

Application Brief

节省空间的多通道高压数字输入模块设计技术



Charles Lin

Field Application Engineer

简介

数字输入模块常用于可编程逻辑控制器 (PLC)、计算机数控 (CNC) 和铁路信号数据记录器，用于检测传感器变送器的 24V 或更高电压数字输入 (DI)。在一些大型 PLC 和数据记录器系统中，一块电路板上需要集成 1000 多个数字输入检测电路。传统的光耦合器设计 ([如何简化隔离式 24V PLC 数字输入模块设计](#)) 会导致电路板温度过高 (环境温度为 58°C 时可升温至 120°C)，从而引发可靠性问题。采用大功率电阻器和冷却风扇来降低这些温度会增加不必要的成本。

工业数字输入模块通常使用螺丝端子通过长电缆连接现场传感器。这种设置会拾取恶劣环境中各种干扰产生的电压和电流噪声，如浪涌、静电放电 (ESD) 和电气快速瞬变 (EFT)。浪涌可能由雷击等事件引起。当元件或连接器与操作人员接触时，可能会发生 ESD。靠近高压和高压信号的电缆可能会导致 EFT。

多通道数字输入板呈增长趋势。实惠的成本、紧凑的尺寸和低功率耗散促进了这一趋势的发展。本文介绍了在多通道高压数字输入电路板设计中优化空间和散热的技术。另外还介绍了其他功能和成本优势。

减小布板空间的方法

数字输入模块的新设计

德州仪器 (TI) 的 ISO1212 (2 通道) 和 ISO1228 (8 通道) 器件可提供简单的低功耗设计以及精确的电流限制，可实现更紧凑、更高密度的数字输入电路板设计。与基于光耦合器的传统设计相比，电流限制特性可降低功率耗散和电路板温升幅度。应用简报[如何简化隔离式 24V PLC 数字输入模块设计](#)中展示了这些优势。这里展示了两两种设计，用于检测实际 PLC 或 CNC 系统中的双向信号。图 1(a) 展示了使用一个 COM 端子的双通道数字输入接收器的情况。通道 1 和通道 2 分别在数字输入为灌电流或拉电流时处于激活状态。但信号的状态必须通过 OUT1 和 OUT2 的状态来判断。这种设计需要消耗更多的微控制器 I/O 引脚，并会增加逻辑要求。图 1(b) 使用的整流器后跟 ISO1212，可用于检测每个器件的两个双向信号。对于“N 沟道”数字输入电路板设计，后者可以节省更多 PCB 空间和 BOM 成本，从而减少“N”个 ISO1212 的使用。在只需检测单向信号的美洲和欧洲，电路板可以更加紧凑。

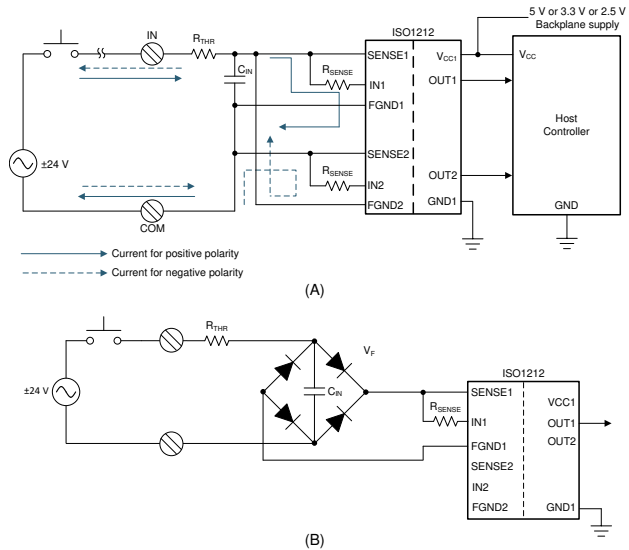


图 1. 双向信号检测的两种设计 (a) 带拉电流或灌电流输入的 ISO1212 (b) 带桥式整流器的 ISO1212

使用多路复用器和解码器减少微控制器 I/O 引脚总数

对于大型系统中的 N 通道数字输入电路板设计，使用 N 个微控制器 I/O 来检测这些信号是不切实际的。ISO1212 在控制器侧提供了一个输出启用引脚 (EN) 来解决这个问题。将 EN 引脚设置为 0 会使输出缓冲器处于高阻抗状态。该功能可使控制器侧的 ISO1212 与外部多路复用器和解码器进行多路复用。

假设需要构建一个 $2 \times N \times M$ 通道数字输入电路板，数字输入电路板系统方框图如图 2 所示。模块是指用于检测双向信号的电路。系统被分为 M 组，每组都有相同的输出 OUT1 至 OUT2N，这就为微控制器节省了 $(M-1) \times N$ 条线路。在检测 OUT1 和 OUT2N 的状态时，可以使用多路复用器和解码器来进一步减少微控制器 I/O。例如，16:1 多路复用器和 3 线至 8 线解码器可用于检测 128 个数字输入信号，而只需使用微控制器的 8 个 I/O 引脚。使用 ISO1212 的多路复用器、解码器和使能功能可以减少布线数量，从而节省布板空间并减少微控制器的 I/O 引脚数。

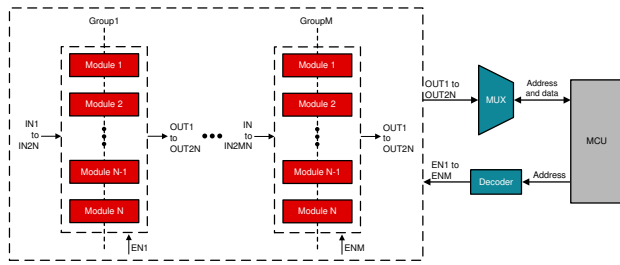


图 2. DI 电路板系统方框图

使电路板更紧凑的布局建议

使用对称布局来节省空间

同时使用底层和顶层来放置 ISO1212，以实现更紧凑的电路板。要隔离的两侧的外部间距必须符合安全标准。该距离称为**间隙**。IEC 60950-1 是描述间隙要求的主要标准 (*ISO121x 用于数字输入模块的隔离式 24V 至 60V 数字输入接收器*)。ISO1212 在空气中的最短端子间距为 3.7mm。对于某些隔离电压较低的情况，如 PLC 系统，最小间隙应不小于 3mm。图 3 展示了两种不同的布局设计。图 3(a) 展示了使用一侧来放置连接器的设计，这使得电路板过长。红色和深茶色区域的最小间隙必须大于 3.7mm。图 3(b) 展示了使用电路板两侧放置连接器的设计，该设计的形状为正方形。这种设计有两个明显的优势：一是这种设计在大多数应用中更为常见，二是这种设计节省了红色和深茶色区域中现场侧和 MCU 侧信号之间的间隙。必须仔细考虑的一点是，图 3(b) 中的信号 1 必须是 MCU 侧信号。如果现场侧信号在此处路由，则与 MCU 连接器的 3mm 间隙会增加。

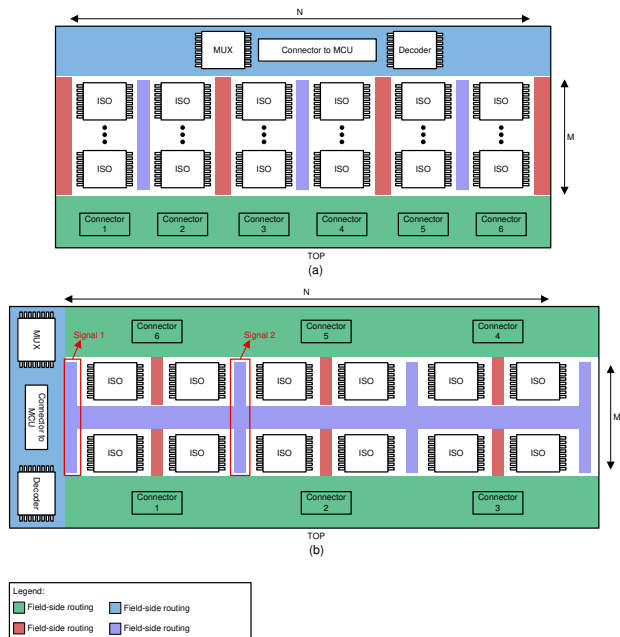


图 3. 多通道数字输入板设计的双层设计 (a) 使用单侧放置连接器 (b) 使用双侧放置连接器

减少 VCC1 侧的去耦电容器

大多数情况下，VCC1 侧需要一个 100nF 的去耦电容器。去耦电容器用于过滤通过直流信号的电压噪声和尖峰。在某些低速多通道数字输入信号板设计中 (开关频率 < 1kHz)，可以去掉一些去耦电容器。对于图 3(b) 中的信号 2， $2 \times M$ 个 ISO1212 放置在附近区域。对于这些 2M 器件，只需 M 个 ISO1212 进行滤波并保持电源稳定。在这个区域的中间可以放置 M 个电容器，使两侧 ISO1212 使用相同的电容器，这样可以节省每个电容器大小 M 倍的空间。

使用更多内部层对信号进行布线

为了使电路板更加紧凑，可以使用多层电路板来路由信号。使用更多内部层来对信号进行布线，减少上下两层的信号布线，可以节省布线空间。内部间距的设计必须符合某些系统级标准，如 IEC61010-1，该标准要求针对不同的隔离电压进行浪涌或脉冲测试。FR4 的介电强度为 20kV/mm。因此，场侧信号和 MCU 信号之间必须留出 1mm 的最小间隙，以满足浪涌电压要求。从这一点来看，如果使用更多的内部层来路由信号，则只需保持 1mm 的间隙，而无需在顶层和底层保持 3mm 的间隙，从而使电路板更加紧凑。

使用对称布局对信号进行布线

利用顶层和底层来放置 ISO1212 以增加通道密度。图 4 展示了 ISO1212 的顶视图。为了实现良好的电路板密度，请对顶层和底层进行特定布局。让顶层 ISO1212 的 MCU 信号侧与底层的 ISO1212 具有相同的方向。例如，图 5 展示了多通道电路板的布局设计。假设 N 个 ISO1212 由顶层的 EN1 信号控制，而 N 个 ISO1212 由底层的 EN2 信号控制。对于多路复用的输出信号，可以设法使顶层 ISO1212 的输出信号 (由 EN1 控制) 与底层 ISO1212 的输出信号 (由 EN2 控制) 具有相同的位置。现在，可以使用通孔来连接相同的网络。这种对称布线的好处是，使用通孔可以节省一半的输出信号布线空间。

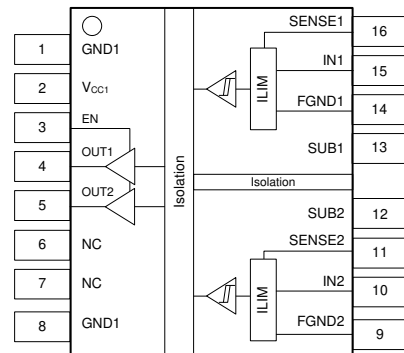


图 4. ISO1212 DBQ 封装 (顶视图)

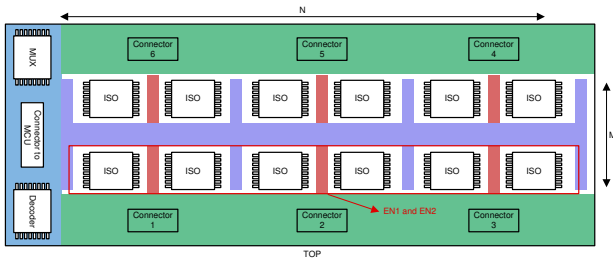


图 5. 多通道 DI 电路板布局布线设计

结语

ISO1212 (2 通道) 和 ISO1228 (8 通道) 器件可提供简单的低功耗设计以及精确的电流限制，实现更紧凑、更高密度的数字输入电路板设计。ISO1212 器件可实现更紧凑的高密度 I/O 模块。本文介绍了原理图和布局建议，以使数字输入板更紧凑并满足隔离合规性要求。在不同情况下使用不同方法可节省电路板设计中的更多空间。

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

相关文档

- 德州仪器 (TI), [如何简化隔离式 24V PLC 数字输入模块设计](#) 应用简介。
- 德州仪器 (TI), [如何通过隔离改善工业系统的 ESD、EFT 和浪涌抗扰性](#) 模拟应用期刊
- David Lohbeck, [Understanding isolator standards and certification to meet safety requirements](#), National Instruments, EDN, 2016 年 1 月。
- 德州仪器 (TI), [ISO121x 用于数字输入模块的隔离式 24V 至 60V 数字输入接收器](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [采用 ISOW7841 集成式信号和电源隔离器的低排放设计](#) 应用报告。

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

重要声明和免责声明

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。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

Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司