

## Application Brief

外部ブートストラップ ダイオードと内部ブートストラップ ダイオード –  
トレードオフと検討事項

## はじめに

ハーフブリッジ ゲートドライバでは、ハーフブリッジ構成のシステムにおいてフローティング スイッチを駆動するために必要なハイサイドのバイアス電圧を生成する目的で、ダイオードがよく使用されます。このダイオードはブートストラップ ダイオードと呼ばれ、はハーフブリッジ ゲートドライバの動作の重要な部分です。ブートストラップ ダイオードは非常に重要であるため、多くのハーフブリッジ ゲートドライバ IC では、基板スペースの削減と部品表 (BOM) におけるダイオードのコスト低減を目的として、ブートストラップ ダイオードを IC 内に内蔵しています。しかし、多くのハーフブリッジ ゲートドライバ IC にはブートストラップ ダイオードが内蔵されておらず、ユーザーが外付けのブートストラップ ダイオードを配置する必要があります。このドキュメントでは、さまざまなシステムにおいて最適なオプションを実装するために、両方のオプションのトレードオフについて説明します。

## ブートストラップ ダイオード機能

ブートストラップ回路は、主に 3 つの要素、すなわちブートストラップ ダイオード (Dboot)、コンデンサ (Cboot)、および抵抗 (Rboot) で構成されます。

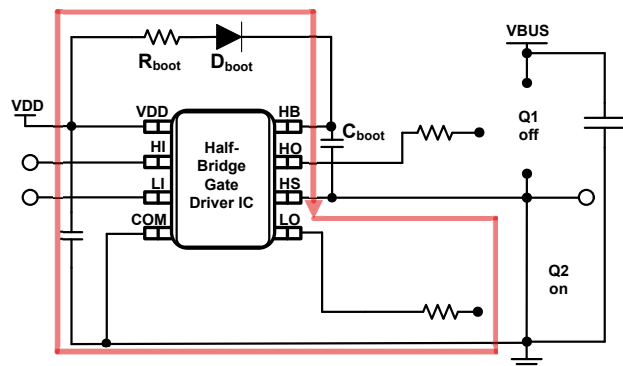


図 1. ブートストラップ ダイオードの充電パスのラベル付け

ブートストラップ回路の動作と部品の選択については、「[ハーフブリッジ構成のブートストラップ回路の選択](#)」を参照してください。

## 内蔵ブートストラップ ダイオードの利点

UCC27301A などのハーフブリッジ ゲートドライバ IC は、デバイスにブートストラップ ダイオードを内蔵しています。内蔵ダイオードにより、外付けのブートストラップ ダイオードは不要になります。外付けのブートストラップ ダイオードを不要にすることで、基板上における外付けダイオード分のスペースを削減できます (基板上のドライバ数に応じて効果は倍増します)。さらに、内蔵化により、外付けダイオードのコストと BOM の複雑さを削減できます。最後に、内蔵ブートストラップ ダイオードは汎用用途での動作を想定して設計されているため、ブートストラップ ダイオード回路を設計するための回路設計者の時間と労力を節約できます。

内蔵化によって得られるサイズおよびコストの削減量は、置き換えられるダイオードの種類によって異なります。ブートストラップ ダイオードは、システムの最大電圧、起動時間、動作中の許容電圧降下に基づいて選択します。例えば、600V 超での動作を想定し、クリープ距離などの高電圧に関する間隔要件を満たすよう設計されたブートストラップ ダイオードは、48V システム向けに設計されたダイオードよりも大きなパッケージになります。したがって、すべてのシステムで内蔵化によるサイズおよびコストのメリットは得られますが、その削減効果の大きさはシステムの条件や、内蔵ダイオードを備えたゲートドライバ IC のオプションによって異なります。

## 外部ブートストラップ ダイオードの利点

外付けブートストラップ ダイオードの主な利点は、設計の柔軟性が高まることです。外付けブートストラップ ダイオードを用いる場合、設計者はアプリケーションで要求される正確な仕様に合わせて、Dboot と Rboot の部品定数を選定できます。外付けダイオードを使用する場合、Rboot を Dboot と直列に配置し、必要に応じて調整することができます。内蔵ダイオードの場合、VDD、HB、または HS ピンと直列に抵抗を挿入することなく、ダイオードと直列に抵抗を配置する方法はありません。したがって、外付けブートストラップ ダイオードを用いることで、ゲートドライブ ループに影響を与えることなく、ブートストラップ回路のパラメータをより柔軟に調整できます。

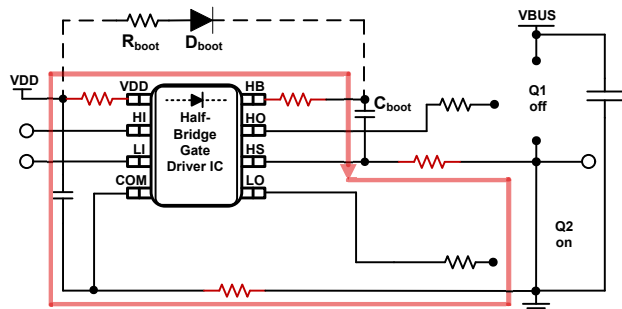


図 2. 内蔵ダイオード使用時におけるブートストラップ ダイオード充電経路の Rboot オプション

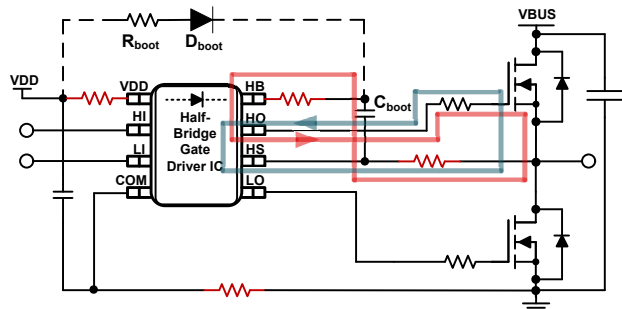


図 3. Rboot の配置による影響を示したゲートのターンオンおよびターンオフ ループ

設計の柔軟性に関するもう一つの側面として、利用可能なダイオードの種類が挙げられます。外付けダイオードを使用することで、通常は内蔵ゲートドライバ IC では利用できないショットキー ダイオードや SiC ショットキー ダイオードを使用できます。ショットキー ダイオードは、内蔵ブートストラップ ダイオードとして一般的に用いられるものと比べて、順方向電圧および逆回復損失が低く、高いスイッチング周波数で GaN を使用するシステムなど、特定のシステムにおいて有効な選択肢となります。さらに、多くの高電圧 (>600V) ハーフブリッジドライバでは、ブートストラップダイオードの動的抵抗 ( $R_d$ ) が数十～数百オームであるのに対し、ディスクリートダイオードでは  $R_d$  が数オーム、あるいはそれ以下となる傾向があります。 $R_d$  が低いほど、システムはより高いスイッチング周波数およびデューティ比で動作できるようになります。そのため、外付けブートストラップダイオードを使用することで、高いスイッチング周波数が要求されるシステムを実現できます。

外付けブートストラップダイオードのもう一つの利点は、マルチソーシングの柔軟性です。内蔵ブートストラップダイオードを備えたゲートドライバ IC を使用する場合、マルチソースの選択肢すべてが、システムで動作可能な十分に近い性能のダイオードを備えている必要があります。一方、外付けダイオードの場合、1N4148、MURS160、ES1D などの業界標準ダイオードがあり、これらは多くの異なるメーカーから提供されています。これらの標準ダイオードは仕様が互いに似ているため、マルチソース化が容易です。

## まとめ

内蔵ブートストラップダイオードは、基板スペースとコストの削減に寄与し、多くのシステムで使用されています。これらの削減効果は分かりやすく理解しやすい一方で、外付けブートストラップダイオードにもいくつかの利点があります。特に、外付けブートストラップダイオードは、仕様選定、マルチソーシング、そして Rboot による調整において、より高い柔軟性を提供します。

## 商標

すべての商標はそれぞれの所有者に帰属します。

## 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みいかなる保証も、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、TI は一切の責任を拒否します。

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 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](https://www.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