

AVR442 : ATtiny13を用いたPC送風機制御

要点

- 以下に基く可変速度
 - ・ 温度感知器(NTC)
 - ・ 外部PWM入力
- 警報出力付き停止検出
- 変更が容易なCでの実装

1. 序説

この応用記述は代表的に電氣的装置へ冷却風を供給するのに使われるDC 12V冷却送風機の操作を記述します。これらの送風機は代表的に1~50Wの電力を引き込む2相ブラシレスDC (BLDC)電動機に基きます。単相ブラシレスDC電動機も送風機に使われますが、これはこの応用記述の範囲外です。

更なる検討がAtmelのATtiny13マイクロ コントローラとこれが提供する外部サーミスタ入力による可変速度のような恩恵の追加を記述します。追加入力は送風機速度も制御するPWMパルス幅変化信号です。

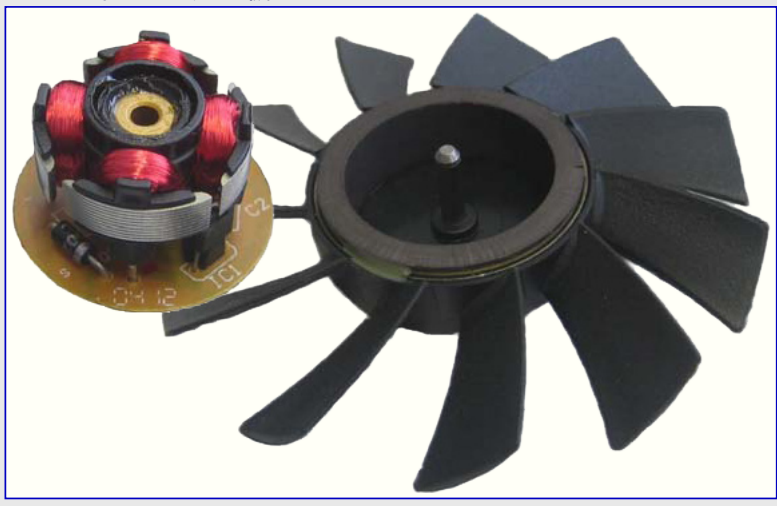
図1-1. コンピュータ電源冷却に使用される代表的なPC送風機



2. 動作の理屈

DC 12V冷却送風機は永久磁石を含む回転羽組み立て部品と2極以上の固定子から成ります。ホール感知器と呼ばれる磁力感知器が磁界の回転を検知して1つの固定子巻線から別の巻線へDC 12Vを切り替えます。供給されるDC電圧の変化は殆どの送風機の速度を変えることができます。DC 12V送風機はDC 4~5V程度の供給で回転を始め、供給電圧増加時にその速度を増します。

図2-1. 2極BLDC送風機



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. 8005A-09/05, 8005AJ2-03/21

2.1. 賢くない送風機設計

賢くない送風機はマイクロコントローラ(MCU)を持ちません。このような送風機の回路は図2-2.で示されるもののように簡単であり得ます。2つの巻線であることに注意してください。2つの巻線は電氣的駆動を簡単にして製造でのより低い費用を提供します。外部信号による送風機制御の設備が全くありません。いくつかの送風機は回転子の停止を検知して焼き付きを防ぐために電力を禁止する、僅かに愚かさを減らすLB1668のような制御ICを含みます。けれどもこの形式の制御器は例えばサーミスタ入力に基く速度制御を提供しません。

図2-3.は実際のおシロスコープ画像を示し、ホール素子が1つ目のトランジスタのベースを駆動する信号をどう供給し、そして2つ目のトランジスタのベースが電氣的に反対であることに注意してください。これはATtiny13がこれらの信号を生成し、送風機が全力で動く時を表す波形です。ATtiny13はこれら2つのベース駆動信号をパルス幅変調(PWM)することによって送風機を速度を制御します。これは以降で記述されます。

図2-2. 賢くない送風機の回路図

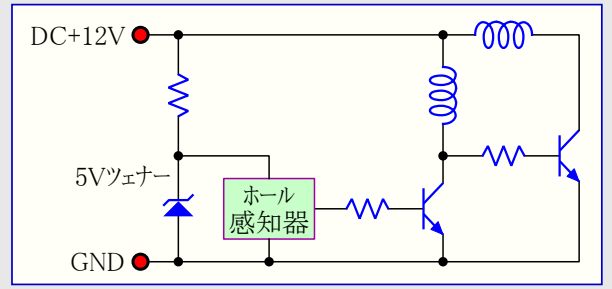
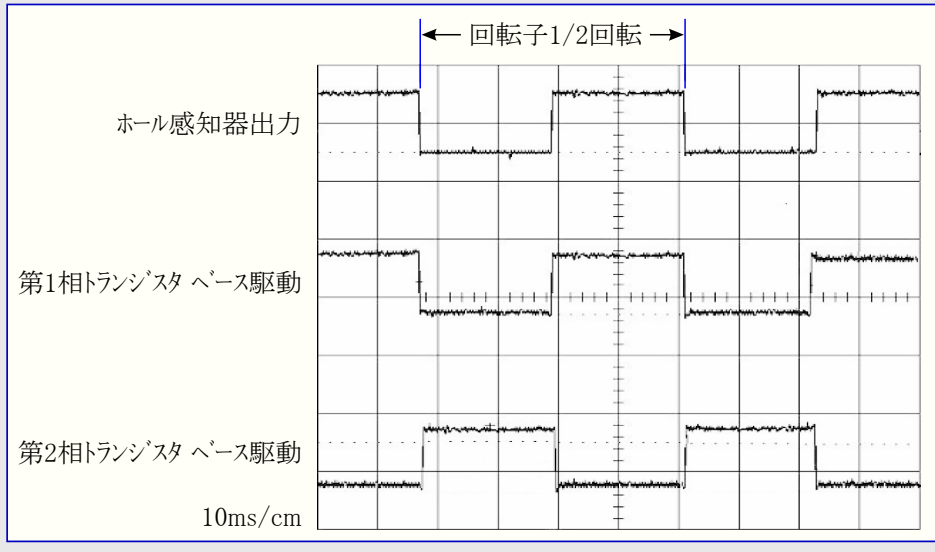


図2-3. 100%駆動送風機波形のおシロスコープ画像



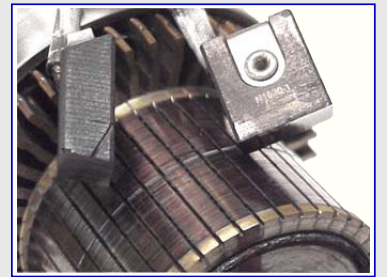
2.2. 整流

電動機性能を最適にする努力成果である電動機相での電流または電圧の制御は機械的または電氣的に達成することができます。

2.2.1. 整流子

整流子はブラシから巻き線へ電流を渡すブラシ型DC電動機に於ける機械的な装置です。図2-4.で示される整流子とブラシはホール感知器と2つのトランジスタの使用で完全に削除されます。小さな電動機がこの電動機駆動手法に良く適合します。

図2-4. 整流子とブラシ



2.2.2. ATtiny13を用いる整流

ATtiny13はホール感知器の良い利点を取り入れることができます。整流はホール感知器の出力からの応答で電氣的に行われます。本応用で使われるホール感知器は概ねDC 5VとGNDを必要とする、図2-5.で示されるものと同様な3端子デバイスです。これは近くの磁界の動きとしてDC 0VとDC 5Vを切り替える1つのデジタル出力を持ちます。

図2-5. ホール感知器



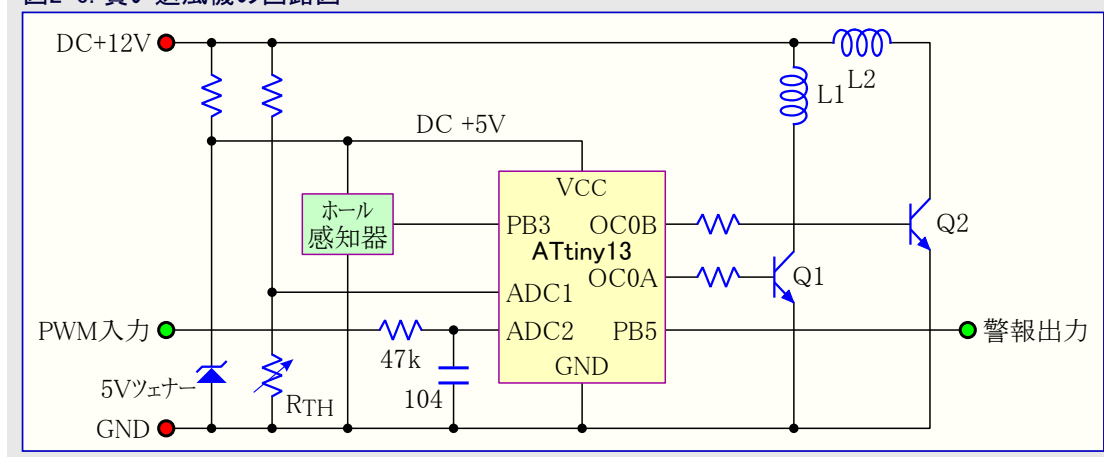
2.3. 賢い送風機設計

図2-6.で示されるように、ATtiny13は電動機の2相に対する電流を制御するのに理想的なPB0とPB1の2つの出力を持ちます。これらはタイマ/カウンタ0と比較レジスタ(OCR0AとOCR0B)によって制御される2つの比較出力のピンです。

MCUは送風機の性能に次のような意味ある恩恵を付加することができます。

- ・サーミスタまたはPWM入力のような、1またはより多くの制御入力の許容
- ・温度上昇までの送風機雑音と消費電力の低減
- ・周囲気温変化に対する応答
- ・送風機速度上昇傾斜特性のような独自性能項目の許容
- ・ソフトウェア参照表(LUT)のアクセスによる送風機電力変更
- ・回転子の低速または停止の検出と警報出力の提供

図2-6. 賢い送風機の回路図



2.3.1. ATtiny13実装

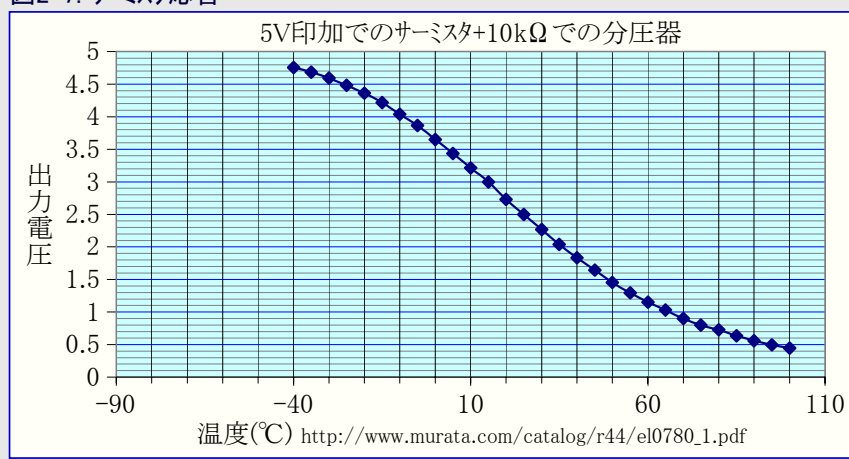
AtmelのATtiny13は以下の理由のために送風機制御器に対して理想的に適合します。

- ・20mAを吐き出すまたは引き込む出力ピン
- ・2相送風機に対して理想的な2つのPWM出力を持つタイマ/カウンタ
- ・4.8または9.6MHzのクロック速度でさえ低い供給電流
- ・プログラム作成を簡単化する32個の進んだMCUコア構造
- ・サーミスタとPWM制御を許す4チャンネルのA/D変換器(ADC)
- ・クロック周期当たり1命令: 4.8または9.8MIPS(980万回命令/秒)
- ・素晴らしい無料のAVR Studio 4統合設計環境(IDE)とチップ上デバッグ用のデバッグWIREインターフェース
- ・PCB基板配置を簡単化する5×6mmの小さな面実装(S8S1)外周器

2.4. サーミスタ特性

10kΩのNTCサーミスタと10kΩの直列抵抗が使われ、電圧対温度の曲線は図2-7.で示されるもののように見えます。

図2-7. サーミスタ応答



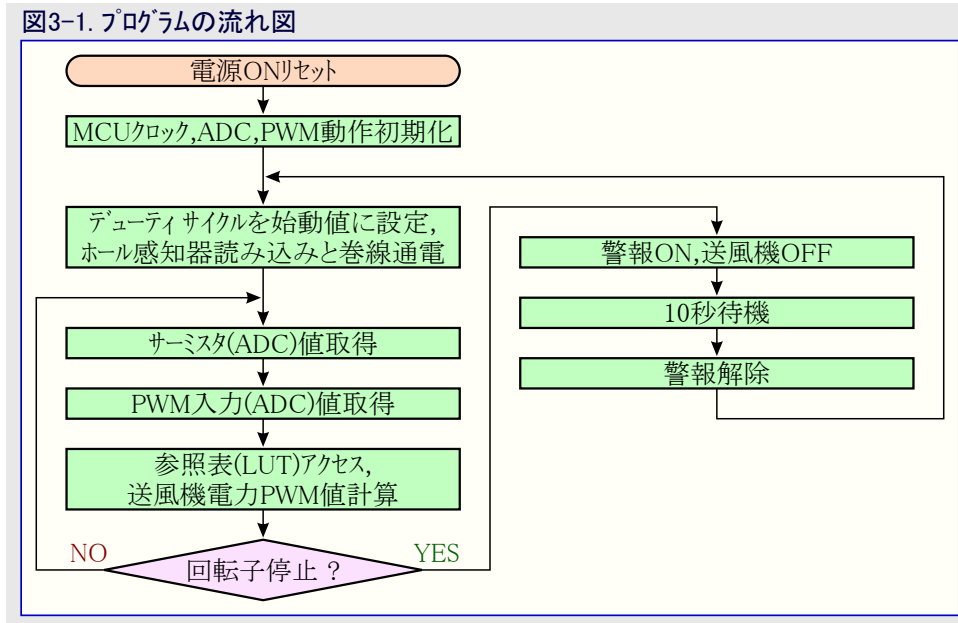
3. 実装

ここで記述されるのはATtiny13で送風機を動かす時の実装に対して推奨される最小機能です。

3.1. 基本制御技術

- 本応用に関してはATtiny13が内蔵RC発振器を使って4.8MHzでの動作に設定されました。クリスタルや振動子は全く必要ありません。
- 分圧器として別の抵抗と接続された負温度計数(NTC:Negative Temperature Coefficient)サーミスタを読むのに10ビットA/D変換器(ADC)が使われます。温度変化に対する応答に於ける滑らかな送風機速度変更のために分解能の8ビットだけが必要です。
- ATtiny13の1Kバイトフラッシュメモリ空間にソフトウェア参照表(LUT:Look Up Table)が作成されました。このLUTは送風電動機を操作するための多数の電力レベルを表す8ビット値を含みます。
- プログラムはこの表内の位置をアクセスするのにADCの値を使います。
- ATtiny13のタイマ/カウンタ(タイマ/カウンタ0)はシステムクロックで動きます。これは53μsのPWM周期と計時器溢れを生成します。そしてそのPWM周波数は可聴範囲以上の18.75kHzです(訳補:殆どの人が聞こえないとの意で、一般的に定義される可聴帯域を意味するものではありません)。
- PWM出力はタイマ/カウンタ0の比較出力機能を使って18.75kHzの周波数で動き、このPWM出力は0%の最小デューティサイクルから100%のデューティサイクルまでの255段階で動作することができます。100%が全力に対応します。代表的な送風電動機は25~30%のPWMで回転を始め得ます。
- 送風機の回転子が停止した場合、(割り込み毎に増加される)ソフトウェア計時器が時間超過し、公称10秒間送風機電力を停止して、送風機を再始動します。
- 警報出力として出力ピンが選定されました。これは回転子の停止のようなホスト系の故障状態に警報を出します。

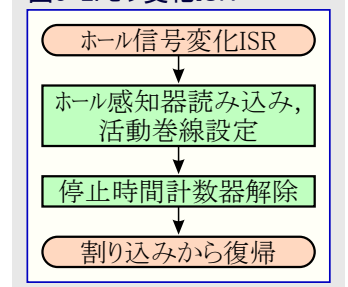
図3-1. プログラムの流れ図



3.1.1. 整流

整流はホール感知器の信号レベルに従ってOCR0AまたはOCR0Bを活性に設定するピン変化割り込みをホール感知器が起動することによって達成されます。図3-2はこのピン変化割り込み処理ルーチン(ISR)のプログラムの流れを示します。停止時間計数器がリセットされるため、常に最後のホール感知器信号からの時間を計ります。

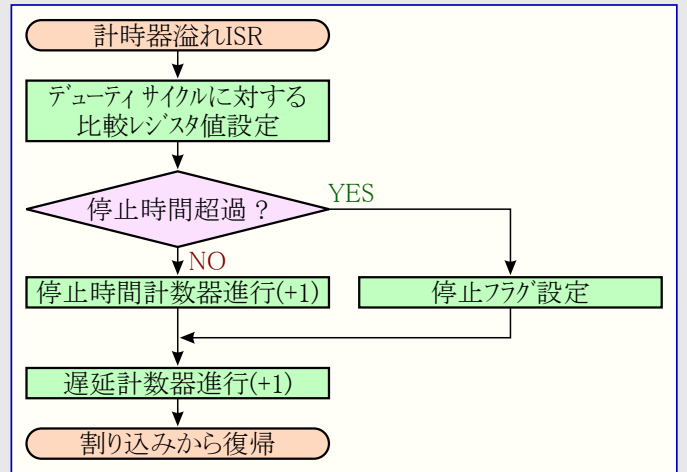
図3-2. ピン変化ISR



3.1.2. 遅延時間/停止検出

比較値は計時器溢れでだけ更新され、PWM動作では緩衝が2重緩衝され、このためにこのタイミングで行う必要はありませんが、このように行うことは良いコーディング法です。停止時間と遅延カウンタが増加され、停止時間が停止限界よりも長い場合に停止フラグが設定されます。図3-3は計時器割り込み処理ルーチン(ISR)のプログラムの流れを示します。

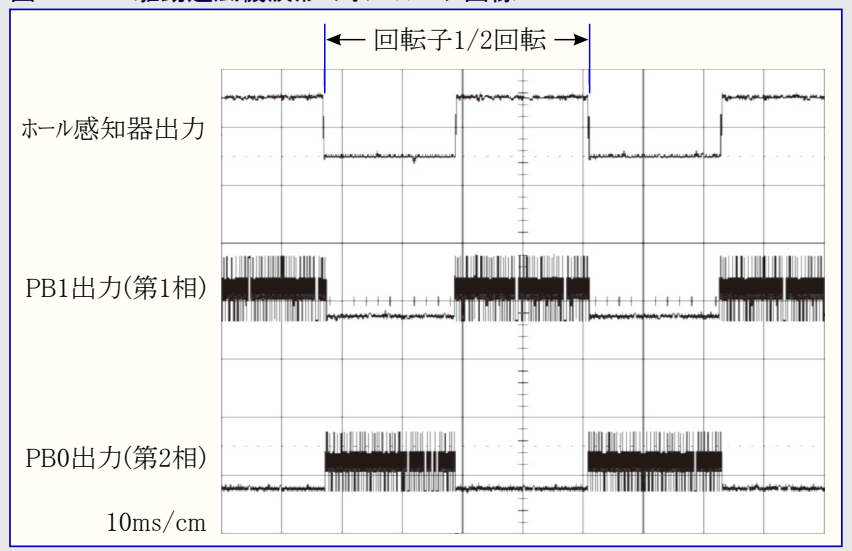
図3-3. 計時器溢れISR



3.1.3. 結果の波形

図3-4はホール信号と47%のデューティサイクルで動くATtiny13のソフトウェアで制御するPWM出力を示します。回転子が4つの磁極を持ち、このために回転子1回転が2つのホール感知器周期であることに注意してください。

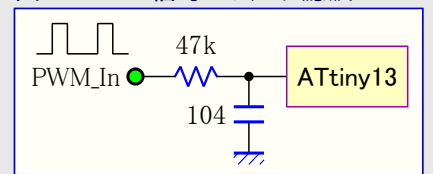
図3-4. 47%駆動送風機波形のオシロスコープ画像



3.2. 高度な制御技術

ATtiny13はサーミスタ入力だけでなく、アナログ制御入力も受け入れることができます。この信号はホストコンピュータまたはサーバシステムから有り得、この応用記述に関してはPWM_Inと呼ばれます。PWM_InはDC 0-5Vでパルス幅変調された信号で、図3-5で示されるようにATtiny13のアナログ入力範囲に及ぶように低域通過で濾波されます。

図3-5. PWM信号のアナログ濾波



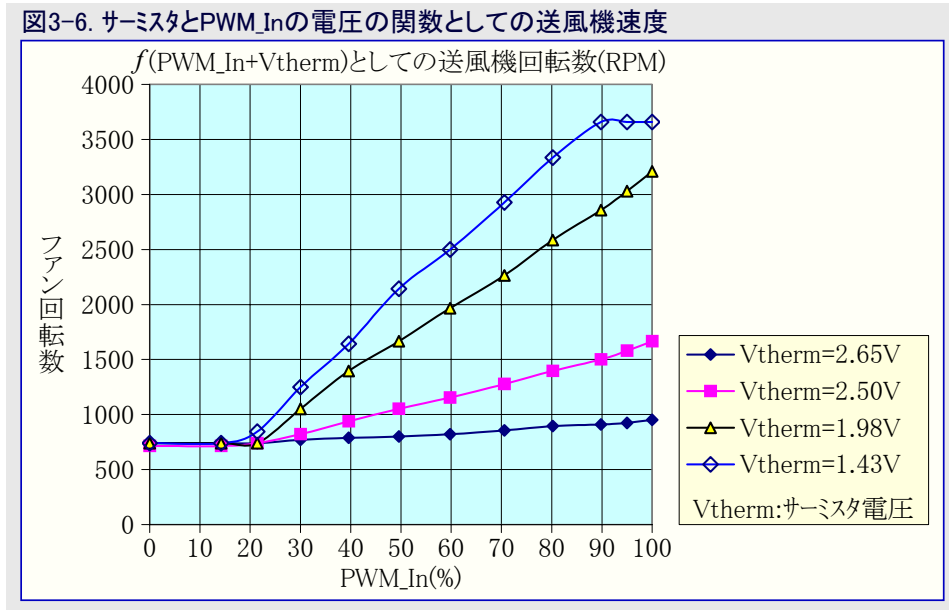
3.2.1. PWM出力の計算

1つの逐次制御技法はサーミスタのADC入力をPWM_In入力と組み合わせてその結果を掛け合わせます。この技法は以下の手順に従います。

1. サーミスタ電圧を測定するのに8ビット分解能を用いてADCチャンネルを使ってください。
2. 2つ目のADCチャンネル使用で濾波されたPWM_In信号が8ビットデジタル値にデジタル化されます。この8ビット値は特にPWM_Inに対する2つ目のLUTアクセスに使われます。
3. これら2つの8ビットデジタル数値は共に掛け合わされます。16ビットのデジタル数値がその結果で、この結果の下位8ビットは無視されます。
4. 上位8ビットがタイマ/カウンタ0のPWMへ送られます。

3.2.2. 結果の送風機速度

図3-6.はサーミスタLUT値と掛け合わされたPWM_In信号LUT値の関数としての実際の電動機速度の結果を示します。8×8固定小数点(MPY)の結果は電動機脱調に帰着する巻き込みを防ぐために入念に制限されます。



4. 結び

AtmelのATtiny13は高性能コア、高速RC発振器、フラッシュメモリの効率的な使用、複数チャネルのA/D変換器に基く理想的な送風電動機制御MCUであることが示されました。ATtiny13のタイマ/カウンタ0は電動機への電力を制御する8ビットPWMだけでなく、53μsの割り込み元の両方として使われました。



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

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 2005. 不許複製 Atmel®、ロコ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 2021.

本応用記述はAtmelのAVR442応用記述(doc8005.pdf Rev.8005A-09/05)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。