

## Application Note

# 1 個の TPS61170 を使用して正と負の出力電圧を取得するための実用的なアプリケーション例



SW Lee, Yoonjin Kim

Power Management

## 概要

このレポートでは、TPS61170 を使用して正と負両方の出力電圧を供給する実用的なアプリケーション例を紹介します。これは、1 個の TPS61170 と 2 種類のトポロジを並列に使用することで実現しています。反転昇降圧と SEPIC トポロジを使用すると、3V ~ 18V の入力電圧範囲から  $\pm 9V$  の出力を供給できます。このアプローチの核心となる概念は、反転昇降圧トポロジを使用して、負の 9V 出力に対応し、SEPIC を使用して広い入力電圧範囲で正の 9V 出力を供給することです。このアプローチは、TI PMICLOADBOARD EVM (SLUUC92) の入力電源電圧にも優れた設計です。このアプリケーション レポートは、提案されたアプリケーション手法がシミュレーションや実験的検証によって確認されたように、優れた性能を発揮することを示しています。

## 目次

1 概要.....	2
2 提案されたアプリケーションの回路図.....	3
3 シミュレーション結果.....	5
4 実験結果.....	6
5 まとめ.....	10
6 参考資料.....	10

## 商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

## 1 概要

TPS61170 は、1.2A、40V パワー MOSFET を内蔵したモノリシック高電圧スイッチングレギュレータです。このデバイスは主に、1.2MHz 固定スイッチング周波数を使用する昇圧または SEPIC トポロジで構成され、外部ループ補償部品はアプリケーションの柔軟性を提供し、性能を最適化できます。

昇圧トポロジは、入力電圧が出力電圧より低い場合に広く使用され、一方の SEPIC トポロジは動作範囲が広く、入力電圧が出力電圧よりも高い場合も低い場合もあります。ただし、これらのアプローチは、システム設計で要求される多様な入力と出力の要件をすべて満たすとは限りません。

たとえば、12V の入力から 9V の出力が必要な場合、SEPIC トポロジを必要とせずにシンプルな降圧コンバータを使用して効率的な設計を実現できます。ただし、出力電圧が 9V に固定され、入力電圧が 3V ~ 18V と広く変動しており、正の 9V 出力と負の -9V 出力の両方が同時に必要な場合は、これらのシステム要件を満たすには、より複雑な回路と追加の制御回路が必要になる場合があります。

このアプリケーションノートでは、単一の TPS61170 デバイスを使用して、3V ~ 18V の広い入力電圧範囲にわたって 2 つの出力電圧を実現する、非常に効率的でコスト競争力のある設計を紹介します。図 1-1 は、このアプリケーションの簡単な概念を示しています。

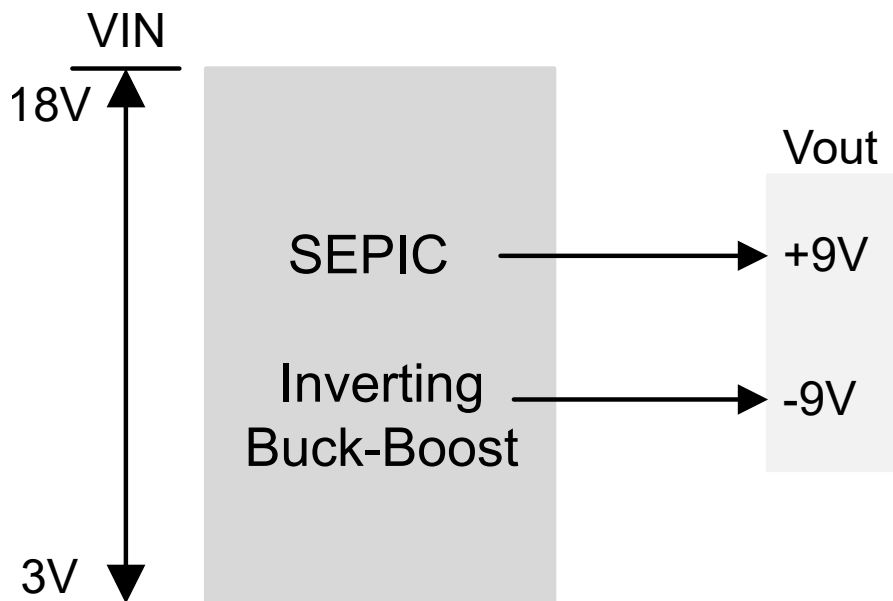


図 1-1. 提案された概念



$$v_L = L \frac{di}{dt} \quad (2)$$

入力電圧 18V におけるオンデューティ比は、式 3 に示すように計算されます。

$$D_{on} = \frac{V_{out}}{V_{IN} + V_{out}} = 0.333 \quad (3)$$

L1 に必要なインダクタンスは、式 4 で決定されます。

$$L1 = \frac{V_{IN} \cdot D_{on}}{\Delta I_{pk.to.pk} \cdot f_s} = 47.62 \mu H \quad (4)$$

ここで、

$$\Delta I_{pk.to.pk} = I_{OUT} \cdot Ripple_{rate}(\%) \quad (5)$$

$$f_s = 1.2 \text{MHz} (\text{Switching Frequency}) \quad (6)$$

このアプリケーションでは、L1 に 50 $\mu$ H の値を使用し、L2 と L3 も L1 と同じ値を持つよう選択しました。SEPIC コンバータは、2 つのインダクタ (L1 および L2) と 1 つのカップリング コンデンサ (C2) を内蔵した 4 次システムです。CCM (連続導通モード) では、コンバータは右半面ゼロ (RHPZ) を示します。したがって、安定した動作を確認するには、RHPZ 周波数よりも十分に低いクロスオーバー周波数を選択する必要があります。

図 2-3 は、VIN 電圧の変化に伴うオンデューティ比と V<sub>SW</sub> の変化を示しています。TPS61170 の SW ピンの最大絶対電圧定格は 40V であるため、スイッチングに起因するオーバーシュートおよび PCB レイアウト条件などを考慮して、V<sub>SW</sub> 電圧が 40V を大きく下回ることを確認するのに十分なマージンを考慮する必要があります。

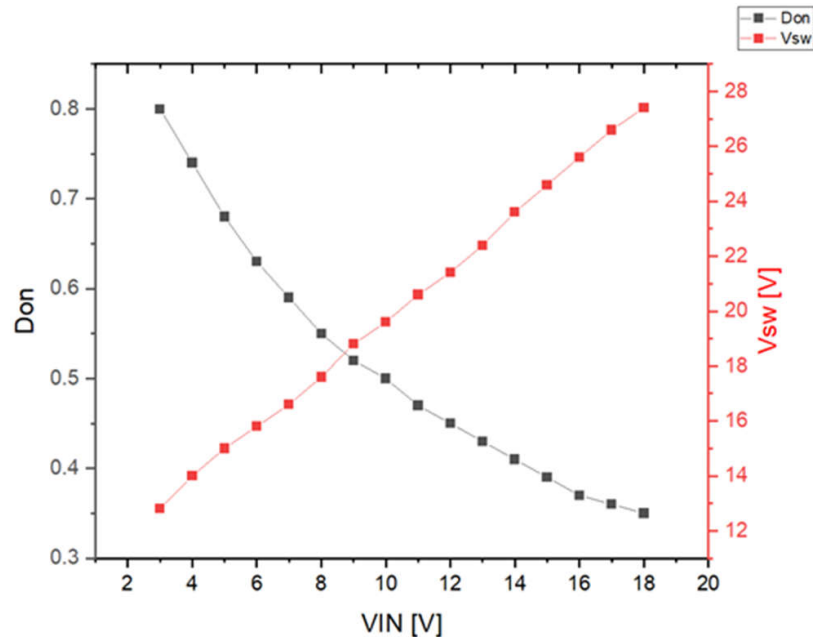


図 2-3. VIN の変化に伴う D<sub>ON</sub> と V<sub>SW</sub> の変動

### 3 シミュレーション結果

図 3-1 に、初期起動時のシミュレーション結果を示します。入力電圧が 12V で、TPS61170 の CTRL ピンが Low から High に遷移した場合、9V と -9V の両方の出力が適切に調整され、通常どおり安定化されていることがわかります。

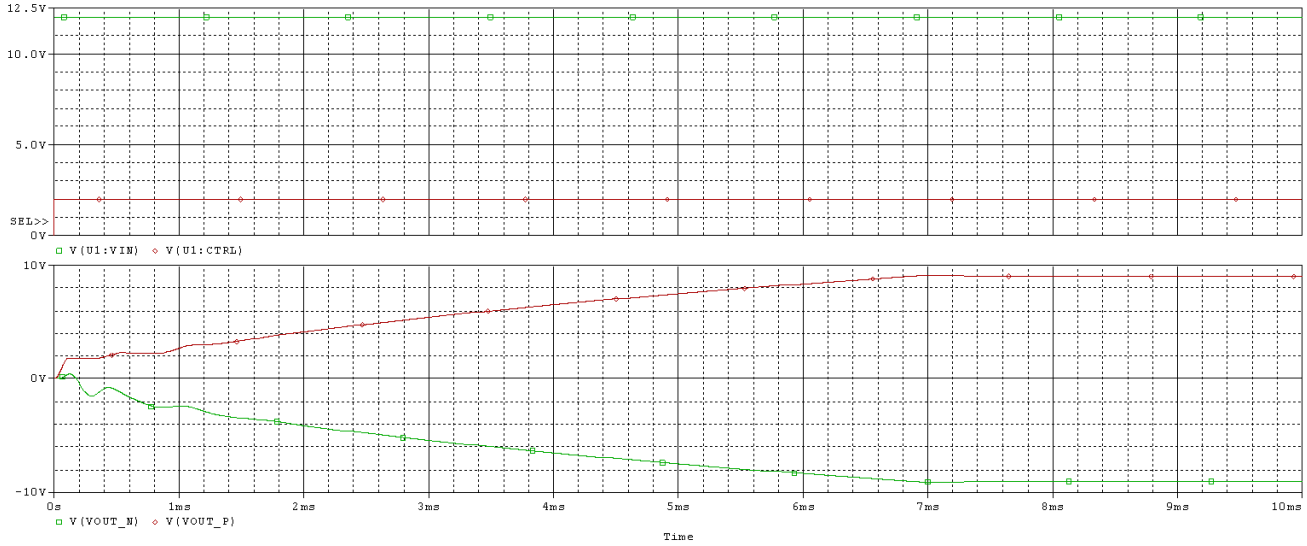


図 3-1. 9V と -9V の両方の初期起動

図 3-2 に、定常状態動作での主な電流と電圧の波形を示します。9V と -9V の出力は適切に調整されており、VSW、VA、VB の電圧波形も 1.2MHz のスイッチング周波数で正常に動作しています。さらに、L1 のインダクタ電流が CCM で動作していることが観測されました。

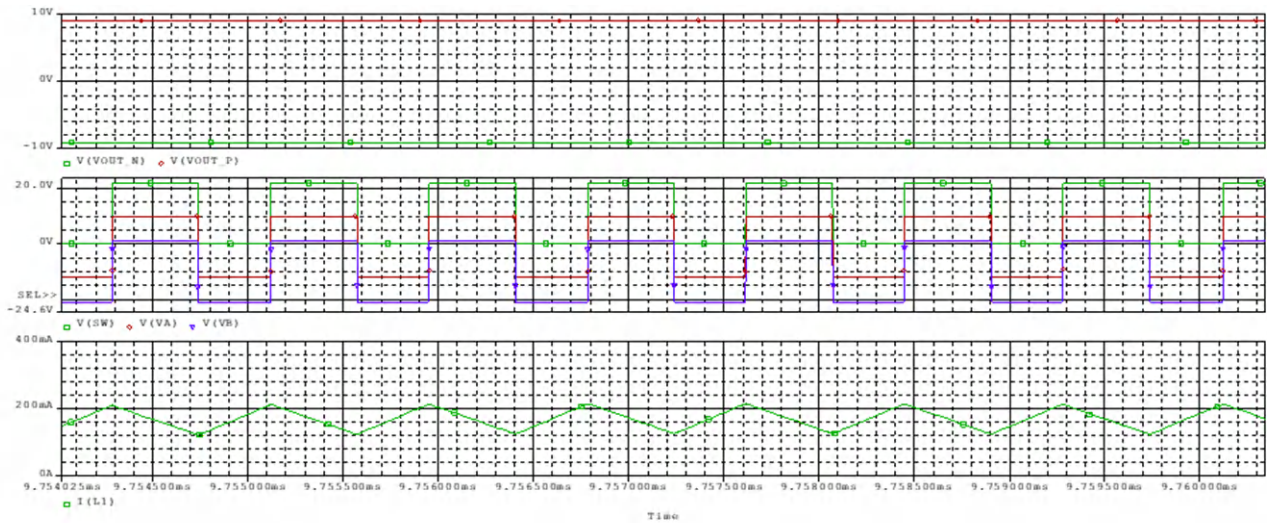


図 3-2. 定常状態動作での主な波形

## 4 実験結果

図 4-1 に実験結果を示します (VIN: Ch1 (青色)、2V/div、 $V_{OUT(+9V)}$ : Ch2 (水色)、5V/div、 $V_{OUT(-9V)}$ : Ch3 (紫)、5V/div、 $I_{L1}$ : Ch4 (緑色)、0.5A/div)。これは、両方の出力電圧 (9V と -9V) が 3V の入力電圧に適切に調整されていることを示しています。Ch4 は L1 を流れる電流を表しています。TPS61170 の内部 MOSFET 電流制限は最小値が 0.96A であるため、この制限を超えないように、出力負荷を注意深く考慮する必要があります。

また、初期起動時に出力電流は出力負荷への電力供給だけでなく、出力コンデンサを充電するために必要であり、その結果、通常の定常状態動作ではインダクタ電流が大きくなります。

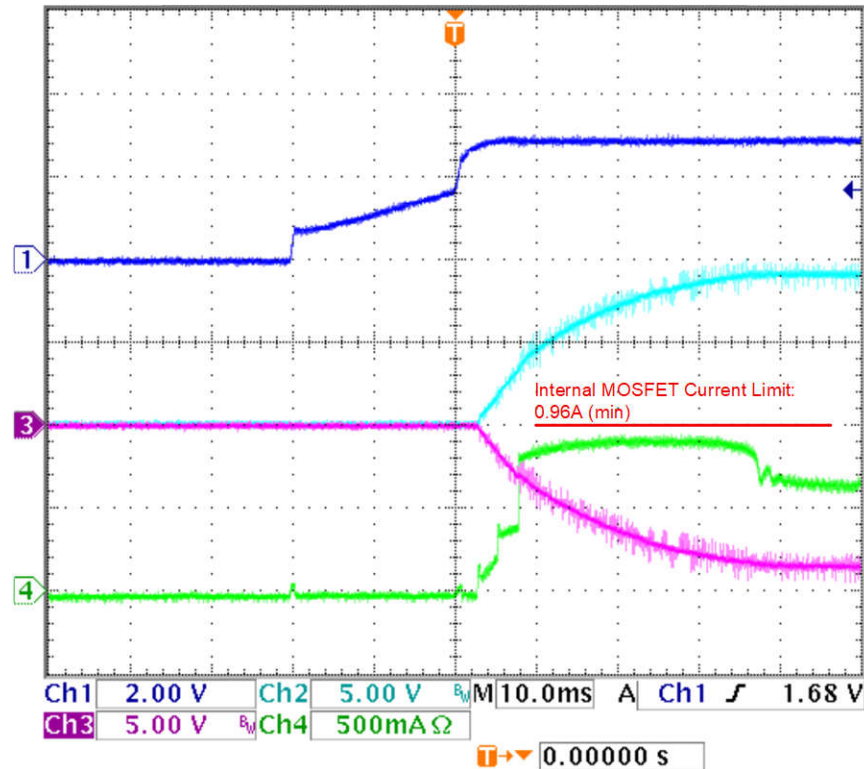


図 4-1. 3V 入力での起動波形

図 4-2 は、入力電圧 18V での初期起動の結果を示しており、9V と -9V の両方の出力が動作し、適切にレギュレーションされていることがわかります (VIN: Ch1 (青色)、10V/div、 $V_{OUT(9V)}$ : Ch2 (水色)、5V/div、 $V_{OUT(-9V)}$ : Ch3 (紫)、5V/div)。

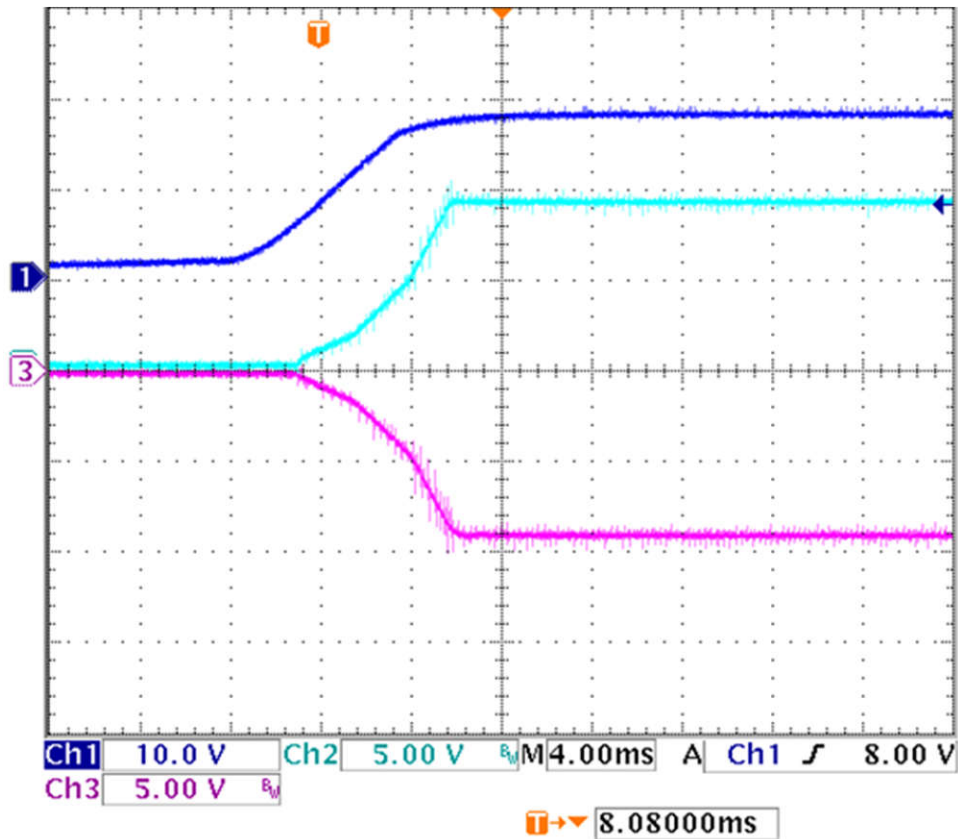


図 4-2. 18V 入力での起動波形

図 4-3 は、定常状態動作時の主要な電圧波形と電流波形を示しています ( $V_{SW}$ : Ch1 (青色)、10V/div、 $V_{OUT (+9V)}$ : Ch2 (水色)、10V/div、 $V_{OUT (-9V)}$ : Ch3 (紫)、10V/div、 $I_{L1}$ : Ch4 (緑色)、0.5A/div)。9V と -9V の出力は適切に調整されており、 $V_{SW}$  と  $L1$  のインダクタ電流の波形も 1.2MHz のスイッチング周波数で正常に動作しています。

入力電圧が上昇すると、TPS61170 の SW ピンの電圧も上昇します。したがって、SW ピンのスイッチング時の電圧オーバーシュートを考慮すると、SW ピンの電圧が常に TPS61170 の絶対最大電圧定格である 40V 未満に維持されるように、十分な電圧マージンを確保する必要があります。

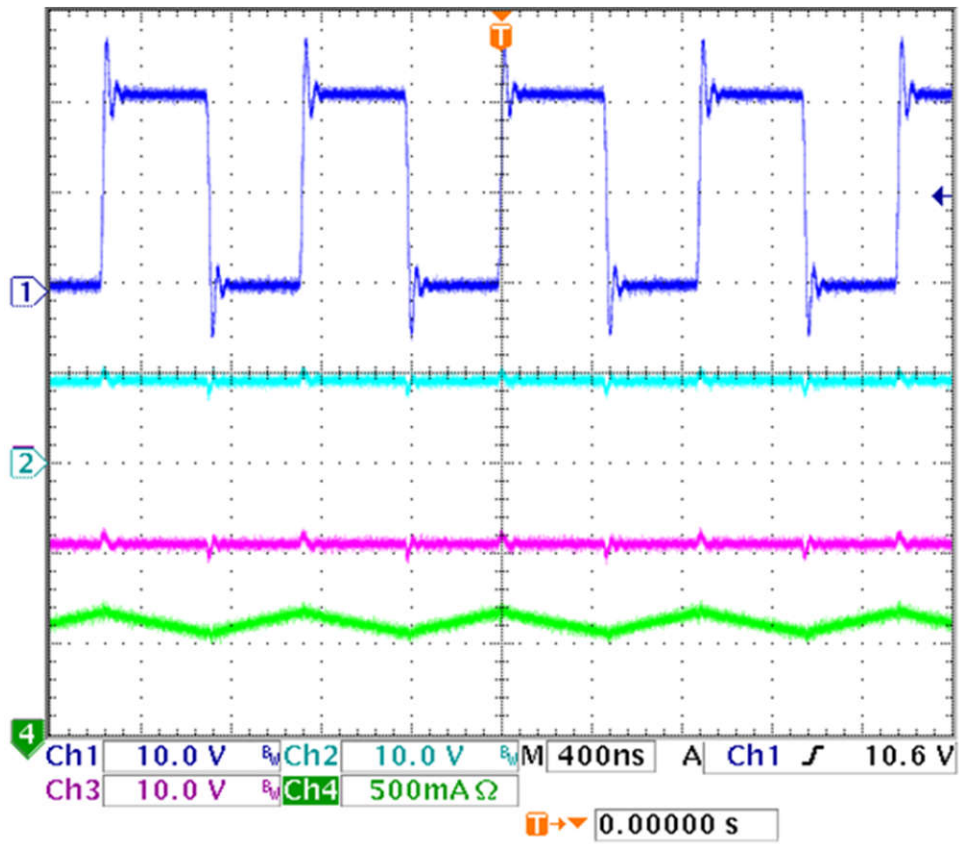


図 4-3. 定常状態動作での主要な波形

図 4-4 はゲインおよび位相マージンを示しています。クロスオーバー周波数は約 2kHz で、位相マージンが 70 度です。十分な位相マージンを確認するために、比較的低いクロスオーバー周波数が選択されています。これは、SEPIC コンバータが、複数のエネルギーストレージ素子 (2 個のインダクタと 1 個のカップリング コンデンサ) を含む 4 次システムであるためです。

CCM では、SEPIC コンバータにエネルギー転送メカニズムがあり、昇圧コンバータと構造は類似しています。その結果、デューティサイクルが上昇すると、出力電圧は直ちに増加するのではなく、遅延の後に上昇します。

この動作により、RHPZ が発生し、実現可能な制御帯域幅が制限されます。そのため、クロスオーバー周波数は RHPZ 周波数よりも十分に低い値に設定する必要があります。

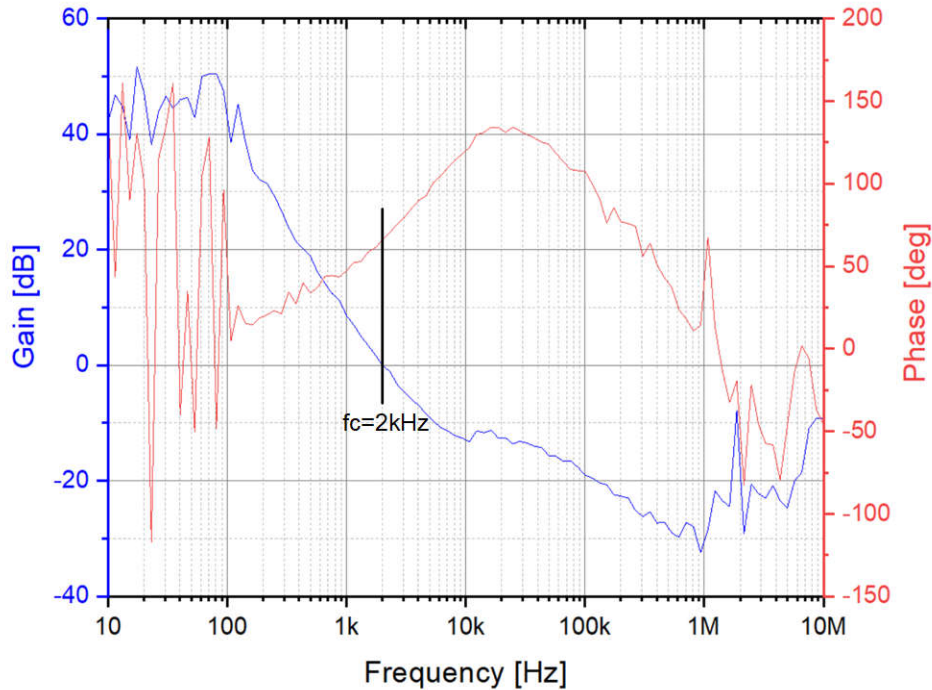


図 4-4. ループ ゲインと位相マージン

## 5 まとめ

このアプリケーションレポートでは、広い入力電圧範囲 (3 ~ 18VIN) で正と負の出力電圧 (9V と -9V) を実現するための実用的なアプローチを提案しています。TI の PMICLOADBOARD EVM を使用した実際のアプリケーション事例で確認されているとおり、この設計は適切に動作し、正確な出力電圧レギュレーションを実現します。重要なポイントは、-9V の出力を生成するために反転昇降圧トポロジが使用され、一方で 9V の出力を生成して SEPIC トポロジが使用されたことです。出力電圧を調整するために、9V の出力から帰還信号を取得し、これらの機能はすべて単一の TPS61170 を使用して実現されているため、この設計は全体的なコストと設計サイズに関して非常に効率的なアプローチとなっています。このアプリケーションレポートは、提案されたアプリケーション手法がシミュレーションや実験的検証によって確認されたように、優れた性能を発揮することを示しています。

## 6 参考資料

1. テキサス インストルメンツ、『[TPS61170 2mm × 2mm<sup>2</sup> QFN パッケージ、1.2A 高電圧昇圧コンバータ](#)』、データシート。
2. テキサス インストルメンツ、『[TPS61170EVM-280](#)』、ユーザー ガイド。
3. テキサス インストルメンツ、『[PMICLOADBOARD EVM 評価基板ユーザー ガイド](#)』、ユーザー ガイド。

## 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](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。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。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

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

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日 : 2025 年 10 月