

2W~40Wの絶縁型システムに容易に給電を行う

はじめに

自動化された工場では、多数のセンサーやI/Oモジュールを使用して産業用プロセスを制御しています(図1)。過酷な産業環境で動作する各種モジュールは小型化の一途をたどっており、そうしたモジュール向けの電源回路設計は、モジュールアプリケーションの多様性や、電氣的絶縁、小型サイズ、および低消費電力の要件に対応しなければならないため、容易ではありません。設計者は各モジュールに対し、短時間で適正な電圧レギュレータコントローラ、適正なトランス、インダクタ、およびディスクリットトランジスタを用意してアプリケーションに適合させることがよくあります。このデザインソリューションでは、2W~40Wのアプリケーションに対応する即利用可能な6つのリファレンスデザインを取り上げ、絶縁型電源の設計を促進する新しい電源方式について検討します。



図1. 24Vプログラマブルロジックコントローラの入出力モジュール

絶縁の必要性

一般に、高電圧の入力と低電圧の出力間の絶縁は安全上の理由で必要とされます。入力電圧が電源ラインであるオフラインアプリケーションでは、絶縁によって感電事故からの保護を実現します。SELV/FELVの規制によると、入力電圧が60V

未満であれば本質的に触れても安全であると考えられます。しかし、この動作範囲でも絶縁の必要性はなお広く認められています。この場合、保護すべき要素は電源の電子負荷です。これは通常、誤って高電圧にさらされるとただちに破壊される、非常にデリケートで高価なマイクロコントローラなどになります。

絶縁はグラウンドループの発生も防止します。グラウンドループは、複数の回路が同一のリターンパスを共有している時に発生します。グラウンドループは寄生電流を生み出し、出力電圧の安定化を阻害するだけでなく、通電中のトレースにガルバニック腐食を引き起こす恐れもあります。これは装置の信頼性を損なう現象です。そのため、産業、民生、および通信アプリケーションでは、敏感な負荷の保護や装置の長期的な信頼性を考慮して、一般に絶縁型電源が利用されています。

デジタルI/Oモジュールシステム

1つのモジュールには最大64チャンネルを備えることが可能で、工場のフロアでは複数のモジュールを利用する場合もあります。図2は、一般的なデジタルI/Oモジュールシステムのブロック図です。中央ハブがACラインの電力を24V DCに変換し、その電力は対応する入力(DI)および出力(DO)データとともにI/Oモジュールへ送られます。電磁干渉や過電圧を伴うため、工場の環境は過酷であり、敏感な電子部品に対する保護が必要です。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、センサーの情報を受け取り、その情報をデジタルアイソレータやフォトカプラを介してPLCに渡します。デジタル出力モジュール(DOM)上の同様な電力、信号、および絶縁チェーンはオンボードドライバに接続されており、このドライバが外部のアクチュエータとのインタフェースになります。

絶縁型ステップダウンアーキテクチャ

40W未満の産業用スイッチモード電源の絶縁型ステップダウン設計では、一般にフライバックおよびフォワードコンバータトポロジが使用されます。フライバックコンバータはエネルギーの伝送および蓄積にギャップ付きトランスを利用するため、出力部品の数を最小限に抑えることができます。しかし、その不連続な動作に固有の大きなピーク電流のために、用途は低消費電力のアプリケーションに限られます。電力が増大すると、フォワードコンバータの方が望ましい選択肢に

なります。トランスの後段のインダクタが2次側電流の平準化を実現するためです。以下のセクションでは、両方のアーキテクチャについてより詳しく説明します。

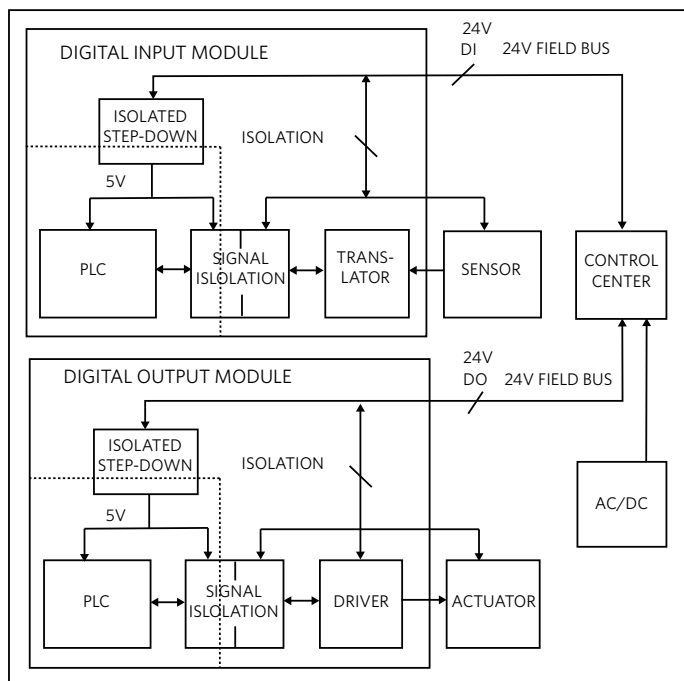


図2. デジタルI/Oモジュールシステムのブロック図

フライバックコンバータアーキテクチャ

フライバックコンバータ(図3)は、簡素かつ高精度でコスト効率に優れた絶縁型アーキテクチャです。トランジスタT1の「オン」時間中には、1次巻線両端の電圧は正で(V_{IN} に等しい)、2次巻線両端の電圧は負です。その結果、ショットキーダイオードSDが出力へのエネルギーの伝達を妨げ、このエネルギーはギャップ付きトランスに蓄えられます。コンデンサ C_{OUT} は出力負荷に対する連続的な給電を確保します。T1の「オフ」時間中には、1次巻線はその電圧を反転させます。これにより、出力へのエネルギーの伝達が可能になり、負荷への給電と C_{OUT} の再充電が行われます。この段階で、1次巻線はR1/C1/D1パッシブネットワークを介してリセットされる一方、フォトカプラはループを閉じるために必要な絶縁フィードバックを高い精度($\pm 5\%$)で1次側に供給します。電力損失を最小限に抑えるため、システム設計者は、順方向電圧降下が非常に小さいショットキーダイオードと低リークギャップ付きトランスを選択する必要があります。トランジスタT1を内蔵しない場合は、超低オン抵抗で低スイッチング損失となるように選択する必要があります。

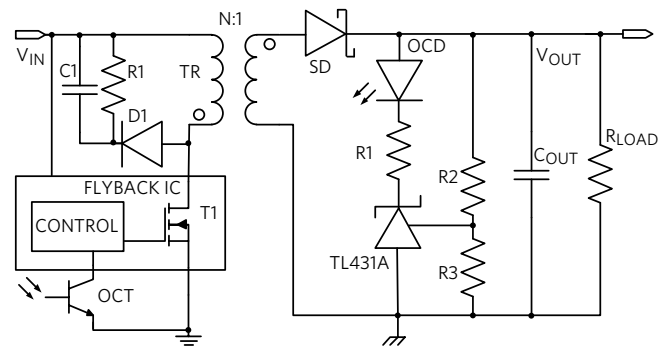


図3. パワートランジスタを内蔵したフライバック

アクティブクランプフォワードコンバータアーキテクチャ

フォワードコンバータ(図4)アーキテクチャは、フライバックコンバータより複雑で効率が高く、大電流および大電力の場合に選択されます。

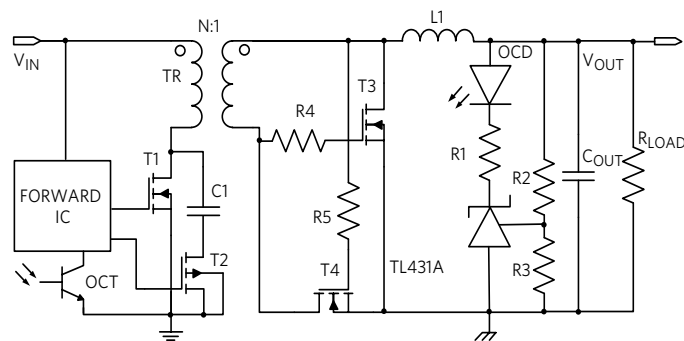


図4. アクティブクランプフォワードのブロック図

図4では、電流は2次側において連続的に維持されます。トランジスタT1の「オン」時間中には、2次側の電流はトランジスタT4とインダクタL1を介して循環します。「オフ」時間中には、電流はT3およびL1を介して保持されます。2次側でダイオードではなくトランジスタT3およびT4が使用されているため、このアーキテクチャの効率が向上します。また、T2およびC1を介したアクティブクランプリセットによっても効率が向上します。T1の「オン」時間中に1次リークインダクタンスに蓄えられたエネルギーは、次にパッシブネットワーク内で放散されることなくC1に蓄えられるためです。ここでも、外付けトランジスタを使用する場合は、低オン抵抗で低スイッチング損失となるように選択する必要があります。トランスは低リークで、インダクタは抵抗損失が極めて小さいものである必要があります。

PCBレイアウトには常に細心の注意を払い、ノイズの混入や、寄生振動を引き起こす可能性があるトレースの結合を回避する必要があります。

6つのリファレンスデザインのファミリ

システム設計者の作業を大幅に簡素化する6つの24V入力リファレンスデザインが開発されています。これらのデザインは即使用可能で、2W~40Wの広範な産業アプリケーションに対応しています。すべての電源レールは複数の世界的なベンダーから容易に入手可能なトランスによって絶縁され、迅速で手軽なトランス選択が可能となっています。リファレンスデザインの部品表、回路図、レイアウトファイル、ガーバーファイルはすべて提供されています。大部分のリファレンスデザインボードはスルーホール端子を備えているため、ボードを迅速に実装し、プロトタイプを作成を早めることができます。

これらのリファレンスデザインのうち3つは、フライバックアーキテクチャで実装され、低電流出力を提供します。最低電流のデザイン(2W/400mA)ではパワースイッチをIC内に集積し、その他2つのデザイン(10W/800mA、20W/1.6A)では外部パワースイッチを利用しています。より大電力の3つのリファレンスデザイン(10W/2A、20W/4A、40W/8A)にはアクティブクランプフォワードアーキテクチャが採用され、これらのデザインではいずれも外部パワースイッチを利用しています。表1にこのリファレンスデザインファミリ全体を示します。

$V_{IN} = 24V$	出力電流	フライバック電源 V_{OUT}	フォワードアクティブクランプ電源 V_{OUT}
MAXREFDES111#	400mA	2W/5V	
MAXREFDES112#	800mA	10W/12V	
MAXREFDES113#	1.6A	20W/12V	
MAXREFDES114#	2A		10W/5V
MAXREFDES115#	4A		20W/5V
MAXREFDES116#	8A		40W/5V

表1. MAXREFDES111#~MAXREFDES116#ファミリ

このテストおよび実証済みでコンパクトかつ即使用可能な新しいリファレンスデザインのファミリは、ディスクリートトランジスタ、トランス、インダクタの正しい選択や適切なPCBレイアウトに関する設計者の懸念を払拭します。これらのデザインのうち2つの効率について詳しく検討しましょう。

MAXREFDES112#フライバック電源

MAX17596ピーク電流モードPWMコントローラを実装した10W、24V入力、12V出力、0.8Aフライバックリファレンスデザインボード(2cm x 6cm)のMAXREFDES112#を図5に示しています。

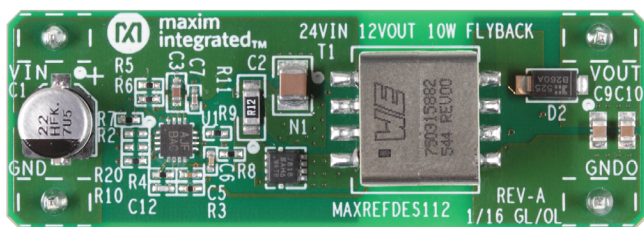


図5. MAXREFDES112#フライバック電源

図6は、広範な入力電圧と負荷電流にわたる効率を示しています。すべてのケースにおいて、ピーク効率は85%を大幅に上回っています。

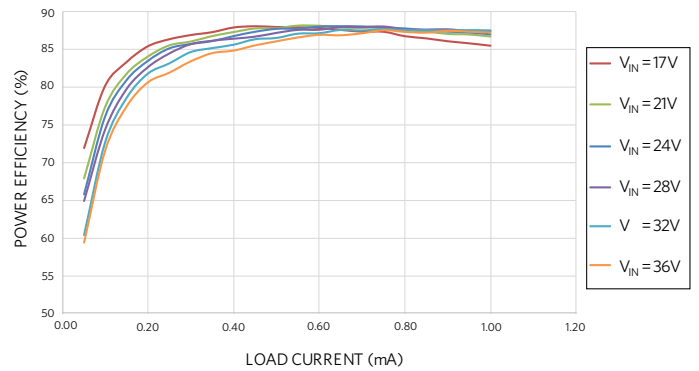


図6. MAXREFDES112#の効率

MAXREFDES115#アクティブクランプフォワード電源

MAX17599アクティブクランプ電流モードPWMコントローラを実装した20W、24V入力、5V出力、4Aリファレンスデザインボード(2cm x 6cm)のMAXREFDES115#を図7に示しています。

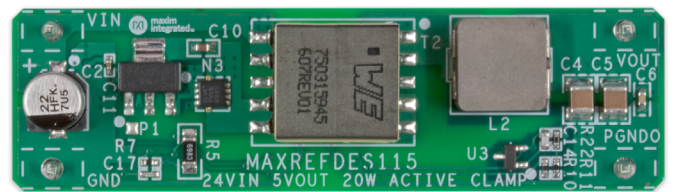


図7. MAXREFDES115#アクティブクランプフォワード電源

図8は、広範な入力電圧と負荷電流にわたる効率を示しています。すべてのケースにおいて、ピーク効率は90%を上回っています。

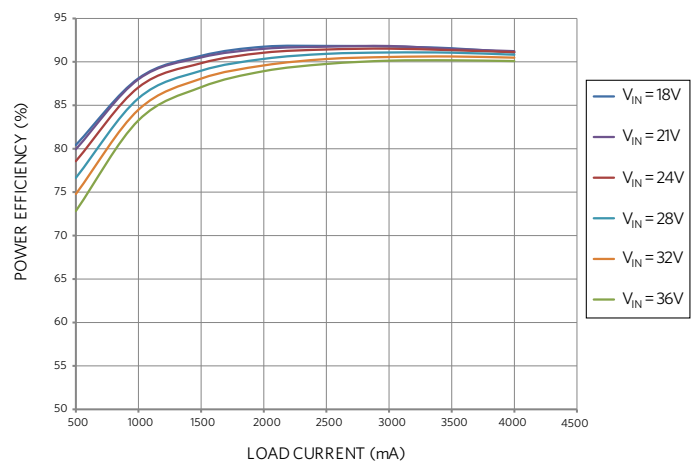


図8. MAXREFDES115#の効率

予想どおり、アクティブクランプフォワードコンバータはフライバックに比べて高い効率を発揮しています。

結論

このデザインソリューションでは、多様なアプリケーションにおける絶縁型電源の設計を早める必要性について検討しました。センサーからアクチュエータまでの産業用システムに焦点を合わせ、デジタル入力およびデジタル出力モジュールアーキテクチャとその効率的な絶縁型電源の必要性について検討しました。最後に、広範な電源オプションをカバーする6つのリファレンスデザインを提示しました。システム設計者は、プロトタイプ作成用のPCBとして、また完全な実働向けオンボード統合用のガーバーファイルとして提供されるこれらのリファレンスデザインによって、難なくシステムへの給電を実現することができます。また、これらのリファレンスデザインでは、トランスの選択肢の提供にとりわけ注意が払われています。複数の世界的なベンダーから迅速で手軽なトランス選択が可能となっているため、絶縁型電源の設計がさらに簡素化され、促進されます。

FELV: 機能的特別低電圧。60V未満の非絶縁型回路。

SELV: 安全特別低電圧。60V未満の絶縁型回路。

さらに詳しく:

[MAXREFDES111# Isolated, 24V to 5V, 2W Flyback Power Supply.](#)

[MAXREFDES112# Isolated, 24V to 12V, 10W Flyback Power Supply.](#)

[MAXREFDES113# Isolated, 24V to 12V, 20W Flyback Power Supply.](#)

[MAXREFDES114# Isolated, 24V to 5V, 10W Active-Clamp Forward Power Supply.](#)

[MAXREFDES115# Isolated, 24V to 5V, 20W Active-Clamp Forward Power Supply.](#)

[MAXREFDES116# Isolated, 24V to 5V, 40W Active-Clamp Forward Power Supply.](#)

デザインソリューション No. 21

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。

