

Application Note

AMC ハイサイド電源オプション



Andrew Cao

概要

電動化の推進に伴い、高精度でコスト効率の優れた絶縁型電流センシングのニーズが大幅に高まっています。この資料では、テキサス インストルメンツの絶縁型シャント電流センシングデバイスで使用される、最も一般的な 5 つのハイサイド電源オプションを紹介します: [AMC0300D](#)、[AMC0300R](#)、[AMC0306M05](#)、[AMC0306M25](#)、[AMC3301](#)、[AMC3302](#)、[AMC3306M05](#)、[AMC3306M25](#)、および [AMC131M03](#) は、すべて産業用および車載用バージョンが用意されています。

目次

1 はじめに.....	2
2 詳細説明.....	3
2.1 コストを最適化した電源.....	3
2.2 電源の簡素化:.....	5
2.3 高電圧電力変換における絶縁型電流センシングの場所.....	6
3 まとめ.....	10
4 参考資料.....	10

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 はじめに

テキサス インスツルメンツの **AMC** デバイスは、絶縁電流および電圧検出デバイスの多様なシリーズであり、高い同相モード電圧に耐えることができます。内蔵された絶縁バリアによって、高電圧側と低電圧側が物理的に分離され、それぞれ独立した電源を必要とします。**AMC** デバイスおよびシステムに最適なハイサイド電源を決定する際には、コスト、サイズ、位置、使いやすさ、絶縁、機能安全などの検討事項が含まれます。このアプリケーション ノートは、高電圧電力変換において絶縁電流検出が使用される主な 7 つの箇所に対して、推奨される 5 つのハイサイド電源オプションをまとめたものです。ハイサイド電源オプションには、コスト最適化された 3 種類の電源設計 (トランス巻線、ツェナー ダイオード付きゲートドライバ電源、LDO 付きゲートドライバ電源) と、簡素化された 2 種類の電源設計 (内蔵 DC / DC コンバータおよびディスクリートトランス) が含まれます。次に、この資料では、整流器、DC/DC、インバータにおける絶縁型電流センシングの 7 つの主な場所について概説します。

表 1-1. ハイサイド電源オプションの比較

コストを最適化した電源			電源の簡素化		
	トランス巻線	ツェナー ダイオード付きゲートドライバ電源	LDO 付きゲートドライバ電源	統合 DC/DC コンバータ	ディスクリートトランス
コスト	\$\$	\$ ¹	\$ ¹	\$\$	高
サイズ	++	++	+	+	+++
使いやすさ	++	+	++	+++	+++ ¹
絶縁	該当なし	該当なし	該当なし	+	++
機能安全	++	+	+	+++	++
システム要件	より優れた機能安全を備えた低コスト オプション。	オーバーシュートの可能性が少ない最小コストのオプション。	安定性の高い出力と低ノイズを採用した低コスト オプション。	使いやすく、省スペースな設計。	高いカスタマイズ性と優れた使いやすさ。

1. さらに差別化要因として、「システム要件」行に含まれています。

2 詳細説明

2.1 コストを最適化した電源

2.1.1 トランス巻線

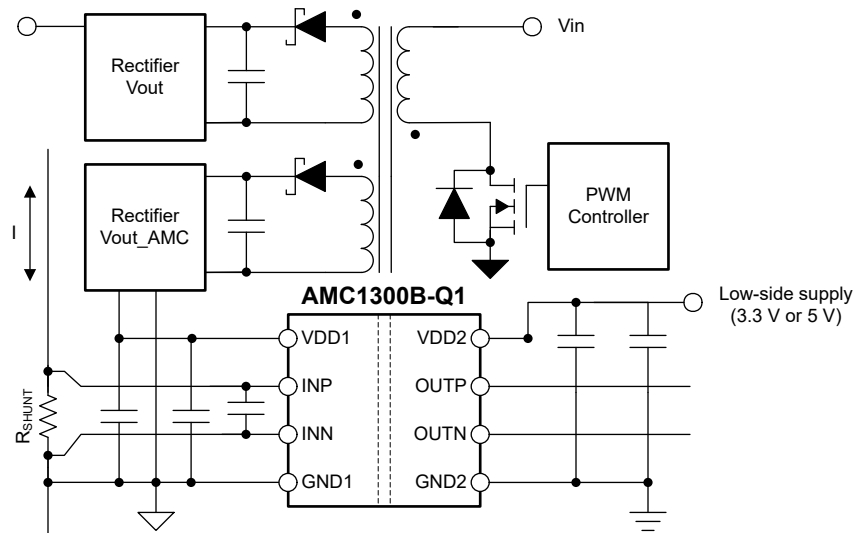


図 2-1. トランス巻線電源の回路図

トランス巻線電源は、高効率で損失の少ない設計です。このデザインは、1 次巻線と 2 次巻線で構成されています。各巻線は、磁気コアに巻かれた絶縁銅導体で構成されています。電流が 1 次巻線を通るので、磁界が発生します。磁界が二次コイルに誘導されて電圧が生成されます。この電源オプションは、このアーキテクチャにより機能安全が向上します。

フライバック コンバータでは、エネルギー損失を最小限に抑え、コスト効率の高い設計を実現するために、トランスの巻線が選定されます。本アプリケーション ノートの後半で説明する DC/DC コンバータでは、エネルギーを蓄えつつ絶縁できる特性を活かして、トランス巻線を選択することができます。この電力は、AMC デバイスのハイサイド電源にも拡張できます。ただし、トランスの巻線を適切に実装しない場合、EMI の懸念が生じる可能性があります。そのため、この電源を選択する際は、詳細を注意深く検討して設計することが不可欠です。設計上の考慮事項には、ワイヤ サイズの選択、巻線の手法、フェライト材料が含まれます。詳しくは、[フライバック トランスの設計効率と EMI に関する検討事項 | ビデオ | TI.com](#) を参考資料としてご覧ください。

2.1.2 ツェナー ダイオード付きゲートドライバ電源

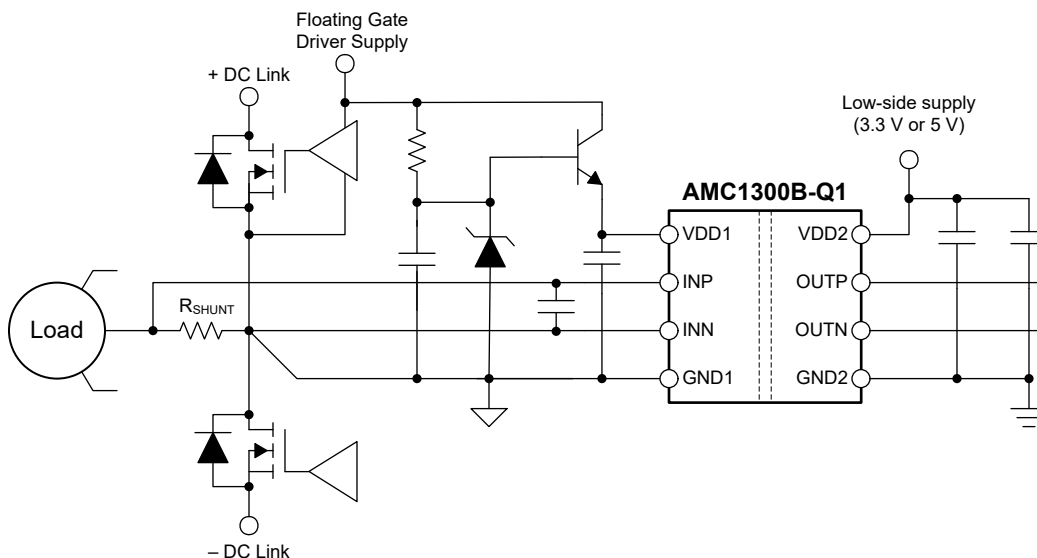


図 2-2. ツェナー ダイオード付きゲートドライバ電源の回路図

ゲートドライバ電源は、パワー デバイスのスイッチングを制御し、低電力デバイスと高電力デバイスの間のインターフェースとして機能するように設計されています。その結果、スイッチング時間を短縮し、システムの電力損失を最小化することで、全体的な効率が向上します。絶縁型ゲートドライバは、低電圧や高電圧の回路を絶縁する方法で、安全性を推進します。ただし、システムで低コストを優先する場合は、ゲートドライバの電源オプションが主に使用されます。このアプリケーション ノートでは、1 つ目のツェナー ダイオードと 2 つ目の LDO の 2 つのオプションについて説明します。ゲートドライバ電源にツェナー ダイオードを組み合わせる方法は、本アプリケーション ノートで紹介する電源オプションの中で、一般的に最も低コストです。

ツェナー ダイオードは設計コストを最小化することに加え、前述の他のゲートドライバ電源オプションよりもオーバーシュートの可能性が低くなっています。設計上の考慮事項には、ツェナー ダイオードが使用する特定の電圧でクランプされ、オーバーシュートの可能性が低減されるという理解が含まれます。LDO は、スルーレートが遅い起動時にオーバーシュートを認識できる可能性があります。この設計では、ハイサイド ゲートドライバの電流センシングの位置を理解する必要があります。これには、シミュレーションと微調整によるセンシング抵抗およびコンデンサのサイズの調整による動作の検証が必要です。この設計手順は多くの場合、特定の LDO のデータシートや資料で概要を説明します。

2.1.3 LDO 付きゲートドライバ電源

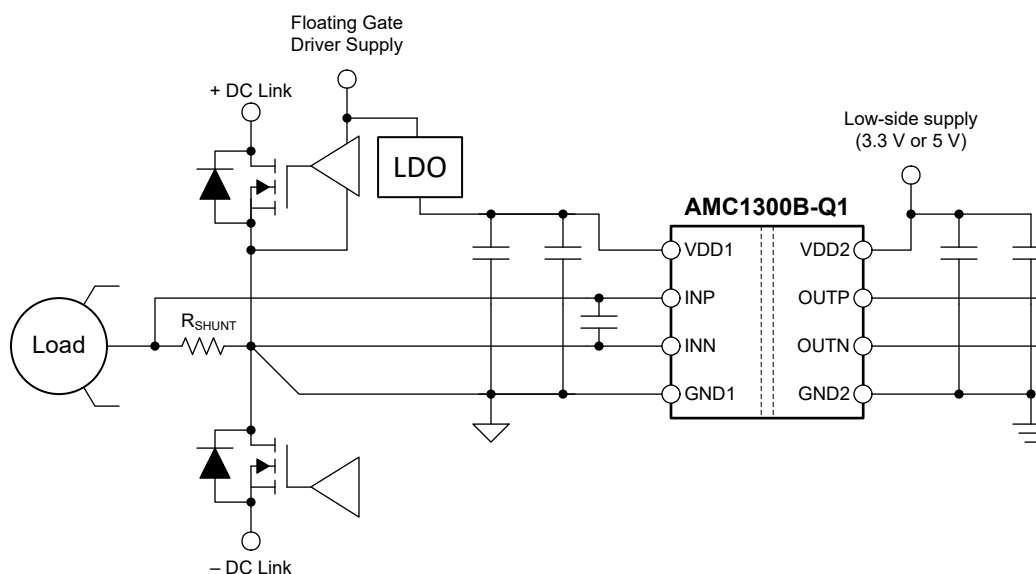


図 2-3. LDO 付きゲートドライバ電源のブロック図

前述の電源オプションに対応して、**LDO** 付きゲートドライバ電源設計では、ツェナー ダイオードの代わりに **LDO** を用いてゲートドライバ電源を構成しています。安定した電圧を低ノイズでゲートドライバに供給することが不可欠な、同様に低コストのアプリケーションでは、電圧をレギュレーションするために **LDO** が適している場合があります。**LDO** は、予期されるシステム電圧スパイクや過熱などの状況で電力を安定させるのに役立ちます。

LDO はダイオードよりも優れた電圧制御性能を持ち、負荷や入力電流が変動しても、より安定した出力電圧を提供します。LDO は、入力電圧と出力電圧の差がわずかであるアプリケーションにも推奨されます。LDO を使用して設計する場合、LDO の追加の電圧降下も考慮する必要があります。これは、AMC に必要な電源電圧を得るために、出力電圧を設定する抵抗値を選定する作業を指します。LDO を使用したこの設計プロセスでは、リアクティブな入力ソースに対抗し、過渡応答を改善するためのコンデンサを内蔵する必要があります。図 2-3 の回路図に示すように、DC リnk の後に、絶縁型ゲートドライバ電源が確立されています。この電源オプションは、整流器やインバータのアプリケーションでも使用でき、その詳細は本アプリケーション ノートの後半で説明します。これらのアプリケーションはいずれもアクティブ スイッチを含んでおり、ゲートドライバ電源の安定した出力の恩恵を受けることができます。LDO を備えたゲートドライバは、電源からのノイズをさらに低減し、この電源の安定性を高め、多くのアプリケーションに適した構成とします。

TLV709 は、多くのアプリケーションに最適な LDO オプションです。この LDO は入力電圧 2.5V~30V で動作できるため、ゲートドライバに電力を供給する多くの電源レールに適しています。このデバイスは出力電圧を調整可能であり、単純な抵抗分圧回路を使って出力電圧をハイサイド電源と同じ電圧に設定できます。たとえば、多くの **AMC** デバイスで使

用される 3.3V または 5V に設定することが可能です。これは、[AMC-MOD-50A-EVM 評価ボード](#)で実証されています。詳細については、ユーザー ガイドのアナログ入力セクションを参照してください。

2.2 電源の簡素化:

2.2.1 統合型 DC/DC コンバータ電源

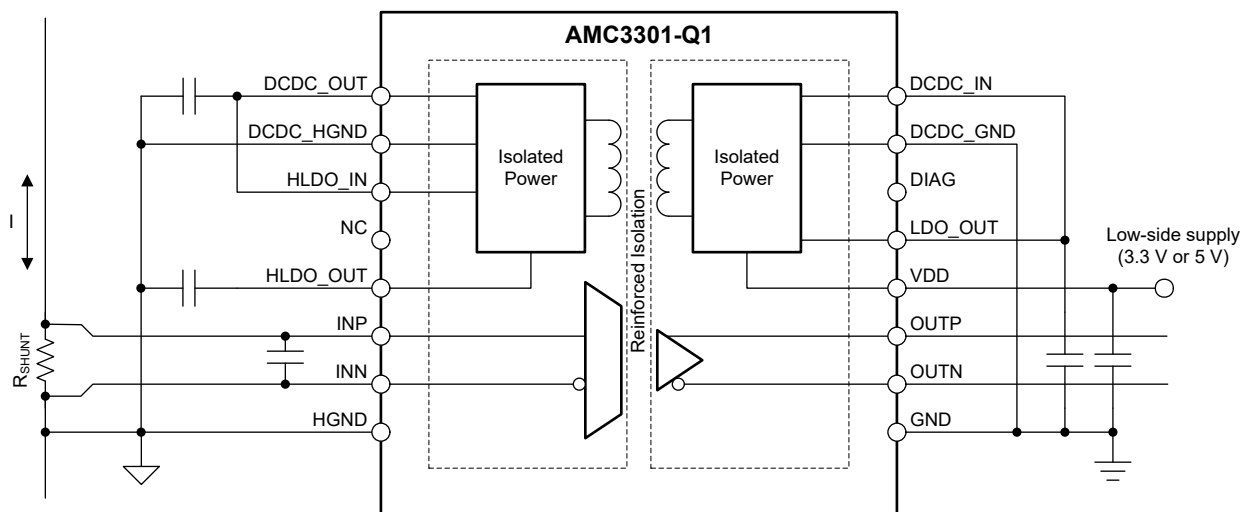


図 2-4. 統合型 DC/DC コンバータの電源回路図

内蔵 DC/DC コンバータ電源は、本アプリケーション ノートで紹介する 5 つの電源オプションの中で最も使いやすく、かつ小型サイズを実現しています。AMC33xx デバイス ファミリーにはこの電源オプションがあり、電流または電圧センシング設計全体が網羅されています。このファミリは、完全に内蔵された絶縁 DC/DC コンバータを備えており、デバイスのローサイド電源からハイサイド電源までを単一電源で動作させることができます。これにより、外部回路の必要性が限られているため、スペースに制約のあるアプリケーションで利点があります。さらに、内蔵 DC/DC コンバータには診断出力機能が備わっており、デバイスが正常に動作しているか、出力電圧が有効かどうかを監視するのに役立ちます。診断、DIAG、ピンは、ハイサイド電源が利用可能になるまで Low に維持されます。これにより、各電源が適切に機能していることを検証できます。統合型 DC/DC コンバータは、電力効率を優先する電源を 1 個のみ使用するアプリケーションで役立ちます。

図 2-4 に、AMC3301-Q1 絶縁型アンプを使用した代表的なアプリケーションの回路図を示します。このデバイスは、非常に単純な外付け回路のみで動作します。具体的には、一次側および二次側の電源ピンにデカップリング コンデンサを配置し、さらにシャント抵抗または検出抵抗を使用して、デバイスのフルスケール入力範囲に入力信号を収めます。入力フィルタリングを推奨しますが、与えられたシステムと入力ソースによっては必須ではありません。[AMC3301EVM 評価ボード EVM](#) では、推奨される設計上の検討事項と代表的な回路について詳細に記載しています。

2.2.2 ディスクリートトランス

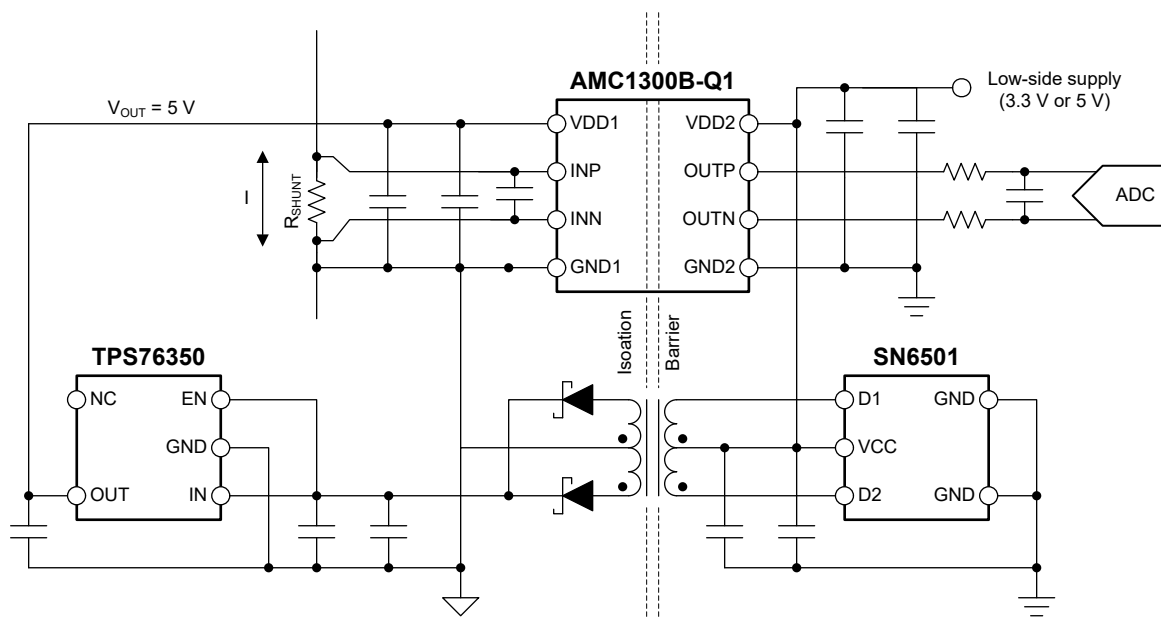


図 2-5. ディスクリートトランス電源回路図

ディスクリートトランス電源オプションは、コスト最適化設計と比べて、より簡素な設計を実現します。ディスクリートトランス電源は、絶縁トランスやその他の個別部品を利用して、ローサイド電源から同じ電源でハイサイド電力を供給する方式です。この電源オプションは、内蔵 DC/DC コンバータを持たないデバイスでよく使用されます。これは、これらの設計が同様の機能を持つためです。ディスクリートトランスは高度なカスタマイズが可能なので、このアプリケーション ノートで検討する他のオプションよりも BOM と PCB サイズが大きくなります。しかし、ディスクリートトランスの設計は前述の他の設計プロセスよりも簡単であり、非常にクリーンな信号を必要とするアプリケーションでよく採用されます。

この図 2-5 回路例には、絶縁アンプである AMC1300B-Q1、トランスドライバの SN6501、LDO の TPS76350 に加え、いくつかの受動部品が含まれています。この設計では、絶縁トランスとトランスドライバを利用して、アンプのローサイド電源からハイサイド電源を供給します。LDO は再度ハイサイドの電力を安定させます。選択した部品の代表的な回路図に関する推奨事項に従うことを推奨します。これには、デカップリング コンデンサとダイオードが含まれます。この回路例は比較的わかりやすくシンプルな構成ですが、PCB 上で大きな面積を占有します。

さらに、AMC1300EVM 評価ボードにはディスクリートトランス電源の例が含まれています。SN6501 トランスドライバは、発振器とゲートドライブ回路を用いてパワー スイッチを駆動し、絶縁バリアを維持します。SN6501 のロジックは、2 つのスイッチ間でこの電力を安全に変換します。ダイオードは、可能な限り多くの電圧を出力に供給する必要があります。SN6501 ユーザー ガイドには、これらの選択に関する詳細情報が記載されています。

2.3 高電圧電力変換における絶縁型電流センシングの場所

2.3.1 はじめに

高電圧電力変換には、整流器 (AC/DC コンバータ)、DC/DC コンバータ、インバータ (DC/AC コンバータ) の 3 つの主なシステムがあります。これら 3 つのシステムには、絶縁型電流センシングの場所が 7 つあります。このセクションでは、各検出位置に最適なハイサイド電源オプションと、絶縁型コンバータ製品ファミリーの中から推奨されるデバイスについて説明します。表 2-1 では、ハイサイド電源を「ゲートドライバあり」と「ゲートドライバなし」の 2 つのカテゴリに分けています。ゲートドライバ電源が使用できる場合、TI は低コスト設計としてゲートドライバ方式の採用を推奨しています。ゲートドライバ電源を活用することで、外付けシャント抵抗を考慮しても、ホール素子、CT、Rogowski などの競合技術よりも低コストで絶縁電流検出を実現できます。ゲートドライバ電源を使用できない場合は、設計を簡素化するために、内蔵 DC/DC 電源オプション (AMC33xx デバイス) の使用を TI は推奨しています。

表 2-1. ハイサイド電源と絶縁型コンバータ デバイスの選択

ハイサイド電源のデザイン	ゲートドライバ搭載	ゲートドライバが存在しません	
	LDO 付きゲートドライバまたはツェナー ダイオード付きゲートドライバ	内蔵 DC/DC 電源	トランス巻線またはディスクリートトランス
推奨される絶縁型コンバータ デバイス	AMC0300D (-Q1)、AMC0300R (-Q1)、AMC0302D (-Q1)、AMC0302R (-Q1)、AMC0306M05 (-Q1) または AMC0306M25 (-Q1)	AMC3301 (-Q1)、AMC3302 (-Q1)、AMC3306M05 (-Q1)、AMC3306M25 (-Q1) または AMC131M03 (-Q1)	AMC0300D (-Q1)、AMC0300R (-Q1)、AMC0302D (-Q1)、AMC0302R (-Q1)、AMC0306M05 (-Q1) または AMC0306M25 (-Q1)

2.3.2 整流器 (AC/DC コンバータ)

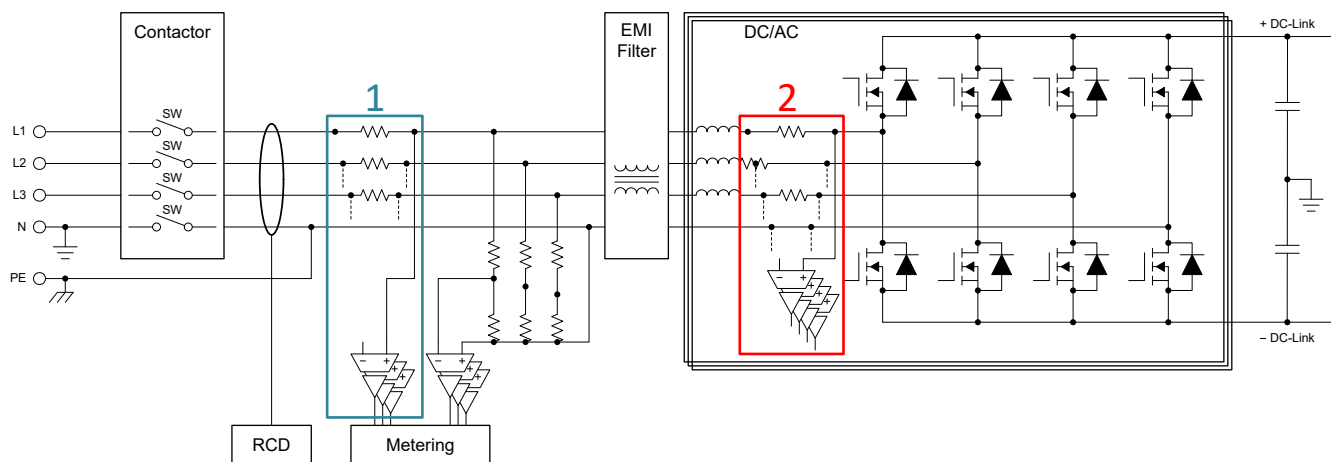


図 2-6. 整流器のブロック図 (AC/DC コンバータ)

整流器は、AC 電圧を DC 電圧に変換する役割を果たします。システムに出入りする電力を把握するには、整流器に絶縁型電流センシングが必要です。該当するアプリケーションは、車載、モータードライブ、メータ関連の各アプリケーションに適したオンボード チャージャ (OBC) です。絶縁型電流センシングの場所は 2 つあります。図 2-6 の青いボックスで示されている最初の位置は、EMI フィルタの前および接触器の後の共通結合点 (PCC) です。ゲートドライバを使用しない設計を使用するのが最善の選択肢です。2 つ目の場所は、図 2-6 の赤いボックスで示されている力率補正 (PFC) 段で、EMI フィルタの後段になります。最適な選択は、各相のハイサイド ゲートドライバ電源を使用して対応するデバイスに電力を供給する、ゲートドライバ付き設計を採用することです。通常、整流器で必要なのは絶縁型電流センシングの場所は 1 つのみですが、車車間および路車間通信 (V2X) などのトレンドに伴い、双方向機能を理由として、TI ではどちらの場所でも絶縁型電流センシングを使用することを推奨します。

2.3.3 DC/DC

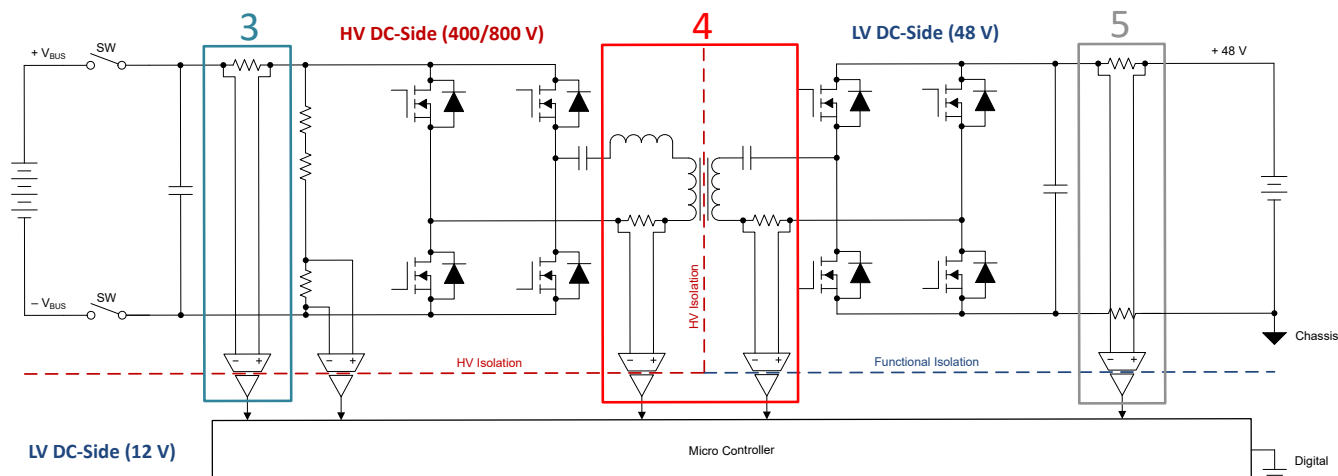


図 2-7. DC/DC コンバータのブロック図

DC/DC コンバータは、高電圧システムで電圧の降圧または昇圧を行います。一般的に、コンバータはバッテリーからの 400V または 800V を受け取り、低電圧用途向けに 48V へ降圧します。用途としては、自動車や太陽光発電システムにおける HVDC/HVDC または HVDC/LVDC コンバータ、さらに電力網でのソーラー オプティマイザや最大電力点追従 (MPPT) などが挙げられます。絶縁型電流センシングの場所は 3 つあります。最初の場所は、青い箱で示されている [図 2-7DC](#) リンクです。ゲートドライバを使用しない設計を使用するのが最善の選択肢です。バッテリーから出力される電力は正確に測定されるため、この位置での精度が常に優先されるとは限りません。この場合、産業用アプリケーション向けの [AMC23C12](#) や車載アプリケーション向けの [AMC23C12-Q1](#) などの絶縁型コンパレータを使用するのが一般的です。2 つ目の場所は、[図 2-7](#) の赤い枠で示されている DC タンクです。ゲートドライバを使用しない設計を使用するのが最善の選択肢です。この場所で実施する絶縁型電流センシングは、過電流保護またはゼロクロス検出で最も一般的です。ここでも、産業用アプリケーションには [AMC23C12](#)、車載アプリケーションには [AMC23C12-Q1](#) を使用することを TI は推奨します。3 番目の場所は、[図 2-7](#) の灰色の枠で示されている HV/LV DC/DC です。ゲートドライバを使用しない設計を使用するのが最善の選択肢です。優れたリソースの 1 つは、[AMC-AMP-50A-EVM](#) です。これは、50A アプリケーションの絶縁型シャント電流センシングを評価するためのシンプルな設計です。

2.3.4 インバータ (DC/AC コンバータ)

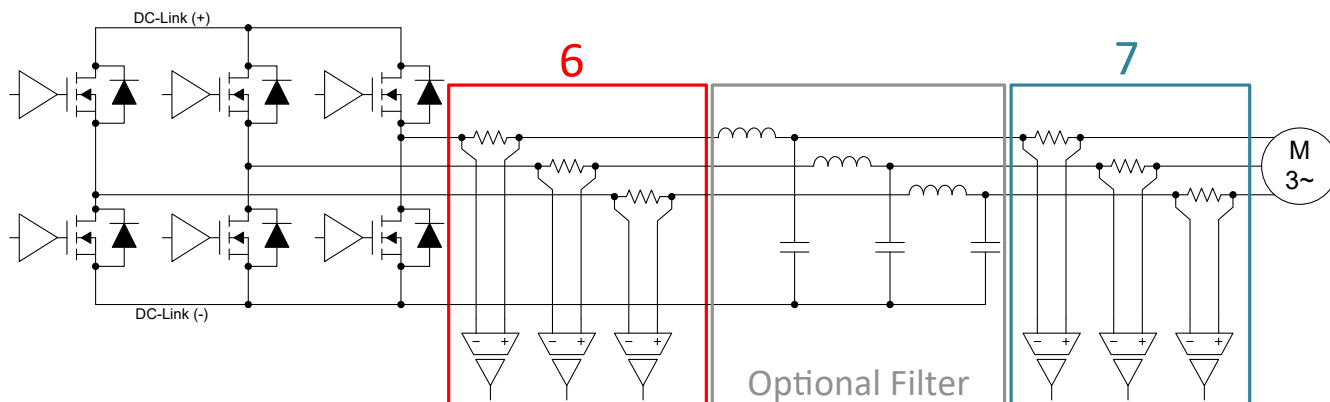


図 2-8. インバータのブロック図 (DC/AC コンバータ)

インバータは、DC 電圧を AC 電圧に変換する役割を果たします。インバータには、モーター制御用の絶縁型電流センシングが必要です。アプリケーションには、車載用のトラクション インバータまたは [EESM](#) や、モータードライブ アプリケーション向けのモーター制御などがあります。[図 2-8](#) の赤いボックスで示される最初の場所は、オプションのフィルタの前にある従来の場所です。最適な選択は、各相のハイサイド ゲートドライバ電源を使用して対応するデバイスに電力を供給する、ゲートドライバ付き設計を採用することです。2 つ目の位置は、[図 2-8](#) で青い箱で示されている正弦波の位置で、

オプションのフィルタの後にあります。ゲートドライバを使用しない設計を使用するのが最善の選択肢です。オプションのフィルタが必要になる理由は、多くあります。まず、この設計は、モーターとモーター コントローラが隣接していない工場の自動化などのアプリケーションで、周辺システムからのノイズを低減するために使用できます。次に、この設計は、電力段でのスイッチングによって発生する過渡的な過電圧を低減し、モーター巻線の損傷を防ぐためにも使用できます。

3 まとめ

トランス巻線、ツェナー ダイオードを使用したゲートドライバ電源、LDO 付きゲートドライバ電源、内蔵 DC/DC、ディスクリートトランス電源オプションの中で、効率的なシステムをモジュール化することができます。電力変換における絶縁型電流センシング用の 7 つの主な場所には、これらの各種のハイサイド電源設計が記載されています。システムおよびプロジェクトの要件に基づき、テキサス インスツルメンツの絶縁型 AMC デバイスを使用して最適な電源を決定および実装できます。

4 参考資料

1. テキサス インスツルメンツ、[絶縁型電流センシングの設計上の考慮事項](#)、アナログ設計ジャーナル。
2. テキサス インスツルメンツ、[LDO の起動時オーバーシュートの回避](#)、アプリケーション ノート。
3. テキサス インスツルメンツ、[フライバックトランスの設計効率と EMI に対する考慮 | ビデオ | TI.com](#)、ビデオ。
4. テキサス インスツルメンツ、『[AMC-MOD-50A-EVM 評価基板](#)』、評価ボード。
5. テキサス インスツルメンツ、『[AMC1300EVM 評価基板](#)』、評価ボード。
6. テキサス インスツルメンツ、[AMC3301EVM 評価ボード](#)、評価ボード。

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、TI は一切の責任を拒否します。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月