送モードについての詳細は「13.7.3 ブロック転送モード」を参照してください。
5	PE	0	R/W	パリティイネーブル (調歩同期式モードのみ有効) このビットが 1 のとき、送信時はパリティビットを付加し、受信時はパリティチェックを行います。スマートカードインタフェースではこのビットは 1 にセットして使用してください。
4	O/E	0	R/W	パリティモード (調歩同期式モードで PE=1 のときのみ有効) 0 : 偶数パリティで送受信します。 1 : 奇数パリティで送受信します。 スマートカードインタフェースにおけるこのビットの使用方法については「13.7.2 データフォーマット (ブロック転送モード時を除く)」を参照してください。
3 2	BCP1 BCP0	0 0	R/W R/W	基本クロックパルス 1、0 スマートカードインタフェースモードにおいて 1 ビット転送期間中の基本クロック数を選択します。 00 : 32 クロック (S=32) 01 : 64 クロック (S=64) 10 : 372 クロック (S=372) 11 : 256 クロック (S=256) 詳細は、「13.7.4 受信データサンプリングタイミングと受信マージン」を参照してください。S は「13.3.9 ビットレートレジスタ (BRR)」中の S の値を表します。
1 0	CKS1 CKS0	0 0	R/W R/W	クロックセレクト 1、0 内蔵ポーレートジェネレータのクロックソースを選択します。 00 : ϕ クロック (n=0) 01 : $\phi/4$ クロック (n=1) 10 : $\phi/16$ クロック (n=2) 11 : $\phi/64$ クロック (n=3) このビットの設定値とポーレートの関係については、「13.3.9 ビットレートレジスタ (BRR)」を参照してください。n は設定値の 10 進表示で、「13.3.9 ビットレートレジスタ (BRR)」中の n の値を表します。

13.3.6 シリアルコントロールレジスタ (SCR)

SCR は以下の送受信制御と割り込み制御、送受信クロックソースの選択を行うためのレジスタです。各割り込み要求については「13.8 割り込み要因」を参照してください。SCR は通常モードとスマートカードインタフェースモードで一部のビットの機能が異なります。

• 通常のシリアルコミュニケーションインタフェースモード (SCMRのSMIF=0のとき)

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	TIE	0	R/W	トランスミットインタラプトイネーブル このビットを1にセットすると、TXI 割り込み要求がイネーブルになります。
6	RIE	0	R/W	レシーブインタラプトイネーブル このビットを1にセットすると、RXI および ERI 割り込み要求がイネーブルになります。
5	TE	0	R/W	トランスミットイネーブル このビットを1にセットすると、送信動作が可能になります。
4	RE	0	R/W	レシーブイネーブル このビットを1にセットすると、受信動作が可能になります。
3	MPIE	0	R/W	マルチプロセッサインタラプトイネーブル (調歩同期式モードで SMR の MP =1 のとき有効) このビットを1にセットすると、マルチプロセッサビットが0の受信データは読み飛ばし、SSR の RDRF、FER、ORER の各ステータスフラグのセットを禁止します。マルチプロセッサビットが1のデータを受信すると、このビットは自動的にクリアされ通常の受信動作に戻ります。詳細は「13.5 マルチプロセッサ通信機能」を参照してください。
2	TEIE	0	R/W	トランスミットエンドインタラプトイネーブル このビットを1にセットすると TEI 割り込み要求がイネーブルになります。
1 0	CKE1 CKE0	0 0	R/W R/W	クロックイネーブル 1、0 クロックソースおよび SCK 端子の機能を選択します。 調歩同期式の場合 00 : 内部クロック (SCK 端子は入出力ポートとして使用できます) 01 : 内部クロック (SCK 端子からビットレートと同じ周波数のクロックを出力します) 1X : 外部クロック (SCK 端子からビットレートの 16 倍の周波数のクロックを入力してください) クロック同期式の場合 0X : 内部クロック (SCK 端子はクロック出力端子となります) 1X : 外部クロック (SCK 端子はクロック入力端子となります)

【注】 X : Don't care

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

• スマートカードインタフェース (SCMRのSMIF=1のとき)

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	TIE	0	R/W	トランスミットインタラプトイネーブル このビットを1にセットすると、TXI 割り込み要求がイネーブルになります。
6	RIE	0	R/W	レシーブインタラプトイネーブル このビットを1にセットすると、RXI および ERI 割り込み要求がイネーブルになります。
5	TE	0	R/W	トランスミットイネーブル このビットを1にセットすると、送信動作が可能になります。
4	RE	0	R/W	レシーブイネーブル このビットを1にセットすると、受信動作が可能になります。
3	MPIE	0	R/W	マルチプロセッサインタラプトイネーブル (調歩同期式モードで SMR の MP=1 のとき有効) スマートカードインタフェースではこのビットには0をライトして使用してください。
2	TEIE	0	R/W	トランスミットエンドインタラプトイネーブル スマートカードインタフェースではこのビットには0をライトして使用してください。
1	CKE1	0	R/W	クロックイネーブル 1、0 SCK 端子からのクロック出力を制御します。GSM モードではクロックの出力をダイナミックに切り替えることができます。詳細は「13.7.8 クロック出力制御」を参照してください。 SMR の GM=0 の場合 00 : 出力ディスエーブル (SCK 端子は入出力ポートとして使用可) 01 : クロック出力 1X : リザーブ SMR の GM=1 の場合 00 : Low 出力固定 01 : クロック出力 10 : High 出力固定 11 : クロック出力
0	CKE0	0	R/W	

【注】 X : Don't care

13.3.7 シリアルステータスレジスタ (SSR)

SSR は SCI のステータスフラグと送受信マルチプロセッサビットで構成されます。TDRE、RDRF、ORER、PER、FER はクリアのみ可能です。SSR は通常モードとスマートカードインタフェースモードで一部のビットの機能が異なります。

• 通常のシリアルコミュニケーションインタフェースモード (SCMRのSMIF=0のとき)

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	TDRE	1	R/W	トランスミットデータレジスタエンプティ TDR 内の送信データの有無を表示します。 [セット条件] • SCR の TE が 0 のとき • TDR から TSR にデータが転送されたとき [クリア条件] • 1 の状態をリードしたあと、0 をライトしたとき • TXI 割り込み要求により DTC で TDR へ送信データを転送したとき
6	RDRF	0	R/W	レシーブデータレジスタフル RDR 内の受信データの有無を表示します。 [セット条件] • 受信が正常終了し、RSR から RDR へ受信データが転送されたとき [クリア条件] • 1 の状態をリードしたあと、0 をライトしたとき • RXI 割り込みにより DTC で RDR からデータを転送したとき SCR の RE をクリアしても RDRF は影響を受けず状態を保持します。
5	ORER	0	R/W	オーバランエラー [セット条件] • RDRF=1 の状態で次のデータを受信したとき [クリア条件] • 1 の状態をリードしたあと、0 をライトしたとき
4	FER	0	R/W	フレーミングエラー [セット条件] • ストップビットが 0 のとき [クリア条件] • 1 の状態をリードしたあと、0 をライトしたとき 2 ストップのときも 1 ビット目のストップビットのみチェックします。
3	PER	0	R/W	パリティエラー [セット条件] • 受信中にパリティエラーを検出したとき [クリア条件] • 1 の状態をリードしたあと、0 をライトしたとき

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
2	TEND	1	R	トランスミットエンド [セット条件] <ul style="list-style-type: none"> SCR の TE が 0 のとき 送信キャラクタの最後尾ビットの送信時、TDRE が 1 のとき [クリア条件] <ul style="list-style-type: none"> 1 の状態をリードしたあと、0 をライトしたとき TXI 割り込み要求により DTC で TDR へ送信データをライトしたとき
1	MPB	0	R	マルチプロセッサビット 受信フレーム中のマルチプロセッサビットの値が格納されます。SCR の RE が 0 のときは変化しません。
0	MPBT	0	R/W	マルチプロセッサビットトランスファ 送信フレームに付加するマルチプロセッサビットの値を設定します。

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

• スマートカードインタフェース (SCMRのSMIF=1のとき)

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	TDRE	1	R/W	トランスミットデータレジスタエンプティ TDR 内の送信データの有無を表示します。 [セット条件] • SCR の TE が 0 のとき • TDR から TSR にデータが転送されたとき [クリア条件] • 1 の状態をリードしたあと、0 をライトしたとき • TXI 割り込み要求により DTC で TDR へ送信データを転送したとき
6	RDRF	0	R/W	レシーブデータレジスタフル RDR 内の受信データの有無を表示します。 [セット条件] • 受信が正常終了し、RSR から RDR へ受信データが転送されたとき [クリア条件] • 1 の状態をリードしたあと、0 をライトしたとき • RXI 割り込みにより DTC で RDR からデータを転送したとき SCR の RE をクリアしても RDRF は影響を受けず状態を保持します。
5	ORER	0	R/W	オーバランエラー [セット条件] • RDRF=1 の状態で次のデータを受信したとき [クリア条件] • 1 の状態をリードしたあと、0 をライトしたとき
4	ERS	0	R/W	エラーシグナルステータス [セット条件] • エラーシグナル Low をサンプリングしたとき [クリア条件] • 1 の状態をリードしたあと、0 をライトしたとき
3	PER	0	R/W	パリティエラー [セット条件] • 受信中にパリティエラーを検出したとき [クリア条件] • 1 の状態をリードしたあと、0 をライトしたとき

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
2	TEND	1	R	<p>トランスミットエンド</p> <p>受信側からのエラーシグナルの応答がなく、次の送信データを TDR に転送可能になったときセットされます。</p> <p>[セット条件]</p> <ul style="list-style-type: none"> • SCR の TE=0 かつ ERS=0 のとき • 1 バイトのデータを送信して一定期間後、ERS=0 かつ TDRE=1 のとき <p>セットされるタイミングはレジスタの設定により以下のように異なります。</p> <p>GM=0、BLK=0 のとき、送信開始から 2.5etu 後</p> <p>GM=0、BLK=1 のとき、送信開始から 1.5etu 後</p> <p>GM=1、BLK=0 のとき、送信開始から 1.0etu 後</p> <p>GM=1、BLK=1 のとき、送信開始から 1.0etu 後</p> <p>[クリア条件]</p> <ul style="list-style-type: none"> • TDRE=1 の状態をリードしたあと、TDRE フラグに 0 をライトしたとき • TXI 割り込み要求により DTC で TDR へ送信データをライトしたとき
1	MPB	0	R	<p>マルチプロセッサビット</p> <p>スマートカードインタフェースでは使用しません。</p>
0	MPBT	0	R/W	<p>マルチプロセッサビットトランスファ</p> <p>スマートカードインタフェースではこのビットには 0 をライトして使用してください。</p>

13.3.8 スマートカードモードレジスタ (SCMR)

SCMR はスマートカードインタフェースおよびそのフォーマットを選択するためのレジスタです。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7~4	—	すべて 1	—	リザーブビットです。リードすると常に 1 がリードされます。
3	SDIR	0	R/W	スマートカードデータトランスファディレクション シリアル/パラレル変換の方向を選択します。 0: LSB ファーストで送受信 1: MSB ファーストで送受信 送受信フォーマットが 8 ビットデータの場合のみ有効です。7 ビットデータの場合は LSB ファーストに固定されます。
2	SINV	0	R/W	スマートカードデータインバート 送受信データのロジックレベルを反転します。SINV ビットは、パリティビットのロジックレベルには影響しません。パリティビットを反転させる場合は SMR の O/E ビットを反転してください。 0: TDR の内容をそのまま送信、受信データをそのまま RDR に格納 1: TDR の内容を反転して送信、受信データを反転して RDR に格納
1	—	1	—	リザーブビットです。リードすると常に 1 がリードされます。
0	SMIF	0	R/W	スマートカードインタフェースモードセレクト スマートカードインタフェースモードで動作させるとき 1 をセットします。 0: 通常の調歩同期式またはクロック同期式モード 1: スマートカードインタフェースモード

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

13.3.9 ビットレートレジスタ (BRR)

BRR はビットレートを調整するための 8 ビットのレジスタです。SCI はチャンネルごとにボーレートジェネレータが独立しているため、異なるビットレートを設定できます。通常の調歩同期式モード、クロック同期式モード、スマートカードインタフェースモードにおける BRR の設定値 N とビットレート B の関係を表 13.2 に示します。BRR の初期値は H'FF で、CPU から常にリード/ライト可能です。

表 13.2 BRR の設定値 N とビットレート B の関係

モード	ビットレート	誤差
調歩同期式	$B = \frac{\phi \times 10^6}{64 \times 2^{2n-1} \times (N+1)}$	誤差 (%) = $\left\{ \frac{\phi \times 10^6}{B \times 64 \times 2^{2n-1} \times (N+1)} - 1 \right\} \times 100$
クロック同期式	$B = \frac{\phi \times 10^6}{8 \times 2^{2n-1} \times (N+1)}$	—
スマートカード インタフェース	$B = \frac{\phi \times 10^6}{S \times 2^{2n+1} \times (N+1)}$	誤差 (%) = $\left\{ \frac{\phi \times 10^6}{B \times S \times 2^{2n+1} \times (N+1)} - 1 \right\} \times 100$

【注】 B : ビットレート (bit/s)

N : ボーレートジェネレータの BRR の設定値 ($0 \leq N \leq 255$)

ϕ : 動作周波数 (MHz)

n と S : 下表のとおり SMR の設定値によって決まります。

SMR の設定値		n
CKS1	CKS0	
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	3

SMR の設定値		S
BCP1	BCP0	
0	0	32
0	1	64
1	0	372
1	1	256

通常の調歩同期式モードにおける BRR の値 N の設定例を表 13.3 に、各動作周波数における設定可能な最大ビットレートを表 13.4 に示します。また、クロック同期式モードにおける BRR の値 N の設定例を表 13.6 に、スマートカードインタフェースにおける BRR の値 N の設定例を表 13.8 に示します。スマートカードインタフェースでは 1 ビット転送期間の基本クロック数 S を選択できます。詳細は「13.7.4 受信データサンプリングタイミングと受信マージン」を参照してください。また、表 13.5、表 13.7 に外部クロック入力時の最大ビットレートを示します。

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

表 13.3 ビットレートに対する BRR の設定例 (調歩同期モード)

ビットレート (bit/s)	動作周波数 ϕ (MHz)								
	4			4.9152			5		
	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)
110	2	70	0.03	2	86	0.31	2	88	-0.25
150	1	207	0.16	1	255	0.00	2	64	0.16
300	1	103	0.16	1	127	0.00	1	129	0.16
600	0	207	0.16	0	255	0.00	1	64	0.16
1200	0	103	0.16	0	127	0.00	0	129	0.16
2400	0	51	0.16	0	63	0.00	0	64	0.16
4800	0	25	0.16	0	31	0.00	0	32	-1.36
9600	0	12	0.16	0	15	0.00	0	15	1.73
19200	-	-	-	0	7	0.00	0	7	1.73
31250	0	3	0.00	0	4	-1.70	0	4	0.00
38400	-	-	-	0	3	0.00	0	3	1.73

ビットレート (bit/s)	動作周波数 ϕ (MHz)											
	6			6.144			7.3728			8		
	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)
110	2	106	-0.44	2	108	0.08	2	130	-0.07	2	141	0.03
150	2	77	0.16	2	79	0.00	2	95	0.00	2	103	0.16
300	1	155	0.16	1	159	0.00	1	191	0.00	1	207	0.16
600	1	77	0.16	1	79	0.00	1	95	0.00	1	103	0.16
1200	0	155	0.16	0	159	0.00	0	191	0.00	0	207	0.16
2400	0	77	0.16	0	79	0.00	0	95	0.00	0	103	0.16
4800	0	38	0.16	0	39	0.00	0	47	0.00	0	51	0.16
9600	0	19	-2.34	0	19	0.00	0	23	0.00	0	25	0.16
19200	0	9	-2.34	0	9	0.00	0	11	0.00	0	12	0.16
31250	0	5	0.00	0	5	2.40	-	-	-	0	7	0.00
38400	0	4	-2.34	0	4	0.00	0	5	0.00	-	-	-

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

ビットレート (bit/s)	動作周波数 ϕ (MHz)											
	9.8304			10			12			12.288		
	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)
110	2	174	-0.26	2	177	-0.25	2	212	0.03	2	217	0.08
150	2	127	0.00	2	129	0.16	2	155	0.16	2	159	0.00
300	1	255	0.00	2	64	0.16	2	77	0.16	2	79	0.00
600	1	127	0.00	1	129	0.16	1	155	0.16	1	159	0.00
1200	0	255	0.00	1	64	0.16	1	77	0.16	1	79	0.00
2400	0	127	0.00	0	129	0.16	0	155	0.16	0	159	0.00
4800	0	63	0.00	0	64	0.16	0	77	0.16	0	79	0.00
9600	0	31	0.00	0	32	-1.36	0	38	0.16	0	39	0.00
19200	0	15	0.00	0	15	1.73	0	19	-2.34	0	19	0.00
31250	0	9	-1.70	0	9	0.00	0	11	0.00	0	11	2.40
38400	0	7	0.00	0	7	1.73	0	9	-2.34	0	9	0.00

ビットレート (bit/s)	動作周波数 ϕ (MHz)											
	14			14.7456			16			17.2032		
	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)
110	2	248	-0.17	3	64	0.70	3	70	0.03	3	75	0.48
150	2	181	0.13	2	191	0.00	2	207	0.16	2	223	0.00
300	2	90	0.13	2	95	0.00	2	103	0.16	2	111	0.00
600	1	181	0.13	1	191	0.00	1	207	0.16	1	223	0.00
1200	1	90	0.13	1	95	0.00	1	103	0.16	1	111	0.00
2400	0	181	0.13	0	191	0.00	0	207	0.16	0	223	0.00
4800	0	90	0.13	0	95	0.00	0	103	0.16	0	111	0.00
9600	0	45	-0.93	0	47	0.00	0	51	0.16	0	55	0.00
19200	0	22	-0.93	0	23	0.00	0	25	0.16	0	27	0.00
31250	0	13	0.00	0	14	-1.70	0	15	0.00	0	13	1.20
38400	-	-	-	0	11	0.00	0	12	0.16	0	13	0.00

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

ビットレート (bit/s)	動作周波数 ϕ (MHz)								
	18			19.6608			20		
	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)
110	3	79	-0.12	3	86	0.31	3	88	-0.25
150	2	233	0.16	2	255	0.00	3	64	0.16
300	2	116	0.16	2	127	0.00	2	129	0.16
600	1	233	0.16	1	255	0.00	2	64	0.16
1200	1	116	0.16	1	127	0.00	1	129	0.16
2400	0	233	0.16	0	255	0.00	1	64	0.16
4800	0	116	0.16	0	127	0.00	0	129	0.16
9600	0	58	-0.69	0	63	0.00	0	64	0.16
19200	0	28	1.02	0	31	0.00	0	32	-1.36
31250	0	17	0.00	0	19	-1.70	0	19	0.00
38400	0	14	-2.34	0	15	0.00	0	15	1.73

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

表 13.4 各動作周波数における最大ビットレート (調歩同期式モード)

φ (MHz)	最大ビットレート (bit/s)	n	N	φ (MHz)	最大ビットレート (bit/s)	n	N
4	125000	0	0	12	375000	0	0
4.9152	153600	0	0	12.288	384000	0	0
5	156250	0	0	14	437500	0	0
6	187500	0	0	14.7456	460800	0	0
6.144	192000	0	0	16	500000	0	0
7.3728	230400	0	0	17.2032	537600	0	0
8	250000	0	0	18	562500	0	0
9.8304	307200	0	0	19.6608	614400	0	0
10	312500	0	0	20	625000	0	0

表 13.5 外部クロック入力時の最大ビットレート (調歩同期式モード)

φ (MHz)	外部入力クロック (MHz)	最大ビットレート (bit/s)	φ (MHz)	外部入力クロック (MHz)	最大ビットレート (bit/s)
4	1.0000	62500	12	3.0000	187500
4.9152	1.2288	76800	12.288	3.0720	192000
5	1.2500	78125	14	3.5000	218750
6	1.5000	93750	14.7456	3.6864	230400
6.144	1.5360	96000	16	4.0000	250000
7.3728	1.8432	115200	17.2032	4.3008	268800
8	2.0000	125000	18	4.5000	281250
9.8304	2.4576	153600	19.6608	4.9152	307200
10	2.5000	156250	20	5.0000	312500

表 13.6 ビットレートに対する BRR の設定例〔クロック同期式モード〕

ビット レート (bit/s)	動作周波数 ϕ (MHz)									
	4		8		10		16		20	
	n	N	n	N	n	N	n	N	n	N
110	—	—								
250	2	249	3	124	—	—	3	249		
500	2	124	2	249	—	—	3	124	—	—
1k	1	249	2	124	—	—	2	249	—	—
2.5k	1	99	1	199	1w	249	2	99	2	124
5k	0	199	1	99	1	124	1	199	1	249
10k	0	99	0	199	0	249	1	99	1	124
25k	0	39	0	79	0	99	0	159	0	199
50k	0	19	0	39	0	49	0	79	0	99
100k	0	9	0	19	0	24	0	39	0	49
250k	0	3	0	7	0	9	0	15	0	19
500k	0	1	0	3	0	4	0	7	0	9
1M	0	0*	0	1			0	3	0	4
2.5M					0	0*			0	1
5M									0	0*

【記号説明】

空欄 : 設定できません。

— : 設定可能ですが誤差がでます。

* : 連続送信／連続受信はできません。

表 13.7 外部クロック入力時の最大ビットレート〔クロック同期式モード〕

ϕ (MHz)	外部入力クロック (MHz)	最大ビットレート (bit/s)	ϕ (MHz)	外部入力クロック (MHz)	最大ビットレート (bit/s)
4	0.6667	666666.7	14	2.3333	2333333.3
6	1.0000	1000000.0	16	2.6667	2666666.7
8	1.3333	1333333.3	18	3.0000	3000000.0
10	1.6667	1666666.7	20	3.3333	3333333.3
12	2.0000	2000000.0			

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

表 13.8 ビットレートに対する BRR の設定例 (スマートカードインタフェースモードで n=0、S=372 のとき)

ビットレート (bit/s)	動作周波数 ϕ (MHz)											
	7.1424			10.00			10.7136			13.00		
	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)
9600	0	0	0.00	0	1	30	0	1	25	0	1	8.99

ビットレート (bit/s)	動作周波数 ϕ (MHz)											
	14.2848			16.00			18.00			20.00		
	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)	n	N	誤差 (%)
9600	0	1	0.00	0	1	12.01	0	2	15.99	0	2	6.60

表 13.9 各動作周波数における最大ビットレート (スマートカードインタフェースモードで S=372 のとき)

ϕ (MHz)	最大ビットレート (bit/s)	n	N	ϕ (MHz)	最大ビットレート (bit/s)	n	N
7.1424	9600	0	0	14.2848	19200	0	0
10.00	13441	0	0	16.00	21505	0	0
10.7136	14400	0	0	18.00	24194	0	0
13.00	17473	0	0	20.00	26882	0	0

13.4 調歩同期式モードの動作

調歩同期式シリアル通信の一般的なフォーマットを図 13.2 に示します。1 フレームは、スタートビット (Low レベル) から始まり送受信データ、パリティビット、ストップビット (High レベル) の順で構成されます。調歩同期式シリアル通信では、通信回線は通常マーク状態 (High レベル) に保たれています。SCI は通信回線を監視し、スペース (Low レベル) を検出するとスタートビットとみなしてシリアル通信を開始します。SCI 内部では、送信部と受信部は独立していますので、全二重通信を行うことができます。また、送信部と受信部が共にダブルバッファ構造になっていますので、送信および受信中にデータのリード/ライトができ、連続送受信が可能です。

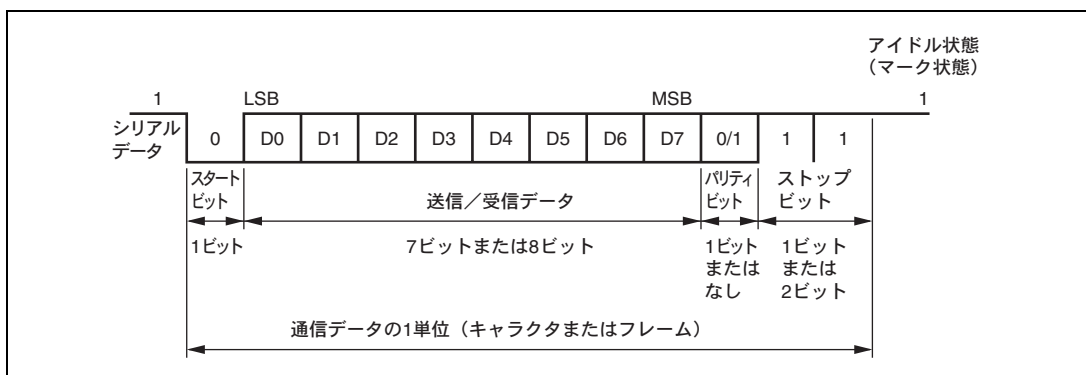


図 13.2 調歩同期式通信のデータフォーマット (8 ビットデータ/パリティあり/2 ストップビットの例)

13.4.1 送受信フォーマット

調歩同期式モードで設定できる送受信フォーマットを、表 13.10 に示します。フォーマットは 12 種類あり、SMR の選定により選択できます。マルチプロセッサビットについては「13.5 マルチプロセッサ通信機能」を参照してください。

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

表 13.10 シリアル送信/受信フォーマット (調歩同期式モード)

SMRの設定				シリアル送信/受信フォーマットとフレーム長												
CHR	PE	MP	STOP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
0	0	0	0	S	8ビットデータ								STOP			
0	0	0	1	S	8ビットデータ								STOP	STOP		
0	1	0	0	S	8ビットデータ								P	STOP		
0	1	0	1	S	8ビットデータ								P	STOP	STOP	
1	0	0	0	S	7ビットデータ							STOP				
1	0	0	1	S	7ビットデータ							STOP	STOP			
1	1	0	0	S	7ビットデータ							P	STOP			
1	1	0	1	S	7ビットデータ							P	STOP	STOP		
0	—	1	0	S	8ビットデータ								MPB	STOP		
0	—	1	1	S	8ビットデータ								MPB	STOP	STOP	
1	—	1	0	S	7ビットデータ							MPB	STOP			
1	—	1	1	S	7ビットデータ							MPB	STOP	STOP		

【記号説明】

- S : スタートビット
- STOP : ストップビット
- P : パリティビット
- MPB : マルチプロセッサビット

13.4.2 調歩同期式モードの受信データサンプリングタイミングと受信マージン

調歩同期式モードでは、SCIはビットレートの16倍の周波数の基本クロックで動作します。受信時はスタートビットの立ち下がり基本クロックでサンプリングして内部を同期化します。また、図13.3に示すように受信データを基本クロックの8番目の立ち上がりエッジでサンプリングすることで、各ビットの中央でデータを取り込みます。したがって、調歩同期式モードでの受信マージンは式(1)のように表すことができます。

$$M = \left\{ \left(0.5 - \frac{1}{2N} \right) - \frac{D-0.5}{N} - (L-0.5)F \right\} \times 100 \quad [\%] \quad \cdots \text{式 (1)}$$

M：受信マージン

N：クロックに対するビットレートの比 (N=16)

D：クロックのデューティ (D=0.5~1.0)

L：フレーム長 (L=9~12)

F：クロック周波数の偏差の絶対値

式(1)で、F(クロック周波数の偏差の絶対値)=0、D(クロックのデューティ)=0.5とすると、

$$M = \left\{ 0.5 - 1 / (2 \times 16) \right\} \times 100 \quad [\%] = 46.875\%$$

となります。ただし、この値はあくまでも計算上の値ですので、システム設計の際には20~30%の余裕を持たせてください。

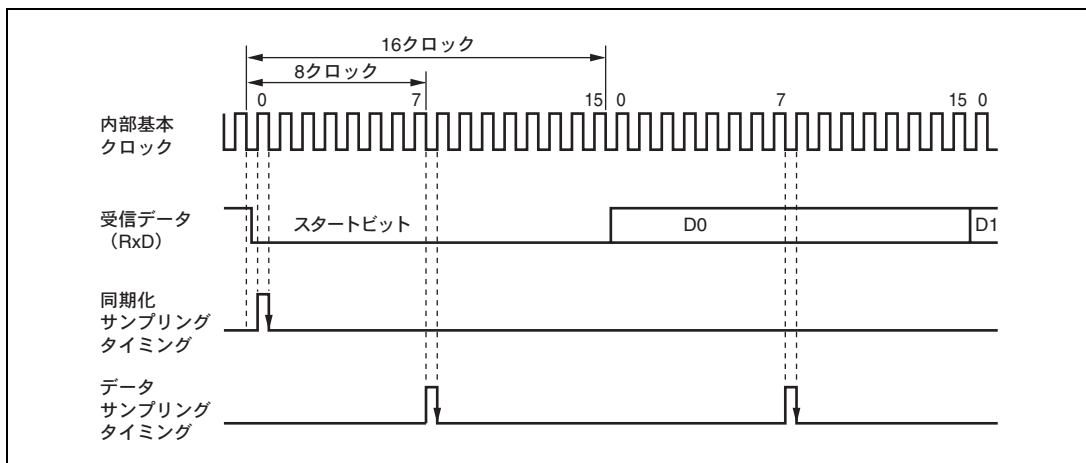


図 13.3 調歩同期式モードの受信データサンプリングタイミング

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

13.4.3 クロック

SCIの送受信クロックは、SMRの C/\bar{A} ビットとSCRのCKE1、CKE0ビットの設定により、内蔵ボーレートジェネレータの生成する内部クロックまたはSCK端子から入力される外部クロックのいずれかを選択できます。外部クロックを使用する場合は、SCK端子にビットレートの16倍の周波数のクロックを入力してください。

内部クロックで動作させるときはSCK端子からクロックを出力することができます。このとき出力されるクロックの周波数はビットレートと等しく、送信時の位相は図13.4に示すように送信データの中央でクロックが立ち上がります。

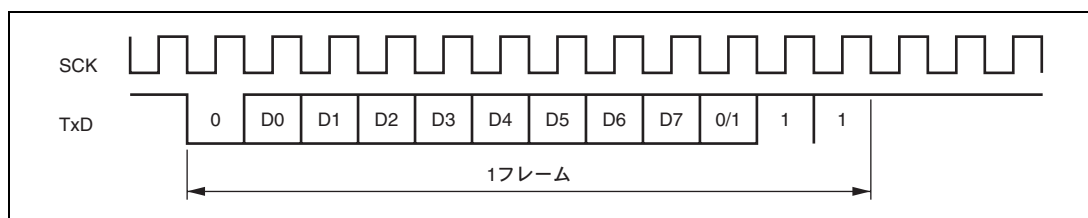


図 13.4 出力クロックと送信データの位相関係 (調歩同期式モード)

13.4.4 SCI の初期化 (調歩同期式)

データの送受信前に、SCR の TE、RE ビットをクリアしたあと、図 13.5 のフローチャートの例に従って初期化してください。動作モードの変更、通信フォーマットの変更などの場合も必ず、TE ビットおよび RE ビットを 0 にクリアしてから変更を行ってください。TE を 0 にクリアすると、TDRE は 1 にセットされますが、RE を 0 にクリアしても、RDRF、PER、FER、ORER の各フラグ、および RDR は初期化されませんので注意してください。調歩同期式モードで外部クロックを使用する場合は、初期化の期間も含めてクロックを供給してください。

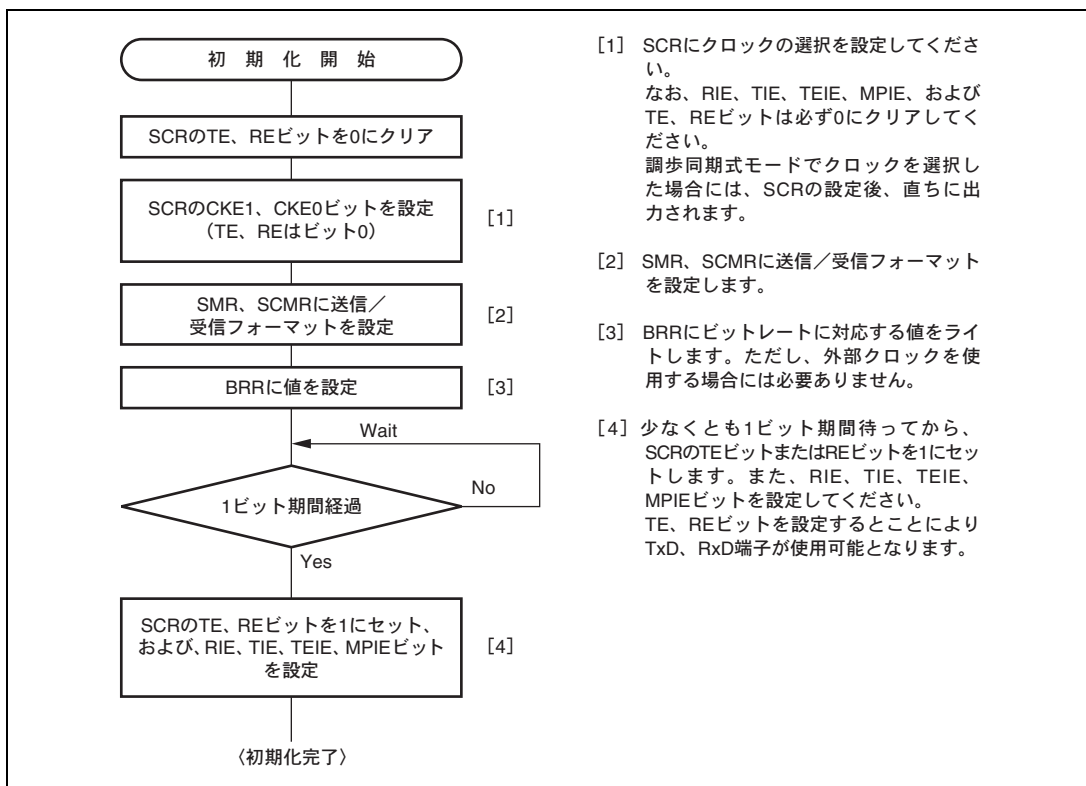


図 13.5 SCI の初期化フローチャートの例

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

13.4.5 データ送信 (調歩同期式)

図 13.6 に調歩同期式モードの送信時の動作例を示します。データ送信時 SCI は以下のように動作します。

1. SCIはSSRのTDREを監視し、クリアされるとTDRにデータが書き込まれたと認識してTDRからTSRにデータを転送します。
2. TDRからTSRにデータを転送すると、TDREを1にセットして送信を開始します。このとき、SCRのTIEが1にセットされているとTXI割り込み要求を発生します。このTXI割り込みルーチンで、前に転送したデータの送信が終了するまでにTDRに次の送信データを書き込むことで連続送信が可能です。
3. TxD端子からスタートビット、送信データ、パリティビットまたはマルチプロセッサビット (フォーマットによってはない場合もあります)、ストップビットの順に送り出します。
4. ストップビットを送り出すタイミングでTDREをチェックします。
5. TDREが0であると次の送信データをTDRからTSRにデータを転送し、ストップビット送出後、次のフレームの送信を開始します。
6. TDREが1であるとSSRのTENDを1にセットし、ストップビット送出後、1を出力してマーク状態になります。このときSCRのTEIEが1にセットされているとTEIを発生します。

図 13.7 にデータ送信のフローチャートの例を示します。

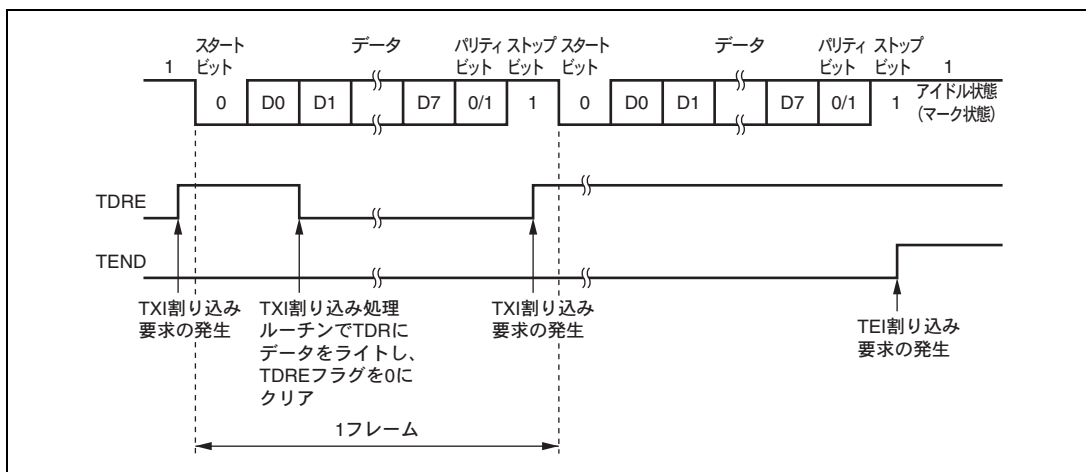


図 13.6 調歩同期式モードの送信時の動作例 (8 ビットデータ/パリティあり/1 ストップビットの例)

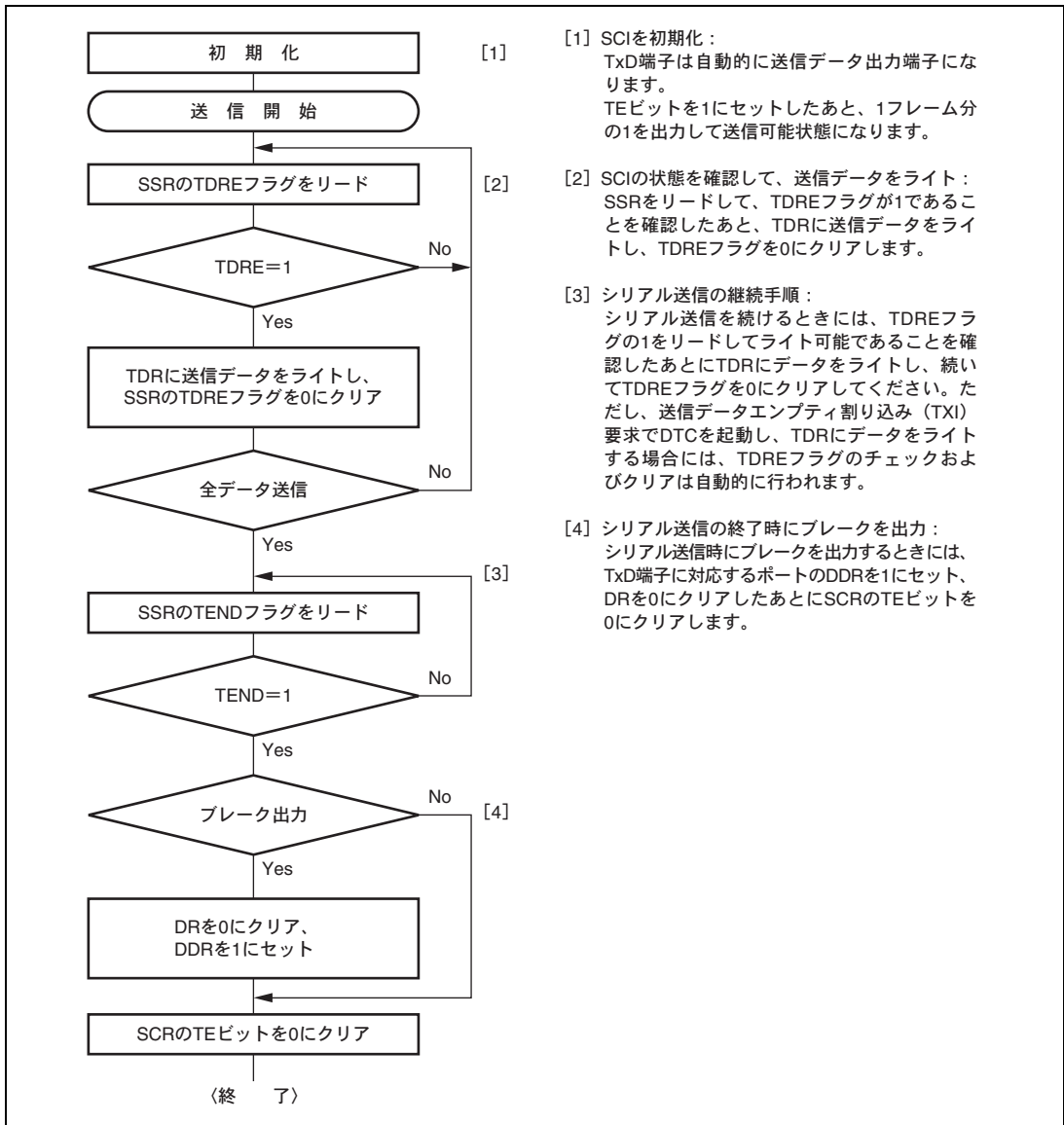


図 13.7 シリアル送信のフローチャートの例

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

13.4.6 シリアルデータ受信 (調歩同期式)

図 13.8 に調歩同期式モードの受信時の動作例を示します。データ受信時 SCI は以下のように動作します。

1. 通信回線を監視し、スタートビットを検出すると内部を同期化して受信データをRSRに取り込み、パリティビットとストップビットをチェックします。
2. オーバランエラーが発生したとき (SSRのRDRFが1にセットされたまま次のデータを受信完了したとき) はSSRのORERをセットします。このときSCRのRIEが1にセットされているとERI割り込み要求を発生します。受信データはRDRに転送しません。RDRFは1にセットされた状態を保持します。
3. パリティエラーを検出した場合はSSRのPERをセットし、受信データをRDRに転送します。このときSCRのRIEが1にセットされているとERI割り込み要求を発生します。
4. フレーミングエラー (ストップビットが0のとき) を検出した場合はSSRのFERをセットし、受信データをRDRに転送します。このときSCRのRIEが1にセットされているとERI割り込み要求を発生します。
5. 正常に受信したときはSSRのRDRFをセットし、受信データをRDRに転送します。このときSCRのRIEが1にセットされているとRXI割り込み要求を発生します。このRXI割り込み処理ルーチンでRDRに転送された受信データを次のデータ受信完了までにリードすることで連続受信が可能です。

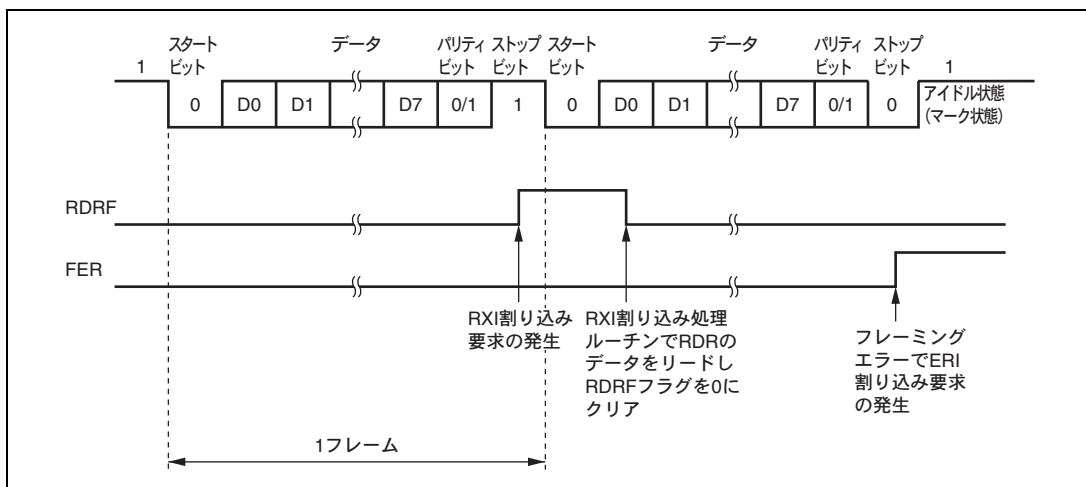


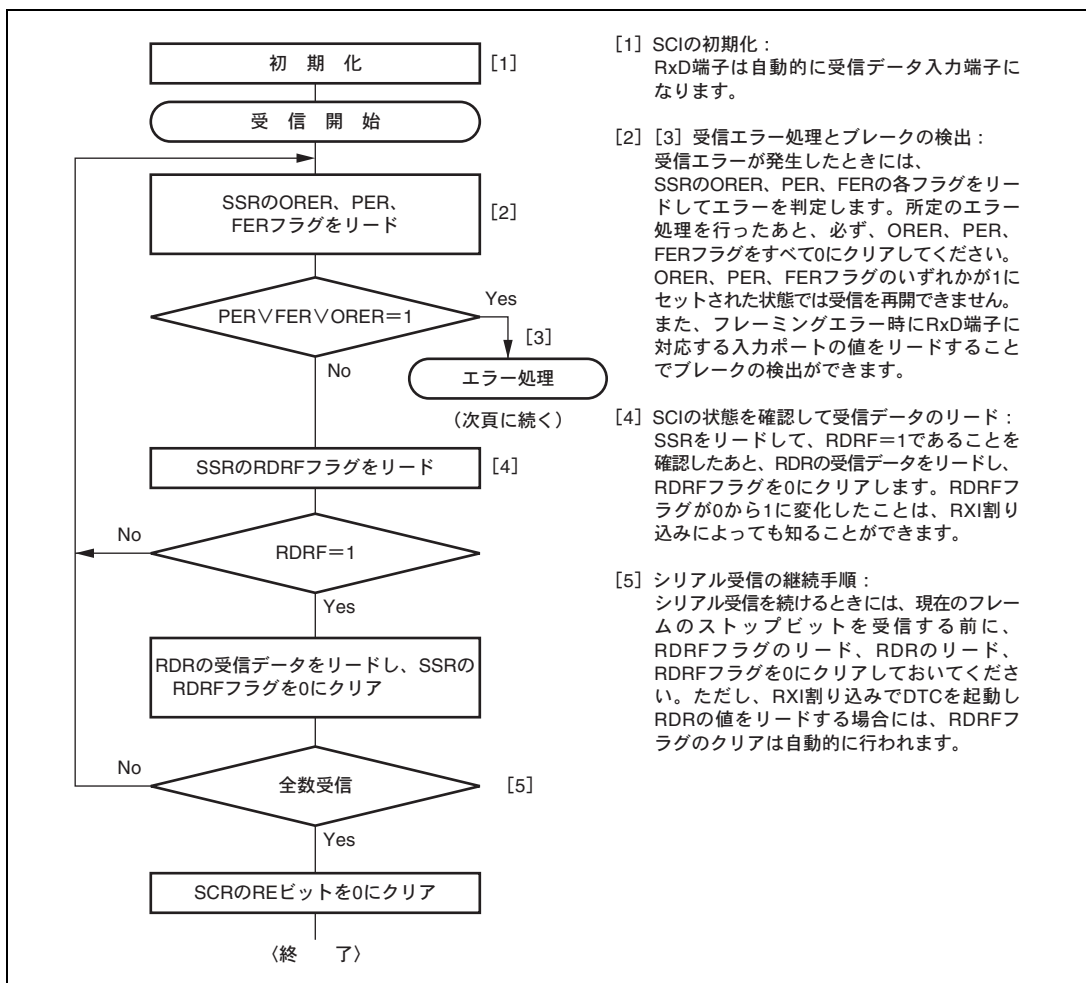
図 13.8 SCI の受信時の動作例 (8 ビットデータ/パリティあり/1 ストップビットの例)

受信エラーを検出した場合の SSR の各ステータスフラグの状態と受信データの処理を表 13.11 に示します。受信エラーを検出すると、RDRF はデータを受信する前の状態を保ちます。受信エラーフラグがセットされた状態では以後の受信動作ができません。したがって、受信を継続する前に必ず ORER、FER、PER、および RDRF を 0 にクリアしてください。図 13.9 にデータ受信のためのフローチャートの例を示します。

表 13.11 SSR のステータスフラグの状態と受信データの処理

SSR のステータスフラグ				受信データ	受信エラーの状態
RDRF*	ORER	FER	PER		
1	1	0	0	消失	オーバランエラー
0	0	1	0	RDR へ転送	フレーミングエラー
0	0	0	1	RDR へ転送	パリティエラー
1	1	1	0	消失	オーバランエラー+フレーミングエラー
1	1	0	1	消失	オーバランエラー+パリティエラー
0	0	1	1	RDR へ転送	フレーミングエラー+パリティエラー
1	1	1	1	消失	オーバランエラー+フレーミングエラー+パリティエラー

【注】 * RDRF は、データ受信前の状態を保持します。



[1] SCIの初期化：
RxD端子は自動的に受信データ入力端子になります。

[2] [3] 受信エラー処理とブレークの検出：
受信エラーが発生したときには、SSRのORER、PER、FERの各フラグをリードしてエラーを判定します。所定のエラー処理を行ったあと、必ず、ORER、PER、FERフラグをすべて0にクリアしてください。ORER、PER、FERフラグのいずれかが1にセットされた状態では受信を再開できません。また、フレーミングエラー時にRxD端子に対応する入力ポートの値をリードすることでブレークの検出ができます。

[4] SCIの状態を確認して受信データのリード：
SSRをリードして、RDRF=1であることを確認したあと、RDRの受信データをリードし、RDRFフラグを0にクリアします。RDRFフラグが0から1に変化したことは、RXI割り込みによっても知ることができます。

[5] シリアル受信の継続手順：
シリアル受信を続けるときには、現在のフレームのストップビットを受信する前に、RDRFフラグのリード、RDRのリード、RDRFフラグを0にクリアしておいてください。ただし、RXI割り込みでDTCを起動しRDRの値をリードする場合には、RDRFフラグのクリアは自動的に行われます。

図 13.9 シリアル受信データフローチャートの例 (1)

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

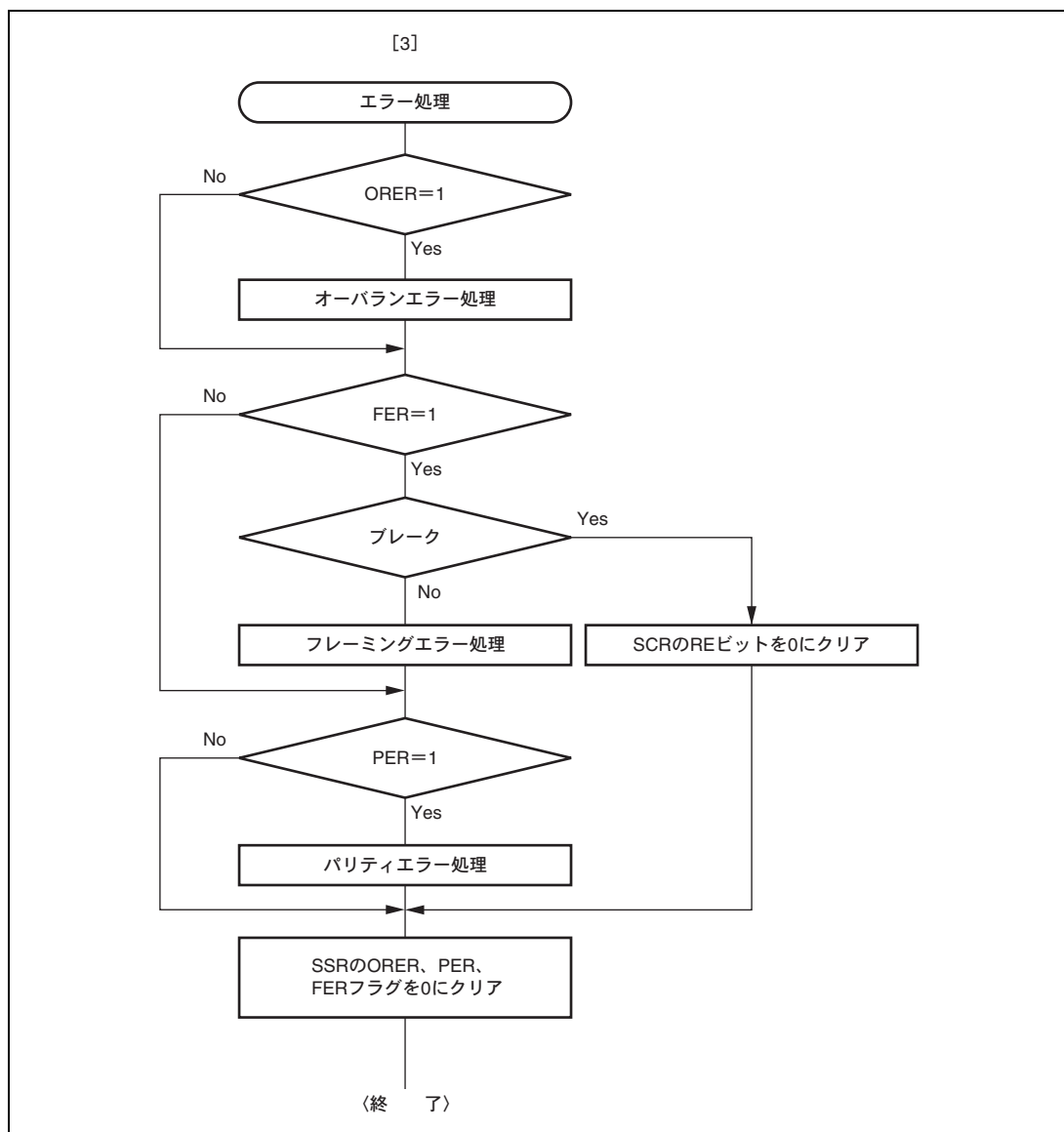


図 13.9 シリアル受信データフローチャートの例 (2)

13.5 マルチプロセッサ通信機能

マルチプロセッサ通信機能を使用すると、マルチプロセッサビットを付加した調歩同期式シリアル通信により複数のプロセッサ間で通信回線を共有してデータの送受信を行うことができます。マルチプロセッサ通信では受信局に各々固有の ID コードを割り付けます。シリアル通信サイクルは、受信局を指定する ID 送信サイクルと指定された受信局に対するデータ送信サイクルで構成されます。ID 送信サイクルとデータ送信サイクルの区別はマルチプロセッサビットで行います。マルチプロセッサビットが 1 のとき ID 送信サイクル、0 のときデータ送信サイクルとなります。図 13.10 にマルチプロセッサフォーマットを使用したプロセッサ間通信の例を示します。送信局は、まず受信局の ID コードにマルチプロセッサビット 1 を付加した通信データを送信します。続いて、送信データにマルチプロセッサビット 0 を付加した通信データを送信します。受信局は、マルチプロセッサビットが 1 の通信データを受信すると自局の ID と比較し、一致した場合は続いて送信される通信データを受信します。一致しなかった場合は再びマルチプロセッサビットが 1 の通信データを受信するまで通信データを読み飛ばします。

SCIはこの機能をサポートするため、SCRにMPIEビットが設けてあります。MPIEを1にセットすると、マルチプロセッサビットが1のデータを受け取るまでRSRからRDRへの受信データの転送、および受信エラーの検出とSSRのRDRF、FER、ORERの各ステータスフラグのセットを禁止します。マルチプロセッサビットが1の受信キャラクタを受け取ると、SSRのMPBが1にセットされるとともにMPIEが自動的にクリアされて通常の受信動作に戻ります。このときSCRのRIEがセットされているとRXI割り込みを発生します。

マルチプロセッサフォーマットを指定した場合は、パリティビットの指定は無効です。それ以外は通常の調歩同期式モードと変わりません。マルチプロセッサ通信を行うときのクロックも通常の調歩同期式モードと同一です。

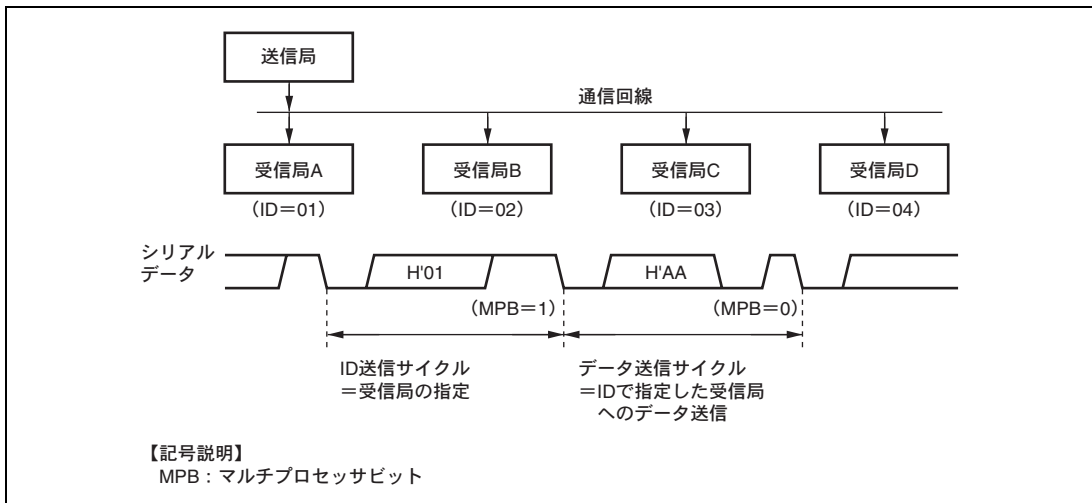


図 13.10 マルチプロセッサフォーマットを使用した通信例（受信局 A へのデータ H'AA の送信の例）

13.5.1 マルチプロセッサシリアルデータ送信

図 13.11 にマルチプロセッサデータ処理のフローチャートの例を示します。ID 送信サイクルでは SSR の MPBT を 1 にセットして送信してください。データ送信サイクルでは SSR の MPBT を 0 にクリアして送信してください。その他の動作は調歩同期式モードの動作と同じです。

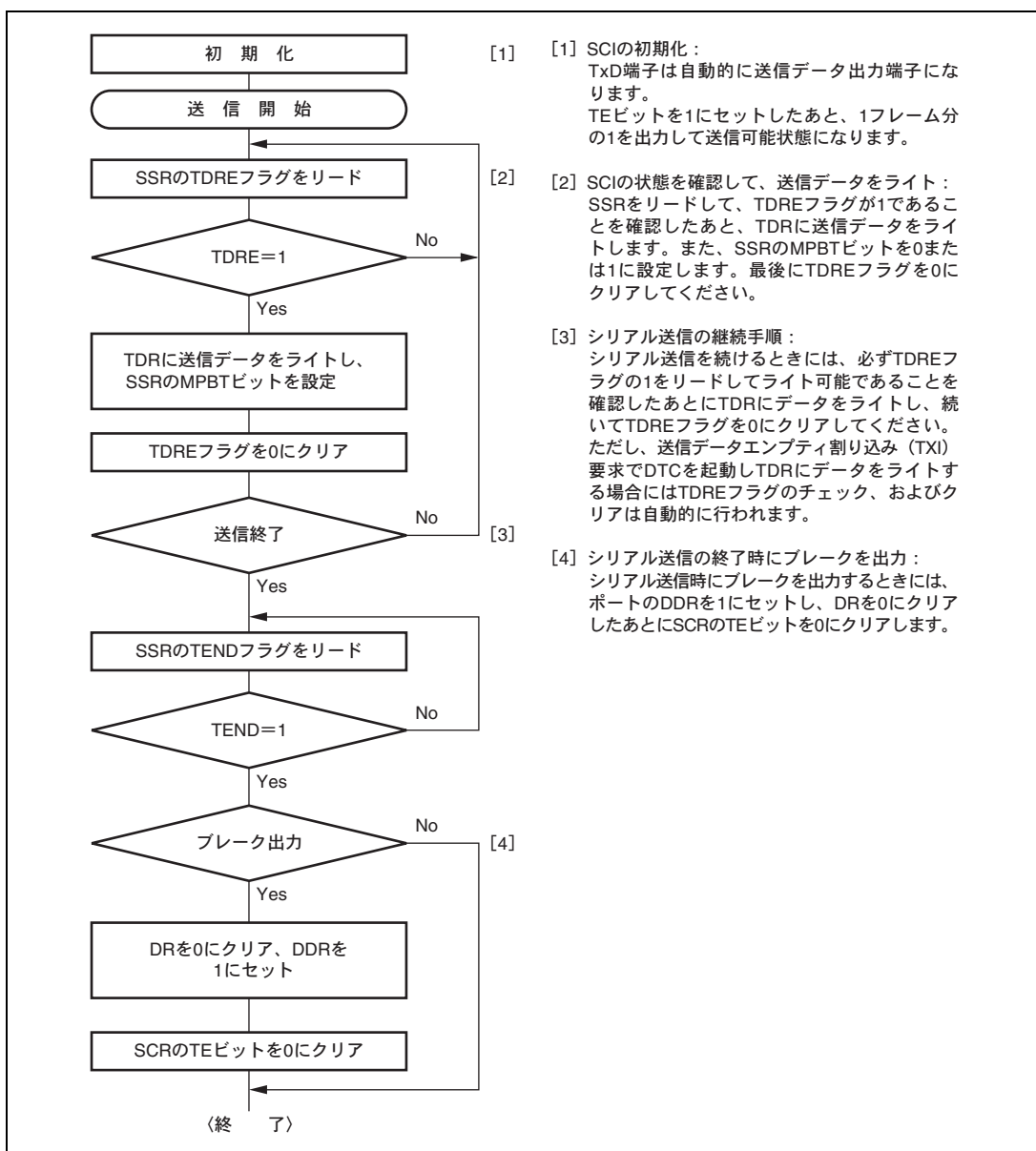


図 13.11 マルチプロセッサシリアル送信のフローチャートの例

13.5.2 マルチプロセッサシリアルデータ受信

図 13.13 にマルチプロセッサデータ受信のフローチャートの例を示します。SCR の MPIE を 1 にセットするとマルチプロセッサビットが 1 の通信データを受信するまで通信データを読み飛ばします。マルチプロセッサビットが 1 の通信データを受信すると受信データを RDR に転送します。このとき RXI 割り込み要求を発生します。その他の動作は調歩同期モードの動作と同じです。図 13.12 に受信時の動作例を示します。

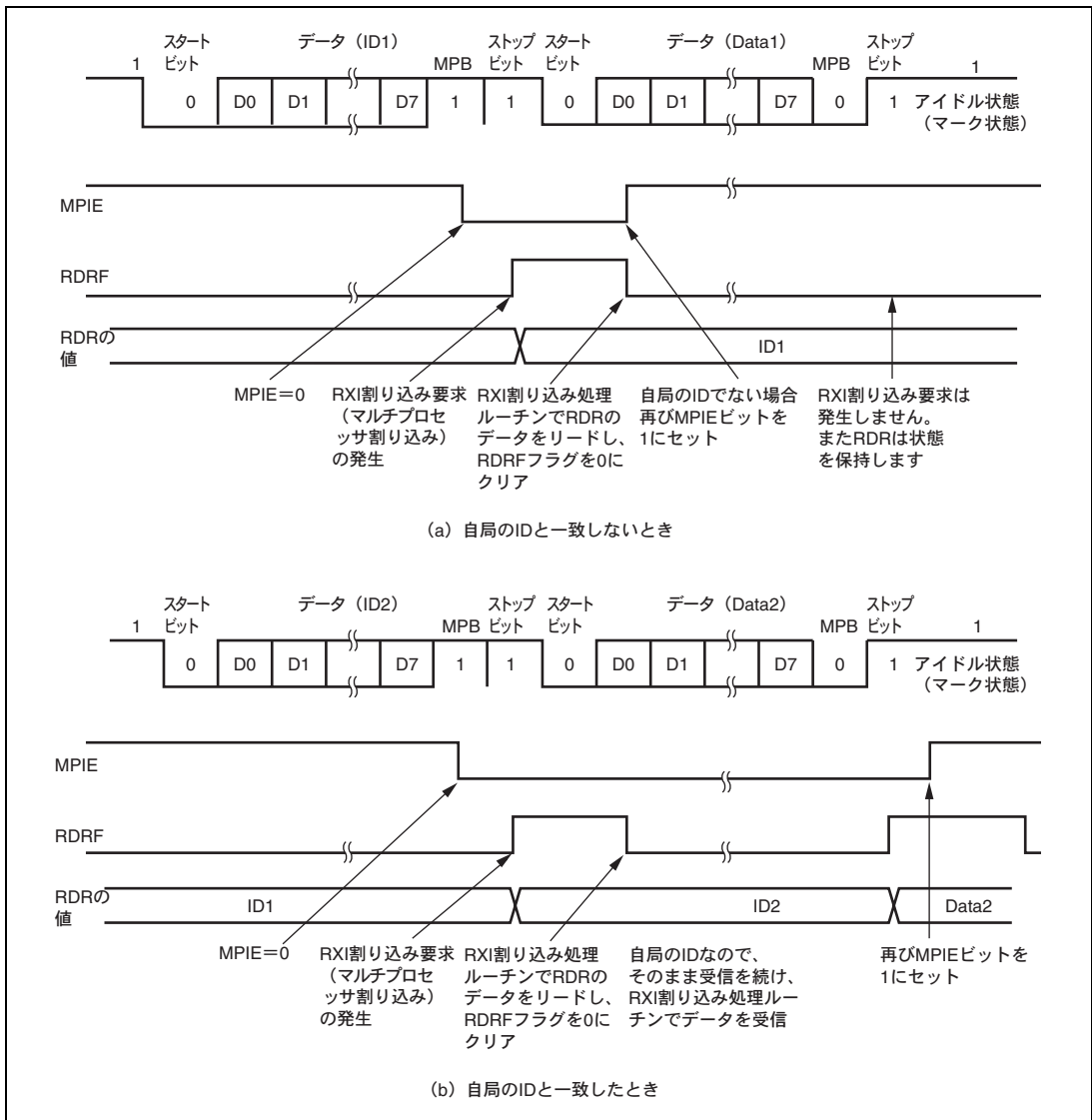


図 13.12 SCI の受信時の動作例 (8 ビットデータ / マルチプロセッサビットあり / 1 ストップビットの例)

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

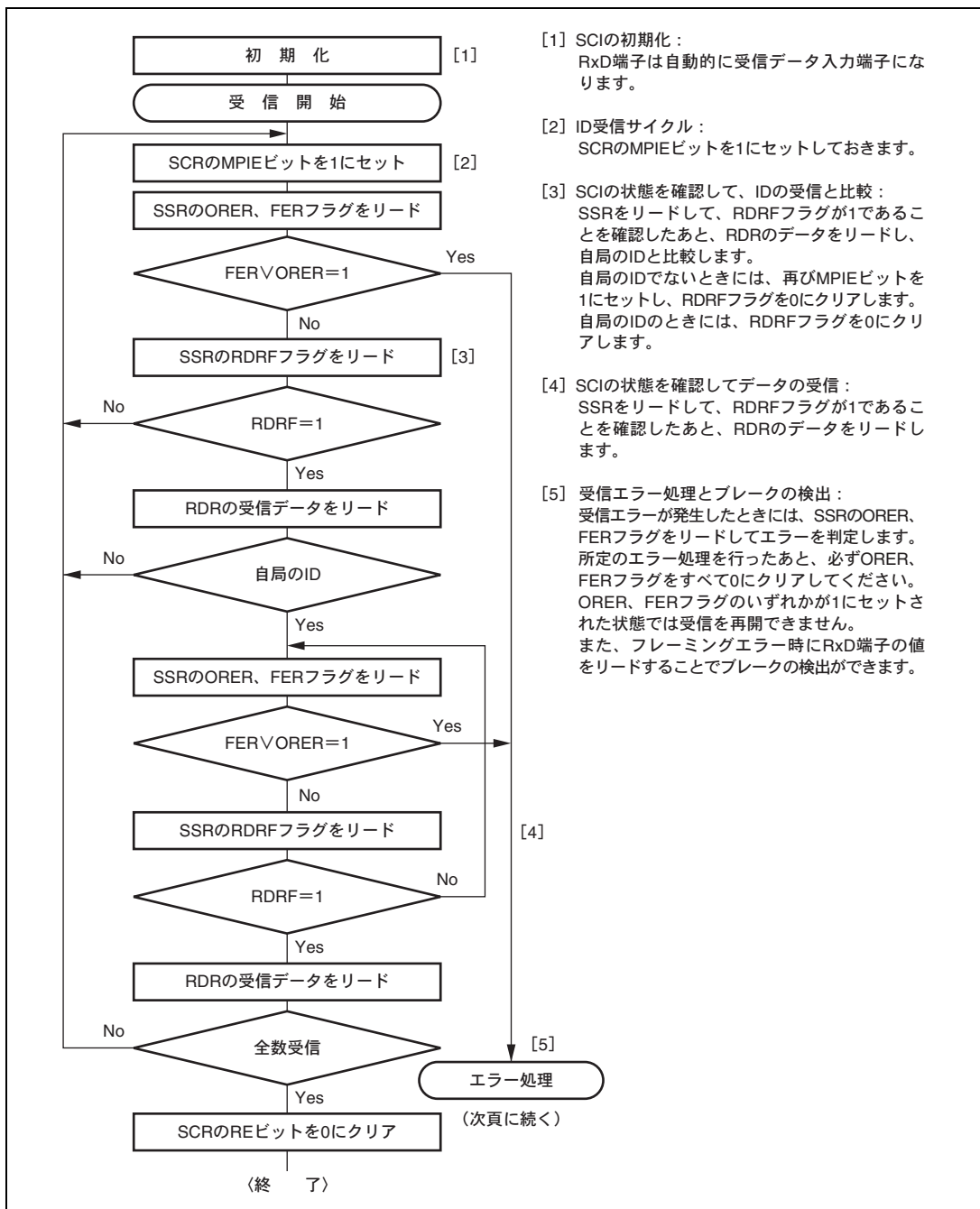


図 13.13 マルチプロセッサシリアル受信のフローチャートの例 (1)

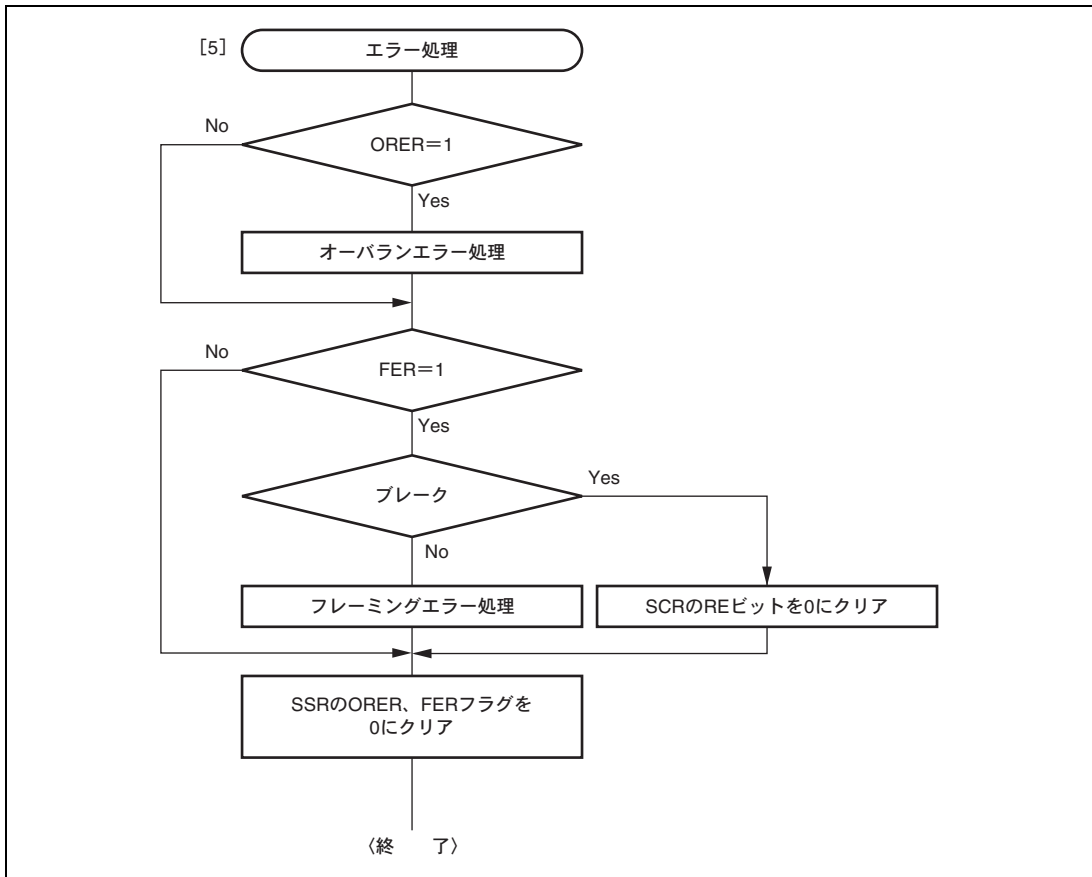


図 13.13 マルチプロセッサシリアル受信のフローチャートの例 (2)

13.6 クロック同期式モードの動作

クロック同期式通信の通信データのフォーマットを図 13.14 に示します。クロック同期式モードではクロックパルスに同期してデータを送受信します。通信データの 1 キャラクタは 8 ビットデータで構成されます。SCI はデータ送信時は同期クロックの立ち下がりから次の立ち下がりまで出力します。データ受信時は同期クロックの立ち上がりに同期してデータを取り込みます。8 ビット出力後の通信回線は最終ビット出力状態を保ちます。クロック同期式モードでは、パリティビットやマルチプロセッサビットの付加はできません。SCI 内部では送信部と受信部が独立していますので、クロックを共有することで全二重通信を行うことができます。送信部/受信部は共にダブルバッファ構造になっていますので、送信中に次の送信データのライト、受信中に前の受信データのリードを行うことで連続送受信が可能です。

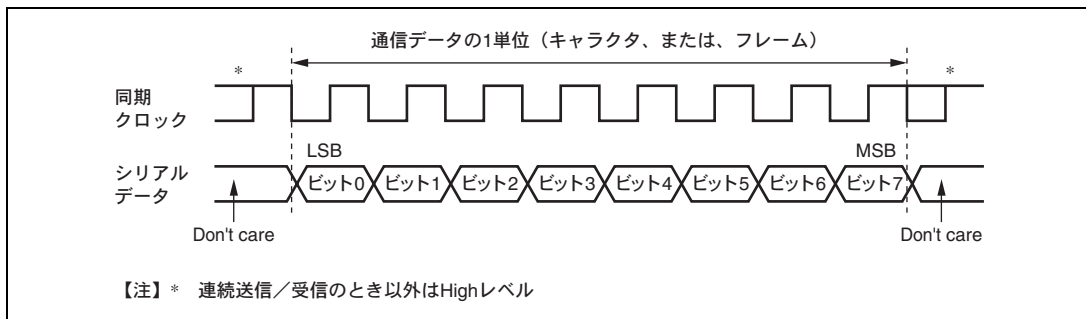


図 13.14 クロック同期式通信のデータフォーマット (LSB フェーストの場合)

13.6.1 クロック

SCR の CKE1、CKE0 の設定により、内蔵ポーレートジェネレータが生成する内部クロックまたは SCK 端子から入力される外部同期クロックを選択できます。内部クロックで動作させるとき、SCK 端子から同期クロックが出力されます。同期クロックは 1 キャラクタの送受信で 8 パルス出力され、送信および受信を行わないときは High レベルに固定されます。

13.6.2 SCIの初期化

データの送受信前に、SCRのTE、REビットをクリアしたあと、図13.15のフローチャートの例に従って初期化してください。動作モードの変更、通信フォーマットの変更などの場合も必ず、TEビットおよびREビットを0にクリアしてから変更を行ってください。TEを0にクリアすると、TDREは1にセットされますが、REを0にクリアしても、RDRF、PER、FER、ORERの各フラグ、およびRDRは初期化されませんので注意してください。

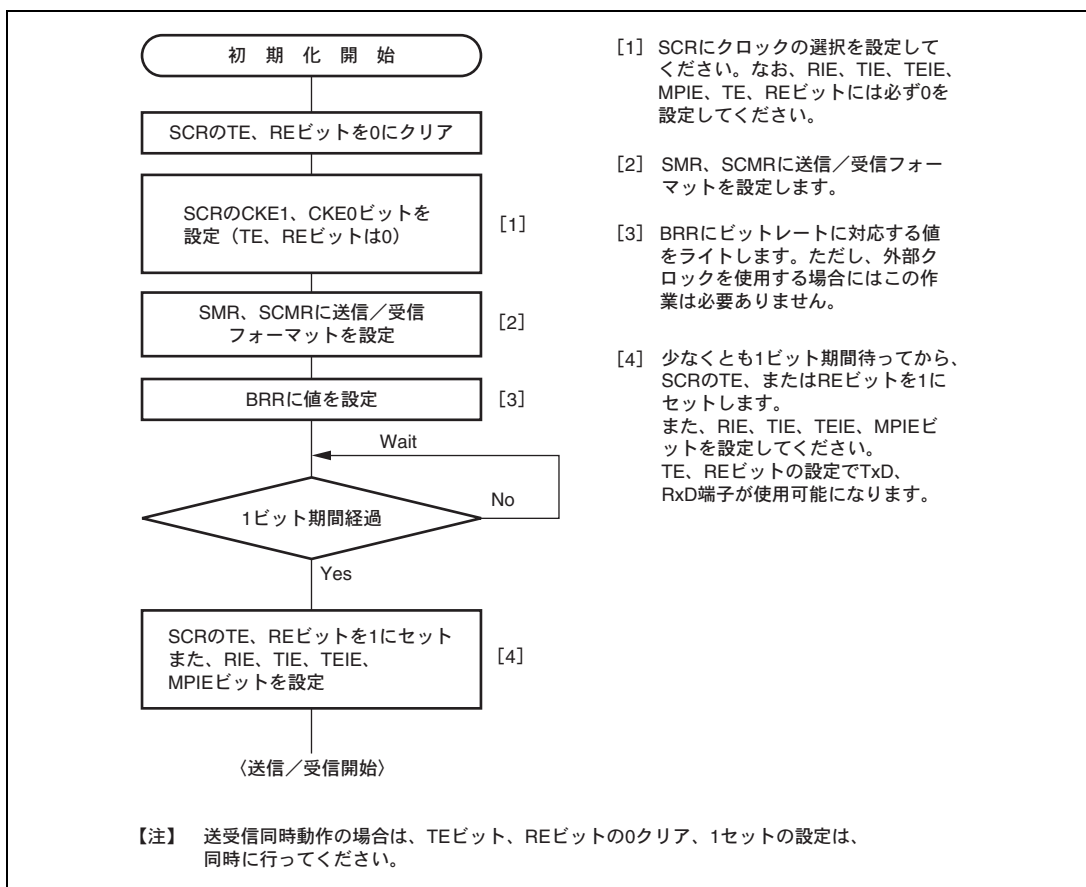


図 13.15 SCIの初期化フローチャートの例

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

13.6.3 シリアルデータ送信 (クロック同期式)

図 13.16 にクロック同期式モードの送信時の動作例を示します。データ送信時 SCI は以下のように動作します。

1. SCI は SSR の TDRE を監視し、クリアされると TDR にデータが書き込まれたと認識して TDR から TSR にデータを転送します。
2. TDR から TSR にデータを転送すると、TDRE を 1 にセットして送信を開始します。このとき、SCR の TIE が 1 にセットされていると TXI 割り込み要求を発生します。この TXI 割り込みルーチンで、前に転送したデータの送信が終了するまでに TDR に次の送信データを書き込むことで連続送信が可能です。
3. クロック出力モードに設定したときには出力クロックに同期して、外部クロックに設定したときには入力クロックに同期して、TxD 端子から 8 ビットのデータを出力します。
4. 最終ビットを送り出すタイミングで TDRE をチェックします。
5. TDRE が 0 であると次の送信データを TDR から TSR にデータを転送し、次のフレームの送信を開始します。
6. TDRE が 1 であると SSR の TEND に 1 をセットし、最終ビット出力状態を保持します。このとき SCR の TEIE が 1 にセットされていると TEI 割り込みを発生します。SCK 端子は High レベルに固定されます。

図 13.17 にデータ送信のフローチャートの例を示します。受信エラーフラグ (ORER、FER、PER) が 1 にセットされた状態では TDRE をクリアしても送信を開始しません。送信開始の前に、必ず受信エラーフラグを 0 にクリアしておいてください。また、受信エラーフラグは RE ビットをクリアしただけではクリアされませんので注意してください。

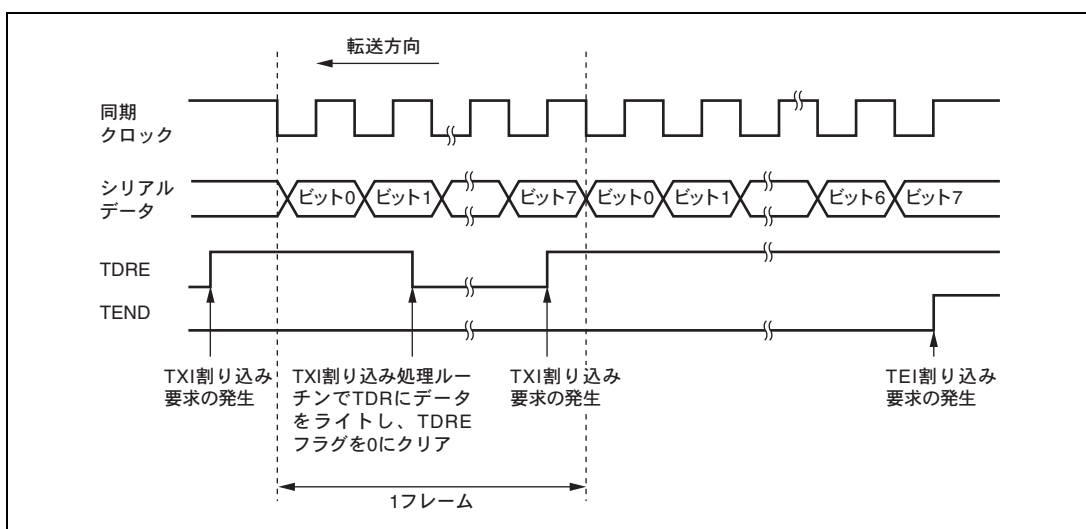


図 13.16 クロック同期式モードの送信時の動作例

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

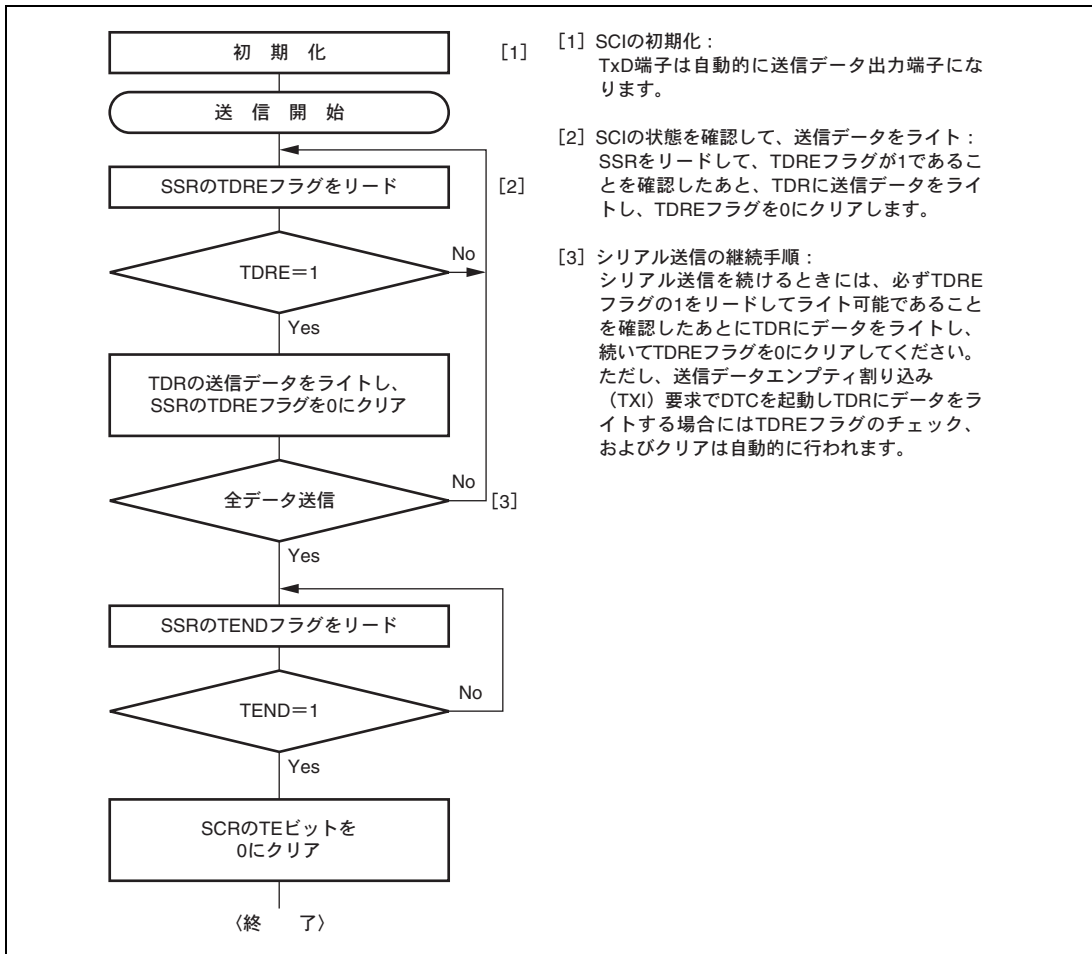


図 13.17 シリアル送信のフローチャートの例

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

13.6.4 シリアルデータ受信 (クロック同期式)

図 13.18 にクロック同期式モードの受信時の動作例を示します。データ受信時 SCI は以下のように動作します。

1. SCI は同期クロックの入力または、出力に同期して内部を初期化して受信を開始し、受信データを RSR に取り込みます。
2. オーバランエラーが発生したとき (SSR の RDRF が 1 にセットされたまま次のデータを受信完了したとき) は SSR の ORER をセットします。このとき SCR の RIE が 1 にセットされていると ERI 割り込み要求が発生します。受信データは RDR に転送しません。RDRF は 1 にセットされた状態を保持します。
3. 正常に受信したときは SSR の RDRF をセットし、受信データを RDR に転送します。このとき SCR の RIE が 1 にセットされていると RXI 割り込み要求が発生します。この RXI 割り込み処理ルーチンで RDR に転送された受信データを次のデータ受信完了までにリードすることで連続受信が可能です。

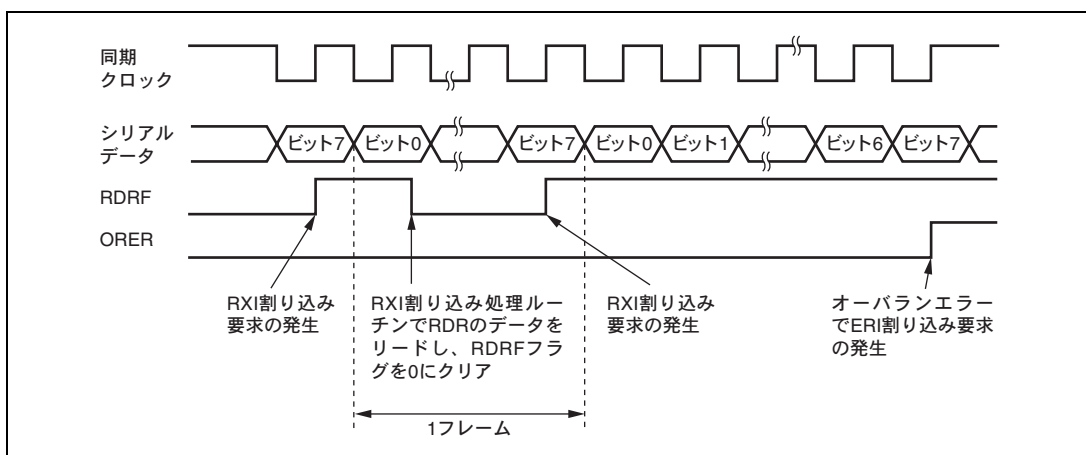


図 13.18 SCI の受信時の動作例

受信エラーフラグがセットされた状態では以後の送受信動作ができません。したがって、受信を継続する前に必ず ORER、FER、PER、および RDRF を 0 にクリアしてください。図 13.19 にデータ受信のためのフローチャートの例を示します。

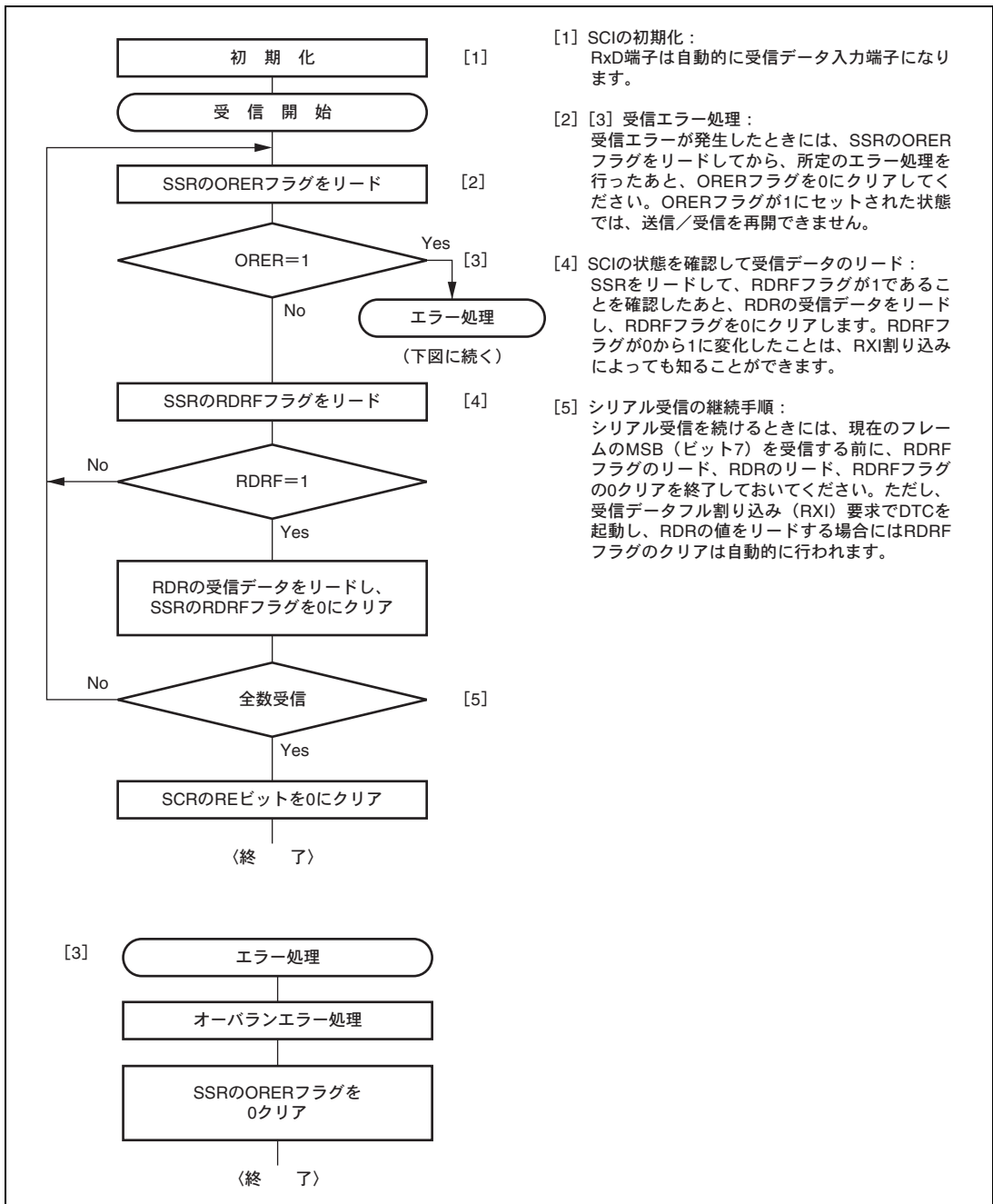


図 13.19 シリアルデータ受信フローチャートの例

13.6.5 シリアルデータ送受信同時動作 (クロック同期式)

図 13.20 にデータ送受信同時動作のフローチャートの例を示します。データ送受信同時動作は SCI の初期化後、以下の手順に従って行ってください。送信から同時送受信へ切り替えるときには、SCI が送信終了状態であること、TDRE および TEND が 1 にセットされていることを確認したあと、TE を 0 にクリアしてから TE および RE を 1 命令で同時に 1 にセットしてください。受信から同時送受信へ切り替えるときには、SCI が受信完了状態であることを確認し、RE を 0 にクリアしてから RDRF およびエラーフラグ (ORER、FER、PER) が 0 にクリアされていることを確認したあと、TE および RE を 1 命令で同時に 1 にセットしてください。

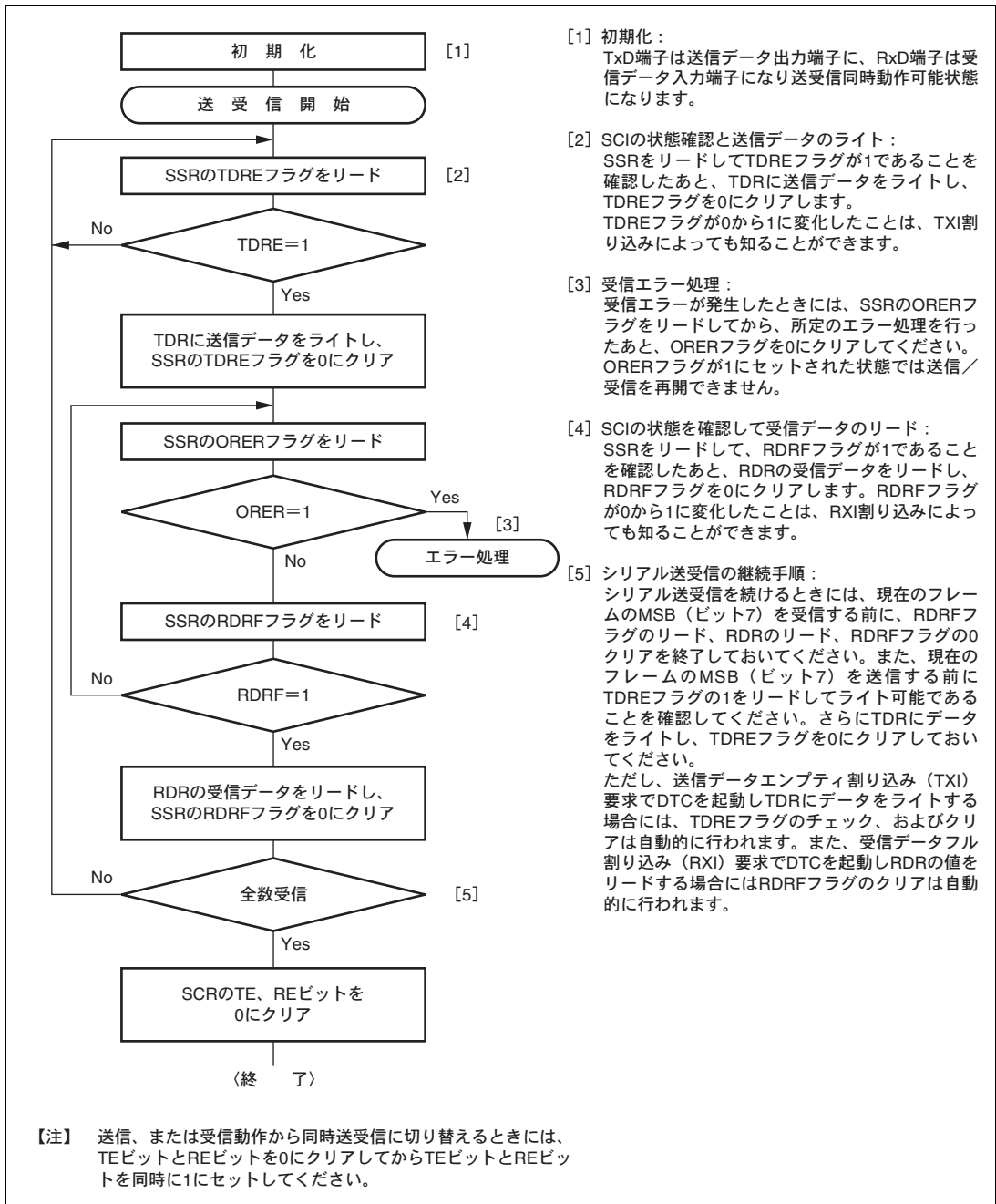


図 13.20 シリアル送受信同時動作のフローチャートの例

13.7 スマートカードインタフェースの動作説明

SCIはシリアルコミュニケーションインタフェースの拡張機能として、ISO/IEC 7816-3 (Identification Card) に準拠したICカード (スマートカード) とのインタフェースをサポートしています。スマートカードインタフェースモードへの切り替えはレジスタにより行います。

13.7.1 接続例

図 13.21 にスマートカードとの接続例を示します。ICカードとは1本のデータ伝送線で送受信が行われるので、TxD 端子と RxD 端子とを結線し、データ伝送線は抵抗で電源 V_{CC} 側にプルアップしてください。ICカードを接続しない状態で RE=TE=1 に設定すると、閉じた送信/受信が可能となり自己診断をすることができます。SCIで生成するクロックをICカードに供給する場合は、SCK 端子出力をICカードのCLK 端子に入力してください。リセット信号の出力には本 LSI の出力ポートを使用できます。

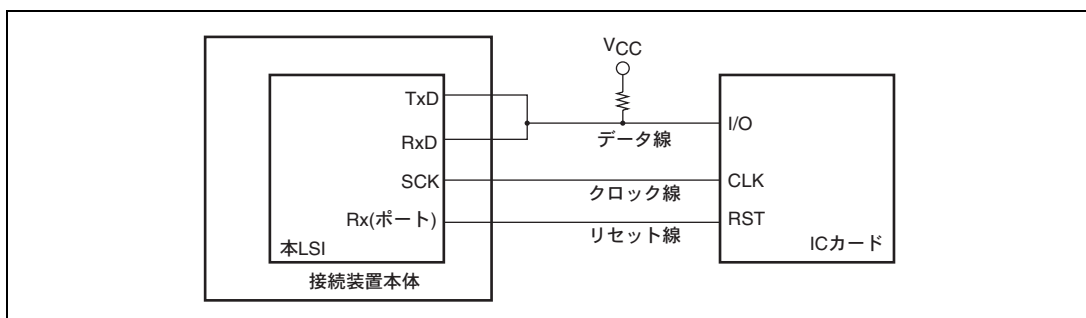


図 13.21 スマートカードインタフェース端子接続概要

13.7.2 データフォーマット (ブロック転送モード時を除く)

図 13.22 にスマートカードインタフェースモードでの送受信フォーマットを示します。

- 調歩同期式で、1フレームは8ビットデータとパリティビットで構成されます。
- 送信時は、パリティビットの終了から次のフレーム開始まで2etu (Elementary Time Unit : 1ビットの転送期間) 以上のガードタイムをおきます。
- 受信時はパリティエラーを検出した場合、スタートビットから10.5etu経過後、エラーシグナルLowを1etu期間出力します。
- 送信時はエラーシグナルをサンプリングすると、2etu以上経過後、自動的に同じデータを再送信します。

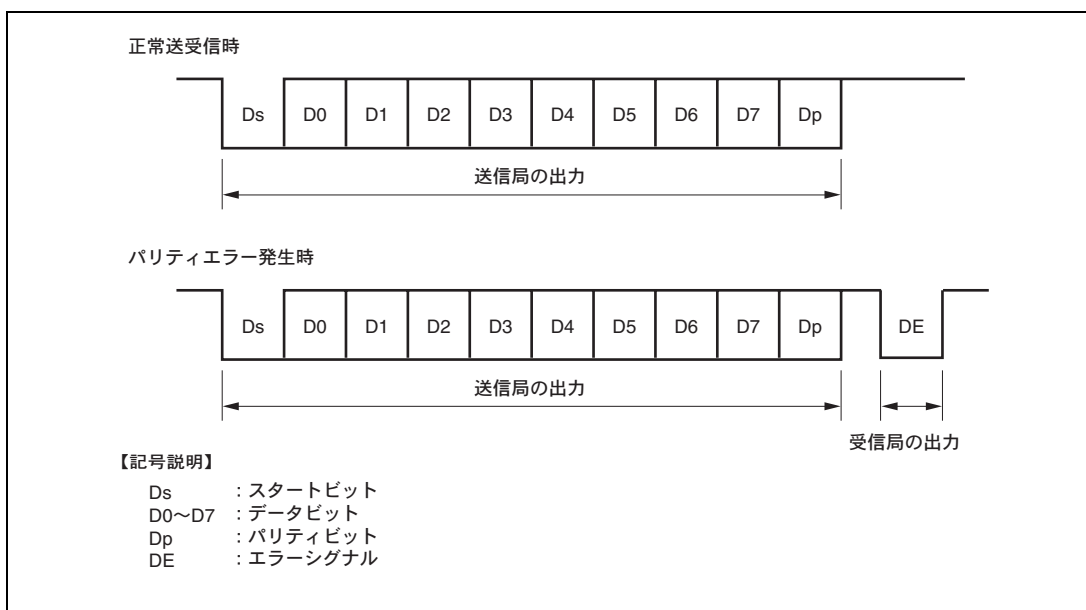


図 13.22 通常のスマートカードインタフェースのデータフォーマット

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

ダイレクトコンベンションタイプとインバースコンベンションタイプの2種類のICカードとの送受信は以下のように行ってください。

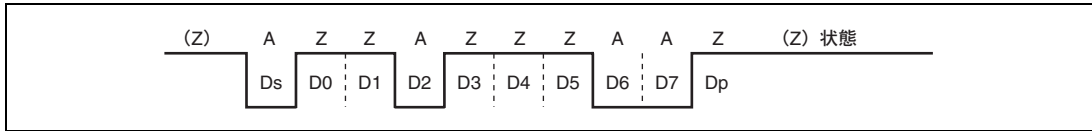


図 13.23 ダイレクトコンベンション (SDIR=SINV=O/E=0)

ダイレクトコンベンションタイプは上記開始キャラクタの例のように、論理1レベルを状態Zに、論理0レベルを状態Aに対応付け、LSBファーストで送受信します。上記の開始キャラクタではデータはH'3Bとなります。ダイレクトコンベンションタイプではSCMRのSDIRビット、SINVビットを共に0にセットしてください。また、スマートカードの規格により偶数パリティとなるようSMRのO/Eビットには0をセットしてください。

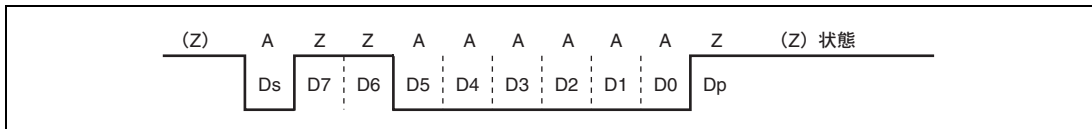


図 13.24 インバースコンベンション (SDIR=SINV=O/E=1)

インバースコンベンションタイプは、論理1レベルを状態Aに、論理0レベルを状態Zに対応付け、MSBファーストで送受信します。上記の開始キャラクタではデータはH'3Fとなります。インバースコンベンションコンベンションタイプではSCMRのSDIRビット、SINVビットを共に1にセットしてください。パリティビットはスマートカードの規格により偶数パリティで論理0となり、状態Zが対応します。本LSIでは、SINVビットはデータビットD7~D0のみ反転させます。このため、送受信ともSMRのO/Eビットに1を設定してパリティビットを反転させてください。

13.7.3 ブロック転送モード

ブロック転送モードは、通常のスマートカードインタフェースと比較して以下の点が異なります。

- 受信時はパリティチェックは行いますが、エラーを検出してもエラーシグナルは出力しません。SSRのPERはセットされますので、次のフレームのパリティビットを受信する前にクリアしてください。
- 送信時のパリティビットの終了から次のフレーム開始までのガードタイムは最小1etu以上です。
- 送信時は再送信を行わないため、TENDフラグは送信開始から11.5etu後にセットされます。
- ERSフラグは通常のスマートカードインタフェースと同じで、エラーシグナルのステータスを示しますが、エラーシグナルの送受信を行わないため常に0となります。

13.7.4 受信データサンプリングタイミングと受信マージン

スマートカードインタフェースで使用できる送受信クロックは内蔵ボーレートジェネレータの生成した内部クロックのみです。スマートカードインタフェースモードでは、SCIはBCP1、BCP0の設定によりビットレートの32倍、64倍、372倍、256倍（通常の調歩同期式モードでは16倍に固定されています）の周波数の基本クロックで動作します。受信時はスタートビットの立ち下がりを基本クロックでサンプリングして内部を同期化します。また、図13.25に示すように受信データを基本クロックのそれぞれ16、32、186、128番目の立ち上がりエッジでサンプリングすることで、各ビットの中央でデータを取り込みます。このときの受信マージンは次の式で表すことができます。

$$M = \left| \left(0.5 - \frac{1}{2N} \right) - (L - 0.5) F - \frac{|D - 0.5|}{N} (1 + F) \right| \times 100\%$$

M: 受信マージン (%)

N: クロックに対するビットレートの比 (N=32, 64, 372, 256)

D: クロックデューティ (D=0~1.0)

L: フレーム長 (L=10)

F: クロック周波数の偏差の絶対値

上の式で、F=0、D=0.5、N=372とすると、受信マージンは次のようになります。

$$\begin{aligned} M &= (0.5 - 1/2 \times 372) \times 100\% \\ &= 49.866\% \end{aligned}$$

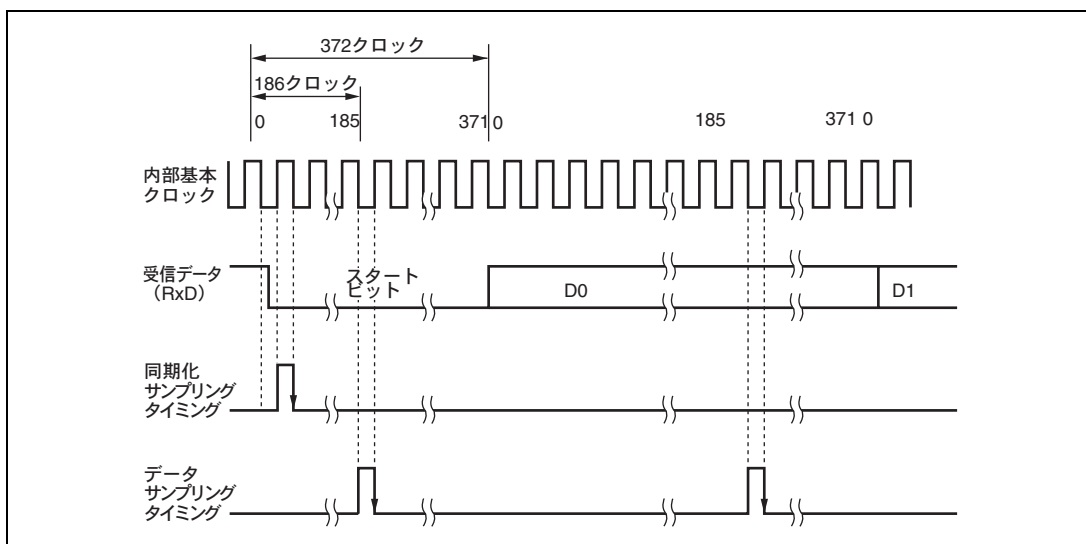


図 13.25 スマートカードインタフェースモード時の受信データサンプリングタイミング (372 倍のクロック使用時)

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

13.7.5 初期設定

データの送受信の前に、以下の手順で SCI を初期化してください。送信モードから受信モードへの切り替え、受信モードから送信モードへの切り替えにおいても初期化が必要です。

1. SCRのTE、REビットを0にクリアします。
2. SSRのエラーフラグERS、PER、ORERを0にクリアしてください。
3. SMRのGM、BLK、O \bar{E} 、BCP1、BCP0、CKS1、CKS0ビットを設定してください。このとき、PEビットは1に設定してください。
4. SCMRのSMIF、SDIR、SINVビットを設定してください。
SMIFビットを1にセットすると、TxD端子およびRxD端子は共にポートからSCIの端子に切り替わり、ハイインピーダンス状態となります。
5. ビットレートに対応する値をBRRに設定します。
6. SCRのCKE1、CKE0ビットを設定してください。このとき、TIE、RIE、TE、RE、MPIE、TEIEビットは、0に設定してください。
CKE0ビットを1にセットした場合は、SCK端子からクロックを出力します。
7. 少なくとも、1ビット期間待ってから、SCRのTIE、RIE、TE、REビットを設定してください。自己診断以外はTEビットとREビットを同時にセットしないでください。

受信モードから送信モードに切り替える場合、受信動作が完了していることを確認したあと、初期化から開始し、RE=0、TE=1に設定してください。受信動作の完了は、RDRF フラグ、あるいは PER、ORER フラグで確認できます。送信モードから受信モードに切り替える場合、送信動作が完了していることを確認したあと、初期化から開始し、TE=0、RE=1に設定してください。送信動作の完了は TEND フラグで確認できます。

13.7.6 データ送信（ブロック転送モードを除く）

スマートカードモードにおけるデータ送信ではエラーシグナルのサンプリングと再送信処理があるため、通常のシリアルコミュニケーションインタフェースとは動作が異なります（ブロック転送モードを除く）。送信時の再転送動作を図 13.26 に示します。

- 1 フレーム分の送信を完了したあと、受信側からのエラーシグナルをサンプリングするとSSRのERSビットが1にセットされます。このとき、SCRのRIEビットがセットされているとERI割り込み要求を発生します。次のパリティビットのサンプリングまでにERSをクリアしてください。
- 2 エラーシグナルを受信したフレームでは、SSRのTENDはセットされません。TDRからTSRに再度データが転送され、自動的に再送信を行います。
- 3 受信側からエラーシグナルが返ってこない場合は、SSRのERSビットはセットされません。再転送を含む1フレームの送信が完了したと判断して、SSRのTENDがセットされます。このときSCRのTIEがセットされていると、TXI割り込み要求を発生します。送信データをTDRに書き込むことにより次のデータが送信されます。

送信処理フローの例を図 13.28 に示します。これら一連の処理は TXI 割り込み要因によって DTC を起動することで、自動的に行うことができます。送信動作では、SSR の TEND フラグが 1 にセットされると同時に TDRE フラグもセットされ、SCR の TIE をセットしておくことで TXI 割り込み要求を発生します。あらかじめ DTC の起動要因に TXI 要求を設定しておけば、TXI 要求により DTC が起動されて送信データの転送を行います。TDRE および TEND フラグは、DTC によるデータ転送時に自動的に 0 にクリアされます。エラーが発生した場合は SCI が自動的に同じデータを再送信します。この間 TEND は 0 のまま保持され、DTC は起動されません。したがって、エラー発生時の再送信を含め、SCI と DTC が指定されたバイト数を自動的に送信します。ただし、エラー発生時、ERS フラグは自動的にクリアされませんので、RIE ビットを 1 にセットしておき、エラー発生時に ERI 割り込み要求を発生させ、ERS をクリアしてください。

なお、DTC を使って送受信を行う場合は、必ず先に DTC を設定し、許可状態にしてから SCI の設定を行ってください。DTC の設定方法は「第 8 章 データトランスファコントローラ (DTC)」を参照してください。

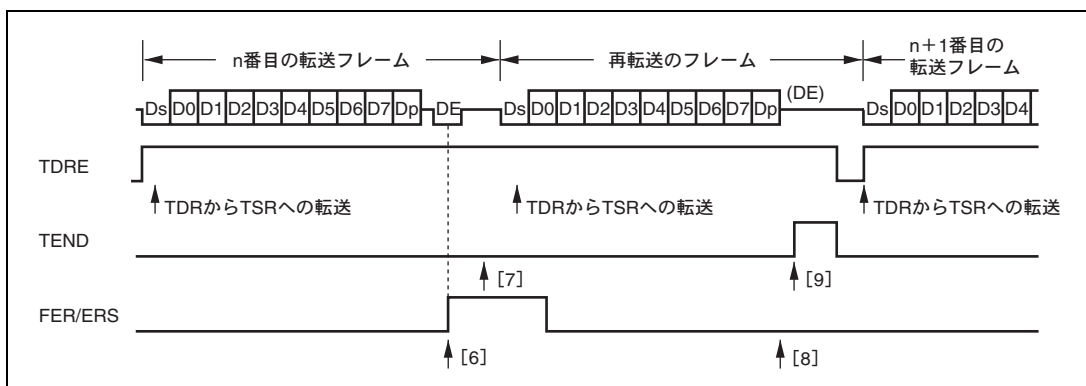


図 13.26 SCI 送信モードの場合の再転送動作

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

なお、SMR の GM ビットの設定により、TEND フラグのセットタイミングが異なります。図 13.27 に TEND フラグ発生タイミングを示します。

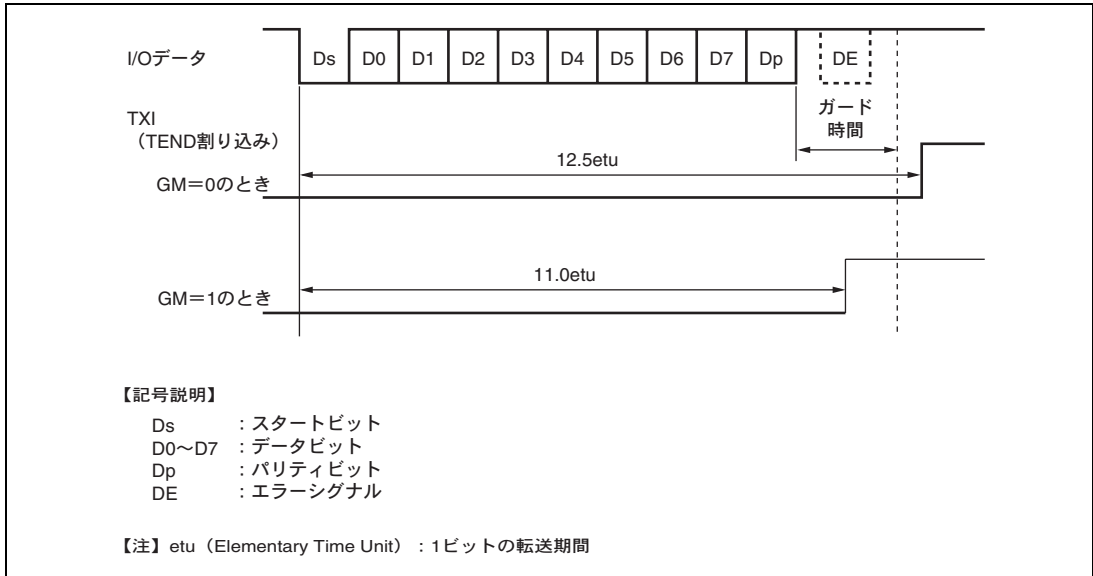


図 13.27 送信動作時の TEND フラグ発生タイミング

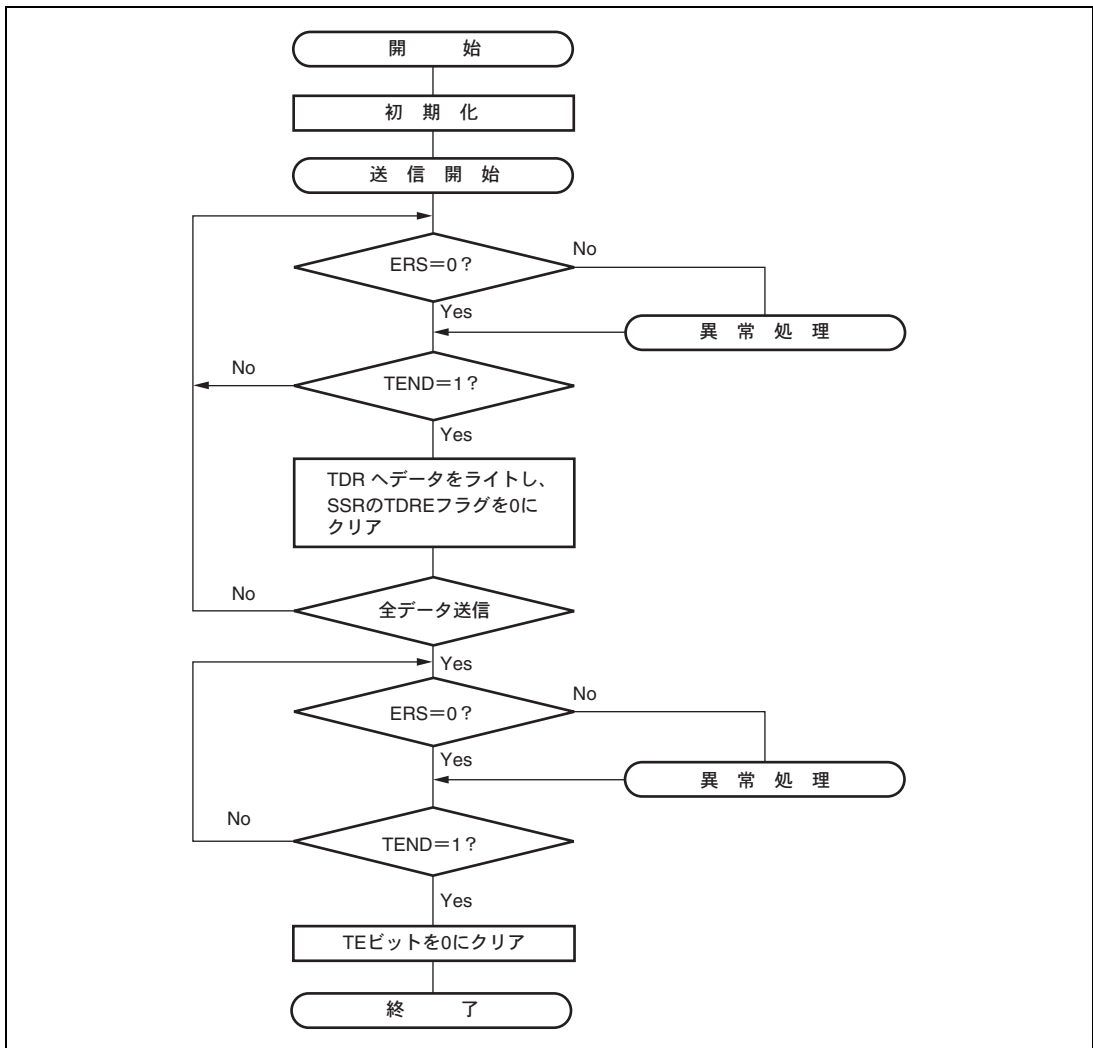


図 13.28 送信処理フローの例

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

13.7.7 シリアルデータ受信（ブロック転送モードを除く）

スマートカードインタフェースモードにおけるデータ受信は、通常のシリアルコミュニケーションインタフェースモードと同様の処理手順になります。受信モードの場合の再転送動作を図 13.29 に示します。

1. 受信データにパリティエラーを検出するとSSRのPERビットが1にセットされます。このとき、SCRのRIEがセットされているとERI割り込み要求を発生します。次のパリティビットのサンプリングタイミングまでにPERビットをクリアしてください。
2. パリティエラーを検出したフレームではSSRのRDRFビットはセットされません。
3. パリティエラーが検出されない場合は、SSRのPERビットはセットされません。正常に受信を完了したと判断して、SSRのRDRFが1にセットされます。このときSCRのRIEビットがセットされていれば、RXI割り込み要求を発生します。

受信フローの例を図 13.30 に示します。これら一連の処理はRXI割り込み要因によってDTCを起動することで、自動的に行うことができます。受信動作では、RIEビットを1にセットしておくこととRDRFフラグが1にセットされるとRXI要求を発生します。あらかじめDTCの起動要因にRXI要求を設定しておけば、RXI要求によりDTCが起動されて受信データの転送を行います。DTCによりデータが転送されるとRDRFフラグは自動的にクリアされます。また、受信時にエラーが発生しORER、PERフラグのいずれかが1にセットされると、送受信エラー割り込み（ERI）要求を発生しますのでエラーフラグをクリアしてください。エラーが発生した場合はDTCは起動されず、受信データはスキップされるためDTCに設定したバイト数だけ受信データを転送します。なお、受信時にパリティエラーが発生しPERが1にセットされた場合でも、受信したデータはRDRに転送されるのでこのデータをリードすることは可能です。

【注】 ブロック転送モードの場合は「13.4 調歩同期式モードの動作」を参照してください。

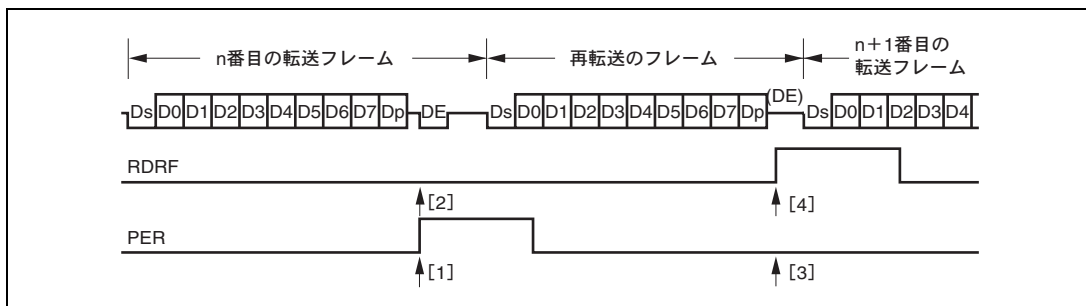


図 13.29 SCI 受信モードの場合の再転送動作

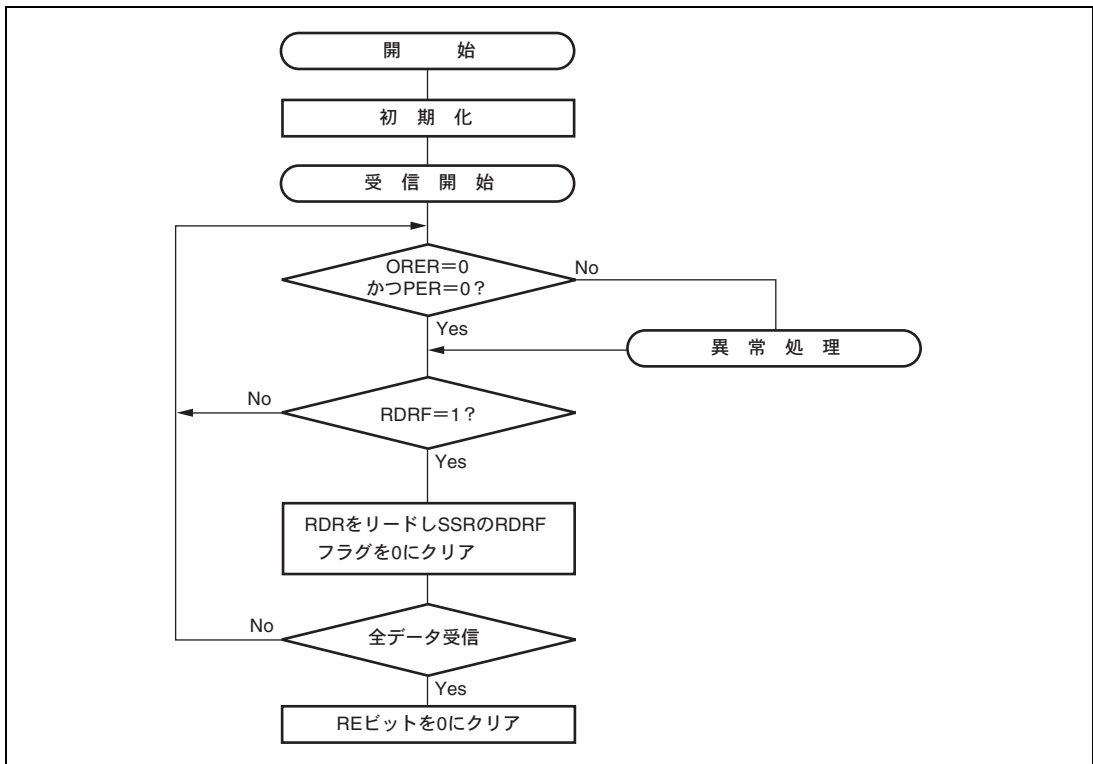


図 13.30 受信フローの例

13.7.8 クロック出力制御

SMR の GM ビットが 1 にセットされているとき、SCR の CKE1、CKE0 ビットによってクロック出力を固定することができます。このときクロックパルスの最小幅を指定の幅とすることができます。

図 13.31 にクロック出力の固定タイミングを示します。GM=1、CKE1=0 とし、CKE0 ビットを制御した場合の例です。

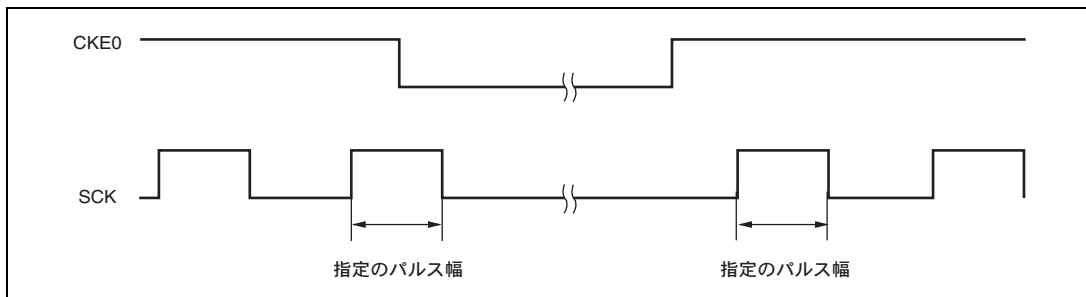


図 13.31 クロック出力固定タイミング

電源投入時およびソフトウェアスタンバイモードへの遷移またはソフトウェアスタンバイモードからの復帰の際は、クロックのデューティを確保するため、以下の手順で処理してください。

- 電源投入時

電源投入時からクロックデューティを確保するため、下記の切り替え手順で処理をしてください。

1. 初期状態は、ポート入力でありハイインピーダンスです。電位を固定するには、プルアップ抵抗/プルダウン抵抗を使用してください。
2. SCRのCKE1ビットでSCK端子を指定の出力に固定してください。
3. SMRとSCMRをセットし、スマートカードモードの動作に切り替えてください。
4. SCRのCKE0ビットを1に設定して、クロック出力を開始させてください。

- スマートカードインタフェースモードからソフトウェアスタンバイモードに遷移するとき

1. SCK端子に対応するデータレジスタ (DR) とデータディレクションレジスタ (DDR) をソフトウェアスタンバイモード時の出力固定状態の値に設定してください。
2. SCRのTEビットとREビットに0をライトし、送信/受信動作を停止させてください。
同時に、CKE1ビットをソフトウェアスタンバイ時の出力固定状態の値に設定してください。
3. SCRのCKE0ビットに0をライトし、クロックを停止させてください。
4. シリアルクロックの1クロック周期の間、待ってください。
この間に、デューティを守って、指定のレベルでクロック出力は固定されます。
5. ソフトウェアスタンバイ状態に遷移させてください。

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

- ソフトウェアスタンバイモードからスマートカードインタフェースモードに戻るとき
- ソフトウェアスタンバイ状態を解除してください。
 - SCRのCKE0ビットに1をライトし、クロックを出力させてください。クロックを出力させてください。正常なデューティにて信号発生を開始します。

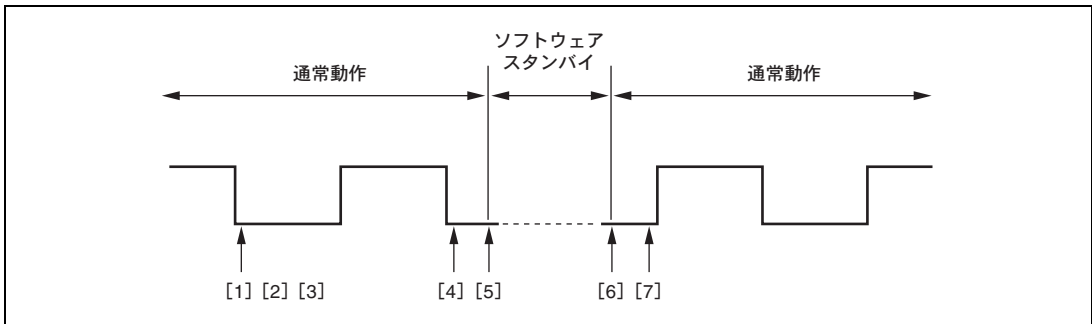


図 13.32 クロック停止・再起動手順

13.8 割り込み要因

13.8.1 通常のシリアルコミュニケーションインタフェースモードにおける割り込み

表 13.12 に通常のシリアルコミュニケーションインタフェースモードにおける割り込み要因を示します。各割り込み要因には異なる割り込みベクタが割り当てられており、SCR のイネーブルビットにより独立にイネーブルにすることができます。

SSR の TDRE フラグが 1 にセットされると、TXI 割り込み要求が発生します。また、SSR の TEND フラグが 1 にセットされると、TEI 割り込み要求が発生します。TXI 割り込み要求により DTC を起動してデータ転送を行うことができます。TDRE フラグは DTC によるデータ転送時に自動的に 0 にクリアされます。

SSR の RDRF フラグが 1 にセットされると RXI 割り込み要求が発生します。SSR の ORER、PER、FER フラグのいずれかが 1 にセットされると、ERI 割り込み要求が発生します。RXI 割り込み要求で DTC を起動してデータ転送を行うことができます。RDRF フラグは DTC によるデータ転送時に自動的に 0 にクリアされます。

TEI 割り込みは TEIE ビットが 1 にセットされた状態で TEND フラグが 1 にセットされたとき発生します。TEI 割り込みと TXI 割り込みが同時に発生している状態では TXI 割り込みが先に受け付けられ、TXI 割り込みルーチンで TDRE フラグと TEND フラグを同時にクリアする場合は TEI 割り込みルーチンへ分岐できなくなりますので注意してください。

表 13.12 SCI 割り込み要因

チャンネル	名称	割り込み要因	割り込みフラグ	DTC の起動
0	ERI_0	受信エラー	ORER、FER、PER	不可
	RXI_0	受信データフル	RDRF	可
	TXI_0	送信データエンプティ	TDRE	可
	TEI_0	送信終了	TEND	不可
1	ERI_1	受信エラー	ORER、FER、PER	不可
	RXI_1	受信データフル	RDRF	可
	TXI_1	送信データエンプティ	TDRE	可
	TEI_1	送信終了	TEND	不可
2	ERI_2	受信エラー	ORER、FER、PER	不可
	RXI_2	受信データフル	RDRF	可
	TXI_2	送信データエンプティ	TDRE	可
	TEI_2	送信終了	TEND	不可

13.8.2 スマートカードインタフェースモードにおける割り込み

スマートカードインタフェースモードでは、表 13.13 の割り込み要因があります。送信終了割り込み (TEI) 要求は使用できません。

表 13.13 SCI 割り込み要因

チャンネル	名称	割り込み要因	割り込みフラグ	DTC の起動
0	ERI_0	受信エラー、エラーシグナル検出	ORER、PER、ERS	不可
	RXI_0	受信データフル	RDRF	可
	TXI_0	送信データエンプティ	TEND	可
1	ERI_1	受信エラー、エラーシグナル検出	ORER、PER、ERS	不可
	RXI_1	受信データフル	RDRF	可
	TXI_1	送信データエンプティ	TEND	可
2	ERI_2	受信エラー、エラーシグナル検出	ORER、PER、ERS	不可
	RXI_2	受信データフル	RDRF	可
	TXI_2	送信データエンプティ	TEND	可

スマートカードモードの場合も通常の SCI の場合と同様に、DTC を使って送受信を行うことができます。送信動作では、SSR の TEND フラグが 1 にセットされると同時に TDRE フラグもセットされ、TXI 割り込みが発生します。あらかじめ DTC の起動要因に TXI 要求を設定しておけば、TXI 要求により DTC が起動されて送信データの転送を行います。TDRE および TEND フラグは、DTC によるデータ転送時に自動的に 0 にクリアされます。エラーが発生した場合は SCI が自動的に同じデータを再送信します。この間 TEND は 0 のまま保持され、DTC は起動されません。したがって、エラー発生時の再送信を含め、SCI と DTC が指定されたバイト数を自動的に送信します。ただし、エラー発生時、ERS フラグは自動的にクリアされませんので、RIE ビットを 1 にセットしておき、エラー発生時に ERI 要求を発生させ、ERS をクリアしてください。

なお、DTC を使って送受信を行う場合は、必ず先に DTC を設定し、許可状態にしてから SCI の設定を行ってください。DTC の設定方法は「第 8 章 データトランスファコントローラ (DTC)」を参照してください。

また、受信動作では、SSR の RDRF フラグが 1 にセットされると RXI 割り込み要求が発生します。あらかじめ DTC の起動要因に RXI 要求を設定しておけば、RXI 要求で DTC が起動されて受信データの転送を行います。RDRF フラグは、DTC によるデータ転送時に、自動的に 0 にクリアされます。エラーが発生した場合は、RDRF フラグはセットされずエラーフラグがセットされます。そのため DTC は起動されず、代わりに CPU に対し ERI を発生しますのでエラーフラグをクリアしてください。

13.9 使用上の注意事項

13.9.1 モジュールストップモードの設定

モジュールストップコントロールレジスタにより、SCIの動作禁止/許可を設定することが可能です。初期値では、SCIの動作は停止します。モジュールストップモードを解除することにより、レジスタのアクセスが可能になります。詳細は、「第18章 低消費電力状態」を参照してください。

13.9.2 ブレークの検出と処理について

フレーミングエラー検出時に、RxD端子の値を直接リードすることでブレークを検出できます。ブレークではRxD端子からの入力がすべて0になりますので、FERがセットされ、またPERもセットされる可能性があります。SCIは、ブレークを受信したあとも受信動作を続けます。したがってFERを0にクリアしても再びFERが1にセットされますので注意してください。

13.9.3 マーク状態とブレークの送出

TEが0のとき、TxD端子はDRとDDRにより入出力方向とレベルが決まるI/Oポートになります。これを利用してTxD端子をマーク状態にしたりデータ送信時にブレークの送出をしたりすることができます。TEを1にセットするまで、通信回線をマーク状態(1の状態)にするためには、PCR=1、PDR=1を設定します。このとき、TEが0にクリアされていますので、TxD端子はI/Oポートとなっており1が出力されます。一方、データ送信時にブレークを送出したいときは、PCR=1、PDR=0に設定したあとTEを0にクリアします。TEを0にクリアすると現在の送信状態とは無関係に送信部は初期化され、TxD端子はI/Oポートになり、TxD端子から0が出力されます。

13.9.4 受信エラーフラグと送信動作について (クロック同期式モードのみ)

受信エラーフラグ(ORER、PER、FER)が1にセットされた状態では、TDREを0にクリアしても送信を開始できません。必ず送信開始時には、受信エラーフラグを0にクリアしておいてください。また、REを0にクリアしても受信エラーフラグは0にクリアできませんので注意してください。

13.9.5 DTC の使用上の制約

同期クロックに外部クロックソースを使用する場合は、DTC による TDR の更新後、φクロックで5クロック以上経過したあとに送信クロックを入力してください。TDR の更新後、4クロック以内に送信クロックを入力すると誤動作することがあります。(図 13.33)。

DTC により RDR のリードを行うときは、必ず起動要因を当該 SCI の受信完了割り込み要因 (RXI) に設定してください。

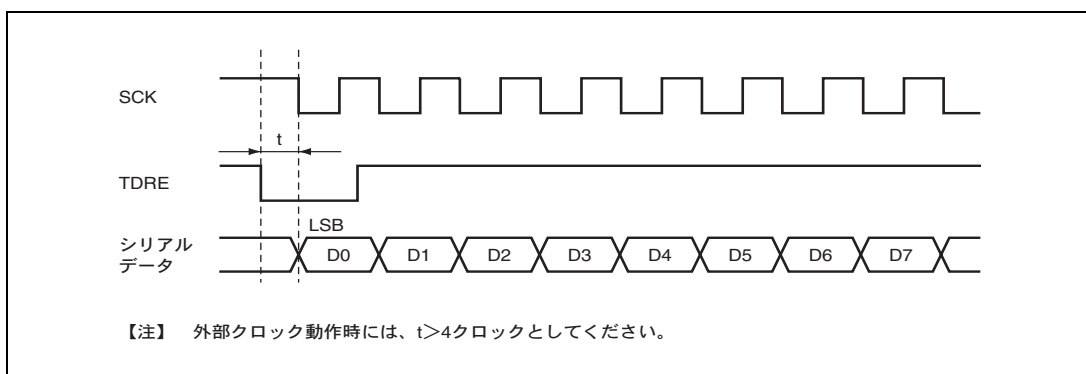


図 13.33 DTC によるクロック同期式送信時の例

13.9.6 モード遷移時の動作

(1) 送信

モジュールストップモード、ソフトウェアスタンバイモード、ウォッチモード、サブアクティブモード、またはサブスリープモードへ遷移するときは、動作を停止 ($TE=TIE=TEIE=0$) してから行ってください。TSR、TDR、および SSR はリセットされます。モジュールストップモード、ソフトウェアスタンバイモード、ウォッチモード、サブアクティブモード、またはサブスリープモード期間中の出力端子の状態はポートの設定に依存し、モード解除後に $TE=1$ に再設定すると High 出力となります。送信中に遷移すると送信中のデータは不確定になります。

モード解除後、送信モードを変えないで送信する場合は、 $TE=1$ に設定し、SSR リード→TDR ライト→TDRE を 0 にクリアで送信を開始してください。送信モードを変えて送信する場合は、初期設定から行ってください。図 13.34 に送信時のモード遷移フローチャートの例を示します。図 13.35、図 13.36 に送信時の端子状態を示します。

また、DTC 転送による送信から、モジュールストップモード、ソフトウェアスタンバイモード、ウォッチモード、サブアクティブモード、またはサブスリープモードへ遷移するときは、動作を停止 ($TE=TIE=TEIE=0$) してから行ってください。モード解除後に $TE=1$ 、 $TIE=1$ に設定すると、TXI 割り込み要求が発生して DTC による送信が始まります。

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

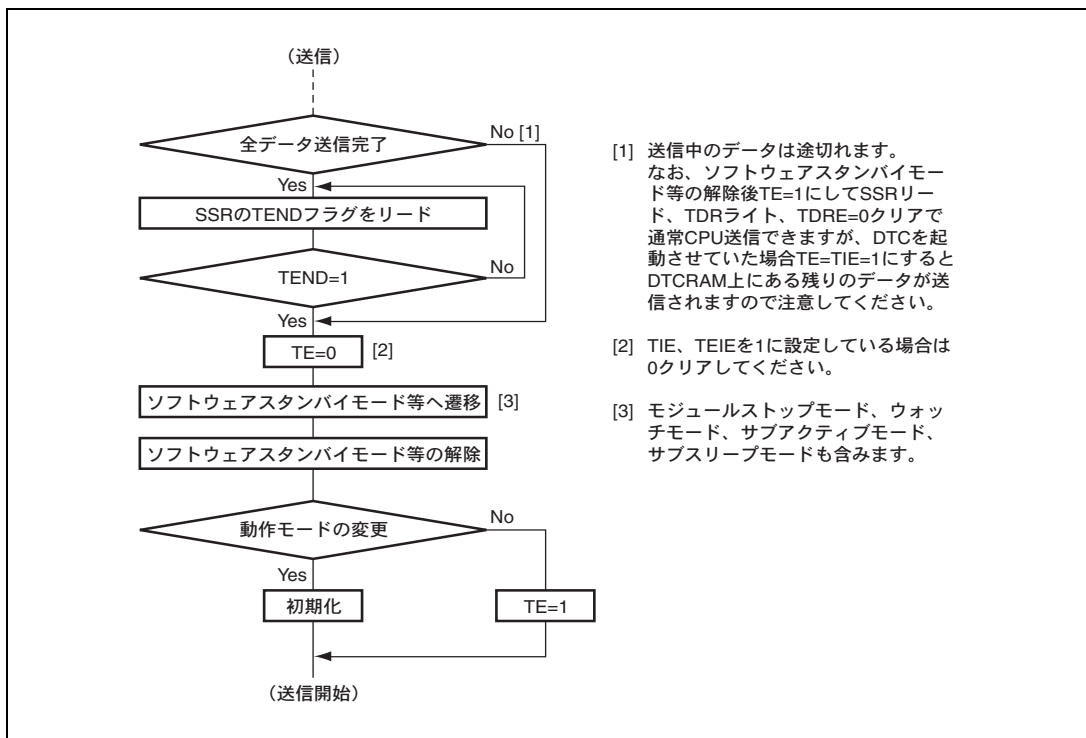


図 13.34 送信時のモード遷移フローチャートの例

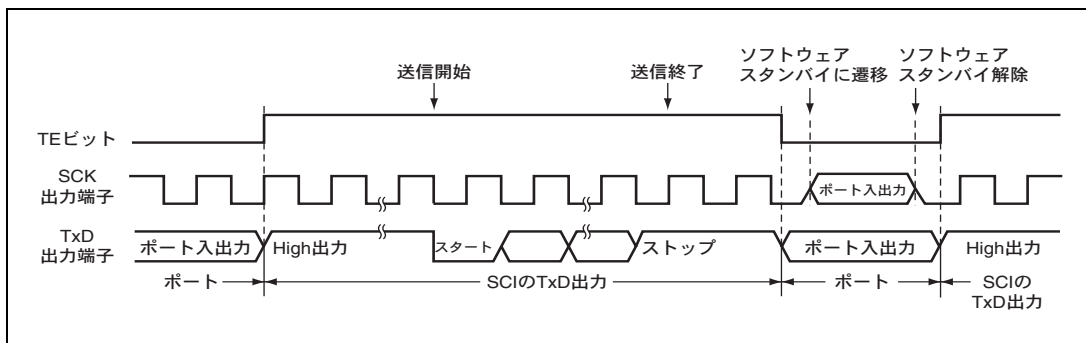


図 13.35 調歩同期式モード送信時（内部クロック）の端子状態

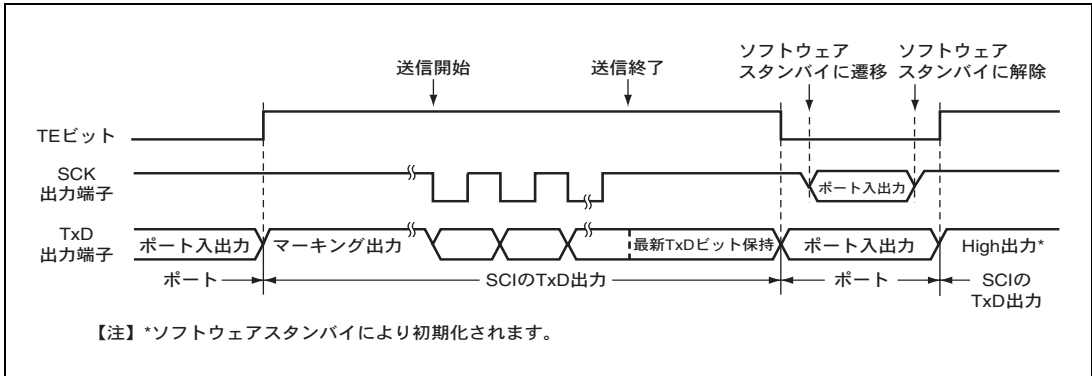


図 13.36 クロック同期式モード送信時（内部クロック）の端子状態

(2) 受信

モジュールストップモード、ソフトウェアスタンバイモード、ウォッチモード、サブアクティブモード、またはサブスリープモードへ遷移するときには、受信動作を停止 (RE=0) してから行ってください。RSR、RDR、およびSSRはリセットされます。受信中に遷移すると、受信中のデータは無効になります。

モード解除後、受信モードを変えないで受信する場合は、RE=1に設定してから受信を開始してください。受信モードを変えて受信する場合は、初期設定から行ってください。

図 13.37 に受信時のモード遷移フローチャートの例を示します。

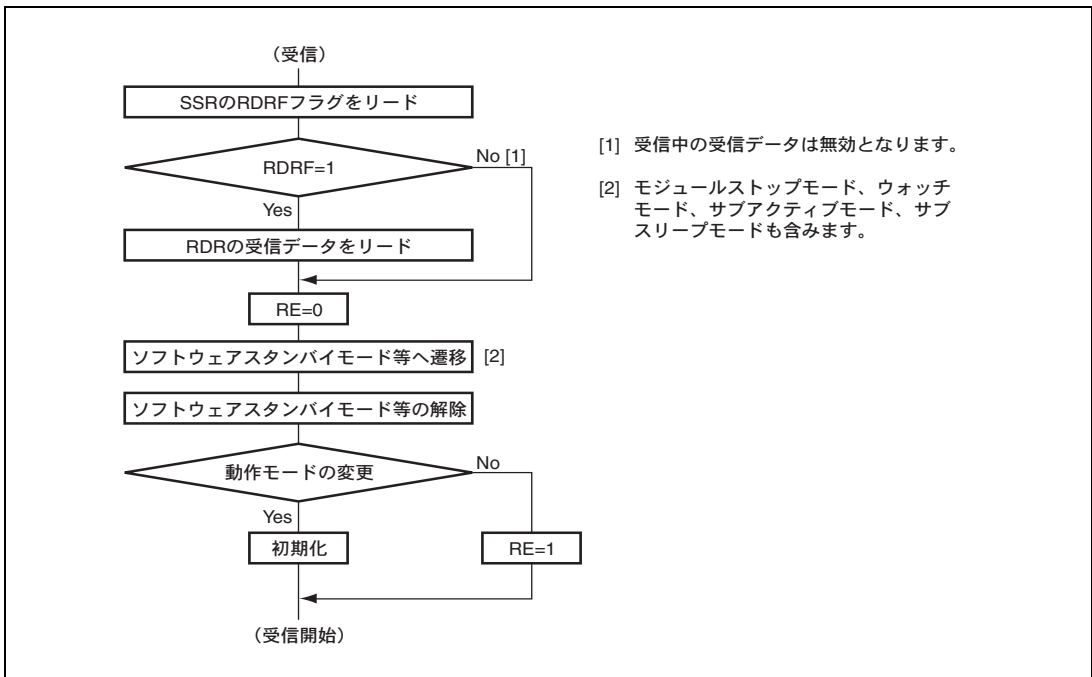


図 13.37 受信時のモード遷移フローチャートの例

13. シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)

13.9.7 SCK 端子からポート端子へ切り替えるときの注意事項

(a) 動作現象

DDR=1、DR=1 に設定し、クロック同期 SCI クロック出力を使用し、送信終了状態で SCK 端子をポートに切り替え時に、半サイクルの Low 出力後、ポート出力になります。

DDR=1、DR=1、 $C/\bar{A}=1$ 、CKE1=0、CKE0=0、TE=1 の状態より、以下の設定でポートに切り替え時に半サイクルの Low 出力が発生します。

1. シリアルデータ送信終了
2. TEビット=0
3. C/\bar{A} ビット=0…ポート出力に切り替え
4. Low出力発生 (図13.38参照)

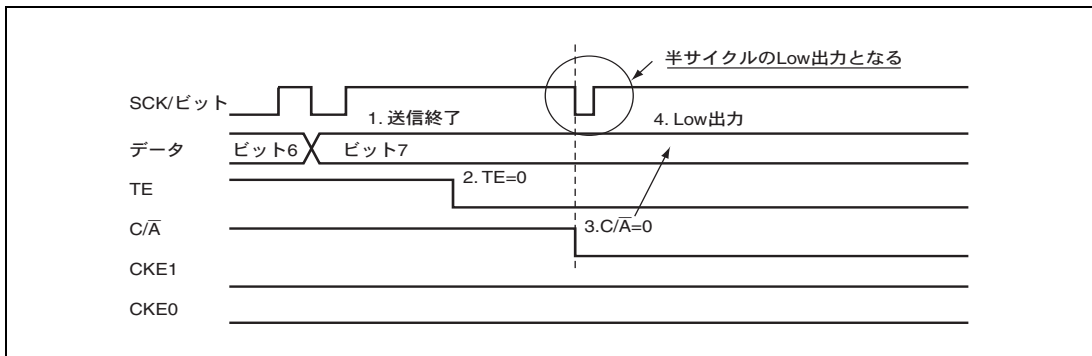


図 13.38 SCK 端子からポート端子へ切り替えるときの動作

14. A/D 変換器

本 LSI は、逐次比較方式の 10 ビットの A/D 変換器を内蔵しており、最大 12 チャンネルのアナログ入力を選択することができます。A/D 変換器のブロック図を図 14.1 に示します。

14.1 特長

- 分解能：10ビット
- 入力チャンネル：12チャンネル
- 変換時間：1チャンネル当たり13.3 μ s（20MHz動作時）
- 動作モード：2種類
 - シングルモード：1チャンネルのA/D変換
 - スキャンモード：1~4チャンネルの連続A/D変換
- データレジスタ：4本
 - A/D変換結果は各チャンネルに対応した16ビットデータレジスタに保持
- サンプル&ホールド機能付き
- A/D変換開始方法：3種類
 - ソフトウェア
 - 16ビットタイマパルスユニット（TPU）変換開始トリガ
 - 外部トリガ信号
- 割り込み要因
 - A/D変換終了割り込み要求（ADI）を発生
- モジュールストップモードの設定可能

14. A/D 変換器

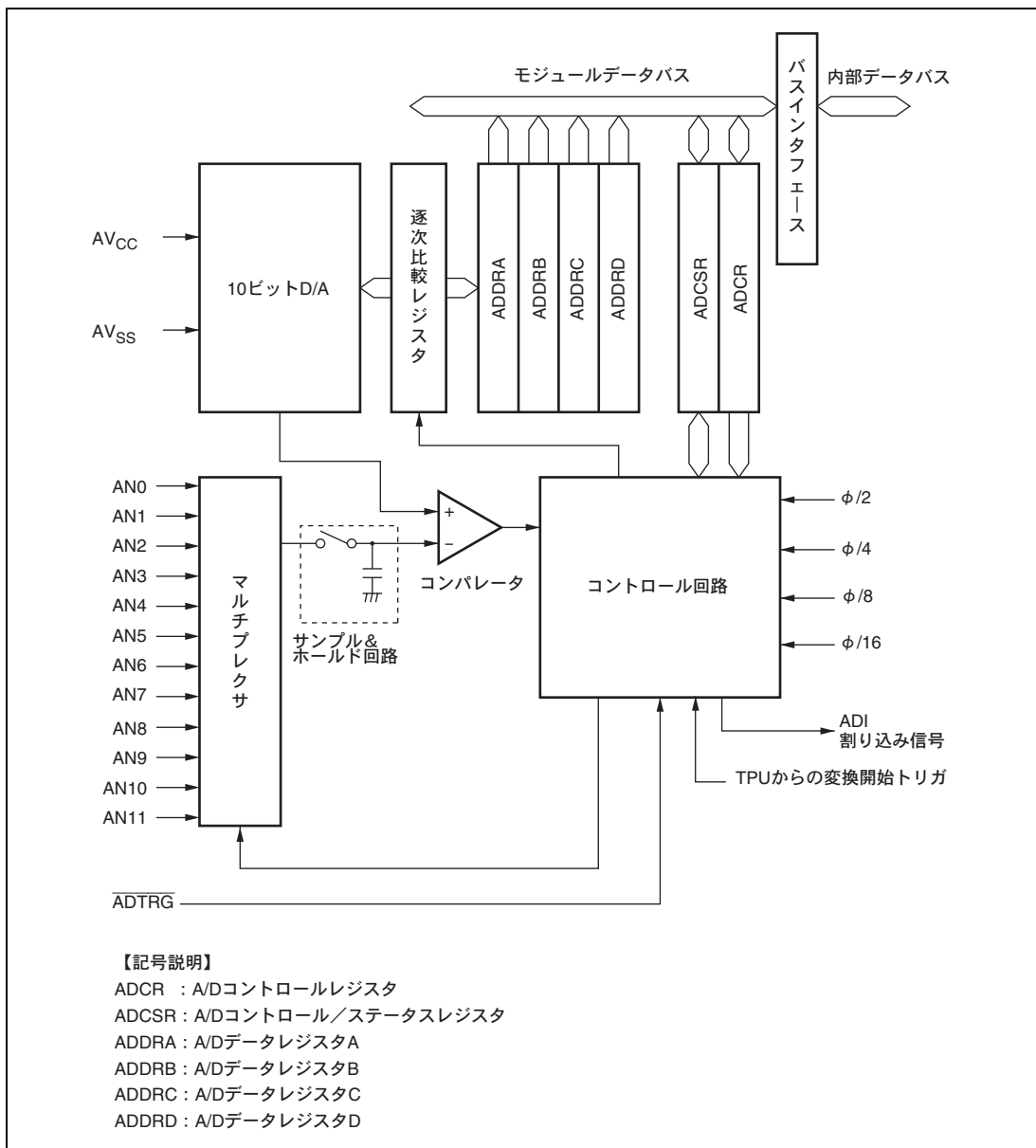


図 14.1 A/D 変換器のブロック図

14.2 入出力端子

A/D 変換器で使用する端子を表 14.1 に示します。12 本のアナログ入力端子は 4 チャンネル×3 グループに分割されています。アナログ入力端子 0～3 (AN0～AN3) がグループ 0、アナログ入力端子 4～7 (AN4～AN7) がグループ 1、アナログ入力端子 8～11 (AN8～AN11) がグループ 2 になっています。AVcc、AVss 端子は、A/D 変換器内部のアナログ部の電源です。

表 14.1 端子構成

端子名	記号	入出力	機能
アナログ電源端子	AVcc	入力	アナログ部の電源端子および基準電圧
アナロググランド端子	AVss	入力	アナログ部のグランドおよび基準電圧
アナログ入力端子 0	AN0	入力	グループ 0 のアナログ入力端子
アナログ入力端子 1	AN1	入力	
アナログ入力端子 2	AN2	入力	
アナログ入力端子 3	AN3	入力	
アナログ入力端子 4	AN4	入力	グループ 1 のアナログ入力端子
アナログ入力端子 5	AN5	入力	
アナログ入力端子 6	AN6	入力	
アナログ入力端子 7	AN7	入力	
アナログ入力端子 8	AN8	入力	グループ 2 のアナログ入力端子
アナログ入力端子 9	AN9	入力	
アナログ入力端子 10	AN10	入力	
アナログ入力端子 11	AN11	入力	
A/D 外部トリガ入力端子	ADTRG	入力	A/D 変換開始のための外部トリガ入力端子

14.3 レジスタの説明

A/D 変換器には以下のレジスタがあります。

- A/DデータレジスタA (ADDRA)
- A/DデータレジスタB (ADDRB)
- A/DデータレジスタC (ADDRC)
- A/DデータレジスタD (ADDRD)
- A/Dコントロール/ステータスレジスタ (ADCSR)
- A/Dコントロールレジスタ (ADCR)

14.3.1 A/D データレジスタ A～D (ADDRA～ADDRD)

ADDR は、A/D 変換された結果を格納するための 16 ビットのリード専用レジスタで、ADDRA～ADDRD の 4 本があります。各アナログ入力チャネルの変換結果が格納される ADDR は表 14.2 のとおりです。

10 ビットの変換データは ADDR のビット 15 からビット 6 に格納されます。下位 6 ビットはリードすると常に 0 がリードされます。

CPU 間のデータバスは 8 ビット幅です。上位バイトは CPU から直接リードできますが、下位バイトは上位バイトリード時にテンポラリレジスタに転送されたデータがリードされます。このため ADDR をリードする場合は、ワードアクセスするか上位バイト下位バイトの順でリードしてください。下位バイトのみのリードでは内容は保証されません。

表 14.2 アナログ入力チャネルと ADDR の対応

アナログ入力チャネル				変換結果が格納される A/D データレジスタ
CH3=0		CH3=1		
グループ 0 (CH2=0)	グループ 1 (CH2=1)	グループ 2 (CH2=0)	— (CH2=1)	
AN0	AN4	AN8	設定禁止	ADDRA
AN1	AN5	AN9	設定禁止	ADDRB
AN2	AN6	AN10	設定禁止	ADDRC
AN3	AN7	AN11	設定禁止	ADDRD

14.3.2 A/D コントロール/ステータスレジスタ (ADCSR)

ADCSR は A/D 変換動作を制御します。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	ADF	0	R(W)	A/D エンドフラグ A/D 変換の終了を示すステータスフラグです。 [セット条件] <ul style="list-style-type: none"> • シングルモードで A/D 変換が終了したとき • スキャンモードで選択されたすべてのチャンネルの A/D 変換が終了したとき [クリア条件] <ul style="list-style-type: none"> • 1 の状態をリードしたあと、0 をライトしたとき • ADI 割り込みによりデータトランスファコントローラ (DTC) が起動され、ADDR をリードしたとき
6	ADIE	0	R/W	A/D インタラプトイネーブル 1 にセットすると ADF による ADI 割り込みがイネーブルになります。
5	ADST	0	R/W	A/D スタート 0 にクリアすると A/D 変換を中止し、待機状態になります。1 にセットすると A/D 変換を開始します。シングルモードでは選択したチャンネルの A/D 変換が終了すると自動的にクリアされます。スキャンモードではソフトウェア、リセット、ソフトウェアスタンバイモード、ハードウェアスタンバイモードまたはモジュールストップモードによってクリアされるまで選択されたチャンネルを順次連続変換します。
4	SCAN	0	R/W	スキャンモード A/D 変換の動作モードを選択します。 0 : シングルモード 1 : スキャンモード
3	CH3	0	R/W	チャンネルセレクト 3~0
2	CH2	0	R/W	アナログ入力チャンネルを選択します。
1	CH1	0	R/W	SCAN=0 のとき
0	CH0	0	R/W	SCAN=1 のとき
				0000 : AN0 0000 : AN0
				0001 : AN1 0001 : AN0、AN1
				0010 : AN2 0010 : AN0~AN2
				0011 : AN3 0011 : AN0~AN3
				0100 : AN4 0100 : AN4
				0101 : AN5 0101 : AN4、AN5
				0110 : AN6 0110 : AN4~AN6
				0111 : AN7 0111 : AN4~AN7
				1000 : AN8 1000 : AN8
				1001 : AN9 1001 : AN8、AN9
				1010 : AN10 1010 : AN8~AN10
				1011 : AN11 1011 : AN8~AN11
				1100 : 設定禁止 1100 : 設定禁止
				1101 : 設定禁止 1101 : 設定禁止
				1110 : 設定禁止 1110 : 設定禁止
				1111 : 設定禁止 1111 : 設定禁止

14. A/D 変換器

14.3.3 A/D コントロールレジスタ (ADCR)

ADCR は外部トリガによる A/D 変換開始をイネーブルにします。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	TRGS1	0	R/W	タイマトリガセレクト 1、0
6	TRGS0	0	R/W	トリガ信号による A/D 変換開始をイネーブルにします。ビットの設定は A/D 変換停止時 (ADST=0) に行ってください。 00: ソフトウェアによる A/D 変換の開始 01: TPU からの変換トリガによる A/D 変換の開始 10: 設定禁止 11: $\overline{\text{ADTRG}}$ による A/D 変換の開始
5, 4	—	すべて 1	—	リザーブビットです。リードすると常に 1 がリードされます。
3	CKS1	0	R/W	クロックセレクト 1、0
2	CKS0	0	R/W	A/D 変換時間の設定を行います。A/D 変換時間の切り替えは、A/D 変換停止時 (ADST=0) に行ってください。A/D 変換時間は表 21.7 に示す範囲に設定してください。 00: 530 ステート (max) 01: 266 ステート (max) 10: 134 ステート (max) 11: 68 ステート (max)
1, 0	—	すべて 1	—	リザーブビットです。リードすると常に 1 がリードされます。

14.4 動作説明

A/D 変換器は逐次比較方式で分解機能は 10 ビットです。動作モードにはシングルモードとスキャンモードがあります。動作モードやアナログ入力チャネルの切り替えは、誤動作を避けるため ADCSR の ADST ビットが 0 の状態で行ってください。動作モードやアナログ入力チャネルの変更と ADST ビットのセットは同時に行うことができます。

14.4.1 シングルモード

シングルモードは、指定された 1 チャネルのアナログ入力を以下のように 1 回 A/D 変換します。

- ソフトウェアまたは外部トリガ入力によって ADCSR の ADST ビットが 1 にセットされると、選択されたチャネルの A/D 変換を開始します。
- A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果がそのチャネルに対応する A/D データレジスタに転送されます。
- A/D 変換終了後、ADCSR の ADF ビットが 1 にセットされます。このとき、ADIE ビットが 1 にセットされていると、ADI 割り込み要求を発生します。
- ADST ビットは A/D 変換中は 1 を保持し、変換が終了すると自動的にクリアされて A/D 変換器は待機状態になります。A/D 変換中に ADST ビットを 0 にクリアすると変換を中止し、A/D 変換器は待機状態になります。

14.4.2 スキャンモード

スキャンモードは指定された最大 4 チャンネルのアナログ入力を以下のように順次連続して A/D 変換します。

1. ソフトウェア、TPUまたは外部トリガ入力によってADCSRのADSTビットが1にセットされると、グループの第1チャンネル（CH3、CH2=00のときAN0、CH3、CH2=01のときAN4、CH3、CH2=10のときAN8）からA/D変換を開始します。
2. それぞれのチャンネルのA/D変換が終了するとA/D変換結果は順次そのチャンネルに対応するA/Dレジスタに転送されます。
3. 選択されたすべてのチャンネルのA/D変換が終了するとADCSRのADFビットが1にセットされます。このときADIEビットが1にセットされていると、ADI割り込み要求を発生します。A/D変換器は再びグループの第1チャンネルからA/D変換を開始します。
4. ADSTビットは自動的にクリアされず、1にセットされている間は2.~3.を繰り返します。ADSTビットを0にクリアするとA/D変換を中止し、A/D変換器は待機状態になります。

14.4.3 入力サンプリングと A/D 変換時間

A/D 変換器には、サンプル&ホールド回路が内蔵されています。A/D 変換器は、ADCSR の ADST ビットが 1 にセットされてから A/D 変換開始遅延時間 (t_b) 時間経過後、入力のサンプリングを行い、その後変換を開始します。A/D 変換のタイミングを図 14.2 に示します。また、A/D 変換時間を表 14.3 に示します。

A/D 変換時間 (t_{conv}) は、図 14.2 に示すように、 t_b と入力サンプリング時間 (t_{sPL}) を含めた時間となります。ここで t_b は、ADCSR へのライトタイミングにより決まり、一定値とはなりません。そのため、変換時間は表 14.3 に示す範囲で変化します。

スキャンモードの変換時間は、表 14.3 に示す値が 1 回目の変換時間となります。2 回目以降の変換時間は表 14.4 に示す値となります。いずれの場合も変換時間は表 20.7 に示す範囲となるように ADCR の CKS1、CKS0 ビットを設定してください。

14. A/D 変換器

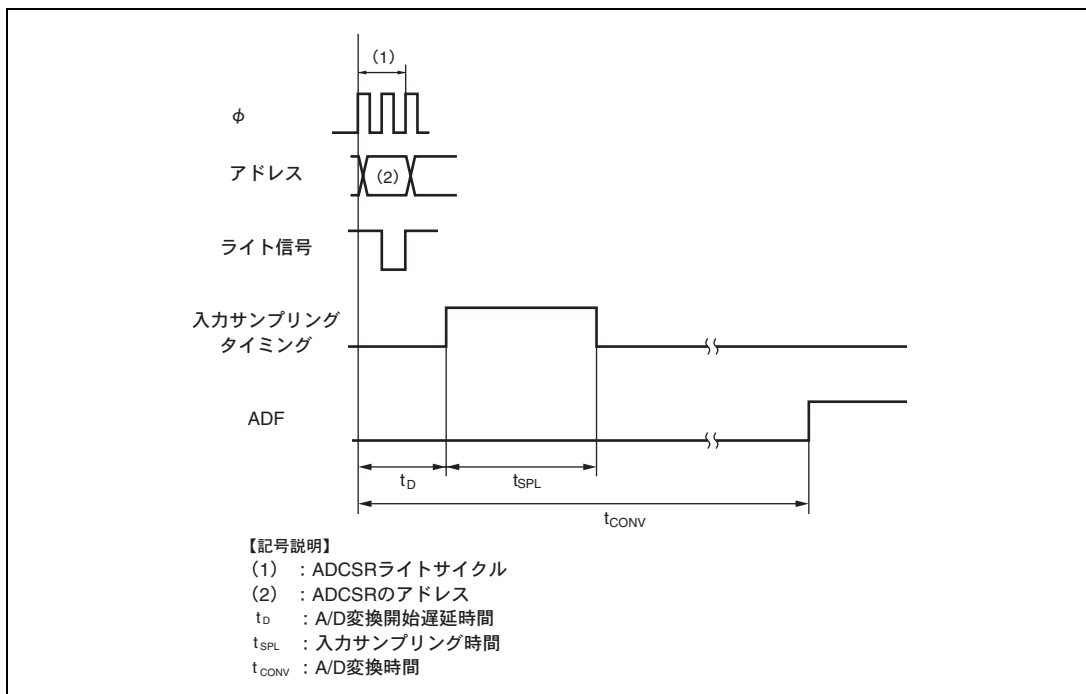


図 14.2 A/D 変換タイミング

表 14.3 A/D 変換時間（シングルモード）

項目	記号	CKS1=0						CKS1=1					
		CKS0=0			CKS0=1			CKS0=0			CKS0=1		
		min	typ	max	min	typ	max	min	typ	max	min	typ	max
A/D 変換開始遅延時間	t_D	18	—	33	10	—	17	6	—	9	4	—	5
入力サンプリング時間	t_{SPL}	—	127	—	—	63	—	—	31	—	—	15	—
A/D 変換時間	t_{CONV}	515	—	530	259	—	266	131	—	134	67	—	68

【注】 表中の数値の単位はステートです。

表 14.4 A/D 変換時間（スキャンモード）

CKS1	CKS0	変換時間（ステート）
0	0	512（固定）
	1	256（固定）
1	0	128（固定）
	1	64（固定）

14.4.4 外部トリガ入力タイミング

A/D 変換は、外部トリガ入力により開始することも可能です。外部トリガ入力は、ADCR の TRGS1、TRGS0 ビットが 1 にセットされているとき、 $\overline{\text{ADTRG}}$ 端子から入力されます。 $\overline{\text{ADTRG}}$ の立ち下がりエッジで、ADCSR の ADST ビットが 1 にセットされ、A/D 変換が開始されます。その他の動作は、シングルモード/スキャンモードによらず、ソフトウェアによって ADST ビットを 1 にセットした場合と同じです。このタイミングを図 14.3 に示します。

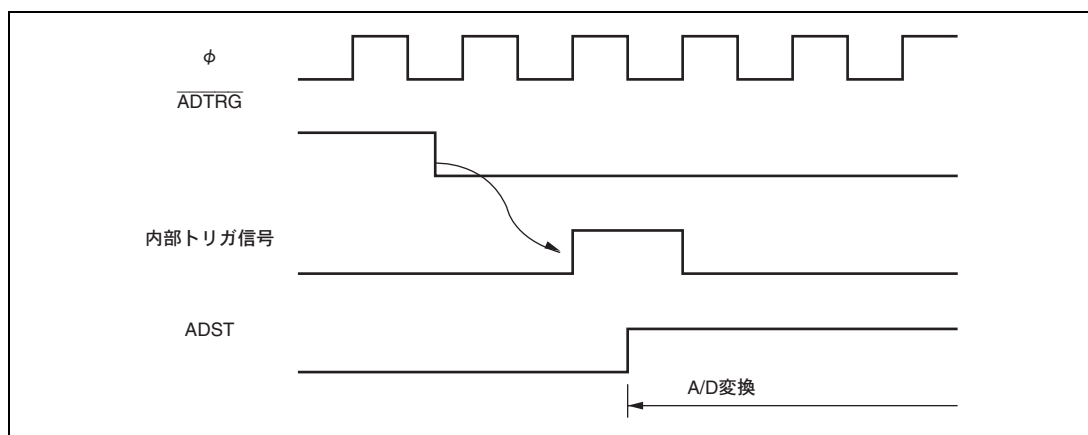


図 14.3 外部トリガ入力タイミング

14.5 割り込み要因

A/D 変換器は、A/D 変換が終了すると、A/D 変換終了割り込み (ADI) を発生します。ADI 割り込み要求は、A/D 変換終了後 ADCSR の ADF が 1 にセットされ、このとき ADIE ビットが 1 にセットされるとイネーブルになります。ADI 割り込みでデータトランスファコントローラ (DTC) の起動ができます。DTC で ADI 割り込みで変換されたデータのリードを DTC で行うと、連続変換がソフトウェアの負担なく実現できます。

表 14.5 A/D 変換器の割り込み要因

名称	割り込み要因	割り込みフラグ	DTC の起動
ADI	A/D 変換終了	ADF	可

14.6 A/D 変換精度の定義

本 LSI の A/D 変換精度の定義は以下のとおりです。

- 分解能

A/D変換器のデジタル出力コード数。

- 量子化誤差

A/D変換器が本質的に有する偏差であり、1/2 LSBで与えられる（図14.4）。

- オフセット誤差

デジタル出力が最小電圧値B'000000000 (H'00) ～B'000000001 (H'01) に変化するときのアナログ入力電圧値の理想A/D変換特性からの偏差（図14.5）。

- フルスケール誤差

デジタル出力がB'111111110 (H'3E) からB'111111111 (H'3F) に変化するときのアナログ入力電圧値の理想A/D変換特性からの偏差（図14.5）。

- 非直線性誤差

ゼロ電圧からフルスケール電圧までの間の理想A/D変換特性からの誤差。ただし、オフセット誤差、フルスケール誤差、量子化誤差を含まない（図14.5）。

- 絶対精度

デジタル値とアナログ入力値との偏差。オフセット誤差、フルスケール誤差、量子化誤差および非直線誤差を含む。

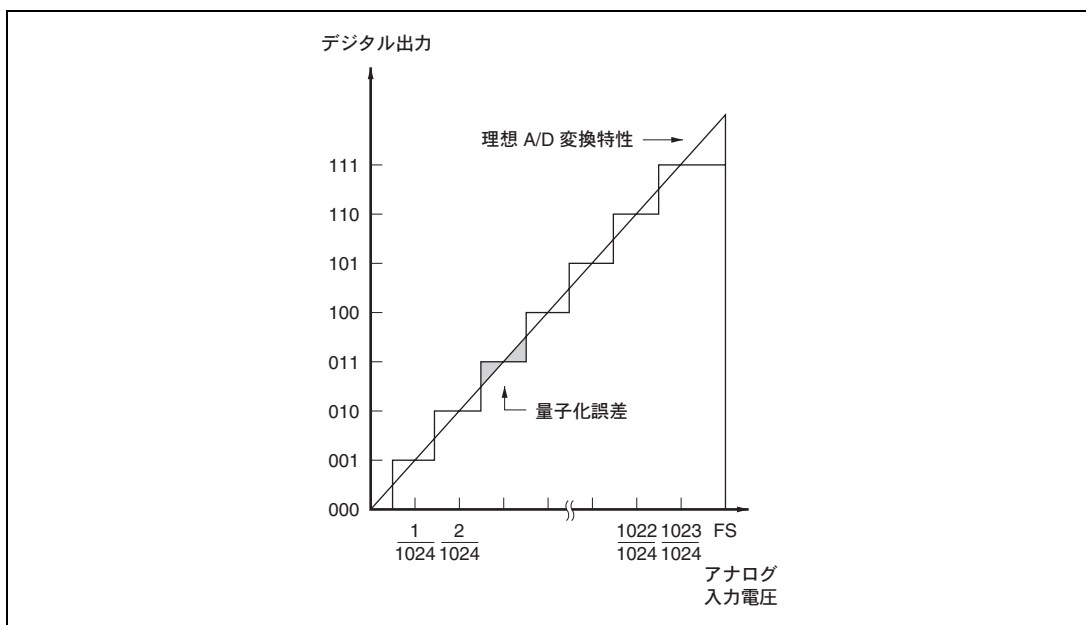


図 14.4 A/D 変換精度の定義

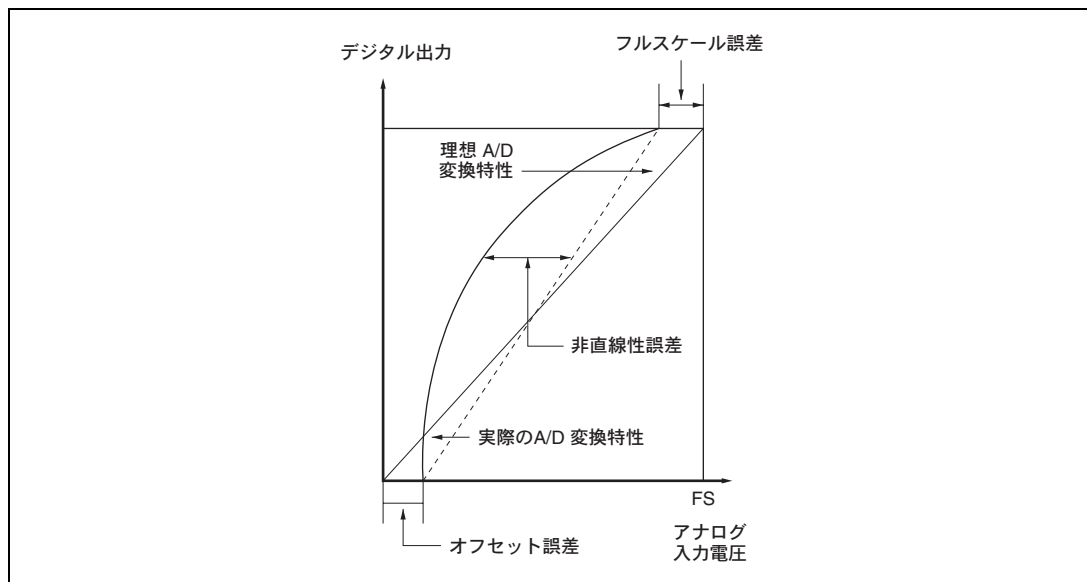


図 14.5 A/D 変換精度の定義

14.7 使用上の注意事項

14.7.1 モジュールストップモードの設定

モジュールストップコントロールレジスタにより、A/D 変換器の動作禁止/許可を設定することが可能です。初期値では、A/D 変換器の動作は停止します。モジュールストップモードを解除することにより、レジスタのアクセスが可能になります。詳細は、「第 18 章 低消費電力状態」を参照してください。

14.7.2 許容信号源インピーダンスについて

本 LSI のアナログ入力は、信号源インピーダンスが $5\text{k}\Omega$ 以下の入力信号に対し、変換精度が保証される設計となっております。これは A/D 変換器のサンプル&ホールド回路の入力容量をサンプリング時間内に充電するための規格で、センサの出力インピーダンスが $5\text{k}\Omega$ を超える場合充電不足が生じて、A/D 変換精度が保証できなくなります。シングルモードで変換を行うときに外部に大容量を設けている場合、入力の負荷は実質的に内部入力抵抗の $10\text{k}\Omega$ だけになりますので、信号源インピーダンスは不問となります。ただし、ローパスフィルタとなりますので、微分係数の大きなアナログ信号（たとえば $5\text{mV}/\mu\text{s}$ 以上）には追従できないことがあります（図 14.6）。高速のアナログ信号を変換する場合や、スキャンモードで変換を行う場合には、低インピーダンスのバッファを入れてください。

14.7.3 絶対精度への影響

容量を付加することにより、GND とのカップリングを受けることとなりますので、GND にノイズがあると絶対精度が悪化する可能性がありますので、必ず AV_{SS} などの電気的に安定な GND に接続してください。

またフィルタ回路が実装基板上でデジタル信号と干渉したり、アンテナとならないように注意してください。

14. A/D 変換器

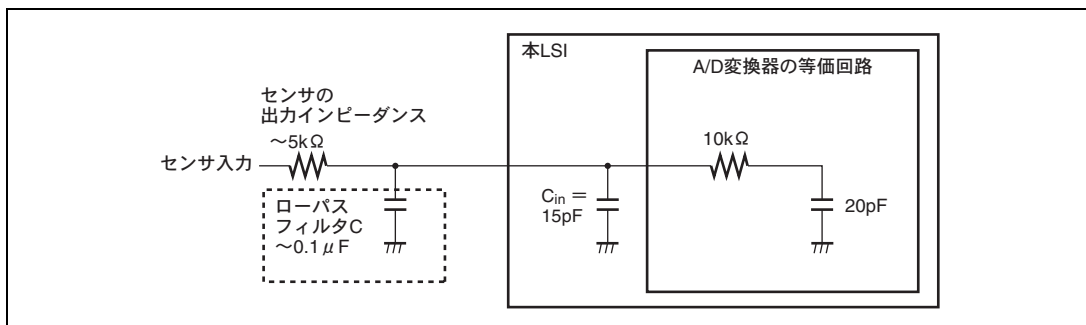


図 14.6 アナログ入力回路の例

14.7.4 アナログ電源端子ほかの設定範囲

以下に示す電圧の設定範囲を超えて LSI を使用した場合、LSI の信頼性に悪影響を及ぼすことがあります。

- アナログ入力電圧の設定範囲

A/D変換中、アナログ入力端子ANnに印加する電圧は $AV_{SS} \leq V_{AN} \leq AV_{CC}$ の範囲としてください。

- AV_{CC} 、 AV_{SS} と V_{CC} 、 V_{SS} の関係

AV_{CC} 、 AV_{SS} と V_{CC} 、 V_{SS} との関係は $AV_{SS} = V_{SS}$ とし、さらに、A/D変換器を使用しないときも AV_{CC} 、 AV_{SS} 端子をオープンにしないでください。

14.7.5 ボード設計上の注意

ボード設計時には、デジタル回路とアナログ回路をできるだけ分離してください。また、デジタル回路の信号線とアナログ回路の信号配線を交差させたり、近接させないでください。誘導によりアナログ回路が誤動作し、A/D変換値に悪影響を及ぼします。アナログ入力端子（AN0～AN11）、アナログ電源電圧（ AV_{CC} ）は、アナロググランド（ AV_{SS} ）で、デジタル回路と分離してください。さらに、アナロググランド（ AV_{SS} ）は、ボード上の安定したグランド（ V_{SS} ）に一点接続してください。

14.7.6 ノイズ対策上の注意

過大なサージなど異常電圧によるアナログ入力端子（AN0～AN11）の破壊を防ぐために、図 14.7 に示すように AV_{CC} — AV_{SS} 間に保護回路を接続してください。 AV_{CC} に接続するバイパスコンデンサ、AN0～AN11 に接続するフィルタ用のコンデンサは、必ず AV_{SS} に接続してください。

なお、フィルタ用のコンデンサを接続すると、AN0～AN11 の入力電流が平均化されるため、誤差を生じることがあります。また、スキャンモードなどで A/D 変換を頻繁に行う場合、A/D 変換器内部のサンプル&ホールド回路の容量に充放電される電流が入力インピーダンス（ R_{in} ）を経由して入力される電流を上回ると、アナログ入力端子の電圧に誤差を生じます。したがって、回路定数は十分ご検討のうえ決定してください。

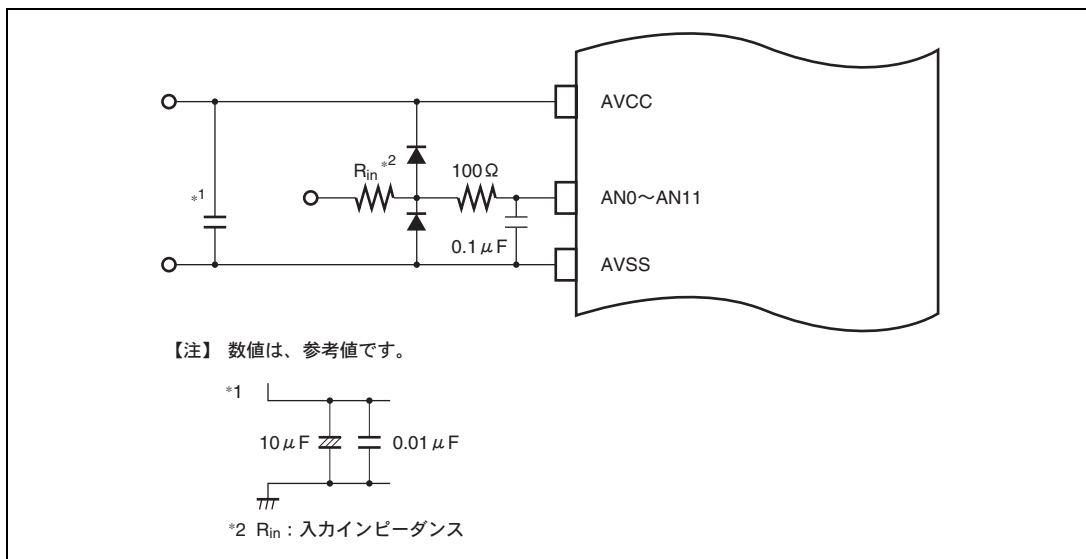


図 14.7 アナログ入力保護回路の例

表 14.6 アナログ端子の規格

項目	min	max	単位
アナログ入力容量	—	20	pF
許容信号源インピーダンス	—	5	k Ω

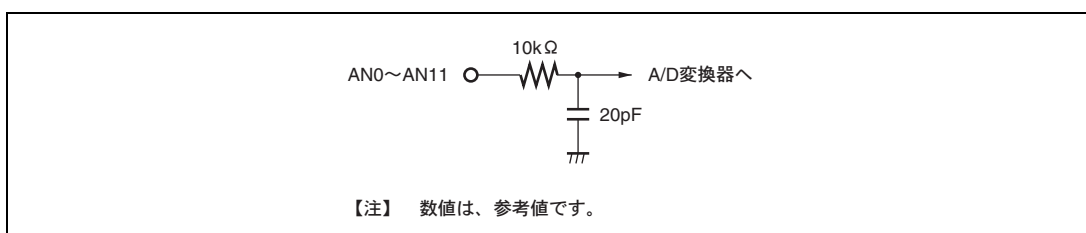


図 14.8 アナログ入力端子等価回路

15. RAM

本 LSI は 4K バイトの高速スタティック RAM を内蔵しています。RAM は、CPU と 16 ビット幅のデータバスで接続されており、バイトデータ、ワードデータにかかわらず、1 ステートでアクセスできます。

RAM は、システムコントロールレジスタ (SYSCR) の RAME ビットにより有効または無効の制御が可能です。SYSCR については「3.2.2 システムコントロールレジスタ (SYSCR)」を参照してください。

16. ROM

フラッシュメモリ版に内蔵されているフラッシュメモリの特長は以下のとおりです。

フラッシュメモリのブロック図を図 16.1 に示します。

16.1 特長

- 容量：128Kバイト

- 書き込み／消去方式

書き込みは128バイト単位の同時書き込み方式です。消去はブロック単位で行います。フラッシュメモリは32Kバイト×2ブロック、28Kバイト×1ブロック、16Kバイト×1ブロック、8Kバイト×2ブロック、1Kバイト×4ブロックで構成されています。全面消去を行う場合も1ブロックずつ消去してください。

- 書き換え回数

100回まで書き換え可能です。

- プログラミングモード：3種類

ブートモード

ユーザモード

ライターモード

内蔵ブートプログラムを起動して全面消去、書き込みを行うブートモードにより、オンボードでの書き込み／消去ができます。このほか、通常のユーザモードでもオンボードで任意のブロックを消去し、書き換えることが可能です。

- ライターモード

オンボードプログラミングのほかにPROMライターを用いて書き込み／消去を行うライターモードがあります。

- ビットレート自動合わせ込み

ブートモードでデータ転送時、ホストの転送ビットレートと本LSIのビットレートを自動的に合わせ込みます。

- 書き込み／消去プロテクト

ソフトウェアによりフラッシュメモリの書き込み／消去に対するプロテクトを設定できます。

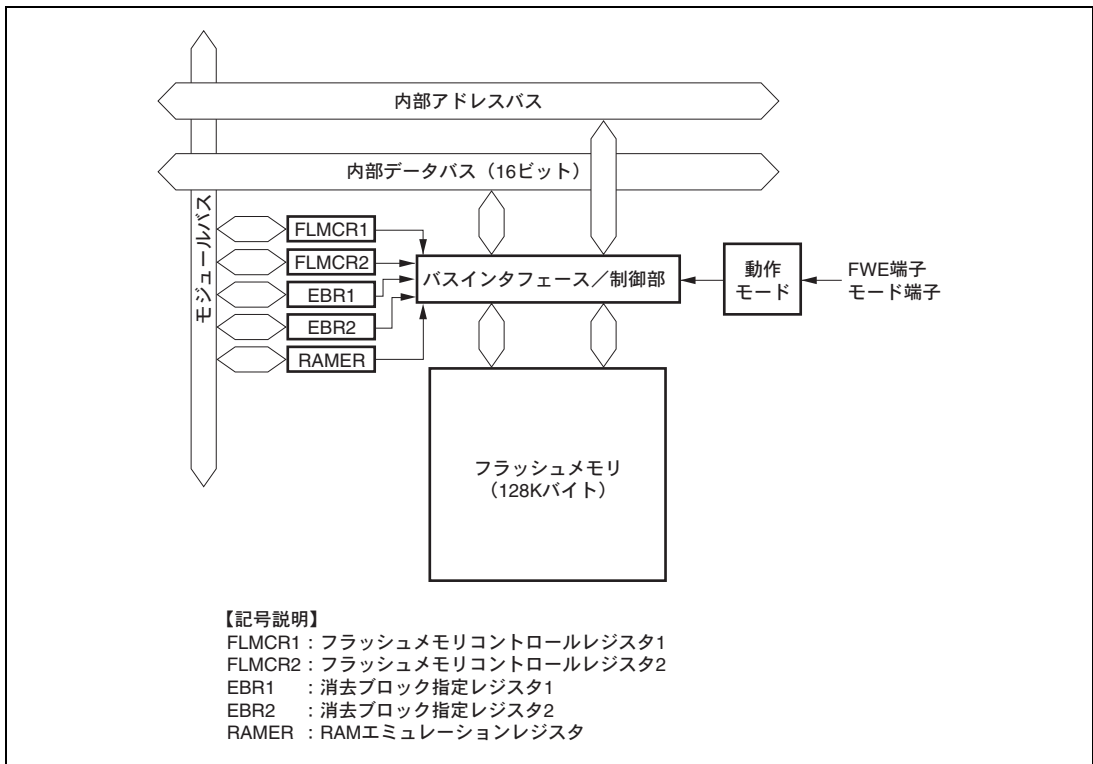


図 16.1 フラッシュメモリのブロック図

16.2 モード遷移図

リセット状態でモード端子とFWE端子を設定しリセットスタートすると、本LSIは図16.2に示すような動作モードへ遷移します。ユーザモードではフラッシュメモリの読み出しはできますが、フラッシュメモリの書き込み/消去はできません。フラッシュメモリへの書き込み/消去を行えるモードとしてブートモード、ユーザプログラムモード、ライターモードがあります。

表16.1にブートモードとユーザプログラムモードの相違点を示します。図16.3にブートモードを、図16.4にユーザプログラムモードを示します。

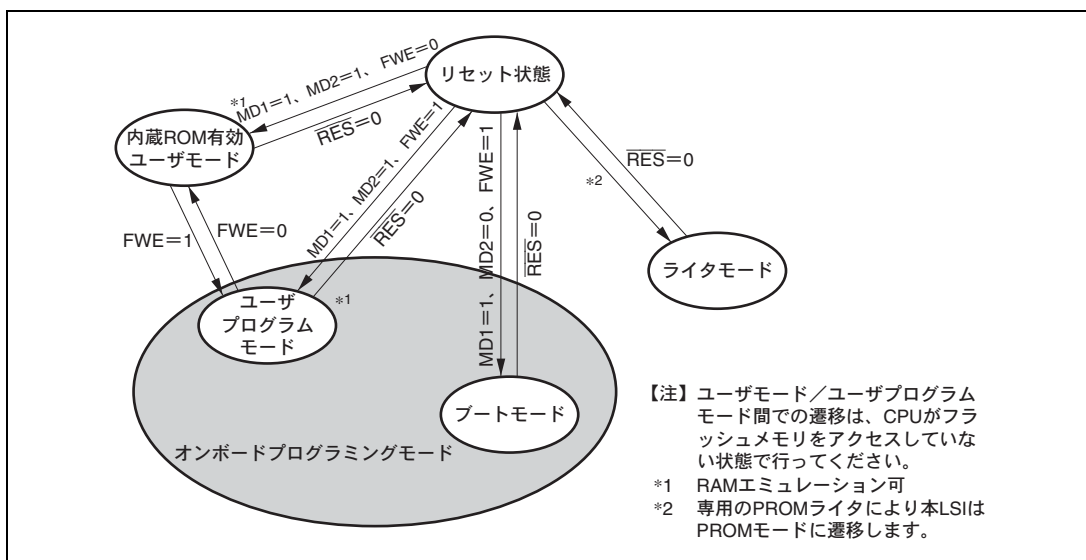
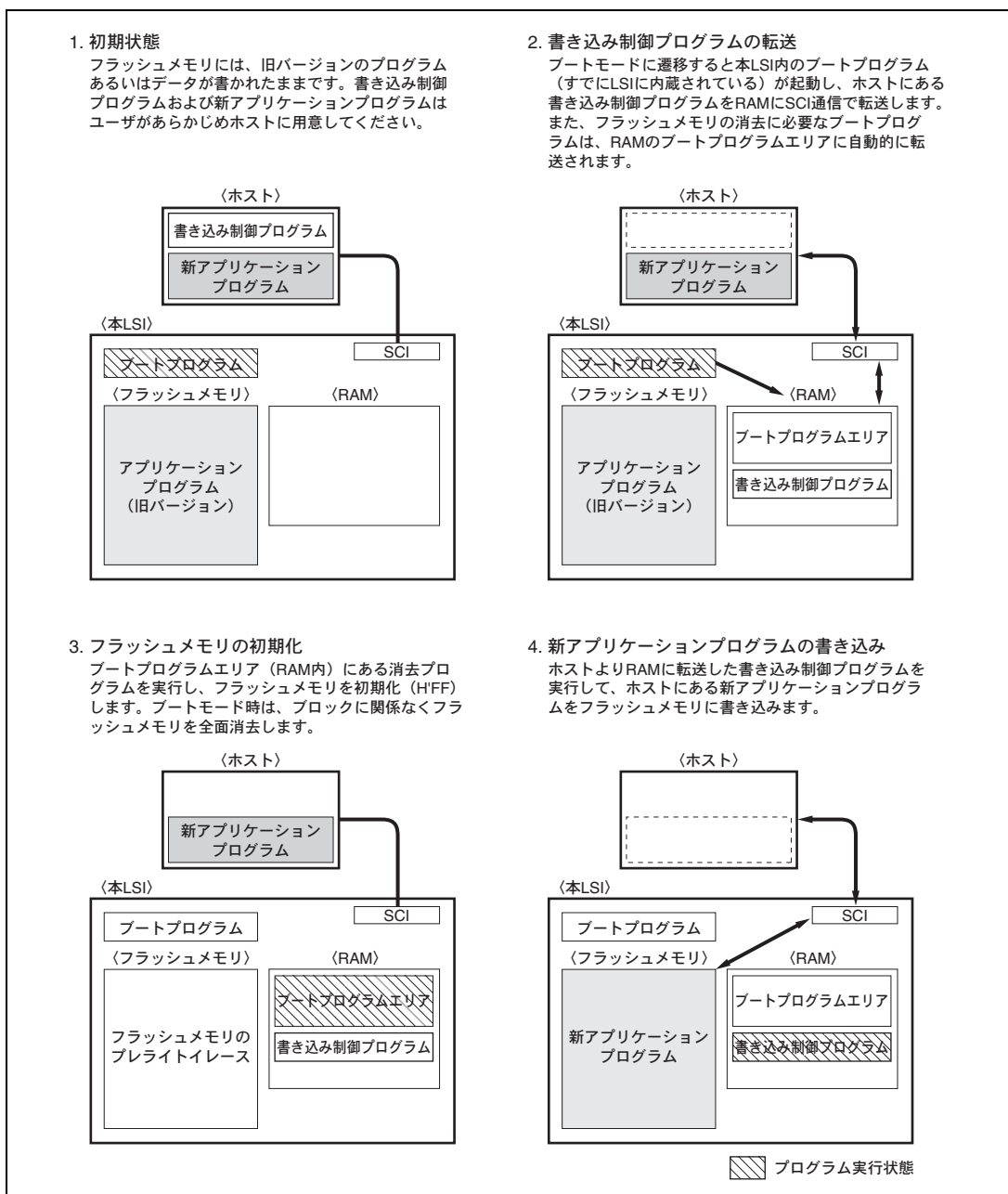


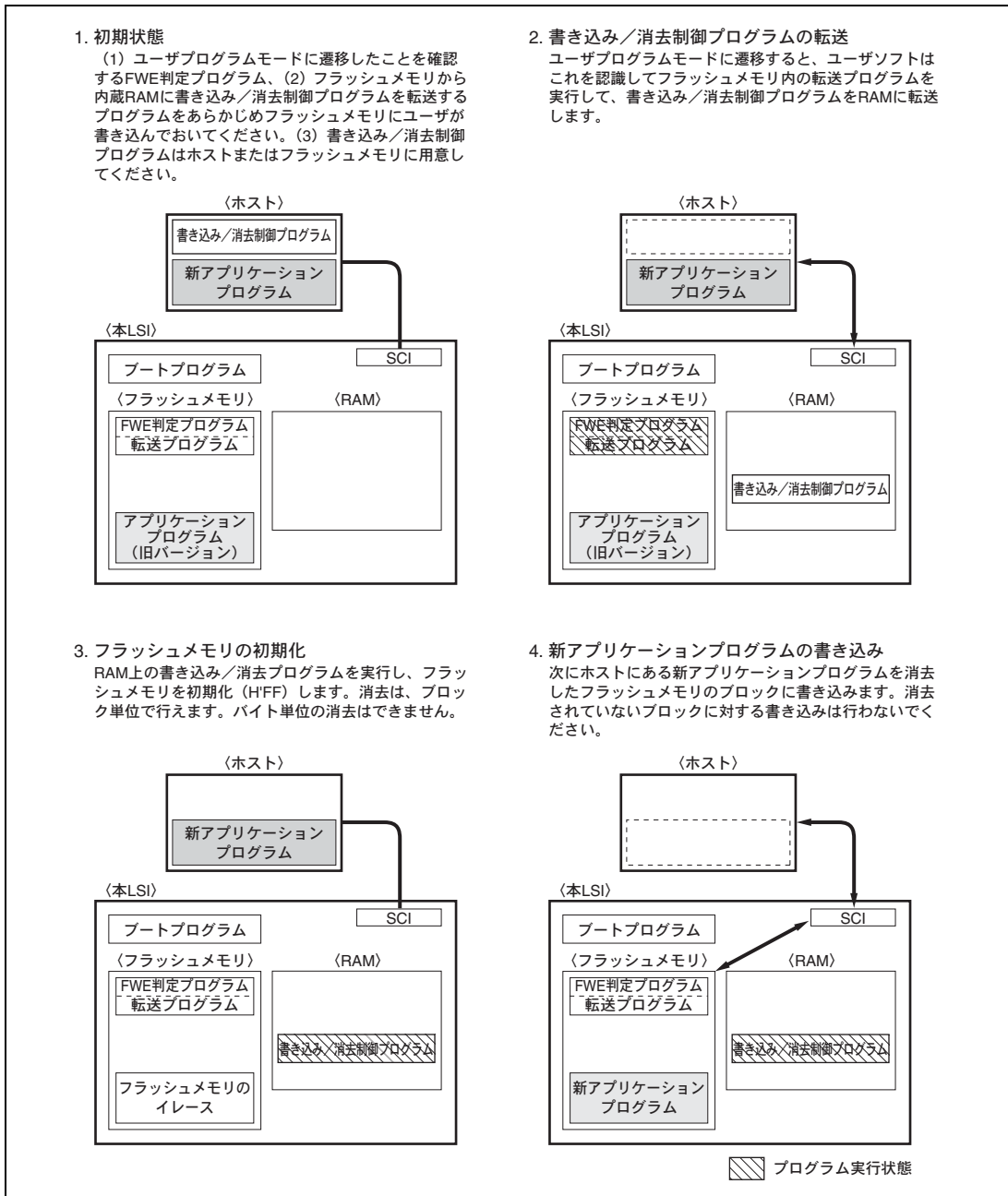
図 16.2 フラッシュメモリに関する状態遷移

表 16.1 ブートモードとユーザプログラムモードの相違点

	ブートモード	ユーザプログラムモード
全面消去	○	○
ブロック分割消去	×	○
書き換え制御プログラム*	プログラム/プログラムベリファイ	イレース/イレースベリファイ プログラム/プログラムベリファイ エミュレーション

【注】 * 推奨するアルゴリズムに沿って、ユーザ側で用意してください。





16.3 ブロック構成

図 16.5 に 128K バイトフラッシュメモリのブロック構成を示します。太線枠は消去ブロックを表します。細線枠は書き込みの単位を表し、枠内の数値はアドレスを示します。フラッシュメモリは 32K バイト (2 ブロック)、28K バイト (1 ブロック)、16K バイト (1 ブロック)、8K バイト (2 ブロック)、1K バイト (4 ブロック) に分割されていて、消去はこの単位で行います。書き込みは下位アドレスが H'00 または H'80 で始まる 128 バイト単位で行います。

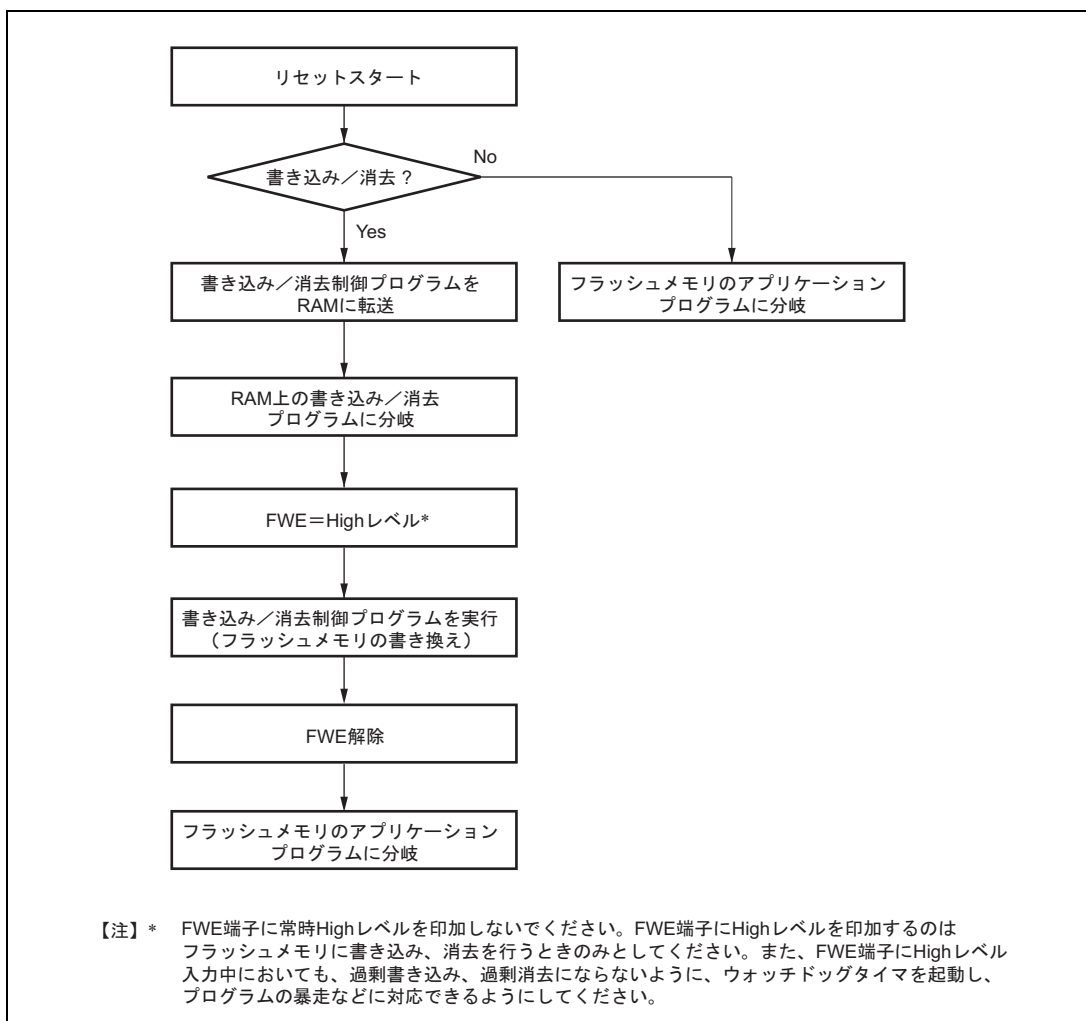


図 16.5 フラッシュメモリのブロック構成

16.4 入出力端子

フラッシュメモリは表 16.2 に示す端子により制御されます。

表 16.2 端子構成

端子名	入出力	機能
RES	入力	リセット
FWE	入力	フラッシュの書き込み/消去をハードウェアプロテクト
MD2	入力	本 LSI の動作モードを設定
MD1	入力	本 LSI の動作モードを設定
MD0	入力	本 LSI の動作モードを設定
TxD2	出力	シリアル送信データ出力
RxD2	入力	シリアル受信データ入力

16.5 レジスタの説明

フラッシュメモリには以下のレジスタがあります。

- フラッシュメモリコントロールレジスタ1 (FLMCR1)
- フラッシュメモリコントロールレジスタ2 (FLMCR2)
- 消去ブロック指定レジスタ1 (EBR1)
- 消去ブロック指定レジスタ2 (EBR2)
- RAMエミュレーションレジスタ (RAMER)

16. ROM

16.5.1 フラッシュメモリコントロールレジスタ 1 (FLMCR1)

FLMCR1 はフラッシュメモリをプログラムモード、プログラムベリファイモード、イレースモード、イレースベリファイモードに遷移させます。具体的な設定方法については「16.8 書き込み/消去プログラム」を参照してください。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	FWE	—	R	FWE 端子の入力レベルが反映されます。FWE 端子が Low レベルのとき 0、High レベルのとき 1 となります。
6	SWE	0	R/W	ソフトウェアライトイネーブル このビットが 1 のときフラッシュメモリの書き込み/消去が可能となります。0 のときこのレジスタのほかのビットと EBR1、EBR2 の各ビットはセットできません。
5	ESU1	0	R/W	イレースセットアップ 1 にセットするとイレースセットアップ状態となり、クリアするとセットアップ状態を解除します。
4	PSU1	0	R/W	プログラムセットアップ 1 にセットするとプログラムセットアップ状態となり、クリアするとセットアップ状態を解除します。FLMCR1 の P ビットを 1 にセットする前にセットしてください。
3	EV1	0	R/W	イレースベリファイ 1 にセットするとイレースベリファイモードへ遷移し、クリアするとイレースベリファイモードを解除します。
2	PV1	0	R/W	プログラムベリファイ 1 にセットするとプログラムベリファイモードへ遷移し、クリアするとプログラムベリファイモードを解除します。
1	E1	0	R/W	イレース SWE=1、ESU=1 の状態でこのビットを 1 にセットするとイレースモードへ遷移し、クリアするとイレースモードを解除します。
0	P1	0	R/W	プログラム SWE=1、PSU=1 の状態でこのビットを 1 にセットするとプログラムモードへ遷移し、クリアするとプログラムモードを解除します。

16.5.2 フラッシュメモリコントロールレジスタ 2 (FLMCR2)

FLMCR2 はフラッシュメモリの書き込み／消去の状態を表示します。FLMCR2 は読み出し専用レジスタです。書き込みはしないでください。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	FLER	0	R	このビットはフラッシュメモリへの書き込み／消去中にエラーを検出し、エラープロテクト状態となったときセットされます。 詳細は「16.9.3 エラープロテクト」を参照してください。
6~0	—	すべて0	—	リザーブビットです。読み出すと常に0が読み出されます。

16.5.3 消去ブロック指定レジスタ 1 (EBR1)

フラッシュメモリの消去ブロックを指定するレジスタです。FLMCR1 のSWE ビットが0のときはEBR1 はH'00に初期化されます。このレジスタは2ビット以上同時に1に設定しないでください。設定するとEBR1は0にオートクリアされます。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	EB7	0	R/W	このビットが1のときEB7 (H'00E000~H'00FFFF) の8Kバイトが消去対象となります。
6	EB6	0	R/W	このビットが1のときEB6 (H'00C000~H'00DFFF) の8Kバイトが消去対象となります。
5	EB5	0	R/W	このビットが1のときEB5 (H'008000~H'00BFFF) の16Kバイトが消去対象となります。
4	EB4	0	R/W	このビットが1のときEB4 (H'001000~H'007FFF) の28Kバイトが消去対象となります。
3	EB3	0	R/W	このビットが1のときEB3 (H'000C00~H'000FFF) の1Kバイトが消去対象となります。
2	EB2	0	R/W	このビットが1のときEB2 (H'000800~H'000BFF) の1Kバイトが消去対象となります。
1	EB1	0	R/W	このビットが1のときEB1 (H'000400~H'0007FF) の1Kバイトが消去対象となります。
0	EB0	0	R/W	このビットが1のときEB0 (H'000000~H'00003FF) の1Kバイトが消去対象となります。

16. ROM

16.5.4 消去ブロック指定レジスタ 2 (EBR2)

フラッシュメモリの消去ブロックを指定するレジスタです。FLMCR1 の SWE ビットが 0 のときは EBR2 は H'00 に初期化されます。このレジスタは 2 ビット以上同時に 1 に設定しないでください。設定すると EBR2 は 0 にオートクリアされます。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7~2	—	すべて 0	—	リザーブビットです。読み出すと常に 0 が読み出されます。
1	EB9	0	R/W	このビットが 1 のとき EB 9 (H'018000~H'01FFFF) の 32K バイトが消去対象となります。
0	EB8	0	R/W	このビットが 1 のとき EB 8 (H'010000~H'017FFF) の 32K バイトが消去対象となります。

16.5.5 RAM エミュレーションレジスタ (RAMER)

フラッシュメモリのリアルタイムな書き換えをエミュレートするときに、RAM の一部と重ね合わせるフラッシュメモリのエリアを設定するレジスタです。RAMER の設定は、ユーザモード、ユーザプログラムモードで行ってください。エミュレーション機能を確実に動作させるために、本レジスタの書き換え直後に RAM エミュレーションの対象 ROM をアクセスしないでください。直後にアクセスした場合には正常なアクセスは保証されません。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7、6	—	すべて 0	—	リザーブビットです。読み出すと常に 0 が読み出されます。
5、4	—	すべて 0	R/W	リザーブビットです。書き込み時は必ず 0 としてください。
3	RAMS	0	R/W	RAM セレクト RAM によるフラッシュメモリのエミュレーション選択ビットです。このビットが 1 のとき、RAM の一部がフラッシュメモリにオーバーラップされ、フラッシュメモリは全ブロック書き込み/消去プロテクト状態となります。
2	RAM2	0	R/W	フラッシュメモリエリア選択
1	RAM1	0	R/W	RAMS が 1 のとき、RAM の H'FFE000~H'FFE3FF 領域とオーバーラップさせるフラッシュメモリのエリアを選択します。これらのエリアは 1K バイトの消去ブロックに対応しています。
0	RAM0	0	R/W	00X : H'000000~H'0003FF (EB0) 01X : H'000400~H'0007FF (EB1) 10X : H'000800~H'000BFF (EB2) 11X : H'000C00~H'000FFF (EB3)

【注】 X : Don't care

16.6 オンボードプログラミング

フラッシュメモリの書き込み／消去を行うためのモードとしてオンボードで書き込み／消去ができるブートモードと PROM ライタで書き込み／消去を行うライタモードがあります。このほかユーザモードでもオンボードで書き込み／消去を行うユーザプログラムモードがあります。リセット状態からリセットスタートすると本 LSI は MD 端子、FWE 端子によって表 16.3 のように異なるモードへ遷移します。各端子の入カレベルは少なくともリセット解除の 4 ステート前に確定させる必要があります。

ブートモードに遷移すると、本 LSI 内部に組み込まれているブートプログラムが起動します。ブートプログラムは SCI_2 を経由して外部に接続されたホストから書き込み制御プログラムを内蔵 RAM に転送し、フラッシュメモリを全面消去したうえで書き込み制御プログラムを実行します。オンボード状態での初期書き込みや、ユーザモードで書き込み／消去ができなくなった場合の強制復帰などに使用できます。ユーザモードではユーザが用意した書き込み／消去プログラムに岐することで任意のブロックを消去し書き換えることができます。

表 16.3 プログラミングモード選択方法

MD2	MD1	MD0	FWE	リセット解除後の LSI の状態
1	1	1	1	ユーザモード
0	1	1	1	ブートモード

16.6.1 ブートモード

ブートモードにおけるリセット解除から書き込み制御プログラムに分岐するまでの動作を表 16.4 に示します。

1. ブートモードではフラッシュメモリへの書き込み制御プログラムをホスト側に準備しておく必要があります。書き込み制御プログラムは「16.8 書き込み/消去プログラム」に沿ったものを用意してください。
2. SCI_2は調歩同期式モードに設定され、送受信フォーマットは「8ビットデータ、1ストップビット、パリティなし」です。
3. ブートプログラムが起動すると、ホストから連続送信される調歩同期式シリアル通信データH'00のLow期間を測定してビットレートを計算し、SCI_2のビットレートをホストのビットレートに合わせ込みます。リセット解除はRXD端子がHighの状態で行ってください。必要に応じてRXD端子およびTXD端子は、ボード上でプルアップしてください。リセット解除からLow期間を測定できるまで約100ステートかかります。
4. ビットレートの合わせ込みが終了すると調整終了の合図としてH'00を1バイト送信しますので、ホストは調整終了の合図を正常に受信したらH'55を1バイト送信してください。正常に受信できなかった場合はリセットによりブートモードを再起動してください。ホスト側のビットレートと本LSIのシステムクロック周波数の組み合わせによっては許容範囲内にビットレートを合わせ込めない場合が生じます。このため、ホストの転送ビットレートと本LSIのシステムクロック周波数を表16.5の範囲としてください。
5. ブートモードでは内蔵RAMの一部をブートプログラムで使用します。ホスト側から送信される書き込み制御プログラムを格納できるエリアはH'FFE800~H'FFEFBF番地です。プログラムの実行が書き込み制御プログラムへ移行するまでブートプログラムエリアは使用できません。
6. 書き込み制御プログラムに分岐するときSCI_2は送受信動作を終了（SCRのRE=0、TE=0）しますが、BRRには合わせ込んだビットレートの値は保持されるので、引き続き書き込み制御プログラムでホストとの間の書き込みデータやベリファイデータの送受信に使用できます。TXD端子はHighレベル出力状態となっています。書き込み制御プログラムへ分岐直後のCPUの汎用レジスタは不定です。特にスタックポインタはサブルーチンコールなどで暗黙的に使用されるため、書き込み制御プログラムの冒頭で初期化してください。
7. ブートモードはリセットにより解除されます。リセット端子をLowレベルにして最低20ステート経過後、MD端子を設定してリセットを解除してください。WDTのオーバフローリセットが発生した場合もブートモードは解除されます。
8. ブートモードの途中でMD端子の入力レベルを変化させないでください。
9. フラッシュメモリへの書き込み中、あるいは消去中に割り込みを使用することはできません。

表 16.4 ブートモードの動作

項目	ホストの動作	通信内容	本LSIの動作
	処理内容		処理内容
ブートモード起動			リセットスタート後 ブートプログラムへ分岐
ビットレートの合わせ込み	所定のビットレートでH'00を連続送信 ↓ H'00を正常に受信したらH'55送信 ↓ H'AA受信	H'00、H'00・・・H'00 ← H'00 ← H'55 ← H'AA	・受信データH'00のLow期間を測定 ・ビットレートを計算し、SCI_2のBRRを設定 ・ビットレート合わせ込み終了後、ホストへH'00を送信 ↓ H'55を受信したらホストへH'AAを送信
書き込み制御プログラムの転送	転送する書き込み制御プログラムのバイト数(N)を上位バイト、下位バイトの順に2バイト送信 ↓ 書き込み制御プログラムを1バイトごとに送信(N回繰り返し)	上位バイト、下位バイト ← エコーバック ← H'XX ← エコーバック	受信した2バイトデータをホストへエコーバック ↓ 受信したデータをホストへエコーバックすると共にRAMへ転送(N回繰り返し)
フラッシュメモリ消去	ブートプログラム消去エラー ↓ H'AA受信	← H'FF ← H'AA	フラッシュメモリのデータをチェックし、書き込まれている場合は全ブロックを消去してホストへH'AAを送信(消去できなかった場合はH'FFを送信して、動作を停止)
			内蔵RAMに転送された書き込み制御プログラムへ分岐し実行を開始

表 16.5 ビットレート自動合わせ込みが可能なシステムクロック周波数

ホストのビットレート	本 LSI のシステムクロック周波数範囲
19200bps	20MHz
9600bps	8~20MHz
4800bps	4~20MHz

16.6.2 ユーザモードでの書き込み／消去

ユーザモードではユーザが用意した書き込み／消去プログラムに分岐することで任意のブロックをオンボードで消去し書き換えることができるユーザプログラムモードがあります。分岐のための条件設定やオンボードでの書き換えデータ供給手段をユーザ側で用意する必要があります。また、必要に応じてフラッシュメモリの一部に書き込み／消去プログラムを書き込んでおくか、書き込み／消去プログラムを外部から供給するためのプログラムを書き込んでおく必要があります。書き込み／消去中はフラッシュメモリを読み出せないため、ブートモードと同様書き込み／消去プログラムは内蔵 RAM に転送して実行してください。図 16.6 にユーザモードでの書き込み／消去手順の例を示します。書き込み／消去プログラムは「16.8 書き込み／消去プログラム」に沿ったものを用意してください。

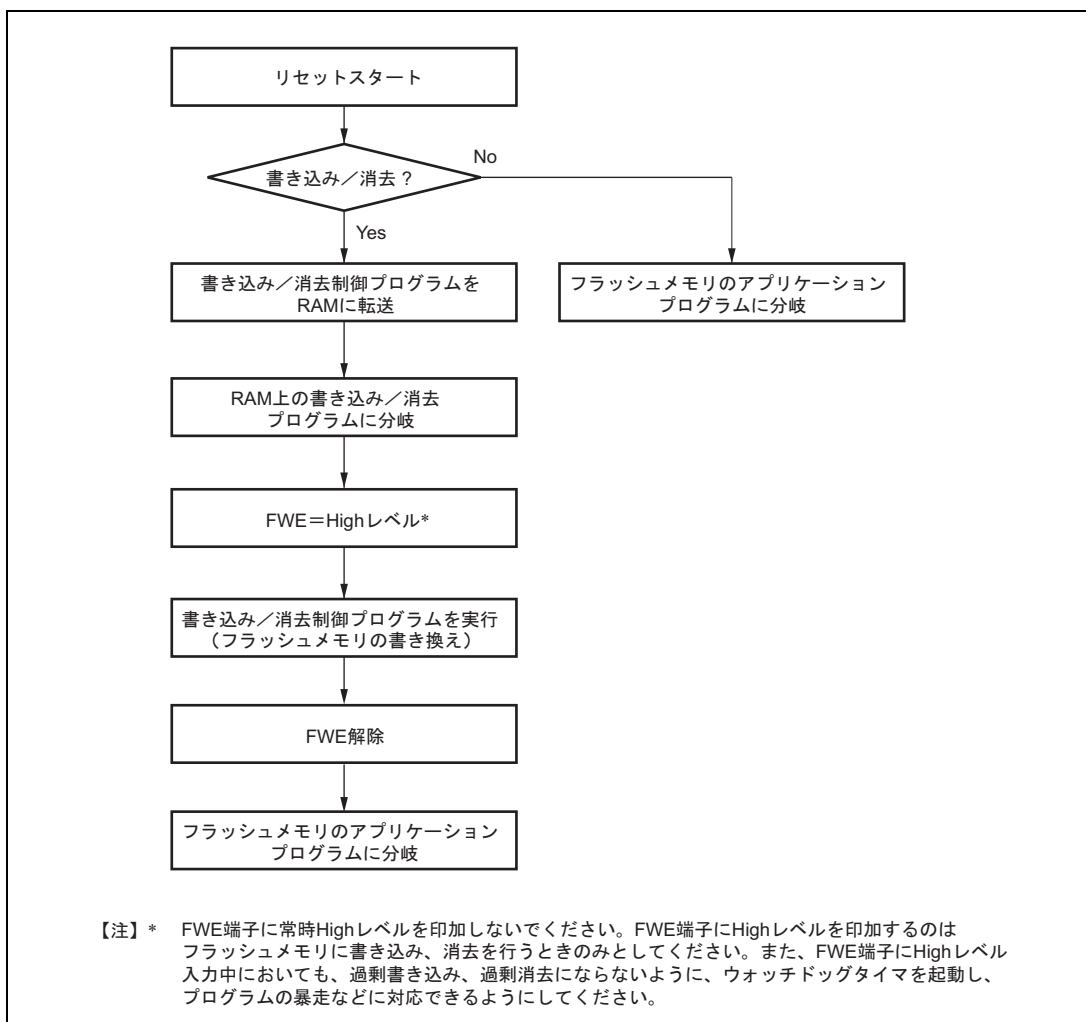


図 16.6 ユーザモードにおける書き込み／消去例

16.7 RAM によるフラッシュメモリのエミュレーション

フラッシュメモリに対する書き換えデータを内蔵 RAM でリアルタイムにエミュレートできるよう、RAM エミュレーションレジスタ (RAMER) によりフラッシュメモリの一部のブロックに RAM をオーバーラップさせて使用することができるようになっています。エミュレーション可能なモードはユーザモードおよびユーザプログラムモードです。図 16.7 にフラッシュメモリのリアルタイムな書き換えをエミュレートする例を示します。

1. RAMERを設定してリアルタイムな書き換えを必要とするエリアにRAMをオーバーラップさせます。
2. オーバーラップさせたRAMを使ってエミュレートします。
3. 書き換えデータ確定後、RAMSビットをクリアしてRAMのオーバーラップを解除します。
4. オーバーラップさせたRAMに書き込まれたデータをフラッシュメモリ空間 (EB0) に書き込みます。

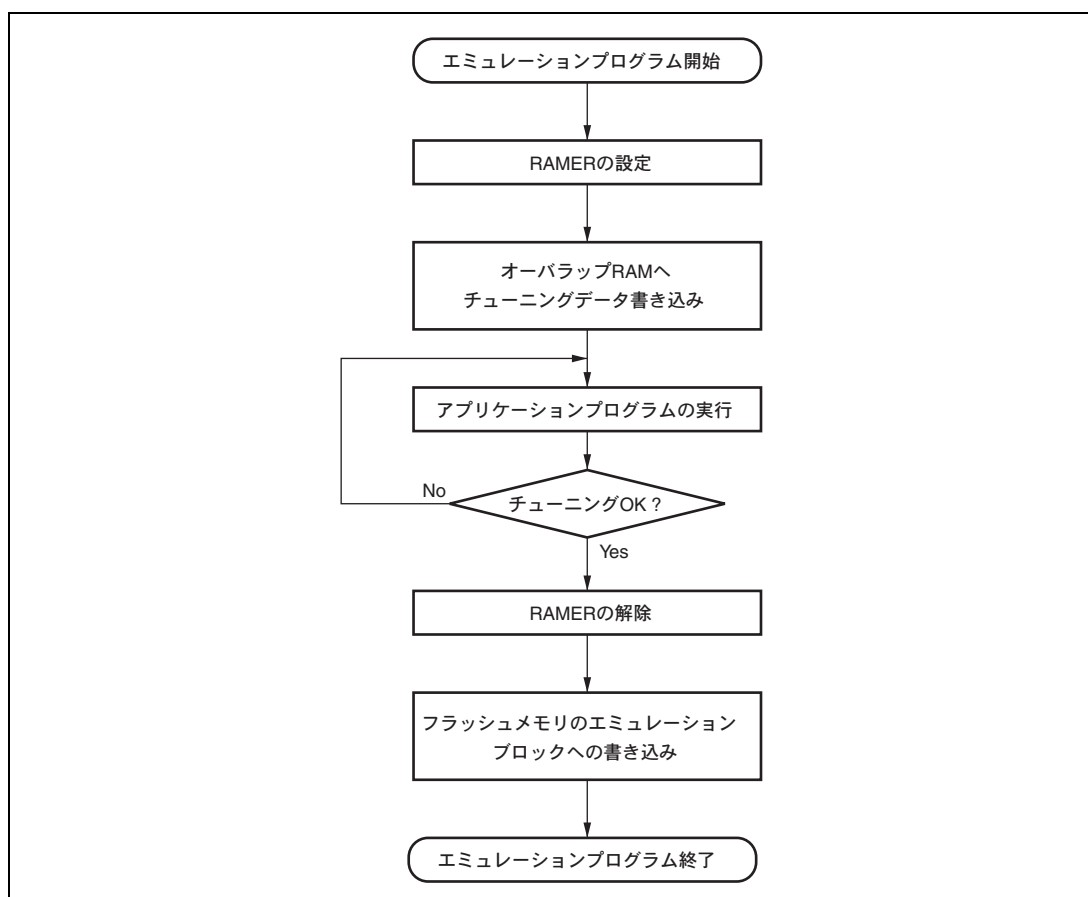


図 16.7 RAM によるエミュレーションフロー

16. ROM

フラッシュメモリのブロックをオーバーラップさせる例を図 16.8 に示します。

1. オーバーラップさせるRAMのエリアはH'FFE000~H'FFE3FFの1Kバイトに固定されています。
2. オーバーラップできるフラッシュメモリのエリアは1KバイトのEB0~EB3のうちの1ブロックで、RAMERにより選択できます。
3. オーバーラップさせたRAMのエリアはフラッシュメモリ内のアドレスともとのRAMのアドレスの両方からアクセスできます。
4. RAMERのRAMSビットが1にセットされている間、フラッシュメモリは全ブロック書き込み/消去プロテクト状態となり（エミュレーションプロテクト）、FLMCR1のPビットまたはEビットをセットしてもプログラムモード、イレースモードへは遷移しません。
5. RAMエリアは消去アルゴリズムに沿ったプログラムを実行しても消去されません。
6. ブロックEB0はベクタテーブルを含みます。RAMエミュレーションする場合、オーバーラップRAMにはベクタテーブルが必要となります。

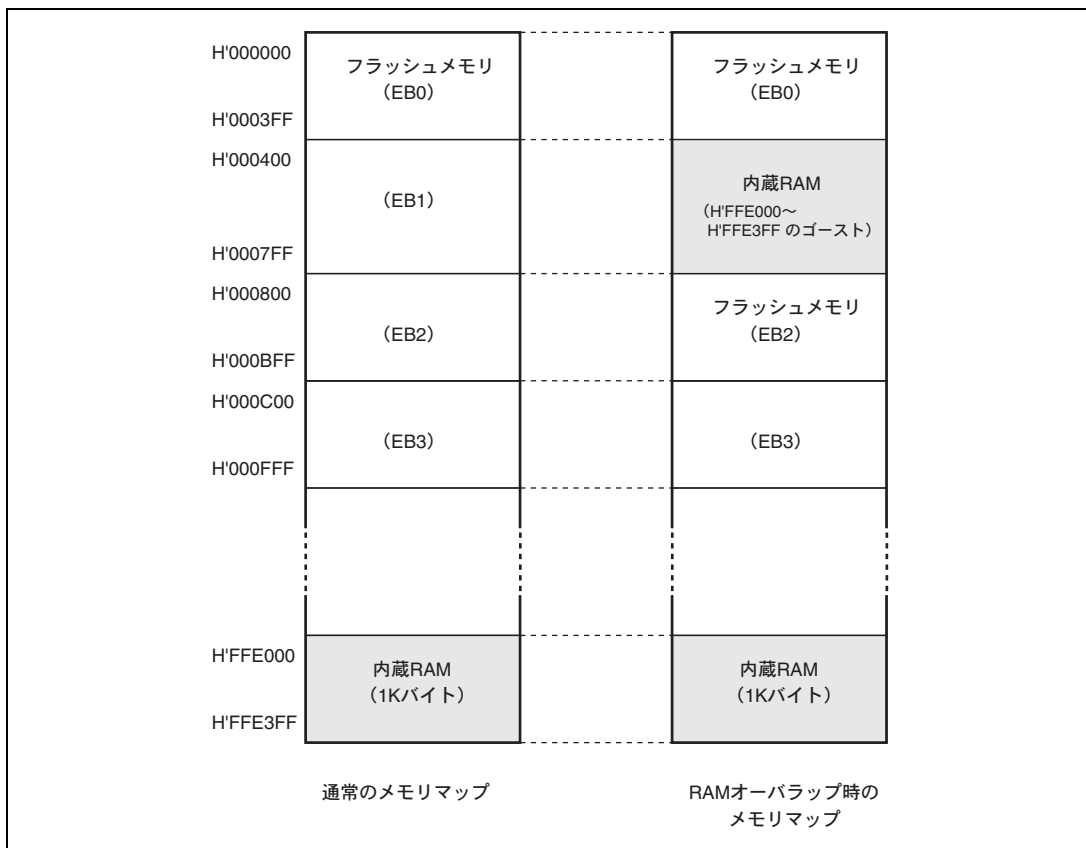


図 16.8 RAM のオーバーラップ例

16.8 書き込み／消去プログラム

オンボードでのフラッシュメモリの書き込み／消去はCPUを用いてソフトウェアで行う方式を採用しています。フラッシュメモリはFLMCR1の設定によってプログラムモード、プログラムベリファイモード、イレースモード、イレースベリファイモードに遷移します。ブートモードでの書き込み制御プログラム、ユーザモードでの書き込み／消去プログラムではこれらのモードを組み合わせで書き込み／消去を行います。フラッシュメモリへの書き込みは「16.8.1 プログラム／プログラムベリファイ」に沿って、また、フラッシュメモリの消去は「16.8.2 イレース／イレースベリファイ」に沿って行ってください。

16.8.1 プログラム／プログラムベリファイ

フラッシュメモリへの書き込みは、**図 16.9**に示すプログラム／プログラムベリファイフローに従ってください。このフローに沿って書き込み動作を行えば、デバイスへの電圧ストレスやデータの信頼性を損なうことなく書き込みを行うことができます。

1. 書き込みは消去された状態で行い、すでに書き込まれたアドレスへの再書き込みは行わないでください。
2. 1回の書き込みは128バイト単位です。128バイトに満たないデータを書き込む場合もフラッシュメモリに128バイトのデータを転送する必要があります。書き込む必要のないアドレスのデータはH'FFにして書き込んでください。
3. RAM上に書き込みデータエリア128バイト、再書き込みデータエリア128バイト、追加書き込みデータエリア128バイトの領域を確保してください。再書き込みデータの演算、追加書き込みデータの演算は**図 16.9**に従ってください。
4. 再書き込みデータエリアあるいは追加書き込みデータエリアからフラッシュメモリへはバイト単位で128バイト連続転送してください。プログラムアドレスと128バイトのデータがフラッシュメモリ内にラッチされます。転送先のフラッシュメモリの先頭アドレスは下位8ビットをH'00またはH'80としてください。
5. Pビットがセットされている時間が書き込み時間となります。書き込み時間は**図 16.9**に従ってください。
6. ウォッチドックタイマの設定はプログラムの暴走などによる過剰書き込みを避けるためのものです。オーバーフロー周期は6.6ms程度としてください。
7. ベリファイアドレスへのダミーライトは、下位2ビットがB'00のアドレスにH'FFを1バイト書き込んでください。ベリファイデータはダミーライトを行った番地からロングワードで読み出せます。
8. 同一ビットに対するプログラム／プログラムベリファイシーケンスの繰り返しは、1,000回を超えないようにしてください。

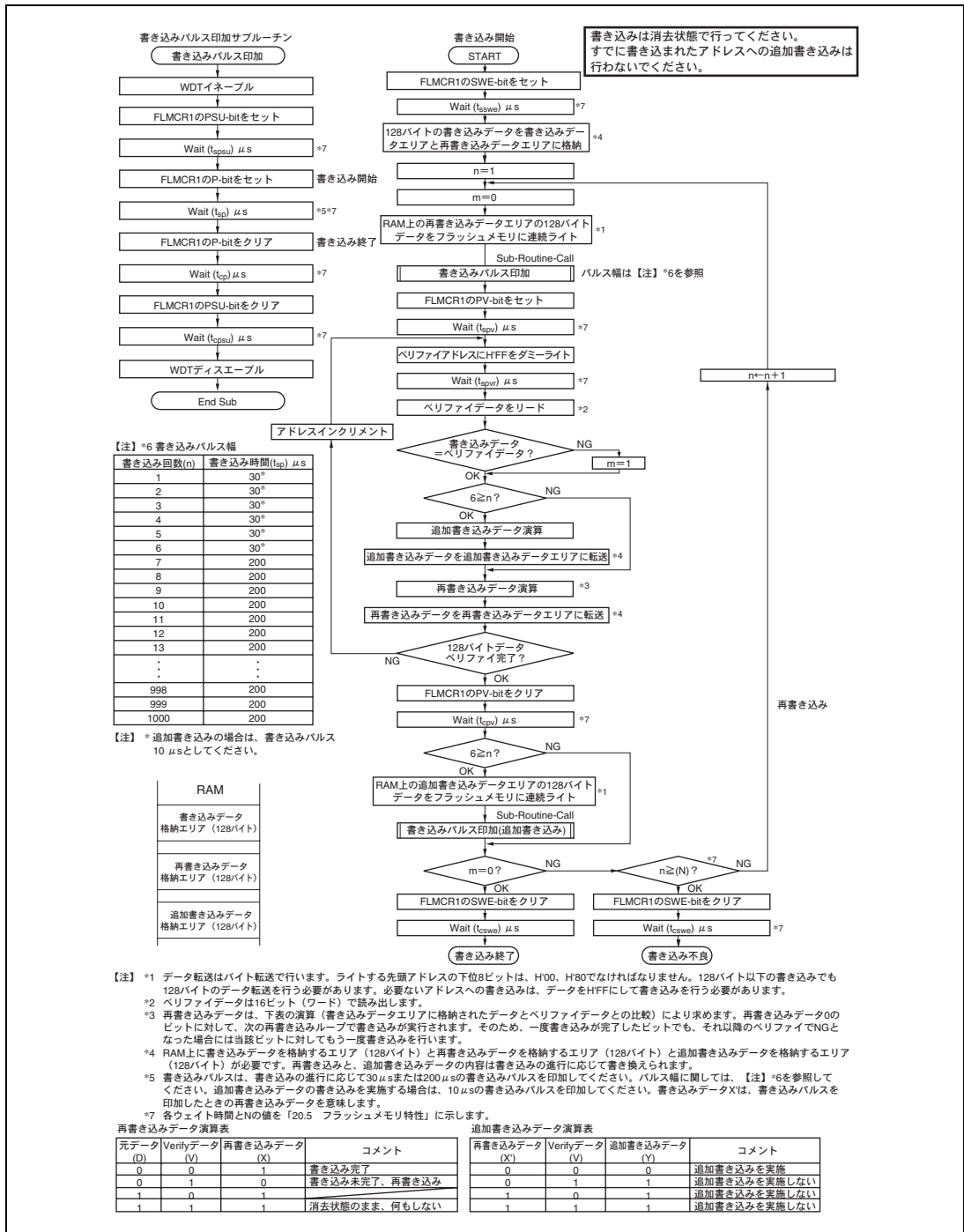


図 16.9 プログラム/プログラムベリファイフロー

16.8.2 イレース／イレースベリファイ

消去は図 16.10 のイレース／イレースベリファイフローチャートに従って行ってください。

1. 消去の前にプレライト（消去するメモリの全データをすべて0にする）を行う必要はありません。
2. 消去はブロック単位で行います。消去ブロック指定レジスタ（EBR1、EBR2）により消去するブロックを1ブロックだけ選択してください。複数のブロックを消去する場合も1ブロックずつ順次消去してください。
3. Eビットが設定されている時間が消去時間となります。
4. ウォッチドックタイマの設定はプログラムの暴走などによる過剰書き込みを避けるためのものです。オーバーフロー周期は19.8ms程度としてください。
5. ベリファイアドレスへのダミーライトは、下位2ビットがB'00のアドレスにH'FFを1バイト書き込んでください。ベリファイデータはダミーライトを行った番地からロングワードで読み出せます。
6. 読み出したデータが未消去の場合は再度イレースモードに設定し、同様にイレース／イレースベリファイシーケンスを繰り返します。ただし、この繰り返し回数が100回を超えないようにしてください。

16.8.3 フラッシュメモリの書き込み／消去時の割り込み

フラッシュメモリへの書き込み／消去中またはブートプログラム実行中は以下の理由から $\overline{\text{NMI}}$ を含むすべての割り込み要求を禁止してください。

1. 書き込み／消去中に割り込みが発生すると、正常な書き込み／消去アルゴリズムに沿った動作が保証できなくなる。
2. ベクタアドレスが書き込まれる前、または書き込み／消去中に割り込み例外処理を開始すると、正常なベクタフェッチができずCPUが暴走する。
3. ブートプログラム実行中に割り込みが発生すると、正常なブートモードのシーケンスを実行できなくなる。

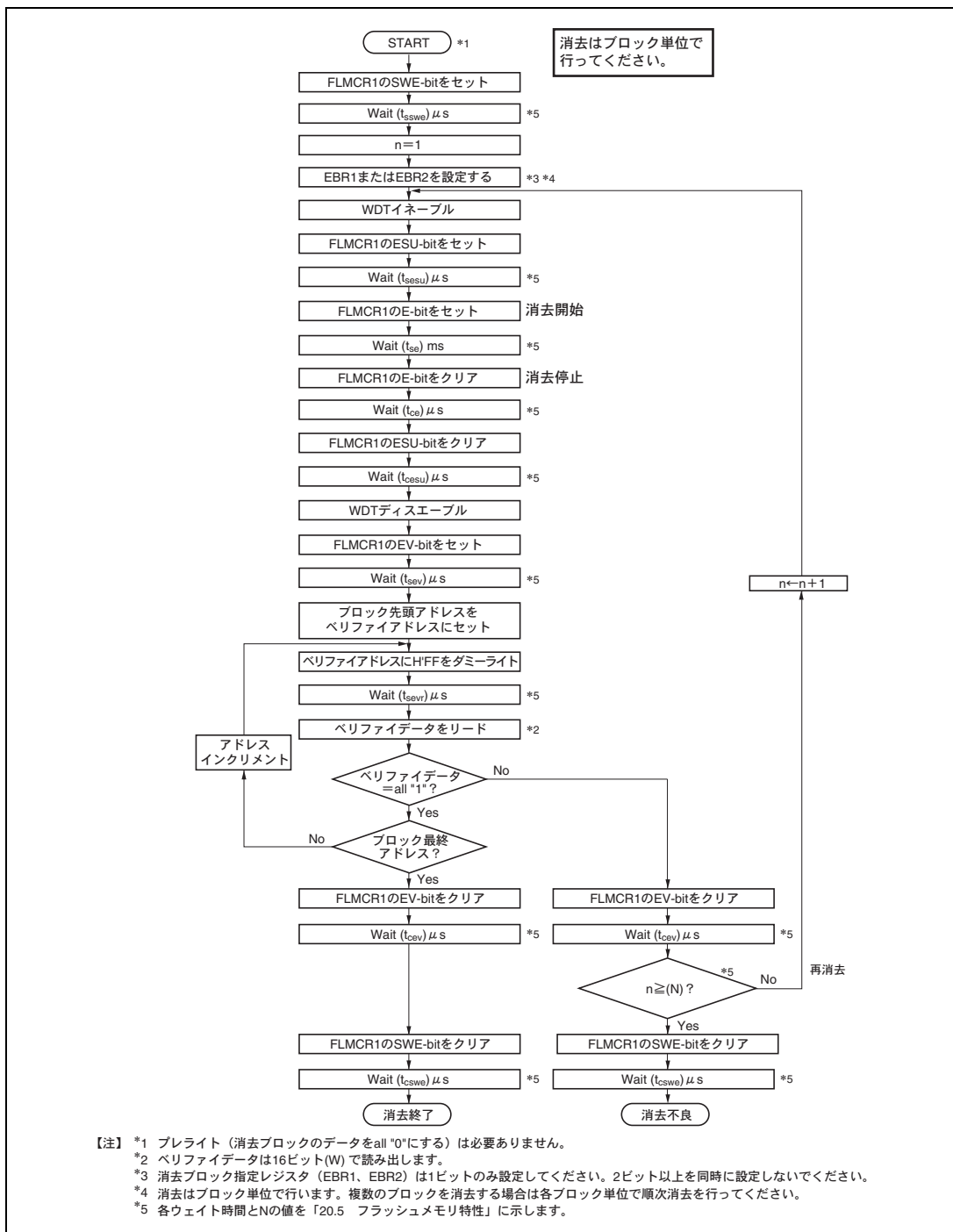


図 16.10 イレース/イレースペリファイフロー

16.9 書き込み／消去プロテクト

フラッシュメモリに対する書き込み／消去プロテクト状態にはハードウェアプロテクトによるもの、ソフトウェアプロテクトによるもの、およびエラープロテクトによるものの3種類あります。

16.9.1 ハードウェアプロテクト

ハードウェアプロテクトは、リセットまたはスタンバイモードへの状態遷移によりフラッシュメモリに対する書き込み／消去が強制的に禁止、中断された状態をいいます。フラッシュメモリコントロールレジスタ1 (FLMCR1)、フラッシュメモリコントロールレジスタ2 (FLMCR2)、ブロック指定レジスタ1 (EBR1) が初期化されます。 $\overline{\text{RES}}$ 端子によるリセットでは、電源投入後発振が安定するまで $\overline{\text{RES}}$ 端子を Low レベルに保持しないとリセット状態になりません。また、動作中のリセットは AC 特性に規定した $\overline{\text{RES}}$ パルス幅の間 $\overline{\text{RES}}$ 端子を Low レベルに保持してください。

16.9.2 ソフトウェアプロテクト

ソフトウェアで FLMCR1 の SWE ビットをクリアすることで全ブロック書き込み／消去プロテクト状態になります。この状態で FLMCR1 の P1 ビットまたは E1 ビットをセットしてもプログラムモードまたはイレースモードへは遷移しません。また、ブロック指定レジスタ1 (EBR1) の設定により、ブロックごとに消去プロテクトが可能です。EBR1 を H'00 に設定すると全ブロックが消去プロテクト状態になります。

16.9.3 エラープロテクト

エラープロテクトはフラッシュメモリへの書き込み／消去中に CPU の暴走や書き込み／消去アルゴリズムに沿っていない動作を検出し、強制的に書き込み／消去動作を中断した状態です。書き込み／消去動作を中断することで過剰書き込みや過剰消去によるフラッシュメモリへのダメージを防止します。

フラッシュメモリへの書き込み／消去中に以下のエラーを検出すると、FLMCR2 の FLER ビットが1にセットされ、エラープロテクト状態となります。

- 書き込み／消去中のフラッシュメモリ読み出し（ベクタリードおよび命令フェッチを含む）
- 書き込み／消去中のリセットを除く例外処理開始
- 書き込み／消去中の SLEEP 命令実行

このとき、FLMCR1、FLMCR2、EBR1 の内容は保持されますが、エラーを検出した時点でプログラムモードまたはイレースモードは強制的に中断されます。P1 ビット、E1 ビットをセットしてもプログラムモードやイレースモードへは遷移しません。ただし、PV1 ビット、EV1 ビットは保持され、ベリファイモードへの遷移は可能です。エラープロテクト状態は、パワーオンリセットによってのみ解除できます。

16.10 ライタモード

ライタモードでは、ソケットアダプタを介して単体のフラッシュメモリと同様に PROM ライタで書き込み／消去を行うことができます。PROM ライタはルネサス 128K バイトフラッシュメモリ内蔵マイコンデバイスタイプ (FZTAT128V5A) をサポートしているライタを使用してください。

16.11 フラッシュメモリの低消費電力動作

ユーザモードではフラッシュメモリは次のいずれかの状態になります。

- 通常動作状態
フラッシュメモリのリード／ライトが可能です。
- スタンバイ状態
フラッシュメモリのすべての回路が停止します。

表 16.6 に本 LSI の動作モードとフラッシュメモリの状態の関係を示します。フラッシュメモリがスタンバイ状態から通常動作状態へ復帰するときは、停止した電源回路の安定化時間が必要となります。外部クロックを使用する場合も含めて、通常動作モードへ復帰するときの待機時間が 20 μ s 以上になるよう SBYCR の STS2～STS0 を設定してください。

表 16.6 フラッシュメモリの動作状態

本 LSI の動作モード	フラッシュメモリの状態
アクティブモード	通常動作状態
スタンバイモード	スタンバイ状態

16.12 F-ZTAT マイコンのマスク ROM 化時の注意事項

マスク版には、F-ZTAT 版に依存するフラッシュメモリのコントロール用内部レジスタが存在しません。表 16.7 に F-ZTAT 版に存在して、マスク版に存在しないレジスタを示します。表 16.7 に示したレジスタをリードした場合、マスク版では、不定値が読み出されます。このため、F-ZTAT 版で開発したアプリケーションソフトをマスク ROM 版に変更する場合、表 16.7 に示したレジスタの影響がないようアプリケーションソフトを変更してください。

表 16.7 F-ZTAT 版に存在してマスク ROM 版に存在しないレジスタ

レジスタ名称	略称	アドレス
フラッシュメモリコントロールレジスタ 1	FLMCR1	H'FFA8
フラッシュメモリコントロールレジスタ 2	FLMCR2	H'FFA9
消去ブロック指定レジスタ 1	EBR1	H'FFAA
消去ブロック指定レジスタ 2	EBR2	H'FFAB
RAM エミュレーションレジスタ	RAMER	H'FEDB
フラッシュメモリパワーコントロールレジスタ	FLPWCR	H'FFAC

17. クロック発振器

本 LSI は、クロック発振器を内蔵しており、システムクロック (ϕ)、バスマスタクロック、内部クロックを生成します。クロック発振器は、発振器、PLL 回路、クロック選択回路、中速クロック分周器、バスマスタクロック選択回路で構成されます。クロック発振器のブロック図を図 17.1 に示します。

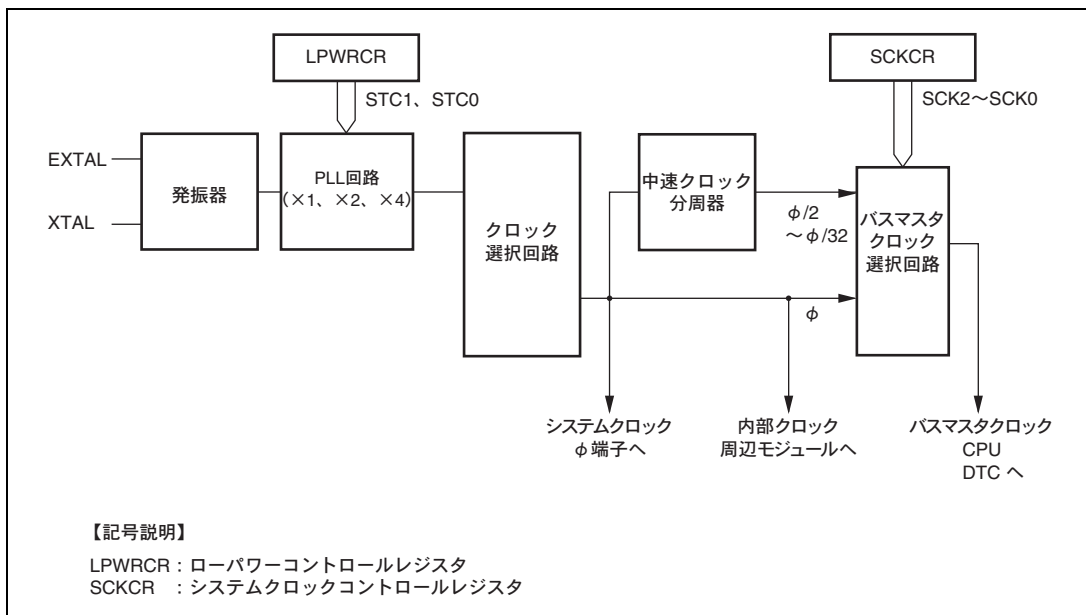


図 17.1 クロック発振器のブロック図

発振器からの周波数は、PLL 回路により変更できます。周波数の変更は、ローパワーコントロールレジスタ (LPWRCR) とシステムクロックコントロールレジスタ (SCKCR) の設定によりソフトウェアで行います。

17. クロック発振器

17.1 レジスタの説明

クロック発振器には以下のレジスタがあります。

- システムクロックコントロールレジスタ (SCKCR)
- ローパワーコントロールレジスタ (LPWRCR)

17.1.1 システムクロックコントロールレジスタ (SCKCR)

SCKCR は ϕ 出力、PLL 回路の周波数通倍率変更時の動作選択、中速モードの制御を行います。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	PSTOP	0	R/W	ϕ 出力禁止 ϕ 出力を制御します。 高速モード、中速モード 0: ϕ 出力 1: High レベル固定 スリープモード 0: ϕ 出力 1: High レベル固定 ソフトウェアスタンバイモード 0: High レベル固定 1: High レベル固定 ハードウェアスタンバイモード 0: ハイインピーダンス 1: ハイインピーダンス
6~4	—	すべて0	—	リザーブビットです。リードすると常に0がリードされます。
3	STCS	0	R/W	周波数通倍率切り替えモード選択 PLL 回路の周波数通倍率変更時の動作を選択します。 0: 変更した通倍率は、ソフトウェアスタンバイモード遷移後に有効 1: 変更した通倍率は、STC1、STC0 ビット書き換え後に有効
2	SCK2	0	R/W	システムクロックセレクト2~0
1	SCK1	0	R/W	バスマスタクロックを選択します。
0	SCK0	0	R/W	000: 高速モード 001: 中速クロック $\phi/2$ 010: 中速クロック $\phi/4$ 011: 中速クロック $\phi/8$ 100: 中速クロック $\phi/16$ 101: 中速クロック $\phi/32$ 11x: 設定禁止

【注】 x : Don't care

17.1.2 ローパワーコントロールレジスタ (LPWRRCR)

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7~4	—	すべて0	—	リザーブビットです。 ライト時は常に0としてください。
3、2	—	すべて0	R/W	リード/ライト可能ですが、1に設定しないでください。
1	STC1	0	R/W	周波数通倍率設定 PLL回路の周波数通倍率を設定します。 00: ×1 01: ×2 10: ×4 11: 設定禁止
0	STC0	0	R/W	

17.2 発振器

クロックを供給する方法には、水晶発振子を接続する方法と外部クロックを入力する方法があります。入力するクロックは20MHz以下としてください。

17.2.1 水晶発振子を接続する方法

水晶発振子を接続する場合の接続例を図17.2に示します。ダンピング抵抗 R_d は、表17.1に示すものを使用してください。また、水晶発振子は、ATカット並列共振形を使用してください。

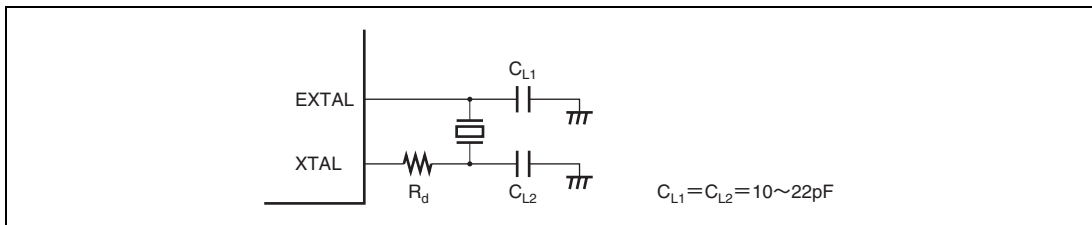


図 17.2 水晶発振子の接続例

表 17.1 ダンピング抵抗値

周波数 (MHz)	4	8	10	12	16	20
R_d (Ω)	500	200	0	0	0	0

17. クロック発振器

水晶発振子の等価回路を図 17.3 に示します。水晶発振子は表 17.2 に示す特性のものを使用してください。

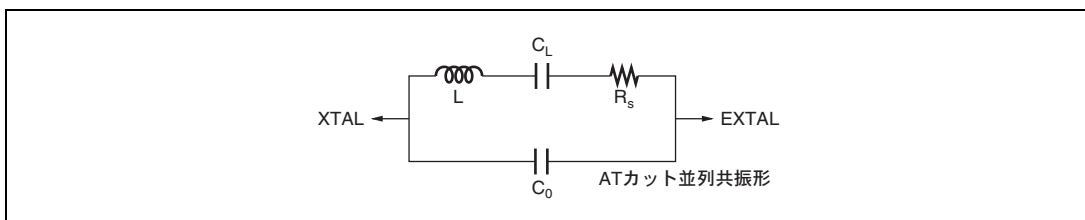


図 17.3 水晶発振子の等価回路

表 17.2 水晶発振子の特性

周波数 (MHz)	4	8	10	12	16	20
R_s max (Ω)	120	80	70	60	50	40
C_0 max (pF)	7					

17.2.2 外部クロックを入力する方法

外部クロック入力の接続例を図 17.4 に示します。XTAL 端子をオープン状態にする場合、寄生容量は 10pF 以下にしてください。XTAL 端子に逆相クロックを入力する場合、スタンバイモード時は外部クロックを High レベルにしてください。

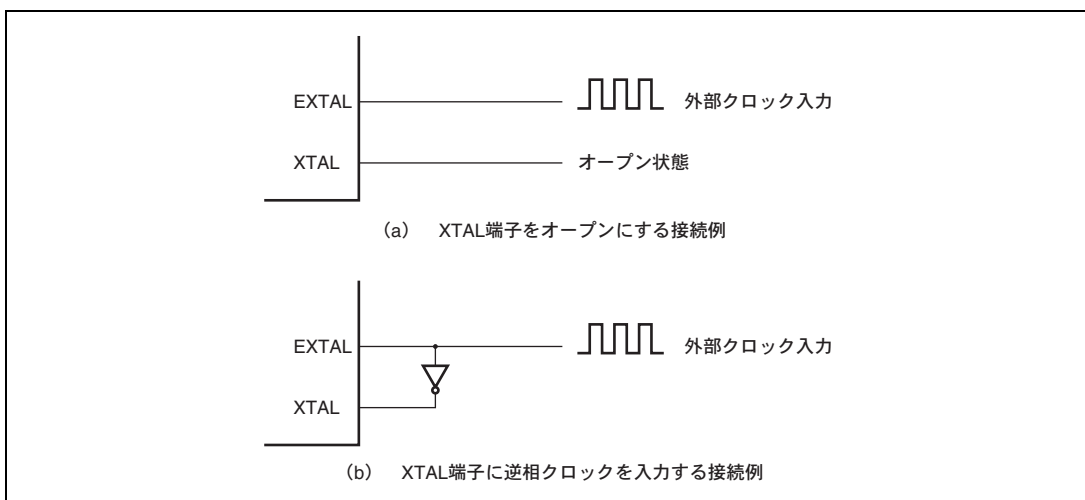


図 17.4 外部クロックの接続例

外部クロックの入力条件を表 17.3 に示します。

表 17.3 外部クロック入力条件

項目	記号	V _{CC} =5.0V±10%		単位	測定条件
		min	max		
外部クロック入力 パルス幅 Low レベル	t _{EXL}	15	—	ns	図 17.5
外部クロック入力 パルス幅 High レベル	t _{EXH}	15	—	ns	
外部クロック 立ち上がり時間	t _{EXr}	—	5	ns	
外部クロック 立ち下がり時間	t _{EXf}	—	5	ns	

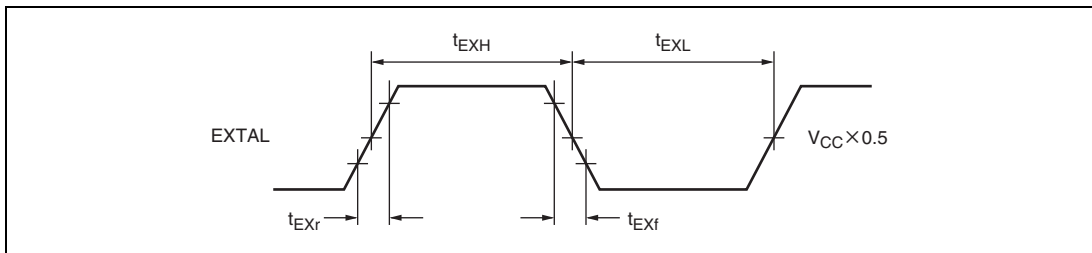


図 17.5 外部クロック入力タイミング

17. クロック発振器

17.3 PLL 回路

PLL 回路は、発振器からの周波数を 1 倍、2 倍、4 倍に通倍する機能を持っています。周波数通倍率は LPWRCR の STC1、STC0 ビットで設定します。このとき、内部クロックの立ち上がりエッジの位相は EXTAL 端子の立ち上がりエッジの位相に一致するように制御されます。

PLL 回路の周波数通倍率を変更する場合、SCKCR の STCS ビットの設定で動作が異なります。

STCS ビットが 0 の場合、変更した周波数通倍率はソフトウェアスタンバイモード遷移後に有効になります。遷移時間は、スタンバイコントロールレジスタ (SBYCR) の STS2~STS0 ビットで設定します。SBYCR については「18.1.1 スタンバイコントロールレジスタ (SBYCR)」を参照してください。

1. 初期状態では、PLL回路の通倍率は1倍です。
2. STS2~STS0ビットで遷移時間を設定します。
3. STC1、STC0ビットで周波数通倍率を設定し、ソフトウェアスタンバイモードに遷移します。
4. クロック発振器が停止し、設定したSTC1、STC0の設定が有効となります。
5. ソフトウェアスタンバイモードを解除し、STS2~STS0ビットで設定した、遷移時間が確保されます。
6. 設定した遷移時間経過後、変更した周波数通倍率で本LSIは動作を再開します。

なお、SLEEP 命令に PC ブレークを設定すると、ソフトウェアスタンバイモードに遷移し、発振安定時間を経てブレーク例外処理を実行します。この場合、RTE 命令実行後に SLEEP 命令の次の命令を実行します。STCS ビットが 1 の場合、STC1、STC0 ビット書き換え後に、変更後の周波数通倍率では本 LSI は動作します。

17.4 中速クロック分周器

中速クロック分周器は、システムクロックを分周し、 $\phi/2$ 、 $\phi/4$ 、 $\phi/8$ 、 $\phi/16$ 、 $\phi/32$ を生成します。

17.5 バスマスタクロック選択回路

バスマスタクロック選択回路は、バスマスタに供給するクロックを SCKCR の SCK2~SCK0 ビットにより高速モード、または中速クロック ($\phi/2$ 、 $\phi/4$ 、 $\phi/8$ 、 $\phi/16$ 、 $\phi/32$) から選択します。

17.6 使用上の注意事項

17.6.1 発振子に関する注意事項

発振子に関する諸特性は、ユーザのボード設計に密接に関係しますので本章で案内する発振子の接続例を参考に、ユーザ側での十分な評価を実施してご使用願います。発振子の回路定格は発振子、実装回路の浮遊容量などにより異なるため、発振子メーカーと十分ご相談のうえ決定してください。発振端子に印加される電圧が最大定格を超えないようにしてください。

17.6.2 ボード設計上の注意

水晶発振子を使用する場合は、発振子および負荷容量はできるだけ XTAL、EXTAL 端子の近くに配置してください。図 17.6 に示すように発振回路の近くには信号線を通過させないでください。誘導により正しい発振ができなくなることがあります。

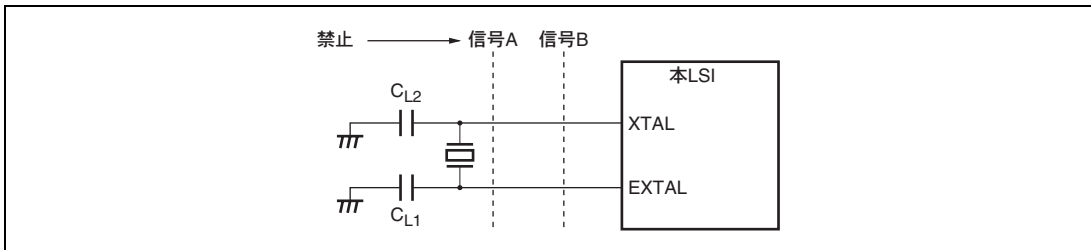


図 17.6 発振回路部のボード設計に関する注意事項

PLL 回路の外付け推奨回路を図 17.7 に示します。発振を安定させるための容量 C1 および抵抗 R1 は、PLL_{CAP} 端子の近くに配置してください。また、他の信号線と交差させないでください。PLL_{V_{CL}}、PLL_{V_{SS}} と V_{CC}、V_{SS} はボードの電源供給元から分離し、端子の近くにバイパスコンデンサ CB を必ず挿入してください。

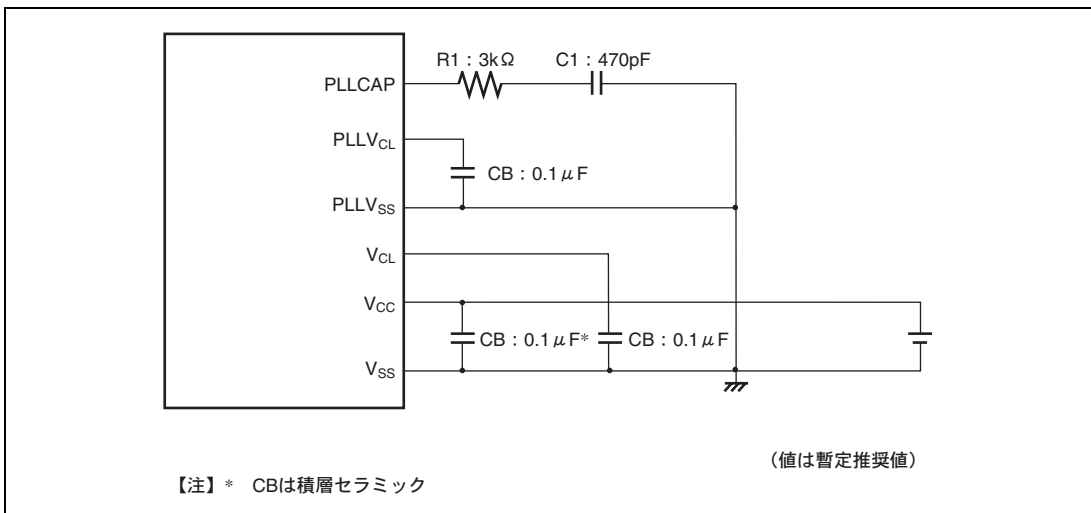


図 17.7 PLL 回路の外付け推奨回路

18. 低消費電力状態

本 LSI には、通常プログラム実行状態のほかに、CPU や発振器の動作を停止し、消費電力を低くする低消費電力状態があります。CPU、内蔵周辺機能などを個別に制御して、低消費電力化を実現できます。

本 LSI の動作状態には、高速モードのほか、

- 中速モード
- スリープモード
- モジュールストップモード
- ソフトウェアスタンバイモード
- ハードウェアスタンバイモード

の低消費電力状態があります。スリープモードは CPU の状態、中速モードは CPU とバスマスタの状態、モジュールストップモードは内蔵周辺機能（CPU 以外のバスマスタも含む）の状態です。これらは組み合わせて設定することができます。

リセット後は、高速モードになっています。

図 18.1 に可能なモード間遷移を示します。表 18.1 に SLEEP 命令実行時の各モードへの遷移条件と割り込みによる復帰先を、表 18.2 に各モードでの LSI の内部状態を示します。

18. 低消費電力状態

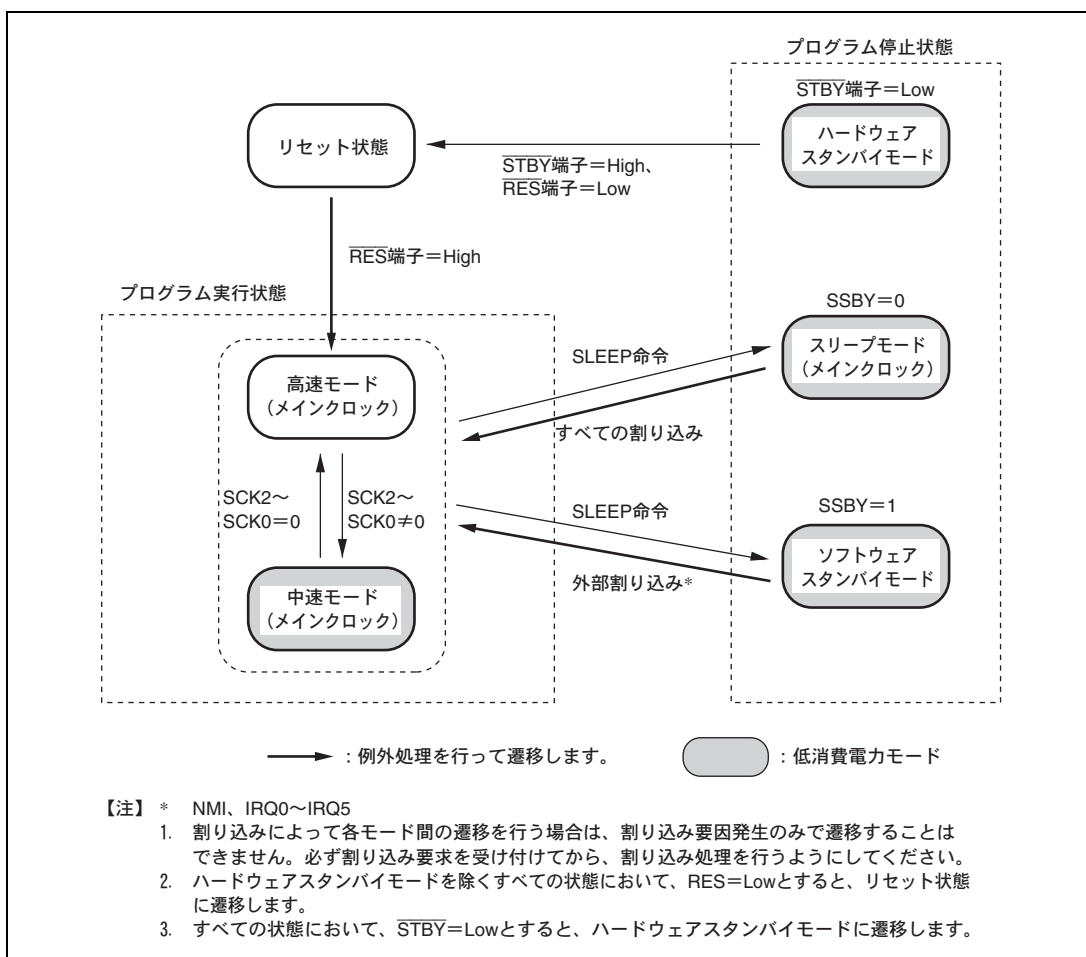


図 18.1 モード遷移図

表 18.1 低消費電力モード遷移条件

遷移前の状態	遷移時の制御ビット状態		SLEEP 命令による 遷移後の状態	割り込みによる 復帰後の状態
	SSBY			
高速/中速	0		スリープ	高速/中速
	1		ソフトウェアスタンバイ	高速/中速

表 18.2 各モードでの本 LSI の内部状態

機能		高速	中速	スリープ	モジュール ストップ	ソフトウェア スタンバイ	ハードウェア スタンバイ
システムクロック発振器		動作	動作	動作	動作	停止	停止
CPU	命令 レジスタ	動作	中速動作	停止 (保持)	高/中速 動作	停止 (保持)	停止 (不定)
外部 割り込み	NMI	動作	動作	動作	動作	動作	停止
	IRQ0~5						
周辺機能	PBC	動作	中速動作	動作	停止 (保持)	停止 (保持)	停止 (リセット)
	DTC						
	I/O	動作	動作	動作	動作	保持	ハイインピー ダンス
	TPU	動作	動作	動作	停止 (保持)	停止 (保持)	停止 (リセット)
	PPG						
	WDT	動作	動作	動作	動作	停止 (保持)	停止 (リセット)
	SCI	動作	動作	動作	停止 (リセット)	停止 (リセット)	停止 (リセット)
	A/D						
RAM	動作	中速動作	動作 (DTC)	動作	保持	保持	

【注】 停止（保持）は、内部レジスタ値保持。内部状態は動作中断。

停止（リセット）は、内部レジスタ値および内部状態を初期化。

モジュールストップモード時は、停止設定をしたモジュールのみ停止（リセットまたは保持）。

18.1 レジスタの説明

消費電力モードに関連するレジスタには以下のものがあります。システムクロックコントロールレジスタ (SCKCR) については「17.1.1 システムクロックコントロールレジスタ (SCKCR)」を参照してください。

- システムクロックコントロールレジスタ (SCKCR)
- スタンバイコントロールレジスタ (SBYCR)
- モジュールストップコントロールレジスタA (MSTPCRA)
- モジュールストップコントロールレジスタB (MSTPCRB)
- モジュールストップコントロールレジスタC (MSTPCRC)

18.1.1 スタンバイコントロールレジスタ (SBYCR)

SBYCR は 8 ビットのリード/ライト可能なレジスタで、ソフトウェアスタンバイモードの制御を行います。

ビット	ビット名	初期値	R/W	説明
7	SSBY	0	R/W	ソフトウェアスタンバイ SLEEP 命令実行後の遷移先を指定します。 0: SLEEP 命令実行後、スリープモードに遷移 1: SLEEP 命令実行後、ソフトウェアスタンバイモードに遷移 なお、外部割り込みによってソフトウェアスタンバイモードが解除され、通常動作に遷移したときは 1 にセットされたまま値が変わりません。クリアする場合は 0 をライトしてください。
6	STS2	0	R/W	スタンバイタイムセレクト 2~0 外部割り込みによってソフトウェアスタンバイモードを解除する場合に、クロックが安定するまで MCU が待機する時間を選択します。水晶発振の場合、表 18.3 を参照し、動作周波数に応じて待機時間が 8ms (発振安定時間) 以上となるように選択してください。外部クロックの場合、2ms 以上となるよう待機時間を選択してください。 000: 待機時間=8192 ステート 001: 待機時間=16384 ステート 010: 待機時間=32768 ステート 011: 待機時間=65536 ステート 100: 待機時間=131072 ステート 101: 待機時間=262144 ステート 110: リザーブ 111: 待機時間=16 ステート
5	STS1	0	R/W	
4	STS0	0	R/W	
3	—	1	R/W	リザーブビットです。ライト時は必ず 1 としてください。
2~0	—	すべて 0	—	リザーブビット リードすると常に 0 がリードされます。ライトは無効です。

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

MSTPCRは8ビットのリード/ライト可能な3本のレジスタで、モジュールストップモードの制御を行います。1のとき対応するモジュールはモジュールストップモードになり、クリアするとモジュールストップモードは解除されます。

• MSTPCRA

ビット	ビット名	初期値	R/W	対象モジュール
7	MSTPA7*	0	R/W	
6	MSTPA6	0	R/W	データトランスファコントローラ (DTC)
5	MSTPA5	1	R/W	16ビットタイマパルスユニット (TPU)
4	MSTPA4*	1	R/W	
3	MSTPA3	1	R/W	プログラマブルパルスジェネレータ (PPG)
2	MSTPA2*	1	R/W	
1	MSTPA1	1	R/W	A/D 変換器
0	MSTPA0*	1	R/W	

• MSTPCRB

ビット	ビット名	初期値	R/W	対象モジュール
7	MSTPB7	1	R/W	シリアルコミュニケーションインタフェース 0 (SCI0)
6	MSTPB6	1	R/W	シリアルコミュニケーションインタフェース 1 (SCI1)
5	MSTPB5	1	R/W	シリアルコミュニケーションインタフェース 2 (SCI2)
4	MSTPB4*	1	R/W	
3	MSTPB3*	1	R/W	
2	MSTPB2*	1	R/W	
1	MSTPB1*	1	R/W	
0	MSTPB0*	1	R/W	

18. 低消費電力状態

• MSTPCRC

ビット	ビット名	初期値	R/W	対象モジュール
7	MSTPC7*	1	R/W	
6	MSTPC6*	1	R/W	
5	MSTPC5*	1	R/W	
4	MSTPC4	1	R/W	PC ブレークコントローラ (PBC)
3	MSTPC3*	1	R/W	
2	MSTPC2*	1	R/W	
1	MSTPC1*	1	R/W	
0	MSTPC0*	1	R/W	

【注】 * MSTPA7 は、リード/ライト可、初期値は 0 です。ライト時は常に 0 としてください。

MSTPA4、MSTPA2、MSTPA0、MSTPB4~MSTPB0、MSTPC7~MSTPC5、MSTPC3~MSTPC0 はリード/ライト可、初期値は 1 です。ライト時は常に 1 としてください。

18.2 中速モード

SCKCR の SCK2~SCK0 ビットを 1 にセットすると、そのバスサイクルの終了時点で中速モードになります。中速モードでは、CPU は SCK2~SCK0 ビットで指定した動作クロック ($\phi/2$ 、 $\phi/4$ 、 $\phi/8$ 、 $\phi/16$ 、 $\phi/32$) で動作します。CPU 以外のバスマスタ (DTC) も中速モードで動作します。

バスマスタ以外の内蔵周辺機能は常に高速クロック (ϕ) で動作します。

中速モードではバスマスタの動作クロックに対して、指定されたステート数でバスアクセスを行います。たとえば、動作クロックとして $\phi/4$ を選択した場合、内蔵メモリは 4 ステートアクセス、内部 I/O レジスタは 8 ステートアクセスになります。

中速モードの解除は、SCK2~SCK0 ビットをいずれも 0 にクリアすることによって行われ、そのバスサイクルの終了時点で高速モードに遷移し、中速モードは解除されます。

SBYCR の SSBY ビットを 0 にクリアした状態で SLEEP 命令を実行すると、スリープモードに遷移します。スリープモードが割り込みによって解除されると中速モードに復帰します。

また、SSBY ビットを 1 にセットした状態で SLEEP 命令を実行すると、ソフトウェアスタンバイモードに遷移します。ソフトウェアスタンバイモードが外部割り込みによって解除されると中速モードに復帰します。

$\overline{\text{RES}}$ 端子を Low レベルにするとリセット状態に遷移し、中速モードは解除されます。ウォッチドッグタイマのオーバフローによるリセットによっても同様です。

$\overline{\text{STBY}}$ 端子を Low レベルにすると、ハードウェアスタンバイモードに遷移します。

中速モードへの遷移、解除のタイミングを図 18.2 に示します。

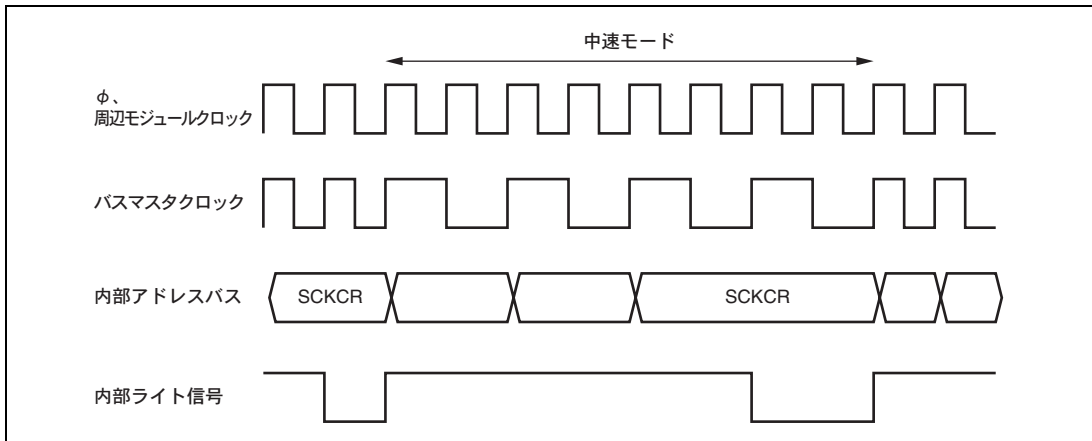


図 18.2 中速モードの遷移・解除タイミング

18.3 スリープモード

18.3.1 スリープモードへの遷移

SBYCR の SSBY ビット=0 の状態で SLEEP 命令を実行すると、CPU はスリープモードになります。スリープモード時、CPU の動作は停止しますが、CPU の内部レジスタの内容は保持されます。CPU 以外の周辺機能は停止しません。

18.3.2 スリープモードの解除

スリープモードの解除は、すべての割り込み、 $\overline{\text{RES}}$ 、または $\overline{\text{STBY}}$ 端子によって行われます。

- 割り込みによる解除

割り込みが発生すると、スリープモードは解除され、割り込み例外処理を開始します。割り込みが禁止されている場合、また、NMI以外の割り込みがCPUでマスクされている場合には、スリープモードは解除されません。

- $\overline{\text{RES}}$ 端子による解除

$\overline{\text{RES}}$ 端子をLowレベルにすると、リセット状態になります。規定のリセット入力期間後、 $\overline{\text{RES}}$ 端子をHighレベルにすると、CPUはリセット例外処理を開始します。

- $\overline{\text{STBY}}$ 端子による解除

$\overline{\text{STBY}}$ 端子をLowレベルにすると、ハードウェアスタンバイモードに遷移します。

18.4 ソフトウェアスタンバイモード

18.4.1 ソフトウェアスタンバイモードへの遷移

SBYCR の SSBY ビットを 1 にセットした状態で SLEEP 命令を実行すると、ソフトウェアスタンバイモードになります。このモードでは、CPU、内蔵周辺機能、および発振器のすべての機能が停止します。ただし、CPU の内部レジスタの内容と内蔵 RAM のデータ、SCI、A/D 変換器を除く内蔵周辺機能と、I/O ポートの状態は保持されます。本モードでは、発振器が停止するため、消費電力は著しく低減されます。

18.4.2 ソフトウェアスタンバイモードの解除

ソフトウェアスタンバイモードの解除は、外部割り込み (NMI 端子、 $\overline{IRQ0}$ ~ $\overline{IRQ5}$ 端子)、 \overline{RES} 端子、または \overline{STBY} 端子によって行われます。

- 割り込みによる解除

NMI、 $\overline{IRQ0}$ ~ $\overline{IRQ5}$ 割り込み要求信号が入力されると、クロックが発振を開始し、SBYCRのSTS2~STS0ビットによって設定された時間が経過したあと、安定したクロックが本LSI全体に供給されて、ソフトウェアスタンバイモードは解除され、割り込み例外処理を開始します。

$\overline{IRQ0}$ ~ $\overline{IRQ5}$ 割り込みでソフトウェアスタンバイモードを解除する場合には、対応するイネーブルビットを1にセットし、かつ $\overline{IRQ0}$ ~ $\overline{IRQ5}$ 割り込みより高い優先順位の割り込みが発生しないようにしてください、なお、CPU側でマスクした場合、またはDTCの起動要因に設定した場合には、ソフトウェアスタンバイモードは解除できません。

- \overline{RES} 端子による解除

\overline{RES} 端子をLowレベルにすると、クロックの発振が開始されます。クロックの発振開始と同時に、本LSI全体にクロックが供給されます。このとき \overline{RES} 端子は必ずクロックの発振が安定するまでLowレベルに保持してください。 \overline{RES} 端子をHighレベルにすると、CPUはリセット例外処理を開始します。

- \overline{STBY} 端子による解除

\overline{STBY} 端子をLowレベルにすると、ハードウェアスタンバイモードに遷移します。

18.4.3 ソフトウェアスタンバイモード解除後の発振安定時間の設定

SBYCR の STS2~STS0 ビットの設定は、以下のように入力してください。

- 水晶発振の場合

待機時間が8ms（発振安定時間）以上となるようにSTS2~STS0ビットを設定してください。

表18.3に、動作周波数とSTS2~STS0ビットの設定に対する待機時間を示します。

- 外部クロックの場合

PLL回路の安定時間が必要になります。2ms以上となるように待機時間を設定してください。

表 18.3 発振安定時間の設定

STS2	STS1	STS0	待機時間	20MHz	16MHz	12MHz	10MHz	8MHz	6MHz	4MHz	単位	
0	0	0	8192 ステート	0.41	0.51	0.68	0.8	1.0	1.3	2.0	ms	
		1	16384 ステート	0.82	1.0	1.3	1.6	2.0	2.7	4.1		
	1	0	32768 ステート	1.6	2.0	2.7	3.3	4.1	5.5	8.2		
		1	65536 ステート	3.3	4.1	5.5	6.6	8.2	10.9	16.4		
1	0	0	131072 ステート	6.6	8.2	10.9	13.1	16.4	21.8	32.8		
		1	262144 ステート	13.1	16.4	21.8	26.2	32.8	43.6	65.6		
	1	0	リザーブ	—	—	—	—	—	—	—		—
		1	16 ステート*	0.8	1.0	1.3	1.6	2.0	1.7	4.0		μs

■ : 推奨設定時間

【注】 * 本設定は使用できません。

18.4.4 ソフトウェアスタンバイモードの応用例

NMI 端子の立ち下がりエッジでソフトウェアスタンバイモードに遷移し、NMI 端子の立ち上がりエッジでソフトウェアスタンバイモードの解除を行う例を図 18.3 に示します。

この例では、SYSCR の NMIEG ビットが 0 にクリアされている（立ち下がりエッジ指定）状態で、NMI 割り込みを受け付けたあと、NMIEG ビットを 1 にセット（立ち上がりエッジ指定）、SSBY ビットを 1 にセットしたあと、SLEEP 命令を実行してソフトウェアスタンバイモードに遷移しています。

その後、NMI 端子の立ち上がりエッジでソフトウェアスタンバイモードが解除されます。

18. 低消費電力状態

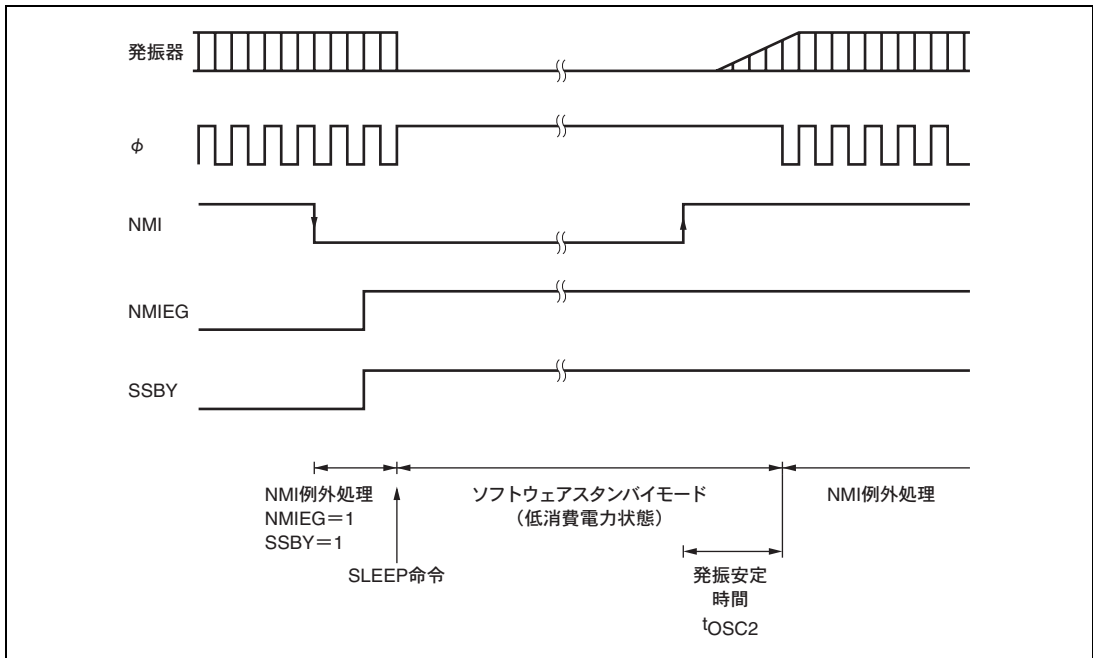


図 18.3 ソフトウェアスタンバイモードの応用例

18.5 ハードウェアスタンバイモード

18.5.1 ハードウェアスタンバイモードへの遷移

$\overline{\text{STBY}}$ 端子を Low レベルにすると、どの状態からでもハードウェアスタンバイモードになります。

ハードウェアスタンバイモードでは、すべての機能がリセット状態になり動作が停止するため、消費電力は著しく低減します。このとき、規定の電圧が与えられている限り、内蔵 RAM のデータは保持されます。I/O ポートはハイインピーダンス状態になります。

内蔵 RAM のデータを保持するためには、 $\overline{\text{STBY}}$ 端子を Low レベルにする前に、SYSCR の RAME ビットを 0 にクリアしてください。また、ハードウェアスタンバイモード中には、モード端子 (MD2~MD0) の状態を変化させないでください。

18.5.2 ハードウェアスタンバイモードの解除

ハードウェアスタンバイモードの解除は、 $\overline{\text{STBY}}$ 端子と $\overline{\text{RES}}$ 端子によって行われます。 $\overline{\text{RES}}$ 端子を Low レベルにした状態で、 $\overline{\text{STBY}}$ 端子を High レベルにすると、リセット状態になり、クロックは発振を開始します。このとき、 $\overline{\text{RES}}$ 端子は必ずクロックの発振が安定するまで (水晶発振の場合、発振安定時間 8ms 以上) Low レベルを保持してください。その後、 $\overline{\text{RES}}$ 端子を High レベルにすると、リセット例外処理状態を経てプログラム実行状態へ遷移します。

18.5.3 ハードウェアスタンバイモードのタイミング

(1) ハードウェアスタンバイモードの遷移タイミング

- SYSCRのRAMEビットを1にセットした状態でRAMの内容を保持する場合

図 18.4 に示すように $\overline{\text{STBY}}$ 信号の立ち下がりに対し、10 システムクロック前に $\overline{\text{RES}}$ 信号を Low としてください。また、 $\overline{\text{RES}}$ 信号の立ち上がりは、 $\overline{\text{STBY}}$ 信号の立ち下がりに対し 0ns 以上としてください。

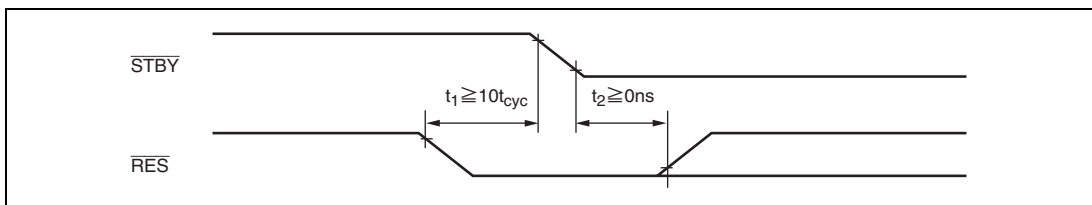


図 18.4 ハードウェアスタンバイモードの遷移タイミング

- SYSCRのRAMEビットを0にクリアした状態またはRAMの内容を保持しない場合
上記のように $\overline{\text{RES}}$ 信号を Low にする必要はありません。

18. 低消費電力状態

(2) ハードウェアスタンバイモードからの復帰タイミング

$\overline{\text{STBY}}$ 信号の立ち上がりに対し、100ns 以上前に $\overline{\text{RES}}$ 信号を Low とし、パワーオンリセットしてください。

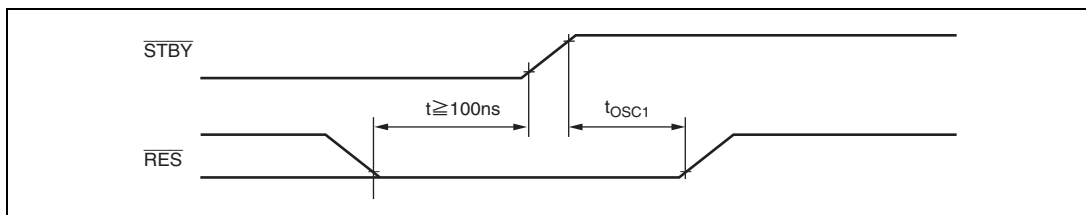


図 18.5 ハードウェアスタンバイモードからの復帰タイミング

18.6 モジュールストップモード

モジュールストップモードは内蔵周辺機能のモジュール単位で設定することができます。

MSTPCR の対応する MSTP ビットを 1 にセットすると、バスサイクルの終了時点でモジュールは動作を停止してモジュールストップモードへ遷移します。このとき CPU は独立して動作を継続します。

対応する MSTP ビットを 0 にクリアすることによって、モジュールストップモードは解除され、バスサイクルの終了時点でモジュールは動作を再開します。モジュールストップモードでは、SCI*および A/D 変換器を除くモジュールの内部状態が保持されています。

リセット解除後は、DTC を除くすべてのモジュールがモジュールストップモードになっています。

モジュールストップモードに設定されたモジュールのレジスタは、リード/ライトできません。

【注】* SCI の一部のレジスタの内部状態は保持されます。

18.7 ϕ クロック出力制御

SCKCR の PSTOP ビット、対応するポートの DDR により、 ϕ クロックの出力を制御することができます。PSTOP ビットを 1 にセットすると、バスサイクルの終了時点で ϕ クロックは停止し、 ϕ 出力は High レベルになります。PSTOP を 0 にクリアした状態では、 ϕ クロック出力は許可されます。また、対応するポートの DDR を 0 にクリアすると、 ϕ クロック出力は禁止され、入力ポートになります。表 18.4 に各処理状態における ϕ 端子の状態を示します。

表 18.4 各処理状態における ϕ 端子の状態

レジスタの設定値		通常動作状態	スリープモード	ソフトウェアスタンバイモード	ハードウェアスタンバイモード
DDR	PSTOP				
0	X	ハイインピーダンス	ハイインピーダンス	ハイインピーダンス	ハイインピーダンス
1	0	ϕ 出力	ϕ 出力	High 固定	ハイインピーダンス
1	1	High 固定	High 固定	High 固定	ハイインピーダンス

18.8 使用上の注意事項

18.8.1 I/O ポートの状態

ソフトウェアスタンバイモードでは、I/O ポートの状態が保持されます。したがって、High レベルを出力している場合、出力電流分の消費電流は低減されません。

18.8.2 発振安定待機中の消費電流

発振安定待機中は消費電流が増加します。

18.8.3 DTC のモジュールストップ

DTC の動作状態によっては、MSTPA6 ビットは 1 にセットされない場合があります。DTC のモジュールストップモードの設定は、起動されない状態で行ってください。

詳細は「第 8 章 データトランスファコントローラ (DTC)」を参照してください。

18.8.4 内蔵周辺モジュールの割り込み

モジュールストップモードでは、当該割り込みの動作ができません。したがって、割り込みが要求された状態でモジュールストップとすると、CPU の割り込み要因または DTC の起動要因のクリアができません。

事前に割り込みを禁止するなど設定してからモジュールストップモードとしてください。

18.8.5 MSTPCR のライト

MSTPCR は CPU のみでライトしてください。

19. レジスタ一覧

アドレス一覧では、内蔵レジスタのアドレス、ビット構成および動作モード別の状態に関する情報をまとめています。表記方法は下記のとおりです。

1. レジスタアドレス一覧（アドレス順）

- 割り付けアドレスの小さいレジスタから順に記載します。
- アドレスは、16ビットの場合、MSB側のアドレスを記載しています。
- モジュール名称による分類をしています。
- アクセスサイズを表示しています。

2. ビット構成一覧

- 「レジスタアドレス一覧（アドレス順）」の順序で、ビット構成を記載しています。
- リザーブビットは、ビット名称部に「-」で表記しています。
- ビット番号が表示されているものは、そのレジスタ全体がカウンタやデータに割り付けられていることを示します。
- 16ビットのレジスタの場合、8ビットずつ2段で記載しています。

3. 各動作モード別レジスタの状態

- 「レジスタアドレス一覧（アドレス順）」の順序で、レジスタの状態を記載しています。
- 基本的な動作モードにおけるレジスタの状態を示しており、内蔵モジュール固有のリセットなどがある場合は、内蔵モジュールの章を参照してください。

19. レジスタ一覧

19.1 レジスタアドレス一覧 (アドレス順)

レジスタ名称	略称	ビット数	アドレス*	モジュール	データ バス幅	アクセス ステート数
スタンバイコントロールレジスタ	SBYCR	8	H'FDE4	SYSTEM	8	2
システムコントロールレジスタ	SYSCR	8	H'FDE5	SYSTEM	8	2
システムクロックコントロールレジスタ	SCKCR	8	H'FDE6	SYSTEM	8	2
モードコントロールレジスタ	MDCR	8	H'FDE7	SYSTEM	8	2
モジュールストップコントロールレジスタ A	MSTPCRA	8	H'FDE8	SYSTEM	8	2
モジュールストップコントロールレジスタ B	MSTPCRB	8	H'FDE9	SYSTEM	8	2
モジュールストップコントロールレジスタ C	MSTPCRC	8	H'FDEA	SYSTEM	8	2
ローパワーコントロールレジスタ	LPWRCR	8	H'FDEC	SYSTEM	8	2
ブレイクアドレスレジスタ A	BARA	32	H'FE00	PBC	32	2
ブレイクアドレスレジスタ B	BARB	32	H'FE04	PBC	32	2
ブレイクコントロールレジスタ A	BCRA	8	H'FE08	PBC	8	2
ブレイクコントロールレジスタ B	BCRB	8	H'FE09	PBC	8	2
IRQ センスコントロールレジスタ H	ISCRH	8	H'FE12	INT	8	2
IRQ センスコントロールレジスタ L	ISCLR	8	H'FE13	INT	8	2
IRQ イネーブルレジスタ	IER	8	H'FE14	INT	8	2
IRQ ステータスレジスタ	ISR	8	H'FE15	INT	8	2
DTC イネーブルレジスタ A	DTCERA	8	H'FE16	DTC	8	2
DTC イネーブルレジスタ B	DTCERB	8	H'FE17	DTC	8	2
DTC イネーブルレジスタ C	DTCERC	8	H'FE18	DTC	8	2
DTC イネーブルレジスタ D	DTCERD	8	H'FE19	DTC	8	2
DTC イネーブルレジスタ E	DTCERE	8	H'FE1A	DTC	8	2
DTC イネーブルレジスタ F	DTCERF	8	H'FE1B	DTC	8	2
DTC イネーブルレジスタ G	DTCERG	8	H'FE1C	DTC	8	2
DTC ベクタレジスタ	DTVECR	8	H'FE1F	DTC	8	2
PPG 出力コントロールレジスタ	PCR	8	H'FE26	PPG	8	2
PPG 出力モードレジスタ	PMR	8	H'FE27	PPG	8	2
ネクストデータイネーブルレジスタ H	NDERH	8	H'FE28	PPG	8	2
ネクストデータイネーブルレジスタ L	NDERL	8	H'FE29	PPG	8	2
アウトプットデータレジスタ H	PODRH	8	H'FE2A	PPG	8	2
アウトプットデータレジスタ L	PODRL	8	H'FE2B	PPG	8	2
ネクストデータレジスタ H	NDRH	8	H'FE2C	PPG	8	2
ネクストデータレジスタ L	NDRL	8	H'FE2D	PPG	8	2
ネクストデータレジスタ H	NDRH	8	H'FE2E	PPG	8	2
ネクストデータレジスタ L	NDRL	8	H'FE2F	PPG	8	2

レジスタ名称	略称	ビット数	アドレス*	モジュール	データ バス幅	アクセス ステート数
ポート 1 データディレクションレジスタ	P1DDR	8	H'FE30	PORT	8	2
ポート A データディレクションレジスタ	PADDR	8	H'FE39	PORT	8	2
ポート B データディレクションレジスタ	PBDDR	8	H'FE3A	PORT	8	2
ポート C データディレクションレジスタ	PCDDR	8	H'FE3B	PORT	8	2
ポート D データディレクションレジスタ	PDDDR	8	H'FE3C	PORT	8	2
ポート F データディレクションレジスタ	PFDDR	8	H'FE3E	PORT	8	2
ポート A ブルアップ MOS コントロール レジスタ	PAPCR	8	H'FE40	PORT	8	2
ポート B ブルアップ MOS コントロール レジスタ	PBPCR	8	H'FE41	PORT	8	2
ポート C ブルアップ MOS コントロール レジスタ	PCPCR	8	H'FE42	PORT	8	2
ポート D ブルアップ MOS コントロール レジスタ	PDPCR	8	H'FE43	PORT	8	2
ポート A オープンドレインコントロール レジスタ	PAODR	8	H'FE47	PORT	8	2
ポート B オープンドレインコントロール レジスタ	PBODR	8	H'FE48	PORT	8	2
ポート C オープンドレインコントロール レジスタ	PCODR	8	H'FE49	PORT	8	2
タイマコントロールレジスタ_3	TCR_3	8	H'FE80	TPU_3	16	2
タイマモードレジスタ_3	TMDR_3	8	H'FE81	TPU_3	16	2
タイマ I/O コントロールレジスタ H_3	TIORH_3	8	H'FE82	TPU_3	16	2
タイマ I/O コントロールレジスタ L_3	TIORL_3	8	H'FE83	TPU_3	16	2
タイマインタラプトイネーブルレジスタ_3	TIER_3	8	H'FE84	TPU_3	16	2
タイマステータスレジスタ_3	TSR_3	8	H'FE85	TPU_3	16	2
タイマカウンタ H_3	TCNTH_3	8	H'FE86	TPU_3	16	2
タイマカウンタ L_3	TCNTL_3	8	H'FE87	TPU_3	16	2
タイマジェネラルレジスタ AH_3	TGRAH_3	8	H'FE88	TPU_3	16	2
タイマジェネラルレジスタ AL_3	TGRAL_3	8	H'FE89	TPU_3	16	2
タイマジェネラルレジスタ BH_3	TGRBH_3	8	H'FE8A	TPU_3	16	2
タイマジェネラルレジスタ BL_3	TGRBL_3	8	H'FE8B	TPU_3	16	2
タイマジェネラルレジスタ CH_3	TGRCH_3	8	H'FE8C	TPU_3	16	2
タイマジェネラルレジスタ CL_3	TGRCL_3	8	H'FE8D	TPU_3	16	2
タイマジェネラルレジスタ DH_3	TGRDH_3	8	H'FE8E	TPU_3	16	2
タイマジェネラルレジスタ DL_3	TGRDL_3	8	H'FE8F	TPU_3	16	2

19. レジスタ一覧

レジスタ名称	略称	ビット数	アドレス*	モジュール	データ バス幅	アクセス ステート数
タイマコントロールレジスタ_4	TCR_4	8	H'FE90	TPU_4	16	2
タイマモードレジスタ_4	TMDR_4	8	H'FE91	TPU_4	16	2
タイマ I/O コントロールレジスタ_4	TIOR_4	8	H'FE92	TPU_4	16	2
タイマインタラプトイネーブルレジスタ_4	TIER_4	8	H'FE94	TPU_4	16	2
タイマステータスレジスタ_4	TSR_4	8	H'FE95	TPU_4	16	2
タイマカウンタ H_4	TCNTH_4	8	H'FE96	TPU_4	16	2
タイマカウンタ L_4	TCNTL_4	8	H'FE97	TPU_4	16	2
タイマジェネラルレジスタ AH_4	TGRAH_4	8	H'FE98	TPU_4	16	2
タイマジェネラルレジスタ AL_4	TGRAL_4	8	H'FE99	TPU_4	16	2
タイマジェネラルレジスタ BH_4	TGRBH_4	8	H'FE9A	TPU_4	16	2
タイマジェネラルレジスタ BL_4	TGRBL_4	8	H'FE9B	TPU_4	16	2
タイマコントロールレジスタ_5	TCR_5	8	H'FEA0	TPU_5	16	2
タイマモードレジスタ_5	TMDR_5	8	H'FEA1	TPU_5	16	2
タイマ I/O コントロールレジスタ_5	TIOR_5	8	H'FEA2	TPU_5	16	2
タイマインタラプトイネーブルレジスタ_5	TIER_5	8	H'FEA4	TPU_5	16	2
タイマステータスレジスタ_5	TSR_5	8	H'FEA5	TPU_5	16	2
タイマカウンタ H_5	TCNTH_5	8	H'FEA6	TPU_5	16	2
タイマカウンタ L_5	TCNTL_5	8	H'FEA7	TPU_5	16	2
タイマジェネラルレジスタ AH_5	TGRAH_5	8	H'FEA8	TPU_5	16	2
タイマジェネラルレジスタ AL_5	TGRAL_5	8	H'FEA9	TPU_5	16	2
タイマジェネラルレジスタ BH_5	TGRBH_5	8	H'FEAA	TPU_5	16	2
タイマジェネラルレジスタ BL_5	TGRBL_5	8	H'FEAB	TPU_5	16	2
タイマスタートレジスタ	TSTR	8	H'FEB0	TPU 共通	16	2
タイマシンクロレジスタ	TSYR	8	H'FEB1	TPU 共通	16	2
インタラプトプライオリティレジスタ A	IPRA	8	H'FEC0	INT	8	2
インタラプトプライオリティレジスタ B	IPRB	8	H'FEC1	INT	8	2
インタラプトプライオリティレジスタ C	IPRC	8	H'FEC2	INT	8	2
インタラプトプライオリティレジスタ D	IPRD	8	H'FEC3	INT	8	2
インタラプトプライオリティレジスタ E	IPRE	8	H'FEC4	INT	8	2
インタラプトプライオリティレジスタ F	IPRF	8	H'FEC5	INT	8	2
インタラプトプライオリティレジスタ G	IPRG	8	H'FEC6	INT	8	2
インタラプトプライオリティレジスタ H	IPRH	8	H'FEC7	INT	8	2
インタラプトプライオリティレジスタ J	IPRJ	8	H'FEC9	INT	8	2
インタラプトプライオリティレジスタ K	IPRK	8	H'FECA	INT	8	2
インタラプトプライオリティレジスタ M	IPRM	8	H'FECC	INT	8	2
RAM エミュレーションレジスタ	RAMER	8	H'FEDB	ROM	8	2

19. レジスタ一覧

レジスタ名称	略称	ビット数	アドレス*	モジュール	データ バス幅	アクセス ステート数
ポート1データレジスタ	P1DR	8	H'FF00	PORT	8	2
ポートAデータレジスタ	PADR	8	H'FF09	PORT	8	2
ポートBデータレジスタ	PBDR	8	H'FF0A	PORT	8	2
ポートCデータレジスタ	PCDR	8	H'FF0B	PORT	8	2
ポートDデータレジスタ	PDDR	8	H'FF0C	PORT	8	2
ポートFデータレジスタ	PFDR	8	H'FF0E	PORT	8	2
タイマコントロールレジスタ_0	TCR_0	8	H'FF10	TPU_0	16	2
タイマモードレジスタ_0	TMDR_0	8	H'FF11	TPU_0	16	2
タイマI/OコントロールレジスタH_0	TIORH_0	8	H'FF12	TPU_0	16	2
タイマI/OコントロールレジスタL_0	TIORL_0	8	H'FF13	TPU_0	16	2
タイマインタラプトイネーブルレジスタ_0	TIER_0	8	H'FF14	TPU_0	16	2
タイマステータスレジスタ_0	TSR_0	8	H'FF15	TPU_0	16	2
タイマカウンタH_0	TCNTH_0	8	H'FF16	TPU_0	16	2
タイマカウンタL_0	TCNTL_0	8	H'FF17	TPU_0	16	2
タイマジェネラルレジスタAH_0	TGRAH_0	8	H'FF18	TPU_0	16	2
タイマジェネラルレジスタAL_0	TGRAL_0	8	H'FF19	TPU_0	16	2
タイマジェネラルレジスタBH_0	TGRBH_0	8	H'FF1A	TPU_0	16	2
タイマジェネラルレジスタBL_0	TGRBL_0	8	H'FF1B	TPU_0	16	2
タイマジェネラルレジスタCH_0	TGRCH_0	8	H'FF1C	TPU_0	16	2
タイマジェネラルレジスタCL_0	TGRCL_0	8	H'FF1D	TPU_0	16	2
タイマジェネラルレジスタDH_0	TGRDH_0	8	H'FF1E	TPU_0	16	2
タイマジェネラルレジスタDL_0	TGRDL_0	8	H'FF1F	TPU_0	16	2
タイマコントロールレジスタ_1	TCR_1	8	H'FF20	TPU_1	16	2
タイマモードレジスタ_1	TMDR_1	8	H'FF21	TPU_1	16	2
タイマI/Oコントロールレジスタ_1	TIOR_1	8	H'FF22	TPU_1	16	2
タイマインタラプトイネーブルレジスタ_1	TIER_1	8	H'FF24	TPU_1	16	2
タイマステータスレジスタ_1	TSR_1	8	H'FF25	TPU_1	16	2
タイマカウンタH_1	TCNTH_1	8	H'FF26	TPU_1	16	2
タイマカウンタL_1	TCNTL_1	8	H'FF27	TPU_1	16	2
タイマジェネラルレジスタAH_1	TGRAH_1	8	H'FF28	TPU_1	16	2
タイマジェネラルレジスタAL_1	TGRAL_1	8	H'FF29	TPU_1	16	2
タイマジェネラルレジスタBH_1	TGRBH_1	8	H'FF2A	TPU_1	16	2
タイマジェネラルレジスタBL_1	TGRBL_1	8	H'FF2B	TPU_1	16	2
タイマコントロールレジスタ_2	TCR_2	8	H'FF30	TPU_2	16	2
タイマモードレジスタ_2	TMDR_2	8	H'FF31	TPU_2	16	2
タイマI/Oコントロールレジスタ_2	TIOR_2	8	H'FF32	TPU_2	16	2
タイマインタラプトイネーブルレジスタ_2	TIER_2	8	H'FF34	TPU_2	16	2

19. レジスタ一覧

レジスタ名称	略称	ビット数	アドレス*	モジュール	データ バス幅	アクセス ステート数
タイマステータスレジスタ_2	TSR_2	8	H'FF35	TPU_2	16	2
タイマカウンタ H_2	TCNTH_2	8	H'FF36	TPU_2	16	2
タイマカウンタ L_2	TCNTL_2	8	H'FF37	TPU_2	16	2
タイマジェネラルレジスタ AH_2	TGRAH_2	8	H'FF38	TPU_2	16	2
タイマジェネラルレジスタ AL_2	TGRAL_2	8	H'FF39	TPU_2	16	2
タイマジェネラルレジスタ BH_2	TGRBH_2	8	H'FF3A	TPU_2	16	2
タイマジェネラルレジスタ BL_2	TGRBL_2	8	H'FF3B	TPU_2	16	2
タイマコントロール/ステータスレジスタ	TCSR	8	H'FF74	WDT	16	2
タイマカウンタ	TCNT	8	H'FF75	WDT	16	2
リセットコントロール/ステータスレジスタ	RSTCSR	8	H'FF77	WDT	16	2
シリアルモードレジスタ_0	SMR_0	8	H'FF78	SCI_0	8	2
ビットレートレジスタ_0	BRR_0	8	H'FF79	SCI_0	8	2
シリアルコントロールレジスタ_0	SCR_0	8	H'FF7A	SCI_0	8	2
トランスミットデータレジスタ_0	TDR_0	8	H'FF7B	SCI_0	8	2
シリアルステータスレジスタ_0	SSR_0	8	H'FF7C	SCI_0	8	2
レシーブデータレジスタ_0	RDR_0	8	H'FF7D	SCI_0	8	2
スマートカードモードレジスタ_0	SCMR_0	8	H'FF7E	SCI_0	8	2
シリアルモードレジスタ_1	SMR_1	8	H'FF80	SCI_1	8	2
ビットレートレジスタ_1	BRR_1	8	H'FF81	SCI_1	8	2
シリアルコントロールレジスタ_1	SCR_1	8	H'FF82	SCI_1	8	2
トランスミットデータレジスタ_1	TDR_1	8	H'FF83	SCI_1	8	2
シリアルステータスレジスタ_1	SSR_1	8	H'FF84	SCI_1	8	2
レシーブデータレジスタ_1	RDR_1	8	H'FF85	SCI_1	8	2
スマートカードモードレジスタ_1	SCMR_1	8	H'FF86	SCI_1	8	2
シリアルモードレジスタ_2	SMR_2	8	H'FF88	SCI_2	8	2
ビットレートレジスタ_2	BRR_2	8	H'FF89	SCI_2	8	2
シリアルコントロールレジスタ_2	SCR_2	8	H'FF8A	SCI_2	8	2
トランスミットデータレジスタ_2	TDR_2	8	H'FF8B	SCI_2	8	2
シリアルステータスレジスタ_2	SSR_2	8	H'FF8C	SCI_2	8	2
レシーブデータレジスタ_2	RDR_2	8	H'FF8D	SCI_2	8	2
スマートカードモードレジスタ_2	SCMR_2	8	H'FF8E	SCI_2	8	2
A/D データレジスタ AH	ADDRAH	8	H'FF90	A/D	8	2
A/D データレジスタ AL	ADDRAL	8	H'FF91	A/D	8	2
A/D データレジスタ BH	ADDRBH	8	H'FF92	A/D	8	2
A/D データレジスタ BL	ADDRBL	8	H'FF93	A/D	8	2
A/D データレジスタ CH	ADDRCH	8	H'FF94	A/D	8	2
A/D データレジスタ CL	ADDRCL	8	H'FF95	A/D	8	2

レジスタ名称	略称	ビット数	アドレス*	モジュール	データ バス幅	アクセス ステート数
A/D データレジスタ DH	ADDRDH	8	H'FF96	A/D	8	2
A/D データレジスタ DL	ADDRDL	8	H'FF97	A/D	8	2
A/D コントロール/ステータスレジスタ	ADCSR	8	H'FF98	A/D	8	2
A/D コントロールレジスタ	ADCR	8	H'FF99	A/D	8	2
フラッシュメモリコントロールレジスタ 1	FLMCR1	8	H'FFA8	ROM	8	2
フラッシュメモリコントロールレジスタ 2	FLMCR2	8	H'FFA9	ROM	8	2
消去ブロック指定レジスタ 1	EBR1	8	H'FFAA	ROM	8	2
消去ブロック指定レジスタ 2	EBR2	8	H'FFAB	ROM	8	2
ポート 1 レジスタ	PORT1	8	H'FFB0	PORT	8	2
ポート 4 レジスタ	PORT4	8	H'FFB3	PORT	8	2
ポート 9 レジスタ	PORT9	8	H'FFB8	PORT	8	2
ポート A レジスタ	PORTA	8	H'FFB9	PORT	8	2
ポート B レジスタ	PORTB	8	H'FFBA	PORT	8	2
ポート C レジスタ	PORTC	8	H'FFBB	PORT	8	2
ポート D レジスタ	PORTD	8	H'FFBC	PORT	8	2
ポート F レジスタ	PORTF	8	H'FFBE	PORT	8	2

【注】 * アドレスの下位 16 ビットを示しています。

19. レジスタ一覧

19.2 レジスタビット一覧

レジスタ略称	ビット7	ビット6	ビット5	ビット4	ビット3	ビット2	ビット1	ビット0	モジュール
SBYCR	SSBY	STS2	STS1	STS0	—	—	—	—	SYSTEM
SYSCR	MACS	—	INTM1	INTM0	NMIEG	—	—	RAME	
SCKCR	PSTOP	—	—	—	STCS	SCK2	SCK1	SCK0	
MDCR	—	—	—	—	—	MDS2	MDS1	MDS0	
MSTPCRA	MSTPA7	MSTPA6	MSTPA5	MSTPA4	MSTPA3	MSTPA2	MSTPA1	MSTPA0	
MSTPCRB	MSTPB7	MSTPB6	MSTPB5	MSTPB4	MSTPB3	MSTPB2	MSTPB1	MSTPB0	
MSTPCRC	MSTPC7	MSTPC6	MSTPC5	MSTPC4	MSTPC3	MSTPC2	MSTPC1	MSTPC0	
LPWRCR	—	—	—	—	—	—	STC1	STC0	
BARA	—	—	—	—	—	—	—	—	PBC
	BAA23	BAA22	BAA21	BAA20	BAA19	BAA18	BAA17	BAA16	
	BAA15	BAA14	BAA13	BAA12	BAA11	BAA10	BAA9	BAA8	
	BAA7	BAA6	BAA5	BAA4	BAA3	BAA2	BAA1	BAA0	
BARB	—	—	—	—	—	—	—	—	
	BAB23	BAB22	BAB21	BAB20	BAB19	BAB18	BAB17	BAB16	
	BAB15	BAB14	BAB13	BAB12	BAB11	BAB10	BAB9	BAB8	
	BAB7	BAB6	BAB5	BAB4	BAB3	BAB2	BAB1	BAB0	
BCRA	CMFA	CDA	BAMRA2	BAMRA1	BAMRA0	CSELA1	CSELA0	BIEA	
BCRB	CMFB	CDB	BAMRB2	BAMRB1	BAMRB0	CSELB1	CSELB0	BIEB	
ISCRH	—	—	—	—	IRQ5SCB	IRQ5SCA	IRQ4SCB	IRQ4SCA	INT
ISCRH	IRQ3SCB	IRQ3SCA	IRQ2SCB	IRQ2SCA	IRQ1SCB	IRQ1SCA	IRQ0SCB	IRQ0SCA	
IER	—	—	IRQ5E	IRQ4E	IRQ3E	IRQ2E	IRQ1E	IRQ0E	
ISR	—	—	IRQ5F	IRQ4F	IRQ3F	IRQ2F	IRQ1F	IRQ0F	
DTCERA	DTCEA7	DTCEA6	DTCEA5	DTCEA4	DTCEA3	DTCEA2	DTCEA1	DTCEA0	DTC
DTCERB	DTCEB7	DTCEB6	DTCEB5	DTCEB4	DTCEB3	DTCEB2	DTCEB1	DTCEB0	
DTCERC	DTCEC7	DTCEC6	DTCEC5	DTCEC4	DTCEC3	DTCEC2	DTCEC1	DTCEC0	
DTCERD	DTCED7	DTCED6	DTCED5	DTCED4	DTCED3	DTCED2	DTCED1	DTCED0	
DTCERE	DTCEE7	DTCEE6	DTCEE5	DTCEE4	DTCEE3	DTCEE2	DTCEE1	DTCEE0	
DTCERF	DTCEF7	DTCEF6	DTCEF5	DTCEF4	DTCEF3	DTCEF2	DTCEF1	DTCEF0	
DTCERG	DTCEG7	DTCEG6	DTCEG5	DTCEG4	DTCEG3	DTCEG2	DTCEG1	DTCEG0	
DTVECR	SWDTE	DTVEC6	DTVEC5	DTVEC4	DTVEC3	DTVEC2	DTVEC1	DTVEC0	
PCR	G3CMS1	G3CMS0	G2CMS1	G2CMS0	G1CMS1	G1CMS0	G0CMS1	G0CMS0	PPG
PMR	G3INV	G2INV	—	—	G3NOV	G2NOV	—	—	
NDERH	NDER15	NDER14	NDER13	NDER12	NDER11	NDER10	NDER9	NDER8	
NDERL	NDER7	NDER6	NDER5	NDER4	NDER3	NDER2	NDER1	NDER0	
PODRH	POD15	POD14	POD13	POD12	POD11	POD10	POD9	POD8	

19. レジスタ一覧

レジスタ略称	ビット7	ビット6	ビット5	ビット4	ビット3	ビット2	ビット1	ビット0	モジュール	
PODRL	POD7	POD6	POD5	POD4	POD3	POD2	POD1	POD0	PPG	
NDRH	NDR15	NDR14	NDR13	NDR12	NDR11	NDR10	NDR9	NDR8		
NDRL	NDR7	NDR6	NDR5	NDR4	NDR3	NDR2	NDR1	NDR0		
NDRH	—	—	—	—	NDR11	NDR10	NDR9	NDR8		
NDRL	—	—	—	—	NDR3	NDR2	NDR1	NDR0		
P1DDR	P17DDR	P16DDR	P15DDR	P14DDR	P13DDR	P12DDR	P11DDR	P10DDR		PORT
PADDR	—	—	—	—	PA3DDR	PA2DDR	PA1DDR	PA0DDR		
PBDDR	PB7DDR	PB6DDR	PB5DDR	PB4DDR	PB3DDR	PB2DDR	PB1DDR	PB0DDR		
PCDDR	PC7DDR	PC6DDR	PC5DDR	PC4DDR	PC3DDR	PC2DDR	PC1DDR	PC0DDR		
PDDDR	PD7DDR	PD6DDR	PD5DDR	PD4DDR	PD3DDR	PD2DDR	PD1DDR	PD0DDR		
PFDDR	PF7DDR	PF6DDR	PF5DDR	PF4DDR	PF3DDR	PF2DDR	PF1DDR	PF0DDR		
PAPCR	—	—	—	—	PA3PCR	PA2PCR	PA1PCR	PA0PCR		
PBPCR	PB7PCR	PB6PCR	PB5PCR	PB4PCR	PB3PCR	PB2PCR	PB1PCR	PB0PCR		
PCPCR	PC7PCR	PC6PCR	PC5PCR	PC4PCR	PC3PCR	PC2PCR	PC1PCR	PC0PCR		
PDPCR	PD7PCR	PD6PCR	PD5PCR	PD4PCR	PD3PCR	PD2PCR	PD1PCR	PD0PCR		
PAODR	—	—	—	—	PA3ODR	PA2ODR	PA1ODR	PA0ODR		
PBODR	PB7ODR	PB6ODR	PB5ODR	PB4ODR	PB3ODR	PB2ODR	PB1ODR	PB0ODR		
PCODR	PC7ODR	PC6ODR	PC5ODR	PC4ODR	PC3ODR	PC2ODR	PC1ODR	PC0ODR		
TCR_3	CCLR2	CCLR1	CCLR0	CKEG1	CKEG0	TPSC2	TPSC1	TPSC0	TPU_3	
TMDR_3	—	—	BFB	BFA	MD3	MD2	MD1	MD0		
TIORH_3	IOB3	IOB2	IOB1	IOB0	IOA3	IOA2	IOA1	IOA0		
TIORL_3	IOD3	IOD2	IOD1	IOD0	IOC3	IOC2	IOC1	IOC0		
TIER_3	TTGE	—	—	TCIEV	TGIED	TGIEC	TGIEB	TGIEA		
TSR_3	—	—	—	TCFV	TGFD	TGFC	TGFB	TGFA		
TCNTH_3	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8		
TCNTL_3	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0		
TGRAH_3	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8		
TGRAL_3	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0		
TGRBH_3	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8		
TGRBL_3	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0		
TGRCH_3	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8		
TGRCL_3	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0		
TGRDH_3	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8		
TGRDL_3	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0		
TCR_4	—	CCLR1	CCLR0	CKEG1	CKEG0	TPSC2	TPSC1	TPSC0	TPU_4	
TMDR_4	—	—	—	—	MD3	MD2	MD1	MD0		
TIOR_4	IOB3	IOB2	IOB1	IOB0	IOA3	IOA2	IOA1	IOA0		
TIER_4	TTGE	—	TCIEU	TCIEV	—	—	TGIEB	TGIEA		

19. レジスタ一覧

レジスタ略称	ビット7	ビット6	ビット5	ビット4	ビット3	ビット2	ビット1	ビット0	モジュール
TSR_4	TCFD	—	TCFU	TCFV	—	—	TGFB	TGFA	TPU_4
TCNTH_4	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	
TCNTL_4	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
TGRAH_4	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	
TGRAL_4	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
TGRBH_4	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	
TGRBL_4	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
TCR_5	—	CCLR1	CCLR0	CKEG1	CKEG0	TPSC2	TPSC1	TPSC0	TPU_5
TMDR_5	—	—	—	—	MD3	MD2	MD1	MD0	
TIOR_5	IOB3	IOB2	IOB1	IOB0	IOA3	IOA2	IOA1	IOA0	
TIER_5	TTGE	—	TCIEU	TCIEV	—	—	TGIEB	TGIEA	
TSR_5	TCFD	—	TCFU	TCFV	—	—	TGFB	TGFA	
TCNTH_5	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	
TCNTL_5	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
TGRAH_5	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	
TGRAL_5	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
TGRBH_5	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	
TGRBL_5	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
TSTR	—	—	CST5	CST4	CST3	CST2	CST1	CST0	TPU 共通
TSYR	—	—	SYNC5	SYNC4	SYNC3	SYNC2	SYNC1	SYNC0	
IPRA	—	IPR6	IPR5	IPR4	—	IPR2	IPR1	IPR0	INT
IPRB	—	IPR6	IPR5	IPR4	—	IPR2	IPR1	IPR0	
IPRC	—	IPR6	IPR5	IPR4	—	IPR2	IPR1	IPR0	
IPRD	—	IPR6	IPR5	IPR4	—	IPR2	IPR1	IPR0	
IPRE	—	IPR6	IPR5	IPR4	—	IPR2	IPR1	IPR0	
IPRF	—	IPR6	IPR5	IPR4	—	IPR2	IPR1	IPR0	
IPRG	—	IPR6	IPR5	IPR4	—	IPR2	IPR1	IPR0	
IPRH	—	IPR6	IPR5	IPR4	—	IPR2	IPR1	IPR0	
IPRJ	—	IPR6	IPR5	IPR4	—	IPR2	IPR1	IPR0	
IPRK	—	IPR6	IPR5	IPR4	—	IPR2	IPR1	IPR0	
IPRM	—	IPR6	IPR5	IPR4	—	IPR2	IPR1	IPR0	
RAMER	—	—	—	—	RAMS	RAM2	RAM1	RAM0	ROM
P1DR	P17DR	P16DR	P15DR	P14DR	P13DR	P12DR	P11DR	P10DR	PORT
PADR	—	—	—	—	PA3DR	PA2DR	PA1DR	PA0DR	
PBDR	PB7DR	PB6DR	PB5DR	PB4DR	PB3DR	PB2DR	PB1DR	PB0DR	
PCDR	PC7DR	PC6DR	PC5DR	PC4DR	PC3DR	PC2DR	PC1DR	PC0DR	
PDDR	PD7DR	PD6DR	PD5DR	PD4DR	PD3DR	PD2DR	PD1DR	PD0DR	
PFDR	PF7DR	PF6DR	PF5DR	PF4DR	PF3DR	PF2DR	PF1DR	PF0DR	

レジスタ略称	ビット7	ビット6	ビット5	ビット4	ビット3	ビット2	ビット1	ビット0	モジュール
TCR_0	CCLR2	CCLR1	CCLR0	CKEG1	CKEG0	TPSC2	TPSC1	TPSC0	TPU_0
TMDR_0	—	—	BFB	BFA	MD3	MD2	MD1	MD0	
TIORH_0	IOB3	IOB2	IOB1	IOB0	IOA3	IOA2	IOA1	IOA0	
TIORL_0	IOD3	IOD2	IOD1	IOD0	IOC3	IOC2	IOC1	IOC0	
TIER_0	TTGE	—	—	TCIEV	TGIED	TGIEC	TGIEB	TGIEA	
TSR_0	—	—	—	TCFV	TGFD	TGFC	TGFB	TGFA	
TCNTH_0	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	
TCNTL_0	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
TGRAH_0	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	
TGRAL_0	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
TGRBH_0	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	
TGRBL_0	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
TGRCH_0	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	
TGRCL_0	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
TGRDH_0	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	
TGRDL_0	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
TCR_1	—	CCLR1	CCLR0	CKEG1	CKEG0	TPSC2	TPSC1	TPSC0	TPU_1
TMDR_1	—	—	—	—	MD3	MD2	MD1	MD0	
TIOR_1	IOB3	IOB2	IOB1	IOB0	IOA3	IOA2	IOA1	IOA0	
TIER_1	TTGE	—	TCIEU	TCIEV	—	—	TGIEB	TGIEA	
TSR_1	TCFD	—	TCFU	TCFV	—	—	TGFB	TGFA	
TCNTH_1	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	
TCNTL_1	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
TGRAH_1	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	
TGRAL_1	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
TGRBH_1	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	
TGRBL_1	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
TCR_2	—	CCLR1	CCLR0	CKEG1	CKEG0	TPSC2	TPSC1	TPSC0	TPU_2
TMDR_2	—	—	—	—	MD3	MD2	MD1	MD0	
TIOR_2	IOB3	IOB2	IOB1	IOB0	IOA3	IOA2	IOA1	IOA0	
TIER_2	TTGE	—	TCIEU	TCIEV	—	—	TGIEB	TGIEA	
TSR_2	TCFD	—	TCFU	TCFV	—	—	TGFB	TGFA	
TCNTH_2	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	
TCNTL_2	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
TGRAH_2	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	
TGRAL_2	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
TGRBH_2	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	
TGRBL_2	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	

19. レジスタ一覧

レジスタ略称	ビット7	ビット6	ビット5	ビット4	ビット3	ビット2	ビット1	ビット0	モジュール
TCSR	OVF	WT/ \bar{W} T	TME	—	—	CKS2	CKS1	CKS0	WDT
TCNT	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
RSTCSR	WOVF	RSTE	RSTS	—	—	—	—	—	
SMR_0* ¹	C/ \bar{A}	CHR	PE	O/ \bar{E}	STOP	MP	CKS1	CKS0	SCI_0
(SMR_0* ²)	(GM)	(BLK)	(PE)	(O/ \bar{E})	(BCP1)	(BCP0)	(CKS1)	(CKS0)	
BRR_0	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
SCR_0	TIE	RIE	TE	RE	MPIE	TEIE	CKE1	CKE0	
TDR_0	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
SSR_0* ¹	TDRE	RDRF	ORER	FER	PER	TEND	MPB	MPBT	
(SSR_0* ²)	(TDRE)	(RDRF)	(ORER)	(ERS)	(PER)	(TEND)	(MPB)	(MPBT)	
RDR_0	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
SCMR_0	—	—	—	—	SDIR	SINV	—	SMIF	
SMR_1* ¹	C/ \bar{A}	CHR	PE	O/ \bar{E}	STOP	MP	CKS1	CKS0	SCI_1
(SMR_1* ²)	(GM)	(BLK)	(PE)	(O/ \bar{E})	(BCP1)	(BCP0)	(CKS1)	(CKS0)	
BRR_1	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
SCR_1	TIE	RIE	TE	RE	MPIE	TEIE	CKE1	CKE0	
TDR_1	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
SSR_1* ¹	TDRE	RDRF	ORER	FER	PER	TEND	MPB	MPBT	
(SSR_1* ²)	(TDRE)	(RDRF)	(ORER)	(ERS)	(PER)	(TEND)	(MPB)	(MPBT)	
RDR_1	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
SCMR_1	—	—	—	—	SDIR	SINV	—	SMIF	
SMR_2* ¹	C/ \bar{A}	CHR	PE	O/ \bar{E}	STOP	MP	CKS1	CKS0	SCI_2
(SMR_2* ²)	(GM)	(BLK)	(PE)	(O/ \bar{E})	(BCP1)	(BCP0)	(CKS1)	(CKS0)	
BRR_2	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
SCR_2	TIE	RIE	TE	RE	MPIE	TEIE	CKE1	CKE0	
TDR_2	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
SSR_2* ¹	TDRE	RDRF	ORER	FER	PER	TEND	MPB	MPBT	
(SSR_2* ²)	(TDRE)	(RDRF)	(ORER)	(ERS)	(PER)	(TEND)	(MPB)	(MPBT)	
RDR_2	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
SCMR_2	—	—	—	—	SDIR	SINV	—	SMIF	
ADDRAH	AD9	AD8	AD7	AD6	AD5	AD4	AD3	AD2	A/D
ADDRAL	AD1	AD0	—	—	—	—	—	—	
ADDRBH	AD9	AD8	AD7	AD6	AD5	AD4	AD3	AD2	
ADDRBL	AD1	AD0	—	—	—	—	—	—	
ADDRCH	AD9	AD8	AD7	AD6	AD5	AD4	AD3	AD2	
ADDRCL	AD1	AD0	—	—	—	—	—	—	
ADDRDH	AD9	AD8	AD7	AD6	AD5	AD4	AD3	AD2	
ADDRDL	AD1	AD0	—	—	—	—	—	—	

レジスタ略称	ビット7	ビット6	ビット5	ビット4	ビット3	ビット2	ビット1	ビット0	モジュール
ADCSR	ADF	ADIE	ADST	SCAN	CH3	CH2	CH1	CH0	A/D
ADCR	TRGS1	TRGS0	—	—	CKS1	CKS0	—	—	
FLMCR1	FWE	SWE	ESU1	PSU1	EV1	PV1	E1	P1	ROM
FLMCR2	FLER	—	—	—	—	—	—	—	
EBR1	EB7	EB6	EB5	EB4	EB3	EB2	EB1	EB0	
EBR2	—	—	—	—	—	—	EB9	EB8	
PORT1	P17	P16	P15	P14	P13	P12	P11	P10	PORT
PORT4	P47	P46	P45	P44	P43	P42	P41	P40	
PORT9	—	—	—	—	P93	P92	P91	P90	
PORTA	—	—	—	—	PA3	PA2	PA1	PA0	
PORTB	PB7	PB6	PB5	PB4	PB3	PB2	PB1	PB0	
PORTC	PC7	PC6	PC5	PC4	PC3	PC2	PC1	PC0	
PORTD	PD7	PD6	PD5	PD4	PD3	PD2	PD1	PD0	
PORTF	PF7	PF6	PF5	PF4	PF3	PF2	PF1	PF0	

【注】 *1 通常モード

*2 スマートカードインタフェースモード

通常モードとスマートカードインタフェースモードで一部のビットが異なります。

19. レジスタ一覧

レジスタ略称	リセット	高速	中速	スリープ	モジュール ストップ	ソフトウェア スタンバイ	ハードウェア スタンバイ	モジュール
P1DDR	初期化	—	—	—	—	—	初期化	PORT
PADDR	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
PBDDR	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
PCDDR	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
PDDDR	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
PFDDR	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
PAPCR	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
PBPCR	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
PCPCR	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
PDPCR	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
PAODR	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
PBODR	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
PCODR	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TCR_3	初期化	—	—	—	—	—	初期化	TPU_3
TMDR_3	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TIORH_3	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TIORL_3	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TIER_3	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TSR_3	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TCNTH_3	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TCNTL_3	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRAH_3	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRAL_3	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRBH_3	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRBL_3	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRCH_3	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRCL_3	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRDH_3	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRDL_3	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TCR_4	初期化	—	—	—	—	—	初期化	TPU_4
TMDR_4	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TIOR_4	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TIER_4	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TSR_4	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TCNTH_4	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TCNTL_4	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRAH_4	初期化	—	—	—	—	—	初期化	

19. レジスタ一覧

レジスタ略称	リセット	高速	中速	スリープ	モジュール ストップ	ソフトウェア スタンバイ	ハードウェア スタンバイ	モジュール	
TGRAL_4	初期化	—	—	—	—	—	初期化	TPU_4	
TGRBH_3	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
TGRBL_4	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
TCR_5	初期化	—	—	—	—	—	初期化	TPU_5	
TMDR_5	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
TIOR_5	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
TIER_5	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
TSR_5	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
TCNTH_5	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
TCNTL_5	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
TGRAH_5	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
TGRAL_5	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
TGRBH_5	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
TGRBL_5	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
TSTR	初期化	—	—	—	—	—	初期化		TPU 共通
TSYR	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
IPRA	初期化	—	—	—	—	—	初期化	INT	
IPRB	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
IPRC	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
IPRD	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
IPRE	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
IPRF	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
IPRG	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
IPRH	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
IPRJ	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
IPRK	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
IPRM	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
RAMER	初期化	—	—	—	—	—	初期化		ROM
P1DR	初期化	—	—	—	—	—	初期化		PORT
PADR	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
PBDR	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
PCDR	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
PDDR	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
PFDR	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
TCR_0	初期化	—	—	—	—	—	初期化	TPU_0	
TMDR_0	初期化	—	—	—	—	—	初期化		
TIORH_0	初期化	—	—	—	—	—	初期化		

19. レジスタ一覧

レジスタ略称	リセット	高速	中速	スリープ	モジュール ストップ	ソフトウェア スタンバイ	ハードウェア スタンバイ	モジュール
TIORL_0	初期化	—	—	—	—	—	初期化	TPU_0
TIER_0	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TSR_0	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TCNTH_0	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TCNTL_0	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRAH_0	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRAL_0	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRBH_0	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRBL_0	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRCH_0	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRCL_0	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRDH_0	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRDL_0	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TCR_1	初期化	—	—	—	—	—	初期化	TPU_1
TMDR_1	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TIOR_1	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TIER_1	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TSR_1	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TCNTH_1	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TCNTL_1	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRAH_1	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRAL_1	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRBH_1	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRBL_1	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TCR_2	初期化	—	—	—	—	—	初期化	TPU_2
TMDR_2	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TIOR_2	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TIER_2	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TSR_2	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TCNTH_2	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TCNTL_2	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRAH_2	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRAL_2	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRBH_2	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
TGRBL_2	初期化	—	—	—	—	—	初期化	

19. レジスタ一覧

レジスタ略称	リセット	高速	中速	スリープ	モジュール ストップ	ソフトウェア スタンバイ	ハードウェア スタンバイ	モジュール
TCSR	初期化	—	—	—	—	—	初期化	WDT
TCNT	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
RSTCSR	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
SMR_0	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	SCI_0
BRR_0	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
SCR_0	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
TDR_0	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
SSR_0	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
RDR_0	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
SCMR_0	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
SMR_1	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	SCI_1
BRR_1	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
SCR_1	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
TDR_1	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
SSR_1	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
RDR_1	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
SCMR_1	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
SMR_2	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	SCI_2
BRR_2	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
SCR_2	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
TDR_2	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
SSR_2	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
RDR_2	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
SCMR_2	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
ADDRAH	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	A/D
ADDRAL	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
ADDRBH	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
ADDRBL	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
ADDRCH	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
ADDRCL	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
ADDRDH	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
ADDRDL	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
ADCSR	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	
ADCR	初期化	—	—	—	初期化	初期化	初期化	

レジスタ略称	リセット	高速	中速	スリープ	モジュール ストップ	ソフトウェア スタンバイ	ハードウェア スタンバイ	モジュール
FLMCR1	初期化	—	—	—	—	—	初期化	ROM
FLMCR2	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
EBR1	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
EBR2	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
PORT1	初期化	—	—	—	—	—	初期化	PORT
PORT4	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
PORT9	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
PORTA	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
PORTB	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
PORTC	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
PORTD	初期化	—	—	—	—	—	初期化	
PORTF	初期化	—	—	—	—	—	初期化	

【注】 —は初期化されません。

20. 電気的特性

20.1 絶対最大定格

絶対最大定格を表 20.1 に示します。

表 20.1 絶対最大定格

項目	記号	定格値	単位
電源電圧	V _{CC}	-0.3~+7.0	V
入力電圧 (XTAL、EXTAL)	V _{in}	-0.3~V _{CC} +0.3	V
入力電圧 (ポート 4、9)	V _{in}	-0.3~AV _{CC} +0.3	V
入力電圧 (XTAL、EXTAL、ポート 4、9 以外)	V _{in}	-0.3~V _{CC} +0.3	V
アナログ電源電圧	AV _{CC}	-0.3~+7.0	V
アナログ入力電圧	VA _N	-0.3~AV _{CC} +0.3	V
動作温度	T _{opr}	通常仕様品 : -20~+75	°C
		広温度範囲仕様品 : -40~+85	
保存温度	T _{stg}	-55~+125	°C

【使用上の注意】絶対最大定格を超えて LSI を使用した場合、LSI の永久破壊となることがあります。

20. 電気的特性

20.2 DC 特性

DC 特性を表 20.2 に示します。また、出力許容電流を表 20.3 に示します。

表 20.2 DC 特性

条件 : $V_{CC}=4.5\sim 5.5V$ 、 $AV_{CC}=4.5\sim 5.5V$ 、 $V_{SS}=AV_{SS}=0V$ 、

$T_a = -20\sim +75^\circ C$ (通常仕様品)、 $T_a = -40\sim +85^\circ C$ (広温度範囲仕様品) *¹

項目	記号	min	typ	max	単位	測定条件	
シュミット トリガ入力 電圧	$\overline{IRQ0}\sim\overline{IRQ5}$	VT^-	$V_{CC}\times 0.2$	—	—	V	
		VT^+	—	—	$V_{CC}\times 0.7$	V	
		$VT^+ - VT^-$	$V_{CC}\times 0.05$	—	—	V	
	TPU インพุットキャプチャ 入力 TPU 外部クロック入力	VT^-	$V_{CC}\times 0.2$	—	—	V	
		VT^+	—	—	$V_{CC}\times 0.7$	V	
		$VT^+ - VT^-$	$V_{CC}\times 0.05$	—	—	V	
入力 High レベル電圧	RES、STBY、NMI、 MD2~MD0、FWE	V_{IH}	$V_{CC}\times 0.9$	—	$V_{CC}+0.3$	V	
		EXTAL	$V_{CC}\times 0.7$	—	$V_{CC}+0.3$	V	
		ポート 1、A~D、F	$V_{CC}\times 0.7$	—	$V_{CC}+0.3$	V	
		ポート 4、9	$AV_{CC}\times 0.7$	—	$AV_{CC}+0.3$	V	
入力 Low レベル電圧	RES、STBY、NMI、 MD2~MD0、FWE	V_{IL}	- 0.3	—	$V_{CC}\times 0.1$	V	
		EXTAL	- 0.3	—	$V_{CC}\times 0.2$	V	
		ポート 1、A~D、F	- 0.3	—	$V_{CC}\times 0.2$	V	
		ポート 4、9	- 0.3	—	$AV_{CC}\times 0.2$	V	
出力 High レベル電圧	全出力端子	V_{OH}	$V_{CC} - 0.5$	—	—	V	$I_{OH} = -200\mu A$
		V_{OL}	—	—	0.4	V	$I_{OL} = 1.6mA$
入力リーク 電流	RES	I_{in}	—	—	1.0	μA	$V_{in} = 0.5V \sim V_{CC} - 0.5V$
	STBY、NMI、 MD2~MD0、FWE	I_{in}	—	—	1.0	μA	
	ポート 4、9	I_{in}	—	—	1.0	μA	
スリーステート トリーク電流 (オフ状態)	ポート 1、A~D、F	I_{TSI}	—	—	1.0	μA	$V_{in} = 0.5V \sim V_{CC} - 0.5V$
入力プリアップ MOS 電流	ポート A~D	- I_P	30	—	300	μA	$V_{in} = 0V$

項目		記号	min	typ	max	単位	測定条件
入力容量	RES	C _{in}	—	—	30	pF	V _{in} =0V
	NMI		—	—	30	pF	f=1MHz
	RES、NMI 以外の 全入力端子		—	—	15	pF	T _a =25°C
消費電流* ²	通常動作時	I _{CC} * ³	—	65 V _{CC} = 5.0 V	75 V _{CC} =5.5V	mA	f=20MHz
	スリープ時		—	50 V _{CC} = 5.0 V	60 V _{CC} =5.5V	mA	
	全モジュール ストップ時		—	40	—	mA	f=20MHz、V _{CC} =-5.0V (参考値)
	中速モード (φ/32) 時		—	45	—	mA	
	スタンバイ時		—	2.0	5.0	μA	T _a ≤50°C
			—	—	20	μA	50°C<T _a
アナログ 電源電流	A/D 変換中	I _{ACC}	—	2.5	4.0	mA	AV _{CC} =5.0V
	A/D 変換待機時		—	—	5.0	μA	
RAM スタンバイ電圧		V _{RAM}	2.0	—	—	V	

【注】 *1 A/D 変換器を使用しない場合でも、AV_{CC}、AV_{SS} 端子を開放しないでください。A/D 変換器を使用しない場合でも、AV_{CC} 端子は V_{CC} に接続するなどの方法で、4.5~5.5V の電圧を印加してください。

*2 消費電流値は、V_{IH}=V_{CC} (EXTAL)、AV_{CC} (ポート 4、9)、V_{CC} (その他)、V_{IL}=0V の条件下で、すべての出力端子を無負荷状態にして、さらに内蔵プルアップ MOS をオフ状態にした場合の値です。

*3 I_{CC} は下記の式に従って V_{CC} と f に依存します。

$$I_{CC} (\text{max}) = 27 + (0.435 \times V_{CC} \times f) \quad (\text{通常動作時})$$

$$I_{CC} (\text{max}) = 27 + (0.3 \times V_{CC} \times f) \quad (\text{スリープ時})$$

*4 I_{CC} は下記の式に従って V_{CC} と f に依存します。

$$I_{CC} (\text{max}) = 5 + (0.45 \times V_{CC} \times f) \quad (\text{通常動作時})$$

$$I_{CC} (\text{max}) = 5 + (0.35 \times V_{CC} \times f) \quad (\text{スリープ時})$$

20. 電氣的特性

表 20.3 出力許容電流

条件 : $V_{CC}=4.5\sim 5.5V$ 、 $AV_{CC}=4.5\sim 5.5V$ 、 $V_{SS}=AV_{SS}=0V$ 、

$T_a = -20\sim +75^{\circ}C$ (通常仕様品)、 $T_a = -40\sim +85^{\circ}C$ (広温度範囲仕様品) *

項目		記号	min	typ	max	単位
出力 Low レベル許容電流 (1 端子当たり)	全出力端子	I_{OL}	—	—	10	mA
出力 Low レベル許容電流 (総和)	全出力端子の総和	ΣI_{OL}	—	—	100	mA
出力 High レベル許容電流 (1 端子当たり)	全出力端子	$-I_{OH}$	—	—	2.0	mA
出力 High レベル許容電流 (総和)	全出力端子の総和	$\Sigma -I_{OH}$	—	—	30	mA

【注】 * LSI の信頼性を確保するため、出力電流値は表 20.3 の値を超えないようにしてください。

20.3 AC 特性

図 20.1 に AC 測定条件を示します。

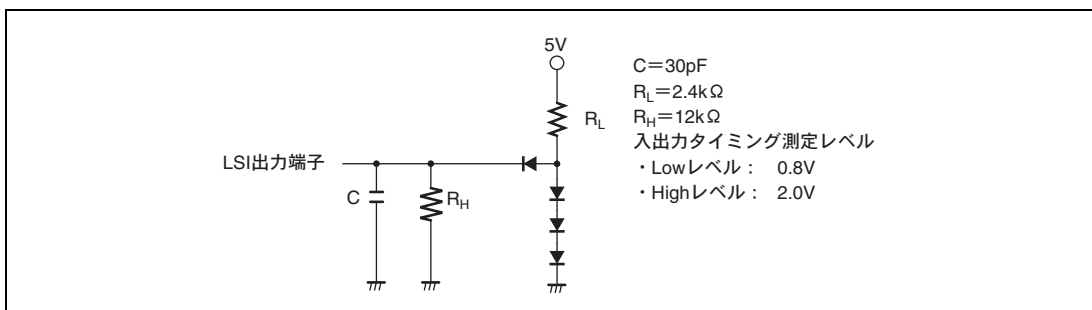


図 20.1 出力負荷回路

20.3.1 クロックタイミング

表 20.4 にクロックタイミングを示します。

表 20.4 クロックタイミング

条件： $V_{CC}=4.5\sim 5.5V$ 、 $AV_{CC}=4.5\sim 5.5V$ 、 $V_{SS}=AV_{SS}=0V$ 、 $\phi=4\sim 20MHz$ 、
 $T_a=-20\sim +75^\circ C$ (通常仕様品)、 $T_a=-40\sim +85^\circ C$ (広温度範囲仕様品)

項目	記号	条件		単位	測定条件
		min	max		
クロックサイクル時間	t_{cyc}	50	250	ns	図 20.2
クロックハイレベルパルス幅	t_{CH}	15	—	ns	
クロックローレベルパルス幅	t_{CL}	15	—	ns	
クロック立ち上がり時間	t_{Cr}	—	10	ns	
クロック立ち下がり時間	t_{Cf}	—	10	ns	
リセット発振安定時間 (水晶)	t_{OSC1}	20	—	ms	図 20.3
ソフトウェアスタンバイ発振安定時間 (水晶)	t_{OSC2}	8	—	ms	図 18.3
外部クロック出力安定遅延時間	t_{DEXT}	2	—	ms	図 20.3

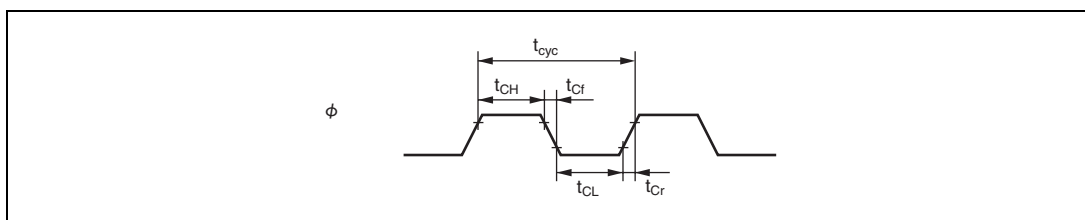


図 20.2 システムクロックタイミング

20. 電気的特性

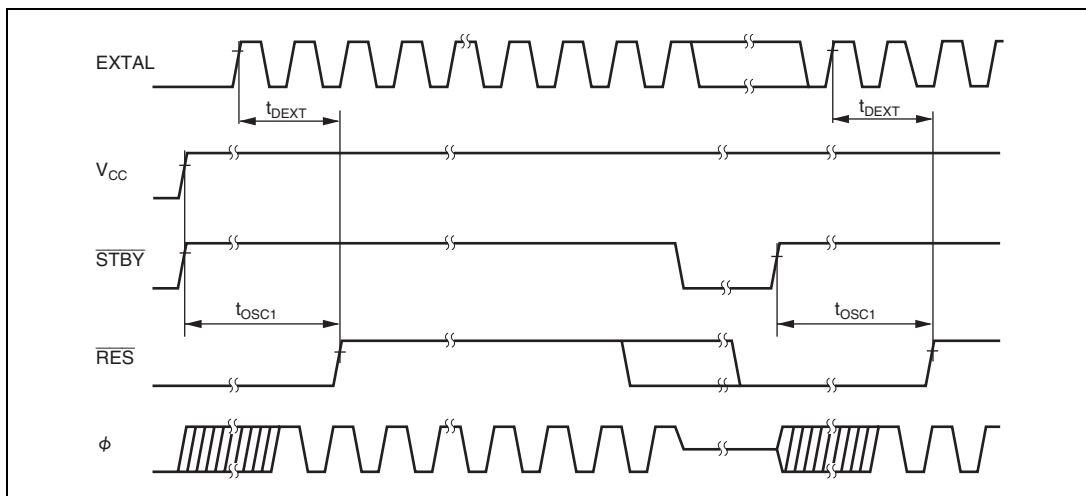


図 20.3 発振安定時間タイミング

20.3.2 制御信号タイミング

表 20.5 に制御信号タイミングを示します。

表 20.5 制御信号タイミング

条件： $V_{CC}=4.5\sim 5.5V$ 、 $AV_{CC}=4.5\sim 5.5V$ 、 $V_{SS}=AV_{SS}=0V$ 、 $\phi=4\sim 20MHz$ 、
 $T_a=-20\sim +75^\circ C$ （通常仕様品）、 $T_a=-40\sim +85^\circ C$ （広温度範囲仕様品）

項目	記号	条件		単位	測定条件
		min	max		
RES セットアップ時間	t_{RESS}	200	—	ns	図 20.4
RES パルス幅	t_{RESW}	20	—	t_{cyc}	
NMI セットアップ時間	t_{NMIS}	150	—	ns	図 20.5
NMI ホールド時間	t_{NMIH}	10	—	ns	
NMI パルス幅 (ソフトウェアスタンバイモードからの復帰時)	t_{NMIW}	200	—	ns	
\overline{IRQ} セットアップ時間	t_{IRQS}	150	—	ns	
\overline{IRQ} ホールド時間	t_{IRQH}	10	—	ns	
\overline{IRQ} パルス幅 (ソフトウェアスタンバイモードからの復帰時)	t_{IRQW}	200	—	ns	

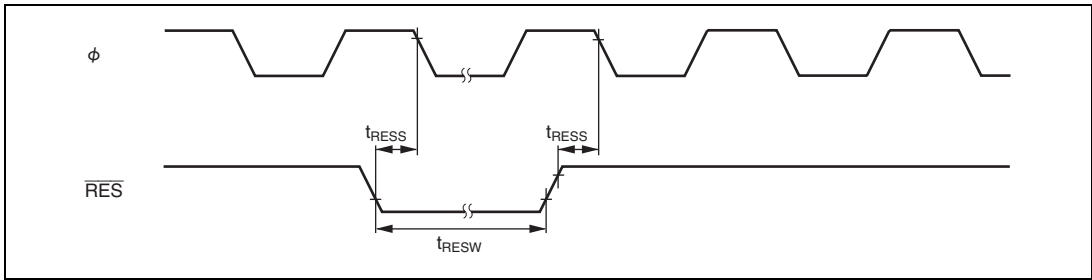


図 20.4 リセット入力タイミング

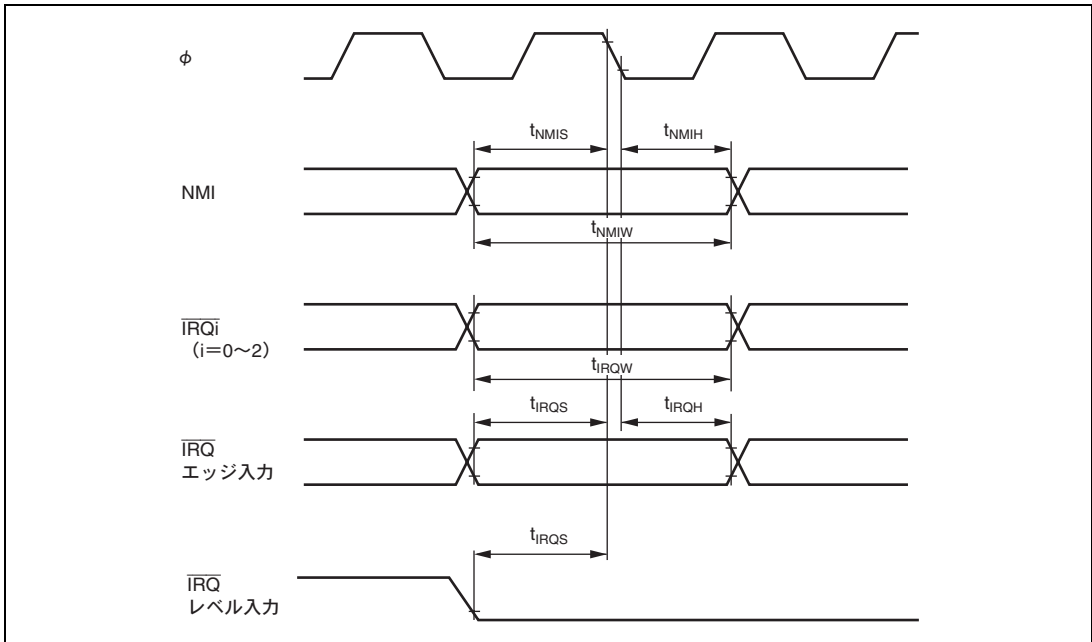


図 20.5 割り込み入力タイミング

20. 電気的特性

20.3.3 内蔵周辺モジュールタイミング

表 20.6 に内蔵周辺タイミングを示します。

表 20.6 内蔵周辺タイミング

条件： $V_{CC}=4.5\sim 5.5V$ 、 $AV_{CC}=4.5\sim 5.5V$ 、 $V_{SS}=AV_{SS}=0V$ 、

$\phi = 4\sim 20MHz$ 、 $T_a = -20\sim +75^\circ C$ (通常仕様品)、 $T_a = -40\sim +85^\circ C$ (広温度範囲仕様品)

項目		記号	条件		単位	測定条件		
			min	max				
I/O ポート	出力データ遅延時間	t_{PWD}	—	50	ns	図 20.6		
	入力データセットアップ時間	t_{PRS}	30	—				
	入力データホールド時間	t_{PRH}	30	—				
TPU	タイマ出力遅延時間	t_{TOCD}	—	50	ns	図 20.7		
	タイマ入力セットアップ時間	t_{TICS}	30	—				
TIM	タイマクロック入力セットアップ時間	t_{TCKS}	30	—	ns	図 20.8		
	タイマクロック	単エッジ指定	t_{TCKWH}	1.5	—		t_{cyc}	
	パルス幅	両エッジ指定	t_{TCKWL}	2.5	—			
SCI	入力クロック	調歩同期	t_{Seye}	4	—	t_{cyc}	図 20.9	
	サイクル	クロック同期		6	—			
	入力クロックパルス幅		t_{SCKW}	0.4	0.6	t_{Scyc}		
	入力クロック立ち上がり時間		t_{SCKr}	—	1.5	t_{cyc}		
	入力クロック立ち下がり時間		t_{SCKf}	—	1.5			
	送信データ遅延時間		t_{TXD}	—	50	ns		図 20.10
	受信データセットアップ時間 (クロック同期)		t_{RXS}	50	—	ns		
受信データホールド時間 (クロック同期)		t_{RXH}	50	—	ns			
A/D 変換器	トリガ入力セットアップ時間	t_{TRGS}	30	—	ns	図 20.11		
PPG	パルス出力遅延時間	t_{POD}	—	50	ns	図 20.12		

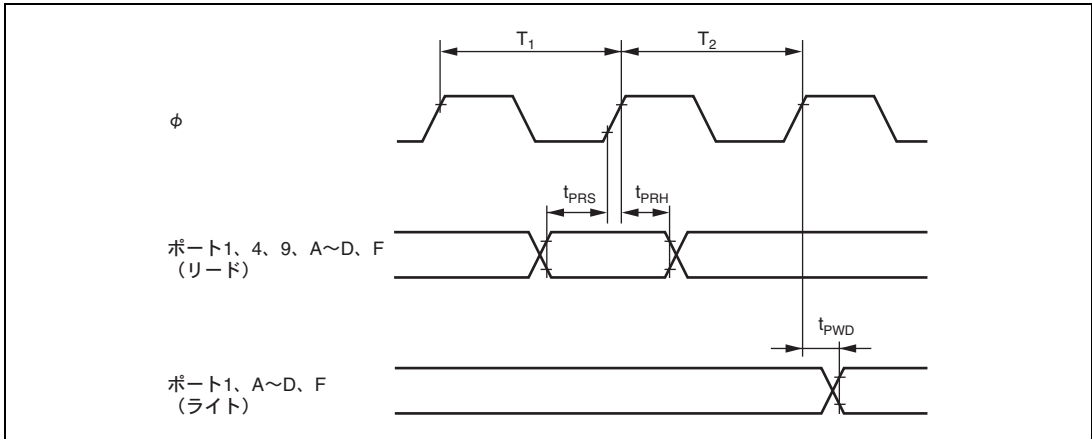


図 20.6 I/O ポート入出力タイミング

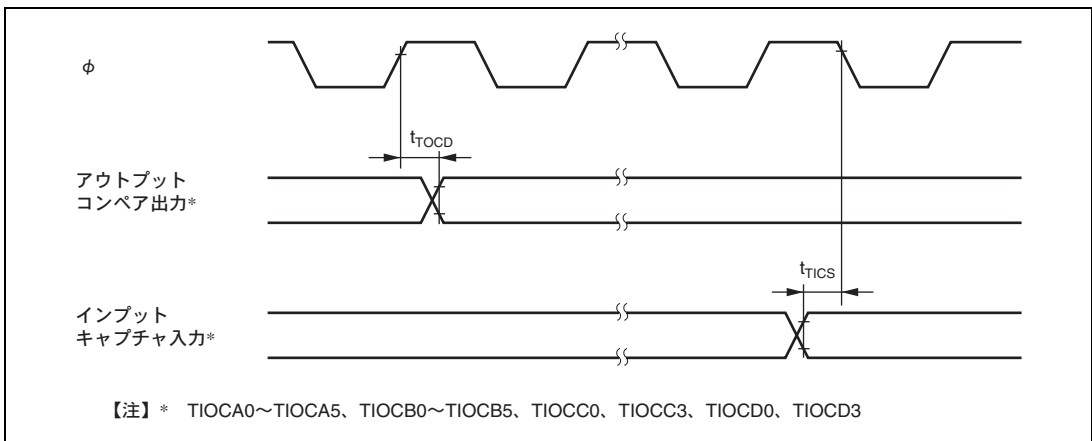


図 20.7 TPU 入出力タイミング

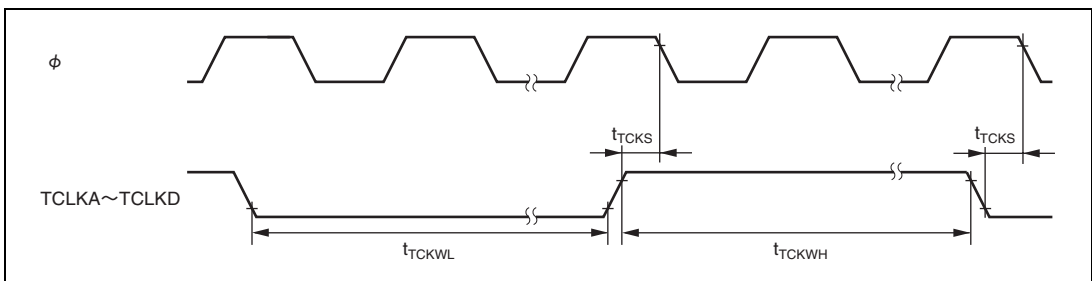


図 20.8 TPU クロック入出力タイミング

20. 電気的特性

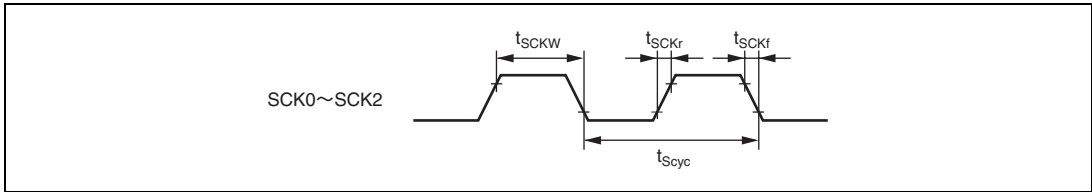


図 20.9 SCK クロック入力タイミング

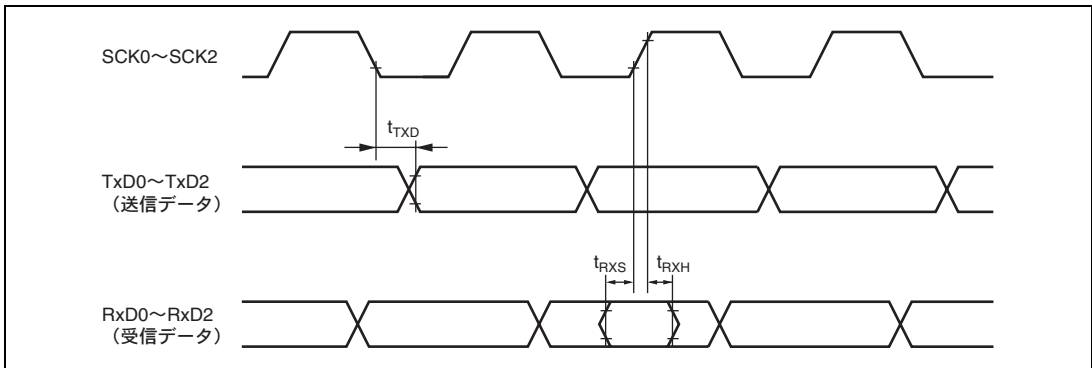


図 20.10 SCI 入出タイミング/クロック同期式モード

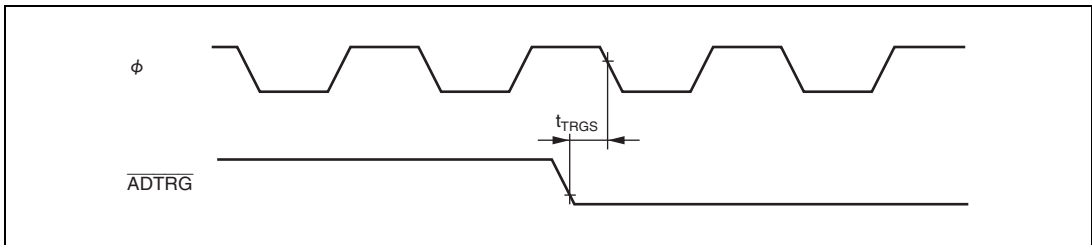


図 20.11 A/D 変換器外部トリガ入力タイミング

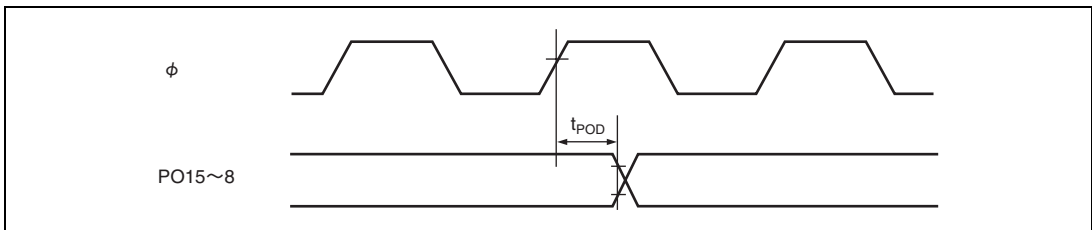


図 20.12 PPG 出タイミング

20.4 A/D 変換特性

表 20.7 に A/D 変換特性を示します。

表 20.7 A/D 変換特性

条件： $V_{CC}=4.5\sim 5.5V$ 、 $AV_{CC}=4.5\sim 5.5V$ 、 $V_{SS}=AV_{SS}=0V$ 、 $\phi =4\sim 20MHz$ 、
 $T_a=-20\sim +75^{\circ}C$ (通常仕様品)、 $T_a=-40\sim +85^{\circ}C$ (広温度範囲仕様品)

項目	条件			単位
	min	typ	max	
分解能	10	10	10	ビット
変換時間	10	—	200	μs
アナログ入力容量	—	—	20	pF
許容信号源インピーダンス	—	—	5	k Ω
非直線性誤差	—	—	± 3.5	LSB
オフセット誤差	—	—	± 3.5	LSB
フルスケール誤差	—	—	± 3.5	LSB
量子化誤差	—	± 0.5	—	LSB
絶対精度	—	—	± 4.0	LSB

20. 電氣的特性

20.5 フラッシュメモリ特性

表 20.8 にフラッシュメモリ特性を示します。

表 20.8 フラッシュメモリ特性

条件： $V_{CC}=4.5\sim 5.5V$ 、 $AV_{CC}=4.5\sim 5.5V$ 、 $V_{SS}=PLL_{VSS}=AV_{SS}=0V$ 、

$T_a=0\sim +75^\circ C$ （書き込み／消去時の動作温度範囲）

項目	記号	min	typ	max	単位	特記	
書き込み時間*1*2*4	t_p	—	10	200	ms/128 バイト		
消去時間*1*3*5	t_E	—	100	1200	ms/ブロック		
書き換え回数	N_{WEC}	—	—	100	回		
書き込み時	SWE ビットセット後のウェイト時間*1	t_{sswe}	1	1	—	μS	
	PSU ビットセット後のウェイト時間*1	t_{psu}	50	50	—	μS	
	P ビットセット後のウェイト時間*1*4	t_{sp30}	28	30	32	μS	書き込み時間ウェイト
		t_{sp200}	198	200	202	μS	書き込み時間ウェイト
		t_{sp10}	8	10	12	μS	追加書き込み時間ウェイト
	P ビットクリア後のウェイト時間*1	t_{cp}	5	5	—	μS	
	PSU ビットクリア後のウェイト時間*1	t_{cpsu}	5	5	—	μS	
	PV ビットセット後のウェイト時間*1	t_{spv}	4	4	—	μS	
	H'FF ダミーライト後のウェイト時間*1	t_{spvr}	2	2	—	μS	
	PV ビットクリア後のウェイト時間*1	t_{cpv}	2	2	—	μS	
	SWE ビットクリア後のウェイト時間*1	t_{cswe}	100	100	—	μS	
	最大書き込み回数*1*4	N	—	—	1000	回	
	消去時	SWE ビットセット後のウェイト時間*1	t_{sswe}	1	1	—	μS
ESU ビットセット後のウェイト時間*1		t_{sesu}	100	100	—	μS	
E ビットセット後のウェイト時間*1*5		t_{se}	10	10	100	ms	消去時間ウェイト
E ビットクリア後のウェイト時間*1		t_{ce}	10	10	—	μS	
ESU ビットクリア後のウェイト時間*1		t_{cesu}	10	10	—	μS	
EV ビットセット後のウェイト時間*1		t_{sev}	20	20	—	μS	
H'FF ダミーライト後のウェイト時間*1		t_{sevr}	2	2	—	μS	
EV ビットクリア後のウェイト時間*1		t_{cev}	4	4	—	μS	
SWE ビットクリア後のウェイト時間*1		t_{cswe}	100	100	—	μS	
最大消去回数*1*5		N	12	—	120	回	

- 【注】 *1 各時間の設定は、書き込み/消去のアルゴリズムに従って行ってください。
- *2 128 バイト単位の書き込み時間（フラッシュメモリコントロールレジスタ（FLMCR1）の P ビットをセットしているトータル期間を示します。プログラムベリファイ時間は含まれません）
- *3 1 ブロックを消去する時間（FLMCR1 の E ビットをセットしているトータル期間を示します。イレースベリファイ時間は含まれません）
- *4 128 バイト書き込みアルゴリズムにおいて書き込み時間の最大値（ t_p （max））を規定するために、最大書き込み回数（N）の値は max 値（1000）を設定してください。
また P ビットセット後のウェイト時間は、下記のように書き込み回数カウンタ（n）の回数によって切り替えてください。
- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 書き込み回数カウンタ（n） 1～6 回の場合 | $t_{sp30}=30\mu\text{s}$ |
| 書き込み回数カウンタ（n） 7～1000 回の場合 | $t_{sp200}=200\mu\text{s}$ |
- 〔追加書き込み時〕
- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 書き込み回数カウンタ（n） 1～6 回の場合 | $t_{sp10}=10\mu\text{s}$ |
|------------------------|--------------------------|
- *5 消去時間の最大値（ t_E （max））に対して、E ビットセット後のウェイト時間（ t_{se} ）と最大消去回数（N）は以下の関係にあります。
- $$t_E(\text{max}) = E \text{ ビットセット後のウェイト時間 } (t_{se}) \times \text{最大消去回数 } (N)$$
- 消去時間の最大値を規定するために、（ t_{se} ）および（N）の値は上記計算式を満たすように設定してください。
- （例） $t_{se}=100\text{ms}$ の場合、N=12 回
- （例） $t_{se}=10\text{ms}$ の場合、N=120 回

付録

A. 各処理状態における I/O ポートの状態

ポート名	MCU 動作モード	リセット	ハードウェア スタンバイモード	ソフトウェア スタンバイモード	プログラム実行状態 スリープ
ポート 1	7	T	T	Keep	入出力ポート
ポート 4	7	T	T	T	入力ポート
ポート 9	7	T	T	T	入力ポート
ポート A	7	T	T	Keep	入出力ポート
ポート B	7	T	T	Keep	入出力ポート
ポート C	7	T	T	Keep	入出力ポート
ポート D	7	T	T	Keep	入出力ポート
PF7	7	T	T	[DDR=0] T [DDR=1] H	[DDR=0] T [DDR=1] クロック出力
PF6 PF5 PF4 PF3 PF2 PF1 PF0	7	T	T	Keep	入出力ポート

【記号説明】

H : High レベル

T : ハイインピーダンス

Keep : 入力ポートはハイインピーダンス
出力ポートは保持

B. 型名一覧

製品分類		製品型名	マーク型名	パッケージ (コード)
H8S/2602 グループ	F-ZTAT 版	HD64F2602	HD64F2602FA20 (通常仕様品)	80 ピン QFP PRQP0080JD-A (FP-80Q/ FP-80QV)
			HD64F2602FA20W (広温度範囲仕様品)	
			HD64F2602FA20V (通常仕様品)	
			HD64F2602FA20WV (広温度範囲仕様品)	
	マスク ROM 版	HD6432602	HD6432602 (***) FA (通常仕様品)	
			HD6432602 (***) FAW (通常仕様品)	
			HD6432602 (***) FAV (通常仕様品)	
			HD6432602 (***) FAWV (広温度範囲仕様品)	
		HD6432601	HD6432601 (***) FA (通常仕様品)	
			HD6432601 (***) FAW (広温度範囲仕様品)	
			HD6432601 (***) FAV (通常仕様品)	
			HD6432601 (***) FAWV (広温度範囲仕様品)	

C. 外形寸法図

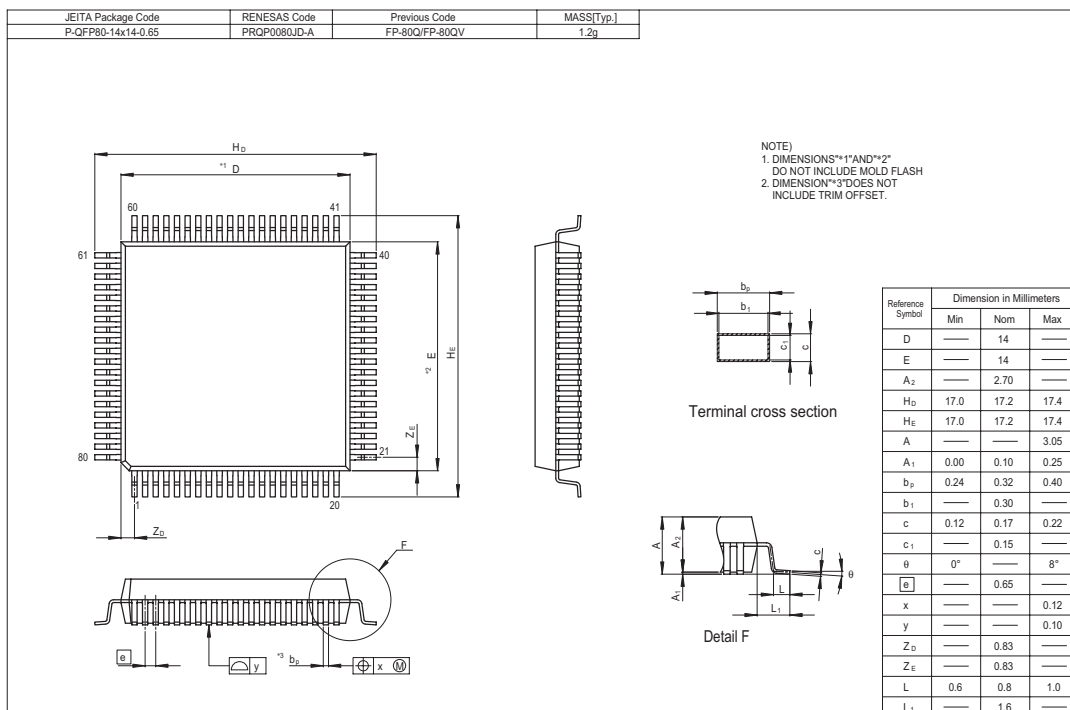


図 C.1 外形寸法図

索引

【数字／記号】

16ビットタイムバルスユニット 10-1

【A～Z】

A/D トリガ入力端子 9-23
A/D 変換器 14-1
A/D 変換器の起動 10-61
ADI 14-9
Bcc 2-17, 2-25
CPU 動作モード 2-4
DTC ベクタテーブル 8-8
EA 拡張部 2-28
MAC 命令 3-3
NMI 割り込み 5-8, 5-19
PC ブレーク コントローラ 6-1
PLL 回路 17-6
PWM モード 10-49
SWDTEND 8-16
TCIU_1 10-60
TCIU_2 10-60
TCIU_4 10-60
TCIU_5 10-60
TCIV_0 10-60
TCIV_1 10-60
TCIV_2 10-60
TCIV_3 10-60
TCIV_4 10-60
TCIV_5 10-60
TGIA_0 10-60
TGIA_1 10-60
TGIA_2 10-60
TGIA_3 10-60
TGIA_4 10-60
TGIA_5 10-60
TGIB_0 10-60
TGIB_1 10-60
TGIB_2 10-60
TGIB_3 10-60
TGIB_4 10-60
TGIB_5 10-60

TGIC_0 10-60
TGIC_3 10-60
TGID_0 10-60
TGID_3 10-60
TRAPA 命令 2-31, 4-7
WOVI 12-5

【あ】

アドバンスモード 2-6
アドレスマップ 3-5
アドレス空間 2-8
アドレッシングモード 2-29
位相計数モード 10-54
イミディエイト 2-31
イレース／イレースベリファイ 16-19
インターバルタイムモード 12-5
インタラプトプライオリティレジスタ (IPR) 5-1
インプットキャプチャ機能 10-39
ウォッチドッグタイマ 12-1
エクステンドレジスタ (EXR) 2-11
エミュレーション 16-15
オーバフロー 12-5
オーバランエラー 13-28
オープンドレインコントロールレジスタ 9-1
オペレーションフィールド 2-28
オンボードプログラミング 16-11

【か】

外部トリガ 14-9
書き込み／消去プロテクト 16-21
書き込みの単位 16-6
カスケード接続動作 10-47
クロック発振器 17-1
コンディションコードレジスタ (CCR) 2-12
コンディションフィールド 2-28
コンペアマッチによる波形出力 10-37

【さ】

算術演算命令	2-20
システム制御命令	2-26
実効アドレス	2-29, 2-32
シフト命令	2-22
周期カウント動作	10-36
出力トリガ	11-8
消去ブロック	16-6
シリアルコミュニケーションインタフェース	13-1
シングルモード	14-6
スキャンモード	14-7
スタックの状態	4-8
スタックポインタ (SP)	2-10
積和レジスタ (MAC)	2-13
絶対アドレス	2-30
ソフトウェアによる起動	8-16, 8-19
ソフトウェア起動	8-22
ソフトウェア起動割り込み用ベクタ番号	8-6

【た】

チェイン転送	8-15, 8-21
調歩同期式モード	13-21
ディスプレイメント付きレジスタ間接	2-29
データディレクションレジスタ	9-1
データトランスファ コントローラ	8-1
データレジスタ	9-1
データ転送命令	2-19
同期動作	10-41
動作モードの選択	3-1
トグル出力	10-37
トラップ命令例外処理	4-7
トレースビット	2-11
トレース例外処理	4-6

【な】

入カプルアップ MOS	9-1
ノーマルモード	2-4, 2-5, 8-12, 8-20

【は】

バスアービトラージョン	7-3
バスサイクル	7-1
バスマスタ	7-3
バッファ動作	10-43
パリティエラー	13-28
パルス出力ノンオーバーラップ動作	11-14
汎用レジスタ	2-10
ビットレート	13-14

ビット操作命令	2-23
ブートモード	16-12
フラッシュメモリ	16-1
フリーランニングカウント動作	10-36
プリデクリメントレジスタ間接	2-30
ブレイク	13-58
ブレイクアドレス	6-1, 6-4
ブレイク条件	6-4
フレーミングエラー	13-28
プログラマブルパルスジェネレータ	11-1
プログラム/プログラムベリファイ	16-17
プログラムカウンタ (PC)	2-11
プログラムカウンタ相対	2-31
ブロック転送モード	8-14
ブロック転送命令	2-27
分岐命令	2-25
変換時間	14-7
ポートレジスタ	9-1
ポストインクリメントレジスタ間接	2-30

【ま】

マーク状態	13-58
命令セット	2-17
メモリサイクル	7-1
メモリ間接	2-31

【や】

ユーザモードでの書き込み/消去	16-14
-----------------	-------

【ら】

ライターモード	16-22
リセット	4-3
リセット例外処理	4-3
リピートモード	8-13
例外処理	4-1, 4-2
例外処理ベクタテーブル	4-2
レジスタ	
ADCR	14-6
ADCSR	14-5
ADDR	14-4
BARA	6-2
BARB	6-2
BCRA	6-3
BCRB	6-3
BRR	13-14
CRA	8-5
CRB	8-5

DAR	8-4	PORT9	9-8
DTCER	8-5	PORTA	9-10
DTVECR	8-6	PORTB	9-13
EBR1	16-9	PORTC	9-17
EBR2	16-10	PORTD	9-21
FLMCR1	16-8	PORTF	9-23
FLMCR2	16-9	RAMER	16-10
IER	5-5	RDR	13-4
IPR	5-4, 5-10	RSR	13-4
ISCR	5-6	RSTCSR	12-4
ISR	5-7	SAR	8-4
LPWRCR	17-3	SBYCR	18-4
MDCR	3-2	SCKCR	17-2
MRA	8-3	SCMR	13-13
MRB	8-4	SCR	13-7
MSTPCR	18-5	SMR	13-5
NDER	11-4	SSR	13-9
NDR	11-6	SYSCR	3-3
P1DDR	9-4	TCNT	10-33, 12-2
P1DR	9-4	TCR	10-8
PADDR	9-9	TCSR	12-3
PADR	9-9	TDR	13-4
PAODR	9-11	TGR	10-33, 10-43
PAPCR	9-10	TIER	10-30
PBDDR	9-12	TIOR	10-13
PBDR	9-12	TMDR	10-12
PBODR	9-14	TSR	10-31, 13-4
PBPCR	9-13	TSTR	10-34
PCDDR	9-16	TSYR	10-34
PCDR	9-16	レジスタフィールド	2-28
PCODR	9-18	レジスタ間接	2-29
PCPCR	9-17	レジスタ情報	8-8
PCR	11-8	レジスタ直接	2-29
PDDDR	9-20	論理演算命令	2-22
PDDR	9-20		
PDPCR	9-21		
PFDDR	9-22	【わ】	
PFDR	9-22	割り込みコントローラ	5-1
PMR	11-9	割り込み制御モード	5-12
PODR	11-5	割り込みマスクビット	2-12
PORT1	9-5	割り込み要求マスクレベル	2-11
PORT4	9-8	割り込み例外処理	4-6
		割り込み例外処理ベクタテーブル	5-9

ルネサス16ビットシングルチップマイクロコンピュータ
ハードウェアマニュアル
H8S/2602グループ

発行年月日 2007年11月19日 Rev.1.00
発行 株式会社ルネサス テクノロジ 営業統括部
〒100-0004 東京都千代田区大手町 2-6-2
編集 株式会社ルネサスソリューションズ
グローバルストラテジックコミュニケーション本部
カスタマサポート部

株式会社ルネサス テクノロジ 営業統括部 〒100-0004 東京都千代田区大手町2-6-2 日本ビル



営業お問合せ窓口
株式会社ルネサス販売

<http://www.renesas.com>

本			社	〒100-0004	千代田区大手町2-6-2 (日本ビル)	(03) 5201-5350
京	浜	支	社	〒212-0058	川崎市幸区鹿島田890-12 (新川崎三井ビル)	(044) 549-1662
西	東	支	社	〒190-0023	立川市柴崎町2-2-23 (第二高島ビル2F)	(042) 524-8701
東	北	支	社	〒980-0013	仙台市青葉区花京院1-1-20 (花京院スクエア13F)	(022) 221-1351
い	わ	支	店	〒970-8026	いわき市平小太郎町4-9 (平小太郎ビル)	(0246) 22-3222
茨	城	支	店	〒312-0034	ひたちなか市堀口832-2 (日立システムプラザ勝田1F)	(029) 271-9411
新	潟	支	店	〒950-0087	新潟市東大通1-4-2 (新潟三井物産ビル3F)	(025) 241-4361
松	本	支	社	〒390-0815	松本市深志1-2-11 (昭和ビル7F)	(0263) 33-6622
中	部	支	社	〒460-0008	名古屋市中区栄4-2-29 (名古屋広小路プレイス)	(052) 249-3330
関	西	支	社	〒541-0044	大阪市中央区伏見町4-1-1 (明治安田生命大阪御堂筋ビル)	(06) 6233-9500
北	陸	支	社	〒920-0031	金沢市広岡3-1-1 (金沢パークビル8F)	(076) 233-5980
広	島	支	店	〒730-0036	広島市中区袋町5-25 (広島袋町ビルディング8F)	(082) 244-2570
島	取	支	店	〒680-0822	鳥取市今町2-251 (日本生命鳥取駅前ビル)	(0857) 21-1915
九	州	支	社	〒812-0011	福岡市博多区博多駅前2-17-1 (博多プレステージ5F)	(092) 481-7695

■技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。

総合お問合せ窓口：コンタクトセンター E-Mail: csc@renesas.com

H8S/2602 グループ ハードウェアマニュアル



ルネサス エレクトロニクス株式会社
神奈川県川崎市中原区下沼部1753 〒211-8668

RJJ09B0439-0100