

Application Brief

すべてのグラウンドが 0V であるとは限りません



Sadia Khan

産業と車載の各システムでは、電力の最適化、性能の向上、コスト削減を実現するために、ミックスド電圧設計が使用されています。意図しない接地の不一致は、さまざまな電源ドメインの統合が課題になります。これは、複数のドメイン間の接地基準電圧が、想定される 0V 基準電圧から、数ボルトから数十ボルトの範囲で逸脱した場合に発生します。接地シフトにより、システム間の通信が中断される可能性があります。この懸念に対処することが、信頼性の高いシステム性能を実現するための鍵です。

今日の接地不一致はどうやって解決されたのでしょうか？

現在、システム内の接地不一致に対処するために、設計者が採用している方式は複数存在しています。まず、専用の接地プレーン、スター接地技術、アナログ接地とデジタル接地の分離など、適切な PCB 接地技術が使用されます。ただし、慎重なレイアウト計画が必要で、追加の基板面積を使用する可能性があります。基板のすでに設計した後に接地シフトが発生する場合は、完全な再設計が必要で、開発時間が長くなります。ディスクリートレベルシフトも別の手法であり、抵抗デバイダまたはトランジスタ基板の回路を使用して接地間の接続を確立します。ただし、この設計は接地電位差が大きいシステムには適しておらず、信号の整合性と時間特性が低下し、大きな基板面積が必要です。最後に、おそらく非常に一般的に使用されるのはガルバニック基盤のアイソレータであり、異なる接地電位を持つサブシステムを非結合するために使用されます。多くの場合、アイソレータはコストが高いことから、信号遅延の増大を招く可能性があります。また、絶縁型の部分では個別の電源が必要になるため、電源設計が複雑になる可能性もあります。

TI の最新の電圧および接地レベル変換器を紹介します。

TI の TXG ファミリーは、異なる電源ドメイン間の通信を可能にする電圧と接地の両方をレベルシフトできる変換器を採用して、システムの接地不一致を軽減する新しい方法を実現します。TXG804x、TXG802x、TXG8010 は最大 $\pm 80V$ のグラウンド不整合に対応し、I/O 電圧を 1.71V ~ 5.5V のレベルシフト機能を搭載しており、SPI、UART、I2S、GPIO などの継続向けのプッシュプル出力を備えています。これらの装置は、250Mbps を超える非常に高いデータレートと短い遅延を支援し、5ns 未満の伝搬遅延と 0.35ns のチャネルスキューを実現しています。TXG8122 は、最大 $\pm 80V$ の接地不整合にも対応し、3V ~ 5.5V (サイド 1) ~ 2.25V ~ 5.5V (サイド 2) の間の I/O 電圧のレベルシフトを行い、I2C などの接続用にオープンドレイン出力を備えています。

接地シフトの例

接地の不一致が問題となる可能性がある使用事例が複数あり、以下の 3 種類の接地シフトに要約します。DC シフト、AC 接地雑音、意図的な接地シフトです。

DC シフト

システム内の DC シフトにより接地の不一致が発生する可能性があり、図 1 に示されています。接地パスを流れる電流が配線の寄生素子で電圧降下を生じさせる場合、DC シフトが見つかることがあります。その結果、二つのシステム間で接地の不一致が生じることになります。この現象は、大電流負荷や長い接地パスを使用するシステムで特によく発生します。

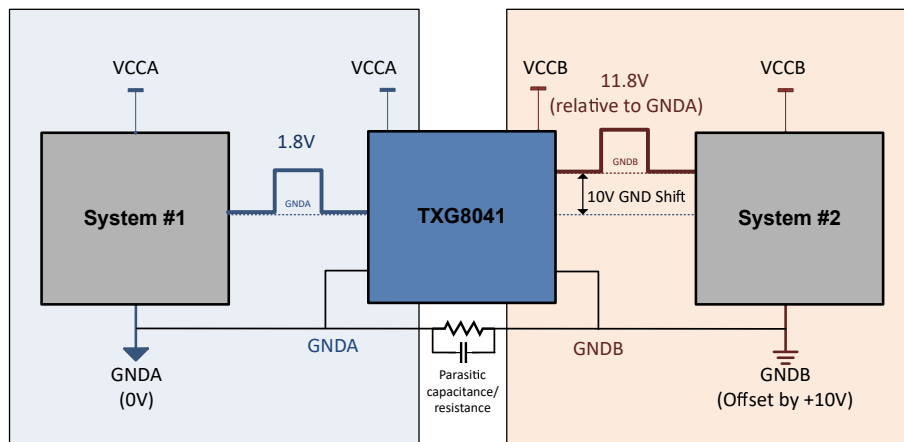


図 1. DC シフト

図 2 に、電動パワーステアリング (EPS) システムの例を示します。このシステムでは、障害イベントが発生したときも動作を継続するために、二つのマイコン (MCU) を使用しています。両方の MCU が互いに通信しますが、一次 MCU が機能しなくなった場合に備えて、一つは冗長予備として機能します。通常はどちらのマイコンも共通の接地を基準としていますが、システムの大電流負荷によって二つのドメインの間に接地シフトが発生する可能性があります。従来、デジタルアイソレータを使用してこれらの接地違いを管理していました。ただし、この場合はガルバニック絶縁は必須ではありません。代わりに TXG8041 はよりコンパクトでコスト効率の優れた代替選択肢です。

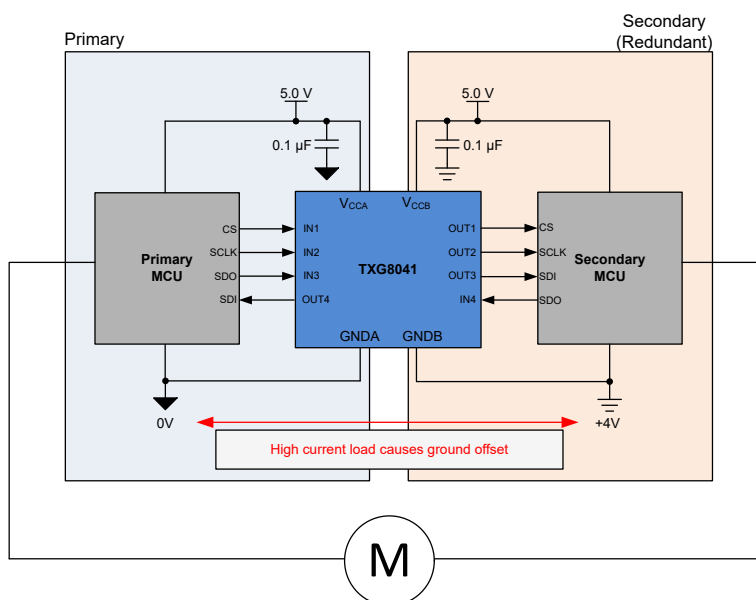


図 2. 電動パワーステアリング (TXG)

DC シフトの別の例は、コードレス電動工具の電池パックで確認できます。電池パックシステム内では、電池管理システム (BMS) を使用して、電力供給の制御とセルの状態の監視を行います。一般的な設計の一つは、ローサイド FET を使用して電池の負端子をパック接地に接続することです。この端子は、電動ドリルなど家電製品の一般的な基準として機能します。FET がオンのとき、電池の負端子はパックの接地に接続されます。FET がオフになっている場合、電池の負端子が実質的に浮遊状態になり、パックの接地とは異なる基準レベルにドリフトする可能性があり、BMS と電源ドリル制御回路間の通信が中断する可能性があります。従来は、電池の負端子と電池パックの接地間でレベルシフトを行うためにディスクリート部品を使用していました。ただし、図 3 に示すように、これを統合型の TXG8021 に完全に置き換えることができます。

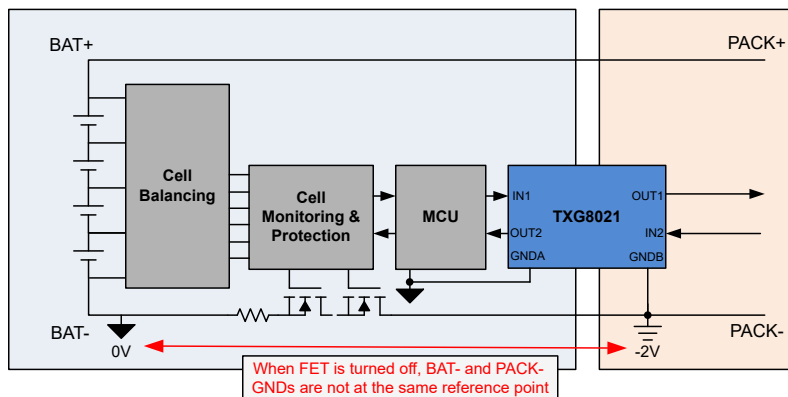


図 3. TXG 付きコードレス電動工具

AC 接地雑音

AC 雑音とは、図 4 に示すように、動的な変化によって発生する接地の外乱であり、その結果、接地の雑音が多い、または不安定になるものを指します。この現象は多くの場合、接地バウンスと呼ばれ、システム間で信号の整合性の問題を引き起こす可能性があります。混合信号設計では、高速デジタル回路と高精度アナログ部品を接続するときに、この問題が発生することがあります。

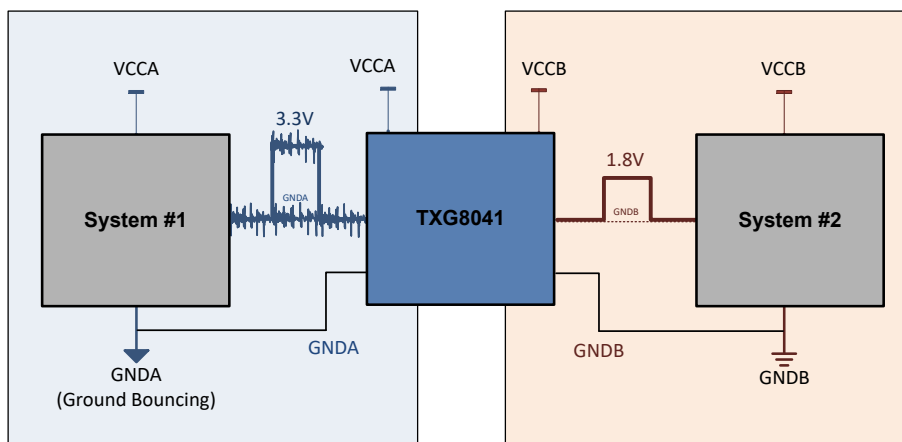


図 4. AC 接地雑音

図 5 に、フィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA) がデジタル接地を基準としており、電源接地を基準とする D/A コンバータ (DAC) と接続する必要があるテスト、測定アプリケーションの例を示します。最終的には、両方の接地を互いに接続して共通基準電圧を確立しますが、PCB 上の別の接地面に接続して、デジタル雑音を敏感なアナログ回路から分離することができます。システムのデジタル側では、切り替えが迅速であり、AC 雑音が発生する可能性があります。電源接地に伝送される雑音は、DAC 基準電圧の変動を引き起こし、性能の低下やアナログ出力の歪みにつながります。以下の例では、TXG8042 を使用して雑音の多い接地を除去し、高精度のデジタルアナログ変換に必要な高精度通信を実現することができます。

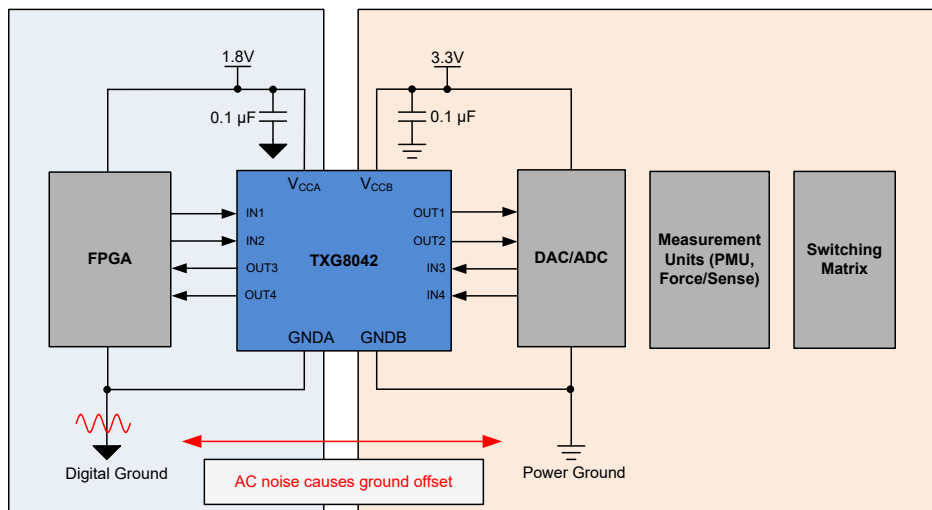


図 5. TXG による半導体試験装置

意図的な接地シフト

意図的な接地シフトとは、システムの利点を得るために、システムが意図的にオフセット接地を使用する場合です。この例は、負電圧レールを使ったトポロジです。これは、Class-D 音響アンプで -50V の接地を使用して、アンプ出力で利用可能な総電圧スイングを大きくする、GaN ベースの出力段の設計に見られます。電圧振幅が大きいため、アンプはより大きな二乗平均平方根 (RMS) の電力をスピーカに供給でき、より大きく、よりクリーンな音響出力に変換できます。以下のブロック図では、TXG8010 シングルチャネル装置を使用して、 0V 接地に位置するマイコンと -50V に位置する GaN ハーフブリッジ電力段との間のオフセットをブリッジできます。

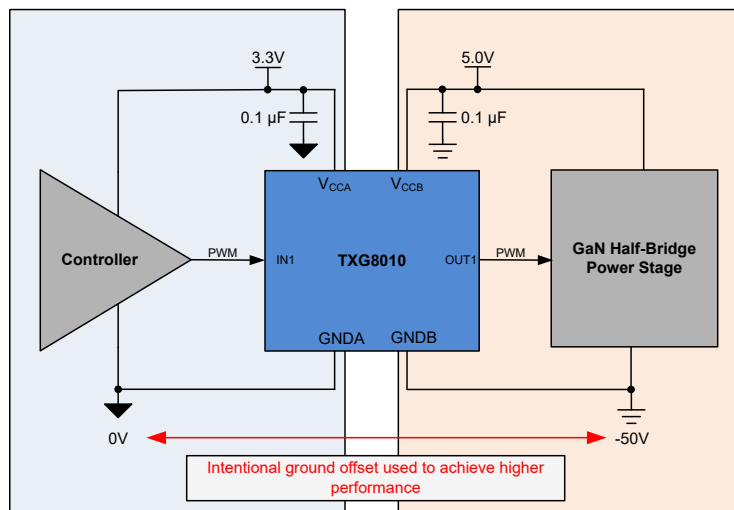


図 6. TXG を用いた GaN ハーフブリッジ電力段

また、高電圧を支援するための手段として、電池スタックも一般的に採用されており、動作時間の延長やエネルギー容量の向上に寄与します。このアプローチは、家電製品、エネルギーストレージシステム (ESS)、電動車両アプリケーションなどのシステムでよく使用されます。従来型の電池モニタは通常、装置あたり直列接続した 16 個のみを支援しているので、より大型のスタックを管理するには、多くの場合、異なる電圧ドメインにまたがる複数のモニタを使用する必要があります。これらのシステムでは、TXG8122 は 0V 接地の MCU と 25V 以上の電圧が存在するトップ電池モニタとの間の I2C インターフェイス経由の通信を容易にします。

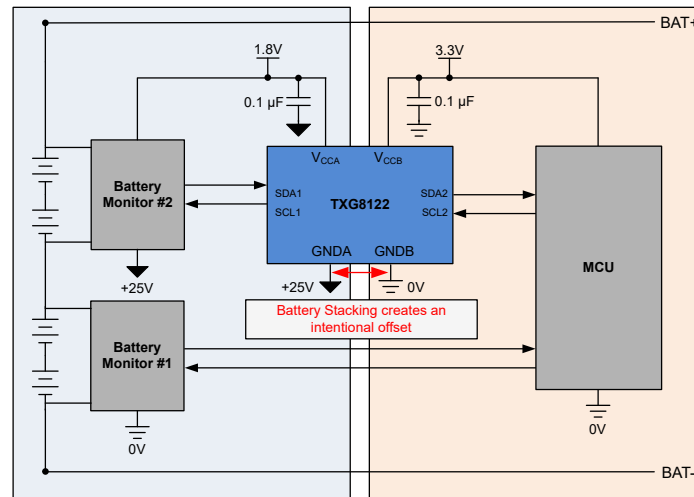


図 7. TXG による電池スタック

地上レベルのトランスレータを使用する場合

ガルバニックアイソレータは高電圧と安全性の確保が重要なアプリケーションでは不可欠ですが、接地レベルトランスレータをデジタルアイソレータに比較して使用する時期を理解することは、システムのコスト削減とサイズの縮小と同時に性能の向上に寄与します。安全性が問題にならない場合、過渡電圧が **80V** を超えず、絶縁認証も不要な場合は、接地レベル変換器ファミリが最適な選択肢です。次に、これら二つの設計の比較を示します：

	地上レベルトランスレータ	デジタル アイソレータ
GNDA と GNDB の違い	±80V	>3kV _{RMS}
ガルバニックバリア	いいえ	あり
GNDA から GNDB へのリーク (VCC から GND へ)	70nA	<1nA
サイズ (4ch)	4mm ²	29.4mm ²
伝搬遅延 (3.3V)	5.8ns	18.5ns
チャネル チャネルスキュー (3.3V)	0.35ns	4.7ns
データレート	>250Mbps	100Mbps
レベルシフト機能	1.71V ~ 5.5V	1.71V~1.89V、2.25V~5.5V
動作温度	-40 ~ 125 °C	-40 ~ 125 °C
CMTI	1kV/μs	100kV/μs
認証 (UL、VDE、サージ)	いいえ	あり
EMC (EFT、RI、IEC-ESD)	いいえ	あり

まとめ

最新のシステムでは接地の不一致がますます一般的な課題です。DC シフト、AC 接地雑音、または意図的なオフセットによって引き起こされるかにかかわらず、接地の電位差は通信、信頼性、および信号の完全性に深刻な問題を引き起こす可能性があります。TI の TXG ファミリの接地レベルシフタは、従来の方法に比べてコスト効率に優れ、高速な代替製品を提供し、最大 **±80V** の接地差が生じたときにシームレスな信号送信を可能にします。この製品ポートフォリオは、スケーラビリティと設計の柔軟性を実現し、エンジニアが車載と産業用の多様なアプリケーションで新しい可能性を実現できるようにします。

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、

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