
tinyAVR® 1系統での頑健性

序説

著者: Per Andreas Gulbrandsen, Øyvind A. Sandberg, Microchip Technology Inc.

「IEEE規格610.12-1990ソフトウェア工学用語の用語集」に於いて頑健性は「無効な入力の存在や負担の多い環境条件でシステムや部品が正しく機能することができる程度」として定義されます。この資料は頑強性応用に使うことができる tinyAVR® 1系統で利用可能な周辺機能に対する手引きです。

本書は一般の方々の便宜のため有志により作成されたもので、Microchip社とは無関係であることを御承知ください。しおりの[はじめに]での内容にご注意ください。

目次

序説	1
1. 関連デバイス	3
1.1. tinyAVR® 0系統	3
1.2. tinyAVR® 1系統	3
1.3. megaAVR® 0系統	3
2. 電源ONリセット	4
3. 低電圧検出器	4
3.1. 電圧レベル監視部	5
4. ウォッチドッグ タイマ	5
5. CRCSCAN	5
6. 等級B	5
7. 形態設定変更保護	6
8. フラッシュ メモリ領域	6
9. ヒューズ	6
10. 事象と障害処理	7
11. 改訂履歴	7
Microchipウェブ サイト	8
お客様への変更通知サービス	8
お客様支援	8
Microchipデバイス コード保護機能	8
法的通知	8
商標	9
DNVによって認証された品質管理システム	9
世界的な販売とサービス	10

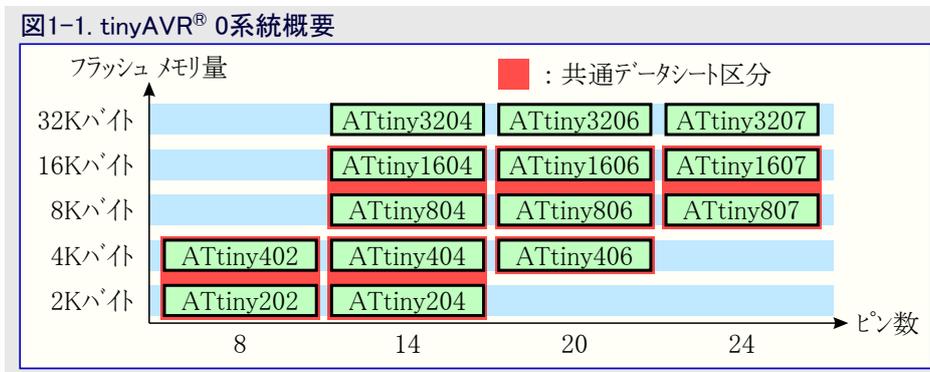
1. 関連デバイス

本章はこの資料に関連するデバイスを一覧にします。

1.1. tinyAVR[®] 0系統

下図はピン数の変種とメモリ量を展開してtinyAVR[®] 0系統デバイスを示します。

- これらのデバイスが完全にピンと機能が互換のため、垂直方向移植はコード変更なしで可能です。
- 左への水平方向移植はピン数、従って利用可能な機能を減らします。

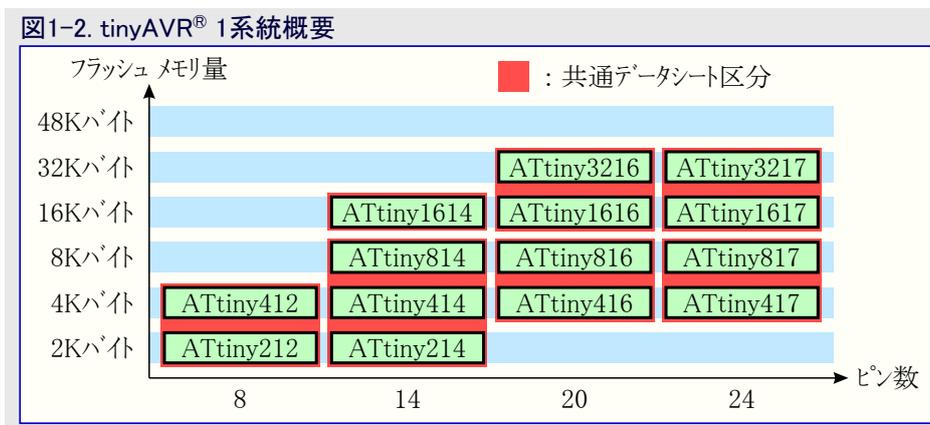


異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。

1.2. tinyAVR[®] 1系統

下図はピン配置変種とメモリ量を展開してtinyAVR[®] 1系統デバイスを示します。

- これらのデバイスがピン互換で同じまたはより多くの機能を提供するため、垂直上方向移植はコード変更なしに可能です。下方向移植はより少ない利用可能ないくつかの周辺機能の実体のためにコード変更が必要かもしれません。
- 左への水平方向移植はピン数、従って利用可能な機能を減らします。



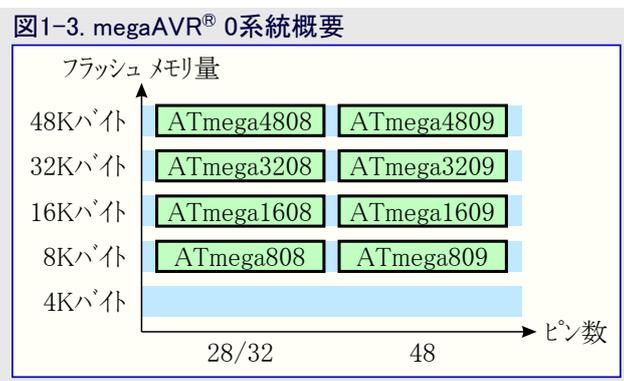
異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。

1.3. megaAVR[®] 0系統

右図はピン配置変種とメモリ量を展開してmegaAVR[®] 0系統デバイスを示します。

- これらのデバイスが完全にピンと機能が互換のため、垂直方向移植はコード変更なしで可能です。
- 左への水平方向移植はピン数、従って利用可能な機能を減らします。

異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。



2. 電源ONリセット

電源ONリセット(POR:Power-On Reset)回路は電源ONリセットと呼ばれているデバイスが電源ONの時にリセットされることを保証する形態設定不能な回路です。PORの間に、全ての論理回路がリセットされ、ヒューズから設定されるレジスタを含む全てのレジスタが初期化されます。この手順はMCUが既知の良好な状態で実行を始めることを保証します。

POR回路は常に活性で、上昇と下降のどちらかと固定の閾値レベルで供給電圧と比較することによって動きます。これらの閾値レベルはBODレベルと異なり形態設定することができません。「3. 低電圧検出器」章をご覧ください。

POR上昇閾値レベルとPOR下降閾値レベルの両方は**関連デバイスのデータシートの「電気的特性」**章で指定されます。

供給電圧が上昇閾値以下の時にPOR回路は内部リセットを真にします。供給電圧が閾値以上に上がると、デバイスは始動が許されず。

電力低下の場合、POR回路は供給電圧をPOR下降閾値レベルと比較します。供給電圧低下がこの閾値以下の場合、供給電圧が再びPOR上昇閾値レベル以上に上がるまで内部リセットが解放されます。

デバイスがPORによってリセットされた場合、リセットフラグレジスタ(RSTCTRL.RSTFR)の電源ONリセットフラグ(PORF)が設定(1)されます。POR後、PORフラグ(PORF)だけが設定(1)され、他のフラグは解除(0)されます。

3. 低電圧検出器

CPUが命令を成功裏に復号して実行するために、供給した電圧は常に最小電圧水準以上に留まらなければなりません。この水準は選んだ動作周波数によって定義されます。例えば、**関連デバイス**で10MHzの動作周波数では最小2.7Vの動作電圧が供給されなければなりません。電圧がこの閾値以下に低下した場合、マイクロコントローラ(MCU)の予期せぬ動きが起こるかもしれません。それは命令の不正な実行、CPUレジスタの化け、フラッシュメモリアクセス、ピンの予期せぬ切り替えを含み得ます。また、論理回路をラッチアップにし、ひよつとすると不正な状態に入るかもしれません。

上の問題を避けるために、低電圧検出器(BOD:Brown-Out Detector)を使うことができます。**関連デバイス**は電源を監視して設定可能な低電圧閾値レベルと比較する、形態設定可能なBODをチップ上に含みます。BODは供給電圧が形態設定した閾値レベルを横切ったことを検出すると、内部リセットを真にします。供給電圧が形態設定した閾値レベル以下に留まる限り、デバイスがリセットを保ちます。供給電圧が閾値レベルを超えると、標準動作を安全に続けることができ、BODは内部リセットを偽にして命令実行をデバイスに許します。

リセット後、BOD設定はヒューズから読んで設定されます。BOD機能を制御するのに2つのヒューズがあり、これらはデバイスのデータシートでヒューズ下のBOD形態設定(BODCFG)で見つかります。

1つ目のヒューズの**ACTIVE**は活動動作またはアイドル休止動作中の動作形態を定義します。これらのビットはソフトウェアによって変更することはできません。

2つ目のヒューズの**SLEEP**はスタンバイまたはパワーダウン動作の休止中の動作形態を定義します。これらのビットはソフトウェアによって変更ことができ、形態設定変更保護(CCP)下です。

ACTIVEと**SLEEP**のヒューズは以下のように形態設定することができます。

- ・ 禁止動作 - BODが不活性にされます。
- ・ 許可動作 - BODが継続的に活性なことを意味します。
- ・ 採取動作 - 供給電圧水準を調べるためにBODが与えられた期間で一時的に活性にされます。頻度は採取周波数(BODCFG.SAMPFREQ)ヒューズで125Hzまたは1kHzのどちらかに設定されます。

加えて、**ACTIVE**は次の4つ目の任意選択を持ちます。

- ・ BODの準備が整うまで停止された起床で許可 - BODは休止中に不活性です。起き上がりで、BODの準備が整うまでコード実行が停止されます。これはコードが実行される時は必ず正しい供給電圧であることを保証します。起き上がり時間が延長されるかもしれません。

採取周波数(SAMPFREQ)とBODレベル(LVL)もBODCFGで見つかります。これらはBODの動きを制御します。

BODレベル

BODは閾値レベルに対して供給電圧を比較します。この閾値は設定可能で使用者は8つの異なるレベルから選ぶことができます。表3-1はATtiny3217のデータシートからのBODレベルを示します。正しいBODレベルについては常に**関連デバイスのデータシート**を調べてください。

表3-1. BOD閾値レベル例

名称	BODLEVEL0	BODLEVEL1	BODLEVEL2	BODLEVEL3	BODLEVEL4	BODLEVEL5	BODLEVEL6	BODLEVEL7
説明	1.80V	2.15V	2.60V	2.95V	3.30V	3.70V	4.00V	4.30V

BODレベル設定時、考慮に至るいくつかの事があります。既に言及したように、BODは安全でない操作からシステムを保護することができます。加えてBODは、例えばADC使用時に電圧レベルを保証するのに使うことができます。ADCが4.3V内部参照基準を使う採取に設定され、供給電圧がこのレベル以下に低下する場合、ADCの結果は不正になります。

BODが使われない場合、内部リセットとチップ消去の間の安全な動作を保証するために最小レベルに設定されます。

3.1. 電圧レベル監視部

電圧レベル監視部(VLM:Voltage Level Monitor)は早期警告として働き、供給電圧が与えられた閾値水準以下へまさに低下しようとしている場合に割り込みを要求します。これは安全な停止を行うことをシステムに許すことができます。

BOD周辺機能の一部であることで、VLM閾値水準はBODレベル以上の5%、15%、25%のどれかに形態設定することができます。VLMはBOD機能に従います。BODが採取動作の場合、VLMも採取動作にされます。BODが禁止されるなら、VLMも禁止されます。

VLM割り込みは供給電圧が閾値水準を上から、下から、またはどちらかで横切るときに起動することができます。

4. ウォッチドッグ タイマ

多くの問題、例えば、ソフトウェアバグや電氣的雑音はシステムを不正や固まり状態にさせ得ます。[関連デバイス](#)で利用可能な1つの安全処置はウォッチドッグタイマ(WDT:WatchDog Timer)です。これは独立したクロック元を持ち、システムの残りから独立して動く計時器です。この計時器が溢れると、リセットを引き起こします。システムファームウェアは専用のウォッチドッグタイマリセット(WDR:WatchDog timer Reset)命令を用いて周期的にWDTを解消(=0)しなければなりません。ファームウェアが例えば、システム中断や逸脱コードのためにそのように行うことができない場合、システムがリセットされます。

標準動作

標準動作ではウォッチドッグは0から最大値まで計数し、何時でも解消(=0)することができます。標準動作での周期は8ms~8sの期間で形態設定することができます。

窓動作

頑健性を増すために窓動作が利用可能です。窓動作では閉鎖と開放の両窓が形態設定され、閉鎖窓が周期の始めになります。閉鎖窓の間、WDTの解消は無効操作で、リセットに帰着します。一旦閉鎖窓が終わると、開放窓が始まり、今やWDTは解消することができます。窓動作の使用はそれが解放窓でだけウォッチドッグを解消しなければならないため、ファームウェアでの更なる必要条件にします。両方の窓は8ms~8sの期間で形態設定することができます。これは16ms~16sの総WDT周期を与えます。

WDT周期と窓制限時間はリセット後直ちに活性になるように、ヒューズによって形態設定することができます。ファームウェアに問題があって正しく開始させない場合、WDTはシステムをリセットします。WDTはリセット元に関わらず、リセット後に0から計数します。

ウォッチドッグタイマ実装の目標の1つが暴走コードから回復し得ることであるため、ソフトウェア技術者が考慮する可能性があるいくつかのものがあります。暴走コードは割り込みの実行に影響しません。例えシステムがいくつかの理由のために不正なコードを実行している時でも、どの割り込みベクタも正しく読まれます。従って、割り込み処理部からWDTを解消しないでください。また、WDR命令の量を制限することを試みてください。WDT解消がファームウェアの多くの部分で行われる場合、暴走コードが実行されつつある時にそれらの1つが実行される可能性がより高くなります。理想的には、1つのWDR命令だけが実装されるかもしれませんが、これは達成が難しいかもしれません。WDR命令の量の制限を試みることは重要です。窓動作の使用は誤って実行されるWDR命令を捕らえるのにも役立ち得ます。

5. CRCSCAN

巡回冗長検査(CRC:Cyclic Redundancy Check)はデータの塊に対してチェックサムを作成し、データ塊の誤り検出を許します。[関連デバイス](#)はフラッシュメモリ領域を調べてそれを領域の最後に格納されたチェックサムと比較することができるCRCSCAN周辺機能が特徴です。フラッシュメモリ領域が図らずも、即ち、化けまたは予期せぬ書き込みのために変更された場合、CRCSCANはこれを検出してフラッシュメモリが不正にされてしまったことをCPUに合図します。

ブートローダ応用では実行を開始する前に応用イメージを検証するのにCRCSCANを使うことができます。これは壊滅的な結果を持ち得る不正なソフトウェアが実行されないことを確実にします。検査が失敗した場合、ブートローダは応用を開始しない、ファームウェア更新を行う可能性、または外部システムに異常を合図する可能性のどれかを選ぶことができます。

CRCSCANは始動で、または応用によって制御される特定間隔で動かすことができます。始動での走行時、フラッシュメモリはどの命令も実行されるのに先立って異常に対して調べられます。これは実行前に検証されるべき応用の完全性が許します。始動でのCRCSCANはヒューズによって形態設定されます。

CRCSCANが応用によって制御される時に、それはレジスタアクセスによって開始されます。開始されると、CRCSCANがフラッシュメモリに対するアクセスの優先権を持ち、従ってCPUを防ぐため、CPUは検査が行われている間、停止されます。

より多くの情報については「[tinyAVR® 1系デバイスでのCRCSCAN](#)」応用記述を参照してください。

6. 等級B

現代の機器は大部分が電氣的に制御されています。電氣的制御はより高い効率、付加的な機能、改善された使用者経験を許します。しかし、何かが悪くなると何が起きますか?。IEC 60730は機器に於ける電氣的制御の安全性を扱います。この規格は安全性が重要な装置に対する別の規格、例えばIEC 60335によっても参照されます。現在、IEC 60730は欧州で販売される機器に対して必須で、おそらく広く採用されます。

IEC 60730付属書Hは以下のように機器に対する3つの制御ソフトウェアの等級を定義します。

- 等級A – 装置の安全性に頼ることを意図されない制御機能
- 等級B – 機器でソフトウェア障害以外の障害が起きた場合に危険を防ぐことを意図されるコードを含むソフトウェア
- 等級C – 他の保護装置の使用なしで危険を防ぐことを意図されるコードを含むソフトウェア

等級B要件に準拠する機器に関して制御ソフトウェアはシステム構成部品に対する障害を検出して処理しなければなりません。等級B要件に従って製品を認証したいお客様に対し、MicrochipはtinyAVR[®] 1用等級Bライブラリを提供します。このライブラリは等級Bに準拠するのに必要とされる検査を実装し、お客様の開発時間と費用を減らすことができます。

検査はCPUレジスタ、プログラムカウンタ、周波数、CRC、割り込み処理と実行、クロック、SRAM、フラッシュメモリ、EEPROM、それとADC、DAC、WDTのような周辺機能で行われます。

より多くの情報については「[tinyAVR[®] 1系でのIEC 60730等級B適合への指針](#)」応用記述を参照してください。

7. 形態設定変更保護

システムで重要なレジスタは偶然の変更から保護され、フラッシュ自己プログラミングは偶然の実行から保護されます。これは形態設定変更保護(CPU.CCP)レジスタによって広範囲に保護されます。これらのどちらかの活動の実行はCCPレジスタに識票が書かれた後でだけ可能です。CCPレジスタに正しい識票が書かれた後、4命令内で臨む活動が実行されなければなりません。これら4周期の間、割り込みは保留を保たれます。

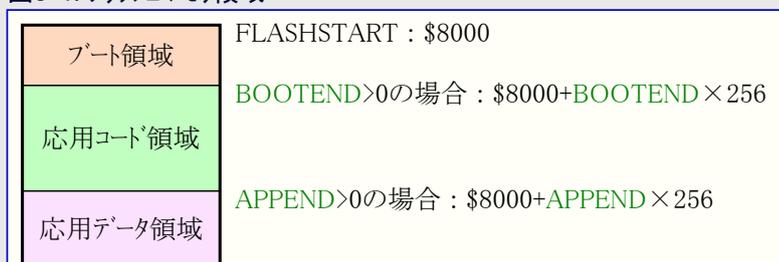
CCPの詳細については[関連デバイスのデータシート](#)でCPU章を参照してください。

8. フラッシュメモリ領域

[関連デバイスのフラッシュメモリ](#)はブート領域(BOOT)、応用コード(APPCODE)、応用データ(APPDATA)の3つの独立した領域に分けることができます。この仕組みはコードまたはデータのいくつかの個別区部の保護と安全な記憶を許します。分割の細かさは256バイトです。

3つの領域の大きさはブート領域の最後(BOOTEND)と応用コード領域の最後(APPEND)のヒューズを用いて設定されます。BOOTENDはBOOT領域の大きさを決めます。APPENDはAPPCODE領域の大きさを決めます。APPCODE領域はBOOT領域の直後に置かれます。残りのページがAPPDATA領域で、APPCODE領域の直後に置かれます。両ヒューズが0に設定された場合、全ページがBOOT領域に割り当てられます。これはブートローダなしでフラッシュメモリに應用だけが書かれる場合の標準的な手順です。

図8-1. フラッシュメモリ領域



FUSE.BOOTENDが\$04を書かれ、FUSE.APPENDが\$08を書かれた場合、最初の4×256バイトがBOOTで、次の4×256バイトがAPPCODE、そして残りのフラッシュメモリがAPPDATAです。

3つの領域でデータを保護するために、以下の方向性書き込み保護が実装されます。

- BOOT領域のコードはAPPCODEとAPPDATAに書くことができます。
- APPCODE領域のコードはAPPDATAに書くことができます。
- APPDATA領域のコードはフラッシュメモリやEEPROMに書くことができません。

方向性書き込み保護に加えて、制限を増すために2つのレジスタビットを使うことができます。

応用コード領域書き込み保護(APCWP)ビットに1を書くことにより、応用コード領域は更なる書き込みから保護されます。このビットは不揮発性メモリ制御器(NVMCTRL)周辺機能の制御B(CTRLB)レジスタで見つけることができます。このビットはリセットで解除(0)されます。

BOOT領域がCPUによって決して書かれ得ないため、同じ規則で書き込みからBOOT領域を保護する必要はありません。しかし、NVMCTRL周辺機能のCTRLBレジスタでブート領域施錠(BOOTLOCK)ビットに1を書くことにより、BOOT領域からの読み込みと実行を防ぐことができます。このビットはリセットで解除(0)されます。

より多くの詳細については[関連デバイスのデータシート](#)で不揮発性メモリ制御器(NVMCTRL)章を参照してください。

9. ヒューズ

ヒューズは不揮発性メモリの一部で、クロック元、始動時間、フラッシュメモリ領域などのようなシステム設定を構成設定するのに使われます。ヒューズはCPUと外部書き込み器の両方によって読むことができますが、外部書き込みによってのみ書かれるまたは消去されることができます。発振器校正のようないくつかのレジスタはヒューズに格納された値にリセットされます。これらの値は始動手順の最後で書かれます。従って、このようなヒューズが変更されると、デバイスは変更が有効になるのに先立ってリセットされなければなりません。

周辺機能構成用ヒューズは以下を含みます。

- **ウォッチドッグタイマ** : 始動でのWDT窓と制限時間周期を設定するのに使い、故に操作のためにどんなコード実行も不要です。
- **低電圧検出器** : BODレベル、採取周波数、活動とスタンバイでの動作形態を設定するのに使い、故に操作のためにどんなコード実行も不要です。
- **16/20MHz発振器**。16または20MHzのどちらかにすべて動作周波数を形態設定します。校正レジスタはそれらが工場校正値で設定された後に施錠することも可能です。
- **タイマ/カウンタD** : TCD出力ピンを許可または禁止するのとピン既定状態を設定するのに使います。
- **システム形態設定0** : 始動で動くようにCRCSCANを形態設定し、調べるフラッシュメモリ領域を選ぶのに使います。

- ・システム形態設定1：デバイスの追加始動時間を形態設定するのに使います。
- ・**応用コードの最後**：応用コード領域の大きさを形態設定するのに使います。
- ・**BOOTの最後**：ブート領域の大きさを形態設定するのに使います。
- ・**施錠ビット**：デバイスを施錠してヒューズ、フラッシュメモリ、SRAM、EEPROMのアクセスから外部書き込み器を防ぐのに使われます。応用内からの通常のメモリアクセスは未だ許されます。デバイスを解錠するにはチップ消去が実行されなければなりません

例えば、どんなコードも実行されるのに先立ってWDTを構成設定するのにヒューズを使うことはシステムの頑健性を増します。これは不正なフラッシュメモリがWDTのソフトウェア駆動の形態設定を失敗させるためです。WDTを許可する命令が不正で正常に実行されないことを想像してください。その結果は不正を行うシステムで、異常な動きを検出するための機構が禁止されます。従って、ヒューズを用いる安全性機能の許可は優位点です。

ヒューズを用いて**CRCSCAN**を許可することはどれかの命令がフラッシュメモリから取得される前に異常に対して走査されることをフラッシュメモリに許します。

より多くの情報については**関連デバイス**のデータシートでヒューズ節を参照してください。

10. 事象と障害処理

タイマ/カウンタD型(TCD)は特にLED駆動、電動機制御、半ブリッジ、電力変換器のような電力応用を制御するように設計されています。TCDの重要な安全機能は組み込み障害処理部です。障害処理部は障害で予め定義されたレベルに固定することをTCDの出力に許します。障害はやって来る事象で、その条件を発見するためにいくつかの他の割り込みや外部周辺機能が存在しなければなりません。

送風機用の原動機を駆動するTCDを想像してください。送風機にアナログ比較器(AC)も接続され、電流消費を監視します。例えば、何かが送風機を動かなくするために電流消費が予め定義された閾値を超えて上がる場合、ACがTCDに事象を送ります。この事象受け取りで、TCDは直ちに全ての出力を予め定義されたレベルに固定し、原動機は停止します。このように、原動機は焼損または妨害を引き起こした物を破壊さえる前に安全に停止されます。

内部周辺機能の代わりに外部回路を使うと、事象は外部回路に接続されたピンのレベルで端または変化によって生成されます。また、この事象はTCDに送られ直ちに全ての出力を予め定義された状態に固定します。

事象は事象システム(EVSY)経由で送られます。EVSYは周辺機能から周辺機能への直接の合図を許します。1つの周辺機能(事象発生部)はCPUを使うことなく、1つまたはいくつかの他の周辺機能(事象使用部)に合図することができます。

記述された例の全ての部分は、例えCPUが行き詰まりにされていてもを意味する、コアから独立(CIP:Core IndePendent)で、この安全機能は意図されたように動くでしょう。

11. 改訂履歴

資料改訂	日付	注釈
A	2018年6月	初版資料公開
B	2018年10月	「 関連デバイス 」章を8/16KバイトmegaAVR 0系デバイスを含めるように更新

Microchipウェブ サイト

Microchipは<http://www.microchip.com/>で当社のウェブ サイト経由でのオンライン支援を提供します。このウェブ サイトはお客様がファイルや情報を容易に利用可能にする手段として使用されます。お気に入りのインターネット ブラウザを用いてアクセスすることができ、ウェブ サイトは以下の情報を含みます。

- **製品支援** – データシートと障害情報、応用記述と試供プログラム、設計資源、使用者の手引きとハードウェア支援資料、最新ソフトウェア配布と保管されたソフトウェア
- **一般的な技術支援** – 良くある質問(FAQ)、技術支援要求、オンライン検討グループ、Microchip相談役プログラム員一覧
- **Microshipの事業** – 製品選択器と注文の手引き、最新Microchip報道発表、セミナーとイベントの一覧、Microchip営業所の一覧、代理店と代表する工場

お客様への変更通知サービス

Microchipのお客様通知サービスはMicrochip製品を最新に保つのに役立ちます。加入者は指定した製品系統や興味のある開発ツールに関連する変更、更新、改訂、障害情報がある場合に必ず電子メール通知を受け取ります。

登録するには<http://www.microchip.com/>でMicrochipのウェブ サイトをアクセスしてください。”Support”下で”Customer Change Notification”をクリックして登録指示に従ってください。

お客様支援

Microchip製品の使用者は以下のいくつかのチャネルを通して支援を受け取ることができます。

- 代理店または販売会社
- 最寄りの営業所
- 現場応用技術者(FAE:Field Application Engineer)
- 技術支援

お客様は支援に関してこれらの代理店、販売会社、または現場応用技術者(FAE)に連絡を取るべきです。最寄りの営業所もお客様の手助けに利用できます。営業所と位置の一覧はこの資料の後ろに含まれます。

技術支援は<http://www.microchip.com/support>でのウェブ サイトを通して利用できます。

Microchipデバイスコード保護機能

Microchipデバイスでの以下のコード保護機能の詳細に注意してください。

- Microchip製品はそれら特定のMicrochipデータシートに含まれる仕様に合致します。
- Microchipは意図した方法と通常条件下で使用される時に、その製品系統が今日の市場でその種類の最も安全な系統の1つであると考えます。
- コード保護機能を破るのに使用される不正でおそらく違法な方法があります。当社の知る限りこれらの方法の全てはMicrochipのデータシートに含まれた動作仕様外の方法でMicrochip製品を使用することが必要です。おそらく、それを行う人は知的財産の窃盗に関与しています。
- Microchipはそれらのコードの完全性について心配されているお客様と共に働きたいと思います。
- Microchipや他のどの半導体製造業者もそれらのコードの安全を保証することはできません。コード保護は当社が製品を”破ることができない”として保証すると言ったことを意味しません。

コード保護は常に進化しています。Microchipは当社製品のコード保護機能を継続的に改善することを約束します。Microchipのコード保護機能を破る試みはデジタル ミレニアム著作権法に違反するかもしれません。そのような行為があなたのソフトウェアや他の著作物に不正なアクセスを許す場合、その法律下の救済のために訴権を持つかもしれません。

法的通知

デバイス応用などに関してこの刊行物に含まれる情報は皆さまの便宜のためにだけ提供され、更新によって取り換えられるかもしれません。皆さまの応用が皆さまの仕様に合致するのを保証するのは皆さまの責任です。Microchipはその条件、品質、性能、商品性、目的適合性を含め、明示的にも黙示的にもその情報に関連して書面または表記された書面または黙示の如何なる表明や保証もしません。Microchipはこの情報とそれの使用から生じる全責任を否認します。生命維持や安全応用でのMicrochipデバイスの使用は完全に購入者の危険性で、購入者はそのような使用に起因する全ての損害、請求、訴訟、費用からMicrochipを擁護し、補償し、免責にすることに同意します。他に言及されない限り、Microchipのどの知的財産権下でも暗黙的または違う方法で許認可は譲渡されません。

商標

Microchipの名前とロゴ、Mcirochipロゴ、AnyRate、AVR、AVRロゴ、AVR Freaks、BitCloud、chipKIT、chipKITロゴ、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KeeLoq、KeeLoqロゴ、Kleer、LANCheck、LINK MD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、MOST、MOSTロゴ、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32ロゴ、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SpyNIC、SST、SSTロゴ、SuperFlash、tinyAVR、UNI/O、XMEGAは米国と他の国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、mTouch、Precision Edge、Quiet-Wireは米国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNetロゴ、memBrain、Mindi、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certifiedロゴ、MPLAB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、View Sense、WiperLock、Wireless DNA、ZENAは米国と他の国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの商標です。

SQTPは米国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの役務標章です。

Silicon Storage Technologyは他の国に於けるMicrochip Technology Inc.の登録商標です。

GestICは他の国に於けるMicrochip Technology Inc.の子会社であるMicrochip Technology Germany II GmbH & Co. KGの登録商標です。

ここで言及した以外の全ての商標はそれら各々の会社の所有物です。

© 2018年、Microchip Technology Incorporated、米国印刷、不許複製

DNVによって認証された品質管理システム

ISO/TS 16949

Microchipはその世界的な本社、アリゾナ州のチャンドラーとテンペ、オレゴン州グラシャムの設計とウェハー製造設備とカリフォルニアとインドの設計センターに対してISO/TS-16949:2009認証を取得しました。当社の品質システムの処理と手続きはPIC[®] MCUとdsPIC[®] DSC、KEELOQ符号飛び回りデバイス、直列EEPROM、マイクロ周辺機能、不揮発性メモリ、アナログ製品用です。加えて、開発システムの設計と製造のためのMicrochipの品質システムはISO 9001:2000認証取得です。

日本語© HERO 2018.

本応用記述はMicrochipのAN2747応用記述(DS00002747B-2018年10月)の翻訳日本語版です。日本語では不自然となる重複する形容表現は省略されている場合があります。日本語では難解となる表現は大幅に意識されている部分もあります。必要に応じて一部加筆されています。頁割の変更により、原本より頁数が少なくなっています。

必要と思われる部分には()内に英語表記や略称などを残す形で表記しています。

青字の部分はリンクとなっています。一般的に赤字の0,1は論理0,1を表します。その他の赤字は重要な部分を表します。

世界的な販売とサービス

米国	亜細亜/太平洋	亜細亜/太平洋	欧州
本社 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 Tel: 480-792-7200 Fax: 480-792-7277 技術支援: http://www.microchip.com/support ウェブアドレス: www.microchip.com アトランタ Duluth, GA Tel: 678-957-9614 Fax: 678-957-1455 オースチン TX Tel: 512-257-3370 ホストン Westborough, MA Tel: 774-760-0087 Fax: 774-760-0088 シカゴ Itasca, IL Tel: 630-285-0071 Fax: 630-285-0075 ダラス Addison, TX Tel: 972-818-7423 Fax: 972-818-2924 デトロイト Novi, MI Tel: 248-848-4000 ヒューストン TX Tel: 281-894-5983 インディアナポリス Noblesville, IN Tel: 317-773-8323 Fax: 317-773-5453 Tel: 317-536-2380 ロサンゼルス Mission Viejo, CA Tel: 949-462-9523 Fax: 949-462-9608 Tel: 951-273-7800 ローリー NC Tel: 919-844-7510 ニューヨーク NY Tel: 631-435-6000 サンホセ CA Tel: 408-735-9110 Tel: 408-436-4270 カナダ - トロント Tel: 905-695-1980 Fax: 905-695-2078	オーストラリア - シドニー Tel: 61-2-9868-6733 中国 - 北京 Tel: 86-10-8569-7000 中国 - 成都 Tel: 86-28-8665-5511 中国 - 重慶 Tel: 86-23-8980-9588 中国 - 東莞 Tel: 86-769-8702-9880 中国 - 広州 Tel: 86-20-8755-8029 中国 - 杭州 Tel: 86-571-8792-8115 中国 - 香港特別行政区 Tel: 852-2943-5100 中国 - 南京 Tel: 86-25-8473-2460 中国 - 青島 Tel: 86-532-8502-7355 中国 - 上海 Tel: 86-21-3326-8000 中国 - 瀋陽 Tel: 86-24-2334-2829 中国 - 深圳 Tel: 86-755-8864-2200 中国 - 蘇州 Tel: 86-186-6233-1526 中国 - 武漢 Tel: 86-27-5980-5300 中国 - 西安 Tel: 86-29-8833-7252 中国 - 廈門 Tel: 86-592-2388138 中国 - 珠海 Tel: 86-756-3210040	インド - ハンガロール Tel: 91-80-3090-4444 インド - ニューデリー Tel: 91-11-4160-8631 インド - フネー Tel: 91-20-4121-0141 日本 - 大阪 Tel: 81-6-6152-7160 日本 - 東京 Tel: 81-3-6880-3770 韓国 - 大邱 Tel: 82-53-744-4301 韓国 - ソウル Tel: 82-2-554-7200 マレーシア - クアラルンプール Tel: 60-3-7651-7906 マレーシア - ペナン Tel: 60-4-227-8870 フィリピン - マニラ Tel: 63-2-634-9065 シンガポール Tel: 65-6334-8870 台湾 - 新竹 Tel: 886-3-577-8366 台湾 - 高雄 Tel: 886-7-213-7830 台湾 - 台北 Tel: 886-2-2508-8600 タイ - バンコク Tel: 66-2-694-1351 ベトナム - ホーチミン Tel: 84-28-5448-2100	オーストラリア - ウェルズ Tel: 43-7242-2244-39 Fax: 43-7242-2244-393 デンマーク - コペンハーゲン Tel: 45-4450-2828 Fax: 45-4485-2829 フィンランド - エスポー Tel: 358-9-4520-820 フランス - パリ Tel: 33-1-69-53-63-20 Fax: 33-1-69-30-90-79 ドイツ - ガルピング Tel: 49-8931-9700 ドイツ - ハーン Tel: 49-2129-3766400 ドイツ - ハイムブロン Tel: 49-7131-67-3636 ドイツ - カールスルーエ Tel: 49-721-625370 ドイツ - ミュンヘン Tel: 49-89-627-144-0 Fax: 49-89-627-144-44 ドイツ - ローゼンハイム Tel: 49-8031-354-560 イスラエル - ラーナナ Tel: 972-9-744-7705 イタリア - ミラノ Tel: 39-0331-742611 Fax: 39-0331-466781 イタリア - ハドバ Tel: 39-049-7625286 オランダ - デルネン Tel: 31-416-690399 Fax: 31-416-690340 ノルウェー - トロンハイム Tel: 47-72884388 ポーランド - ワルシャワ Tel: 48-22-3325737 ルーマニア - ブカレスト Tel: 40-21-407-87-50 スペイン - マドリッド Tel: 34-91-708-08-90 Fax: 34-91-708-08-91 スウェーデン - イェテボリ Tel: 46-31-704-60-40 スウェーデン - ストックホルム Tel: 46-8-5090-4654 イギリス - ウォーキングム Tel: 44-118-921-5800 Fax: 44-118-921-5820