XMC を使用した BLDC モーター制御ソフトウェア

XMC1000, XMC4000

本書について

適用範囲と目的

ブラシレス DC (BLDC) モーターは、家電製品製造, 自動車, 航空宇宙, 民生用, 医療, 産業用オートメーション機器, および計装など、さまざまな業界で使用されています。これは主に、コンパクトなサイズ, 制御性, および効率の高さによるものです。BLDC モーターは、整流にブラシを使用せず、代わりに電子的な制御を行うことで整流します。

このアプリケーションノートでは、インフィニオンの XMC1302 マイクロコントローラーを使用した BLDC モーター制御ソフトウェアの実装について説明します。種々の制御方式, アダプティブホールパターンラーニング, モーターパラメータ設定などの機能がソフトウェアにて提供されています。

対象者

本書は、スカラー制御用の高度な設定が可能なシステムを必要とし、ホールセンサーを使用したセンサーベースの制御、または、XMC シリーズマイクロコントローラーによるセンサーレス制御のいずれかを用いるお客様を対象とします。

参考資料

[1] このソフトウェアは、http://www.infineon.com/XMC から無料でダウンロードできます。

目次

本書について 1
目次 2
1 BLDC の概要 3
1.1 主な機能 4
1.2 ペリフェラル 5
1.3 対応デバイス 5
1.4 制約 6
1.4.1 センサーベース制御での使用範囲 6
1.4.2 センサーレス制御での使用範囲 6
2 BLDC モーター制御ソフトウェアコンポーネント 7
2.1 制御方式 8
2.1.1 電圧制御 8
2.1.2 速度制御 8
2.1.3 電流制御 9
2.1.4 電流制御を伴う速度制御 9
2.2 電圧補正 10
2.3 PWM 生成 10
2.3.1 PWM パターン更新 10
2.3.2 PWM スキーム 11
2.4 電流と電圧の計算 13
2.5 速度と位置の計算 15
2.5.1 センサーベース制御の速度と位置の計算 15
2.5.2 センサーレス制御の速度と位置の計算 16
2.6 アダプティブホールパターンラーニング 18
2.6.1 アダプティブホールパターンラーニングのための入力設定 18
2.7 センサーレスモーター制御起動メカニズム 18
3 BLDC モーター制御ソフトウェア設定 19
3.1 ソフトウェア設定とファイル構造 19
3.2 BLDC モーター制御ソフトウェアの設定 23
4 リソース 24
改訂履歴 25
免責事項 26

1 BLDC の概要

3 相 BLDC モーターのスカラー制御は、一般に台形整流、または、120 度整流として知られている電子制御整流方式です。この制御方式では、各相は正と負の逆起電力サイクルの半分の期間、つまり 120 度の間通電し、残りの間はオフまたは非通電です。

相間の通電に関しては、各相ペアは 60 度の電気角度単位で通電します。印加されたステータ電流に対して最大トルクを生成するには、ステータの磁場がローターと同期して回転する必要があり、その方向はローターの磁場に対して空間的に直交している必要があります。これらの目的を達成するために、台形波制御アルゴリズムでは、60 度(電気角度)ごとにローター位置のフィードバックが必要となります。ローター位置フィードバック機構に応じて、台形整流は次のように特長付けられます。

- センサーベースの整流。ホールセンサーによりローター位置のフィードバックを行います。
- センサーレスの整流。非通電相の逆起電力のセンシングに基づいてローター位置を検出します。

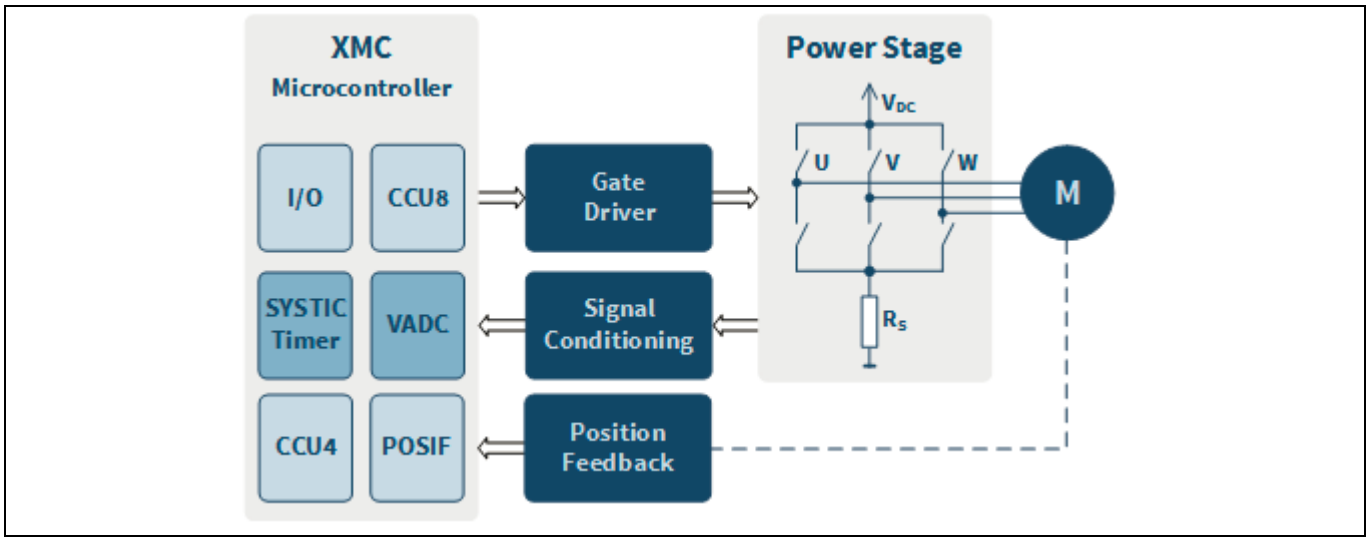


Figure 1 BLDC モーター制御の概略ブロック図

センサーベースのモーター制御とセンサーレスモーター制御の実装における主な違いは、ローター位置を検出するフィードバック機構にあります。

Table 1 BLDC モーター制御におけるローター位置の検出方法

	センサーベース	センサーレス
モータータイプ	BLDC	-
整流	PWM によるブロック整流	-
電流測定	平均電流測定/ダイレクト DC リンク電流測定	-
位置検出	3 個または 2 個のホールセンサー	• 非通電相での逆起電力センシング • ADC を用いた 30 度ゼロクロスの検出
制御方式	ホールセンサーによる位相の切り替わり検出	• ゼロクロス(30 度遅延伴う)による位相の切り替わり検出

1.1 主な機能

Table 2 XMC BLDC モーター制御ソフトウェアの特長

特長	説明	センサーベース	センサーレス
制御方式	さまざまな動作方式でモーターを制御できます。	✓	✓
PWM 変調方式	使用する PWM 変調方式を選択できます。	✓	✓
シームレスな双方向制御	モーターを停止せずに逆方向に回転させることができます。	✓	–
キャッチフリーランニングモーター	モーターを停止させることなく、既存の速度から始動時に回転するモーターをキャッチするために使用されます。	✓	✓
ホールパターンラーニング	起動時において、モーターの新規ホールパターンを学習するために使用します。	✓	–
保護	ハードウェアをその動作限界から保護します。	✓	✓
低速回転の測定	ソフトウェアが極端に低速なモーター速度でも検出できるようにします。検出は、XMC CCU4 ペリフェラルモジュールのフローティングプリスケーラー機能を使用して実現されます。	✓	✓
強化された電流測定	電流測定精度を改善します。	✓	✓
DC バス電圧クランピング	急ブレーキ、急停止時の DC バスの電圧上昇を制限します。	✓	✓

1.2 ペリフェラル

次の表に、XMC マイクロコントローラーペリフェラルの機能を示します。

Table 3 ペリフェラル機能

ペリフェラル名	説明	センサーベース	センサーレス
キャプチャ&比較ユニット 8 (CCU80)	マイクロコントローラーに PWM 信号を生成する機能を提供し、サンプリングおよび制御タイムベースに適切なタイムベースを提供します。	✓	✓
キャプチャ&比較ユニット 4 (CCU40)	整流更新パターンに基づいてモーターの速度を取得します。	✓	✓
	ペリフェラル POSIF0 に使用される高精度な遅延関数の生成のためのタイムベースを提供します。	✓	–
位置インターフェース (POSIF0)	ペリフェラル CCU80 に整流パターン更新信号を提供します。	✓	✓
	ホールセンサー入力をデコードします。	✓	–
多機能アナログ-デジタル変換器 (VADC0)	アナログバリュー取得のためのアナログからデジタルへの変換機能を提供します。結果は保護スキームで使用されます。	✓	✓
	境界外状態の場合のチャンネルイベント生成を伴うリミットチェックを行い、BEMF(逆起電力)ゼロクロス検出に使用されます。	–	✓

1.3 対応デバイス

BLDC モーター制御ソフトウェアの対応デバイスについては、次の表の通りです。

Table 4 XMC BLDC モーター制御ソフトウェア、対応デバイス

ソフトウェア	説明	XMC1302	XMC4400
ホールセンサーによる BLDC スカラー制御	120 度ブロック整流方式による 3 相 BLDC モーター制御用に開発されました。 この整流方式は、3 個のホールセンサーによって得られる 60 度ごとのローター位置のフィードバックによります。	✓	✓
センサーレス BLDC スカラー制御	120 度ブロック整流方式による 3 相 BLDC モーター制御用に開発されました。 この整流方式は、ADC ゼロクロス検知を使用した非通電相の逆起電力センシングに基づいてローター位置を検出します。	✓	–

1.4 制約

1.4.1 センサーベース制御での使用範囲

このアプリケーションノートにおいて、使用されるソフトウェアのバージョンは BLDC SCALAR HALL v1.0.1 です。このサンプルソフトウェアのリリース時点では、次の制限があります。

- シングルモータードライブのみに対応します。
  - デュアルモーター制御には使用できません。
- リニアランプ機能に対応します。
  - S 字カーブランプ機能には使用できません。
- アダプティブホールパターンは、互いに 120 度の電気的角度で配置された 3 個のホールセンサーに対応し、それらの遷移は、相間の逆起電力のゼロクロスに合わせて調整されます。これは、ホールセンサーを用いるモーターアプリケーションの大部分のケースで当てはまります。ホールパターン検出は、次の場合には機能しません。
  - 相間のゼロクロスに合わせて調整された 60 度で配置されたホールセンサー。
  - 相からニュートラルへのゼロクロスで調整された、120/60 度で配置されたホールセンサー。

1.4.2 センサーレス制御での使用範囲

このアプリケーションノートにおいて、現在使用されるソフトウェアのバージョンは BLDC SCALAR SL v1.0.0 です。このサンプルソフトウェアのリリース時点では、使用において次の制限が適用されます。

- XMC4000 デバイスは、このソフトウェアバージョンでは対応しません。
- シングルモータードライブのみに対応します。
  - デュアルモーター制御には使用できません。
- リニアランプ機能に対応します。
  - S 字カーブランプ機能には使用できません。

2 BLDC モーター制御ソフトウェアコンポーネント

BLDC モーター制御ソフトウェアの主要コンポーネントを次の図に示します。また、参照している各モジュールジュールについて説明します。

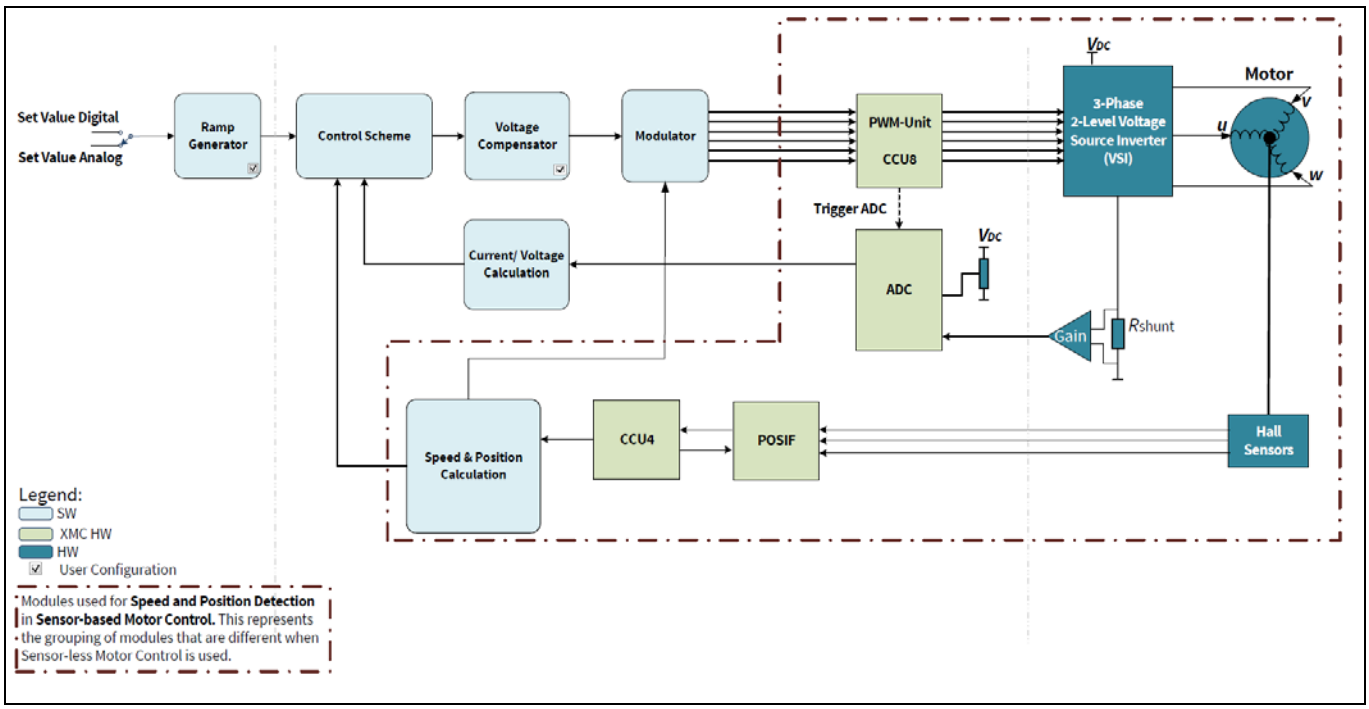


Figure 2 BLDC モーター制御ソフトウェアのセンサーベースでのブロック図

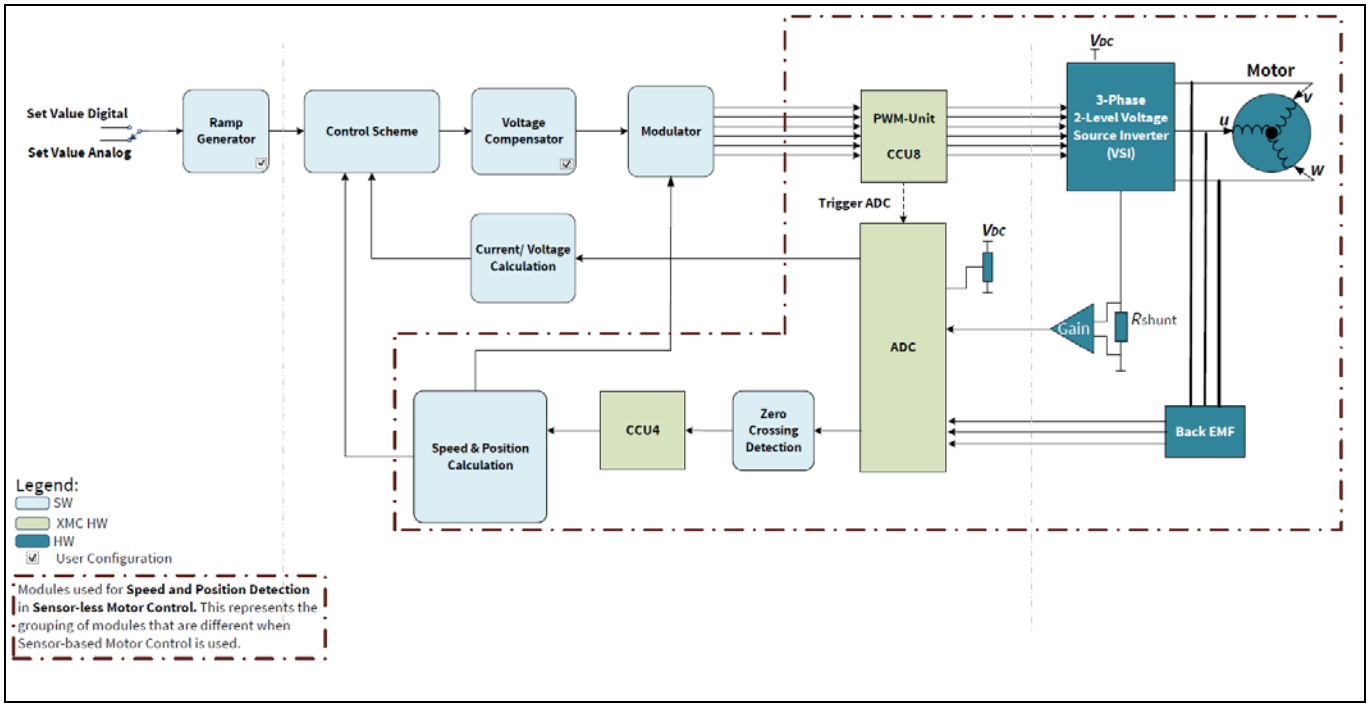


Figure 3 BLDC モーター制御ソフトウェアのセンサーレスでのブロック図

2.1 制御方式

このソフトウェアブロックにおける 3 相 BLDC モーターの制御方式は、電圧制御, 速度制御, 電流 (トルク) 制御, および電流 (トルク) 制御を伴う速度制御 のいずれかになります。

2.1.1 電圧制御

電圧制御方式は、ブラシ付き DC モーターと同等の動作を実現します。ステータ磁界の位置はホールセンサーによってローターと同期するように制御されますが、速度とトルクは個々のモーターの構造と機械的負荷によって異なるものとなります。電圧値設定入力は、ランプ出力 (ランプが有効な場合)、または、ユーザー設定値/アナログ入力に接続されます。

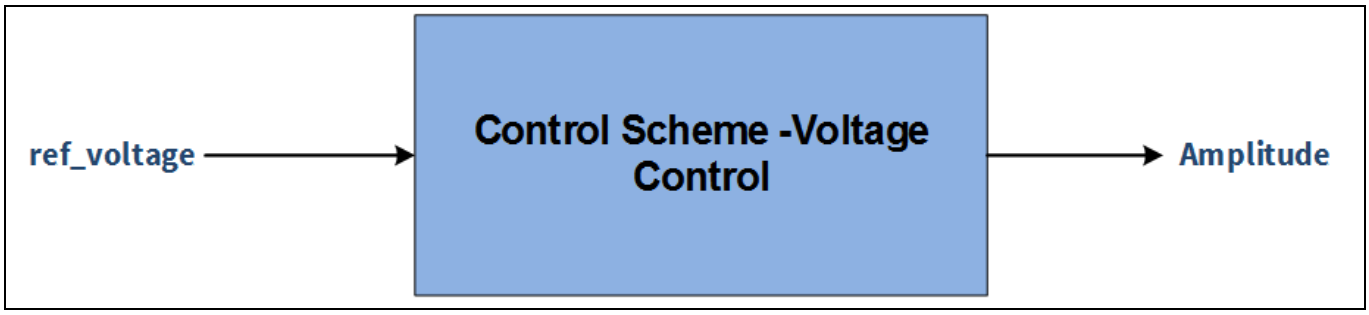


Figure 4 電圧制御ブロック図

2.1.2 速度制御

速度制御方式は、速度リファレンス値に応じて電圧を調整するクローズドループ制御です。負荷が動的に変化する場合、モーター電圧は自動的に調整され、速度は一定に維持されます。

実際の速度の値は、ホールセンサー/相電圧から導出されます。速度設定入力は、構成により、ランプ出力(ランプが有効な場合)、ユーザー設定値、またはアナログ入力に接続されます。

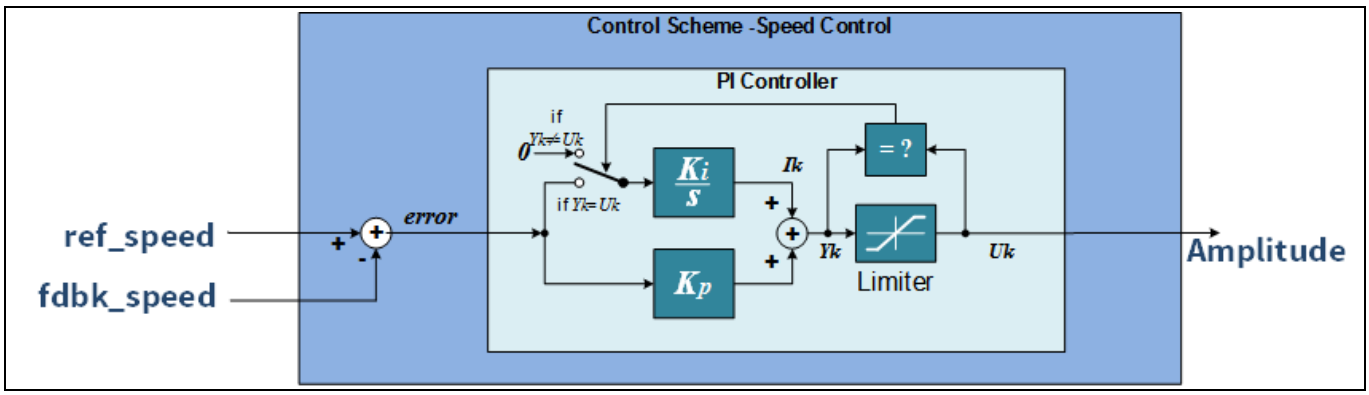


Figure 5 速度制御ブロック図

2.1.3 電流制御

電流制御方式では、電流測定フィードバックが必要であり、必要なトルクに応じて電圧を調整します。動的負荷では、速度は変化しますが、トルクは一定に保たれます。電流設定入力は、設定に応じて、ランプ出力 (ランプが有効な場合), ユーザー設定値, またはアナログ入力に接続されます。

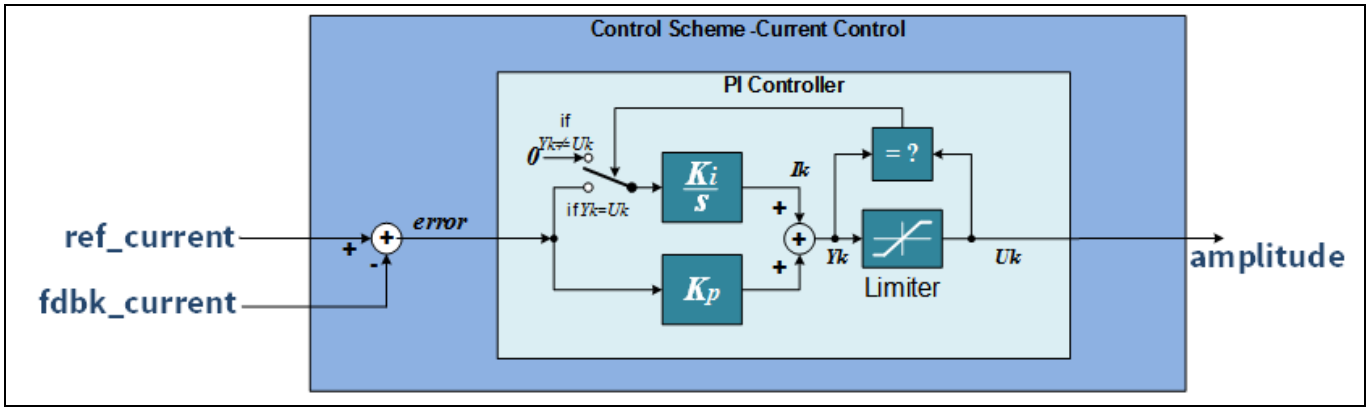


Figure 6 電流制御ブロック図

2.1.4 電流制御を伴う速度制御

トルク制御方式による速度制御は、内側の制御ループがモーター電圧を変化させて電流 (トルク) を調整し、外側の制御ループは速度を制御する (速度制御のためには電流リファレンス値が入力される)、カスケードの制御方式により行われます。速度設定入力は、設定に応じて、ランプ出力 (ランプが有効な場合), ユーザー設定値, または、アナログ入力に接続されます。

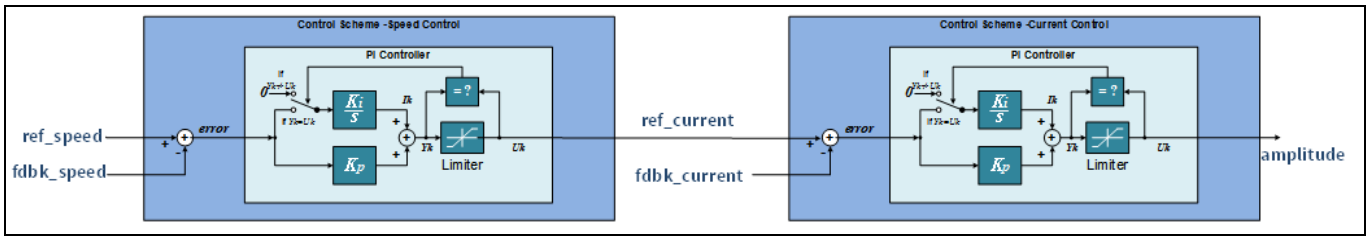


Figure 7 電流制御を伴う速度制御のブロック図

2.2 電圧補正

DC リンク電圧は PWM 周期ごとに測定され、DC バス電圧の変動を補正します。実際の DC リンク電圧と設定した DC リンク電圧に基づいて電圧を増減し、DC リンク電圧が変動した場合でもモーターに印加される電圧を一定に保ちます。PT1 フィルターは高周波ノイズを減衰させるために使用されます。

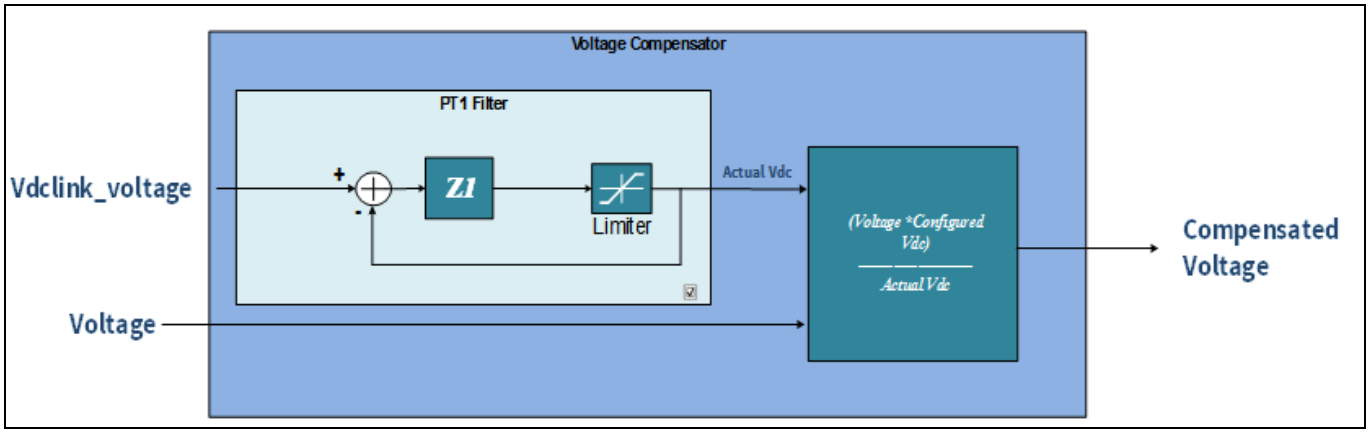


Figure 8 電圧補正のブロック図

2.3 PWM 生成

BLDC モーター制御ソフトウェアは、PWM により整流パターンを更新し、使用する変調スキームを制御します。

2.3.1 PWM パターン更新

PWM パターンの更新は、POSIF ペリフェラルにて行われます。

センサーベースのソリューションをサポートするように設定されたソフトウェアでは、パターンの更新は、マルチチャンネルモードのホールセンサー制御設定での POSIF ペリフェラルを使用して行われます。センサーレスソリューションの場合、スタンドアロンマルチチャネルモード設定での POSIF ペリフェラルを使用し、PWM パターンの更新が行われます。

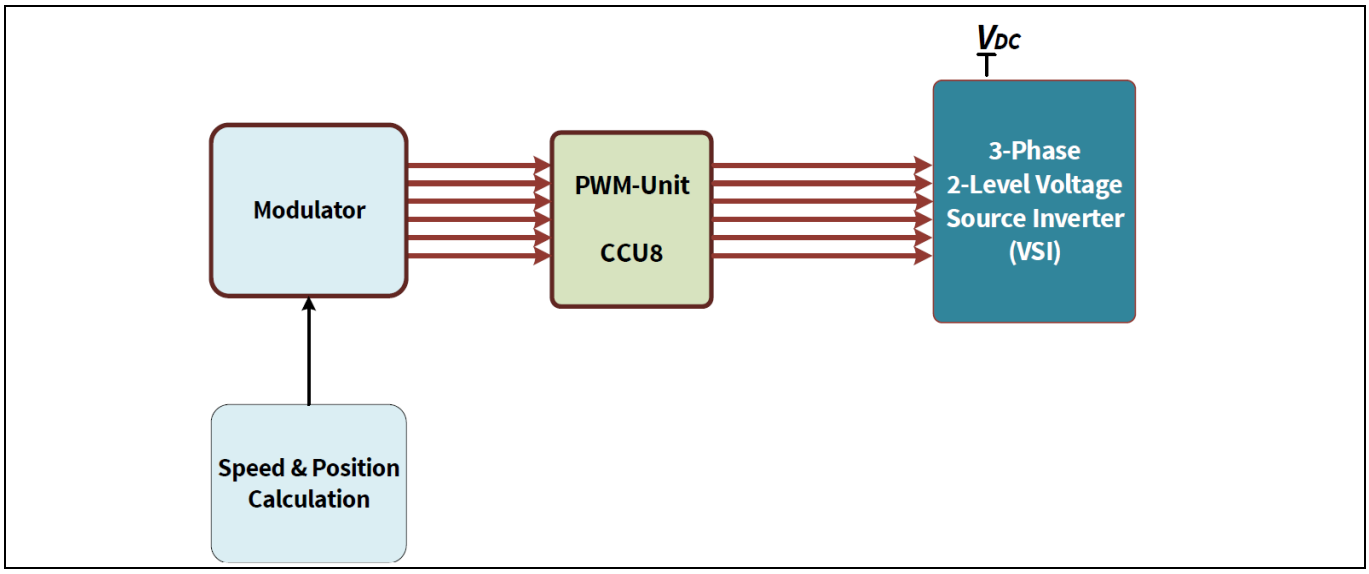


Figure 9 PWM 生成モジュールのブロック図

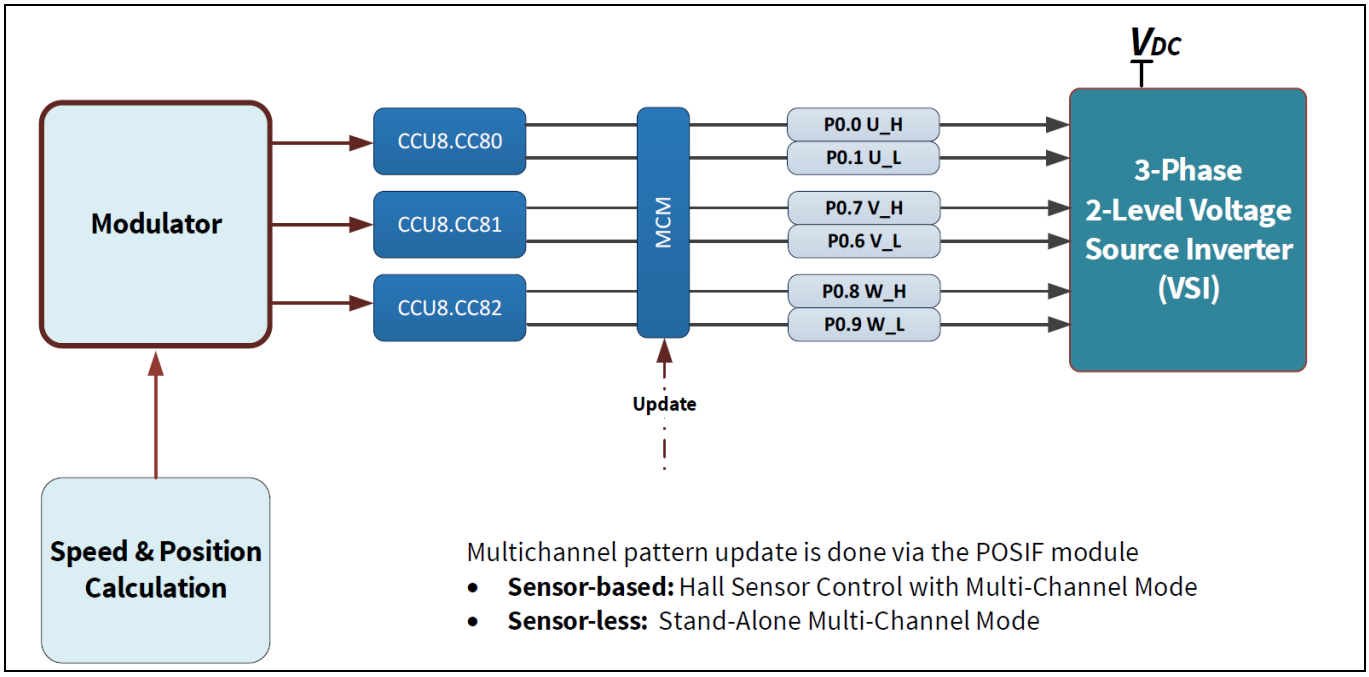


Figure 10　PWM 生成モジュール用のハードウェアブロック相互接続

Table 5　PWM 生成リソースの説明

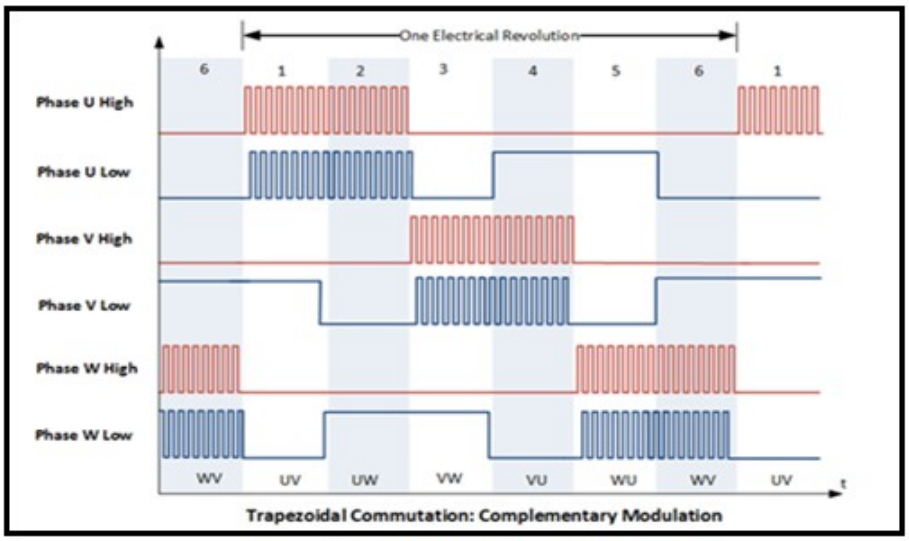
リソース名	説明	接続
POSIF0	POSIF ペリフェラル PWM 整流パターン: • センサーベースソリューション、ホールセンサー制御マルチチャネルモード • センサーレスソリューション、スタンドアロンマルチチャネルモード	–
CCU80.80	U 相の相補 PWM 出力	–
CCU80.81	V 相の相補 PWM 出力	–
CCU80.82	W 相の相補 PWM 出力	–

2.3.2　PWM スキーム

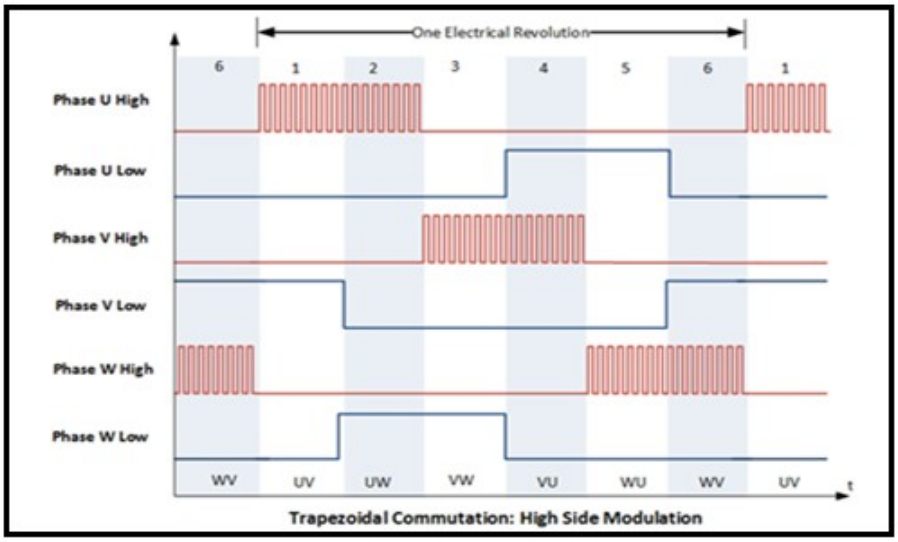
- モーターの回転は整流シーケンスに依存します。
  – 正しい順序での整流シーケンスにて、モーターの適切な回転が保証されます。
- モーター速度は、印加電圧の振幅に依存します。
- 印加信号の振幅は、パルス幅変調(PWM)を使用して調整されます。

Table 6　サポートする PWM スキーム

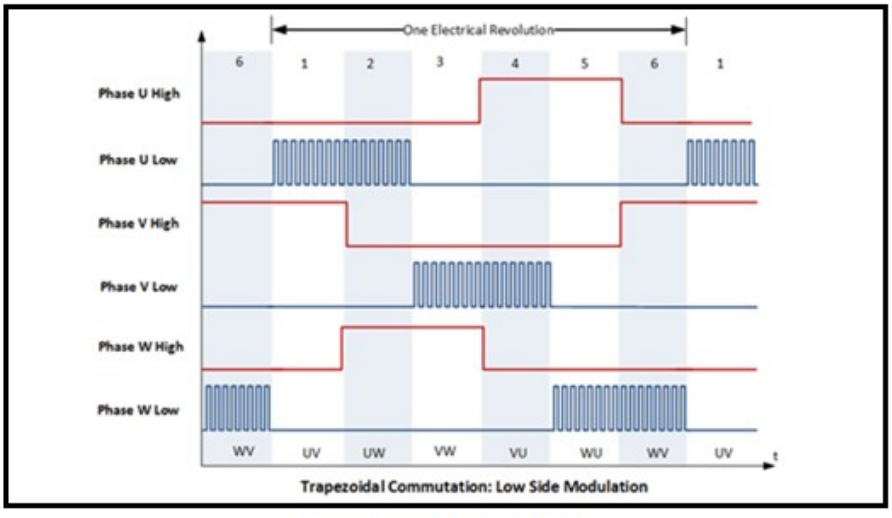
変調方式	説明
ハイサイド変調	変調はハイサイドスイッチに適用されます。
ローサイド変調	変調はローサイドスイッチに適用されます。
同期整流ハイサイド変調	変調はハイサイドスイッチに適用され、かつ、ローサイドスイッチには相補する PWM が適用されます。これにより、ダイオードの損失を低減できます。



High side sync rectification PWM modulation



High side PWM modulation



Low side PWM modulation

Figure 11　サポートする PWM スキーム

2.4 電流と電圧の計算

BLDC モーター制御ソフトウェアにおいて、このモジュールは VADC モジュールを用いてモーター電流と DC リンク電圧を測定します。測定は、ソフトウェアまたはハードウェアによるトリガーにより開始されます。電流測定は、平均、またはダイレクト測定のいずれかです。

ダイレクト測定は PWM と同期して行われます。ADC トリガー設定は、V 相 PWM、チャネル 2 の比較マッチング値に基づきます。

平均電流値は、PT1 フィルターとデューティサイクル値を使用してソフトウェアで計算されます。計算は設定に基づきます。電流アンプのオフセットは、平均電流測定およびダイレクト DC リンク電流測定の起動時に計算されます。

Note: XMC1300 デバイスでは、ADC のオンチップアンプを電流測定に使用できます。

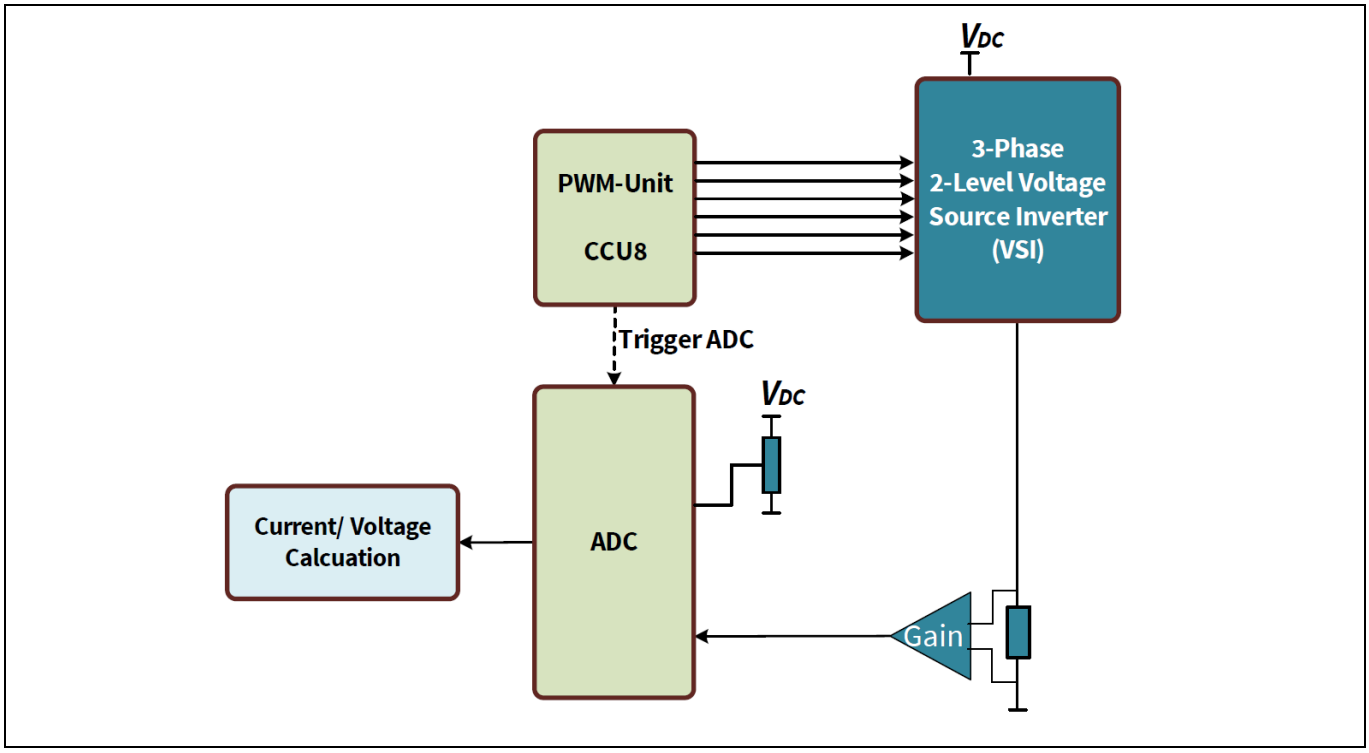


Figure 12 電圧および電流測定モジュールのブロック図

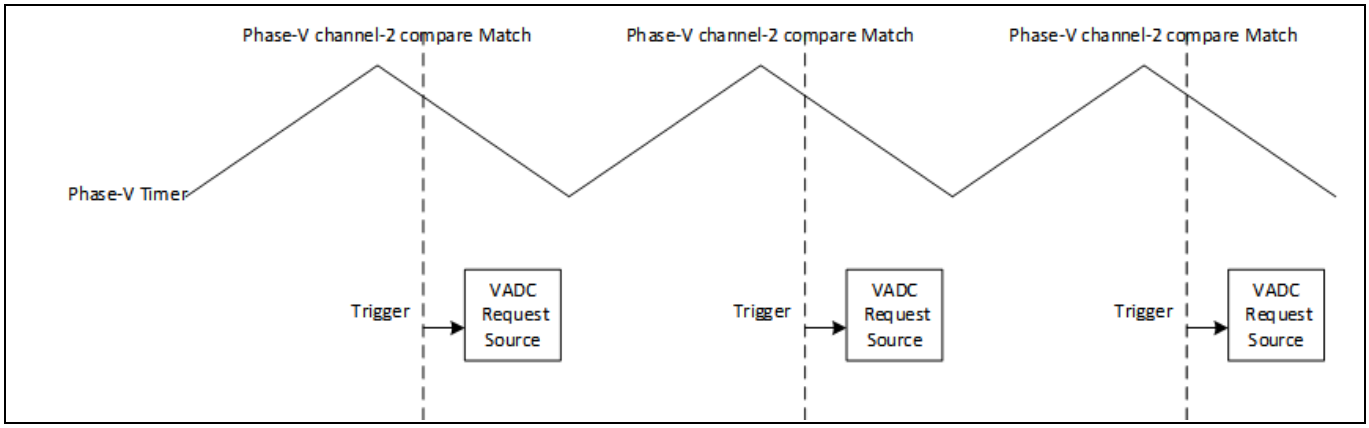


Figure 13 電圧と電流の測定は CCU8 の V 相の比較マッチングにてトリガーされる

Table 7　電圧および電流測定リソースの説明

リソース名	説明	接続先
CCU80.SR2	ADC チャネル測定トリガー	VADC0
VADC_G1.CH5	DC リンク電流測定	–
VADC_G1.CH6	IDC 平均電流測定	–
VADC_G1.CH1	VDC リンク電流測定	–
VADC_G1.CH7	ポテンショメーター測定	–
VADC_G0.CH6	ユーザー定義測定 1	–
VADC_G0.CH2	ユーザー定義測定 2	–
VADC_G0.CH3	ユーザー定義測定 3	–
VADC_G0.CH0	ユーザー定義測定 4	–

2.5 速度と位置の計算

モーターの速度と位置 (角度) は、速度と位置の計算のブロックで決定されます。速度と位置は、モーターの回転に伴うモーター出力の状態の変化に基づいて検出されます。

- センサーベース制御では、ホールセンサーを使用してモーター出力の変化を検出します。ポジションインターフェース (POSIF) モジュールは、ホールセンサー出力をデコードするために使用されます。
- センサーレス制御では、VADC モジュールを使用して、モーターの逆起電力からのゼロクロスイベントを検出します。

2.5.1 センサーベース制御の速度と位置の計算

センサーベースのモーター制御向けの BLDC モーターでは、3 個のホールセンサーが 120 度の角度間隔で配置されています。ホールセンサーは、モーターの速度と位置を取得するために使用されます。ホールセンサーは、XMC のポジションインターフェース (POSIF) ペリフェラルに接続されています。キャプチャ＆比較ユニット 4 (CCU4) と併用することで、モーターの速度と位置を決定できます。

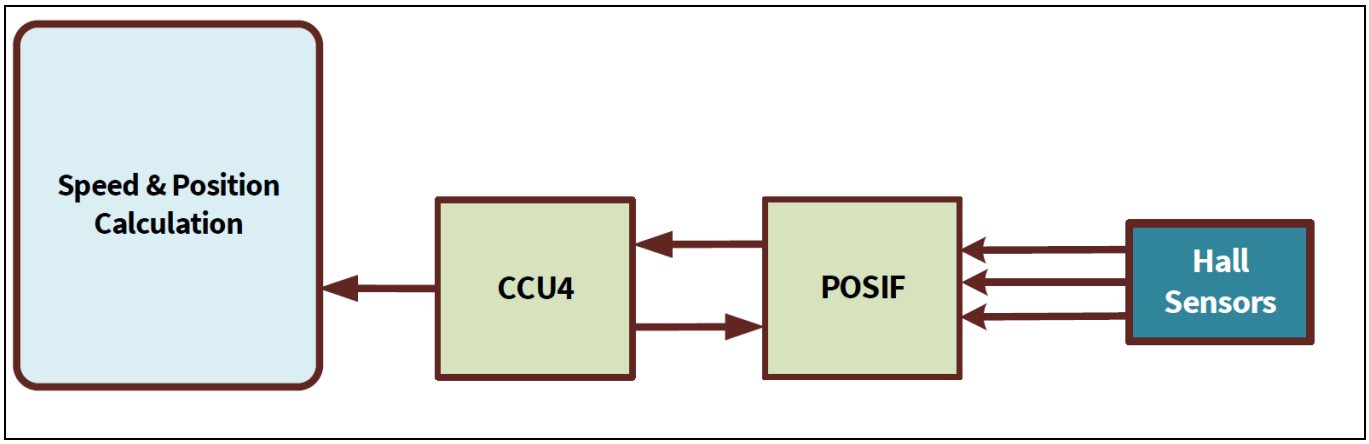


Figure 14 速度と位置の計算モジュールのブロック図

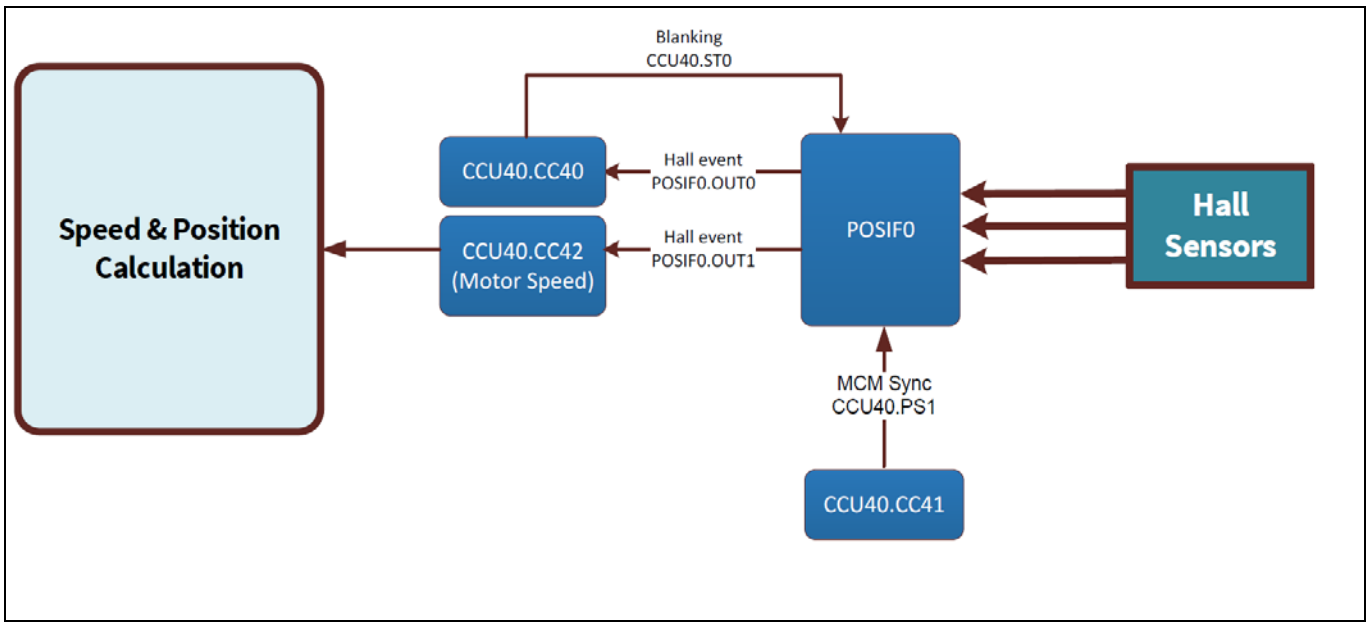


Figure 15 速度と位置の計算モジュール用のハードウェアブロック相互接続

Table 8　速度と位置に関するリソースの説明

リソース名	説明	接続先
POSIF0.OUT0	ホール入力エッジ検出トリガー	CCU40.CC40
POSIF0.OUT1	ホールコレクトイベント	CCU40.CC41
CCU40.CC40	ホール入力のエッジ検出から実際のサンプリングまでの遅延 (またはブランキング時間) を生成します。これにより、検出するホール信号のノイズを除外できます。	POSIF0.HSD[B..A]
CCU40.CC41	このスライスは、マルチチャネルのパターン同期用に設定されています。	POSIF0.MSYNC[D..A]
CCU40.CC42	このスライスは、キャプチャモードで設定されており、ホールコレクトイベント間の時間を取得します (2 つのホールコレクトイベント間からのモーター速度をストアします)。 POSIF の POSIFx.OUT1 は、スライスのキャプチャトリガーとして使用されます。	–

2.5.2　センサーレス制御の速度と位置の計算

センサーレスのブロック整流では、非通電相の逆起電力 (BEMF) を使用してモーターの位置を検出します。BLDC モーターは、インバーター制御に使用される 2 相オン動作を特徴とします。この制御方式にて生成されるトルクは、電流が一度に 3 相のうち 2 相にのみ流れるという原理に従います。また、BEMF ゼロクロッシングの領域ではトルクは生成さません。

センサーレス制御を使用する BLDC モーター制御ソフトウェアでは、通電パターンを更新するために、POSIF ペリフェラルはスタンドアロンマルチチャネルモードで設定されます。VADC ペリフェラルは、BEMF ゼロクロスポイントの検出に使用されます。これにより、モーターの速度を決定するための CCU4 モジュールへの入力がなされます。通電パターンは、ゼロクロス間で更新されます。

次の図に、BLDC の電気的波形と、各相の BEMF ゼロクロスポイントと通電ポイントを示します。

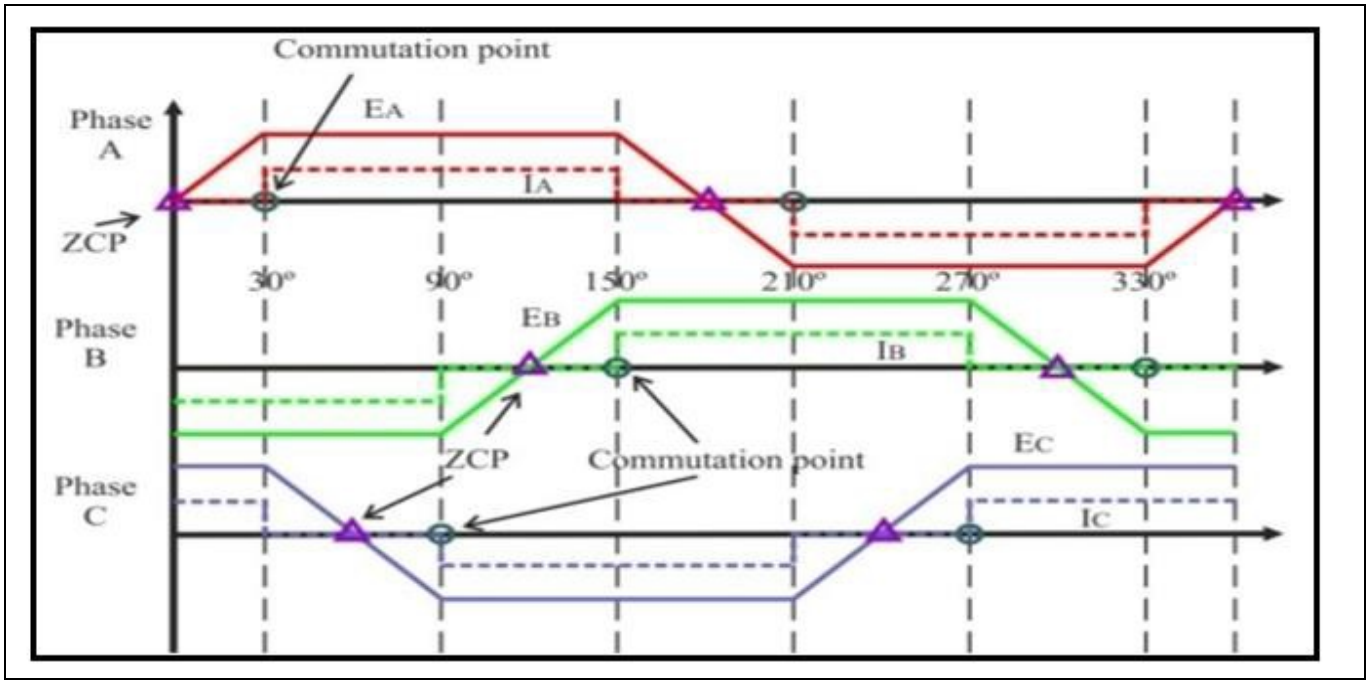


Figure 16　センサーレスモードでの BLDC 通電

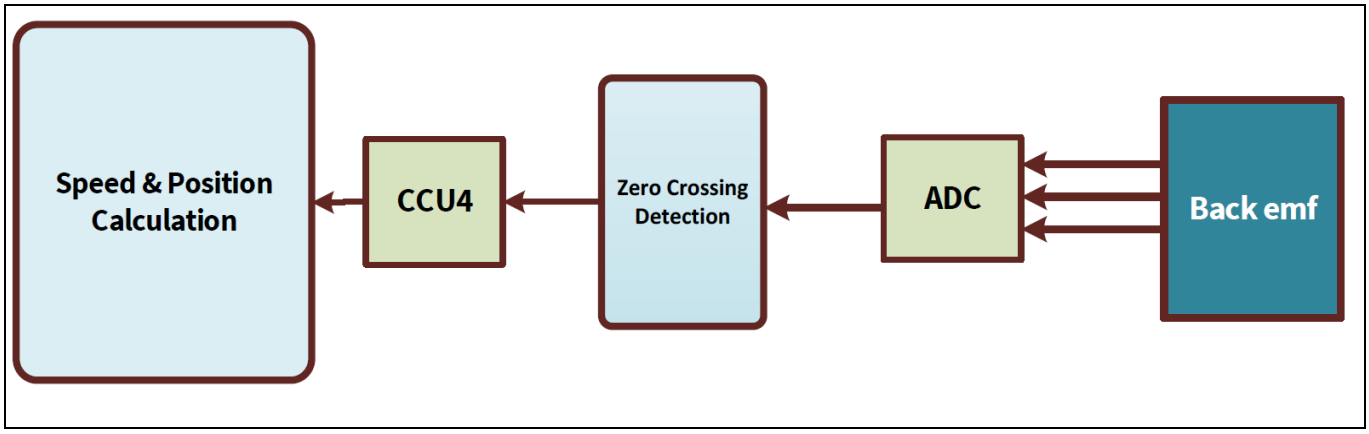


Figure 17　速度と位置の計算モジュールのブロック図

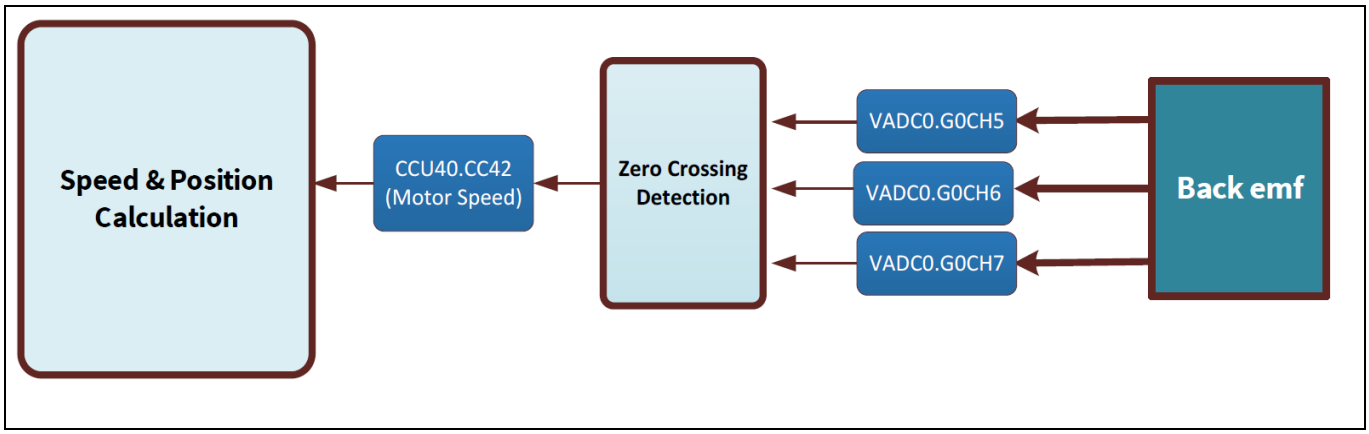


Figure 18　速度と位置の計算モジュール用のハードウェアブロック相互接続

Table 9　速度と位置に関するリソースの説明

リソース名	説明	接続先
CCU40.CC40	通電タイマ (ゼロクロスイベント内で計算されるプリスケーラ値)	–
CCU40.CC41	このスライスは、マルチチャネルのパターン同期用に設定されます。	POSIF0.MSYNC[D..A]
CCU40.CC42	このスライスは、2 つの連続するゼロクロスイベント間の時間を取得するために、キャプチャモードで設定されます。	–
VADC_G0.CH5	U 相 BEMF チャネル。BEMF ゼロクロスポイントを決定するために、グローバルバウダリーを持つインバウンドイベント用に設定されます。	–
VADC_G0.CH6	V 相 BEMF チャネル。BEMF ゼロクロスポイントを決定するために、グローバルバウダリーを持つインバウンドイベント用に設定されます。	–
VADC_G0.CH7	W 相 BEMF チャネル。BEMF ゼロクロスポイントを決定するために、グローバルバウダリーを持つインバウンドイベント用に設定されます。	–

2.6 アダプティブホールパターンラーニング

センサーベースのモーター制御ソリューションでは、ホールセンサーを使用したローター位置フィードバックにより、モーターの速度と位置を決定します。加えて、ホールパターン情報が利用できない場合、ホールセンサーベースのモーターを駆動できません。ホールパターン励磁のシーケンスは、モーターが正しく動作するように決める必要があります。

BLDC モーター制御ソフトウェアでは、アダプティブホールラーニング機能により、3 相 BLDC モーターの正しい 6 ステップの通電パターン生成メソッドを提供します。この機能は、3 つのホールセンサーが互いに 120 度の電気的角度で配置され、それらの遷移が相間 BEMF のゼロクロスで揃えられているモーターにおいてサポートされます。

2.6.1 アダプティブホールパターンラーニングのための入力設定

ホールベースの BLDC モーターを動作させるには、3 つのホールセンサーから生成されるバイナリコードに応じて、モーターの各相の励磁シーケンスを適切に行う必要があります。ホールラーニング技術は、これらのシーケンスを自動的に取得し、定義を行います。アダプティブホールラーニングは、事前に定義された励磁パターンでモーターの相巻線を励磁し、ローターを各通電シーケンスに合わせてホールシグナルコードを読み出すことによって実現されます。

チューニングを成功させるには、ローターを毎回新しいシーケンスに合わせて調整することが重要です。この操作は、モーターをオープンループで段階的に強制動作させることと同じです。各通電パターンは、設定した周期でモーターに適用されます。

アダプティブホールパターンラーニングの場合、次の 2 つの入力設定があります。

- オープンループ速度
  - モーターに通電パターンを加える周期
- オープンループ電圧
  - モーター駆動のための PWM 信号のデューティ比

これらのオープンループ設定 (速度と電圧) はモーターの負荷によって決定され、モーターを特定の位置にロックするために必要です。このポイントで、ホールセンサーの出力が読み出され、適用された通電パターンに対応するホールパターンが取得されます。次の通電パターンを適用してモーターを前進させ、ホールパターンを取得します。この手順を繰り返して、必要なシーケンスを取得します。

Note: モーターが回転しない場合は、モーターが正しく回転するまでモーター電圧を徐々に上げる必要があります。

2.7 センサーレスモーター制御起動メカニズム

センサーレスソリューションでは、センサーレス動作を成功させるために、起動が最も重要な部分となります。

起動中、逆起電力は非常に小さい (またはゼロ) です。これにより、正確なゼロクロスを検知することが困難になり、ローター位置の検出が不正確になります。これは、ソフトウェアがモーターを適切に制御できなくなることにつながります。

Attention: 誤った相励磁の影響により、起動時に逆回転が発生する可能性があります。これは避けなければいけない状態です。

3 BLDC モーター制御ソフトウェア設定

3.1 ソフトウェア設定とファイル構造

BLDC モーター制御ソフトウェアは、明確に定義された階層化アプローチに基づいて開発されています。階層化アーキテクチャは、モジュールをグループに分けるようにデザインされています。これにより、他のモジュールやシステム全体のパフォーマンスに影響を与えることなく、特定のレイヤー内のさまざまなモジュールを置き換えることができます。

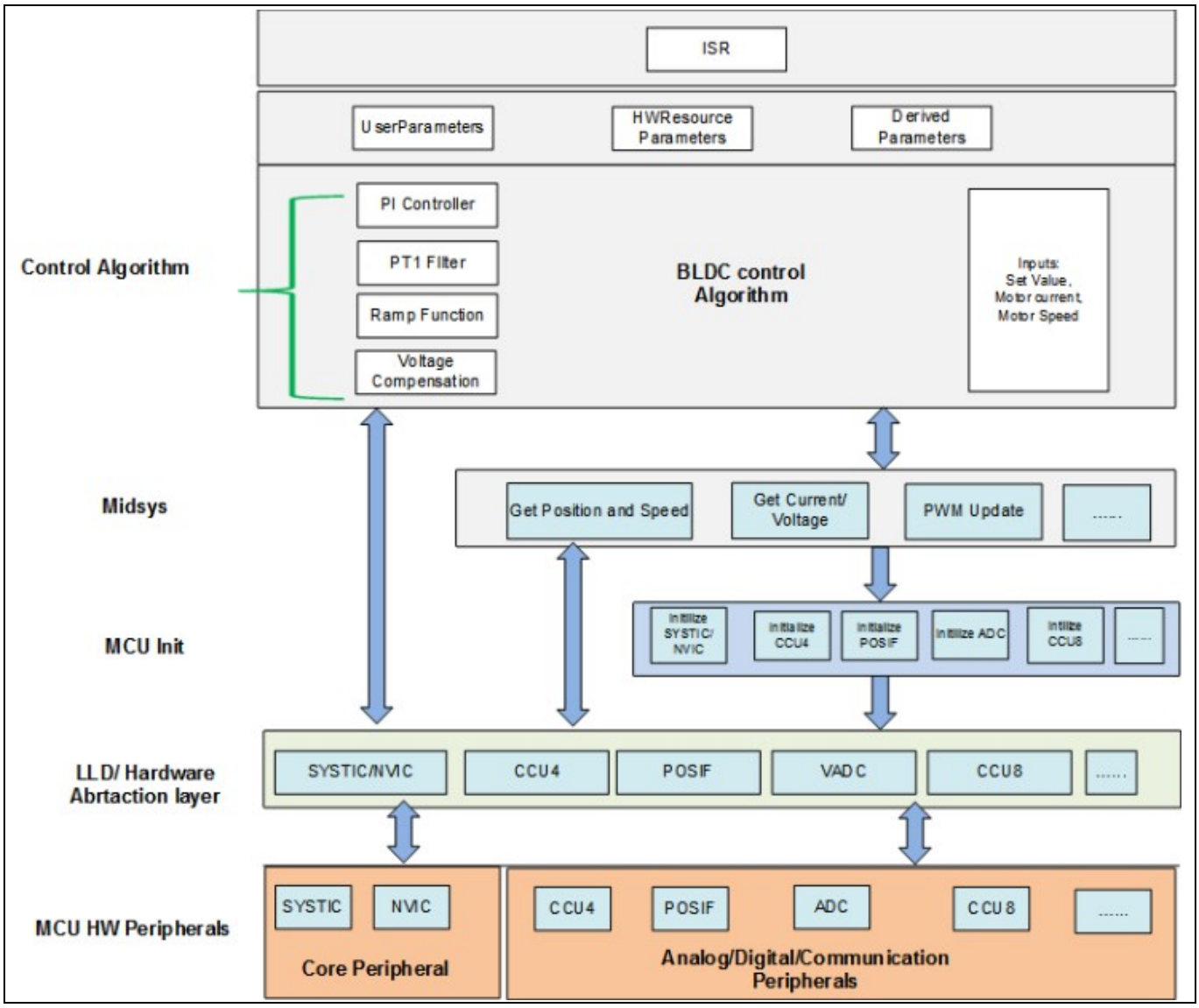


Figure 19 BLDC スカラー制御ライブラリのソフトウェア階層構造

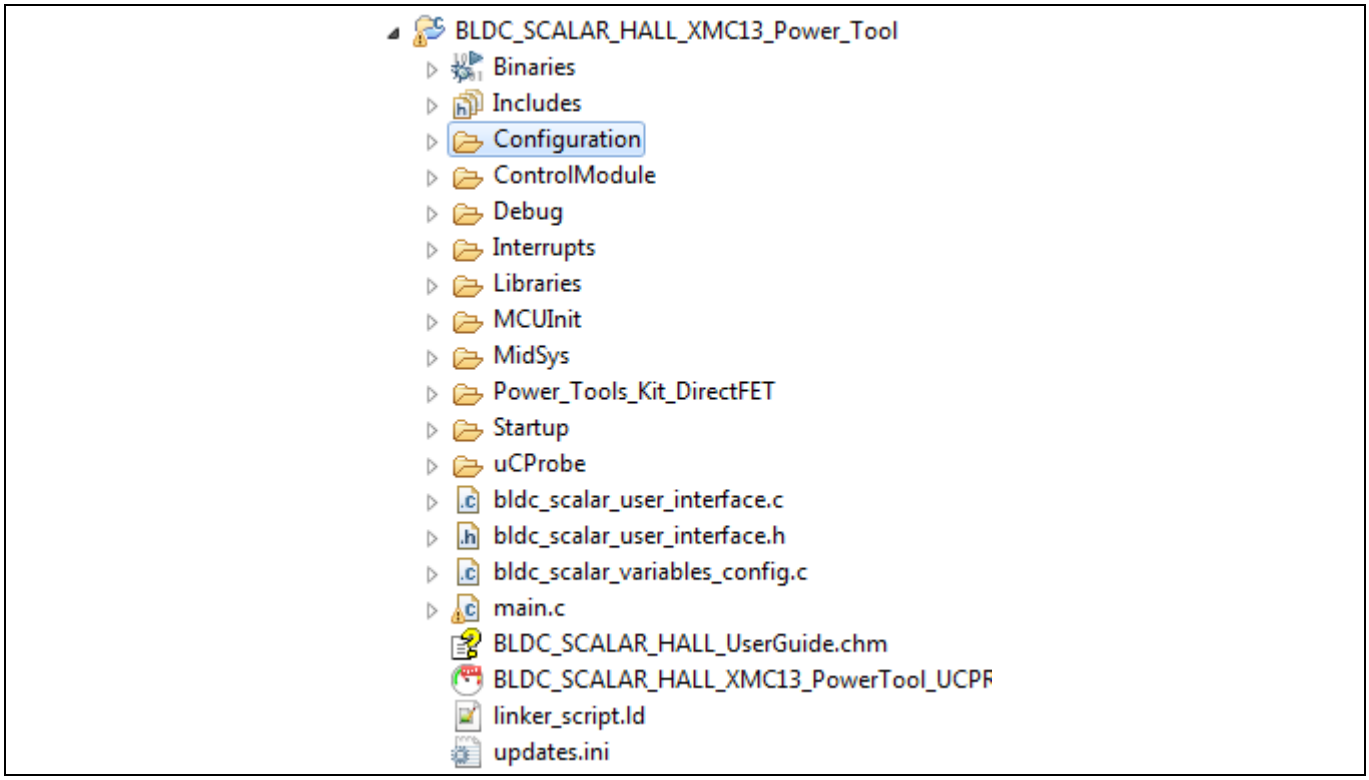


Figure 20　BLDC スカラー制御ライブラリのファイル/フォルダ構造

Table 10　ソフトウェアレイヤーの説明

レイヤー	説明	フォルダ
制御アルゴリズム	このレイヤーは、ソフトウェア制御ライブラリモジュールで構成されます。これには、速度制御, トルク制御, 電圧補正, PI, および PT1 が含まれます。上記のすべてのソフトウェア制御ライブラリルーチンは、割込みサービスルーチン (ISR) から呼び出されます。優先度の高い制御タスクと低スピードの制御タスクに、それぞれ異なるサンプリング周波数をユーザーが選択できるように、ここでは 2 つの独立した ISR が提供されます。 例えば、電流 PI コントローラ, PWM 更新, および電圧補正を高速制御ループ (CCU8 ピリオドマッチ) で実行し、ランプ関数は SYSTICK ISR で実装することが選択できます。利点は、ランプおよびステートマシンタスクが PWM 周波数変化の影響を受けないことです。	• Configuration • ControlModule • Interrupts
ファンクショナル/ミドルシステム	PWM および位置, 速度, ADC 測定のルーチンを提供します。 このレイヤーの主な目的は、制御フィードバック用センサーの追加/削除の柔軟性を提供することです。例えば、最上位レイヤー インターフェースのモジュールを変更せずに、このレイヤーのファイルを変更して、DC_link またはローサイドの相電流検出のための ADC 電流の読み出しを変更できます。	• MidSys
MCU レベル (MCUInit)	MCU ペリフェラルの初期化が含まれます。	• MCUInit
LLD レイヤー	これは、MCU ペリフェラルに対するハードウェアアブストラクションレイヤーです。	• ライブラリ • Configuration

Table 11　ソフトウェア設定プロジェクト名

プロジェクト名	XMC1302	XMC4400	センサーベース	センサーレス
BLDC_SCALAR_HALL_XMC13	✓	–	✓	–
BLDC_SCALAR_HALL_XMC44	–	✓	✓	–
BLDC_SCALAR_SL_ADC_XMC13	✓	–	–	✓

Table 12　ソフトウェア設定ファイル

フォルダ	ファイル	センサーベース	センサーレス
Configuration	bldc_scalar_common.h	✓	✓
	bldc_scalar_derived_parameter.h	✓	✓
	bldc_scalar_mcuhw_config.h	✓	✓
	bldc_scalar_user_config.h	✓	✓
ControlModule	bldc_scalar_control_scheme.c	✓	✓
	bldc_scalar_control_scheme.h	✓	✓
	bldc_scalar_pi.h	✓	✓
	bldc_scalar_pt1_filter.h	✓	✓
	bldc_scalar_ramp_generator.c	✓	✓
	bldc_scalar_ramp_generator.h	✓	✓
	bldc_scalar_control_hall.c	✓	–
	bldc_scalar_control_hall.h	✓	–
	bldc_scalar_control_sensorless.c	–	✓
	bldc_scalar_control_sensorless.h	–	✓
	bldc_scalar_inductive_sensing.c	–	✓
	bldc_scalar_inductive_sensing.h	–	✓
	bldc_scalar_bemf_zero_cross.c	–	✓
Interrupts	bldc_scalar_control_loop.c	✓	✓
	bldc_scalar_ctrap.c	✓	✓
	bldc_scalar_protection_error.c	✓	✓
	bldc_scalar_hall_event.c	✓	–
	bldc_scalar_pattern_shadowtx.c	✓	–
	bldc_scalar_state_machine.c	✓	–
	bldc_scalar_sl_state_machine.c	–	✓
MidSys	bldc_scalar_current_motor.c	✓	✓
	bldc_scalar_current_motor.h	✓	✓
	bldc_scalar_pwm_bc.c	✓	✓
	bldc_scalar_pwm_bc.h	✓	✓
	bldc_scalar_volt_dcbus.c	✓	✓
	bldc_scalar_volt_dcbus.h	✓	✓
	bldc_scalar_volt_potentiometer.c	✓	✓
	bldc_scalar_volt_potentiometer.h	✓	✓
	bldc_scalar_volt_userdef.c	✓	✓
	bldc_scalar_volt_userdef.h	✓	✓
	bldc_scalar_speed_pos_hall.c	✓	–
	bldc_scalar_speed_pos_hall.h	✓	–
	bldc_scalar_volt_dcbus.c	✓	–
	bldc_scalar_volt_dcbus.h	✓	–

フォルダ	ファイル	センサーベース	センサーレス
	bldc_scalar_speed_pos_sl.c	–	✓
	bldc_scalar_speed_pos_sl.h	–	✓
	bldc_scalar_volt_3phase.c	–	✓
	bldc_scalar_volt_3phase.h	–	✓
Root	bldc_scalar_user_interface.c	✓	✓
	bldc_scalar_user_interface.h	✓	✓
	bldc_scalar_variables_config.c	✓	✓

3.2 BLDC モーター制御ソフトウェアの設定

新規モーター用に BLDC モーター制御ソフトウェアを設定する場合は、次のフォルダ内のファイル設定を変更するだけで済みます。

- コンフィグレーションフォルダ
  - ハードウェアおよびユーザー設定
- インターラプトフォルダ
  - ステートマシンのカスタマイズ

Table 13 フォルダ

ファイル	オプション	センサーベース	センサーレス
コンフィギュレーションフォルダ			
bldc_scalar_mcuhw_config.h	ピン選択	✓	✓
bldc_scalar_user_config.h	• モーターと電源ボードの選択 • ADC 測定設定 • ホールパターンラーニングの設定 • 保護モード	✓	✓
割込みフォルダ			
bldc_scalar_state_machine.c	ステートマシンに使用されるシステムタイマーイベント	✓	–
bldc_scalar_sl_state_machine.c		–	✓

4 リソース

- XMC1000 モーター制御アプリケーションキット

  http://www.infineon.com/cms/en/product/productType.html?productType=db3a30443ba77cfd013baec9ca5c0caa

- XMC4400 モーター制御アプリケーションキット

  http://www.infineon.com/cms/en/product/evaluation-boards/KIT_XMC44_AE3_001/productType.html?productType=db3a30443cd75eda013cd984f125047e

- XMC1300 シリーズ用マイクロコントローラプローブを使用した BLDC モーター制御 3 ホールセンサーの例

  http://www.infineon.com/cms/en/product/productType.html?productType=db3a30443ba77cfd013baec9ca5c0caa#ispnTab12

- XMC1300 シリーズ用マイクロコントローラプローブを使用した BLDC モーター 制御センサーレスの例

  http://www.infineon.com/cms/en/product/productType.html?productType=db3a30443ba77cfd013baec9ca5c0caa#ispnTab12

- XMC4400 シリーズ用マイクロコントローラプローブを使用した BLDC モーター制御 3 ホールセンサーの例

改訂履歴

版数	発行日	変更履歴
1.0	2025-01-20	本版は英語版 AP32359 - BLDC motor control software using XMC Rev. 1.0 について、インフィニオン DEVELOPER COMMUNITY の参画者によって日本語に翻訳されたドキュメントです。

Trademarks
All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

Edition 2025-01-20
Published by
Infineon Technologies AG
81726 Munich, Germany

© 2025 Infineon Technologies AG. All Rights Reserved.

Do you have a question about this document?
Email: erratum@infineon.com

Document reference
AP32359_JA

重要事項
本手引書に記載された本製品の使用に関する手引きとして提供されるものであり、いかなる場合も、本製品における特定の機能性能や品質について保証するものではありません。本製品の使用の前に、当該手引書の受領者は実際の使用環境の下であらゆる本製品の機能及びその他本手引書に記された一切の技術的情報について確認する義務が有ります。インフィニオンテクノロジーズはここに当該手引書内で記される情報につき、第三者の知的所有権の不侵害の保証を含むがこれに限らず、あらゆる種類の一切の保証および責任を否定いたします。

本文書に含まれるデータは、技術的訓練を受けた従業員のみを対象としています。本製品の対象用途への適合性、およびこれら用途に関連して本文書に記載された製品情報の完全性についての評価は、お客様の技術部門の責任にて実施してください。

警告事項
技術的要件に伴い、製品には危険物質が含まれる可能性があります。当該種別の詳細については、インフィニオンの最寄りの営業所までお問い合わせください。
インフィニオンの正式代表者が署名した書面を通じ、インフィニオンによる明示の承認が存在する場合を除き、インフィニオンの製品は、当該製品の障害またはその使用に関する一切の結果が、合理的に人的傷害を招く恐れのある一切の用途に使用することはできないこと予めご了承ください。