

Technical Article

単一コンデンサの追加によるデュアル出力フライバック電源のクロスレギュレーションの改善



Brian King

複数の出力電圧を必要とするシステムでは、通常フライバックコンバータが使用されます。これらの複数出力フライバックコンバータでは、すべての出力電圧に対して同時に良好なレギュレーションを維持することが大きな課題となります。

Power Tips #78 では、同期整流器を使用して複数の出力電圧間のクロスレギュレーションを改善する方法を紹介しました。同期整流器は出力電圧のバランスを維持しますが、巻線の RMS (2 乗平均平方根) 電流が大きくなること、軽負荷時の効率が低下することがトレードオフとなります。この **Power Tip** では、同じ振幅の正 / 負出力を生成する特殊なケースに注目して説明を続けます。この場合、1 つのコンデンサを適切に配置することで、すべての負荷条件にわたってクロスレギュレーションを改善できます。

図 1 に、通常構成での 48V から $\pm 12V$ 電源の概略回路図を示します。ここで提案する手法を実装するには、図 1 に示すように 2 次側接続を変更する必要があります。コンデンサ C3 を追加し、ダイオード D2 を 2 次側巻線のローサイドからハイサイドに移動します。2 つのトランスの 2 次側巻線が接続を共有していないことにも注目してください。コンデンサ C3 が追加されていること以外は、図 1B は図 1A と電氣的に等価です。

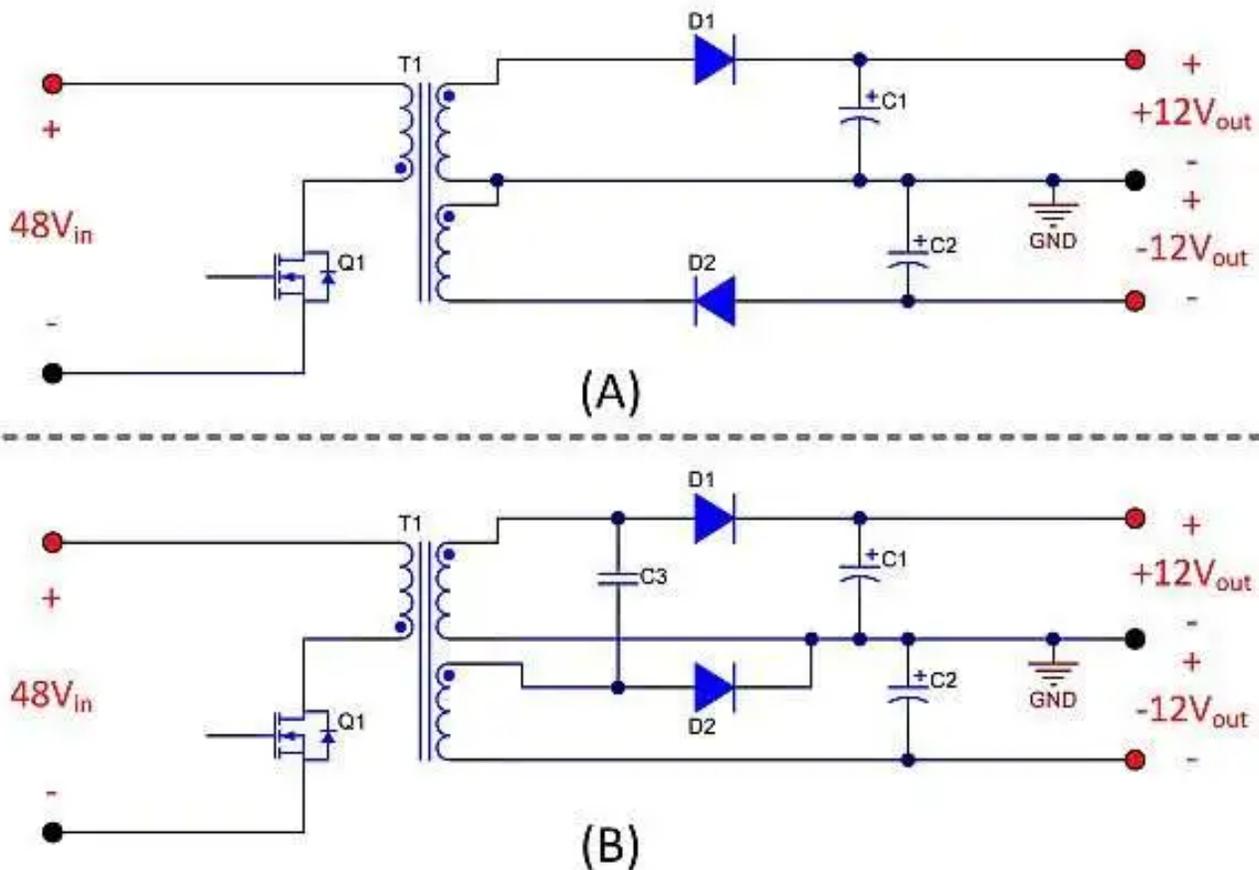


図 1. (A) デュアル出力フライバック電源の標準的な構成、(B) クロスレギュレーションを向上するためにコンデンサを追加した構成

図 2A は、Q1 がオフで、D1 と D2 の両方が導通しているときの回路の状態を示しています。この状態では、トランスは 2 次巻線を介して両方の出力にエネルギーを供給します。C3 は +12V 出力と並列に接続されているため、同じ電圧レベルに充電されます。

図 2B は、Q1 がオンで、D1 と D2 の両方が逆バイアスでオフ状態のときの回路の状態を示しています。この状態では、1 次巻線が入力電圧から充電されるため、エネルギーはトランス内に磁氣的に蓄積されます。この状態では、両方の 2 次巻線の巻数が同じであれば、C3 の両端の電圧は -12V 出力の振幅に等しくなります。これは、図 2B に示す式で表されます。回路がこれら 2 つの状態間を交互に切り替わることによりコンデンサ C3 がチャージポンプとして動作するため、両方の出力電圧振幅のバランスが維持されます。このチャージポンプ効果により、回路内の寄生要素によって生じる電圧不均衡が補償されます。2 つの 2 次巻線の巻数が異なる場合、この手法は機能しません。

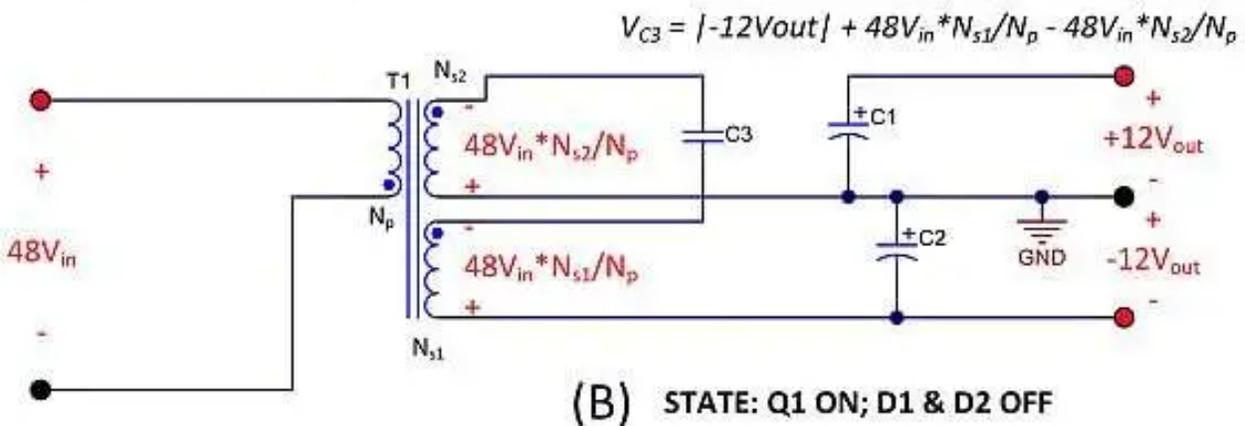
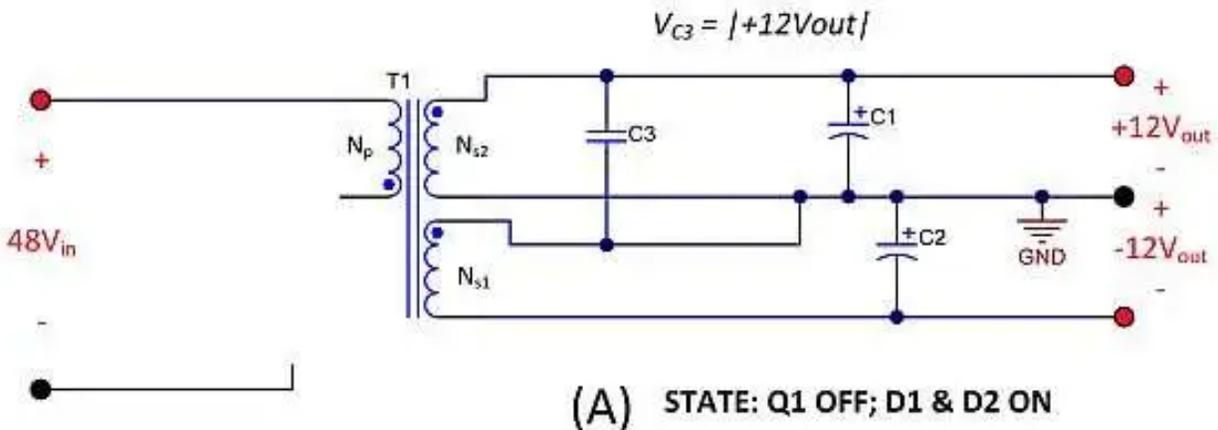


図 2. 回路の 2 つの状態: (A) Q1 はオフ、D1 と D2 はオン、(B) Q1 はオン、D1 と D2 はオフ。

図 3 に、1 次巻線と 2 次巻線の漏れインダクタンスをモデル化したシミュレーション回路図を示します。Power Tips #78 で説明したように、これらの漏れインダクタンスはレギュレーションに大きな違いを生じさせます。1 次側の漏れインダクタンスにより 1 次側に短時間のペDESTAL が現れ、これが 2 次側巻線に結合します。2 次巻線の漏れインダクタンスは、2 つの出力電圧間の結合を劣化させます。

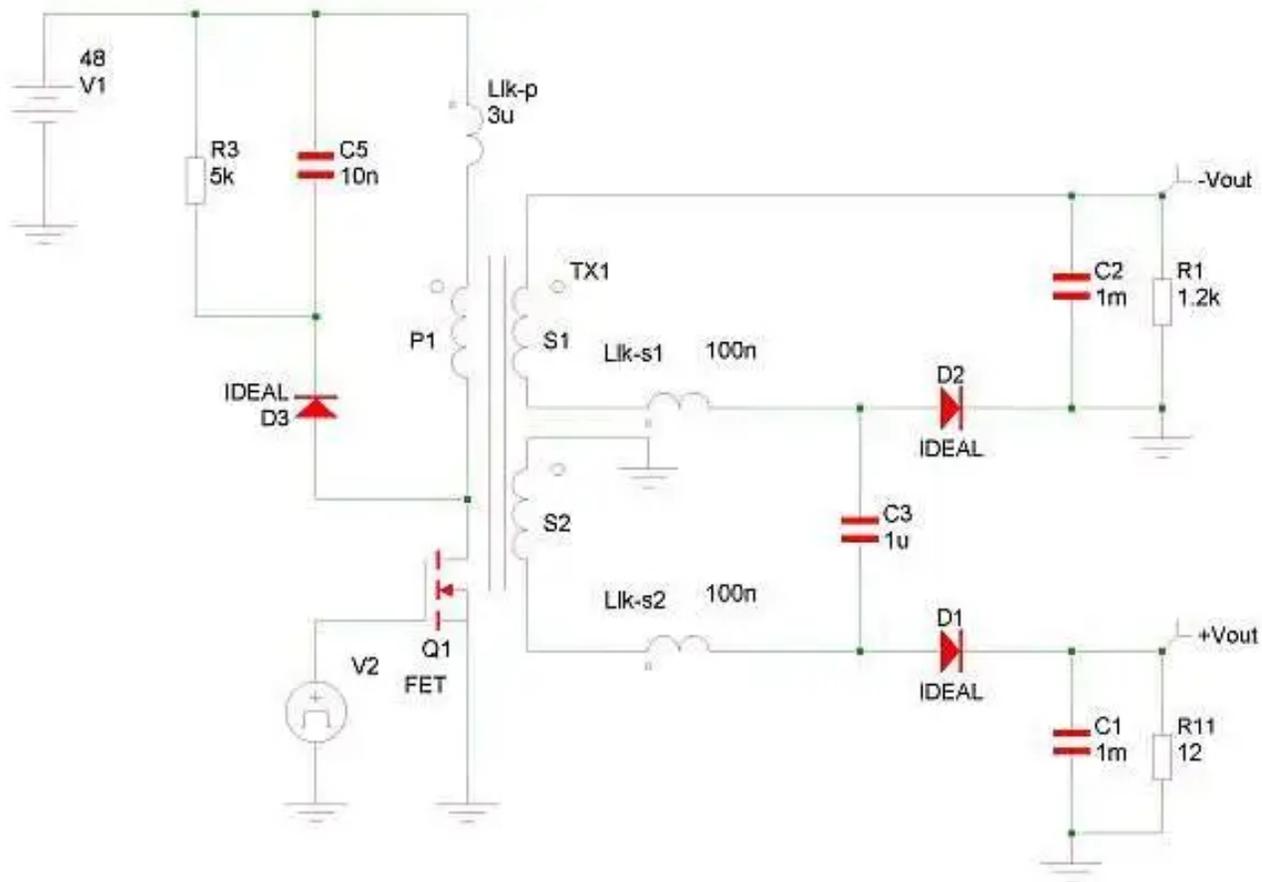


図 3. 出力電圧レギュレーションに対する漏れインダクタンスの影響を調べるためのシミュレーション モデル回路図

図 4 に、+12V 出力に 1A の負荷を追加し、-12V 出力に 10 mA の負荷を追加したときの、出力ダイオードの電圧と電流の波形を示します。1 μ F コンデンサ C3 を追加すると、2 つの出力が適切に結合された状態に維持されるだけでなく、1 次巻線の漏れインダクタンスによるペダスタルの影響も除去されます。負荷が小さい -12V 出力のダイオード電圧に小さな発振があることに注目してください。この発振は、漏れインダクタンスがコンデンサ C3 と共振することにより発生し、その結果 -12V 出力ダイオードが導通したときに位相シフトが発生します。電流波形の形状は、-12V の電流では三角形の形状が維持され、それが +12V の 2 次巻線電流から減算されるという点で、興味深いものです。

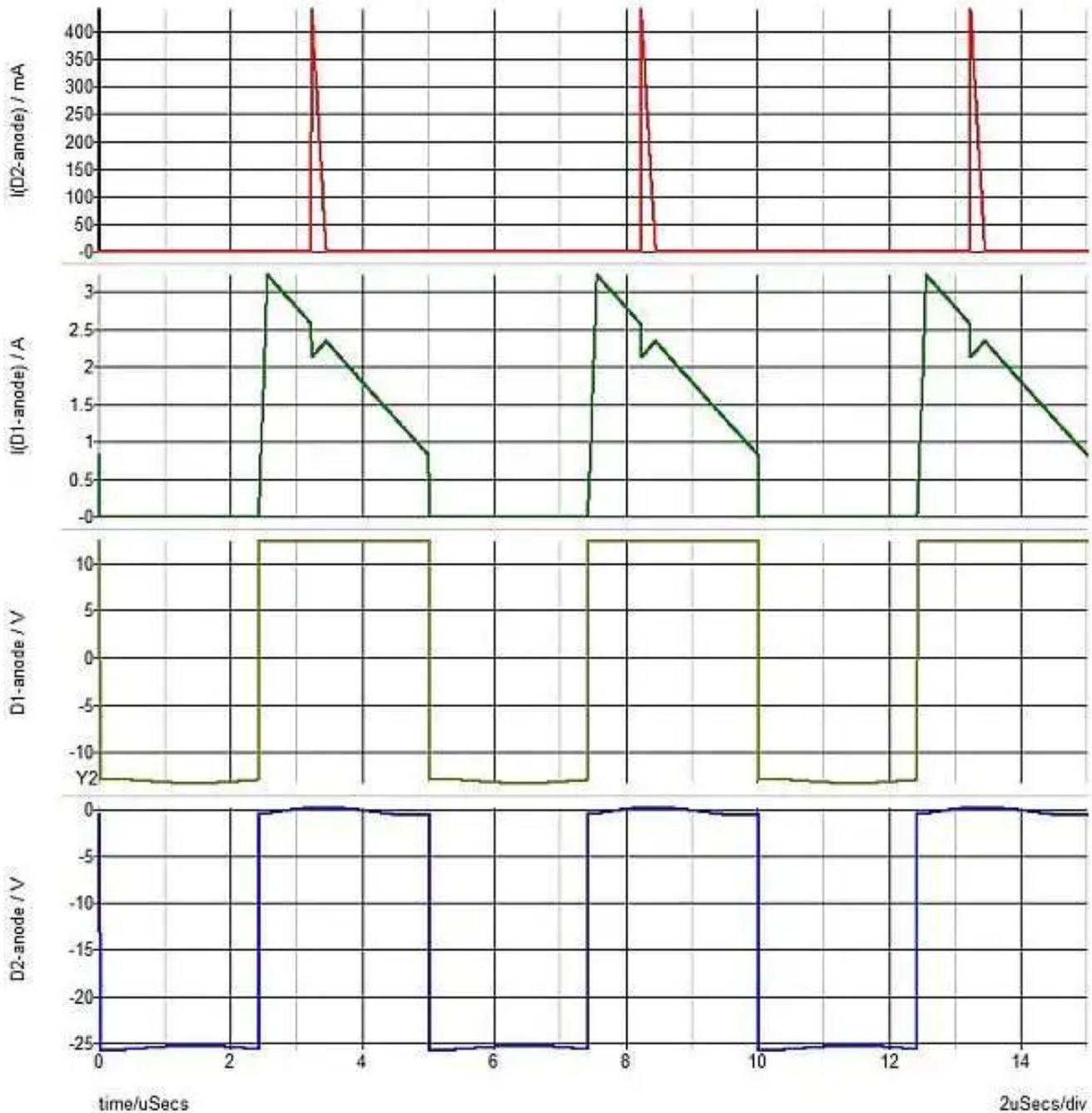


図 4. 出力ダイオードの電圧と電流の波形 (+12V 出力の負荷は 1A、-12V 出力の負荷は 10 mA)

図 5 のグラフに、コンデンサの追加によるレギュレーションへの影響を示します。追加コンデンサがある場合とない場合の両方で、さまざまな負荷条件における 2 つの出力のシミュレーションをプロットしています。

コンデンサを追加しない場合、-12V の負荷がゼロに向かって減少するにつれ、-12V の出力電圧は大幅に上昇します。コンデンサを追加すると、2 つの出力は負荷範囲全体にわたって 3% 以内でお互いに追従します。これらの結果は、[Power Tips #78](#) で説明した同期整流器を使用した結果と似ていますが、RMS 巻線電流が増加するという欠点はなく、コストや複雑さもほとんど増加しません。

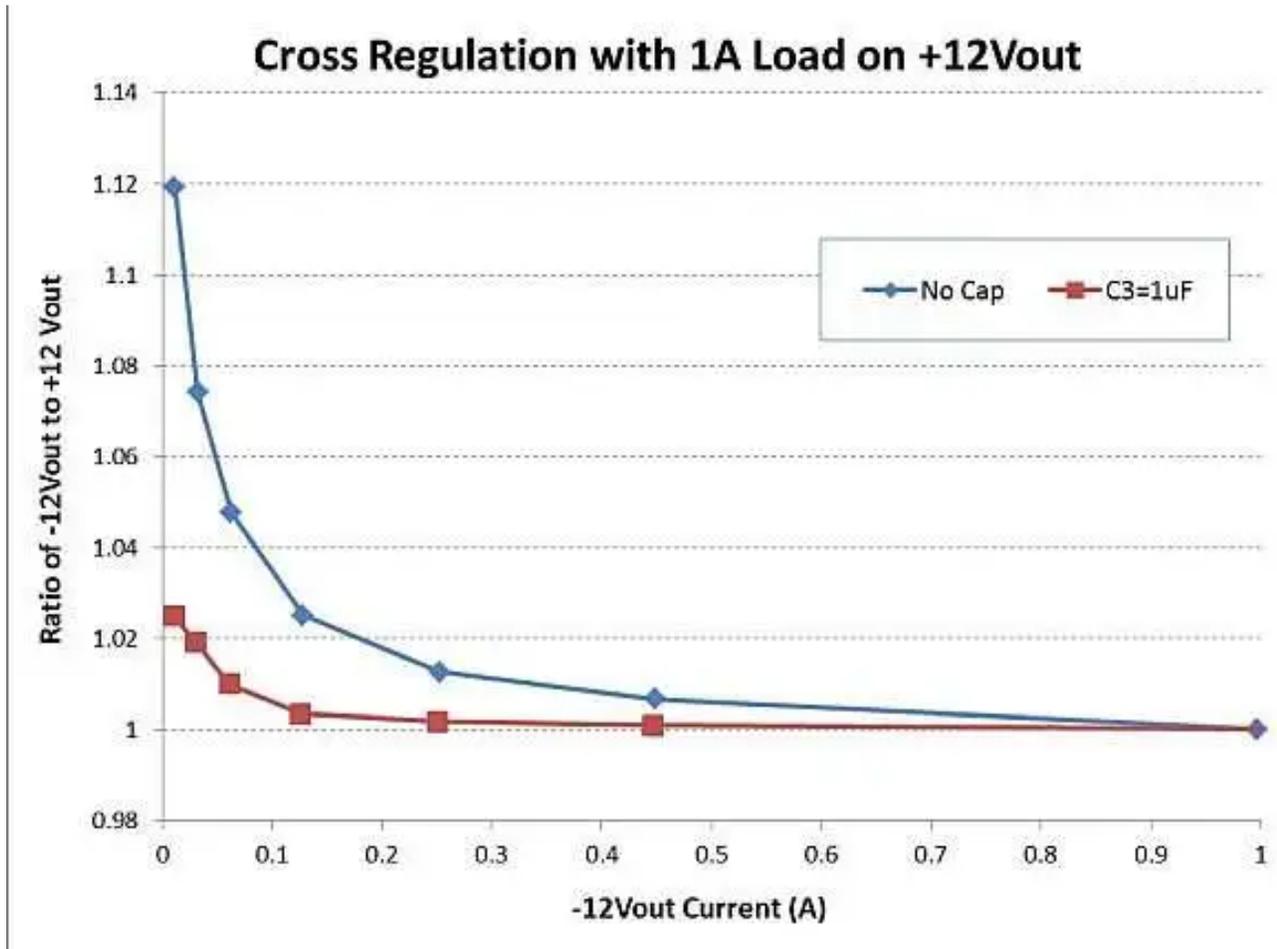


図 5. 単一コンデンサを追加することでクロスレギュレーションが大幅に改善されることを示すシミュレーション結果

結論として、寄生漏れインダクタンスは、複数出力の電源においてレギュレーションの劣化を招きます。同じ振幅の正と負の出力を持つデュアル出力電源では、コンデンサを 1 つ追加することでレギュレーションが大幅に改善されます。

出力電圧の振幅が異なる複数出力の電源でクロスレギュレーションを改善するには、同期整流器を使用するのが最善の方法と考えられます。

次回デュアル出力電源を設計するときには、設計の性能を向上させるため、このシンプルな手法を実装することを検討してみてください。

その他の Power Tips については、Power House でテキサス・インスツルメンツの [Power Tips ブログ シリーズ](#) をご覧ください。

その他資料

- ビデオ、トポロジのチュートリアル: フライバックとは
- テキサス・インスツルメンツの [Fly-Buck / フライバック選択ツール](#) をダウンロードして、仕様に基づいて適切な絶縁型 DC/DC トポロジを選択。

関連記事

- 『[Power Tips #78: フライバック電源のクロスレギュレーションを改善する同期整流器](#)』
- 『[複数出力電源における最小負荷 & クロスレギュレーション](#)』
- 『[フライバック電源の初めての起動](#)』

以前 [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