

RX62T

R01AN0903JU0100

Rev.1.00

PMSM モータの 3 シャントセンサレスベクトル制御

2013.02.08

はじめに

本書では、RX62T の 3 シャントセンサレスベクトル制御ソリューションについて紹介します。このソリューションは、3 シャント電流測定とともに RX62T 評価キット上に実装されています。

本書は、評価キットのハードウェアプラットフォーム、3 シャント電流測定、3 シャントセンサレスベクトル制御方式、およびソフトウェア実装について説明します。センサレスベクトル制御のアルゴリズムは、ルネサスアプリケーションノート REU05B0103-0100/Rev.1.00 で紹介した方法に基づいています。

本書では特に、さまざまなモータやアプリケーションに合わせてこのソリューションを修正する方法について説明し、パラメータのチューニング例を示しています。

対象デバイス

RX62T

目次

1. 概要	2
2. ハードウェアプラットフォーム	3
3. 仕様と性能データ	4
4. システム制御ブロック図	5
5. 3 シャントモータ位相電流の測定	6
6. 3 シャントセンサレスベクトル制御方式	11
7. ソフトウェアの記述	12
8. モータと制御のパラメータのチューニング例	15
Appendix A - References	17

1. 概要

近年、モータ制御などの組み込み制御システムにおいて各種マイクロコントローラが急速に開発されて広範囲の用途に利用されています。高性能のモータ制御アプリケーションには、32 ビットの浮動小数点ユニットも採用されています。浮動小数点のアーキテクチャによって性能が改善され、プログラミングが簡素化され、さらに高度なモータ制御アルゴリズムが実現し能力が向上しています。

ルネサス RX MCU は、高性能で低コストの 32 ビット 100MHz/165DMIPS マイクロコントローラです。単精度 32 ビット浮動小数点データのための IEEE-754 標準フォーマットをサポートしています。RX コアに組み込まれたハードウェア FPU により、RX CPU の負荷が軽減され、小数点の計算が簡素化され、全体的な処理性能が向上し、さらにファームウェアの開発が容易になります。

RX62T を用いたモータ制御アプリケーションの開発者にとって、RX62T 評価キットは、アプリケーション開発を正しく開始し、開発者が評価段階で確認した内容を実際のアプリケーションに適用できるようにすることで、生産までの期間を短縮するために必要なすべてのハードウェアおよびソフトウェアを含む一式を備えた開発プラットフォームを提供します。

このキットは、同梱のブラシレス DC (BLDC) モータを動作させられる状態で提供されています。ボードに電源を投入するだけで、5 種類のモータ制御ソリューションを確認することができます。すなわち、1) 3 シャントセンサレスベクトル制御、2) 単一シャントセンサレスベクトル制御、3) PGA を内蔵した 3 シャントセンサレスベクトル制御、4) PGA を内蔵した単一シャントセンサレスベクトル制御、5) エンコーダを用いた位置制御です。次に、デモアプリケーションを修正して、特定のモータ制御アプリケーションを開発することができます。また GUI を用いて、ユーザ固有のモータを駆動するためのモータと制御のパラメータを修正することができます。

本書では、RX62T の 3 シャントセンサレスベクトル制御ソリューションについて紹介します。このソリューションは、3 シャント電流測定とともに RX62T 評価キット上に実装されています。本書は、評価キットのハードウェアプラットフォーム、3 シャント電流測定、3 シャントセンサレスベクトル制御方式、およびソフトウェア実装について説明します。センサレスベクトル制御のアルゴリズムは、ルネサスアプリケーションノート REU05B0103-0100/Rev.1.00 で紹介した方法に基づいています。本書では特に、さまざまなモータやアプリケーションに合わせてこのソリューションを修正する方法について説明し、パラメータのチューニング例を示しています。

アプリケーションノートで説明するソフトウェアは、以下のデバイスとプラットフォームに適用することができます。

- MCU : RX62T および RX62N
- モータ : 3 相 BLDC および PMSM モータ
- プラットフォーム : ルネサス評価キット
- 制御アルゴリズム : 3 シャントセンサレスベクトル制御

2. ハードウェアプラットフォーム

RX62T の評価ボードは、コントローラに電力インバータを組み込んだ単一ボードです。ハードウェアは、図 1 に示すように、低電圧 MOSFET 電力段、通信ステージ、および RX62T マイクロコントローラをベースにしたコントローラが含まれています。

ボードには以下の特長があります。

- 低電圧モータとともに 3 相インバータをボードに搭載
- 24V 外部電源により DC バス電圧の 15V と 5V の電源を供給
- 電源デバイスはルネサスの低電圧 MOSFET を使用
- 電力定格：最大 120 ワット
- 3 シャントと単一シャントの電流測定をサポート
- 外部アンプから内部 PGA に簡単にジャンプで変更可能
- H8S2212 MCU を介した PC との USB 通信
- GUI を使用して、モータと制御のパラメータを修正、および速度と位置の両方の制御をチューニング
- ホールセンサとエンコーダを接続するためのコネクタ
- LCD ディスプレイによる動作ステータスの監視
- ポテンショメータと押しボタンで設定されるスタンドアロンモードのサポート
- 第 2 モータの駆動をサポート、別のモータ制御電力段用の信号とコネクタが使用可能

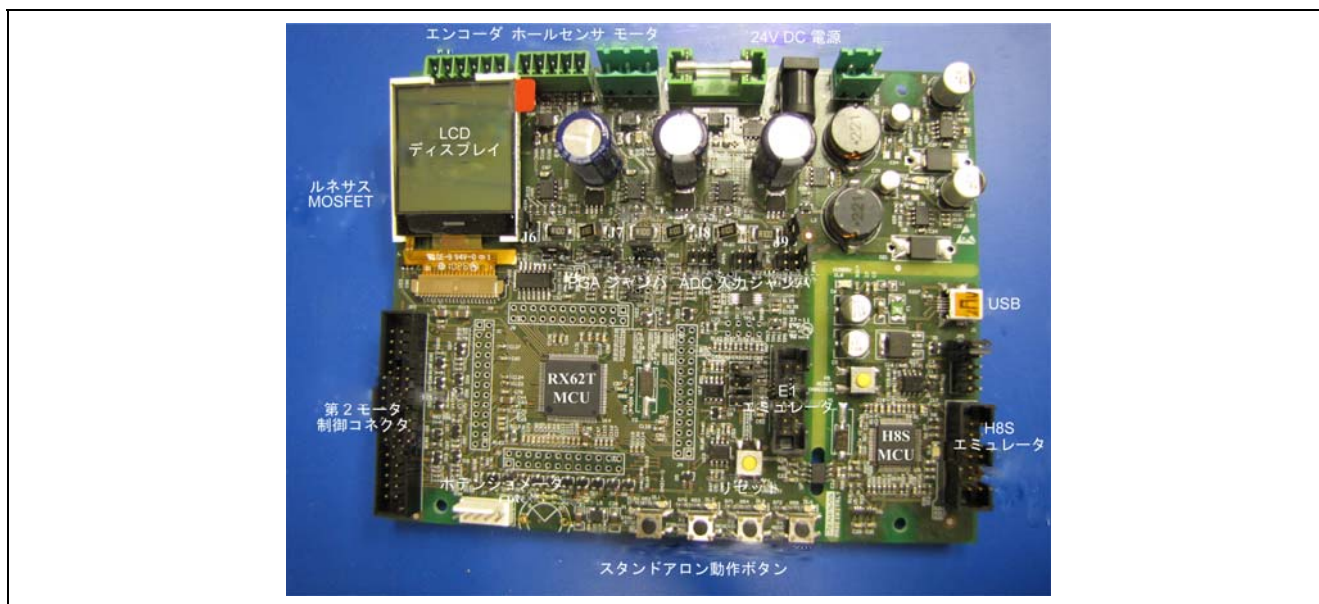


図 1 評価ボード

3. 仕様と性能データ

単一シャントのセンサレスベクトル制御は、ルネサス評価キットと RX62T MCU を使用して実装されており、その主な仕様データを以下に示します。

- 入力電圧：24VDC
- 定格バス電圧：24V
- 出力電圧：24VAC
- 定格出力電力：120W
- PWM スイッチング周波数：20KHz
- 制御ループ周波数：10KHz
- 電流測定：3 シャント抵抗器
- 実装：FPU
- CPU 処理能力：19.7%
- 使用フラッシュメモリ：33.816K バイト
- 使用 RAM：4.387K バイト
- 使用スタック：336 バイト

4. システム制御ブロック図

RX62T は、最大動作周波数 100MHz で 165DMIPS の 32 ビットの高性能マイクロコントローラで、単精度浮動小数点ユニット (FPU) を内蔵しています。モータ制御を容易にするため、多機能タイマ (MTU、GPT)、高速 12 ビット A/D コンバータ、および 10 ビット A/D コンバータが搭載されています。図 2 は、ルネサス RX62T マイクロコントローラを用いた PMSM モータのセンサレスベクトル制御のブロック図を示しています。

評価キットは 2 つのモータを制御することができます。RX62T のタイマ MTU3 のチャンネル 3 と 4 を使用して、第 2 モータを駆動できますが、このアプリケーションでは取り上げていません。MTU3 のチャンネル 6 と 7 を使用して 6 個の PWM 信号を生成し、ボードのモータを相補モードで駆動しています。PWM 変調は、空間ベクトル PWM または正弦波 PWM を第 3 高調波で使用しています。3 相インバータは、ルネサスの低電圧 MOSFET を使用しており、これにより可変の周波数と振幅を用いて 3 相の電圧を生成し、所望の電圧でモータを駆動します。

モータの電流 i_u, i_v, i_w は、3 つのシャント抵抗器で測定されます。電流 i_u, i_v, i_w は、それぞれチャンネル AN002、AN001、および AN000 の 12 ビット ADC ユニットの 0 で測定されます。その一方で、バス電圧は、チャンネル AN003 の 12 ビット ADC ユニットの 0 で測定されます。

第 2 モータの電流 i_u, i_v, i_w は、それぞれチャンネル AN102、AN101、および AN100 の 12 ビット ADC ユニットの 1 で測定されます。バス電圧は、チャンネル AN103 の 12 ビット ADC ユニットの 1 でサンプリングされます。

速度は、外部のポテンショメータによって指定されます。これは 10 ビット ADC チャンネル AN1 に入力されます。MOSFET の温度は、10 ビット ADC チャンネル AN2 で測定されます。

エンコーダのパルス A と B は、TCLKA と TCLKB に入力されます。Z パルスは IRQ0 に入力されます。第 2 モータの場合、エンコーダのパルス A と B は、TCLKC と TCLKD に入力されます。Z パルスは IRQ3 に入力されます。MTU3 タイマには、2 相のエンコーダパルス入力を取り込むための位相カウントモードがあります。

モータおよび電源ボードに過電流が生じると、ADC 電流サンプリング回路が POE 信号を生成して、MCU ハードウェアからの PWM 出力を直ちに停止します。また、RX62T 制御システムには、IEC60730 安全規格に準拠したさまざまなシステムレベルの安全機能が備わっています。これには、たとえば、低電圧検出 (LVD)、独立ウォッチドッグタイマ (IWDT)、クロック停止検出、ADC コンバータ自己診断、出力ポートモニタなどがあります。

グラフィカルユーザインターフェース (GUI) が USB 通信によって RX62T MCU と通信します。GUI は、リアルタイムにモータの動作ステータスを表示し、モータと制御のパラメータをチューニングすることができます。ボードは、スタンドアロンモードで動作することもできます。LCD がモータのステータスを表示します。

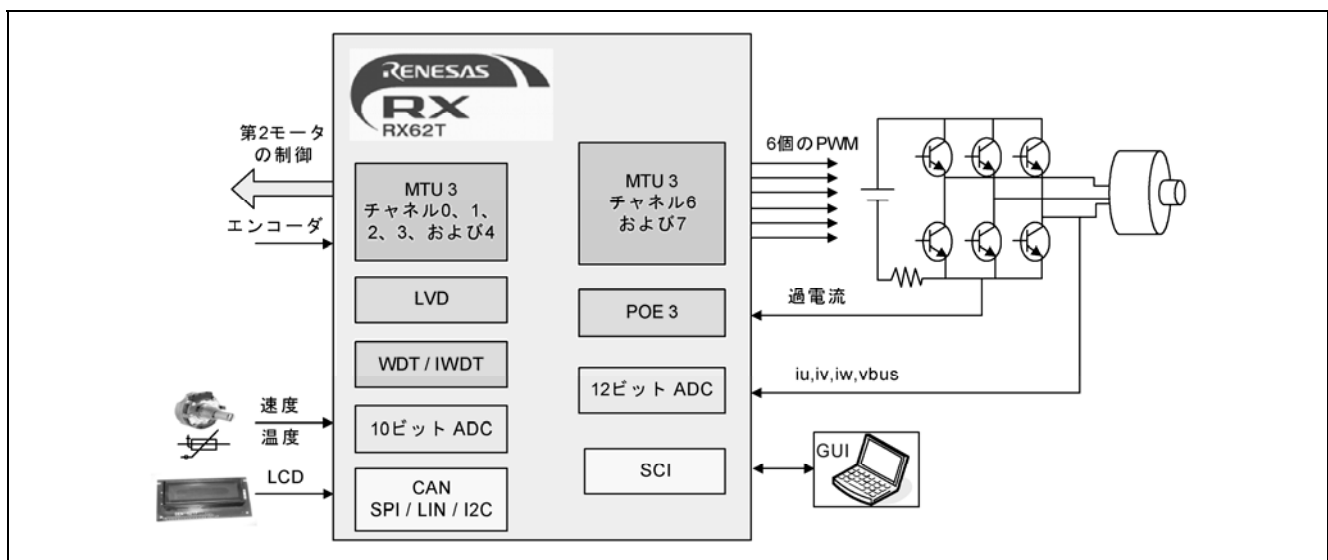


図 2 システム制御ブロック図

5. 3 シャントモータ位相電流の測定

5.1 3 シャント電流の測定方法

3 相モータ電流は通常、以下によってサンプリングされます。

- シャント抵抗器
- LEM ホール効果センサ

シャント抵抗器は、低コストで正確な測定が可能のため、広く使われている電流センサです。LEM ホール効果電流センサは、非接触測定が可能のため、またセンサと信号調整回路を結合する Allegro 電流 IC などの小型 IC パッケージで使用可能なため、広範囲に使用されています。表 1 は、2 つの電流センサの長所と短所をまとめたものです。

表 1 ホール効果センサとシャント抵抗器の電流検出の比較

電流検出方法	LEM ホール効果センサ	シャント抵抗器
精度	良い	良い
コスト	高い	安い
絶縁	あり	なし
AC/DC 電流	両方	両方
大電流	良い	貧弱
DC オフセット	なし	あり
非接触性	なし	あり
消費電力	低い	高い

シャント抵抗器は、低コストで精度が良いため、広く使われている電流検出センサです。負荷を流れる電流を測定するために既知の値が小さな抵抗器の両端の電圧低下を測定します。抵抗器の値が小さければ、電圧低下は少量であるため、測定はモータ回路に大きな影響を及ぼしません。

シャント電流抵抗器の選択基準には、以下に示すいくつかのトレードオフの評価が必要となります。

- 抵抗を増大すると検出電圧が増大し、電圧オフセットと入力バイアス電流オフセットの増幅誤差が小さくなります。
- 抵抗値を大きくすることによって電圧の損失および電力効率の低減が生じます。また、ローサイド測定において負荷に対する電圧オフセットが生じ、これが EMI 特性やシステムのノイズ感度に影響するおそれがあります。
- 電流に高周波数成分が含まれている場合、特殊用途の低インダクタンス抵抗器が必要となります。
- $I^2 \times R$ の電力消費によって自己発熱が生じ、またシャントの公称抵抗値に変化が生じるため、抵抗器の電力定格を評価する必要があります。

ローサイドの電流測定では、グランドを基準にした測定であるため、低電圧のオペアンプで回路を実装できるという利点が得られます。ローサイド測定回路は、非反転アンプを使用することができるので、回路の入力インピーダンスはアンプの大きな入力インピーダンスに匹敵します。

一方、ローサイドの抵抗器がグランドパスを分断し、また接地システムへの追加抵抗によってオフセット電圧が生じ EMI ノイズの問題が発生するといういくつかの短所もあります。また、誤って別のグランドパスを経由して負荷をグランドに接続した場合には、障害を検出できません。

5.2 3 シャント電流測定回路

図 3 は、3 シャント電流測定の場合の評価キットのハードウェア回路を示しています。ジャンパ J6 と J9 をショートすると同時に J7 と J8 をオープンにします。MOSFET インバータの 3 つのローサイドレッグのすべての合成電流は、0.1 の単一のシャント抵抗器で測定することができ、また個々の各レッグの電流は、3 つのシャント抵抗器で求めることができます。表 2 に、3 シャント電流測定のジャンパ設定を示します。

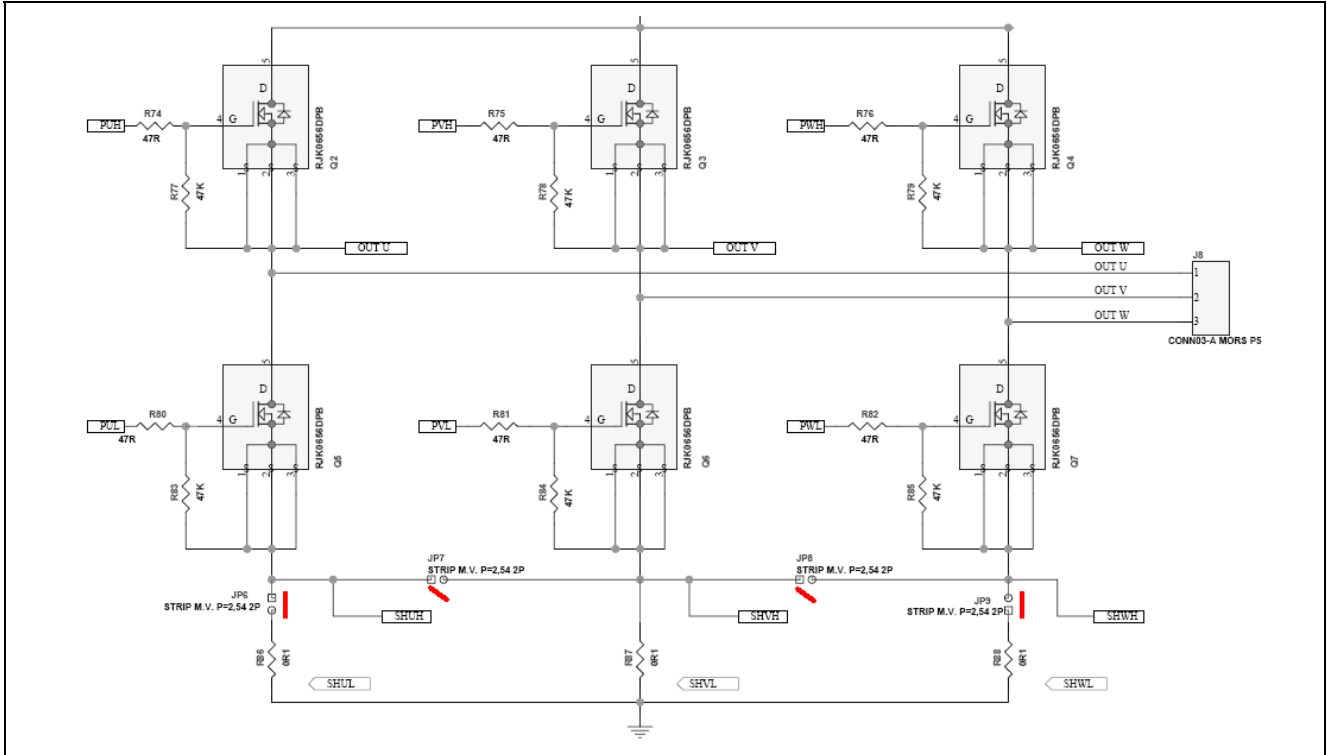


図 3 ローサイドインバータレッグでの 3 シャント電流測定

表 2 3 シャント電流測定のジャンパ設定

ジャンパ	J6	J7	J8	J9
状態	オン	オフ	オフ	オン

5.3 3 シャントからのモータ電流の読み取り

図 4 は、インバータの 1 つのレッグと電圧波形を示しています。ロースイッチがオンで、ゲートコマンド u_g がハイの場合、次のようになります。

- ゲートコマンド u_g がローになります。
- ハイスイッチはオフであるため電流はハイスイッチを流れることができません。
- ハイダイオードは極性が逆であるため電流は流れません。したがってハイダイオードもオフになります。

ローサイドスイッチがオンの場合に相電流がシャントを流れます。したがって、モータの相電流を読み取るには、関連するローサイドスイッチがオンのときに、対応するシャント電流を読み取る必要があります。

一方、図 4 の 3 相変調によって得られた電圧波形を観測すると、あらゆる時点において、3 相のうちの 2 相が最大電圧値の 90% 未満であることがわかります。つまり、あらゆる時点において、3 相のうちの 2 相のロースイッチのオン期間が全期間の 10% よりも長いということです。

要するに、3 シャント測定システムで、常に 2 つの電流を読み取ることが可能になります。

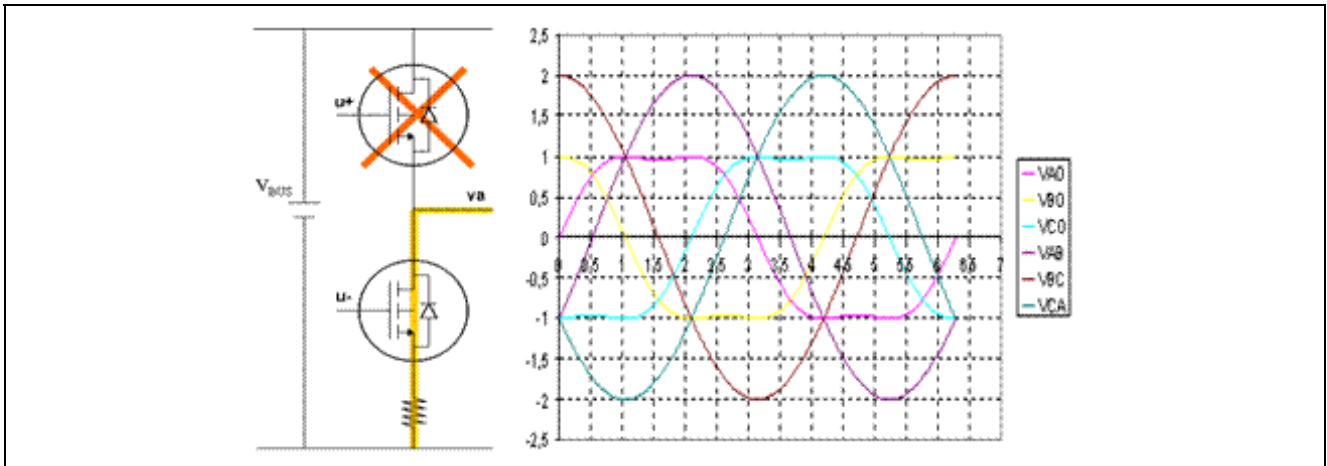


図 4 インバータの 1 つのレッグ (左) とモータ電圧波形 (右)

図 5 は PWM の波形です。3 シャント電流の読み取りは、PWM のデューティによって異なります。デューティが小さいほど電圧の出力は大きくなり、ロースイッチのオン時間が短くなります。この 3 つの中で下側アームのオン時間がより長いものが選択されます。アンペア単位での変換を行う必要があります。

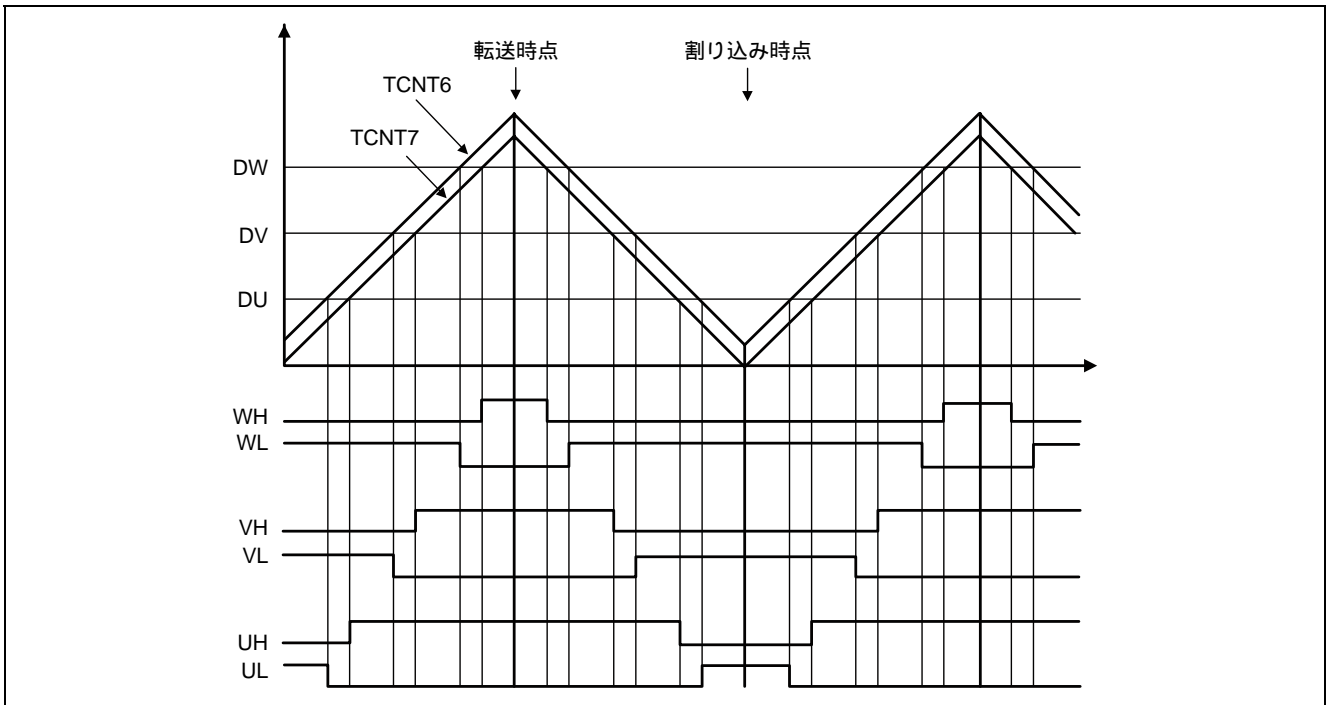


図 5 3 相 PWM のデューティと PWM 波形

5.4 3 シャント電流 ADC のサンプリングとスケールリング

図 6 は、3 シャント電流のサンプルと増幅回路を示しています。電流の極性があるため、オフセットを追加して 0 ボルトに対する最大負電流をシフトする必要があります。オフセットと増幅の後、RX62T MCU ADC チャンネル AN000、AN001、および AN002 のそれぞれに入力される 3 つのシャント電流を表 3 に示します。

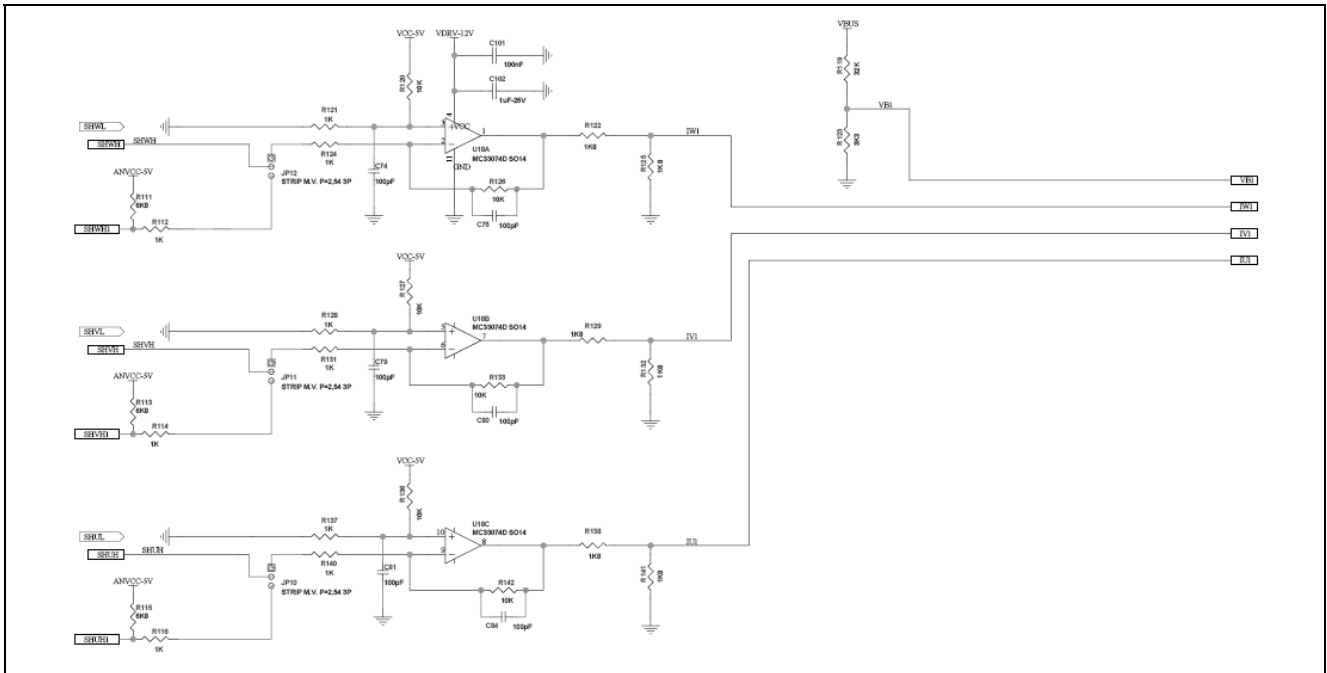


図 6 モータ電流測定回路

表 3 ADC 変換

項目	ADC チャンネル	変換率 (実測値/ADC 入力値)
u 相電流 - i_u	AN002	-5A ~ 5A/ 0 ~ 5V
v 相電流 - i_v	AN001	-5A ~ 5A/ 0 ~ 5V
w 相電流 - i_w	AN000	-5A ~ 5A/ 0 ~ 5V
DC バス電圧 - v_{bus}	AN003	0 ~ 50V/0 ~ 5V

信号は、基本的に 2 つの主要なタイプ、すなわちバイポーラとユニポーラに分類することができます。モータの相電流はバイポーラ信号の例であり、DC バス電圧はユニポーラ信号の例です。

このアプリケーションで使用されるシャント抵抗器は 0.1 です。電流の測定範囲は、-5A ~ 5A です。アンプのゲインは 5 に設定されます。図 7 は、電流検出のスケール変換を示しています。

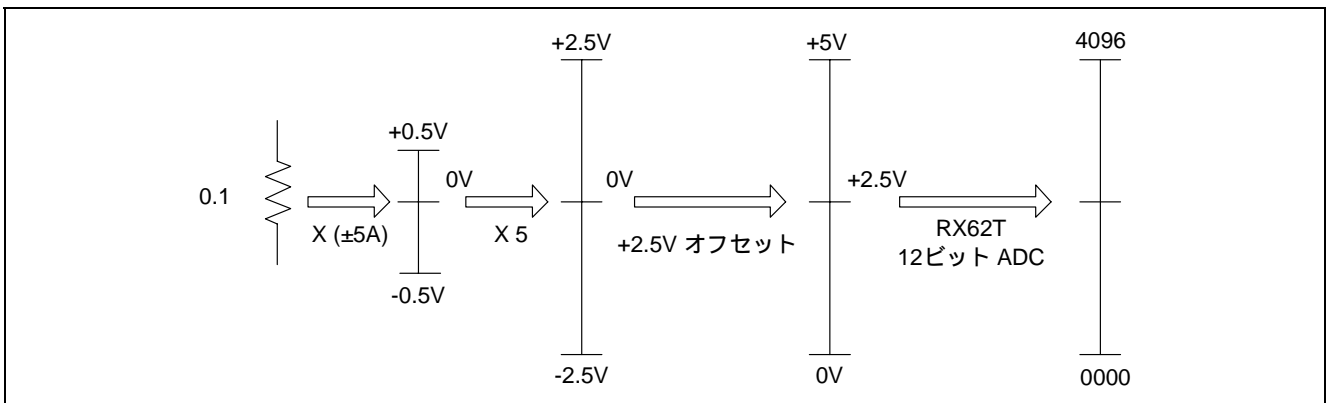


図 7 モータ電流検出のスケール変換

シャント抵抗器 0.1 は、最大 ±5 アンペアの電流を検出し、この電流を ±0.5 ボルトの電圧に転換します。アンプは、この電圧を 5 倍に増幅します。A/D 入力、グラウンドを 0 ボルト基準にした状態で、RX62T の 0 ~ 5 ボルト範囲のアナログ入力信号 (i_u 、 i_v 、 i_w) を受け入れます。アンプの出力電圧には 2.5V のオフセットが追加されます。A/D 入力値の 2.5V は電流がゼロと見なされ、2.5V ~ 5V の A/D 入力値は正の電流

値に相当し、0~2.5V は負の電流値に相当します。12 ビット ADC は、0~4096 のデジタル値として電圧を読み取ります。

$$i_u = KADI * (AN002 - i_{u_offset})$$

$$i_v = KADI * (AN001 - i_{v_offset})$$

$$i_w = KADI * (AN000 - i_{w_offset})$$

$$KADI = 5 / (4096 * Rshunt * Kamp)$$

ここで、

i_u 、 i_v および i_w は、3 相のモータ電流です。

i_{u_offset} 、 i_{v_offset} 、および i_{w_offset} は、それぞれ u 、 v 、および w の相電流オフセットです。

AN002、AN001、および AN000 は、それぞれ u 、 v 、および w 相のシャント電流の 12 ビット ADC 読取値です。

KADI は、モータ相電流のスケーリングです。

Rshunt は、シャント抵抗器の値です。

Kamp は、電流アンプのゲインです。

5.5 3 シャント電流の読み取りソフトウェアの実装

ソフトウェアの実装には、シャント電流オフセットの計算 MC_SetOff() とシャント電流の読み取り MC_Readc_TS() が含まれています。

- MC_SetOff() は、電流が 0 のときの ADC チャンネルのオフセットを読み取ります。これは、最初に 1 回実行されます。
- MC_Readc_TS() は、谷の割り込みごとに呼び出されます。これは ADC 変換結果を読み取ります。デューティサイクル値に基づき、読み取るべき 2 つのチャンネルを計算します。これらは、ロースイッチのオン期間が長い方に対応します。チャンネルのオフセットを減算してモータの実際の電流に変換する必要があります。第 3 の電流が、他の 2 つの合計のマイナス分として計算されます。

図 8 は、3 シャント電流測定のプロフローチャートを示しています。

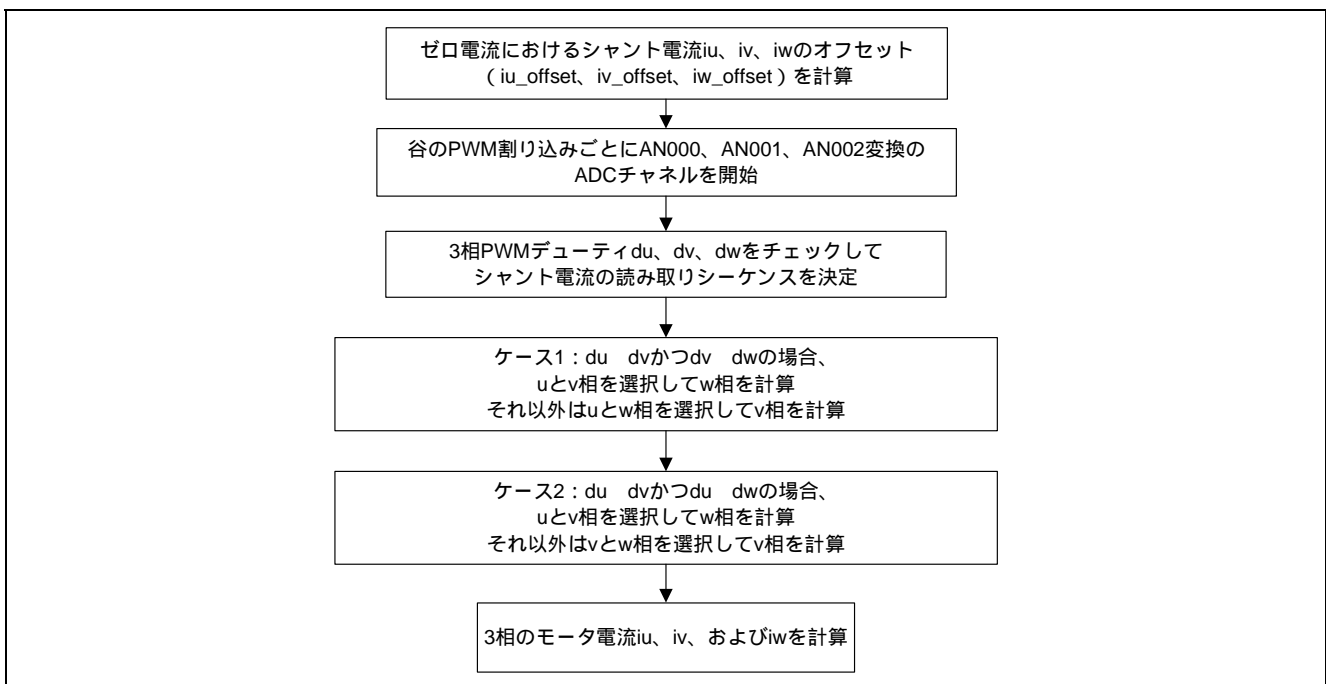


図 8 3 シャント電流測定のプロフローチャート

6. 3 シャントセンサレスベクトル制御方式

図 9 に示したベクトル制御表現を使えば、DC モータの制御とほぼ同じ方法で磁束とトルクを簡単に制御することができます。すなわち、磁束は I_d 電流で制御され、トルクは I_q 電流で制御されます。3 相モータには、その特性上、3 つの巻線と 3 つの電流があり、それぞれが 120 度離れています。ベクトル表現ではクラーク変換とパーク変換を使用して、(u、v、w) フレームで測定した相電流を最初に静的直交 (a、β) フレーム (90 度離れている) に変換し、次にロータフレームに変換します。これも直交フレームですが、(d、q) フレームと呼ばれる磁場軸に沿って調整されています。これらの変換は、ロータ角度について超越関数のサインとコサインを使用しているため、計算を行うときにロータの角度が既知であることが必要条件になります。いったん電流が (d、q) フレームに変換されれば、制御アルゴリズムは単純に PID または PI ループを実行して、トルクと磁束に必要な電圧を計算します。次に、この必要な電圧 (V_{dc} 、 V_{qc}) は、逆クラーク変換と逆パーク変換を使用して (u、v、w) フレームに変換され、さらに PWM のデューティサイクルが計算されます。

これらのブロックはすべて、図 9 に示す内部電流ループを形成しており、2 つの計算ブロックは、磁束オブザーバおよび速度推定と呼ばれ、センサレスベクトル制御表現の特別な部分です。センサを使用してロータの角度と速度を測定するときには、これらの 2 つのブロックは大幅に変化します。

センサレス実装では、角度と速度を測定するセンサはまったくないため、モータモデルを使用して、測定した相電流とモータパラメータに基づいて磁束を計算して速度を推定します。したがって、より多くの計算が必要になります。これらの計算には、さらに超越関数とフィルタの使用も必要になります。

ADC で測定した相電流は最初に適正な電流値に変換されます。3 次フィルタを利用してノイズやその他の望ましくない作用を低減し、必要に応じて連続的に磁束を取り込みます。最後に逆タンジェントの ARCTAN 関数を使用してロータの角度を導出します。速度は、いくつかのフィルタリングを使用し、2 つの連続したロータ角度の計算値に基づいて推定します。これらのすべてを計算するには、多大な時間を費やし、CPU の処理能力を消費します。FPU を利用すれば、CPU の処理能力を軽減することができ、コードサイズも小さくなります。

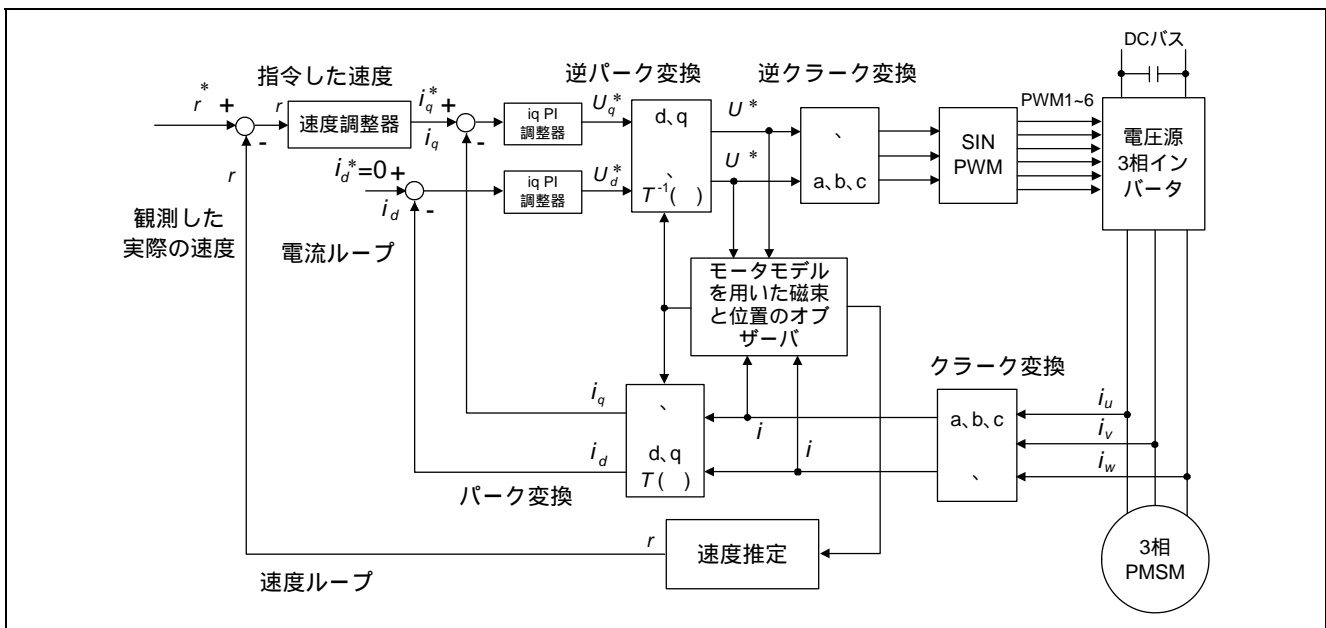


図 9 センサレスベクトル制御のブロック図

ここに示すように、SVC は、複雑な座標変換とモータの数学的モデルを使用しており、多量の計算が必要となります。このため SVC は、高度な計算能力を備えた高速 MCU を必要とします。現時点では、ほとんどの SVC 実装は、固定小数点の MCU または DSP を使用しています。いくつかは浮動小数点プロセッサを採用していますが、これらのプロセッサのコアは実際は固定小数点であり、したがって真の FPU 実装ではありません。

7. ソフトウェアの記述

3 シャントセンサレスベクトル制御ソフトウェアには、以下の特長があります。

- すべてのコードが C 言語で記述されています。
- ソフトウェアは、SVC ブロック図に従ってモジュール化されています（図 9 に示すとおり）。
- コアの SVC モジュールは通常、変更なしで使用できます。
- I/O 定義と MCU 基本ドライバは自動的に HEW によって生成されます。
- モータと制御のパラメータは、「customize.h」というヘッダファイルと GUI ユーザーインターフェースを用いて簡単にチューニングできます。

7.1 3 シャントセンサレスベクトル制御ソフトウェアの実装

3 シャントセンサレスベクトル制御ソフトウェアのアーキテクチャは、ルネサスのアプリケーションノート REU05B0103-0100/Rev.1.00 のアーキテクチャによく似ています。図 10 は、ルネサスの HEW を使用した 3 シャントセンサレスベクトル制御のワークスペースを示しています。コードには、dbsct.c、hwsetup.c、intprg.c、main.c、motorcontrol.c、resetprg.c、userif.c、および vectbl.c が含まれています。ベクトル制御変換および速度と位置のオブザーバのためのコアのセンサレスベクトル制御モジュールは、3Shnt_SVC_Lib.lib のライブラリに配置されています。



図 10 3 シャント SVC ソフトウェアのワークスペース

7.2 3 シャントセンサレスベクトル制御のフローチャート

MTU3 タイマ割り込みが 3 シャントセンサレスベクトル制御を実装します。図 11 は、PWM 割り込みのフローチャートです。開ループで始まり、次に閉速度ループに切り替わります。

MC_ConInt()の PWM 割り込みの手順は次のとおりです。

- 最初にモータの相電流と DC バス電圧がサンプリングされます。
- モータの電源がオンになると、起動手順によって開ループの開始が処理されます。
- モータが所定の時刻に起動した後、システムは閉速度ループに切り替わります。
- ロータの位置と速度は、タイミングよく位置と速度を更新できるようにするため、搬送周波数と同期して推定されます。
- 電流 PI コントローラ出力 v_d と v_q は、元の 3 相電圧 v_u 、 v_v 、および v_w に変換され、これを使用して PWM のデューティ率が計算されて所望の電圧でモータが駆動されます。

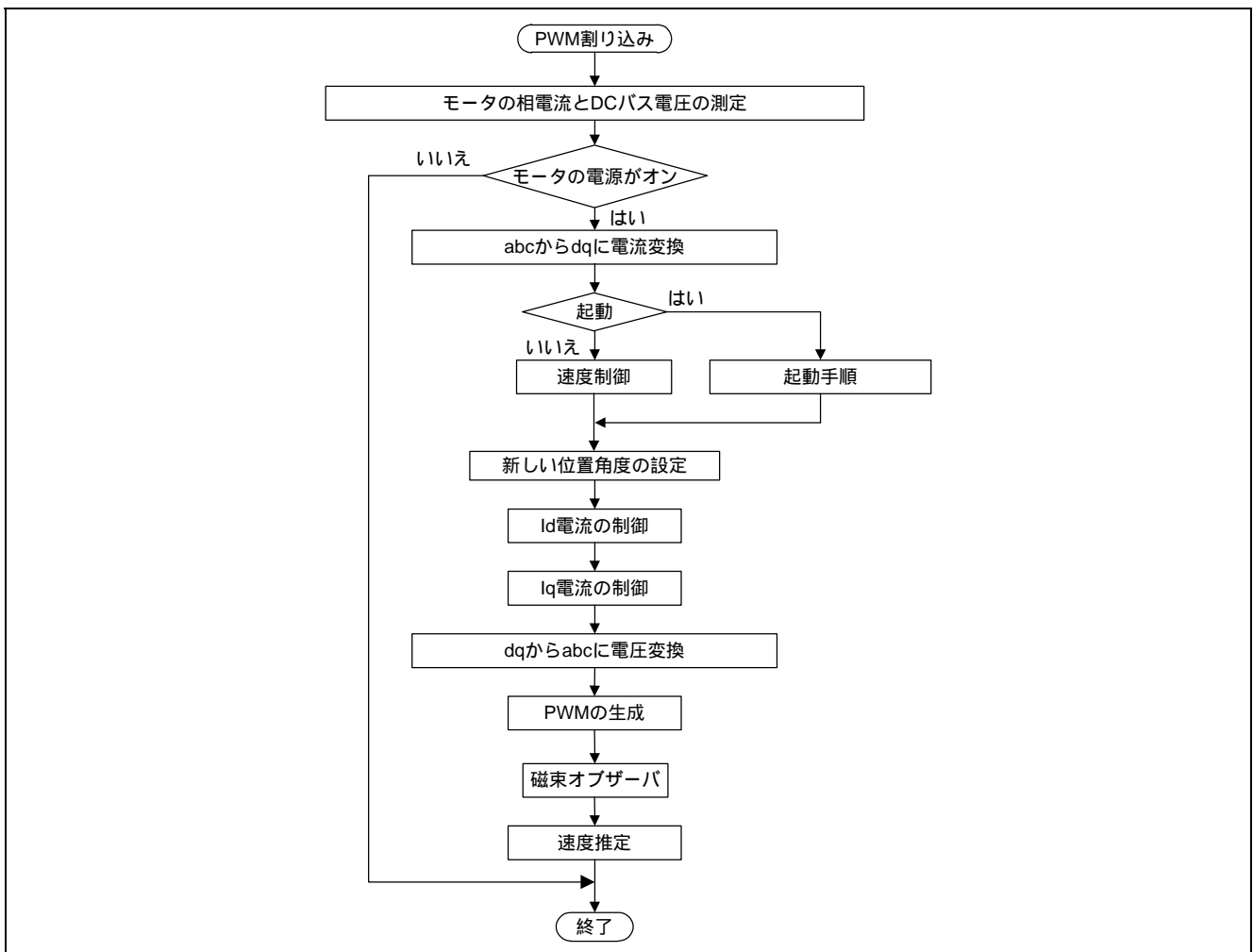


図 11 PWM 割り込みのフローチャート

図 12 は、3 シャントセンサレスベクトル制御アルゴリズムのフローチャートを示しています。

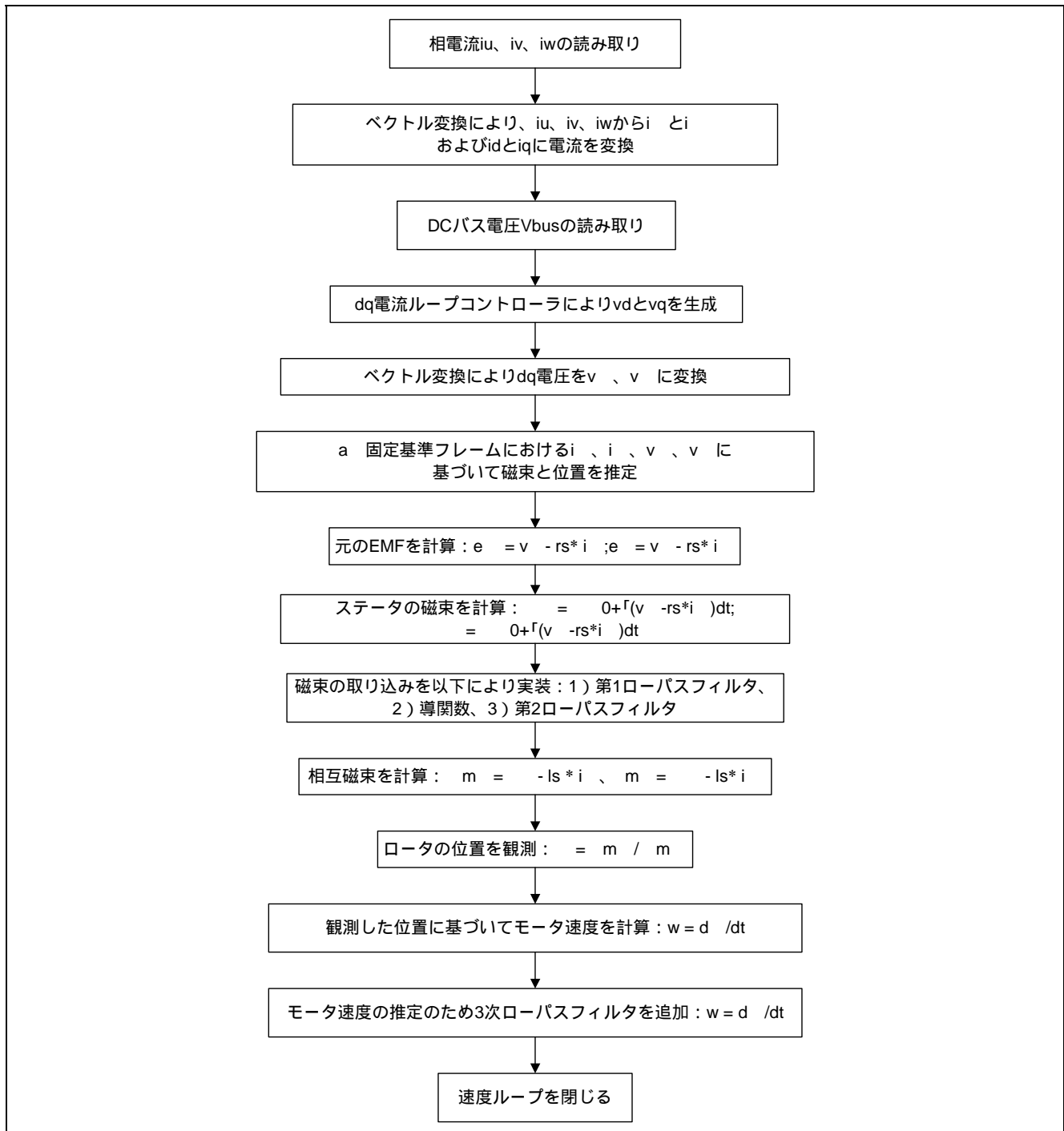


図 12 3 シャントセンサレスベクトル制御アルゴリズムのフローチャート

8. モータと制御のパラメータのチューニング例

8.1 ヘッドファイルによるチューニング

BLDC モータとそのデータシートを図 13 と表 4 に示します。モータは 24V の 4 極 3 相の BLDC モータであり、ホールセンサと 1 回転あたり 1000 ラインの直交エンコーダ(インデックス付き)が装着されています。定格電力は 30 ワットで定格速度は 4,000rpm です。データシートによると、3 シャントセンサレスベクトル制御を実行するためにはモータと制御のパラメータを正しく修正する必要があります。



図 13 評価キット用の BLDC モータ

表 4 モータのデータシート

モータ極	8
相	3
電圧	24 V
電流	1.5 A
電力	30 ワット
速度	4000rpm
インダクタンス	2.3mh
ステータ抵抗	1.68
ホールセンサ	3
エンコーダ	1000 パルス/回転

最初にモータのパラメータを定義します。

- #define R_STA_CUSTOM 8 // ステータ相の抵抗：0.8 Ω * 10
- #define L_SYN_CUSTOM 11 // インダクタンス（ヘンリー）：2.3mh*10000
- #define POLES_CUSTOM 4 // 極：4 ペア
- #define I_START_CUSTOM 1.5 // 起動電流：1.5A
- #define IQ_MAX_CUSTOM 5.0 // 最大 iq 電流：5.0A
- #define RPM_MIN_CUSTOM 500 // 最小モータ速度：500rpm
- #define RPM_MAX_CUSTOM 4000 // 最大モータ速度：4,000rpm

次に、制御パラメータをチューニングします。

- #define R_ACC_CUSTOM 1000 // 加速ランプ：1000rpm/秒
- #define KP_CUR_CUSTOM 60 // 電流コントローラの比例ゲイン
- #define KI_CUR_CUSTOM 80 // 電流コントローラの積分ゲイン
- #define KP_SPD_CUSTOM 40 // 速度コントローラの比例ゲイン
- #define KI_SPD_CUSTOM 150 // 速度コントローラの積分ゲイン

8.2 GUI によるチューニング

モータと制御のパラメータは、図 14 に示すルネサスの使いやすいグラフィカルユーザーインターフェースを用いてチューニングすることができます。コードを修正しなくても、さまざまなモータとアプリケーションに合わせてパラメータを設定することができます。パラメータウィンドウによって 20 のパラメータをセットアップすることができます。これらのパラメータを上下にスクロールして設定の変更を行い、EEPROM に「書き込む」ことができますが、これによって「customize.h」ファイルが変更されることはありません。リセットによって元の値が復元されます。図 15 から分かるように、これらのパラメータは「customize.h」ファイルの各#define を反映しています。モータと制御のパラメータは GUI によって簡単に変更できます。



図 14 評価 GUI のインターフェース

INDEX	DESCRIPTION	UNIT	MIN	MAX	VALUE	VALID
1	00. Default Parameters Setting	-	0	32767	0	true
2	01. Minimum Speed	rpm	200	5000	500	true
3	02. Maximum Speed	rpm	1000	20000	2500	true
4	03. Acceleration	rpm/s	1	10000	1000	true
5	04. Deceleration	rpm/s	1	10000	1000	true
6	05. Polar couples	-	1	5	5	true
7	06. Startup Current	Apk/10	0	5000	10	true
8	07. Maximum "q" Current	Apk/10	0	5000	20	true
9	08. Stator Resistance	Ohm/10	0	5000	17	true
10	09. Synchronous Inductance	Henry/10000	0	5000	12	true
11	10. Startup Time	ms	300	10000	1000	true
12	11. Current Loop Kp	-	0	2047	60	true
13	12. Current Loop Ki	-	0	1023	80	true
14	13. Speed Loop Kp	-	0	4095	10	true
15	14. Speed Loop Ki	-	0	4095	100	true
16	15. Startup offset V	V/10	0	32767	0	true
17	16. Startup delta V	V/10	0	32767	0	true
18	17. PI Tuning trigger	-	0	32767	0	true
19	18. Free	-	0	32767	0	true
20	19. Free	-	0	32767	0	true

図 15 パラメータウィンドウ

Appendix A - References

1. RX62T Group User's Manual: Hardware, R01UH0034EJ0110, April 20, 2011
2. DevCon 2010 Courses:
 - ID-620C, Complete Motor Control Integration with RX62T.
 - ID-623C, Understanding Sensor-less Vector Control with Floating Point Unit (FPU) Implementation.
3. Application Note of Sensorless Vector Control of three-phase PMSM motors, REU05B0103-0100/Rev.1.00, March, 2009
4. Application Note of Mcrp05: Brushless AC Motor Reference Platform, REU05B0051-0100, Feb, 2009
5. Huangsheng Xu, Rohan Hubin, and Dave Cocca, "Sensorless Vector Control of PMSM Motor using One Shunt Current Detection", IEEE-IAS 2008, Oct. 5-9, Edmonton, Alberta, Canada.
6. Huangsheng Xu, and Yashvant Jani, "Understanding Sensorless Vector Control for Brushless DC Motors", ESC-2008, Embedded System Silicon Valley conference, April 15-17, San Jose, California, USA.

ホームページとサポート窓口

ルネサス エレクトロニクスホームページ

<http://japan.renesas.com/>

お問い合わせ先

<http://japan.renesas.com/inquiry>

すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2013.02.08	—	初版発行

製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

1. 未使用端子の処理

【注意】未使用端子は、本文の「未使用端子の処理」に従って処理してください。

CMOS 製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI 周辺のノイズが印加され、LSI 内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。未使用端子は、本文「未使用端子の処理」で説明する指示に従い処理してください。

2. 電源投入時の処置

【注意】電源投入時は、製品の状態は不定です。

電源投入時には、LSI の内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。

外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。

同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。

3. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

【注意】リザーブアドレス（予約領域）のアクセスを禁止します。

アドレス領域には、将来の機能拡張用に割り付けられているリザーブアドレス（予約領域）があります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

4. クロックについて

【注意】リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。

プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後に切り替えてください。

リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。

5. 製品間の相違について

【注意】型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。

同じグループのマイコンでも型名が違っていると、内部 ROM、レイアウトパターンの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が異なる製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

ご注意書き

- 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器・システムの設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因して、お客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
- 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
- 本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害に関し、当社は、何らの責任を負うものではありません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
- 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。かかる改造、改変、複製等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
- 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。
標準水準： コンピュータ、OA機器、通信機器、計測機器、AV機器、
家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、
防災・防犯装置、各種安全装置等
当社製品は、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（原子力制御システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、使用することはできません。たとえ、意図しない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。なお、ご不明点がある場合は、当社営業にお問い合わせください。
- 当社製品をご使用の際は、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他の保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
- 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っていません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
- 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問い合わせください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制するRoHS指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
- 本資料に記載されている当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。また、当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途に使用しないでください。当社製品または技術を輸出する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。
- お客様の転売等により、本ご注意書き記載の諸条件に抵触して当社製品が使用され、その使用から損害が生じた場合、当社は何らの責任も負わず、お客様にてご負担して頂きますのでご了承ください。
- 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。

注1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注1において定義された当社の開発、製造製品をいいます。



ルネサス エレクトロニクス株式会社

■営業お問合せ窓口

<http://www.renesas.com>

*営業お問合せ窓口の住所・電話番号は変更することがあります。最新情報につきましては、弊社ホームページをご覧ください。

ルネサス エレクトロニクス販売株式会社 〒100-0004 千代田区大手町2-6-2（日本ビル）

(03)5201-5307

■技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。

総合お問合せ窓口：<http://japan.renesas.com/contact/>