



tinyAVRとmegaAVRでI/Oピンを使用しないVCC/電池電圧測定

要点

- ・ VCCまたは電池の電圧測定
- ・ 入出力ピン占有なし
- ・ 外部部品なし
- ・ 低電力消費

序説

この応用記述はどの入出力ピンもまたは外部部品を使用することなくVCC/電池電圧を測定するための低電力解決策を記述します。

核になる考えはADC入力として働く内部基準電圧(VBG)とADC電圧基準として働く目的対象VCCにすることです。

この解決策は低電力消費、少ピン数MCU、少数の部品表の部品で応用を構成設定する使用者に役立ちます。

より良い解決策のため、この解決策はこれの非直線性のために最適化されるべきです。一般的な電圧/電池の監視ではこの解決策がかなり魅力的です。

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. 背景	3
2. 理論	3
3. 例	4
3.1. 準備	4
3.2. ATmega328PB用の例	4
3.2.1. ADC入力選択	5
3.2.2. ADC基準電圧選択	5
3.2.3. ATmega328PB用コード例	5
3.2.4. 結果確認	6
3.3. ATtiny817用の例	6
3.3.1. ADC入力選択	6
3.3.2. ADC基準電圧選択	6
3.3.3. ATtiny817用コード例	7
3.3.4. 結果確認	7
4. 追補	8
5. 改訂履歴	9
Microchipウェブサイト	10
お客様への変更通知サービス	10
お客様支援	10
Microchipデバイスコード保護機能	10
法的通知	10
商標	11
DNVによって認証された品質管理システム	11
世界的な販売とサービス	12

1. 背景

電池やシステム電力の電圧測定は、特にIoT、身体装着装置、車載、電力測定などのような応用でシステム性能と安定性を監視することが重要です。

簡単な測定は下の左図で示されるように、回路に基づいてVCC値を測定するのにADCを使用することです。

一旦VINが決められると、VCCは次の式によって計算することができます。

$$VCC = VIN \times (R1 + R2) / R2$$

けれども、抵抗に対する温度変動の影響を無視すると、この手法では1つの重要な欠点があり、それは定期的に電力を消費することです。電池を持ついくつかの低電力応用に於いて、これは明らかに受け入れられません。

改良した別の手法は回路にスイッチを追加することです。下の中央の図で示されるように、一旦測定が必要とされると、スイッチがONに設定されます。測定が終了されたなら、このスイッチはOFF状態に設定されます。スイッチがOFF状態の時に回路は動かず、電力を消費しません。

この改良が外部抵抗からの電力消費を減らすと言え、MCUの入出力資源が占有されなければならず、いくつかの少数ピンMCU応用に於いてこれは未だ受け入れられません。

抵抗が温度変化のために変動するので、時として測定精度が低くなります。その他にも、下の右図で示されるように、ADC周辺機能の内部コンデンサ充電のために正確な検査の準備を整えるためにスイッチON命令からの応答がかなり遅くなります。

図1-1. 一般的な電圧測定

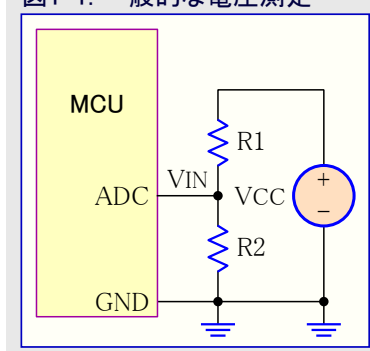


図1-2. スwitchとでの電圧測定

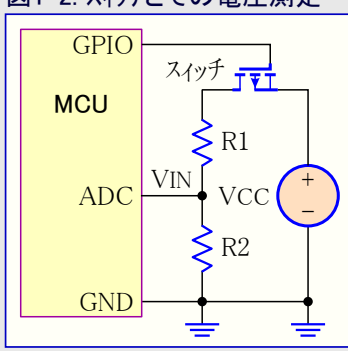
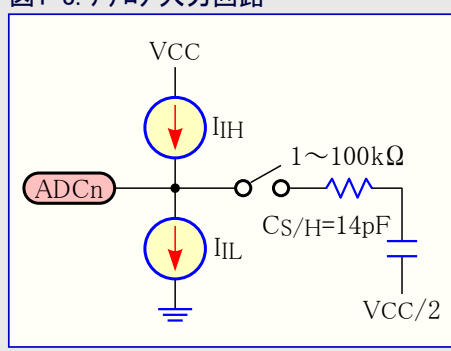


図1-3. アナログ入力回路



疑問は非常に低い電力消費、素早い応答、そして少数の外部部品で他に別の手法があるかです?。答えは「あります。」です。この応用記述はどの入出力資源や外部部品もなしの素早い電圧測定を記述します。

2. 理論

普通、電圧測定はADCが10ビットと仮定して、下で示される式に基づいて計算することができます。

$$RES_{adc} = 1024 \times VIN / V_{ref}$$

ここでRES_{adc}はADC結果レジスタの値、VINはADCへの入力、V_{ref}はADCに対する電圧基準です。

電圧を測定する一般的な方法はADCのVINとして外部入力電圧を選び、ADCのV_{ref}として内部VCCまたはV_{BG}を選ぶことです。この解決策は全く逆で、即ちVINとしてV_{BG}を選び、V_{ref}としてVCCを選ぶことです。式は次のように更新することができます。

$$RES_{adc} = 1024 \times V_{BG} / VCC$$

その後次に式で示されるようにVCC値はRES_{adc}の結果と既知のV_{BG}によって決めることができます。

$$VCC = 1024 \times V_{BG} / RES_{adc}$$

この解決策はどんな外部部品や入出力ピンもなしにVCCを測定するのに役立ちます。しかし、全ての貨幣が2つの側を持つように、この解決策に対して2つの主な制限があります。

1. 非直線性

この設計では式が $y = m/x$ 、ここで $m = (1024 \times V_{BG})$ 、 x はADC結果レジスタ値を表し、 y は目的対象VCC値を表します。測定精度が非直線性から影響されるのを避けるため、使用者は更なる研究に関して算法で区分的適合(補正)にすることができます。

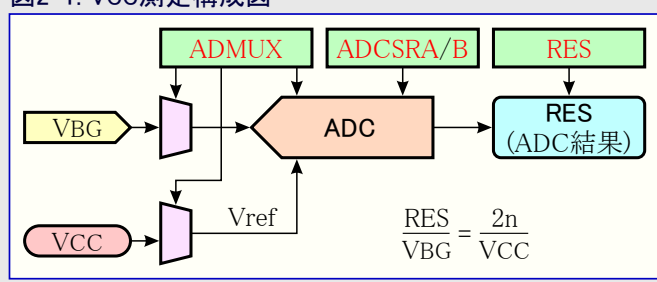
2. 全てのAVRデバイスが適合しない。

この方法を適用する使用者のMCUは以下の核となる考えを完全に支援しなければなりません。

- 内部基準電圧をADC入力にできる。
- VCCをADC電圧基準にできる。

MCUが適合するかを見るには「[追補](#)」でtinyAVR®とmegaAVR®についての一覧を調べてください。

図2-1. VCC測定構成図



$$\frac{RES}{V_{BG}} = \frac{2n}{VCC}$$

注: AVR XMEGA®デバイスは電圧を監視するための専用機能を持つため、この解決策はこれらのデバイスに適用する必要がありません。

3. 例

この解決策を示すために2つの例が使用されます。1つは代表的なmegaAVRデバイス(ATmega328PB)で、他は新しく発売されたtinyAVRデバイス(ATtiny817)です。

3.1. 準備

下の一覧で示される準備が推奨されます。

1. Atmel Studio 7.0のインストール

Atmel Studio 7はMicrochip®のSMART ARM®に基づく応用とAVRマイクロコントローラ(MCU)応用を開発してデバッグするための統合開発基盤(IDP: Integrated Development Platform)です。Atmel Studio 7は全てのAVRとMicrochipのSMART MCUを支援します。

Atmel Studio IDPはC/C++またはアセンブリコードで書かれた応用を書いて、構築して、デバッグするための継ぎ目のない使い易い環境を与えます。また、Microchipのデバッグと開発キットへも継ぎ目なしに繋がります。

使用者はATtiny817を支援するAtmel Studio 7.0をインストールすることが強く推奨されます。ダウンロードするリンクは<http://www.microchip.com/development-tools/atmel-studio-7>で見つけることができます。

2. 目的対象の評価キットまたはデバイスを取得

3.2. ATmega328PB用の例

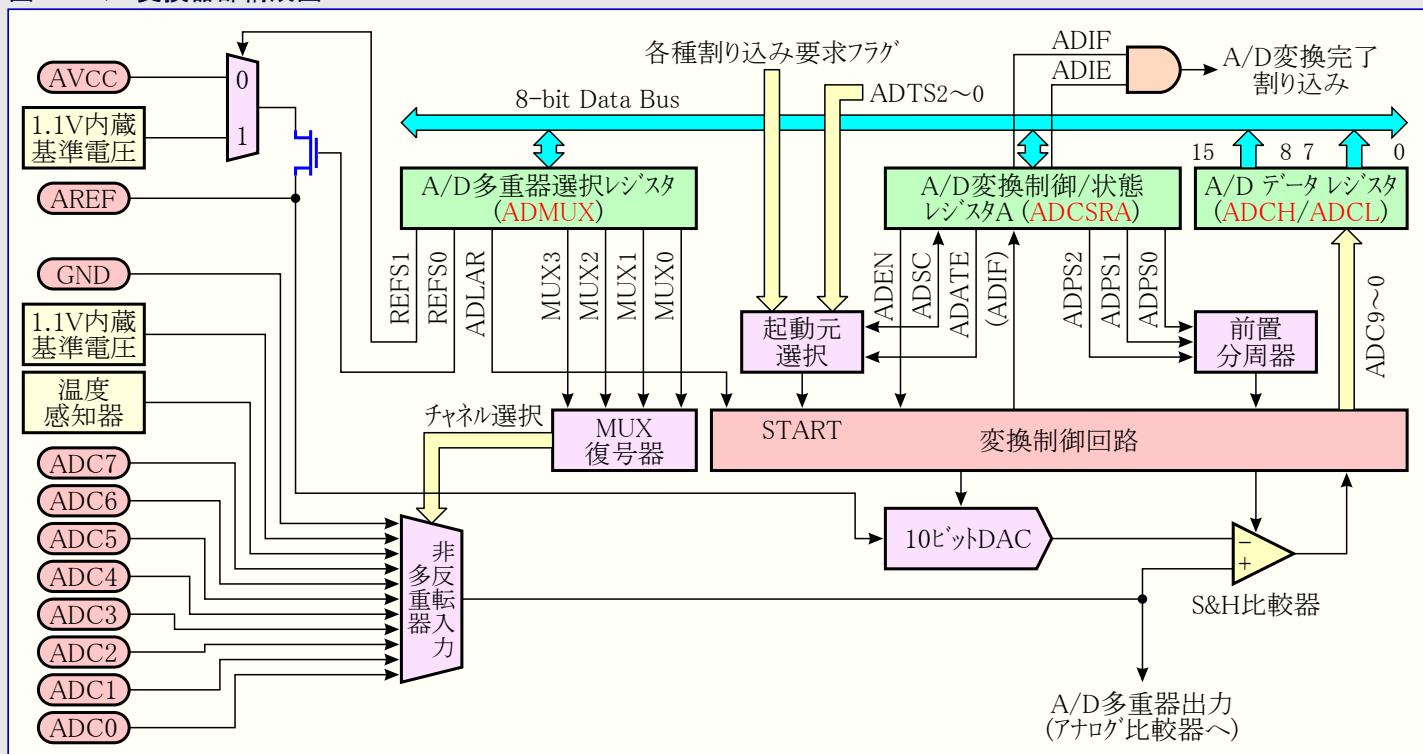
この例では高性能ATmega328PBが選ばれます。

ATmega328PBはpicoPower技術を持つmegaAVR 8ビットRISCに基づくマイクロコントローラです。これは8チャンネル10ビットA/D変換器を一体化し、1.8~5.5V間で動きます。

また、ATmega328PBは自己または相互の容量性感知器のどちらかで接触を検出するための信号を採取するQTouch®周辺機能接触制御器(PTC: Peripheral Touch Controller)を特徴とする最初のAVR 8ビットMCUです。これはどの応用でも、部品費用を節約してより速くてより単純な容量性接触実装を提供します。

単一クロック周期での強力な命令実行により、デバイスは1MIPS/MHzに近い単位処理量、均衡する電力消費、処理速度を達成します。

図3-1. A/D変換器部構成図



上の図で示されるように、ADCは逐次比較を通してアナログ電圧を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AREFピン-1LSBの電圧を表します。任意選択でA/D多重器選択(ADMUX)レジスタの基準電圧選択(REFS_n)ビットに書くことによってAREFピンにAVCCまたは内部1.1V基準電圧を接続することができます。内部基準電圧は雑音耐性を改善するためにAREFピンで外部コンデンサを接続することによってデカップ(雑音分離)されなければなりません。

アナログ入力チャンネルはAD多重器選択レジスタのA/Dチャンネル選択(ADMUX.MUX3~0)ビットに書くことによって選ばれます。ADCへのシングルエンド入力としてADC入力ピンのどれかだけでなく、GNDと固定バントキャップ(内部1.1V)基準電圧も選ぶことができます。

ADCはADCHとADCLのADCデータレジスタで表される10ビットの結果を生成します。既定により、この結果は右揃えで表されますが、左揃え選択(ADMUX.ADLAR)ビットを設定(1)することによって任意で左揃えで表すことができます。

3.2.1. ADC入力選択

ATmega328PBでA/D多重器選択(ADMUX)レジスタから下表でADC入力としてV_{BG}(V_{REF})を選ぶことができます。

表3-1. 入力チャネル選択

MUX3~0	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001~1101	1110	1111
シングルエンタ入力	ADC0	ADC1	ADC2	ADC3	ADC4	ADC5	ADC6	ADC7	温度感知器	(予約)	1.1V	0V
備考	PC0	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PE2	PE3	温度		V _{BG}	GND

3.2.2. ADC基準電圧選択

ATmega328PBのADC用基準電圧選択は右表で示されま
す。これはA/D多重器選択(ADMUX)レジスタで形態設定する
ことができます。

表3-2. ADC基準電圧選択

REFS1,0	基準電圧選択
0 0	AREF、内部V _{REF} はOFFに切り替えられます。
0 1	AREFピンでの外部コンデンサを持つAVCC
1 0	(予約)
1 1	AREFピンでの外部コンデンサを持つ内部1.1V基準電圧

3.2.3. ATmega328PB用コード例

現実のプロジェクトにこの方法を迅速に実装するには、ATmega328PBに基づくAtmel STARTプロジェクトを生成することが推奨されます。

- ATmega328PB Xplained Mini基板をミニUSBケーブル経由でコンピュータに接続してください。
- Atmel Studio 7.0を開いてFile(ファイル)⇒New(新規)⇒Atmel START Example Project(Atmel START例プロジェクト)をクリックしてください。
- ウィンドウ内で“ATmega328PB”を入力し、その後に“ATmega328B Xplained Mini”を選び、“CREATE NEW PROJECT(新規プロジェクト作成)”をクリックしてください。
- ADC基準電圧としてAVCC、ADC入力として1.1V内部基準電圧を選び、その後に“GENERATE PROJECT(プロジェクト生成)”をクリックしてください。
- プロジェクト名として“Battery Voltage Measurement without using I/O pin on ATmega328PB(ATmega328PBの入出力ピンを使わない電池電圧測定)”を入力してください。
- プロジェクト生成の完了の終了を待ち、その後にmain.cファイルを配置してください。

最も簡単な方法は以下のように生成されたプロジェクトに基づいて3つの項目を検査または更新することです。

1. V_{BG}をADC入力として働かします。
2. VCCをADC基準電圧として働かします。

```
ADMUX = (0x01 << REFS0)      /* AREFピンでの外部コンデンサを持つAVCC */
        | (0 << ADLAR)         /* 結果左揃え: 禁止 */
        | (0x0e << MUX0)      /* 内部基準電圧(VBG) */;
```

3. mainのwhile(1)でADCを開始して結果を計算します。

```
float Vcc_value = 0          /* 測定したVCC値 */;
uint16_t ADC_RES_L = 0;
uint16_t ADC_RES_H = 0;

while(1) {
    if (ADCSRA & (0x01 << ADIF)) /* ADC変換完了か検査 */
    {
        ADC_RES_L = ADCL;
        ADC_RES_H = ADCH;
        Vcc_value = ( 0x400 * 1.1 ) / (ADC_RES_L + ADC_RES_H * 0x100) /* VCC値計算 */;
    }
}
```

3.2.4. 結果確認

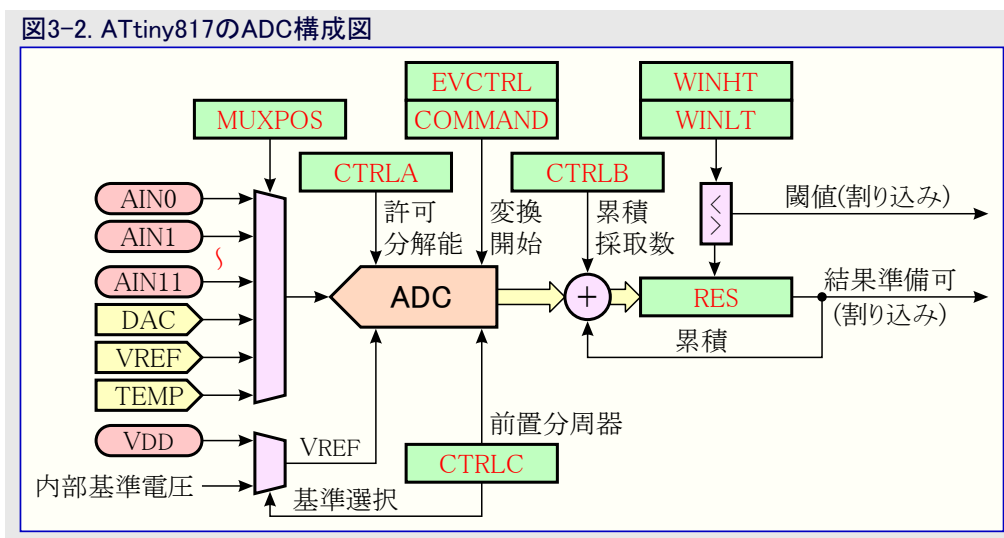
計算コードでの中断点(ブレークポイント)設定と監視(Watch)ウィンドウでのVCC値追加により、VCC値を監視ウィンドウで見ることができます。測定したVCC値(5.006222V)が正しいかを確認するため、使用者はXplained Mini基板のVCCを測定するのにマルチメータを使用することができます。この例ではマルチメータで測定して実際のVCC値はVCC=4.96Vです。

3.3. ATtiny817用の例

選んだATtiny817は事象システム、休止歩行、正確なアナログ機能、進んだ周辺機能を含む柔軟で低電力な基本構造を持つMicrochipからの最新の技術を使用します。駆動遮蔽を持つ容量性接触インターフェースが統合されたQTouch周辺機の言う接触制御器と共に支援されます。

ATtiny817のA/D変換器(ADC)は10ビット逐次比較ADCが特徴で、最大150kspsの採取速度の能力があります。ADCは12本のシングルエンド電圧入力を許す12チャネルのアナログ多重器に接続されます。シングルエンド電圧入力は0V(GND)を参照基準にします。入力電圧は内部(例えば、基準電圧)または(入出力ピンに接続した)外部のどちらかにすることができます。

ATtiny817の最新データシートからのADC構成図が下図で示されます。



ADCは変換中にADCへの入力電圧が一定水準を保つことを保証する採取/保持回路を含みます。

ADCへのシングルエンド入力としてADC入力ピンだけでなく、GNDと(設定可能な)内部基準電圧も選ぶことができます。ADCは結果(ADC.RES)レジスタで表される10ビットの結果を生成します。結果は右揃えで表されます。最小値はGNDを表し、最大値は基準電圧を表します。

3.3.1. ADC入力選択

ATtiny817でADCの多重器正選択(MUXPOS)レジスタから下表でADC入力としてV_{BG}(VREF)を選ぶことができます。

表3-3. ADC入力チャネル選択

値	00000	00001	00010	00011	00100	00101	00110	00111	01000	01001	01010	01011
説明	AIN0	AIN1	AIN2	AIN3	AIN4	AIN5	AIN6	AIN7	AIN8	AIN9	AIN10	AIN11
値	11100	11101			11110			11111	11111		その他	
説明	DAC0	(VREF周辺機能からの)内部基準電圧			温度感知器			0V (GND)	(予約)			

ATtiny817で基準電圧(VREF)の制御A(CTRLA)レジスタから右表でV_{BG}(VREF)の値を選ぶことができます。

この設計ではより易しい計算のためにADCの入力としてV_{BG}(1.1V)が選ばれます。

表3-4. V_{BG}基準電圧選択

値	000	001	010	011	100	101	110	111
説明	0.55V	1.1V	2.5V	4.3V	1.5V	(予約)		

3.3.2. ADC基準電圧選択

ATtiny817のADC用基準電圧選択は右表で示されます。これはADCの制御C(CTRLC)レジスタの基準電圧選択(REFSEL)ビットで形態設定することができます。

核となる考えがVCCをADCの基準電圧として働かせるため、この例ではADCの基準電圧としてVDDが選ばれます。

表3-5. ADC基準電圧選択

値	00	01	10	11
説明	内部基準電圧	VDD	(予約)	(予約)

3.3.3. ATtiny817用コード例

現実のプロジェクトにこの方法を迅速に実装するには、ATtiny817に基づくAtmel STARTプロジェクトを生成することが推奨されます。

- ATtiny817 Xplained Mini基板をミニUSBケーブル経由でコンピュータに接続してください。
- Atmel Studio 7.0を開いてFile(ファイル)⇒New(新規)⇒Atmel START Example Project(Atmel START例プロジェクト)をクリックしてください。
- ウィンドウ内で“ATtiny817”を入力し、その後に“ATtiny817 Xplained Mini”を選び、“CREATE NEW PROJECT(新規プロジェクト作成)”をクリックしてください。
- ADC基準電圧としてAVCC、ADC入力として1.1V内部基準電圧を選び、その後に“GENERATE PROJECT(プロジェクト生成)”をクリックしてください。
- プロジェクト名として“Battery Voltage Measurement without using I/O pin on ATtiny817(ATtiny817の入出力ピンを使わない電池電圧測定)”を入力してください。
- プロジェクト生成の完了の終了を待ち、その後にmain.cファイルを配置してください。

最も簡単な方法は以下のように生成されたプロジェクトに基づいて3つの項目を検査または更新することです。

1. VBGをADC入力として働かします。

```
ADC0.MUXPOS = ADC_MUXPOS_INTREF_gc /* ADC内部基準電圧、VBG */;
```

2. VCCをADC基準電圧として働かします。

```
ADC0.CTRLA = ADC_PRESC_DIV2_gc /* 2分周CLK_PER */
              | ADC_REFSEL_VDDREF_gc /* Vdd(Vcc)がADC基準電圧 */
              | 0 << ADC_SAMPCAP_bp /* 採取容量選択: 禁止 */;
```

3. mainのwhile(1)でADCを開始して結果を計算します。

```
float Vcc_value = 0 /* 測定したVCC値 */;
ADC0.CTRLA = 1 << ADC_ENABLE_bp /* ADC許可: 許可 */
              | 1 << ADC_FREERUN_bp /* ADC自由走行(連続変換)動作: 許可 */
              | ADC_RESSEL_10BIT_gc /* 10ビット動作 */;
ADC0.COMMAND |= 1; // ADC走行開始
while(1) {
    if (ADC0.INTFLAGS)
    {
        Vcc_value = ( 0x400 * 1.1 ) / ADC0.RES /* VCC値計算 */;
    }
}
```

3.3.4. 結果確認

計算コードでの中断点(ブレークポイント)設定と監視(Watch)ウィンドウでのVCC値追加により、VCC値を監視ウィンドウで見ることができます。

測定したVCC値(5.006222V)が正しいかを確認するため、使用者はXplained Mini基板のVCCを測定するのにマルチメータを使用することができます。この例ではマルチメータで測定して実際のVCC値はVCC=4.96Vです。

4. 追補

本章に於いて、使用者はtinyAVRとmegaAVRのデバイスがこの方法を支援するか否かを示すそれらデバイスの概要を見つけるでしょう。

表4-1. tinyAVRデバイス一覧

ATtinyデバイス	ADC有無	入力としてのV _{BG}	VREFとしてのV _{CC}	結論	ATtinyデバイス	ADC有無	入力としてのV _{BG}	VREFとしてのV _{CC}	結論
ATtiny4	×	×	×	×	ATtiny85	○	○,1.1V	○	○
ATtiny5	○	×	○	×	ATtiny26	○	○,1.18V	○	○
ATtiny9	×	×	×	×	ATtiny28L	×	×	×	×
ATtiny10	○	×	○	×	ATtiny28V	×	×	×	×
ATtiny416	○	○,1.1V	○	○	ATtiny40	○	○,1.1V	○	○
ATtiny816	○	○,1.1V	○	○	ATtiny43U	○	○,1.1V	○	○
ATtiny417	○	○,1.1V	○	○	ATtiny48	○	○,1.1V	○	○
ATtiny817	○	○,1.1V	○	○	ATtiny88	○	○,1.1V	○	○
ATtiny814	○	○,1.1V	○	○	ATtiny87	○	○,1.1V	○	○
ATtiny102	○	×	○	×	ATtiny167	○	○,1.1V	○	○
ATtiny104	○	×	○	×	ATtiny261	○	○,1.1V	○	○
ATtiny13	○	×	○	×	ATtiny461	○	○,1.1V	○	○
ATtiny13V	○	×	○	×	ATtiny861	○	○,1.1V	○	○
ATtiny13A	○	×	○	×	ATtiny261A	○	○,1.1V	○	○
ATtiny20	○	○,1.1V	○	○	ATtiny461A	○	○,1.1V	○	○
ATtiny24	○	○,1.1V	○	○	ATtiny861A	○	○,1.1V	○	○
ATtiny44	○	○,1.1V	○	○	ATtiny828	○	○,1.1V	○	○
ATtiny84	○	○,1.1V	○	○	ATtiny441	○	○,1.1V	○	○
ATtiny24A	○	○,1.1V	○	○	ATtiny841	○	○,1.1V	○	○
ATtiny44A	○	○,1.1V	○	○	ATtiny2313	×	×	×	×
ATtiny84A	○	○,1.1V	○	○	ATtiny2313A	×	×	×	×
ATtiny25	○	○,1.1V	○	○	ATtiny4313	×	×	×	×
ATtiny45	○	○,1.1V	○	○	ATtiny1634	○	○,1.1V	○	○

表4-2. megaAVRデバイス一覧

ATmegaデバイス	ADC有無	入力としてのV _{BG}	VREFとしてのV _{CC}	結論	ATmegaデバイス	ADC有無	入力としてのV _{BG}	VREFとしてのV _{CC}	結論
AT90CAN32	○	○,1.1V	○	○	ATmega165A	○	○,1.1V	○	○
AT90CAN64	○	○,1.1V	○	○	ATmega165P	○	○,1.1V	○	○
AT90CAN128	○	○,1.1V	○	○	ATmega165PA	○	○,1.1V	○	○
AT90PWM1	○	○,1.1V	○	○	ATmega325	○	○,1.1V	○	○
AT90PWM2B	○	○,1.1V	○	○	ATmega325A	○	○,1.1V	○	○
AT90PWM3B	○	○,1.1V	○	○	ATmega325P	○	○,1.1V	○	○
AT90PWM216	○	○,1.1V	○	○	ATmega325PA	○	○,1.1V	○	○
AT90PWM316	○	○,1.1V	○	○	ATmega3250	○	○,1.1V	○	○
AT90PWM81	○	○,1.1V	○	○	ATmega3250A	○	○,1.1V	○	○
AT90PWM161	○	○,1.1V	○	○	ATmega3250P	○	○,1.1V	○	○
AT90USB82	×	×	×	×	ATmega3250PA	○	○,1.1V	○	○
AT90USB162	×	×	×	×	ATmega645	○	○,1.1V	○	○
AT90USB646	○	○,1.1V	○	○	ATmega645A	○	○,1.1V	○	○
AT90USB647	○	○,1.1V	○	○	ATmega645P	○	○,1.1V	○	○
AT90USB1286	○	○,1.1V	○	○	ATmega6450	○	○,1.1V	○	○
AT90USB1287	○	○,1.1V	○	○	ATmega6450A	○	○,1.1V	○	○
ATmega8U2	×	×	×	×	ATmega6450P	○	○,1.1V	○	○
ATmega16U2	×	×	×	×	ATmega48	○	○,1.1V	○	○

[次頁へ続く](#)

表4-2 (続き). megaAVRデバイス一覧

ATmegaデバイス	ADC有無	入力としてのV _{BG}	VREFとしてのV _{CC}	結論	ATmegaデバイス	ADC有無	入力としてのV _{BG}	VREFとしてのV _{CC}	結論
ATmega32U2	×	×	×	×	ATmega48A	○	○,1.1V	○	○
ATmega16U4	○	○,1.1V	○	○	ATmega48P	○	○,1.1V	○	○
ATmega32U4	○	○,1.1V	○	○	ATmega48PA	○	○,1.1V	○	○
ATmega16M1	○	○,1.1V	○	○	ATmega48PB	○	○,1.1V	○	○
ATmega32M1	○	○,1.1V	○	○	ATmega88	○	○,1.1V	○	○
ATmega64M1	○	○,1.1V	○	○	ATmega88A	○	○,1.1V	○	○
ATmega8	○	○,1.3V	○	○	ATmega88P	○	○,1.1V	○	○
ATmega8A	○	○,1.3V	○	○	ATmega88PA	○	○,1.1V	○	○
ATmega8515	×	×	×	×	ATmega88PB	○	○,1.1V	○	○
ATmega8535	○	○,1.22V	○	○	ATmega168	○	○,1.1V	○	○
ATmega16	○	○,1.22V	○	○	ATmega168A	○	○,1.1V	○	○
ATmega16A	○	○,1.22V	○	○	ATmega168P	○	○,1.1V	○	○
ATmega32	○	○,1.22V	○	○	ATmega168PA	○	○,1.1V	○	○
ATmega32A	○	○,1.22V	○	○	ATmega168PB	○	○,1.1V	○	○
ATmega64	○	○,1.22V	○	○	ATmega328	○	○,1.1V	○	○
ATmega64A	○	○,1.22V	○	○	ATmega328P	○	○,1.1V	○	○
ATmega128	○	○,1.22V	○	○	ATmega328PB	○	○,1.1V	○	○
ATmega128A	○	○,1.22V	○	○	ATmega169A	○	○,1.1V	○	○
ATmega640	○	○,1.1V	○	○	ATmega169P	○	○,1.1V	○	○
ATmega1280	○	○,1.1V	○	○	ATmega169PV	○	○,1.1V	○	○
ATmega1281	○	○,1.1V	○	○	ATmega169PA	○	○,1.1V	○	○
ATmega2560	○	○,1.1V	○	○	ATmega329	○	○,1.1V	○	○
ATmega2561	○	○,1.1V	○	○	ATmega329A	○	○,1.1V	○	○
ATmega162	×	×	×	×	ATmega329P	○	○,1.1V	○	○
ATmega164A	○	○,1.1V	○	○	ATmega329PA	○	○,1.1V	○	○
ATmega164P	○	○,1.1V	○	○	ATmega3290	○	○,1.1V	○	○
ATmega164PA	○	○,1.1V	○	○	ATmega3290A	○	○,1.1V	○	○
ATmega324	○	○,1.1V	○	○	ATmega3290P	○	○,1.1V	○	○
ATmega324P	○	○,1.1V	○	○	ATmega3290PA	○	○,1.1V	○	○
ATmega324PA	○	○,1.1V	○	○	ATmega649	○	○,1.1V	○	○
ATmega234PB	○	○,1.1V	○	○	ATmega649A	○	○,1.1V	○	○
ATmega644	○	○,1.1V	○	○	ATmega649P	○	○,1.1V	○	○
ATmega644A	○	○,1.1V	○	○	ATmega649PA	○	○,1.1V	○	○
ATmega644P	○	○,1.1V	○	○	ATmega6490	○	○,1.1V	○	○
ATmega644PA	○	○,1.1V	○	○	ATmega6490A	○	○,1.1V	○	○
ATmega1284	○	○,1.1V	○	○	ATmega6490P	○	○,1.1V	○	○
ATmega1284P	○	○,1.1V	○	○					

5. 改訂履歴

資料改訂	日付	注釈
A	2017年5月	初版資料公開

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用されます。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用される時に、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用さ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製品を使用することが必要です。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、Microchipロゴ、AnyRate、AVR、AVRロゴ、AVR Freaks、BeaconThings、BitCloud、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、RightTouch、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、chipKIT、chipKITロゴ、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNetロゴ、Mindi、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certifiedロゴ、MPLAB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PureSilicon、QMatrix、RightTouchロゴ、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。

© 2017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 2018.

本応用記述はMicrochipのAN2447応用記述(DS00002447A-2017年5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
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	亜細亜太平洋支社 Suites 3707-14, 37th Floor Tower 6, The Gateway Harbour City, Kowloon 香港 Tel: 852-2943-5100 Fax: 852-2401-3431 オーストラリア - シドニー Tel: 61-2-9868-6733 Fax: 61-2-9868-6755 中国 - 北京 Tel: 86-10-8569-7000 Fax: 86-10-8528-2104 中国 - 成都 Tel: 86-28-8665-5511 Fax: 86-28-8665-7889 中国 - 重慶 Tel: 86-23-8980-9588 Fax: 86-23-8980-9500 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 Fax: 86-571-8792-8116 中国 - 香港特別行政区 Tel: 852-2943-5100 Fax: 852-2401-3431 中国 - 南京 Tel: 86-25-8473-2460 Fax: 86-25-8473-2470 中国 - 青島 Tel: 86-532-8502-7355 Fax: 86-532-8502-7205 中国 - 上海 Tel: 86-21-3326-8000 Fax: 86-21-3326-8021 中国 - 瀋陽 Tel: 86-24-2334-2829 Fax: 86-24-2334-2393 中国 - 深圳 Tel: 86-755-8864-2200 Fax: 86-755-8203-1760 中国 - 武漢 Tel: 86-27-5980-5300 Fax: 86-27-5980-5118 中国 - 西安 Tel: 86-29-8833-7252 Fax: 86-29-8833-7256	中国 - 廈門 Tel: 86-592-2388138 Fax: 86-592-2388130 中国 - 珠海 Tel: 86-756-3210040 Fax: 86-756-3210049 インド - ハンガロール Tel: 91-80-3090-4444 Fax: 91-80-3090-4123 インド - ニューデリー Tel: 91-11-4160-8631 Fax: 91-11-4160-8632 インド - プネー Tel: 91-20-3019-1500 日本 - 大阪 Tel: 81-6-6152-7160 Fax: 81-6-6152-9310 日本 - 東京 Tel: 81-3-6880-3770 Fax: 81-3-6880-3771 韓国 - 大邱 Tel: 82-53-744-4301 Fax: 82-53-744-4302 韓国 - ソウル Tel: 82-2-554-7200 Fax: 82-2-558-5932 or 82-2-558-5934 マレーシア - クアラルンプール Tel: 60-3-6201-9857 Fax: 60-3-6201-9859 マレーシア - ペナン Tel: 60-4-227-8870 Fax: 60-4-227-4068 フィリピン - マニラ Tel: 63-2-634-9065 Fax: 63-2-634-9069 シンガポール Tel: 65-6334-8870 Fax: 65-6334-8850 台湾 - 新竹 Tel: 886-3-5778-366 Fax: 886-3-5770-955 台湾 - 高雄 Tel: 886-7-213-7830 台湾 - 台北 Tel: 886-2-2508-8600 Fax: 886-2-2508-0102 タイ - バンコク Tel: 66-2-694-1351 Fax: 66-2-694-1350	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 フランス - サンクルー Tel: 33-1-30-60-70-00 ドイツ - ガルヒング 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 - ハトバ Tel: 39-049-7625286 オランダ - デルフト Tel: 31-416-690399 Fax: 31-416-690340 ノルウェー - トロンハイム Tel: 47-7289-7561 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 - ウォーキングハム Tel: 44-118-921-5800 Fax: 44-118-921-5820