

特徴

- 非常に低消費電力での実時間時計(10 μ A/3.3V)
- 非常に低費用な解決法
- 精度調節のための調整可能な前置分周器
- 自動閏年補正付きの時間、日、月、年の計時
- RTC(非同期タイマ/カウンタ)部付きの全Atmel® AVR®マイクロ コントローラで使用可能
- Atmel ATmega128用C言語コード内包

序説

この応用記述はRTC部が特徴のAVRマイクロ コントローラでの実時間計数器(RTC)実装方法を記述します。この実装は1つのディスクリート部品、時計用32.768kHz水晶発振子だけを必要とします。この応用は殆どの時間がパワーセーブ動作で動くため、非常に低電力消費です。パワーセーブ動作でのAVRマイクロ コントローラはタイマが走行するだけで停止しています。このタイマは外部水晶によってクロック駆動されます。毎回の計時器溢れで時間、日、月、年が計数されます。このRTC実装はATmega128用に使われており、RTC部付きの他のAVRへ容易に移せます。外部ハードウェアRTCと比べたソフトウェアでのRTC実装の優位点は次のように明かです。

- 低費用
- 少量の外部部品
- 低電力
- より大きな柔軟性

(訳注) 本書はATmega128用なので非同期タイマ/カウンタがタイマ/カウンタ0として記述されています。非同期タイマ/カウンタを持つデバイスの多くはタイマ/カウンタ2として実装されています。

目次

特徴	1
序説	1
1. 動作の理屈	3
2. 計算	3
3. 構成設定例	3
4. 実装	4
5. 精度	5
6. 改訂履歴	5

1. 動作の理屈

RTCの実装はRTC部の非同期動作を利用します。この動作では、タイマ/カウンタ0がCPUクロックから独立して走行します。

右図は活動動作時に校正付き内部RC発振器から分周された4MHzで動くAtmel AVRマイクロコントローラを示します。低電力動作が求められる時に、AVRは外部32.768kHzクリスタルから動く非同期タイマだけで「パワーダウン」動作で動作します。

ソフトウェア実時間時計(RTC)は許可された溢れ割り込みを持つ8ビットタイマ/カウンタを使って実装されます。各計時器溢れ割り込みは正確な間隔でsecond, minute, hour, date, month, yearのソフトウェア変数の更新を起動します。

タイマ/カウンタを溢れさせるのに必要な時間の量が一定なため、これらの計時器変数の各々は毎回の計時器溢れで固定値によって増やされます。これは計時器溢れ割り込みルーチンで起きます。

電力消費を低減するためにAVRは殆どの時間をRTCを除くチップ上の全単位部が禁止される「パワーセーブ」動作で費やします。下表で示されるようにMCUはこの動作で代表的に10μA未満を消費します。各計時器溢れ割り込みはデバイスが「パワーセーブ」動作から連れ出し、活動動作に戻します。デバイスが「パワーセーブ」動作へ再移行する前の活動動作時に計時器溢れ割り込みルーチンが実行されます。

合計消費電力を計算するには活動動作での消費電力に「パワーセーブ」動作での消費電力が加えられるべきです。けれども、デバイスが起きている時に実行されるコードは(4MHzで)25μsよりも多くない間デバイスを起こし続ける、100クロック周期未満で実行されることが期待されます。従って、この期間で消費される電流は無視して良いと考慮され得ます。

上の情報と右表で一覧にされる消費電流に従って、消費電流はデバイスが「パワーセーブ」動作でない場合の5mAと対比されるように、この応用に関しては10μA未満と推定されます。

図1-1. 発振器接続

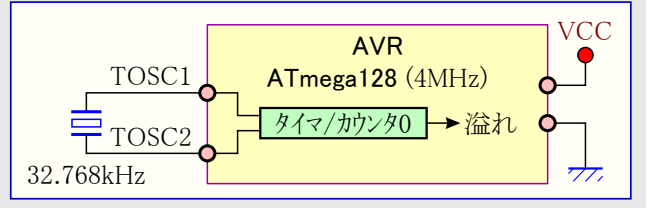


表1-1. ATmega128マイクロコントローラに関する消費電流

動作種別	代表値	最大値
活動動作 (4MHz, 3V)	5 mA	5.5 mA
アイドル動作 (4MHz, 3V)	2 mA	2.5 mA
パワーダウン動作 (3V)	<1 μA	10 μA
パワーセーブ動作 (3V)	<10 μA	-

2. 計算

時計用クリスタル発振子の周波数を与えて、使用者は望む前置分周係数を選択することによって、各タイマ/カウンタ刻時を決めることができます。右表で示されるように、タイマ/カウンタ0制御レジスタ(TCCR0)内のCS02, CS01, CS00がタイマ/カウンタ0の前置分周元を定義します。表のclkTOSはタイマ/カウンタ0のクロック元の周波数を示します。例えば我々の場合では、clkTOSが32.768kHzと等しい場合にタイマ/カウンタは128分周の前置分周器で256Hzの周波数で刻時するでしょう。

表2-1. タイマ/カウンタ0前置分周選択

CS02	CS01	CS00	内容 (注)	溢れ周期
0	0	0	タイマ/カウンタ0停止	-
0	0	1	clkTOS	1/128 s
0	1	0	clkTOS/8	1/16 s
0	1	1	clkTOS/32	1/4 s
1	0	0	clkTOS/64	1/2 s
1	0	1	clkTOS/128	1 s
1	1	0	clkTOS/256	2 s
1	1	1	clkTOS/1024	8 s

注: clkTOS=32.768kHz

3. 構成設定例

図1-1.で示されるように、クリスタルはTOSC1とTOSC2のピン間に直接的に接続されるべきです。いくつかのデバイスは内部発振器特性が代り得るため、それらのピンに外部付加コンデンサを必要とするかもしれません。クリスタル接続の詳細についてはデバイスのデータシートを参照してください。この発振器は時計用32.768kHzクリスタル、または0Hz~256kHz間の外部クロック信号での使用に最適化されています。この例では、ポートBでの8つのLEDがRTCの値を表示するのに使われます。PB0ピンのLEDは秒毎に状態を変更します。次の6つのLEDは分を2進数で表し、PB7ピンのLEDは時間毎に切り替えます。

非同期クロック元からタイマ/カウンタをクロック駆動する時にいくつかの考慮が祓われるべきです。32.768kHzクリスタルは通電後1秒までの安定時間を持ちます。従ってCPUは通電後1秒未満で「パワーセーブ」動作へ移行すべきではありません。タイマ/カウンタを非同期動作で作動するように構成設定する時にも注意が祓われるべきです。詳細な命令についてはデバイスのデータシートをご覧ください。タイマ/カウンタのレジスタを更新する時に、データは一時レジスタへ転送され、2外部クロック周期後に(実際のレジスタに)ラッチされます。非同期状態レジスタ(ASSR)は書かれたレジスタが更新されたことを確認するために調べることができる状態フラグを含みます。

4. 実装

このソフトウェアは2つのサブルーチン、FUSES部、1つの割り込み処理ルーチン(ISR:Interrupt Service Routine)から成ります。

init()ルーチンはデバイスをこの応用の求めに構成設定します。

- ・非同期状態レジスタ(ASSR)内のタイマ/カウンタ0非同期動作許可(AS0)ビットはタイマ/カウンタ0を外部クロック元からクロック駆動されるように構成設定するために設定されます。このタイマ/カウンタだけが非同期動作を実行することができます。
- ・タイマ/カウンタに対する開始値がリセットされます。
- ・望む前置分周値が選択されます
- ・外部クロック信号と同期するため、プログラムは更新されるべきASSRレジスタ(内の状態ビット)を待ちます。
- ・タイマ/カウンタ0溢れ割り込みを許可するためにタイマ/カウンタ割り込み許可レジスタ(TIMSK)内のタイマ/カウンタ0溢れ割り込み許可(TOIE0)ビットが設定(1)されます。
- ・割り込みを許可するためにステータスレジスタ(SREG)内の全体割り込み許可(I)ビットが設定(1)されます。このビットの設定(1)はsei()マクロを呼ぶことによって行われます。
- ・デバイスが以降すべき休止形態を選ぶためにMCU制御レジスタ(MCUCR)内のSM1とSM0のビットを設定する引数として望む休止動作形態でset_sleep_mode(~)マクロを呼びます。

他のサブルーチンは閏年に対して日付を修正します。このルーチンは図4-2の流れ図で詳細に記述されます。

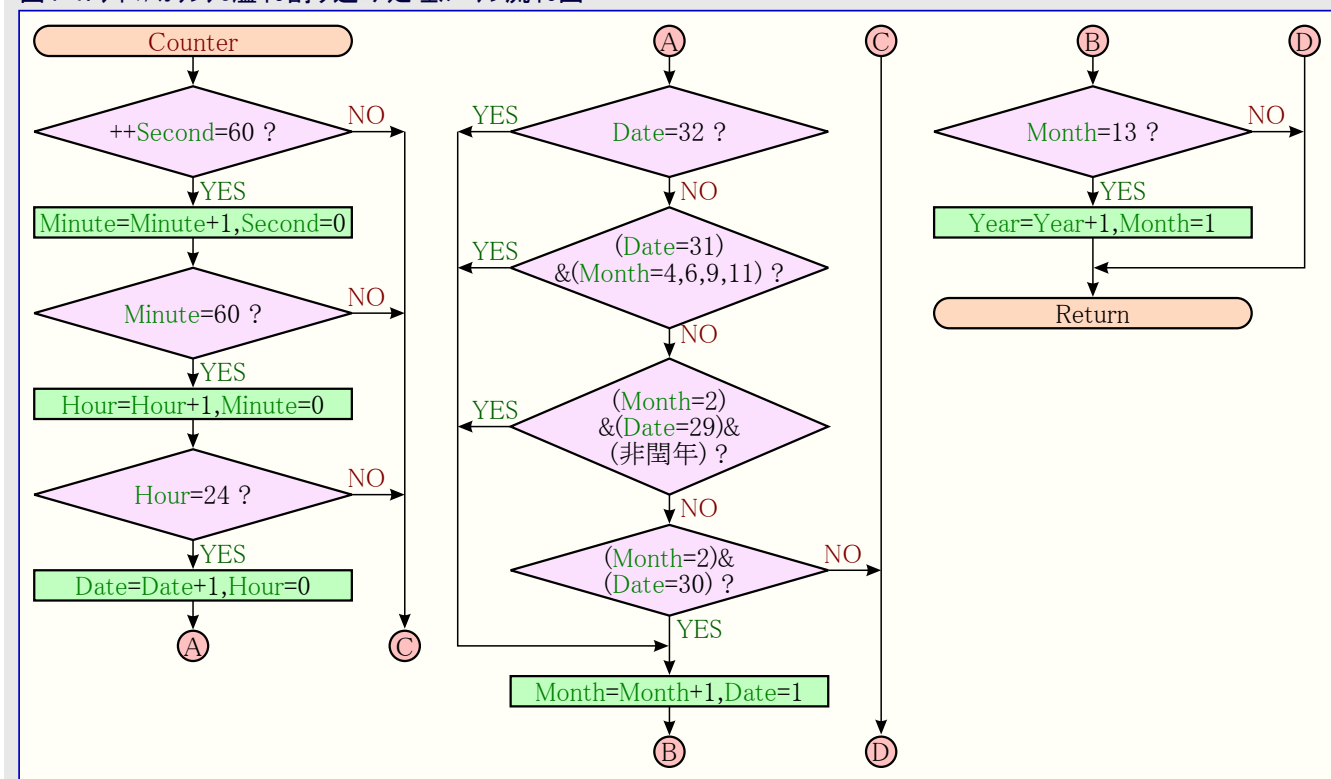
FUSES部は2分周の前置分周器で校正付き内部RC発振器から走行させるようにデバイスのヒューズを変更します。これは4MHzの速度のクロック駆動に帰着します。

主プログラムは電力低下得順を制御します。sleep_mode()マクロがデバイスを休止動作形態に置きます。起き上がりで割り込みが解除されることを確実にするために、主ルーチンはデバイスが1つのTOSC周期未満で決して休止動作形態へ再移行しないことも確実にします。

タイマ/カウンタ0溢れ割り込み処理ルーチン

この割り込み処理ルーチンは毎回のタイマ/カウンタ0溢れ毎に実行されます。この割り込み要求は計時器変数を更新するためにMCUを起します。割り込みルーチンはどんな変数の受け入れも返しもできません。計時器変数を持つ全域構造体("second", "minute", "hour", "date", "month", "year")は時間の経緯を保つために宣言されます。1つの計時器溢れを完了するのに必要とされる時間が既知なので、secondは毎回の割り込み毎に固定値によって増やされます。それが一旦60に達すると、minuteが1増やされ、secondは0に設定されます。

図4-1. タイマ/カウンタ0溢れ割り込み処理ルーチン流れ図

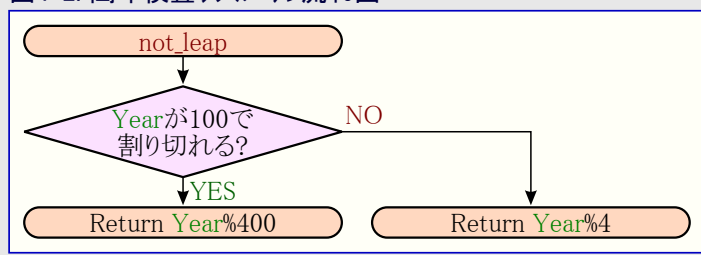


4.2. 閏年検査サブルーチン

このルーチンは閏年検査を実行します。閏年に対しては偽を、非閏年に対しては真を返します。以下の条件の両方が合致する場合にその年は閏年と見做されます。

1. その年が4で割り切れ、且つ
2. その年が100で割り切れる場合に、400でも割り切れなければなりません。

図4-2. 閏年検査サブルーチン流れ図



5. 精度

AVRマイクロコントローラのRTCは時計用クリスタルが正確である限り高い精度を維持します。非同期動作は例えCPUが重い負荷の下である時でも、どんな遅延もなしに走行することを計時器に許します。けれども、計時器変数が並行して更新されないので、小さな無視できる矛盾が起こります。それらが更新を完了される時によって、それらはタイマ/カウンタから(の正しい値に対して)極めて僅かに逸脱します。最も大きな矛盾は全ての計時器変数が溢れる時に起きます。その瞬間では"second"が59、"minute"が59、"hour"が23、以下同様です。この更新を完了するのにMCUに関して94周期かかります。4MHzのCPUクロックに於いて、RTCと時計用クリスタル間の誤差は $94/(4 \times 10^6)$ で得られる23.5 μ sを越えないでしょう。"second"を更新するのに24周期が必要なため、代表的な誤差は6 μ sになるべきです。この誤差は計時器が常に時計用クリスタルと同期しているために累積しません。

6. 改訂履歴

文書改訂	日付	注釈
1259A	不明	初版文書公開
1259B	不明	-
1259C	不明	-
1259D	不明	-
1259E	不明	-
1259F	2006年8月	バグ修正
1259G	2009年4月	バグ修正
1259H	2014年1月	新雛形とバグ修正
1259I	2016年8月	新雛形
1259J	2016年9月	"ATmega128マイクロコントローラに関する消費電流"の表でいくつかの値を修正

Atmel®、Atmelロゴとそれらの組み合わせ、Enabling Unlimited Possibilities®、AVR®とその他は米国及び他の国に於けるAtmel Corporationの登録商標または商標です。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。

安全重視、軍用、車載応用のお断り: Atmel製品はAtmelが提供する特別に書かれた承諾を除き、そのような製品の機能不全が著しく人に危害を加えたり死に至らしめることがかなり予期されるどんな応用(“安全重視応用”)に対しても設計されず、またそれらとの接続にも使用されません。安全重視応用は限定なしで、生命維持装置とシステム、核施設と武器システムの操作の装置やシステムを含みます。Atmelによって軍用等級として特に明確に示される以外、Atmel製品は軍用や航空宇宙の応用や環境のために設計も意図もされていません。Atmelによって車載等級として特に明確に示される以外、Atmel製品は車載応用での使用のために設計も意図もされていません。

© HERO 2021.

本応用記述はAtmelのAVR134応用記述(Rev.1259J-09/2016)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。