

AVR351 : RC発振器の走行時校正と補償

要点

- 校正に於ける発振器採取インターフェースの使い方
- 低速RC発振器周波数予測
- 超低電力RC発振器周波数測定
- 高速RC発振器校正

1. 序説

温度に対する周波数変動のため、システム温度が時間に対して変化する場合、可能な最良の精度を達成するために、AVRのクロック源は動作温度でまたは走行時に校正されるべきです。

新しい電池監視デバイスの多く、例えばATmega16HVAは非常に正確なクーロン カウンタA/D変換器を持ち、故に可能な最良の結果を達成するのに正確な時間基準が必要です。それらは保護回路も持ち、故に最小電力消費のために低電力クロック源が必要です。発振器、識票バイト、内部温度感知器と発振器採取インターフェースがこれを成し遂げるための方法を提供します。

これらのデバイスに於ける発振器は低速RC、超低電力RCと高速RCの発振器です。低速RC発振器は温度に対して非常に予測可能な動きを持ち、従って他の発振器の走行時校正に使用することができます。いくつかのデバイスに於いて、これはクーロン カウンタA/D変換器にも使用することができます。超低電力RC発振器は非常に低い消費電力を持ち、可能な最低システム消費電力を可能にし、故に電池保護を理想的にします。いくつかのデバイスに於いて、これはクーロン カウンタA/D変換器にも使用することができます。最後の発振器はAVRコアに関するシステムの部分、例えばコア、フラッシュメモリ、EEPROMとタイマなどに配線される高速RC発振器です。

2. 動作の理屈

AVRデバイスに於けるクロック源の校正は直接的に周波数を調整するか、または実際の周波数を測定してそれに対して補償するかのどちらかによって行われます。この応用記述は電池監視デバイスの様々な発振器の特性と使い方、校正がどう実行されるかを記述します。新しい電池監視デバイス、例えばATmega16HVAはクロック周期の容易な測定と校正に用いられる、発振器採取インターフェースと呼ばれる部署を持ちます。

2.1. 発振器採取インターフェース

発振器採取インターフェース(OSI)はシステム クロックに対する入力クロックの周期測定を手助けする部署です。OSIは選択したこの信号の入力と出力を前置分周します。この前置分周したクロック出力はOSI制御/状態レジスタ(OSICSR)内の発振器採取インターフェース状態フラグ(OSIST)を読むことによって直接的に見ることができますが、最大の精度のために接続されているタイマ/カウンタの捕獲入力機能を起動するのに使用されるべきです。例えばATmega16HVAでは、128分周の前置分周を持つOSIへの入力として、低速RCまたは超低電力(ULP)RCの発振器を選択することができます。周期の捕獲にタイマ/カウンタ0が使用されます。

2.2. 低速RC発振器

低速RC発振器は温度に対して予測可能な周波数変動を持ち、校正やクーロン カウンタA/D変換器に対する基準としての正確なクロックを提供します。製品からは以下の2つのパラメータが分かり、(これらは)識票列に格納されています。

- ・ 製造検査に於ける高温(一般的に75°Cまたは85°C)での低速RC発振器周波数 (低速RC発振器周期語)
- ・ 低速RC発振器温度変動係数 (低速RC発振器温度変化予測値語)

これらのパラメータを知り、チップ上温度を測定することにより、実際の低速RC発振器周波数は動作領域内のどの温度に対しても走行時に判断することができます。

この応用記述で示される校正の仕組みを使用することで、低速RC発振器周波数は指定された温度範囲に対して1%よりも小さな誤差で判定することができます。低速RC発振器はいくつかのデバイスに於いてクーロン カウンタA/D変換器に対しても使用されます。



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. 8053A-10/08, 8053AJ2-12/13

2.2.1. 現在温度での低速RC発振器周期計算

例えばATmega16HVAに於ける低速RC発振器周期の計算式は式2-1.で与えられます。

式2-1. 低速RC発振器の実際のクロック周期

$$T_{SlowRC}(\mu s) = \frac{\text{低速RC発振器周期語} \div \text{低速RC発振器温度変化予測値語} \times (T \div T_{HOT}) \div 64}{1024}$$

2.3. 超低電力RC発振器

超低電力(ULP)RC発振器は電池保護、ウォッチドッグ タイマとリセット回路に使用される非常に低い電力のクロックを提供し、いくつかのデバイスでクローン カウンタA/D変換器(CC-ADC)にも使用することができます。これの周波数は温度と製法で変動し、それに対する補償を必要とします。推奨される方法は両周期を測定するために高速RC発振器を使用して計算した基準の低速RC発振器と(ULP発振器の)実際の周期とを比較し、低速RC発振器周期からULP RC発振器周期を計算することです。

高温(一般的に75°Cまたは85°C)での公称周期は識票列にも格納されています。この値はULP発振器周波数の大雑把な見積もりを与え、(ULPクロックを)必要とする(精度が)あまり重要でない部署、例えば電池保護タイミングの判定に対して更なる補償なしに(ULP発振器を)使用することができます。

2.3.1. 低速RC発振器に対する超低電力RC発振器測定

式2-1.は基準としての低速RC発振器でULP RC発振器周期を測定して計算する式を示します。

式2-2. 超低電力RC発振器クロック周期の計算

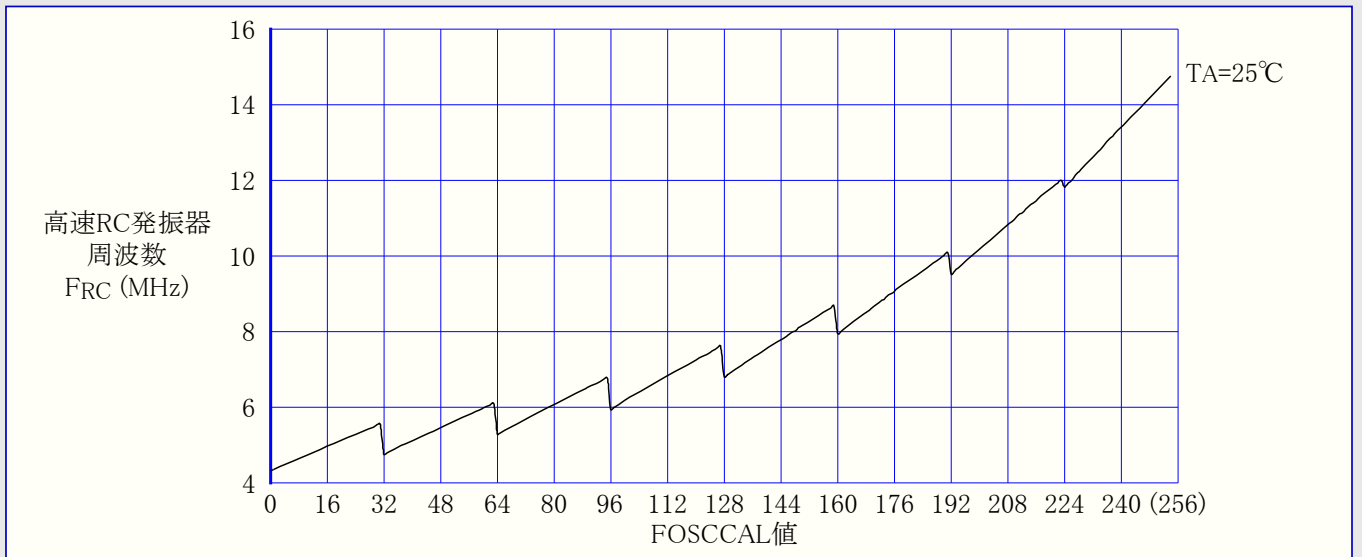
$$T_{ULPRC}(\mu s) = T_{SlowRC} \times \frac{\text{前置分周されたULP RCクロック}n\text{周期でのCPU周期数}}{\text{前置分周された低速RCクロック}n\text{周期でのCPU周期数}}$$

2.4. 高速RC発振器

高速RC発振器はCPUコア、SRAM、フラッシュ メモリ、EEPROM、電圧A/D変換器(V-ADC)とその他の入出力部署に対するクロックです。始動で高速RC発振器校正バイトが識票列から高速RC発振器校正レジスタ(FOSCCL)へ自動的に格納(設定)されます。これはATMEL製造での校正值で、既定クロック前置分周で25°Cまたは高温(75°Cまたは85°C)のどちらかで1MHz±4%を与えることを保証します。ATmega16HVAに関してFOSCCAL値に対する高速RC発振器周波数は図2-1.で図示されます。

高速RC発振器はいくつかの応用、例えば非同期直列通信、特に温度が予測校正と非常に異なる、または変化する場合、校正を必要とするかもしれません。これは例えばこの応用記述で記述されるように低速RC発振器に対して走行時(校正)を行うことができます。高速RC発振器周波数は公称周波数の10%以上に(これがフラッシュ メモリとEEPROMのアクセス失敗を引き起こすかもしれないので、)決して校正されるべきでないことに注意してください。

図2-1. 校正付き高速RC発振器周波数 対 FOSCCAL値



既定のFOSCCAL値は(8分割領域中の或る)領域の半分以下であるように選択されます。従って全温度範囲に対して発振器周波数を8MHzに校正するのに、既定領域とその下の1つの領域の使用で充分です。2つの領域間移動時の大きな周波数変化を避けるため、高速RC発振器校正区分値も識票列に格納されています。これは既定領域内の最低値よりも低い周波数を与える最初の(先頭)FOSCCAL値で、高速RC発振器校正時に使用されるべきです。

2.4.1. 発振器採取インターフェースを使用する低速RC発振器に対する高速RC発振器の走行時校正

式2-3. 高速RC発振器周期

$$T_{FastRC}(\mu s) = T_{SlowRC} \times \frac{128 \times n}{\text{前置分周された低速RCクロック}n\text{周期でのCPU周期数}}$$

$n = \text{前置分周された低速RC発振器周期数}$

代表的な校正手順は“前置分周された低速RC周期数 n でのCPUクロック数”測定と、この値の式2-3を変形して実際の温度と望む高速RC発振器周期で計算された低速RC発振器周期の代入によって得られる基準との比較を結合します。そしてFOSCCALが補正され新規の測定が行われます。これは最良の値が得られるか、または十分な精度が達成されるまで繰り返されます。

タイマ/カウンタ0捕獲入力の起動にOSIインターフェースが使用されるので、この手順はCPUの観点からあまり資源を消費しません。けれども、高速RC発振器が校正中に走行していなければならないので、チップは最も深い休止形態(パワーセーブ)で動くことができません。従って実際の必要を越える延ばされた校正は不必要な電力消費を増やすかもしれません。

2.5. 内部温度感知器

ATmega16HVAは電圧A/D変換器で採取することができる内部温度感知器を持っています。正確な温度結果を得るためのルーチンが実演に含まれていますが、より多くの詳細に関する読者はAVR353応用記述を指示されます。

3. 実装

この応用記述は周波数の計算、測定、校正用のルーチンを持つソースコードを含みます。これはATMELのウェブサイトからZIP書庫としてダウンロードすることができます。このソースは計算と支援用ルーチンの両関数から成るコードを含みます。コードはソース資料(「ソース資料」章をご覧ください)を持ち、一方本項はより上の段階でコードを実証します。

3.1. 識票バイト

ATmega16HVAは広大な識票列データを含んでいます。全ての識票バイトを定義するファイルは識票バイトを読むためのマクロと共にソースコードで提供されます。本応用では関連するバイトだけが使用されます。

3.2. 温度測定

低速RC発振器周期計算はチップ上またはシステムの温度測定が必要です。実際の電池応用に於いて、通常、これは割り込み制御された電圧A/D変換(V-ADC)測定の一部ですが、本応用に於いては内部温度感知器採取用の関数が提供されます。正確な測定を保証するために、識票列からの工場校正で基準電圧を校正するための関数が提供されています。V-ADC、温度測定と基準電圧のより多くの詳細についてはAVR353応用記述をご覧ください。

3.3. 発振器採取インターフェース

OSIはタイマ/カウンタ0での捕獲事象を生成するのに使用されますが、A/D変換の測定と通信に必要とする資源の使用を避けるために、実際の割り込みを使用する代わりに捕獲割り込み要求フラグをポーリングします。そのような(割り込み)を望むなら、これは割り込み制御に書き換えることができます。前置分周されたOSIクロック数(この場合は8)でのCPUクロック数測定用の専用サブルーチンが内包され、ULP RC発振器測定と高速RC発振器校正に使用されます。

3.4. 低速RC発振器周期計算

低速RC発振器周期は提供された関数へのチップ上温度入力によって計算され、そしてこれは結果が1024で割られないことを除いて、周期計算に式2-1を使用します。これは精度を増し、システム周波数が1MHzと違う場合を除き、どんな尺度調整もなしに高速RC発振器を校正するのに直接使用されるべき結果を可能にします。この結果の式は式3-1.で示されます。

式3-1. 使用する低速RC発振器クロック周期

$$T_{SlowRC}(\mu s \times 1024) = \text{低速RC発振器周期語} \div \text{低速RC発振器温度変化予測値語} \times (T \div T_{HOT}) \div 64$$

3.5. ULP RC発振器測定

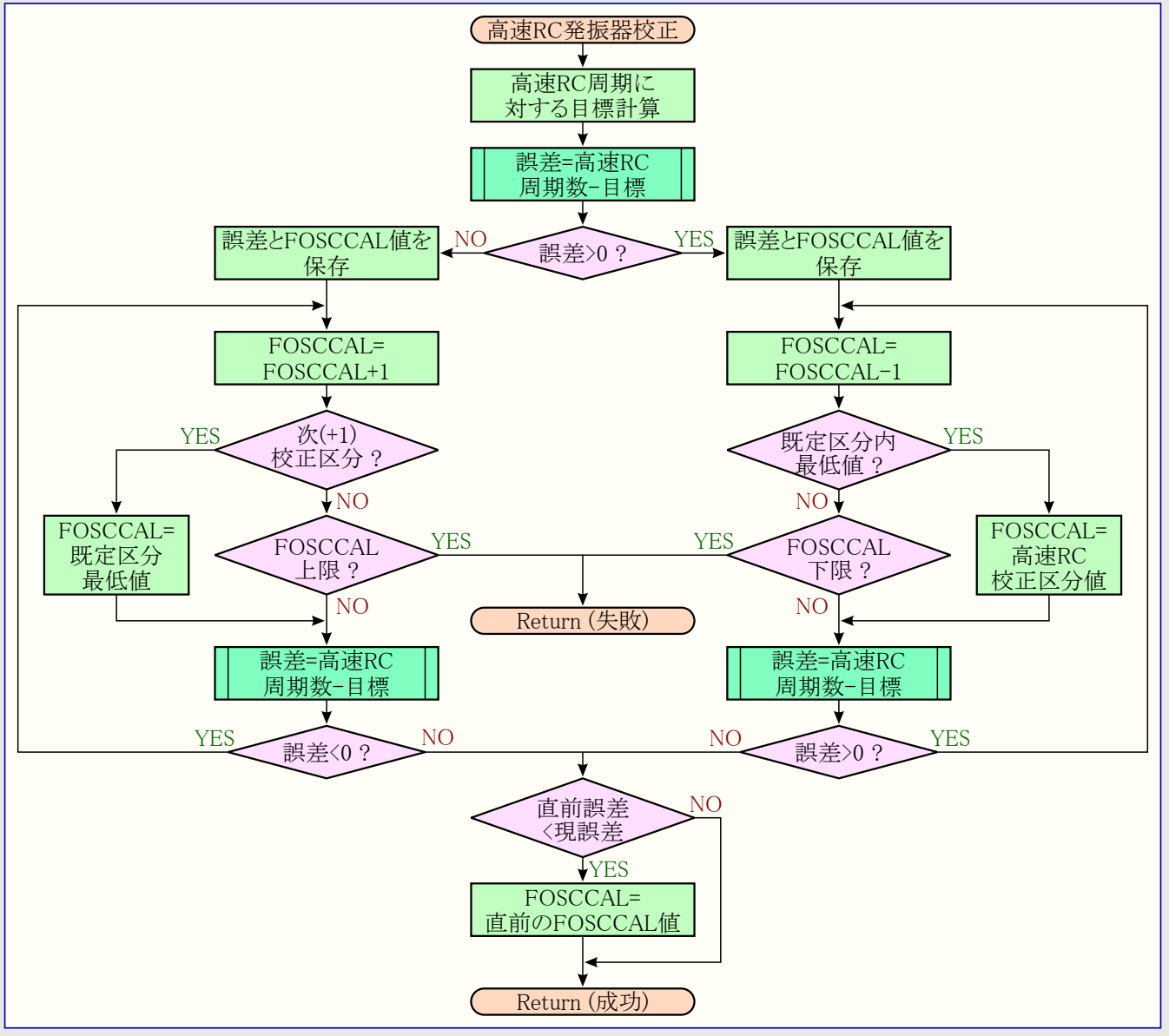
ULP RC発振器の周期はOSIで低速RC発振器に対して測定されます。低速RC発振器周期はULP RC発振器関数への入力で、その後には前置分周された8 OSI低速RC発振器とULP RC発振器の両周期を測定します。最後にULP RC発振器周期は式2-2.から計算されますが、低速RC発振器周期が1024で割られないので、ULP RCの結果もまた1024で割られません。

3.6. 高速RC発振器校正

高速RC発振器は低速RC発振器に対して校正されます。この関数は入力として低速RC発振器周期を取り、現在のFOSCCAL値から直線的に探します。始めに検索方向が決められ、その後に高速RC発振器周波数が目的に達するまでその方向でFOSCCALが補正されます。その後、その点での誤差が直前のFOSCCAL値での誤差と比較され、最小誤差が与えられる値が選択され、成功値が返されます。上位側から下位側へとその逆で飛ぶ時に周波数段差を避けるために、識別列からの高速RC発振器校正区分値が使用されます。この2つの区分(領域)が全温度に対してFOSCCAL値を見つけるための十分な検索範囲を提供するので、上側または下側の限界に出会った場合に検索は中止され、既定FOSCCAL値が格納(設定)されて、失敗符号が返されます。

この関数用の流れ図が図3-1.で示されます。

図3-1. 高速RC発振器校正用流れ図



4. ソース資料

完全なソース資料についてはコードと共に提供された[readme.html](#)をご覧ください。完全なコンパイル情報、設定とデバイス情報もそれらで提供されます。



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AVR351応用記述(doc8053.pdf Rev.8053A-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。