

より小型、効率的な絶縁型電源を実現する絶縁型バックコンバータ

はじめに

絶縁型DC-DC電圧レギュレータは、非常に多様なアプリケーションで使われています。絶縁型ソリューションは非絶縁型より複雑ですが、それでも小型スペースに収まり非常に高い効率を実現する可能性を備えています。このデザインソリューションでは、低電圧電力変換システムにおける絶縁の理由について解説し、例として絶縁型デジタル入出力モジュールを取り上げます。最後に、旧来のフライバックコンバータに代わる、より小型で電力効率に優れたソリューションを実現する代替案として、「絶縁型バック」と呼ばれる新しい絶縁型アーキテクチャを紹介します。

低電圧絶縁型システム

SELV/FELVの規定によると、60V以下の入力電圧は触れても本質的に安全と考えられますが、それでもこの動作範囲での絶縁に対するニーズは広く存在します。この電圧範囲でも、電源の電子負荷(通常は、非常に繊細で高価なマイクロコントローラ)には保護が必要です。誤って高電圧に晒された場合、容易に自己破壊が生じるためです。

絶縁は、2つまたはそれ以上の回路が共通のリターン経路を共有する場合に発生するグラウンドループも防ぎます。グラウンドループは、出力電圧の安定化を乱す寄生電流を発生させるとともに、機器の信頼性を低下させる現象として伝導トレースのガルバニック腐食を引き起こします。そのため、絶縁型電源は敏感な負荷の保護と機器の長期的信頼性を重視する産業用、民生用、および通信アプリケーションで広く利用されています。

デジタル入出力システムの例

自動化された工場の入出力モジュール(図1)は、工場のプロセス制御の中心であり、低電圧絶縁システムの代表例です。

図2は、汎用デジタル入出力モジュールと工場システムのブロック図を示しています。中央ハブはACライン電源を受け取り、それを24V DCに変換して、対応するデジタル入力(DI)およびデジタル出力(DO)データとともに入出力モジュールに提供します。工場の環境は過酷で、電氣的・磁氣的干渉および過電圧が発生するため、敏感な電子回路の保護が必要です。各モジュールのプログラマブルロジックコントローラ(PLC)は、絶縁型ステップダウン電圧レギュレータを介して給電されます。デジタル入力モジュール(DIM)では、堅牢な電圧



図1. デジタル入出力モジュール

レベルトランスレータインタフェースがセンサーに給電し、その情報を受信し、デジタルアイソレータまたはフォトカップラを介してそれをPLCに転送します。デジタル出力モジュール(DOM)では、同様の電力、信号、および絶縁チェーンがボード上のドライバに接続され、外部のアクチュエータとインタフェースします。最新システムの入力および出力モジュールには、電力効率に優れた小型の絶縁型ステップアップコンバータの実装が必要です。

従来の実装

フライバックコンバータ(図3)は、絶縁型出力を生成する旧来のアーキテクチャです。トランジスタT1が「オン」時、1次側巻線の電圧は正(V_{IN} と同等)で、2次側巻線の電圧は負です。そのため、ショットキーダイオードSDはエネルギーが出力に流れるのを防ぎ、エネルギーはギャップトランスに蓄積されます。T1が「オフ」時、1次側巻線の電圧は反転し、エネルギーが出力に解放されます。制御ループは非常に複雑で、出力の電圧を安定化するために追加の電圧レギュレータ(TL431A)が必要です。

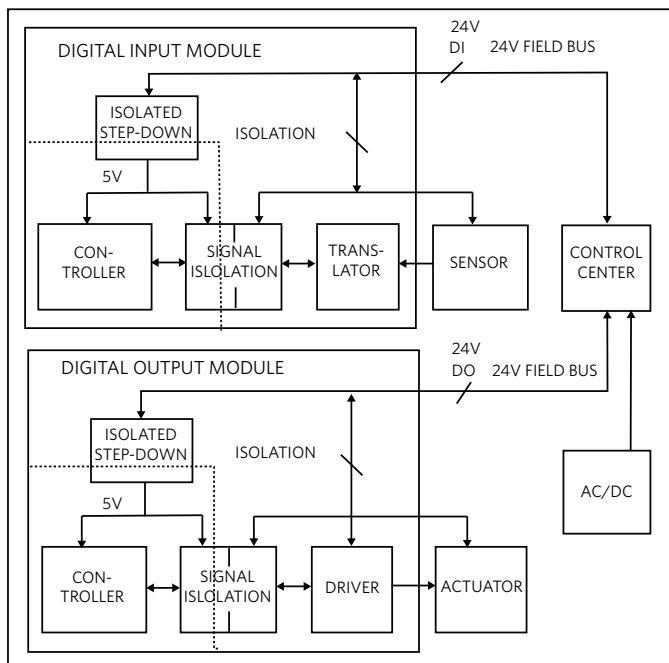


図2. デジタル入出力モジュールと工場システムのブロック図

フォトカプラは、ループを閉じるのに必要な、絶縁されたフィードバックを1次側に提供します。このソリューションは2つのICと多数の受動部品を使用するため、通常は高コスト、非効率で、スペースを消費します。

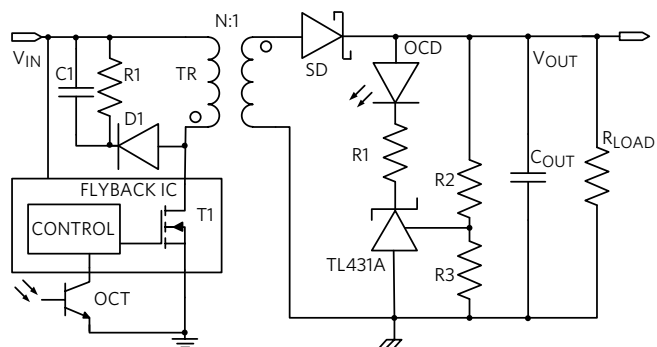


図3. フォトカプラを備えたフライバック

絶縁型バックの実装

絶縁型バックコンバータは、部品数(BOM)を大幅に削減する新しい高集積のアーキテクチャを使用します。図4のブロック図は、このアーキテクチャの概要を示しています。本質的には、インダクタの代わりに同期整流バックコンバータでギャップトランスを駆動するというものです。

T1が「オン」のとき、1次側巻線の電圧は負(- V_{FB} と同等)で、2次側巻線の電圧は正のため、エネルギーを出力に伝送することが可能です。T1が「オフ」時には、逆が成立します。制御ループは1次側で閉じられているため、絶縁を維持したままフォトカプラが不要になります。

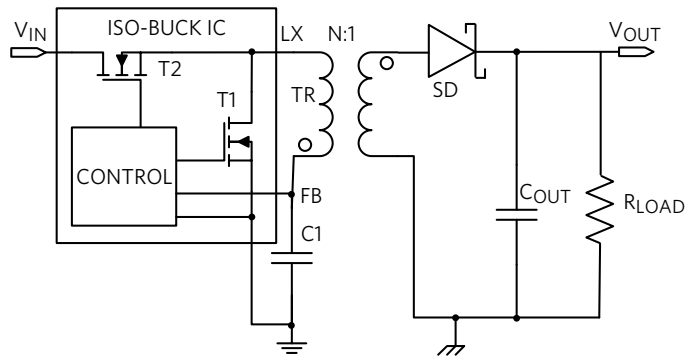
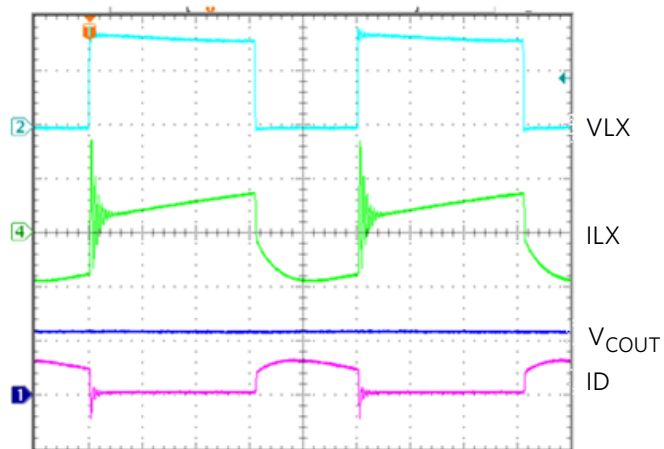


図4. 絶縁型バックコンバータ

MAX17681絶縁型バックコンバータの使用

絶縁型バックアーキテクチャは、4.5V~42V入力、高効率、DC-DCコンバータのMAX17681によって実現されます。図5は、主なMAX17681の波形を示しています。 V_{LX} と I_{LX} はLX端子の電圧および電流、 V_{COUT} は出力電圧、IDはショットキーダイオードの電流です。



CH2:LX VOLTAGE, CH4:LX CURRENT, CH3:SECONDARY CURRENT, CH1:V_{OUT}

図5. 絶縁型バックの波形

MAX17681は、標準的バックコンバータと差別化された複数の特長を備えています。第1に、このデバイスは図5の I_{LX} の波形が示すように、トランスの漏れインダクタンスと静電容量に起因する1次電流リングングに対応するための適切な内部ブランキング設計を実装しています。

第2に、このデバイスは標準的バックコンバータが通常備えるプリバイアス機能を除去しています。この機能は、ソフトスタート時に負の電流を抑止します。図6に示すように、絶縁型バックアーキテクチャでは、これが非単調な出力電圧起動につながります。

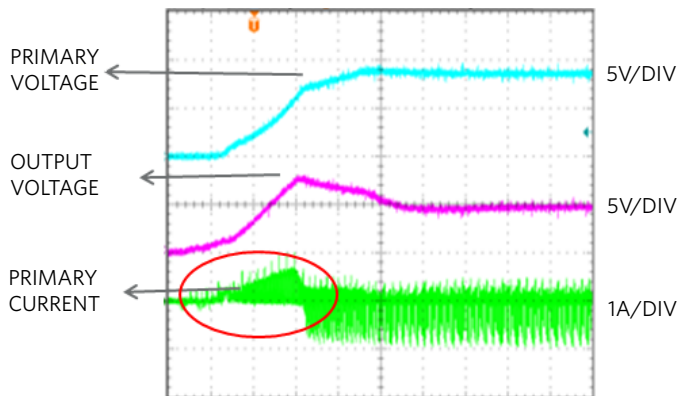


図6. 絶縁型バックモードでの標準的バックスの非単調性

T1の「オン」時は、絶縁型バックアーキテクチャでエネルギーが出力に伝送される唯一の時間であるため、負の電流能力が必要です。

図7は、この段階で電流をシンクする能力によって実現されるMAX17681の単調な起動を示しています。

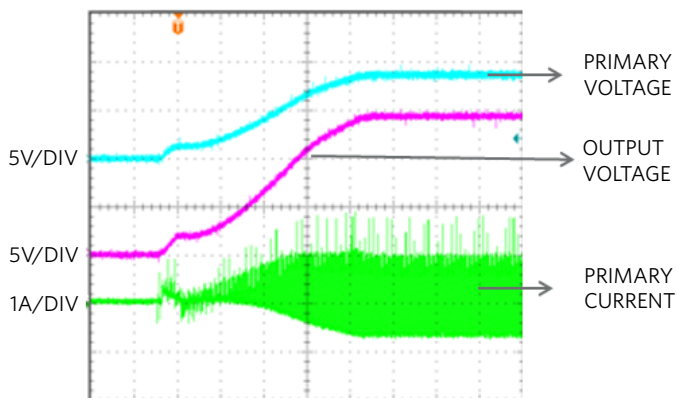


図7. MAX17681の絶縁型バック単調起動

結論

このデザインソリューションでは、絶縁型電源が非常に多様なアプリケーションで使われている理由を概説しました。標準的なデジタル入出力システムについて解説し、その入力および出力の絶縁型アーキテクチャと、小型および高効率の必要性について取り上げました。最後に、MAX17681が、新しい絶縁型アーキテクチャを実装することによって、旧来の絶縁型トポロジに代わる、より小型で電力効率に優れたソリューションを実現する代替案となることを示しました。

FELV: 機能的特別低電圧 (Functional Extra Low Voltage)。60V以下の非絶縁型回路。

SELV: 分離型特別低電圧 (Separated Extra Low Voltage)。60V以下の絶縁型回路。この回路は触れても安全と考えられる。

さらに詳しく:

MAX17681: 4.5V~42V入力、高効率、絶縁型バックDC-DCコンバータ

デザインソリューション No. 13

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。

