

Technical Article

接地電位不均？以新型的接地電平轉換器解決偏移挑戰



隨著系統越來越精巧、有效率和模組化，設計人員也面臨了管理不同電壓域間通訊的新挑戰。主要範例為 $<100V_{DC}$ 架構的興起，其中包括電動車 (EVs)、機器人和能源儲存系統中的 48V 系統。這些架構可避免高電壓設計的複雜性，同時有效維持電力輸送，實現更小，更整合的設計。與這一趨勢同時，模組化的設計原則也在不斷崛起——為特定功能量身定制的優化，可互換的組件。例如，電動工具等消費產品通常都需仰賴單一可互換電池，因此可更輕易的為多個裝置充電和管理。

隨著模組化低電壓系統越來越受歡迎，新的整合挑戰也隨之出現：在不同電壓域和接地域間實現流暢通訊。TI 的 $\pm 80V$ 接地電平轉換器（如圖 1 所示）支援 1.71V 至 5.5V 的電壓轉換，適用於具不同接地電位的系統，有助於達成可靠、精巧且具擴展性的系統設計。

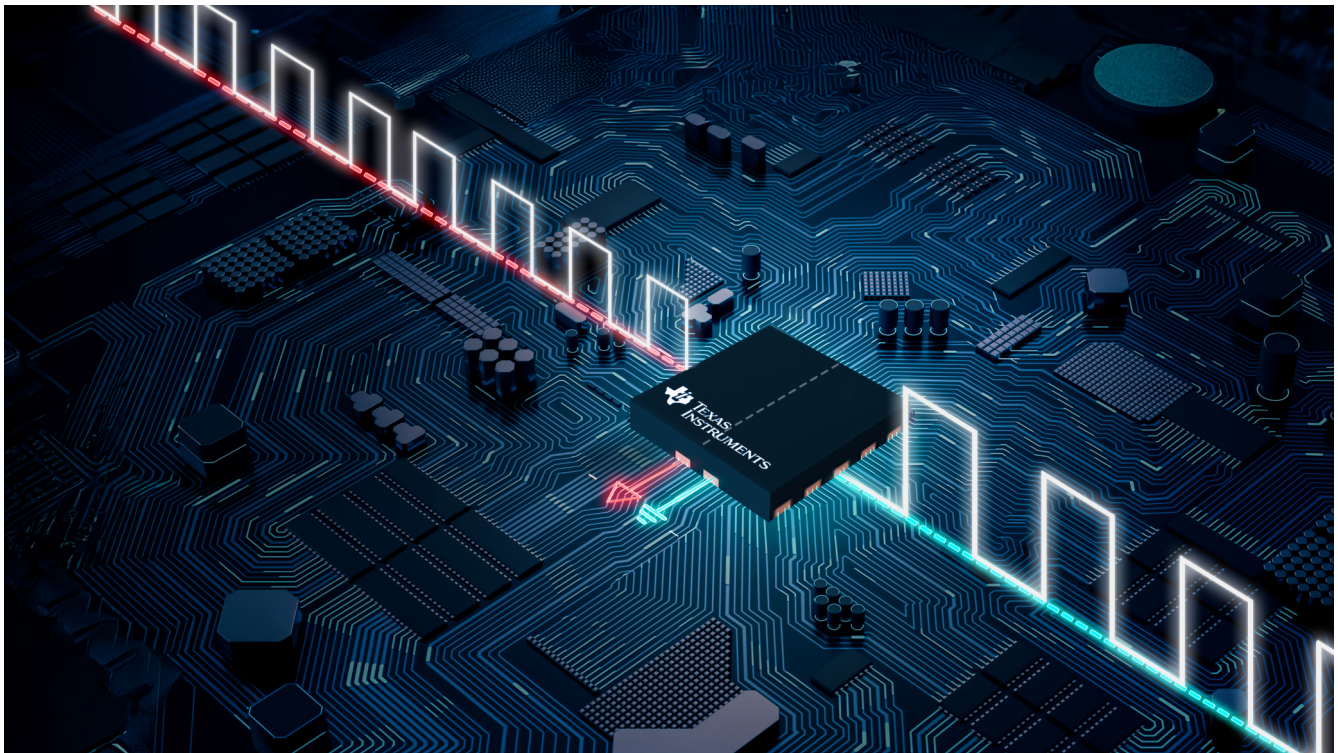


圖 1. $\pm 80V$ 接地電平轉換器可橋接不同的接地域

為解決低於 80V 電壓範圍的接地偏移，設計人員傳統上會使用電隔離或離散位準移位器，但兩者都需在複雜性、尺寸和成本上做取捨：

- 電隔離器不僅昂貴、體積龐大，且在資料速率和時序性能上通常受到限制。表 1 下方說明了此解決方案與接地電平轉換器之間的差異。
- 離散位準移位器可處理單向低速訊號，但其可靠性有限，且不利於系統擴展。雖然成本低，但解決方案尺寸約為 $10mm^2$ 至 $20mm^2$ 。

表 1. 接地電平轉換器與電隔離器的比較表

參數	接地電平轉換器	數位隔離器	光耦合器
資料速率	250Mbps	100Mbps	<1Mbps
傳播延遲 (典型值)	3 ns	10 ns	100 ns
通道 - 通道偏斜 (典型值)	0.2 ns	3 ns	10 ns
體積 (4 通道)	4mm ²	29mm ²	76mm ²
每通道成本	低等	更高	低等
最佳化	<80V 接地偏移	高電壓系統與安全認證	高電壓系統與安全認證

接地偏移的挑戰

模組化設計中的子系統利用自己的電壓和接地參考運作。但當這些系統結合在一起時，即使接地電位的微小差異也可能造成訊號完整性問題和通訊錯誤。如在圖 2 和圖 3 中所見，接地偏移可能來自 DC 移位或 AC 接地雜訊。

DC 接地偏移

電壓差異可能會因導線電阻或長纜線而產生。在多電壓域系統中，一個電壓域可能會因局部負載電流或不對稱接地拓撲的影響，而「浮動」至高於或低於另一電壓域數伏特。其中一個子系統可能以短而寬的導線連接至主接地，而另一子系統則以長而細的導線連接至接地平面。

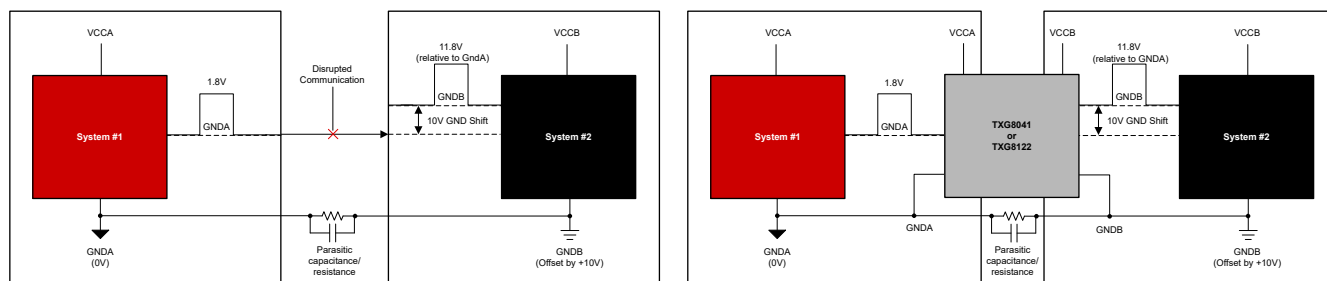


圖 2. 使用接地電平轉換器解決系統間的 DC 接地偏移

AC 接地雜訊

在數位、類比和電源電路共存的混合訊號系統中，AC 接地雜訊很常見。在電源端，此雜訊來自切換電源元件所產生的大量且快速變化的回流電流。在數位電路端，高速訊號轉換會將暫態電流注入數位接地。這些波動可能會改變局部的接地電位，進而干擾假設有共用接地參考的子系統之間的通訊。

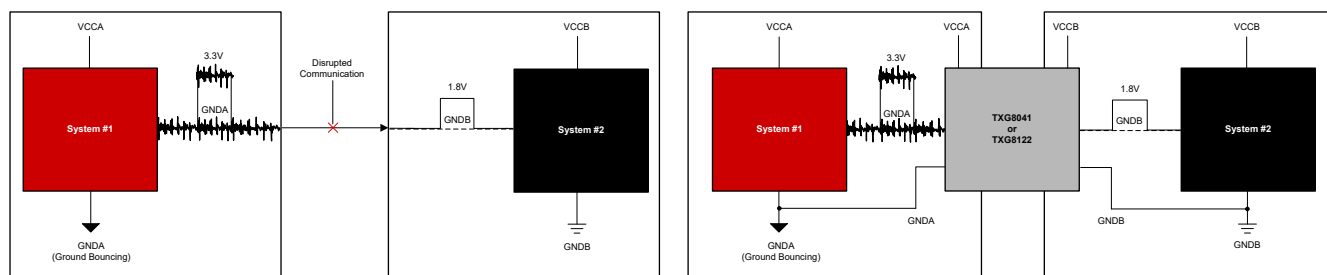


圖 3. 使用接地電平轉換器解決系統間的 AC 接地雜訊

專為低電壓系統設計的接地電平轉換器

TI 的 **接地電平轉換器** 支援 1.71V 至 5.5V 的 I/O 電壓位準移位，並可處理高達 $\pm 80V$ 的 DC 接地偏移與在 1MHz 下高達 140Vpp 的 AC 雜訊拒斥，且尺寸只有 1/7，成本也只有更複雜解決方案的一半。TXG8041 支援具 <5ns 傳播延遲和 0.35ns 通道間偏斜的推拉輸出，可快速處理資料，以在系統間以高達 250Mbps 的速度進行即時通訊。TXG8122 支援包括 I²C 在內的汲極斷路配置，消耗的功耗僅為現有解決方案的一半，可將功耗降到最低，以延長電池壽命並減少熱負載。這些轉換器透過小至 2.25mm² 的外型尺寸封裝提供精巧外型，並透過多種通道類型和配置實現可擴展性。

48V 架構中的應用

隨著 48V 架構與 EV 製造商的合作不斷增強，電子設計以最新的國際標準化組織 21780 標準為後盾，該標準要求進行接地偏移特定測試，確保在不同接地電位下運作的裝置間能進行可靠通訊。在這類系統中，以 48V 運作的控制模組可能需要與 12V 感測器通訊，即便因電路佈局或負載條件造成數伏特的接地位移，也必須確保通訊穩定可靠。

TXG8041 可支援跨越接地電位差異（高達 $\pm 80V$ ）的系統通訊，涵蓋 48V 電池系統可能出現的暫態偏移，並具備高速資料速率與低傳播延遲，能有效支援高速 SPI 通訊需求。如圖 4 中所示，接地電平轉換器採用單通道最小 2.25mm^2 封裝，四通道配置最小 4mm^2 封裝，體積遠小於一般電隔離器。

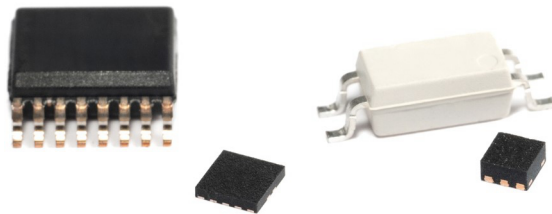


圖 4. 左圖為採用 4mm^2 SON 封裝的 TXG8041，相較於尺寸大 7 倍、佔地面積為 29mm^2 的電隔離器；右圖為採用 2.25mm^2 SON 封裝的 TXG8010，相較於尺寸大 8 倍、佔地面積為 19mm^2 的光耦合器。

啟用電池組監控

電池供電系統（如家電、電動腳踏車與儲能系統）日益採用堆疊式電池監控器，以支援更高電壓與更長的運行時間。在這些架構中，每個監視器都會測量一部分的堆疊。最上層的監控器通常以接近整組電池電壓一半的接地參考運作（例如 24V），因此其接地電位與系統微控制器 (MCU) 不同，導致無法直接通訊。這種刻意設計的拓撲結構會產生接地偏移。TXG8122 可進行 I²C 通訊，通常用於 MCU 和電池監控器之間的通訊。此裝置也可在靜態匯流排情況下也能降低功耗，而其 4mm^2 體積有助於小型化，並可彈性整合至模組化系統。

結論

系統間的接地偏移一直存在，但隨著低電壓模組化架構逐漸受到重視，這種情況也越來越普遍。TI 的 $\pm 80V$ 接地電平轉換器提供了解決此挑戰的簡單解決方案，可透過 SPI 或 I²C 等介面，在不同接地電平間進行電壓轉換現在，您可以可用遠低於傳統方案的體積與成本運用這項技術，實現最高 2 倍的效能提升，同時確保訊號完整性與系統穩定運行。

其他資源

- 請閱讀應用說明，[並非所有接地都是 0V](#)。
- 開始使用 TXGx04x 4 通道接地電平轉換器[評估模組](#)。
- 了解我們[全新的一級電平轉換器產品組合](#)。
- 請查看應用說明，[使用類比開關取代光繼電器時的主要電壓設計考量](#)。

重要聲明與免責聲明

TI 均以「原樣」提供技術性及可靠性數據（包括數據表）、設計資源（包括參考設計）、應用或其他設計建議、網絡工具、安全訊息和其他資源，不保證其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的擔保，包括但不限於對適銷性、適合某特定用途或不侵犯任何第三方知識產權的暗示擔保。

所述資源可供專業開發人員應用 TI 產品進行設計使用。您將對以下行為獨自承擔全部責任：(1) 針對您的應用選擇合適的 TI 產品；(2) 設計、驗證並測試您的應用；(3) 確保您的應用滿足相應標準以及任何其他安全、安保或其他要求。

所述資源如有變更，恕不另行通知。TI 對您使用所述資源的授權僅限於開發資源所涉及 TI 產品的相關應用。除此之外不得複製或展示所述資源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知識產權授權許可。如因使用所述資源而產生任何索賠、賠償、成本、損失及債務等，TI 對此概不負責，並且您須賠償由此對 TI 及其代表造成的損害。

TI 的產品均受 [TI 的銷售條款](#) 或 [ti.com](#) 上其他適用條款，或連同這類 TI 產品提供之適用條款所約束。TI 提供所述資源並不擴展或以其他方式更改 TI 針對 TI 產品所發布的可適用的擔保範圍或擔保免責聲明。

TI 不接受您可能提出的任何附加或不同條款。

郵寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](#) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated