
低電力接触設計

序説

著者: Kamalakannan Manivasagam, Microchip Technology Inc.

電力消費はどの可搬便利小物装置の設計でも依然として重要な要素です。周辺機能接触制御器(PTC:Peripheral Touch Controller)やハードウェア容量性分圧器(HCVD:Hardware Capacitive Voltage Divider)を使うMicrochip容量性接触技術はCPUの介入なしにスタンバイ休止から接触で起き上がることができる低電力接触感知器を設計する機能を提供します。HCVDは8ビットPIC®デバイスで、PTCは8ビットAVR®と32ビットSAMのデバイスで利用可能です。

この資料は低電力接触感知器の設計、各種感知器構成設定の詳細と、電力消費を最適化するための助言と策略を記述します。



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. 接触計画での電流消費	3
1.1. MCUの電流消費	3
1.2. 活動接触測定での電流消費	3
1.3. 低電力接触測定での電流消費	4
2. 低電力接触測定実装	4
2.1. 事象駆動低電力接触測定	4
2.2. ソフトウェア駆動低電力接触測定	5
3. 低電力感知器構成設定	6
3.1. 電源ONキー	6
3.2. 一括動作	6
4. 低電力測定最適化	8
5. 応用の考慮	8
6. 電流消費	9
7. STARTを使う低電力感知器構成設定	9
8. 改訂履歴	9
Microchipウェブ サイト	10
お客様への変更通知サービス	10
お客様支援	10
Microchipデバイスコード保護機能	10
法的通知	10
商標	11
DNVによって認証された品質管理システム	11
世界的な販売とサービス	12

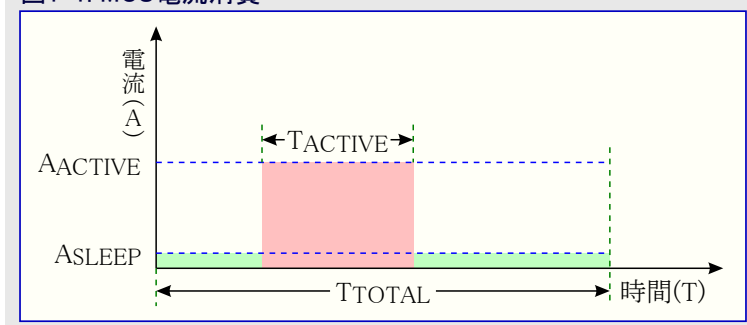
1. 接触計画での電流消費

1.1. MCUの電流消費

CPUが作業を実行して休止へ行く代表的な応用を想定してください。ここで、CPUによって消費される電流は以下に分けることができます。

- ・活動電流：CPUが活性(活動)の時にMCUによって消費される電流
- ・休止電流：CPUが休止の時にMCUによって消費される電流

図1-1. MCU電流消費



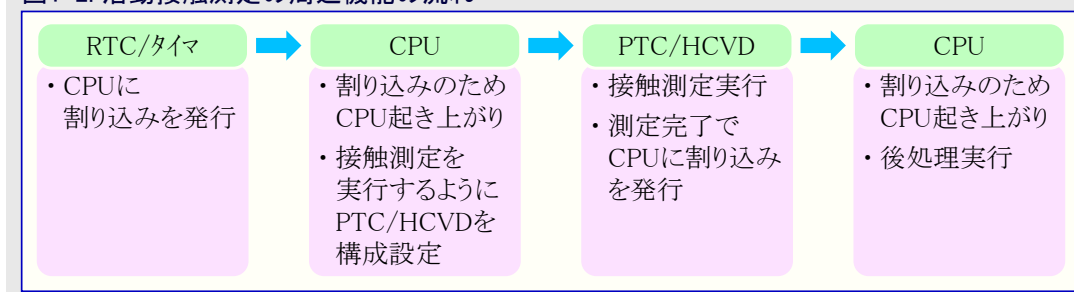
$$\text{平均電流} = \frac{A_{\text{ACTIVE}} \times T_{\text{ACTIVE}} + A_{\text{ASLEEP}} \times (T_{\text{TOTAL}} - T_{\text{ACTIVE}})}{T_{\text{TOTAL}}}$$

電流を減らすため、CPUの休止時間が増えることが求められます。換言すると、高電流を消費するMCUの周辺機能や計算部はより長い時間の期間、休止動作に置かれなければなりません。

1.2. 活動接触測定での電流消費

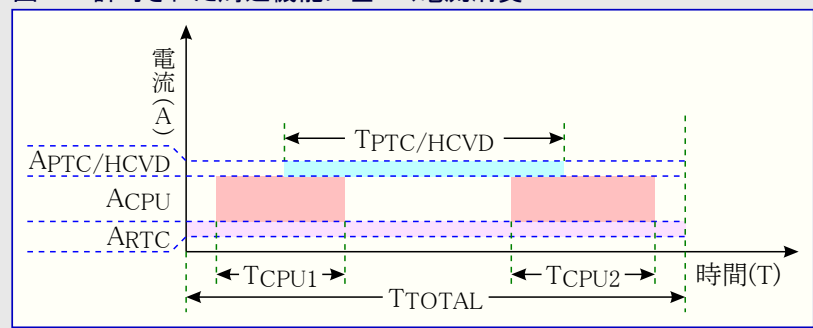
活動接触測定処理はAVR/SAMデバイスのRTCまたはPICデバイスのタイマからCPUを起こすための割り込みを送ることによって始まります。CPUはその後に下図で示されるように、接触測定を実行するために、AVR/SAMデバイスのPTCまたはPICデバイスのADC単位のHCVDを構成設定します。

図1-2. 活動接触測定の周辺機能の流れ



与えられた流れに対して電流消費は次のとおりです。

図1-3. 許可された周辺機能に基づく電流消費



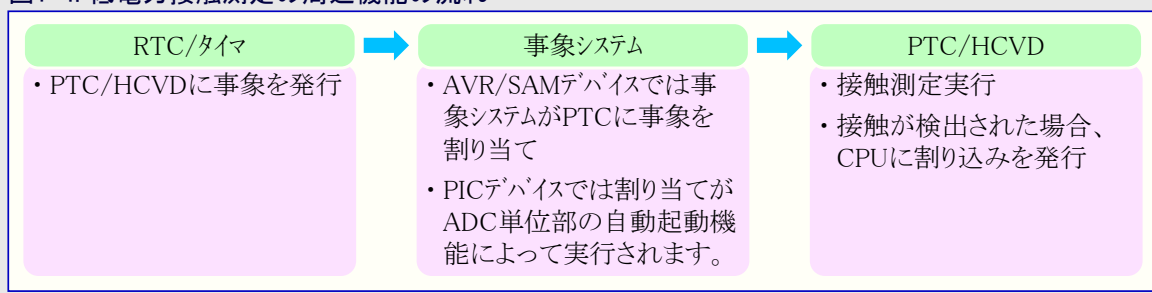
$$\text{平均電流} = \frac{A_{\text{PTC/HCVD}} \times T_{\text{PTC/HCVD}} + A_{\text{RTC}} \times T_{\text{TOTAL}} + A_{\text{CPU}} \times (T_{\text{CPU1}} - T_{\text{CPU2}})}{T_{\text{TOTAL}}}$$

ここで、CPUによって消費される電流が他の周辺機能のそれに比べて相対的に大きいです。

1.3. 低電力接触測定での電流消費

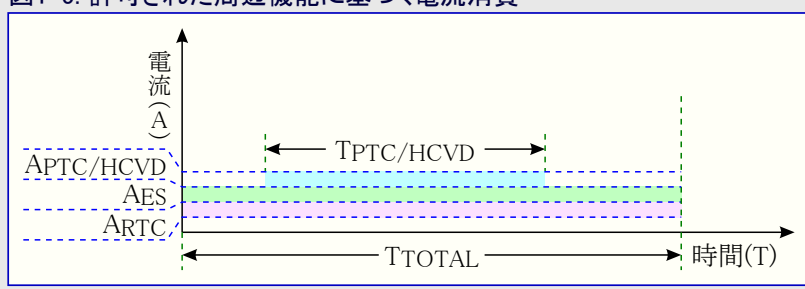
低電力接触測定は活動測定処理に対してと同じRTC/タイマから始まりますが、CPUを経て行われる制御に代わり、AVR/SAMデバイスに対しては事象システム、PICデバイスに対してはADC単位の自動起動機能によって処理され、最後にPTC/HCVDによって接触測定が実行されます(下図をご覧ください)。

図1-4. 低電力接触測定の周辺機能の流れ



与えられた流れに対して電流消費は次のとおりです。

図1-5. 許可された周辺機能に基づく電流消費



$$\text{平均電流} = \frac{A_{\text{PTC/HCVD}} \times T_{\text{PTC/HCVD}} + A_{\text{ARTC}} \times T_{\text{TOTAL}} + A_{\text{AES}} \times T_{\text{TOTAL}}}{T_{\text{TOTAL}}}$$

ここで、事象システムによって消費される電流はCPUのそれと比べてより低く、従って平均電流も同様により低くなります。

重要: 事象システムによって消費される電流は一定でデバイス動作全体を通して電流を消費します。CPUはより短い時間の間に活動するため、CPUの平均電流が事象システムの平均電流よりも低い場合があります。これは低電力測定間隔がより長い(64ms)時のATtiny81x、ATtiny161x、ATtiny321xのデバイスで起こります。低電力間隔がより長い時は、事象システムに基づく測定のそれと比べて(許可された1つだけの感知器での)標準(活動)測定を使う方がより良くなります。

2. 低電力接触測定実装

「1. 接触計画での電流消費」で見られるように、平均電流消費は事象システムとCPUに基づく測定間で変わります。

2つの形式の低電力測定が利用可能です。

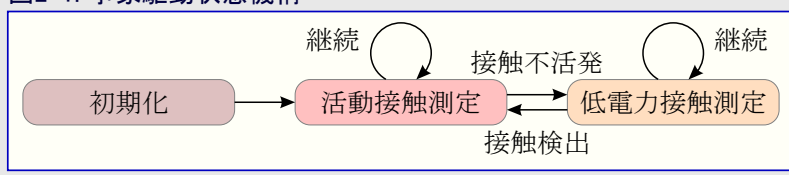
- ・ 事象駆動低電力接触測定
- ・ ソフトウェア駆動低電力接触測定

2.1. 事象駆動低電力接触測定

事象駆動低電力接触測定は事象システム経由で実行されます。不活性期間の間、接触が検出されない時に低電力接触測定が開始されます。

低電力接触測定の間、事象システムはRTCからPTCへ起動元を送ります。図2-1.で示されるように、接触が検出されると、PTCはCPUを起すために割り込みを発行します。同じ原理がHCVD付きADCを持つPICデバイスにも適用できます。タイマがHCVDを自動起動して接触検出でCPUを起こします。

図2-1. 事象駆動状態機構



活動測定の間、PTC/HCVDは順次、複数チャネルで接触測定を実行します。接触チャネルを構成設定するのと前の接触結果を取得するためにCPUが必要とされます。また、ライブラリは環境(例えば、温度や湿度など)での変化のために容量性の変化の経緯を保つため、測定したデータでの変動算法を提供します。CPUはこの算法を走らせるのに必要とされます。

事象システム測定でCPUが呼び出されないため、複数チャンネルと変動の構成設定が不可能です。変動問題を克服するため、事象駆動接触測定の状態機構は低電力測定に一時的に割り込む活動測定を受け入れるように変更されます(図2-2をご覧ください)。

低電力測定の間、計時器は最低2秒の間隔またはもっと割り込みを起動するように構成設定されます。この割り込み発生時、CPUが休止から起き上がって活動測定を実行します。活動測定完了後、後処理(必要とされるならば変動処理も)実行され、低電力測定が再開されます。

図2-2. (変動処理で)変更された事象駆動状態機構

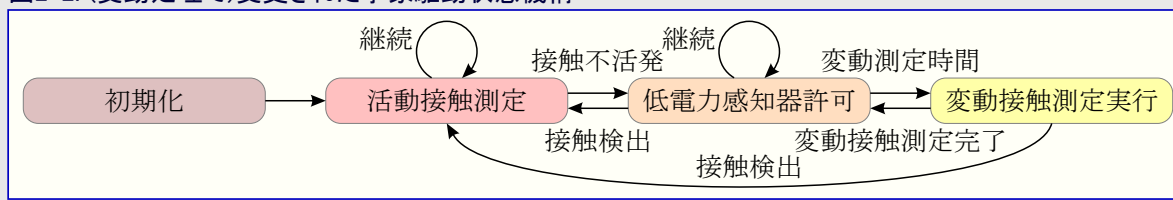
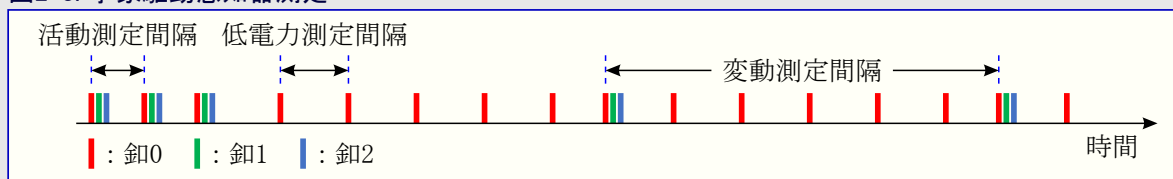


図2-3.は(変動と共に)事象駆動測定の間で採取がどう起こるかを提示します。

図2-3. 事象駆動感知器測定



活動動作の間、短い間隔で3つの感知器が走査されます。低電力動作では1つの感知器だけが走査されますが、より長い間隔です。1つのチャンネルの低電力測定に加えて、変動間隔毎に1つの活動測定が実行されます。

重要: 平均電流消費を減らすため、変動測定走査間隔は低電力測定の操作間隔よりも長く設定されるべきです。変動処理を実行するための度重なる起き上がり(2秒未満)は多くの応用に対して必要とされません。

2.2. ソフトウェア駆動低電力接触測定

ソフトウェア駆動低電力接触測定はCPUによって開始されます。或る時間の期間に接触が検出されない場合、低電力測定が開始されます。これらの低電力測定の間、各低電力節点はラウンドロビン法で構成設定されます。1つの節点が測定される時に他の全ての節点が禁止されます。また、それらの測定は節電のために活動測定よりも長い間隔で実行されます。

図2-4. ソフトウェア駆動状態機構

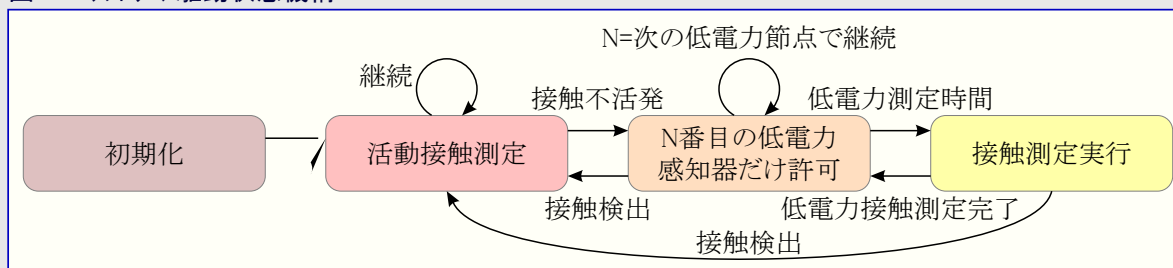
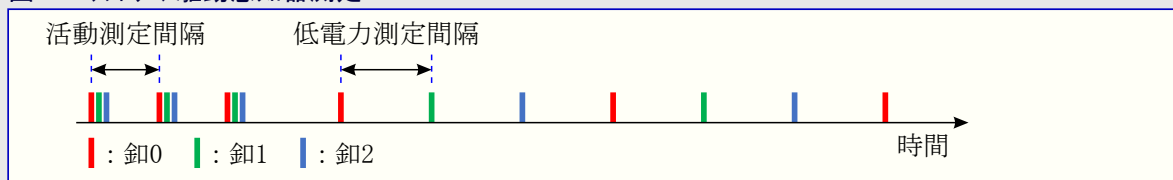


図2-5.は(変動と共に)ソフトウェア駆動測定の間で採取がどう起こるかを提示します。

図2-5. ソフトウェア駆動感知器測定

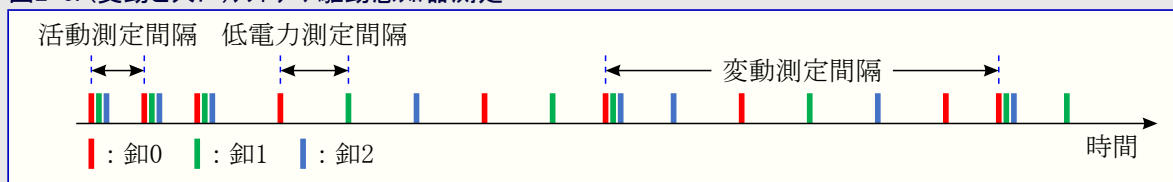


活動動作の間、3つの感知器は短い間隔で走査されます。低電力動作では1つの感知器だけが走査されていますが、より長い間隔です。接触測定でCPUが呼び出されないため、変動処理測定を実行するのに特別な注意は必要とされません。

全ての節点を低電力節点として構成設定することが可能です。けれども、低電力節点として構成設定された節点数と低電力測定間隔が各節点間の測定間隔を決めます。例えば、低電力測定間隔が100msで、低電力節点として5つの低電力感知器構成設定される場合、各節点は500ms毎に走査されます。

ソフトウェア駆動動作では少数の感知器だけが低電力感知器として構成設定される可能性があります。この状況の間、次図で示されるように、変動処理は事象駆動動作と同様に実行されます。

図2-6. (変動と共に)ソフトウェア駆動感知器測定



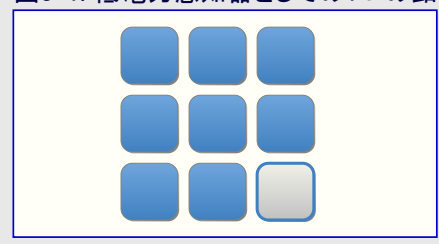
3. 低電力感知器構成設定

どの感知器も低電力感知器として構成設定することができます。以下の副項は低電力感知器用の代表的な応用の筋書きを網羅しません。

3.1. 電源ONキー

これは低電力感知器実装に対する最も基本的な構成設定です。接触操作面で利用可能な全てのうちの1つのキーが低電力感知器として構成設定されます。これは接触操作面全体に対する電源ONキーとして働きます。

図3-1. 低電力感知器としての1つの鉞



3.2. 一括動作

PTCは単一感知部を形成するのに複数のY線(自己容量)または複数のXとYの線(相互容量)の組み合わせを許す一括動作構成設定が特徴です。この機能は複数の物理的に感知器を組み合わせ一括感知部とよばれる単一の感知部としてそれらを構成設定することを許します。

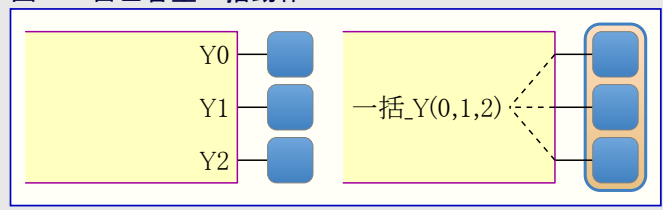
一括動作の使用は電力消費と応用時間を改善します。多数のキーを持つ応用では感知器が複数の一括感知部を形成するように群で配列することができます。走査は一括感知部でだけ実行されます。一括感知部の1つが接触検出を示すと、実際にどのキーが接触されたかを判断するために、その一括感知部内のキーだけが個別に測定され、従って全てのキーを操作するのにかかる周回数に比べてより少ない測定周回した必要とされないため、システムの効率を改善します。

重要: PTCは扱うことができる総感知器容量に制限を持ちます。感知器容量が許容限度を超える場合、測定が飽和しておそらく感知器は意図するように動かないでしょう。一般的に、以下K津感知器容量は個別鉞容量の合計に近いでしょう。従って、多数の鉞の一括化はおそらく飽和に帰着するでしょう。使用者は最適な一括構成設定を見つけるために各種の組み合わせを試みる必要があります。

3.2.1. 自己容量での一括感知部

自己容量設計では一括感知部を形成するために共に組み合わせられるY線を構成設定する必要があります。この例では1つの一括感知部を作成するためにシステムに於いて3つのY線が組み合わせられます。

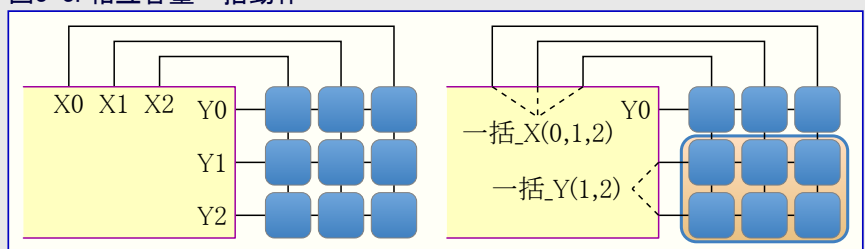
図3-2. 自己容量一括動作



3.2.2. 相互容量での一括感知部

相互容量設計では一括感知部を形成するために共に組み合わせられるX線とY線を構成設定する必要があります。この例ではシステムが3つのX線と3つのY線を持ちますが、1つの一括感知部を作成するために3つのX線と2つのY線だけが組み合わせられます。

図3-3. 相互容量一括動作



3.2.3. 全キーが共に一括

PTCでの一括動作構成設定は複数感知器を1つとして組み合わせることを許します。この機能を使うことにより、大きな感知部を形成するために全ての感知器電極を共に組み合わせることができます。この一括感知部は低電力感知器として構成設定することができます。操作面でのどのキーの接触もデバイスを起こします。

接触測定は図3-5で示されるように起こります。活動動作の間の一括感知部の測定は任意選択です。活動動作の間一括感知部が測定されない場合、それは低電力感知器として、構成設定される前に正しく校正されるべきです。

図3-4. 全釘一括で低電力感知器として構成設定

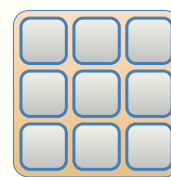
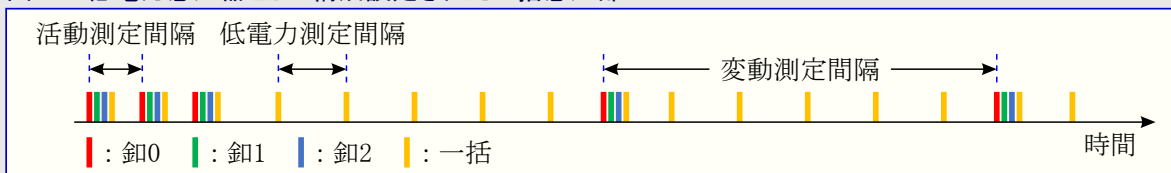


図3-5. 低電力感知器として構成設定された一括感知部



3.2.4. いくつかのキーが共に一括

全キーが1つの一括感知部として構成設定される代わりに、いくつかのキーだけを一括感知部として構成設定することができます。これは少数の感知器のために接触操作面での起こし領域の制限を許します。

図3-6. 独自キー群一括で低電力感知器として構成設定



3.2.5. 一括キーの群

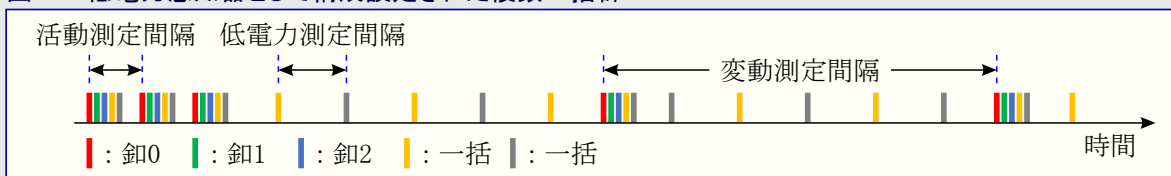
全キーが1つの一括感知部として構成設定される代わりに、複数の一括感知部を構成設定することができます。一括にされた感知部容量の制限を許し、複数キーの接触も許します。これはソフトウェア接触測定でだけ可能です。

図3-8で示されるように、複数の一括を使って飽和を避けて低電力測定を実行するために複数の一括感知部を形成することが可能です。

図3-7. 群として一括にされる複数釘で低電力感知器として構成設定



図3-8. 低電力感知器として構成設定された複数一括群



3.2.6. 低電力感知器としての摺動子と輪

低電力感知器構成設定は1つのXとYのチャネルの使用だけを許します。従って、原理的にはそれらが複数感知部で構成されるため、摺動子や輪は低電力感知器として構成設定することができません。けれども、摺動子や輪の全チャネルを単一の一括感知部として構成設定することができ、その後にこれを低電力感知器として構成設定することができます。

4. 低電力測定最適化

表4-1. ソフトウェア駆動または事象駆動

項目	事象駆動が使われるべきか?	ソフトウェア駆動が使われるべきか?
短い低電力間隔?	○	×
複数感知器測定	×	○
ATtinyで64msよりも長い低電力測定間隔?	×	○

表4-2. 低電力測定に影響を及ぼすパラメータの最適化

パラメータ	説明
QTM_LOWPOWER_TRIGGER_PERIOD	低電力測定間隔 ・より大きな間隔はより小さな電力消費 ・より大きな間隔はより遅い応答に帰着します。
DEF_TOUCH_TIMEOUT	接触不活性時間 ・この時間は活動動作から低電力動作に切り替える待ち時間を定義します。
DEF_TOUCH_DRIFT_PERIOD_MS	変動測定間隔 ・より大きな間隔はより小さな電力消費 ・より大きな間隔は環境状況の変化が起きる頻度が低い場所で使うことができます。

5. 応用の考慮

例えMCUを完了する前でも、計画の初期状態の間に低電力要件を考慮に入れることが推奨されます。表5-1.で記述されるように、低電力測定に影響を及ぼす様々な要素があります。

表5-1. 低電力測定に影響を及ぼすかもしれない要素

要素	電流消費に及ぼす影響
MCU	伝統的なMCUではCPUと周辺機能用のクロックは共用されます。MCUはデバイスだけでなく周辺機能のクロックも制御する任意選択を提供します。高度なMCUは各周辺機能用のクロックを制御する任意選択と、CPUと周辺機能に対して独立したクロックを提供する任意選択を提供します。 電流消費が重要な要件の場合、使用者は周辺機能レベルでクロックを最適化することができるものを選ぶかもしれません。
動作電圧	より高い電圧はもっと電流を消費し、その逆もです。故に、低電力なものを達成するために可能な最低電圧でデバイスを動かしてください。
クロック周波数	CPUと周辺機能に対してより高いクロック周波数を使うと、もっと電流を消費します。可能な最低クロック周波数でCPUを動かすのは理想的ではありません。これはコード実行時間と結果として(接触応用に対する)後処理時間を増します。従って、最適なクロック周波数は低電力を達成するように選ばなければなりません。
未使用周辺機能	未使用周辺機能を低電力動作に構成設定してください。可能なら、(それらが休止中に活動する必要がなければ)休止へ行く前に周辺機能用のクロックを禁止してください。高度なMCUは休止中に周辺機能用のクロックを自動的に禁止する任意選択を提供します。
未使用ピン	ハードウェアで未使用ピンには何も接続しはなりません。GNDやプルアップ抵抗への接続はその経路を通して漏れを引き起こし得ます。ハードウェアで何も接続されない場合、ファームウェアで未使用ピンをLow出力として構成設定してください。
デバッグ情報	デバッグ情報はかなりの時間の量の間、CPUと周辺機能を活動に保ちます。必要とされない時にデバッグ情報を禁止してください。

6. 電流消費

表6-1. ATtiny3217電力数値

1キ- / 3.3V / CPU @ 8MHz / PTC @ 4MHz / CSD=4、 変動起き上がり=2秒、駆動遮蔽=禁止			
低電力走査速度 (ms)	濾波水準		
	× 4	× 16	× 64
256	1.9	3.64	11.9
128	2.46	5.56	20.6
64	3.65	7.48	44.5
32	6.02	16.2	74.5
16	10.6	30.5	167.2
4	37.8	114.9	573

表6-2. SAML10電力数値

1キ- / 3.3V / CPU @ 12MHz / PTC @ 4MHz / CSD=4、 変動起き上がり=2秒、駆動遮蔽=禁止	
低電力走査速度 (ms)	濾波水準
	× 16
256	2.373
128	2.983
64	4.063
32	5.96
16	9.59
8	16.8

7. STARTを使う低電力感知器構成設定

低電力感知器構成設定での手助けは以下のリンクを参照してください。

- <http://www.microchipdeveloper.com>

8. 改訂履歴

資料改訂	日付	注釈
A	2018年10月	初版資料公開。Microchip DS00002812AはAtmel 42441A(AT12405-042015)を置き換え

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
- **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
- **Microchip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、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。

© 2019年、Microchip Technology Incorporated、米国印刷、不許複製

AMBA、Arm、Arm7、Arm7TDMI、Arm9、Arm11、Artisan、big.LITTLE、Cordio、CoreLink、CoreSight、Cortex、DesignStart、DynamIQ、Jazelle、Keil、Mali、Mbed、Mbed Enabled、NEON、POP、RealView、SecurCore、Socrates、Thumb、TrustZone、ULINK、ULINK 2、ULINK-ME、ULINK-PLUS、ULINKpro、µVision、Versatileは米国及び他の国に於けるArm Limited(またはその子会社)の商標または登録商標です。

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、オレゴン州クラッシュ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AN2812応用記述(DS00002812B-2019年2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。



MICROCHIP

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	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 - 香港特别行政区 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
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			