

Application Note

TPSI3052 を使用して PFC を保護し DC 入力での高性能を実現



Joy Cho

概要

データセンター、またはエンタープライズサーバーのスイッチモード電源は、通常、アナログ実装の代わりにデジタル実装を使用してトータムポールブリッジレス力率補正 (PFC) ブロックを実装し、効率の改善、ソリューションサイズの小型化とスペースの節減を実現しています。このアプリケーションノートでは、TPSI3052 を使用して回路を構成し、PFC を保護し、DC 入力で高効率を実現する方法について説明します。これを設計に使用して、電力損失をさらに低減し、熱の問題を緩和できます。簡単な外部回路を導入し、動作原理を詳細に説明しています。試験結果は、これが DC 入力での電流フローによる発熱と効率低下の問題を解決するのに有効であることを示しています。

目次

1 はじめに.....	2
2 ソリッドステートリレーを絶縁 15V 電源として使用する.....	2
3 ターンオンスイッチを適用するためのトータムポール PFC のトポロジ.....	3
4 ハイサイドとローサイドでの PFC 低速スイッチを駆動する元の実装.....	4
5 ハイサイドとローサイドでの PFC 低速スイッチを駆動する性能を達成.....	5
6 ハイサイド実装の前後のテスト結果の比較.....	6
7 まとめ.....	7
8 参考資料.....	7

図の一覧

図 2-1. TPSI3052 の概略回路図.....	2
図 3-1. 基本的なトータムポール PFC 回路の構造.....	3
図 4-1. ハイサイドで PFC 低速スイッチを動作させるための標準的回路 (Q1).....	4
図 5-1. PFC 低速スイッチをハイサイド (Q1) で動作させるために改善された追加回路.....	5
図 6-1. PFC 低速スイッチをハイサイド (Q1) で動作させる場合の元の回路の波形.....	6
図 6-2. PFC 低速スイッチをハイサイド (Q1) で動作させるために適用された回路の波形.....	7

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 はじめに

サーバー電源の SMPS モジュールは、AC 入力電圧だけでなく、DC 入力電圧 (バッテリー電力) でも正常に動作できる必要があります。DC 入力電圧が印加されると、極性が逆になることがあります (ライブ端子 (-) 電圧、ニュートラル端子 (+) 電圧)。この場合、スロースイッチのハイサイド FET がオンになりますが、既存のチャージポンプ回路は VDD 電圧を生成できないため (これは反対側の DC 入力を基準としているため、スイッチングしません)、ハイサイド FET をオンにできません。電流は寄生ダイオードに流れ、熱が生成されて効率が低下します。そのため、安定した動作を確保するには、適切な IC および外部回路設計が必要です。

2 ソリッドステートリレーを絶縁 15V 電源として使用する

TPSI3052 は、統合型の絶縁スイッチドライバ (統合バイアスあり) で、外部パワースイッチと組み合わせることにより、完全な絶縁型ソリッドステートリレーの実装を形成します。公称ゲート駆動電圧 15V で、ピークのソース電流 (1.5A) およびピークのシンク電流 (3.0A) という性能を備えており、MOSFET、IGBT、SCR など、さまざまな外部パワースイッチを選択して、幅広いアプリケーションに対応できます。TPSI3052 は、1 次側に供給された電源から 2 次バイアス電源を生成するため、絶縁型の 2 次側電源バイアスは不要です。このケースでは、TPSI3052 をソリッド・ステートリレーに使用せず、フローティング 15V 出力を生成するために低コストの絶縁型バイアス電源として使用します。

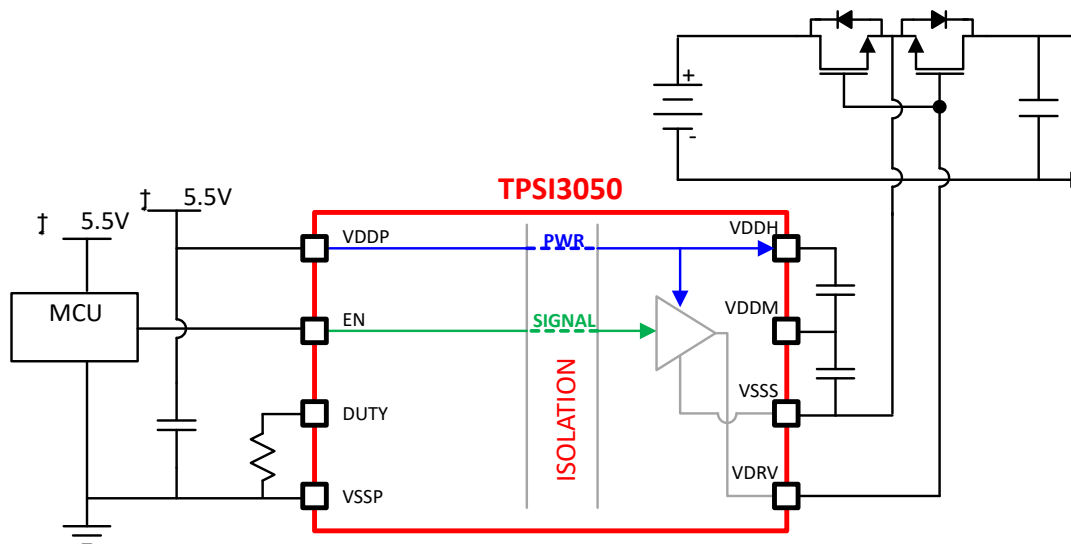


図 2-1. TPSI3052 の概略回路図

3 ターンオンスイッチを適用するためのトータムポール PFC のトポロジ

基本的なトータムポール PFC 構造を [図 3-1](#) に示します。Q3、Q4、およびインダクタは昇圧コンバータで構成されていることに注意してください。VAC の極性に基づき、Q3 と Q4 が交互に PFC のメインスイッチまたは同期スイッチとして動作します。正 VAC サイクルでは、Q4 がメインスイッチであり、Q3 は同期 FET として動作します。Q3 と Q4 の駆動信号は相補的です: Q4 は制御ループのデューティサイクル (D) によって制御され、Q3 は $1 - D$ によって制御されます。負の VAC サイクルでは、Q4 と Q3 の機能が入れ替わり、Q3 がメインスイッチとなり、Q4 は同期 FET として動作します。Q3 と Q4 の駆動信号はまだ相補的ですが、Q3 は D で制御され、Q4 は $1 - D$ で制御されます。逆回復の問題があるため、通常の MOSFET は連続導通モード (CCM) トータムポール PFC で使用できないため、Q3 と Q4 は逆回復のない窒化ガリウム (GaN) FET を使用する必要があります。Q1 および Q2 ダイオードは通常の MOSFET と並列に接続し、さらに効率を向上させています。

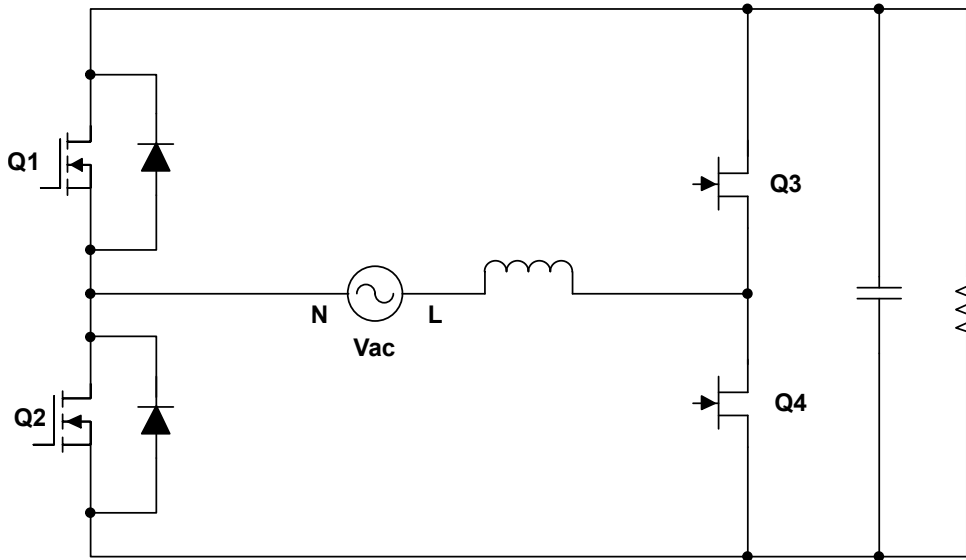


図 3-1. 基本的なトータムポール PFC 回路の構造

4 ハイサイドとローサイドでの PFC 低速スイッチを駆動する元の実装

DC 入力電圧が印加されて極性が逆になると (ライブ端子 (-) 電圧、ニュートラル端子 (+) 電圧)、スロースイッチのハイサイド FET はオンになりますが、既存のチャージポンプ回路では VDD 電圧を生成できません。これは DC 入力でありスイッチングしないため、ハイサイド FET をオンにできず、電流が寄生ダイオードに流れ、熱が発生し効率が低下します。

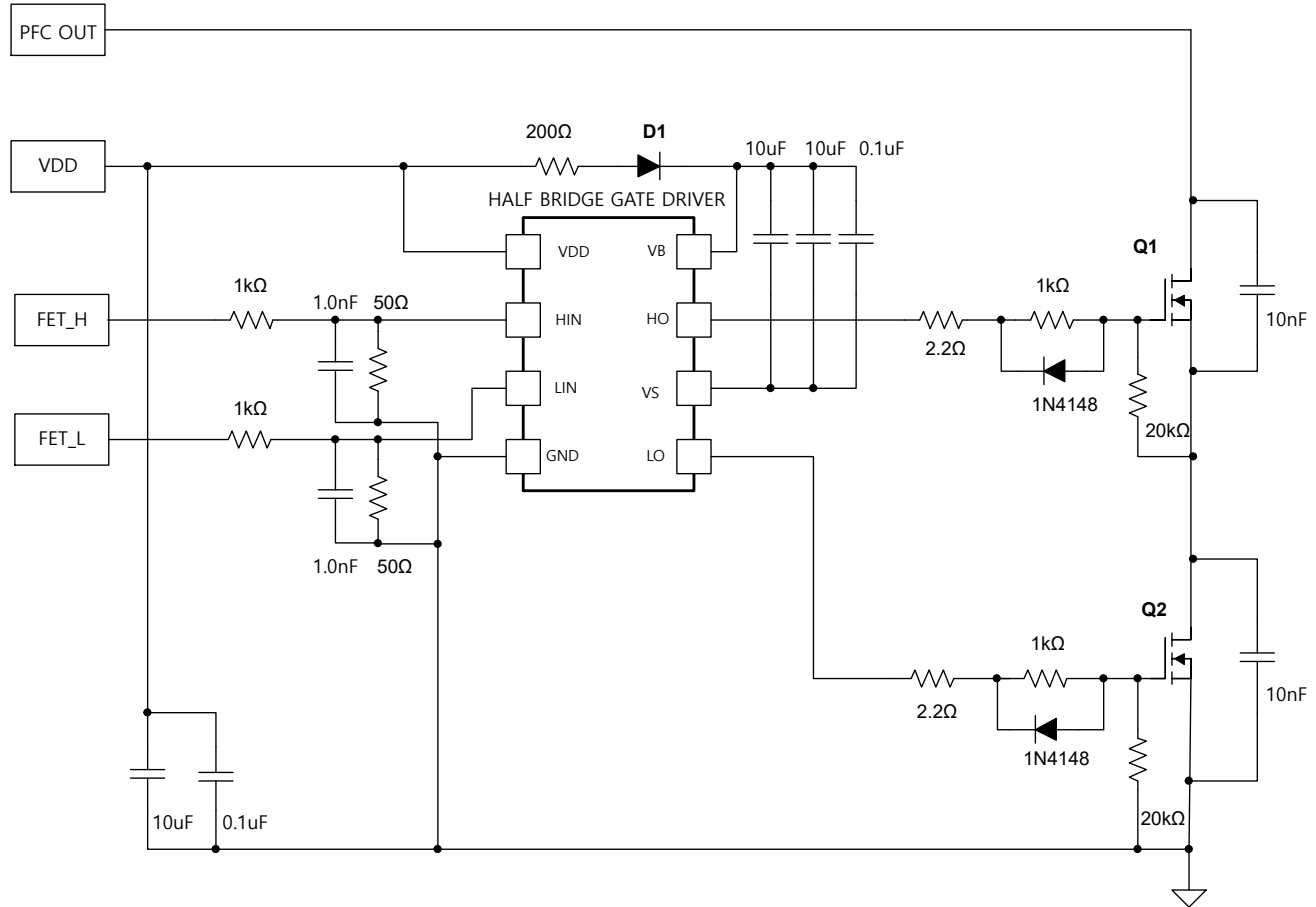


図 4-1. ハイサイドで PFC 低速スイッチを動作させるための標準的回路 (Q1)

5 ハイサイドとローサイドでの PFC 低速スイッチを駆動する性能を達成

AC 入力電圧だけでなく、DC 入力電圧やバッテリー電圧の駆動能力を向上させるために、TPSI3052 を使用して、駆動 IC のハイサイドの VDD を生成します。ハイサイド FET は、FET が DC 入力であっても駆動でき、回路は 図 5-1 に示すように構成されています。

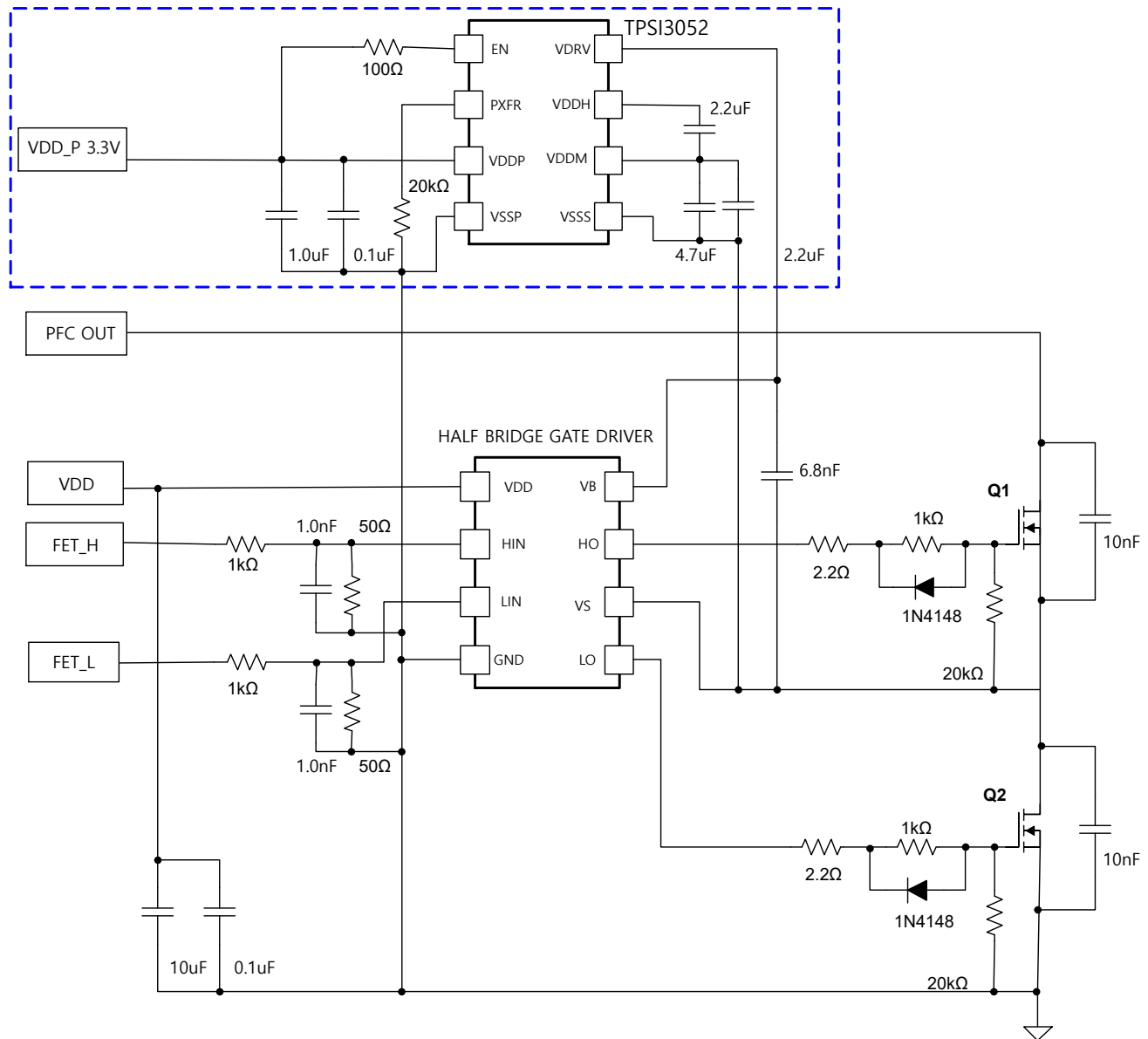
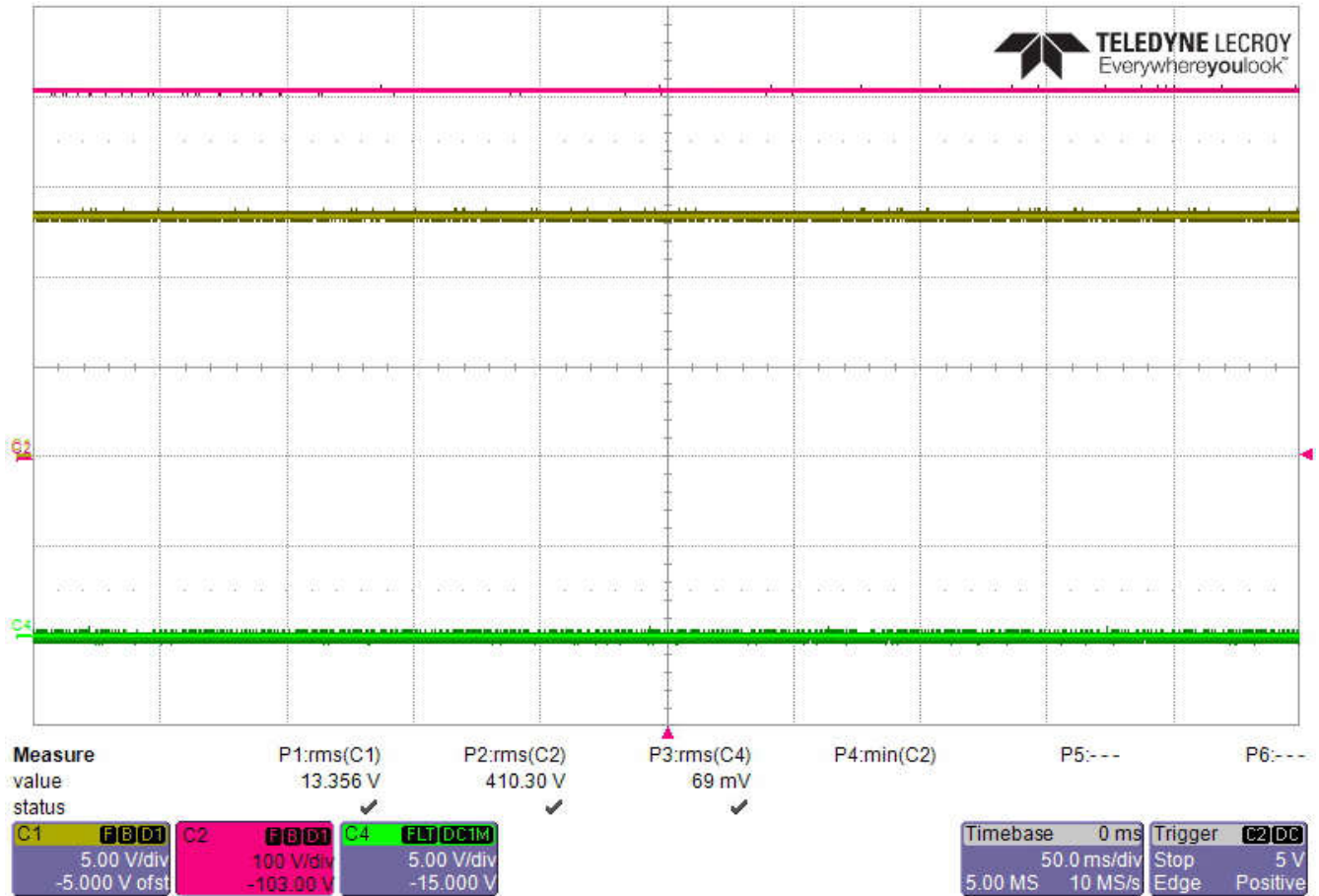


図 5-1. PFC 低速スイッチをハイサイド (Q1) で動作させるために改善された追加回路

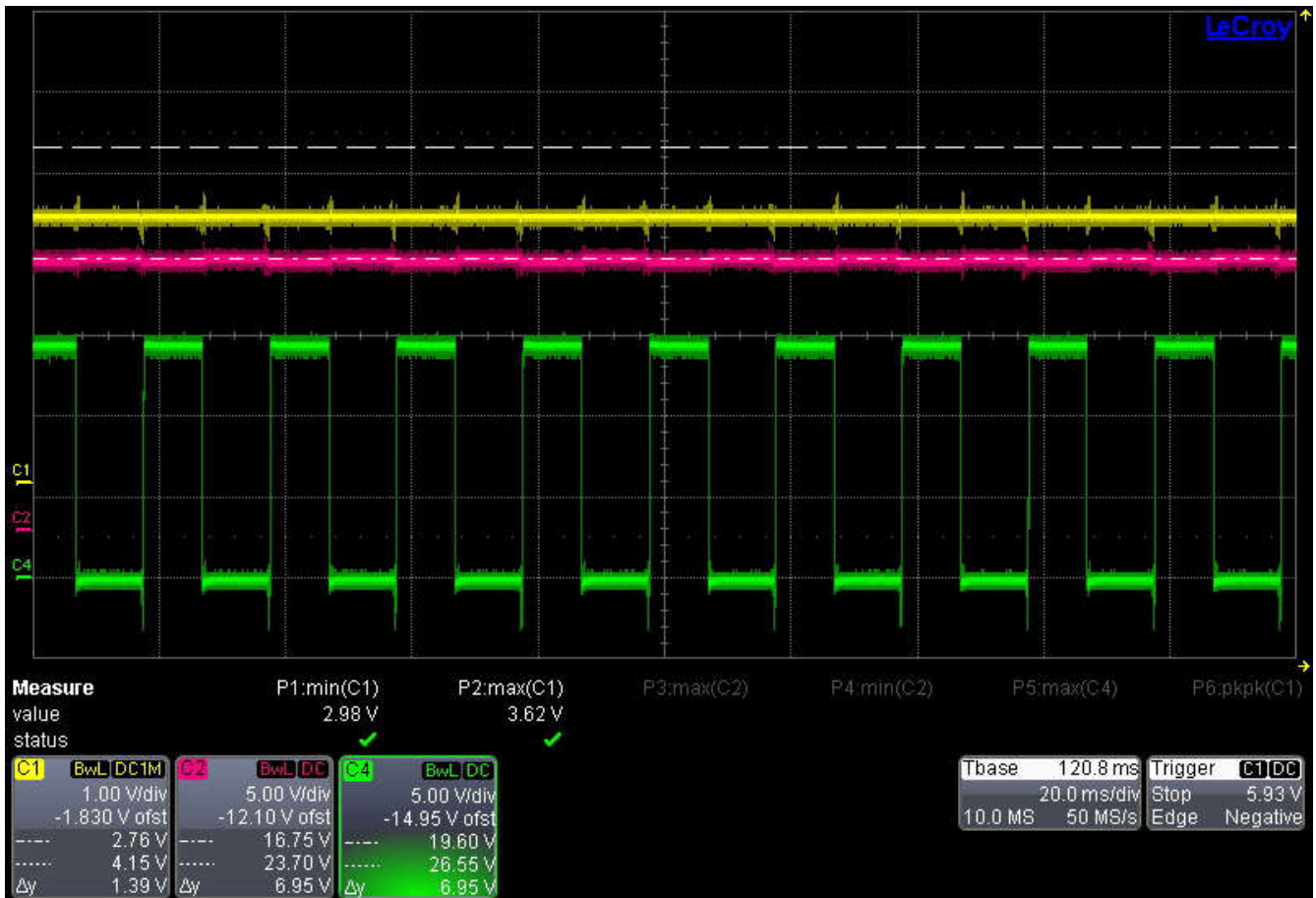
6 ハイサイド実装の前後のテスト結果の比較

図 6-1 は問題の原因となった変化前の波形です。改善された回路を追加して動作させると、ハイサイド FET (Q1) は 図 6-2 に示すように通常動作します。システム全体が正常に動作し、温度と効率が向上します。



A. CH1 (黄):VCC_P、CH2 (赤):VB ピン、CH4 (緑):PFC ローサイド Vgs

図 6-1. PFC 低速スイッチをハイサイド (Q1) で動作させる場合の元の回路の波形



A. CH1 (黄):3.3V 入力、CH2 (赤):Vdrv ピン、CH4 (緑):PFC ローサイド Vgs

図 6-2. PFC 低速スイッチをハイサイド (Q1) で動作させるために適用された回路の波形

7 まとめ

このアプリケーションノートでは、DC 入力電圧 (バッテリー) での動作をイネーブルにする方法と、DC 入力電圧の極性が逆になる (ライブ端子 (-) 電圧、ニュートラル端子 (+) 電圧) 問題を解決する方法について説明します。ドライバ IC ハイサイドの VDD は、TPSI3052 を使用して生成します。ハイサイド FET は、DC 入力を使用しても通常動作します。

8 参考資料

1. テキサス・インスツルメンツ、『TPSI3052 15V ゲート電源を内蔵した絶縁型スイッチドライバ』、データシート
2. テキサス・インスツルメンツ、『トータムポール PFC における制御の課題』、アナログデザインジャーナル

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 © 2025, Texas Instruments Incorporated

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 © 2025, Texas Instruments Incorporated