

## Technical Article

## 不均一なグラウンド？革新的なグラウンドレベル変換機能により、オフセットの課題に対処



システムがよりコンパクトで効率的、かつモジュール化されるにつれて、設計者は異なる電圧ドメイン間の通信を管理するという新たな課題に直面しています。主な例として、 $<100 V_{DC}$  のアーキテクチャ (例えば、電気自動車 (EV)、ロボット、エネルギー貯蔵システムで使われる 48V システムなど) の普及が挙げられます。これらのアーキテクチャにより、高電圧設計の複雑さを回避すると同時に、電力供給効率を維持することで、より小型で統合性の高い設計を実現できます。この傾向と並行して、特定の機能に合わせて最適化され、相互に交換可能な部品を用いるモジュール設計の原則も広がっています。たとえば、電動工具などのコンシューマ製品では、1つの交換可能なバッテリーを複数の機器で使うことが一般的です。これにより、複数のデバイスの充電や管理がより簡単になります。

モジュール式の低電圧システムがより一般的になるにつれて、新たな統合の課題が出てきます。新たな課題とは、「異なる電圧やグラウンドのドメイン間で、シームレスな通信を可能にすること」です。図 1 に示す TI の  $\pm 80V$  グラウンドレベルシフタは、異なるグラウンド電位のシステム間で 1.71V から 5.5V までの電圧変換をサポートし、信頼性が高くコンパクトでスケラブルなシステム設計を実現します。

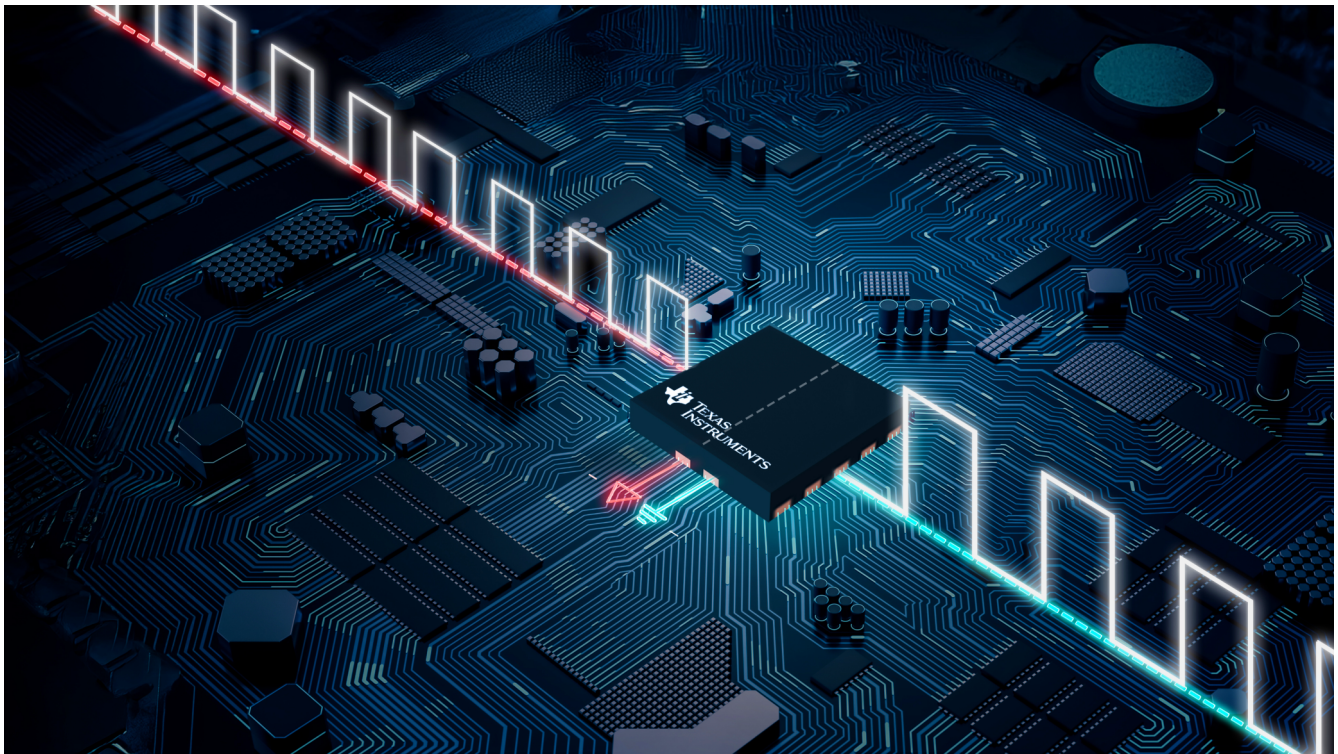


図 1. 異なるグラウンドドメインをブリッジする  $\pm 80V$  のグラウンドレベルシフタ

80V 未満の電圧範囲におけるグラウンドオフセットの対応として、設計者はこれまでガルバニック絶縁やディスクリートレベルシフタを使うのが一般的でした。

- ガルバニックアイソレータは高価でかさばり、多くの場合、データレートやタイミング性能には制限があります。表 1 では、このソリューションとグラウンドレベルシフタの違いを示します。
- ディスクリートレベルシフタは単方向の低速信号を処理できますが、信頼性が低く、拡張性はありません。低コストであると同時に、このソリューションサイズはおよそ  $10\text{mm}^2 \sim 20\text{mm}^2$  です。

表 1. グランド レベル トランスレータとガルバニック アイソレータの比較表

パラメータ	グランドレベルトランスレータ	デジタルアイソレータ	フォトカプラ
データレート	250Mbps	100Mbps	<1Mbps
伝播遅延 (標準値)	3ns	10ns	100ns
チャンネル-チャンネル スキュー (標準値)	0.2ns	3ns	10ns
フットプリント (4 チャンネル)	4mm <sup>2</sup>	29mm <sup>2</sup>	76mm <sup>2</sup>
チャンネルあたりのコスト	Low	より高く	Low
最適化済み	<80V のグランド オフセット	高電圧システムと安全性認証	高電圧システムと安全性認証

## グランド オフセットの課題

モジュール設計における各サブシステムは、それぞれ独自の電圧とグランド リファレンスで動作します。ただし、これらのシステムを組み合わせると、グランドの小さな違いでさえも、信号の整合性の問題や通信エラーを引き起こすことがあります。図 2 および図 3 に示すように、グランド オフセットは DC シフトまたは AC グランド ノイズに起因する可能性があります。

## DC グランド シフト

配線抵抗または長いケーブル配線に起因する電圧差があります。複数のドメインが存在するシステムでは、局所的な負荷電流や非対称なグラウンディング構成のために、あるドメインが別のドメインより数ボルト高く (または低く) 「フロートする」場合があります。たとえば、あるサブシステムはメイン グランドに短く太い配線で接続されている一方で、別のサブシステムは長く細い配線でグランド プレーンに接続されているといった状況です。

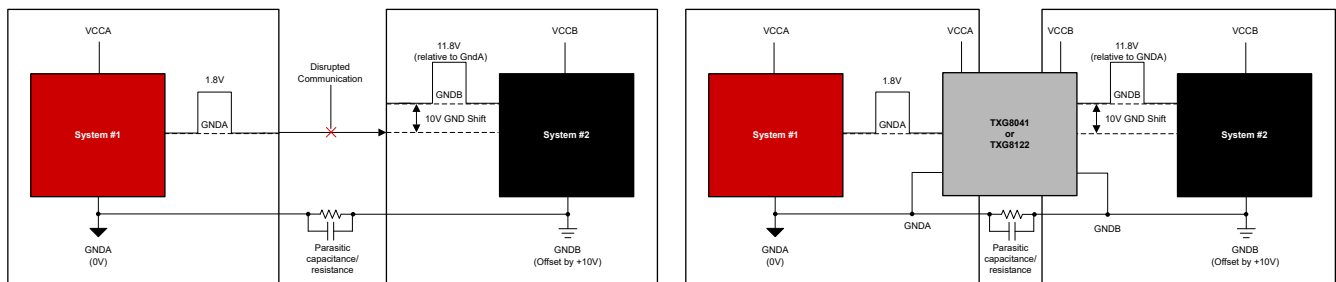


図 2. グランド レベル トランスレータを使用して、システム間の DC グランド オフセットに対処

## AC 接地雑音

デジタル回路、アナログ回路、電源回路が共存する混合信号システムでは、AC グランド ノイズがよく発生します。電源側では、このノイズはスイッチング電源部品によって発生する、大きくて急激に変化するリターン電流が原因となっています。デジタル側では、高速信号遷移によって過渡電流がデジタル グランドに注入される可能性があります。これらの変動によって局所的なグランド電位がずれ、共通のグラウンド基準を前提としたサブシステム間の通信が妨げられることがあります。

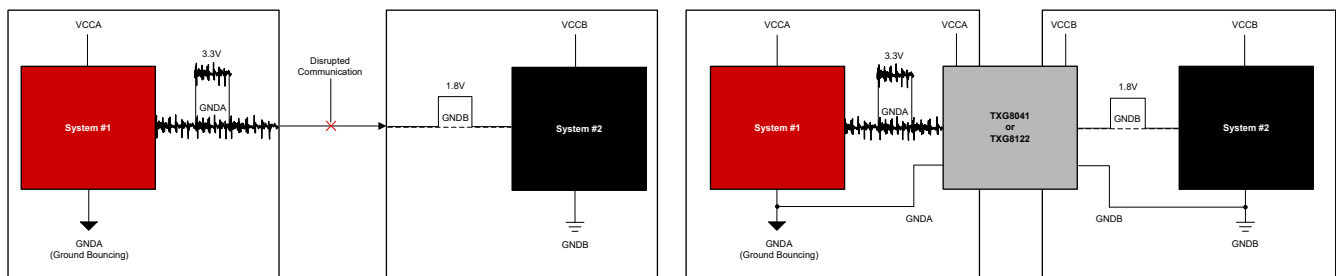


図 3. グランド レベル シフタを使用して、システム間の AC グランド ノイズへの対処

## 低電圧システム向けに設計されたグラウンド レベル シフタ

TI の **グラウンド レベル トランスレータ** は、1.71V ~ 5.5V までの I/O 電圧のレベル シフトをサポートし、 $\pm 80V$  までの DC グラウンド オフセットと、1MHz での 140Vpp までの AC ノイズ除去の両方に対応しますが、より複雑なソリューションの 7 分の 1 のサイズ、かつ半分のコストで実現されています。TXG8041 は、プッシュプル出力に対応しており、伝播遅延は  $< 5ns$ 、チャンネル間のスキューは  $0.35ns$  と非常に小さいため、システム間のリアルタイム通信において最大 250Mbps で高速なデータ処理が可能です。TXG8122 は、 $I^2C$  などのオープン ドレイン構成をサポートしており、既存のソリューションの消費電力を半分に抑え、消費電力を最小限に抑えることで、バッテリー寿命の延長と熱負荷の低減を実現します。これらのレベル シフタは最小  $2.25mm^2$  のフォーム ファクタ パッケージを通じて小型化を実現し、複数のチャンネル タイプと構成に対応するスケーラビリティを提供します。

### アプリケーションを 48V アーキテクチャに採用

48V アーキテクチャが EV メーカーで急速に普及する中、エレクトロニクス設計は国際標準化機構 21780 の最新規格に基づいて進められています。この規格ではグラウンド オフセットに関する特定のテストが義務付けられており、異なるグラウンド電位で動作するデバイス間の信頼性の高い通信が確保されるようになっています。このようなシステムでは、48V で動作するコントロール モジュールが、レイアウトや負荷条件によって数ボルトのグラウンドオフセットが発生している場合でも、12V のセンサと通信する必要があります。

TXG8041 は、 $\pm 80V$  のグラウンド オフセットまで異なる電圧ドメイン間の通信をサポートしており、これは 48V バッテリー システムのトランジエントもカバーします。また、高速なデータ レートと低い伝搬遅延により、より高速な SPI 通信にも対応しています。図 4 に示すように、グラウンド レベル シフタは、1 チャンネルで  $2.25mm^2$ 、4 チャンネル構成で  $4mm^2$  のパッケージで供給されており、標準的なガルバニック アイソレータに比べて大幅に小型です。

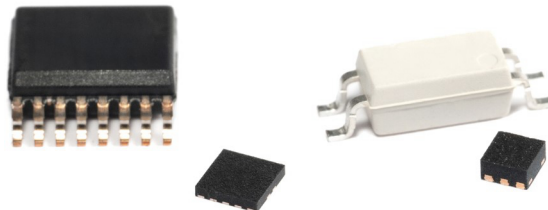


図 4. TXG8041 は  $4mm^2$  の SON パッケージで提供されており、 $29mm^2$  のガルバニック アイソレータ (左) と比べて約 7 分の 1 のサイズです。また、TXG8010 は  $2.25mm^2$  の SON パッケージで、 $19mm^2$  のフォトカプラ (右) と比べて約 8 分の 1 のサイズです

### バッテリー スタックの監視を実現

家電製品や電動自転車、エネルギー貯蔵システムなどのバッテリー駆動システムでは、より高い電圧や長時間の稼働を実現するために、複数のバッテリー モニタを積み重ねて使用するケースが増えています。これらのアーキテクチャでは、各モニタがスタックの一部を測定します。最上部のバッテリー モニタは、しばしば全体のバッテリー パック電圧の半分付近 (たとえば 24V) を基準としたグラウンドに接続されています。そのため、システムの MCU とは異なるグラウンドを基準にしており、直接通信することができません。この意図的なトポロジによってグラウンド オフセットが発生します。TXG8122 は  $I^2C$  通信を可能にし、多くの場合、MCU とバッテリー モニタ間の通信に使用されます。また、このデバイスは静的バス条件時の消費電力を低減し、 $4mm^2$  のフットプリントにより小型化が容易でモジュール式システムへの柔軟な統合が容易になります。

### まとめ

システム間のグラウンド オフセットは以前から存在していましたが、低電圧のモジュラ アーキテクチャが広まりつつある現在、こうしたオフセットはますます一般的になっています。TI の  $\pm 80V$  グラウンド レベル シフタは、SPI や  $I^2C$  などのインターフェイスを通じて、さまざまなグラウンド レベルにまたがって電圧変換を可能にし、この課題に対する簡単なソリューションを提供しますこのテクノロジーを使えば、従来の方法と比べて大幅に小型

化や低コスト化しつつ、最大 2x の高速動作を実現でき、なおかつ信号の整合性やシステムの信頼性も保つことができます。

#### その他の資料

- アプリケーション ノートを読み、[すべてのグラウンドが 0V であるとは限りません](#)。
- TXGx04x 4 チャンネル グラウンド レベル トランスレータの[評価基板](#)を使用して開発を開始します。
- TI の[新しグラウンド レベル トランスレータ](#)をご確認ください。
- アプリケーション ノート『[フォトリレーをアナログ スイッチで置き換える際に重要となる電圧に関する主なポイント](#)』をご覧ください。

## 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