

AVR42778 : ATtiny817の形態設定可能な注文論理回路を使用する コアから独立したブラシレスDCファン制御

応用記述

特徴

- 形態設定可能な注文論理回路(CCL)を使用するコアから独立したブラシレスDC電動機(BLDC)の整流と沈黙時間挿入を実行するための基本構成設定
- 制御、監視、通信のような付加作業に対する初期化後にCPUを100%利用可能
- アナログ比較器(AC)と形態設定可能な注文論理回路(CCL)を使用してホール感知器信号に基づく電動機整流
- アナログ比較器(AC)、事象システム(EVSYN)、16ビット タイマ/カウンタB型(TCB)を使用してホール感知器に基づく沈黙時間挿入
- 16ビット タイマ/カウンタA型(TCA)を使用するパルス幅変調(PWM)した信号生成
- Atmel® ATtiny817 Xplained Mini用の構成設定例を提供

序説

外圍器寸法が小さくなり、電力消費値が上がるようになるため、現代の電子設計に於いて温度管理は益々重要な要素になります。多分、最も簡単な温度管理は強制対流、即ち、熱源の内側と周辺の空気を移動することによって熱の放散増加です。これはBLDC電動機によって駆動されるファンを使用して最も都合良く行われます。BLDC電動機は電氣的に転流(整流)され、ブラシの機械的な弱さ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。最も素直なファン設計は単に全速でファンの回転子を回しますが、とは言えファン数は故に雑音と電力消費を増しがちです。多くの場合、雑音と電力消費を最小に保つことが望ましいでしょう。これは次に環境の条件や他の外部的な要素に従ってファンの速度を調整するための要求を考案し得ます。

この応用記述は単純なBLDCファンを制御するのにAVR®デバイスを用いてコアから独立する方法を記述します。CPU動作から独立してBLDC電動機回路の二重駆動部へPWM信号を流すのと同時に、BLDC電動機転流(整流)と沈黙時間挿入を達成するために形態設定可能な注文論理回路(CCL)を許可して、多くの周辺機能が共に動くように形態設定されます。初期化後、PWMデューティサイクル設定で電動機を動かすのにCPU周期が全く必要とされず、割り込みに基づく形態設定と比べて最小処理遅延を達成します。

この応用記述で記述されるデバイス形態設定は自動速度制御と外部監視のような機能を持つ知的なBLDC電動機制御応用に対する開始点として扱うことができます。代表的な応用は冷却ファンの監視と制御かもしれません。

目次

特徴	1
序説	1
1. 動作の理屈	3
1.1. 一般的なBLDCファン構造	3
1.2. BLDC電動機でのホール効果感知器	3
1.3. BLDC PWM動作	3
1.4. 沈黙時間挿入	3
2. CCL BLDCファン制御器実装	4
3. デバイス特有実装詳細	6
4. CCL BLDCファンハードウェア提言	6
5. CCL BLDCファン更なる開発	7
6. デバイス データシートの入手	7
7. ATtiny817 Xpalined Mini評価キットの入手	8
8. Atmel Studio 7.0の入手	9
9. Atmel STARTからソースコードの入手	9
10. 用語と略語	9
11. 改訂履歴	9

1. 動作の理屈

この応用記述で提示される設計はホールセンサー帰還を持つ簡単なBLDC電動機を使用するシステムの範囲に適用することができます。非常に共通する応用が冷却ファンのため、この応用記述は主にその特定の使い方に集中します。

1.1. 一般的なBLDCファン構造

基本的なブラシレスDC電動機は回転子と固定子の2つの主要な部分に分割することができます。その名前によって含まれるように、回転子は回転する部分で、一方固定子は回転子が回る周辺の静的な構成物です。回転子は永久磁石を収納し、ファン電動機の場合ではそれにファンの羽根が付着されます。右図をご覧ください。

図1-1. 一般的なBLDCファン回転子



電動機の巻き線は固定子に収納され、正しく通電された時に電動機を回します。一般的な2相BLDC電動機には代表的に4つの巻き線があります。右図をご覧ください。

図1-2. 一般的なBLDCファン固定子



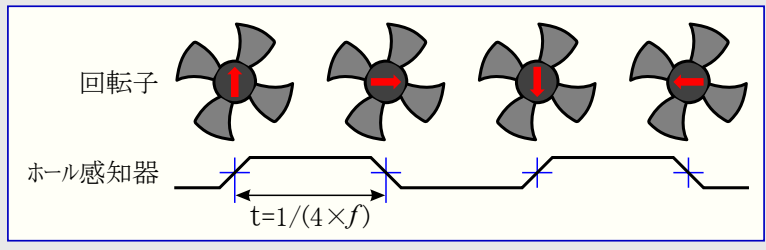
電動機を回すためのトルクは通電された電動機の巻き線と回転子内の永久磁石のそれらによって作成された磁界間の相互作用によって生成されます。どの時にどの電動機の巻き線が通電されるべきかは固定子に相対する回転子の角度位置によって与えられます。電動機を回すように正しい巻き線へ電流を印加する働きは転流(整流)と呼ばれます。回転子の向きについての情報は最も一般的な固定子に配置されたホール効果センサーによる電動機制御器への帰還です。

1.2. BLDC電動機でのホール効果センサー

(緩衝ホール効果センサーとも呼ばれる)デジタルホール効果センサーは現在存在するL磁界の強さを検出し、HighとLowの2つの可能な出力状態を持つ単一出力線を持ちます。BLDC電動機は固定子に相対する回転子の向きについての情報を提供するため、一般的にホール効果センサーが装備されます。回転子とそれの永久磁石が移動する時に、ホールセンサーによって検出される磁束が変化します。これは電動機を回すために順番に電動機のどの巻き線を活性にする時を制御器に知らせることができるため、電動機制御器による転流(整流)のために使用することができます。

1つのホールセンサーを持つ簡単なBLDC電動機については、センサー信号の周波数が電動機の回転周波数の2倍、レベル切り替えが電動機回転に対して4倍です。これは下図で図解されます。

図1-3. ファン回転子とホールセンサー信号



1.3. BLDC PWM動作

ファン電動機を調整する基本的な方法はホールセンサー信号に従って電動機の巻き線に直接供給電圧を絶えず印加することです。これは与えられた供給電圧に対してその達成可能な最大速度でファンを回転します。

多くの応用では、ファン速度を制御することが望まれるでしょう。定常状態のファン速度が平均印加電圧に密接に結び付けられるため、開路速度制御はPWM駆動信号とトランジスタを使用して印加電圧を高い周波数で供給レベルと接地間に切り替えることによって達成することができます。その後の平均印加電圧はPWM信号のデューティサイクルに比例し、ファン速度を操作するのに電動機制御器によって設定と調整をすることができます。

1.4. 沈黙時間挿入

1つの電動機駆動部駆動から別の駆動部へPWM信号を切り替える時の一瞬の間で、貫通とも呼ばれる供給電圧側の接地への回路短絡を避けるため、駆動部はかなりのPWM周期間不活性状態を保持されるべきです。これは沈黙時間挿入と呼ばれます。

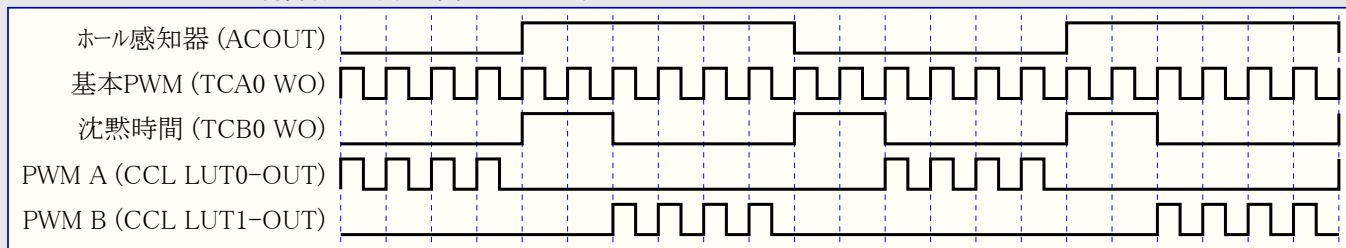
どの固定子巻き線に通電するかを決めるのにBLDC電動機制御器が代表的にホールセンサー信号を使用するため、この信号は沈黙時間期間の挿入を起動するのにも使用されるべきです。

2. CCL BLDCファン制御器実装

マイクロコントローラでBLDC電動機を操作するのに度々必要とされるいくつかの基本的な要素と機能はPWM制御信号、ホール感知器入力信号、電動機転流(整流)、PWM沈黙時間挿入です。2つの駆動信号入力とホール感知器出力を持つ簡単なBLDCファン電動機に関して、電動機が回転する時に結果として生じる波形は下図で図解されるのと同じに見えるべきです。この図での波形の名前はこの資料で記述される応用の設計と実装に対して選ばれた特定単位部信号の名前です。

デバイスに提供されたホール感知器信号に基づいて概要波形を生成させることによって、それは簡単なBLDCファン制御器として働きます。応用記述が示唆する名前のように、形態設定可能な注文論理回路(CCL:Configurable Custom Logic)はこれの達成で主な役割を演じます。

図2-1. CCL BLDCファン制御器に対する関連波形の略図



形態設定可能な注文論理回路(CCL)単位部

形態設定可能な注文論理回路(CCL)単位部はデバイスのピン、事象、周辺機能に接続することができる設定可能な論理回路周辺機能です。これは部品表(BOM)費用を減らす、PCBでの簡単な接続用論理回路機能用外部論理回路ゲートを取り除くことを使用者に許します。各参照表(LUT)は3つの入力、真理値表、濾波器/端検出器から成ります。各LUTは3つの入力を持つ使用者設定可能な論理式として出力を生成することができます。

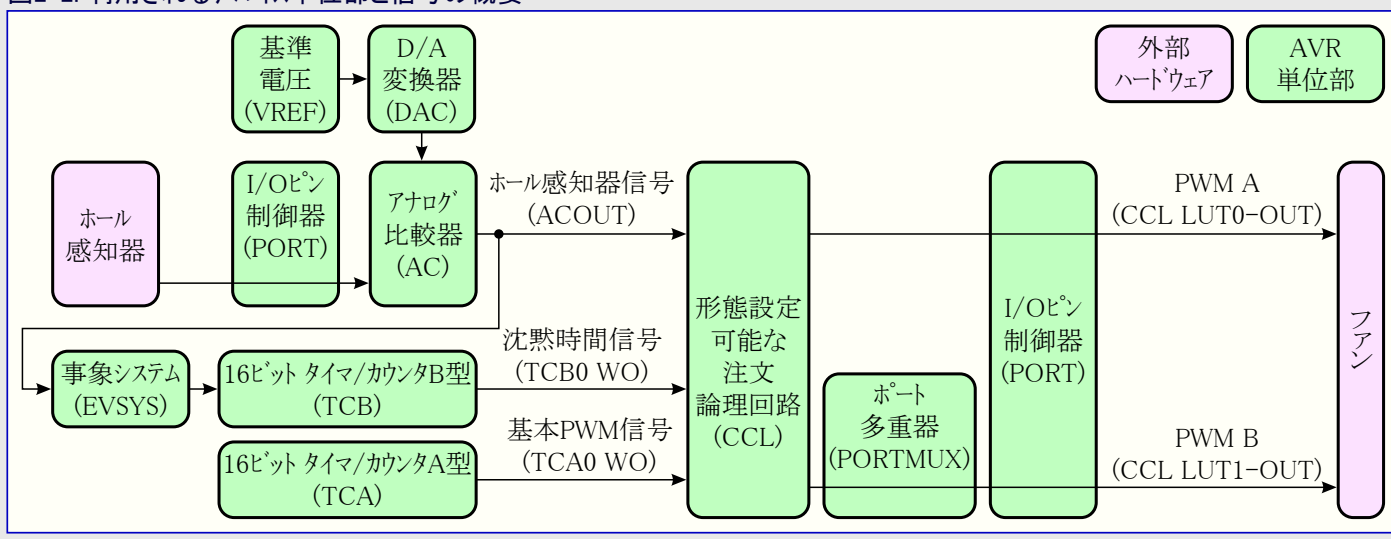
実装概要

上図で波形を調べることから、PWM AとPWM Bの信号の論理的な値が各々他の3つの信号の論理的な値の組み合わせによって与えられることを見ることができます。これは入力としてホール感知器信号、基本PWM信号、沈黙時間信号を使用することによって2つの望む信号を生成することができるCCL単位部用の代表的な使用事例を表します。

ホール感知器信号波形はアナログ比較器(AC)に物理的なホール感知器を接続することによって生成することができ、一方で16ビットタイマ/カウンタ型(TCA)は「パルス列」とも呼ばれる基本PWM信号を生成するのに適します。2つのデバイス単位部を組み合わせることによって、沈黙時間信号を作成することも可能です。アナログ比較器(AC)からの信号は事象システム(EVSYS)を通して16ビットタイマ/カウンタB型(TCB)に配線することができます。16ビットタイマ/カウンタB型(TCB)では形態設定可能な注文論理回路(CCL)単位部で沈黙時間信号を表す方形波を起動するのに使用することができます。

関連する単位部の概要が下で表されます。これらを正しく形態設定することによって、CPUを使用することなく、電動機の転流(整流)と沈黙時間挿入を実行する簡単なBLDCファン用制御器を実現することができます。各種単位部がどう構成設定されるかのより多くの特定記述は以降の項で提示されます。

図2-2. 利用されるデバイス単位部と信号の概要



形態設定可能な注文論理回路(CCL)構成設定

LUTまたは真理値表としても参照される2つの設定可能な参照表は独立した2つのPWM信号を出力するのに必要とされます。LUTの許可とパッドへの出力送出は各LUTの制御A(CTRLA)レジスタへ書くことによって行われます。両出力信号の値がホール感知器信号、沈黙時間信号、基本PWM信号の組み合わせによって与えられるため、両LUTはそれら各々の制御B(CTRLB)と制御C(CTRLC)のレジスタへ書くことによってこれら3つの入力を取るよう構成設定されます。

各LUTの動きはそれら各々の真理値表(TRUTH)レジスタへ書くことによって構成設定されるその真理値表によって決められます。この応用のためにTRUTHレジスタに書かれる16進値は下表で示されるようにLUT0に対して\$02、LUT1に対して\$08であるべくTRUTH7~0から決められます。表に後続する2つの図は論理ゲートを使用して2つのLUT構成設定を図解します。どの信号がどのLUT入力に配線されるかは下の表と図から見るすることができます。

表2-1. 同じ入力選択を持つLUT0とLUT1用の真理値表

IN2, TCB WO	IN1, ACOUT	IN0, TCA WO	CCL LUT0 OUT	CCL LUT1 OUT
0	0	0	0 (TRUTH00)	0 (TRUTH00)
0	0	1	1 (TRUTH01)	0 (TRUTH01)
0	1	0	0 (TRUTH02)	0 (TRUTH02)
0	1	1	0 (TRUTH03)	1 (TRUTH03)
1	0	0	0 (TRUTH04)	0 (TRUTH04)
1	0	1	0 (TRUTH05)	0 (TRUTH05)
1	1	0	0 (TRUTH06)	0 (TRUTH06)
1	1	1	0 (TRUTH07)	0 (TRUTH07)

図2-3. LUT0論理回路

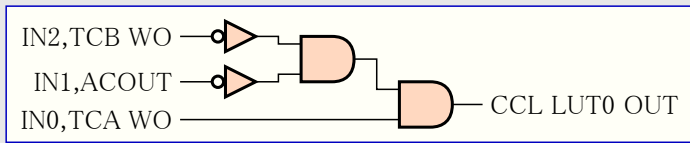
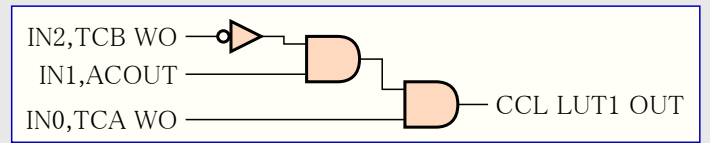


図2-4. LUT1論理回路



2つのTRUTHレジスタの値は本章の序説で図解された波形に従ってLUTに対して望む動きを実装します。LUT0の出力は沈黙時間信号がLowでホール感知器信号がLowである限り、基本PWM信号に従い、一方LUT1出力は沈黙時間信号がLowでホール感知器信号がHighである限り、基本PWM信号に従います。

アナログ比較器(AC)、基準電圧(VREF)、D/A変換器(DAC)の構成設定

ファン回転子の位置を示す接続されたホール感知器の状態を提供するには、アナログ比較器(AC)がその正入力ピンで物理的なホール感知器信号を、その負入力としてD/A変換器(DAC)を取るよう構成設定されます。これはアナログ比較器(AC)単位部の多重器制御A(MUXCTRLA)レジスタ経由で構成設定されます。

D/A変換器(DAC)の出力は初期入力値を設定して基準電圧を選ぶことによって固定レベルに設定されます。これは各々この単位部のデータ(DATA)レジスタと基準電圧(VREF)単位部の制御A(CTRLA)レジスタへ書くことによって行われます。

アナログ比較器(AC)出力のACOUTは物理的な感知器信号がD/A変換器(DAC)出力以上の時にHigh、それ以下の時にLowです。これは本章の序説で図解された波形と提携します。

注: 基準電圧(VREF)とD/A変換器(DAC)の単位部は、D/A変換器(DAC)出力が物理的なホール感知器の上位側と下位側の安定状態電圧出力レベル間にあるよう構成設定されることが必要です。

16ビット タイマ/カウンタB型(TCB)と事象システム(EVSY)の構成設定

この応用記述で概説されるようにCCLを用いるPWM沈黙時間挿入は指定された沈黙時間期間の間にPWM出力が不活性を保たれるべき時を示す信号が必要です。ホール感知器信号がそのレベルを切り替えることによって示される、1つの駆動部信号から別の駆動部へPWM出力が切り替えられる時に沈黙時間が挿入されるべきなので、この挿入はそれらがホール感知器出力のエッジ(端)で同時に起こるようにACOUT信号のエッジ(端)によって起動されるべきです。

16ビット タイマ/カウンタB型(TCB)単位部はそれの事象入力信号でのエッジ(端)検出で単一計数作業を開始する「単発」動作を持ちます。これはその後そのTOP値に達するまで計数して停止します。計時器出力信号のTCB WOは計数中にHighでさもなければLowで、事象入力としてACOUT信号を使用することによってそれを沈黙時間信号として極めて適切にします。

事象チャンネルの入力としてACOUTを選択し、16ビット タイマ/カウンタB型(TCB)を同じ事象チャンネルの使用部に割り当てることによって、ACOUT信号は事象システム(EVSY)経由で16ビット タイマ/カウンタB型(TCB)に配線されます。この応用に於いて、これは各々、事象システム(EVSY)の非同期チャンネル発生部選択(ASYNCCH0)と非同期使用部チャンネル入力選択0(ASYNCUSER0)のレジスタへ書くことによって構成設定されます。更に、16ビット タイマ/カウンタB型(TCB)は計時器の制御B(CTRLB)と事象制御(EVCTRL)のレジスタへ書くことによって2重事象端検出で非同期単発動作に形態設定されます。沈黙時間持続時間は比較/捕獲(CCMP)レジスタを通して構成設定されます。

16ビット タイマ/カウンタ型(TCA)構成設定

基本PWM信号はホール感知器信号入力に応じてPWM AまたはPWM Bのどちらかに出力するPWM信号を表します。16ビット タイマ/カウンタ型(TCA)は、PWM出力の周期とデューティサイクルがこの単位部で構成設定されなければならないことを暗に示し、この応用でこの目的に使用されます。

この計時器はこれの制御B(CTRLB)レジスタへ書くことによって基本的な単一傾斜PWM生成動作を使用するように形態設定され、同時にPWM周期とデューティサイクルは各々、定期(PER)と比較0(CMP0)のレジスタに望む値を書くことによって構成設定されます。TCA WOは形態設定可能な注文論理回路(CCL)単位部への入力として直接使用されます。その後接続されるBLDC電動機の開路速度制御はデューティサイクルを計時器周期の0~100%間調整することによって達成することができます。

I/Oピン制御器(PORT)とポート多重器(PORTMUX)の構成設定

入力と出力はI/Oピン制御器(PORT)単位部を構成設定することによってデバイスの外部ピンに送られます。デバイスの様々な信号がその既定ピンの代わりに代替ピンへ接続することができます。これはポート多重器(PORTMUX)単位部で形態設定されます。この応用を構成設定するのに必要なピンはホール感知器へ接続されるべきアナログ比較器(AC)用の正入力ピンと、2つの制御入力に接続されるべき形態設定可能な注文論理回路(CCL)からの2つの出力ピンです。

3. デバイス特有実装詳細

いくつかの詳細は付随するコードが書かれるためのデバイスやデバイス群に対して特有で、故にそれらは他のデバイスに対して適用可能かもしれないし、または可能でないかもしれません。下で記述される詳細はATtiny817/ATtiny816/ATtiny814/ATtiny417に適用されますが、必ずしもこれらに制限されません。

形態設定可能な注文論理回路

ATtiny817/ATtiny816/ATtiny814/ATtiny417の形態設定可能な注文論理回路(CCL)単位部は6つまでの入力を取り、2つまでの異なる出力を生成する2つの参照表(LUT:Look-up Table)を含みます。

I/Oピン制御器(PORT)とポート多重器(PORTMUX)

ATtiny817/ATtiny816/ATtiny814/ATtiny417に関してこの応用でホール感知器入力に使用されるピンはLUT1の既定出力ピンと共用されます。従ってポート多重器(PORTMUX)単位部の制御A(CTRLA)レジスタへ書くことによってLUT1-OUT用の代替ピンが使用されます。使用される特定ピンは下表で一覧にされます。

表3-1. 使用ピン

ピン	説明	信号	単位部
PA7	ホール感知器入力	P0	アナログ比較器 (AC)
PA4	PWM出力A	LUT0-OUT	形態設定可能な注文論理回路 (CCL)
PC1	PWM出力B	LUT1-OUT	

16ビット タイマ/カウンタ型(TCA)

この応用記述に付随するコードは3.33MHzのCLK_PERを与える20MHz CLK_MAINと6分周でのATtiny817/ATtiny816/ATtiny814/ATtiny417の既定クロック設定を使用します。既定PWM周期は100計時器計数に設定され、既定PWMデューティサイクルは20計時器計数に設定されます。16ビット タイマ/カウンタ型(TCA)がクロック分周係数1で校正設定されるため、これは各々30 μ sと6 μ sに対応します。

16ビット タイマ/カウンタB型(TCB)

この応用記述に付随するコードは3.33MHzのCLK_PERを与える20MHz CLK_MAINと6分周でのATtiny817/ATtiny816/ATtiny814/ATtiny417の既定クロック設定を使用します。既定沈黙時間は500計時器計数に構成設定されます。16ビット タイマ/カウンタB型(TCB)がクロック分周係数1で校正設定されるため、これは150 μ sに対応します。

4. CCL BLDCファン ハードウェア提言

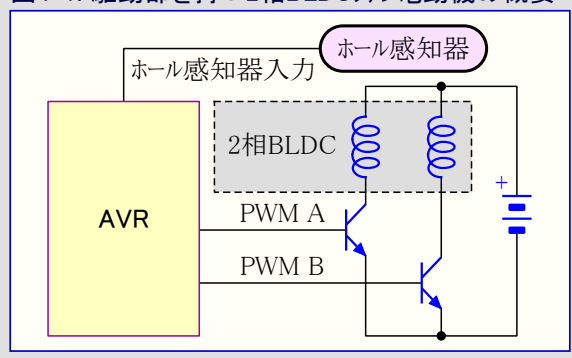
付随コードはATtiny817 Xplained Miniの基板上卸でPWMデューティサイクルを調整するための支援を含みます。これ以外にこの応用記述に対して提供されるまたは記述される特定のハードウェアはありません。この理由とBLDC電動機とそれらの制御回路が多くの各種変種で来ることの事実のため、記述されるデバイス構成設定に合致する2つの特定ファン ハードウェア配置が以下で概説されます。

2つの制御入力を持つ2相BLDCファン

この応用記述で記述される構成設定が1つのホール感知器入力を取り、2つのPWM制御信号を出力するように設計されるため、簡単な取り組み方は右図で図解されるように単一ホール感知器出力と各相に接続された1つの駆動部要素を持つ2相BLDCファン電動機を使用することです。駆動部とホール感知器は示されるようにデバイスへ接続されるべきです。

この形態設定について、両駆動部が活性の場合に貫通が全く起こらず、故に沈黙時間は事実上0に減らされるか、または取り去ることができます。

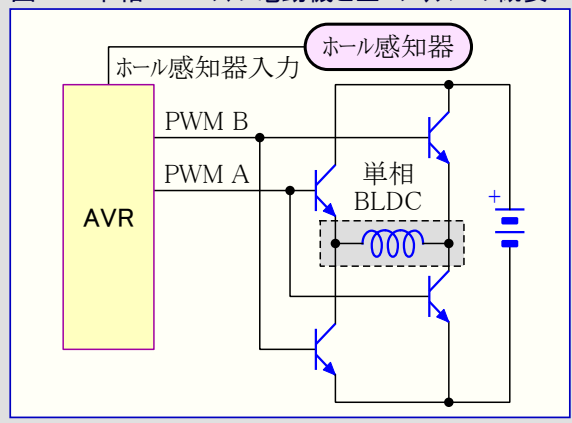
図4-1. 駆動部を持つ2相BLDCファン電動機の概要



全Hブリッジ制御を持つ単相BLDCファン

上で図解されたより基本的な形態設定に加えて、記述される応用は右図で概説されるようにデバイスを接続することによって全Hブリッジ駆動部回路を持つ単層BLDCファン電動機を制御するのに適合されます。この形態設定については両PWM信号が活性の場合に貫通が起き、故にPWMパルスが送られる出力間を切り替える時に沈黙時間が必要とされます。

図4-2. 単相BLDCファン電動機と全Hブリッジの概要



5. CCL BLDCファン更なる開発

この応用記述はより多くの高度な機能や制御を追加するための開始点として働くことができるコアから独立したBLDCファン動作の基本的な構成設定を提示します。いくつかの例は以下のように有り得ます。

- **温度に基づくファン速度制御**：これはADC経由で温度感知器を接続して測定した値に基づいてPWMデューティサイクルを設定することによって実装することができます。
- **閉路速度制御**：これはホール感知器信号切り替え速度からファン速度を推定して制御算法に対する入力としての値を使用することによって実装することができます。
- **失速/停止検出**：これはホール感知器信号切り替えの不足検出によって実装することができます。
- **アナログ基準入力**：これはADC入力に可変抵抗器を接続して速度または温度の制御部に対する設定点として出力値を使用する、または単にPWMデューティサイクルを直接設定することによって実装することができます。
- **直列通信**：SPI単位部を使用することによって、遠隔での監視と制御を追加することができます。これはファンがいくつかのより高位の制御の仕組みを持つより大きな系に統合されるべき場合に非常に有用で有り得ます。

6. デバイス データシートの入手

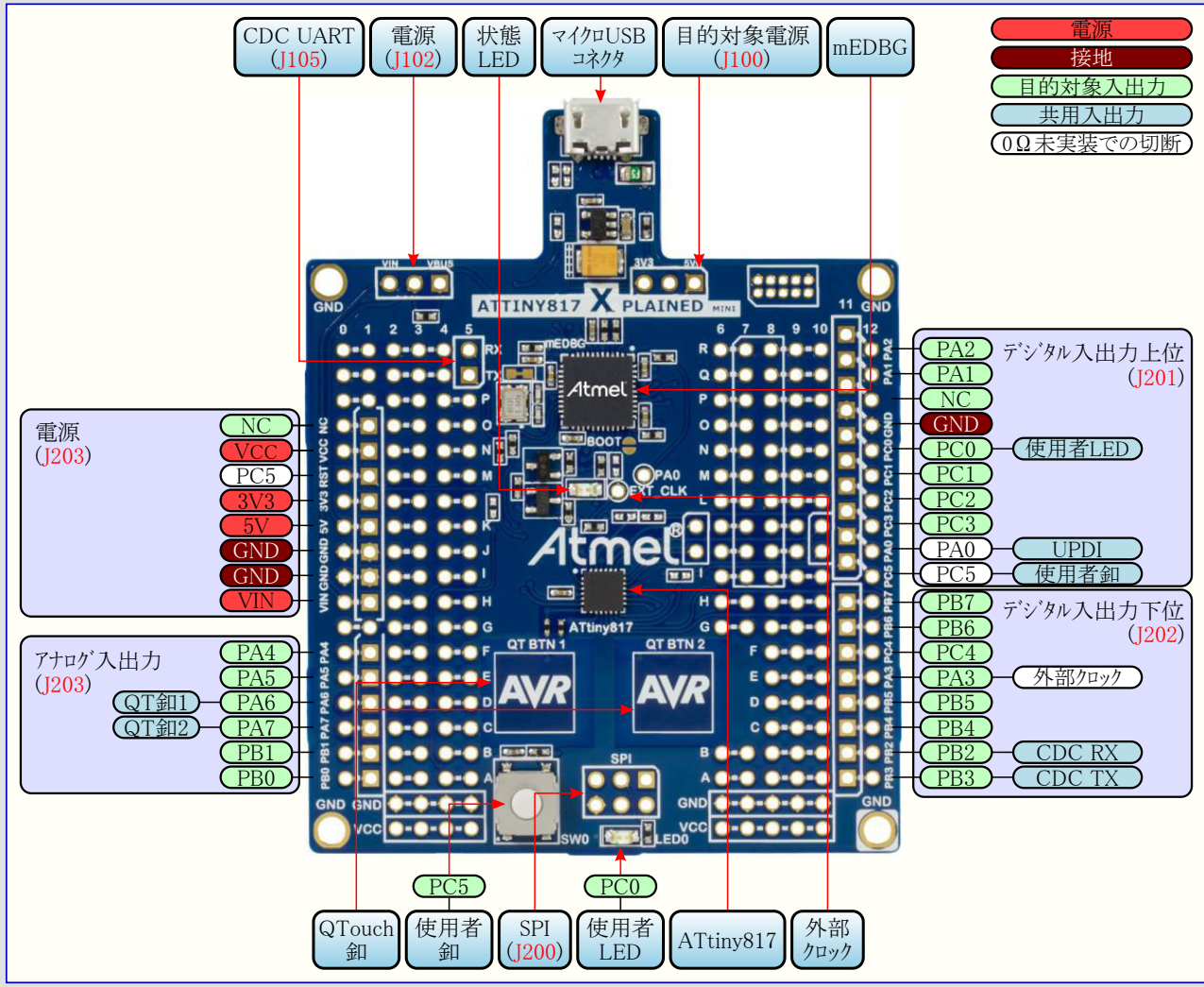
ウェブ ページ : <http://www.atmel.com/devices/attiny817.aspx>

資料/ファイル : Atmel ATtiny817/ATtiny816/ATtiny814/ATtiny417データシート (要約、完全) (.pdf)

- 2つの版があります。
 - (全ての周辺機能説明と電気的特性を含む)完全版
 - 要約版

7. ATtiny817 Xplained Mini評価キットの入手

図7-1. ATtiny817 Xplained Miniキット



ウェブ ページ : <http://www.atmel.com/tools/attiny817-xmini.aspx>

キット入手 : <http://www.atmel.com/tools/attiny817-xmini.aspx#buy>

資料/ファイル:

- ATtiny817 Xplained Mini使用者の手引き (.pdf)

鍵となる特徴:

- ATtiny817マイクロ コントローラ
- 1つの使用者黄色LED
- 1つの機械的な釦
- 2つのQTouch[®]釦
- mEDBG
 - Atmel Studioでの基盤識別用自動ID
 - 1つの基板状態緑色LED
 - プログラミングとデバッグ
 - 仮想COMポート(CDC)
- USB給電
- ATtiny817電源:
 - USBからの5.0V
 - 3.3V調整器
 - 外部電圧
- Arduinoシールド互換基板パターン

ATtiny817 Xplained Mini使用者の手引きはキットの給電方法、基板部品の詳細情報、拡張インターフェースとハードウェアの手引きを網羅します。

8. Atmel Studio 7.0の入手

ウェブページ : <http://www.atmel.com/tools/atmelstudio.aspx>

資料/ファイル:

- Atmel Studio 7.0 (build 1006) Installer – Full (.exe)

Atmel Studio 7.0またはそれ以降版はATtiny817/ATtiny816/ATtiny814/ATtiny417に対するファームウェアの開発とデバッグに望ましいIDEです。

9. Atmel STARTからソースコードの入手

例コードは画像的な使用者インターフェースを通して応用コードの形態設定を許すウェブに基づくツールであるAtmel STARTを通して入手可能です。コードは下の例リンクまたはAtmel STARTの第1面でBROWSE EXAMPLES(例閲覧)卸経由でAtmel Studio 7.0とIAR™ IDEの両方に対してダウンロードすることができます。

ウェブページ : <http://start.atmel.com/>

資料 : <http://start.atmel.com/static/help/index.html>

例 : <http://start.atmel.com/#examples>

例閲覧部でAVR42778 BLDC Fan Controlを探してください(例プロジェクトに対する詳細な必要条件についてはAtmel STARTでUser Guide(使用者の手引き)を押してください)。

ダウンロードした.atzipファイルをダブルクリックしてください。プロジェクトがAtmel Studio 7.0に導入されます。

IARでプロジェクトを導入する方法の情報については、上の資料リンクを押し、'Atmel Start Output in External Tools'と'IAR Embedded Workbench®'を選んでください。

10. 用語と略語

表10-1. 字引き

句/略語	説明
BLDC	ブラシレス直流 (Brushless Direct Current)
PWM	パルス幅変調
沈黙時間	2つの電圧レベルの回路短絡を避けるために異なる電圧に接続されたトランジスタを許可する間の緩衝時間
EMI	電磁妨害
デューティサイクル	パルス幅変調された信号のON区間の持続時間を記述するのに使用
ホール効果感知器	電動機巻き線に現在印加される電流のためにブラシレスDC電動機の回転子の角度位置を示すために一般的に使用される磁気感知器
転流(整流)	それを回すために電氣的な電動機の正しい巻き線に電流を印加する行為
安定状態	その(速度、電流などのような)状態が安定にされている時の動的システムの状態
開路制御	帰還に基づいて自動的に制御器出力を調整する制御閉路を作成するように、システム状態や制御されるべき状態についての情報が制御器へ帰還されない制御の仕組みに対して使用される用語
PCB	印刷された回路基板
I/O	入出力。デバイスへからの入力と出力の信号に対する総称として使用
貫通	潜在的にトランジスタに損傷を与える供給電圧と接地間をトランジスタで回路短絡することについて一般的に使用される用語

11. 改訂履歴

資料改訂	日付	注釈
42778A	2016年10月	初版資料公開
42778B	2016年11月	「デバイス特有実装詳細」章で些細な修正

Atmel®, Atmelロゴとそれらの組み合わせ、Enabling Unlimited Possibilities®, AVR®, QTouch®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 2017.

本応用記述はAtmelのAVR42778応用記述(Rev.42778B-11/2016)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。