

## Technical Article

## 上下反転型降圧を使用して非絶縁型フライバックに代わるトポロジを実現する方法



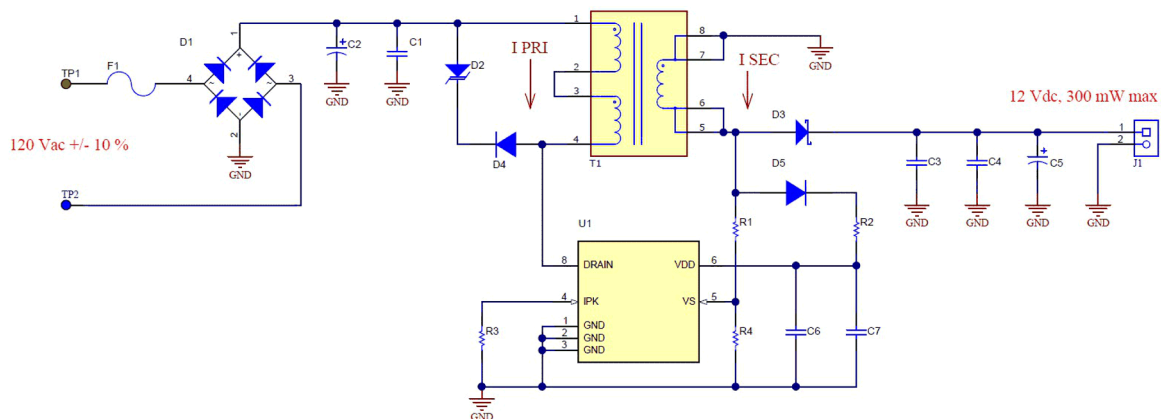
John Dorosa

最も一般的な電源の 1 つはオフラインで、AC 電源とも呼ばれます。一般的な家庭用機能の統合を目的とした製品の増加に伴い、1W 未満の出力能力を必要とする低電力オフライン コンバータの需要が高まっています。これらのアプリケーションにとって最も重要な設計上の課題は、効率、統合、低コストです。

低電力のオフライン コンバータのトポロジを決定するとき、通常最初に候補となるのはフライバックです。ただし、絶縁が必須ではない場合、この方法が最善のアプローチとは限りません。たとえば、最終製品がスマートライトスイッチで、ユーザーがスマートフォンのアプリで制御するとします。この場合、動作中にユーザーが露出した電圧に接触することはないため、絶縁は必要ありません。

フライバックトポロジは部品表 (BOM) の部品数が少なく、電力段部品が数個しかなく、広い入力電圧範囲に対応できるようにトランスを設計できるため、オフライン電源に適切なソリューションです。しかし、設計の最終的な用途で絶縁が必要ない場合はどうすればよいでしょうか。この場合、入力がオフラインであることを考慮して、設計者は依然としてフライバックを使用したいと考えるでしょう。FET (電界効果トランジスタ) と 1 次側レギュレーションを搭載したコントローラを採用すると、小型のフライバックソリューションを設計できます。

**UCC28910** フライバック スイッチャを 1 次側レギュレーションで使用する非絶縁型フライバックの回路図の例を、[図 1](#) に示します。これは現実的な方法ですが、オフラインの上下反転型降圧トポロジならフライバックよりも効率がよく、BOM の部品数も少なくなります。この **Power Tip** では、低電力の AC/DC 変換で上下反転型降圧を使用する場合の利点について解説します。



**図 1. この非絶縁型のフライバック設計は UCC28910 フライバック スイッチャを使用して AC を DC に変換しますが、上下反転型オフライン降圧トポロジを使用すると、より効率的に AC/DC 変換を行えます**

上下反転型降圧の電力段を、[図 1](#) に示します。フライバックと同様に、2 つのスイッチング部品、1 つの磁気部品 (トランスではなく単一のパワー インダクタ)、2 つのコンデンサがあります。上下反転型降圧トポロジは、その名前が示すように降圧コンバータと似ています。これらのスイッチは、入力電圧とグランドとの間でスイッチング波形を生成し、その波形がインダクタとコンデンサのネットワークでフィルタ処理されます。違いは、出力電圧が入力電圧を下回る電位に制御されることです。出力が入力電圧より低い値に「フローティング」している場合でも、通常のように下流の電子機器に電力を供給できます。

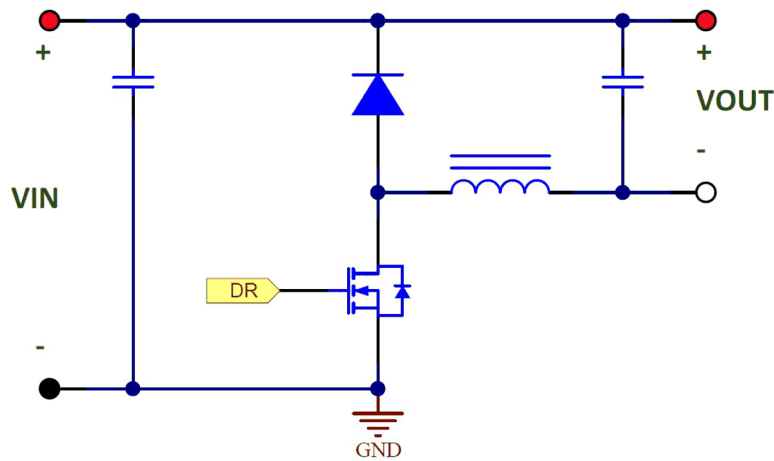


図 2. 上下反転型の降圧出力段の概略回路図

FET がローサイドにあるので、フライバック コントローラから直接駆動できます。UCC28910 フライバック スイッチャを使用する上下反転型の降圧を、図 3 に示します。1 対 1 の結合型インダクタは、磁気スイッチング部品として機能します。1 次巻線は、電力段のインダクタとして機能します。2 次巻線は、タイミングと出力電圧のレギュレーション情報をコントローラに通知し、コントローラのローカル バイアス電源 ( $V_{DD}$ ) コンデンサを充電します。

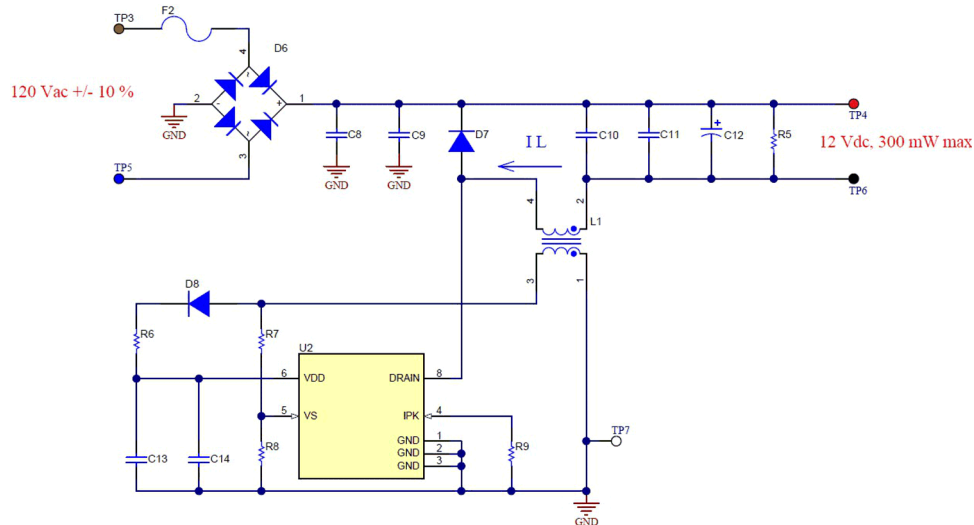


図 3. UCC28910 フライバック スイッチャを使用する上下反転型の降圧設計の例

フライバックトポロジの欠点の 1 つは、トランス全体にわたるエネルギーの伝送方法です。このトポロジは、FET のオン時にはエアギャップにエネルギーを蓄積し、FET のオフ時にはそのエネルギーを 2 次側に伝送します。実際のトランスでは、1 次側にある程度の漏れインダクタンスが生じます。エネルギーが 2 次側に伝送されると、残ったエネルギーは漏れインダクタンスに保存されます。このエネルギーは使用できず、ツェナーダイオードや抵抗/コンデンサのネットワークにより放散する必要があります。

降圧トポロジでは、FET のオフ時間にダイオード D7 を経由してリーケージエネルギーが出力に供給されます。これにより部品数が減少し、効率が向上します。

もう 1 つの違いは、各磁気的设计損失と導通損失です。上下反転型の降圧には電力を伝送する巻線が 1 つしかないため、電力供給のすべての電流がこの巻線を通るので、銅線を有効に利用できます。フライバックでは、銅線がこれほど有効に利用されません。FET がオンのとき、電流は 1 次巻線を通りますが、2 次巻線は流れません。FET がオフのとき、電流は 2 次巻線を通りますが、1 次巻線は流れません。したがって、より多くのエネルギーをトランスに蓄積し、フライバック設計でより多くの銅線を使用することで、同じ量の出力電力を供給できます。

図 4 は、入力と出力の仕様が同じで、降圧のインダクタと、フライバックトランスの 1 次巻線および 2 次巻線との電流波形を比較したものです。左側にある青色の箱は降圧インダクタの波形、右側にある 2 つの赤色の箱はフライバックの 1 次および 2 次巻線です。

各波形について、2 乗平均平方根電流に巻線の抵抗を乗じて導通損失を計算します。降圧には巻線が 1 つしかないため、磁気における合計導通損失は 1 つの巻線での損失です。ただし、フライバックの合計導通損失は、1 次と 2 次の巻線における損失の合計です。また、同様の電力レベルで上下反転型の降圧設計を使用する場合に比べて、フライバックの磁石は物理的に大きくなります。どちらかの部品の蓄積されたエネルギー量は  $1/2 L \times I_{PK}^2$  と等しくなります。

図 4 に示す波形について、上下反転型の降圧が蓄積する必要がある電力は、フライバックが蓄積する必要がある電力の 1/4 だけと計算されます。結果として、上下反転型の降圧設計は、同等の電力が供給されるフライバック設計に比べて、プリントはかなり小さくなります。

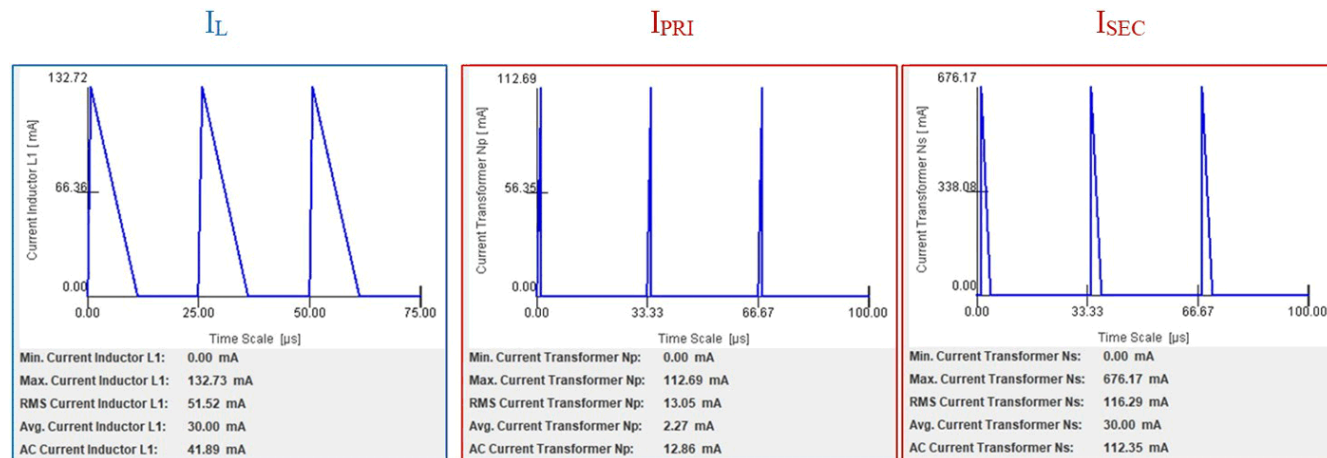


図 4. 降圧とフライバックのトポロジにおける電流波形の比較

絶縁が必要ない場合、低電力のオフライン アプリケーションにとって、フライバックトポロジが必ずしも最適なソリューションとは限りません。上下反転型の降圧を使用すると、より小型のトランスやインダクタを使用できるため、効率の向上と BOM コストの削減を実現できます。パワー エレクトロニクス設計者に重要なのは、可能なすべてのトポロジのソリューションを検討し、特定の仕様に最適なものを判断することです。

### 関連記事

- [Power Tips #76: フライバック コンバータ設計上の検討事項](#)
- [Power Tips #91: 非消散型クランプでフライバック効率を改善する方法](#)
- [絶縁型電源の設計に伴う多くの課題](#)
- [絶縁型電力変換: 2 次側制御の説明](#)
- [電力測定用に独自のオシロスコープ プローブを構築する \(第 1 部\)](#)
- [電力測定用に独自のオシロスコープ プローブを構築する \(第 2 部\)](#)

過去に [EDN.com](#) で公開された記事です。

## 重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、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、テキサス・インスツルメンツ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 テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(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 テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツ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。テキサス・インスツルメンツ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、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツ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。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated

## 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、

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](#)、または [ti.com](#) やかかる TI 製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。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。

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

郵送先住所 : Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated