

Application Brief

車載トラクションインバータ絶縁型ゲートドライバの同相電圧過渡耐性に関する知識



George Lakkas

はじめに

絶縁型ゲートドライバは、電気自動車 (EV) のトラクションインバータで使用され、電動モーター パワー スイッチ (絶縁ゲートバイポーラトランジスタ [IGBT] またはシリコンカーバイド [SiC]) を駆動し、DC バッテリをモーター用 AC 電力に変換します。また、絶縁型ゲートドライバは、低電圧から高電圧の間でガルバニック絶縁も実現します。その結果、トラクションインバータ内で DC 電力と AC 電力の不要な流れを防止すると同時に、データと電力の伝送を可能にします。絶縁は、車に乗っている人や低電圧回路を高電圧から保護し、接地電位差に対処するために重要です。また絶縁により、トランジスタがロジックレベル入力の接地に対して電源グランド側で高電圧を高スルーレートでスイッチングするとき、電気ノイズが低減され、同相電圧過渡に耐えることができます。

絶縁型ゲートドライバは、 dv/dt の高い環境で信頼性の高いスイッチング性能を確立します。

図 1 に、絶縁型ゲートドライバの簡単な図を示します。

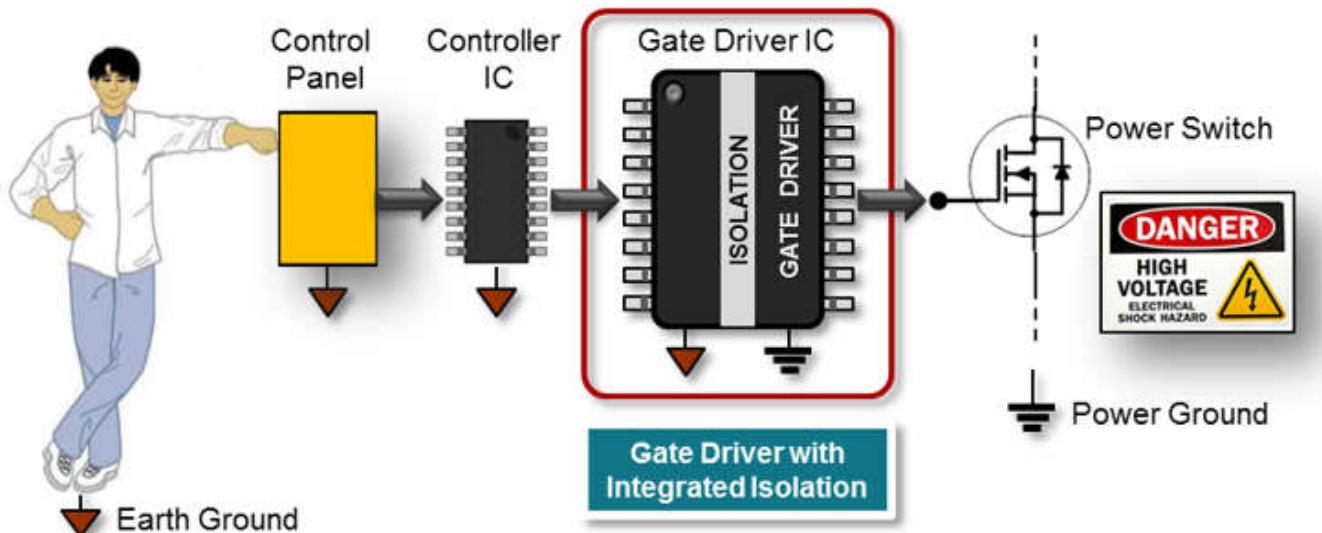


図 1. 高電圧システム内の絶縁型ゲートドライバ

同相電圧過渡耐性とは

次世代のトラクションインバータは、SiC FET などの新しいパワー スイッチ技術を活用するために、より高度な制御、性能、洗練されたセンシング機能を必要とします。SiC FET は、30KHz 以上のスイッチング周波数に近づいています。スイッチング周波数を高くする利点として、フィルタ サイズの小型化、制御と応答の高速化、歪みの低減が挙げられます。

同相電圧過渡耐性 (CMTI) は、トラクションインバータで動作するときの絶縁型ゲートドライバの重要なパラメータです。トラクションインバータには、高い効率と最小限のスイッチング損失が必要です。その結果、SiC MOSFET のドレインソー

ス間電圧の dV/dt が大幅に増加します。具体的には、CMTI とは、1 次側から 2 次側への電圧スルーリーに対する耐性を意味します。CMTI は、2 つの絶縁回路の間で適用できる同相電圧の立ち上がりまたは立ち下がりの許容される最大速度です。CMTI の単位は通常、 $kV/\mu s$ または等価的に V/ns です。

高 CMTI は、非常に高い立ち上がり(正の)スルーレートまたは高い立ち下がり(負の)スルーレートで絶縁バリアを形成すると、トランジスタ側とレシーバ側の両方で、データシートの仕様内でエラーなしに 2 つの絶縁回路が正常に機能することを意味します。図 2 に、簡素化された CMTI テスト設定と代表的な同相モード パルス波形を示します。

VCM パルスを絶縁バリアに印加するとき、概略ブロック図の IN および OUT 信号が、適切なロジックに従っていることを確認します。IEC 60747-17 規格に準拠して、データシートに記載されている電圧までの CMTI テストと、最大絶縁動作電圧 (VIOWM) テストは、絶縁の整合性をさらに検証するためのものです。IEC 60747-17 規格では、最終的な同相モード パルス振幅 ($|VCM|$) の 20% ~ 80% のスルーレートを測定して、同相モード パルスのスルーレートを決定することを推奨しています。

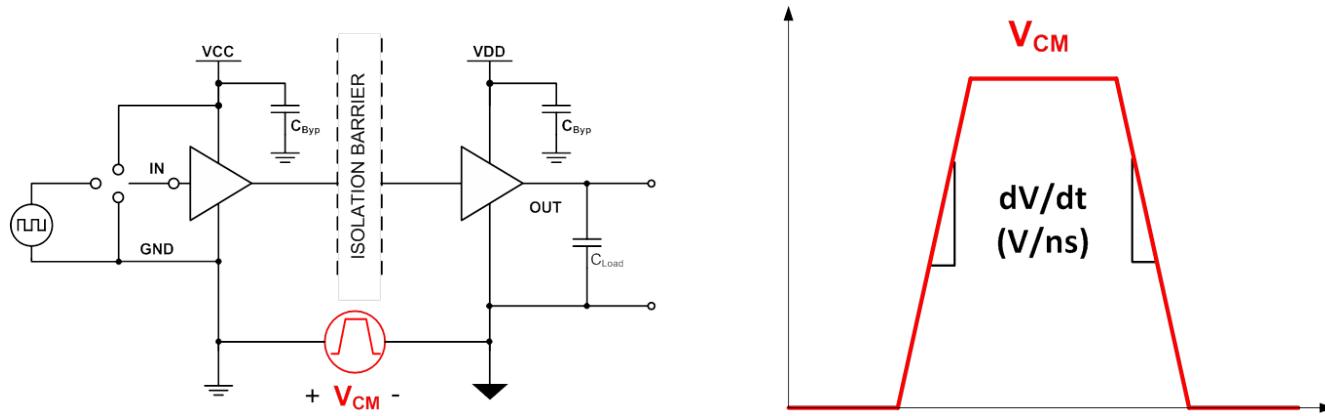


図 2. CMTI テスト設定

CMTI は、絶縁型ゲートドライバが 2 つのグランド基準電圧間の差動電圧を取り扱う際に重要です。CMTI は、立ち上がりおよび立ち下がりスルーレートに対するゲートドライバの堅牢性を示しています。また、CMTI の存在は、絶縁型シグナル チェーン内の回路と絶縁部品の詳細な設計を示しています。

静的な CMTI と動的な CMTI の比較

CMTI には、以下の 2 つの種類があります: 静的および動的。静的な CMTI は、入力がロジック high またはロジック low のいずれかに接続されているテスト条件であり、同相過渡 (CMT) ストライク時に出力状態を監視します。プロセス、電圧、温度の変動に対して、ゲートドライバの出力が CMTI 仕様の範囲内で、指定の high または low 状態に維持されることを確認します。

図 3 に、同相モード High (CM_H) パルスと同相モード Low (CM_L) パルスを使用した静的な CMTI 測定の例を示します。

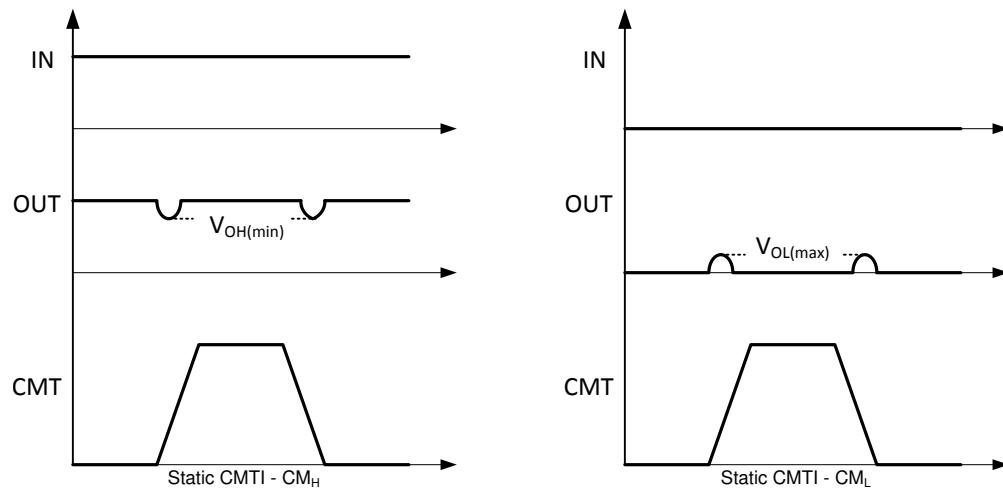


図 3. 静的な CMTI 測定

動的な CMTI は、特定の動的 (スイッチング) イベントで CMTI ストライクが発生したときに測定します。デジタル I/O 信号の立ち上がりエッジまたは立ち下がりエッジで CMTI ストライクが発生すると、動的イベントが発生します。もう 1 つの発生例は、高度な内部通信機能を備えた先進ゲートドライバの通信チャネルの堅牢性をテストすることです。図 4 に、2 つ目の例を示します。

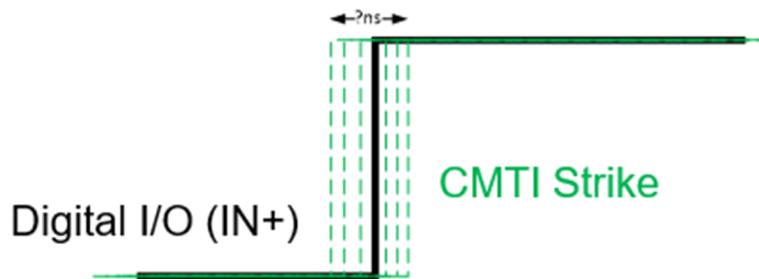


図 4. 従来の動的 CMTI

条件は依然として同じであり、出力は入力と同じか、入力に従った正しいロジック状態を維持していることが予想されます。図 5 に、以下のような潜在的な故障シナリオを示します。

- ミッシング パルス
- 過度の伝搬遅延
- High エラー
- Low エラー
- 出力ラッチ

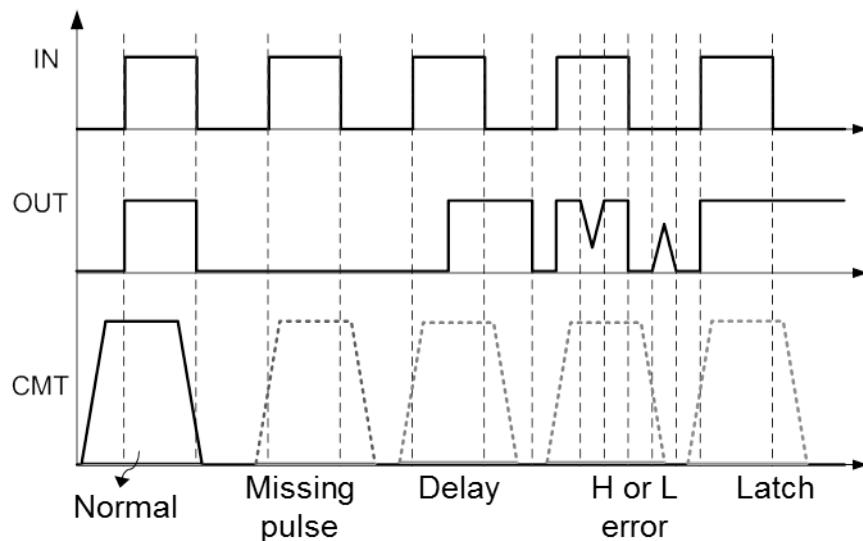


図 5. 動的な CMTI 測定 – 通常とエラーの比較

静的 / 動的 CMTI のテスト

図 6 に、静的または動的 CMTI のテストに使用した機器を示します。

静的 CMTI:

- テスト対象デバイス (DUT = 絶縁型ゲートドライバ)
- CMT ジェネレータ
- バッテリまたは絶縁型電源
- 高性能の測定設定

動的 CMTI:

- テスト対象デバイス (DUT = 絶縁型ゲートドライバ)
- CMT ジェネレータ
- バッテリまたは絶縁型電源
- 高性能の測定設定
- 信号同期
- 絶縁型プローブ

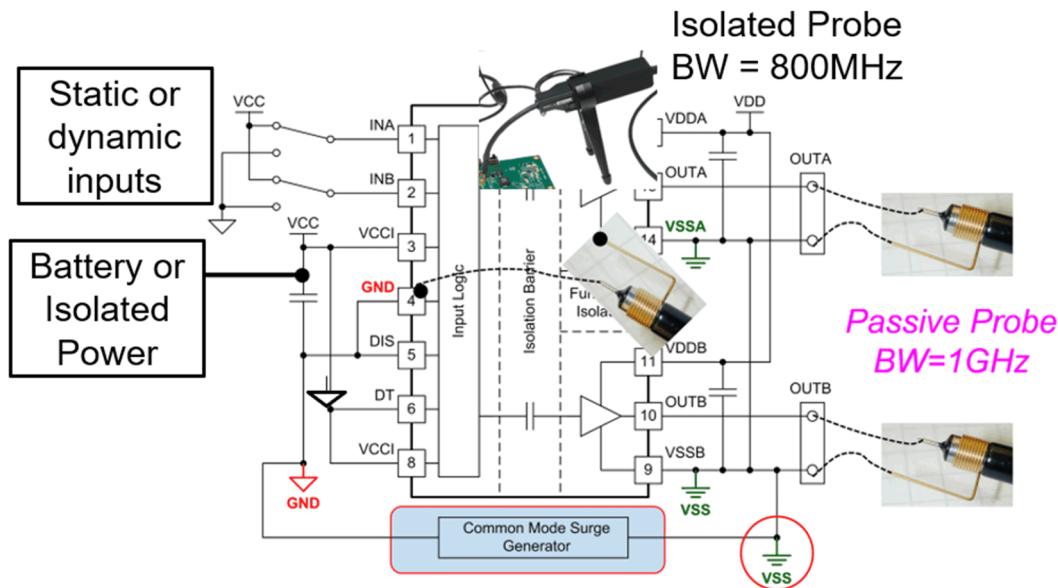


図 6. CMTI 測定の設定および機器

CMTI は、同相過渡電圧に対する絶縁型ゲートドライバの耐性を示すテストです。CMTI の性能に該当するのは、[機能安全に準拠したプログラマブル絶縁型ゲートドライバである UCC5881-Q1](#) のテストであり、ゲートドライブ能力と $16\times$ DESAT のスレッショルド設定がリアルタイムで可変します。図 7 に、100 回の連続インバータ正弦波サイクルを使用して dv/dt ターンオフ時に高性能を発揮する UCC5881-Q1 を示します。



図 7. 100 連続インバータ正弦波サイクルによる UCC5881-Q1 のターンオフ CMTI ストライク測定 (157V/ns)

まとめ

EV トラクション インバータが適切に動作するうえで、CMTI は重要な役割を果たします。標準未満の同相電圧過渡耐性は、システムの性能と安全性に影響を及ぼすエラーを引き起こす恐れがあります。

適切なトラクション インバータ動作を実現するには、スイッチング速度とスルーレートが高い高度な SiC FET を駆動し、CMTI 耐性のある絶縁バリアを使用し、ノイズの多いスイッチング環境で堅牢性を実証する絶縁型ゲートドライバが不可欠です。スイッチング周波数に関係なく、同じ CMTI が適用されます。過渡速度が大きくなるにつれて、より高い CMTI が必要になります。

UCC5881-Q1 は、TI が指定する最大同相スルーレート 150V/ns を達成する、トラクション インバータ向けの最新のプログラマブル絶縁型ゲートドライバです。

UCC5881-Q1 はアプリケーションレベルの静的な CMTI テストと動的な CMTI テストで適切に動作し、EV トラクション インバータに対する TI の総合的ソリューションの中で重要な部品です。

その他資料

- [TI の絶縁技術の詳細](#)
- [ゲートドライブ能力がリアルタイムで可変する機能安全に準拠した絶縁型ゲートドライバ UCC5881-Q1](#)
- [TI のコンポーネントが高性能トラクションインバータの製作にどのように役立つかをご覧ください](#)

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

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 © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月