

Application Brief

グラウンド シフトがロジック エラーを引き起こす仕組み



Sadia Khan, Joshua Salinas

はじめに

現代のエレクトロニクス システムには、異なるグラウンド電位を持つ複数の基板、電源ドメイン、および分散サブシステムが含まれていることがよくあります。これらのグラウンド電位のズレ (グラウンド シフト) は、ロジック信号を歪ませ、通信を破壊し、予期しないシステム挙動を引き起こす可能性があります。その結果、グラウンド差が存在すると、送信機側で有効な信号であっても、レシーバの既定の入力スレッショルドから外れてしまうことがあります。

本記事では、グラウンド シフトの一般的な原因、グラウンド シフトがどのようにロジック マージンを低下させるかを説明し、TI の [グラウンドレベル トランスレータ \(TXG\)](#) が異なるグラウンド電位で動作するシステム間でどのように信頼性の高い通信を実現するかを示します。

グラウンド シフトの一般的な原因

電子システムにおいて、GND (グラウンド) は電子回路がロジック状態を解釈するために使用する電圧リファレンスを提供します。[表 1](#) は、グラウンド シフトを引き起こす最も一般的なメカニズムをまとめたものです。

表 1. グラウンド シフトの一般的な原因

グラウンド シフトの発生源	シフトの発生メカニズム
ケーブルおよびコネクタの抵抗	ケーブルやコネクタの抵抗を流れる負荷電流またはリターン電流により、異なるグラウンド間に IR 降下が生じます。
共有された大電流帰路	モーター、電力変換器、その他の大電流負荷は、PCB パターン、ケーブル、コネクタ間に電圧差を引き起こす可能性があります。
意図的なグラウンドドメインのオフセット	一部のシステムでは、回路を意図的に異なるグラウンド電位で動作させつつ、回路間でのデジタル通信を必要とする場合があります。

発生源に関わらず、これらのメカニズムは 2 つのグラウンドドメイン間に電圧差を生じさせます。シフトが十分に大きくなると、送信された正常な HIGH または LOW レベルがレシーバの規定の入力範囲から外れ、ロジック エラーを引き起こす可能性があります。

グラウンド シフトがロジック エラーを引き起こす仕組み

レシーバは、自身のローカル グラウンドを基準にして入力信号を解釈します。グラウンド電位の差により、送信された信号がレシーバからどのように見えるかが変化します。

[図 1](#) は、正および負のグラウンド シフトが利用可能な HIGH レベルおよび LOW レベルのロジック マージンをどのように低下させるかを示しています。この例では、+0.8V のグラウンド シフトにより HIGH 出力とみなされる電圧がレシーバの仕様 HIGH スレッショルドをわずかに下回り、-0.8V のグラウンド シフトにより LOW 出力とみなされる電圧が仕様 LOW スレッショルドをわずかに上回ってしまいます。この図は、3.3V システムにおけるレシーバの入力スレッショルドを $V_{IH(min)} = 0.7 \times V_{CC}$ 、 $V_{IL(max)} = 0.3 \times V_{CC}$ とし、送信機の出力レベルを仮定して、グラウンド シフトがロジック マージンに与える影響を示しています。実際の入力スレッショルドは、デバイスによって異なります。

3.3V の場合、計算は次のようになります。

- $V_{IH(min)} = 0.7(3.3) = 2.31V$
- $V_{IL(max)} = 0.3(3.3) = 0.99V$

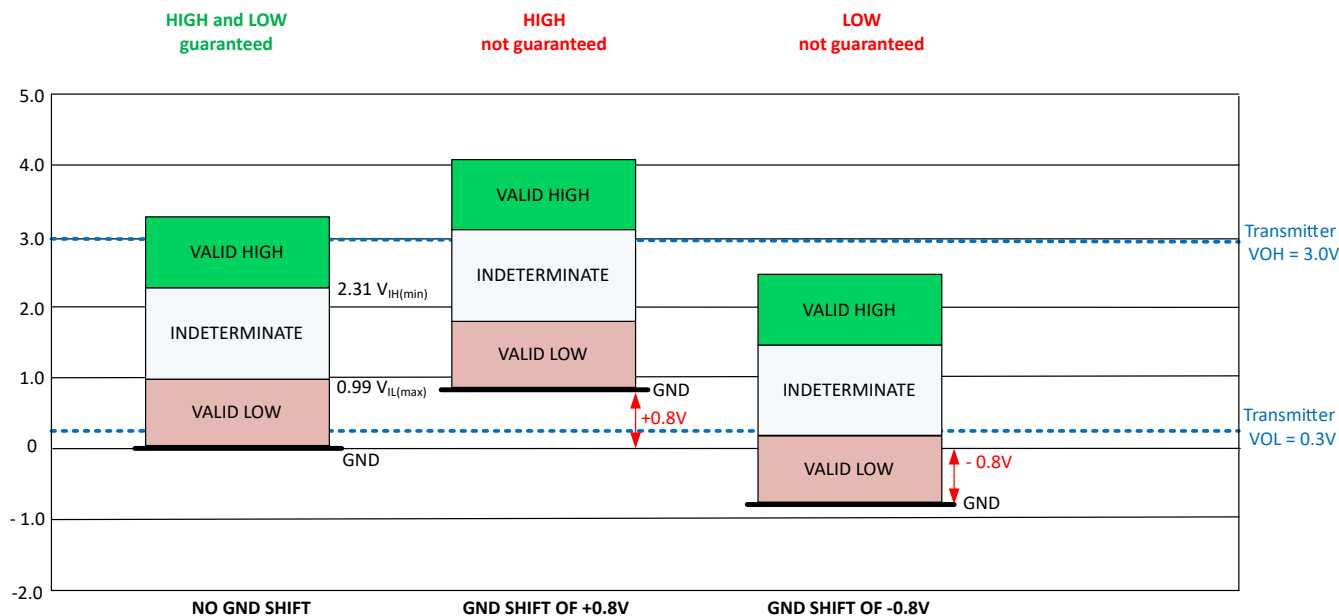


図 1. グランド シフトが CMOS ロジック レベルに及ぼす影響

例: デジタル回路間のグランド シフト

1.8V のコントローラが 1.8V のペリフェラル回路と通信しているケースを考えます。電源電圧が低くなると、利用可能なロジック マージンが小さくなり、インターフェイスがグランド 差に対してより敏感になります。

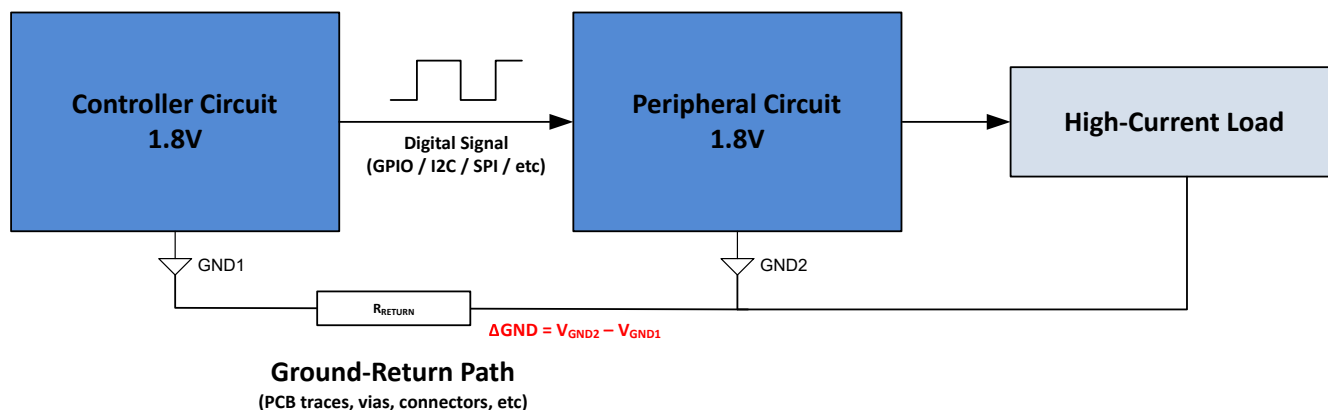


図 2. 共通のグランド 帰路によって引き起こされるグランド シフト

両方のデバイスが同じ電源電圧で動作していても、共通のグランド 帰路を流れる負荷電流により、GND1 と GND2 の間に電圧差が生じる可能性があります。レシーバはローカル グランドを基準にしてデジタル信号を解釈するため、利用可能なロジック マージンが減少する可能性があります。

帰路によって生成されるグランド シフトは次のように推定できます。

- $V_{GND_SHIFT} = I_{Load} \times R_{return}$

このブロック図において、1A の負荷電流が 200mΩ のグランド リターン抵抗を流れる場合、生じるグランド シフトは 0.2V になります。

- $V_{GND_SHIFT} = I_{Load} \times R_{return} = 1A \times 200m\Omega = 0.2V$ のグランド シフト

その結果、電流が増加するにつれて、グラウンドシフトも大きくなります。

図3の例は、レシーバ側のグラウンドが送信機またはシステムグラウンドに対して0Vから-0.2V、-0.4V、-0.8Vへとシフトするにつれて、同じデジタルインターフェイスのロジックマージンがどのように失われるかを示しています。-0.2Vのグラウンドシフトでは、190mVのLOWレベルノイズマージンが残ります。-0.4Vでは、送信されたLowレベルが0.15Vのままであるのに対し、レシーバの $V_{IL(max)}$ は0.14Vにシフトします。送信されたLOWレベルがレシーバの規定LOWスレッショルドを10mV上回ってしまうため、LOWとして認識される仕様を満たさなくなります。-0.8Vでは、送信されたLOWレベルはレシーバの規定LOW領域からさらに外れてしまいます。

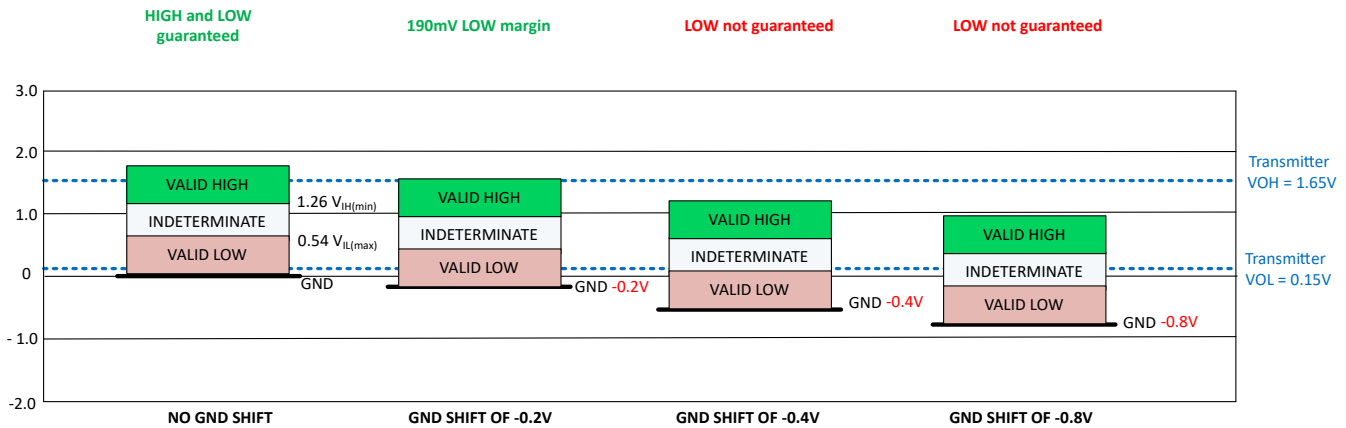


図3. グラウンドシフトの増加に伴うマージンの低下

許容できるグラウンドシフトの量はシステムによって異なります。設計者は、想定されるグラウンド差を送信機の出力レベルおよびレシーバの入力スレッショルドと照らし合わせて評価し、シフトが軽微か、ノイズマージンを低下させるか、あるいはロジックエラーを引き起こすほど大きいかを判断する必要があります。あるインターフェイスでは無影響なグラウンドシフトであっても、特に低電源電圧やノイズの多い環境下では、別のインターフェイスのロジックマージンの大部分を消費してしまう可能性があります。

グラウンドレベルトランスレータはどのような場合に必要か？

グラウンドシフトに対処する一般的なアプローチは、グラウンド差そのものを減らすことです。設計者は、より抵抗の低いグラウンド帰路を使用するか、スターグラウンド技術を使用して共通の帰路を最小限に抑えることができます。小さく予測可能なグラウンド差に対しては、受動回路を使用して正常なロジックレベルを維持することもできます。

グラウンド差が大きい場合、動作条件によって変動する場合、または取り除くことができない場合、これらのアプローチは現実的ではない可能性があります。ガルバニック絶縁を使用すると、異なるグラウンド電位間での通信が可能になりますが、部品点数、コスト、基板面積、消費電力が増加する可能性があります。

TIのグラウンドレベルトランスレータ(TXG)は、異なるグラウンド電位を基準とするデバイス間でのデジタル通信を実現します。TXGの各側はそれぞれのローカルグラウンドをリファレンスとしているため、グラウンド差が存在しても正常なロジックレベルを維持できます。図4は、-0.8Vのグラウンドシフトによりコントローラ回路とペリフェラル回路の間でロジックエラーが発生している様子を示しています。図5は、TXGグラウンドレベルトランスレータが各回路のローカルグラウンドに対してどのように適切なロジックレベルを維持するかを示しています。

TXG製品ラインアップには、最大 $\pm 10V$ 、 $\pm 40V$ 、 $\pm 80V$ のグラウンド差に対応するグラウンドレベルトランスレータが含まれており、1、2、4チャンネル構成が利用可能です。TXGは、グラウンド差を現実的に取り除くことができない場合にコンパクトで高性能な選択肢となり、既存のグラウンドアーキテクチャの変更がもはや不可能な設計サイクルの終盤でも導入することができます。

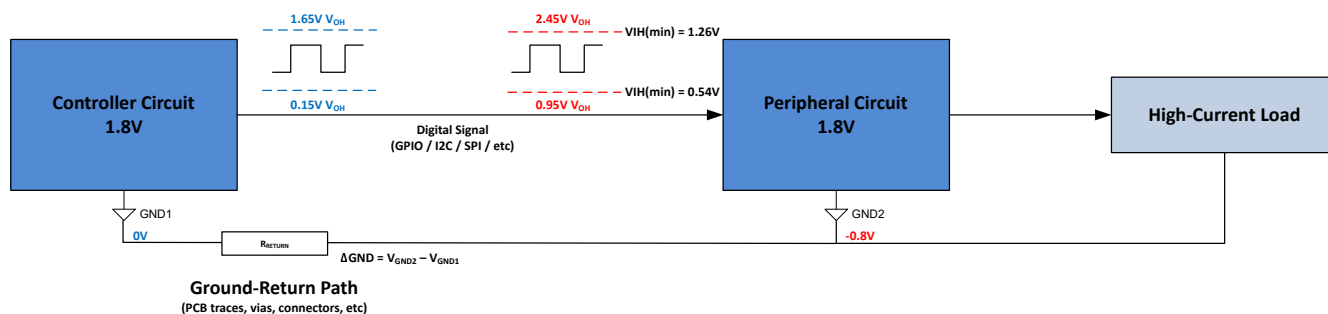


図 4. グランド シフトによりレシーバの LOW スレッショルドが不適合になる現象

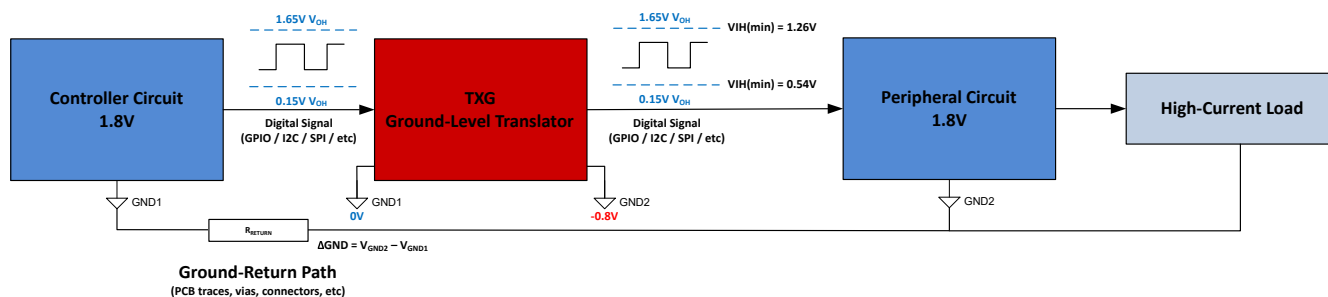


図 5. TXG はグランド差を超えて有効なロジックレベルを維持

まとめ

グランド シフトは利用可能なロジック マージンを低下させ、送信された有効な信号がレシーバの入力スレッショルドから外れてしまう可能性があります。TI のグランドレベルトランスレータは、デバイスの各側をそれぞれのローカル グランドを基準とすることで、異なるグランド電位間での信頼性の高いデジタル通信を実現します。

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

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黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含みいかなる保証も、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、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す。(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、TI は一切の責任を拒否します。

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