

Technical Article

フォトカプラ エミュレータに関する説明フォトカプラ テクノロジーをアップグレードするべき理由



Luke Trowbridge



フォトカプラには、オプトカプラ、光アイソレータ、光学アイソレータという別の呼び名もありますが、長い間、設計者にとっては、システムの信号伝達とガルバニック絶縁を両立しようとするための選択肢の 1 つでした。1970 年代頃から、産業用や車載用の最終製品で高い安全性の絶縁を実現するうえで、これらの半導体デバイスは重要な役割を担っていました。ただし、電気的特性、高電圧下の信頼性、統合の可能性については制約があるため、設計者は他の選択肢を検討し始めました。

静電容量式や磁気式のような絶縁テクノロジーも代替の選択肢として登場しました。これらは、フォトカプラに比べ全体的に良好な性能を達成しています。TI は 2000 年代前半以降、二酸化ケイ素 (SiO_2) ベースのデジタル絶縁テクノロジーへの投資を行い、フォトカプラと同じ機能を果たすと同時に顕著な利点を実現するデジタル アイソレータ製品を複数提供しています。

ギャップの橋渡し: フォトカプラ エミュレータのご紹介

TI の **フォトカプラ エミュレータ** は、従来のフォトカプラの利点と、TI の SiO_2 ベースの絶縁テクノロジーの利点を組み合わせたものです。各種フォトカプラ エミュレータは、一般的なフォトカプラとピン互換であり、既存の設計にシームレスに統合できるほか、フォトカプラと同等の信号の挙動を実現しています。設計エンジニアの観点からは、これらの製品はフォトカプラと見なすことができ、よく似た挙動を示しますが、絶縁バリアとして TI 独自の SiO_2 テクノロジーを活用しています。バリアが効果的に高電圧信号をブロックし、グラウンド ループの形成を防止するため、システムの安全性と安定性を確保できます。 SiO_2 絶縁の利点として、設計者は電気的特性の強化、高電圧に対する信頼性の向上、追加のシステム機能を統合できます。このような半導体製品を製作するに際して、TI は従来のフォトカプラと TI の SiO_2 ベースの絶縁テクノロジーの優れた点を両立させてお客様に提供することに情熱を持っています。

従来のフォトカプラは LED を使用して、絶縁バリアをまたぐ形でデジタル情報またはアナログ情報を送信します。バリアの反対側ではフォトトランジスタがその信号を検出します。図 1 をご覧ください。フォトカプラ内で使用している LED が、その寿命全体にわたって経年劣化または性能が低下することはよく知られています。LED のこの特性は、システム設計者にとって最もよく挙げられる課題の 1 つです。また、フォトカプラ内で使用している絶縁素材は、ただの空気や、エポキシ、モールド樹脂など多岐にわたります。表 1 に、フォトカプラと、SiO₂ 誘電体 (絶縁物) を使用するフォトカプラ エミュレータの絶縁強度の違いを明確に示します。

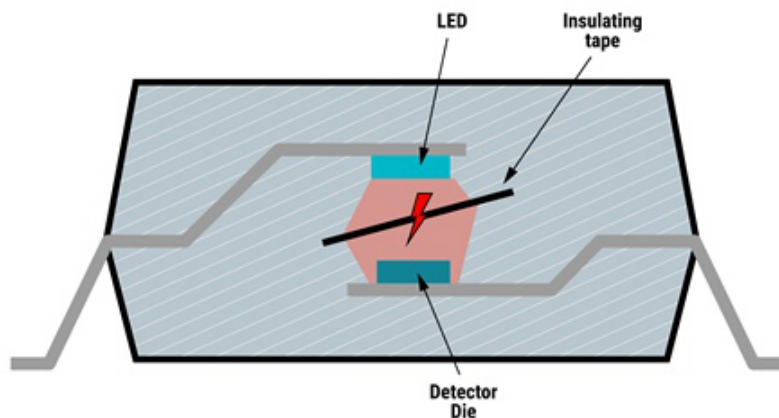


図 1. フォトカプラの代表的な構造

表 1. さまざまな絶縁素材の絶縁耐力

絶縁材の組成	テクノロジー	誘電体強度
空気	フォトカプラ	~ 1V _{RMS} /μm
エポキシ	フォトカプラ	~ 20V _{RMS} /μm
シリカを充てんしたモールド樹脂	フォトカプラ	~ 100V _{RMS} /μm
SiO ₂	フォトカプラ エミュレータ	~ 500V _{RMS} /μm

TI の SiO₂ ベースの絶縁バリアを採用したフォトカプラ エミュレータを使用すると、信号の電氣的絶縁を実現しながら、フォトカプラにおいて一般的なこれらの課題を両方とも回避することができます。図 2 に、TI のフォトカプラ エミュレータの内部構造を示します。従来のフォトカプラの機能的な動作を送信回路と受信回路でエミュレートし、SiO₂ で高電圧絶縁を実現しています。

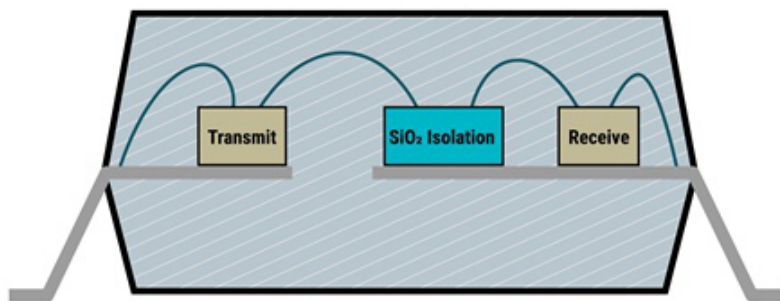


図 2. TI のデジタル アイソレータの構造

フォトカプラ エミュレータの利点

先進的な絶縁テクノロジーを統合することで、フォトカプラ エミュレータは従来のフォトカプラに伴う複数の制約を克服し、高い性能と信頼性を実現することができます。フォトカプラ エミュレータの利点について、いくつか説明します。

低消費電力

LED の経年劣化による影響は不可避であり、その性能低下を補うために、従来のフォトカプラでは事前の過剰設計 (オーバーデザイン) を必要とします。その結果、設計寿命全体にわたって余分な順方向電流 (I_F) が流れることになります。一方、TI のフォトカプラ エミュレータは I_F と電源電流を大幅に小さくでき、消費電力を最大 80% 節減できます。

同相電圧過渡耐性 (CMTI) の向上

一般的なデジタル フォトカプラは約 15kV/ μ s という CMTI に規定されていますが、[ISOM8710](#) は最小 CMTI が 125kV/ μ s に達しており、同相スイッチング ノイズが非常に大きいアプリケーションやリングング ノイズの大きいアプリケーションでも使用できます。

安定した厳格な電流伝達率 (CTR)

より厳格な CTR 範囲を達成するために余分な費用を費やす必要はありません。[ISOM8110](#) のような TI のフォトカプラ エミュレータは、温度範囲全体にわたって安定した厳格な各種 CTR 範囲を標準で備えています。

高速データレート

標準的な高速フォトカプラが 1Mbps から最大 10Mbps のデータレートに対応しているのに対し、[ISOM8710](#) は 25Mbps に対応しています。その結果、より高いスループットを達成し、多様な高速アプリケーションでフォトカプラ エミュレータを使用することができます。

より低い順方向トリガ電流

ほとんどのフォトモスは、制御に 1mA 超の電流を必要としますが、[ISOM8610](#) のような TI のフォトカプラ エミュレータ スイッチは、アノード/カソード ピンを流れる 0.8mA 電流のみのアプリケーションに対応できます。

帯域幅

ISOM8110 は、680kHz の高帯域に対応しており、必須の磁気素子 (インダクタやトランス) のサイズを小型化できます。広い帯域幅に対応した結果、2 次側の安定化フライバックコンバータで、過渡応答を改善することができます。過渡応答の改善によって、出力コンデンサの小型化が可能になり、ボード面積の節減やシステムコスト全体の削減につながります。この利点は、スイッチング周波数の高い **GaN** (窒化ガリウム) を使用する設計の場合、特に顕著です。

幅広い温度範囲

平均的なフォトカプラが対応する温度範囲は $0^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ です。一部のフォトカプラはそれより広い温度範囲に対応していますが、そのような製品には余分なコストがかかります。TI のフォトカプラ エミュレータは、標準製品で $-55^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ という広い温度範囲に対応しています。2024 年には追加の車載認定取得済みデバイスが提供される見込みです。

信頼性の高い絶縁能力

フォトカプラ エミュレータは、高電圧への対応能力が向上しており、信頼性の高い絶縁を必要とするアプリケーションに最適です。TI のフォトカプラ エミュレータは、絶縁バリアとして SiO_2 を活用し、 $500\text{V}/\mu\text{m}$ の絶縁を実現します。これは、一般的なフォトカプラが使用している絶縁素材である空気 ($1\text{V}/\mu\text{m}$) よりも強力です。

まとめ

フォトカプラ エミュレータは、フォトカプラの使い勝手に、 SiO_2 ベースの絶縁による利点を組み合わせ、信号絶縁テクノロジーで大幅な進歩を達成しています。これらのデバイスには、最新システムの要求に対応できる能力があり、性能、信頼性、安全性の向上を確実に達成できます。フォトカプラ エミュレータを活用することで、設計を最適化し、新時代の絶縁テクノロジーを採用できるようになります。

その他の資料

既存の設計をフォトカプラ エミュレータへアップグレードすることをお考えの場合、[TI のクロスリファレンス検索](#)をお試しください。現在の設計で使用しているフォトカプラの型番を入力すれば、それに対応する適切なフォトカプラ エミュレータを検索できます。

『[高信頼性と低コストを両立させる絶縁技術により高電圧設計の課題を解決](#)』ホワイトペーパー、『[フォトカプラ エミュレータの概要](#)』アプリケーションノート、および[フォトカプラ エミュレータの製品ポートフォリオ](#) ページをご覧ください。

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