

Application Brief

如何简化隔离型 24V PLC 数字输入模块设计



Himalaya Pramanick, Anant Kamath, Systems Engineer,

Isolation Products, Interface Group

数字输入模块

数字输入 (DI) 模块可用于可编程逻辑控制器 (PLC) 和电机驱动，以接收来自现场传感器和开关的 24V 数字输入。隔离功能用于管理接地电势差。使用带迟滞的电压比较器将输入信号转换为逻辑高电平或低电平。同时实施某种形式的电流限制，以避免 24V 输入产生过度的电流消耗；功率损耗是紧凑型高密度多通道设计中的一大关键问题。

适用于可编程控制器的 IEC 61131-2 标准指定了三种不同类型的数字输入接收器：1 类、2 类和 3 类。1 类和 3 类的理想实施方案为：在开通状态下尽可能消耗接近 2mA 的电流，电压转换阈值介于 5V 到 11V 之间。

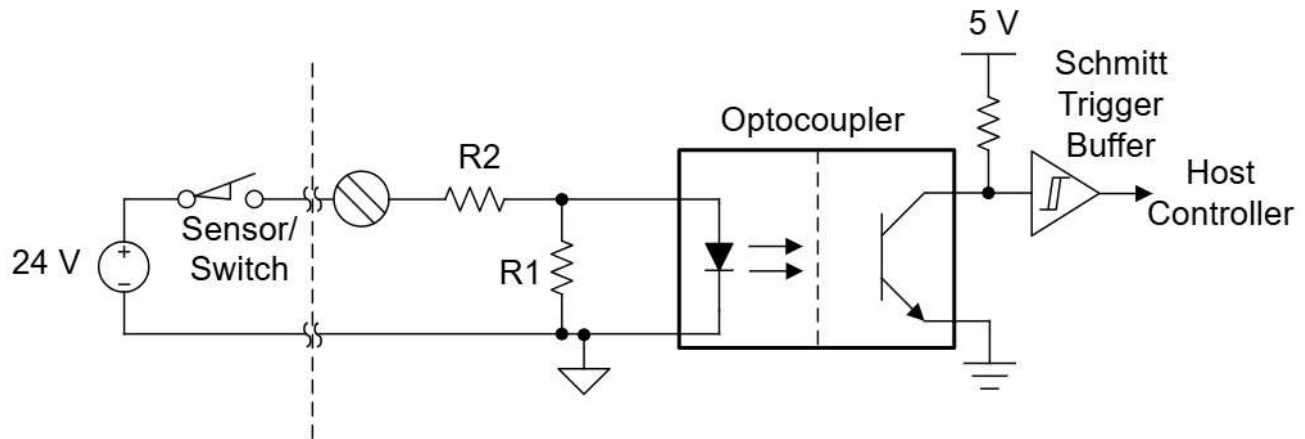


图 1. 具有基本电流限制的传统 DI 模块

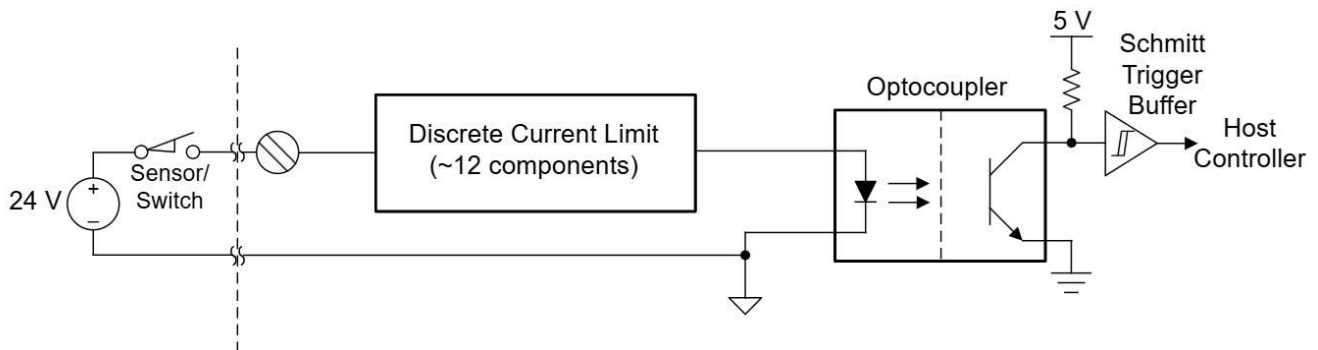


图 2. 传统 DI 模块更加准确但是其电流限制方案较复杂

常见数字输入实施方案

图 1 和 图 2 显示了当今所用的两种最常见的数字输入接收器实施方案。在 图 1 所示的第一个案例中，电压阈值由电阻器 R_1 和 R_2 设定， R_2 发挥限制基础电流的作用。这种针对 3 类输入的实施方案可轻松以 32V 输入实现最高为 12mA 的电流消耗。图 2 所示的第二种实施方案使用了几个分立式元件（9 至 15），用于高效实现电流限制，控制电压阈值。在本案例中，对于 3 类接收器，在不同温度条件下电流消耗可高达 6mA，具体取决于设计。在这两个案例中，3 类输入的电流限值显著高于 2mA 的理想电流限值。光耦合器后面通常需要使用施密特触发缓冲器，以提供用于抗噪的迟滞。

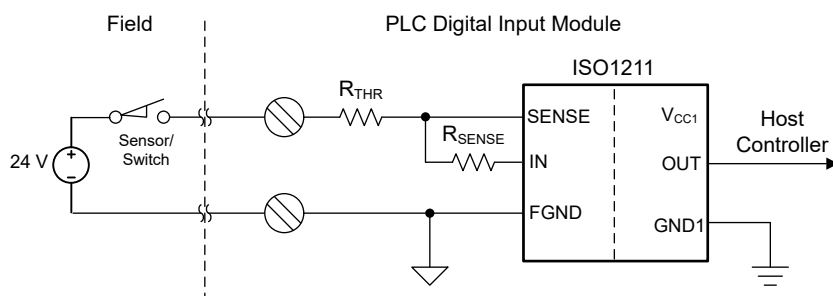


图 3. 带 ISO1211 的数字输入模块的某一通道

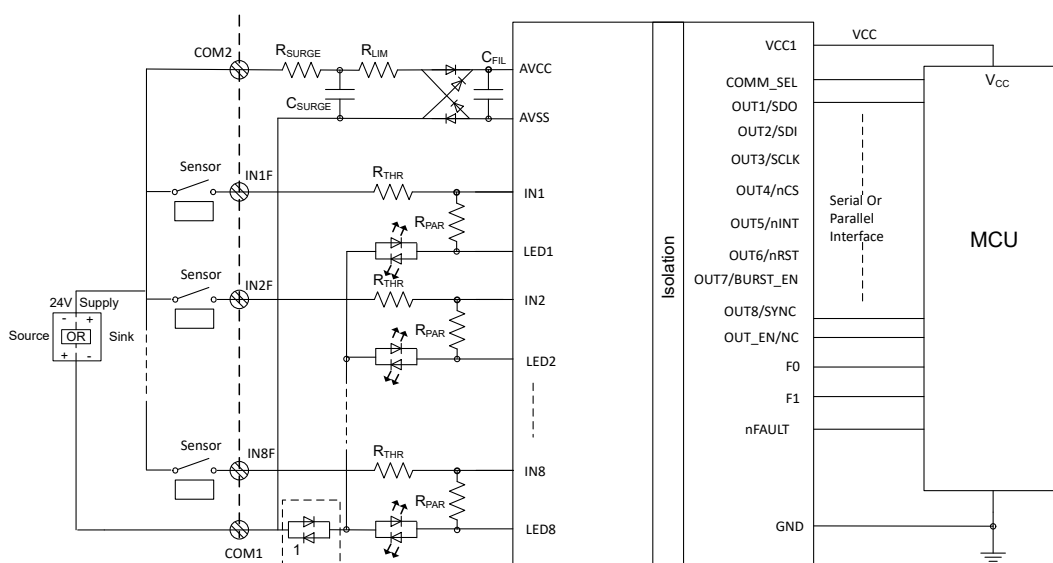


图 4. 在拉电流或灌电流模式下的数字输入模块采用 ISO1228 进行 8 通道操作

数字输入模块的新设计

德州仪器 (TI) 的 ISO1211-1 通道、ISO1212-2 通道和 ISO1228-8 通道器件为具有集成电流限制功能的隔离式数字输入接收器，符合 IEC 61131-2 1 类、2 类和 3 类特性标准。ISO1211 和 ISO1212 专为功能安全用例所需的通道间隔离而设计，ISO1228 专为多通道所设计。图 3 显示了带 ISO1211 的数字输入模块中某一通道的实施方案。电阻 R_{SENSE} 用于控制限流限值，而 R_{THR} 用于控制电压转换阈值。 R_{SENSE} 和 R_{THR} 的建议值以及多通道和其他情形的应用电路请参见 ISO121x 产品数据表。ISO121x 通过集成精确的电流限制功能、带迟滞的电压比较器、反极性保护和隔离功能，从而简化系统设计，并且无需场侧电源。对于 3 类特性，ISO121x 可将输入电流消耗限制到 2.5mA 以下，比传统方法低 5 倍。图 4 显示了数字隔离器采用 ISO1228 实施 8 通道操作。ISO1228 在同一器件中支持灌电流模式和拉电流模式，配置情况如图 4 所示。电阻 R_{LIM} 能设置全部通道的电流限制值。在具有电流限制和诊断功能的 ISO1228 八通道隔离式数字输入数据表中提供了 R_{LIM} 、 R_{THR} 和 R_{PAR} 的建议值。

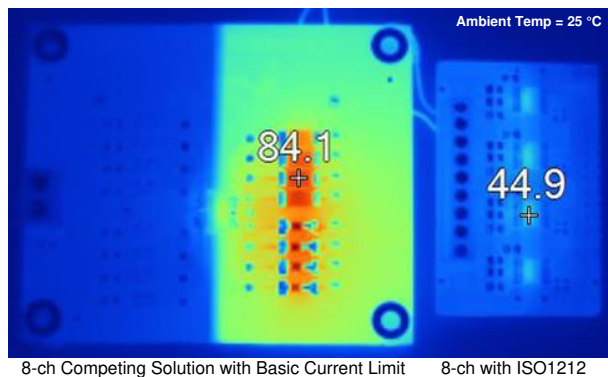


图 5. 电路板温度比较：传统解决方案与 ISO1212 的对比

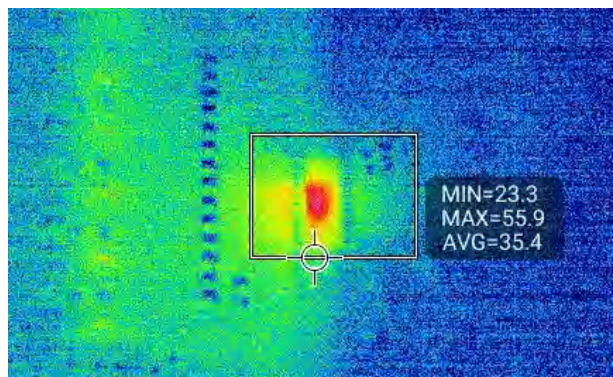


图 6. 在环境温度为 25°C 且所有通道均开启时的 ISO1228 电路板温度

与采用光耦合器的传统方法相比，采用 ISO121x 进行设计具有以下优势：

1. **功率损耗更低：**ISO121x 具有的精确电流限制功能可将数字输入中的电流消耗降低最高 5 倍，从而降低功率损耗和电路板温度。如图 5 所示，在室温测试过程中使用传统解决方案，电路板温度可升至最高 84°C，而使用基于 ISO121x 的解决方案，电路板温度显著降低至 45°C。
2. **电路板和模块尺寸更小：**基于 ISO121x 的解决方案可减少元件数量，从而缩小电路板尺寸。减小功率损耗还支持在更小的模块中封装更多通道。
3. **简化系统设计：**使用 ISO121x，产品数据表可保证 IEC 61131-2 输入特性、电流限制和隔离功能。无需更多施密特触发缓冲器。这样可简化系统设计。
4. **高速运行：**ISO121x 可提供 4Mbps 数据速率和 150ns 延时，从而使接口速度远远高于通用型光耦合器。
5. **无需场侧电源：**这可节省 24V 场侧电源的连接器和端子的成本以及相应的浪涌保护成本。
6. **通道独立：**场侧的一个通道损坏（例如由于短路）不会影响任何其他通道。
7. **速度更高：**多通道器件因串行将速度限制在 20kHz 以下，而 ISO121x 器件可支持最高 2MHz 的时钟速率。

多通道单芯片设计

图 7 比较了采用四个 ISO1212 器件的设计布局与竞品 8 通道单芯片设计。电路板的 Y 尺寸受到输入螺纹接线端子和连接器的放置方法的限制。然而，8 通道单芯片设计的 X 尺寸更大。这是因为 IC 附近布线拥塞，需要占用更多空间。另一方面，由于 ISO1212 只有两个通道，因此就能更加灵活地将 IC 放置在更靠近输入端子的位置，从而显著简化布线，减小解决方案的尺寸。

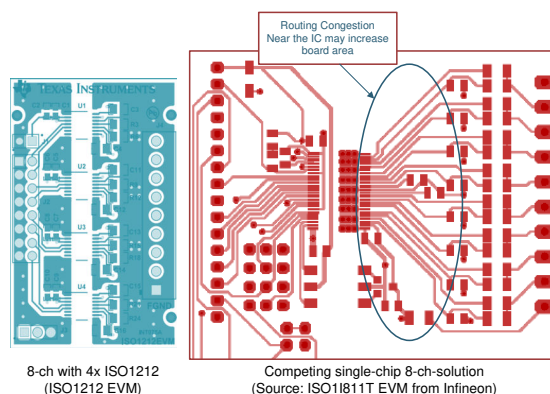


图 7. 基于 ISO1212 的设计与竞品 8 通道单芯片设计之间的布局对比

基于 ISO1228 的设计与传统实现相比的主要优势：

1. **拉电流/灌电流模式：**ISO1228 可在同一器件中同时支持灌电流模式和拉电流模式。因此，无需外部整流器。图 4 展示了分别在灌入模式和拉取模式下使用 ISO1228 的数字隔离器的 8 通道实现情况。

2. **使用负电阻输入结构提高热性能：**ISO1228 的输入结构中有一个负电阻。在输入电压较高时，引脚电流会降低以达到平衡，从而增加通过 R_{PAR} 的电流。这使所有引脚电压的总引脚电流 $< 3.3\text{mA}$ ，如图 8 所示。如此可提升本器件的热性能。图 6。显示了所有输入灌电流均为 30V 时的器件热感图像。在室温测试中，器件仅加热至 55°C 。
3. **断线检测功能：**在 PLC 市场，传感器线从 PLC 传输到传感器的距离很长并且在导线受到任何物理损坏时，MCU 永远不会知道传感器已断开。为了防止这种情况，ISO1228 增加了断线功能。它利用传感器的漏电流来检测导线是完好无损且没有物理损坏的。如果数字输入未接收到传感器的泄漏电流，ISO1228 会向 MCU 报告断线故障。
4. **卓越的 EMC：**当 DI 器件的 8 个通道都能从现场接收信号时，流经隔离栅的通信会为电隔离竞品器件产生高 EMC。高 RE 可能会导致数字输入器件旁边的 MCU/FPGA 通信中断。在隔离栅上进行通信时，TI 的 ISO1228 采用了专利技术，可以实现可忽略不计的 EMC，如图 9 所示。
5. **输入滤波器：**数字输入主要是会在导通和关断期间波动的机械开关。ISO1228 的每个通道都有 8 个可编程输入滤波器，能滤除开关产生的噪声。
6. **无损耗 LED 指示：**在输入状态指示和手动维护中，LED 指示非常重要。ISO1228 使用接近 3mA 的场侧输入电流，导通每个输入的 LED。图 4 显示了每个通道的 LED 连接情况。这样可以节省 LED 的任何额外功耗、并有助于改善热性能。
7. **节省电路板空间：**这是一种集成式解决方案，它采用如图 4 所示的单个器件代替 8 通道分立式建置。这极大节省了 PCB 空间，并有助于在相同的布板空间中制造通道数更多的 PLC 卡。

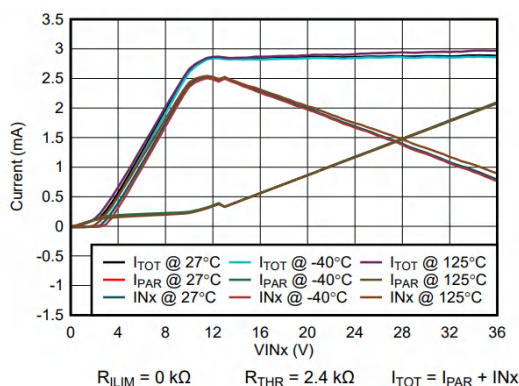


图 8. ISO1228 的引脚电流
在改变输入电压时
始终保持恒定

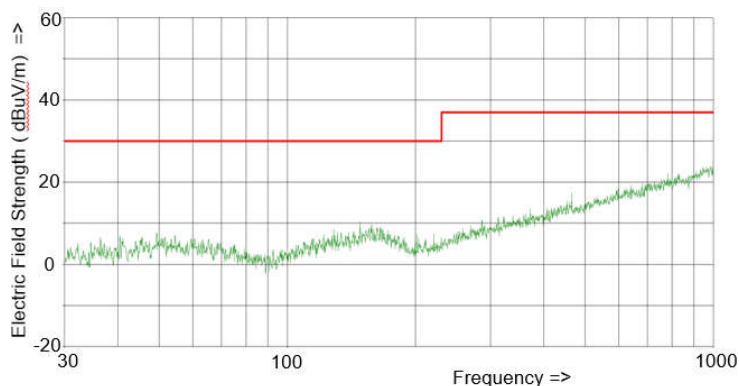


图 9.
所有通道都开启时 ISO1228 的 EMC 数据

针对浪涌、EFT 和 ESD 抗扰性的设计

ISO12xx 器件根据 IEC 61000-4-x 标准专门针对浪涌、EFT 和 ESD 抗扰性进行设计。请参考产品数据表的应用部分，获取设计和布局指南，实现理想的瞬态抗扰性。

结语

ISO1212、ISO1211 和 ISO1228 器件在数字输入模块中引进现代设计，在小型封装中集成了 IEC 61131-2 输入特性、带迟滞的电压比较器、精确的电流限制和电隔离功能。与传统解决方案相比，采用 ISO121x 设计的模块可降低功率损耗，从而提高通道密度，而且其外形紧凑，设计简单。

表 1. 备选器件建议

器件	优化参数	性能权衡
SN65HVS880	8 通道数字输入串行器	非隔离式 3.6mA 电流限制，需要场侧电源
SN65HVS885	8 通道数字输入串行器	非隔离式 3.6mA 电流限制，需要隔离式直流/直流

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

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