

Application Note

車載システムにおけるグラウンドレベル電圧変換



Sakshi Markhedkar

概要

最新の車載システムは、複数のグラウンドドメインで動作する分散型エレクトロニクスにますます依存しています。大電流負荷、長いケーブル配線、スイッチングノイズ、意図的なグラウンドオフセットスキャンが原因で発生し得るグラウンド電位差が低電圧デジタル通信に影響を与え、システムの信頼性を損ないます。

本アプリケーションノートでは、テキサスインスツルメンツのグラウンドレベル電圧変換 (TXG) ファミリーを紹介し、TXGファミリーが静的および動的なグラウンドオフセットの問題に対処し、ガルバニック絶縁を必要とせずに車載システムで接地不整合が発生したときに信頼性の高い通信を実現する方法を説明します。

目次

1 はじめに: 車載グラウンドの現実.....	2
2 車載グラウンドレベル電圧変換 (TXG) 製品ラインアップ.....	3
3 TXG グラウンドレベルトランスレータを使用した車載アプリケーションの例.....	4
3.1 48V/12V 車載システムでのロジックおよび電源ドメインのブリッジ接続.....	4
3.2 車載メディアハブおよびUSB充電の簡素化.....	5
3.3 48V 車載システムにおける堅牢なバッテリー監視.....	6
3.4 マルチボード I/O 設計の簡素化.....	8
3.5 車載オーディオシステム.....	9
3.6 電動パワーステアリングサブシステムの冗長安全性.....	10
3.7 グラウンドドメインにわたる堅牢な IGBT 温度テレメトリ.....	10
3.8 シングルエンドインターフェイスのグラウンドバウンスの低減.....	11
3.9 ADAS カメラでの高信頼性の通信.....	11
4 TXG とガルバニック絶縁を使用する状況.....	12
5 はじめに.....	12
6 まとめ.....	12
7 参考資料.....	13

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: 車載グラウンドの現実

推奨されるシステムでは、すべてのグラウンドリファレンスは等しくなります。実際の車載設計では、多くの場合、この仮定は共有の共通シャーシグラウンド、または最新の ECU 設計で複数のグラウンドドメインで動作することでダウンし、ミックスドシグナル回路による浮遊寄生成成分や AC グラウンド ノイズによる DC グラウンド シフトが発生します。接地不整合の一般的な原因は次のとおりです。

- DC グラウンド シフトが発生する大電流負荷 (特にトラクション インバータや電動パワー ステアリングで顕著)
- 長いケーブル ハーネスとリモート モジュール
- AC グラウンド バウンスを引き起こす高周波のデジタル スイッチング ノイズ
- 電源グラウンドと信号グラウンドの間で共有される帰路
- 冗長型またはゾーン アーキテクチャでの意図的なグラウンド オフセット
- 48V/24V/12V サブシステムなど、多様な電源ドメインの統合

設計者は多くの場合、グラウンド プレーンのパーティション分割、スター グランディング、ディスクリート レベル シフト回路、ガルバニック絶縁を使用して、接地不整合を管理しようとします。これらのアプローチは、場合によっては効果的ですが、特に安全分離が不要な場合には、コスト、PCB 領域、レイテンシ、設計の複雑さが増加します。

グラウンド レベル電圧変換 (TXG) ファミリーは、シグナル インテグリティを維持しながら 2 つのグラウンドドメインを内部で分離することで、グラウンド レベル電圧変換を可能にします。TXG デバイスは、グラウンド連続性や絶縁コストを損なうことなく DC グラウンド シフトと AC グラウンド ノイズの両方に耐えられるシンプルなソリューションを提供し、リアルタイム通信のための迅速なデータ処理と消費電力の最小化によりバッテリー寿命を延長します。

2 車載グランドレベル電圧変換 (TXG) 製品ラインアップ

車載グランドレベル電圧変換 (TXG) 製品ラインアップには、AEC-Q100 認定済み、1 ビット、2 ビット、4 ビットのグランドレベルトランスレータが含まれており、電圧とグランドの両方をレベルシフトすることで異なる電源ドメイン間での通信を実現することができます。これらのデバイスは、最大 $\pm 80V$ のグランドシフト耐性および最大 130VPP (1MHz) の AC ノイズ除去をサポートすると同時に、一般的な車載信号インターフェイスをサポートしています。表 2-1 に示されているように、TXG 製品ラインアップにより、複数のチャンネル数オプションと方向構成によるスケーラビリティがコンパクトなフォームファクタで実現します。

主な特長は以下のとおりです。

- 分離された GND での固定方向プッシュプルレベルシフト: TXG80xx-Q1、TXG40xx-Q1、TXG10xx-Q1
- 独立した GND による自動双方向オープンドレインレベルシフト: TXG8122-Q1
- 非常に短い遅延で高速な通信をサポート (伝搬遅延: $< 8ns$)
- 小さいチャンネル間スキュー ($< 2ns$)
- 最大 1kV/us の同相過渡耐性 (CMTI)
- ノイズの多い信号を除去するためのシュミットトリガ入力
- Ioff により部分的パワーダウンモードでの動作をサポート
- リード付きおよびリードなしのパッケージオプション

表 2-1. 車載グランドレベルトランスレータ製品ラインアップ

I/O タイプ	チャンネル数	チャンネル方向	インターフェイス	グランド DC オフセット電圧			パッケージサイズ		
				$\pm 80V$	$\pm 40V$	$\pm 10V$			
プッシュプル (1.71V ~ 5.5V、 5mA ドライブ、 250Mbps)	4 チャンネル	正方向 3 逆方向 1	SPI, PCM TDM/I ² S	TXG8041-Q1	TXG4041-Q1	TXG1041-Q1	RUC X2SON-14 4mm ²	DYY SOT-14 13.7mm ²	DBQ QSOP-16 29.4mm ²
		正方向 2 逆方向 2	UART	TXG8042-Q1	TXG4042-Q1	TXG1042-Q1			
	2 チャンネル	正方向 1 逆方向 1	UART	TXG8021-Q1	TXG4021-Q1	TXG1021-Q1	DSG WSON-8 4mm ²	DDF SOT-23-8 8.1mm ²	D SOIC-8 29.4mm ²
		正方向 2 逆方向 0	GPIO	TXG8020-Q1	TXG4020-Q1	TXG1020-Q1			
1 チャンネル	正方向 1	GPIO	TXG8010-Q1	TXG4010-Q1	TXG1010-Q1	DSE WSON-6 2.25mm ²			
オープンドレイン (サイド 1: 3V ~ 5.5V、 3.5mA シンク、 サイド 2: 2.25V ~ 5.5V、 50mA シンク、 1MHz)	2 チャンネル	自動双方向	I ² C、 SMBus	TXG8122-Q1	TXG4122-Q1	TXG1122-Q1	DSG WSON-8 4mm ²	DDF SOT-23-8 8.1mm ²	D SOIC-8 29.4mm ²

3 TXG グランドレベルトランスレータを使用した車載アプリケーションの例

3.1 48V/12V 車載システムでのロジックおよび電源ドメインのブリッジ接続

ゾーン制御モジュールと 12V/48V 電力分配ボックスを持つ最新の 48V/12V 車載システムの場合、一般的なアプリケーションでは、ゾーン電源アーキテクチャに GaN ベースの電力段設計、大電力昇降圧、ハーフブリッジが使用されます。このアーキテクチャでは、電力段とゲートドライバは多くの場合、システム / マイコン グランドを基準として移動できるローカル基準ドメインで動作します。ゲートドライバ (PWM/ENABLE ピン) のシステム マイコン (MCU) からの制御信号はロジック グランドを基準としていますが、GaN ゲートドライバの入力ピン (ブートストラップ / バイアス) は異なるフローティング グランドを基準とすることができるため、これにより実用的な課題が生じます。さらに、ハーフブリッジ スイッチ ノードでの高速スイッチング エッジと高い dV/dt によってグラウンド ノイズが注入される可能性もあります。

図 3-1 に示されているように、TXG8020-Q1 または TXG8010-Q1 は、ゲートドライバドメインのノイズの多い電源グラウンドをマイコンドメインのノイズの少ないロジック グランドから分離するのに役立ちます。マイコンはデジタル I/O (PWM/EN) を TXG の A 側入力に駆動し、対応する B 側出力は、クリーンなロジック遷移で GaN ドライバドメインを基準とした信号を再現します。主な設計上の注意点:

- ドメイン定義の重要性: PWM リファレンスが終端となる場所で正しくなるように、GNDA (クワイエット ロジック) と GNDB (ドライバのローカル / スイッチング) を早期に計画する必要があります。
- 両方のレールでのローカル デカップリング: VCCA と VCCB を TXG デバイスの近くでデカップリングします。
- シグナル インテグリティ: PWM トレースを短く保ち、帰路を制御し、ノイズの多いスイッチ ノード領域を通過する B 側信号の配線を避けま。
- スケーラビリティ: TXG は、4 チャンネル、2 チャンネル、1 チャンネル オプションを備えており、複数の関連する制御信号 (PWM、イネーブル、リセット、割り込みなど) と、一般的なデジタル インターフェイスによってグルー ロジックを低減できます。

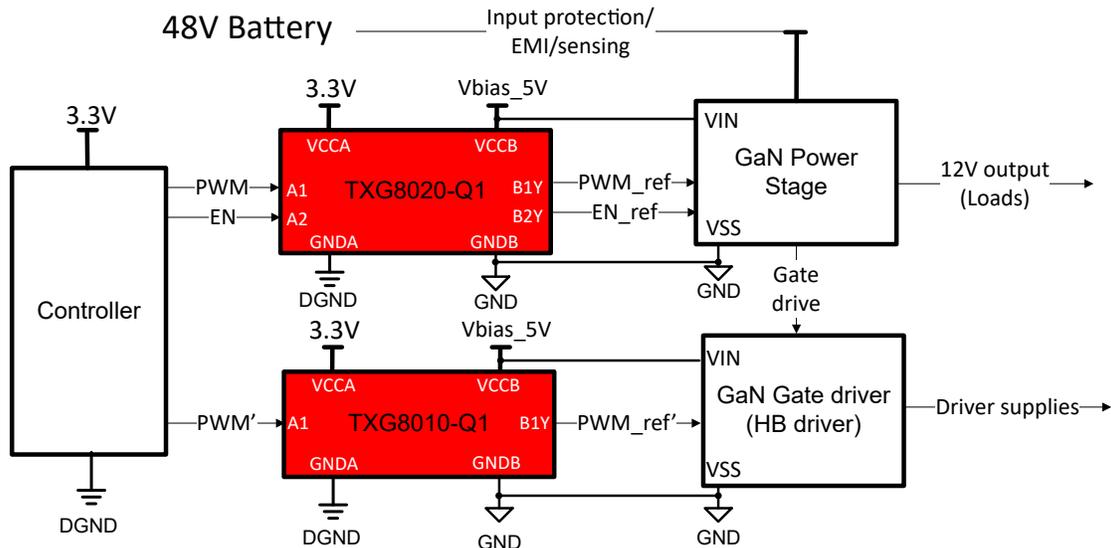


図 3-1. TXG8020-Q1 を使用した 48V/12V DC/DC コンバータでグラウンドを分割するためのブロック図

3.2 車載メディア ハブおよび USB 充電の簡素化

マルチポート USB ハブ設計向けの最新の車載補助システムでは、各 USB PD コントローラはローカルの VBUS 基準グラウンドで動作し、中央マイコンは個別の 3.3V ロジックドメインに配置されます。これらのドメインの間にグラウンド オフセットが存在する可能性があるため、I²C ラインを直接接続すると、ノイズ マージンが低下し、通信の信頼性が低下する可能性があります。

図 3-2 に示されているように、TXG8122-Q1 は、各 PD コントローラとマイコン間の双方向 I²C グランドレベルトランスレータとして使用されます。一方の側を PD コントローラのローカル電源 / グラウンド、もう一方の側をマイコンの 3.3V ドメインに接続することで、デバイスは準拠したロジック スレッショルドを維持しながら、SDA と SCL を適切なグラウンドに再リファレンスします。このため、ガルバニック絶縁を必要とせずに信頼性の高いマルチドメイン I²C 通信を実現できるため、全体の電源とインターフェイスのアーキテクチャを簡素化できます。

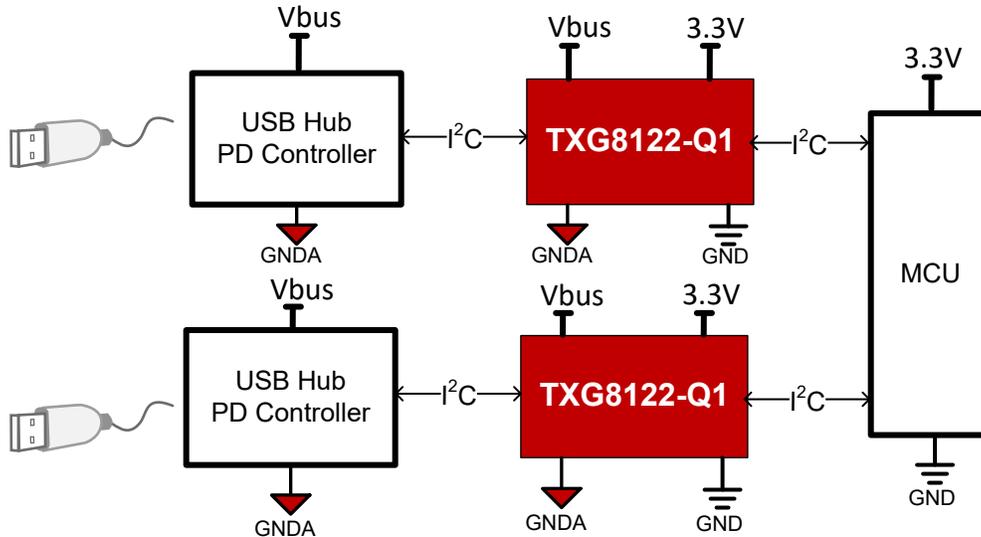


図 3-2. TXG8122-Q1 を使用した車載メディア ハブと USB 充電のブロック図

3.3 48V 車載システムにおける堅牢なバッテリー監視

HEV/EV バッテリー管理システム (BMS) や高精度バッテリー管理ユニット (BMU) アプリケーションなどの 48V 車載センシング モジュールでは、システム コントローラとセル スタック監視デバイス間の通信が、異なるロジック電圧とグランドリファレンスを持つドメインにまたがるがよくあります。バッテリー スタック機能は、電圧の上昇、動作時間の延長、EV のエネルギー容量の向上に貢献します。バッテリー監視 IC は、電圧、温度、セル バランシング状態を測定します。これらはグランド オフセットやノイズが小さい可能性があります、多くの直列セルにわたって測定します。システム マイコンはレギュレートされた低電圧ロジックドメイン (3.3V など) で動作しますが、バッテリー監視 IC と関連するセンシング回路は、システム パーティション化、シャントベースの電流測定、および局所的なグランド手法により、異なる I/O 電圧ドメインに配置される場合があります。このアーキテクチャでは、各バッテリー監視がスタックの一部を測定します。多くの場合、最上部のバッテリー モニタは、全体のバッテリー パック電圧の半分付近 (48V または 24V など) のグランドリファレンスに接続されています。そのため、マイコンとは異なるグランドを基準にしており、直接通信することができず、グランド オフセットが発生します。バッテリー スタックの高精度測定、状態推定、安全な動作を実現するには、コントローラとモニタドメインの間で (I²C または UART インターフェイス経由) 信頼性の高い通信を確実に実施することが不可欠です。システム アーキテクチャにこれらのドメイン間のガルバニック絶縁が完全に必要ない場合、グランドの電位差が許容可能な制限範囲内に維持され、他の場所で安全用絶縁バリアが処理される場合、よりシンプルな非絶縁型ソリューションを使用できます。

図 3-3 に示されているように、TXG8041-Q1 は、システム マイコンとバッテリー監視デバイス間のマルチチャネル ロジックレベルトランスレータとして実装されています。TXG8041-Q1 は、クロック、GPIO、UART/SPI、その他の制御ラインなどのデジタル インターフェイス信号を、マイコン電源ドメインとモニタのドメイン間で変換して、これらのドメインをブリッジします。このレベルシフトは、準拠した VIH/VIL スレッショルドを検証し、I/O オーバーストレスを防止して、車両のノイズやグランドの電位変動が存在する場合でもシグナル インテグリティを維持します。制御サブシステムと測定サブシステムの境界にトランスレータを配置することで、48V アーキテクチャ内で適切なグランド パーティションを維持しながら、堅牢なクロスドメイン通信を実現できます。

図 3-3 に、一致しないロジックレール間の I²C インターフェイスに TXG8122-Q1 を使用した同様の実装、およびそれぞれの側のローカル グランドへの信号を再リファレンスします。

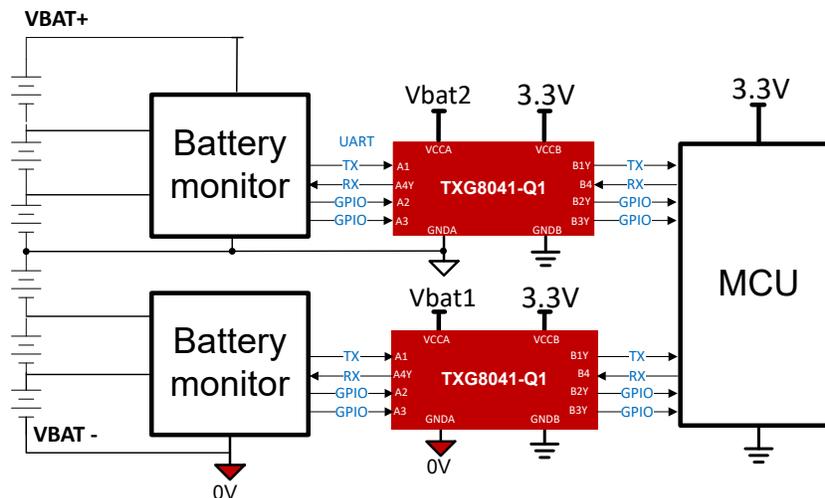


図 3-3. TXG8041-Q1 を使用した 48V 車載システムのバッテリー監視のブロック図

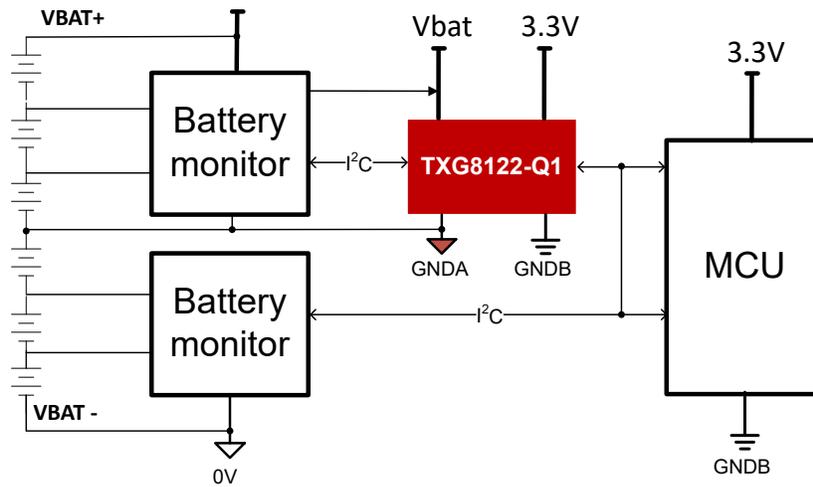


図 3-4. TXG8122-Q1 を使用したバッテリー管理ユニット システムのブロック図

3.4 マルチボード I/O 設計の簡素化

図 3-5 に示されているように、車載ディスプレイや ADAS & インフォテインメントフュージョン コントローラなどの最新の車載インフォテインメントアーキテクチャでは、TXG1042-Q1 はボード間インターフェイス全体で電圧レベル変換を実行し、各 PCB がネイティブのローカル I/O レール (たとえば、ホスト / SoC ボードでは 3.3V、ペリフェラル ボードでは 1.8V) から動作できるようにします。そのため、2 つの PCB の間で I/O 電圧を強制的に一致させるトラッキング電源が不要になります。電源ツリー結合が減少すると同時に、コネクタ全体で信頼性の高い I/O 互換性を維持することで、レール管理が簡素化されます。

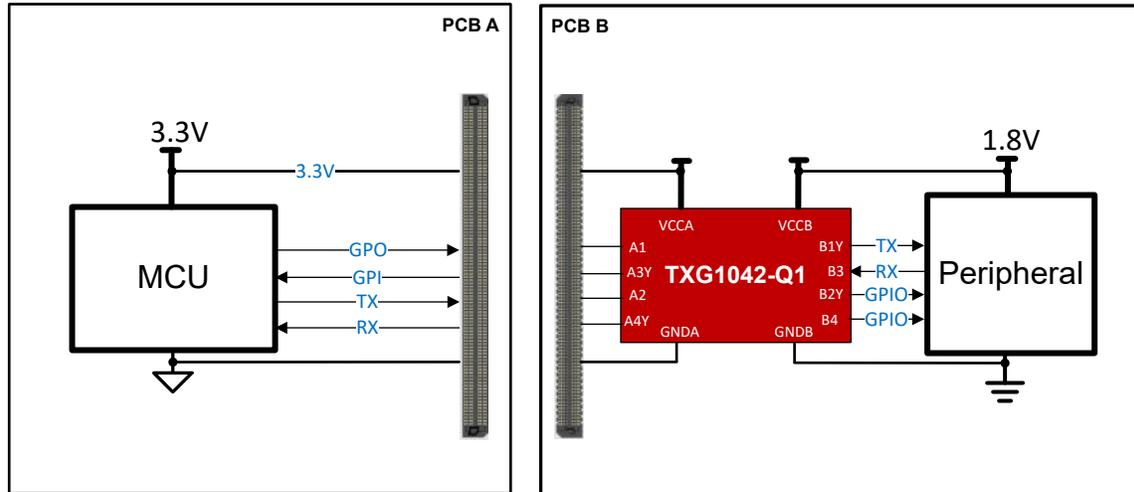


図 3-5. TXG1042-Q1 を使用したマルチボード I/O 設計を簡素化するためのブロック図

3.5 車載オーディオ システム

高精度アナログ部品を持つ車載オーディオ アンプやミックスド シグナル システムでは、多くの場合、Class-D アンプと高速データコンバータはスイッチング ノイズ、グラウンド バウンス、AC グラウンド外乱が発生し、低電圧デジタル インターフェイスが破損して、システム間のシグナル インテグリティの問題を引き起こす可能性があります。オーディオ コンバータ (ADC/DAC) のグラウンドに伝わるノイズにより、リファレンス電圧に変動が生じ、性能が低下したり、録音や再生が歪んだりする可能性があります。

また、アンプ出力に利用できる合計電圧スイングを増加させて、スピーカに一段と大きな電力を供給し、より大きくよりクリーンなオーディオ再生を実現するには、Class-D オーディオ アンプの負のレールに意図的なグラウンド シフトが必要な場合があります。TXG グランドレベルトランスレータは、一貫性のあるロジック スレッショルドを維持し、ノイズの多いグラウンド ドメインから敏感な制御信号を絶縁するという方法で、堅牢なシグナル インテグリティを実現します。図 3-6 に示されているように、TXG8122-Q1 を使用して I²C バスのマイコン制御信号をオーディオ回路から絶縁し、TXG4041-Q1 を使用してコントローラに戻るオーディオ データバスを絶縁します。TXG デバイスは、0V のグラウンドにあるアプリケーション SoC と、±2.5V にある Class-D 電力段との間のオフセットをブリッジするためにも使用されます。

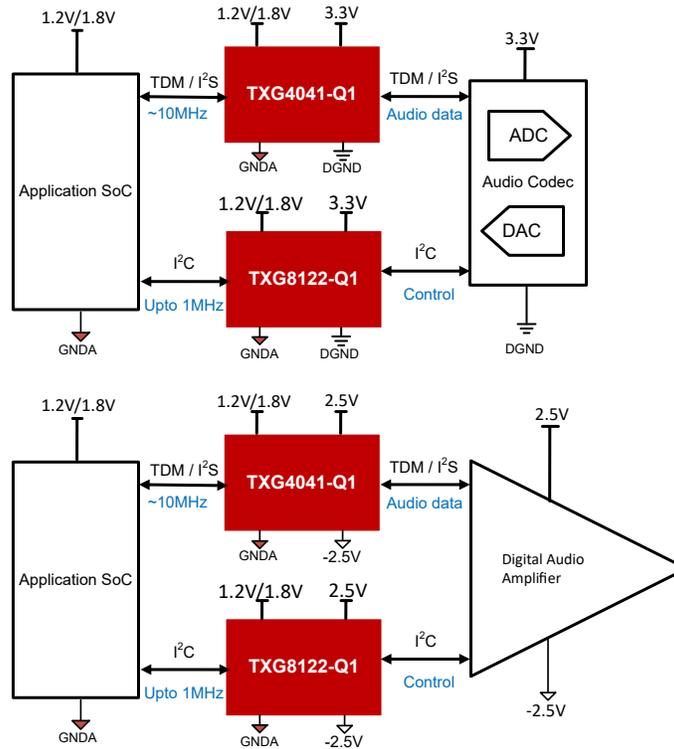


図 3-6. TXG8122-Q1 と TXG4041-Q1 を使用した車載オーディオ システムのブロック図

3.6 電動パワー ステアリング サブシステムの冗長安全性

電動パワー ステアリング サブシステムでは、障害発生時に継続的な動作を維持するために 2 つのマイコンが使用されます。両方のマイコンが互いに通信しますが、一次マイコン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。しかし、[図 3-7](#) に示されているように、この場合はガルバニック絶縁は必須ではないため、TXG4041-Q1 がよりコンパクトでコスト効率の優れた代替選択肢となります。

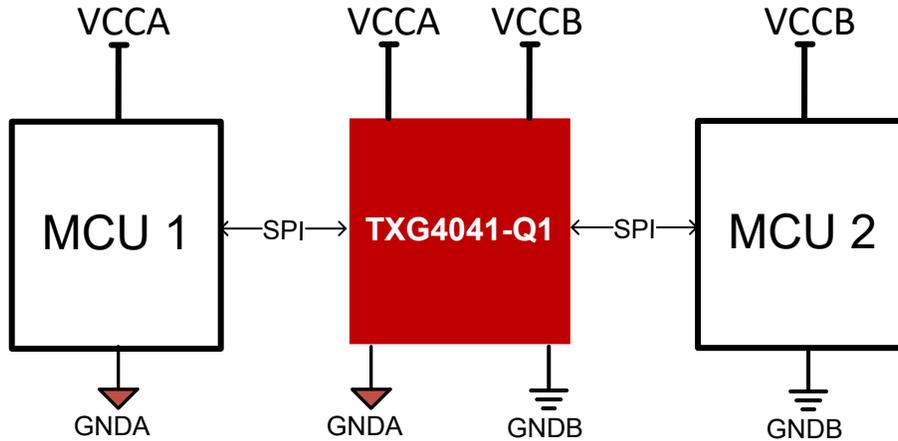


図 3-7. TXG4041-Q1 を使用した電動パワー ステアリング システムのブロック図

3.7 グランドドメインにわたる堅牢な IGBT 温度テレメトリ

トラクションインバータでは、IGBT モジュールの温度は通常、パワー スイッチまたはベースプレートの近くに埋め込まれた NTC 抵抗を使用して監視されます。NTC は温度に依存する電圧 (通常はバイアスとプルアップ回路を介して) を形成し、センシング ポイントに近いインバータ電源ドメインにある ADC によってデジタル化されます。ADC を IGBT/NTC の近くに配置すると、アナログ パターン長が最小化され、 dV/dt の高いスイッチング ノイズに対する耐性が改善され、電氣的に過酷なインバータ環境で測定精度を維持することができます。ADC は I²C 経由で変換結果をメイン インバータコントローラに伝達しますが、ADC 側はローカル グランドを基準として、スイッチング電流やグラウンド バウンスによりマイコン ロジック グランドに対してシフトすることができます。

[図 3-8](#) に示されているように、TXG8122-Q1 は I²C パスに挿入されており、双方向の SDA/SCL レベル変換とグラウンドドメインの再リファレンスを実現します。VCCA/GNDA をマイコンドメインに接続し、VCCB/GNDB を ADC ドメインに接続することで、TXG8122-Q1 は準拠したロジック スレッショルドを維持し、インターフェイス全体でノイズ マージンを改善するため、ガルバニック絶縁なしで IGBT NTC 検出回路からの堅牢な温度テレメトリを可能にします。

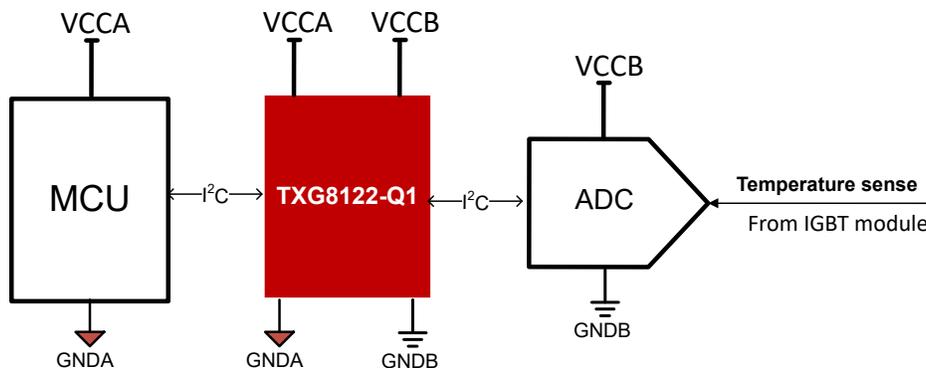


図 3-8. TXG8122-Q1 を使用した IGBT 温度テレメトリのブロック図

3.8 シングルエンド インターフェイスのグラウンド バウンスの低減

ヘッド ユニットやデジタル コックピット処理などのシングルエンド FSI を使用する IVI アーキテクチャでは、インターフェイスがグラウンド バウンスや、ボード間のグラウンド電位差の影響を受けやすくなります。データレートが増加すると、ソース ボードとシンク ボード間のグラウンド上の小さな電位差でも、実効ノイズ マージンが減少し、ロジック スレッシュホールドが歪み、レシーバ側のタイミング / ジッタ感度が増加する可能性があります。図 3-9 に示されているように、堅牢性を向上させるため、TXG1010-Q1 は、ボード間の境界に配置できます。この製品は、互換性のある I/O ロジックレベルも検証しながら、シングルエンド FSI 信号を受信側のローカル グラウンド ドメインに再リファレンスする超小型 2.25mm² グラウンド レベルトランスレータです。VCCA/GNDA をソース I/O レールに接続し、VCCB/GNDB をシンク I/O レールに接続すると、レベルシフタは高速インターフェイスをインターコネクト全体のグラウンド シフトからデカップリングすることができるため、グラウンド バウンスに対する耐性を向上させ、FSI レシーバでのクリーンなロジック遷移を維持することができます。

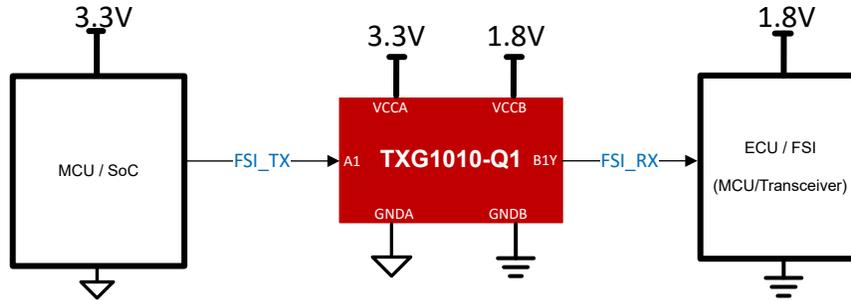


図 3-9. TXG1010-Q1 を使用した堅牢なシングルエンド インターフェイスのブロック図

3.9 ADAS カメラでの高信頼性の通信

ADAS 車載カメラでは、メイン プロセッサまたはセーフティ マイコンは一般に 5V ロジック ドメインで動作し、シリアライザ / デシリアライザ (SerDes) デバイスは通常 3.3V I/O レールを使用します。分散型カメラ アーキテクチャでは、多くの場合、SerDes がイメージ センサと高速リンク回路の近くに配置されるため、マイコンと SerDes を異なるグラウンド領域に配置することもできます。ケーブルのリターン電流、EMI、高速スイッチング アクティビティによって引き起こされるグラウンド シフトによって、構成、診断、ステータス監視に使用される I²C などの低速制御インターフェイスのノイズ マージンが低減する可能性があります。

図 3-10 に示されているように、TXG8122-Q1 は、マイコンと SerDes の間に挿入され、双方向の I²C 電圧変換とグラウンド ドメインの再リファレンスを提供します。VCCA を 5V のマイコンドメインに、そして VCCB を 3.3V SerDes ドメインに接続することで、GNDA と GNDB 間の中程度のグラウンド オフセットを許容しながら、準拠した SDA および SCL ロジック スレッシュホールドを維持します。このアプローチは、ガルバニック絶縁を必要とせずに堅牢なクロスドメイン通信を実現すると同時に、システムの信頼性を向上させるし、ADAS カメラ モジュールのマルチ電圧電源アーキテクチャを簡素化します。

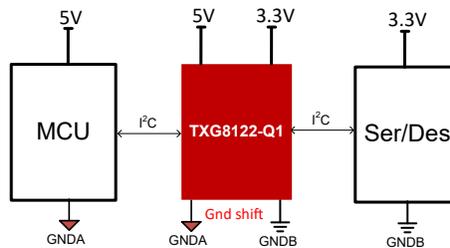


図 3-10. TXG8122-Q1 を使用した ADAS カメラ システムのブロック図

4 TXG とガルバニック絶縁を使用する状況

接地不整合が存在するもののガルバニック絶縁は必要ない場合は、TXG デバイスを推奨します。これらの製品を活用することで、低レイテンシ、高速信号伝送、I²C、SPI、UART、GPIO など、車載インターフェイスでコスト効率に優れた堅牢性が実現します。

- ガルバニック絶縁は必要ないものの、接地不整合が懸念される場合は、TXG を使用してください。
- TXG を使用すれば、低電圧 (最大 80V) の静的耐性または動的耐性 (CMTI 1kV/μs) が実現します。
- ISO を使用して電流ループを接続解除し、安全性アプリケーションに使用します。

表 4-1. グランド レベルトランスレータとガルバニック アイソレータとの関係

パラメータ	グランド レベルトランスレータ	ガルバニック アイソレータ
グランド A とグランド B の差	最大 +80/-80V	> 1kV
伝搬遅延	5ns 未満	> 11ns
チャンネル間スキュー	0.35ns	4.7ns
レベル シフト機能	1.71~5.5V	1.71 ~ 1.89V および 2.25V ~ 5.5V
サイズ	最小の 1 チャンネルは 2.25mm ² 、 2 チャンネルは 4mm ²	最小の 2 チャンネルは 6mm ²
同相過渡耐性 (CMTI)	1kV/μs	100kV/μs
データ レート	> 250Mbps	最大 150Mbps
ガルバニック バリア	無	有
認証 (UL、VDE、サージ)	無	あり
グランド間のリークage	<100nA	<1nA
EMC (EFT、RI、IEC-ESD)	無	有
チャンネルあたりのコスト	低	高
使用事例の適合	< 80V グランド オフセット	高電圧システムと安全性認証

5 はじめに

設計者は、入手可能な TI アプリケーション ノート、技術関連ブログ記事、[評価基板](#)、リファレンス デザインを活用して、[TXG 製品ラインアップ](#)の評価を開始することができます。[TI E2E™ サポート フォーラム](#)は、追加の技術サポートを提供します。

6 まとめ

最新の車載アーキテクチャは、複数の電圧、電源、グランドドメインにエレクトロニクスを分散させるため、接地不整合がシステムレベルで繰り返し発生することが課題となっています。大電流負荷、長いハーネス、スイッチングノイズ、意図的なオフセット、ゾーン分割によって、DC グランド シフトや AC の外乱が発生し、デジタル インターフェイスの信頼性が低下することがあります。接地方法、ディスクリットレベル シフト、ガルバニック絶縁などの従来型の低減手法では、安全な絶縁が不要な場合に、コスト、レイテンシ、消費電力、設計の複雑さが増大することがよくあります。テキサス インストルメンツの[グランド レベル電圧変換 \(TXG\) ファミリー](#)は、シグナル インテグリティを維持しながら電圧とグランドの同時変換を可能にするコンパクトかつ高拡張性の設計を実現します。

最大 ±80V のグランド オフセット、低い伝播遅延、強力なノイズ耐性、柔軟なチャンネル オプションをサポートする TXG デバイスは、電源システム、バッテリー監視、インフォテインメント、オーディオ、ADAS、安全サブシステムなどのアプリケーション全体で、I²C、SPI、UART、GPIO、オーディオなどのインターフェイスの信頼性の高いクロスドメイン通信を可能にします。低レイテンシ性能、小型フォーム ファクタの統合、コスト効率に優れた堅牢性を兼ね備えた TXG 製品ラインアップを活用することで、設計者はグランドドメインの相互作用を効果的に管理できると同時に、次世代の車載システムのスケラビリティ、信頼性、アーキテクチャの柔軟性を向上させることができます。

7 参考資料

1. テキサス インスツルメンツ、『[グラウンド レベル トランスレータ 製品ラインアップ](#)』、製品ラインアップ。
2. テキサス インスツルメンツ、『[TXG804x-Q1 4 ビット、±80V グラウンド レベル トランスレータ](#)』データシート。
3. テキサス インスツルメンツ、『[TXG802x-Q1 2 ビット、±80V グラウンド レベル トランスレータ](#)』データシート。
4. テキサス インスツルメンツ、『[TXG8010-Q1 1 ビット、±80V グラウンド レベル トランスレータ](#)』、データシート。
5. テキサス インスツルメンツ、『[TXG8122-Q1 I2C 用 ±80V 双方向グラウンド レベル トランスレータ](#)』、データシート。
6. テキサス インスツルメンツ、『[TXG404x-Q1 4 ビット、±40V グラウンド レベル トランスレータ](#)』データシート。
7. テキサス インスツルメンツ、『[TXG402x-Q1 12 ビット、±40V グラウンド レベル トランスレータ](#)』データシート。
8. テキサス インスツルメンツ、『[TXG104x-Q1 4 ビット、±10V グラウンド レベル トランスレータ](#)』、データシート。
9. テキサス インスツルメンツ、『[TXG102x-Q1 12 ビット、±10V グラウンド レベル トランスレータ](#)』、データシート。
10. テキサス インスツルメンツ、『[不均等なグラウンドの場合: 新たなグラウンド レベル トランスレータでオフセットの課題に対処](#)』、技術記事。
11. テキサス インスツルメンツ、『[すべてのグラウンドが 0V であるとは限らない](#)』、アプリケーション概要。
12. テキサス インスツルメンツ、『[TI の最新グラウンド レベル トランスレータ](#)』、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、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、

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