

AVR353 : 基準電圧校正と電圧A/D変換器の使い方

要点

- 基準電圧校正
 - ・ 1.100±1mV(代表値)と-10°C～70°Cで90ppm/°Cの変動
- 割り込み制御電圧A/D変換器採取
- 電圧A/D変換器からの電圧と温度の計算

1. 序説

新しいAVR[®]スマート バッテリ デバイスのいくつかは、正しく校正された時に-10°C～70°Cで90ppm/°C未満の変動と代表的に±1mVの絶対精度を持つ、非常に正確で低電力のバンドギャップ基準電圧を含みます。これは内部の電圧A/D変換器とクーロン カウンタA/D変換器に対して使用される基準電圧です。ATmega16HVAやATmega406がこれを特徴とするデバイスの例です。

高い精度を達成するには、この応用記述で記述される方法に従って基準電圧が校正されなければなりません。いくつかのデバイスについては、この校正がATMELの工場で行われ、その結果が識票列に格納されています。そして校正はただデータを読み出して関連するレジスタに格納するだけのことで、この応用記述で両方の方法が実演されます。

内部12ビットΔΣA/D変換器を持つデバイスはリチウム イオン セル電圧の直接採取を可能にする前置分圧付きの入力が特徴ですが、内部温度感知器、外部サーミスタ、または他の入力の採取を可能にするための前置分圧なしの入力も他にあります。バンドギャップ基準電圧が校正され、デバイスの識票列に格納された利得と変位(オフセット)のデータを使用することにより、ATMELは0.5%よりも良好な精度を保証します。校正後のV-ADC測定結果と計算結果の実演がこの応用記述に含まれています。クーロン カウンタA/D変換器の使い方の詳細についてはAVR352応用記述をご覧ください。

2. 動作の理屈

詳述した精度を成し遂げるには、この応用記述で記述される方法を使用してバンドギャップ基準電圧が校正されなければなりません。この方法は外部的な基準電圧測定と、その後の基準電圧レジスタ補正を詳述しますが、校正はこの応用記述の実演のように外部基準電圧の測定に内部電圧A/D変換器を使用して実行することもできます。ATMELの工場では校正されたデバイスの場合は、単に識票データを読み出して正しいレジスタにそれらを格納するだけです。この応用記述はこのようなデータが存在するかを調べ、存在するならば、校正手法を走行する代わりにそれらを使用します。

2.1. 識票バイト読み込み

スマート バッテリ デバイス内の識票列は様々な部署の校正とA/D変換器の結果計算に使用することができる包括的なデータを含みます。完全な要約に関しては関連するデバイスのデータシートをご覧ください。この応用記述の実演のように、このデータはSPM命令制御/状態レジスタ(SPMCSR)で識票列読み出し(SIGRD)とSPM操作許可(SPMEN)のビットを設定(1)することによるLPM命令で、走行時に読み出すことができます。

2.2. 電圧A/D変換器測定

標準動作だけでなく、推薦した校正方法の両方が電圧A/D変換器測定精度に依存しています。電圧A/D変換器測定の可能な最良の結果を得るために、利得と変位(オフセット)に関するデータがATMELの工場では測定され、デバイスの識票列に格納されています。実行されるならば、これらは校正と後続する電圧A/D変換測定に使用されます。

2.2.1. セル測定

セル入力はリチウム イオン セルの直接測定を可能にする概ね0.2倍の縮尺が特徴です。利得係数は変位(オフセット)と共に、非常に高い精度でmVでの実際の入力電圧に変換することができる測定を保証します。この式は式2-1.で与えられます。

式2-1. V-ADCセル電圧計算

$$\text{セルn電圧(mV)} = \frac{(\text{セルnA/D変換結果} - \text{セルn変位}) \times \text{セルn利得校正値}}{16384}$$



8ビット AVR[®]
マイクロコントローラ

応用記述

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、ATMEL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。

Rev. 8060A-10/08, 8060AJ2-11/13

2.2.2. A/D変換器入力

標準的なVADC入力には前置分圧の特徴がありませんが、式2-2.で見えるようにセル電圧と同様の式が用いられます。これらの入力はサーミスタ用の使用が推奨されますが、望むなら、校正を含めて他の作業に使用することもできます。

式2-2. VADC入力電圧計算

(訳注) 頁下参照

$$\text{ADCn(mV)} = \frac{10 \times (\text{セルnA/D変換結果} - \text{ADCn変位}) \times \text{ADCn利得校正値}}{16384}$$

2.2.3. 温度測定

バンドギャップ基準回路は絶対温度に比例する電圧が特徴で、これはチップ温度の測定に使用することができます。実際の温度の計算は式2-3.で示されます。この温度はAVR351応用記述で示されるように、システムクロックの校正に関する低速RC発振器の計算に使用することができます。これはシステム温度の測定に使用することもできます。

式2-3. 温度計算

$$\text{絶対温度:T(K)} = \frac{\text{VtempのA/D変換結果} \times \text{PTAT校正値}}{16384}$$

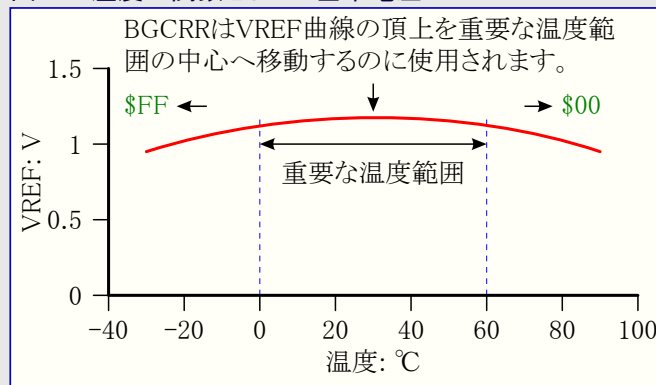
温度感知器に対する公式精度は±5K精度ですが、これは限定的に判定されるべきです。

2.3. 基準電圧

基準電圧はチップ上電圧調整器、電圧A/D変換器(V-ADC)とケーロンカウンタA/D変換器(CC-ADC)に対する基準として使用される内部低電力バンドギャップ基準電圧で、故に全てのA/D変換測定が正しく校正されつつある基準電圧に依存しています。これは2.3.1.項で与えられる方法に従って基準電圧温度係数校正(BGCRR)レジスタと基準電圧校正(BGCCR)レジスタを補正することによって1.100V±1mVに校正されるべきです。

BGCRRは温度勾配補正に使用されます。図2-1.は温度の関数としてのVREFを図解します。これは低温で正の温度係数を、高温で負の温度係数を持ちます。製法変化に依存して、VREF曲線の頂点はより低いまたはより高い温度に位置されるかもしれません。BGCRRは重要な温度範囲での温度変動を最小にするために曲線を補正するのに使用されます。ビットは9つの可能な設定、00000000, 00000001, 00000011, 00000111, ..., 11111111に帰着する温度計符号です。

図2-1. 温度の関数としての基準電圧



BGCCRは基準電圧の微調整に使用されます。下位6ビット(ビット5~0)が使用され、段階量は概ね2mVです。BGCCR変更時、これが低電圧検出器(BOD)と電圧調整器(VREG)の両レベルを補正するので、注意して行わなければなりません。BOD値は直ぐに変化し、一方VREGは外部コンデンサのためにもっと緩やかに変化し、偽のBOD条件を起すかもしれません。各段階間で新しい段階に達することを電圧調整器で可能とするには、推奨された2.2μFのCREGでBGCCR値の各更新間に20μsの遅延が付加されるべきです。

(訳注) ADCn電圧計算式は10倍になっていますが、ATmega8HVA/16HVAデータシートでは1/10になっており、矛盾します。これはどちらかが誤っているものと思われる。

2.3.1. 校正法

基準電圧の校正は2段階で行われます。最初の段階は常にATMELの工場に於いて T_{HOT} 温度(70°C/85°C)で処理されます。

1. $BGCRR=\$0F$ で、 $BGCCR$ はVrefが1,100Vになるまで補正されます。

次の段階は装置基板検査時、またはATMELの工場に於ける第2書き込みのどちらかで、室温で処理されます。この段階は次の通りです。

2. $BGCRR=\$0F$ で、 $BGCCR$ =以前の検査で得られた(識票列に格納された)値

3. Vrefを測定し、表2-1.に従って $BGCRR$ を補正してください。

表2-1. 室温に於けるVREF偏差に対するBGCRR選択

(室温でのVREF- T_{HOT} °CでのVREF)の上限(mV)	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	2.5	5.5	8.0	10.0	+∞
(室温でのVREF- T_{HOT} °CでのVREF)の下限(mV)	-∞	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	2.5	5.5	8.0	10.0
BGCRR選択	\$FF	\$7F	\$3F	\$1F	\$0F	\$07	\$03	\$01	\$00

4. Vrefが1.100Vになるまで $BGCCR$ を補正してください。

正しく実行されつつある校正に依存し、基準電圧は-10°C~+70°Cで90ppm/°C未満の変動を持つことを今や保証されます。

2.3.2. ATMEL工場での校正

デバイスがATMELの工場に於ける第2書き込みで校正されているなら、それは上の方法に従って行われます。校正の結果は識票列に格納され、それらは基準電圧の容易な校正のために走行時に読み出すことができます。

2.3.3. 外部基準に対する校正

外部基準と内部電圧A/D変換器を使用することにより、VREFは外部測定装置なしの方法に従って校正することができます。内部基準が正しければ測定も正確ですが、内部基準が1.100Vと異なっているなら、結果は違うでしょう。この関連は式2-4.で与えられます。

式2-4. 不正な内部VREFを与えた外部基準電圧の計算

$$\text{測定値} = \text{期待値} \times \frac{\text{理想VREF}(1.100V)}{\text{実際のVREF}}$$

セル1(PV1)の入力として4096mVの基準電圧の使用が推薦され、これはリチウム イオンセルの最も関連する電圧範囲の中央だからで、従って最大精度を保証し、また有効性のためでもあります。代替でADC0の入力として4096/5mVが使用されますが、他の電圧と入力も校正に使用されるかもしれませんが、式2-1.と式2-2.が“測定値”の計算に使用されます。

4096mVでの式2-4.と表2-1.からの書き込み値を使用することにより、表2-2.で示される結果を得ます。

表2-2. 4096mV外部基準測定でのBGCRR選択

VREF差上限(mV)	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	2.5	5.5	8.0	10.0	+∞
VREF差下限(mV)	-∞	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	2.5	5.5	8.0	10.0
4096mV入力での測定電圧 (注)	4107	4103	4100	4096	4087	4076	4066	4059	0
理想からの差	11	7	4	0	-9	-20	-30	-37	-∞
BGCRR選択	\$FF	\$7F	\$3F	\$1F	\$0F	\$07	\$03	\$01	\$00

注: VREF差上限が使用されます。

代替でいくつかのデバイスは4096mV印加で製品に於いて実際のセル1測定のセル1列測定が提供されます。この値を使用することによって、16ビットの乗算と減算を避けることができますが、4096mV基準の使用と代表的なセル1列値を必要とし、従って僅かに精度を減らします。校正値は未だ式2-4.を使用して計算されますが、(ソースコードで得られる)代表的なADC列値の挿入を伴います。

3. コード例

この応用記述はATMELのAVRウェブサイト、<http://www.atmel.com/products/avr/>から応用記述と共にダウンロードすることができるソースコードを含みます。コンパイル情報を含む完全なソース資料は[readme.html](#)を開くことによってアクセスすることができます。このソースはどんな視覚的反応も提供せず、例えばJTAGICEmk IIと変数監視でデバッグしなければなりません。



本社

Atmel Corporation

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
USA
TEL 1(408) 441-0311
FAX 1(408) 487-2600

国外営業拠点

Atmel Asia

Unit 1-5 & 16, 19/F
BEA Tower, Millennium City 5
418 Kwun Tong Road
Kwun Tong, Kowloon
Hong Kong
TEL (852) 2245-6100
FAX (852) 2722-1369

Atmel Europe

Le Krebs
8, Rue Jean-Pierre Timbaud
BP 309
78054 Saint-Quentin-en-
Yvelines Cedex
France
TEL (33) 1-30-60-70-00
FAX (33) 1-30-60-71-11

Atmel Japan

104-0033 東京都中央区
新川1-24-8
東熱新川ビル 9F
アトメル ジャパン株式会社
TEL (81) 03-3523-3551
FAX (81) 03-3523-7581

製品窓口

ウェブサイト

www.atmel.com

技術支援

avr@atmel.com

販売窓口

www.atmel.com/contacts

文献請求

www.atmel.com/literature

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のウェブサイトに位置する販売の条件と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、または利益の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。

© Atmel Corporation 2008. 全権利予約済 ATMEL®、ロゴとそれらの組み合わせ、AVR®とその他はATMEL Corporationの登録商標または商標またはその付属物です。他の用語と製品名は一般的に他の商標です。

© HERO 2013.

本応用記述はATMELのAVR353応用記述(doc8060.pdf Rev.8060A-10/08)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。