

Application Note

フォトカプラ エミュレータの概要



Manuel Chavez
Saminah Chaudhry
Luke Trowbridge

概要

テキサス インスツルメンツ (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 の二酸化シリコン (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。絶縁性能は好ましいですが、デジタル信号アイソレータはフォトカプラの入出力におけるアナログ特性を持っており、あらゆる回路においてフォトカプラを直接置き換えることはできません。各種フォトカプラ エミュレータは、入力と出力の各信号に対して同等の挙動を提供すると同時に、業界で非常に広く採用されているフォトカプラとのピン互換性を実現しており、既存の設計にシームレスに統合できます。これらの製品は、システム設計エンジニアの観点からはフォトカプラに似ていますが、入力と出力のエミュレーション回路や、TI の SiO_2 絶縁バリア テクノロジーについても TI が提供する専門知識を活用しています。そのような半導体製品を製作する理由？ 答えは簡単です。デザイナーに両方の世界の最良のものを提供します。

目次

1はじめに.....	2
2フォトカプラとは？.....	2
3フォトカプラ エミュレータとは何ですか？.....	4
4フォトカプラ エミュレータを使用した従来型回路.....	6
4.1 ISOM811x を使用した代表的な絶縁型電源アプリケーション.....	6
4.2 ISOM871x を使用した高速信号絶縁.....	7
4.3 ISOM8610 を使用した CAN 終端.....	8
5まとめ.....	8
6参考資料.....	9
7改訂履歴.....	10

図の一覧

図 2-1. フォトカプラの断面図.....	2
図 3-1. フォトカプラ (左) とフォトカプラ エミュレータ (右) の機能比較.....	4
図 3-2. フォトカプラ エミュレータの断面図.....	4
図 3-3. オン オフ キーイングによる変調方式.....	6
図 4-1. ISOM811x を使用した代表的な絶縁型電源アプリケーション.....	7
図 4-2. ISOM8710 を使用した絶縁型 CAN アプリケーション.....	7
図 4-3. ISOM8710 を使用した絶縁型 RS-485 アプリケーション.....	8
図 4-4. ISOM8610 を使用したソフトウェア制御の代表的な終端.....	8

表の一覧

表 3-1. さまざまな絶縁素材の絶縁耐力.....	4
----------------------------	---

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 はじめに

電気的絶縁とは、システム内の 2 つの部分の間で望ましくない直流 (DC) と交流 (AC) を防止しながら、これら 2 つの部品の間で信号と電力の伝送を可能にする手段です。電気的安全性のための幅広いアプリケーションと、故障状態での敏感な回路の保護、高電圧から人間のオペレータや低電圧回路を保護し、ノイズ耐性を向上させ、通信回路間のグランド電位差に安全に耐えるために、信号と電源の絶縁が必要です。

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、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一般的な設計として、ほとんどの設計者に認識されています。フォトカプラは半導体業界で最初に導入されたアイソレータの 1 つであり、1970 年代以来およそ採用されてきたので、フォトカプラは現在も、大半の産業用最終製品で基本絶縁と強化絶縁の両方において重要な役割を演じてきました。フォトカプラ テクノロジーは過去 50 年にわたって大幅な進歩が遂げられてきましたが、電気的特性、高電圧に対する信頼性、追加のシステム機能を統合する能力において、さらなる進歩が制限されているように思えます。この問題により、急速に進化するシステムニーズに対応するための代替設計を探している設計者に残されています。ここ数十年のうちに半導体技術の進歩に伴い、静電容量性絶縁や磁気式絶縁など、他の多くの絶縁技術が採用されています。これらの技術は、フォトカプラと同様の機能を実現し、全体的なパフォーマンスが優れている他の絶縁技術が数多く登場しています。競合技術の中には、TI の二酸化ケイ素 (SiO_2) ベースのデジタル絶縁テクノロジーがあります。TI は 2000 年代前半から、この技術の改善と投資を行ってきました。以前は、デジタル アイソレータ製品の膨大なポートフォリオの設計と成長にこの技術が使用されていました。デジタル アイソレータとフォトカプラはどちらも絶縁型ですが（たとえば、信号通信を許可しながら、高電圧ループやブレーク グランド ループをブロックするため）、2 種類のアイソレータには、システム設計エンジニアが考慮する必要のある大きな違いがあります。

2 フォトカプラとは？

フォトカプラは、信号を送信するための発光部品と感光部品を搭載する絶縁デバイスであり、それらの部品間のグランド電位差 (GPD) をブロックします。発光部品は通常発光ダイオード (LED) であり、光に敏感な部品は通常フォトトランジスタまたはフォトダイオードです。

信号絶縁を実現するフォトカプラの場合、内部にある LED とフォトダイオードは、距離と絶縁材によって物理的に分離されています。この絶縁素材には、エポキシ、モールド コンパウンド、またはエア ギャップのみを使用できます。これら 3 つの素材はいずれも、電圧絶縁に関する誘電体強度が比較的低いです。**図 2-1** に、フォトカプラの断面図を示します。

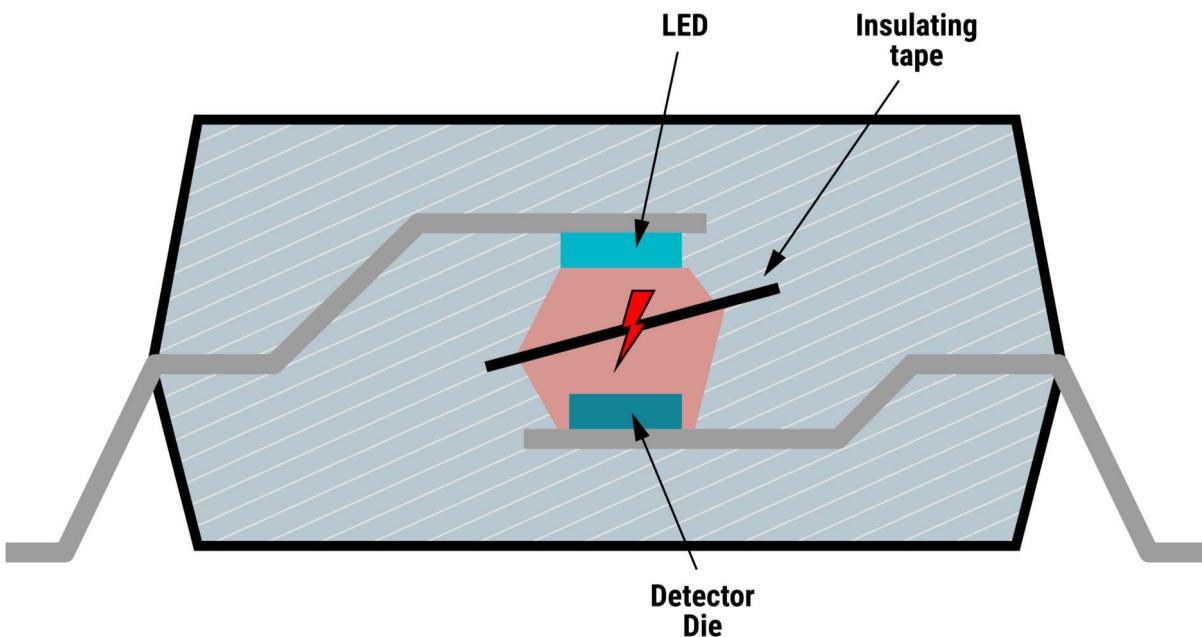


図 2-1. フォトカプラの断面図

時間の経過とともに、フォトカプラーを経由する信号伝送は、LEDの経年劣化や半透明の絶縁素材の曇りや黄変によって劣化します。LEDが暗くなるか、エポキシが黄色になると、送信される光の強度が低下します。したがって、フォトカプラーが新しいときに実現される輝度にLED入力を駆動するには、より多くの電流が必要になります。システム設計者がこの信号伝送の劣化を補償しない場合、フォトカプラーの絶縁型出力に入力信号を送信する能力は、最終的に限界点に達し、完全に障害が発生する可能性もあります。この問題に対処するため、ほとんどのフォトカプラーでは、LEDが寿命全体にわたって信号をより的確に伝達できるように、データシートの仕様に追加する入力電流のガードバンドが設計に含まれている必要があります。この追加入力電流が原因で、フォトカプラーとシステム全体で、設計の最初から不要な消費電力が増加する可能性があります。

通常動作中、絶縁型デバイスのどちらかの側で高いスルーレートまたは高周波過渡が発生すると、絶縁バリアをまたぐデータ転送が破損する可能性があります。コモンモード過渡耐性(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。これは通常 dv/dt で測定され、通常は $kV/\mu s$ または V/ns です。CMTIは、2つの独立したグランド基準の間の差動電圧にさらされるすべての絶縁型信号デバイスにおいて、絶縁型信号の堅牢性に関連する重要なシグナルインテグリティパラメータです。新世代のパワー半導体デバイスの普及が進展している中で、お客様の最終製品とアプリケーションは、より高いスイッチング周波数とより高い振幅を必要としています。大半の高速デジタルフォトカプラーは、最大 $25kV/\mu s$ のCMTI仕様を達成しています。このようにCMTI最大値が低いため、電源やインバータアプリケーションでのトランジスタのスイッチング時など、グランドプレーン間の高速同相過渡時に、デジタルフォトカプラーの出力信号のグリッチが可能になります。このため、高密度電源アプリケーションの高速なスイッチングが必要なアプリケーションでは、フォトカプラーは通常使用されません。

一般的なフォトカプラーの多くは、ダイオードの入力特性とトランジスタの出力特性が知られており、出力トランジスタが入力LEDを流れる電流に比例して電流をシンクするように使用されます。この属性を定量化するパラメータは電流伝達率(CTR)と呼ばれ、入力LEDを通る入力電流(I_F)に対するトランジスタを通る出力電流(I_C)の比として定義され、パーセンテージで表されます。時間と温度によって、ほとんどのフォトカプラーCTR値は大幅に変化する可能性があります。LEDの経年劣化の場合と同様に、出力駆動強度が適切な信号送信に十分高くなることを保証するために、システム設計者はワーストケースの変動を考慮し、それに応じて入力順方向電流を増加させる必要があります。また、これにより、フォトカプラーを通して望ましくない、または不要になる可能性があります消費電力が発生します。

3 フォトカプラー エミュレータとは何ですか？

TI のフォトカプラー エミュレータは、従来のフォトカプラーの利点と、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。図 3-1 は、各種フォトカプラー エミュレータが、業界でもっとも人気のあるフォトカプラーとピン互換であり、既存の設計にシームレスに統合できるほか、フォトカプラーと同等の入力および出力信号の挙動を実現することを示しています。

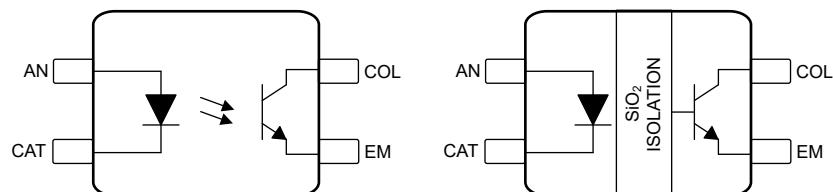


図 3-1. フォトカプラー (左) とフォトカプラー エミュレータ (右) の機能比較

図 3-1 は、TI のフォトカプラー エミュレータの説明用の断面図で、内部に 3 つのダイが配置され、入力、絶縁、出力回路が配置されています。

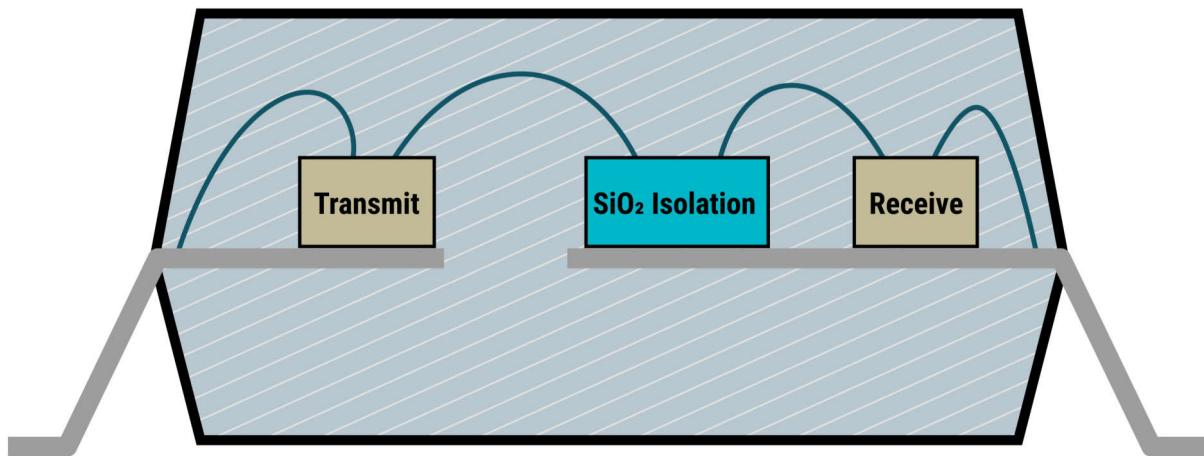


図 3-2. フォトカプラー エミュレータの断面図

表 3-1 に、従来フォトカプラーに見受けられてきたさまざまな絶縁素材の誘電体強度と、TI のフォトカプラー エミュレータに見受けられる SiO_2 の比較表を示します。フォトカプラー エミュレータは、高電圧への対応能力が向上しており、堅牢な絶縁を必要とするアプリケーション向けに設計されています。TI のフォトカプラー エミュレータは、絶縁バリアとして SiO_2 を活用しています。このことは、市場で使用されている多くのフォトカプラーが採用している空気や材質よりも大幅に強力です。TI の SiO_2 技術と信頼性の詳細については、『[高信頼性と低成本を両立させる絶縁技術により高電圧設計の様々な課題を解決](#)をご覧ください。

表 3-1. 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	フォトカプラー	約 $1V_{\text{RMS}}/\mu\text{m}$
エポキシ	フォトカプラー	約 $20V_{\text{RMS}}/\mu\text{m}$
シリカを充てんしたモールド樹脂	フォトカプラー	約 $100V_{\text{RMS}}/\mu\text{m}$
SiO_2	フォトカプラー エミュレータ	約 $500V_{\text{RMS}}/\mu\text{m}$

TI のフォトカプラー エミュレータは、入力ピン上の LED の動作を再現するため、入力回路の信号伝送と電気的パラメータはフォトカプラーの場合と似ています。ただし、フォトカプラー エミュレータの内部には実際の LED は存在しないため、以下ののような利点があります。

1. 信号伝達用の内部 LED や、時間に応じてクラウドや黄色になる可能性のある透過的絶縁材は存在しないため、TI のフォトカプラー エミュレータを使用する場合、フォトカプラーが全寿命にわたってこの劣化を補償するために必要な追加の電力は不要です。フォトカプラー エミュレータは LED を使用して信号を送信しません。そのため、設計においてこのような手法は適用されません。TI のフォトカプラー エミュレータに対応する信号送信、消費電力、その他の動作パラメータは、動作寿命全体を対象にして規定されており、プロセス、電圧、温度の変化をすでに考慮しています。
2. TI の既存のデジタル アイソレータ テクノロジーを土台とした、TI 初の高速フォトカプラー エミュレータ デバイスである ISOM871x ファミリは、最小 CMTI 仕様が $125 \text{ kV}/\mu\text{s}$ であり、従来のオプトカプラーを $100 \text{ kV}/\mu\text{s}$ 以上上回っています。このため、フォトカプラー エミュレータは、従来のフォトカプラーを使用できないように、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ギング振幅が大きいアプリケーションで使用できます。
3. 絶縁型電源の帰還制御ループのような標準的なアプリケーションでは CTR、フォトカプラーの変動が電源帰還ループの応答に影響を及ぼすため、帰還ループの設計が複雑になり、適切な補償を考慮に入れる際にシステム設計者の課題が生じます。ISOM8110 のような TI のフォトカプラー エミュレータには、寿命と温度範囲全体にわたって高い安定性を備えた様々な各種 CTR 範囲を標準で備えています。
4. 標準的な高速フォトカプラーが 100 kbps から最大 1 Mbps のデータレートをサポートしているのに対し、ISOM8710 および ISOM8711 は絶縁バリアをまたぐ最大 25 Mbps のデータレートを送信できます。これにより、スループットが向上し、より高速なアプリケーションでの使用が可能になります。
5. 従来の OptoMOS アプリケーションでは、高速なスイッチングと低消費電力が必要です。TI の新しいフォトカプラー エミュレータである ISOM8610 は、寿命の延長と信頼性の高い絶縁を通じて、これらの設計のニーズを達成するのに役立ちます。
6. 多くのフォトカプラーは最大 $+85^\circ\text{C}$ の温度範囲で動作するように制限されています。TI の ISOM871x デバイスは、 -40°C から $+125^\circ\text{C}$ までの動作が規定されています。つまり、これらのデバイスのデータシートのパラメータは、多くの高速フォトカプラーが想定していない条件を想定して規定されていることになります。TI のフォトカプラー エミュレータ ISOM811x ファミリは、 -55°C から $+125^\circ\text{C}$ までのさらに拡張された温度範囲をサポートしています。

TI のフォトカプラー エミュレータは、TI のデジタル アイソレータ デバイスと同様、信号の絶縁を実現します。フォトカプラー エミュレータ内のエミュレーションとは、フォトカプラーのように動作する入力/出力構造を再現すると同時に、TI の絶縁技術を使用して信号を絶縁することを指します。

標準的なフォトカプラーは、入力段として LED を使用します。入力がダイオードをオンになると、入力順方向電流が増加するにつれて、これらの LED は輝度が高くなります。LED からの光は、パッケージ内のフォトトランジスタに空気またはエポキシギャップを通して光り、その結果、出力側に電流をシンクします。これはフォトカプラーのコア動作であり、LED とフォトトランジスタの間の空気またはエポキシ ギャップとして絶縁バリアを形成します。入力または出力の周囲に追加の回路を設計することで、AC 入力、ロジック、トライアック、ゲートドライバの各出力を生成することができます。

オプトエミュレータでは、入力信号は、オン/オフ キーイング (OOK) 変調方式を使用して絶縁バリアを通過します。トランスマッタは、バリアを介して高周波キャリアを送信することによって、1 つのデジタル状態を表しています。また、信号を送信しないことによって、もう 1 つのデジタル状態を表しています。アナログ フォトカプラー エミュレータでの信号伝送は同様に機能し、レシーバは高度なシグナル コンディショニングを行ってから信号を復調し、出力段経由で信号を生成します。OOK 変調方式の概念を、図 3-3 の波形で示します。

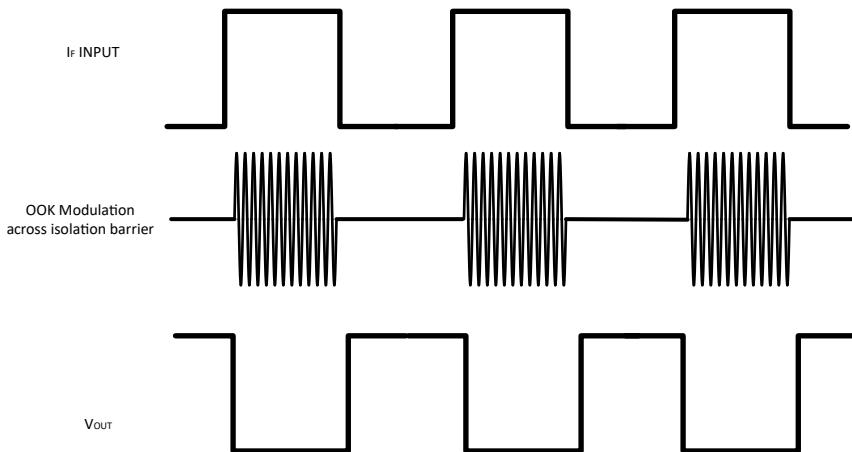


図 3-3. オン オフ キーイングによる変調方式

4 フォトカプラー エミュレータを使用した従来型回路

TI のフォトカプラー エミュレータは、既存の回路図に収録するフォトカプラー部品のピン互換アップグレードを意図した設計を採用しています。従来フォトカプラーを使用していた回路をアップグレードして、フォトカプラー エミュレータを使用し、使い慣れた機能を維持すると同時に、性能、信頼性、安全性を向上させることができます。このセクションでは、フォトカプラー エミュレータを使用する従来の回路の例を示します。

4.1 ISOM811x を使用した代表的な絶縁型電源アプリケーション

ISOM811x フォトカプラー エミュレータはアナログ出力動作を備えており、絶縁型電源のフィードバック制御ループで一般的に絶縁型信号の送信に使用されるフォトカプラーを置き換える設計です。

これらの電源では、トランジスタ (例: フライバックコンバータ) を使用して、出力電圧をメイン入力電圧から絶縁します。アナログ電源ユニットの場合、コントローラ IC は通常トランジスタの 1 次側に配置され、閉ループ制御では 2 次側の出力電圧を測定して、レギュレーションの目的で 1 次側のコントローラにフィードバックします。このアナログ フィードバック制御信号を分離する最も一般的な方法は、この例では、ISOM8110 に置き換えられたアナログ出力オプトカプラー、エラーアンプ (通常は TL431)、および電圧コンパレータを使用して、絶縁バリアをまたがって帰還ループを形成することです。

図 4-1 に、代表的な絶縁型電源を示します。この実装では、分圧抵抗を使用して、エラーアンプによって出力電圧が検出されます。これが検出する電圧レベルに応じて、TL431 は ISOM811x の電流を上下に駆動することができ、その後これを基準電圧と比較します。この情報は、ISOM811x により絶縁バリアを超えて 1 次側に渡され、PWM 制御回路が電力段を変調して出力電圧を制御します。TL431 および ISOM811x は、安定した帰還と制御ループにとって重要な役割を果たします。

ISOM811x デバイスは、その CTR が $-55^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ の広い温度範囲にわたって安定しているため、一般的に使用されるフォトカプラーに比べて過渡応答、信頼性、安定性を改善し、[電源におけるフィードバック信号の分離](#)の製品概要で強調されているように、小型で低コスト、信頼性が高く、設計しやすい設計を実現します。

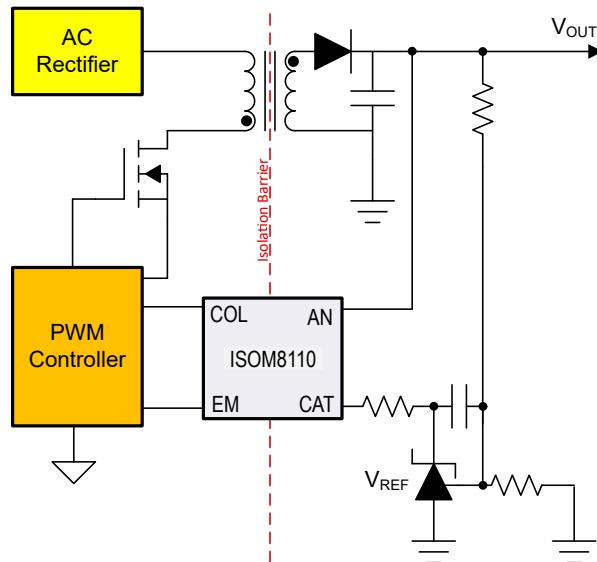


図 4-1. ISOM811x を使用した代表的な絶縁型電源アプリケーション

4.2 ISOM871x を使用した高速信号絶縁

シリアル通信インターフェイスは、産業用および車載用システムで、2つ以上のデバイス間でデータを送受信するために一般的に使用されています。デジタル アプリケーションの場合、短距離の基板内通信で使用される一般的なインターフェイスタイプは UART、SPI、I2C です。これらのアプリケーションで使用する場合、従来のフォトカプラーは、データレート能力が低く、伝搬遅延が大きいことからデータスループットに制限をかける傾向があります。

ISOM8710 や ISOM8711 などの TI のデジタル フォトカプラー エミュレータ デバイスは、高いデータ転送レートを実現しており、絶縁型の高速通信システムを作成して、MCU や FPGA などのコントローラ デバイスや、センサ、データコンバータなどのペリフェラル デバイス間で、別の電圧ドメインにある他のコントローラ間で、SPI、UART、I2C、I/O 信号を信頼性の高い方法で送信できます。トランシーバ デバイスと組み合わせると、ISOM871x デバイスは、図 4-2 および図 4-3 に示すように、CAN や RS-485 などの絶縁型インターフェイス設計を完成させるためにも使用できます。

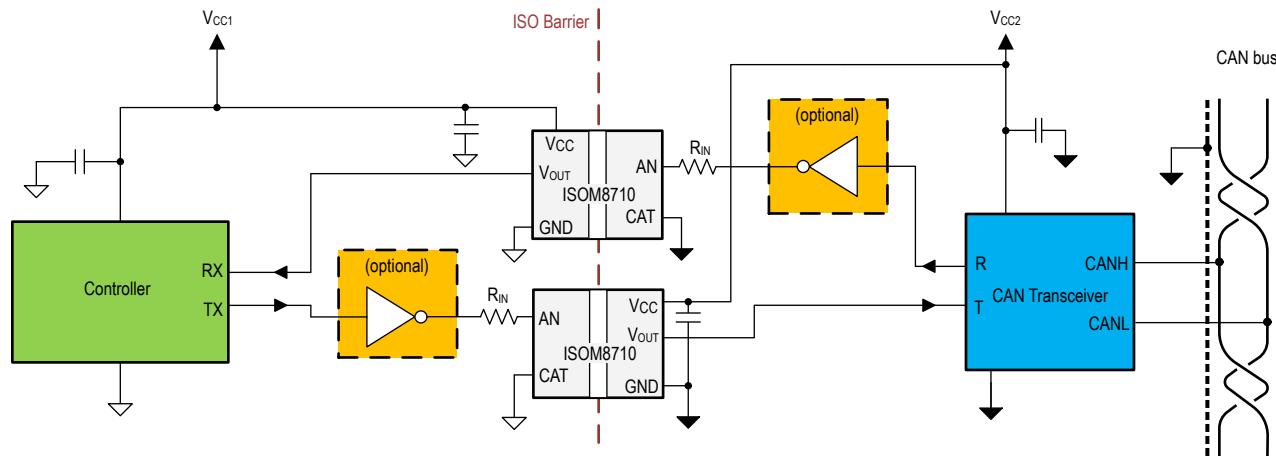


図 4-2. ISOM8710 を使用した絶縁型 CAN アプリケーション

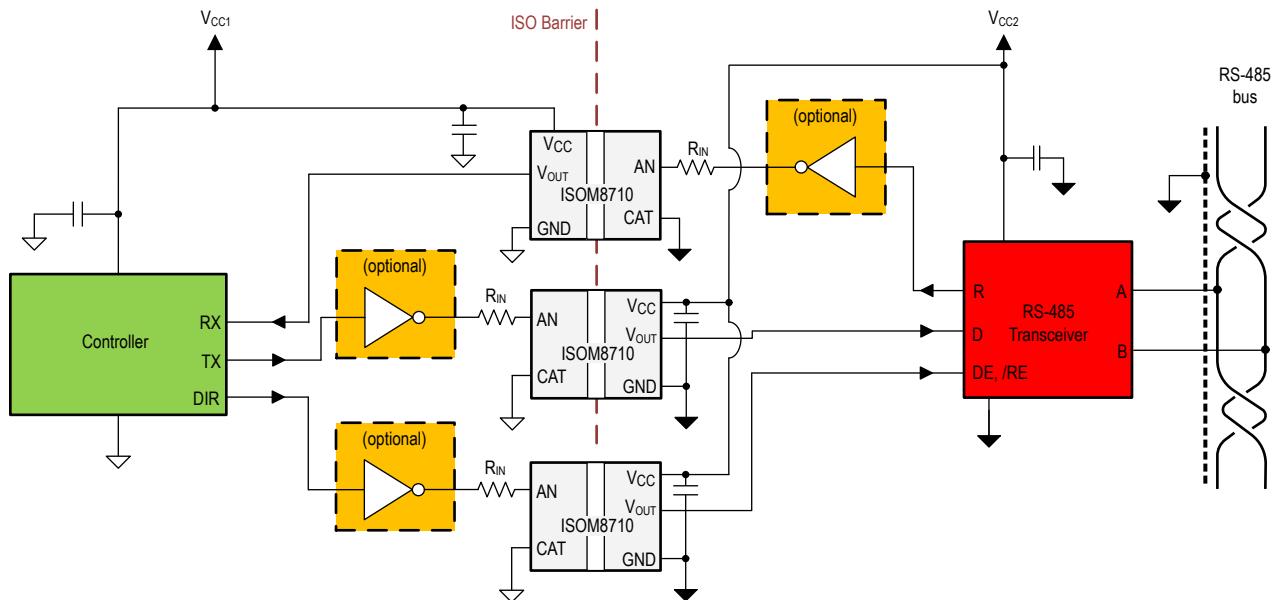


図 4-3. ISOM8710 を使用した絶縁型 RS-485 アプリケーション

4.3 ISOM8610 を使用した CAN 終端

ISOM8610 のようなフォトカプラー エミュレーション スイッチは、CAN ノードの設計アプリケーションで使用できます。ISOM8610 は、新しいノードを継続的に追加できるネットワークで必要になる CAN バス上で、ソフトウェアで構成可能な終端を実現します。このデザインは、MCU の GPIO を介して項を high または low に駆動することで (LED エミュレータピンに適切な電流制限直列抵抗を使用して)、CANH-CANL 間の終端を有効または無効にできます。

このアーキテクチャにより、CAN バス間の 60Ω の実効終端を実現でき、ノードのイネーブル/ディセーブルをハードウェアを変更せずにフレキシブルに実行できます。絶縁型 CAN バス設計に関する設計上の主な質問アプリケーション ノートでは、絶縁型 CAN バス設計に関する設計上の質問とその答えを掲載しています。最後に、[推奨動作条件](#) 内で使用する場合、ISOM8610 は 80V 絶縁型スイッチとして使用できます。

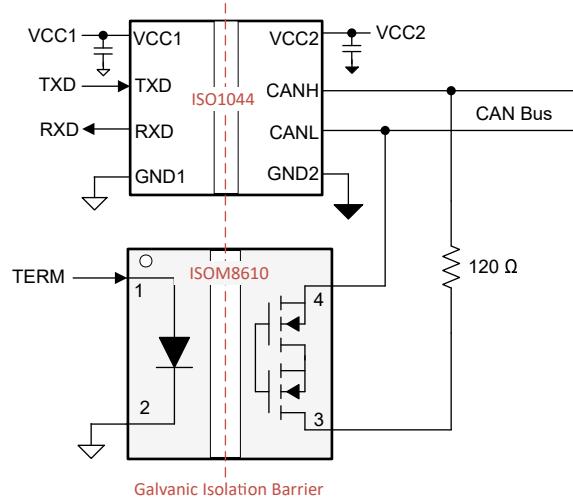


図 4-4. ISOM8610 を使用したソフトウェア制御の代表的な終端

5まとめ

フォトカプラーは、システム信号向けのガルバニック絶縁を実現するための一般的な設計です。フォトカプラー内の信号を送信するために使用される発光部品と発光部品は、温度や時間に敏感であるため、その性能は動作温度や時間の全範囲にわたって大きく変化する可能性があります。これらの部品が原因で、フォトカプラーは応答時間が遅く、消費電力が大きくな

り、データレートも低下する傾向があります。ここ数十年で半導体技術の進歩に伴い、TIはフォトカプラと同様の機能、低消費電力、CMTIおよびCTRの改善、データレートと帯域幅の向上、動作温度範囲の拡大、絶縁寿命の延長を実現するフォトカプラエミュレータを開発しました。

TIのクロスリファレンス検索ツールをご覧になると、設計で使用されている既存のフォトカプラに対する最善のフォトカプラエミュレータアップグレード製品を検索できます。

6 参考資料

- テキサスインスツルメンツ、『[高信頼性と低成本を両立させる絶縁技術により高電圧設計の様々な課題を解決](#)』、ホワイトペーパー。
- テキサスインスツルメンツ、[ISOM8710](#) 製品フォルダとデータシート。
- テキサスインスツルメンツ、[ISOM8110](#) 製品フォルダとデータシート。
- テキサスインスツルメンツ、標準的なフォトカプラ回路製品の概要。
- テキサスインスツルメンツ、[電源のフィードバック信号の絶縁](#)製品概要。
- テキサスインスツルメンツ、[TIクロスリファレンスツール](#)。

7 改訂履歴

Changes from Revision * (September 2023) to Revision A (June 2024)	Page
• ドキュメント全体にわたって表、図、相互参照の採番方法を更新.....	1

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、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 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