

Design Guide: TIDA-050053

8V~16V 入力、1.2A、-12V 反転電源リファレンス・デザイン



概要

この反転型電源のリファレンス デザインは、8V~16V の入力から、最大 1.2A の電流で -12V の出力電圧をサポートします。このような負電圧は、光学モジュールのバイアス供給、ラインドライバ、オペアンプ、その他の低消費電力アプリケーションなど、多くのアプリケーションで必要とされます。TPS62933 電力コンバータにより、非常に単純な負電圧インバータ (反転昇降圧) 設計を使用して、電流 1.2A で -12V の負の出力電圧を作り出すことができます。

リソース

TIDA-050053

デザイン・フォルダ

TPS62933

プロダクト・フォルダ



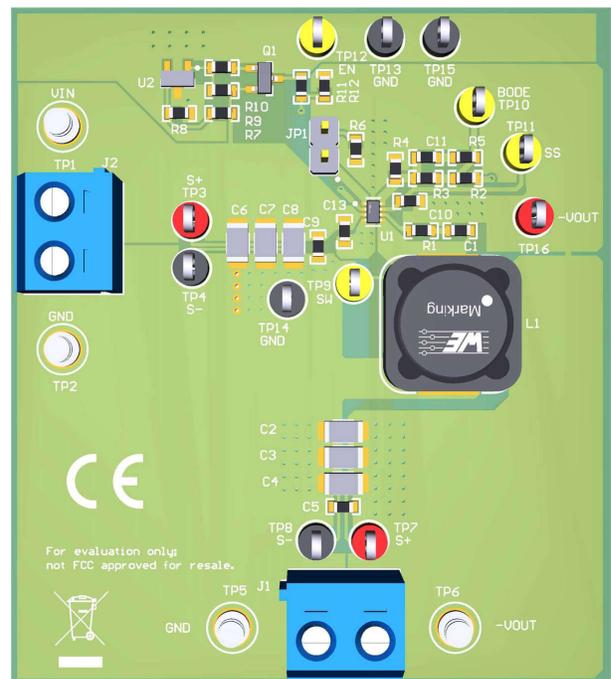
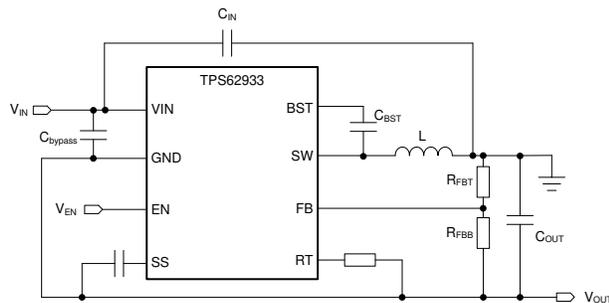
テキサス・インスツルメンツの TI E2E™ サポート・エキスパートにお問い合わせください。

特長

- シンプルな反転型電源設計
- 広い入力電圧範囲: 8V~16V
- 最大 1.2A の連続出力電流
- 低ノイズ (出力リップル 1% 未満)
- 内部補償付きピーク電流制御モード
- 動作時の接合部温度: -40°C~150°C

アプリケーション

- 光学モジュール
- マクロ・リモート無線ユニット (RRU)
- ベースバンド・ユニット (BBU)
- モバイル・スマート TV



1 システムの説明

TIDA-050053 を使用すると、高効率で I_Q の低い同期整流降圧コンバータである TPS62933 を使用して、出力電圧をグラウンドに対して反転または負にする、非常に単純な反転昇降圧設計を実現できます。このデザインでは、8V~16V の入力電圧から最大電流 1.2A の -12V レールを生成する、反転電源を紹介します。最適化されたループ補償機能を内蔵しているため、外付けの補償部品は不要です。オペアンプ、光学モジュールのバイアス印加、ラインドライブ、その他のアプリケーション用に、小電流の負のレールには負電圧が必要です。

表 1-1. 主なシステム仕様

設計パラメータ	値の例
入力電圧範囲	公称 12V 8V~16V
出力電圧範囲	-12 V
過渡応答、50% の負荷ステップ	$\Delta V_O = \pm 5\%$
出力リップル電圧	1%
出力電流定格	1.2 A

2 システム概要

2.1 ブロック図

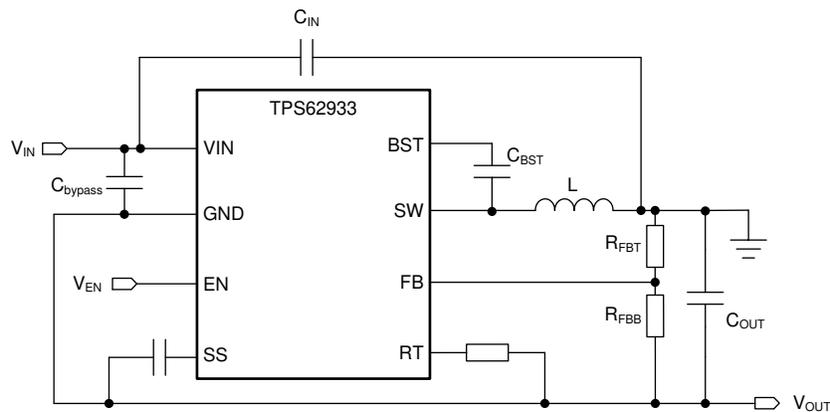


図 2-1. TIDA-050053 のブロック図

2.2 設計の考慮事項

降圧コンバータが反転昇降圧として構成されている場合の主な違いの詳細は以下のとおりです。

- 反転昇降圧コンバータ IC に印加できる入力電圧は、同じ降圧コンバータ IC に印加できる入力電圧よりも低くなります。これは、IC のグラウンドピンが (負の) 出力電圧に接続されているためです。したがって、デバイスの両端の入力電圧は V_{IN} から V_{OUT} までであり、 V_{IN} からグラウンドまでではありません。したがって、TPS62933 デバイスの入力電圧範囲は $3.8V \sim 30V - V_{OUT}$ であり、 V_{OUT} は正の値です。
- 出力電圧は降圧コンバータとして構成した場合と同じですが、負の電圧です。そのため、反転昇降圧トポロジの出力電圧を $-0.8V \sim -22V$ に設定します。出力電圧は降圧構成と同じように設定され、2 つの抵抗が FB ピンに接続されます。
- 降圧構成では、平均インダクタ電流は平均出力電流と等しくなります。これは、制御 MOSFET のオン時間とオフ時間の両方の間、インダクタが常に負荷に電流を供給するためです。ただし、反転昇降圧構成では、負荷に出力コンデンサからのみ電流が供給され、制御 MOSFET のオン時間中はインダクタから完全に切断されます。オフ時間中は、インダクタは出力コンデンサと負荷の両方に接続されます。そのため、昇降圧アプリケーションでデバイスが保持できる出力電流は、降圧アプリケーションよりも小さくなります。出力電流は、インダクタの値、入力電圧、出力電圧によって変化します。
- EN ピンの電圧がスレッシュホールドを超え、入力電圧が UVLO スレッシュホールドを上回っていれば、TPS62933 はイネーブルになります。EN ピンの電圧がスレッシュホールドを下回るか、または入力電圧が UVLO スレッシュホールドを下回ると、このデ

バイスは動作を停止します。ただし、昇降圧アプリケーションとして構成した場合、TPS62933 デバイスの GND ピンはゼロ電圧 (システム グランド) ではなく負の出力電圧に接続されるため、デバイスのイネーブルまたはディセーブルが困難になる可能性があります。したがって、問題を解決するにはレベルシフト回路が必要です。

2.3 主な使用製品

TPS62933 は、3.8V~30V の広い入力電圧範囲を持ち高効率で使いやすい同期整流降圧コンバータであり、最大 3A の連続出力電流と 0.8V~22V の出力電圧をサポートしています。

本デバイスは、高速な過渡応答と優れたラインおよび負荷レギュレーションのために固定周波数ピーク電流制御モードを採用しています。内部ループ補償を最適化することで、幅広い出力電圧と動作周波数にわたって外付け補償部品を不要にしています。パルス周波数変調 (PFM) モードを使うことで、軽負荷時の効率を最大限に高めることができます。低消費電力動作で長いバッテリー寿命を実現しようとする場合、ULQ (超低静止電流) 機能は非常に有益です。RT ピンの設定によりスイッチング周波数を 200kHz~2.2MHz の範囲で設定できるため、システムの効率、フィルタのサイズ、帯域幅を最適化できます。ソフトスタート時間は SS ピンの外付けコンデンサで調整できるため、大きな容量性負荷を駆動する際の突入電流を最小化できます。このデバイスは、EMI ノイズの低減に有効な周波数スペクトラム拡散機能も備えています。

本デバイスは、OTP、OVP、UVLO、サイクル単位の OC 制限、ヒカップ モード付き UVP などの保護機能を完備しています。このデバイスは 0.5mm ピンピッチの小型 SOT583 (1.6mm × 2.1mm) パッケージに封止されています。PCB のレイアウトが容易になるように最適化されたピン配置を採用しており、EMI 性能も優れています。

2.4 システム設計理論

2.4.1 TPS62933 を使用する反転電源の設計

反転昇降圧トポロジは、降圧トポロジと同様です。図 2-2 に示す降圧構成では、正の接続 (V_{OUT}) をインダクタに接続し、リターン接続を集積回路 (IC) グランド (GND) に接続します。ただし、反転型昇降圧構成を説明する図 2-1 では、負の出力電圧ピンとして IC の GND を使用しています。降圧構成では、正の出力を GND として使用します。この反転トポロジにより、出力電圧を反転し、常に GND より低くすることができます。

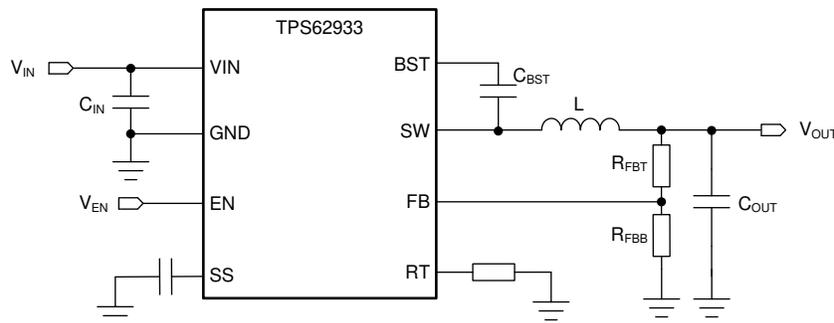


図 2-2. 降圧コンバータ アプリケーション

反転昇降圧トポロジでの回路動作は、降圧トポロジとは異なります。制御 MOSFET のオン時間中は、出力コンデンサが負荷電流を供給する間、インダクタに電流が充電されます。この間、インダクタは負荷に電流を供給しません。制御 MOSFET のオフ時間と同期 MOSFET のオン時間の間に、インダクタは負荷と出力コンデンサに電流を供給します。

図 2-3 に、TPS62933 を使用した反転電源の設計を示します。

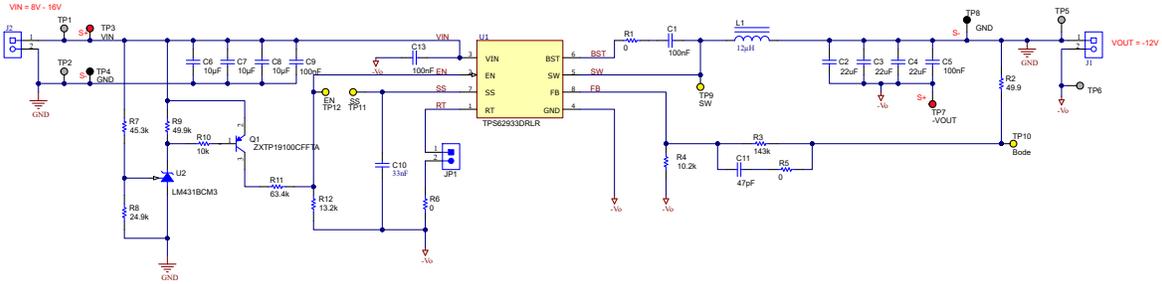


図 2-3. TPS62933 を使用する反転電源の設計

3 ハードウェア、ソフトウェア、テスト要件、テスト結果

3.1 ハードウェア要件

テスト目的で、このリファレンス デザインには以下の機器が必要です。

- 2A 以上、最大 20V の負荷に電力を供給できる電源。
- 関連するテスト中に電流と電圧を測定する電流および電圧マルチメータ。
- 電圧と電流をキャプチャするオシロスコープ。
- TIDA-050053 ボードは、このデザインに含まれるすべてのデバイスを搭載したプリント基板 (PCB) です。
- 2A 以上の電流を供給できる抵抗性負荷または電子負荷。
- 動作中のボードの熱上昇の測定に使用するサーマル カメラ。

3.2 テスト設定

図 3-1 に、TIDA-050053 のテストに使用する設定を示します。

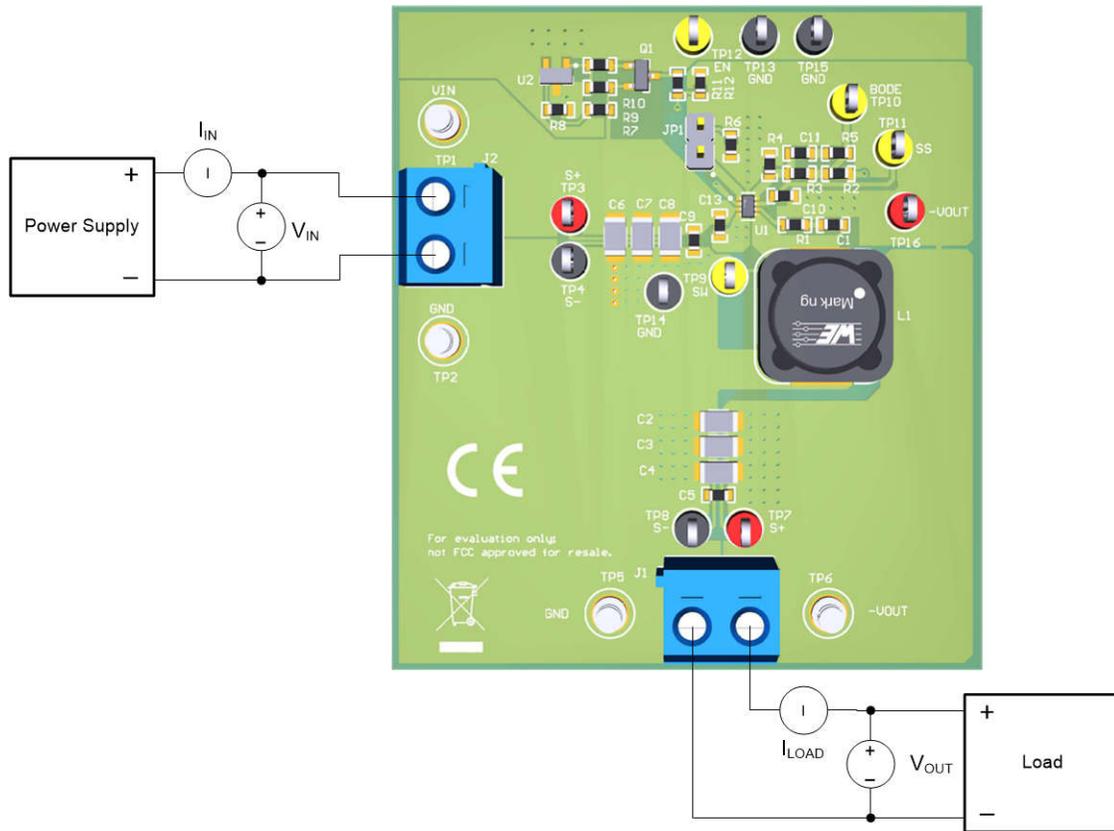


図 3-1. テスト設定

3.3 テスト結果

3.3.1 スタートアップ

図 3-2 に、スタートアップ動作を示します。

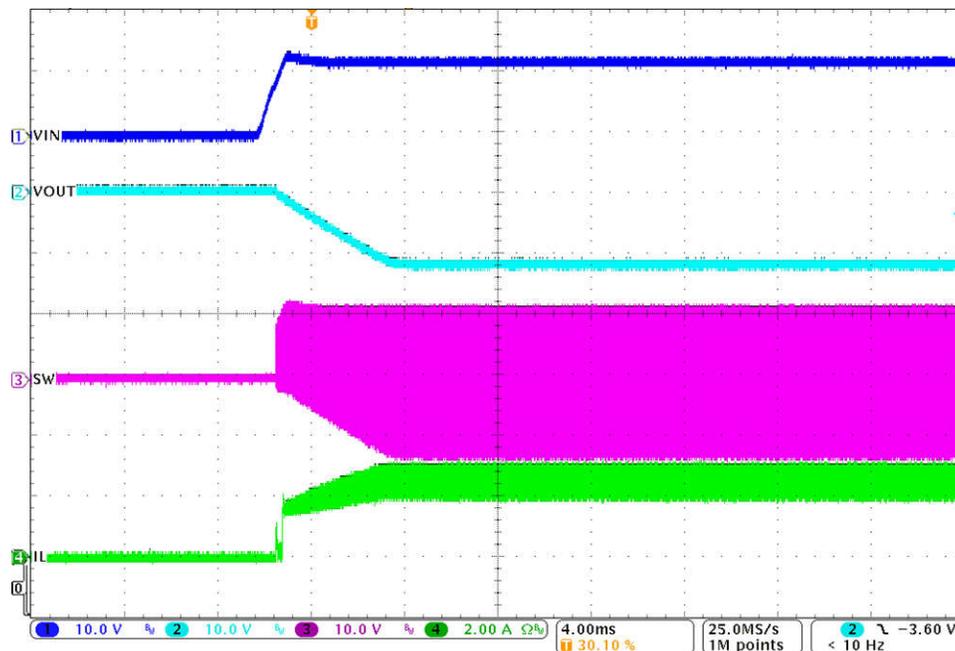


図 3-2. スタートアップ時の動作

3.3.2 負荷過渡

図 3-3 に 12V 入力で 0.4A から 1.2A への過渡応答を示します。

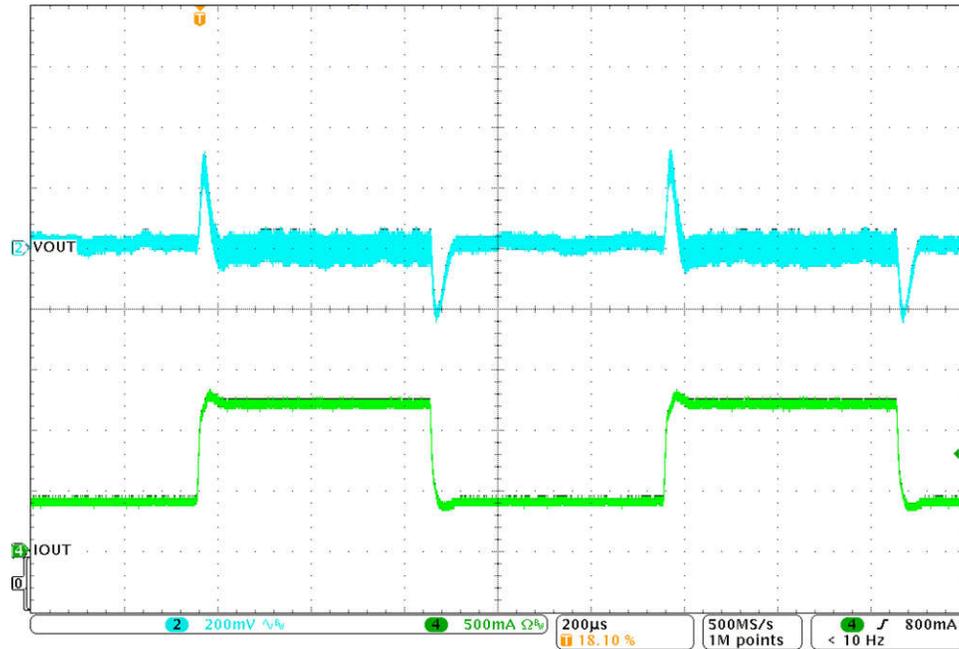


図 3-3. 12V_{IN} での 0.4A~1.2A の負荷過渡応答

図 3-4 に 12V 入力で 0.8 A から 1.2A への過渡応答を示します。

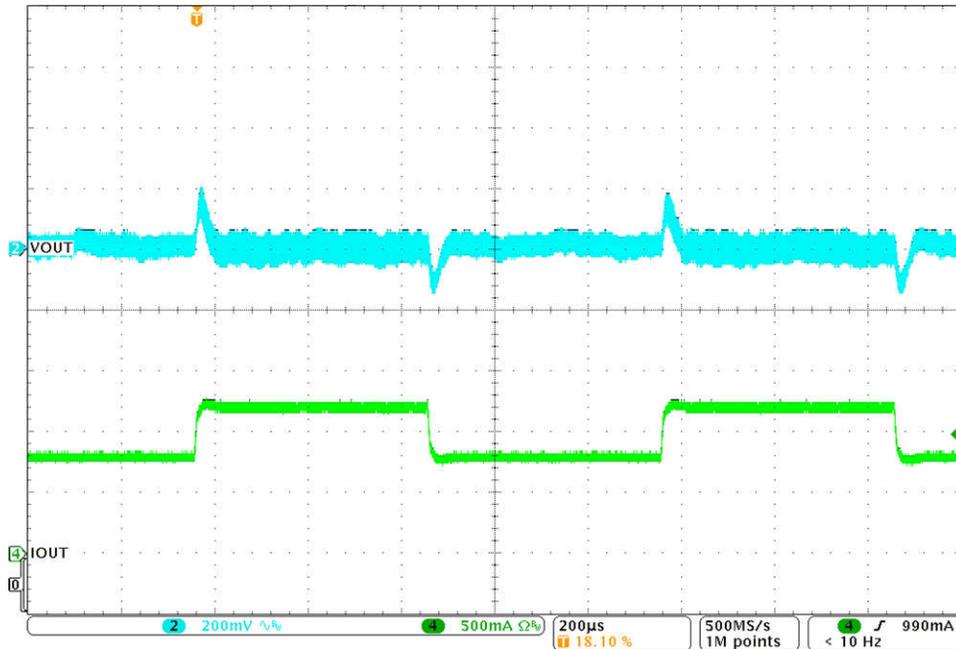


図 3-4. 12V_{IN} での 0.8A~1.2A の負荷過渡応答

3.3.3 出力リップル

図 3-5 に 1.2A での出力電圧リップルを示します。

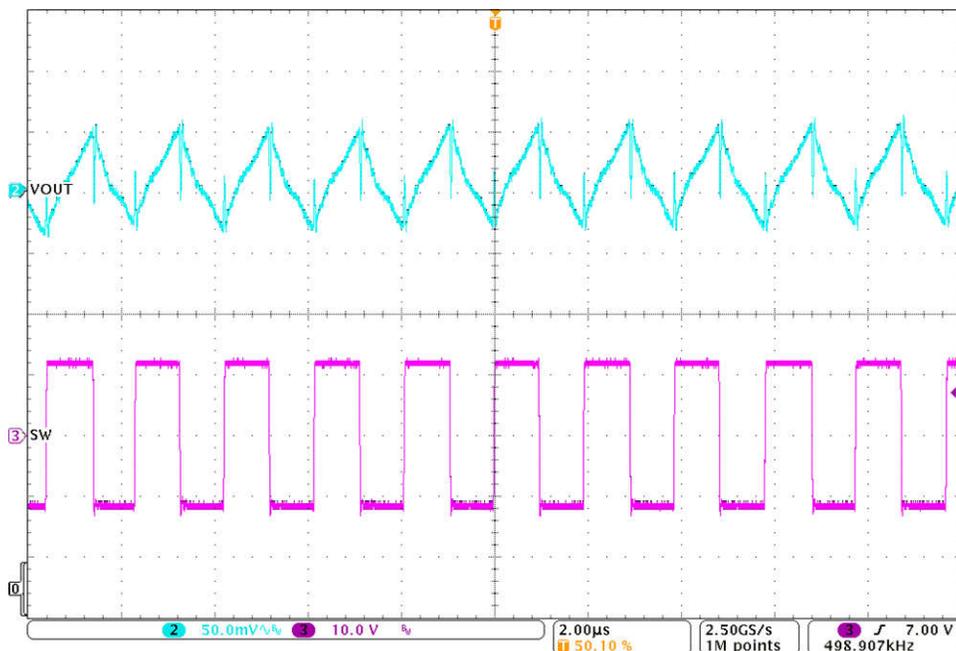


図 3-5. 1.2A での V_{OUT} リップル

3.3.4 熱性能

図 3-6 に、1.2A 負荷での熱性能を示します。画像は約 27°C の室温で撮影したものです。

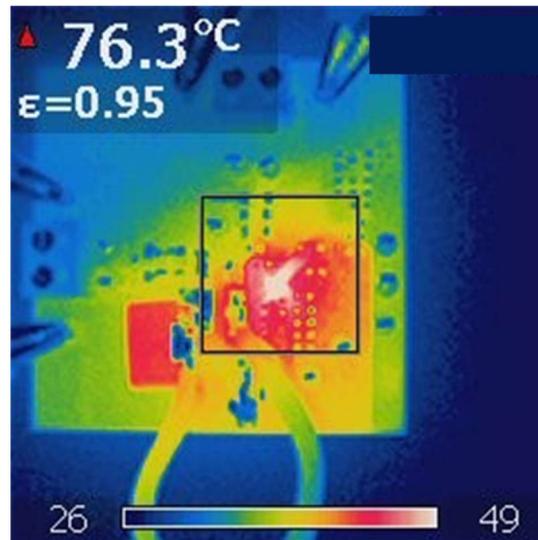


図 3-6. 12V_{IN}、-12V_O、1.2A での室温の熱画像

4 設計とドキュメントのサポート

4.1 デザイン ファイル

4.1.1 回路図

回路図をダウンロードするには、[TIDA-050053](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.1.2 BOM

部品表 (BOM) をダウンロードするには、[TIDA-050053](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.1.3 PCB レイアウトに関する推奨事項

レイヤ プロットをダウンロードするには、[TIDA-050053](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.1.4 Altium プロジェクト

Altium Designer® のプロジェクト ファイルをダウンロードするには、[TIDA-050053](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.1.5 ガーバー ファイル

ガーバー ファイルをダウンロードするには、[TIDA-050053](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.1.6 アセンブリの図面

アセンブリの図面をダウンロードするには、[TIDA-050053](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.2 ドキュメントのサポート

1. テキサス・インスツルメンツ、『[TPS62933 3.8V～30V、3A 同期整流降圧型コンバータ、SOT583 パッケージ入り](#)』データシート
2. テキサス・インスツルメンツ、『[TPS54202 降圧コンバータを使用した内部補償付き反転電源の作成](#)』アプリケーションノート

4.3 サポート・リソース

テキサス・インスツルメンツ [E2E™ サポート・フォーラム](#)は、エンジニアが検証済みの回答と設計に関するヒントをエキスパートから迅速かつ直接得ることができる場所です。既存の回答を検索したり、独自の質問をしたりすることで、設計に必要な支援を迅速に得ることができます。

リンクされているコンテンツは、各寄稿者により「現状のまま」提供されるものです。これらはテキサス・インスツルメンツの仕様を構成するものではなく、必ずしもテキサス・インスツルメンツの見解を反映したものではありません。テキサス・インスツルメンツの[使用条件](#)を参照してください。

4.4 商標

TI E2E™ and テキサス・インスツルメンツ E2E™ are trademarks of Texas Instruments.

Altium Designer® is a registered trademark of Altium LLC.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

5 著者について

Lucia GAO は、テキサス・インスツルメンツのアプリケーション エンジニアであり、アプリケーション サポートの提供と、お客様の技術的な課題の解決を担当しています。Lucia は、お客様のニーズを理解し、優れたソリューションの作成にも力を入れています。

ZHAO MA は、テキサス・インスツルメンツで 5 年にわたってシステムおよびアプリケーション エンジニアとして、マーケティング戦略とビジネス機会に基づいて新製品を定義する業務を担当しています。Zhao は、お客様が中電圧降圧コンバータの最善の使用方法を理解できるように、技術サポートも提供しています。

6 改訂履歴

資料番号末尾の英字は改訂を表しています。その改訂履歴は英語版に準じています。

Changes from Revision * (November 2021) to Revision A (April 2024)	Page
• 図 2-3 で R3 の値を 53.5k から 143k に変更.....	3

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