

Application Brief

ゲートドライバのスルーレート制御、MOSFET スイッチングの最適化、保護機能について



Audrey Kuehler, Sarah Anthraper, Joseph Chou, Anthony Lodi

はじめに

DC モーターの利用は、自動車および産業市場で広く普及しつつあります。エンド機器ごとに求められる要件が異なることが多いため、ゲートドライバの選定は簡単なタスクではありません。モータードライバシステムには多くの要件があり、たとえば電磁干渉 (EMI) 性能、熱性能、音響ノイズ性能、システムのフォールト応答などが含まれます。

お客様のシステムの多様な要件に対応できるよう、TI のモータードライバ製品ラインアップには、さまざまなニーズに対応するための多様なデバイス機能があります。本書の目的は、TI のモータードライバ用ゲートドライバ製品群に搭載されているさまざまな機能の概要を紹介することにあります。特に、MOSFET のスイッチング制御と最適化に使用される機能に焦点を当てています。これらの機能には、VDS スルーレート制御、デッドタイム制御、寄生 dV/dt ターンオンの抑制、ミラー効果の前後における MOSFET のスイッチング動作の最適化、デューティ サイクル補正、フォールト シャットダウン時の電圧スパイクの低減などが含まれます。表 1 に、利用可能な各機能があるデバイスの概要を示します。

表 1. デバイスの機能

	デバイス (ゲートドライバ)	VDS スルーレート制御 (IDRIVE) (O = 開ループ、C = 閉ループ)	設定可能なデッドタイム (O = 開ループ、C = 閉ループ)	ターンオン時の事前放電電流 (O = 開ループ、C = 閉ループ)	ターンオン時の事前充電電流 (O = 開ループ、C = 閉ループ)	ターンオン時の事後充電電流 (O = 開ループ、C = 閉ループ)	デューティ サイクル補償	フォールト ソフト ターンオフ	ターンオン dV/dt 保護
ブラシ付き DC/ステッパ	DRV8711	✓O							
	DRV8702/3-Q1	✓O							
	DRV8x05/6-Q1	✓O							
	DRV8714/8-Q1	✓O/C		✓ C	✓ C	✓ C	✓		
	DRV8000/2-Q1	✓O/C		✓ C	✓ C	✓ C	✓		

表 1. デバイスの機能 (続き)

	デバイス (ゲートドライバ)	VDS スルーレート制御 (IDRIVE) (O = 開ループ、C = 閉ループ)	設定可能なデッドタイム (O = 開ループ、C = 閉ループ)	ターンオン時の事前放電電流 (O = 開ループ、C = 閉ループ)	ターンオン時の事前充電電流 (O = 開ループ、C = 閉ループ)	ターンオン時の事後充電電流 (O = 開ループ、C = 閉ループ)	デューティサイクル補償	フォルトソフトターンオフ	ターンオン Dv/Dt 保護
ブラシレス DC	DRV8305-Q1	✓O							✓
	DRV3255-Q1	✓O (Note1)	O					✓	✓
	DRV3245-Q1	✓O (Note1)	O					✓	✓
	DRV3233-Q1	✓O	✓O/C	✓O		Note2		✓	✓
	DRV8334/-Q1	✓O	✓O/C	✓O		Note2		✓	✓
	DRV8161/2	✓O						✓	✓
	DRV8363/-Q1	✓O						✓	✓
	DRV8320/23	✓O	✓C						✓
	DRV8350/3	✓O	✓C					✓	✓
	DRV8340/3-Q1	✓O	✓C						✓
	DRV8328								
	DRV8329/-Q1								
	DRV8300/-Q1								

スルー レート制御

スルーレート制御は、モーター システムを設計する際に考慮する必要のある重要な要素の 1 つです。目的の MOSFET スルーレートの決定は、EMI 性能と効率との間のトレードオフになります。一般に、スルーレート制御には、開ループ スルーレート制御と閉ループ スルーレート制御の 2 つの方法があります。MOSFET のスルーレート制御は、ゲート電流を調整することで、MOSFET のターンオンおよびターンオフ時間を制御することによって行われます。開ループのスルーレート制御では、設計者が希望するスルーレートに応じてゲート電流を選定する必要があります。閉ループのスルーレート制御では、ゲートドライバ デバイスがハードウェアまたはソフトウェア構成を通じて、希望するスルーレートを達成するようにゲート電流を自動的に調整します。

VDS スルーレート制御

モーターの磁界やスイッチング電流によって発生する電氣的ノイズは EMI を引き起こし、放射ノイズや伝導ノイズによって周辺の電子機器の動作に悪影響を与える可能性があります。EMI は、モーターの設計、電力、モーター速度の影響を受けます。モータードライバ システムには他にも EMI の原因がありますが、本記事ではモーター設計における MOSFET のスイッチング時に発生する EMI に焦点を当てます。

図 1 に示すように、MOSFET ミラー領域でのスルーレート制御は、モーター設計で EMI と熱性能のバランスを取るには不可欠です。VDS のスルーレートを遅くすることで、スイッチノード電圧の急激な立ち上がりや立ち下がりによって生じる高周波スイッチングノイズを抑制し、EMI を低減するのに役立ちます。VDS のスルーレートを遅くすることで EMI は改善されますが、その分 MOSFET のスイッチングによる電力損失が増加します。これは、デバイスが VDS 電圧が高く IDS 電流も大きい領域、特にミラー領域においてより長い時間動作するためであり、スイッチングが遅くなることでその間の電力損失が増加するためです。設計エンジニアにとっては、ターゲットのアプリケーションにおいて、EMI 性能と熱性能のバランスを取るスルーレートを選定することが重要です。

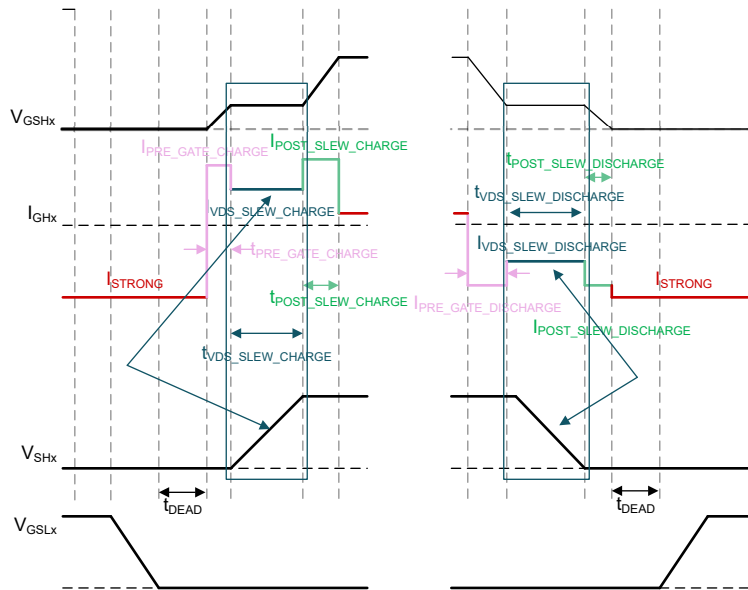


図 1. VDS スルー調整機能

TI の多くのモーター ドライバはスルーレート制御を調整可能であり、EMI や熱設計の観点からユーザーが MOSFET のスイッチング速度を最適に調整できるようになっています。スルーレート制御には、開ループのスルーレート制御と閉ループのスルーレート制御の 2 種類があります。開ループ制御方式では、設計者は SPI 経由でゲートの充電/放電電流を設定することで、スルーレートを制御することができます。MOSFET のミラー領域におけるゲート電流の制御は、MOSFET の VDS の立ち上がり時間および立ち下がり時間を調整するための重要な要素です。スルーレート制御に閉ループ方式を採用しているドライバでは、エンジニアがゲートドライバのレジスタに目標のスルーレートを設定することで、ドライバが VDS 電圧のスルーレートを監視しながら、目標のスルーレートに達するようにゲート電流を自動的に調整します。開ループまたは閉ループのスルーレート制御機能を持たないドライバでは、MOSFET のスルーレートを調整するために、ゲート抵抗などの外付け部品を追加してゲート電流を遅くする必要があります。開ループまたは閉ループのスルーレート制御を設定可能にすることで、開発段階において使いやすさが向上します。というのも、SPI を介して簡単にスルーレートの調整が行えるため、MOSFET を変更してもハードウェアの変更を行うことなく調整が可能だからです。これにより、テスト中に MOSFET のスルーレートを迅速に調整して、最適な設定を見つけることが可能になります。設定可能なスルーレート制御は、図 2 に示すように、抵抗やダイオードなどの部品を不要にすることで、設計の小型化およびコスト削減にもつながります。設定可能なスルーレート制御により、MOSFET ごとに最大 3 つの抵抗 (R_{SOURCE}、R_{SINK}、R_{PD}) と 1 つのダイオード (D_{SINK}) を節約できます。

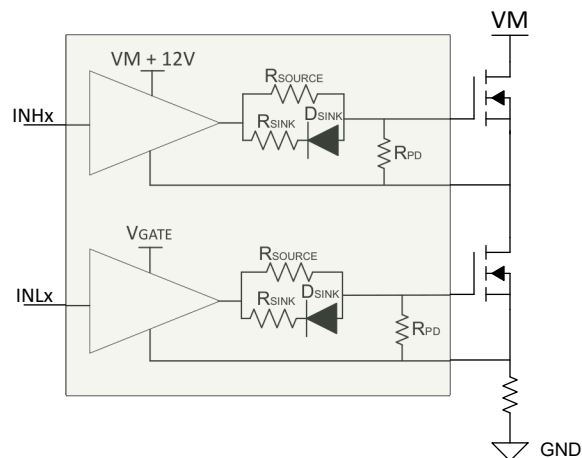


図 2. ハードウェア スルーレート制御

MOSFET のスイッチングの最適化

ターンオフ時の事前放電電流

MOSFET のゲートターンオフ時の事前放電は、ゲート電圧をミラー領域まで迅速に放電するために、強い事前放電電流をユーザーが設定できる機能です。その例を 図 3 に示します。この機能では、まず強いゲートの事前放電電流をゲートに流して、ゲート電圧をミラー領域まで急速に放電し、その後、EMI が重要となる領域に入るタイミングで、ドライバがゆるやかな放電電流に切り替えて制御を行います。

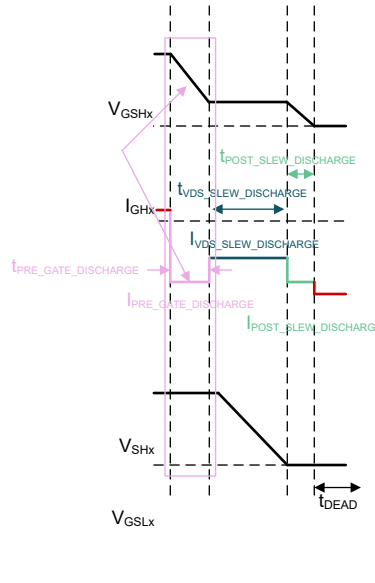


図 3. 事前放電電流

ミラー領域に入る前のこの段階では VDS のスルー (VSHx) が発生していないため、EMI の懸念が少なく、高い事前放電電流を使用することが可能です。これは、開ループ構成または閉ループ構成で実行できます。開ループ制御では、ユーザーが希望する事前放電ゲート電流を選択し、その電流が特定の MOSFET においてミラー領域に到達するまでに要する時間に基づいて、電流を印加する時間も設定します。閉ループ制御では、ユーザーが SPI を介して事前放電時間を設定し、ゲートドライバは設定された時間に基づいて強い事前放電電流をゲートに印加し、ゲート電圧をミラー領域まで放電します。

ターンオフ時の事前放電電流を使う利点を以下に示します：

1. MOSFET スwitchング損失の低減
2. 高デューティ サイクル動作
3. デューティ サイクル ジッタの低減

MOSFET のターンオフ時に、高い Rdson 領域で動作する時間を短縮することで、スイッチング損失を低減することができます。さらに、MOSFET の総ターンオフ時間が短縮されるため、より高いデューティ サイクル動作を実現でき、スイッチング時間を短縮することでデューティ サイクル ジッタを低減できます。

ターンオン時の事前充電電流

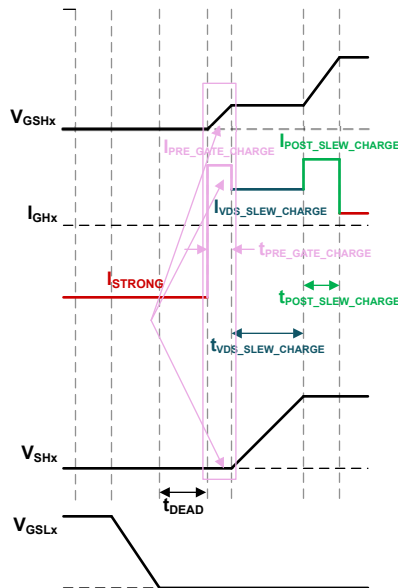


図 4. 事前充電電流

ターンオン時の事前充電電流は、ターンオフ時の事前放電電流と類似しています。ターンオン時の事前放電電流では、ユーザーが強い事前充電ゲート電流を設定することで、ゲート電圧をミラー領域に到達するまで迅速に充電することが可能です。ミラー領域に入る前は **VDS** のスルーが発生していないため、高いプリチャージ電流を使用することが可能です。現在、TI の一部のドライバは、ターンオン時の事前充電電流に対し閉ループ構成をサポートしています。ユーザーが目標とする事前充電時間を設定すると、ドライバは **MOSFET** のターンオン時に強めのゲート駆動電流を使用し、設定された事前充電時間に達するまで動作を継続します。そして、ドライバがミラー領域に到達したと検出すると、次の制御段階に移行します。

ゲートターンオン時の事前充電電流を使用する利点は、ゲートターンオフ時の事前放電機能の利点と類似しています：

1. **MOSFET** のターンオン時間が短くなり、**MOSFET** のスイッチング損失が低減されます
2. 高デューティ サイクル動作
3. デューティ サイクル ジッタの低減

MOSFET のターンオン時間を短縮することで、ボディダイオード導通状態で動作する時間が減少し、それに伴う電力損失が低減されるため、スイッチング損失を抑えることができます。さらに、**MOSFET** のターンオン時間を短縮することで、より高いデューティ サイクル動作が可能になり、スイッチング時間が短くなることでデューティ サイクルのジッタも低減され、より正確なデューティ サイクル制御が実現します。

ターンオン時の事後充電電流

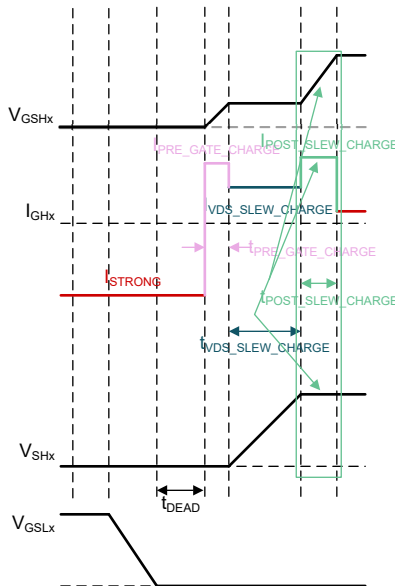


図 5. 事後充電電流

ゲートターンオン時の事後充電電流は、ミラー領域を通過した後に MOSFET のゲート電圧を完全に強化するために使用される機能です。これは、VDS 電圧のスルーが完了した後に、強い事後充電ゲート電流を印加して、ゲート電圧を迅速に 12V まで充電することで実現されます。ミラー領域が終了した後は VDS のスルーが発生しないため、高い事後充電電流を使用することが可能です。この機能は、開ループ構成と閉ループ構成で提供されます。開ループ構成では、ユーザーが希望する事後充電ゲート電流を選択し、MOSFET のターンオン時に IDRIVE 制御時間が終了すると、ドライバは選択された電流に切り替わります。閉ループでは、ドライバが VDS のスルーが完了したことを検出した後、MOSFET ターンオン時に強力なゲート駆動電流を使用します。

ターンオン時の事後充電電流には次の利点があります：

1. MOSFET のターンオン時の電力損失が低減されます。

VDS のスルーが完了した後に MOSFET の VGS 電圧を迅速に約 12V まで引き上げることで、MOSFET の Rdson をより早く低下させることができ、高 RDSON 状態での動作時間が短くなるため、電力損失の低減につながります。

保護/故障/動作応答

ターンオン時の dV/dt 保護

dV/dt ターンオンは、MOSFET を急速にスルーさせた際に発生する可能性のあるシステム上の問題です。スイッチング ノード (ハイサイド MOSFET とローサイド MOSFET の接続点) が急速にスルーする際 (図 XX 参照)、MOSFET の寄生ゲートドレイン間容量 (C_{GD}) を通じて、スイッチしていない側の MOSFET のゲートに電圧が結合してしまう可能性があります。この結合により、本来オフのままであるべき MOSFET のゲートソース間電圧が上昇してしまう可能性があります。もしゲート電圧が MOSFET のしきい値電圧 (V_{th}) を超えると、本来オフである MOSFET が一時的にオンになり、反対側の MOSFET が同時にオンしている間に導通してしまい、クロス コンダクションまたはショート スルーが発生する可能性があります。クロス コンダクションが発生すると、MOSFET の過熱や損傷につながる可能性があります。反対側の MOSFET がターンオンする際に、オフ側の MOSFET に強いプルダウンを有効にすることで、ゲートドライバは寄生電荷がゲートに結合しても、それを速やかに逃がすための低インピーダンス経路を提供することができます。この強力なゲートプルダウン経路により、オフ側の MOSFET のゲートソース間電圧の上昇を抑えることができ、MOSFET のスイッチング中に dV/dt 結合によって引き起こされる寄生ターンオンを防止するのに役立ちます。

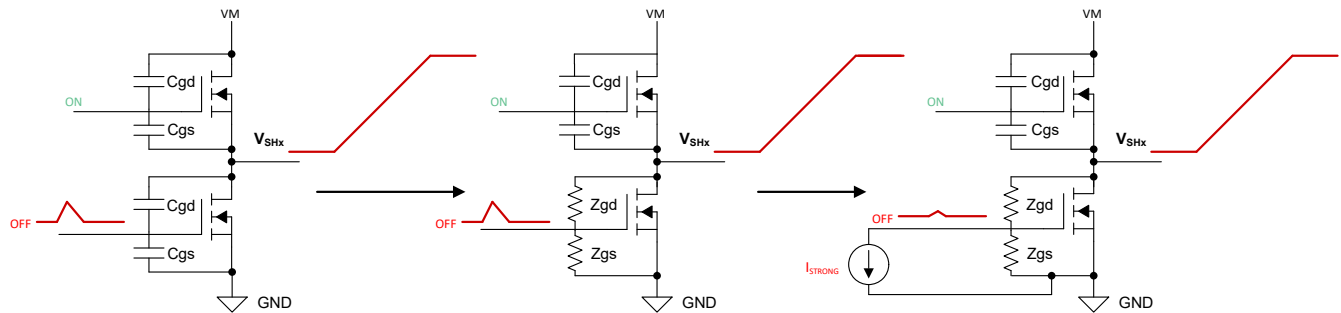


図 6. dV/dt 保護

ターンオン時の dV/dt 保護の利点:

1. MOSFET のターンオン時に、反対側の MOSFET のゲートを強力にプルダウンすることで dV/dt 結合を抑制でき、設計によっては外付けの Cgs 容量を追加する必要がなくなる場合があります。(排除可能)

構成可能なデッドタイム

dV/dt 保護について説明したとおり、MOSFET システムをスイッチングする際には、パワー MOSFET やシステムの電源を損傷から守るために、クロスコンダクションや「ショートスルー」の発生を回避することが非常に重要です。クロスコンダクションは、ハイスайд MOSFET とローサイド MOSFET の両方が同時にオンになることで発生します。電源とグラウンドは低インピーダンスの経路を形成するため、大電流が流れやすくなり、それによって外付けの MOSFET や電源、さらには他の部品が損傷する可能性があります。

ショートスルーは、一般的に一方の FET がオンの状態から反対側の FET をオンに切り替える際に最もよく発生します。両方の MOSFET が同時にオンになるのを防ぐためには、片方の FET にオフの指令を出した後、もう一方の FET にオンの指令を出すまでに十分な時間を設ける必要があります。これは、最初の FET が完全にオフになるための時間を確保するためです。一方の MOSFET をオフにしてから反対側の MOSFET をオンにするまでのこの遅延時間は、「デッドタイム」と呼ばれます。デッドタイムが長すぎると、ダイオード導通による損失が発生してモータードライバの効率が低下しますが、逆にデッドタイムが短すぎると、両方の MOSFET が同時にオンになってしまい、ショートスルーが発生する恐れがあります。

デバイスに応じて、構成可能なデッドタイムは閉ループまたは開ループ制御を使用します。

閉ループの設定可能なデッドタイム制御では、ドライバが MOSFET の VGS 電圧を監視し、スイッチングする MOSFET システムに対して最適なデッドタイムを自動的に調整することで、効率を最大化することができます。VGS モニタは、指令された MOSFET をオンにする前に、ハーフブリッジ内の反対側の MOSFET が確実にオフになっていることを確認するために使用されます。

この手法は、クロスコンダクション (貫通) の発生を防止するだけでなくダイオード導通期間も短縮できるため、システム性能面でも有利です。MOSFET の内部ボディダイオードの導通損失は通常、一般的な MOSFET の導通損失よりも大きく、システム全体の効率を低下させるためです。ドライバは、ローサイドからハイスайд (またはハイスайдからローサイド) の外付け MOSFET へスイッチングする際に、内部のハンドシェイク機能を統合して動作します。このハンドシェイク機能は、外付け MOSFET がクロスコンダクション状態に陥るのを防ぐために設計されています。内部ハンドシェイク機能は、外付け MOSFET の VGS を監視することで、一方の MOSFET が確実にオフになったことを確認し、その後もう一方の MOSFET をオンにできるタイミングを判断します。このハンドシェイク機能により、システムはクロスコンダクションのリスクを伴わずに、最適化されたデッドタイムをシステムに挿入できます。

開ループ制御では、ユーザーが希望するデッドタイムを設定し、ドライバは一方の入力がオフに指令されてから反対側の入力がオンに指令されるまでの時間を監視し、設定されたデッドタイムの間は出力を Low に強制します。クロズドループ制御では、ユーザーが希望するデッドタイムを設定し、ドライバが VGS 電圧を監視して FET がオフになったことを確認した後、適切にデッドタイムを挿入します。

フォルトソフトターンオフ

フォールトソフトターンオフは、過電流やショートスルーなどのフォールトによってシャットダウンが発生する際に、MOSFET のターンオフ中の VDS スルーを緩やかにすることで、ドライバを保護する機能です。スルーレートを遅くするこ

とで、誘導性スパイクが抑えられ、過渡現象が軽減されるため、過電流発生時の設計の堅牢性が向上します。システム内で大電流が蓄積されている状態で急速にターンオフすると、大きな誘導性スパイクが発生し、ドライバを損傷する原因となることがあります。通常のスイッチング動作中、MOSFET は比較的迅速にオフになることがあります (図 7)。しかし、MOSFET の故障などに起因する過電流フォールトが発生した場合、基板上の寄生インダクタンスを流れる大電流が、電流経路を急激に遮断して MOSFET のボディダイオードへ迂回させると、大きなスパイクが発生する可能性があります。この課題に対処するために、ドライバはゲート電流を抑えてソフト放電電流とし、MOSFET のターンオフを緩やかにすることで、故障応答時のフェーズ電圧のスルーを遅くし、大きなスパイクの発生を抑えます。

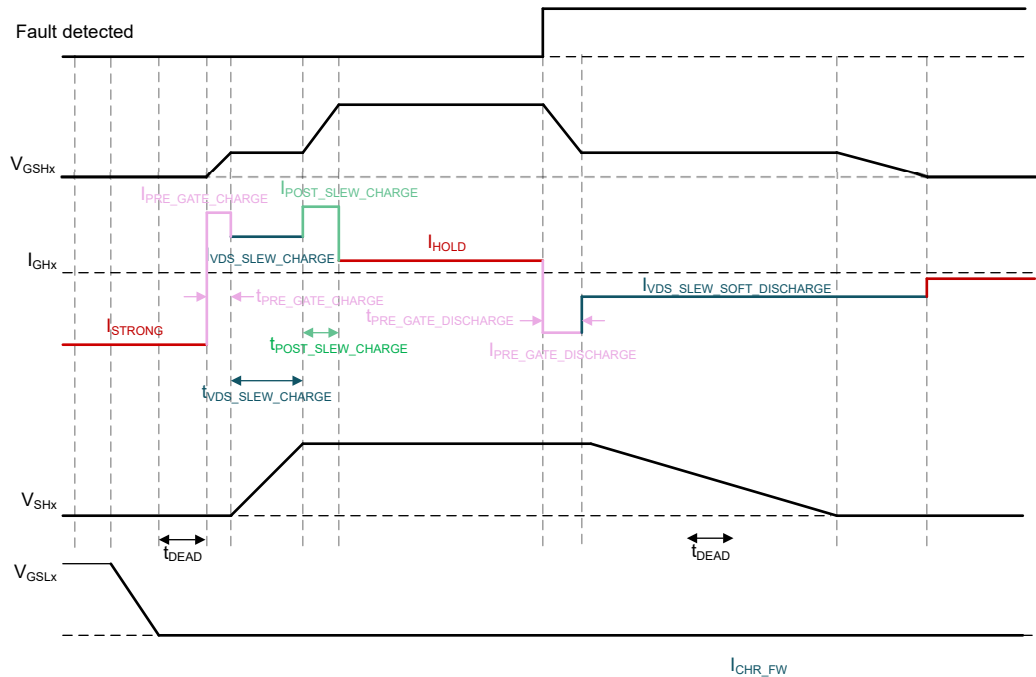


図 7. フォルト応答

このソフトシャットダウン電流の実装方法は、デバイスごとに異なります。ドライバが故障を検出すると、一部のデバイスでは、通常動作時に選択されていたゲート電流レベルよりも数段階低い電流に下げること、ターンオフを緩やかにします。他のドライバでは、ユーザーが希望する低減後のゲート駆動レベルを選択できるようになっています。ミラー領域に達する前に、シャットダウンイベント時に事前放電電流を有効化するデバイスもあります。ユーザーは、ゲート電圧をミラー領域まで放電するための放電電流を設定でき、その後、Vds のスルーレートが発生する領域ではソフト放電電流へ切り替えて制御を行うことが可能です。シャットダウン時に事前放電機能を備えたデバイスは、まずゲート電圧をできるだけ速やかにミラー領域まで放電し、その後ソフト放電電流を有効にして、MOSFET を完全にターンオフするのを支援します。この事前放電により、故障応答時における全体の MOSFET ターンオフ時間を短縮でき、システム内に高電流が流れる時間を短くしつつも、VDS のスルーが発生する重要な領域では電圧の変化を緩やかにすることが可能になります。

デューティサイクル補償

デューティサイクル補償の目的は、伝播遅延およびそれがスイッチング性能に与える影響を適切に制御し、出力フェーズ電圧のデューティサイクルが指令された入力デューティサイクルと一致するようにすることです。スイッチング性能が良好であることは、モーターの最高の性能、特に速度制御やトルク制御を実現するうえで重要です。デューティサイクル補償は、オン/オフ動作時の入力から出力までの遅延と不整合を補償するのに役立ちます。これら 2 つのパラメータは、最小および最大デューティサイクル、動作周波数範囲、そしてデューティサイクルのステップ分解能に直接影響を与えます。

ほとんどのゲートドライバは遅延および不整合のパラメータを仕様として示していますが、ゲートドライバは入力から出力までの全体的な遅延の一部に過ぎません。もう 1 つの重要な要素は、MOSFET のスイッチング遅延です。高いスルーレートでは、伝播遅延および不整合に対する MOSFET の寄与は、ドライバによる遅延と比較して通常はごくわずかです。一方で、EMC に敏感なシステムでよく見られるような遅いスルーレートの場合、MOSFET のスルーレートが伝播遅延や不整合の主な要因となることがあります。デューティサイクル補償は、出力フェーズのオン時間を監視し、モーター電流の方向変化による影響を補正しながら、入力で指令されたオン時間と一致するように出力フェーズを調整します。この機能

の利点には、より正確なデューティサイクル制御が含まれ、出力デューティサイクルが指令された入力デューティサイクルにより近づくように調整されることが挙げられます。

まとめ

TI は、産業用途および車載用途向けに、さまざまなブラシ付きおよびブラシレス モーター用のゲートドライバを提供しています。設計者は、TI の BDC または BLDC ゲートドライバの中から、アプリケーションのニーズに応じた機能を備えた製品を選択できます。TI の製品ポートフォリオには、スイッチングのスルーレートを制御することで EMI 性能と熱性能のバランスを調整する機能、MOSFET のスイッチング期間中におけるミラー領域前後の動作最適化、設定可能または自動挿入によるデッドタイムによって実現されるショートスルー保護、寄生的な dV/dt によるゲートの誤ターンオン防止機能、特に過電流故障時における電圧スパイクを低減するソフト ターンオフ機能などが用意されています。これらの機能は、EMI、効率、音響ノイズ、MOSFET 保護などの課題への対処に役立ちます。TI のモーター ドライバ製品の詳細については、[TI モーター ドライバ](#) をご覧ください

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