

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は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。

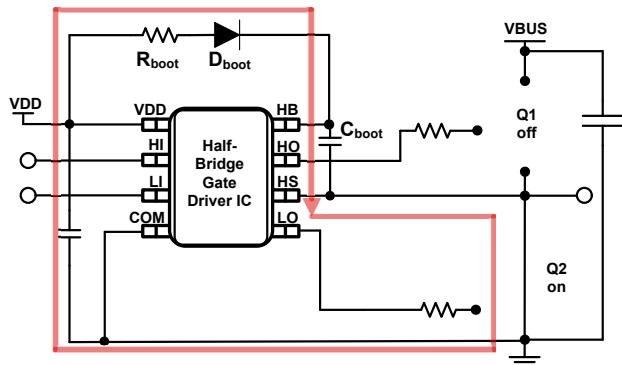


図1. ブートストラップダイオードの充電パスのラベル付け

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。

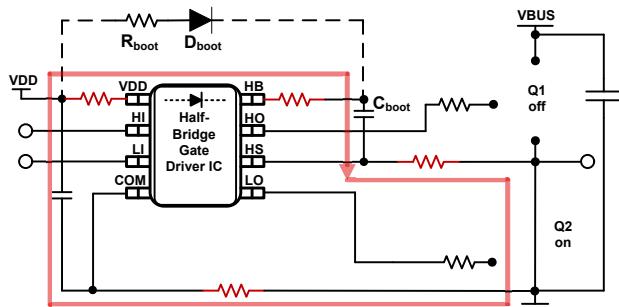


図 2. 内蔵ダイオード使用時におけるブートストラップ ダイオード充電経路の Rboot オプション

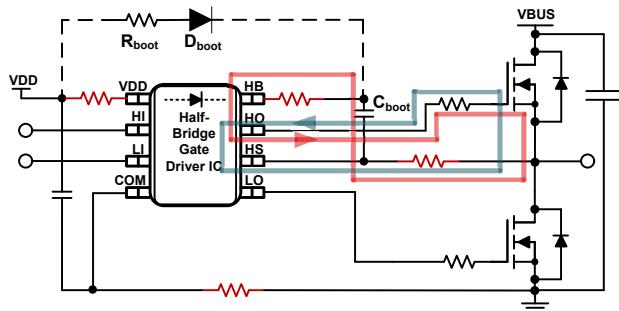


図 3. Rboot の配置による影響を示したゲートのターンオンおよびターンオフループ

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 R_{boot} 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默示保証、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、明示的または默示的に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、(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、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 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