

---

---

**tinyAVR® 0と1系及びmegaAVR® 0系でのADC基礎**

---

---

**序説**

著者: Qubo Hu, Microchip Inc.

Microchip tinyAVR® 0と1系統及びmegaAVR® 0系統デバイスには10ビット逐次比較レジスタ(SAR: Successive Approximation Register)A/D変換器(ADC)が特徴で、115kspsまでの変換速度の能力があります。複数のシングルエンド入力ピンで電圧を測定することをADCに許す柔軟な多重器が特徴です。シングルエンド入力チャネルは接地(GND)に対して参照されません。ADC入力信号は採取中にADCへの入力電圧が一定水準にされることを保証する採取/保持回路を通して供給されます。0.55VとVDD間の複数の内部ADC基準電圧も特徴です。

ADC変換はソフトウェアによって、または他の周辺機能から事象を配線するための事象システム(EVSY)を使うことによって開始することができます。窓比較機能は入力信号を監視するのに利用可能で、必要とされる最小のソフトウェア介在で窓の下側、上側、内側、外側に対するユーザー定義の閾値で割り込みを起動するように構成設定することができます。

この応用記述はシングルエンド動作でのMicrochip tinyAVR® 0と1系統及びmegaAVR® 0系統デバイスのADCの基本的な機能を記述します。始めるためにMicrochipデバイス用のコード例が含まれます。

**要点**

- ADC自由走行(連続変換)動作
- ADC単独変換動作
- ADC窓比較動作
- ADC採取累積器動作
- Atmel | START例コード

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. 単位部概要	4
2.1. アナログ入力回路	4
2.2. ADC操作	4
2.3. ADCクロックと変換タイミング	5
2.4. チャネル変更	5
2.5. 基準電圧選択	5
3. ソースコード概要	6
3.1. マクロ構成設定	6
3.2. ADC自由走行	6
3.3. ADC単独変換	7
3.4. ADC窓比較	7
3.5. ADC採取累積器	7
4. Atmel   STARTからのソースコード取得	7
5. 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

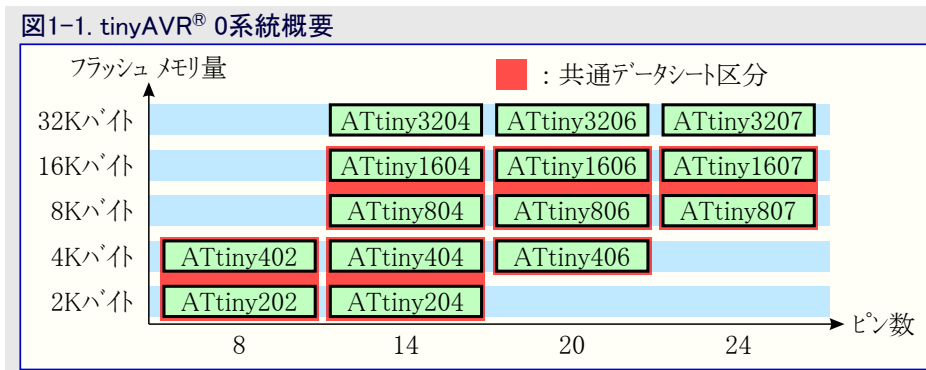
## 1. 関連デバイス

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<sup>®</sup> 0系統

下図はピン数の変種とメモリ量を展開してtinyAVR<sup>®</sup> 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。

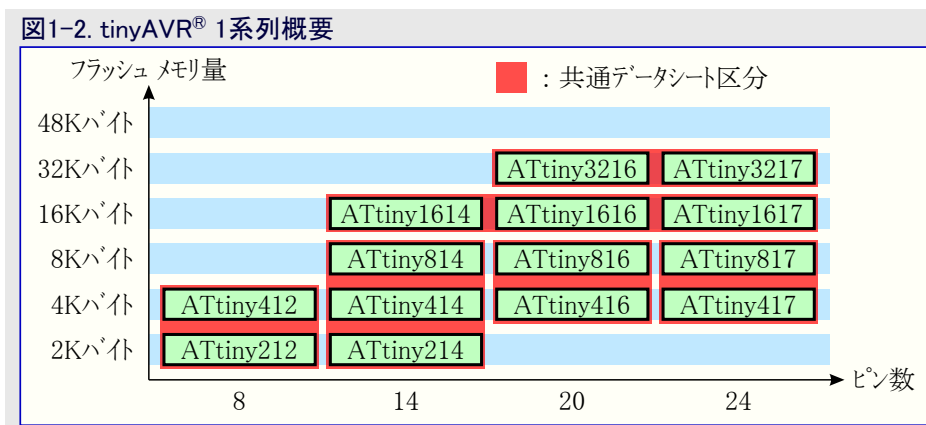


異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。

### 1.2. tinyAVR<sup>®</sup> 1系統

下図はピン配置変種とメモリ量を展開してtinyAVR<sup>®</sup> 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。

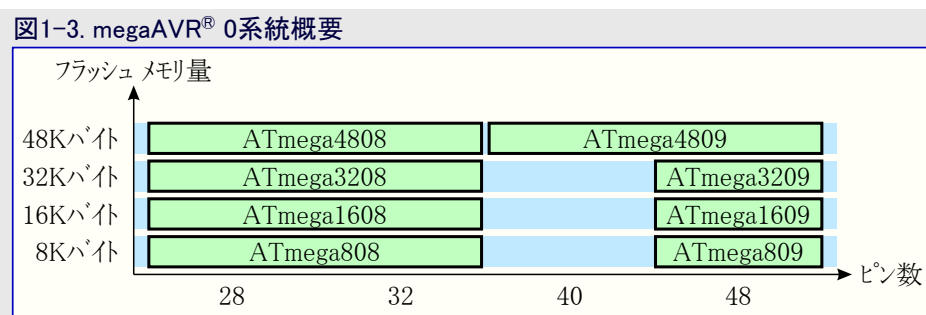


異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。

### 1.3. megaAVR<sup>®</sup> 0系統

下図はピン配置変種とメモリ量を展開してmegaAVR<sup>®</sup> 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。

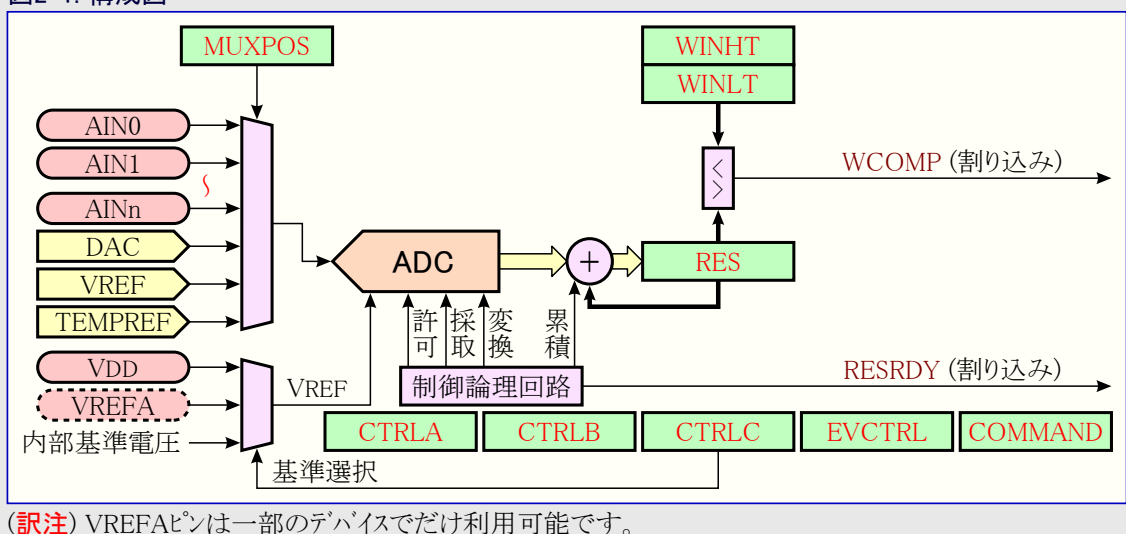


異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。

## 2. 単位部概要

本章はADC機能の概要とADCの基本的な構成設定任意選択を与えます。

図2-1. 構成図

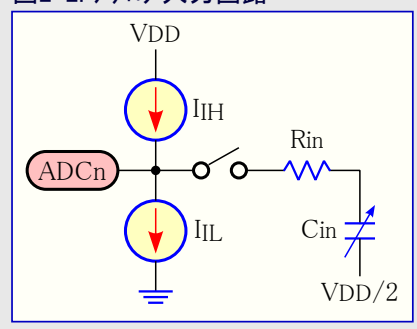


### 2.1. アナログ入力回路

アナログ入力回路は図2-2で図解されます。ADC<sub>n</sub>に印加されるアナログ供給元は、チャンネルがADC用の入力として選ばれているかどうかと無関係に、ピン容量と(I<sub>H</sub>とI<sub>L</sub>)によって表される)そのピンの入力漏れに影響されます。チャンネルが選ばれると、供給元は直列抵抗(入力経路での合成抵抗)を通してS/H(採取/保持)コンデンサを駆動しなければなりません。

ADCは概ね10kΩ以下の出力インピーダンスを持つアナログ信号に最適化されています。このような供給元が使われる場合、採取時間は無視しても良いでしょう。より高いインピーダンスを持つ供給元が使われる場合、採取時間は供給元がS/Hコンデンサを充電するのにどの位の間必要かに依存し、大幅に変わり得ます。

図2-2. アナログ入力回路



### 2.2. ADC操作

アナログ入力チャンネルは多重器正選択(ADC<sub>n</sub>.MUXPOS)レジスタの多重器正選択(MUXPOS)ビット書き込みによって選ばれます。ADC入力ピンのどれか、GND、内部電圧基準(VREF)、または温度感知器をADCへのシングルエンド入力として選ぶことができます。ADCは制御A(ADC<sub>n</sub>.CTRLA)レジスタのADC許可(ENABLE)ビットに'1'を書くことによって許可されます。電圧基準と入力チャンネル選択はADCが許可される間に実施されません。ADCはADC<sub>n</sub>.CTRLAレジスタのENABLEビットが'0'の時に電力を消費しません。ADC<sub>n</sub>.CTRLAレジスタの分解能選択(RESSEL)ビットはADCの分解能を8または10ビットに選びます。

#### 2.2.1. 変換開始

単独変換動作では指令(ADC<sub>n</sub>.COMMAND)レジスタのADC変換開始(STCONV)ビットに'1'を書くことによって変換が起動されます。このビットは変換が進行中で有る限り'1'で、変換が完了された時に解除(0)されます。変換進行中に違う入力チャンネルが選ばれた場合、ADCはチャンネルを変更するのに先立って現在の変換を終了します。

自由走行(連続変換)動作ではADC<sub>n</sub>.COMMANDレジスタのSTCONVビットに'1'を書くことによって最初の変換が開始されます。新しい変換周回は前の変換周りが完了された直後に開始されます。割り込み要求フラグ(ADC<sub>n</sub>.INTFLAGS)レジスタで結果準備可(RESRDY)割り込み要求フラグが設定(1)されます。

割り込み制御(ADC<sub>n</sub>.INTCTRL)レジスタの結果準備可割り込み許可(RESRDY)ビットとCPUステータスレジスタ(CPU.SREG)の全体割り込み許可(I)ビットが'1'なら、結果準備可割り込みベクタが実行されます。

ADC<sub>n</sub>.INTFLAGSのRESRDY割り込み要求フラグは例えば指定した割り込みが禁止されていても設定(1)され、このフラグをポーリングすることによって変換終了を調べることをソフトウェアに許します。故に割り込みを発生することなく変換を起動することができます。

代わりに、変換は事象によって起動することができます。これは事象制御(ADC<sub>n</sub>.EVCTRL)レジスタの事象入力開始(STARTEI)ビットに'1'を書くことによって許可されます。事象システム(EVSYS)を通してADCに配線されたやってくるどの事象もADC変換を起動します。これは予測可能な間隔または特定条件で変換を開始する方法を提供します。事象起動入力は端感知です。事象が発生すると、ADC<sub>n</sub>.COMMANDのSTCONVが設定(1)されます。STCONVは変換が完了する時に解除(0)されます。

## 2.2.2. ADC変換結果

変換完了(**RESRDY**が'1')後、変換結果(**RES**)はADC結果(**ADCn.RES**)レジスタで利用可能です。10ビット変換に対する結果は次のように与えられます。

$$RES = \frac{1023 \times VIN}{VREF}$$

ここでVINは選んだ入力ピンでの電圧、VREFは選んだ電圧基準です(制御C(**ADCn.CTRLC**)レジスタの基準電圧選択(**REFSEL**)ビットと多重器正選択(**ADCn.MUXPOS**)レジスタに対する説明をご覧ください)。

### 2.2.2.1. 10または8ビット分解能でのADC結果

全10ビット分解能では10ビットADC結果がADC結果(**ADCn.RES**)レジスタに格納されます。8ビット分機能での変換結果はそれらがADC結果(**ADCn.RES**)レジスタに格納される前に(MSB)8ビットに切り詰められます。最下位側2ビットが破棄されます。

## 2.3. ADCクロックと変換タイミング

ADCはCLK\_PER周辺機能クロックを使い、最大分解能のために50kHz~1.5MHz間の周波数でADCクロック元(CLK\_ADC)を生成するための内部前置分周器を持ちます。10ビットよりも低い分解能が選ばれる場合、ADCへの入力クロック周波数はより高い採取速度を得るために1.5MHzよりも高くすることができます。前置分周は制御C(**ADCn.CTRLC**)レジスタの前置分周器(**PRESC**)ビットへ書くことによって選ぶことができます。

変換が起動されると、変換は後続するCLK\_ADCクロック周期の上昇端で開始します。前置分周器は進行中の変換がない限り、リセットを保たれます。これは起動からCLK\_PER周期での実際の変換の開始までの固定遅延を「開始遅延=**PRESC**係数/2+2」として仮定します。

標準変換は13 CLK\_ADC周期かかります。実際の採取/保持は変換の開始後2 CLK\_ADC周期で行われます。

採取時間と採取長の両方は制御D(**ADCn.CTRLD**)レジスタの採取遅延選択(**SAMPDLY**)ビット領域と採取制御(**ADCn.SAMPCTRL**)の採取長(**SAMPLEN**)ビット領域を用いることによって調整することができます。これら両方共にCLK\_ADC周期数でADC採取時間を制御します。総採取時間は以下によって与えられます。

$$\text{採取時間} = \frac{(2 + \text{SAMPDLY} + \text{SAMPLEN})}{f_{\text{CLK\_ADC}}}$$

自由走行(連続変換)動作では採取速度(**Rs**)が以下によって計算されます。

$$\text{採取速度} = \frac{f_{\text{CLK\_ADC}}}{(13 + \text{SAMPDLY} + \text{SAMPLEN})}$$

## 2.4. チャネル変更

多重器正選択(**ADCn.MUXPOS**)レジスタの多重器正選択(**MUXPOS**)ビットと制御C(**ADCn.CTRLC**)レジスタの基準電圧選択(**REFSEL**)ビットはCPUが乱アクセスするための一時レジスタを通して緩衝されます。これはチャネルと基準電圧の選択が変換中の安全な点でだけ行われることを保証します。

一旦変換が始まると、ADCに対する十分な採取時間を保証するためにチャネルと基準電圧の選択が施錠されます。

単独変換動作では、変換を始める前にチャネルが選ばれるべきです。チャネル選択は指令(**ADCn.COMMAND**)レジスタのADC変換開始(**STCONV**)ビットへの'1'書き込み後の1 ADCクロック周期で変更することができます。

自由走行(連続変換)動作では、最初の変換を始める前にチャネルが選ばれるべきです。チャネル選択は**ADCn.COMMAND**レジスタの**STCONV**ビットへの'1'書き込み後の1 ADCクロック周期で変更することができます。次の変換が既に自動的に開始されるため、次の結果は直前のチャネル選択を反映します。

## 2.5. 基準電圧選択

このADCは0.55VとVDD間の複数の内部ADC基準電圧と外部基準入力(VREFA)が特徴です。各種内部基準電圧は0.55V、1.1V、2.5V、4.3Vです。

ADCに対する基準電圧がADCの変換範囲を制御します。選んだ基準電圧を超える入力電圧はADCの最大結果値に変換されません。理想10ビットADCについては最大結果値が\$3FFです。VREFは制御C(**ADCn.CTRLC**)レジスタの基準電圧選択(**REFSEL**)ビットを書くことによってVDD、外部基準(VREFA)、内部基準電圧のどれかとして選ぶことができます。VDDは能動スイッチを通してADCに接続されます。内部基準電圧は基準電圧(VREF)周辺機能によって制御される内部増幅器を通して内部バンドギャップ基準電圧から生成されます。

### 3. ソースコード概要

4つの使用事例を持つ1つの応用はATtiny817 Xplained Pro基板で開発されて試験されています。ここは4つの使用事例全てに対して共通する一般的なシステム構成設定です。

- CPUクロック：3.33MHz
- 使用周辺機能：
  - ADC、VREF、USART
- 周辺機能構成設定の詳細：
  - ADC、VREF、USART
    - 10ビット分解能
    - 入力チャンネルはAIN6：PA6ピン
  - VREFは2.5Vに設定
  - USART
    - TXEN：送信許可は設定(1)
    - ボーレート：9600
  - GPIO(汎用入出力)出力ピンPB4：LEDO

Atmel STARTで入手可能なプロジェクトは周辺機能ドライバ関数とファイル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。

- ドライバのヘッダとソースのファイルはsrcとincludeのフォルダです。
  - atmel\_start.cファイルでatmel\_start\_init()がプロジェクト内のMCU、ドライバ、ソフトウェアを初期化します。
- 以降の項でmain.cファイルで使われるマクロ構成設定と4つの事例の応用に対するソースコードが説明されます。

#### 3.1. 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。

- 下で示されるように、各々1~4に定義された値で4つの使用事例任意選択を持つ応用

```
#define FREE_RUNNING          1
#define SINGLE_CONVERSION    2
#define WINDOW_COMPARATOR_MODE 3
#define SAMPLE_ACCUMULATOR  4
```

- どの使用事例が走行するかはEXAMPLE\_CODEマクロの値を変更することによって選ばれます。

```
#define EXAMPLE_CODE SAMPLE_ACCUMULATOR
```

- その後に簡単に変更することができる場合、下のマクロも使われています。最大入力電圧。

```
#define MAX_VOL 2.5 // VREF=2.5V
```

測定したADC読み取りに対して電圧を計算するために最大入力基準電圧が2.5Vに構成設定されています。

**注：**ADC基準電圧(VREF)は2.5Vに構成設定されます。

- ADC結果分解能

```
#define RES_10BIT 0x3FF
```

ADC分解能は0x3FFの最大結果値を持つ10ビット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。

#### 3.2. ADC自由走行

この使用事例ではADCが自由走行(連続変換)動作で動きます。以下のようにmain.cでEXAMPLE\_CODE定義をFREE\_RUNNINGに構成設定することによって動きます。

```
#define EXAMPLE_CODE FREE_RUNNING
```

最初の変換は自由走行動作の初期構成設定が実行される時に開始されます。変換周回が完了されると、ADC結果が結果(ADCn.RES)レジスタから読まれます。ADCn.RESがどう計算されるかの式は「2.2.2. ADC変換結果」で記述されます。結果はその後にコードの次の行で電圧形式に変換され、これはADCn.RESの計算の逆処理です。変換された電圧はその後USARTを通して端末に出力されます。Atmel Studioのデータ可視器(Data Visualizer)で既に組み込まれた端末か、または他の外部端末を使うかを選ぶことができます。その後新しい変換周回は直前の変換周回が完了された後直ちに開始されます。

- 注：**'ADC\_0\_is\_conversion\_done()'関数がadc\_basics.cで定義されます。それを調べるためにsrc\adc\_basics.cファイルを開くことができます。ADC窓比較動作が使われる時にこれはadc\_windows.cファイルで再定義され、関連する全てのドライバが対応するドライバファイルにインクルードされます。

### 3.3. ADC単独変換

この使用事例ではADCが単独変換動作で動きます。以下のようにmain.cでEXAMPLE\_CODE定義をSINGLE\_CONVERSIONに構成設定することによって動きます。

```
#define EXAMPLE_CODE SINGLE_CONVERSION
```

変換はread\_adc\_single\_conversion()関数が呼ばれた後に開始されます。その後にADC\_0\_get\_conversion()関数が呼ばれ、そこでADC\_COMMAND.STCONVが'1'を書かれます。変換周回が完了されると、ADCデータが電圧形式に変換され、それはUSARTを通して端末に出力されます。Atmel Studioのデータ可視器(Data Visualizer)で既に組み込まれたもののような端末を使うように選ぶことができます。

'main()'関数のwhile(1)繰り返しでread\_adc\_single\_conversion()関数が継続的に呼ばれるため、単独変換は前のものが完了された後に開始するように手動で構成設定されます。これは計算された電圧が継続的に端末に出力される、自由走行(連続変換)動作と同じ動きを観察できることが理由です。違いは自由走行動作で、while(1)繰り返し開始前にADC\_0\_get\_conversion()関数が呼ばれる時にADC\_COMMAND.STCONVが'1'を書かれるだけのことです。

**注:** ADCデータを読むADC\_0\_get\_conversion(ADC\_CHANNEL)関数はadc\_basics.cで定義されます。ADC窓比較動作が使われる時にこれはadc\_windows.cファイルで再定義され、関連する全てのドライバがadc\_basics.cの代わりに対応するドライバファイルadc\_window\_s.cで更新されます。

### 3.4. ADC窓比較

この使用事例ではADCが窓比較動作で動きます。ADCは変換の結果が或る閾値の上/または下の時に窓比較割り込み要求(ADC\_INTFLAG.WCOMP)フラグを掲げて割り込み(WCOMP)を要求することができます。以下の4つの閾値動作任意選択があります。

- 結果が閾値未満
- 結果が閾値越え
- 結果が閾値の内側(閾値を含まない。)
- 結果が閾値の外側(閾値を含む。)

この使用事例では窓未満の結果任意選択が選ばれます。この使用事例は以下のようにmain.cでEXAMPLE\_CODE定義をWINDOW\_COMPARATOR\_MODEに構成設定することによって動きます。

```
#define EXAMPLE_CODE WINDOW_COMPARATOR_MODE
```

ADCは自由走行動作に設定されます。ADC\_0\_get\_result()関数が真(true)を返す時にADCの結果が窓閾値未満で窓比較動作の割り込要求フラグビットが設定(1)されたことを示すLED0がONに切り替わります。さもなければ、LED0はOFFを維持されます。変換が完了された時に計算された電圧はその後にUSARTを通して端末に出力されます。

### 3.5. ADC採取累積器

この使用事例ではADCが採取累積器動作で動きます。雑音を平均化するまたは平均したADC結果を得るために1回の変換で自動的に64採取を累積するように構成設定されます。結果として、変換完了フラグは累積の最後の採取を取った後に1度だけ掲げられます。ADCの結果は構成設定した採取数に渡って平均化されます。その後にUSARTを通して端末に出力される電圧形式に変換されます。

この使用事例は以下のようにmain.cでEXAMPLE\_CODE定義をSAMPLE\_ACCUMULATORに構成設定することによって動きます。

```
#define EXAMPLE_CODE SAMPLE_ACCUMULATOR
```

## 4. 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

- tinyAVR® 1系統でのADC基礎 (ADC Basics with tinyAVR® 1-series):  
- [http://start.atmel.com/#example/Atmel:adc\\_basics\\_with\\_tinyavr\\_1\\_series:1.0.0::Application:ADC\\_Basics\\_with\\_tinyAVR\\_1-series:](http://start.atmel.com/#example/Atmel:adc_basics_with_tinyavr_1_series:1.0.0::Application:ADC_Basics_with_tinyAVR_1-series:)
- megaAVR® 0系統でのADC基礎 (ADC Basics with megaAVR® 0-series):  
- [http://start.atmel.com/#example/Atmel:adc\\_basics\\_with\\_megaavr:1.0.0::Application:ADC\\_Basics\\_with\\_megaAVR\\_0-Series:](http://start.atmel.com/#example/Atmel:adc_basics_with_megaavr:1.0.0::Application:ADC_Basics_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外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.a tzip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。

## 5. 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	「 <a href="#">関連デバイス</a> 」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
- **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ありません。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<sup>®</sup> MCUとdsPIC<sup>®</sup> 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AN2573応用記述(DS00002573C-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。

## 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
<b>本社</b> 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 Tel: 480-792-7200 Fax: 480-792-7277 技術支援: <a href="http://www.microchip.com/support">http://www.microchip.com/support</a> ウェブアドレス: <a href="http://www.microchip.com">www.microchip.com</a> <b>アトランタ</b> Duluth, GA Tel: 678-957-9614 Fax: 678-957-1455 <b>オースチン TX</b> Tel: 512-257-3370 <b>ホストン</b> Westborough, MA Tel: 774-760-0087 Fax: 774-760-0088 <b>シカゴ</b> Itasca, IL Tel: 630-285-0071 Fax: 630-285-0075 <b>ダラス</b> Addison, TX Tel: 972-818-7423 Fax: 972-818-2924 <b>デトロイト</b> Novi, MI Tel: 248-848-4000 <b>ヒューストン TX</b> Tel: 281-894-5983 <b>インディアナポリス</b> Noblesville, IN Tel: 317-773-8323 Fax: 317-773-5453 Tel: 317-536-2380 <b>ロサンゼルス</b> Mission Viejo, CA Tel: 949-462-9523 Fax: 949-462-9608 Tel: 951-273-7800 <b>ローリー NC</b> Tel: 919-844-7510 <b>ニューヨーク NY</b> Tel: 631-435-6000 <b>サンホセ CA</b> Tel: 408-735-9110 Tel: 408-436-4270 <b>カナダ - トロント</b> Tel: 905-695-1980 Fax: 905-695-2078	<b>オーストラリア - シドニー</b> Tel: 61-2-9868-6733 <b>中国 - 北京</b> Tel: 86-10-8569-7000 <b>中国 - 成都</b> Tel: 86-28-8665-5511 <b>中国 - 重慶</b> Tel: 86-23-8980-9588 <b>中国 - 東莞</b> Tel: 86-769-8702-9880 <b>中国 - 広州</b> Tel: 86-20-8755-8029 <b>中国 - 杭州</b> Tel: 86-571-8792-8115 <b>中国 - 香港特别行政区</b> Tel: 852-2943-5100 <b>中国 - 南京</b> Tel: 86-25-8473-2460 <b>中国 - 青島</b> Tel: 86-532-8502-7355 <b>中国 - 上海</b> Tel: 86-21-3326-8000 <b>中国 - 瀋陽</b> Tel: 86-24-2334-2829 <b>中国 - 深圳</b> Tel: 86-755-8864-2200 <b>中国 - 蘇州</b> Tel: 86-186-6233-1526 <b>中国 - 武漢</b> Tel: 86-27-5980-5300 <b>中国 - 西安</b> Tel: 86-29-8833-7252 <b>中国 - 廈門</b> Tel: 86-592-2388138 <b>中国 - 珠海</b> Tel: 86-756-3210040	<b>インド - ハンガロール</b> Tel: 91-80-3090-4444 <b>インド - ニューデリー</b> Tel: 91-11-4160-8631 <b>インド - フネー</b> Tel: 91-20-4121-0141 <b>日本 - 大阪</b> Tel: 81-6-6152-7160 <b>日本 - 東京</b> Tel: 81-3-6880-3770 <b>韓国 - 大邱</b> Tel: 82-53-744-4301 <b>韓国 - ソウル</b> Tel: 82-2-554-7200 <b>マレーシア - クアラルンプール</b> Tel: 60-3-7651-7906 <b>マレーシア - ペナン</b> Tel: 60-4-227-8870 <b>フィリピン - マニラ</b> Tel: 63-2-634-9065 <b>シンガポール</b> Tel: 65-6334-8870 <b>台湾 - 新竹</b> Tel: 886-3-577-8366 <b>台湾 - 高雄</b> Tel: 886-7-213-7830 <b>台湾 - 台北</b> Tel: 886-2-2508-8600 <b>タイ - バンコク</b> Tel: 66-2-694-1351 <b>ベトナム - ホーチミン</b> Tel: 84-28-5448-2100	<b>オーストラリア - ウェルズ</b> Tel: 43-7242-2244-39 Fax: 43-7242-2244-393 <b>デンマーク - コペンハーゲン</b> Tel: 45-4450-2828 Fax: 45-4485-2829 <b>フィンランド - エスポー</b> Tel: 358-9-4520-820 <b>フランス - パリ</b> Tel: 33-1-69-53-63-20 Fax: 33-1-69-30-90-79 <b>ドイツ - ガルピング</b> Tel: 49-8931-9700 <b>ドイツ - ハーン</b> Tel: 49-2129-3766400 <b>ドイツ - ハイムブロン</b> Tel: 49-7131-67-3636 <b>ドイツ - カールスルーエ</b> Tel: 49-721-625370 <b>ドイツ - ミュンヘン</b> Tel: 49-89-627-144-0 Fax: 49-89-627-144-44 <b>ドイツ - ローゼンハイム</b> Tel: 49-8031-354-560 <b>イスラエル - ラーナナ</b> Tel: 972-9-744-7705 <b>イタリア - ミラノ</b> Tel: 39-0331-742611 Fax: 39-0331-466781 <b>イタリア - ハドバ</b> Tel: 39-049-7625286 <b>オランダ - デルネン</b> Tel: 31-416-690399 Fax: 31-416-690340 <b>ノルウェー - トロンハイム</b> Tel: 47-72884388 <b>ポーランド - ワルシャワ</b> Tel: 48-22-3325737 <b>ルーマニア - ブカレスト</b> Tel: 40-21-407-87-50 <b>スペイン - マドリッド</b> Tel: 34-91-708-08-90 Fax: 34-91-708-08-91 <b>スウェーデン - イェテボリ</b> Tel: 46-31-704-60-40 <b>スウェーデン - ストックホルム</b> Tel: 46-8-5090-4654 <b>イギリス - ウォーキングム</b> Tel: 44-118-921-5800 Fax: 44-118-921-5820