

デザインソリューション

モーター制御



より少数の部品で高性能のモーター制御設計を実現するには

ブラシレスDCモーター (BLDC) は、産業用製品やオートモティブ製品で至るところで使用されています。自動車は、その構造全体にわたり低電圧BLDCモーターで満たされているようなものです。たとえば、BLDCモーターは、アダプティブヘッドライト、パワーステアリング、クルーズコントロール、サンルーフ、ワイパー、ミラー調整などの機能を実現しています (図1)。



図1. 自動車では、アダプティブヘッドライトなどさまざまな機能に多数のモーターが使用されている

BLDCモーターは、相駆動アーキテクチャを利用して変動する磁場を形成し、そこからトルクを生み出します。車載用のBLDCモーターシステムを開発する際、制御上の主要課題は、位置とトルクを測定することです。

これらのイベントは、個別の電流検出アンプ(CSA)によって、3つの位相の誘導電流をそれぞれ独立に測定することにより捕捉可能です。この3位相の検出ソリューションでは、高速セトリング時間を実現し、パルス幅変調(PWM)信号を均等に除去する独立したCSAが必要です。さらに、マイクロコントローラのアルゴリズムにより、PWMパルスの相またはデューティサイクルを考慮しつつ、瞬間位相電流を計算します。

BLDCモーターに関する位置と速度制御情報を取得することは非常に困難です。このデザインソリューションでは、PWM信号の高速スループレートや測定セトリング時間など、BLDCモーター信号のダイナミクスを明らかにするとともに、システム全体を簡素化することで高速セトリング時間および高いPWM除去により高精度を実現する新しい効果的なCSAについて説明します。

PWM信号の特性

高精度ステッピングモーターなどの電子BLDCモーターを動作させるには、モーターの位相にPWM電圧または変換電流信号を印加する必要があります。この電圧信号が生み出す磁場によってモーターの磁気ステータが反発/吸引され、その結果、モーターの回転が発生します (図2)。



図2. 上部カバーが取り外されたBLDCと磁石ローター

図2では、PWM電圧信号により巻線に電流が流れ、磁場が生み出されます。この磁場が磁石と相互作用し、反応によりモーターの回転が生じます。

PWM電圧信号の実装 (図3) では、さまざまな周波数とデューティサイクルでモーターの速度を制御します。

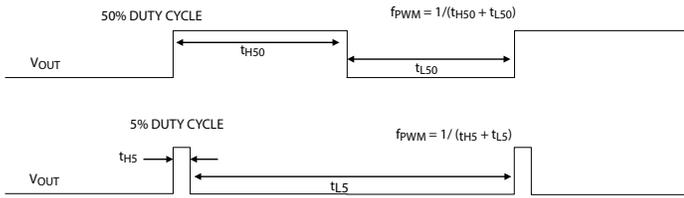


図3. デューティサイクルが50%と5%のPWM電圧信号(V_{OUT})

図3では、周波数は信号のハイ時間とロー時間の和の逆数に等しくなります。高精度モーターアプリケーションでは、モーターの速度を決定することが極めて重要です。5%のデューティサイクルでは平均的に磁場がより弱くなるため、モーターは低速になります。

PWM信号の検出

PWM信号を手早く検出する方法の1つは、小さな値のインラインPCB抵抗(R_{SENSE})を実装し、CSAを使用してこの小抵抗両端の電圧降下を検出することです(図4)。

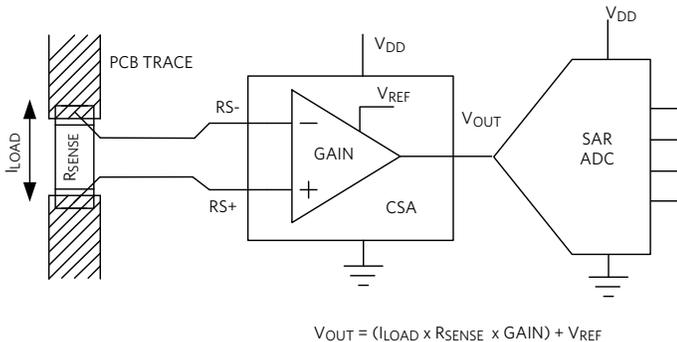


図4. CSAとケルビン検出PCB抵抗

図4は、最初にCSAの入力に接続し、その出力を逐次比較型アナログ-デジタルコンバータ(SAR-ADC)に接続した標準的なケルビン検出配線の回路を示しています。

ケルビン検出配線は、電流検出抵抗のはんだ導体パッドに可能な限り近づける必要があります。 R_{SENSE} の範囲は、 I_{LOAD} の最大振幅、CSAの電圧利得(gain)、CSAの出力電圧範囲に依存します。CSAの性能上の非常に重要な仕様はアンプのセットリング時間であり、SAR-ADCの性能上の非常に重要な仕様は、CSAの出力信号の取得に要する時間の長さ(アキュイジション時間)です。

モーター制御システム

このモーター制御システムの適正な構成では、3つすべての電流検出ラインに R_{SENSE} とCSAの組を実装します(図5)。

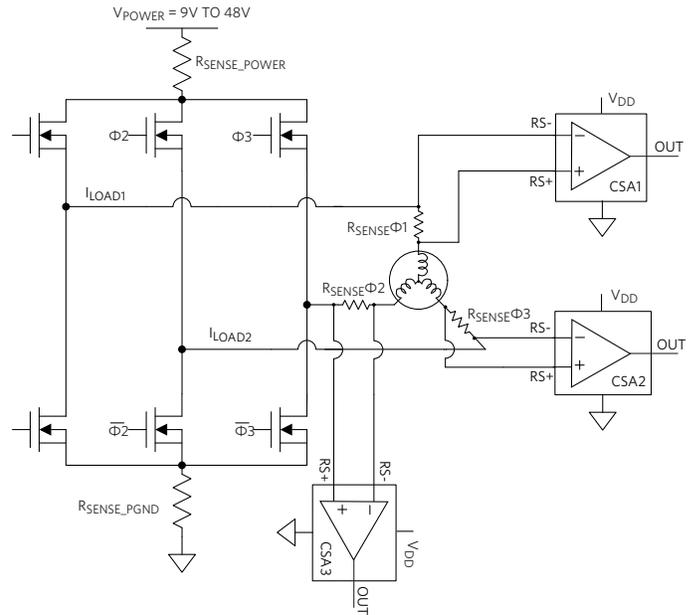


図5. 3相サーボモーターの電流検出

図5では、マイクロコントローラが駆動する3組のパワーFETにより、BLDC本体の回転が生じます。3つのCSAデバイスはすべてADCに接続します。これらのコンバータは、変換データをマイクロコントローラに送信します。マイクロコントローラで相と振幅を確認した後、信号はパワーFETにフィードバックされ、ループが完了します。

PWMコモンモード電圧

高速モーターアプリケーションでは、立上り/立下りの速いPWM電圧信号が必要です。図6は、コモンモード入力デルタを50Vステップとした場合の2つの異なるCSAからの出力波形を示しています。

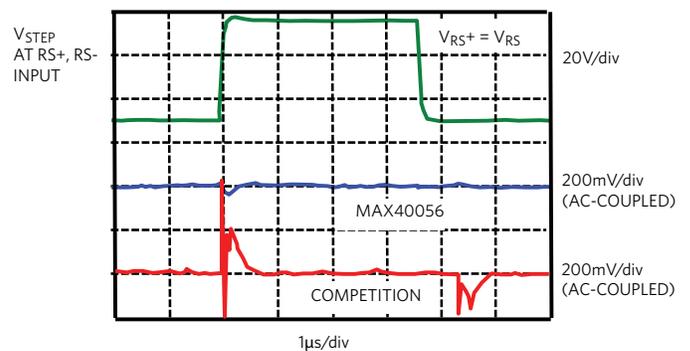


図6. PWMステップ入力に対するコモンモードステップ除去、ステップ入力の立上り/立下り時間: 500V/μs

図6では、CSAのコモンモード入力電圧の変化は、立上り/立下り時間が500V/ μ sで約50Vです。下側の2本の曲線は、2種類のCSAの出力応答を示しています。青色のデータラインの最大変動幅は約50mVです。赤色のデータラインの変動幅は約600mVです。

高速、低コストのモーター制御システム

このシステムの重要な規定要因は、CSAのセトリング時間、SAR-ADCのアクイジション速度、および3つのCSAシステムのコストです。図7は、これらの問題を解決する回路を示しています。

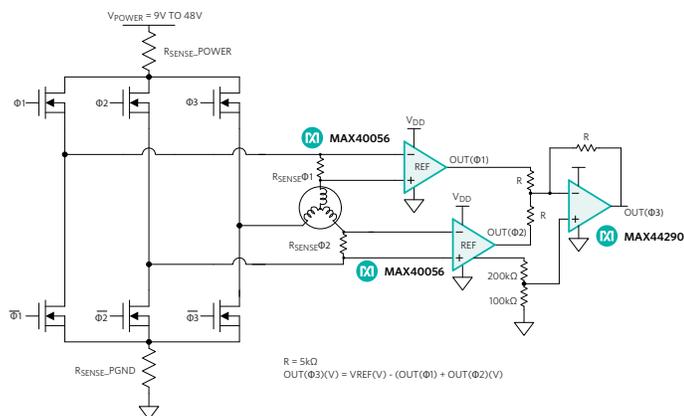


図7. 2相の検出による3相サーボモーターの経済的な電流検出

図7に示すように、2つのCSAの出力を足し合わせることで、3相の電流に対応する電圧が得られます。キルヒホッフの法則により、3位相(同上)の巻線の電流はその他の2相の電流の和に等しくなります。3位相(同上)の電流に比例した電圧を生み出すには、オペアンプを使用した単純な加算回路で十分です。

この回路により、PWMパルス相またはデューティサイクルに関する追加の計算や知識なしで3相すべての瞬間巻線電流が得られ、回路のCSAの数を3つから2つに減少させることができます。

結論

自動車業界で広く使用されている低電圧BLDCモーターは、困難な測定課題が提起されます。各モーターの位置とトルクを経済的な手法で特定するには、この古からの問題に対する新たなソリューションが必要です。MAX40056Fは、改善された設計手法を利用して、コントローラに対して出力信号を迅速に供給します。短いセトリング時間により、高速モーターシステムで結果を提供し、第3のCSAを不要にします。この新しい設計アーキテクチャは、低コストで優れた性能を実現します。

さらに詳しく:

MAX40056F: 双方向電流検出アンプ、PWM除去内蔵

MAX44290: 1.8V、15MHz、低オフセット、低電力、レール・ツー・レールI/Oオペアンプ

Design Solutions No. 107

Rev 1; September 2019

設計サポートが必要な場合は、Eメールにてお問い合わせください。
<https://www.maximintegrated.com/jp/support/overview.html/TechSupportFormJapan>

その他のデザインソリューションを探す

マキシム・ジャパン株式会社

〒141-0032 東京都品川区大崎1-6-4 大崎ニューシティ4号館20F maximintegrated.com/jp

© 2019 Maxim Integrated Products, Inc. All rights reserved. Maxim IntegratedおよびMaxim Integratedのロゴは、米国およびその他の国の管轄域におけるMaxim Integrated Products, Inc.の登録商標です。その他、記載されている会社名、製品名は各社の登録商標、または商標です。

