

AVR291 : ATMEL ATmega32U4RCでの USB低速(Low-speed)用8MHz内部発振器校正

要点

- ATMEL® ATmega32U4RC MCU
- 8MHz内部RC発振器
- 温度範囲: -20~85°C
- USB低速(Low-speed)
- ±1%精度で調整可能なRC周波数
- 3Vと5VでのRC発振器調整
- どの温度へもRC発振器調整
- 部品費用低減

1. 序説

この応用記述はATMEL ATmega32U4RC MCUでの内部RC発振器校正に関する速くて正確な方法を記述します。これはUSB仕様(1.5MHz±1.5%)内でUSB低速(Low-speed)データ転送を維持するための走行時校正をデバイスに許す、単純で柔軟な校正ファームウェアのソースコードを提供します。

この応用記述がATmega32U4系デバイスの全てに適用できないことに注意してください。この応用記述によって支援される部品番号は次の通りです。

- ・ ATmega32U4RC-AU
- ・ ATmega32U4RC-MU

2. 動作の理屈 – 内部RC発振器

製造に於いてATMEL ATmega32U4RCの内部RC発振器は5V(25°Cの1点)と3V(25°Cと85°Cの2点)で校正されます。このデバイスの工場設定についての更なる情報に関してはデータシートを参照してください。

工場校正の精度は±1%以内です。これは0~40°C間の温度範囲に関して保証されます。校正パラメータは識別列内に保存されます。リセット後、3V、25°Cでの製造校正パラメータが発振校正(OSCCAL)レジスタ内に格納され、デバイスが既定によって3V、25°Cでの動作に校正されることを意味します。

デバイスが0~40°C間の動作にだけ校正されるため、この応用記述は動作の範囲を(-20~85°Cに)拡張する方法を提供します。使用方法は走行中に内部RC発振器を再校正するのに、電圧と温度に依存してOSCCALレジスタを更新することです。

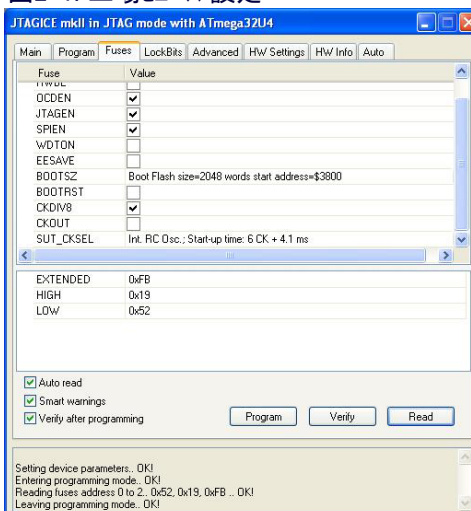
この応用記述の目的はUSB低速(Low-speed)応用構築に内部RC発振器を使用することです。従って、USBの必要条件のため、2つの可能な電圧、3Vと5Vだけを考慮します。

2.1. クロック選択

AVR®のヒューズ設定は、使用されるシステムクロック元を制御します。既定により、ATmega32U4RCは校正された内部RC発振器の使用に形態設定され、故にヒューズ設定で行われるべき変更は必要ありません。この応用記述に関しては既定設定を使用します。

デバイスがその既定ヒューズ設定を持たない場合、既定ヒューズ設定が図2-1.で示されるようであることに注意してください。

図2-1. 工場ヒューズ設定



8ビット ATMEL
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. 8384A-05/11, 8384AJ1-12/13

2.2. 識票列とOSCCALレジスタ

校正バイトは識票列に格納されます。校正バイトに加えて、識票列は25°Cと85°Cでの温度感知器値も含みます。これらの値は校正算法で使用されます。表2-1は各バイトのアドレスと定義を示します。

表2-1. 識票バイト

名前	アドレス	データ	定義
OSCCAL25_3V	\$00上位	-	25°C/3Vでの発振器校正バイト(8MHz)
OSCCAL85_3V	\$01上位	-	85°C/3Vでの発振器校正バイト(8MHz)
OSCCAL25_5V	\$02上位	-	25°C/5Vでの発振器校正バイト(8MHz)
TEMP25L	\$1C下位	-	温度感知器下位バイト(室温)
TEMP25H	\$1C上位	-	温度感知器上位バイト(室温)
TEMP85L	\$1D下位	-	温度感知器下位バイト(暖温)
TEMP85H	\$1D上位	-	温度感知器上位バイト(暖温)

発振校正(OSCCAL)レジスタは内部RC発振器の校正と周波数変動を取り去るのに使用されます。これは以下の形態設定を持ちます。

図2-2. OSCCALレジスタ

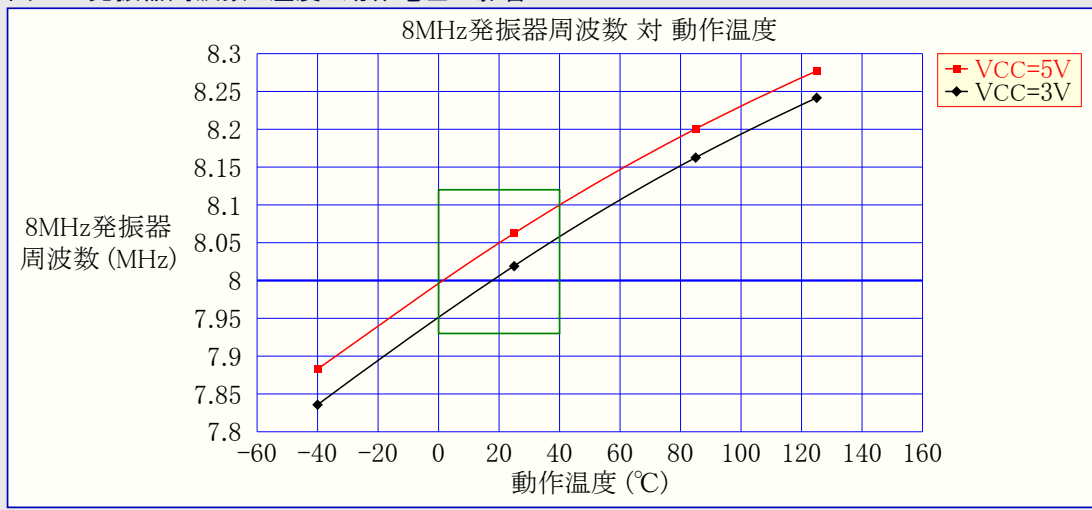
発振校正レジスタ (Oscillator Calibration Register) OSCCAL

ビット (\$66)	7	6	5	4	3	2	1	0	
	CAL7	CAL6	CAL5	CAL4	CAL3	CAL2	CAL1	CAL0	OSCCAL
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
初期値	デバイス固有の校正値								

3. 発振器特性

内部RC発振器の周波数は温度と動作電圧に依存します。図3-1から見られるように、周波数は温度増加で直接的に増し、電圧増加で僅かに増します。各電圧での動きがより小さいことを見ることもでき、5Vの値を得るのに何れかの3V値に変位(オフセット)を加算することができます。

図3-1. 発振器周波数と温度と動作電圧の影響



3.1. OSCCAL 対 温度

図3-2.は温度に従ったOSCCALの動きを示します。上で説明されるように、電圧のための変動は両方(3Vと5V)の場合でより小さく、5VのOSCCAL値を決めるのに3VのOSCCAL値に変位(オフセット)を加えることができます。

OSCCALの変化は25~85°C間で(概ね1~6間で)重要ではありません。これは温度に従ってOSCCAL値を決めるのに必要とされる、どの重い処理も避けます。線形方程式を用いて値を計算する代わりに、異なる段階内を温度で除算してOSCCAL値で各段階を割り当てることによって決めることができます。これを行うために、以下の値が定義されます。

- $Offset = OSCCAL_{25_3V} - OSCCAL_{85_3V}$
- $T = \text{温度}85^{\circ}\text{C} - \text{温度}25^{\circ}\text{C}$
- $n_step = OSCCAL_{25_3V} - OSCCAL_{25_5V}$
- $P = T/n_step$: 温度段階値

図3-3.は温度範囲に従ってOSCCAL値がどう設定されるかを示します。

図3-2. OSCCAL 対 動作温度

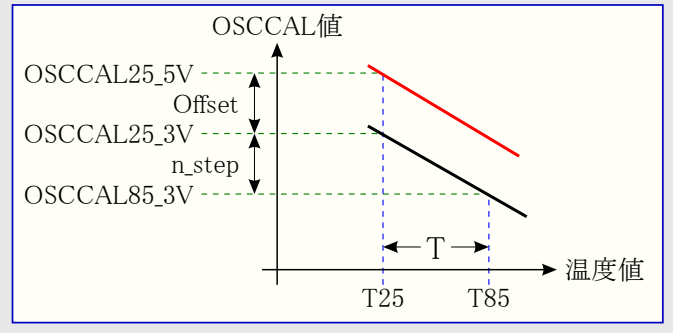
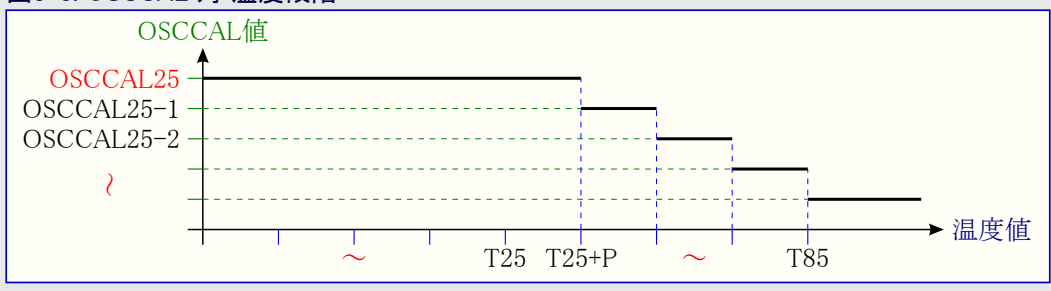


図3-3. OSCCAL 対 温度段階



4. 校正実装

4.1. 8MHz内部発振器校正

内部RC発振器校正はドライバとして実装され、Cファイル(cal_inter_rc.c)と関連するヘッダファイル(cal_inter_rc.h)で含まれます。内部発振器校正実行に使用される関数はCファイルで利用可能で、以下で説明されます。

4.1.1. get_cal_values()

この関数は工場校正を得るために識票バットの読み込みを許します。この工場校正は3Vでの25°C、5Vでの25°C、3Vでの85°Cの3点で行われます。各点は温度とOSCCAL値によって表されます。

識票バットから、この関数は以下のパラメータを読みます。

- `osc_cal_25_3v` : 3Vでの25°C用OSCCAL値
- `osc_cal_85_3v` : 3Vでの85°C用OSCCAL値
- `osc_cal_25_5v` : 5Vでの25°C用OSCCAL値
- `temp_sensor_25` : 25°Cでの温度感知器の生の値
- `temp_sensor_85` : 85°Cでの温度感知器の生の値

これらのパラメータを使用して、この関数は`calibrate_inter_osc()`関数(4.1.2.項をご覧ください)によって使用される以下の追加パラメータを設定します。

- `Offset` : 3Vでの値を用いて5VでのOSCCAL値を得るために印加する変位(オフセット)
- `Period` : 温度段階値、OSCCAL値は各段階に匹敵します。

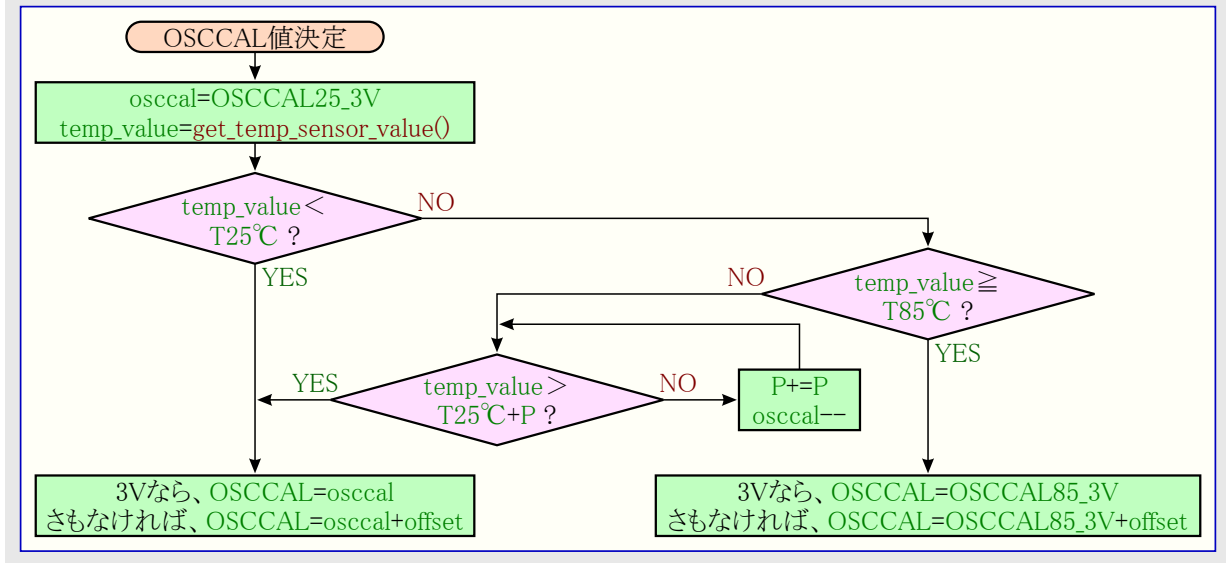
4.1.2. calibrate_inter_osc()

これは電圧と温度に従って内部RC発振器の校正に使用される主関数です。

この関数はパラメータとして応用によって使用される電圧を持ちます。この校正の狙いがUSB低速(Low-speed)用に内部発振器を使用することなので、電圧は3V(`vcc_3`)と5V(`vcc_5`)だけが可能です。

関数の流れ図は図4-1.で示されます。

図4-1. OSCCAL計算流れ図



4.2. 温度感知器

先に説明されたように、OSCCAL値は温度値(または温度範囲)に従って計算されます。この温度値は内部温度感知器によって測定されます。この感知器読み込みのより多くの情報についてはATmega32U4RCデータシートを参照してください。

この温度感知器の使用のため、ドライバ部は温度値を得るのに必要とされる関数を提供することが可能です。ドライバは以下の2つのファイルで作られます。

- `temp_sensor.c` : 関数のソースコードを含みます。
- `temp_sensor.h` : 応用で呼ばれ得る関数の原型を含みます。

この例でこのドライバから使用される関数は以下です。

- `get_temp_sensor_val()` : 内部温度感知器ADCチャンネルを読んで返します。この応用に関しては実際の温度値を得る必要はなく、温度感知器チャンネルを通してADCによって提供される生の値で充分です。

4.3. 識票バイトアクセス

先に説明されたように、既定校正值は識票列に格納されます。フラッシュドライバはそれらの値を読むのに利用可能で、識票列への容易なアクセスを提供します。

フラッシュドライバ部は以下の2つのファイルで作られます。

- `flash_drv.c` : 関数のアセンブリ言語ソースコードを含みます。
- `flash_drv.h` : 応用で呼ばれ得る関数の原型を含みます。

この例でこのドライバから使用される関数は以下です。

- `flash_read_sig()` : この関数のパラメータで渡されたアドレスの識票バイトを読んで返します。

5. 内部RC発振器での低速(Low-speed)USB HIDマウス

USB HIDマウスが内部RC発振器校正の使い方の例です。この例はUSB仕様の1.5MHz±1%以内でUSB通信を維持するのに内部RC発振器を使用します。

発振器を校正するため、最初の校正を設定するのに主関数から`calibrate_inter_osc()`関数が呼ばれます。発振器の校正を継続するために時間毎に`calibrate_inter_osc()`関数への呼び出しを管理する、計画された作業(タスク)が追加されます。

この例はATMELのウェブサイトです。どんなクリスタル発振器もなしに内部RC発振器を使用することによってUSB低速マウスの構築に使用することができます。

6. 結び

外部クリスタルは応用に重大な費用を加えます。この応用記述はクリスタル発振器なしで内部RC発振器を用いてUSB応用を構築する方法を提供し、従って部品費用とPCBの領域を減らします。校正された内部RC発振器はUSB低速(Low-speed)帯域を維持しますが、使用者はUSB低速応用構築時にだけ内部RC発振器がクロック元を提供できることを覚えて置かなければなりません。

7. 目次

要点	1
1. 序説	1
2. 動作の理屈 – 内部RC発振器	1
2.1. クロック選択	1
2.2. 識票列とOSCCALレジスタ	2
3. 発振器特性	2
3.1. OSCCAL 対 温度	3
4. 校正実装	3
4.1. 8MHz内部発振器校正	3
4.1.1. get_cal_values()	3
4.1.2. calibrate_inter_osc()	3
4.2. 温度感知器	4
4.3. 識票バイトアクセス	4
5. 内部RC発振器での低速(Low-speed)USB HIDマウス	4
6. 結び	4
7. 目次	5



Atmel Corporation

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

Atmel Asia Limited

Unit 01-5 & 16, 19F
BEA Tower, Millennium City 5
418 Kwun Tong Road
Kwun Tong, Kowloon
HONG KONG
TEL (+852) 2245-6100
FAX (+852) 2722-1369

Atmel Munich GmbH

Business Campus
Parking 4
D-85748 Garching b. Munich
GERMANY
TEL (+49) 89-31970-0
FAX (+49) 89-3194621

Atmel Japan

141-0032 東京都品川区
大崎1-6-4
新大崎勸業ビル 16F
アトメル ジャパン合同会社
TEL (+81)(3)-6417-0300
FAX (+81)(3)-6417-0370

© 2011 Atmel Corporation. 全権利予約済

ATMEL®、ATMELロゴとそれらの組み合わせ、それとAVR®、AVR®ロゴとその他は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。

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。

© HERO 2013.

本応用記述はATMELのAVR291応用記述(doc8384.pdf Rev.8384A-05/11)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。