

Application Note

使用 TI 光耦仿真器实现高速和高可靠性数字输出应用



Xiaoying Lu, Andrew Jackiw

摘要

数字输出模块广泛用于 PLC、电机驱动器、机器人和机器自动化的工业自动化应用。乍一看，数字输出模块是一款简单的器件，可将逻辑电平信号转换为负载或特定的传感器通信协议。仔细观察后发现，现代系统对 DO 模块提出了更高的要求，以实现灵活性、可扩展性、低功耗、简单性和更小的尺寸，同时需要可靠性和稳健性来延长自动化系统的寿命。TI 的光耦仿真器 ISOM86x0 具有强大的隔离技术和对称 80V 输出开关，可直接替代业界通用光继电器，实现引脚对引脚升级。ISOM86x0 系列凭借超低关断状态泄漏和输入触发电流、快速响应时间和更宽的温度范围（-55°C 至 +125°C）提高了性能。而且，还提高了 EMC 稳健性，可承受高达 70V 的输出阻断电压，抗浪涌脉冲高达 10kV，并可承受 7kV ESD 影响。本应用手册讨论了如何有效利用 ISOM8600 和 ISOM8610 的不同特性来更最大限度地提高系统优势。

内容

1 PLC/DCS、电机驱动器和机器人中的数字输出	2
1.1 灌电流和拉电流输出：支持双向运行.....	2
1.2 PLC/DCS.....	3
1.3 电机驱动器.....	3
1.4 机器人.....	3
2 驱动继电器（电感负载）的设计过程	4
2.1 机械继电器简介.....	4
2.2 ISOM8600 设计示例.....	4
2.3 基于 ISOM8600 和继电器的测试结果.....	4
3 ISOM86x0 优势	8
3.1 隔离技术.....	8
3.2 光耦仿真器信号链.....	9
4 总结	10
5 参考资料	10

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 PLC/DCS、电机驱动器和机器人中的数字输出

1.1 灌电流和拉电流输出：支持双向运行

在传统 PLC 和电机驱动应用中，数字输出模块通常支持灌电流模式和拉电流模式。数字输出级使用光晶体管等分立式元件实现隔离，使用分立式晶体管增加输出拉电流/灌电流，还使用桥式整流器级启用支持拉电流和灌电流的输出。整个设计体积庞大，通常需要额外功率来补偿使用寿命。

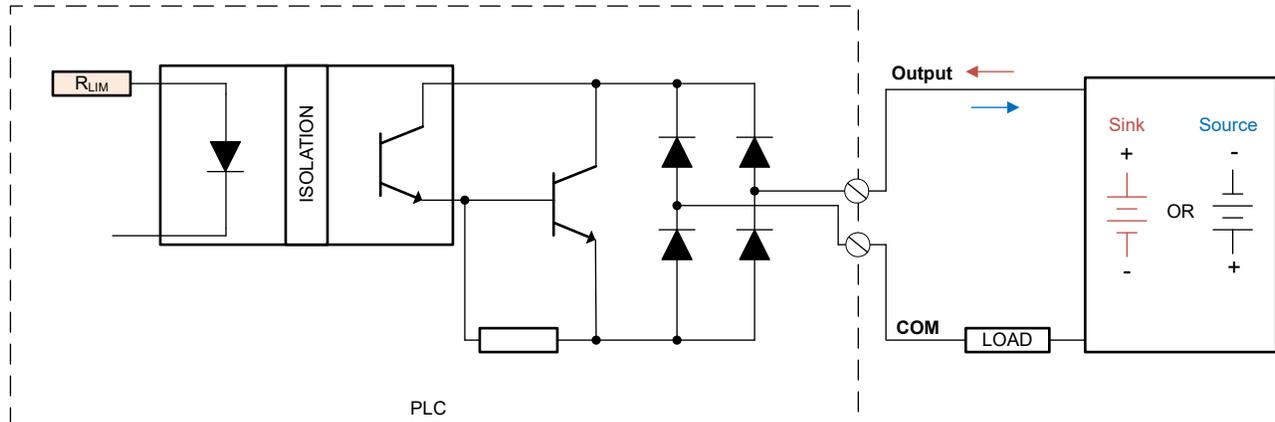


图 1-1. 采用分立式实施的典型数字输出级

然而，ISOM8600 更小巧，更容易取代分立式实施方案，此器件在导通状态下支持 150mA 双向拉电流和灌电流输出，在关断状态下阻断电压高达 80V。ISOM8600 在建议运行条件下使用时可轻松用作 80V 隔离开关。

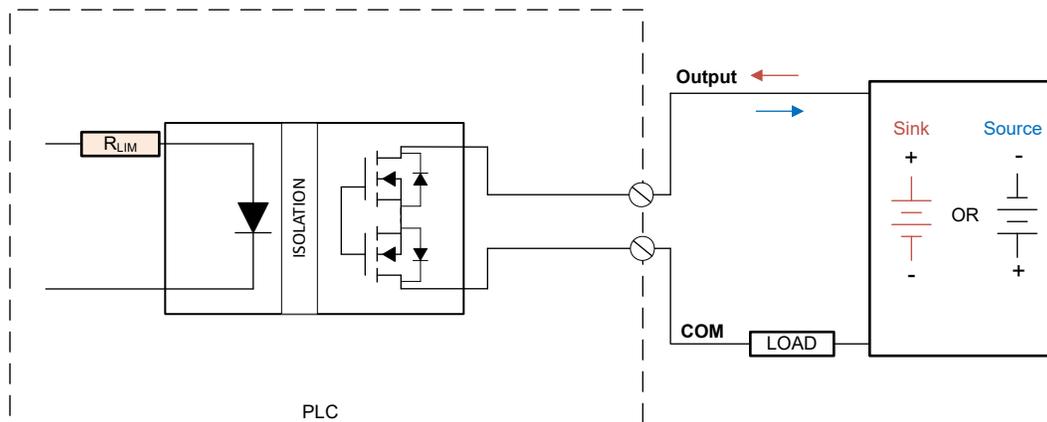


图 1-2. 使用 ISOM8600 的建议数字输出级实施

1.2 PLC/DCS

ISOM86x0 可用于 PLC/DCS 中的模块，包括典型数字输出、安全 I/O、传感器位置接口（生成脉冲输出）、电机驱动器等。在典型输出电流小于 150mA 和 24V 输出电压时，ISOM86x0 是上述应用的良好选择（[数字输出模块应用信息](#)）。

1.3 电机驱动器

在电机驱动应用中，数字输出通常用于以下功能：

1. 连接到 PLC 的隔离式输出，用于指示故障、运动或其他信号。
2. 驱动外部继电器、执行器或指示灯。
3. 其他信号输出，如线路驱动器和连接到编码器的集电极开路输出。

ISOM86x0 系列非常适合前两个功能，而最后一个功能通常可以通过隔离式 RS-485 收发器或者带有数字隔离器的 RS-485 收发器或高速光耦仿真器（伺服和步进驱动器应用信息）来支持。

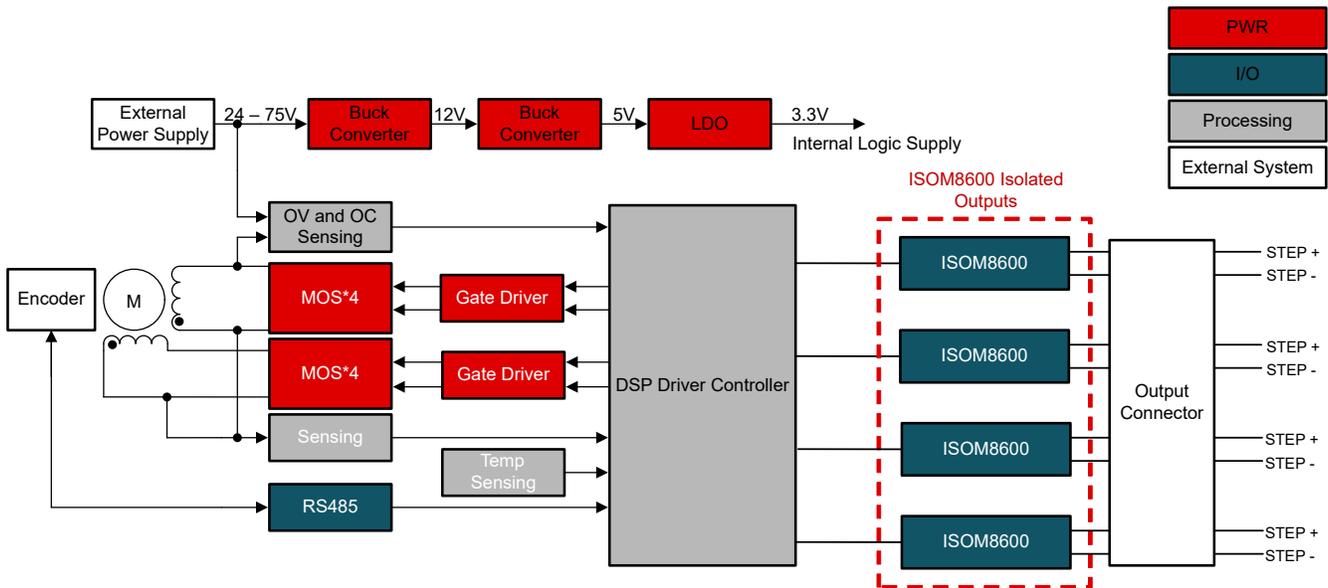


图 1-3. 典型步进电机驱动器方框图

1.4 机器人

与 PLC 和电机驱动器类似，机器人设计也使用数字 I/O 模块实现以下功能：

1. 与功能安全标准（如安全转矩关闭 (STO)、备用错误、速度限制等）相关的传输信号。
2. 驱动外部继电器。
3. 驱动 LED 和其他标准 I/O 信号。

机器人应用与电机驱动器有许多常见用例。具体而言，由于当前类型的输入，光耦仿真器是 STO 机器人应用的理想器件。这使安全电路在没有本地电源的情况下保持激活状态，并保持高使用寿命和对输入信号的快速响应（[机器人安全模块应用信息](#)）。

2 驱动继电器 (电感负载) 的设计过程

2.1 机械继电器简介

机械继电器是一种机电设备，使用电感线圈来移动机械触点。继电器通常在功率级中用于连接或断开功率级和电压轨。ISOM8600 等固态继电器用作电感线圈的中间驱动器，不能由低电流 MCU GPIO 驱动。

2.2 ISOM8600 设计示例

ISOM86x0 的输入侧由电流驱动。如 图 1-2 所示，用户可以将 R_{LIM} 与输入端串联，以限制流入 AN 引脚的电流。根据 ISOM8600 的建议运行条件 (0.8mA 至 20mA)，选择 R_{LIM} 以设置输入电流导通阈值。

计算给定输入电压 (V_{IN}) 和所需输入正向电流 (I_F) 下 R_{IN} 的公式如公式 1 所示，其中 V_F 是 ISOM8610 输入正向电压的最大规格：

$$R_{LIM} = V_{IN} - V_F / I_{F_MAX} \quad (1)$$

例如，当输入电压为 24V，所需 I_F 为 2mA 时， R_{LIM} 的计算公式如下：

$$R_{LIM} = 24V - 1.5V / 2mA = 11.25k\Omega \quad (2)$$

2.3 基于 ISOM8600 和继电器的测试结果

设计中的一个重要考虑因素是驱动继电器或电感负载时输出的 V_{OFF} 。ISOM8600 支持最高 $V_{OFF} = 80V_{DC}$ 的电压；然而，当 ISOM8600 输出停止驱动继电器线圈时，续流电压 (或反电动势) 会导致高达 $150V_{PK}$ 的瞬态。因此，需要额外的保护来应对这一挑战。

当输出 (P1 和 P2) 开启时，24V 电源的能量存储在机械继电器线圈中。反电动势是输出 (P1 和 P2) 关闭时出现在引脚 4 上的释放线圈能量。

选择了两种常见的机械继电器来测试 图 2-1 中的电路，以便演示这一挑战。第一个测试展示了机械继电器产生的续流电压。

2.3.1 测试 1 : 无保护功能

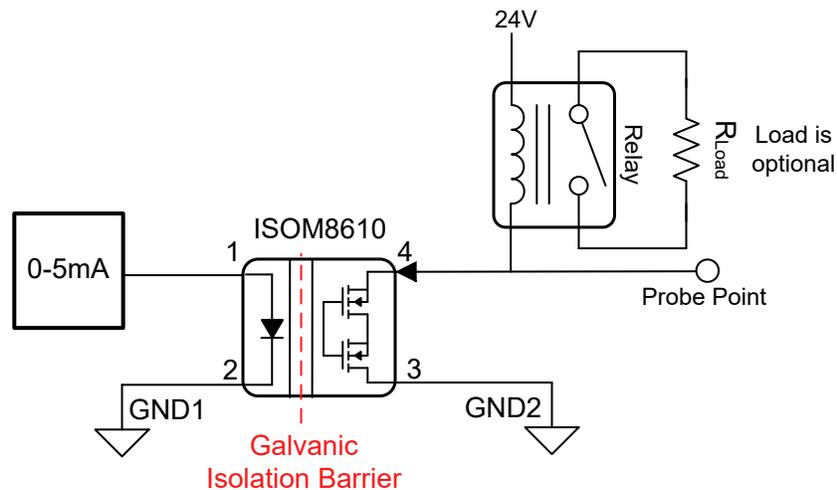


图 2-1. 测试电路 1 - 无保护

构建了 图 2-1，示波器将在第一个下降沿触发。ISOM8600 的输入使用 5mA 电源电流进行驱动。当输入关闭时，捕获到瞬态。

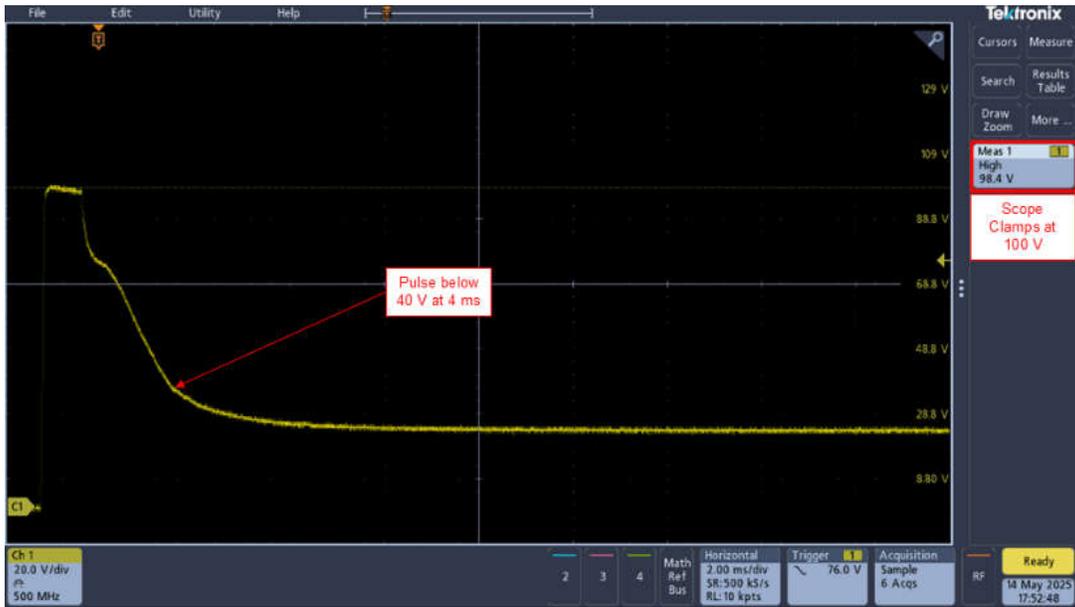


图 2-2. 电路 1 的反电动势

示波器探头保护电路会导致钳位在 100V，但瞬态超过 ISOM8600 的 V_{OFF} 建议值 (高于 40V)。为了保持 ISOM8600 的寿命可靠性，我们需要考虑使用保护电路来限制反电动势。

2.3.2 测试 2 : 电容滤波器

第二个测试利用 $1\ \mu\text{F}$ 电容器来滤除瞬态。电容滤波器 (图 2-3) 成功降低了瞬态的高电平；但是，瞬态高于 40V 的时间从 4ms 延长到 10ms。电容滤波器会增加瞬态的持续时间，并且不会主动钳制脉冲。这对某些应用来说可能无法实现。

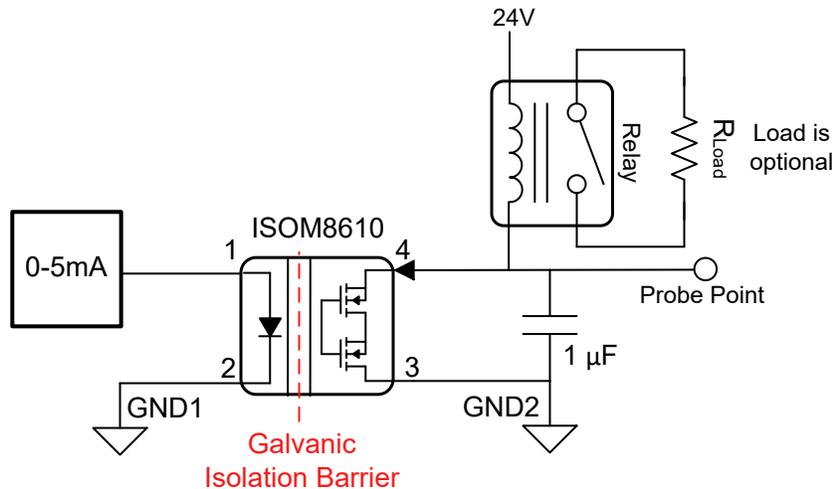


图 2-3. 测试电路 2 - 电容式滤波器

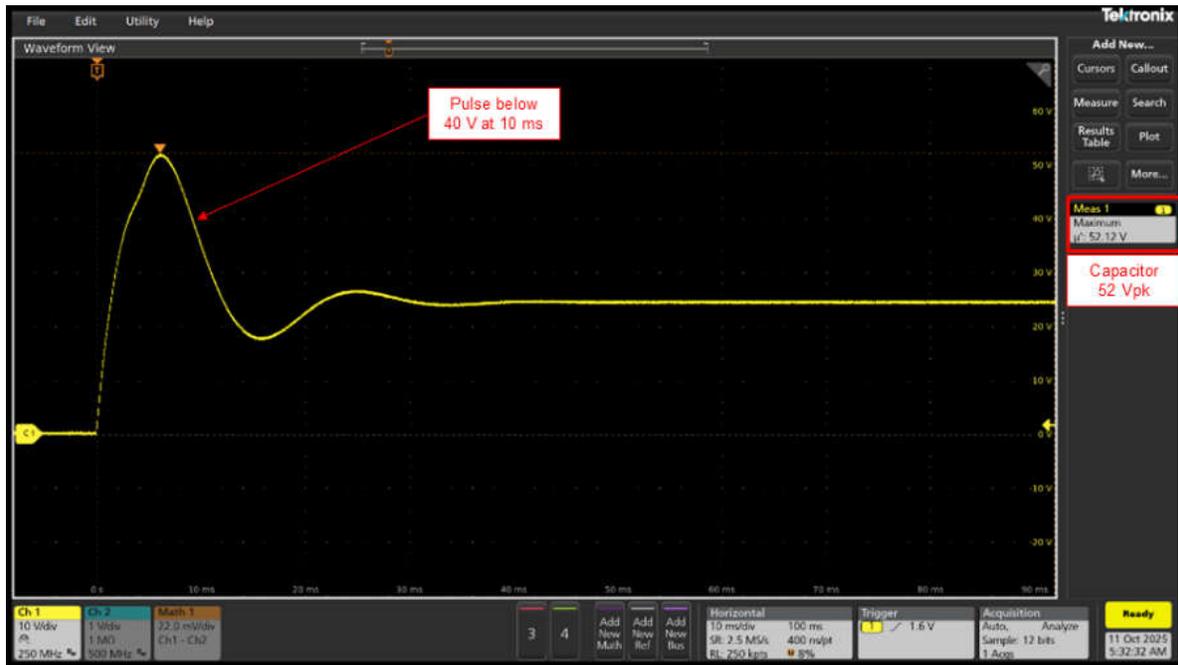


图 2-4. 电路 2 的反电动势

2.3.3 测试 3 : 齐纳有源钳位二极管

第三个测试使用齐纳二极管将瞬态电压钳制在 40V 以下。在钳位电压 ($V_Z = 39V$) 低于 ISOM8600 的 V_{OFF} (40V) 时, 选择 BZX84C39VDBZR。由于瞬态高能量和持续时间, 因此选择了齐纳二极管而不是 TVS。

齐纳二极管焊接到 ISOM8600 引脚 4 和 3, 并重复测试。如 图 2-5 所示, 齐纳二极管在瞬态期间钳位到 40V, 并且不会延长时间常数。

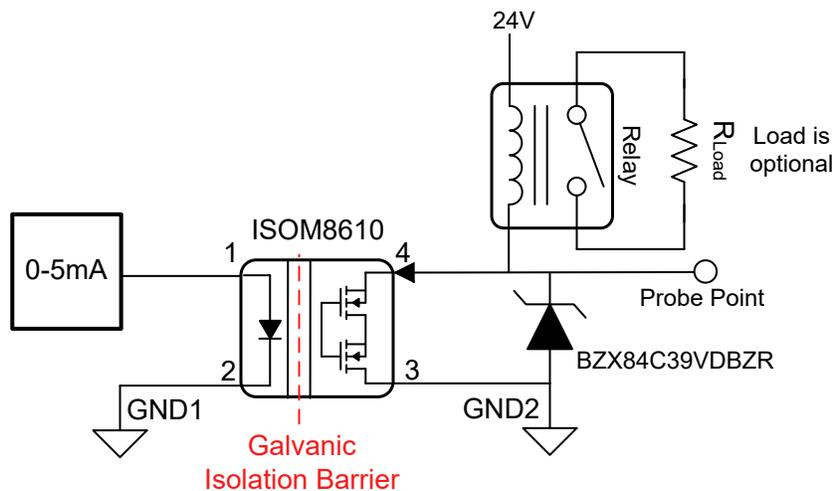


图 2-5. 测试电路 3 - 齐纳保护二极管

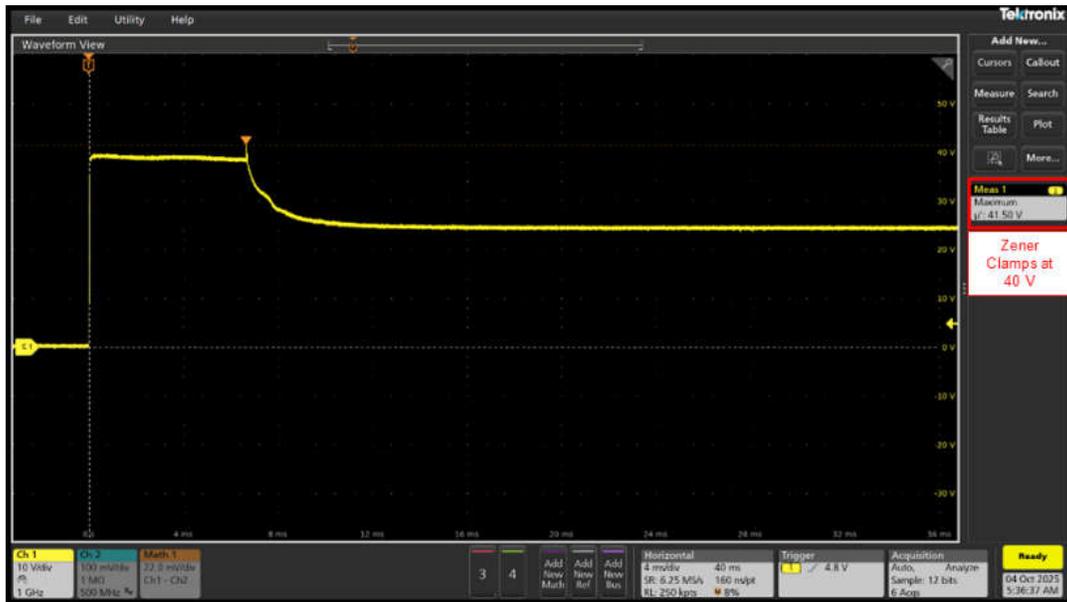


图 2-6. 电路 3 的反电动势

3 ISOM86x0 优势

3.1 隔离技术

ISOM86x0 实现了 TI 全新的光耦仿真器技术，使用 TI 获得专利的 SiO₂ 隔离材料作为电介质。与光耦合器中使用的气隙或基于环氧树脂的隔离不同，SiO₂ 提供超高的电介质强度。

表 3-1. 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	约 1V _{RMS} /μm
环氧树脂	光学耦合器	约 20V _{RMS} /μm
二氧化硅填充的模塑化合物	光学耦合器	约 100V _{RMS} /μm
SiO ₂	光耦仿真器和数字隔离器	约 500V _{RMS} /μm

光耦合器中的 LED 信号传输受老化的影响，因此升级到 ISOM8610 也提供了另一个优势。TI 的光耦合器不使用 LED。而是对二极管特性进行仿真。这意味着光耦仿真器可以根据更严格的标准 IEC 60747-17 进行认证并进行寿命隔离测试。传统光耦合器标准 IEC 60747-5-5 不要求对隔离栅进行寿命测试。因此，光耦仿真器可以在整个生命周期内提供更好的器件性能和功能（[隔离认证标准详解：光耦合器与光耦仿真器](#)）。

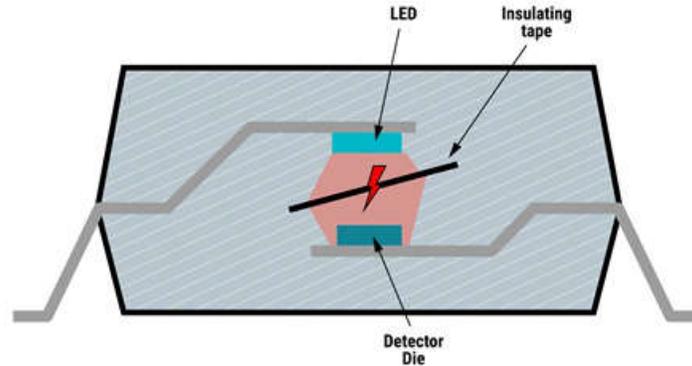


图 3-1. 光耦合器横截面

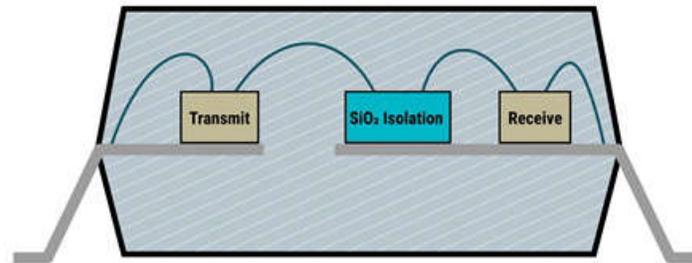


图 3-2. 光耦仿真器横截面

此外，ISOM86x0 光耦仿真器开关具有显著的优势，例如更宽的温度范围和严格的过程控制，从而实现较小的器件间差异。由于没有要补偿的老化效应，因此仿真二极管输入级的功耗比存在 LED 老化效应并在器件使用寿命内需要更高偏置电流的光耦合器更低。

3.2 光耦仿真器信号链

在光耦仿真器中，输入信号使用开关键控 (OOK) 调制方案通过隔离栅进行传输。OOK 可为应用提供更高的 CMTI 和可靠的抗噪性能。隔离拓扑还支持更短的 TON 和 TOFF 时间，这有助于实现更高的吞吐量并可用于速度更高的应用。

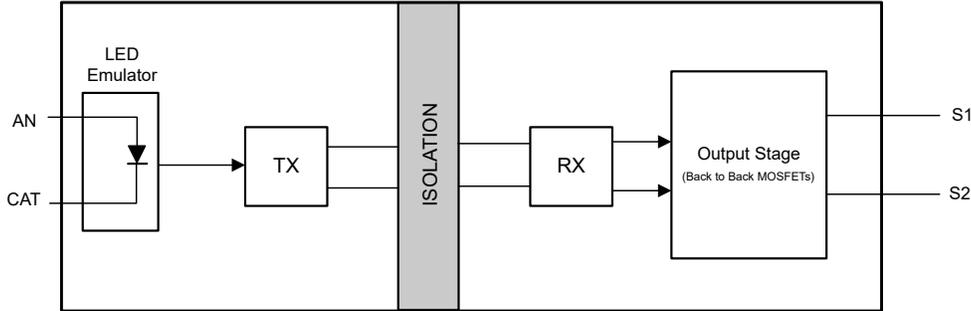


图 3-3. 光耦仿真器功能方框图

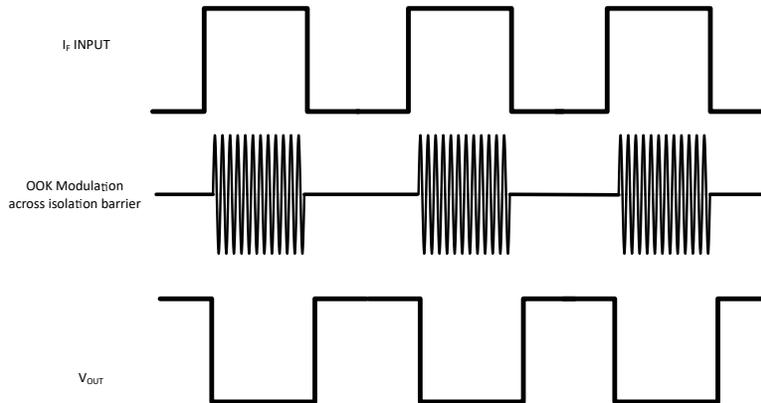


图 3-4. 基于光耦仿真器开关键控 (OOK) 的调制方案

4 总结

德州仪器 (TI) 的 ISOM8600 和 ISOM8610 光耦仿真器是适用于数字输出应用的高性能设计，可提供强大的隔离技术和一系列优势。其中包括超低关断状态泄漏、快速响应时间和更宽的温度范围，因此更适合用于 PLC/DCS、电机驱动和机器人。该器件还支持双向操作，旨在作为传统分立式实施方案的紧凑高效替代品。我们还讨论了驱动继电器和瞬态保护的程序。通过使用 ISOM86x0，设计人员可以创建更可靠且更高效的数字输出系统。该器件的先进特性和功能使其成为各种应用的有吸引力选择。

5 参考资料

1. 德州仪器 (TI), [ISOM8600 80V、150mA 具有集成 FET 的功能隔离式常开光耦仿真器开关](#)数据表。
2. 德州仪器 (TI), [ISOM8610 80V、150mA 具有集成 FET 的常开光耦仿真器开关](#)数据表。
3. 德州仪器 (TI), [数字输出模块应用信息](#)产品页面。
4. 德州仪器 (TI), [伺服和步进驱动器应用信息](#)产品页面。
5. 德州仪器 (TI), [机器人安全模块应用信息](#)产品页面。
6. 德州仪器 (TI), [隔离认证标准详解：光耦合器与光耦仿真器](#)应用简报。
7. 德州仪器 (TI), [使用光耦仿真器升级 photoMOS、SSR 和推挽、图腾柱或晶体管输出光耦合器](#)产品概述。
8. 德州仪器 (TI), [使用光耦仿真器开关升级继电器](#)产品概述。

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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月