

Technical Article

光電模擬器說明：為何您應該升級光耦合器技術



Luke Trowbridge



光耦合器又稱為光電耦合器、光隔離器和光學隔離器，長久以來，設計人員都會選用光耦合器以對系統訊號進行電氣隔離。自從約 1970 年代起，這類半導體裝置就在為工業與車用終端設備提供安全隔離上，發揮了重要作用。然而，雖然已有重大進步，但其電氣特性、高電壓可靠性與整合能力方面的進展，卻似乎面臨限制，促使設計人員著手探索替代方案。

如電容隔離和磁隔離等技術興起成為替代方案，因為相較於光耦合器，前述技術可提供更佳的整體性能。從 2000 年代初期起，德州儀器 (TI) 即投資發展以二氧化矽 (SiO_2) 為基礎的數位隔離技術，以提供數位隔離器產品，這類產品不但可提供與光耦合器相同的功能，更具有數項獨到優勢。

消弭落差：光電模擬器介紹

德州儀器的光電模擬器將傳統光耦合器的優勢，以及 TI 的 SiO_2 為基礎的隔離技術優勢，集結於一身。光電模擬器與業界最熱門的光耦合器引腳對引腳相容，不但有助於跟現有設計無縫整合，同時還可提供同等的訊號行為。從設計工程師的角度看來，這些產品的外觀與行為就像光耦合器一樣，但其運用了 TI 的 SiO_2 技術來實現隔離層。由於隔離層能有效阻隔高電壓訊號及防止接地迴路，進而確保系統安全與穩定性，如此一來，您就能運用 SiO_2 隔離的優勢，包括經強化的電氣特性、更佳的高電壓穩定性，以及可整合額外系統功能的潛力。我們的目標是透過打造這類半導體產品，為您提供兩全其美的選擇。

傳統的光耦合器使用 LED，以跨越隔離層傳輸數位或類比資訊，且由另一側的光電晶體偵測訊號；請參閱圖 1。眾所周知，用於光耦合器中的 LED，會隨其使用壽命經過而出現老化或劣化效應。LED 的這種屬性不但是讓系統設計人員大感頭痛的部分，也是 TI 最常聽到的抱怨。此外，用於光耦合器中的絕緣材質，則是從僅利用空氣，到使用環氧樹脂或模封材料等，各有不同。表 1 清楚顯示光耦合器與使用 SiO_2 介電之光電模擬器間的隔離強度差異。

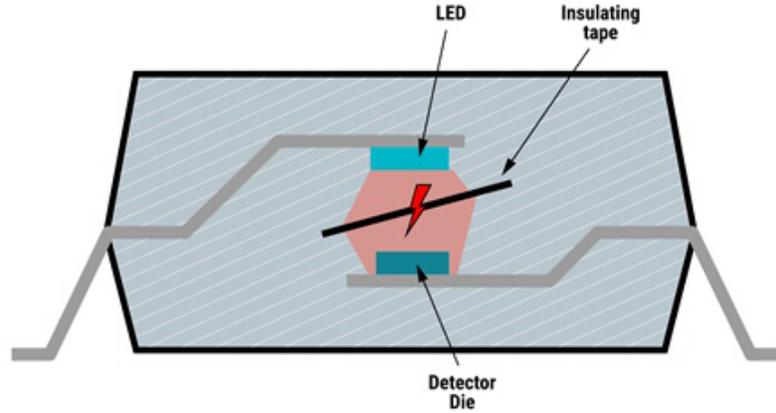


图 1. 典型光耦合器構造

表 1. 不同絕緣材質的介電強度

絕緣材質	技術	介電質強度
空氣	光耦合器	~1V _{RMS} /μm
環氧樹脂	光耦合器	~20V _{RMS} /μm
充填氧化矽的模封材料	光耦合器	~100V _{RMS} /μm
SiO ₂	光電模擬器	~500V _{RMS} /μm

光電模擬器使用 TI 的 SiO₂ 為基礎的隔離層來實現訊號隔離，因此使用光電模擬器，即可一併避免這些常見的光耦合器隱患。图 2 顯示 TI 光電模擬器的內部構造，其會在發射和接收電路上模擬傳統光耦合器的功能行為，而 SiO₂ 則會提供高電壓隔離。

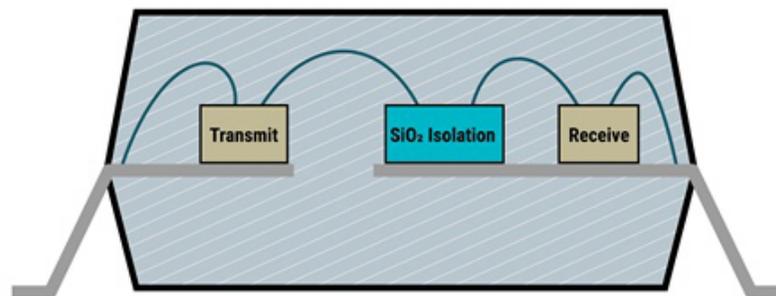


图 2. TI 數位隔離器的構造

光電模擬器的優勢

光電模擬器整合進階隔離技術，以克服與傳統光耦合器相關的限制，進而實現卓越效能和可靠性。現在讓我們來探討光電模擬器的數項優勢：

減少功耗

傳統光耦合器需要經過事先複雜設計，才能對 LED 難以避免的老化效應進行補償，而這在設計生命週期期間需要額外的正向電流 (I_F)。TI 光電模擬器則能提供大幅降低的 I_F 和供應電流，讓您省下多達 80% 的功率預算。

更好的共模瞬態抗擾度 (CMTI)

常見的數位光耦合器代表具備約 15kV/ μ s 的 CMTI，而 ISOM8710 的最低 CMTI 為 125kV/ μ s，因此可用於具備極高共模切換雜訊或高振鈴雜訊的應用。

穩定且範圍小的電流傳輸比 (CTR)。

您不再需要為了實現更小的 CTR 範圍而支付額外成本。如 ISOM8110 等 TI 光電模擬器標配提供多種狹小 CTR 範圍，可在溫度範圍內維持穩定。

快速的資料傳輸速率。

典型高速光耦合器支援的資料傳輸速率為 1Mbps 至 10Mbps，而 ISOM8710 則可支援 25Mbps。這種支援能力可實現更高處理能力，並且也讓光電模擬器能用於各種高速應用。

降低正向觸發器電流

雖然大多數光 MOS 光耦合器都需要透過 1mA 進行控制，但如 ISOM8610 等 TI 光電模擬器開關可支援僅透過陽極 / 陰極引腳進行 0.8mA 電流的應用。

頻寬

ISOM8110 支援 680kHz 的高頻寬，能縮減強制性磁性元件 (電感器和變壓器) 的尺寸。高頻寬能實現更佳的二次側穩壓返馳式轉換器暫態響應。更佳的暫態響應有助於縮減輸出電容器的尺寸、釋出電路板空間，並減少整體系統成本，在高切換頻率的氮化鎵設計中更是如此。

廣泛的溫度範圍：

光耦合器平均支援的溫度範圍為 0°C 至 +85°C。雖然部分光耦合器可支援更廣泛的溫度範圍，但必須支付額外成本才能享有該功能。TI 光電模擬器標配支援廣達 -55°C 至 +125°C 的溫度範圍，且在 2024 年將會提供更多符合汽車認證的產品。

可靠的隔離

光電模擬器具備更佳的高電壓能力，讓其適用於需要可靠隔離的應用。TI 光電模擬器運用 SiO₂ 實現隔離層，可提供 500V/ μ m 的隔離。此效果比市面上許多光耦合器所使用的空氣 (1V/ μ m) 更為強大。

結論

光電模擬器代表訊號隔離技術出現重大進展，其將大家對光耦合器的通曉，以及以 SiO_2 為基礎的隔離優勢，集結於一身。這類裝置可協助您滿足現代化系統的需求，確保獲得強化的性能、可靠性和安全。運用光電模擬器，您即可將設計最佳化，並迎接隔離技術的新世代。

其他資源

若您已準備好將設計升級至光電模擬器，歡迎試用 [TI 的交互參考搜尋](#)，您可在此處上傳目前設計中使用的光耦合器，並尋找相符的合適光電模擬器。

詳閱白皮書「[以可靠且經濟實惠的隔離技術解決高電壓設計難題](#)」，應用說明，「[光電模擬器簡介](#)」及[光電模擬產品組合](#)頁面。

註冊商標

所有商標皆屬於其各自所有者之財產。

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](https://www.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