
ATtiny3217を使う機能安全実演器

要点

- ・ 鼓動信号を作成するための構成設定可能な注文論理回路(CCL:Configurable Custom Logic)と16ビット タイマ/カウンタA型(TCA)を使うコアから独立した動作
- ・ コアから独立した巡回冗長検査メモリ走査(CRCSCAN:Cyclic Redundancy Check Memory Scan)
- ・ 送風電動機を駆動するための12ビット タイマ/カウンタD型(TCD)を使うコアから独立した動作
- ・ 事象システム(EVSYN)、アナログ比較器(AC)、D/A変換器(DAC)を使うコアから独立したTCD障害処理
- ・ 16ビット タイマ/カウンタB型(TCB)と優先割り込みを使い、少ピン数で多数のLEDを駆動するためのチャーリー多重化(Charlieplexing)技法の使い方
- ・ 窓動作でのコアから独立したウォッチドッグ タイマ(WDT)
- ・ 実時間計数器周期的割り込み(RTC) (PIT)
- ・ ATtiny3217への電圧を調整し、電圧レベル監視部(VLM:Voltage Level Monitor)割り込み、低電圧検出器(BOD:Brown-out Detector)、電源ONリセット(POR:Power-on Reset)を実演するために周辺機能接触制御器(PTC:Peripheral Touch Controller)を使う接触摺動子(Slider)を持つ基板制御器
- ・ プログラミングとデバッグ用の基板上ミニ組み込みデバッガ(mEDBG:Mini Embedded Debugger)

序説

安全性と信頼性は多くの応用で重大で重要な話題です。コンロの釦、それはマイクロ コントローラによって制御され、急な中断を想像してください。この筋書きでは、問題を検出して潜在的な危険を避けるためにコンロを安全にOFFへ切り替えるための制御器が非常に重要です。AVR®マイクロ コントローラの安全性と頑強性の機能は等級Bファームウェア ライブラリと併せて頑強性の問題の処理に於ける価値ある道具です。

機能安全現場密着基板(Functional Safety Field Engagement Board)はウォッチドッグ タイマ(WDT)、巡回冗長検査(CRC)、低電圧検出器(BOD)、電圧レベル監視部(VLM)、電源ONリセット(POR)、タイマ/カウンタD型(TCD)障害検出のようなAVRマイクロ コントローラの様々な機能を実演します。加えて、等級B自己検査は始動やプログラム実行中での様々な障害を検出して、障害の場合に応用を安全に停止するように設計されています。

目次

要点	1
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. 機能安全現場密着基板	4
2.1. 機能安全現場密着基板概要	4
2.1.1. FSFEB校正	5
2.2. 動作電圧	6
2.2.1. 電圧レベル監視 (VLM)	7
2.2.2. 低電圧検出 (BOD)	7
2.2.3. 電源ONリセット (POR)	7
2.3. 応用鼓動構成	8
2.3.1. TCA0構成	8
2.3.2. CCL構成	8
2.4. リセットレジスタと等級Bの状態	9
2.4.1. リセットレジスタの状態	9
2.4.2. 等級B	10
2.5. 窓ウォッチドッグタイマ(WDT)構成	11
2.6. 巡回冗長検査(CRC)構成	12
2.7. 事象システムを使う障害検出構成	13
2.8. チャーリー多重化した状態LED	14
2.8.1. チャーリー多重化LED構成	14
2.9. 組み込みデバッグ実装	14
2.10. CRCチェックサム準備	15
3. Atmel STARTからのソースコード取得	15
4. 改訂履歴	16
Microchipウェブ サイト	17
お客様への変更通知サービス	17
お客様支援	17
Microchipデバイスコード保護機能	17
法的通知	17
商標	18
DNVによって認証された品質管理システム	18
世界的な販売とサービス	19

1. 関連デバイス

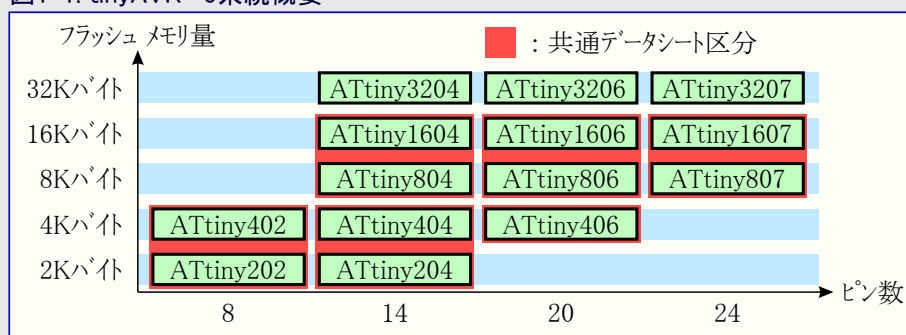
本章はこの資料に関連するデバイスを一覧にします。

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。

図1-1. tinyAVR® 0系統概要



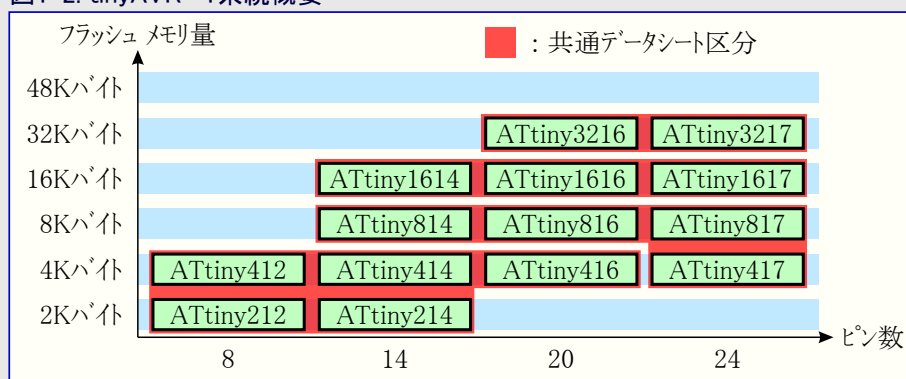
異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。

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。

図1-2. tinyAVR® 1系統概要



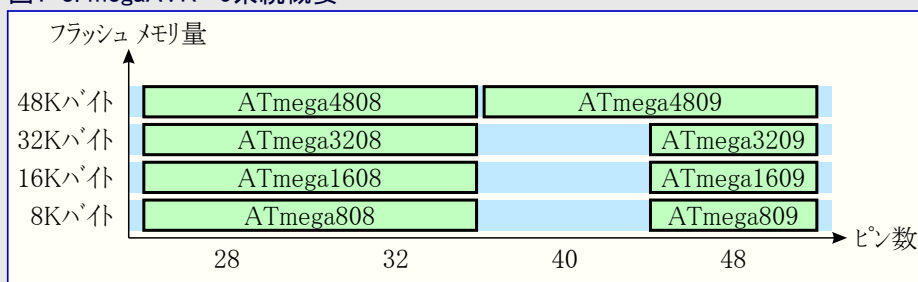
異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。

1.3. megaAVR® 0系統

下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。

図1-3. megaAVR® 0系統概要



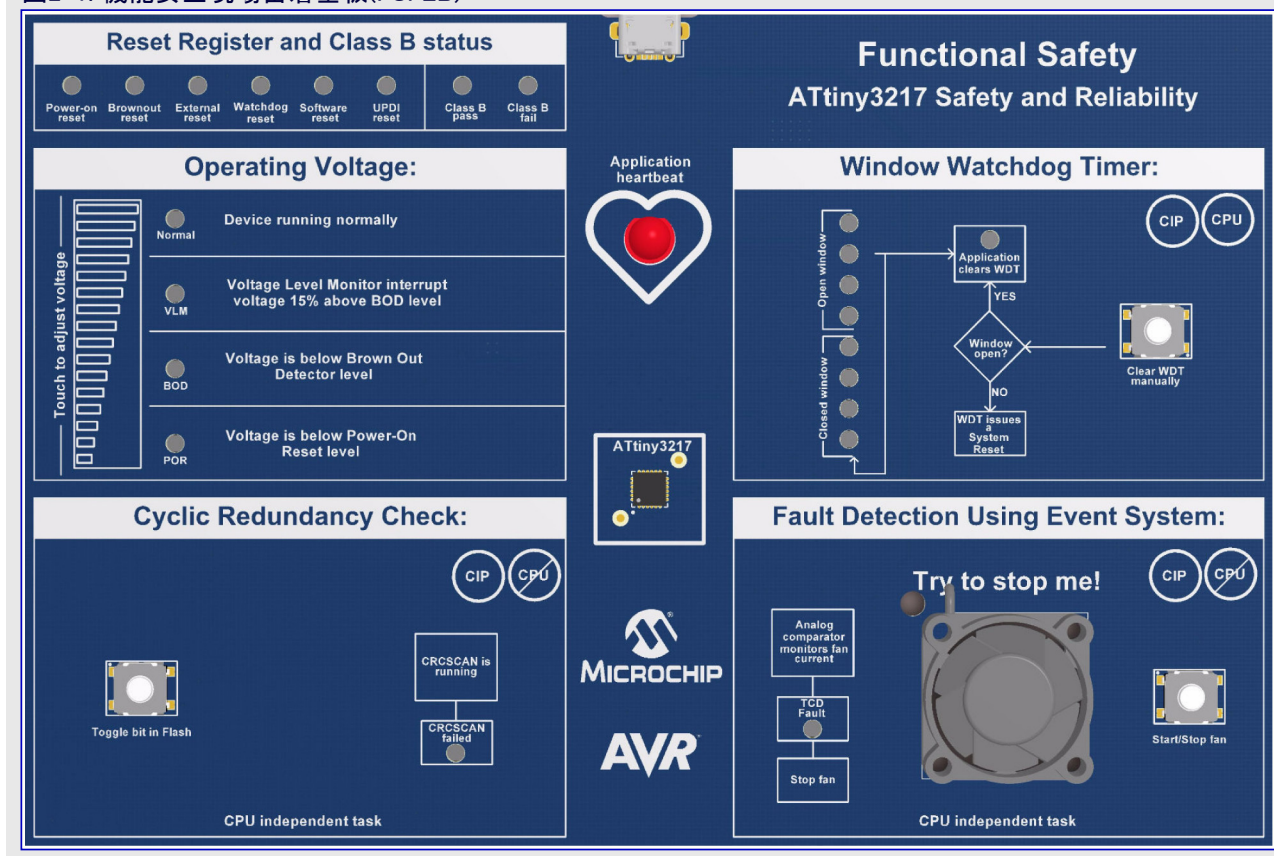
異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。

2. 機能安全現場密着基板

2.1. 機能安全現場密着基板概要

機能安全現場密着基板(FSFEB:Functional Safety Field Engagement Board)はtiny AVR 1系デバイスで利用可能な安全性と信頼性の機能のいくつかを実演します。FSFEBは5つの主な区域に分けられ、各区域は使用者に現在の状態を示すLEDを持ちます。動作電圧区域の4つのLEDを除き、全ての状態LEDはATtiny3217に接続され、それらはチャリplexing(Charlieplexing)を使って更新されます。独立した応用鼓動(Application heartbeat)LEDはATtiny3217が操作可能で応用を走行中であることを示しています。加えて、応用は始動と走行中に障害を検出するために様々なシステムを検査する等級Bコードを走行しています。基板の動作電圧と対応するLEDを制御するため、FSFEBは基板制御MCUも特徴です。このMCUはATtiny1617です。

図2-1. 機能安全現場密着基板(FSFEB)



以下の機能がFSFEBで示されます。

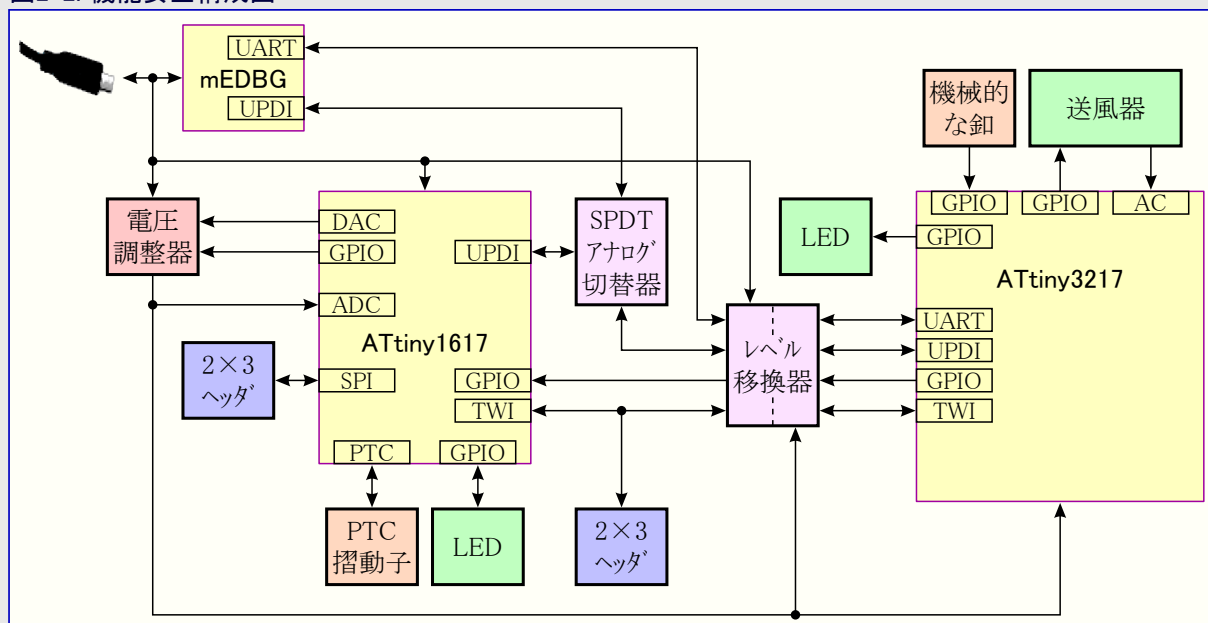
- ・窓動作でのウォッチドッグ タイマ(WDT)
- ・巡回冗長検査(CRC)
- ・事象システムを使う障害検出
- ・電圧レベル監視部(VLM)
- ・低電圧検出(BOD)
- ・電源ONリセット(POR)
- ・優先割り込み

以下の支援機能がFSFEBで必要とされます。

- ・動作電圧基板制御器
- ・ミニ組み込みデバッグ(mEDBG)

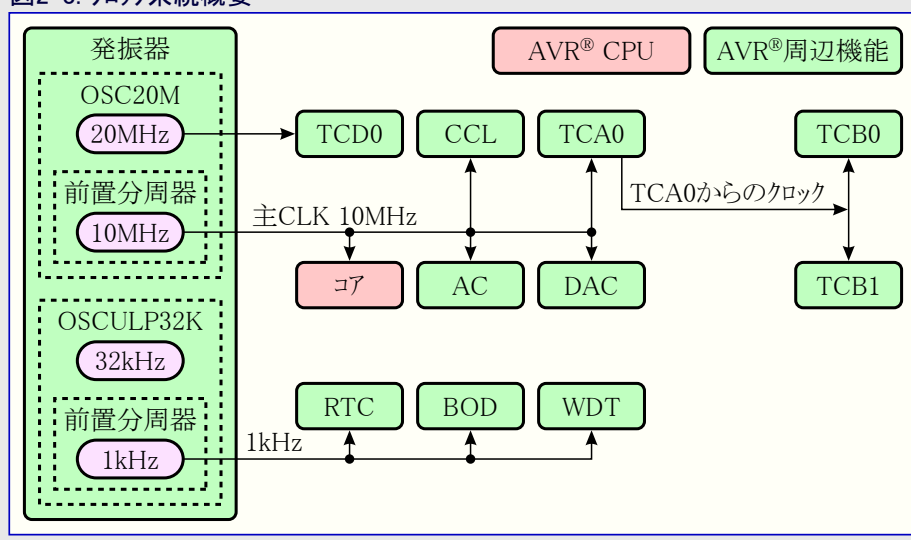
図2-2. はFSFEBの構成図とATtiny3217がmEDBGと基板制御器にどう接続されるかを示します。

図2-2. 機能安全構成図



コアと様々な周辺機能は色々なクロックで走行することができます。図2-3.はシステムがどうクロック駆動されるかを示します。

図2-3. クロック系統概要



2.1.1. FSFEB校正

FSFEBは初回始動、またはFSFEBの動きが意図されるようでない場合に校正されることが高く推奨されます。

校正ルーチンは送風器での障害検出に対する起動水準を調整します。校正は送風器の電流消費が温度、供給電圧、それと装置毎に基づいて変わり得るために必要とされます。

校正ルーチンは約8秒かかり、このようにして開始することができます。

- ・ 動作電圧を**POR**に設定してください。
- ・ 3つ全ての釦を押し続けてください。
- ・ 動作電圧を**Normal**に設定してください。
- ・ 釦を開放してください。

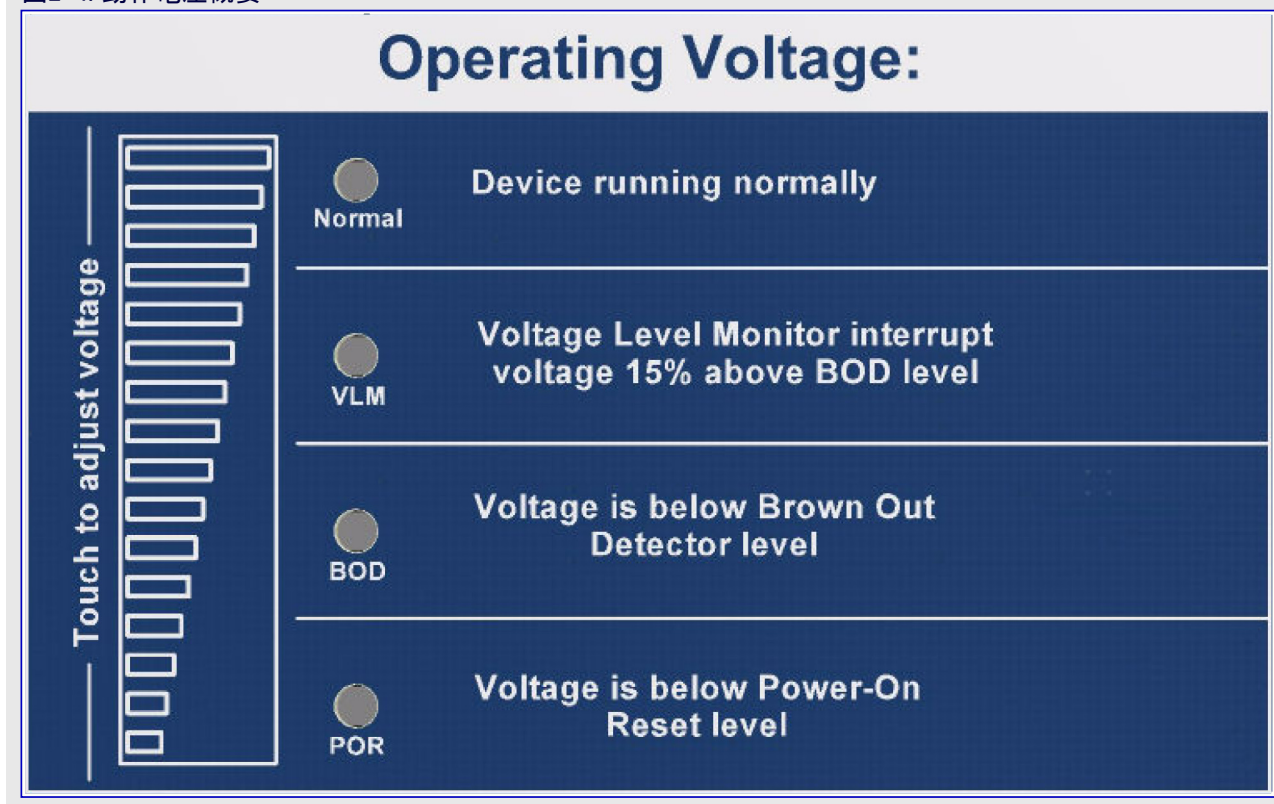
FSFEBが校正動作に入ると、**応用鼓動 (Application heartbeat)** LEDが(点滅なしで)ONに切り替わり、送風器が開始します。校正が完了すると、校正データがEEPROMに格納されます。これらの値はATtiny3217が再び開始される次回に使われます。

校正が完了すると、ソフトウェアリセットが起き、故に新しい校正データの読み込み設定を強制します。

2.2. 動作電圧

現実的な方法でPOR、BOD、VLMのような機能を実演するには基板制御器がATtiny3217の動作電圧を制御することが必要です。接触摺動子を使って実行される使用者の入力に基づき、基板制御器はATtiny3217に供給される電圧を調整します。この構成設定で使用者は摺動子を調整してPOR、BOD、VLM機能の機能面を見て、直前のリセットでデバイスが経験したリセットの形式に基づいて図2-1.で示されるように、各々のLEDがリセットレジスタで設定または解除されるのを見ることができます。

図2-4. 動作電圧概要



基板制御器はATtiny3217に供給される電圧水準を示すために状態LEDを駆動します。

各種状態は次のとおりです。

通常 (Normal)

動作電圧は概ね5Vに設定され、**Normal** LEDが設定されます。応用鼓動(**Application heartbeat**)は何も異常がない限り、分当たり60鼓動(bpm:beats per minute)で安定です。

電圧レベル監視部 (VLM)

動作電圧はATtiny3217のBODレベルの僅かに(<15%)上に設定され、**VLM** LEDが設定されます。応用鼓動(**Application heartbeat**)はVLM割り込みが起動されたことを使用者に示すために90bpmに増加します。

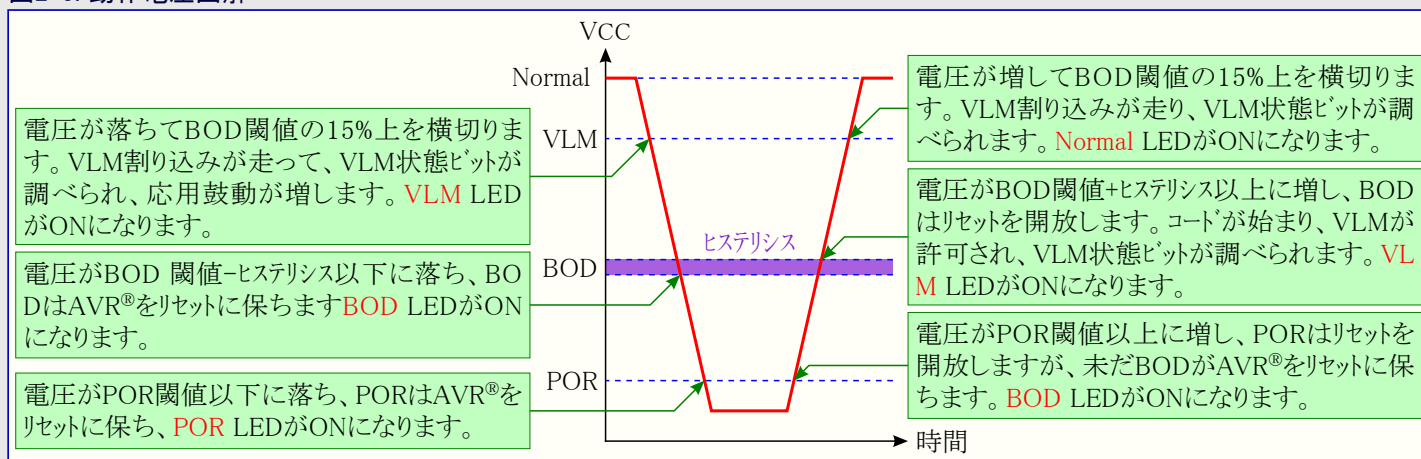
低電圧検出 (BOD)

動作電圧はATtiny3217のBODレベルの下に設定され、**BOD** LEDがONに切り替えられます。供給された電圧がBODレベル以下のため、BODはATtiny3217をリセットに保ちます。応用は走行せず、応用鼓動(**Application heartbeat**)はOFFです。

電源ONリセット (POR)

動作電圧はATtiny3217のPORレベルの下に設定され、**POR** LEDがONに切り替えられます。供給された電圧がPORレベル以下のため、BODはATtiny3217をリセットに保ちます。応用は走行せず、応用鼓動(**Application heartbeat**)はOFFです。

図2-5. 動作電圧図解



2.2.1. 電圧レベル監視 (VLM)

許可されると、VLMは電供給を監視し、電圧が与えられた閾値を渡る時に割り込み要求を生成するように構成設定することができます。これは電圧がVLM閾値を渡って応用が低電圧検出や始動の可能に対して準備するための必要な活動を取ることができる、応用に対する早期警告として働くことができます。閾値は構成設定可能で、構成設定されたBODレベルの%上で表されます。

VLM閾値は次のように構成設定することができます。

- BOD閾値の5%上
- BOD閾値の15%上
- BOD閾値の25%上

VLMは次の時に割り込みを起動するように構成設定することができます。

- 電圧が上からVLM閾値を横切る
- 電圧が下からVLM閾値を横切る
- 電圧が両方向からVLM閾値を横切る

FSFEBに於いて、VLMは電圧がBOD閾値の15%上を両方向で横切る時に割り込み要求を起動するように構成設定されます。FSFEBは通電後、常に0Vで開始し、使用者が接触摺動子を使って電圧をBODレベル以上に設定する時にデバイスが開始します。VLMが許可されている限り、VLM状態ビットは電圧がVLM閾値以下の場合に設定されます。VLM割り込みは電圧がVLM閾値を横切る時にだけ起動します。

VLM割り込み処理ルーチンでは電圧がVLM閾値の上か下かを定めるためにVLM状態(BOD.STATUS)レジスタのVLM状態(VLMS)ビットが読まれます。VLMSビットが1なら、動作電圧は閾値の下で、応用鼓動(Application heartbeat)はこれを示すために増されます。VLMSビットが0なら、動作電圧は閾値の上で、応用鼓動は通常動作を示す60bpmに設定されます。

2.2.2. 低電圧検出 (BOD)

BODリセットと他のリセット元に関する情報は「リセットレジスタの状態」で見つけることができます。

FSFEBに於いて、BOD閾値は2.87Vに設定されます。これは電圧が2.87V以下になると、電圧が再び2.87V以上になるまでBODがデバイスをリセット保つことを意味します。

BOD LEDは基板制御器に接続されます。このLEDがONにされるべき時にATtiny2317がBODリセット状態のためATtiny3217それ自身によって制御することができません。

2.2.3. 電源ONリセット (POR)

PORリセットと他のリセット元に関する情報は「リセットレジスタの状態」で見つけることができます。

使用者が摺動子で電圧をPORレベルに設定すると、PORは制御を取って、電圧が再び閾値の上に上がるまでデバイスをリセットに保ちます。

POR LEDは基板制御器に接続されます。このLEDがONにされるべき時にATtiny2317がPORリセット状態のためATtiny3217それ自身によって制御することができません。

2.3. 応用鼓動構成

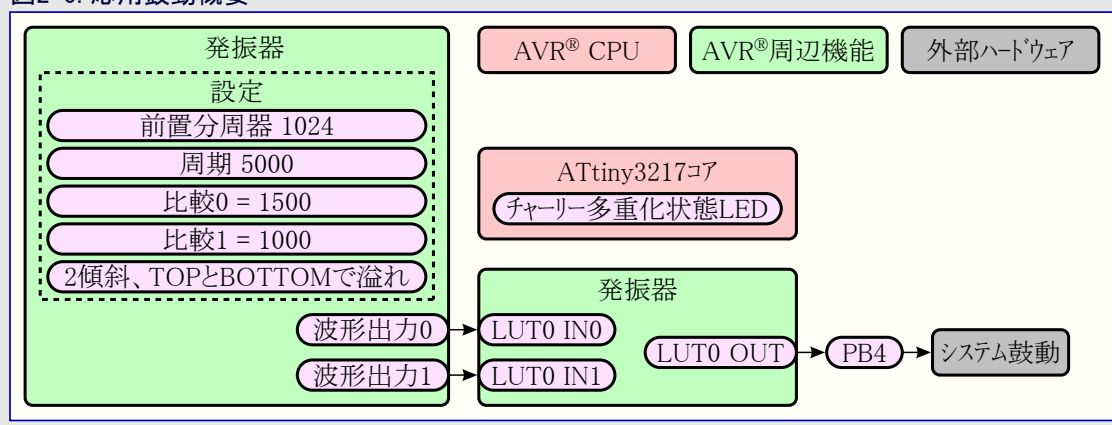
応用鼓動は応用が走行しているか否かを示すための視覚的な方法です。応用が安定な動作状態の時に60bpmの周波数で鼓動が表示されます。デバイスによって問題が検出されると、鼓動は加速され、何の障害かを示す正しい状態LEDが設定されます。

図2-6.で示されるように、鼓動(Application heartbeat)LEDは異なる周波数を持つ2つの波形をCCLのLUT0に流しているTCA0によって駆動されます。CCLは現実的な鼓動を作成するためにPWM信号を共に混ぜます。鼓動はコードと独立して動いていて、bpmの変更が必要とされる場合にだけCPUがTCA0の定期緩衝(PERBUF)レジスタを更新します。その後、鼓動は更なるどんなCPU実行の必要もなしに、新しいbpmで続けます。

以下がbpm増加に帰着します。

- ・ CRC異常検出
- ・ 等級B自己検査失敗
- ・ 障害検出起動
- ・ 電圧のBODからVLMへの上昇または通常からVLMへ下降のどちらかでのVLM割り込み起動

図2-6. 応用鼓動概要



2.3.1. TCA0構成

TCA0は3つの比較チャンネルと6つのPWM出力を持つ16ビット タイマ/カウンタです。現実的な応用鼓動(Application heartbeat)を作成するため、2つの比較チャンネルを使って生成される2つのPWM信号が必要とされます。

概ね60bpmの鼓動を作成するには次のように構成設定される計時器が必要です。

- ・ システム クロックを1024分周
- ・ 定期(PER)レジスタを5000に設定
- ・ 比較チャンネル0を許可して比較値を1500に設定
- ・ 比較チャンネル1を許可して比較値を1000に設定
- ・ 両チャンネルに対して比較波形出力を許可
- ・ 波形生成動作形態を2傾斜PWM、TOPとBOTTOMで溢れに設定

応用が鼓動速度の変更を求めると、CPUは定期緩衝(PERBUF)レジスタの値を変更します。

2.3.2. CCL構成

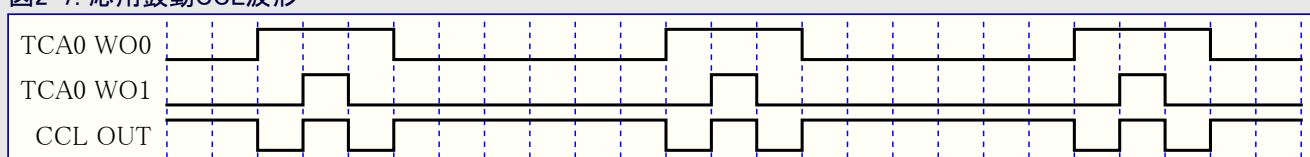
CCLはピン、事象、または他の内部周辺機能に接続することができる設定可能な論理回路周辺機能です。CCLはデバイスの周辺機能と外部装置間の接続論理回路として扱うことができます。

機能安全実演器に於いてLUT0入力はこのように接続されます。

- ・ IN0はTCA0波形出力0に接続
- ・ IN1はTCA0波形出力1に接続
- ・ IN2は遮蔽されます。

CCLはCCLへの入力信号が等しくない時にCCL出力が”0”になることを意味する否定排他的論理和(XNOR)ゲートとして構成設定されます。

図2-7. 応用鼓動CCL波形



2.4. リセット レジスタと等級Bの状態

リセット レジスタと等級B状態のLEDは**チャリー多重化**されたLED配列の一部です。それらはデバイスの最後のリセットの発生と現在の等級B自己検査の状態を示します。リセット状態は等級B自己検査と他の自己診断ソフトウェアに対して有用な情報を保持します。

図2-8. リセット レジスタと等級Bの状態



2.4.1. リセット レジスタの状態

AVRのリセット フラグ レジスタ(RSTCTRL.RSTFR)は最後のリセットのリセット元を含みます。リセットレジスタ状態LEDはAVR内側のリセット フラグ レジスタの内容を表示します。リセット原因の読み出しはデバイスをリセットにさせた異常と不安定な動きを記録して報告することを応用コードに対して可能します。

ATtiny3217では図2-9.で示されるようにデバイスをリセットすることができる6つの異なる供給元があります。

- 電源リセット元
 - 低電圧検出 (BOD)
 - 電源ONリセット (POR)
- 使用者リセット元
 - 外部リセット ピン
 - ウォッチドッグ リセット
 - ソフトウェア リセット
 - UPDIリセット

電源ONリセット (POR)

デバイスの電源投入中、デバイス全体にリセットを与えるために全てを既知の状態に置くことが重要です。同様に、フラッシュ メモリとデジタル論理回路が十分な電力を持つ前にフラッシュ メモリからコード実行を始めないことも重要です。電圧上昇時、PORは活性にされ、電圧が固定された閾値以上になるまでデバイスをリセットに保ちます。PORはデバイスが給電されている限り、許可されたままです。

低電圧検出 (BOD)

BODは電源を監視して電圧を2つの閾値に対して比較します。BODは、例えば、デバイスが走行する速度や或る電圧水準を必要とする外部ハードウェアのために或る水準以下に電圧が落ちるべきでないシステムで使われます。電圧が構成設定された閾値以下に落ちる場合、BODはシステム リセットを発行し、電圧が閾値以上に上昇するまでデバイスをリセットに保ちます。

外部リセット ピン

外部リセット ピンは許可された場合にLowを保持される時にデバイスをリセットに保ちます。外部リセットはUPDIとTCDピン上書き設定を除き、デバイス全体をリセットします。

外部リセットはUPDIとRESETが同じピンを共有してるためFSFEBでは実演されません。FSFEBはデバイスのプログラミングとデバッグのためにUPDI機能を使います。

ウォッチドッグ リセット

ウォッチドッグ タイマ(WDT)は正しいプログラム動作を保証するのを助けるための周辺機能です。リセットを発行することによって、暴走や行き詰まったコードのような状況からデバイスを回復します。許可されると、WDTは予め定義された制限時間周期に構成設定され、定期的な走行する計時器です。WDTは制限時間周期内に解除されない場合、WDTがシステム リセットを発行します。

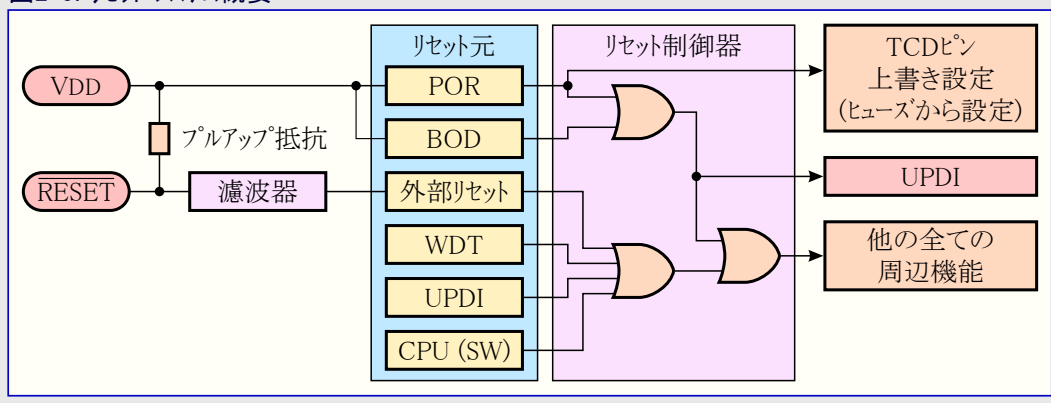
統一プログラム/デバッグ インターフェース (UPDI) リセット

UPDI(Unified Programming and Debug Interface)は外部の書き込みとデバッグ中にデバイスをリセットするのに使われる独立したリセット元を含みます。リセット元は外部の書き込み器とデバッグからだけアクセス可能です。UPDIリセットはUPDIそれ自身、TCDピン上書き設定、BOD構成設定を除き、全ての論理回路をリセットします。

ソフトウェア リセット

ソフトウェア リセットはソフトウェアからシステム リセットを発行することを可能にします。リセットはソフトウェア リセット レジスタ(SWRR)でソフトウェア リセット許可(SWRE)ビットに”1”を書くことによって生成されます。リセットはこのビットが書かれた直後に行われ、デバイスはリセット手順が完了されるまでリセットを保たれます。UPDI、TCDピン上書き設定、BOD構成設定の例外付きで、全ての論理回路がソフトウェア リセットでリセットされます。

図2-9. リセット システム概要



2.4.2. 等級B

現代の家電は大部分が電氣的に制御されます。電子制御はより高い効率、追加機能、改善された使用者体験を許します。しかし何かが不正になる場合に何が起きますか？。IEC 60730は家電に於ける電子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他の規格、例えば、IEC 60335によっても参照されます。現在、IEC 60730は欧州での家電販売に対して必須で、広範囲に渡る採用になりそうです。

IEC 60730付属書Hは家電用に以下のように3つの制御ソフトウェアの等級を定義します。

- ・ 等級A – 装備の安全性に対して信頼が意図されない機能の制御
- ・ 等級B – 家電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たコードを含むソフトウェア
- ・ 等級C – 他の保護的装置の使用なしで危険を防ぐことを意図されたコードを含むソフトウェア

等級B要件に準拠する家電について、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ようとするお客様について、MicrochipはtinyAVR® 1系統用等級Bタイプラリを提供します。このタイプラリは等級Bに準拠するのに必要とされる検査を実装し、お客様に関して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。

2.4.2.1. 等級B自己検査

FWFEBで実装されたいくつかの等級B検査は次のとおりです。

- ・ SRAM検査
- ・ CRC検査
- ・ 釦検査

SRAM検査

始動で、デバイスは内部SRAMの検査を走行します。この検査の目的はSRAMとデータバスでの動かないビットと結合障害、何れかのアドレス指定の問題を検出することです。内部SRAMはデータの揮発性記憶に使われ、これに関連するどの障害も家電制御に対する障害を起こし得ます。

CRC検査

始動で、デバイスはチェックサムを計算してこれをフラッシュメモリの最後に書かれたチェックサムと比べることによってフラッシュメモリ内容が変更されていないかを判断するためのCRC検査を走行します。CRC検査は始動後秒毎にも1回走行します。この検査の目的はそれらが起けると直ぐにフラッシュメモリでの変更を検出して潜在的な不正なフラッシュメモリ内容を実行することからデバイスを止めるための活動を取ることです。

釦検査

始動で、デバイスはそれらが押下されているか否か、FSFEB上の3つ釦を調べます。釦が押下されている場合、等級B自己検査失敗 (Class B fail) LEDがONにされます。この検査の目的は釦が壊れているか否かを判断することです。

注: 始動中に3つ全ての釦が押下されている場合、FSFEBは校正動作に移行します。

ONの等級B検査合格 (Class B pass) LEDを得るには全ての等級B自己検査が合格しなければなりません。どれかの検査が失敗の場合、等級B検査失敗 (Class B fail) LEDがONになります。

2.5. 窓ウォッチドッグ タイマ(WDT)構成

WDTリセットと他のリセット元に関する情報は「リセットレジスタの状態」で見つけることができます。

ATtiny3217のWDTは標準動作と窓動作の2つの動作形態を持ちます。FSFEBは窓動作形態を使っています。図2-10.で示されるように、窓動作を使うと、制限時間期間が閉鎖窓と解放窓の2つの部分に分けられます。閉鎖窓の間、ウォッチドッグを解消する試みはシステムリセットに帰着します。これは図2-10.で示されるように、FSFEBでの標示にも反映されます。

図2-10. 窓WDT

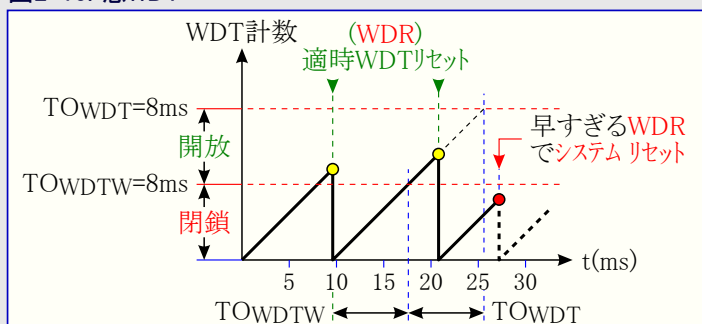
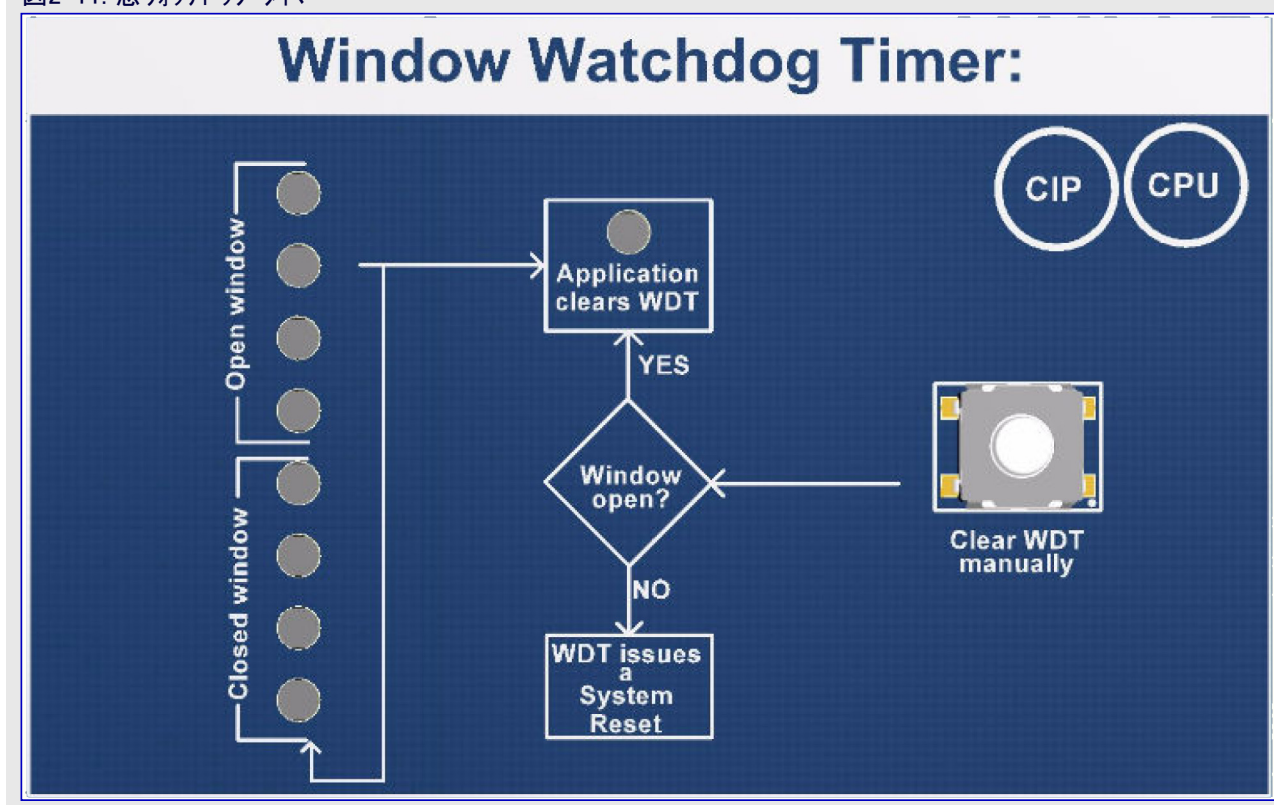


図2-11. 窓ウォッチドッグ タイマ



WDT窓動作形態は下で示されるように構成設定されます。

- ・ 制限時間期間=8.2秒
- ・ 閉鎖窓期間=4.1秒
- ・ 開放窓期間=4.1秒

RTCは秒毎に周期的割り込みを与えるように構成設定されます。これはWDTが解消された最後の時間からの秒数を計数する変数を更新するのに使われます。RTCとWDTは同じクロックで走行し、これはRTC周期的割り込みとWDT計数器増加が概ね同時に起こることを意味します。

閉鎖と解放の窓を図示するチャリ-多重化されたLEDは秒毎に1つのLEDを点灯します。計数器が開放窓内である7秒に達すると、CPUはWDT計数器を解消するWDR命令を走行します。応用コードはCPUがWDTを解消して計数が0から再開することを示すためにWDT(Application clears WDT) LEDを点滅します。応用が解放窓の内側でWDTリセットフラグを解除し続ける限り、WDTは決してデバイスをリセットしません。

手動でWDTを解消することを可能にするための釦が追加されます。これはWDTがデバイスをリセットするのを見るための目的で、使用者が閉鎖窓でデバイスをリセットすることができることを意味します。釦を使うことによって解放窓でWDTを手動で解消することも可能です。これはデバイスをリセットしません。

注: 巡回冗長検査を使ってフラッシュメモリに異常が挿入される場合、応用コードはWDT計数器の解消を停止するような方法で書かれ、WDTは8.2秒後に制限時間超過となってデバイスがリセットされます。リセット後、フラッシュメモリに挿入された異常は応用コードによって元の値に書き戻されます。より多くの詳細については巡回冗長検査部分を参照してください。

2.6. 巡回冗長検査(CRC)構成

巡回冗長検査(CRC:Cyclic Redundancy Check)はNVMからのバイトデータの流れてチェックサムを生成します。CRCSCAN周辺機能はプログラムメモリの異常を検出するのに使うことができます。

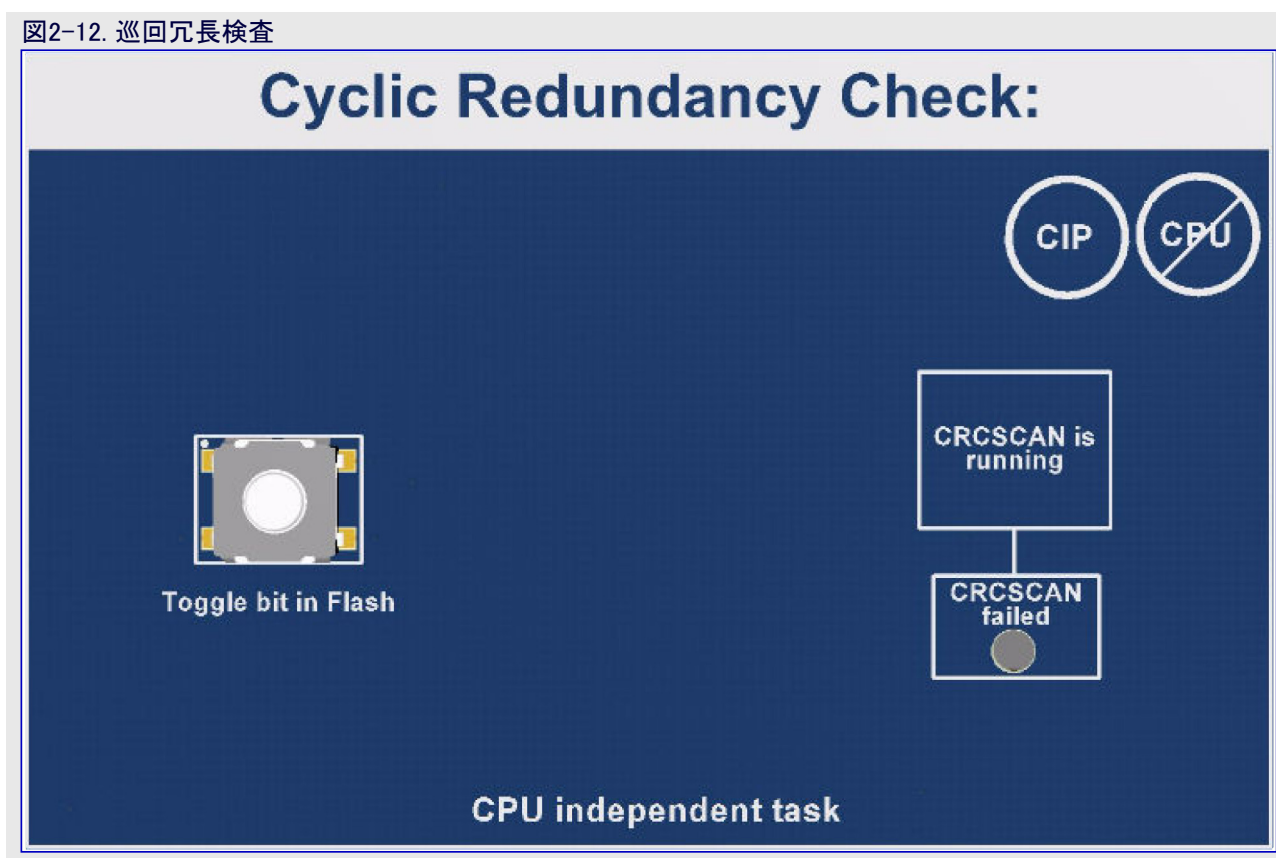
CRCSCAN周辺機能は走査のために選ばれた領域の最後に置かれた2バイトのCRCチェックサムを意図します。FSFEB企画について、これはチェックサムが計算されて(コード)イメージがデバイスに書かれる前に(コード)イメージに追加されなければならないことを意味します。これをどう行ふかの詳細については「CRCチェックサム準備」を参照してください。

CRC単位部の特徴は走査が開始されると、CRC単位部がフラッシュメモリに対するアクセスの優先権を持つことです。これはCRC単位部が終わるまでCPUが停止されることです。CRC走査が通った場合、CRCSCANの状態(STATUS)レジスタのOKビットが'1'に設定されます。走査が失敗した場合、このビットが'0'に設定されます。

応用コードではRTCが周期的割り込みを得る時毎にCRC走査が開始されます。これは毎秒に1回起きます。

CRCの機能を実演することができるように、図2-12.で示されるように、Toggle bit in Flash(フラッシュメモリのビット交互切り替え)鉤を使うことによってフラッシュメモリに異常を挿入することが可能です。鉤が押されると、CPUは定義されたCRC領域でフラッシュメモリの未使用空間に書き込みます。次のCRC走査が開始されると、CRCは異なるチェックサムを得てCRC状態レジスタのOKビットを'0'に設定します。CPUは定期的にこのビットを調べてこのビットが'0'であることを検出すると、CRCが失敗にされます。CRCSCANと等級Bの失敗(CRCSCAN failedとClass B fail)のLEDがONに切り替えられ、等級B合格(Class B pass)LEDがOFFに切り替えられ、CRC走査が失敗したことを使用者に合図するために応用鼓動(Application heartbeat)周波数が増されます。

図2-12. 巡回冗長検査



CRC走査失敗時、応用コードはもはやWDTを解消しません。これはデバイスがWDT制限時間超過の時にリセットされることを意味します。リセット後、CPUは新しい検査に対してFSFEBの準備を整えるために、CRC検査中に書かれたフラッシュメモリのアドレスに正しい値を書き戻します。

CRCは失敗が検出された時にCRC割り込みを起動する可能性を持ちます。この機能はフラッシュメモリで異常が検出された時に応用が停止されるのを確実にすることを使用者が望む場合に選ばれるべきです。この機能はFSFEBで使われません。CRC割り込みは解除することができないので、デバイスは割り込み処理部で立ち往生になります。チャーリー多重化したLEDの処理のため、CRC失敗LEDを設定することが不可能で、FSFEBは固定化されたように見えます。

一旦異常が検出されるとCRC割り込みを解除することができないことの事実は安全機能です。フラッシュメモリの何処かで有り得るフラッシュメモリ障害をCRCが検出した時に実行するコードは安全ではありません。これはコード実行からデバイスを保護するために推奨されます。

CRC動作のタイミングは次の2つの要素、システムクロックと走査される領域の大きさによって決められます。毎回の第3クロック周期でフラッシュメモリから16ビット語が読まれ、故にフラッシュメモリの領域を走査するのにかかる時間は以下のこの式によって計算することができます。

$$T_{SCAN} = \frac{B_{SCAN}}{2} / \frac{f_{CPU}}{3}$$

ここで、
 ・ T_{SCAN} は秒での領域を走査するのにかかる時間です。
 ・ B_{SCAN} はバイトでの走査する領域の大きさです。
 ・ f_{CPU} はMHzでのCPUの動作周波数です。

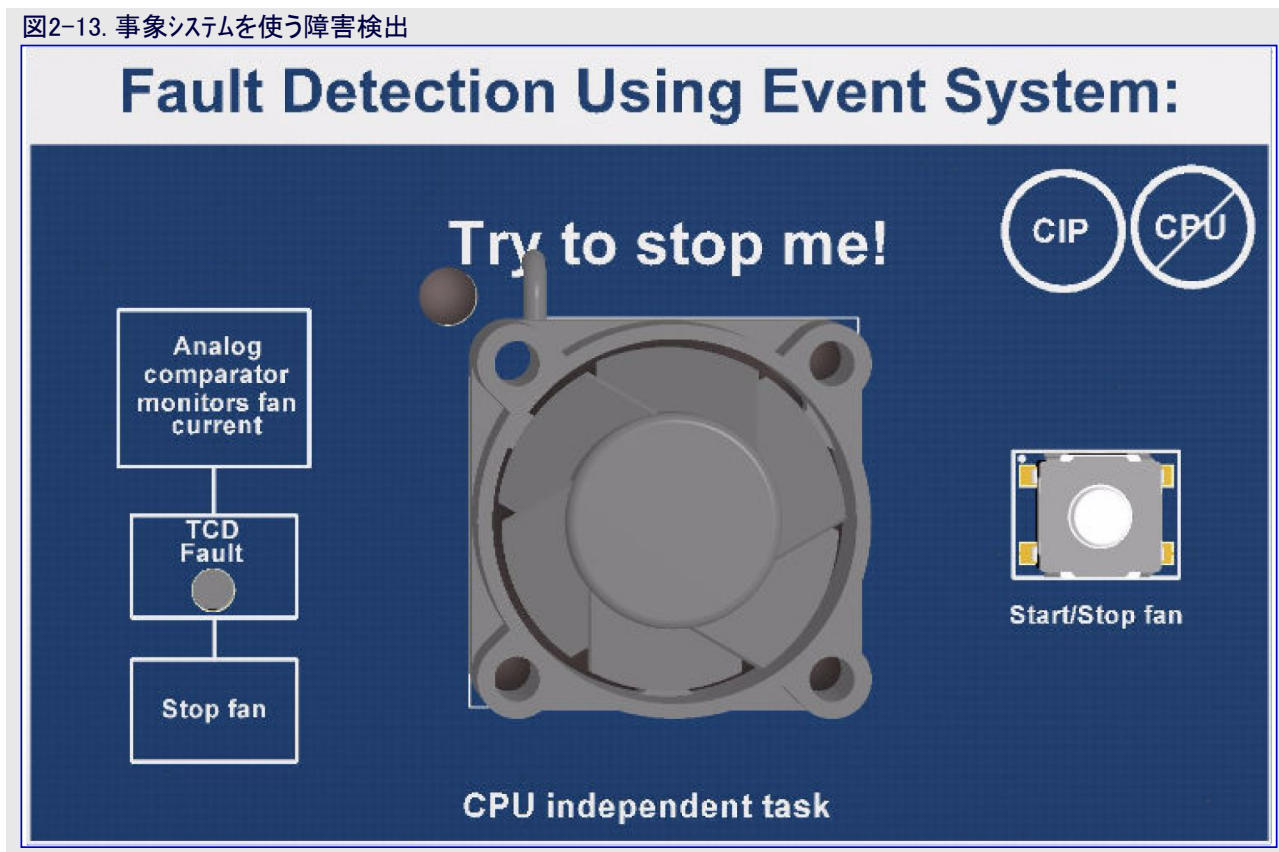
2.7. 事象システムを使う障害検出構成

事象システムを使う障害検出は送風器を駆動するTCDが障害状況から送風器をどう停止し得るかを示します。ACとDACが送風器の電流消費を監視します。電流消費が標準水準以上が検出された場合、それは障害状況と見做され、信号がTCDに送られます。この信号はCPUから独立した事象システムを使って送られます。TCDはその事象を受け取ることで送風機を自動的に停止します。

FSFEB上の送風電動機はTCDによって駆動されます。これは電動機制御実演ではなく、むしろ障害検出と自動停止の実演のため、電動機制御部は非常に簡単な方法で行われます。理想的には、それが既に基板上の速度制御器を持つため、送風電動機を給電するにはTCDからの安定したDC電圧が最良です。けれども、TCDがこれを提供することができないため、信号は非常に短いLow区間を持つPWMです。

図2-13.で示されるように、送風器は使用者が送風開始/停止(Start/Stop fan)釦を押す時に開始します。これは釦が再び押される、または送風器が障害を起動するのに十分な負荷にされるまで動きます。この考えは使用者が送風器を開始してその後に指を使って送風器に負荷を掛けるまたは停止さえも行うことができます。電流消費は設定限界を超えて増加し、ACがTCDに事象を送り、これが障害検出機能を起動して送風器を自動的に停止します。

図2-13. 事象システムを使う障害検出

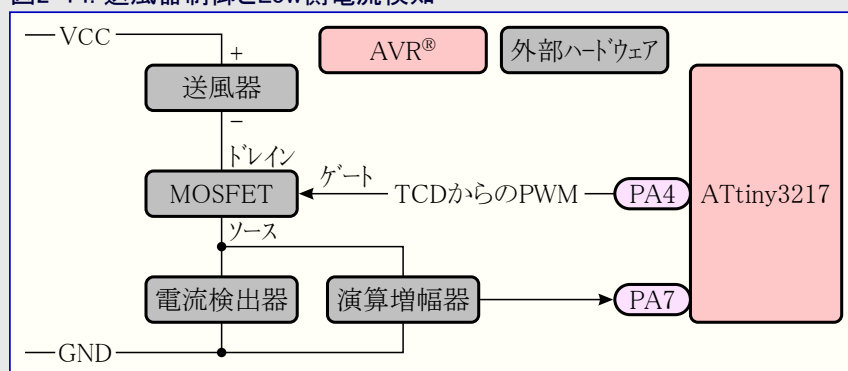


送風器電流消費を測定し得るには、送風電動機と接地に直列で小さな(値の)抵抗器が必要とされます。抵抗器を渡る電圧降下は簡単な演算増幅器回路を通して増幅されACの正入力に接続されます。この測定技法はLow側電流検知と呼ばれます。これは図2-14.で示されます。

内部DACはACの負入力に接続されてACに対する起動水準を設定するのに使われます。AC出力は更に事象システムを通してTCD0の入力Aに接続されます。送風器が開始されると、電流消費が直列抵抗器を通して測定され、電圧降下が演算増幅器を通して増幅されます。電流消費がDACによって設定した水準よりも低い場合にAC出力はLowです。送風器が負荷を掛けられると直ぐに電流消費が設定したDAC水準以上に増し、AC出力がHighになります。これがTCDへの事象を作成します。TCDはその後に送風器の駆動を停止し、使用者が送風器を再始動するまで待ちます。

電流消費は送風器が開始される時に最高で、送風器速度が増すために減ります。始動電流からのACの起動を避けるため、釦が押下された後の最初の秒でDAC値を徐々に減らすためにTCB1計時器割り込みが使われます。初回のTCB1割り込み起動で、DAC値が高く設定され、TCD0計時器が開始されます。

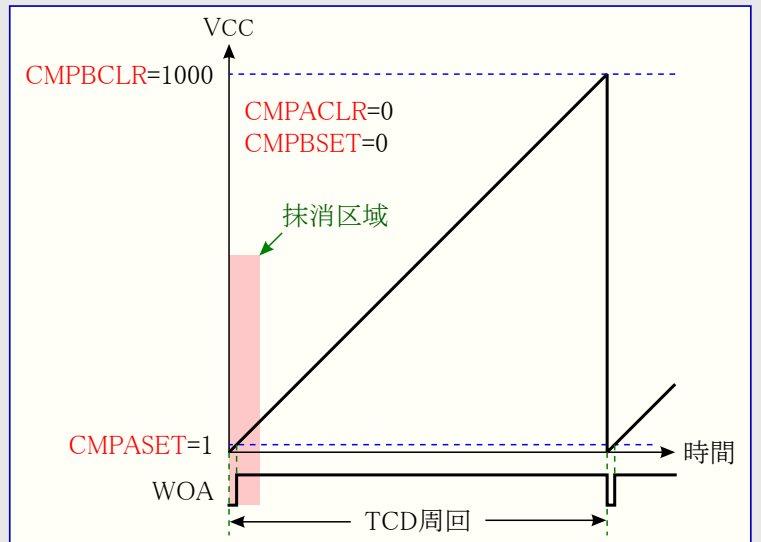
図2-14. 送風器制御とLow側電流検知



時々、TCDのPWM出力信号がLowからHighになる時に電動機のインダクタンスによって生成される電流での尖頭波形が計時器を停止する事象を生成するためのACを誤って起動するかもしれません。これを避けるため、計時器は入力抹消機能に使うように構成設定されます。計時器は選んだTCD周回で設定可能な時間の間、入力を遮蔽するように構成設定することができます。これはこの時間の期間内でそれが起きた場合に計時器がどの事象も無視することを意味します。

障害検出が起動されると、TCD障害(TCD Fault)LEDがONに切り替えられ、何かが悪いことを使用者に合図するために**応用鼓動(application heartbeat)**周波数が増されます。3秒以内に開始/停止(Start/Stop fan)釦が押されない場合、応用コードはデバイスをリセットするためにソフトウェアリセットを実行します。

図2-15. TCDタイミング



2.8. チャーリー多重化した状態LED

応用鼓動(application heartbeat)を除き、ATtiny3217に接続される全てのLEDはチャーリー多重化技法を使って更新されます。

チャーリー多重化は少ないピンだけを使って多数のLEDを駆動するのにATtiny3217の3状態論理回路能力を利用する技法です。FSFEBでは全ての単位部の状態を表示するのに多数のLEDが必要で、ATtiny3217のピンの殆どが他のことに使われるためにこの方法が選ばれました。

この技法は入出力ピンの使い方に於いて効率的ですが、デューティサイクルでの問題、電流要件、LED順方向電圧の考慮のため、大きな設定での使用を複雑にします。

共通アノードまたはカソードを持つ1組のLEDだけを予期せぬLEDのON切り替えなしに同時に点灯することができるため、チャーリー多重化は動的点灯として知られる方法を通して頻繁な出力変更を必要とします。全てのLEDを同時に点灯する訳ではありませんが、むしろ1組のLEDが一時的に点灯し、その後別の組、そして別のと、結局この周回を繰り返します。これが充分速く行われるなら、人の目の残像性のため、LEDは常にONのように見えます。

FSFEBには5つの入出力ピンだけを使ってチャーリー多重化された19個のLEDがあります。更新周波数は60Hzに設定されます。

以下の単位部のLEDがチャーリー多重化されています。

- ・リセットレジスタと等級Bの状態 (Reset Register and Class B status)
- ・窓ウォッチドッグタイマ (Window Watchdog Timer)
- ・巡回冗長検査 (Cyclic Redundancy Check)
- ・事象システムを使う障害検出 (Fault Detection Using Event System)

チャーリー多重化についてのより多くの情報は[ここ](#)で見つけることができます。

2.8.1. チャーリー多重化したLEDの構成

更新周波数はLEDの視覚的なちらつきを避けるために50Hz以上でなければなりません。これは計画性があって安定なLED更新周波数を得るためにCPUは他の作業の前にこの作業を優先するのが必要なことを意味します。これを達成するためにTCB0計時器はTCA0からのクロックを使うように構成され、60Hzの周波数で周期的な割り込みを与えるように構成設定されます。加えて、TCB0割り込みは更新を妨げるものがないことを確実にするために優先レベル1割り込みに構成設定されます。

1つの割り込みだけが同時にレベル1に構成定することができ、故に他の割り込みはレベル0にされます。これは他の割り込みの前及びデバイスが違う割り込みを処理していて多忙の場合でもこの割り込みが常に実行されることを意味します。レベル1割り込みが起動されると、進行中の割り込みは停止され、レベル1割り込みが実行されます。この割り込みが終了されると、コアは停止された割り込みを再開します。

各LEDはコードに於いてchar表で割り当てられたバイトを持ちます。優先権レベル1割り込みが起動される毎にCPUはこの表を通して走行します。各バイトは対応するLEDがONになるべき時間を表す値を持ちます。値が0の場合、このLEDがONにならないことを意味します。各単位部は現在の単位部の状態を反映するために、必要な時にこの表を更新します。

2.9. 組み込みデバッグ実装

機能安全実演器は統一プログラム/デバッグインターフェース(UPDI: Unified Program and Debug Interface)を使ってATtiny3217を書いてデバッグするのに使うことができるミニ組み込みデバッグ(mEDBG)を持ちます。mEDBGはUARTに関する仮想COMポートインターフェースも含みます。デバイスはシリアルポートまたはAtmel Studioのデータ可視器(Data Visualizer)を使って見ることができるデータを流すことができます。FSFEB上のTP29とTP30の検査点を短絡することにより、基板制御器を書くのにmEDBGを使うことが可能です。

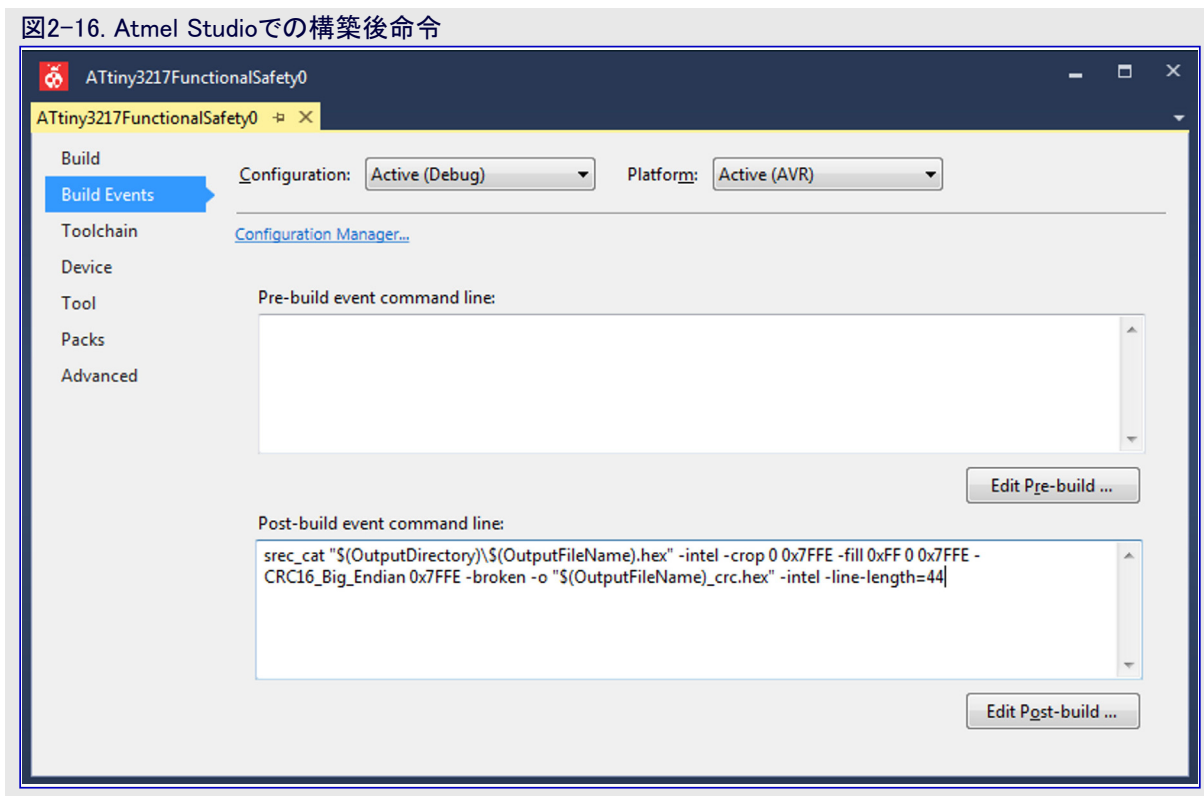
2.10. CRCチェックサム準備

CRCSCAN周辺機能は走査のために選んだ領域の最後に置かれるべき2バイトのCRCチェックサムを期待します。これは応用がデバイスに書かれる前にCRCチェックサムが計算されてフラッシュ メモリ イメージの最後に追加されるのが必要なことを意味します。

srec_inputツールはチェックサムを生成してそれをhexファイルに追加するのに使うことができます。これはプロジェクトに対して構築後命令を追加することによってAtmel Studioで行われます。最終結果は応用コードとCRCチェックサムを含むhexファイルです。このhexファイルはデバイスの大きさに合うように\$FFで埋められます。構築後命令を追加するには以下の手順を行ってください。

1. **Project**(プロジェクト)⇒<プロジェクト名> **Properties**(<プロジェクト名> プロパティ)をクリックすることによってプロジェクト プロパティを開いてください。
2. 下図で示されるように、**Build Events**(構築事象)⇒**Post-build event command line**(構築事象後命令行)下でプロジェクトへの構築後命令を追加してください。

図2-16. Atmel Studioでの構築後命令



3. **Build**(構築)⇒**Rebuild** <プロジェクト名>(<プロジェクト名>再構築)をクリックすることによってプロジェクトを再構築してください。追加する命令は次のとおりです。

```
srec_cat "$(OutputDirectory)\$(OutputFileName).hex" -intel -crop 0 0x7FFE -fill 0xFF 0 0x7FFE -CRC16_Big_Endian 0x7FFE -broken -o "$(OutputFileName)_crc.hex" -intel -line-length=44
```

注: 追加されたCRCチェックサムと共にデバイスへhexファイルを書くことに注意してください。デバイスを書くには**Device Programming**(デバイスプログラミング)ダイアログを使ってください。CRCチェックサムを持つファイルの名前は最後が**_crc.hex**です。作成中にプロジェクトの名前が無変化のままなら、ファイル名は**ATtiny3217FunctionalSafety0_crc.hex**です。

3. Atmel | STARTからのソースコード取得

コード例は画像使用者インターフェース(GUI)を通して応用コードの構成設定を許すウェブに基づくAtmel | STARTを通して利用可能です。コードは下の直接コード例リンクまたはAtmel | START先頭頁の**BROWSE EXAMPLES**(例検索)鉤經由Atmel StudioとIAR Embedded Workbench®の両方に対してダウンロードすることができます。

Atmel | STARTウェブ ページ : <http://microchip.com/start>

コード例

- ATtiny3217機能安全 (ATtiny3217 Functional Safety)
 - http://www.microchip.com/start/#example/Atmel:attiny3217_functional_safety:1.0.0::Application:ATtiny3217_Functional_Safety:

例プロジェクトについての詳細と情報に関してはAtmel | STARTで**User guide**(使用者の手引き)を押下してください。User guide鉤はAtmel | STARTプロジェクト構成設定部内の一覧画面でプロジェクト名をクリックすることにより、例閲覧部で見つけることができます。

Atmel Studio

DOWNLOAD SELECTED EXAMPLE(選んだ例をダウンロード)をクリックすることにより、Atmel | STARTで例閲覧部からAtmel Studio用**.atzip**ファイルとしてコードをダウンロードしてください。Atmel | START内からファイルをダウンロードするには、**EXPORT PROJECT**(プロジェクトをエクスポート)に続いて**DOWNLOAD PACK**(一括ダウンロード)をクリックしてください。

ダウンロードした**.atzip**ファイルをダブル クリックしてください。プロジェクトがAtmel Studio 7.0に導入されます。

IAR Embedded Workbench

IAR Embedded Workbenchでプロジェクトをインポートする方法の情報についてはAtmel | START使用者の手引きを開き、**Using Atmel Start Output in External Tools**(外部ツールでAtmel START出力を使用)と**IAR Embedded Workbench**を選んでください。Atmel | START使用者の手引きへのリンクは共に頁の右上隅に置かれたAtmel | START先頭頁から**About**(これについて)またはプロジェクト構成設定部内の**Help And Support**(手助けと支援)をクリックすることによって見つけることができます。

4. 改訂履歴

資料改訂	日付	注釈
A	2018年6月	初版資料公開

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われます。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
- ・ **全般的な技術支援** – 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われる時に、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わ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製品を使うことが必要です。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う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、CryptoAutomotive、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 2021.

本応用記述はMicrochipのAN2541応用記述(DS00002541A-2018年6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 ボストン 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 - プネー 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 - ハーネ 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 - ハットバ Tel: 39-049-7625286 オランダ - デルフト Tel: 31-416-690399 Fax: 31-416-690340 ノルウェー - トロンハイム Tel: 47-7289-7561 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 - マドリード 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 - ウォーキンガム Tel: 44-118-921-5800 Fax: 44-118-921-5820