

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用途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、誤りが無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、海底中継機器、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。



ユーザース・マニュアル

μPD78F8024, 78F8025

8ビット・シングルチップ・マイクロコントローラ

μPD78F8024

μPD78F8025

資料番号 U18976JJ3V0JD00 (第3版)

発行年月 December 2008 NS CP(N)

© NEC Electronics Corporation 2007

〔メモ〕

目次要約

第1章	概 説	...	17
第2章	端子機能	...	25
第3章	昇圧/降圧選択可能 定電流ドライバ	...	40
第4章	CPUアーキテクチャ	...	45
第5章	ポート機能	...	74
第6章	クロック発生回路	...	103
第7章	16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00	...	133
第8章	8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51	...	210
第9章	8ビット・タイマH0, H1	...	228
第10章	ウォッチドッグ・タイマ	...	254
第11章	A/Dコンバータ	...	261
第12章	シリアル・インタフェースUART0	...	284
第13章	シリアル・インタフェースUART6	...	306
第14章	シリアル・インタフェースCSI10	...	345
第15章	シリアル・インタフェースIIC0	...	362
第16章	割り込み機能	...	435
第17章	スタンバイ機能	...	453
第18章	リセット機能	...	465
第19章	パワーオン・クリア回路	...	473
第20章	低電圧検出回路	...	479
第21章	オプション・バイト	...	497
第22章	フラッシュ・メモリ	...	501
第23章	命令セットの概要	...	522
第24章	電気的特性	...	537
第25章	外形図	...	559
第26章	半田付け推奨条件	...	560
第27章	ウェイトに関する注意事項	...	561
付録A	開発ツール	...	563
付録B	ターゲット・システム設定上の注意	...	569
付録C	レジスタ索引	...	570
付録D	改版履歴	...	576

入力端子の印加波形

入力ノイズや反射波による波形歪みは誤動作の原因になりますので注意してください。

CMOSデバイスの入力にノイズなどに起因して、 V_{IL} (MAX.) から V_{IH} (MIN.) までの領域にとどまるような場合は、誤動作を引き起こす恐れがあります。入力レベルが固定な場合はもちろん、 V_{IL} (MAX.) から V_{IH} (MIN.) までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズ等が入らないようご使用ください。

未使用入力の処理

CMOSデバイスの未使用端子の入力レベルは固定してください。

未使用端子入力については、CMOSデバイスの入力に何も接続しない状態で動作させるのではなく、プルアップかプルダウンによって入力レベルを固定してください。また、未使用の入出力端子が出力となる可能性（タイミングは規定しません）を考慮すると、個別に抵抗を介して V_{DD} または GND に接続することが有効です。

資料中に「未使用端子の処理」について記載のある製品については、その内容を守ってください。

静電気対策

MOSデバイス取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。

MOSデバイスは強い静電気によってゲート絶縁破壊を生じることがあります。運搬や保存の際には、当社が出荷梱包に使用している導電性のトレイやマガジン・ケース、または導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。

また、MOSデバイスを実装したボードについても同様の扱いをしてください。

初期化以前の状態

電源投入時、MOSデバイスの初期状態は不定です。

電源投入時の端子の出力状態や入出力設定、レジスタ内容などは保証しておりません。ただし、リセット動作やモード設定で定義している項目については、これらの動作ののちに保証の対象となります。

リセット機能を持つデバイスの電源投入後は、まずリセット動作を実行してください。

電源投入切断順序

内部動作および外部インタフェースで異なる電源を使用するデバイスの場合、原則として内部電源を投入した後に外部電源を投入してください。切断の際には、原則として外部電源を切断した後に内部電源を切断してください。逆の電源投入切断順により、内部素子に過電圧が印加され、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。

資料中に「電源投入切断シーケンス」についての記載のある製品については、その内容を守ってください。

電源OFF時における入力信号

当該デバイスの電源がOFF状態の時に、入力信号や入出力プルアップ電源を入れないでください。入力信号や入出力プルアップ電源からの電流注入により、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。

資料中に「電源OFF時における入力信号」についての記載のある製品については、その内容を守ってください。

EEPROMは、NECエレクトロニクス株式会社の登録商標です。

Windowsは、米国Microsoft Corporationの米国およびその他の国における登録商標または商標です。

SuperFlashは、米国Silicon Storage Technology, Inc.の米国、日本などの国における登録商標です。

注意：本製品はSilicon Storage Technology, Inc.からライセンスを受けたSuperFlash®を使用しています。

- 本資料に記載されている内容は2008年12月現在のもので、今後、予告なく変更することがあります。量産設計の際には最新の個別データ・シート等をご参照ください。
- 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。当社は、本資料の誤りに関し、一切その責を負いません。
- 当社は、本資料に記載された当社製品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、一切その責を負いません。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。
- 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、一切その責を負いません。
- 当社は、当社製品の品質、信頼性の向上に努めておりますが、当社製品の不具合が完全に発生しないことを保証するものではありません。また、当社製品は耐放射線設計については行っていません。当社製品をお客様の機器にご使用の際には、当社製品の不具合の結果として、生命、身体および財産に対する損害や社会的損害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を行ってください。
- 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「特別水準」およびお客様に品質保証プログラムを指定していただく「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。

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

特別水準：輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交信用信号機器、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

特定水準：航空機器、航空宇宙機器、海底中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器、生命維持のための装置またはシステム等

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。意図されていない用途で当社製品の使用をお客様が希望する場合には、事前に当社販売窓口までお問い合わせください。

(注)

- (1) 本事項において使用されている「当社」とは、NECエレクトロニクス株式会社およびNECエレクトロニクス株式会社が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う。
- (2) 本事項において使用されている「当社製品」とは、(1)において定義された当社の開発、製造製品をいう。

はじめに

- 対象者** このマニュアルは μ PD78F8024, 78F8025の機能を理解し、その応用システムや応用プログラムを設計、開発するユーザのエンジニアを対象としています。
- 目的** このマニュアルは、次の構成に示す機能をユーザに理解していただくことを目的としています。
- 構成** μ PD78F8024, 78F8025のマニュアルは、このマニュアルと命令編（78K0マイクロコントローラ共通）の2冊に分かれています。

μ PD78F8024, 78F8025 ユーザズ・マニュアル	78K/0シリーズ ユーザズ・マニュアル 命令編
端子機能	CPU機能
内部ブロック機能	命令セット
割り込み	命令の説明
その他の内蔵周辺機能	
電気的特性	

読み方 このマニュアルを読むにあたっては、電気、論理回路、マイクロコントローラの一般知識を必要とします。

一通りの機能を理解しようとするとき

目次に従って読んでください。本文欄外の 印は、本版で改訂された主な箇所を示しています。この" "をPDF上でコピーして「検索する文字列」に指定することによって、改版箇所を容易に検索できます。

レジスタ・フォーマットの見方

ビット番号を で囲んでいるものは、そのビット名称がRA78K0では予約語に、CC78K0では #pragma sfr指令で、sfr変数として定義されているものです。

レジスタ名が分かっているレジスタの詳細を確認するとき

付録C レジスタ索引を利用してください。

78K0マイクロコントローラの命令機能の詳細を知りたいとき

別冊の78K/0シリーズ ユーザズ・マニュアル 命令編（U12326J）を参照してください。

- 凡 例**
- データ表記の重み : 左が上位桁, 右が下位桁
- アクティブ・ロウの表記 : $\overline{\text{xxx}}$ (端子, 信号名称に上線)
- 注 : 本文中につけた注の説明
- 注意 : 気をつけて読んでいただきたい内容
- 備考 : 本文の補足説明
- 数の表記 : 2進数... xxx または xxx B
10進数... xxx
16進数... xxx H

関連資料

関連資料は暫定版の場合がありますが、この資料では「暫定」の表示をしておりません。あらかじめご了承ください。

デバイスの関連資料

資料名	資料番号	
	和文	英文
μ PD78F8024, 78F8025 ユーザーズ・マニュアル	このマニュアル	U18976E
78K0シリーズ ユーザーズ・マニュアル 命令編	U12326J	U12326E
78K0/Kx2 アプリケーション・ノート フラッシュ・メモリ・プログラミング(プログラマ編)	U17739J	U17739E
78K0マイクロコントローラ ユーザーズ・マニュアル セルフ・プログラミング・ライブラリ Type01	U18274J	U18274E
78K0マイクロコントローラ ユーザーズ・マニュアル EEPROM [®] エミュレーション・ライブラリ Type01	U18275J	U18275E

フラッシュ・メモリ書き込み用の資料(ユーザーズ・マニュアル)

資料名	資料番号	
	和文	英文
PG-FP5 フラッシュ・メモリ・プログラマ	U18865J	U18865E
PG-FP4 フラッシュ・メモリ・プログラマ	U15260J	U15260E
QB-MINI2 プログラミング機能付きオンチップ・デバッグ・エミュレータ	U18371J	U18371E

開発ツール(ハードウェア)の資料(ユーザーズ・マニュアル)

資料名	資料番号	
	和文	英文
QB-78K0KX2 インサーキット・エミュレータ	U17341J	U17341E
QB-78F8024-EA-01T Exchange adapter	U19135X	

注意 上記関連資料は予告なしに内容を変更することがあります。設計などには、必ず最新の資料をご使用ください。

開発ツール（ソフトウェア）の資料

資料名	資料番号		
	和文	英文	
RA78K0 Ver.3.80 アセンブラ・パッケージ ユーザーズ・マニュアル ^{注1}	操作編	U17199J	U17199E
	言語編	U17198J	U17198E
	構造化アセンブリ言語編	U17197J	U17197E
RA78K0 Ver.4.01 使用上の留意点（文書） ^{注1}	ZUD-CD-07-0181	ZUD-CD-07-0181-E	
CC78K0 Ver.3.70 Cコンパイラ ユーザーズ・マニュアル ^{注2}	操作編	U17201J	U17201E
	言語編	U17200J	U17200E
CC78K0 Ver4.00 使用上の留意点（文書） ^{注2}	ZUD-CD-07-0103	ZUD-CD-07-0103-E	
SM+ システム・シミュレータ ユーザーズ・マニュアル	操作編	U18601J	U18601E
	ユーザ・オープン・ インタフェース編	U18212J	U18212E
ID78K0-QB Ver.2.94 統合デバッグ ユーザーズ・マニュアル	操作編	U18330J	U18330E
ID78K0-QB Ver.3.00 統合デバッグ ユーザーズ・マニュアル	操作編	U18492J	U18492E
PM plus Ver.5.20 ^{注3} ユーザーズ・マニュアル	U16934J	U16934E	
PM+ Ver.6.30 ^{注4} ユーザーズ・マニュアル	U18416J	U18416E	

注1. この資料は、RA78K0 Ver.4.01のインストール時に、ツール本体と一緒に、PCにインストールされます。

「RA78K0 Ver.4.01 使用上の留意点（文書）」に記載されていない内容に関しては、RA78K0 Ver.3.80のユーザーズ・マニュアルを参照してください。

2. この資料は、CC78K0 Ver.4.00のインストール時に、ツール本体と一緒に、PCにインストールされます。

「CC78K0 Ver4.00 使用上の留意点（文書）」に記載されていない内容に関しては、CC78K0 Ver.3.70のユーザーズ・マニュアルを参照してください。

3. PM+ Ver.5.20は、RA78K0 Ver.3.80に同梱されている統合開発環境です。

4. PM+ Ver.6.30は、RA78K0 Ver.4.01に同梱されている統合開発環境です。ソフトウェア・ツール（アセンブラ、Cコンパイラ、デバッグ、シミュレータ）の複数の異なるバージョン製品を管理することができます。

その他の資料

資料名	資料番号	
	和文	英文
SEMICONDUCTOR SELECTION GUIDE -Products and Packages-	X13769X	
半導体デバイス 実装マニュアル	注	
NEC半導体デバイスの品質水準	C11531J	C11531E
NEC半導体デバイスの信頼性品質管理	C10983J	C10983E
静電気放電（ESD）破壊対策ガイド	C11892J	C11892E
半導体 品質 / 信頼性ハンドブック	C12769J	-
マイクロコンピュータ関連製品ガイド 社外メーカ編	U11416J	-

注 「半導体デバイス実装マニュアル」のホーム・ページ参照

和文：<http://www.necel.com/pkg/ja/jissou/index.html>

英文：<http://www.necel.com/pkg/en/mount/index.html>

注意 上記関連資料は予告なしに内容を変更することがあります。設計などには、必ず最新の資料をご使用ください。

目 次

第1章 概 説 … 17

- 1.1 特 徴 … 17
- 1.2 応用分野 … 18
- 1.3 オータ情報 … 18
- 1.4 端子接続図 (Top View) … 19
- 1.5 構 成 … 21
- 1.6 ブロック図 … 22
- 1.7 機能概要 … 23

第2章 端子機能 … 25

- 2.1 端子機能一覧 … 25
 - 2.1.1 CPU部 … 25
 - 2.1.2 昇圧 / 降圧選択可能 定電流ドライバ部 … 28
- 2.2 端子機能の説明 (CPU部) … 29
 - 2.2.1 P00, P01 (Port 0) … 29
 - 2.2.2 P10-P17 (Port 1) … 29
 - 2.2.3 P20-P23 (Port 2) … 30
 - 2.2.4 P30-P33 (Port 3) … 31
 - 2.2.5 P60, P61 (Port 6) … 31
 - 2.2.6 P120-P122 (Port 12) … 32
 - 2.2.7 AVREF … 33
 - 2.2.8 AVSS … 33
 - 2.2.9 $\overline{\text{RESET}}$ … 33
 - 2.2.10 REGC … 33
 - 2.2.11 VDD … 33
 - 2.2.12 VSS … 33
 - 2.2.13 FLMD0 … 33
- 2.3 端子機能の説明 (定電流ドライバ部) … 34
 - 2.3.1 EN (内部端子) … 34
 - 2.3.2 PWM0-PWM3 (内部端子) … 34
 - 2.3.3 SH (内部端子) … 34
 - 2.3.4 DRV0-DRV3 … 34
 - 2.3.5 MODE … 34
 - 2.3.6 SENSEA0-SENSEA3 … 34
 - 2.3.7 SENSB0-SENSB3 … 34
 - 2.3.8 CCA0-CCA3, CCB0-CCB3 … 34
 - 2.3.9 CT … 34
 - 2.3.10 RT … 35
 - 2.3.11 CVDD0-CVDD2 … 35
 - 2.3.12 VIN … 35
 - 2.3.13 AGND … 35

- 2. 3. 14 PGND0-PGND3, PGND11 … 35
- 2. 3. 15 IC0 … 35
- 2. 4 端子の入出力回路と未使用端子の処理 … 36

第3章 昇圧／降圧選択可能 定電流ドライバ … 40

- 3. 1 昇圧／降圧選択可能 定電流ドライバの機能 … 40
- 3. 2 昇圧モード … 41
- 3. 3 降圧モード … 42
- 3. 4 動作モードの設定手順 … 43

第4章 CPUアーキテクチャ … 45

- 4. 1 メモリ空間 … 45
 - 4. 1. 1 内部プログラム・メモリ空間 … 48
 - 4. 1. 2 内部データ・メモリ空間 … 49
 - 4. 1. 3 特殊機能レジスタ (SFR : Special Function Register) 領域 … 50
 - 4. 1. 4 データ・メモリ・アドレッシング … 50
- 4. 2 プロセッサ・レジスタ … 53
 - 4. 2. 1 制御レジスタ … 53
 - 4. 2. 2 汎用レジスタ … 56
 - 4. 2. 3 特殊機能レジスタ (SFR : Special Function Register) … 58
- 4. 3 命令アドレスのアドレッシング … 62
 - 4. 3. 1 レラティブ・アドレッシング … 62
 - 4. 3. 2 イミディエト・アドレッシング … 63
 - 4. 3. 3 テーブル・インダイレクト・アドレッシング … 64
 - 4. 3. 4 レジスタ・アドレッシング … 64
- 4. 4 オペランド・アドレスのアドレッシング … 65
 - 4. 4. 1 インプライド・アドレッシング … 65
 - 4. 4. 2 レジスタ・アドレッシング … 66
 - 4. 4. 3 ダイレクト・アドレッシング … 67
 - 4. 4. 4 ショート・ダイレクト・アドレッシング … 68
 - 4. 4. 5 特殊機能レジスタ (SFR) アドレッシング … 69
 - 4. 4. 6 レジスタ・インダイレクト・アドレッシング … 70
 - 4. 4. 7 ベースト・アドレッシング … 71
 - 4. 4. 8 ベースト・インデクスト・アドレッシング … 72
 - 4. 4. 9 スタック・アドレッシング … 73

第5章 ポート機能 … 74

- 5. 1 ポートの機能 … 74
- 5. 2 ポートの構成 … 76
 - 5. 2. 1 ポート0 … 77
 - 5. 2. 2 ポート1 … 79
 - 5. 2. 3 ポート2 … 85
 - 5. 2. 4 ポート3 … 87
 - 5. 2. 5 ポート6 … 91
 - 5. 2. 6 ポート12 … 92
- 5. 3 ポート機能を制御するレジスタ … 95

- 5.4 **ポート機能の動作** … 99
 - 5.4.1 入出力ポートへの書き込み … 99
 - 5.4.2 入出力ポートからの読み出し … 99
 - 5.4.3 入出力ポートでの演算 … 99
- 5.5 **兼用機能使用時のポート・モード・レジスタ, 出力ラッチの設定** … 100
- 5.6 **ポート・レジスタ_n (P_n) に対する1ビット・メモリ操作命令に関する注意事項** … 102

第6章 クロック発生回路 … 103

- 6.1 **クロック発生回路の機能** … 103
- 6.2 **クロック発生回路の構成** … 104
- 6.3 **クロック発生回路を制御するレジスタ** … 106
- 6.4 **システム・クロック発振回路** … 114
 - 6.4.1 X1発振回路 … 114
 - 6.4.2 高速内蔵発振回路 … 116
 - 6.4.3 低速内蔵発振回路 … 116
 - 6.4.4 プリスケーラ … 116
- 6.5 **クロック発生回路の動作** … 117
- 6.6 **クロックの制御** … 120
 - 6.6.1 高速システム・クロックの制御例 … 120
 - 6.6.2 高速内蔵発振クロックの制御例 … 123
 - 6.6.3 低速内蔵発振クロックの制御例 … 126
 - 6.6.4 CPUクロック, 周辺ハードウェア・クロックへの供給クロック … 126
 - 6.6.5 CPUクロック状態移行図 … 127
 - 6.6.6 CPUクロックの移行前の条件と移行後の処理 … 130
 - 6.6.7 メイン・システム・クロックの切り替えに要する時間 … 131
 - 6.6.8 クロック発振停止前の条件 … 132
 - 6.6.9 周辺ハードウェアとソース・クロック … 132

第7章 16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00 … 133

- 7.1 **16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00の機能** … 133
- 7.2 **16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00の構成** … 134
- 7.3 **16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00を制御するレジスタ** … 140
- 7.4 **16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00の動作** … 148
 - 7.4.1 インターバル・タイマとしての動作 … 148
 - 7.4.2 方形波出力としての動作 … 151
 - 7.4.3 外部イベント・カウンタとしての動作 … 155
 - 7.4.4 TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モードとしての動作 … 159
 - 7.4.5 フリー・ランニング・タイマとしての動作 … 175
 - 7.4.6 PPG出力としての動作 … 185
 - 7.4.7 ワンショット・パルス出力としての動作 … 189
 - 7.4.8 パルス幅測定としての動作 … 194
- 7.5 **TM00の特殊な使用方法** … 203
 - 7.5.1 CR010のTM00動作中の書き換え … 203
 - 7.5.2 LVS00, LVR00の設定について … 203
- 7.6 **16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00の注意事項** … 205

第8章 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51 … 210

- 8.1 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51の機能 … 210
- 8.2 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51の構成 … 210
- 8.3 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51を制御するレジスタ … 213
- 8.4 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51の動作 … 219
 - 8.4.1 インターバル・タイマとしての動作 … 219
 - 8.4.2 外部イベント・カウンタとしての動作 … 221
 - 8.4.3 方形波出力としての動作 … 222
 - 8.4.4 PWM出力としての動作 … 223
- 8.5 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51の注意事項 … 227

第9章 8ビット・タイマH0, H1 … 228

- 9.1 8ビット・タイマH0, H1の機能 … 228
- 9.2 8ビット・タイマH0, H1の構成 … 228
- 9.3 8ビット・タイマH0, H1を制御するレジスタ … 232
- 9.4 8ビット・タイマH0, H1の動作 … 238
 - 9.4.1 インターバル・タイマ/方形波出力としての動作 … 238
 - 9.4.2 PWM出力としての動作 … 241
 - 9.4.3 キャリア・ジェネレータとしての動作 (8ビット・タイマH1のみ) … 247

第10章 ウォッチドッグ・タイマ … 254

- 10.1 ウォッチドッグ・タイマの機能 … 254
- 10.2 ウォッチドッグ・タイマの構成 … 254
- 10.3 ウォッチドッグ・タイマを制御するレジスタ … 256
- 10.4 ウォッチドッグ・タイマの動作 … 257
 - 10.4.1 ウォッチドッグ・タイマの動作制御 … 257
 - 10.4.2 ウォッチドッグ・タイマのオーバフロー時間の設定 … 258
 - 10.4.3 ウォッチドッグ・タイマのウインドウ・オープン期間の設定 … 259

第11章 A/Dコンバータ … 261

- 11.1 A/Dコンバータの機能 … 261
- 11.2 A/Dコンバータの構成 … 262
- 11.3 A/Dコンバータで使用するレジスタ … 264
- 11.4 A/Dコンバータの動作 … 272
 - 11.4.1 A/Dコンバータの基本動作 … 272
 - 11.4.2 入力電圧と変換結果 … 274
 - 11.4.3 A/Dコンバータの動作モード … 275
- 11.5 A/Dコンバータ特性表の読み方 … 277
- 11.6 A/Dコンバータの注意事項 … 280

第12章 シリアル・インタフェースUART0 … 284

- 12.1 シリアル・インタフェースUART0の機能 … 284
- 12.2 シリアル・インタフェースUART0の構成 … 285

- 12.3 シリアル・インタフェースUART0を制御するレジスタ … 288
- 12.4 シリアル・インタフェースUART0の動作 … 293
 - 12.4.1 動作停止モード … 293
 - 12.4.2 アシンクロナス・シリアル・インタフェース (UART) モード … 294
 - 12.4.3 専用ボー・レート・ジェネレータ … 300
 - 12.4.4 ボー・レートの算出 … 302

第13章 シリアル・インタフェースUART6 … 306

- 13.1 シリアル・インタフェースUART6の機能 … 306
- 13.2 シリアル・インタフェースUART6の構成 … 310
- 13.3 シリアル・インタフェースUART6を制御するレジスタ … 313
- 13.4 シリアル・インタフェースUART6の動作 … 323
 - 13.4.1 動作停止モード … 323
 - 13.4.2 アシンクロナス・シリアル・インタフェース (UART) モード … 324
 - 13.4.3 専用ボー・レート・ジェネレータ … 338
 - 13.4.4 ボー・レートの算出 … 340

第14章 シリアル・インタフェースCSI10 … 345

- 14.1 シリアル・インタフェースCSI10の機能 … 345
- 14.2 シリアル・インタフェースCSI10の構成 … 345
- 14.3 シリアル・インタフェースCSI10を制御するレジスタ … 347
- 14.4 シリアル・インタフェースCSI10の動作 … 351
 - 14.4.1 動作停止モード … 351
 - 14.4.2 3線式シリアルI/Oモード … 352

第15章 シリアル・インタフェースIIC0 … 362

- 15.1 シリアル・インタフェースIIC0の機能 … 362
- 15.2 シリアル・インタフェースIIC0の構成 … 365
- 15.3 シリアル・インタフェースIIC0を制御するレジスタ … 368
- 15.4 I²Cバス・モードの機能 … 381
 - 15.4.1 端子構成 … 381
- 15.5 I²Cバスの定義および制御方法 … 382
 - 15.5.1 スタート・コンディション … 382
 - 15.5.2 アドレス … 383
 - 15.5.3 転送方向指定 … 383
 - 15.5.4 アクノリッジ (ACK) … 384
 - 15.5.5 ストップ・コンディション … 385
 - 15.5.6 ウェイト … 386
 - 15.5.7 ウェイト解除方法 … 388
 - 15.5.8 割り込み要求 (INTIIC0) 発生タイミングおよびウェイト制御 … 389
 - 15.5.9 アドレスの一致検出方法 … 390
 - 15.5.10 エラーの検出 … 390
 - 15.5.11 拡張コード … 391
 - 15.5.12 アービトレーション … 392
 - 15.5.13 ウェイク・アップ機能 … 394
 - 15.5.14 通信予約 … 394

- 15. 5. 15 その他の注意事項 … 398
- 15. 5. 16 通信動作 … 399
- 15. 5. 17 I²C割り込み要求 (INTIIC0) の発生タイミング … 407
- 15. 6 タイミング・チャート … 428

第16章 割り込み機能 … 435

- 16. 1 割り込み機能の種類 … 435
- 16. 2 割り込み要因と構成 … 435
- 16. 3 割り込み機能を制御するレジスタ … 438
- 16. 4 割り込み処理動作 … 446
 - 16. 4. 1 マスカブル割り込み要求の受け付け動作 … 446
 - 16. 4. 2 ソフトウェア割り込み要求の受け付け動作 … 449
 - 16. 4. 3 多重割り込み処理 … 449
 - 16. 4. 4 割り込み要求の保留 … 452

第17章 スタンバイ機能 … 453

- 17. 1 スタンバイ機能と構成 … 453
 - 17. 1. 1 スタンバイ機能 … 453
 - 17. 1. 2 スタンバイ機能を制御するレジスタ … 454
- 17. 2 スタンバイ機能の動作 … 456
 - 17. 2. 1 HALTモード … 456
 - 17. 2. 2 STOPモード … 459

第18章 リセット機能 … 465

- 18. 1 リセット要因を確認するレジスタ … 472

第19章 パワーオン・クリア回路 … 473

- 19. 1 パワーオン・クリア回路の機能 … 473
- 19. 2 パワーオン・クリア回路の構成 … 474
- 19. 3 パワーオン・クリア回路の動作 … 474
- 19. 4 パワーオン・クリア回路の注意事項 … 477

第20章 低電圧検出回路 … 479

- 20. 1 低電圧検出回路の機能 … 479
- 20. 2 低電圧検出回路の構成 … 480
- 20. 3 低電圧検出回路を制御するレジスタ … 480
- 20. 4 低電圧検出回路の動作 … 484
 - 20. 4. 1 リセットとして使用時の設定 … 485
 - 20. 4. 2 割り込みとして使用時の設定 … 490
- 20. 5 低電圧検出回路の注意事項 … 495
 - 20. 5. 1 LVI検出電圧付近で電源電圧が変動する場合の動作について … 495
 - 20. 5. 2 LVIをリセットとして使用する場合の注意事項 … 496

第21章 オプション・バイト … 497

- 21.1 オプション・バイトの機能 … 497
- 21.2 オプション・バイトのフォーマット … 498

第22章 フラッシュ・メモリ … 501

- 22.1 メモリ・サイズ切り替えレジスタ … 501
- 22.2 フラッシュ・メモリ・プログラマによる書き込み方法 … 502
- 22.3 プログラミング環境 … 502
- 22.4 通信方式 … 502
- 22.5 オンボード上の端子処理 … 504
 - 22.5.1 FLMD0端子 … 504
 - 22.5.2 シリアル・インタフェース端子 … 505
 - 22.5.3 RESET端子 … 506
 - 22.5.4 ポート端子 … 507
 - 22.5.5 REGC端子 … 507
 - 22.5.6 その他の信号端子 … 507
 - 22.5.7 電 源 … 507
- 22.6 プログラミング方法 … 508
 - 22.6.1 フラッシュ・メモリ制御 … 508
 - 22.6.2 フラッシュ・メモリ・プログラミング・モード … 508
 - 22.6.3 通信方式の選択 … 509
 - 22.6.4 通信コマンド … 510
- 22.7 セキュリティ設定 … 511
- 22.8 セルフ書き込みによるフラッシュ・メモリ・プログラミング … 513
 - 22.8.1 ブート・スワップ機能 … 520

第23章 命令セットの概要 … 522

- 23.1 凡 例 … 523
 - 23.1.1 オペランドの表現形式と記述方法 … 523
 - 23.1.2 オペレーション欄の説明 … 524
 - 23.1.3 フラグ動作欄の説明 … 524
- 23.2 オペレーション一覧 … 525
- 23.3 アドレッシング別命令一覧 … 533

第24章 電気的特性 … 537

- 24.1 CPU部 … 537
- 24.2 昇圧/降圧選択可能 定電流ドライバ部 … 556

第25章 外形図 … 559

第26章 半田付け推奨条件 … 560

第27章 ウェイトに関する注意事項 … 561

- 27.1 ウェイトに関する注意事項 … 561
- 27.2 ウェイトが発生する周辺ハードウェア … 562

付録A 開発ツール … 563

- A.1 ソフトウェア・パッケージ … 565
- A.2 言語処理用ソフトウェア … 565
- A.3 フラッシュ・メモリ書き込み用ツール … 566
 - A.3.1 フラッシュ・メモリ・プログラマ PG-FP5, FL-PR5, PG-FP4, FL-PR4を使用する場合 … 566
 - A.3.2 プログラミング機能付きオンチップ・デバッグ・エミュレータ QB-MINI2を使用する場合 … 566
- A.4 デバッグ用ツール(ハードウェア) … 567
- A.5 デバッグ用ツール(ソフトウェア) … 568

付録B ターゲット・システム設計上の注意 … 569

付録C レジスタ索引 … 570

- C.1 レジスタ索引(50音順) … 570
- C.2 レジスタ索引(アルファベット順) … 573

付録D 改版履歴 … 576

- D.1 本版で改訂された主な箇所 … 576
- D.2 前版までの改版履歴 … 578

第1章 概 説

1.1 特 徴

昇圧 / 降圧選択可能 定電流ドライバ内蔵

高速 (0.1 μ s : 高速システム・クロック20 MHz動作時) から低速 (1.6 μ s : 高速システム・クロック20 MHz動作時) まで最小命令実行時間を変更可能

汎用レジスタ : 8ビット×32レジスタ (8ビット×8レジスタ×4バンク)

ROM, RAM容量

品 名	項 目	プログラム・メモリ (ROM)	データ・メモリ (内部高速RAM)
μ PD78F8024	フラッシュ・メモリ	8 Kバイト ^{注1}	512バイト ^{注1}
μ PD78F8025		32 Kバイト ^{注1}	1 Kバイト ^{注1}

単電源のフラッシュ・メモリ内蔵

セルフ・プログラミング内蔵 (ブート・スワップ機能あり)

パワーオン・クリア (POC) 回路, 低電圧検出 (LVI) 回路内蔵

ウォッチドッグ・タイマ (低速内蔵発振クロックで動作可能) 内蔵

I/Oポート : 23本 (N-chオープン・ドレイン : 2本)

タイマ : 6チャンネル

- ・16ビット・タイマ/イベント・カウンタ : 1チャンネル
- ・8ビット・タイマ/イベント・カウンタ : 2チャンネル
- ・8ビット・タイマ : 2チャンネル
- ・ウォッチドッグ・タイマ : 1チャンネル

シリアル・インタフェース : 3チャンネル

- ・UART (LIN (Local Interconnect Network) -bus対応) : 1チャンネル
- ・CSI/UART^{注2} : 1チャンネル
- ・I²C : 1チャンネル

10ビット分解能A/Dコンバータ (AVREF = 2.3 ~ 5.5 V) : 4チャンネル

電源電圧 : V_{DD} = 1.8 ~ 5.5 V^{注3}

動作周囲温度 : T_A = -40 ~ +85

注1. リセット解除後に, メモリ・サイズ切り替えレジスタ (IMS) により, 内部フラッシュ・メモリ, 内部高速RAM容量を設定してください。

2. 端子を兼用しているため, どちらかを選択して使用します。

3. 定電流ドライバ使用時 : V_{DD} = CV_{DD} = 4.5 ~ 5.5 V

定電流ドライバ未使用時 : V_{DD} = 1.8 ~ 5.5 V

1.2 応用分野

ヒータ
モータ
LCDバック・ライト
照明

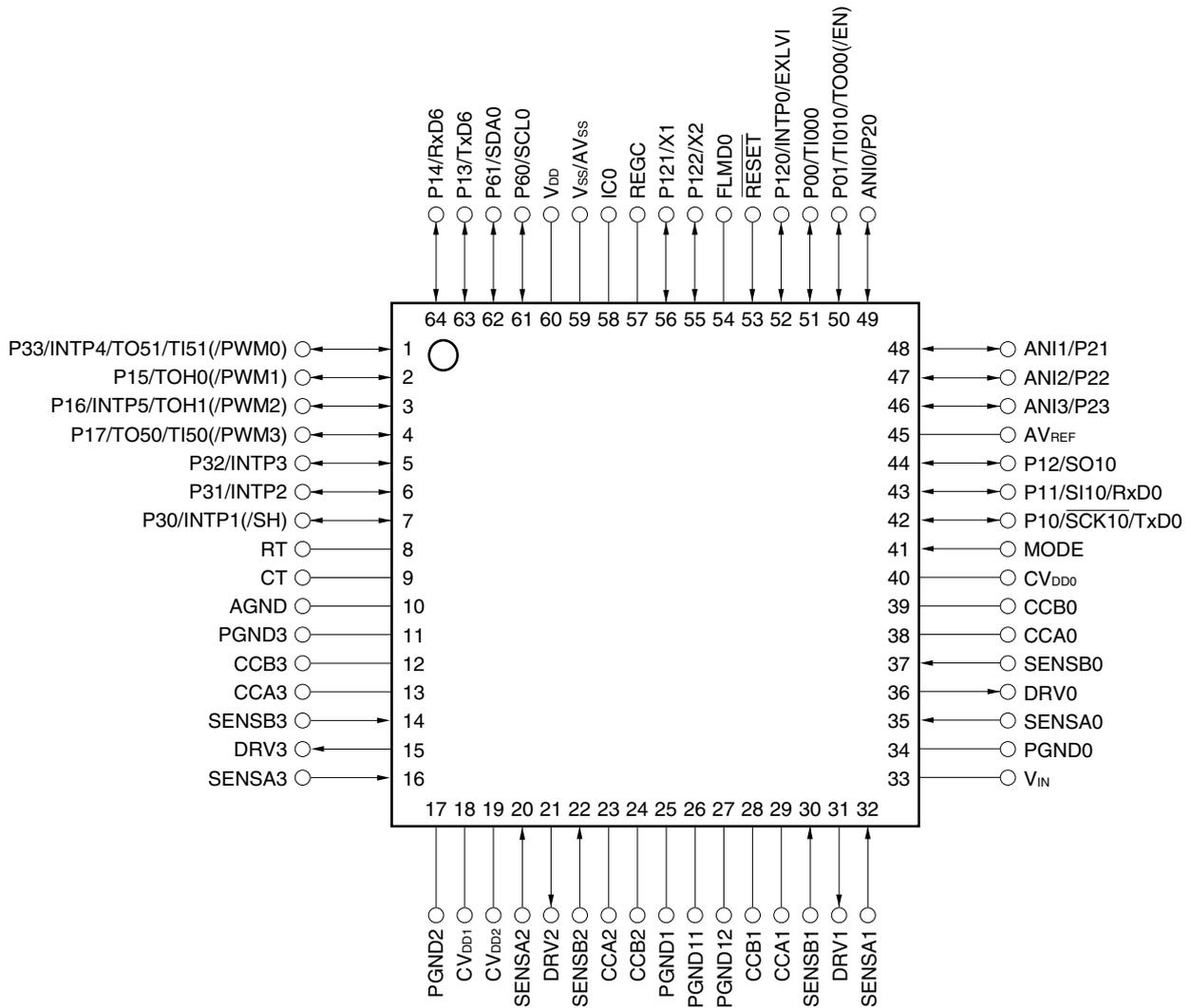
1.3 オーダ情報

・フラッシュ・メモリ製品（鉛フリー製品）

オーダ名称	パッケージ
μPD78F8024GK-GAJ-AX	64ピン・プラスチックLQFP（12x12）
μPD78F8025GK-GAJ-AX	”

1.4 端子接続図 (Top View)

・ 64ピン・プラスチックLQFP (12x12)



- 注意1. REGC端子はコンデンサ (0.47~1 μ F : 推奨) を介し, V_{SS}に接続してください。
2. ANI0/P20-ANI3/P23端子は, リセット解除後にアナログ入力モードになります。
3. IC0 (Internally connected) 端子は, V_{SS}に直接接続してください。

備考 ()内は内部端子です。

端子名称

• CPU部

ANI0-ANI3:	Analog Input	RESET:	Reset
AVREF:	Analog Reference Voltage	RxD0, RxD6:	Receive Data
AVSS :	Analog Ground	SCK10:	Serial Clock Input/Output
EXCLK:	External Clock Input (Main System Clock)	SCL0:	Serial Clock Input/Output
EXLVI:	External potential Input for Low-voltage detector	SDA0:	Serial Data Input/Output
FLMD0:	Flash Programming Mode	SI10:	Serial Data Input
INTP0-INTP5:	External Interrupt Input	SO10:	Serial Data Output
P00, P01:	Port 0	TI000, TI010,	
P10-P17:	Port 1	TI50, TI51:	Timer Input
P20-P23:	Port 2	TO00,	
P30-P33:	Port 3	TO50, TO51,	
P60, P61:	Port 6	TOH0, TOH1:	Timer Output
P120-P122:	Port 12	TxD0, TxD6:	Transmit Data
REGC:	Regulator Capacitance	VDD:	Power Supply
		VSS:	Ground
		X1, X2:	Crystal Oscillator (Main System Clock)

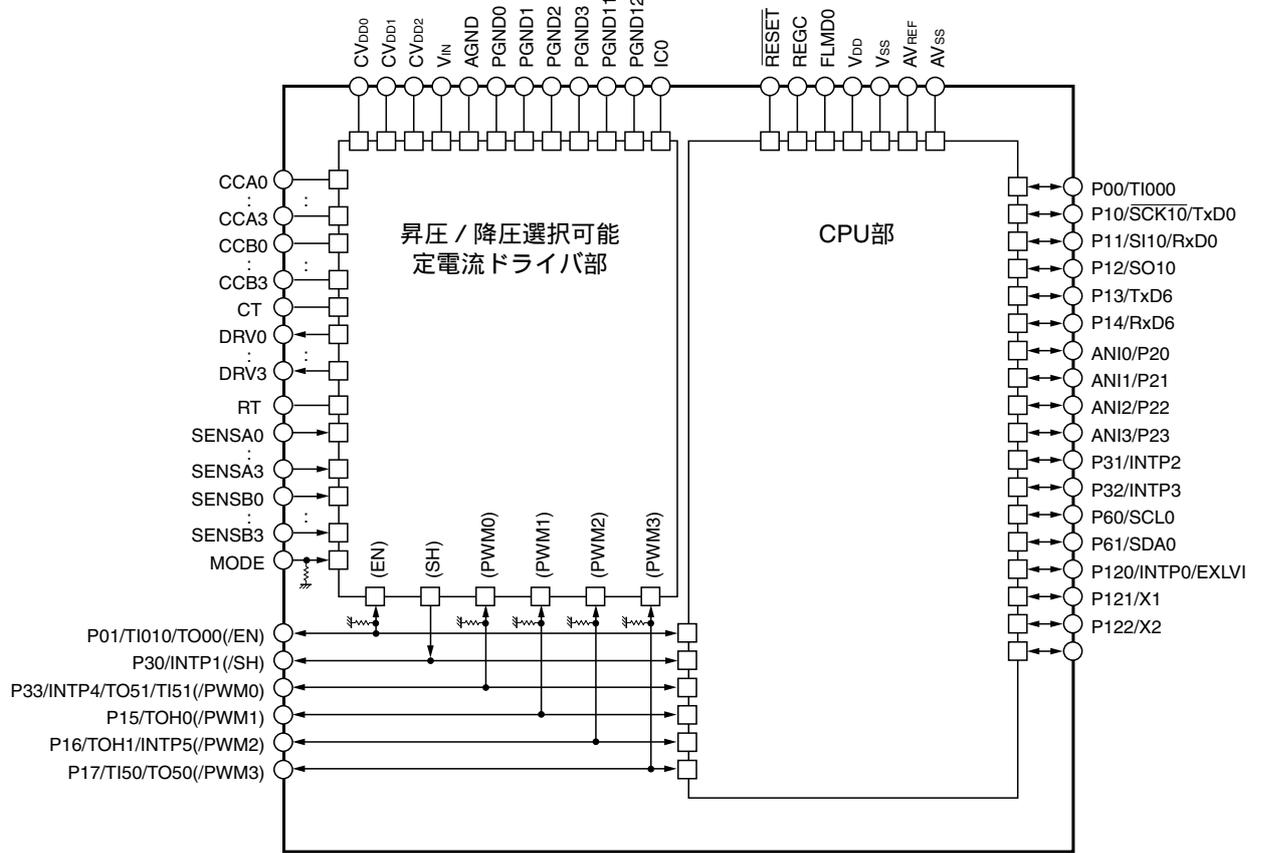
• 昇圧/降圧選択可能 定電流ドライバ部

AGND:	Analog ground
CCA0-CCA3, CCB0-CCB3:	Capacitor for phase correction
CT:	Capacitor for triangular oscillator
CVDD0-CVDD2:	Power supply for constant current driver with selectable buck or boost converter
DRV0-DRV3:	Gate drive output for N-ch MOSFET
(EN):	Enable signal for operation with pull-down (200 kΩ (TYP.))
IC0:	Internally connected
MODE:	Buck mode or Boost mode select input with pull-down (200 kΩ (TYP.))
PGND0-PGND3, PGND11, PGND12:	Ground
(PWM0-PWM3):	PWM pulse input for dimming control with pull-down (200 kΩ (TYP.))
RT:	Resistor for triangular oscillator
SENSA0-SENSA3:	Current sense for each channel at buck Mode / Voltage monitor for overvoltage protection at boost mode
SENSB0-SENSB3:	Current sense for each channel at boost mode
(SH):	Thermal protection alert
VIN:	High voltage power supply

備考 ()内は内部端子です。

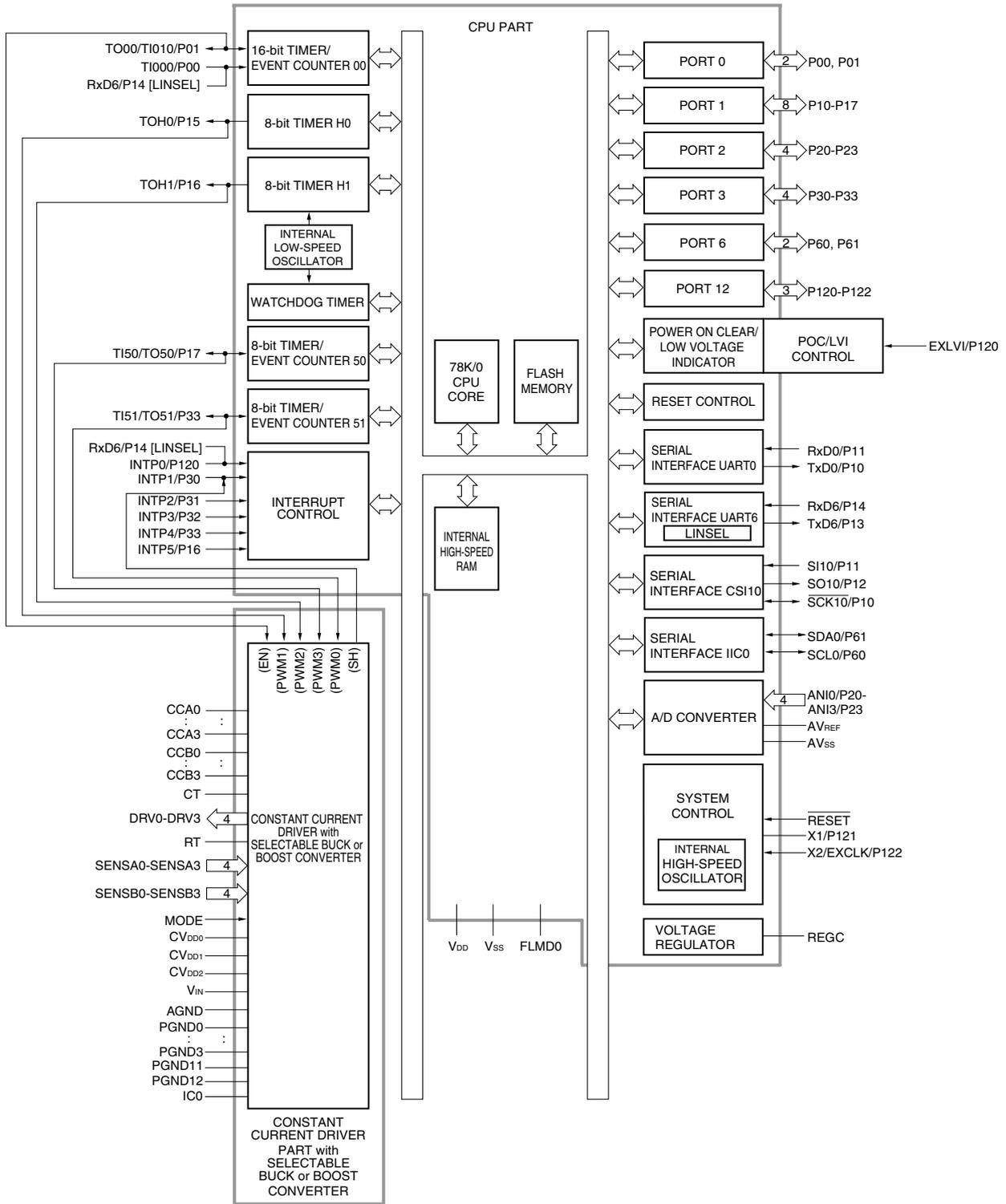
1.5 構 成

μ PD78F8024, 78F8025は、CPU部と昇圧 / 降圧選択可能 定電流ドライバ部で構成されたSip (System in a Package) 製品です。



備考 ()内は内部端子です。

1.6 ブロック図



備考 ()内は内部端子です。

1.7 機能概要

(1/2)

項 目		μ PD78F8024	μ PD78F8025
内部メモリ	フラッシュ・メモリ (セルフ・プログラミング対応)	8 Kバイト ^{注1}	32 Kバイト ^{注1}
	高速RAM	512バイト ^{注1}	1 Kバイト ^{注1}
メモリ空間		64 Kバイト	
メイン・システム・クロック (発振周波数)	高速システム・クロック	X1 (水晶 / セラミック) 発振, 外部メイン・システム・クロック入力 (EXCLK)	
	定電流ドライバ未使用時	1 ~ 20 MHz : V _{DD} = 2.7 ~ 5.5 V, 1 ~ 5 MHz : V _{DD} = 1.8 ~ 5.5 V	
	定電流ドライバ使用時	1 ~ 20 MHz : V _{DD} = CV _{DD} = 4.5 ~ 5.5 V	
	高速内蔵発振クロック	内蔵発振	
	定電流ドライバ未使用時	8 MHz (TYP.) : V _{DD} = 1.8 ~ 5.5 V	
	定電流ドライバ使用時	8 MHz (TYP.) : V _{DD} = CV _{DD} = 4.5 ~ 5.5 V	
低速内蔵発振クロック (TMH1, WDT用)		内蔵発振	
定電流ドライバ未使用時		240 kHz (TYP.) : V _{DD} = 1.8 ~ 5.5 V	
定電流ドライバ使用時		240 kHz (TYP.) : V _{DD} = CV _{DD} = 4.5 ~ 5.5 V	
汎用レジスタ		8ビット × 32レジスタ (8ビット × 8レジスタ × 4バンク)	
最小命令実行時間		0.1 μs (高速システム・クロック : f _{XH} = 20 MHz動作時) 0.25 μs (高速内蔵発振クロック : f _{RH} = 8 MHz (TYP.)動作時)	
命令セット		<ul style="list-style-type: none"> ・ 8ビット演算, 16ビット演算 ・ 乗除算 (8ビット × 8ビット, 16ビット ÷ 8ビット) ・ ビット操作 (セット, リセット, テスト, プール演算) ・ BCD補正など 	
I/Oポート		合計 : 23本 CMOS入出力 : 21本 N-chオープン・ドレイン入出力 (6 V耐圧) : 2本	
タイマ		<ul style="list-style-type: none"> ・ 16ビット・タイマ / イベント・カウンタ : 1チャンネル ・ 8ビット・タイマ / イベント・カウンタ : 2チャンネル ・ 8ビット・タイマ : 2チャンネル ・ ウォッチドッグ・タイマ : 1チャンネル 	
タイマ出力		5本 (PWM出力 : 4本, PPG出力 : 1本)	
A/Dコンバータ		10ビット分解能 × 4チャンネル (AV _{REF} = 2.3 ~ 5.5 V)	
シリアル・インタフェース		<ul style="list-style-type: none"> ・ LIN-bus対応UART : 1チャンネル ・ 3線式シリアルI/O / UART^{注2} : 1チャンネル ・ I²Cバス : 1チャンネル 	
昇圧 / 降圧選択可能 定電流ドライバ		<ul style="list-style-type: none"> ・ 昇圧モード : 4チャンネル ・ 降圧モード : 4チャンネル 	
ベクタ	内部	14	
割り込み要因	外部	6	

注1. リセット解除後に、メモリ・サイズ切り替えレジスタ (IMS) により、内部フラッシュ・メモリ、内部高速RAM容量を設定してください。

2. 端子を兼用しているため、どちらかを選択して使用します。

項 目		μ PD78F8024	μ PD78F8025
リセット		<ul style="list-style-type: none"> ・ $\overline{\text{RESET}}$端子によるリセット ・ ウォッチドッグ・タイマによる内部リセット ・ パワーオン・クリアによる内部リセット ・ 低電圧検出回路による内部リセット 	
電源電圧	定電流ドライバ未使用時	$V_{DD} = 1.8 \sim 5.5 \text{ V}$	
	定電流ドライバ使用時	$V_{DD} = CV_{DD} = 4.5 \sim 5.5 \text{ V}$	
動作周囲温度		$T_A = -40 \sim +85$	
パッケージ		64ピン・プラスチックLQFP (12x12)	

次にタイマの概要を示します。

		16ビット・タイマ / イベント・カウンタ00	8ビット・タイマ / イベント・カウンタ50, 51			8ビット・タイマH0, H1		ウォッチドッグ・タイマ
		TM00	TM50	TM51	TMH0	TMH1		
機能	インターバル・タイマ	1チャンネル	1チャンネル	1チャンネル	1チャンネル	1チャンネル		
	外部イベント・カウンタ	1チャンネル	1チャンネル	1チャンネル	-	-	-	
	PPG出力	1出力	-	-	-	-	-	
	PWM出力	-	1出力	1出力	1出力	1出力	-	
	パルス幅測定	2入力	-	-	-	-	-	
	方形波出力	1出力	1出力	1出力	1出力	1出力	-	
	キャリア・ジェネレータ	-	-	-	-	1出力 ^注	-	
	ウォッチドッグ・タイマ	-	-	-	-	-	1チャンネル	
割り込み要因		2	1	1	1	1	-	

注 TM51とTMH1を組み合わせることで、キャリア・ジェネレータ・モードとして使用できます。

第2章 端子機能

2.1 端子機能一覧

2.1.1 CPU部

(1) ポート機能

機能名称	入出力	機能	リセット時	兼用機能
P00	入出力	ポート0。 2ビット入出力ポート。 1ビット単位で入力/出力の指定可能。 ソフトウェアの設定により、内蔵プルアップ抵抗を使用可能。	入力ポート	TI000
P01				TI010/TO00 (/EN)
P10	入出力	ポート1。 8ビット入出力ポート。 1ビット単位で入力/出力の指定可能。 ソフトウェアの設定により、内蔵プルアップ抵抗を使用可能。	入力ポート	SCK10/TxD0
P11				SI10/RxD0
P12				SO10
P13				TxD6
P14				RxD6
P15				TOH0 (/PWM1)
P16				TOH1/INTP5 (/PWM2)
P17				TI50/TO50 (/PWM3)
P20-P23	入出力	ポート2。 4ビット入出力ポート。 1ビット単位で入力/出力の指定可能。	アナログ 入力	ANI0-ANI3
P30	入出力	ポート3。 4ビット入出力ポート。 1ビット単位で入力/出力の指定可能。 ソフトウェアの設定により、内蔵プルアップ抵抗を使用可能。	入力ポート	INTP1 (/SH)
P31				INTP2
P32				INTP3
P33				INTP4/TI51/TO51 (/PWM0)
P60	入出力	ポート6。 2ビット入出力ポート。 出力はN-chオープン・ドレイン出力(6V耐圧)。 1ビット単位で入力/出力の指定可能。	入力ポート	SCL0
P61				SDA0
P120	入出力	ポート12。 3ビット入出力ポート。 1ビット単位で入力/出力の指定可能。 P120のみ、ソフトウェアの設定により、内蔵プルアップ抵抗を使用可能。	入力ポート	INTP0/EXLVI
P121				X1
P122				X2/EXCLK

備考 ()内は内部端子です。

(2) ポート以外の機能 (1/2)

機能名称	入出力	機能	リセット時	兼用機能
ANI0-ANI3	入力	A/Dコンバータのアナログ入力	アナログ入力	P20-P23
EXLVI	入力	外部低電圧検出用電位入力	入力ポート	P120/INTP0
FLMD0	-	フラッシュ・メモリ・プログラミング・モード引き込み。	-	-
INTP0	入力	有効エッジ（立ち上がり，立ち下がり，立ち上がりおよび立ち下がり）の両エッジ）指定可能な外部割り込み要求入力	入力ポート	P120/EXLVI
INTP1				P30 (/SH)
INTP2				P31
INTP3				P32
INTP4				P33/TI51/TO51 (/PWM0)
INTP5				P16/TOH1 (/PWM2)
REGC	-	内部動作レギュレータ出力（2.5V）安定容量接続。 コンデンサ（0.47~1 μ F：推奨）を介し，V _{SS} に接続してください。	-	-
RESET	入力	システム・リセット入力。	-	-
RxD0	入力	UART0のシリアル・データ入力	入力ポート	P11/SI10
RxD6		UART6のシリアル・データ入力		P14
TxD0	出力	UART0のシリアル・データ出力	入力ポート	P10/SCK10
TxD6		UART6のシリアル・データ出力		P13
SCK10	入出力	CSI10のクロック入力/出力	入力ポート	P10/TxD0
SI10	入力	CSI10のシリアル・データ入力		P11/RxD0
SO10	出力	CSI10のシリアル・データ出力		P12
SCL0	入出力	I ² Cのクロック入力/出力	入力ポート	P60
SDA0		I ² Cのシリアル・データ入出力		P61
TI000	入力	16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00への外部カウント・クロック入力 16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00のキャプチャ・レジスタ（CR000, CR010）へのキャプチャ・トリガ入力	入力ポート	P00
TI010	入力	16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00のキャプチャ・レジスタ（CR000）へのキャプチャ・トリガ入力	入力ポート	P01/TO00 (/EN)
TI50	入力	8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50への外部カウント・クロック入力	入力ポート	P17/TO50 (/PWM3)
TI51		8ビット・タイマ/イベント・カウンタ51への外部カウント・クロック入力		P33/TO51/INTP4 (/PWM0)

備考 ()内は内部端子です。

(2) ポート以外の機能 (2/2)

機能名称	入出力	機能	リセット時	兼用機能
TO00	出力	16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00出力	入力ポート	P01/TI010 (/EN)
TO50	出力	8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50出力	入力ポート	P17/TI50 (/PWM3)
TO51		8ビット・タイマ/イベント・カウンタ51出力		P33/TI51/INTP4 (/PWM0)
TOH0	出力	8ビット・タイマH0出力	入力ポート	P15 (/PWM1)
TOH1		8ビット・タイマH1出力		P16/INTP5 (/PWM2)
X1	-	メイン・システム・クロック用発振子接続	入力ポート	P121
X2	-		入力ポート	P122/EXCLK
EXCLK	入力	メイン・システム・クロック用外部クロック入力	入力ポート	P122/X2
V _{DD}	-	P20-P23以外の正電源	-	-
AV _{REF}	-	A/Dコンバータの基準電圧入力およびP20-P23, A/Dコンバータの正電源	-	-
V _{SS}	-	P20-P23以外のグランド電位	-	-
AV _{SS}	-	A/Dコンバータのグランド電位。V _{SS} と同電位にしてください。	-	-

備考 ()内は内部端子です。

2.1.2 昇圧/降圧選択可能 定電流ドライバ部

機能名称	入出力	機能	リセット時	兼用機能
(EN)	入力	動作/スタンバイ制御入力(プルダウン抵抗(200 kΩ(TYP.))内蔵)	入力ポート	P01/TI010/TO00
(PWM0)	入力	PWM制御入力(プルダウン抵抗(200 kΩ(TYP.))内蔵)	入力ポート	P33/INTP4/TO51/ TI51
(PWM1)				P15/TOH0
(PWM2)				P16/TOH1/INTP5
(PWM3)				P17/TI50/TO50
(SH)	出力	過熱保護アラーム出力	入力ポート	P30/INTP1
DRV0-DRV3	出力	外付けMOSFET用ゲート駆動出力	出力	-
MODE	入力	昇圧モード/降圧モード設定入力(プルダウン抵抗(200 kΩ(TYP.))内蔵)	入力	-
SENSA0-SENSA3	入力	降圧モード時電流検出/昇圧モード時過電圧検出	入力	-
SENSB0-SENSB3	入力	昇圧モード時電流検出	入力	-
CCA0-CCA3, CCB0-CCB3	-	位相補正容量接続	-	-
CT	-	三角波発振周波数設定容量接続	-	-
RT	-	三角波発振周波数設定抵抗接続	-	-
CVDD0-CVDD2	-	定電流ドライバ部の正電源	-	-
VIN	-	高電圧供給	-	-
AGND	-	アナログ・グランド電位	-	-
PGND0- PGND3, PGND11, PGND12	-	グランド電位	-	-
IC0	-	内部接続されています。V _{SS} に直接接続してください。	-	-

備考 ()内は内部端子です。

2.2 端子機能の説明 (CPU部)

2.2.1 P00, P01 (Port 0)

2ビットの入出力ポートです。入出力ポートのほかにタイマの入出力機能があります。

1ビット単位で次のような動作モードを指定できます。

(1) ポート・モード

2ビットの入出力ポートとして機能します。ポート・モード・レジスタ0 (PM0) の設定により、1ビット単位で入力ポートまたは出力ポートに指定できます。プルアップ抵抗オプション・レジスタ0 (PU0) の設定により、内蔵プルアップ抵抗を使用できます。

(2) コントロール・モード

タイマの入出力として機能します。

(a) TI000

16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00への外部カウント・クロック入力端子および16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00のキャプチャ・レジスタ (CR000, CR010) へのキャプチャ・トリガ信号入力端子です。

(b) TI010

16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00のキャプチャ・レジスタ (CR000) へのキャプチャ・トリガ信号入力端子です。

(c) TO00

16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00のタイマ出力端子です。

備考 P01/TI010/TO00端子は、パッケージ内部で、定電流ドライバ部のEN端子 (内部端子) と接続されているため、定電流ドライバ部のEN端子を操作することができます。

2.2.2 P10-P17 (Port 1)

8ビットの入出力ポートです。入出力ポートのほかに、外部割り込み要求入力、シリアル・インタフェースのデータ入出力、クロック入出力、タイマの入出力機能があります。

1ビット単位で次のような動作モードを指定できます。

(1) ポート・モード

8ビットの入出力ポートとして機能します。ポート・モード・レジスタ1 (PM1) の設定により、1ビット単位で入力ポートまたは出力ポートに指定できます。プルアップ抵抗オプション・レジスタ1 (PU1) の設定により、内蔵プルアップ抵抗を使用できます。

(2) コントロール・モード

外部割り込み要求入力、シリアル・インタフェースのデータ入出力、クロック入出力、タイマの入出力として機能します。

(a) SI10

シリアル・インタフェースCSI10のシリアル・データ入力端子です。

(b) SO10

シリアル・インタフェースCSI10のシリアル・データ出力端子です。

(c) $\overline{\text{SCK10}}$

シリアル・インタフェースCSI10のシリアル・クロック入出力端子です。

(d) RxD0

シリアル・インタフェースUART0のシリアル・データ入力端子です。

(e) RxD6

シリアル・インタフェースUART6のシリアル・データ入力端子です。

(f) TxD0

シリアル・インタフェースUART0のシリアル・データ出力端子です。

(g) TxD6

シリアル・インタフェースUART6のシリアル・データ出力端子です。

(h) TI50

8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50への外部カウント・クロック入力端子です。

(i) TO50

8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50のタイマ出力端子です。

(j) TOH0, TOH1

8ビット・タイマH0, H1のタイマ出力端子です。

(k) INTP5

有効エッジ（立ち上がり，立ち下がり，立ち上がりおよび立ち下がりの両エッジ）指定可能な外部割り込み要求入力端子です。

備考 P15/TOH0, P16/TOH1/INTP5, P17/TI50/TO50端子は、パッケージ内部で、定電流ドライバ部のPWM1, PWM2, PWM3端子（内部端子）とそれぞれ接続されているため、定電流ドライバ部のPWM1, PWM2, PWM3端子を操作することができます。

2.2.3 P20-P23 (Port 2)

4ビットの入出力ポートです。入出力ポートのほかにA/Dコンバータのアナログ入力機能があります。

1ビット単位で次のような動作モードを指定できます。

(1) ポート・モード

4ビットの入出力ポートとして機能します。ポート・モード・レジスタ2 (PM2) の設定により、1ビット単位で入力ポートまたは出力ポートに指定できます。

(2) コントロール・モード

A/Dコンバータのアナログ入力端子 (ANI0-ANI3) として機能します。アナログ入力端子として使用する場合、11.6 A/Dコンバータの注意事項 (5) ANI0/P20-ANI3/P23を参照してください。

注意 ANI0/P20-ANI3/P23は、リセット解除後はアナログ入力モードになります。

2.2.4 P30-P33 (Port 3)

4ビットの入出力ポートです。入出力ポートのほかに外部割り込み要求入力、タイマ入出力機能があります。1ビット単位で次のような動作モードを指定できます。

(1) ポート・モード

4ビットの入出力ポートとして機能します。ポート・モード・レジスタ3 (PM3) の設定により、1ビット単位で入力ポートまたは出力ポートに指定できます。プルアップ抵抗オプション・レジスタ3 (PU3) の設定により、内蔵プルアップ抵抗を使用できます。

(2) コントロール・モード

外部割り込み要求入力、タイマの入出力として機能します。

(a) INTp1-INTp4

有効エッジ (立ち上がり、立ち下がり、立ち上がりおよび立ち下がりの両エッジ) 指定可能な外部割り込み要求入力端子です。

(b) TI51

8ビット・タイマ/イベント・カウンタ51への外部カウント・クロック入力端子です。

(c) TO51

8ビット・タイマ/イベント・カウンタ51のタイマ出力端子です。

備考1. P30/INTp1端子は、パッケージ内部で、定電流ドライバ部のSH端子 (内部端子) と接続されているため、定電流ドライバ部のSH端子からの信号を判定することができます。

2. P33/INTp4/TO51/TI51端子は、パッケージ内部で、定電流ドライバ部のPWM0端子 (内部端子) と接続されているため、定電流ドライバ部のPWM0端子を操作することができます。

2.2.5 P60, P61 (Port 6)

2ビットの入出力ポートです。入出力ポートのほかにシリアル・インタフェースのデータ入出力、クロック入出力機能があります。

1ビット単位で次のような動作モードを指定できます。

(1) ポート・モード

2ビットの入出力ポートとして機能します。ポート・モード・レジスタ6 (PM6) の設定により, 1ビット単位で入力ポートまたは出力ポートに指定できます。

出力はN-chオープン・ドレイン出力 (6 V耐圧) になっています。

(2) コントロール・モード

シリアル・インタフェースのデータ入出力, クロック入出力として機能します。

(a) SDA0

シリアル・インタフェースIIC0のシリアル・データ入出力端子です。

(b) SCL0

シリアル・インタフェースIIC0のシリアル・クロック入出力端子です。

2.2.6 P120-P122 (Port 12)

3ビットの入出力ポートです。入出力ポートのほか外部割り込み要求入力, 外部低電圧検出用電位入力, メイン・システム・クロック用発振子接続, メイン・システム・クロック用外部クロック入力機能があります。

1ビット単位で次のような動作モードを指定できます。

(1) ポート・モード

3ビットの入出力ポートとして機能します。ポート・モード・レジスタ12 (PM12) の設定により, 入力ポートまたは出力ポートに指定できます。プルアップ抵抗オプション・レジスタ12 (PU12) の設定により, P120のみ内蔵プルアップ抵抗を使用できます。

(2) コントロール・モード

外部割り込み要求入力, 外部低電圧検出用電位入力, メイン・システム・クロック用発振子接続, メイン・システム・クロック用外部クロック入力として機能します。

(a) INTP0

有効エッジ (立ち上がり, 立ち下がり, 立ち上がりおよび立ち下がりの両エッジ) 指定可能な外部割り込み要求入力 (INTP0) として機能します。

(b) EXLVI

外部低電圧検出用電位入力端子です。

(c) X1, X2

メイン・システム・クロック用発振子接続端子です。

(d) EXCLK

メイン・システム・クロック用外部クロック入力端子です。

2.2.7 AVREF

A/Dコンバータの基準電圧入力およびP20-P23, A/Dコンバータの正電源供給端子です。

A/Dコンバータを使用しない場合は, V_{DD} に直接接続してください[※]。

注 ポート2をデジタル・ポートとして使用する場合は, V_{DD} と同電位にしてください。

2.2.8 AVSS

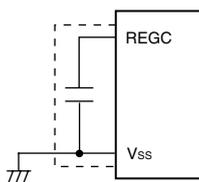
A/Dコンバータのグラウンド電位端子です。A/Dコンバータを使用しないときでも, 常に V_{SS} と同電位で使用してください。

2.2.9 $\overline{\text{RESET}}$

ロウ・レベル・アクティブのシステム・リセット入力端子です。

2.2.10 REGC

内部動作用レギュレータ出力(2.5V)安定容量接続端子です。コンデンサ(0.47~1 μ F:推奨)を介し, V_{SS} に接続してください。



注意 上図の破線部分の配線を極力短くしてください。

2.2.11 V_{DD}

P20-P23以外の正電源供給端子です。

定電流ドライバ部使用時は $V_{DD} = CV_{DD} = 4.5 \sim 5.5$ Vで, 定電流ドライバ部未使用時は $V_{DD} = 1.8 \sim 5.5$ Vで動作してください。

2.2.12 V_{SS}

P20-P23以外のグラウンド電位端子です。

2.2.13 FLMD0

フラッシュ・メモリ・プログラミング・モード引き込み用端子です。

通常動作モード時には, FLMD0を V_{SS} に接続してください。

フラッシュ・メモリ・プログラミング・モード時には, フラッシュ・メモリ・プログラマと接続してください。

2.3 端子機能の説明（定電流ドライバ部）

2.3.1 EN（内部端子）

動作ノスタンバイ制御入力端子です。プルダウン抵抗（200 k Ω (TYP.)）が内蔵されています。

EN端子は、パッケージ内部で、CPU部のP01/TI010/TO00端子と接続されています。このため、外部ドライバICを制御する場合は、この端子と外部ドライバICを接続してください。外部ドライバICを制御しない場合は、この端子をオープンにしてください。

2.3.2 PWM0-PWM3（内部端子）

PWM制御入力端子です。プルダウン抵抗（200 k Ω (TYP.)）が内蔵されています。

PWM0, PWM1, PWM2, PWM3端子は、パッケージ内部で、CPU部のP33/INTP4/TO51/TI51, P15/TOH0, P16/TOH1/INTP5, P17/TI50/TO50端子とそれぞれ接続されています。このため、外部ドライバICを制御する場合は、これら端子と外部ドライバICを接続してください。外部ドライバICを制御しない場合は、これらの端子をオープンにしてください。

また、PWM制御入力として使用しない端子は、汎用ポート、タイマ入出力、または割り込み入力として使用できます。

2.3.3 SH（内部端子）

過熱保護アラーム出力端子です。過熱保護回路の動作により、SH端子からハイ・レベルが出力され、定電流ドライバの動作は停止します。

SH端子は、パッケージ内部で、CPU部のP30/INTP1端子と接続されています。このため、この端子はオープンにしてください。

2.3.4 DRV0-DRV3

外付けMOSFET用ゲート駆動出力端子です。

2.3.5 MODE

昇圧モードノ降圧モード設定入力端子です。プルダウン抵抗（200 k Ω (TYP.)）が内蔵されています。

ロウ・レベル入力時は昇圧モードに、ハイ・レベル入力時は降圧モードに設定することができます。

2.3.6 SENA0-SENSA3

外付け回路の電流（降圧モード時）または外付け回路の過電圧（昇圧モード時）を検出する端子です。

2.3.7 SENSB0-SENSB3

外付け回路の電流（昇圧モード時）を検出する端子です。

2.3.8 CCA0-CCA3, CCB0-CCB3

位相補正容量接続端子です。

2.3.9 CT

三角波発振周波数を設定するための容量接続端子です。

2.3.10 RT

三角波発振周波数を設定するための抵抗接続端子です。

2.3.11 CVDD0-CVDD2

定電流ドライバ部の正電源です。定電流ドライバ部使用時は、 $V_{DD} = CV_{DD} = 4.5 \sim 5.5 \text{ V}$ で動作してください。

2.3.12 VIN

高電圧供給端子です。

2.3.13 AGND

アナログ・グランド電位端子です。

2.3.14 PGND0-PGND3, PGND11

グランド電位端子です。

2.3.15 IC0

内部接続端子です。 V_{SS} に直接接続してください。

2.4 端子の入出力回路と未使用端子の処理

各端子の入出力タイプと、未使用端子の処理を表2-1, 2-2に示します。

また、各タイプの入出力回路の構成は、図2-1を参照してください。

表2-1 各端子の入出力回路タイプ (CPU部)

端子名称	入出力回路タイプ	入出力	未使用時の推奨接続方法
P00/TI000	5-AQ	入出力	入力時：個別に抵抗を介して、V _{DD} またはV _{SS} に接続してください。 出力時：オープンにしてください。
P01/TI010/TO00 (/EN)			オープンにしてください。
P10/SCK10/TxD0			入力時：個別に抵抗を介して、V _{DD} またはV _{SS} に接続してください。 出力時：オープンにしてください。
P11/SI10/RxD0			
P12/SO10	5-AG	オープンにしてください。	
P13/TxD6	5-AQ		
P14/RxD6			5-AG
P15/TOH0 (/PWM1)	5-AQ		
P16/TOH1/INTP5 (/PWM2)	5-AQ	オープンにしてください。	
P17/TI50/TO50 (/PWM3)			
ANI0/P20-ANI3/P23 ^{注1}	11-G	< デジタル入力設定時およびアナログ入力設定時 > 個別に抵抗を介して、AV _{REF} またはAV _{SS} に接続してください。 < デジタル出力設定時 > オープンにしてください。	
P30/INTP1 (/SH)	5-AQ	入出力	オープンにしてください。
P31/INTP2			入力時：個別に抵抗を介して、V _{DD} またはV _{SS} に接続してください。 出力時：オープンにしてください。
P32/INTP3			オープンにしてください。
P33/TI51/TO51/INTP4 (/PWM0)			入力時：V _{SS} に接続してください。 出力時：ポートの出力ラッチに0を設定してロウ・レベル出力でオープンにしてください。
P60/SCL0	13-AI	入出力	入力時：個別に抵抗を介して、V _{DD} またはV _{SS} に接続してください。 出力時：オープンにしてください。
P61/SDA0			
P120/INTP0/EXLVI	5-AQ	入出力	入力時：個別に抵抗を介して、V _{DD} またはV _{SS} に接続してください。 出力時：オープンにしてください。
P121/X1 ^{注2}	37		
P122/X2/EXCLK ^{注2}			
AV _{REF}	-	-	V _{DD} に直接接続してください。 ^{注3}
AV _{SS}	-	-	V _{SS} に直接接続してください。
FLMD0	38-A	-	V _{SS} に接続してください。 ^{注4}
RESET	2	入力	V _{DD} に直接接続または抵抗を介して接続してください。

注1. ANI0/P20-ANI3/P23は、リセット解除後はアナログ入力モードになります。

- 未使用時は、入出力ポート・モード (図6-2 クロック動作モード選択レジスタ (OSCCTL) のフォーマットを参照) で上記の推奨接続方法を行ってください。
- ポート2をデジタル・ポートとして使用する場合は、V_{DD}と同電位にしてください。
- FLMD0は、フラッシュ・メモリにデータを書き込むときに使用する端子です。オンボードでフラッシュ・メモリのデータを書き換える場合は、抵抗 (10 kΩ : 推奨) を介して、V_{SS}に接続してください。

表2 - 2 各端子の入出力回路タイプ (定電流ドライバ部)

動作モード	端子名称	入出力	未使用時の推奨接続方法
昇圧モード, チャンネルn未使用時 (n = 0-3)	PWMn	入力	オープン, または抵抗を介してPGNDに接続してください。
	SENSAn		V _{IN} に接続してください。
	SENSBn		PGNDに接続してください。
	DRVn	出力	オープンにしてください。
	CCAn	-	
	CCBn	-	
降圧モード, チャンネルn未使用時 (n = 0-3)	PWMn	入力	オープン, または抵抗を介してPGNDに接続してください。
	SENSAn		V _{IN} に接続してください。
	SENSBn		オープンにしてください。
	DRVn	出力	
	CCAn	-	
	CCBn	-	
-	IC0	-	V _{SS} に直接接続してください。

図2 - 1 端子の入出力回路一覧 (1/2)

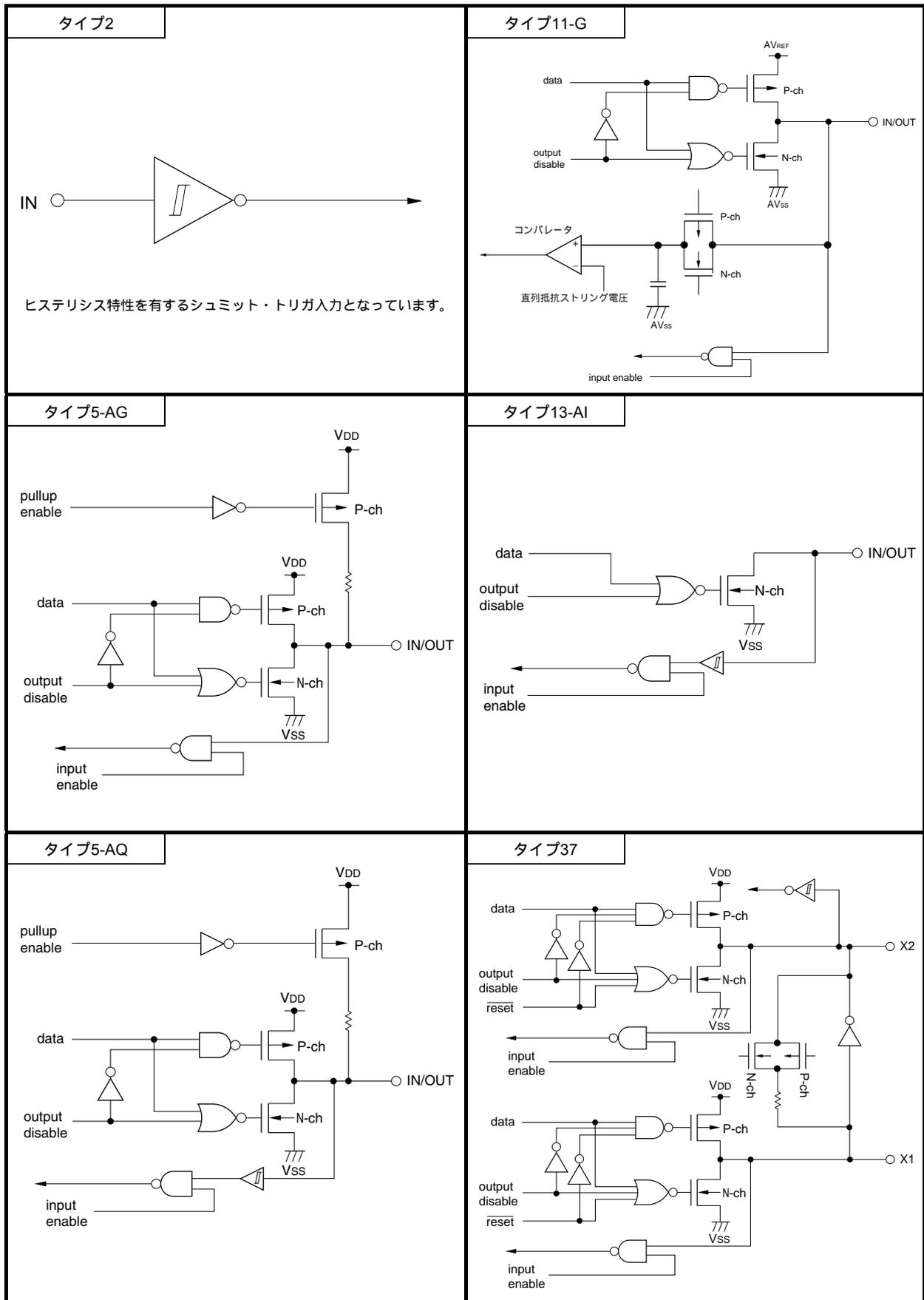
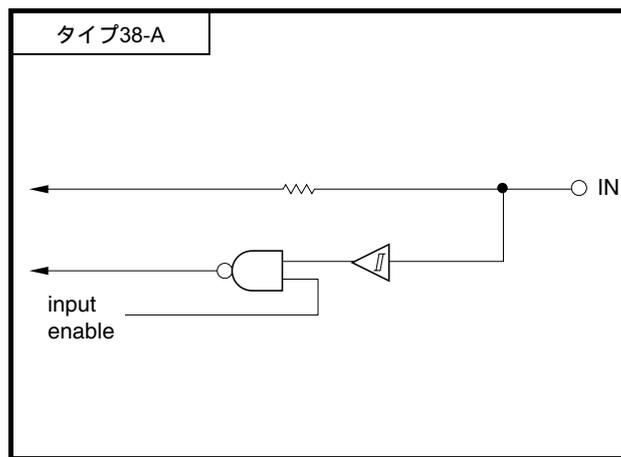


図2 - 1 端子の入出力回路一覧 (2/2)



第3章 昇圧 / 降圧選択可能 定電流ドライバ

3.1 昇圧 / 降圧選択可能 定電流ドライバの機能

この定電流ドライバは、パワー-MOSFETを外付けし、外付け部品定数により、1チャンネル当たり0.35 A, 0.7 A, 1 Aまたは1.5Aの定電流で負荷を駆動することができます。

定電流ドライバの動作モードは、MODE端子からの入力レベル（外部固定）と外部部品の構成により、昇圧モード（ロウ・レベル入力）または降圧モード（ハイ・レベル入力）のどちらかを選択することができます。

電源投入後、EN端子にハイ・レベルを入力したあとに、PWM0-PWM3端子にそれぞれハイ・レベルを入力することにより、各チャンネルの定電流ドライバの動作が開始されます。PWM0-PWM3端子にPWM信号を入力することにより、定電流ドライバの間欠動作が可能です。

CV_{DD}電圧がUVLO動作電圧（V_{UVLO}）以下の場合、定電流ドライバは自動的に停止します。

定電流ドライバの動作中に、外付け回路から過電流または過電圧（昇圧モードのみ）が検出された場合、問題のあるチャンネルのみ、動作が停止します。また、動作中にデバイスが高熱（150（TYP.）以上）になると、SH端子からハイ・レベルが出力され、定電流ドライバは停止します。

- ・昇圧モードまたは降圧モードを選択可能
- ・定電流負荷（0.35 A, 0.7 A, 1 A, 1.5Aなど）の駆動を制御するチャンネルを4チャンネル（チャンネル0～3）内蔵
- ・PWM入力（CPU部の8ビット・タイマのPWM出力）により、ON / OFF制御と平均電流値制御が可能
- ・過熱保護機能内蔵
- ・過電流保護機能内蔵
- ・過電圧保護機能内蔵（昇圧モードのみ）
- ・低電圧保護（UVLO）機能内蔵

注意1. EN端子はパッケージ内部で、CPU部のP01/TI010/TO00端子と接続されています。CPU部のP01を操作することにより、定電流ドライバ部の制御が可能です。

外部ドライバICを制御する場合は、この端子と外部ドライバICを接続してください。外部ドライバICを制御しない場合は、この端子をオープンにしてください。

2. SH端子はパッケージ内部で、CPU部のP30/INTP1端子と接続されています。これにより、SH端子からの出力を、CPU部の割り込み機能にて確認することができます。

この端子はオープンにしてください。

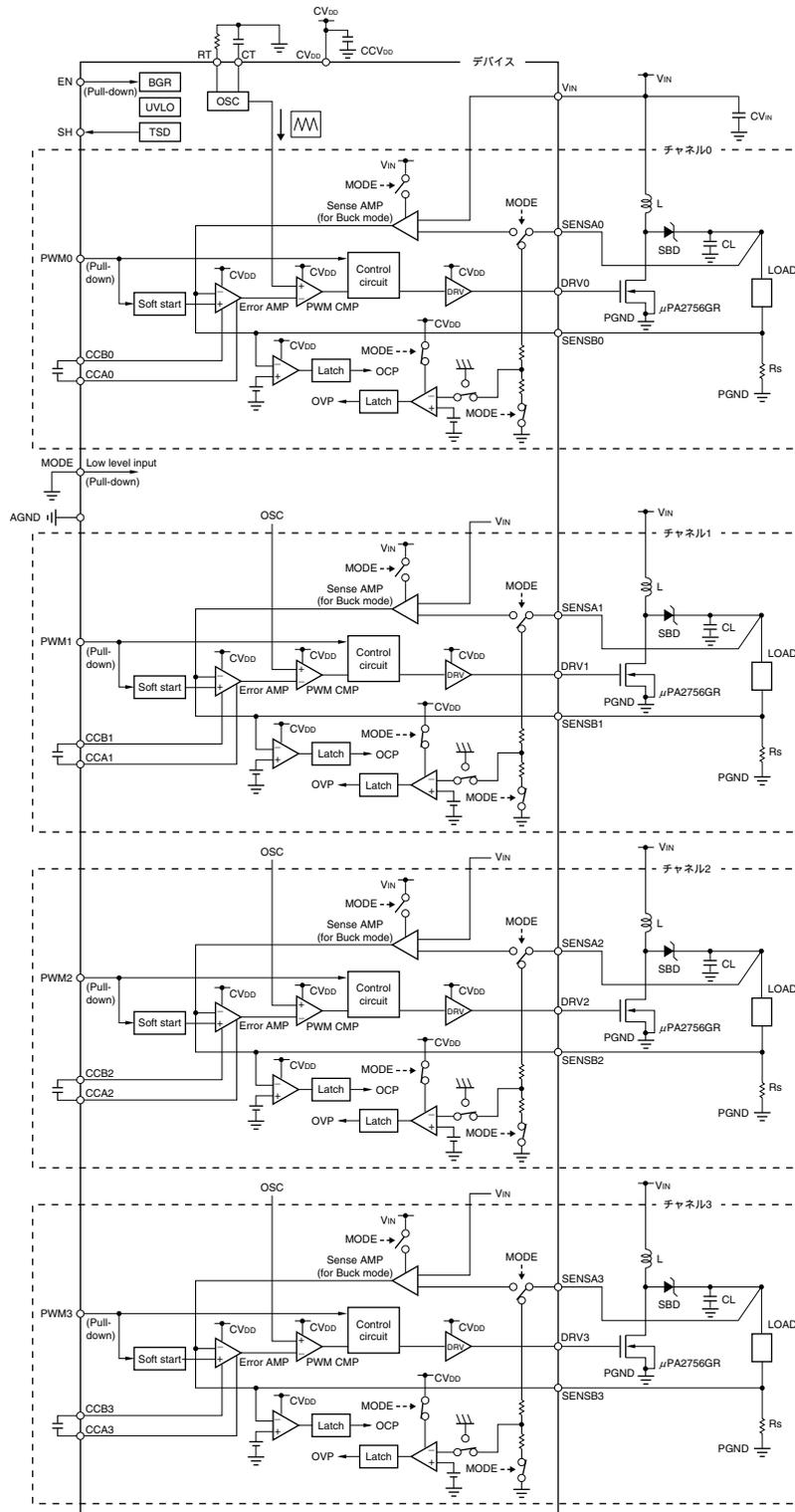
3. PWM0, PWM1, PWM2, PWM3端子は、パッケージ内部で、CPU部のP33/INTP4/TO51/TI51, P15/TOH0, P16/TOH1/INTP5, P17/TI50/TO50端子とそれぞれ接続されています。これにより、CPU部の8ビット・タイマからのPWM出力を、定電流ドライバ部に入力することができます。

外部ドライバICを制御する場合は、これら端子と外部ドライバICを接続してください。外部ドライバICを制御しない場合は、これらの端子をオープンにしてください。また、PWM制御入力として使用しない端子は、汎用ポート、タイマ入出力、または割り込み入力として使用できます。

3.2 昇圧モード

昇圧モードのブロック図を、次に示します。

図3-1 昇圧モードのブロック図

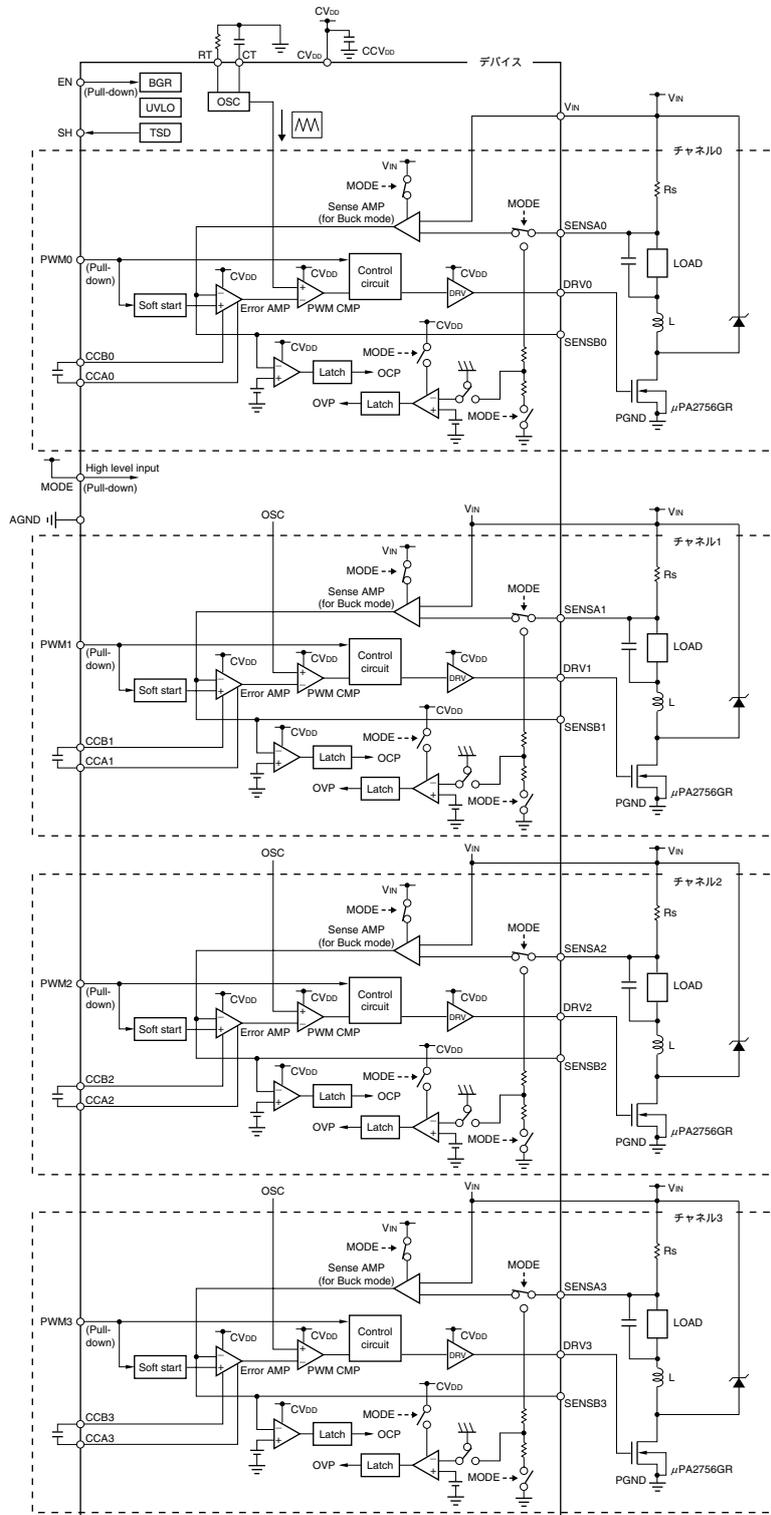


- 注意1. 上記の回路図は参考用であり、実際の特性を保証するものではありません。
 2. 昇圧モードを設定する場合、MODE端子は直接GNDに接続してください。

3.3 降圧モード

降圧モードのブロック図を、次に示します。

図3-2 降圧モードのブロック図



- 注意1. 上記の回路図は参考用であり、実際の特性を保証するものではありません。
 2. 降圧モードを設定する場合、MODE端子は直接CVDDに接続してください。

備考1. 昇圧モードおよび降圧モードの各チャンネルの検出電圧は、0.115 Vなので、負荷電流 (I_{LOAD}) は、次のように決まります。

$$\cdot \text{負荷電流 (I}_{\text{LOAD}}) = \frac{0.115 \text{ V}}{\text{電流検出抵抗 (R}_s)}$$

電流検出抵抗 (R_s) の許容誤差は、±1 %以下を推奨します。

設定例を次に示します。

参考値			
R _s (Ω)	I _{LOAD} (A)	検出電圧 (V)	P _{RS} (W)
0.33	0.35	0.115	0.04
0.18	0.64	0.115	0.073
0.12	0.96	0.115	0.11
0.082	1.4	0.115	0.16

2. 外付けのN-ch MOSFETは、負荷電流 (I_{LOAD}) によって、推奨する製品が異なります。

- ・ 負荷電流 (I_{LOAD}) 0.75 A: μ PA2756GR (当社製品)
- ・ 0.75 A < 負荷電流 (I_{LOAD}) 1.5 A: 2SK2414-Z (当社製品)

3.4 動作モードの設定手順

昇圧モードまたは降圧モードの動作開始は、次の手順で行ってください。

定電流ドライバに電源電圧を供給してください (CV_{DD}端子: 0 V CV_{DD})

MODE端子からの入力レベルを、ハイ・レベルまたはロウ・レベルに固定してください。

- ・ ロウ・レベル: 昇圧モード
- ・ ハイ・レベル: 降圧モード

定電流ドライバに高電圧を供給してください (V_{IN}端子: 0 V V_{IN})

EN端子にハイ・レベルを入力してください。三角波の発振が開始されます。

PWM待機時間 (100 μs (MIN.)) 後、PWM0-PWM3端子にそれぞれハイ・レベルを入力してください。各チャンネルの定電流ドライバの動作が開始されます。

PWM0-PWM3端子にPWM信号を入力してください。定電流ドライバが間欠動作を開始します。

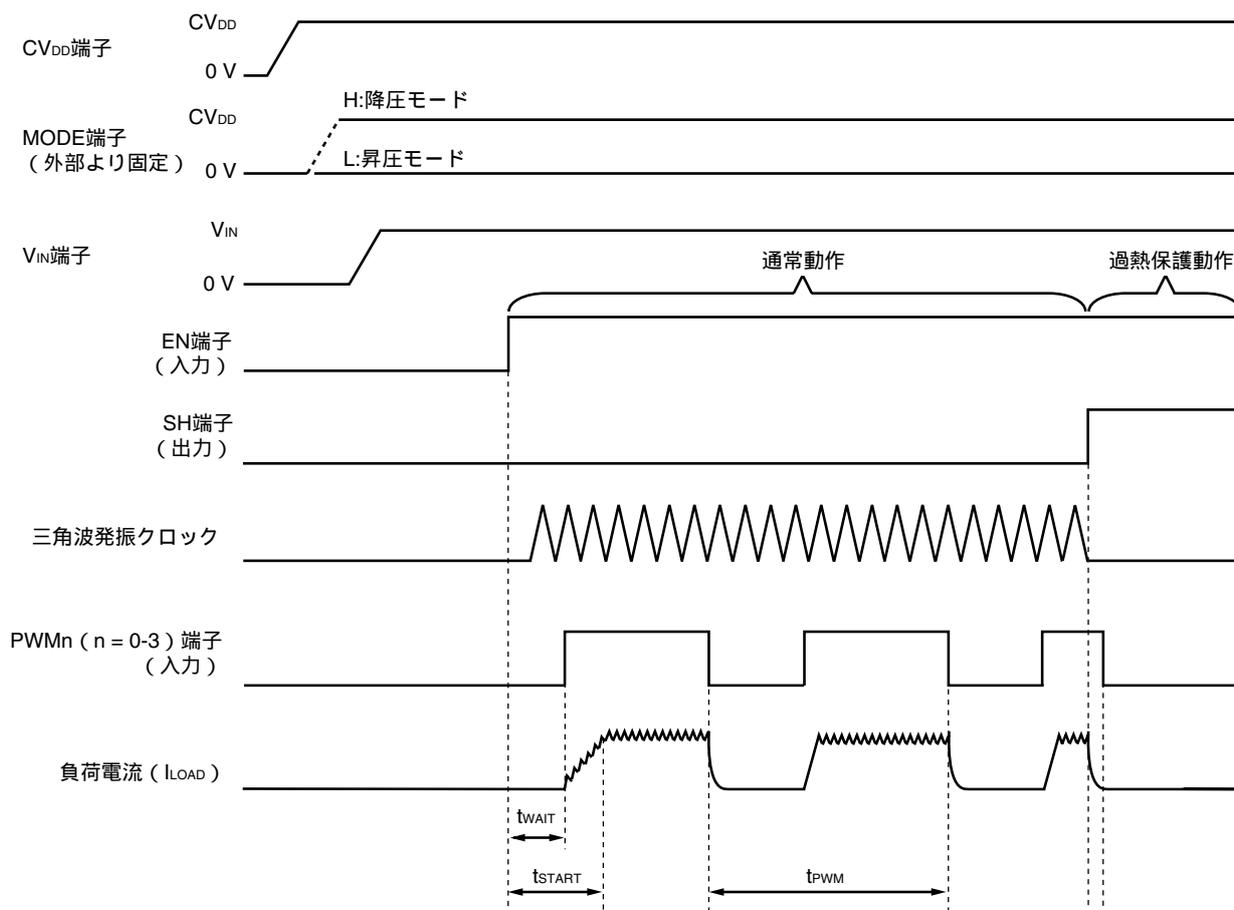
チャンネル0~3の平均負荷電流は、対応したPWM入力端子からのPWM信号によって制御されます。CPU部の8ビット・タイマからのPWM出力のデューティは1/256~256/256なので、256段階の制御が可能です。

定電流ドライバの動作中に、外付け回路から過電流または過電圧 (昇圧モードのみ) が検出された場合、問題のあるチャンネルのみ、動作が停止されます。このとき、SH端子からの出力はありません。

また、動作中に、定電流ドライバが高熱 (150 (TYP.) 以上) になると、SH端子からハイ・レベルが出力され、定電流ドライバは停止します。

定電流ドライバの動作を停止し、電源を切断する場合は、V_{IN}端子を0 Vにしたあとに、CV_{DD}端子を0 Vにしてください。

図3-3 定電流ドライバ部の動作モードの設定タイミング



- 注意1.** 過熱保護機能は、定電流ドライバが高熱（150（TYP.）以上）になると、動作開始します。この温度は、絶対最大定格を越えるため、過熱保護機能が動作したあとは、デバイスの信頼性および電気的特性は保証されません。
2. 過熱保護機能は、EN端子の立ち上がりから400 μ s以降に動作可能になります。
3. PWM入力は、上記のPWM待機時間（ t_{WAIT} ）経過後に、CPU部からPWM出力を送るように設定してください。

備考 t_{WAIT} : PWM待機時間（EN端子の立ち上がり PWMn端子の立ち上がり）
 t_{START} : 総立ち上がり時間（EN端子の立ち上がり 負荷電流が通常の90%）
 t_{PWM} : PWM周期

第4章 CPUアーキテクチャ

4.1 メモリ空間

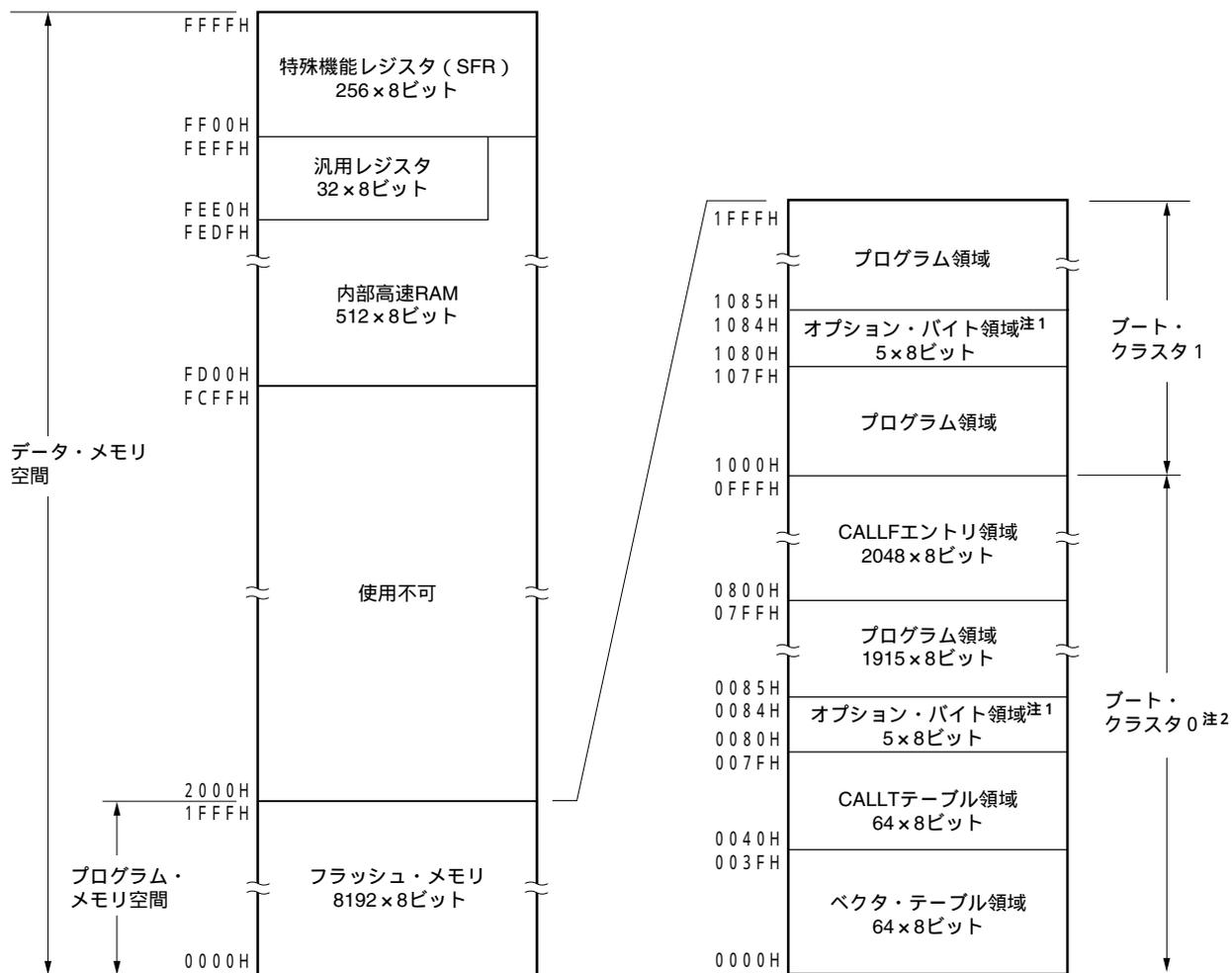
μ PD78F8024, 78F8025は、64 Kバイトのメモリ空間をアクセスできます。図4 - 1, 4 - 2に、メモリ・マップを示します。

注意 メモリ・サイズ切り替えレジスタ (IMS) のリセット解除後の初期値は内部メモリ容量にかかわらず、IMS = CFHとなっています。したがって、リセット解除後、製品ごとに次に示す値を設定してください。

表4 - 1 メモリ・サイズ切り替えレジスタ (IMS) の設定値

製品	IMS	ROM容量	内部高速RAM容量
μ PD78F8024	42H	8 Kバイト	512バイト
μ PD78F8025	C8H	32 Kバイト	1 Kバイト

図4-1 メモリ・マップ (μ PD78F8024)



注1. ブート・スワップ未使用時：0080H-0084Hにオプション・バイト設定

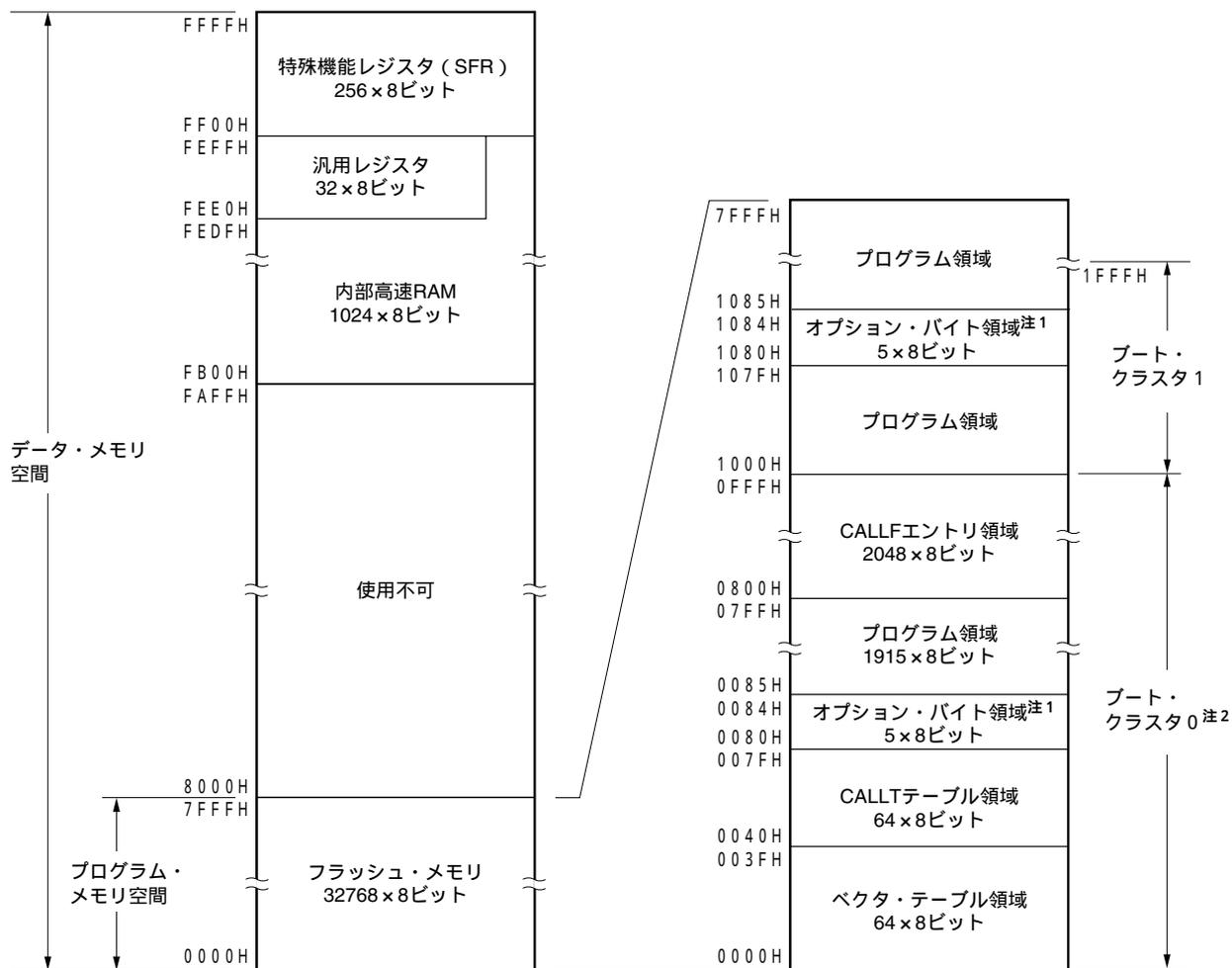
ブート・スワップ使用時：0080H-0084H, 1080H-1084Hにオプション・バイト設定

2. セキュリティの設定により、ブート・クラスタ0は書き換え禁止することができます(22.7 セキュリティ設定を参照)。

備考 フラッシュ・メモリはブロックごとに分かれています(1ブロック = 1Kバイト)。アドレス値とブロック番号については、表4-2 フラッシュ・メモリのアドレス値とブロック番号の対応を参照してください。



図4-2 メモリ・マップ (μ PD78F8025)



- 注1. ブート・スワップ未使用時：0080H-0084Hにオプション・バイト設定
 ブート・スワップ使用時：0080H-0084H, 1080H-1084Hにオプション・バイト設定
2. セキュリティの設定により、ブート・クラスタ0は書き換え禁止することができます (22.7 セキュリティ設定を参照)。

備考 フラッシュ・メモリはブロックごとに分かれています (1ブロック = 1Kバイト)。アドレス値とブロック番号については、表4-2 フラッシュ・メモリのアドレス値とブロック番号の対応を参照してください。



フラッシュ・メモリのアドレス値とブロック番号の対応を次に示します。

表4 - 2 フラッシュ・メモリのアドレス値とブロック番号の対応

アドレス値	ブロック番号	アドレス値	ブロック番号
0000H-03FFH	00H	4000H-43FFH	10H
0400H-07FFH	01H	4400H-47FFH	11H
0800H-0BFFH	02H	4800H-4BFFH	12H
0C00H-0FFFH	03H	4C00H-4FFFH	13H
1000H-13FFH	04H	5000H-53FFH	14H
1400H-17FFH	05H	5400H-57FFH	15H
1800H-1BFFH	06H	5800H-5BFFH	16H
1C00H-1FFFH	07H	5C00H-5FFFH	17H
2000H-23FFH	08H	6000H-63FFH	18H
2400H-27FFH	09H	6400H-67FFH	19H
2800H-2BFFH	0AH	6800H-6BFFH	1AH
2C00H-2FFFH	0BH	6C00H-6FFFH	1BH
3000H-33FFH	0CH	7000H-73FFH	1CH
3400H-37FFH	0DH	7400H-77FFH	1DH
3800H-3BFFH	0EH	7800H-7BFFH	1EH
3C00H-3FFFH	0FH	7C00H-7FFFH	1FH

備考 μ PD78F8024 : ブロック番号00H-07H

μ PD78F8025 : ブロック番号00H-1FH

4. 1. 1 内部プログラム・メモリ空間

内部プログラム・メモリ空間にはプログラムおよびテーブル・データなどを格納します。通常、プログラム・カウンタ (PC) でアドレスします。

μ PD78F8024, 78F8025は、次に示す内部ROM (フラッシュ・メモリ) を内蔵しています。

表4 - 3 内部ROM容量

製 品	内部ROM	
	構 造	容 量
μ PD78F8024	フラッシュ・メモリ	8192 × 8ビット (0000H-1FFFH)
μ PD78F8025		32768 × 8ビット (0000H-7FFFH)

内部プログラム・メモリ空間には、次に示す領域を割り付けています。

(1) ベクタ・テーブル領域

0000H-003FHの64バイト領域はベクタ・テーブル領域として予約されています。ベクタ・テーブル領域には、リセット、各割り込み要求発生により分岐するときのプログラム・スタート・アドレスを格納しておきます。

16ビット・アドレスのうち下位8ビットが偶数アドレスに、上位8ビットが奇数アドレスに格納されます。

表4 - 4 ベクタ・テーブル

ベクタ・テーブル・アドレス	割り込み要因	ベクタ・テーブル・アドレス	割り込み要因
0000H	RESET入力, POC, LVI, WDT	0018H	INTCSI10 / INTST0
0004H	INTLVI	001AH	INTTMH1
0006H	INTP0	001CH	INTTMH0
0008H	INTP1	001EH	INTTM50
000AH	INTP2	0020H	INTTM000
000CH	INTP3	0022H	INTTM010
000EH	INTP4	0024H	INTAD
0010H	INTP5	0026H	INTSR0
0012H	INTSRE6	002AH	INTTM51
0014H	INTSR6	0034H	INTIIC0
0016H	INTST6	003EH	BRK

(2) CALLT命令テーブル領域

0040H-007FHの64バイト領域には、1バイト・コール命令 (CALLT) のサブルーチン・エントリ・アドレスを格納することができます。

(3) オプション・バイト領域

0080H-0084H, 1080H-1084Hの5バイト領域にオプション・バイト領域を用意しています。ブート・スワップ未使用時は0080H-0084Hに、ブート・スワップ使用時には0080H-0084Hと1080H-1084Hにオプション・バイトを設定してください。詳細は第21章 **オプション・バイト**を参照してください。

(4) CALLF命令エントリ領域

0800H-0FFFHの領域は、2バイト・コール命令 (CALLF) で直接サブルーチン・コールすることができます。

4. 1. 2 内部データ・メモリ空間

μ PD78F8024, 78F8025は、次に示す内部高速RAMを内蔵しています。

表4 - 5 内部高速RAM容量

製 品	内部高速RAM
μ PD78F8024	512×8ビット (FD00H-FEFFFH)
μ PD78F8025	1024×8ビット (FB00H-FEFFFH)

このうちFEE0H-FEFFFHの32バイトの領域には、8ビット・レジスタ8個を1バンクとする汎用レジスタが、4バンク割り付けられます。

プログラム領域として命令を書いて実行することはできません。

また、スタック・メモリは内部高速RAMを使用します。

4.1.3 特殊機能レジスタ (SFR : Special Function Register) 領域

FF00H-FFFFHの領域には、オンチップ周辺ハードウェアの特殊機能レジスタ (SFR) が割り付けられています (4.2.3 特殊機能レジスタ (SFR : Special Function Register) の表4-6 特殊機能レジスタ一覧参照)。

注意 SFRが割り付けられていないアドレスにアクセスしないでください。

4.1.4 データ・メモリ・アドレッシング

次に実行する命令のアドレスを指定したり、命令を実行する際に操作対象となるレジスタやメモリなどのアドレスを指定する方法をアドレッシングといいます。

命令を実行する際に操作対象となるメモリのアドレッシングについて、 μ PD78F8024, 78F8025では、その操作性などを考慮して豊富なアドレッシング・モードを備えました。特にデータ・メモリを内蔵している領域では、特殊機能レジスタ (SFR) や汎用レジスタなど、それぞれのもつ機能にあわせて特有のアドレッシングが可能です。図4-3, 4-4にデータ・メモリとアドレッシングの対応を示します。各アドレッシングの詳細については、4.4 オペランド・アドレスのアドレッシングを参照してください。

図4-3 データ・メモリとアドレッシングの対応 (μ PD78F8024)

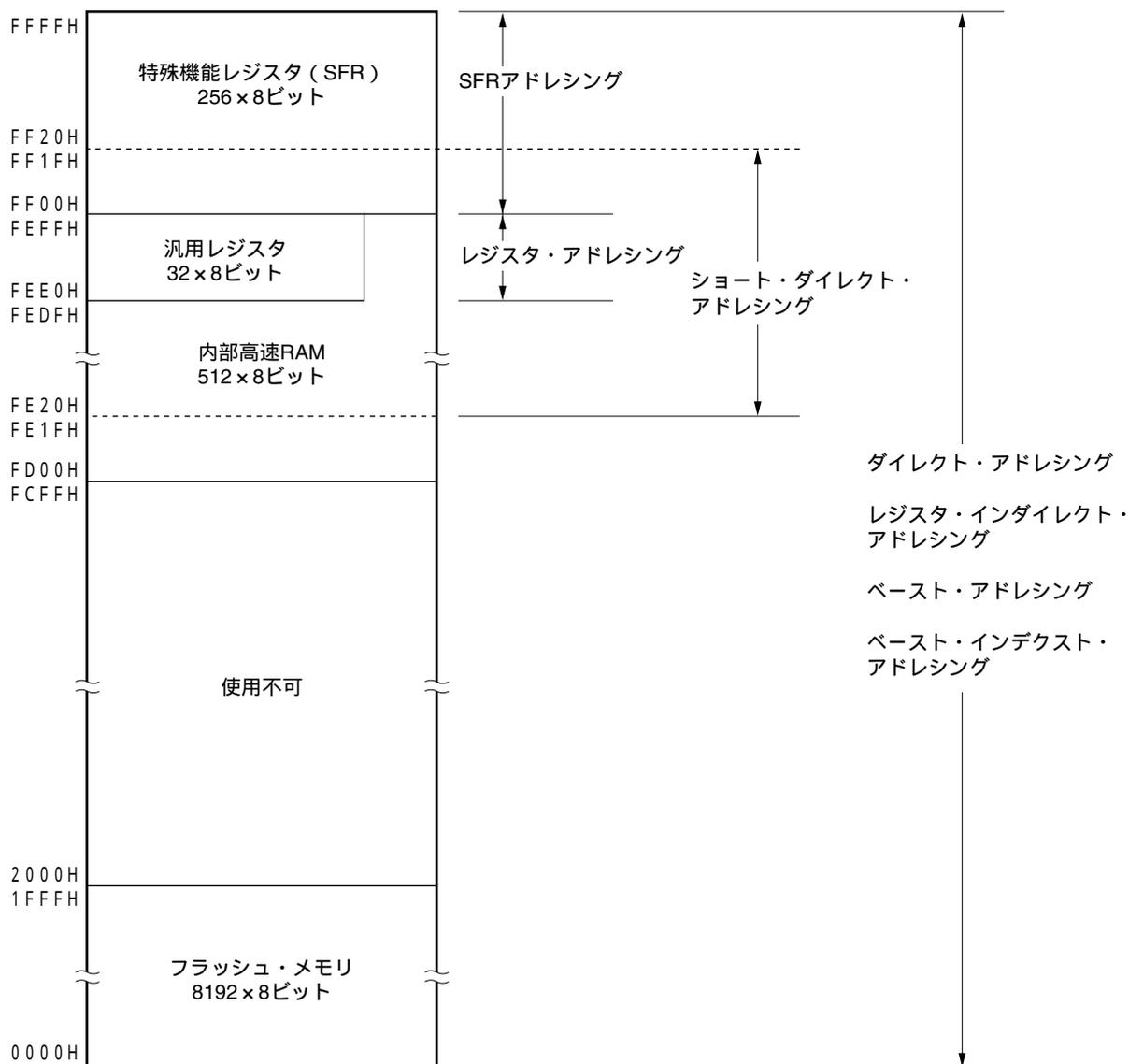
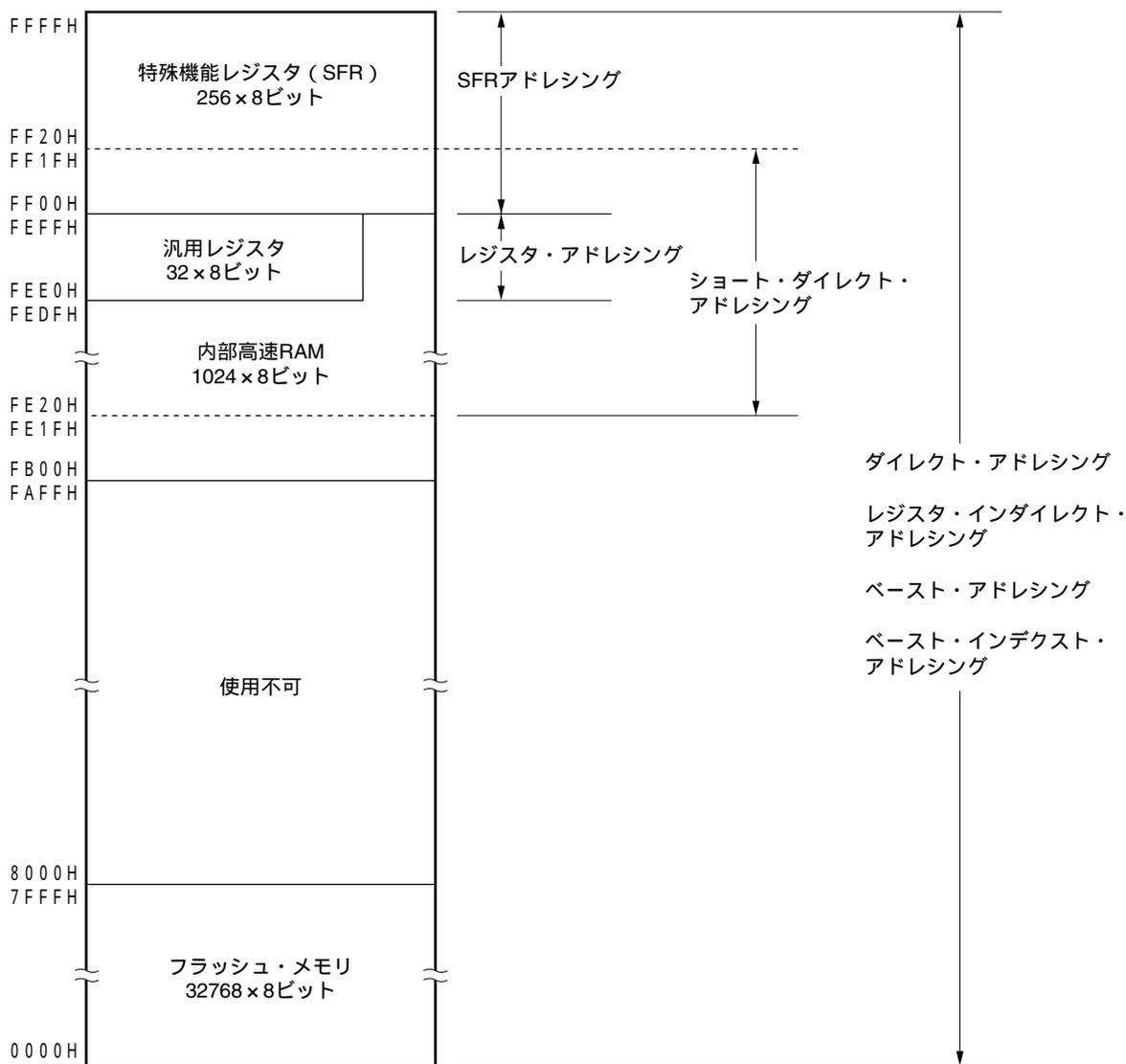


図4-4 データ・メモリとアドレッシングの対応 (μ PD78F8025)



4.2 プロセッサ・レジスタ

μ PD78F8024, 78F8025は、次のプロセッサ・レジスタを内蔵しています。

4.2.1 制御レジスタ

プログラム・シーケンス、ステータス、スタック・メモリの制御など専用の機能を持ったレジスタです。制御レジスタには、プログラム・カウンタ (PC)、プログラム・ステータス・ワード (PSW)、スタック・ポインタ (SP) があります。

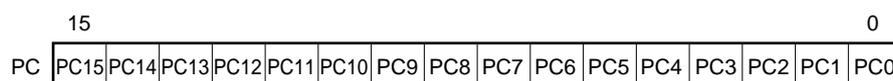
(1) プログラム・カウンタ (PC)

プログラム・カウンタは、次に実行するプログラムのアドレス情報を保持する16ビット・レジスタです。

通常動作時には、フェッチする命令のバイト数に応じて、自動的にインクリメントされます。分岐命令実行時には、イミディエト・データやレジスタの内容がセットされます。

リセット信号の発生により、0000Hと0001H番地のリセット・ベクタ・テーブルの値がプログラム・カウンタにセットされます。

図4 - 5 プログラム・カウンタの構成



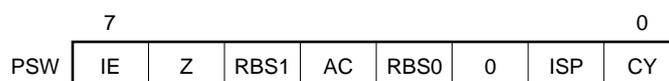
(2) プログラム・ステータス・ワード (PSW)

プログラム・ステータス・ワードは、命令の実行によってセット、リセットされる各種フラグで構成される8ビット・レジスタです。

プログラム・ステータス・ワードの内容は、ベクタ割り込み要求受け付け時およびPUSH PSW命令の実行時にスタック領域に格納され、RETB, RETI命令およびPOP PSW命令の実行時に復帰されます。

リセット信号の発生により、02Hになります。

図4 - 6 プログラム・ステータス・ワードの構成



(a) 割り込み許可フラグ (IE)

CPUの割り込み要求受け付け動作を制御するフラグです。

IE = 0のときは割り込み禁止 (DI) 状態となり、マスカブル割り込みはすべて禁止されます。

IE = 1のときは割り込み許可 (EI) 状態となります。このとき割り込み要求の受け付けは、インサービス・プライオリティ・フラグ (ISP)、各割り込み要因に対する割り込みマスク・フラグおよび優先順位指定フラグにより制御されます。

このフラグは、DI命令の実行または割り込みの受け付けでリセット (0) され、EI命令の実行によりセット (1) されます。

(b) ゼロ・フラグ (Z)

演算結果がゼロのときセット (1) され、それ以外のときにリセット (0) されるフラグです。

(c) レジスタ・バンク選択フラグ (RBS0, RBS1)

4個のレジスタ・バンクのうちの1つを選択する2ビットのフラグです。

SEL RBn命令の実行によって選択されたレジスタ・バンクを示す2ビットの情報が格納されています。

(d) 補助キャリー・フラグ (AC)

演算結果で、ビット3からキャリーがあったとき、またはビット3へのボローがあったときセット (1) され、それ以外のときにリセット (0) されるフラグです。

(e) インサース・プライオリティ・フラグ (ISP)

受け付け可能なマスクブル・ベクタ割り込みの優先順位を管理するフラグです。ISP = 0のときは優先順位指定フラグ・レジスタ (PR0L, PR0H, PR1L, PR1H) (16.3(3) **優先順位指定フラグ・レジスタ** (PR0L, PR0H, PR1L, PR1H) 参照) で低位に指定されたベクタ割り込み要求は受け付け禁止となります。なお、実際に割り込み要求が受け付けられるかどうかは、割り込み許可フラグ (IE) の状態により制御されます。

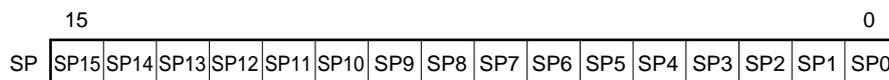
(f) キャリー・フラグ (CY)

加減算命令実行時のオーバフロー、アンダフローを記憶するフラグです。また、ローテート命令実行時はシフト・アウトされた値を記憶し、ビット演算命令実行時には、ビット・アキュムレータとして機能します。

(3) スタック・ポインタ (SP)

メモリのスタック領域の先頭アドレスを保持する16ビットのレジスタです。スタック領域としては内部高速RAM領域のみ設定可能です。

図4-7 スタック・ポインタの構成



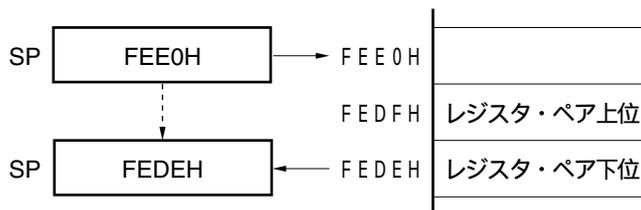
スタック・メモリへの書き込み (退避) 動作に先立ってデクリメントされ、スタック・メモリからの読み取り (復帰) 動作のあとインクリメントされます。

各スタック動作によって退避 / 復帰されるデータは図4-8, 4-9のようになります。

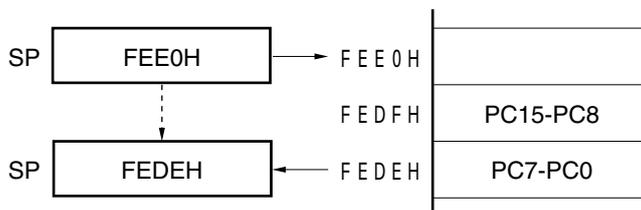
注意 SPの内容はリセット信号の発生により、不定になりますので、必ずスタック使用前にイニシャライズしてください。

図4 - 8 スタック・メモリへ退避されるデータ

(a) PUSH rp命令 (SPがFEE0Hの場合)



(b) CALL, CALLF, CALLT命令 (SPがFEE0Hの場合)



(c) 割り込み, BRK命令 (SPがFEE0Hの場合)

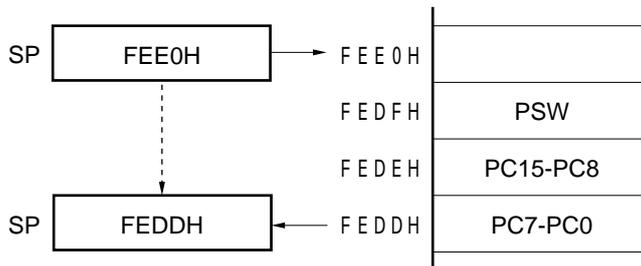
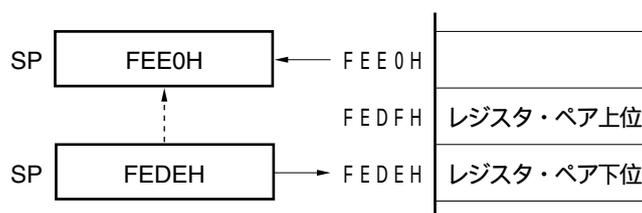
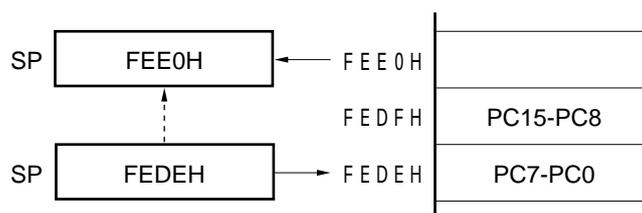


図4-9 スタック・メモリから復帰されるデータ

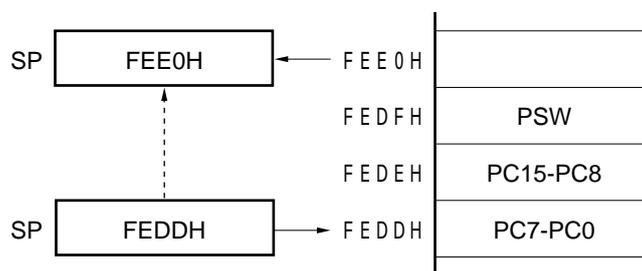
(a) POP rp命令 (SPがFEDEHの場合)



(b) RET命令 (SPがFEDEHの場合)



(c) RETI, RETB命令 (SPがFEDDHの場合)



4.2.2 汎用レジスタ

汎用レジスタは、データ・メモリの特定番地 (FEE0H-FEFFFH) にマッピングされており、8ビット・レジスタ8個 (X, A, C, B, E, D, L, H) を1バンクとして4バンクのレジスタで構成されています。

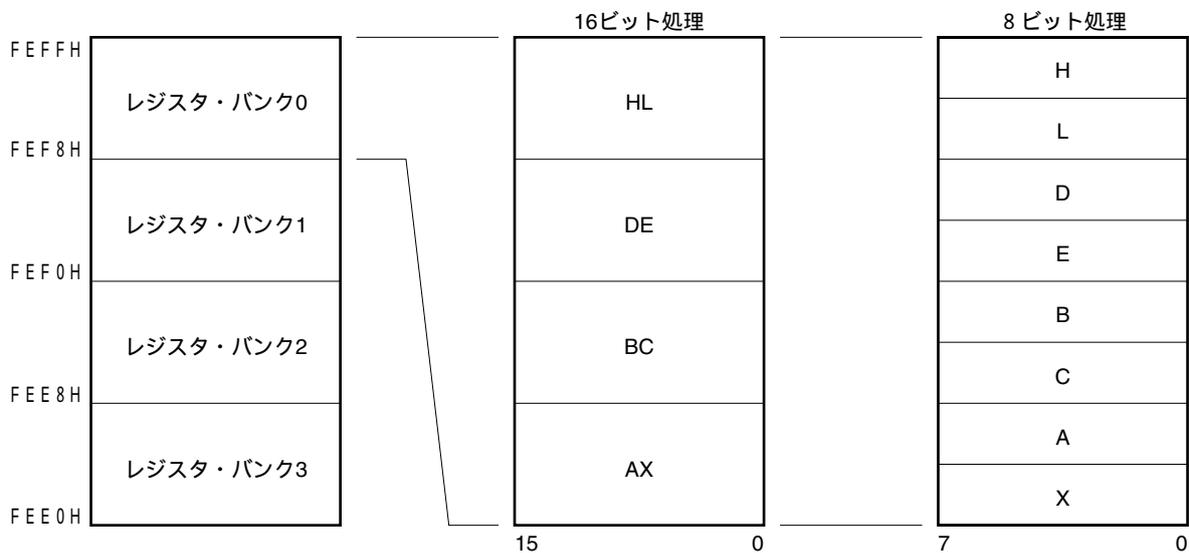
各レジスタは、それぞれ8ビット・レジスタとして使用できるほか、2個の8ビット・レジスタをペアとして16ビット・レジスタとしても使用できます (AX, BC, DE, HL)。

また、機能名称 (X, A, C, B, E, D, L, H, AX, BC, DE, HL) のほか、絶対名称 (R0-R7, RP0-RP3) でも記述できます。

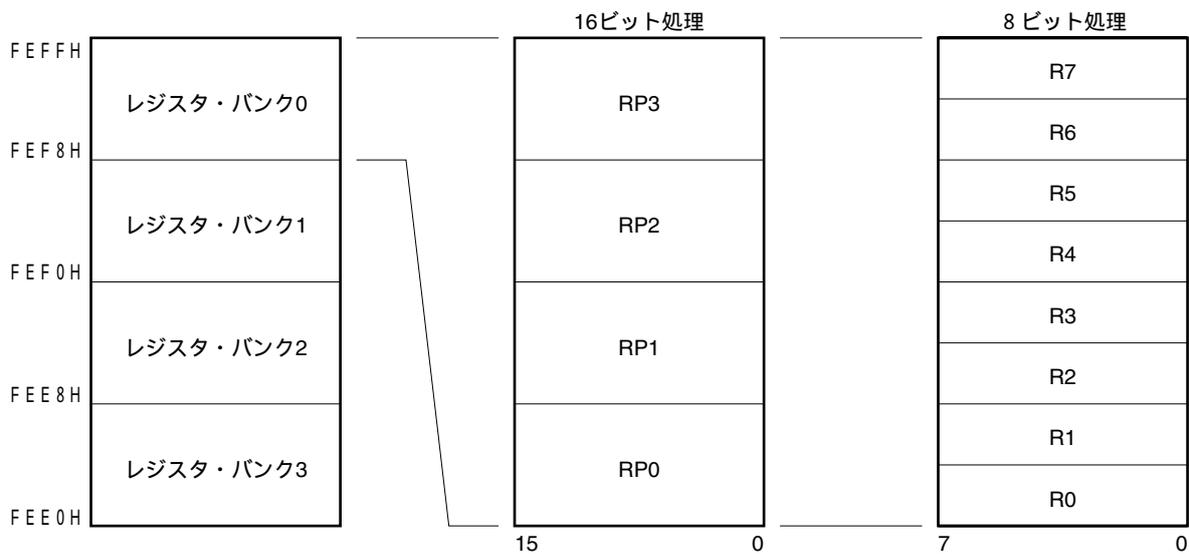
命令実行時に使用するレジスタ・バンクは、CPU制御命令 (SEL RBn) によって設定します。4レジスタ・バンク構成になっていますので、通常処理で使用するレジスタと割り込み時で使用するレジスタをバンクごとに切り替えることにより、効率のよいプログラムを作成できます。

図4 - 10 汎用レジスタの構成

(a) 機能名称



(b) 絶対名称



4.2.3 特殊機能レジスタ (SFR : Special Function Register)

特殊機能レジスタは、汎用レジスタとは異なり、それぞれ特別な機能を持つレジスタです。

FF00H-FFFFHの領域に割り付けられています。

特殊機能レジスタは、演算命令、転送命令、ビット操作命令などにより、汎用レジスタと同じように操作できます。操作可能なビット単位 (1, 8, 16) は、各特殊機能レジスタで異なります。

各操作ビット単位ごとの指定方法を次に示します。

・1ビット操作

1ビット操作命令のオペランド (sfr.bit) にアセンブラで予約されている略号を記述します。アドレスでも指定できます。

・8ビット操作

8ビット操作命令のオペランド (sfr) にアセンブラで予約されている略号を記述します。アドレスでも指定できます。

・16ビット操作

16ビット操作命令のオペランド (sfrp) にアセンブラで予約されている略号を記述します。アドレスを指定するときは偶数アドレスを記述してください。

表4 - 6に特殊機能レジスタの一覧を示します。表中の項目の意味は次のとおりです。

・略号

特殊機能レジスタのアドレスを示す略号です。RA78K0で予約語に、CC78K0では#pragma sfr指令で、sfr変数として定義されているものです。RA78K0, ID78K0-QB, SM+ for 78K0およびSM+ for 78K0/KX2使用時に命令のオペランドとして記述できます。

・R/W

該当する特殊機能レジスタが読み出し (Read) / 書き込み (Write) 可能かどうかを示します。

R/W : 読み出し / 書き込みがともに可能

R : 読み出しのみ可能

W : 書き込みのみ可能

・操作可能ビット単位

操作可能なビット単位 (1, 8, 16) を で示します。- は操作できないビット単位であることを示します。

・リセット時

リセット信号発生時の各レジスタの状態を示します。

表4-6 特殊機能レジスタ一覧(1/3)

アドレス	特殊機能レジスタ(SFR)名称	略号	R/W	操作可能ビット範囲			リセット時
				1ビット	8ビット	16ビット	
FF00H	ポート・レジスタ0	P0	R/W			-	00H
FF01H	ポート・レジスタ1	P1	R/W			-	00H
FF02H	ポート・レジスタ2	P2	R/W			-	00H
FF03H	ポート・レジスタ3	P3	R/W			-	00H
FF06H	ポート・レジスタ6	P6	R/W			-	00H
FF08H	10ビットA/D変換結果レジスタ	ADCR	R	-	-		0000H
FF09H	8ビットA/D変換結果レジスタ	ADCRH	R	-	-		00H
FF0AH	受信バッファ・レジスタ6	RXB6	R	-	-		FFH
FF0BH	送信バッファ・レジスタ6	TXB6	R/W	-	-		FFH
FF0CH	ポート・レジスタ12	P12	R/W			-	00H
FF0FH	シリアルI/Oシフト・レジスタ10	SIO10	R	-	-		00H
FF10H	16ビット・タイマ・カウンタ00	TM00	R	-	-		0000H
FF11H							
FF12H	16ビット・タイマ・キャプチャ/コンペア・レジスタ000	CR000	R/W	-	-		0000H
FF13H							
FF14H	16ビット・タイマ・キャプチャ/コンペア・レジスタ010	CR010	R/W	-	-		0000H
FF15H							
FF16H	8ビット・タイマ・カウンタ50	TM50	R	-	-		00H
FF17H	8ビット・タイマ・コンペア・レジスタ50	CR50	R/W	-	-		00H
FF18H	8ビット・タイマHコンペア・レジスタ00	CMP00	R/W	-	-		00H
FF19H	8ビット・タイマHコンペア・レジスタ10	CMP10	R/W	-	-		00H
FF1AH	8ビット・タイマHコンペア・レジスタ01	CMP01	R/W	-	-		00H
FF1BH	8ビット・タイマHコンペア・レジスタ11	CMP11	R/W	-	-		00H
FF1FH	8ビット・タイマ・カウンタ51	TM51	R	-	-		00H
FF20H	ポート・モード・レジスタ0	PM0	R/W			-	FFH
FF21H	ポート・モード・レジスタ1	PM1	R/W			-	FFH
FF22H	ポート・モード・レジスタ2	PM2	R/W			-	FFH
FF23H	ポート・モード・レジスタ3	PM3	R/W			-	FFH
FF26H	ポート・モード・レジスタ6	PM6	R/W			-	FFH
FF28H	A/Dコンバータ・モード・レジスタ	ADM	R/W			-	00H
FF29H	アナログ入力チャンネル指定レジスタ	ADS	R/W			-	00H
FF2CH	ポート・モード・レジスタ12	PM12	R/W			-	FFH
FF2FH	A/Dポート・コンフィギュレーション・レジスタ	ADPC	R/W			-	00H
FF30H	プルアップ抵抗オプション・レジスタ0	PU0	R/W			-	00H
FF31H	プルアップ抵抗オプション・レジスタ1	PU1	R/W			-	00H
FF33H	プルアップ抵抗オプション・レジスタ3	PU3	R/W			-	00H
FF3CH	プルアップ抵抗オプション・レジスタ12	PU12	R/W			-	00H
FF41H	8ビット・タイマ・コンペア・レジスタ51	CR51	R/W	-	-		00H
FF43H	8ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ51	TMC51	R/W			-	00H
FF48H	外部割り込み立ち上がりエッジ許可レジスタ	EGP	R/W			-	00H
FF49H	外部割り込み立ち下がりエッジ許可レジスタ	EGN	R/W			-	00H
FF4FH	入力切り替え制御レジスタ	ISC	R/W			-	00H
FF50H	アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6	ASIM6	R/W			-	01H

表4-6 特殊機能レジスタ一覧(2/3)

アドレス	特殊機能レジスタ(SFR)名称	略号	R/W	操作可能ビット範囲			リセット時
				1ビット	8ビット	16ビット	
FF53H	アシンクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ6	ASIS6	R	-		-	00H
FF55H	アシンクロナス・シリアル・インタフェース送信ステータス・レジスタ6	ASIF6	R	-		-	00H
FF56H	クロック選択レジスタ6	CKSR6	R/W	-		-	00H
FF57H	ポーレート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ6	BRGC6	R/W	-		-	FFH
FF58H	アシンクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6	ASICL6	R/W			-	16H
FF69H	8ビット・タイマHモード・レジスタ0	TMHMD0	R/W			-	00H
FF6AH	タイマ・クロック選択レジスタ50	TCL50	R/W			-	00H
FF6BH	8ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ50	TMC50	R/W			-	00H
FF6CH	8ビット・タイマHモード・レジスタ1	TMHMD1	R/W			-	00H
FF6DH	8ビット・タイマHキャリア・コントロール・レジスタ1	TMCYC1	R/W			-	00H
FF70H	アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ0	ASIM0	R/W			-	01H
FF71H	ポーレート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ0	BRGC0	R/W	-		-	1FH
FF72H	受信バッファ・レジスタ0	RXB0	R	-		-	FFH
FF73H	アシンクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ0	ASIS0	R	-		-	00H
FF74H	送信シフト・レジスタ0	TXS0	W	-		-	FFH
FF80H	シリアル動作モード・レジスタ10	CSIM10	R/W			-	00H
FF81H	シリアル・クロック選択レジスタ10	CSIC10	R/W			-	00H
FF84H	送信バッファ・レジスタ10	SOTB10	R/W	-		-	00H
FF8CH	タイマ・クロック選択レジスタ51	TCL51	R/W			-	00H
FF99H	ウォッチドッグ・タイマ・イネーブル・レジスタ	WDTE	R/W	-		-	1AH/9AH 注1
FF9FH	クロック動作モード選択レジスタ	OSCCTL	R/W			-	00H
FFA0H	内蔵発振モード・レジスタ	RCM	R/W			-	80H ^{注2}
FFA1H	メイン・クロック・モード・レジスタ	MCM	R/W			-	00H
FFA2H	メインOSCコントロール・レジスタ	MOC	R/W			-	80H
FFA3H	発振安定時間カウンタ状態レジスタ	OSTC	R			-	00H
FFA4H	発振安定時間選択レジスタ	OSTS	R/W	-		-	05H
FFA5H	IICシフト・レジスタ0	IIC0	R/W	-		-	00H
FFA6H	IICコントロール・レジスタ0	IICC0	R/W			-	00H
FFA7H	スレーブ・アドレス・レジスタ0	SVA0	R/W	-		-	00H
FFA8H	IICクロック選択レジスタ0	IICCL0	R/W			-	00H
FFA9H	IIC機能拡張レジスタ0	IICX0	R/W			-	00H
FFAAH	IIC状態レジスタ0	IICS0	R			-	00H
FFABH	IICフラグ・レジスタ0	IICF0	R/W			-	00H

注1. WDTEのリセット値は、オプション・バイトの設定で決定します。

2. リセット解除直後は00Hですが、高速内蔵発振器の発振精度安定待ち後に、自動的に80Hに切り替わります。

表4 - 6 特殊機能レジスタ一覧 (3/3)

アドレス	特殊機能レジスタ (SFR) 名称	略号		R/W	操作可能ビット範囲			リセット時
					1ビット	8ビット	16ビット	
FFACH	リセット・コントロール・フラグ・レジスタ	RESF		R	-		-	00H ^{注1}
FFBAH	16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00	TMC00		R/W			-	00H
FFBBH	プリスケアラ・モード・レジスタ00	PRM00		R/W			-	00H
FFBCH	キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00	CRC00		R/W			-	00H
FFBDH	16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00	TOC00		R/W			-	00H
FFBEH	低電圧検出レジスタ	LVIM		R/W			-	00H ^{注2}
FFBFH	低電圧検出レベル選択レジスタ	LVIS		R/W			-	00H ^{注2}
FFE0H	割り込み要求フラグ・レジスタ0L	IF0	IF0L	R/W				00H
FFE1H	割り込み要求フラグ・レジスタ0H		IF0H	R/W				00H
FFE2H	割り込み要求フラグ・レジスタ1L	IF1	IF1L	R/W				00H
FFE3H	割り込み要求フラグ・レジスタ1H		IF1H	R/W				00H
FFE4H	割り込みマスク・フラグ・レジスタ0L	MK0	MK0L	R/W				FFH
FFE5H	割り込みマスク・フラグ・レジスタ0H		MK0H	R/W				FFH
FFE6H	割り込みマスク・フラグ・レジスタ1L	MK1	MK1L	R/W				FFH
FFE7H	割り込みマスク・フラグ・レジスタ1H		MK1H	R/W				FFH
FFE8H	優先順位指定フラグ・レジスタ0L	PR0	PR0L	R/W				FFH
FFE9H	優先順位指定フラグ・レジスタ0H		PR0H	R/W				FFH
FFEAH	優先順位指定フラグ・レジスタ1L	PR1	PR1L	R/W				FFH
FFEBH	優先順位指定フラグ・レジスタ1H		PR1H	R/W				FFH
FFF0H	メモリ・サイズ切り替えレジスタ ^{注3}	IMS		R/W	-		-	CFH
FFFBH	プロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ	PCC		R/W			-	01H

注1. RESFのリセット値は、リセット要因により変化します。

2. LVIM, LVISのリセット値は、リセット要因により変化します。

3. メモリ・サイズ切り替えレジスタ (IMS) のリセット解除後の初期値は内部メモリ容量にかかわらず、IMS = CFHとなっています。したがって、リセット解除後、製品ごとに次に示す値を設定してください。

製品	IMS	ROM容量	内部高速RAM容量
μ PD78F8024	42H	8 Kバイト	512バイト
μ PD78F8025	C8H	32 Kバイト	1 Kバイト

4.3 命令アドレスのアドレッシング

命令アドレスは、プログラム・カウンタ（PC）の内容によって決定されます。PCの内容は、通常、命令を1つ実行するごとにフェッチする命令のバイト数に応じて自動的にインクリメント（1バイトに対して+1）されます。しかし、分岐を伴う命令を実行する際には、次に示すようなアドレッシングにより分岐先アドレス情報がPCにセットされて分岐します（各命令についての詳細は78K/0シリーズ ユーザーズ・マニュアル 命令編（U12326J）を参照してください）。

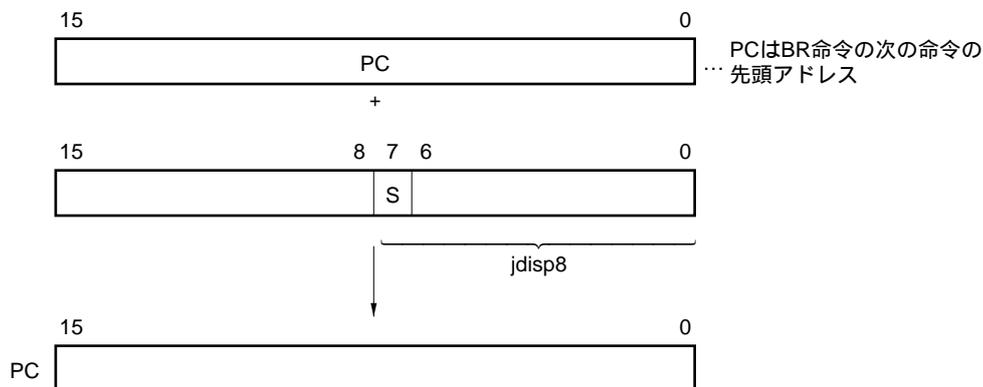
4.3.1 レラティブ・アドレッシング

【機能】

次に続く命令の先頭アドレスに命令コードの8ビット・イミディエイト・データ（ディスプレースメント値：jdisp8）を加算した値が、プログラム・カウンタ（PC）に転送されて分岐します。ディスプレースメント値は、符号付きの2の補数データ（-128～+127）として扱われ、ビット7が符号ビットとなります。つまり、レラティブ・アドレッシングでは、次に続く命令の先頭アドレスから相対的に-128～+127の範囲に分岐するということです。

BR \$addr16命令および条件付き分岐命令を実行する際に行われます。

【図解】



S = 0のとき、は全ビット0

S = 1のとき、は全ビット1

4.3.2 イミディエト・アドレッシング

【機能】

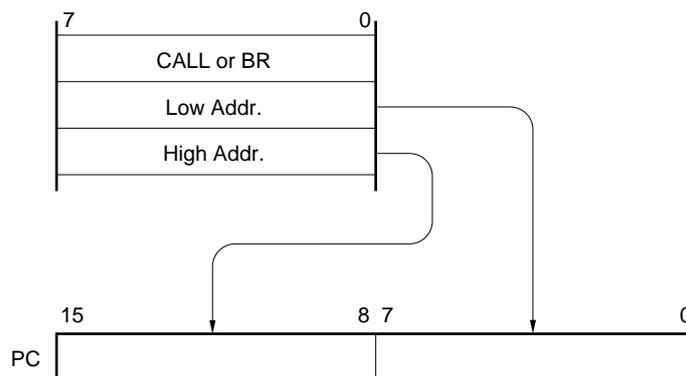
命令語中のイミディエト・データがプログラム・カウンタ（PC）に転送され、分岐します。

CALL !addr16, BR !addr16, CALLF !addr11命令を実行する際に行われます。

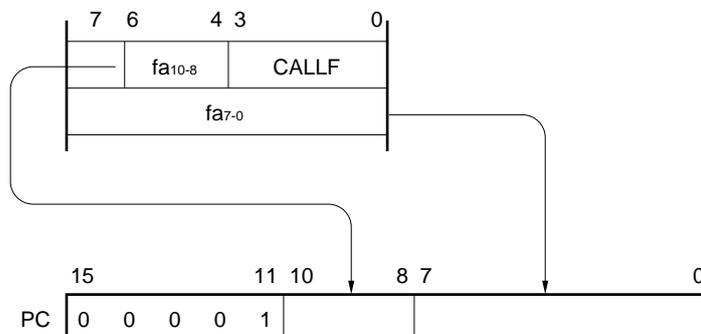
CALL !addr16, BR !addr16命令は、全プログラム・メモリ空間に分岐できます。CALLF !addr11命令は、0800H-0FFFHの領域に分岐します。

【図解】

CALL !addr16, BR !addr16命令の場合



CALLF !addr11命令の場合



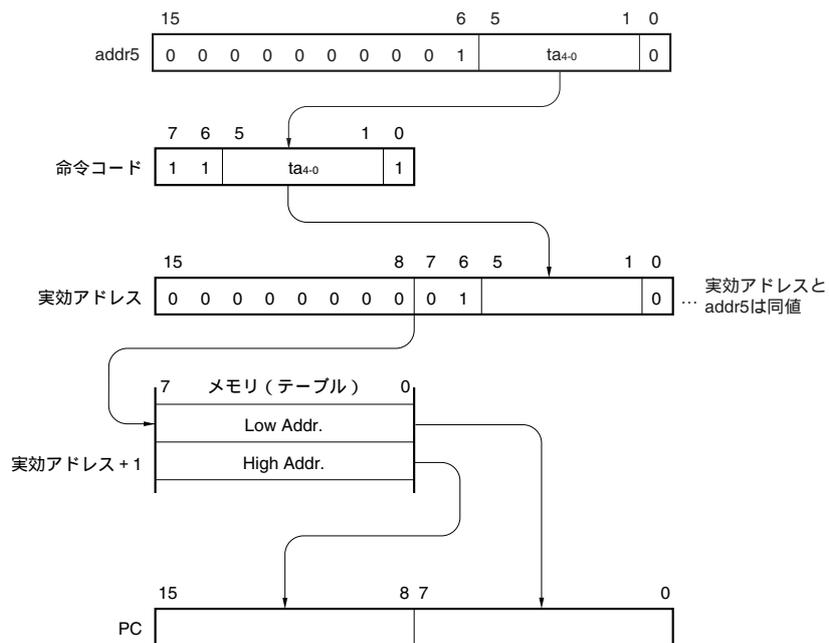
4.3.3 テーブル・インダイレクト・アドレッシング

【機能】

命令コードのビット1からビット5のイミディエト・データによりアドレスされる特定ロケーションのテーブルの内容（分岐先アドレス）がプログラム・カウンタ（PC）に転送され、分岐します。

CALLT [addr5] 命令を実行する際にテーブル・インダイレクト・アドレッシングが行われます。この命令では0040H-007FHのメモリ・テーブルに格納されたアドレスを参照し、全プログラム・メモリ空間に分岐できます。

【図解】



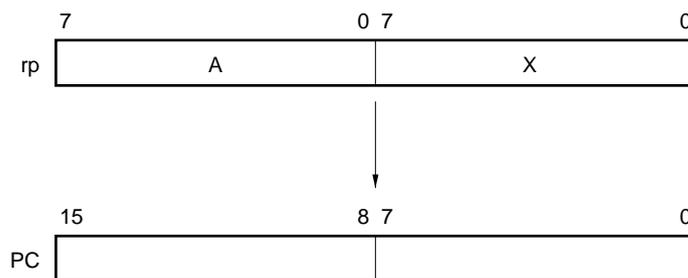
4.3.4 レジスタ・アドレッシング

【機能】

命令語によって指定されるレジスタ・ペア（AX）の内容がプログラム・カウンタ（PC）に転送され、分岐します。

BR AX命令を実行する際に行われます。

【図解】



4.4 オペランド・アドレスのアドレッシング

命令を実行する際に操作対象となるレジスタやメモリなどを指定する方法（アドレッシング）として次に示すいくつかの方法があります。

4.4.1 インプライド・アドレッシング

【機能】

汎用レジスタの領域にあるアキュムレータ（A, AX）として機能するレジスタを自動的に（暗黙的）にアドレスするアドレッシングです。

μ PD78F8024, 78F8025の命令語中でインプライド・アドレッシングを使用する命令は次のとおりです。

命 令	インプライド・アドレッシングで指定されるレジスタ
MULU	被乗数としてAレジスタ, 積が格納されるレジスタとしてAXレジスタ
DIVUW	被除数および商を格納するレジスタとしてAXレジスタ
ADJBA/ADJBS	10進補正の対象となる数値を格納するレジスタとしてAレジスタ
ROR4/ROL4	ディジット・ローテートの対象となるディジット・データを格納するレジスタとしてAレジスタ

【オペランド形式】

命令によって自動的に決定するため、特定のオペランド形式を持ちません。

【記 述 例】

MULU Xの場合

8ビット×8ビットの乗算命令において、AレジスタとXレジスタの積をAXに格納する。ここで、A, AXレジスタがインプライド・アドレッシングで指定されている。

4.4.2 レジスタ・アドレッシング

【機能】

オペランドとして汎用レジスタをアクセスするアドレッシングです。アクセスされる汎用レジスタは、レジスタ・バンク選択フラグ (RBS0, RBS1) および、命令コード中のレジスタ指定コードにより指定されます。

レジスタ・アドレッシングは、次に示すオペランド形式を持つ命令を実行する際に行われ、8ビット・レジスタを指定する場合は命令コード中の3ビットにより8本中の1本を指定します。

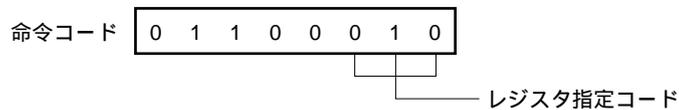
【オペランド形式】

表現形式	記述方法
r	X, A, C, B, E, D, L, H
rp	AX, BC, DE, HL

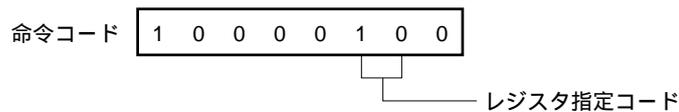
r, rpは、機能名称 (X, A, C, B, E, D, L, H, AX, BC, DE, HL) のほかに絶対名称 (R0-R7, RP0-RP3) で記述できます。

【記述例】

MOV A, C ; rにCレジスタを選択する場合



INCW DE ; rpにDEレジスタ・ペアを選択する場合



4.4.3 ダイレクト・アドレッシング

【機能】

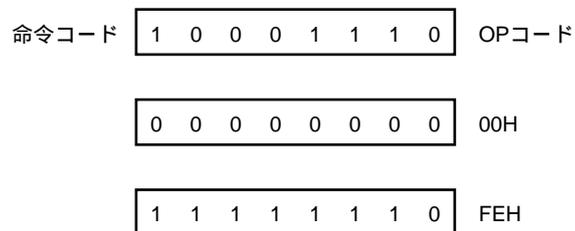
命令語中のイミディエト・データが示すメモリを直接アドレスするアドレッシングです。
すべてのメモリ空間に対してアドレッシングできます。

【オペランド形式】

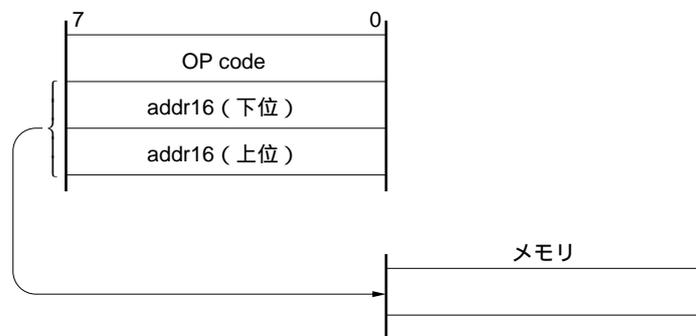
表現形式	記述方法
addr16	ラベルまたは16ビット・イミディエト・データ

【記述例】

MOV A, !0FE00H ; !addr16をFE00Hとする場合



【図解】



4.4.4 ショート・ダイレクト・アドレッシング

【機能】

命令語中の8ビット・データで、固定空間の操作対象メモリを直接アドレスするアドレッシングです。

このアドレッシングが適用される固定空間とは、FE20H-FF1FHの256バイト空間で、FE20H-FEFFFHには内部高速RAMが、FF00H-FF1FHには特殊機能レジスタ (SFR) がマッピングされています。

ショート・ダイレクト・アドレッシングが適用されるSFR領域 (FF00H-FF1FH) は、全SFR領域の一部分です。この領域には、プログラム上で頻繁にアクセスされるポートや、タイマ/イベント・カウンタのコンペア・レジスタ、キャプチャ・レジスタがマッピングされており、短いバイト数、短いクロック数でこれらのSFRを操作できます。

実効アドレスのビット8は、8ビット・イミディエト・データが20H-FFHの場合は0になり、00H-1FHの場合は1になります。【図解】を参照してください。

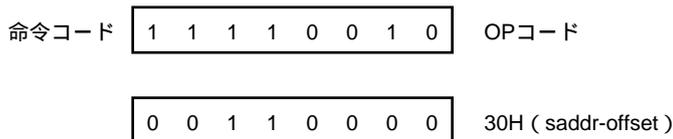
【オペランド形式】

表現形式	記述方法
saddr	ラベルまたはFE20H-FF1FHを示すイミディエト・データ
saddrp	ラベルまたはFE20H-FF1FHを示すイミディエト・データ (偶数アドレスのみ)

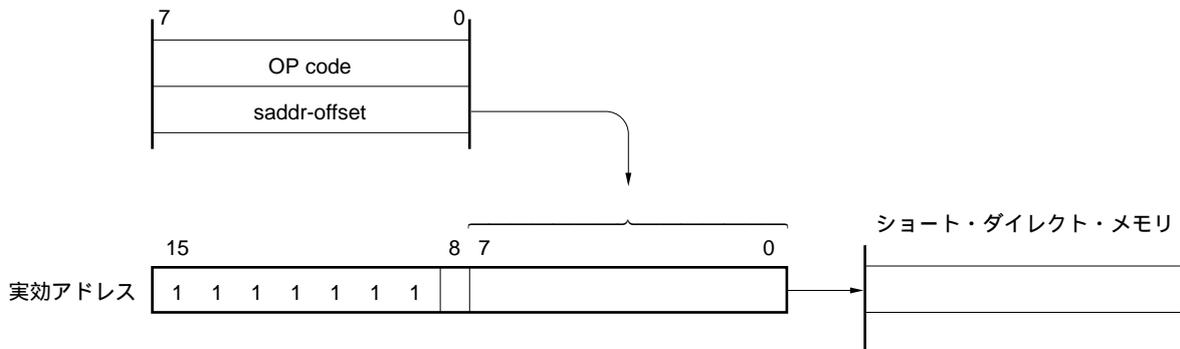
【記述例】

```

LB1 EQU 0FE30H    ; FE30HをLB1で定義
:
MOV LB1, A        ; LB1はsaddr領域のFE30Hを示し、そこにAレジスタの値を転送する場合
    
```



【図解】



8ビット・イミディエト・データが20H-FFHのとき、 = 0

8ビット・イミディエト・データが00H-1FHのとき、 = 1

4.4.5 特殊機能レジスタ (SFR) アドレッシング

【機能】

命令語中の8ビット・イミディエト・データでメモリ・マッピングされている特殊機能レジスタ (SFR) をアドレスするアドレッシングです。

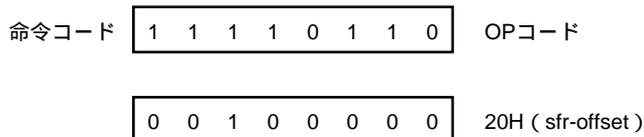
このアドレッシングが適用されるのはFF00H-FFCFH, FFE0H-FFFFHの240バイト空間です。ただし, FF00H-FF1FHにマッピングされているSFRは, ショート・ダイレクト・アドレッシングでもアクセスできます。

【オペランド形式】

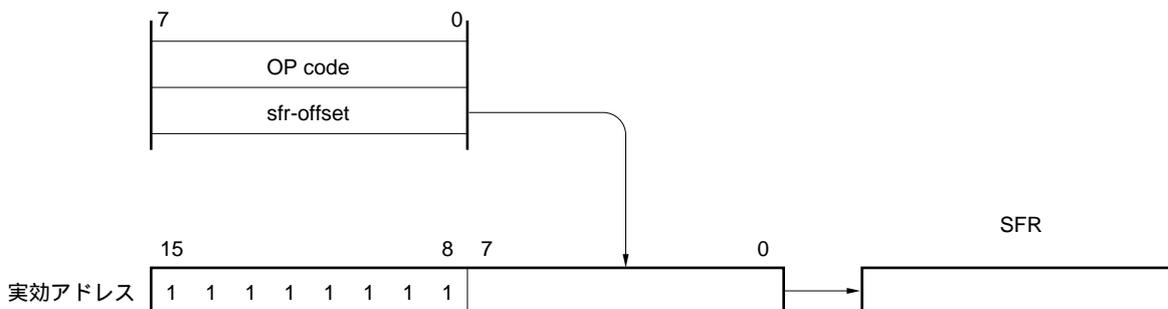
表現形式	記述方法
sfr	特殊機能レジスタ名
sfrp	16ビット操作可能な特殊機能レジスタ名 (偶数アドレスのみ)

【記述例】

MOV PM0, A ; sfrにPM0 (FF20H) を選択する場合



【図解】



4.4.6 レジスタ・インダイレクト・アドレッシング

【機能】

オペランドとして指定されるレジスタ・ペアの内容でメモリをアドレスするアドレッシングです。アクセスされるレジスタ・ペアは、レジスタ・バンク選択フラグ (RBS0, RBS1) および、命令コード中のレジスタ・ペア指定コードにより指定されます。

すべてのメモリ空間に対してアドレッシングできます。

【オペランド形式】

表現形式	記述方法
-	[DE], [HL]

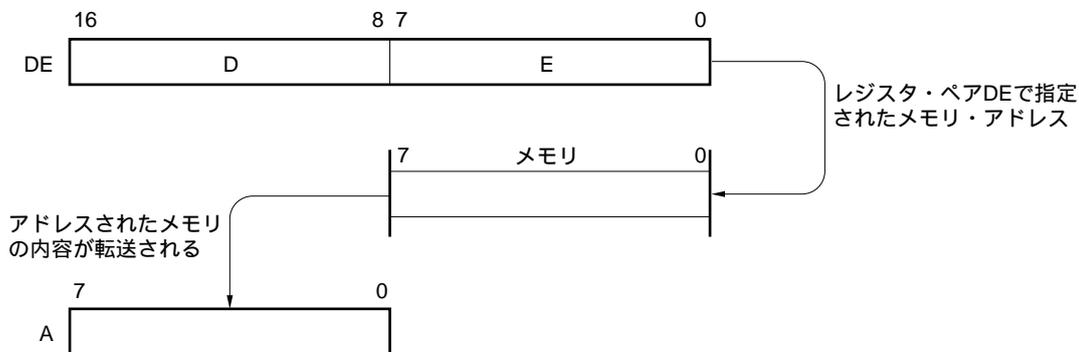
【記述例】

MOV A, [DE] ; レジスタ・ペアに [DE] を選択する場合

命令コード

1	0	0	0	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

【図解】



4.4.7 ベース・アドレッシング

【機能】

HLレジスタ・ペアをベース・レジスタとし、この内容に8ビットのイミディエト・データを加算した結果でメモリをアドレスするアドレッシングです。アクセスされるHLレジスタ・ペアは、レジスタ・バンク選択フラグ (RBS0, RBS1) で指定されるレジスタ・バンク中のものです。加算は、オフセット・データを正の数として16ビットに拡張して行います。16ビット目からの桁上がりは無視します。

すべてのメモリ空間に対してアドレッシングできます。

【オペランド形式】

表現形式	記述方法
-	[HL + byte]

【記述例】

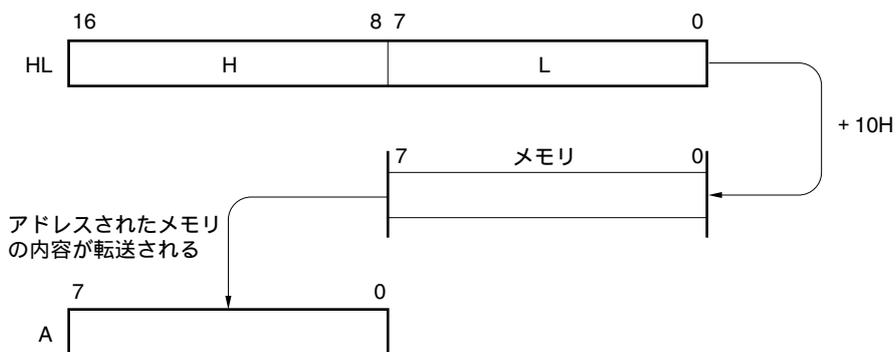
MOV A, [HL + 10H] ; byteを10Hとする場合

命令コード

1	0	1	0	1	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

0	0	0	1	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

【図解】



4.4.8 ベース・インデクスト・アドレッシング

【機能】

HLレジスタ・ペアをベース・レジスタとし、この内容に命令語中で指定されるBレジスタまたはCレジスタの内容を加算した結果でメモリをアドレスするアドレッシングです。アクセスされるHL, B, Cレジスタは、レジスタ・バンク選択フラグ (RBS0, RBS1) で指定されるレジスタ・バンク中のレジスタです。加算は、BレジスタまたはCレジスタの内容を正の数として16ビットに拡張して行います。16ビット目からの桁上りは無視します。

すべてのメモリ空間に対してアドレッシングできます。

【オペランド形式】

表現形式	記述方法
-	[HL+B], [HL+C]

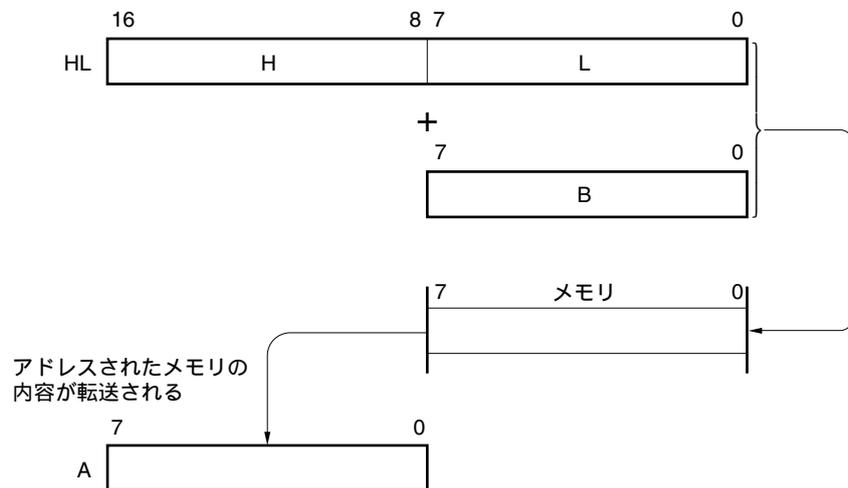
【記述例】

MOV A, [HL+B] (Bレジスタを選択) の場合

命令コード

1	0	1	0	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

【図解】



4.4.9 スタック・アドレッシング

【機能】

スタック・ポインタ (SP) の内容により，スタック領域を間接的にアドレスするアドレッシングです。

PUSH, POP, サブルーチン・コール, リターン命令の実行時および割り込み要求発生によるレジスタの退避 / 復帰時に自動的に用いられます。

スタック・アドレッシングは，内部高速RAM領域のみアクセスできます。

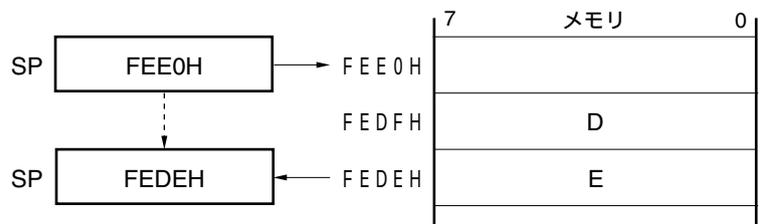
【記述例】

PUSH DE (DEレジスタをセーブ) の場合

命令コード

1	0	1	1	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

【図解】



第5章 ポート機能

5.1 ポートの機能

ポートの入出力バッファ電源には、 AV_{REF} 、 V_{DD} の2系統があります。それぞれの電源と端子の関係を次に示します。

表5 - 1 各端子の入出力バッファ電源

電 源	対応する端子
AV_{REF}	P20-P23
V_{DD}	P20-P23以外の端子

μ PD78F8024, 78F8025は、図5 - 1に示すポートを備えており、多様な制御を行うことができます。各ポートの機能は表5 - 2のとおりです。

また、デジタル入出力ポートとしての機能以外に、各種兼用機能を備えています。兼用機能については、第2章 端子機能を参照してください。

図5 - 1 ポートの種類

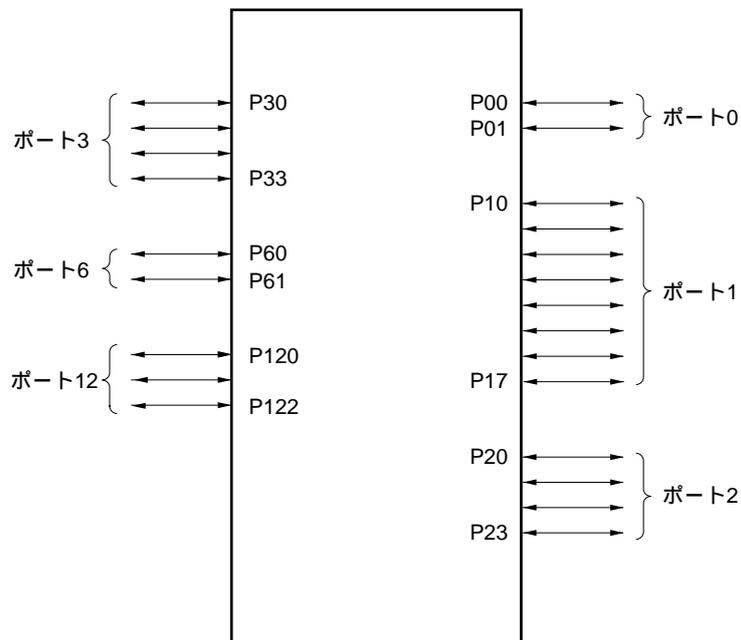


表5 - 2 ポートの機能

機能名称	入出力	機 能	リセット時	兼用機能
P00	入出力	ポート0。 2ビット入出力ポート。 1ビット単位で入力 / 出力の指定可能。 ソフトウェアの設定により、内蔵プルアップ抵抗を使用可能。	入力ポート	TI000
P01				TI010/TO00 (/EN)
P10	入出力	ポート1。 8ビット入出力ポート。 1ビット単位で入力 / 出力の指定可能。 ソフトウェアの設定により、内蔵プルアップ抵抗を使用可能。	入力ポート	SCK10/TxD0
P11				SI10/RxD0
P12				SO10
P13				TxD6
P14				RxD6
P15				TOH0 (/PWM1)
P16				TOH1/INTP5 (/PWM2)
P17				TI50/TO50 (/PWM3)
P20-P23	入出力	ポート2。 4ビット入出力ポート。 1ビット単位で入力 / 出力の指定可能。	アナログ入 力	ANI0-ANI3
P30	入出力	ポート3。 4ビット入出力ポート。 1ビット単位で入力 / 出力の指定可能。 ソフトウェアの設定により、内蔵プルアップ抵抗を使用可能。	入力ポート	INTP1 (/SH)
P31				INTP2
P32				INTP3
P33				INTP4/TI51/TO51 (/PWM0)
P60	入出力	ポート6。 2ビット入出力ポート。 出力はN-chオープン・ドレイン出力 (6 V耐圧)。 1ビット単位で入力 / 出力の指定可能。	入力ポート	SCL0
P61				SDA0
P120	入出力	ポート12。 3ビット入出力ポート。 1ビット単位で入力 / 出力の指定可能。 P120のみ、ソフトウェアの設定により、内蔵プルアップ抵抗を使用可能。	入力ポート	INTP0/EXLVI
P121				X1
P122				X2/EXCLK

備考 ()内は内部端子です。

5.2 ポートの構成

ポートは、次のハードウェアで構成しています。

表5 - 3 ポートの構成

項 目	構 成
制御レジスタ	ポート・モード・レジスタ (PM0-PM3, PM6, PM12) ポート・レジスタ (P0-P3, P6, P12) プルアップ抵抗オプション・レジスタ (PU0, PU1, PU3, PU12) A/Dポート・コンフィギュレーション・レジスタ (ADPC)
ポート	合計：23本 (CMOS入出力：21本, N-chオープン・ドレイン入出力：2本)
プルアップ抵抗	合計：15本

5.2.1 ポート0

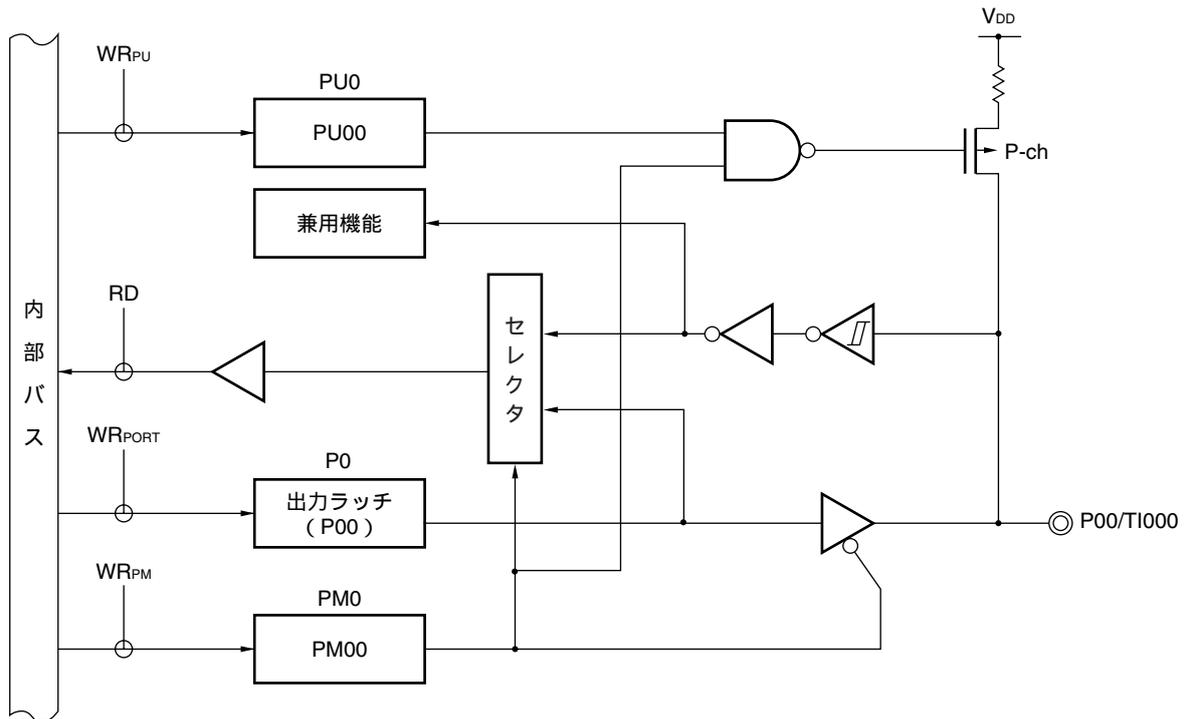
出力ラッチ付き2ビットの入出力ポートです。ポート・モード・レジスタ0 (PM0) により1ビット単位で入力モード / 出力モードの指定ができます。P00, P01端子を入力ポートとして使用するとき、プルアップ抵抗オプション・レジスタ0 (PU0) により1ビット単位で内蔵プルアップ抵抗を使用できます。

また、兼用機能としてタイマ入出力があります。

リセット信号の発生により、入力モードになります。

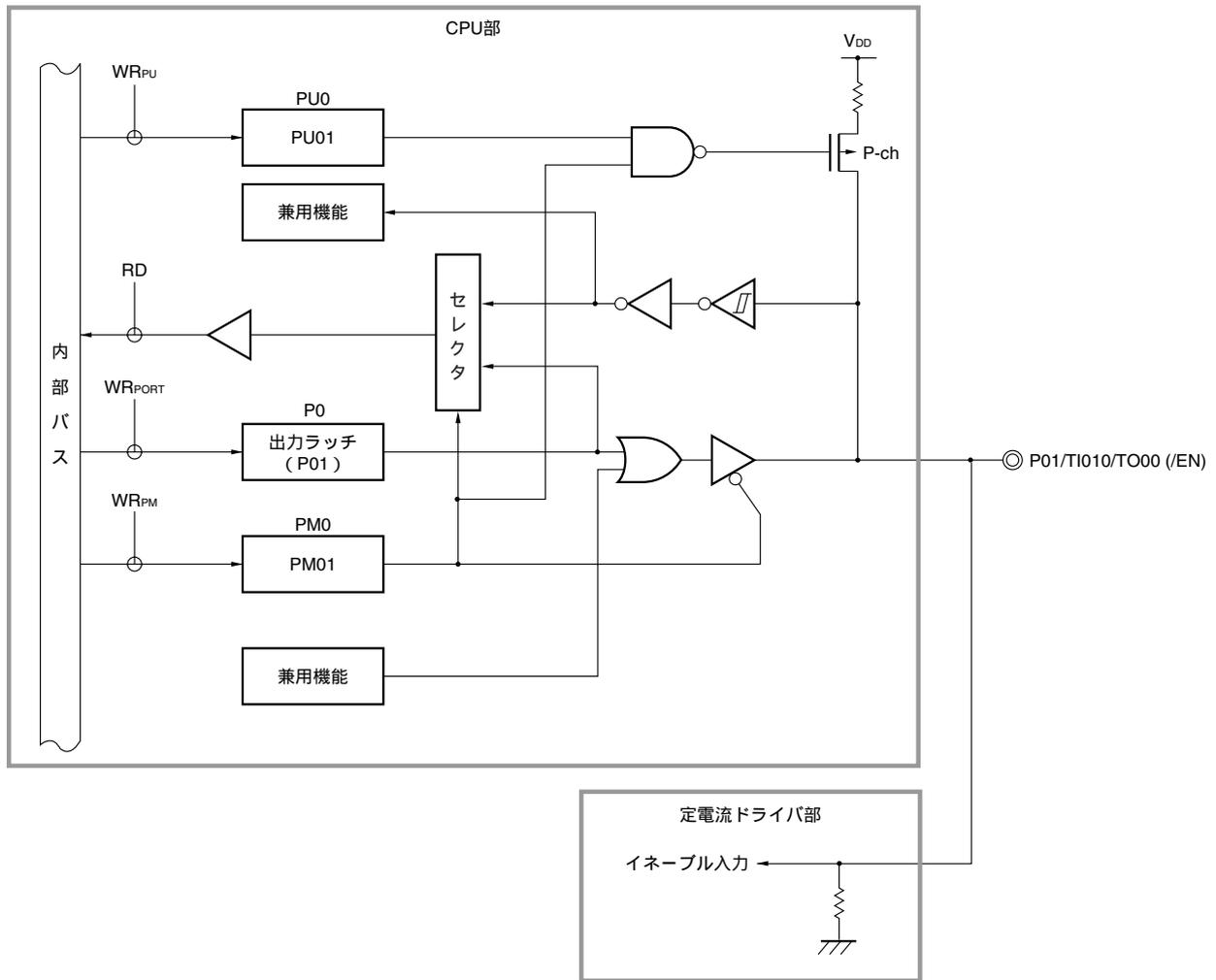
図5 - 2, 5 - 3にポート0のブロック図を示します。

図5 - 2 P00のブロック図



- P0 : ポート・レジスタ0
- PU0 : プルアップ抵抗オプション・レジスタ0
- PM0 : ポート・モード・レジスタ0
- RD : リード信号
- WR_{xx} : ライト信号

図5 - 3 P01のブロック図



- P0 : ポート・レジスタ0
- PU0 : プルアップ抵抗オプション・レジスタ0
- PM0 : ポート・モード・レジスタ0
- RD : リード信号
- WR_x : ライト信号

備考 P01/TI010/TO00端子は、パッケージ内部で、定電流ドライバ部のEN端子（内部端子）と接続されているため、定電流ドライバ部のEN端子を操作することができます。

5.2.2 ポート1

出力ラッチ付き8ビットの入出力ポートです。ポート・モード・レジスタ1 (PM1) により1ビット単位で入力モード / 出力モードの指定ができます。P10-P17端子を入力ポートとして使用するとき、プルアップ抵抗オプション・レジスタ1 (PU1) により1ビット単位で内蔵プルアップ抵抗を使用できます。

また、兼用機能として外部割り込み要求入力, シリアル・インタフェースのデータ入出力, クロック入出力, タイマの入出力があります。

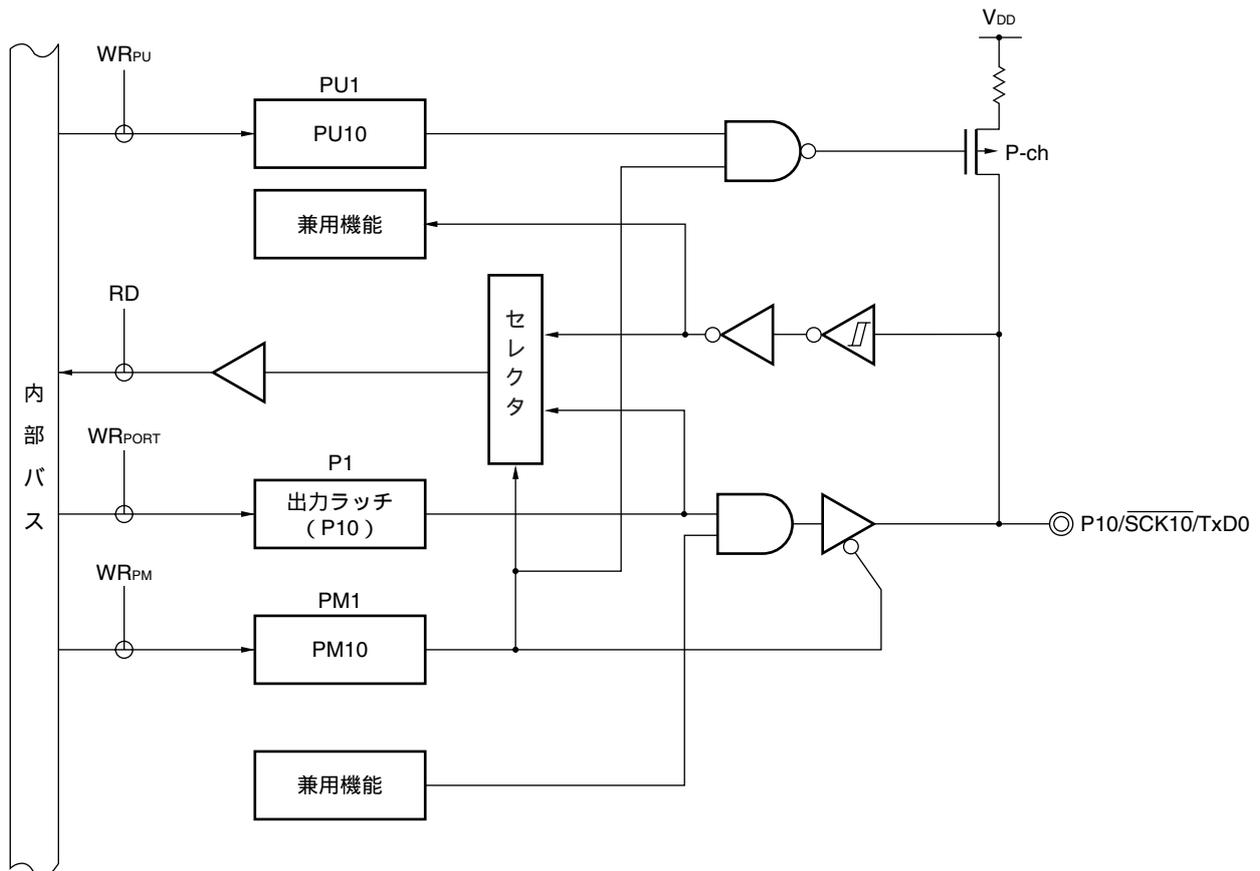
リセット信号の発生により、入力モードになります。

図5 - 4 ~ 5 - 9にポート1のブロック図を示します。

注意1. P10/ $\overline{\text{SCK10}}$ /TxD0, P12/ $\overline{\text{SO10}}$ を汎用ポートとして使用する場合、シリアル動作モード・レジスタ10 (CSIM10) とシリアル・クロック選択レジスタ10 (CSIC10) は初期状態と同じ設定 (00H) にしてください。

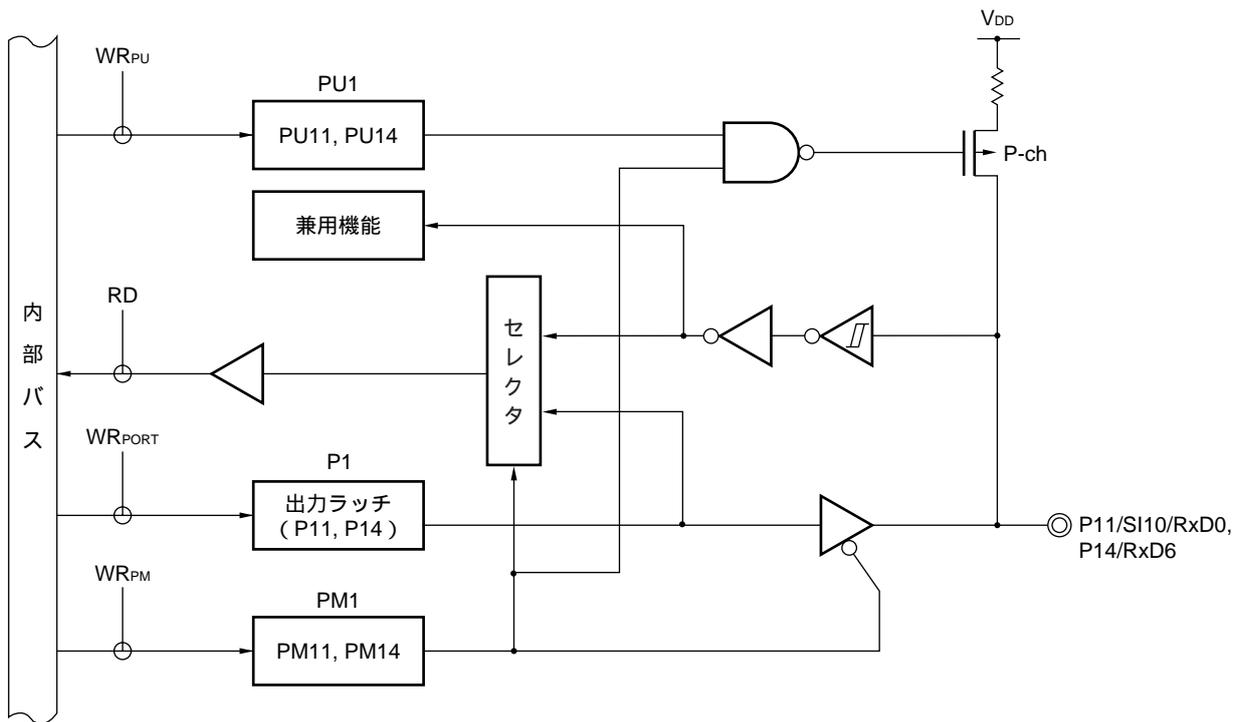
2. P13/TxD6を汎用ポートとして使用場合は、アシンクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6 (ASICL6) のビット0 (TXDLV6) を0 (TxD6通常出力) に設定してください。

図5 - 4 P10のブロック図



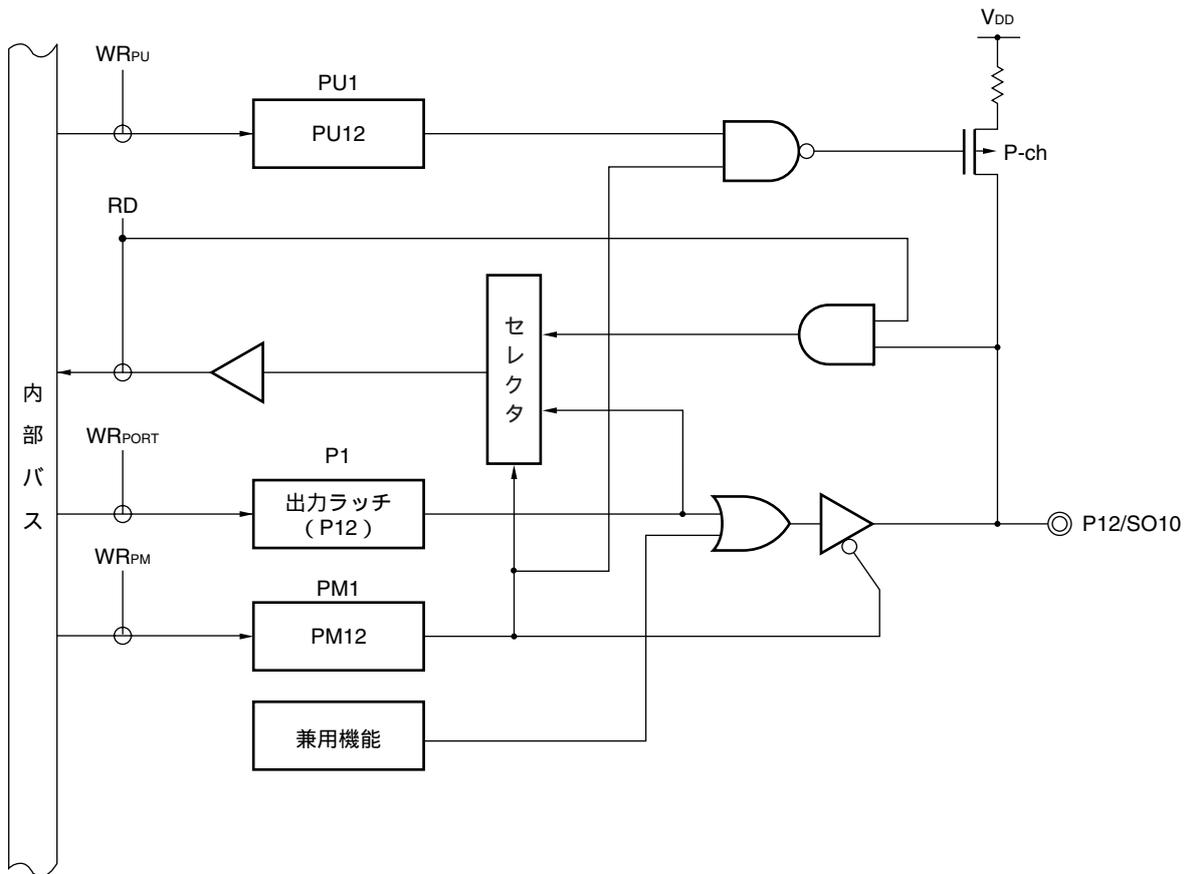
- P1 : ポート・レジスタ1
- PU1 : プルアップ抵抗オプション・レジスタ1
- PM1 : ポート・モード・レジスタ1
- RD : リード信号
- WR_x : ライト信号

図5 - 5 P11, P14のブロック図



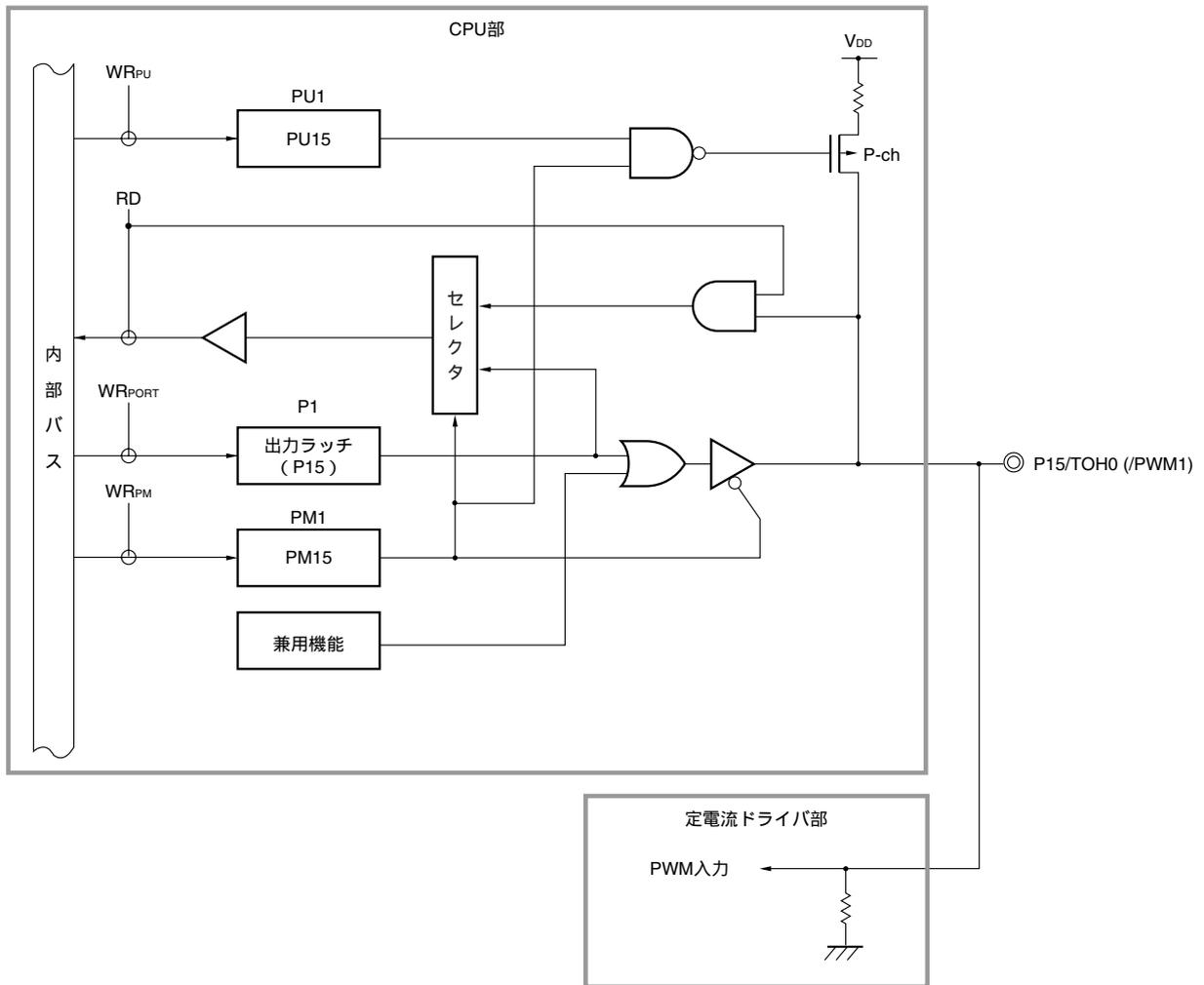
- P1 : ポート・レジスタ1
- PU1 : プルアップ抵抗オプション・レジスタ1
- PM1 : ポート・モード・レジスタ1
- RD : リード信号
- WR_x : ライト信号

図5 - 6 P12のブロック図



- P1 : ポート・レジスタ1
- PU1 : プルアップ抵抗オプション・レジスタ1
- PM1 : ポート・モード・レジスタ1
- RD : リード信号
- WR_{xx} : ライト信号

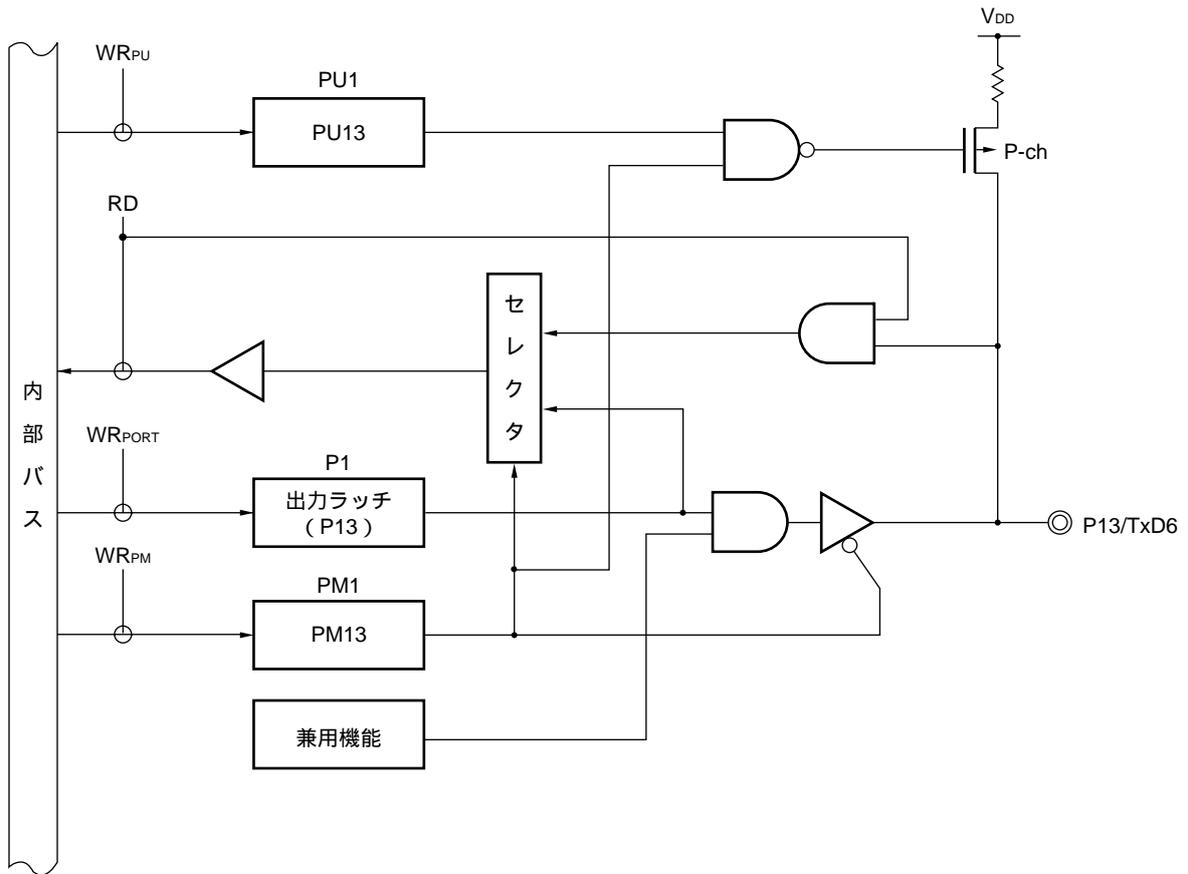
図5 - 7 P15のブロック図



- P1 : ポート・レジスタ1
- PU1 : プルアップ抵抗オプション・レジスタ1
- PM1 : ポート・モード・レジスタ1
- RD : リード信号
- WR_x : ライト信号

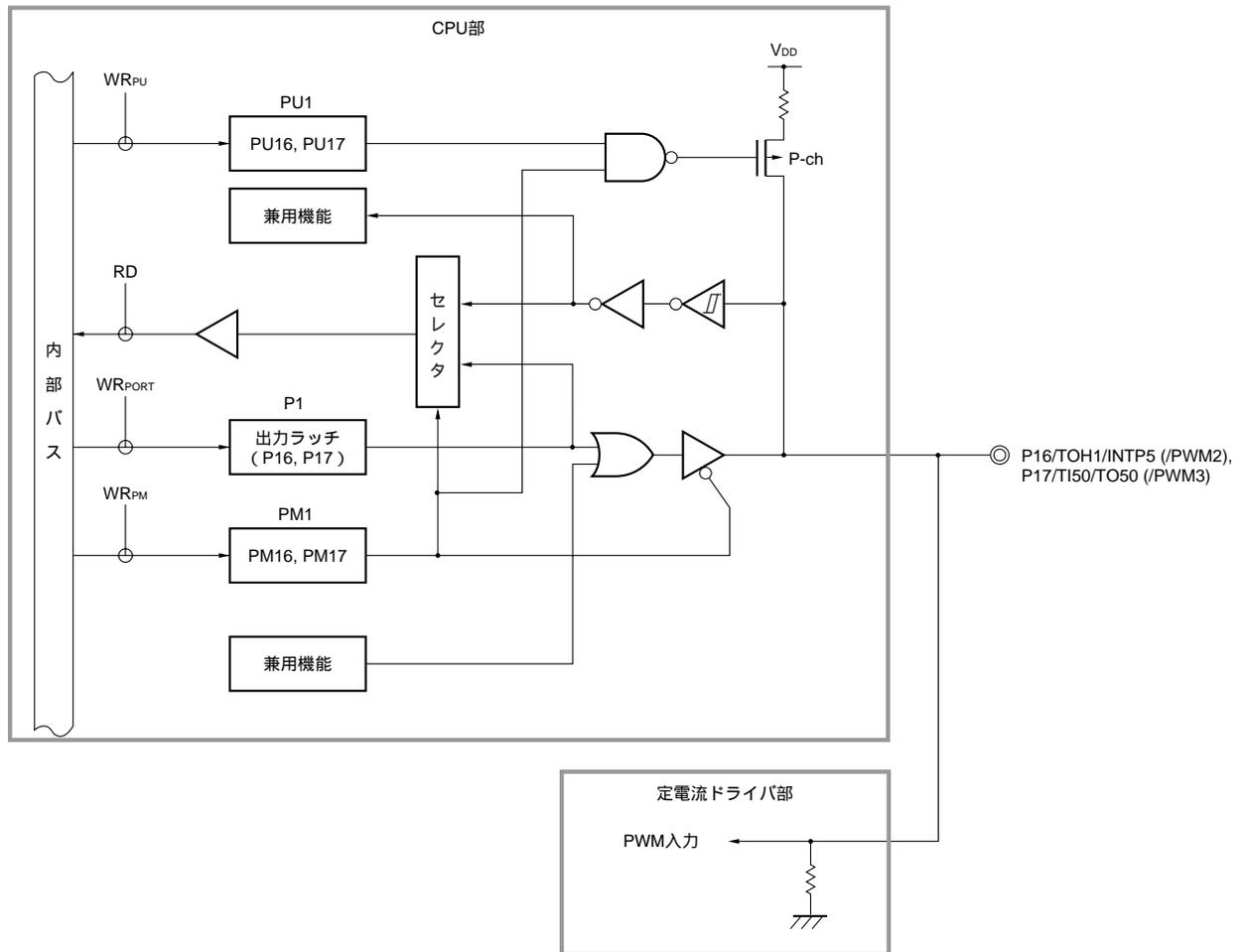
備考 P15/TOH0端子は、パッケージ内部で、定電流ドライバ部のPWM1（内部端子）と接続されているため、定電流ドライバ部のPWM1端子を操作することができます。

図5 - 8 P13のブロック図



- P1 : ポート・レジスタ1
- PU1 : プルアップ抵抗オプション・レジスタ1
- PM1 : ポート・モード・レジスタ1
- RD : リード信号
- WR_{xx} : ライト信号

図5 - 9 P16, P17のブロック図



- P1 : ポート・レジスタ1
- PU1 : プルアップ抵抗オプション・レジスタ1
- PM1 : ポート・モード・レジスタ1
- RD : リード信号
- WR_x : ライト信号

備考 P16/TOH1/INTP5, P17/TI50/TO50端子は、パッケージ内部で、定電流ドライバ部のPWM2, PWM3端子（内部端子）とそれぞれ接続されているため、定電流ドライバ部のPWM2, PWM3端子を操作することができます。

5.2.3 ポート2

出力ラッチ付き4ビットの入出力ポートです。ポート・モード・レジスタ2 (PM2) により1ビット単位で入力モード / 出力モードの指定ができます。

また、兼用機能としてA/Dコンバータのアナログ入力があります。

P20/ANI0-P23/ANI3をデジタル入力として使用する場合は、A/Dポート・コンフィギュレーション・レジスタ (ADPC) でデジタル入出力に、かつPM2で入力モードに設定して、下位ビットから使用してください。

P20/ANI0-P23/ANI3をデジタル出力として使用する場合は、ADPCでデジタル入出力に、かつPM2で出力モードに設定してください。

表5 - 4 P20/ANI0-P23/ANI3端子機能の設定

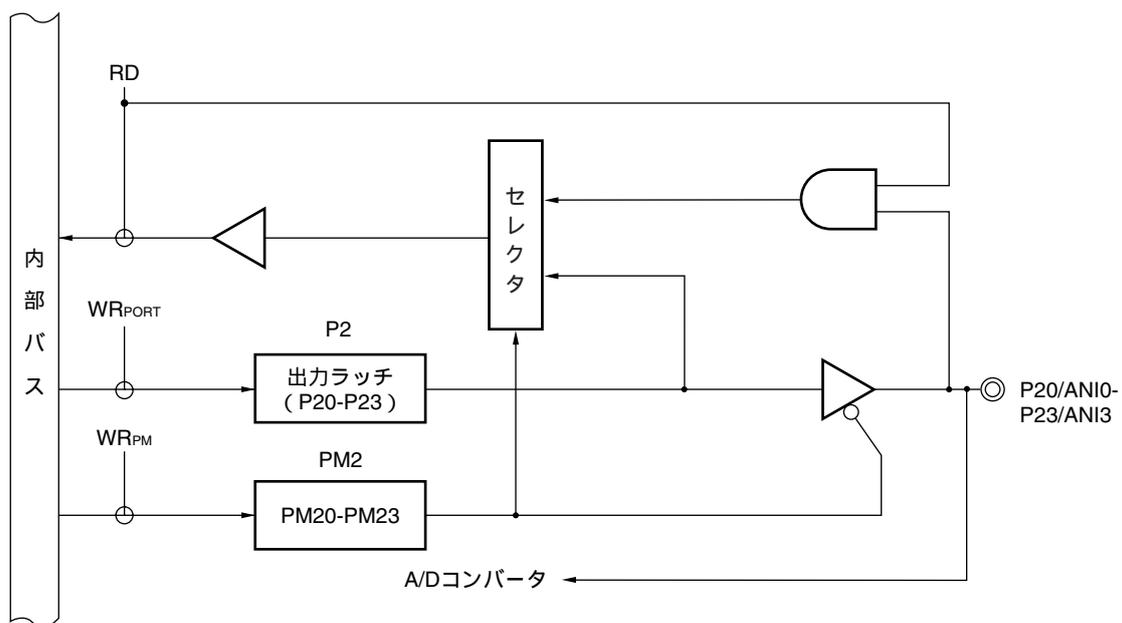
ADPC	PM2	ADS	P20/ANI0-P23/ANI3端子
デジタル入出力選択	入力モード	—	デジタル入力
	出力モード	—	デジタル出力
アナログ入力選択	入力モード	ANI選択	アナログ入力 (変換対象)
		ANI非選択	アナログ入力 (非変換対象)
	出力モード	ANI選択	設定禁止
		ANI非選択	

リセット信号の発生により、P20/ANI0-P23/ANI3はすべてアナログ入力になります。

図5 - 10にポート2のブロック図を示します。

注意 ポート2をデジタル・ポートとして使用する場合は、 AV_{REF} を V_{DD} と同電位にしてください。

図5 - 10 P20-P23のブロック図



- P2 : ポート・レジスタ2
- PM2 : ポート・モード・レジスタ2
- RD : リード信号
- WR_{xx} : ライト信号

5.2.4 ポート3

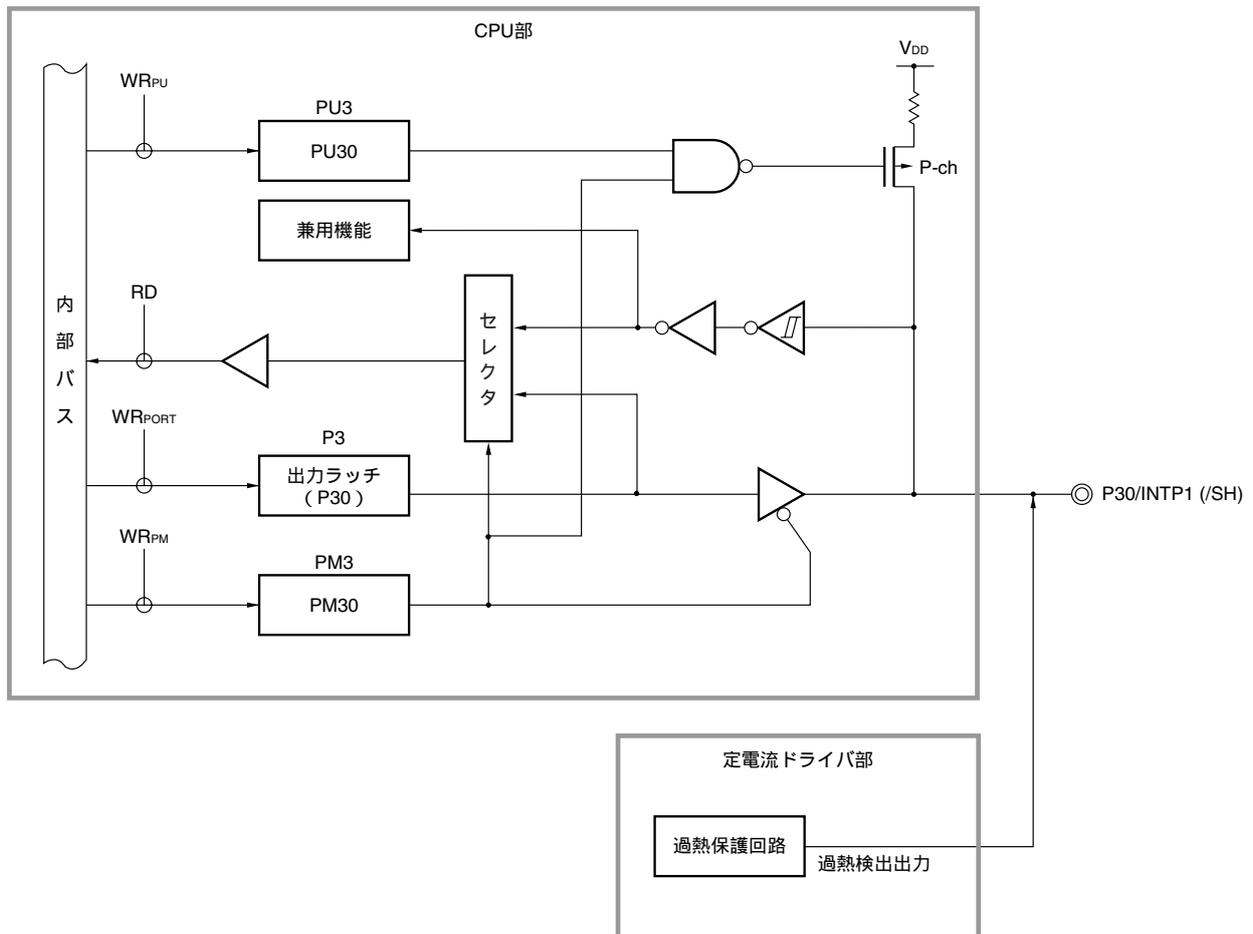
出力ラッチ付き4ビットの入出力ポートです。ポート・モード・レジスタ3 (PM3) により1ビット単位で入力モード/出力モードの指定ができます。入力ポートとして使用する場合、プルアップ抵抗オプション・レジスタ3 (PU3) により1ビット単位で内蔵プルアップ抵抗を使用できます。

また、兼用機能として外部割り込み要求入力、タイマの入出力があります。

リセット信号の発生により、入力モードになります。

図5 - 11 - 5 - 13にポート3のブロック図を示します。

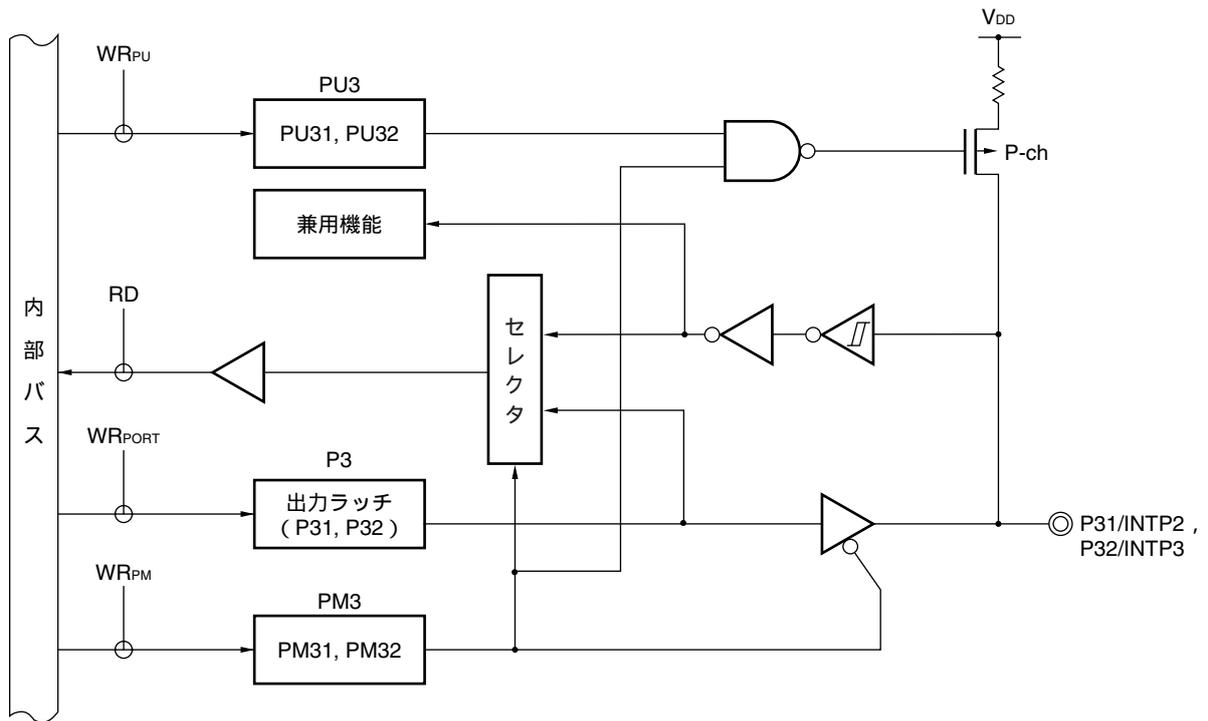
図5 - 11 P30のブロック図



- P3 : ポート・レジスタ3
- PU3 : プルアップ抵抗オプション・レジスタ3
- PM3 : ポート・モード・レジスタ3
- RD : リード信号
- WR_x : ライト信号

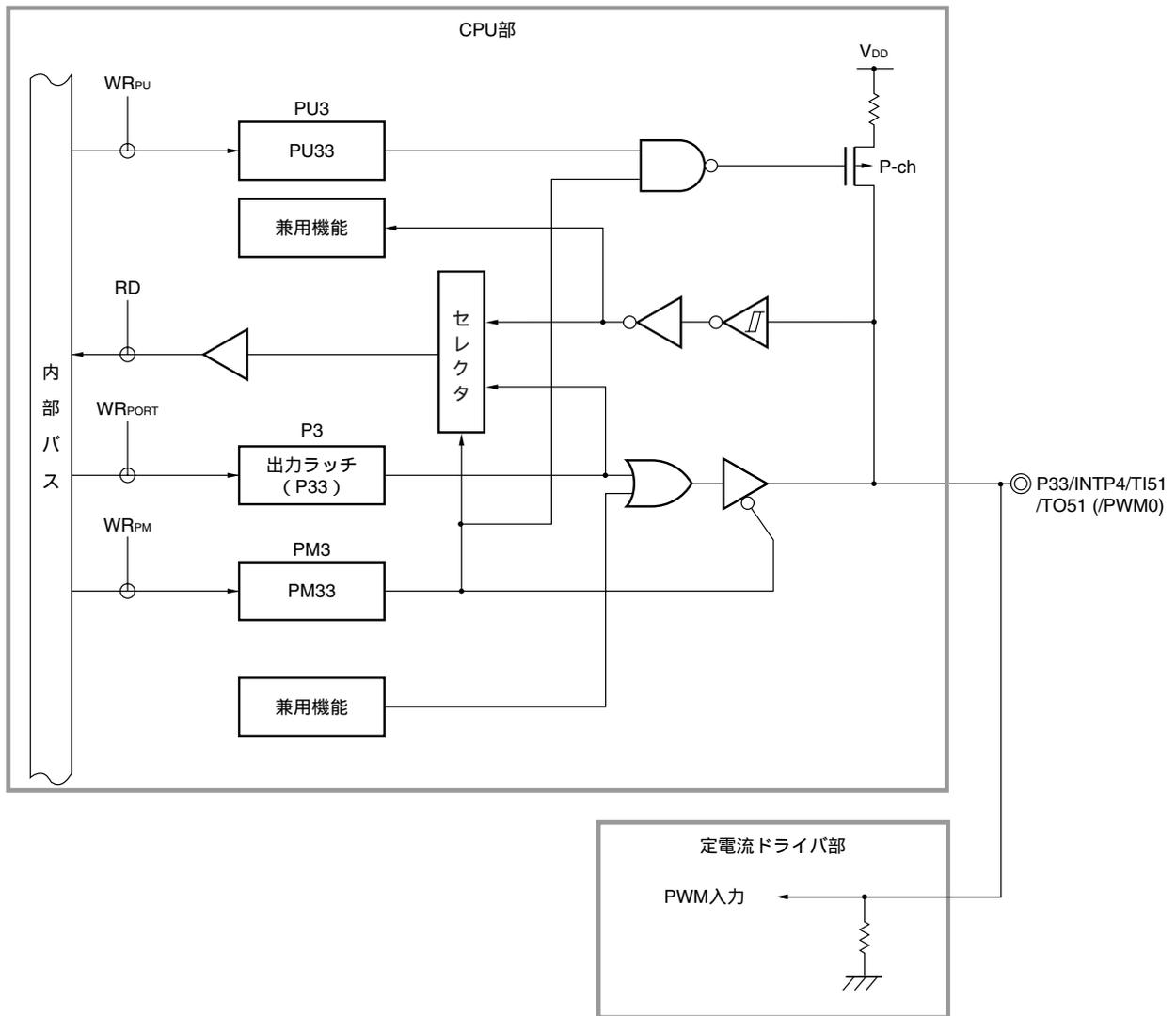
備考 P30/INTP1端子は、パッケージ内部で、定電流ドライバ部のSH端子（内部端子）と接続されているため、定電流ドライバ部のSH端子からの信号を判定することができます。

図5 - 12 P31, P32のブロック図



- P3 : ポート・レジスタ3
- PU3 : プルアップ抵抗オプション・レジスタ3
- PM3 : ポート・モード・レジスタ3
- RD : リード信号
- WR_x : ライト信号

図5 - 13 P33のブロック図



- P3 : ポート・レジスタ3
- PU3 : プルアップ抵抗オプション・レジスタ3
- PM3 : ポート・モード・レジスタ3
- RD : リード信号
- WR_{x} : ライト信号

備考 P33/INTP4/TO51/TI51端子は、パッケージ内部で、定電流ドライバ部のPWM0端子（内部端子）接続されているため、定電流ドライバ部のPWM0端子を操作することができます。

5.2.5 ポート6

出力ラッチ付き2ビット入出力ポートです。ポート・モード・レジスタ6 (PM6) により1ビット単位で入力モード / 出力モードの指定ができます。

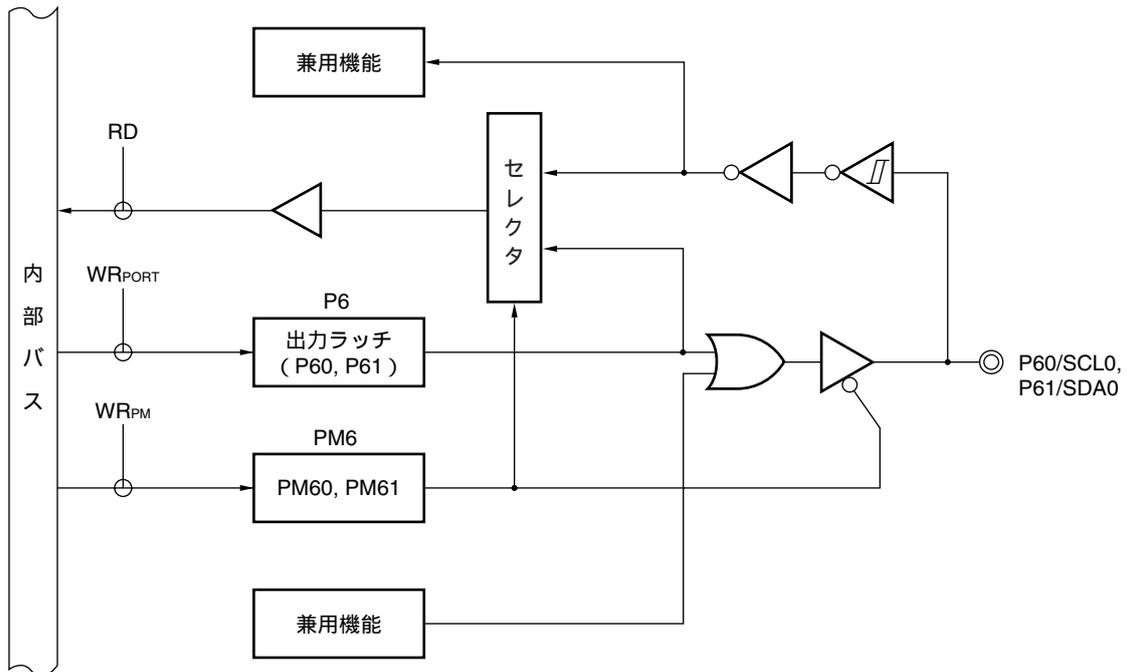
出力は、N-chオープン・ドレイン出力 (6 V耐圧) です。

また、兼用機能としてシリアル・インタフェースのデータ入出力、クロックの入出力があります。

リセット信号の発生により、入力モードになります。

図5 - 14にポート6のブロック図を示します。

図5 - 14 P60, P61のブロック図



- P6 : ポート・レジスタ6
- PM6 : ポート・モード・レジスタ6
- RD : リード信号
- WR_{xx} : ライト信号

注意 P60, P61は出力モード時においても、入力バッファがオンになっているため、中間電位を入れた場合、貫通電流が流れます。したがって、P60, P61が出力モードの場合には、中間電位を入れないでください。

5.2.6 ポート12

出力ラッチ付き3ビットの入出力ポートです。ポート・モード・レジスタ12 (PM12) により、1ビット単位で入力モード/出力モードの指定ができます。P120のみ、入力ポートとして使用する場合、プルアップ抵抗オプション・レジスタ12 (PU12) により内蔵プルアップ抵抗を使用できます。

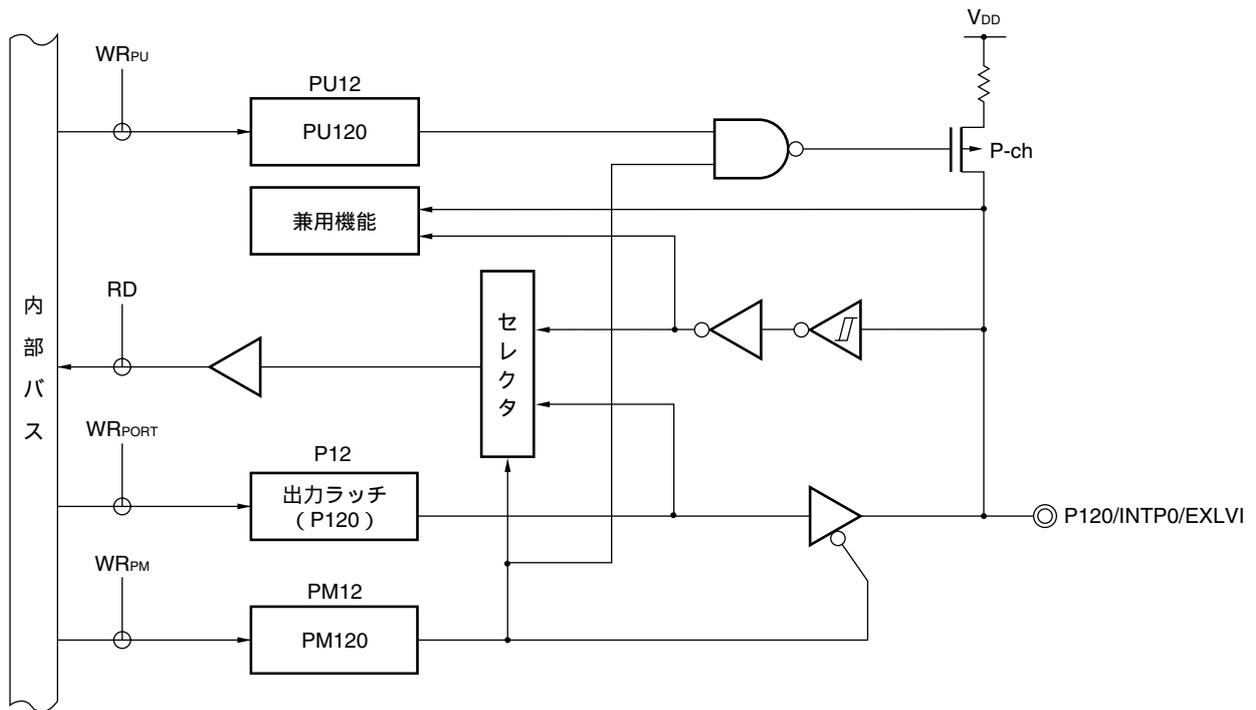
また兼用機能として外部割り込み要求入力、外部低電圧検出用電位入力、メイン・システム・クロック用発振子接続、メイン・システム・クロック用外部クロック入力があります。

リセット信号の発生により、入力モードになります。

図5 - 15, 5 - 16にポート12のブロック図を示します。

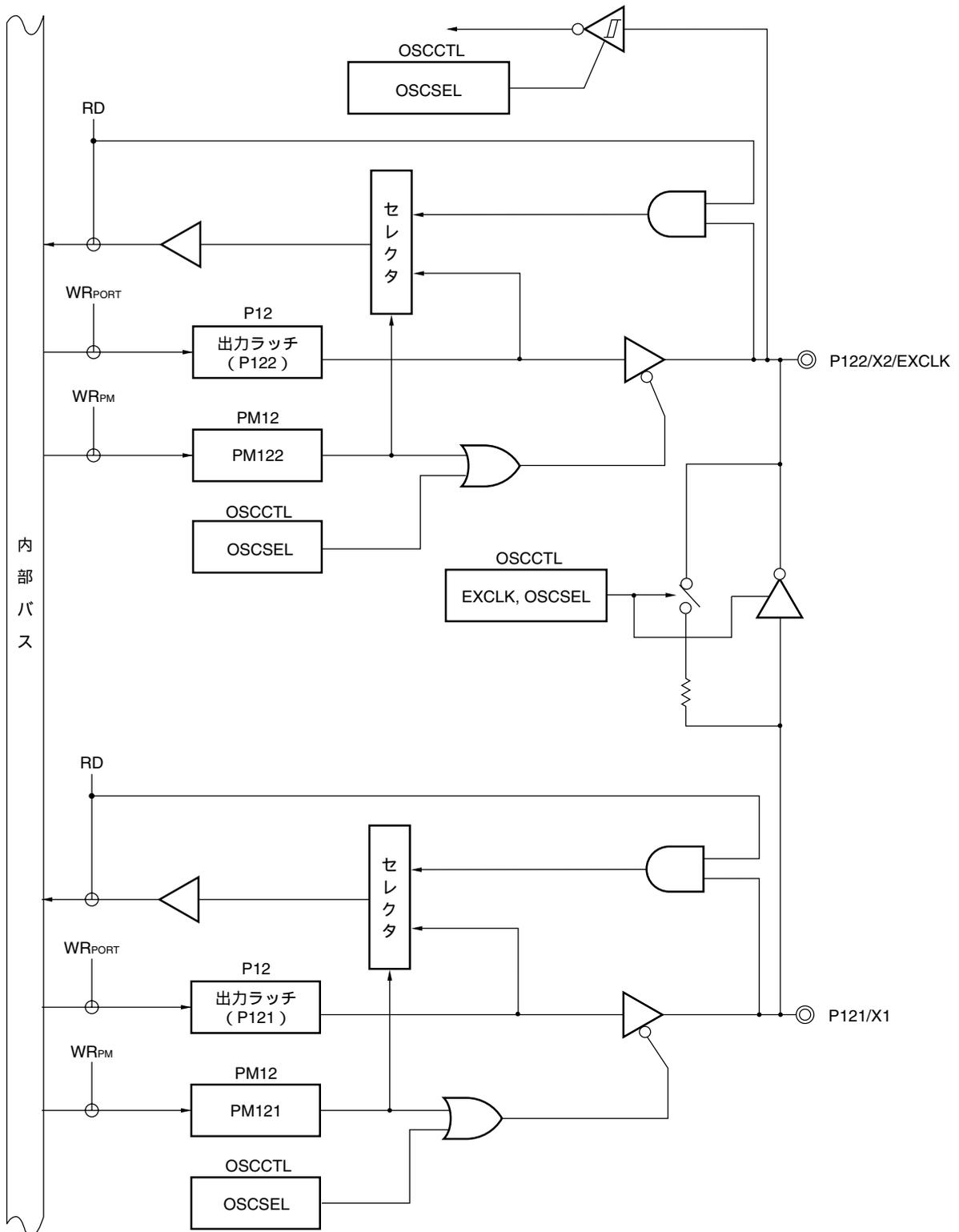
注意 P121, P122端子を、メイン・システム・クロック用発振子接続 (X1, X2)、メイン・システム・クロック用外部クロック入力 (EXCLK) として使用する場合は、クロック動作モード選択レジスタ (OSCCTL) でX1発振モードまたは外部クロック入力モードに設定してください (詳細は、5.3 (1) クロック動作モード選択レジスタ (OSCCTL) を参照)。OSCCTLのリセット値は00H (P121, P122は入出力ポート) となります。このとき、PM121, PM122, P121, P122の設定は不要です。

図5 - 15 P120のブロック図



- P12 : ポート・レジスタ12
- PU12 : プルアップ抵抗オプション・レジスタ12
- PM12 : ポート・モード・レジスタ12
- RD : リード信号
- WR_x : ライト信号

図5 - 16 P121, P122のブロック図



- P12 : ポート・レジスタ12
- PU12 : ブルアップ抵抗オプション・レジスタ12
- PM12 : ポート・モード・レジスタ12
- OSCCTL : クロック動作モード選択レジスタ
- RD : リード信号
- WR_x : ライト信号

5.3 ポート機能を制御するレジスタ

ポートは、次の4種類のレジスタで制御します。

- ・ポート・モード・レジスタ (PM0-PM3, PM6, PM12)
- ・ポート・レジスタ (P0-P3, P6, P12)
- ・プルアップ抵抗オプション・レジスタ (PU0, PU1, PU3, PU12)
- ・A/Dポート・コンフィギュレーション・レジスタ (ADPC)

(1) ポート・モード・レジスタ (PM0-PM3, PM6, PM12)

ポートの入力/出力を1ビット単位で設定するレジスタです。

ポート・モード・レジスタは、それぞれ1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、FFHになります。

ポート端子を兼用機能の端子として使用する場合、5.5 兼用機能使用時のポート・モード・レジスタ、出力ラッチの設定を参照し、設定してください。

図5-17 ポート・モード・レジスタのフォーマット

略号	7	6	5	4	3	2	1	0	アドレス	リセット時	R/W
PM0	1	1	1	1	1	1	PM01	PM00	FF20H	FFH	R/W
PM1	PM17	PM16	PM15	PM14	PM13	PM12	PM11	PM10	FF21H	FFH	R/W
PM2	1	1	1	1	PM23	PM22	PM21	PM20	FF22H	FFH	R/W
PM3	1	1	1	1	PM33	PM32	PM31	PM30	FF23H	FFH	R/W
PM6	1	1	1	1	1	1	PM61	PM60	FF26H	FFH	R/W
PM12	1	1	1	1	1	PM122	PM121	PM120	FF2CH	FFH	R/W

PMmn	Pmn端子の入出力モードの選択 (m = 0-3, 6, 12 ; n = 0-7)
0	出力モード (出力バッファ・オン)
1	入力モード (出力バッファ・オフ)

注意 PM0のビット2-7, PM2のビット4-7, PM3のビット4-7, PM6のビット2-7, PM12のビット3-7には、必ず1を設定してください。

(2) ポート・レジスタ (P0-P3, P6, P12)

ポート出力時にチップ外に出力するデータをライトするレジスタです。

リードする場合、入力モード時は端子レベルが、出力モード時はポートの出力ラッチの値が読み出されます。

P0-P3, P6, P12は、それぞれ1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、00Hになります。

図5 - 18 ポート・レジスタのフォーマット

略号	7	6	5	4	3	2	1	0	アドレス	リセット時	R/W
P0	0	0	0	0	0	0	P01	P00	FF00H	00H (出力ラッチ)	R/W
P1	P17	P16	P15	P14	P13	P12	P11	P10	FF01H	00H (出力ラッチ)	R/W
P2	0	0	0	0	P23	P22	P21	P20	FF02H	00H (出力ラッチ)	R/W
P3	0	0	0	0	P33	P32	P31	P30	FF03H	00H (出力ラッチ)	R/W
P6	0	0	0	0	0	0	P61	P60	FF06H	00H (出力ラッチ)	R/W
P12	0	0	0	0	0	P122 ^注	P121 ^注	P120	FF0CH	00H (出力ラッチ)	R/W

Pmn	m = 0-3, 6, 12; n = 0-7	
	出力データの制御 (出力モード時)	入力データの読み出し (入力モード時)
0	0を出力	ロウ・レベルを入力
1	1を出力	ハイ・レベルを入力

注 P121, P122の出力ラッチは、端子モードが外部クロック入力モードの場合、常に0が読み出されます。

(3) プルアップ抵抗オプション・レジスタ (PU0, PU1, PU3, PU12)

P00, P01, P10-P17, P30-P33, P120の内蔵プルアップ抵抗を使用するか, しないかを設定するレジスタです。PU0, PU1, PU3, PU12で内蔵プルアップ抵抗の使用を指定した端子で, 入力モードに設定したビットにのみ, ビット単位で内部プルアップ抵抗が使用できます。出力モードに設定したビットは, PU0, PU1, PU3, PU12の設定にかかわらず, 内蔵プルアップ抵抗は接続されません。兼用機能の出力端子として使用するときも同様です。

PU0, PU1, PU3, PU12は, 1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。リセット信号の発生により, 00Hになります。

図5 - 19 プルアップ抵抗オプション・レジスタのフォーマット

略号	7	6	5	4	3	2	1	0	アドレス	リセット時	R/W
PU0	0	0	0	0	0	0	PU01	PU00	FF30H	00H	R/W
PU1	PU17	PU16	PU15	PU14	PU13	PU12	PU11	PU10	FF31H	00H	R/W
PU3	0	0	0	0	PU33	PU32	PU31	PU30	FF33H	00H	R/W
PU12	0	0	0	0	0	0	0	PU120	FF3CH	00H	R/W

PUmn	Pmnの内蔵プルアップ抵抗の選択 (m = 0, 1, 3, 12; n = 0-7)
0	内蔵プルアップ抵抗を接続しない
1	内蔵プルアップ抵抗を接続する

(4) A/Dポート・コンフィギュレーション・レジスタ (ADPC)

P20/ANI0-P23/ANI3端子を、ポートのデジタル入出力 / A/Dコンバータのアナログ入力に切り替えるレジスタです。

ADPCは、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、00Hになります。

図5 - 20 A/Dポート・コンフィギュレーション・レジスタ (ADPC) のフォーマット

アドレス : FF2FH リセット時 : 00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
ADPC	0	0	0	0	0	ADPC2	ADPC1	ADPC0

ADPC2	ADPC1	ADPC0	デジタル入出力 (D) / アナログ入力 (A) の切り替え			
			P23/ANI3	P22/ANI2	P21/ANI1	P20/ANI0
0	0	0	A	A	A	A
0	0	1	A	A	A	D
0	1	0	A	A	D	D
0	1	1	A	D	D	D
1	0	0	D	D	D	D
上記以外			設定禁止			

- 注意1. A/D変換で使用するチャンネルは、ポート・モード・レジスタ2 (PM2) で入力モードに選択してください。
2. ADPCにデータを書き込むと、ウェイトが発生します。詳細は第27章 ウェイトに関する注意事項を参照してください。
3. ビット3-7には、必ず0を設定してください。

5.4 ポート機能の動作

ポートの動作は、次に示すように入出力モードの設定によって異なります。

5.4.1 入出力ポートへの書き込み

(1) 出力モードの場合

転送命令により、出力ラッチに値を書き込みます。また、出力ラッチの内容が端子より出力されます。一度出力ラッチに書き込まれたデータは、もう一度出力ラッチにデータを書き込むまで保持されます。また、リセット信号が発生したときに、出力ラッチのデータはクリアされます。

(2) 入力モードの場合

転送命令により、出力ラッチに値を書き込みます。しかし、出力バッファがオフしていますので、端子の状態は変化しません。

一度出力ラッチに書き込まれたデータは、もう一度出力ラッチにデータを書き込むまで保持されます。また、リセット信号が発生したときに、出力ラッチのデータはクリアされます。

5.4.2 入出力ポートからの読み出し

(1) 出力モードの場合

転送命令により、出力ラッチの内容が読み出せます。出力ラッチの内容は変化しません。

(2) 入力モードの場合

転送命令により、端子の状態が読み出せます。出力ラッチの内容は変化しません。

5.4.3 入出力ポートでの演算

(1) 出力モードの場合

出力ラッチの内容と演算を行い、結果を出力ラッチに書き込みます。また、出力ラッチの内容が端子より出力されます。

一度出力ラッチに書き込まれたデータは、もう一度出力ラッチにデータを書き込むまで保持されます。また、リセット信号が発生したときに、出力ラッチのデータはクリアされます。

(2) 入力モードの場合

端子レベルをリードし、その内容と演算を行います。演算結果を出力ラッチに書き込みます。しかし、出力バッファがオフしていますので、端子の状態は変化しません。

また、リセット信号が発生したときに、出力ラッチのデータはクリアされます。

5.5 兼用機能使用時のポート・モード・レジスタ，出力ラッチの設定

ポート端子を兼用機能の端子として使用する場合，ポート・モード・レジスタ，出力ラッチを表5-5のように設定してください。

表5-5 兼用機能使用時のポート・モード・レジスタ，出力ラッチの設定

端子名称	兼用機能		PM × ×	P × ×
	名 称	入出力		
P00	TI000	入力	1	×
P01	TI010	入力	1	×
	TO00	出力	0	0
P10	SCK10	入力	1	×
		出力	0	1
	TxD0	出力	0	1
P11	SI10	入力	1	×
	RxD0	入力	1	×
P12	SO10	出力	0	0
P13	TxD6	出力	0	1
P14	RxD6	入力	1	×
P15	TOH0	出力	0	0
P16	TOH1	出力	0	0
	INTP5	入力	1	×
P17	TI50	入力	1	×
	TO50	出力	0	0
P20-P23 ^{注1}	ANI0-ANI3 ^{注1}	入力	1	×
P30-P32	INTP1-INTP3	入力	1	×
P33	INTP4	入力	1	×
	TI51	入力	1	×
	TO51	出力	0	0
P60	SCL0	入出力	0	0
P61	SDA0	入出力	0	0
P120	INTP0	入力	1	×
	EXLVI	入力	1	×
P121	X1 ^{注2}	-	×	×
P122	X2 ^{注2}	-	×	×
	EXCLK ^{注2}	入力	×	×

備考 × : don't care

PM × × : ポート・モード・レジスタ

P × × : ポートの出力ラッチ

(注1, 2は次頁にあります。)

注1. ANI0/P20-ANI3/P23端子の機能は、A/Dポート・コンフィギュレータ・レジスタ（ADPC）、アナログ入力チャネル指定レジスタ（ADS）、PM2の設定で決定します。

表5 - 6 ANI0/P20-ANI3/P23端子機能の設定

ADPC	PM2	ADS	ANI0/P20-ANI3/P23端子
アナログ入力選択	入力モード	ANI選択	アナログ入力（変換対象）
		ANI非選択	アナログ入力（非変換対象）
	出力モード	ANI選択	設定禁止
		ANI非選択	
デジタル入出力選択	入力モード	—	デジタル入力
	出力モード	—	デジタル出力

2. P121, P122端子を、メイン・システム・クロック用発振子接続（X1, X2）、メイン・システム・クロック用外部クロック入力（EXCLK）として使用する場合は、クロック動作モード選択レジスタ（OSCCTL）でX1発振モードまたは外部クロック入力モードに設定してください（詳細は、6.3（1）クロック動作モード選択レジスタ（OSCCTL）を参照）。OSCCTLのリセット値は00H（P121, P122は入出力ポート）となります。このとき、PM121, PM122, P121, P122の設定は不要です。

5.6 ポート・レジスタ_n (P_n) に対する1ビット・メモリ操作命令に関する注意事項

入力/出力が混在しているポートに対して1ビット・メモリ操作命令を行った場合、操作対象のビットだけでなく、操作対象ではない入力ポートの出力ラッチの値も書き換わる可能性があります。

そのため、任意のポートを入力モードから出力モードに切り替える前には、出力ラッチの値を書き直すことを推奨します。

<例> P10は出力ポート、P11-P17は入力ポート（端子状態はすべてハイ・レベル）で、かつポート1の出力ラッチの値が“00H”のとき、出力ポートP10の出力を1ビット・メモリ操作命令により“ロウ・レベル”“ハイ・レベル”とすると、ポート1の出力ラッチの値は、“FFH”になります。

説明：PM_nmビット = 1であるポートのP_nレジスタへの書き込みの対象は出力ラッチ、読み出しの対象は端子状態です。

1ビット・メモリ操作命令は、μPD78F8024, 78F8025の内部で、次の順序で行われます。

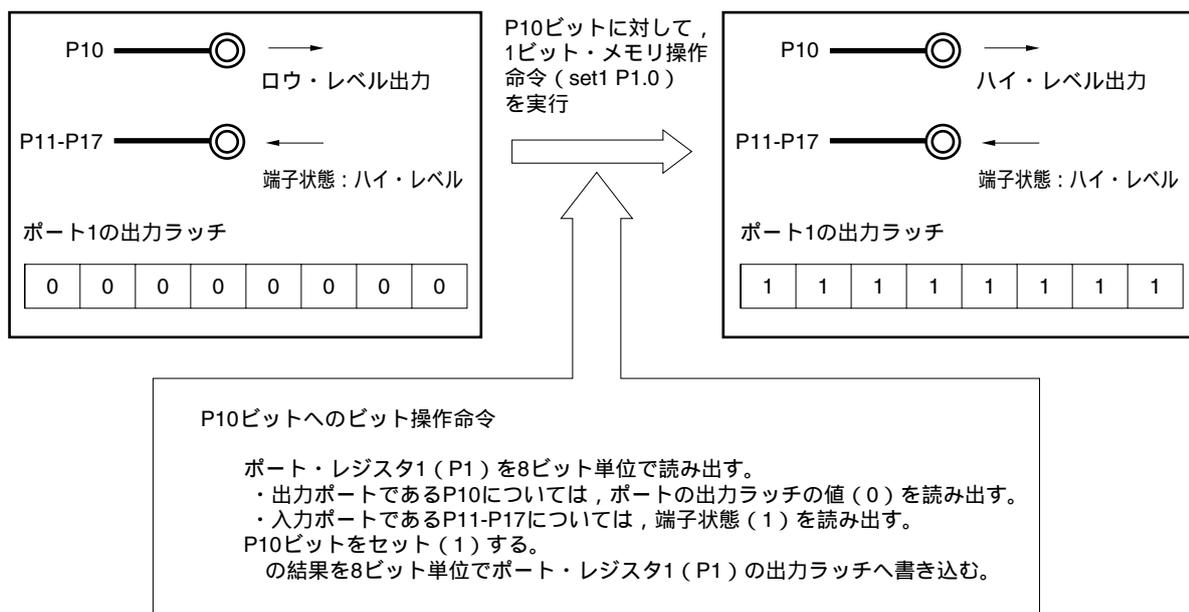
- <1> P_nレジスタを8ビット単位で読み出し
- <2> 対象の1ビットを操作
- <3> P_nレジスタへ8ビット単位で書き込み

<1> のとき、出力ポートであるP10は出力ラッチの値（0）を読み出し、入力ポートであるP11-P17は端子状態を読み出します。このときP11-P17の端子状態が“ハイ・レベル”とすると、読み出し値は“FEH”となります。

<2> の操作で、値は“FFH”となります。

<3> の操作で、出力ラッチに“FFH”が書き込まれます。

図5-21 1ビット・メモリ操作命令（P10の場合）



第6章 クロック発生回路

6.1 クロック発生回路の機能

クロック発生回路は、CPUおよび周辺ハードウェアに供給するクロックを発生する回路です。システム・クロックおよびクロック発振回路には、次の種類があります。

(1) メイン・システム・クロック

X1発振回路

X1, X2に発振子を接続することにより、 $f_x = 1 \sim 20$ MHzのクロックを発振します。STOP命令の実行またはメインOSCコントロール・レジスタ (MOC) により、発振を停止することができます。

高速内蔵発振回路

$f_{RH} = 8$ MHz (TYP.) のクロックを発振します。リセット解除後、CPUは必ずこの高速内蔵発振クロックで動作を開始します。STOP命令の実行または内蔵発振モード・レジスタ (RCM) の設定により、発振を停止することができます。

また、EXCLK/X2/P122端子から外部メイン・システム・クロック ($f_{EXCLK} = 1 \sim 20$ MHz) を供給することができます。STOP命令の実行またはRCMの設定により、外部メイン・システム・クロック入力を無効にすることができます。

メイン・システム・クロックは、メイン・クロック・モード・レジスタ (MCM) で高速システム・クロック (X1クロックまたは外部メイン・システム・クロック) と高速内蔵発振クロックを切り替えられます。

(2) 低速内蔵発振クロック (ウォッチドッグ・タイマ用クロック)

・低速内蔵発振回路

$f_{RL} = 240$ kHz (TYP.) のクロックを発振します。リセット解除後、必ず低速内蔵発振クロックは動作を開始します。

オプション・バイトで「低速内蔵発振器をソフトウェアにより停止可能」に設定した場合、内蔵発振モード・レジスタ (RCM) を設定することで、発振を停止することができます。

低速内蔵発振クロックをCPUクロックとして使用することはできません。低速内蔵発振クロックで動作するハードウェアは次のとおりです。

- ・ウォッチドッグ・タイマ
- ・TMH1(f_{RL} , $f_{RL}/2^7$ または $f_{RL}/2^9$ 選択時)

- 備考1. f_x : X1クロック発振周波数
2. f_{RH} : 高速内蔵発振クロック周波数
 3. f_{EXCLK} : 外部メイン・システム・クロック周波数
 4. f_{RL} : 低速内蔵発振クロック周波数

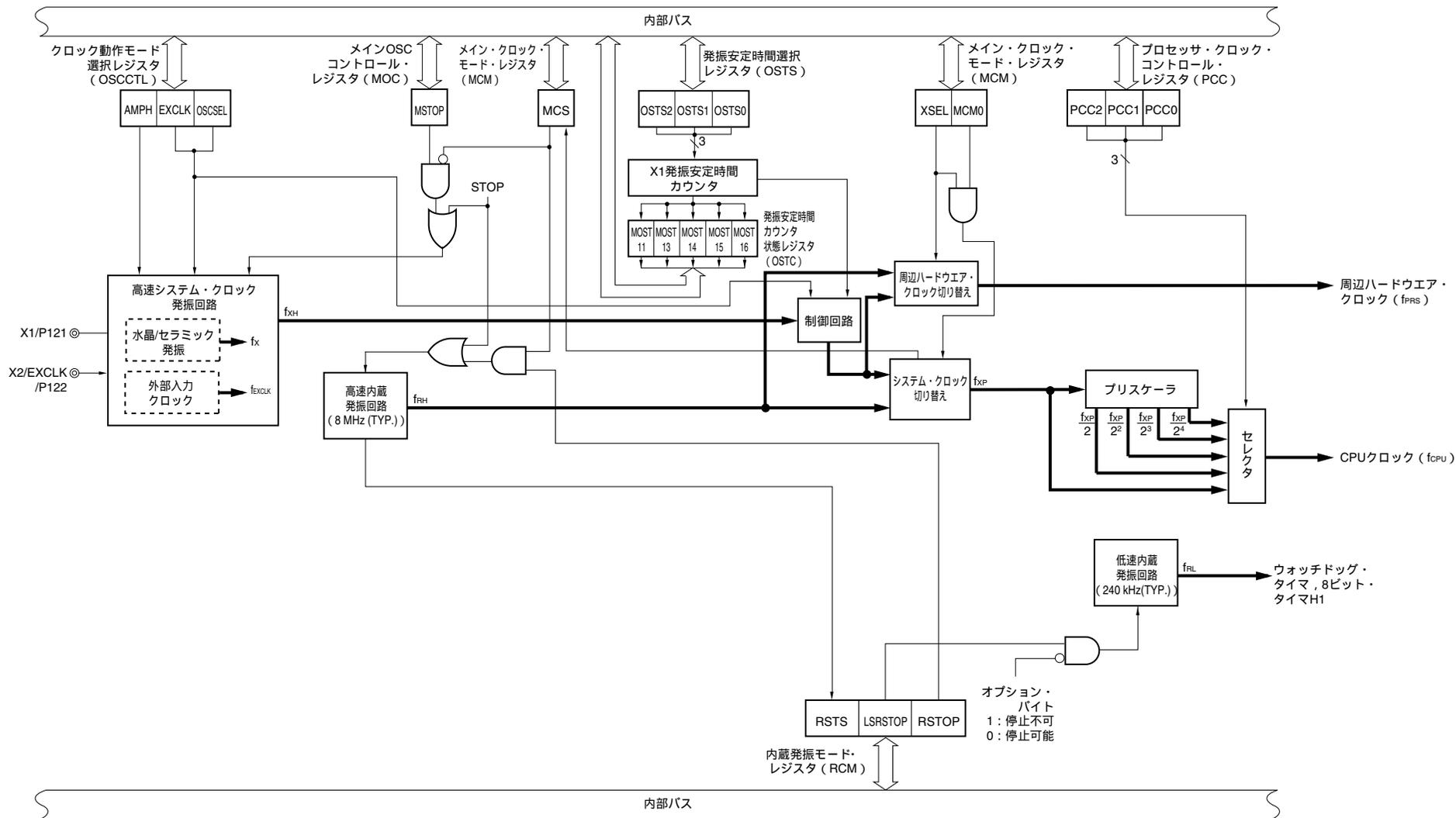
6.2 クロック発生回路の構成

クロック発生回路は、次のハードウェアで構成しています。

表6 - 1 クロック発生回路の構成

項 目	構 成
制御レジスタ	クロック動作モード選択レジスタ (OSCCTL) プロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ (PCC) 内蔵発振モード・レジスタ (RCM) メインOSCコントロール・レジスタ (MOC) メイン・クロック・モード・レジスタ (MCM) 発振安定時間カウンタ状態レジスタ (OSTC) 発振安定時間選択レジスタ (OSTS)
発振回路	X1発振回路 高速内蔵発振回路 低速内蔵発振回路

図6-1 クロック発生回路のブロック図



- 備考1. f_X : X1クロック発振周波数
2. f_{RH} : 高速内蔵発振クロック周波数
 3. f_{EXCLK} : 外部メイン・システム・クロック周波数
 4. f_{XH} : 高速システム・クロック周波数
 5. f_{XP} : メイン・システム・クロック周波数
 6. f_{PRS} : 周辺ハードウェア・クロック周波数
 7. f_{CPU} : CPUクロック周波数
 8. f_{RL} : 低速内蔵発振クロック周波数

6.3 クロック発生回路を制御するレジスタ

クロック発生回路は、次の7種類のレジスタで制御します。

- ・クロック動作モード選択レジスタ (OSCCTL)
- ・プロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ (PCC)
- ・内蔵発振モード・レジスタ (RCM)
- ・メインOSCコントロール・レジスタ (MOC)
- ・メイン・クロック・モード・レジスタ (MCM)
- ・発振安定時間カウンタ状態レジスタ (OSTC)
- ・発振安定時間選択レジスタ (OSTS)

(1) クロック動作モード選択レジスタ (OSCCTL)

高速システム・クロックの動作モード，内蔵している発振器のゲインを選択するレジスタです。
 OSCCTLは，1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。
 リセット信号の発生により，00Hになります。

図6-2 クロック動作モード選択レジスタ (OSCCTL) のフォーマット

アドレス：FF9FH リセット時：00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
OSCCTL	EXCLK	OSCSSEL	0	0	0	0	0	AMPH

EXCLK	OSCSSEL	高速システム・クロック 端子の動作モード	P121/X1端子	P122/X2/EXCLK端子
0	0	入出力ポート・モード	入出力ポート	
0	1	X1発振モード	水晶 / セラミック発振子接続	
1	0	入出力ポート・モード	入出力ポート	
1	1	外部クロック入力モード	入出力ポート	外部クロック入力

AMPH	発振周波数の制御
0	1 MHz f_{XH} 10 MHz
1	10 MHz < f_{XH} 20 MHz

- 注意1. 高速システム・クロック周波数が10MHzを越える場合は，必ずAMPHに1を設定してください。
- AMPHは，メイン・クロック・モード・レジスタ (MCM) を設定する前に設定してください
 - AMPHは，リセット解除後，周辺機能を設定する前に設定してください。リセット解除後1回のみ設定可能です。CPUクロックに高速システム・クロック (X1発振) を選択する場合は，AMPHに1を設定してから4.06 ~ 16.12 μ s間，CPUクロックに高速システム・クロック (外部クロック入力) を選択する場合は，AMPHに1を設定してから外部クロックの160クロック分，CPUクロックの供給が停止されます。
 - AMPH = 1設定時にSTOP命令を実行した場合，CPUクロックが高速内蔵発振クロックのときはSTOPモード解除後に4.06 ~ 16.12 μ s間，CPUクロックが高速システム・クロック (外部クロック入力) のときはSTOPモード解除後に外部クロックの160クロック分，CPUクロックの供給が停止されます。CPUクロックが高速システム・クロック (X1発振) のときは，STOPモード解除後に発振安定時間をカウントします。
 - EXCLKとOSCSSELを別の値に書き換える場合，メインOSCコントロール・レジスタ (MOC) のビット7 (MSTOP) が1 (X1発振回路停止またはEXCLK端子からの外部クロック無効) であることを必ず確認してください。
 - ビット1-5には，必ず0を設定してください。

備考 f_{XH} : 高速システム・クロック周波数

(2) プロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ (PCC)

CPUクロックの選択，分周比を設定するレジスタです。

PCCは，1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により，01Hになります。

図6 - 3 プロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ (PCC) のフォーマット

アドレス：FFFBH リセット時：01H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PCC	0	0	0	0	0	PCC2	PCC1	PCC0

PCC2	PCC1	PCC0	CPUクロック (f _{CPU}) の選択
0	0	0	f _{XP}
0	0	1	f _{XP} /2 (デフォルト)
0	1	0	f _{XP} /2 ²
0	1	1	f _{XP} /2 ³
1	0	0	f _{XP} /2 ⁴
上記以外			設定禁止

注意1. ビット3-7には，必ず0を設定してください。

2. PCCの分周比の設定では，周辺ハードウェア・クロック (f_{RPS}) は分周されません。

備考 f_{XP} : メイン・システム・クロック周波数

μPD78F8024, 78F8025の一番速い命令はCPUクロック2クロックで実行されます。したがって，CPUクロック (f_{CPU}) と最小命令実行時間の関係は，表6 - 2のようになります。

表6 - 2 CPUクロックと最小命令実行時間の関係

CPUクロック (f _{CPU})	最小命令実行時間：2/f _{CPU}		
	高速システム・クロック ^注		高速内蔵発振クロック ^注
	10 MHz動作時	20 MHz動作時	8 MHz (TYP.) 動作時
f _{XP}	0.2 μs	0.1 μs	0.25 μs (TYP.)
f _{XP} /2	0.4 μs	0.2 μs	0.5 μs (TYP.)
f _{XP} /2 ²	0.8 μs	0.4 μs	1.0 μs (TYP.)
f _{XP} /2 ³	1.6 μs	0.8 μs	2.0 μs (TYP.)
f _{XP} /2 ⁴	3.2 μs	1.6 μs	4.0 μs (TYP.)

注 CPUクロックに供給するメイン・システム・クロックの設定 (高速システム・クロック / 高速内蔵発振クロック) は，メイン・クロック・モード・レジスタ (MCM) で行います (図6 - 6参照)。

(3) 内蔵発振モード・レジスタ (RCM)

内蔵発振器の動作モードを設定するレジスタです。

RCMは、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、80H^{注1}になります。

図6-4 内蔵発振モード・レジスタ (RCM) のフォーマット

アドレス : FFA0H リセット時 : 80H^{注1} RW^{注2}

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
RCM	RSTS	0	0	0	0	0	LSRSTOP	RSTOP

RSTS	高速内蔵発振器のステータス
0	高速内蔵発振器の発振精度安定待ち中
1	高速内蔵発振器安定動作

LSRSTOP	低速内蔵発振器の発振 / 停止
0	低速内蔵発振器の発振
1	低速内蔵発振器の停止

RSTOP	高速内蔵発振器の発振 / 停止
0	高速内蔵発振器の発振
1	高速内蔵発振器の停止

注1. リセット解除直後は00Hですが、高速内蔵発振器の発振精度安定待ち後に、自動的に80Hに切り替わります。

2. ビット7は、Read Onlyです。

注意 RSTOPに1を設定するとき、必ずCPUクロックが高速システム・クロックで動作していること (MCS = 1) を確認してください。

また、高速内蔵発振クロックで動作している周辺ハードウェアを停止してから、RSTOPに1を設定してください。

(4) メインOSCコントロール・レジスタ (MOC)

高速システム・クロック動作モードを選択するレジスタです。

このレジスタは、高速内蔵発振クロックによるCPU動作時に、X1発振回路を停止またはEXCLK端子からの外部クロックを無効にする場合に使用します。

MOCは、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、80Hになります。

図6 - 5 メインOSCコントロール・レジスタ (MOC) のフォーマット

アドレス：FFA2H リセット時：80H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
MOC	MSTOP	0	0	0	0	0	0	0

MSTOP	高速システム・クロックの動作制御	
	X1発振モード時	外部クロック入力モード時
0	X1発振回路動作	EXCLK端子からの外部クロック有効
1	X1発振回路停止	EXCLK端子からの外部クロック無効

注意1. MSTOPに1を設定するとき、必ずCPUクロックが高速内蔵発振クロックで動作していること (MCS = 0) を確認してください。

また、高速システム・クロックで動作している周辺ハードウェアを停止してから、MSTOPに1を設定してください。

- クロック動作モード選択レジスタ (OSCCTL) のビット6 (OSCSEL) が0のとき (入出力ポート・モード)、MSTOPに0を設定しないでください。
- 周辺ハードウェア・クロックを停止すると、周辺ハードウェアは動作不可となります。周辺ハードウェア・クロック停止後に再開する場合は、周辺ハードウェアを初期化してください。

(5) メイン・クロック・モード・レジスタ (MCM)

CPUクロックに供給するメイン・システム・クロックの選択と、周辺ハードウェア・クロックに供給するクロックの選択をするレジスタです。

MCMは、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、00Hになります。

図6-6 メイン・クロック・モード・レジスタ (MCM) のフォーマット

アドレス：FFA1H リセット時：00H R/W^注

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
MCM	0	0	0	0	0	XSEL	MCS	MCM0

XSEL	MCM0	メイン・システム・クロックと周辺ハードウェアへの供給クロック選択	
		メイン・システム・クロック (f _{XP})	周辺ハードウェア・クロック (f _{PRS})
0	0	高速内蔵発振クロック (f _{RH})	高速内蔵発振クロック (f _{RH})
0	1	高速システム・クロック (f _{XH})	高速システム・クロック (f _{XH})
1	0		高速システム・クロック (f _{XH})
1	1	高速システム・クロック (f _{XH})	

MCS	メイン・システム・クロックのステータス
0	高速内蔵発振クロックで動作
1	高速システム・クロックで動作

注 ビット1はRead Onlyです。

注意1. XSELはリセット解除後、1回だけ設定が可能です。

2. 次の周辺機能には、XSELとMCM0の設定によらず、f_{PRS}以外のクロックが供給されます。

- ・ウォッチドッグ・タイマ (低速内蔵発振クロックで動作)
- ・8ビット・タイマH1のカウンタ・クロックに「f_{RL}」、「f_{RL}/2⁷」または「f_{RL}/2⁹」を選択時 (低速内蔵発振クロックで動作)
- ・クロック・ソースに外部クロックを選択している周辺ハードウェア (ただし、TM00の外部カウンタ・クロック選択時 (TI000端子の有効エッジ) は除く)

(6) 発振安定時間カウンタ状態レジスタ (OSTC)

X1クロックの発振安定時間カウンタのカウンタ状態を示すレジスタです。CPUクロックが高速内蔵発振クロックで、X1クロックの発振を開始したとき、X1クロックの発振安定時間を確認することができます。

OSTCは、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で読み出すことができます。

リセット信号の発生 ($\overline{\text{RESET}}$ 入力, POC, LVI, WDTによるリセット), STOP命令, MSTOP (MOCレジスタのビット7) = 1により, 00Hになります。

図6-7 発振安定時間カウンタ状態レジスタ (OSTC) のフォーマット

アドレス: FFA3H リセット時: 00H R

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
OSTC	0	0	0	MOST11	MOST13	MOST14	MOST15	MOST16

MOST11	MOST13	MOST14	MOST15	MOST16	発振安定時間のステータス		
					$f_x = 10 \text{ MHz}$ 時	$f_x = 20 \text{ MHz}$ 時	
1	0	0	0	0	$2^{11}/f_x$ 以上	204.8 μs 以上	102.4 μs 以上
1	1	0	0	0	$2^{13}/f_x$ 以上	819.2 μs 以上	409.6 μs 以上
1	1	1	0	0	$2^{14}/f_x$ 以上	1.64 ms以上	819.2 μs 以上
1	1	1	1	0	$2^{15}/f_x$ 以上	3.27 ms以上	1.64 ms以上
1	1	1	1	1	$2^{16}/f_x$ 以上	6.55 ms以上	3.27 ms以上

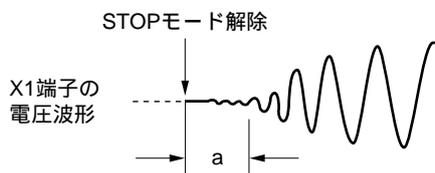
注意1. 上記時間経過後, MOST11から順番に“1”となっていく, そのまま“1”を保持します。

2. 発振安定時間カウンタはOSTSで設定した発振安定時間までしかカウントしません。CPUクロックが高速内蔵発振クロック時に, STOPモードに入り, 解除するときは, OSTSの発振安定時間を次のように設定してください。

・期待するOSTCの発振安定時間 OSTSで設定する発振安定時間

したがって, STOPモード解除後のOSTCは, OSTSで設定している発振安定時間までのステータスしかセットされないので注意してください。

3. X1クロックの発振安定時間は, クロック発振を開始するまでの時間(下図a)は含みません。



備考 f_x : X1クロック発振周波数

(7) 発振安定時間選択レジスタ (OSTS)

STOPモード解除時のX1クロックの発振安定時間を選択するレジスタです。

CPUクロックにX1クロックを選択した場合,STOPモード解除後は,OSTSで設定した時間をウエイトします。

CPUクロックに高速内蔵発振クロックを選択した場合,STOPモード解除後は,OSTCで発振安定時間が経過したかを確認してください。OSTCでは,あらかじめOSTSで設定した時間までの確認ができます。

OSTSは,8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により,05Hになります。

図6 - 8 発振安定時間選択レジスタ (OSTS) のフォーマット

アドレス : FFA4H リセット時 : 05H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
OSTS	0	0	0	0	0	OSTS2	OSTS1	OSTS0

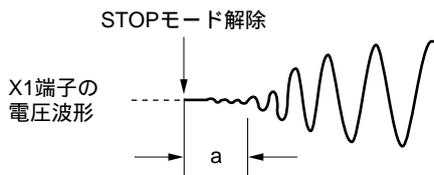
OSTS2	OSTS1	OSTS0	発振安定時間の選択	発振安定時間の選択	
				$f_x = 10 \text{ MHz}$ 時	$f_x = 20 \text{ MHz}$ 時
0	0	1	$2^{11}/f_x$	204.8 μs	102.4 μs
0	1	0	$2^{13}/f_x$	819.2 μs	409.6 μs
0	1	1	$2^{14}/f_x$	1.64 ms	819.2 μs
1	0	0	$2^{15}/f_x$	3.27 ms	1.64 ms
1	0	1	$2^{16}/f_x$	6.55 ms	3.27 ms
上記以外			設定禁止		

注意1 . CPUクロックがX1クロック時にSTOPモードへ移行する場合は,STOP命令を実行する前にOSTSを設定してください。

- X1クロックの発振安定時間中は,OSTSレジスタを変更しないでください。
- 発振安定時間カウンタはOSTSで設定した発振安定時間までしかカウントしません。CPUクロックが高速内蔵発振クロック時に,STOPモードに入り,解除するときは,OSTSの発振安定時間を次のように設定してください。

・期待するOSTCの発振安定時間 OSTSで設定する発振安定時間
したがって,STOPモード解除後のOSTCは,OSTSで設定している発振安定時間までのステータスしかセットされないので注意してください。

- X1クロックの発振安定時間は,クロック発振を開始するまでの時間(下図a)は含みません。



備考 f_x : X1クロック発振周波数

6.4 システム・クロック発振回路

6.4.1 X1発振回路

X1発振回路はX1, X2端子に接続された水晶振動子またはセラミック発振子（1～20 MHz）によって発振します。

また、外部クロックを入力することができます。その場合はEXCLK端子にクロック信号を入力してください。図6-9にX1発振回路の外付け回路例を示します。

図6-9 X1発振回路の外付け回路例



注意 X1発振回路を使用する場合は、配線容量などの影響を避けるために、図6-9の破線の部分を次のように配線してください。

- ・配線は極力短くする。
- ・他の信号線と交差させない。また、変化する大電流が流れる線と接近させない。
- ・発振回路のコンデンサの接地点は、常にVssと同電位となるようにする。大電流が流れるグラウンド・パターンに接地しない。
- ・発振回路から信号を取り出さない。

図6-10に発振子の接続の悪い例を示します。

図6-10 発振子の接続の悪い例（1/2）

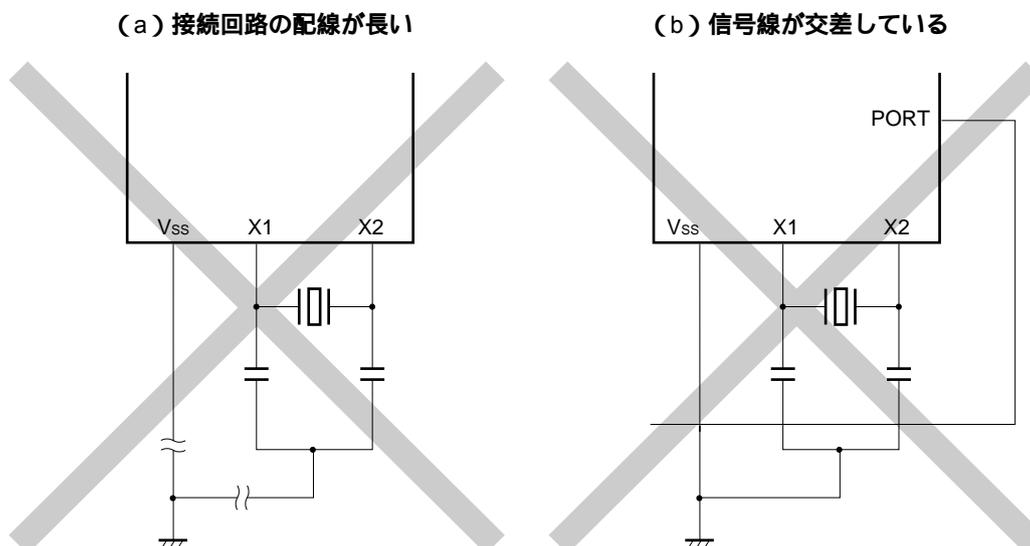
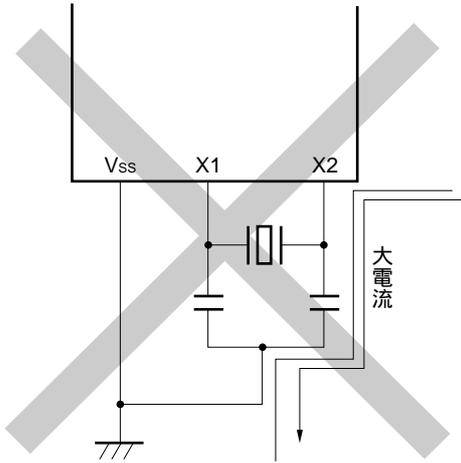
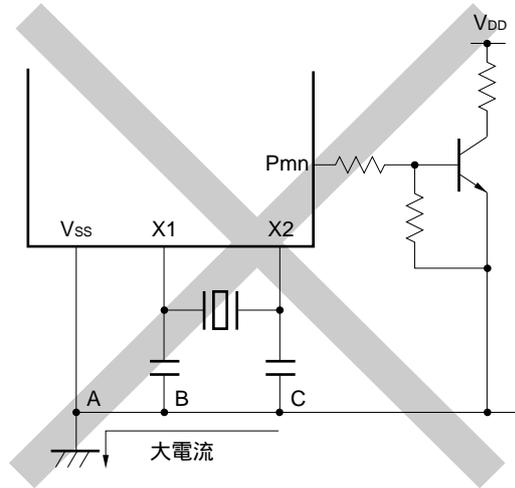


図6 - 10 発振子の接続の悪い例 (2/2)

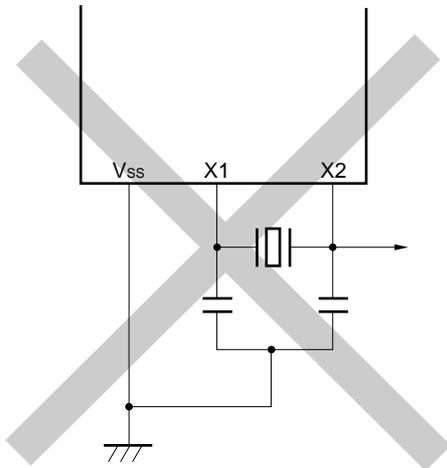
(c) 変化する大電流が信号線に
近接している



(d) 発振回路部のグランド・ライン上に電流が流れる
(A点, B点, C点の電位が変動する)



(e) 信号を取り出している



6.4.2 高速内蔵発振回路

μ PD78F8024, 78F8025は、高速内蔵発振回路を内蔵しています。内蔵発振モード・レジスタ（RCM）にて発振を制御できます。

リセット解除後、高速内蔵発振回路は自動的に発振を開始します（8 MHz（TYP.））。

6.4.3 低速内蔵発振回路

μ PD78F8024, 78F8025は、低速内蔵発振回路を内蔵しています。

低速内蔵発振クロックは、ウォッチドッグ・タイマおよび8ビット・タイマH1のクロックとしてのみ使用しません。CPUクロックとして使用できません。

オプション・バイトで「ソフトウェアにより停止可能」または「停止不可」を選択できます。「ソフトウェアにより停止可能」に選択した場合、内蔵発振モード・レジスタ（RCM）にて発振を制御できます。

リセット解除後、低速内蔵発振回路は自動的に発振を開始し、オプション・バイトで「ウォッチドッグ・タイマを動作許可」に設定した場合は、ウォッチドッグ・タイマを駆動します（240 kHz（TYP.））。

6.4.4 プリスケーラ

プリスケーラは、CPUへの供給クロックにメイン・システム・クロックを選択する場合、メイン・システム・クロックを分周して、クロックを生成します。

6.5 クロック発生回路の動作

クロック発生回路は次に示す各種クロックを発生し、かつ、スタンバイ・モードなどのCPUの動作モードを制御します（図6 - 1を参照）。

メイン・システム・クロック f_{XP}
・高速システム・クロック f_{XH}
 X1クロック f_X
 外部メイン・システム・クロック f_{EXCLK}
・高速内蔵発振クロック f_{RH}
低速内蔵発振クロック f_{RL}
CPUクロック f_{CPU}
周辺ハードウェア・クロック f_{PRS}

μ PD78F8024, 78F8025では、リセット解除後、CPUは高速内蔵発振回路の出力により動作を開始します。これにより次のことが可能となります。

(1) セキュリティ機能の強化

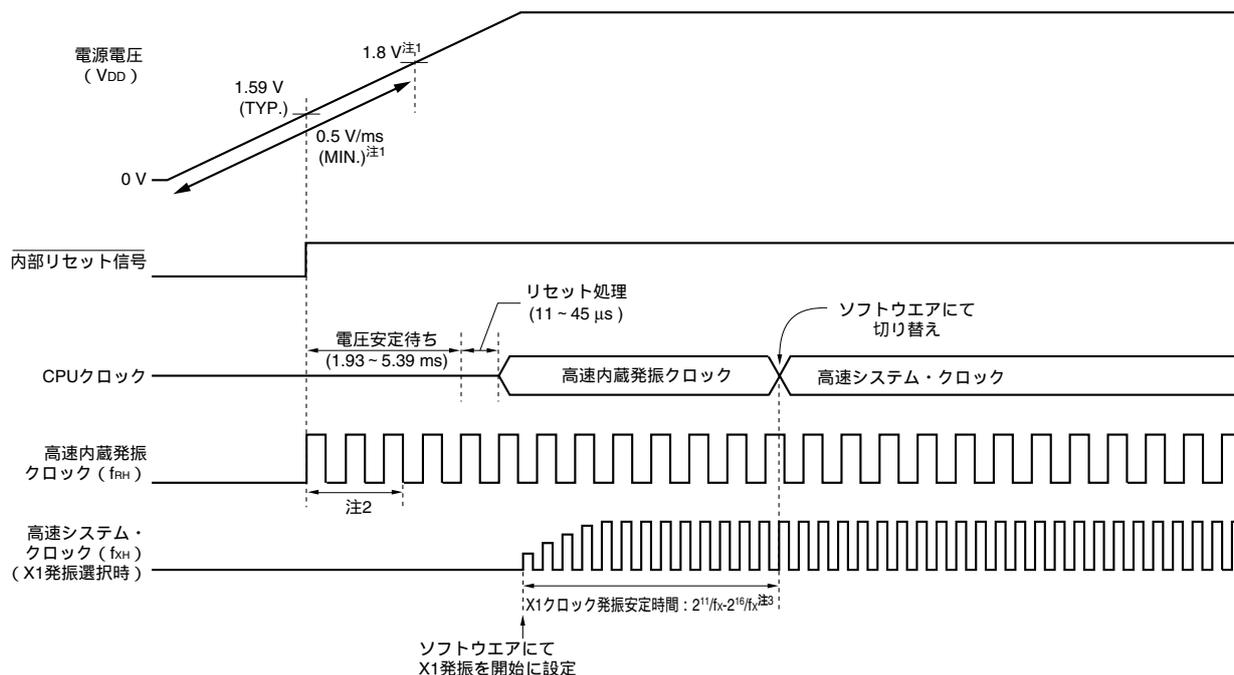
リセット解除後に破壊や接続不良などでX1クロックが動かないとき、デフォルトでCPUクロックがX1クロックの場合では、デバイスはその時点で動作不能となってしまいます。しかしCPUのスタート・クロックが高速内蔵発振クロックの場合、リセット解除後に高速内蔵発振クロックで起動することができます。これにより、リセットの要因をソフトウェアで認識したり、異常時にセーフティ処理を行うなど、最低限の動作でシステムを安全に終了することが可能となります。

(2) パフォーマンスの向上

X1クロックの発振安定時間を待たずにCPUを起動できるため、トータル・パフォーマンスの向上が可能です。

電源電圧投入時のクロック発生回路の動作を、図6 - 11に示します。

図6-11 電源電圧投入時のクロック発生回路の動作
(1.59 V POCモード設定時 (オプション・バイト : POCMODE = 0))



電源投入後、パワーオン・クリア (POC) 回路による内部リセット信号が発生されます。

電源電圧が1.59 V (TYP.) を越えると、リセットが解除され、高速内蔵発振器が自動的に発振開始されます。

電源電圧が0.5 V/ms (MIN.) の傾きで立ち上がると、リセット解除後に電源/レギュレータの電圧安定待ち時間が経過してから、リセット処理が行われたのちに、CPUが高速内蔵発振クロックで動作開始します。

X1クロックは、ソフトウェアにて発振開始を設定してください(6.6.1 高速システム・クロックの制御例の(1)を参照)。

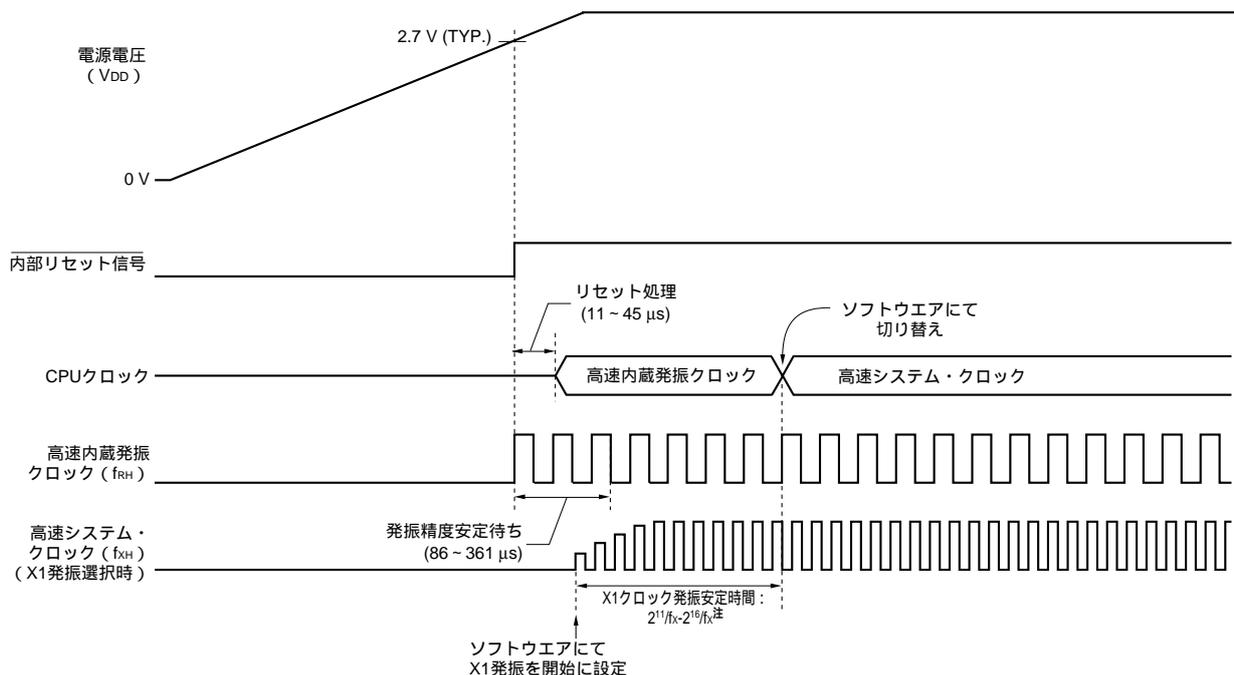
CPUをX1クロックに切り替える場合は、クロックの発振安定待ち後に、ソフトウェアにて切り替えを設定してください(6.6.1 高速システム・クロックの制御例の(3)を参照)。

- 注1. 電源投入時から1.8 Vに達するまでの電圧の立ち上がりが、0.5 V/ms (MIN.) よりも緩やかな場合は、電源投入時から1.8 Vに達するまで、 $\overline{\text{RESET}}$ 端子にロウ・レベルを入力するか、オプション・バイトで2.7 V/1.59 V POCモードを設定 (POCMODE = 1) してください (図6-12参照)。1.8 Vに達するまで $\overline{\text{RESET}}$ 端子にロウ・レベルを入力したとき、 $\overline{\text{RESET}}$ 端子によるリセット解除後は、図6-11の以降と同様のタイミングで動作します。
2. 高速内蔵発振クロックの発振精度安定待ち時間は、内部の電圧安定待ち時間に含まれます。
3. リセット解除時 (上図) およびCPUクロックが高速内蔵発振クロックの場合のSTOPモード解除時は、X1クロックの発振安定時間を発振安定時間カウンタ状態レジスタ (OSTC) で確認してください。またCPUクロックが高速システム・クロック (X1発振) の場合、STOPモード解除時の発振安定時間を、発振安定時間選択レジスタ (OSTS) で設定してください。

注意 EXCLK端子からの外部クロック入力を使用する場合、発振安定待ち時間は不要です。

備考 マイコン動作中、ソフトウェアの設定により、CPUクロックとして使用していないクロックを停止することができます。また、高速内蔵発振クロックと高速システム・クロックはSTOP命令の実行により、クロックを停止することができます (6.6.1 高速システム・クロックの制御例の(4), 6.6.2 高速内蔵発振クロックの制御例の(3)を参照)。

図6 - 12 電源電圧投入時のクロック発生回路の動作
 (2.7 V/1.59 V POCモード設定時 (オプション・バイト : POCMODE = 1))



電源投入後、パワーオン・クリア (POC) 回路による内部リセット信号が発生されます。

電源電圧が2.7 V (TYP.) を越えると、リセットが解除され、高速内蔵発振器が自動的に発振開始されます。

リセット解除後、リセット処理が行われたのちに、CPUが高速内蔵発振クロックで動作開始します。

X1クロックは、ソフトウェアにて発振開始を設定してください(6. 6. 1 高速システム・クロックの制御例の(1)を参照)。

CPUをX1クロックに切り替える場合は、クロックの発振安定待ち後に、ソフトウェアにて切り替えを設定してください(6. 6. 1 高速システム・クロックの制御例の(3)を参照)。

注 リセット解除時 (上図) およびCPUクロックが高速内蔵発振クロックの場合のSTOPモード解除時は、X1クロックの発振安定時間を発振安定時間カウンタ状態レジスタ (OSTC) で確認してください。またCPUクロックが高速システム・クロック (X1発振) の場合、STOPモード解除時の発振安定時間を、発振安定時間選択レジスタ (OSTS) で設定してください。

注意 1. 電源電圧が1.59 V (TYP.) に達したあと、1.93 ~ 5.39 msの電圧安定待ち時間が必要となります。1.59 V (TYP.) から2.7 V (TYP.) に達する時間が、1.93 ms以内の場合は、リセット処理前に0 ~ 5.39 msの電源安定待ち時間が自動的に発生します。

2. EXCLK端子からの外部クロック入力を使用する場合、発振安定待ち時間は不要です。

備考 マイコン動作中、ソフトウェアの設定により、CPUクロックとして使用していないクロックを停止することができます。また、高速内蔵発振クロックと高速システム・クロックはSTOP命令の実行により、クロックを停止することができます(6. 6. 1 高速システム・クロックの制御例の (4) , 6. 6. 2 高速内蔵発振クロックの制御例の (3) を参照)。

6.6 クロックの制御

6.6.1 高速システム・クロックの制御例

高速システム・クロックは、次の2種類があります。

- ・X1クロック : X1, X2端子に水晶 / セラミック発振子接続
- ・外部メイン・システム・クロック : EXCLK端子に外部クロック入力

また、未使用時では、X1/P121, X2/EXCLK/P122端子を入出力ポートとして使用できます。

注意 X1/P121, X2/EXCLK/P122端子のリセット解除時は、入出力ポート・モードです。

次の設定手順例を、以下に示します。

- (1) X1クロックを発振する場合
- (2) 外部メイン・システム・クロックを使用する場合
- (3) 高速システム・クロックをCPUクロック, 周辺ハードウェア・クロックとして使用する場合
- (4) 高速システム・クロックを停止する場合

(1) X1クロックを発振する場合の設定手順例

周波数の設定 (OSCCTLレジスタ)

AMPHで、使用する周波数に応じて、内蔵している発振器のゲインを設定します

AMPH ^注	発振周波数の制御
0	1 MHz f_{XH} 10 MHz
1	10 MHz < f_{XH} 20 MHz

注 AMPHは、リセット解除後、周辺機能を設定する前に設定してください。リセット解除後1回のみ設定可能です。AMPHに1を設定してから4.06 ~ 16.12 μ s間は、CPUクロックの供給が停止されます。

備考 f_{XH} : 高速システム・クロック周波数

P121/X1, P122/X2/EXCLK端子の設定, 動作モードの選択 (OSCCTLレジスタ)

EXCLKを0, OSCSELを1に設定すると, ポート・モードからX1発振モードへ切り替わります。

EXCLK	OSCSEL	高速システム・クロック 端子の動作モード	P121/X1端子	P122/X2/EXCLK端子
0	1	X1発振モード	水晶 / セラミック発振子接続	

X1クロックの発振制御 (MOCレジスタ)

MSTOPを0に設定すると, X1発振回路が発振を開始します。

X1クロックの発振安定待ち

OSTCレジスタを確認し, 必要な時間の経過をウエイトします。

ウエイト中は, 高速内蔵発振クロックで他のソフトウェア処理を実行できます。

注意1. X1クロック動作中にEXCLK, OSCSELを書き換えしないでください

2. 電源電圧が, 使用するクロックの動作可能電圧 (第24章 電気的特性に達してから, X1クロックの設定を行ってください。

(2) 外部メイン・システム・クロックを使用する場合の設定手順例

周波数の設定 (OSCCTLレジスタ)

AMPHで, 使用する周波数を設定します

AMPH ^注	発振周波数の制御
0	1 MHz f_{XH} 10 MHz
1	10 MHz < f_{XH} 20 MHz

注 AMPHは, リセット解除後, 周辺機能を設定する前に設定してください。リセット解除後1回のみ設定可能です。AMPHに1を設定してから外部クロックの160クロック分, CPUクロックの供給が停止されます。

備考 f_{XH} : 高速システム・クロック周波数

P121/X1, P122/X2/EXCLK端子の設定, 動作モードの選択 (OSCCTLレジスタ)

EXCLK, OSCSELをそれぞれ1に設定すると, ポート・モードから外部クロック入力モードへ切り替えます。

EXCLK	OSCSEL	高速システム・クロック 端子の動作モード	P121/X1端子	P122/X2/EXCLK端子
1	1	外部クロック入力モード	入出力ポート	外部クロック入力

外部メイン・システム・クロックの入力制御 (MOCレジスタ)

MSTOPを0に設定すると、外部メイン・システム・クロックの入力が有効になります。

- 注意1. 外部メイン・システム・クロック動作中にEXCLK, OSCSELを書き換えしないでください。
2. 電源電圧が、使用するクロックの動作可能電圧 (第24章 電気的特性を参照) に達してから、外部メイン・システム・クロックの設定を行ってください。

(3) 高速システム・クロックをCPUクロック, 周辺ハードウェア・クロックとして使用する場合の設定手順例

高速システム・クロックの発振を設定[※]

(6.6.1(1) X1クロックを発振する場合の設定手順例, または(2) 外部メイン・システム・クロックを使用する場合の設定手順例を参照)。

注 高速システム・クロック動作中の場合, の設定不要です。

高速システム・クロックをメイン・システム・クロックに設定 (MCMレジスタ)

XSELとMCM0をそれぞれ1に設定すると、メイン・システム・クロックと周辺ハードウェアに、高速システム・クロックが供給されます。

XSEL	MCM0	メイン・システム・クロックと周辺ハードウェアへの供給クロック選択	
		メイン・システム・クロック (f_{XP})	周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS})
1	1	高速システム・クロック (f_{XH})	高速システム・クロック (f_{XH})

注意 メイン・システム・クロックに高速システム・クロックを選択した場合, 周辺ハードウェア・クロックに高速システム・クロック以外のクロックを設定することはできません。

CPUクロックの分周比の選択 (PCCレジスタ)

CPUクロックの分周比は, PCC2, PCC1, PCC0で設定します。

PCC2	PCC1	PCC0	CPUクロック (f_{CPU}) の選択
0	0	0	f_{XP}
0	0	1	$f_{XP}/2$ (デフォルト)
0	1	0	$f_{XP}/2^2$
0	1	1	$f_{XP}/2^3$
1	0	0	$f_{XP}/2^4$
上記以外			設定禁止

(4) 高速システム・クロックを停止する場合の設定手順例

高速システム・クロックを停止するには、次の2つの方法があります。

- ・STOP命令を実行し, X1発振を停止する (外部クロックを使用している場合は, クロック入力無効)
- ・MSTOPを1に設定し, X1発振を停止する (外部クロックを使用している場合は, クロック入力無効)

(a) STOP命令を実行する場合

周辺ハードウェアの停止を設定

STOPモード中に使用できない周辺ハードウェアをすべて停止します（STOPモード中に使用できない周辺ハードウェアについては、第17章 **スタンバイ機能**を参照してください）。

スタンバイ解除後のX1クロックの発振安定時間の設定

CPUがX1クロックで動作している場合、STOP命令実行前までにOSTSレジスタの値を設定します。

STOP命令の実行

STOP命令を実行すると、STOPモードに移行し、X1発振は停止します（外部クロック入力は無効になります）。

(b) MSTOPを1に設定し、X1発振を停止（外部クロック入力を無効）する場合

CPUクロックのステータス（MCMレジスタ）を確認

MCSで、CPUクロックが高速内蔵発振クロックで動作しているかを確認します。

MCS = 1の場合、CPUに高速システム・クロックが供給されていますので、CPUクロックを高速内蔵発振クロックに変更してください。

MCS	CPUクロックのステータス
0	高速内蔵発振クロック
1	高速システム・クロック

高速システム・クロックの停止（MOCレジスタ）

MSTOPを1に設定すると、X1発振は停止します（外部クロック入力は無効になります）。

注意 MSTOPに1を設定するとき、必ずMCS = 0であることを確認してください。また、高速システム・クロックで動作している周辺ハードウェアを停止してください。

6.6.2 高速内蔵発振クロックの制御例

次の設定手順例を、以下に示します。

- (1) 高速内蔵発振クロックの発振を再開する場合
- (2) 高速内蔵発振クロックをCPUクロック、高速内蔵発振クロックまたは高速システム・クロックを周辺ハードウェア・クロックとして使用する場合
- (3) 高速内蔵発振クロックを停止する場合

(1) 高速内蔵発振クロックの発振を再開する場合の設定手順例^{注1}

高速内蔵発振クロック発振の再開の設定 (RCMレジスタ)

RSTOPを0に設定すると高速内蔵発振クロックは発振を再開します。

高速内蔵発振クロック発振精度安定時間待ち (RCMレジスタ)

RSTSに1がセットされるまでウエイトします^{注2}。

- 注1. リセット解除後，高速内蔵発振器は自動的に発振し，高速内蔵発振クロックがCPUクロックとして選択されます。
2. CPUクロック，周辺ハードウェア・クロックに精度が必要ない場合はウエイト省略可能です。

(2) 高速内蔵発振クロックをCPUクロック，高速内蔵発振クロックまたは高速システム・クロックを周辺ハードウェア・クロックとして使用する場合

・高速内蔵発振クロックの発振を再開^注

(6.6.2(1) 高速内蔵発振クロックの発振を再開する場合の設定手順例を参照)。

・高速システム・クロックを発振^注

(周辺ハードウェア・クロックとして高速システム・クロックを使用する場合に設定必要。6.6.1(1) X1クロックを発振する場合の設定手順例，(2)外部メイン・システム・クロックを使用する場合の設定手順例を参照)

注 高速内蔵発振クロック，高速システム・クロック動作中の場合， の設定不要です。

メイン・システム・クロックと周辺ハードウェアへの供給クロック選択 (MCMレジスタ)

XSELとMCM0で，メイン・システム・クロックと周辺ハードウェア・クロックを設定してください。

XSEL	MCM0	メイン・システム・クロックと周辺ハードウェアへの供給クロック選択	
		メイン・システム・クロック (f _{XP})	周辺ハードウェア・クロック (f _{PRS})
0	0	高速内蔵発振クロック (f _{RH})	高速内蔵発振クロック (f _{RH})
0	1		
1	0		高速システム・クロック (f _{XH})

CPUクロックの分周比の選択 (PCCレジスタ)

CPUクロックの分周比は，PCC2, PCC1, PCC0で設定します。

PCC2	PCC1	PCC0	CPUクロック (f _{CPU}) の選択
0	0	0	f _{XP}
0	0	1	f _{XP} /2 (デフォルト)
0	1	0	f _{XP} /2 ²
0	1	1	f _{XP} /2 ³
1	0	0	f _{XP} /2 ⁴
上記以外			設定禁止

(3) 高速内蔵発振クロックを停止する場合の設定手順例

高速内蔵発振クロックを停止するには、次の2つの方法があります。

- ・ STOP命令を実行し、STOPモードに移行する
- ・ RSTOPを1に設定し、高速内蔵発振クロックを停止する

(a) STOP命令を実行する場合**周辺ハードウェアの設定**

STOPモード中に使用できない周辺ハードウェアをすべて停止します（STOPモード中に使用できない周辺ハードウェアについては、第17章 **スタンバイ機能**を参照してください）。

スタンバイ解除後のX1クロックの発振安定時間の設定

CPUがX1クロックで動作している場合、STOP命令実行前までにOSTSレジスタの値を設定します。STOPモード解除後、すぐにCPUを動作したい場合は、MCM0を0に設定し、CPUクロックを高速内蔵発振クロックに切り替え、RSTS = 1であることを確認します。

STOP命令の実行

STOP命令を実行すると、STOPモードに移行し、高速内蔵発振クロックは停止します。

(b) RSTOPを1に設定し、高速内蔵発振クロックを停止する場合**CPUクロックのステータスを確認（MCMレジスタ）**

MCSで、CPUクロックが高速システム・クロックで動作していることを確認します。

MCS = 0の場合、CPUに高速内蔵発振クロックが供給されていますので、CPUクロックを高速システム・クロックに変更してください。

MCS	CPUクロックのステータス
0	高速内蔵発振クロック
1	高速システム・クロック

高速内蔵発振クロックの停止（RCMレジスタ）

RSTOPを1に設定すると、高速内蔵発振クロックが停止します。

注意 RSTOPに1を設定するとき、必ずMCS = 1であることを確認してください。また、高速内蔵発振クロックで動作している周辺ハードウェアを停止してください。

6.6.3 低速内蔵発振クロックの制御例

低速内蔵発振クロックは、CPUクロックとして使用することはできません。

次の周辺ハードウェアのみを動作させることができます。

- ・ウォッチドッグ・タイマ
- ・8ビット・タイマH1（カウント・クロックにf_{RL}を選択した場合）

また、オプション・バイトにより、次の動作モードを選択できます。

- ・低速内蔵発振器の発振停止不可
- ・ソフトウェアにて低速内蔵発振器の発振停止可

リセット解除後、低速内蔵発振器は自動的に発振します。オプション・バイトで「ウォッチドッグ・タイマを動作許可」に設定した場合は、ウォッチドッグ・タイマを駆動します（240 kHz（TYP.））

（1）低速内蔵発振クロックを停止する場合の設定手順例

LSRSTOPを1に設定（RCMレジスタ）

LSRSTOPを1に設定すると、低速内蔵発振クロックは発振を停止します。

（2）低速内蔵発振クロックの発振を再開する場合の設定手順例

LSRSTOPを0に設定（RCMレジスタ）

LSRSTOPを0に設定すると、低速内蔵発振クロックは発振を再開します。

注意 オプション・バイトにて「低速内蔵発振器の発振停止不可」に設定している場合、低速内蔵発振クロックの発振制御はできません。

6.6.4 CPUクロック，周辺ハードウェア・クロックへの供給クロック

CPUクロック，周辺ハードウェア・クロックへの供給クロックとレジスタの設定を次に示します。

表6-3 CPUクロック，周辺ハードウェア・クロックへの供給クロックとレジスタの設定

供給クロック		XSEL	MCM0	EXCLK
CPUクロックへの供給クロック	周辺ハードウェア・クロックへの供給クロック			
高速内蔵発振クロック		0	x	x
高速内蔵発振クロック	X1クロック	1	0	0
	外部メイン・システム・クロック	1	0	1
X1クロック		1	1	0
外部メイン・システム・クロック		1	1	1

備考1. XSEL :メイン・クロック・モード・レジスタ（MCM）のビット2

2. MCM0 :MCMのビット0

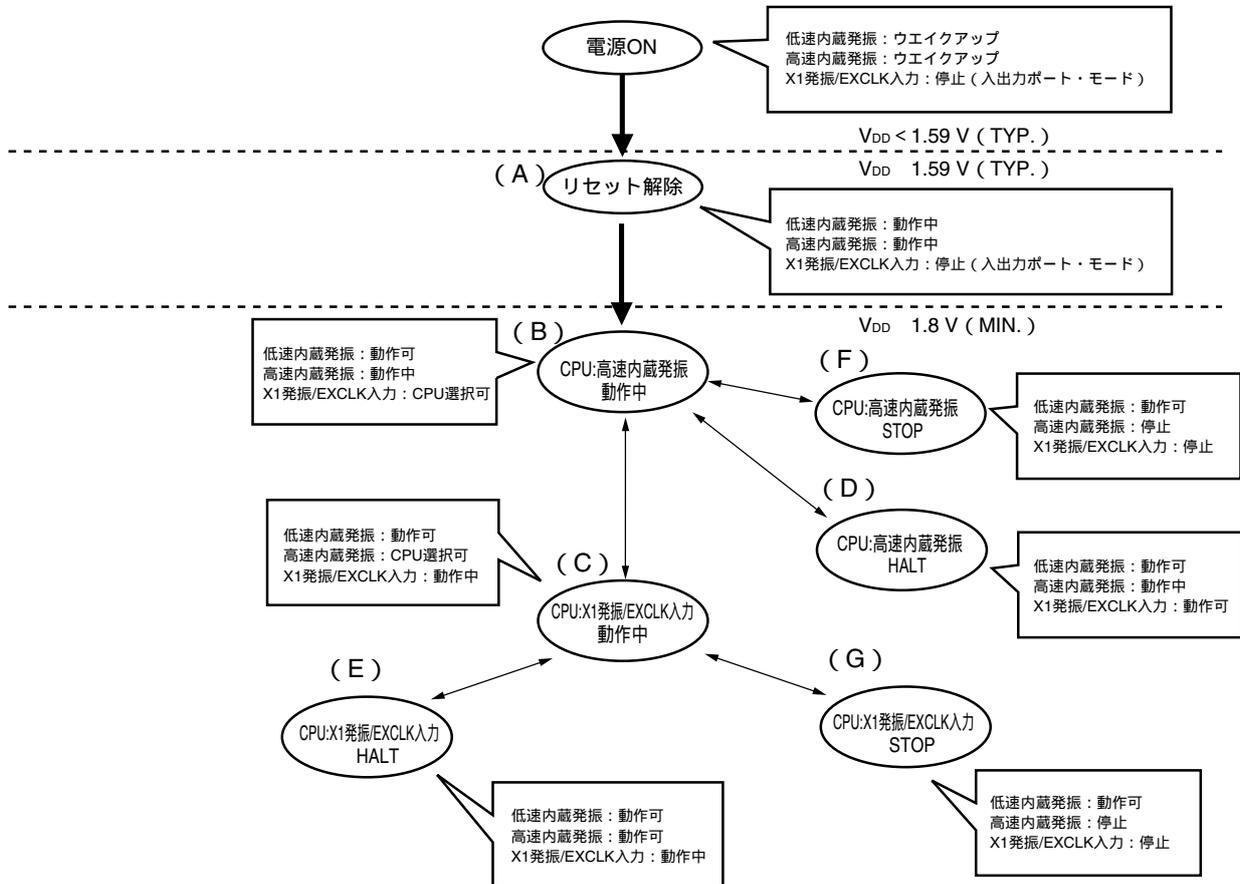
3. EXCLK :クロック動作モード選択レジスタ（OSCCTL）のビット7

4. x : don't care

6.6.5 CPUクロック状態移行図

この製品のCPUクロック状態移行図を図6 - 13に示します。

図6 - 13 CPUクロック状態移行図 (1.59 V POCモード設定時 (オプション・バイト : POCMODE = 0))



備考 2.7 V/1.59 V POCモード設定時 (オプション・バイト : POCMODE = 1) では、電源投入後、電源電圧が2.7 V (TYP.) を越えると上図の (A) に移行し、リセット処理 (11 ~ 45 μs) 後に上図の (B) に移行します。

CPUクロックの移行とSFRレジスタの設定例などを表6 - 4に示します。

表6 - 4 CPUクロックの移行とSFRレジスタの設定例 (1/3)

(1) リセット解除後 (A) に、CPUを高速内蔵発振クロック動作 (B) へ移行

状態遷移		SFRレジスタの設定
(A)	(B)	SFRレジスタ設定不要 (リセット解除後の初期状態)

(2) リセット解除後 (A) に、CPUを高速システム・クロック動作 (C) へ移行

(リセット解除直後、CPUは高速内蔵発振クロックで動作 (B))

(SFRレジスタの設定順序) →

状態遷移	SFRレジスタの設定フラグ						
	AMPH	EXCLK	OSCSEL	MSTOP	OSTC レジスタ	XSEL	MCM0
(A) (B) (C) (X1クロック : 1 MHz f_{XH} 10 MHz)	0	0	1	0	確認 必要	1	1
(A) (B) (C) (外部メイン・システム・クロ ック : 1 MHz f_{XH} 10 MHz)	0	1	1	0	確認 不要	1	1
(A) (B) (C) (X1クロック : 10 MHz $<f_{XH}$ 20 MHz)	1	0	1	0	確認 必要	1	1
(A) (B) (C) (外部メイン・システム・クロ ック : 10 MHz $<f_{XH}$ 20 MHz)	1	1	1	0	確認 不要	1	1

注意 設定するクロックの動作可能電圧 (第24章 電気的特性に電源電圧が達してから、クロックを設定してください)。

備考1. 表6 - 4の (A) - (G) は、図6 - 13の(A) - (G) と対応しています。

- 2. EXCLK, OSCSEL, AMPH : クロック動作モード選択レジスタ (OSCCTL) のビット7, 6, 0
- MSTOP : メインOSCコントロール・レジスタ (MOC) のビット7
- XSEL, MCM0 : メイン・クロック・モード・レジスタ (MCM) のビット2, 0

表6 - 4 CPUクロックの移行とSFRレジスタの設定例 (2/3)

(3) CPUを高速内蔵発振クロック動作 (B) から高速システム・クロック動作 (C) へ移行

(SFRレジスタの設定順序) →

SFRレジスタの設定フラグ	AMPH ^注	EXCLK	OSCSEL	MSTOP	OSTC レジスタ	XSEL ^注	MCM0
状態遷移 (B) (C) (X1クロック: 1 MHz f_{XH} 10 MHz)	0	0	1	0	確認 必要	1	1
(B) (C) (外部メイン・システム・クロック: 1 MHz f_{XH} 10 MHz)	0	1	1	0	確認 不要	1	1
(B) (C) (X1クロック: 10 MHz $<f_{XH}$ 20 MHz)	1	0	1	0	確認 必要	1	1
(B) (C) (外部メイン・システム・クロック: 10 MHz $<f_{XH}$ 20 MHz)	1	1	1	0	確認 不要	1	1

設定済みの場合は不要
 高速システム・クロック動作中の場合は不要

注 リセット解除後，1回のみ設定可能です。設定済みの場合は不要です。

注意 設定するクロックの動作可能電圧 (第24章 電気的特性を参照) に電源電圧が達してから，クロックを設定してください。

(4) CPUを高速システム・クロック動作 (C) から，高速内蔵発振クロック動作 (B) へ移行

(SFRレジスタの設定順序) →

SFRレジスタの設定フラグ	RSTOP	RSTS	MCM0
状態遷移 (C) (B)	0	1を確認	0

高速内蔵発振クロック動作中の場合は不要

備考1. 表6 - 4の (A) - (G) は，図6 - 13の(A) - (G) と対応しています。

- 2. EXCLK, OSCSEL, AMPH : クロック動作モード選択レジスタ (OSCCTL) のビット7, 6, 0
- MSTOP : メインOSCコントロール・レジスタ (MOC) のビット7
- XSEL, MCM0 : メイン・クロック・モード・レジスタ (MCM) のビット2, 0
- RSTS, RSTOP : 内蔵発振モード・レジスタ (RCM) のビット7, 0

表6 - 4 CPUクロックの移行とSFRレジスタの設定例 (3/3)

- (5) ・ CPUが高速内蔵発振クロック動作中 (B) にHALTモード (D) へ移行
- ・ CPUが高速システム・クロック動作中 (C) にHALTモード (E) へ移行

状態遷移	設定内容
(B) (D)	HALT命令を実行する
(C) (E)	

- (6) ・ CPUが高速内蔵発振クロック動作中 (B) にSTOPモード (F) へ移行
- ・ CPUが高速システム・クロック動作中 (C) にSTOPモード (G) へ移行

(設定順序) →

状態遷移	設定内容	
(B) (F)	STOPモード中に動作できない周辺機能	STOP命令を実行する
(C) (G)	機能を停止する	

備考 表6 - 4の (A) - (G) は、図6 - 13の (A) - (G) と対応しています。

6.6.6 CPUクロックの移行前の条件と移行後の処理

CPUクロックの移行前の条件と移行後の処理について、次に示します。

表6 - 5 CPUクロックの移行について

CPUクロック		移行前の条件	移行後の処理
移行前	移行後		
高速内蔵発振 クロック	X1クロック	X1発振が安定していること ・ MSTOP = 0, OSCSEL = 1, EXCLK = 0 ・ 発振安定時間経過後	・ 高速内蔵発振器停止可能 (RSTOP = 1) ・ AMPH = 1を設定した場合、設定してから4.06 ~ 16.12 μs間は、CPUクロックの供給停止
	外部メイン・システム・クロック	EXCLK端子からの外部クロック入力を有効にすること ・ MSTOP = 0, OSCSEL = 1, EXCLK = 1	・ 高速内蔵発振器停止可能 (RSTOP = 1) ・ AMPH = 1を設定した場合、設定してからEXCLK端子からの外部クロックの160クロック分、CPUクロックの供給停止
X1クロック	高速内蔵発振 クロック	高速内蔵発振器が発振されていること ・ RSTOP = 0	X1発振停止可能 (MSTOP = 1)
外部メイン・システム・クロック			外部メイン・システム・クロック入力を無効に設定可能 (MSTOP = 1)

6.6.7 メイン・システム・クロックの切り替えに要する時間

プロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ (PCC) のビット0-2 (PCC0-PCC2) の設定により、メイン・システム・クロックの分周比変更をすることができます。

実際の切り替え動作は、PCCを書き換えた直後ではなく、PCCを変更したのち、数クロックは切り替え前のクロックで動作します (表6-6参照)。

表6-6 メイン・システム・クロックの分周比変更に必要な最大時間

切り替え前の設定値			切り替え後の設定値														
PCC2	PCC1	PCC0	PCC2	PCC1	PCC0	PCC2	PCC1	PCC0	PCC2	PCC1	PCC0	PCC2	PCC1	PCC0	PCC2	PCC1	PCC0
			0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0
0	0	0	8クロック			16クロック			16クロック			16クロック			16クロック		
0	0	1				8クロック			8クロック			8クロック			8クロック		
0	1	0	4クロック			4クロック			4クロック			4クロック					
0	1	1	2クロック			2クロック			2クロック			2クロック					
1	0	0	1クロック			1クロック			1クロック			1クロック					

備考 表6-6のクロック数は、切り替え前のCPUクロックのクロック数です。

また、メイン・クロック・モード・レジスタ (MCM) のビット0 (MCM0) の設定により、メイン・システム・クロックの切り替え (高速内蔵発振クロック 高速システム・クロック) をすることができます。

実際の切り替え動作は、MCM0を書き換えた直後ではなく、MCM0を変更したのち、数クロックは切り替え前のクロックで動作します (表6-7参照)。

CPUクロックが高速内蔵発振クロックで動作しているか、高速システム・クロックで動作しているかは、MCMのビット1 (MCS) で判定できます。

表6-7 メイン・システム・クロックの切り替えに必要な最大時間

切り替え前の設定値	切り替え後の設定値	
MCM0	MCM0	
	0	1
0	1 + 2 _{f_{RH}} /f _{XH} クロック	
1	1 + 2 _{f_{XH}} /f _{RH} クロック	

注意 高速内蔵発振クロックから高速システム・クロックに切り替える場合、あらかじめMCMのビット2 (XSEL) を1に設定しておく必要があります。XSELはリセット解除後、1回だけ設定可能です。

- 備考1. 表6-7のクロック数は、切り替え前のメイン・システム・クロックのクロック数です。
 2. 表6-7のクロック数は、小数点以下を切り捨ててください。

例 メイン・システム・クロックを高速内蔵発振クロックから高速システム・クロックに切り替える場合 (f_{RH} = 8 MHz, f_{XH} = 10 MHz発振時)

$$1 + 2f_{RH}/f_{XH} = 1 + 2 \times 8/10 = 1 + 2 \times 0.8 = 1 + 1.6 = 2.6 \quad 2\text{クロック}$$

6.6.8 クロック発振停止前の条件

クロック発振停止（外部クロック入力無効）するためのレジスタのフラグ設定と停止前の条件を次に示します。

表6 - 8 クロック発振停止前の条件とフラグ設定

クロック	クロック停止（外部クロック入力無効）前条件	SFRレジスタのフラグ設定
高速内蔵発振クロック	MCS = 1 (CPUクロックが高速システム・クロックで動作)	RSTOP = 1
X1クロック 外部メイン・システム・クロック	MCS = 0 (CPUクロックが高速内蔵発振クロックで動作)	MSTOP = 1

6.6.9 周辺ハードウェアとソース・クロック

μPD78F8024, 78F8025に内蔵されている周辺ハードウェアとソース・クロックを次に示します。

表6 - 9 周辺ハードウェアとソース・クロック

ソース・クロック 周辺ハードウェア	周辺ハードウェア・ クロック (fPRS)	低速内蔵発振 クロック (fRL)	TM50出力	周辺ハードウェアの端 子からの外部クロック
16ビット・タイマ/イベント・ カウンタ00		×	×	(TI00端子)
8ビット・タイマ/ イベント・カウンタ	50	×	×	(TI50端子)
	51	×	×	(TI51端子)
8ビット・タイマ	H0	×		×
	H1		×	×
ウォッチドッグ・タイマ	×		×	×
A/Dコンバータ		×	×	×
シリアル・ インタフェース	UART0	×		×
	UART6	×		×
	CSI10	×	×	(SCK10端子)
	IIC0	×	×	(SCL0端子)

備考 : 選択可能, × : 選択不可

第7章 16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00

7.1 16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00の機能

16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00には、次のような機能があります。

(1) インターバル・タイマ

あらかじめ設定した任意の時間間隔で割り込みを発生します。

(2) 方形波出力

任意の周波数の方形波出力が可能です。

(3) 外部イベント・カウンタ

外部から入力される信号のパルス数を測定できます。

(4) ワンショット・パルス出力

出力パルス幅を任意に設定できるワンショット・パルスを出力できます。

(5) PPG出力

周波数と出力パルス幅を任意に設定できる矩形波を出力できます。

(6) パルス幅測定

外部から入力される信号のパルス幅を測定できます。

7.2 16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00の構成

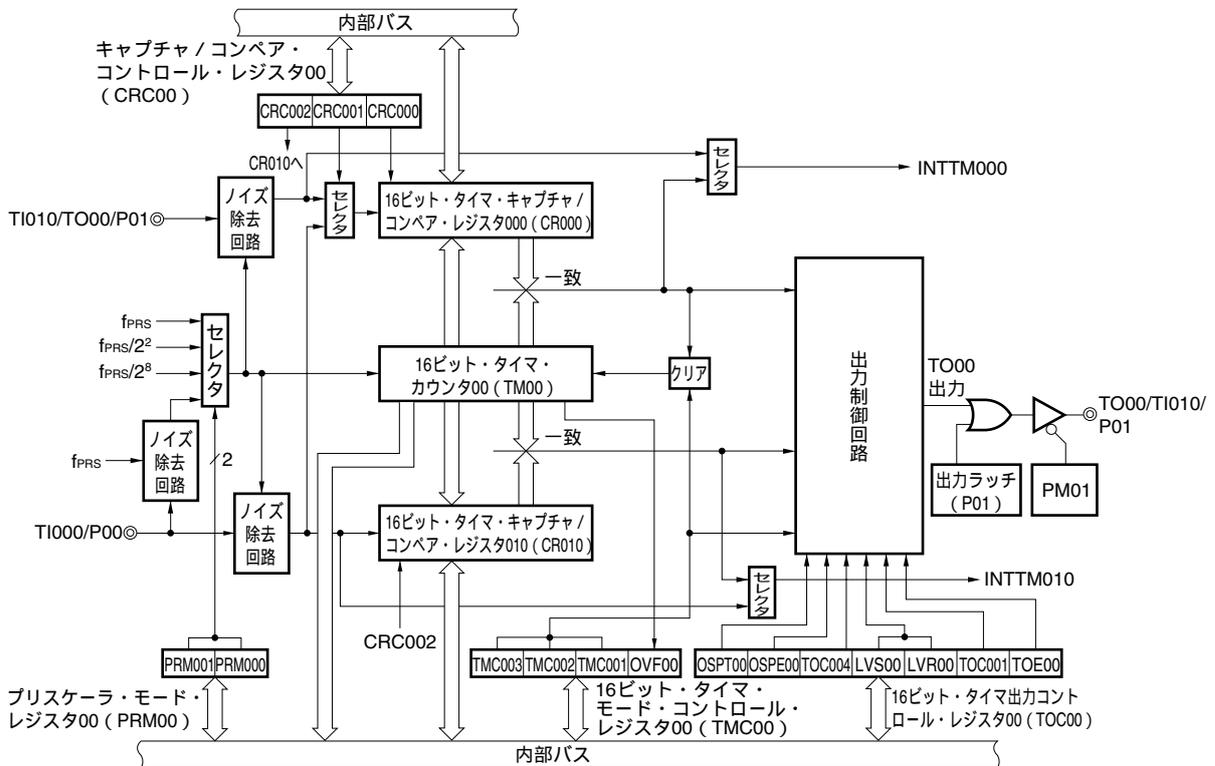
16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00は、次のハードウェアで構成されています。

表7-1 16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00の構成

項目	構成
タイマ/カウンタ	16ビット・タイマ・カウンタ00 (TM00)
レジスタ	16ビット・タイマ・キャプチャ/コンペア・レジスタ000, 010 (CR000, CR010)
タイマ入力	TI000, TI010
タイマ出力	TO00, 出力制御回路
制御レジスタ	16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00) キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 (CRC00) 16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00) プリスケーラ・モード・レジスタ00 (PRM00) ポート・モード・レジスタ0 (PM0) ポート・レジスタ (P0)

図7-1にブロック図を示します。

図7-1 16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00のブロック図



(注意1~3は、次ページにあります。)

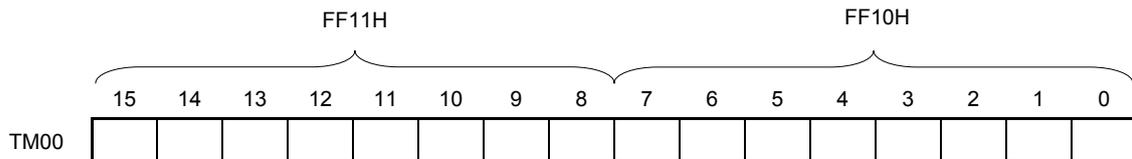
- 注意1. P01端子はTI010有効エッジとタイマ出力 (TO00) を同時に使用できません。どちらかの機能を選択して使用してください。
2. 16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00) のビット3, 2 (TMC003, TMC002) = 00に設定したタイミングとキャプチャ・トリガの入力が競合した場合、キャプチャ・データは不定となります。
 3. キャプチャ・モードからコンペア・モードに変更する場合は、いったんTMC003, TMC002ビット = 00にしてから、設定を変更してください。
 なお、一度キャプチャした値は、リセットしないかぎりCR000に格納されたままです。コンペア・モードに変更したあとは、必ずコンペア値を設定してください。

(1) 16ビット・タイマ・カウンタ00 (TM00)

TM00は、カウント・パルスをカウントする16ビットのリード専用レジスタです。
 カウント・クロックの立ち上がり同期して、カウンタをインクリメントします。

図7-2 16ビット・タイマ・カウンタ00 (TM00) のフォーマット

アドレス：FF10H, FF11H リセット時：0000H R



TM00を16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00) のビット3, 2 (TMC003, TMC002) = 00以外のときにリードすることにより、カウント値をリードできます。TMC003, TMC002 = 00の状態でもリードした場合には、0000Hがリードされます。

次の場合、カウント値は0000Hになります。

- ・リセット信号の発生時
- ・TMC003, TMC002をクリア (00) したとき
- ・TI000端子の有効エッジ入力でもクリア&スタート・モード時、TI000端子に有効エッジが入力されたとき
- ・TM00とCR000の一致でもクリア&スタート・モード時、TM00とCR000が一致したとき
- ・ワンショット・パルス出力モードで、OSPT00をセット (1) したとき、またはTI000端子に有効エッジが入力されたとき

注意 TM00をリードしても、CR010にはキャプチャしません。

(2) 16ビット・タイマ・キャプチャ/コンペア・レジスタ000 (CR000),
16ビット・タイマ・キャプチャ/コンペア・レジスタ010 (CR010)

キャプチャ機能とコンペア機能を切り替えて使用できる16ビットのレジスタです。キャプチャ機能とコンペア機能の切り替えは、CRC00で行います。

CR000はタイマ停止中 (TMC003, TMC002 = 00) に書き換えを行ってください。

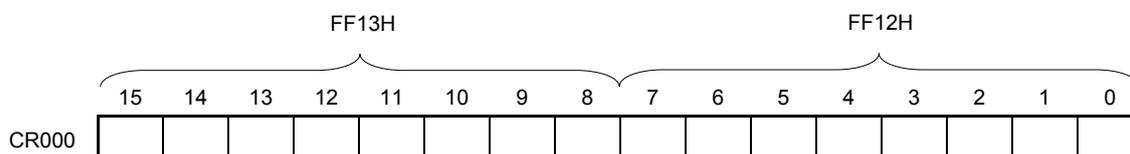
CR010は、所定の方法で設定した場合、動作中に書き換え可能です。詳細は7.5.1 CR010のTM00動作中の書き換えを参照してください。

16ビット単位でリード/ライト可能です。

リセット信号の発生により、0000Hになります。

図7-3 16ビット・タイマ・キャプチャ/コンペア・レジスタ000 (CR000) のフォーマット

アドレス : FF12H, FF13H リセット時 : 0000H R/W



(i) CR000をコンペア・レジスタとして使用するとき

CR000に設定した値とTM00のカウンタ値を常に比較し、一致したときに割り込み信号 (INTTM000) を発生します。書き換えられるまで値を保持します。

注意 コンペア・モードに設定したCR000はキャプチャ・トリガが入力されても、キャプチャ動作を行いません。

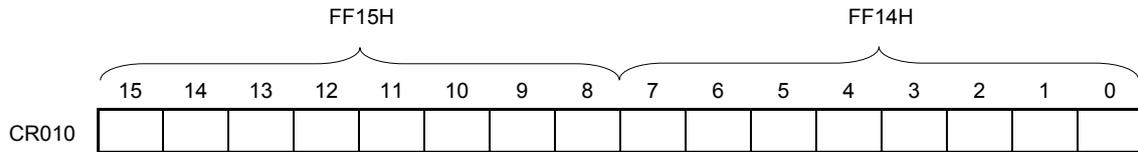
(ii) CR000をキャプチャ・レジスタとして使用するとき

キャプチャ・トリガの入力により、TM00のカウンタ値をCR000にキャプチャします。

キャプチャ・トリガとして、TI000端子の逆相のエッジかTI010端子の有効エッジの選択ができます。キャプチャ・トリガの選択は、CRC00, PRM00で設定します。

図7-4 16ビット・タイマ・キャプチャ/コンペア・レジスタ010 (CR010) のフォーマット

アドレス : FF14H, FF15H リセット時 : 0000H R/W



(i) CR010をコンペア・レジスタとして使用するとき

CR010に設定した値とTM00のカウンタ値を常に比較し、一致したときに割り込み信号 (INTTM010) を発生します。

注意 コンペア・モードに設定したCR010はキャプチャ・トリガが入力されても、キャプチャ動作を行いません。

(ii) CR010をキャプチャ・レジスタとして使用するとき

キャプチャ・トリガの入力により、TM00のカウンタ値をCR010にキャプチャします。

キャプチャ・トリガとして、TI000端子の有効エッジの選択ができます。TI000端子の有効エッジは、PRM00で設定します。

(iii) CR000, CR010をコンペア・レジスタとして使用した場合の設定範囲

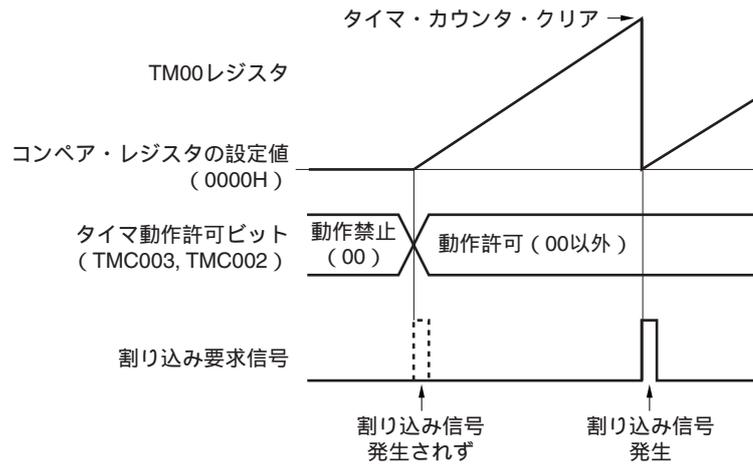
CR000, CR010をコンペア・レジスタとして使用するときには、次の範囲で値を設定してください。

動作	CR000の設定範囲	CR010の設定範囲
インターバル・タイマとしての動作	0000H < N FFFFH	0000H ^註 M FFFFH
方形波出力としての動作		通常、使用しません。一致割り込み信号 (INTTM010) をマスクしてください。
外部イベント・カウンタとしての動作		
TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モードとしての動作	0000H ^註 N FFFFH	0000H ^註 M FFFFH
フリー・ランニング・タイマとしての動作		
PPG出力としての動作	M < N FFFFH	0000H ^註 M < N
ワンショット・パルス出力としての動作	0000H ^註 N FFFFH (N M)	0000H ^註 M FFFFH (M N)

注 0000Hに設定した場合、タイマ動作直後の一致割り込みは発生せず、タイマ出力も変化しません。

0000Hに設定した場合、最初の一致タイミングは次のようになります。なお、一致割り込みは、タイマ・カウンタ (TM00レジスタ) が0000Hから0001Hになるタイミングで発生します。

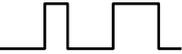
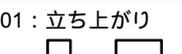
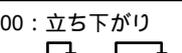
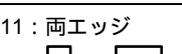
- ・オーバフローによるタイマ・カウンタ・クリア時
- ・TI000端子の有効エッジによるタイマ・カウンタ・クリア時
(TI000端子の有効エッジ入力でクリア&スタート・モードのとき)
- ・コンペア一致によるタイマ・カウンタ・クリア時
(TM00とCR000の一致でクリア&スタート・モード (CR000 = 0000H以外, CR010 = 0000H) のとき)



備考1. N : CR000の設定値 , M : CR010の設定値

- 動作許可ビット (TMC00のビット3, 2 (TMC003, TMC002)) の詳細については , 7.3 (1) 16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00) を参照してください。

表7-2 CR000, CR010のキャプチャ動作

外部入力信号	TI000端子入力 		TI010端子入力 	
キャプチャ動作				
CR000のキャプチャ動作	CRC001 = 1 TI000端子入力 (逆相) 	ES001, ES000の設定値 キャプチャするエッジの位置	CRC001ビット = 0 TI010端子入力 	ES101, ES100の設定値 キャプチャするエッジの位置
		01: 立ち上がり 		01: 立ち上がり 
		00: 立ち下がり 		00: 立ち下がり 
	11: 両エッジ (キャプチャできません)		11: 両エッジ 	
割り込み信号	キャプチャしても INTTM000信号は発生しない		割り込み信号	キャプチャするごとに INTTM000信号が発生
CR010のキャプチャ動作	TI000端子入力 ^注 	ES001, ES000の設定値 キャプチャするエッジの位置		
		01: 立ち上がり 		
		00: 立ち下がり 		
	11: 両エッジ 			
割り込み信号	キャプチャするごとに INTTM010信号が発生			

注 CR010のキャプチャ動作には、CRC001ビットの設定による影響はありません。

注意 TI000端子入力の逆相でTM00レジスタのカウント値をCR000レジスタにキャプチャする場合、キャプチャ後に割り込み要求信号 (INTTM000) は発生しません。この動作中に、TI010端子から有効エッジが検出された場合、キャプチャ動作は行われませんが、外部割り込み信号としてINTTM000信号が発生します。外部割り込みを使用しない場合は、INTTM000信号をマスクしてください。

備考 CRC001 : 7.3 (2) キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 (CRC00) 参照

ES101, ES100, ES001, ES000 : 7.3 (4) プリスケアラ・モード・レジスタ00 (PRM00) 参照

7.3 16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00を制御するレジスタ

16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00を制御するレジスタを次に示します。

- ・16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00)
- ・キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 (CRC00)
- ・16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00)
- ・プリスケアラ・モード・レジスタ00 (PRM00)
- ・ポート・モード・レジスタ0 (PM0)
- ・ポート・レジスタ0 (P0)

(1) 16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00)

TMC00は、16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00の動作モード、TM00のクリア・モード、出力タイミングの設定およびオーバーフローを検出する8ビットのレジスタです。

TMC00は、動作中 (TMC003, TMC002 = 00以外) の書き換えは禁止です。

ただし、TMC003, TMC002を00 (動作停止) に設定する場合と、OVF00に0を設定する場合は、書き換え可能です。

TMC00は、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、00Hになります。

注意 16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00は、TMC003, TMC002に00 (動作停止モード) 以外の値を設定した時点で動作を開始します。動作を停止させるには、TMC003, TMC002に00を設定してください。

図7-5 16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00) のフォーマット

アドレス：FFBAH リセット時：00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
TMC00	0	0	0	0	TMC003	TMC002	TMC001	OVF00

TMC003	TMC002	16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00の動作許可
0	0	16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00動作禁止。動作クロック供給停止。16ビット・タイマ・カウンタ00 (TM00) をクリア。
0	1	フリー・ランニング・タイマ・モード
1	0	TI000端子の有効エッジ入力 ^注 でクリア&スタート・モード
1	1	TM00とCR000の一致でクリア&スタート・モード

TMC001	タイマ出力 (TO00) 反転条件
0	・ TM00とCR000の一致, TM00とCR010の一致
1	・ TM00とCR000の一致, TM00とCR010の一致 ・ TI000端子の有効エッジのトリガ入力

OVF00	TM00のオーバーフロー・フラグ
クリア (0)	OVF00への0クリアまたはTMC003, TMC002 = 00
セット (1)	オーバーフロー発生
OVF00は、すべての動作モード (フリー・ランニング・タイマ・モード, TI000端子の有効エッジ入力 ^注 でクリア&スタート・モード, TM00とCR000の一致でクリア&スタート・モード) でTM00の値がFFFFHから0000Hになるとき、セット (1) されます。 OVF00に1を書き込むことでもセット (1) できます。	

注 TI000端子の有効エッジは、プリスケアラ・モード・レジスタ00 (PRM00) のビット5, 4 (ES001, ES000) で設定します。

(2) キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 (CRC00)

CRC00は、CR000, CR010の動作を制御するレジスタです。

CRC00は、動作中 (TMC003, TMC002 = 00以外するとき) の書き換えは禁止です。

CRC00は、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、00Hになります。

図7-6 キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 (CRC00) のフォーマット

アドレス : FFBCH リセット時 : 00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
CRC00	0	0	0	0	0	CRC002	CRC001	CRC000

CRC002	CR010の動作モードの選択
0	コンペア・レジスタとして動作
1	キャプチャ・レジスタとして動作

CRC001	CR000のキャプチャ・トリガの選択
0	TI010端子の有効エッジでキャプチャする
1	TI000端子の有効エッジの逆相でキャプチャする [※]

TI010, TI000端子の有効エッジはPRM00で設定します。
ただし, CRC001 = 1のときにES001, ES000 = 11 (両エッジ) に指定すると, TI000端子の有効エッジを検出できません。

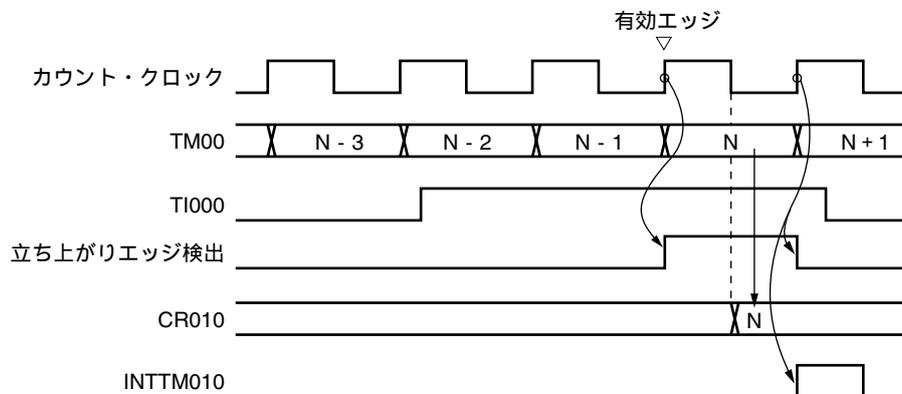
CRC000	CR000の動作モードの選択
0	コンペア・レジスタとして動作
1	キャプチャ・レジスタとして動作

TMC003, TMC002 = 11 (TM00とCR000の一致でクリア&スタート・モード) を設定した場合は, CRC000には必ず0を設定してください。

注 TI010端子から有効エッジが検出された場合, キャプチャ動作は行われませんが, 外部割り込み信号としてINTTM000信号が発生します。

注意 キャプチャを確実にを行うためのキャプチャ・トリガには, プリスケアラ・モード・レジスタ00 (PRM00) で選択したカウント・クロックの2周期分より長いパルスが必要です。

図7-7 CR010のキャプチャ動作例 (立ち上がりエッジ指定時)



(3) 16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00)

TOC00は、TO00出力を制御する8ビットのレジスタです。

TOC00は、OSPT00だけが動作中 (TMC003, TMC002 = 00以外するとき) に書き換え可能です。それ以外のビットについては、動作中の書き換えは禁止です。

ただし、タイマ動作中にCR010の値を変更する手段としての、TOC004の書き換えは可能です (7. 5. 1 CR010のTM00動作中の書き換えを参照してください)。

TOC00は、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、00Hになります。

注意 TOC00を設定するときは、必ず次の順序で設定してください。

TOC004, TOC001のセット (1)

TOE00だけを単独でセット (1)

LVS00またはLVR00のどちらか片方だけをセット (1)

図7 - 8 16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00) のフォーマット

アドレス：FFBDH リセット時：00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
TOC00	0	OSPT00	OSPE00	TOC004	LVS00	LVR00	TOC001	TOE00

OSPT00	ソフトウェアによるワンショット・パルス出力トリガ
0	-
1	ワンショット・パルス出力

リード値は常に“0”です。ワンショット・パルス出力モード以外ではセット(1)しないでください。
セット(1)すると、TM00はクリア&スタートします。

OSPE00	ワンショット・パルス出力動作の制御
0	連続パルス出力
1	ワンショット・パルス出力

ワンショット・パルス出力は、フリー・ランニング・タイマ・モード、またはTI000端子の有効エッジ入力でクリア&スタート・モードのときに、正常に動作します。
TM00とCR000の一致でクリア&スタート・モードでは、ワンショット・パルスを出力できません。

TOC004	CR010とTM00の一致によるTO00出力の制御
0	反転動作禁止
1	反転動作許可

TOC004 = 0でも、割り込み信号 (INTTM010) は発生します。

LVS00	LVR00	TO00出力の状態の設定
0	0	変化しない
0	1	TO00出力初期値ロウ・レベル (TO00出力をクリア (0))
1	0	TO00出力初期値ハイ・レベル (TO00出力をセット (1))
1	1	設定禁止

- ・LVS00, LVR00は、TO00出力レベルの初期値を設定できます。設定が不要な場合は、LVS00, LVR00を00のままにしてください。
- ・LVS00, LVR00は、必ずTOE00 = 1のときに設定してください。
LVS00, LVR00とTOE00を同時にセット(1)することも禁止です。
- ・LVS00, LVR00はトリガ・ビットです。セット(1)することで、TO00出力レベルの初期値を設定します。
クリア(0)しても、TO00出力に影響はありません。
- ・LVS00, LVR00のリード値は常に“0”です。
- ・LVS00, LVR00の設定方法の詳細は、7.5.2 LVS00, LVR00の設定についてを参照してください。
- ・実際のTO00/TI010/P01端子の出力は、TO00出力のほか、PM01とP01によって決まります。

TOC001	CR000とTM00の一致によるTO00出力の制御
0	反転動作禁止
1	反転動作許可

TOC001 = 0でも、割り込み信号 (INTTM000) は発生します。

TOE00	TO00出力制御
0	出力禁止 (TO00出力はロウ・レベルに固定)
1	出力許可

(4) プリスケアラ・モード・レジスタ00 (PRM00)

PRM00は、TM00のカウンタ・クロック、およびTI000, TI010端子入力の有効エッジを設定するレジスタです。

PRM00は、動作中 (TMC003, TMC002ビット = 00以外) の書き換えは禁止です。

PRM00 は1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、00Hになります。

注意1. PRM001, PRM000ビット = 11 (カウンタ・クロックをTI000端子の有効エッジに指定) に設定する場合、次の設定は禁止です。

- ・ TI000端子の有効エッジでクリア&スタート・モード
 - ・ TI000端子をキャプチャ・トリガに設定
2. リセット後、TI000端子またはTI010端子がハイ・レベルの状態、TI000端子またはTI010端子の有効エッジを立ち上がりエッジまたは両エッジに指定して、16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00の動作を許可すると、そのハイ・レベルを立ち上がりエッジとして検出してしまいます。TI000端子またはTI010端子をプルアップしている場合などは注意してください。ただし、いったん動作を停止させたあとの再動作許可時には、立ち上がりエッジは検出されません。
3. P01端子はTI010有効エッジとタイマ出力 (TO00) をそれぞれ同時に使用できません。どちらかの機能を選択して使用してください。

図7-9 プリスケラ・モード・レジスタ00 (PRM00) のフォーマット

アドレス : FFBBH リセット時 : 00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PRM00	ES101	ES100	ES001	ES000	0	0	PRM001	PRM000

ES101	ES100	TI010端子の有効エッジの選択
0	0	立ち下がりエッジ
0	1	立ち上がりエッジ
1	0	設定禁止
1	1	立ち上がり / 立ち下がり の両エッジ

ES001	ES000	TI000端子の有効エッジの選択
0	0	立ち下がりエッジ
0	1	立ち上がりエッジ
1	0	設定禁止
1	1	立ち上がり / 立ち下がり の両エッジ

PRM001	PRM000	カウント・クロックの選択 ^{注1}				
		$f_{PRS} = 4 \text{ MHz}$	$f_{PRS} = 8 \text{ MHz}$	$f_{PRS} = 10 \text{ MHz}$	$f_{PRS} = 20 \text{ MHz}$	
0	0	f_{PRS} ^{注2}	4 MHz	8 MHz	10 MHz	20 MHz ^{注3}
0	1	$f_{PRS}/2^2$	1 MHz	2 MHz	2.5 MHz	5 MHz
1	0	$f_{PRS}/2^8$	15.63 kHz	31.25 kHz	39.06 kHz	78.12 kHz
1	1	TI000有効エッジ ^{注4, 5}				

注1. 周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS}) が高速システム・クロック (f_{XH}) で動作している (XSEL = 1) 場合, 電源電圧により, f_{PRS} の動作周波数が異なります。

・ $V_{DD} = 2.7 \sim 5.5 \text{ V}$: $f_{PRS} = 20 \text{ MHz}$

・ $V_{DD} = 1.8 \sim 2.7 \text{ V}$: $f_{PRS} = 5 \text{ MHz}$

2. $1.8 \text{ V} < V_{DD} < 2.7 \text{ V}$ で, 周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS}) が高速内蔵発振クロック (f_{RH}) で動作している (XSEL = 0) 場合, PRM001 = PRM000 = 0 (カウント・クロック : f_{PRS}) は設定禁止です。

3. $4.0 \text{ V} < V_{DD} < 5.5 \text{ V}$ の場合のみ設定可能です。

4. TI000端子からの外部クロックには, 周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS}) の2周期分より長いパルスが必要です。

5. STOPモード時の場合, TI000端子からの外部クロックでタイマ動作を開始させないでください。

備考 f_{PRS} : 周辺ハードウェア・クロック周波数

(5) ポート・モード・レジスタ0 (PM0)

ポート0の入力/出力を1ビット単位で設定するレジスタです。

P01/TO00/TI010端子をタイマ出力として使用するとき、PM01およびP01の出力ラッチに0を設定してください。

P00/TI000, P01/TO00/TI010端子をタイマ入力として使用するとき、PM00, PM01に1を設定してください。このときP00, P01の出力ラッチは、0または1のどちらでもかまいません。

PM0は、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、FFHになります。

図7 - 10 ポート・モード・レジスタ0 (PM0) のフォーマット

アドレス : FF20H リセット時 : FFH R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PM0	1	1	1	1	1	1	PM01	PM00

PM0n	P0n端子の入出力モードの選択 (n = 0, 1)
0	出力モード (出力バッファ・オン)
1	入力モード (出力バッファ・オフ)

7.4 16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00の動作

7.4.1 インターバル・タイマとしての動作

16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ (TMC00) のビット3, 2 (TMC003, TMC002) = 11 (TM00とCR000の一致でカウント・クリア&スタート・モード) に設定すると、カウント・クロックに同期してカウント動作を開始します。

そのあと、TM00とCR000の値が一致すると、TM00を0000Hにクリアし、一致割り込み信号 (INTTM000) を発生します。この一定間隔で発生するINTTM000信号により、インターバル・タイマとして動作します。

- 備考1. 入出力端子の設定については7.3(5) ポート・モード・レジスタ0 (PM0) を参照してください。
 2. INTTM000信号の割り込み許可については、第16章 割り込み機能を参照してください。

図7-11 インターバル・タイマ動作のブロック図

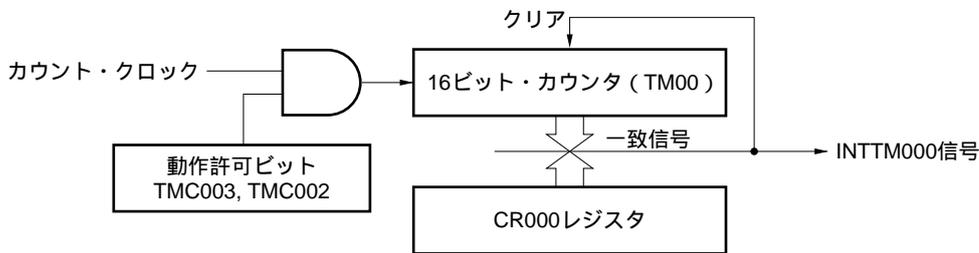


図7-12 インターバル・タイマ動作の基本タイミング例

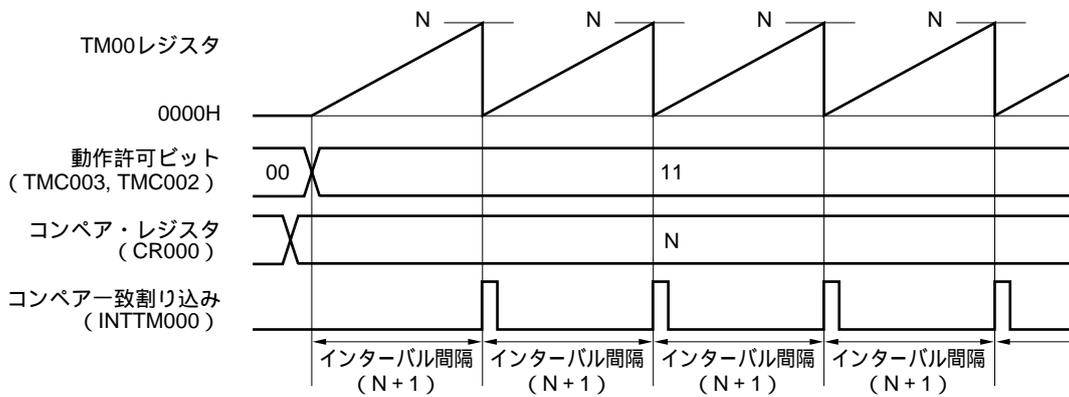
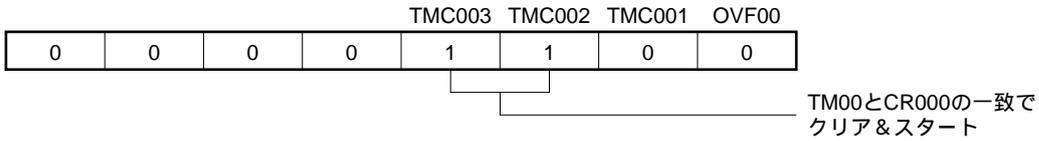
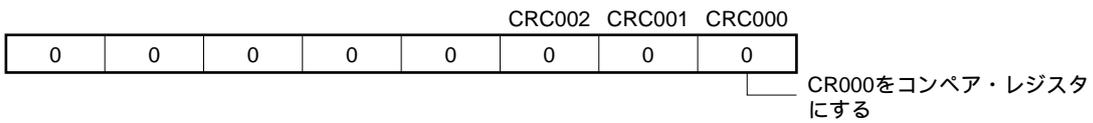


図7 - 13 インターバル・タイマ動作時のレジスタ設定内容例

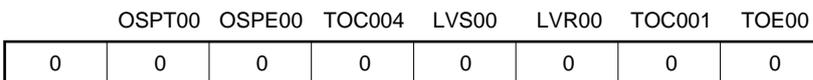
(a) 16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00)



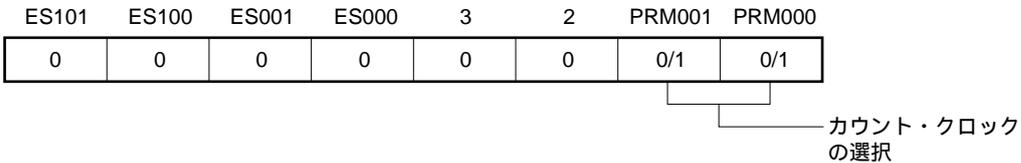
(b) キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 (CRC00)



(c) 16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00)



(d) プリスケーラ・モード・レジスタ00 (PRM00)



(e) 16ビット・タイマ・カウンタ00 (TM00)

TM00をリードしてカウンタの値を読み出します。

(f) 16ビット・キャプチャ/コンペア・レジスタ000 (CR000)

CR000にMを設定した場合、インターバル時間は次のようになります。

$$\cdot \text{インターバル時間} = (M + 1) \times \text{カウント・クロック周期}$$

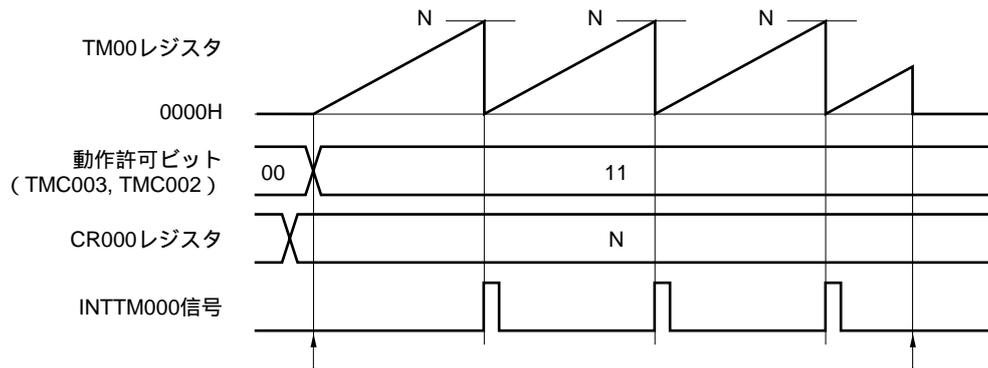
CR000への0000Hの設定は禁止です。

(g) 16ビット・キャプチャ/コンペア・レジスタ010 (CR010)

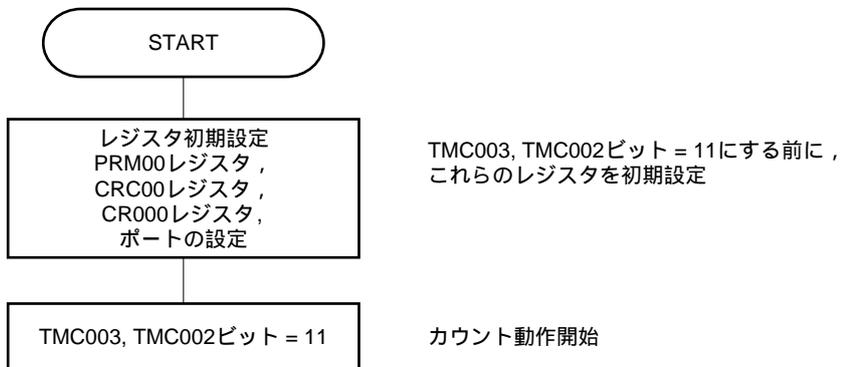
インターバル・タイマ機能では、通常、CR010を使用しません。しかしCR010の設定値と、TM00の値が一致するとコンペア一致割り込み (INTTM010) が発生します。

したがって、割り込みマスク・フラグ (TMMK010) でマスク設定をしておいてください。

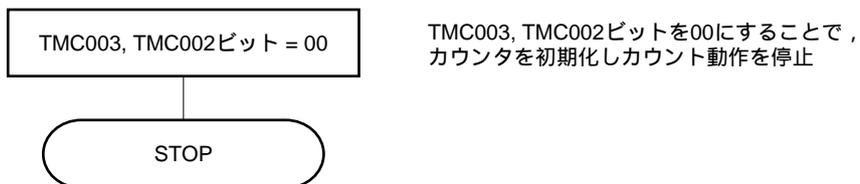
図7 - 14 インターバル・タイマ機能時のソフトウェア処理例



カウント動作開始フロー



カウント動作停止フロー



7.4.2 方形波出力としての動作

インターバル・タイマ (7.4.1参照) として動作させたとき、16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00) = 03Hに設定することにより、TO00端子から方形波を出力できます。

TMC003, TMC002 = 11 (TM00とCR000の一致でカウント・クリア&スタート・モード) に設定すると、カウント・クロックに同期してカウント動作を開始します。

そのあと、TM00とCR000の値が一致すると、TM00を0000Hにクリアし、割り込み信号 (INTTM000) を発生し、TO00出力を反転します。この一定間隔で反転するTO00出力により、方形波出力として動作します。

- 備考1. 入出力端子の設定については7.3(5) **ポート・モード・レジスタ0 (PM0)**を参照してください。
 2. INTTM000信号の割り込み許可については、第16章 **割り込み機能**を参照してください。

図7-15 方形波出力動作のブロック図

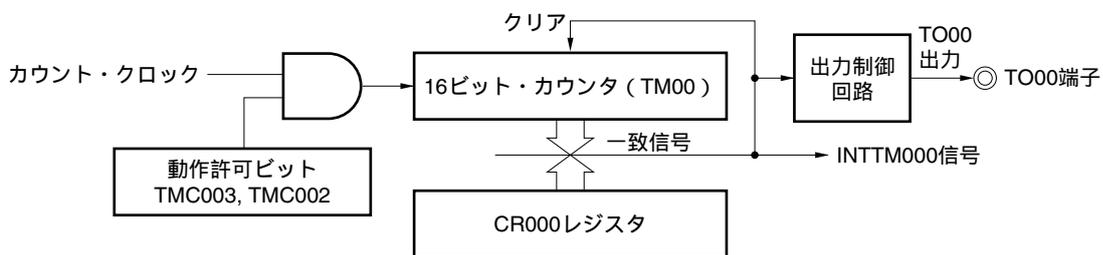


図7-16 方形波出力動作の基本タイミング例

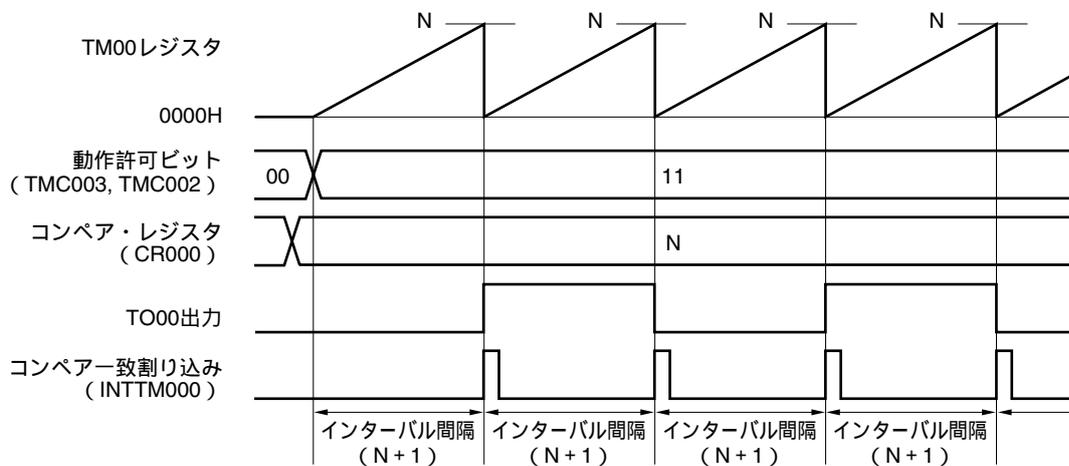


図7 - 17 方形波出力動作時のレジスタ設定内容例 (1/2)

(a) 16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00)

				TMC003	TMC002	TMC001	OVF00
0	0	0	0	1	1	0	0

TM00とCR000の一致で
クリア&スタート

(b) キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 (CRC00)

					CRC002	CRC001	CRC000
0	0	0	0	0	0	0	0

CR000をコンペア・レジスタ
にする

(c) 16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00)

	OSPT00	OSPE00	TOC004	LVS00	LVR00	TOC001	TOE00
0	0	0	0	0/1	0/1	1	1

TO00出力許可

TM00とCR000の一致に
よりTO00出力を反転

TO00出力F/Fの初期値を指定

(d) プリスケアラ・モード・レジスタ00 (PRM00)

ES101	ES100	ES001	ES000	3	2	PRM001	PRM000
0	0	0	0	0	0	0/1	0/1

カウント・クロック
の選択

図7 - 17 方形波出力動作時のレジスタ設定内容例 (2/2)

(e) 16ビット・タイマ・カウンタ00 (TM00)

TM00をリードしてカウンタの値を読み出します。

(f) 16ビット・キャプチャ/コンペア・レジスタ000 (CR000)

CR000にMを設定した場合，方形波の周波数は次のようになります。

$$\cdot \text{方形波の周波数} = 1 \div \{ 2 \times (M + 1) \times \text{カウント} \cdot \text{クロック周期} \}$$

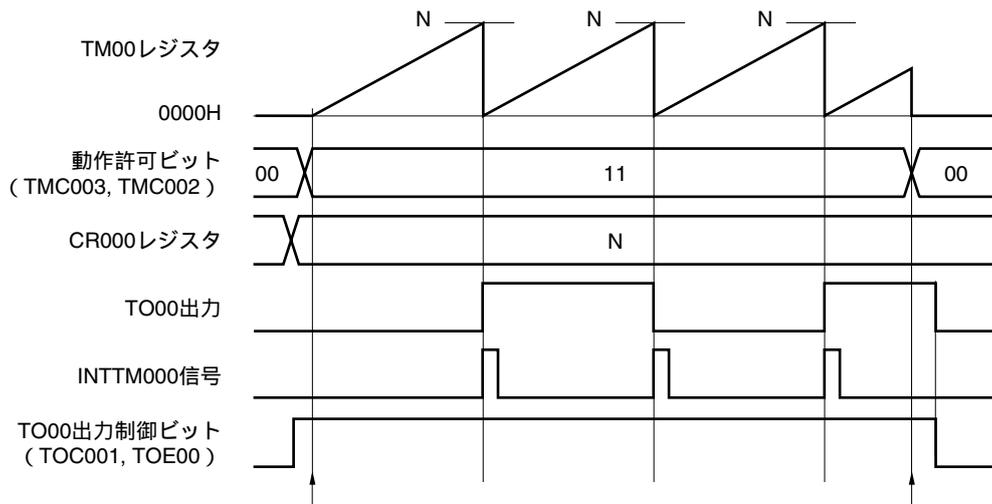
CR000への0000Hの設定は禁止です。

(g) 16ビット・キャプチャ/コンペア・レジスタ010 (CR010)

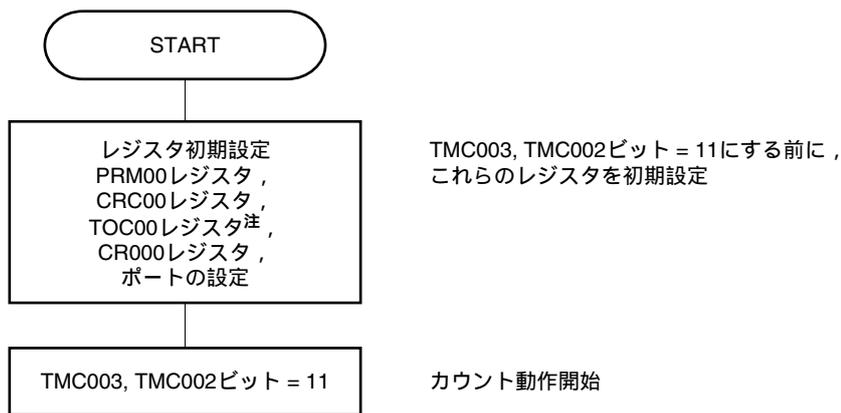
方形波出力機能では，通常，CR010を使用しません。しかしCR010の設定値と，TM00の値が一致するとコンペア一致割り込み (INTTM010) が発生します。

したがって，割り込みマスク・フラグ (TMMK010) でマスク設定をしておいてください。

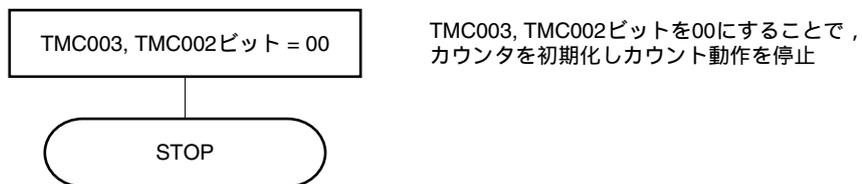
図7 - 18 方形波出力機能時のソフトウェア処理例



カウント動作開始フロー



カウント動作停止フロー



注 TOC00の設定は注意が必要です。詳細は7.3(3)16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00)を参照してください。

7.4.3 外部イベント・カウンタとしての動作

プリスケアラ・モード・レジスタ00 (PRM00) のビット1, 0 (PRM001, PRM000) = 11 (TI000端子の有効エッジによるカウント・アップ), 16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00) のビット3, 2 (TMC003, TMC002) = 11に設定すると, 外部イベント入力の有効エッジをカウントし, TM00とCR000との一致割り込み信号 (INTTM000) を発生します。

外部イベント入力の端子にはTI000端子を使用します。したがって, TI000有効エッジ入力によるクリア&スタート・モード (TMC003, TMC002 = 10) では, 外部イベント・カウンタとして使用できません。

INTTM000信号は, 次のタイミングごとに発生します。

- ・ INTTM000信号発生タイミング (2回目以降)
= 外部イベント入力の有効エッジ検出回数 × (CR000設定値 + 1)

ただし, 動作開始直後から初回の一致割り込みだけは, 次のタイミングで発生します。

- ・ INTTM000信号発生タイミング (初回のみ)
= 外部イベント入力の有効エッジ検出回数 × (CR000設定値 + 2)

有効エッジは, TI000端子入力信号を f_{PRS} のクロック周期でサンプリングを行い, 2回連続して有効レベルを検出したときに, はじめて検出されます。したがって, 短いパルス幅のノイズを除去できます。

- 備考1.** 入出力端子の設定については7.3(5) **ポート・モード・レジスタ0 (PM0)**を参照してください。
2. INTTM000信号の割り込み許可については, **第16章 割り込み機能**を参照してください。

図7 - 19 外部イベント・カウンタとしての動作のブロック図

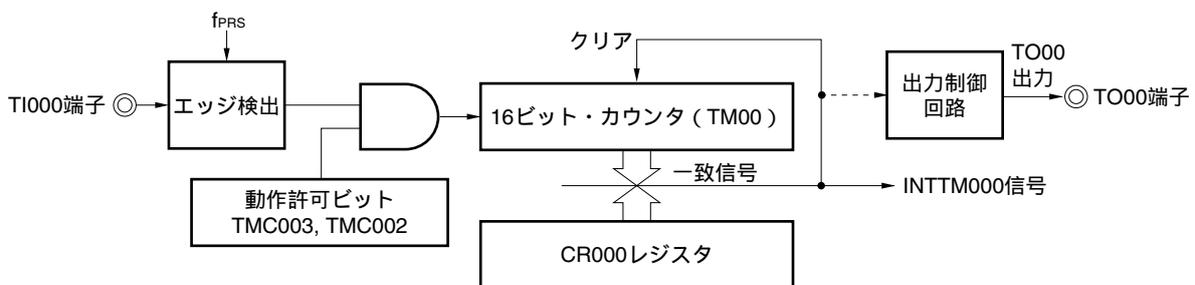
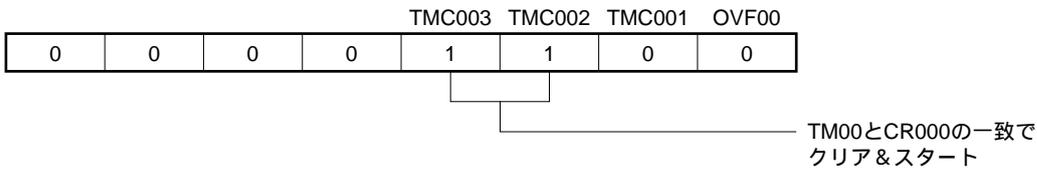
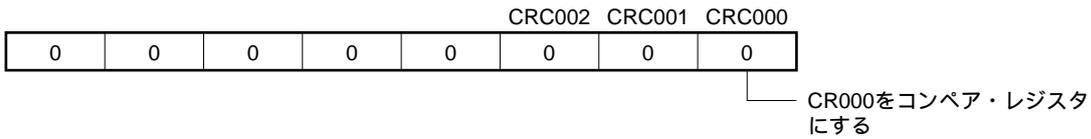


図7-20 外部イベント・カウンタ・モード時のレジスタ設定内容例(1/2)

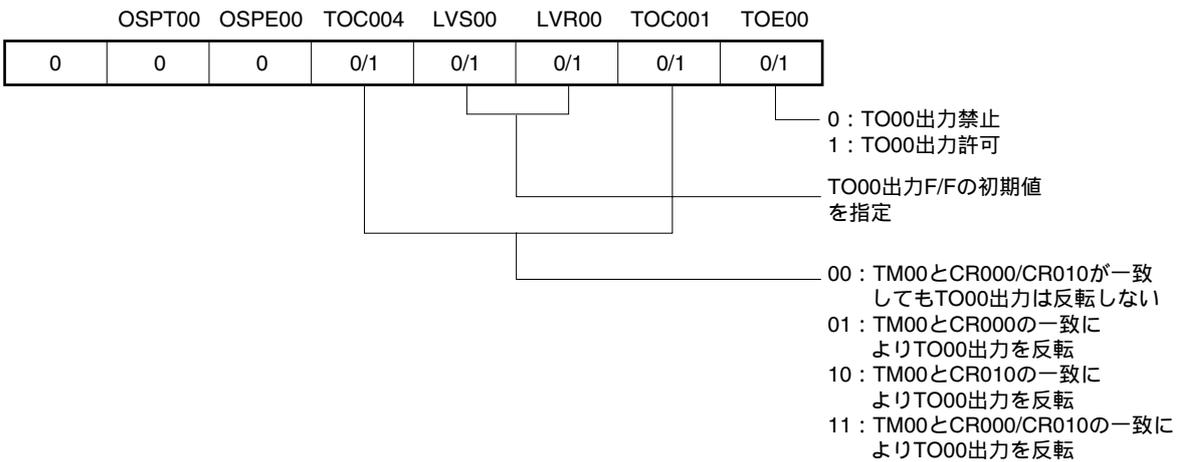
(a) 16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00)



(b) キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 (CRC00)



(c) 16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00)



(d) プリスケアラ・モード・レジスタ00 (PRM00)

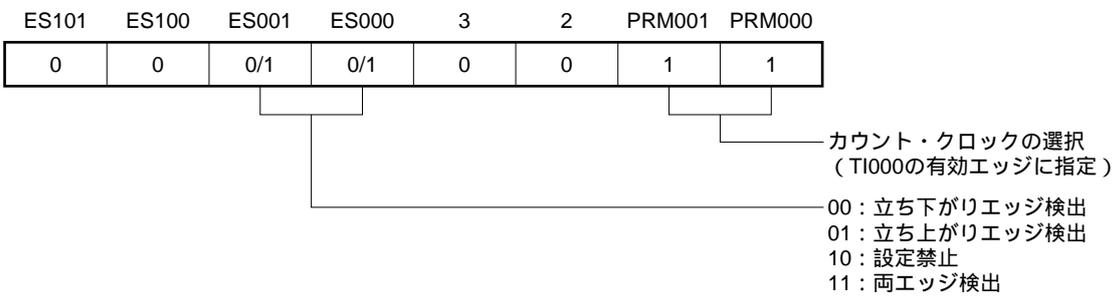


図7 - 20 外部イベント・カウンタ・モード動作時のレジスタ設定内容例 (2/2)

(e) 16ビット・タイマ・カウンタ00 (TM00)

TM00をリードしてカウンタの値を読み出します。

(f) 16ビット・キャプチャ/コンペア・レジスタ000 (CR000)

CR000にMを設定した場合，外部イベントがM + 1回入力されると，割り込み信号 (INTTM000) が発生します。

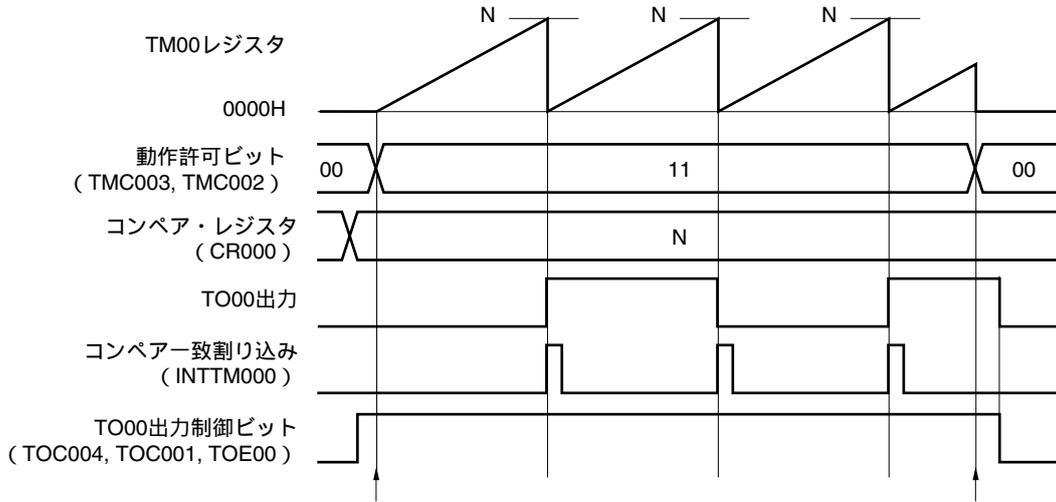
CR000への0000Hの設定は禁止です。

(g) 16ビット・キャプチャ/コンペア・レジスタ010 (CR010)

外部イベント・カウンタ・モード動作時では，通常，CR010を使用しません。しかしCR010の設定値と，TM00の値が一致するとコンペア一致割り込み (INTTM010) が発生します。

したがって，割り込みマスク・フラグ (TMMK010) でマスク設定をしておいてください。

図7-21 外部イベント・カウンタ・モード動作時のソフトウェア処理例



カウント動作開始フロー



カウント動作停止フロー



注 TOC00の設定は注意が必要です。詳細は7.3(3)16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00)を参照してください。

7.4.4 TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モードとしての動作

16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00) のビット3, 2 (TMC003, TMC002) = 10 (TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モード) に設定し, カウント・クロック (PRM00にて設定) を供給すると, TM00がカウント・アップを開始します。カウント動作中にTI000端子の有効エッジを検出すると, TM00を0000Hにクリアして, 再度カウント・アップします。TI000端子の有効エッジがない場合, TM00はオーバフローして, カウントを続けます。

TI000端子の有効エッジは, TM00のクリア要因です。動作開始直後のカウント・スタートの起動制御はしていません。

CR000, CR010は, コンペア・レジスタとしてもキャプチャ・レジスタとしても使用できます。

(a) CR000, CR010をコンペア・レジスタとして使用した場合

TM00とCR000, CR010の一致でINTTM000, INTTM010信号が発生します。

(b) CR000, CR010をキャプチャ・レジスタとして使用した場合

TI010端子に有効エッジが入力される(またはTI000端子に有効エッジの逆相が入力される)と, TM00のカウント値をCR000にキャプチャし, INTTM000信号が発生します。

TI000端子に有効エッジが入力されると, TM00のカウント値をCR010にキャプチャし, INTTM010信号が発生します。TI000端子の有効エッジでキャプチャ動作と同時にカウンタを0000Hにクリアします。

注意 カウント・クロックをTI000端子の有効エッジ (PRM001, PRM000 = 11) に設定しないでください。PRM001, PRM000 = 11に設定すると, TM00がクリアされてしまいます。

- 備考1.** 入出力端子の設定については7.3(5) ポート・モード・レジスタ0 (PM0) を参照してください。
2. INTTM000信号の割り込み許可については, 第16章 割り込み機能を参照してください。

(1) TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モード動作

(CR000 : コンペア・レジスタ , CR010 : コンペア・レジスタ設定時)

図7 - 22 TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モードのブロック図

(CR000 : コンペア・レジスタ / CR010 : コンペア・レジスタ)

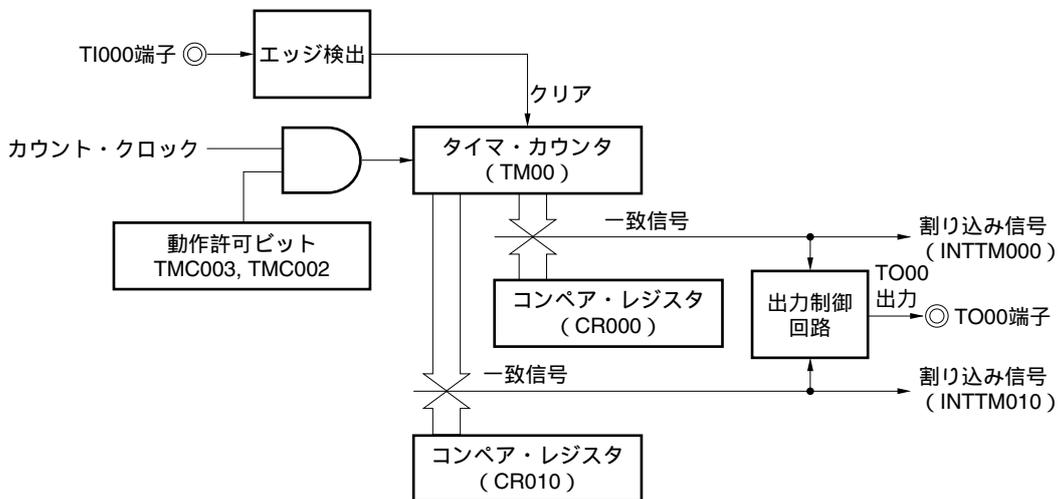
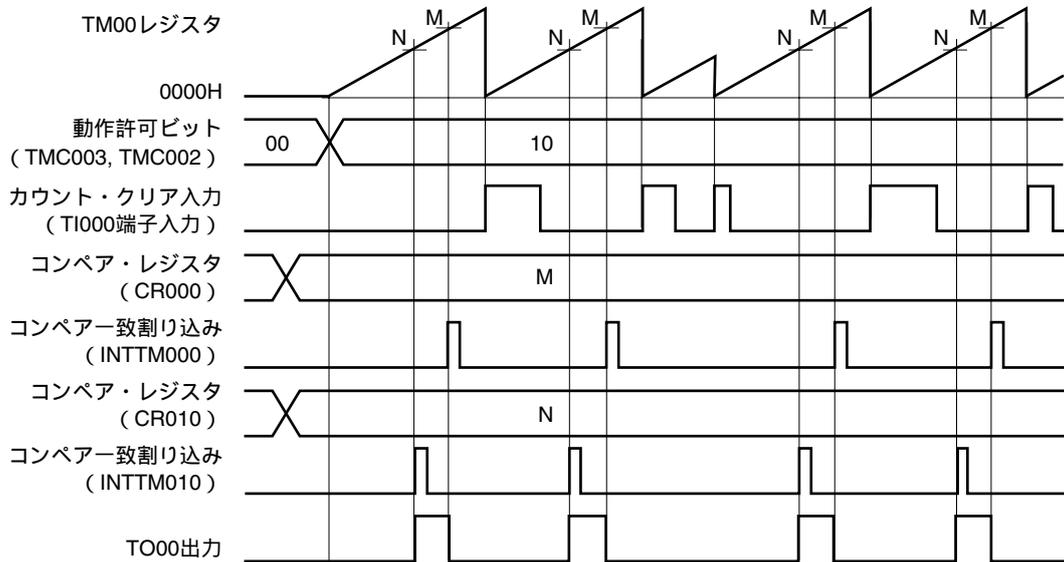
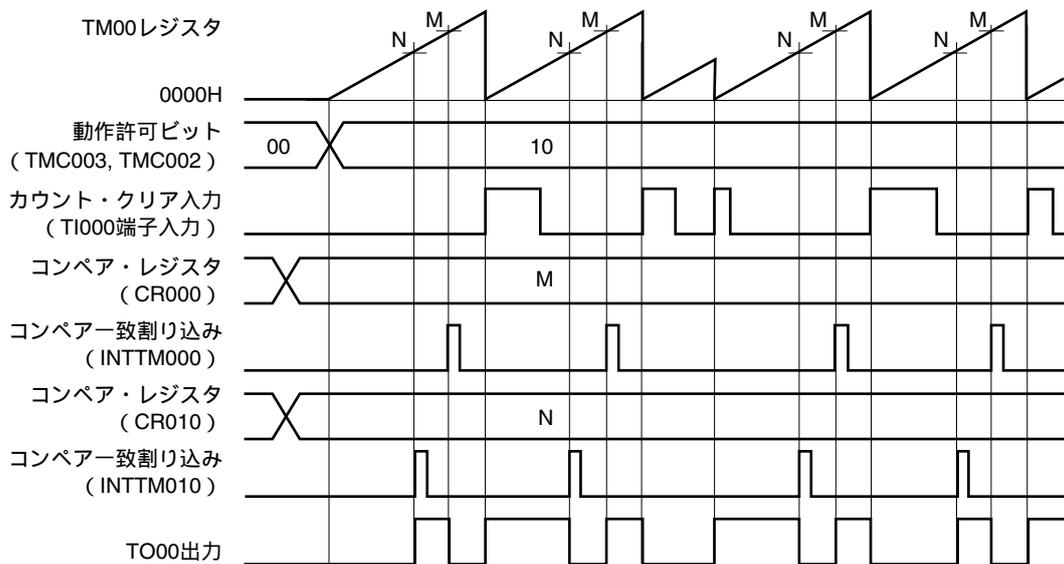


図7-23 TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モードのタイミング例
(CR000 : コンペア・レジスタ / CR010 : コンペア・レジスタ)

(a) TOC00 = 13H, PRM00 = 10H, CRC00 = 00H, TMC00 = 08H



(b) TOC00 = 13H, PRM00 = 10H, CRC00 = 00H, TMC00 = 0AH



16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00) のビット1 (TMC001) の設定により, (a) と (b) には次のような違いがあります。

(a) TM00とコンペア・レジスタが一致したときに, TO00の出力レベルが反転

(b) TM00とコンペア・レジスタが一致したとき, またはTI000端子の有効エッジを検出したときに, TO00の出力レベルが反転

(2) TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モード動作

(CR000 : コンペア・レジスタ , CR010 : キャプチャ・レジスタ設定時)

図7 - 24 TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モードのブロック図

(CR000 : コンペア・レジスタ / CR010 : キャプチャ・レジスタ)

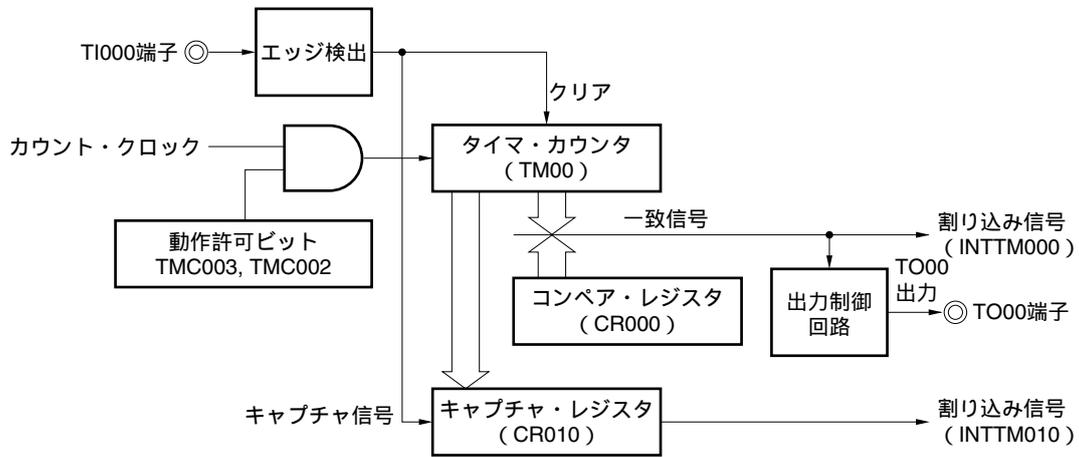
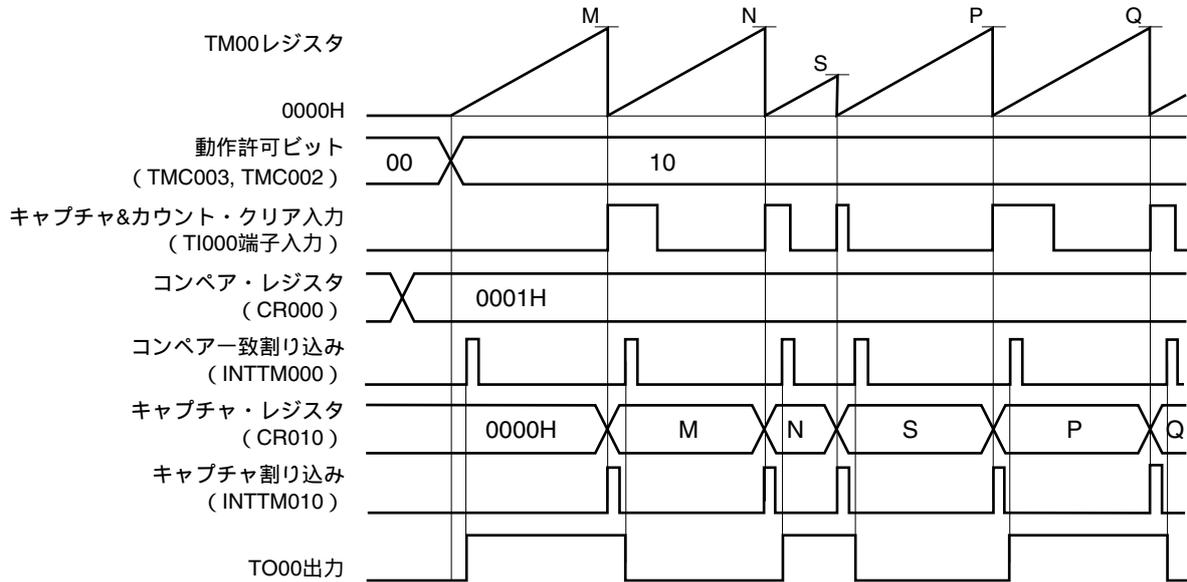


図7 - 25 TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モードのタイミング例
 (CR000 : コンペア・レジスタ / CR010 : キャプチャ・レジスタ) (1/2)

(a) TOC00 = 13H, PRM00 = 10H, CRC00 = 04H, TMC00 = 08H, CR000 = 0001H

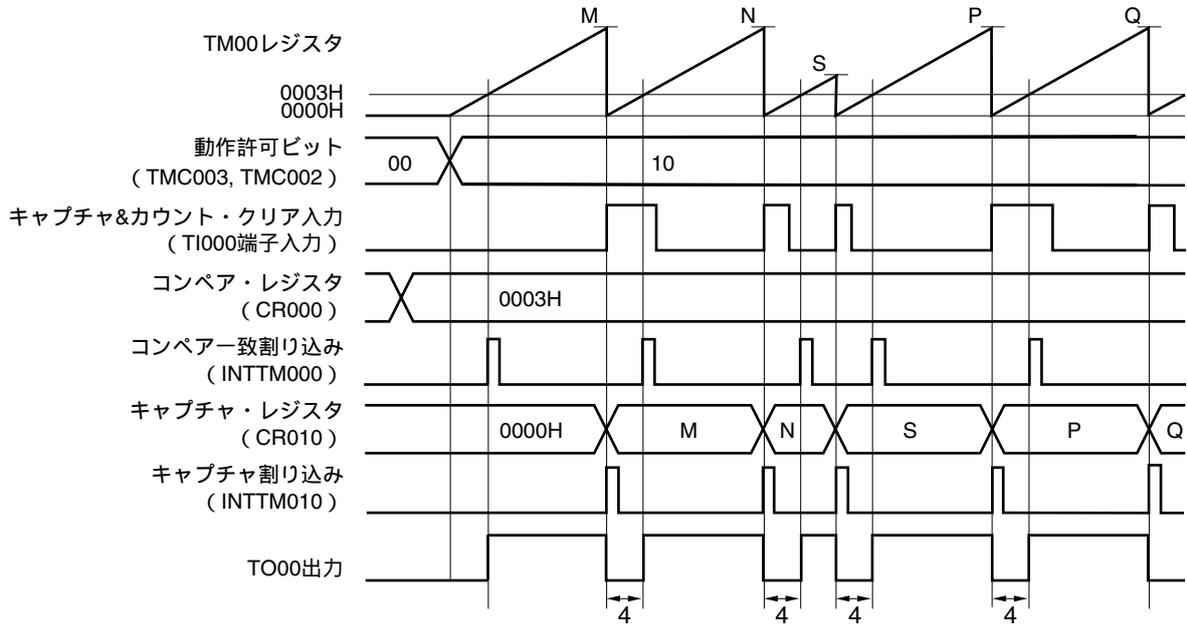


キャプチャ&クリア後に、TO00出力レベルを反転したい場合のアプリケーション例です。

TI000端子の有効エッジ検出で、CR010にキャプチャし、TM00をクリア (0000H) します。TM00のカウンタ値が0001Hになると、コンペア一致割り込み信号 (INTTM00) が発生し、TO00出力レベルが反転します。

図7 - 25 TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モードのタイミング例
 (CR000 : コンペア・レジスタ / CR010 : キャプチャ・レジスタ) (2/2)

(b) TOC00 = 13H, PRM00 = 10H, CRC00 = 04H, TMC00 = 0AH, CR000 = 0003H



キャプチャ&クリア後に、CR000に設定した幅（ここでは4クロック）をTO00端子から出力したい場合のアプリケーション例です。

TI000端子の有効エッジ検出で、CR010にキャプチャし、キャプチャ割り込み信号（INTTM010）が発生し、TM00をクリア（0000H）し、TO00出力を反転します。TM00のカウント値が0003Hになる（4クロックをカウントすると）、コンペア一致割り込み信号（INTTM000）が発生し、TO00出力レベルが反転します。

(3) TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モード動作

(CR000 : キャプチャ・レジスタ , CR010 : コンペア・レジスタ設定時)

図7 - 26 TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モードのブロック図

(CR000 : キャプチャ・レジスタ / CR010 : コンペア・レジスタ)

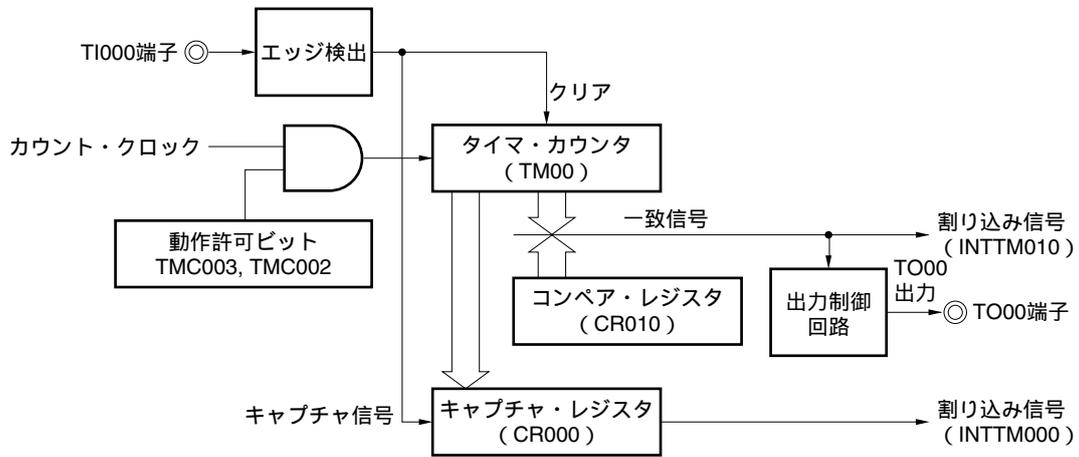
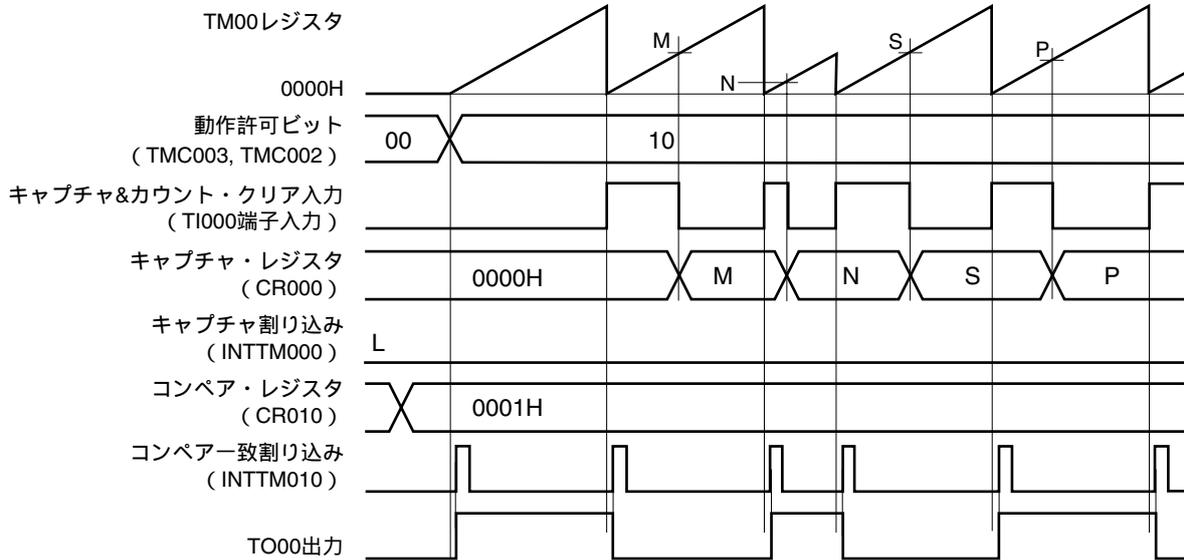


図7-27 TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モードのタイミング例
 (CR000 : キャプチャ・レジスタ / CR010 : コンペア・レジスタ) (1/2)

(a) TOC00 = 13H, PRM00 = 10H, CRC00 = 03H, TMC00 = 08H, CR010 = 0001H



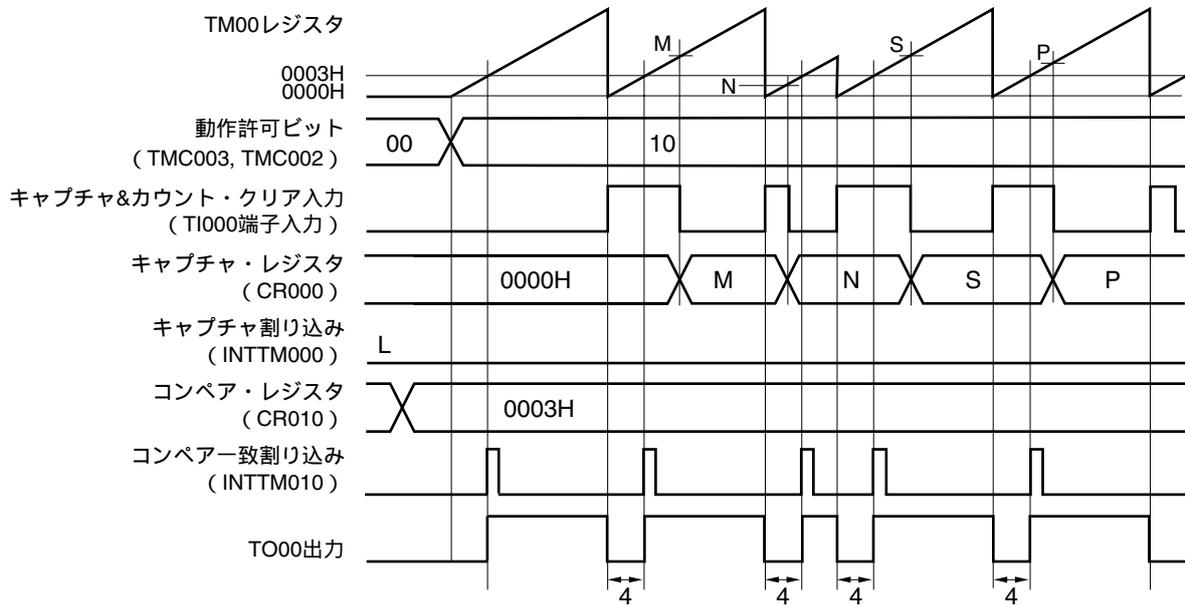
キャプチャ&クリア後に、TO00出力レベルを反転したい場合のアプリケーション例です。

TI000端子の立ち上がりエッジ検出で、TM00をクリアします。TI000端子の立ち下がりエッジ検出で、CR000にキャプチャします。

キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 (CRC00) のビット1 (CRC001) = 1の設定により、TI000端子入力の逆相でTM00のカウント値をCR000にキャプチャしますが、キャプチャ割り込み信号 (INTTM000) は発生しません。しかし、TI010端子の有効エッジ検出により、INTTM000信号が発生します。INTTM000信号を使用しない場合は、INTTM000信号をマスクしてください。

図7-27 TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モードのタイミング例
 (CR000 : キャプチャ・レジスタ / CR010 : コンペア・レジスタ) (2/2)

(b) TOC00 = 13H, PRM00 = 10H, CRC00 = 03H, TMC00 = 0AH, CR010 = 0003H



キャプチャ&クリア後に、CR010に設定した幅（ここでは4クロック）をTO00端子から出力したい場合のアプリケーション例です。

TI000端子の立ち上がりエッジ検出で、TM00をクリア（0000H）します。TI000端子の立ち下がりエッジ検出で、CR000にキャプチャします。TO00出力は、TI000端子の立ち上がりエッジ検出によるTM00のクリア（0000H）か、TM00とコンペア・レジスタ（CR010）の一致で反転します。

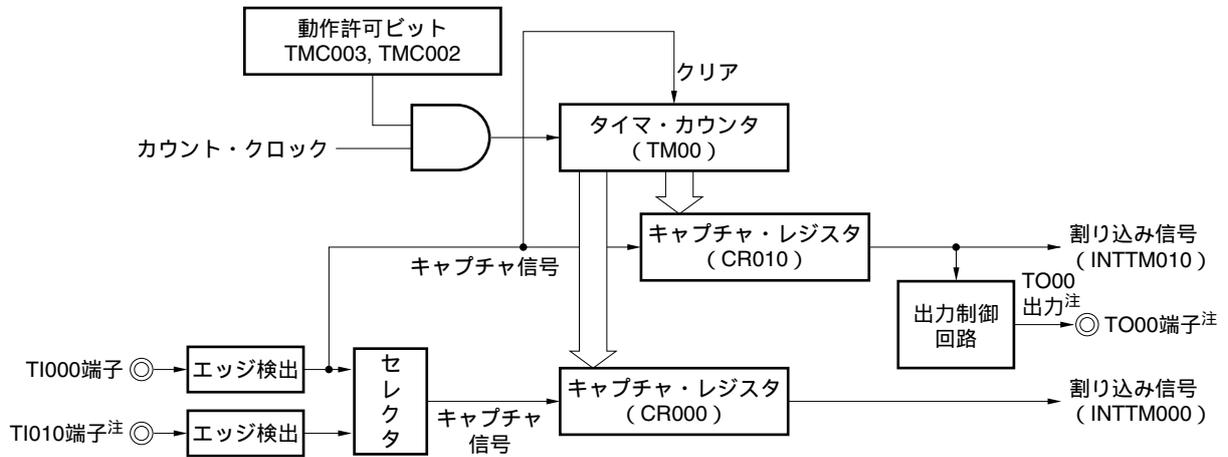
キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00（CRC00）のビット1（CRC001）= 1の設定により、TI000端子入力の逆相でTM00のカウント値をCR000にキャプチャしますが、キャプチャ割り込み信号（INTTM000）は発生しません。しかし、TI010端子の有効エッジ検出により、INTTM000割り込みが発生します。INTTM000信号を使用しない場合はINTTM000信号をマスクしてください。

(4) TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モード動作

(CR000 : キャプチャ・レジスタ , CR010 : キャプチャ・レジスタ設定時)

図7 - 28 TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モードのブロック図

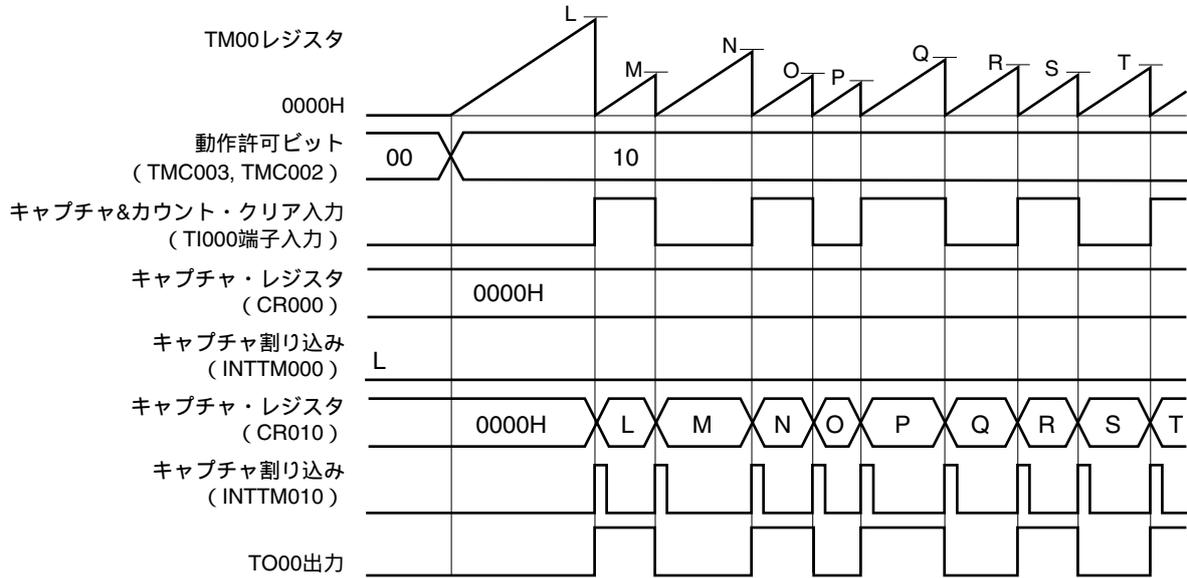
(CR000 : キャプチャ・レジスタ / CR010 : キャプチャ・レジスタ)



注 TI010端子の有効エッジ検出を使用する場合、タイマ出力 (TO00) は使用できません。

図7 - 29 TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モードのタイミング例
 (CR000 : キャプチャ・レジスタ / CR010 : キャプチャ・レジスタ) (1/3)

(a) TOC00 = 13H, PRM00 = 30H, CRC00 = 05H, TMC00 = 0AH

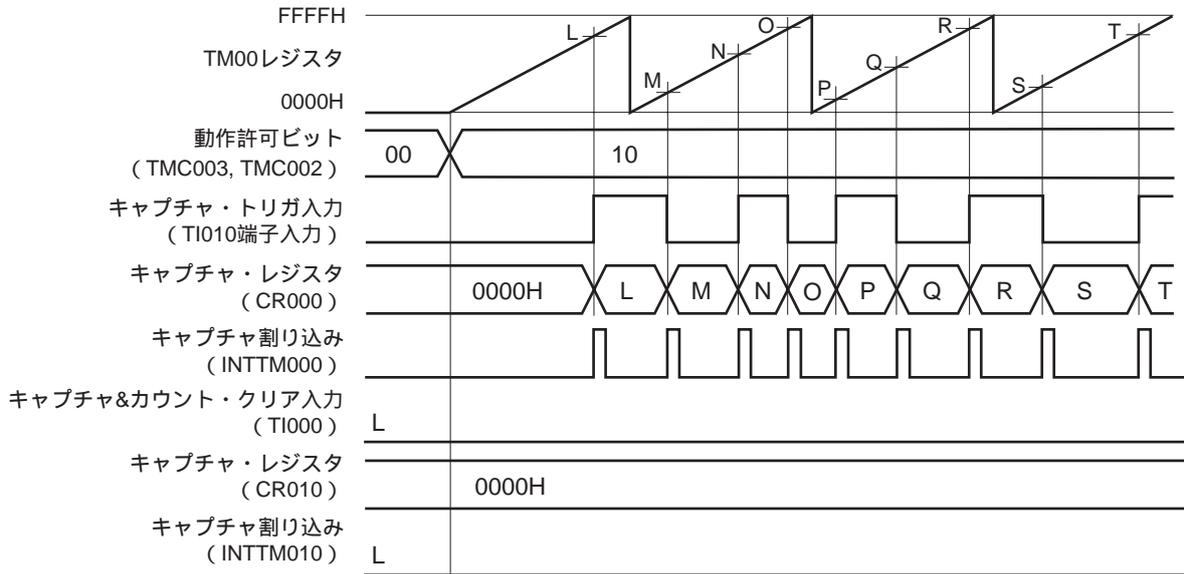


TI000端子の立ち上がりエッジまたは立ち下がりエッジを検出した場合に、CR010にキャプチャし、TM00をクリアし、TO00出力を反転させるアプリケーション例です。

TI010端子のエッジ検出により、割り込み信号 (INTTM000) が発生します。INTTM000信号を使用しない場合には、INTTM000信号をマスクしてください。

図7 - 29 TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モードのタイミング例
 (CR000 : キャプチャ・レジスタ / CR010 : キャプチャ・レジスタ) (2/3)

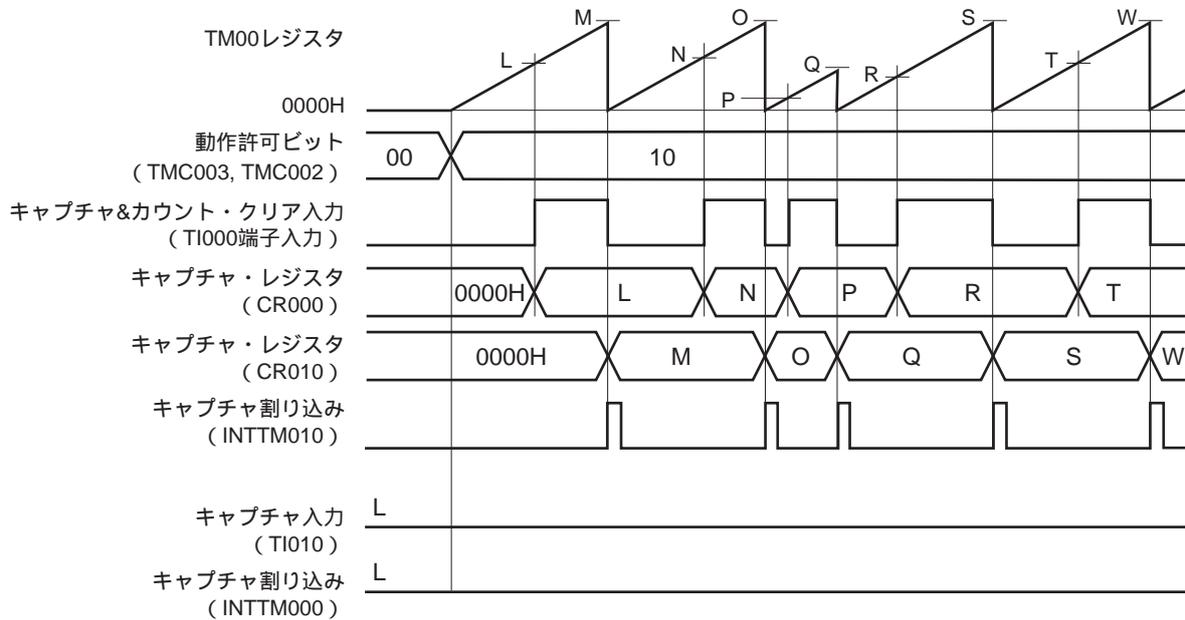
(b) TOC00 = 13H, PRM00 = C0H, CRC00 = 05H, TMC00 = 0AH



TI010端子の立ち上がりエッジまたは立ち下がりエッジを検出した場合に、CR000にキャプチャするアプリケーションにおいて、TI000端子にエッジが入力されないときのタイミング例です。

図7-29 TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モードのタイミング例
 (CR000 : キャプチャ・レジスタ / CR010 : キャプチャ・レジスタ) (3/3)

(c) TOC00 = 13H, PRM00 = 00H, CRC00 = 07H, TMC00 = 0AH



TI000端子入力信号のパルス幅を測定する場合のアプリケーション例です。

CRC00の設定により、TI000端子の立ち下がりエッジの逆相（すなわち立ち上がりエッジ）検出でCR000にキャプチャし、TI000端子の立ち下がりエッジ検出でCR010にキャプチャします。

入力パルスのハイ・レベル幅、ロウ・レベル幅は、次の式で算出できます。

- ・ハイ・レベル幅 = [CR010値] - [CR000値] × [カウント・クロック周期]
- ・ロウ・レベル幅 = [CR000値] × [カウント・クロック周期]

CR000へのキャプチャ・トリガとしてTI000端子の逆相を選択した場合、INTTM000信号は発生しません。パルス幅測定のためのCR000, CR010値のリードは、INTTM010信号発生直後に行ってください。

ただし、TI010端子にプリスケアラ・モード・レジスタ00 (PRM00) のビット6, 5 (ES101, ES100) で指定した有効エッジが入力されると、キャプチャ動作はしませんが、INTTM000信号は発生します。TI000端子のパルス幅を測定する場合、INTTM000信号を使用しないときは、INTTM000信号をマスクしてください。

図7 - 30 TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モード動作時のレジスタ設定内容例 (1/2)

(a) 16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00)

				TMC003	TMC002	TMC001	OVF00
0	0	0	0	1	0	0/1	0

- 0 : TM00とCR000/CR010との一致で TO00出力が反転
- 1 : TM00とCR000/CR010との一致および TI000端子の有効エッジで TO00出力が反転
- TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート

(b) キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 (CRC00)

					CRC002	CRC001	CRC000
0	0	0	0	0	0/1	0/1	0/1

- 0 : CR000をコンペア・レジスタにする
- 1 : CR000をキャプチャ・レジスタにする
- 0 : CR000のキャプチャ・トリガはTI010端子
- 1 : CR000のキャプチャ・トリガはTI000端子の逆相
- 0 : CR010をコンペア・レジスタにする
- 1 : CR010をキャプチャ・レジスタにする

(c) 16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00)

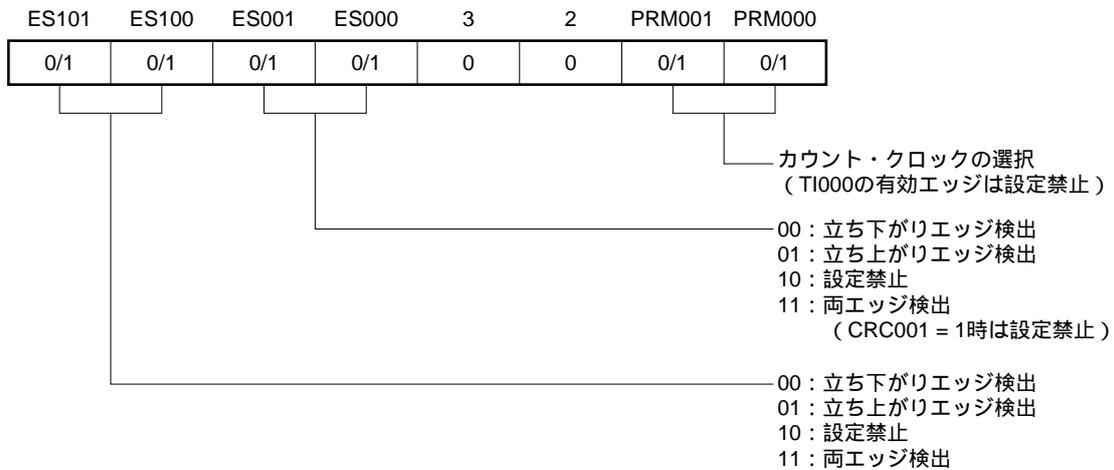
OSPT00	OSPE00	TOC004	LVS00	LVR00	TOC001	TOE00
0	0	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1

- 0 : TO00出力禁止^注
- 1 : TO00出力許可
- TO00出力F/Fの初期値を指定
- 00 : TM00とCR000/CR010が一致してもTO00出力は反転しない
- 01 : TM00とCR000の一致によりTO00出力を反転
- 10 : TM00とCR010の一致によりTO00出力を反転
- 11 : TM00とCR000/CR010の一致によりTO00出力を反転

注 TI010端子の有効エッジ検出を使用する場合、タイマ出力 (TO00) は使用できません。

図7 - 30 TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モード動作時のレジスタ設定内容例 (2/2)

(d) プリスケアラ・モード・レジスタ00 (PRM00)



(e) 16ビット・タイマ・カウンタ00 (TM00)

TM00をリードしてカウンタの値を読み出します。

(f) 16ビット・キャプチャ/コンペア・レジスタ000 (CR000)

コンペア・レジスタとして使用する場合は、TM00との一致で割り込み信号 (INTTM000) が発生します。TM00のカウント値はクリアされません。

キャプチャ・レジスタとして使用する場合は、TI000, TI010端子^注入力のどちらかをキャプチャ・トリガとして設定してください。キャプチャ・トリガの有効エッジ検出により、TM00のカウント値をCR000に格納します。

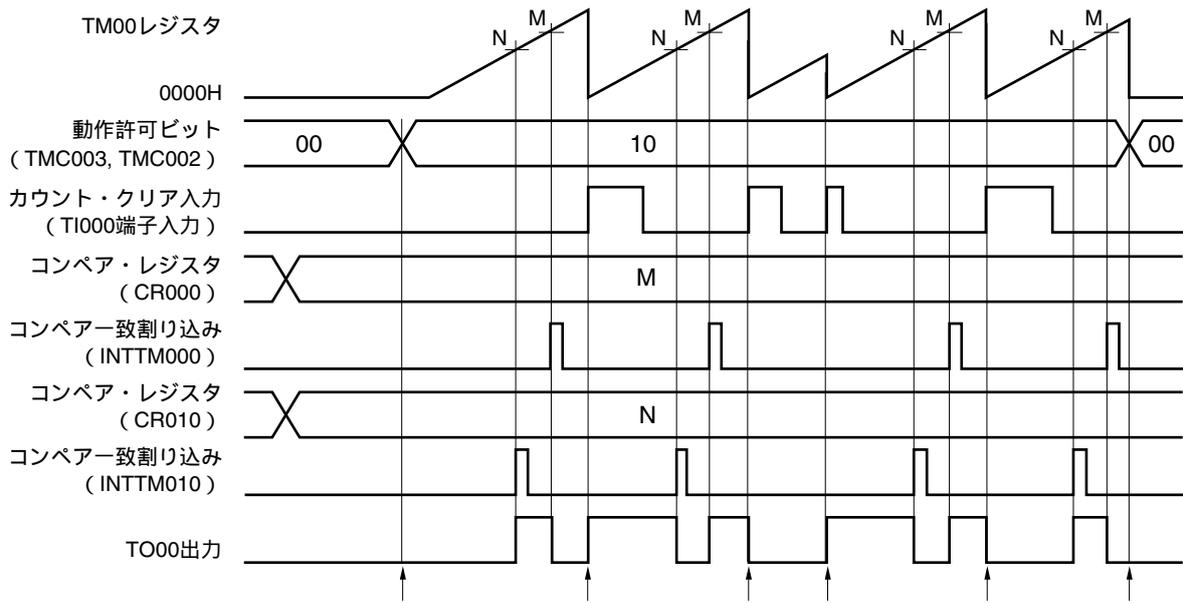
注 TI010端子の有効エッジ検出を使用する場合、タイマ出力 (TO00) は使用できません。

(g) 16ビット・キャプチャ/コンペア・レジスタ010 (CR010)

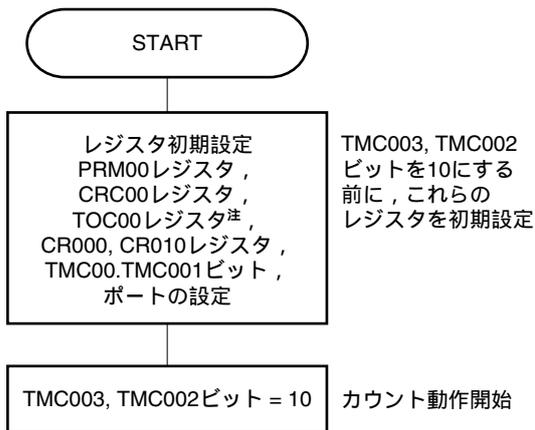
コンペア・レジスタとして使用する場合は、TM00との一致で割り込み信号 (INTTM010) が発生します。TM00のカウント値はクリアされません。

キャプチャ・レジスタとして使用する場合は、TI000端子入力がキャプチャ・トリガとなります。キャプチャ・トリガの有効エッジ検出により、TM00のカウント値をCR010に格納します。

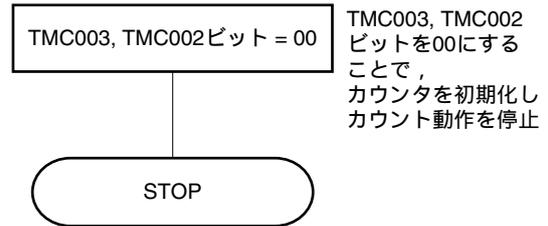
図7-31 TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モード動作時のソフトウェア処理例



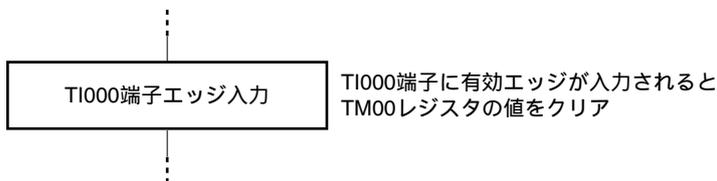
カウント動作開始フロー



カウント動作停止フロー



TM00レジスタ・クリア&スタート・フロー



注 TOC00の設定は注意が必要です。詳細は7.3(3)16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00)を参照してください。

7.4.5 フリー・ランニング・タイマとしての動作

16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00) のビット3, 2 (TMC003, TMC002) = 01 (フリー・ランニング・タイマ・モード) に設定すると、カウント・クロックに同期してカウント・アップ動作を続けます。FFFFHまでカウントすると、次のクロックでオーバフロー・フラグ (OVF00) がセット (1) されるとともに、TM00をクリア (0000H) し、カウント動作を継続します。OVF00は、ソフトウェアでCLR命令を実行してクリア (0) してください。

フリー・ランニング・タイマとしての動作には、次の3種類があります。

- ・ CR000, CR010を両方ともコンペア・レジスタとして使用
- ・ CR000, CR010の一方をコンペア・レジスタ, もう一方をキャプチャ・レジスタとして使用
- ・ CR000, CR010を両方ともキャプチャ・レジスタとして使用

備考1. 入出力端子の設定については7.3(5) ポート・モード・レジスタ0 (PM0) を参照してください。

2. INTTM000信号の割り込み許可については、第16章 割り込み機能を参照してください。

(1) フリー・ランニング・タイマ・モード動作

(CR000 : コンペア・レジスタ, CR010 : コンペア・レジスタ設定時)

図7-32 フリー・ランニング・タイマ・モードのブロック図
(CR000 : コンペア・レジスタ / CR010 : コンペア・レジスタ)

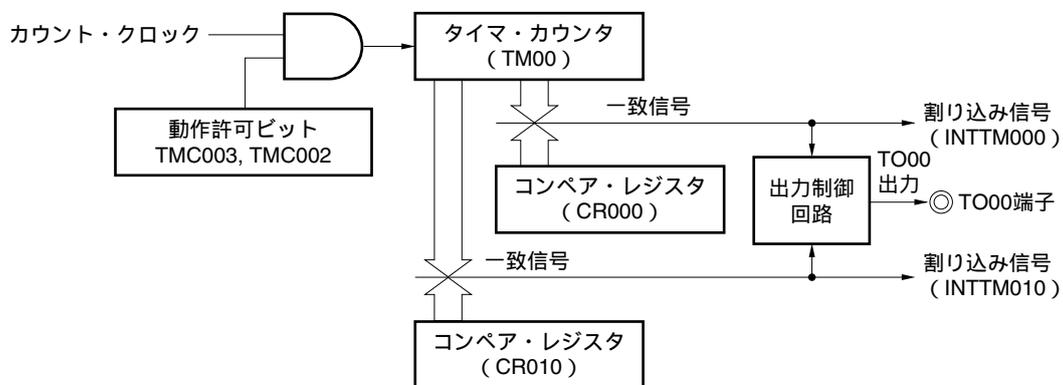
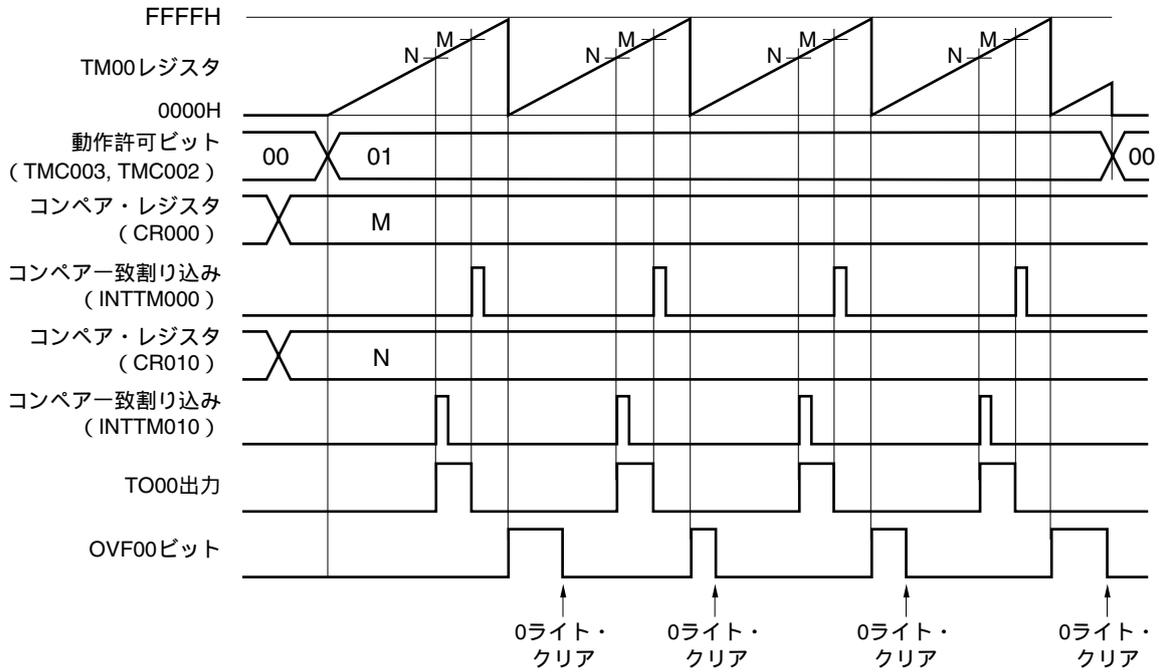


図7 - 33 フリー・ランニング・タイマ・モードのタイミング例
 (CR000 : コンペア・レジスタ / CR010 : コンペア・レジスタ)

・ TOC00 = 13H, PRM00 = 00H, CRC00 = 00H, TMC00 = 04H



フリー・ランニング・タイマ・モードで、2つのコンペア機能を使用したアプリケーション例です。
 TO00出力レベルは、CR000, CR010の設定値とTM00のカウンタ値が一致することに反転します。また、一致するタイミングで、INTTM00, INTTM010信号がそれぞれ発生します。

(2) フリー・ランニング・タイマ・モード動作

(CR000 : コンペア・レジスタ , CR010 : キャプチャ・レジスタ設定時)

図7 - 34 フリー・ランニング・タイマ・モードのブロック図
 (CR000 : コンペア・レジスタ / CR010 : キャプチャ・レジスタ)

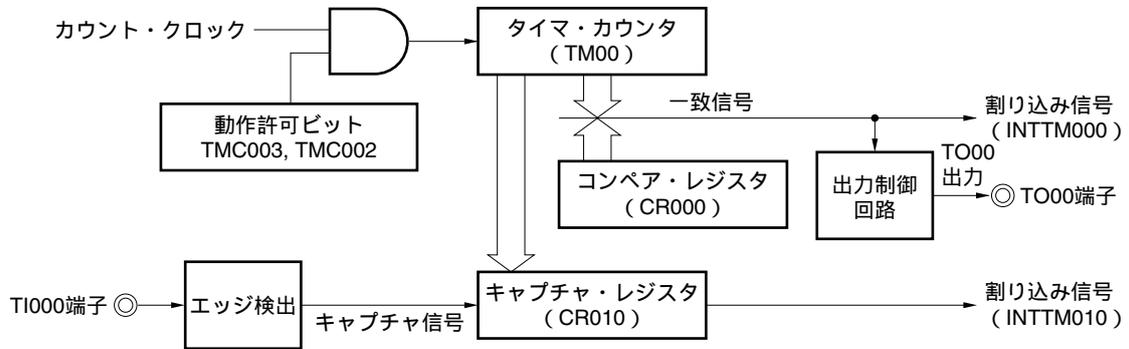
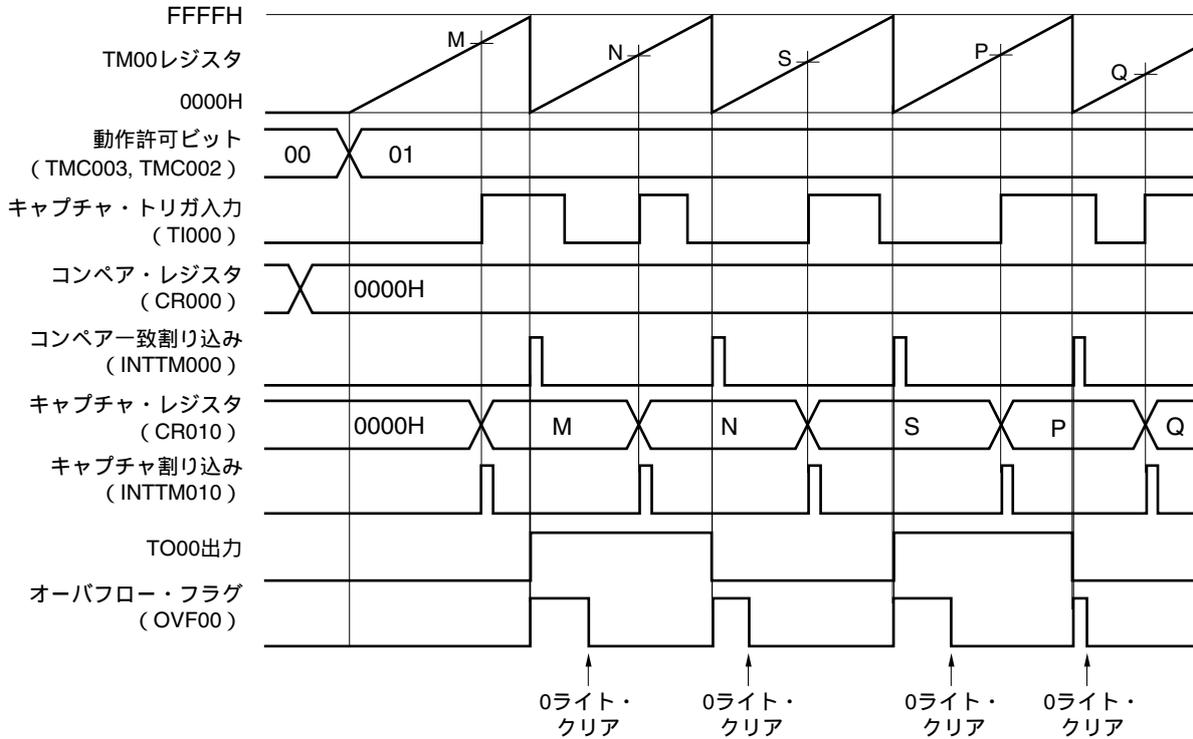


図7-35 フリー・ランニング・タイマ・モードのタイミング例
 (CR000 : コンペア・レジスタ / CR010 : キャプチャ・レジスタ)

・ TOC00 = 13H, PRM00 = 10H, CRC0 = 04H, TMC00 = 04H



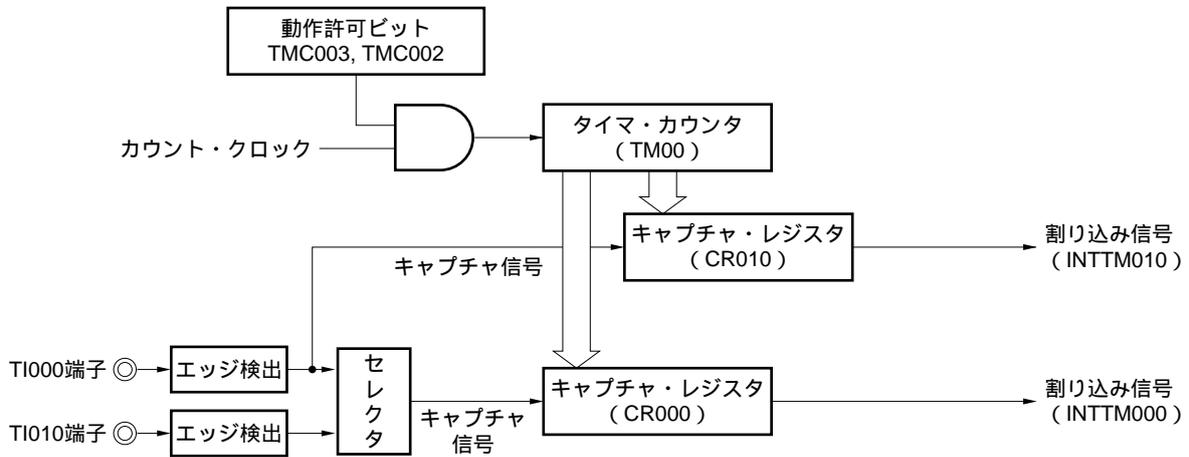
フリー・ランニング・タイマ・モードで、コンペア機能とキャプチャ機能を同時に使用したアプリケーション例です。

この例では、CR000(コンペア・レジスタ)の設定値とTM00のカウント値が一致するごとに、INTTM000信号を発生し、TO00出力を反転します。また、TI000端子の有効エッジを検出するごとに、INTTM010信号を発生し、TM00のカウント値をCR010にキャプチャします。

(3) フリー・ランニング・タイマ・モード動作

(CR000 : キャプチャ・レジスタ , CR010 : キャプチャ・レジスタ設定時)

図7 - 36 フリー・ランニング・タイマ・モードのブロック図
 (CR000 : キャプチャ・レジスタ / CR010 : キャプチャ・レジスタ)

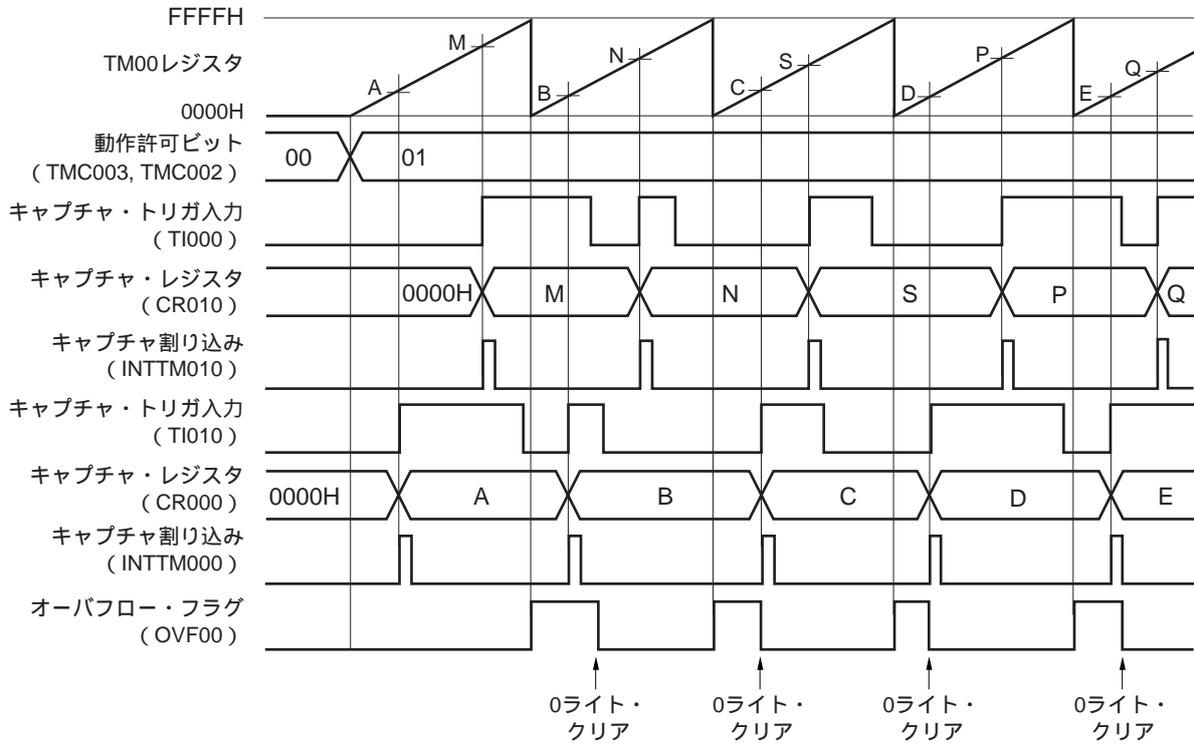


備考 フリー・ランニング・タイマ・モードで、CR000, CR010を両方ともキャプチャ機能に設定した場合、TO00出力レベルは反転しません。

ただし、16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00) のビット1 (TMC001) = 1に設定することにより、TI000端子の有効エッジを検出するごとにTO00出力レベルを反転させることができます。

図7-37 フリー・ランニング・タイマ・モードのタイミング例
 (CR000 : キャプチャ・レジスタ / CR010 : キャプチャ・レジスタ) (1/2)

(a) TOC00 = 13H, PRM00 = 50H, CRC00 = 05H, TMC00 = 04H

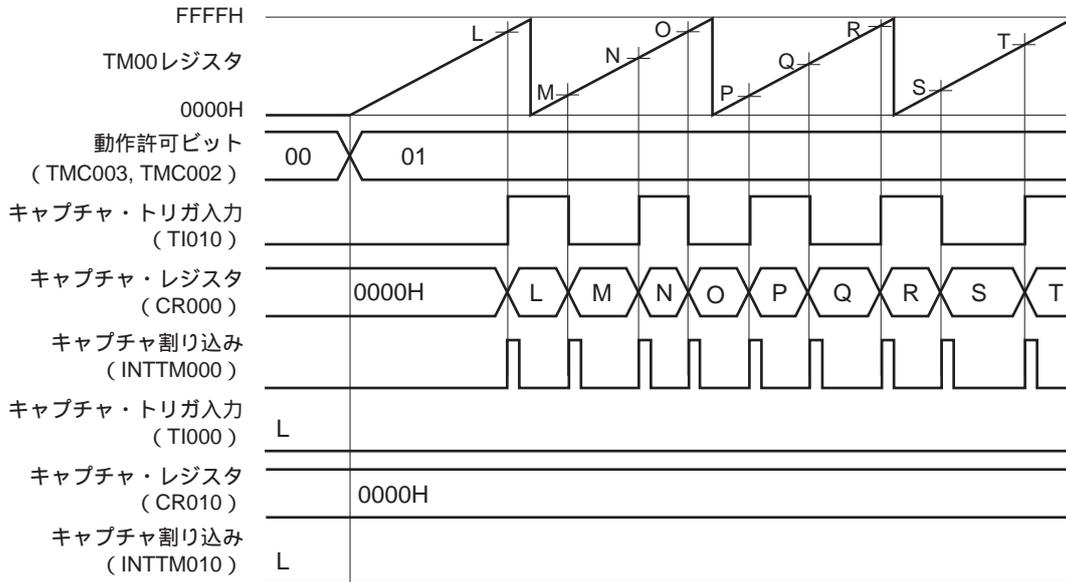


フリー・ランニング・タイマ・モードで、別々のキャプチャ・トリガ入力の有効エッジでキャプチャした値を別々のキャプチャ・レジスタに格納するアプリケーション例です。

TI000端子入力の有効エッジ検出でCR010にキャプチャします。TI010端子入力の有効エッジ検出でCR000にキャプチャします。

図7-37 フリー・ランニング・タイマ・モードのタイミング例
 (CR000 : キャプチャ・レジスタ / CR010 : キャプチャ・レジスタ) (2/2)

(b) TOC00 = 13H, PRM00 = C0H, CRC00 = 05H, TMC00 = 04H

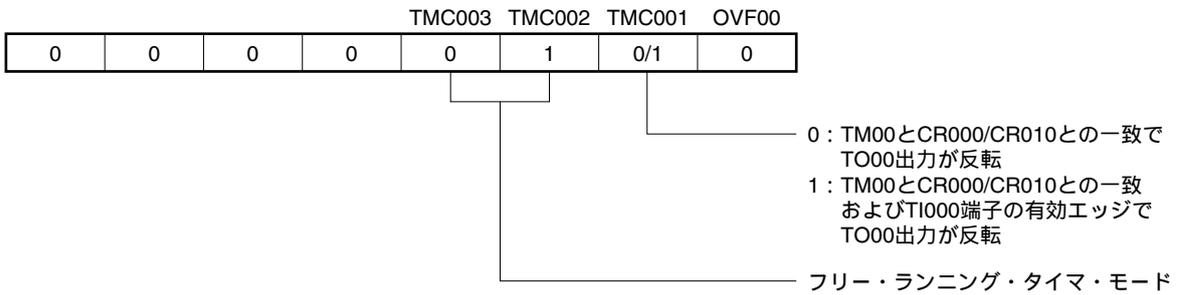


フリー・ランニング・タイマ・モードで、TI010端子の両エッジ検出に設定し、CR000にキャプチャするアプリケーション例です。

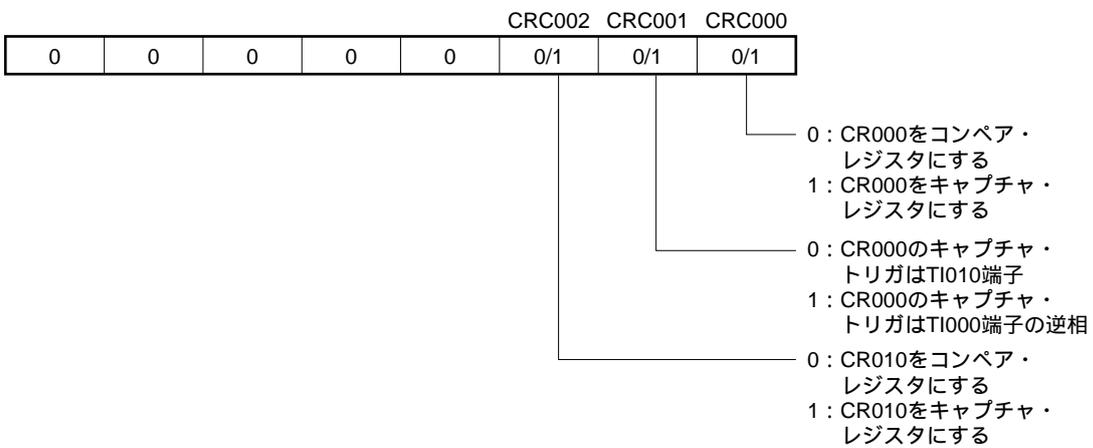
CR000, CR010を両方ともキャプチャ・レジスタとして使用し、TI010端子だけからの有効エッジを検出する場合、CR010にキャプチャすることはできません。

図7-38 フリー・ランニング・タイマ・モード動作時のレジスタ設定内容例(1/2)

(a) 16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00)



(b) キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 (CRC00)



(c) 16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00)

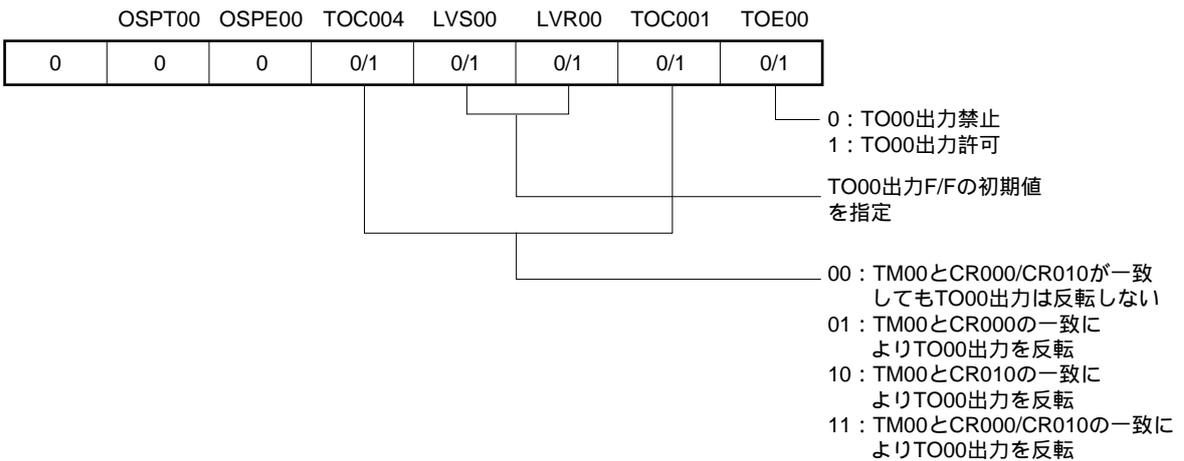
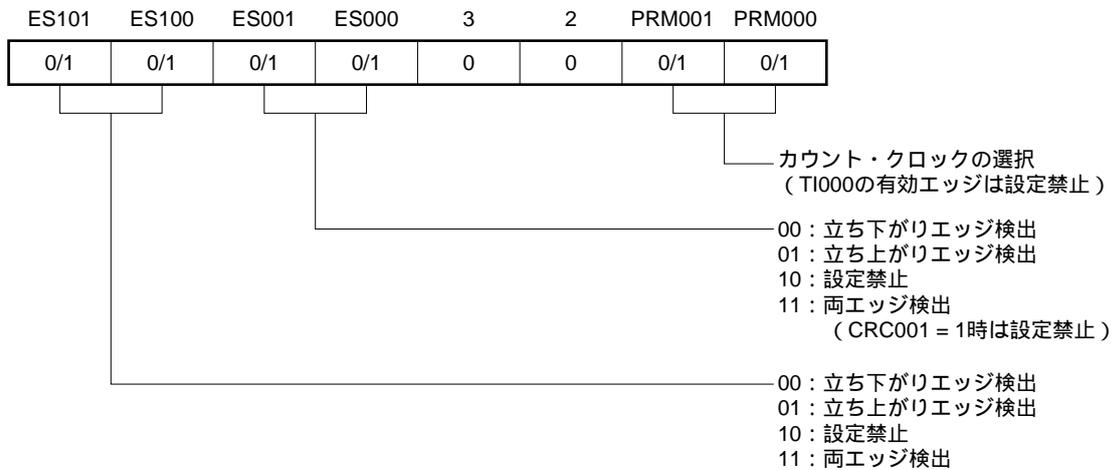


図7 - 38 フリー・ランニング・タイマ・モード動作時のレジスタ設定内容例 (2/2)

(d) プリスケーラ・モード・レジスタ00 (PRM00)



(e) 16ビット・タイマ・カウンタ00 (TM00)

TM00をリードしてカウンタの値を読み出します。

(f) 16ビット・キャプチャ/コンペア・レジスタ000 (CR000)

コンペア・レジスタとして使用する場合は，TM00との一致で割り込み信号 (INTTM000) が発生します。TM00のカウント値はクリアされません。

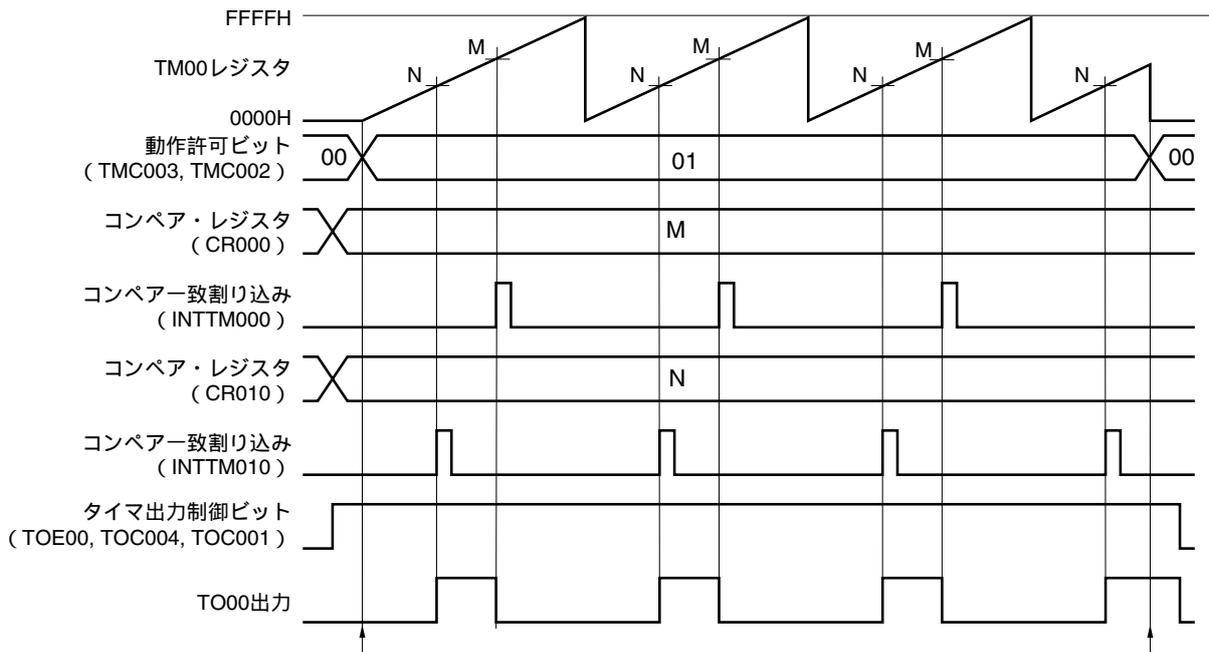
キャプチャ・レジスタとして使用する場合は，TI000, TI010端子入力のどちらかをキャプチャ・トリガとして設定してください。キャプチャ・トリガの有効エッジ検出により，TM00のカウント値をCR000に格納します。

(g) 16ビット・キャプチャ/コンペア・レジスタ010 (CR010)

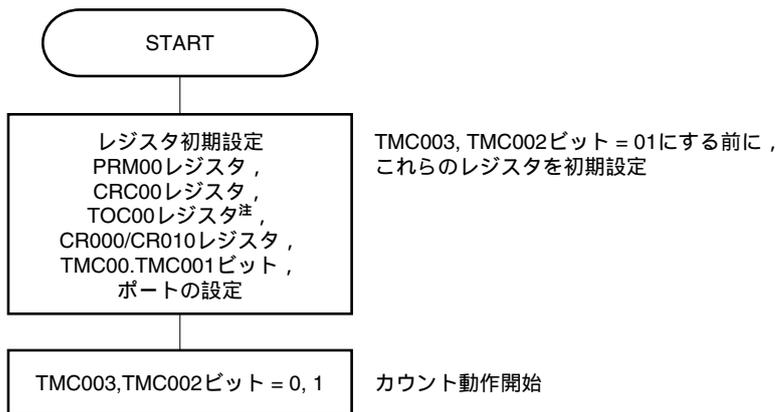
コンペア・レジスタとして使用する場合は，TM00との一致で割り込み信号 (INTTM010) が発生します。TM00のカウント値はクリアされません。

キャプチャ・レジスタとして使用する場合は，TI000端子入力キャプチャ・トリガとなります。キャプチャ・トリガの有効エッジ検出により，TM00のカウント値をCR010に格納します。

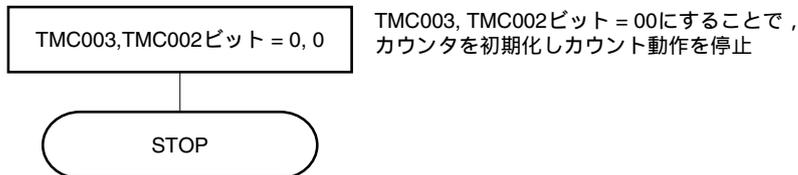
図7-39 フリー・ランニング・タイマ・モード動作時のソフトウェア処理例



カウント動作開始フロー



カウント動作停止フロー



注 TOC00の設定は注意が必要です。詳細は7.3(3)16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00)を参照してください。

7.4.6 PPG出力としての動作

16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00) のビット3, 2 (TMC003, TMC002) = 11 (TM00とCR000の一致によるクリア&スタート) に設定し, CR000にあらかじめ設定した値を1周期とし, CR010にあらかじめ設定した値をパルス幅とする矩形波を, TO00端子からPPG (Programmable Pulse Generator) 出力として動作します。

PPG出力によって生成されるパルス周期, デューティは次のようになります。

- ・パルス周期 = (CR000の設定値 + 1) × カウント・クロック周期
- ・デューティ = (CR010の設定値 + 1) / (CR000の設定値 + 1)

注意 動作中にデューティの値 (CR010) を変更したい場合は, 7.5.1 CR010のTM00動作中の書き換えを参照してください。

備考1. 入出力端子の設定については7.3(5) ポート・モード・レジスタ0 (PM0) を参照してください。

2. INTTM000信号の割り込み許可については, 第16章 割り込み機能を参照してください。

図7-40 PPG出力としての動作のブロック図

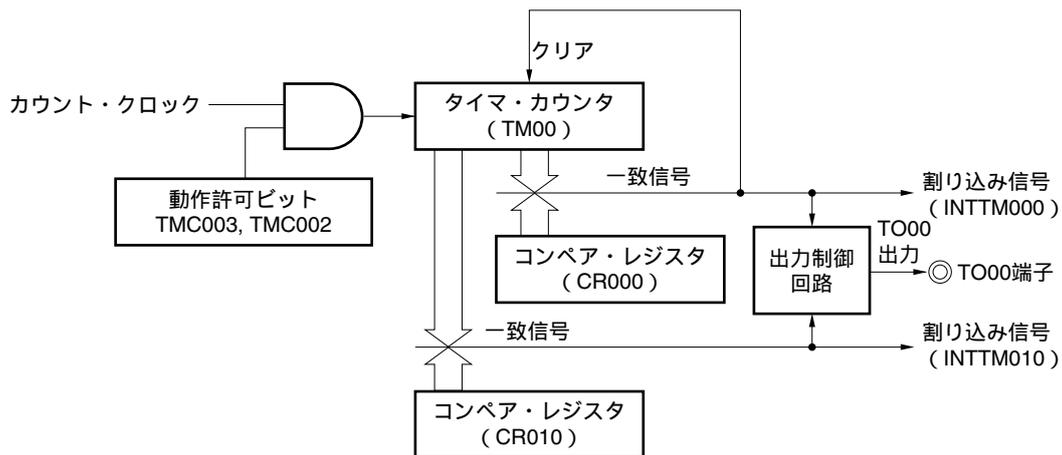


図7 - 41 PPG出力動作時のレジスタ設定内容例 (1/2)

(a) 16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00)

				TMC003	TMC002	TMC001	OVF00
0	0	0	0	1	1	0	0

TM00とCR000の一致で
クリア&スタート

(b) キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 (CRC00)

				CRC002	CRC001	CRC000
0	0	0	0	0	0	0

CR000をコンペア・
レジスタにする

CR010をコンペア・
レジスタにする

(c) 16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00)

OSPT00	OSPE00	TOC004	LVS00	LVR00	TOC001	TOE00
0	0	1	0/1	0/1	1	1

TO00出力許可

TO00出力F/Fの初期値を指定

11 : TM00とCR000/CR010の
一致によりTO00出力を反転

00 : ワンショット・パルス
出力禁止

(d) プリスケアラ・モード・レジスタ00 (PRM00)

ES101	ES100	ES001	ES000	3	2	PRM001	PRM000
0	0	0	0	0	0	0/1	0/1

カウント・クロック
の選択

図7 - 41 PPG出力動作時のレジスタ設定内容例 (2/2)

(e) 16ビット・タイマ・カウンタ00 (TM00)

TM00をリードしてカウンタの値を読み出します。

(f) 16ビット・キャプチャ/コンペア・レジスタ000 (CR000)

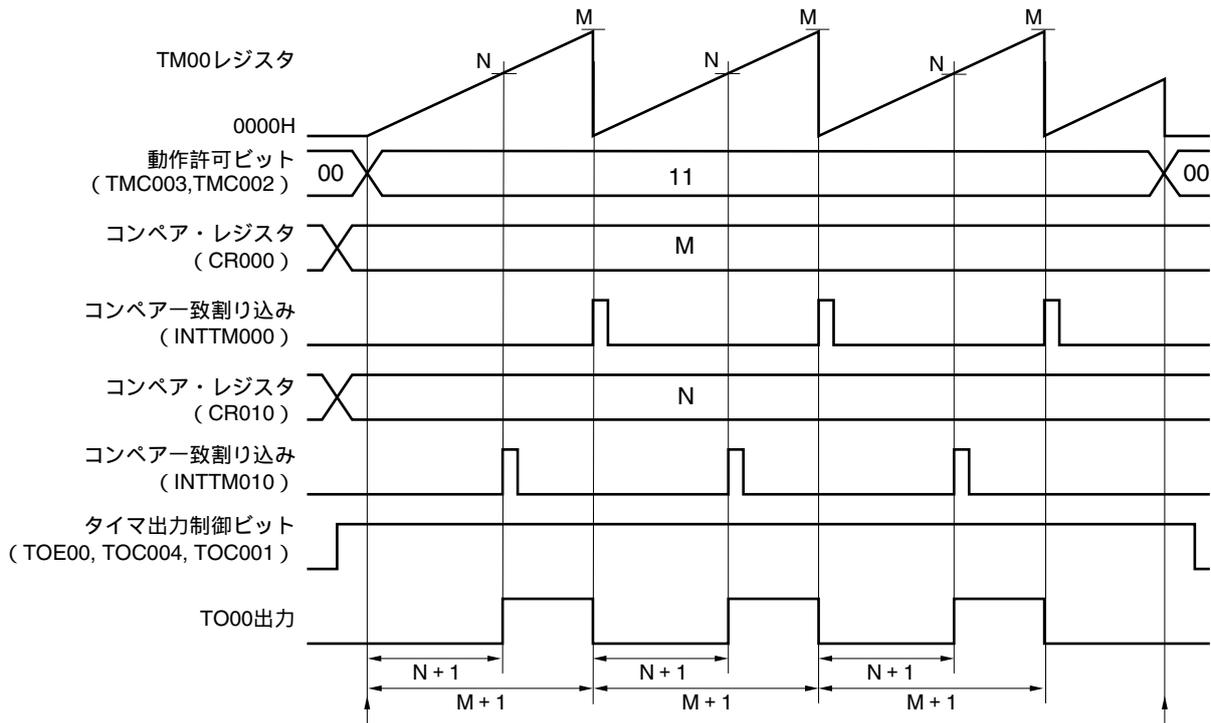
TM00との一致で割り込み信号 (INTTM000) を発生します。TM00のカウント値はクリアされません。

(g) 16ビット・キャプチャ/コンペア・レジスタ010 (CR010)

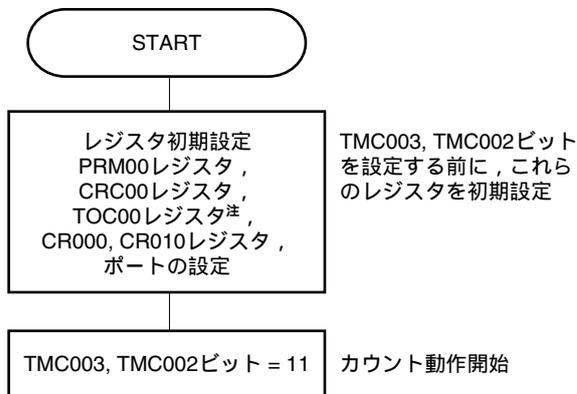
TM00との一致で割り込み信号 (INTTM010) を発生します。TM00のカウント値はクリアされません。

注意 CR000, CR010には, 0000H CR010 < CR000 FFFFHの値を設定してください。

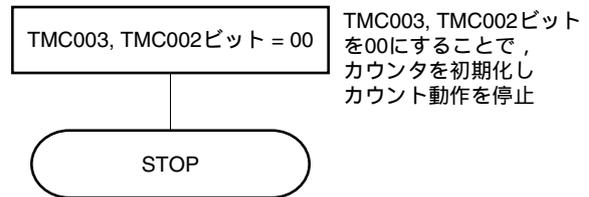
図7 - 42 PPG出力動作時のソフトウェア処理例



カウント動作開始フロー



カウント動作停止フロー



注 TOC00の設定は注意が必要です。詳細は7.3(3)16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00)を参照してください。

備考 PPGのパルス周期 = (M+1) × カウント・クロック周期
PPGのデューティ = (N+1) / (M+1)

7.4.7 ワンショット・パルス出力としての動作

16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00) のビット3, 2 (TMC003, TMC002) = 01 (フリー・ランニング・タイマ・モード), またはTMC003, TMC002 = 10 (TI000端子の有効エッジによるクリア&スタート・モード) に設定し, 16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00) のビット5 (OSPE00) = 1に設定することにより, ワンショット・パルスを出力できます。

タイマ動作中に, TOC00のビット6 (OSPT00) をセット (1) するか, またはTI000端子に有効エッジが入力されると, それがトリガとなり, TM00のクリア&スタート後, CR000, CR010に設定した差分のパルスを1回だけTO00端子から出力します。

- 注意1.** ワンショット・パルスを出力中に, さらにトリガ (OSPT00のセット (1), またはTI000端子の有効エッジ検出) を入力しないでください。再度, ワンショット・パルスを出力したいときは, 現在のワンショット・パルス出力が終了したあとで, トリガを発生させてください。
2. OSPT00のセット (1) のみをワンショット・パルス出力のトリガとする場合, TI000端子またはその兼用ポート端子のレベルを変化させないでください。意図しないタイミングでパルスが出力されてしまいます。

- 備考1.** 入出力端子の設定については7.3(5) ポート・モード・レジスタ0 (PM0) を参照してください。
2. INTTM000信号の割り込み許可については, 第16章 割り込み機能を参照してください。

図7-43 ワンショット・パルス出力としての動作のブロック図

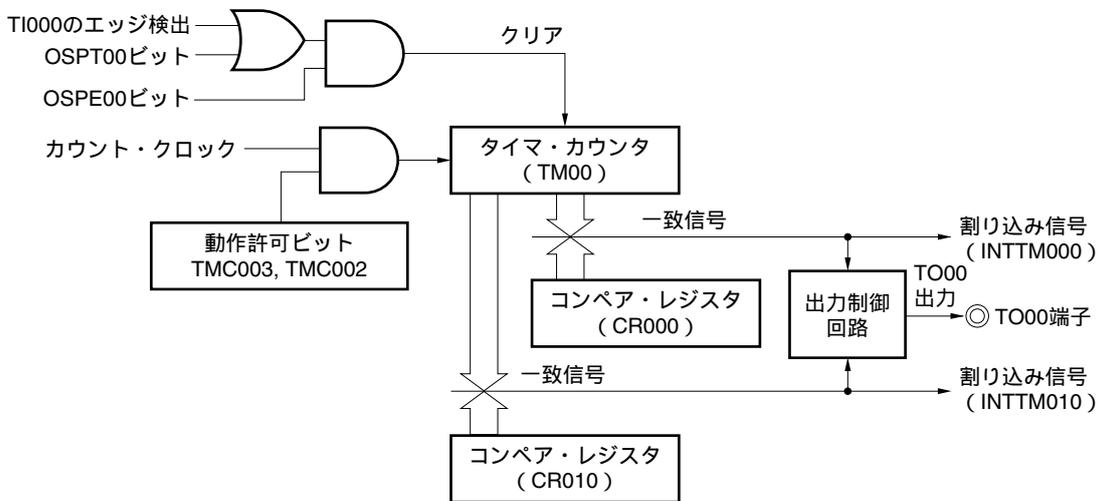


図7 - 44 ワンショット・パルス出力動作時のレジスタ設定内容例 (1/2)

(a) 16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00)

				TMC003	TMC002	TMC001	OVF00
0	0	0	0	0/1	0/1	0	0

01: フリー・ランニング・
タイマ・モード
10: TI000端子の有効エッジ
によるクリア&スタート・
モード

(b) キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 (CRC00)

				CRC002	CRC001	CRC000
0	0	0	0	0	0	0

CR000をコンペア・
レジスタにする
CR010をコンペア・
レジスタにする

(c) 16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00)

OSPT00	OSPE00	TOC004	LVS00	LVR00	TOC001	TOE00
0	0/1	1	1	0/1	0/1	1

TO00出力許可
TO00出力の初期値を
指定
TM00とCR000/CR010の
一致によりTO00出力を反転
ワンショット・パルス
出力許可
1をライトすることで
ソフトウェア・トリガを発生
(0をライトしても
動作に影響なし)

(d) プリスケアラ・モード・レジスタ00 (PRM00)

ES101	ES100	ES001	ES000	3	2	PRM001	PRM000
0	0	0	0	0	0	0/1	0/1

カウント・クロック
の選択

図7 - 44 ワンショット・パルス出力動作時のレジスタ設定内容例 (2/2)

(e) 16ビット・タイマ・カウンタ00 (TM00)

TM00をリードしてカウンタの値を読み出します。

(f) 16ビット・キャプチャ/コンペア・レジスタ000 (CR000)

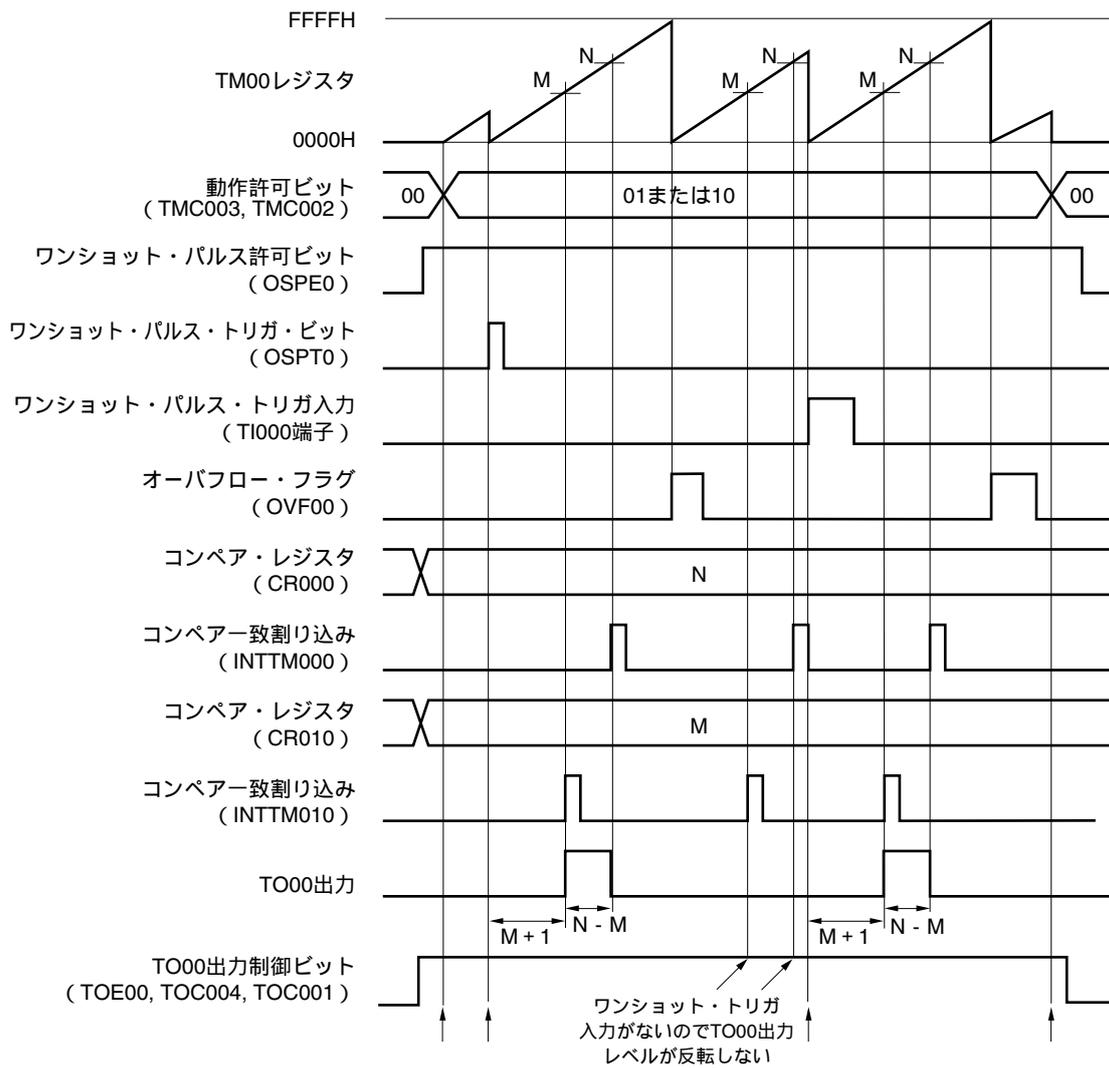
ワンショット・パルス出力用のコンペア・レジスタとして使用します。TM00とCR000の値が一致すると、割り込み信号 (INTTM000) を発生し、TO00出力レベルを反転します。

(g) 16ビット・キャプチャ/コンペア・レジスタ010 (CR010)

ワンショット・パルス出力用のコンペア・レジスタとして使用します。TM00とCR010の値が一致すると、割り込み信号 (INTTM010) を発生し、TO00出力レベルを反転します。

注意 CR000とCR010には同値を設定しないでください。

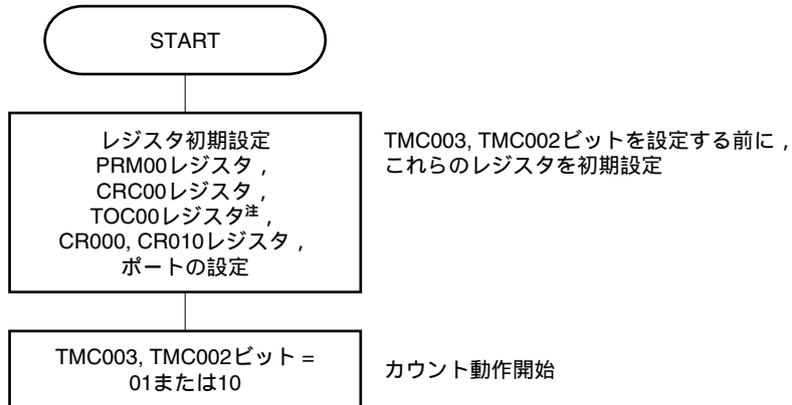
図7 - 45 ワンショット・パルス出力動作時のソフトウェア処理例 (1/2)



- ・ワンショット・パルス・トリガが入力されてからワンショット・パルスが出力されるまでの時間
 $= (M + 1) \times \text{カウント} \cdot \text{クロック周期}$
- ・ワンショット・パルス出力アクティブ・レベル幅
 $= (N - M) \times \text{カウント} \cdot \text{クロック周期}$

図7 - 45 ワンショット・パルス出力動作時のソフトウェア処理例 (2/2)

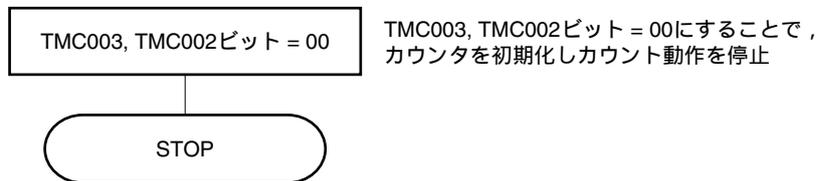
カウント動作開始フロー



ワンショット・トリガ入力フロー



カウント動作停止フロー



注 TOC00の設定は注意が必要です。詳細は7.3(3)16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00)を参照してください。

7.4.8 パルス幅測定としての動作

TM00を使用し、TI000端子およびTI010端子に入力される信号のパルス幅を測定できます。

測定方法には、16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00をフリー・ランニング・タイマ・モードで動作させて測定する方法と、TI000端子に入力される信号のエッジに同期してタイマをリスタートさせて測定する方法があります。

割り込みが発生したら、有効なキャプチャ・レジスタの値をリードして、パルス幅の測定をしてください。また、16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00) のビット0 (OVF00) を確認して、セット (1) されていたらソフトウェアでクリア (0) してください。

図7 - 46 パルス幅測定 (フリー・ランニング・タイマ・モード) のブロック図

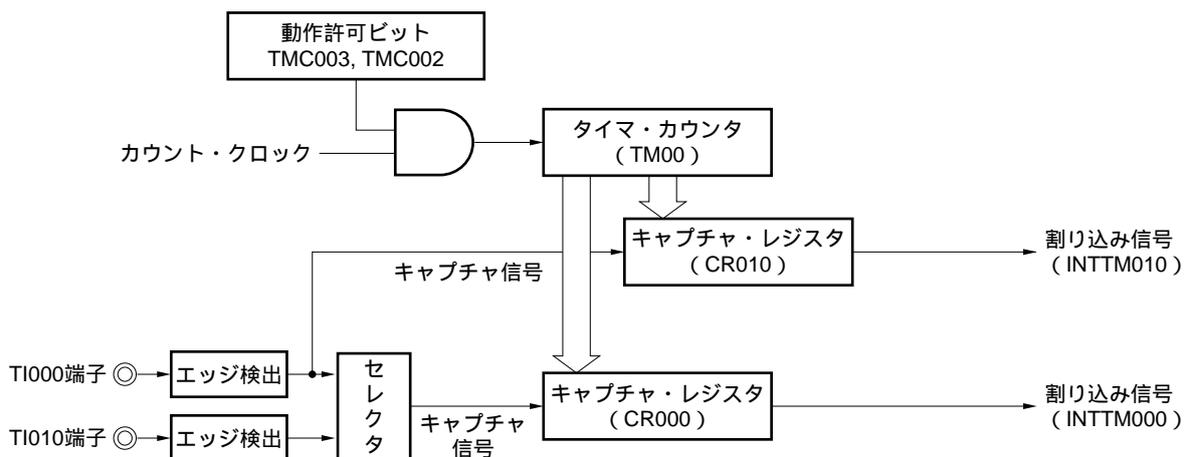
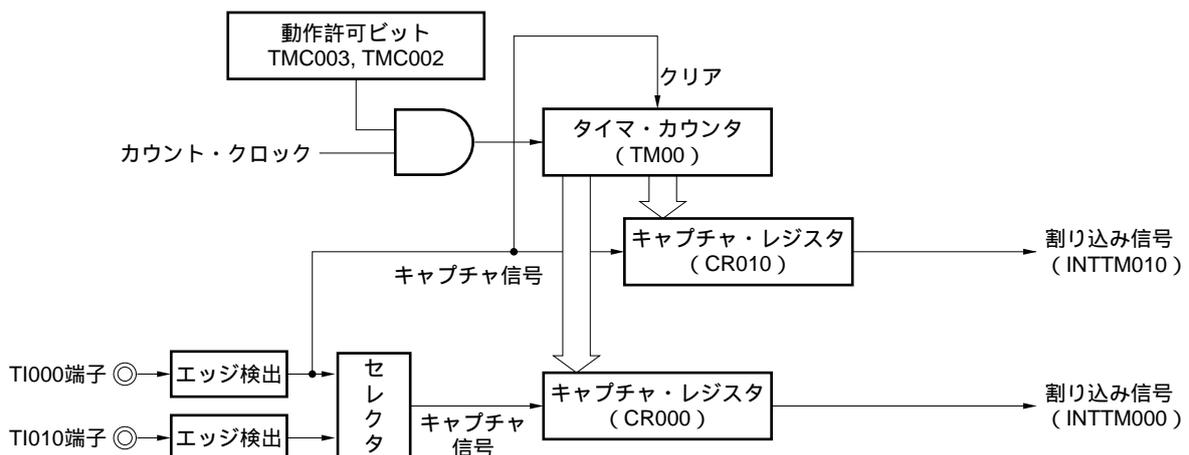


図7 - 47 パルス幅測定 (TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モード) のブロック図



パルス幅測定をするには、次の3つの方法があります。

- ・ TI000端子およびTI010端子の2本の入力信号でパルス幅を測定（フリー・ランニング・タイマ・モード）
- ・ TI000端子1本の入力信号でパルス幅を測定（フリー・ランニング・タイマ・モード）
- ・ TI000端子1本の入力信号でパルス幅を測定（TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モード）

- 備考1.** 入出力端子の設定については7.3(5) **ポート・モード・レジスタ0(PM0)**を参照してください。。
2. INTTM000信号の割り込み許可については、**第16章 割り込み機能**を参照してください。

(1) TI000端子およびTI010端子の2本の入力信号でパルス幅を測定 (フリー・ランニング・タイマ・モード)

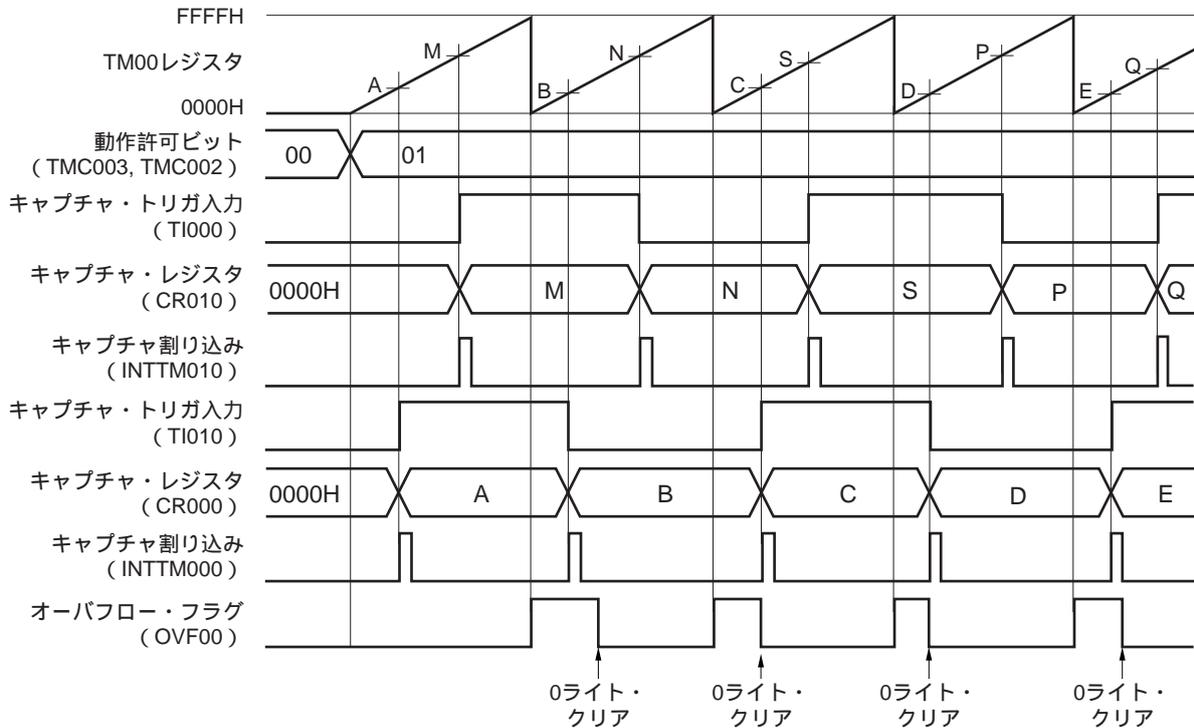
フリー・ランニング・タイマ・モード (TMC003, TMC002 = 01) に設定します。TI000端子の有効エッジ検出により, TM00のカウンタ値をCR010にキャプチャします。TI010端子の有効エッジ検出により, TM00のカウンタ値をCR000にキャプチャします。TI000端子とTI010端子のエッジ検出の設定は, 両エッジとしてください。

この測定方法では, それぞれの入力信号のエッジによりキャプチャした値から, 前回キャプチャした値を減算します。そのため, 前回キャプチャした値を, あらかじめ別レジスタに退避してください。

オーバフローが発生した場合, 単純に減算すると値がマイナスになるため, ボローが発生します (プログラム・ステータス・ワード (PSW) のビット0 (CY) がセット (1) されます)。このときは, CYを無視して, 計算値をパルス幅として扱ってください。また, 16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00) のビット0 (OVF00) をクリア (0) してください。

図7 - 48 パルス幅測定のタイミング例 (1)

・ TMC00 = 04H, PRM00 = F0H, CRC00 = 05H



(2) TI000端子1本の入力信号でパルス幅を測定 (フリー・ランニング・タイマ・モード)

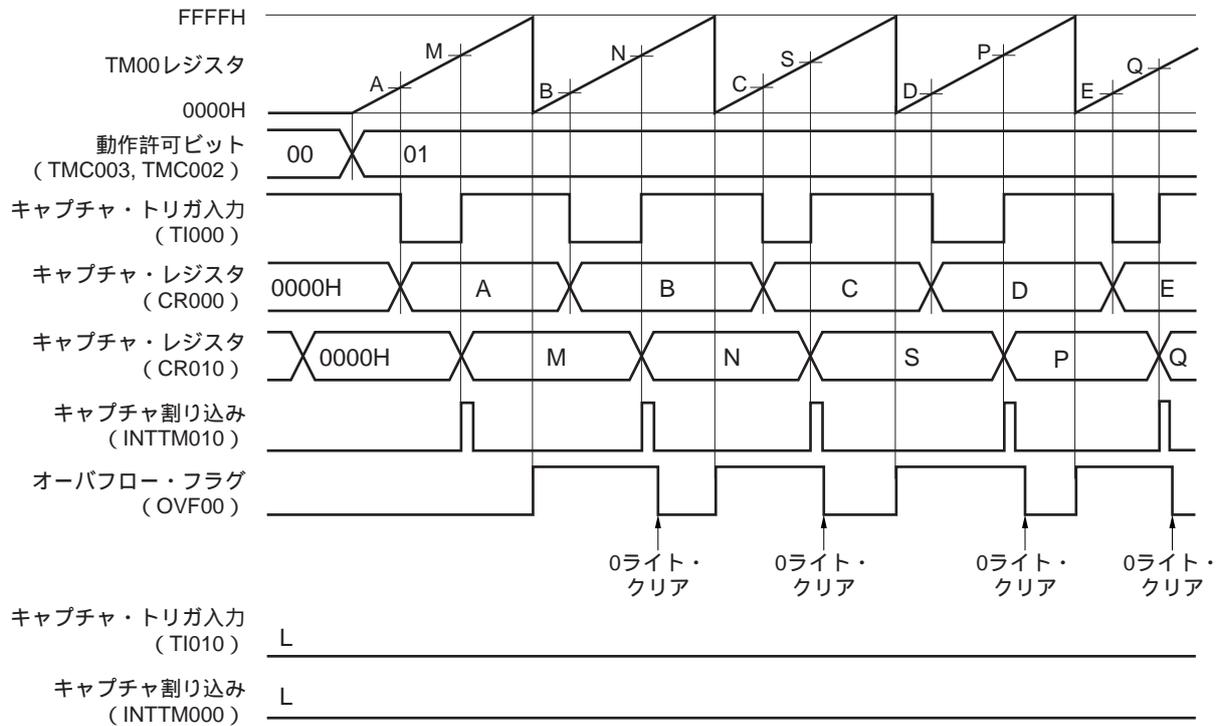
フリー・ランニング・タイマ・モード (TMC003, TMC002 = 01) に設定します。TI000端子の有効エッジ検出の逆相で、TM00のカウント値をCR000にキャプチャします。TI000端子の有効エッジ検出で、TM00のカウント値をCR010にキャプチャします。

この測定方法では、エッジからエッジまでの幅を測定する場合に、別々のキャプチャ・レジスタに値を格納するため、キャプチャした値を退避する必要がありません。2つのキャプチャ・レジスタ値を減算することでハイ・レベル幅、ロウ・レベル幅、周期を算出します。

オーバフローが発生した場合、単純に減算すると値がマイナスになるため、ボローが発生します (プログラム・ステータス・ワード (PSW) のビット0 (CY) がセット (1) されます)。このときは、CYを無視して、計算値をパルス幅として扱ってください。また、16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00) のビット0 (OVF00) をクリア (0) してください。

図7 - 49 パルス幅測定のタイミング例 (2)

・ TMC00 = 04H, PRM00 = 10H, CRC00 = 07H



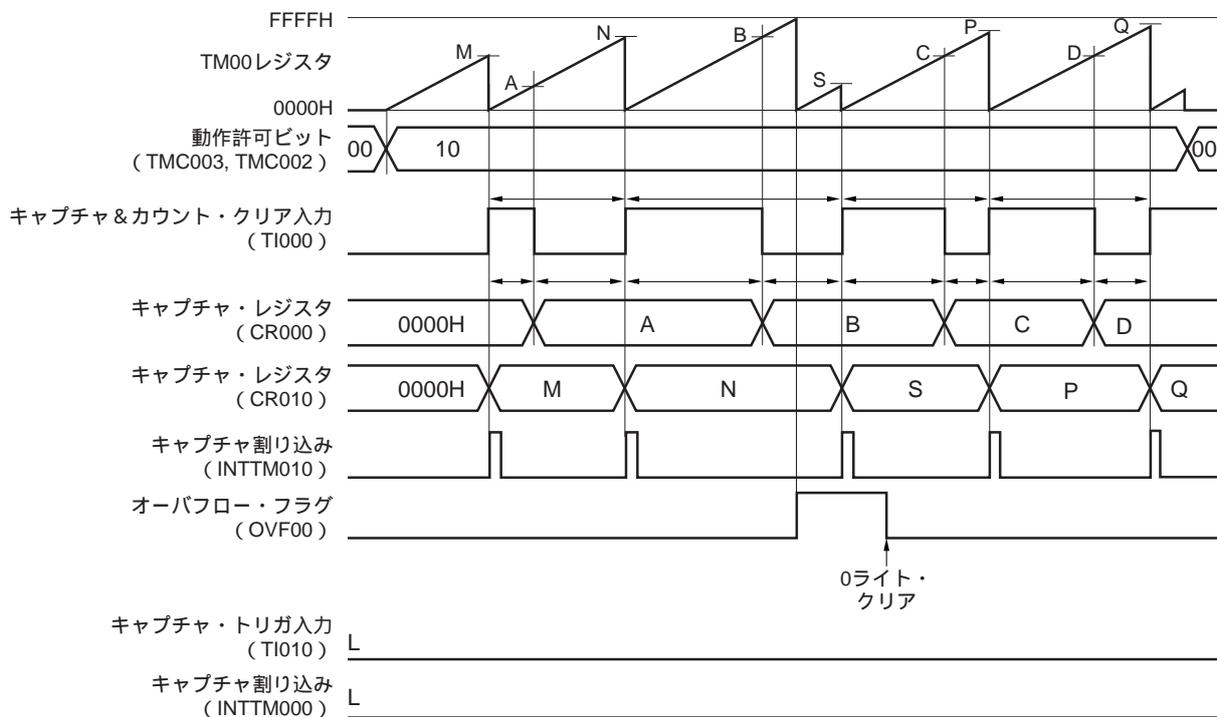
(3) TI000端子1本の入力信号でパルス幅を測定(TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モード)

TI000端子の有効エッジによるクリア&スタート・モード(TMC003, TMC002 = 10)に設定します。TI000端子の有効エッジ検出の逆相で、TM00のカウンタ値をCR000にキャプチャします。TI000端子の有効エッジ検出で、TM00のカウンタ値をCR010にキャプチャし、TM00をクリア(0000H)します。したがって、TM00がオーバーフローしなければ、CR010には周期が格納されます。

オーバーフローが発生した場合は、CR010に格納した値に10000Hを加算した値を周期として扱ってください。また、16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00(TMC00)のビット0(OVF00)をクリア(0)してください。

図7-50 パルス幅測定のタイミング例(3)

・ TMC00 = 08H, PRM00 = 10H, CRC00 = 07H



$$\begin{aligned} \text{パルスの周期} &= (10000\text{H} \times \text{OVF00ビットがセット(1)された回数} + \\ &\quad \text{CR010のキャプチャ値}) \times \text{カウンタ・クロック周期} \\ \text{パルスのハイ・レベル幅} &= (10000\text{H} \times \text{OVF00ビットがセット(1)された回数} + \\ &\quad \text{CR000のキャプチャ値}) \times \text{カウンタ・クロック周期} \\ \text{パルスのロウ・レベル幅} &= (\text{パルスの周期} - \text{パルスのハイ・レベル幅}) \end{aligned}$$

図7 - 51 パルス幅測定時のレジスタ設定内容例 (1/2)

(a) 16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00)

				TMC003	TMC002	TMC001	OVF00
0	0	0	0	0/1	0/1	0	0

- 01 : フリー・ランニング・タイマ・モード
- 10 : TI000端子の有効エッジによるクリア&スタート・モード

(b) キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 (CRC00)

				CRC002	CRC001	CRC000
0	0	0	0	0	0/1	1

- 1 : CR000をキャプチャ・レジスタにする
- 0 : CR000のキャプチャ・トリガはTI010端子
- 1 : CR000のキャプチャ・トリガはTI000端子の逆相
- 1 : CR010をキャプチャ・レジスタにする

(c) 16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00)

OSPT00	OSPE00	TOC004	LVS00	LVR00	TOC001	TOE00
0	0	0	0	0	0	0

(d) プリスケアラ・モード・レジスタ00 (PRM00)

ES101	ES100	ES001	ES000	3	2	PRM001	PRM000
0/1	0/1	0/1	0/1	0	0	0/1	0/1

- カウント・クロックの選択 (TI000の有効エッジは設定禁止)
- 00 : 立ち下がりエッジ検出
- 01 : 立ち上がりエッジ検出
- 10 : 設定禁止
- 11 : 両エッジ検出 (CRC001 = 1時は設定禁止)
- 00 : 立ち下がりエッジ検出
- 01 : 立ち上がりエッジ検出
- 10 : 設定禁止
- 11 : 両エッジ検出

図7 - 51 パルス幅測定時のレジスタ設定内容例 (2/2)

(e) 16ビット・タイマ・カウンタ00 (TM00)

TM00をリードしてカウンタの値を読み出します。

(f) 16ビット・キャプチャ/コンペア・レジスタ000 (CR000)

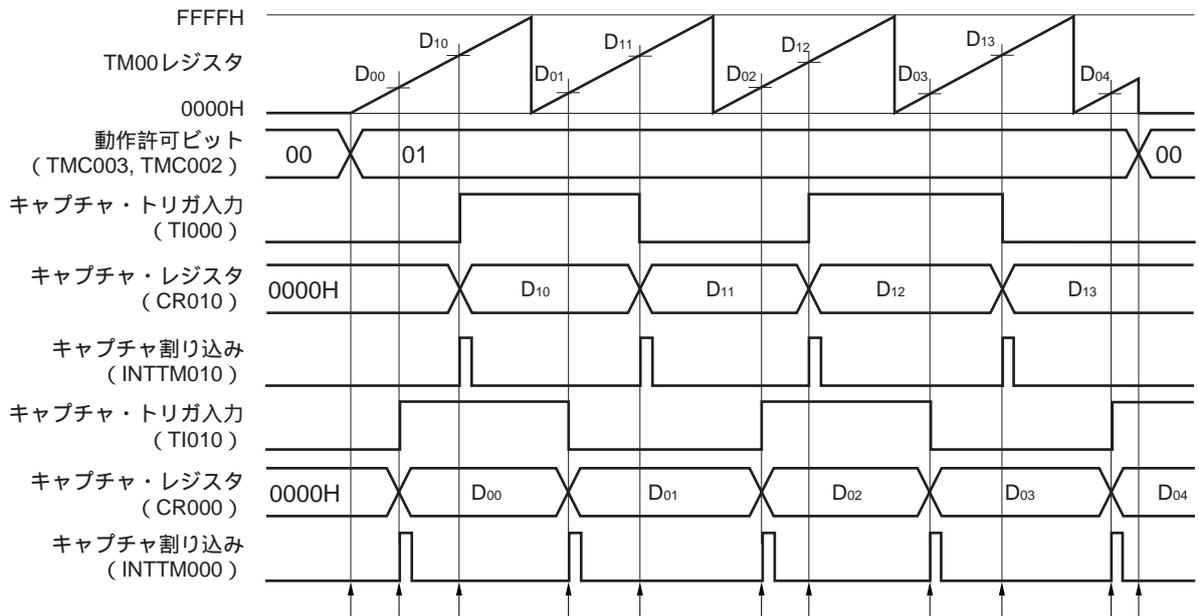
キャプチャ・レジスタとして使用します。TI000/TI010端子入力のどちらかをキャプチャ・トリガとして設定し、キャプチャ・トリガのエッジ検出により、TM00のカウント値をCR000に格納します。

(g) 16ビット・キャプチャ/コンペア・レジスタ010 (CR010)

キャプチャ・レジスタとして使用します。TI000端子入力キャプチャ・トリガとなり、キャプチャ・トリガのエッジ検出により、TM00のカウント値をCR010に格納します。

図7-52 パルス幅測定時のソフトウェア処理例 (1/2)

(a) フリー・ランニング・タイマ・モードの例



(b) TI000端子の有効エッジによるクリア&スタート・モードの例

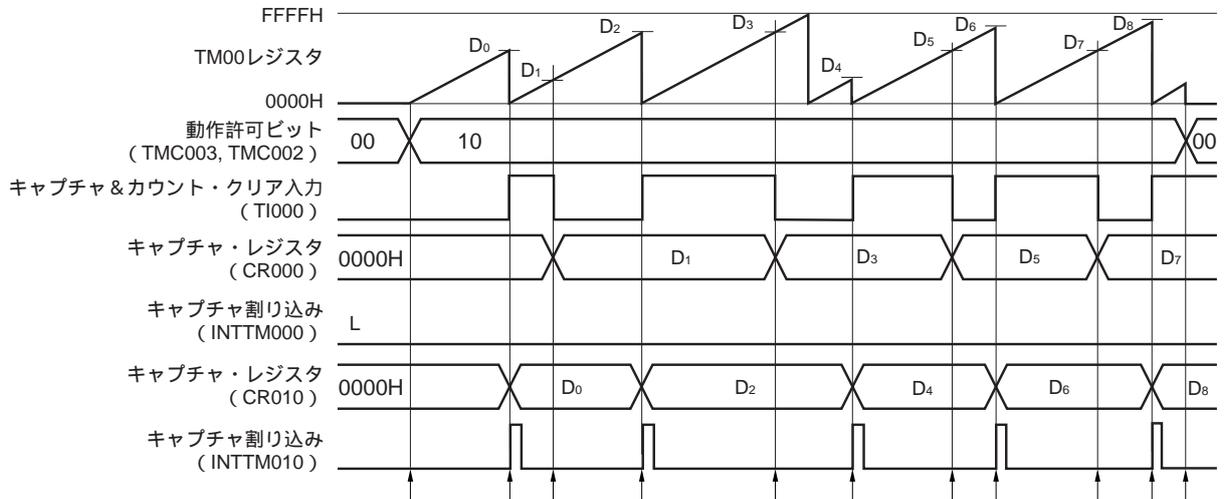
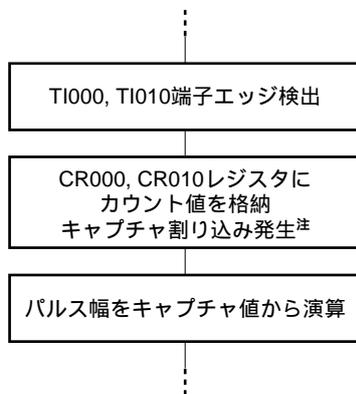


図7 - 52 パルス幅測定時のソフトウェア処理例 (2/2)

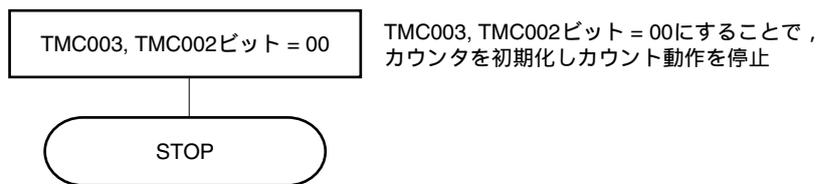
カウント動作開始フロー



キャプチャ・トリガ入力フロー



カウント動作停止フロー



注 CR000の有効エッジにTI000端子入力の逆相を選択した場合、キャプチャ割り込み信号 (INTTM000) は発生しません。

7.5 TM00の特殊な使用方法

7.5.1 CR010のTM00動作中の書き換え

μ PD78F8024, 78F8025では、TM00動作中 (TMC003, TMC002 = 00以外) のとき、コンペア・レジスタとして使用するCR000とCR010の書き換えは原則禁止です。

ただし、CR010だけは、PPG出力としてタイマ動作中にデューティを変更する場合、次の手順で設定すればTM00動作中でも書き換えができます (CR010の値を現在の設定値よりも小さくする場合には、CR010とTM00の一致直後に、CR010の値を現在の設定値よりも大きくする場合には、CR000とTM00の一致直後に、CR010の値を書き換えてください。CR010とTM00またはCR000とTM00の一致直前で書き換えると、想定しない動作を起こす場合があります)。

CR010の書き換え手順

INTTM010の割り込みを禁止する (TMMK010 = 1)。

TM00とCR010の一致によるタイマ出力反転動作を禁止する (TOC004 = 0)。

CR010を書き換える。

TM00のカウント・クロックの1周期分ウエイトする。

TM00とCR010の一致によるタイマ出力反転動作を許可する (TOC004 = 1)。

INTTM010の割り込みフラグをクリア (0) する (TMIF010 = 0)。

INTTM010の割り込みを許可する (TMMK010 = 0)

備考 TMIF010, TMMK010については第16章 **割り込み機能**を参照してください。

7.5.2 LVS00, LVR00の設定について

(1) LVS00, LVR00の使用用途

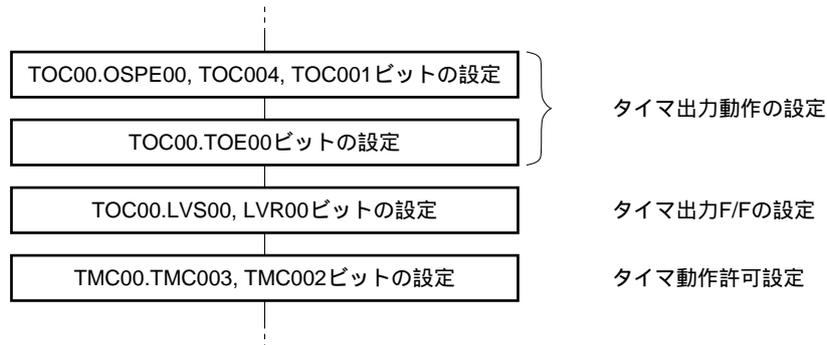
LVS00, LVR00は、TO00出力の初期値を設定したいときや、タイマを動作許可しない (TMC003, TMC002 = 00) でタイマ出力を反転させたいときに使用します。ソフトウェア制御が不要なときは、LVS00, LVR00は00 (初期値ロウ・レベル出力) に設定してください。

LVS00	LVR00	タイマ出力の状態
0	0	変化しない (ロウ・レベル出力)
0	1	クリア (ロウ・レベル出力)
1	0	セット (ハイ・レベル出力)
1	1	設定禁止

(2) LVS00, LVR00の設定方法

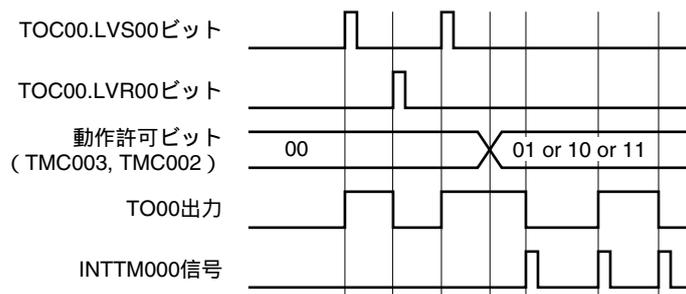
LVS00, LVR00は次の手順で設定してください。

図7 - 53 LVS00, LVR00ビットの設定フロー例



注意 LVS00, LVR00は必ず上記 , , の手順で設定してください。
 の設定をしてから , の設定をするまでの間であれば , の設定ができます。

図7 - 54 LVR00, LVS00のタイミング例



LVS00, LVR00 = 10に設定することにより, TO00出力がハイ・レベルになります。

LVS00, LVR00 = 01に設定することにより, TO00出力がロウ・レベルになります

(LVS00, LVR00 = 00に設定しても, ハイ・レベルのまま変化しません)。

TMC003, TMC002 = 01, 10, 11のどれかに設定することにより, タイマ動作を開始します。動

作開始前のLVS00, LVR00の設定が10だったので, TO00出力はハイ・レベルから始まります。

タイマ動作開始以降は, TMC003, TMC002 = 00(タイマ動作禁止)にするまで, LVS00, LVR00
 の設定は禁止です。

割り込み信号 (INTTM00) が発生するたびに, TO00出力のレベルが反転します。

7.6 16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00の注意事項

(1) 16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00の各チャネルの制限事項

表7-3に各チャネルの制限事項を示します。

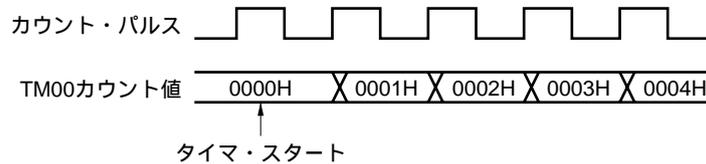
表7-3 16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00の各チャネルの制限事項

動作	制限事項
インターバル・タイマとしての動作	
方形波出力としての動作	
外部イベント・カウンタとしての動作	
TI000端子の有効エッジ入力によるクリア&スタート・モードとしての動作	TI010端子の有効エッジ検出を使用する場合、タイマ出力 (TO00) は使用禁止 (TOC00 = 00Hに設定)
フリー・ランニング・タイマとしての動作	
PPG出力としての動作	0000H CP010 < CR000 FFFFH
ワンショット・パルス出力としての動作	CR000とCP010には同値は設定禁止
パルス幅測定としての動作	タイマ出力 (TO00) は使用禁止 (TOC00 = 00Hに設定)

(2) タイマ・スタート時の誤差

タイマ・スタート後、一致信号が発生するまでの時間は最大で1クロック分の誤差が発生します。これは、カウント・パルスに対してTM00のカウント・スタートが非同期で行われるためです。

図7-55 TM00のカウント・スタート・タイミング



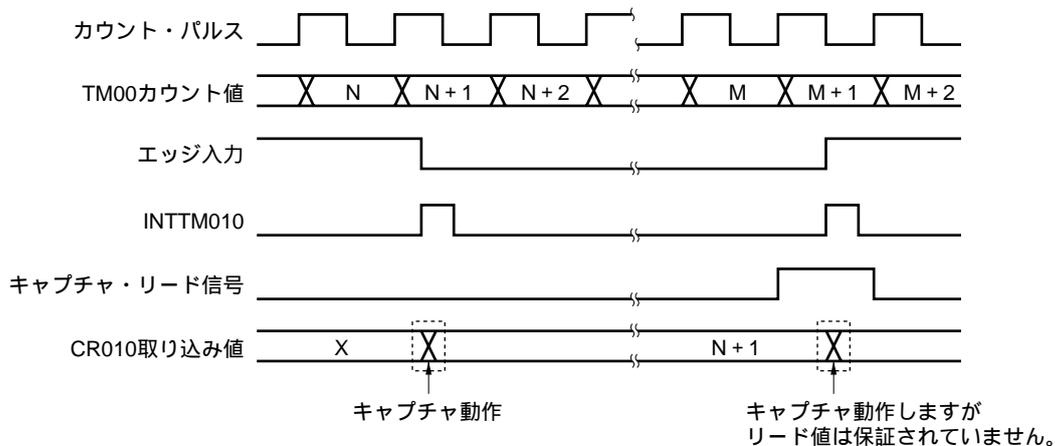
(3) CR000, CR010の設定 (TM00とCR000の一致でクリア&スタート・モードの場合)

CR000, CR010には、0000H以外の値を設定してください (外部イベント・カウンタとして使用する場合、1パルスのカウント動作はできません)。

(4) キャプチャ・レジスタのデータ保持タイミング

- (a) CR000/CR010の読み出し中にTI000/TI010端子の有効エッジ入力，TI000端子の逆相のエッジを検出したとき，CR010はキャプチャ動作を行います，CR000/CR010の読み出し値は保証されません。このとき，TI000/TI010端子の有効エッジの検出による割り込み信号（INTTM000/INTTM010）は発生しません（TI000端子の逆相のエッジ検出時は，割り込み信号を発生しません）。TI000/TI010端子の有効エッジの検出によるキャプチャ時に，CR000/CR010の値を読み出す場合は，INTTM000/INTTM010発生後に行ってください。

図7 - 56 キャプチャ・レジスタのデータ保持タイミング



- (b) 16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00停止後のCR000, CR010の値は保証されません。

(5) 有効エッジの設定

TI000端子の有効エッジの設定は，タイマ動作が停止（TMC003, TMC002 = 00）しているときに行ってください。有効エッジの設定は，ES000, ES001で行います。

(6) ワンショット・パルスの再トリガ

ワンショット・パルス出力モードで，アクティブ・レベルを出力中に，トリガが発生しないようにしてください。次のトリガ入力は，必ず現在のアクティブ・レベル出力が終わったあとで発生するようにしてください。

(7) OVF00フラグの動作

(a) OVF00フラグのセット(1)

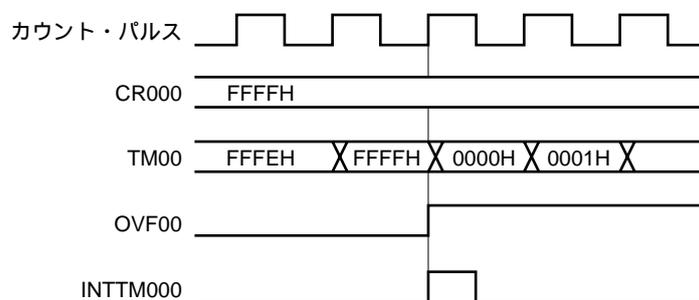
OVF00フラグは、TM00がオーバーフローしたとき以外に、次のときにもセット(1)されます。

TM00とCR000の一致でクリア&スタート・モードを選択

CR000をFFFFHに設定

TM00がCR000との一致によりFFFFHから0000Hにクリアされるとき

図7 - 57 OVF00フラグの動作タイミング



(b) OVF00フラグのクリア

TM00がオーバーフロー後、次のカウント・クロックがカウントされる(TM00が0001Hになる)前に OVF00フラグをクリア(0)しても、再度セット(1)されクリアは無効となります。

(8) ワンショット・パルス出力

ワンショット・パルス出力は、フリー・ランニング・タイマ・モードまたはTI000端子の有効エッジでクリア&スタート・モードのときに、正常に動作します。TM00とCR000の一致でクリア&スタート・モードでは、ワンショット・パルスを出力できません。

(9) キャプチャ動作**(a) カウント・クロックにTI000の有効エッジを指定した場合**

カウント・クロックにTI000の有効エッジを指定した場合、TI000をトリガに指定したキャプチャ・レジスタは正常に動作しません。

(b) TI010, TI000端子入力信号で確実にキャプチャするためのパルス幅

確実にキャプチャするためのキャプチャ・トリガとして、TI000, TI010端子に入力するパルスには、PRM00で選択したカウント・クロックの2回分より長いパルス幅が必要です(図7-7を参照)。

(c) 割り込み信号の発生

キャプチャ動作はカウント・クロックの立ち下がりで行われますが、割り込み信号(INTTM000, INTTM010)は次のカウント・クロックの立ち上がりで発生します(図7-7を参照)。

(d) CRC001(キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00(CRC00)のビット1) = 1に設定したときの注意

TI000端子入力の逆相でTM00レジスタのカウント値をCR000レジスタにキャプチャする場合、キャプチャ後に割り込み要求信号(INTTM000)は発生しません。この動作中に、TI010端子から有効エッジが検出された場合、キャプチャ動作は行われませんが、外部割り込み信号としてINTTM000信号が発生します。外部割り込みを使用しない場合は、INTTM000信号をマスクしてください。

(10) エッジ検出**(a) リセット後の有効エッジ指定**

リセット後、TI000端子またはTI010端子がハイ・レベルの状態、TI000端子またはTI010端子の有効エッジを立ち上がりエッジまたは両エッジに指定して、16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00の動作を許可すると、そのハイ・レベルを立ち上がりエッジとして検出してしまいます。TI000端子またはTI010端子をプルアップしている場合などは注意してください。ただし、いったん動作を停止させたあとの再動作許可時には、立ち上がりエッジは検出されません。

(b) ノイズ除去のためのサンプリング・クロック

TI000の有効エッジをカウント・クロックで使用する場合と、キャプチャ・トリガとして使用する場合で、ノイズ除去のためのサンプリング・クロックが異なります。前者は f_{PRS} 固定で、後者はPRM00で選択したカウント・クロックでサンプリングします。

TI000端子入力信号をサンプリングして、2回連続して有効レベルを検出したときに、はじめて有効エッジと判断します。したがって、短いパルス幅のノイズを除去できます(図7-7を参照)。

(11) タイマ動作について

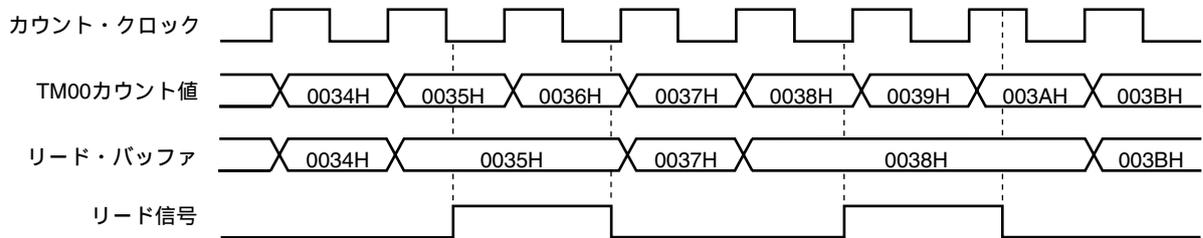
CPUの動作モードに関係なく、タイマが停止していると、TI000/TI010端子への入力信号は受け付けられません。

備考 f_{PRS} : 周辺ハードウェア・クロック周波数

(12) 16ビット・タイマ・カウンタ00 (TM00) のリードについて

TM00は、バッファに取り込まれたカウント値を固定してリードするため、実際のカウンタを停止せずにリードすることができます。ただし、バッファはカウンタのカウント・アップのタイミングで更新されるため、カウント・アップの直前にリードした場合、バッファが更新されない場合があります。

図7 - 58 16ビット・タイマ・カウンタ00 (TM00) のリード・タイミング



第8章 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51

8.1 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51の機能

8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51は、次のような機能があります。

- ・インターバル・タイマ
- ・外部イベント・カウンタ
- ・方形波出力
- ・PWM出力

注意 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51と8ビット・タイマH0, H1の出力 (TO50, TO51, TOH0, TOH1) は、それぞれ定電流ドライバのPWM3, PWM0, PWM1, PWM2端子と内部で接続されています。定電流ドライバのPWM0-PWM3端子に、同じ周波数のPWM信号を入力する場合、各タイマのカウント・クロックを次のように設定してください。

タイマ	カウント・クロック の選択	PWM周波数	
		f _{PRS} = 4 MHz	f _{PRS} = 8 MHz
TM50	f _{PRS} /2 ⁶	244 Hz	488 Hz
TM51			
TMH0			
TMH1			

8.2 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51の構成

8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51は、次のハードウェアで構成されています。

表8 - 1 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51の構成

項 目	構 成
タイマ・レジスタ	8ビット・タイマ・カウンタ5n (TM5n)
レジスタ	8ビット・タイマ・コンペア・レジスタ5n (CR5n)
タイマ入力	TI5n
タイマ出力	TO5n
制御レジスタ	タイマ・クロック選択レジスタ5n (TCL5n) 8ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ5n (TMC5n) ポート・モード・レジスタ1 (PM1) またはポート・モード・レジスタ3 (PM3) ポート・レジスタ1 (P1) またはポート・レジスタ3 (P3)

図8 - 1, 図8 - 2に、8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51のブロック図を示します。

図8-1 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50のブロック図

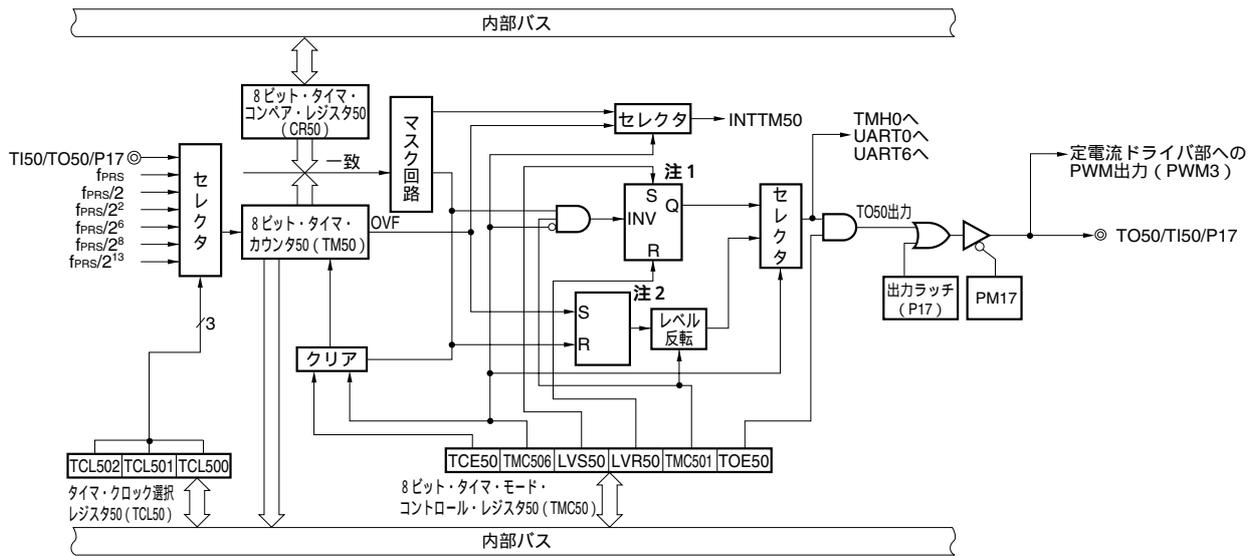
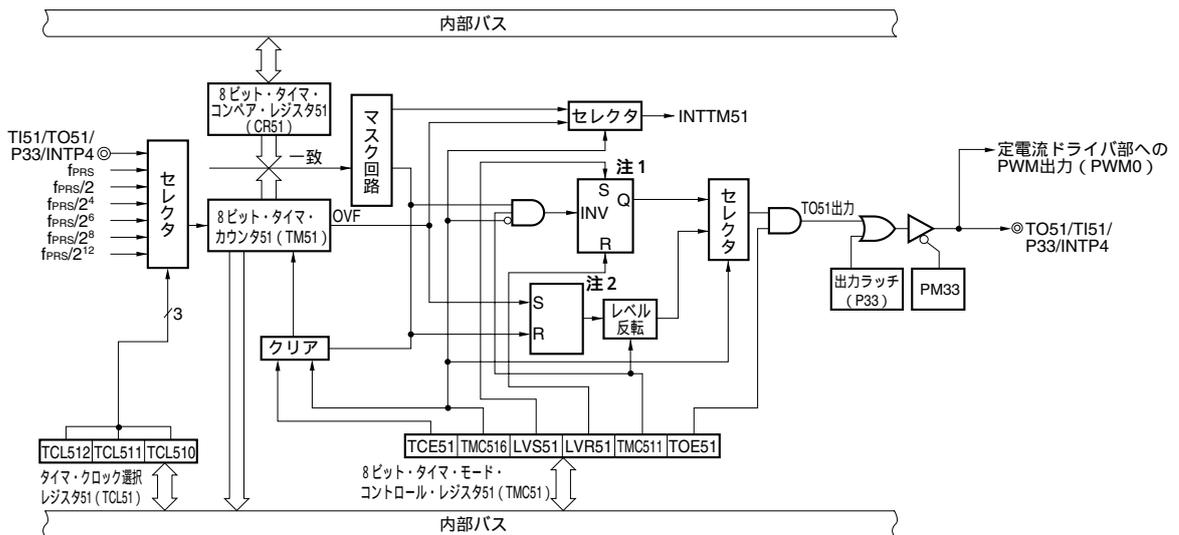


図8-2 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ51のブロック図



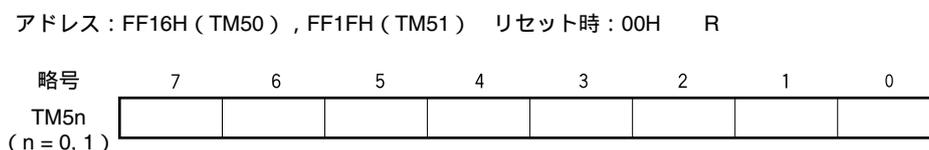
注1. タイマ出力F/F

2. PWM出力F/F

(1) 8ビット・タイマ・カウンタ5n (TM5n)

TM5nは、カウント・パルスをカウントする8ビットのリード専用レジスタです。
 カウント・クロックの立ち上がり同期して、カウンタをインクリメントします。

図8 - 3 8ビット・タイマ・カウンタ5n (TM5n) のフォーマット



次の場合、カウント値は00Hになります。

- リセット信号の発生
- TCE5nをクリア
- TM5nとCR5nの一致でクリア&スタート・モード時のTM5nとCR5nの一致

(2) 8ビット・タイマ・コンペア・レジスタ5n (CR5n)

CR5nは、8ビット・メモリ操作でリード/ライト可能なレジスタです。

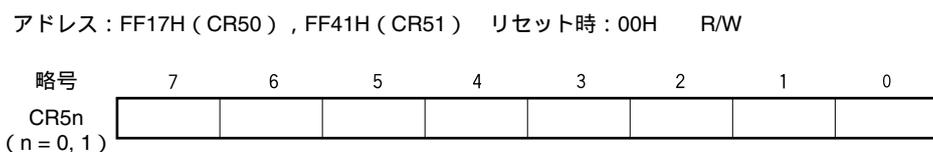
PWMモード以外ではCR5nに設定した値と、8ビット・タイマ・カウンタ5n (TM5n) のカウント値を常に比較し、その2つの値が一致したときに、割り込み要求 (INTTM5n) を発生します。

PWMモード時は、TM5nとCR5nの値の一致により、TO5n出力はインアクティブ・レベルになりますが、割り込みは発生しません。

CR5nの値は、00H-FFHの範囲で設定できます。

リセット信号の発生により、00Hになります。

図8 - 4 8ビット・タイマ・コンペア・レジスタ5n (CR5n) のフォーマット



注意1. TM5nとCR5nの一致でクリア&スタート・モード (TMC5n6 = 0) 時は、動作中にCR5nに異なる値を書き込まないでください。

2. PWMモード時は、CR5nの書き換え間隔をカウント・クロック (TCL5nで選択したクロック) の3カウント・クロック以上にしてください。

備考 n = 0, 1

8.3 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51を制御するレジスタ

8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51を制御するレジスタには、次の4種類があります。

- ・タイマ・クロック選択レジスタ5n (TCL5n)
- ・8ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ5n (TMC5n)
- ・ポート・モード・レジスタ1 (PM1) またはポート・モード・レジスタ3 (PM3)
- ・ポート・レジスタ1 (P1) またはポート・レジスタ3 (P3)

(1) タイマ・クロック選択レジスタ5n (TCL5n)

8ビット・タイマ/イベント・カウンタ5nのカウント・クロックおよびTI5n端子入力の有効エッジを設定するレジスタです。

TCL5nは、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、00Hになります。

備考 n = 0, 1

図8-5 タイマ・クロック選択レジスタ50 (TCL50) のフォーマット

アドレス : FF6AH リセット時 : 00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
TCL50	0	0	0	0	0	TCL502	TCL501	TCL500

TCL502	TCL501	TCL500	カウント・クロックの選択 ^{注1}				
			f _{PRS} = 4 MHz	f _{PRS} = 8 MHz	f _{PRS} = 10 MHz	f _{PRS} = 20 MHz	
0	0	0	TI50端子の立ち下がりエッジ ^{注2}				
0	0	1	TI50端子の立ち上がりエッジ ^{注2}				
0	1	0	f _{PRS} ^{注3}	4 MHz	8 MHz	10 MHz	20 MHz ^{注4}
0	1	1	f _{PRS} /2	2 MHz	4 MHz	5 MHz	10 MHz
1	0	0	f _{PRS} /2 ²	1 MHz	2 MHz	2.5 MHz	5 MHz
1	0	1	f _{PRS} /2 ⁶	62.5 kHz	125 kHz	156.25 kHz	312.5 kHz
1	1	0	f _{PRS} /2 ⁸	15.63 kHz	31.25 kHz	39.06 kHz	78.13 kHz
1	1	1	f _{PRS} /2 ¹³	0.49 kHz	0.98 kHz	1.22 kHz	2.44 kHz

注1. 周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS}) が高速システム・クロック (f_{XH}) で動作している (XSEL = 1) 場合、電源電圧により、f_{PRS}の動作周波数が異なります。

- ・ V_{DD} = 2.7 ~ 5.5 V : f_{PRS} 20 MHz
- ・ V_{DD} = 1.8 ~ 2.7 V : f_{PRS} 5 MHz

2. STOPモード時の場合、TI50端子からの外部クロックでタイマ動作を開始させないでください。
3. 1.8 V < V_{DD} < 2.7 Vで、周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS}) が高速内蔵発振クロック (f_{RH}) で動作している (XSEL = 0) 場合、TCL502, TCL501, TCL500 = 0, 1, 0 (カウント・クロック : f_{PRS}) は設定禁止です。
4. 4.0 V < V_{DD} < 5.5 Vの場合のみ設定可能です。

注意1. TCL50を同一データ以外に書き換える場合は、いったんタイマ動作を停止させてから書き換えてください。

2. ビット3-7には必ず“0”を設定してください。
3. 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51と8ビット・タイマH0, H1の出力(TO50, TO51, TOH0, TOH1)は、それぞれ定電流ドライバのPWM3, PWM0, PWM1, PWM2端子と内部で接続されています。定電流ドライバのPWM0-PWM3端子に、同じ周波数のPWM信号を入力する場合、各タイマのカウント・クロックを次のように設定してください。

タイマ	カウント・クロック の選択	PWM周波数	
		f _{PRS} = 4 MHz	f _{PRS} = 8 MHz
TM50	f _{PRS} /2 ⁶	244 Hz	488 Hz
TM51			
TMH0			
TMH1			

備考 f_{PRS} : 周辺ハードウェア・クロック周波数

図8-6 タイマ・クロック選択レジスタ51 (TCL51) のフォーマット

アドレス : FF8CH リセット時 : 00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
TCL51	0	0	0	0	0	TCL512	TCL511	TCL510

TCL512	TCL511	TCL510	カウント・クロックの選択 ^{注1}				
			f _{PRS} = 4 MHz	f _{PRS} = 8 MHz	f _{PRS} = 10 MHz	f _{PRS} = 20 MHz	
0	0	0	TI51端子の立ち下がりエッジ ^{注2}				
0	0	1	TI51端子の立ち上がりエッジ ^{注2}				
0	1	0	f _{PRS} ^{注3}	4 MHz	8 MHz	10 MHz	20 MHz ^{注4}
0	1	1	f _{PRS} /2	2 MHz	4 MHz	5 MHz	10 MHz
1	0	0	f _{PRS} /2 ⁴	250 kHz	500 kHz	625 kHz	1.25 MHz
1	0	1	f _{PRS} /2 ⁶	62.5 kHz	125 kHz	156.25 kHz	312.5 kHz
1	1	0	f _{PRS} /2 ⁸	15.63 kHz	31.25 kHz	39.06 kHz	78.13 kHz
1	1	1	f _{PRS} /2 ¹²	0.98 kHz	1.95 kHz	2.44 kHz	4.88 kHz

注1. 周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS}) が高速システム・クロック (f_{XH}) で動作している (XSEL = 1) 場合、電源電圧により、f_{PRS}の動作周波数が異なります。

- ・ V_{DD} = 2.7 ~ 5.5 V : f_{PRS} 20 MHz
- ・ V_{DD} = 1.8 ~ 2.7 V : f_{PRS} 5 MHz

2. STOPモード時の場合、TI51端子からの外部クロックでタイマ動作を開始させないでください。
3. 1.8 V < V_{DD} < 2.7 Vで、周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS}) が高速内蔵発振クロック (f_{RH}) で動作している (XSEL = 0) 場合、TCL512, TCL511, TCL510 = 0, 1, 0 (カウント・クロック : f_{PRS}) は設定禁止です。
4. 4.0 V < V_{DD} < 5.5 Vの場合のみ設定可能です。

注意1. TCL51を同一データ以外に書き換える場合は、いったんタイマ動作を停止させてから書き換えてください。

2. ビット3-7には必ず“0”を設定してください。
3. 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51と8ビット・タイマH0, H1の出力(TO50, TO51, TOH0, TOH1)は、それぞれ定電流ドライバのPWM3, PWM0, PWM1, PWM2端子と内部で接続されています。定電流ドライバのPWM0-PWM3端子に、同じ周波数のPWM信号を入力する場合、各タイマのカウント・クロックを次のように設定してください。

タイマ	カウント・クロック の選択	PWM周波数	
		f _{PRS} = 4 MHz	f _{PRS} = 8 MHz
TM50	f _{PRS} /2 ⁶	244 Hz	488 Hz
TM51			
TMH0			
TMH1			

備考 f_{PRS} : 周辺ハードウェア・クロック周波数

(2) 8ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ5n (TMC5n)

TMC5nは、次の5種類の設定を行うレジスタです。

- 8ビット・タイマ・カウンタ5n (TM5n) のカウント動作制御
- 8ビット・タイマ・カウンタ5n (TM5n) の動作モードの選択
- タイマ出力F/F (フリップフロップ) の状態設定
- タイマF/Fの制御またはPWM (フリー・ランニング) モード時のアクティブ・レベルの選択
- タイマ出力の制御

TMC5nは、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。
リセット信号の発生00Hになります。

備考 n = 0, 1

図8 - 7 8ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ50 (TMC50) のフォーマット

アドレス: FF6BH リセット時: 00H R/W^注

略号	[7]	6	5	4	[3]	[2]	1	[0]
TMC50	TCE50	TMC506	0	0	LVS50	LVR50	TMC501	TOE50

TCE50	TM50のカウント動作制御
0	カウンタを0にクリア後、カウント動作禁止 (カウンタ停止)
1	カウント動作開始

TMC506	TM50の動作モード選択
0	TM50とCR50の一致でクリア & スタート・モード
1	PWM (フリー・ランニング) モード

LVS50	LVR50	タイマ出力F/Fの状態設定
0	0	変化しない
0	1	タイマ出力F/Fをクリア (0) (TO50出力初期値ロウ・レベル)
1	0	タイマ出力F/Fをセット (1) (TO50出力初期値ハイ・レベル)
1	1	設定禁止

TMC501	PWMモード以外 (TMC506 = 0)	PWMモード (TMC506 = 1)
	タイマF/Fの制御	アクティブ・レベルの選択
0	反転動作禁止	ハイ・アクティブ
1	反転動作許可	ロウ・アクティブ

TOE50	タイマ出力の制御
0	出力禁止 (TO50出力はロウ・レベル出力)
1	出力許可

注 ビット2, 3はWrite Onlyです。

(注意と備考は次ページにあります。)

図8 - 8 8ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ51 (TMC51) のフォーマット

アドレス : FF43H リセット時 : 00H R/W^注

略号	[7]	6	5	4	[3]	[2]	1	[0]
TMC51	TCE51	TMC516	0	0	LVS51	LVR51	TMC511	TOE51

TCE51	TM51のカウンタ動作制御
0	カウンタを0にクリア後, カウンタ動作禁止 (カウンタ停止)
1	カウンタ動作開始

TMC516	TM51の動作モード選択
0	TM51とCR51の一致でクリア&スタート・モード
1	PWM (フリー・ランニング) モード

LVS51	LVR51	タイマ出力F/Fの状態設定
0	0	変化しない
0	1	タイマ出力F/Fをクリア (0) (TO51出力初期値ロウ・レベル)
1	0	タイマ出力F/Fをセット (1) (TO51出力初期値ハイ・レベル)
1	1	設定禁止

TMC511	PWMモード以外 (TMC516 = 0)	PWMモード (TMC516 = 1)
	タイマF/Fの制御	
0	反転動作禁止	ハイ・アクティブ
1	反転動作許可	ロウ・アクティブ

TOE51	タイマ出力の制御
0	出力禁止 (TO51出力はロウ・レベル出力)
1	出力許可

注 ビット2, 3はWrite Onlyです。

注意1. LVS5nとLVR5nの設定は, PWMモード時以外で有効になります。

2. 次の ~ の設定は同時に行わないでください。また設定は次の手順で行ってください。

TMC5n1, TMC5n6を設定 : 動作モードの設定

出力を許可する場合, TOE5nを設定 : タイマ出力許可

LVS5n, LVR5nを設定 (注意1) : タイマF/Fの設定

TCE5nを設定

3. TCE5n = 1のとき, TMC5nの他のビットを設定することは禁止です。

4. 実際のTO50/TI50/P17, TO51/TI51/P33/INTP4端子の出力は, TO5n出力のほかにPM17とP17, PM33とP33によって決まります。

備考1. PWMモード時は, TCE5n = 0により, PWM出力はインアクティブ・レベルになります。

2. LVS5n, LVR5nは読み出すと, 0になっています。

3. TMC5n6, LVS5n, LVR5n, TMC5n1, TOE5nの各ビットの値は, TCE5nの値に関係なくTO5n出力に反映されます。

4. n = 0, 1

(3) ポート・モード・レジスタ1, 3 (PM1, PM3)

ポート1, 3の入力/出力を1ビット単位で設定するレジスタです。

P17/TO50/TI50, P33/TO51/TI51/INTP4端子をタイマ出力として使用するとき, PM17, PM33およびP17, P33の出力ラッチに0を設定してください。

P17/TO50/TI50, P33/TO51/TI51/INTP4端子をタイマ入力として使用するとき, PM17, PM33に1を設定してください。このとき, P17, P33の出力ラッチは0または1のどちらでもかまいません。

PM1, PM3は, 1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により, FFHになります。

図8 - 9 ポート・モード・レジスタ1 (PM1) のフォーマット

アドレス : FF21H リセット時 : FFH R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PM1	PM17	PM16	PM15	PM14	PM13	PM12	PM11	PM10
PM1n	P1n端子の入出力モードの選択 (n = 0-7)							
0	出力モード (出力バッファ・オン)							
1	入力モード (出力バッファ・オフ)							

図8 - 10 ポート・モード・レジスタ3 (PM3) のフォーマット

アドレス : FF23H リセット時 : FFH R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PM3	1	1	1	1	PM33	PM32	PM31	PM30
PM3n	P3n端子の入出力モードの選択 (n = 0-3)							
0	出力モード (出力バッファ・オン)							
1	入力モード (出力バッファ・オフ)							

8.4 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51の動作

8.4.1 インターバル・タイマとしての動作

8ビット・タイマ・コンペア・レジスタ5n (CR5n) にあらかじめ設定したカウント値をインターバルとし、繰り返し割り込み要求を発生するインターバル・タイマとして動作します。

8ビット・タイマ・カウンタ5n (TM5n) のカウント値がCR5nに設定した値と一致したとき、TM5nの値を0にクリアしてカウントを継続すると同時に、割り込み要求信号 (INTTM5n) を発生します。

タイマ・クロック選択レジスタ5n (TCL5n) のビット0-2 (TCL5n0-TCL5n2) でTM5nのカウント・クロックを選択できます。

設定方法

各レジスタの設定を行います。

- ・ TCL5n : カウント・クロックの選択
- ・ CR5n : コンペア値
- ・ TMC5n : カウント動作停止, TM5nとCR5nの一致でクリア&スタート・モードを選択
(TMC5n = 0000 x x x 0B x = don't care)

TCE5n = 1を設定すると、カウント動作を開始します。

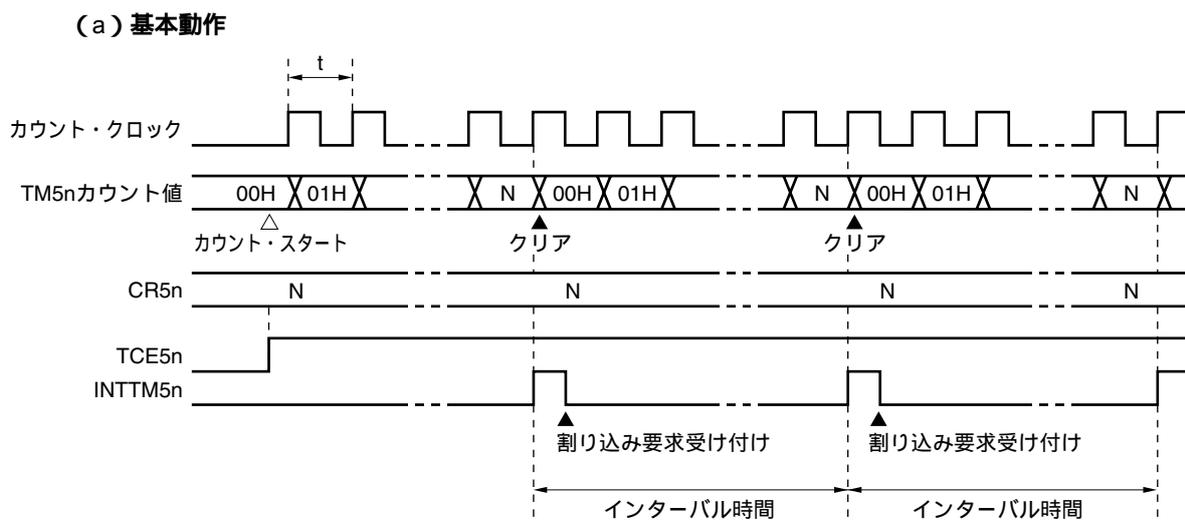
TM5nとCR5nの値が一致すると、INTTM5nが発生します (TM5nは00Hにクリアされます)。

以後、同一間隔でINTTM5nが繰り返し発生します。カウント動作を停止するときは、TCE5n = 0にしてください。

注意 動作中にCR5nに異なる値を書き込まないでください。

備考 INTTM5n信号の割り込み許可については、第16章 割り込み機能を参照してください。

図8 - 11 インターバル・タイマ動作のタイミング (1/2)



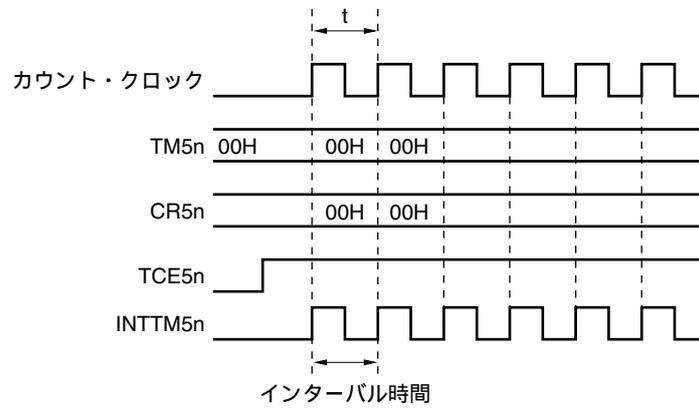
備考 インターバル時間 = $(N + 1) \times t$

$N = 01H-FFH$

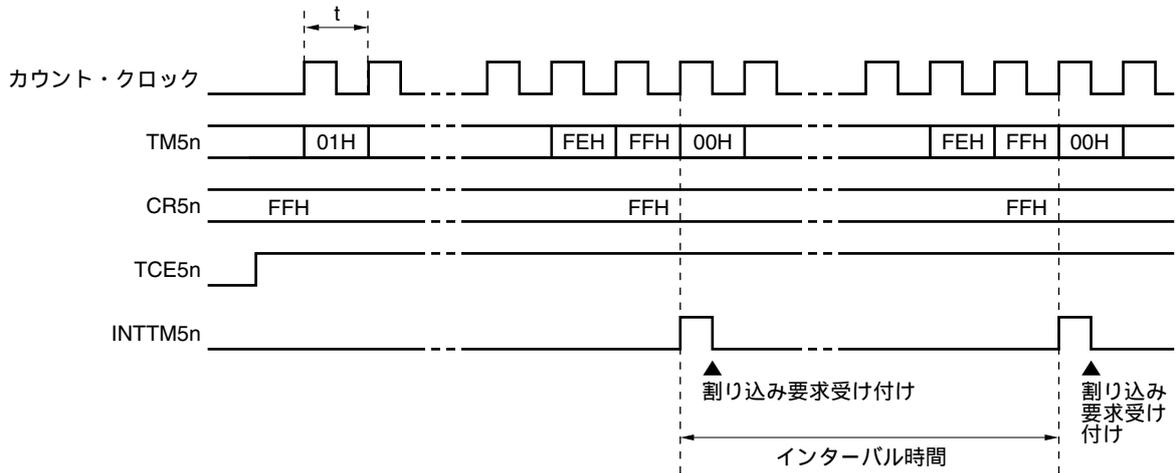
$n = 0, 1$

図8 - 11 インターバル・タイマ動作のタイミング (2/2)

(b) CR5n = 00Hの場合



(c) CR5n = FFHの場合



備考 n = 0, 1

8.4.2 外部イベント・カウンタとしての動作

外部イベント・カウンタは、TI5n端子に入力される外部からのクロック・パルス数を8ビット・タイマ・カウンタ5n (TM5n) でカウントするものです。

タイマ・クロック選択レジスタ5n (TCL5n) で指定した有効エッジが入力されるたびに、TM5nがインクリメントされます。エッジ指定は、立ち上がりまたは立ち下がりのいずれかを選択できます。

TM5nの計数値が8ビット・タイマ・コンペア・レジスタ5n (CR5n) の値と一致すると、TM5nは0にクリアされ、割り込み要求信号 (INTTM5n) が発生します。

以後、TM5nの値とCR5nの値が一致するたびに、INTTM5nが発生します。

設定方法

各レジスタの設定を行います。

- ・ポート・モード・レジスタ (PM17, PM33) ^注に “ 1 ” を設定
- ・TCL5n : TI5n端子入力のエッジ選択
TI5n端子の立ち下がり TCL5n = 00H
TI5n端子の立ち上がり TCL5n = 01H
- ・CR5n : コンペア値
- ・TMC5n : カウント動作停止, TM5nとCR5nの一致でクリア&スタート・モード選択, タイマF/F反転動作禁止, タイマ出力禁止
(TMC5n = 00000000B)

TCE5n = 1を設定すると、TI5n端子から入力されるパルス数をカウントします。

TM5nとCR5nの値が一致すると、INTTM5nが発生します (TM5nは00Hにクリアされます)。

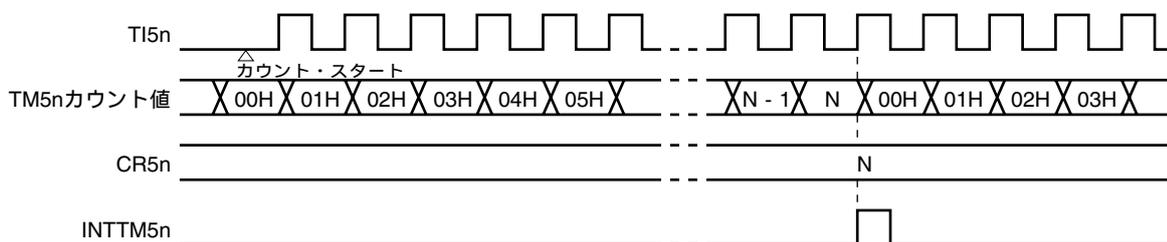
以後、TM5nとCR5nの値が一致するたびに、INTTM5nが発生します。

注 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50 : PM17

8ビット・タイマ/イベント・カウンタ51 : PM33

備考 INTTM5n信号の割り込み許可については、第16章 割り込み機能を参照してください。

図8 - 12 外部イベント・カウンタ動作のタイミング (立ち上がりエッジ指定時)



備考 N = 00H-FFH

n = 0, 1

8.4.3 方形波出力としての動作

8ビット・タイマ・コンペア・レジスタ5n (CR5n) にあらかじめ設定した値で決まるインターバルの、任意の周波数の方形波出力として動作します。

8ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ5n (TMC5n) のビット0 (TOE5n) に1を設定することにより、CR5nにあらかじめ設定したカウント値で決まるインターバルでTO5nの出力状態が反転します。これにより、任意の周波数の方形波出力 (デューティ= 50 %) が可能です。

設定方法

各レジスタの設定を行います。

- ・ポートの出力ラッチ (P17, P33)^注, ポート・モード・レジスタ (PM17, PM33)^注に“0”を設定
- ・TCL5n : カウント・クロックの選択
- ・CR5n : コンペア値
- ・TMC5n : カウント動作停止, TM5nとCR5nの一致でクリア&スタート・モードを選択

LVS5n	LVR5n	タイマ出力F/Fの状態設定
0	1	タイマ出力F/Fをクリア (0) (TO5n出力初期値ロウ・レベル)
1	0	タイマ出力F/Fをセット (1) (TO5n出力初期値ハイ・レベル)

タイマ出力許可

(TMC5n = 00001011Bまたは00000111B)

TCE5n = 1を設定すると、カウント動作を開始します。

TM5nとCR5nの値が一致すると、タイマ出力F/Fが反転します。

また、INTTM5nが発生し、TM5nは00Hにクリアされます。

以後、同一間隔でタイマ出力F/Fが反転し、TO5nから方形波が出力されます。

周波数は次のようになります。

- ・周波数 = $1/2 t (N + 1)$
(N : 00H-FFH)

注 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50 : P17, PM17

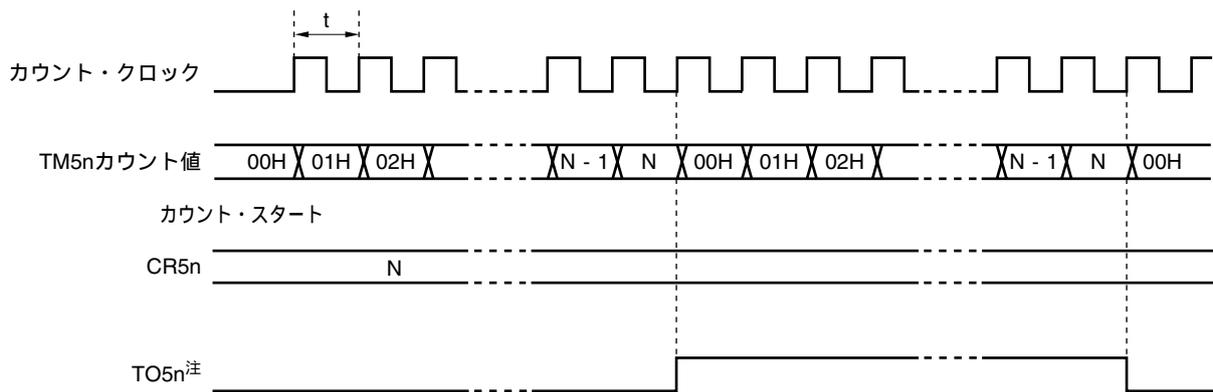
8ビット・タイマ/イベント・カウンタ51 : P33, PM33

注意 動作中にCR5nに異なる値を書き込まないでください。

備考1. INTTM5n信号の割り込み許可については、第16章 **割り込み機能**を参照してください。

2. n = 0, 1

図8 - 13 方形波出力動作のタイミング



注 TO5n出力の初期値は、8ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ5n (TMC5n) のビット2, 3 (LVR5n, LVS5n) で設定できます。

8. 4. 4 PWM出力としての動作

8ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ5n (TMC5n) のビット6 (TMC5n6) を“1” に設定することにより、PWM出力として動作します。

8ビット・タイマ・コンペア・レジスタ5n (CR5n) に設定した値で決まるデューティのパルスを、TO5nから出力します。

PWMパルスのアクティブ・レベルの幅は、CR5nに設定してください。また、アクティブ・レベルは、TMC5nのビット1 (TMC5n1) により選択できます。

カウント・クロックは、タイマ・クロック選択レジスタ5n (TCL5n) のビット0-2 (TCL5n0-TCL5n2) で選択できます。

TMC5nのビット0 (TOE5n) により、PWM出力の許可/禁止が選択できます。

注意1. PWMモード時は、CR5nの書き換え間隔をカウント・クロック (TCL5nで選択したクロック) の3カウント・クロック以上にしてください。

2. 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51と8ビット・タイマH0, H1の出力(TO50, TO51, TOH0, TOH1) は、それぞれ定電流ドライバのPWM3, PWM0, PWM1, PWM2端子と内部で接続されています。定電流ドライバのPWM0-PWM3端子に、同じ周波数のPWM信号を入力する場合、各タイマのカウント・クロックを次のように設定してください。

タイマ	カウント・クロックの選択	PWM周波数	
		f _{PRS} = 4 MHz	f _{PRS} = 8 MHz
TM50	f _{PRS} /2 ⁶	244 Hz	488 Hz
TM51			
TMH0			
TMH1			

備考 n = 0, 1

(1) PWM出力の基本動作

設定方法

各レジスタの設定を行います。

- ・ポートの出カラッチ (P17, P33)^注, ポート・モード・レジスタ (PM17, PM33)^注に “0” を設定
- ・TCL5n : カウント・クロックの選択
- ・CR5n : コンペア値
- ・TMC5n : カウント動作停止, PWMモード選択, タイマ出力F/F変化なし

TMC5n1	アクティブ・レベルの選択
0	ハイ・アクティブ
1	ロウ・アクティブ

タイマ出力許可

(TMC5n = 01000001Bまたは01000011B)

TCE5n = 1に設定すると, カウント動作を開始します。

カウント動作を停止するときは, TCE5nに “0” を設定してください。

注 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50 : P17, PM17

8ビット・タイマ/イベント・カウンタ51 : P33, PM33

PWM出力の動作

PWM出力 (TO5n出力) はオーバフローが発生するまでインアクティブ・レベルを出力します。

オーバフローが発生すると, アクティブ・レベルを出力します。アクティブ・レベルは, CR5nと8ビット・タイマ・カウンタ5n (TM5n) のカウント値が一致するまで出力されます。

CR5nとカウント値が一致すると, インアクティブ・レベルを出力し, 再度オーバフローが発生するまでインアクティブ・レベルを出力します。

以後, カウント動作が停止されるまで, を繰り返します。

TCE5n = 0によりカウント動作を停止すると, PWM出力はインアクティブ・レベルになります。

詳細なタイミングについては, 図8 - 14, 8 - 15を参照してください。

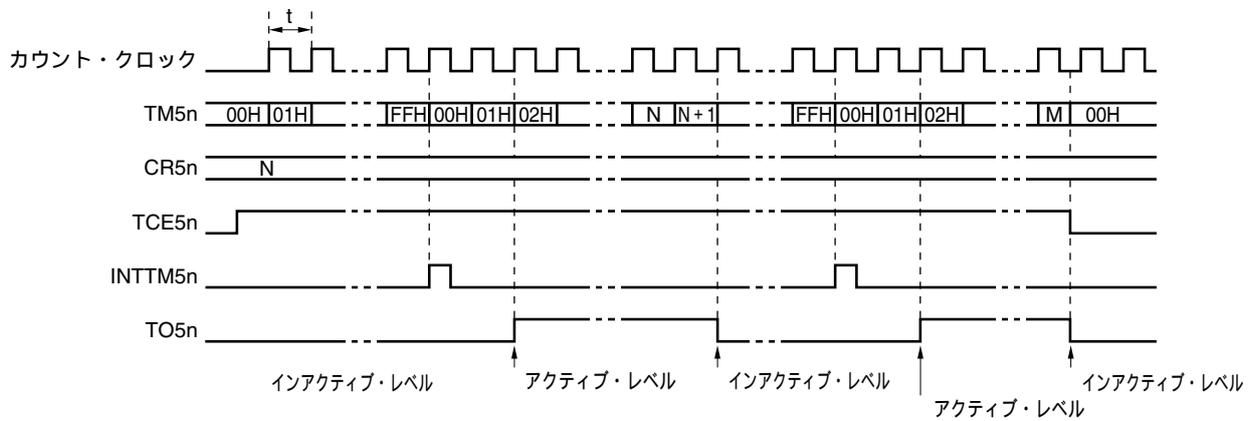
周期, アクティブ・レベル幅, デューティは次のようになります。

- ・周期 = $2^8 t$
 - ・アクティブ・レベル幅 = Nt
 - ・デューティ = $N/2^8$
- (N = 00H-FFH)

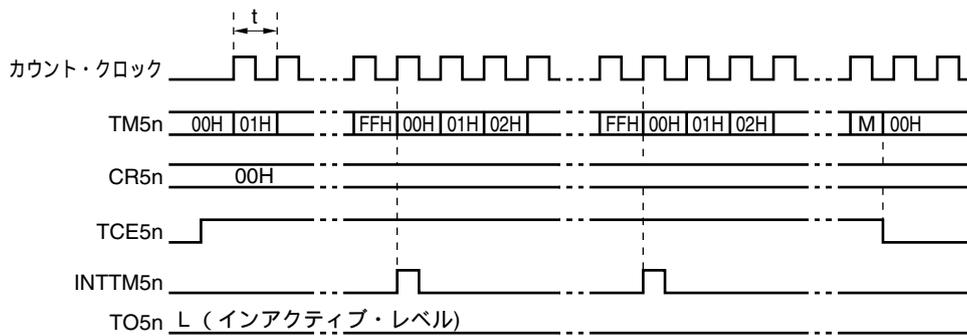
備考 n = 0, 1

図8 - 14 PWM出力動作のタイミング

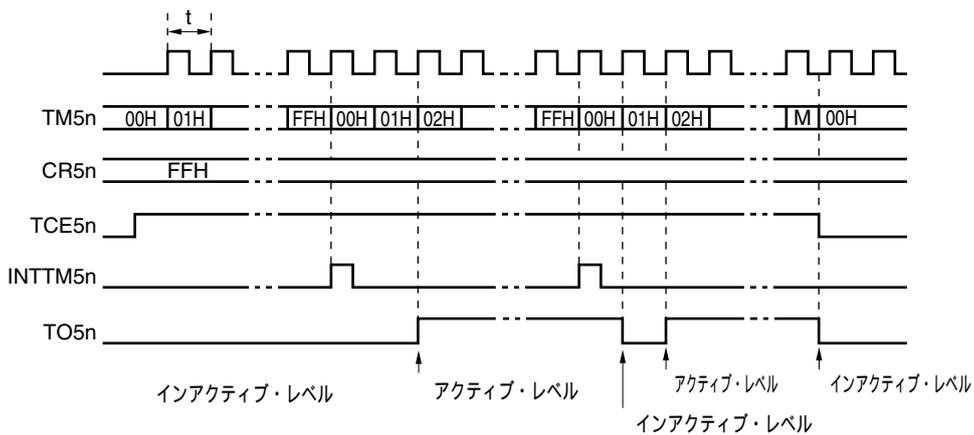
(a) 基本動作 (アクティブ・レベル = Hのとき)



(b) CR5n = 00Hの場合



(c) CR5n = FFHの場合



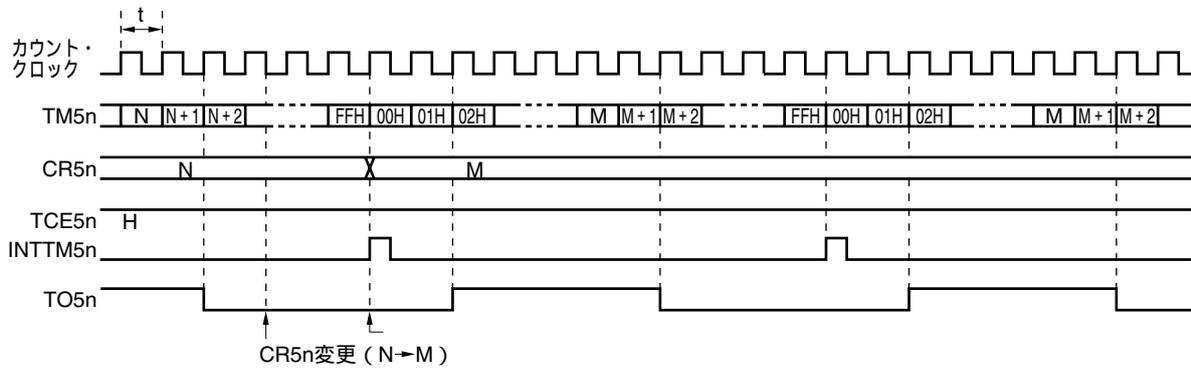
備考1. 図8 - 14 (a) と (c) の - , は, 8.4.4 (1) PWM出力の基本動作 PWM出力の動作 の - , と対応しています。

2. $n = 0, 1$

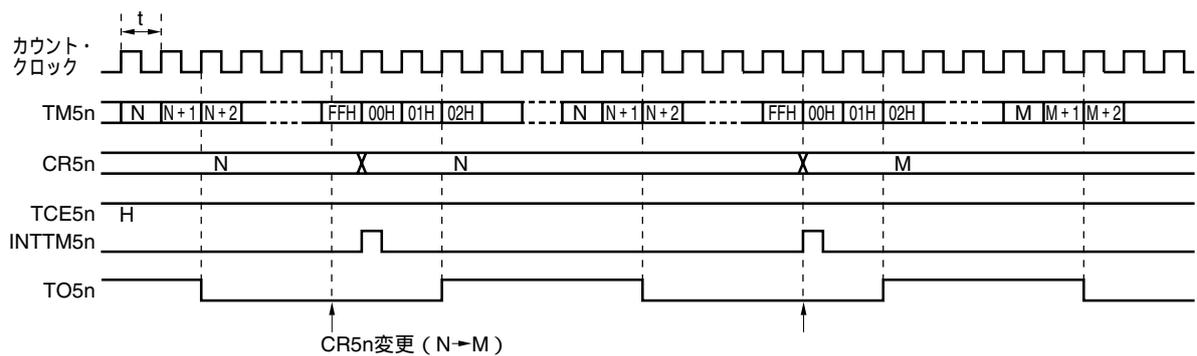
(2) CR5n変更による動作

図8 - 15 CR5n変更による動作のタイミング

(a) CR5nの値をFFHのクロック立ち上がりエッジよりも手前にN Mに変更した場合
直後のオーバーフローでCR5nに値が転送されます



(b) CR5nの値をFFHのクロック立ち上がりエッジよりも後にN Mに変更した場合
2回目のオーバーフローでCR5nに値が転送されます



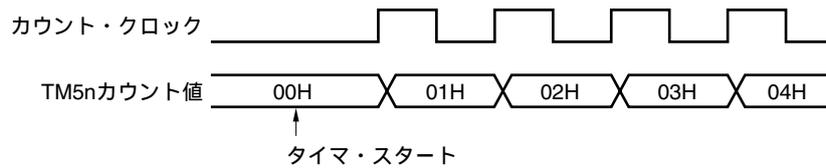
注意 図8 - 15の から の間でCR5nからリードする場合、実際に動作する値と異なります(リード値: M, 実際のCR5nの値: N)。

8.5 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51の注意事項

(1) タイマ・スタート時の誤差

タイマ・スタート後、一致信号が発生するまでの時間は、最大で1クロック分の誤差が生じます。これは、カウント・クロックに対して8ビット・タイマ・カウンタ50, 51 (TM50, TM51) が非同期でスタートするためです。

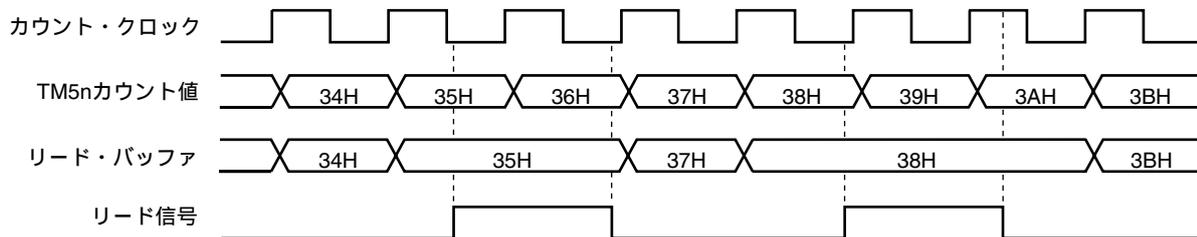
図8 - 16 8ビット・タイマ・カウンタ5n (TM5n) のスタート・タイミング



(2) 8ビット・タイマ・カウンタ5n (TM5n) のリードについて

TM5nは、バッファに取り込まれたカウント値を固定してリードするため、実際のカウンタを停止せずにリードすることができます。ただし、バッファはカウンタのカウント・アップのタイミングで更新されるため、カウント・アップの直前にリードした場合、バッファが更新されない場合があります。

図8 - 17 8ビット・タイマ・カウンタ5n (TM5n) のリード・タイミング



備考 n = 0, 1

第9章 8ビット・タイマH0, H1

9.1 8ビット・タイマH0, H1の機能

8ビット・タイマH0, H1には、次のような機能があります。

- ・インターバル・タイマ
- ・方形波出力
- ・PWM出力
- ・キャリア・ジェネレータ（8ビット・タイマH1のみ）

注意 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51と8ビット・タイマH0, H1の出力（TO50, TO51, TOH0, TOH1）は、それぞれ定電流ドライバのPWM3, PWM0, PWM1, PWM2端子と内部で接続されています。定電流ドライバのPWM0-PWM3端子に、同じ周波数のPWM信号を入力する場合、各タイマのカウント・クロックを次のように設定してください。

タイマ	カウント・クロック の選択	PWM周波数	
		f _{PRS} = 4 MHz	f _{PRS} = 8 MHz
TM50	f _{PRS} /2 ⁶	244 Hz	488 Hz
TM51			
TMH0			
TMH1			

9.2 8ビット・タイマH0, H1の構成

8ビット・タイマH0, H1は、次のハードウェアで構成されています。

表9-1 8ビット・タイマH0, H1の構成

項目	構成
タイマ・レジスタ	8ビット・タイマ・カウンタHn
レジスタ	8ビット・タイマHコンペア・レジスタ0n (CMP0n) 8ビット・タイマHコンペア・レジスタ1n (CMP1n)
タイマ出力	TOHn, 出力制御回路
制御レジスタ	8ビット・タイマHモード・レジスタn (TMHMDn) 8ビット・タイマHキャリア・コントロール・レジスタ1 (TMCYC1) ^注 ポート・モード・レジスタ1 (PM1) ポート・レジスタ1 (P1)

注 8ビット・タイマH1のみ。

備考 n = 0, 1

図9-1と9-2にブロック図を示します。

図9-1 8ビット・タイマH0のブロック図

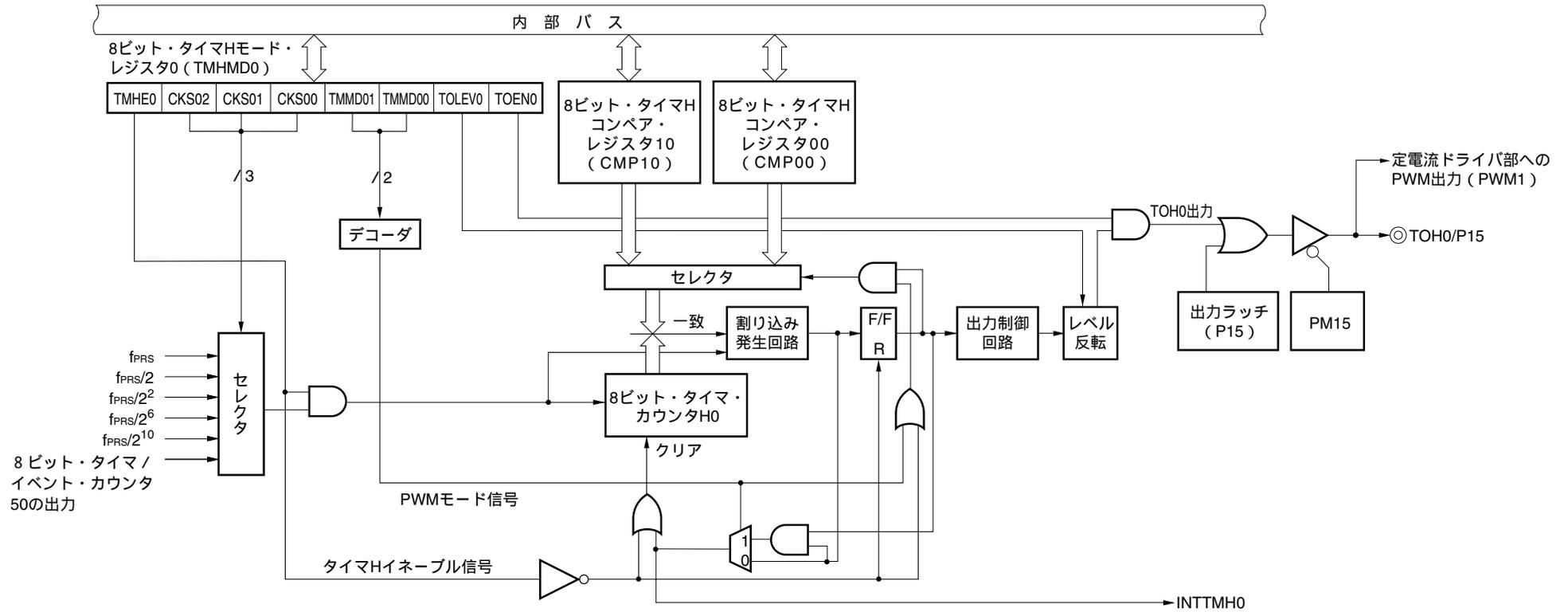
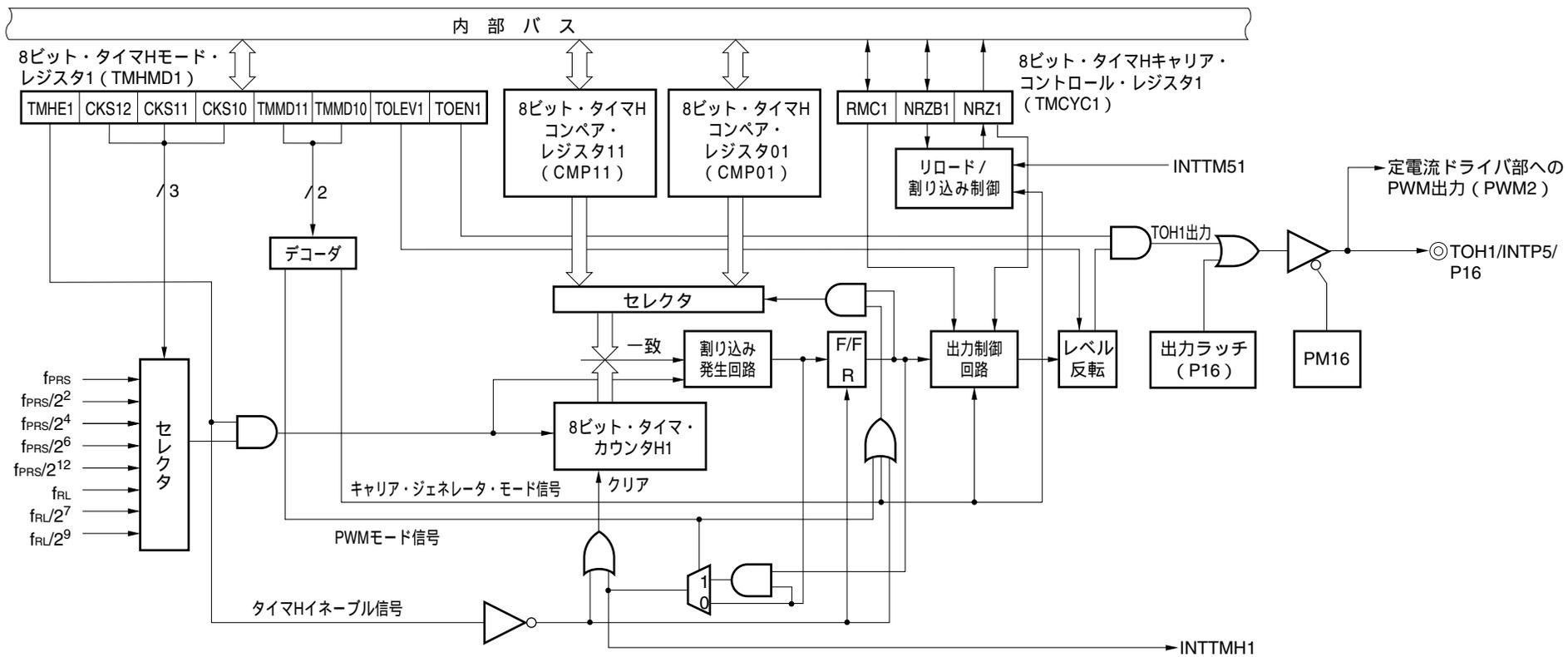


図9-2 8ビット・タイマH1のブロック図



(1) 8ビット・タイマHコンペア・レジスタ0n (CMP0n)

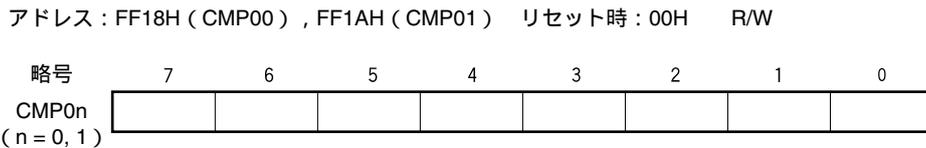
8ビット・メモリ操作命令でリード/ライト可能なレジスタです。すべてのタイマ動作モードで使用します。

CMP0nに設定した値と8ビット・タイマ・カウンタHnのカウント値を常に比較し、その2つの値が一致したときに、割り込み要求信号 (INTTMHn) を発生し、TOHnの出力レベルを反転させます。

CMP0nは、タイマ停止中 (TMHEn = 0) に書き換えを行ってください。

リセット信号の発生により、00Hになります。

図9-3 8ビット・タイマHコンペア・レジスタ0n (CMP0n) のフォーマット



注意 CMP0nは、タイマ・カウント動作中に値を書き換えしないでください。ただし、タイマ・カウント動作中にリフレッシュ (同値書き込み) することは可能です。

(2) 8ビット・タイマHコンペア・レジスタ1n (CMP1n)

8ビット・メモリ操作命令でリード/ライト可能なレジスタです。PWM出力モードとキャリア・ジェネレータ・モードで使用します。

PWM出力モードでは、CMP1nに設定した値と、8ビット・タイマ・カウンタHnのカウント値を常に比較し、その2つの値が一致したときに、TOHnの出力レベルを反転させます。割り込み要求信号は発生されません。

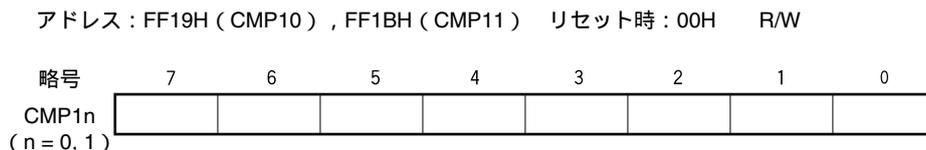
キャリア・ジェネレータ・モードでは、CMP1nに設定した値と、8ビット・タイマ・カウンタHnのカウント値を常に比較し、その2つの値が一致したときに、割り込み要求信号 (INTTMHn) を発生します。同じタイミングで、カウント値はクリアされます。

CMP1nは、タイマ・カウント動作中にリフレッシュ (同値書き込み) および値の書き換えが可能です。

タイマ動作中にCMP1nの値を書き換える場合、その値はラッチされ、カウント値と変更前のCMP1nの値が一致するタイミングでCMP1nに転送され、CMP1nの値が変更されます。カウント値とCMP1n値の一致するタイミングとCMP1nへの値の書き込みが競合した場合、CMP1n値は変更されません。

リセット信号の発生により、00Hになります。

図9-4 8ビット・タイマHコンペア・レジスタ1n (CMP1n) のフォーマット



注意 PWM出力モードおよびキャリア・ジェネレータ・モードでは、タイマ・カウント動作停止 (TMHEn = 0) 設定後、タイマ・カウント動作を開始する (TMHEn = 1) 場合、必ずCMP1nを設定してください (CMP1nへの設定値が同値の場合でも、必ず再設定してください)。

備考 n = 0, 1

9.3 8ビット・タイマH0, H1を制御するレジスタ

8ビット・タイマH0, H1を制御するレジスタには、次の4種類があります。

- ・8ビット・タイマHモード・レジスタ n (TMHMD n)
- ・8ビット・タイマHキャリア・コントロール・レジスタ1 (TMCYC1)^注
- ・ポート・モード・レジスタ1 (PM1)
- ・ポート・レジスタ1 (P1)

注 8ビット・タイマH1のみ。

(1) 8ビット・タイマHモード・レジスタ n (TMHMD n)

タイマHのモードを制御するレジスタです。

TMHMD n は1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、00Hになります。

備考 $n = 0, 1$

図9-5 8ビット・タイマHモード・レジスタ0 (TMHMD0) のフォーマット

アドレス : FF69H リセット時 : 00H R/W

略号	[7]	6	5	4	3	2	[1]	[0]
TMHMD0	TMHE0	CKS02	CKS01	CKS00	TMMD01	TMMD00	TOLEV0	TOEN0

TMHE0	タイマ動作許可
0	タイマ・カウント動作停止 (カウンタは0にクリア)
1	タイマ・カウント動作許可 (クロックを入力することでカウント動作開始)

CKS02	CKS01	CKS00	カウント・クロックの選択 ^{注1}			
			fPRS = 4 MHz	fPRS = 8 MHz	fPRS = 10 MHz	fPRS = 20 MHz
0	0	0	fPRS ^{注2} 4 MHz	8 MHz	10 MHz	20 MHz ^{注3}
0	0	1	fPRS/2 ^{注2} 2 MHz	4 MHz	5 MHz	10 MHz
0	1	0	fPRS/2 ² 1 MHz	2 MHz	2.5 MHz	5 MHz
0	1	1	fPRS/2 ⁶ 62.5 kHz	125 kHz	156.25 kHz	312.5 kHz
1	0	0	fPRS/2 ¹⁰ 3.91 kHz	7.81 kHz	9.77 kHz	19.54 kHz
1	0	1	TM50の出力 ^{注4}			
上記以外			設定禁止			

TMMD01	TMMD00	タイマ動作モード
0	0	インターバル・タイマ・モード
1	0	PWM出力モード
上記以外		設定禁止

TOLEV0	タイマ出力レベル制御 (デフォルト時)
0	ロウ・レベル
1	ハイ・レベル

TOEN0	タイマ出力制御
0	出力禁止
1	出力許可

注1. 周辺ハードウェア・クロック (fPRS) が高速システム・クロック (fXH) で動作している (XSEL = 1) 場合, 電源電圧により, fPRSの動作周波数が異なります。

・ VDD = 2.7 ~ 5.5 V : fPRS 20 MHz

・ VDD = 1.8 ~ 2.7 V : fPRS 5 MHz

2. 1.8 V < VDD < 2.7 Vで, 周辺ハードウェア・クロック (fPRS) が高速内蔵発振クロック (fRH) で動作している (XSEL = 0) 場合, CKS02 = CKS01 = CKS00 = 0 (カウント・クロック : fPRS) は設定禁止です。

3. 4.0 V < VDD < 5.5 Vの場合のみ設定可能です。

注4. TM50の出力をカウント・クロックとして選択する場合、次の内容に注意してください。

- ・ TM50とCR50の一致でクリア&スタート・モード (TMC506 = 0)
 タイマF/Fの反転動作を許可 (TMC501 = 1) し、事前に8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50の動作を開始してください。
 - ・ PWMモード (TMC506 = 1)
 デューティ50 %のクロックになるように設定し、事前に8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50の動作を開始してください。
- どちらのモードの場合でも、TO50出力を許可 (TOE50 = 1) する必要はありません。

- 注意1. TMHE0 = 1のとき、TMHMD0の他のビットを設定することは禁止です。ただし、リフレッシュ (同値書き込み) することは可能です。
2. PWM出力モードでは、タイマ・カウント動作停止 (TMHE0 = 0) 設定後、タイマ・カウント動作を開始する (TMHE0 = 1) 場合、必ず8ビット・タイマHコンペア・レジスタ10 (CMP10) を設定してください (CMP10への設定値が同値の場合でも、必ず再設定してください)。
 3. 実際のTOH0/P15端子の出力は、TOH0出力のほかにPM15とP15によって決まります。
 4. 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51と8ビット・タイマH0, H1の出力 (TO50, TO51, TOH0, TOH1) は、それぞれ定電流ドライバのPWM3, PWM0, PWM1, PWM2端子と内部で接続されています。定電流ドライバのPWM0-PWM3端子に、同じ周波数のPWM信号を入力する場合、各タイマのカウント・クロックを次のように設定してください。

タイマ	カウント・クロック の選択	PWM周波数	
		f _{PRS} = 4 MHz	f _{PRS} = 8 MHz
TM50	f _{PRS} /2 ⁶	244 Hz	488 Hz
TM51			
TMH0			
TMH1			

- 備考1. f_{PRS} : 周辺ハードウェア・クロック周波数
2. TMC506 : 8ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ50 (TMC50) のビット6
 3. TMC501 : TMC50のビット1

図9-6 8ビット・タイマHモード・レジスタ1 (TMHMD1) のフォーマット

アドレス : FF6CH リセット時 : 00H R/W

略号 [7] 6 5 4 3 2 [1] [0]

TMHMD1	TMHE1	CKS12	CKS11	CKS10	TMMD11	TMMD10	TOLEV1	TOEN1
--------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	-------

TMHE1	タイマ動作許可
0	タイマ・カウント動作停止 (カウンタは0にクリア)
1	タイマ・カウント動作許可 (クロックを入力することでカウント動作開始)

CKS12	CKS11	CKS10	カウント・クロックの選択 ^{注1}				
			fPRS = 4 MHz	fPRS = 8 MHz	fPRS = 10 MHz	fPRS = 20 MHz	
0	0	0	fPRS ^{注2}	4 MHz	8 MHz	10 MHz	20 MHz ^{注3}
0	0	1	fPRS/2 ²	1 MHz	2 MHz	2.5 MHz	5 MHz
0	1	0	fPRS/2 ⁴	250 kHz	500 kHz	625 kHz	1.25 MHz
0	1	1	fPRS/2 ⁶	62.5 kHz	125 kHz	156.25 kHz	312.5 kHz
1	0	0	fPRS/2 ¹²	0.98 kHz	1.95 kHz	2.44 kHz	4.88 kHz
1	0	1	fRL/2 ⁷	1.88 kHz (TYP.)			
1	1	0	fRL/2 ⁹	0.47 kHz (TYP.)			
1	1	1	fRL	240 kHz (TYP.)			

TMMD11	TMMD10	タイマ動作モード
0	0	インターバル・タイマ・モード
0	1	キャリア・ジェネレータ・モード
1	0	PWM出力モード
1	1	設定禁止

TOLEV1	タイマ出力レベル制御 (デフォルト時)
0	ロウ・レベル
1	ハイ・レベル

TOEN1	タイマ出力制御
0	出力禁止
1	出力許可

注1. 周辺ハードウェア・クロック (fPRS) が高速システム・クロック (fXH) で動作している (XSEL = 1) 場合, 電源電圧により, fPRSの動作周波数が異なります。

・ VDD = 2.7 ~ 5.5 V : fPRS 20 MHz

・ VDD = 1.8 ~ 2.7 V : fPRS 5 MHz

2. 1.8 V < VDD < 2.7 Vで, 周辺ハードウェア・クロック (fPRS) が高速内蔵発振クロック (fRH) で動作している (XSEL = 0) 場合, CKS12 = CKS11 = CKS10 = 0 (カウント・クロック : fPRS) は設定禁止です。

3. 4.0 V < VDD < 5.5 Vの場合のみ設定可能です。

- 注意1. TMHE1 = 1のとき, TMHMD1の他のビットを設定することは禁止です。ただし, リフレッシュ (同値書き込み) することは可能です。
2. PWM出力モードおよびキャリア・ジェネレータ・モードでは, タイマ・カウント動作停止 (TMHE1 = 0) 設定後, タイマ・カウント動作を開始する (TMHE1 = 1) 場合, 必ず8ビット・タイマHコンペア・レジスタ11 (CMP11) を設定してください (CMP11への設定値が同値の場合でも, 必ず再設定してください)。
 3. キャリア・ジェネレータ・モードを使用する場合, TMH1のカウント・クロック周波数をTM51のカウント・クロック周波数の6倍以上になるように設定してください。
 4. 実際のTOH1/INTP5/P16端子の出力は, TOH1出力のほかにPM16とP16によって決まります。
 5. 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51と8ビット・タイマH0, H1の出力 (TO50, TO51, TOH0, TOH1) は, それぞれ定電流ドライバのPWM3, PWM0, PWM1, PWM2端子と内部で接続されています。定電流ドライバのPWM0-PWM3端子に, 同じ周波数のPWM信号を入力する場合, 各タイマのカウント・クロックを次のように設定してください。

タイマ	カウント・クロック の選択	PWM周波数	
		f _{PRS} = 4 MHz	f _{PRS} = 8 MHz
TM50	f _{PRS} /2 ⁶	244 Hz	488 Hz
TM51			
TMH0			
TMH1			

- 備考1. f_{PRS} : 周辺ハードウェア・クロック周波数
 2. f_{RL} : 低速内蔵発振クロック周波数

(2) 8ビット・タイマHキャリア・コントロール・レジスタ1 (TMCYC1)

8ビット・タイマH1のリモコン出力およびキャリア・パルス出力の状態を制御するレジスタです。TMCYC1は, 1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。リセット信号の発生により, 00Hになります。

図9-7 8ビット・タイマHキャリア・コントロール・レジスタ1 (TMCYC1) のフォーマット

アドレス : FF6DH リセット時 : 00H R/W^注

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
TMCYC1	0	0	0	0	0	RMC1	NRZB1	NRZ1

RMC1	NRZB1	リモコン出力
0	0	ロウ・レベル出力
0	1	INTTM51信号入力の立ち上がりエッジでハイ・レベル出力
1	0	ロウ・レベル出力
1	1	INTTM51信号入力の立ち上がりエッジでキャリア・パルス出力

NRZ1	キャリア・パルス出力状態フラグ
0	キャリア出力禁止状態 (ロウ・レベル状態)
1	キャリア出力許可状態 (RMC1 = 1 : キャリア・パルス出力, RMC1 = 0 : ハイ・レベル状態)

注 ビット0はRead Onlyです。

注意 TMHE1 = 1のとき, RMC1を書き換えないでください。ただし, TMCYC1にリフレッシュ (同値書き込み) することは可能です。

(3) ポート・モード・レジスタ1 (PM1)

ポート1の入力 / 出力を1ビット単位で設定するレジスタです。

P15/TOH0, P16/TOH1/INTP5端子をタイマ出力として使用するとき, PM15, PM16およびP15, P16の出力ラッチに0を設定してください。

PM1は, 1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により, FFHになります。

図9-8 ポート・モード・レジスタ1 (PM1) のフォーマット

アドレス : FF21H リセット時 : FFH R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PM1	PM17	PM16	PM15	PM14	PM13	PM12	PM11	PM10

PM1n	P1n端子の入出力モードの選択 (n = 0-7)
0	出力モード (出力バッファ・オン)
1	入力モード (出力バッファ・オフ)

9.4 8ビット・タイマH0, H1の動作

9.4.1 インターバル・タイマ/方形波出力としての動作

8ビット・タイマ・カウンタHnとコンペア・レジスタ0n (CMP0n) が一致した場合、割り込み要求信号 (INTTMHn) が発生し、8ビット・タイマ・カウンタHnを00Hにクリアします。

インターバル・タイマ・モードでコンペア・レジスタ1n (CMP1n) は使用しません。CMP1nレジスタを設定しても、8ビット・タイマ・カウンタHnとCMP1nレジスタの一致検出をしないため、タイマ出力に影響しません。

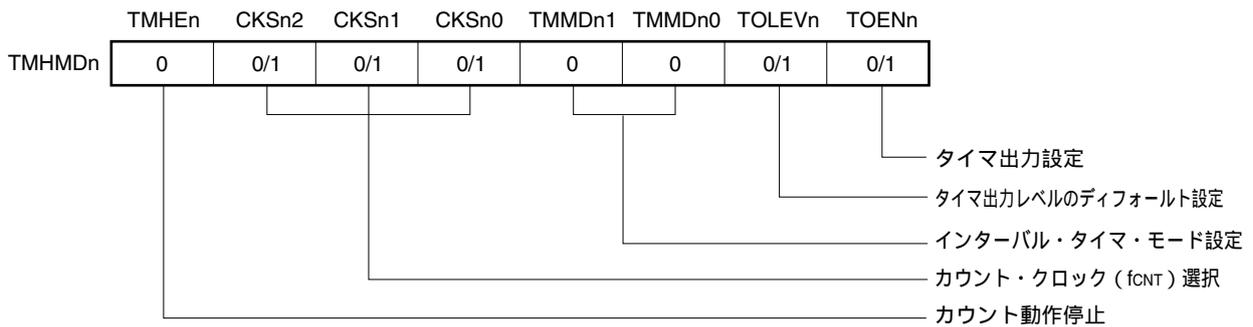
また、タイマHモード・レジスタn (TMHMDn) のビット0 (TOENn) に1を設定することにより、TOHnより任意の周波数の方形波出力 (デューティ= 50 %) が出力されます。

設定方法

各レジスタの設定を行います。

図9-9 インターバル・タイマ/方形波出力動作時のレジスタの設定

(i) タイマHモード・レジスタn (TMHMDn) の設定



(ii) CMP0nレジスタの設定

コンペア値にNを設定した場合、インターバル時間は次のようになります。

$$\cdot \text{インターバル時間} = (N + 1) / f_{CNT}$$

TMHEn = 1によりカウント動作を開始します。

8ビット・タイマ・カウンタHnとCMP0nレジスタの値が一致すると、INTTMHn信号が発生し、8ビット・タイマ・カウンタHnは00Hにクリアされます。

以後、同一間隔でINTTMHn信号が発生します。カウント動作を停止するときは、TMHEn = 0にします。

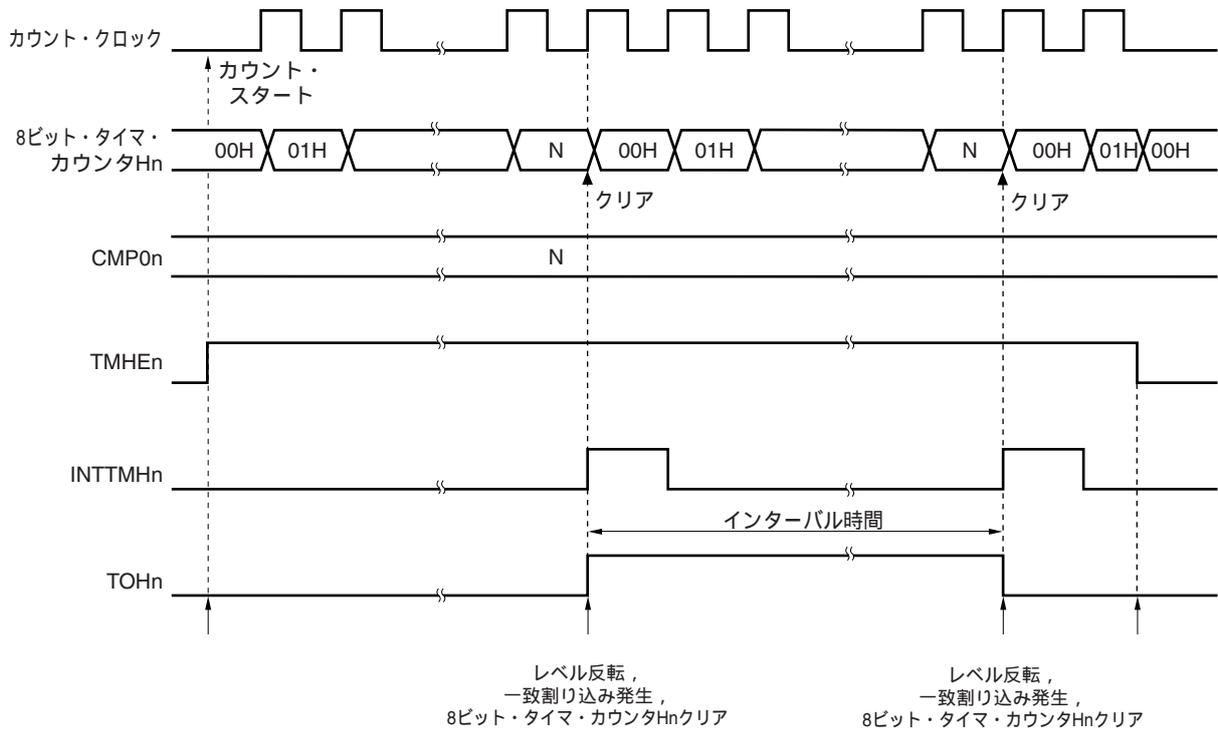
備考1. 出力端子の設定については9.3 (3) **ポート・モード・レジスタ1 (PM1)** を参照してください。

2. INTTMHn信号の割り込み許可については、**第16章 割り込み機能**を参照してください。

3. n = 0, 1

図9-10 インターバル・タイマ/方形波出力動作のタイミング (1/2)

(a) 基本動作 (01H CMP0n FEH時の動作)



TMHEnビットを0から1にすることにより、カウント動作許可状態になります。カウント・クロックは、動作許可後、最大1クロック遅れてスタートします。

8ビット・タイマ・カウンタHnの値とCMP0nレジスタの値が一致すると、8ビット・タイマ・カウンタHnの値をクリアし、TOHn出力のレベルが反転します。またカウント・クロックの立ち上がりタイミングでINTTMHn信号を出力します。

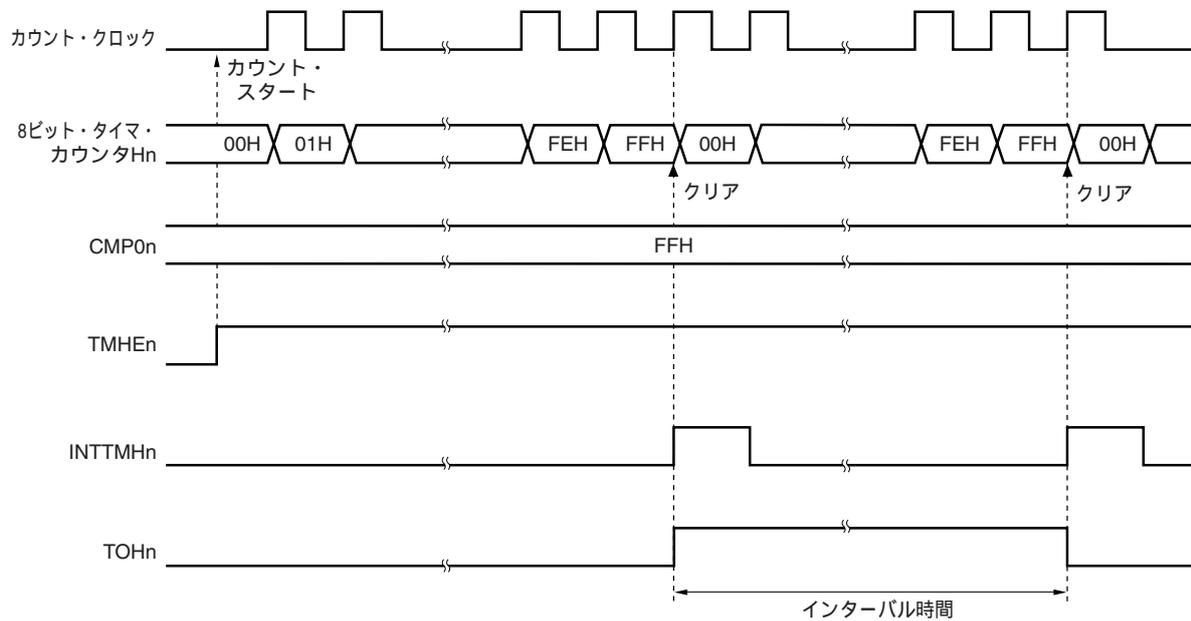
タイマH動作中にTMHEnビットを0にすると、INTTMHn信号およびTOHn出力はデフォルト状態になります。TMHEnビットを0にする前から、デフォルトと同じ状態の場合はレベルを保持します。

備考 n = 0, 1

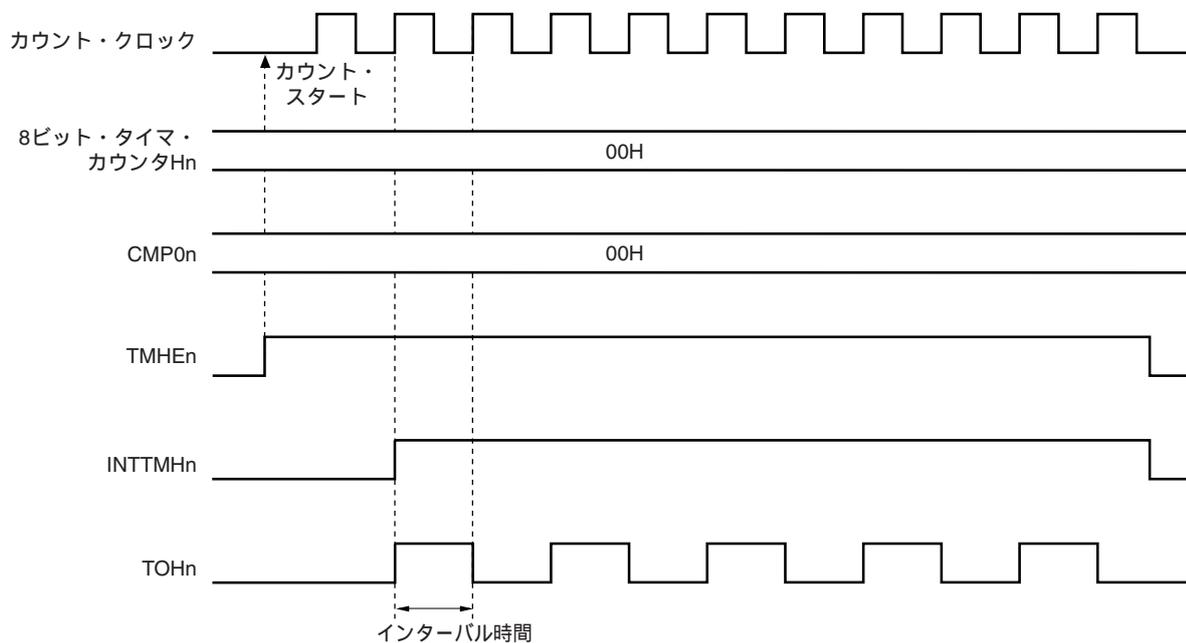
01H N FEH

図9-10 インターバル・タイマ/方形波出力動作のタイミング (2/2)

(b) CMP0n = FFH時の動作



(c) CMP0n = 00H時の動作



備考 n = 0, 1

9.4.2 PWM出力としての動作

PWM出力モードでは、任意のデューティおよび周期が可能なパルスを出力できます。

8ビット・タイマ・コンペア・レジスタ0n (CMP0n) はタイマ出力 (TOHn) の周期を制御します。タイマ動作中のCMP0nレジスタに対する書き換えは禁止です。

8ビット・タイマ・コンペア・レジスタ1n (CMP1n) はタイマ出力 (TOHn) のデューティを制御するレジスタです。タイマ動作中のCMP1nレジスタに対する書き換えが可能です。

PWM出力モードでの動作は次のようになります。

タイマ・カウント・スタート後、8ビット・タイマ・カウンタHnとCMP0nレジスタが一致すると、PWM出力 (TOHn出力) はアクティブ・レベルを出力し、8ビット・タイマ・カウンタHnは0にクリアされます。また8ビット・タイマ・カウンタHnとCMP1nレジスタが一致すると、PWM出力 (TOHn出力) はインアクティブ・レベルを出力します。

注意 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51と8ビット・タイマH0, H1の出力 (TO50, TO51, TOH0, TOH1) は、それぞれ定電流ドライバのPWM3, PWM0, PWM1, PWM2端子と内部で接続されています。定電流ドライバのPWM0-PWM3端子に、同じ周波数のPWM信号を入力する場合、各タイマのカウント・クロックを次のように設定してください。

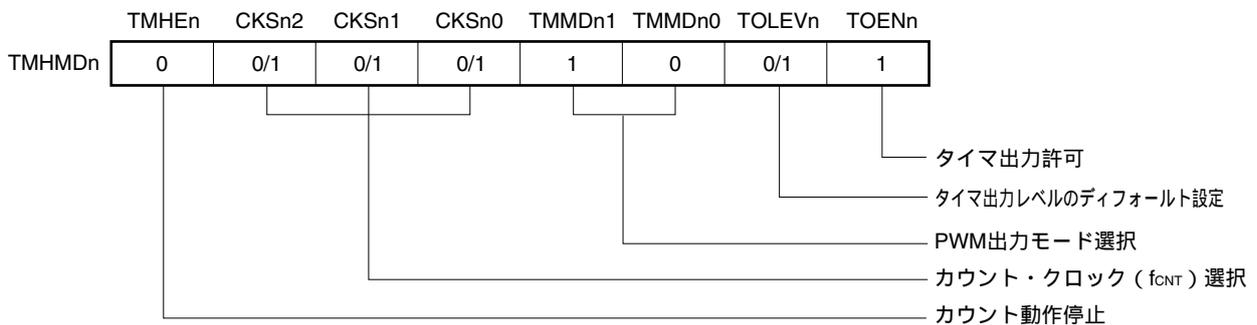
タイマ	カウント・クロック の選択	PWM周波数	
		f _{PRS} = 4 MHz	f _{PRS} = 8 MHz
TM50	f _{PRS} /2 ^b	244 Hz	488 Hz
TM51			
TMH0			
TMH1			

設定方法

各レジスタの設定を行います。

図9 - 11 PWM出力モード時のレジスタの設定

(i) タイマHモード・レジスタn (TMHMDn) の設定



(ii) CMP0nレジスタの設定

- ・コンペア値 (N) : 周期の設定

(iii) CMP1nレジスタの設定

- ・コンペア値 (M) : デューティの設定

備考1 . n = 0, 1

$$2.00H \text{ CMP1n (M) < CMP0n (N) FFH}$$

TMHEn = 1によりカウント動作を開始します。

カウント動作を許可したあと、最初の比較対象コンペア・レジスタはCMP0nレジスタです。8ビット・タイマ・カウンタHnとCMP0nレジスタの値が一致すると、8ビット・タイマ・カウンタHnはクリアされ、割り込み要求信号 (INTTMHn) が発生し、アクティブ・レベルを出力します。同時に、8ビット・タイマ・カウンタHnとの比較対象コンペア・レジスタをCMP0nレジスタからCMP1nレジスタへ切り替えます。

8ビット・タイマ・カウンタHnとCMP1nレジスタが一致すると、インアクティブ・レベルを出力します。同時に、8ビット・タイマ・カウンタHnとの比較対象コンペア・レジスタをCMP1nレジスタからCMP0nレジスタへ切り替えます。このとき8ビット・タイマ・カウンタHnはクリアされず、INTTMHn信号も発生しません。

以上 と を繰り返し、任意のデューティのパルスを得ることができます。

カウント動作を停止するときは、TMHEn = 0にします。

CMP0nレジスタの設定値を (N)、CMP1nレジスタを (M)、カウント・クロックの周波数を f_{CNT} とすると、PWMパルス出力周期およびデューティは次のとおりになります。

$$\cdot \text{PWMパルス出力周期} = (N + 1) / f_{CNT}$$

$$\cdot \text{デューティ} = (M + 1) / (N + 1)$$

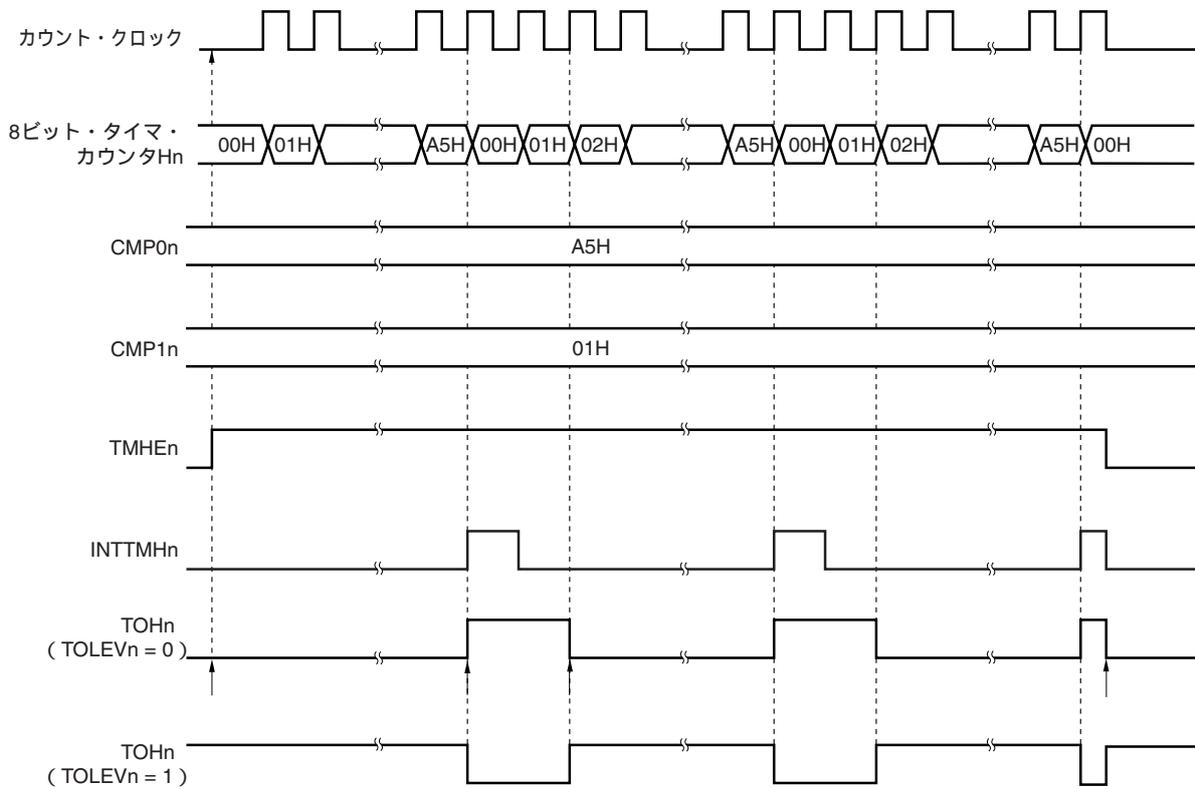
- 注意1.** タイマ・カウント動作中に、CMP1nレジスタの設定値を変更することができます。ただし、CMP1nレジスタの値を変更してからレジスタに値が転送されるまでに、動作クロック (TMHMDnレジスタのCKSn2-CKSn0ビットで選択された信号)の3クロック分以上かかります。
2. タイマ・カウント動作停止 (TMHEn = 0) 設定後、タイマ・カウント動作を開始する (TMHEn = 1) 場合、必ずCMP1nレジスタを設定してください (CMP1nレジスタへの設定値が同値の場合でも、必ず再設定してください)。
 3. CMP1nレジスタの設定値 (M)、CMP0nレジスタの設定値 (N) は、必ず次の範囲内にしてください。

$$00H \leq \text{CMP1n (M)} < \text{CMP0n (N)} \leq FFH$$

- 備考1.** 出力端子の設定については9.3(3) ポート・モード・レジスタ1 (PM1) を参照してください。
2. INTTMHn信号の割り込み許可については、第16章 割り込み機能を参照してください。
 3. n = 0, 1

図9 - 12 PWM出力動作のタイミング (1/4)

(a) 基本動作



TMHEn = 1により、カウント動作許可状態になります。カウント・クロックを1クロック分マスクし、8ビット・タイマ・カウンタHnをスタートさせ、カウント・アップします。そのときPWM出力はインアクティブ・レベルを出力します。

8ビット・タイマ・カウンタHnの値がCMP0nレジスタの値と一致すると、アクティブ・レベルを出力します。そのとき、8ビット・タイマ・カウンタHnをクリアし、INTTMHn信号を出力します。

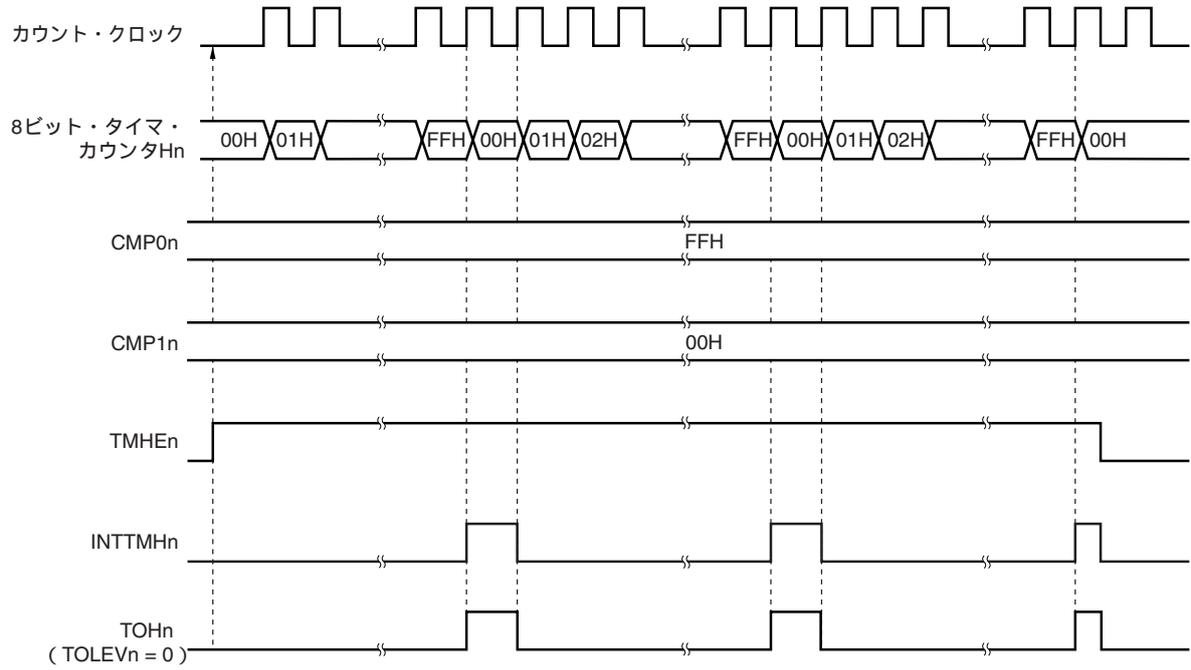
8ビット・タイマ・カウンタHnの値がCMP1nレジスタの値と一致すると、インアクティブ・レベルを出力します。そのとき、8ビット・カウンタの値はクリアされず、INTTMHn信号は出力しません。

タイマHn動作中にTMHEnビットを0にすることで、INTTMHn信号がデフォルトに、PWM出力はインアクティブ・レベルになります。

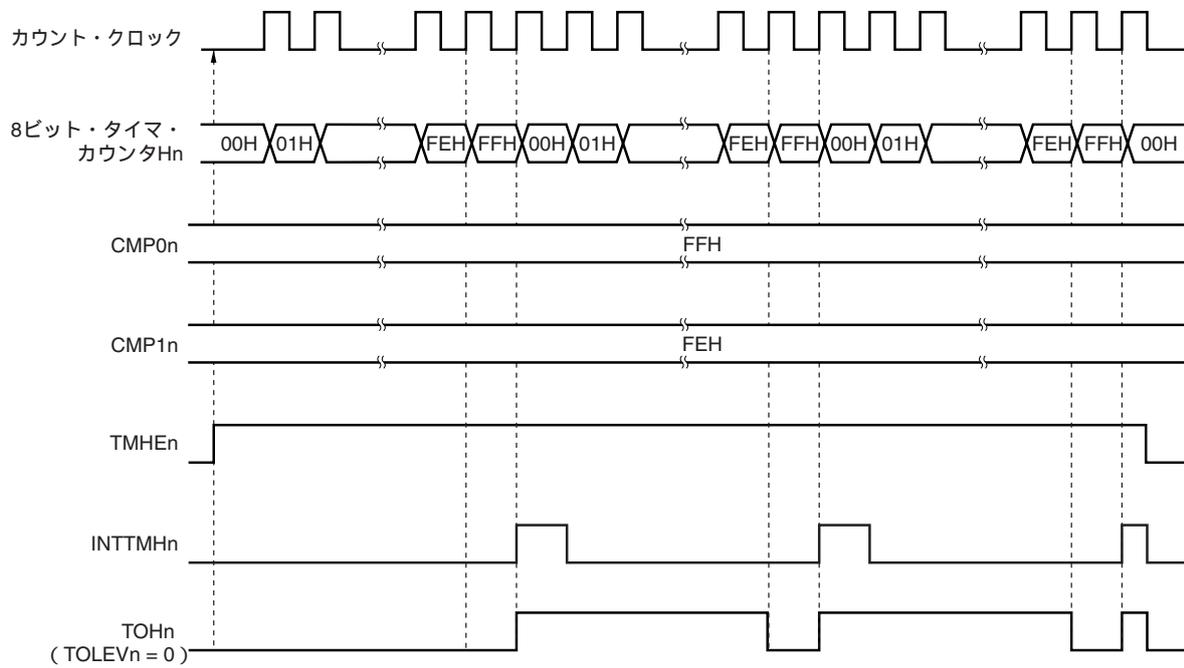
備考 n = 0, 1

図9 - 12 PWM出力動作のタイミング (2/4)

(b) CMP0n = FFH, CMP1n = 00H時の動作



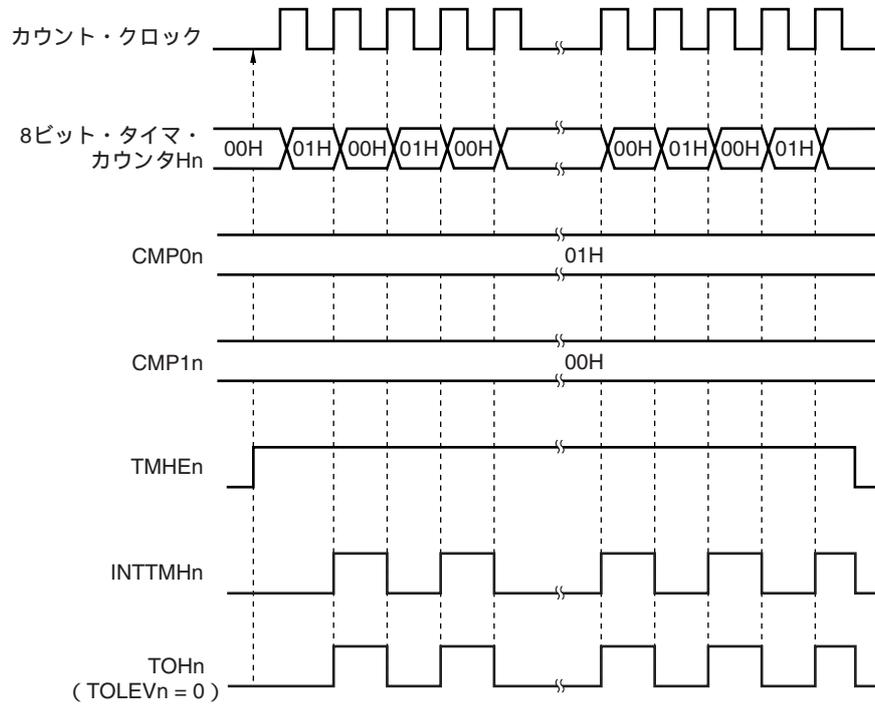
(c) CMP0n = FFH, CMP1n = FEH時の動作



備考 n = 0, 1

図9 - 12 PWM出力動作のタイミング (3/4)

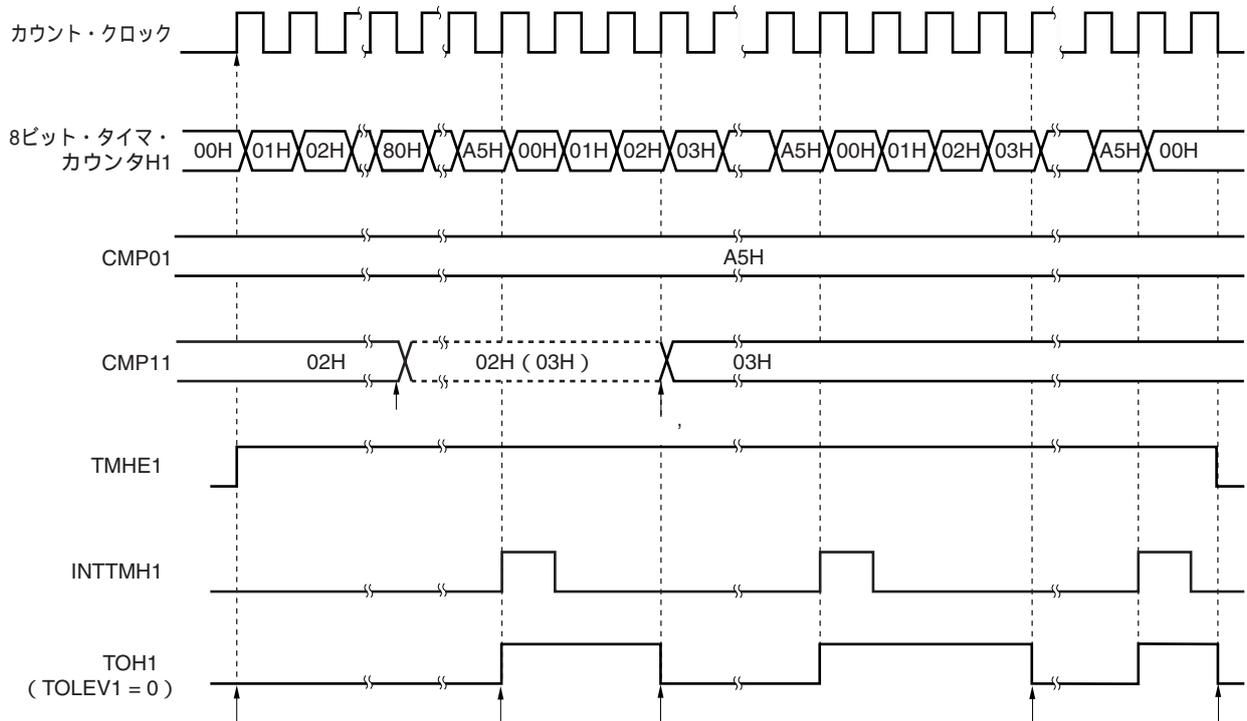
(d) CMP0n = 01H, CMP1n = 00H時の動作



備考 n = 0, 1

図9 - 12 PWM出力動作のタイミング (4/4)

(e) CMP1n変更による動作 (CMP1n = 02H 03H, CMP0n = A5H)



TMHE_n = 1により、カウント動作許可状態になります。カウント・クロックを1クロック分マスクし、8ビット・カウンタをスタートさせ、カウント・アップします。そのとき、PWM出力はインアクティブ・レベルを出力します。

タイマ・カウンタ動作中にCMP1_nレジスタの設定値を変更することが可能です。この動作はカウント・クロックとは非同期です。

8ビット・タイマ・カウンタH_nの値がCMP0_nレジスタの値と一致すると、8ビット・タイマ・カウンタH_nはクリアされ、アクティブ・レベルを出力し、INTTMH_n信号が発生します。

CMP1_nレジスタの値を変更しても、その値はラッチされ、レジスタには転送されません。8ビット・タイマ・カウンタH_nとCMP1_nレジスタの変更前の値が一致すると、CMP1_nレジスタに転送されCMP1_nレジスタの値が変更されます（'）。

ただし、CMP1_nレジスタの値を変更してからレジスタに転送されるまでに、3カウント・クロック以上かかります。3カウント・クロックまでに一致信号が発生しても、変更値のレジスタへの転送はできません。

8ビット・タイマ・カウンタH_nの値が変更後のCMP1_nレジスタの値と一致すると、インアクティブ・レベルを出力します。8ビット・タイマ・カウンタH_nはクリアされず、INTTMH_n信号も発生しません。

タイマH_n動作中にTMHE_nビットを0にすることで、INTTMH_n信号がデフォルトに、PWM出力はインアクティブ・レベルになります。

備考 n = 0, 1

9.4.3 キャリア・ジェネレータとしての動作（8ビット・タイマH1のみ）

キャリア・ジェネレータ・モードでは、8ビット・タイマH1を赤外線リモコンのキャリア信号生成用に使用し、8ビット・タイマ/イベント・カウンタ51を赤外線リモコン信号の生成（時間カウント）に使用します。

8ビット・タイマH1で生成されるキャリア・クロックは、8ビット・タイマ/イベント・カウンタ51で設定した周期で出力されます。

キャリア・ジェネレータ・モードでは、8ビット・タイマ/イベント・カウンタ51で8ビット・タイマH1のキャリア・パルスをどの程度出力するか制御し、TOH1出力からキャリア・パルスを出します。

（1）キャリアの生成

キャリア・ジェネレータ・モードのとき、8ビット・タイマHコンペア・レジスタ01（CMP01）はキャリア・パルスのロウ・レベル幅の波形を生成し、8ビット・タイマHコンペア・レジスタ11（CMP11）はキャリア・パルスのハイ・レベル幅の波形を生成します。

8ビット・タイマH1動作中に、CMP11レジスタを書き換えることはできますが、CMP01レジスタを書き換えることは禁止です。

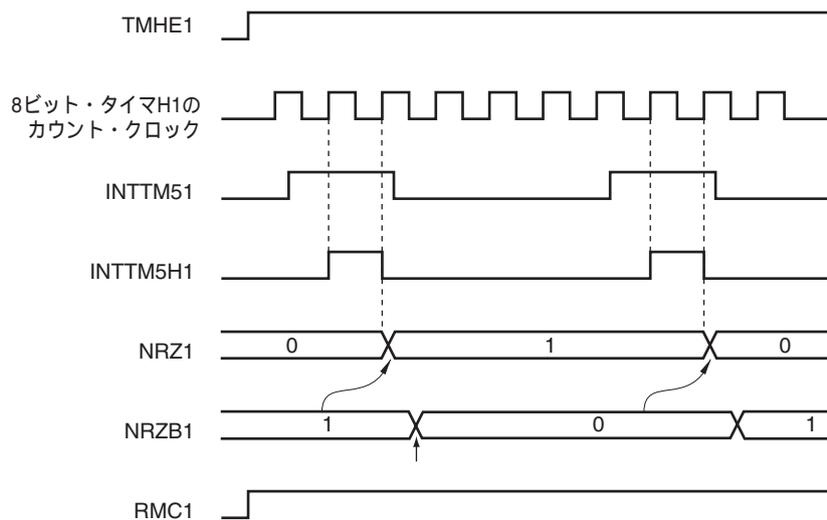
（2）キャリアの出力制御

キャリアの出力制御は8ビット・タイマ/イベント・カウンタ51の割り込み要求信号（INTTM51）と8ビット・タイマHキャリア・コントロール・レジスタ（TMCYC1）のNRZB1ビット、RMC1ビットにより行われます。出力の関係を次に示します。

RMC1ビット	NRZB1ビット	出力
0	0	ロウ・レベル出力
0	1	INTTM51信号入力の立ち上がりエッジでハイ・レベル出力
1	0	ロウ・レベル出力
1	1	INTTM51信号入力の立ち上がりエッジでキャリア・パルス出力

キャリア・パルス出力をカウント動作中に制御するために、TMCYC1レジスタのNRZ1ビットとNRZB1ビットは、マスタとスレーブのビット構成になっています。NRZ1ビットはリードのみですが、NRZB1ビットはリード/ライト可能です。INTTM51信号は8ビット・タイマH1のカウント・クロックで同期化され、INTTM5H1信号として出力されます。INTTM5H1信号がNRZ1ビットのデータ転送信号となり、NRZB1ビットの値がNRZ1ビットへ転送されます。NRZB1ビットからNRZ1ビットへの転送タイミングは、次のとおりです。

図9 - 13 転送タイミング



INTTM51信号は8ビット・タイマH1のカウント・クロックで同期化され、INTTM5H1信号として出力されます。

INTTM5H1信号の立ち上がりから2クロック目で、NRZB1ビットの値がNRZ1ビットに転送されます。

INTTM5H1割り込みにより起動された割り込み処理プログラミングの中で、または割り込み要求フラグをポーリングしてタイミングを確認後に、NRZB1ビットに次の値を書き込みます。またCR51レジスタに次の時間をカウントするためのデータを書き込みます。

- 注意1.** NRZB1ビットの値を書き換えてから2クロック目までに、再びNRZB1ビットの値を書き換えしないでください。書き換えた場合のNRZB1ビットからNRZ1ビットへの転送動作の保証はできません。
- 2.** 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ51をキャリア・ジェネレータ・モードで使用する場合、のタイミングで割り込みが発生します。8ビット・タイマ/イベント・カウンタ51をキャリア・ジェネレータ・モード以外で使用する場合は、割り込み発生タイミングが異なります。

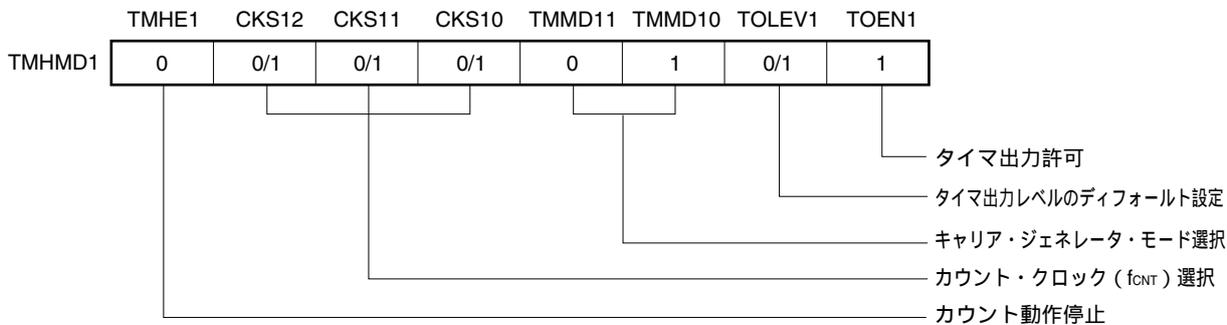
備考 INTTM5H1は内部信号で、割り込み要因ではありません。

設定方法

各レジスタの設定を行います。

図9 - 14 キャリア・ジェネレータ・モード時のレジスタの設定

(i) 8ビット・タイマHモード・レジスタ1 (TMHMD1) の設定



(ii) CMP01レジスタの設定

- ・コンペア値

(iii) CMP11レジスタの設定

- ・コンペア値

(iv) TMCYC1レジスタの設定

- ・RMC1 = 1 ... リモコン出力許可ビット
- ・NRZB1 = 0/1 ... キャリア出力許可ビット

(v) TCL51, TMC51レジスタの設定

- ・ 8.3 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51を制御するレジスタ参照

TMHE1 = 1を設定すると、8ビット・タイマH1のカウント動作を開始します。

8ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ51 (TMC51) のTCE51 = 1を設定すると、8ビット・タイマ/イベント・カウンタ51のカウント動作を開始します。

カウント動作を許可したあと、最初の比較対象コンペア・レジスタはCMP01レジスタです。8ビット・タイマ・カウンタH1のカウント値とCMP01レジスタの値が一致すると、INTTMH1信号が発生し、8ビット・タイマ・カウンタH1はクリアされます。同時に、8ビット・タイマ・カウンタH1との比較対象コンペア・レジスタはCMP01レジスタからCMP11レジスタへ切り替わります。

8ビット・タイマ・カウンタH1のカウント値とCMP11レジスタが一致すると、INTTMH1信号が発生し、8ビット・タイマ・カウンタH1はクリアされます。同時に、8ビット・タイマ・カウンタH1との比較対象コンペア・レジスタはCMP11レジスタからCMP01レジスタへ切り替わります。

以上 と の繰り返しによって、キャリア・クロックが生成されます。

INTTM51信号が8ビット・タイマH1のカウンタ・クロックで同期化され、INTTM5H1信号として出力されます。その信号がNRZB1ビットのデータ転送信号となり、NRZB1ビットの値がNRZ1ビットへ転送されません。

INTTM5H1割り込みにより起動された割り込み処理プログラミングの中で、または割り込み要求フラグをポーリングしてタイミングを確認後に、NRZB1ビットに次の値を書き込みます。またCR51レジスタに次の時間をカウンタするためのデータを書き込みます。

NRZ1ビットがハイ・レベルのとき、TOH1出力よりキャリア・クロックを出力します。

以上を繰り返し、任意のキャリア・クロックを得ることができます。カウンタ動作を停止するときはTMHE1 = 0にします。

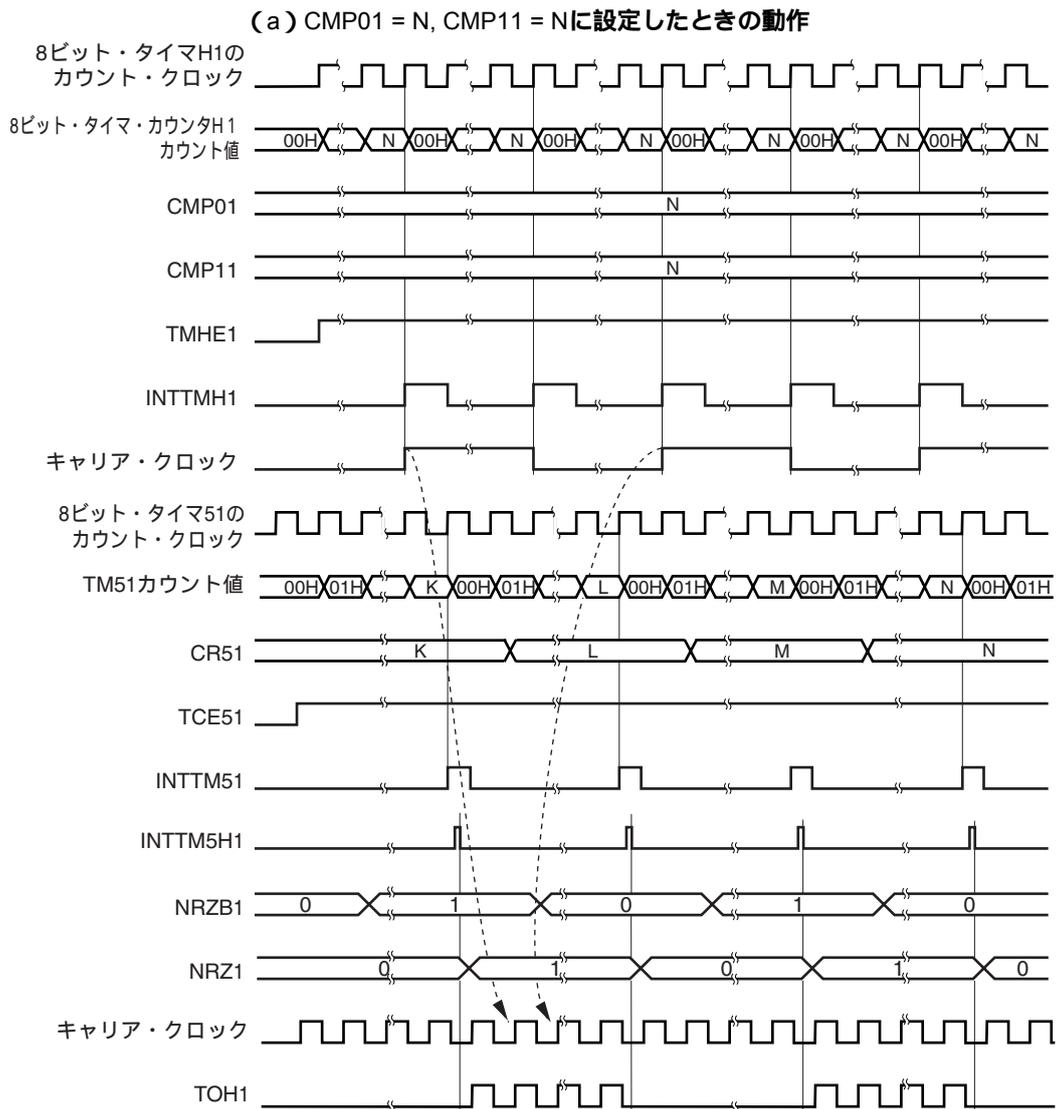
CMP01レジスタの設定値を(N)、CMP11レジスタの設定値を(M)、カウンタ・クロックの周波数を f_{CNT} とすると、キャリア・クロック出力周期およびデューティは次のとおりになります。

- ・キャリア・クロック出力周期 = $(N + M + 2) / f_{CNT}$
- ・デューティ = ハイ・レベル幅 / キャリア・クロック出力幅 = $(M + 1) / (N + M + 2)$

- 注意1.** タイマ・カウンタ動作停止(TMHE1 = 0)設定後、タイマ・カウンタ動作を開始する(TMHE1 = 1)場合、必ずCMP11レジスタを設定してください(CMP11レジスタへの設定値が同値の場合でも、必ず再設定してください)。
2. TMH1のカウンタ・クロック周波数をTM51のカウンタ・クロック周波数の6倍以上になるように設定してください。
 3. CMP01, CMP11レジスタの値は、01H-FFHの範囲で設定してください。
 4. タイマ・カウンタ動作中に、CMP11レジスタの設定値を変更することができます。ただし、CMP11の値を変更してからレジスタに値が転送されるまでに、動作クロック(TMHMD1レジスタのCKS12-CKS10ビットで選択された信号)の3クロック分以上かかります。
 5. RMC1ビットの設定はカウンタ動作開始前に必ず設定してください。

- 備考1.** 出力端子の設定については9.3(3) ポート・モード・レジスタ1(PM1)を参照してください。
2. INTTMH1信号の割り込み許可については、第16章 割り込み機能を参照してください。

図9 - 15 キャリア・ジェネレータ・モード動作のタイミング (1/3)



TMHE1 = 0およびTCE51 = 0のとき、8ビット・タイマ・カウンタH1の動作は停止状態です。

TMHE1 = 1を設定すると、8ビット・タイマ・カウンタH1はカウント動作を開始します。そのときキャリア・クロックはデフォルトを保持します。

8ビット・タイマ・カウンタH1のカウント値がCMP01レジスタの値と一致したときに、最初のINTTMH1信号を発生し、キャリア・クロック信号を反転し、8ビット・タイマ・カウンタH1との比較対象コンペア・レジスタはCMP01レジスタからCMP11レジスタに切り替わります。8ビット・タイマ・カウンタH1は00Hにクリアされます。

8ビット・タイマ・カウンタH1のカウント値がCMP11レジスタと一致したときに、INTTMH1信号を発生し、キャリア・クロック信号を反転し、8ビット・タイマ・カウンタH1との比較対象コンペア・レジスタはCMP11レジスタからCMP01レジスタに切り替わります。8ビット・タイマ・カウンタH1は00Hにクリアされます。

とを繰り返し、デューティ50%固定のキャリア・クロックを生成します。

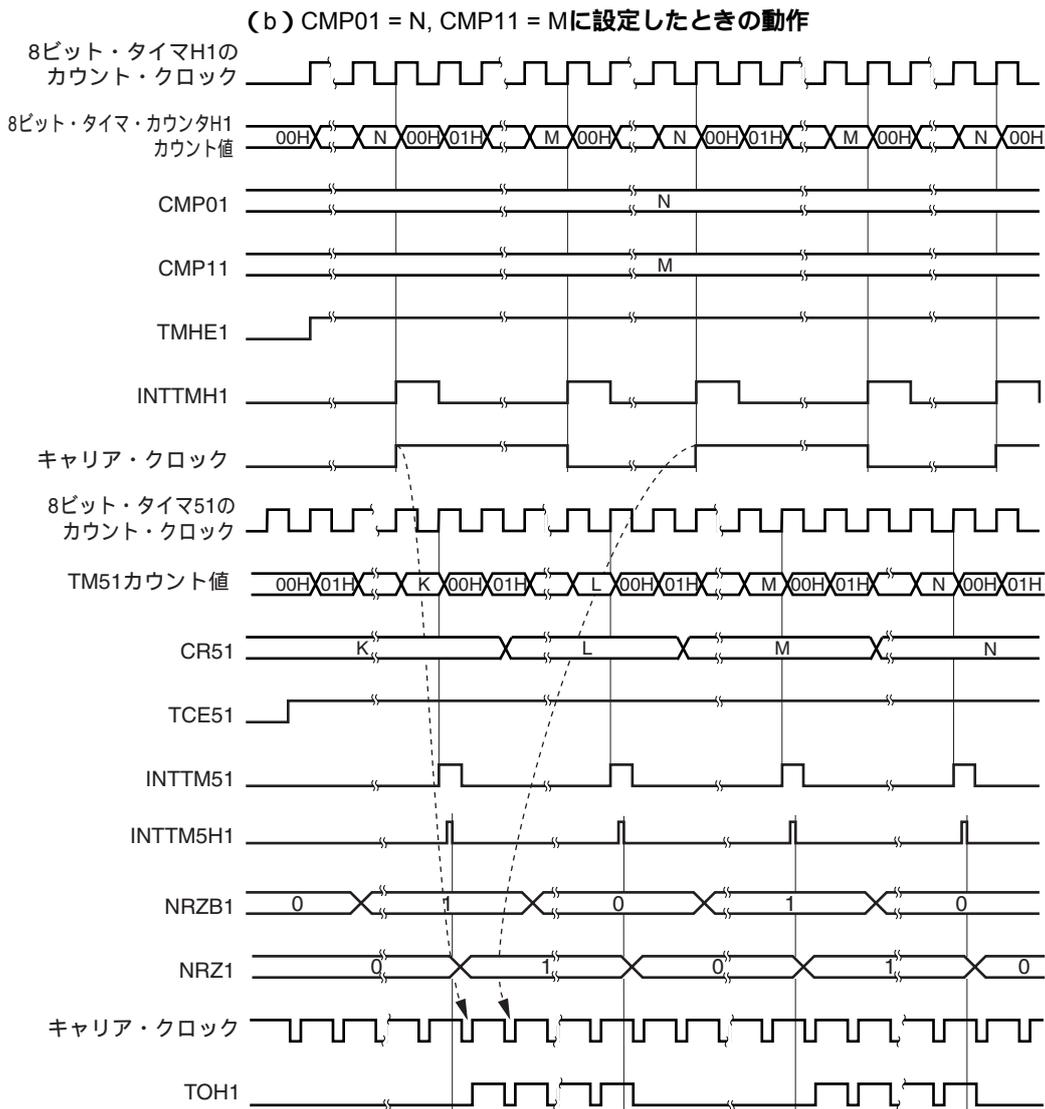
INTTM51信号が発生すると、その信号は8ビット・タイマH1のカウント・クロックで同期化され、INTTM5H1信号として出力されます。

INTTM5H1信号がNRZB1ビットのデータ転送信号となり、NRZB1ビットの値がNRZ1ビットへ転送されます。

NRZ1 = 0により、TOH1出力はロウ・レベルになります。

備考 INTTM5H1は内部信号で、割り込み要因ではありません。

図9 - 15 キャリア・ジェネレータ・モード動作のタイミング (2/3)



TMHE1 = 0およびTCE51 = 0のとき、8ビット・タイマ・カウンタH1の動作は停止状態です。

TMHE1 = 1を設定すると、8ビット・タイマ・カウンタH1はカウント動作を開始します。そのときキャリア・クロックはデフォルトを保持します。

8ビット・タイマ・カウンタH1のカウント値がCMP01レジスタと一致したときに、最初のINTTMH1信号を発生し、キャリア・クロック信号を反転し、8ビット・タイマ・カウンタH1との比較対象コンペア・レジスタはCMP01レジスタからCMP11レジスタに切り替わります。8ビット・タイマ・カウンタH1は00Hにクリアされます。

8ビット・タイマ・カウンタH1のカウント値がCMP11レジスタと一致したときに、INTTMH1信号を発生し、キャリア・クロック信号を反転し、8ビット・タイマ・カウンタH1との比較対象コンペア・レジスタはCMP11レジスタからCMP01レジスタに切り替わります。8ビット・タイマ・カウンタH1は00Hにクリアされます。

とを繰り返し、デューティ固定 (50 %以外) のキャリア・クロックを生成します。

INTTM51信号を発生します。その信号は8ビット・タイマH1のカウンタ・クロックで同期化され、INTTM5H1信号として出力されます。

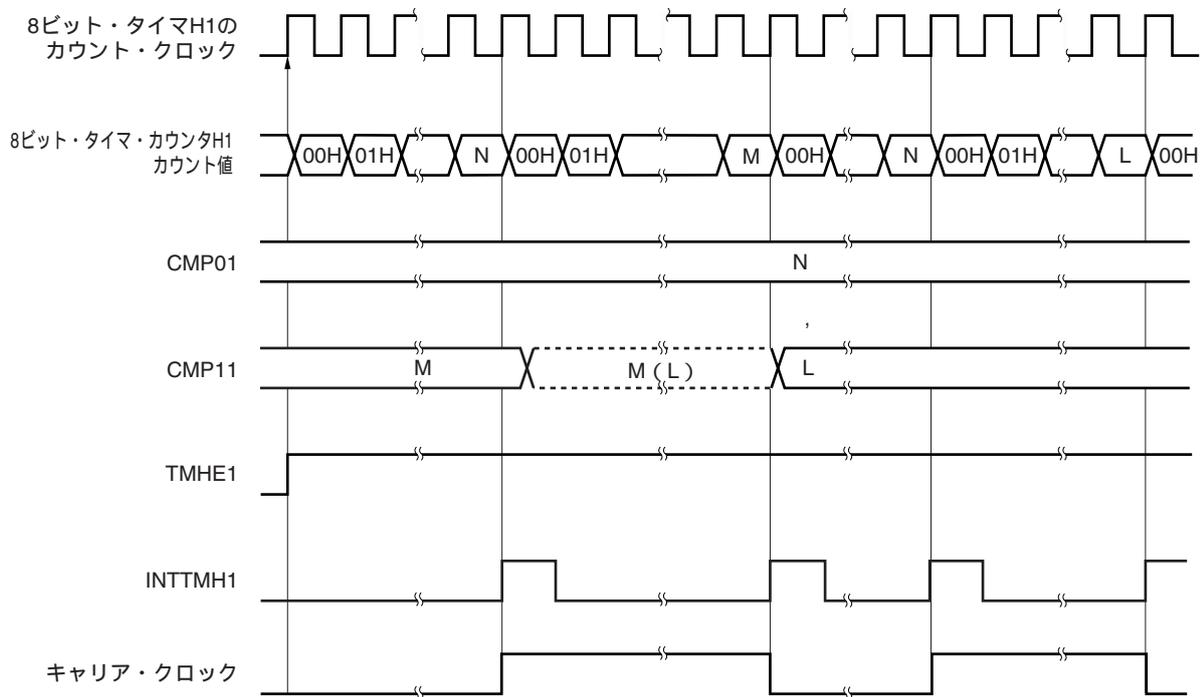
NRZ1 = 1により、最初のキャリア・クロックの立ち上がりから、キャリアを出力します。

NRZ1 = 0により、キャリア・クロックのハイ・レベル期間は、TOH1出力もハイ・レベルを保持しロウ・レベルに変化しません (、よりキャリア波形のハイ・レベル幅が保証できます)。

備考 INTTM5H1は内部信号で、割り込み要因ではありません。

図9 - 15 キャリア・ジェネレータ・モード動作のタイミング (3/3)

(c) CMP11変更による動作



TMHE1 = 1を設定すると、カウント動作を開始します。そのときキャリア・クロックはデフォルトを保持します。

8ビット・タイマ・カウンタH1のカウント値がCMP01レジスタと一致すると、INTTMH1信号を出力し、キャリア信号を反転させ、8ビット・タイマ・カウンタH1を00Hにクリアします。同時に8ビット・タイマ・カウンタH1との比較対象コンペア・レジスタは、CMP01レジスタからCMP11レジスタへ切り替わります。

CMP11レジスタはカウント・クロックとは非同期で、8ビット・タイマH1動作中に値を書き換えることができますが、変更した値(L)はラッチされます。8ビット・タイマ・カウンタH1のカウント値とCMP11レジスタの変更前の値(M)が一致したタイミングで、CMP11レジスタが変更されます()。

ただし、CMP11レジスタの値を変更してからレジスタに転送されるまでに、3カウント・クロック以上かかります。3カウント・クロックまでに一致信号が発生しても、変更値のレジスタへの転送はできません。

8ビット・タイマ・カウンタH1のカウント値と変更前のCMP11レジスタの値(M)が一致すると、INTTMH1信号を出力し、キャリア信号を反転させ、8ビット・タイマ・カウンタH1を00Hにクリアします。同時に8ビット・タイマ・カウンタH1との比較対象コンペア・レジスタは、CMP11レジスタからCMP01レジスタへ切り替わります。

再度8ビット・タイマ・カウンタH1のカウント値とCMP11レジスタが一致するタイミングは変更後の値(L)です。

第10章 ウォッチドッグ・タイマ

10.1 ウォッチドッグ・タイマの機能

ウォッチドッグ・タイマは低速内蔵発振クロックで動作します。

ウォッチドッグ・タイマはプログラムの暴走を検出するために使用します。暴走検出時、内部リセット信号を発生します。

次の場合、プログラムの暴走と判断します。

- ・ウォッチドッグ・タイマ・カウンタがオーバフローした場合
- ・ウォッチドッグ・タイマ・イネーブル・レジスタ (WDTE) に1ビット操作命令を使用した場合
- ・WDTEに“ACH”以外のデータを書き込んだ場合
- ・ウインドウ・クローズ期間中にWDTEにデータを書き込んだ場合
- ・命令のフェッチにて、IMSレジスタで設定していない領域からフェッチした場合 (CPU暴走時の無効チェック検出)
- ・CPUのリード/ライト命令にて、IMSレジスタで設定していない領域 (ただしFB00H-FFCFH, FFE0H-FFFFHは除く) にアクセスした場合 (CPU暴走時の異常アクセス検出)

ウォッチドッグ・タイマによるリセットが発生した場合、リセット・コントロール・フラグ・レジスタ (RESF) のビット4 (WDTRF) がセット (1) されます。RESFの詳細については第18章 **リセット機能**を参照してください。

10.2 ウォッチドッグ・タイマの構成

ウォッチドッグ・タイマは、次のハードウェアで構成されています。

表10-1 ウォッチドッグ・タイマの構成

項目	構成
制御レジスタ	ウォッチドッグ・タイマ・イネーブル・レジスタ (WDTE)

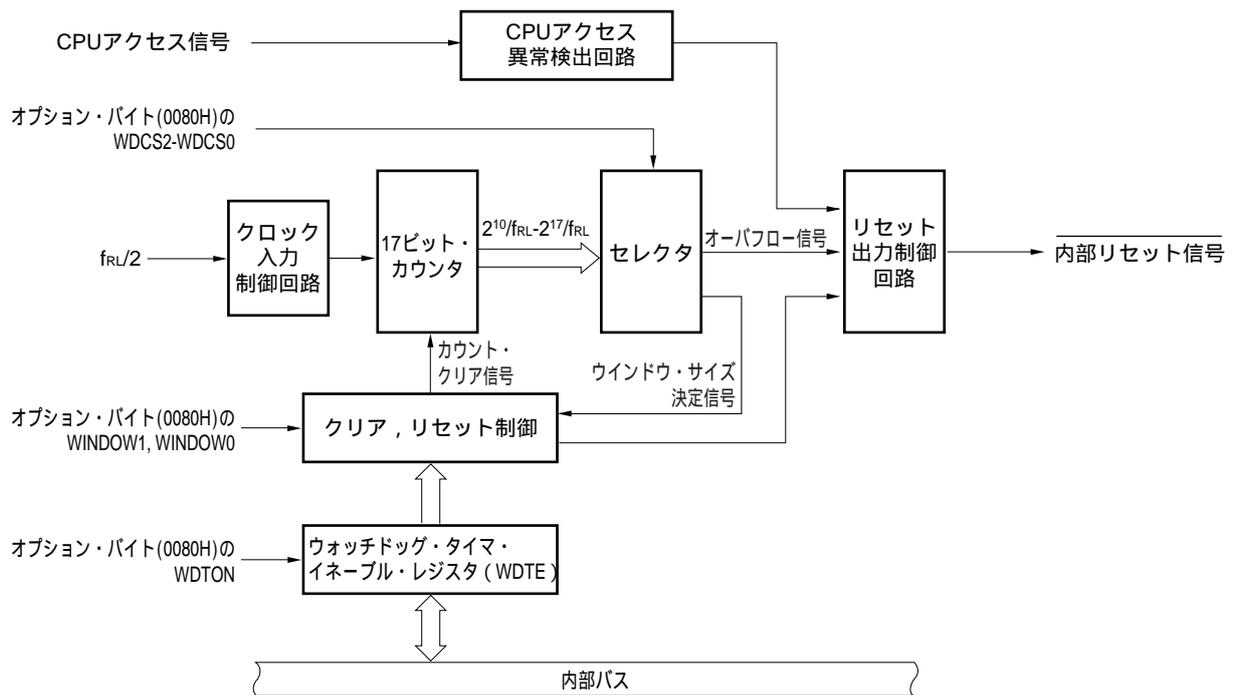
また、オプション・バイトで、カウンタの動作制御、オーバフロー時間の設定、ウインドウ・オープン期間の設定を行います。

表10-2 オプション・バイトとウォッチドッグの設定内容

ウォッチドッグ・タイマの設定内容	オプション・バイト (0080H)
ウインドウ・オープン期間設定	ビット6, 5 (WINDOW1, WINDOW0)
ウォッチドッグ・タイマのカウンタ動作制御	ビット4 (WDTON)
ウォッチドッグ・タイマのオーバフロー時間設定	ビット3-1 (WDCS2- WDCS0)

備考 オプション・バイトについては、第21章 **オプション・バイト**を参照してください。

図10 - 1 ウォッチドッグ・タイマのブロック図



10.3 ウォッチドッグ・タイマを制御するレジスタ

ウォッチドッグ・タイマは、ウォッチドッグ・タイマ・イネーブル・レジスタ (WDTE) で制御します。

(1) ウォッチドッグ・タイマ・イネーブル・レジスタ (WDTE)

WDTEに“ACH”を書き込むことにより、ウォッチドッグ・タイマのカウンタをクリアし、再びカウント開始します。

WDTEは8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、9AHまたは1AH^注になります。

図10-2 ウォッチドッグ・タイマ・イネーブル・レジスタ (WDTE) のフォーマット

アドレス : FF99H リセット時 : 9AH / 1AH^注 R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
WDTE								

注 WDTEのリセット値は、オプション・バイト (0080H) のWDTONの設定値によって、異なります。ウォッチドッグ・タイマを動作する場合は、WDTONに1を設定してください。

WDTONの設定値	WDTEのリセット値
0(ウォッチドッグ・タイマのカウント動作禁止)	1AH
1(ウォッチドッグ・タイマのカウント動作許可)	9AH

- 注意1 . WDTEに“ACH”以外の値を書き込んだ場合、内部リセット信号を発生します。ただし、ウォッチドッグ・タイマのソース・クロックが停止している場合は、ウォッチドッグ・タイマのソース・クロックが再び動作開始した時点で、内部リセット信号を発生します。
- 2 . WDTEに1ビット・メモリ操作命令を実行した場合、内部リセット信号を発生します。ただし、ウォッチドッグ・タイマのソース・クロックが停止している場合は、ウォッチドッグ・タイマのソース・クロックが再び動作開始した時点で、内部リセット信号を発生します。
- 3 . WDTEのリード値は、“9AH / 1AH” (書き込んだ値 (“ACH”)とは異なる値) になります。

10.4 ウォッチドッグ・タイマの動作

10.4.1 ウォッチドッグ・タイマの動作制御

1. ウォッチドッグ・タイマを使用する場合、オプション・バイト（0080H）で次の内容を設定します。

・オプション・バイト（0080H）のビット4（WDTON）を1に設定し、ウォッチドッグ・タイマのカウント動作を許可（リセット解除後、カウンタは動作開始）にしてください（詳細は、第21章を参照）。

WDTON	ウォッチドッグ・タイマのカウンタ / 不正アクセス検出の動作制御
0	カウント動作禁止（リセット解除後、カウント停止）、不正アクセス検出動作禁止
1	カウント動作許可（リセット解除後、カウント開始）、不正アクセス検出動作許可

・オプション・バイト（0080H）のビット3-1（WDOS2-WDOS0）で、オーバフロー時間を設定してください（詳細は、10.4.2および第21章を参照）。

・オプション・バイト（0080H）のビット6, 5（WINDOW1, WINDOW0）で、ウインドウ・オープン期間を設定してください（詳細は、10.4.3および第21章を参照）。

2. リセット解除後、ウォッチドッグ・タイマはカウント動作を開始します。
3. カウント動作開始したあと、オプション・バイトで設定したオーバフロー時間前に、WDTEに“ACH”を書き込むことにより、ウォッチドッグ・タイマはクリアされ、再度カウント動作を開始します。
4. 以後、リセット解除後2回目以降のWDTEへの書き込みについては、ウインドウ・オープン期間中に行ってください。ウインドウ・クローズ期間中に書き込んだ場合、内部リセット信号を発生します。
5. WDTEに“ACH”を書き込まずに、オーバフロー時間を越えてしまった場合は、内部リセット信号を発生します。

また、次の場合も、内部リセット信号を発生します。

- ・ウォッチドッグ・タイマ・イネーブル・レジスタ（WDTE）に1ビット操作命令を使用した場合
- ・WDTEに“ACH”以外のデータを書き込んだ場合
- ・命令のフェッチにて、IMSレジスタ領域からフェッチした場合（CPU暴走時の無効チェック検出）
- ・CPUのリード/ライト命令にて、IMSレジスタで設定していない領域（ただしFB00H-FFCFH, FFE0H-FFFFHは除く）にアクセスした場合（CPU暴走時の異常アクセス検出）

- 注意1.** リセット解除後1回目のWDTEへの書き込みは、オーバフロー時間前であれば、どのタイミングで行っても、ウォッチドッグ・タイマはクリアされ、再度カウント動作を開始します。
2. WDTEに“ACH”を書き込んで、ウォッチドッグ・タイマをクリアしたとき、実際のオーバフロー時間は、オプション・バイトで設定したオーバフロー時間より最大 $2/f_{RL}$ 秒の誤差が生じる場合があります。
 3. ウォッチドッグ・タイマのクリアは、カウント値がオーバフロー直前（FFFFH）まで有効です。

注意4. オプション・バイトのビット0 (LSROSC) の設定値により、ウォッチドッグ・タイマのHALTおよびSTOPモード時の動作は、次のように異なります。

	LSROSC = 0 (低速内蔵発振器はソフトウェアにより停止可能)	LSROSC = 1 (低速内蔵発振器は停止不可)
HALTモード時	ウォッチドッグ・タイマ動作停止	ウォッチドッグ・タイマ動作継続
STOPモード時		

LSROSC = 0の場合、HALTおよびSTOPモード解除後は、ウォッチドッグ・タイマのカウンタを再開します。このとき、カウンタはクリア (0) されず、停止前の値からカウンタ開始します。

また、LSROSC = 0設定時に、LSRSTOP (内蔵発振モード・レジスタ (RCM) のビット1) = 1を設定して低速内蔵発振器の発振を停止した場合も、ウォッチドッグ・タイマの動作は停止します。このときもカウンタはクリア (0) されません。

- フラッシュ・メモリのセルフ・プログラミング時およびEEPROMエミュレーション時でも、ウォッチドッグ・タイマの動作は継続します。ただし、これらの処置中には、割り込みの受け付け時間が遅れるので、遅延を考慮し、オーバフロー時間およびウィンドウ・サイズを設定してください。

10.4.2 ウォッチドッグ・タイマのオーバフロー時間の設定

ウォッチドッグ・タイマのオーバフロー時間は、オプション・バイト (0080H) のビット3-1 (WDOS2-WDOS0) で設定します。

オーバフロー時は、内部リセット信号を発生します。オーバフロー時間前の、ウィンドウ・オープン期間中にWDTEに“ACH”を書き込むことにより、カウンタはクリアされ、再度カウンタ動作を開始します。

設定するオーバフロー時間を次に示します。

表10-3 ウォッチドッグ・タイマのオーバフロー時間の設定

WDOS2	WDOS1	WDOS0	ウォッチドッグ・タイマのオーバフロー時間
0	0	0	$2^{10}/f_{RL}$ (3.88 ms)
0	0	1	$2^{11}/f_{RL}$ (7.76 ms)
0	1	0	$2^{12}/f_{RL}$ (15.52 ms)
0	1	1	$2^{13}/f_{RL}$ (31.03 ms)
1	0	0	$2^{14}/f_{RL}$ (62.06 ms)
1	0	1	$2^{15}/f_{RL}$ (124.12 ms)
1	1	0	$2^{16}/f_{RL}$ (248.24 ms)
1	1	1	$2^{17}/f_{RL}$ (496.48 ms)

注意1. WDOS2 = WDOS1 = WDOS0 = 0かつWINDOW1 = WINDOW0 = 0の組み合わせは設定禁止です。

- フラッシュ・メモリのセルフ・プログラミング時およびEEPROMエミュレーション時でも、ウォッチドッグ・タイマの動作は継続します。ただし、これらの処置中には、割り込みの受け付け時間が遅れるので、遅延を考慮し、オーバフロー時間およびウィンドウ・サイズを設定してください。

備考1. f_{RL} : 低速内蔵発振クロック周波数

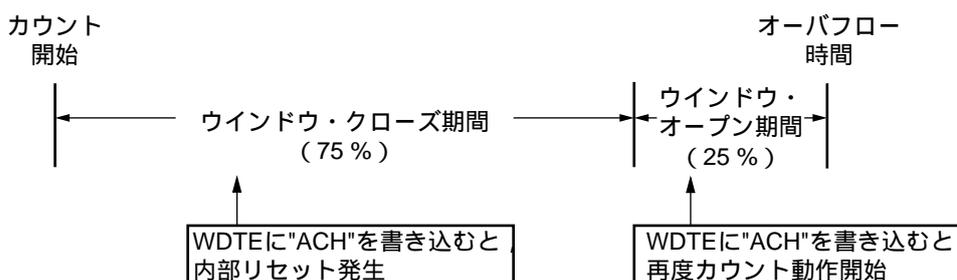
- () 内は $f_{RL} = 264 \text{ kHz (MAX.)}$ の場合

10.4.3 ウォッチドッグ・タイマのウインドウ・オープン期間の設定

ウォッチドッグ・タイマのウインドウ・オープン期間は、オプション・バイト(0080H)のビット6, 5 (WINDOW1, WINDOW0) で設定します。ウインドウの概要は次のとおりです。

- ・ウインドウ・オープン期間中は、WDTEに“ACH”を書き込むと、ウォッチドッグ・タイマをクリアし、再度カウント動作を開始します。
- ・ウインドウ・クローズ期間中は、WDTEに“ACH”を書き込んでも、異常検出され、内部リセットを発生します。

例 ウインドウ・オープン期間が25%の場合



注意 リセット解除後1回目のWDTEへの書き込みは、オーバーフロー時間前であれば、どのタイミングで行っても、ウォッチドッグ・タイマはクリアされ、再度カウント動作を開始します。

設定するウインドウ・オープン期間を次に示します。

表10-4 ウォッチドッグ・タイマのウインドウ・オープン期間の設定

WINDOW1	WINDOW0	ウォッチドッグ・タイマのウインドウ・オープン期間
0	0	25 %
0	1	50 %
1	0	75 %
1	1	100 %

注意1. WDCS2 = WDCS1 = WDCS0 = 0かつWINDOW1 = WINDOW0 = 0の組み合わせは設定禁止です。

2. フラッシュ・メモリのセルフ・プログラミング時およびEEPROMエミュレーション時でも、ウォッチドッグ・タイマの動作は継続します。ただし、これらの処置中には、割り込みの受け付け時間が遅れるので、遅延を考慮し、オーバーフロー時間およびウインドウ・サイズを設定してください。

備考 オーバフロー時間を $2^{11}/f_{RL}$ に設定した場合、ウインドウ・クローズ時間とオープン時間は、次のようになります。

(2.7 V V_{DD} 5.5 Vの場合)

	ウインドウ・オープン期間の設定			
	25 %	50 %	75 %	100 %
ウインドウ・クローズ時間	0 ~ 7.11 ms	0 ~ 4.74 ms	0 ~ 2.37 ms	なし
ウインドウ・オープン時間	7.11 ~ 7.76 ms	4.74 ~ 7.76 ms	2.37 ~ 7.76 ms	0 ~ 7.76 ms

<ウインドウ・オープン期間25 %のとき>

・ オーバフロー時間 :

$$2^{11}/f_{RL} (\text{MAX.}) = 2^{11}/264 \text{ kHz} (\text{MAX.}) = 7.76 \text{ ms}$$

・ ウインドウ・クローズ時間 :

$$0 \sim 2^{11}/f_{RL} (\text{MIN.}) \times (1 - 0.25) = 0 \sim 2^{11}/216 \text{ kHz} (\text{MIN.}) \times 0.75 = 0 \sim 7.11 \text{ ms}$$

・ ウインドウ・オープン時間 :

$$2^{11}/f_{RL} (\text{MIN.}) \times (1 - 0.25) \sim 2^{11}/f_{RL} (\text{MAX.}) = 2^{11}/216 \text{ kHz} (\text{MIN.}) \times 0.75 \sim 2^{11}/264 \text{ kHz} (\text{MAX.}) \\ = 7.11 \sim 7.76 \text{ ms}$$

第11章 A/Dコンバータ

11.1 A/Dコンバータの機能

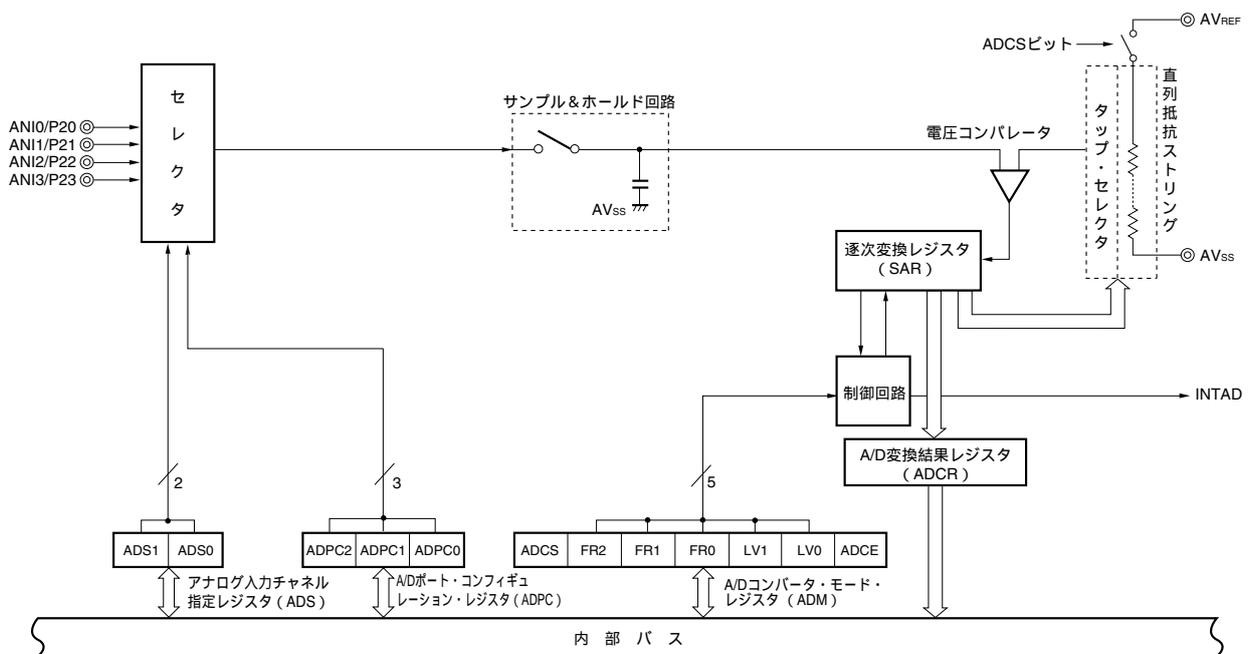
A/Dコンバータは、アナログ入力をデジタル値に変換する10ビット分解能のコンバータで、最大4チャンネル (ANI0-ANI3) のアナログ入力を制御できる構成になっています。

A/Dコンバータには、次のような機能があります。

・10ビット分解能A/D変換

ANI0-ANI3からアナログ入力を1チャンネル選択し、10ビット分解能のA/D変換動作を繰り返します。A/D変換を1回終了するたびに、割り込み要求 (INTAD) を発生します。

図11-1 A/Dコンバータのブロック図



11.2 A/Dコンバータの構成

A/Dコンバータは、次のハードウェアで構成しています。

(1) ANI0-ANI3端子

A/Dコンバータの4チャンネルのアナログ入力端子です。A/D変換するアナログ信号を入力します。アナログ入力として選択した端子以外は、入出力ポートとして使用できます。

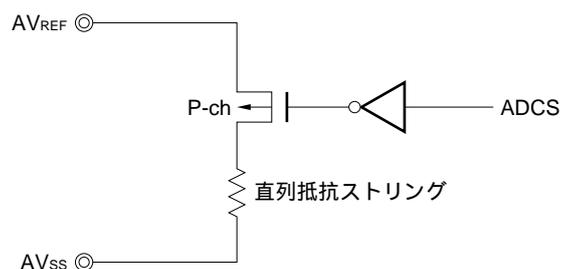
(2) サンプル&ホールド回路

サンプル&ホールド回路は、セクタで選択されたアナログ入力端子の入力電圧をA/D変換開始時にサンプリングし、そのサンプリングされた電圧値をA/D変換中は保持します。

(3) 直列抵抗ストリング

直列抵抗ストリングはAVREF-AVSS間に接続されており、サンプリングされた電圧値と比較する電圧を発生します。

図11 - 2 直列抵抗ストリングの回路構成



(4) 電圧コンパレータ

電圧コンパレータは、サンプリングされた電圧値と直列抵抗ストリングの出力電圧を比較します。

(5) 逐次変換レジスタ (SAR)

電圧コンパレータで比較した結果を、最上位ビット (MSB) から変換するレジスタです。

最下位ビット (LSB) までデジタル値に変換すると (A/D変換終了)、SARレジスタの内容はA/D変換結果レジスタ (ADCR) に転送されます。

(6) 10ビットA/D変換結果レジスタ (ADCR)

A/D変換が終了するたびに、逐次変換レジスタから変換結果がロードされ、A/D変換結果を上位10ビットに保持します (下位6ビットは0に固定)。

(7) 8ビットA/D変換結果レジスタ (ADCRH)

A/D変換が終了するたびに、逐次変換レジスタから変換結果がロードされ、A/D変換結果の上位8ビットを格納します。

注意 ADCR, ADCRHからデータを読み出すと、ウェイトが発生します。また周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS}) が停止しているときに、ADCR, ADCRHからデータを読み出さないでください。詳細は第27章 ウェイトに関する注意事項を参照してください。

(8) 制御回路

A/D変換するアナログ入力の変換時間、変換動作の開始/停止などを制御します。A/D変換が終了した場合、INTADが発生します。

(9) AV_{REF}端子

A/Dコンバータのアナログ電源端子/基準電圧を入力する端子です。ポート2をデジタル・ポートとして使用する場合は、V_{DD}端子と同電位にしてください。

AV_{REF}, AV_{SS}間にかかる電圧に基づいて、ANI0-ANI3に入力される信号をデジタル信号に変換します。

(10) AV_{SS}端子

A/Dコンバータのグランド電位端子です。A/Dコンバータを使用しないときでも、常にV_{SS}端子と同電位で使用してください。

(11) A/Dコンバータ・モード・レジスタ (ADM)

A/D変換するアナログ入力の変換時間、変換動作の開始/停止を設定するレジスタです。

(12) A/Dポート・コンフィギュレーション・レジスタ (ADPC)

ANI0/P20-ANI3/P23端子を、A/Dコンバータのアナログ入力/ポートのデジタル入出力に切り替えるレジスタです。

(13) アナログ入力チャンネル指定レジスタ (ADS)

A/D変換するアナログ電圧の入力ポートを指定するレジスタです。

(14) ポート・モード・レジスタ2 (PM2)

ANI0/P20-ANI3/P23端子を、入力/出力に切り替えるレジスタです。

11.3 A/Dコンバータで使用するレジスタ

A/Dコンバータは、次の6種類のレジスタを使用します。

- ・ A/Dコンバータ・モード・レジスタ (ADM)
- ・ A/Dポート・コンフィギュレーション・レジスタ (ADPC)
- ・ アナログ入力チャネル指定レジスタ (ADS)
- ・ ポート・モード・レジスタ2 (PM2)
- ・ 10ビットA/D変換結果レジスタ (ADCR)
- ・ 8ビットA/D変換結果レジスタ (ADCRH)

(1) A/Dコンバータ・モード・レジスタ (ADM)

A/D変換するアナログ入力の変換時間、変換動作の開始 / 停止を設定するレジスタです。

ADMは、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、00Hになります。

図11-3 A/Dコンバータ・モード・レジスタ (ADM) のフォーマット

アドレス : FF28H リセット時 : 00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
ADM	ADCS	0	FR2 ^{注1}	FR1 ^{注1}	FR0 ^{注1}	LV1 ^{注1}	LV0 ^{注1}	ADCE

ADCS	A/D変換動作の制御
0	変換動作停止
1	変換動作許可

ADCE	コンパレータの動作制御 ^{注2}
0	コンパレータの動作停止
1	コンパレータの動作許可

注1. FR2-FR0, LV1, LV0およびA/D変換に関する詳細は、表11-2 A/D変換時間の選択を参照してください。

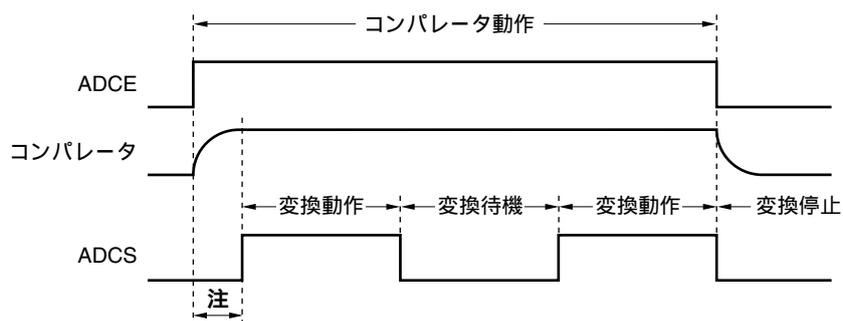
2. コンパレータはADCSとADCEで動作制御され、動作開始から安定するまでに、1 μ sかかります。このため、ADCEに1を設定してから1 μ s以上経過したあとに、ADCSに1を設定することで、最初の変換データより有効となります。1 μ s以上ウエイトしないでADCSに1を設定した場合は、最初の変換データを無視してください。

表11-1 ADCSとADCEの設定

ADCS	ADCE	A/D変換動作
0	0	停止状態 (DC電力消費パスは存在しません)
0	1	変換待機モード (コンパレータ動作, コンパレータのみ電力消費)
1	0	変換モード (コンパレータ動作停止 ^注)
1	1	変換モード (コンパレータ動作)

注 最初の変換データは、無視してください。

図11-4 コンパレータ使用時のタイミング・チャート



注 ADCEの立ち上がりから、ADCSの立ち上がりまでの時間は、内部回路安定のため、 $1\mu\text{s}$ 以上必要です。

- 注意1. FR2-FR0, LV1, LV0を同一データ以外に書き換える場合は、いったんA/D変換動作を停止させたのちに行ってください。
2. ADMにデータを書き込むと、ウェイトが発生します。また周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS}) が停止しているときに、ADMにデータを書き込まないでください。詳細は第27章 ウェイトに関する注意事項を参照してください。

表11-2 A/D変換時間の選択

(1) 2.7 V AVREF 5.5 V (LV0 = 0)

A/Dコンバータ・モード・レジスタ (ADM)					変換時間の選択				変換 クロック (fAD)	
FR2	FR1	FR0	LV1	LV0	fPRS = 4 MHz	fPRS = 8 MHz	fPRS = 10 MHz	fPRS = 20 MHz		
0	0	0	0	0	264/fPRS	66.0 μs	33.0 μs	26.4 μs	13.2 μs	fPRS/12
0	0	1	0	0	176/fPRS	44.0 μs	22.0 μs	17.6 μs	8.8 μs ^注	fPRS/8
0	1	0	0	0	132/fPRS	33.0 μs	16.5 μs	13.2 μs	6.6 μs ^注	fPRS/6
0	1	1	0	0	88/fPRS	22.0 μs	11.0 μs ^注	8.8 μs ^注	設定禁止	fPRS/4
1	0	0	0	0	66/fPRS	16.5 μs	8.25 μs ^注	6.6 μs ^注		fPRS/3
1	0	1	0	0	44/fPRS	11.0 μs ^注	設定禁止	設定禁止		fPRS/2
上記以外					設定禁止					

注 4.0 V AVREF 5.5 V時のみ設定可能

(2) 2.3 V AVREF 5.5 V (LV0 = 1)

A/Dコンバータ・モード・レジスタ (ADM)					変換時間の選択				変換 クロック (fAD)	
FR2	FR1	FR0	LV1	LV0	fPRS = 4 MHz	fPRS = 8 MHz	fPRS = 10 MHz ^{注2}	fPRS = 20 MHz ^{注2}		
0	0	0	0	1	480/fPRS	設定禁止	60.0 μs	48.0 μs ^{注2}	24.0 μs ^{注2}	fPRS/12
0	0	1	0	1	320/fPRS		40.0 μs	32.0 μs ^{注2}	16.0 μs ^{注1}	fPRS/8
0	1	0	0	1	240/fPRS	60.0 μs	30.0 μs	24.0 μs ^{注2}	12.0 μs ^{注1}	fPRS/6
0	1	1	0	1	160/fPRS	40.0 μs	20.0 μs ^{注1}	16.0 μs ^{注1}	設定禁止	fPRS/4
1	0	0	0	1	120/fPRS	30.0 μs	15.0 μs ^{注1}	12.0 μs ^{注1}		fPRS/3
1	0	1	0	1	80/fPRS	20.0 μs ^{注1}	設定禁止	設定禁止		fPRS/2
上記以外					設定禁止					

注1. 4.0 V AVREF 5.5 V時のみ設定可能

2. 2.7 V AVREF 5.5 V時のみ設定可能

注意1. 変換時間は、次の条件で設定してください。

(1) 2.7 V AVREF 5.5 V (LV0 = 0)

- 4.0 V AVREF 5.5 Vの場合：fAD = 0.33 ~ 3.6 MHz
- 2.7 V AVREF < 4.0 Vの場合：fAD = 0.33 ~ 1.8 MHz

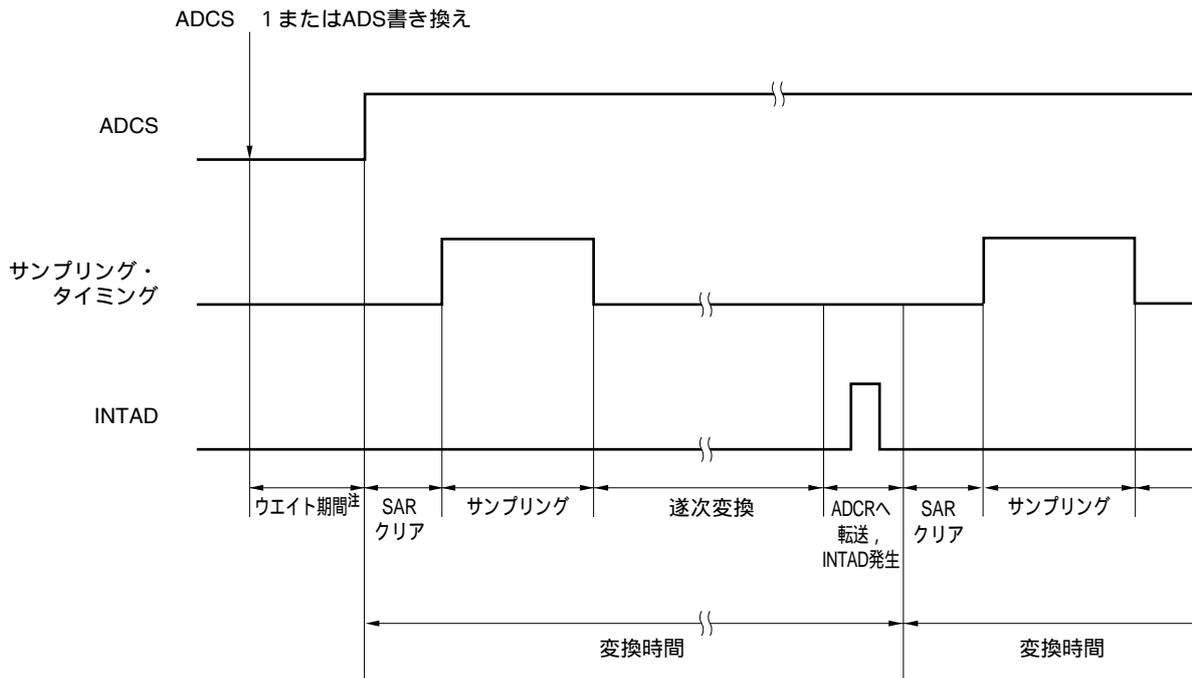
(2) 2.3 V AVREF 5.5 V (LV0 = 1)

- 4.0 V AVREF 5.5 Vの場合：fAD = 0.6 ~ 3.6 MHz
- 2.7 V AVREF < 4.0 Vの場合：fAD = 0.6 ~ 1.8 MHz
- 2.3 V AVREF < 2.7 Vの場合：fAD = 0.6 ~ 1.48 MHz

- FR2-FR0, LV1, LV0を同一データ以外に書き換える場合は、いったんA/D変換動作を停止(ADCS = 0)させたのちに行ってください。
- 前述の変換時間は、クロック周波数の誤差を含んでいませんので、クロック周波数の誤差を考慮して、変換時間を選択してください。

備考 fPRS：周辺ハードウェア・クロック周波数

図11 - 5 A/DコンバータのサンプリングとA/D変換のタイミング



注 ウェイト期間の詳細は、第27章 ウェイトに関する注意事項を参照してください。

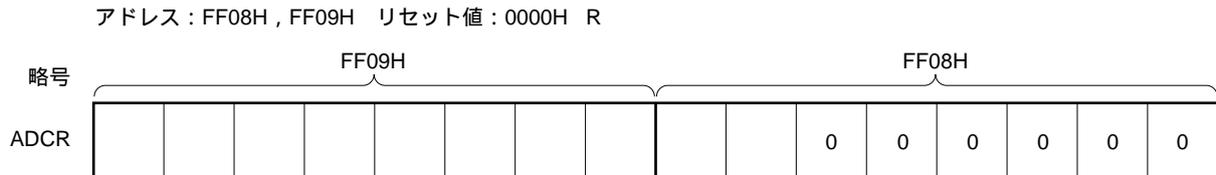
(2) 10ビットA/D変換結果レジスタ (ADCR)

A/D変換結果を保持する16ビットのレジスタです。下位6ビットは“0”固定です。A/D変換が終了するたびに、逐次変換レジスタから変換結果がロードされます。変換結果の上位8ビットがFF09Hに、下位2ビットがFF08Hの上位2ビットに格納されます。

ADCRは、16ビット・メモリ操作命令で読み出せます。

リセット信号の発生により、0000Hになります。

図11 - 6 10ビットA/D変換結果レジスタ (ADCR) のフォーマット



注意1. A/Dコンバータ・モード・レジスタ (ADM) , アナログ入力チャネル指定レジスタ (ADS) , A/Dポート・コンフィギュレーション・レジスタ (ADPC) に対して書き込み動作を行ったとき、ADCRの内容は不定となることがあります。変換結果は、変換動作終了後、ADM, ADS, ADPCに対して書き込み動作を行う前に読み出してください。上記以外のタイミングでは、正しい変換結果が読み出されないことがあります。

2. ADCRからデータを読み出すと、ウェイトが発生します。また周辺ハードウェア・クロック (fPRS) が停止しているときに、ADCRからデータを読み出さないでください。詳細は第27章 ウェイトに関する注意事項を参照してください。

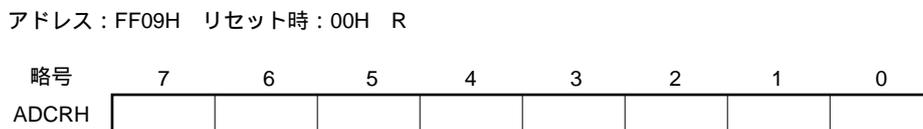
(3) 8ビットA/D変換結果レジスタ (ADCRH)

A/D変換結果を保持する8ビットのレジスタです。10ビット分解能の上位8ビットを格納します。

ADCRHは、8ビット・メモリ操作命令で読み出せます。

リセット信号の発生により、00Hになります。

図11 - 7 8ビットA/D変換結果レジスタ (ADCRH) のフォーマット



注意1. A/Dコンバータ・モード・レジスタ (ADM) , アナログ入力チャネル指定レジスタ (ADS) , A/Dポート・コンフィギュレーション・レジスタ (ADPC) に対して書き込み動作を行ったとき、ADCRHの内容は不定となることがあります。変換結果は、変換動作終了後、ADM, ADS, ADPCに対して書き込み動作を行う前に読み出してください。上記以外のタイミングでは、正しい変換結果が読み出されないことがあります。

2. ADCRHからデータを読み出すと、ウェイトが発生します。また周辺ハードウェア・クロック (fPRS) が停止しているときに、ADCRHからデータを読み出さないでください。詳細は第27章 ウェイトに関する注意事項を参照してください。

(4) アナログ入力チャンネル指定レジスタ (ADS)

A/D変換するアナログ電圧の入力チャンネルを指定するレジスタです。

ADSは、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、00Hになります。

図11 - 8 アナログ入力チャンネル指定レジスタ (ADS) のフォーマット

アドレス：FF29H リセット時：00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
ADS	0	0	0	0	0	0	ADS1	ADS0

ADS1	ADS0	アナログ入力チャンネルの指定
0	0	ANI0
0	1	ANI1
1	0	ANI2
1	1	ANI3

- 注意1. ビット2-7には必ず0を設定してください。
- A/D変換で使用するチャンネルは、ポート・モード・レジスタ2 (PM2) で入力モードに選択してください。
 - ADSにデータを書き込むと、ウェイトが発生します。また周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS}) が停止しているときに、ADSにデータを書き込まないでください。詳細は第27章 ウェイトに関する注意事項を参照してください。

(5) A/Dポート・コンフィギュレーション・レジスタ (ADPC)

ANI0/P20-ANI3/P23端子を，A/Dコンバータのアナログ入力 / ポートのデジタル入出力に切り替えるレジスタです。

ADPCは，1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により，00Hになります。

図11 - 9 A/Dポート・コンフィギュレーション・レジスタ (ADPC) のフォーマット

アドレス：FF2FH リセット時：00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
ADPC	0	0	0	0	0	ADPC2	ADPC1	ADPC0

ADPC2	ADPC1	ADPC0	デジタル入出力 (D) / アナログ入力 (A) の切り替え			
			P23/ANI3	P22/ANI2	P21/ANI1	P20/ANI0
0	0	0	A	A	A	A
0	0	1	A	A	A	D
0	1	0	A	A	D	D
0	1	1	A	D	D	D
1	0	0	D	D	D	D
上記以外			設定禁止			

- 注意1. ビット3-7には，必ず0を設定してください。
- A/D変換で使用するチャンネルは，ポート・モード・レジスタ2 (PM2) で入力モードに選択してください。
 - ADPCにデータを書き込むと，ウエイトが発生します。また周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS}) が停止しているときに，ADPCにデータを書き込まないでください。詳細は第27章 ウエイトに関する注意事項を参照してください。

(6) ポート・モード・レジスタ2 (PM2)

ANI0/P20-ANI3/P23端子をアナログ入力ポートとして使用するとき、PM20-PM23にそれぞれ1を設定してください。このときP20-P23の出力ラッチは、0または1のどちらでもかまいません。

PM20-PM23にそれぞれ0を設定した場合は、アナログ入力ポートとして使用することはできません。

PM2は、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、FFHになります。

図11 - 10 ポート・モード・レジスタ2 (PM2) のフォーマット

アドレス：FF22H リセット時：FFH R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PM2	1	1	1	1	PM23	PM22	PM21	PM20

PM2n	P2n端子の入出力モードの選択 (n = 0-3)
0	出力モード (出力バッファ・オン)
1	入力モード (出力バッファ・オフ)

ANI0/P20-ANI3/P23端子の機能は、ADPC, ADS, PM2の設定で決定します。

表11 - 3 ANI0/P20-ANI3/P23端子機能の設定

ADPC	PM2	ADS	ANI0/P20-ANI3/P23端子
アナログ入力選択	入力モード	ANI選択	アナログ入力 (変換対象)
		ANI非選択	アナログ入力 (非変換対象)
	出力モード	ANI選択	設定禁止
		ANI非選択	
デジタル入出力選択	入力モード	-	デジタル入力
	出力モード	-	デジタル出力

11.4 A/Dコンバータの動作

11.4.1 A/Dコンバータの基本動作

A/Dコンバータ・モード・レジスタ (ADM) のビット0 (ADCE) をセット (1) し、コンパレータの動作を開始してください。

A/D変換するチャンネルをA/Dポート・コンフィギュレーション・レジスタ (ADPC) でアナログ入力に、ポート・モード・レジスタ (PM2) で入力モードに設定してください。

ADMのビット5-1 (FR2-FR0, LV1, LV0) でA/D変換時間を設定してください。

A/D変換するチャンネルをアナログ入力チャンネル指定レジスタ (ADS) で1チャンネル選択してください。

ADMのビット7 (ADCS) をセット (1) し、変換動作を開始します。

(から までハードウェアでの動作)

選択したアナログ入力チャンネルに入力している電圧を、サンプル&ホールド回路でサンプリングします。一定時間サンプリングを行うとサンプル&ホールド回路はホールド状態となり、サンプリングされた電圧をA/D変換が終了するまで保持します。

逐次変換レジスタ (SAR) のビット9をセットし、タップ・セレクトは直列抵抗ストリングの電圧タップを (1/2) AV_{REF} にします。

直列抵抗ストリングの電圧タップとサンプリングされた電圧との電圧差を電圧コンパレータで比較します。もし、アナログ入力 (1/2) AV_{REF} よりも大きければ、SARのMSBをセットしたままです。また、(1/2) AV_{REF} よりも小さければ、MSBはリセットします。

次にSARのビット8が自動的にセットし、次の比較に移ります。ここではすでに結果がセットしているビット9の値によって、次に示すように直列抵抗ストリングの電圧タップを選択します。

・ビット9 = 1 : (3/4) AV_{REF}

・ビット9 = 0 : (1/4) AV_{REF}

この電圧タップとサンプリングされた電圧を比較し、その結果でSARのビット8を次のように操作します。

・サンプリングされた電圧 > 電圧タップ : ビット8 = 1

・サンプリングされた電圧 < 電圧タップ : ビット8 = 0

このような比較をSARのビット0まで続けます。

10ビットの比較が終了したとき、SARには有効なデジタルの結果が残り、その値がA/D変換結果レジスタ (ADCR, ADCRH) に転送され、ラッチします。

同時に、A/D変換終了割り込み要求 (INTAD) を発生させることができます。

以降 から までの動作をADCS = 0になるまで繰り返します。

A/Dコンバータを停止する場合は、ADCS = 0にしてください。

ADCE = 1の状態から、再度A/D変換する場合は、 から開始してください。ADCE = 0の状態から、再度A/D変換する場合は、ADCEをセット (1) し、1 μ s以上ウエイト後に、 を開始してください。また、A/D変換するチャンネルを変更する場合は、 から開始してください。

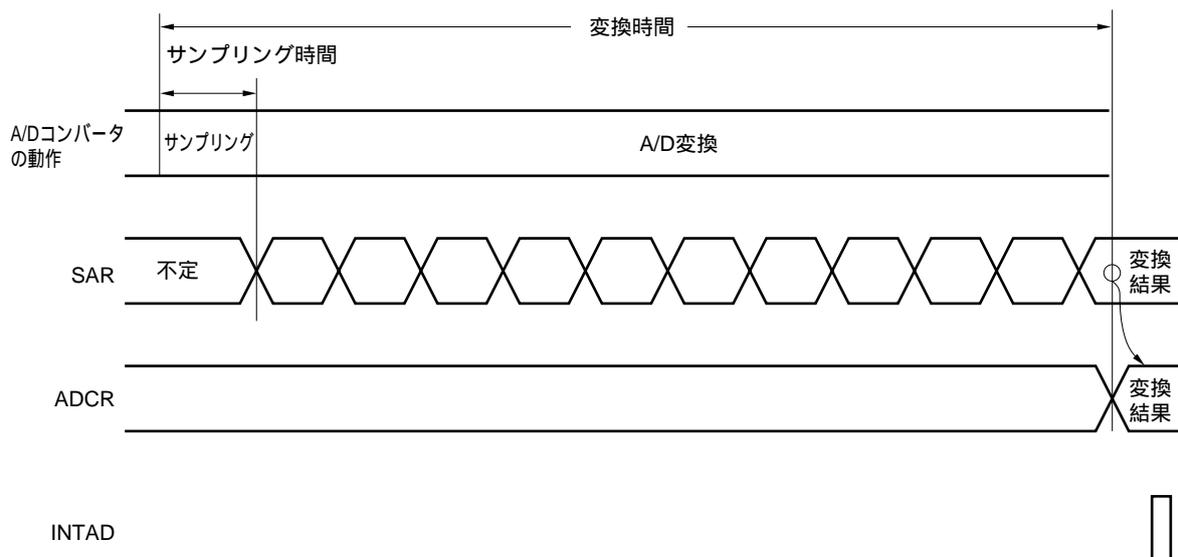
注意 から までの間は1 μ s以上空けてください。

備考 A/D変換結果レジスタは2種類あります。

・ADCR (16ビット) : 10ビットのA/D変換値を格納します。

・ADCRH (8ビット) : 8ビットのA/D変換値を格納します。

図11 - 11 A/Dコンバータの基本動作



A/D変換動作は、ソフトウェアによりA/Dコンバータ・モード・レジスタ (ADM) のビット7 (ADCS) をリセット (0) するまで連続的に行われます。

A/D変換動作中に、アナログ入力チャンネル指定レジスタ (ADS) に対して書き込み操作を行うと、変換動作は初期化され、ADCSビットがセット (1) されていれば、最初から変換を開始します。

A/D変換結果レジスタ (ADCR, ADCRH) は、リセット信号の発生により0000Hまた00Hとなります。

11.4.2 入力電圧と変換結果

アナログ入力端子 (ANI0-ANI3) に入力されたアナログ入力電圧と理論上のA/D変換結果 (10ビットA/D変換結果レジスタ (ADCR)) には次式に示す関係があります。

$$SAR = \text{INT} \left(\frac{V_{AIN}}{AV_{REF}} \times 1024 + 0.5 \right)$$

$$ADCR = SAR \times 64$$

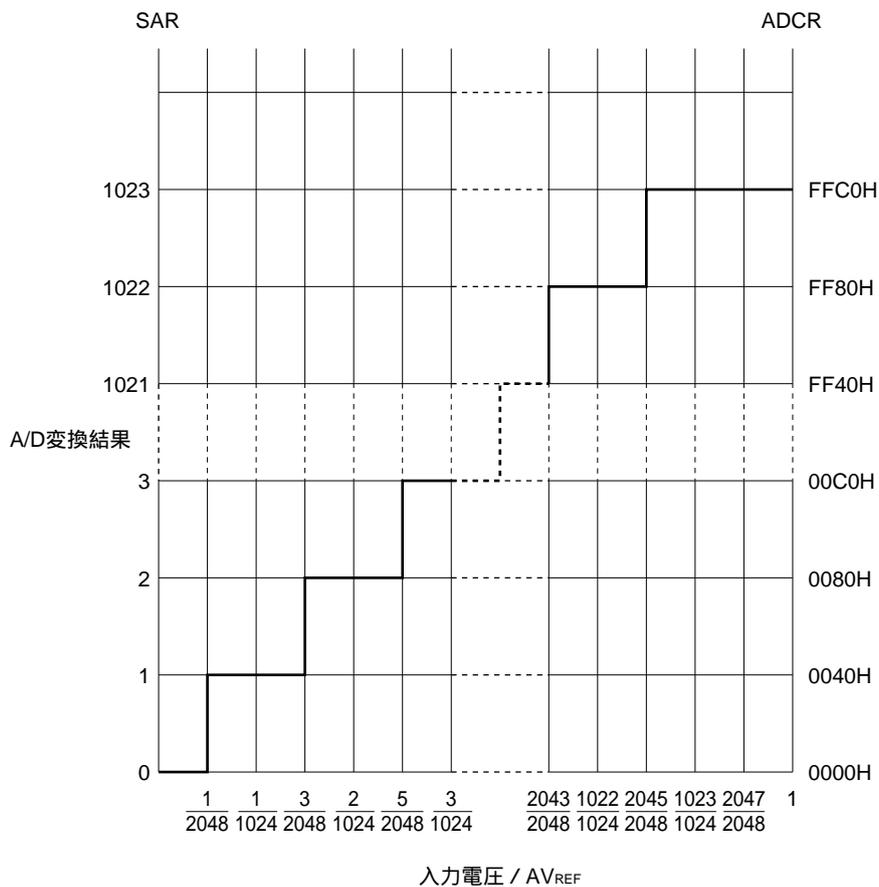
または、

$$\left(\frac{ADCR}{64} - 0.5 \right) \times \frac{AV_{REF}}{1024} < V_{AIN} < \left(\frac{ADCR}{64} + 0.5 \right) \times \frac{AV_{REF}}{1024}$$

- INT () : () 内の値の整数部を返す関数
- V_{AIN} : アナログ入力電圧
- AV_{REF} : AV_{REF} 端子電圧
- ADCR : A/D変換結果レジスタ (ADCR) の値
- SAR : 逐次変換レジスタ

図11 - 12にアナログ入力電圧とA/D変換結果の関係を示します。

図11 - 12 アナログ入力電圧とA/D変換結果の関係



11.4.3 A/Dコンバータの動作モード

A/Dコンバータの動作モードは、セレクト・モードになっています。アナログ入力チャンネル指定レジスタ (ADS) によってANI0-ANI3からアナログ入力を1チャンネル選択し、A/D変換を行います。

(1) A/D変換動作

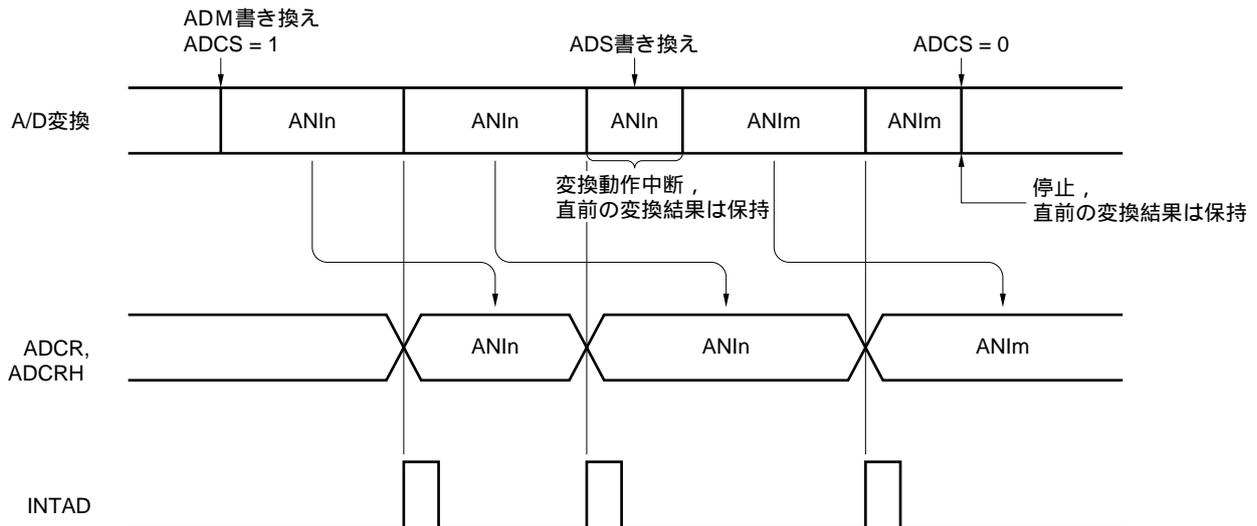
A/Dコンバータ・モード・レジスタ (ADM) のビット7 (ADCS) に1を設定することにより、アナログ入力チャンネル指定レジスタ (ADS) で指定したアナログ入力端子に印加されている電圧のA/D変換動作を開始します。

A/D変換動作が終了すると、変換結果をA/D変換結果レジスタ (ADCR) に格納し、割り込み要求信号 (INTAD) を発生します。1回のA/D変換が終了すると、ただちに次のA/D変換動作を開始します。

A/D変換動作中に、ADSを書き換えると、そのとき行っていたA/D変換動作を中断し、再度、最初からA/D変換動作を開始します。

また、A/D変換動作中に、ADCSに0を書き込むと、ただちにA/D変換動作を停止します。このとき直前の変換結果は保持されます。

図11 - 13 A/D変換動作



備考1 . n = 0-3

2 . m = 0-3

次に設定方法を説明します。

A/Dコンバータ・モード・レジスタ (ADM) のビット0 (ADCE) をセット (1)

A/Dポート・コンフィギュレーション・レジスタ (ADPC) のビット2-0 (ADPC2-ADPC0) ,
ポート・モード・レジスタ2 (PM2) のビット3-0 (PM23-PM20) で使用するチャンネルをアナロ
グ入力に設定

ADMのビット5-1 (FR2-FR0, LV1, LV0) で変換時間を選択

アナログ入力チャンネル指定レジスタ (ADS) のビット1, 0 (ADS1, ADS0) で使用するチャンネル
を選択

ADMのビット7 (ADCS) をセット (1) し, A/D変換動作開始

1回のA/D変換が終了し, 割り込み要求信号 (INTAD) 発生

A/D変換データをA/D変換結果レジスタ (ADCR, ADCRH) に転送

<チャンネルを変更する>

ADSのビット1, 0 (ADS1, ADS0) で, チャンネルを変更し, A/D変換動作開始

1回のA/D変換が終了し, 割り込み要求信号 (INTAD) 発生

A/D変換データをA/D変換結果レジスタ (ADCR, ADCRH) に転送

<A/D変換を終了する>

ADCSをクリア (0)

ADCEをクリア (0)

注意1. から までの間は1 μ s以上空けてください。

2. は, から までの間に行っても, 問題ありません。

3. は省略可能です。ただし, この場合には のあと, 最初の変換データは無視してください。

4. から までの時間は, ADMのビット5-1 (FR2-FR0, LV1, LV0) で設定した変換時間とは
異なります。 から までの時間が, FR2-FR0, LV1, LV0で設定した変換時間となります。

11.5 A/Dコンバータ特性表の読み方

A/Dコンバータに特有な用語について説明します。

(1) 分解能

識別可能な最小アナログ入力電圧、つまり、デジタル出力1ビットあたりのアナログ入力電圧の比率を1 LSB (Least Significant Bit) といいます。1 LSBのフルスケールに対する比率を%FSR (Full Scale Range) で表します。

分解能10ビットのとき

$$\begin{aligned} 1 \text{ LSB} &= 1/2^{10} = 1/1024 \\ &= 0.098 \% \text{FSR} \end{aligned}$$

精度は分解能とは関係なく、総合誤差によって決まります。

(2) 総合誤差

実測値と理論値との差の最大値を指しています。

ゼロスケール誤差、フルスケール誤差、積分直線性誤差、微分直線性誤差およびそれらの組み合わせから生じる誤差を総合した誤差を表しています。

なお、特性表の総合誤差には量子化誤差は含まれていません。

(3) 量子化誤差

アナログ値をデジタル値に変換するとき、必然的に生じる $\pm 1/2$ LSBの誤差です。A/Dコンバータでは、 $\pm 1/2$ LSBの範囲にあるアナログ入力電圧は、同じデジタル・コードに変換されるため、量子化誤差を避けることはできません。

なお、特性表の総合誤差、ゼロスケール誤差、フルスケール誤差、積分直線性誤差、微分直線性誤差には含まれていません。

図11 - 14 総合誤差

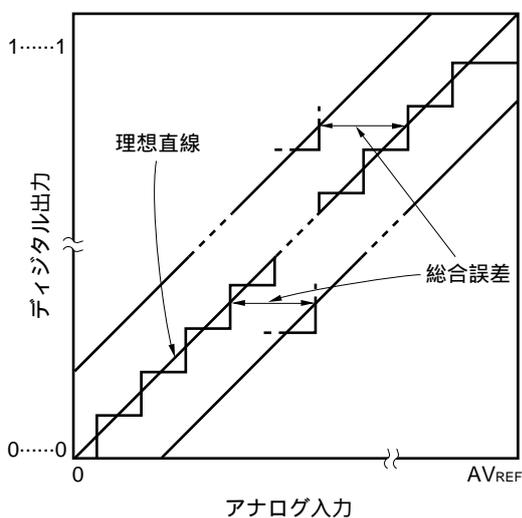
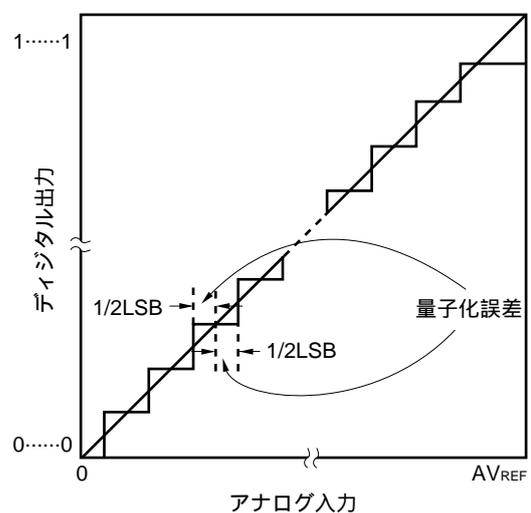


図11 - 15 量子化誤差



(4) ゼロスケール誤差

デジタル出力が0.....000から0.....001に変化するときの、アナログ入力電圧の実測値と理論値 (1/2 LSB) との差を表します。実測値が理論値よりも大きい場合は、デジタル出力が0.....001から0.....010に変化するときの、アナログ入力電圧の実測値と理論値 (3/2 LSB) との差を表します。

(5) フルスケール誤差

デジタル出力が1.....110から1.....111に変化するときの、アナログ入力電圧の実測値と理論値 (フルスケール - 3/2 LSB) との差を表します。

(6) 積分直線性誤差

変換特性が、理想的な直線関係から外れている程度を表します。ゼロスケール誤差、フルスケール誤差を0としたときの、実測値と理想直線との差の最大値を表します。

(7) 微分直線性誤差

理想的にはあるコードを出力する幅は1 LSBですが、あるコードを出力する幅の実測値と理想値との差を表します。

図11 - 16 ゼロスケール誤差

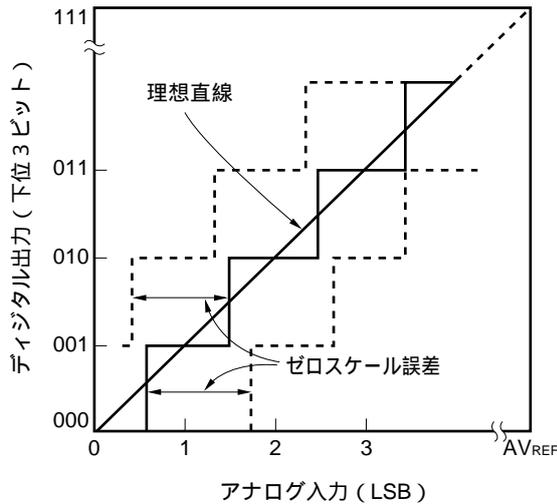


図11 - 17 フルスケール誤差

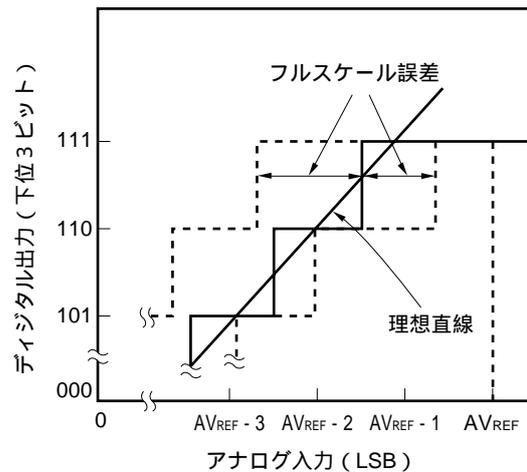


図11 - 18 積分直線性誤差

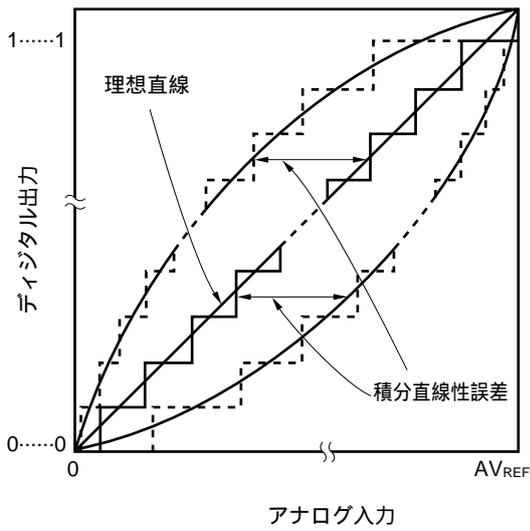
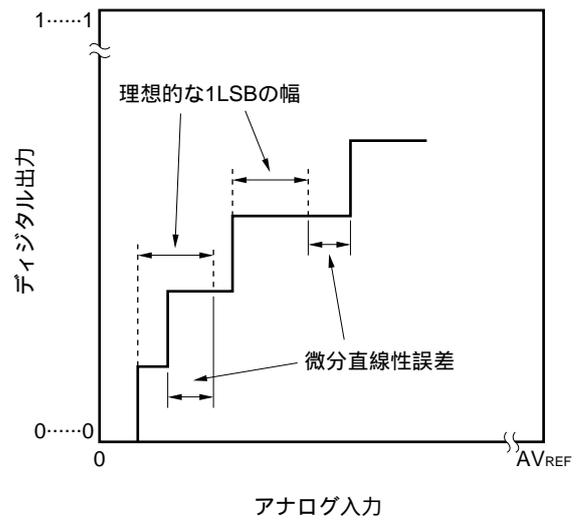


図11 - 19 微分直線性誤差

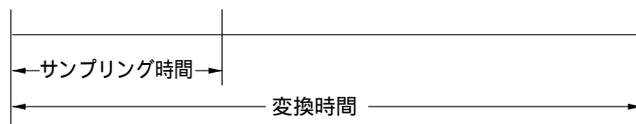


(8) 変換時間

サンプリングを開始してから、デジタル出力が得られるまでの時間を表します。
 特性表の変換時間にはサンプリング時間が含まれています。

(9) サンプリング時間

アナログ電圧をサンプル&ホールド回路に取り込むため、アナログ・スイッチがオンしている時間です。



11.6 A/Dコンバータの注意事項

(1) STOPモード時の動作電流について

A/Dコンバータは、STOPモード時には動作が停止します。このときA/Dコンバータ・モード・レジスタ (ADM) のビット7 (ADCS) とビット0 (ADCE) を0にすることにより、動作電流を低減させることができます。

スタンバイ状態から再度動作する場合、割り込み要求フラグ・レジスタ1L (IF1L) のビット0 (ADIF) をクリア (0) してから、動作開始してください。

(2) ANI0-ANI3入力範囲について

ANI0-ANI3入力電圧は規格の範囲内でご使用ください。特に AV_{REF} 以上、 AV_{SS} 以下 (絶対最大定格の範囲内でも) の電圧が入力されると、そのチャンネルの変換値が不定となります。また、ほかのチャンネルの変換値にも影響を与えることがあります。

(3) 競合動作について

変換終了時のA/D変換結果レジスタ (ADCR, ADCRH) ライトと命令によるADCR, ADCRHリードとの競合

ADCR, ADCRHリードが優先されます。リードしたあと、新しい変換結果がADCR, ADCRHにライトされます。

変換終了時のADCR, ADCRHライトとA/Dコンバータ・モード・レジスタ (ADM) ライト、アナログ入力チャンネル指定レジスタ (ADS) またはA/Dポート・コンフィギュレーション・レジスタ (ADPC) ライトの競合

ADM, ADS, ADPCへのライトが優先されます。ADCR, ADCRHへのライトはされません。また、変換終了割り込み信号 (INTAD) も発生しません。

(4) ノイズ対策について

10ビット分解能を保つためには、 AV_{REF} , ANI0-ANI3端子へのノイズに注意する必要があります。

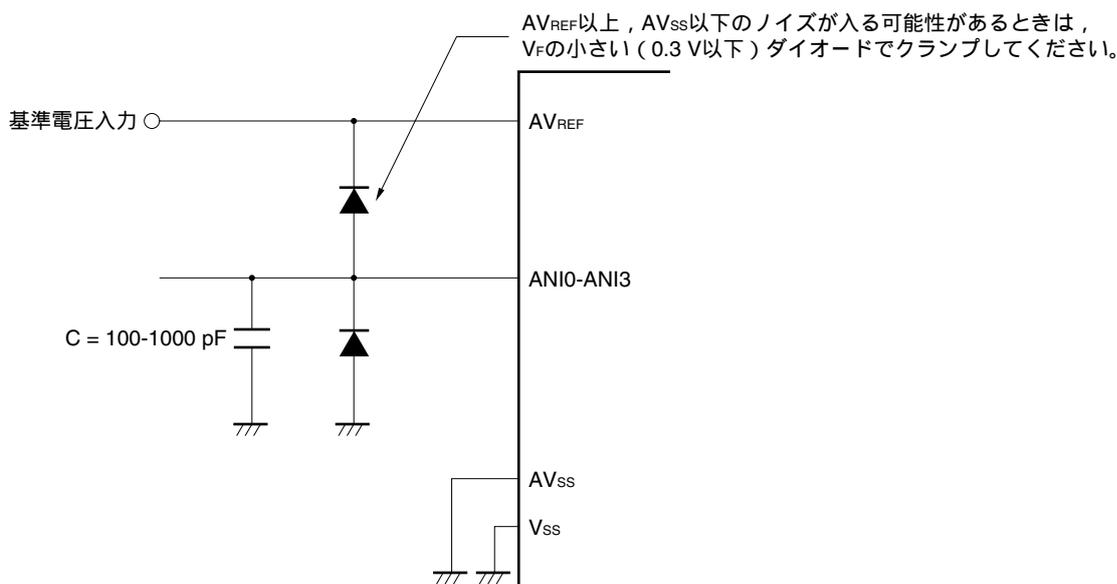
電源には等価抵抗が小さく、周波数応答のよいコンデンサを接続してください。

アナログ入力源の出力インピーダンスが高いほど影響が大きくなりますので、ノイズを低減するために図11-20のようにCを外付けすることを推奨します。

変換中においては、他の端子とスイッチングしないようにしてください。

変換開始直後にHALTモードに設定すると、精度が向上します。

図11 - 20 アナログ入力端子の処理



(5) ANI0/P20-ANI3/P23

アナログ入力 (ANI0-ANI3) 端子は入力ポート (P20-P23) 端子と兼用になっています。

ANI0-ANI3のいずれかを選択してA/D変換をする場合、変換中にP20-P23に対してアクセスしないでください。変換分解能が低下することがあります。またP20-P23として使用する端子の選択は、AV_{REF}から最も遠いANI0/P20より行うことを推奨します。

A/D変換中の端子に隣接する端子へデジタル・パルスを印加すると、カップリング・ノイズによってA/D変換値が期待どおりに得られないこともあります。したがって、A/D変換中の端子に隣接する端子へのパルス印加はしないようにしてください。

(6) ANI0-ANI3端子の入カインピーダンスについて

このA/Dコンバータでは、サンプリング時間で内部のサンプリング・コンデンサに充電して、サンプリングを行っています。

したがって、サンプリング中以外はリーク電流だけであり、サンプリング中にはコンデンサに充電するための電流も流れるので、入力インピーダンスはサンプリング中とそれ以外の状態で変動します。

ただし、十分にサンプリングするためには、アナログ入力源の出力インピーダンスを10 k 以下にし、出力インピーダンスが高いときはANI0-ANI3端子に100 pF程度のコンデンサを付けることを推奨します (図11 - 20参照)。

(7) AV_{REF}端子の入カインピーダンスについて

AV_{REF}端子とAV_{SS}端子の間には数十k の直列抵抗ストリングが接続されています。

したがって、基準電圧源の出力インピーダンスが高い場合、AV_{REF}端子とAV_{SS}端子の間の直列抵抗ストリングと直列接続することになり、基準電圧の誤差が大きくなります。

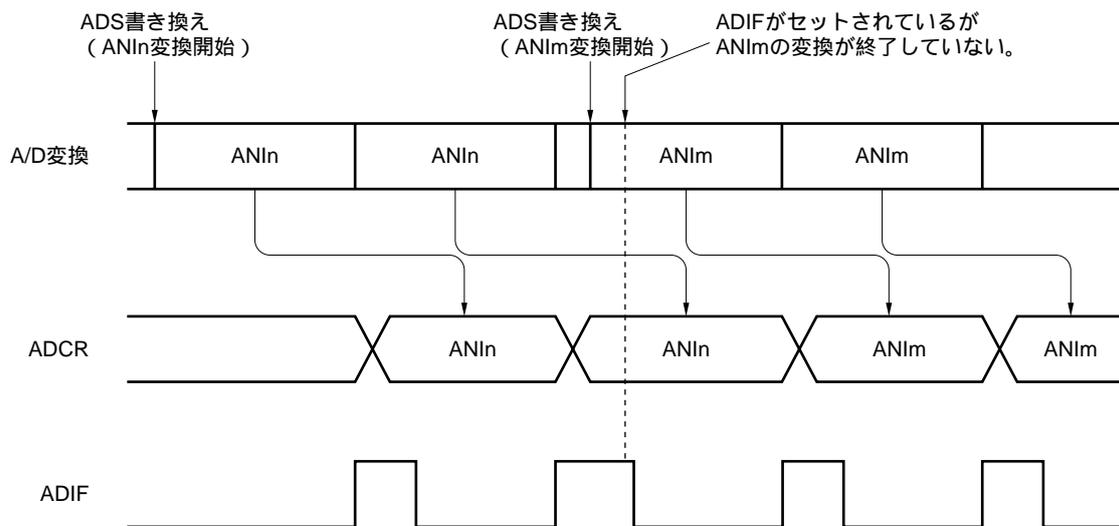
(8) 割り込み要求フラグ (ADIF) について

アナログ入力チャネル指定レジスタ (ADS) を変更しても割り込み要求フラグ (ADIF) はクリア (0) されません。

したがって、A/D変換中にアナログ入力端子の変更を行った場合、ADS書き換え直前に、変更前のアナログ入力に対するA/D変換結果およびADIFがセットされている場合があります。ADS書き換え直後にADIFを読み出すと、変換後のアナログ入力に対するA/D変換が終了していないにもかかわらずADIFがセットされていることとなりますので注意してください。

また、A/D変換を一度停止させて再開する場合は、再開する前にADIFをクリア (0) してください。

図11-21 A/D変換終了割り込み要求発生タイミング



備考1 . n = 0-3

2 . m = 0-3

(9) A/D変換スタート直後の変換結果について

ADCEビット = 1にしてから、 $1 \mu\text{s}$ 以内にADCSビット = 1にした場合、もしくはADCEビット = 0の状態、ADCSビット = 1にした場合は、A/D変換動作をスタートした直後のA/D変換値は定格を満たさないことがあります。A/D変換終了割り込み要求 (INTAD) をポーリングし、最初の変換結果を廃棄するなどの対策を行ってください。

(10) A/D変換結果レジスタ (ADCR, ADCRH) の読み出しについて

A/Dコンバータ・モード・レジスタ (ADM)、アナログ入力チャネル指定レジスタ (ADS)、A/Dポート・コンフィギュレーション・レジスタ (ADPC) に対して書き込み動作を行ったとき、ADCR, ADCRHの内容は不定となることがあります。変換結果は、変換動作終了後、ADM, ADS, ADPCに対して書き込み動作を行う前に読み出してください。上記以外のタイミングでは、正しい変換結果が読み出されることがあります。

(11) 内部等価回路について

アナログ入力部の等価回路を次に示します。

図11 - 22 ANIn端子内部等価回路

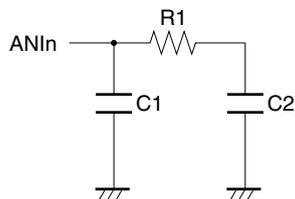


表11 - 4 等価回路の各抵抗と容量値 (参考値)

AV_{REF}		R1	C1	C2
4.0 V	$AV_{REF} < 5.5 V$	8.1 k	8 pF	5 pF
2.7 V	$AV_{REF} < 4.0 V$	31 k	8 pF	5 pF
2.3 V	$AV_{REF} < 2.7 V$	381 k	8 pF	5 pF

備考1 . 表11 - 4の各抵抗と容量値は保証値ではありません。

2 . n = 0-3

第12章 シリアル・インタフェースUART0

12.1 シリアル・インタフェースUART0の機能

シリアル・インタフェースUART0には、次の2種類のモードがあります。

(1) 動作停止モード

シリアル通信を行わないときに使用するモードです。消費電力を低減できます。

詳細については12.4.1 動作停止モードを参照してください。

(2) アシンクロナス・シリアル・インタフェース (UART) モード

機能の概要を次に示します。

詳細については12.4.2 アシンクロナス・シリアル・インタフェース (UART) モード, 12.4.3 専用ポー・レート・ジェネレータを参照してください。

- ・最大転送速度：625 kbps
- ・2端子構成 TxD0：送信データの出力端子
RxD0：受信データの入力端子
- ・通信データのデータ長は7ビット/8ビット可変
- ・専用の5ビット・ポー・レート・ジェネレータを内蔵していることにより、任意のポー・レートが設定可能
- ・送信動作と受信動作は独立して動作することが可能（全二重動作）
- ・通信データの先頭ビットは、LSB固定

注意1．シリアル・インタフェースUART0への供給クロックが停止しない場合（例：HALTモード）では、正常動作が続きます。シリアル・インタフェースUART0への供給クロックが停止する場合（例：STOPモード）では、各レジスタは、クロック停止直前の値を保持したまま動作を停止します。TxD0端子出力も同様に、クロック停止直前の値を保持し出力します。ただし、クロック供給再開後の動作は保証していないので、再開後はPOWER0 = 0, RXE0 = 0, TXE0 = 0として、回路をリセットしてください。

- 2．通信開始する場合、POWER0 = 1に設定後、TXE0 = 1（送信）またはRXE0 = 1（受信）に設定してください。
- 3．TXE0とRXE0は、BRGC0で設定した基本クロック（ f_{XCLK0} ）により、同期化されています。再び送信動作または受信動作を許可する場合は、TXE0 = 0またはRXE0 = 0に設定してから基本クロック2クロック以降にTXE0 = 1またはRXE0 = 1を設定してください。基本クロック2クロック以内に設定すると、送信回路または受信回路を初期化できない場合があります。
- 4．TXE0 = 1に設定したあと、基本クロック（ f_{XCLK0} ）1クロック以上待ってから、TXS0に送信データを設定してください。

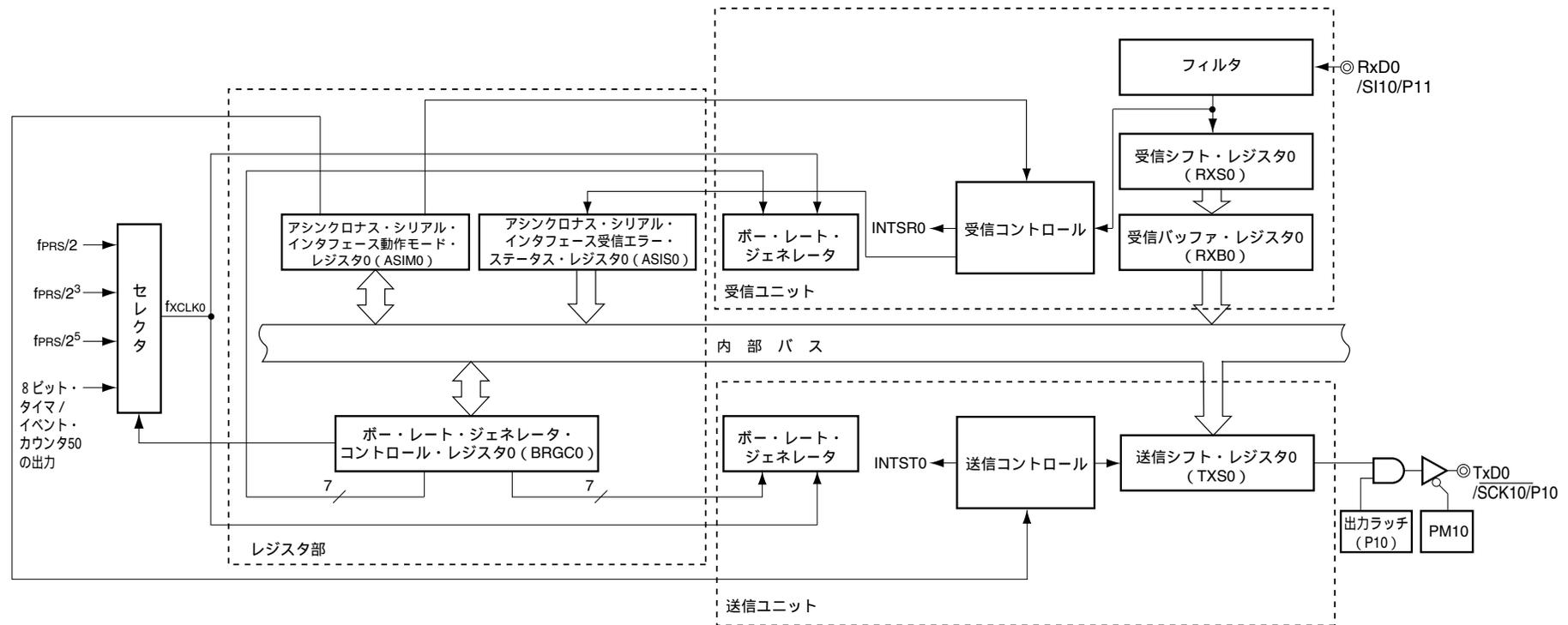
12.2 シリアル・インタフェースUART0の構成

シリアル・インタフェースUART0は、次のハードウェアで構成しています。

表12-1 シリアル・インタフェースUART0の構成

項 目	構 成
レジスタ	受信バッファ・レジスタ0 (RXB0) 受信シフト・レジスタ0 (RXS0) 送信シフト・レジスタ0 (TXS0)
制御レジスタ	アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ0 (ASIM0) アシンクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ0 (ASIS0) ポー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ0 (BRGC0) ポート・モード・レジスタ1 (PM1) ポート・レジスタ1 (P1)

図12-1 シリアル・インタフェースUART0のブロック図



(1) 受信バッファ・レジスタ0 (RXB0)

受信シフト・レジスタ0 (RXS0) で変換したパラレル・データを格納するための8ビット・レジスタです。データを1バイト受信するごとに新たな受信データが転送されます。

データ長を7ビットに指定した場合、受信データはRXB0のビット0-6に転送され、RXB0のMSBは必ず0になります。

オーバラン・エラー (OVE0) が発生した場合、そのときの受信データはRXB0には転送されません。

RXB0は8ビット・メモリ操作命令で読み出せます。書き込みはできません。

リセット信号の発生、POWER0 = 0によりFFHとなります。

(2) 受信シフト・レジスタ0 (RXS0)

RxD0端子に入力されたシリアル・データをパラレル・データに変換するレジスタです。

RXS0はプログラムで直接操作できません。

(3) 送信シフト・レジスタ0 (TXS0)

送信データを設定するためのレジスタです。TXS0にデータを書き込むことにより、送信動作が起動し、シリアル・データをTxD0端子から送信します。

TXS0は8ビット・メモリ操作命令で書き込めます。読み出しはできません。

リセット信号の発生、POWER0 = 0, TXE0 = 0によりFFHとなります。

- 注意**
- TXE0 = 1に設定したあと、基本クロック (f_{CLK0}) 1クロック以上待ってから、TXS0に送信データを設定してください。
 - TXS0に送信データを書き込んでから送信完了割り込み信号 (INTST0) が発生するまで、次の送信データを書き込まないでください。

12.3 シリアル・インタフェースUART0を制御するレジスタ

シリアル・インタフェースUART0は、次の5種類のレジスタで制御します。

- ・アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ0 (ASIM0)
- ・アシンクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ0 (ASIS0)
- ・ポー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ0 (BRGC0)
- ・ポート・モード・レジスタ1 (PM1)
- ・ポート・レジスタ1 (P1)

(1) アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ0 (ASIM0)

シリアル・インタフェースUART0のシリアル通信動作を制御する8ビット・レジスタです。

ASIM0は、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、01Hになります。

図12-2 アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ0 (ASIM0) のフォーマット (1/2)

アドレス: FF70H リセット時: 01H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
ASIM0	POWER0	TXE0	RXE0	PS01	PS00	CL0	SL0	1

POWER0	内部動作クロックの動作許可 / 禁止
0 ^{注1}	内部動作クロックの動作禁止 (ロウ・レベル固定), 内部回路を非同期リセットする ^{注2} 。
1	内部動作クロックの動作許可

TXE0	送信動作許可 / 禁止
0	送信動作禁止 (送信回路を同期リセットする)
1	送信動作許可

RXE0	受信動作許可 / 禁止
0	受信動作禁止 (受信回路を同期リセットする)
1	受信動作許可

注1. POWER0 = 0で、RxD0端子からの入力はハイ・レベルに固定されます。

2. リセットされるのはアシンクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ0 (ASIS0), 送信シフト・レジスタ0 (TXS0), 受信バッファ・レジスタ0 (RXB0) です。

図12 - 2 アシクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ0 (ASIM0) のフォーマット (2/2)

PS01	PS00	送信動作	受信動作
0	0	パリティ・ビットを出力しない	パリティなしで受信
0	1	0パリティを出力	0パリティとして受信 ^注
1	0	奇数パリティを出力	奇数パリティとして判定を行う
1	1	偶数パリティを出力	偶数パリティとして判定を行う

CL0	送受信データのキャラクタ長指定
0	データのキャラクタ長 = 7ビット
1	データのキャラクタ長 = 8ビット

SL0	送信データのストップ・ビット数指定
0	ストップ・ビット数 = 1
1	ストップ・ビット数 = 2

注 「0パリティとして受信」を設定すると、パリティ判定を行いません。したがって、アシクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ0 (ASIS0) のビット2 (PE0) はセットされないため、エラー割り込みも発生しません。

- 注意1. 送信開始するときはPOWER0 = 1にしてから、TXE0 = 1としてください。送信停止するときにはTXE0 = 0にしてから、POWER0 = 0としてください。
2. 受信開始するときはPOWER0 = 1にしてから、RXE0 = 1としてください。受信停止するときにはRXE0 = 0にしてから、POWER0 = 0としてください。
3. RxD0端子にハイ・レベルが入力された状態でPOWER0 = 1 RXE0 = 1と設定してください。ロウ・レベルのときにPOWER0 = 1 RXE0 = 1と設定すると、受信を開始してしまいます。
4. TXE0とRXE0は、BRGC0で設定した基本クロック (f_{XCLK0}) により、同期化されています。再び送信動作または受信動作を許可する場合は、TXE0 = 0またはRXE0 = 0に設定してから基本クロック2クロック以降にTXE0 = 1またはRXE0 = 1を設定してください。基本クロック2クロック以内に設定すると、送信回路または受信回路を初期化できない場合があります。
5. TXE0 = 1に設定したあと、基本クロック (f_{XCLK0}) 1クロック以上待つてから、TXS0に送信データを設定してください。
6. PS01, PS00, CL0ビットを書き換えるときは、TXE0, RXE0ビットをクリア (0) してから行ってください。
7. SL0ビットを書き換えるときは、TXE0をクリア (0) してから行ってください。また、受信は常に「ストップ・ビット数 = 1」として動作するので、SL0ビットの設定値の影響は受けません。
8. ビット0には必ず1を設定してください。

(2) アシクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ0 (ASIS0)

シリアル・インタフェースUART0の受信終了時のエラー・ステータスを示すレジスタです。3ビットのエラー・フラグ (PE0, FE0, OVE0) で構成されています。

ASIS0は、8ビット・メモリ操作命令で読み出しのみ可能です。

リセット信号の発生, ASIM0のビット7 (POWER0) = 0, ビット5 (RXE0) = 0により, 00Hになります。また, 読み出しにより, 00Hになります。受信エラーが発生した場合は, ASIS0を読み出したあと, 受信バッファ・レジスタ0 (RXB0) を読み出し, エラー・フラグをクリアしてください。

図12-3 アシクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ0 (ASIS0) のフォーマット

アドレス : FF73H リセット時 : 00H R

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
ASIS0	0	0	0	0	0	PE0	FE0	OVE0

PE0	パリティ・エラーを示すステータス・フラグ
0	POWER0 = 0およびRXE0 = 0に設定したとき, または, ASIS0レジスタのリード
1	受信完了時, 送信データのパリティとパリティ・ビットが一致しないとき

FE0	フレーミング・エラーを示すステータス・フラグ
0	POWER0 = 0およびRXE0 = 0に設定したとき, または, ASIS0レジスタのリード
1	受信完了時, ストップ・ビットが検出されないとき

OVE0	オーバラン・エラーを示すステータス・フラグ
0	POWER0 = 0およびRXE0 = 0に設定したとき, または, ASIS0レジスタのリード
1	RXB0レジスタに受信データがセットされ, それを読み出す前に次の受信動作が完了したとき

- 注意1. PE0ビットの動作は, アシクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ0 (ASIM0) のPS01, PS00ビットの設定値により異なります。
2. 受信データのストップ・ビットはストップ・ビット数に関係なく最初の1ビットだけをチェックします。
 3. オーバラン・エラーが発生した場合, 次の受信データは受信バッファ・レジスタ0 (RXB0) には書き込まれず, データは破棄されます。
 4. ASIS0からデータを読み出すと, ウェイトが発生します。また周辺ハードウェア・クロック (fPRS) が停止しているときに, ASIS0からデータを読み出さないでください。詳細は第27章 ウェイトに関する注意事項を参照してください。

(3) ボー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ0 (BRGC0)

シリアル・インタフェースUART0の基本クロックの選択と5ビット・カウンタの分周値を設定するレジスタです。

BRGC0は、8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、1FHになります。

図12-4 ボー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ0 (BRGC0) のフォーマット

アドレス：FF71H リセット時：1FH R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
BRGC0	TPS01	TPS00	0	MDL04	MDL03	MDL02	MDL01	MDL00

TPS01	TPS00	基本クロック (f _{XCLK0}) 選択 ^{注1}				
		f _{PRS} = 4 MHz	f _{PRS} = 8 MHz	f _{PRS} = 10 MHz	f _{PRS} = 20 MHz	
0	0	TM50の出力 ^{注2}				
0	1	f _{PRS} /2	2 MHz	4 MHz	5 MHz	10 MHz
1	0	f _{PRS} /2 ³	500 kHz	1 MHz	1.25 MHz	2.5 MHz
1	1	f _{PRS} /2 ⁵	125 kHz	250 kHz	312.5 kHz	625 kHz

MDL04	MDL03	MDL02	MDL01	MDL00	k	5ビット・カウンタの出力クロック選択
0	0	x	x	x	x	設定禁止
0	1	0	0	0	8	f _{XCLK0} /8
0	1	0	0	1	9	f _{XCLK0} /9
0	1	0	1	0	10	f _{XCLK0} /10
.
.
.
.
.
1	1	0	1	0	26	f _{XCLK0} /26
1	1	0	1	1	27	f _{XCLK0} /27
1	1	1	0	0	28	f _{XCLK0} /28
1	1	1	0	1	29	f _{XCLK0} /29
1	1	1	1	0	30	f _{XCLK0} /30
1	1	1	1	1	31	f _{XCLK0} /31

注1. 周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS}) が高速システム・クロック (f_{XH}) で動作している (XSEL = 1) 場合、電源電圧により、f_{PRS}の動作周波数が異なります。

- ・ V_{DD} = 2.7 ~ 5.5 V : f_{PRS} 20 MHz
- ・ V_{DD} = 1.8 ~ 2.7 V : f_{PRS} 5 MHz

(注2, 注意, 備考は次ページにあります。)

- 注2. TM50の出力を基本クロックとして選択する場合、次の内容に注意してください。
- ・TM50とCR50の一致でクリア&スタート・モード (TMC506 = 0)
 タイマF/Fの反転動作を許可 (TMC501 = 1) し、事前に8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50の動作を開始してください。
 - ・PWMモード (TMC506 = 1)
 デューティ50 %のクロックになるように設定し、事前に8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50の動作を開始してください。
- どちらのモードの場合でも、TO50出力を許可 (TOE50 = 1) する必要はありません。

- 注意1. MDL04-MDL00ビットを書き換える場合は、ASIM0レジスタのビット6 (TXE0) = 0、ビット5 (RXE0) = 0にしてから行ってください。
2. TPS01, TPS00ビットを書き換える場合は、ASIM0レジスタのビット7 (POWER0) = 0にしてから行ってください。
 3. 5ビット・カウンタの出力クロックをさらに1/2分周したものが、ポー・レート値となります。

- 備考1. f_{CLK0} : TPS01, TPS00ビットで選択した基本クロックの周波数
2. f_{PRS} : 周辺ハードウェア・クロック周波数
 3. k : MDL04-MDL00ビットで設定した値 (k = 8, 9, 10, ..., 31)
 4. x : 任意
 5. TMC506 : 8ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ50 (TMC50) のビット6
 TMC501 : TMC50のビット1

(4) ポート・モード・レジスタ1 (PM1)

ポート1の入力/出力を1ビット単位で設定するレジスタです。

P10/TxD0/SCK10端子をシリアル・インタフェースのデータ出力として使用するとき、PM10に0を、P10の出力ラッチに1を設定してください。

P11/RxD0/SI10端子をシリアル・インタフェースのデータ入力として使用するとき、PM11に1を設定してください。このときP11の出力ラッチは、0または1のどちらでもかまいません。

PM1は、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、FFHになります。

図12-5 ポート・モード・レジスタ1 (PM1) のフォーマット

アドレス : FF21H リセット時 : FFH R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PM1	PM17	PM16	PM15	PM14	PM13	PM12	PM11	PM10

PM1n	P1n端子の入出力モードの選択 (n = 0-7)
0	出力モード (出力バッファ・オン)
1	入力モード (出力バッファ・オフ)

12.4 シリアル・インタフェースUART0の動作

シリアル・インタフェースUART0は、次の2種類のモードがあります。

- ・動作停止モード
- ・アシンクロナス・シリアル・インタフェース (UART) モード

12.4.1 動作停止モード

動作停止モードでは、シリアル通信を行いませんので、消費電力を低減できます。また、動作停止モードでは、端子を通常のポートとして使用できます。動作停止モードにする場合は、ASIM0のビット7, 6, 5 (POWER0, TXE0, RXE0) に0を設定してください。

(1) 使用するレジスタ

動作停止モードの設定は、アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ0 (ASIM0) で行います。

ASIM0は、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、01Hになります。

アドレス：FF70H リセット時：01H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
ASIM0	POWER0	TXE0	RXE0	PS01	PS00	CL0	SL0	1

POWER0	内部動作クロックの動作許可 / 禁止
0 ^{注1}	内部動作クロックの動作禁止 (ロウ・レベル固定), 内部回路を非同期リセットする ^{注2} 。

TXE0	送信動作許可 / 禁止
0	送信動作禁止 (送信回路を同期リセットする)

RXE0	受信動作許可 / 禁止
0	受信動作禁止 (受信回路を同期リセットする)

注1. POWER0 = 0で、RxD0端子からの入力ハイ・レベルに固定されます。

2. リセットされるのはアシンクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ0 (ASIS0), 送信シフト・レジスタ0 (TXS0), 受信バッファ・レジスタ0 (RXB0) です。

注意 動作停止するときはTXE0 = 0, RXE0 = 0にしてから、POWER0 = 0 にしてください。

通信開始するときはPOWER0 = 1にしてから、TXE0 = 1, RXE0 = 1にしてください。

備考 RxD0/SI10/P11, TxD0/SCK10/P10端子を汎用ポートとして使用する場合は、第5章 ポート機能を参照してください。

12.4.2 アシクロナス・シリアル・インタフェース (UART) モード

スタート・ビットに続く1バイトのデータを送受信するモードで、全二重動作が可能です。

UART専用ボー・レート・ジェネレータを内蔵しており、広範囲な任意のボー・レートで通信できます。

(1) 使用するレジスタ

- ・アシクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ0 (ASIM0)
- ・アシクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ0 (ASIS0)
- ・ボー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ0 (BRGC0)
- ・ポート・モード・レジスタ1 (PM1)
- ・ポート・レジスタ1 (P1)

UARTモードの基本的な動作設定手順例は次のようになります。

BRGC0レジスタを設定 (図12-4を参照)

ASIM0レジスタのビット1-4 (SL0, CL0, PS00, PS01) を設定 (図12-2を参照)

ASIM0レジスタのビット7 (POWER0) をセット (1)

ASIM0レジスタのビット6 (TXE0) をセット (1) 送信可能

ASIM0レジスタのビット5 (RXE0) をセット (1) 受信可能

TXS0レジスタにデータを書き込み データ送信開始

注意 ポート・モード・レジスタとポート・レジスタの設定は、通信相手との関係を考慮して、行ってください。

レジスタの設定と端子の関係を次に示します。

表12-2 レジスタの設定と端子の関係

POWER0	TXE0	RXE0	PM10	P10	PM11	P11	UART0 の動作	端子機能	
								TxD0/SCK10/P10	RxD0/SI10/P11
0	0	0	x ^注	x ^注	x ^注	x ^注	停止	SCK10/P10	SI10/P11
1	0	1	x ^注	x ^注	1	x	受信	SCK10/P10	RxD0
	1	0	0	1	x ^注	x ^注	送信	TxD0	SI10/P11
	1	1	0	1	1	x	送受信	TxD0	RxD0

注 ポート機能またはシリアル・インタフェースCSI10として設定することができます。

備考 x : don't care

POWER0 : アシクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ0 (ASIM0) のビット7

TXE0 : ASIM0のビット6

RXE0 : ASIM0のビット5

PM1x : ポート・モード・レジスタ

P1x : ポートの出力ラッチ

(2) 通信動作

(a) 通常送受信データ・フォーマットと波形例

通常送受信データのフォーマットと波形例を図12 - 6 , 12 - 7に示します。

図12 - 6 通常UART送受信データのフォーマット



1データ・フレームは次に示すビットで構成されています。

- ・ スタート・ビット..... 1ビット
- ・ キャラクタ・ビット... 7ビット / 8ビット (LSBファースト)
- ・ パリティ・ビット..... 偶数パリティ / 奇数パリティ / 0パリティ / パリティなし
- ・ ストップ・ビット..... 1ビット / 2ビット

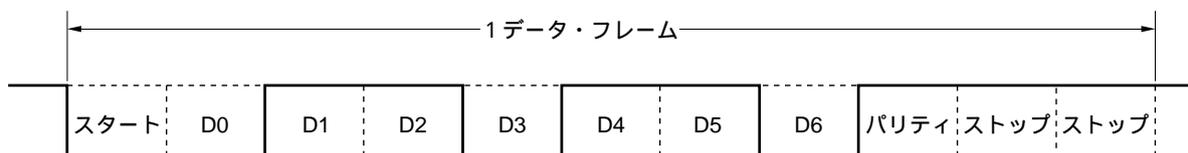
1データ・フレーム内のキャラクタ・ビット長の指定 , パリティ選択 , ストップ・ビット長の指定は , アシクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ0 (ASIM0) によって行います。

図12 - 7 通常UART送受信データの波形例

1. データ長 : 8ビット , パリティ : 偶数パリティ , ストップ・ビット : 1ビット , 通信データ : 55H



2. データ長 : 7ビット , パリティ : 奇数パリティ , ストップ・ビット : 2ビット , 通信データ : 36H



3. データ長 : 8ビット , パリティ : パリティなし , ストップ・ビット : 1ビット , 通信データ : 87H



(b) パリティの種類と動作

パリティ・ビットは通信データのビット誤りを検出するためのビットです。通常は、送信側と受信側のパリティ・ビットは同一の種類のもを使用します。偶数パリティと奇数パリティでは、1ビット（奇数個）の誤りを検出することができます。0パリティとパリティなしでは、誤りを検出することはできません。

(i) 偶数パリティ

・送信時

パリティ・ビットを含めた送信データ中の、値が“1”のビット数を偶数個にするように制御します。パリティ・ビットの値は次のようになります。

送信データ中に、値が“1”のビット数が奇数個：1

送信データ中に、値が“1”のビット数が偶数個：0

・受信時

パリティ・ビットを含めた受信データ中の、値が“1”のビット数をカウントし、奇数個であった場合にパリティ・エラーを発生します。

(ii) 奇数パリティ

・送信時

偶数パリティとは逆に、パリティ・ビットを含めた送信データ中の値に含まれる“1”のビット数を奇数個になるように制御します。

送信データ中に、値が“1”のビット数が奇数個：0

送信データ中に、値が“1”のビット数が偶数個：1

・受信時

パリティ・ビットを含めた受信データ中の、値が“1”のビット数をカウントし、偶数個であった場合にパリティ・エラーを発生します。

(iii) 0パリティ

送信時には、送信データによらずパリティ・ビットを“0”にします。

受信時にはパリティ・ビットの検出を行いません。したがって、パリティ・ビットが“0”でも“1”でもパリティ・エラーを発生しません。

(iv) パリティなし

送信データにパリティ・ビットを付加しません。

受信時にもパリティ・ビットがないものとして受信動作を行います。パリティ・ビットがないため、パリティ・エラーを発生しません。

(c) 送信

アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ0 (ASIM0)のビット7(POWER0)をセット(1)し,次にASIM0のビット6(TXE0)をセット(1)すると送信許可状態になり,送信シフト・レジスタ0(TXS0)に送信データを書き込むことによって送信動作は起動します。スタート・ビット,パリティ・ビット,ストップ・ビットは自動的に付加されます。

送信動作の開始により,スタート・ビットがTxD0端子から出力され,続いて送信データがLSBより順次出力されます。送信が完了すると,ASIM0で設定したパリティ・ビット,ストップ・ビットが付加され,最後に送信完了割り込み要求(INTST0)が発生します。

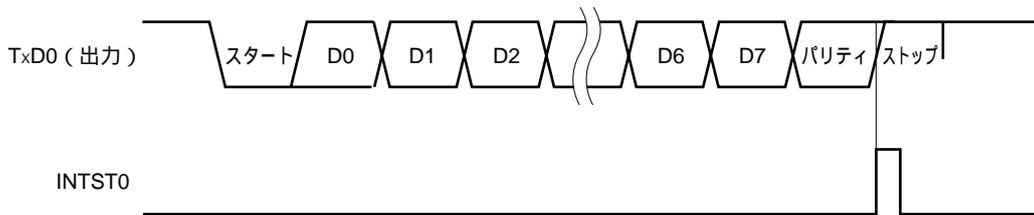
次に送信するデータをTXS0に書き込むまで,送信動作は中断します。

送信完了割り込み要求(INTST0)のタイミングを図12-8に示します。INTST0は,最後のストップ・ビット出力と同時に発生します。

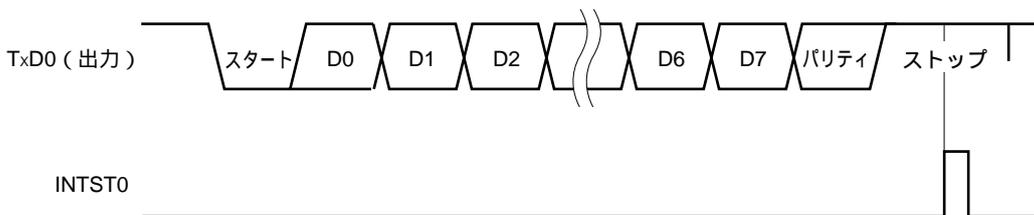
注意 TXS0に送信データを書き込んでから送信完了割り込み信号(INTST0)が発生するまで,次の送信データを書き込まないでください。

図12-8 送信完了割り込み要求タイミング

1. ストップ・ビット長:1



2. ストップ・ビット長:2



(d) 受信

アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ0 (ASIM0)のビット7 (POWER0) をセット (1) し、次にASIM0のビット5 (RXE0) をセット (1) すると受信許可状態となり、RxD0端子入力のサンプリングを行います。

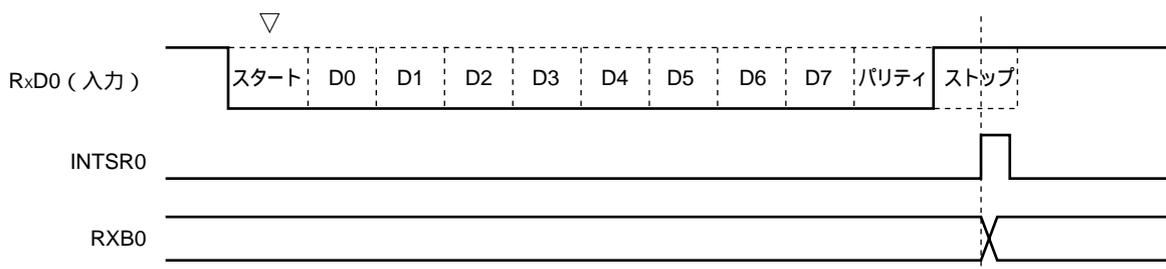
RxD0端子入力の立ち下がりを検出すると、ポー・レート・ジェネレータの5ビット・カウンタがカウントを開始し、ポー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ0 (BRGC0) の設定値をカウントした時点で、再度RxD0端子入力をサンプリング (図12 - 9の 印に相当) した結果、RxD0端子がロウ・レベルであれば、スタート・ビットと認識します。

スタート・ビットを検出したら、受信動作を開始し、設定されたポー・レートに合わせて、シリアル・データを順次、受信シフト・レジスタ0 (RXS0) に格納していきます。ストップ・ビットを受信したら、受信完了割り込み (INTSR0) を発生すると同時に、RXS0のデータは受信バッファ・レジスタ0 (RXB0) に書き込まれます。ただし、オーバラン・エラー (OVE0) が発生した場合、そのときの受信データはRXB0に書き込まれません。

受信途中に、パリティ・エラー (PE0) が発生しても、ストップ・ビットの受信位置までは、受信を継続し、受信完了後に受信エラー割り込み (INTSR0) を発生します。

INTSR0は、受信完了時および受信エラー時に発生します。

図12 - 9 受信完了割り込み要求タイミング



注意1. 受信エラーが発生した場合は、アシンクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ0 (ASIS0) を読み出したあと、受信バッファ・レジスタ0 (RXB0) を読み出し、エラー・フラグをクリアしてください。

RXB0を読み出さないと、次のデータ受信時にオーバラン・エラーが発生し、いつまでも受信エラーの状態が続いてしまいます。

2. 受信は、常に「ストップ・ビット数 = 1」として動作します。2ビット目のストップ・ビットは、無視されます。

(e) 受信エラー

受信動作時のエラーは、パリティ・エラー、フレーミング・エラー、オーバラン・エラーの3種類があります。データ受信の結果エラー・フラグがアシンクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ0 (ASIS0) 内に立つと、受信エラー割り込み (INTSR0) を発生します。

受信エラー割り込み (INTSR0) 処理内で、ASIS0の内容を読み出すことによって、いずれのエラーが受信時に発生したかを検出することができます (図12 - 3参照)。

ASIS0の内容は、ASIS0を読み出すことによって、クリア (0) されます。

表12 - 3 受信エラーの要因

受信エラー	要 因
パリティ・エラー	送信時のパリティ指定と受信データのパリティが一致しない
フレーミング・エラー	ストップ・ビットが検出されない
オーバラン・エラー	受信バッファ・レジスタ0 (RXB0) からデータを読み出す前に次のデータ受信完了

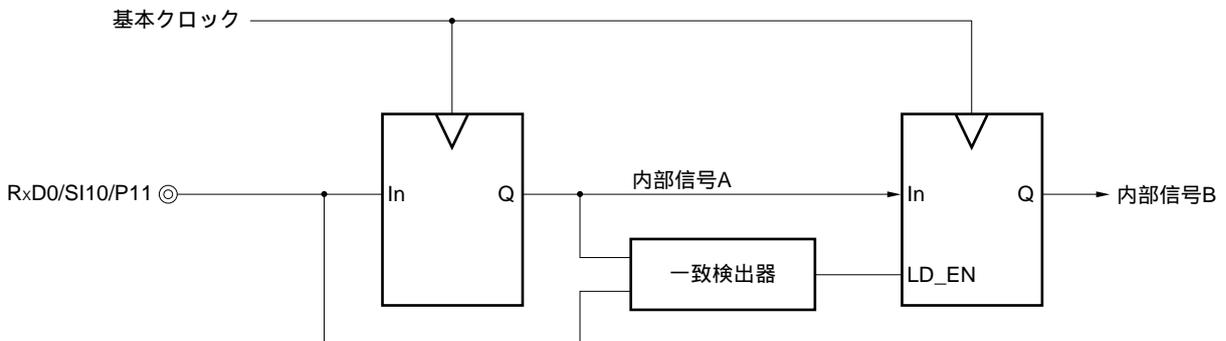
(f) 受信データのノイズ・フィルタ

プリスケラ部出力の基本クロックでRxD0信号をサンプリングします。

サンプリング値が同じ値を2回取ると、一致検出器の出力が変化し、入力データとしてサンプリングされます。

また、回路は図12 - 10のようにになっているため、受信動作の内部での処理は、外部の信号状態より2クロック分遅れて動作することになります。

図12 - 10 ノイズ・フィルタ回路



12.4.3 専用ポー・レート・ジェネレータ

専用ポー・レート・ジェネレータは、ソース・クロック・セクタ部と5ビットのプログラマブル・カウンタにより構成され、UART0における送受信時のシリアル・クロックを生成します。

なお、5ビット・カウンタは送信用と受信用が別々に存在します。

(1) ポー・レート・ジェネレータの構成

・基本クロック

アシンクロナス・シリアル・インタフェース・モード動作レジスタ0 (ASIM0) のビット7 (POWER0) = 1のとき、ポー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ0 (BRGC0) のビット7, 6 (TPS01, TPS00) で選択したクロックを各モジュールに供給します。このクロックを基本クロックと呼び、その周波数を f_{XCLK0} と呼びます。POWER0 = 0のときは、基本クロックはロウ・レベルに固定となります。

・送信用カウンタ

アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ0 (ASIM0) のビット7 (POWER0) = 0またはビット6 (TXE0) = 0のときはクリア (0) の状態で動作を停止します。

POWER0 = 1かつTXE0 = 1でカウントをスタートします。

最初の送信では送信シフト・レジスタ0 (TXS0) への書き込みでカウンタをクリア (0) します。

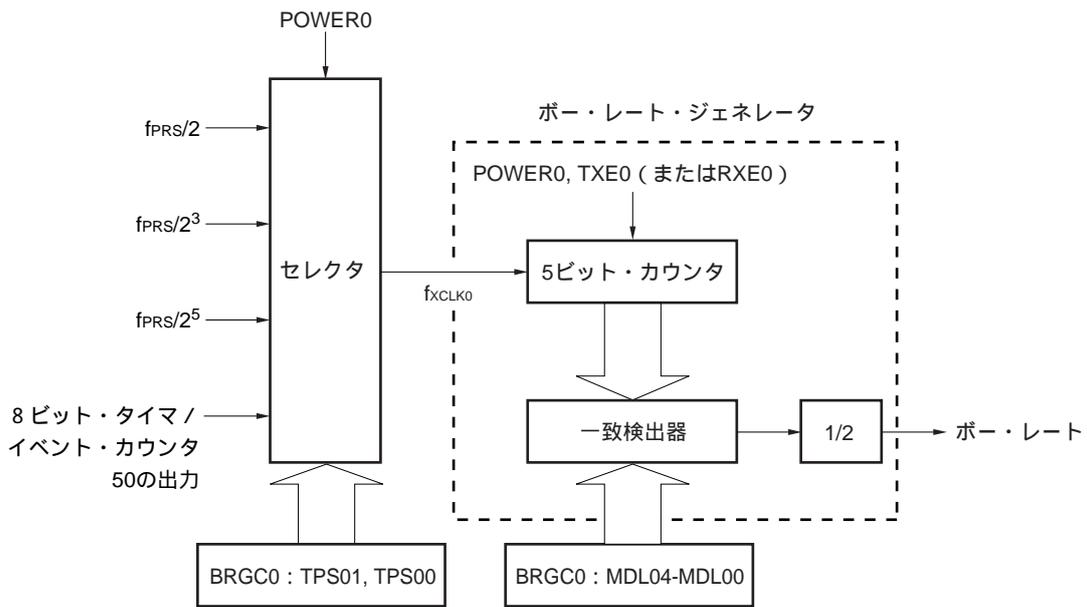
・受信用カウンタ

アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ0 (ASIM0) のビット7 (POWER0) = 0またはビット5 (RXE0) = 0のときはクリア (0) の状態で動作を停止します。

スタート・ビット検出によりカウントをスタートします。

1フレーム受信後は次のスタート・ビット検出まで動作を停止します。

図12 - 11 ポー・レート・ジェネレータの構成



- 備考** $POWER0$: アシクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ0 (ASIM0) のビット7
 $TXE0$: ASIM0のビット6
 $RXE0$: ASIM0のビット5
 $BRGC0$: ポー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ0

(2) シリアル・クロックの生成

ポー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ0 ($BRGC0$) の設定により、生成するシリアル・クロックを指定できます。

$BRGC0$ のビット7, 6 ($TPS01, TPS00$) により、5ビット・カウンタへの入力クロックの選択を、ビット4-0 ($MDL04-MDL00$) により、5ビット・カウンタの分周値 ($f_{XCLK0}/8 - f_{XCLK0}/31$) を設定できます。

12.4.4 ボー・レートの算出

(1) ボー・レート計算式

ボー・レートは次の式によって求められます。

$$\cdot \text{ボー・レート} = \frac{f_{\text{CLK0}}}{2 \times k} \text{ [bps]}$$

f_{CLK0} : BRGC0レジスタのTPS01, TPS00ビットで選択した基本クロックの周波数

k : BRGC0レジスタのMDL04-MDL00ビットで設定した値 ($k = 8, 9, 10, \dots, 31$)

表12-4 TPS01, TPS00の設定値

TPS01	TPS00	基本クロック (f_{CLK0}) 選択 ^{注1}				
			$f_{\text{PRS}} = 4 \text{ MHz}$	$f_{\text{PRS}} = 8 \text{ MHz}$	$f_{\text{PRS}} = 10 \text{ MHz}$	$f_{\text{PRS}} = 20 \text{ MHz}$
0	0	TM50の出力 ^{注2}				
0	1	$f_{\text{PRS}}/2$	5 MHz	4 MHz	5 MHz	10 MHz
1	0	$f_{\text{PRS}}/2^3$	500 kHz	1 MHz	1.25 MHz	2.5 MHz
1	1	$f_{\text{PRS}}/2^5$	125 kHz	250 kHz	312.5 kHz	625 kHz

注1. 周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS}) が高速システム・クロック (f_{XH}) で動作している ($\text{XSEL} = 1$) 場合、電源電圧により、 f_{PRS} の動作周波数が異なります。

- ・ $V_{\text{DD}} = 2.7 \sim 5.5 \text{ V}$: $f_{\text{PRS}} = 20 \text{ MHz}$
- ・ $V_{\text{DD}} = 1.8 \sim 2.7 \text{ V}$: $f_{\text{PRS}} = 5 \text{ MHz}$

2. TM50の出力を基本クロックとして選択する場合、次の内容に注意してください。

- ・ TM50とCR50の一致でクリア&スタート・モード ($\text{TMC506} = 0$)
タイマF/Fの反転動作を許可 ($\text{TMC501} = 1$) し、事前に8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50の動作を開始してください。
- ・ PWMモード ($\text{TMC506} = 1$)
デューティ50%のクロックになるように設定し、事前に8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50の動作を開始してください。

どちらのモードの場合でも、TO50出力を許可 ($\text{TOE50} = 1$) する必要はありません。

(2) ボー・レートの誤差

ボー・レート誤差は次の式によって求められます。

$$\cdot \text{誤差 (\%)} = \left(\frac{\text{実際のボー・レート (誤差のあるボー・レート)}}{\text{希望するボー・レート (正常なボー・レート)}} - 1 \right) \times 100 \text{ [\%]}$$

注意1. 送信時のボー・レート誤差は、受信先の許容誤差以内にしてください。

2. 受信時のボー・レート誤差は、(4) 受信時の許容ボー・レート範囲で示す範囲を満たすようにしてください。

例 基本クロックの周波数 = 2.5 MHz = 2,500,000 Hz

BRGC0レジスタのMDL04-MDL00ビットの設定値 = 10000B (k = 16)

目標ボー・レート = 76800 bps

$$\begin{aligned} \text{ボー・レート} &= 2.5 \text{ M} / (2 \times 16) \\ &= 2,500,000 / (2 \times 16) = 78125 \text{ [bps]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{誤差} &= (78125 / 76800 - 1) \times 100 \\ &= 1.725 \text{ [\%]} \end{aligned}$$

(3) ボー・レート設定例

表12-5 ボー・レート・ジェネレータ設定データ

ボー・ レート [bps]	f _{PRS} = 2.0 MHz				f _{PRS} = 5.0 MHz				f _{PRS} = 10.0 MHz				f _{PRS} = 20.0 MHz			
	TPS01, TPS00	k	算出値	ERR [%]	TPS01, TPS00	k	算出値	ERR [%]	TPS01, TPS00	k	算出値	ERR [%]	TPS01, TPS00	k	算出値	ERR [%]
4800	2H	26	4808	0.16	3H	16	4883	1.73	-	-	-	-	-	-	-	-
9600	2H	13	9615	0.16	3H	8	9766	1.73	3H	16	9766	1.73	-	-	-	-
10400	2H	12	10417	0.16	2H	30	10417	0.16	3H	15	10417	0.16	3H	30	10417	0.16
19200	1H	26	19231	0.16	2H	16	19531	1.73	3H	8	19531	1.73	3H	16	19531	1.73
24000	1H	21	23810	-0.79	2H	13	24038	0.16	2H	26	24038	0.16	3H	13	24038	0.16
31250	1H	16	31250	0	2H	10	31250	0	2H	20	31250	0	3H	10	31250	0
33600	1H	15	33333	-0.79	2H	9	34722	3.34	2H	19	32895	-2.1	3H	9	34722	3.34
38400	1H	13	38462	0.16	2H	8	39063	1.73	2H	16	39063	1.73	3H	8	39063	1.73
56000	1H	9	55556	-0.79	1H	22	56818	1.46	2H	11	56818	1.46	2H	22	56818	1.46
62500	1H	8	62500	0	1H	20	62500	0	2H	10	62500	0	2H	20	62500	0
76800	-	-	-	-	1H	16	78125	1.73	2H	8	78125	1.73	2H	16	78125	1.73
115200	-	-	-	-	1H	11	113636	-1.36	1H	22	113636	-1.36	2H	11	113636	-1.36
153600	-	-	-	-	1H	8	156250	1.73	1H	16	156250	1.73	2H	8	156250	1.73
312500	-	-	-	-	-	-	-	-	1H	8	312500	0	1H	16	312500	0
625000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1H	8	625000	0

備考 TPS01, TPS00 : ボー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ0 (BRGC0) のビット7, 6 (基本クロック (f_{CLK0}) 設定)

k : BRGC0のMDL04-MDL00ビットで設定した値 (k = 8, 9, 10, ..., 31)

f_{PRS} : 周辺ハードウェア・クロック周波数

ERR : ボー・レート誤差

(4) 受信時の許容ポー・レート範囲

受信の際に、送信先のポー・レートのずれがどの程度まで許容できるかを次に示します。

注意 受信時のポー・レート誤差は、下記に示す算出式を使用して、必ず許容誤差範囲内になるように設定してください。

図12 - 12 受信時の許容ポー・レート範囲

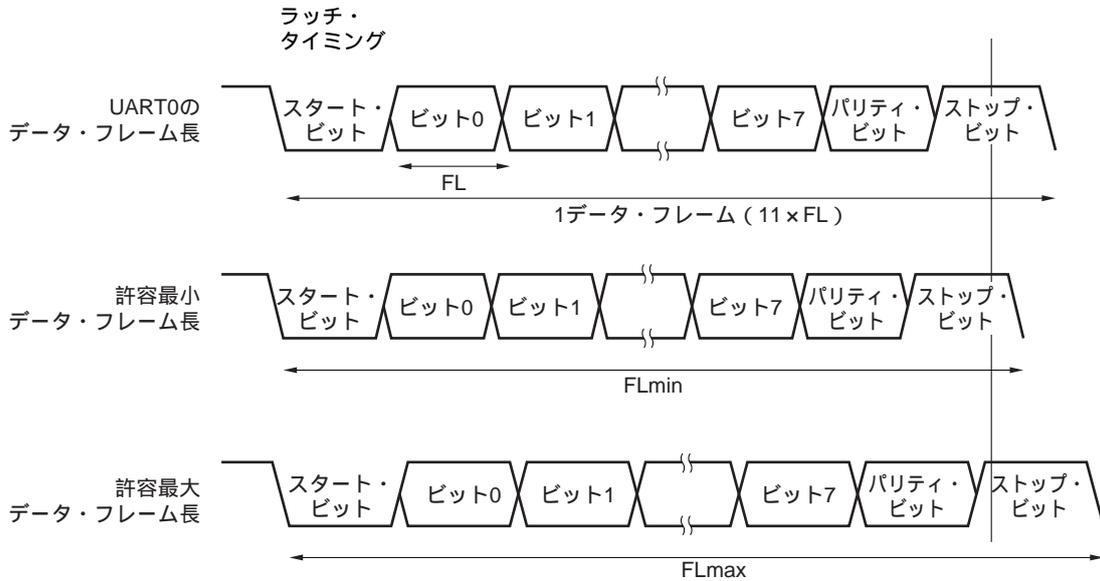


図12 - 12に示すように、スタート・ビット検出後はポー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ0 (BRGC0) で設定したカウンタにより、受信データのラッチ・タイミングが決定されます。このラッチ・タイミングに最終データ (ストップ・ビット) までが間に合えば正常に受信できます。

これを11ビット受信に当てはめると理論上、次のようになります。

$$FL = (\text{Brate})^{-1}$$

- Brate : UART0のポー・レート
- k : BRGC0の設定値
- FL : 1ビット・データ長
- ラッチ・タイミングのマージン : 2クロック

$$\text{許容最小データ・フレーム長} : FL_{\min} = 11 \times FL - \frac{k-2}{2k} \times FL = \frac{21k+2}{2k} FL$$

したがって、受信可能な送信先の最大ポー・レートは次のようになります。

$$BR_{\max} = (FL_{\min}/11)^{-1} = \frac{22k}{21k+2} \text{Brate}$$

同様に、許容最大データ・フレーム長を求めると、次のようになります。

$$\frac{10}{11} \times FL_{\max} = 11 \times FL - \frac{k+2}{2 \times k} \times FL = \frac{21k-2}{2 \times k} FL$$

$$FL_{\max} = \frac{21k-2}{20k} FL \times 11$$

したがって、受信可能な送信先の最小ボー・レートは次のようになります。

$$BR_{\min} = (FL_{\max}/11)^{-1} = \frac{20k}{21k-2} \text{Brate}$$

前述の最小/最大ボー・レート値の算出式から、UART0と送信先とのボー・レートの許容誤差を求めると次のようになります。

表12-6 許容最大/最小ボー・レート誤差

分周比(k)	許容最大ボー・レート誤差	許容最小ボー・レート誤差
8	+3.53 %	-3.61 %
16	+4.14 %	-4.19 %
24	+4.34 %	-4.38 %
31	+4.44 %	-4.47 %

備考1. 受信の許容誤差は、1フレーム・ビット数、入力クロック周波数、分周比(k)に依存します。入力クロック周波数が高く、分周比(k)が大きくなるほど許容誤差は大きくなります。

2. k: BRGC0の設定値

第13章 シリアル・インタフェースUART6

13.1 シリアル・インタフェースUART6の機能

シリアル・インタフェースUART6には、次の2種類のモードがあります。

(1) 動作停止モード

シリアル通信を行わないときに使用するモードです。消費電力を低減できます。

詳細については13.4.1 **動作停止モード**を参照してください。

(2) アシクロナス・シリアル・インタフェース (UART) モード

LIN (Local Interconnect Network) - bus対応のUARTモードです。機能の概要を次に示します。

詳細については13.4.2 **アシクロナス・シリアル・インタフェース (UART) モード**、13.4.3 **専用ポー・レート・ジェネレータ**を参照してください。

- ・最大転送速度：625 kbps
- ・2端子構成 TxD6：送信データの出力端子
RxD6：受信データの入力端子
- ・通信データのデータ長は7ビット / 8ビット可変
- ・専用の8ビット・ポー・レート・ジェネレータを内蔵していることにより、任意のポー・レートが設定可能
- ・送信動作と受信動作は独立して動作することが可能 (全二重動作)
- ・MSB/LSBファースト通信選択可能
- ・送信反転動作可能
- ・シンク・ブレイク・フィールド送信は13ビットから20ビットまで選択可能
- ・シンク・ブレイク・フィールド受信が11ビット以上識別可能 (SBF受信フラグあり)

注意1 . TxD6出力反転機能は、送信側だけ反転して受信側は反転しないので、TxD6出力反転機能を使用する場合、相手側も反転レベルで受信してください。

2. シリアル・インタフェースUART6への供給クロックが停止しない場合 (例：HALTモード) では、正常動作が続きます。シリアル・インタフェースUART6への供給クロックが停止する場合 (例：STOPモード) では、各レジスタは、クロック停止直前の値を保持したまま動作を停止します。TxD6端子出力も同様に、クロック停止直前の値を保持し出力します。ただし、クロック供給再開後の動作は保証していないので、再開後はPOWER6 = 0, RXE6 = 0, TXE6 = 0として、回路をリセットしてください。
3. 通信開始する場合、POWER6 = 1に設定後、TXE6 = 1 (送信) またはRXE6 = 1 (受信) に設定してください。
4. TXE6とRXE6は、CKSR6で設定した基本クロック (f_{CLK6}) により、同期化されています。再び送信動作または受信動作を許可する場合は、TXE6 = 0またはRXE6 = 0に設定してから基本クロック2クロック以降にTXE6 = 1またはRXE6 = 1を設定してください。基本クロック2クロック以内に設定すると、送信回路または受信回路を初期化できない場合があります。

注意5 . TXE6 = 1に設定したあと、基本クロック (f_{XCLK6}) 1クロック以上待ってから、TXB6に送信データを設定してください。

- 6 . 連続送信の場合、ストップ・ビットから次のスタート・ビットまでの通信タイミングが通常よりマクロの動作クロックの2クロック分伸びます。ただし、受信側はスタート・ビットの検出により、タイミングの初期化を行うので通信結果には影響しません。また、LIN通信動作で使用する場合は連続送信機能を使用しないでください。

備考 LINとは、Local Interconnect Networkの略称で、車載ネットワークのコストダウンを目的とする低速(1 ~ 20 kbps)のシリアル通信プロトコルです。

LINの通信はシングル・マスタ通信で、1つのマスタに対し最大15のスレーブが接続可能です。

LINのスレーブは、スイッチ、アクチュエータ、センサなどの制御に使用され、これらがLINのネットワークを介してLINのマスタに接続されます。

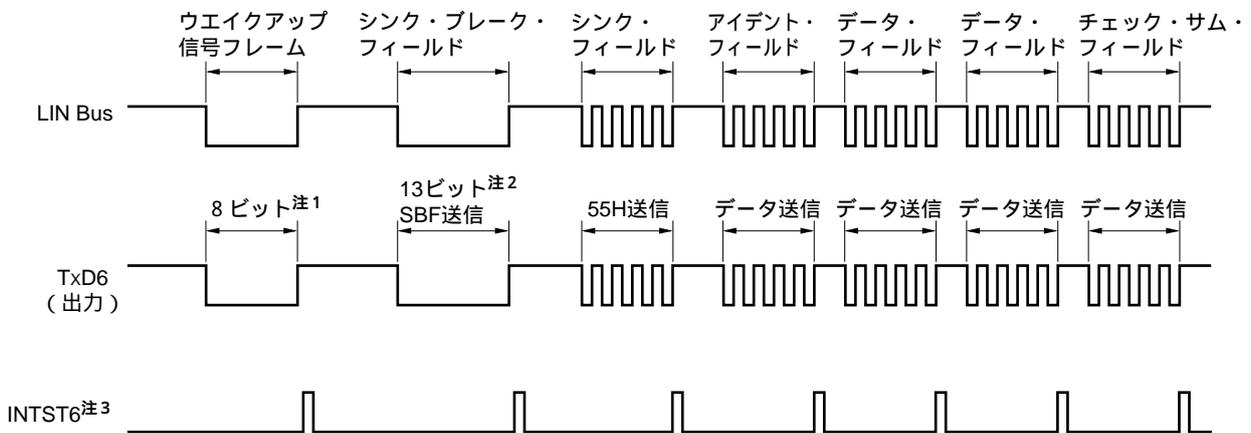
LINのマスタは通常、CAN (Controller Area Network) などのネットワークに接続されます。

また、LINバスはシングル・ワイヤ方式で、ISO9141に準拠したトランシーバを介して各ノードが接続されます。

LINのプロトコルでは、マスタはフレームにボー・レート情報をつけて送信し、スレーブはこれを受信してマスタとのボー・レート誤差を補正します。このため、スレーブのボー・レート誤差が $\pm 15\%$ 以下であれば、通信可能です。

LINの送信操作と受信操作の概略を、図13 - 1, 13 - 2に示します。

図13 - 1 LINの送信操作



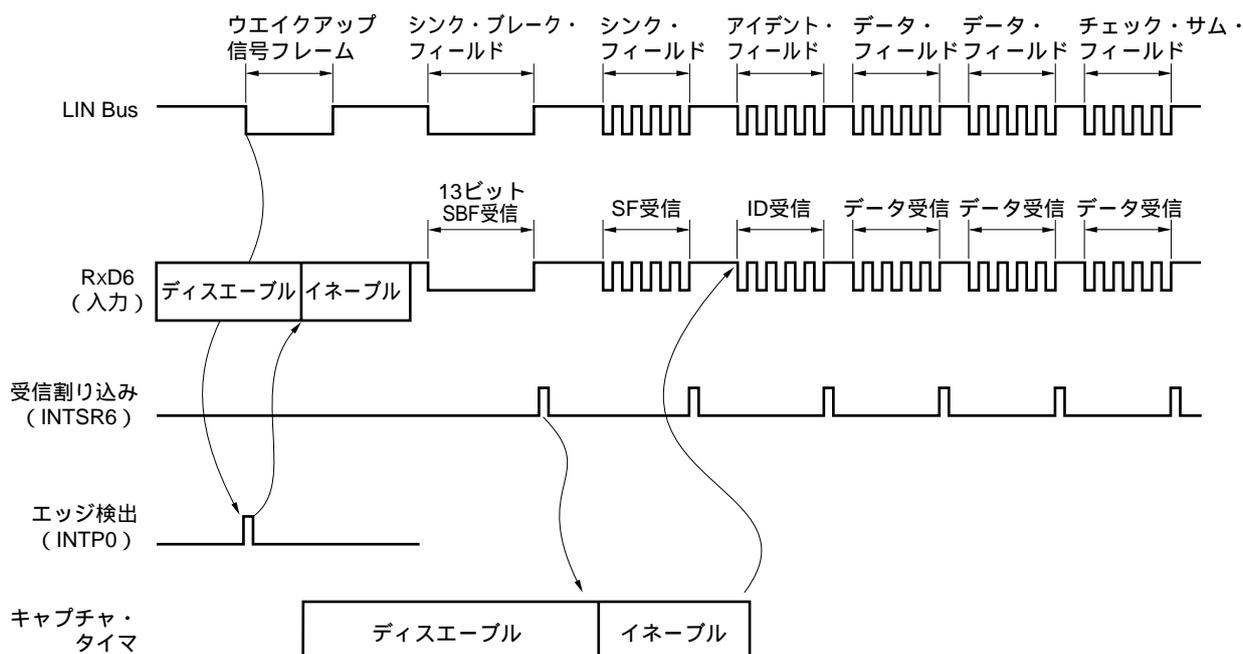
注1 . ウェイクアップ信号フレームは、8ビット・モードの80H送信で代用します。

2 . シンク・ブレイク・フィールドの出力はハードウェアで行います。出力幅はアシンクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6 (ASICL6) のビット4-2 (SBL62-SBL60) で設定したビット長になります (13.4.2 (2) (h) SBF送信を参照)。

3 . 各送信終了時にはINTST6を出力します。またSBF送信時もINTST6を出力します。

備考 各フィールド間の間隔はソフトウェアで制御します。

図13 - 2 LINの受信操作



受信処理の流れを次に示します。

ウエイクアップ信号の検出は、端子のエッジ検出で行います。ウエイクアップ信号により、UART6をイネーブルし、SBF受信モードに設定します。

STOPビットの検出まで受信動作を行います。SBFを11ビット以上のロウ・レベルのデータを検出したら、SBF受信を正常終了したと判断し、割り込み信号を出力します。SBFを11ビット未満のロウ・レベルのデータを検出したら、SBF受信エラーと判断し、割り込み信号を出力せずにSBF受信モードに戻ります。

SBF受信を正常終了した場合、割り込み信号を出力します。SBF受信完了割り込み処理で16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00を起動し、シンク・フィールドのビット間隔（パルス幅）を測定してください（7. 4. 8 パルス幅測定としての動作を参照）。また、OVE6, PE6, FE6の各エラー検出は抑制され、UART通信のエラー検出処理、およびシフト・レジスタとRXB6のデータ転送は行われません。シフト・レジスタはリセット値のFFHを保持します。

シンク・フィールドのビット間隔からポー・レート誤差を算出し、SF受信後にUART6のイネーブルを落としてからポー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ6（BRGC6）を再セットしてください。

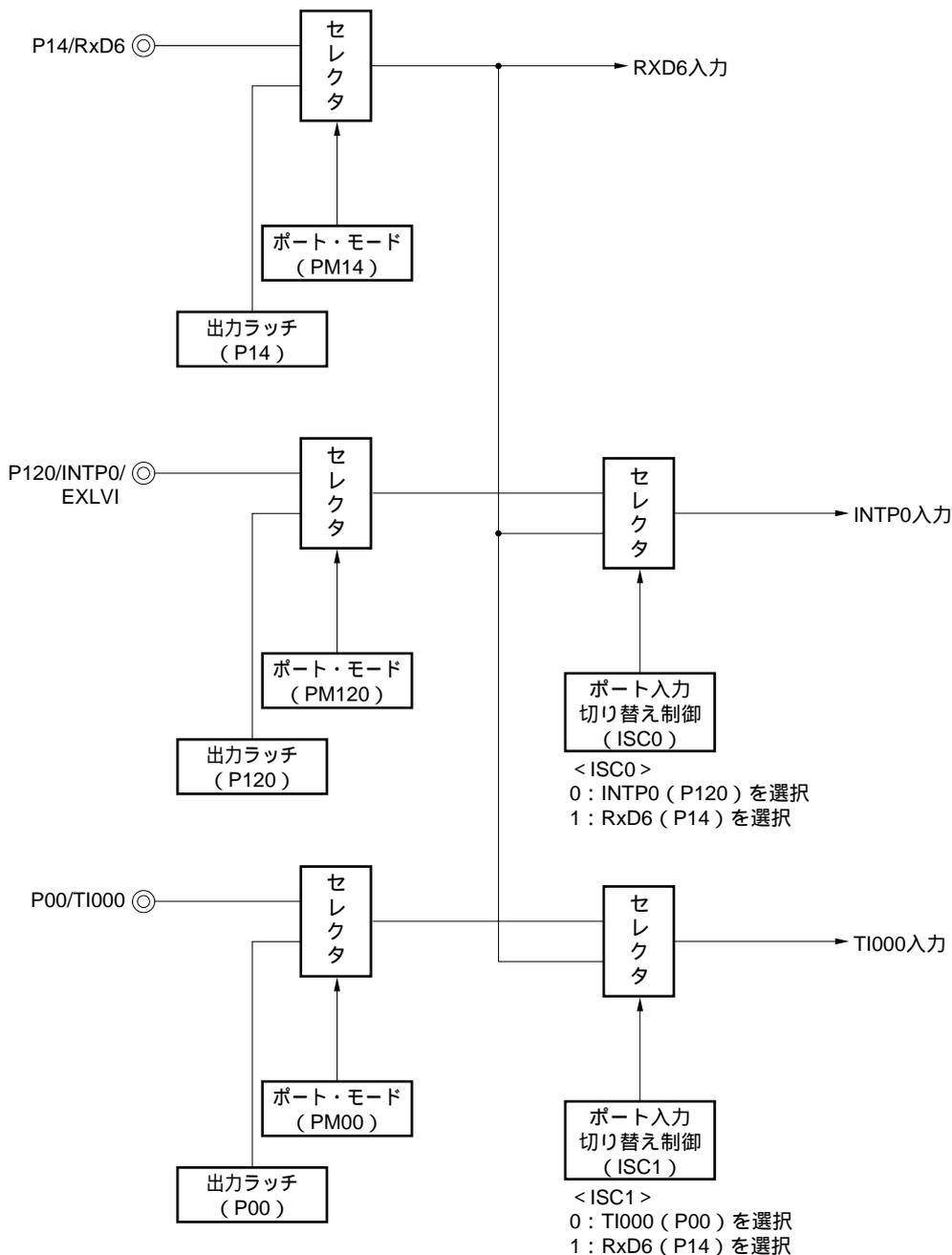
チェック・サム・フィールドの区別はソフトウェアで行ってください。チェック・サム・フィールド受信後にUART6を初期化し、再びSBF受信モードに設定する処理もソフトウェアにて行ってください。

図13 - 3はLINの受信操作のポート構成図です。

LINのマスタから送信されるウエイクアップ信号の受信を、外部割り込み(INTP0)のエッジ検出にて行います。また、LINのマスタから送信されるシンク・フィールドの長さを16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00の外部イベント・キャプチャ動作で計測し、ポー・レート誤差を算出することができます。

ポート入力切り替え制御 (ISC0/ISC1) により、外部でRxD6とINTP0, TI000の結線をせずに、受信用ポート入力 (RxD6) の入力ソースを外部割り込み (INTP0) および16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00へ入力することができます。

図13 - 3 LINの受信操作のポート構成図



備考 ISC0, ISC1 : 入力切り替え制御レジスタ (ISC) のビット0, 1 (図13 - 11参照)

LIN通信動作で使用する周辺機能を次に示します。

<使用する周辺機能>

- ・外部割り込み (INTP0) ; ウェイクアップ信号検出
用途: ウェイクアップ信号のエッジを検出し, 通信開始を検出
- ・16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00 (TI000) ; ボー・レート誤差検出
用途: シンク・フィールド (SF) の長さを検出し, ビット数で割ることでボー・レート誤差を検出 (TI000 入力エッジの間隔をキャプチャ・モードで測定)
- ・シリアル・インタフェースUART6

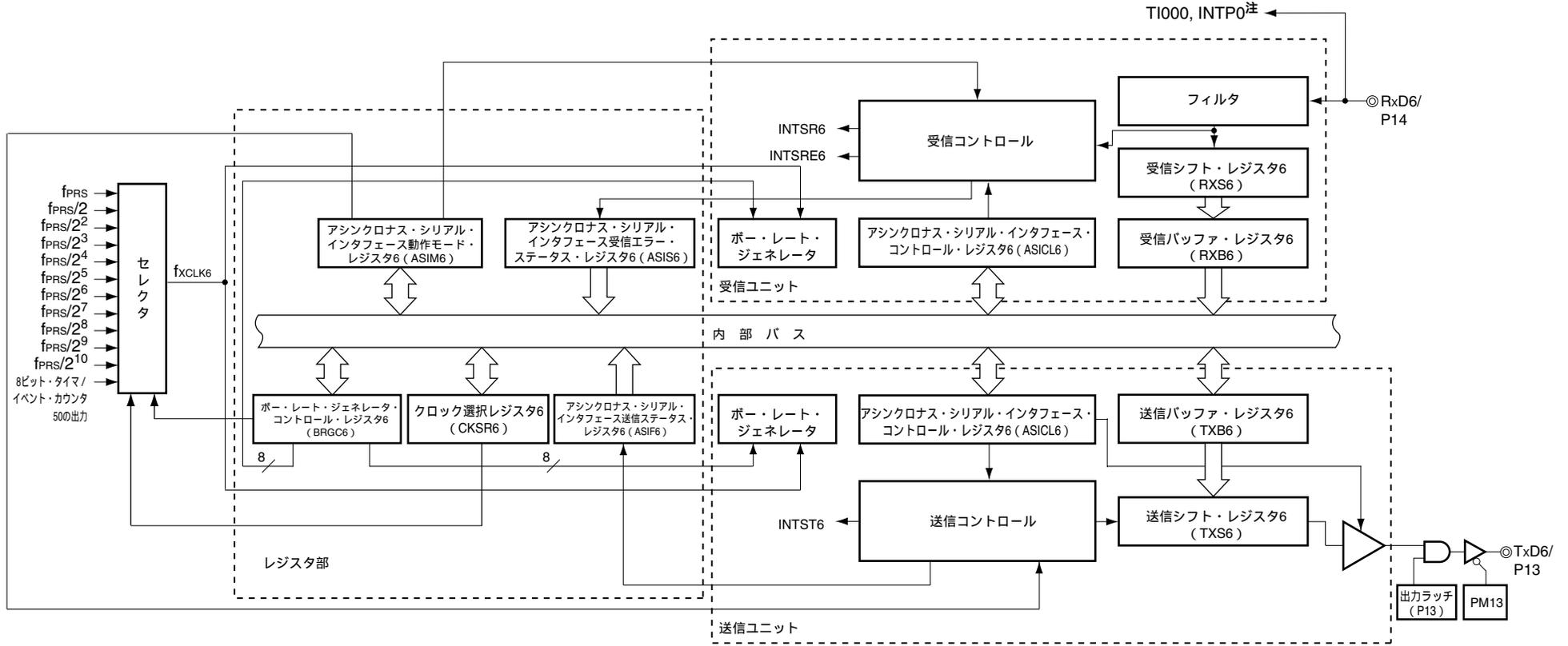
13.2 シリアル・インタフェースUART6の構成

シリアル・インタフェースUART6は, 次のハードウェアで構成しています。

表13-1 シリアル・インタフェースUART6の構成

項 目	構 成
レジスタ	受信パッファ・レジスタ6 (RXB6) 受信シフト・レジスタ6 (RXS6) 送信パッファ・レジスタ6 (TXB6) 送信シフト・レジスタ6 (TXS6)
制御レジスタ	アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6) アシンクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ6 (ASIS6) アシンクロナス・シリアル・インタフェース送信ステータス・レジスタ6 (ASIF6) クロック選択レジスタ6 (CKSR6) ボー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ6 (BRGC6) アシンクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6 (ASICL6) 入力切り替え制御レジスタ (ISC) ポート・モード・レジスタ1 (PM1) ポート・レジスタ1 (P1)

図13-4 シリアル・インタフェースUART6のブロック図



注 入力切り替え制御レジスタ (ISC) にて選択可能。

(1) 受信バッファ・レジスタ6 (RXB6)

受信シフト・レジスタ6 (RXS6) で変換したパラレル・データを格納するための8ビット・レジスタです。データを1バイト受信するごとにRXS6から新たな受信データが転送されます。

データ長を7ビットに指定した場合は次のようになります。

- ・ LSBファースト受信時では、受信データはRXB6のビット0-6に転送され、RXB6のMSBは必ず0になります。
- ・ MSBファースト受信時では、受信データはRXB6のビット1-7に転送され、RXB6のLSBは必ず0になります。

オーバラン・エラー (OVE6) が発生した場合、そのときの受信データはRXB6には転送されません。

RXB6は、8ビット・メモリ操作命令で読み出せます。書き込みはできません。

リセット信号の発生により、FFHになります。

(2) 受信シフト・レジスタ6 (RXS6)

RxD6端子に入力されたシリアル・データをパラレル・データに変換するレジスタです。

RXS6はプログラムで直接操作できません。

(3) 送信バッファ・レジスタ6 (TXB6)

送信データを設定する、バッファ・レジスタです。TXB6へ送信データを書き込むことにより、送信動作が開始されます。

TXB6は8ビット・メモリ操作命令で、読み出しと書き込みができます。

リセット信号の発生により、FFHになります。

注意1. アシクロナス・シリアル・インタフェース送信ステータス・レジスタ6 (ASIF6) のビット1 (TXBF6) が1のとき、TXB6にデータを書き込まないでください。

2. 通信動作中 (アシクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6) のビット7, 6 (POWER6, TXE6) = 1, 1, またはASIM6のビット7, 5 (POWER6, RXE6) = 1, 1) に、ソフトウェアでTXB6へのリフレッシュ (同値書き込み) 動作を行わないでください。

3. TXE6 = 1に設定したあと、基本クロック (f_{XCLK6}) 1クロック以上待ってから、TXB6に送信データを設定してください。

(4) 送信シフト・レジスタ6 (TXS6)

TXB6から転送されたデータをシリアル・データとしてTxD6端子から送信します。TXB6からのデータ転送は、最初の送信時ではTXB6の書き込み直後、連続送信時では1フレーム送信後のINTST6発生直前のタイミングで転送されます。またTXB6からのデータ転送とTxD6端子からの送信は、基本クロックの立ち下りのタイミングで行われます。

TXS6はプログラムで直接操作できません。

13.3 シリアル・インタフェースUART6を制御するレジスタ

シリアル・インタフェースUART6は、次の9種類のレジスタで制御します。

- ・アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6)
- ・アシンクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ6 (ASIS6)
- ・アシンクロナス・シリアル・インタフェース送信ステータス・レジスタ6 (ASIF6)
- ・クロック選択レジスタ6 (CKSR6)
- ・ポー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ6 (BRGC6)
- ・アシンクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6 (ASICL6)
- ・入力切り替え制御レジスタ (ISC)
- ・ポート・モード・レジスタ1 (PM1)
- ・ポート・レジスタ1 (P1)

(1) アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6)

シリアル・インタフェースUART6のシリアル通信動作を制御する8ビット・レジスタです。
ASIM6は、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。
リセット信号の発生により、01Hになります。

備考 通信動作中(ASIM6のビット7, 6(POWER6, TXE6) = 1, 1, またはASIM6のビット7, 5(POWER6, RXE6) = 1, 1)に、ソフトウェアでASIM6へのリフレッシュ(同値書き込み)動作を行うことができます。

図13 - 5 アシクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6) のフォーマット (1/2)

アドレス : FF50H リセット時 : 01H R/W

略号	[7]	[6]	[5]	4	3	2	1	0
ASIM6	POWER6	TXE6	RXE6	PS61	PS60	CL6	SL6	ISRM6

POWER6	内部動作クロックの動作許可 / 禁止
0 ^{注1}	内部動作クロックの動作禁止 (ロウ・レベル固定), 内部回路を非同期リセットする ^{注2} 。
1	内部動作クロックの動作許可

TXE6	送信動作許可 / 禁止
0	送信動作禁止 (送信回路を同期リセットする)
1	送信動作許可

RXE6	受信動作許可 / 禁止
0	受信動作禁止 (受信回路を同期リセットする)
1	受信動作許可

注1. 送信中にPOWER6 = 0にすると, TxD6端子の出力はハイ・レベルに固定されます (TXDLV6 = 0の場合)。また, RxD6端子からの入力もハイ・レベルに固定されます。

2. リセットされるのはアシクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ6 (ASIS6), アシクロナス・シリアル・インタフェース送信ステータス・レジスタ6 (ASIF6), アシクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6 (ASICL6) のビット7 (SBRF6) とビット6 (SBRT6), 受信バッファ・レジスタ6 (RXB6) です。

図13 - 5 アシクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6) のフォーマット (2/2)

PS61	PS60	送信動作	受信動作
0	0	パリティ・ビットを出力しない	パリティなしで受信
0	1	0パリティを出力	0パリティとして受信 [※]
1	0	奇数パリティを出力	奇数パリティとして判定を行う
1	1	偶数パリティを出力	偶数パリティとして判定を行う

CL6	送受信データのキャラクタ長指定
0	データのキャラクタ長 = 7ビット
1	データのキャラクタ長 = 8ビット

SL6	送信データのストップ・ビット数指定
0	ストップ・ビット数 = 1
1	ストップ・ビット数 = 2

ISRM6	エラー発生時の受信完了割り込み発生許可 / 禁止
0	エラー発生時の割り込みに “INTSRE6” が発生 (このときINTSR6は発生しない)
1	エラー発生時の割り込みに “INTSR6” が発生 (このときINTSRE6は発生しない)

注 「0パリティとして受信」を設定すると、パリティ判定を行いません。したがって、アシクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ6 (ASIS6) のビット2 (PE6) はセットされないため、エラー割り込みも発生しません。

- 注意1. 送信開始するときはPOWER6 = 1にしてから、TXE6 = 1としてください。送信停止するときにはTXE6 = 0にしてから、POWER6 = 0としてください。
2. 受信開始するときはPOWER6 = 1にしてから、RXE6 = 1としてください。受信停止するときにはRXE6 = 0にしてから、POWER6 = 0としてください。
 3. RxD6端子にハイ・レベルが入力された状態でPOWER6 = 1 RXE6 = 1 と設定してください。ロウ・レベルのときにPOWER6 = 1 RXE6 = 1 と設定すると、受信を開始してしまいます。
 4. TXE6とRXE6は、CKSR6で設定した基本クロック (f_{CLK6}) により、同期化されています。再び送信動作または受信動作を許可する場合は、TXE6 = 0またはRXE6 = 0に設定してから基本クロック2クロック以降にTXE6 = 1またはRXE6 = 1を設定してください。基本クロック2クロック以内に設定すると、送信回路または受信回路を初期化できない場合があります。
 5. TXE6 = 1に設定したあと、基本クロック (f_{CLK6}) 1クロック以上待ってから、TXB6に送信データを設定してください。
 6. PS61, PS60, CL6ビットを書き換えるときは、TXE6, RXE6ビットをクリア (0) してから行ってください。
 7. LIN通信動作で使用する場合、PS61, PS60ビットを0に固定してください。
 8. SL6ビットを書き換えるときは、TXE6をクリア (0) してから行ってください。また、受信は常に “ストップ・ビット数 = 1” として動作するので、SL6ビットの設定値の影響は受けません。
 9. ISRM6ビットを書き換えるときは、RXE6 = 0にしてから行ってください。

(2) アシクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ6 (ASIS6)

シリアル・インタフェースUART6の受信終了時のエラー・ステータスを示すレジスタです。3ビットのエラー・フラグ (PE6, FE6, OVE6) で構成されています。

ASIS6は、8ビット・メモリ操作命令で読み出しのみ可能です。

リセット信号の発生, ASIM6のビット7 (POWER6) = 0, ビット5 (RXE6) = 0により, 00Hになります。また, 読み出しにより, 00Hになります。受信エラーが発生した場合は, ASIS6を読み出したあと, 受信バッファ・レジスタ6 (RXB6) を読み出し, エラー・フラグをクリアしてください。

図13 - 6 アシクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ6 (ASIS6) のフォーマット

アドレス : FF53H リセット時 : 00H R

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
ASIS6	0	0	0	0	0	PE6	FE6	OVE6

PE6	パリティ・エラーを示すステータス・フラグ
0	POWER6 = 0およびRXE6 = 0に設定したとき, または, ASIS6レジスタのリード
1	受信完了時, 送信データのパリティとパリティ・ビットが一致しないとき

FE6	フレーミング・エラーを示すステータス・フラグ
0	POWER6 = 0およびRXE6 = 0に設定したとき, または, ASIS6レジスタのリード
1	受信完了時, ストップ・ビットが検出されないとき

OVE6	オーバラン・エラーを示すステータス・フラグ
0	POWER6 = 0およびRXE6 = 0に設定したとき, または, ASIS6レジスタのリード
1	RXB6レジスタに受信データがセットされ, それを読み出す前に次の受信動作が完了したとき

注意1 .PE6ビットの動作は, アシクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6) のPS61, PS60ビットの設定値により異なります。

2. 受信データのストップ・ビットはストップ・ビット数に関係なく最初の1ビットだけをチェックします。
3. オーバラン・エラーが発生した場合, 次の受信データは受信バッファ・レジスタ6 (RXB6) には書き込まれず, データは破棄されます。
4. ASIS6からデータを読み出すと, ウェイトが発生します。また周辺ハードウェア・クロック (fPRS) が停止しているときに, ASIS6からデータを読み出さないでください。詳細は, 第27章 ウェイトに関する注意事項を参照してください。

(3) アシクロナス・シリアル・インタフェース送信ステータス・レジスタ6 (ASIF6)

シリアル・インタフェースUART6の送信時のステータスを示すレジスタです。2ビットのステータス・フラグ (TXBF6, TXSF6) で構成されています。

TXB6レジスタからTXS6レジスタへデータが転送されたあとに、次のデータをTXB6レジスタに書き込むことで、割り込み期間中も途切れることなく送信を続けることができます。

ASIF6は、8ビット・メモリ操作命令で読み出しのみ可能です。

リセット信号の発生、ASIM6のビット7 (POWER6) = 0, ビット6 (TXE6) = 0により、00Hになります。

図13 - 7 アシクロナス・シリアル・インタフェース送信ステータス・レジスタ6 (ASIF6) のフォーマット

アドレス : FF55H リセット時 : 00H R

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
ASIF6	0	0	0	0	0	0	TXBF6	TXSF6

TXBF6	送信バッファ・データ・フラグ
0	POWER6 = 0またはTXE6 = 0に設定したとき、または、送信シフト・レジスタ6 (TXS6) にデータを転送したとき
1	送信バッファ・レジスタ6 (TXB6) にデータを書き込んだとき (TXB6にデータが存在するとき)

TXSF6	送信シフト・レジスタ・データ・フラグ
0	POWER6 = 0またはTXE6 = 0に設定したとき、または、転送完了後に送信バッファ・レジスタ6 (TXB6) から次のデータ転送がなかったとき
1	送信バッファ・レジスタ6 (TXB6) よりデータが転送されたとき (データ送信中のとき)

- 注意1. 連続送信を行う場合は、最初の送信データ (1バイト目) をTXB6レジスタに書き込んだあと、必ずTXBF6フラグが“0”であることを確認してから次の送信データ (2バイト目) をTXB6レジスタに書き込んでください。TXBF6フラグが“1”のときにTXB6レジスタにデータを書き込んだ場合の送信データは保証できません。
2. 連続送信完了時に送信ユニットを初期化する場合は、送信完了割り込み発生後に、必ずTXSF6フラグが“0”であることを確認してから初期化を実行してください。TXSF6フラグが“1”のときに初期化を実行した場合の送信データは保証できません。

(4) クロック選択レジスタ6 (CKSR6)

シリアル・インタフェースUART6の基本クロックを選択するレジスタです。

CKSR6は、8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、00Hになります。

備考 通信動作中(ASIM6のビット7, 6(POWER6, TXE6) = 1, 1 ,またはASIM6のビット7, 5(POWER6, RXE6) = 1, 1) に、ソフトウェアでBRGC6へのリフレッシュ動作(同値書き込み)を行うことができます。

図13 - 8 クロック選択レジスタ6 (CKSR6) のフォーマット

アドレス : FF56H リセット時 : 00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
CKSR6	0	0	0	0	TPS63	TPS62	TPS61	TPS60

TPS63	TPS62	TPS61	TPS60	基本クロック (f _{CLK6}) 選択 ^{注1}				
				f _{PRS} = 4 MHz	f _{PRS} = 8 MHz	f _{PRS} = 10 MHz	f _{PRS} = 20 MHz	
0	0	0	0	f _{PRS} ^{注2}	4 MHz	8 MHz	10 MHz	20 MHz ^{注3}
0	0	0	1	f _{PRS} /2	2 MHz	4 MHz	5 MHz	10 MHz
0	0	1	0	f _{PRS} /2 ²	1 MHz	2 MHz	2.5 MHz	5 MHz
0	0	1	1	f _{PRS} /2 ³	500 kHz	1 MHz	1.25 MHz	2.5 MHz
0	1	0	0	f _{PRS} /2 ⁴	250 kHz	500 kHz	625 kHz	1.25 MHz
0	1	0	1	f _{PRS} /2 ⁵	125 kHz	250 kHz	312.5 kHz	625 kHz
0	1	1	0	f _{PRS} /2 ⁶	62.5 kHz	125 kHz	156.25 kHz	312.5 kHz
0	1	1	1	f _{PRS} /2 ⁷	31.25 kHz	62.5 kHz	78.13 kHz	156.25 kHz
1	0	0	0	f _{PRS} /2 ⁸	15.625 kHz	31.25 kHz	39.06 kHz	78.13 kHz
1	0	0	1	f _{PRS} /2 ⁹	7.813 kHz	15.625 kHz	19.53 kHz	39.06 kHz
1	0	1	0	f _{PRS} /2 ¹⁰	3.906 kHz	7.813 kHz	9.77 kHz	19.53 kHz
1	0	1	1	TM50の出力 ^{注4}				
その他				設定禁止				

注1. 周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS}) が高速システム・クロック (f_{XH}) で動作している (XSEL = 1) 場合、電源電圧により、f_{PRS}の動作周波数が異なります。

- ・ V_{DD} = 2.7 ~ 5.5 V : f_{PRS} 20 MHz
- ・ V_{DD} = 1.8 ~ 2.7 V : f_{PRS} 5 MHz

2. 1.8 V < V_{DD} < 2.7 Vで、周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS}) が高速内蔵発振クロック (f_{RH}) で動作している (XSEL = 0) 場合、TPS63 = TPS62 = TPS61 = TPS60 = 0 (基本クロック : f_{PRS}) は設定禁止です。

3. 4.0 V < V_{DD} < 5.5 Vの場合のみ設定可能です。

(注4、注意、備考は次ページにあります。)

注4. TM50の出力を基本クロックとして選択する場合、次の内容に注意してください。

- ・TM50とCR50の一致でクリア&スタート・モード (TMC506 = 0)
 タイマF/Fの反転動作を許可 (TMC501 = 1) し、事前に8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50の動作を開始してください。
 - ・PWMモード (TMC506 = 1)
 デューティ50 %のクロックになるように設定し、事前に8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50の動作を開始してください。
- どちらのモードの場合でも、TO50出力を許可 (TOE50 = 1) する必要はありません。

注意 TPS63-TPS60を書き換える場合は、POWER6 = 0としてから行ってください。

備考1. f_{PRS} : 周辺ハードウェア・クロック周波数

2. TMC506 : 8ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ50 (TMC50) のビット6
 TMC501 : TMC50のビット1

(5) ボー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ6 (BRGC6)

シリアル・インタフェースUART6の8ビット・カウンタの分周値を設定するレジスタです。

BRGC6は、8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、FFHになります。

備考 通信動作中 (ASIM6のビット7, 6 (POWER6, TXE6) = 1, 1, またはASIM6のビット7, 5 (POWER6, RXE6) = 1, 1) に、ソフトウェアでBRGC6へのリフレッシュ動作 (同値書き込み) を行うことができます。

図13 - 9 ボー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ6 (BRGC6) のフォーマット

アドレス : FF57H リセット時 : FFH R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
BRGC6	MDL67	MDL66	MDL65	MDL64	MDL63	MDL62	MDL61	MDL60

MDL67	MDL66	MDL65	MDL64	MDL63	MDL62	MDL61	MDL60	k	8ビット・カウンタの出力 クロック選択
0	0	0	0	0	0	x	x	x	設定禁止
0	0	0	0	0	1	0	0	4	$f_{CLK6}/4$
0	0	0	0	0	1	0	1	5	$f_{CLK6}/5$
0	0	0	0	0	1	1	0	6	$f_{CLK6}/6$
.
.
.
.
1	1	1	1	1	1	0	0	252	$f_{CLK6}/252$
1	1	1	1	1	1	0	1	253	$f_{CLK6}/253$
1	1	1	1	1	1	1	0	254	$f_{CLK6}/254$
1	1	1	1	1	1	1	1	255	$f_{CLK6}/255$

注意1. MDL67-MDL60ビットを書き換える場合は、ASIM6レジスタのビット6 (TXE6) = 0, ビット5 (RXE6) = 0にしてから行ってください。

2. 8ビット・カウンタの出力クロックをさらに1/2分周したものが、ポー・レート値となります。

備考1. f_{CLK6} : CKSR6レジスタのTPS63-TPS60ビットで選択した基本クロックの周波数

2. k : MDL67-MDL60ビットで設定した値 ($k = 4, 5, 6, \dots, 255$)

3. x : 任意

(6) アシクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6 (ASICL6)

シリアル・インタフェースUART6のシリアル通信動作を制御するレジスタです。

ASICL6は、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、16Hになります。

注意 通信動作中(ASIM6のビット7, 6(POWER6, TXE6) = 1, 1, またはASIM6のビット7, 5(POWER6, RXE6) = 1, 1) に、ソフトウェアでASICL6へのリフレッシュ動作(同値書き込み)を行うことができます。ただし、SBF受信(SBRF6 = 1)またはSBF送信(SBTT6をセット(1)後からINTST6発生までの間)に、リフレッシュ動作でSBRT6 = 1, SBTT6 = 1に設定すると、SBF受信、SBF送信の再トリガ要因となるため、設定しないでください。

図13 - 10 アシクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6(ASICL6)のフォーマット(1/2)

アドレス : FF58H リセット時 : 16H R/W^注

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
ASICL6	SBRF6	SBRT6	SBTT6	SBL62	SBL61	SBL60	DIR6	TXDLV6

SBRF6	SBF受信状態フラグ
0	POWER6 = 0およびRXE6 = 0に設定したとき、またはSBF受信が正常終了したとき
1	SBF受信

SBRT6	SBF受信トリガ
0	-
1	SBF受信トリガ

SBTT6	SBF送信トリガ
0	-
1	SBF送信トリガ

注 ビット7はRead Onlyです。

図13 - 10 アシクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6(ASICL6)のフォーマット(2/2)

SBL62	SBL61	SBL60	SBF送信出力幅制御
1	0	1	SBFは13ビット長で出力
1	1	0	SBFは14ビット長で出力
1	1	1	SBFは15ビット長で出力
0	0	0	SBFは16ビット長で出力
0	0	1	SBFは17ビット長で出力
0	1	0	SBFは18ビット長で出力
0	1	1	SBFは19ビット長で出力
1	0	0	SBFは20ビット長で出力

DIR6	先頭ビットの指定
0	MSB
1	LSB

TXDLV6	TxD6出力反転許可 / 禁止
0	TxD6通常出力
1	TxD6反転出力

- 注意1. SBF受信エラー時には、再びSBF受信モードに戻ります。SBRF6フラグの状態は保持(1)されます。
- SBRT6ビットは、ASIM6のビット7 (POWER6) = 1、かつビット5 (RXE6) = 1としてからセット(1)にしてください。また、セット(1)後、SBF受信が終了(割り込み要求信号が発生)する前に、SBRT6ビットをクリア(0)しないでください。
 - SBRT6ビットのリード値は常に0です。SBF受信正常終了後、SBRT6は自動的にクリア(0)されます。
 - SBTT6ビットは、ASIM6のビット7 (POWER6) = 1、かつビット6 (TXE6) = 1としてからセット(1)にしてください。また、セット(1)後、SBF送信が終了(割り込み要求信号が発生)する前に、SBTT6ビットをクリア(0)しないでください。
 - SBTT6ビットのリード値は常に0です。SBF送信終了後、SBTT6は自動的にクリア(0)されません。
 - SBRT6ビットは受信動作中に、SBTT6ビットは送信動作中に、セット(1)しないでください。
 - DIR6, TXDLV6ビットを書き換えるときは、TXE6, RXE6ビットをクリア(0)にしてから行ってください。
 - TXDLV6ビットを1(TxD6反転出力)に設定している場合、POWER6, TXE6の設定に関係なく、TxD6/P13端子を汎用ポートとして使用することはできません。TxD6/P13端子を汎用ポートとして使用する場合は、TXDLV6ビットを0(TxD6通常出力)に設定してください。

(7) 入力切り替え制御レジスタ (ISC)

LIN (Local Interconnect Network) 受信時に、マスタから送信されるステータス信号を受信するときに入力切り替え制御レジスタ (ISC) を使用します。

ISC0, ISC1に1をセットすることで、INTP0, TI000への入力ソースはP14/RxD6端子からの入力信号に切り替わります。

ISCは、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、00Hになります。

図13 - 11 入力切り替え制御レジスタ (ISC) のフォーマット

アドレス : FF4FH リセット時 : 00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
ISC	0	0	0	0	0	0	ISC1	ISC0

ISC1	TI000入力ソースの選択
0	TI000 (P00)
1	RxD6 (P14)

ISC0	INTP0入力ソースの選択
0	INTP0 (P120)
1	RxD6 (P14)

(8) ポート・モード・レジスタ1 (PM1)

ポート1の入力 / 出力を1ビット単位で設定するレジスタです。

P13/TxD6端子をシリアル・インタフェースのデータ出力として使用するとき、PM13に0を、P13の出力ラッチに1を設定してください。

P14/RxD6端子をシリアル・インタフェースのデータ入力として使用するとき、PM14に1を設定してください。このときP14の出力ラッチは、0または1のどちらでもかまいません。

PM1は、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、FFHになります。

図13 - 12 ポート・モード・レジスタ1 (PM1) のフォーマット

アドレス : FF21H リセット時 : FFH R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PM1	PM17	PM16	PM15	PM14	PM13	PM12	PM11	PM10

PM1n	P1n端子の入出力モードの選択 (n = 0-7)
0	出力モード (出力バッファ・オン)
1	入力モード (出力バッファ・オフ)

13.4 シリアル・インタフェースUART6の動作

シリアル・インタフェースUART6は、次の2種類のモードがあります。

- ・動作停止モード
- ・アシンクロナス・シリアル・インタフェース (UART) モード

13.4.1 動作停止モード

動作停止モードでは、シリアル通信を行いませんので、消費電力を低減できます。また、動作停止モードでは、端子を通常のポートとして使用できます。動作停止モードにする場合は、ASIM6のビット7, 6, 5 (POWER6, TXE6, RXE6) に0を設定してください。

(1) 使用するレジスタ

動作停止モードの設定は、アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6)で行います。

ASIM6は、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、01Hになります。

アドレス：FF50H リセット時：01H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
ASIM6	POWER6	TXE6	RXE6	PS61	PS60	CL6	SL6	ISRM6

POWER6	内部動作クロックの動作許可 / 禁止
0 ^{注1}	内部動作クロックの動作禁止 (ロウ・レベル固定), 内部回路を非同期リセットする ^{注2}

TXE6	送信動作許可 / 禁止
0	送信動作禁止 (送信回路を同期リセットする)

RXE6	受信動作許可 / 禁止
0	受信動作禁止 (受信回路を同期リセットする)

注1. 送信中にPOWER6 = 0にすると、TxD6端子の出力はハイ・レベルに固定されます (TXDLV6 = 0の場合)。また、RxD6端子からの入力もハイ・レベルに固定されます。

2. リセットされるのはアシンクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ6 (ASIS6), アシンクロナス・シリアル・インタフェース送信ステータス・レジスタ6 (ASIF6), アシンクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6 (ASICL6) のビット7 (SBRF6) とビット6 (SBRT6), 受信バッファ・レジスタ6 (RXB6) です。

注意 動作停止するときは、TXE6 = 0, RXE6 = 0にしてから、POWER6 = 0 にしてください。通信開始するときは、POWER6 = 1 にしてから、TXE6 = 1, RXE6 = 1にしてください。

備考 RxD6/P14, TxD6/P13端子を汎用ポートとして使用する場合は、第5章 ポート機能を参照してください。

13.4.2 アシクロナス・シリアル・インタフェース (UART) モード

スタート・ビットに続く1バイトのデータを送受信するモードで、全二重動作が可能です。

UART専用ポー・レート・ジェネレータを内蔵しており、広範囲な任意のポー・レートで通信できます。

(1) 使用するレジスタ

- ・アシクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6)
- ・アシクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ6 (ASIS6)
- ・アシクロナス・シリアル・インタフェース送信ステータス・レジスタ6 (ASIF6)
- ・クロック選択レジスタ6 (CKSR6)
- ・ポー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ6 (BRGC6)
- ・アシクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6 (ASICL6)
- ・入力切り替え制御レジスタ (ISC)
- ・ポート・モード・レジスタ1 (PM1)
- ・ポート・レジスタ1 (P1)

UARTモードの基本的な動作設定手順例は次のようになります。

CKSR6レジスタを設定 (図13 - 8を参照)

BRGC6レジスタを設定 (図13 - 9を参照)

ASIM6レジスタのビット0-4 (ISRM6, SL6, CL6, PS60, PS61) を設定 (図13 - 5を参照)

ASICL6レジスタのビット0, 1 (TXDLV6, DIR6) を設定 (図13 - 10を参照)

ASIM6レジスタのビット7 (POWER6) をセット (1)

ASIM6レジスタのビット6 (TXE6) をセット (1) 送信可能

ASIM6レジスタのビット5 (RXE6) をセット (1) 受信可能

送信バッファ・レジスタ6 (TXB6) にデータを書き込み データ送信開始

注意 ポート・モード・レジスタとポート・レジスタの設定手順は、通信相手との関係を考慮して、行ってください。

レジスタの設定と端子の関係を次に示します。

表13 - 2 レジスタの設定と端子の関係

POWER6	TXE6	RXE6	PM13	P13	PM14	P14	UART6 の動作	端子機能	
								TxD6/P13	RxD6/P14
0	0	0	x ^注	x ^注	x ^注	x ^注	停止	P13	P14
1	0	1	x ^注	x ^注	1	x	受信	P13	RxD6
	1	0	0	1	x ^注	x ^注	送信	TxD6	P14
	1	1	0	1	1	x	送受信	TxD6	RxD6

注 ポート機能として設定することができます。

備考 x : don't care

POWER6 : アシクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6) のビット7

TXE6 : ASIM6のビット6

RXE6 : ASIM6のビット5

PM1x : ポート・モード・レジスタ

P1x : ポートの出力ラッチ

(2) 通信動作

(a) 通常送受信データ・フォーマットと波形例

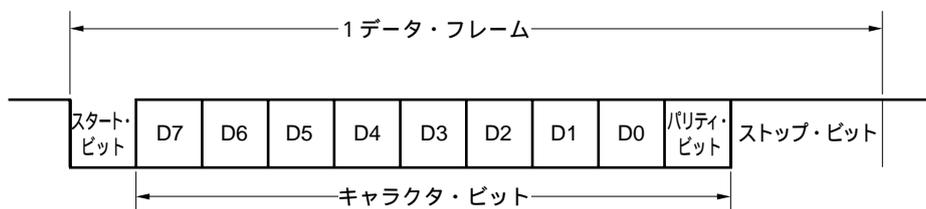
通常送受信データのフォーマットと波形例を図13 - 13、13 - 14に示します。

図13 - 13 通常UART送受信データのフォーマット

1. LSBファーストの場合



2. MSBファーストの場合



1データ・フレームは次に示すビットで構成されています。

- ・スタート・ビット..... 1ビット
- ・キャラクタ・ビット..... 7ビット/8ビット
- ・パリティ・ビット..... 偶数パリティ/奇数パリティ/0パリティ/パリティなし
- ・ストップ・ビット..... 1ビット/2ビット

1データ・フレーム内のキャラクタ・ビット長の指定,パリティ選択,ストップ・ビット長の指定は,アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6) によって行います。

データはLSBファースト/MSBファーストをアシンクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6 (ASICL6) のビット1 (DIR6) で設定して通信します。

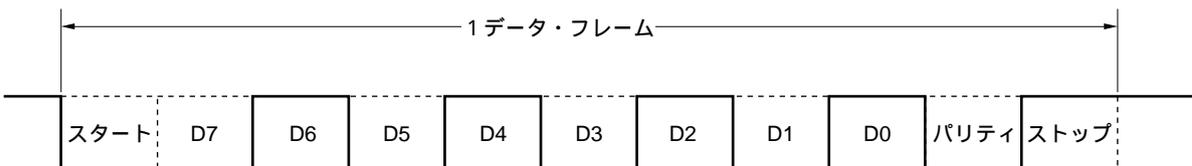
また, TxD6端子の通常出力/反転出力をASICL6のビット0 (TXDLV6) で設定します。

図13 - 14 通常UART送受信データの波形例 (1/2)

1. データ長 : 8ビット, LSBファースト, パリティ : 偶数パリティ, ストップ・ビット : 1ビット, 通信データ : 55H



2. データ長 : 8ビット, MSBファースト, パリティ : 偶数パリティ, ストップ・ビット : 1ビット, 通信データ : 55H



3. データ長 : 8ビット, MSBファースト, パリティ : 偶数パリティ, ストップ・ビット : 1ビット, 通信データ : 55H, TxD6端子反転出力

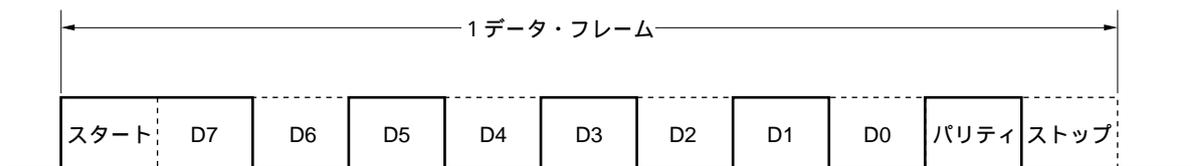


図13 - 14 通常UART送受信データの波形例 (2/2)

4. データ長：7ビット，LSBファースト，パリティ：奇数パリティ，ストップ・ビット：2ビット，通信データ：36H



5. データ長：8ビット，LSBファースト，パリティ：パリティなし，ストップ・ビット：1ビット，通信データ：87H



(b) パリティの種類と動作

パリティ・ビットは通信データのビット誤りを検出するためのビットです。通常は、送信側と受信側のパリティ・ビットは同一の種類のもを使用します。偶数パリティと奇数パリティでは、1ビット（奇数個）の誤りを検出することができます。0パリティとパリティなしでは、誤りを検出することはできません。

注意 LIN通信動作で使用する場合、PS61, PS60ビットを0に固定してください。

(i) 偶数パリティ

・送信時

パリティ・ビットを含めた送信データ中の、値が“1”のビット数を偶数個にするように制御します。パリティ・ビットの値は次のようになります。

送信データ中に、値が“1”のビット数が奇数個：1

送信データ中に、値が“1”のビット数が偶数個：0

・受信時

パリティ・ビットを含めた受信データ中の、値が“1”のビット数をカウントし、奇数個であった場合にパリティ・エラーが発生します。

(ii) 奇数パリティ

・送信時

偶数パリティとは逆に、パリティ・ビットを含めた送信データ中の値に含まれる“1”のビット数を奇数個になるように制御します。

送信データ中に、値が“1”のビット数が奇数個：0

送信データ中に、値が“1”のビット数が偶数個：1

・受信時

パリティ・ビットを含めた受信データ中の、値が“1”のビット数をカウントし、偶数個であった場合にパリティ・エラーを発生します。

(iii) 0パリティ

送信時には、送信データによらずパリティ・ビットを“0”にします。

受信時にはパリティ・ビットの検出を行いません。したがって、パリティ・ビットが“0”でも“1”でもパリティ・エラーを発生しません。

(iv) パリティなし

送信データにパリティ・ビットを付加しません。

受信時にもパリティ・ビットがないものとして受信動作を行います。パリティ・ビットがないため、パリティ・エラーを発生しません。

(c) 通常送信

アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6)のビット7 (POWER6) をセット (1) し、次にASIM6のビット6 (TXE6) をセット (1) すると送信許可状態になり、送信バッファ・レジスタ6 (TXB6) に送信データを書き込むことによって送信動作は起動します。スタート・ビット、パリティ・ビット、ストップ・ビットは自動的に付加されます。

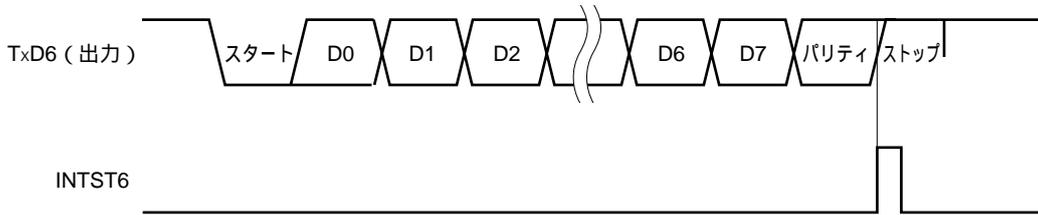
送信動作の開始により、TXB6内のデータは送信シフト・レジスタ6 (TXS6) に転送されます。その後、送信データがTXS6より順次、TxD6端子に出力されます。送信が完了すると、ASIM6で設定したパリティ・ビット、ストップ・ビットが付加され、送信完了割り込み要求 (INTST6) が発生します。

次に送信するデータをTXB6に書き込むまで、送信動作は中断します。

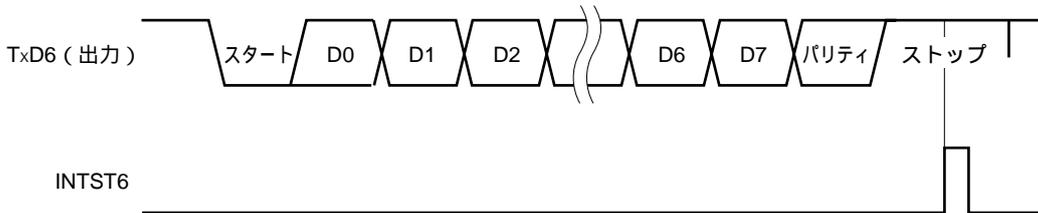
送信完了割り込み要求 (INTST6) のタイミングを図13-15に示します。INTST6は、最後のストップ・ビット出力と同時に発生します。

図13 - 15 通常送信完了割り込み要求タイミング

1. ストップ・ビット長：1



2. ストップ・ビット長：2



(d) 連続送信

送信シフト・レジスタ6 (TXS6) がシフト動作を開始した時点で、次の送信データを送信バッファ・レジスタ6 (TXB6) へ書き込むことができます。これにより、1データ・フレーム送信後のINTST6割り込み処理時でも連続送信することができ、効率的な通信レートを実現できます。また、送信完了割り込み発生後にアシンクロナス・シリアル・インタフェース送信ステータス・レジスタ6 (ASIF6) のビット0 (TXSF6) を読み出すことにより、1データ・フレームの送信時間を待つことなく効率的に2回 (2バイト) のTXB6レジスタへの書き込みができます。

連続送信する場合は、必ずASIF6レジスタを参照し、送信状態とTXB6レジスタへの書き込み可否を確認してから、データの書き込みを行ってください。

注意1 . 連続送信でASIF6レジスタのTXBF6, TXSF6フラグは、「10」「11」「01」と変化します。そのため、ステータスを確認する場合は、TXBF6, TXSF6フラグの組み合わせで判断しないでください。連続送信を行う場合はTXBF6フラグのみを読み出してください。

2. LIN通信動作で使用する場合、連続送信機能を使用することはできません。必ずアシンクロナス・シリアル・インタフェース送信ステータス・レジスタ6 (ASIF6) が00Hになっていることを確認してから、送信バッファ・レジスタ6 (TXB6) に送信データを書き込んでください。

TXBF6	TXB6レジスタへの書き込み可否
0	書き込み可
1	書き込み不可

注意 連続送信を行う場合は、最初の送信データ（1バイト目）をTXB6レジスタに書き込んだあと、必ずTXBF6フラグが“0”であることを確認してから次の送信データ（2バイト目）をTXB6レジスタに書き込んでください。TXBF6フラグが“1”のときにTXB6レジスタにデータを書き込んだ場合の送信データは保証できません。

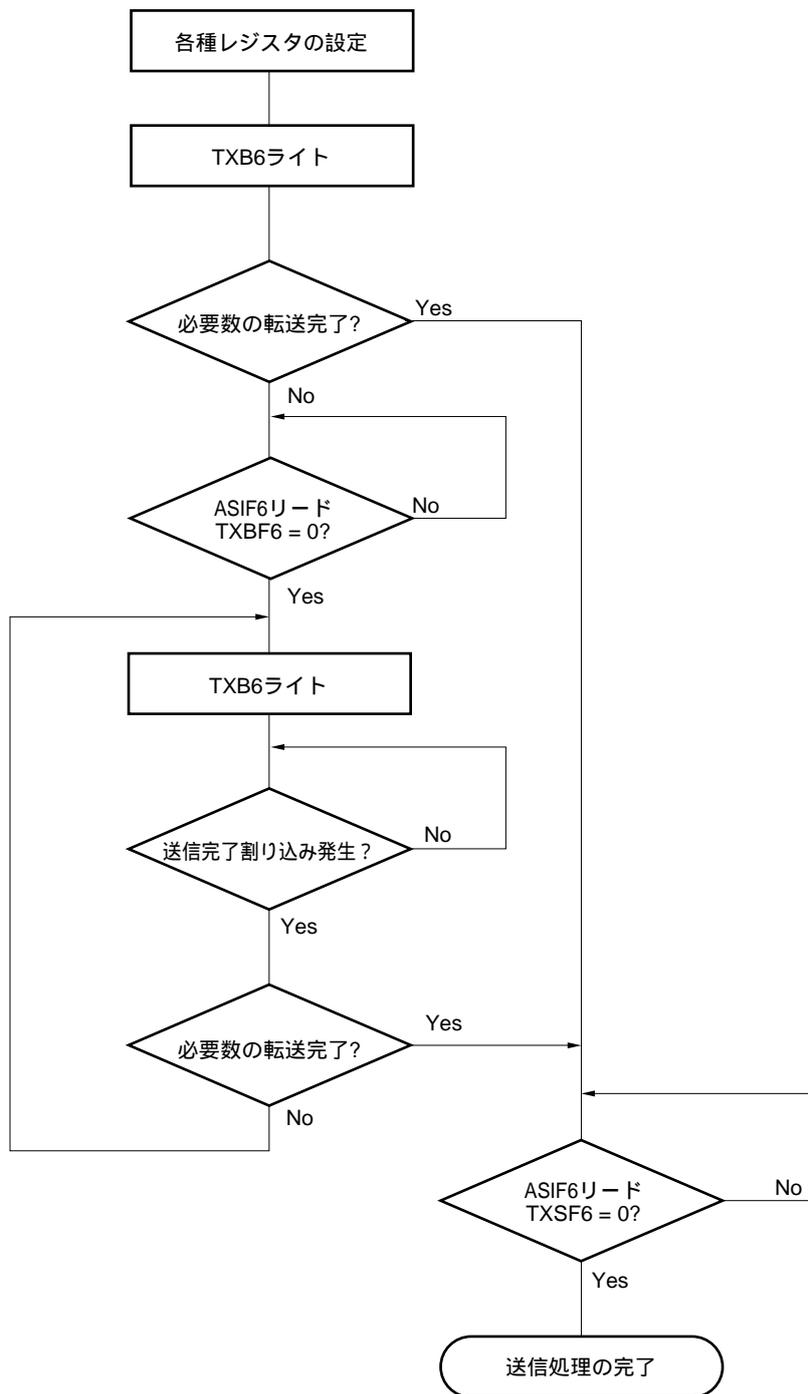
TXSF6フラグで、通信状態を確認することができます。

TXSF6	送信状態
0	送信が終了しています。
1	送信中です。

- 注意1** 連続送信完了時に送信ユニットを初期化する場合は、送信完了割り込み発生後に、必ずTXSF6フラグが“0”であることを確認してから初期化を実行してください。TXSF6フラグが“1”のときに初期化を実行した場合の送信データは保証できません。
- 2** 連続送信時には、1データ・フレーム送信後のINTST6割り込み処理を実行する前に次の送信が完了してしまう可能性があります。対策としては、送信データ数をカウントできるプログラムを組み込むこととTXSF6フラグを参照することで検出できます。

連続送信の処理フロー例を図13 - 16に示します。

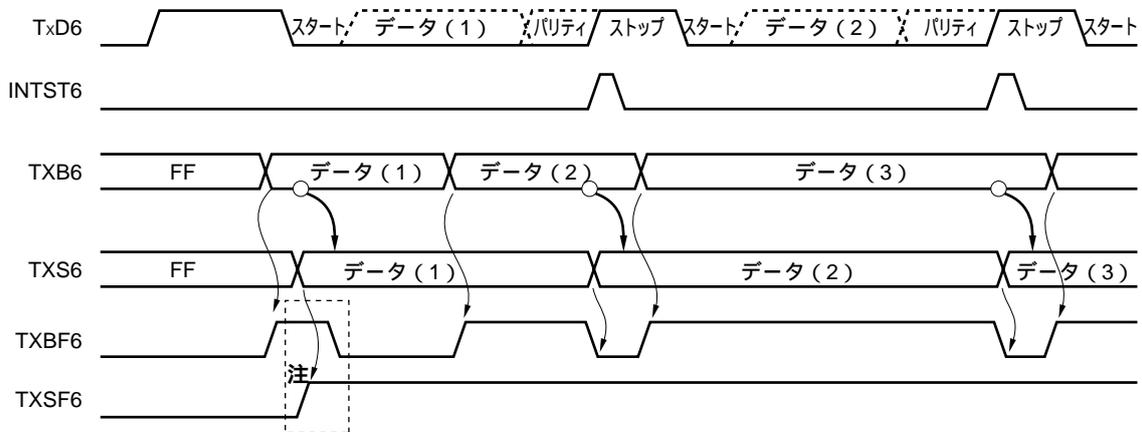
図13 - 16 連続送信の処理フロー例



- 備考** TXB6 : 送信バッファ・レジスタ6
 ASIF6 : アシクロナス・シリアル・インタフェース送信ステータス・レジスタ6
 TXBF6 : ASIF6のビット1 (送信バッファ・データ・フラグ)
 TXSF6 : ASIF6のビット0 (送信シフト・レジスタ・データ・フラグ)

連続送信を開始する際のタイミングを図13 - 17に、連続送信を終了する際のタイミングを図13 - 18に示します。

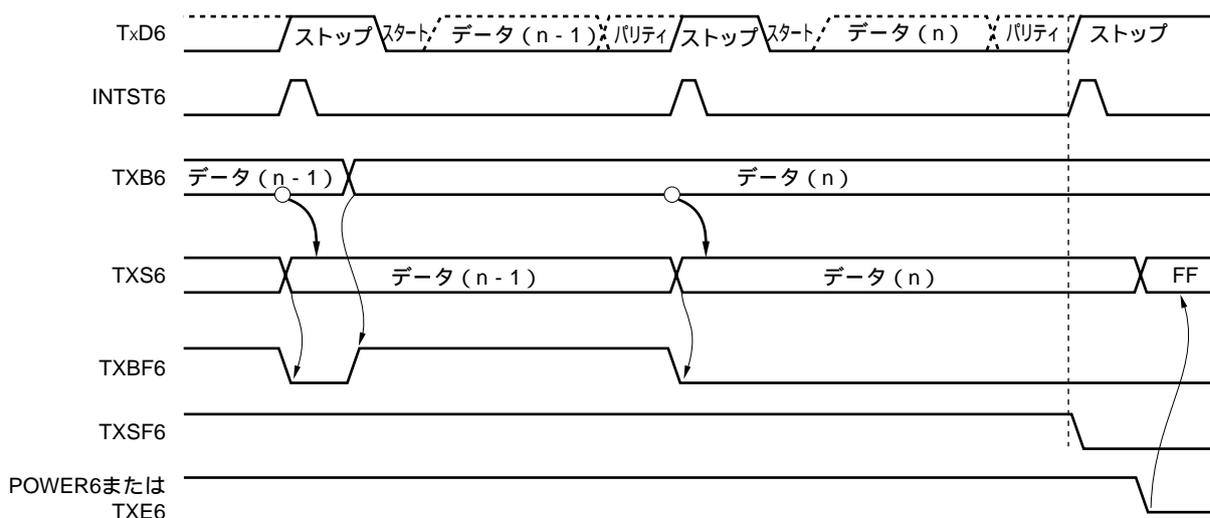
図13 - 17 連続送信を開始する際のタイミング



注 ASIF6をリードした場合、TXBF6, TXSF6 = 1, 1の期間が存在します。したがって、書き込み可否はTXBF6ビットのみで判断してください。

- 備考**
- TxD6 : TxD6端子 (出力)
 - INTST6 : 割り込み要求信号
 - TXB6 : 送信バッファ・レジスタ6
 - TXS6 : 送信シフト・レジスタ6
 - ASIF6 : アシクロナス・シリアル・インタフェース送信ステータス・レジスタ6
 - TXBF6 : ASIF6のビット1
 - TXSF6 : ASIF6のビット0

図13 - 18 連続送信を終了する際のタイミング



- 備考**
- TxD6 : TxD6端子 (出力)
 - INTST6 : 割り込み要求信号
 - TXB6 : 送信バッファ・レジスタ6
 - TXS6 : 送信シフト・レジスタ6
 - ASIF6 : アシクロナス・シリアル・インタフェース送信ステータス・レジスタ6
 - TXBF6 : ASIF6のビット1
 - TXSF6 : ASIF6のビット0
 - POWER6 : アシクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ (ASIM6) のビット7
 - TXE6 : アシクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ (ASIM6) のビット6

(e) 通常受信

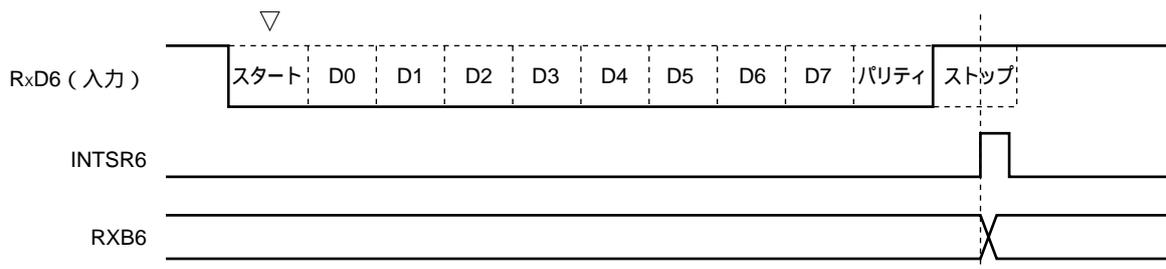
アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6)のビット7 (POWER6) をセット (1) し, 次にASIM6のビット5 (RXE6) をセット (1) すると受信許可状態となり, RxD6端子入力のサンプリングを行います。

RxD6端子入力の立ち下がりを検出すると, ボー・レート・ジェネレータの8ビット・カウンタがカウントを開始し, ボー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ6 (BRGC6) の設定値をカウントした時点で, 再度RxD6端子入力をサンプリング (図13 - 19の 印に相当) した結果, RxD6端子がロウ・レベルであれば, スタート・ビットと認識します。

スタート・ビットを検出したら, 受信動作を開始し, 設定されたボー・レートに合わせて, シリアル・データを順次, 受信シフト・レジスタ (RXS6) に格納していきます。ストップ・ビットを受信したら, 受信完了割り込み (INTSR6) を発生すると同時に, RXS6のデータは受信バッファ・レジスタ6 (RXB6) に書き込まれます。ただし, オーバラン・エラー (OVE6) が発生した場合, そのときの受信データはRXB6に書き込みません。

受信途中に, パリティ・エラー (PE6) が発生しても, ストップ・ビットの受信位置までは受信を継続し, 受信完了後に受信エラー割り込み (INTSR6/INTSRE6) を発生します。

図13 - 19 受信完了割り込み要求タイミング



- 注意1.** 受信エラーが発生した場合は, ASIS6を読み出したあと, RXB6を読み出し, エラー・フラグをクリアしてください。RXB6を読み出さないと, 次のデータ受信時にオーバラン・エラーが発生し, いつまでも受信エラーの状態が続いてしまいます。
- 2.** 受信は, 常に「ストップ・ビット数 = 1」として動作します。2ビット目のストップ・ビットは, 無視されます。
- 3.** RXB6を読み出す前に, 必ずアシンクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ6 (ASIS6) を読み出してください。

(f) 受信エラー

受信動作時のエラーは、パリティ・エラー、フレーミング・エラー、オーバラン・エラーの3種類があります。データ受信の結果エラー・フラグがアシンクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ6 (ASIS6) 内に立つと、受信エラー割り込み (INTSR6/INTSRE6) を発生します。

受信エラー割り込み (INTSR6/INTSRE6) 処理内で、ASIS6の内容を読み出すことによって、いずれのエラーが受信時に発生したかを検出することができます (図13 - 6参照)。

ASIS6の内容は、ASIS6を読み出すことによって、クリア (0) されます。

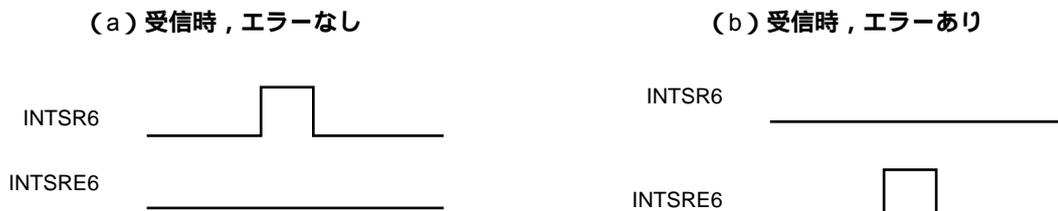
表13 - 3 受信エラーの要因

受信エラー	要 因
パリティ・エラー	送信時のパリティ指定と受信データのパリティが一致しない
フレーミング・エラー	ストップ・ビットが検出されない
オーバラン・エラー	受信バッファ・レジスタ6 (RXB6) からデータを読み出す前に次のデータ受信完了

アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6) のビット0 (ISRM6) に0を設定することにより、受信エラー割り込みを受信完了割り込み (INTSR6) とエラー割り込み (INTSRE6) とに分離することができます。

図13 - 20 受信エラー割り込み

1. ISRM6に0を設定した場合 (受信完了割り込み (INTSR6) とエラー割り込み (INTSRE6) とに分離する)



2. ISRM6に1を設定した場合 (エラー割り込みもINTSR6に含める)



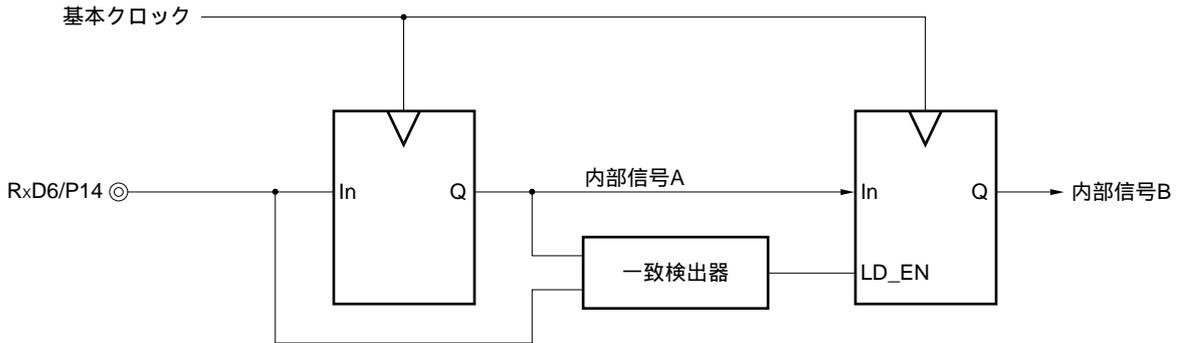
(g) 受信データのノイズ・フィルタ

プリスケラ部出力の基本クロックでRxD6信号をサンプリングします。

サンプリング値が同じ値を2回取ると、一致検出器の出力が変化し、入力データとしてサンプリングされます。

また、回路は図13 - 21のようにになっているため、受信動作の内部での処理は、外部の信号状態より2クロック分遅れて動作することになります。

図13 - 21 ノイズ・フィルタ回路



(h) SBF送信

LIN通信動作で使用する場合、送信ではSBF(Synchronous Break Field)送信制御機能を使用します。

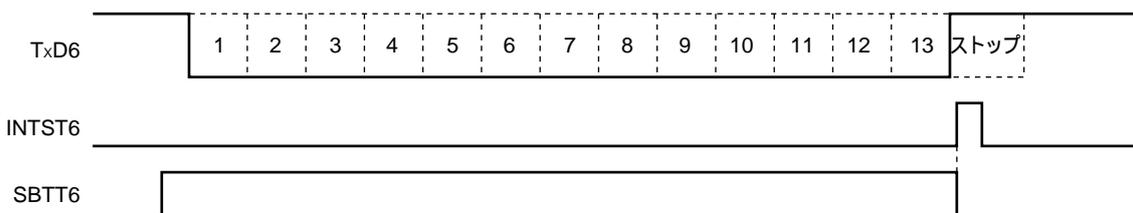
LINの送信操作については図13 - 1 LINの送信操作を参照してください。

アシンクロナス・シリアル・インタフェース・モード・レジスタ6 (ASIM6) のビット7 (POWER6) をセット (1) すると、TxD6端子からハイ・レベル出力されます。次にASIM6のビット6 (TXE6) をセット (1) すると送信許可状態になり、アシンクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6 (ASICL6) のビット5 (SBTT6) をセット (1) することによりSBF送信動作は起動します。

起動後、13ビットから20ビットまでのロウ・レベル (ASICL6のビット4-2 (SBL62-SBL60) で設定) を出力します。SBF送信が完了すると、送信完了割り込み要求 (INTST6) を発生し、SBTT6は自動的にクリアされます。SBF送信を終了後、通常送信モードに戻ります。

次に送信するデータを送信バッファ・レジスタ6 (TXB6) に書き込む、あるいはSBTT6をセット (1) するまで、送信動作は中断します。

図13 - 22 SBF送信



備考 TxD6 : TxD6端子 (出力)

INTST6 : 送信完了割り込み要求

SBTT6 : アシンクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6 (ASICL6) のビット5

(i) SBF受信

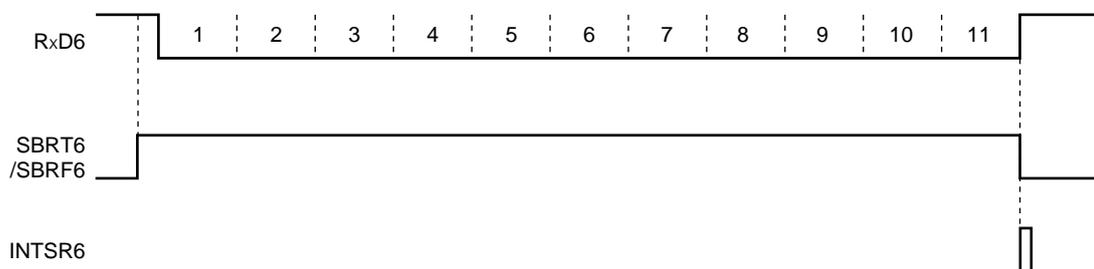
LIN通信動作で使用する場合、受信ではSBF(Synchronous Break Field)受信制御機能を使用します。LINの受信操作については図13 - 2 LINの受信操作を参照してください。

アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6)のビット7(POWER6)をセット (1) し、次にASIM6のビット5 (RXE6) をセット (1) すると受信許可状態となります。次にアシンクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6(ASICL6)のビット6(SBRT6) をセット (1) するとSBF受信許可状態になります。SBF受信許可状態は通常の実行許可状態と同様、RxD6端子をサンプリングし、スタート・ビットの検出を行います。

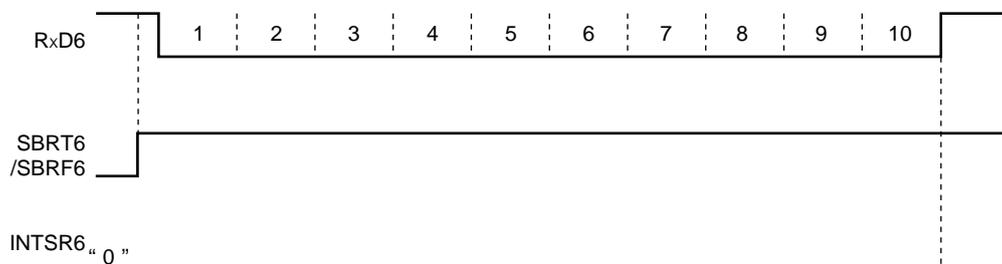
スタート・ビットが検出されたら、受信動作を開始し、設定されたボー・レートに合わせて、シリアル・データを順次、受信シフト・レジスタ6 (RXS6) に格納していきます。ストップ・ビットを受信したら、SBFの幅が11ビット長以上の場合、正常処理として、受信完了割り込み要求 (INTSR6) を発生します。このときSBRF6、SBRT6ビットは自動的にクリアされ、SBF受信を終了します。OVE6、PE6、FE6 (アシンクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ6 (ASIS6) のビット0-2) の各エラー検出は抑制され、UART通信のエラー検出処理は行われません。また受信シフト・レジスタ6 (RXS6) と受信バッファ・レジスタ6 (RXB6) のデータの転送も行われず、リセット値のFFHを保持します。SBFの幅は10ビット長以下の場合、ストップ・ビット受信後、エラー処理として割り込みを出さずに受信を終了し、再びSBF受信モードに戻ります。この場合、SBRF6、SBRT6ビットはクリアされません。

図13 - 23 SBF受信

1. 正常SBF受信 (10.5ビット超でストップ・ビットを検出)



2. SBF受信エラー (10.5ビット以下でストップ・ビットを検出)



備考 RxD6 : RxD6端子 (入力)

SBRT6 : アシンクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6 (ASICL6) のビット6

SBRF6 : ASICL6のビット7

INTSR6 : 受信完了割り込み要求

13.4.3 専用ボー・レート・ジェネレータ

専用ボー・レート・ジェネレータは、ソース・クロック・セクタ部と8ビットのプログラマブル・カウンタにより構成され、UART6における送受信時のシリアル・クロックを生成します。

なお、8ビット・カウンタは送信用と受信用が別々に存在します。

(1) ボー・レート・ジェネレータの構成

・基本クロック

アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6) のビット7 (POWER6) = 1のとき、クロック選択レジスタ6 (CKSR6) のビット3-0 (TPS63-TPS60) で選択したクロックを各モジュールに供給します。このクロックを基本クロックと呼び、その周波数を f_{CLK6} と呼びます。POWER6 = 0のときは、基本クロックはロウ・レベルに固定となります。

・送信用カウンタ

アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6) のビット7 (POWER6) = 0またはビット6 (TXE6) = 0のときはクリア (0) の状態で動作を停止します。

POWER6 = 1かつTXE6 = 1でカウントをスタートします。

最初の送信では送信バッファ・レジスタ6 (TXB6) への書き込みでカウンタをクリア (0) します。

連続送信の場合は1フレーム・データの送信完了で、再びカウンタをクリア (0) します。次の送信データがなかった場合、カウンタはクリア (0) されず、POWER6またはTXE6がクリア (0) されるまでカウント動作をそのまま続けます。

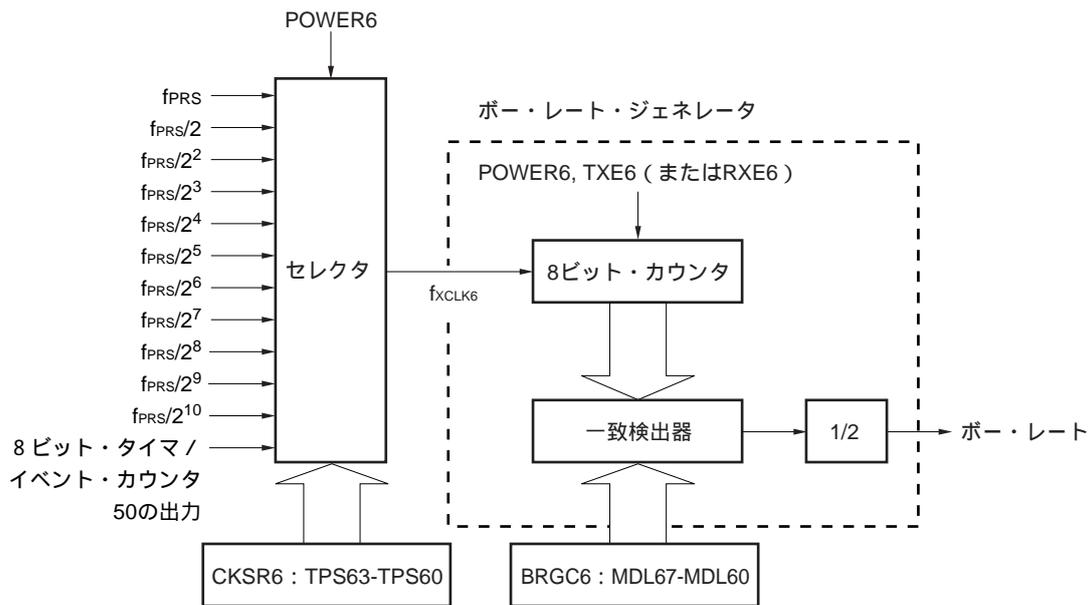
・受信用カウンタ

アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6) のビット7 (POWER6) = 0またはビット5 (RXE6) = 0のときはクリア (0) の状態で動作を停止します。

スタート・ビット検出によりカウントをスタートします。

1フレーム受信後は次のスタート・ビット検出まで動作を停止します。

図13-24 ポー・レート・ジェネレータの構成



- 備考** POWER6 : アシクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6) のビット7
 TXE6 : ASIM6のビット6
 RXE6 : ASIM6のビット5
 CKSR6 : クロック選択レジスタ6
 BRGC6 : ポー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ6

(2) シリアル・クロックの生成

クロック選択レジスタ6 (CKSR6) とポー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ6 (BRGC6) の設定により、生成するシリアル・クロックを指定できます。

CKSR6のビット3-0 (TPS63-TPS60) により、8ビット・カウンタへの入力クロックを、BRGC6のビット7-0 (MDL67-MDL60) により、8ビット・カウンタの分周値 ($f_{XCLK6}/4 - f_{XCLK6}/255$) を設定できます。

13.4.4 ボー・レートの算出

(1) ボー・レート計算式

ボー・レートは次の式によって求められます。

$$\text{ボー・レート} = \frac{f_{\text{CLK6}}}{2 \times k} \text{ [bps]}$$

f_{CLK6} : CKSR6レジスタのTPS63-TPS60ビットで選択した基本クロックの周波数

k : BRGC6レジスタのMDL67-MDL60ビットで設定した値 ($k = 4, 5, 6, \dots, 255$)

表13 - 4 TPS63-TPS60の設定値

TPS63	TPS62	TPS61	TPS60	基本クロック (f_{CLK6}) 選択 ^{注1}				
				$f_{\text{PRS}} =$ 4 MHz	$f_{\text{PRS}} =$ 8 MHz	$f_{\text{PRS}} =$ 10 MHz	$f_{\text{PRS}} =$ 20 MHz	
0	0	0	0	f_{PRS} ^{注2}	4 MHz	8 MHz	10 MHz	20 MHz ^{注3}
0	0	0	1	$f_{\text{PRS}}/2$	2 MHz	4 MHz	5 MHz	10 MHz
0	0	1	0	$f_{\text{PRS}}/2^2$	1 MHz	2 MHz	2.5 MHz	5 MHz
0	0	1	1	$f_{\text{PRS}}/2^3$	500 kHz	1 MHz	1.25 MHz	2.5 MHz
0	1	0	0	$f_{\text{PRS}}/2^4$	250 kHz	500 kHz	625 kHz	1.25 MHz
0	1	0	1	$f_{\text{PRS}}/2^5$	125 kHz	250 kHz	312.5 kHz	625 kHz
0	1	1	0	$f_{\text{PRS}}/2^6$	62.5 kHz	125 kHz	156.25 kHz	312.5 kHz
0	1	1	1	$f_{\text{PRS}}/2^7$	31.25 kHz	62.5 kHz	78.13 kHz	156.25 kHz
1	0	0	0	$f_{\text{PRS}}/2^8$	15.625 kHz	31.25 kHz	39.06 kHz	78.13 kHz
1	0	0	1	$f_{\text{PRS}}/2^9$	7.813 kHz	15.625 kHz	19.53 kHz	39.06 kHz
1	0	1	0	$f_{\text{PRS}}/2^{10}$	3.906 kHz	7.813 kHz	9.77 kHz	19.53 kHz
1	0	1	1	TM50の出力 ^{注4}				
その他				設定禁止				

注1. 周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS}) が高速システム・クロック (f_{XH}) で動作している ($\text{XSEL} = 1$) 場合、電源電圧により、 f_{PRS} の動作周波数が異なります。

・ $V_{\text{DD}} = 2.7 \sim 5.5 \text{ V}$: $f_{\text{PRS}} = 20 \text{ MHz}$

・ $V_{\text{DD}} = 2.7 \sim 4.0 \text{ V}$: $f_{\text{PRS}} = 10 \text{ MHz}$

2. $1.8 \text{ V} < V_{\text{DD}} < 2.7 \text{ V}$ で、周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS}) が高速内蔵発振クロック (f_{RH}) で動作している ($\text{XSEL} = 0$) 場合、 $\text{TPS63} = \text{TPS62} = \text{TPS61} = \text{TPS60} = 0$ (基本クロック : f_{PRS}) は設定禁止です。

3. $4.0 \text{ V} < V_{\text{DD}} < 5.5 \text{ V}$ の場合のみ設定可能です。

4. TM50の出力を基本クロックとして選択する場合、次の内容に注意してください。

・ TM50とCR50の一致でクリア&スタート・モード ($\text{TMC506} = 0$)

タイマF/Fの反転動作を許可 ($\text{TMC501} = 1$) し、事前に8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50の動作を開始してください。

・ PWMモード ($\text{TMC506} = 1$)

デューティ50%のクロックになるように設定し、事前に8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50の動作を開始してください。

どちらのモードの場合でも、TO50出力を許可 ($\text{TOE50} = 1$) する必要はありません。

(2) ボー・レートの誤差

ボー・レート誤差は次の式によって求められます。

$$\text{誤差 (\%)} = \left(\frac{\text{実際のボー・レート (誤差のあるボー・レート)}}{\text{希望するボー・レート (正常なボー・レート)}} - 1 \right) \times 100 [\%]$$

注意1. 送信時のボー・レート誤差は、受信先の許容誤差以内にしてください。

2. 受信時のボー・レート誤差は、(4) 受信時の許容ボー・レート範囲で示す範囲を満たすようにしてください。

例 基本クロックの周波数 = 10 MHz = 10,000,000 Hz

BRGC6レジスタのMDL67-MDL60ビットの設定値 = 00100001B (k = 33)

目標ボー・レート = 153600 bps

$$\begin{aligned} \text{ボー・レート} &= 10 \text{ M} / (2 \times 33) \\ &= 10000000 / (2 \times 33) = 151515 [\text{bps}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{誤差} &= (151515 / 153600 - 1) \times 100 \\ &= -1.357 [\%] \end{aligned}$$

(3) ボー・レート設定例

表13-5 ボー・レート・ジェネレータ設定データ

ボー・レート [bps]	f _{PRS} = 2.0 MHz				f _{PRS} = 5.0 MHz				f _{PRS} = 10.0 MHz				f _{PRS} = 20.0 MHz			
	TPS63-TPS60	k	算出値	ERR [%]	TPS63-TPS60	k	算出値	ERR [%]	TPS63-TPS60	k	算出値	ERR [%]	TPS63-TPS60	k	算出値	ERR [%]
300	8H	13	301	0.16	7H	65	301	0.16	8H	65	301	0.16	9H	65	301	0.16
600	7H	13	601	0.16	6H	65	601	0.16	7H	65	601	0.16	8H	65	601	0.16
1200	6H	13	1202	0.16	5H	65	1202	0.16	6H	65	1202	0.16	7H	65	1202	0.16
2400	5H	13	2404	0.16	4H	65	2404	0.16	5H	65	2404	0.16	6H	65	2404	0.16
4800	4H	13	4808	0.16	3H	65	4808	0.16	4H	65	4808	0.16	5H	65	4808	0.16
9600	3H	13	9615	0.16	2H	65	9615	0.16	3H	65	9615	0.16	4H	65	9615	0.16
19200	2H	13	19231	0.16	1H	65	19231	0.16	2H	65	19231	0.16	3H	65	19231	0.16
24000	1H	21	23810	-0.79	3H	13	24038	0.16	4H	13	24038	0.16	5H	13	24038	0.16
31250	1H	16	31250	0	4H	5	31250	0	4H	15	31250	0	5H	10	31250	0
38400	1H	13	38462	0.16	0H	65	38462	0.16	1H	65	38462	0.16	2H	65	38462	0.16
48000	0H	21	47619	-0.79	2H	13	48077	0.16	3H	13	48077	0.16	4H	13	48077	0.16
76800	0H	13	76923	0.16	0H	33	75758	-1.36	0H	65	76923	0.16	1H	65	76923	0.16
115200	0H	9	111111	-3.55	1H	11	113636	-1.36	0H	43	116279	0.94	0H	87	114943	-0.22
153600	-	-	-	-	1H	8	156250	1.73	0H	33	151515	-1.36	1H	33	151515	-1.36
312500	-	-	-	-	0H	8	312500	0	1H	8	312500	0	2H	8	312500	0
625000	-	-	-	-	0H	4	625000	0	1H	4	625000	0	2H	4	625000	0

備考 TPS63-TPS60 : クロック選択レジスタ6 (CKSR6) のビット3-0 (基本クロック (f_{CLK6}) 設定)
 k : ボー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ6 (BRGC6) のMDL67-MDL60ビットで設定した値 (k = 4, 5, 6, ..., 255)
 f_{PRS} : 周辺ハードウェア・クロック周波数
 ERR : ボー・レート誤差

(4) 受信時の許容ボー・レート範囲

受信の際に、送信先のボー・レートのずれがどの程度まで許容できるかを次に示します。

注意 受信時のボー・レート誤差は、下記に示す算出式を使用して、必ず許容誤差範囲内になるように設定してください。

図13 - 25 受信時の許容ボー・レート範囲

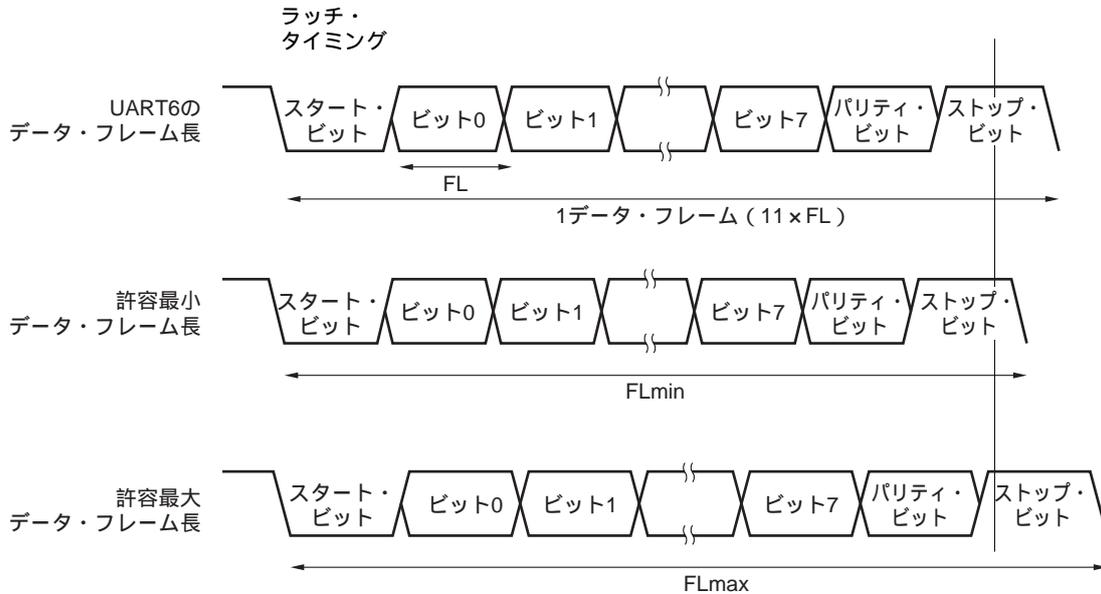


図13 - 25に示すように、スタート・ビット検出後はボー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ6 (BRGC6) で設定したカウンタにより、受信データのラッチ・タイミングが決定されます。このラッチ・タイミングに最終データ (ストップ・ビット) までが間に合えば正常に受信できます。

これを11ビット受信に当てはめると理論上、次のようになります。

$$FL = (\text{Brate}) \cdot^{-1}$$

Brate : UART6のボー・レート

k : BRGC6の設定値

FL : 1ビット・データ長

ラッチ・タイミングのマージン : 2クロック

$$\text{許容最小データ・フレーム長} : \text{FLmin} = 11 \times \text{FL} - \frac{k-2}{2k} \times \text{FL} = \frac{21k+2}{2k} \text{FL}$$

したがって、受信可能な送信先の最大ボー・レートは次のようになります。

$$\text{BRmax} = (\text{FLmin}/11)^{-1} = \frac{22k}{21k+2} \text{Brate}$$

同様に、許容最大データ・フレーム長を求めると、次のようになります。

$$\frac{10}{11} \times \text{FLmax} = 11 \times \text{FL} - \frac{k+2}{2 \times k} \times \text{FL} = \frac{21k-2}{2 \times k} \text{FL}$$

$$\text{FLmax} = \frac{21k-2}{20k} \text{FL} \times 11$$

したがって、受信可能な送信先の最小ボー・レートは次のようになります。

$$\text{BRmin} = (\text{FLmax}/11)^{-1} = \frac{20k}{21k-2} \text{Brate}$$

前述の最小 / 最大ボー・レート値の算出式から、UART6と送信先とのボー・レートの許容誤差を求めると次のようになります。

表13-6 許容最大 / 最小ボー・レート誤差

分周比 (k)	許容最大ボー・レート誤差	許容最小ボー・レート誤差
4	+2.33 %	-2.44 %
8	+3.53 %	-3.61 %
20	+4.26 %	-4.31 %
50	+4.56 %	-4.58 %
100	+4.66 %	-4.67 %
255	+4.72 %	-4.73 %

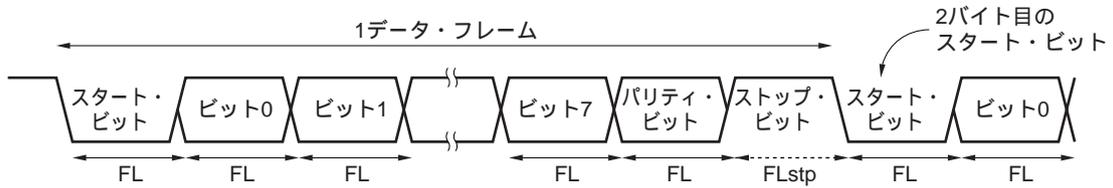
備考1. 受信の許容誤差は、1フレーム・ビット数、入力クロック周波数、分周比 (k) に依存します。入力クロック周波数が高く、分周比 (k) が大きくなるほど許容誤差は大きくなります。

2. k : BRGC6の設定値

(5) 連続送信時のデータ・フレーム長

連続送信する場合、ストップ・ビットから次のスタート・ビットまでのデータ・フレーム長が通常より基本クロック2クロック分延びます。ただし、受信側はスタート・ビットの検出により、タイミングの初期化が行われるので通信結果には影響しません。

図13 - 26 連続送信時のデータ・フレーム長



1ビット・データ長：FL，ストップ・ビット長：FLstp，基本クロック周波数： f_{CLK6} とすると次の式が成り立ちます。

$$FLstp = FL + 2/f_{CLK6}$$

したがって、連続送信でのデータ・フレーム長は次のようになります。

$$\text{データ・フレーム長} = 11 \times FL + 2/f_{CLK6}$$

第14章 シリアル・インタフェースCSI10

14.1 シリアル・インタフェースCSI10の機能

シリアル・インタフェースCSI10には、次の2種類のモードがあります。

(1) 動作停止モード

シリアル通信を行わないときに使用するモードです。消費電力を低減することができます。

詳細については14.4.1 動作停止モードを参照してください。

(2) 3線式シリアルI/Oモード (MSB/LSB先頭切り替え可能)

シリアル・クロック ($\overline{\text{SCK10}}$) とシリアル・データ (SI10, SO10) の3本のラインにより、8ビット・データ通信を行うモードです。

3線式シリアルI/Oモードは同時送受信動作が可能なので、データ通信の処理時間が短くなります。

シリアル通信する8ビット・データの先頭ビットをMSBか、またはLSBかに切り替えることができますので、いずれの先頭ビットのデバイスとも接続できます。

3線式シリアルI/Oモードは、クロック同期式シリアル・インタフェースを内蔵する周辺ICや表示コントローラなどを接続するときに使用できます。

詳細については14.4.2 3線式シリアルI/Oモードを参照してください。

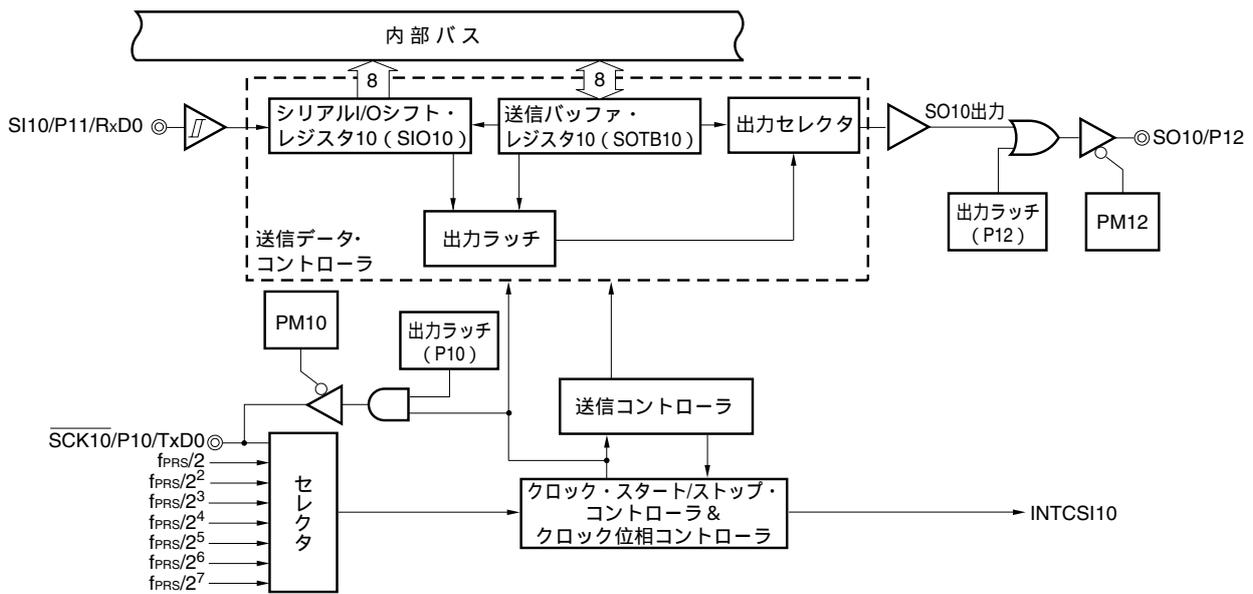
14.2 シリアル・インタフェースCSI10の構成

シリアル・インタフェースCSI10は、次のハードウェアで構成しています。

表14-1 シリアル・インタフェースCSI10の構成

項目	構成
制御回路	送信コントローラ クロック・スタート/ストップ・コントローラ&クロック位相コントローラ
レジスタ	送信バッファ・レジスタ10 (SOTB10) シリアルI/Oシフト・レジスタ10 (SIO10)
制御レジスタ	シリアル動作モード・レジスタ10 (CSIM10) シリアル・クロック選択レジスタ10 (CSIC10) ポート・モード・レジスタ1 (PM1) ポート・レジスタ1 (P1)

図14-1 シリアル・インタフェースCSI10のブロック図



(1) 送信バッファ・レジスタ10 (SOTB10)

送信データを設定するレジスタです。

シリアル動作モード選択レジスタ10 (CSIM10) のビット7 (CSIE10) とビット6 (TRMD10) が1のとき、SOTB10にデータを書き込むことにより送受信動作が開始されます。

SOTB10に書き込まれたデータは、シリアルI/Oシフト・レジスタ10でパラレル・データからシリアル・データに変換され、シリアル出力 (SO10) に出力されます。

SOTB10は、8ビット・メモリ操作命令で書き込みと読み出しができます。

リセット信号の発生により、00Hになります。

注意 CSOT10 = 1 (シリアル通信中) のとき、SOTB10へのアクセスは行わないでください。

(2) シリアルI/Oシフト・レジスタ10 (SIO10)

パラレル-シリアルの変換を行う8ビットのレジスタです。

SIO10は、8ビット・メモリ操作命令で読み出しができます。

シリアル動作モード・レジスタ10 (CSIM10) のビット6 (TRMD10) が0のとき、SIO10からデータを読み出すことにより受信動作が開始されます。

受信時は、データがシリアル入力 (SI10) からSIO10に読み込まれます。

リセット信号の発生により、00Hになります。

注意 CSOT10 = 1 (シリアル通信中) のとき、SIO10へのアクセスは行わないでください。

14.3 シリアル・インタフェースCSI10を制御するレジスタ

シリアル・インタフェースCSI10は、次の4種類のレジスタで制御します。

- ・シリアル動作モード・レジスタ10 (CSIM10)
- ・シリアル・クロック選択レジスタ10 (CSIC10)
- ・ポート・モード・レジスタ1 (PM1)
- ・ポート・レジスタ1 (P1)

(1) シリアル動作モード・レジスタ10 (CSIM10)

動作モード、動作の許可/不許可を設定するレジスタです。

CSIM10は1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、00Hになります。

図14 - 2 シリアル動作モード・レジスタ10 (CSIM10) のフォーマット

アドレス : FF80H リセット時 : 00H R/W^{注1}

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
CSIM10	CSIE10	TRMD10	0	DIR10	0	0	0	CSOT10

CSIE10	3線式シリアルI/Oモード時の動作の制御
0	動作禁止 ^{注2} , 内部回路を非同期リセットする ^{注3}
1	動作許可

TRMD10 ^{注4}	送受信モードの制御
0 ^{注5}	受信モード (送信禁止)
1	送受信モード

DIR10 ^{注6}	先頭ビットの指定
0	MSB
1	LSB

CSOT10	通信状態フラグ
0	通信停止
1	通信中

- 注1. ビット0はRead Onlyです。
2. P10/SCK10/TxD0, P12/SO10を汎用ポートとして使用する場合は ,CSIM10を初期状態と同じ設定 (00H) にしてください。
 3. リセットされるのはCSIM10のビット0 (CSOT10) とシリアルI/Oシフト・レジスタ10 (SIO10) です。
 4. CSOT10 = 1 (シリアル通信中) のとき , TRMD10を書き換えしないでください。
 5. TRMD10が0のとき ,SO10出力(図14 - 1参照)はロウ・レベルに固定されます。SIO10からデータを読み出すと受信が開始します。
 6. CSOT10 = 1 (シリアル通信中) のとき , DIR10を書き換えしないでください。

注意 ビット1-3, 5には必ず0を設定してください。

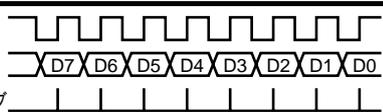
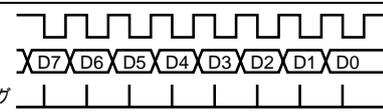
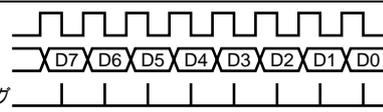
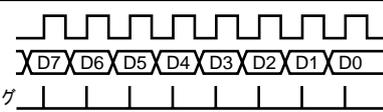
(2) シリアル・クロック選択レジスタ10 (CSIC10)

データ送受信タイミングの指定，シリアル・クロックを設定するレジスタです。
 CSIC10は1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。
 リセット信号の発生により，00Hになります。

図14 - 3 シリアル・クロック選択レジスタ10 (CSIC10) のフォーマット

アドレス：FF81H リセット時：00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
CSIC10	0	0	0	CKP10	DAP10	CKS102	CKS101	CKS100

CKP10	DAP10	データ送受信タイミングの指定		タイプ
0	0	SCK10		1
0	1	SCK10		2
1	0	SCK10		3
1	1	SCK10		4

CKS102	CKS101	CKS100	CSI10のシリアル・クロックの選択 ^{注1,2}				モード	
			fPRS = 4 MHz	fPRS = 8 MHz	fPRS = 10 MHz	fPRS = 20 MHz		
0	0	0	fPRS/2	2 MHz	4 MHz	5 MHz	設定禁止	マスタ・ モード
0	0	1	fPRS/2 ²	1 MHz	2 MHz	2.5 MHz	5 MHz	
0	1	0	fPRS/2 ³	500 kHz	1 MHz	1.25 MHz	2.5 MHz	
0	1	1	fPRS/2 ⁴	250 kHz	500 kHz	625 kHz	1.25 MHz	
1	0	0	fPRS/2 ⁵	125 kHz	250 kHz	312.5 kHz	625 kHz	
1	0	1	fPRS/2 ⁶	62.5 kHz	125 kHz	156.25 kHz	312.5 kHz	
1	1	0	fPRS/2 ⁷	31.25 kHz	62.5 kHz	78.13 kHz	156.25 kHz	
1	1	1	SCK10への外部クロック入力 ^{注3}				スレーブ・ モード	

注1. 周辺ハードウェア・クロック (fPRS) が高速システム・クロック (fXH) で動作している (XSEL = 1) 場合，電源電圧により，fPRSの動作周波数が異なります。

- ・ VDD = 2.7 ~ 5.5 V : fPRS 20 MHz
- ・ VDD = 1.8 ~ 2.7 V : fPRS 5 MHz

注2. シリアル・クロックは次の条件を満たすように設定してください。

- ・V_{DD} = 4.0 ~ 5.5 V : シリアル・クロック 6.25 MHz
- ・V_{DD} = 2.7 ~ 4.0 V : シリアル・クロック 4 MHz
- ・V_{DD} = 1.8 ~ 2.7 V : シリアル・クロック 2 MHz

3. STOPモード時の場合、 $\overline{\text{SCK10}}$ 端子からの外部クロックで通信動作を開始させないでください。

注意1. CSIE10 = 1 (動作許可) のとき、CSIC10への書き込みを行わないでください。

2. P10/ $\overline{\text{SCK10}}$ /TxD0, P12/SO10を汎用ポートとして使用する場合は、CSIC10を初期状態と同じ状態(00H)にしてください。
3. リセット後のデータ・クロックの位相タイプは、タイプ1になります。

備考 f_{PRS} : 周辺ハードウェア・クロック周波数

(3) ポート・モード・レジスタ1 (PM1)

ポート1の入力/出力を1ビット単位で設定するレジスタです。

P10/ $\overline{\text{SCK10}}$ /TxD0をシリアル・インタフェースのクロック出力として使用するとき、PM10に0、P10の出力ラッチに1を設定してください。

P12/SO10をシリアル・インタフェースのデータ出力として使用するとき、PM12およびP12の出力ラッチに0を設定してください。

P10/ $\overline{\text{SCK10}}$ /TxD0をシリアル・インタフェースのクロック入力、P11/SI10/RxD0をシリアル・インタフェースのデータ入力として使用するとき、PM10、PM11に1を設定してください。このとき、P10、P11の出力ラッチは、0または1のどちらでもかまいません。

PM1は、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、FFHになります。

図14-4 ポート・モード・レジスタ1 (PM1) のフォーマット

アドレス : FF21H リセット時 : FFH R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PM1	PM17	PM16	PM15	PM14	PM13	PM12	PM11	PM10

PM1n	P1n端子の入出力モードの選択 (n = 0-7)
0	出力モード (出力バッファ・オン)
1	入力モード (出力バッファ・オフ)

14.4 シリアル・インタフェースCSI10の動作

シリアル・インタフェースCSI10は、次の2種類のモードがあります。

- ・動作停止モード
- ・3線式シリアルI/Oモード

14.4.1 動作停止モード

動作停止モードでは、シリアル通信を行いません。したがって、消費電力を低減できます。また動作停止モードでは、P10/SCK10/TxD0, P11/SI10/RxD0, P12/SO10を通常の入出力ポートとして使用できます。

(1) 使用するレジスタ

動作停止モードの設定は、シリアル動作モード・レジスタ10 (CSIM10) で行います。

動作停止モードにする場合は、CSIM10のビット7 (CSIE10) に0を設定してください。

(a) シリアル動作モード・レジスタ10 (CSIM10)

CSIM10は1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、00Hになります。

アドレス：FF80H リセット時：00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
CSIM10	CSIE10	TRMD10	0	DIR10	0	0	0	CSOT10

CSIE10	3線式シリアルI/Oモード時の動作の制御
0	動作禁止 ^{注1} ，内部回路を非同期リセットする ^{注2}

注1 . P10/SCK10/TxD0, P12/SO10を汎用ポートとして使用する場合は、CSIM10を初期状態と同じ設定 (00H) にしてください。

2 . リセットされるのはCSIM10のビット0 (CSOT10) とシリアルI/Oシフト・レジスタ10 (SIO10) です。

14.4.2 3線式シリアルI/Oモード

クロック同期式シリアル・インタフェースを内蔵する周辺ICや表示コントローラなどを接続するときに使用できます。

シリアル・クロック ($\overline{SCK10}$) , シリアル出力 (SO10) , シリアル入力 (SI10) の3本のラインで通信を行います。

(1) 使用するレジスタ

- ・シリアル動作モード・レジスタ10 (CSIM10)
- ・シリアル・クロック選択レジスタ10 (CSIC10)
- ・ポート・モード・レジスタ1 (PM1)
- ・ポート・レジスタ1 (P1)

3線式シリアルI/Oモードの基本的な動作設定手順例は次のようになります。

CSIC10レジスタを設定 (図14 - 3を参照)

CSIM10レジスタのビット4, 6 (DIR10, TRMD10) を設定 (図14 - 2を参照)

CSIM10レジスタのビット7 (CSIE10) をセット (1) 送受信可能

送信バッファ・レジスタ10 (SOTB10) にデータを書き込み データ送受信開始

シリアルI/Oシフト・レジスタ10 (SIO10) からデータを読み出し データ受信開始

注意 ポート・モード・レジスタとポート・レジスタの設定手順は、通信相手との関係を考慮して、行ってください。

レジスタの設定と端子の関係を次に示します。

表14 - 2 レジスタの設定と端子の関係

CSIE10	TRMD10	PM11	P11	PM12	P12	PM10	P10	CSI10 の動作	端子機能		
									SI10/RxD0/ P11	SO10/P12	SCK10/ TxD0/P10
0	0	x ^{注1}	停止	RxD0/P11	P12 ^{注2}	TxD0/ P10 ^{注3}					
1	0	1	x	x ^{注1}	x ^{注1}	1	x	スレーブ 受信 ^{注4}	SI10	P12 ^{注2}	SCK10 (入力) ^{注4}
1	1	x ^{注1}	x ^{注1}	0	0	1	x	スレーブ 送信 ^{注4}	RxD0/P11	SO10	SCK10 (入力) ^{注4}
1	1	1	x	0	0	1	x	スレーブ 送受信 ^{注4}	SI10	SO10	SCK10 (入力) ^{注4}
1	0	1	x	x ^{注1}	x ^{注1}	0	1	マスタ 受信	SI10	P12 ^{注2}	SCK10 (出力)
1	1	x ^{注1}	x ^{注1}	0	0	0	1	マスタ 送信	RxD0/P11	SO10	SCK10 (出力)
1	1	1	x	0	0	0	1	マスタ 送受信	SI10	SO10	SCK10 (出力)

注1. ポート機能として設定することができます。

2. P12/SO10を汎用ポートとして使用する場合、シリアル・クロック選択レジスタ10 (CSIC10) は初期状態と同じ設定 (00H) にしてください。
3. P10/SCK10/TxD0をポート機能として使用する場合、CKP10を0に設定してください。
4. スレーブとして使用する場合、CKS102, CKS101, CKS100 = 1, 1, 1に設定してください。

備考 x : don't care
 CSIE10 : シリアル動作モード・レジスタ10 (CSIM10) のビット7
 TRMD10 : CSIM10のビット6
 CKP10 : シリアル・クロック選択レジスタ10 (CSIC10) のビット4
 CKS102, CKS101, CKS100 : CSIC10のビット2-0
 PM1x : ポート・モード・レジスタ
 P1x : ポートの出力ラッチ

(2) 通信動作

3線式シリアルI/Oモードでは、8ビット単位でデータの送受信を行います。データは、シリアル・クロックに同期して1ビットごとに送受信されます。

シリアル動作モード・レジスタ10 (CSIM10) のビット6 (TRMD10) が1の場合、データの送受信が可能です。送信バッファ・レジスタ10 (SOTB10) に値を書き込むことにより、送受信が開始されます。またシリアル動作モード・レジスタ10 (CSIM10) のビット6 (TRMD10) が0の場合、データの受信が可能です。シリアルI/Oシフト・レジスタ10 (SIO10) からデータを読み出すことにより、受信動作が開始されます。

通信開始後、CSIM10のビット0 (CSOT10) が1になります。8ビットの通信が終了すると、通信終了割り込み要求フラグ (CSIIF10) がセットされ、CSOT10は0にクリアされます。そして次の通信が可能になります。

注意 CSOT10 = 1 (シリアル通信中) のとき、コントロール・レジスタとデータ・レジスタにアクセスしないでください。

図14 - 5 3線式シリアルI/Oモードのタイミング (1/2)

(a) 送受信タイミング (タイプ1 : TRMD10 = 1, DIR10 = 0, CKP10 = 0, DAP10 = 0)

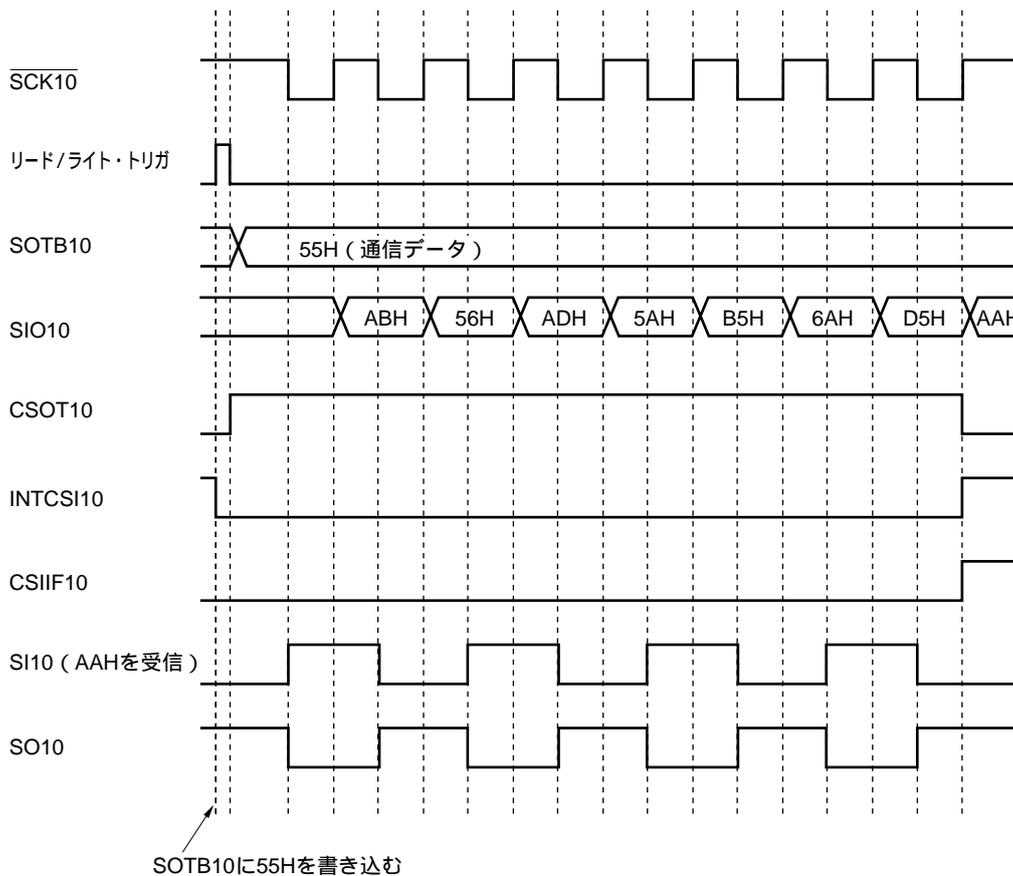


図14 - 5 3線式シリアルI/Oモードのタイミング (2/2)

(b) 送受信タイミング (タイプ2 : TRMD10 = 1, DIR10 = 0, CKP10 = 0, DAP10 = 1)

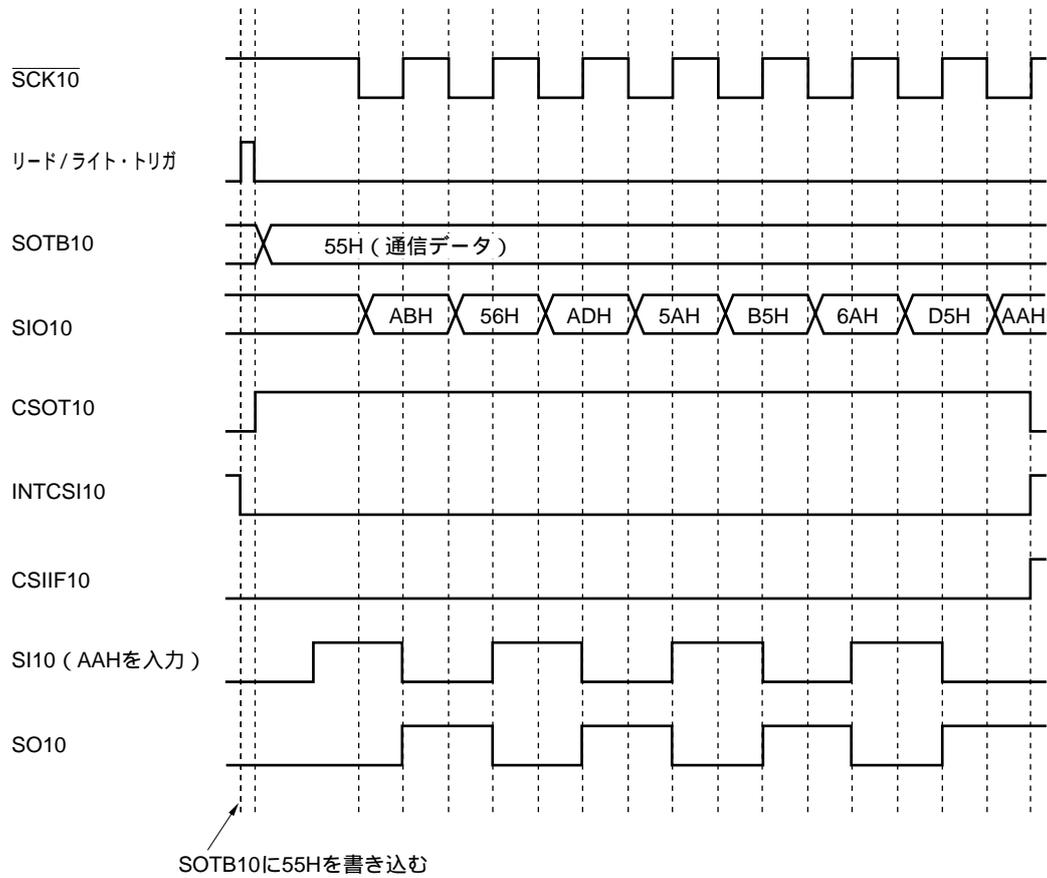
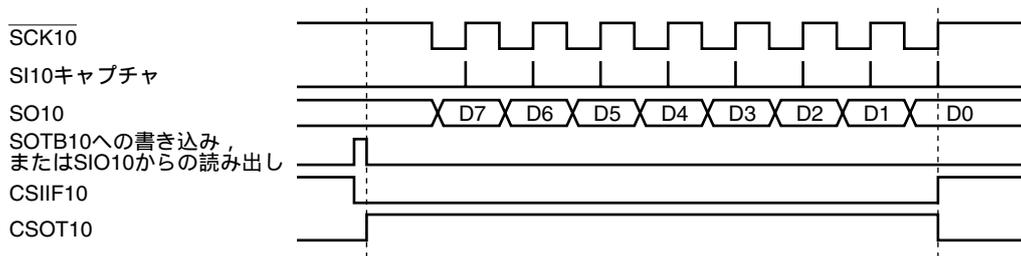
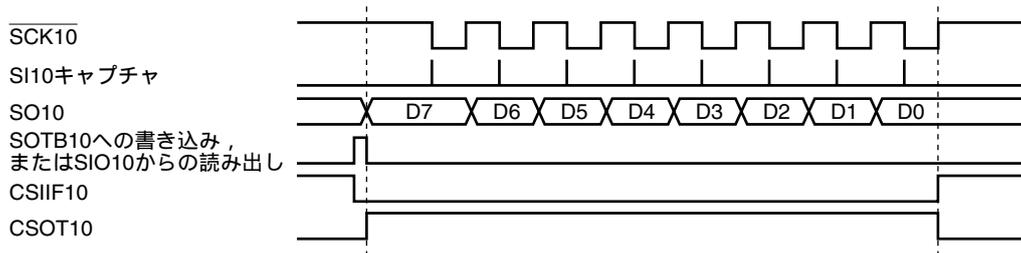


図14 - 6 クロック/データ位相のタイミング

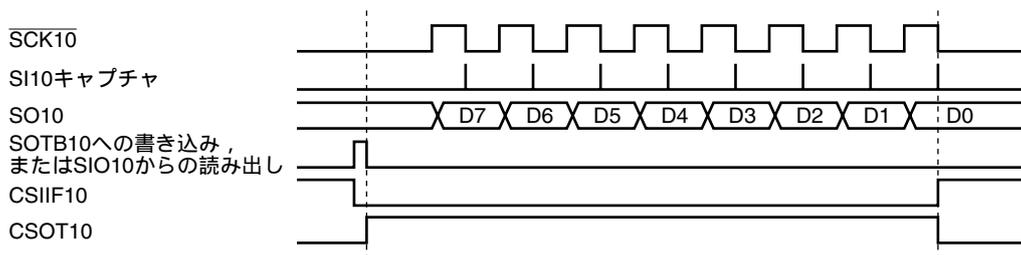
(a) **タイプ1** : CKP10 = 0, DAP10 = 0, DIR10 = 0



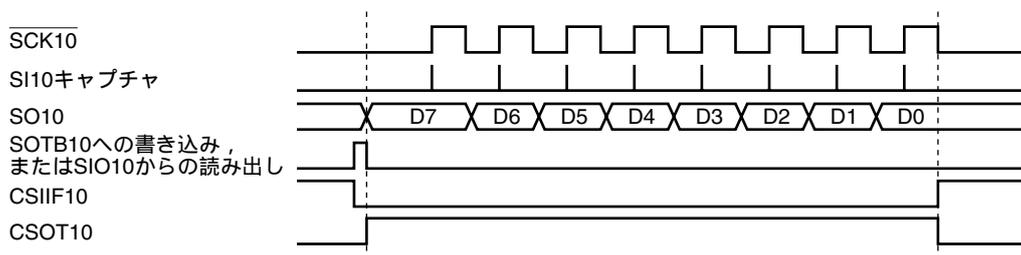
(b) **タイプ2** : CKP10 = 0, DAP10 = 1, DIR10 = 0



(c) **タイプ3** : CKP10 = 1, DAP10 = 0, DIR10 = 0



(d) **タイプ4** : CKP10 = 1, DAP10 = 1, DIR10 = 0



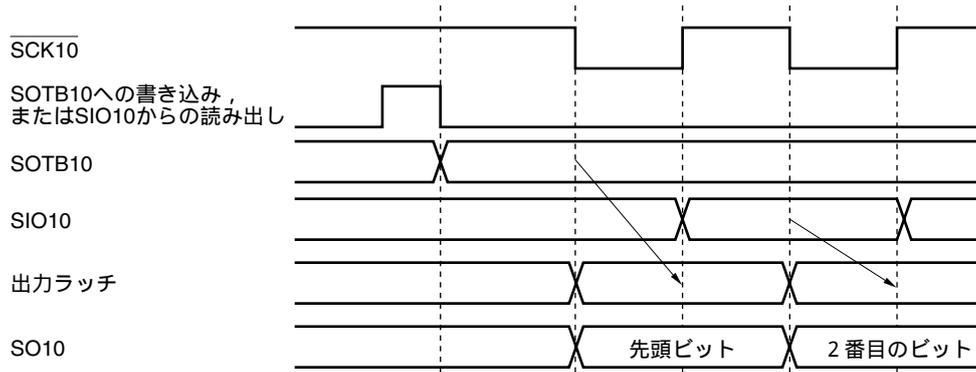
備考 上図は, MSBファーストの通信動作です。

(3) SO10端子への出力タイミング(先頭ビット)

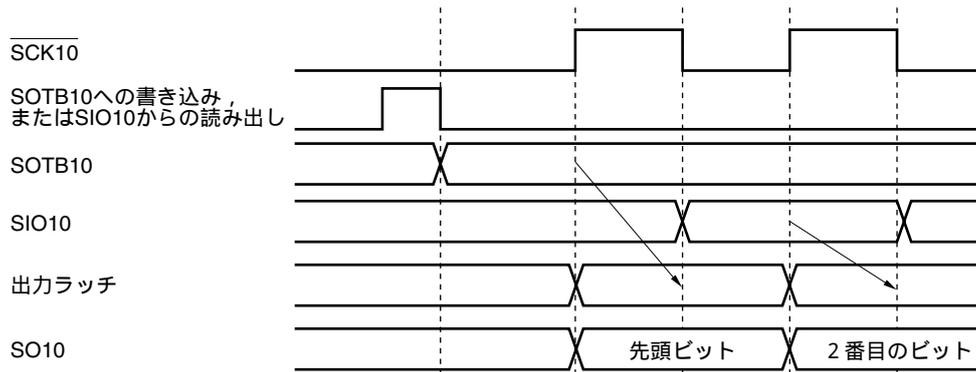
通信開始時、送信バッファ・レジスタ10(SOTB10)の値は、SO10端子から出力されます。このとき、先頭ビットの出力動作を説明します。

図14-7 先頭ビットの出力動作(1/2)

(a) タイプ1: CKP10 = 0, DAP10 = 0



(b) タイプ3: CKP10 = 1, DAP10 = 0

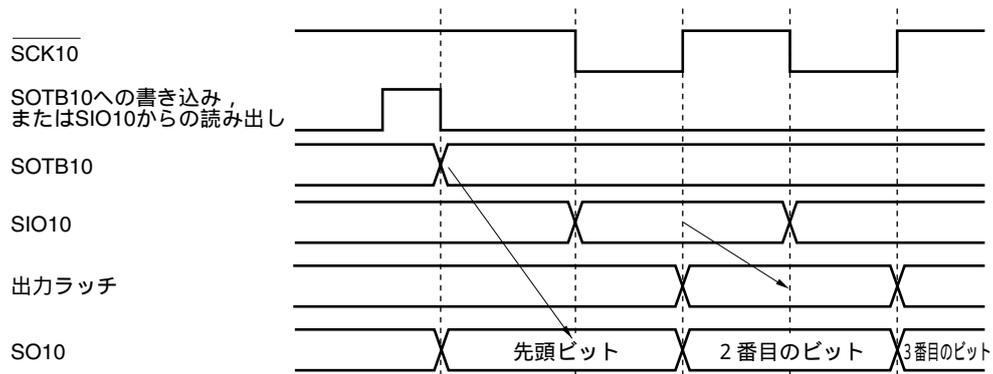


先頭ビットは、 $\overline{SCK10}$ の立ち下がり(または立ち上がり)エッジでSOTB10レジスタから直接、出力ラッチにラッチされ、さらに出力セレクタを通してSO10端子から出力されます。次の $\overline{SCK10}$ の立ち上がり(または立ち下がり)エッジでSOTB10レジスタの値がSIO10レジスタに転送され、1ビット分シフトします。同時にSIO10端子を通して、受信データの先頭ビットがSIO10レジスタに格納されます。

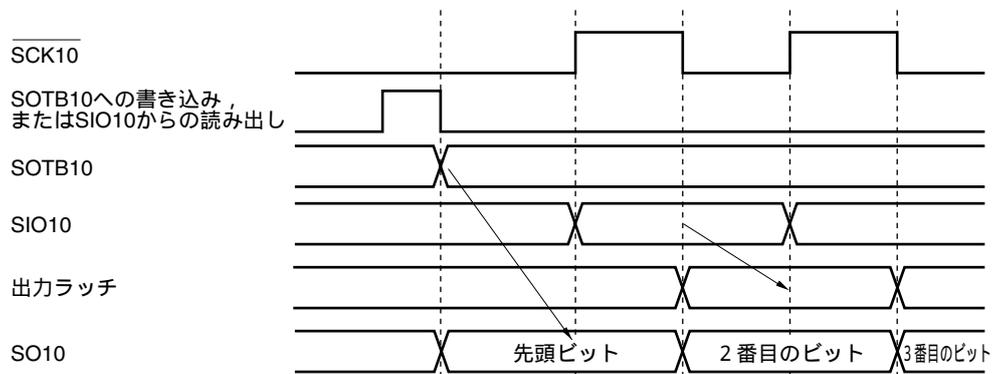
2番目のビット以降は、次の $\overline{SCK10}$ の立ち下がり(または立ち上がり)エッジでSIO10から出力ラッチにラッチされ、データがSO10端子から出力されます。

図14-7 先頭ビットの出力動作 (2/2)

(c) タイプ2 : CKP10 = 0, DAP10 = 1



(d) タイプ4 : CKP10 = 1, DAP10 = 1



先頭ビットは、SOTB10のライト信号またはSIO10レジスタのリード信号の立ち下がりエッジでSOTB10レジスタから直接、出力セレクタを通してSO10端子から出力されます。次のSCK10の立ち下がり（または立ち上がり）エッジでSOTB10レジスタの値がSIO10レジスタに転送され、1ビット分シフトします。同時にSIO10端子を通して、受信データの先頭ビットがSIO10レジスタに格納されます。

2番目のビット以降は、次のSCK10の立ち上がり（または立ち下がり）エッジでSIO10から出力ラッチにラッチされ、データがSO10端子から出力されます。

(4) SO10端子の出力値 (最終ビット)

通信終了後, SO10端子の出力は, 最終ビットの出力値を保持します。

図14 - 8 SO10端子の出力値 (最終ビット) (1/2)

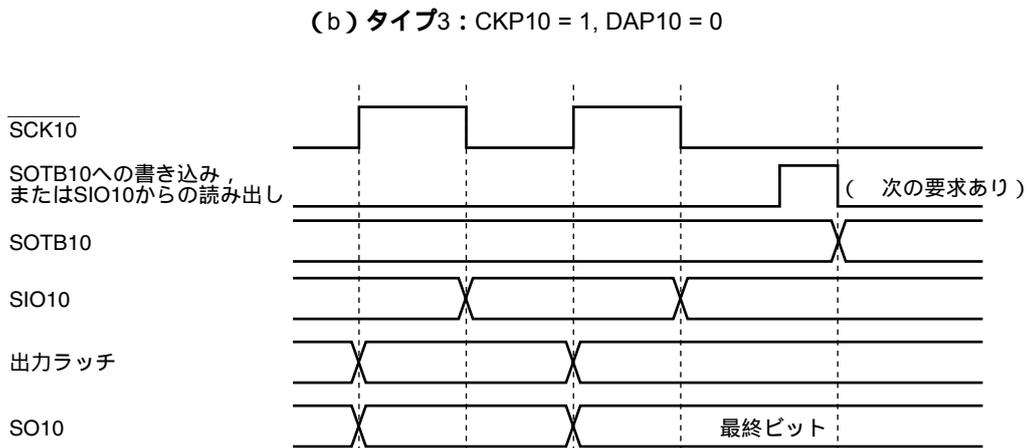
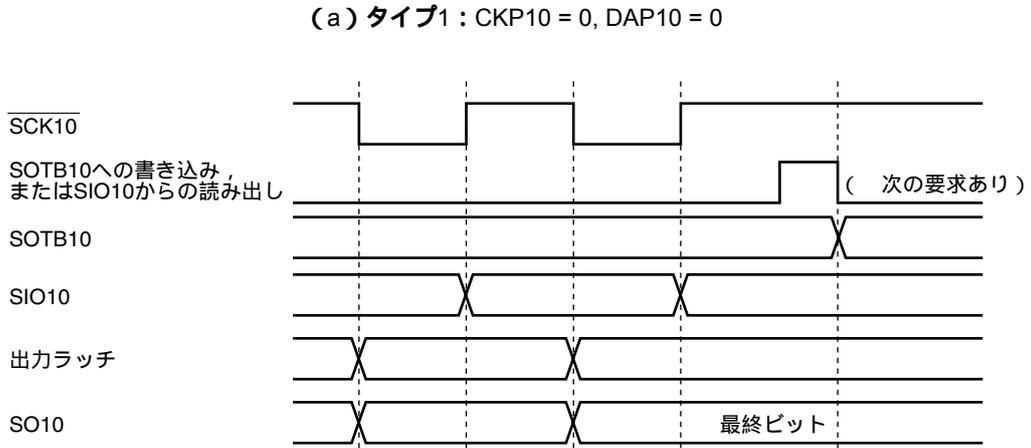
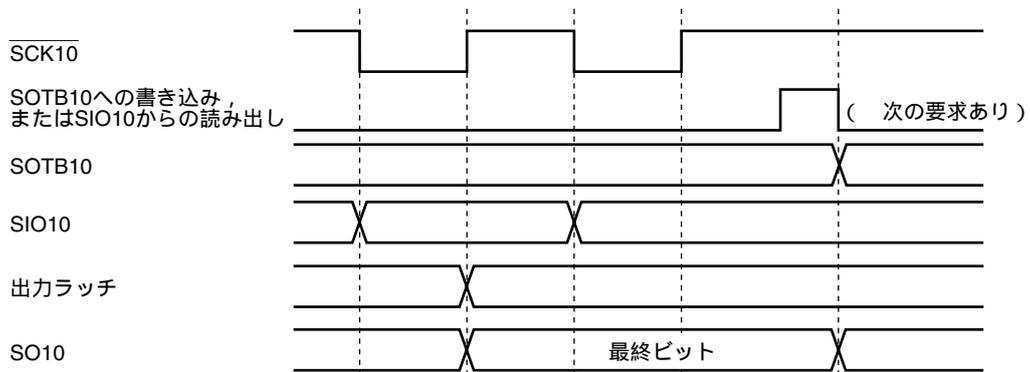
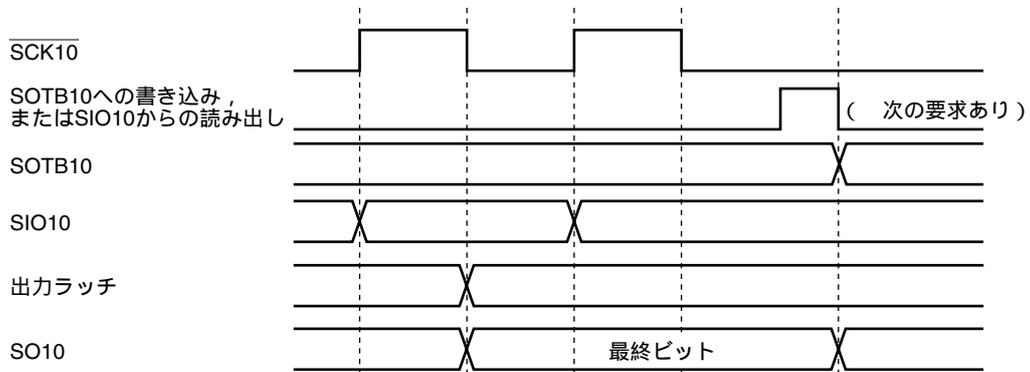


図14 - 8 SO10端子の出力値（最終ビット）（2/2）

(c) タイプ2 : CKP10 = 0, DAP10 = 1



(d) タイプ4 : CKP10 = 1, DAP10 = 1



(5) SO10出力 (図14 - 1参照) について

CSIE10, TRMD10, DAP10, DIR10の設定により, SO10出力は次のようになります。

表14 - 3 SO10出力の状態

CSIE10	TRMD10	DAP10	DIR10	SO10出力 ^{注1}
CSIE10 = 0 ^{注2}	TRMD10 = 0 ^{注2, 3}	-	-	ロウ・レベル出力 ^{注2}
		DAP10 = 0	-	ロウ・レベル出力
	TRMD10 = 1	DAP10 = 1	DIR10 = 0	SOTB10のビット7の値
			DIR10 = 1	SOTB10のビット0の値
CSIE10 = 1	TRMD10 = 0 ^{注3}	-	-	ロウ・レベル出力
	TRMD10 = 1	-	-	送信データ ^{注4}

注1. 実際のSO10/P12端子の出力は, SO10出力のほかにPM12とP12によって決まります。

2. リセット時の状態です。
3. P12/SO10を汎用ポートとして使用する場合, シリアル・クロック選択レジスタ10 (CSIC10) は初期状態と同じ設定 (00H) にしてください。
4. 送信終了後は, 送信データの最終ビットの出力値を保持します。

注意 CSIE10, TRMD10, DAP10, DIR10に値を書き込むと, SO10の出力値が変わります。

第15章 シリアル・インタフェースIIC0

15.1 シリアル・インタフェースIIC0の機能

シリアル・インタフェースIIC0には、次の2種類のモードがあります。

(1) 動作停止モード

シリアル転送を行わないときに使用するモードです。消費電力を低減できます。

(2) I²Cバス・モード (マルチマスタ対応)

シリアル・クロック (SCL0) とシリアル・データ・バス (SDA0) の2本のラインより、複数のデバイスと8ビット・データ転送を行うモードです。

I²Cバス・フォーマットに準拠しており、マスタはスレーブに対して、シリアル・データ・バス上に“スタート・コンディション”、“アドレス”、“転送方向指定”、“データ”および“ストップ・コンディション”を生成できます。スレーブは、受信したこれらの状態およびデータをハードウェアにより自動的に検出します。この機能により応用プログラムのI²Cバス制御部分を簡単にすることができます。

IIC0では、SCL0端子とSDA0端子はオープン・ドレイン出力で使用するため、シリアル・クロック・ラインおよびシリアル・データ・バス・ラインにはプルアップ抵抗が必要です。

図15 - 1に、シリアル・インタフェースIIC0のブロック図を示します。

図15-1 シリアル・インタフェースIIC0のブロック図

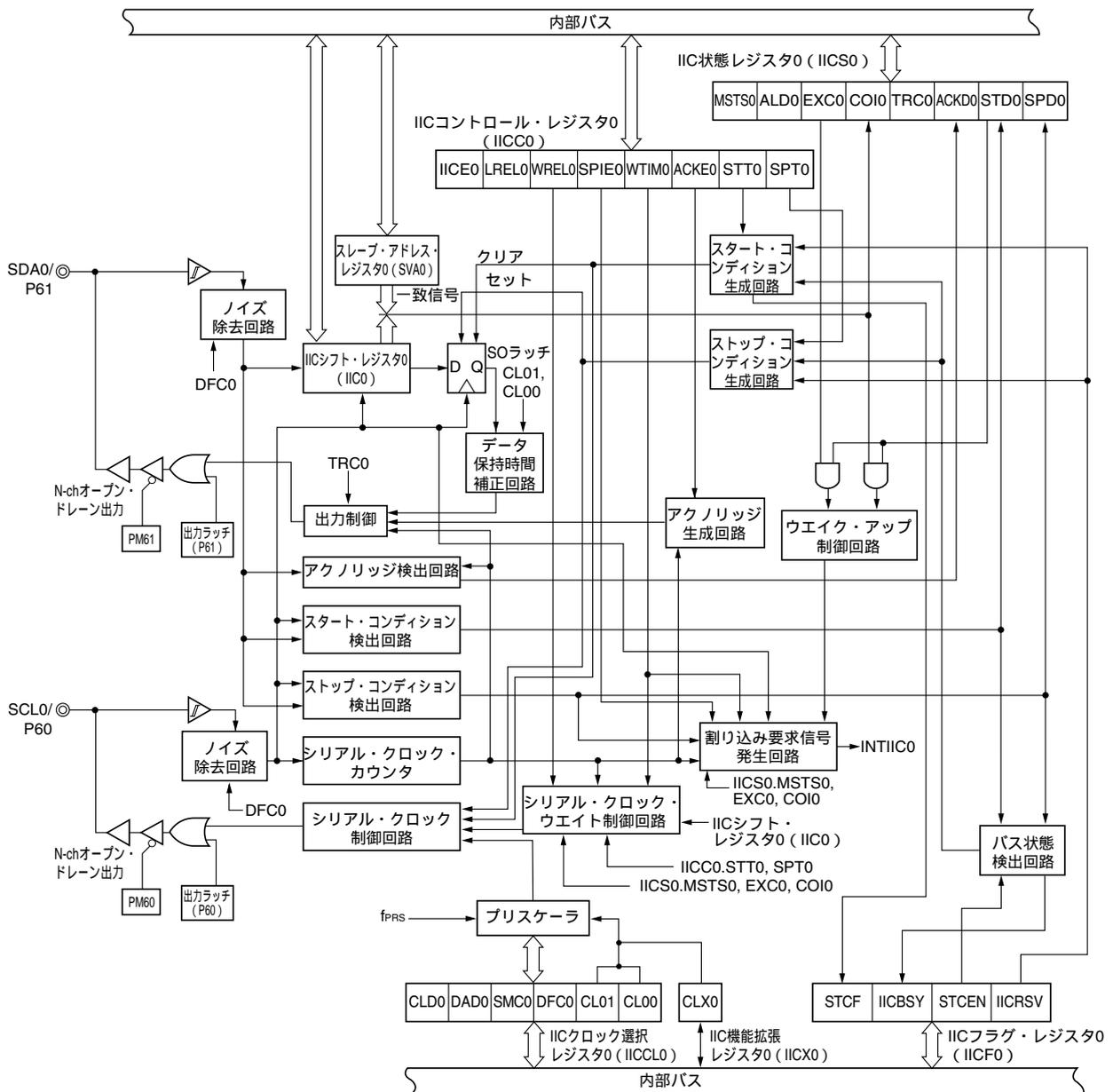
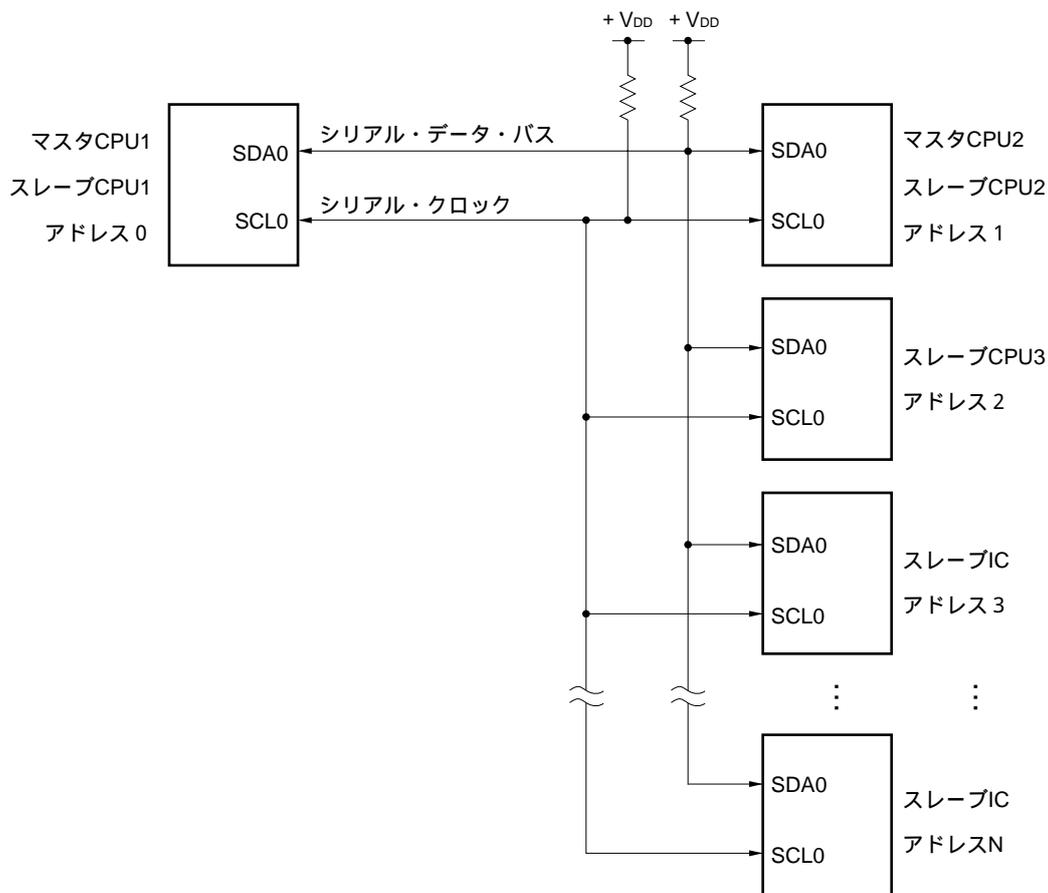


図15 - 2にシリアル・バス構成例を示します。

図15 - 2 I²Cバスによるシリアル・バス構成例



15.2 シリアル・インタフェースIIC0の構成

シリアル・インタフェースIIC0は、次のハードウェアで構成されています。

表15 - 1 シリアル・インタフェースIIC0の構成

項目	構成
レジスタ	IICシフト・レジスタ0 (IIC0) スレーブ・アドレス・レジスタ0 (SVA0)
制御レジスタ	IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) IIC状態レジスタ0 (IICS0) IICフラグ・レジスタ0 (IICF0) IICクロック選択レジスタ0 (IICCL0) IIC機能拡張レジスタ0 (IICX0) ポート・モード・レジスタ6 (PM6) ポート・レジスタ6 (P6)

(1) IICシフト・レジスタ0 (IIC0)

IIC0は、シリアル・クロックに同期して、8ビットのシリアル・データを8ビットの平行・データに、8ビットの平行・データを8ビットのシリアル・データに変換するレジスタです。IIC0は送信および受信の両方に使用されます。

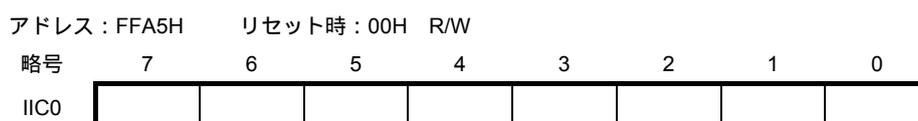
IIC0に対する書き込み/読み出しにより、実際の送受信動作が制御できます。

ウェイト期間中のIIC0への書き込みにより、ウェイトを解除し、データ転送を開始します。

IIC0は、8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、00Hになります。

図15 - 3 IICシフト・レジスタ0 (IIC0) のフォーマット



- 注意1.** データ転送中はIIC0にデータを書き込まないでください。
2. IIC0には、ウェイト期間中にだけ、書き込み/読み出しをしてください。ウェイト期間中を除く通信状態でのIIC0へのアクセスは禁止です。ただし、マスタになる場合は、通信トリガ・ビット (STT0) をセット (1) したあと、1回書き込みできます。

(2) スレーブ・アドレス・レジスタ0 (SVA0)

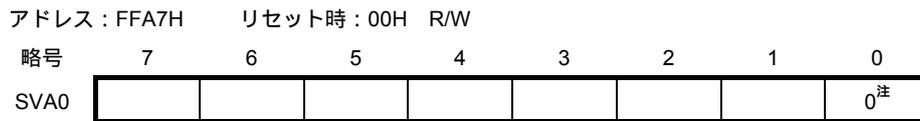
スレーブとして使用する場合に、自局アドレスを格納するレジスタです。

SVA0は、8ビット・メモリ操作命令で設定します。

ただし、STD0 = 1 (スタート・コンディション検出) のときの書き換えは禁止です。

リセット信号の発生により、00Hになります。

図15 - 4 スレーブ・アドレス・レジスタ0 (SVA0) のフォーマット



注 ビット0は0固定です。

(3) SOラッチ

SOラッチは、SDA0端子出力レベルを保持するラッチです。

(4) ウェイク・アップ制御回路

スレーブ・アドレス・レジスタ0 (SVA0) に設定したアドレス値と受信アドレスが一致した場合、または拡張コードを受信した場合に割り込み要求 (INTIIC0) を発生させる回路です。

(5) プリスケーラ

使用するサンプリング・クロックを選択します。

(6) シリアル・クロック・カウンタ

送信 / 受信動作時に出力する、または入力されるシリアル・クロックをカウントし、8ビット・データの送受信が行われたことを調べます。

(7) 割り込み要求信号発生回路

割り込み要求信号 (INTIIC0) の発生を制御します。

I²C割り込み要求は、次の2つのトリガで発生します。

- ・シリアル・クロックの8クロック目または9クロック目の立ち下がり (WTIM0ビットで設定)
- ・ストップ・コンディション検出による割り込み要求発生 (SPIE0ビットで設定)

備考 WTIM0ビット : IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット3
 SPIE0ビット : " のビット4

(8) シリアル・クロック制御回路

マスタ・モード時に、SCL0端子に出力するクロックをサンプリング・クロックから生成します。

(9) シリアル・クロック・ウェイト制御回路

ウェイト・タイミングを制御します。

(10) アクノリッジ生成回路, ストップ・コンディション検出回路, スタート・コンディション検出回路, アクノリッジ検出回路

各状態の生成および検出を行います。

(11) データ保持時間補正回路

シリアル・クロックの立ち下がりに対するデータの保持時間を生成するための回路です。

(12) スタート・コンディション生成回路

STT0ビットがセット(1)されるとスタート・コンディションを生成します。

ただし通信予約禁止状態(IICRSVビット = 1)で、かつバスが解放されていない(IICBSYビット = 1)場合には、スタート・コンディション要求は無視し、STCFビットをセット(1)します。

(13) ストップ・コンディション生成回路

SPT0ビットがセット(1)されるとストップ・コンディションを生成します。

(14) バス状態検出回路

スタート・コンディションおよびストップ・コンディションの検出により、バスが解放されているか、解放されていないかを検出します。

ただし動作直後はバス状態を検出できないため、STCENビットにより、バス状態検出回路の初期状態を設定してください。

備考	STT0ビット	:	IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット1
	SPT0ビット	:	" のビット0
	IICRSVビット	:	IICフラグ・レジスタ0 (IICF0) のビット0
	IICBSYビット	:	" のビット6
	STCFビット	:	" のビット7
	STCENビット	:	" のビット1

15.3 シリアル・インタフェースIIC0を制御するレジスタ

シリアル・インタフェースIIC0は、次の7種類のレジスタで制御します。

- ・ IICコントロール・レジスタ0 (IICC0)
- ・ IICフラグ・レジスタ0 (IICF0)
- ・ IIC状態レジスタ0 (IICS0)
- ・ IICクロック選択レジスタ0 (IICCL0)
- ・ IIC機能拡張レジスタ0 (IICX0)
- ・ ポート・モード・レジスタ6 (PM6)
- ・ ポート・レジスタ6 (P6)

(1) IICコントロール・レジスタ0 (IICC0)

I²Cの動作許可/停止, ウェイト・タイミングの設定, その他I²Cの動作を設定するレジスタです。

IICC0は, 1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。ただし, SPIE0, WTIM0, ACKE0ビットは, IICE0ビット = 0のとき, またはウェイト期間中に設定してください。またIICE0ビットを"0"から"1"に設定するときに, これらのビットを同時に設定できます。

リセット信号の発生により, 00Hになります。

図15 - 5 IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のフォーマット (1/4)

アドレス : FFA6H リセット時 : 00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
IICC0	IICE0	LRELO	WRELO	SPIE0	WTIM0	ACKE0	STT0	SPT0

IICE0	I ² Cの動作許可
0	動作停止。IIC状態レジスタ0 (IICS0) をリセット ^{注1} 。内部動作も停止。
1	動作許可。
このビットのセット (1) は、必ずSCL0, SDA0ラインがハイ・レベルの状態で行ってください。	
クリアされる条件 (IICE0 = 0)	セットされる条件 (IICE0 = 1)
・ 命令によるクリア ・ リセット時	・ 命令によるセット

LRELO ^{注2}	通信退避
0	通常動作。
1	現在行っている通信から退避し、待機状態。実行後自動的にクリア (0) される。 自局に関係ない拡張コードを受信したときなどに使用する。 SCL0, SDA0ラインはハイ・インピーダンス状態になる。 IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) , IIC状態レジスタ0 (IICS0) のうち、次のフラグがクリア (0) される。 ・ STT0 ・ SPT0 ・ MSTS0 ・ EXC0 ・ COI0 ・ TRC0 ・ ACKD0 ・ STD0
次の通信参加条件が満たされるまでは、通信から退避した待機状態となる。 ・ ストップ・コンディション検出後、マスタとしての起動 ・ スタート・コンディション後のアドレス一致または拡張コード受信	
クリアされる条件 (LRELO = 0)	セットされる条件 (LRELO = 1)
・ 実行後、自動的にクリア ・ リセット時	・ 命令によるセット

WRELO ^{注2}	ウェイト解除
0	ウェイトを解除しない。
1	ウェイトを解除する。ウェイト解除後、自動的にクリアされる。
送信状態 (TRC0 = 1) で、9クロック目のウェイト期間中にWRELOをセット (ウェイトを解除) した場合、SDA0ラインをハイ・インピーダンス (TRC0 = 0) にします。	
クリアされる条件 (WRELO = 0)	セットされる条件 (WRELO = 1)
・ 実行後、自動的にクリア ・ リセット時	・ 命令によるセット

注1. リセットされるのは、IICS0レジスタ、IICF0レジスタのSTCF0、IICBSYビット、IICCL0レジスタのCLD0、DAD0ビットです。

2. IICE0 = 0により、このフラグの信号を無効にします。

注意 SCL0ラインがハイ・レベル、SDA0ラインがロウ・レベルの状態、I²Cを動作許可 (IICE0 = 1) した場合、直後にスタート・コンディションを検出してしまいます。I²Cを動作許可 (IICE0 = 1) したあと、連続して1ビット・メモリ操作命令により、LRELOをセット (1) してください。

図15 - 5 IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のフォーマット (2/4)

SPIE0 ^{注1}		ストップ・コンディション検出による割り込み要求発生の許可 / 禁止	
0	禁止		
1	許可		
クリアされる条件 (SPIE0 = 0)		セットされる条件 (SPIE0 = 1)	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 命令によるクリア ・ リセット時 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 命令によるセット 	

WTIM0 ^{注1}		ウェイトおよび割り込み要求発生の制御	
0	8クロック目の立ち下がりでの割り込み要求発生。 マスタの場合 : 8クロック出力後, クロック出力をロウ・レベルにしたままウェイト スレーブの場合 : 8クロック入力後, クロックをロウ・レベルにしてマスタをウェイト		
1	9クロック目の立ち下がりでの割り込み要求発生。 マスタの場合 : 9クロック出力後, クロック出力をロウ・レベルにしたままウェイト スレーブの場合 : 9クロック入力後, クロックをロウ・レベルにしてマスタをウェイト		
アドレス転送中はこのビットの設定にかかわらず, 9クロック目の立ち下がりでの割り込みが発生します。アドレス転送終了後このビットの設定が有効になります。またマスタ時, アドレス転送中は9クロックの立ち下がりにウェイトが入ります。自局アドレスを受信したスレーブは, アクノリッジ (ACK) 発生後の9クロック目の立ち下がりでウェイトに入ります。ただし拡張コードを受信したスレーブは, 8クロック目の立ち下がりでウェイトに入ります。			
クリアされる条件 (WTIM0 = 0)		セットされる条件 (WTIM0 = 1)	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 命令によるクリア ・ リセット時 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 命令によるセット 	

ACKE0 ^{注1,2}		アクノリッジ制御	
0	アクノリッジを禁止。		
1	アクノリッジを許可。9クロック期間中にSDA0ラインをロウ・レベルにする。		
クリアされる条件 (ACKE0 = 0)		セットされる条件 (ACKE0 = 1)	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 命令によるクリア ・ リセット時 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 命令によるセット 	

- 注1. IICE0 = 0により, このフラグの信号を無効にします。
2. アドレス転送中で, かつ拡張コードでない場合, 設定値は無効です。
スレーブかつアドレスが一致した場合は, 設定値に関係なくアクノリッジを生成します。

図15 - 5 IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のフォーマット (3/4)

STT0 ^注	スタート・コンディション・トリガ
0	スタート・コンディションを生成しない。
1	<p>バスが解放されているとき (ストップ状態) :</p> <p>スタート・コンディションを生成する (マスタとしての起動)。SCL0ラインがハイ・レベルの状態、SDA0ラインをハイ・レベルからロウ・レベルに変化させ、スタート・コンディションを生成する。その後、規格の時間を確保し、SCL0をロウ・レベル (ウェイト状態) にする。</p> <p>第三者が通信中のとき :</p> <ul style="list-style-type: none"> ・通信予約機能許可の場合 (IICRSV = 0) スタート・コンディション予約フラグとして機能。セット (1) されると、バスが解放されたあと自動的にスタート・コンディションを生成する。 ・通信予約機能禁止の場合 (IICRSV = 1) STCFをセット (1) し、STT0にセット (1) した情報をクリアします。スタート・コンディションは生成しない。 <p>ウェイト状態 (マスタ時) :</p> <p>ウェイトを解除してリスタート・コンディションを生成する。</p>
<p>セット・タイミングに関する注意</p> <ul style="list-style-type: none"> ・マスタ受信の場合 : 転送中のセット (1) は禁止です。ACKE0 = 0に設定し、受信の最後であることをスレープに伝えたあとのウェイト期間中にだけセット (1) 可能です。 ・マスタ送信の場合 : アクノリッジ期間中は、正常にスタート・コンディションが生成されないことがあります。9クロック目出力後のウェイト期間中にセット (1) してください。 ・SPT0と同時セット (1) することは禁止です。 ・STT0をセット (1) 後、クリア (0) される前に再度セット (1) することは禁止です。 	
クリアされる条件 (STT0 = 0)	セットされる条件 (STT0 = 1)
<ul style="list-style-type: none"> ・通信予約禁止状態でのSTT0のセット (1) ・アービトレーションに負けたとき ・マスタでのスタート・コンディション生成 ・LREL0 = 1 (通信退避) によるクリア ・IICE0 = 0 (動作停止) のとき ・リセット時 	<ul style="list-style-type: none"> ・命令によるセット

注 IICE0 = 0により、このフラグの信号を無効にします。

備考1. ビット1 (STT0) は、データ設定後に読み出すと0になっています。

2. IICRSV : IICフラグ・レジスタ (IICF0) のビット0
 STCF : " のビット7

図15 - 5 IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のフォーマット (4/4)

SPT0	ストップ・コンディション・トリガ				
0	ストップ・コンディションを生成しない。				
1	ストップ・コンディションを生成する (マスタとしての転送終了)。 SDA0ラインをロウ・レベルにしたあと、SCL0ラインをハイ・レベルにするか、またはSCL0がハイ・レベルになるのを待つ。そのあと、規格の時間を確保し、SDA0ラインをロウ・レベルからハイ・レベルに変化させ、ストップ・コンディションを生成する。				
セット・タイミングに関する注意 ・マスタ受信の場合：転送中のセット (1) は禁止です。 ACKE0 = 0に設定し、受信の最後であることをスレーブに伝えたあとのウェイト期間中にだけセット (1) 可能です。 ・マスタ送信の場合：アクノリッジ期間中は、正常にストップ・コンディションが生成されないことがあります。9クロック出力後のウェイト期間中にセットしてください。 ・STT0と同時にセット (1) することは禁止です。 ・SPT0のセット (1) は、マスタのときのみ行ってください。 ^注 ・WTIM0 = 0設定時に、8クロック出力後のウェイト期間中にSPT0をセット (1) すると、ウェイト解除後、9クロック目のハイ・レベル期間中にストップ・コンディションを生成するので注意してください。8クロック出力後のウェイト期間中にWTIM0 = 0 1に設定し、9クロック目出力後のウェイト期間中にSPT0をセット (1) してください。 ・SPT0をセット (1) 後、クリア (0) する前に、再度セット (1) することは禁止です。					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>クリアされる条件 (SPT0 = 0)</th> <th>セットされる条件 (SPT0 = 1)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> ・アービトレーションに負けたとき ・ストップ・コンディション検出後、自動的にクリア ・LREL0 = 1 (通信退避) によるクリア ・IICE0 = 0 (動作停止) のとき ・リセット時 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ・命令によるセット </td> </tr> </tbody> </table>		クリアされる条件 (SPT0 = 0)	セットされる条件 (SPT0 = 1)	<ul style="list-style-type: none"> ・アービトレーションに負けたとき ・ストップ・コンディション検出後、自動的にクリア ・LREL0 = 1 (通信退避) によるクリア ・IICE0 = 0 (動作停止) のとき ・リセット時 	<ul style="list-style-type: none"> ・命令によるセット
クリアされる条件 (SPT0 = 0)	セットされる条件 (SPT0 = 1)				
<ul style="list-style-type: none"> ・アービトレーションに負けたとき ・ストップ・コンディション検出後、自動的にクリア ・LREL0 = 1 (通信退避) によるクリア ・IICE0 = 0 (動作停止) のとき ・リセット時 	<ul style="list-style-type: none"> ・命令によるセット 				

注 SPT0のセット (1) は、マスタのときのみ行ってください。ただし、動作許可後最初のストップ・コンディションを検出する前にマスタ動作を行うには、一度SPT0をセット (1) してストップ・コンディションを生成する必要があります。詳細は、15. 5. 15 **その他の注意事項**を参照してください。

注意 IIC状態レジスタ0 (IICS0) のビット3 (TRC0) = 1のとき、9クロック目にWREL0をセット (1) してウェイト解除すると、TRC0をクリアしてSDA0ラインをハイ・インピーダンスにします。

備考 ビット0 (SPT0) は、データ設定後に読み出すと0になっています。

(2) IIC状態レジスタ0 (IICS0)

I²Cのステータスを表すレジスタです。

IICS0は、STT0 = 1およびウェイト期間中のみ、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で読み出します。

リセット信号の発生により、00Hになります。

注意 IICS0からデータを読み出すと、ウエイトが発生します。また周辺ハードウェア・クロック（fPRS）が停止しているときに、IICS0からデータを読み出さないでください。詳細は第27章 ウエイトに関する注意事項を参照してください。

図15 - 6 IIC状態レジスタ0 (IICS0) のフォーマット (1/3)

アドレス：FFAAH リセット時：00H R

略号 7 6 5 4 3 2 1 0

IICS0	MSTS0	ALD0	EXC0	COI0	TRC0	ACKD0	STD0	SPD0
-------	-------	------	------	------	------	-------	------	------

MSTS0	マスタの状態	
0	スレーブ状態または通信待機状態。	
1	マスタ通信状態。	
クリアされる条件 (MSTS0 = 0)		セットされる条件 (MSTS0 = 1)
<ul style="list-style-type: none"> ・ストップ・コンディション検出時 ・ALD0 = 1 (アービトレーション負け) のとき ・LREL0 = 1 (通信退避) によるクリア ・IICE0 = 1 0 (動作停止) のとき ・リセット時 		<ul style="list-style-type: none"> ・スタート・コンディション生成時

ALD0	アービトレーション負け検出	
0	アービトレーションが起こっていない状態。またはアービトレーションに勝った状態。	
1	アービトレーションに負けた状態。MSTS0がクリアされる。	
クリアされる条件 (ALD0 = 0)		セットされる条件 (ALD0 = 1)
<ul style="list-style-type: none"> ・IICS0読み出し後、自動的にクリア^注 ・IICE0 = 1 0 (動作停止) のとき ・リセット時 		<ul style="list-style-type: none"> ・アービトレーションに負けたとき

EXC0	拡張コード受信検出	
0	拡張コードを受信していない。	
1	拡張コードを受信している。	
クリアされる条件 (EXC0 = 0)		セットされる条件 (EXC0 = 1)
<ul style="list-style-type: none"> ・スタート・コンディション検出時 ・ストップ・コンディション検出時 ・LREL0 = 1 (通信退避) によるクリア ・IICE0 = 1 0 (動作停止) のとき ・リセット時 		<ul style="list-style-type: none"> ・受信したアドレス・データの上位4ビットが“0000”または“1111”のとき(8クロック目の立ち上がりでセット)

注 IICS0のほかのビットに対し1ビット・メモリ操作命令を実行した場合もクリアされます。したがって、ALD0使用時は、ほかのビットよりも先にデータをリードしてください。

備考 LREL0 : IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット6
 IICE0 : " のビット7

図15 - 6 IIC状態レジスタ0 (IICS0) のフォーマット (2/3)

アドレス一致検出	
COI0	
0	アドレスが一致していない。
1	アドレスが一致している。
クリアされる条件 (COI0 = 0)	
<ul style="list-style-type: none"> ・スタート・コンディション検出時 ・ストップ・コンディション検出時 ・LREL0 = 1 (通信退避) によるクリア ・IICE0 = 1 0 (動作停止) のとき ・リセット時 	
セットされる条件 (COI0 = 1)	
<ul style="list-style-type: none"> ・受信アドレスが自局アドレス (スレーブ・アドレス・レジスタ0 (SVA0)) と一致したとき (8クロック目の立ち上がりでセット) 	

送信 / 受信状態検出	
TRC0	
0	受信状態 (送信状態以外)。SDA0ラインをハイ・インピーダンスにする。
1	送信状態。SDA0ラインにSO0ラッチの値が出力できるようにする (1バイト目の9クロック目の立ち下がり以降有効)。
クリアされる条件 (TRC0 = 0)	
<ul style="list-style-type: none"> < マスタ, スレーブ共通 > ・ストップ・コンディション検出時 ・LREL0 = 1 (通信退避) によるクリア ・IICE0 = 1 0 (動作停止) のとき ・WREL0 = 1 (ウェイト解除) によるクリア^注 ・ALD0 = 0 1 (アービトレーション負け) のとき ・リセット時 < マスタの場合 > ・1バイト目のLSB (転送方向指定ビット) に "1" を出力したとき < スレーブの場合 > ・スタート・コンディション検出時 ・1バイト目のLSB (転送方向指定ビット) に "0" を入力したとき < 通信不参加の場合 > 	
セットされる条件 (TRC0 = 1)	
<ul style="list-style-type: none"> < マスタの場合 > ・スタート・コンディション生成時 ・1バイト目のLSB (転送方向指定ビット) に "0" を出力したとき < スレーブの場合 > ・1バイト目のLSB (転送方向指定ビット) に "1" を入力したとき 	

注 IIC状態レジスタ0 (IICS0) のビット3 (TRC0) = 1のとき, 9クロック目にIICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット5 (WREL0) をセット (1) してウェイトを解除すると, TRC0をクリアしてSDA0ラインをハイ・インピーダンスにします。

備考 LREL0 : IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット6
 IICE0 : " のビット7

図15 - 6 IIC状態レジスタ0 (IICS0) のフォーマット (3/3)

ACKD0	アクノリッジ (ACK) 検出	
0	アクノリッジを検出していない。	
1	アクノリッジを検出している。	
	クリアされる条件 (ACKD0 = 0)	セットされる条件 (ACKD0 = 1)
	<ul style="list-style-type: none"> ・ストップ・コンディション検出時 ・次のバイトの1クロック目の立ち上がり時 ・LRELO = 1 (通信退避) によるクリア ・IICE0 = 1 0 (動作停止) のとき ・リセット時 	<ul style="list-style-type: none"> ・SCL0の9クロック目の立ち上がり時にSDA0ラインがロウ・レベルであったとき

STD0	スタート・コンディション検出	
0	スタート・コンディションを検出していない。	
1	スタート・コンディションを検出している。アドレス転送期間であることを示す。	
	クリアされる条件 (STD0 = 0)	セットされる条件 (STD0 = 1)
	<ul style="list-style-type: none"> ・ストップ・コンディション検出時 ・アドレス転送後の次のバイトの1クロック目の立ち上がり時 ・LRELO = 1 (通信退避) によるクリア ・IICE0 = 1 0 (動作停止) のとき ・リセット時 	<ul style="list-style-type: none"> ・スタート・コンディション検出時

SPD0	ストップ・コンディション検出	
0	ストップ・コンディションを検出していない。	
1	ストップ・コンディションを検出している。マスタでの通信が終了し、バスが解放されている。	
	クリアされる条件 (SPD0 = 0)	セットされる条件 (SPD0 = 1)
	<ul style="list-style-type: none"> ・このビットのセット後で、スタート・コンディション検出後の、アドレス転送バイトの1クロック目の立ち上がり時 ・IICE0 = 1 0 (動作停止) のとき ・リセット時 	<ul style="list-style-type: none"> ・ストップ・コンディション検出時

備考 LRELO : IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット6
 IICE0 : " のビット7

(3) IICフラグ・レジスタ0 (IICF0)

I²Cの動作モードの設定と、I²Cバスの状態を表すレジスタです。

IICF0は、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。ただし、STCF、IICBSYビットは読み出しのみ可能です。

IICRSVビットにより、通信予約機能の禁止/許可を設定します (15.5.14 通信予約参照)。

またSTCENにより、IICBSYビットの初期値を設定します (15.5.15 その他の注意事項参照)。

IICRSV、STCENはI²Cが動作禁止 (IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット7 (IICE0) = 0) のときのみ書き込み可能です。動作許可後、IICF0は読み出し可能となります。

リセット信号の発生により、00Hになります。

図15-7 IICフラグ・レジスタ0 (IICF0) のフォーマット

アドレス：FFABH リセット時：00H RW[※]

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
IICF0	STCF	IICBSY	0	0	0	0	STCEN	IICRSV

STCF	STT0クリア・フラグ
0	スタート・コンディション発行。
1	スタート・コンディション発行できず，STT0フラグ・クリア。
クリアされる条件 (STCF = 0)	
<ul style="list-style-type: none"> ・ STT0 = 1によるクリア ・ IICE0 = 0 (動作停止) のとき ・ リセット時 	
セットされる条件 (STCF = 1)	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 通信予約禁止 (IICRSV = 1) 設定時にスタート・コンディション発行できず，STT0がクリア (0) されたとき 	

IICBSY	I ² Cバス状態フラグ
0	バス解放状態 (STCEN = 1時の通信初期状態)。
1	バス通信状態 (STCEN = 0時の通信初期状態)。
クリアされる条件 (IICBSY = 0)	
<ul style="list-style-type: none"> ・ ストップ・コンディション検出時 ・ IICE0 = 0 (動作停止) のとき ・ リセット時 	
セットされる条件 (IICBSY = 1)	
<ul style="list-style-type: none"> ・ スタート・コンディション検出時 ・ STCEN = 0時のIICE0のセット 	

STCEN	初期スタート許可トリガ
0	動作許可 (IICE0 = 1) 後，ストップ・コンディションの検出により，スタート・コンディションを生成許可。
1	動作許可 (IICE0 = 1) 後，ストップ・コンディションを検出せずに，スタート・コンディションを生成許可。
クリアされる条件 (STCEN = 0)	
<ul style="list-style-type: none"> ・ スタート・コンディション検出時 ・ リセット時 	
セットされる条件 (STCEN = 1)	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 命令によるセット 	

IICRSV	通信予約機能禁止ビット
0	通信予約許可。
1	通信予約禁止。
クリアされる条件 (IICRSV = 0)	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 命令によるクリア ・ リセット時 	
セットされる条件 (IICRSV = 1)	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 命令によるセット 	

注 ビット6, 7はRead onlyです。

注意1. STCENへの書き込みは動作停止 (IICE0 = 0) 時のみ行ってください。

2. STCEN= 1とした場合，実際のバス状態にかかわらずバス解放状態 (IICBSY = 0) と認識しますので，1回目のスタート・コンディションを発行 (STT0 = 1) する場合は他の通信を破壊しないように第三者の通信が行われていないことを確認する必要があります。

3. IICRSVへの書き込みは動作停止 (IICE0 = 0) 時のみ行ってください。

備考 STT0 : IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット1
 IICE0 : " のビット7

(4) IICクロック選択レジスタ0 (IICCL0)

I²Cの転送クロックを設定するレジスタです。

IICCL0は、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。ただし、CLD0、DAD0ビットは読み出しのみ可能です。SMC0、CL01、CL00ビットは、IIC機能拡張レジスタ0 (IICX0) のビット0 (CLX0) と組み合わせて設定します (15.3 (6) I²Cの転送クロックの設定方法を参照)。

IICCL0は、IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット7 (IICE0) = 0のときに設定してください。リセット信号の発生により、00Hになります。

図15 - 8 IICクロック選択レジスタ0 (IICCL0) のフォーマット

アドレス : FFA8H リセット時 : 00H R/W^注

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
IICCL0	0	0	CLD0	DAD0	SMC0	DFC0	CL01	CL00

CLD0	SCL0端子のレベル検出 (IICE0 = 1のときのみ有効)	
0	SCL0端子がロウ・レベルであることを検出	
1	SCL0端子がハイ・レベルであることを検出	
クリアされる条件 (CLD0 = 0)		
<ul style="list-style-type: none"> ・ SCL0端子がロウ・レベルのとき ・ IICE0 = 0 (動作停止) のとき ・ リセット時 		
セットされる条件 (CLD0 = 1)		
<ul style="list-style-type: none"> ・ SCL0端子がハイ・レベルのとき 		

DAD0	SDA0端子のレベル検出 (IICE0 = 1のときのみ有効)	
0	SDA0端子がロウ・レベルであることを検出	
1	SDA0端子がハイ・レベルであることを検出	
クリアされる条件 (DAD0 = 0)		
<ul style="list-style-type: none"> ・ SDA0端子がロウ・レベルのとき ・ IICE0 = 0 (動作停止) のとき ・ リセット時 		
セットされる条件 (DAD0 = 1)		
<ul style="list-style-type: none"> ・ SDA0端子がハイ・レベルのとき 		

SMC0	動作モードの切り替え	
0	標準モードで動作	
1	高速モードで動作	

DFC0	デジタル・フィルタの動作の制御	
0	デジタル・フィルタ・オフ	
1	デジタル・フィルタ・オン	
デジタル・フィルタは、高速モード時にのみ使用できます。		
高速モード時はDFC0のセット (1) / クリア (0) により、転送クロックが変化することはありません。		
デジタル・フィルタは、高速モード時にノイズ除去のために使用します。		

注 ビット4, 5はRead Onlyです。

備考 IICE0 : IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット7

(5) IIC機能拡張レジスタ0 (IICX0)

I²Cの機能拡張を設定するレジスタです。

IICX0は、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。CLX0ビットはIICクロック選択レジスタ0 (IICCL0) のビット3, 1, 0 (SMC0, CL01, CL00) と組み合わせて設定します (15.3

(6) I²Cの転送クロックの設定方法を参照)。

IICX0は、IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット7 (IICE0) = 0のときに設定してください。リセット信号の発生により、00Hになります。

図15 - 9 IIC機能拡張レジスタ0 (IICX0) のフォーマット

アドレス : FFA9H リセット時 : 00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
IICX0	0	0	0	0	0	0	0	CLX0

(6) I²Cの転送クロックの設定方法

I²Cの転送クロック周波数 (f_{SCL}) は、次の計算式により求められます。

$$f_{SCL} = 1 / (m \times T + t_R + t_F)$$

m = 12, 24, 44, 86 (表15 - 2 選択クロックの設定参照)

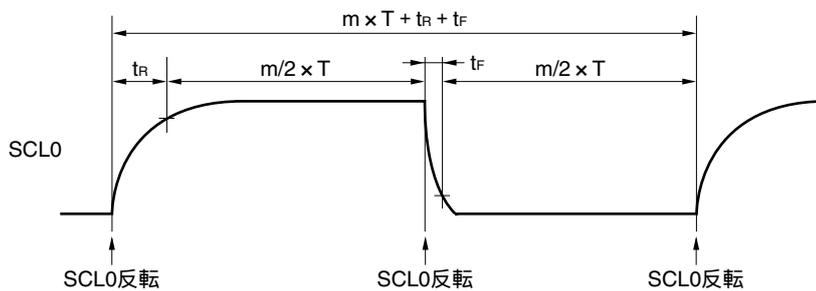
T : 1/f_w

t_R : SCL0立ち上がり時間

t_F : SCL0立ち下がり時間

たとえば、f_w = f_{PRS}/2 = 4.19 MHz, m = 86, t_R = 200 ns, t_F = 50 nsの場合のI²Cの転送クロック周波数 (f_{SCL}) は、次の計算式により求められます。

$$f_{SCL} = 1 / (86 \times 238.7 \text{ ns} + 200 \text{ ns} + 50 \text{ ns}) \quad 48.1 \text{ kHz}$$



選択クロックは、IICクロック選択レジスタ0 (IICCL0) のビット3, 1, 0 (SMC0, CL01, CL00) とIIC機能拡張レジスタ0 (IICX0) のビット0 (CLX0) を組み合わせて設定します。

表15 - 2 選択クロックの設定

IICX0 ビット0 CLX0	IICCL0			選択クロック (fw) ^{注1, 2}	転送クロック (fw/m)	設定可能な選択クロック (fw)の範囲	動作モード
	ビット3 SMC0	ビット1 CL01	ビット0 CL00				
0	0	0	0	$f_{PRS}/2$	$fw/44$	2.00 MHz ~ 4.19 MHz	標準モード (SMC0ビット = 0)
0	0	0	1	$f_{PRS}/2$	$fw/86$	4.19 MHz ~ 8.38 MHz	
0	0	1	0	$f_{PRS}/4$	$fw/86$	4.00 MHz ~ 8.38 MHz	高速モード (SMC0ビット = 1)
0	1	0	x	$f_{PRS}/2$	$fw/24$		
0	1	1	0	$f_{PRS}/4$	$fw/24$	4.00 MHz ~ 4.19 MHz	
1	1	0	x	$f_{PRS}/2$	$fw/12$		
1	1	1	0	$f_{PRS}/4$	$fw/12$		
上記以外				設定禁止			

- 注1. 周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS}) が高速システム・クロック (f_{XH}) で動作している (XSEL = 1) 場合、電源電圧により、 f_{PRS} の動作周波数が異なります。
- ・ $V_{DD} = 2.7 \sim 5.5 \text{ V}$: $f_{PRS} = 20 \text{ MHz}$
 - ・ $V_{DD} = 1.8 \sim 2.7 \text{ V}$: $f_{PRS} = 5 \text{ MHz}$
2. 周辺ハードウェア・クロック (f_{PRS}) が高速内蔵発振クロック (f_{XH}) で動作している (XSEL = 0) 場合、CLX0, SMC0, CL01, CL00を次のように設定してください。

IICX0 ビット0 CLX0	IICCL0			選択クロック (fw)	転送クロック (fw/m)	設定可能な選択クロック (fw)の範囲	動作モード
	ビット3 SMC0	ビット1 CL01	ビット0 CL00				
0	0	0	0	$f_{PRS}/2$	$fw/44$	3.8 MHz ~ 4.2 MHz	標準モード (SMC0ビット = 0)
0	1	0	x	$f_{PRS}/2$	$fw/24$		高速モード (SMC0ビット = 1)

注意 動作許可 (IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット7 (IICE0) = 1) する前に、CLX0, SMC0, CL01, CL00で f_{IIC} の転送クロック周波数を決定してください。転送クロック周波数を変更する場合は、一度IICE0をクリア (0) してください。

- 備考1. x : don't care
2. f_{PRS} : 周辺ハードウェア・クロック周波数

(7) ポート・モード・レジスタ6 (PM6)

ポート6の入力 / 出力を1ビット単位で設定するレジスタです。

P60/SCL0端子をクロック入出力, P61/SDA0端子をシリアル・データ入出力として使用するとき, PM60, PM61およびP60, P61の出力ラッチに0を設定してください。

IICE0 (IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット7) が0の場合, P60/SCL0端子およびP61/SDA0端子はロウ・レベル出力 (固定) となるため, 出力モードへの切り替えは, IICE0に1を設定してから, 行ってください。

PM6は, 1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により, FFHになります。

図15 - 10 ポート・モード・レジスタ6 (PM6) のフォーマット

アドレス : FF26H リセット時 : FFH R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PM6	1	1	1	1	1	1	PM61	PM60

PM6n	P6n端子の入出力モードの選択 (n = 0, 1)
0	出力モード (出力バッファ・オン)
1	入力モード (出力バッファ・オフ)

15.4 I²Cバス・モードの機能

15.4.1 端子構成

シリアル・クロック端子 (SCL0) と、シリアル・データ・バス端子 (SDA0) の構成は、次のようになっています。

(1) SCL0.....シリアル・クロックを入出力するための端子。

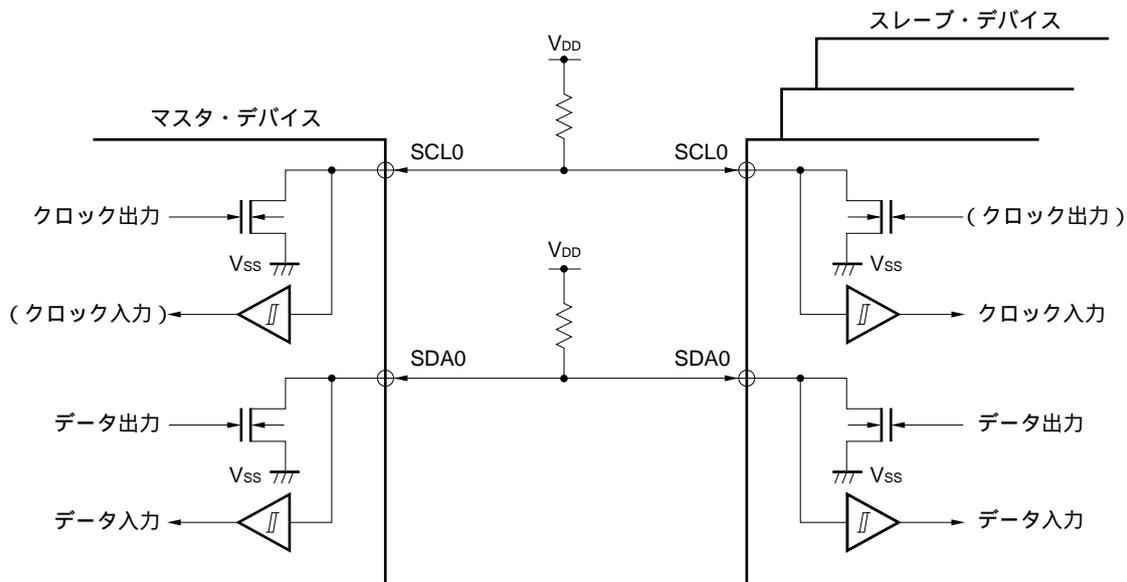
マスタ、スレーブともに、出力はN-chオープン・ドレイン。入力はシュミット入力。

(2) SDA0.....シリアル・データの入出力兼用端子。

マスタ、スレーブともに、出力はN-chオープン・ドレイン。入力はシュミット入力。

シリアル・クロック・ラインおよびシリアル・データ・バス・ラインは、出力がN-chオープン・ドレインのため、外部にプルアップ抵抗が必要となります。

図15 - 11 端子構成図

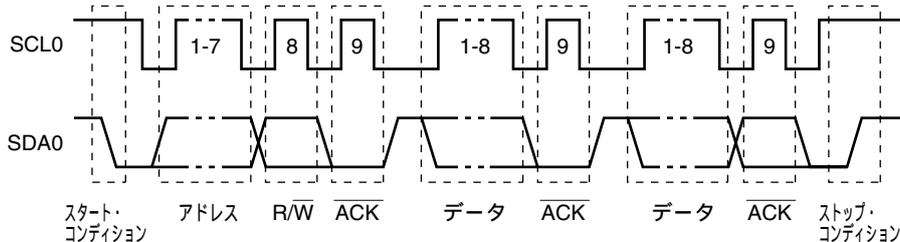


15.5 I²Cバスの定義および制御方法

I²Cバスのシリアル・データ通信フォーマットおよび、使用する信号の意味について次に説明します。

I²Cバスのシリアル・データ・バス上に生成されている“スタート・コンディション”、“アドレス”、“データ”および“ストップ・コンディション”の各転送タイミングを図15-12に示します。

図15-12 I²Cバスのシリアル・データ転送タイミング



スタート・コンディション、スレーブ・アドレス、ストップ・コンディションはマスタが生成します。

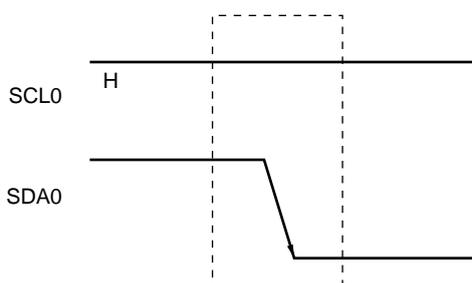
アックノリッジ ($\overline{\text{ACK}}$) は、マスタ、スレーブのどちらでも生成できます（通常、8ビット・データの受信側が出力します）。

シリアル・クロック (SCL0) は、マスタが出力し続けます。ただし、スレーブはSCL0のロウ・レベル期間を延長し、ウエイトを挿入できます。

15.5.1 スタート・コンディション

SCL0端子がハイ・レベルのときに、SDA0端子がハイ・レベルからロウ・レベルに変化するとスタート・コンディションとなります。SCL0端子、SDA0端子のスタート・コンディションはマスタがスレーブに対してシリアル転送を開始するときに生成する信号です。スレーブとして使用する場合は、スタート・コンディションを検出できます。

図15-13 スタート・コンディション



スタート・コンディションは、ストップ・コンディション検出状態 (SPD0 : IIC状態レジスタ0 (IICS0) のビット0 = 1) のときにIICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット1 (STT0) をセット (1) すると出力されます。また、スタート・コンディションを検出すると、IICS0のビット1 (STD0) がセット (1) されます。

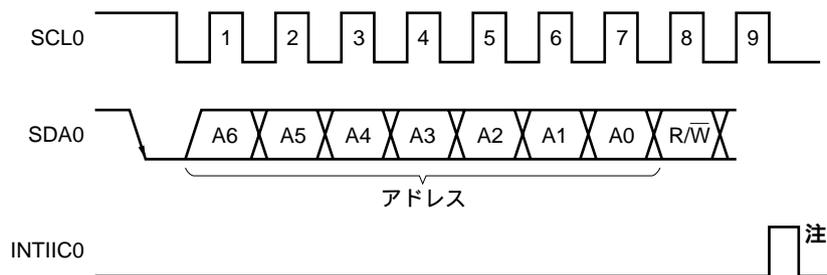
15.5.2 アドレス

スタート・コンディションに続く7ビット・データはアドレスと定義されています。

アドレスは、マスタがバス・ラインに接続されている複数のスレーブの中から、特定のスレーブを選択するために出力する7ビット・データです。したがって、バス・ライン上のスレーブは、すべて異なるアドレスにしておく必要があります。

スレーブは、ハードウェアでこの条件を検出し、さらに、7ビット・データがスレーブ・アドレス・レジスタ0 (SVA0) と一致しているかを調べます。このとき、7ビット・データとSVA0の値が一致すると、そのスレーブが選択されたことになり、以後、マスタがスタート・コンディションまたはストップ・コンディションを生成するまでマスタとの通信を行います。

図15 - 14 アドレス



注 スレーブ動作時に自局アドレスまたは拡張コード以外を受信した場合は、INTIIC0は発生しません。

アドレスは、スレーブのアドレスと15.5.3 転送方向指定に説明する転送方向を合わせて8ビットとしてIICシフト・レジスタ0 (IIC0) に書き込むと出力します。また、受信したアドレスはIIC0に書き込まれます。

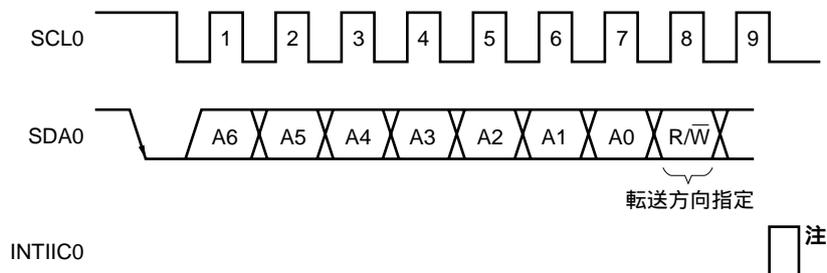
なお、スレーブのアドレスは、IIC0の上位7ビットに割り当てられます。

15.5.3 転送方向指定

マスタは、7ビットのアドレスに続いて、転送方向を指定するための1ビット・データを送信します。

この転送方向指定ビットが0のとき、マスタがスレーブにデータを送信することを示します。また、転送方向指定ビットが1のとき、マスタがスレーブからデータを受信することを示します。

図15 - 15 転送方向指定



注 スレーブ動作時に自局アドレスまたは拡張コード以外を受信した場合は、INTIIC0は発生しません。

15.5.4 アクノリッジ (ACK)

アクノリッジ (ACK) によって、送信側と受信側におけるシリアル・データの状態を確認することができます。

受信側は、8ビット・データを受信するごとにアクノリッジを返します。

送信側は通常、8ビット・データ送信後、アクノリッジを受信します。受信側からアクノリッジが返されたとき、受信が正しく行われたものとして処理を続けます。アクノリッジの検出は、IIC状態レジスタ0 (IICS0) のビット2 (ACKD0) で確認できます。

マスタが受信で最終データを受信したときはアクノリッジを返さず、ストップ・コンディションを生成します。スレーブが受信でアクノリッジを返さないとき、マスタはストップ・コンディションまたはリスタート・コンディションを出力し、送信を中止します。アクノリッジが返らない場合、次の要因が考えられます。

- 受信が正しく行われていない。
- 最終データの受信が終わっている。
- アドレス指定した受信側が存在しない。

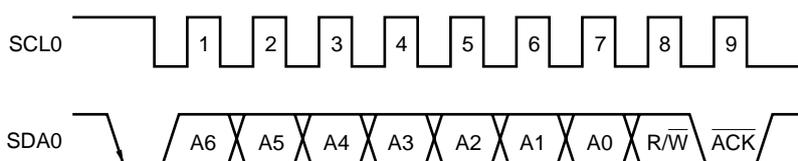
アクノリッジ生成は、受信側が9クロック目にSDA0ラインをロウ・レベルにすることによって行われます(正常受信)。

IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット2 (ACKE0) をセット (1) することによって、アクノリッジが自動生成可能な状態になります。7ビットのアドレス情報に続く8ビット目のデータによりIICS0レジスタのビット3 (TRC0) が設定されます。受信 (TRC0 = 0) の場合は、通常、ACKE0をセット (1) してください。

スレーブ受信動作時 (TRC0 = 0) にデータを受信できなくなったとき、または次のデータを必要としないときには、ACKE0をクリア (0) し、マスタ側に受信ができないことを示してください。

マスタ受信動作時 (TRC0 = 0) に、次のデータを必要としない場合、アクノリッジを生成しないようにACKE0をクリア (0) してください。これによって、スレーブ送信側にデータの終わりを知らせます (送信停止)。

図15 - 16 アクノリッジ



自局アドレス受信時は、ACKE0の値にかかわらずアクノリッジを自動生成します。自局アドレス以外の受信時は、アクノリッジを生成しません (NACK)。

拡張コード受信時は、あらかじめACKE0をセット (1) しておくことによってアクノリッジを生成します。データ受信時のアクノリッジ生成方法は、ウェイト・タイミングの設定により次のように異なります。

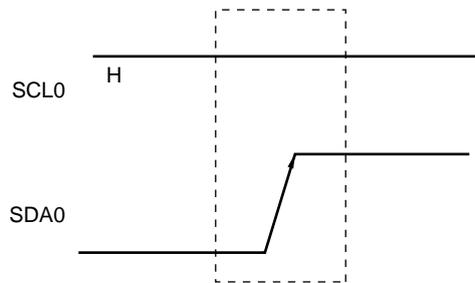
- ・8クロック・ウェイト選択時 (IICC0レジスタのビット3 (WTIM0) = 0) :
ウェイト解除を行う前にACKE0をセット (1) することによって、SCL0端子の8クロック目の立ち下がりに同期してアクノリッジを生成します。
- ・9クロック・ウェイト選択時 (IICC0レジスタのビット3 (WTIM0) = 1) :
あらかじめACKE0をセット (1) することによって、アクノリッジを生成します。

15.5.5 ストップ・コンディション

SCL0端子がハイ・レベルのときに、SDA0端子がロウ・レベルからハイ・レベルに変化すると、ストップ・コンディションとなります。

ストップ・コンディションは、マスタがスレーブに対してシリアル転送が終了したときに生成します。スレーブとして使用する場合は、ストップ・コンディションを検出できます。

図15 - 17 ストップ・コンディション



ストップ・コンディションは、IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット0 (SPT0) をセット (1) すると発生します。また、ストップ・コンディションを検出するとIIC状態レジスタ0 (IICS0) のビット0 (SPD0) がセット (1) され、IICC0のビット4 (SPIE0) がセット (1) されている場合にはINTIIC0が発生します。

15.5.6 ウェイト

ウェイトによっては、マスタまたはスレーブがデータの送受信のための準備中（ウェイト状態）であることを相手に知らせます。

SCL0端子をロウ・レベルにすることにより、相手にウェイト状態を知らせます。マスタ、スレーブ両方のウェイト状態が解除されると、次の転送を開始できます。

図15 - 18 ウェイト (1/2)

(1) マスタは9クロック・ウェイト，スレーブは8クロック・ウェイト時

(マスタ：送信，スレーブ：受信，ACKE0 = 1)

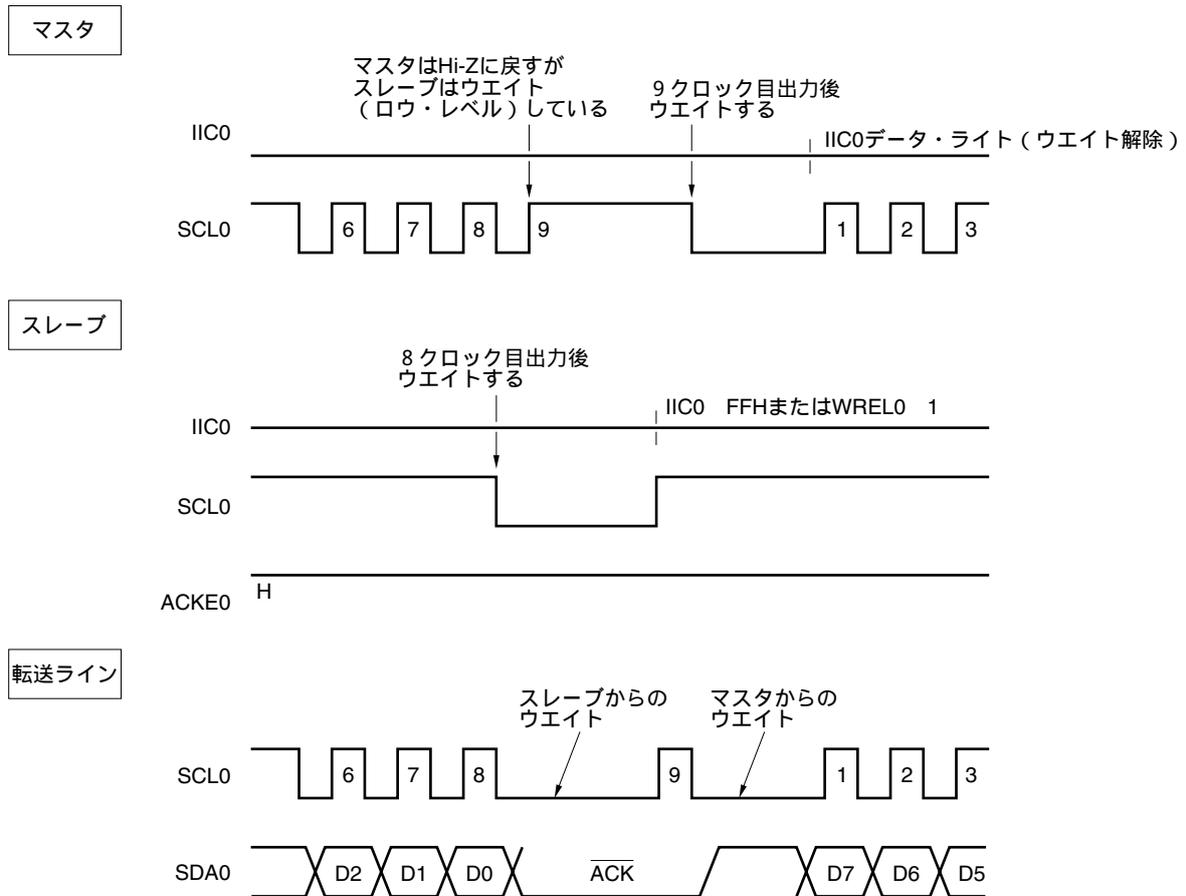
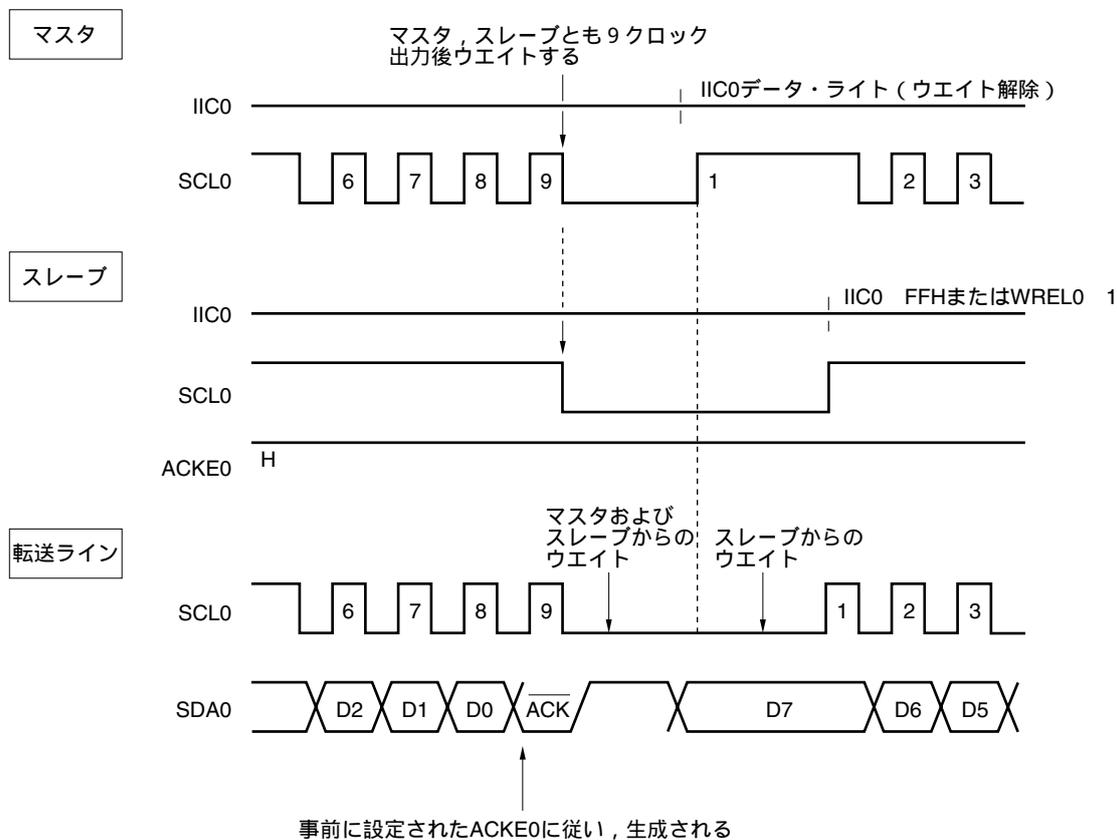


図15 - 18 ウェイト (2/2)

(2) マスタ, スレーブとも9クロック・ウェイト時

(マスタ: 送信, スレーブ: 受信, ACKE0 = 1)



備考 ACKE0 : IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット2

WRELO : " のビット5

ウェイトは, IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット3 (WTIM0) の設定により自動的に発生します。

通常, 受信側はIICC0のビット5 (WRELO) = 1またはIICシフト・レジスタ0 (IIC0) FFHライトにするとウェイトを解除し, 送信側はIIC0にデータを書き込むとウェイトを解除します。

マスタの場合は, 次の方法でもウェイトを解除できます。

- ・ IICC0のビット1 (STT0) = 1
- ・ IICC0のビット0 (SPT0) = 1

15.5.7 ウェイト解除方法

I²Cでは、通常、次のような処理でウェイトを解除できます。

- ・ IICシフト・レジスタ0 (IIC0) へのデータ書き込み
- ・ IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット5 (WREL0) のセット (ウェイト解除)
- ・ IIC0レジスタのビット1 (STT0) のセット (スタート・コンディションの生成)^注
- ・ IIC0レジスタのビット0 (SPT0) のセット (ストップ・コンディションの生成)^注

注 マスタのみ。

これらのウェイト解除処理を実行した場合、I²Cはウェイトを解除し、通信が再開されます。

ウェイトを解除してデータ (アドレスを含む) を送信する場合には、IIC0にデータを書き込んでください。

ウェイト解除後にデータを受信する場合、またはデータ送信を完了する場合には、IIC0コントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット5 (WREL0) をセット (1) してください。

ウェイト解除後にリスタート・コンディションを生成する場合には、IICC0のビット1 (STT0) をセット (1) してください。

ウェイト解除後にストップ・コンディションを生成する場合には、IICC0のビット0 (SPT0) をセット (1) してください。

1回のウェイト状態に対して1回だけ解除処理を実行してください。

たとえば、WREL0にセット (1) によるウェイト解除後、IIC0へのデータ書き込みを実施した場合には、SDA0ラインの変化タイミングとIIC0への書き込みタイミングの競合により、SDA0への出力データが間違っただけになる可能性があります。

このような処理以外でも、通信を途中で中止した場合には、IICE0をクリア (0) すると通信を停止するので、ウェイトを解除できます。

I²Cバスの状態がノイズなどによりデッド・ロックしてしまった場合には、IICC0のビット6 (LREL0) をセット (1) すると通信から退避するので、ウェイトを解除できます。

15.5.8 割り込み要求 (INTIIC0) 発生タイミングおよびウェイト制御

IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット3 (WTIM0) の設定で、表15 - 3に示すタイミングでINTIIC0が発生し、また、ウェイト制御を行います。

表15 - 3 INTIIC0発生タイミングおよびウェイト制御

WTIM0	スレーブ動作時			マスタ動作時		
	アドレス	データ受信	データ送信	アドレス	データ受信	データ送信
0	9 ^{注1,2}	8 ^{注2}	8 ^{注2}	9	8	8
1	9 ^{注1,2}	9 ^{注2}	9 ^{注2}	9	9	9

- 注1. スレーブのINTIIC0信号およびウェイトは、スレーブ・アドレス・レジスタ0 (SVA0) に設定しているアドレスと一致したときにのみ、9クロック目の立ち下がりで発生します。
また、このとき、IICC0のビット2 (ACKE0) の設定にかかわらず、アクノリッジが生成されます。拡張コードを受信したスレーブは8クロック目の立ち下がりですべてINTIIC0が発生します。ただし、リスタート後にアドレス不一致になった場合には、9クロック目の立ち下がりですべてINTIIC0が発生しますが、ウェイトは発生しません。
2. スレーブ・アドレス・レジスタ0 (SVA0) と受信したアドレスが一致せず、かつ拡張コードを受信していない場合は、INTIIC0もウェイトも発生しません。

備考 表中の数字は、シリアル・クロックのクロック数を示しています。また、割り込み要求、ウェイト制御ともにシリアル・クロックの立ち下がりに同期します。

(1) アドレス送受信時

- ・スレーブ動作時：WTIM0ビットにかかわらず、上記の注1, 2の条件により、割り込みおよびウェイト・タイミングが決まります。
- ・マスタ動作時：WTIM0ビットにかかわらず、割り込みおよびウェイト・タイミングは、9クロック目の立ち下がりですべて発生します。

(2) データ受信時

- ・マスタ/スレーブ動作時：WTIM0ビットにより、割り込みおよびウェイト・タイミングが決まります。

(3) データ送信時

- ・マスタ/スレーブ動作時：WTIM0ビットにより、割り込みおよびウェイト・タイミングが決まります。

(4) ウェイト解除方法

ウェイトの解除方法には次の4つがあります。

- ・ IICシフト・レジスタ0 (IIC0) へのデータ書き込み
- ・ IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット5 (WREL0) のセット (ウェイト解除)
- ・ IIC0レジスタのビット1 (STT0) のセット (スタート・コンディションの生成)^注
- ・ IIC0レジスタのビット0 (SPT0) のセット (ストップ・コンディションの生成)^注

注 マスタのみ。

8クロック・ウェイト選択 (WTIM0 = 0) 時は、ウェイト解除前にアクノリッジの生成の有無を決定する必要があります。

(5) ストップ・コンディション検出

INTIIC0は、ストップ・コンディションを検出すると発生します (SPIE0 = 1のときのみ)。

15.5.9 アドレスの一致検出方法

I²Cバス・モードでは、マスタがスレーブ・アドレスを送信することにより、特定のスレーブ・デバイスを選択できます。

アドレス一致は、ハードウェアで自動的に検出できます。スレーブ・アドレス・レジスタ0 (SVA0) に自局アドレスを設定した場合、マスタから送信されたスレーブ・アドレスとSVA0に設定したアドレスが一致したとき、または拡張コードを受信した場合だけ、INTIIC0割り込み要求が発生します。

15.5.10 エラーの検出

I²Cバス・モードでは、送信中のシリアル・バス (SDA0) の状態が、送信しているデバイスのIICシフト・レジスタ0 (IIC0) にも取り込まれるため、送信開始前と送信終了後のIIC0データを比較することにより、送信エラーを検出できます。この場合、2つのデータが異なっていれば送信エラーが発生したものと判断します。

15.5.11 拡張コード

(1) 受信アドレスの上位4ビットが“0000”と“1111”のときを拡張コード受信として、拡張コード受信フラグ(EXC0)をセット(1)し、8クロック目の立ち下がりで割り込み要求(INTIIC0)を発生します。
スレーブ・アドレス・レジスタ0(SVA0)に格納された自局アドレスは影響しません。

(2) 10ビット・アドレス転送で、SVA0に“11110xx0”を設定し、マスタから“11110xx0”が転送されてきた場合は、次のようになります。ただし割り込み要求(INTIIC0)は、8クロック目の立ち下がりで発生します。

- ・上位4ビット・データの一致 : EXC0 = 1
- ・7ビット・データの一致 : COI0 = 1

備考 EXC0 : IIC状態レジスタ0(IICS0)のビット5
COI0 : " のビット4

(3) 割り込み要求発生後の処理は、拡張コードに続くデータによって異なるため、ソフトウェアで行います。
スレーブ動作時に、拡張コードを受信した場合は、アドレス不一致でも通信に参加しています。
たとえば拡張コード受信後、スレーブとして動作したくない場合は、IICコントロール・レジスタ0(IICC0)のビット6(LREL0) = 1に設定してください。次の通信待機状態にします。

表15-4 主な拡張コードのビットの定義

スレーブ・アドレス	R/Wビット	説明
0000 000	0	ジェネラル・コール・アドレス
1111 0xx	0	10ビット・スレーブ・アドレス指定(アドレス認証時)
1111 0xx	1	10ビット・スレーブ・アドレス指定(アドレス一致後、リード・コマンド発行時)

備考 上記以外の拡張コードについては、NXP社発行のI²Cバスの仕様書を参照してください。

15.5.12 アービトレーション

複数のマスタがスタート・コンディションを同時に生成した場合(STD0 = 1になる前にSTT0 = 1にしたとき), データが異なるまでクロックの調整をしながら, マスタ通信を行います。この動作をアービトレーションと呼びます。

アービトレーションに負けたマスタは, アービトレーションに負けたタイミングで, IIC状態レジスタ0 (IICS0) のアービトレーション負けフラグ (ALD0) をセット (1) し, SCL0, SDA0ラインともハイ・インピーダンス状態にしてバスを解放します。

アービトレーションに負けたことは, 次の割り込み要求発生タイミング (8または9クロック目, ストップ・コンディション検出など) で, ソフトウェアでALD0 = 1になっていることで検出します。

割り込み要求発生タイミングについては, 15.5.17 I²C割り込み要求 (INTIIC0) の発生タイミングを参照してください。

備考 STD0 : IIC状態レジスタ0 (IICS0) のビット1

STT0 : IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット1

図15 - 19 アービトレーション・タイミング例

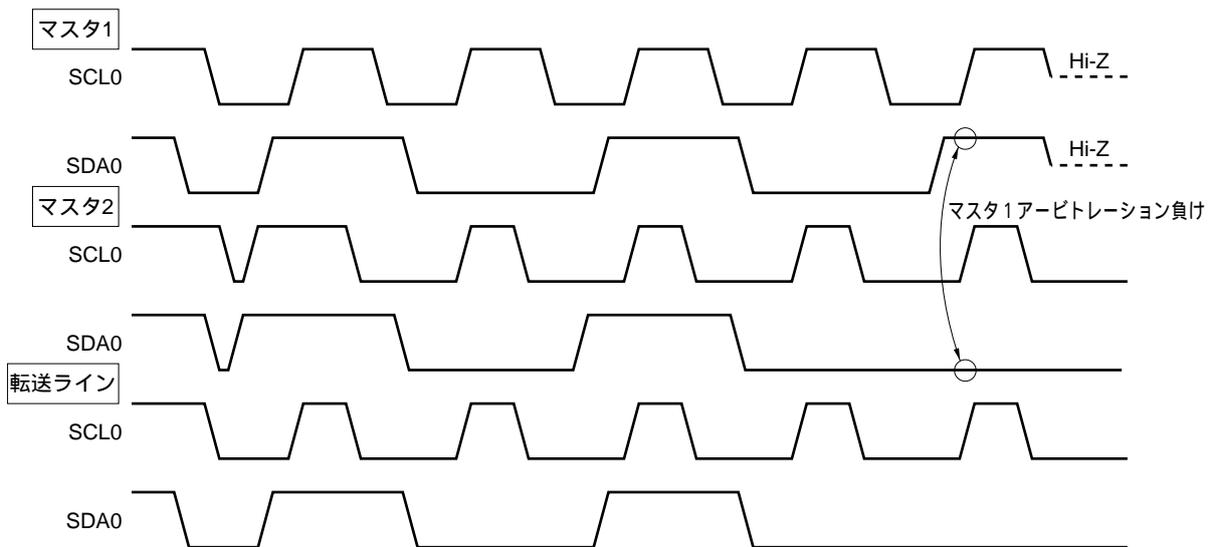


表15 - 5 アービトレーション発生時の状態と割り込み要求発生タイミング

アービトレーション発生時の状態	割り込み要求発生タイミング
アドレス送信中	バイト転送後8または9クロック目の立ち下がり ^{注1}
アドレス送信後のリード/ライト情報	
拡張コード送信中	
拡張コード送信後のリード/ライト情報	
データ送信中	
データ送信後のアクノリッジ転送期間中	
データ転送中, リスタート・コンディション検出	
データ転送中, ストップ・コンディション検出	ストップ・コンディション生成時 (SPIE0 = 1時) ^{注2}
リスタート・コンディションを生成しようとしたがデータがロウ・レベル	バイト転送後8または9クロック目の立ち下がり ^{注1}
リスタート・コンディションを生成しようとしたがストップ・コンディション検出	ストップ・コンディション生成時 (SPIE0 = 1時) ^{注2}
ストップ・コンディションを生成しようとしたがデータがロウ・レベル	バイト転送後8または9クロック目の立ち下がり ^{注1}
リスタート・コンディションを生成しようとしたがSCL0がロウ・レベル	

注1. WTIM0 (IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット3) = 1の場合には, 9クロック目の立ち下がりタイミングで割り込み要求を発生します。WTIM0 = 0および拡張コードのスレーブ・アドレス受信時には, 8クロック目の立ち下がりタイミングで割り込み要求を発生します。

2. アービトレーションが起こる可能性がある場合, マスタ動作ではSPIE0 = 1に設定してください。

備考 SPIE0 : IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット4

15.5.13 ウエイク・アップ機能

I²Cのスレーブ機能で、自局アドレスと拡張コードを受信したときに割り込み要求信号 (INTIIC0) を発生する機能です。

アドレスが一致しないときは不要なINTIIC0信号を発生せず、効率よく処理できます。

スタート・コンディションを検出すると、ウエイク・アップ待機状態となります。マスタ (スタート・コンディションを生成した場合) でも、アービトレーション負けでスレーブになる可能性があるため、アドレスを送信しながらウエイク・アップ待機状態になります。

ただしストップ・コンディションを検出すると、ウエイク・アップ機能に関係なく、IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット4 (SPIE0) の設定によって、割り込み要求の発生許可 / 禁止が決定します。

15.5.14 通信予約

(1) 通信予約機能許可の場合 (IICフラグ・レジスタ0 (IICF0) のビット0 (IICRSV) = 0)

バスに不参加の状態、次にマスタ通信を行いたい場合は、通信予約を行うことにより、バス解放時にスタート・コンディションを送信できます。この場合のバスの不参加とは次の2つの状態を含みます。

- ・アービトレーションでマスタにもスレーブにもなれなかった場合
- ・拡張コードを受信してスレーブとして動作しない (アクノリッジを返さず、IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット6 (LREL0) = 1でバスを解放した) とき

バスに不参加の状態、IICC0のビット1 (STT0) をセット (1) すると、バスが解放されたあと (ストップ・コンディション検出時) に、自動的にスタート・コンディションを生成し、ウエイト状態になります。

IICC0のビット4 (SPIE0) をセット (1) し、割り込み要求信号 (INTIIC0) 発生でバスの解放を検出 (ストップ・コンディション検出) したあと、IICシフト・レジスタ0 (IIC0) にアドレスを書き込むと、自動的にマスタとしての通信を開始します。ストップ・コンディションを検出する前に、IIC0に書き込まれたデータは、無効です。

STT0をセット (1) したとき、スタート・コンディションとして動作するか通信予約として動作するかはバスの状態により決定されます。

- ・バスが解放されているとき.....スタート・コンディション生成
- ・バスが解放されていないとき (待機状態)通信予約

通信予約として動作するかどうかは、STT0をセット (1) し、ウエイト時間をとったあと、MSTS0 (IIC状態レジスタ0 (IICS0) のビット7) で確認します。

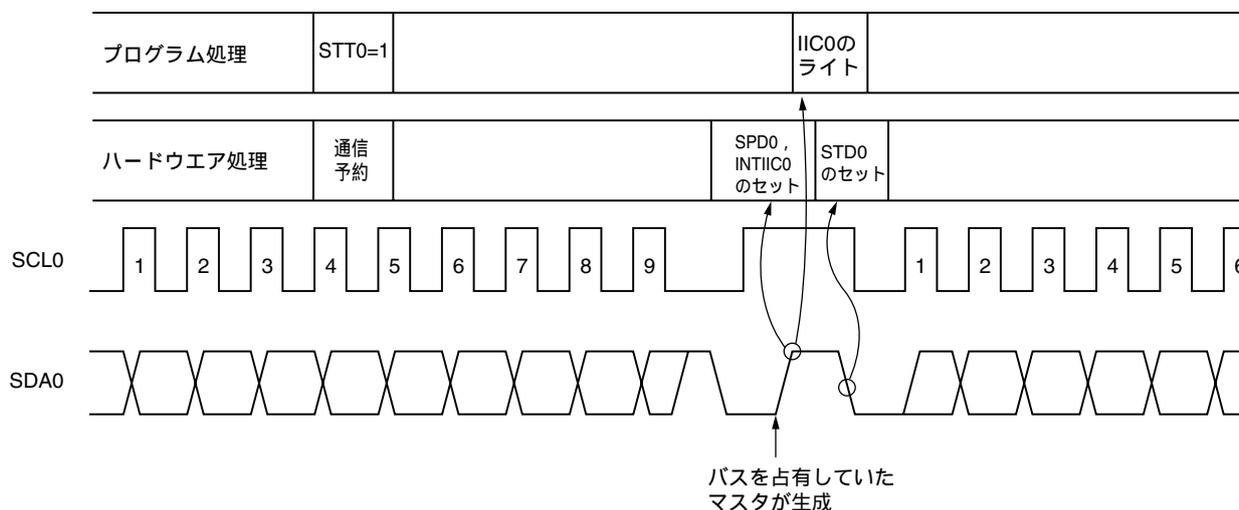
ウエイト時間は、表15-6に示す時間をソフトウェアにより確保してください。

表15 - 6 ウェイト時間

CLX0	SMC0	CL01	CL00	ウェイト時間
0	0	0	0	46クロック
0	0	0	1	86クロック
0	0	1	0	172クロック
0	1	0	0	30クロック
0	1	0	1	
0	1	1	0	60クロック
1	1	0	0	18クロック
1	1	0	1	
1	1	1	0	36クロック

通信予約のタイミングを図15 - 20に示します。

図15 - 20 通信予約のタイミング



備考 IIC0 : IICシフト・レジスタ0

STT0 : IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット1

STD0 : IIC状態レジスタ0 (IICS0) のビット1

SPD0 : " のビット0

通信予約は次のタイミングで受け付けられます。IIC状態レジスタ0 (IICS0) のビット1 (STD0) = 1になったあと、ストップ・コンディション検出までにIICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット1 (STT0) = 1で通信予約をします。

図15 - 21 通信予約受け付けタイミング

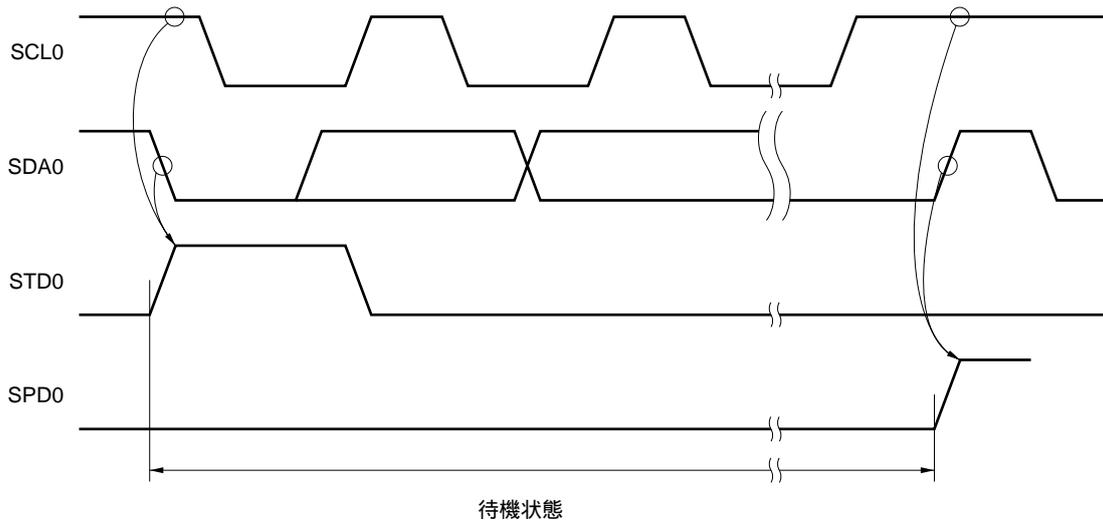
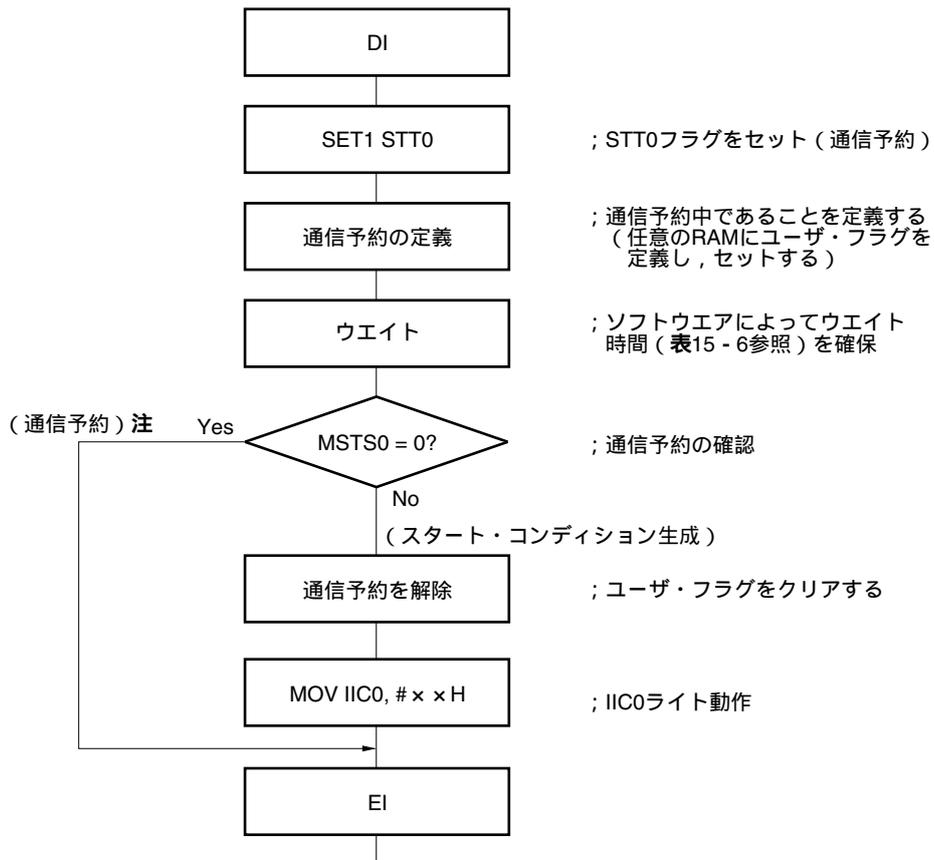


図15 - 22に通信予約の手順を示します。

図15 - 22 通信予約の手順



注 通信予約動作時は、ストップ・コンディション割り込み要求でIICシフト・レジスタ0 (IIC0) への書き込みを実行します。

備考 STT0 : IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット1
 MSTS0 : IIC状態レジスタ0 (IICS0) のビット7
 IIC0 : IICシフト・レジスタ0

(2) 通信予約機能禁止の場合 (IICフラグ・レジスタ0 (IICF0) のビット0 (IICRSV) = 1)

バスが通信中で、この通信に不参加の状態(IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット1 (STT0) をセット (1) すると、この要求を拒絶しスタート・コンディションを生成しません。この場合のバスの不参加とは次の2つの状態を含みます。

- ・アービトレーションでマスタにもスレーブにもなれなかった場合
- ・拡張コードを受信してスレーブとして動作しない(アクリッジを返さず, IICC0のビット6 (LREL0) = 1でバスを解放した) とき。

スタート・コンディションが生成されたかまたは拒絶されたかは、STCF (IICF0のビット7) で確認できます。STT0 = 1としてからSTCFがセット (1) されるまで表15 - 7に示す時間がかかりますので、ソフトウェアによりこの時間を確保してください。

表15 - 7 ウェイト時間

CL01	CL00	ウェイト時間
0	0	6クロック
0	1	6クロック
1	0	12クロック

15.5.15 その他の注意事項

(1) STCEN (IICフラグ・レジスタ0 (IICF0) のビット1) = 0の場合

I²C動作許可 (IICE0 = 1) 直後, 実際のバス状態にかかわらず通信状態 (IICBSY (IICF0のビット6) = 1) と認識します。ストップ・コンディションを検出していない状態からマスタ通信を行おうとする場合は, まずストップ・コンディションを生成し, バスを解放してからマスタ通信を行ってください。

マルチマスタでは, バスが解放されていない (ストップ・コンディションを検出していない) 状態では, マスタ通信を行うことができません。

ストップ・コンディションの生成は次の順番で行ってください。

IICクロック選択レジスタ0 (IICCL0) を設定する

IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット7 (IICE0) をセット (1) する

IICC0のビット0 (SPT0) をセット (1) する

(2) STCEN = 1の場合

I²C動作許可 (IICE0 = 1) 直後, 実際のバス状態にかかわらず解放状態 (IICBSY = 0) と認識しますので, 1回目のスタート・コンディションを生成 (STT0 (IICコントロール・レジスタ0 (IICC0) のビット1) = 1) する場合は, ほかの通信を破壊しないようにバスが解放されていることを確認する必要があります。

(3) すでに他者との間でI²C通信が行われている場合

SDA0端子がロウ・レベルで, かつSCL0端子がハイ・レベルのときに, I²C動作を許可して通信に途中参加すると, I²CのマクロはSDA0端子がハイ・レベルからロウ・レベルに変化したと認識 (スタート・コンディション検出) します。このときにバス上の値が拡張コードと認識できる値の場合は, アクノリッジを返し, 他者との間のI²C通信を妨害してしまいます。これを回避するために, 次の順番でI²Cを起動してください。

IICC0のビット4 (SPIE0) をクリア (0) し, ストップ・コンディション検出による割り込み要求信号 (INTIIC0) 発生を禁止する

IICC0のビット7 (IICE0) をセット (1) し, I²Cの動作を許可する

スタート・コンディションを検出するまで待つ

アクノリッジを返すまで (IICE0をセット (1) してから, 4~80クロック中) に, IICC0のビット6 (LREL0) をセット (1) にし, 強制的に検出を無効とする

(4) 動作許可 (IICE0 = 1) する前に, SMC0, CL01, CL00 (IICL0のビット3, 1, 0), CLX0 (IICX0のビット0)

で転送クロック周波数を決定してください。転送クロック周波数を変更する場合は, 一度IICE0をクリア (1) してください。

(5) STT0, SPT0 (IICC0のビット1, 0) をセットしたあと, クリア (0) される前の再セットは禁止します。

- (6) 送信予約をした場合には、SPIE0 (IICL0のビット4) をセット (1) してストップ・コンディション検出で割り込み要求が発生するようにしてください。割り込み要求発生後に、IIC0に通信データを書き込むことによって、転送が開始されます。ストップ・コンディション検出で割り込みを発生させないと、スタート時には割り込み要求が発生しないため、ウェイト状態で停止します。ただし、ソフトウェアでMSTS0 (IICCS0のビット7) を検出する場合には、SPIE0をセット (1) する必要はありません。

15.5.16 通信動作

ここでは、次の3つの動作手順をフローとして示します。

(1) シングルマスタ・システムでのマスタ動作

シングルマスタ・システムで、マスタとして使用する場合のフローを示します。

このフローは大きく「初期設定」と「通信処理」に分かれています。起動時に「初期設定」部分を実行し、スレーブとの通信が必要になったら通信に必要な準備を行って「通信処理」部分を実行します。

(2) マルチマスタ・システムでのマスタ動作

I²Cバスのマルチマスタ・システムでは、通信に参加した段階ではバスが解放状態にあるか使用状態にあるかがI²Cバスの仕様だけでは判断できません。ここでは、一定 (1フレーム) 期間、データとクロックがハイ・レベルであれば、バスが解放状態としてバスに参加するようにしています。

このフローは大きく「初期設定」、「通信待ち」、「通信処理」に分かれています。ここでは、アービトレーションで負けてスレーブに指定された場合の処理は省略し、マスタとしての処理だけを示しています。起動時に「初期設定」部分を実行してバスに参加します。そのあとは「通信待ち」で、マスタとしての通信要求、またはスレーブとしての指定を待ちます。実際に通信を行うのは「通信処理」部分で、スレーブとのデータ送受信以外に、ほかのマスタとのアービトレーションにも対応しています。

(3) スレーブ動作

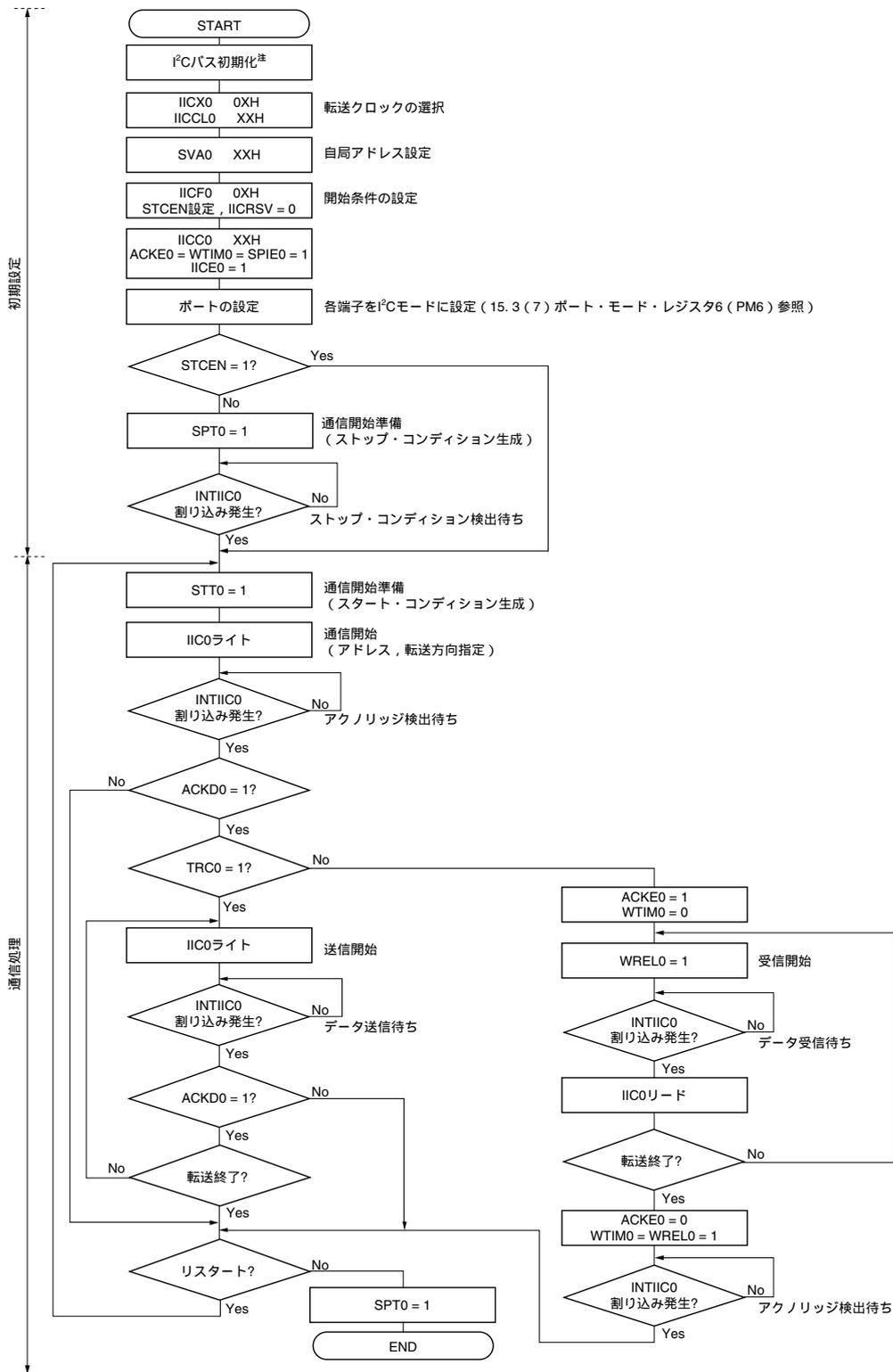
I²Cバスのスレーブとして使用する場合の例を示します。

スレーブの場合には、割り込みによって動作を開始します。起動時に「初期設定」部分を実行し、そのあとは通信待ちでINTIIC0割り込みの発生を待ちます。INTIIC0割り込みが発生すると、通信状態を判定し、フラグとしてメイン処理に引き渡します。

各フラグをチェックすることにより、必要な「通信処理」を行います。

(1) シングルマスタ・システムでのマスタ動作

図15 - 23 シングルマスタ・システムでのマスタ動作

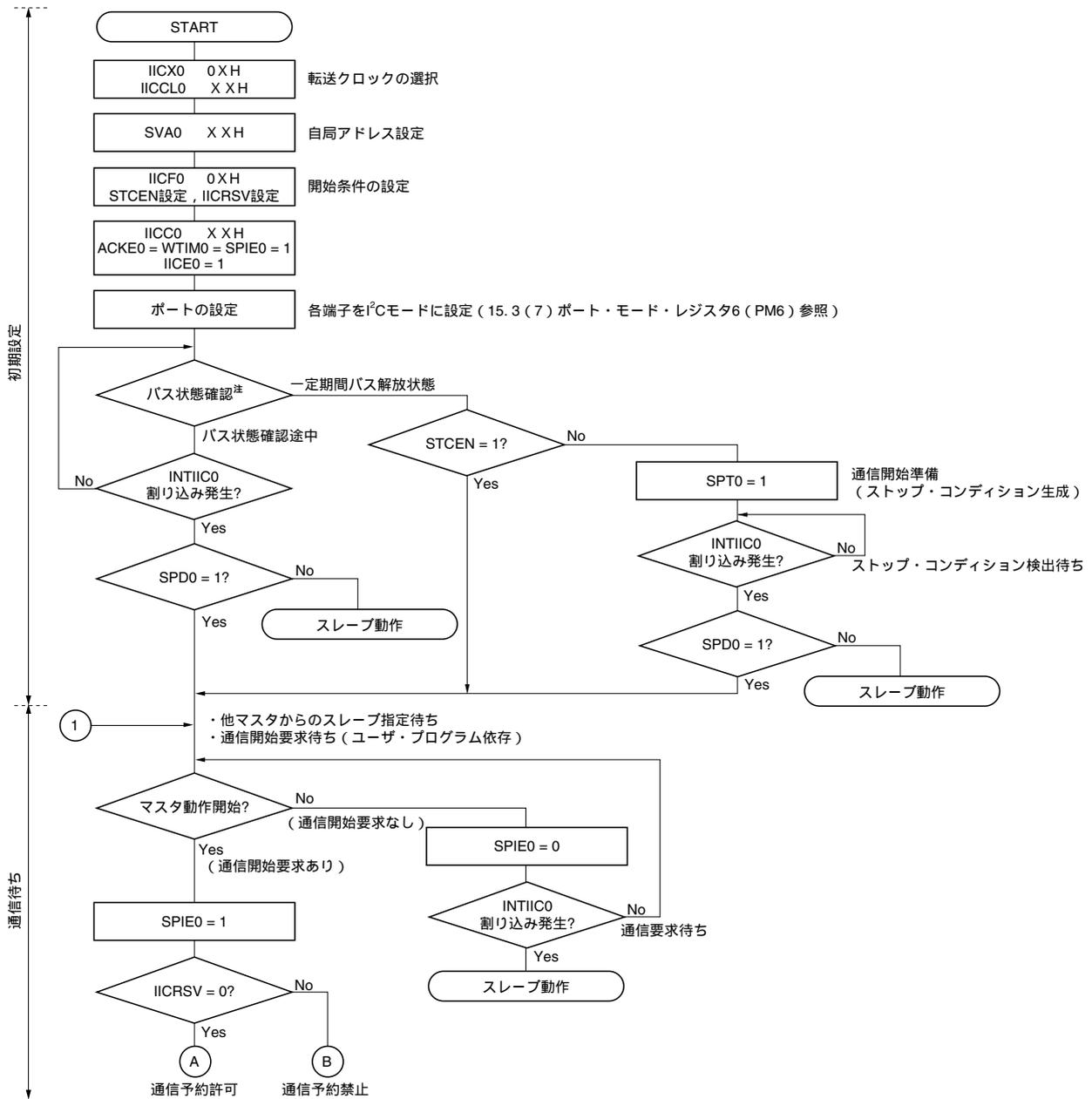


注 通信している製品の仕様に準拠し、I²Cバスを解放 (SCL0, SDA0端子 = ハイ・レベル) してください。たとえば、EEPROMがSDA0端子にロウ・レベルを出力した状態であれば、SCL0端子を出力ポートに設定し、SDA0端子が定常的にハイ・レベルになるまで、出力ポートからクロック・パルスを出力してください。

備考 送信および受信フォーマットは、通信している製品の仕様に準拠してください。

(2) マルチマスタ・システムでのマスタ動作

図15-24 マルチマスタ・システムでのマスタ動作 (1/3)



注 一定期間 (たとえば1フレーム分), バス解放状態 (CLD0ビット = 1, DAD0ビット = 1) であることを確認してください。定常的にSDA0端子がロウ・レベルの場合は, 通信している製品の仕様に準拠し, I²Cバスを解放 (SCL0, SDA0端子 = ハイ・レベル) するか判断してください。

図15 - 24 マルチマスタ・システムでのマスタ動作 (2/3)

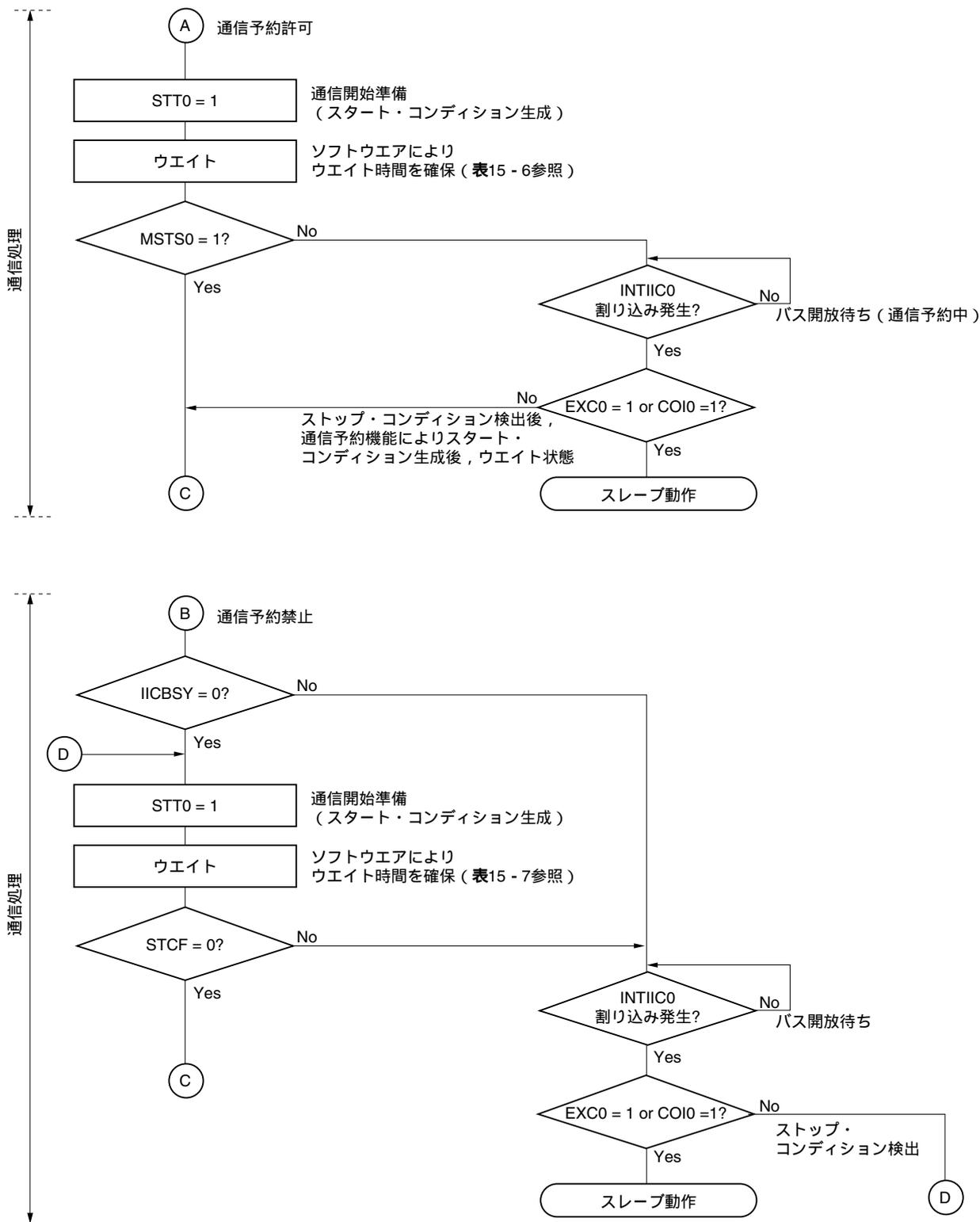
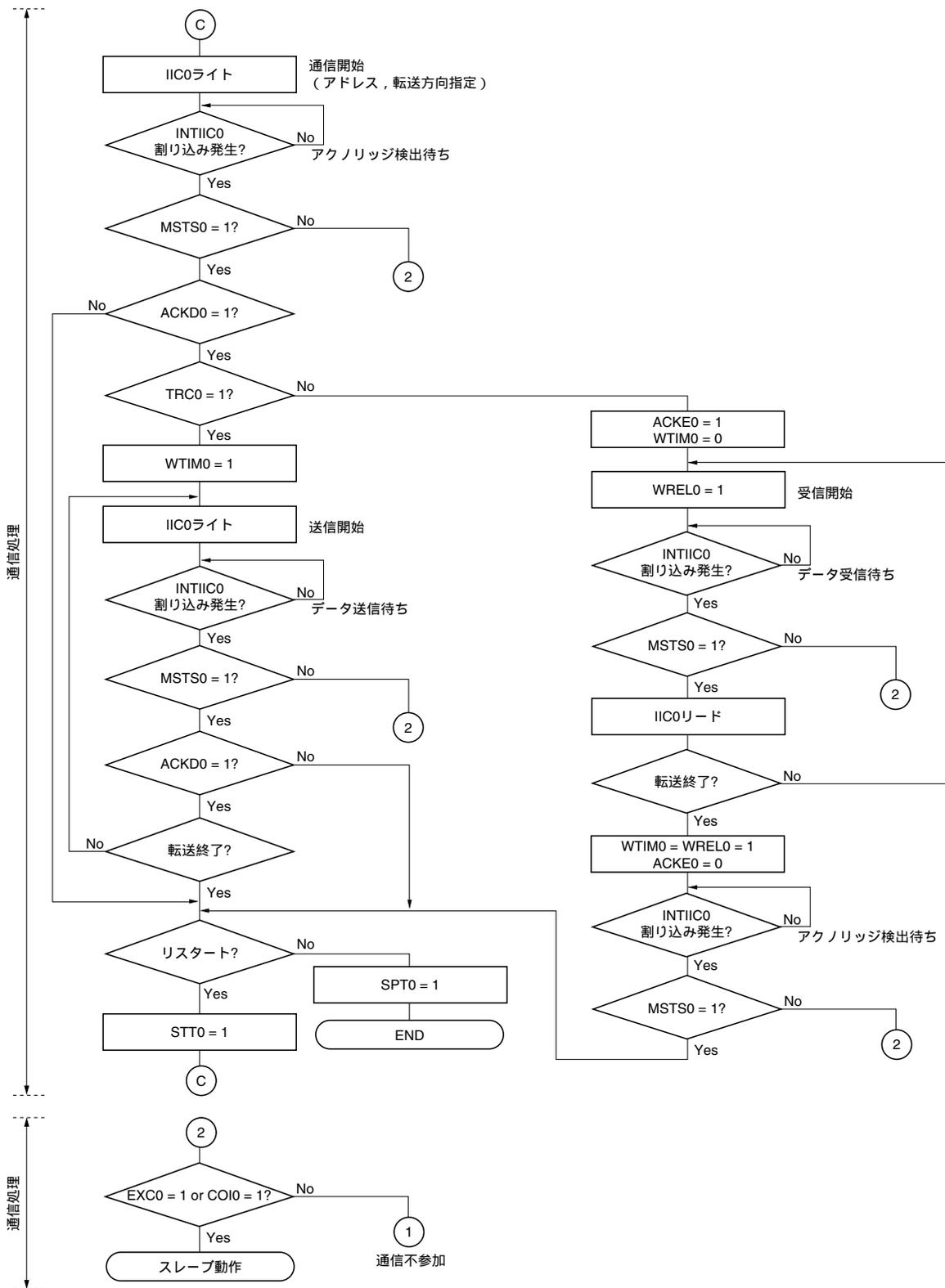


図15-24 マルチマスタ・システムでのマスタ動作 (3/3)



備考 1. 送信および受信フォーマットは通信している製品の仕様に準拠してください。

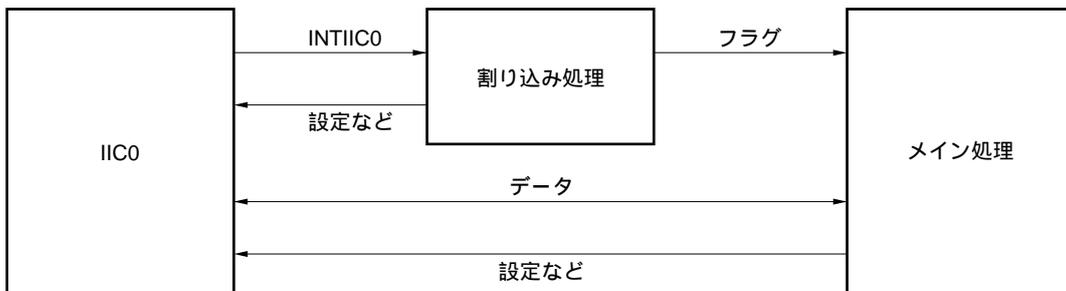
2. マルチマスタ・システムでマスタとして使用する場合は、INTIIC0割り込み発生ごとにMSTS0ビットをリードし、アービトレーション結果を確認してください。
3. マルチマスタ・システムでスレーブとして使用する場合は、INTIIC0割り込み発生ごとにIICS0、IICF0レジスタでステータスを確認して次に行う処理を決定してください。

(3) スレーブ動作

スレーブ動作の処理手順を次に示します。

基本的にスレーブの場合には、イベント・ドリブンでの動作となります。このためINTIIC0割り込みによる処理（通信中のストップ・コンディション検出など、動作状態を大きく変更する必要がある処理）が必要となります。

この説明では、データ通信は拡張コードには対応しないものとします。またINTIIC0割り込み処理では状態遷移の処理だけを行い、実際のデータ通信はメイン処理で行うものとします。



このため、次の3つのフラグを準備し、これをINTIIC0の代わりにメイン処理に渡すという方法で、データ通信処理を行います。

通信モード・フラグ

次の2つの通信状態を示します。

- ・クリア・モード：データ通信を行っていない状態
- ・通信モード：データ通信を行っている状態（有効アドレス検出～ストップ・コンディション検出，マスタからのアクノリッジ未検出，アドレス不一致）

レディ・フラグ

データ通信が可能になったことを示します。通常のデータ通信ではINTIIC0割り込みと同じです。割り込み処理部でセットし、メイン処理部でクリアします。通信の開始時には、割り込み処理部でクリアしておきます。ただし、送信の最初のデータでは、レディ・フラグは割り込み処理部でセットされませんので、クリア処理をしないで最初のデータを送信することになります（アドレス一致自体が次のデータの要求と解釈します）。

通信方向フラグ

通信の方向を示します。TRC0の値と同じです。

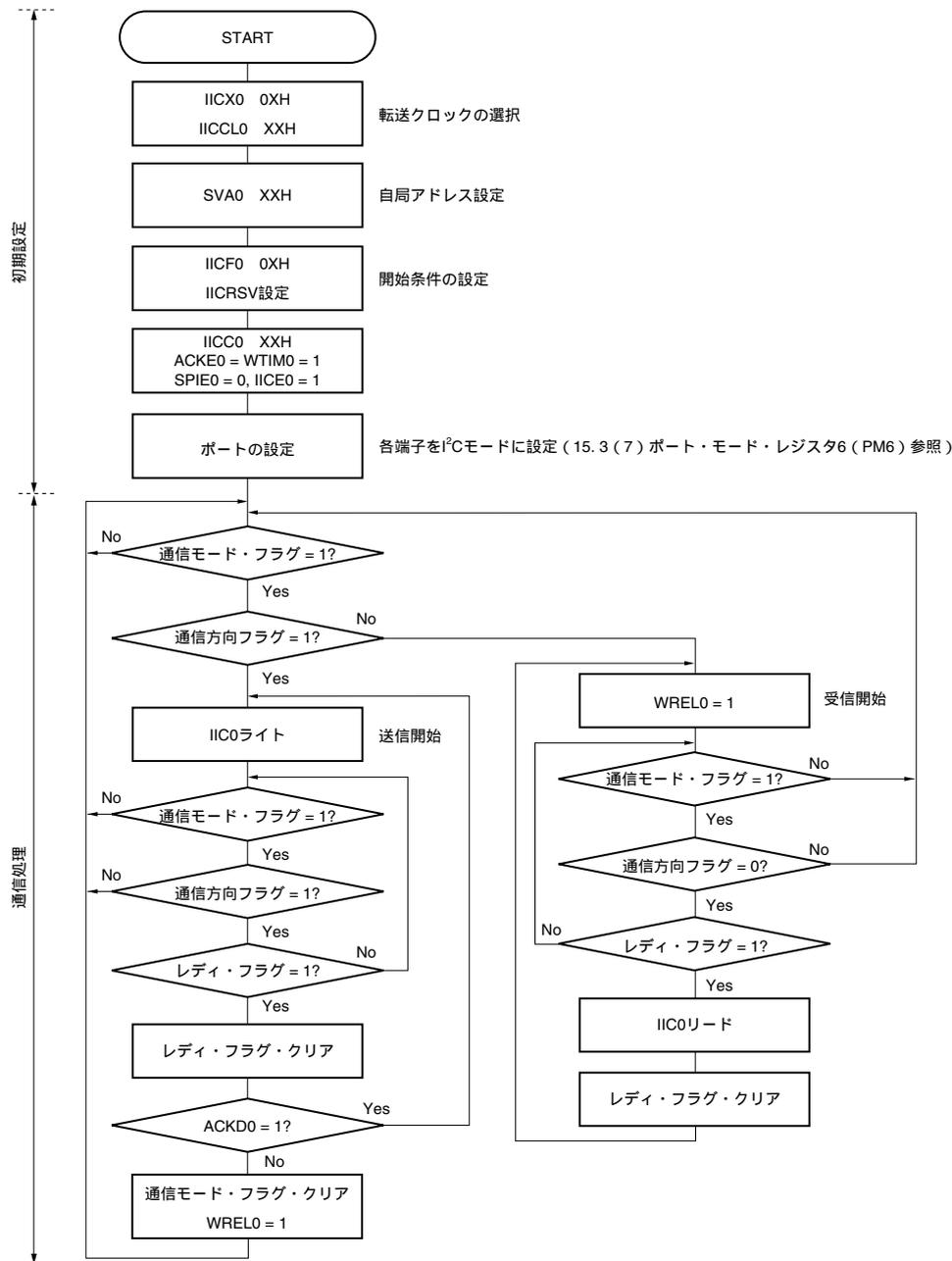
次にスレーブ動作でのメイン処理部の動作を示します。

シリアル・インタフェースIIC0を起動し、通信可能状態になるのを待ちます。通信可能状態になったら、通信モード・フラグとレディ・フラグを使って通信を行います（ストップ・コンディションやスタート・コンディションの処理は割り込みで行いますので、ここではフラグで状態を確認します）。

送信ではマスタからアクノリッジがなくなるまで送信動作を繰り返します。マスタからアクノリッジが戻らなかったら通信を完了します。

受信では必要な数のデータ受信し、通信完了したら次のデータでアクノリッジを戻さないようにします。その後、マスタはストップ・コンディションまたはリスタート・コンディションを生成します。これにより、通信状態から抜け出します。

図15 - 25 スレーブ動作手順（1）



備考 送信および受信フォーマットは通信している製品の仕様に準拠してください。

スレーブのINTIIC0割り込みでの処理手順例を示します（ここでは拡張コードはないものとして処理します）。INTIIC0割り込みではステータスを確認して、次のように行います。

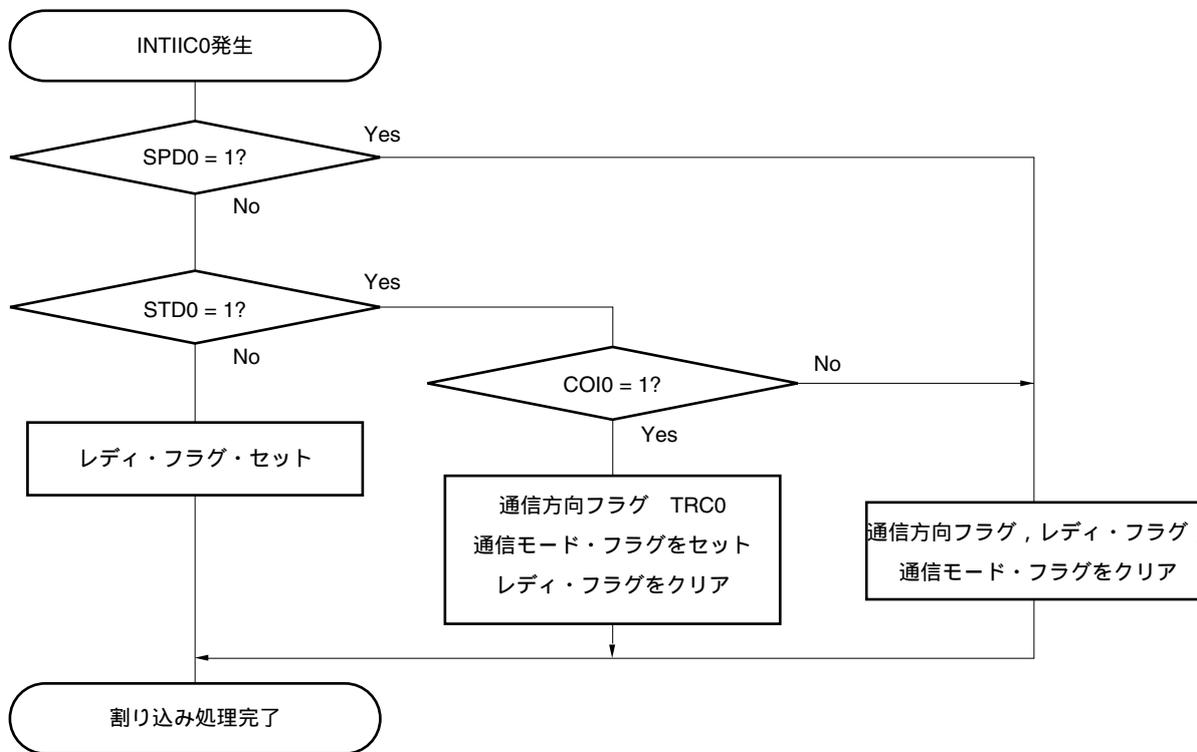
ストップ・コンディションの場合、通信を終了します。

スタート・コンディションの場合、アドレスを確認し、一致していなければ通信を終了します。アドレスが一致していれば、モードを通信モードに設定し、ウェイトを解除して、割り込みから戻ります（レディ・フラグはクリアする）。

データ送受信の場合、レディ・フラグをセットするだけで、I²Cバスはウェイト状態のまま、割り込みから戻ります。

備考 上述の ~ は、図15-26 スレーブ動作手順(2)の ~ と対応しています。

図15-26 スレーブ動作手順(2)



15. 5. 17 I²C割り込み要求 (INTIIC0) の発生タイミング

次に、データの送受信、INTIIC0割り込み要求信号発生タイミングと、INTIIC0信号タイミングでのIICS0レジスタの値を示します。

備考 ST : スタート・コンディション
AD6-AD0 : アドレス
R/W : 転送方向指定
 \overline{ACK} : アクノリッジ
D7-D0 : データ
SP : ストップ・コンディション

(1) マスタ動作

(a) Start ~ Address ~ Data ~ Data ~ Stop (送受信)

(i) WTIM0 = 0のとき

SPT0 = 1

ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	D7-D0	ACK	SP
				1	2		3	4 5

1 : IICS0 = 1000 × 110B
 2 : IICS0 = 1000 × 000B
 3 : IICS0 = 1000 × 000B (WTIM0をセット(1))^注
 4 : IICS0 = 1000 × × 00B (SPT0をセット(1))
 5 : IICS0 = 00000001B

注 ストップ・コンディションを生成するために、WTIM0をセット(1)し、INTIIC0割り込み要求信号の発生タイミングを変更してください。

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意

(ii) WTIM0 = 1のとき

SPT0 = 1

ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	D7-D0	ACK	SP
				1	2		3	4

1 : IICS0 = 1000 × 110B
 2 : IICS0 = 1000 × 100B
 3 : IICS0 = 1000 × × 00B (SPT0をセット(1))
 4 : IICS0 = 00000001B

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意

(b) Start ~ Address ~ Data ~ Start ~ Address ~ Data ~ Stop (リスタート)

(i) WTIM0 = 0のとき

STT0 = 1						SPT0 = 1						
ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	SP
				1	2	3				4	5	6 7

1 : IICS0 = 1000 × 110 B
 2 : IICS0 = 1000 × 000 B (WTIM0をセット(1))^{注1)}
 3 : IICS0 = 1000 × × 00 B (WTIM0をクリア(0))^{注2)}, STT0をセット(1)
 4 : IICS0 = 1000 × 110 B
 5 : IICS0 = 1000 × 000 B (WTIM0をセット(1))^{注3)}
 6 : IICS0 = 1000 × × 00 B (SPT0をセット(1))
 7 : IICS0 = 00000001 B

注1. スタート・コンディションを生成するために, WTIM0をセット(1)し, INTIIC0割り込み要求信号の発生タイミングを変更してください。
 2. 設定を元に戻すために, WTIM0をクリア(0)してください。
 3. ストップ・コンディションを生成するために, WTIM0をセット(1)し, INTIIC0割り込み要求信号の発生タイミングを変更してください。

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意

(ii) WTIM0 = 1のとき

STT0 = 1						SPT0 = 1						
ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	SP
				1	2					3	4	5

1 : IICS0 = 1000 × 110 B
 2 : IICS0 = 1000 × × 00 B (STT0をセット(1))
 3 : IICS0 = 1000 × 110 B
 4 : IICS0 = 1000 × × 00 B (SPT0をセット(1))
 5 : IICS0 = 00000001 B

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意

(c) Start ~ Code ~ Data ~ Data ~ Stop (拡張コード送信)

(i) WTIM0 = 0のとき

SPT0 = 1

ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	D7-D0	ACK	SP
				1	2		3	4 5

1 : IICS0 = 1010 × 110 B
 2 : IICS0 = 1010 × 000 B
 3 : IICS0 = 1010 × 000 B (WTIM0をセット(1) ^注)
 4 : IICS0 = 1010 × × 00 B (SPT0をセット(1))
 5 : IICS0 = 00000001 B

注 ストップ・コンディションを生成するために、WTIM0をセット(1)し、INTIIC0割り込み要求信号の発生タイミングを変更してください。

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意

(ii) WTIM0 = 1のとき

SPT0 = 1

ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	D7-D0	ACK	SP
				1	2		3	4

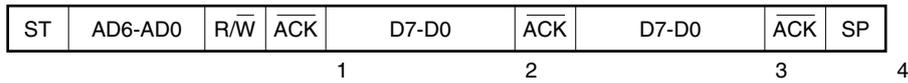
1 : IICS0 = 1010 × 110 B
 2 : IICS0 = 1010 × 100 B
 3 : IICS0 = 1010 × × 00 B (SPT0をセット(1))
 4 : IICS0 = 00001001 B

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意

(2) スレーブ動作 (スレーブ・アドレス受信時)

(a) Start ~ Address ~ Data ~ Data ~ Stop

(i) WTIM0 = 0のとき



1 : IICS0 = 0001 x 110 B

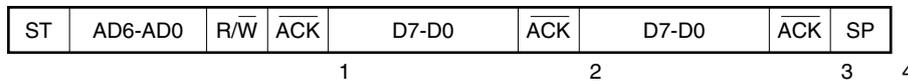
2 : IICS0 = 0001 x 000 B

3 : IICS0 = 0001 x 000 B

4 : IICS0 = 00000001 B

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 x 任意

(ii) WTIM0 = 1のとき



1 : IICS0 = 0001 x 110 B

2 : IICS0 = 0001 x 100 B

3 : IICS0 = 0001 x x 00 B

4 : IICS0 = 00000001 B

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 x 任意

(b) Start ~ Address ~ Data ~ Start ~ Address ~ Data ~ Stop

(i) WTIM0 = 0のとき (リスタート後, SVA0一致)

ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	SP
				1	2					3	4	5

1 : IICS0 = 0001 x 110 B

2 : IICS0 = 0001 x 000 B

3 : IICS0 = 0001 x 110 B

4 : IICS0 = 0001 x 000 B

5 : IICS0 = 00000001 B

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意

(ii) WTIM0 = 1のとき (リスタート後, SVA0一致)

ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	SP
				1	2					3	4	5

1 : IICS0 = 0001 x 110 B

2 : IICS0 = 0001 x x 00 B

3 : IICS0 = 0001 x 110 B

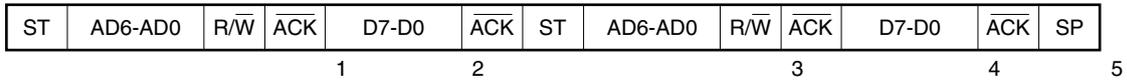
4 : IICS0 = 0001 x x 00 B

5 : IICS0 = 00000001 B

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意

(c) Start ~ Address ~ Data ~ Start ~ Code ~ Data ~ Stop

(i) WTIM0 = 0のとき (リスタート後, アイドル不一致 (拡張コード))



1 : IICS0 = 0001 x 110 B

2 : IICS0 = 0001 x 000 B

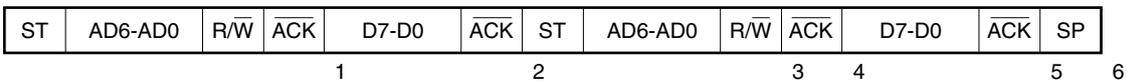
3 : IICS0 = 0010 x 010 B

4 : IICS0 = 0010 x 000 B

5 : IICS0 = 00000001 B

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意

(ii) WTIM0 = 1のとき (リスタート後, アイドル不一致 (拡張コード))



1 : IICS0 = 0001 x 110 B

2 : IICS0 = 0001 x x 00 B

3 : IICS0 = 0010 x 010 B

4 : IICS0 = 0010 x 110 B

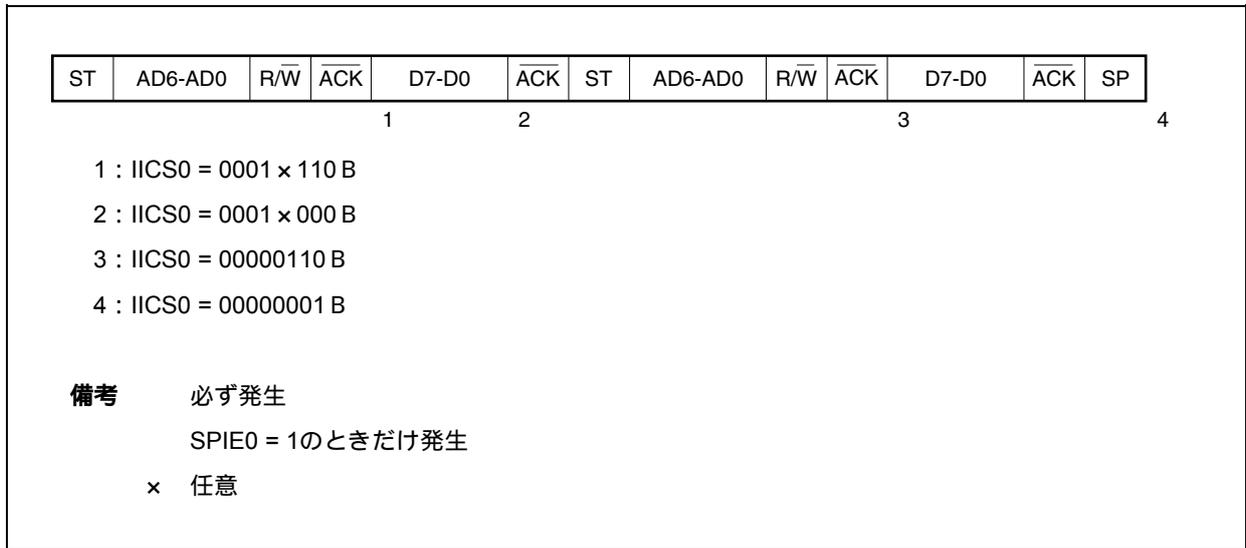
5 : IICS0 = 0010 x x 00 B

6 : IICS0 = 00000001 B

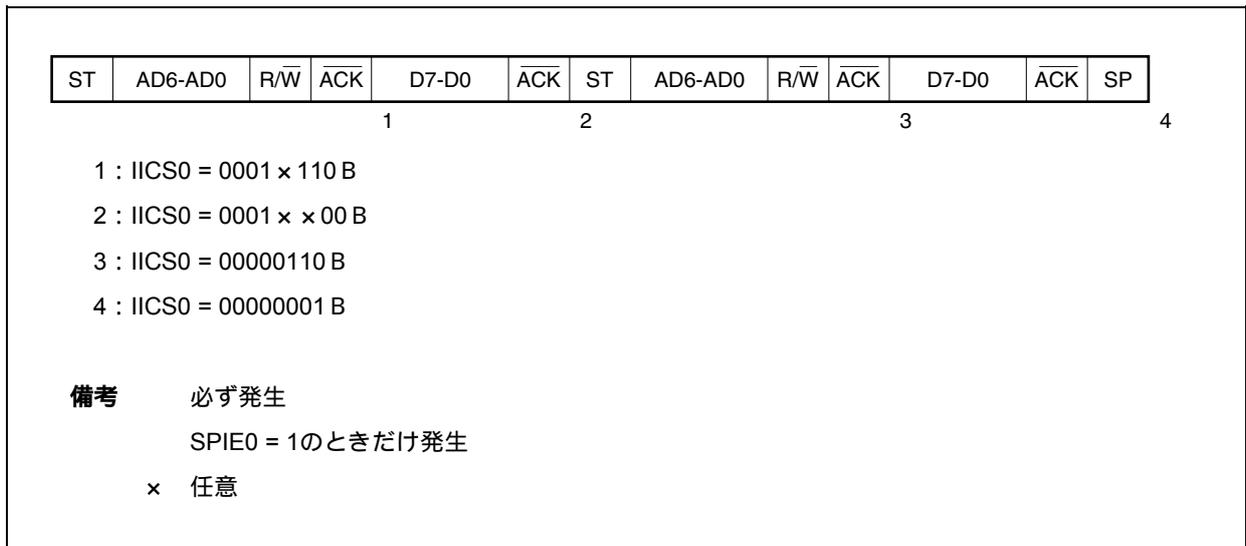
備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意

(d) Start ~ Address ~ Data ~ Start ~ Address ~ Data ~ Stop

(i) WTIM0 = 0のとき (リスタート後, アドレス不一致 (拡張コード以外))



(ii) WTIM0 = 1のとき (リスタート後, アドレス不一致 (拡張コード以外))

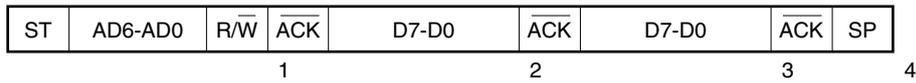


(3) スレーブ動作 (拡張コード受信時)

拡張コード受信時は、常に通信に参加しています

(a) Start ~ Code ~ Data ~ Data ~ Stop

(i) WTIM0 = 0のとき



1 : IICS0 = 0010 × 010 B

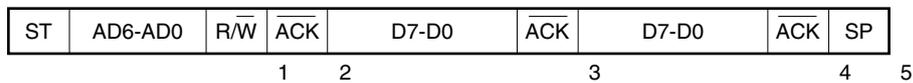
2 : IICS0 = 0010 × 000 B

3 : IICS0 = 0010 × 000 B

4 : IICS0 = 00000001 B

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意

(ii) WTIM0 = 1のとき



1 : IICS0 = 0010 × 010 B

2 : IICS0 = 0010 × 110 B

3 : IICS0 = 0010 × 100 B

4 : IICS0 = 0010 × × 00 B

5 : IICS0 = 00000001 B

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意

(b) Start ~ Code ~ Data ~ Start ~ Address ~ Data ~ Stop

(i) WTIM0 = 0のとき (リスタート後, SVA0一致)

ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	SP
			1		2					3	4	5

1 : IICS0 = 0010 × 010 B
 2 : IICS0 = 0010 × 000 B
 3 : IICS0 = 0001 × 110 B
 4 : IICS0 = 0001 × 000 B
 5 : IICS0 = 00000001 B

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意

(ii) WTIM0 = 1のとき (リスタート後, SVA0一致)

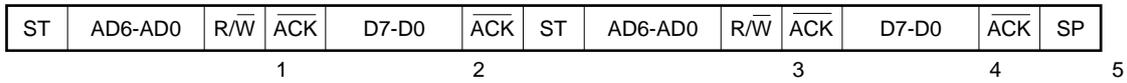
ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	SP
			1	2		3				4	5	6

1 : IICS0 = 0010 × 010 B
 2 : IICS0 = 0010 × 110 B
 3 : IICS0 = 0010 × × 00 B
 4 : IICS0 = 0001 × 110 B
 5 : IICS0 = 0001 × × 00 B
 6 : IICS0 = 00000001 B

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意

(c) Start ~ Code ~ Data ~ Start ~ Code ~ Data ~ Stop

(i) WTIM0 = 0のとき (リスタート後, 拡張コード受信)



1 : IICS0 = 0010 x 010 B

2 : IICS0 = 0010 x 000 B

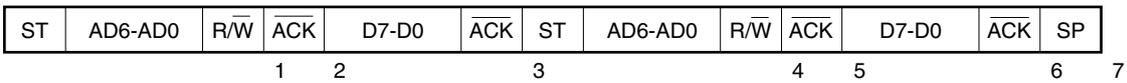
3 : IICS0 = 0010 x 010 B

4 : IICS0 = 0010 x 000 B

5 : IICS0 = 00000001 B

備考 必ず発生
SPIE0 = 1のときだけ発生
× 任意

(ii) WTIM0 = 1のとき (リスタート後, 拡張コード受信)



1 : IICS0 = 0010 x 010 B

2 : IICS0 = 0010 x 110 B

3 : IICS0 = 0010 x x 00 B

4 : IICS0 = 0010 x 010 B

5 : IICS0 = 0010 x 110 B

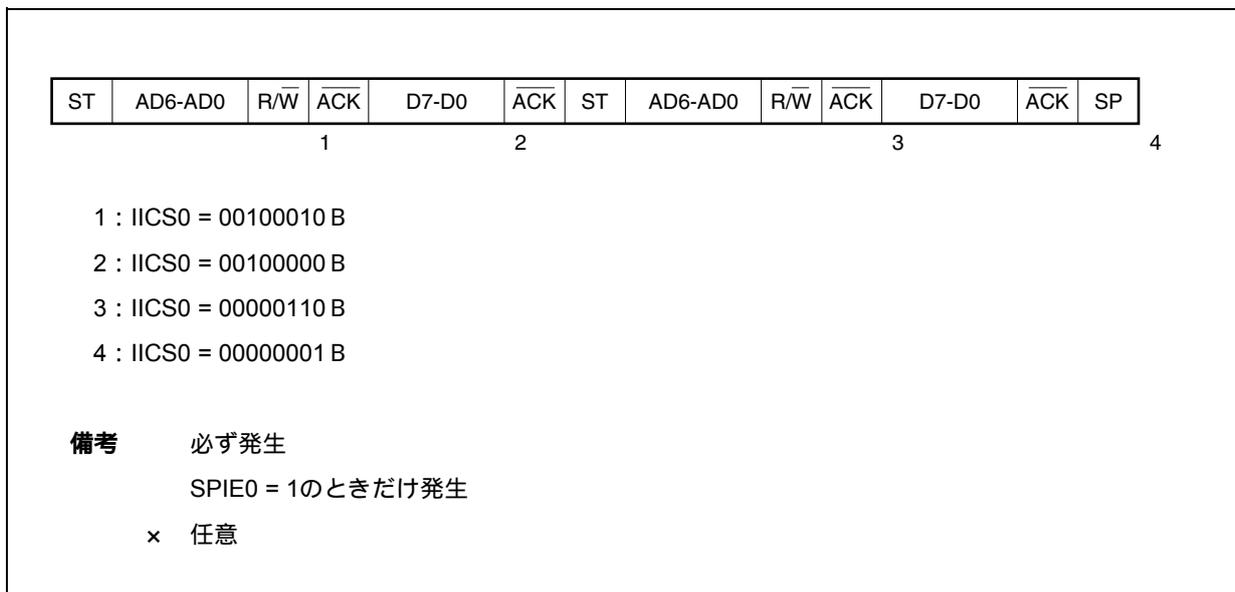
6 : IICS0 = 0010 x x 00 B

7 : IICS0 = 00000001 B

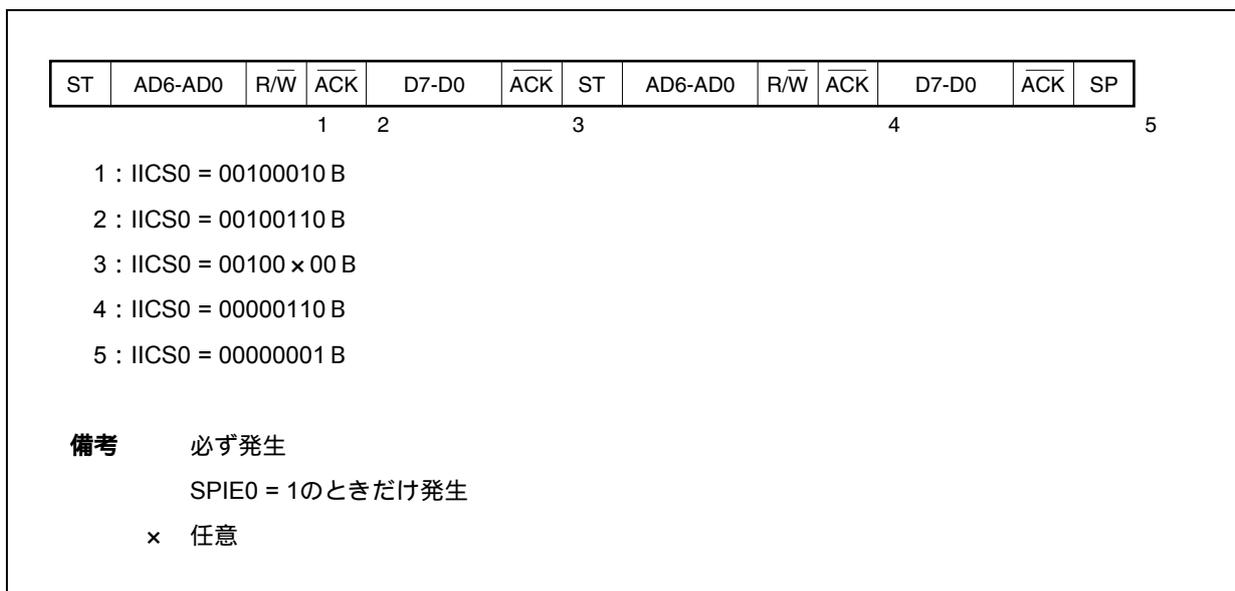
備考 必ず発生
SPIE0 = 1のときだけ発生
× 任意

(d) Start ~ Code ~ Data ~ Start ~ Address ~ Data ~ Stop

(i) WTIM0 = 0のとき (リスタート後, アドレス不一致 (拡張コード以外))

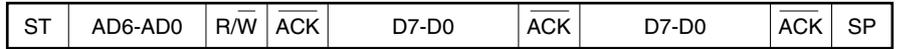


(ii) WTIM0 = 1のとき (リスタート後, アドレス不一致 (拡張コード以外))



(4) 通信不参加の動作

(a) Start ~ Code ~ Data ~ Data ~ Stop



1

1 : IICS0 = 00000001 B

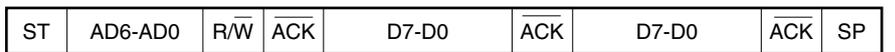
備考 SPIE0 = 1のときだけ発生

(5) アービトレーション負けの動作 (アービトレーション負けのあと, スレーブとして動作)

マルチマスタ・システムでマスタとして使用する場合は, INTIIC0割り込み要求信号の発生ごとにMSTS0ビットをリードし, アービトレーション結果を確認してください。

(a) スレーブ・アドレス・データ送信中にアービトレーションに負けた場合

(i) WTIM0 = 0のとき



1

2

3

4

1 : IICS0 = 0101 x 110 B

2 : IICS0 = 0001 x 000 B

3 : IICS0 = 0001 x 000 B

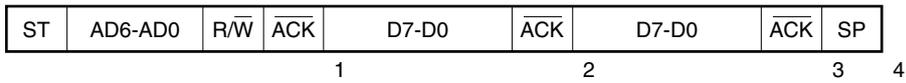
4 : IICS0 = 00000001 B

備考 必ず発生

SPIE0 = 1のときだけ発生

x 任意

(ii) WTIM0 = 1のとき



1 : IICS0 = 0101 × 110 B

2 : IICS0 = 0001 × 100 B

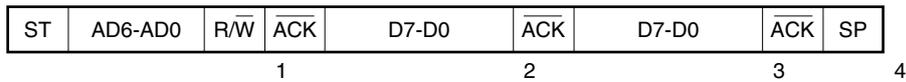
3 : IICS0 = 0001 × × 00 B

4 : IICS0 = 00000001 B

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意

(b) 拡張コード送信中にアービトレーションに負けた場合

(i) WTIM0 = 0のとき



1 : IICS0 = 0110 × 010 B

2 : IICS0 = 0010 × 000 B

3 : IICS0 = 0010 × 000 B

4 : IICS0 = 00000001 B

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意

(ii) WTIM0 = 1のとき

ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	D7-D0	ACK	SP
			1 2		3		4	5

1 : IICS0 = 0110 × 010 B

2 : IICS0 = 0010 × 110 B

3 : IICS0 = 0010 × 100 B

4 : IICS0 = 0010 × × 00 B

5 : IICS0 = 00000001 B

- 備考** 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意

(6) アービトレーション負けの動作 (アービトレーション負けのあと, 不参加)

マルチマスタ・システムでマスタとして使用する場合は, INTIIC0割り込み要求信号の発生ごとにMSTS0ビットをリードし, アービトレーション結果を確認してください。

(a) スレーブ・アドレス・データ送信中にアービトレーションに負けた場合 (WTIM0 = 1のとき)

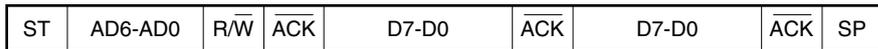
ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	D7-D0	ACK	SP
			1					2

1 : IICS0 = 01000110 B

2 : IICS0 = 00000001 B

- 備考** 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生

(b) 拡張コード送信中にアービトレーションに負けた場合



1

2

1 : IICS0 = 0110 x 010 B

ソフトウェアでLREL0 = 1を設定

2 : IICS0 = 00000001 B

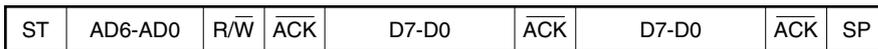
備考 必ず発生

SPIE0 = 1のときだけ発生

x 任意

(c) データ転送時にアービトレーションに負けた場合

(i) WTIM0 = 0のとき



1

2

3

1 : IICS0 = 10001110 B

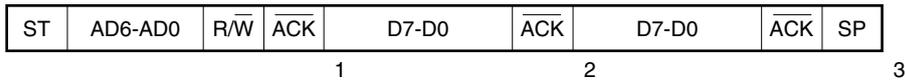
2 : IICS0 = 01000000 B

3 : IICS0 = 00000001 B

備考 必ず発生

SPIE0 = 1のときだけ発生

(ii) WTIMO = 1のとき



1 : IICS0 = 10001110 B

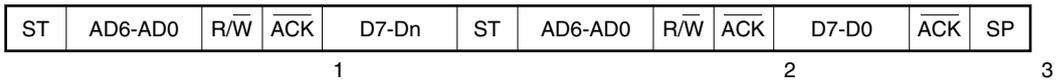
2 : IICS0 = 01000100 B

3 : IICS0 = 00000001 B

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生

(d) データ転送時にリスタート・コンディションで負けた場合

(i) 拡張コード以外 (例 SVA0不一致)



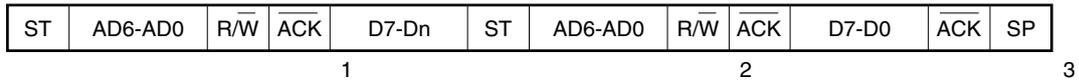
1 : IICS0 = 1000 × 110 B

2 : IICS0 = 01000110 B

3 : IICS0 = 00000001 B

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意
 n = 6-0

(ii) 拡張コード



1 : IICS0 = 1000 x 110 B

2 : IICS0 = 01100010 B

ソフトウェアでLREL0 = 1を設定

3 : IICS0 = 00000001 B

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意
 n = 6-0

(e) データ転送時にストップ・コンディションで負けた場合



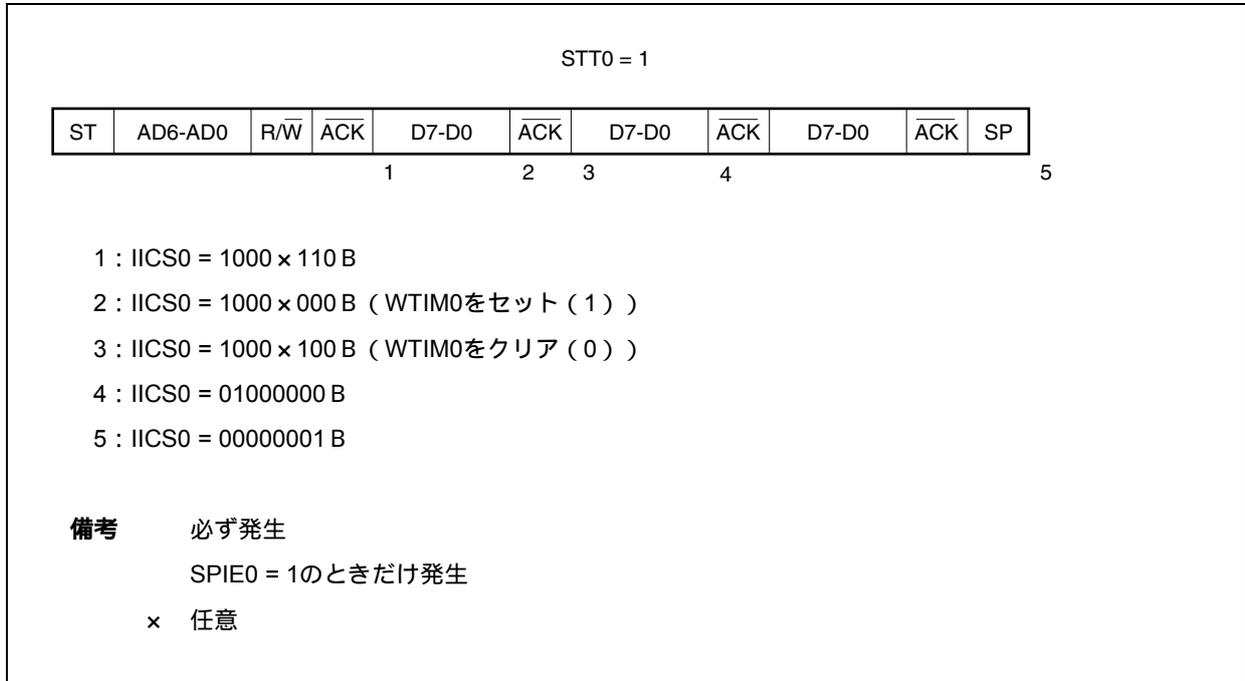
1 : IICS0 = 10000110 B

2 : IICS0 = 01000001 B

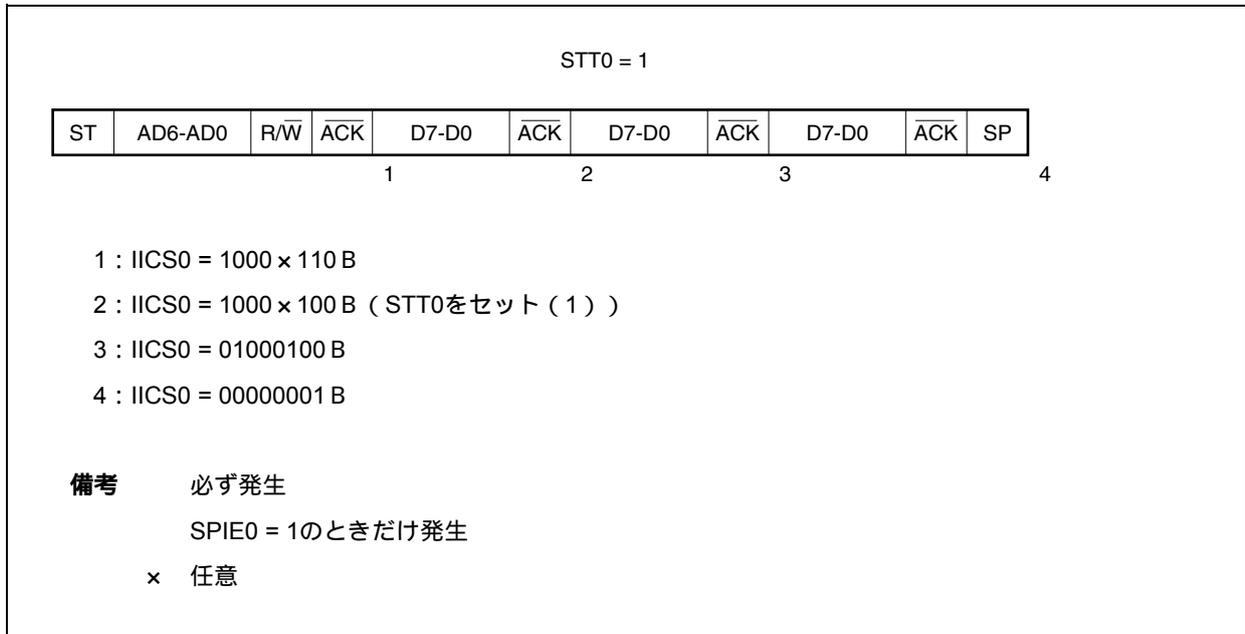
備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意
 n = 6-0

(f) リスタート・コンディションを発生しようとしたが、データがロウ・レベルでアービトレーションに負けた場合

(i) WTIM0 = 0のとき



(ii) WTIM0 = 1のとき



(g) リスタート・コンディションを発生しようとして、ストップ・コンディションでアービトレーションに負けた場合

(i) WTIM0 = 0のとき

STT0 = 1

ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	SP
			1		2	3 4

1 : IICS0 = 1000 × 110 B
 2 : IICS0 = 1000 × 000 B (WTIM0をセット (1))
 3 : IICS0 = 1000 × × 00 B (STT0をセット (1))
 4 : IICS0 = 01000001 B

備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意

(ii) WTIM0 = 1のとき

STT0 = 1

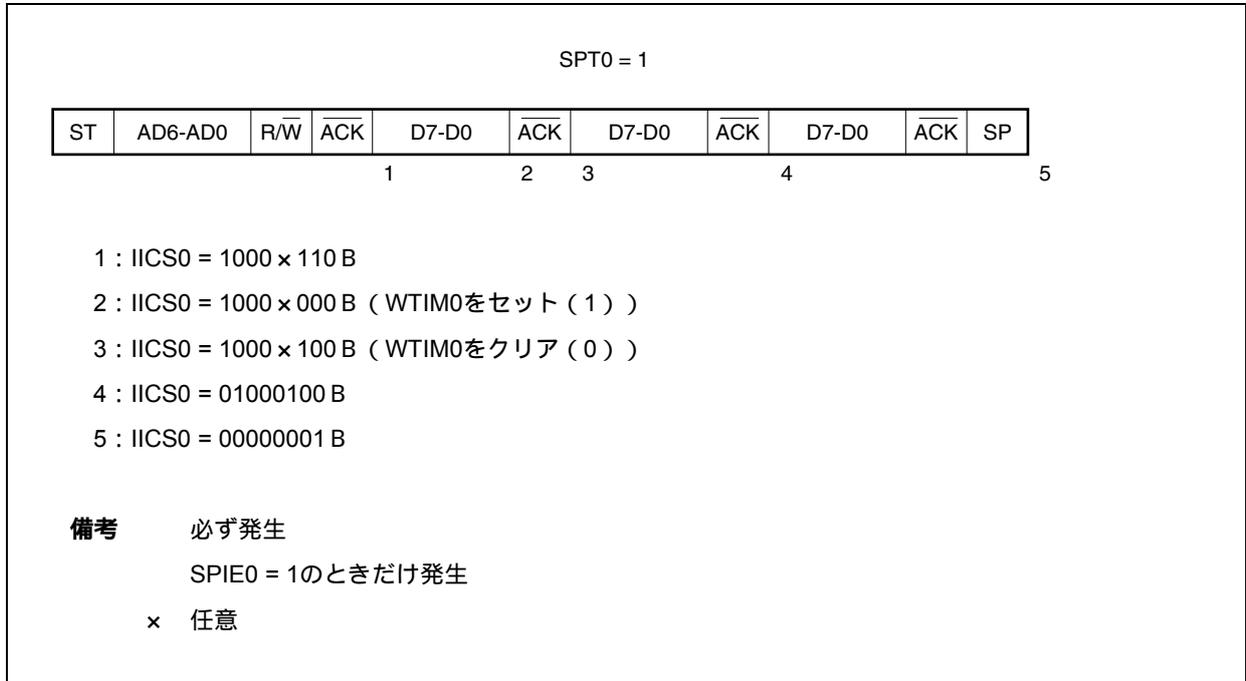
ST	AD6-AD0	R/W	ACK	D7-D0	ACK	SP
			1		2	3

1 : IICS0 = 1000 × 110 B
 2 : IICS0 = 1000 × × 00 B (STT0をセット (1))
 3 : IICS0 = 01000001 B

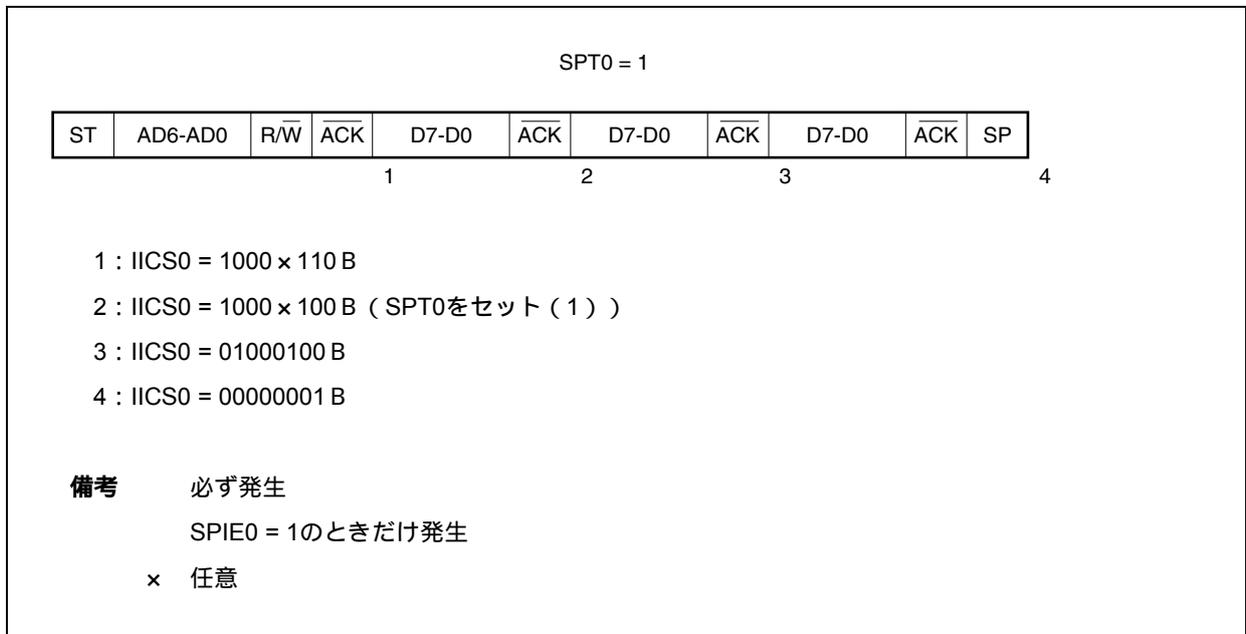
備考 必ず発生
 SPIE0 = 1のときだけ発生
 × 任意

(h) ストップ・コンディションを発生しようとしたが、データがロウ・レベルでアービトレーションに負けた場合

(i) WTIM0 = 0のとき



(ii) WTIM0 = 1のとき



15.6 タイミング・チャート

I²Cバス・モードでは、マスタがシリアル・バス上にアドレスを出力することで複数のスレーブ・デバイスの中から通信対象となるスレーブ・デバイスを1つ選択します。

マスタは、スレーブ・アドレスの次にデータの転送方向を示すTRC0ビット（IIC状態レジスタ0（IICS0）のビット3）を送信し、スレーブとのシリアル通信を開始します。

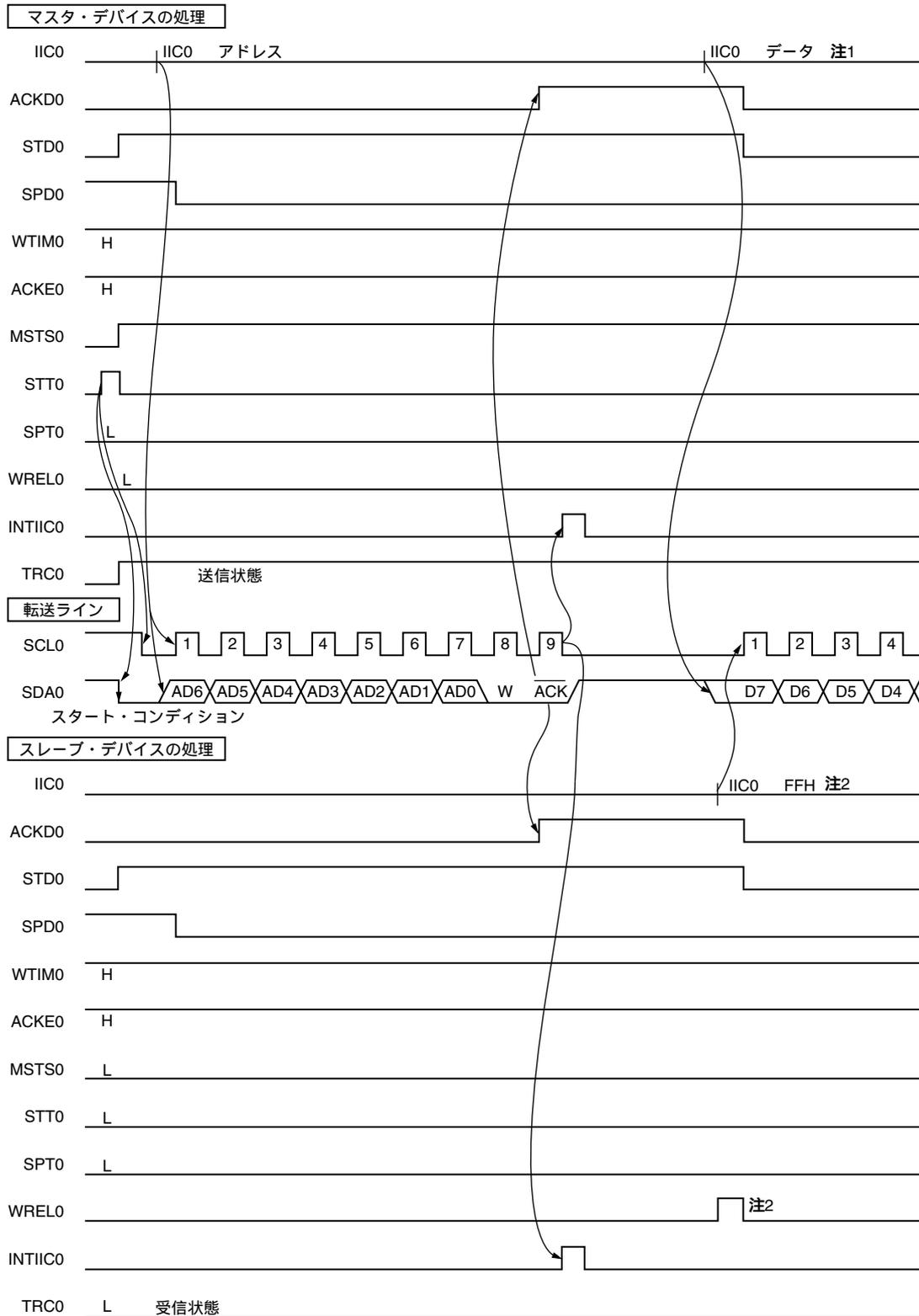
データ通信のタイミング・チャートを図15 - 27, 図15 - 28に示します。

シリアル・クロック（SCL0）の立ち下がりに同期してIICシフト・レジスタ0（IIC0）のシフト動作が行われ、送信データがSO0ラッチに転送され、SDA0端子からMSBファーストで出力されます。

また、SCL0の立ち上がりでSDA0端子に入力されたデータがIIC0に取り込まれます。

図15 - 27 マスタ スレーブ通信例 (マスタ, スレーブとも9クロック・ウエイト選択時) (1/3)

(1) スタート・コンディション~アドレス

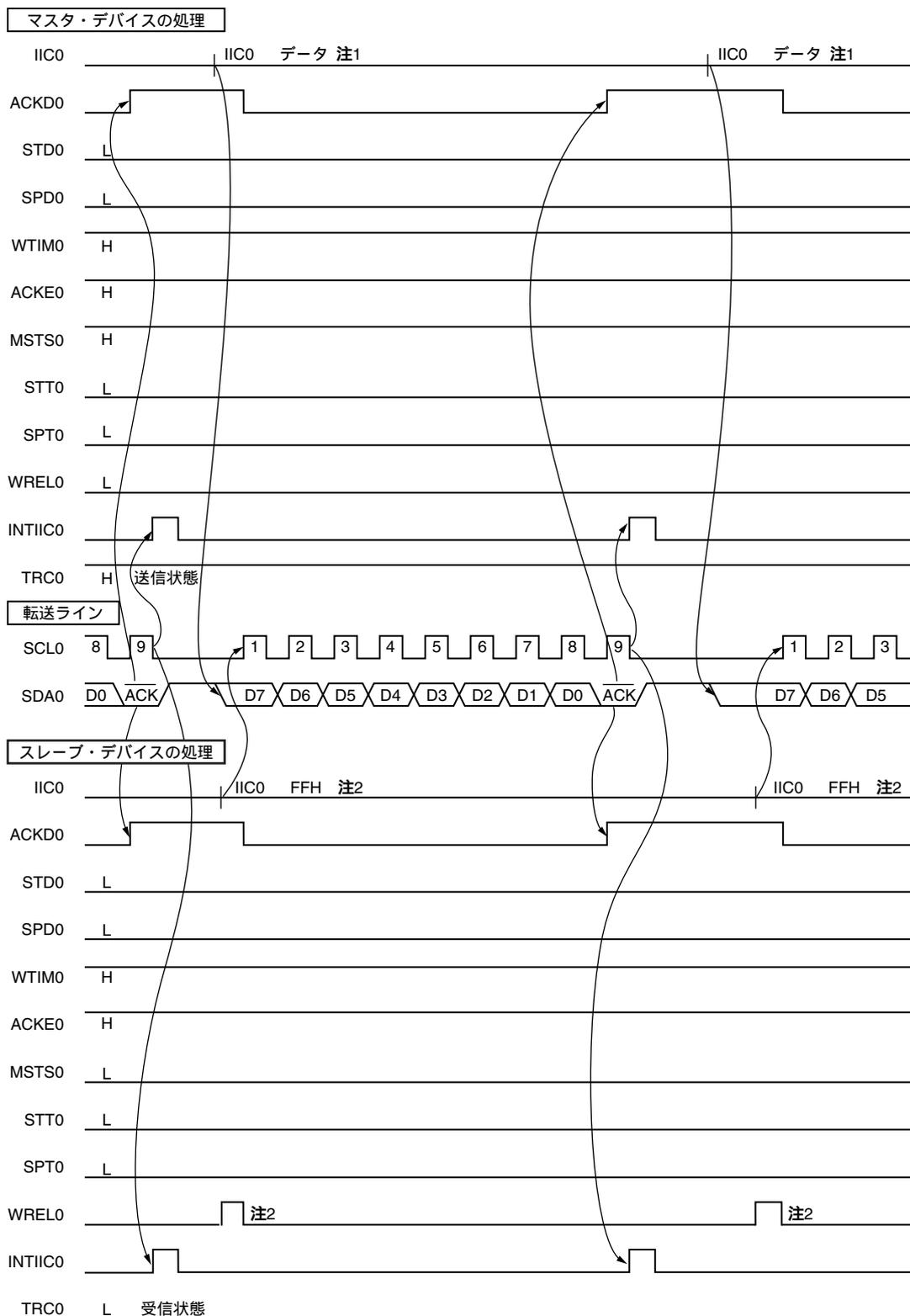


注1. マスタ送信時のウエイト解除は、WREL0のセットではなく、IIC0へのデータ書き込みで行ってください。

2. スレーブ・ウエイト解除は、IIC0 FFHまたはWREL0のセットのどちらかで行ってください。

図15 - 27 マスタ スレーブ通信例 (マスタ, スレーブとも9クロック・ウエイト選択時) (2/3)

(2) データ

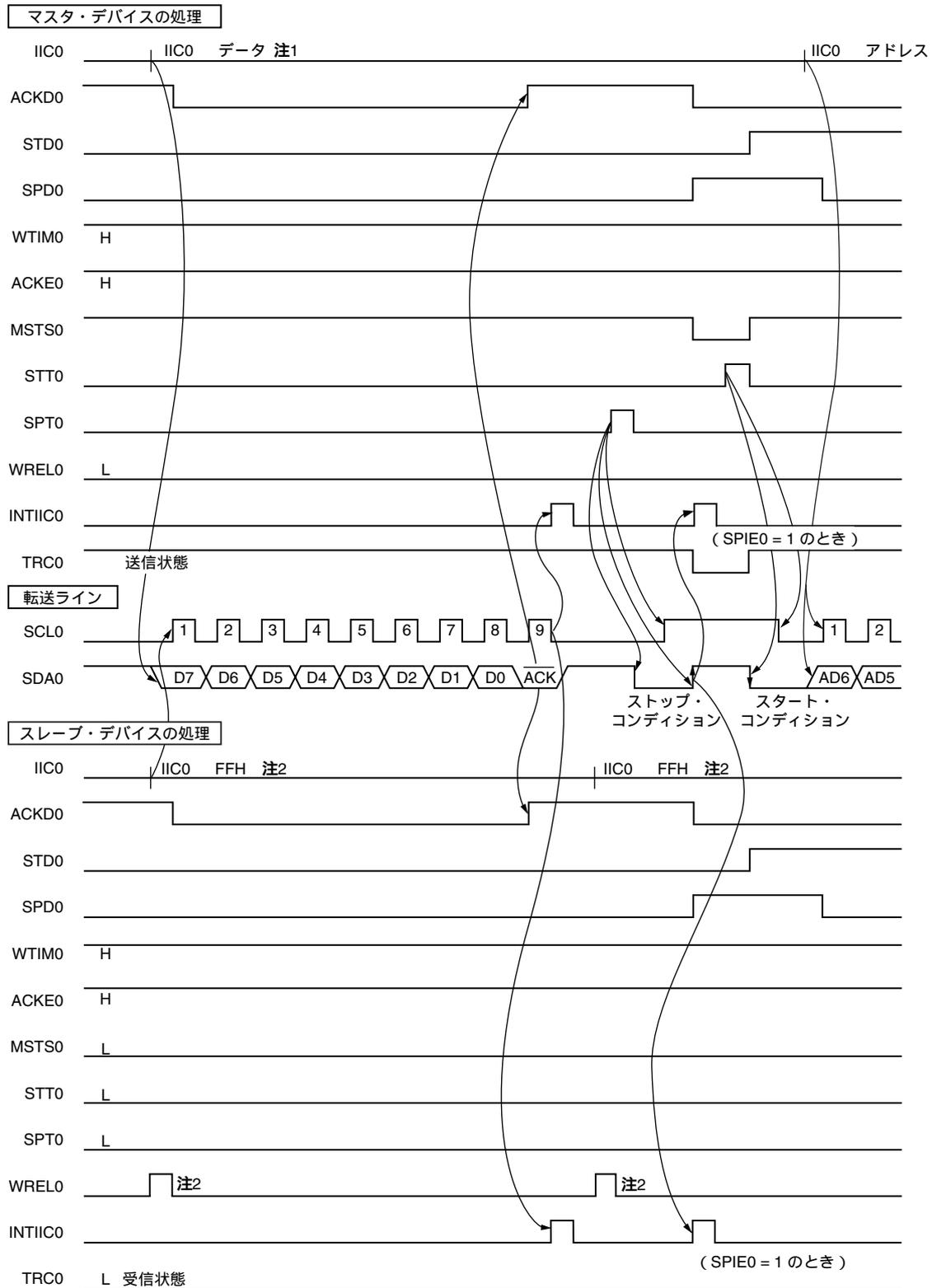


注1. マスタ送信時のウエイト解除は、WREL0のセットではなく、IIC0へのデータ書き込みで行ってください。

2. スレーブ・ウエイト解除は、IIC0 FFHまたはWREL0のセットのどちらかで行ってください。

図15 - 27 マスタ スレーブ通信例 (マスタ, スレーブとも9クロック・ウエイト選択時) (3/3)

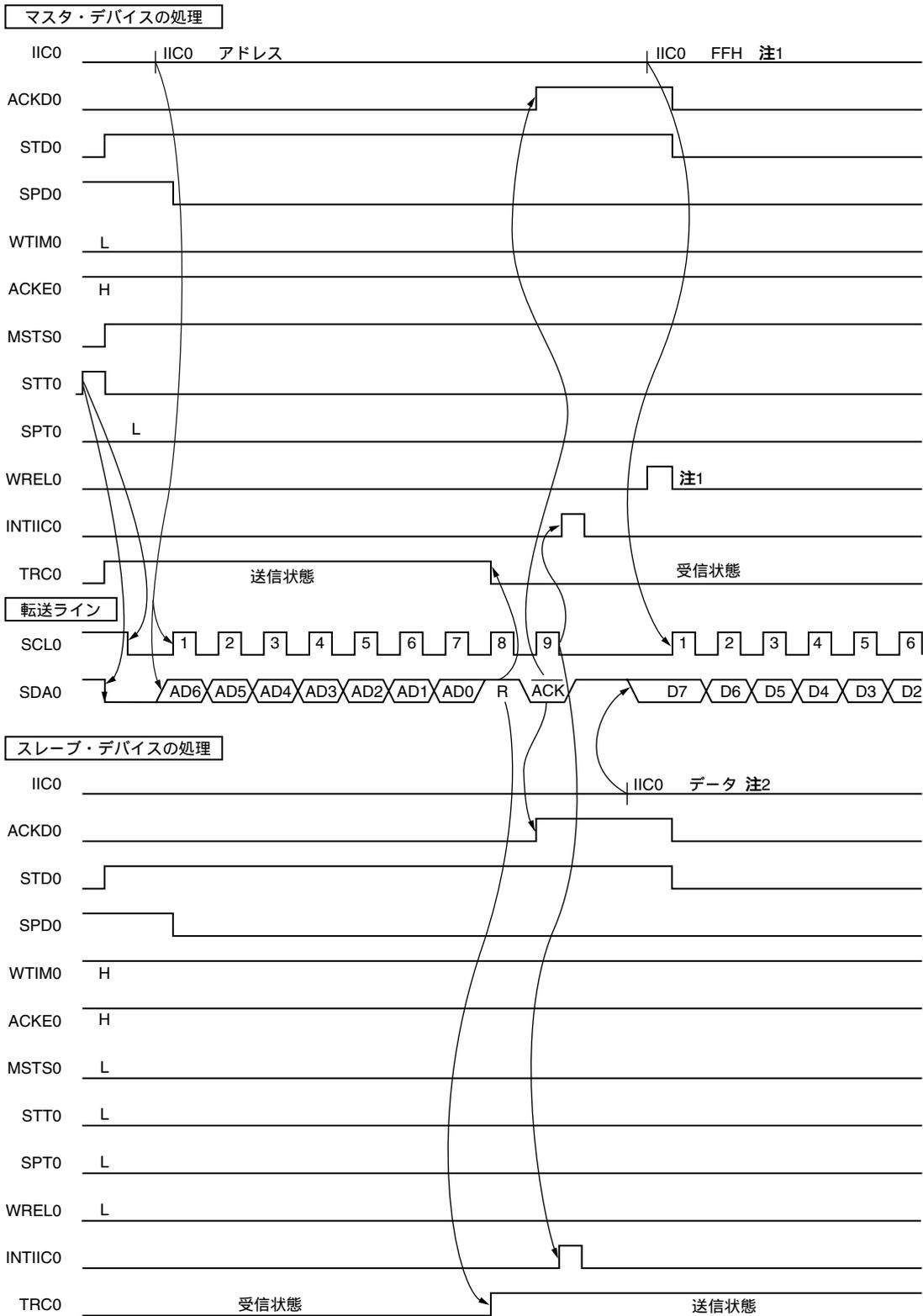
(3) ストップ・コンディション



- 注1. マスタ送信時のウエイト解除は、WREL0のセットではなく、IIC0へのデータ書き込みで行ってください。
2. スレーブ・ウエイト解除は、IIC0 FFHまたはWREL0のセットのどちらかで行ってください。

図15 - 28 スレーブ マスタ通信例 (マスタ: 8クロック, スレーブ: 9クロックでウェイト選択時) (1/3)

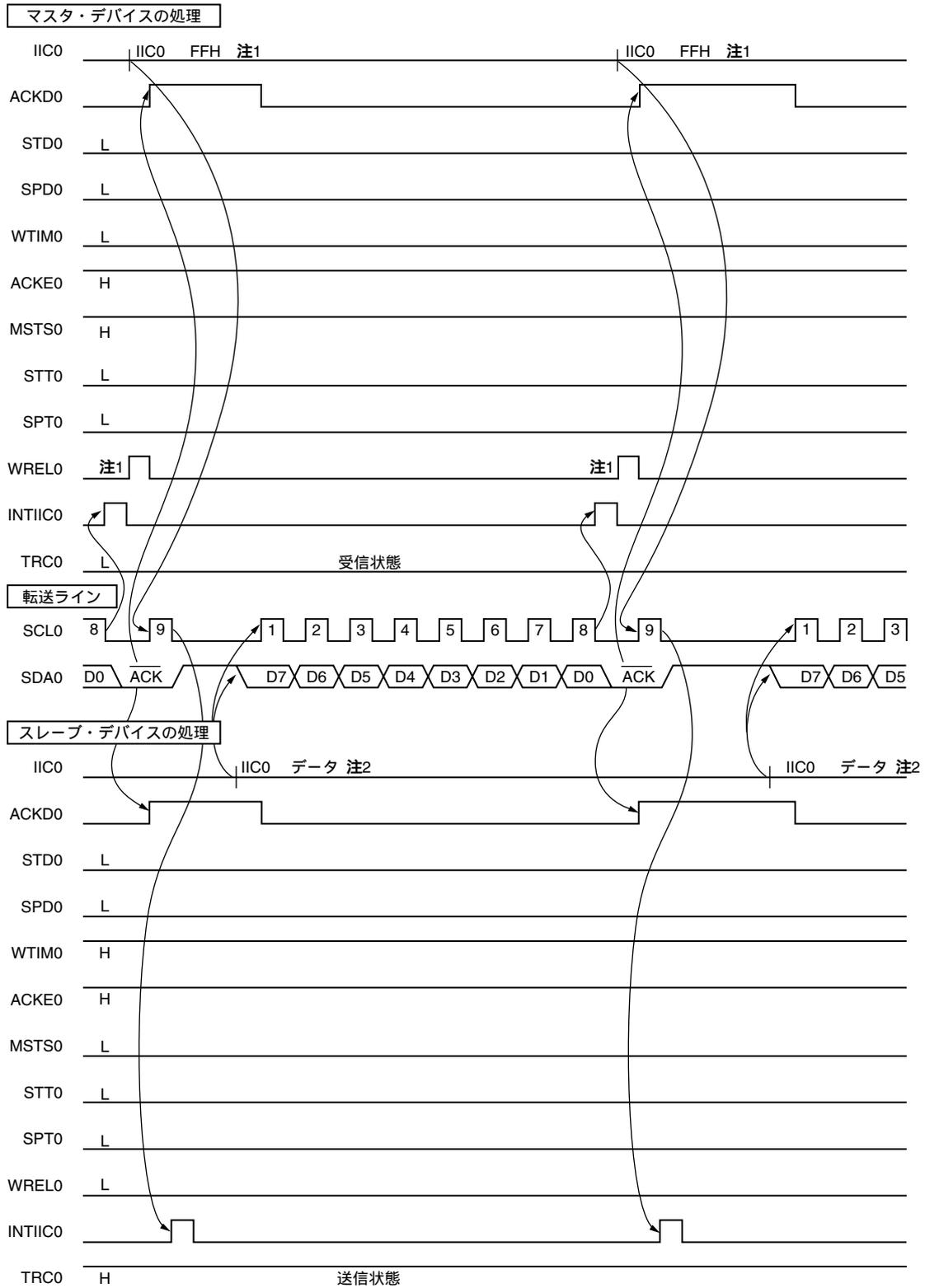
(1) スタート・コンディション~アドレス



- 注1. マスタ・ウェイト解除は, IIC0 FFHまたはWRELOのセットのどちらかで行ってください。
 2. スレーブ送信時のウェイト解除は, WRELOのセットではなく, IIC0へのデータ書き込みで行ってください。

図15 - 28 スレーブ マスタ通信例 (マスタ: 8クロック, スレーブ: 9クロックでウエイト選択時) (2/3)

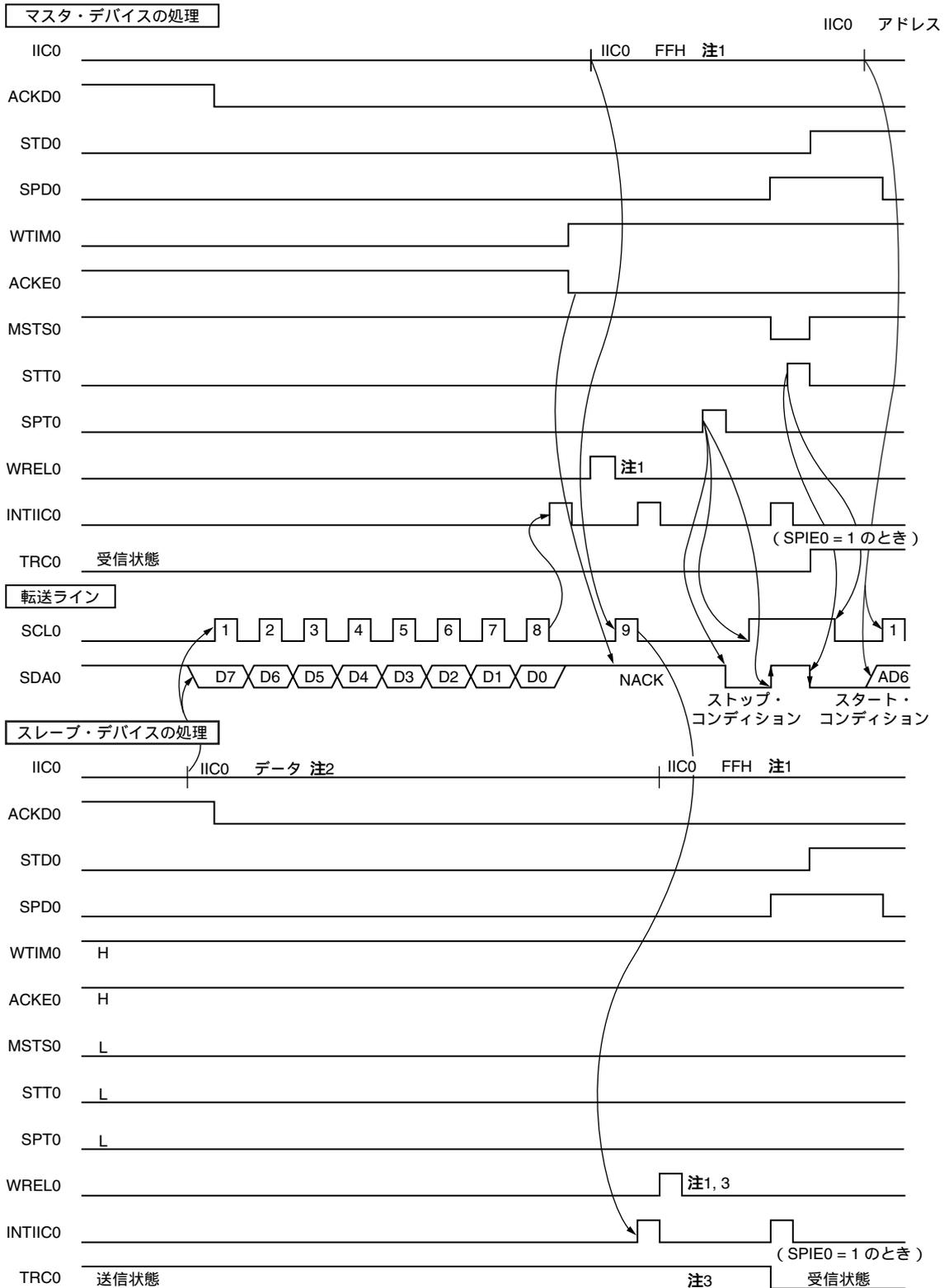
(2) データ



- 注1. マスタ・ウエイト解除は, IIC0 FFHまたはWRELOのセットのどちらかで行ってください。
- 2. スレーブ送信時のウエイト解除は, WRELOのセットではなく, IIC0へのデータ書き込みで行ってください。

図15 - 28 スレーブ マスタ通信例 (マスタ: 8 クロック, スレーブ: 9クロックでウエイト選択時) (3/3)

(3) ストップ・コンディション



第16章 割り込み機能

16.1 割り込み機能の種類

割り込み機能には、次の2種類があります。

(1) マスカブル割り込み

マスク制御を受ける割り込みです。優先順位指定フラグ・レジスタ (PR0L, PR0H, PR1L, PR1H) の設定により、割り込み優先順位を高い優先順位のグループと低い優先順位のグループに分けることができます。高い優先順位の割り込みは、低い優先順位の割り込みに対して、多重割り込みをすることができます。また、同一優先順位を持つ複数の割り込み要求が同時に発生しているときは、ベクタ割り込み処理の優先順位 (プライオリティ) にしたがって処理されます。優先順位 (プライオリティ) については表16 - 1を参照してください。

スタンバイ・リリース信号を発生し、STOPモード、HALTモードを解除します。

マスカブル割り込みには、外部割り込み要求と内部割り込み要求があります。

外部 : 6, 内部 : 14

(2) ソフトウェア割り込み

BRK命令の実行によって発生するベクタ割り込みです。割り込み禁止状態でも受け付けられます。また、割り込み優先順位制御の対象になりません。

注意 P30/INTP1端子はパッケージ内部で、定電流ドライバ部のSH端子と接続されています。これにより、SH端子からの出力を、CPU部の割り込み機能にて確認することができます。

16.2 割り込み要因と構成

割り込み要因には、マスカブル割り込み、ソフトウェア割り込みをあわせて、合計21要因あります。また、それ以外にリセット要因が最大で合計4要因あります (表16 - 1参照)。

表16 - 1 割り込み要因一覧

割り込みの種類	デフォルト・プライオリティ ^{注1}	割り込み要因		内部 / 外部	ベクタ・テーブル・アドレス	基本構成タイプ ^{注2}
		名称	トリガ			
マスクابل	0	INTLVI	低電圧検出 ^{注3}	内部	0004H	(A)
	1	INTP0	端子入力エッジ検出	外部	0006H	(B)
	2	INTP1			0008H	
	3	INTP2			000AH	
	4	INTP3			000CH	
	5	INTP4			000EH	
	6	INTP5			0010H	
	7	INTSRE6	UART6の受信エラー発生	内部	0012H	(A)
	8	INTSR6	UART6の受信完了		0014H	
	9	INTST6	UART6の送信完了		0016H	
	10	INTCSI10 / INTST0	CSI10の通信完了/UART0の送信完了		0018H	
	11	INTTMH1	TMH1とCMP01の一致(コンペア・レジスタ指定時)		001AH	
	12	INTTMH0	TMH0とCMP00の一致(コンペア・レジスタ指定時)		001CH	
	13	INTTM50	TM50とCR50の一致(コンペア・レジスタ指定時)		001EH	
	14	INTTM000	TM00とCR000の一致(コンペア・レジスタ指定時), T1010端子の有効エッジ検出(キャプチャ・レジスタ指定時)		0020H	
	15	INTTM010	TM00とCR010の一致(コンペア・レジスタ指定時), T1000端子の有効エッジ検出(キャプチャ・レジスタ指定時)		0022H	
	16	INTAD	A/D変換終了		0024H	
	17	INTSR0	UART0受信完了または受信エラー発生		0026H	
	18	INTTM51 ^{注4}	TM51とCR51の一致(コンペア・レジスタ指定時)		002AH	
19	INTIIC0	IIC0通信完了	0034H			
ソフトウェア	-	BRK	BRK命令の実行	-	003EH	(C)
リセット	-	RESET	RESET端子入力	-	0000H	-
		POC	パワーオン・クリア			
		LVI	低電圧検出 ^{注5}			
		WDT	WDTのオーバーフロー			

注1. デフォルト・プライオリティは、複数のマスクابل割り込みが同時に発生している場合に、優先して処理するベクタ割り込みの順位です。0が最高順位、19が最低順位です。

2. 基本構成タイプの(A)-(C)は、それぞれ図16-1の(A)-(C)に対応しています。

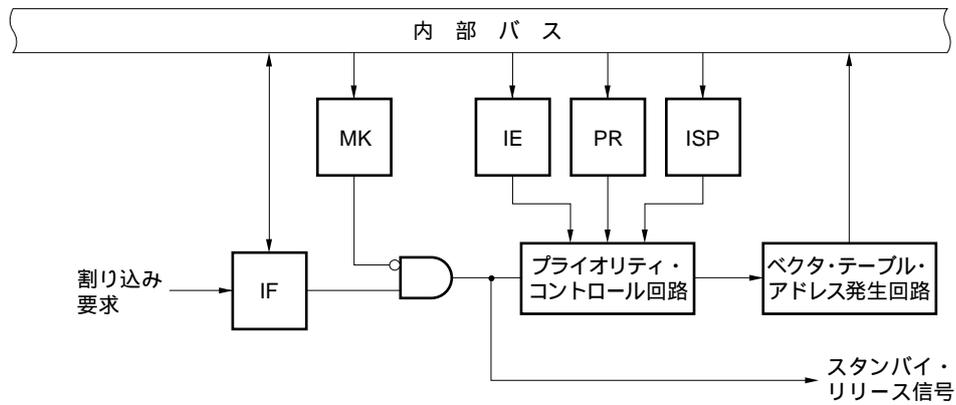
3. 低電圧検出レジスタ(LVIM)のビット1(LVIMD) = 0選択時。

4. 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ51をキャリア・ジェネレータ・モードで使用する場合、INTTM5H1信号の発生タイミングで割り込みが発生します(図9-13 転送タイミングを参照)。

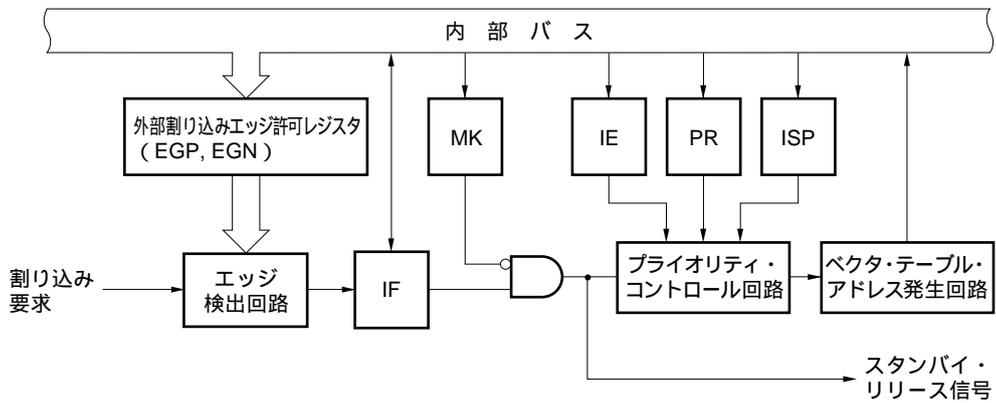
5. 低電圧検出レジスタ(LVIM)のビット1(LVIMD) = 1選択時。

図16 - 1 割り込み機能の基本構成

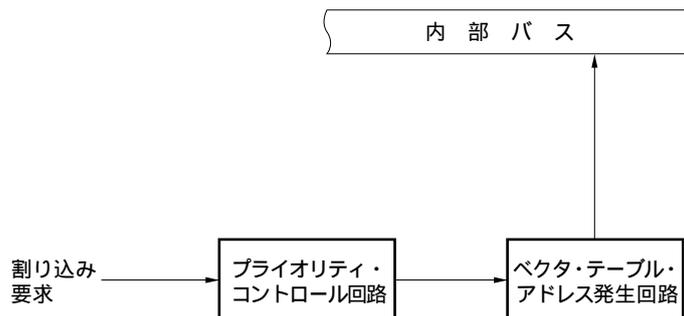
(A) 内部マスク割り込み



(B) 外部マスク割り込み (INTP0-INTP5)



(C) ソフトウェア割り込み



- IF : 割り込み要求フラグ
- IE : 割り込み許可フラグ
- ISP : インサーピス・プライオリティ・フラグ
- MK : 割り込みマスク・フラグ
- PR : 優先順位指定フラグ

16.3 割り込み機能を制御するレジスタ

割り込み機能は、次の6種類のレジスタで制御します。

- ・割り込み要求フラグ・レジスタ (IF0L, IF0H, IF1L, IF1H)
- ・割り込みマスク・フラグ・レジスタ (MK0L, MK0H, MK1L, MK1H)
- ・優先順位指定フラグ・レジスタ (PR0L, PR0H, PR1L, PR1H)
- ・外部割り込み立ち上がりエッジ許可レジスタ (EGP)
- ・外部割り込み立ち下がりエッジ許可レジスタ (EGN)
- ・プログラム・ステータス・ワード (PSW)

各割り込み要求ソースに対応する割り込み要求フラグ、割り込みマスク・フラグ、優先順位指定フラグ名称を表16 - 2に示します。

表16-2 割り込み要求ソースに対応する各種フラグ

割り込み要因	割り込み要求フラグ		割り込みマスク・フラグ		優先順位指定フラグ				
	レジスタ		レジスタ		レジスタ				
INTLVI	LVIF	IF0L	LVIMK	MK0L	LVIPR	PR0L			
INTP0	PIF0		PMK0		PPR0				
INTP1	PIF1		PMK1		PPR1				
INTP2	PIF2		PMK2		PPR2				
INTP3	PIF3		PMK3		PPR3				
INTP4	PIF4		PMK4		PPR4				
INTP5	PIF5		PMK5		PPR5				
INTSRE6	SREIF6		SREMK6		SREPR6				
INTSR6	SRIF6	IF0H	SRMK6	MK0H	SRPR6	PR0H			
INTST6	STIF6		STMK6		STPR6				
INTCSI10	CSIF10 ^{注1}		DUALIF0 ^{注1}		CSIMK10 ^{注2}		DUALMK0 ^{注2}	CSIPR10 ^{注3}	DUALPR0 ^{注3}
INTST0	STIF0 ^{注1}				STMK0 ^{注2}			STPR0 ^{注3}	
INTTMH1	TMIFH1		TMMKH1		TMPRH1				
INTTMH0	TMIFH0		TMMKH0		TMPRH0				
INTTM50	TMIF50		TMMK50		TMPR50				
INTTM000	TMIF000		TMMK000		TMPR000				
INTTM010	TMIF010		TMMK010		TMPR010				
INTAD	ADIF		IF1L		ADMK		MK1L	ADPR	PR1L
INTSR0	SRIF0	SRMK0		SRPR0					
INTTM51 ^{注4}	TMIF51	TMMK51		TMPR51					
INTIIC0	IICIF0	IF1H		IICMK0	MK1H	IICPR0		PR1H	

注1. 割り込み要因INTCSI10とINTST0のうち、どちらかが発生したらIF0Hのビット2はセット(1)されます。

2. MK0Hのビット2は、割り込み要因INTCSI10とINTST0の両方に対応しています。

3. PR0Hのビット2は、割り込み要因INTCSI10とINTST0の両方に対応しています。

4. 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ51をキャリア・ジェネレータ・モードで使用する場合、INTTM5H1信号の発生タイミングで割り込みが発生します(図9-13 転送タイミングを参照)。

(1) 割り込み要求フラグ・レジスタ (IF0L, IF0H, IF1L, IF1H)

割り込み要求フラグは、対応する割り込み要求の発生または命令の実行によりセット (1) され、割り込み要求受け付け時、リセット信号発生時または命令の実行によりクリア (0) されるフラグです。

割り込みが受け付けられた場合、まず割り込み要求フラグが自動的にクリアされてから割り込みルーチンに入ります。

IF0L, IF0H, IF1L, IF1Hは、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。また、IF0LとIF0H, IF1LとIF1Hをあわせて16ビット・レジスタIF0, IF1として使用するときには、16ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、00Hになります。

図16 - 2 割り込み要求フラグ・レジスタ (IF0L, IF0H, IF1L, IF1H) のフォーマット

アドレス : FFE0H リセット時 : 00H R/W

略号	[7]	[6]	[5]	[4]	[3]	[2]	[1]	[0]
IF0L	SREIF6	PIF5	PIF4	PIF3	PIF2	PIF1	PIF0	LVIF

アドレス : FFE1H リセット時 : 00H R/W

略号	[7]	[6]	[5]	[4]	[3]	[2]	[1]	[0]
IF0H	TMIF010	TMIF000	TMIF50	TMIFH0	TMIFH1	DUALIF0 CSIF10 STIF0	STIF6	SRIF6

アドレス : FFE2H リセット時 : 00H R/W

略号	7	6	5	4	[3]	2	[1]	[0]
IF1L	0	0	0	0	TMIF51	0	SRIF0	ADIF

アドレス : FFE3H リセット時 : 00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	[0]
IF1H	0	0	0	0	0	0	0	IICIF0

XXIFX	割り込み要求フラグ
0	割り込み要求信号が発生していない
1	割り込み要求信号が発生し、割り込み要求状態

注意1 . IF1Lのビット2, 4-7, IF1Hのビット1-7には必ず0を設定してください。

- 2 . タイマ, シリアル・インタフェース, A/Dコンバータなどをスタンバイ解除後に動作させる場合、いったん割り込み要求フラグをクリアしてから動作させてください。ノイズなどにより割り込み要求フラグがセットされる場合があります。

注意3. 割り込み要求フラグ・レジスタのフラグ操作には、1ビット・メモリ操作命令 (CLR1) を使用してください。C言語での記述の場合は、コンパイルされたアセンブラが1ビット・メモリ操作命令 (CLR1) になっている必要があるため、「IF0L.0 = 0;」や「_asm("clr1 IF0L,0");」のようなビット操作命令を使用してください。

なお、C言語で「IF0L & = 0xfe;」のように8ビット・メモリ操作命令で記述した場合、コンパイルすると3命令のアセンブラになります。

```
mov a, IF0L
and a, #0FEH
mov IF0L, a
```

この場合、「mov a, IF0L」後から「mov IF0L, a」の間のタイミングで、同一の割り込み要求フラグ・レジスタ (IF0L) の他ビットの要求フラグがセット (1) されても、「mov IF0L, a」でクリア (0) されます。したがって、C言語で8ビット・メモリ操作命令を使用する場合は注意が必要です。

(2) 割り込みマスク・フラグ・レジスタ (MK0L, MK0H, MK1L, MK1H)

割り込みマスク・フラグは、対応するマスカブル割り込み処理の許可/禁止を設定するフラグです。

MK0L, MK0H, MK1L, MK1Hは、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。また、MK0LとMK0H, MK1LとMK1Hをあわせて16ビット・レジスタMK0, MK1として使用するときは、16ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、FFHになります。

図16 - 3 割り込みマスク・フラグ・レジスタ (MK0L, MK0H, MK1L, MK1H) のフォーマット

アドレス : FFE4H リセット時 : FFH R/W

略号	[7]	[6]	[5]	[4]	[3]	[2]	[1]	[0]
MK0L	SREMK6	PMK5	PMK4	PMK3	PMK2	PMK1	PMK0	LVIMK

アドレス : FFE5H リセット時 : FFH R/W

略号	[7]	[6]	[5]	[4]	[3]	[2]	[1]	[0]
MK0H	TMMK010	TMMK000	TMMK50	TMMKH0	TMMKH1	DUALMK0 CSIMK10 STMK0	STMK6	SRMK6

アドレス : FFE6H リセット時 : FFH R/W

略号	7	6	5	4	[3]	2	[1]	[0]
MK1L	1	1	1	1	TMMK51	1	SRMK0	ADMK

アドレス : FFE7H リセット時 : FFH R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	[0]
MK1H	1	1	1	1	1	1	1	IICMK0

XXMKX	割り込み処理の制御
0	割り込み処理許可
1	割り込み処理禁止

注意 MK1Lのビット2, 4-7, MK1Hのビット1-7には必ず1を設定してください。

(3) 優先順位指定フラグ・レジスタ (PR0L, PR0H, PR1L, PR1H)

優先順位指定フラグは、対応するマスカブル割り込みの優先順位を設定するフラグです。

PR0L, PR0H, PR1L, PR1Hは、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。また、PR0LとPR0H, PR1LとPR1Hをあわせて16ビット・レジスタPR0, PR1として使用するときは、16ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、FFHになります。

図16-4 優先順位指定フラグ・レジスタ (PR0L, PR0H, PR1L, PR1H) のフォーマット

アドレス：FFE8H リセット時：FFH R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PR0L	SREPR6	PPR5	PPR4	PPR3	PPR2	PPR1	PPR0	LVIPR

アドレス：FFE9H リセット時：FFH R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PR0H	TMPR010	TMPR000	TMPR50	TMPRH0	TMPRH1	DUALPR0 CSIPR10 STPR0	STPR6	SRPR6

アドレス：FFEAH リセット時：FFH R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PR1L	1	1	1	1	TMPR51	1	SRPR0	ADPR

アドレス：FFE8H リセット時：FFH R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PR1H	1	1	1	1	1	1	1	IICPR0

XXPRX	優先順位レベルの選択
0	高優先順位レベル
1	低優先順位レベル

注意 PR1Lのビット2, 4-7, PR1Hのビット1-7には必ず1を設定してください。

(4)外部割り込み立ち上がりエッジ許可レジスタ(EGP),外部割り込み立ち下がりエッジ許可レジスタ(EGN)

INTP0-INTP5の有効エッジを設定するレジスタです。

EGP, EGNは、それぞれ1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、00Hになります。

図16 - 5 外部割り込み立ち上がりエッジ許可レジスタ (EGP) , 外部割り込み立ち下がりエッジ許可レジスタ (EGN) のフォーマット

アドレス : FF48H リセット時 : 00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
EGP	0	0	EGP5	EGP4	EGP3	EGP2	EGP1	EGP0

アドレス : FF49H リセット時 : 00H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
EGN	0	0	EGN5	EGN4	EGN3	EGN2	EGN1	EGN0

EGPn	EGNn	INTPn端子の有効エッジの選択 (n = 0-5)
0	0	エッジ検出禁止
0	1	立ち下がりエッジ
1	0	立ち上がりエッジ
1	1	立ち上がり, 立ち下がりの両エッジ

EGPnとEGNnに対応するポートを表16 - 3に示します。

表16 - 3 EGPnとEGNnに対応するポート

検出許可レジスタ		エッジ検出ポート	割り込み要求信号
EGP0	EGN0	P120	INTP0
EGP1	EGN1	P30	INTP1
EGP2	EGN2	P31	INTP2
EGP3	EGN3	P32	INTP3
EGP4	EGN4	P33	INTP4
EGP5	EGN5	P16	INTP5

注意 外部割り込み機能からポート機能に切り替える場合に、エッジ検出を行う可能性があるため、EGPnとEGNnを0に設定してからポート・モードに切り替えてください。

備考 n = 0-5

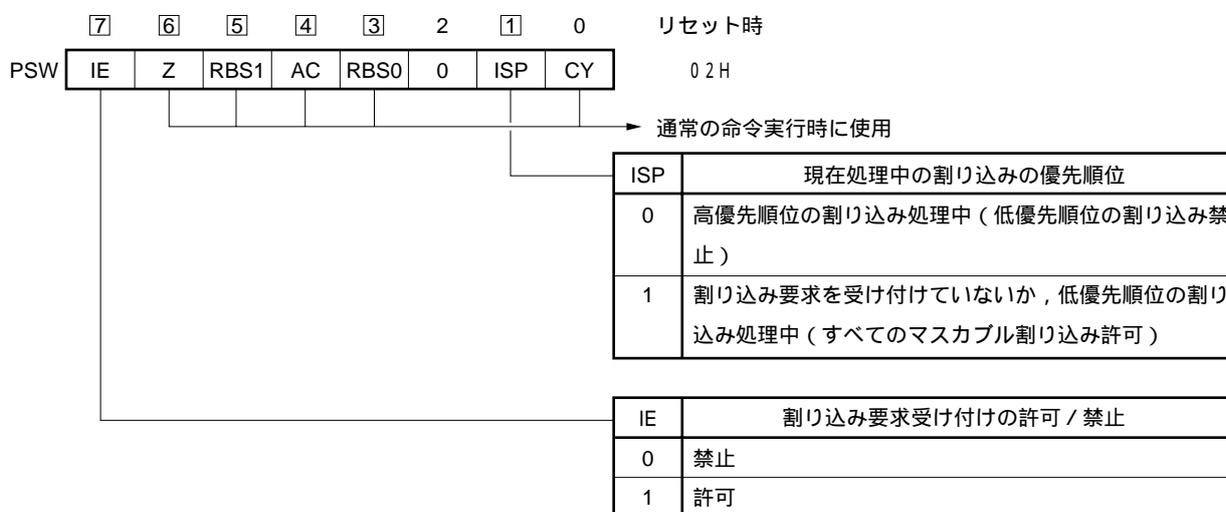
(5) プログラム・ステータス・ワード (PSW)

プログラム・ステータス・ワードは、命令の実行結果や割り込み要求に対する現在の状態を保持するレジスタです。マスク可能割り込みの許可 / 禁止を設定するIEフラグと多重割り込み処理の制御を行うISPフラグがマッピングされています。

8ビット単位で読み出し / 書き込み操作ができるほか、ビット操作命令や専用命令 (EI, DI) により操作ができます。また、ベクタ割り込み要求受け付け時および、BRK命令実行時には、PSWの内容は自動的にスタックに退避され、IEフラグはリセット (0) されます。また、マスク可能割り込み要求受け付け時には、受け付けた割り込みの優先順位指定フラグの内容がISPフラグに転送されます。PUSH PSW命令によってもPSWの内容はスタックに退避されます。RETI, RETB, POP PSW命令により、スタックから復帰します。

リセット信号の発生により、PSWは02Hとなります。

図16 - 6 プログラム・ステータス・ワードの構成



16.4 割り込み処理動作

16.4.1 マスカブル割り込み要求の受け付け動作

マスカブル割り込み要求は、割り込み要求フラグがセット(1)され、その割り込み要求のマスク(MK)フラグがクリア(0)されていると受け付けが可能な状態になります。ベクタ割り込み要求は、割り込み許可状態(IEフラグがセット(1)されているとき)であれば受け付けます。ただし、優先順位の高い割り込みを処理中(ISPフラグがリセット(0)されているとき)に低い優先順位に指定されている割り込み要求は受け付けられません。

マスカブル割り込み要求が発生してからベクタ割り込み処理が行われるまでの時間は表16-4のようになります。

割り込み要求の受け付けタイミングについては、図16-8, 16-9を参照してください。

表16-4 マスカブル割り込み要求発生から処理までの時間

	最小時間	最大時間 ^注
x × PR = 0のとき	7クロック	32クロック
x × PR = 1のとき	8クロック	33クロック

注 除算命令の直前に割り込み要求が発生したとき、ウェイトする時間が最大となります。

備考 1クロック : $1/f_{CPU}$ (f_{CPU} : CPUクロック)

複数のマスカブル割り込み要求が同時に発生したときは、優先順位指定フラグで高優先順位に指定されているものから受け付けられます。また、優先順位指定フラグで同一優先順位に指定されているときは、デフォルト優先順位の高い割り込みから受け付けられます。

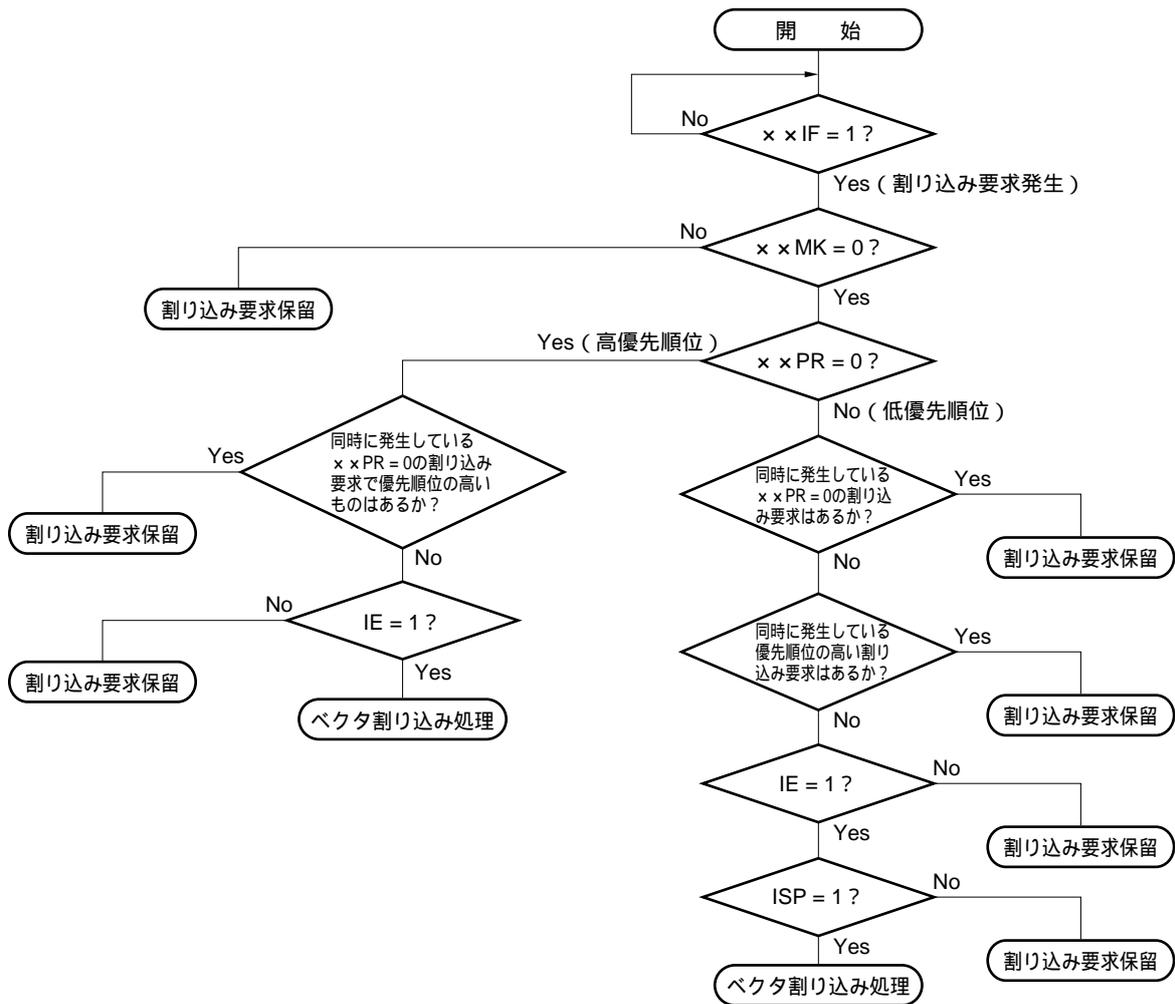
保留された割り込み要求は受け付け可能な状態になると受け付けられます。

割り込み要求受け付けのアルゴリズムを図16-7に示します。

マスカブル割り込み要求が受け付けられると、プログラム・ステータス・ワード(PSW)、プログラム・カウンタ(PC)の順に内容をスタックに退避し、IEフラグをリセット(0)し、受け付けた割り込みの優先順位指定フラグの内容をISPフラグへ転送します。さらに、割り込み要求ごとに決められたベクタ・テーブル中のデータをPCへロードし、分岐します。

RETI命令によって、割り込みから復帰できます。

図16 - 7 割り込み要求受け付け処理アルゴリズム



x x IF : 割り込み要求フラグ

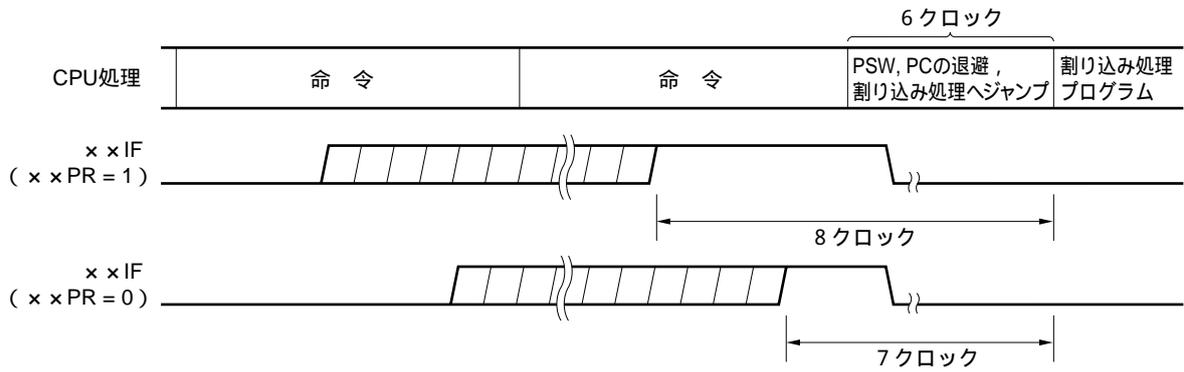
x x MK : 割り込みマスク・フラグ

x x PR : 優先順位指定フラグ

IE : マスカブル割り込み要求の受け付けを制御するフラグ (1 = 許可, 0 = 禁止)

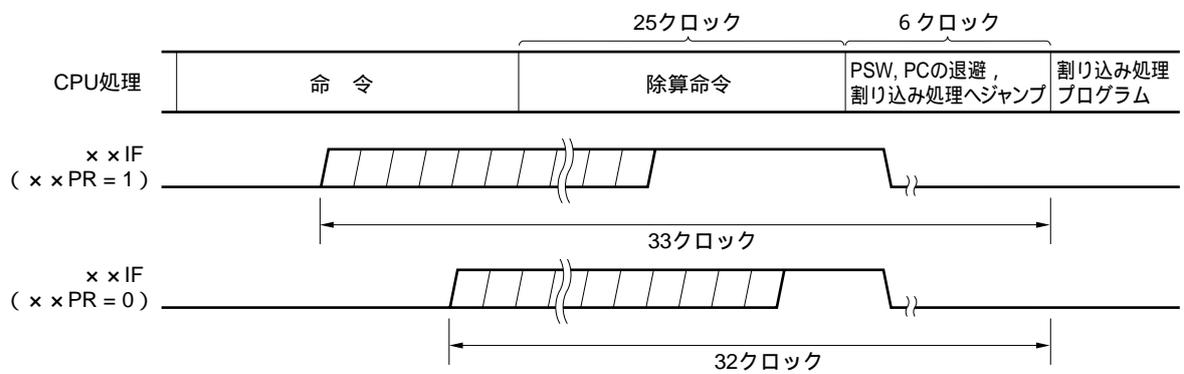
ISP : 現在処理中の割り込みの優先順位を示すフラグ (0 = 高優先順位の割り込み処理中, 1 = 割り込み要求を受け付けていない, または低優先順位の割り込み処理中)

図16 - 8 割り込み要求の受け付けタイミング (最小時間)



備考 1クロック : $1/f_{CPU}$ (f_{CPU} : CPUクロック)

図16 - 9 割り込み要求の受け付けタイミング (最大時間)



備考 1クロック : $1/f_{CPU}$ (f_{CPU} : CPUクロック)

16.4.2 ソフトウェア割り込み要求の受け付け動作

ソフトウェア割り込み要求はBRK命令の実行により受け付けられます。ソフトウェア割り込みは禁止することはできません。

ソフトウェア割り込み要求が受け付けられると、プログラム・ステータス・ワード (PSW)、プログラム・カウンタ (PC) の順に内容をスタックに退避し、IEフラグをリセット (0) し、ベクタ・テーブル (003EH, 003FH) の内容をPCにロードして分岐します。

RETB命令によって、ソフトウェア割り込みから復帰できます。

注意 ソフトウェア割り込みからの復帰にRETI命令を使用しないでください。

16.4.3 多重割り込み処理

割り込み処理中に、さらに別の割り込み要求を受け付けることを多重割り込みといいます。

多重割り込みは、割り込み要求受け付け許可状態 (IE = 1) になっていなければ発生しません。割り込み要求を受け付けられた時点で、割り込み要求は受け付け禁止状態 (IE = 0) になります。したがって、多重割り込みを許可するには、割り込み処理中にEI命令によってIEフラグをセット (1) して、割り込み許可状態にする必要があります。

また、割り込み許可状態であっても、多重割り込みが許可されない場合がありますが、これは割り込みの優先順位によって制御されます。割り込みの優先順位には、デフォルト優先順位とプログラマブル優先順位の2つがありますが、多重割り込みの制御はプログラマブル優先順位制御により行われます。

割り込み許可状態で、現在処理中の割り込みと同レベルか、それよりも高い優先順位の割り込み要求が発生した場合には、多重割り込みとして受け付けられます。現在処理中の割り込みより低い優先順位の割り込み要求が発生した場合には、多重割り込みとして受け付けられません。

割り込み禁止、または低優先順位のために多重割り込みが許可されなかった割り込み要求は保留されます。そして、現在の割り込み処理終了後、メイン処理の命令を少なくとも1命令実行後に受け付けられます。

表16-5に多重割り込み可能な割り込み要求の関係を、図16-10に多重割り込みの例を示します。

表16-5 割り込み処理中に多重割り込み可能な割り込み要求の関係

多重割り込み要求 処理中の割り込み		マスカブル割り込み要求				ソフトウェア 割り込み要求
		PR = 0		PR = 1		
		IE = 1	IE = 0	IE = 1	IE = 0	
マスカブル割り込み	ISP = 0		×	×	×	
	ISP = 1		×		×	
ソフトウェア割り込み			×		×	

備考1. : 多重割り込み可能。

2. × : 多重割り込み不可能。

3. ISP, IEはPSWに含まれるフラグです。

ISP = 0 : 高優先順位の割り込み処理中

ISP = 1 : 割り込み要求を受け付けていないか、低優先順位の割り込み処理中

IE = 0 : 割り込み要求受け付け禁止

IE = 1 : 割り込み要求受け付け許可

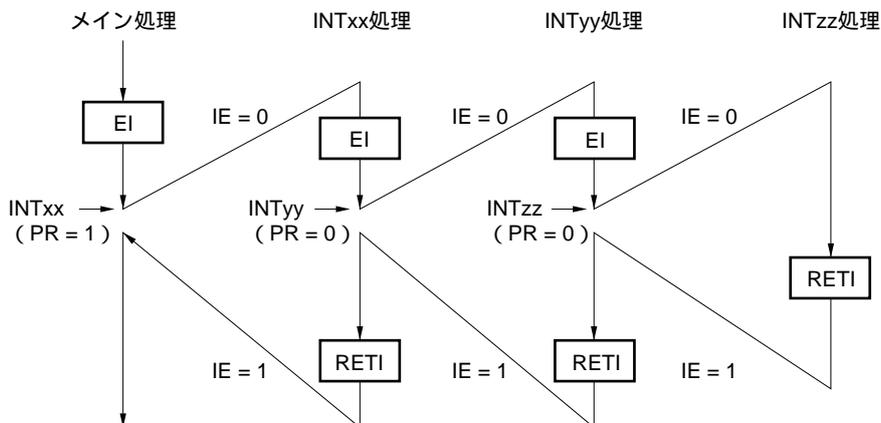
4. PRはPR0L, PR0H, PR1L, PR1Hに含まれるフラグです。

PR = 0 : 高優先順位レベル

PR = 1 : 低優先順位レベル

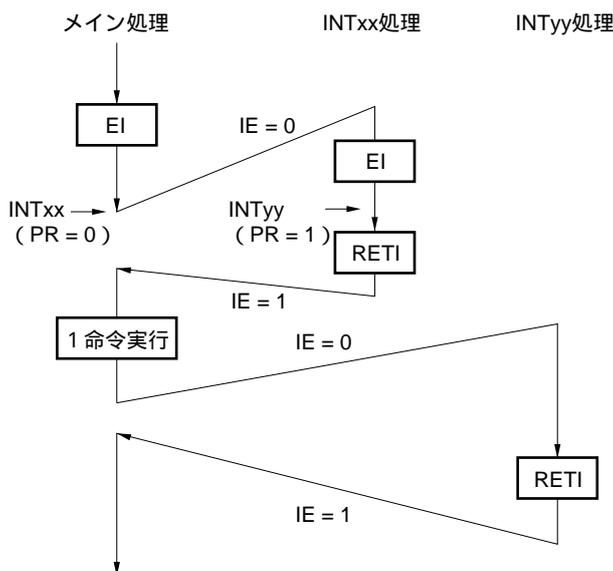
図16 - 10 多重割り込みの例 (1/2)

例1 . 多重割り込みが2回発生する例



割り込みINTxx処理中に、2つの割り込み要求INTyy, INTzzが受け付けられ、多重割り込みが発生する。各割り込み要求受け付けの前には、必ずEI命令を発行し、割り込み要求受け付け許可状態になっている。

例2 . 優先順位制御により、多重割り込みが発生しない例

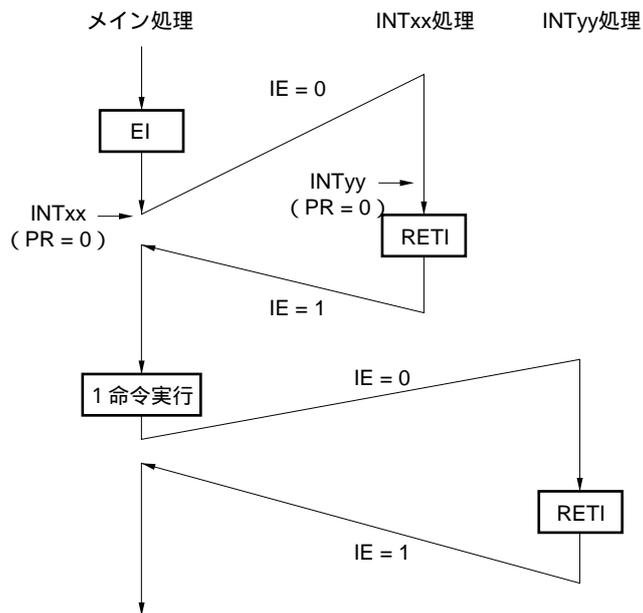


割り込みINTxx処理中に発生した割り込み要求INTyyは、割り込みの優先順位がINTxxより低いため受け付けられず、多重割り込みは発生しない。INTyy要求は保留され、メイン処理1命令実行後に受け付けられる。

- PR = 0 : 高優先順位レベル
- PR = 1 : 低優先順位レベル
- IE = 0 : 割り込み要求受け付け禁止

図16 - 10 多重割り込みの例 (2/2)

例3 . 割り込みが許可されていないため、多重割り込みが発生しない例



割り込みINTxx処理では割り込みが許可されていない (EI命令が発行されていない) ので、割り込み要求INTyyは受け付けられず、多重割り込みは発生しない。INTyy要求は保留され、メイン処理1命令実行後に受け付けられる。

- PR = 0 : 高優先順位レベル
- IE = 0 : 割り込み要求受け付け禁止

16.4.4 割り込み要求の保留

命令の中には、実行中に割り込み要求が発生しても、次の命令の実行終了までその要求の受け付けを保留するものがあります。このような命令（割り込み要求の保留命令）を次に示します。

- ・ MOV PSW, # byte
- ・ MOV A, PSW
- ・ MOV PSW, A
- ・ MOV1 PSW. bit, CY
- ・ MOV1 CY, PSW. bit
- ・ AND1 CY, PSW. bit
- ・ OR1 CY, PSW. bit
- ・ XOR1 CY, PSW. bit
- ・ SET1 PSW. bit
- ・ CLR1 PSW. bit
- ・ RETB
- ・ RETI
- ・ PUSH PSW
- ・ POP PSW
- ・ BT PSW. bit, \$addr16
- ・ BF PSW. bit, \$addr16
- ・ BTCLR PSW. bit, \$addr16
- ・ EI
- ・ DI
- ・ IF0L, IF0H, IF1L, IF1H, MK0L, MK0H, MK1L, MK1H, PR0L, PR0H, PR1L, PR1Hの各レジスタに対する操作命令

注意 BRK命令は、上述の割り込み要求の保留命令ではありません。しかしBRK命令の実行により起動するソフトウェア割り込みでは、IEフラグが0にクリアされます。したがって、BRK命令実行中にマスカブル割り込み要求が発生しても、割り込み要求を受け付けません。

割り込み要求が保留されるタイミングを図16-11に示します。

図16 - 11 割り込み要求の保留



備考1 . 命令N：割り込み要求の保留命令

2 . 命令M：割り込み要求の保留命令以外の命令

3 . x x IF（割り込み要求）の動作は、x x PR（優先順位レベル）の値の影響を受けません。

第17章 スタンバイ機能

17.1 スタンバイ機能と構成

17.1.1 スタンバイ機能

スタンバイ機能は、システムの動作電流をより低減するための機能で、次の2種類のモードがあります。

(1) HALTモード

HALT命令の実行により、HALTモードとなります。HALTモードは、CPUの動作クロックを停止させるモードです。HALTモード設定前に高速システム・クロック発振回路、高速内蔵発振回路、低速内蔵発振回路が動作している場合、それぞれのクロックは発振を継続します。このモードでは、STOPモードほどの動作電流の低減はできませんが、割り込み要求により、すぐに処理を再開したい場合や、頻繁に間欠動作をさせたい場合に有効です。

(2) STOPモード

STOP命令の実行により、STOPモードとなります。STOPモードは、高速システム・クロック発振回路、高速内蔵発振回路を停止させ、システム全体が停止するモードです。CPUの動作電流を、かなり低減することができます。

さらに、割り込み要求によって解除できるため、間欠動作も可能です。ただし、X1クロックの場合、STOPモード解除時に発振安定時間確保のためのウェイト時間がとられるため、割り込み要求によって、すぐに処理を開始しなければならないときにはHALTモードを選択してください。

いずれのモードでも、スタンバイ・モードに設定される直前のレジスタ、フラグ、データ・メモリの内容はすべて保持されます。また、入出力ポートの出力ラッチ、出力バッファの状態も保持されます。

注意1 . STOPモードに移行するとき、メイン・システム・クロックで動作する周辺ハードウェアの動作を必ず停止させたのち、STOP命令を実行してください。

2 . A/Dコンバータ部の動作電流を低減させるためには、A/Dコンバータ・モード・レジスタ(ADM)のビット7(ADCS)とビット0(ADCE)を0にクリアし、A/D変換動作を停止させてから、STOP命令を実行してください。

17.1.2 スタンバイ機能を制御するレジスタ

スタンバイ機能を制御するレジスタには、次の2種類があります。

- ・発振安定時間カウンタ状態レジスタ (OSTC)
- ・発振安定時間選択レジスタ (OSTS)

備考 クロックの動作/停止, 切り替えを制御するレジスタについては、第6章 **クロック発生回路**を参照してください。

(1) 発振安定時間カウンタ状態レジスタ (OSTC)

X1クロックの発振安定時間カウンタのカウント状態を示すレジスタです。CPUクロックが高速内蔵発振クロックで、X1クロックの発振を開始したとき、X1クロックの発振安定時間を確認することができます。

OSTCは、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で読み出すことができます。

リセット信号の発生 (RESET入力, POC, LVI, WDTによるリセット), STOP命令, MSTOP (MOCレジスタのビット7) = 1により、00Hになります。

図17-1 発振安定時間カウンタ状態レジスタ (OSTC) のフォーマット

アドレス: FFA3H リセット時: 00H R

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
OSTC	0	0	0	MOST11	MOST13	MOST14	MOST15	MOST16

MOST11	MOST13	MOST14	MOST15	MOST16	発振安定時間のステータス		
					$f_x = 10\text{ MHz}$ 時	$f_x = 20\text{ MHz}$ 時	
1	0	0	0	0	$2^{11}/f_x$ 以上	204.8 μs 以上	102.4 μs 以上
1	1	0	0	0	$2^{13}/f_x$ 以上	819.2 μs 以上	409.6 μs 以上
1	1	1	0	0	$2^{14}/f_x$ 以上	1.64 ms以上	819.2 μs 以上
1	1	1	1	0	$2^{15}/f_x$ 以上	3.27 ms以上	1.64 ms以上
1	1	1	1	1	$2^{16}/f_x$ 以上	6.55 ms以上	3.27 ms以上

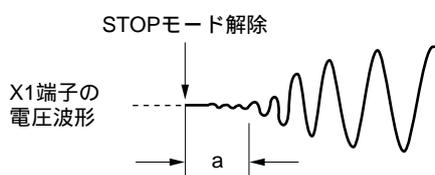
注意1. 上記時間経過後, MOST11から順番に“1”となっていく, そのまま“1”を保持します。

2. 発振安定時間カウンタはOSTSで設定した発振安定時間までしかカウントしません。CPUクロックが高速内蔵発振クロック時に、STOPモードに入り、解除するときは、OSTSの発振安定時間を次のように設定してください。

・期待するOSTCの発振安定時間 OSTSで設定する発振安定時間

したがって、STOPモード解除後のOSTCは、OSTSで設定している発振安定時間までのステータスしかセットされないので注意してください。

3. X1クロックの発振安定時間は、クロック発振を開始するまでの時間 (下図a) は含みません。



備考 f_x : X1クロック発振周波数

(2) 発振安定時間選択レジスタ (OSTS)

STOPモード解除時のX1クロックの発振安定時間を選択するレジスタです。

CPUクロックにX1クロックを選択した場合、STOPモード解除後は、OSTSで設定した時間をウエイトします。

CPUクロックに高速内蔵発振クロックを選択した場合、STOPモード解除後は、OSTCで発振安定時間が経過したかを確認してください。OSTCでは、あらかじめOSTSで設定した時間までの確認ができます。

OSTSは、8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、05Hになります。

図17-2 発振安定時間選択レジスタ (OSTS) のフォーマット

アドレス：FFA4H リセット時：05H R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
OSTS	0	0	0	0	0	OSTS2	OSTS1	OSTS0

OSTS2	OSTS1	OSTS0	発振安定時間の選択		
			$f_x = 10 \text{ MHz}$ 時	$f_x = 20 \text{ MHz}$ 時	
0	0	1	$2^{11}/f_x$	204.8 μs	102.4 μs
0	1	0	$2^{13}/f_x$	819.2 μs	409.6 μs
0	1	1	$2^{14}/f_x$	1.64 ms	819.2 μs
1	0	0	$2^{15}/f_x$	3.27 ms	1.64 ms
1	0	1	$2^{16}/f_x$	6.55 ms	3.27 ms
上記以外			設定禁止		

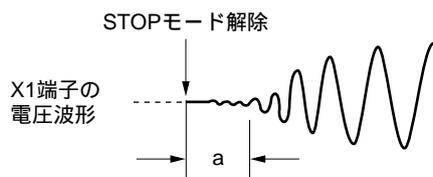
注意1. CPUクロックがX1クロック時にSTOPモードへ移行する場合は、STOP命令を実行する前にOSTSを設定してください。

- X1クロックの発振安定時間中は、OSTSレジスタを変更しないでください。
- 発振安定時間カウンタはOSTSで設定した発振安定時間までしかカウントしません。CPUクロックが高速内蔵発振クロック時に、STOPモードに入り、解除するときは、OSTSの発振安定時間を次のように設定してください。

・期待するOSTCの発振安定時間 OSTSで設定する発振安定時間

したがって、STOPモード解除後のOSTCは、OSTSで設定している発振安定時間までのステータスしかセットされないので注意してください。

- X1クロックの発振安定時間は、クロック発振を開始するまでの時間(下図a)は含みません。



備考 f_x : X1クロック発振周波数

17.2 スタンバイ機能の動作

17.2.1 HALTモード

(1) HALTモード

HALTモードは、HALT命令の実行により設定されます。設定前のCPUクロックは、高速システム・クロック、高速内蔵発振クロックのいずれの場合でも設定可能です。

次にHALTモード時の動作状態を示します。

表17-1 HALTモード時の動作状態

項目	HALTモードの設定		メイン・システム・クロックでCPU動作中のHALT命令実行時		
			高速内蔵発振クロック (f_{RH}) でCPU動作時	X1クロック (f_x) でCPU動作時	外部メイン・システム・クロック (f_{EXCLK}) でCPU動作時
システム・クロック	CPUへのクロック供給は停止				
メイン・システム・クロック	f_{RH}		動作継続 (停止不可)	HALTモード設定前の状態を継続	
		f_x	HALTモード設定前の状態を継続	動作継続 (停止不可)	HALTモード設定前の状態を保持
	f_{EXCLK}		外部クロックの入力により動作または停止		動作継続 (停止不可)
		f_{RL}	HALTモード設定前の状態を継続		
CPU	動作停止				
フラッシュ・メモリ					
RAM	HALTモード設定前の状態を保持				
ポート (ラッチ)					
16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00	動作可能				
8ビット・タイマ/イベント・カウンタ	50				
	51				
8ビット・タイマ	H0				
	H1				
ウォッチドッグ・タイマ	動作可能。ただしオプション・バイトで「低速内蔵発振器 ソフトウェアにより停止可能」に設定した場合は、ウォッチドッグ・タイマへのクロック供給停止。				
A/Dコンバータ	動作可能				
シリアル・インタフェース	UART0				
	UART6				
	CSI10				
	IIC0				
パワーオン・クリア機能					
低電圧検出機能					
外部割り込み					

備考 f_{RH} : 高速内蔵発振クロック
 f_x : X1クロック
 f_{EXCLK} : 外部メイン・システム・クロック
 f_{RL} : 低速内蔵発振クロック

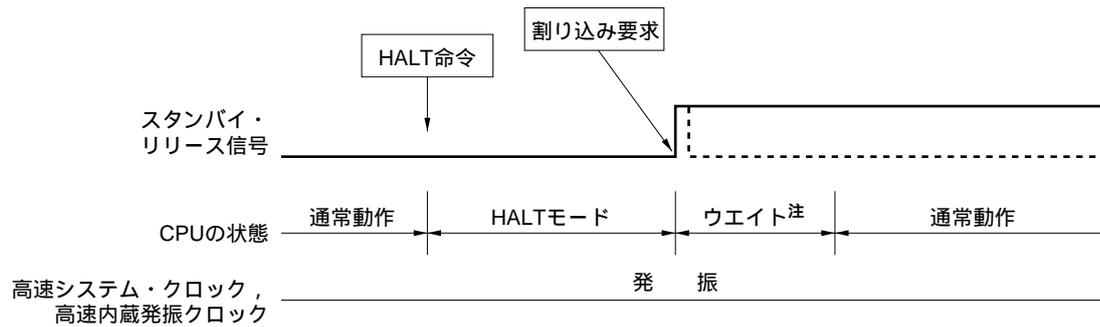
(2) HALTモードの解除

HALTモードは、次の2種類のソースによって解除できます。

(a) マスクされていない割り込み要求による解除

マスクされていない割り込み要求が発生すると、HALTモードは解除されます。そして、割り込み受け付け許可状態であれば、ベクタ割り込み処理が行われます。割り込み受け付け禁止状態であれば、次のアドレスの命令が実行されます。

図17-3 HALTモードの割り込み要求発生による解除



注 ウェイト時間は次のようになります。

- ・ベクタ割り込み処理を行う場合 : 11～12クロック
- ・ベクタ割り込み処理を行わない場合 : 4～5クロック

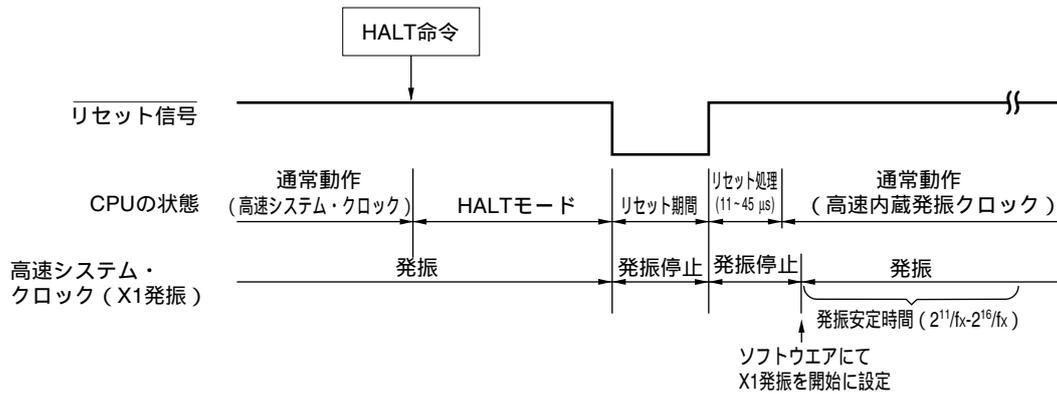
備考 破線は、スタンバイを解除した割り込み要求が受け付けられた場合です。

(b) リセット信号の発生による解除

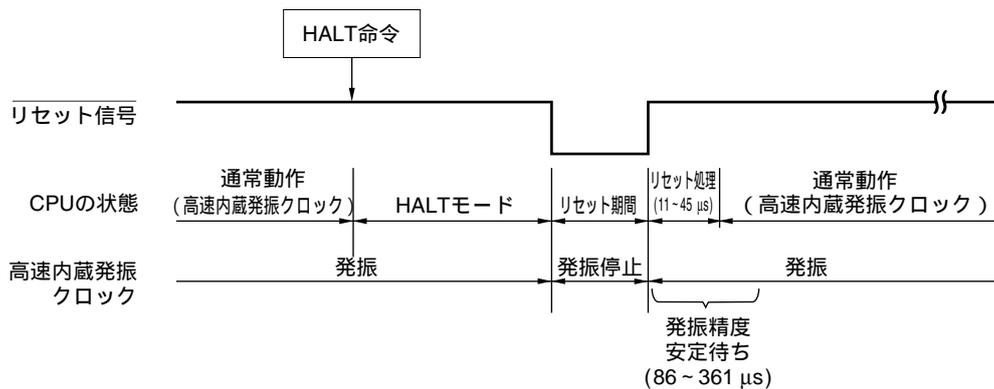
リセット信号の発生により，HALTモードは解除されます。そして，通常のリセット動作と同様にリセット・ベクタ・アドレスに分岐したあと，プログラムが実行されます。

図17-4 HALTモードのリセットによる解除

(1) CPUクロックが高速システム・クロックの場合



(2) CPUクロックが高速内蔵発振クロックの場合



備考 fx : X1クロック発振周波数

表17-2 HALTモード時の割り込み要求に対する動作

解除ソース	MK x x	PR x x	IE	ISP	動作
マスカブル割り込み要求	0	0	0	x	次アドレス命令実行
	0	0	1	x	割り込み処理実行
	0	1	0	1	次アドレス命令実行
	0	1	x	0	
	0	1	1	1	割り込み処理実行
	1	x	x	x	HALTモード保持
リセット	-	-	x	x	リセット処理

x : don't care

17.2.2 STOPモード

(1) STOPモードの設定および動作状態

STOPモードは、STOP命令の実行により設定されます。設定前のCPUクロックは、高速システム・クロック、高速内蔵発振クロックのいずれの場合でも設定可能です。

注意 スタンバイ・モードの解除に割り込み要求信号が用いられるため、割り込み要求フラグがセット、割り込みマスク・フラグがリセットされている割り込みソースがある場合には、スタンバイ・モードに入ってもただちに解除されます。したがって、STOPモードの場合はSTOP命令実行後すぐにHALTモードに入り発振安定時間選択レジスタ（OSTS）による設定時間だけウエイトしたあと動作モードに戻ります。

次にSTOPモード時の動作状態を示します。

表17-3 STOPモード時の動作状態

STOPモード の設定 項目	メイン・システム・クロックでCPU動作中のSTOP命令実行時		
	高速内蔵発振クロック (f_{RH}) で CPU動作時	X1クロック (f_x) でCPU動作時	外部メイン・システム・クロック (f_{EXCLK}) でCPU動作時
システム・クロック	CPUへのクロック供給は停止		
メイン・システム・クロック	f_{RH}	停止	
	f_x	停止	
	f_{EXCLK}	入力無効	
f_{RL}	STOPモード設定前の状態を継続		
CPU	動作停止		
フラッシュ・メモリ	動作停止		
RAM	STOPモード設定前の状態を保持		
ポート(ラッチ)	動作停止		
16ビット・タイマ/イベント・カウンタ ⁰⁰	動作停止		
8ビット・タイマ/イベント・カウンタ	50 ^注	カウント・クロックにTI50選択時のみ動作可能	
	51 ^注	カウント・クロックにTI51選択時のみ動作可能	
8ビット・タイマ	H0	8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50動作時, カウント・クロックにTM50出力選択時のみ動作可能	
	H1	カウント・クロックに f_{RL} , $f_{RL}/2^7$, $f_{RL}/2^9$ 選択時のみ動作可能	
ウォッチドッグ・タイマ	動作可能。ただしオプション・バイトで「低速内蔵発振器 ソフトウェアにより停止可能」に設定した場合は, ウォッチドッグ・タイマへのクロック供給停止。		
A/Dコンバータ	動作停止		
シリアル・インタフェース	UART0	8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50動作時, シリアル・クロックにTM50出力選択時のみ動作可能	
	UART6	動作停止	
	CSI10 ^注	シリアル・クロックに外部クロック選択時のみ動作可能	
	IIC0 ^注	動作停止	
パワーオン・クリア機能	動作可能		
低電圧検出機能	動作可能		
外部割り込み	動作可能		

注 STOPモード中は, 周辺ハードウェアの端子からの外部クロックで動作開始しないでください。

- 備考** f_{RH} : 高速内蔵発振クロック
 f_x : X1クロック
 f_{EXCLK} : 外部メイン・システム・クロック
 f_{RL} : 低速内蔵発振クロック

- 注意1** . STOPモード中に動作停止する周辺ハードウェア, および発振停止するクロックを選択している周辺ハードウェアをSTOPモード解除後に使用する場合は, 周辺ハードウェアをリスタートしてください。
- 2** . オプション・バイトで「低速内蔵発振器 ソフトウェアにより停止可能」を選択しても, STOPモード時は低速内蔵発振クロックは, STOPモード設定前の状態を継続します。STOPモード中に停止したい場合は, ソフトウェアにて, 低速内蔵発振器の発振を停止してから, STOP命令を実行してください。

注意3. 高速システム・クロック (X1発振) でCPU動作していて、STOPモード解除後の発振安定時間を短縮したい場合は、STOP命令実行前に次の手順で高速内蔵発振クロックに切り替えることで実現できます。

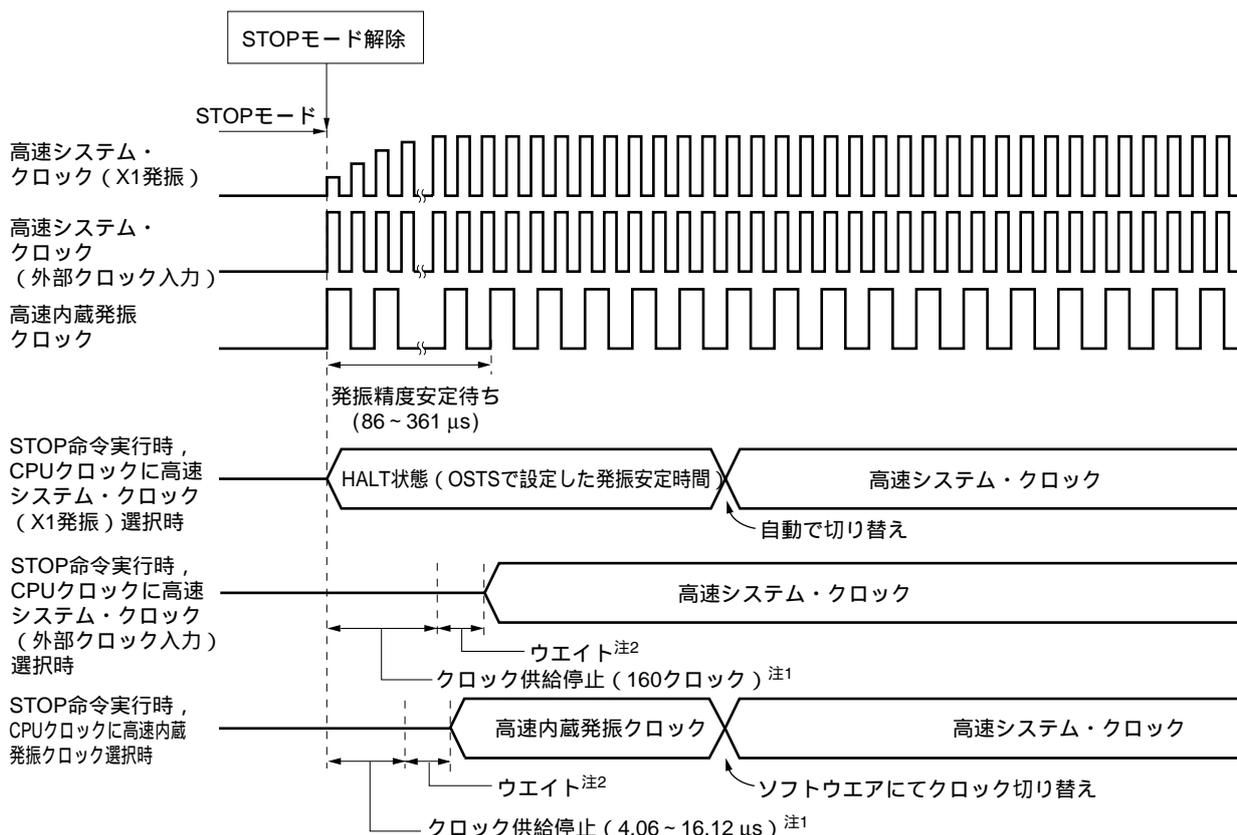
RSTOPを0に設定 (高速内蔵発振器の発振開始) MCM0を0に設定 (CPUをX1発振から高速内蔵発振に切り替え) MCS = 0であることを確認 (CPUクロックの確認) RSTS = 1であることを確認 (高速内蔵発振動作の確認) STOP命令実行

STOPモード解除後、CPUクロックを高速内蔵発振クロックから高速システム・クロック (X1発振) に切り替える場合は、発振安定時間カウンタ状態レジスタ (OSTC) で発振安定時間を確認してから、行ってください。

4. AMPH = 1設定時にSTOP命令を実行した場合、CPUクロックが高速内蔵発振クロックのときはSTOPモード解除後に4.06 ~ 16.12 μ s間、CPUクロックが高速システム・クロック (外部クロック入力) のときはSTOPモード解除後に外部クロックの160クロック分、CPUクロックの供給が停止されます。
5. STOP命令は、必ず高速内蔵発振安定動作 (RSTS = 1) になっていることを確認してから行ってください。

(2) STOPモードの解除

図17-5 STOPモード解除時の動作タイミング (マスクされていない割り込み要求による解除の場合)



注1. AMPH = 1設定時

2. ウエイト時間は次のようになります。

- ・ベクタ割り込み処理を行う場合 : 17 ~ 18クロック
- ・ベクタ割り込み処理を行わない場合 : 11 ~ 12クロック

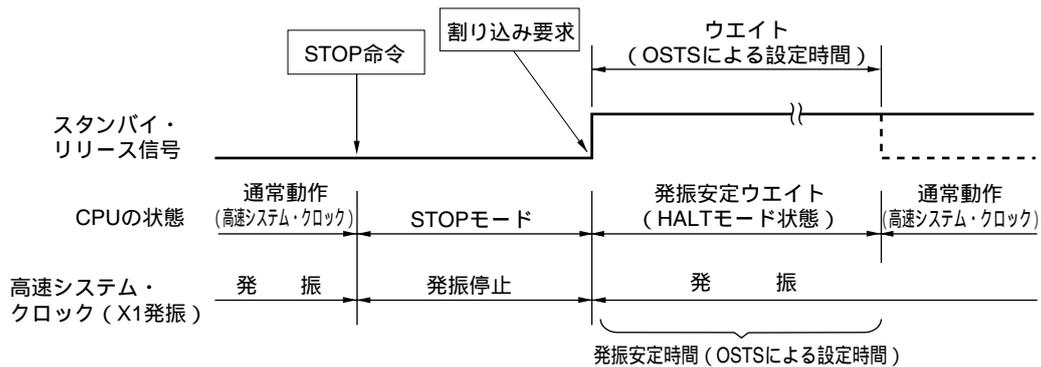
STOPモードは、次の2種類のソースによって解除することができます。

(a) マスクされていない割り込み要求による解除

マスクされていない割り込み要求による解除の場合、STOPモードは解除されます。そして、割り込み受け付け許可状態であれば、ベクタ割り込み処理を行います。割り込み受け付け禁止状態であれば、次のアドレスの命令を実行します。

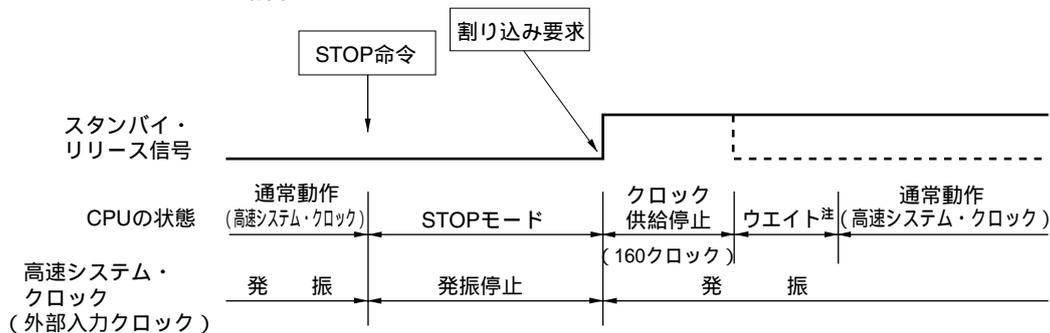
図17-6 STOPモードの割り込み要求発生による解除

(1) CPUクロックが高速システム・クロック (X1発振) の場合

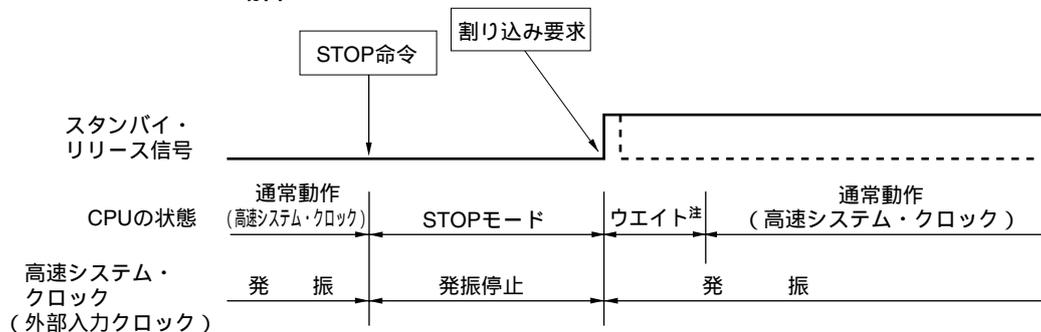


(2) CPUクロックが高速システム・クロック (外部クロック入力) の場合

・ AMPH = 1の場合



・ AMPH = 0の場合



注 ウェイト時間は次のようになります。

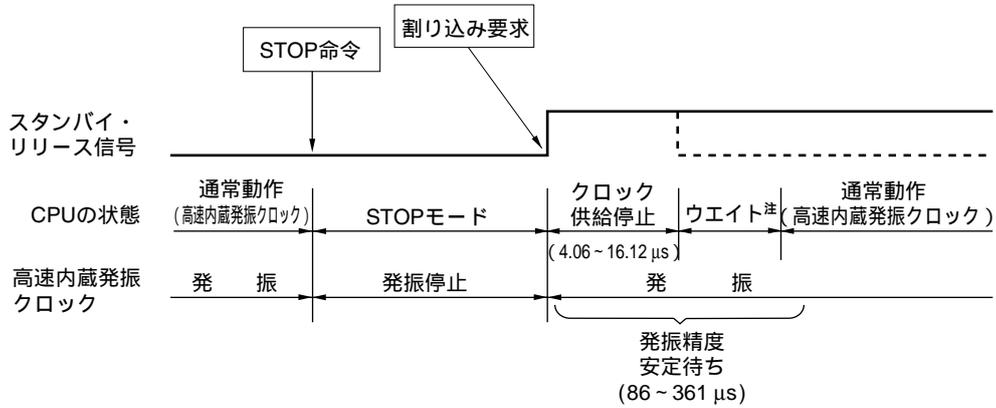
- ・ ベクタ割り込み処理を行う場合 : 17~18クロック
- ・ ベクタ割り込み処理を行わない場合 : 11~12クロック

備考 破線は、スタンバイを解除した割り込み要求が受け付けられた場合です。

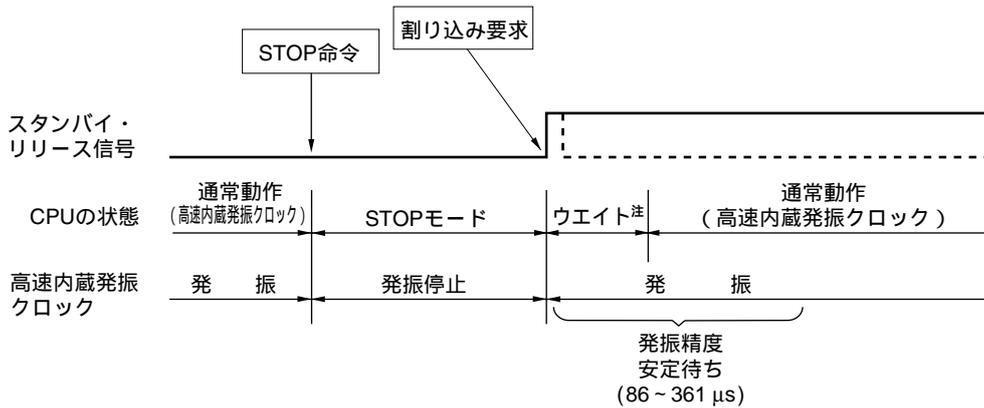
図17-6 STOPモードの割り込み要求発生による解除 (2/2)

(3) CPUクロックが高速内蔵発振クロックの場合

・ AMPH = 1の場合



・ AMPH = 0の場合



注 ウェイト時間は次のようになります。

- ・ ベクタ割り込み処理を行う場合 : 17 ~ 18クロック
- ・ ベクタ割り込み処理を行わない場合 : 11 ~ 12クロック

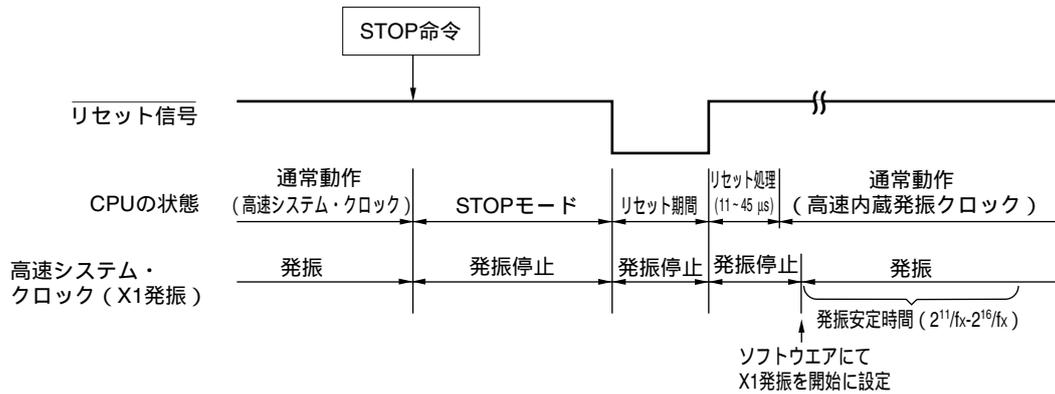
備考 破線は、スタンバイを解除した割り込み要求が受け付けられた場合です。

(b) リセット信号の発生による解除

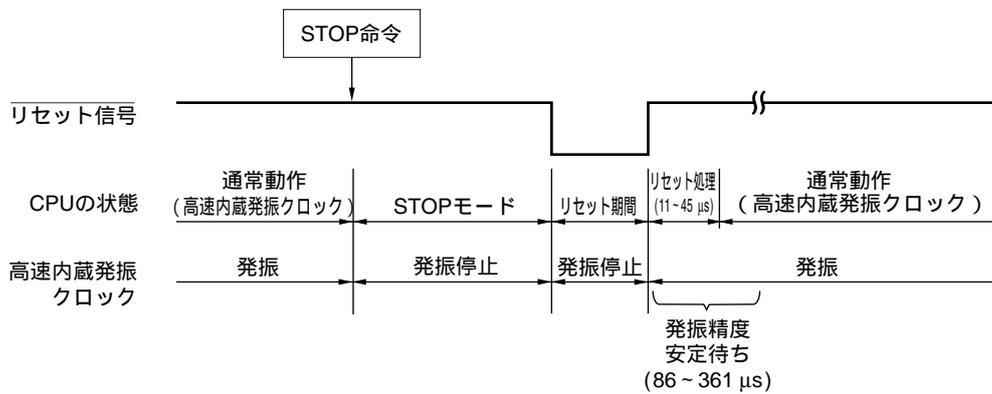
リセット信号の発生により、STOPモードは解除されます。そして、通常のリセット動作と同様にリセット・ベクタ・アドレスに分岐したあと、プログラムが実行されます。

図17-7 STOPモードのリセットによる解除

(1) CPUクロックが高速システム・クロックの場合



(2) CPUクロックが高速内蔵発振クロックの場合



備考 f_x : X1クロック発振周波数

表17-4 STOPモード時の割り込み要求に対する動作

解除ソース	MK × ×	PR × ×	IE	ISP	動作
マスカブル割り込み要求	0	0	0	×	次アドレス命令実行
	0	0	1	×	割り込み処理実行
	0	1	0	1	次アドレス命令実行
	0	1	×	0	
	0	1	1	1	割り込み処理実行
	1	×	×	×	STOPモード保持
リセット	-	-	×	×	リセット処理

× : don't care

第18章 リセット機能

リセット信号を発生させる方法には、次の4種類があります。

- (1) $\overline{\text{RESET}}$ 端子による外部リセット入力
- (2) ウォッチドッグ・タイマのプログラム暴走検出による内部リセット
- (3) パワーオン・クリア (POC) 回路の電源電圧と検出電圧との比較による内部リセット
- (4) 低電源検出回路 (LVI) の電源電圧と検出電圧との比較による内部リセット

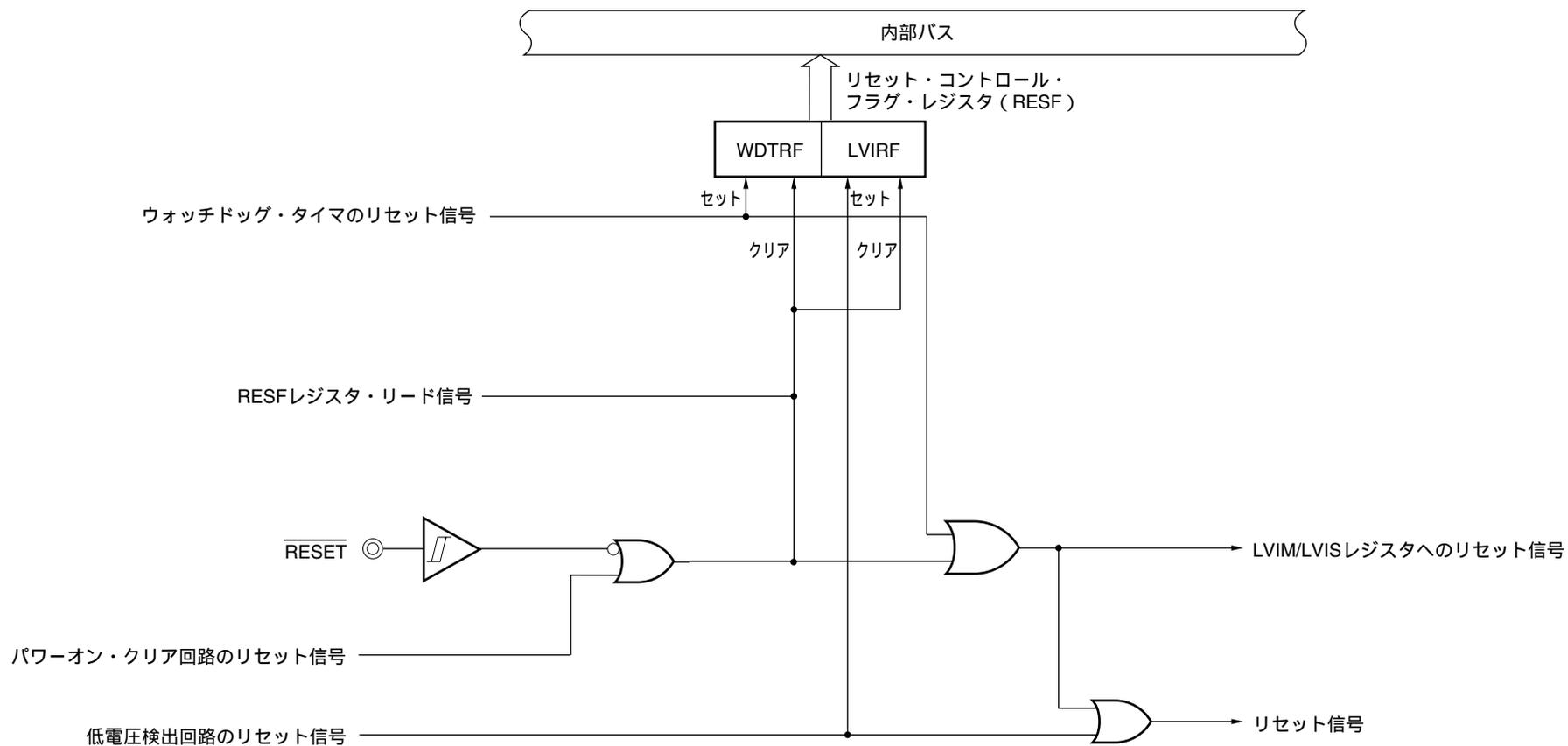
外部リセットと内部リセットは機能面での差はなく、リセット信号の発生により、ともに0000H、0001H番地に書かれてあるアドレスからプログラムの実行を開始します。

$\overline{\text{RESET}}$ 端子にロウ・レベルが入力されるか、ウォッチドッグ・タイマがプログラム暴走を検出するか、またはPOC回路、LVI回路の電圧検出により、リセットがかかり、各ハードウェアは表18 - 1、表18 - 2に示すような状態になります。また、リセット信号発生中およびリセット解除直後の発振安定時間中の各端子の状態は、ハイ・インピーダンスとなっています。

$\overline{\text{RESET}}$ 端子にロウ・レベルが入力されて、リセットがかかり、 $\overline{\text{RESET}}$ 端子にハイ・レベルが入力されると、リセットが解除され、リセット処理後、高速内蔵発振クロックでプログラムの実行を開始します。ウォッチドッグ・タイマによるリセットは、自動的にリセットが解除され、リセット処理後、高速内蔵発振クロックでプログラムの実行を開始します (図18 - 2から図18 - 4参照)。POC回路、LVI回路の電源検出によるリセットは、リセット後 V_{DD} V_{POC} または V_{DD} V_{LVI} になったときにリセットが解除され、リセット処理後、高速内蔵発振クロックでプログラムの実行を開始します (第19章 パワーオン・クリア回路と第20章 低電圧検出回路参照)。

- 注意1.** 外部リセットを行う場合、 $\overline{\text{RESET}}$ 端子に10 μ s以上のロウ・レベルを入力してください。
2. リセット信号発生中では、X1クロック、高速内蔵発振クロック、低速内蔵発振クロックの発振は停止します。また、外部メイン・システム・クロックの入力は無効となります。
 3. リセットでSTOPモードを解除するとき、リセット入力中はSTOPモード時の内容を保持します。ただし、ポート端子はハイ・インピーダンスとなります。

図18 - 1 リセット機能のブロック図



注意 LVI回路の内部リセットの場合、LVI回路はリセットされません。

備考1. LVIM：低電圧検出レジスタ

2. LVIS：低電圧検出レベル選択レジスタ

図18-2 RESET入力によるリセット・タイミング

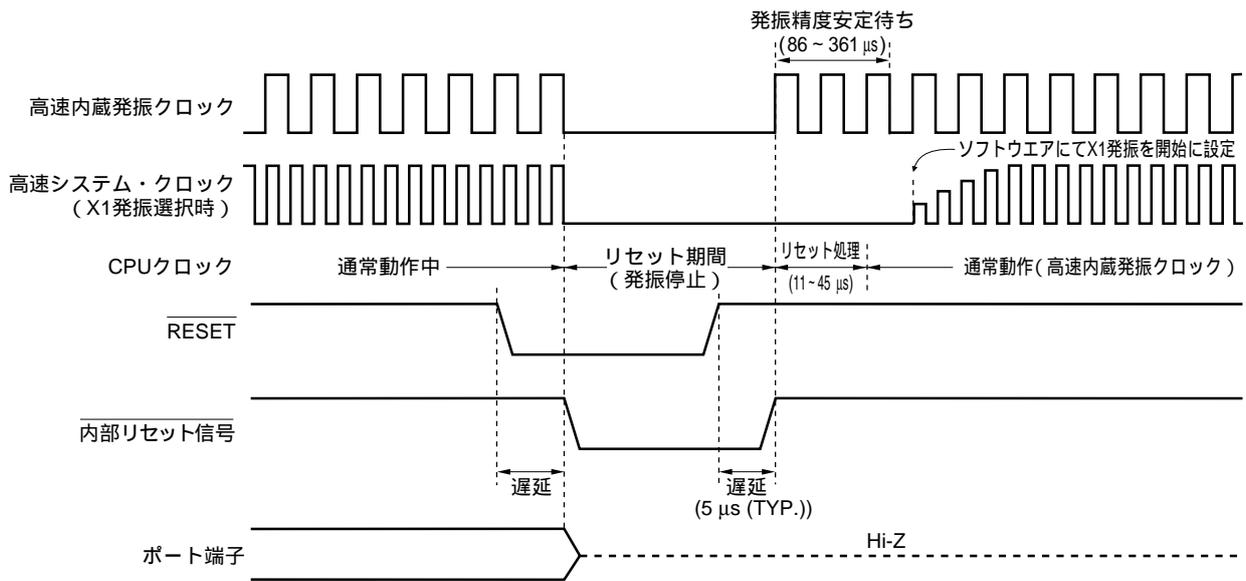
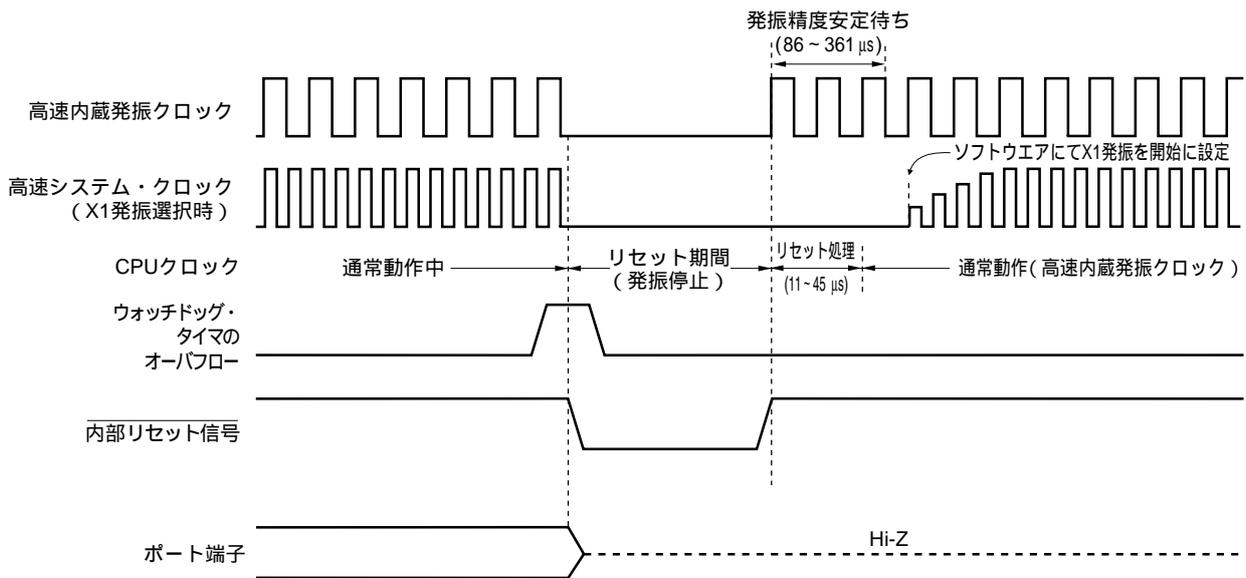
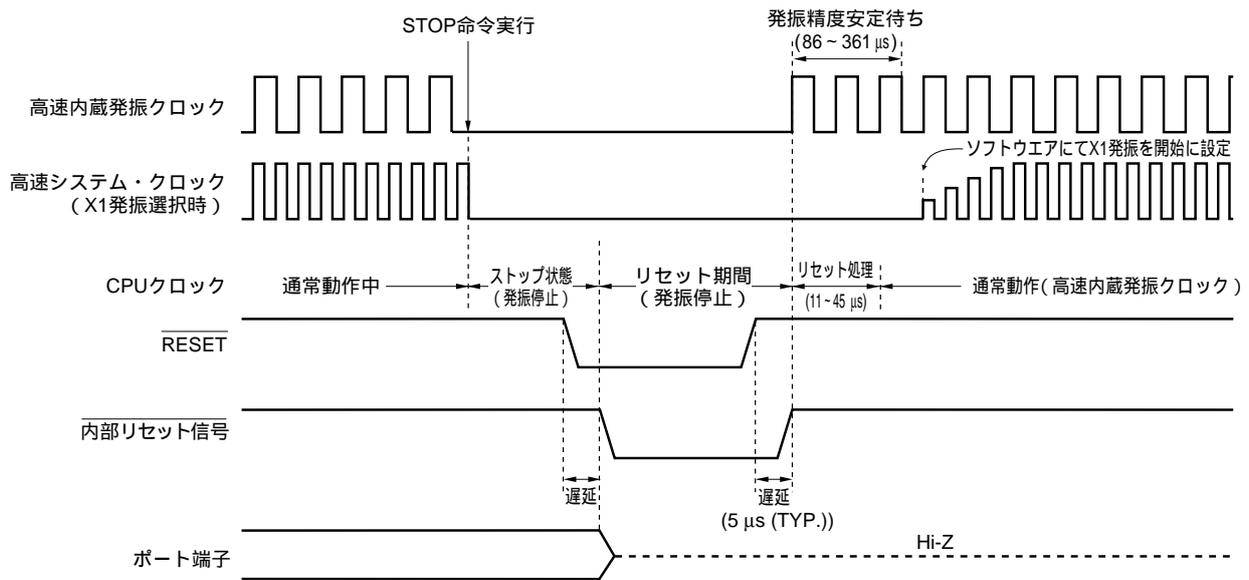


図18-3 ウォッチドッグ・タイマのオーバーフローによるリセット・タイミング



注意 ウォッチドッグ・タイマの内部リセットの場合、ウォッチドッグ・タイマもリセットされます。

図18 - 4 STOPモード中のRESET入力によるリセット・タイミング



備考 パワーオン・クリア回路と低電圧検出回路のリセット・タイミングは、第19章 パワーオン・クリア回路と第20章 低電圧検出回路を参照してください。

表18 - 1 リセット期間中の動作状態 (1/2)

項目	リセット期間中	
システム・クロック	CPUへのクロック供給は停止	
メイン・システム・クロック	f_{RH}	動作停止
	f_X	動作停止 (端子は入出力ポート・モード)
	f_{EXCLK}	クロックの入力無効 (端子は入出力ポート・モード)
f_{RL}	動作停止	
CPU		
フラッシュ・メモリ		
RAM		
ポート (ラッチ)		
16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00		
8ビット・タイマ/イベント・カウンタ	50	
	51	
8ビット・タイマ	H0	
	H1	
ウォッチドッグ・タイマ		
A/Dコンバータ		

備考 f_{RH} : 高速内蔵発振クロック
 f_X : X1発振クロック
 f_{EXCLK} : 外部メイン・システム・クロック
 f_{RL} : 低速内蔵発振クロック

表18 - 1 リセット期間中の動作状態 (2/2)

項 目		リセット期間中
シリアル・ インタフェ ース	UART0	動作停止
	UART6	
	CSI10	
	IIC0	
パワーオン・クリア機能		動作可能
低電圧検出機能		動作停止
外部割り込み		

表18 - 2 各ハードウェアのリセット受け付け後の状態 (1/3)

ハードウェア		リセット受け付け後の状態 ^{注1}
プログラム・カウンタ (PC)		リセット・ベクタ・テーブル (0000H, 0001H) の内容がセットされる。
スタック・ポインタ (SP)		不定
プログラム・ステータス・ワード (PSW)		02H
RAM	データ・メモリ	不定 ^{注2}
	汎用レジスタ	不定 ^{注2}
ポート・レジスタ (P0-P3, P6, P12) (出力ラッチ)		00H
ポート・モード・レジスタ (PM0-PM3, PM6, PM12)		FFH
プルアップ抵抗オプション・レジスタ (PU0, PU1, PU3, PU12)		00H
メモリ・サイズ切り替えレジスタ (IMS)		CFH ^{注3}
クロック動作モード選択レジスタ (OSCCTL)		00H
プロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ (PCC)		01H
内蔵発振モード・レジスタ (RCM)		80H
メインOSCコントロール・レジスタ (MOC)		80H
メイン・クロック・モード・レジスタ (MCM)		00H
発振安定時間カウンタ状態レジスタ (OSTC)		00H
発振安定時間選択レジスタ (OSTS)		05H

注1. リセット信号発生中および発振安定時間ウエイト中の各ハードウェアの状態は、PCの内容のみ不定となります。その他は、リセット後の状態と変わりありません。

2. スタンバイ・モード時でのリセット後の状態は保持となります。

3. メモリ・サイズ切り替えレジスタ(IMS)のリセット解除後の初期値は内部メモリ容量にかかわらず、IMS = CFHとなっています。したがって、リセット解除後、製品ごとに次に示す値を必ず設定してください。

製 品	IMS
μ PD78F8024	42H
μ PD78F8025	C8H

表18 - 2 各ハードウェアのリセット受け付け後の状態 (2/3)

ハードウェア		リセット受け付け後の状態 ^{注1}
16ビット・タイマ/ イベント・カウンタ00	タイマ・カウンタ00 (TM00)	0000H
	キャプチャ/コンペア・レジスタ000, 010 (CR000, CR010)	0000H
	モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00)	00H
	プリスケラ・モード・レジスタ00 (PRM00)	00H
	キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 (CRC00)	00H
	タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00)	00H
8ビット・タイマ/イベント・ カウンタ50, 51	タイマ・カウンタ50, 51 (TM50, TM51)	00H
	コンペア・レジスタ50, 51 (CR50, CR51)	00H
	タイマ・クロック選択レジスタ50, 51 (TCL50, TCL51)	00H
	モード・コントロール・レジスタ50, 51 (TMC50, TMC51)	00H
8ビット・タイマH0, H1	コンペア・レジスタ00, 10, 01, 11 (CMP00, CMP10, CMP01, CMP11)	00H
	モード・レジスタ (TMHMD0, TMHMD1)	00H
	キャリア・コントロール・レジスタ1 (TMCYC1) ^{注2}	00H
ウォッチドッグ・タイマ	イネーブル・レジスタ (WDTE)	1AH/9AH ^{注3}
A/Dコンバータ	10ビットA/D変換結果レジスタ (ADCR)	0000H
	8ビットA/D変換結果レジスタ (ADCRH)	00H
	モード・レジスタ (ADM)	00H
	アナログ入力チャネル指定レジスタ (ADS)	00H
	A/Dポート・コンフィギュレーション・レジスタ (ADPC)	00H
シリアル・インタフェース UART0	受信バッファ・レジスタ0 (RXB0)	FFH
	送信シフト・レジスタ0 (TXS0)	FFH
	アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ0 (ASIM0)	01H
	アシンクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ0 (ASIS0)	00H
	ポー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ0 (BRGC0)	1FH
シリアル・インタフェース UART6	受信バッファ・レジスタ6 (RXB6)	FFH
	送信バッファ・レジスタ6 (TXB6)	FFH
	アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6)	01H
	アシンクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ6 (ASIS6)	00H
	アシンクロナス・シリアル・インタフェース送信ステータス・レジスタ6 (ASIF6)	00H
	クロック選択レジスタ6 (CKSR6)	00H
	ポー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ6 (BRGC6)	FFH
	アシンクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6 (ASICL6)	16H
	入力切り替え制御レジスタ (ISC)	00H

注1. リセット信号発生中および発振安定時間ウエイト中の各ハードウェアの状態は、PCの内容のみ不定となります。その他は、リセット後の状態と変わりありません。

2. 8ビット・タイマH1のみ。

3. WDTEのリセット値は、オプション・バイトの設定で決定します。

表18 - 2 各ハードウェアのリセット受け付け後の状態 (3/3)

ハードウェア		リセット受け付け後の状態 ^{注1}
シリアル・インタフェース CSI10	送信バッファ・レジスタ10 (SOTB10)	00H
	シリアルI/Oシフト・レジスタ10 (SIO10)	00H
	シリアル動作モード・レジスタ10 (CSIM10)	00H
	シリアル・クロック選択レジスタ10 (CSIC10)	00H
シリアル・インタフェース IIC0	シフト・レジスタ0 (IIC0)	00H
	コントロール・レジスタ0 (IICC0)	00H
	スレーブ・アドレス・レジスタ0 (SVA0)	00H
	クロック選択レジスタ0 (IICCL0)	00H
	機能拡張レジスタ0 (IICX0)	00H
	状態レジスタ0 (IICS0)	00H
	フラグ・レジスタ0 (IICF0)	00H
リセット機能	リセット・コントロール・フラグ・レジスタ (RESF)	00H ^{注2}
低電圧検出回路	低電圧検出レジスタ (LVIM)	00H ^{注2}
	低電圧検出レベル選択レジスタ (LVIS)	00H ^{注2}
割り込み	要求フラグ・レジスタ0L, 0H, 1L, 1H (IF0L, IF0H, IF1L, IF1H)	00H
	マスク・フラグ・レジスタ0L, 0H, 1L, 1H (MK0L, MK0H, MK1L, MK1H)	FFH
	優先順位指定フラグ・レジスタ0L, 0H, 1L, 1H (PR0L, PR0H, PR1L, PR1H)	FFH
	外部割り込み立ち上がりエッジ許可レジスタ (EGP)	00H
	外部割り込み立ち下がりエッジ許可レジスタ (EGN)	00H

注1. リセット信号発生中および発振安定時間ウエイト中の各ハードウェアの状態は、PCの内容のみ不定となります。その他は、リセット後の状態と変わりありません。

2. リセット要因により、次のように変化します。

リセット要因		RESET入力	POCによる リセット	WDTによる リセット	LVIによる リセット
レジスタ	RESF	クリア (0)	クリア (0)	セット (1)	保持
	WDTRFフラグ			保持	セット (1)
	LVIRFフラグ				
	LVIM	クリア (00H)	クリア (00H)	クリア (00H)	保持
	LVIS				

18.1 リセット要因を確認するレジスタ

μPD78F8024, 78F8025は内部リセット発生要因が多数存在します。リセット・コントロール・フラグ・レジスタ (RESF) は、どの要因から発生したリセット要求かを格納するレジスタです。

RESFは、8ビット・メモリ操作命令で、読み出すことができます。

$\overline{\text{RESET}}$ 入力、パワーオン・クリア (POC) 回路によるリセットおよびRESFのデータを読み出すことにより、00Hになります。

図18 - 5 リセット・コントロール・フラグ・レジスタ (RESF) のフォーマット

アドレス : FFACH リセット時 : 00H^註 R

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
RESF	0	0	0	WDTRF	0	0	0	LVIRF

WDTRF	ウォッチドッグ・タイマ (WDT) による内部リセット要求
0	内部リセット要求は発生していない, またはRESFをクリアした
1	内部リセット要求は発生した

LVIRF	低電圧検出 (LVI) 回路による内部リセット要求
0	内部リセット要求は発生していない, またはRESFをクリアした
1	内部リセット要求は発生した

注 リセット要因により異なります。

注意 1ビット・メモリ操作命令でデータを読み出さないでください。

リセット要求時のRESFの状態を表18 - 3に示します。

表18 - 3 リセット要求時のRESFの状態

リセット要因 フラグ	$\overline{\text{RESET}}$ 入力	POCによる リセット	WDTによる リセット	LVIによる リセット
WDTRF	クリア (0)	クリア (0)	セット (1)	保持
LVIRF			保持	セット (1)

第19章 パワーオン・クリア回路

19.1 パワーオン・クリア回路の機能

パワーオン・クリア (POC) 回路は次のような機能を持ちます。

- ・電源投入時に内部リセット信号を発生します。
1.59 V POCモード設定時 (オプション・バイト: POCMODE = 0) は、電源電圧 (V_{DD}) が $1.59\text{ V} \pm 0.15\text{ V}$ を越えた場合に、リセットを解除します。
2.7 V/1.59 V POCモード設定時 (オプション・バイト: POCMODE = 1) 時は、電源電圧 (V_{DD}) が $2.7\text{ V} \pm 0.2\text{ V}$ を越えた場合に、リセットを解除します。
- ・電源電圧 (V_{DD}) と検出電圧 ($V_{POC} = 1.59\text{ V} \pm 0.15\text{ V}$) を比較し、 $V_{DD} < V_{POC}$ になったとき内部リセット信号を発生します。

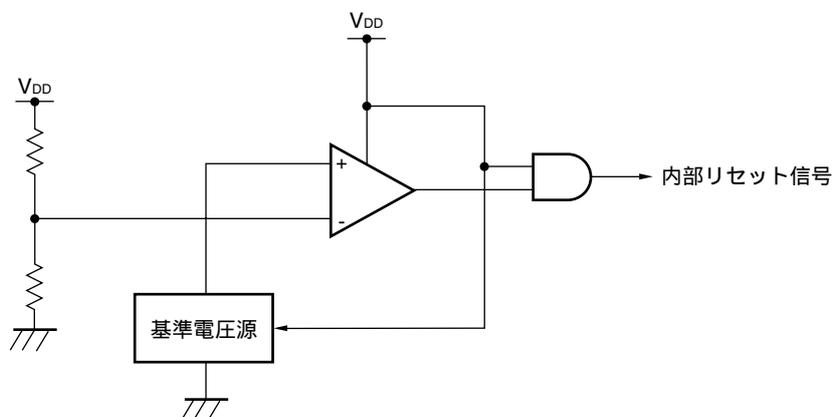
注意 POC回路で内部リセット信号が発生した場合、リセット・コントロール・フラグ・レジスタ (RESF) がクリア (00H) されます。

備考 この製品には内部リセット信号を発生するハードウェアが複数内蔵されています。ウォッチドッグ・タイマ (WDT) / 低電圧検出 (LVI) 回路による内部リセット信号が発生した場合、そのリセット要因を示すためのフラグがリセット・コントロール・フラグ・レジスタ (RESF) に配置されています。RESFはWDT / LVIのいずれかによる内部リセット信号が発生した場合は、クリア (00H) されずフラグがセット (1) されます。RESFの詳細については、第18章 リセット機能を参照してください。

19.2 パワーオン・クリア回路の構成

パワーオン・クリア回路のブロック図を図19 - 1に示します。

図19 - 1 パワーオン・クリア回路のブロック図



19.3 パワーオン・クリア回路の動作

(1) 1.59 V POCモード設定時 (オプション・バイト : POCMODE = 0)

- ・電源投入時に内部リセット信号を発生し、電源電圧 (V_{DD}) が検出電圧 ($V_{POC} = 1.59 \text{ V} \pm 0.15 \text{ V}$) を越えたら、リセットを解除します。
- ・電源電圧 (V_{DD}) と検出電圧 ($V_{POC} = 1.59 \text{ V} \pm 0.15 \text{ V}$) を比較し、 $V_{DD} < V_{POC}$ になったとき内部リセット信号を発生し、 $V_{DD} > V_{POC}$ のときリセットを解除します。

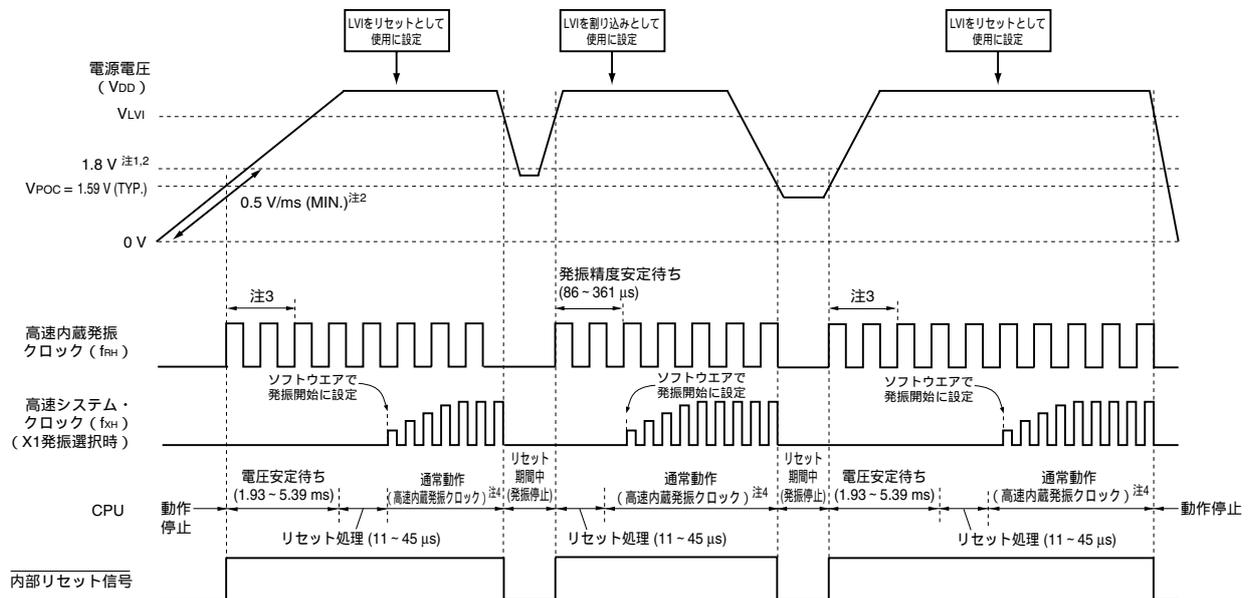
(2) 2.7 V/1.59 V POCモード設定時 (オプション・バイト : POCMODE = 1)

- ・電源投入時に内部リセット信号を発生し、電源電圧 (V_{DD}) が電源電圧投入時検出電圧 ($V_{DDPOC} = 2.7 \text{ V} \pm 0.2 \text{ V}$) を越えたら、リセットを解除します。
- ・電源電圧 (V_{DD}) と検出電圧 ($V_{POC} = 1.59 \text{ V} \pm 0.15 \text{ V}$) を比較し、 $V_{DD} < V_{POC}$ になったとき内部リセット信号を発生し、 $V_{DD} > V_{DDPOC}$ のときリセットを解除します。

パワーオン・クリア回路と低電圧検出回路の内部リセット信号発生タイミングを次に示します。

図19 - 2 パワーオン・クリア回路と低電圧検出回路の内部リセット信号発生のタイミング (1/2)

(1) 1.59 V POCモード設定時 (オプション・バイト : POCMODE = 0)



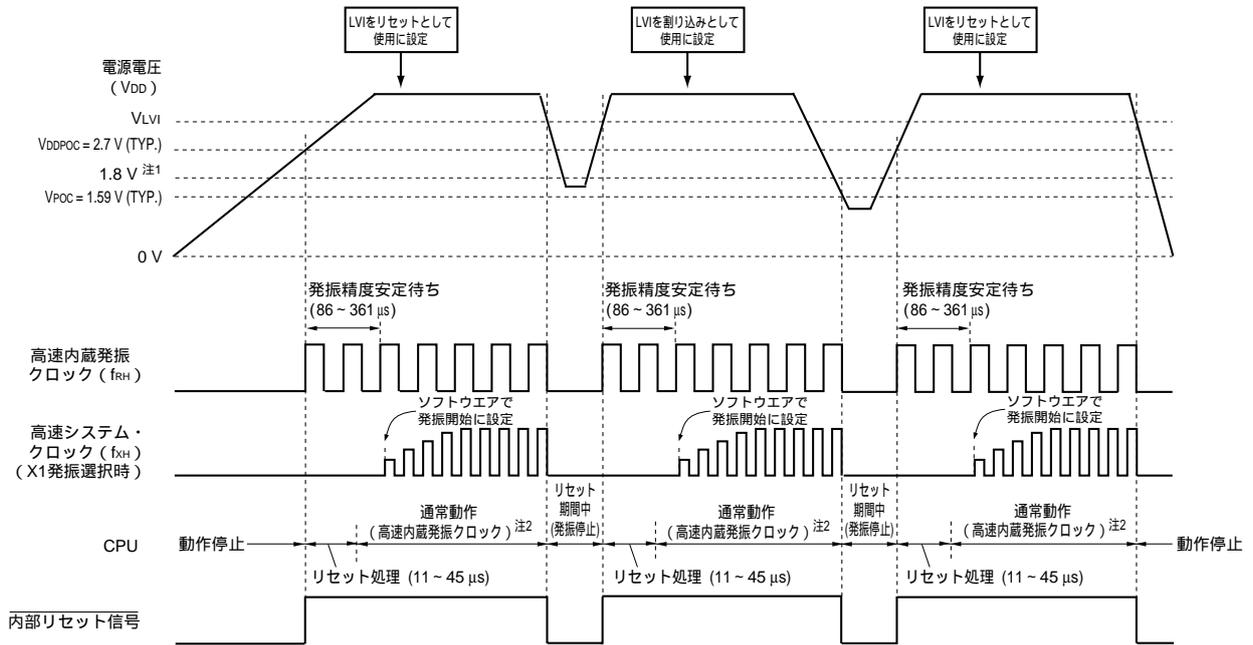
- 注1. 動作保証範囲は1.8 V V_{DD} 5.5 Vです。電源立ち下がり時に動作保証範囲未満の電圧範囲をリセット状態にしたい場合は、低電圧検出回路のリセット機能を使用、またはRESET端子にロウ・レベルを入力してください。
- 2. 電源投入時から1.8 Vに達するまでの電圧の立ち上がり率が、0.5 V/ms (MIN.)よりも緩やかな場合は、電源投入時から1.8 Vに達するまで、RESET端子にロウ・レベルを入力するか、オプション・バイトで2.7 V/1.59 V POCモードを設定 (POCMODE = 1) してください。
- 3. 高速内蔵発振クロックの発振精度安定待ち時間は、内部の電圧安定待ち時間に含まれます。
- 4. CPUクロックを高速内蔵発振クロックから高速システム・クロックに切り替え可能です。X1クロックを使用する場合はOSTCレジスタで発振安定時間を確認してから、切り替えてください。

注意 低電圧検出回路の設定は、リセット解除後にソフトウェアで設定してください (第20章 低電圧検出回路を参照)。

備考 V_{LVI} : LVI検出電圧
V_{POC} : POC検出電圧

図19 - 2 パワーオン・クリア回路と低電圧検出回路の内部リセット信号発生のタイミング (2/2)

(2) 2.7 V/1.59 V POCモード設定時 (オプション・バイト : POCMODE = 1)



注1. 動作保証範囲は1.8 V V_{DD} 5.5 Vです。電源立ち下がり時に動作保証範囲未満の電圧範囲をリセット状態にしたい場合は、低電圧検出回路のリセット機能を使用、またはRESET端子にロウ・レベルを入力してください。

2. CPUクロックを高速内蔵発振クロックから高速システム・クロックに切り替え可能です。X1クロックを使用する場合はOSTCレジスタで発振安定時間を確認してから、切り替えてください。

注意1. 低電圧検出回路の設定は、リセット解除後にソフトウェアで設定してください(第20章 低電圧検出回路を参照)。

2. 電源電圧が1.59 V (TYP.) に達したあと、1.93 ~ 5.39 msの電圧安定待ち時間が必要となります。1.59 V (TYP.) から2.7 V (TYP.) に達する時間が、1.93 ms以内の場合は、リセット処理前に0 ~ 5.39 msの電源安定待ち時間が自動的に発生します。

備考 V_{LVI} : LVI検出電圧
V_{POC} : POC検出電圧

19.4 パワーオン・クリア回路の注意事項

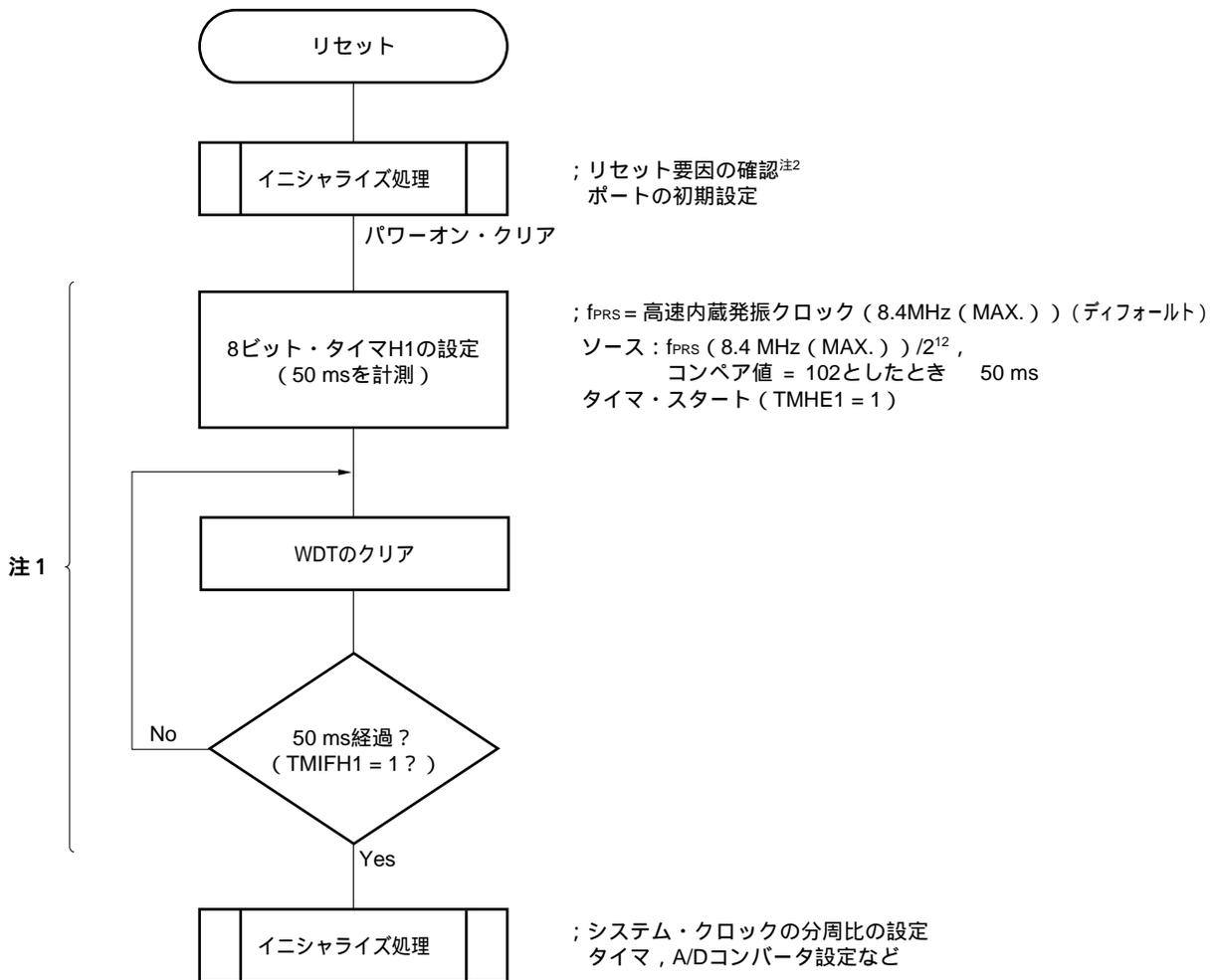
電源電圧 (V_{DD}) がPOC検出電圧 (V_{POC}) 付近で、ある期間ふらつくような構成のシステムでは、リセット状態 / リセット解除状態を繰り返すことがあります。次のように処置をすることによって、リセット解除からマイコン動作開始までの時間を任意に設定できます。

< 処 置 >

リセット解除後、タイマなどを使用するソフトウェア・カウンタにて、システムごとに異なる電源電圧変動期間をウエイトしてから、ポートなどを初期設定してください。

図19-3 リセット解除後のソフト処理例 (1/2)

・ POC検出電圧付近での電源電圧変動が50 ms以下の場合

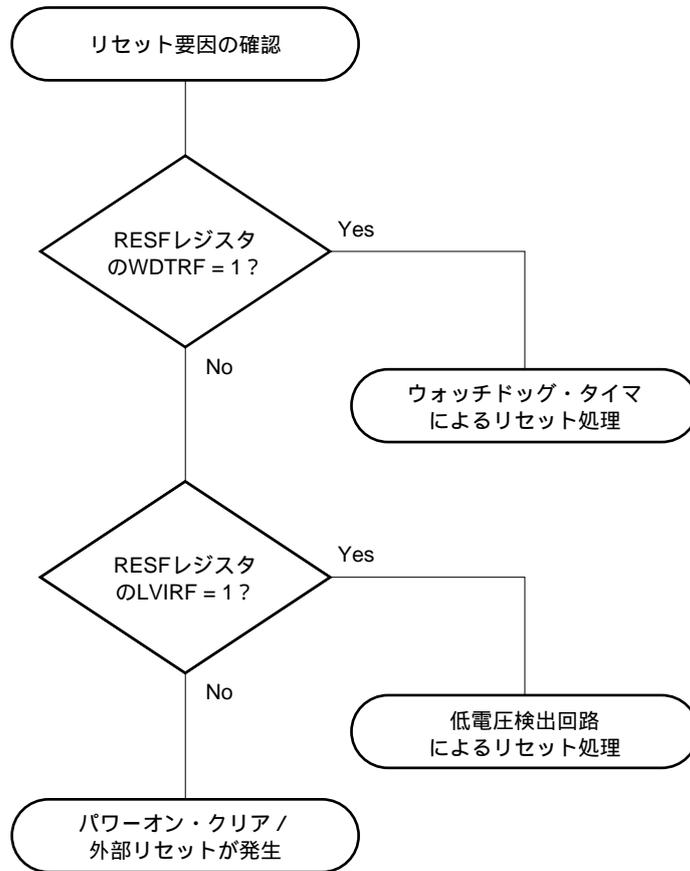


注1. この間に再度リセットが発生した場合、イニシャライズ処理 には移行しません。

2. 次ページにフロー・チャートを示します。

図19 - 3 リセット解除後のソフト処理例 (2/2)

・リセット要因の確認



第20章 低電圧検出回路

20.1 低電圧検出回路の機能

低電圧検出 (LVI) 回路は、次のような機能を持ちます。

- ・電源電圧 (V_{DD}) と検出電圧 (V_{LVI})、または外部入力端子からの入力電圧 ($EXLVI$) と検出電圧 ($V_{EXLVI} = 1.21\text{ V (TYP.)}$: 固定) を比較し、内部リセットまたは内部割り込み信号を発生します。
- ・電源電圧 (V_{DD}) / 外部入力端子からの入力電圧 ($EXLVI$) は、ソフトウェアにて選択できます。
- ・リセット / 割り込みは、ソフトウェアにて選択できます。
- ・電源電圧の検出電圧 (V_{LVI}) は、ソフトウェアにて検出レベルを16段階より選択できます。
- ・STOPモード時においても動作可能です。

リセットと割り込み信号は、ソフトウェアの選択により、次のように発生します。

電源電圧 (V_{DD}) のレベル検出を選択 ($LVISEL = 0$)		外部入力端子からの入力電圧 ($EXLVI$) のレベル検出を選択 ($LVISEL = 1$)	
リセット選択 ($LVIMD = 1$)	割り込み選択 ($LVIMD = 0$)	リセット選択 ($LVIMD = 1$)	割り込み選択 ($LVIMD = 0$)
$V_{DD} < V_{LVI}$ になったときに内部リセットを発生し、 $V_{DD} > V_{LVI}$ になったときに内部リセットを解除	電源電圧降下時に $V_{DD} < V_{LVI}$ になったとき、または電源電圧上昇時に $V_{DD} > V_{LVI}$ になったときに内部割り込み信号を発生	$EXLVI < V_{EXLVI}$ になったときに内部リセットを発生し、 $EXLVI > V_{EXLVI}$ になったときに内部リセットを解除	入力電圧降下時に $EXLVI < V_{EXLVI}$ になったとき、または入力電圧上昇時に $EXLVI > V_{EXLVI}$ になったときに内部割り込み信号を発生

備考 $LVISEL$: 低電圧検出レジスタ ($LVIM$) のビット2

$LVIMD$: $LVIM$ のビット1

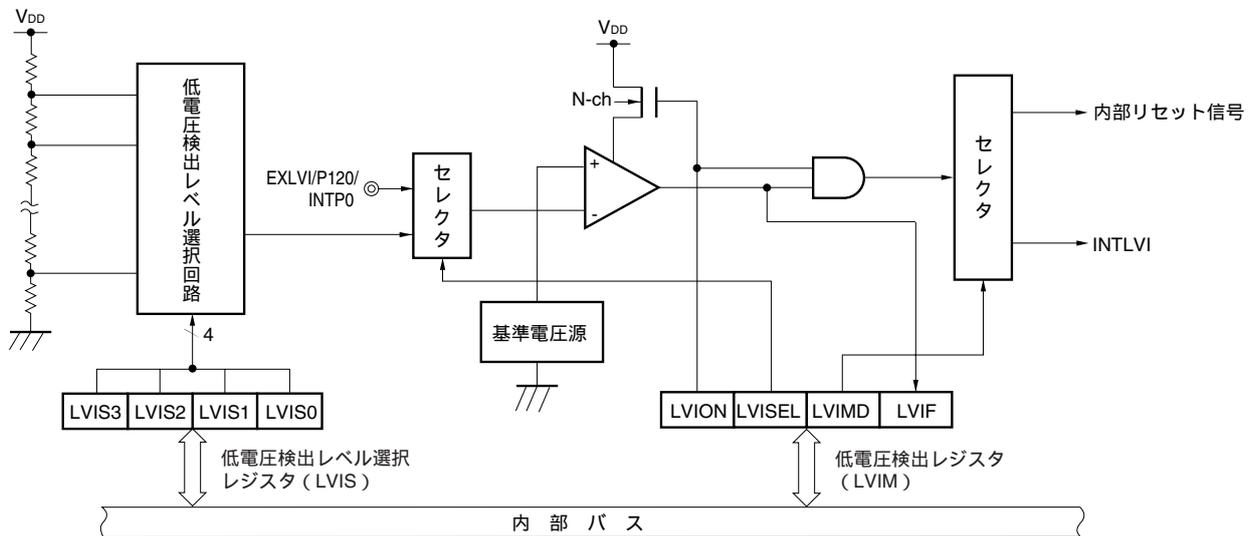
低電圧検出回路動作時では、低電圧検出フラグ ($LVIF$: $LVIM$ のビット0) を読み出すことにより、電源電圧または外部入力端子からの入力電圧が、検出レベル以上か未満かを知ることができます。

低電圧検出回路をリセットとして使用した場合に、リセットが発生するとリセット・コントロール・フラグ・レジスタ ($RESF$) のビット0 ($LVIRF$) がセット (1) されます。 $RESF$ についての詳細は、第18章 リセット機能を参照してください。

20.2 低電圧検出回路の構成

低電圧検出回路のブロック図を図20 - 1に示します。

図20 - 1 低電圧検出回路のブロック図



20.3 低電圧検出回路を制御するレジスタ

低電圧検出回路は次のレジスタで制御します。

- ・低電圧検出レジスタ (LVIM)
- ・低電圧検出レベル選択レジスタ (LVIS)
- ・ポート・モード・レジスタ12 (PM12)

(1) 低電圧検出レジスタ (LVIM)

低電圧検出，動作モードを設定するレジスタです。

LVIMは，1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

LVリセット以外のリセット信号の発生により，00Hになります。

図20 - 2 低電圧検出レジスタ (LVIM) のフォーマット

アドレス : FFBEH リセット時 : 00H^{注1} R/W^{注2}

略号	[7]	6	5	4	3	[2]	[1]	[0]
LVIM	LVION	0	0	0	0	LVISEL	LVIMD	LVIF

LVION ^{注3, 4}	低電圧検出動作許可
0	動作禁止
1	動作許可

LVISEL ^{注3}	電圧検出の選択
0	電源電圧 (V _{DD}) のレベルを検出
1	外部入力端子からの入力電圧 (EXLVI) のレベルを検出

LVIMD ^{注3}	低電圧検出の動作モード (割り込み/リセット) 選択
0	<ul style="list-style-type: none"> LVISEL=0の場合, 電圧降下時に電源電圧 (V_{DD}) < 検出電圧 (V_{LVI}) になったとき, または, 電圧上昇時にV_{DD} > V_{LVI}になったとき内部割り込み信号を発生 LVISEL=1の場合, 電圧降下時に外部入力端子からの入力電圧 (EXLVI) < 検出電圧 (V_{EXLVI}) になったとき, または電圧上昇時にEXLVI > V_{EXLVI}になったときに割り込み信号発生
1	<ul style="list-style-type: none"> LVISEL=0の場合, 電源電圧 (V_{DD}) < 検出電圧 (V_{LVI}) 時に内部リセット発生, にV_{DD} > V_{LVI}時に内部リセット解除 LVISEL=1の場合, 外部入力端子からの入力電圧 (EXLVI) < 検出電圧 (V_{EXLVI}) 時に内部リセット発生, EXLVI > V_{EXLVI}時に内部リセット解除

LVIF ^{注4}	低電圧検出フラグ
0	<ul style="list-style-type: none"> LVISEL=0の場合, 電源電圧 (V_{DD}) < 検出電圧 (V_{LVI}), または動作禁止時 LVISEL=1の場合, 外部入力端子からの入力電圧 (EXLVI) < 検出電圧 (V_{EXLVI}), または動作禁止時
1	<ul style="list-style-type: none"> LVISEL=0の場合, 電源電圧 (V_{DD}) < 検出電圧 (V_{LVI}) LVISEL=1の場合, 外部入力端子からの入力電圧 (EXLVI) < 検出電圧 (V_{EXLVI})

注1. LVI以外のリセット時に, “00H” にクリアされます。

- ビット0はRead Onlyです。
- LVION, LVIMD, LVISELはLVIリセット以外のリセット時にクリア (0) されます。LVIリセットではクリア (0) されません。
- LVIONをセット (1) すると, LVI回路内のコンパレータの動作を開始します。LVIONをセット (1) してから動作が安定するまでの時間 (10 μs (MIN.)) を, ソフトウェアでウエイトしてください。また動作安定後, LVI検出電圧未満の状態になってからLVIFがセット (1) されるまで, 200 μs以上の外部入力 (最小パルス幅: 200 μs (MIN.)) が必要です。

注意1. LVIを停止する場合は, 次のいずれかの手順を行ってください。

- ・8ビット・メモリ操作命令の場合: LVIMに “00H” を書き込む
 - ・1ビット・メモリ操作命令の場合: LVIONをクリア (0)
- 外部入力端子からの入力電圧 (EXLVI) は, EXLVI < V_{DD} でなければなりません。
 - LVIを割り込みとして使用 (LVIMD = 0) する場合, LVI検出電圧未満の状態 LVIONをクリア (0) すると, INTLVI信号が発生し, LVIFが1になります。

注意4. LVIをリセットとして使用 (LVIMD = 1) する場合, LVI動作許可設定 (LVION = 1) 後に, LVIMレジスタへの書き込みを行わないでください。

(2) 低電圧検出レベル選択レジスタ (LVIS)

低電圧検出レベルを選択するレジスタです。

LVISは, 1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

LVIリセット以外のリセット信号の発生により, 00Hになります。

図20 - 3 低電圧検出レベル選択レジスタ (LVIS) のフォーマット

アドレス : FFBFH リセット時 : 00H^註 R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
LVIS	0	0	0	0	LVIS3	LVIS2	LVIS1	LVIS0

LVIS3	LVIS2	LVIS1	LVIS0	検出レベル
0	0	0	0	V _{LV10} (4.24 V ± 0.1 V)
0	0	0	1	V _{LV11} (4.09 V ± 0.1 V)
0	0	1	0	V _{LV12} (3.93 V ± 0.1 V)
0	0	1	1	V _{LV13} (3.78 V ± 0.1 V)
0	1	0	0	V _{LV14} (3.62 V ± 0.1 V)
0	1	0	1	V _{LV15} (3.47 V ± 0.1 V)
0	1	1	0	V _{LV16} (3.32 V ± 0.1 V)
0	1	1	1	V _{LV17} (3.16 V ± 0.1 V)
1	0	0	0	V _{LV18} (3.01 V ± 0.1 V)
1	0	0	1	V _{LV19} (2.85 V ± 0.1 V)
1	0	1	0	V _{LV110} (2.70 V ± 0.1 V)
1	0	1	1	V _{LV111} (2.55 V ± 0.1 V)
1	1	0	0	V _{LV112} (2.39 V ± 0.1 V)
1	1	0	1	V _{LV113} (2.24 V ± 0.1 V)
1	1	1	0	V _{LV114} (2.08 V ± 0.1 V)
1	1	1	1	V _{LV115} (1.93 V ± 0.1 V)

注 LVIIによるリセットのときには, LVISの値はリセットされず, そのまま値を保持します。それ以外のリセットでは, “00H” にクリアされます。

注意1. ビット4-7には必ず“0”を設定してください。

2. LVI動作中に, LVISの値を変更しないでください。

3. 外部入力端子からの入力電圧 (EXLVI) を検出する場合, 検出電圧は固定 (V_{EXLVI} = 1.21 V (TYP.)) です。したがって, LVISの設定は不要です。

(3) ポート・モード・レジスタ12 (PM12)

P120/EXLVI/INTP0端子を外部低電圧検出用電位入力として使用するとき、PM120に1を設定してください。このときP120の出力ラッチは、0または1のどちらでもかまいません。

PM12は、1ビット・メモリ操作命令または8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、FFHになります。

図20 - 4 ポート・モード・レジスタ12 (PM12) のフォーマット

アドレス：FF2CH リセット時：FFH R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PM12	1	1	1	1	1	PM122	PM121	PM120

PM12n	P12n端子の入出力モードの選択 (n = 0-2)
0	出力モード (出力バッファ・オン)
1	入力モード (出力バッファ・オフ)

20.4 低電圧検出回路の動作

低電圧検出回路は、次の2種類の動作モードがあります。

(1) リセットとして使用 (LVIMD = 1)

- ・ LVISEL = 0の場合、電源電圧 (V_{DD}) と検出電圧 (V_{LVI}) を比較し、 $V_{DD} < V_{LVI}$ のとき内部リセットを発生し、 $V_{DD} > V_{LVI}$ のとき内部リセットを解除します。
- ・ LVISEL = 1の場合、外部入力端子からの入力電圧 ($EXLVI$) と検出電圧 ($V_{EXLVI} = 1.21 \text{ V (TYP.)}$) を比較し、 $EXLVI < V_{EXLVI}$ のとき内部リセットを発生し、 $EXLVI > V_{EXLVI}$ のとき内部リセットを解除します。

(2) 割り込みとして使用 (LVIMD = 0)

- ・ LVISEL = 0の場合、電源電圧 (V_{DD}) と検出電圧 (V_{LVI}) を比較し、電圧降下時に $V_{DD} < V_{LVI}$ になったとき、または電圧上昇時に $V_{DD} > V_{LVI}$ になったとき、割り込み信号 (INTLVI) を発生します。
- ・ LVISEL = 1の場合、外部入力端子からの入力電圧 ($EXLVI$) と検出電圧 ($V_{EXLVI} = 1.21 \text{ V (TYP.)}$) を比較し、電圧降下時に $EXLVI < V_{EXLVI}$ になったとき、または電圧上昇時に $EXLVI > V_{EXLVI}$ になったとき、割り込み信号 (INTLVI) を発生します。

低電圧検出回路動作時では、低電圧検出フラグ (LVIF : LVIMのビット0) を読み出すことにより、電源電圧または外部入力端子からの入力電圧が、検出レベル以上か未満かを知ることができます。

備考 LVIMD : 低電圧検出レジスタ (LVIM) のビット1

LVISEL : LVIMのビット2

20.4.1 リセットとして使用時の設定

(1) 電源電圧 (V_{DD}) のレベルを検出する場合

動作開始時

LVIが動作停止状態 ($LVION = 0$) であることを確認する。 $LVION = 1$ の場合には、以降 ~ の設定は行わない。

LVIの割り込みをマスクする ($LVIMK = 1$)

低電圧検出レジスタ ($LVIM$) のビット2 ($LVISEL$) に “0” (電源電圧 (V_{DD}) のレベルを検出) を設定する (デフォルト値)

低電圧検出レベル選択レジスタ ($LVIS$) のビット3-0 ($LVIS3$ - $LVIS0$) で検出電圧を設定する

$LVIM$ のビット7 ($LVION$) に “1” (LVI動作許可) を設定する

ソフトウェアで動作安定時間 ($10 \mu s$ (MIN.)) をウェイトする

$LVIM$ のビット0 ($LVIF$) で、「電源電圧 (V_{DD}) 検出電圧 (V_{LVI})」であることを確認するまで待つ

$LVIM$ のビット1 ($LVIMD$) に “1” (レベル検出時にリセット発生) を設定する

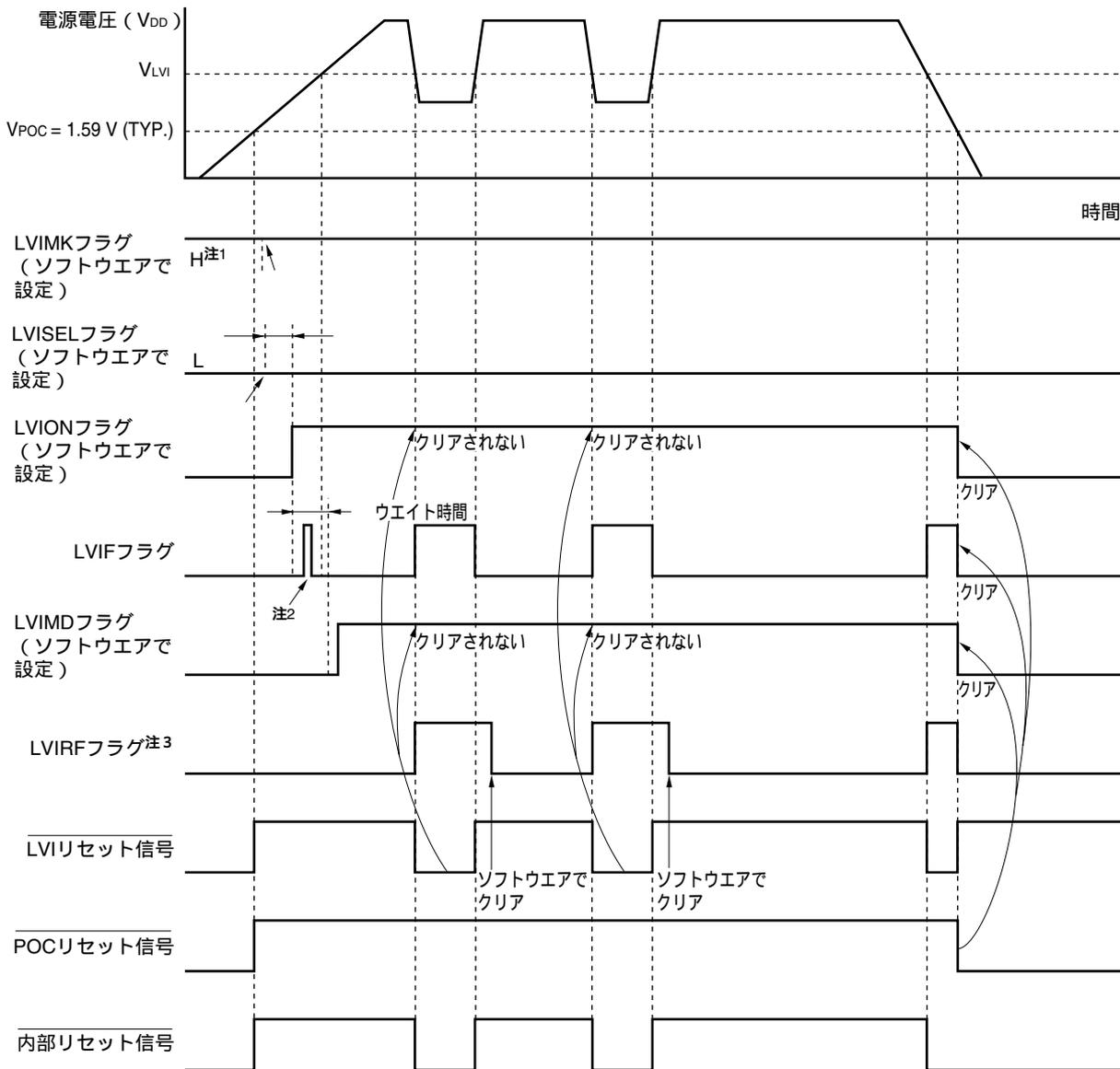
図20 - 5に、 ~ と対応した低電圧検出回路の内部リセット信号発生のタイミングを示します。

注意1. および は必ず行ってください。 $LVIMK = 0$ になっている場合、 の処理を行った時点で割り込みが発生する場合があります。

2. $LVIMD = 1$ とした時点で、「電源電圧 (V_{DD}) 検出電圧 (V_{LVI})」であれば内部リセット信号は発生しません。

図20 - 5 低電圧検出回路の内部リセット信号発生のタイミング（電源電圧（ V_{DD} ）のレベルを検出）（1/2）

(1) 1.59 V POCモード設定時（オプション・バイト：POCMODE = 0）



注1．LVIMKフラグはリセット信号の発生により，“1”になっています。

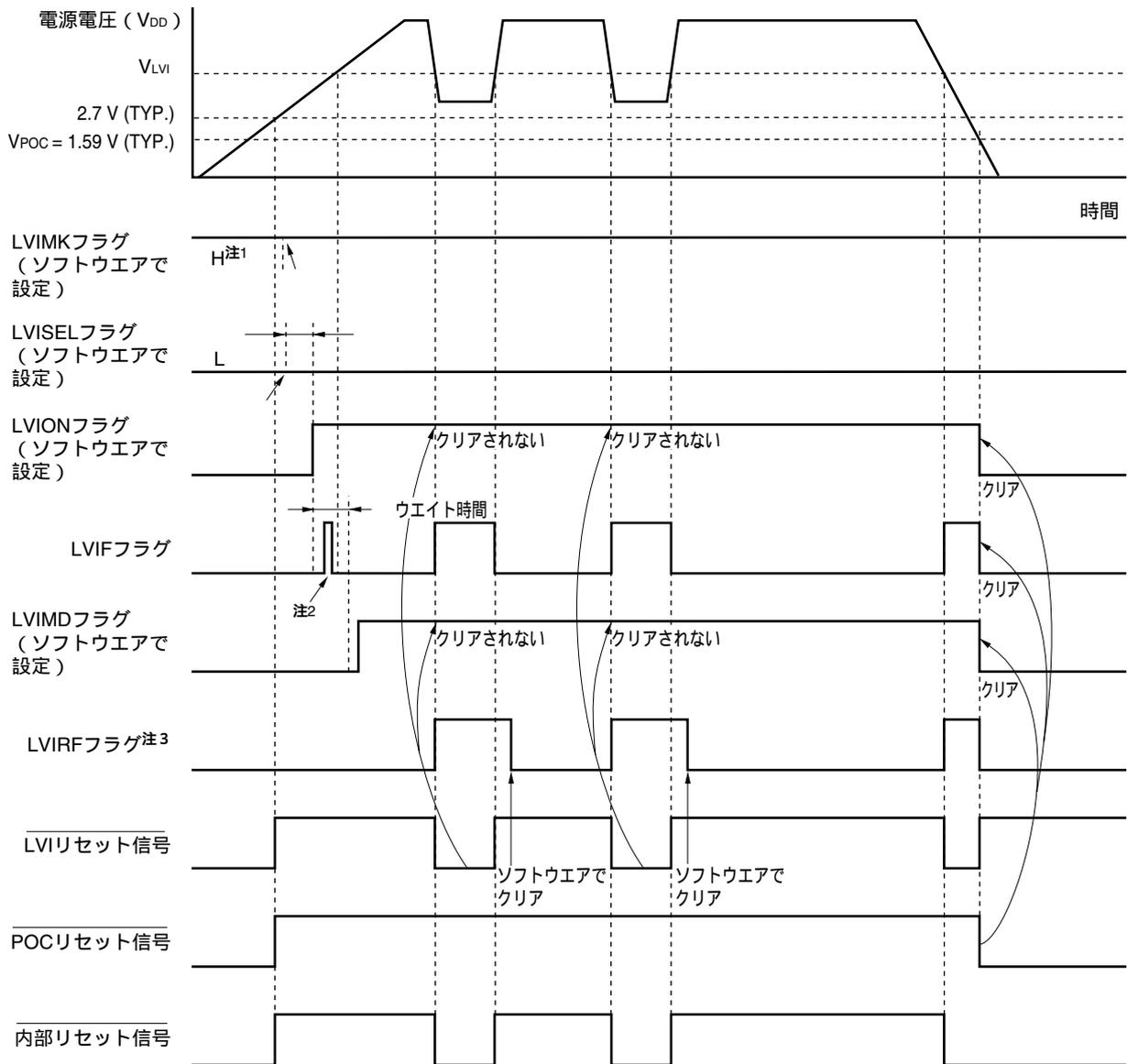
2．LVIFフラグがセット（1）される可能性があります。

3．LVIRFはリセット・コントロール・フラグ・レジスタ（RESF）のビット0です。RESFについての詳細は、第18章 リセット機能を参照してください。

備考 図20 - 5の ~ は、20.4.1(1)電源電圧（ V_{DD} ）のレベルを検出する場合 動作開始時の ~ と対応しています。

図20 - 5 低電圧検出回路の内部リセット信号発生のタイミング（電源電圧（ V_{DD} ）のレベルを検出）（2/2）

(2) 2.7 V/1.59 V POCモード設定時（オプション・バイト：POCMODE = 1）



注1 . LVIMKフラグはリセット信号の発生により，“1”になっています。

2 . LVIFフラグがセット（1）される可能性があります。

3 . LVIRFはリセット・コントロール・フラグ・レジスタ（RESF）のビット0です。RESFについての詳細は，第18章 リセット機能を参照してください。

備考 図20 - 5の ~ は，20. 4. 1（1）電源電圧（ V_{DD} ）のレベルを検出する場合 動作開始時の ~ と対応しています。

(2) 外部入力端子からの入力電圧 (EXLVI) のレベルを検出する場合

動作開始時

LVIが動作停止状態 (LVION = 0) であることを確認する。LVION = 1の場合には、以降 ~ の設定は行わない。

LVIの割り込みをマスクする (LVIMK = 1)

低電圧検出レジスタ (LVIM) のビット2 (LVISEL) に “1” (外部入力端子からの入力電圧 (EXLVI) のレベルを検出) を設定する

LVIMのビット7 (LVION) に “1” (LVI動作許可) を設定する

ソフトウェアで動作安定時間 (10 μ s (MIN.)) をウェイトする

LVIMのビット0 (LVIF) で、「外部入力端子からの入力電圧 (EXLVI) 検出電圧 ($V_{EXLVI} = 1.21$ V (TYP.))」であることを確認するまで待つ

LVIMのビット1 (LVIMD) に “1” (レベル検出時にリセット発生) を設定する

図20 - 6に、 ~ と対応した低電圧検出回路の内部リセット信号発生のタイミングを示します。

注意1 . および は必ず行ってください。LVIMK = 0になっている場合、 の処理を行った時点で割り込みが発生する場合があります。

2. LVIMD = 1とした時点で、「外部入力端子からの入力電圧 (EXLVI) 検出電圧 ($V_{EXLVI} = 1.21$ V (TYP.))」であれば内部リセット信号は発生しません。
3. 外部入力端子からの入力電圧 (EXLVI) は、 $EXLVI < V_{DD}$ でなければなりません。

20.4.2 割り込みとして使用時の設定

(1) 電源電圧 (V_{DD}) のレベルを検出する場合

動作開始時

LVIの割り込みをマスクする (LVIMK = 1)

低電圧検出レジスタ (LVIM) のビット2 (LVISEL) に “0” (電源電圧 (V_{DD}) のレベルを検出) を設定する (デフォルト値)

低電圧検出レベル選択レジスタ (LVIS) のビット3-0 (LVIS3-LVIS0) で検出電圧を設定する
LVIMのビット1 (LVIMD) に “0” (レベル検出時に割り込み信号発生) を設定する (デフォルト値)

LVIMのビット7 (LVION) に “1” (LVI動作許可) を設定する

ソフトウェアで動作安定時間 (10 μ s (MIN.)) をウェイトする

LVIMのビット0 (LVIF) で、立ち下がりを検出する場合は「電源電圧 (V_{DD}) 検出電圧 (V_{LVI})」を、立ち上がりを検出する場合は「電源電圧 (V_{DD}) < 検出電圧 (V_{LVI})」を確認する

LVIの割り込み要求フラグ (LVIIF) をクリア (0) する

LVIの割り込みマスク・フラグ (LVIMK) を解除する
(ベクタ割り込みを使用する場合) EI命令を実行する

図20 - 7に、 ~ と対応した低電圧検出回路の割り込み信号発生タイミングを示します。

動作停止時

次のいずれかの手順を、必ず実行してください。

- ・8ビット・メモリ操作命令の場合：

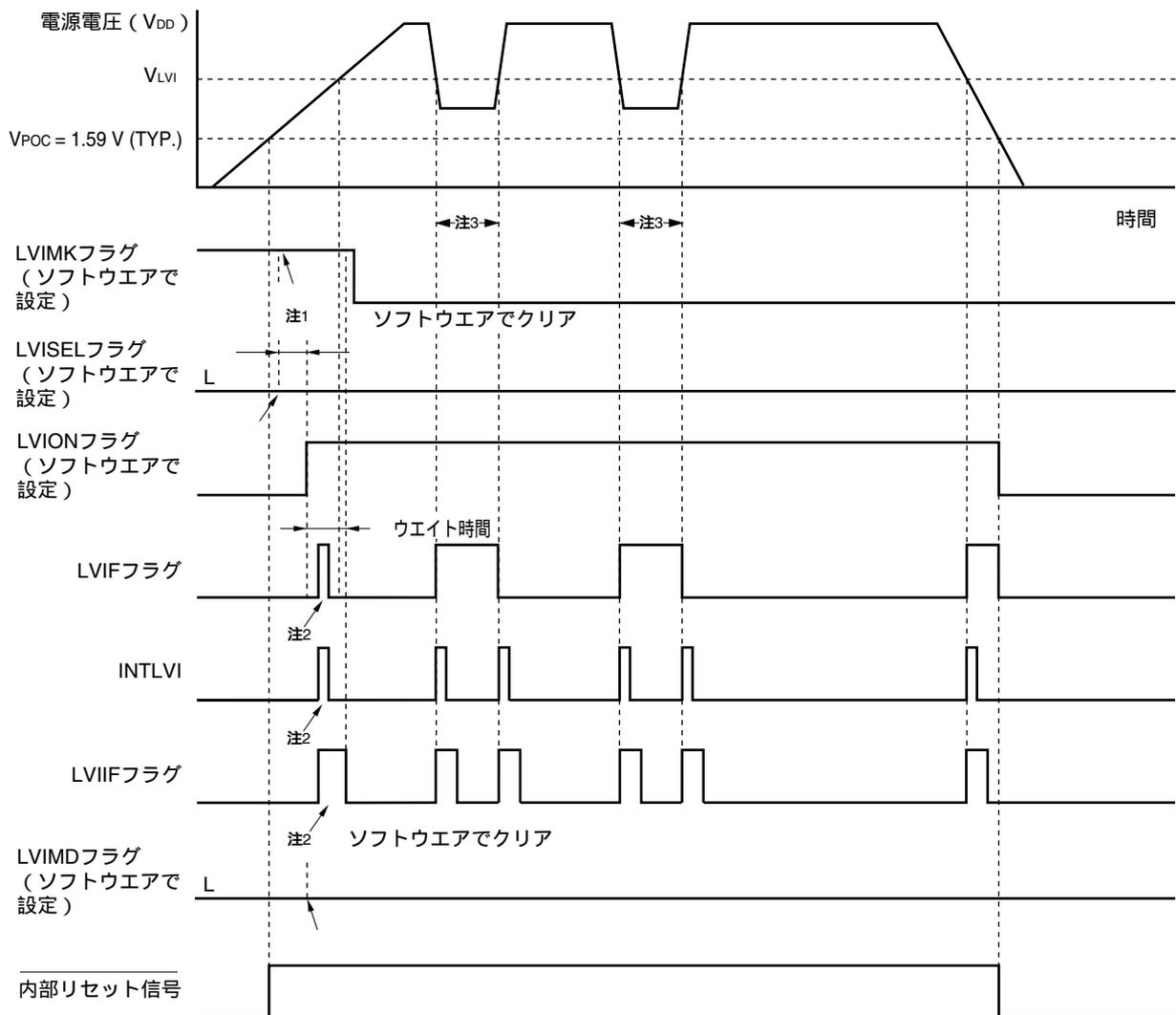
LVIMに “00H” を書き込む

- ・1ビット・メモリ操作命令の場合：

LVIONをクリア (0)

図20 - 7 低電圧検出回路の割り込み信号発生タイミング (電源電圧 (V_{DD}) のレベルを検出) (1/2)

(1) 1.59 V POCモード設定時 (オプション・バイト : POCMODE = 0)



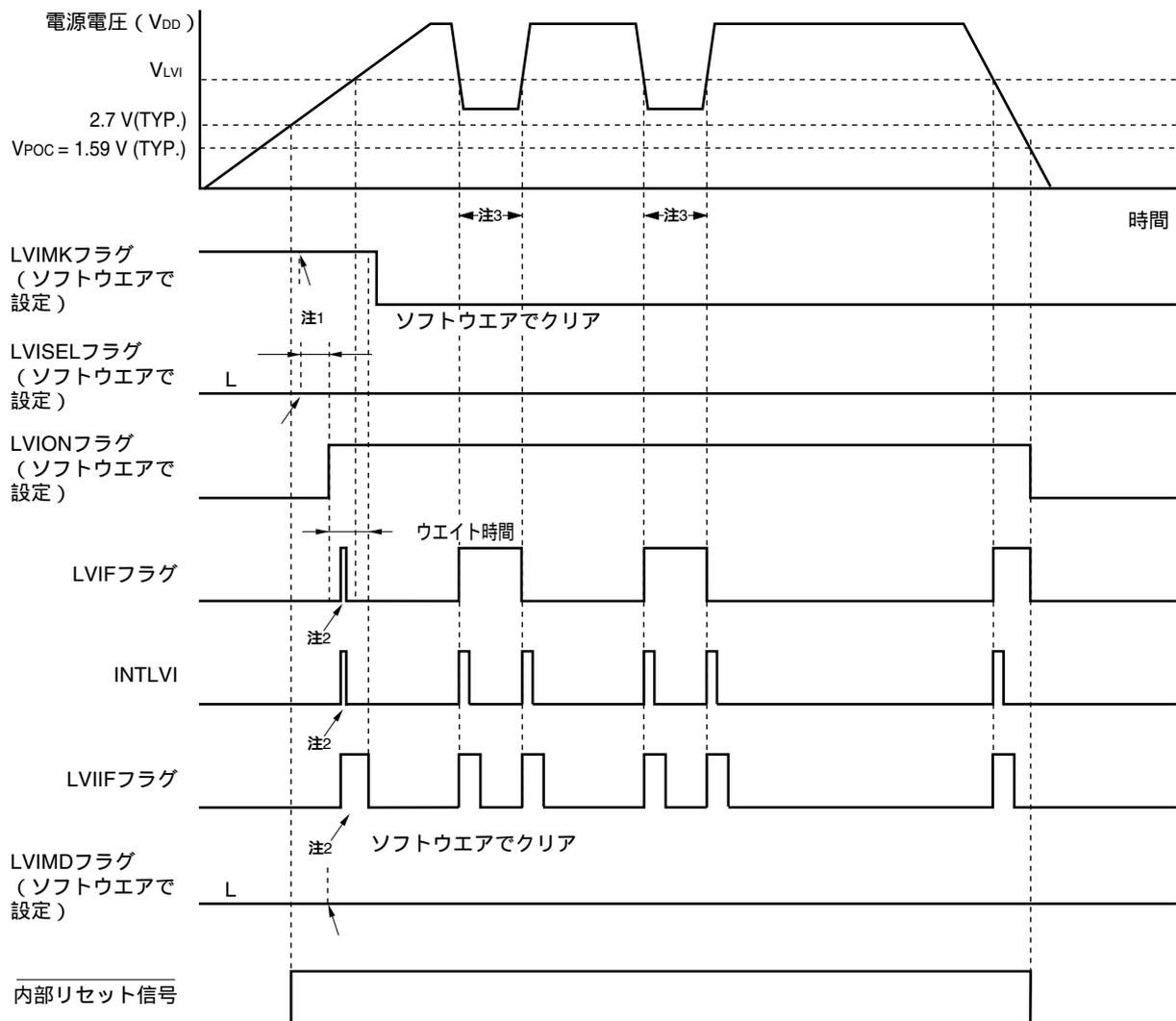
注1 . LVIMKフラグはリセット信号の発生により, “1” になっています。

- 2 . 割り込み要求信号 (INTLVI) が発生し, LVIFフラグ, LVIIIFフラグがセット (1) される可能性があります。
- 3 . LVI検出電圧未満の状態 LVIONをクリア (0) した場合, INTLVI信号が発生し, LVIIIFが1になります。

備考 図20 - 7の ~ は, 20. 4. 2 (1) 電源電圧 (V_{DD}) のレベルを検出する場合 動作開始時の ~ と対応しています。

図20 - 7 低電圧検出回路の割り込み信号発生タイミング (電源電圧 (V_{DD}) のレベルを検出) (2/2)

(2) 2.7 V/1.59 V POCモード設定時 (オプション・バイト: POCMODE = 1)



注1. LVIMKフラグはリセット信号の発生により、“1”になっています。

2. 割り込み要求信号 (INTLVI) が発生し、LVIFフラグ、LVIIIFフラグがセット (1) される可能性があります。
3. LVI検出電圧未満の状態 LVIONをクリア (0) した場合、INTLVI信号が発生し、LVIIIFが1になります。

備考 図20 - 7の ~ は、20. 4. 2 (1) 電源電圧 (V_{DD}) のレベルを検出する場合 動作開始時の ~ と対応しています。

(2) 外部入力端子からの入力電圧 (EXLVI) のレベルを検出する場合

動作開始時

- LVIMの割り込みをマスクする (LVIMK = 1)
- 低電圧検出レジスタ (LVIM) のビット2 (LVISEL) に “ 1 ” (外部入力端子からの入力電圧 (EXLVI) のレベルを検出) を設定する
- LVIMのビット1 (LVIMD) に “ 0 ” (レベル検出時に割り込み信号発生) を設定する (デフォルト値)
- LVIMのビット7 (LVION) に “ 1 ” (LVI動作許可) を設定する
- ソフトウェアで動作安定時間 (10 μ s (MIN.)) をウエイトする
- LVIMのビット0 (LVIF) で、立ち下がりを検出する場合は「外部入力端子からの入力電圧 (EXLVI) 検出電圧 ($V_{EXLVI} = 1.21$ V (TYP.))」を、立ち上がりを検出する場合は「外部入力端子からの入力電圧 (EXLVI) < 検出電圧 ($V_{EXLVI} = 1.21$ V (TYP.))」を確認する
- LVIMの割り込み要求フラグ (LVIIIF) をクリア (0) する
- LVIMの割り込みマスク・フラグ (LVIMK) を解除する
(ベクタ割り込みを使用する場合) EI命令を実行する

図20 - 8に、 ~ と対応した低電圧検出回路の割り込み信号発生のタイミングを示します。

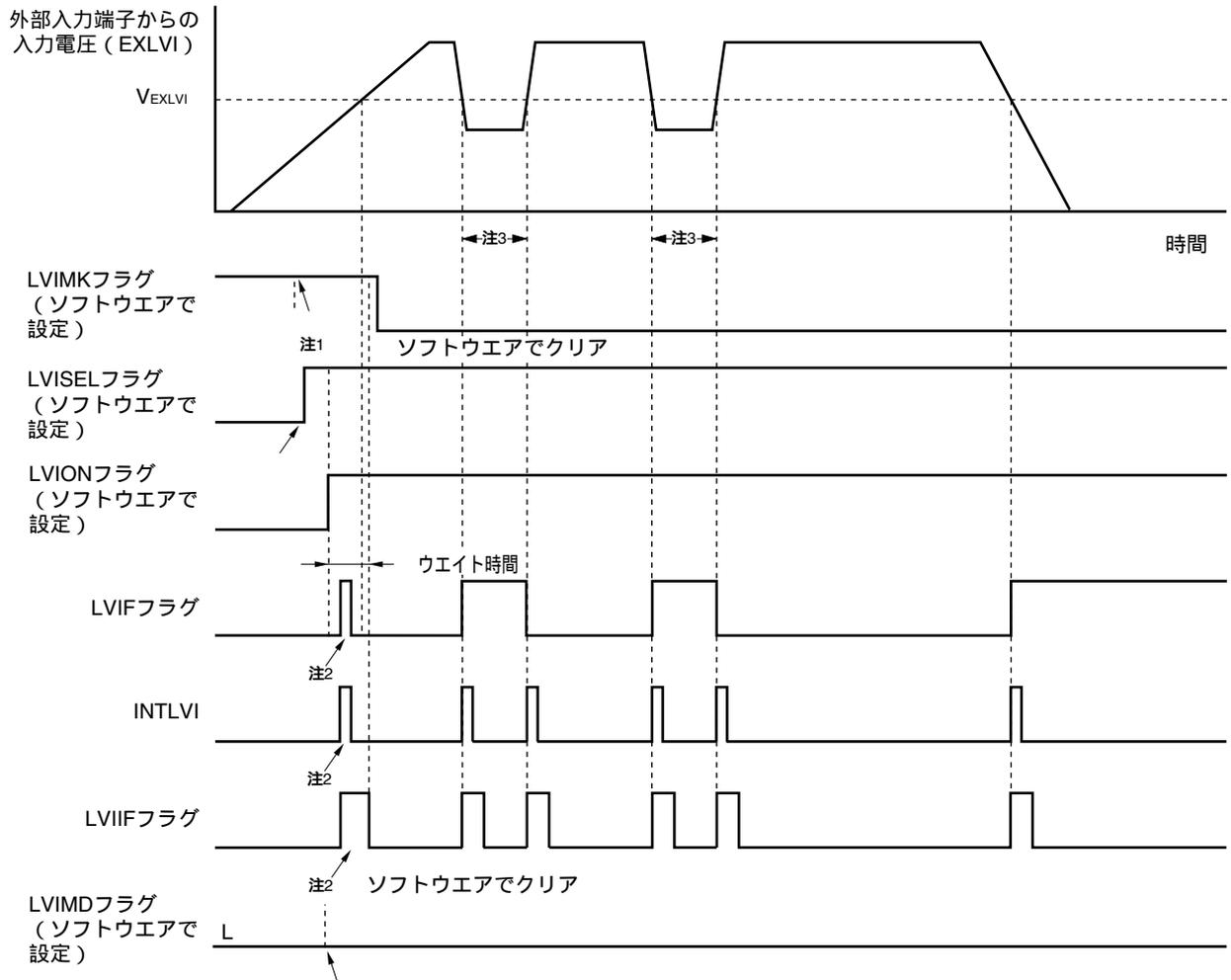
注意 外部入力端子からの入力電圧 (EXLVI) は、 $EXLVI < V_{DD}$ でなければなりません。

動作停止時

次のいずれかの手順を、必ず実行してください。

- ・ 8ビット・メモリ操作命令の場合 :
LVIMに “ 00H ” を書き込む
- ・ 1ビット・メモリ操作命令の場合 :
LVIONをクリア (0)

図20 - 8 低電圧検出回路の割り込み信号発生時のタイミング
(外部入力端子からの入力電圧 (EXLVI) のレベルを検出)



- 注1. LVIMKフラグはリセット信号の発生により、“1”になっています。
2. 割り込み要求信号 (INTLVI) が発生し、LVIFフラグ、LVIIIFフラグがセット (1) される可能性があります。
3. LVI検出電圧未満の状態 LVIONをクリア (0) した場合、INTLVI信号が発生し、LVIIIFが1になります。

備考 図20 - 8の ~ は、20.4.2 (2) 外部入力端子からの入力電圧 (EXLVI) のレベルを検出する場合 動作開始時の ~ と対応しています。

20.5 低電圧検出回路の注意事項

20.5.1 LVI検出電圧付近で電源電圧が変動する場合の動作について

電源電圧 (V_{DD}) がLVI検出電圧 (V_{LVI}) 付近で、ある期間ふらつくような構成のシステムでは、低電圧検出回路の使用方法により、次のような動作となります。

(1) リセットとして使用する場合

リセット状態 / リセット解除状態を繰り返すことがあります。

後述の処置 (1) に示す処理を行うことにより、リセット解除からマイコン動作開始までの時間を任意に設定できます。

(2) 割り込みとして使用する場合

割り込み要求が頻繁に発生することがあります。後述の処置 (2) の (b) に示す処理を行うようにしてください。

< 処 置 >

(1) リセットとして使用する場合

リセット解除後、タイマなどを使用するソフトウェア・カウンタにて、システムごとに異なる電源電圧変動期間をウエイトしてから、ポートなどを初期設定してください。

(2) 割り込みとして使用する場合

(a) LVI割り込みの処理ルーチン内で、低電圧検出レジスタ (LVIM) のビット0 (LVIF) にて、立ち下がりを検出する場合は “電源電圧 (V_{DD}) 検出電圧 (V_{LVI}) ” を、立ち上がりを検出する場合は “電源電圧 (V_{DD}) < 検出電圧 (V_{LVI}) ” を確認し、割り込み要求フラグ・レジスタ0L (IF0L) のビット0 (LVIF) をクリア (0) してください。

(b) LVI検出電圧付近での電源電圧変動期間が長いシステムの場合は、電源電圧変動期間をウエイトしたあとに、上述の (a) を行ってください。

備考 低電圧検出レジスタ (LVIM) のビット2 (LVISEL) に “1” を設定した場合は、上記の語句を次のように読み替えてください。

- ・電源電圧 (V_{DD}) 外部入力端子からの入力電圧 (V_{EXLVI})
- ・検出電圧 (V_{LVI}) 検出電圧 ($V_{EXLVI} = 1.21V$)

20.5.2 LVIをリセットとして使用する場合の注意事項

LVIをリセットとして使用 (LVIMD = 1) する場合、周辺ハードウェアの設定により、LVIの使用方法与設定手順に制限があります。周辺ハードウェアの設定に応じて、LVIを次のように設定してください。

次の手順以外の設定を行った場合、LVIが正常に動作しない可能性があります。

(1) 16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00を使用しない場合、または、キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 (CRC00) を “00H (リセット値)” に設定して、16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00を使用する場合

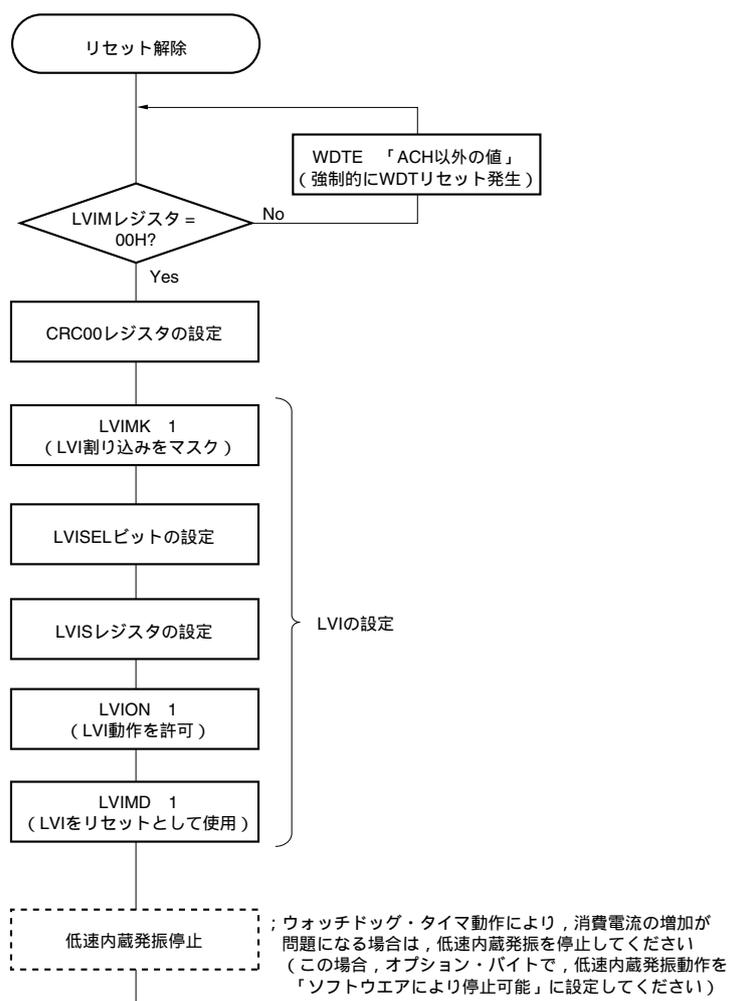
→ CRC00レジスタへの書き込みは行わないでください。

(2) キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 (CRC00) を “00H (リセット値)” 以外に設定して、16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00を使用する場合

→ リセット解除後に、必ずウォッチドッグ・タイマによるリセットを発生させ、LVI動作が停止したあとに、CRC00レジスタおよびLVIを設定してください (設定手順は、下記のフロー・チャートを参照)。

なお、LVI設定後、LVIのレジスタおよびCRC00レジスタへの設定は行わないでください。

図20 - 9 CRC00レジスタおよびLVIの設定手順 (キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 (CRC00) を “00H (リセット値)” 以外に設定して、16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00を使用する場合)



第21章 オプション・バイト

21.1 オプション・バイトの機能

μ PD78F8024, 78F8025のフラッシュ・メモリの0080H-0084Hは、オプション・バイト領域です。電源投入時またはリセットからの起動時に、自動的にオプション・バイトを参照して、指定された機能の設定を行います。製品使用の際には、必ずオプション・バイトにて次に示す機能の設定を行ってください。

また、セルフ・プログラミング時にブート・スワップ動作を使用する場合、0080H-0084Hは1080H-1084Hと切り替わるので、あらかじめ1080H-1084Hにも0080H-0084Hと同じ値を設定してください。

注意 0082H, 0083H, 0084H (ブート・スワップ使用時は0082H/1082H, 0083H/1083H, 0084H/1084H) には、必ず00Hを設定してください。

(1) 0080H/1080H

低速内蔵発振器の動作

- ・ソフトウェアにより停止可能
- ・停止不可

ウォッチドッグ・タイマのオーバフロー時間の設定

ウォッチドッグ・タイマのカウンタの動作

- ・カウンタの動作許可
- ・カウンタの動作禁止

ウォッチドッグ・タイマのウインドウ・オープン期間の設定

注意 ブート・スワップ時は、0080Hと1080Hが切り替わるので、あらかじめ1080Hにも0080Hと同じ値を設定してください。

(2) 0081H/1081H

POCモードの選択

- ・2.7 V/1.59 V POCモード動作時 (POCMODE = 1)

電源投入から2.7 V (TYP.) に達するまでリセット状態になり、2.7 V (TYP.) を越えとリセットが解除されます。その後、2.7 VでのPOC検出は行われず、1.59 V (TYP.) でPOC検出が行われます。

電源投入から1.8 Vに達するまでの電圧の立ち上がり、0.5 V/ms (MIN.) よりも緩やかな場合、2.7 V/1.59 V POCモードの使用を推奨します。

- ・1.59 V POCモード動作時 (POCMODE = 0)

電源投入から1.59 V (TYP.) に達するまでリセット状態になり、1.59 V (TYP.) を越えとリセットが解除されます。その後、電源投入時と同様に、1.59 V (TYP.) でPOC検出が行われます。

注意 POCMODEは、専用フラッシュ・メモリ・プログラマによる書き込みのみ設定可能です。セルフ・プログラミング、およびセルフ・プログラミング中のブート・スワップ動作では設定できません。ただし、ブート・スワップ時は、0081Hと1081Hが切り替わるので、あらかじめ1081Hにも0081Hと同じ値を設定してください。

21.2 オプション・バイトのフォーマット

オプション・バイトのフォーマットを次に示します。

図21 - 1 オプション・バイトのフォーマット (1/2)

アドレス : 0080H/1080H^注

7	6	5	4	3	2	1	0
0	WINDOW1	WINDOW0	WDTON	WDCS2	WDCS1	WDCS0	LSROSC

WINDOW1	WINDOW0	ウォッチドッグ・タイマのウインドウ・オープン期間
0	0	25 %
0	1	50 %
1	0	75 %
1	1	100 %

WDTON	ウォッチドッグ・タイマのカウンタ / 不正アクセス検出の動作制御
0	カウンタ動作禁止 (リセット解除後, カウント停止), 不正アクセス検出動作禁止
1	カウンタ動作許可 (リセット解除後, カウント開始), 不正アクセス検出動作許可

WDCS2	WDCS1	WDCS0	ウォッチドッグ・タイマのオーバフロー時間
0	0	0	$2^{10}/f_{RL}$ (3.88 ms)
0	0	1	$2^{11}/f_{RL}$ (7.76 ms)
0	1	0	$2^{12}/f_{RL}$ (15.52 ms)
0	1	1	$2^{13}/f_{RL}$ (31.03 ms)
1	0	0	$2^{14}/f_{RL}$ (62.06 ms)
1	0	1	$2^{15}/f_{RL}$ (124.12 ms)
1	1	0	$2^{16}/f_{RL}$ (248.24 ms)
1	1	1	$2^{17}/f_{RL}$ (496.48 ms)

LSROSC	低速内蔵発振器の動作
0	ソフトウェアにより停止可能 (RCMレジスタのビット1 (LSRSTOP) に1を書き込むことにより停止)
1	停止不可 (LSRSTOPビットに1を書き込んでも停止しない)

注 ブート・スワップ時は, 0080Hと1080Hが切り替わるので, あらかじめ1080Hにも0080Hと同じ値を設定してください。

- 注意1. WDCS2 = WDCS1 = WDCS0 = 0かつWINDOW1 = WINDOW0 = 0の組み合わせは設定禁止です。
2. 1.8 V $V_{DD} < 2.7$ Vで使用する場合, WINDOW1 = WINDOW0 = 0は設定禁止です。
3. フラッシュ・メモリのセルフ・プログラミング時およびEEPROMエミュレーション時でも, ウォッチドッグ・タイマの動作は継続します。ただし, これらの処置中には割り込みの受け付け時間が遅れるので, 遅延を考慮し, オーバフロー時間およびウインドウ・サイズを設定してください。
4. LSROSC = 0 (ソフトウェアにより停止可能) の場合, 内蔵発振モード・レジスタ (RCM) のビット1 (LSRSTOP) の設定に関係なく, HALT/STOPモード時では, ウォッチドッグ・タイマにカウンタ・クロックは供給されません。
ただし, 低速内蔵発振クロックで8ビット・タイマH1が動作している場合は, HALT/STOPモード時でも, 8ビット・タイマH1にカウンタ・クロックが供給されます。
5. ビット7には必ず0を書き込んでください。

- 備考1. f_{RL} : 低速内蔵発振クロック周波数
2. () 内は $f_{RL} = 264$ kHz (MAX.) の場合

図21 - 1 オプション・バイトのフォーマット (2/2)

アドレス : 0081H/1081H^{注1, 2}

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	POCMODE

POCMODE	POCモードの選択
0	1.59 V POCモード
1	2.7 V/1.59 V POCモード

注1. POCMODEは、専用フラッシュ・メモリ・プログラマによる書き込みのみ設定可能です。セルフ・プログラミング、およびセルフ・プログラミング中のブート・スワップ動作では設定できません。ただし、ブート・スワップ時は、0081Hと1081Hが切り替わるので、あらかじめ1081Hにも0081Hと同じ値を設定してください。

2. POCモードの設定内容を変更する場合は、フラッシュ・メモリの一括消去（チップ消去）後に、再度0081Hに値を設定してください。指定したブロックのメモリ消去後の設定変更は無効となります。

注意 ビット7-1には必ず0を書き込んでください。

アドレス : 0082H/1082H, 0083H/1083H, 0084H/1084H^注

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0

注 0082H, 0083H, 0084Hは予約領域なので、必ず00Hを設定してください。またブート・スワップ時は、0082H, 0083H, 0084Hと1082H, 1083H, 1084Hが切り替わるので、あらかじめ1082H, 1083H, 1084Hにも00Hを設定してください。

オプション・バイト設定のソフトウェア記述例を次に示します。

OPT	CSEG	AT 0080H	
OPTION:	DB	30H	; ウォッチドッグ・タイマ動作(不定アクセス検出動作)許可, ; ウォッチドッグ・タイマのウィンドウ・オープン期間50%, ; ウォッチドッグ・タイマのオーパフロー時間 $2^{10}/f_{RL}$, ; 低速内蔵発振器をソフトウェアにより停止可能
	DB	00H	; 1.59V POCモード
	DB	00H	; 予約領域
	DB	00H	; 予約領域
	DB	00H	; 予約領域

備考 オプション・バイトの参照はリセット処理時に行われます。リセット処理のタイミングについては、第18章 **リセット機能**を参照してください。

第22章 フラッシュ・メモリ

μPD78F8024, 78F8025は、基板に実装した状態でプログラムの書き込み、消去、再書き込み可能なフラッシュ・メモリを内蔵しています。

22.1 メモリ・サイズ切り替えレジスタ

メモリ・サイズ切り替えレジスタ（IMS）により、内部メモリ容量を選択できます。

IMSは、8ビット・メモリ操作命令で設定します。

リセット信号の発生により、CFHになります。

注意 リセット解除後、製品ごとに表22 - 1に示す値を設定してください。

図22 - 1 メモリ・サイズ切り替えレジスタ（IMS）のフォーマット

アドレス：FFF0H リセット時：CFH R/W

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
IMS	RAM2	RAM1	RAM0	0	ROM3	ROM2	ROM1	ROM0

RAM2	RAM1	RAM0	内部高速RAM容量の選択
0	1	0	512バイト
1	1	0	1024バイト
上記以外			設定禁止

ROM3	ROM2	ROM1	ROM0	内部ROM容量の選択
0	0	1	0	8 Kバイト
1	0	0	0	32 Kバイト
上記以外				設定禁止

表22 - 1 メモリ・サイズ切り替えレジスタの設定値

製品	IMSの設定値
μPD78F8024	42H
μPD78F8025	C8H

22.2 フラッシュ・メモリ・プログラマによる書き込み方法

専用フラッシュ・メモリ・プログラマにより，オンボードまたはオフボードで書き込みができます。

(1) オンボード・プログラミング

ターゲット・システム上に μ PD78F8024, 78F8025を実装後，フラッシュ・メモリの内容を書き換えます。ターゲット・システム上には，専用フラッシュ・メモリ・プログラマを接続するためのコネクタなどを実装しておいてください。

(2) オフボード・プログラミング

ターゲット・システム上に μ PD78F8024, 78F8025を実装する前に専用プログラム・アダプタ (FAシリーズ)などでフラッシュ・メモリに書き込みます。

備考 FAシリーズは，(株)内藤電誠町田製作所の製品です。

22.3 プログラミング環境

μ PD78F8024, 78F8025のフラッシュ・メモリにプログラムを書き込むために必要な環境を示します。

図22-2 フラッシュ・メモリにプログラムを書き込むための環境



専用フラッシュ・メモリ・プログラマには，これを制御するホスト・マシンが必要です。

また，専用フラッシュ・メモリ・プログラマと μ PD78F8024, 78F8025とのインターフェースはCSI10またはUART6を使用して，書き込み，消去の操作を行います。オフボードで書き込む場合は，専用プログラム・アダプタ (FAシリーズ)が必要です。

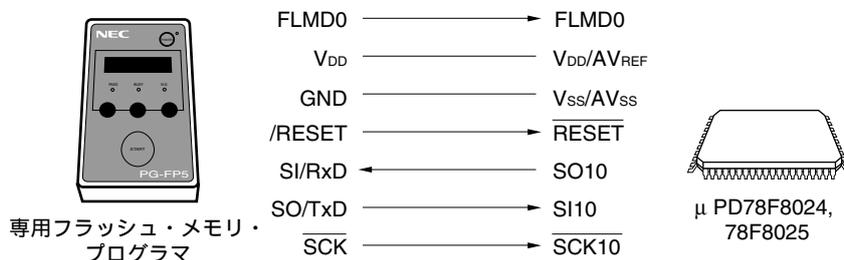
22.4 通信方式

専用フラッシュ・メモリ・プログラマと μ PD78F8024, 78F8025との通信は，CSI10またはUART6によるシリアル通信で行います。

(1) CSI10

転送レート : 2.4 kHz ~ 2.5 MHz

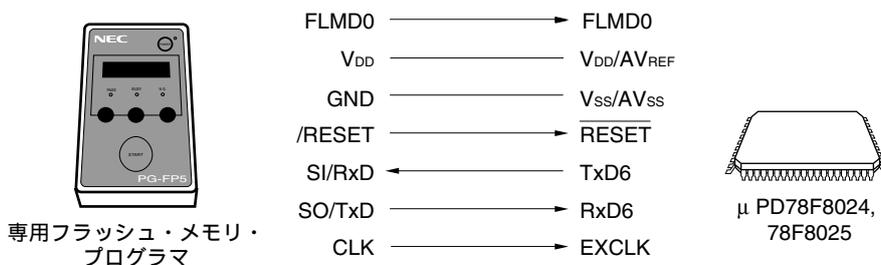
図22 - 3 専用フラッシュ・メモリ・プログラマとの通信 (CSI10)



(2) UART6

転送レート : 115200 bps

図22 - 4 専用フラッシュ・メモリ・プログラマとの通信 (UART6)



専用フラッシュ・メモリ・プログラマはμ PD78F8024, 78F8025に対して次の信号を生成します。詳細はPG-FP5, FL-PR5, PG-FP4, FL-PR4のマニュアルを参照してください。

表22 - 2 端子接続一覧

専用フラッシュ・メモリ・プログラマ			μ PD78F8024, 78F8025	接続時の処置	
信号名	入出力	端子機能	端子名	CSI10	UART6
FLMD0	出力	モード信号	FLMD0		
V _{DD}	入出力	V _{DD} 電圧生成 / 電圧監視	V _{DD} , AV _{REF}		
GND	-	グランド	V _{SS} , AV _{SS}		
CLK	出力	μ PD78F8024, 78F8025へのクロック出力	EXCLK/X2/P122	× ^注	
/RESET	出力	リセット信号	RESET		
SI/RxD	入力	受信信号	SO10/TxD6		
SO/TxD	出力	送信信号	SI10/RxD6		
SCK	出力	転送クロック	SCK10		×

注 CSI10使用時は、高速内蔵発振クロック (f_{RH}) のみ使用できます。

備考 : 必ず接続してください。

: ターゲット・ボード上で生成されていれば、接続の必要はありません。

× : 接続の必要はありません。

専用プログラム・アダプタ（FAシリーズ）使用時に使用しない端子は、表2-2 各端子の入出力回路タイプの未使用時の推奨接続方法、または表22-3 フラッシュ・メモリ書き込み用アダプタ接続時の未使用端子の処理（必須）に示されている処理を行ってください。

表22-3 フラッシュ・メモリ書き込み用アダプタ接続時の未使用端子の処理（必須）

端子名	端子処理
P00, P01	個別に抵抗を介してV _{SS} に接続してください ^{注1}
P10, P11	個別に抵抗を介してV _{SS} に接続してください ^{注2}
P14	個別に抵抗を介してV _{SS} に接続してください ^{注3}
P16, P17	個別に抵抗を介してV _{SS} に接続してください ^{注1}
P30-P33	
P60, P61	個別に抵抗を介してV _{SS} に接続、またはV _{SS} に直接接続してください
P120	個別に抵抗を介してV _{SS} に接続してください ^{注1}

注1. フラッシュ・メモリ書き込み用アダプタのボード上で、フラッシュ・メモリ・プログラミング中に通常動作モードへ切り替わらないように設計されている場合は、抵抗を介さずに直接V_{SS}に接続しても可。

2. 専用フラッシュ・メモリ・プログラマとの通信をCSI10によるシリアル通信で行う場合は、プログラマと接続してください。
3. 専用フラッシュ・メモリ・プログラマとの通信をUART6によるシリアル通信で行う場合は、プログラマと接続してください。

22.5 オンボード上の端子処理

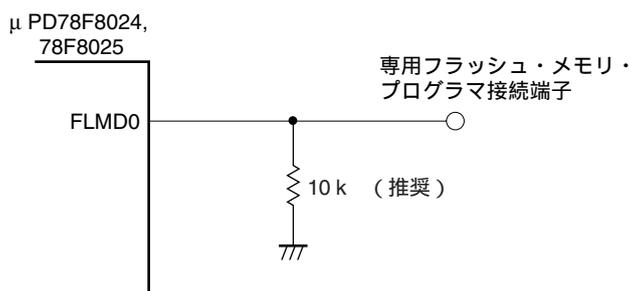
オンボード書き込みを行う場合は、ターゲット・システム上に専用フラッシュ・メモリ・プログラマと接続するためのコネクタを設けます。また、オンボード上に通常動作モードからフラッシュ・メモリ・プログラミング・モードへの切り替え機能を設けてください。

フラッシュ・メモリ・プログラミング・モードに遷移すると、フラッシュ・メモリ・プログラミングに使用しない端子は、すべてリセット直後と同じ状態になります。したがって、外部デバイスがリセット直後の状態を認めない場合は端子処理が必要です。

22.5.1 FLMD0端子

通常動作モード時は、FLMD0端子に0Vを入力します。また、フラッシュ・メモリ・プログラミング・モード時は、FLMD0端子にV_{DD}レベルの書き込み電圧を供給します。FLMD0端子の接続例を次に示します。

図22-5 FLMD0端子の接続例



22.5.2 シリアル・インタフェース端子

各シリアル・インタフェースが使用する端子を次に示します。

表22 - 4 各シリアル・インタフェースが使用する端子

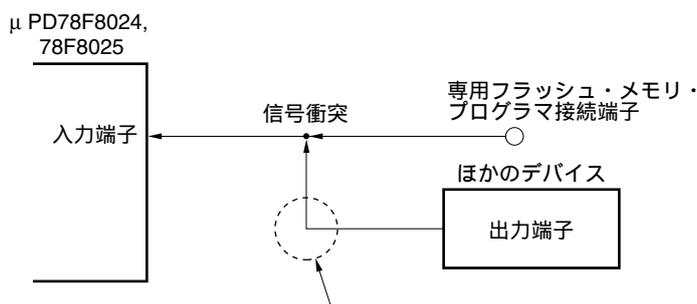
シリアル・インタフェース	使用端子
CSI10	SO10, SI10, $\overline{\text{SCK10}}$
UART6	TxD6, RxD6

オンボード上でほかのデバイスと接続しているシリアル・インタフェース用の端子に、専用フラッシュ・メモリ・プログラマを接続する場合、信号の衝突、ほかのデバイスの異常動作などに注意してください。

(1) 信号の衝突

ほかのデバイス（出力）と接続しているシリアル・インタフェース用の端子（入力）に、専用フラッシュ・メモリ・プログラマ（出力）を接続すると、信号の衝突が発生します。この信号の衝突を避けるため、ほかのデバイスとの接続をアイソレートするか、またはほかのデバイスを出力ハイ・インピーダンス状態にしてください。

図22 - 6 信号の衝突（シリアル・インタフェースの入力端子）

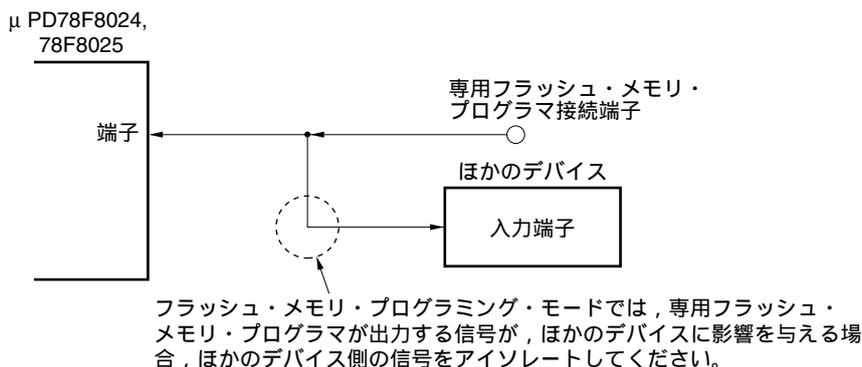
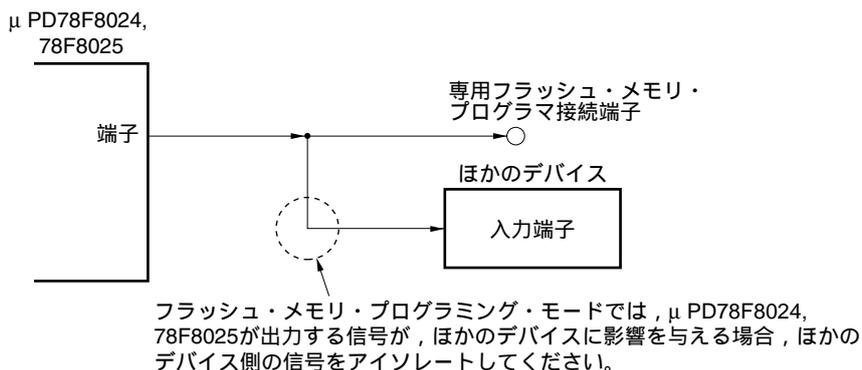


フラッシュ・メモリ・プログラミング・モードでは、ほかのデバイスが出力する信号と専用フラッシュ・メモリ・プログラマから送り出される信号が衝突するため、ほかのデバイス側の信号をアイソレートしてください。

(2) ほかのデバイスの異常動作

ほかのデバイス（入力）と接続しているシリアル・インタフェース用の端子（入力または出力）に、専用フラッシュ・メモリ・プログラマ（出力または入力）を接続する場合、ほかのデバイスに信号が出力され、異常動作を起こす可能性があります。この異常動作を避けるため、ほかのデバイスとの接続をアイソレートしてください。

図22 - 7 ほかのデバイスの異常動作

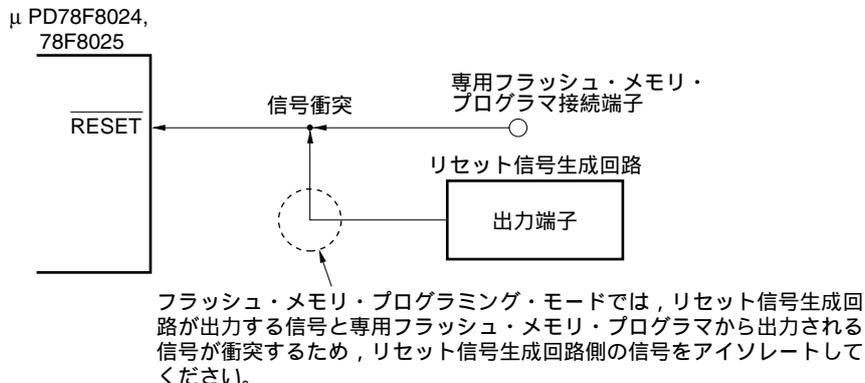


22. 5. 3 RESET端子

オンボード上で、リセット信号生成回路と接続しているRESET端子に、専用フラッシュ・メモリ・プログラマのリセット信号を接続する場合、信号の衝突が発生します。この信号の衝突を避けるため、リセット信号生成回路との接続をアイソレートしてください。

また、フラッシュ・メモリ・プログラミング・モード期間中に、ユーザ・システムからリセット信号を入力した場合、正常なプログラミング動作が行われなくなるので、専用フラッシュ・メモリ・プログラマからのリセット信号以外は入力しないでください。

図22 - 8 信号の衝突 (RESET端子)



22.5.4 ポート端子

フラッシュ・メモリ・プログラミング・モードに遷移すると、フラッシュ・メモリ・プログラミングに使用しない端子は、すべてリセット直後と同じ状態になります。したがって、各ポートに接続された外部デバイスが、リセット直後のポート状態を認めない場合は、抵抗を介してV_{DD}に接続するか、または抵抗を介してV_{SS}に接続するなどの端子処理が必要です。

22.5.5 REGC端子

REGC端子は、通常動作時と同様に、コンデンサ (0.47 ~ 1 μ F : 推奨) を介し、GNDに接続してください。

22.5.6 その他の信号端子

オンボード上のクロックを使用する場合、X1, X2は、通常動作モード時と同じ状態に接続してください。

ただし、専用フラッシュ・メモリ・プログラマから動作クロックを入力する場合、プログラマのCLKとEXCLK/X2/P122を接続してください。

注意1. CSI10使用時は、高速内蔵発振クロック (f_{RH}) のみ使用できます。

2. UART6使用時は、X1クロック (f_X) または外部メイン・システム・クロック (f_{EXCLK}) のみ使用できます。

22.5.7 電 源

フラッシュ・メモリ・プログラマの電源出力を使用する場合は、V_{DD}端子はフラッシュ・メモリ・プログラマのV_{DD}に、V_{SS}端子はフラッシュ・メモリ・プログラマのGNDに、それぞれ接続してください。

オンボード上の電源を使用する場合は、通常動作モード時に準拠した接続にしてください。

ただし、オンボード上の電源を使用する場合においても、フラッシュ・メモリ・プログラマで電圧監視をするため、V_{DD}、V_{SS}端子はフラッシュ・メモリ・プログラマのV_{DD}、GNDと必ず接続してください。

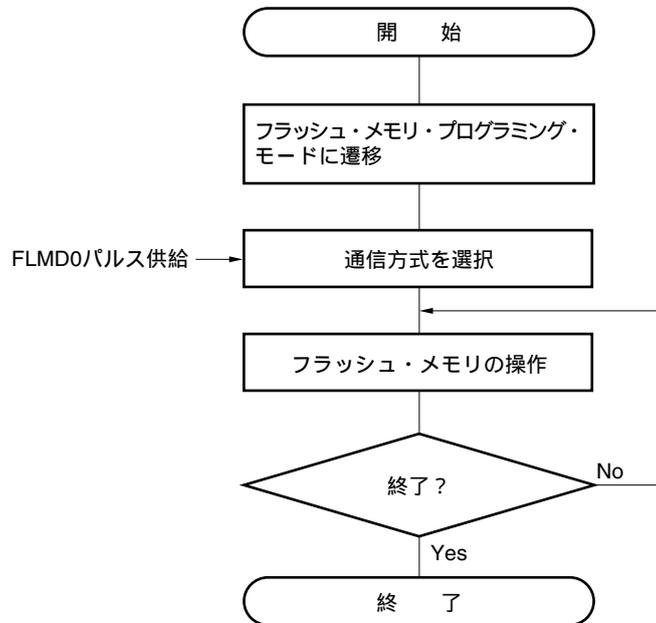
その他の電源 (AV_{REF}、AV_{SS}) は、通常動作モード時と同じ電源を供給してください。

22.6 プログラミング方法

22.6.1 フラッシュ・メモリ制御

フラッシュ・メモリを操作する手順を次に示します。

図22-9 フラッシュ・メモリの操作手順



22.6.2 フラッシュ・メモリ・プログラミング・モード

専用フラッシュ・メモリ・プログラマを使用してフラッシュ・メモリの内容を書き換えるときは、 μ PD78F8024, 78F8025をフラッシュ・メモリ・プログラミング・モードにしてください。モードへ遷移するには、FLMD0端子を V_{DD} 設定後、リセットを解除します。

オンボード書き込みを行うときは、ジャンパ等でモードを切り替えてください。

図22-10 フラッシュ・メモリ・プログラミング・モード

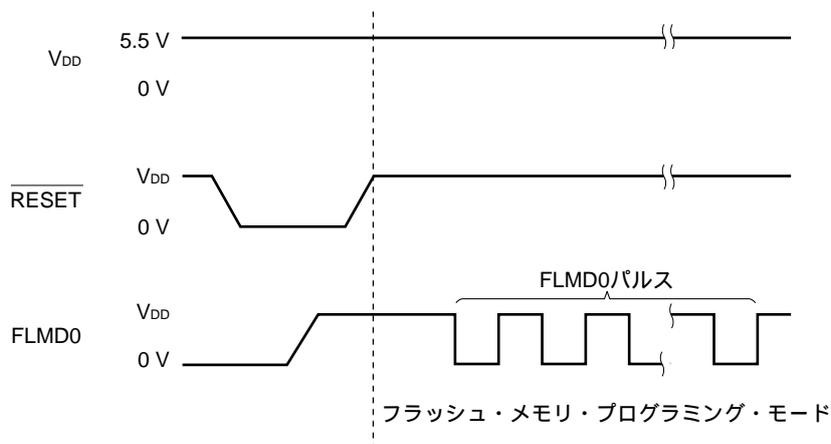


表22 - 5 リセット解除時のFLMD0端子の動作モードとの関係

FLMD0	動作モード
0	通常動作モード
V _{DD}	フラッシュ・メモリ・プログラミング・モード

22.6.3 通信方式の選択

μ PD78F8024, 78F8025では、フラッシュ・メモリ・プログラミング・モードに遷移後、FLMD0端子にパルスを入力することで通信方式を選択します。このFLMD0パルスは専用フラッシュ・メモリ・プログラマが生成します。

パルス数と通信方式の関係を次に示します。

表22 - 6 通信方式一覧

通信方式	Standard設定 ^{注1}				使用端子	周辺 クロック	FLMD0 パルス数
	Port	Speed	Frequency	Multiply Rate			
UART (UART6)	UART-Ext-Osc	115200 bps ^{注3}	2 M-20 MHz ^{注2}	1.0	TxD6, RxD6	f _x	0
	UART-Ext-FPnCK (n = 4: PG-FP4, FL-PR4 n = 5: PG-FP5, FL-PR5)					f _{EXCLK}	3
3線式シリアルI/O (CSI10)	CSI-Internal-OSC	2.4 kHz ~ 2.5 MHz	-		SO10, SI10, SCK10	f _{RH}	8

注1. フラッシュ・メモリ・プログラマのGUI上のStandard設定における設定項目です。

2. 電圧により設定可能な範囲が異なります。詳細は電気的特性の章を参照してください。

3. UART通信にはポー・レート誤差のほかに、信号波形の鈍りなどが影響するため、評価のうえ使用してください。

注意 UART6選択時、受信クロックは、FLMD0パルス受信後に専用フラッシュ・メモリ・プログラマから送られてくるリセット・コマンドを基準に計算します。

備考 f_x : X1クロック

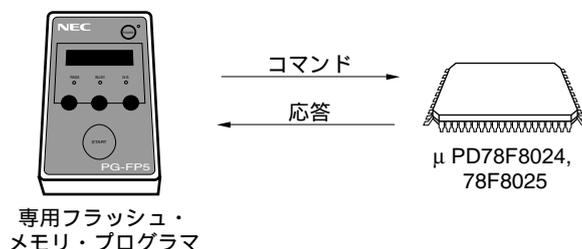
f_{EXCLK} : 外部メイン・システム・クロック

f_{RH} : 高速内蔵発振クロック

22.6.4 通信コマンド

μ PD78F8024, 78F8025と専用フラッシュ・メモリ・プログラマは、コマンドを介して通信します。専用フラッシュ・メモリ・プログラマから μ PD78F8024, 78F8025へ送られる信号を「コマンド」と呼び、 μ PD78F8024, 78F8025から専用フラッシュ・メモリ・プログラマへ送られる信号を「応答」と呼びます。

図22 - 11 通信コマンド



μ PD78F8024, 78F8025のフラッシュ・メモリ制御用コマンドを次に示します。これらのコマンドはすべてプログラマから発行され、 μ PD78F8024, 78F8025がコマンドに対応した各処理を行います。

表22 - 7 フラッシュ・メモリ制御用コマンド

分類	コマンド名称	機能
ベリファイ	Verify	フラッシュ・メモリの指定された領域の内容とプログラマから送信されたデータを比較します。
消去	Chip Erase	全フラッシュ・メモリを消去します。
	Block Erase	指定された領域のフラッシュ・メモリを消去します。
ブランク・チェック	Block Blank Check	指定されたブロックのフラッシュ・メモリの消去状態をチェックします。
書き込み	Programming	フラッシュ・メモリの指定された領域にデータを書き込みます。
情報取得	Status	現在の動作状況（ステータス・データ）を取得します。
	Silicon Signature	μ PD78F8024, 78F8025の情報（品名、フラッシュ・メモリ構成など）を取得します。
	Version Get	μ PD78F8024, 78F8025のバージョン、ファームウェア・バージョンを取得します。
	Checksum	指定された領域のチェックサム・データを取得します。
セキュリティ	Security Set	セキュリティ情報を設定します。
その他	Reset	通信の同期検出に使用します。
	Oscillating Frequency Set	発振周波数を指定します。

また、 μ PD78F8024, 78F8025は、専用フラッシュ・メモリ・プログラマから発行されたコマンドに対して、応答を返します。 μ PD78F8024, 78F8025が送出する応答名称を次に示します。

表22 - 8 応答名称

応答名称	機能
ACK	コマンド/データなどのアクノリッジ
NAK	不正なコマンド/データなどのアクノリッジ

22.7 セキュリティ設定

μ PD78F8024, 78F8025は、フラッシュ・メモリに書かれたユーザ・プログラムの書き換えを禁止するセキュリティ機能をサポートしており、第三者によるプログラムの改ざん防止などに対応可能となっています。

Security Setコマンドを使用することにより、次の操作をすることができます。セキュリティの設定は、次のプログラミング・モードより有効になります。

- ・一括消去（チップ消去）禁止

オンボード / オフボード・プログラミング時に、フラッシュ・メモリ全ブロックに対してのブロック消去コマンド、および一括消去（チップ消去）コマンドの実行を禁止します。これを一度禁止に設定すると、一括消去（チップ消去）コマンドが実行できないため、すべての禁止設定（一括消去（チップ消去）禁止も含む）は解除できなくなります。

注意 一括消去のセキュリティの設定をした場合、以降、そのデバイスに対し消去はできなくなります。また、書き込みコマンドを実行しても、消去コマンドが無効になるため、すでにフラッシュ・メモリに書き込まれているデータと異なるデータを書き込むことはできなくなります。

- ・ブロック消去禁止

オンボード / オフボード・プログラミング時に、フラッシュ・メモリ内のブロック消去コマンドの実行を禁止します。ただし、セルフ・プログラミング時でのブロック消去は可能です。

- ・書き込み禁止

オンボード / オフボード・プログラミング時に、フラッシュ・メモリ内の全ブロックに対しての書き込みコマンド、およびブロック消去コマンドの実行を禁止にします。ただし、セルフ・プログラミング時での書き込みは可能です。

- ・ブート・クラスタ0の書き換え禁止

フラッシュ・メモリ内のブート・クラスタ0（0000H-0FFFH）に対して、一括消去（チップ消去）コマンド、ブロック消去コマンド、書き込みコマンドの実行を禁止します。

注意 ブート・クラスタ0の書き換えのセキュリティの設定をした場合、以降、そのデバイスに対し、ブート・クラスタ0の書き換え、および一括消去（チップ消去）はできなくなります。

出荷時の初期状態では、一括消去（チップ消去） / ブロック消去 / 書き込み / ブート・クラスタ0の書き換えはすべて許可になっています。セキュリティは、オンボード / オフボード・プログラミングおよびセルフ・プログラミングで設定できます。各セキュリティ設定に関しては、同時に組み合わせて使用できます。

一括消去（チップ消去）コマンドの実行により、ブロック消去禁止と書き込み禁止は解除されます。

μ PD78F8024, 78F8025のセキュリティ機能を有効にした場合の、消去、書き込みコマンドの関係を表22-9に示します。

表22 - 9 セキュリティ機能有効時とコマンドの関係

(1) オンボード/オフボード・プログラミング時

有効なセキュリティ	実行コマンド		
	一括消去 (チップ消去)	ブロック消去	書き込み
一括消去(チップ消去)禁止	一括消去できない	ブロック消去できない	書き込みできる ^注
ブロック消去禁止	一括消去できる		書き込みできる
書き込み禁止			書き込みできない
ブート・クラスタ0の書き換え禁止	一括消去できない	ブート・クラスタ0は消去できない	ブート・クラスタ0は書き込みできない

注 書き込み領域に、すでにデータが書き込まれていないことを確認してください。一括消去(チップ消去)禁止設定後は消去できないため、データが消去されていない場合は、データを書き込まないでください。

(2) セルフ・プログラミング時

有効なセキュリティ	実行コマンド	
	ブロック消去	書き込み
一括消去(チップ消去)禁止	ブロック消去できる	書き込みできる
ブロック消去禁止		
書き込み禁止		
ブート・クラスタ0の書き換え禁止	ブート・クラスタ0は消去できない	ブート・クラスタ0は書き込みできない

各プログラミング・モード時のセキュリティ設定方法を表22 - 10に示します。

表22 - 10 各プログラミング・モード時のセキュリティ設定方法

(1) オンボード/オフボード・プログラミング

セキュリティ	セキュリティ設定方法	セキュリティ設定を無効にする方法
一括消去(チップ消去)禁止	専用フラッシュ・メモリ・プログラマのGUI上などで設定する	設定後、無効にできない
ブロック消去禁止		一括消去(チップ消去)コマンドを実行する
書き込み禁止		
ブート・クラスタ0の書き換え禁止		設定後、無効にできない

(2) セルフ・プログラミング

セキュリティ	セキュリティ設定方法	セキュリティ設定を無効にする方法
一括消去(チップ消去)禁止	セット・インフォメーション・ライブラリで設定する	設定後、無効にできない
ブロック消去禁止		オンボード/オフボード・プログラミングで、一括消去(チップ消去)コマンドを実行する(セルフ・プログラミングでは無効にできない)
書き込み禁止		
ブート・クラスタ0の書き換え禁止		設定後、無効にできない

22.8 セルフ書き込みによるフラッシュ・メモリ・プログラミング

μ PD78F8024, 78F8025は、ユーザ・プログラムでフラッシュ・メモリの書き換えを行うためのセルフ・プログラミング機能をサポートしています。この機能はセルフ・プログラミング・ライブラリを利用することにより、ユーザ・アプリケーションでフラッシュ・メモリの書き換えが可能となるので、フィールドでのプログラムのアップグレードなどができるようになります。

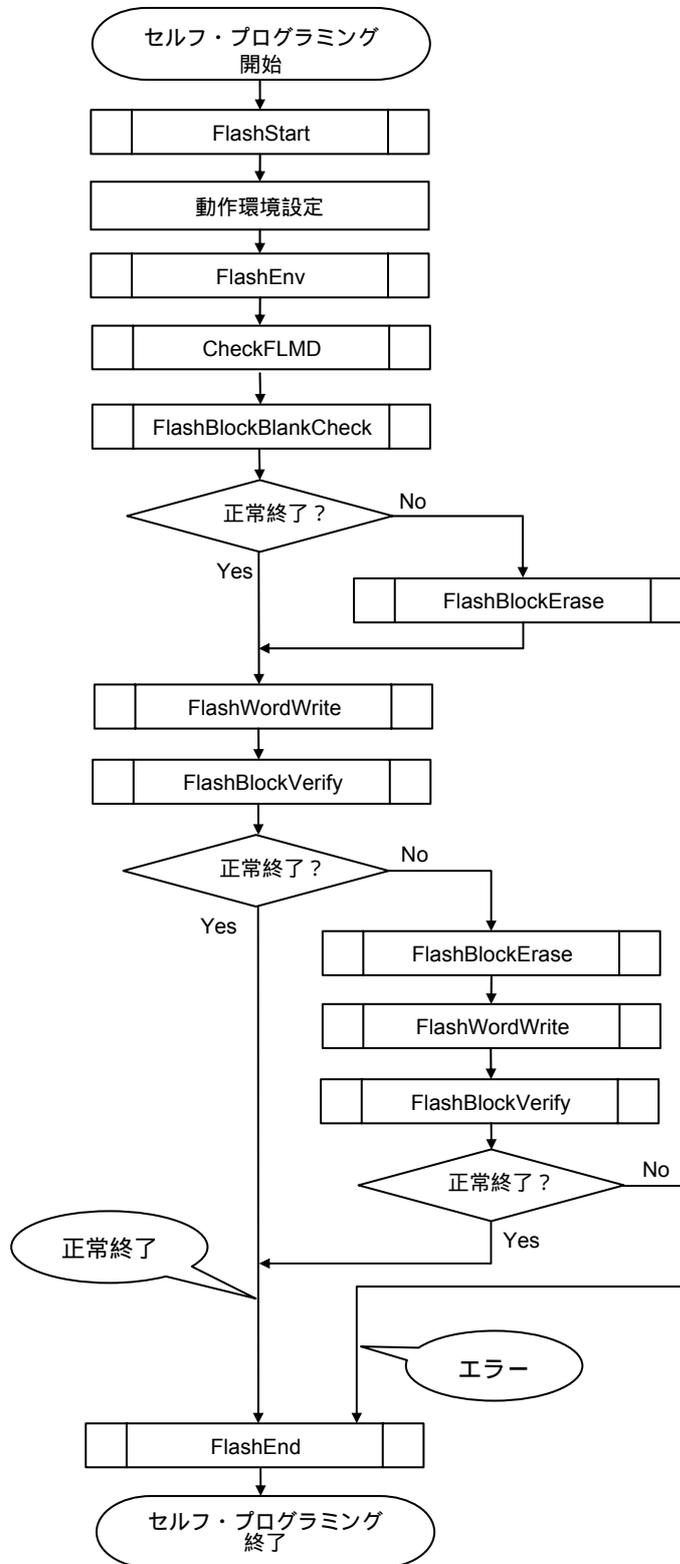
また、セルフ・プログラミング中に割り込みが発生した場合は、セルフ・プログラミングを一時中断して割り込み処理を実行することができます。割り込み処理は、セルフ・プログラミングの中断後に通常モードへ戻しEI命令を実行することで行ってください。その後、再びセルフ・プログラミング・モードに移行すると、セルフ・プログラミングをレジュームすることができます。

備考 セルフ・プログラミング機能の詳細およびセルフ・プログラミング・ライブラリの詳細については、78K0マイクロコントローラ ユーザーズ・マニュアル セルフ・プログラミング・ライブラリ Type01 (U18274J) を参照してください。

- 注意1.** セルフ・プログラミング時は、RSTOPフラグ(内蔵発振モード・レジスタ(RCM)のビット0)の設定に関わらず、高速内蔵発振器の発振が開始されます。STOP命令を実行しても、高速内蔵発振器の発振を停止することはできません。
- セルフ・プログラミング時は、FLMD0端子にハイ・レベルを入力してください。
 - セルフ・プログラミング開始前に必ずDI命令を実行してください。
セルフ・プログラミング機能は割り込み要求フラグ(IF0L, IF0H, IF1L, IF1H)を確認しており、割り込み要求が発生した場合、セルフ・プログラミングを中断します。
 - セルフ・プログラミング中はDI状態でもマスクされていない割り込み要求によってセルフ・プログラミングは中断されます。これを回避したい場合は、割り込みマスク・フラグ・レジスタ(MK0L, MK0H, MK1L, MK1H)で割り込みをマスクしてください。

次に、セルフ・プログラミング・ライブラリを利用してフラッシュ・メモリの書き換えを行う流れを示します。

図22 - 12 セルフ・プログラミング (フラッシュ・メモリの書き換え) の流れ



備考 セルフ・プログラミング・ライブラリの詳細については、78K0マイクロコントローラ ユーザーズ・マニュアル セルフ・プログラミング・ライブラリ Type01 (U18274J) を参照してください。

次に、セルフ・プログラミング・ライブラリの処理時間と割り込み応答時間を示します。

表22 - 11 セルフ・プログラミング・ライブラリの処理時間 (1/3)

(1) 高速内蔵発振クロック使用時、エントリRAMの配置がショート・ダイレクト・アドレッシング外の場合

ライブラリ名	処理時間 (単位: μ s)				
	Cコンパイラの ノーマル・モデル		Cコンパイラのスタティック・モデル / アセンブラ		
	Min.	Max.	Min.	Max.	
セルフ・プログラミング・スタート・ライブラリ	4.0	4.5	4.0	4.5	
イニシャライズ・ライブラリ	1105.9	1106.6	1105.9	1106.6	
モード・チェック・ライブラリ	905.7	906.1	904.9	905.3	
ブロック・ブランク・チェック・ライブラリ	12776.1	12778.3	12770.9	12772.6	
ブロック・イレース・ライブラリ	26050.4	349971.3	26045.3	349965.6	
ワード・ライト・ライブラリ	1180.1+203 × w	1184.3+2241 × w	1172.9+203 × w	1176.3+2241 × w	
ブロック・ベリファイ・ライブラリ	25337.9	25340.2	25332.8	25334.5	
セルフ・プログラミング・エンド・ライブラリ	4.0	4.5	4.0	4.5	
ゲット・インフォメーション・ライブラリ	オプション値: 03H	1072.9	1075.2	1067.5	1069.1
	オプション値: 04H	1060.2	1062.6	1054.8	1056.6
	オプション値: 05H	1023.8	1028.2	1018.3	1022.1
セット・インフォメーション・ライブラリ	70265.9	759995.0	70264.9	759994.0	
EEPROMライト・ライブラリ	1316.8+347 × w	1320.9+2385 × w	1309.0+347 × w	1312.4+2385 × w	

(2) 高速内蔵発振クロック使用時、エントリRAMの配置がショート・ダイレクト・アドレッシング内の場合

ライブラリ名	処理時間 (単位: μ s)				
	Cコンパイラの ノーマル・モデル		Cコンパイラのスタティック・モデル / アセンブラ		
	Min.	Max.	Min.	Max.	
セルフ・プログラミング・スタート・ライブラリ	4.0	4.5	4.0	4.5	
イニシャライズ・ライブラリ	449.5	450.2	449.5	450.2	
モード・チェック・ライブラリ	249.3	249.7	248.6	248.9	
ブロック・ブランク・チェック・ライブラリ	12119.7	12121.9	12114.6	12116.3	
ブロック・イレース・ライブラリ	25344.7	349266.4	25339.6	349260.8	
ワード・ライト・ライブラリ	445.8+203 × w	449.9+2241 × w	438.5+203 × w	441.9+2241 × w	
ブロック・ベリファイ・ライブラリ	24682.7	24684.9	24677.6	24679.3	
セルフ・プログラミング・エンド・ライブラリ	4.0	4.5	4.0	4.5	
ゲット・インフォメーション・ライブラリ	オプション値: 03H	417.6	419.8	412.1	413.8
	オプション値: 04H	405.0	407.4	399.5	401.3
	オプション値: 05H	367.4	371.8	361.9	365.8
セット・インフォメーション・ライブラリ	69569.3	759297.3	69568.3	759296.2	
EEPROMライト・ライブラリ	795.1+347 × w	799.3+2385 × w	787.4+347 × w	790.8+2385 × w	

- 備考1. 上記の処理時間は、書き込み開始アドレス構造体を内部高速RAMに配置した場合の時間で、かつ高速内蔵発振器の安定動作中 (RSTS = 1) の時間です。
2. RSTS: 内蔵発振モード・レジスタ (RCM) のビット7
3. w: 書き込みデータのワード数 (1ワード = 4 バイト)

表22 - 11 セルフ・プログラミング・ライブラリの処理時間 (2/3)

(3) 高速システム・クロック (X1発振または外部クロック入力) 使用時, エントリRAMの配置がショート・ダイレクト・アドレッシング外の場合

ライブラリ名	処理時間 (単位: μ s)			
	Cコンパイラの ノーマル・モデル		Cコンパイラのスタティック・モデル / アセンブラ	
	Min.	Max.	Min.	Max.
セルフ・プログラミング・スタート・ライブラリ	34/f _{CPU}			
イニシャライズ・ライブラリ	55/f _{CPU} +594			
モード・チェック・ライブラリ	36/f _{CPU} +495		30/f _{CPU} +495	
ブロック・ブランク・チェック・ライブラリ	179/f _{CPU} +6429		136/f _{CPU} +6429	
ブロック・イレース・ライブラリ	179/f _{CPU} +19713	179/f _{CPU} +268079	136/f _{CPU} +19713	136/f _{CPU} +268079
ワード・ライト・ライブラリ	333/f _{CPU} +647+136 × w	333/f _{CPU} +647+1647 × w	272/f _{CPU} +647+136 × w	272/f _{CPU} +647+1647 × w
ブロック・ベリファイ・ライブラリ	179/f _{CPU} +13284		136/f _{CPU} +13284	
セルフ・プログラミング・エンド・ライブラリ	34/f _{CPU}			
ゲット・インフォメーション・ライブラリ	オプション値: 03H		134f _{CPU} +581	
	オプション値: 04H		144/f _{CPU} +574	
	オプション値: 05H		304/f _{CPU} +535	
セット・インフォメーション・ライブラリ	80/f _{CPU} +43181	80/f _{CPU} +572934	72/f _{CPU} +43181	72/f _{CPU} +572934
EEPROMライト・ライブラリ	333/f _{CPU} +729+209 × w	333/f _{CPU} +729+1722 × w	268/f _{CPU} +729+209 × w	268/f _{CPU} +729+1722 × w

備考1. 上記の処理時間は、書き込み開始アドレス構造体を内部高速RAMに配置した場合の時間で、かつ高速内蔵発振器の安定動作中 (RSTS = 1) の時間です。

2. RSTS: 内蔵発振モード・レジスタ (RCM) のビット7
3. f_{CPU}: CPU動作クロック周波数
4. w: 書き込みデータのワード数 (1ワード = 4 バイト)

表22 - 11 セルフ・プログラミング・ライブラリの処理時間 (3/3)

(4) 高速システム・クロック (X1発振または外部クロック入力) 使用時, エントリRAMの配置がショート・ダイレクト・アドレッシング内の場合

ライブラリ名	処理時間 (単位: μ s)			
	Cコンパイラの ノーマル・モデル		Cコンパイラのスタティック・モデル / アセンブラ	
	Min.	Max.	Min.	Max.
セルフ・プログラミング・スタート・ライブラリ	34/f _{CPU}			
イニシャライズ・ライブラリ	55/f _{CPU} +272			
モード・チェック・ライブラリ	36/f _{CPU} +173		30/f _{CPU} +173	
ブロック・ブランク・チェック・ライブラリ	179/f _{CPU} +6108		136/f _{CPU} +6108	
ブロック・イレース・ライブラリ	179/f _{CPU} +19371	179/f _{CPU} +267738	136/f _{CPU} +19371	136/f _{CPU} +267738
ワード・ライト・ライブラリ	333/f _{CPU} +247+ 136 × w	333/f _{CPU} +247+ 1647 × w	272/f _{CPU} +247+ 136 × w	272/f _{CPU} +247+ 1647 × w
ブロック・ベリファイ・ライブラリ	179/f _{CPU} +12964		136/f _{CPU} +12964	
セルフ・プログラミング・エンド・ライブラリ	34/f _{CPU}			
ゲット・インフォメーション・ライブラリ	オプション値: 03H		134/f _{CPU} +261	
	オプション値: 04H		144/f _{CPU} +254	
	オプション値: 05H		304/f _{CPU} +213	
セット・インフォメーション・ライブラリ	80/f _{CPU} +42839	80/f _{CPU} +572592	72/f _{CPU} +42839	72/f _{CPU} +572592
EEPROMライト・ライブラリ	333/f _{CPU} +516+ 209 × w	333/f _{CPU} +516+ 1722 × w	268/f _{CPU} +516+ 209 × w	268/f _{CPU} +516+ 1722 × w

備考1. 上記の処理時間は、書き込み開始アドレス構造体を内部高速RAMに配置した場合の時間で、かつ高速内蔵発振器の安定動作中 (RSTS = 1) の時間です。

2. RSTS: 内蔵発振モード・レジスタ (RCM) のビット7
3. f_{CPU}: CPU動作クロック周波数
4. w: 書き込みデータのワード数 (1ワード = 4 バイト)

表22 - 12 セルフ・プログラミング・ライブラリの割り込み応答時間 (1/2)

(1) 高速内蔵発振クロック使用時

ライブラリ名	割り込み応答時間 (単位: μ s (Max.))			
	Cコンパイラのノーマル・モデル		Cコンパイラのスタティック・モデル / アセンブラ	
	エントリRAMの配置がショート・ダイレクト・アドレッシング外	エントリRAMの配置がショート・ダイレクト・アドレッシング内	エントリRAMの配置がショート・ダイレクト・アドレッシング外	エントリRAMの配置がショート・ダイレクト・アドレッシング内
ブロック・ブランク・チェック・ライブラリ	1100.9	431.9	1095.3	426.3
ブロック・イレース・ライブラリ	1452.9	783.9	1447.3	778.3
ワード・ライト・ライブラリ	1247.2	579.2	1239.2	571.2
ブロック・ベリファイ・ライブラリ	1125.9	455.9	1120.3	450.3
セット・インフォメーション・ライブラリ	906.9	312.0	905.8	311.0
EEPROMライト・ライブラリ	1215.2	547.2	1213.9	545.9

備考1. 上記の割り込み応答時間は、高速内蔵発振器の安定動作中 (RSTS = 1) の時間です。

2. RSTS : 内蔵発振モード・レジスタ (RCM) のビット7

(2) 高速システム・クロック使用時 (Cコンパイラのノーマル・モデル)

ライブラリ名	割り込み応答時間 (単位: μ s (Max.))			
	RSTOP = 0, RSTS = 1		RSTOP = 1	
	エントリRAMの配置がショート・ダイレクト・アドレッシング外	エントリRAMの配置がショート・ダイレクト・アドレッシング内	エントリRAMの配置がショート・ダイレクト・アドレッシング外	エントリRAMの配置がショート・ダイレクト・アドレッシング内
ブロック・ブランク・チェック・ライブラリ	$179/f_{CPU}+567$	$179/f_{CPU}+246$	$179/f_{CPU}+1708$	$179/f_{CPU}+569$
ブロック・イレース・ライブラリ	$179/f_{CPU}+780$	$179/f_{CPU}+459$	$179/f_{CPU}+1921$	$179/f_{CPU}+782$
ワード・ライト・ライブラリ	$333/f_{CPU}+763$	$333/f_{CPU}+443$	$333/f_{CPU}+1871$	$333/f_{CPU}+767$
ブロック・ベリファイ・ライブラリ	$179/f_{CPU}+580$	$179/f_{CPU}+259$	$179/f_{CPU}+1721$	$179/f_{CPU}+582$
セット・インフォメーション・ライブラリ	$80/f_{CPU}+456$	$80/f_{CPU}+200$	$80/f_{CPU}+1598$	$80/f_{CPU}+459$
EEPROMライト・ライブラリ ^注	$29/f_{CPU}+767$ ----- $333/f_{CPU}+696$	$29/f_{CPU}+447$ ----- $333/f_{CPU}+376$	$29/f_{CPU}+767$ ----- $333/f_{CPU}+1838$	$29/f_{CPU}+447$ ----- $333/f_{CPU}+700$

注 EEPROMライト・ライブラリの割り込み応答時間は、 f_{CPU} の値によって、どちらか長い時間のほうがMAX.値となります。

備考1. f_{CPU} : CPU動作クロック周波数

2. RSTOP : 内蔵発振モード・レジスタ (RCM) のビット0

3. RSTS : 内蔵発振モード・レジスタ (RCM) のビット7

表22 - 12 セルフ・プログラミング・ライブラリの割り込み応答時間 (2/2)

(3) 高速システム・クロック使用時 (Cコンパイラのスタティック・モデル/アセンブラ)

ライブラリ名	割り込み応答時間 (単位: μ s (Max.))			
	RSTOP = 0, RSTS = 1		RSTOP = 1	
	エントリRAMの配置 がショート・ダイレク ト・アドレッシング外	エントリRAMの配置 がショート・ダイレク ト・アドレッシング内	エントリRAMの配置 がショート・ダイレク ト・アドレッシング外	エントリRAMの配置 がショート・ダイレク ト・アドレッシング内
ブロック・ブランク・チェック・ ライブラリ	$136/f_{CPU}+567$	$136/f_{CPU}+246$	$136/f_{CPU}+1708$	$136/f_{CPU}+569$
ブロック・イレース・ライブラリ	$136/f_{CPU}+780$	$136/f_{CPU}+459$	$136/f_{CPU}+1921$	$136/f_{CPU}+782$
ワード・ライト・ライブラリ	$272/f_{CPU}+763$	$272/f_{CPU}+443$	$272/f_{CPU}+1871$	$272/f_{CPU}+767$
ブロック・ベリファイ・ライブラリ	$136/f_{CPU}+580$	$136/f_{CPU}+259$	$136/f_{CPU}+1721$	$136/f_{CPU}+582$
セット・インフォメーション・ラ イブラリ	$72/f_{CPU}+456$	$72/f_{CPU}+200$	$72/f_{CPU}+1598$	$72/f_{CPU}+459$
EEPROMライト・ライブラリ ^注	$19/f_{CPU}+767$ ----- $268/f_{CPU}+696$	$19/f_{CPU}+447$ ----- $268/f_{CPU}+376$	$19/f_{CPU}+767$ ----- $268/f_{CPU}+1838$	$19/f_{CPU}+447$ ----- $268/f_{CPU}+700$

注 EEPROMライト・ライブラリの割り込み応答時間は、 f_{CPU} の値によって、どちらか長い時間のほうがMAX.値となります。

備考1. f_{CPU} : CPU動作クロック周波数

2. RSTOP : 内蔵発振モード・レジスタ (RCM) のビット0

3. RSTS : 内蔵発振モード・レジスタ (RCM) のビット7

22.8.1 ブート・スワップ機能

セルフ・プログラミングにてブート領域の書き換え中に、電源の瞬断などにより書き換えが失敗した場合、ブート領域のデータが壊れて、リセットによるプログラムの再スタートができなくなります。

この問題を回避するために、ブート・スワップ機能があります。

セルフ・プログラミングにてブート・プログラム領域であるブート・クラスタ0^註の消去を行う前に、あらかじめ新しいブート・プログラムをブート・クラスタ1に書き込んでおきます。ブート・クラスタ1への書き込みが正常終了したら、 μ PD78F8024, 78F8025内蔵のファームウェアのセット・インフォメーション機能で、このブート・クラスタ1とブート・クラスタ0をスワップし、ブート・クラスタ1をブート領域にします。このあと、本来のブート・プログラム領域であるブート・クラスタ0へ消去や書き込みを行います。

これによってブート・プログラミング領域の書き換え中に電源瞬断が発生しても、次のリセット・スタートは、スワップ対象のブート・クラスタ1からブートを行うため、正常にプログラムが動作します。

ブート・クラスタ0への書き込みが正常に終了した場合は、 μ PD78F8024, 78F8025内蔵のファームウェアのセット・インフォメーション機能で、ブート領域を元に戻します。

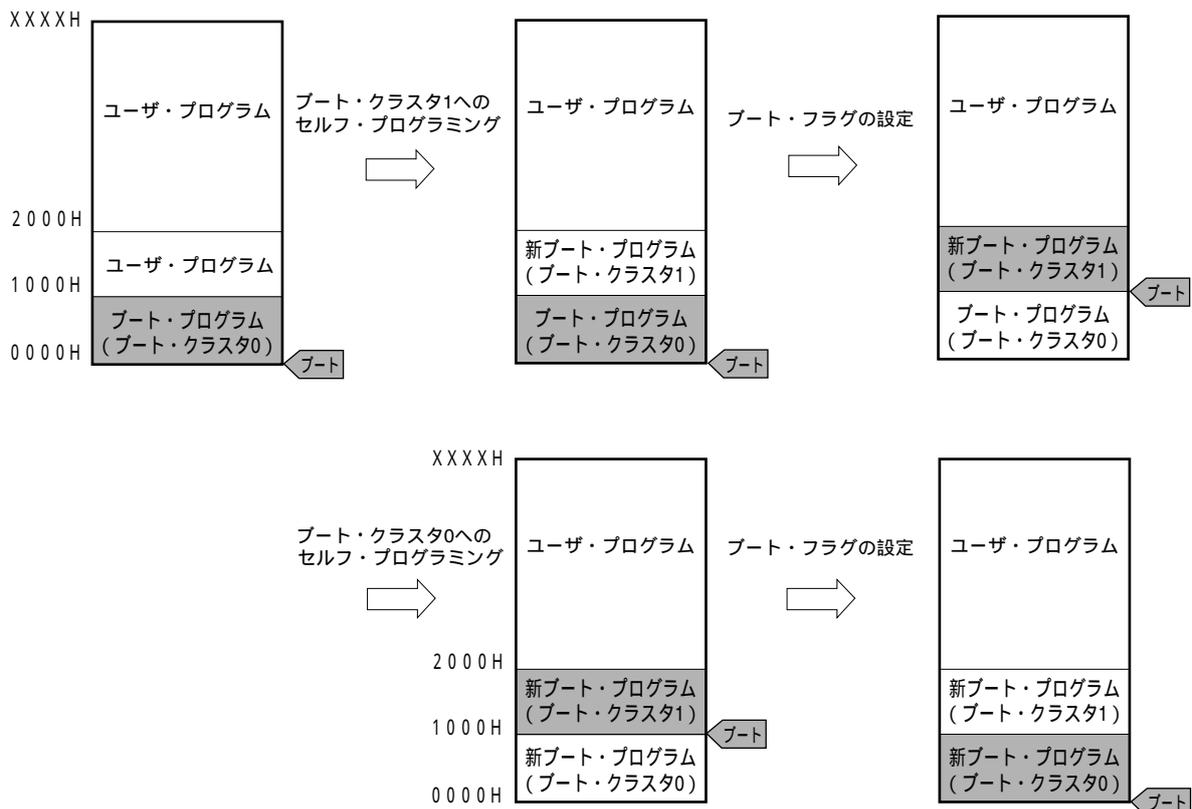
注 ブート・クラスタは4Kバイトの領域で、ブート・スワップによりブート・クラスタ0とブート・クラスタ1を置換します。

ブート・クラスタ0 (0000H~0FFFH) : 本来のブート・プログラム領域です。

ブート・クラスタ1 (1000H~1FFFH) : ブート・スワップ対象の領域です。

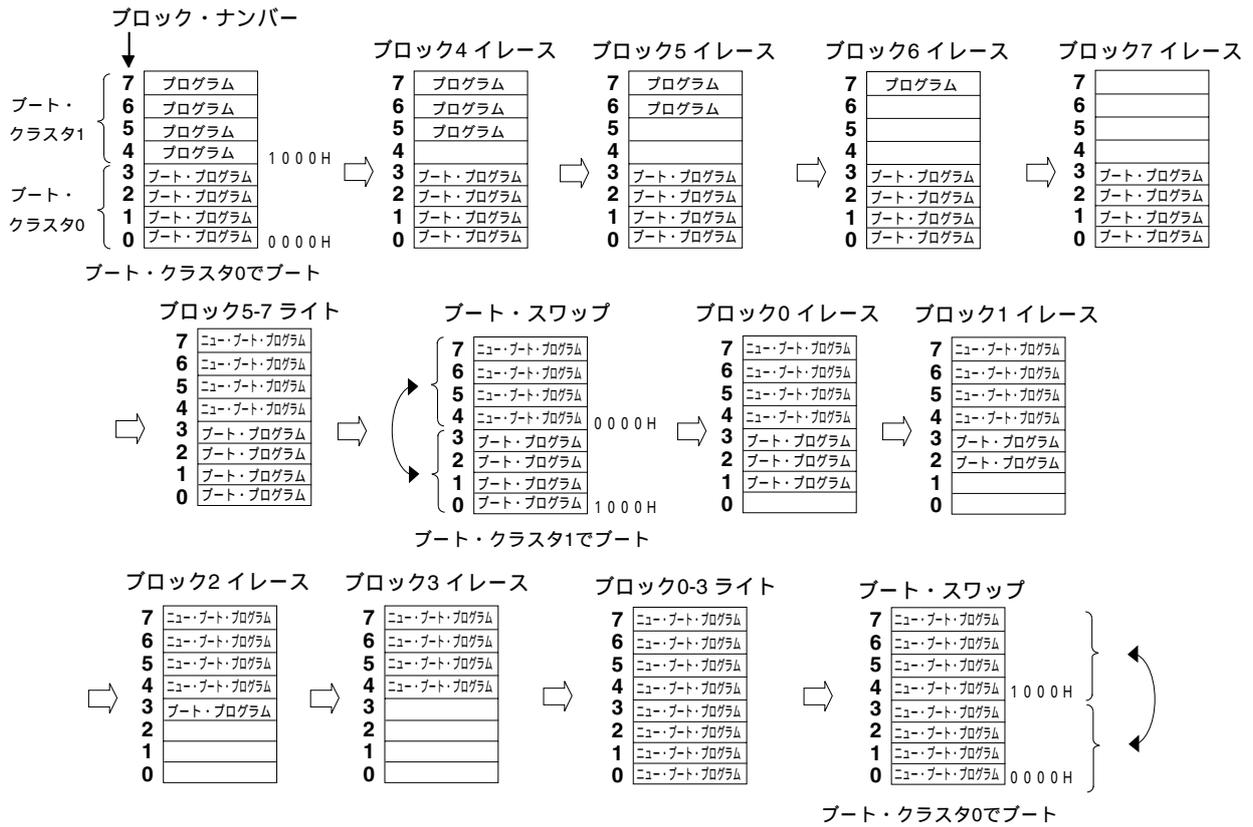
注意 ブート・スワップを行う場合、専用フラッシュ・メモリ・プログラマでE.P.Vコマンドを使用しないでください。

図22 - 13 ブート・スワップ機能



備考 ブート・クラスタ1は、ブート・フラグ設定後にリセットが発生したとき、0000H-0FFFHになります。

図22 - 14 ブート・スワップの実行例



第23章 命令セットの概要

μ PD78F8024, 78F8025の命令セットを一覧表にして示します。なお、各命令の詳細な動作および機械語（命令コード）については、78K/0シリーズ ユーザーズ・マニュアル 命令編（U12326J）を参照してください。

23.1 凡 例

23.1.1 オペランドの表現形式と記述方法

各命令のオペランド欄には、その命令のオペランド表現形式に対する記述方法に従ってオペランドを記述しています（詳細は、アセンブラ仕様による）。記述方法の中で複数個あるものは、それらの要素の1つを選択します。大文字で書かれた英字および#、!、\$、[]の記号はキー・ワードであり、そのまま記述します。記号の説明は、次のとおりです。

- ・# : イミーディエト・データ指定
- ・! : 絶対アドレス指定
- ・\$: 相対アドレス指定
- ・[] : 間接アドレス指定

イミーディエト・データの場合は、適当な数値またはレーベルを記述します。レーベルで記述する際も#、!、\$、[]記号は必ず記述してください。

また、オペランドのレジスタの記述形式r, rpには、機能名称（X, A, Cなど）、絶対名称（下表の中のカッコ内の名称, R0, R1, R2など）のいずれの形式でも記述可能です。

表23 - 1 オペランドの表現形式と記述方法

表現形式	記 述 方 法
r	X (R0) , A (R1) , C (R2) , B (R3) , E (R4) , D (R5) , L (R6) , H (R7)
rp	AX (RP0) , BC (RP1) , DE (RP2) , HL (RP3)
sfr	特殊機能レジスタ略号 ^注
sfrp	特殊機能レジスタ略号 (16ビット操作可能なレジスタの偶数アドレスのみ) ^注
saddr	FE20H-FF1FH イミーディエト・データまたはレーベル
saddrp	FE20H-FF1FH イミーディエト・データまたはレーベル (偶数アドレスのみ)
addr16	0000H-FFFFH イミーディエト・データまたはレーベル (16ビット・データ転送命令時は偶数アドレスのみ)
addr11	0800H-0FFFH イミーディエト・データまたはレーベル
addr5	0040H-007FH イミーディエト・データまたはレーベル (偶数アドレスのみ)
word	16ビット・イミーディエト・データまたはレーベル
byte	8ビット・イミーディエト・データまたはレーベル
bit	3ビット・イミーディエト・データまたはレーベル
RBn	RB0-RB3

注 FFD0H-FFDFHは、アドレスできません。

備考 特殊機能レジスタの略号は表4 - 6 特殊機能レジスタ一覧を参照してください。

23.1.2 オペレーション欄の説明

A	: Aレジスタ; 8ビット・アキュムレータ
X	: Xレジスタ
B	: Bレジスタ
C	: Cレジスタ
D	: Dレジスタ
E	: Eレジスタ
H	: Hレジスタ
L	: Lレジスタ
AX	: AXレジスタ・ペア; 16ビット・アキュムレータ
BC	: BCレジスタ・ペア
DE	: DEレジスタ・ペア
HL	: HLレジスタ・ペア
PC	: プログラム・カウンタ
SP	: スタック・ポインタ
PSW	: プログラム・ステータス・ワード
CY	: キャリー・フラグ
AC	: 補助キャリー・フラグ
Z	: ゼロ・フラグ
RBS	: レジスタ・バンク選択フラグ
IE	: 割り込み要求許可フラグ
()	: ()内のアドレスまたはレジスタの内容で示されるメモリの内容
x ^H , x ^L	: 16ビット・レジスタの上位8ビット, 下位8ビット
	: 論理積 (AND)
	: 論理和 (OR)
	: 排他的論理和 (exclusive OR)
	: 反転データ
addr16	: 16ビット・イミディエイト・データまたはレーベル
jdisp8	: 符号付き8ビット・データ (ディスプレイメント値)

23.1.3 フラグ動作欄の説明

(ブランク)	: 変化なし
0	: 0にクリアされる
1	: 1にセットされる
x	: 結果に従ってセット/クリアされる
R	: 以前に退避した値がストアされる

23.2 オペレーション一覧

命令群	二モニック	オペランド	バイト	クロック		オペレーション	フラグ		
				注1	注2		Z	AC	CY
8ビット・データ転送	MOV	r, #byte	2	4	-	r byte			
		saddr, #byte	3	6	7	(saddr) byte			
		sfr, #byte	3	-	7	sfr byte			
		A, r ^{注3}	1	2	-	A r			
		r, A ^{注3}	1	2	-	r A			
		A, saddr	2	4	5	A (saddr)			
		saddr, A	2	4	5	(saddr) A			
		A, sfr	2	-	5	A sfr			
		sfr, A	2	-	5	sfr A			
		A, !addr16	3	8	9	A (addr16)			
		!addr16, A	3	8	9	(addr16) A			
		PSW, #byte	3	-	7	PSW byte	x	x	x
		A, PSW	2	-	5	A PSW			
		PSW, A	2	-	5	PSW A	x	x	x
		A, [DE]	1	4	5	A (DE)			
		[DE], A	1	4	5	(DE) A			
		A, [HL]	1	4	5	A (HL)			
		[HL], A	1	4	5	(HL) A			
		A, [HL + byte]	2	8	9	A (HL + byte)			
		[HL + byte], A	2	8	9	(HL + byte) A			
	A, [HL + B]	1	6	7	A (HL + B)				
	[HL + B], A	1	6	7	(HL + B) A				
	A, [HL + C]	1	6	7	A (HL + C)				
	[HL + C], A	1	6	7	(HL + C) A				
	XCH	A, r ^{注3}	1	2	-	A r			
		A, saddr	2	4	6	A (saddr)			
		A, sfr	2	-	6	A sfr			
		A, !addr16	3	8	10	A (addr16)			
A, [DE]		1	4	6	A (DE)				
A, [HL]		1	4	6	A (HL)				
A, [HL + byte]		2	8	10	A (HL + byte)				
A, [HL + B]		2	8	10	A (HL + B)				
A, [HL + C]	2	8	10	A (HL + C)					

注1．内部高速RAM領域をアクセスしたときまたはデータ・アクセスしない命令のとき。

2．内部高速RAM以外の領域をアクセスしたとき。

3．r = Aを除く。

備考1．命令の1クロックはプロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ (PCC) で選択したCPUクロック (fCPU) の1クロック分です。

2．クロック数は内部ROM領域にプログラムがある場合です。

命令群	二モニック	オペランド	バイト	クロック		オペレーション	フラグ		
				注1	注2		Z	AC	CY
16ビット・データ転送	MOVW	rp, #word	3	6	-	rp word			
		saddrp, #word	4	8	10	(saddrp) word			
		sfrp, #word	4	-	10	sfrp word			
		AX, saddrp	2	6	8	AX (saddrp)			
		saddrp, AX	2	6	8	(saddrp) AX			
		AX, sfrp	2	-	8	AX sfrp			
		sfrp, AX	2	-	8	sfrp AX			
		AX, rp <small>注3</small>	1	4	-	AX rp			
		rp, AX <small>注3</small>	1	4	-	rp AX			
		AX, !addr16	3	10	12	AX (addr16)			
	!addr16, AX	3	10	12	(addr16) AX				
XCHW	AX, rp <small>注3</small>	1	4	-	AX rp				
8ビット演算	ADD	A, #byte	2	4	-	A, CY A + byte	x	x	x
		saddr, #byte	3	6	8	(saddr), CY (saddr) + byte	x	x	x
		A, r <small>注4</small>	2	4	-	A, CY A + r	x	x	x
		r, A	2	4	-	r, CY r + A	x	x	x
		A, saddr	2	4	5	A, CY A + (saddr)	x	x	x
		A, !addr16	3	8	9	A, CY A + (addr16)	x	x	x
		A, [HL]	1	4	5	A, CY A + (HL)	x	x	x
		A, [HL + byte]	2	8	9	A, CY A + (HL + byte)	x	x	x
		A, [HL + B]	2	8	9	A, CY A + (HL + B)	x	x	x
	A, [HL + C]	2	8	9	A, CY A + (HL + C)	x	x	x	
	ADDC	A, #byte	2	4	-	A, CY A + byte + CY	x	x	x
		saddr, #byte	3	6	8	(saddr), CY (saddr) + byte + CY	x	x	x
		A, r <small>注4</small>	2	4	-	A, CY A + r + CY	x	x	x
		r, A	2	4	-	r, CY r + A + CY	x	x	x
		A, saddr	2	4	5	A, CY A + (saddr) + CY	x	x	x
		A, !addr16	3	8	9	A, CY A + (addr16) + CY	x	x	x
		A, [HL]	1	4	5	A, CY A + (HL) + CY	x	x	x
		A, [HL + byte]	2	8	9	A, CY A + (HL + byte) + CY	x	x	x
		A, [HL + B]	2	8	9	A, CY A + (HL + B) + CY	x	x	x
A, [HL + C]		2	8	9	A, CY A + (HL + C) + CY	x	x	x	

注1 . 内部高速RAM領域をアクセスしたときまたはデータ・アクセスしない命令のとき。

2 . 内部高速RAM以外の領域をアクセスしたとき。

3 . rp = BC, DE, HLのときのみ。

4 . r = Aを除く。

備考1 . 命令の1クロックはプロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ (PCC) で選択したCPUクロック (fCPU) の1クロック分です。

2 . クロック数は内部ROM領域にプログラムがある場合です。

命令群	二モニック	オペランド	バイト	クロック		オペレーション	フラグ		
				注1	注2		Z	AC	CY
8ビット演算	SUB	A, #byte	2	4	-	A, CY A - byte	x	x	x
		saddr, #byte	3	6	8	(saddr), CY (saddr) - byte	x	x	x
		A, r ^{注3}	2	4	-	A, CY A - r	x	x	x
		r, A	2	4	-	r, CY r - A	x	x	x
		A, saddr	2	4	5	A, CY A - (saddr)	x	x	x
		A, !addr16	3	8	9	A, CY A - (addr16)	x	x	x
		A, [HL]	1	4	5	A, CY A - (HL)	x	x	x
		A, [HL + byte]	2	8	9	A, CY A - (HL + byte)	x	x	x
		A, [HL + B]	2	8	9	A, CY A - (HL + B)	x	x	x
	A, [HL + C]	2	8	9	A, CY A - (HL + C)	x	x	x	
	SUBC	A, #byte	2	4	-	A, CY A - byte - CY	x	x	x
		saddr, #byte	3	6	8	(saddr), CY (saddr) - byte - CY	x	x	x
		A, r ^{注3}	2	4	-	A, CY A - r - CY	x	x	x
		r, A	2	4	-	r, CY r - A - CY	x	x	x
		A, saddr	2	4	5	A, CY A - (saddr) - CY	x	x	x
		A, !addr16	3	8	9	A, CY A - (addr16) - CY	x	x	x
		A, [HL]	1	4	5	A, CY A - (HL) - CY	x	x	x
		A, [HL + byte]	2	8	9	A, CY A - (HL + byte) - CY	x	x	x
		A, [HL + B]	2	8	9	A, CY A - (HL + B) - CY	x	x	x
	A, [HL + C]	2	8	9	A, CY A - (HL + C) - CY	x	x	x	
	AND	A, #byte	2	4	-	A A byte	x		
		saddr, #byte	3	6	8	(saddr) (saddr) byte	x		
		A, r ^{注3}	2	4	-	A A r	x		
		r, A	2	4	-	r r A	x		
		A, saddr	2	4	5	A A (saddr)	x		
		A, !addr16	3	8	9	A A (addr16)	x		
		A, [HL]	1	4	5	A A (HL)	x		
A, [HL + byte]		2	8	9	A A (HL + byte)	x			
A, [HL + B]		2	8	9	A A (HL + B)	x			
A, [HL + C]	2	8	9	A A (HL + C)	x				

注1. 内部高速RAM領域をアクセスしたときまたはデータ・アクセスしない命令のとき。

2. 内部高速RAM以外の領域をアクセスしたとき。
3. r = Aを除く。

備考1. 命令の1クロックはプロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ (PCC) で選択したCPUクロック (fCPU) の1クロック分です。

2. クロック数は内部ROM領域にプログラムがある場合です。

命令群	二モニック	オペランド	バイト	クロック		オペレーション	フラグ		
				注1	注2		Z	AC	CY
8ビット演算	OR	A, #byte	2	4	-	A A byte	x		
		saddr, #byte	3	6	8	(saddr) (saddr) byte	x		
		A, r <small>注3</small>	2	4	-	A A r	x		
		r, A	2	4	-	r r A	x		
		A, saddr	2	4	5	A A (saddr)	x		
		A, !addr16	3	8	9	A A (addr16)	x		
		A, [HL]	1	4	5	A A (HL)	x		
		A, [HL + byte]	2	8	9	A A (HL + byte)	x		
		A, [HL + B]	2	8	9	A A (HL + B)	x		
	A, [HL + C]	2	8	9	A A (HL + C)	x			
	XOR	A, #byte	2	4	-	A A byte	x		
		saddr, #byte	3	6	8	(saddr) (saddr) byte	x		
		A, r <small>注3</small>	2	4	-	A A r	x		
		r, A	2	4	-	r r A	x		
		A, saddr	2	4	5	A A (saddr)	x		
		A, !addr16	3	8	9	A A (addr16)	x		
		A, [HL]	1	4	5	A A (HL)	x		
		A, [HL + byte]	2	8	9	A A (HL + byte)	x		
		A, [HL + B]	2	8	9	A A (HL + B)	x		
	A, [HL + C]	2	8	9	A A (HL + C)	x			
	CMP	A, #byte	2	4	-	A - byte	x	x	x
		saddr, #byte	3	6	8	(saddr) - byte	x	x	x
		A, r <small>注3</small>	2	4	-	A - r	x	x	x
		r, A	2	4	-	r - A	x	x	x
		A, saddr	2	4	5	A - (saddr)	x	x	x
		A, !addr16	3	8	9	A - (addr16)	x	x	x
		A, [HL]	1	4	5	A - (HL)	x	x	x
A, [HL + byte]		2	8	9	A - (HL + byte)	x	x	x	
A, [HL + B]		2	8	9	A - (HL + B)	x	x	x	
A, [HL + C]	2	8	9	A - (HL + C)	x	x	x		
16ビット演算	ADDW	AX, #word	3	6	-	AX, CY AX + word	x	x	x
	SUBW	AX, #word	3	6	-	AX, CY AX - word	x	x	x
	CMPW	AX, #word	3	6	-	AX - word	x	x	x
乗除算	MULU	X	2	16	-	AX A × X			
	DIVUW	C	2	25	-	AX(商), C(余り) AX ÷ C			

- 注1. 内部高速RAM領域をアクセスしたときまたはデータ・アクセスしない命令のとき。
 2. 内部高速RAM以外の領域をアクセスしたとき。
 3. r = Aを除く。

- 備考1. 命令の1クロックはプロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ (PCC) で選択したCPUクロック (fCPU) の1クロック分です。
 2. クロック数は内部ROM領域にプログラムがある場合です。

命令群	二モニク	オペランド	バイト	クロック		オペレーション	フラグ		
				注1	注2		Z	AC	CY
増減	INC	r	1	2	-	r r + 1	x	x	
		saddr	2	4	6	(saddr) (saddr) + 1	x	x	
	DEC	r	1	2	-	r r - 1	x	x	
		saddr	2	4	6	(saddr) (saddr) - 1	x	x	
	INCW	rp	1	4	-	rp rp + 1			
	DECW	rp	1	4	-	rp rp - 1			
ローテート	ROR	A, 1	1	2	-	(CY, A ₇ A ₀ , A _{m-1} A _m) × 1回			x
	ROL	A, 1	1	2	-	(CY, A ₀ A ₇ , A _{m+1} A _m) × 1回			x
	RORC	A, 1	1	2	-	(CY A ₀ , A ₇ CY, A _{m-1} A _m) × 1回			x
	ROLC	A, 1	1	2	-	(CY A ₇ , A ₀ CY, A _{m+1} A _m) × 1回			x
	ROR4	[HL]	2	10	12	A ₃₋₀ (HL) ₃₋₀ , (HL) ₇₋₄ A ₃₋₀ , (HL) ₃₋₀ (HL) ₇₋₄			
	ROL4	[HL]	2	10	12	A ₃₋₀ (HL) ₇₋₄ , (HL) ₃₋₀ A ₃₋₀ , (HL) ₇₋₄ (HL) ₃₋₀			
BCD補正	ADJBA		2	4	-	Decimal Adjust Accumulator after Addition	x	x	x
	ADJBS		2	4	-	Decimal Adjust Accumulator after Subtract	x	x	x
ビット操作	MOV1	CY, saddr.bit	3	6	7	CY (saddr.bit)			x
		CY, sfr.bit	3	-	7	CY sfr.bit			x
		CY, A.bit	2	4	-	CY A.bit			x
		CY, PSW.bit	3	-	7	CY PSW.bit			x
		CY,[HL].bit	2	6	7	CY (HL).bit			x
		saddr.bit, CY	3	6	8	(saddr.bit) CY			
		sfr.bit, CY	3	-	8	sfr.bit CY			
		A.bit, CY	2	4	-	A.bit CY			
		PSW.bit, CY	3	-	8	PSW.bit CY	x	x	
	[HL].bit, CY	2	6	8	(HL).bit CY				
	AND1	CY, saddr.bit	3	6	7	CY CY (saddr.bit)			x
		CY, sfr.bit	3	-	7	CY CY sfr.bit			x
		CY, A.bit	2	4	-	CY CY A.bit			x
		CY, PSW.bit	3	-	7	CY CY PSW.bit			x
		CY,[HL].bit	2	6	7	CY CY (HL).bit			x
	OR1	CY, saddr.bit	3	6	7	CY CY (saddr.bit)			x
		CY, sfr.bit	3	-	7	CY CY sfr.bit			x
		CY, A.bit	2	4	-	CY CY A.bit			x
		CY, PSW.bit	3	-	7	CY CY PSW.bit			x
		CY,[HL].bit	2	6	7	CY CY (HL).bit			x

注1 . 内部高速RAM領域をアクセスしたときまたはデータ・アクセスしない命令のとき。

2 . 内部高速RAM以外の領域をアクセスしたとき。

備考1 . 命令の1クロックはプロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ (PCC) で選択したCPUクロック (f_{CPU}) の1クロック分です。

2 . クロック数は内部ROM領域にプログラムがある場合です。

命令群	二モニック	オペランド	バイト	クロック		オペレーション	フラグ		
				注1	注2		Z	AC	CY
ビット操作	XOR1	CY, saddr.bit	3	6	7	CY CY (saddr.bit)			x
		CY, sfr.bit	3	-	7	CY CY sfr.bit			x
		CY, A.bit	2	4	-	CY CY A.bit			x
		CY, PSW.bit	3	-	7	CY CY PSW.bit			x
		CY,[HL].bit	2	6	7	CY CY (HL).bit			x
	SET1	saddr.bit	2	4	6	(saddr.bit) 1			
		sfr.bit	3	-	8	sfr.bit 1			
		A.bit	2	4	-	A.bit 1			
		PSW.bit	2	-	6	PSW.bit 1	x	x	x
		[HL].bit	2	6	8	(HL).bit 1			
	CLR1	saddr.bit	2	4	6	(saddr.bit) 0			
		sfr.bit	3	-	8	sfr.bit 0			
		A.bit	2	4	-	A.bit 0			
		PSW.bit	2	-	6	PSW.bit 0	x	x	x
		[HL].bit	2	6	8	(HL).bit 0			
	SET1	CY	1	2	-	CY 1			1
	CLR1	CY	1	2	-	CY 0			0
NOT1	CY	1	2	-	CY \overline{CY}			x	
コール・リターン	CALL	!addr16	3	7	-	(SP - 1) (PC + 3) _H , (SP - 2) (PC + 3) _L , PC addr16, SP SP - 2			
	CALLF	!addr11	2	5	-	(SP - 1) (PC + 2) _H , (SP - 2) (PC + 2) _L , PC ₁₅₋₁₁ 00001, PC ₁₀₋₀ addr11, SP SP - 2			
	CALLT	[addr5]	1	6	-	(SP - 1) (PC + 1) _H , (SP - 2) (PC + 1) _L , PC _H (addr5 + 1), PC _L (addr5), SP SP - 2			
	BRK		1	6	-	(SP - 1) PSW, (SP - 2) (PC + 1) _H , (SP - 3) (PC + 1) _L , PC _H (003FH), PC _L (003EH), SP SP - 3, IE 0			
	RET		1	6	-	PC _H (SP + 1), PC _L (SP), SP SP + 2			
	RETI		1	6	-	PC _H (SP + 1), PC _L (SP), PSW (SP + 2), SP SP + 3	R	R	R
	RETB		1	6	-	PC _H (SP + 1), PC _L (SP), PSW (SP + 2), SP SP + 3	R	R	R

注1. 内部高速RAM領域をアクセスしたときまたはデータ・アクセスしない命令のとき。

2. 内部高速RAM以外の領域をアクセスしたとき。

備考1. 命令の1クロックはプロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ (PCC) で選択したCPUクロック (f_{CPU}) の1クロック分です。

2. クロック数は内部ROM領域にプログラムがある場合です。

命令群	二モニック	オペランド	バイト	クロック		オペレーション	フラグ		
				注1	注2		Z	AC	CY
スタック操作	PUSH	PSW	1	2	-	(SP - 1) PSW, SP SP - 1			
		rp	1	4	-	(SP - 1) rp _H , (SP - 2) rp _L , SP SP - 2			
	POP	PSW	1	2	-	PSW (SP), SP SP + 1	R	R	R
		rp	1	4	-	rp _H (SP + 1), rp _L (SP), SP SP + 2			
	MOVW	SP, #word	4	-	10	SP word			
		SP, AX	2	-	8	SP AX			
AX, SP		2	-	8	AX SP				
無条件分岐	BR	!addr16	3	6	-	PC addr16			
		\$addr16	2	6	-	PC PC + 2 + jdisp8			
		AX	2	8	-	PC _H A, PC _L X			
条件付き分岐	BC	\$addr16	2	6	-	PC PC + 2 + jdisp8 if CY = 1			
	BNC	\$addr16	2	6	-	PC PC + 2 + jdisp8 if CY = 0			
	BZ	\$addr16	2	6	-	PC PC + 2 + jdisp8 if Z = 1			
	BNZ	\$addr16	2	6	-	PC PC + 2 + jdisp8 if Z = 0			
	BT	saddr.bit, \$addr16	3	8	9	PC PC + 3 + jdisp8 if (saddr.bit) = 1			
		sfr.bit, \$addr16	4	-	11	PC PC + 4 + jdisp8 if sfr.bit = 1			
		A.bit, \$addr16	3	8	-	PC PC + 3 + jdisp8 if A.bit = 1			
		PSW.bit, \$addr16	3	-	9	PC PC + 3 + jdisp8 if PSW.bit = 1			
		[HL].bit, \$addr16	3	10	11	PC PC + 3 + jdisp8 if (HL).bit = 1			
	BF	saddr.bit, \$addr16	4	10	11	PC PC + 4 + jdisp8 if (saddr.bit) = 0			
		sfr.bit, \$addr16	4	-	11	PC PC + 4 + jdisp8 if sfr.bit = 0			
		A.bit, \$addr16	3	8	-	PC PC + 3 + jdisp8 if A.bit = 0			
		PSW.bit, \$addr16	4	-	11	PC PC + 4 + jdisp8 if PSW.bit = 0			
		[HL].bit, \$addr16	3	10	11	PC PC + 3 + jdisp8 if (HL).bit = 0			
	BTCLR	saddr.bit, \$addr16	4	10	12	PC PC + 4 + jdisp8 if (saddr.bit) = 1 then reset (saddr.bit)			
		sfr.bit, \$addr16	4	-	12	PC PC + 4 + jdisp8 if sfr.bit = 1 then reset sfr.bit			
		A.bit, \$addr16	3	8	-	PC PC + 3 + jdisp8 if A.bit = 1 then reset A.bit			
PSW.bit, \$addr16		4	-	12	PC PC + 4 + jdisp8 if PSW.bit = 1 then reset PSW.bit	x	x	x	
[HL].bit, \$addr16		3	10	12	PC PC + 3 + jdisp8 if (HL).bit = 1 then reset (HL).bit				

注1 . 内部高速RAM領域をアクセスしたときまたはデータ・アクセスしない命令のとき。

2 . 内部高速RAM以外の領域をアクセスしたとき。

備考1 . 命令の1クロックはプロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ (PCC) で選択したCPUクロック (f_{CPU}) の1クロック分です。

2 . クロック数は内部ROM領域にプログラムがある場合です。

命令群	二モニック	オペランド	バイト	クロック		オペレーション	フラグ		
				注1	注2		Z	AC	CY
条件付き分岐	DBNZ	B, \$addr16	2	6	-	B B - 1, then PC PC + 2 + jdisp8 if B = 0			
		C, \$addr16	2	6	-	C C - 1, then PC PC + 2 + jdisp8 if C = 0			
		saddr, \$addr16	3	8	10	(saddr) (saddr) - 1, then PC PC + 3 + jdisp8 if (saddr) = 0			
CPU制御	SEL	RBn	2	4	-	RBS1, 0 n			
	NOP		1	2	-	No Operation			
	EI		2	-	6	IE = 1 (Enable Interrupt)			
	DI		2	-	6	IE = 0 (Disable Interrupt)			
	HALT		2	6	-	Set HALT Mode			
	STOP		2	6	-	Set STOP Mode			

注1 . 内部高速RAM領域をアクセスしたときまたはデータ・アクセスしない命令のとき。

2 . 内部高速RAM以外の領域をアクセスしたとき。

備考1 . 命令の1クロックはプロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ (PCC) で選択したCPUクロック (f_{CPU}) の1クロック分です。

2 . クロック数は内部ROM領域にプログラムがある場合です。

23.3 アドレッシング別命令一覧

(1) 8ビット命令

MOV, XCH, ADD, ADDC, SUB, SUBC, AND, OR, XOR, CMP, MULU, DIVUW, INC, DEC, ROR, ROL, RORC, ROLC, ROR4, ROL4, PUSH, POP, DBNZ

第2オペランド 第1オペランド	#byte	A	r ^注	sfr	saddr	!addr16	PSW	[DE]	[HL]	[HL + byte] [HL + B] [HL + C]	\$addr16	1	なし
A	ADD ADDC SUB SUBC AND OR XOR CMP		MOV XCH ADD ADDC SUB SUBC AND OR XOR CMP	MOV XCH	MOV XCH ADD ADDC SUB SUBC AND OR XOR CMP	MOV XCH ADD ADDC SUB SUBC AND OR XOR CMP	MOV	MOV XCH	MOV XCH ADD ADDC SUB SUBC AND OR XOR CMP	MOV XCH ADD ADDC SUB SUBC AND OR XOR CMP			ROR ROL RORC ROLC
r	MOV	MOV ADD ADDC SUB SUBC AND OR XOR CMP											INC DEC
B, C											DBNZ		
sfr	MOV	MOV											
saddr	MOV ADD ADDC SUB SUBC AND OR XOR CMP	MOV									DBNZ		INC DEC
!addr16		MOV											
PSW	MOV	MOV											PUSH POP
[DE]		MOV											
[HL]		MOV											ROR4 ROL4
[HL + byte] [HL + B] [HL + C]		MOV											
X													MULU
C													DIVUW

注 r = Aは除く。

(2) 16ビット命令

MOVW, XCHW, ADDW, SUBW, CMPW, PUSH, POP, INCW, DECW

第2オペランド \ 第1オペランド	#word	AX	rp ^注	sfrp	saddrp	!addr16	SP	なし
AX	ADDW SUBW CMPW		MOVW XCHW	MOVW	MOVW	MOVW	MOVW	
rp	MOVW	MOVW ^注						INCW DECW PUSH POP
sfrp	MOVW	MOVW						
saddrp	MOVW	MOVW						
!addr16		MOVW						
SP	MOVW	MOVW						

注 rp = BC, DE, HLのときのみ。

(3) ビット操作命令

MOV1, AND1, OR1, XOR1, SET1, CLR1, NOT1, BT, BF, BTCLR

第2オペランド \ 第1オペランド	A.bit	sfr.bit	saddr.bit	PSW.bit	[HL].bit	CY	\$addr16	なし
A.bit						MOV1	BT BF BTCLR	SET1 CLR1
sfr.bit						MOV1	BT BF BTCLR	SET1 CLR1
saddr.bit						MOV1	BT BF BTCLR	SET1 CLR1
PSW.bit						MOV1	BT BF BTCLR	SET1 CLR1
[HL].bit						MOV1	BT BF BTCLR	SET1 CLR1
CY	MOV1 AND1 OR1 XOR1	MOV1 AND1 OR1 XOR1	MOV1 AND1 OR1 XOR1	MOV1 AND1 OR1 XOR1	MOV1 AND1 OR1 XOR1			SET1 CLR1 NOT1

(4) コール命令 / 分岐命令

CALL, CALLF, CALLT, BR, BC, BNC, BZ, BNZ, BT, BF, BTCLR, DBNZ

第1オペランド \ 第2オペランド	AX	!addr16	!addr11	[addr5]	\$addr16
基本命令	BR	CALL BR	CALLF	CALLT	BR BC BNC BZ BNZ
複合命令					BT BF BTCLR DBNZ

(5) その他の命令

ADJBA, ADJBS, BRK, RET, RETI, RETB, SEL, NOP, EI, DI, HALT, STOP

第24章 電気的特性

24.1 CPU部

絶対最大定格 (TA = 25) (1/2)

項目	略号	条件	定格	単位	
電源電圧	V _{DD}		- 0.5 ~ + 6.5	V	
	V _{SS}		- 0.5 ~ + 0.3	V	
	AV _{REF}		- 0.5 ~ V _{DD} + 0.3 ^注	V	
	AV _{SS}		- 0.5 ~ + 0.3	V	
REGC端子入力電圧	V _{I_{REGC}}		- 0.5 ~ + 3.6 かつ - 0.5 ~ V _{DD}	V	
入力電圧	V _{I1}	P00, P01, P10-P17, P20-P23, P30-P33, P120-P122, X1, X2, RESET, FLMD0	- 0.3 ~ V _{DD} + 0.3 ^注	V	
	V _{I2}	P60, P61 (N-chオープン・ドレイン)	- 0.3 ~ + 6.5	V	
出力電圧	V _O		- 0.3 ~ V _{DD} + 0.3 ^注	V	
アナログ入力電圧	V _{AN}	ANI0-ANI3	- 0.3 ~ AV _{REF} + 0.3 ^注 かつ - 0.3 ~ V _{DD} + 0.3 ^注	V	
ハイ・レベル出力電流	I _{OH}	1端子	P00, P01, P10-P17, P30-P33, P120	- 10	mA
		端子合計	P00, P01, P120	- 25	mA
	- 80 mA	P10-P17, P30-P33	- 55	mA	
	1端子	P20-P23	- 0.5	mA	
	端子合計		- 2	mA	
	1端子	P121, P122	- 1	mA	
	端子合計		- 2	mA	

注 6.5 V以下であること。

注意 各項目のうち1項目でも、また一瞬でも絶対最大定格を越えると、製品の品質を損なう恐れがあります。つまり絶対最大定格とは、製品に物理的な損傷を与えかねない定格値です。必ずこの定格値を越えない状態で、製品をご使用ください。

備考 特に指定がないかぎり、兼用端子の特性はポート端子の特性と同じです。

絶対最大定格 (TA = 25) (2/2)

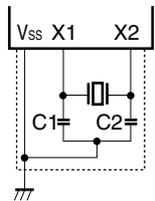
項目	略号	条件		定格	単位
ロウ・レベル出力電流	IoL	1端子	P00, P01, P10-P17, P30-P33, P60, P61, P120	30	mA
		端子合計	P00, P01, P120	60	mA
		200 mA	P10-P17, P30-P33 P60, P61	140	mA
		1端子	P20-P23	1	mA
		端子合計		4	mA
		1端子	P121, P122	4	mA
		端子合計		8	mA
動作周囲温度	TA			- 40 ~ + 85	
保存温度	Tstg			- 65 ~ + 150	

注意 各項目のうち1項目でも、また一瞬でも絶対最大定格を越えると、製品の品質を損なう恐れがあります。つまり絶対最大定格とは、製品に物理的な損傷を与えかねない定格値です。必ずこの定格値を越えない状態で、製品をご使用ください。

備考 特に指定がないかぎり、兼用端子の特性はポート端子の特性と同じです。

X1発振回路特性

(TA = - 40 ~ + 85 , 1.8 V VDD 5.5 V^{注1}, VSS = AVSS = 0 V)

発振子	推奨回路	項目	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
セラミック発振子, 水晶振動子		X1クロック発振周波数 (fx) ^{注2}	2.7 V VDD 5.5 V	1.0 ^{注3}		20.0	MHz
			1.8 V VDD < 2.7 V	1.0		5.0	MHz

注1. 定電流ドライバ未使用時：1.8 V VDD 5.5 V, 定電流ドライバ使用時：4.5 V VDD = CVDD 5.5 V

2. 発振回路の特性だけを示すものです。命令実行時間は、AC特性を参照してください。

3. オンボード・プログラミング時にUART6を使用する場合は、2.0 MHz (MIN.) です。

注意1. X1発振回路を使用する場合は、配線容量などの影響を避けるために、図中の破線の部分を次のように配線してください。

- ・配線は極力短くする。
- ・他の信号線と交差させない。
- ・変化する大電流が流れる線に接近させない。
- ・発振回路のコンデンサの接地点は、常にV_{SS}と同電位になるようにする。
- ・大電流が流れるグラウンド・パターンに接地しない。
- ・発振回路から信号を取り出さない。

2. リセット解除後は、高速内蔵発振クロックによりCPUが起動されるため、X1クロックの発振安定時間は発振安定時間カウンタ状態レジスタ (OSTC) でユーザにて確認してください。また使用する発振子で発振安定時間を十分に評価してから、OSTCレジスタ、発振安定時間選択レジスタ (OSTS) の発振安定時間を決定してください。

備考 発振子の選択および発振回路定数については、お客様において発振評価していただくか、発振子メーカーに評価を依頼してください。

内蔵発振回路特性

(T_A = -40 ~ +85 , 1.8 V V_{DD} 5.5 V^{注1}, V_{SS} = AV_{SS} = 0 V)

発振子	項目	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位	
8 MHz 内蔵発振器	高速内蔵発振クロック 周波数 (f _{RH}) ^{注2}	RSTS = 1	2.7 V V _{DD} 5.5 V	7.6	8.0	8.4	MHz
			1.8 V V _{DD} < 2.7 V	7.6	8.0	10.4	MHz
		RSTS = 0		2.48	5.6	9.86	MHz
240 kHz 内蔵発振器	低速内蔵発振クロック 周波数 (f _{RL})	2.7 V V _{DD} 5.5 V	216	240	264	kHz	
		1.8 V V _{DD} < 2.7 V	192	240	264	kHz	

注1. 定電流ドライバ未使用時：1.8 V V_{DD} 5.5 V, 定電流ドライバ使用時：4.5 V V_{DD} = CV_{DD} 5.5 V

2. 発振回路の特性だけを示すものです。命令実行時間は、AC特性を参照してください。

備考 RSTS : 内蔵発振モード・レジスタ (RCM) のビット7

DC特性 (1/4)

($T_A = -40 \sim +85$, $1.8\text{ V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{ V}$ ^{注1}, $AV_{REF} = V_{DD}$, $V_{SS} = AV_{SS} = 0\text{ V}$)

項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位	
ハイ・レベル出力電流 ^{注2}	IOH1	P00, P01, P10-P17, P30-P33, P120 1端子	4.0 V $V_{DD} = 5.5\text{ V}$			- 3.0	mA
			2.7 V $V_{DD} < 4.0\text{ V}$			- 2.5	mA
			1.8 V $V_{DD} < 2.7\text{ V}$			- 1.0	mA
		P00, P01, P120 合計 ^{注4}	4.0 V $V_{DD} = 5.5\text{ V}$			- 12.9	mA
			2.7 V $V_{DD} < 4.0\text{ V}$			- 10	mA
			1.8 V $V_{DD} < 2.7\text{ V}$			- 4.3	mA
		P10-P17, P30-P33 合計 ^{注4}	4.0 V $V_{DD} = 5.5\text{ V}$			- 30.0	mA
			2.7 V $V_{DD} < 4.0\text{ V}$			- 19.0	mA
			1.8 V $V_{DD} < 2.7\text{ V}$			- 10.0	mA
	全端子合計 ^{注4}	4.0 V $V_{DD} = 5.5\text{ V}$			- 50.0	mA	
		2.7 V $V_{DD} < 4.0\text{ V}$			- 29.0	mA	
		1.8 V $V_{DD} < 2.7\text{ V}$			- 15.0	mA	
	IOH2	P20-P23 1端子	$AV_{REF} = V_{DD}$			- 0.1	mA
		P121, P122 1端子				- 0.1	mA
	ロウ・レベル出力電流 ^{注3}	IOL1	P00, P01, P10-P17, P30-P33, P120 1端子	4.0 V $V_{DD} = 5.5\text{ V}$			8.5
2.7 V $V_{DD} < 4.0\text{ V}$						5.0	mA
1.8 V $V_{DD} < 2.7\text{ V}$						2.0	mA
P60, P61 1端子			4.0 V $V_{DD} = 5.5\text{ V}$			15.0	mA
			2.7 V $V_{DD} < 4.0\text{ V}$			5.0	mA
			1.8 V $V_{DD} < 2.7\text{ V}$			2.0	mA
P00, P01, P120 合計 ^{注4}			4.0 V $V_{DD} = 5.5\text{ V}$			20.0	mA
			2.7 V $V_{DD} < 4.0\text{ V}$			15.0	mA
			1.8 V $V_{DD} < 2.7\text{ V}$			8.6	mA
P10-P17, P30-P33, P60, P61 合計 ^{注4}		4.0 V $V_{DD} = 5.5\text{ V}$			37.0	mA	
		2.7 V $V_{DD} < 4.0\text{ V}$			35.0	mA	
		1.8 V $V_{DD} < 2.7\text{ V}$			20.0	mA	
全端子合計 ^{注4}		4.0 V $V_{DD} = 5.5\text{ V}$			65.0	mA	
		2.7 V $V_{DD} < 4.0\text{ V}$			50.0	mA	
		1.8 V $V_{DD} < 2.7\text{ V}$			28.6	mA	
IOL2		P20-P23 1端子	$AV_{REF} = V_{DD}$			0.4	mA
		P121, P122 1端子				0.4	mA

注1. 定電流ドライバ未使用時: $1.8\text{ V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{ V}$, 定電流ドライバ使用時: $4.5\text{ V} \leq V_{DD} = CV_{DD} \leq 5.5\text{ V}$

- V_{DD} から出力端子に流れ出しても、デバイスの動作を保証する電流値です。
- 出力端子からGNDに流れ込んでも、デバイスの動作を保証する電流値です。
- デューティ = 70%の条件 (ある一定の時間をtとすると、電流を出力する時間が $0.7 \times t$, 電流を出力しない時間が $0.3 \times t$ の場合) でのスペックです。デューティ = 70%以外の端子合計の出力電流は下記の計算式で求めることができます。

・ I_{OH} のデューティがn%の場合: 端子合計の出力電流 = $(I_{OH} \times 0.7) / (n \times 0.01)$

<計算例> デューティ = 50%, $I_{OH} = -20.0\text{ mA}$ の場合

端子合計の出力電流 = $(-20.0 \times 0.7) / (50 \times 0.01) = -28.0\text{ mA}$

ただし、1端子当たりには流せる電流は、デューティによって変わることはありません。また、絶対最大定格以上の電流は流せません。

備考 特に指定のないかぎり、兼用端子の特性はポート端子の特性と同じです。

DC特性 (2/4)

($T_A = -40 \sim +85$, $1.8\text{ V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{ V}$ ^注, $AV_{REF} = V_{DD}$, $V_{SS} = AV_{SS} = 0\text{ V}$)

項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
ハイ・レベル入力電圧	V _{IH1}	P12, P13, P15, P121, P122, EXCLK	0.7V _{DD}		V _{DD}	V
	V _{IH2}	P00, P01, P10, P11, P14, P16, P17, P30-P33, P120, RESET	0.8V _{DD}		V _{DD}	V
	V _{IH3}	P20-P23	AV _{REF} = V _{DD}	0.7AV _{REF}	AV _{REF}	V
	V _{IH4}	P60, P61		0.7V _{DD}	6.0	V
ロウ・レベル入力電圧	V _{IL1}	P12, P13, P15, P60, P61, P121, P122, EXCLK	0		0.3V _{DD}	V
	V _{IL2}	P00, P01, P10, P11, P14, P16, P17, P30-P33, P120, RESET	0		0.2V _{DD}	V
	V _{IL3}	P20-P23	AV _{REF} = V _{DD}	0	0.3AV _{REF}	V
ハイ・レベル出力電圧	V _{OH1}	P00, P01, P10-P17, P30-P33, P120	4.0 V $V_{DD} \leq 5.5\text{ V}$, I _{OH1} = -3.0 mA	V _{DD} - 0.7		V
			2.7 V $V_{DD} < 4.0\text{ V}$, I _{OH1} = -2.5 mA	V _{DD} - 0.5		V
			1.8 V $V_{DD} < 2.7\text{ V}$, I _{OH1} = -1.0 mA	V _{DD} - 0.5		V
	V _{OH2}	P20-P23	AV _{REF} = V _{DD} , I _{OH2} = -100 μA	V _{DD} - 0.5		V
			P121, P122	I _{OH2} = -100 μA	V _{DD} - 0.5	
	ロウ・レベル出力電圧	V _{OL1}	P00, P01, P10-P17, P30-P33, P120	4.0 V $V_{DD} \leq 5.5\text{ V}$, I _{OL1} = 8.5 mA		0.7
2.7 V $V_{DD} < 4.0\text{ V}$, I _{OL1} = 5.0 mA					0.7	V
1.8 V $V_{DD} < 2.7\text{ V}$, I _{OL1} = 2.0 mA					0.5	V
1.8 V $V_{DD} < 2.7\text{ V}$, I _{OL1} = 0.5 mA					0.4	V
V _{OL2}		P20-P23	AV _{REF} = V _{DD} , I _{OL2} = 0.4 mA		0.4	V
			P121, P122	I _{OL2} = 0.4 mA		0.4
V _{OL3}		P60, P61	4.0 V $V_{DD} \leq 5.5\text{ V}$, I _{OL1} = 15.0 mA		2.0	V
			4.0 V $V_{DD} \leq 5.5\text{ V}$, I _{OL1} = 5.0 mA		0.4	V
			2.7 V $V_{DD} < 4.0\text{ V}$, I _{OL1} = 5.0 mA		0.6	V
			2.7 V $V_{DD} < 4.0\text{ V}$, I _{OL1} = 3.0 mA		0.4	V
			1.8 V $V_{DD} < 2.7\text{ V}$, I _{OL1} = 2.0 mA		0.4	V
			1.8 V $V_{DD} < 2.7\text{ V}$, I _{OL1} = 2.0 mA		0.4	V

注 定電流ドライバ未使用時: 1.8 V $V_{DD} \leq 5.5\text{ V}$, 定電流ドライバ使用時: 4.5 V $V_{DD} = CV_{DD} \leq 5.5\text{ V}$

備考 特に指定のないかぎり, 兼用端子の特性はポート端子の特性と同じです。

DC特性 (3/4)

($T_A = -40 \sim +85$, $1.8\text{ V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{ V}$ ^注, $AV_{REF} = V_{DD}$, $V_{SS} = AV_{SS} = 0\text{ V}$)

項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位	
ハイ・レベル入力リーク電流	I _{LIH1}	P00, P01, P10-P17, P30-P33, P60, P61, P120, FLMD0, $\overline{\text{RESET}}$	$V_I = V_{DD}$		1	μA	
	I _{LIH2}	P20-P23	$V_I = AV_{REF}$, $AV_{REF} = V_{DD}$		1	μA	
	I _{LIH3}	P121, P122 (X1, X2)	$V_I = V_{DD}$	I/Oポート・モード		1	μA
				OSCモード		20	μA
ロウ・レベル入力リーク電流	I _{LIL1}	P00, P01, P10-P17, P30-P33, P60, P61, P120, FLMD0, $\overline{\text{RESET}}$	$V_I = V_{SS}$		- 1	μA	
	I _{LIL2}	P20-P23	$V_I = V_{SS}$, $AV_{REF} = V_{DD}$		- 1	μA	
	I _{LIL3}	P121, P122 (X1, X2)	$V_I = V_{SS}$	I/Oポート・モード		- 1	μA
				OSCモード		- 20	μA
プルアップ抵抗値	R _U	$V_I = V_{SS}$		10	20	100	k Ω
FLMD0電源電圧	V _{IL}	通常動作時		0		$0.2V_{DD}$	V
	V _{IH}	セルフ・プログラミング時		$0.8V_{DD}$		V_{DD}	V

注 定電流ドライバ未使用時: $1.8\text{ V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{ V}$, 定電流ドライバ使用時: $4.5\text{ V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{ V}$

備考 特に指定のないかぎり, 兼用端子の特性はポート端子の特性と同じです。

DC特性 (4/4)

($T_A = -40 \sim +85$, $1.8\text{ V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{ V}$ ^{注1}, $AV_{REF} = V_{DD}$, $V_{SS} = AV_{SS} = 0\text{ V}$)

項目	略号	条件		MIN.	TYP.	MAX.	単位		
電源電流 ^{注2}	IDD1	動作モード	$f_{XH} = 20\text{ MHz}$, ^{注3}	方形波入力		3.2	5.5	mA	
			$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	発振子接続		4.5	6.9	mA	
				$f_{XH} = 10\text{ MHz}$, ^{注3,4}	方形波入力		1.6	2.8	mA
				$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	発振子接続		2.3	3.9	mA
				$f_{XH} = 10\text{ MHz}$, ^{注3,4}	方形波入力		1.5	2.7	mA
				$V_{DD} = 3.0\text{ V}$	発振子接続		2.2	3.2	mA
				$f_{XH} = 5\text{ MHz}$, ^{注3,4}	方形波入力		0.9	1.6	mA
				$V_{DD} = 3.0\text{ V}$	発振子接続		1.3	2.0	mA
			$f_{XH} = 5\text{ MHz}$, ^{注3,4}	方形波入力		0.7	1.4	mA	
			$V_{DD} = 2.0\text{ V}$	発振子接続		1.0	1.6	mA	
			$f_{RH} = 8\text{ MHz}$, $V_{DD} = 5.0\text{ V}$ ^{注5}			1.4	2.5	mA	
	IDD2	HALTモード		$f_{XH} = 20\text{ MHz}$, ^{注3}	方形波入力		0.8	2.6	mA
				$V_{DD} = 5.0\text{ V}$	発振子接続		2.0	4.4	mA
					$f_{XH} = 10\text{ MHz}$, ^{注3,4}	方形波入力		0.4	1.3
$V_{DD} = 5.0\text{ V}$					発振子接続		1.0	2.4	mA
				$f_{XH} = 5\text{ MHz}$, ^{注3,4}	方形波入力		0.2	0.65	mA
				$V_{DD} = 3.0\text{ V}$	発振子接続		0.5	1.1	mA
		$f_{RH} = 8\text{ MHz}$, $V_{DD} = 5.0\text{ V}$ ^{注5}			0.4	1.2	mA		
IDD3 ^{注6}	STOPモード				1	20	μA		
		$T_A = -40 \sim +70$			1	10	μA		
A/Dコンバータ動作電流	I _{ADC} ^{注7}	2.3 V $AV_{REF} = V_{DD}$, ADCE = 1			0.86	1.9	mA		
ウォッチドッグ・タイマ動作電流	I _{WDT} ^{注8}	240 kHz 低速内蔵発振クロック動作時			5	10	μA		
LVI動作電流	I _{LVI} ^{注9}				9	18	μA		

備考1. f_{XH} : 高速システム・クロック周波数 (X1クロック発振周波数または外部メイン・システム・クロック周波数)

2. f_{RH} : 高速内蔵発振クロック周波数

(注は次ページです)

- 注1. 定電流ドライバ未使用時：1.8 V $V_{DD} = 5.5$ V，定電流ドライバ使用時：4.5 V $V_{DD} = CV_{DD} = 5.5$ V
- 内部電源 (V_{DD}) に流れるトータル電流です。周辺動作電流と入力端子を V_{DD} または V_{SS} に固定した状態での入力リーク電流を含みます。ただし、ポートのプルアップ抵抗と出力電流は含みません。
 - 8 MHz内蔵発振器，240 kHz内蔵発振器の動作電流と，A/Dコンバータ，ウォッチドッグ・タイマ，LVI回路に流れる電流は含みません。
 - AMPH (クロック動作モード選択レジスタ (OSCCTL) のビット0) = 0設定時。
 - X1発振回路，240 kHz内蔵発振器の動作電流と，A/Dコンバータ，ウォッチドッグ・タイマ，LVI回路に流れる電流は含みません。
 - 240 kHz内蔵発振器の動作電流とA/Dコンバータ，ウォッチドッグ・タイマ，LVI回路に流れる電流は含みません。
 - A/Dコンバータ (AV_{REF}) にのみ流れる電流です。動作モードまたはHALTモード時にA/Dコンバータが動作中の場合， I_{DD1} または I_{DD2} に I_{ADC} を加算した値が，CPU部の電流値となります。 μ PD78F8024, 78F8025の電流値は，CPU部の電流値に定電流ドライバ部の電流値を加算した値となります。定電流ドライバ部の電流値については，24.2 **昇圧/降圧選択可能 定電流ドライバ部**を参照してください。
 - ウォッチドッグ・タイマにのみ流れる電流です (240 kHz内蔵発振器の動作電流を含みます)。ウォッチドッグ・タイマが動作中の場合， I_{DD1} , I_{DD2} または I_{DD3} に I_{WDT} を加算した値が，CPU部の電流値となります。 μ PD78F8024, 78F8025の電流値は，CPU部の電流値に定電流ドライバ部の電流値を加算した値となります。定電流ドライバ部の電流値については，24.2 **昇圧/降圧選択可能 定電流ドライバ部**を参照してください。
 - LVI回路にのみ流れる電流です。LVI回路が動作中の場合， I_{DD1} , I_{DD2} または I_{DD3} に I_{LVI} を加算した値が，CPU部の電流値となります。 μ PD78F8024, 78F8025の電流値は，CPU部の電流値に定電流ドライバ部の電流値を加算した値となります。定電流ドライバ部の電流値については，24.2 **昇圧/降圧選択可能 定電流ドライバ部**を参照してください。

AC特性

(1) 基本動作

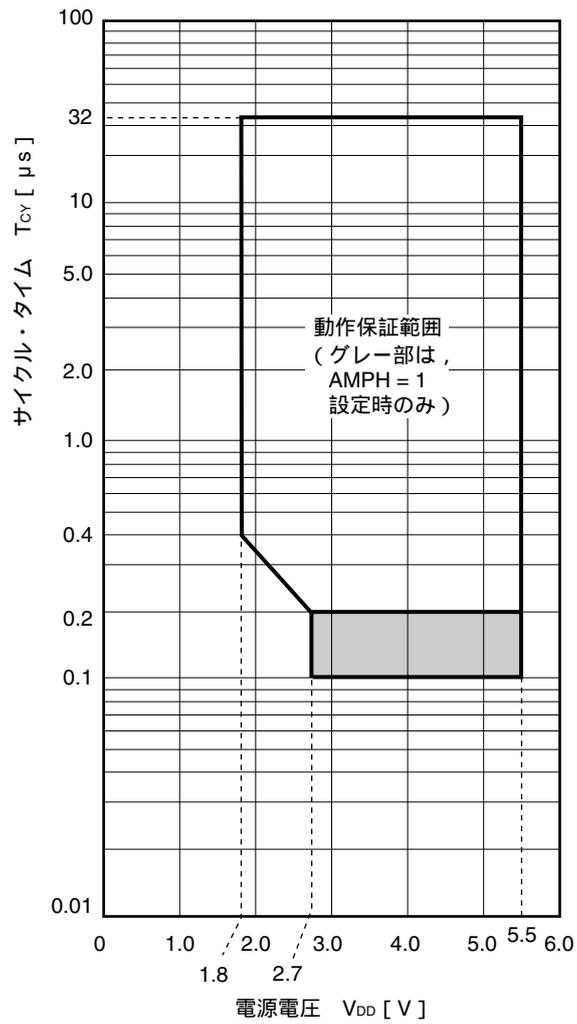
(TA = -40 ~ +85 , 1.8 V V_{DD} 5.5 V^{注1}, AV_{REF} V_{DD}, V_{SS} = AV_{SS} = 0 V)

項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位	
命令サイクル (最小命令実行時間)	T _{CY}	メイン・システム・ク ロック (f _{XP}) 動作	2.7 V V _{DD} 5.5 V	0.1		32	μs
			1.8 V V _{DD} < 2.7 V	0.4 ^{注2}		32	μs
周辺ハードウェア・クロック 周波数	f _{PRS}	f _{PRS} = f _{XH} (XSEL = 1)	4.0 V V _{DD} 5.5 V			20	MHz
			2.7 V V _{DD} < 4.0 V ^{注3}			20	MHz
			1.8 V V _{DD} < 2.7 V			5	MHz
		f _{PRS} = f _{RH} (XSEL = 0)	2.7 V V _{DD} 5.5 V	7.6		8.4	MHz
			1.8 V V _{DD} < 2.7 V ^{注4}	7.6		10.4	MHz
外部メイン・システム・クロ ック周波数	f _{EXCLK}	2.7 V V _{DD} 5.5 V	1.0 ^{注5}		20.0	MHz	
		1.8 V V _{DD} < 2.7 V	1.0		5.0	MHz	
外部メイン・システム・クロッ ク入力ハイ、ロウ・レベル幅	t _{EXCLKH} , t _{EXCLKL}	2.7 V V _{DD} 5.5 V	24			ns	
		1.8 V V _{DD} < 2.7 V	96			ns	
TI000, TI010 入力ハイ・レベル幅, ロウ・レベル幅	t _{TIH0} , t _{TIL0}	4.0 V V _{DD} 5.5 V	2f _{sam} + 0.1 ^{注6}			μs	
		2.7 V V _{DD} < 4.0 V	2f _{sam} + 0.2 ^{注6}			μs	
		1.8 V V _{DD} < 2.7 V	2f _{sam} + 0.5 ^{注6}			μs	
TI50, TI51入力周波数	f _{TI5}	4.0 V V _{DD} 5.5 V			10	MHz	
		2.7 V V _{DD} < 4.0 V			10	MHz	
		1.8 V V _{DD} < 2.7 V			5	MHz	
TI50, TI51入力ハイ・レベル幅, ロウ・レベル幅	t _{TIH5} , t _{TIL5}	4.0 V V _{DD} 5.5 V	50			ns	
		2.7 V V _{DD} < 4.0 V	50			ns	
		1.8 V V _{DD} < 2.7 V	100			ns	
割り込み入力ハイ・レベル幅, ロウ・レベル幅	t _{INTH} , t _{INTL}		1			μs	
RESETロウ・レベル幅	t _{RSL}		10			μs	

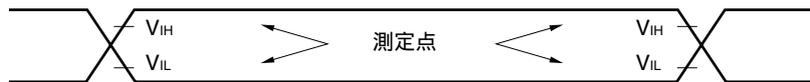
注1. 定電流ドライバ未使用時: 1.8 V V_{DD} 5.5 V, 定電流ドライバ使用時: 4.5 V V_{DD} = CV_{DD} 5.5 V

- 8 MHz内蔵発振器で動作時は, 0.38 μsとなります。
- メイン・システム・クロック周波数の特性です。周辺機能で設定する分周クロックは, f_{XH}/2 (10 MHz) 以下にしてください。
- メイン・システム・クロック周波数の特性です。周辺機能で設定する分周クロックは, f_{RH}/2以下にしてください。
- オンボード・プログラミング時にUART6を使用する場合は, 2.0 MHz (MIN.) です。
- プリスケアラ・モード・レジスタ00 (PRM00) のビット0, 1 (PRM000, PRM001) により, f_{sam} = f_{PRS}, f_{PRS}/4, f_{PRS}/256の選択が可能です。ただし, カウント・クロックとしてTI000有効エッジを選択した場合は, f_{sam} = f_{PRS}となります。

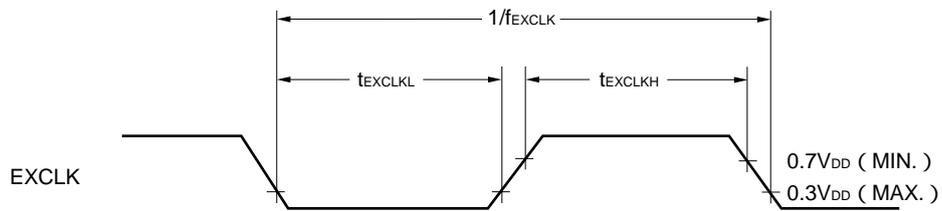
T_{CY} vs V_{DD} (メイン・システム・クロック動作時)



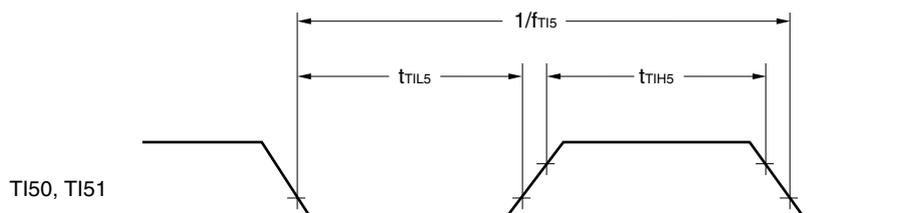
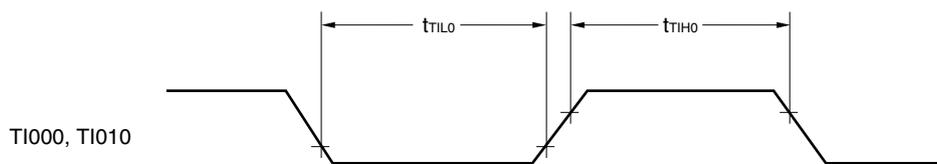
ACタイミング測定点 (外部メイン・システム・クロックを除く)



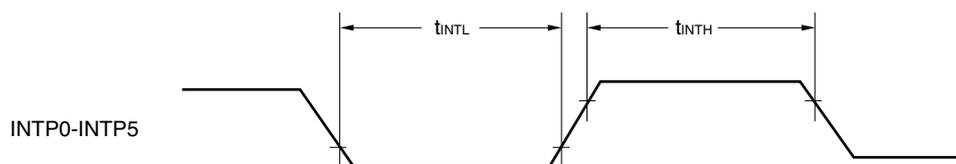
外部メイン・システム・クロック・タイミング



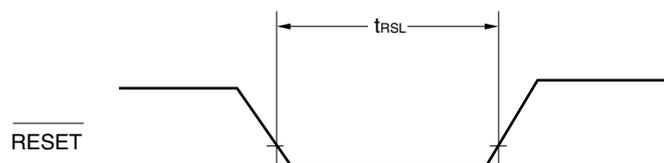
TI タイミング



割り込み要求入力タイミング



RESET 入力タイミング



(2) シリアル・インタフェース

($T_A = -40 \sim +85$, $1.8\text{ V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{ V}$ ^注, $AV_{REF} = V_{DD}$, $V_{SS} = AV_{SS} = 0\text{ V}$)

注 定電流ドライバ未使用時: $1.8\text{ V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{ V}$, 定電流ドライバ使用時: $4.5\text{ V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{ V}$

(a) UART6 (専用ボー・レート・ジェネレータ出力)

項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
転送レート					625	kbps

(b) UART0 (専用ボー・レート・ジェネレータ出力)

項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
転送レート					625	kbps

(c) IIC0

項目	略号	条件	標準モード		高速モード		単位
			MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	
SCL0クロック周波数	f _{SCL}		0	100	0	400	kHz
リスタート・コンディションのセットアップ時間	t _{SU:STA}		4.7	-	0.6	-	μs
ホールド時間 ^{注1}	t _{HD:STA}		4.0	-	0.6	-	μs
SCL0 = "L"のホールド・タイム	t _{LOW}	内部クロック動作	4.7	-	1.3	-	μs
SCL0 = "H"のホールド・タイム	t _{HIGH}		4.0	-	0.6	-	μs
データ・セットアップ時間 (受信時)	t _{SU:DAT}		250	-	100	-	ns
データ・ホールド時間 (送信時) ^{注2}	t _{HD:DAT}	f _w = f _{XH} /2 ^N 選択時 ^{注3}	0	3.45	0	0.9 ^{注4}	μs
		f _w = f _{RH} /2 ^N 選択時 ^{注3}	0	3.45	0	1.00 ^{注5}	
ストップ・コンディションのセットアップ時間	t _{SU:STO}		4.0	-	0.6	-	μs
バス・フリー時間	t _{BUF}		4.7	-	1.3	-	μs

注1. スタート/リスタート・コンディション時は、この期間のあと、最初のクロック・パルスが生成されます。

2. t_{HD:DAT}の最大値 (MAX.) は、通常転送時の数値であり、ACK (アクノリッジ) タイミングでは、ウエイトがかかります。

3. f_wは、IICLレジスタとIICX0レジスタで選択したIIC0の転送クロックを示します。

4. f_w 4.4 MHz選択時

5. f_w < 4.4 MHz選択時

(d) CSI10 (マスタ・モード, $\overline{\text{SCK10}}$...内部クロック出力)

項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
$\overline{\text{SCK10}}$ サイクル・タイム	t_{KCY1}	4.0 V $V_{\text{DD}} < 5.5$ V	160			ns
		2.7 V $V_{\text{DD}} < 4.0$ V	250			ns
		1.8 V $V_{\text{DD}} < 2.7$ V	500			ns
$\overline{\text{SCK10}}$ ハイ, ロウ・レベル幅	$t_{\text{KH1}},$ t_{KL1}	4.0 V $V_{\text{DD}} < 5.5$ V	$t_{\text{KCY1}}/2 - 15^{\text{注1}}$			ns
		2.7 V $V_{\text{DD}} < 4.0$ V	$t_{\text{KCY1}}/2 - 25^{\text{注1}}$			ns
		1.8 V $V_{\text{DD}} < 2.7$ V	$t_{\text{KCY1}}/2 - 50^{\text{注1}}$			ns
SI10セットアップ時間 (対 $\overline{\text{SCK10}}$)	t_{SIK1}	4.0 V $V_{\text{DD}} < 5.5$ V	55			ns
		2.7 V $V_{\text{DD}} < 4.0$ V	80			ns
		1.8 V $V_{\text{DD}} < 2.7$ V	170			ns
SI10ホールド時間 (対 $\overline{\text{SCK10}}$)	t_{KSH1}		30			ns
$\overline{\text{SCK10}}$ SO10出力遅延時間	t_{KSO1}	$C = 50 \text{ pF}^{\text{注2}}$			40	ns

注1. 高速システム・クロック (f_{XH}) 使用時の数値です。

2. Cは, $\overline{\text{SCK10}}$, SO10出力ラインの負荷容量です。

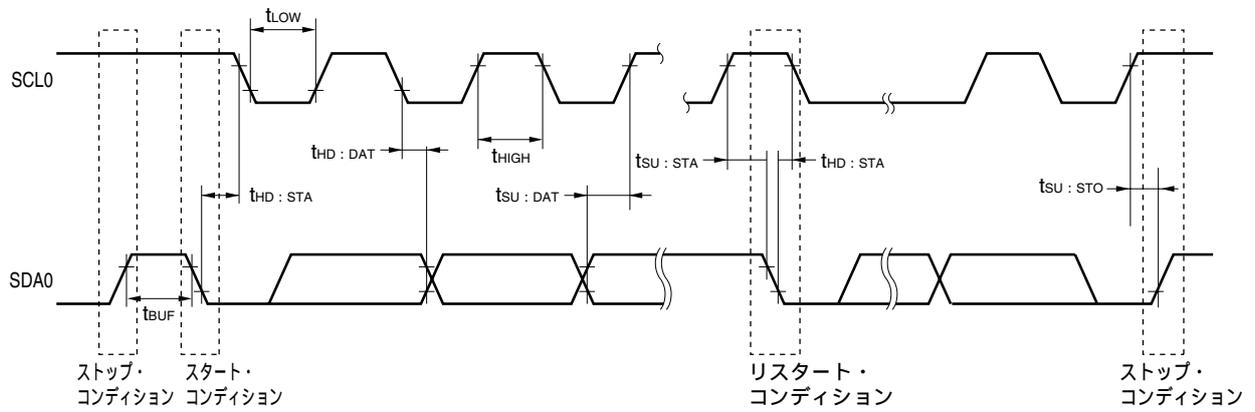
(e) CSI10 (スレーブ・モード, $\overline{\text{SCK10}}$...外部クロック入力)

項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
$\overline{\text{SCK10}}$ サイクル・タイム	t_{KCY2}		400			ns
$\overline{\text{SCK10}}$ ハイ, ロウ・レベル幅	$t_{\text{KH2}},$ t_{KL2}		$t_{\text{KCY2}}/2$			ns
SI10セットアップ時間 (対 $\overline{\text{SCK10}}$)	t_{SIK2}		80			ns
SI10ホールド時間 (対 $\overline{\text{SCK10}}$)	t_{KSH2}		50			ns
$\overline{\text{SCK10}}$ SO10出力遅延時間	t_{KSO2}	$C = 50 \text{ pF}^{\text{注}}$	4.0 V $V_{\text{DD}} < 5.5$ V		120	ns
			2.7 V $V_{\text{DD}} < 4.0$ V		120	ns
			1.8 V $V_{\text{DD}} < 2.7$ V		165	ns

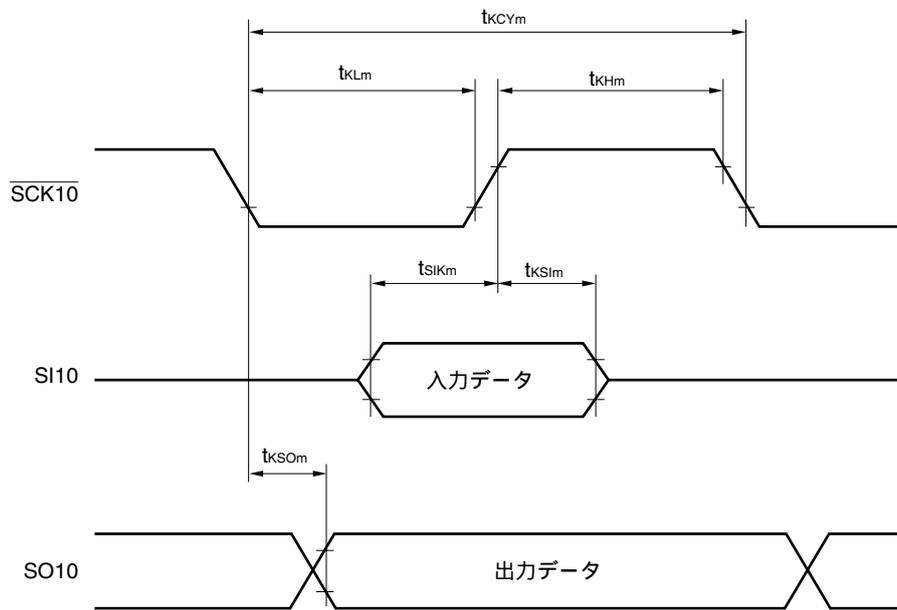
注 Cは, SO10出力ラインの負荷容量です。

シリアル転送タイミング

IIC0 :



CSI10 :



備考 m = 1, 2

A/Dコンバータ特性

($T_A = -40 \sim +85$, 2.3 V V_{REF} $V_{DD} = 5.5$ V^{注1}, $V_{SS} = AV_{SS} = 0$ V)

項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
分解能	RES				10	bit
総合誤差 ^{注2,3}	AINL	4.0 V $V_{REF} = 5.5$ V			±0.4	%FSR
		2.7 V $V_{REF} < 4.0$ V			±0.6	%FSR
		2.3 V $V_{REF} < 2.7$ V			±1.2	%FSR
変換時間	t _{CONV}	4.0 V $V_{REF} = 5.5$ V	6.1		66.6	μs
		2.7 V $V_{REF} < 4.0$ V	12.2		66.6	μs
		2.3 V $V_{REF} < 2.7$ V	27		66.6	μs
ゼロスケール誤差 ^{注2,3}	E _{ZS}	4.0 V $V_{REF} = 5.5$ V			±0.4	%FSR
		2.7 V $V_{REF} < 4.0$ V			±0.6	%FSR
		2.3 V $V_{REF} < 2.7$ V			±0.6	%FSR
フルスケール誤差 ^{注2,3}	E _{FS}	4.0 V $V_{REF} = 5.5$ V			±0.4	%FSR
		2.7 V $V_{REF} < 4.0$ V			±0.6	%FSR
		2.3 V $V_{REF} < 2.7$ V			±0.6	%FSR
積分直線性誤差 ^{注2}	ILE	4.0 V $V_{REF} = 5.5$ V			±2.5	LSB
		2.7 V $V_{REF} < 4.0$ V			±4.5	LSB
		2.3 V $V_{REF} < 2.7$ V			±6.5	LSB
微分直線性誤差 ^{注2}	DLE	4.0 V $V_{REF} = 5.5$ V			±1.5	LSB
		2.7 V $V_{REF} < 4.0$ V			±2.0	LSB
		2.3 V $V_{REF} < 2.7$ V			±2.0	LSB
アナログ入力電圧	V _{AIN}		V_{SS}		V_{REF}	V

注1. 定電流ドライバ未使用時： 2.3 V V_{REF} $V_{DD} = 5.5$ V

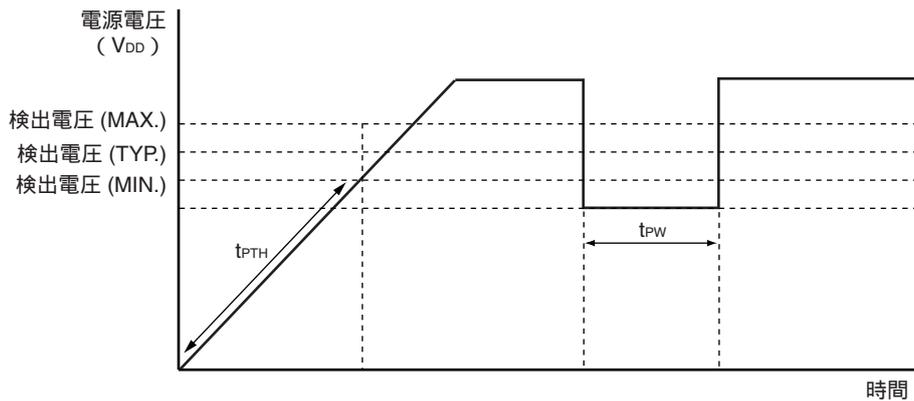
定電流ドライバ使用時： 2.3 V V_{REF} $V_{DD} = 5.5$ V, 4.5 V $V_{DD} = CV_{DD} = 5.5$ V

- 量子化誤差 (±1/2 LSB) を含みません。
- フルスケール値に対する比率 (%FSR) で表します。

1.59 V POC回路特性 ($T_A = -40 \sim +85$, $V_{SS} = 0$ V)

項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
検出電圧	V _{POC}		1.44	1.59	1.74	V
電源電圧立ち上がり傾き	t _{PTH}	$V_{DD} : 0$ V V_{POC} の変化傾き	0.5			V/ms
最小パルス幅	t _{PW}		200			μs

POC回路タイミング

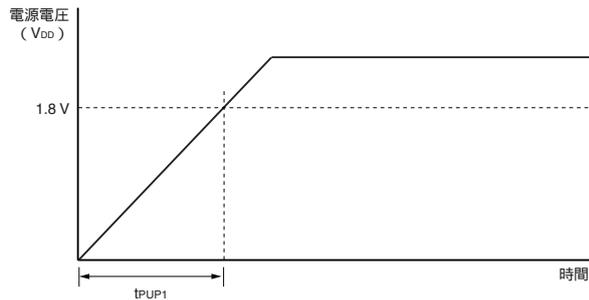


電源電圧立ち上げ時間 ($T_A = -40 \sim +85$, $V_{SS} = 0 V$)

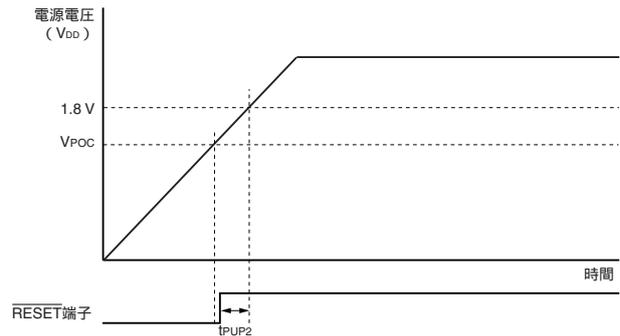
項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
1.8 V ($V_{DD} (MIN.)$) までの立ち上げ最大時間 ($V_{DD} : 0 V \sim 1.8 V$)	t_{PUP1}	POCMODE (オプション・バイト) = 0 , \overline{RESET} 入力未使用時			3.6	ms
1.8 V ($V_{DD} (MIN.)$) までの立ち上げ最大時間 (\overline{RESET} 入力解除 $V_{DD} : 1.8 V$)	t_{PUP2}	POCMODE (オプション・バイト) = 0 , \overline{RESET} 入力使用時			1.9	ms

電源電圧立ち上げ時間のタイミング

・ \overline{RESET} 端子入力未使用時



・ \overline{RESET} 端子入力使用時



2.7 V POC回路特性 ($T_A = -40 \sim +85$, $V_{SS} = 0 V$)

項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
電源電圧投入時検出電圧	V_{DDPOC}	POCMODE (オプション・バイト) = 1	2.50	2.70	2.90	V

備考 POC回路の動作は、POCMODE (オプション・バイト) の設定により、次のようになります。

オプション・バイトの設定	POCモード	動作
POCMODE = 0	1.59 Vモード動作	電源投入から $V_{POC} = 1.59 V$ (TYP.) に達するまでリセット状態になり、 V_{POC} を越えとリセットが解除されます。その後、電源投入時と同様に、 V_{POC} でPOC検出が行われます。 POCMODE = 0の場合、 t_{PUP1} または t_{PUP2} の時間で電源電圧を立ち上げる必要があります。
POCMODE = 1	2.7 V/1.59 Vモード動作	電源投入から $V_{DDPOC} = 2.7 V$ (TYP.) に達するまでリセット状態になり、 V_{DDPOC} を越えとリセットが解除されます。その後、 V_{DDPOC} でのPOC検出は行われず、 $V_{POC} = 1.59 V$ (TYP.) でPOC検出が行われます。 電源投入から1.8 Vに達するまでの電圧の立ち上がり、 t_{PTH} よりも緩やかな場合、2.7 V/1.59 V POCモードの使用を推奨します。

LVI回路特性 (TA = -40 ~ +85 , VPOC VDD 5.5 V , AVREF VDD , VSS = 0 V)

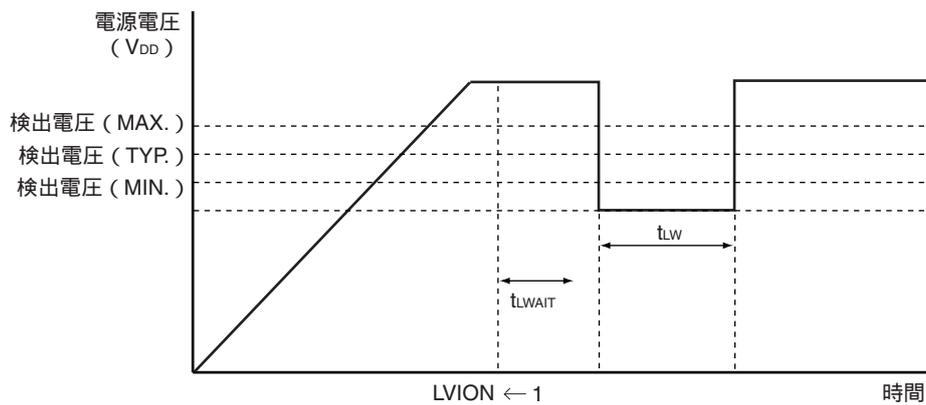
項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
検出電圧	電源電圧レベル	V _{LV10}	4.14	4.24	4.34	V
		V _{LV11}	3.99	4.09	4.19	V
		V _{LV12}	3.83	3.93	4.03	V
		V _{LV13}	3.68	3.78	3.88	V
		V _{LV14}	3.52	3.62	3.72	V
		V _{LV15}	3.37	3.47	3.57	V
		V _{LV16}	3.22	3.32	3.42	V
		V _{LV17}	3.06	3.16	3.26	V
		V _{LV18}	2.91	3.01	3.11	V
		V _{LV19}	2.75	2.85	2.95	V
		V _{LV110}	2.60	2.70	2.80	V
		V _{LV111}	2.45	2.55	2.65	V
		V _{LV112}	2.29	2.39	2.49	V
		V _{LV113}	2.14	2.24	2.34	V
		V _{LV114}	1.98	2.08	2.18	V
		V _{LV115}	1.83	1.93	2.03	V
外部入力端子 ^{注1}	EXLVI	EXLVI < V _{DD} , 1.8 V V _{DD} 5.5 V	1.11	1.21	1.31	V
最小パルス幅	t _{LW}		200			μs
動作安定待ち時間 ^{注2}	t _{LWAIT}		10			μs

注1. EXLVI/P120/INTP0端子を使用します。

2. 低電圧検出レジスタ (LVIM) のビット7 (LVION) に1を設定してから動作が安定するまでの時間です。

備考 V_{LV1(n-1)} > V_{LV1n} : n = 1-15

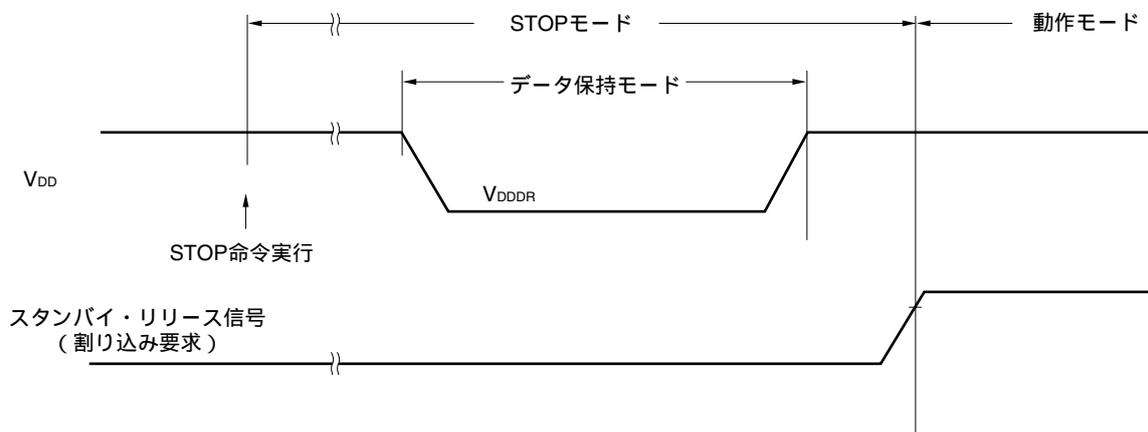
LVI回路タイミング



データ・メモリSTOPモード低電源電圧データ保持特性 (TA = -40 ~ +85)

項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
データ保持電源電圧	V _{DDDR}		1.44 ^注		5.5	V

注 POC検出電圧に依存します。電圧降下時、POCリセットがかかるまではデータを保持しますが、POCリセットがかかった場合のデータは保持されません。



フラッシュ・メモリ・プログラミング特性

($T_A = -40 \sim +85$, 2.7 V $V_{DD} = 5.5$ V, $AV_{REF} = V_{DD}$, $V_{SS} = AV_{SS} = 0$ V)

・基本特性

項目	略号	条件		MIN.	TYP.	MAX.	単位
V_{DD} 電源電流	I_{DD}	$f_{XP} = 10$ MHz (TYP.), 20 MHz (MAX.)			4.5	11.0	mA
消去時間 注1, 2	全ブロック	T_{eraca}			20	200	ms
	ブロック単位	T_{erasa}			20	200	ms
書き込み時間 (8ビット単位) 注1	T_{wrwa}				10	100	μ s
1チップあたりの書き換え回数	C_{erwr}	消去1回 + 消去後の書き込み1回 = 書き換え回数1回とする注3。	・フラッシュ・メモリ・プログラマ保持 使用時および当社提供のライブラリ注4を使用時 ・プログラム更新用途	保持 15年	1000		回
			・当社提供のEEPROMエミュレーション・ライブラリ注5使用時 ・書き換えROMサイズ: 4 Kバイト ・データ更新用途	保持 5年	10000		回
			上記以外の条件注6	保持 10年	100		回

注1. フラッシュ・メモリの特性です。専用フラッシュ・メモリ・プログラマ PG-FP4, PG-FP5使用時、およびセルフ・プログラミング時の書き換え時間につきましては、表22 - 11, 22 - 12を参照してください。

2. 消去前のプリライトおよび消去ベリファイ時間 (ライトバック時間) は含まれません。
3. 出荷品に対する初回書き込み時では、「消去 書き込み」の場合も、「書き込みのみ」の場合も書き換え1回となります。
4. 「78K0/Kx2 フラッシュ・メモリ・セルフ・プログラミング ユーザーズ・マニュアル(資料番号: U17516J)」で指定されるサンプル・ライブラリを除きます。
5. 「78K0/Kx2 EEPROMエミュレーション アプリケーション・ノート(資料番号: U17517J)」で指定されるサンプル・プログラムを除きます。
6. 「78K0/Kx2 フラッシュ・メモリ・セルフ・プログラミング ユーザーズ・マニュアル(資料番号: U17516J)」で指定されるサンプル・ライブラリ、および「78K0/Kx2 EEPROMエミュレーション アプリケーション・ノート(資料番号: U17517J)」で指定されるサンプル・プログラム使用時を含みます。

備考1. f_{XP} : メイン・システム・クロック発振周波数

2. シリアル書き込みオペレーション特性につきましては、78K0/Kx2 アプリケーション・ノート フラッシュ・メモリ・プログラミング(プログラマ編) (U17739J)を参照してください。

24.2 昇圧 / 降圧選択可能 定電流ドライバ部

絶対最大定格 (TA = 25)

項目	略号	条件	定格	単位	
電源電圧	CV _{DD}		- 0.3 ~ + 6.0	V	
入力電圧	V _{IN}		- 0.3 ~ + 42	V	
電流検出電圧	V _{SENSA}	SENSA0-SENSA3	昇圧モード	- 0.3 ~ + 42	V
			降圧モード	V _{IN} - 5 ~ V _{IN}	V
	V _{SENSB}	SENSB0-SENSB3	- 0.3 ~ CV _{DD}	V	
ゲート駆動出力電圧	V _{DRVOUT}		- 0.3 ~ CV _{DD}	V	
ロジック入力電圧	V _I	EN, PWMn (n = 0-3)	- 0.3 ~ CV _{DD}	V	
ゲート駆動ピーク電流 (外付けパワーMOSFET駆 動用電流)	I _{DRVPEAK}	f _{CHOP} = 1 MHz, パルス幅 = 10 ns	700	mA	
保存温度	T _{ST}		- 55 ~ + 150		
接合部温度	T _J		150		

推奨動作条件 (TA = 25)

項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
電源電圧	CV _{DD}		4.5	5.0	5.5	V
入力電圧	V _{IN}	降圧モード時 (V _{IN} > V _{OUT})	9		38	V
		昇圧モード時 (V _{IN} < V _{OUT})	9		28	V
出力電圧	V _{OUT}	昇圧モード時 (V _{IN} < V _{OUT})			37	V
PWMn (n = 0-3) 入力周波 数	f _{PWM}	PWM入力のデューティ = 50 %			500	Hz
PWM入力のデューティ ^注	D _{PWM}		0		100	%
動作温度	T _{OP}		- 40		85	
接合部温度	T _J		- 40		125	
PWM待機時間	t _{WAIT}	EN端子の立ち上がりからPWM入力 までの待機時間	100			μs
ゲート駆動出力平均電流	I _{DRV}	C _{LOAD} = 1000 pF		60		mA

注 PWMnからの入力信号のデューティを0%近辺, または100%近辺で使用しないことを推奨します。

注意 電源投入と電源切断は, 次の順番で必ず行ってください。

- 電源投入: CV_{DD} → V_{IN}
- 電源切断: V_{IN} → CV_{DD}

備考 直列接続する負荷がLEDの場合, 推奨個数は最大7個になります。

電気的特性 (1/2)

(特に指定のない場合は、「降圧動作時、 $V_{IN} = 30\text{ V}$, $CV_{DD} = 5\text{ V}$, $T_A = 25$, 外付けパワーMOSFETなし」の条件)

・共通

項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
動作時消費電流	I_{OPCVDD}	CV_{DD} EN = ハイ・レベル, PWMn = ハイ・レベル		3.3	7	mA
	I_{OPVIN}	V_{IN}			250	μA
待機時消費電流	I_{STBY1}	CV_{DD} EN = ロウ・レベル, MODE = ロウ・レベル (昇圧モード時)			10	μA
	I_{STBY2}	EN = ロウ・レベル, MODE = ハイ・レベル (降圧モード時)			60	μA

・ゲート駆動部

項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
出力ON抵抗	$R_{ON(SOURCE)}$	$I_{SOURCE} = 100\text{ mA}$		7	12	Ω
	$R_{ON(SINK)}$	$I_{SINK} = 100\text{ mA}$		7	12	Ω
ゲート電圧 立ち下がり / 立ち下がり 時間	t_r, t_f	$C_{LOAD} = 1000\text{ pF}$		20	50	ns

・保護回路部

項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
UVLO動作電圧	V_{LUVLO}	下側しきい値		3.3		V
	$V_{HYSUVLO}$	ヒステリシス幅		0.3		V
SHハイ・レベル出力電圧	V_{SHH}	$I_{OUT} = 10\text{ mA}$	$0.8CV_{DD}$		CV_{DD}	V
SHロウ・レベル出力電圧	V_{SHL}	$I_{OUT} = -10\text{ mA}$	0		$0.2CV_{DD}$	V
SENSB過電流保護動作 しきい値電圧	V_{TSENSB}	MODE = ロウ・レベル (昇圧モード時)	0.315	0.35	0.385	V
過電圧保護電圧	V_{OVP}	MODE = ロウ・レベル (昇圧モード時)	38	39.5	41	V

・論理回路部

項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
ハイ・レベル入力電圧	V_{IH}	EN端子には、ブルダウン抵抗 (200 k Ω) が内蔵されています	$0.7CV_{DD}$		CV_{DD}	V
ロウ・レベル入力電圧	V_{IL}		0		$0.3CV_{DD}$	V
ブルダウン抵抗	R_{PD}		100	200	300	k Ω

注意1. 過熱保護回路は、150 (TYP.) 以上になると、動作開始します。このとき、SH端子からは、ハイ・レベルが出力されます。

2. 昇圧モード時では、8 μs 以下の時間幅の突入電流は低減されません。

電気的特性 (2/2)

(特に指定のない場合は、「降圧動作時, $V_{IN} = 30\text{ V}$, $CV_{DD} = 5\text{ V}$, $T_A = 25$, 外付けパワーMOSFETなし」の条件)

・基準電圧部など

項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
基準電圧	V_{REF}	CCAn-CCBn端子間ショート	0.102	0.115	0.128	V
デジタル・ソフト・スタート時間	t_{SO}	EN = ハイ・レベル, PWMn = ロウ・レベル ハイ・レベル	32		128	μA

・電流検出アンプ (高圧側)

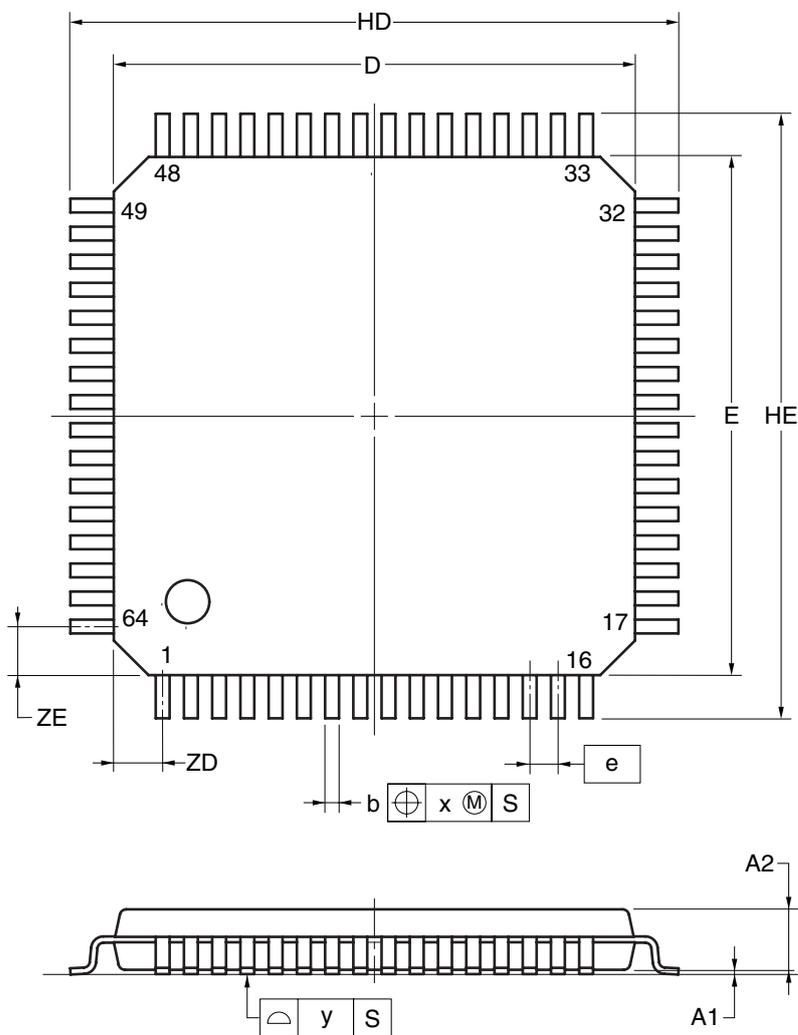
項目	略号	条件	MIN.	TYP.	MAX.	単位
出力電圧	V_{TCSENS}	MODE = ハイ・レベル (降圧モード時), $V_{IN}-V_{OUT} = 0.115\text{ V}$, SENSBn端子で測定	0.105	0.115	0.125	V

注意1. 過熱保護回路は, 150 (TYP.) 以上になると, 動作開始します。このとき, SH端子からは, ハイ・レベルが出力されます。

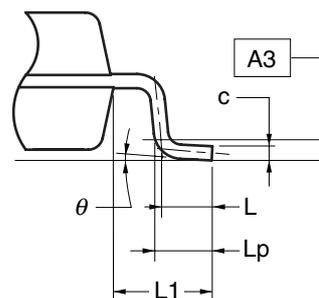
2. 昇圧モード時では, $8\ \mu\text{s}$ 以下の時間幅の突入電流は低減されません。

第25章 外形図

64-PIN PLASTIC LQFP (12x12)



detail of lead end



(UNIT:mm)

ITEM	DIMENSIONS
D	12.00±0.20
E	12.00±0.20
HD	14.00±0.20
HE	14.00±0.20
A	1.60 MAX.
A1	0.10±0.05
A2	1.40±0.05
A3	0.25
b	0.30 ^{+0.08} _{-0.04}
c	0.125 ^{+0.75} _{-0.25}
L	0.50
Lp	0.60±0.15
L1	1.00±0.20
θ	3° ^{+5°} _{-3°}
e	0.65
x	0.13
y	0.10
ZD	1.125
ZE	1.125

P64GK-65-GAJ

NOTE

Each lead centerline is located within 0.13 mm of its true position at maximum material condition.

© NEC Electronics Corporation 2005

第26章 半田付け推奨条件

この製品の半田付け実装は、次の推奨条件で実施してください。

なお、推奨条件以外の半田付け方式および半田付け条件については、当社販売員にご相談ください。

半田付け推奨条件の技術的内容については下記を参照してください。

「半導体デバイス実装マニュアル」(<http://www.necel.com/pkg/ja/jissou/index.html>)

表26 - 1 表面実装タイプの半田付け条件

半田付け方式	半田付け条件	推奨条件記号
赤外線リフロ	パッケージ・ピーク温度：260℃，時間：60秒以内（220℃以上），回数：3回以内， 制限日数：7日間 ^注 （以降は125℃プリバーク10～72時間必要） <留意事項> 耐熱トレイ以外（マガジン，テーピング，非耐熱トレイ）は，包装状態でのベーキングができません。	IR60-107-3
端子部分加熱	端子温度：350℃以下，時間：3秒以内（デバイスの一辺当たり）	-

注 ドライパック開封後の保管日数で，保管条件は25℃，65 %RH以下。

第27章 ウェイトに関する注意事項

27.1 ウェイトに関する注意事項

この製品は、内部に2種類のシステム・バスを有しています。

1つはCPU用バスで、もう1つは低速周辺ハードウェアとのインタフェースを行う周辺用バスです。

CPU用バスのクロックと周辺用バスのクロックは非同期の関係となるため、CPUと周辺ハードウェアとのアクセス間に競合が発生した場合は、予期せぬ不正データの受け渡しが行われる可能性があります。

したがって、競合の恐れがある周辺ハードウェアへのアクセス時には、CPUは正しいデータの受け渡しが行われるまで、処理を繰り返し実行します。

その結果、CPUは次の命令処理に移行せず、CPU処理としてウェイト状態となるため、このウェイトが発生した場合、命令の実行クロック数がウェイト・クロック数分長くなります（ウェイト・クロック数については表27-1を参照）。リアルタイム性が要求される処理を行う場合は、注意してください。

27.2 ウェイトが発生する周辺ハードウェア

CPUからのアクセス時にウェイト要求が発生するレジスタとCPUのウェイト・クロック数を表27 - 1に示します。

表27 - 1 ウェイトが発生するレジスタとCPUのウェイト・クロック数

周辺ハードウェア	対象レジスタ	対象アクセス	ウェイト・クロック数
シリアル・インタフェース UART0	ASIS0	リード	1クロック (固定)
シリアル・インタフェース UART6	ASIS6	リード	1クロック (固定)
シリアル・インタフェース IIC0	IICS0	リード	1クロック (固定)
A/Dコンバータ	ADM	ライト	1~5クロック (f _{AD} = f _{PRS} /2選択時)
	ADS	ライト	1~7クロック (f _{AD} = f _{PRS} /3選択時)
	ADPC	ライト	1~9クロック (f _{AD} = f _{PRS} /4選択時) 2~13クロック (f _{AD} = f _{PRS} /6選択時)
	ADCR	リード	2~17クロック (f _{AD} = f _{PRS} /8選択時) 2~25クロック (f _{AD} = f _{PRS} /12選択時)
<p>上記のクロック数は、f_{CPU}とf_{PRS}に同じソース・クロックを選択している場合の例です。次の算出式および条件でウェイト・クロック数を算出できます。</p> <p>ウェイト・クロック数算出式</p> <p>・ウェイト・クロック数 = $\frac{2 \cdot f_{CPU}}{f_{AD}} + 1$</p> <p>小数点以下は、ウェイト・クロック数 0.5の場合は切り捨て、ウェイト・クロック数 > 0.5の場合は切り上げる。</p> <p>f_{AD} : A/D変換クロック周波数 (f_{PRS}/2-f_{PRS}/12)</p> <p>f_{CPU} : CPUクロック周波数</p> <p>f_{PRS} : 周辺ハードウェア・クロック周波数</p> <p>f_{XP} : メイン・システム・クロック周波数</p> <p>最大/最小ウェイト・クロック数条件</p> <p>・最大回数: CPU最高速 (f_{XP}) , A/D変換クロック最低速 (f_{PRS}/12)</p> <p>・最小回数: CPU最低速 (f_{XP} /16) , A/D変換クロック最高速 (f_{PRS}/2)</p>			

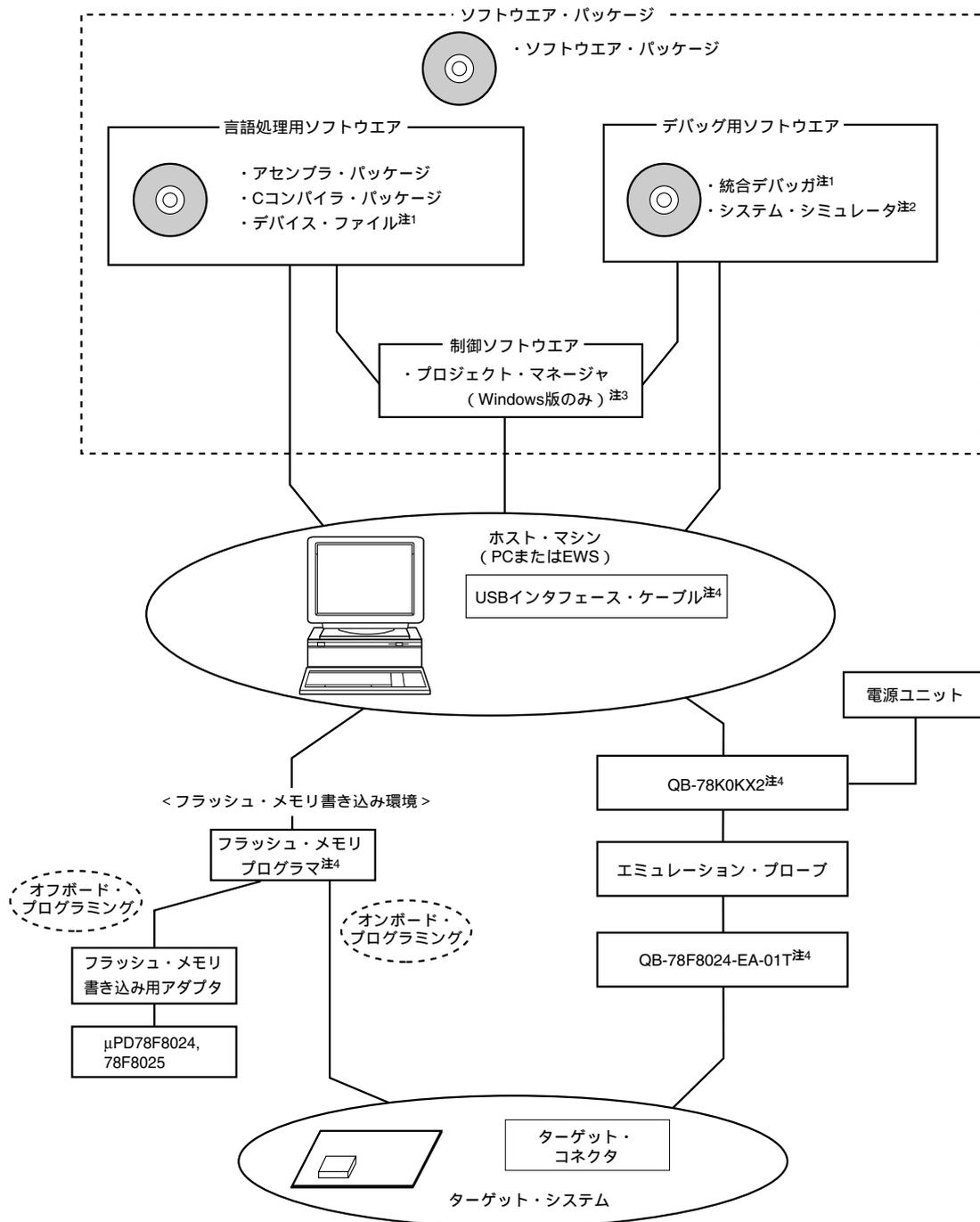
備考 クロックは、CPUクロック (f_{CPU}) を示します。

付録A 開発ツール

μ PD78F8024, 78F8025を使用するシステム開発のために次のような開発ツールを用意しています。

図A - 1に開発ツール構成を示します。

図A-1 開発ツール構成



注1 . μ PD78F8024, 78F8025用のデバイス・ファイル (DF788024) は、および統合デバッガ ID78K0-QBは、開発ツールのダウンロード・サイト (<http://www.necel.com/micro/ja/ods/index.html>) より入手してください。

2. SM+ for 78K0(命令シミュレーション版)は、ソフトウェア・パッケージに含まれています。SM+ for 78K0/Kx2 (命令+周辺シミュレーション版)は、含まれていません。

3. プロジェクト・マネージャ PM+は、アセンブラ・パッケージに入っています。また、Windows[®]以外ではPM+は使用できません。

4. QB-78K0KX2は、統合デバッガ ID78K0-QB, USBインタフェース・ケーブル, プログラミング機能付きオンチップ・デバッグ・エミュレータ QB-MINI2を添付しています。それ以外の製品はオプションです。μ PD78F8024, 78F8025のデバッグには、別売のQB-78F8024-EA-01Tが必要となります。

A.1 ソフトウェア・パッケージ

SP78K0 78K0マイクロコントローラ・ ソフトウェア・パッケージ	78K0マイクロコントローラ共通の開発ツール(ソフトウェア)を1つのパッケージにした製品です。
---	---

A.2 言語処理用ソフトウェア

RA78K0 ^{注1} アセンブラ・パッケージ	<p>ニモニックで書かれたプログラムをマイコンの実行可能なオブジェクト・コードに変換するプログラムです。</p> <p>このほかに、シンボル・テーブルの生成、分岐命令の最適化処理などを自動的に行う機能を備えています。</p> <p>別売のデバイス・ファイル(DF788024)と組み合わせて使用します。</p> <p><PC環境で使用する場合の注意></p> <p>アセンブラ・パッケージはDOSベースのアプリケーションですが、Windows上でプロジェクト・マネージャ(PM+)を使用することにより、Windows環境でも使用できます。PM+は、アセンブラ・パッケージに含まれています。</p>
CC78K0 ^{注1} Cコンパイラ・パッケージ	<p>C言語で書かれたプログラムをマイコンの実行可能なオブジェクト・コードに変換するプログラムです。</p> <p>別売のアセンブラ・パッケージおよびデバイス・ファイルと組み合わせて使用します。</p> <p><PC環境で使用する場合の注意></p> <p>Cコンパイラ・パッケージはDOSベースのアプリケーションですが、Windows上でプロジェクト・マネージャ(PM+)を使用することにより、Windows環境でも使用できます。PM+は、アセンブラ・パッケージに含まれています。</p>
DF788024 ^{注2} デバイス・ファイル	<p>デバイス固有の情報が入ったファイルです。</p> <p>別売の各ツール(RA78K0, CC78K0, ID78K0-QB, システム・シミュレータ)と組み合わせて使用します。対応OS, ホスト・マシンは組み合わせられる各ツールに依存します。</p>

- 注1. RA78K0とCC78K0のVer.4.00以上の製品は、同一のマシン上にバージョンの異なるRA78K0とCC78K0をインストール可能です。
2. DF788024は、RA78K0, CC78K0, ID78K0-QB, システム・シミュレータのすべての製品に共通に使用できます。開発ツールのダウンロード・サイト(<http://www.necel.com/micro/ja/ods/index.html>)より入手してください。

A.3 フラッシュ・メモリ書き込み用ツール

A.3.1 フラッシュ・メモリ・プログラマ PG-FP5, FL-PR5, PG-FP4, FL-PR4を使用する場合

PG-FP5, FL-PR5 PG-FP4 [※] , FL-PR4 フラッシュ・メモリ・プログラマ	フラッシュ・メモリ内蔵マイコン専用のフラッシュ・メモリ・プログラマです。
FA-64GK-GAJ-B フラッシュ・メモリ書き込み用アダプタ	フラッシュ・メモリ書き込み用アダプタです。フラッシュ・メモリ・プログラマに接続して使用します。

注 保守品

備考1. FL-PR5, FL-PR4, FA-64GK-GAJ-Bは、株式会社内藤電誠町田製作所の製品です。

問い合わせ先：株式会社内藤電誠町田製作所（<http://www.ndk-m.co.jp/>）（TEL（042）750-4172）

2. フラッシュ・メモリ書き込み用アダプタは、最新のものをお使いください。

A.3.2 プログラミング機能付きオンチップ・デバッグ・エミュレータ QB-MINI2を使用する場合

QB-MINI2 プログラミング機能付きオンチップ・ デバッグ・エミュレータ	フラッシュ・メモリ内蔵マイコン専用のフラッシュ・メモリ・プログラマです。 添付の接続ケーブル（16ピン・ケーブル）、およびホスト・マシンと接続するためのUSB インタフェース・ケーブルを使用します。
ターゲット・コネクタの仕様	2.54 mmピッチの16ピン汎用コネクタ

備考1. QB-MINI2は、USBインタフェース・ケーブル、接続ケーブル（10ピン・ケーブル、16ピン・ケーブル）、78K0-OCDボードを添付しています。そのうち、接続ケーブル（10ピン・ケーブル）と78K0-OCDボードは、プログラミング時には使用しません。

2. QB-MINI2を操作するためのソフトウェアを、開発ツールのダウンロード・サイト

（<http://www.necel.com/micro/ja/ods/index.html>）より入手してください。

A.4 デバッグ用ツール（ハードウェア）

QB-78K0KX2 インサーキット・エミュレータ	μ PD78F8024, 78F8025を使用する応用システムを開発する際に、ハードウェア、ソフトウェアをデバッグするためのインサーキット・エミュレータです。統合デバッガ（ID78K0-QB）に対応しています。電源ユニット、およびエミュレーション・プローブと組み合わせて使用します。ホスト・マシンとの接続は、USBを使用します。
QB-144-CA-01 チェック・ピン・アダプタ	オシロスコープなどで波形観測を行う際に使用するアダプタです。
QB-80-EP-01T エミュレーション・プローブ	インサーキット・エミュレータとターゲット・システムを接続するためのフレキシブル・タイプのプローブです。
QB-78F8024-EA-01T エクステンジ・アダプタ	インサーキット・エミュレータからターゲット・コネクタへピン変換を行うアダプタです。
QB-64GK-YS-01T スペース・アダプタ	ターゲット・システムとインサーキット・エミュレータ間の高さを必要に応じて調節するアダプタです。
QB-64GK-YQ-01T YQコネクタ	ターゲット・コネクタとエクステンジ・アダプタを接続するコネクタです。
QB-64GK-HQ-01T マウント・アダプタ	対象デバイスをソケット実装するためのアダプタです。
QB-64GK-NQ-01T ターゲット・コネクタ	ターゲット・システムへ実装するためのコネクタです。

備考1. QB-78K0KX2は、統合デバッガ ID78K0-QB、USBインタフェース・ケーブル、プログラミング機能付きオンチップ・デバッグ・エミュレータ QB-MINI2を添付しています。それ以外の製品はオプションです。

μ PD78F8024, 78F8025のデバッグには、別売のQB-78F8024-EA-01Tが必要となります。

2. オーダ名称により、梱包内容は次のように異なります。

梱包内容 オーダ名称	インサーキット・ エミュレータ	エミュレーショ ン・プローブ	エクステンジ・ アダプタ	YQコネクタ	ターゲット・ コネクタ
QB-78K0KX2-T64GK	QB-78K0KX2	QB-80-EP-01T	QB-64GK-EA-04T ^注	QB-64GK-YQ-01T	QB-64GK-NQ-01T
QB-78F8024-EA-01T	-	-	QB-78F8024-EA-01T ^注	-	-

注 μ PD78F8024, 78F8025のデバッグには、エクステンジ・アダプタとして、QB-64GK-EA-04Tではなく、QB-78F8024-EA-01Tを使用します。

A.5 デバッグ用ツール(ソフトウェア)

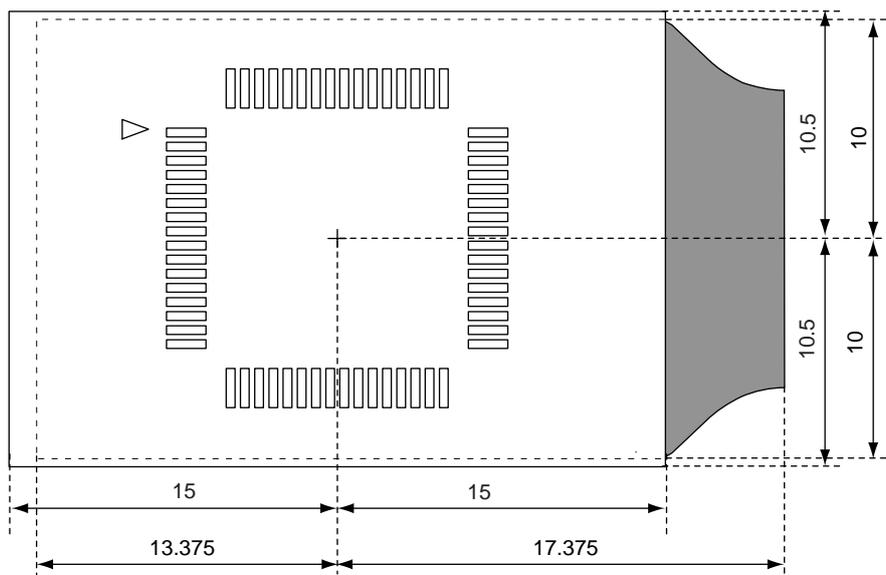
<p>ID78K0-QB^注 統合デバッガ</p>	<p>78K0マイクロコントローラ用のインサーキット・エミュレータに対応したデバッグです。ID78K0-QBは、Windowsベースのソフトウェアです。</p> <p>C言語対応のデバッグ機能を強化しており、ソース・プログラムや逆アセンブル表示、メモリ表示をトレース結果に連動させるウインドウ統合機能を使用することにより、トレース結果をソース・プログラムと対応させて表示することもできます。</p> <p>デバイス・ファイル(DF788024)と組み合わせて使用します。</p>
<p>SM+ for 78K0 SM+ for 78K0/Kx2 システム・シミュレータ</p>	<p>システム・シミュレータは、Windowsベースのソフトウェアです。</p> <p>ホスト・マシン上でターゲット・システムの動作をシミュレーションしながら、Cソース・レベルまたはアセンブラ・レベルでのデバッグが可能です。</p> <p>システム・シミュレータを使用することにより、アプリケーションの論理検証、性能検証をハードウェア開発から独立して行えます。したがって、開発効率やソフトウェア品質の向上が図れます。</p> <p>デバイス・ファイル(DF788024)と組み合わせて使用します。</p> <p>μPD78F8024, 78F8025をサポートするシステム・シミュレータには、次の2種類があります。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・SM+ for 78K0 (命令シミュレーション版) <p style="margin-left: 20px;">CPUのみシミュレーション可能です。ソフトウェア・パッケージに同梱されています。</p> ・SM+ for 78K0/Kx2 (命令+周辺シミュレーション版) <p style="margin-left: 20px;">CPUと周辺ハードウェア(ポート、タイマ、シリアル・インタフェースなど)のシミュレーション可能です。ソフトウェア・パッケージとは別売です。</p>

注 開発ツールのダウンロード・サイト (<http://www.necel.com/micro/ja/ods/index.html>) より入手してください。

付録B ターゲット・システム設計上の注意

この章ではQB-78K0KX2を使用する場合のターゲット・システム設計上の注意として、ターゲット・システム上の部品実装禁止領域、部品実装高さの制限がある領域を示します。

図B - 1 64ピンGKパッケージの場合



- : エクステンジ・アダプタ領域 : 高さ17.45 mmまでの部品を実装可能^注
 - : エミュレーション・プローブ先端部領域 : 高さ24.45 mmまでの部品を実装可能^注
- 注 : スペース・アダプタを使用することで高さ調節可能 (1個当たり2.4 mm増)

付録C レジスタ索引

C.1 レジスタ索引 (50音順)

【あ行】

- IIC機能拡張レジスタ0 (IICX0) ... 378
- IICクロック選択レジスタ0 (IICCL0) ... 377
- IICコントロール・レジスタ0 (IICCC0) ... 368
- IICシフト・レジスタ0 (IIC0) ... 365
- IIC状態レジスタ0 (IICS0) ... 372
- IICフラグ・レジスタ0 (IICF0) ... 375
- アシンクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6 (ASICL6) ... 320
- アシンクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ0 (ASIS0) ... 290
- アシンクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ6 (ASIS6) ... 316
- アシンクロナス・シリアル・インタフェース送信ステータス・レジスタ6 (ASIF6) ... 317
- アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ0 (ASIM0) ... 288
- アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6) ... 313
- アナログ入力チャンネル指定レジスタ (ADS) ... 269
- ウォッチドッグ・タイマ・イネーブル・レジスタ (WDTE) ... 256
- A/Dコンバータ・モード・レジスタ (ADM) ... 264
- A/Dポート・コンフィギュレーション・レジスタ (ADPC) ... 98, 270

【か行】

- 外部割り込み立ち上がりエッジ許可レジスタ (EGP) ... 444
- 外部割り込み立ち下がりエッジ許可レジスタ (EGN) ... 444
- キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 (CRC00) ... 141
- クロック選択レジスタ6 (CKSR6) ... 318
- クロック動作モード選択レジスタ (OSCCTL) ... 107

【さ行】

- 10ビットA/D変換結果レジスタ (ADCR) ... 268
- 16ビット・タイマ・カウンタ00 (TM00) ... 135
- 16ビット・タイマ・キャプチャ/コンペア・レジスタ000 (CR000) ... 136
- 16ビット・タイマ・キャプチャ/コンペア・レジスタ010 (CR010) ... 136
- 16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 (TOC00) ... 143
- 16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 (TMC00) ... 140
- 受信シフト・レジスタ0 (RXS0) ... 287
- 受信シフト・レジスタ6 (RXS6) ... 312
- 受信バッファ・レジスタ0 (RXB0) ... 287
- 受信バッファ・レジスタ6 (RXB6) ... 312

シリアルI/Oシフト・レジスタ10 (SIO10) ... 346
シリアル・クロック選択レジスタ10 (CSIC10) ... 349
シリアル動作モード・レジスタ10 (CSIM10) ... 347
スレーブ・アドレス・レジスタ0 (SVA0) ... 365
送信シフト・レジスタ0 (TXS0) ... 287
送信シフト・レジスタ6 (TXS6) ... 312
送信バッファ・レジスタ6 (TXB6) ... 312
送信バッファ・レジスタ10 (SOTB10) ... 346

【た行】

タイマ・クロック選択レジスタ50 (TCL50) ... 213
タイマ・クロック選択レジスタ51 (TCL51) ... 213
低電圧検出レジスタ (LVIM) ... 480
低電圧検出レベル選択レジスタ (LVIS) ... 482

【な行】

内蔵発振モード・レジスタ (RCM) ... 109
入力切り替え制御レジスタ (ISC) ... 322

【は行】

8ビットA/D変換結果レジスタ (ADCRH) ... 268
8ビット・タイマHキャリア・コントロール・レジスタ1 (TMCYC1) ... 236
8ビット・タイマHコンペア・レジスタ00 (CMP00) ... 231
8ビット・タイマHコンペア・レジスタ01 (CMP01) ... 231
8ビット・タイマHコンペア・レジスタ10 (CMP10) ... 231
8ビット・タイマHコンペア・レジスタ11 (CMP11) ... 231
8ビット・タイマHモード・レジスタ0 (TMHMD0) ... 232
8ビット・タイマHモード・レジスタ1 (TMHMD1) ... 232
8ビット・タイマ・カウンタ50 (TM50) ... 212
8ビット・タイマ・カウンタ51 (TM51) ... 212
8ビット・タイマ・コンペア・レジスタ50 (CR50) ... 212
8ビット・タイマ・コンペア・レジスタ51 (CR51) ... 212
8ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ50 (TMC50) ... 216
8ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ51 (TMC51) ... 216
発振安定時間カウンタ状態レジスタ (OSTC) ... 112, 454
発振安定時間選択レジスタ (OSTS) ... 113, 455
プリスケラ・モード・レジスタ00 (PRM00) ... 145
プルアップ抵抗オプション・レジスタ0 (PU0) ... 97
プルアップ抵抗オプション・レジスタ1 (PU1) ... 97
プルアップ抵抗オプション・レジスタ3 (PU3) ... 97
プルアップ抵抗オプション・レジスタ12 (PU12) ... 97
プロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ (PCC) ... 108
ポー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ0 (BRGC0) ... 291

ポー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ6 (BRGC6) ... 319
ポート・モード・レジスタ0 (PM0) ... 95, 147
ポート・モード・レジスタ1 (PM1) ... 95, 218, 237, 292, 322, 350
ポート・モード・レジスタ2 (PM2) ... 95, 271
ポート・モード・レジスタ3 (PM3) ... 95, 218
ポート・モード・レジスタ6 (PM6) ... 95, 380
ポート・モード・レジスタ12 (PM12) ... 95, 483
ポート・レジスタ0 (P0) ... 96
ポート・レジスタ1 (P1) ... 96
ポート・レジスタ2 (P2) ... 96
ポート・レジスタ3 (P3) ... 96
ポート・レジスタ6 (P6) ... 96
ポート・レジスタ12 (P12) ... 96

[ま行]

メインOSCコントロール・レジスタ (MOC) ... 110
メイン・クロック・モード・レジスタ (MCM) ... 111
メモリ・サイズ切り替えレジスタ (IMS) ... 501

[や行]

優先順位指定フラグ・レジスタ0H (PR0H) ... 443
優先順位指定フラグ・レジスタ0L (PR0L) ... 443
優先順位指定フラグ・レジスタ1H (PR1H) ... 443
優先順位指定フラグ・レジスタ1L (PR1L) ... 443

[ら行]

リセット・コントロール・フラグ・レジスタ (RESF) ... 472

[わ行]

割り込みマスク・フラグ・レジスタ0H (MK0H) ... 441
割り込みマスク・フラグ・レジスタ0L (MK0L) ... 441
割り込みマスク・フラグ・レジスタ1H (MK1H) ... 441
割り込みマスク・フラグ・レジスタ1L (MK1L) ... 441
割り込み要求フラグ・レジスタ0H (IF0H) ... 440
割り込み要求フラグ・レジスタ0L (IF0L) ... 440
割り込み要求フラグ・レジスタ1H (IF1H) ... 440
割り込み要求フラグ・レジスタ1L (IF1L) ... 440

C.2 レジスタ索引 (アルファベット順)

[A]

ADCR	: 10ビットA/D変換結果レジスタ ... 268
ADCRH	: 8ビットA/D変換結果レジスタ ... 268
ADM	: A/Dコンバータ・モード・レジスタ ... 264
ADPC	: A/Dポート・コンフィギュレーション・レジスタ ... 98, 270
ADS	: アナログ入力チャネル指定レジスタ ... 269
ASICL6	: アシクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6 ... 320
ASIF6	: アシクロナス・シリアル・インタフェース送信ステータス・レジスタ6 ... 317
ASIM0	: アシクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ0 ... 288
ASIM6	: アシクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 ... 313
ASIS0	: アシクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ0 ... 290
ASIS6	: アシクロナス・シリアル・インタフェース受信エラー・ステータス・レジスタ6 ... 316

[B]

BRGC0	: ボー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ0 ... 291
BRGC6	: ボー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ6 ... 319

[C]

CKSR6	: クロック選択レジスタ6 ... 318
CMP00	: 8ビット・タイマHコンペア・レジスタ00 ... 231
CMP01	: 8ビット・タイマHコンペア・レジスタ01 ... 231
CMP10	: 8ビット・タイマHコンペア・レジスタ10 ... 231
CMP11	: 8ビット・タイマHコンペア・レジスタ11 ... 231
CR000	: 16ビット・タイマ・キャプチャ/コンペア・レジスタ000 ... 136
CR010	: 16ビット・タイマ・キャプチャ/コンペア・レジスタ010 ... 136
CR50	: 8ビット・タイマ・コンペア・レジスタ50 ... 212
CR51	: 8ビット・タイマ・コンペア・レジスタ51 ... 212
CRC00	: キャプチャ/コンペア・コントロール・レジスタ00 ... 141
CSIC10	: シリアル・クロック選択レジスタ10 ... 349
CSIM10	: シリアル動作モード・レジスタ10 ... 347

[E]

EGN	: 外部割り込み立ち下がりエッジ許可レジスタ ... 444
EGP	: 外部割り込み立ち上がりエッジ許可レジスタ ... 444

[I]

IIC0	: IICシフト・レジスタ0 ... 365
IICC0	: IICコントロール・レジスタ0 ... 368
IICCL0	: IICクロック選択レジスタ0 ... 377
IICF0	: IICフラグ・レジスタ0 ... 375
IICS0	: IIC状態レジスタ0 ... 372

IICX0	: IIC機能拡張レジスタ0 ... 378
IF0H	: 割り込み要求フラグ・レジスタ0H ... 440
IF0L	: 割り込み要求フラグ・レジスタ0L ... 440
IF1H	: 割り込み要求フラグ・レジスタ1H ... 440
IF1L	: 割り込み要求フラグ・レジスタ1L ... 440
IMS	: メモリ・サイズ切り替えレジスタ ... 501
ISC	: 入力切り替え制御レジスタ ... 322

[L]

LVIM	: 低電圧検出レジスタ ... 480
LVIS	: 低電圧検出レベル選択レジスタ ... 482

[M]

MCM	: メイン・クロック・モード・レジスタ ... 111
MK0H	: 割り込みマスク・フラグ・レジスタ0H ... 441
MK0L	: 割り込みマスク・フラグ・レジスタ0L ... 441
MK1H	: 割り込みマスク・フラグ・レジスタ1H ... 441
MK1L	: 割り込みマスク・フラグ・レジスタ1L ... 441
MOC	: メインOSCコントロール・レジスタ ... 110

[O]

OSCCTL	: クロック動作モード選択レジスタ ... 107
OSTC	: 発振安定時間カウンタ状態レジスタ ... 112, 454
OSTS	: 発振安定時間選択レジスタ ... 113, 455

[P]

P0	: ポート・レジスタ0 ... 96
P1	: ポート・レジスタ1 ... 96
P2	: ポート・レジスタ2 ... 96
P3	: ポート・レジスタ3 ... 96
P6	: ポート・レジスタ6 ... 96
P12	: ポート・レジスタ12 ... 96
PCC	: プロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ ... 108
PM0	: ポート・モード・レジスタ0 ... 95, 147
PM1	: ポート・モード・レジスタ1 ... 95, 218, 237, 292, 322, 350
PM2	: ポート・モード・レジスタ2 ... 95, 271
PM3	: ポート・モード・レジスタ3 ... 95, 218
PM6	: ポート・モード・レジスタ6 ... 95, 380
PM12	: ポート・モード・レジスタ12 ... 95, 483
PR0H	: 優先順位指定フラグ・レジスタ0H ... 443
PR0L	: 優先順位指定フラグ・レジスタ0L ... 443
PR1H	: 優先順位指定フラグ・レジスタ1H ... 443
PR1L	: 優先順位指定フラグ・レジスタ1L ... 443

PRM00 : プリスケーラ・モード・レジスタ00 ... 145
PU0 : プルアップ抵抗オプション・レジスタ0 ... 97
PU1 : プルアップ抵抗オプション・レジスタ1 ... 97
PU3 : プルアップ抵抗オプション・レジスタ3 ... 97
PU12 : プルアップ抵抗オプション・レジスタ12 ... 97

[R]

RCM : 内蔵発振モード・レジスタ ... 109
RESF : リセット・コントロール・フラグ・レジスタ ... 472
RXB0 : 受信バッファ・レジスタ0 ... 287
RXB6 : 受信バッファ・レジスタ6 ... 312
RXS0 : 受信シフト・レジスタ0 ... 287
RXS6 : 受信シフト・レジスタ6 ... 312

[S]

SIO10 : シリアルI/Oシフト・レジスタ10 ... 346
SOTB10 : 送信バッファ・レジスタ10 ... 346
SVA0 : スレーブ・アドレス・レジスタ0 ... 365

[T]

TCL50 : タイマ・クロック選択レジスタ50 ... 213
TCL51 : タイマ・クロック選択レジスタ51 ... 213
TM00 : 16ビット・タイマ・カウンタ00 ... 135
TM50 : 8ビット・タイマ・カウンタ50 ... 212
TM51 : 8ビット・タイマ・カウンタ51 ... 212
TMC00 : 16ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ00 ... 140
TMC50 : 8ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ50 ... 216
TMC51 : 8ビット・タイマ・モード・コントロール・レジスタ51 ... 216
TMCYC1 : 8ビット・タイマHキャリア・コントロール・レジスタ1 ... 236
TMHMD0 : 8ビット・タイマHモード・レジスタ0 ... 232
TMHMD1 : 8ビット・タイマHモード・レジスタ1 ... 232
TOC00 : 16ビット・タイマ出力コントロール・レジスタ00 ... 143
TXB6 : 送信バッファ・レジスタ6 ... 312
TXS0 : 送信シフト・レジスタ0 ... 287
TXS6 : 送信シフト・レジスタ6 ... 312

[W]

WDTE : ウォッチドッグ・タイマ・イネーブル・レジスタ ... 256

付録D 改版履歴

D.1 本版で改訂された主な箇所

(1/2)

箇所	内容
全般	μ PD78F8025を追加 SM+ for 78K0を追加
第1章 概説	
p.23	1.7 機能概要のメイン・システム・クロック（発振周波数）を変更
第4章 CPUアーキテクチャ	
p.53	4.2.1(2) プログラム・ステータス・ワード (PSW) の記述を変更
第5章 ポート機能	
p.91	図5-14 P60, P61のブロック図に注意を追加
第6章 クロック発生回路	
p.107	図6-2 クロック動作モード選択レジスタ (OSCCTL) のフォーマットに注意2を追加
第7章 16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00	
p.146	図7-9 プリスケアラ・モード・レジスタ00 (PRM00) のフォーマットの注1を変更, 注3を追加
第8章 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51	
pp.214, 215	図8-5 タイマ・クロック選択レジスタ50 (TCL50) のフォーマット, 図8-6 タイマ・クロック選択レジスタ51 (TCL51) のフォーマットの注1を変更, 注4を追加
第9章 8ビット・タイマH0, H1	
pp.233, 235	図9-5 8ビット・タイマHモード・レジスタ0 (TMHMD0) のフォーマット, 図9-6 8ビット・タイマHモード・レジスタ1 (TMHMD1) のフォーマットの注1を変更, 注3を追加
第10章 ウォッチドッグ・タイマ	
p.254	10.1 ウォッチドッグ・タイマの機能の記述を変更
p.257	10.4.1 ウォッチドッグ・タイマの動作制御の記述を変更
p.260	10.4.3 ウォッチドッグ・タイマのウィンドウ・オープン期間の設定の備考を変更
第11章 A/Dコンバータ	
p.266	表11-2 A/D変換時間の選択の注意1を変更
第12章 シリアル・インタフェースUART0	
p.291	図12-4 ボー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ0 (BRGC0) のフォーマットの注1を変更
p.302	表12-4 TPS01, TPS00の設定値の注1を変更
第13章 シリアル・インタフェースUART6	
p.314	図13-5 アシンクロナス・シリアル・インタフェース動作モード・レジスタ6 (ASIM6) のフォーマット(1/2) の注1を変更
p.318	図13-8 クロック選択レジスタ6 (CKSR6) のフォーマットの注1を変更, 注3を追加
p.323	13.4.1(1) 使用するレジスタの注1を変更
p.340	表13-4 TPS63-TPS60の設定値の注1を変更, 注3を追加
第14章 シリアル・インタフェースCSI10	
p.349	図14-3 シリアル・クロック選択レジスタ10 (CSIC10) のフォーマットの注1を変更
p.353	表14-2 レジスタの設定と端子の関係を変更, 注2を追加
p.361	14.4.2(5) SO10出力についてを変更

箇所	内容
第15章 シリアル・インタフェースIIC0	
p.379	表15 - 2 選択クロックの設定の注1を変更
第18章 リセット回路	
p.466	図18 - 1 リセット機能のブロック図を変更
第19章 パワーオン・クリア回路	
p.474	図19 - 1 パワーオン・クリア回路のブロック図を変更
第20章 低電圧検出回路	
全 般	動作安定時間 (10 μ s (MAX.)) 動作安定時間 (10 μ s (MIN.))
p.481	図20 - 2 低電圧検出レジスタ (LVIM) のフォーマットの注4を変更
第21章 オプション・バイト	
p.498	21. 1 (2) 0081H/1081Hの注意を変更
p.500	図21 - 1 オプション・バイトのフォーマット (2/2) の「アドレス : 0081H/1081H」の注1を変更
第22章 フラッシュ・メモリ	
p.501	図22 - 1 メモリ・サイズ切り替えレジスタ (IMS) のフォーマットを変更
第24章 電気的特性	
p.538	X1発振回路特性を変更
p.545	AC特性 (1) 基本動作の次の項目を変更 <ul style="list-style-type: none"> ・命令サイクル (最小命令実行時間) ・周辺ハードウェア・クロック周波数 ・外部メイン・システム・クロック周波数 ・外部メイン・システム・クロック入力ハイ, ロウ・レベル幅 AC特性 (1) 基本動作に注3を追加
p.546	「T _{CY} vs V _{DD} (メイン・システム・クロック動作時)」の図を変更
p.548	AC特性 (2) シリアル・インタフェースの次の項目を変更 <ul style="list-style-type: none"> ・ (c) IIC0のデータ・ホールド時間 (送信時)
p.553	LVMI回路特性の動作安定待ち時間を変更
p.555	フラッシュ・メモリ・プログラミング特性の1チップあたりの書き換え回数を変更
付録A 開発ツール	
p.563	章を改訂
付録D 改版履歴	
p.578	D. 2 前版までの改版履歴を追加

D.2 前版までの改版履歴

これまでの改版履歴を次に示します。なお、適用箇所は各版での章を示します。

版 数	内 容	適用箇所
第2版	動作周囲温度 - 20 ~ + 85 - 40 ~ + 85	全 般
	1.3 オータ情報を変更	第1章 概 説
	3.1 昇圧/降圧選択可能 定電流ドライバの機能の説明を変更	第3章 昇圧/降圧選 択可能 定電流ドライ バ
	図3-2 降圧モードのブロック図を変更	
	備考1を変更	
	5.2.2 ポート1に注意2を追加	第5章 ポート機能
	図7-41 PPG出力動作時のレジスタ設定内容例の(f)16ビット・キャプチャ/コンペア・レジスタ000 (CR000)の説明を変更	第7章 16ビット・タイ マ/イベント・カウン タ00
	表11-2 A/D変換時間の選択の(2)2.3 V AVREF 5.5 V (LV0 = 1)を変更,注意1の(2)2.3 V AVREF 5.5 V (LV0 = 1)を変更	第11章 A/Dコンバー タ
	図13-10 アシクロナス・シリアル・インタフェース・コントロール・レジスタ6 (ASICL6)のフォーマット(2/2)に注意8を追加	第13章 シリアル・イ ンタフェースUART6
	表15-4 主な拡張コードのビットの定義を変更,備考を追加	第15章 シリアル・イ ンタフェースIIC0
	図15-27 マスタ スレーブ通信例,図15-28 スレーブ マスタ通信例を変更	
	図17-3 HALTモードの割り込み要求発生による解除の注を変更	第17章 スタンバイ機 能
	表17-3 STOPモード時の動作状態に注意5を追加	
	図17-5 STOPモード解除時の動作タイミング(マスクされていない割り込み要求による解除の場合)の注2を変更	
	図17-6 STOPモードの割り込み要求発生による解除の注を変更	
	図20-2 低電流検出レジスタ(LVIM)のフォーマットに注意4を追加	第20章 低電圧検出回 路
	20.4.1(1)電源電圧(V _{DD})のレベルを検出する場合と(2)外部入力端子からの入力電圧(EXLVI)のレベルを検出する場合 ・ を追加 ・ 注意1を変更	
	20.5.1 LVI検出電圧付近で電源電圧が変動する場合の動作について ・ <処置>(2)の(b)を変更 ・ 旧版の図20-9 リセット解除後のソフト処理例を削除	
	20.5.2 LVIをリセットとして使用する場合の注意事項を追加	
	図22-1 メモリ・サイズ切り替えレジスタ(IMS)のフォーマットを変更	第22章 フラッシュ・ メモリ
	22.7 セキュリティ設定の注意を変更	
	ターゲット値 保証値	第24章 電気的特性
	外形図を変更	第25章 外形図
	表26-1 表面実装タイプの半田付け条件に赤外線リフロ方式の半田付け条件を追加	第26章 半田付け推奨 条件
	QB-78K0xxx QB-78K0KX2, QB-64GK-EA-04T QB-78F8024-EA-01T, FA-64GK-9ET-A FA-64GK-GAJ-B	付録A 開発ツール
	図A-1 開発ツールの注4を変更	
	A.5 デバッグ用ツール(ハードウェア)の備考1,2を変更,注を追加	
	章を追加	付録D 改版履歴

〔メモ〕

【発 行】

NECエレクトロニクス株式会社

〒211-8668 神奈川県川崎市中原区下沼部1753

電話（代表）：044(435)5111

—— お問い合わせ先 ——

【ホームページ】

NECエレクトロニクスの情報がインターネットでご覧になれます。

URL(アドレス) <http://www.necel.co.jp/>

【営業関係，技術関係お問い合わせ先】

半導体ホットライン

(電話：午前 9:00～12:00，午後 1:00～5:00)

電 話 : 044-435-9494

E-mail : info@necel.com

【資料請求先】

NECエレクトロニクスのホームページよりダウンロードいただくか，NECエレクトロニクスの販売特約店へお申し付けください。
