
AVR1629 : XMEGA A/D変換器(ADC)過採取

要点

- ・ 過採取によるAVR XMEGA A/D変換器(ADC)分解能増加
- ・ 平均化と間引き
- ・ ソフトウェアは12ビット分機能から16ビット分解能を達成するXMEGA-A3BU Xplainedキット用Atmel START例プロジェクトとして実装されます。
- ・ 結果はXMEGA-A3BU Xplainedキットで利用可能LCDで表示されます。
 - 生ADC数値と計算された(Vでの)アナログ入力電圧が表示されます。
 - 比較のため、過採取と通常の両方の結果が表示されます。
- ・ 結果はGFX白黒ライブラリを使ってLCDで表示されます。

序説

著者: Rupali Honrao, Microchip Technology Inc.

Microchip AVR[®] XMEGA[®]制御器は12ビット分解能のA/D変換器(ADC)を提供します。殆どの場合で12ビット分解能は充分ですが、いくつかの場合でより高い精度が求められます。測定の分解能を改善するために、特別な信号処理技術を使うことができます。'過採取と間引き'と呼ばれる方法を使うことによって、外部A/D変換器を使わずにより高い分解能が達成できます。例えばXMEGAの12ビット A/D変換器を使って、過採取技法で16ビットの結果を達成することができます。この応用記述はこの方法とこの方法を正しく動かすために履行されるべき必要とする条件を説明します。この応用記述はこの過採取技法を達成するために説明した理屈に対するソースコードも提供します。

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

要点	1
序説	1
1. 動作の理屈	3
1.1. 採取周波数	3
1.2. 過採取と間引き	3
1.3. 雑音	3
1.4. 平均化	4
1.5. '過採取と間引き'は何時動くのか?	4
2. ソースコード概要	5
2.1. 過採取実演プロジェクトがどう動くか	5
2.1.1. 過採取構成設定	5
2.1.2. 実演プロジェクトでの開始に際して	5
2.1.3. LCD表示器でのADC結果	6
3. Atmel STARTからのソースコード取得	6
4. 推奨読み物	6
5. 資料	7
6. 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. 動作の理屈

本章は過採取が全ての必要な数学的詳細と共にどう働くかを説明します。

1.1. 採取周波数

ナイキストの定理は「波形を正確に再構築するために、信号は信号の帯域幅の最低2倍より速く採取されなければならない、さもなければ重要な範囲(通過帯域)の内側の周波数で偽周波数になるでしょう」と述べています。必要とされる最低採取周波数は、ナイキストの定理に従う、ナイキスト周波数です。

$$\text{式1-1. ナイキスト周波数} \quad f_{\text{nyquist}} = 2 \times f_{\text{signal}}$$

ここで f_{signal} は入力信号内の関心がある最高周波数です。 f_{nyquist} より高い採取周波数は'過採取(オーバーサンプリング)'と呼ばれます。けれども、この採取周波数は正に理論上の絶対最低採取周波数です。実際問題として、使用者は時間の領域に於いて、測定した信号の可能な最良の標本を与えるために、可能な最高の採取周波数であればよいと思います。殆どの場合で入力信号は既に過採取されていると言えます。

採取周波数はCPUクロックの前置分周の結果で、より低い前置分周係数がより高いA/D変換クロック周波数を与えます。或る点で、より高いA/D変換クロックは実効ビット数(ENOB: Effective Number Of Bits)が低下するために変換の精度を減らします。全てのA/D変換器は帯域幅制限を持ちます。Microchip XMEGA A系デバイスについて、変換結果で12ビット分解能を得るため、A/D変換クロック周波数は最大2MHzであるべきです。A/D変換クロックが2MHzの時に採取周波数は2M採取/秒(SPS)で、そしてそれは採取信号内の高い周波数を約1MHzに制限します。

1.2. 過採取と間引き

この技法はより多くの採取量が必要です。これらの追加採取は信号の過採取によって成し遂げられます。分解能の各追加ビット(n)に対して、信号は4回採取されなければなりません。信号が採取されなければならない周波数は下の式によって与えられます。

$$\text{式1-2. 過多採取周波数} \quad f_{\text{oversampling}} = 4^n \times f_{\text{nyquist}}$$

1.3. 雑音

この方法を正しく動かすには、関心のある信号成分が変換の間に変わってはなりません。けれども、分解能増強の成功に対する別の基準は、採取時に入力信号が僅かに変化しなければならないことです。これは矛盾するように思えるかもしれませんが、この場合の偏移はほんの数LSBを意味します。変化は信号の雑音成分として見られるかもしれませんが、信号の過採取時、信号内の小さな変化のその求めに応じるために雑音があるかもしれません。A/D変換器の量子化誤差は少なくとも0.5LSBです。従って、雑音振幅はLSBを交互するのに0.5LSBを越えなければなりません。1~2LSBの雑音振幅は、多数の採取が全く同じ値にならないことを保証するでしょうから、ずっと良くなります。

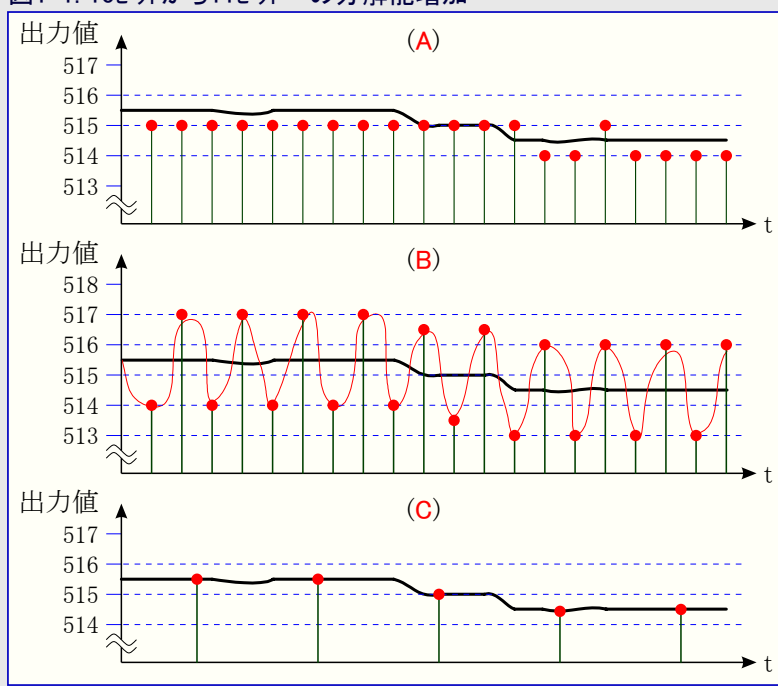
間引き技法使用時の雑音に関する基準は以下です。

- ・ 関心のある信号成分は変換の間に意味なく変化してはなりません。
- ・ 信号内に或る程度の雑音が存在するかもしれません。
- ・ 雑音の振幅は少なくとも1LSBかもしれません。

普通、変換の間に或る程度の雑音が存在するでしょう。その雑音は熱雑音、CPUコアからの雑音、I/Oポート切り替え、電源の変動、その他で有り得ます。この雑音は殆どの場合でこの方法を動かすのに充分でしょう。特殊な条件によっては、或る程度の人為的な雑音を入力信号に加える必要があるかもしれません。この方法は'デザリング(身震い)'として判断されます。図1-1のAは2つの量子化段階間の電圧値での信号測定の問題を示します。同じ低調な値が結果になるので、4つの採取の平均は助けにならないでしょう。図1-1のBは或る程度の人為的な雑音を加えることにより、変換結果のLSBが交互することを示します。図1-1のCで示されるように、それらの採取の4つを加算することが量子化段階を不完全にし、より良い入力値の標本を与える結果を生みます。A/D変換器の'仮想分解能'は10ビットから11ビットに増します。この方法は'間引き'として判断され、「1.4. 平均化」項で更に説明されるでしょう。

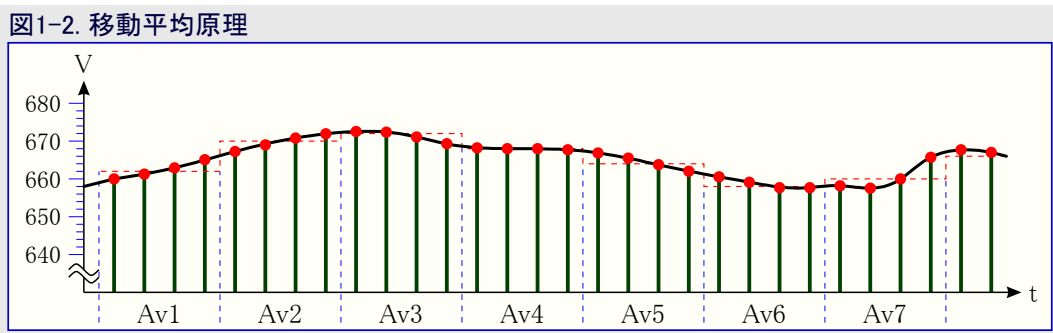
この方法を使う別な理由は信号対雑音(S/N)比を増すことです。実効ビット数(ENOB)の増強は、増された2進数で雑音を撒き散らすでしょう。各2進行で影響する雑音は減るでしょう。採取周波数を2倍にすることは帯域内雑音を3dB下げ、測定分解能を0.5ビット増やすでしょう。

図1-1. 10ビットから11ビットへの分解能増加



1.4. 平均化

伝統的な平均化の意味は m 採取を増やして結果を m で割ることで、これは一般的な平均化として参照されます。A/D変換測定からのデータ平均化は低域通過濾波器(ローパスフィルタ)と等価で、信号変動や雑音を低減する利点を持ち、入力信号内の頂点を平らにします。移動平均法はこれを行うのに非常によく使われます。これは m 回読み取り、それらを循環待ち行列内に置き、最終 m 個の平均を取ることによって動きます。これは各採取が最終 m 採取の結果なので僅かな遅延時間を与えます。これは m 窓の重複ありまたはなしで行えます。下図は m 窓重複なしでの7つの個別移動平均結果(Av1~Av7)を示します。



一般的な平均が変換の結果を増やさないので覚えて置くことが大事です。間引きまたは内部補間は過採取と組み合わせた平均化の方法で、それは分解能を増やします。

追加の採取(数) m は丁度通常平均化でのように、過採取する信号が累計されることによって成し遂げられますが、その結果は通常の平均化でのように m で除算されません。代わりに結果は n 回右移動されます。ここで n は答えを正しく尺度調整するための求められた分解能の追加ビット数です。2進数を1回右移動することは2の除数で2進数を除算するのと当価です。

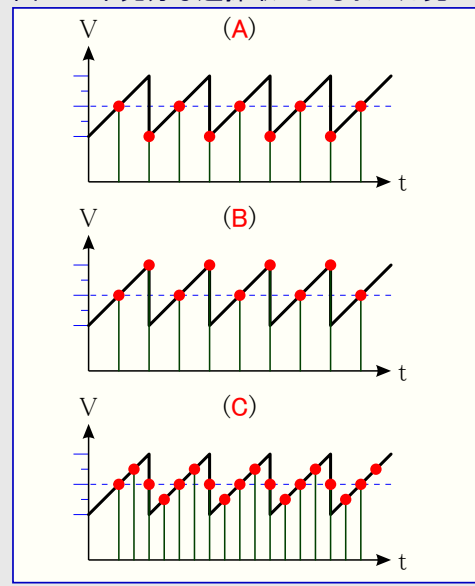
1.5. '過採取と間引き'は何時動くのか?

通常、信号は或る程度の雑音を含みます。この雑音はかなり度々ガウス雑音(もっと共通的には広い周波数スペクトル、周波数範囲全体に渡って分割されたものに等しい総エネルギーで認識される、白色雑音(ホワイトノイズ)または熱雑音として知られる)の特性を持ちます。これらの場合では、雑音の振幅がA/D変換のLSBを交互するのに充分であれば、'過採取と間引き'の方法は動くでしょう。

他の場合では、入力信号に人為的な雑音を加える必要があるかもしれません。この方法はデザリング(微振動)と判断されます。この雑音の波形はガウス雑音かもしれませんが、周期的な波形でも動くでしょう。この雑音信号が持つかもしれない周波数は採取周波数に依存します。経験則は" m 採取増加時、雑音信号周期は m 採取の周期を越えてはならない"です。雑音の振幅は少なくとも1LSBかもしれません。信号に人為的な雑音を追加する時に雑音が0の値を意味するのを覚えて置くことが重要で、従って不十分な過採取は下図で示されるようにオフセットを生じるかもしれません。

破線は鋸波の平均値を描きます。右図のAで示される採取は負のオフセットを引き起こし、一方でBでの採取は正のオフセットを引き起こします。図Cでは採取が充分で、オフセットが避けられます。人為的な雑音信号を作成するのに、AVR®のタイマ/カウンタの1つが使えます。タイマ/カウンタとA/D変換器が同じクロック元を使うため、これは雑音同期の可能性とオフセットを避けるための採取周波数を与えます。

図1-3. 不十分な過採取によるオフセット発生



2. ソースコード概要

本章は過採取実演応用がどう動くかと、各種過採取水準を得るのに各種構成設定パラメータがどう変更され得るかも説明されます。

このソフトウェアはMicrochip XMEGA-A3BU Xplained基板で開発して試験されています。

応用はADC変位(オフセット)と利得誤差を処理します。最良の結果のために使用者は[adc_oversampling.h](#)でADC_GAIN_ERROR_FACTORマクロの変更によってデバイス毎に変わる正しい利得誤差値を構成設定しなければなりません。

応用構成設定:

- CPUクロック: 2MHz (既定)
- 使用周辺機能:
 - USARTD0:
 - 125kHzのボーレートのSPI動作でのUSART
 - ADCB:
 - 外部参照基準:AREFBの250kSPSで走る符号付き12ビット分解能
 - PB0 - 外部参照基準
 - PB1 - ADC正入力
 - PB2 - ADC負入力
 - PB3 - ADC変位
 - GPIO
 - PE4 - LCD背面照明
 - PA3 - LCDリセット
 - PD0 - LCD A0-レジスタ選択
 - PF3 - LCDチップ選択
 - PD1 - LCD直列クロック (USARTD0 XCK)
 - PD2 - LCD直列データ (USARTD0 TX)

応用は周辺機能ドライバと必要な全ての構成設定ファイルだけでなく、ドライバを初期化するのに必要な全ての関数を呼ぶmain()関数も生成するAtmel STARTで構成設定されます。

- ドライバのヘッダとソースのファイルはsrcとincludeのフォルダに置かれます。
- [atmel_start.c](#)はプロジェクト内のシステム、ドライバ、それとソフトウェアを初期化するatmel_start_init()関数を含みます。
- GFX白黒ライブラリはgfx_monoフォルダで見つかります。

2.1. 過採取実演プロジェクトがどう動くか

過採取実演プロジェクトはXMEGA-A3BU Xplainedキット用に準備されて試験されています。XMEGA-A3BU Xplainedキットについてのより多くの詳細については「[AN_8394 - AVR1923:XMEGA-A3BU Xplainedハードウェア使用者の手引き](#)」応用記述を参照してください。

目的対象デバイスのMicrochip ATxmega256A3BUからのADCBは入力信号の採取に使われ、A/D変換器(ADC)は符号付き差動、12ビット分解能、250kSPS、AREFBピンでの外部基準電圧で構成設定されます。

ADC初期化中、入力信号採取に使われる同様のADC構成設定でADC変位(オフセット)誤差が計算されます。この変位値を使うことにより、変位誤差修正は採取(試料)がADCから読まれる時毎に行われます。応用の現在の構成設定では外部参照基準がAREFBピンに存在しなければなりません。この参照基準は始動での変位誤差測定に使われます。さもなければ、測定した読み取り値は不正な変位誤差計算のために正確ではないでしょう。

変位誤差修正後、ADCBは入力信号を採取するために自由走行(連続変換)動作に構成設定されます。

2.1.1. 過採取構成設定

応用の過採取部分を制御する各種パラメータは[adc_oversampling.h](#)ヘッダファイルで見つけることができます。例えば、結果の分解能を変更することが可能です。より多くの詳細はヘッダファイル自身で利用可能なコードの注釈で見つけることができます。

2.1.2. 実演プロジェクトでの開始に際して

[adc_oversampling.h](#)で与えられた既定構成設定パラメータのこの応用を使って開始するには、XMEGA-A3BU Xplained基板で以下のハードウェア接続が必要とされます。

- 3.0V参照基準をJ2ヘッダの(ADC0と記された)1番ピンに接続してください。
- 差動動作で測定されなければならない外部アナログ信号の正入力をJ2ヘッダの(ADC1と記された)2番ピンに接続してください。
- 外部アナログ信号の負入力をJ2ヘッダの(ADC2と記された)3番ピンに接続してください。

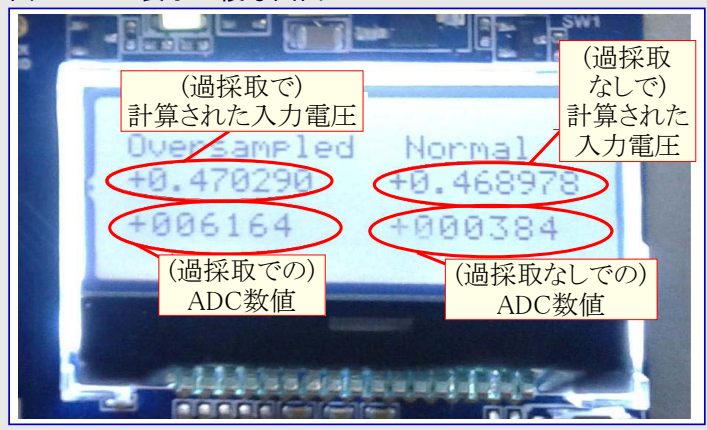
必要なハードウェア接続完了後、応用のhexファイルを目的対象に書き、LCDでADC結果を観察してください。

2.1.3. LCDでのADC結果

結果はXMEGA-A3BU Xplainedキットで利用可能なLCD上に表示されます。比較のために、過採取された結果と単一採取の結果の両方がLCD上に表示されます。ADC数値と計算されたアナログ入力電圧の両方が表示されます。

LCD表示の複写画面が図2-1.で示されます。

図2-1. LCD表示の複写画面



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)鉤経由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://start.atmel.com/>

コード例

AVR1629 XMEGA ADC過採取 (AVR1629 XMEGA ADC Oversampling)

- http://start.atmel.com/#example/Atmel:avr1629_xmega_adc_oversampling::01.0.0::Application:AVR1629_XMEGA_ADC_Oversampling:

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。

4. 推奨読み物

Microchip XMEGAのADCと過採取の理屈でより多くの知識を得るため、以下の応用記述を読むことが推奨されます。

下はMicrochipのウェブサイトのリンクから入手可能な一覧にした応用記述と他のXMEGAに関連するソースコード付き応用記述です。

- 様々な応用記述は資料タブのこのデバイス頁で利用可能です。
- AN_2559: AVR120 – AVRのA/D変換器の特性付けと校正。この応用記述はデータシートで与えられる様々なADC特性パラメータとそれらが測定にどう影響するかを説明します。
- AN2535: AVR1300 – AVR XMEGA A/D変換器(ADC)の使い方。この応用記述は素早く立ち上げて動かすためのコード例と共にXMEGA ADCの基本的な機能を記述します。
- AN_8320: AVR1505 – XMEGA練習 – A/D変換器(ADC)。この応用記述は素早く立ち上げて動かすためのMicrochip ATxmega128A1マイクロ コントローラが特徴のAVR Xplained評価キットから、ADCを使う方法の練習資料です。
- AVR042: ハードウェア設計の考察。この応用記述は電源設計で出会う問題と他の物理的な設計問題の殆どを網羅します。
- AN_8394: AVR1923 – XMEGA-A3BU Xplainedハードウェア使用者の手引き。これはXMEGA-A3BU Xplainキットで作業を開始するためのハードウェア使用者の手引きです。

5. 資料

- XMEGA手引書とデータシート
- Atmel Studio 7
- IAR Embedded Workbench®コンパイラ

6. 改訂履歴

資料改訂	日付	注釈
8498A	2012年3月	初版資料公開
A	2018年9月	<ul style="list-style-type: none">• Microchip DS00002777AがAVR8498Aを置き換え• 新雛形とAtmel STARTに対して更新された「ソースコード概要」

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
- **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、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.

本白書はMicrochipのAN2777応用記述(DS00002777A-2018年9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。

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