

Application Brief

DRV8334 ゲートドライブの特長と利点



Anthony Lodi

はじめに

DRV8334 は、SPI 経由で設定可能なさまざまなゲートドライブ機能を提供し、デッドタイムの短縮、EMI、誘導スパイク、および電力損失の削減に関する課題解決を支援します。MOSFET を効率的にスイッチングすることが MOSFET のスイッチング損失を削減する鍵となります。MOSFET のスイッチング中にゲートとソースで発生する可能性のあるリギングを軽減するための対策も必要です。このアプリケーション概要では、TI の DRV8334 統合ゲートドライブ技術の特徴と、この技術が設計上のさまざまな課題を解決するためにどのように活用できるかについて説明しています。

VDS スルーレート制御

VDS スルーレート制御 (IDRIVE) は、TI の多くの BLDC モータードライバ デバイスで利用できる機能です。VDS スルーレート制御は、希望の設定を選択することで、ドライバーからのゲート電流の強度を調整する機能を提供します。これにより、ゲートドライブのシンク電流とソース電流を調整し、特定の MOSFET のパラメータに基づいて MOSFET のスイッチング速度を変更できるようになります。これにより、EMI とスイッチング速度のバランスを最適化できます。ゲート電流が固定されているモータードライバーの場合、ゲート電流を遅くして必要な MOSFET のスイッチング速度を達成するための外部ゲート抵抗が必要です。VDS スルーレート制御は、ソース電流とシンク電流が SPI 経由で調整可能であり、内部ゲートからソースへのパッシブ プルダウンがデバイスに統合されているため、外部コンポーネントを最大 24 個削減するのに役立ちます。VDS スルーレート制御を備えたほとんどのドライバーでは SPI 構成が利用できるため、ハードウェアを変更することなくゲート電流を動的に調整できます。この結果、設計期間の短縮と、使いやすさとスケーラビリティの向上に貢献します。

DRV8334 ゲートドライブの特長

DRV8334 の特長には、ゲート電流の粒度の向上 (45 段階)、調整可能なゲート電流期間、PWM 動作中にミラープラートに達するまでゲート電圧を敏速に放電するためにより高いゲート電流を使用する機能を提供するターンオフ プリディスチャージ機能、および故障発生時にドライバをシャットダウンするときに誘導スパイクを軽減する故障ソフトターンオフ機能などがあります。

ゲート電流の粒度レベルの向上

従来のデバイスでは、ゲート電流の粒度が最も高かったデバイスで、シンク電流に対して 16 種類のゲート電流 (IDRIVE 設定) が提供され、ソース電流に対して 16 種類の IDRIVE 設定が提供されていました。DRV8334 では、シンクゲート電流用に 45 種類の IDRIVE 設定があり、ソースゲート電流用に 45 種類の IDRIVE 設定があります。ゲート電流の粒度向上との利点の 1 つは、ゲート電流をより的確に調整し、EMI とスイッチング損失の間のより最適なトレードオフを見つけるようになることです。これにより、2 つの設定値の間で電流を調整するためにゲート抵抗器を必要とする可能性も低減されます。

このデバイスのもう 1 つの特徴は、ソースゲート電流とシンクゲート電流を 0.75mA まで低く設定して小型 Qgd MOSFET を駆動できることです。また、ソースゲート電流を最大 1000mA、シンク電流を最大 2000mA まで設定して、大型 Qgd MOSFET や並列 MOSFET を駆動することもできます。

ゲート電流は 0.75mA ~ 247mA の間で 36 段階に調整可能で、特に低いゲート電流において優れた精度を実現します。これは、ゲート電流のわずかな変化が MOSFET のスルーレートに大きな変化をもたらす可能性がある低 Qgd MOSFET の場合に特に重要です。

IDRIVE の設定をどのように選択すればよいでしょうか？

MOSFET スイッチングの重要な領域は、ドレンソース電圧 (VDS) が変化する領域です。これは、MOSFET スイッチング中の EMI の最大の原因となるためです。MOSFET VDS 電圧の切り換え速度とシステム内で許容される EMI の量との間にはトレードオフがあります。

ターゲットの MOSFET の VDS スルーレートを理解することは、初期設定としてどの IDRIVE 設定を使用できるかを判断する際に役立ちます。一般的には、低速のゲート駆動電流をターゲットにして、EMI が良好な場合はそれを増やすことが好まれます。

ターゲット MOSFET VDS のターンオン時間が 300ns で、ターンオフ時間が 150ns の場合、MOSFET の Qgd を MOSFET VDS スルーレート時間で割ることで、その VDS スルーレート時間を達成するために必要な IDRIVE 強度を概算できます。Qgd は MOSFET Qgd 充電時間、 T_{VDS_SLEW} は VDS のスイッチング時間です。

$$IDRIVE = \frac{Qgd}{T_{VDS_SLEW}} = \frac{5.6nC}{300ns} = 18.7mA \quad (1)$$

計算された IDRIVE 値は、使用可能な設定のいずれかと完全に一致しない場合がありますが、使用可能な最も近い設定（この場合は 18mA）を選択できます。

調整可能な IDRIVE 期間

DRV8334 を使用すると、MOSFET のスイッチング中に IDRIVE 電流が適用される期間を設定できます。これは、SPI 経由で TDRV_P ビットと TDRV_N ビットを構成することによって行われます。TDRV_P または TDRV_N 時間が経過すると、ドライバは IHOLD_SEL ビットのレジスタ構成に応じて、500mA / 1000mA プルアップ/プルダウン電流または 260mA / 260mA IHOLD プルアップ/プルダウン電流のいずれかのホールド電流に切り換わります。

この調整可能なゲート電流持続時間により、さらなる最適化が可能になり、ドライバはミラープラトーを通じて必要なゲート電流を供給し、ミラープラトーが完了したら IHOLD 電流に切り換えることができます。TDRV_P は、MOSFET のターンオンのために MOSFET VDS スルーレート電流が適用される時間であり、TDRV_N は、MOSFET のターンオフのために MOSFET VDS スルーレート電流が適用される時間です。TDRV_P と TDRV_N を選択すると、ソースゲート電流とシンクゲート電流がミラープラトーの全期間にわたって継続されます。TDRV_P または TDRV_N が短く設定されすぎると、MOSFET の VDS がスルーレートを完了する前にドライバが IHOLD 電流に切り換わる可能性があります。その結果、IDRV_N および IDRVP 電流に比べて IHOLD 電流が潜在的に強くなり、EMI が増加する可能性があります。TDRV_N が適切に設定されていれば、ミラープラトーの完了後、強い IHOLD 電流によって MOSFET ゲートノードの放電時間を短縮できます。これは、デッドタイムの短縮とスイッチング損失の改善に役立ちます。

ターンオフ時の事前放電電流

DRV8334 の重要な特長の 1 つには、ターンオフ プリディスチャージ機能があります。この機能により、ミラープラトーに達するまで MOSFET ゲート電荷を急速に放電し、その後、VDS 電圧が変化する MOSFET のミラープラトー中に速度を低下させることができます。これにより、MOSFET の全体的なターンオフが高速化されると同時に、重要なミラープラトー領域での EMI パフォーマンスが損なわれることがなくなります。

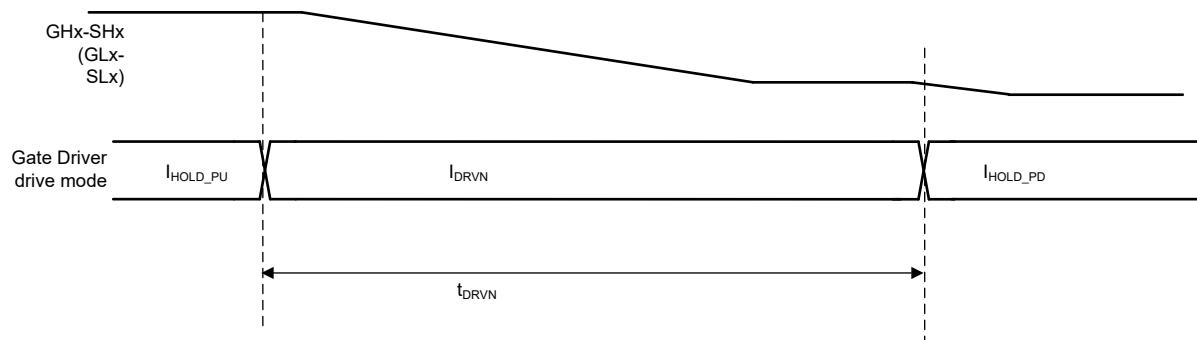


図 1. ターンオフ プリディスチャージ有効設定なしでのゲート放電

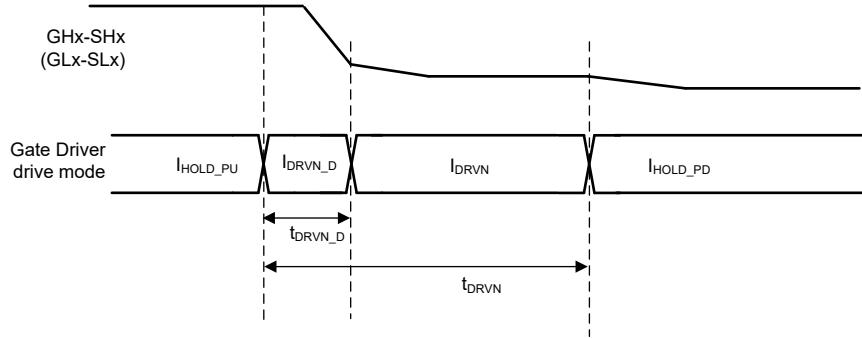


図 2. ターンオフ プリディスチャージ有効設定でのゲート放電

この機能の利点の 1 つは、MOSFET の全体的なターンオフ時間が短くなるため、より高いデューティサイクルでの操作が可能になります。MOSFET のスイッチングおよびブートストラップの再充電時間は、高いデューティサイクルで制限因子となる可能性があるため、MOSFET のスイッチング時間を短縮することで性能を向上させることができます。

注

このデバイスは、内部トリクルチャージポンによる 100% のデューティサイクル動作をサポートします。

ターンオフ プリディスチャージ機能のもう一つの利点は、MOSFET 放電中のミラープラトー前に高い RDS (ON) 領域で費やされる時間を短縮し、スイッチング損失を減少させることです。ターンオフ プリディスチャージは、MOSFET をオフにする際に特定の時間だけ高いゲートシンク電流を使用するように特定のレジスタ設定を構成し、時間が経過した後は EMI に重要なミラープラトー領域を通じて低いゲートドライブ電流に切り換わります。

ターンオフ プリディスチャージ設定はどのように構成すればよいですか？

ターンオフ プリディスチャージ電流の強度は、GD_CTRL3B レジスタで SPI 経由で設定でき、ターンオフ プリディスチャージ電流の適用される時間は、TDRVN_D を使用して GD_CTRL2 レジスタで設定できます。この時間は、ゲート電圧がミラープラトーにできるだけ近いところで放電できるほどの十分な時間が必要ですが、ミラープラトー領域に入る前に通常の放電電流に切り換える必要があるためその分短くなければなりません。TDRVN_D の設定が長すぎると、ミラー領域でゲートをオフにするために使用されるターンオフ プリディスチャージ電流が高くなり、EMI とリンクが増加する可能性があります。短い TDRVN_D 時間から始めて、必要に応じて時間を増やし、ミラープラトー領域に入る前にターンオフ プリディスチャージ電流から放電電流への遷移が行われることをお勧めします。

以下に適切な TDRVN_D 時間を選択するための大まかな計算を示します。

ターンオフ プリディスチャージ電流設定	VDS スルーレート制御ターンオフ電流設定	MOSFET Qg (MOSFET の総電荷量)	MOSFET Qgd (MOSFET ゲートとドレイン間の電荷量)	MOSFET Qgs (MOSFET ゲートとソース間の電荷量)
247mA	88mA	180nC	34nC	78nC

$$\text{Turnoff pre-discharge time} = \frac{\text{amount of charge to discharge to reach miller plateau}}{\text{turnoff pre-discharge current}} \quad (2)$$

$$= \frac{Qg - Qgd - Qgs}{\text{pre-discharge current setting}} = \frac{180\text{nC} - 34\text{nC} - 78\text{nC}}{247\text{mA}} = 275\text{ns} \quad (3)$$

電圧と温度にわたる動作を考慮して、テスト中必要に応じて、ターンオフ プリディスチャージ時間をさらに調整できます。MOSFET の Qg は通常 10V に指定されますが、MOSFET の VGS 電圧が約 12V の場合、実際の Qg はより高くなることに注意してください。

故障ソフトターンオフ

故障ソフトターンオフは、故障が発生したときに使用される DRV8334 の機能です。この機能は、DRVOFF が「High」にされてドライバー出力がシャットダウンされた場合でも使用できます。ショートスルーリー状態が原因でシャントを通してモーターに大電流が流れる故障が発生した場合、その大電流は低側のソースに大きな誘導性スパイクを引き起こし、絶対最大値の違反や部品の損傷を引き起こす可能性があります。このような大きな電圧スパイクを減らすには、MOSFET のオフへのスイッチングを遅くすることで、大きな電圧スパイクの影響を軽減できます。ただし、MOSFET のオフへのスイッチングを遅くすることで、MOSFET がオフになる前に貫通電流が発生する時間が長くなることになります。DRV8334 には、故障応答が発生したときに使用されるゲートドライブシンク電流を低く設定する機能があります。これにより、MOSFET のターンオフ時間が遅くなり、故障状態の時にシャントを流れる大電流によって発生する可能性のある誘導性過渡現象の影響が軽減されます。

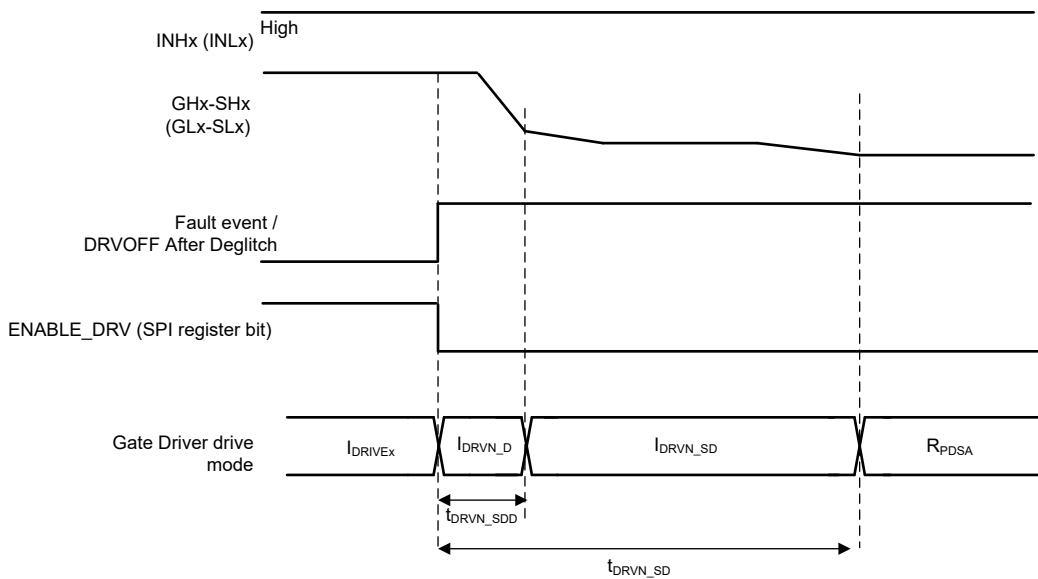


図 3. DRV8334 故障ソフトターンオフ

故障ソフトターンオフをどのように設定すればよいですか？

故障ソフトターンオフ機能に関連するように設定する主な設定は、ソフトターンオフ電流です。これは、モータードライバの障害が発生した場合に MOSFET をターンオフするために使用されるゲート電流です。これは、IDRVN_SD 設定の下で GD_CTRL3 レジスタ (0x21) で構成されます。

前と同じ式を使用します。

$$IDRIVE = \frac{Qgd}{T_{VDS_SLEW}} \quad (4)$$

DRV8334 には引き続き、故障ソフトターンオフ手順を実行する際に使用するターンオフプリディスチャージ機能があります。これにより、ミラープラトーに達するまで MOSFET ゲート電荷をより速く放電することができ、その後、VDS 電圧が変化する領域で MOSFET をゆっくりとオフにするために、はるかに低い電流に切り換えることができます。故障ソフトターンオフ時に使用されるターンオフ前放電電流は、GD_CTRL3B レジスタ (0x22) に設定された電流と同じですが、故障ソフトターンオフイベント中にターンオフ前放電電流が適用される異なる期間を設定することもできます。これは、TDRVN_SDD ビットを使用して GD_CTRL3 レジスタで構成できます。

まとめ

DRV8334 の内蔵型ゲートドライブ機能により、ユーザーは MOSFET のスイッチング プロファイルをより正確に調整して、より最適化されたスイッチングを実現することで、デッドタイムの短縮、スイッチング電力損失の改善、EMI の改善、誘導性スパイクの低減を可能にし、より堅牢なモータードライバ ソリューションを実現できます。

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

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 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 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