

Application Note

TI のフォトカプラー エミュレータを使用した高速で高信頼性のデジタル出力アプリケーションの実現



Xiaoying Lu, Andrew Jackiw

概要

デジタル出力モジュールは、PLC、モーター駆動、ロボット、機械オートメーションの、産業用オートメーション アプリケーションで広く使用されています。一見すると、デジタル出力モジュールは、ロジック レベル信号を負荷または特定のセンサー通信プロトコルに変換する単純なデバイスです。詳細に調査すると、現代のシステムでは、柔軟性、スケーラビリティ、低消費電力、単純、小型化を実現しながら、自動化システムの耐用期間を延ばすための信頼性と堅牢性が必要とされ、DO モジュールの要件はより高くなっています。TI のフォトカプラー エミュレータ ISOM86x0 は、信頼性の高い絶縁技術と、対称型の 80V 出力スイッチを採用しており、業界標準のフォトリレーに対するドロップイン代替品およびピン互換アップグレードに最適です。ISOM86x0 ファミリは、オフ状態のリーグ電流と入力トリガ電流が非常に小さく、高速応答時間、広い温度範囲 (-55°C ~ +125°C) を実現し、性能が向上しています。EMC の堅牢性も向上しており、最大 70V の出力プロッキング電圧、最大 10kV のサージパルスおよび 7kV の ESD インパクトに対する耐性を実現します。このアプリケーション ノートでは、ISOM8600 と ISOM8610 のさまざまな機能を効果的に使用して、システム有効活用する方法について説明します。

目次

1 PLC/DCS、モーター駆動、ロボティクス向けデジタル出力	2
1.1 シンクおよびソースの出力: 双方向動作をサポート.....	2
1.2 PLC/DCS.....	3
1.3 モータドライブ.....	3
1.4 ロボティクス.....	3
2 リレー駆動の設計手順 (誘導負荷)	4
2.1 機械式リレーの概要.....	4
2.2 ISOM8600 の設計の例.....	4
2.3 ISOM8600 とリレーに基づくテスト結果.....	4
3 ISOM86x0 の利点	8
3.1 絶縁技術.....	8
3.2 フォトカプラー エミュレータの信号チェーン.....	9
4 まとめ	10
5 参考資料	10

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 PLC/DCS、モーター駆動、ロボティクス向けデジタル出力

1.1 シンクおよびソースの出力: 双方向動作をサポート

従来の PLC やモーター駆動アプリケーションのデジタル出力モジュールでは通常、シンクとソース両方のモードをサポートしています。デジタル出力段は、絶縁用フォトトランジスタ、出力ソース電流とシンク電流を増やすためのディスクリートトランジスタ、ソースとシンクの出力に対応するブリッジ整流段などの、ディスクリート素子を使用して実装されています。設計全体は膨大なものとなり、多くの場合、寿命動作を補償するためにさらに電力が必要です。

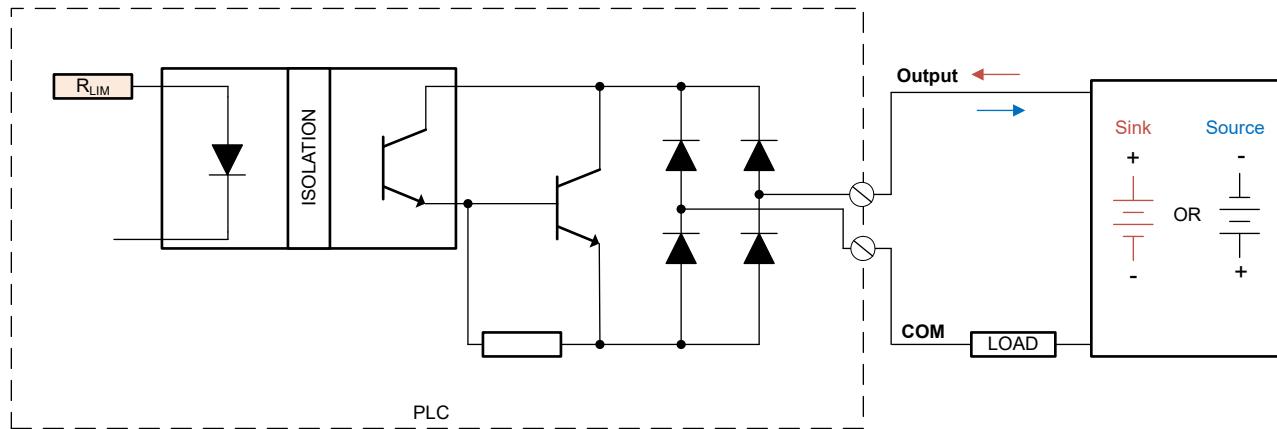


図 1-1. ディスクリート実装による代表的なデジタル出力段

ただし、ISOM8600 はディスクリート実装に代わるより小型で簡単な選択肢であり、デバイスはオン状態で最大 150mA の双方向ソース/シンク出力、オフ状態で最大 80V のブロッキング電圧を実現します。推奨動作条件内で使用する場合、ISOM8600 は単に 80V 絶縁型スイッチとして使用できます。

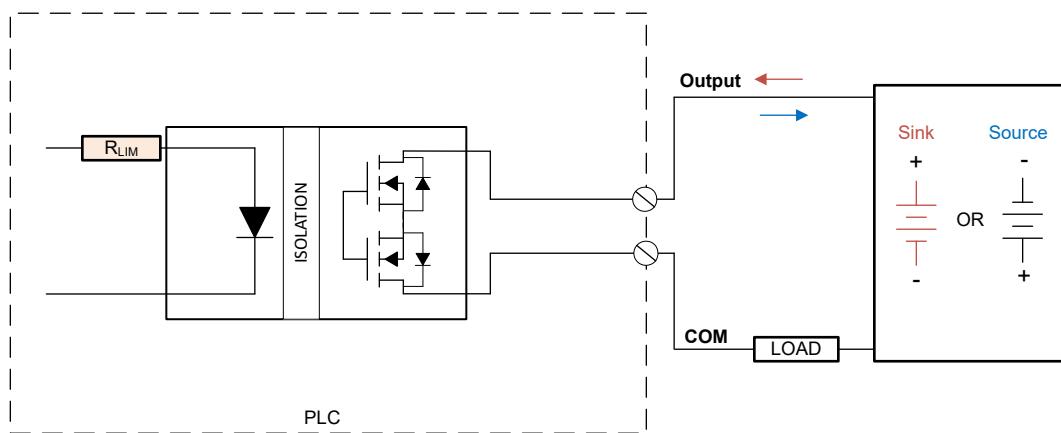


図 1-2. ISOM8600 を使用した推奨デジタル出力段の実装

1.2 PLC/DCS

ISOM86x0 は、センサー、モーター、ドライバなどに対する、標準的なデジタル出力、安全な I/O、位置インターフェイス（パルス出力の生成）を含む、モジュール用 PLC/DCS で使用できます。ISOM86x0 は、標準的な出力電流が 150mA 未満で 24V の出力電圧のときに、上記のアプリケーションに適したオプションです（[デジタル出力モジュール アプリケーション情報](#)）。

1.3 モータードライブ

モータードライブ アプリケーションでは、デジタル出力は通常次の機能に使用されます：

1. 故障、動作、その他の信号を示す、PLC に接続する絶縁型出力。
2. 外部リレー、アクチュエータ、インジケータの駆動。
3. ラインドライバやオープンコレクタの出力などの他の信号出力のエンコーダへの出力。

ISOM86x0 シリーズは最初の 2 つの機能に適しており、最後の機能は通常、デジタルアイソレータまたは高速フォトカプラエミュレータ（[サーボおよびステッパ駆動アプリケーション情報](#)）を備えた絶縁型 RS-485 トランシーバまたは RS-485 トランシーバによりサポートできます。

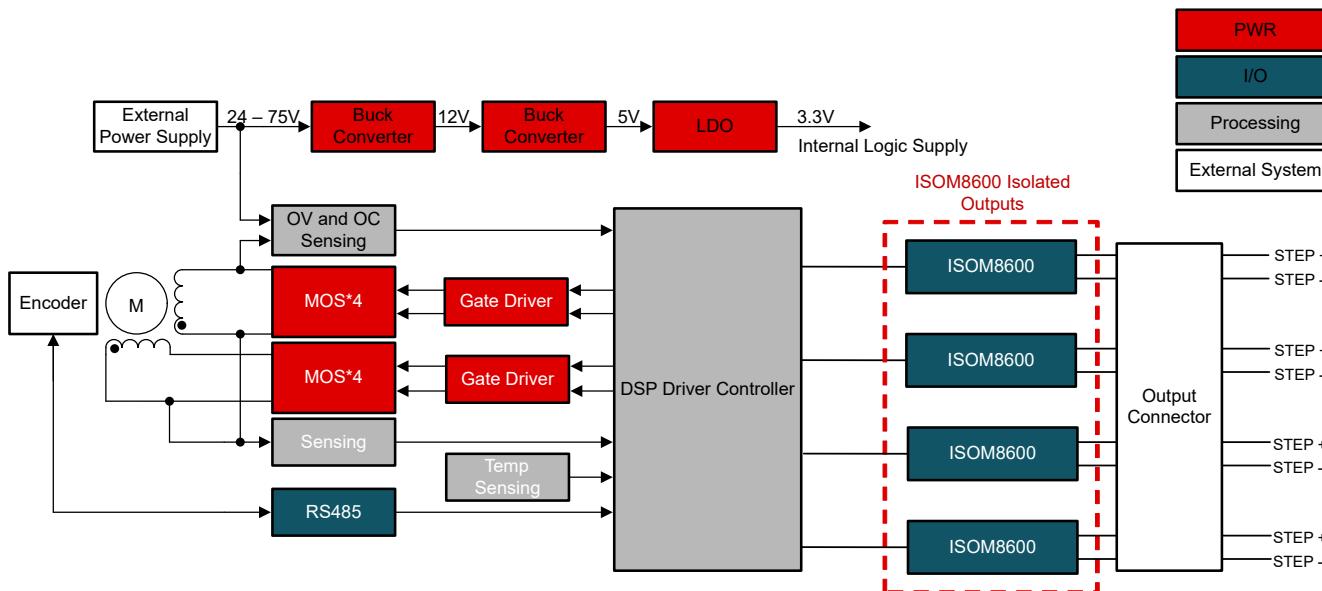


図 1-3. 典型的なステッパモータードライバのブロック図

1.4 ロボティクス

PLC やモーター駆動と同様に、ロボットの設計でも以下の機能のためにデジタル I/O モジュールを使用します：

1. セーフトルクオフ (STO)、バックアップ エラー、速度制限などの、機能安全規格に関連する転送信号。
2. 外部リレーの駆動。
3. LED や他の標準 I/O 信号の駆動。

ロボット アプリケーションには、モーター駆動の一般的な使用事例が多くあります。特に、STO ロボット アプリケーションでは電流タイプの入力があるため、フォトカプラエミュレータは適したデバイスです。これにより、ローカル電源がなくても安全回路がアクティブな状態を維持でき、高寿命と入力信号に対する高速応答を維持できます（[ロボット安全モジュール アプリケーション情報](#)）。

2 リレー駆動の設計手順 (誘導負荷)

2.1 機械式リレーの概要

機械式リレーは、誘導性コイルを使用して機械式接点を動かす電気機械式デバイスです。リレーは一般的に電力段と電圧レールを接続または切断するために使用されます。ISOM8600 などのソリッドステートリレーは、低電流マイコンの GPIO で駆動できない誘導性コイルの中間ドライバとして使用されます。

2.2 ISOM8600 の設計の例

ISOM86x0 の入力側は電流駆動です。図 1-2 に示すように、入力と直列に R_{LIM} を配置すると、AN ピンに流れる電流を制限できます。ISOM8600 の推奨動作条件 (0.8mA ~ 20mA) に従って入力電流 ON スレッショルドがセットされるように、 R_{LIM} を選択します。

式 1 は、指定の入力電圧 (V_{IN}) と目的の入力順方向電流 (I_F) の R_{IN} を計算する式を示しています。ここで、 V_F は ISOM8610 入力順方向電圧の最大仕様です：

$$R_{LIM} = V_{IN} - V_F / I_{F_MAX} \quad (1)$$

たとえば、24V 入力および 2mA の目的の I_F の場合、 R_{LIM} は次のように計算できます。

$$R_{LIM} = 24V - 1.5V / 2mA = 11.25k\Omega \quad (2)$$

2.3 ISOM8600 とリレーに基づくテスト結果

設計において重要な検討事項の 1 つは、リレーまたは誘導性負荷を駆動する際の出力の V_{OFF} です。ISOM8600 は、 $V_{OFF} = 80V_{DC}$ まで対応していますが、ISOM8600 出力がリレー コイルの駆動を停止したときのフリーホイール電圧 (または逆 EMF) により、最大 $150V_{PK}$ の過渡電圧が発生する可能性があります。そのため、この課題を解決するために保護機能を追加する必要があります。

出力 (P1 および P2) がオンの間、24V 電源からのエネルギーは機械式リレー コイルに蓄積されます。逆 EMF は、出力 (P1 と P2) がオフになったときにピン 4 に現れる、解放されたコイル エネルギーです。

図 2-1 の回路をテストしてこの課題を実証するため、2 つの一般的な機械式リレーを選択しました。最初のテストは、機械式リレーから生成されるフリーホイール電圧を示しています。

2.3.1 テスト 1: 保護なし

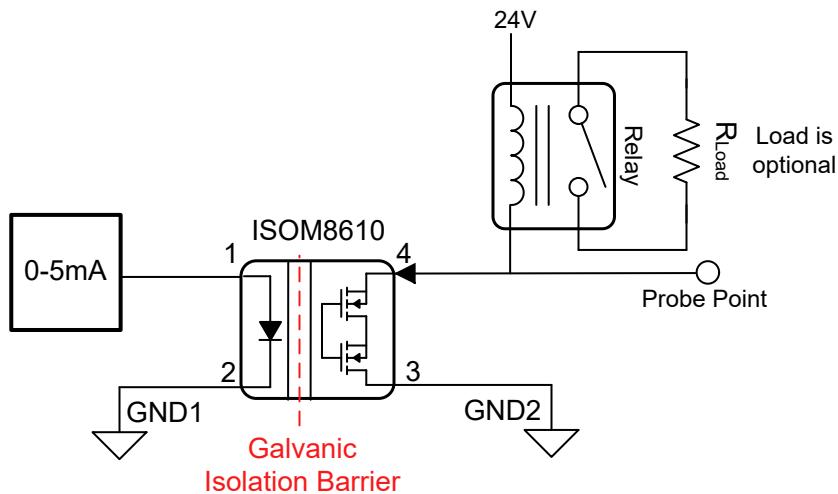


図 2-1. テスト回路 1 – 保護なし

図 2-1 を構成し、スコープは最初の立ち下がりエッジでトリガるように設定されました。ISOM8600 の入力は 5mA の電源電流を使用して駆動されます。入力がオフになると過渡が見られました。

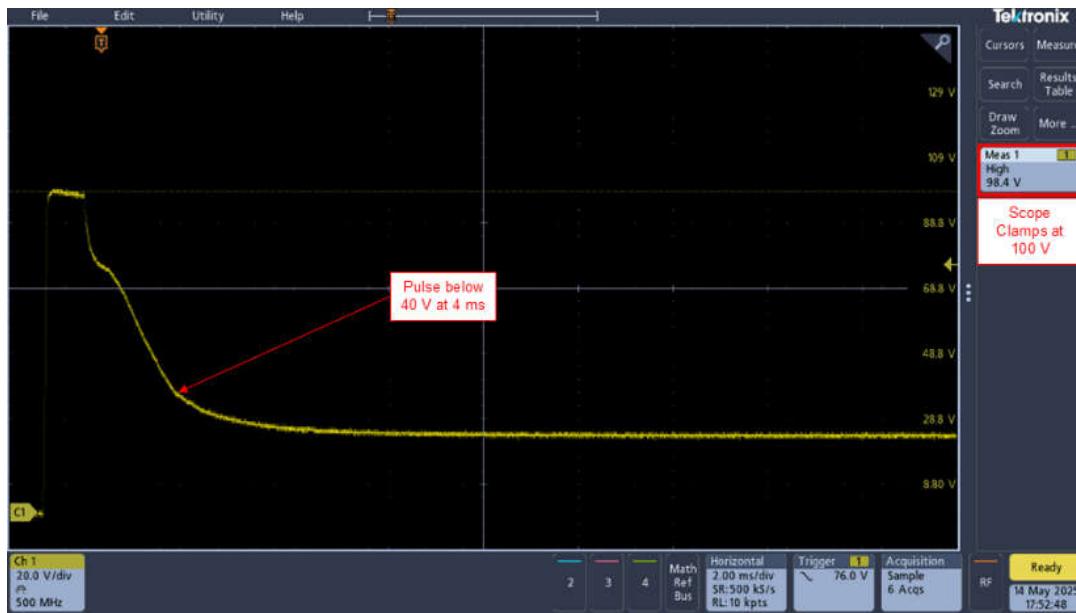


図 2-2. 回路 1 の逆 EMF

スコープ プローブ保護回路により 100V でのクランプが発生しますが、過渡は ISOM8600 の推奨 V_{OFF} を 40V を超えます。ISOM8600 の寿命全体にわたり信頼性を維持するには、逆 EMF を制限する保護回路を検討する必要があります。

2.3.2 テスト 2: 容量性フィルタ

2 番目のテストでは、 $1\mu\text{F}$ のコンデンサを使用して過渡をフィルタリングします。容量性フィルタ (図 2-3) により過渡の High レベルを低下できますが、過渡が 40V を超える時間は 4ms から 10ms に延長されます。容量性フィルタにより過渡時間が延長され、パルスはアクティブにクランプされしません。特定のアプリケーションではこれが不可能な場合があります。

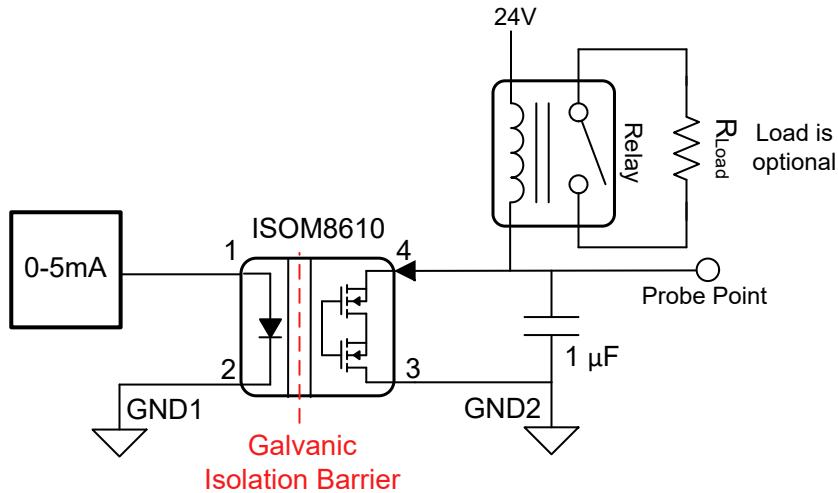
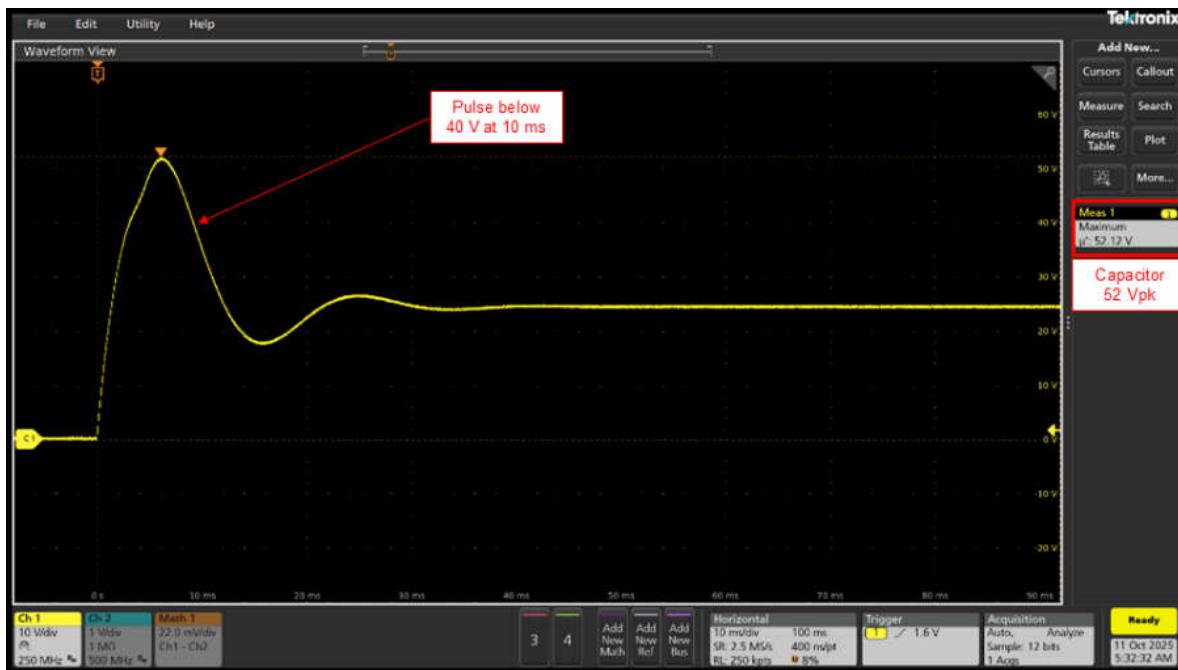


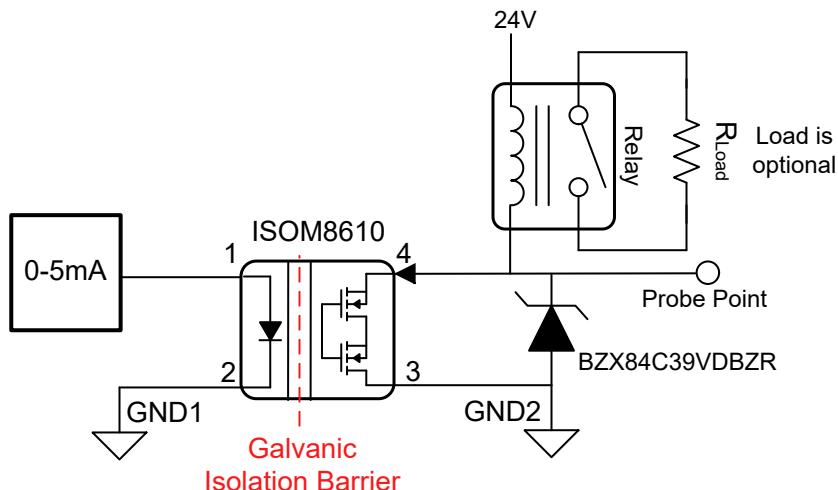
図 2-3. テスト回路 2 – 容量性フィルタ


図 2-4. 回路 2 の逆 EMF

2.3.3 テスト 3: ツエナー アクティブ クランプダイオード

3番目のテストではツエナーを使用して過渡を40V未満にクランプします。ISOM8600の V_{OFF} (40V)より低いクランプ電圧(V_Z) = 39Vで、[BZX84C39VDBZR](#)が選択されました。過渡エネルギーと持続時間が大きいため、TVSには大ツエナーダイオードを選択しました。

ツエナーをISOM8600のピン4と3に半田付けしてテストを繰り返しました。図2-5に示すように、ツエナーは過渡期間中40Vにクランプされますが、時定数は拡張されません。


図 2-5. テスト回路 3 — ツエナー保護ダイオード

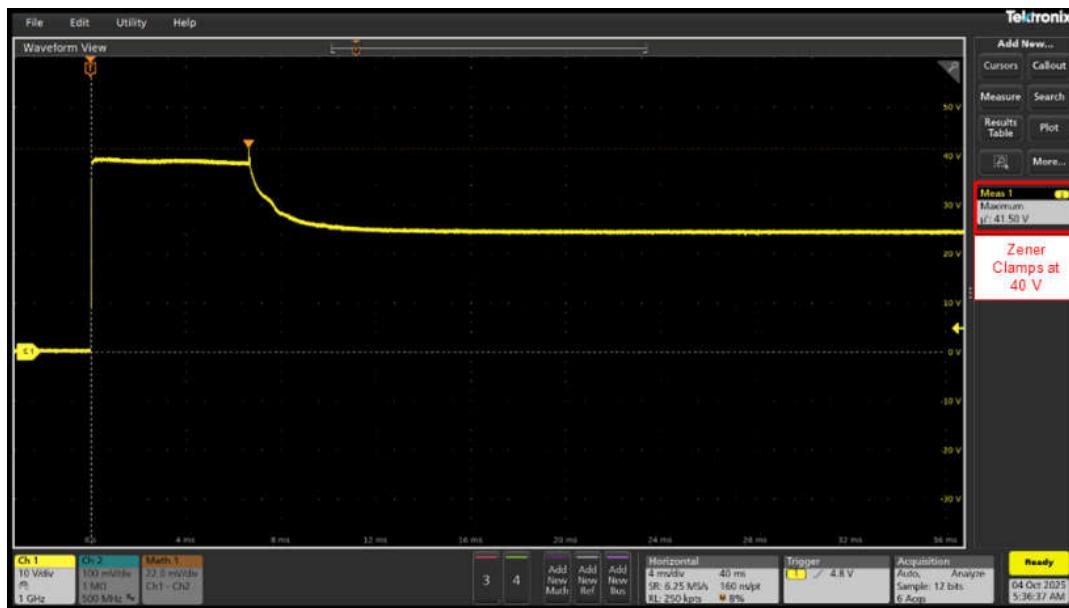


図 2-6. 回路 3 の逆 EMF

3 ISOM86x0 の利点

3.1 絶縁技術

ISOM86x0 は、TI の特許取得済み SiO_2 絶縁材料を誘電体として使用した、TI の最新フォトカプラ エミュレータ テクノロジーを実装しています。 SiO_2 は、フォトカプラで採用されるエアギャップやエポキシベースの絶縁とは異なり、業界最高の誘電体強度を提供します。

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	約 $1\text{V}_{\text{RMS}}/\mu\text{m}$
エポキシ	フォトカプラ	約 $20\text{V}_{\text{RMS}}/\mu\text{m}$
シリカを充てんしたモールド樹脂	フォトカプラ	約 $100\text{V}_{\text{RMS}}/\mu\text{m}$
SiO_2	フォトカプラ エミュレータとデジタル アイソレータ	約 $500\text{V}_{\text{RMS}}/\mu\text{m}$

フォトカプラ内の LED 信号転送は経年劣化の影響を受けるため、ISOM8610 へのアップグレードには別の利点もあります。TI のフォトカプラは LED を使用しません。代わりに、ダイオード特性がエミュレートされます。つまり、フォトカプラ エミュレータは、寿命にわたる絶縁テストによる、さらに厳格な規格 IEC 60747-17 に従って認証できます。従来のフォトカプラの規格 IEC 60747-5-5 では、絶縁バリアの寿命テストは要求されていません。したがって、フォトカプラ エミュレータでは、より優れたデバイス性能と、寿命にわたる機能を実現できます ([絶縁認証規格の明確化: フォトカプラとフォトカプラ エミュレータとの関係](#))。

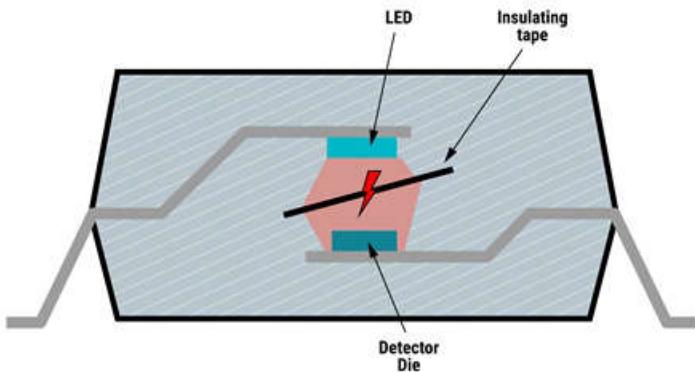


図 3-1. フォトカプラの断面図

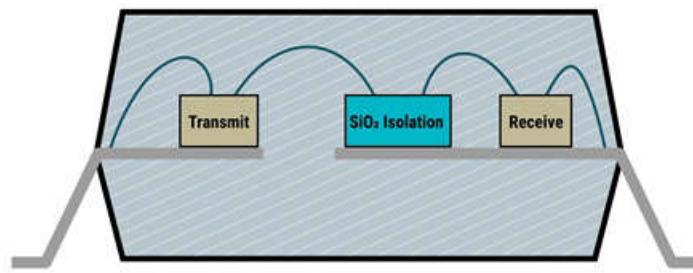


図 3-2. フォトカプラ エミュレータの断面図

ISOM86x0 フォトカプラ エミュレータスイッチは、広い温度範囲、厳格なプロセス管理による部品間のばらつき低減など、フォトカプラより信頼性と性能の面で優れています。エミュレートによるダイオード入力段は、経年変化の影響を補償する必要がないため電力消費量が低く、LED の経年劣化があってデバイスの寿命全体にわたって大きいバイアス電流を必要とするフォトカプラより、システムの消費電力を抑えることができます。

3.2 フォトカプラ エミュレータの信号チェーン

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。OOK はアプリケーションにおいて CMTI と信頼性の高いノイズ耐性を実現できます。絶縁トポロジでは高速な TON 時間と TOFF 時間が可能になるため、より高いスループットを実現でき、高速アプリケーションで使用できます。

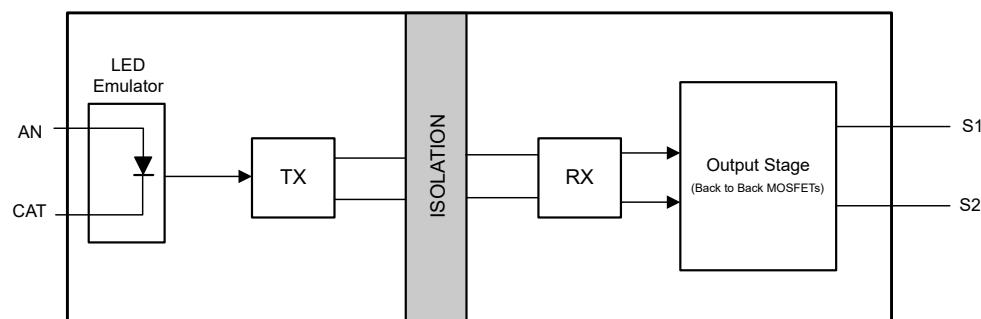


図 3-3. フォトカプラ エミュレータの機能ブロック図

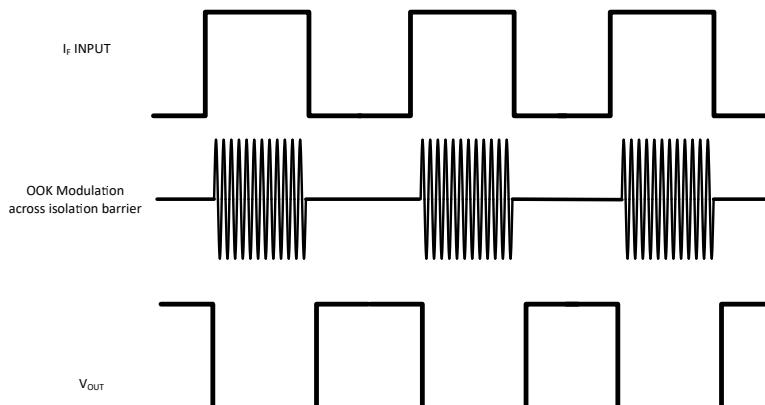


図 3-4. フォトカプラ エミュレータのオン オフ キーイング (OOK) による変調方式

4 まとめ

テキサス インスツルメンツの ISOM8600 および ISOM8610 フォトカプラ エミュレータは、デジタル出力アプリケーション向けの高性能設計を採用し、堅牢な絶縁技術とさまざまな利点を実現しています。利点には非常に低いオフ状態リーケージ、高速応答時間、広い温度範囲が含まれ、PLC/DCS、モーター駆動、ロボットに適しています。このデバイスは双方動作もサポートしており、従来のディスクリート実装に対するコンパクトで効率的な代替品となるよう設計されています。また、リレーの駆動と過渡からの保護の手順について説明しました。ISOM86x0 を活用することで、設計者は信頼性と効率をさらに高めたデジタル出力システムを製作できます。このデバイスは高度な機能と能力を備えており、幅広いアプリケーションのための魅力的な選択肢です。

5 参考資料

1. テキサス インスツルメンツ、『ISOM8600 80V、150mA、FET 内蔵、機能絶縁型常時開のオプトエミュレータ スイッチ』データシート。
2. テキサス インスツルメンツ、『ISOM8610 80V、150mA FET 内蔵、常時開のフォトカプラ エミュレータ スイッチ』データシート。
3. テキサス インスツルメンツ、『デジタル出力モジュール アプリケーション情報』、製品ページ。
4. テキサス インスツルメンツ、『サーボおよびステッパードライブ アプリケーション情報』、製品ページ。
5. テキサス インスツルメンツ、『ロボットの安全モジュール アプリケーション情報』、製品ページ。
6. テキサス インスツルメンツ、『絶縁認証規格の明確化: フォトカプラとフォトカプラ エミュレータとの関係、アプリケーションブリーフ』。
7. テキサス インスツルメンツ、『フォトカプラ エミュレータによる photoMOS、SSR、プッシュプル、トーテムポール、またはトランジスタ出力のフォトカプラのアップグレード』、製品概要。
8. テキサス インスツルメンツ、『フォトカプラ エミュレータスイッチによるリレーのアップグレード』、製品概要。

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 © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月