

## AVR133 : AVRマイクロ コントローラ使用の長遅延生成

### 背景

マイクロ コントローラを基にした応用が長遅延の実装を必要とするとき、設計者は沢山の解決方法を選択できます。

1つの解決方法はチップ上のハードウェア タイマの使用から成ります。代表的なタイマは16または24ビット幅なので、この解決方法は長遅延に対処するためにシステム クロックが充分遅いことを暗示します。例えば、1MHzのシステム クロックで走行する24ビット タイマは数10秒までの遅延だけを引き起こせます。これは多くの応用で充分でないかもしれず、この解決策は処理速度を抑制するためにシステム性能全体に影響します。

別の解決方法はタイマ溢れの或る量を数えるので、使用されるソフトウェア付随作業を増します。けれども、それはソフトウェアを複雑しますが、遅延を待つ一方で、コアを低電力動作に留まることから防止します。

3つ目の解決方法は外部の低速発振器を当てにします。そのタイマは外部事象計数として設定され、非常に長い遅延を生成できますが、追加部品が必要なためにシステム費用に影響します。

ここで表された解決方法は、AVR AT90系統マイクロ コントローラ(AT90S2313,AT90S4414,AT90S8515)が長遅延を生成する方法と扱い方を示します。チップ上のタイマ/カウンタはどんなソフトウェアの介在もなく使用され、従って遅延中の低電力動作をコアに許します。タイマ/カウンタがシステム クロックによってクロック駆動されるため、何の追加部品も必要ありません。

非常に長い時間制御能力のため、この実装は長遅延生成と共に高いシステム性能を併せ持ちます。例えば、20MIPSで走行するAVRマイクロ コントローラは30分と同じくらい長い遅延を生成できます。

### 応用

下の一覧は長遅延が必要とされるいくつかの応用を示します。

- 人と機械間のやり取り(マン-マシン インターフェース)での時間超過
- 環境計装計測(音量、汚染)
- 調節と処理制御

### AVRマイクロ コントローラのタイマ/カウンタ

後続項はAVRマイクロ コントローラで使用されるタイマ/カウンタを簡単に記述します。より多くの情報についてはAVR強化RISCマイクロ コントローラ データシートを参照してください。

#### タイマ/カウンタ

AT90系統は2つの汎用タイマ/カウンタ、1つの8ビットT/Cと1つの16ビットT/Cを提供します。タイマ/カウンタは同じ10ビット前置分周タイマからの個別の前置分周選択を持ちます。両タイマ/カウンタは内部クロック時間基準のタイマとして、または計数を起動する外部ピン接続での計数器としての使用のどちらかにすることができます。



8ビット **AVR**<sup>®</sup>  
マイクロ コントローラ

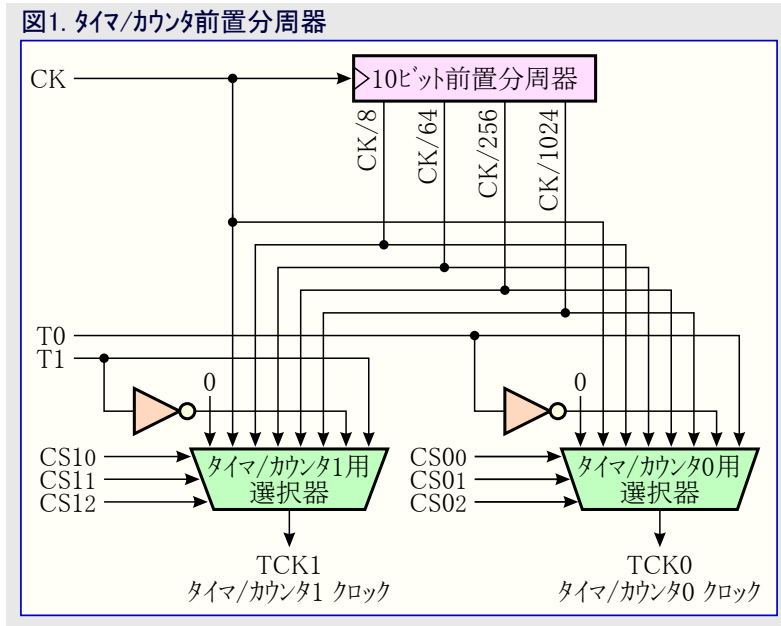
## 応用記述

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. 1268B-01/04, 1268BJ3-12/13

## タイマ/カウンタ前置分周器

図1.はタイマ/カウンタ前置分周器全般を示します。4つの異なる前置分周された選択はCK/8,CK/64,CK/256,CK/1024で、CKは発振器クロックです。2つのタイマ/カウンタに対して、CK、外部供給元、停止のような付加選択がクロック元として選択できます。



## 8ビット タイマ/カウンタ0

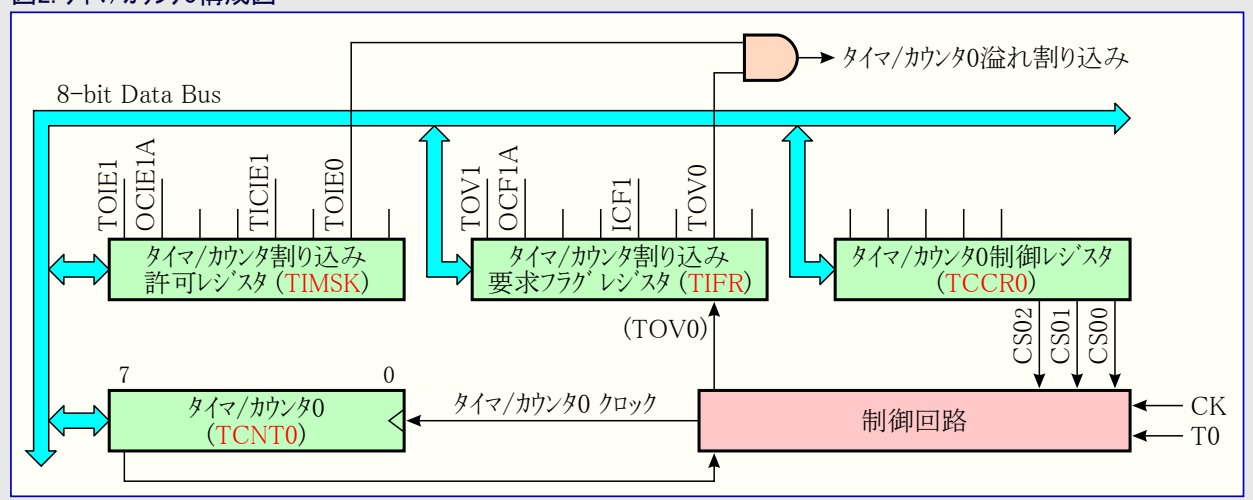
図2.はタイマ/カウンタ0の構成図を示します。

8ビット タイマ/カウンタ0は、CK、分周されたCK、または外部ピンからクロック元を選択できます。加えて、タイマ/カウンタ0制御レジスタ(TCCR0)の詳細で説明されるように停止もできます。溢れ状態フラグ(TOV0)はタイマ/カウンタ割り込み要求フラグ レジスタ(TIFR)で得られます。制御信号はタイマ/カウンタ0制御レジスタ(TCCR0)で得られます。タイマ/カウンタ0に対する割り込みの許可/禁止設定はタイマ/カウンタ割り込み許可レジスタ(TIMSK)で得られます。

タイマ/カウンタ0が外部的にクロック駆動される時は外部信号がCPUの発振器周波数で同期化されます。外部クロックの正しい採取を保証するには、外部クロックの2つの変移間の最小時間が少なくとも1つの内部CPUクロック周期以上でなければなりません。この外部クロック信号は内部CPUクロックの上昇端で採取されます。

8ビット タイマ/カウンタ0はより低い前置分周(使用)機会での高分解能及び高精度の使用が特徴です。同様に高前置分周(使用)機会は低速な目的やまれに動く正確なタイミングの目的に対してタイマ/カウンタ0を有用にします。

図2. タイマ/カウンタ0構成図



### 16ビット タイマ/カウンタ1

図3.はタイマ/カウンタ1に関する構成図を示します。

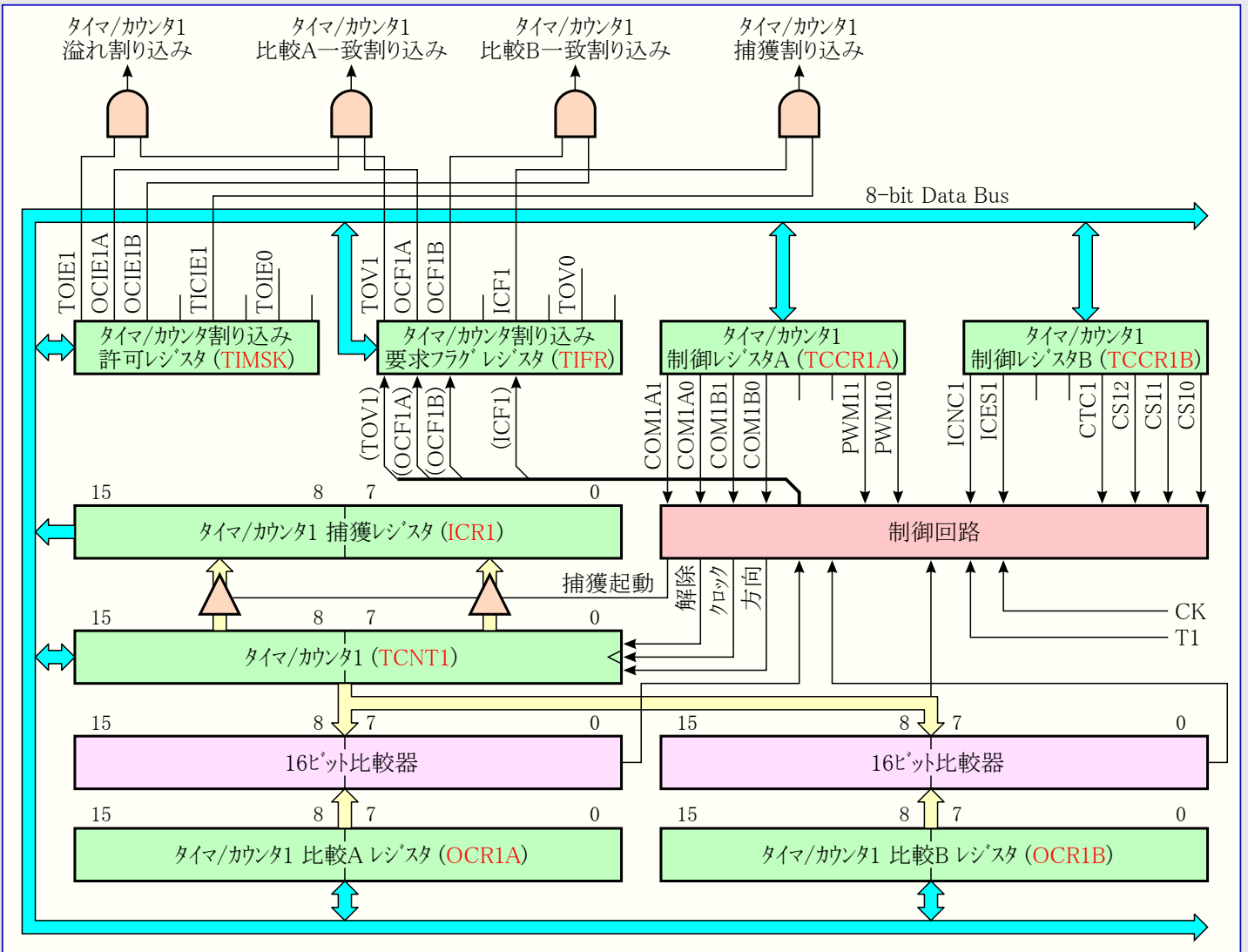
16ビットのタイマ/カウンタ1は、クロック元にCK、分周されたCK、または外部ピンからのクロック元を選択できます。加えて、タイマ/カウンタ1制御レジスタB(TCCR1B)の詳細で説明されるように停止もできます。各種状態フラグ(溢れ:TOV1、比較一致:OCF1A、捕獲発生:ICF1)はタイマ/カウンタ割り込み要求フラグ レジスタ(TIFR)で得られます。制御信号はタイマ/カウンタ1制御レジスタA(TCCR1A)とタイマ/カウンタ1制御レジスタB(TCCR1B)で得られます。タイマ/カウンタ1についての割り込みの許可/禁止設定はタイマ/カウンタ割り込み許可レジスタ(TIMSK)で得られます。

タイマ/カウンタ1が外部的にクロック駆動される時は外部信号がCPUの発振器周波数で同期化されます。外部クロックの正しい採取を保証するには、外部クロックの2つの変移間の最小時間が少なくとも1つの内部CPUクロック周期以上でなければなりません。この外部クロック信号は内部CPUクロックの上昇端で採取されます。

16ビットのタイマ/カウンタ1はより低い前置分周(使用)機会での高分解能及び高精度の使用が特徴です。同様に高前置分周(使用)機会では低速な目的やまれに動く正確なタイミングの目的に対してタイマ/カウンタ1を有用にします。

タイマ/カウンタ1は、タイマ/カウンタ1の内容と比較されるデータ元として比較A/Bレジスタ(OCR1AとOCR1B)を使用する、2つの比較出力機能を支援します。この比較出力機能は、任意選択の比較A一致での計数器の解除(=\$0000)や、両比較一致での比較出力ピン上の動作を含みます。

図3. タイマ/カウンタ1構成図



## ハードウェア設定

速いシステム クロックから長い遅延を得るために、前置分周器と2つのチップ上タイマ/カウンタが直列にされます。このハードウェア設定は図4.で図解されます。

タイマ/カウンタ1は計時器として設定されます。それは使用者定義される比率によってシステム クロックを分周し、タイマ/カウンタ1比較レジスタ(OCR1AH:OCR1AL)に書かれた値に達する毎にOC1Aピンを切り替えるようにプログラムされます。OC1Aが切り替えを行う時にタイマ/カウンタ1レジスタ(TCNT1H:TCNT1L)が'0000'で再格納され、計数を再開します。

OC1Aが基板レベルでT0に接続されているため、OC1Aの交互動作はタイマ/カウンタ0の事象を起動できます。この後半は計数器として設定され、T0の各上昇端または下降端(設定依存)で増加(+1)します。タイマ/カウンタ0が溢れる時にTIFR内でフラグが設定(1)されて、結局、割り込みが起動されます。これはプログラム(設定)された遅延の経過を示します。

プログラム(設定)可能な最長遅延は以下のように計算できます。

計時器(T/C1)最大前置分周比 : 1024  
 計時器(T/C1)最大分割比(最大計数値) : 65536  
 OC1Aの交互動作が含む付随的な分周比 =2  
 計数器(T/C0)最大分割比(最大計数値) : 256

より一般的に、プログラム(設定)される遅延の値は下の式によって与えられます。

$$T = 2 \div F_s \times TIP \times OCR1A \times (256 - TCNT0)$$

ここで、

$F_s$  = システム クロック周波数

$TIP$  = 8,64,256,1024のどれかである、TCCR1Bで定義された前置分周値

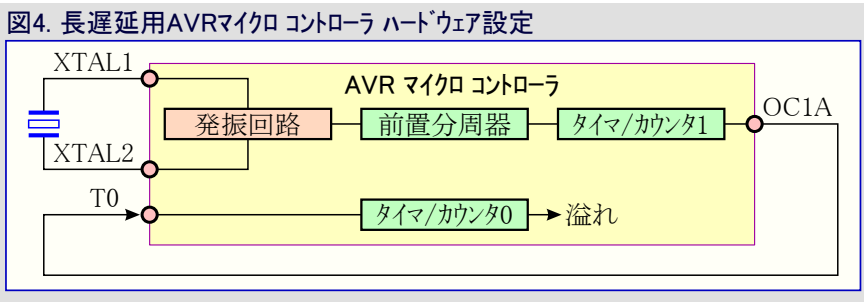


図4. 長遅延用AVRマイクロコントローラハードウェア設定

## ソフトウェア例

この短いプログラムは1MHzシステム クロック(処理力は80C51等価)で1時間遅延を実装するためのタイマ/カウンタ設定法を示します。

始動段階の間に、タイマ/カウンタと割り込み制御器が設定されます。そしてアイドル動作が許可されます。1時間後、遅延が経過して割り込みが起動されます。この事象が使用者定義の作業を実行するコアを起動復帰します。本例で、この作業は(PA0)出力ピンを交互切り替えるだけです。この作業が完了すると、コアはアイドル動作へ再移行します。この周期が漠然と続きます。注釈が付けられたソースコードは以下です。

(訳補) 本例はタイマ/カウンタ0の250計数で1時間とします。従ってタイマ/カウンタ1のOC1A出力は $60 \times 60 \times 1000000 \div 250$ になり、タイマ/カウンタ1設定値はOC1A出力の半周期ですので、これの1/2で $60 \times 60 \times 1000000 \div 250 \div 2 = 7200000$ になります。タイマ/カウンタ1設定は、これを256前置分周とし、故にTCNT1設定値は $7200000 \div 256 = 28125$ になります。タイマ/カウンタ1はCTC動作で使用します。

```

;      * I/Oレジスタ位置定義 (通常はデバイス定義incファイル指定で不要) *
.EQU   PORTA      = $1B
.EQU   DDRA       = $1A
.EQU   DDRD       = $11
.EQU   TCCR1A     = $2F
.EQU   OCR1AH     = $2B
.EQU   OCR1AL     = $2A
.EQU   MCUCR      = $35
.EQU   TIMSK      = $39
.EQU   TCCR0      = $33
.EQU   TCCR1B     = $2E
.EQU   TCNT1L     = $2C
.EQU   TCNT1H     = $2D
.EQU   TCNT0      = $32
.EQU   SREG       = $3F
.EQU   SPH        = $3E
.EQU   SPL        = $3D
    
```

```

;      * 割り込みベクタ定義 *
      .ORG      $0000

      RJMP      start          ; リセット,処理開始
      RETI      ; INT0外部割り込み処理
      RETI      ; INT1外部割り込み処理
      RETI      ; タイマ/カウンタ1捕獲発生割り込み処理
      RETI      ; タイマ/カウンタ1比較A一致割り込み処理
      RETI      ; タイマ/カウンタ1比較B一致
      RETI      ; タイマ/カウンタ1溢れ割り込み処理
      RETI      ; タイマ/カウンタ0溢れ割り込み処理
      RETI      ; SPI 転送完了割り込み処理
      RETI      ; UART 受信完了割り込み処理
      RETI      ; UART データレジスタ空き割り込み処理
      RETI      ; UART 送信完了割り込み処理
      RETI      ; アナログ比較器 出力変化割り込み処理

;      * 初期化 *
start:  LDI      R16, HIGH($0100) ; スタック最終位置上位値取得
        OUT      SPH, R16        ; スタック ポインタ上位初期化
        LDI      R16, LOW($0100) ; スタック最終位置下位値取得
        OUT      SPL, R16        ; スタック ポインタ下位初期化

;
        LDI      R16, 1<<PA0     ; PA0位置のみ1値取得
        OUT      DDRA, R16       ; PA0のみ出力設定
        LDI      R16, 1<<PD5     ; OC1A(PD5)位置のみ1値取得
        OUT      DDRD, R16       ; OC1A(PD5)のみ出力設定

;
        LDI      R17, 1<<PA0     ; PA0交互(EOR)用ビット値設定

;
        LDI      R16, 1<<CS02|1<<CS01 ; 外部T0下降端クロック指定値取得
        OUT      TCCR0, R16      ; T0ピン下降端外部クロック元設定
        LDI      R16, 1<<COM1A0    ; COM1A='01'値取得
        OUT      TCCR1A, R16     ; OC1A比較一致毎に交互出力設定
        LDI      R16, HIGH(60*60*1000*4/2/256) ; 28125上位バイト値取得
        OUT      OCR1AH, R16     ; 1時間/250*2となる値の比較上位値設定
        LDI      R16, LOW(60*60*1000*4/2/256) ; 28125下位バイト値取得
        OUT      OCR1AL, R16     ; 1時間/250*2となる値の比較下位値設定
        LDI      R16, 1<<CTC1|1<<CS12 ; CTC動作,256前置分周指定値取得
        OUT      TCCR1B, R16     ; CTC動作,256前置分周でタイマ/カウンタ1起動

;
        LDI      R16, 1<<SE       ; アイドル動作,休止命令許可指定値取得
        OUT      MCUCR, R16      ; アイドル動作で休止命令許可

;
        LDI      R16, 1<<TOIE0    ; タイマ/カウンタ0溢れビットのみ1値取得
        OUT      TIMSK, R16      ; タイマ/カウンタ0溢れ割り込み許可
        SEI      ; 全割り込み許可

;      * 主ルーチン(無限繰り返し) *
loop:   RCALL    main            ; 使用者作業呼び出し
        LDI      R16, LOW(-250)  ; 溢れまで250となる値(=6)取得
        OUT      TCNT0, R16     ; タイマ/カウンタ0初期化(250計数)
        SLEEP    ; 遅延経過までアイドル休止形態へ移行
        RJMP    loop           ; 無限繰り返しへ

;      ( 使用者作業(本ルーチンはPA0の交互出力だけ) )

main:   IN       R16, PORTA      ; ポートA値取得
        EOR      R16, R17       ; PA0ビットのみ論理反転
        OUT      PORTA, R16     ; PA0論理反転値出力
        RET      ; 呼び出し元へ復帰

```



## 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

## 製造拠点

### *Memory*

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131, USA  
TEL 1(408) 441-0311  
FAX 1(408) 436-4314

### *Microcontrollers*

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131, USA  
TEL 1(408) 441-0311  
FAX 1(408) 436-4314  
  
La Chantrerie  
BP 70602  
44306 Nantes Cedex 3  
France  
TEL (33) 2-40-18-18-18  
FAX (33) 2-40-18-19-60

### *ASIC/ASSP/Smart Cards*

Zone Industrielle  
13106 Rousset Cedex  
France  
TEL (33) 4-42-53-60-00  
FAX (33) 4-42-53-60-01

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.  
Colorado Springs, CO 80906, USA  
TEL 1(719) 576-3300  
FAX 1(719) 540-1759

Scottish Enterprise Technology Park  
Maxwell Building  
East Kilbride G75 0QR  
Scotland  
TEL (44) 1355-803-000  
FAX (44) 1355-242-743

### *RF/Automotive*

Theresienstrasse 2  
Postfach 3535  
74025 Heilbronn  
Germany  
TEL (49) 71-31-67-0  
FAX (49) 71-31-67-2340

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.  
Colorado Springs, CO 80906, USA  
TEL 1(719) 576-3300  
FAX 1(719) 540-1759

### *Biometrics*

Avenue de Rochepleine  
BP 123  
38521 Saint-Egreve Cedex  
France  
TEL (33) 4-76-58-47-50  
FAX (33) 4-76-58-47-60

## 文献請求

[www.atmel.com/literature](http://www.atmel.com/literature)

## © Atmel Corporation 2004.

ATMEL製品は、ウェブサイト上にあるATMELの定義、条件による標準保証で明示された内容以外の保証はありません。本製品は改良のため予告なく変更される場合があります。いかなる場合も、特許や知的技術のライセンスを与えるものではありません。ATMEL製品は、生命維持装置の重要部品などのような使用を認めておりません。

本書中の®、™はATMELの登録商標、商標です。

本書中の製品名などは、一般的に商標です。

## © HERO 2013.

本応用記述はATMELのAVR133応用記述(doc1268.pdf Rev.1268B-01/04)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。