
tinyAVR® 0と1系及びmegaAVR® 0系でのADC過採取

序説

著者: Rupali Honrao, Microchip Inc.

Microchip tinyAVR® 0と1系統及びmegaAVR® 0系統マイクロコントローラは10ビット分解能のA/D変換器を提供します。殆どの場合で10ビット分解能は充分ですが、いくつかの場合により高い精度が望まれます。測定の分解能を改善するのに特別な信号処理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り、外部ADCを使うことなく、より高い分解能が達成されるかもしれません。例えば、10ビットADCを使うことにより、過採取技術で12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満たされるべき必要とされる条件を説明します。この応用記述はこの過採取技術を達成するために説明された理論に応じたソースコードも提供します。

要点

- ・ 過採取によるMicrochip tinyAVR® 0と1系統及びmegaAVR® 0系統デバイスに対するADC分解能増加
- ・ 平均化と間引き
- ・ ソフトウェアは10ビット分解能から12ビット分解能を達成するATtiny817用Atmel START例プロジェクトとして実装されます。
- ・ 以下を選ぶためにソースコードでの構成設定任意選択を示します。
 - ADC入力ピン
 - ADC採取速度
- ・ ADCの結果はUSARTを通して直列端末に送られます。
 - (Vで)測定したアナログ入力電圧が表示されます。
 - 比較のために過採取と標準の両方の結果が表示されます。

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
要点	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. 動作の理屈	4
2.1. 採取周波数	4
2.2. 過採取と間引き	4
2.3. 雑音	4
2.4. 平均化	5
2.5. ‘過採取と間引き’は何時動く?	6
3. Atmel STARTからのソースコード取得	6
4. ソースコード概要	6
5. マクロ構成設定	7
6. 応用の流れ図	7
7. 過採取実演応用の動き方	7
8. 改訂履歴	8
Microchipウェブ サイト	9
お客様への変更通知サービス	9
お客様支援	9
Microchipデバイス コード保護機能	9
法的通知	9
商標	10
DNVによって認証された品質管理システム	10
世界的な販売とサービス	11

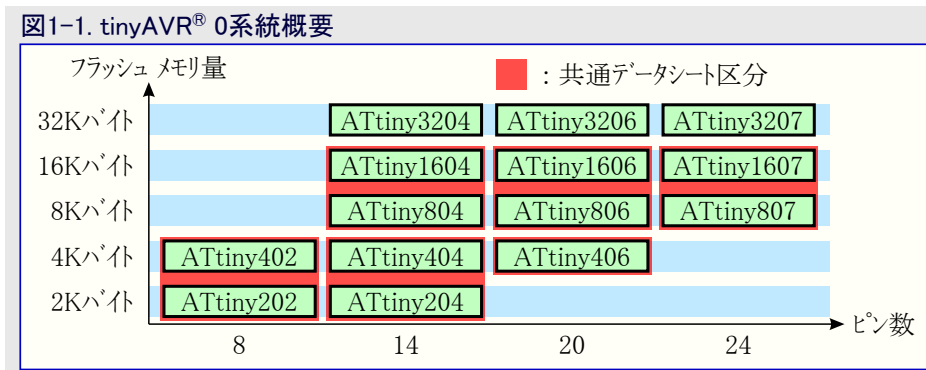
1. 関連デバイス

本章はこの資料に関連するデバイスを一覧にします。

1.1. tinyAVR[®] 0系統

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

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

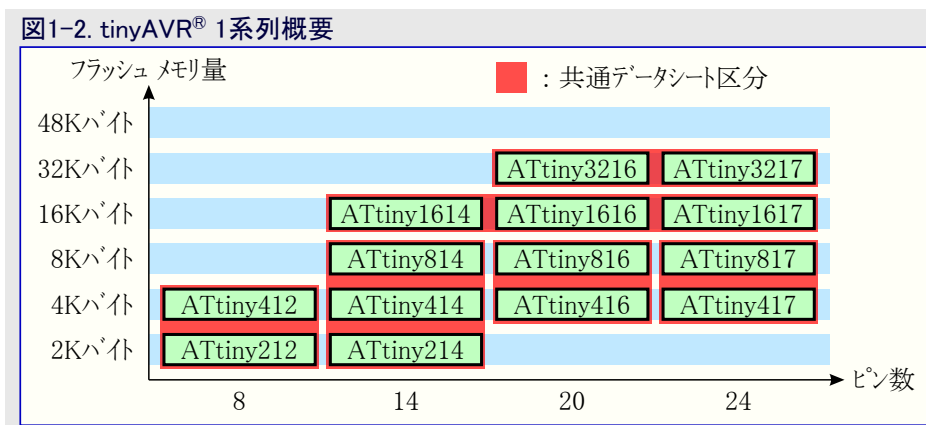


異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。

1.2. tinyAVR[®] 1系統

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

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

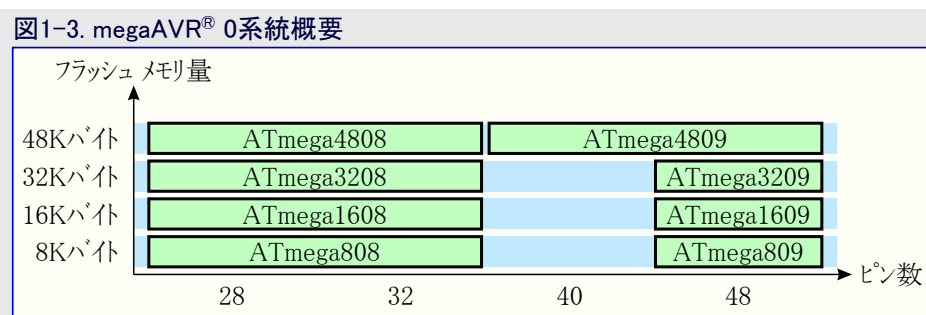


異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。

1.3. megaAVR[®] 0系統

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。



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. 動作の理屈

本章は必要な全ての数学上の詳細と共に過採取がどう働くかを説明します。

2.1. 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の最低2倍の速さで採取されなければならない、さもなければ、高い周波数の内容が解析スペクトル(通過帯域)内側の周波数で折り返されます。ナイキストの定理に従って必要とされる最小採取周波数がナイキスト周波数です。

式2-1. ナイキスト周波数

$$f_{\text{ナイキスト}} > 2 \times f_{\text{信号}}$$

$f_{\text{信号}}$ は入力信号で重要な最高周波数です。

$f_{\text{ナイキスト}}$ 以上の採取周波数が「過採取」と呼ばれます。けれども、この採取周波数は理論上、且つ絶対最小採取周波数なだけです。実際には、時間領域に於いて、測定した信号の可能な最高表現を与えるため、通常、使用者は最も高い可能な採取周波数を強く望みます。殆どの場合で入力信号は既に過採取されています。

採取周波数はCPUクロックを前置分周した結果で、より低い前置分周係数はより高いADCクロック周波数を与えます。或る点で、より高いADCクロックは有効ビット数(ENOB:Effective Number Of Bits)が減るために変換の精度が減少します。

2.1.1. ADCクロック限度

Microchip tinyAVR® 0と1系統及びmegaAVR® 0系統デバイスに対しては変換結果で10ビット分機能を得るためにADCクロック周波数がおそらく最大1.5MHzです。ADCクロックが1.5MHzの時に採取周波数は150kpspsで、これは採取した信号内の上側周波数を~75kHzまでに制限します。

2.2. 過採取と間引き

過採取技法はより多い量の採取を必要とします。これらの追加採取は信号を過採取することによって達成することができます。分解能の各追加ビット(n)について、信号は 4^n 倍で過採取されなければなりません。信号を採取し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。

式2-2. 過採取周波数

$$f_{\text{過採取}} = 4^n \times f_{\text{ナイキスト}}$$

2.3. 雑音

この方法を正しく動かすため、重要な信号成分が変換中におそらく大きく変わりません。けれども、上手い分解能の増強に関する別の基準は採取時に入力信号が僅かに変わらなければならないことです。これは矛盾のように見えるかもしれませんが、この場合、変化は数下位ビット(LSB)だけです。この変化は信号の雑音成分として見られるでしょう。信号を過採取する時に、信号でのこの小さな変化の要求を満足するために存在する雑音がおそらくあります。ADCの量子化誤差は最低で0.5LSBです。従って、雑音振幅はLSBを切り替えたために0.5LSBを超えなければなりません。1~2LSBの雑音振幅は、いくつかの採取が同じ値を得ることにならないのをこれが保証するため、もっと良いです。

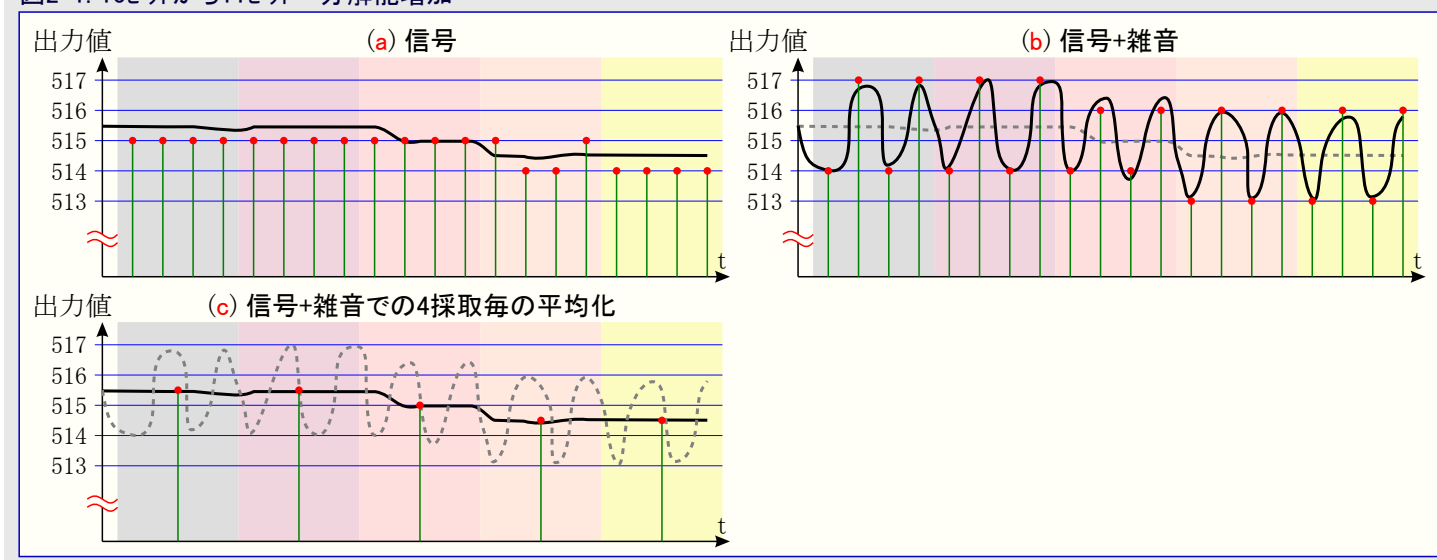
間引き技法使用時に雑音に対する基準は以下です。

- 重要な信号成分はおそらく変換中に大幅に変わりません。
- おそらく信号にいくつかの雑音の存在がありません。
- 雑音の振幅はおそらく最低で1LSBです。

普通、変換中にいくつかの雑音の存在があります。雑音は熱雑音、CPUコアからの雑音、入出力ポートの切り替え、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す。にも拘らず特別な場合で、入力信号に或る人工的な雑音を追加することが必要かもしれません。この方法はデザリングとして参照されます。

図2-1の(a)は2つの量子化段階である電圧値で信号を測定する問題を示します。4つの採取の平均は同じ低い値の結果となるため役に立ちません。図2-1の(b)は入力信号に或る人工的な雑音を追加することにより、変換結果のLSBが切り替わることを示します。図2-1の(c)で示されるように、これら採取の4つの平均化は量子化段階を半分にし、入力値のより良い表現を与える結果をもたらします。ADCの'仮想分解能'は10から11ビットに増されました。この方法は間引きとして参照され、「2.4. 平均化」項で更に説明されます。

図2-1. 10ビットから11ビットへ分解能増加

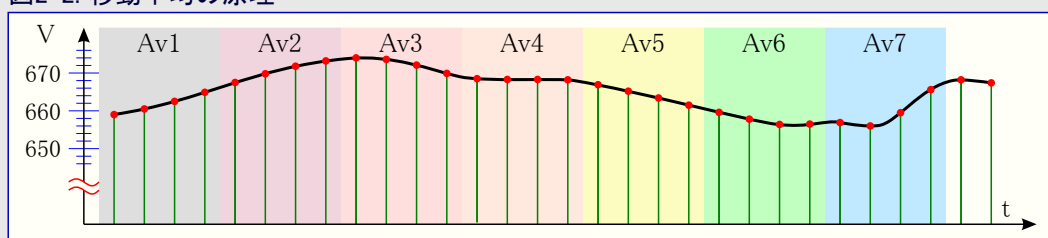


この方法を使う別の理由は信号対雑音比を増すことです。有効ビット数(ENOB)増加は増された2進数に渡って雑音を分散します。各2進桁での雑音の影響は減ります。採取周波数を2倍にすることは帯域内雑音を3dB低くし、測定の分解能を0.5ビット増します。

2.4. 平均化

伝統的な平均化の意味はm採取を加算してその結果をmで除算することで、これは相加平均として参照されます。ADC測定からのデータを平均化することは低域通過濾波器と等しく、信号変動や雑音を減衰する利点を持ち、入力信号での頂点を平らにします。移動平均法はこれを行うのに頻繁に使われます。これはm読み取りを取ることによって動き、それらを巡回待ち行列に置き、最近のmを平均します。これは各採取が最後のm採取の表現のため僅かな時間遅延を生じます。これは重複窓有りまたは無しで行うことができます。下図は重複無しで独立した7つ(Av1~Av7)の移動平均の結果を示します。

図2-2. 移動平均の原理



相加平均が変換の分解能を増さないことを思い出すことが重要です。間引きまたは補間は平均化の方法で過採取と組み合わせられて分解能を増します。

信号を過採取することによって達成される追加採取(m)が相加平均としてだけ合計されますが、結果は相加平均でのようにmによって除算されません。代わりに、結果はnによって右移動され、ここでnは正しく答えを尺度調整するための望んだ分解能の追加ビットです。2進数の1度の右移動は係数2によって2進数を除算することと等価です。

式2-2から見えるように、10から12ビットの分解能増加(即ち、2ビット分解能追加)は $4^2(=16)$ 個の10ビット値の総和を必要とします。16個の10ビット値の総和は最後の2ビットが役立つ情報を保持することが期待できない14ビットの結果を生成します。

12ビット表現に'戻す'には、この結果を縮小することが必要です。下の式で与えられる縮小係数(sf)は結果を正しく尺度調整するために 4^n 個の採取の総和がこれによって除算されるべき係数です。nは望む追加ビット数です。

式2-3. 縮小係数

$$sf = 2^n$$

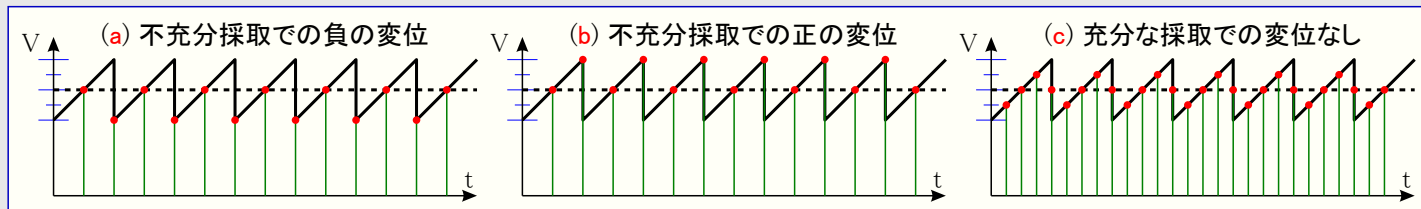
上の場合(10ビットから12ビットへの分解能増加)で説明されるように、縮小係数(sf)は4に等しい 2^2 です。

2.5. ‘過採取と間引き’は何時動く?

通常、信号はいくつかの雑音を含みます。この雑音は度々、総エネルギーが周波数範囲全体に渡って等しく分けられることの実事により、広い周波数スペクトラムによって認知される白色雑音または熱雑音としてもっと一般的に知られるガウス雑音の特性を持ちます。これらの場合、雑音の振幅がADC変換のLSBを切り替えるのに十分な場合に‘過採取と間引き’の方法が動きます。

他の場合、入力信号に人工的な雑音信号を追加することが必要かもしれません。この方法は‘ディザリング’として参照されます。この雑音の波形はおそらくガウス雑音ですが、周期的な雑音でも動きます。この雑音信号がどの周波数を持つかは採取周波数に依存します。経験則は、“m採取追加時、雑音信号周期はm採取の周期をおそらく超えない。”です。雑音の振幅はおそらく最低1LSBです。信号への人工的な雑音追加時、雑音が0の平均値を持つのを思い出すことが重要で、従って不十分な過採取は次図で示されるように変位(オフセット)を引き起こすかもしれません。

図2-6. 不十分な採取によって引き起こされた変位(オフセット)



点線は鋸歯信号の平均化した値を描画します。上の図(a)で示される採取は負の変位を引き起こし、一方で(b)の採取は正の変位を引き起こします。図(c)では採取が充分で変位が避けられます。人工的な雑音信号を作成するにはAVR[®]のカウンタの1つを使うことができます。カウンタとADCが同じクロック元を使うため、これは変位避けるために雑音と採取周波数を同期することの可能性を与えます。

3. Atmel | STARTからのソースコード取得

コード例は画像ユーザーインターフェース(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 7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

- tinyAVR[®] 1系統でのADC過採取 (ADC Oversampling with tinyAVR[®] 1-series) :
http://start.atmel.com/#example/Atmel:adc_oversampling_with_tinyavr_1_series:1.0.0::Application:ADC_Oversampling_with_tinyavr_1_series:
- megaAVR[®] 0系統でのADC過採取 (ADC Oversampling with megaAVR[®] 0-series) :
http://start.atmel.com/#example/Atmel:adc_oversampling_with_megaavr_0_series:1.0.0::Application:ADC_Oversampling_with_megaavr_0_series:

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. ソースコード概要

過採取実演応用はATtiny817 Xplained Pro基板用に開発して試験されています。

- CPUクロック(既定) 3.33MHz
- 使用周辺機能:
 - ADC, USART, VREF
 - ADC入力チャネルはAIN5、PA5ピン
 - ADC分解能10ビット

- ADCクロックは4分周したCLK_PER
- USART : ボーレート9600、TXD:PB2
- VREF : ADC基準電圧2.5V

Atmel STARTで構成設定されたプロジェクトは周辺機能ドライバ関数だけでなく全てのドライバを初期化する'main()'関数も生成します。

- ・ドライバヘッダとソースファイルはsrcとincludeのフォルダです。
- ・atmel_start.cファイルで'atmel_start_init()'関数はプロジェクト内のMCU、ドライバ、ミドルウェアを初期化します。

5. マクロ構成設定

下はmain.cファイルでのマクロ構成設定です。

- ・最大入力電圧

```
#define MAX_VOL 2.5
```

最大入力電圧は測定したADC読み取り値に対して電圧を計算するために2.5に構成設定されます。

注: ADC基準電圧は2.5Vに構成設定されています。

- ・ADC入力チャンネル

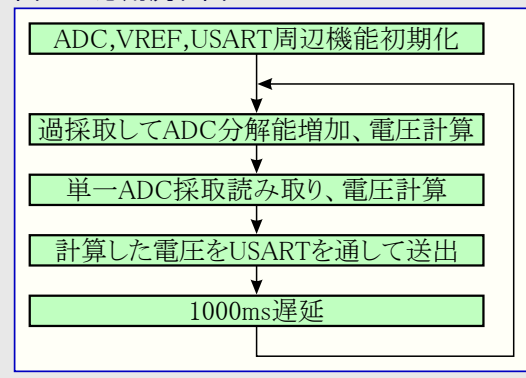
```
#define ADC_CHANNEL 5
```

ADC入力信号はチャンネル5:AIN5(PA5ピン)に接続されています。

6. 応用の流れ図

応用全体の流れが図6-1.で示されます。

図6-1. 応用流れ図



7. 過採取実演応用の動き方

提供された例のソースコードに於いて、ADC変換は'process_single_sampled()'と'process_oversampled()'の関数で行われます。比較のため、過採取されたものと通常のADC結果の両方がUSARTを通して直列端末へ送られます。測定したアナログ入力電圧が(Vで)表示されます。

'process_single_sampled()'関数ではADC採取累積器が1に構成設定されています。1つの採取だけのADC結果が読めます。ここで過採取は行われません。

'process_oversampled()'関数は過採取がどう行われて分解能が10から12ビットに増やされるかを実演します。'process_oversampled()'関数で10ビットADCから12ビット分解能を得るには、16回ADC採取を読んでその後にADC結果の総和を2右移動(即ち、4で除算)することが必要とされます。

分解能を増すにはADC分機能の各塚ビット(n)に対して信号が 4^n 個過採取されなければなりません。12ビットADCを達成するには追加の2ビット分解能が必要です。故に信号は 4^2 、即ち16倍以上の試料で採取されなければなりません。ADCは構成設定可能な累積器設定を持ちます。この累積器は16採取を行うように構成設定されます。ADC結果レジスタの結果はその後に16採取の総和になります。縮小係数(sf)は $sf=2^n$ によって与えられます。この縮小係数は結果を望むビット幅に縮小することによって除算され得る結果の数です。この例では結果が2ビット増されます。故に縮小係数は $2^2=4$ です。故に結果はおそらく4で乗算され、または2回の右移動を実行することもできます。

'process_single_sampled()'と'process_oversampled()'の両関数ではADC結果が読まれ、測定した電圧は'dtostrf'標準ライブラリ関数を用いて文字列に変換され、この(Vで)測定したアナログ入力電圧は1秒毎にUSARTを通してPCの直列端末へ送られます。

8. 改訂履歴

資料改訂	日付	注釈
A	2017年11月	初版資料公開
B	2018年2月	tinyAVR 0系統とmegaAVR 0系統の支援を追加
C	2018年10月	「関連デバイス」章で図1-1.、図1-2.、図1-3.を更新。文法と句読法を修正。

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ったことを意味しません。

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

法的通知

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

商標

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

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

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

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

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

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

ここで言及した以外の全ての商標はそれら各々の会社の所有物です。

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

DNVによって認証された品質管理システム

ISO/TS 16949

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

日本語© HERO 2020.

本応用記述はMicrochipのAN2572応用記述(DS00002572C-2018年10月)の翻訳日本語版です。日本語では不自然となる重複する形容表現は省略されている場合があります。日本語では難解となる表現は大幅に意識されている部分もあります。必要に応じて一部加筆されています。頁割の変更により、原本より頁数が少なくなっています。

必要と思われる部分には()内に英語表記や略称などを残す形で表記しています。

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



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	オーストリア - ウェルス 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			