

AVR1617 : ATMEL AVR XMEGA系デバイスでの周波数測定

要点

- ATMEL® AVR® XMEGA®系システムデバイス
- お客様の応用コード内に容易に統合されるC単位関数
- 2つの事象チャンネル、2つの16ビット計数器、1つの割り込みの効率使用
- 関数呼び出しは殆どのAVR XMEGAデバイス間で再使用可能
- 32ビットの結果に拡張するためのソフトウェア任意選択を含む
- 32MHzのclkCPUを用いて16MHzまでの周波数測定

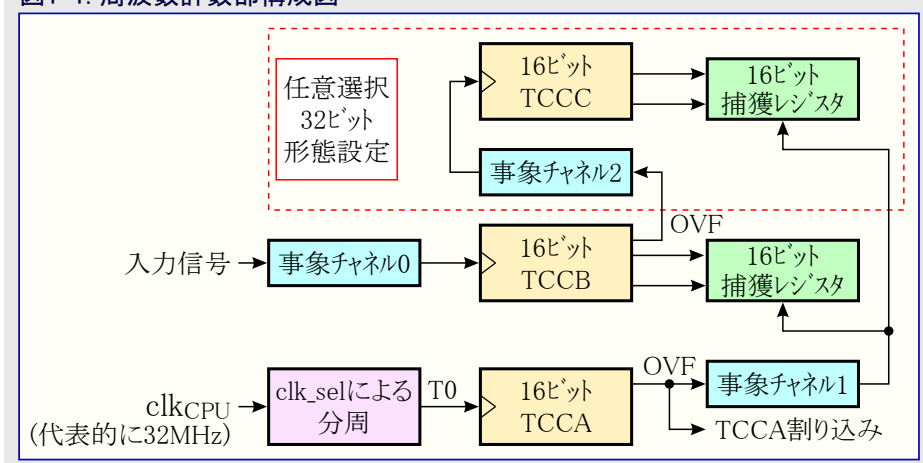
1. 序説

周波数測定は今日のお客様と工業応用に於いて一般的に必要なとされる機能で、XMEGAの事象システムとタイマ/カウンタを用いることによって容易に実装されます。代表的な筋書きが図1-1.で示されます。測定されるべき周波数の信号はXMEGAの入力ピンに印加され、そしてそれはXMEGA事象システムの1つのチャンネルに割り当てられます。その事象チャンネル出力は、基本的な上昇計数形態に設定された16ビットタイマ/カウンタのTCCBに配線されます。

第2の16ビットタイマ/カウンタのTCCAも簡単な計数形態の計時器として形態設定され、それは代表的に125msの計数周期を許します。この周期は広範囲な入力周波数に適合するように関数呼び出しによって形態設定されます。

TCCAの計時器がその溢れ(OVF)に達する時に、TCCBの16ビット値が16ビット捕獲レジスタ内にラッチされます。

図1-1. 周波数計数部構成図



より高い分解能を提供するため、図1-1.の上部分で示されるように、基本的な方法は3つ目の事象チャンネルと3つ目のタイマ/カウンタ(TCCC)、それとその捕獲レジスタの追加で32ビットの計数範囲に拡張できます。

16MHz程の高さの周波数の測定を許すため、本応用では32MHzのclkCPUが使用されます。xmega_freq_cntr.cドライバはクリスタル用発振器を含む他のAVRデバイスクロック元に適応することができます。

2. 事前必要条件

この資料で検討される周波数測定実演は以下での基本的な熟知が必要です。

- ・ 組み込み系に関するCプログラミング言語
- ・ WinAVR GCCコンパイラとATMEL AVR Studio® 4.18またはATMEL AVR Studio 5統合開発環境でのCプロジェクトのコンパイル
- ・ XMEGAアダプタソケットと多数のXMEGAデバイスの1を持つATMEL STK®600
- ・ デバッグ支援用任意選択のATMEL AVR JTAGICEmk II
- ・ 工業用または研究所環境で使用されるような周波数計数器での一般的な熟知



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. 8383A-06/11, 8383AJ1-03/14

3. 制限

- ・推奨された32MHz内部RC発振器で動作するATMELのAVR XMEGAデバイスでは32MHz/2、または16MHzまでのクロック周波数測定に制限されます。
- ・この応用記述でのソフトウェア解決策はAVR Studio 4.18で検査されました。より新しいまたはより古いAVR StudioとGCCコンパイラではいくつかの変更が必要かもしれません。
- ・この技法は入力信号端間を計数してその後逆数を取ることで周波数を測定するXMEGAデバイスの機能を使用できず、それは浮動小数点計算を必要とするでしょう。より多くの情報については「7. 周波数捕獲任意選択」章をご覧ください。

4. 目的対象XMEGAデバイスの資源必要条件

表4-1. 周辺機能必要条件

周辺機能	ピン	形態設定の可否
2または3つ(注)の16ビットタイマ/カウンタ(TC)	不適用	○、他のXMEGA TC使用可
入力として1つの入出力ピン	多くの入出力ピンの1つ	○
2または3つ(注)の事象チャネル	なし	○

注: 32ビットの結果が必要とされる場合、第3のタイマ/カウンタと第3の事象チャネルが使用されなければなりません。

表4-2. メモリ必要条件 (注)

メモリ	代表的な量	最大量
プログラムメモリ	1016バイト	EXPAND_TO_32_BITS=1で1404バイト
データメモリ	5バイト	EXPAND_TO_32_BITS=1で7バイト
内部EEPROM	不要	

注: 正確なメモリ必要条件はコンパイラ版、最適化レベル、形態設定可能な機能の追加や削除のような様々な要素に依存します。

表4-1.はこの周波数計数器の実装に関する代表的な周辺機能必要条件を記述します。タイマ/カウンタの最低必要条件は2です。

表4-2.はメモリ必要条件を記述します。これらの数はコンパイラの最適化なしの結果です。異なるコンパイラ最適化が選択されたなら、プログラムメモリの必要条件は減少するでしょう。また、EXPAND_TO_32_BITS=0が使用される場合、周辺機能とコードの必要条件が減るでしょう。

5. 事象システムを用いた周波数計数器:それがどう動くか

5.1. 測定されるべくやって来る信号の事象システムを通す計時器クロックへの接続

図5-1. ATMEL AVR XMEGA入力回路と同期部

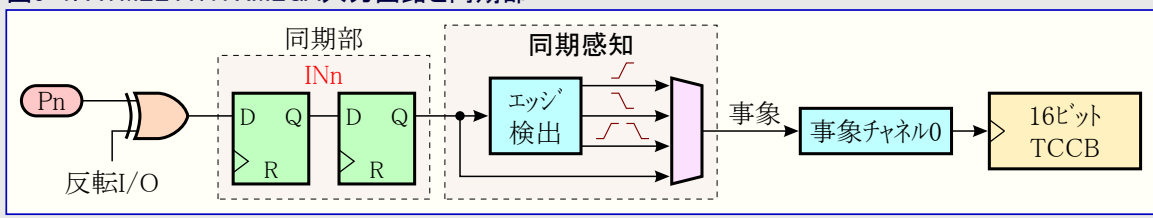


図5-1.は同期入力が入力回路によってどう処理されるかを図解します。

測定されるべき信号は事象システムに付託されつつある前にAVR XMEGAデバイスのピン入力回路部によって同期されます。その後2つの逐次D型フリップフロップが事象検出系へ与えられつつある不確定状態(メタステーブル)を本質的に無くします。

注: この場合、入力信号の上昇端と下降端の両方が計数器TCCBに増加を引き起こします。

入力信号は次のC宣言文 `EVSYS.CHOMUX = EVSYS.CHMUX_PORTD_PINO_gc`; で事象チャネルに接続されます。この指示例ではポートDのピン0が事象システムのチャンネル0に割り当てられます。

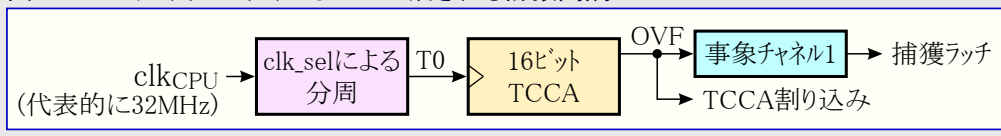
事象チャネルは次のC宣言文 `TCC1.CTRLA = TC_CLKSEL_EVCHO_gc`; でタイマ/カウンタに配線されます。

`xmega_freq_cntr.c`内の命令は使用されるべき他のタイマ/カウンタを許すために上の命令と僅かに変わっています。

5.2. 計数間隔に使用される計時器TCCA：即ち開門間隔時間

下の図5-2を参照し、開門間隔時間の可能な最善の範囲のために32MHzのAVR XMEGAデバイス コア クロックが推奨されます。各周波数測定前に、\$FFFFの溢れ条件(OVF)まで計数するような値で予め設定され、その後に(OVFで)事象チャンネル1とTCCA割り込みを起動し、それはxmega_freq_ctr.cドライバ内の割り込み処理ルーチン(ISR)によって使用されます。

図5-2. 16ビット タイマ/カウンタによって生成される計数間隔



clk_selによる分周器はxmega_freq_ctr.h内に記述されるxmega_tcca_clk_freq_sel(CLK_SEL)関数によって設定されます。この関数は指定された分周値を用いてTCCA内部のレジスタ値を設定します。

加えて、xmega_freq_ctr.cドライバ初期化の一部として、xmega_freq_ctr.h内で使用者によってTCCA事前設定値が選択されなければなりません。この例では125msが使用されます。この値は異なる開門間隔時間が望まれる場合に変更されるかもしれません。

5.3. TCCBで使用される捕獲

図5-3. TCCAとその捕獲ラッチの構成図

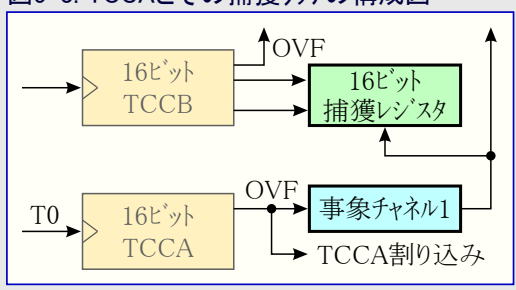


図5-3はTCCAのOVF事象の結果として事象チャンネル1からのクロックパルス経由で16ビット捕獲ラッチがTCCBの内容をどうクロック駆動するかを記述します。この事象チャンネルはドライバ内で次の命令 EVSYS.CH1MUX = EVSYS_CHMUX_TCC0_OVF_gc; で構成設定されます。

xmega_freq_ctr.cドライバに於いてTCC0はTCCAに変更され、故に使用者は望むならば違う計時器を選べます。

```
EVSYS.CH1MUX = EVSYS_CHMUX_TCCA_OVF_gc;
```

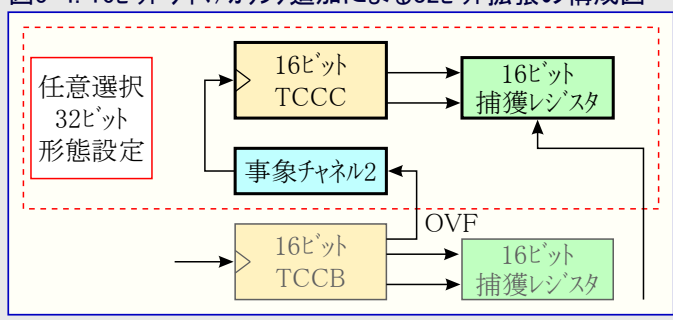
次に、事象チャンネル1は次のC命令 TCCB.CTRLD = (TC1_EVACT_gm & TCB_EVACT0_bm) | (TCB_EVSEL_gm & (TCB_EVSEL3_bm | TCB_EVSEL0_bm)); 経由でTCCBに配線されます。

この命令はタイマ/カウンタBの選択に於ける柔軟性を許すように変更されます。xmega_freq_ctr.hに配置されるTCCB用の#defineは次の通りです。

```
#define TCCB TCC
```

5.4. 32ビット結果への拡張、TCCC使用

図5-4. 16ビット タイマ/カウンタ追加による32ビット拡張の構成図



32ビットの周波数計数器の結果が望まれる場合、xmega_freq_ctr.h内の#defineを次のように変更してください。

```
#define result_32_bit 1
```

この宣言文は図5-4で示されるように、事象チャンネル2と上でTCCCと記される追加の16ビット タイマ/カウンタを含む追加資源を使用するようにCコンパイラへ指示します。

6. ソフトウェアの構築と走行の方法

6.1. ATMELのAVR1617-freq_meas-xmegaソフトウェア一括のインストール

www.atmel.comからAVR1617.zipファイルをダウンロードしてください。それを作業フォルダ内に解凍してください。zipファイルには以下のファイルが含まれます。

- avr1617_xmega_freq_cntr.c 応用実演コード
- xmega_freq_cntr_drvr.c ドライバコード
- xmega_freq_cntr_drvr_drvr.h #defineデバイス割り当てを含みます。
- avr1617_xmega_freq_cntr.aps AVR Studioのプロジェクトファイル

ATMEL AVR Studio 4でAVR1617_xmega_freq_cntr.aspファイルを開くか、またはATMEL AVR Studio 5にそのファイルを取り込んで(インポートして)、Project Build任意選択で目的のATMEL AVR XMEGAデバイスを指定した後でプロジェクトを構築してください。

目的のAVR XMEGAデバイス内にそのプロジェクトを書き込んでプログラムを動かす、指定された入力ピンに既知の周波数の信号を供給してください。この例での入力ピンはポートDのビット0(PORTD0)です。

捕獲レジスタの動作を監視するために、avr1617_freq_meas_xmega.cで注釈 // result available here の直前に中断点を挿入して、変数 result の値を調査してください。

6.2. 関数

以下の関数はxmega_freq_cntr.hで原型として記述されます。

```
void xmega_freq_cntr_init(void);
```

この関数はタイマ/カウンタと2つ(任意選択で3つ)の事象チャネルを初期化します。TCCAに関連する1つの割り込みもここで定義されます。

入力：なし 出力：なし

```
void xmega_freq_cntr_start_meas(void);
```

この関数はこの実演で125msに設定されるTCCA開門計時器を開始することによる測定処理を初期化します。この開門時間は以下で記述されるxmega_tcca_clk_freq_sel()関数を用いて簡単に変更されます。

入力：なし 出力：なし

```
unsigned int xmega_freq_cntr_rtn_result(void);
```

この関数はxmega_freq_cntr.hで定義されるSRAMでの16ビット符号なし整数ic_resultを用いることによってTCCB捕獲レジスタの内容を返します。このSRAM位置はTCCA溢れ(OVF)直後のTCCA割り込み処理ルーチンによって書かれます。

結果が16ビットよりも大きく、32ビット動作が許可されていない場合、\$FFFFはTCCB OVFを表します。この場合、開門間隔は以下で示されるように閉じられるべきです。

入力：なし 出力：なし

```
void xmega_freq_cntr_clr_result(void);
```

ドライバが応用へ周波数を返した後、次の周波数測定のためにドライバ内の結果を解除することが必要です。これは応用コードによってこの関数を呼ぶことで達成されます。

入力：なし 出力：なし

```
void xmega_tcca_clk_freq_sel(unsigned char CK_SEL);
```

この関数は表6-1.で示されるようにclkCPUを分周するためのTCCA前置分周器を設定します。例え外部発振器のような別の周波数を使用され得たとしても、ms値は32MHzのclkCPUに基づきます。

入力：CK_SEL 出力：なし

表6-1. TCCA前置分周器に基づく最大時間間隔

CK_SEL	CPU_clk_div_by	32MHz発振器の場合の最大間隔時間 (ms)
0	OFF	-
1	分周なし	2.048
2	2分周	4.096
3	4分周	8.192
4	8分周	16.384
5	64分周	131.072 (>125ms)
6	256分周	524.288
7	1024分周	2096.1

6.2.1. 周波数範囲用のTCCAを用いるTCCA間隔時間設定法

計時器TCCAはxmega_freq_cntr.hファイル内の#defineを用いてxmega_freq_cntr.cドライバによって形態設定されます。この計時器は入力周波数の測定に使用される開門間隔時間を生成します。計時器TCCAはそれが\$FFFFに達する時にOVF条件を生成するような指定値で設定されます。OVFに至ると事象チャネル1がTCCB計数を捕獲レジスタへクロック駆動します。また、TCCAのOVFは周波数結果を得るために捕獲ラッチを読む割り込みも生成します。

正しい開門間隔値を選択するために、

1. 測定されるべき周波数範囲を考慮してください。TCCB周波数計数動作の正しい尺度のため、開門計時器のTCCAはTCCB自身の溢れ後に計時超過(OVF到達)してはなりません。
2. 応用に適合するのに十分な分解能の桁を提供することをTCCB計数器に許すように、十分な長さの開門間隔時間を選んでください。

例として、125msの開門間隔時間を達成するために、以下のC命令がTCCAクロックをclkCPU/64に設定します。

```
TCCA.CTRLA = ( TCCA.CTRLA & ~TCO_CLKSEL_gm ) | TC_CLKSEL_DIV64_gc;
```

以下の#defineはTCCA OVF値を1/8秒(125ms)に設定します。8は1/8秒を定義します。

```
#define TCCA_CNT_TO_OVF (0xffffUL)-(F_CPU/(64UL*8UL))
```

125msのタイミング間隔はより低い周波数に対してより長い時間間隔に、または高い周波数の信号を測定するために2.048ms程に短く変更されるかもしれません。

AVR XMEGAの事象システムが入力信号の上昇端と下降端の各々でTCCBにクロックパルスを供給することを再び考慮してください。これはTCCBを入力周波数の2倍でクロック駆動させます。125msの開門間隔時間は $8/2 \times 65534 = 262136\text{Hz}$ の最大周波数入力に対して計数されるべき最大65534エッジを許します。

expand_to_32_bits任意選択が1に設定される場合、最大入力周波数は16MHz程の高さにできます。この任意選択はxmega_freq_cntr.hファイルに配置されています。

7. 周波数捕獲任意選択

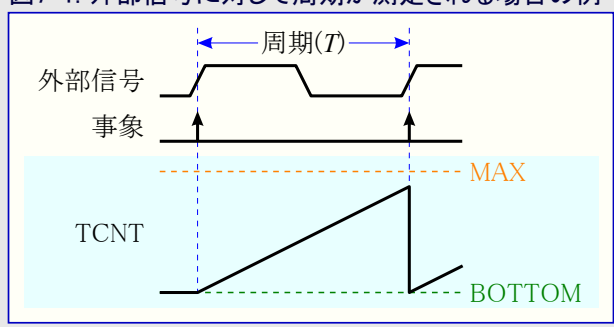
これはここで実装されませんが、別の周波数測定技法がAVR XMEGAのデータシートで記述されます。2つの上昇端間の時間を測定するのに事象システムとタイマ/カウンタが使用されます。図7-1を参照してください。これは信号の周波数または周期を直接測定するために捕獲の使用をタイマ/カウンタに許します。捕獲結果は直前のタイマ/カウンタ再始動から事象発生までの時間(T)です。これは信号の周波数(f)を計算するのに使用することができます。

$$f=1/T$$

この技法は外部入力周波数増加時に結果の分解能が減少するため、より低い入力周波数に対して最良です。外部信号が1MHzの場合を考慮してください。32MHzのタイマ/カウンタクロックが使用される場合、CNTの結果の値は32になるでしょう。そしてその結果は ± 1 計数、または $\pm 3\%$ になります。

上の式に基づいて実際の周波数に達するためのCNTの逆数のため、浮動小数点ソフトウェア支援が必要とされます。対照的にこの応用記述で記述された32ビット拡張を持つこの方法と1秒の時間を計数する間隔は $1,000,000 \pm 1$ 計数の計数を生成します。この精度はAVR XMEGAデバイスの32MHz発振器の精度に依存します。

図7-1. 外部信号に対して周期が測定される場合の例



8. 参照

1. ATMEL AVR Studio - www.atmel.com
2. WinAVR GCC コンパイラは<http://winavr.sourceforge.net>から入手できます。
3. AVR205:Atmel tinyAVR®とATMEL megaAVR®で容易にさせる周波数測定
4. ATMEL AVR JTAGICEmk II
5. National Instruments: "Frequency Measurements: How-To Guide," - <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/7111>

9. 目次

要点	1
1. 序説	1
2. 事前必要条件	1
3. 制限	2
4. 目的対象XMEGAデバイスの資源必要条件	2
5. 事象システムを用いた周波数計数器:それがどう動くか	2
5.1. 測定されるべくやって来る信号の事象システムを通す計時器クロックへの接続	2
5.2. 計数間隔に使用される計時器TCCA : 即ち開門間隔時間	3
5.3. TCCBで使用される捕獲	3
5.4. 32ビット結果への拡張、TCCC使用	3
6. ソフトウェアの構築と走行の方法	4
6.1. ATMELのAVR1617-freq_meas-xmegaソフトウェア一括のインストール	4
6.2. 関数	4
6.2.1. 周波数範囲用のTCCAを用いるTCCA間隔時間設定法	5
7. 周波数捕獲任意選択	5
8. 参照	5
9. 目次	6



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[®]、ロコ[®]とAVR[®]、AVR[®]ロコ[®]、AVR Studio[®]、XMEGA[®]、megaAVR[®]、STK[®]、tinyAVR[®]とそれらの組み合わせ、それとその他は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 2014.

本応用記述はATMELのAVR1617応用記述(doc8383.pdf Rev.8383A-06/11)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。