

Technical Article

光耦仿真器释疑：为何要升级光耦合器技术



Luke Trowbridge



光耦合器又称光电耦合器、光电隔离器和光隔离器，长期以来一直是设计人员寻求系统信号电气隔离的一种选择。自 20 世纪 70 年代以来，这些半导体器件在为工业和汽车终端设备提供安全隔离方面发挥着重要作用。然而，尽管这类器件已经取得了长足的进步，但在电气特性、高压可靠性和集成能力方面似乎存在一定的限制，这促使设计人员探索其他替代方案。

于是，各种替代方案便开始不断涌现，比如电容隔离和磁隔离等技术，这些技术提供了比光耦合器更出色的整体性能。自 21 世纪初以来，德州仪器 (TI) 一直在投资开发基于二氧化硅 (SiO_2) 的数字隔离技术，并推出了一些数字隔离器产品，这些产品具有与光耦合器相同的功能，并且还带有一些独特的优势。

缩小差距：光耦仿真器简介

德州仪器 (TI) 的 **光耦仿真器** 融合了传统光耦合器的优势和 TI 基于 SiO_2 的隔离技术的优势。光耦仿真器与业内最常见的光耦合器引脚对引脚兼容，有助于无缝集成到现有设计中，同时提供相同的信号行为。从设计工程师的角度来看，这些产品在外观和行为上都与光耦合器相似，但采用了 TI 的 SiO_2 技术来实现隔离栅。隔离栅能有效地阻止高压信号并防止接地回路，确保系统的安全性和稳定性，使您能够充分利用 SiO_2 隔离的优势，包括增强的电气特性、更出色的高压可靠性以及集成额外系统功能的潜力。通过开发这类半导体产品，我们的目标是为您提供两全其美的选择。

传统的光耦合器使用 LED 来跨隔离栅传输数字或模拟信息，而光晶体管则在另一侧检测信号；请参阅图 1。众所周知，光耦合器中使用的 LED 会在其使用寿命内随时间推移而出现老化或劣化效应。LED 的这一特性给系统设计人员带来了很大的麻烦，也是我们在 TI 最常收到的投诉。此外，光耦合器中使用的绝缘材料种类繁多，从空气到环氧树脂或模塑化合物等等。表 1 清楚地展示了光耦合器与采用 SiO_2 电介质的光耦仿真器在隔离强度上有什么区别。

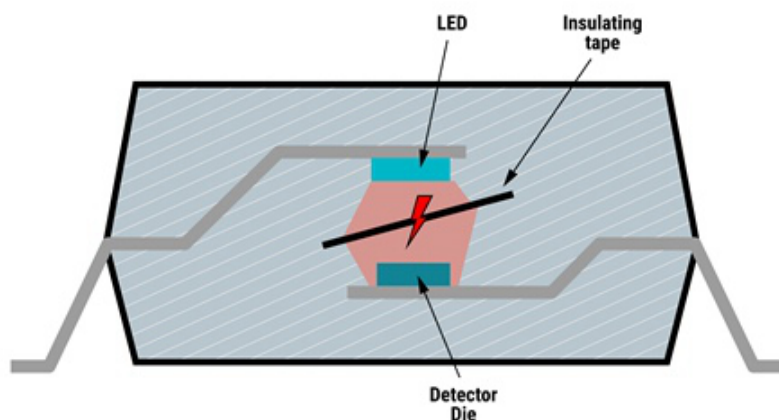


图 1. 典型的光耦合器结构

表 1. 各种绝缘材料的介电强度

绝缘材料	技术	介电强度
空气	光学耦合器	$\sim 1V_{RMS}/\mu m$
环氧树脂	光学耦合器	$\sim 20V_{RMS}/\mu m$
二氧化硅填充的模塑化合物	光学耦合器	$\sim 100V_{RMS}/\mu m$
SiO ₂	光耦仿真器	$\sim 500V_{RMS}/\mu m$

光耦仿真器使用 TI 基于 SiO₂ 的隔离栅来实现信号隔离，可以避免这两个常见的光耦合器问题。图 2 展示了 TI 光耦仿真器的内部结构，其中在发送和接收电路上模拟了传统光耦合器的功能行为，同时 SiO₂ 提供了高压隔离。

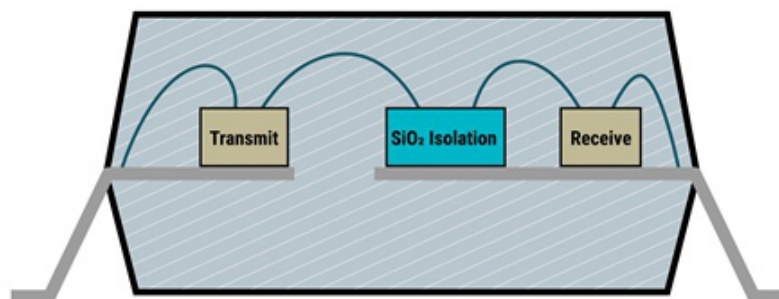


图 2. TI 数字隔离器的结构

光耦仿真器的优势

通过整合先进的隔离技术，光耦仿真器能够克服与传统光耦合器相关的限制，实现出色的性能和可靠性。我们来讨论一下光耦仿真器的几个优势：

更低功耗

传统的光耦合器需要预先进行超裕度设计，以帮助补偿 LED 不可避免的老化效应，因此需要在设计的整个寿命期间提供额外的正向电流 (I_F)。TI 的光耦仿真器具有超低的 I_F 和电源电流，能够帮助您节省高达 80% 的功率预算。

更高的共模瞬态抗扰度 (CMTI)

数字光耦合器的 CMTI 通常约为 15kV/ μ s，而 ISOM8710 的最小 CMTI 为 125kV/ μ s，因此可以在具有超高共模开关噪声或高振铃噪声的应用中使用。

稳定且精确的电流传输比 (CTR)

不必再为获得更精确的 CTR 范围而支付额外费用。ISOM8110 等 TI 光耦仿真器标配各种在温度范围内保持稳定的精确 CTR 范围。

高数据速率

典型的高速光耦合器支持 1Mbps 至 10Mbps 的数据速率，而 ISOM8710 支持 25Mbps 的数据速率。这种支持能够实现更高的吞吐量，使光耦仿真器能够在各种高速应用中使用。

较低的正向触发电流

虽然大多数 photoMOS 光耦合器需要通过 1mA 的电流进行控制，但 ISOM8610 等 TI 光耦仿真器开关可以支持仅通过阳极/阴极引脚提供 0.8mA 电流的应用。

带宽

ISOM8110 支持 680kHz 的高带宽，因此能够缩小必要磁性元件（电感器和变压器）的尺寸。高带宽有助于改善次级侧调节反激式转换器的瞬态响应。而由于瞬态响应得到改善，因此可以缩小输出电容器的尺寸，从而释放电路板空间并降低整体系统成本，尤其是在高开关频率的氮化镓设计中。

宽温度范围

光耦合器支持的温度范围通常为 0°C 至 +85°C。虽然有些光耦合器支持更宽的温度范围，但这一特性会增加额外的成本。TI 的光耦仿真器标配支持 -55°C 至 +125°C 的宽工作温度范围，并且在 2024 年将提供更多符合汽车标准的器件。

可靠隔离

光耦仿真器具有更高的高压性能，因此非常适合需要可靠隔离的应用。TI 的光耦仿真器采用 SiO₂ 来实现绝缘栅，可提供 500V/ μ m 的隔离能力，这远远超过市场上许多光耦合器中使用的空气介质 (1V/ μ m)。

结语

光耦仿真器代表着信号隔离技术的重大进步，它将熟悉的光耦合器功能与 SiO_2 隔离技术的优势融为一体。借助这些器件，您能够满足现代系统的需求，确保性能、可靠性和安全性得到增强。通过充分利用光耦仿真器，您可以优化设计，迎接隔离技术的新时代。

其他资源

如果您已准备好升级设计来采用光耦仿真器，可以尝试使用 [TI 的交叉参考搜索](#) 工具。通过该工具，您可以上传当前设计中使用的耦合器，从而找到匹配的合适光耦仿真器。

阅读白皮书《[利用可靠且性价比高的隔离技术应对高压设计挑战](#)》、应用手册《[光耦仿真器简介](#)》和 [光耦仿真器产品组合](#) 页面。

商标

所有商标均为其各自所有者所有。

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司