

tinyAVR® 2系を使う低電力、費用効率的なPIR動き検出

要点

- ・12ビットADC、差動測定
- ・1024採取までのADC採取累積
- ・16倍利得まで設定可能な利得増幅器(PGA:Programmable Gain Amplifier)
- ・組み込みPGA付きADCを使う信号増幅、過採取、分析
- ・集中動作を使うハートウェア平均
- ・周期的割り込み計時器(PIT:Periodic Interrupt Timer)を使う事象システムを通して起動されるADC
- ・代表的な受動赤外線(PIR:Passive Infra-Red)解決策に比べて減った材料(BOM:Bill Of Materkial)費用
- ・ Microchipデータ可視器(Data Visualizer)とデータ流し規約を使うデータ可視化
- ・Microchipデータ可視器とPowerデバッカを使う消費電力可視化

序説

著者: Kjetil Kirkholt, Microchip Technology Inc.

この応用記述はtinyAVR[®]2系マイクロコントローラのPGA付き12ビット差動ADCの使い方と最小の消費電流を保つと同時に 受動赤外線(PIR)感知器を使って測定を収集する方法を記述します。

この応用例ではPIR感知器からの信号が増幅、過採取、デジタル濾波され、そして動きが起きたかを判断するために分析されます。動きが検出された時を示すにのATtiny1627 Curiosity Nano (DM080104)基板状のLED0が使われます。 測定したデータはシリアル端末へ送られ、データ可視器(Data Visualizer)応用またはAtmel Studio用プラグインで図解することができます。

PIR感知器からの出力信号水準は一般的に非常に小さく、1mV未満です。動きを検出して偽の検出を避けるため、信号はADCによって採取される前に増幅されることが必要です。代表的なPIR解決策では、これが高利得を持ついくつかの演算増幅器(OP amp)段を使って達成されます。この応用例では、外部演算増幅器が使われず、信号の増幅は内部PGAを使うことによって純粋にマイクロコントローラ(MCU)の内側で行われます。ADCは構成設定可能な変換結果数が自動的に単一ADC結果へ累積される(採取累積)、集中での採取を支援します。応用例は16採取を累積し、これは12ビットADCの分解能を2ビット増します。必要とされるなら、17ビットのADC結果に帰着する、最大1024回まで信号を過採取して5つの追加ビットを得ることが可能です。

過採取のより多くの情報は「tinyAVR[®] 0と1系及びmegaAVR[®] 0系でのADC過採取」応用記述で見つけることができます。

実演目的についてはATtiny1627 Curiosity Nano基板、Click boards™用Curiosity Nano Base、変更されたMIKROE-3339 PIR CLick boards™が使われます。

この応用記述で記述される結果を複製するためのコード例はAtmel STARTで入手可能です。

- ・tinyAVR 2系ADCでのPIR感知器 (PIR sensor with tinyAVR 2-series ADC)
- start.atmel.com/#example/Atmel%3AApplication_AVR_Examples%3A1.0.0%3A%3AApplication%3APIR_Motion_Det ection%3A

(Atmel STARTを使わない)素のコード例はGitHubで入手可能です。



GitHubでコード例を見てください。 貯蔵庫を閲覧するにはクリックしてください。

応用についてより多くの情報は「実演操作」と「コート、実装」の部分で記述されます。 ADC性能と全般的な構成設定の付加的詳細はデバイスのデータシートで利用可能です。

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

要点 1 席説 1 1. 構成回 3 2. PIR感知器原理 3 3. 実演操作 4 3.1. IXIX ####W104 3.1. IXIX ###W104 3.1. IXIX ##W104 3.1. Clickboards*gg 5 3.2. 1. Clickboards*gg 5 3.1. Clickboards*gg 5 3.2. 1. Clickboards*gg 5 3.3. n-i*j027## 8 3.4. J/hD27##m要# 8 3.5. Ø是行 8 4.1. MOUと周辺機能の構成設定 9 4.2. 流れ図 9 4.1. MOUと周辺機能の構成設定 9 4.2. 流れ図 9 4.3. ##@gbftclick###################################												
序説 1 1. 構成図 3 2. PIR&知識原理 3 3. 実演操作 4 3.1. PIR応用の採取、濾波、検出の構成設定、独自化、調整 4 3.1.1. 試料採取ハラノータ 4 3.1.2. 滤波と検出の算法のハラノータ 4 3.1.3. デハッグ (ソク-フェス ハラノータ 4 3.2.1. Click boards ^w 変更 5 3.2.1. MPLAB® Mndm [*] 7710 [*] ジョレータを使う遮波器ショレーション 7 3.3. ハードウェア準備 8 3.4. ソフトウェア準備 8 3.5. 例定行 8 3.6. Nードの正規構成設定 9 4.1. MCUと周辺機能の構成設定 9 4.1. MCUと周辺機能の構成設定 9 4.2. 流れ図 9 4.3. タイジク図 10 4.4.1. 周辺機能初期化 10 4.4.2. 生コート 11 4.3. 準備動作と遮波部作成 12 4.4.3. 学校の資産 13 4.4.4. 平均遮波部算所 13 4.5. 動き調査 13 4.6. ADC結果準備可能り込みルーチン 13 5. 要約 13 6. データ可視器での図表作図 14 7. 消費電力 16 7. 小調費電力 16 7. 消費電力 18 10. 改訂履程<	要点	h										•• 1
1. 構成四 3 2. PIR感知器原理 3 3.1. PIR応用の採取、違波、検出の構成設定、独自化、調整 4 3.1. I 試料異知いうナ 4 3.1. I 試料異知いうナ 4 3.1. Z 違波と検出の算法のパラナ 5 3.2.1. Click boards"変更 5 3.2.1. MPLAB" Mmdi*7700 ½ 2 μ-9 差 使う違波器ジェレーシン 7 3.3. パードウェブ事前要件 8 3.4. ワントプェブ事前要件 8 3.5. 例 先行 8 4. Yース コート 概要 9 4.1. MCUB離の構成設定 9 4.1. MCUB離の構成設定 9 4.2. 流れ図 10 4.3. 94%の「図 10 4.4. コード要要 10 4.4. コード要は御作と違波部で無 10 4.4. コード要は御作と認波部更新 12 4.4. コード 10 4.4. コード 10 4.4. コード 10 4.4. コード 10	序記	兑・・・	• • • • • • •	•••••	• • • • • • • • • • •	•••••	• • • • • • • • • •	•••••	•••••		• • • • • • • •	•• 1
2. PIR感知器原理 3 3. 実演操作・ 4 3.1. PIR応用の採取、濾波、検出の構成設定、独自化、調整 4 3.1.1. 試判採取ハラン-9 4 3.1.2. 施波と検出の第よのハラン-9 4 3.1.3. テ バyヷ イン9-フx-ス バラン-9 4 3.1.4. Cikeboards*호更 5 3.2.1.1. MPLAB* Mind**7710* シュュレーダを使う濾波器ジュレージョン 78 3.3. ハードウェア準備 8 3.4. ソフトウェア準備 8 3.5. 例走行 8 3.6. パークローズ概要 9 4.1. MCUと周辺機能の構成設定 9 4.2. 読れ図 9 4.3. 9 10 4.4.1. 周辺機能初期化 10 4.4.2. 生シード 11 4.4.3. ##益動作と造成部年成 12 4.4.4. 平均滤波部更新 12 4.4.5. 動き調査 13 4.4.6. ADC結果準備可割り込みルーチン 13 4.5. 夢さ調査 15 7.1. 消費電力 16 7.	1.	構成	🗵 • • • •	• • • • • • • • • • •	• • • • • • • • • • •	• • • • • • • • • •	• • • • • • • • • •	•••••	•••••		• • • • • • • •	•• 3
3. 実演操作 4 3.1. PIR応用の採取、滤波、検出の構成設定、独自化、調整 4 3.1.1. 試料採取ハラノー 4 3.1.2. 滤波と検出の算法のハラノー 4 3.1.3. ボルジ インゲーフス・ハラノー 4 3.1.1. MPLAB [®] Mindl*7710 ⁷ ジュレージを使う滤波器ジュレージョン 5 3.2.1. Click boards*変更 5 3.2.1. MPLAB [®] Mindl*7710 ⁷ ジュレージを使う滤波器ジュレージョン 7 3.3. ハードウェア準備 8 3.4. ソントウェア事前要件 8 3.5. 例走行 8 4. ソース コード概要 9 4.1. MCUと局辺鏡能の構成設定 9 4.1. MCUと局辺鏡能の構成設定 9 4.1. MCUと局辺鏡能の構成設定 9 4.2. 流れ図 9 4.3. タイシグ図 10 4.4. コード実装 10 4.4. コード実装 10 4.4. コード実装 11 4.4. キリニングロ 12 4.4. キリニングロ 12 4.4. キリニングロ 12 4.4. キリニングロ 12 4.4. AU 11 4.4. キリニングロ 12 4.4. キリニングロ 12 4.4. キリニングロ 13 5. 要的 13 6. データ可視器での回り込みルーデン 13 <th>2.</th> <th>PIR愿</th> <th>感知器原</th> <th>夏理・・・・・・</th> <th>• • • • • • • • • • •</th> <th>•••••</th> <th>• • • • • • • • • •</th> <th>•••••</th> <th>•••••</th> <th></th> <th>• • • • • • • •</th> <th>•• 3</th>	2.	PIR愿	感知器原	夏理・・・・・・	• • • • • • • • • • •	•••••	• • • • • • • • • •	•••••	•••••		• • • • • • • •	•• 3
3.1. PIR応用の採取、滤法、検出の構成設定、独自化、調整 4 3.1.1. 試料採取いう>- 4 3.1.2. 流波と検出の算法のハラ>-> 4 3.1.3. テ ハンワ゚ イン>-u=x.ハラメ-> 4 3.1.4. テ ハンワ゚ イy>-u=x.nラメ-> 4 3.1.5. fi ハンワ゚ (y>-u=x.nラメ-> 5 3.1.6. Click boardsr 変更 5 3.2.1.1. MPLAB® Mindi"77D0' シュュレーダを使う滤波器シュレーション 7 3.3. n=f ウ ュr ๕ 備 8 3.4. YJ-ウ ュr 事前要 # 8 3.5. 例是行 8 4.1. MCUと周辺機能の構成設定 9 4.1. MCUと周辺機能の構成設定 9 4.1. MCUと周辺機能の構成設定 9 4.2. 流れ図 9 4.3. ダイジク図 10 4.4.1. 周辺機能初期化 10 4.4.2. ± ュ=t 11 4.4.3. 準備動作と進波部作成 12 4.4.4. 平均違求部更新 13 4.4.5. 動き調査 13 4.4.6. ADC結果準備可割り込みルーデン 13 5. 要素 13 4.4.6. ADC結果準備可割り込みルーデン 13 5. 要素 13 6. データ可視器をのの図表作図 14 7.1. 消費電力 15 8. Atmel STARTからのコード例取得 16 8. Atmel STARTからのコード例取得 <td< th=""><th>3.</th><th>実演</th><th>操作・</th><th></th><th>• • • • • • • • • • •</th><th>• • • • • • • • • •</th><th>•••••</th><th>•••••</th><th>• • • • • • • • •</th><th>• • • • • • • • • •</th><th>• • • • • • • •</th><th>•• 4</th></td<>	3.	実演	操作・		• • • • • • • • • • •	• • • • • • • • • •	•••••	•••••	• • • • • • • • •	• • • • • • • • • •	• • • • • • • •	•• 4
3.1.1. 試料採取ハラノータ 4 3.1.2. 違波と検出の第点のハラノータ 4 3.2. ハードウェア事前更伴 5 3.2.1. Click boards"変更 5 3.2.1.1. MPLAB [®] Mindi"T7H0' ジュレータを使う違波器ジュレーション 7 3.3. ハードウェア準備 8 3.4. ソフトウェア事前更伴 8 3.5. 例走行 8 3.5. 例走行 8 4.1. MOUと周辺機能の構成設定 9 4.2. 流れ図 9 4.3. ダイニン 9 4.4.1. 周辺機能初期化 10 4.4.2. 二カード要要 10 4.4.3. 単備動作化 10 4.4.3. 単備動作化 10 4.4.4. 即均濾波部更新 12 4.4.5. 動を調査 13 4.4.6. AOCは農業準備可割り込みルーチン 13 4.4.6. AOCは農業準備可割り込みルーチン 13 4.4.6. AOCは農業準備可割り込みルーチン 13 5. 要約 15 7.1. 消費電力作回 16 7.1. 消費電力 16 7. 消		3.1.	PIR応	用の採取、濾	波、検出の構	成設定、独	自化、調整	•••••	•••••	• • • • • • • • • • •	• • • • • • • • •	•• 4
3.1.2. 違波と検出の身法のハッシッ 4 3.1.2. 違次と検出の身法のハッシッ 4 3.2. ハードウェア事前要件 5 3.2.1. Click boards **変更 5 3.2.1.1. MELA® Mind***7+ログ ジェレータを使う違波器ジェレーション 7 3.3. ハードウェア準備 8 3.4. ソフトウェア事前要件 8 3.5. 例走行 8 4. ソースコード概要 9 4.1. MCUと周辺機能の構成設定 9 4.2. 流れ図 9 4.3. タイミング図 10 4.4. コード実装 10 4.4. ユード実装 10 4.4. ユード実装 10 4.4. キャち違波部空新 12 4.4. キャち違波部の新した 12 4.4. キャち違波部の新した 12 4.4. キャち違波部の新した 12 4.4. ADC結果準備可割り込みルーチン 13 5. 要約 13 6. デーク可視器での図表作図 14 7. 消費電力作図 15 9. GitHubからのコード例取得 17 9. GitHubからのコード例取得 17 9. GitHubからのコード例取得 18 10. 改訂履歴・ 19 製品蔵取りシステム 19 製品酸変更通知サービス 19 約 19 製品酸剤			3.1.1.	試料採取パラ	x—9 · · · · · · ·	·····	•••••	•••••	•••••	• • • • • • • • • • • • •	•••••	••• 4
3.1.3 1/97/17/2012-X/N/27 3.2 1.1.5 3.2.1.1 Click boards"変更 3.2.1.1 MPLAB* Mindi"7710' シ注u-9を使う違波器シミu->i2 3.3 ハートウェア準備 3.4 ソフトウェア-i 板要 4.1 MCUと周辺機能の構成設定 4.2 流れ図 9 4.1 4.2 流れ図 4.3 9 4.2 流れ図 4.3 9 4.4 1-1*実装 4.4.1 周辺機能初期化 4.4.2 21-1 4.4.3 準備動作と遮波部作成 4.4.4 平均違波部更新 4.4.5 動き調査 4.4.6 ADC結果準備可割り込みルーチン 13 6. データ可視器での図表作図 7.1 消費電力作図 7.1 消費電力作図 7.1 消費電力 8. Atmel STARTからのコード例取得 10. 改訂履歴 11 19 製品酸調しシステム 19 製品酸変更通知リンステム 19 製品酸調しシステム 19 Microchipf: n'イスコード保護機能 19 法約量 19			3.1.2.)昇法のハフメーク							4
3.2.1. Click boards "変更 3.2.1.1. MPLAB [®] Mind"77tD ⁷ ジェレータを使う速波器ジェレーション 5 3.3. ハードウェア準備 8 3.4. ソフトウェア準備 8 3.5. 例走行 8 4. ソフトコード微要 9 4.1. MGUと周辺機能の構成設定 9 4.2. 流れ図 9 4.3. タイシグ図 10 4.4. コード実装 10 4.4. コード実装 10 4.4. コード実装 10 4.4. コード実装 10 4.4. キャ均速波部更新 12 4.4. 辛均調波は単動作と 11 4.4. 辛均速波部更新 12 4.4. 辛均速波部更新 12 4.4. 辛均速波が回動 12 4.4. 辛均速波が単の新 12 4.4. キ均速波が単の新 12 4.4. キ均速波が単の新 12 4.4. キ均速波が単の新 12 4.4. キ均速波が単の新 12 4.4. キリカ連波が単の新 12 4.4. キリカ 13 4.5. 動き調査 13 6. データ可視器での図表作図 14 7. 消費電力 15 7.1. 消費電力 16 8. Atmel STARTからのコード例取得 17 9. GitHubからのコード例取得 19 製品変更通		30	。。 ハート [*] ウ	////////////////////////////////////	·)1-× //)/-3							•• 5
32.1.1 MPLAB® Mindi"7710 ⁵ ジェレータを使う濾波器ジェレーション 7 3.3 ハートウェア準備 8 3.4 ソフトウェア事前要件 8 3.5 例走行 8 4. ソースコート 7 4.1 MOUと周辺機能の構成設定 9 4.1 MOUと周辺機能の構成設定 9 4.2 流れ図 9 4.3 タイジング図 10 4.4 コート*実装 10 4.4.1 周辺機能初期化 10 4.4.2 主コート 11 4.4.3 準備動作と濾波部作成 12 4.4.4 平均滤波部更新 12 4.4.5 動き調査 13 4.6 ADC結果準備可割り込みルーチン 13 5. 要約 13 6. データ可視器での図表作図 14 7.1 消費電力 13 6. データ可視器での図表作図 14 7.1 消費電力 16 8. Attel STARTからのコート ⁶ 例取得 17 9. GitHubからのコート ⁶ 例取得 19 製品変更通知サービス 19 数容変更通知サービス 19 Mi		0.2.	3.2.1.	רא שיות עריי Click boards™	'変更 · · · · ·							••• 5
3.3. ハードウェア準備 8 3.4. ソフトウェア事前要件 8 3.5. 例走行 8 4. ソースュード概要 9 4.1. MCUと周辺機能の構成設定 9 4.2. 流れ図 9 4.3. タイシグ図 10 4.4. コード実装 10 4.4.1. 周辺機能初期化 10 4.4.2. ニュード 11 4.4.3. 準備動作と違波部作成 12 4.4.4. 平均違波部更新 12 4.4.5. 動き調査 13 4.6. ADC結果準備可割り込みルーチン 13 6. データ可視器での図表作図 14 7. 消費電力作図 15 7.1. 消費電力 16 8. Atmel STARTからのコード例取得 17 9. GitHubからのコード例取得 18 10. 改訂履歴 19 Microchipウェブ・ゲイト 19 製品変更通知サービス 19 数名変更通知サービス 19 動き調知 19 製品識別システム 19 動音標 20 品質管理ンステム 20 世界的な販売とサービス 21				3.2.1.1. MF	PLAB [®] Mindi™7	アナログ・シミュレー	タを使う濾波	器シミュレーション				••• 7
3.4. ソフトウェア事前要件 8 3.5. 例走行 8 4. ソースコード概要 9 4.1. MCUと周辺機能の構成設定 9 4.2. 流れ図 9 4.3. 外にシゲ図 10 4.4. コード実装 10 4.4. コード実装 10 4.4. コード実装 10 4.4. コード連該 11 4.4.3. 準備動作と濾波部作成 12 4.4.4. 平均濾波部更新 12 4.4.5. 動き調査 12 4.4.6. ADC結果準備可割り込みルーチン 13 4.4.6. ADC結果準備可割り込みルーチン 13 6. データ可視器での図表作図 14 7.1 消費電力 16 8. Atmel STARTからのコード例取得 17 9. GitHubからのコード例取得 18 10. 改訂履歴 19 製品酸別システム 19 製品支更通知サービス 19 割品数司サービス 19 高橋 19 当品範別システム 19 御信 19 製品範別システム 19 御信 19 製品範別システム 19 御信 19 加速の方法 19 製品範別システム 19		3.3.	ハートウ	ェア準備・・・・			• • • • • • • • • •					•• 8
3.5. 例走行 8 4. ソースコード概要 9 4.1. MCUと周辺機能の構成設定 9 4.2. 流れ図 9 4.3. タイミング図 10 4.4. コード実装 10 4.4.1. 周辺機能初期化 10 4.4.2. 主コード 10 4.4.3. 準備動作と違波部作成 12 4.4.4. 平均違波部更新 12 4.4.5. 動き調査 12 4.4.6. ADO結果準備可割り込みルーチン 13 5. 要約 13 6. データ可視器での図表作図 14 7. 消費電力 15 7.1. 消費電力 16 8. Atmel STARTからのコード例取得 17 9. GitHubからのコード例取得 17 9. GitHubからのコード例取得 19 製品変更通知サービス 19 脚にっochipウェブ・サイ 19 製品変更通知サービス 19 製品識別システム 19 Microchipヴェブ・ガイ 19 製品識別システム 19 Microchipブェブ、イスコード保護機能 19 Microchipブェブ、ム 19 型品賞管理ンステム 20 出費 20 品賞管 21		3.4.	ソフトウェ	ア事前要件・			• • • • • • • • • •		•••••	• • • • • • • • • • •	• • • • • • • • •	•• 8
4. ソースコード概要 9 4.1. MCUと周辺機能の構成設定 9 4.2. 流れ図 9 4.3. タイシグ図 10 4.4. コード実装 10 4.4.1. 周辺機能初期化 10 4.4.2. 主コード 10 4.4.3. 準備動作と濾波部作成 12 4.4.4. 平均濾波部更新 12 4.4.5. 動き調査 12 4.4.6. ADC結果準備可割り込みルーチン 13 5. 要約 13 6. データ可視器での図表作図 14 7. 消費電力作図 15 7.1. 消費電力 16 8. Atmel STARTからのコード例取得 17 9. GitHubからのコード例取得 18 Microchipウェブ、サイト 19 製品変更通知サービス 19 お客様支援 19 製品激別システム 19 加加 19 法的通知 19 加加 19 法的通知 19 加丁 19 北価額 19 加丁 19 北4 19 10. 改訂履歴 19 加丁 19 北5 19 北6 19 </th <th></th> <th>3.5.</th> <th>例走行</th> <th>;</th> <th></th> <th>•••••</th> <th>•••••</th> <th>• • • • • • • • • • • •</th> <th>•••••</th> <th></th> <th>• • • • • • • • •</th> <th>•• 8</th>		3.5.	例走行	;		•••••	•••••	• • • • • • • • • • • •	•••••		• • • • • • • • •	•• 8
4.1. MCUと周辺機能の構成設定 9 4.2. 流れ図・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4.	ソース	コート、概	要 • • • • • • •	• • • • • • • • • • •	•••••	• • • • • • • • • •	•••••	•••••		• • • • • • • •	•• 9
4.2. 流れ図 9 4.3. タイミング図 10 4.4. コード実装 10 4.4.1. 周辺機能初期化 10 4.4.2. 主コード 11 4.4.3. 準備動作と濾波部作成 12 4.4.4. 平均濾波部更新 12 4.4.5. 動き調査 12 4.4.6. ADC結果準備可割り込みルーチン 13 5. 要約 13 6. テ゚ーク可視器での図表作図 14 7. 消費電力 16 7.1. 消費電力 16 8. Atmel STARTからのコード例取得 17 9. GitHubからのコード例取得 18 10. 改訂履歴 18 Microchip1z1 [*] サイト 19 製品蔵別システム 19 約定委集機能 19 約品類リシステム 19 商標 19 商標 19 商標 19 首管理システム 20 品質管理システム 20 品質管理システム 21		4.1.	MCUF	周辺機能の	構成設定・・・	•••••	•••••	• • • • • • • • • • • •	•••••	•••••	• • • • • • • • •	•• 9
4.3. ダイシク図 10 4.4. コード実装 10 4.4.1. 周辺機能初期化 10 4.4.2. 主コード 11 4.4.3. 準備動作と濾波部作成 12 4.4.4. 平均濾波部更新 12 4.4.5. 動き調査 12 4.4.6. ADC結果準備可割り込みルーチン 13 6. データ可視器での図表作図 14 7. 消費電力作図 15 7.1. 消費電力 16 8. Atmel STARTからのコード例取得 17 9. GitHubからのコード例取得 17 9. GitHubからのコード例取得 19 製品変更通知サービス 19 割客様支援 19 製品識別システム 19 然的通知 19 高標 20 品質管理システム 20 出質管理システム 21		4.2.	流れ図				•••••	• • • • • • • • • • • •	• • • • • • • • • •		• • • • • • • • •	•• 9
4.4. コート 美装 10 4.4.1. 周辺機能初期化 10 4.4.2. 主コート 11 4.4.3. 準備動作と濾波部作成 12 4.4.4. 平均濾波部更新 12 4.4.5. 動き調査 12 4.4.6. ADC結果準備可割り込みルーチン 13 6. データ可視器での図表作図 14 7. 消費電力作図 15 7.1. 消費電力 16 8. Atmel STARTからのコート 例取得 17 9. GitHubからのコート 例取得 17 9. GitHubからのコート 例取得 18 10. 改訂履歴 18 Microchip [†] z ⁷ サイ 19 製品変更通知サービス 19 製品識別システム 19 蒸的通知 19 満該的通知 19 商標 20 品質管理システム 20 出質管理システム 21		4.3.	タイミンク	义		•••••	•••••	• • • • • • • • • • • •	•••••		•••••	• 10
4.4.1. 周辺健能切別に 10 4.4.2. 主コード 11 4.4.3. 準備動作と濾波部作成 12 4.4.4. 平均濾波部更新 12 4.4.5. 動き調査 12 4.4.6. ADC結果準備可割り込みルーチン 13 5. 要約 13 6. データ可視器での図表作図 14 7. 消費電力作図 15 7.1. 消費電力 16 7.1. 消費電力 16 8. Atmel STARTからのコード例取得 17 9. GitHubからのコード例取得 18 10. 改訂履歴 18 Microchip'17'サ/ト 19 製品識別システム 19 製品識別システム 19 蒸防通知 19 太的通知 19 古標 20 品質管理システム 20 世界的な販売とサービス 21		4.4.	그-ト 実	装用订搬的扣押			•••••	• • • • • • • • • • • •			•••••	• 10
4.4.3、準備動作と濾波部作成 12 4.4.4. 平均濾波部更新 12 4.4.5. 動き調査 13 4.4.6. ADC結果準備可割り込みルーチン 13 5. 要約 13 6. データ可視器での図表作図 14 7. 消費電力作図 15 7.1. 消費電力 16 8. Atmel STARTからのコート 例取得 17 9. GitHubからのコート 例取得 18 10. 改訂履歴 18 Microchip ウェブ サイト 19 製品識別システム 19 Microchip デ ハ イス コート 保護機能 19 素的通知 19 高標 20 品質管理システム 20 世界的な販売とサービス 21			4.4.1. 4 4 2	周辺() 市辺() 市辺() 市の) 市の)	я1 с							• 10 • 11
4.4.4. 平均濾波部更新 12 4.4.5. 動き調査 13 4.4.6. ADC結果準備可割り込みルーチン 13 5. 要約 13 6. データ可視器での図表作図 14 7. 消費電力作図 15 7.1. 消費電力 16 8. Atmel STARTからのコート・例取得 17 9. GitHubからのコート・例取得 18 10. 改訂履歴 18 10. 改訂履歴 19 製品変更通知サービス 19 割合識別システム 19 菌標 19 試防通知 19 故印和 19 20 出質管理システム 20 世界的な販売とサービス 21			4.4.3.	「⊥⊣」」	波部作成•••							•• 12
445. 動き調査 13 4.4.6. ADC結果準備可割り込みルーチン 13 5. 要約 13 6. データ可視器での図表作図 14 7. 消費電力作図 15 7.1. 消費電力 16 8. Atmel STARTからのコート、例取得 17 9. GitHubからのコート、例取得 18 10. 改訂履歴 18 Microchipウェブ、サイト 19 製品変更通知サービス 19 製品識別システム 19 Microchipテ、ハイスコート、保護機能 19 法的通知 19 商標 20 品質管理システム 20 世界的な販売とサービス 21			4.4.4.	平均濾波部更	見新・・・・・・・・					• • • • • • • • • • • • •		• 12
4.4.6. ADC結果準備可割り込みルーチン 13 5. 要約 13 6. データ可視器での図表作図 14 7. 消費電力作図 15 7.1. 消費電力 16 8. Atmel STARTからのコード例取得 17 9. GitHubからのコード例取得 18 10. 改訂履歴 18 Microchipウェブサイト 19 製品識別システム 19 製品識別システム 19 商標 19 高質管理システム 20 世界的な販売とサービス 21			4.4.5.	動き調査・・		•••••	•••••	•••••	•••••	• • • • • • • • • • • • •	•••••	• 13
5. 要約 13 6. データ可視器での図表作図 14 7. 消費電力作図 15 7.1. 消費電力 16 8. Atmel STARTからのコード例取得 17 9. GitHubからのコード例取得 18 10. 改訂履歴 18 Microchipウェブ・サイト 19 製品変更通知サービス 19 影a識別システム 19 Microchipデバイスコード保護機能 19 高標 20 品質管理システム 20 世界的な販売とサービス 21	_		4.4.6.	ADC結果準備	青可割り込みル-	-チン ・・・・・・	•••••	• • • • • • • • • • • • •	•••••	• • • • • • • • • • • • •	•••••	• 13
6. テータ可視器での図表作図 14 7. 消費電力作図 15 7.1. 消費電力 16 8. Atmel STARTからのコード例取得 17 9. GitHubからのコード例取得 18 10. 改訂履歴 18 Microchipウェブ・サイト 19 製品変更通知サービス 19 お客様支援 19 設品識別システム 19 Microchipデ・ハ・イス コート、保護機能 19 活的通知 19 古質管理システム 20 世界的な販売とサービス 21	5.	要約				•••••	•••••	•••••	•••••		•••••	• 13
 7. 消費電力作図 7.1. 消費電力 8. Atmel STARTからのコード例取得 9. GitHubからのコード例取得 17 9. GitHubからのコード例取得 18 10. 改訂履歴 18 Microchipウェブ サイト 製品変更通知サービス 19 お客様支援 19 お客様支援 19 お高識別システム 19 高標 20 品質管理システム 21 	6.	7-9	可視器	での図表作	<u>×</u> · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	•••••	•••••	•••••	•••••		• • • • • • • •	• 14
7.1. 消費電力 16 8. Atmel STARTからのコート、例取得 17 9. GitHubからのコート、例取得 18 10. 改訂履歴 18 Microchipウェブ、サイト 19 製品変更通知サービス 19 お客様支援 19 製品識別システム 19 Microchipデ、ハ・イス コート、保護機能 19 高標 20 品質管理システム 21	7.	消費	電力作	× · · · · · · · · · · · · · · ·	• • • • • • • • • • • •	•••••	•••••	•••••	•••••		•••••	• 15
 8. Atmel STARTからのコート例取得 9. GitHubからのコート例取得 18 10. 改訂履歴 Microchipウェブ・サイト 製品変更通知サービス お客様支援 製品識別システム Microchipデバイスコート、保護機能 調 満的通知 商標 20 品質管理システム 世界的な販売とサービス 	_	7.1.	消費電		·····		•••••	• • • • • • • • • • • •			•••••	• 16
9. GitHubからのコート例取得 18 10. 改訂履歴 18 Microchipウェブ [*] サイト 19 製品変更通知サービス 19 お客様支援 19 製品識別システム 19 Microchipテ ハ イス コート 保護機能 19 法的通知 19 高標 20 品質管理システム 20 世界的な販売とサービス 21	8.	Atme			·例取得···	•••••	• • • • • • • • • •				•••••	• 17
10. 改訂 履歴 18 Microchipウェブ サイト 19 製品変更通知サービス 19 お客様支援 19 製品識別システム 19 Microchipデ バイス コート 保護機能 19 法的通知 19 商標 20 品質管理システム 20 世界的な販売とサービス 21	9.	GitH	ubからの	クコート 1列取得	寺・・・・・・・・	•••••	•••••		•••••		•••••	• 18
Microchipウェフ サイト 19 製品変更通知サービス 19 お客様支援 19 製品識別システム 19 Microchipデバイスコート、保護機能 19 法的通知 19 商標 20 品質管理システム 20 世界的な販売とサービス 21	10.	改訂	履歴••		• • • • • • • • • • • •	•••••	•••••	•••••	•••••		•••••	• 18
製品変更通知サービス お客様支援 製品識別システム Microchipデバイスコート、保護機能 法的通知 商標 品質管理システム 20 世界的な販売とサービス	Mic	rochi	pウェフ サ	·1ト · · · · · ·	• • • • • • • • • • • •	•••••	•••••	•••••	•••••		•••••	• 19
お客様支援 19 製品識別システム 19 Microchipデバイス コート、保護機能 19 法的通知 19 商標 20 品質管理システム 20 世界的な販売とサービス 21	製品	古変史	連知サ			•••••	•••••	•••••	•••••		•••••	• 19
製品識別システム 19 Microchipデバイスコート、保護機能 19 法的通知 19 商標 20 品質管理システム 20 世界的な販売とサービス 21	おそ	了様支	え援・・・			•••••	•••••	•••••	•••••	• • • • • • • • • •	•••••	• 19
Microchipデバイスコート、保護機能・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	製品	1識別	リシステム			•••••	•••••	•••••	•••••	• • • • • • • • • •	•••••	• 19
法的通知 ······19 商標 ·····20 品質管理システム ·····20 世界的な販売とサービス ·····21	Mic	rochi	ヮデベイス	、コート、保護機	钱能•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	• • • • • • • • • •	•••••	• 19
商標 ······20 品質管理システム ·····20 世界的な販売とサービス ·····21	法的	勺通知	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	• • • • • • • • • •	• • • • • • • •	• 19
品質管理システム・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	商樽	票•••		•••••	•••••	• • • • • • • • • •	• • • • • • • • • •	•••••	•••••		• • • • • • • •	• 20
世界的な販売とサービス ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	品質	重管理	Eシステム	•••••	• • • • • • • • • • •	•••••	•••••	•••••	•••••		• • • • • • • •	• 20
	世界	早的な	い販売と	サービス・・・・	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	• • • • • • • • • •	• • • • • • • •	• 21

1. 構成図



2. PIR感知器原理

PIR感知器は感知器素子によって"見た"赤外線放射量の変化を検出し、これは感知器前の物体の温度と表面特性に応じて変わります。

人が感知器と背面間を通過すると、感知器は体温に対する周囲温度からの変化を検出して再び戻ります。感知器は「PIR感知器動き 検出原理」図で示されるように、やって来る赤外線放出での結果としての変化を出力電圧(VPIR(t))に変換します。背景と同じ温度を 持つけれども異なる表面特性を持つ他の物体も感知器に異なる放出様式を検出させます。

図2-1. PIR感知器動き検出原理



次図はデータ可視器(Data Visualizer)を使って感知器から捕獲した生データの作図を示します。手が感知器上に置かれ、そこで短時間 保持され、その後に取り去られています。



3. 実演操作

応用でPIR感知器を使う時は感知器に準備動作のために幾許かの時間を許すことが必要です。準備動作中にPIR感知器は現在の 視界でのIR放射に対して均衡に至り、従って出力信号を安定にするためにその環境を"学習"します。この時間中、感知器の視界に 於ける環境を平静に保つことが重要です。準備動作時間は応用ファームウェアでPIR_WARMUP_TIME_MS定義を変更することによって調 整することができます。準備動作の間、LED0が1Hzで点滅します。LED0が点滅を停止すると、準備動作が完了し、今やシステムは通 常の動作をしています。

感知器の前で手を振ったり、歩いたりすると、検出されて今やLED0を4Hzでの点滅にし、感知器の視野で動きがある限り、点滅を続けます。動きを止めると、LED0がOFFに戻ります。

3.1. PIR応用の採取、濾波、検出の構成設定、独自化、調整

実演応用は試料採取パラメータ、濾波部パラメータ、検出閾値パラメータの変更を容易にする方法で作成されています。これらのパラメータは 全て便利なプロジェクトのmain.cファイルに置かれます。これらのパラメータの調整は設計に対して信号の整合性、範囲、消費電力の最適 化のために設計を独自化することを許します。

3.1.1. 試料採取パラメータ

• PIR_OVERSAMPLE_RATE

- このパラメータは信号が過採取される回数を設定します。このパラメータの増加は分解能の増加に帰着し、従って検出範囲を増しま すが、消費電力も増します。このパラメータの減少は検出範囲と消費電力に於いて(増加と)逆の効果を持ちます。

• PIR_SAMPLE_RATE_PER_SECOND

- このパラメータは秒毎に行われる採取数を設定します。このパラメータの増加は動きに対して応用により早い応答をさせ、検出範囲を 増しますが、消費電力も増します。このパラメータの減少は応答性、範囲、消費電力に於いて(増加と)逆の効果を持ちます。

• PIR_PGA_GAIN

- このパラメータはPGA利得を設定します。このパラメータの増加や減少はADCへのより高いまたは低い信号に帰着するPGA利得に影響を及ぼし、それは系の有効な検出範囲に影響を及ぼします。

3.1.2. 濾波と検出の算法のパラメータ

• PIR_WARMUP_TIME

- このパラメータはPIR準備動作時間を設定します。このパラメータは応用で選んだPIR感知器で必要とされる準備動作時間に合うよう に調整されるべきです。

• PIR_DETECTION_THRESHOLD

- このパラメータは応用の検出閾値を設定します。このパラメータの減少は系が動きを検出することができる有効な範囲を増すことができますが、周囲温度や他の外乱での急な変化のために同じ時間で偽の検出の機会を増します。このパラメータの増加は範囲を減らしますが、偽の検出の可能性がより下がります。このパラメータの高すぎる設定は無検出になり得ます。
- PIR_LONG_TERM_FILTER_RANGE
 - このパラメータは長期濾波器の長さを設定します。このパラメータの変更は慎重に行われると同時にPIR_SHORT_TERM_FILTER_RAN GEとPIR_DETECTION_THRESHOLDのパラメータを考慮することも必要です。変更は系の有効範囲に影響を及ぼすことがあり、消費電力を増します。
- PIR_SHORT_TERM_FILTER_RANGE
 - このパラメータは短期濾波器の長さを設定します。このパラメータの変更は慎重に行われると同時にPIR_LONG_TERM_FILTER_RAN GEとPIR_DETECTION_THRESHOLDのパラメータを考慮することも必要です。変更は系の有効範囲に影響を及ぼすことがあり、消費電力を増します。

3.1.3. テ゛ハ゛ック゛ インターフェース ハ゜ラメータ

• PIR_DEBUG_MESSAGES

- 定義されていれば、このパラメータはUART上でデバック「データをデータ可視器(Data Visualizer)に送る可能性を開放します。このパラ メータの追加は系の消費電力を増し、低い消費電力が重要な場合に取り去られるべきです。



3.2. ハート・ウェア事前要件

- ATtiny1627 Curiosity Nano (DM080104) : www.microchip.com/developmenttools/ProductDetails/DM080104
- Click boards™用Curiosity Nano Base (AC164162) : www.microchip.com/DevelopmentTools/ProductDetails/AC164162
- ・MIKROE-3339 Click基板:www.mikroe.com/pir-click

3.2.1. Click boards™変更

この実演にClick基板を使うことができるのに先立ち、演算増幅器利得段といくつかの他の部品を取り外すことによって変更されることが必要です。

PIR Click基板は実演目的に使われます。元のClick基板は信号を増幅するための演算増幅器解決策を持ち、これは下図で示されます。これはtinyAVR[®]2系マイクロコントローラが統合されたPGAと差動ADCを使ってPIR感知器からの生信号を増幅することができることを実演するために取り外されることが必要です。



下図で赤い×で示される不要部品がClick基板から取り外されます。新しい接続と部品は青です。U2、R9、R10、R1、PWRのLEDは元の信号経路の一部ではありませんが、消費電力を最小化するために取り外されます。



抵抗(R5)は30kΩから470kΩに変更されます。R5とC8(100nF)は3.38kHzの遮断周波数を持つ低域通過濾波器を形成します。この濾 波器はDCバイアスに加えてPIR感知器からの完全なAC信号を渡して高周波数雑音を濾波して除去します。

抵抗(R11)は100kΩから470kΩに変更され、C1は10µFから2.2µFに変更されます。R11がコンテンサ(C1)と組み合わされる時に0.154Hz の遮断周波数を持つ低域通過濾波器を形成します。この濾波器はPIRからのAC信号の殆どを妨げ、感知器DCハイアスだけをADCの 負入力に渡します。



両濾波器の遮断周波数は応用の求めと系がどの形式の動きを検出するように設計されるかに基づいて選ばれるべきです。

3.2.1.1. MPLAB[®] Mindi™アナロク シミュレータを使う濾波器シミュレーション

前の図で示されるようにPIR感知器を接続すると、ADCの正と負の両入力にDCパイアスが印加されます。ADCが差動動作なので、DC バイアスは除去され、全ADC範囲がAC信号に対して利用可能です。

MPLAB[®] Mindi™アナロケ シミュレータの使用により、模倣したPIR信号が印加される時に2つの低域通過濾器の動きをシミュレートすることが可能です。このシミュレーションはDCバイアス電圧がADC差動入力によって取り除かれた後にADCへの差動信号がどのように見えるかも示します。

PIR信号は800mVのバイアス電圧に置かれた1mV振幅を持つ1Hzの正弦波を使ってシミュレートされます。



ADC差動入力との組み合わせで2つの低域通過濾波器は効率的な帯域通過濾波器を形成します。右図は差動ADCとの組み合わせに於ける2つの濾波器での周波数応答のMPLAB[®] Mindi™シミュレーションを示します。

MPLAB[®] Mindi[™]アナログ シミュレータについてのより多くの情報とそれをダ ウンロードして使う方法はwww.microchip.com/mplab/mplab-mindiで見つ けることができます。



3.3. ハート・ウェア準備

本項は下で示されるようなハート・ウェア構成とピン構成設定の情報を提供します。



3.4. ソフトウェア事前要件

- ・Atmel Studio 7 (7.0.1931またはそれ以降版)
- ・Atmel Studio ATtiny_DFP 1.4.310またはそれ以降版
- ・データ可視器(Data Visualier) 独立型またはAtmel Studio内拡張

3.5. 例走行

- 1. 変更したClick基板をClick boards™用Curiosity Nano Baseの第3枠に接続してください。
- 2. ATtiny1627 Curiosity NanoをClick boards™用Curiosity Nano Baseに接続してください。
- 3. USBケーブルを使ってATtiny1627 Curiosity Nanoをコンピュータに接続してください。
- 4. 「8. Atmel STARTからのコート'例取得」章または「9. GitHubからのコート'例取得」章で説明されるように応用をダウンロートしてください。
- 5. 2つのコート プロジェクトの1つを選んでATtiny1627に書いてください。
- 6. 感知器の前で手を振るか、または歩いて赤LEDの点滅を観察してください。

4. ソース コード概要

4.1. MCUと周辺機能の構成設定

- ・CPUクロック:活動動作で10MHz、スタンバイ休止動作で5MHz
- ・使用周辺機能:
 - 差動動作でのADC
 - ・PGAは16倍利得に設定
 - ・ADC MUXPOS入力チャネルはAIN9 : PB4ピン
 - ・ ADC MUXNEG入力チャネルはAIN5 : PA5ピン
 - ・ADC参照基準電圧:1.024V
 - ・ ADCクロック: 2.5MHz (*f*_{CPU}/2)
 - ・事象システムを通して起動されるADC
 - RTC/PIT
 - ・1024Hzで走行するRTCクロック
 - ・事象システムを通してADCに接続されるPIT/256。変換起動速度は4Hzです。
 - ・PB7ピンの事象出力に接続されるPIT/256。LED0交互切替速度は動きが検出された時に4Hzです。
 - ・PB7ピンの事象出力に接続されるPIT/1024。LED0交互切替速度は準備動作の間、1Hzです。
 - 事象システム
 - PITをADCに接続
 - ・PITをLED0に接続
 - USART0
 - TXD : PB2
 - RXD : PB3
 - ・ボーレート: 115200、ADC結果がシリアル端末へ送られます。

4.2. 流れ図



<mark>4.3</mark>. タイミンク 図

図4-2. ファームウェア タイミング図 デバイス始動、周辺機能初期化、 CPUが起き上がると、濾波部を計算してその後に動き検 出事象が起きたことを示すべきかを判断するために測 PIR準備動作実行、濾波部作成 定結果をPIR_DETECTION_THRESHOLDと比べます。 集中動作ではPITからの М 単一変換起動がPIR_OV C U ERSAMPLE_RATEを起こ 活動 PITが新しいADC採 活動 活動·消費 して共に累積させます。 取を開始します。 CPU CPL ADC ADC Ö MCUは休止へ行きます。 MCUは休止に戻ります。 MCUは休止に戻ります。 電 CPU休止 CPU休止 CPU休止 流 時間 PITがADC採取を開始します。PIR_ PIR_OVERSAMPLE_RATEの採取数を完全 OVERSAMPLE RATEはPITがADC に累積した時にADCがCPUを起こします。 起き上がりを起動する前にMCUが どの位休止になるかを制御します。

4.4. コート 実装

コードは次の主なこれらの部分から成ります。

- 周辺機能初期化
- ・主繰り返し
- ・ 準備動作と濾波部作成
- 平均濾波部更新
- ・動き調査
- ・ADC割り込みルーチン処理

4.4.1. 周辺機能初期化

ATtiny1627の周辺機能の初期化はAtmel STARTドライバを使って行うことができます。この応用記述がADCに集中しているため、ここでは素のADC初期化だけが詳述されます。

/* システム クロックを2分周 */ /* 採取累積 */ /* 内部1.024V参照基準 */ /* 時間基準値 */
/* 採取持続時間 */
/* デバッグ時走行:許可 */ /* 差動ADC変換許可 */ /* 集中累積 */
/* 結果準備可割り込み許可 */
/* PGA経由 */ /* ADC入力ピン5、PIR感知器 */
/* PGA経由 */ /* ADC入力ピン9、PIR感知器 */
/* PGA許可 */ /* 利得 */ /* PGA採取持続時間 */ /* PGAパイアスを1/2に設定 */

ADCO. CTRLA	=	ADC_	_ENABLE_bm	
		ADC_	_RUNSTDBY_bm;	

ADCO. INTFLAGS = ADC_RESRDY_bm;

/* ADC許可 */

/* スタンバイ休止動作で動くようにADCを許可 */

/* ADC結果準備可割り込み要求フラグ解除(0) */

例応用ではADCがADC_0_init()で初期化されます。

PGAはPIR感知器からやって来る信号を増幅するために許可されていて、利得はmain.cで見つかるPIR_PGA_GAIN定義を変更することによって調整することができます。ADCは採取を累積するために差動動作と集中動作で動き、更に信号を増幅します。累積する採取数はPIR_OVERSAMPLE_RATEで調整することができます。

差動動作ではADCによって2つの入力間の電圧差が測定されます。

集中動作では単一起動後、可能な限り速くn個の集中変換が累積され、変換結果は単一のADC結果に累積されます。

4.4.2. 主コート

主関数では初期化後にMCUがスタンハイ休止動作へ行くwhile(1)繰り返しに入ります。MCUはADC変換が完了する時にだけ起こされます。その後に濾波部が更新され、動き判定が行われます。平均消費電力を減らすため、周辺機能クロック速度はスタンハイ休止動作へ入る前に減らされ、濾波部の更新速度を速めてどれかの動きが起きたかを判断するために起き上がり後に再び増されます。クロック速度でのこの変更はPIR_OVERSAMPLE_RATEで構成設定される累積ADC採取数が8よりも大きい場合にだけ有効です。そうでなければ、クロック速度変更時間がADC変換を行うのに費やす時間よりも長くなり、従って消費電力を増します。

int {	main(void)	
l	/* 初期クロックを5MHzに設定。ADCによって累利 MCLKCTRLBでのCLKCTRL_PDIV_2X_gcと ccp_write_io((yoid *)&(CLKCTRL_MCLKC))	責される採取数が16未満の場合、平均消費電力を低めるために ADC0.CTRLB = ADC_PRESC_DIV4_gc;が使われるべきです。 */ TRLB)
	CLKCTRL_PDIV_4X_gc 1 << CLKCTR	L_PEN_bp); /* 主クロックを4分周 */
	<pre>IO_init(); EVENT_SYSTEM_0_init(); RTC_init(); #ifdef PIR_DEBUG_MESSAGES USART_init(); #endif</pre>	/* 入出力ピン初期化 */ /* 事象システム初期化 */ /* PIT初期化 */ /* SEND_SERIAL_DATAが定義される場合にUSART初期化 */
	ADC_0_init();	/* ADC初期化 */
	SLPCTRL. CTRLA = SLPCTRL_SMODE_STDBY_	gc; /* スタンバイ休止動作選択 */
	sei();	/* 全体割り込み許可 */
	<pre>warm_up_and_filter_creation();</pre>	/* 濾波部を作成するために準備動作を走行してADCデータを収集 */
	while (1)	
	/* ADCが休止動作で動いている時に周辺 /* ADCが8採取を超える累積に構成設定 /* 累積採取数が16未満の場合、下の行い ccp_write_io((void *)&(CLKCTRL.M CLKCTRL_PDIV_4X_gc 1 << CL	2機能クロック系消費電力を低めるために主クロック速度を低減。 */ される場合にだけ有効。 */ よ取り除かれるべきです。 */ CLKCTRLB), KCTRL_PEN_bp); /* 主クロックを4分周 */
	<pre>sleep_mode();</pre>	/* 休止動作へ移行 */
	/* 活動動作でコードをより速く動かすために /* 累積採取数が16未満の場合、下の行に ccp_write_io((void *)&(CLKCTRL.M CLKCTRL_PDIV_2X_gc 1 << CL	こ主クロックを増加、これは平均消費電力を減らします。 */ よ取り除かれるべきです。 */ CLKCTRLB), KCTRL_PEN_bp); /* 主クロックを2分周 */
	<pre>update_average_filters(); check_for_movement();</pre>	/* 新しい測定で濾波部を更新 */ /* 濾波部間の差を調べることによって動きが起きたか調査 */



4.4.3. 準備動作と濾波部作成

コードのこの部分はシステムの初期化の部分として主繰り返しの前に走行します。準備動作時間はIR放射に対する調整時間をPIR感知器に与えるための単なる遅延繰り返しで、PIR_WARMUP_TIME_MS定義で調整することができます。PITは事象システムを通してATtiny 1627 Curiosity NanoのLED0に接続され、システムが準備動作であることを使用者に示すためにコードの準備動作と濾波部作成の部分の全体を通して1Hzで点滅します。

準備動作が終わると、ADCは以下の指令を使って開始されます。

ADCO. COMMAND | = ADC_START_EVENT_TRIGGER_gc;

そしてMUCはスタンバイ休止動作に置かれます。

PITは事象システムを通してADC変換を開始するように構成設定されます。ADC変換を開始するためにPITが事象を送ると、ADCが開始され、構成設定された変換を実行し、完了でMCUを起こす結果準備可(RESRDY)割り込みを発行します。どの位の頻度でPITが事象を送るかはPIR_SAMPLE_RATE_PER_SECOND定義で構成設定することができます。

```
void warm_up_and_filter_creation()
   uint8_t i = 0;
   EVSYS. USEREVSYSEVOUTB = EVSYS_USER_CHANNEL2_gc; /* 準備活動を示すため1HzでLED0を点滅 */
   /* 準備活動遅延/コードをここに置いてください。 */
   _delay_ms(PIR_WARMUP_TIME_MS);
   /* 準備活動遅延/コードの終わり */
   ADCO. COMMAND = ADC_START_EVENT_TRIGGER_gc;
                                               /* 事象による起動をADCに許可 */
   while(i < PIR_LONG_TERM_FILTER_RANGE)</pre>
                                     /* スタンバイ休止動作に入ってADC完了待ち */
       sleep_mode();
       accumulated_long_term_average = accumulated_long_term_average + adc_result;
       if (i < PIR_SHORT_TERM_FILTER_RANGE)
           accumulated short term average = accumulated short term average + adc result;
       i++;
   EVSYS. USEREVSYSEVOUTB = 0;
                                     /* 準備活動と平均濾波部作成完了、LED0点滅停止 */
```

4.4.4. 平均濾波部更新

これらの濾波部はPIR感知器測定で雑音を平均化除去するのに使われます。これは雑音が高い時に偽の検出の機会を減らします。 short_term_average(短期)濾波部は直近4つのADC測定の平均で、PIR_SHORT_TERM_FILTER_RANGEで調整することができます。 各々の新しいADC測定に対し、1/(濾波部の大きさ)が減算され、新しいADC測定が加算されます。このように、濾波部は継続的に更 新され、動きのようなADC測定での急な変化の経緯を保つことができます。long_term_average(長期)濾波部は各々の新しいADC測 定に対して1/(濾波部の大きさ)を取り外し(交換)します。long_term_average濾波部はより遅いのですが、系でのより遅い変動に加えて 測定での雑音の経緯を保って平均化します。動きがないと、濾波部は同じ値周辺に収束し、filter_deltaが低く留まります。動きが起き ると、PIRからの信号が変化し、short_term_averageがlong_term_averageよりも早く変化する信号に追従するため、filter_deltaが増しま す。

void update_average_filters()

accumulated_long_term_average -= accumulated_long_term_average / PIR_LONG_TERM_FILTER_RANGE; /* 累積濾波部値から1/x減算 */ accumulated_short_term_average



4.4.5. 動き調査

コードのこの部分は何れかの動きが起きたか否かを判断するためにfilter_deltaの絶対値をPIR_DETECTION_THRESHOLDと比較します。動きが検出された場合、PITがLED0に接続され、動きが存在する限り、4Hzで点滅します。



4.4.6. ADC結果準備可割り込みルーチン

ADC結果準備可割り込み処理ルーチンはADC変換が完了する時に呼ばれ、構成設定した採取数が累積されています。一旦変換が完了すると、結果が読まれてadc_resultに格納されます。



5. 要約

この応用記述で記述した例は低電力、費用効率的で小さな面積のPIR動き検出解決策の設計にATtiny1627とtinyAVR® 2系の組み 込み12ビット差動ADCと設定可能な利得増幅器がどう使われ得るかを示します。

元のClick基板構成設定に比べて、この解決策は部品費用と基板空間で充分な削減を提供し、信号経路に於いて2つの演算増幅 器、6つの抵抗器、4つのコンデンサを節約します。元の解決策に比べて他の重要な恩恵は感度、検出閾値、濾波、信号利得がハードウェ アではなくファームウェアで調整できることで、応用の求めに基づいて適応させて変更することができる方法でコードを作成する可能性を開 発者に与えます。PIR信号へのアクセスを持つことは製品の差別化を許すためにファームウェアに於いて賢い算法を実装する可能性を開発 者に与えます。

選ばれた構成設定での系の総消費電力は周囲温度で約13.7µAです。Click基板は元のバイアス構成設定での総消費電流に約11µAを捧げます。バイアス抵抗(R6)の増加は感知器からの減った出力信号を犠牲にして、Click基板消費電力を減らします。

消費電力は応用依存で、PIR感知器、試料採取、濾波部パラメータの構成設定に基づいて変わり、これは検出範囲や感度にも影響を 及ぼします。応用の要求がより低い時に消費電流を更に減らすためにこれらのパラメータの調整を考慮してください。 次表には設定のいくつかの例と各々のMCU消費電力があります。

表5-1. MCU平均消費電力

設定	MCU消費電力
PIR_SAMPLE_RATE_PER_SECOND = 4 Hz, PIR_OVERSAMPLE_RATE = 2	1.5µA
PIR_SAMPLE_RATE_PER_SECOND = 8 Hz, PIR_OVERSAMPLE_RATE = 2	2.1µA
PIR_SAMPLE_RATE_PER_SECOND = 16 Hz、PIR_OVERSAMPLE_RATE = 2	3.5µА
PIR_SAMPLE_RATE_PER_SECOND = 4 Hz、PIR_OVERSAMPLE_RATE = 16	2.7µA
PIR_SAMPLE_RATE_PER_SECOND = 8 Hz、PIR_OVERSAMPLE_RATE = 16	4.6µA
PIR_SAMPLE_RATE_PER_SECOND = 16 Hz、PIR_OVERSAMPLE_RATE = 16	8.6µА
PIR_SAMPLE_RATE_PER_SECOND = 4 Hz、PIR_OVERSAMPLE_RATE = 64	6.1µA
PIR_SAMPLE_RATE_PER_SECOND = 8 Hz、PIR_OVERSAMPLE_RATE = 64	11.4µA
PIR_SAMPLE_RATE_PER_SECOND = 16 Hz、PIR_OVERSAMPLE_RATE = 64	21.7µA

6. データ可視器での図表作図

以下の指示はデータ流し規約を使うことによってデータ可視器(Data Visualizer)でUSARTデータを作図する方法を示します。

- 注: データ可視器の詳細な情報についてはデータ可視器(Data Visualizer)使用者の手引きを参照してください。
- 1. データ可視器(Data Visualizer)を開いてください。
- 2. データ可視器でConfiguration(構成設定)⇒External Connection(外部接続)⇒Serial Port(シリアル ホート)を開いてください。
- 3. Curiosity Virtual COM port、Baud rate(ボーレート): 115200を選び、その後に⇒Connect(接続)を選んでください。
- 4. Configuration(構成設定)⇒Protocols(規約)⇒Data Streamer(データ流し)を開いてください。
- 5. Data Stream Control Panel(データ流し制御盤)に於いてConfiguration(構成設定)下で構成設定ファイルを探してその後にLoad(読み 込み)を選んでください。
 - 注: この場合の構成設定ファイルはtiny2_PIR_datastreamer.cfgで、外部ソース コードプロジェクト フォルダで見つけることができます。
 - 注: データ流し規約(Data Stream Protcol)のより多くの詳細についてはデータ可視器(Data Visualizer)使用者の手引きのデータ流し 規約部分を参照してください。
- 1. Configuration(構成設定)⇒Visualization(可視化)⇒Graph(図表)を開いてください。
- 2. 図表を作図するため、下図の赤矢印で示されるように接続をドラッグして(引き摺って)ください。



図表でY軸を調整するには下の手順に従ってください。

1. Graph(図表)のConfiguration(構成設定)でAutomatically Fit Y(自動的にYを合わせる)を選択解除してください。

- 2. 作図領域の内側の何処かをクリックしてください。
- 3. Ctrlキーを押し続けている間にマウスの輪でスクロールしてください。
- 図表でX軸を調整するには下の手順に従ってください。
- 1. 作図領域の内側の何処かをクリックしてください。
- 2. Shiftキーを押し続けている間にマウスの輪でスクロールしてください。

注: Data Visualizer(データ可視器)⇒Graph(図表)のより多くの詳細についてはデータ可視器の詳細な情報についてはデータ可視器(Dat a Visualizer)使用者の手引きの図表部分を参照してください。

7. 消費電力作図

以下の指示はPowerデバッガとデータ可視器(Data Visualizer)を使って消費電力を分析する方法を示します。

注:・Powerディッカの詳細な情報についてはPowerディッカ使用者の手引きを参照してください。

・データ可視器の詳細な情報についてはデータ可視器(Data Visualizer)使用者の手引きを参照してください。 Powerデバッガ接続:

1. Powerディッカの接地参照基準ピンの1つをCuriosity Nano基板の接地ピンに接続してください。

2. USB電源とtinyAVRデバイス間の接続をOFFにするため、Curiosity Nano基板のVOFFピンを接地ピンに接続してください。

- 3. Curiosity Nano基板VBUSピンをPowerデバッガの測定回路Aの電流入力ピンに接続してください。
- 4. Powerディッカガの測定回路Aの電流出力ピンをCuriosity Nano基板のVTGピンに接続してください。

Powerディッガの測定回路Aは今やUSB電源とtinyAVRマイクロコントローラ間に直列で接続され、使われる総電流を測定することができます。



テータ可視器(Data Visualizer)接続:

- 1. データ可視器(Data Visualizer)を開いてください。
- 2. データ可視器でConfiguration(構成設定)⇒Visualization(可視化)⇒Power Debugging(電力デ・バッグ)を開いてください。
- 3. DGI Control Panel(DGI制御盤)でPower Debugger Data Gateway(Powerデバッカ データ中継器)⇒Connect(接続)を選んでください。
- 4. Power(電力)チェック枠をチェックしてください。
- 5. Power Analysis(電力分析)枠のControl Panlel(制御盤)でChannel A(Aチャネル)引き落としを展開してください。
- 6. DGI Control Panel(DGI制御盤)のChannel A(Aチャネル)からプラグをPower Analysis(電力分析)枠のCurrent(電流)ソケットにト・ラッグして(引き摺って)ください。
- 7. DGI Control Panel(DGI制御盤)でStart(開始)を押してください。
- 8. 任意選択: Cursor(カーソル)引き落としでEnabled(許可)チェック枠をチェックすることによってカーソルを許可してください。

7.1. 消費電力

コードの元の設定を使うと、下図で示されるように平均消費電力は非常に低いです。

図7-4. 電力分析、4つの集中測定 🛃 Data Vi ⊘ 3.6m/ 3,2m. 1 2m/ 0,8m/ 0.4m 2576.6 25767 2577.0 2576.4 2576.5 2576.8 2576.0 2576,3 Instant Cursor Delta Cursor 1/Delta #1 ChA Current #1 ChA Voltage ChA Avg Current ChA Estimated Battery Life 1,000s 999,7mHz 1,145µA 3,389V 2,662µA 31300d 14h 23m

図7-5. 電力分析、1つの集中測定

8. Atmel STARTからのコート 例取得

コート・例は画像使用者インターフェース(GUI)を通して応用コート・の構成設定を許すウェブに基づく道具であるAtmel STARTを通して利用可能です。コート、は下の直接コート、例リンクまたはAtmel START先頭頁のBROWSE EXAMPLES(例検索)釦経由でAtmel Studio、MPLABX、IAR Embedded Workbench®用をタヴウンロート、することができます。

Atmel STARTウェブ 頁: http://start.atmel.com/

コード例

・tinyAVR 2系のADCでのPIR感知器 (PIR sensor with tinyAVR 2-series ADC)

 $- start.atmel.com/\#example/Atmel\%3AApplication_AVR_Examples\%3A1.0.0\%3A\%3AApplication\%3APIR_Motion_Detection\%3APIABAAPPlication\%3APIABAAPPlication\%3APIABAAPPlication\%3APIABAAPPlication\%3APIAB$

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)をクリックしてください。User guide釦はAtm el STARTプロジェクト構成設定部内の操作表示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.at zip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(プロジェクトをェクス 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。

ダウンロートじした.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にインポートされます。

MPLAB[®] X

EXPORT PROJECT(プロジェクトをェクスポート)に続いてDOWNLOAD PACK(一括ダウンロート)をクリックすることによってAtmel START内からMPLAB X IDE用.atzipファイルとしてコートをダウンロートしてください。

MPLAB XでAtmel START 例を開くにはMPLAB XでメニューからFile(ファイル)⇒Import(インホート)⇒START MPLAB Project(START MPL ABプロジェクト)を選んで.atzipファイルに誘導してください。

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 Star t Output in External Tools(外部ツールでAtmel START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先頭頁からのHelp(手助け)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。

9. GitHubからのコート 例取得

コート 例は画像使用者インターフェース(GUI)を通して応用コート を提供するウェブに基づくサーハ であるGitHubを通して入手可能です。コート 例はAtmel StudioとMPLAB Xの両方で開くことができます。 MPLAB XでAtmel Studioプロジェクトを開くにはMPLAB XでメニューからFile (ファイル)⇒Import(インポート)⇒Atmel Studio Project(Atmel Studioプロジェクト)を選んで.cprojファイルに誘導してください。

GitHubウェフ^{*}頁:GitHub

コード例

tinyAVR 2系統のデバイス用コートを見つけるのはGitHub閲覧部でデバイス名、例えば、ATtiny1627に対して検索することによって行うことができます。

GitHubでコード例を見てください。 貯蔵庫を閲覧するにはクリックしてください。

Clone(複製)またはdownload(ダウンロード)卸をクリックすることによってGitHub上の例頁から.zipファイルとしてコードをダウンロードしてください。

10. 改訂履歴

文書改訂	日付	注釈
A	2020年11月	初版文書公開

Microchipウェフ゛サイト

Microchipは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のに使われます。利用可能な情報のいくつかは以下を含みます。

・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ト・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設計協力課程会員一覧
- ・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

製品変更通知サービス

Microchipの製品変更通知サービスは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www.microchip.com/pcnへ行っ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
- ・組み込み解決技術者(ESE:Embedded Solutions 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ESE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www.microchip.com/supportでのウェブサイトを通して利用できます。

製品識別システム

注文する、または例えば、価格や納品の情報を得るには工場または一覧にされた販売代理店にお問い合わせください。

Microchipデバイスコート、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、その製品系統が安全であると考えます。
- ・Microchipデバイスのコート、保護機能を破ろうとする試みに使われる不正でおそらく違法な方法があります。当社はこれらの方法が 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とされると確信しています。これらのコート、保 護機能を破ろうとする試みは、おそらく、Microchipの知的財産権に違反することなく達成することはできません。
- ・Microchipはそれのコードの完全性について心配されている何れのお客様とも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のコートの安全を保証することはできません。コート保護は製品が"破ることができない" ことを当社が保証すると言うことを意味しません。コート保護は常に進化しています。Microchipは当社製品のコート保護機能を継続的 に改善することを約束します。Microchipのコート保護機能を破る試みはデジタルシ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

この刊行物に含まれる情報はMicrochip製品を使って設計する唯一の目的のために提供されます。デバイス応用などに関する情報は 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。

この情報はMicrochipによって「現状そのまま」で提供されます。Microchipは非侵害、商品性、特定目的に対する適合性の何れの黙 示的保証やその条件、品質、性能に関する保証を含め、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。

如何なる場合においても、Microchipは情報またはその使用に関連するあらゆる種類の間接的、特別的、懲罰的、偶発的または結果的な損失、損害、費用または経費に対して責任を負わないものとします。法律で認められている最大限の範囲で、情報またはその使用に関連する全ての請求に対するMicrochipの全責任は、もしあれば、情報のためにMicrochipへ直接支払った料金を超えないものとします。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、Mcicrochipロゴ、Adaptec、AnyRate、AVR、AVRロゴ、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、chipKIT、chipKITロ ゴ、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、 maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemiロゴ、MOST、MOST、MOSTロゴ、MPLAB、OptoLyzer、PackeTime、PI C、picoPower、PICSTART、PIC32ロゴ、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SSTロゴ、Super Flash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron、XMEGAは米国と他の国に於けるMicrochip Technology Incor poratedの登録商標です。

AgileSwitch、APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、FlashTec、Hyper Speed Control、Hyper Light Load、IntelliMOS、Libero、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plusロゴ、 Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、Vite、WinPath、ZL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、Augmented Switching、BlueSky、Bo dyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDE M.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、Espresso T1S、EtherGREEN、IdealBridge、In-Circuit Serial Programming、ICS P、INICnet、Intelligent Paralleling、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、maxCrypto、maxView、memBrain、Mindi、MiWi、MPAS M、MPF、MPLAB Certifiedロゴ^{*}、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、 PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、RTAX、RTG4、SAM-ICE、Serial Quad I/O、simple MAP、SimpliPHY、SmartBuffer、SMART-I.S.、storClad、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Switchtec、SynchroPHY、Total Endu rance、TSHARC、USBCheck、VariSense、VectorBlox、VeriPHY、ViewSpan、WiperLock、XpressConnect、and 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。

Adaptecロゴ、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology、Symmcom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。

© 2020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、DynamI Q、Jazelle、Keil、Mali、Mbed、Mbed Enabled、NEON、POP、RealView、SecurCore、Socrates、Thumb、TrustZone、ULINK、ULINK 2、ULINK-ME、ULINK-PLUS、ULINKpro、µVision、Versatileは米国や他の国に於けるArm Limited(またはその子会社)の商標または登録商標です。

品質管理システム

Microchipの品質管理システムに関する情報についてはwww.microchip.com/qualityを訪ねてください。

日本語© HERO 2020.

本応用記述はMicrochipのAN3641応用記述(DS00003641A-2020年11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訳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。

米国

世界的な販売とサービス

本社 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 Tel: 480-792-7200 Fax: 480-792-7277 技術支援: www.microchip.com/support ウェブ アトレス: 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 インデアナポリス Noblesville, IN Tel: 317-773-8323 Fax: 317-773-5453 Tel: 317-536-2380 ロサンセルス Mission Viejo, CA Tel: 949-462-9523 Fax: 949-462-9608 Tel: 951-273-7800 D-J-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 - シト・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

亜細亜/太平洋

亜細亜/太平洋 イント - ハンガロール Tel: 91-80-3090-4444 イント - ニューデリー Tel: 91-11-4160-8631 イント・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 ー ヘ・ナン Tel: 60-4-227-8870 フィリピン ー 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 ー バンコク Tel: 66-2-694-1351 ベトナム ー ホーチミン Tel: 84-28-5448-2100

欧州

オーストリア – ウェルス Tel: 43-7242-2244-39 Fax: 43-7242-2244-393 テンマーク - コヘンハーケン Tel: 45-4485-5910 Fax: 45-4485-2829 フィンラント – エスホー 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 トイツ – ガルヒング Tel: 49-8931-9700 ドイツ – ハーン Tel: 49-2129-3766400 トイツ - ハイルブロン Tel: 49-7131-72400 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 - ローセンハイム Tel: 49-8031-354-560 イスラエル - ラーナナ Tel: 972-9-744-7705 イタリア ー ミラノ Tel: 39-0331-742611 Fax: 39-0331-466781 イタリア ー パドバ Tel: 39-049-7625286 オランダーデルーネン Tel: 31-416-690399 Fax: 31-416-690340 ノルウェー - トロンハイム Tel: 47-72884388 ホ[°]ーラント[゛]ー 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 - マドリート Tel: 34-91-708-08-90 Fax: 34-91-708-08-91 スウェーデン – イェーテホリ Tel: 46-31-704-60-40 スウェーデン – ストックホルム Tel: 46-8-5090-4654 イキ・リス - ウォーキンガム Tel: 44-118-921-5800 Fax: 44-118-921-5820