

## AVR125 : シングル エント形態でのtinyAVRのA/D変換器(ADC)

## 応用記述

## 序説

Atmel® megaAVR® デバイスは10ビットの分解能で15kspsまでの変換速度の能力がある逐次比較A/D変換器(ADC)を持ちます。これは多数のシングル エント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 エント入力チャネルはGNDに対して参照されます。

この応用記述はシングル エント動作形態でAtmel tinyAVR® デバイスに於けるADCの基本機能を記述します。これは開始するためのAtmel ATtiny104とATtiny88用のコード例を含みます。このコード例はAtmel StudioでC言語を使用して書かれています。

**注:** ADC単位部の特徴と機能についてのより多くの詳細に関しては特定デバイスのデータシートを参照してください。

## 特徴

- 10ビットまでの分解能
- 最大15ksps(採取/秒)
- 自動起動と単独変換の動作形態
- A/D変換結果読み取りに対する左揃え任意選択
- 以下用に含められたドライバ ソースコード
  - ATtiny88 ADC - 単独変換動作形態
  - ATtiny88 ADC - 連続変換(自由走行)動作形態
  - ATtiny88 ADC - 温度測定
  - ATtiny88 ADC - バントギャップ(内部)基準電圧の測定
  - ATtiny104 ADC - 単独変換動作形態
  - ATtiny104 ADC - 連続変換(自由走行)動作形態

## 目次

序説	1
特徴	1
1. ADC機能と基本形態設定	3
1.1. ADC操作	3
1.2. 入力元	3
1.3. 変換の開始	4
1.4. A/D変換クロックと変換タイミング	4
1.5. チャンネル変更や基準電圧選択	4
1.6. A/D変換雑音消去器	5
1.7. 変換結果	5
1.8. アナログ入力回路	5
1.9. 精度改善のための最善策	5
2. 始める前に – ATtiny88	6
2.1. 単独変換	6
2.2. 連続変換(自由走行)形態	6
2.3. 温度測定	6
2.4. ハントキャップ測定	6
3. 始める前に – ATtiny104	7
3.1. 単独変換	7
3.2. 連続変換(自由走行)形態	7
4. ドライバ実装	7
5. 参照	7
6. 改訂履歴	8

# 1. ADC機能と基本形態設定

「ADC操作」項はADCの機能と基本的な形態設定任意選択の概要を提供します。ADCとで始めるための基本的な段階は以降の項でレジスタ説明と形態設定詳細と共に提供されます。

## 1.1. ADC操作

ADCを使用するには、PRADCビットを解除(0)によって電力削減レジスタ(PRR)のA/D変換器電力削減(PRADC)ビットが禁止されなければなりません。PRRで禁止される前にADC部署が禁止されなければなりません。ADC部署はアナログ入力電圧を10ビットのデジタル値に変換します。最小値はGNDを表し、最大値は使用した基準電圧を表します。基準電圧はA/D変換多重器(ADMUX)レジスタの基準電圧選択(REFS0)ビットによって選ばれます。

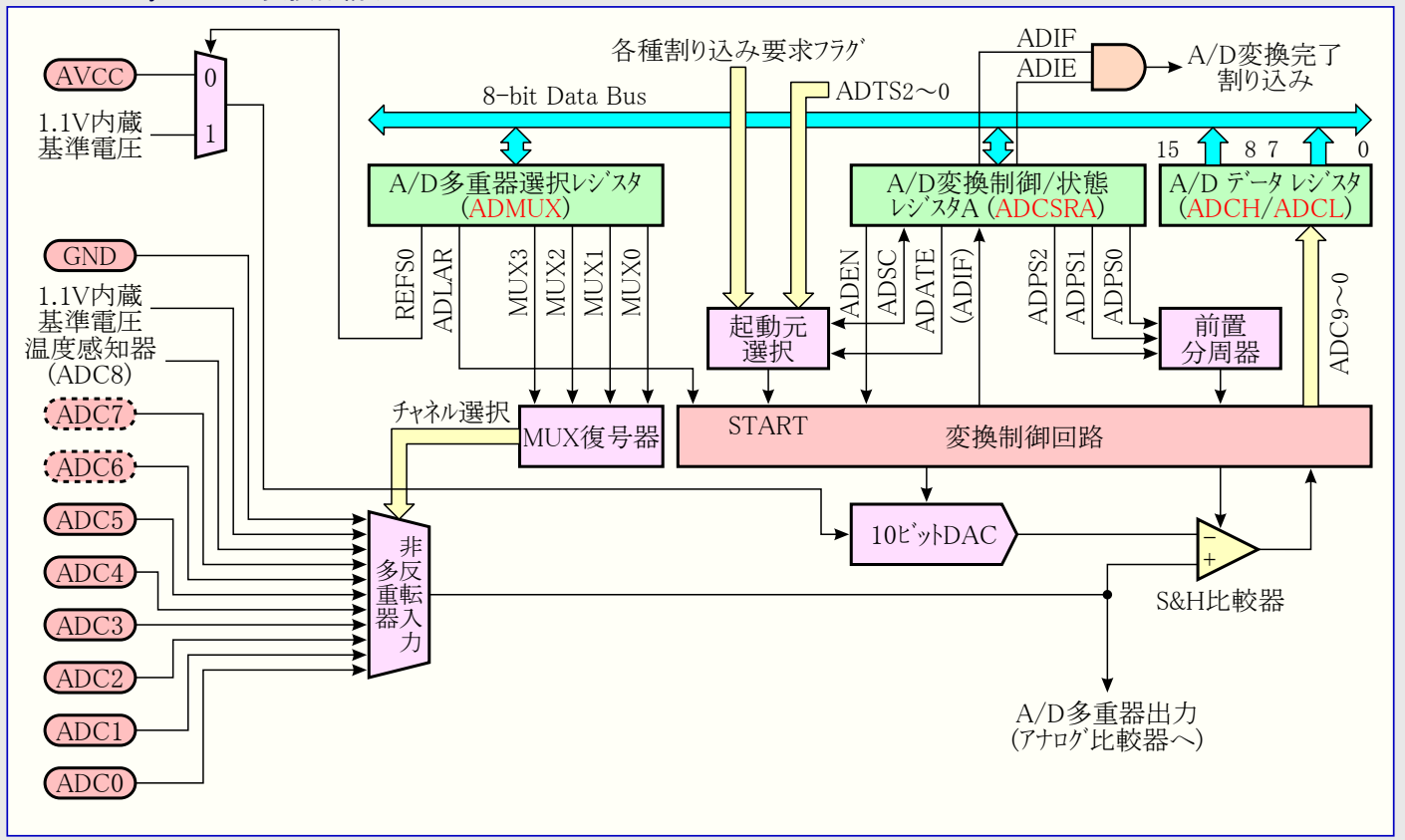
**注:** 可能な基準電圧のレベルについての詳細に関しては指定デバイスのデータシートを参照してください。

変換用のアナログ入力チャネルはADMUXレジスタで適切なビットを選択することによって形態設定されます。ADCを許可するには、A/D変換制御/状態レジスタA(ADCSRA)のA/D許可(ADEN)ビットが設定(1)されなければなりません。変換のために選択されたチャネルはADENビットが設定(1)されるまで有効になりません。休止形態に入る前に、ADC部署はADENビットを解除(0)することによって禁止することができます。これはADCに起因する消費電力を減らします。

変換後の10ビットデジタル値はA/D変換データ(ADCHとADCL)レジスタに格納されます。ADCHは上位側バイトを保持し、ADCLが下位側バイトを保持します。任意の結果の左揃えは必要な場合にADMUXレジスタの左揃え選択(ADLAR)ビットを設定(1)することによって実行することができます。ADLARが許可されて応用が8ビット精度しか必要ないなら、ADCHだけを読むことができます。さもなければデータレジスタの内容が同じ変換に属することを保証するために、最初にADCL、続いてADCHが読まれなければなりません。ADCLが読まれた後は、ADCへのアクセスが妨げられます。それはADCHが読まれた後でだけ再許可されます。

ADC単位部は変換が完了した後に起動される1つの割り込みを所持します。ADCLとADCHの読み込み間に割り込みが起きた場合、それが起動されてその結果が失われます。

図1-1. ATtiny88のA/D変換器構成図



**注:** 上の構成図で少しの部分がATtiny104のADCで利用不能かもしれませんが。ATtiny104のADC基本構造についてはデバイスのデータシートを参照してください。

## 1.2. 入力元

ADC用の入力元はADCが測定して変換することができるアナログ電圧入力です。以下の2つの形式の測定を選択することができます。

- ・ シングルエンド入力
- ・ 内部入力

**注:** ATtiny104に対して内部入力は当て嵌まりません。

### 1.2.1. シングル エンド入力

シングル エンド測定に関しては入力として全てのアナログ入力ピンが使用できます。全てのシングル エンド チャンネルはGNDに対して参照されます。アナログ入力電圧はADCに対して選択された基準電圧よりも大きくすることができません。

### 1.2.2. 内部入力

入力として2つの内部アナログ信号を選択することができます、ADCによって測定されます。

- 温度感知器
- バンドギャップ電圧

MCU内の温度はADC入力として温度感知器出力を選択することによって測定することができます。ADCの結果はマイクロ コントローラ内の現在温度を与えます。

バンドギャップ電圧は他の内部電圧基準に対する供給元で、マイクロ コントローラ内側の正確な電圧基準です。

### 1.3. 変換の開始

シングル エンド形態では変換の開始のためにA/D変換制御/状態レジスタA(ADCSRA)のA/D変換開始(ADSC)ビットを1(High)に設定しなければなりません。このビットは変換が完了するまで論理1に留まり、変換が完了するとハードウェアによって解除(0)されます。

自動起動形態では、様々な供給元によって変換が自動的に起動されます。自動起動を許可するには、ADCSRAレジスタのA/D変換自動起動許可(ADATE)ビットが設定(1)されなければなりません。起動供給元はA/D変換制御/状態レジスタB(ADCSRБ)のA/D変換自動起動要因選択(ADTSn)ビットを用いて選ぶことができます。

割り込み要求フラグは例え指定割り込みまたは全体割り込みが禁止されていても設定(1)されます。従って変換は割り込みなしでA/D変換完了割り込み要求フラグ(ADIF)を用いて起動することができます。そしてADCは一旦直前の変換が完了してADIFを設定(1)すると次の変換が起動される、連続変換(自由走行)形態で動きます。

**注:** 自動起動形態に於いて、次の事象に対して割り込みを生成するには、ADIFが手動で解除(0)されなければなりません。連続変換(自由走行)形態に対して、ADCはADIFが解除(0)されているか否かのどちらかに拘らず連続的に変換を実行します。最初の変換はADSCビットの設定(1)によって始められなければなりません。

### 1.4. A/D変換クロックと変換タイミング

ADCは最大分解能を得るために50~200kHz間のA/D変換クロックを提供するようにシステム クロックを前置分周することができます。1MHzよりも高い周波数でA/D変換クロックを使用することは推奨されません。前置分周器値はA/D変換制御/状態レジスタA(ADCSRA)のA/D変換クロック選択(ADPSn)ビットで選ばれます。1MHzで最大8ビットの分解能が期待できます。

ADCSRAのA/D変換開始(ADSC)ビット設定(1)によるシングル エンド変換開始時、その変換は後続するA/D変換クロック周期の上昇端で始まります。A/D変換クロックと変換に関するタイミングはATtiny88とATtiny104に対して僅かに変わります。

ATtiny88:

1. 10ビットよりも少ないADC分解能が必要とされるなら、A/D変換クロック周波数は200kHzよりも高くすることができます。
2. 標準変換は13 A/D変換クロック周期かかります。ADCがONに切り替わった(ADCSRAのA/D許可(ADEN)が設定(1)後の初回変換はアナログ回路を初期化するために25 A/D変換クロック周期かかります。

ATtiny104:

1. 10ビットよりも少ないADC分解能が必要とされるなら、A/D変換クロック周波数は100kHzよりも高くすることができます。
2. 標準変換は15 A/D変換クロック周期かかります。ADCがONに切り替わった(ADCSRAのA/D許可(ADEN)が設定(1)後の初回変換はアナログ回路を初期化するために26 A/D変換クロック周期かかります。

### 1.5. チャンネル変更や基準電圧選択

A/D変換多重器選択(ADMUX)レジスタのA/Dチャンネル選択(MUXn)と基準電圧選択(REFS0)はCPUが乱アクセスを持つための一時レジスタを通して単一緩衝されます。自動起動動作形態が使用される場合、ADMUXは以下で安全に更新することができます。

- 自動起動許可(ADATE)またはA/D許可(ADEN)が解除(0)されている時
- 変換中、起動事象後最低1 A/D変換クロック周期後
- 変換後、起動元として使用される割り込み要求フラグが解除(0)される前

新しい設定は次のA/D変換に影響を及ぼします。

単独変換動作形態では変換開始前にチャンネルが選択されなければなりません。チャンネルはA/D変換開始(ADSC)ビット設定(1)後1クロック周期で変更することができますが、変換完了まで待つてその後にチャンネルを変更することが望まれます。

連続変換(自由走行)動作形態では最初の変換を始める前にチャンネルを選んでください。これはA/D変換開始(ADSC)ビット設定(1)後1クロック周期で変更することができます。最初の変換が終了するまで待つてその後にチャンネル選択を変更するのがより良いことです。しかし次の変換が既に自動的に開始されるため、その変更は次の後続する変換に反映されます。

## 1.6. A/D変換雑音消去器

Atmel ATtinyのA/D変換器(ADC)は休止形態中の変換を許可する雑音消去器を持ち、これはCPUコアと他の周辺機能から誘導された雑音を低減します。この機能はA/D変換雑音低減とアイドルの動作形態で利用可能です。

- ADCが許可されてどんな変換の実行でも多忙でないことを確実にしてください。単独変換動作形態が選択され、A/D変換完了割り込みが許可されなければなりません。
- A/D変換雑音低減(またはアイドル)動作形態に移行してください。CPUが停止されてしまった後でADCは変換を開始します。
- A/D変換完了前に他の割り込みが起きなければADC割り込みがCPUを起こしてA/D変換完了割り込み処理ルーチンを実行します。A/D変換が完了する前に別の割り込みがCPUを起こした場合、その割り込みが実行され、A/D変換完了割り込み要求はA/D変換が完了する時に生成されます。CPUは新しい休止(SLEEP)命令が実行されるまで活動形態に留まります。

## 1.7. 変換結果

A/D変換完了時、ADCHとADCLのレジスタで10ビットの結果が利用可能になり、A/D変換割り込み要求フラグが設定(1)されます。シングルエンド変換について、その結果は次の通りです。

$$ADC = \frac{V_{IN} \times 1024}{V_{REF}}$$

ここでの $V_{IN}$ はアナログ入力電圧を表し、 $V_{REF}$ は選択した基準電圧を表します。 $0000$ の値はGNDを表し、 $3FFF$ は基準電圧-1LSBを表します。

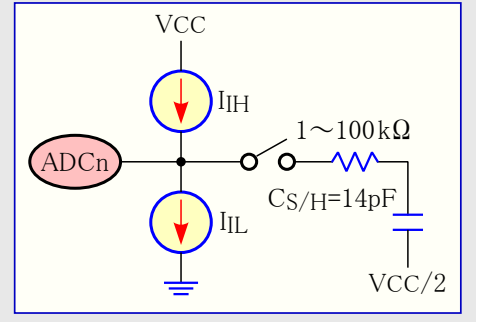
## 1.8. アナログ入力回路

シングルエンドチャンネル用のアナログ入力回路はチャンネルがADC用の入力として選択されているかどうかに関係なく描かれ、ピン容量とそのピンの入力漏れに従属されます。特定のチャンネルが選択されている時にそれは入力経路での抵抗と組み合わせさせた直列抵抗を通してS/Hコンデンサを駆動します。

Atmel ATtiny102/104用のADC部署は10kΩまたはそれ以下の出力インピーダンスを持つアナログ信号用に最適化されています。このような供給元に対して採取時間は無視しても良いほどなので、供給元インピーダンスは10kΩまたはそれ以下のどちらかを確実にすることが重要です。

供給元インピーダンスが10kΩよりも高い場合、コンデンサを変更するのにかかる時間が増加して結果が正確でなくなります。例えば抵抗網を用いてADC入力で分圧器を使用する場合、その供給元インピーダンスは10kΩよりも小さいことを確実にしてください。これが充電転移用の時間を最小とするために、緩やかに変化する信号に低インピーダンスが使用されなければなりません。予想不能な信号の渦からの歪を避けるため、ナイキスト周波数( $f_{ADC}/2$ )よりも高い周波数成分は低域通過濾波器で取り除かれなければなりません。インピーダンス値についてはデバイスのデータシートをご覧ください。

図1-2. アナログ入力回路



## 1.9. 精度改善のための最善策

ADCの精度は入力信号と電源の品質に依存します。ADC測定の精度を改善するために以下の項目が考慮に入れられるべきです。

- A/D変換器とその機能、そしてそれらがどう使用されるべく意図されているかを理解してください。
- 応用の必要条件を理解してください。
- 供給元インピーダンスが使用される採取速度と比べて高すぎないことを保証してください。供給元インピーダンスが高すぎる場合、内部採取コンデンサが正しいレベルに充電されず、結果が正確にならないでしょう。
- 設計中にアナログ基準電圧(VREF)とアナログ電源(AVCC)のようなアナログ信号経路を大いに注意することが重要です。アナログ電源がデジタル電源に接続される場合に濾波を使用してください。
- アナログ信号経路は可能な限り短く保ってください。
- アナログ布線はアナログGND面上の走行を確実にしてください。
- 高速切り替え雑音(即ち通信線、クロック信号)を持つデジタル信号経路に近いアナログ信号経路を避けてください。
- アナログ信号の雑音分離(デカップ)を考慮してください。シングルエンド入力に対して信号とGND間を雑音分離してください。
- 内部的と電源での切り替え雑音を避けるため、ADCが変換中に少ないピン切り替えになるように試みてください。ADCはアナログ電源によって給電される入出力ピン(ATtiny88の場合はポートC)の切り替えに最も敏感です。
- 電力消費を最小とするために対応するADCチャンネルのデジタル入力を禁止してください。
- 未使用周辺機能からの雑音を無くすために電力削減レジスタ(PRR)設定によって未使用周辺機能をOFFに切り替えてください。
- ADCでもっと正確な結果を得るためにデバイスを“A/D変換雑音低減”動作形態で使用してください。
- いくつかの供給元(例えば、バンドギャップ)はそれらが許可された後で安定のための時間が必要なので、採取前にA/D変換器、基準電圧、または供給元が安定にされるまで待ってください。
- 測定に変位(オフセット)と利得を適用してください。

- ・ 分解能を増して乱雑音を無くすために過採取を使用してください。

## 2. 始める前に - ATtiny88

本章はATtiny88デバイスに対して多重器(MUX)設定での簡単な変換と実験用の基本的な段階を提供します。必要なレジスタが関係するビット設定と共に記述されます。

**注:** ここでは状態ビットの手動ポーリングだけが網羅されます。

### 2.1. 単独変換

課題: ADC入力1の1つのシングルエンド変換

1. ADCチャンネル1を選択するためにA/D変換多重器(ADMUX)レジスタのA/Dチャンネル選択(MUX3~0)ビット領域を**0001**と等しく設定してください。
2. 内部1.1V基準電圧を選択するためにADMUXの基準電圧選択(REFS0)ビット領域を**0**と等しく設定してください。
3. ADC単位部を許可するためにA/D変換制御/状態レジスタA(ADCSRA)のA/D許可(ADEN)ビットを設定(**1**)してください。
4. システムクロックを16前置分周するためにADCSRAの前置分周選択(ADPS2~0)ビット領域を**100**と等しく設定してください。
5. 単独変換を開始するためにADCSRAのA/D変換開始(ADSC)ビットを設定(**1**)してください。
6. 変換終了を示す、設定(**1**)されるべきADCSRAのA/D変換完了割り込み要求フラグ(ADIF)を待ってください。
7. 2バイト値として10ビットの変換結果を得るために結果のレジスタ対(ADCL/ADCH)を読んでください。

### 2.2. 連続変換(自由走行)形態

課題: ADCチャンネル1での連続(自由走行)変換

1. ADCチャンネル1を選択するためにA/D変換多重器(ADMUX)レジスタのA/Dチャンネル選択(MUX3~0)ビット領域を**0001**と等しく設定してください。
2. 内部1.1V基準電圧を選択するためにADMUXの基準電圧選択(REFS0)ビット領域を**0**と等しく設定してください。
3. ADC単位部を許可するためにA/D変換制御/状態レジスタA(ADCSRA)のA/D許可(ADEN)ビットを設定(**1**)してください。
4. システムクロックを16前置分周するためにADCSRAの前置分周選択(ADPS2~0)ビット領域を**100**と等しく設定してください。
5. 自動起動動作形態を許可するためにADCSRAの自動起動許可(ADATE)ビットを**1**と等しく設定してください。
6. 既定により、A/D変換制御/状態レジスタB(ADCSRB)の自動起動要因選択(ADTS2~0)ビット領域は連続変換(自由走行)を表す**000**に設定されています。
7. 初回変換を開始するためにADCSRAのA/D変換開始(ADSC)ビットを設定(**1**)してください。
8. 任意で、新しい変換終了を示す、設定(**1**)されるべきADCSRAのA/D変換完了割り込み要求フラグ(ADIF)を待ってください。
9. 2バイト値として10ビットの変換結果を得るために結果のレジスタ対(ADCL/ADCH)を読んでください。

**注:** 連続変換(自由走行)形態使用時に割り込み要求フラグを待つことは必要とされません。けれども、最新の變換を確実にするためにこのフラグ待ち、それを解除(**0**)し、その後結果を読むべきです。

### 2.3. 温度測定

課題: 内部温度感知器(ADC8)から温度測定

これは単独変換動作形態、または連続的な温度監視が必要とされる場合は連続変換(自由走行)動作形態のどちらかで行うことができます。

従うべき段階は選択するADC入力チャンネルをADC8として先で言及したものと同じです。ADCチャンネル8を選択するためにA/D変換多重器(ADMUX)レジスタのA/Dチャンネル選択(MUX3~0)ビット領域を**1000**と等しく設定し、残りの段階を繰り返してください。

### 2.4. バントギャップ測定

課題: 内部バントギャップ基準電圧チャンネルからバントギャップ基準電圧測定

1. 「**温度測定**」で言及したようにADC単位部を初期化してください。
2. ADC基準電圧をAVCCに設定してください。
3. スイッチが押されるまで、ADCチャンネル0上の入力測定を保ってください。
4. スイッチが押されたなら、A/D変換多重器(ADMUX)レジスタのA/Dチャンネル選択(MUX3~0)ビット領域を**1111**と等しく設定することによってADCでの0V(GND)に形態設定してください。これはADCの容量(コンデンサ)の放電を行います。
5. 70 $\mu$ s後、A/Dチャンネル選択(MUX3~0)ビット領域を**1110**と等しく形態設定することによってバントギャップ基準電圧値を測定してください。ADCの容量(コンデンサ)を充電するのにかかる時間のため、70 $\mu$ sの遅延後に測定されるべきです。
6. 変換結果を得るために結果のレジスタ対(ADCL/ADCH)を読んでください。

### 3. 始める前に – ATtiny104

本章はATtiny104デバイスに対して多重器(MUX)設定での簡単な変換と実験を進めて動かすための基本的な段階を提供します。必要なレジスタが関係するビット設定と共に記述されます。本章は状態ビットの手動ポーリングだけを網羅します。この応用はATtiny104 Xplained Nanoキットを使用して試験されています。

**注:** ATtiny104 Xplained Nanoキットでの作業についてのより多くの詳細に関しては「[ハードウェア使用者の手引き](#)」を参照してください。

#### 3.1. 単独変換

1. ADCチャンネル1を選択するためにA/D変換多重器(ADMUX)レジスタのA/Dチャンネル選択(MUX3~0)ビット領域を**0001**と等しく設定してください。
2. 内部2.2V基準電圧を選択するためにADMUXの基準電圧選択(REFS1,0)ビット領域を**10**と等しく設定してください。
3. ADC単位部を許可するためにA/D変換制御/状態レジスタA(ADCSRA)のA/D許可(ADEN)ビットを設定(**1**)してください。
4. システムクロックを16前置分周するためにADCSRAの前置分周選択(ADPS2~0)ビット領域を**100**と等しく設定してください。
5. 単独変換を開始するためにADCSRAのA/D変換開始(ADSC)ビットを設定(**1**)してください。
6. 変換終了を示す、設定(**1**)されるべきADCSRAのA/D変換完了割り込み要求フラグ(ADIF)を待ってください。
7. 2バイト値として10ビットの変換結果を得るために結果のレジスタ対(ADCL/ADCH)を読んでください。
8. この応用記述ではUART単位部経由の端末ウィンドウでADCの結果が表示されます(UARTボーレートは2400bpsです)。

#### 3.2. 連続変換(自由走行)形態

1. ADCチャンネル1を選択するためにA/D変換多重器(ADMUX)レジスタのA/Dチャンネル選択(MUX3~0)ビット領域を**0001**と等しく設定してください。
2. 内部2.2V基準電圧を選択するためにADMUXの基準電圧選択(REFS1,0)ビット領域を**10**と等しく設定してください。
3. ADC単位部を許可するためにA/D変換制御/状態レジスタA(ADCSRA)のA/D許可(ADEN)ビットを設定(**1**)してください。
4. システムクロックを16前置分周するためにADCSRAの前置分周選択(ADPS2~0)ビット領域を**100**と等しく設定してください。
5. 自動起動動作形態を許可するためにADCSRAの自動起動許可(ADSCF)ビットを**1**と等しく設定してください。
6. 割り込みを許可するためにADCSRAの割り込み許可(ADIF)ビットを**1**と等しく設定してください。
7. 既定により、A/D変換制御/状態レジスタB(ADCSRB)の自動起動要因選択(ADTS2~0)ビット領域は連続変換(自由走行)を表す**000**に設定されています。
8. 初回変換を開始するためにADCSRAのA/D変換開始(ADSC)ビットを設定(**1**)してください。
9. 任意で、新しい変換終了を示す、設定(**1**)されるべきADCSRAのA/D変換完了割り込み要求フラグ(ADIF)を待ってください。
10. 2バイト値として10ビットの変換結果を得るために結果のレジスタ対(ADCL/ADCH)を読んでください。
11. この応用記述ではUART単位部経由の端末ウィンドウでADCの結果が表示されます(UARTボーレートは2400bpsです)。

### 4. ドライバ実装

この応用記述は始めるのに必要な基本的なADCドライバと共にソースコード一式を含みます。それはAtmel Studio 7に対して試験されています。

**注:** この応用記述と共に出荷されるドライバはADCで始めるためのもので、コードの大きさに関して完全に最適化されていないかもしれません。

1. 単独変換動作形態でのATtiny104 ADC
2. 連続変換(自由走行)動作形態でのATtiny104 ADC
3. 単独変換動作形態でのATtiny88 ADC
4. 連続変換(自由走行)動作形態でのATtiny88 ADC
5. 温度測定用のATtiny88 ADC
6. バンドギャップ測定用のATtiny88 ADC

### 5. 参照

ADC全体の考えを得るために以下の応用記述を読むことが推奨されます。

- [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殆どの問題とその他の物理的な設計の問題を網羅します。
- [AVR121 : 過採取によるA/D変換分解能増強](#) – この応用記述は外部ADCの使用なしに、より高い分解能を達成するための“過採取と間引き”と呼ばれる方法を説明し、この方法を望むように動かすために満たされなければならない条件を説明します。
- [ATTINY104-XNANO](#) : Atmel ATTINY104-XNANO Xplained Nano評価キットはATtiny102/ATtiny104マイクロコントローラを評価するためのハードウェア基盤です。

## 6. 改訂履歴

資料改訂	日付	注釈
8352A	2012年1月	初版資料公開
8352B	2016年6月	ATtiny104デバイスを含めるために更新



Atmel®, Atmelロゴとそれらの組み合わせ、Enabling Unlimited Possibilities®, tinyAVR®とその他は米国及び他の国に於けるAtmel Corporationの登録商標または商標です。他の用語と製品名は一般的に他の商標です。

**お断り:** 本資料内の情報はAtmel製品と関連して提供されています。本資料またはAtmel製品の販売と関連して承諾される何れの知的所有権も禁反言あるいはその逆によって明示的または暗示的に承諾されるものではありません。Atmelのウェブサイトに表示する販売の条件とAtmelの定義での詳しい説明を除いて、商品性、特定目的に関する適合性、または適法性の暗黙保証に制限せず、Atmelはそれらを含むその製品に関連する暗示的、明示的または法令による如何なる保証も否認し、何ら責任がないと認識します。たとえAtmelがそのような損害賠償の可能性を進言されたとしても、本資料を使用できない、または使用以外で発生する(情報の損失、事業中断、または利益と損失に関する制限なしの損害賠償を含み)直接、間接、必然、偶然、特別、または付随して起こる如何なる損害賠償に対しても決してAtmelに責任がないでしょう。Atmelは本資料の内容の正確さまたは完全性に関して断言または保証を行わず、予告なしでいつでも製品内容と仕様の変更を行う権利を保留します。Atmelはここに含まれた情報を更新することに対してどんな公約も行いません。特に別の方法で提供されなければ、Atmel製品は車載応用に対して適当ではなく、使用されるべきではありません。Atmel製品は延命または生命維持を意図した応用での部品としての使用に対して意図、認定、または保証されません。

**安全重視、軍用、車載応用のお断り:** Atmel製品はAtmelが提供する特別に書かれた承諾を除き、そのような製品の機能不全が著しく人に危害を加えたり死に至らしめることがかなり予期されるどんな応用(“安全重視応用”)に対しても設計されず、またそれらとの接続にも使用されません。安全重視応用は限定なしで、生命維持装置とシステム、核施設と武器システムの操作用の装置やシステムを含みます。Atmelによって軍用等級として特に明確に示される以外、Atmel製品は軍用や航空宇宙の応用や環境のために設計も意図もされていません。Atmelによって車載等級として特に明確に示される以外、Atmel製品は車載応用での使用のために設計も意図もされていません。

© HERO 2016.

本応用記述はAtmelのAVR125応用記述(改訂8352B-06/2016)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。