

## AVR492 : AT90PWM3/3Bを用いたブラシレスDC電動機制御

## 要点

- BLDC電動機の基礎
- PSCを使用
- ハードウェア実装
- コード例

## 序説

この応用記述はAT90PWM3/3B AVRマイクロコントローラを用いて感知器形態でブラシレスDC(BLDC)電動機制御を実装する方法を記述します。

AT90PWM3/3Bの電力段制御器単位部を備えた高性能AVRコアは高速ブラシレスDC電動機応用の設計を許します。

この資料ではブラシレスDC電動機の動作原理の短い記述を与え、感知器形態でブラシレスDC電動機を制御する方法を詳述し、そしてこの応用記述で使われるATAVRMC100参照基準設計のハードウェア説明も与えます。

ソフトウェア実装もPID濾波器を用いたソフトウェア制御閉路で検討されます。

この応用記述は整流(転流)手順を制御するのにホール効果位置感知器を使うBLDC電動機制御応用だけを扱います。

## 動作の理屈

ブラシレスDC電動機はそれらが多くの利点を持つため、益々多くの電動機応用で使われています。

1. それらは保守を少ししか、または全く必要としないようにブラシを全く持ちません。
2. それらはユニバーサルDCブラシ電動機よりも少ない音響的且つ電氣的な雑音しか発しません。
3. それらは(可燃性の製品と共に)危険な動作環境で使うことができます。
4. それらはまた良好な重さ/大きさの対電力比を持ちます。

このような電動機は小さな回転子慣性を持ち、巻線は固定子に取り付けられています。整流(転流)は電気回路によって制御されます。整流(転流)時間は位置感知器または巻線逆起電力測定のうちどちらかによって提供されます。

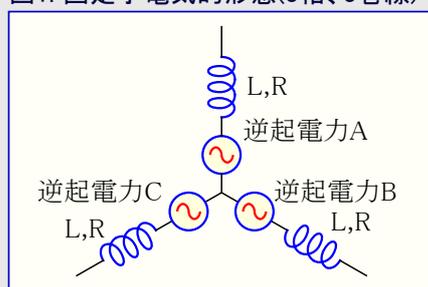
感知器形態では、通常、ブラシレスDC電動機は主な3つの部分、固定子、回転子、ホール感知器から成ります。

## 固定子

基本の3相BLDC電動機の固定子は3つの巻線を持ちます。多くの電動機ではより小さなトルクの波紋を持つように巻線個数が複製されます。

図1.は固定子の電氣的回路図を示します。これは直列にインダクタンス、抵抗、1つの逆起電力の3つの要素を各々が含む3つの巻線から成ります。

図1. 固定子電氣的形態(3相、3巻線)



8ビット AVR<sup>®</sup>  
マイクロコントローラ

## 応用記述

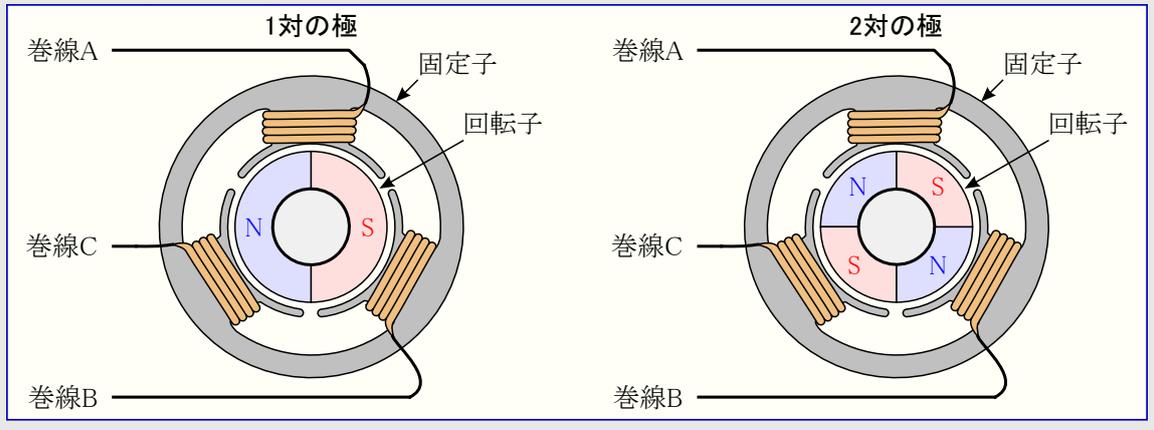
本書は一般の方々の便宜のため有志により作成されたもので、Atmel社とは無関係であることを御承知ください。しおりのはじめにでの内容にご注意ください。

Rev. 7518B-05/07, 7518BJ2-04/21

## 回転子

BLDC電動機の回転子は偶数の永久磁石から成ります。回転子の磁極数も電動機の段階量とトルク波紋に影響を及ぼします。より多くの極は段階をより小さくしてトルク波紋を少なくします。永久磁石は1～5対の極になります。或る場合ではそれが最大8対の極になります(図2)。

図2. 3相、3巻線BLDC電動機の固定子と回転子



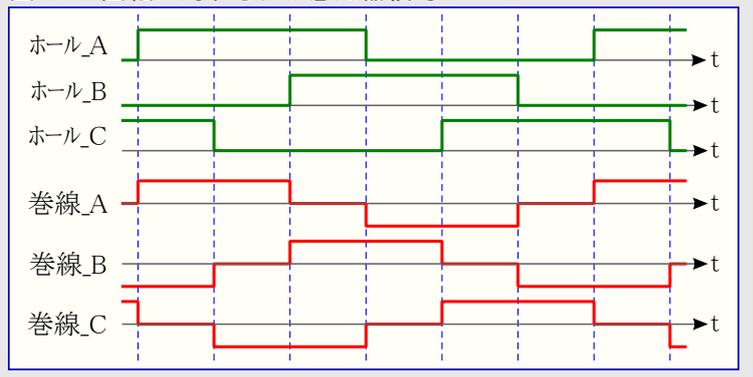
巻線は静止している一方で、磁石が回転します。BLDC電動機の回転子は巻線が回転子に配置される伝統的なユニバーサルDC電動機の回転子よりも軽くなります。

## ホール感知器

回転子位置を予測するために3つのホール感知器が配置されています。これらのホール感知器は120°毎に分けられます。これらの感知器とで、6つの異なる整流(転流)が可能です。相整流(転流)はホール感知器の値に依存します。

ホール感知器値変化時に巻線への電力供給が変わります。正しい同期整流(転流)でトルクは殆ど一定且つ高くに留まります。

図3. CW回転に対するホール感知器信号



## 相整流(転流)

3相BLDC電動機の実操作法の説明を簡単化するため、3つの巻線だけを持つ代表的なBLDC電動機が考えられます。直前で示されたように相整流(転流)はホール感知器値に依存します。電動機巻線が正しく供給されている時に磁界が生成されて回転子が動きます。BLDC電動機に使われる殆どの基本整流(転流)駆動法はON/OFFの仕組み、巻線が誘導または非誘導のどちらかです。同時に2つの巻線だけが供給され、3つ目の巻線は浮きです。電力への巻線接続と中立バスが電流の流れを誘導します。これは台形整流(転流)または塊整流(転流)として参照されます。

ブラシレスDC電動機に命じるために3つの半ブリッジで作られた電力段が使われます。右の図4は3つの半ブリッジ回路図を示します。

ホール感知器値読み込みはどのスイッチが閉じるべきかを示します。

多極電動機に関しては電氣的回転が機械的回転に対応しません。4極BLDC電動機は1つの機械的回転を持つために4つの電氣的回転周回を費やします。

磁界の強さは電動機の力と速度を決めます。巻線を通る電流の流れを変えることによって電動機は速度とトルクを調整することができます。電流の流れを制御する最も一般的な方法は巻線を通る平均電流の流れを制御することです。平均電圧とこれによる速度を含む平均電流を調整するのにPWM(パルス幅変調)が用いられます。速度は20k～60kHzの高周波数で調整されます。

3相、3巻線BLDC電動機に関して、図5で回転磁界が記述されます。

図4. 電力段

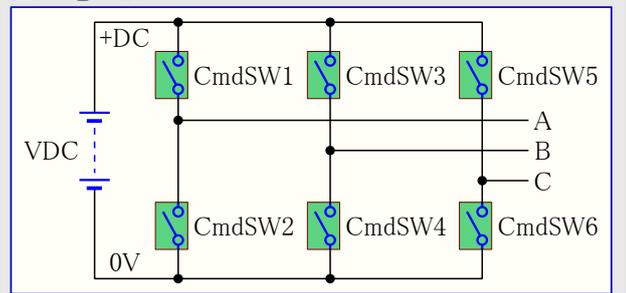
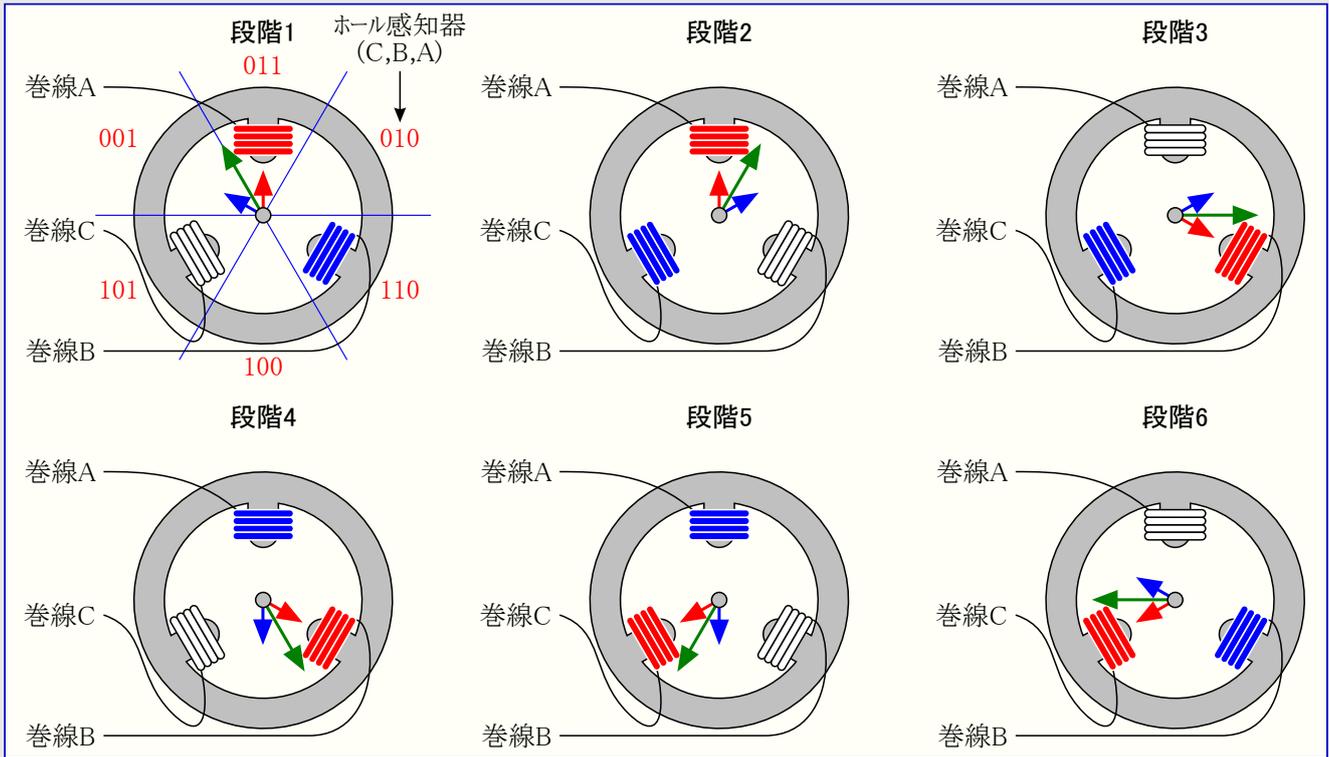


表1. CW回転用スイッチ整流(転流)

ホール感知器値(C,B,A)	相	スイッチ
1 0 1	A-B	SW1:SW4
0 0 1	A-C	SW1:SW6
0 1 1	B-C	SW3:SW6
0 1 0	B-A	SW3:SW2
1 1 0	C-A	SW5:SW2
1 0 0	C-B	SW5:SW4

図5. 整流(転流)段階と回転磁界



整流(転流)は回転界磁を作成します。段階1のA相はSW1(図4.参照)によって+DCバス電圧に接続され、B相はSW4によってGNDに接続され、そしてC相は無給電です。2つの磁束ベクトルはA相(赤矢印)とB相(青矢印)によって生成されます。この2つのベクトルの和は固定子磁束ベクトル(緑矢印)を与えます。そして回転子は固定子磁束に従おうとします。回転子が与えられた位置に達すると直ぐにホール感知器の状態はその値を“010”から“011”に変え、新しい電圧様式が選択されてBLDC電動機に印加されます。そしてB相が無給電にされてC相がGNDに接続され、そして新しい固定子磁束ベクトル‘段階2’に帰着します。

整流(転流)図の図3と表1に従うことにより、6つの整流(転流)段階に対応する6つの異なる固定子磁束ベクトルを得ます。この6段階が回転子の1回転を提供します。

### ATAVRMC100スタータキット

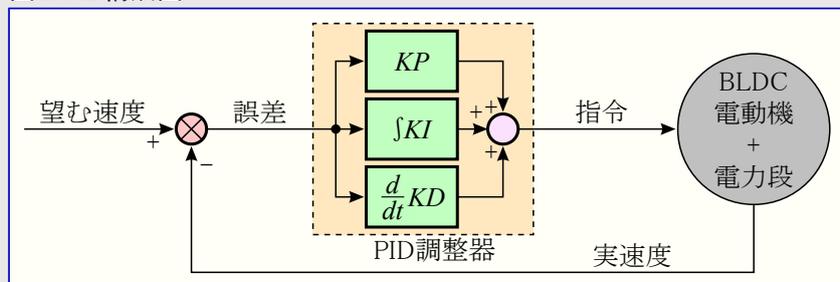
このブラシレスDC電動機制御の簡潔な理論上の紹介後に、実際の実装は例の手助けと共に紹介されます。この応用記述の次の部分はAtmelのAT90PWM3マイクロコントローラで動くATAVRMC100スタータキットに基づくハードウェアとソフトウェアの実装で扱います。

電気回路図はこの資料の最後の図17と図18で利用可能です。これらはATAVRMC100スタータキットに関する参照基準設計を記載します。

ソフトウェアはPID調整器を通す速度の制御を含みます。このような調整器は3つの主な係数、KP,KI,KDで構成されます。

KPは比例利得係数、KIは積分利得係数、そしてKDは微分利得係数です。望む速度と現実の速度間の(図6.で誤差と呼ばれる)誤差は各利得で乗算されます。そして3つの項の和が正しい速度を得るために電動機へ印加する指令を与えます(図6.)。

図6. PID構成図



$$\text{指令}(t) = KP \times \text{誤差}(t) + KI \int \text{誤差}(t) dt + KD \frac{d}{dt} \text{誤差}(t)$$

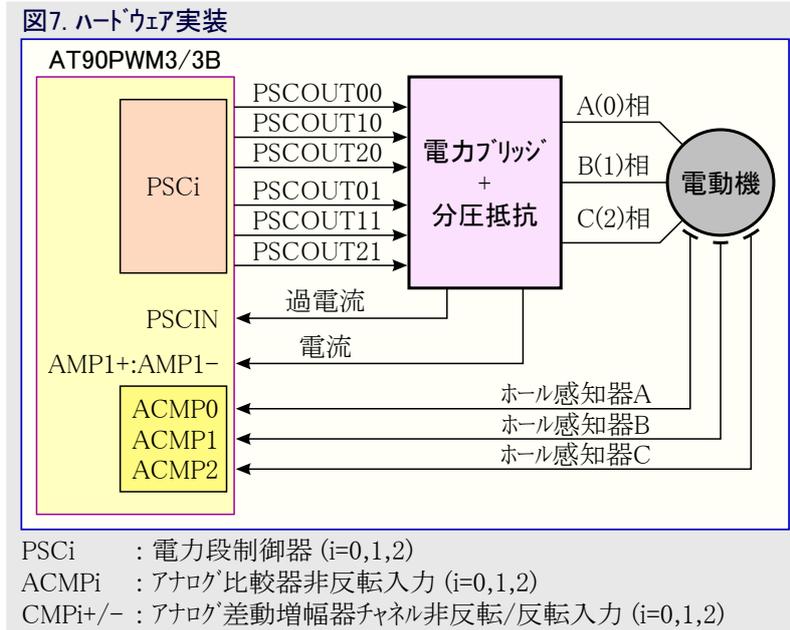
$$\text{誤差}(t) = \text{望む速度}(t) - \text{実速度}(t)$$

KP係数は電動機の応答時間を決め、KI係数は静的誤差の相殺に使われ、そしてKDは位置調整のための部分で使われます(係数の調節についてはソフトウェアでの調整繰り返しを参照してください)。

## ハードウェア説明

図7.で示されるようにマイクロ コントローラは3つの電力段制御器(PSC)を含みます。各PSCは2つの出力信号を持つパルス幅変調器として見ることができます。交差導通を避けるため沈黙時間制御が統合されています(PSCまたは以降の図8.についての更なる情報に関してはAT90PWM3/3Bデータシートをご覧ください)。

誤り入力(過電流)はPSCINに接続されます。この誤り入力は全てのPSC出力の禁止をマイクロ コントローラに許します。



設定可能な5,10,20,40倍の利得段を持つ2つの差動増幅チャンネルで電流を測定することが可能です。分圧抵抗は増幅器変換範囲のために調整されなければなりません。

“過電流”信号は内部比較器からの結果です。比較器の基準電圧は内部D/A変換器によって調節することができます。

相整流(転流)はホール感知器値に従って行われなければなりません。ホール感知器A、ホール感知器B、ホール感知器Cは外部割り込み元または3つの内部比較器に接続されます。比較器は外部割り込みと同じ形式の割り込みを生成します。表2.はスタータキットに於いてマイクロ コントローラの入出力ポートがスタータキットでどう使われるのかを示します。

表2. マイクロコントローラ使用入出力ポート (SO32外圍器)

ピン名	ピン番号	ポート機能	動作形態/感知器
ポートB			
PB0/MISO/PSCOUT20	12	H_C	C相H側駆動出力
PB1/MOSI/PSCOUT21	13	L_C	C相L側駆動出力
PB2/ADC5/INT1	20	VMOT	電動機給電電圧
PB3/AMP0-	27	EXT1	通信形態に依存
PB4/AMP0+	28	EXT2	
PB5/ADC6/INT2	30	EXT5	
PB6/ADC7/PSCOUT11/ICP1B	31	L_B	B相L側駆動出力
PB7/ADC4/PSCOUT01/SCK	32	L_A	A相L側駆動出力
ポートC			
PC0/INT3/PSCOUT10	2	H_B	B相H側駆動出力
PC1/PSCIN1/OC1B	7	EXT3	通信形態に依存
PC2/T0/PSCOUT22	10	EXT4	
PC3/T1/PSCOUT23	11	LIN_NSLP	
PC4/ADC8/AMP1-	21	V_Shunt-	分圧電流-
PC5/ADC9/AMP1+	22	V_Shunt+	分圧電流+
PC6/ADC10/ACMP1	26	Hall_B/BEMF_B	ホール感知器B
PC7/D2A	29	DAC_OUT	D/A変換器出力
ポートD			
PD0/PSCOUT00/XCK/SS_A	1	H_A	A相H側駆動出力
PD1/PSCIN0/CLKO	4	Over_Current	過電流
PD2/PSCIN2/OC1A/MISO_A	5	MISO/EXT10	通信形態に依存
PD3/TXD/DALI/OCOA/SS/MOSL_A	6	MOSI/LINTxD/TxD/EXT7	
PD4/ADC1/RXD/DALI/ICP1A/SCK_A	16	SCK/LINRxD/RxD/POT/EXT8	
PD5/ADC2/ACMP2	17	Hall_C/BEMF_C	ホール感知器C
PD6/ADC3/ACMPM/INT0	18	VMOT_Half	電動機中立点電圧
PD7/ACMP0	19	Hall_A/BEMF_A	ホール感知器A
ポートE			
PE0/RESET/ OCD	3	NRST/EXT9	通信形態に依存
PE1/OC0B/XTAL1	14	EXT6	
PE2/ADC0/XTAL2	15	LED	

VMOTとVMOT\_Halfは実装されますが、使われません。これらは電動機電源の値を得るのに使うことができます。

H<sub>x</sub>とL<sub>x</sub>出力は電力ブリッジを制御するのに使われます。前で見られるように、それらはPWM信号を生成する電力段制御器(PSC)に依存します。このような応用に関して、推奨動作形態は中央整列動作(図8.をご覧ください)で、電流測定のためのA/D変換同期化調整にPSC0比較RAレジスタ(OCR0RA)が使われます。

- ON時間0 =  $2 \times \text{OCRnSA} \times 1/f_{\text{CLKPSC}}$
- ON時間1 =  $2 \times (\text{OCRnRB} - \text{OCRnSB}) \times 1/f_{\text{CLKPSC}}$
- PSC周期 =  $2 \times (\text{OCRnRB} + 1) \times 1/f_{\text{CLKPSC}}$

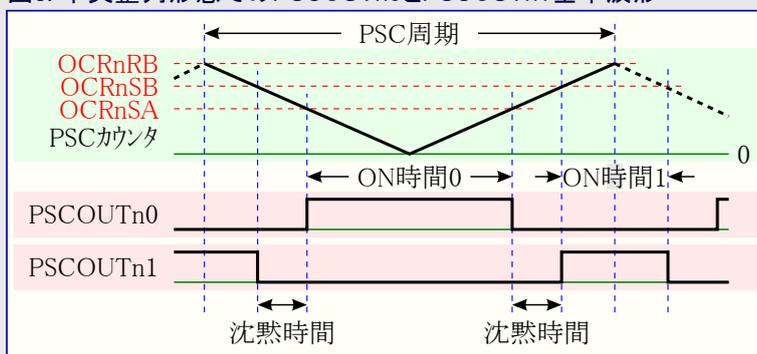
PSCOUTn0とPSCOUTn1間の沈黙時間値は以下です。

- 沈黙時間 =  $|\text{OCRnSB} - \text{OCRnSA}| \times 1/f_{\text{CLKPSC}}$

PSCの入力クロックはI/OクロックまたはPLLからのクロック入力CLKPSCによって与えられます。

電力段に印加されるPWM信号に2つの戦略を用いることができます。最初のもの(高速減衰)は電力ブリッジのH側とL側にPWM信号を印加し、2つ目のもの(低速減衰)は電力ブリッジのH側だけにPWM信号を印加します。

図8. 中央整列形態でのPSCOUTn0とPSCOUTn1基本波形



## ソフトウェア説明

AtmelはブラシレスDC電動機を制御するためのライブラリを提供します。最初の段階はマイクロ コントローラを構成設定して初期化することです。

そしてAVR492ソフトウェア一式と共にHTML資料が配給されます。これはソース フォルダに配置された[readme.html](#)ファイルによって開くことができます。

### マイクロ コントローラ構成設定と初期化

使われるべき関数は`mc_init()`です。これはハードウェアとソフトウェアの初期化関数を呼び出して全ての電動機パラメータ(電動機方向、電動機速度、電動機走行、電動機停止)を初期化します。

### ソフトウェア実装構成

マイクロ コントローラの構成設定と初期化の後で電動機を始動することができます。電動機を制御するには少しの関数だけが必要とされます。全ての使用者関数は以下のように`mc_interface.h`ファイルで定義されます。

`void mci_run(void)`

電動機の始動に用いられます。デューティ サイクルを設定するために調整繰り返し関数が開始されます。そして最初の相整流(転流)が実行されます。

`Bool mci_motor_is_running(void)`

電動機指令状態を得ます。'TRUE'ならば電動機は走行中です。'FALSE'ならば電動機は停止されています。

`void mci_stop(void)`

電動機を停止するのに用いられます。

`void mci_set_motor_speed(U8 speed)`

要求された速度を設定します。

`U8 mci_get_motor_speed(void)`

要求された速度を返します。

`void mci_forward()`

電動機の方向を'CW'(時計回り)に設定します。

`void mci_backward()`

電動機の方向を'CCW'(反時計回り)に設定します。

`U8 mci_get_motor_direction(void)`

電動機の回転方向を返します。

`U8 mci_set_motor_measured_speed(U8 measured_speed)`

`measured_speed`変数内の測定速度を保存します。

`U8 mci_get_measured_speed(void)`

測定速度を得ます。

図9. AT90PWM3/3B構成設定

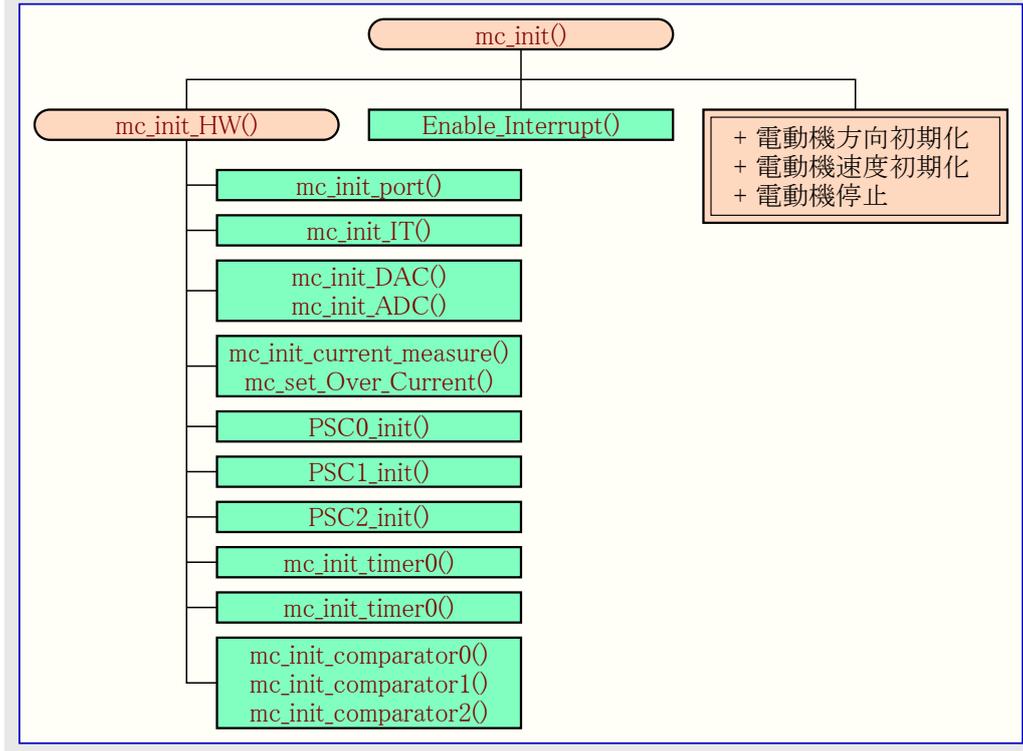


図10. ソフトウェア実装構成図

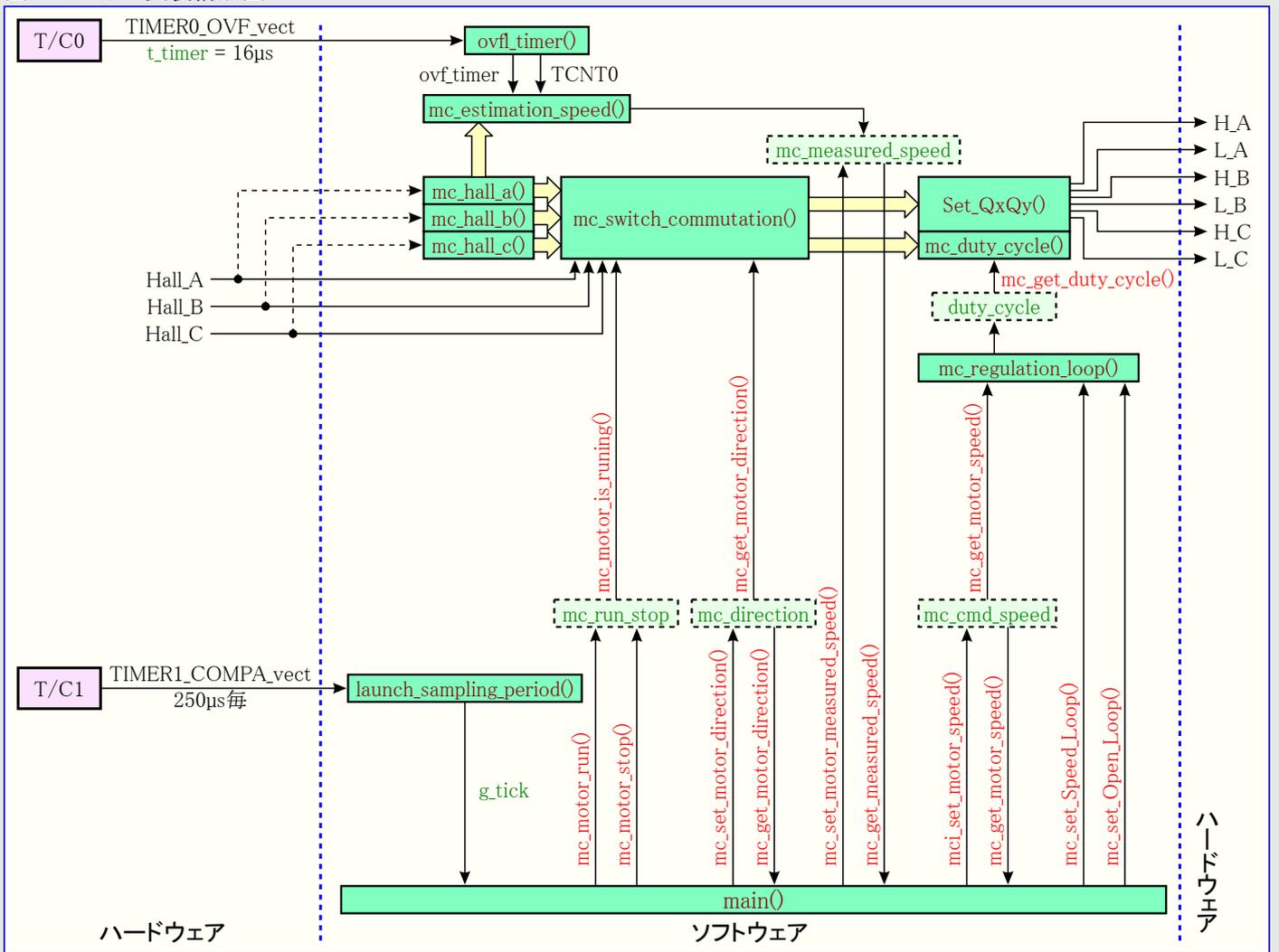
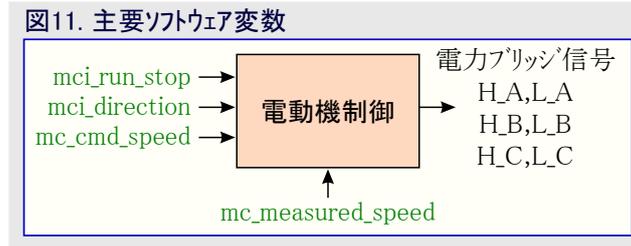


図10はmci\_run\_stop, mci\_direction, mc\_cmd\_speed, mc\_measured\_speedの4つの変数を示します。これらは前で記述されたユーザー関数によってアクセスすることができます。

ソフトウェアは入力(mci\_run\_stop, mci\_direction, mc\_cmd\_speed, mc\_measured\_speed)と出力(全ての電力ブリッジ信号)を持つ電動機制御と名付けられたブラックボックスとして見ることができます(図11)。



関数の殆どはmc\_drv.hで利用可能です。少しだけ電動機形式に依存します。関数は4つの主要な種類に分類することができます。

#### ■ ハードウェア初期化

```
void mc_init_HW(void);
```

- 全てのハードウェア初期化はこの関数で行われます。ポート初期化、割り込み初期化、計時器とPSC、ピンが出力または入力として働くかを選ぶためのDDRレジスタ初期化と入力でのプルアップを活性または非活性にするためのPORTxでのマイクロコントローラの入出力ポート初期化を見つけることができます。また、PLLを始動して全てのPSCレジスタをそれらの初期値で設定します。

```
void PSC0_Init (unsignedint dt0, unsignedint ot0, unsignedint dt1, unsignedint ot1);
```

```
void PSC1_Init (unsigned int dt0, unsigned int ot0, unsigned int dt1, unsigned int ot1);
```

```
void PSC2_Init (unsigned int dt0, unsigned int ot0, unsigned int dt1, unsigned int ot1);
```

- PSCx\_initはマイクロコントローラの電力段制御器(PSC)の構成設定選択を使用者に許します。

#### ■ 相整流(転流)関数

```
U8 mc_get_hall(void);
```

- 6つの整流(転流)段階(HS\_001,HS\_010,HS\_011,HS\_100,HS\_101,HS\_110)に対応するホール感知器値を得ます。

```
_interruptvoid mc_hall_a(void);
```

```
_interruptvoid mc_hall_b(void);
```

```
_interruptvoid mc_hall_c(void);
```

- これらの関数は外部割り込みが検出(ホール感知器エッジ)される時に実行されます。これらは相整流(転流)と速度計算を許します。

```
void mc_duty_cycle(U8 level);
```

- この関数はPSC構成設定に従ってPSCデューティサイクルを設定します。

```
void mc_switch_commutation(U8 position);
```

- 相整流(転流)は使用者が電動機を始動した場合にだけ、ホール感知器値に従って行われます。

#### ■ 採取時間構成設定

```
void mc_init_timer1(void);
```

- 250µs毎に割り込みを生成するようにタイマ/カウンタ1を初期化

```
_interruptvoid launch_sampling_period(void);
```

- 250µs割り込みが活性にされると、フラグが設定されます。これは採取時間制御に使うことができます。

#### ■ 速度推定

```
void mc_init_timer0(void);
```

- 速度計算に使われるべきタイマ/カウンタ0の構成設定

```
void mc_estimation_speed(void);
```

- この関数はホール感知器周期測定原理で電動機速度を計算します。

```
_interruptvoid ovfl_timer(void);
```

- タイマ/カウンタ0での溢れ発生時、8ビット計時器で16ビット計時器を得るために8ビット変数が増加されます。

#### ■ 電流と可変抵抗器の測定

```
_interruptvoid ADC_end_of_conversion(void);
```

- 増幅器変換が終了されると直ぐに、使用者のために使えるフラグを設定するためにADC\_EOC関数が実行されます。

```
void mc_ADC_scheduler(void);
```

- この関数は主応用から周期的に呼び出されます。計画器は電流値と可変抵抗値を変換するようにA/D変換器を交互に切り替えて構成設定します。

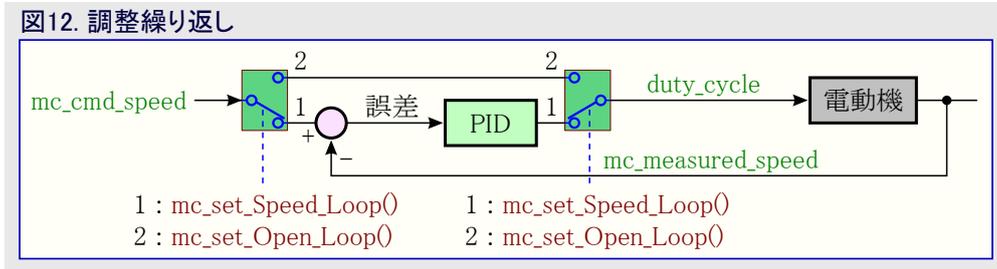
## ■ 過電流検出

```
void mc_set_Over_Current(U8 Level);
```

- ・ 過電流検出レベル設定。このレベルは外部比較器でD/A変換器によって出力されます。

## 調整繰り返し

2つの関数が調整繰り返し、開路繰り返しと速度繰り返しを選びます。図12.はソフトウェアで実装されている調整繰り返しを示します。この2つの関数はmc\_set\_Speed\_Loop()とmc\_set\_Open\_Loop()です。



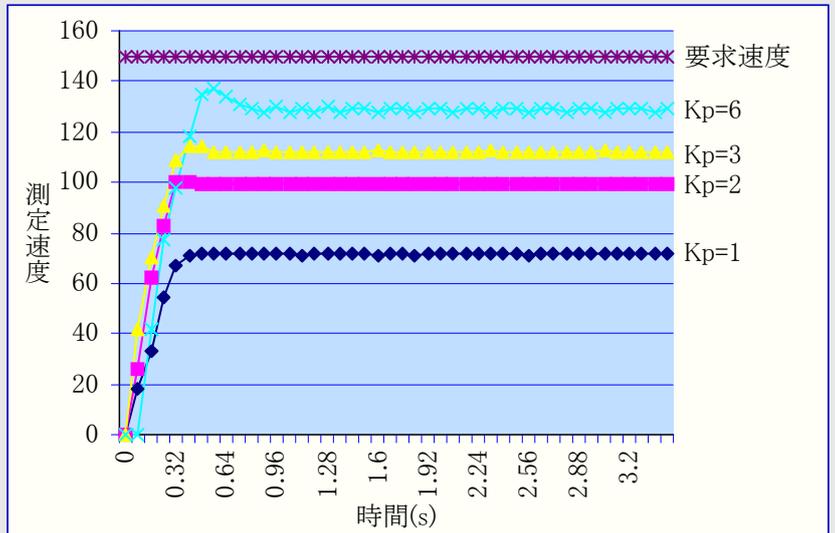
速度繰り返しはPID調整器を持つ速度調整繰り返しにあります。

KPとKIの係数を調節する方法を更に説明します。係数KDは調整繰り返し内に存在しますが使われません。

前で示されるように、電動機の応答時間を調整するのに係数KPが用いられます。初回はKIとKDを'0'に設定します。正しい電動機応答時間を得るためにKPの差の値を試みてください。

- ・ 応答時間が遅すぎる場合は、KP利得を増してください。
- ・ 応答時間が素早いけれども、電動機速度が不安定な場合は、KP利得を減らしてください。

図13. KP調節



KIパラメータは、静的誤差を相殺するのに使われます。KP係数を無変化のままにしてKIパラメータを設定してください。

- ・ 誤差が未だ0と違う場合は、KI利得を増してください。
- ・ 誤差が相殺されているけれども、発振が現れている場合は、KI利得減らしてください。

図14. KI調節

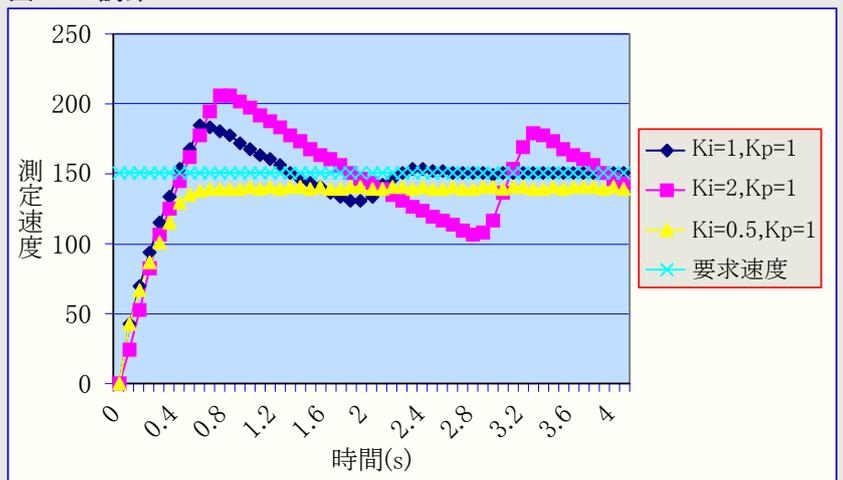


図13.と図14.の例での正しいパラメータはKP=1、KI=0.5、KD=0です。

KDパラメータの調整は以下のとおりです。

- ・ 応答時間が未だ遅すぎる場合は、KD利得を増してください。
- ・ 応答時間が未だ不安定な場合は、KD利得を減らしてください。

別の重要な点は採取時間です。これは系の応答時間に従って選択されなければなりません。採取時間は(シャノンとナイキストの定理に従って)系の応答時間の最低2倍小さくしなければなりません。

(前に説明された)採取時間構成設定に2つの関数が利用可能です。それらは250 $\mu$ s毎に設定されるg\_tickと呼ばれる全体変数に帰着します。この変数とで採取時間を構成設定することが可能です。

## CPUとメモリの用法

全ての測定はFosc=16MHzで実現されています。それらは電動機形式(極の対数)にも依存します。4対の極の電動機では、ホール感知器周波数が電動機回転よりも4倍速くなります。

表3.での全ての結果は4対の極で6900rpmの最大速度を持つ3相のBLDC電動機で得られます(これはATAVRMC100キットで提供される電動機です)。

表3. マイクロ コントローラ利用率

関数	パラメータ	活動時間	活動間隔	使用率 (%)
mc_estimation_speed()	速度=6900rpm	15 $\mu$ s	2.16ms	0.7
mc_switch_commutation()	速度=6900rpm	8 $\mu$ s	300 $\mu$ s	2.7
mc_regulation_loop()	開路繰り返し	10 $\mu$ s	80ms	0.0125
	閉路繰り返し	20 $\mu$ s	80ms	0.025

最悪の場合、マイクロ コントローラの使用率は6900rpmに於いて80msの採取時間で約3.5%です。

最初の推定は加えられた電流調整でより速い電動機にすることができます。mc\_regulation\_loop()の活動時間は20~28 $\mu$ sになります(約7 $\mu$ sのA/D変換器の変換時間に注意しなければなりません)。約2~3msの電流応答時間を持つBLDC電動機のこの推定に関しては5対の極と50000rpmの最大速度が選ばれます。

電動機の最大速度は約50000rpmで、5対の極の回転子で(50000rpm/60)×5=4167Hzのホール感知器周波数を得ます。ホール感知器Aの立ち上がり端毎、故に15 $\mu$ sの活動時間で240 $\mu$ s毎にmc\_estimation\_speed()関数が開始されます。

mc\_switch\_commutation()については3つのホール感知器が考慮されなければなりません。関数は3つのホール感知器の各エッジ(立ち上がり端と立ち下がり端)で実行されます(1つのホール感知器周期で6つの割り込みを持ちます)。240/6 $\mu$ s=40 $\mu$ sの活動間隔に帰着します。

最後に、調整繰り返しの採取時間は電動機の電流応答時間(約1ms)よりも最低2倍小さくしなければなりません。

全ての結果が表4.で要約されます。

表4. 予測されるマイクロ コントローラ利用率

関数	パラメータ	活動時間	活動間隔	使用率 (%)
mc_estimation_speed()	速度=6900rpm	15 $\mu$ s	240 $\mu$ s	6.3
mc_switch_commutation()	速度=6900rpm	8 $\mu$ s	40 $\mu$ s	20
mc_regulation_loop()	閉路繰り返し	28 $\mu$ s	1ms	2.8

このような場合では、マイクロ コントローラの使用率は約30%です。

全ての割合測定は同じソフトウェアで行われています。通信形態は全く使われていません(UARTなし、LINなし、~)。

これらの条件でマイクロ コントローラのメモリ使用は以下のとおりです。

- 3215バイトのコード メモリ(フラッシュ メモリ占有率=40%)
- 114バイトのデータ メモリ(SRAM占有率=24%)
- 384バイトのスタック メモリ(調節可能)

# ATAVRMC100の構成設定と使い方

表5.はATAVRMC100スターキットの様々な動作形態の完全な図式を示します。

表5. マイクロコントローラ使用入出力ポートと通信動作形態

ピン名	ピン番号	ポート機能	動作形態	通信形態			
				LIN	PC接続	STK500	JTAGICEmk II
				感知器	スイッチ/LED	テッドワイア	ISP
<b>ポートB</b>							
PB0/MISO/PSCOUT20	12	H_C	C相H側駆動出力	H_C	H_C	H_C	H_C
PB1/MOSI/PSCOUT21	13	L_C	C相L側駆動出力	L_C	L_C	L_C	L_C
PB2/ADC5/INT1	20	VMOT	電動機給電電圧	VMOT	VMOT	VMOT	VMOT
PB3/AMPO-	27	EXT1	通信形態に依存	EXT1	EXT1	EXT1	EXT1
PB4/AMPO+	28	EXT2		EXT2	EXT2	EXT2	EXT2
PB5/ADC6/INT2	30	EXT5		EXT5	EXT5	EXT5	EXT5
PB6/ADC7/PSCOUT11/ICPIB	31	L_B	B相L側駆動出力	L_B	L_B	L_B	L_B
PB7/ADC4/PSCOUT01/SCK	32	L_A	A相L側駆動出力	L_A	L_A	L_A	L_A
<b>ポートC</b>							
PC0/INT3/PSCOUT10	2	H_B	B相H側駆動出力	H_B	H_B	H_B	H_B
PC1/PSCIN1/OC1B	7	EXT3	通信形態に依存	EXT3	EXT3	EXT3	EXT3
PC2/T0/PSCOUT22	10	EXT4		EXT4	EXT4	EXT4	EXT4
PC3/T1/PSCOUT23	11	LIN_NSLP		LIN_NSLP	LIN_NSLP	LIN_NSLP	LIN_NSLP
PC4/ADC8/AMPI-	21	V_Shunt-		V_Shunt-	V_Shunt-	V_Shunt-	V_Shunt-
PC5/ADC9/AMPI+	22	V_Shunt+	V_Shunt+	V_Shunt+	V_Shunt+	V_Shunt+	
PC6/ADC10/ACMP1	26	Hall_B/BEMF_B	ホール感知器B				
PC7/D2A	29	DAC_OUT	D/A変換器出力	DAC_OUT	DAC_OUT	DAC_OUT	DAC_OUT
<b>ポートD</b>							
PD0/PSCOUT00/XCK/SS_A	1	H_A	A相H側駆動出力	H_A	H_A	H_A	H_A
PD1/PSCIN0/CLKO	4	Over_Current	過電流	Over_Current	Over_Current	Over_Current	Over_Current
PD2/PSCIN2/OC1A/MISO_A	5	MISO/EXT10	通信形態に依存	EXT10	EXT10	EXT10	MISO
PD3/TXD/DALI/OCOA/SS/MOSLA	6	MOSI/LINTxD/TxD/EXT7		LINTxD	POT	EXT7	MOSI
PD4/ADC1/RXD/DALI/ICPIA/SCK_A	16	SCK/LINRxD/RxD/POT/EXT8		LINRxD	RxD	EXT8	SCK
PD5/ADC2/ACMP2	17	Hall_C/BEMF_C	ホール感知器C				
PD6/ADC3/ACMPM/INT0	18	VMOT_Half	電動機中立点電圧	VMOT_Half	VMOT_Half	VMOT_Half	VMOT_Half
PD7/ACMP0	19	Hall_A/BEMF_A	ホール感知器A				
<b>ポートE</b>							
PE0/RESET/OCd	3	NRST/EXT9	通信形態に依存	EXT9	EXT9	NRST	NRST
PE1/OC0B/XTAL1	14	EXT6		EXT6	EXT6	EXT6	EXT6
PE2/ADC0/XTAL2	15	LED		LED	LED	LED	LED



## 動作形態

2つの異なる動作形態が利用可能で、両形態間から選ぶには図15.に従ってJP1,JP2,JP3ジャンパを設定してください。この応用では感知器形態だけが使われます。ハードウェアの完全な記述についてはATAVRMC100使用者の手引きを参照してください。

図15. 感知器形態選択

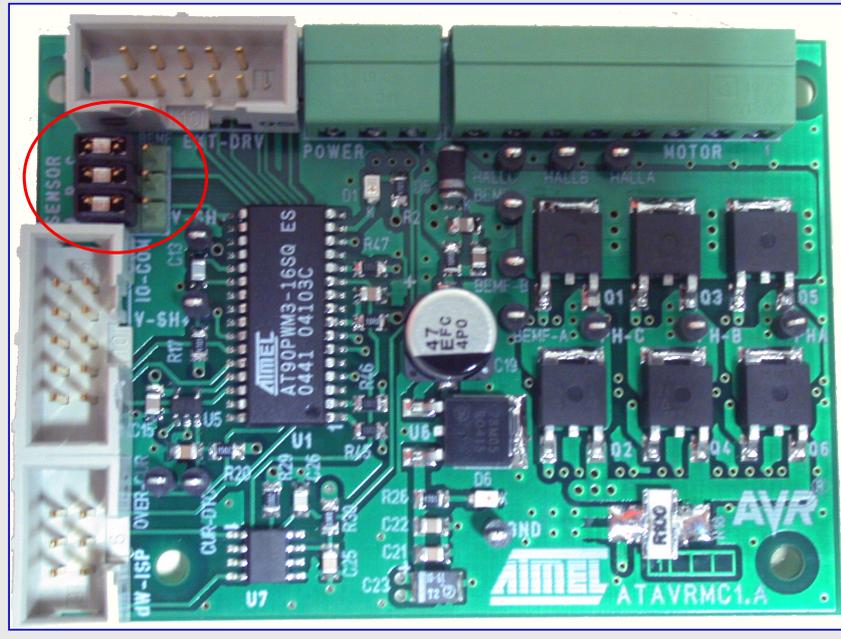
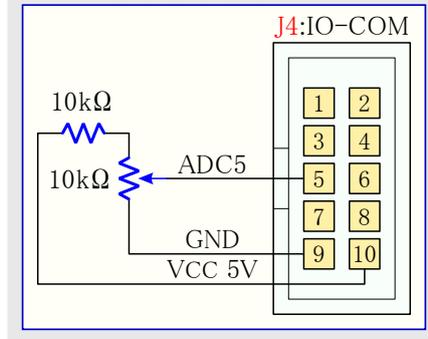


図15.はこの応用記述と連携するソフトウェアを使うための既定ジャンパ設定を示します。ATAVRMC100基板と共に配給されるソフトウェアは以下の2つの動作形態を許します。

- ・ 外部部品なし、電動機は100%の速度で始動します。
- ・ 電動機を速度を調節するために1つの外部可変抵抗器を使います。

図16. 可変抵抗器接続



## 結び

この応用記述は感知器ブラシレスDC電動機応用に対するソフトウェアとハードウェアの解決策を提供します。全てのソースコードはAtmelのウェブサイトから入手可能です。

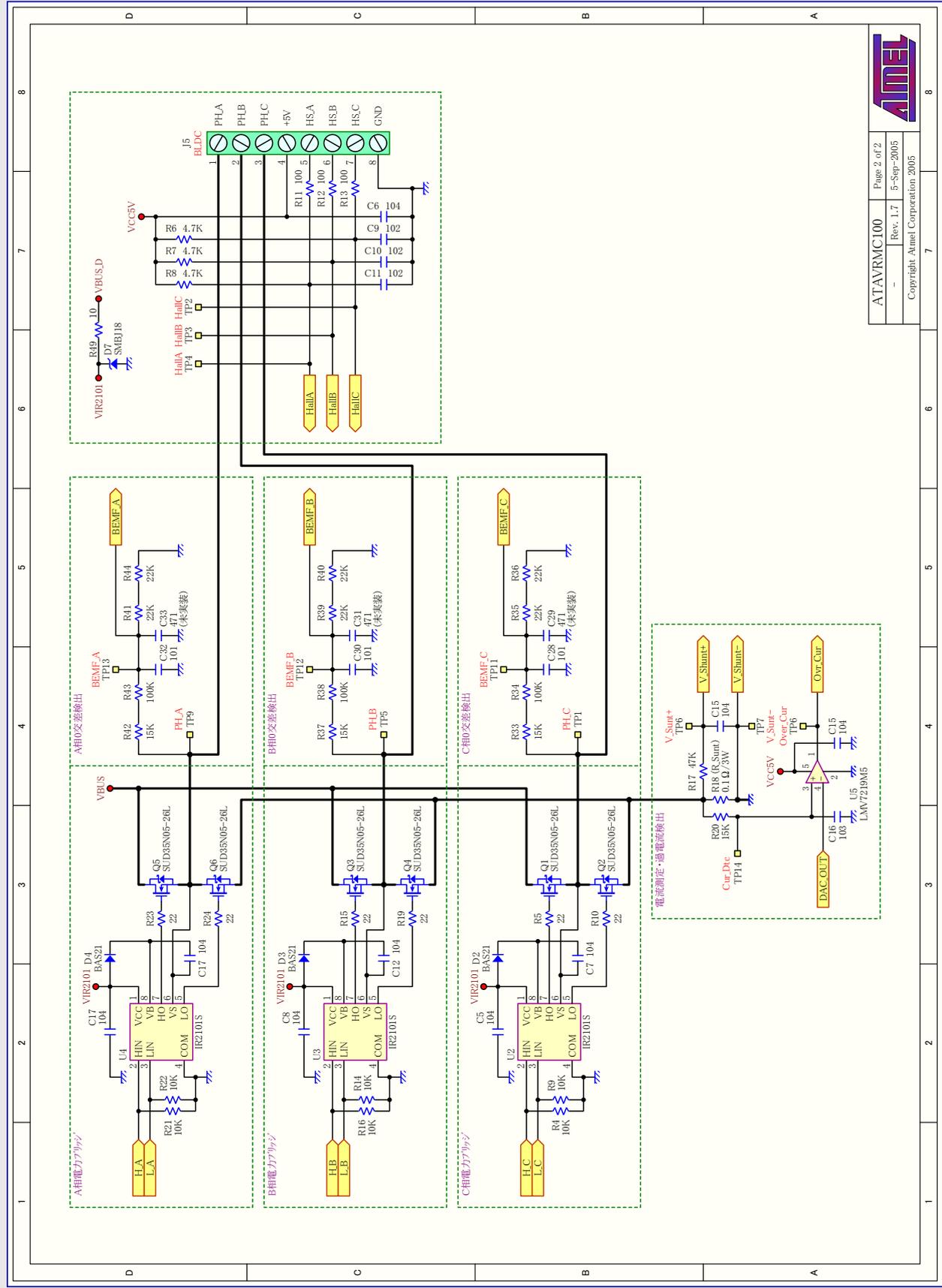
ソフトウェアライブラリはどんな感知器3相ブラシレスDC電動機の始動と速度制御の関数を提供します。

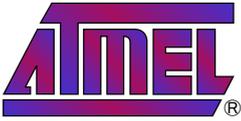
ハードウェアは感知器ブラシレスDC電動機を制御するのに必要とされる最小の外部部品での最小設計に基づきます。

AT90PWM3/3BのCPUとメモリの用法は新しい機能で開発者に視野の拡張を許します。



图18. 回路图 (2/2)





## 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)

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 2007. 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AVR492応用記述(doc7518.pdf Rev.7518B-05/07)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。