

AVR441：温度感知器と直列インターフェースを持つ 自立型ブラシレスDC送風機制御器

要点

- ブラシレスDC電動機を制御する応用例
 - ・ 自立型送風機制御器としての使用に理想的
- チップ温度に従う自動的な送風機速度調整
- 自動的な送風機誤り検出
- 遠隔制御と監視用の2線インターフェース

1. 序説

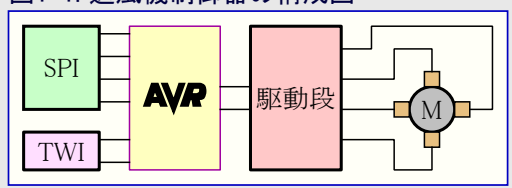
外圍器寸法縮小、消費電力の桁上昇のため、温度管理は今日の電気設計に於いて益々重要な要素になっています。おそらく最も簡単な温度管理の形式は強制的な対流、換言すると、熱源の内側と周囲の空気を移動することによって熱の消散を増すことです。これはブラシレスDC(BLDC)電動機によって動力を供給される送風機を使って大変便利に行われます。BLDC電動機は電氣的に整流(転流)され、ブラシの機械的な磨耗のような問題を無くしますが、電磁妨害(EMI: Electro-Magnetic Interference)も減らします。最も素直な送風機設計は単に送風電動機を全速で回しますが、多くの送風機はこのために雑音を増しがちです。雑音レベルは苛立たしきとなり、そしてこれは環境的な条件に応じて送風機の色度を調整する要求を引き起こします。

冷却が充分でない時に部品は過熱して一時的または恒久的な損害を被るかもしれません。従って現代の送風機は温度変化、機械的磨耗、そして物理的故障(送風機停止)にさえ反応できなければなりません。送風機がコンピュータ化された環境で使われるため、送風機が代表的にPCに於けるCPUのような主装置に接続される場合に温度制御はもっと効率的にすることができます。

この応用記述は安価で豊富な機能のAVRマイクロコントローラをBLDC送風機の整流(転流)器電気構成に統合する方法を記述します。この応用記述に用いられるATtiny45はAVR強化型RISC基本設計に基く、安価で低電力な8ビットマイクロコントローラです。これは4Kバイトのフラッシュメモリ、256バイトのEEPROM、256バイトのSRAMを含みます。これには統合された温度感知器、アナログ比較器、4チャンネルのA/D変換器(ADC)、そしてPWM出力付きの高速タイマ/カウンタがあります。多用途直列インターフェース(USI)がPhilipsのI²C™互換バスを伝った遠隔制御能力を提供します。

この設計は他の少ピン数tinyAVRへ簡単に移植されます。

図1-1. 送風機制御器の構成図



2. 動作の理屈

多くの12V送風機で共通して見られる基本的なブラシレスDC電動機は、回転子と固定子の2つの主な部分に分割することができます。名前が示すように、回転子は回転する部分で、固定子は回転子とその周辺を回る静止構成物です。回転子の器は永久磁石で、送風電動機の場合は送風機の羽も回転子に取り付けられます。右図をご覧ください。

図2-1. BLDC送風機の回転子



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. 8004A-09/05, 8004AJ2-03/21

電動機巻線は回転子に収納されます。標準的な2相BLDC電動機では代表的に4つの巻線があります。右図をご覧ください。

回転子が固定子の内側にある代表的な電動電動機に対向して、簡潔な送風機は代表的に固定子の外側に回転子を持ちます。

図2-1. BLDC送風機の固定子



2.1. 位置感知器

BLDC電動機は代表的に整流(転流)情報に関してホール効果検知器を使います。検知器は巻線を励磁するための時を制御器に告げます。ホール感知器には緩衝器付きと緩衝器なしの2つの味付けがあります。緩衝器なし感知器は現在存在する磁界に比例した差動電圧を運ぶ2つの出力線を持ちます。緩衝器付き監視器は1つの出力だけでHighとLowの2つの可能な状態だけを持ちます。緩衝器付きホール感知器は1つの線だけを必要としてもっと簡潔な設計を許し、従って本応用記述での選択感知器です。2つの入力ピンが利用可能な場合、緩衝器なしホール検知器をAVRのアナログ比較器へたやすく接続できることに留意すべきです。けれども、この設計では直列インターフェースが2つのピンを必要とし、緩衝器なしホール感知器の使用を難しくします(しかし、不可能ではありません)。

送風機を回転することだけが必要条件なら、送風機制御器に関する基本設計は非常に簡単にでき、基本的にホール感知器よって制御される2つのトランジスタがそれを行います。しかし、多くの場合、送風機自身、または直列インターフェース経由の遠隔制御のどちらかによって自律的に回転速度を監視して調整する必要条件があります。加えて、自立型送風機は回転子固定化、過電流、過熱のような状況を処理することができるべきです。

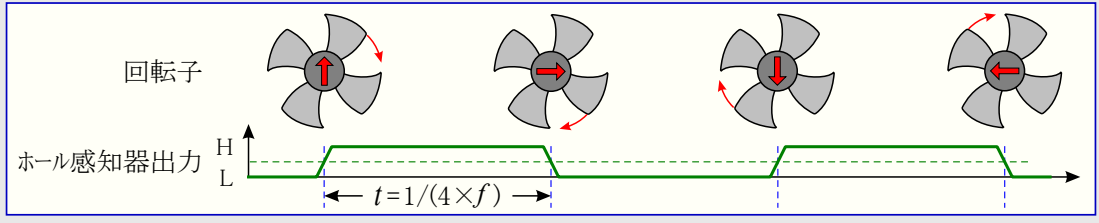
2.2. 速度制御

回転子の速度制御ができることに関しては、音響雑音と消費電力が低減され、機械的な構成物の予測寿命が改善されるなど、多くの利点があります。

2.2.1. ホール感知器帰還

マイクロコントローラが回転の動きを制御し得るには、回転子がどの相にあるかを知ることが必要です。この目的に対して緩衝器付きホール感知器が用いられます。感知器からの信号は下図で図解されるように回転の相に従って論理HighとLowを交互に切り替えます。感知器信号は回転子の1回転に対して4回切り替えます。

図2-3. 回転する送風機での緩衝器付きホール感知器からの信号



感知器信号はマイクロコントローラによって固定子巻線の励磁時間に使われます。

2.2.2. PWM制御された速度

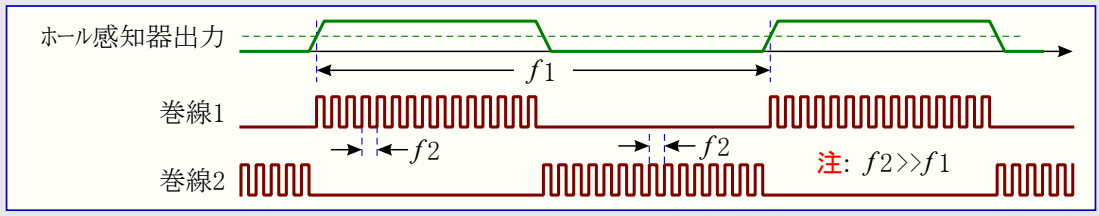
回転子を回すための練られた方法は感知器信号を巻線駆動回路へ直接配線することです。これは回転子に於いてその機械的な限界まで回転速度の増加を継続的に試みることに帰着します。この結果は全速での持続的な回転と最高量の雑音を生成する送風機です。

もっと練られた速度制御の方法は駆動信号を切り刻むことによって実行されます。これは固定子巻線が感知器からの信号に従って未だ活性化(励磁)されているけれど、継続給電よりもかなり高い周波数で活性(励磁)と不活性(非励磁)を交互に切り替える信号で、1/4周期全体に関して巻線を駆動することを意味します。そして送風機の回転速度は駆動信号の平均電圧に直接比例します。

切り刻みの駆動信号を達成する最も効率的な方法はパルス幅変調(PWM:Pulse-Width Modulation)付きのハードウェアタイマ/カウンタを用いることです。ATtiny45はこの目的に適合する高速PWM波形生成器が装備されています。

駆動信号の平均電圧はPWM出力のデューティサイクルに直接比例します。これはソフトウェアが単にPWM出力のデューティサイクルを調整することによって送風機を速度を制御できることを意味します。変調された巻線駆動信号が図2-4.で図解されます。

図2-4. PWM変調された制御信号 対 ホール信号



2.3. 直列インターフェース

現代のコンピュータのマザーボードの多くは電圧、温度、送風機速度のようなハードウェア健全性監視データを提供するためにSMBus™やI²C™を実装しています。SMBusインターフェースは一般的に過去互換となるI²Cインターフェースと非常に類似した2線直列インターフェースです。

本応用で使うAVRマイクロコントローラはI²C適合2線形態での動作に設定することができる多用途直列インターフェース(USI: Universal Serial Interface)が装備されています。通信に対して2線だけを使い、温度、速度、そして送風機の状態を遠隔から監視することが可能です。加えて、この2線インターフェースは送風機の始動や停止、または望むどの速度にも送風機回転を設定することを離れた装置に許します。

3. 送風機制御器の実装

ソフトウェアの実装はIARのAVR用Embedded Workbench 4.11A版を用いて行われました。送風機制御器のソースコードは自由に利用可能です。

ここで提供された設計を検証するためにPCB基板が作られました。回路と配置はこの資料の最後に含まれます。この送風機制御器は下図で示されます。

図2-5. 送風機制御器、上面



実験を簡単にするため、ここで提供された設計は全ての電子部品が送風機筐体の外側に配置されています。実際の実装では殆どのコネクタと部品が不要で、意味を持つ電気構成物は送風機の内側に収容されます。

3.1. ハードウェア

ハードウェアはATtiny45 AVRマイクロコントローラ、ホール効果感知器、2つのトランジスタ、そして少量のディスクリート部品から成ります。このマイクロコントローラはATtiny25やATtiny85と機能とピンが互換です。小変更または変更なしで、他の少ピン数AVRマイクロコントローラもこの設計で使うことができます。

ホール効果感知器には送風機の固定子での定位置があります。回転子と永久磁石が移動するので、ホール感知器によって検出される磁束が変化します。そしてホール感知器からマイクロコントローラへ伝達された情報は、どの巻線を励磁するかを決めるのに使われます。巻線電流は100mA以上になり得、従ってマイクロコントローラはこの電流を制御するのに外部トランジスタを使います。

活性化(励磁)したトランジスタと巻線を通して流れる電流は巻線を(電)磁石として働かせ、そしてこれは回転子の永久磁石をこれに向かって引っ張り、そして回転子を回します。巻線電流の正確なタイミングにより、回転子の回転は回転運動を維持するように処置することができます。

送風機制御器の回路図は[追補6.1](#)で得られます。

3.1.1. 供給電圧コネクタ

ハードウェアは動作のために外部DC電圧源が必要です。供給電圧は12Vであるべきで、その供給元は約500mAの電流を供給することができるべきです。供給電圧はJ1またはJ15のコネクタの1つに供給されるべきです。

J7とJ16のコネクタは電圧出力で、電動機の巻線と送風機主装置への供給電圧提供だけを意図されています。[送風機主装置は後で説明](#)されます。

3.1.2. ISPとデバッグWIREのインターフェース

送風機制御器はプログラミング目的に関して標準6ピンISPコネクタを持ちます。プログラミングは例えばAVRISP書き込み器やSTK500開発基板を通して行えます。代わりにこの設計はJTAGICEmk IIで通信に関してリセットピンだけを使うデバッグWIREを伝って、実時間でデバッグすることもできます。コネクタは右表で記述されます。

送風機がシステムに接続されている時のISP使用はプログラミング中に送風機の乱れた動きになるかもしれません。これはISPプログラミングに使われるのと同じ線が巻線駆動トランジスタにも接続されているからです。通常、これは問題ではありません。けれども、制御信号をトランジスタへ接続するジャンパを一時的に取り去る、または送風機巻線への供給電圧を一時的に取り去ることによって避けることができます。

ISPインターフェースについてのより多くの情報に関しては「AVR910:実装書き込み(ISP)」応用記述をご覧ください。デバッグWIREについてのより多くの情報に関してはJTAGICEmk IIの使用者の手引きとATtiny45のデータシートをご覧ください。

3.1.3. 送風機コネクタ

送風機コネクタは電動機との信号を運ぶ6極のピンヘッダです。信号は右表で記述されます。

表2-2. 送風機コネクタJ3のピン配置

ピン番号	名前	説明
1	L1	電動機第1巻線のGND側接続
2	H+	緩衝器なしホール感知器の正入力信号 (注)
3	L2	電動機第2巻線のGND側接続
4	H/H-	緩衝器付きホール感知器の入力、または緩衝器なしホール感知器の正入力信号
5	GND	ホール感知器用接地
6	VH	ホール感知器用供給電圧

注: 緩衝器付きホール感知器使用時、未接続

3.1.4. 2線直列インターフェース

送風機制御器は2線直列インターフェース用の2つのコネクタが装備されています。多数の送風機制御器を共通の主装置へ縦列(直列)に配線することができます。この直列コネクタは右表で記述されます。

プルアップ抵抗は送風機主装置に配置されます。2線直列インターフェース規約の説明に関してはマイクロコントローラのデータシートをご覧ください。この2線インターフェースはI²C™適合です。

表2-3. 直列コネクタJ4とJ5のピン配置

ピン番号	名前	説明
1	SCL	直列クロック
2	SDA	直列データ
3	N.C.	未接続
4	GND	共通接地

3.1.5. 信号配線部

送風機制御器はマイクロコントローラと補助部品間での信号の再配線を可能にする信号配線部が装備されています。これは違う特性とマイクロコントローラの組み合わせを試す時に有用です。

信号配線部は各々がそれを指し示す信号名で記された2列5極のピンヘッダです。例えば、信号配線部J13はホール感知器からの緩衝された信号をマイクロコントローラの入出力ピンの1つへ差し向けます。下表が設計の全ての信号配線部を一覧にします。

表2-4. 信号配線部

コネクタ名	信号	説明	既定
J8	EXT.IO	外部入力または出力	N.C. (注1)
J9	L2	電動機第2巻線L2用トランジスタ制御信号	PB4 (注2)
J10	L1	電動機第1巻線L1用トランジスタ制御信号	-
J11	IL	電流測定信号	N.C.
J12	H+	緩衝器なしホール感知器の正入力信号	N.C.
J13	H/H-	緩衝器付きホール感知器の入力、または緩衝器なしホール感知器の正入力信号	PB3
J14	LED	LED駆動用出力信号	N.C.

注1: 未接続、換言すると、ジャンパではありません。

注2: この場合は(PB4と記された)ピンの最下位列を接続するのにジャンパを使ってください。

3.2. ファームウェア

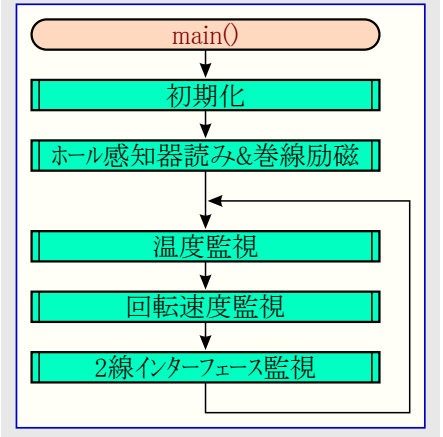
ファームウェアは全体的にC言語で書かれています。これは理解が容易な設計にし、更なる設計の開発を可能な限り簡単にします。

3.2.1. 概要

主プログラムの流れ図が右図で示されます。

ホール感知器読み取りと巻線の励磁が主繰り返し走行中のピン変化割り込みによって処理されることに注意してください。

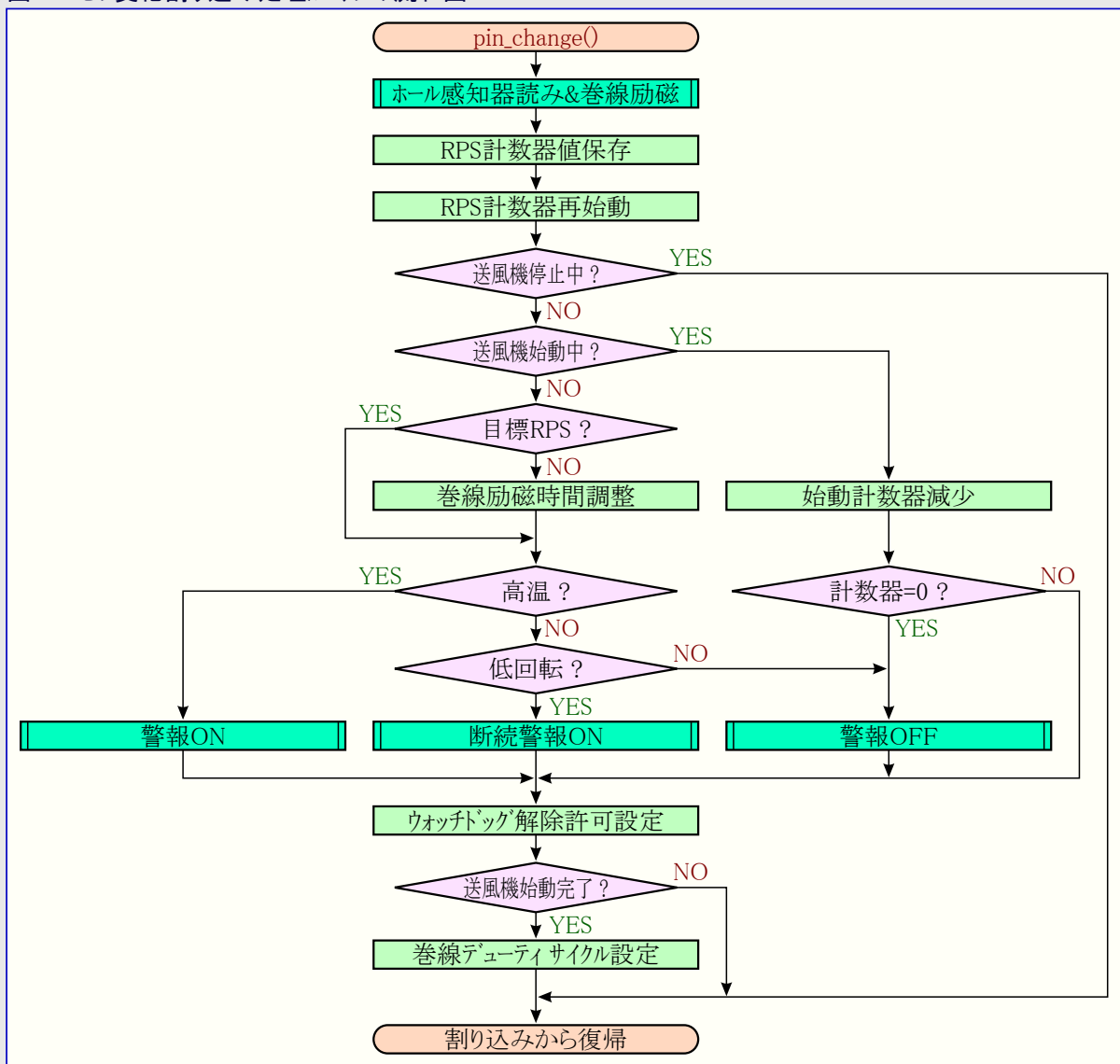
図2-6. 主プログラムの流れ図



3.2.2. 割り込み処理

ホール感知器から来る信号での毎回の遷移が割り込みを起動します。割り込み処理ルーチンはソフトウェア拡張したタイマ/カウンタを維持し、送風機の状態を監視して送風機に制御項目を適用します。割り込み処理ルーチンの流れ図は下図で示されます。

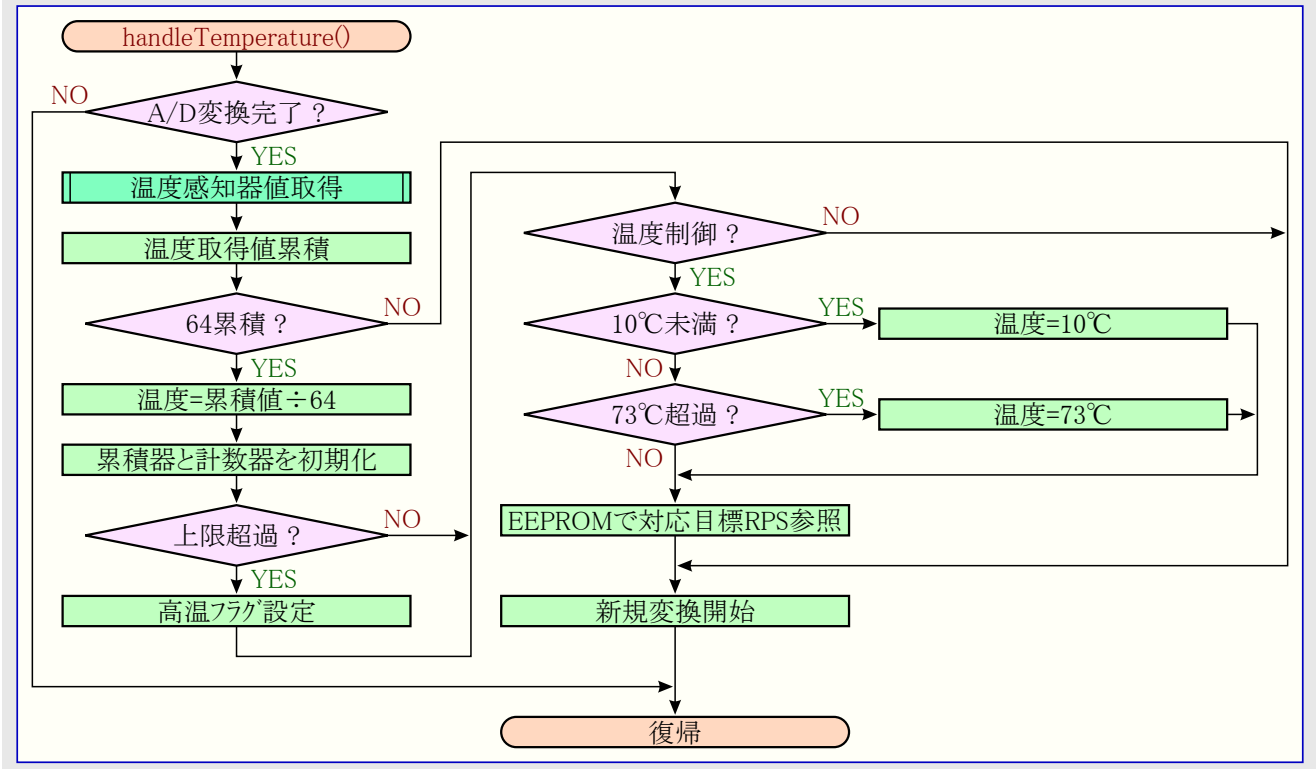
図2-7. ピン変化割り込み処理ルーチンの流れ図



3.2.3. 温度

ファームウェアは新しい変換結果に関してA/D変換器(ADC)を継続的にポーリングします。それを検知した時にファームウェアはADCから新しい変換結果を読み、温度に関連する全ての項目の更新を続けます。プログラムの流れは下図で図解されます。

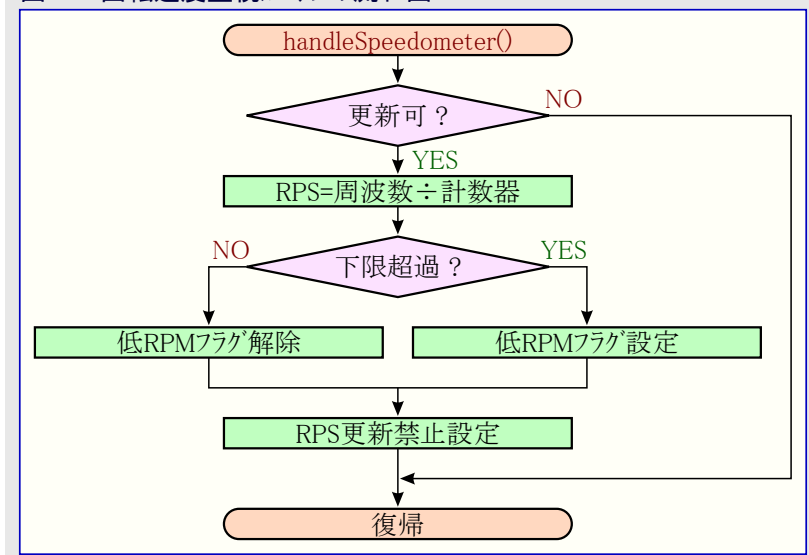
図2-8. 温度の監視/制御ルーチンの流れ図



3.2.4. 速度計

送風機の回転速度はタイマ/カウンタの周波数とタイマ/カウンタの実際の読み取り間の関連として速やかに評価されます。タイマ/カウンタが8ビットだけの長さなので、ソフトウェアによって拡張されます(ピン変化割り込み処理をご覧ください)。別の言葉では、下図で見られるようにタイマ/カウンタのハードウェアレジスタがこの関数で直接使われません。

図2-9. 回転速度監視ルーチンの流れ図

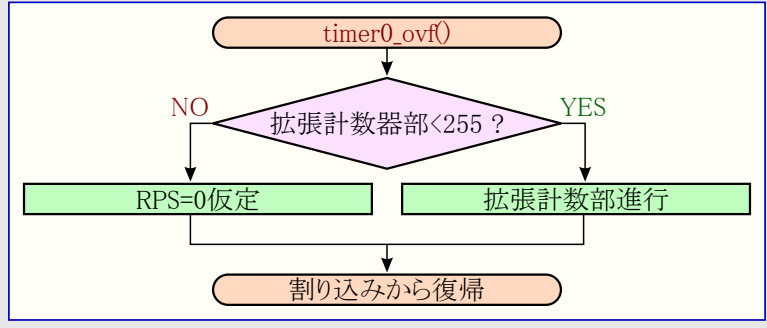


送風機速度の根本測定はRPS(秒当たりの回転数)の単位で記録されますが、より高位の処理がRPM(分当たりの回転数)の単位で扱われることに注意してください。これはRPS読み取りが常に100以下で、従って符号なし文字型に上手く合うためですが、最終的な送風機性能は一般的にRPMの単位で測定されます。

3.2.5. タイマ/カウンタ0

ハードウェアのタイマ/カウンタ0は送風機の実速度評価用の基準として使われます。このタイマ/カウンタが長さについて8ビットだけなので、動作範囲全体に渡る送風機速度の正確な測定に対して十分な分解能を提供しません。従ってハードウェアのタイマ/カウンタはソフトウェアによって拡張され、これはハードウェアのタイマ/カウンタが読まれてリセットされる場所であるピン変化割り込み処理で見ることができます。これはかなり高い回転速度に対しても上手く動きますが、低い速度に於いて、ピン変化割り込みが起こる前に8ビットのタイマ/カウンタが溢れます。下図で見ることができるように、この目的に対してタイマ/カウンタ溢れ割り込み処理は拡張したソフトウェア計数器を自動的に更新します。

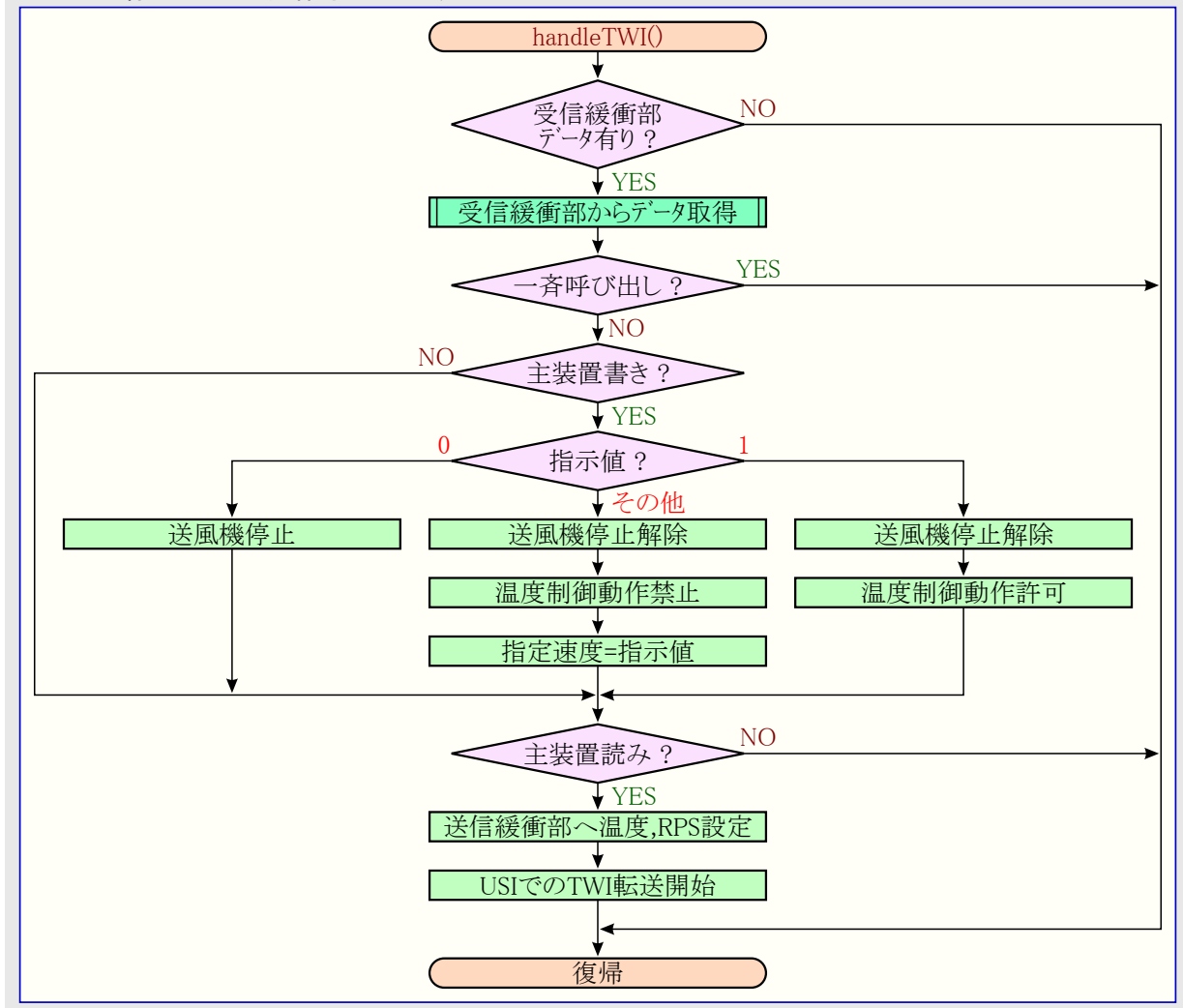
図2-10. タイマ/カウンタ溢れ処理部の流れ図



3.2.6. 2線インターフェース

送風機制御器はI²CTM適合2線インターフェースを提供するのにAVRの多用途直列インターフェース(USI)を使います。必要とするソフトウェアの干渉はむしろ低く、主にハードウェアによって送信されるべき変数の事前格納から成ります。流れ図が下図で示されます。

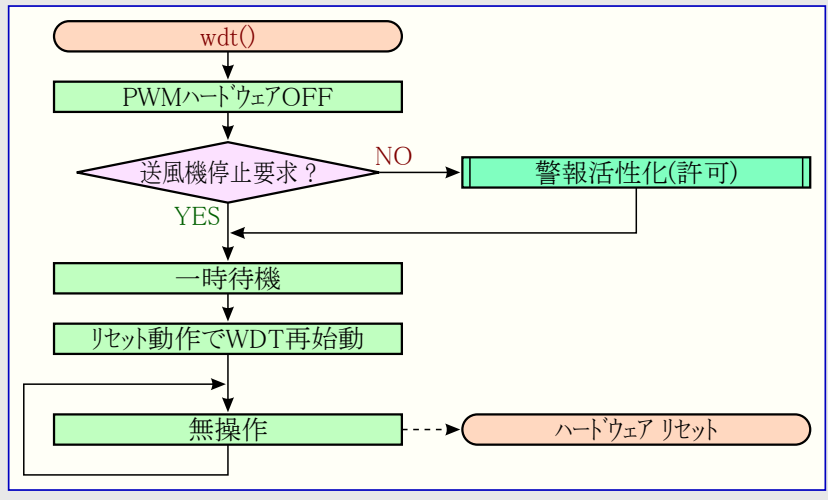
図2-11. 2線インターフェース用保守ルーチンの流れ図



3.2.7. ウォッチドッグ タイマ

ウォッチドッグ タイマ割り込みはホール感知器から来る遷移信号の間隔が予め定義された制限時間を過ぎる時に起動されます。これは送風機が停止または非常に低速で回転する時に下図の割り込み処理ルーチンが実装されることを意味します。

図2-12. ウォッチドッグ タイマ割り込み処理ルーチンの流れ図

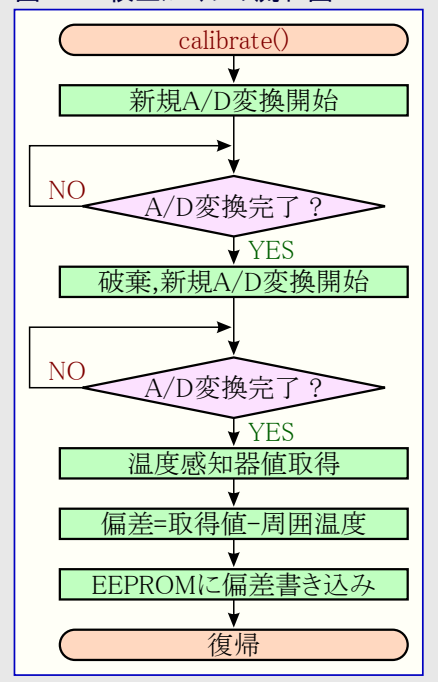


3.2.8. 校正

初期化中にソフトウェアはEEPROMの先頭位置を読み、送風機のTWIアドレス番号を見つけます。返された番号はそれが0以外で8よりも大きくない正ならば有効と仮定されます。さもなければ、ソフトウェアはEEPROMが消去されている、または正しく構成設定されていないと仮定し、右図で示されるような装置の校正を先行します。

校正ルーチンは周囲温度が25°Cと仮定し、それによる偏差を補正するように1点校正を行います。温度測定精度の情報についてはデバイスのデータシートをご覧ください。

図2-13. 校正ルーチンの流れ図



3.2.9. 要約

下表は送風機制御器ファームウェアのシステム必要条件を要約します。

表2-5. 送風機制御器ファームウェアの統計

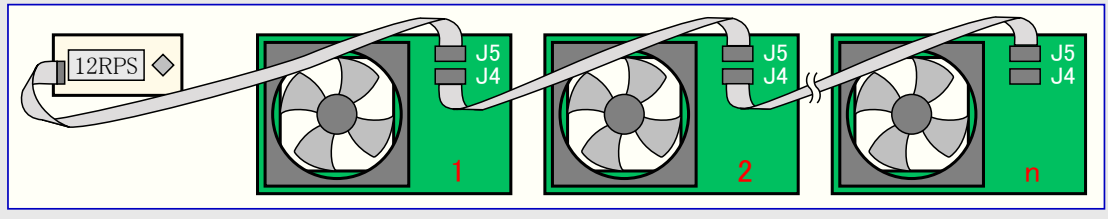
測定項目	デバッグ版	公開版
不揮発性コードメモリ (フラッシュメモリ)	2199バイト	1615バイト
不揮発性データメモリ (EEPROM)	66バイト	66バイト
データメモリ (SRAM)	95バイト	95バイト

ファームウェアはIARのEmbedded Workbench 4.11A版でコンパイルされました。

4. 送風機主装置の実装

送風機制御器上の直列バスの機能を試験して実演するために送風機主装置も構築されました。送風機主装置は下図で図解されるように2線インターフェース上の1つまたは多数の送風機制御器と通信します。

図2-14. n個の送風機制御器を持つ1つの送風機主装置

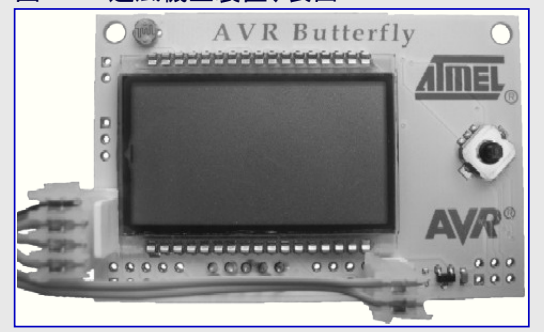


4.1. ハードウェア

送風機主装置は僅かに変更したAVR Butterflyです。追加はTWIバス上の2つの抵抗器、TWI接続用のピンヘッダ、外部電源用のピンヘッダだけです。

TWIコネクタはAVR ButterflyのJ405(USIコネクタ)に配置されます(使用者の手引きをご覧ください)。外部電源はJ401(ポートDコネクタ)の9番ピン(GND)と10番ピン(VCC_EXT)に接続されます。ケーブルと共に装着されたコネクタが右図で示されます。

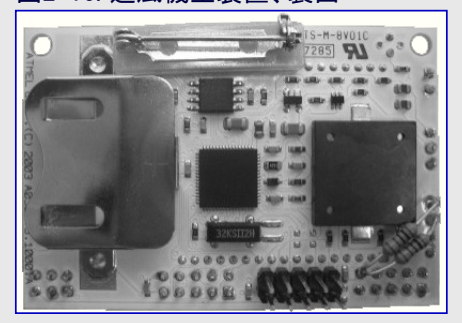
図2-15. 送風機主装置、表面



2線インターフェース用のプルアップ抵抗器は送風機主装置の裏でたやすく装着されます。1つの抵抗器はJ405(USI)の1番ピン(SCL)とJ400(ポートB)の10番ピン(VCC_EXT)間に、別の抵抗器はJ405(USI)の2番ピン(SDA)とJ400の10番ピン間に半田付けされます。右図をご覧ください。

右図は送風機主装置を再プログラミングするために必要とされる、装着されたJ402コネクタも示します。詳細についてはAVR Butterfly使用者の手引きをご覧ください。

図2-16. 送風機主装置、裏面



4.2. ファームウェア

送風機主装置のファームウェアはAVR Butterflyのファームウェアに基づきます。いくつかの機能が取り去れ、送風機の遠隔操作と監視に適合できるメニュー構造を実装するために変更が行われました。メニュー構造は以下の項で短く説明されます。

4.2.1. ようこそメッセージ

送風機主装置が電源投入されると、ようこそメッセージのスクロールが始まります。動作形態を変更するにはジョイスティックでの上または下を用いてください。

4.2.2. 走査動作

LCD上で"SCAN"を選択してジョイスティックを右押し、またはジョイスティック中央を押下することによって走査動作へ移行します。

走査動作では送風機主装置が送風機制御器に対して直列インターフェースバスを走査します。走査方法はTWIアドレスの1~8だけを通して周回します。送風機制御器が見つかる毎に次のように詳細が短く示されます(数値情報は変化します)。

```
FAN 01
+25 'C
25 RPS
```

各行は約1秒間、LCD上で伝えられ(表示され)ます。

ジョイスティックの左押しによって走査動作を抜けます。

4.2.3. 単一送風機動作

“SINGLE”を選択してジョイスティックを右押しすることによって単一送風機動作へ移行します。

単一送風機動作では送風機主装置が**走査動作**と同じ情報を表示しますが、他の装置に対して走査を行いません。送風機制御器間を巡回するにはジョイスティックの左と右を使います。選択したアドレス(nn=TWIアドレス)で送風機制御器が見つからない場合、LCD上で右の2行が点滅されます。

FAN nn
NA

LCD上に“SINGLE”のメッセージが現れるまでジョイスティックを連続的に左押しすることによって単一送風機動作を抜けます。

4.2.4. 遠隔操作動作

“REMOTE”を選択してジョイスティックを右押し、または(中央を)クリックすることによって遠隔操作動作へ移行します。そしてジョイスティックの左と右を使用して1つの送風機制御器を選択します。表示は右のように見えます。

Fn:xx:yy

ここでnは送風機番号(TWIアドレス)、xxは送風機の実際の(秒当たりの回転数での)回転速度、yyは送風機の設定点です。この形態の動作に移行される時に、送風機主装置は送風機の実際の回転速度を読み、それを既定設定点値として使います。

送風機番号(n)を変更するにはジョイスティックの左と右を使います。設定点値(yy)を変更するにはジョイスティックの上と下を使い、そして回転速度の実際の結果を見ます。代表的な送風機が約50RPSで飽和することに注意してください。非常な低速が送風機をうっかり停止させるかもしれないことにも注意してください。速度を数RPS丁度に下げるとき、速度を更に下げる前に送風機へ安定時間を与えてください。

送風機を完全に止めるにはジョイスティック(中央を)クリックします。直ぐに表示は右のように見えます。

Fn:xx:ST

送風機を再始動するには再びジョイスティック(中央を)クリックします。直ぐに表示は右のように見えます。

Fn:xx:TM

回転速度が送風機の周囲温度に比例することを意味する温度制御動作(TM)で送風機が始動することに注意してください。遠隔操作動作へ切り替えるにはジョイスティックを上または下に移動します。

LCD上に“REMOTE”のメッセージが現れるまでジョイスティックを連続的に左押しすることによって遠隔操作動作を抜けます。

4.2.5. 任意選択

LCDの濃淡を調節するには“OPTIONS”を選択してジョイスティックを右押し、または(中央を)クリックします。直ぐにLCDは“DISPLAY”の文字をスクロールします。再びジョイスティックを右押し、または(中央を)クリックします。直ぐにLCDは“ADJUST CONTRAST”の文字をスクロールします。そこでジョイスティック(中央を)クリックします。LCDの濃淡を変更するためにジョイスティックの上と下を使い、そして終了する時にジョイスティック(中央を)クリックします。抜けるにはジョイスティックの左を2度押します。

5. 即時開始

この資料で記述される送風機制御器は自立形態で自律的に、または主装置に接続された従装置として動くことができます。

5.1. 自立動作

自立動作では送風機制御器が自律的に動きます。

送風機制御器を自立動作で構成するには単に電源を送風機制御器基板に繋げてください。供給電圧は約DC 12Vであるべきで、**J1**または**J15**のどちらにも接続できます。極性は無関係です。

送風機は自動的に始動します。この形態の動作では周囲温度を継続的に監視してそれに応じて回転速度を調節します。既定では送風機制御器が(°Cでの)温度と同じ(RPS,秒当たりの回転数での)回転数の維持を試みます。例えば、室温(25°C)では送風機が秒当たり25回転で回ります。

5.2. 従装置動作

この動作では各送風機制御器が自律的に動きますが、共通の主装置による遠隔操作と監視にも従います。

送風機主装置へ1つの送風機制御器を接続することによって始めてください。送風機制御器の**J5**と**J16**を送風機主装置の**J405**と**J401**へ接続するのにケーブルを使ってください。

図2-14.で図解されるように、同じ直列バスに多数の送風機制御器を縦列(直列)接続することができます。各直列インターフェースケーブルは**J4**または**J5**のどちらにも接続することができます(同一接続コネクタ)。各送風機制御器が独自のTWIアドレスを持たなければならないことに注意してください。このアドレスはEEPROMに格納されます(**ファームウェアの説明**をご覧ください)。

最後に、制御基板に電源を接続してください。供給電圧は約DC 12Vであるべきで、**J1**または**J15**のどちらにも接続できます。極性は無関係です。

全ての送風機が自動的に始動し、送風機主装置はようこそメッセージを表示します。この形態の動作では送風機主装置によってアドレス指定されるまで、各送風機が自立動作を実行します。送風機主装置は各送風機の回転速度と周囲温度を監視することができます。どの送風機の回転速度も設定することができます。

5.2.1. 主装置ファームウェア

誘導には送風機主装置のジョイスティックを使います。主装置ファームウェアのメニュー構造は下表で要約されます。

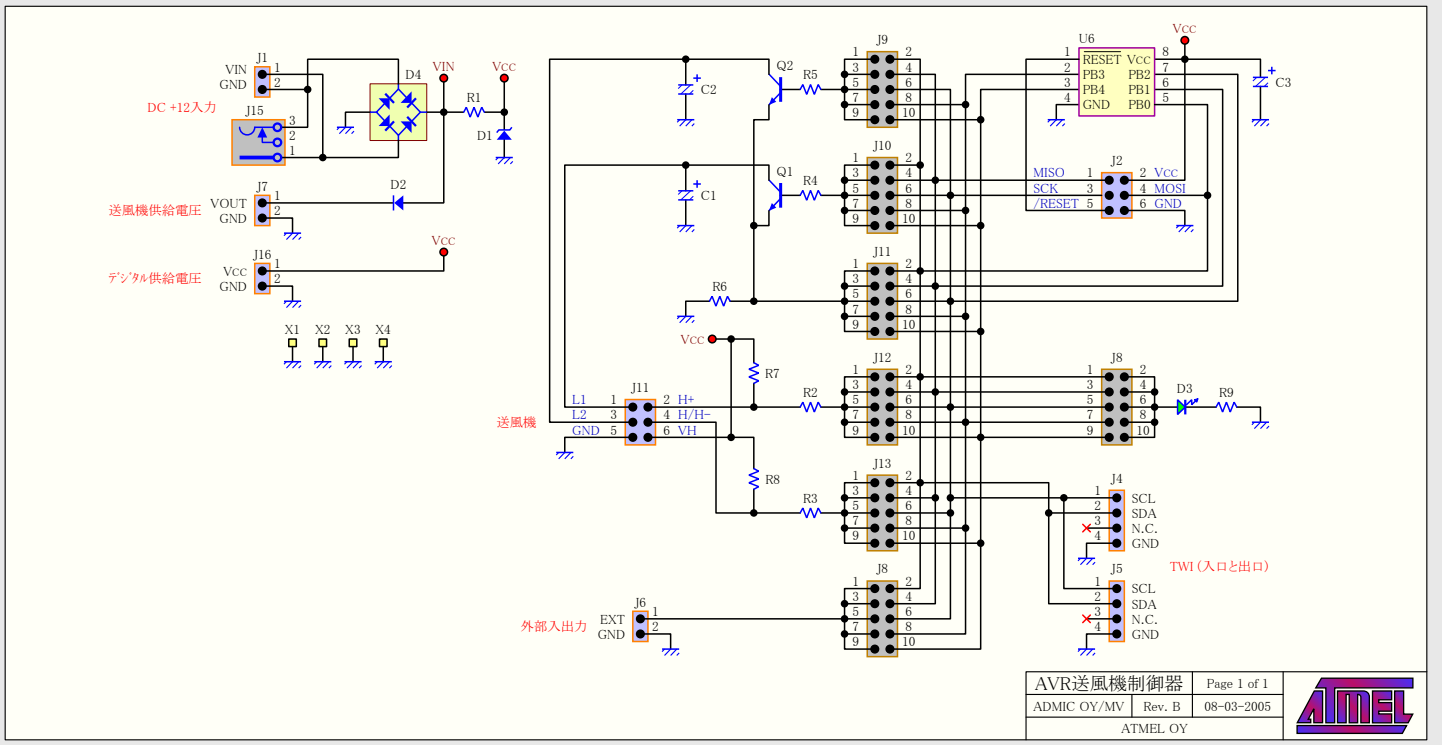
表5-1. 送風機主装置メニュー構成

メニュー項目	説明	誘導方法
TITLE	ようこそメッセージをスクロール	メニュー変更はジョイスティックの上/下
SCAN	バス上の送風機制御器を走査	入るには中央押下、抜けるにはジョイスティック左押し
SINGLE	選んだ送風機制御器上のデータ表示	送風機を探すにはジョイスティック使用
REMOTE	選択された送風機制御器で速度設定	速度は上/下、始動/停止は中央押下
OPTIONS	LCD濃淡調整	変更はジョイスティック上/下

6. 追補

6.1. 回路図

図5-1. 送風機制御器回路図



6.2. 部品表

表5-2. 送風機制御器部品表

部品記号	説明	注文符号 (注1)
U1	ATtiny45マイクロ コントローラ	
Q1,Q2	NPNトランジスタ, MPSA06	71-033-69
D1	ツェナー ダイオード, 4.3V, 0.5W	70-053-66
D2	整流ダイオード, 1N4001	70-003-67
D3	(LED, 未実装)	70-053-40
D4	ブリッジ整流ダイオード, 1A, 100V	70-043-02
R1	抵抗, 220Ω, 1/4W, 炭素フィルム	60-104-17
R4,R5,R8	抵抗, 2.2kΩ, 1/4W, 炭素フィルム	60-105-32
R2,R7,R9	(未実装)	
R3,R6	短絡(錫メッキ銅線, 0.5mm)	55-160-34
C1,C2	電解コンデンサ, 2.2μF, 50VDC, 2mm	67-013-20
C3	(任意平滑コンデンサ)	65-183-69
J1,J6	ピンヘッダ, 2.54mm, 1×2	43-716-05
J7,J16	ピンヘッダ, 2.54mm, 1×2, 固定突起付き	43-808-61
J4,J5	ピンヘッダ, 2.54mm, 1×4, 固定突起付き	43-808-12
J2,J3	ピンヘッダ, 2.54mm, 2×3	43-717-12
J8,J9,J10,J11,J12,J13,J14	ピンヘッダ, 2.54mm, 2×5	43-717-38
J15	DCコネクタ, 2.1mm, L型	42-051-59
H1,H2,H3 (注2)	ジャンパ, 錫メッキ, 2.54mm	43-710-01

注1: ELFA注文符号、www.elfa.seをご覧ください。

注2: 回路図で示されていません。

加えて、構成設定に依存していくつかのその他の部品が必要とされるかもしれません。それにはケーブルとジャンパ、そして勿論実際のBLDC電動機を含みます。

6.3. 基板(PCB)

図5-2. シルク印刷、表面 (外形160×100mm)

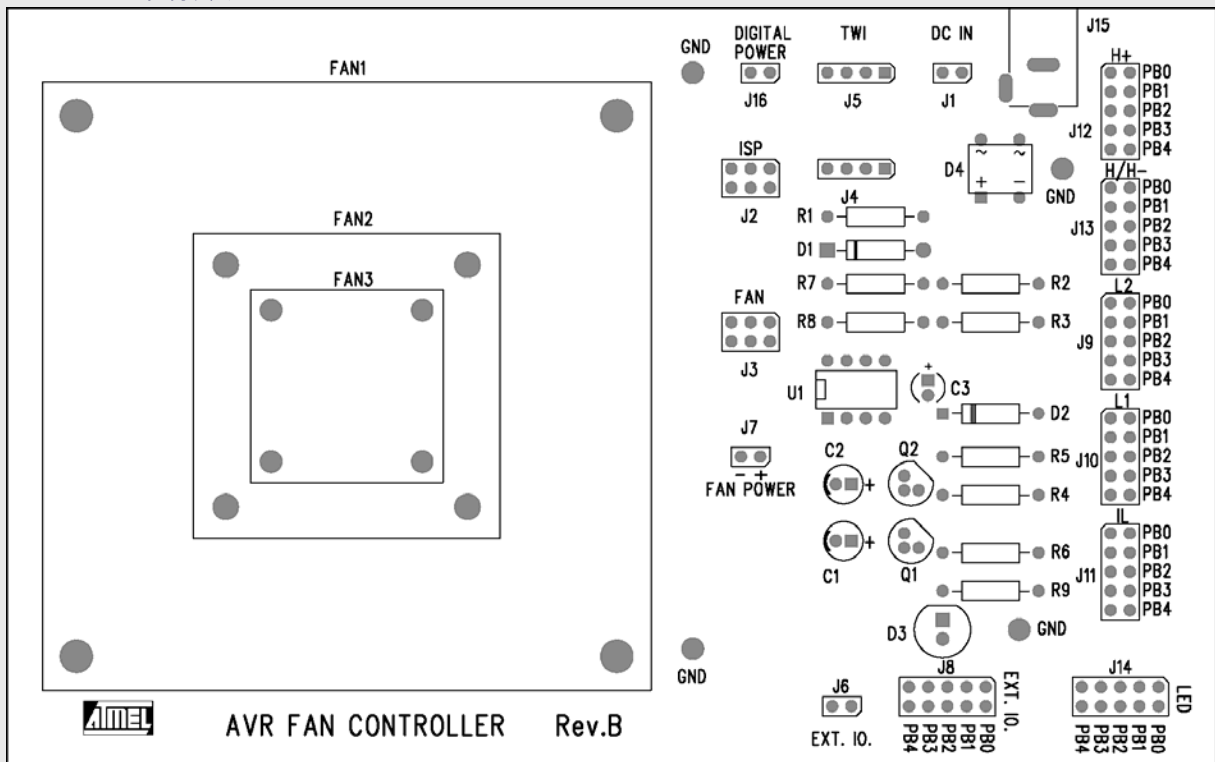


図5-3. 銅箔パターン、表面 (外形160×100mm)

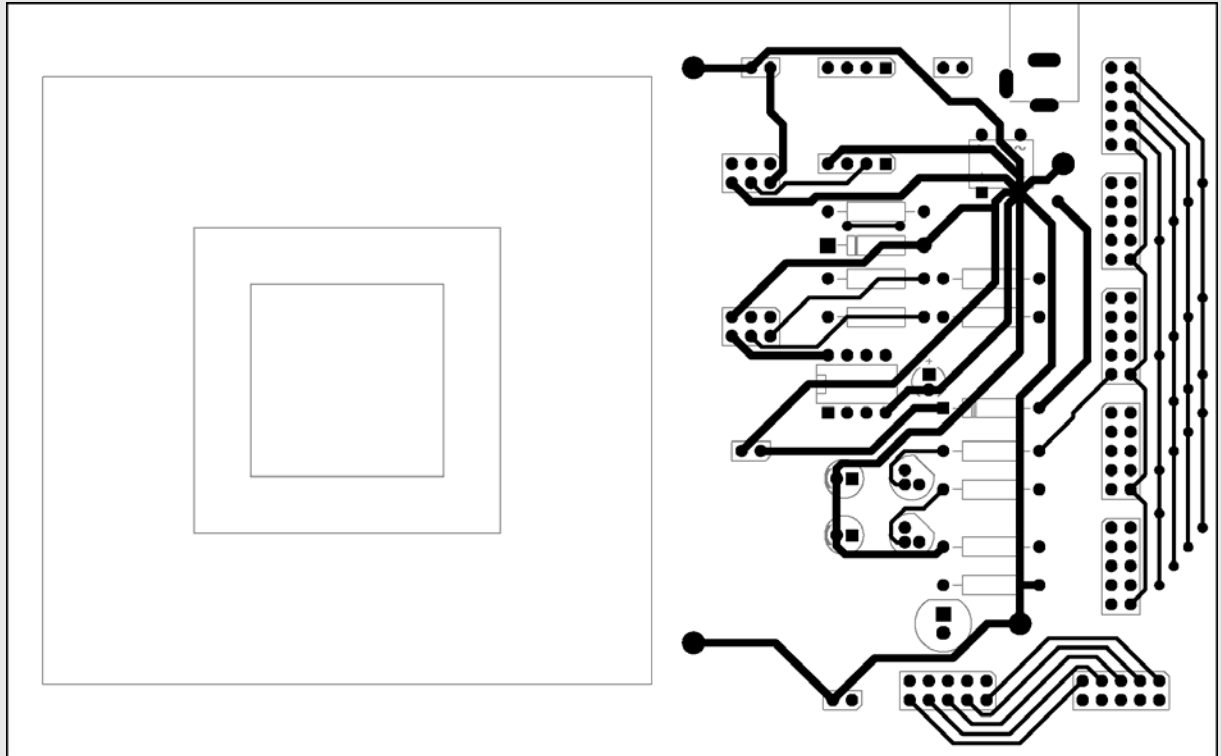
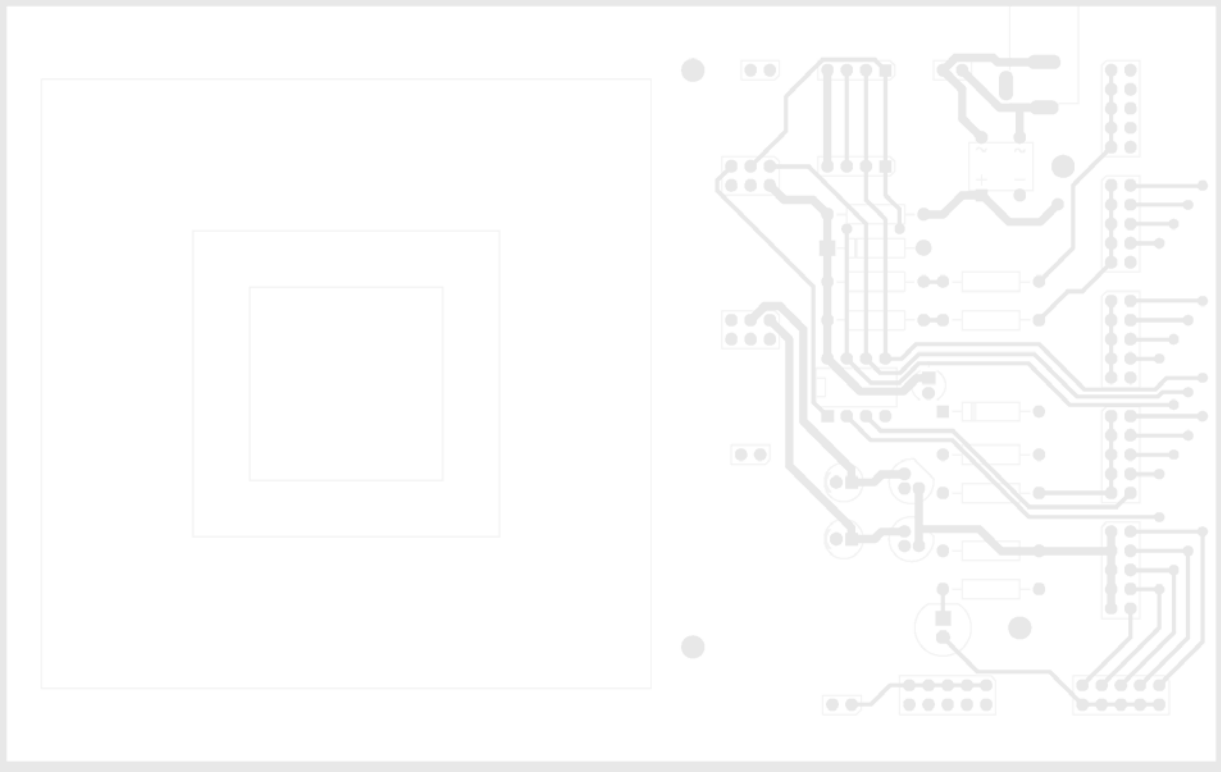


図5-4. 銅箔パターン、裏面 (外形160×100mm)



7. 目次

要点	1
1. 序説	1
2. 動作の理屈	1
2.1. 位置感知器	2
2.2. 速度制御	2
2.2.1. ホール感知器帰還	2
2.2.2. PWM制御された速度	2
2.3. 直列インターフェース	3
3. 送風機制御器の実装	3
3.1. ハードウェア	3
3.1.1. 供給電圧コネクタ	3
3.1.2. ISPとデバッグWIREのインターフェース	4
3.1.3. 送風機コネクタ	4
3.1.4. 2線直列インターフェース	4
3.1.5. 信号配線部	4
3.2. ファームウェア	5
3.2.1. 概要	5
3.2.2. 割り込み処理	5
3.2.3. 温度	6
3.2.4. 速度計	6
3.2.5. タイマ/カウンタ	7
3.2.6. 2線インターフェース	7
3.2.7. ウォッチドッグ タイマ	8
3.2.8. 校正	8
3.2.9. 要約	8
4. 送風機主装置の実装	9
4.1. ハードウェア	9
4.2. ファームウェア	9
4.2.1. ようこそメッセージ	9
4.2.2. 走査動作	9
4.2.3. 単一送風機動作	10
4.2.4. 遠隔操作動作	10
4.2.5. 任意選択	10
5. 即時開始	10
5.1. 自立動作	10
5.2. 従装置動作	10
5.2.1. 主装置ファームウェア	11
6. 追補	11
6.1. 回路図	11
6.2. 部品表	12
6.3. 基板(PCB)	12
7. 目次	14
お断り	15



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のウェブサイトには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AVR441応用記述(doc8004.pdf Rev.8004A-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。