

---

---

## ACでの開始に際して

---

---

### 序説

著者: Cristian Pop, Microchip Technology Inc.

Microchip tinyAVR<sup>®</sup> 0及び1系とmegaAVR<sup>®</sup> 0系のデバイスには柔軟な入力選択、選択可能なヒステリシス、構成設定可能な出力(上昇/下降または両端での割り込み、事象生成、出力反転)が特徴です。

この技術概説はACの概念と以下の使用事例と共にtinyAVR<sup>®</sup> 0及び1系とmegaAVR<sup>®</sup> 0系のデバイスでのその実装を説明します。

- **基準交差検出器**

この例は重要なアナログ信号の値に達する時(例えば、電池の量)を検出するためにACをどう使うかを示します。

- **誤った尖頭雑音検出防止**

雑音の多い環境で誤った遷移数を最小にするためにヒステリシス機能をどう使うかを例示します。

- **アナログ信号パルス持続時間/周波数測定**

例は最小のAVRコアの介在でアナログ信号のパルス持続時間や周期を測定するのに計時器と共にACをどう使うかを記述します。

**注:** コード例はATmega4809 Xplained Pro (ATMEGA4809-XPRO)で開発されました。

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
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. 概要	4
3. 基準交差検出器	4
4. 誤った尖頭雑音検出防止	7
5. アナログ信号パルス持続時間/周波数測定	8
6. 参照	9
7. 追補	9
Microchipウェブ サイト	13
お客様への変更通知サービス	13
お客様支援	13
Microchipデバイス コード保護機能	13
法的通知	13
商標	14
DNVによって認証された品質管理システム	14
世界的な販売とサービス	15

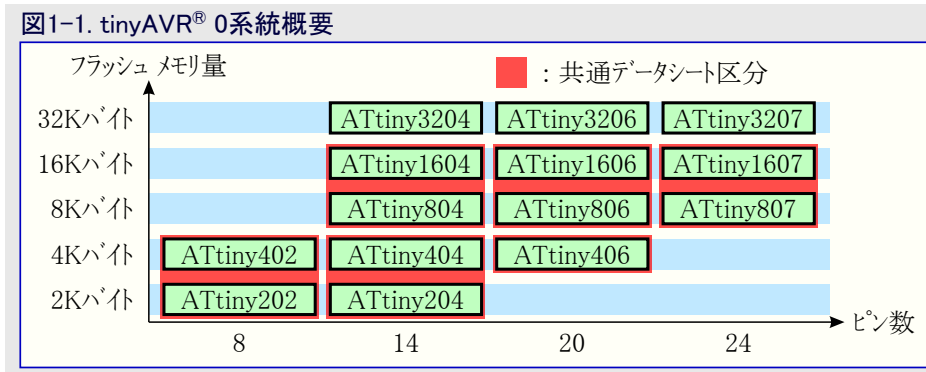
## 1. 関連デバイス

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。

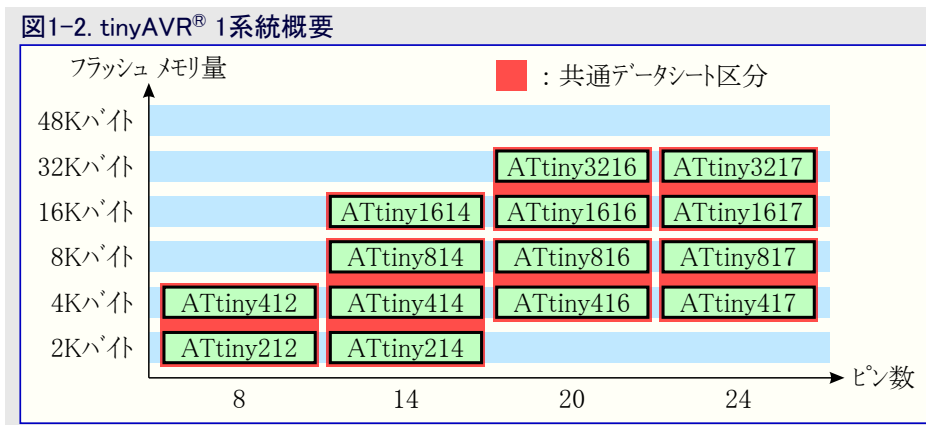


異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。

### 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。

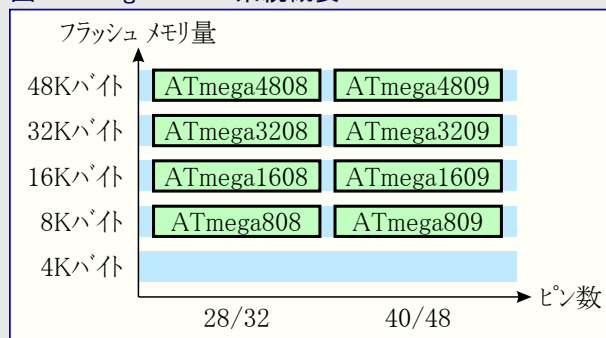
### 1.3. megaAVR<sup>®</sup> 0系統

右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。

図1-3. megaAVR<sup>®</sup> 0系統概要



## 2. 概要

アナログ比較器(AC)は2つの入力の電圧水準を比較して入力の一方が他方よりも高い時を示す信号基準を出力する単位部です。ACは基本的に帰還なしの増幅器で、従って非常に高い利得を持ちます。

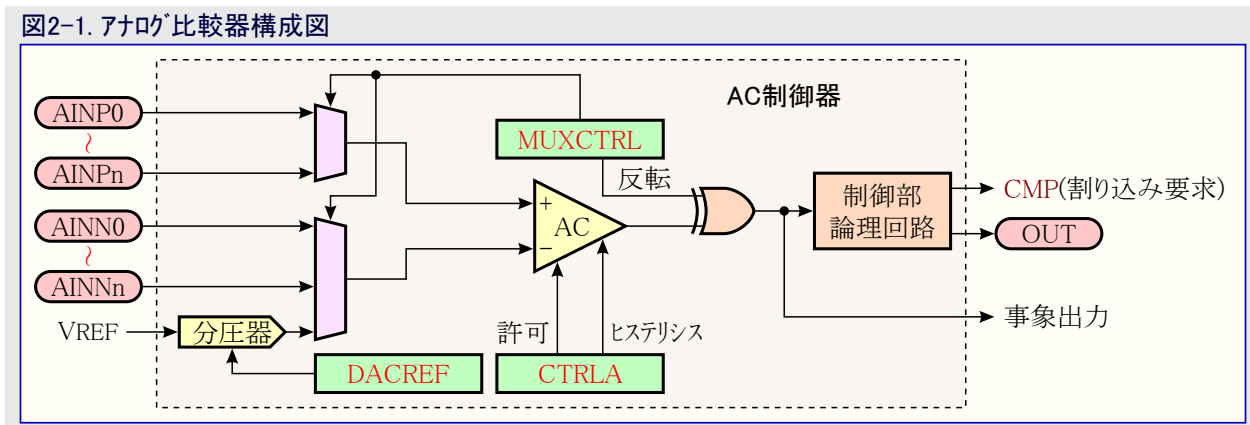


図2-1.はtinyAVR® 0及び1系とmegaAVR® 0系のデバイスに於けるアナログ比較器の構成図を示します。これは2つの入力の電圧水準を比較してこの比較に基づくデジタル出力を与えます。

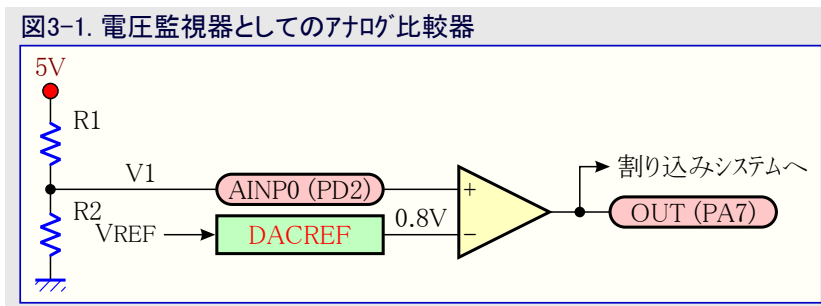
ACの動的な動きはヒステリシス機能によって調節することができます。ヒステリシスは各応用に対する動作を最適化するために独自設定することができます。入力選択はアナログポートピンと内部的に生成された入力を含みます。

ACは1つの正入力と1つの負入力を持ちます。正入力はアナログ入力ピンの選択から選ぶことができます。負入力はアナログ入力ピン、またはバンドギャップ参照基準電圧(DACREF)のような内部入力から選ぶことができます。比較器からのデジタル出力は正と負の入力電圧間の差が正の時に'1'で、さもなければ'0'です。

ACは様々な異なる入力変化の組み合わせで割り込み要求や事象を生成するように構成設定することができます。AC出力の状態は外部デバイスによって使うためにピン上に出力することもできます。

## 3. 基準交差検出器

この例はAC単位部に対する基本的な初期化と準備を示します。比較器は電池電圧(または何れかの他のDC水準)を監視するのと、割り込みと出力ピン経由で応用/ユーザーに通知するのに使うことができます。



外部電圧を監視するにはACが入出力ピンを使ってこの電圧に接続されるべきです。可能な最高の入力インピーダンスを持つために、このピンは禁止されたデジタル入力緩衝部とプルアップ抵抗を持つことが必要です。ATmega4809についてはAC正入力としてポートDの2番(PD2/AINP0)ピンが使われます。

図3-2. AC正入力

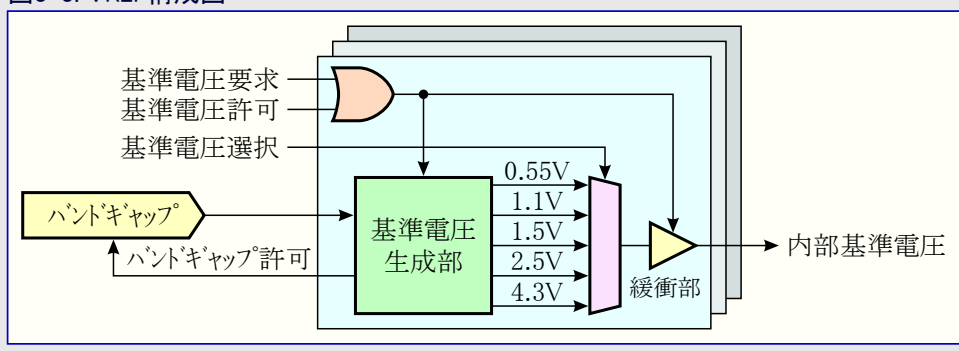
QFN48/ TQFP48	ピン名(注1,2)	特殊	ADC0	AC0
20	PD0		AIN0	
21	PD1		AIN1	AINP3
22	PD2		AIN2	AINP0
23	PD3		AIN3	AINN0

これは以下のコードに変換されます。

```
PORTD.PIN2CTRL = PORT_ISC_INPUT_DISABLE_gc;
```

選んだ応用ではACが正入力としてアナログピン、負入力として内部参照基準を使います。基準電圧(VREF)単位部は負入力で内部電圧参照基準を使うのに先立って構成設定されるべきです。

図3-3. VREF構成図



VREFは複数の内部参照基準を選ぶための制御レジスタを提供します。この内部参照基準は内部バンドギャップから生成されます。

図3-4. VREF.CTRLA – AC電圧参照基準選択

ビット	7	6	5	4	3	2	1	0
	ADC0REFSEL2~0					AC0REFSEL2~0		
アクセス種別	R	R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W
リセット値	0	0	0	0	0	0	0	0

● ビット2~0 – AC0REFSEL2~0 : AC0基準選択 (AC0 Reference Select)

これらのビットはアナログ比較器(AC0)用の基準電圧を選びます。

値	0 0 0	0 0 1	0 1 0	0 1 1	1 0 0	1 0 1	1 1 0	1 1 1
名称	0V55	1V1	2V5	4V3	1V5	-	-	AVDD
説明	0.55V	1.1V	2.5V	4.3V	1.5V	(予約)		AVDD

参照基準電圧として1.5Vの値が選ばれます。

```
VREF.CTRLA = VREF_AC0REFSEL_1V5_gc;
```

VREF生成を許可するため、参照基準電圧の選択後に出力緩衝部が許可されなければなりません。これはVREF制御レジスタからAC0REFENビットを設定(1)することによって行うことができます。

図3-5. VREF.CTRLB – AC0REFENビット許可

ビット	7	6	5	4	3	2	1	0
							ADC0REFEN	AC0REFEN
アクセス種別	R	R	R	R	R	R	R/W	R/W
リセット値	0	0	0	0	0	0	0	0

● ビット0 – AC0REFEN : AC0基準電圧強制許可 (AC0 Reference Force Enable)

このビットへの'1'書き込みは、例えそれが要求されなくても、アナログ比較器(AC0)用の基準電圧の許可を強制します。

このビットへの'0'書き込みは周辺機能による基準源の自動許可/禁止を許します。

これは以下のコードに変換されます。

```
VREF.CTRLB = VREF_ADC0REFEN_bm;
```

ACによって必要とされる周辺機能と単位部の構成設定後、次のようにMUXCTRLAレジスタを使って入力の選択が行われます。

図3-6. AC入力選択

ビット	7	6	5	4	3	2	1	0
	INVERT		MUXPOS1,0				MUXNEG1,0	
アクセス種別	R/W	R	R	R/W	R/W	R	R/W	R/W
リセット値	0	0	0	0	0	0	0	0

● ビット4,3 – MUXPOS1,0 : 正入力多重器選択 (Positive Input Mux Selection)

このビット領域を書くことはACの正入力への入力信号を選びます。

値	0 0	0 1	1 0	1 1
名称	AINP0	AINP1	AINP2	AINP3
説明	正入力ピン0	正入力ピン1	正入力ピン2	正入力ピン3

● ビット1,0 – MUXNEG1,0 : 負入力多重器選択 (Negative Input Mux Selection)

このビット領域を書くことはACの負入力への入力信号を選びます。

値	0 0	0 1	1 0	1 1
名称	AINN0	AINN1	AINN2	DACREF
説明	負入力ピン0	負入力ピン1	負入力ピン2	内部基準電圧

AC入力として正入力0(AINP0)ピンと内部DAC参照基準が使われます。

```
AC0.MUXCTRLA = AC_MUXPOS_PIN0_gc | AC_MUXNEG_DACREF_gc;
```

ACによって使われるアナログ値(VDACREF)はDACREFレジスタを使って内部参照基準から派生され、その出力電圧は以下によって定義されます。

$$VDACREF = DACREF / 256 \times VREF$$

DACREF値は以下のマクロを使って計算することができます。

```
#define DACREF_VALUE (VDACREF * 256 / VREF)
```

ここでVDACREFはアナログ入力で望む値を表し、VREFは内部参照基準として選んだ値(1.5V)を表します。

**重要:** この応用を実装するには負入力で0.8Vを選ぶようにDACREFレジスタが構成設定されます。使用者は電池電圧低下閾値(VBAT)に達する時にV1の電圧が以下のように0.8Vになるような方法でR1とR2の抵抗器の正しい組み合わせを選ばなければなりません(図3-1をご覧ください)。

$$V1 = 0.8V = VBAT \times R2 / (R1 + R2)$$

VBAT=3V、R2=10kΩと仮定してR1の値は27.5kΩであるべきです。

比較器の出力が外部ピンで提供され、重要な水準に達した時を応用に通知するために負端で割り込みが許可されます。それはCTRLAレジスタを使って行われます。

図3-7. AC0.CTRLA – AC設定、割り込みと出力を許可

ビット	7	6	5	4	3	2	1	0
	RUNSTDBY	OUTEN	INTMODE1,0		LPMODE	HYSMODE1,0		ENABLE
アクセス種別	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
リセット値	0	0	0	0	0	0	0	0

● ビット6 – OUTEN : アナログ比較器出力パッド許可 (Analog Comparator Output Pad Enable)

このビットに'1'を書くことはOUT信号をピンで利用可能にします。

● ビット5,4 – INTMODE1,0 : 割り込み動作 (Interrupt Modes)

これらのビットへの書き込みはAC出力のどの端が割り込み要求を起動するかを選びます。

値	0 0	0 1	1 0	1 1
名称	BOTHEDGE	-	NEGEDGE	POSEDGE
説明	正負両端	(予約)	負端	正端

● ビット0 – ENABLE : AC許可 (Enable AC)

このビットに'1'を書くことがACを許可します。

これらの設定は以下のコードに変換されます。

```
ACO. CTRLA = AC_ENABLE_bm | AC_INTMODE_NEGEDGE_gc | AC_OUTEN_bm;
```

準備を完了して選んだ割り込みを応用に対して利用可能にするにはAC周辺機能割り込みが許可されなければなりません。これはINTCTRLレジスタでCMPビットを使うことによって行われます。

図3-8. AC0.INTCTRL – AC割り込み許可

ビット	7	6	5	4	3	2	1	0
								CMP
アクセス種別	R	R	R	R	R	R	R	R/W
リセット値	0	0	0	0	0	0	0	0

- ビット0 – CMP : アナログ比較器割り込み許可 (Analog Comparator Interrupt Enable)

このビットに'1'を書くことがアナログ比較器割り込みを許可します。



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。

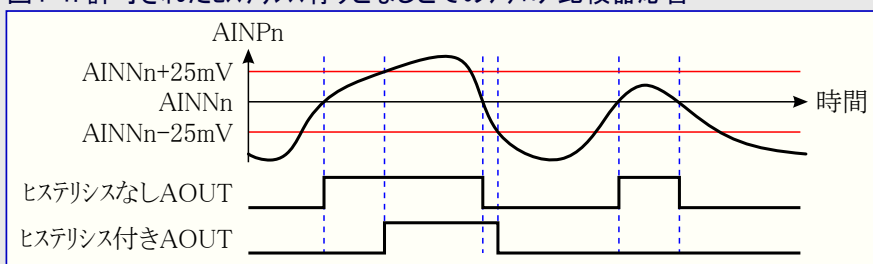


助言: 完全なコード例は「[追補](#)」章でも利用可能です。

## 4. 誤った尖頭雑音検出防止

この例は正入力が入力水準の非常に近くを振動する時にACの頻繁な切り替わり回避を助けるAC単位部のヒステリシス機能を実演します。この応用は(前の)電圧水準検出器応用と殆ど同じです。加えて、許可されたヒステリシス動作を持ちます。

図4-1. 許可されたヒステリシス有りとなしとのアナログ比較器応答



ヒステリシスは制御Aレジスタでヒステリシス動作選択(HYSMODE1,0)ビット領域に書くことによって構成設定されます。

図4-2. AC0.CTRLA – ヒステリシス動作形態構成設定

ビット	7	6	5	4	3	2	1	0
	RUNSTDBY	OUTEN	INTMODE1,0		LPMODE	HYSMODE1,0		ENABLE
アクセス種別	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
リセット値	0	0	0	0	0	0	0	0

- ビット2,1 – HYSMODE1,0 : ヒステリシス動作選択 (Hysteresis Mode Select)

これらのビットを書くことはAC入力に対するヒステリシスを選びます。

値	0 0	0 1	1 0	1 1
名称	NONE	SMALL	MEDIUM	LARGE
説明	ヒステリシスなし	ヒステリシス小	ヒステリシス中	ヒステリシス大

中間のヒステリシスがが使われ、それは以下のコードに変換されます。

```
ACO. CTRLA |= AC_HYSMODE_25mV_gc;
```



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。

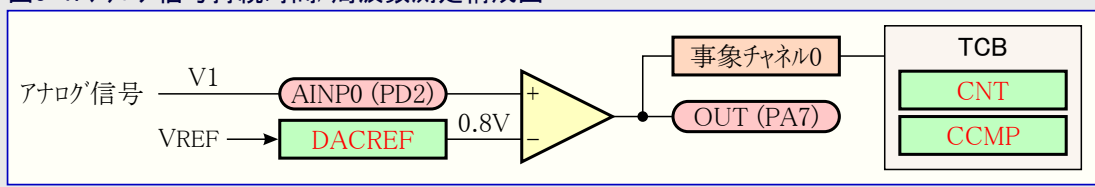


助言: 完全なコード例は「[追補](#)」章でも利用可能です。

## 5. アナログ信号パルス持続時間/周波数測定

tinyAVR<sup>®</sup> 0及び1系とmegaAVR<sup>®</sup> 0系のデバイスはどんな割り込み、CPU、またはDMA資源の使用もなしに周辺機能の自律的な制御を許す簡単だけれども強力なシステムの事象システム(EVSY: Eevent System)が特徴です。これは或る周辺機能(事象生成部)での変化に事象チャンネルを通して他の周辺機能(事象使用部)での活動を起動することを許します。これは周辺機能間に短くて予測可能な応答時間を提供し、複雑さ、大きさ、それと節電のためにソフトウェアの実行時間を減らすことができます。

図5-1. アナログ信号持続時間/周波数測定構成図



次の応用例はマイクロコントローラ電力の最小使用でアナログ入力信号に対する持続時間/周波数測定の実装を示します。事象チャンネルを通してAC出力からの信号をタイマ/カウンタ(TCB)事象入力へ配線するのに事象システム(EVSY)を使います。これを行うには事象システムが正しく構成設定されなければなりません。

事象システム構成設定の最初の段階はチャンネル0に対して事象生成部としてAC出力を設定することです。

図5-2. EVSYS.CHANNEL - チャンネル0に対して事象生成部としてAC出力を設定

ビット	7	6	5	4	3	2	1	0
	GENERATOR7~0							
アクセス種別	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
リセット値	0	0	0	0	0	0	0	0

### ● ビット7~0 - GENERATOR7~0: チャンネル生成部選択 (Channel Generator Selection)

生成部 [2進(16進)]	入力	同期/非同期	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7
~										
0001_00xx (\$10~\$13)	CCL_LUTn	非同期					LUTn			
0010_0000 (\$20)	AC0	非同期					OUT			
0010_0100 (\$24)	ADC0	同期					COMP			
~										

EVSYSのチャンネル0に対してチャンネル生成部選択レジスタは事象生成部としてアナログ比較器を許可するために0x20が設定されなければなりません。

```
EVSYS.CHANNEL0 = EVSYS_GENERATOR_AC0_OUT_gc;
```

TCB入力での事象を起動するため、TCB事象使用部はチャンネル0に接続されなければなりません。

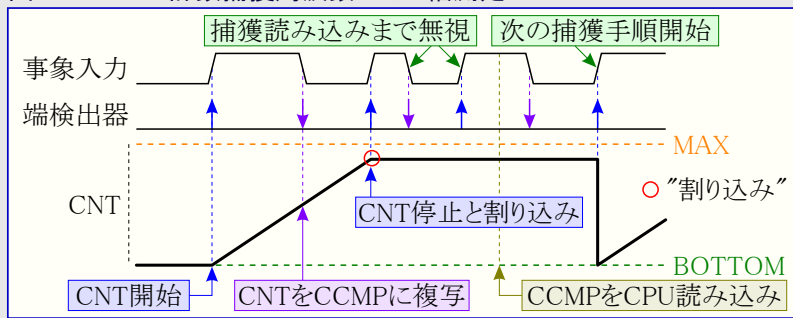
```
EVSYS.USERTCB0 = EVSYS_CHANNEL_CHANNEL0_gc;
```

パルスと周期の測定を許すために、TCBは事象チャンネル0をとしてAC出力をTCB事象入力へ配線するのに使われる事象システム(EVSY)の入力を持つパルス幅測定動作で構成設定されなければなりません。



パルス幅測定動作では事象入力信号で正端が検出される時にTCBが計数を開始します。次の下降端で、計数値が捕獲されます。事象入力信号の2つ目の上昇端が検出される時に計数器が停止し、これは割り込み要求フラグを設定(1)します。捕獲を読むことが割り込み要求フラグを解除(0)します。捕獲レジスタが読まれる、または割り込み要求フラグが解除(0)されると、TCBは新しい捕獲の流れの準備が整います。従って、次の正端で計数レジスタが0にリセットされるため、捕獲レジスタの前の計数器レジスタを読むことが推奨されます。

図5-3. TCB - 計数捕獲周波数/パルス幅測定



以下のコードは入力としての事象システムを持つパルス幅測定動作でのTCBに対する基本的な初期化を提供します。

```
int8_t TIMER0_init()
{
    TCB0.CTRLB = TCB_CNTMODE_FRQPW_gc;
    TCB0.EVCTRL = TCB_CAPTEI_bm;

    TCB0.INTCTRL = TCB_CAPT_bm;
    TCB0.CTRLA = TCB_CLKSEL_CLKDIV2_gc | TCB_ENABLE_bm | TCB_RUNSTDBY_bm;
}
```



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。



助言: 完全なコード例は「追補」章でも利用可能です。

## 6. 参照

1. ATmega4809ウェブページ: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATMEGA4809>
2. DS40002015A - megaAVR® 0系使用者の手引き: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40002015A.pdf>
3. ATmega4809デバイス手引き書: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40002016A.pdf>
4. AN2451 - AVR®マイクロコンピュータのコアから独立した周辺機能での開始に際して (DS00003451)

## 7. 追補

### 例7-1. 基準交差検出器ソースコード

```
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>

/* VREF=1.5VのためにDACREFを0.8Vに設定 */
#define DACREF_VALUE (0.8 * 256 / 1.5)

void PORT0_init (void);
void ACO_init(void);

ISR(ACO_AC_vect)
{
    /* ここにAC割り込み処理コードを挿入してください。 */

    /* 割り込み要求フラグは手動で解除(0)されなければなりません。 */
    ACO.STATUS = AC_CMP_bm;
}

void PORT0_init (void)
{
    /* 正入力 - デジタル入力緩衝部禁止 */
    PORTD.PIN2CTRL = PORT_ISC_INPUT_DISABLE_gc;
```

## 例7-1 (続き). 基準交差検出器ソースコード

```

/* PA7で出力緩衝部許可 */
PORTA |= PIN7_bm;
}

void AC0_init(void)
{
/* 負入力は内部参照基準を使用 - 電圧参照基準が許可されるべきです。 */
VREF.CTRLA = VREF_ACOREFSEL_1V5_gc; /* 1.5Vの電圧参照基準 */
VREF.CTRLB = VREF_ACOREFEN_bm; /* AC0 DACREF参照基準許可:許可 */

AC0.DACREF = DACREF_VALUE; /* DAC電圧参照基準設定 */

/* 比較器に対して正しい入力を選択 */
AC0.MUXCTRLA = AC_MUXPOS_PIN0_gc /* 正入力 - アナログ正入力ピン0 */
               | AC_MUXNEG_DACREF_gc; /* 負入力 - DAC電圧参照基準 */

AC0.CTRLA = AC_ENABLE_bm /* アナログ比較器許可 */
            | AC_OUTEN_bm; /* 出力緩衝部許可:許可 */

AC0.INTCTRL = AC_CMP_bm; /* アナログ比較器0割り込み許可 */
}

int main(void)
{
PORT0_init();
AC0_init();
sei(); /* 全体割り込み許可 */

while (1)
{
;
}
}

```

## 例7-2. 誤った尖頭雑音検出防止ソースコード

```

#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>

/* VREF=1.5VのためにDACREFを0.8Vに設定 */
#define DACREF_VALUE (0.8 * 256 / 1.5)

void PORT0_init (void);
void AC0_init (void);

ISR(AC0_AC_vect)
{
/* ここにAC割り込み処理コードを挿入してください。 */

/* 割り込み要求フラグは手動で解除(0)されなければなりません。 */
AC0.STATUS = AC_CMP_bm;
}

void PORT0_init (void)
{
/* 正入力 - デジタル入力緩衝部禁止 */
PORTD.PIN2CTRL = PORT_ISC_INPUT_DISABLE_gc;
/* PA7で出力緩衝部許可 */
PORTA |= PIN7_bm;
}

```

## 例7-2 (続き). 誤った尖頭雑音検出防止ソースコード

```

void AC0_init (void)
{
    /* 負入力は内部参照基準を使用 - 電圧参照基準が許可されるべきです。 */
    VREF. CTRLA = VREF_ACOREFSEL_1V5_gc;      /* 1.5Vの電圧参照基準 */
    VREF. CTRLB = VREF_ACOREFEN_bm;          /* AC0 DACREF参照基準許可:許可 */

    AC0. DACREF = DACREF_VALUE;             /* DAC電圧参照基準設定 */

    /* 比較器に対して正しい入力を選択 */
    AC0. MUXCTRLA = AC_MUXPOS_PIN0_gc      /* 正入力 - アナログ正入力ピン0 */
                  | AC_MUXNEG_DACREF_gc;   /* 負入力 - DAC電圧参照基準 */

    AC0. CTRLA = AC_ENABLE_bm              /* アナログ比較器許可 */
                | AC_HYSMODE_25mV_gc      /* 25mVヒステリシス許可 */
                | AC_OUTEN_bm;            /* 出力緩衝部許可:許可 */

    AC0. INTCTRL = AC_CMP_bm;              /* アナログ比較器0割り込み許可 */
}

int main(void)
{
    PORT0_init();
    AC0_init();
    sei();                                  /* 全体割り込み許可 */

    while (1)
    {
        ;
    }
}

```

## 例7-3. アナログ信号パルス持続時間/周波数測定ソースコード

```

#include <avr/io.h>

/* VREF=1.5VのためにDACREFを0.8Vに設定 */
#define DACREF_VALUE    (0.8 * 256 / 1.5)

void PORT0_init (void);
void EVENT_SYSTEM_init (void);
void AC0_init (void);
void TIMERO_init (void);

void PORT0_init (void)
{
    /* 正入力 - デジタル入力緩衝部禁止 */
    PORTD. PIN2CTRL = PORT_ISC_INPUT_DISABLE_gc;
    /* PA7で出力緩衝部許可 */
    PORTA |= PIN7_bm;
}

void AC0_init (void)
{
    /* 負入力は内部参照基準を使用 - 電圧参照基準が許可されるべきです。 */
    VREF. CTRLA = VREF_ACOREFSEL_1V5_gc;      /* 1.5Vの電圧参照基準 */
    VREF. CTRLB = VREF_ACOREFEN_bm;          /* AC0 DACREF参照基準許可:許可 */

    AC0. DACREF = DACREF_VALUE;             /* DAC電圧参照基準設定 */
}

```

## 例7-3 (続き). アナログ信号パルス持続時間/周波数測定ソースコード

```

/* 比較器に対して正しい入力を選択 */
ACO.MUXCTRLA = AC_MUXPOS_PIN0_gc; /* 正入力 - アナログ正入力ピン0 */
                | AC_MUXNEG_DACREF_gc; /* 負入力 - DAC電圧参照基準 */

ACO.CTRLA = AC_ENABLE_bm; /* アナログ比較器許可 */
                | AC_OUTEN_bm; /* 出力緩衝部許可:許可 */

ACO.INTCTRL = 0; /* アナログ比較器0割り込み禁止 */
}

/* 事象システムを通すアナログ比較器からの入力でのパルス幅/周波数測定動作でTCBを初期化 */
void TIMERO_init (void)
{
    TCB0.CTRLB = TCB_CNTMODE_FRQPW_gc; /* 捕獲入力周波数とパルス幅測定 */
    TCB0.EVCTRL = TCB_CAPTEI_bm; /* 事象入力許可:許可 */

    TCB0.INTCTRL = TCB_CAPT_bm; /* 捕獲または時間超過:許可 */

    TCB0.CTRLA = TCB_CLKSEL_CLKDIV2_gc; /* CLK_PER/2 (前置分周器から) */
                | TCB_ENABLE_bm; /* 許可:許可 */
                | TCB_RUNSTDBY_bm; /* スタンバイで走行:許可 */
}

/* アナログ比較器からTCBへの事象生成を許可 */
void EVENT_SYSTEM_init (void)
{
    EVSYS.CHANNEL0 = EVSYS_GENERATOR_ACO_OUT_gc; /* 事象チャンネル0に繋がれたアナログ比較器0出力 */
    EVSYS.USERTCB0 = EVSYS_CHANNEL_CHANNEL0_gc; /* TCBは事象チャンネル0を使用 */
}

int main(void)
{
    uint16_t signal_pulse = 0, signal_period = 0;

    PORT0_init();
    ACO_init();
    EVENT_SYSTEM_init();
    TIMERO_init();

    while(1)
    {
        if (TCB0.INTFLAGS)
        {
            /**
             * 先にCNTレジスタ読み込み
             * 割り込み要求フラグはそれへ1を書くことによって、または捕獲動作で捕獲レジスタが読まれる時に解除(0)され
             * ます。
             */
            signal_period = TCB0.CNT;
            signal_pulse = TCB0.CCMP;
        }
    }
}

```

## 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。

© 2019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 2019.

本技術概説はMicrochipのTB3211技術概説(DS90003211A-2019年1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