

Design Guide: TIDA-01509

采用光耦仿真器开关的断线检测参考设计



说明

该参考设计展示了一种使用 TI 的 ISO121x 器件对 16 个隔离式数字输入通道的紧凑型实现方式。此设计无需隔离电源即可工作，且每个通道可支持高达 100kHz 输入信号 (200kbit)。该设计分为两组，每组八个通道。每个通道仅需使用一个额外的光耦仿真器开关 ISOM86xx 器件，或每组使用两个光耦仿真器开关和一个额外的电容器，即可执行断线检测。该功能的独特优势在于无需辅助侧供电，与常规数字输入模块相比，采用 ISO121x 系列的模块无需在现场输入侧额外配置隔离电源即可实现断线诊断。

资源

TIDA-01509	设计文件夹
ISO1211	产品文件夹
ISO1212	产品文件夹
ISOM8600	产品文件夹
SN74LV165A	产品文件夹
SN74LVC1GU04	产品文件夹
TVS3300	产品文件夹

特性

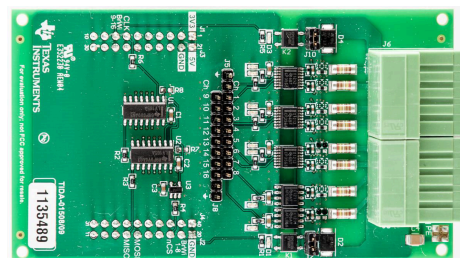
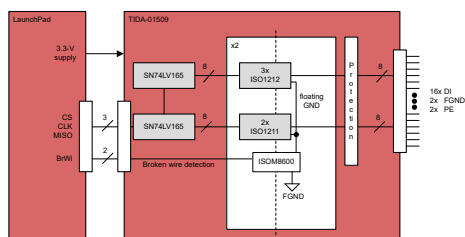
- 16 个数字输入通道，输入电压容差高达 $\pm 60V$
- 只需一个附加元件即可进行单通道断线检测
- 适用于仅有三个附加组件的可扩展组通道配置的断线检测
- 仅使用主电源工作，无需隔离式电源
- LaunchPad™ 接头可实现快速轻松的评估

应用

- 数字输入模块
- 工业机器人 IO 模块



请咨询我司 TI E2E™ 支持专家



1 系统说明

此参考设计展示了一种使用 TI 全新 ISO121x 器件、单通道 (ISO1211) 和双通道 (ISO1212) 隔离式 24V 数字输入接收器对 16 个隔离数字输入通道的紧凑型实现。该设计分为两组，每组八个通道。每个组由三个双通道 ISO1212 和两个单通道 ISO1211 器件组成。

只需为每个通道使用一个附加的光耦仿真器开关即可执行断线检测。此设计不需要对电路进行任何其他调整。

光耦仿真器开关会在短时间内断开 ISO121x 器件的现场接地，然后再次连接起来。如此，ISO121x 的输出引脚就会根据导线断开或连接的状态产生一个脉冲。如果输入信号来自带有上拉电阻器的高侧开关，则该脉冲甚至对逻辑“0”输入信号也有效。

该功能的独特优势在于无需辅助侧供电，相比传统数字输入模块需在现场输入端额外配置隔离电源才能实现断线检测，采用 ISO121x 构建的数字输入具有独特的优势。

为实现轻松快速的评估，可将此参考设计插入具有相同 SPI 引脚排列的 MSP430FR5969 LaunchPad 或任何其他 TI LaunchPad 上。LaunchPad 还会为系统供电。

此外，此参考设计可用作常规的 16 通道数字输入模块。ISO121x 器件可为数字输入提供精确的电流限制，从而使输入信号为 24V 的 16 个输入通道的功率耗散小于 1W。有关详细信息，请参阅 [Sub 1W、16 通道、隔离式数字输入模块参考设计](#)。

1.1 主要系统规格

表 1-1. 主要系统规格

参数	规格	详细信息
通道数量	16 (8 个一组)	节 2.3.1
电源电压	3.3V (由 LaunchPad 提供)	节 3.1
最大采样速度，串行	100kHz (200kbps)/通道	节 2.3.1
最大采样速度，并行	2MHz (4Mbps)/通道	节 2.2.1
断线检测所需时间，单通道配置	3ms (100k Ω 上拉至 24V 电源)	节 3.2.2.2
使断线检测正常工作所需的最小电源电压	14.9V (100k Ω 上拉，单通道配置)	节 3.2.2.2
断线检测所需时间，群组配置 (八个通道)	24ms (800k Ω 上拉至每个通道的 24V 电源)	节 3.2.2.1
断线检测所需额外部件，单通道配置	1 个光学开关	节 2.3.2

2 系统概述

2.1 方框图

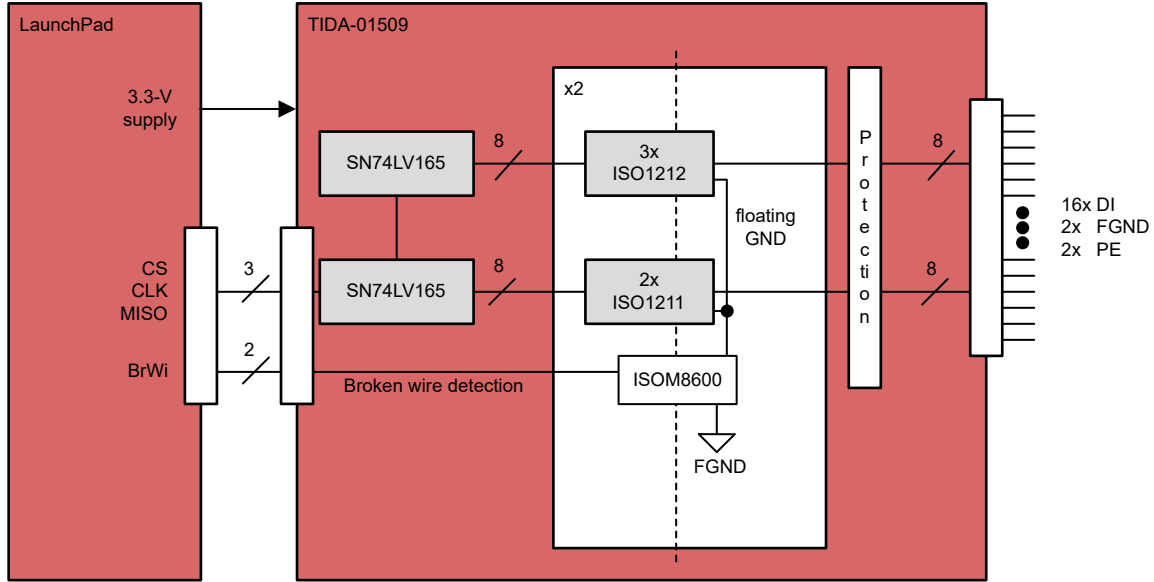


图 2-1. TIDA-01509 的方框图

2.2 重点产品

2.2.1 ISO121x

ISO1211 和 ISO1212 器件是符合 IEC 61131-2 1、2 和 3 类特性标准的隔离式 24V 数字输入接收器，适用于可编程逻辑控制器 (PLC) 和电机控制数字输入模块。不同于具有分立式、不精确电流限制电路的传统光耦合器解决方案，ISO121x 器件提供一个具有精确电流限制的简单低功耗解决方案，可实现紧凑型和高密度 I/O 模块的设计。这些器件无需场侧电源，可与高压侧或低压侧开关兼容。ISO121x 器件的工作电压范围为 2.25V 至 5.5V，支持 2.5V、3.3V 和 5V 控制器。具有反极性保护的 $\pm 60V$ 输入容差有助于确保输入引脚在可忽略的反向电流发生故障时受到保护。这些器件支持高达 4Mbps 的数据速率，可通过 150ns 的最小脉冲宽度来实现高速运行。ISO1211 器件适用于需要通道间隔离功能的设计，而 ISO1212 器件适用于多通道空间受限的设计。

图 2-2 展示了 ISO121x 系列一个通道的功能方框图。

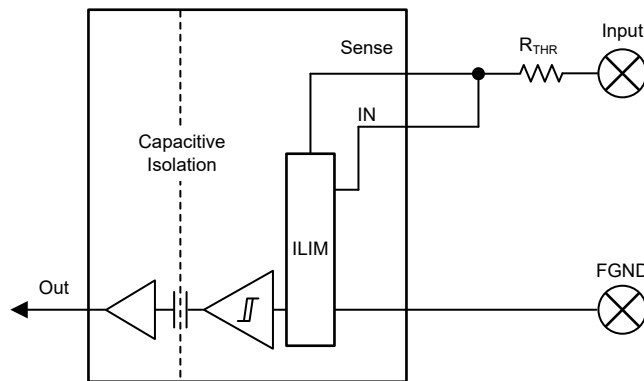


图 2-2. ISO121x 的功能方框图

2.2.2 SN74LV165A

SN74LV165A 器件是并行负载 8 位移位寄存器，可在 2V 至 5.5V VCC 下运行。

器件计时时，数据通过串行输出 QH 传输。当移位/负载 (SH/LD) 输入为低电平时，可支持八个单独的直接数据输入，从而实现在每个级的并行输入。SN74LV165A 器件具有时钟抑制功能和补充串行输出 QH。

图 2-3 展示了 SN74LV165A 的功能方框图。

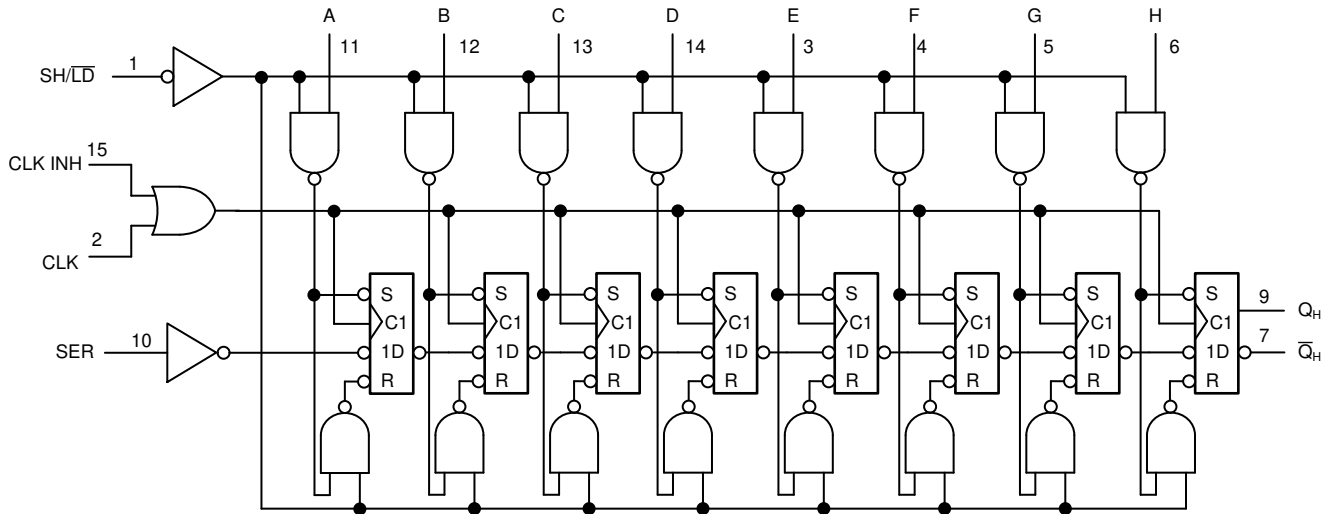


图 2-3. SN74LV165A 的功能方框图

2.2.3 SN74LVC1GU04

该单路反向门专为 1.65V 至 5.5V VCC 工作电压而设计。

SN74LVC1GU04 器件包含一个无缓冲输出的反相器，可执行布尔函数 $Y = \bar{A}$ 。

2.2.4 TVS3300

TVS3300 是一种瞬态电压抑制器，可为易遭受高瞬态电压事件的电子电路提供可靠的保护。与传统 TVS 二极管不同，TVS3300 精密钳位器可在较低的击穿电压时触发并进行调节，从而在整个瞬态过压事件中保持平稳的钳位电压。与传统的 TVS 二极管相比，较低的箝位电压加上较低的动态电阻实现了独特的 TVS 保护解决方案，在单向配置中可将系统在浪涌事件中暴露的电压降低至多 30%，在双向配置中降低至多 20%。

2.2.5 ISOM8600

ISOM8600 是功能隔离式光耦仿真器开关，具有引脚兼容性，可直接替代常用的光电继电器。标准光耦合器使用 LED 作为输入级，而 ISOM8600 使用电流控制的仿真二极管作为输入级。输入级通过 TI 专有的基于二氧化硅 (SiO₂) 的隔离栅与驱动器级隔离，不仅能够提供可靠的隔离，而且还提供出色的性能。

ISOM8600 可隔离高压信号，提供会随着时间推移而老化的传统光耦合器所不具备的性能、可靠性和灵活性优势。这些器件基于实现低功耗和高速运行的 CMOS 隔离技术，因此不受光耦合器中的磨损效应影响，这种磨损会随着温度、正向电流和器件使用年限的增加而降低性能。

2.3 系统设计原理

本节会介绍数字输入级以及如何实现断线检测。

2.3.1 数字输入级

该参考设计的 16 个输入构建在两组（每组八个）通道中。每组使用三个双通道 ISO1212 和两个单通道 ISO1211，以便为用户提供最大的灵活性。图 2-4 和 图 2-5 分别显示了一个 ISO1212 和一个 ISO1211 的输入级。

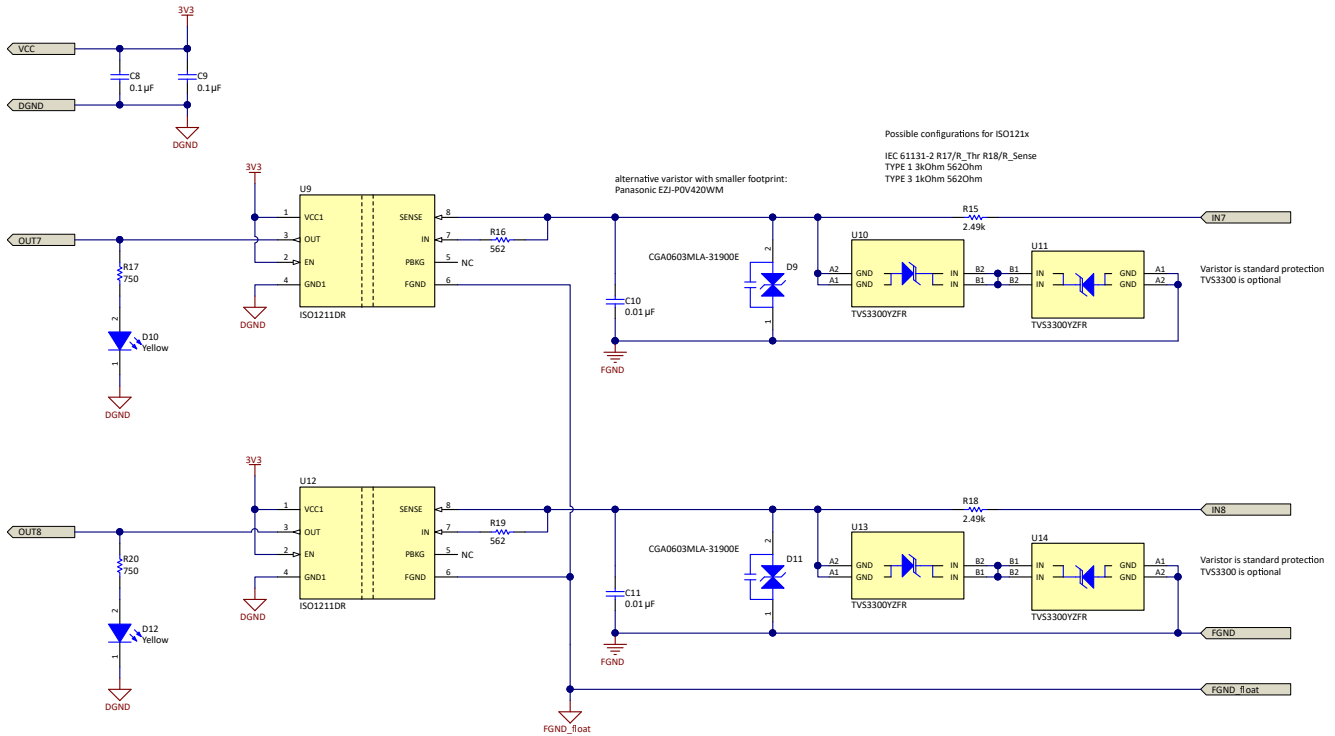


图 2-4. 输入级 ISO1211 原理图

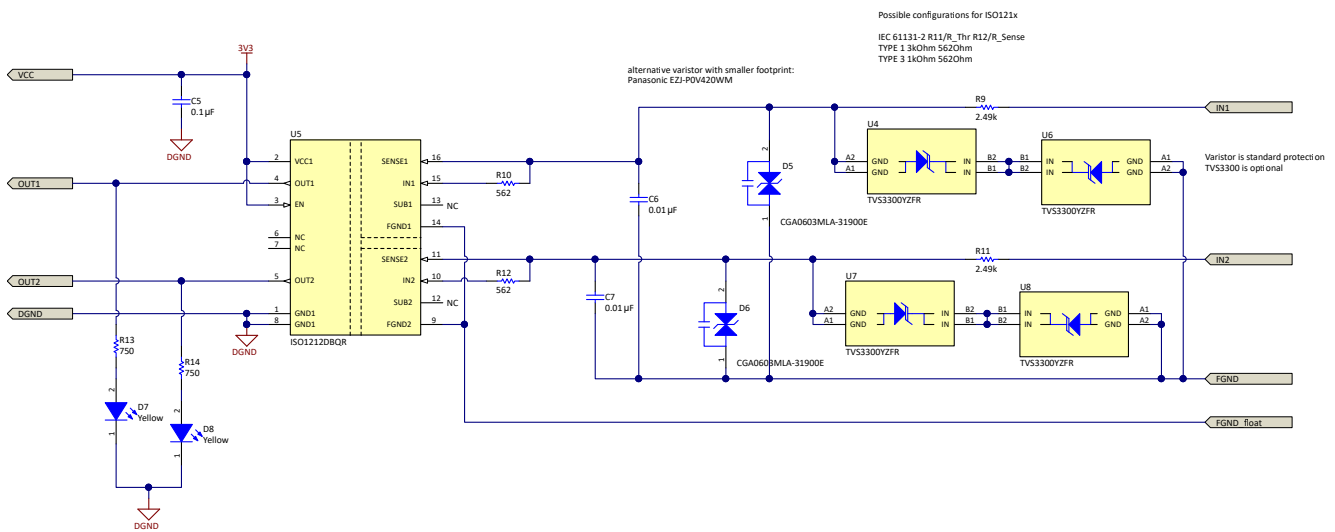


图 2-5. 输入级 ISO1212 原理图

两个 ISO1211 的引脚 FGND 以及三个 ISO1212 的引脚 FGND1 和 FGND2 通过光耦仿真器开关 ISOM8600 连接到现场接地 FGND，默认状态为常开。光耦仿真器开关可通过将控制线切换到高电平来断开两个接地端。在该参考设计中，LaunchPad 上的微控制器可控制光学开关。图 2-6 显示了 ISO121x 器件的 FGND 引脚与现场接地的连接。

如果不需要断线功能，而仅将该设计用作标准数字输入，则可使用跳线将光学开关短路。有关此用例，请参阅 Sub 1W、16 通道、隔离式数字输入模块参考设计。

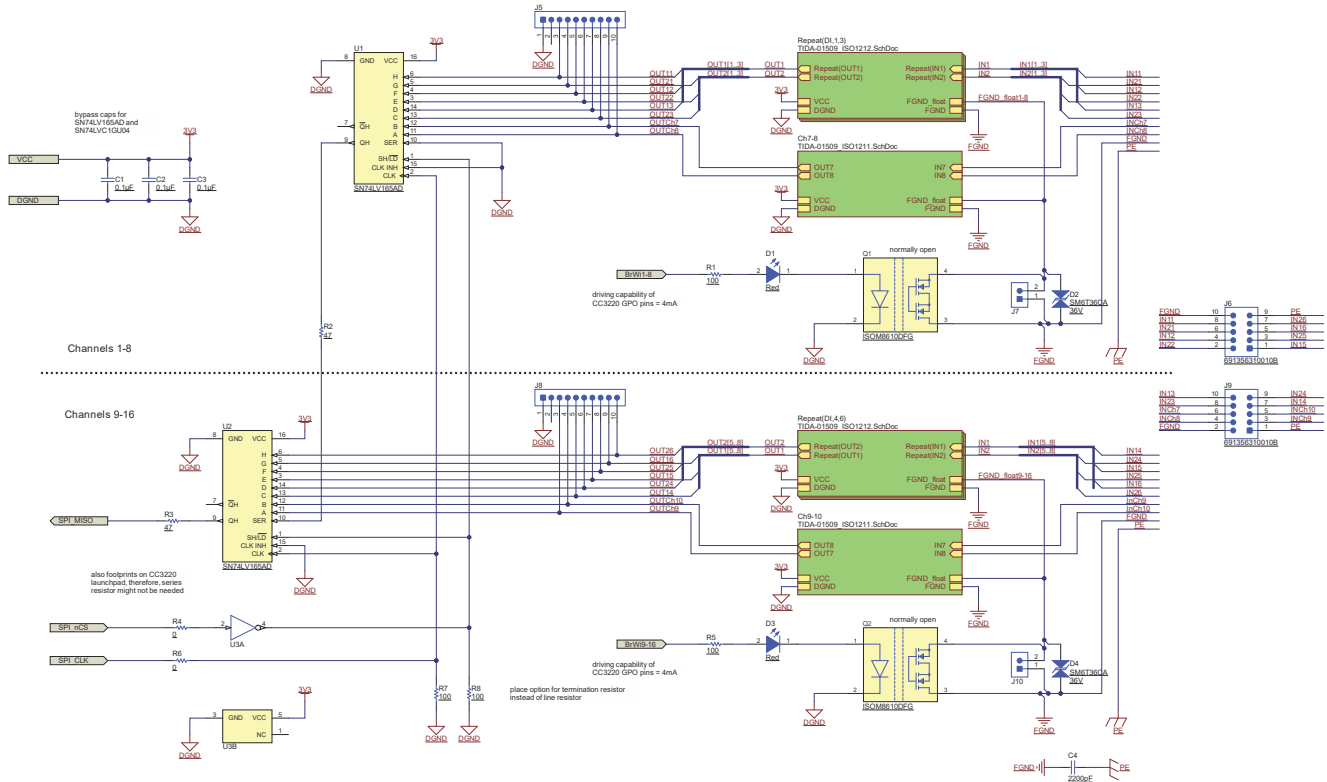


图 2-6. 带光学开关的浮动接地端到场接地端 (FGND) 的连接原理图

ISO1211 的每个输入都可以根据 IEC 61131-2 标准，通过电阻 R_{THR} 和 R_{SENSE} 配置为 1 类、2 类、3 类特性。此外，输入电容器 C_{IN} 在 R_{THR} 之后连接至 GND，与 R_{THR} 形成一个 RC 滤波器，进一步防止 ESD、EFT 和浪涌事件。为了承受高脉冲电压，选择 R_{THR} 作为防脉冲电阻。表 2-1 显示了 1 类和 3 类数字输入的配置，以及根据 IEC 61002-4-2、IEC 61002-4-4 和 IEC 61002-4-5 标准分别针对 R_{THR} 、 R_{SENSE} 和 C_{IN} 的特定值产生的额定电压。

表 2-1. 浪涌、ESD 和 EFT

IEC 61131-2 类型	R_{SENSE}	R_{THR}	C_{IN}	浪涌			IEC ESD	IEC EFT
				LINE-TO-PE	LINE-TO-LINE	LINE-TO-FGND		
1 类	562	3kΩ	10nF	±1kV	±1kV	±1kV	±6kV	±4kV
3 类	562	1kΩ	10nF	±1kV	±1kV	±500kV	±6kV	±4kV
			330nF	±1kV	±1kV	±1kV	±6kV	±4kV

为了保护输入端免受额定值更高的浪涌事件的影响，所有输入端均采用变阻器或两个 TVS3300 TVS 二极管进行保护。这些器件与 C_{IN} 并联放置。

在此参考设计中，所有通道均配置为 1 类输入，其中 $R_{THR} = 2.4k\Omega$ 且 $R_{SENSE} = 562\Omega$ 。输出高电平和低电平时，ISO121x 输入 (包括 R_{THR}) 的典型高电平阈值 V_{IH} 和最小低电平阈值 V_{IL} 分别为 方程式 1 和 方程式 2。

$$V_{IH} (\text{typ}) = 8.25 \text{ V} + R_{THR} \times \frac{2.25 \text{ mA} \times 562 \Omega}{R_{SENSE}} = 13.65 \text{ V} \quad (1)$$

$$V_{IL} (\text{min}) = 7.1 \text{ V} + R_{THR} \times \frac{2.25 \text{ mA} \times 562 \Omega}{R_{SENSE}} = 12.5 \text{ V} \quad (2)$$

2.3.2 断线检测

断线检测针对单通道配置进行说明。这表明仅使用 ISO121x 器件的一个通道。只需一个额外的光耦仿真器开关。电路的其余部分保持不变。如 图 2-6 所示，光耦仿真器开关必须置于各 ISO121x 通道的 FGND 引脚和现场接地输入端之间。

为了实现断线检测功能，当导线完好无损时，即使输入状态为“0”，也会有小电流对 C_{IN} 充电。之所以作出这一假设，是因为 IEC61131-2 允许 1 类、2 类和 3 类输入端在“0”状态下的电流高达几 mA（请参阅 图 2-7）。

这适用于供电的现场设备，而不适用于简单、独立的机械开关等无源输入。此外，供电器件的输出端必须具有一个连接到其电源的上拉电阻器。

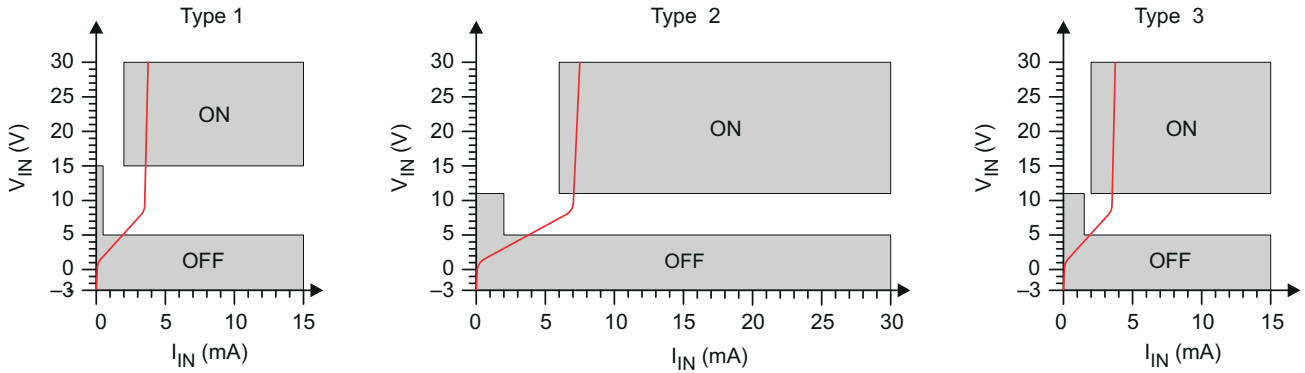


图 2-7. IEC 61131-2 1 类、2 类和 3 类接近开关的开关特性

断线检测序列的工作原理如下：

1. 正常运行时，输入通道的现场接地引脚 **FGND** 通过光耦仿真器开关与实际现场接地相连。
2. 光耦仿真器开关通过将其控制线路切换为低电平来打开。
3. 控制线路再次切换为高电平以关闭光学开关。
4. 随后会读取 **ISO121x** 通道的输出状态。如果连接了导线，则通道的输出状态将为“1”。输入状态“1”和“0”也是如此。但是，如果导线断开，则相应通道的输出状态始终为“0”。

有关这些不同情况的更多信息，请参阅 [节 2.3.2.1](#) 至 [节 2.3.2.3](#)。其中，**Break FGND** 表示光学开关的控制状态（**0V** 表示开关关闭，**3.3V** 表示开关打开），**IN** 表示来自现场设备的输入信号，**C_{IN}** 表示输入电容器上的电压，**OUT** 表示 **ISO121x** 的输出状态。相应的时间用括号 (**t_x**) 表示。

2.3.2.1 案例 1：导线完好且输入状态为“1”

如果导线完好无损且 **IN** 为“1”，则 **OUT** 的输出将为“1”。当 **Break FGND** (**t₁**) 切换为低电平时，光耦仿真器开关在光学开关延迟 (**t₂**) 后被禁用。然后，**OUT** 切换至“0”。当 **Break FGND** 再次切换为高电平时，**OUT** 再次切换为“1”，并加上光学开关的延时。

一般来说，这种用例最无趣，因为如果 **OUT** 为“1”，用户已经知道有一根导线连接上了。

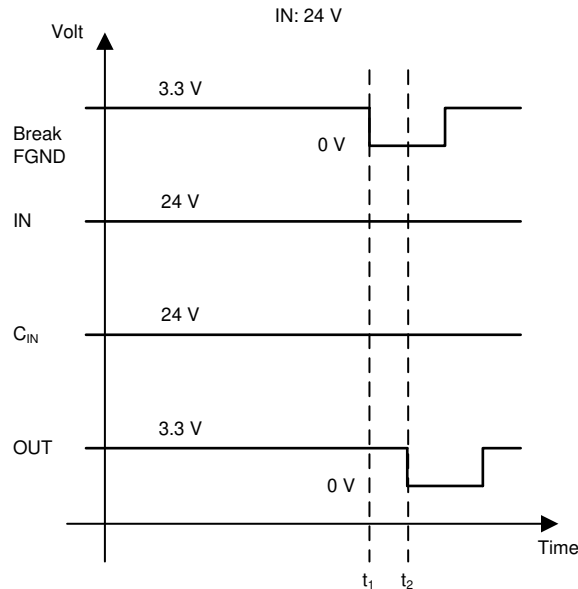


图 2-8. 导线完好且 **IN = 24V** 时的断线检测

2.3.2.2 案例 2：导线完好且输入状态为“0”

在导线完好且 **IN** 为“0”的情况下，只要断开 **FGND** 为“1”，**OUT** 即为“0”。一旦断开 **FGND** 为“0” (**t₃**)，**ISO121x** 的场接地就会断开。现在，**C_{IN}** 将充电至现场设备的电源电压。造成这一结果的原因是，现场设备的电源上有一个上拉电阻，而且其仍连接到 **C_{IN}** (**t₄**)。再次考虑光学开关的延迟。

由于 **ISO121x** 没有接地连接，因此器件上没有压降。这意味着 **C_{IN}** 上的电压也存在于 **ISO121x** 的悬空 **FGND** 引脚上。因此，光学开关上的压降（等于引脚 **FGND** 和现场接地）也等于现场设备的电源电压。

当 **C_{IN}** 充电至现场器件的电源电压 (**t₅**) 时，**Break FGND** 可再次切换至“1”。一旦 **ISO121x** 再次连接到现场接地，器件就开始工作。**ISO121x** 现在由存储在 **C_{IN}** 中的能量提供。只要通过检测电阻 **R_{SENSE}** 的电流足够大 (**I_{MIN}** = 2.2mA，取自 [ISO121x 数据表](#)) 且 **SENSE** 引脚的电压高于电压电平阈值，**OUT** 就会切换为“1” (**t₆**)。一旦 **C_{IN}** 端电压低于高电平状态的电压电平阈值，**OUT** 就会降回“0” (**t₇**)。

IN 和 **C_{IN}** 的曲线相同，因为两者互相连接。不过，为了表示现场设备的数字输出状态持续为“0”，图中的 **IN** 也持续为“0”。

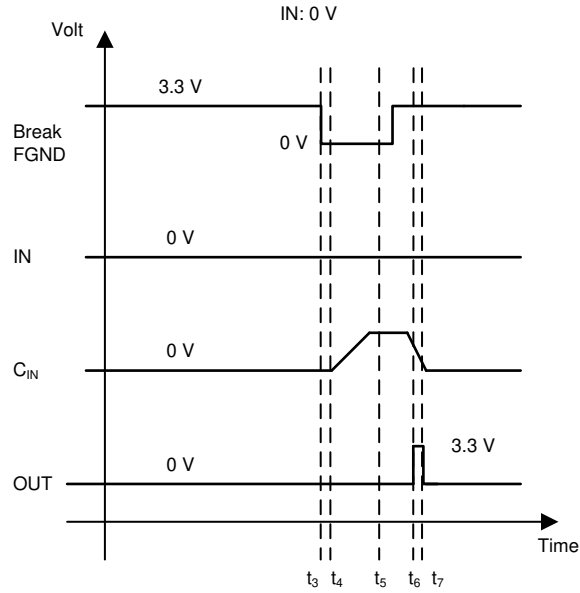


图 2-9. 导线完好且 IN = 0 V 时的断线检测

2.3.2.3 案例 3：断线

如果导线断开，OUT 始终为 0V。此结果与 Break FGND (t₈) 的开关无关。C_{IN} 绝不能充电，因为其未连接到电源。

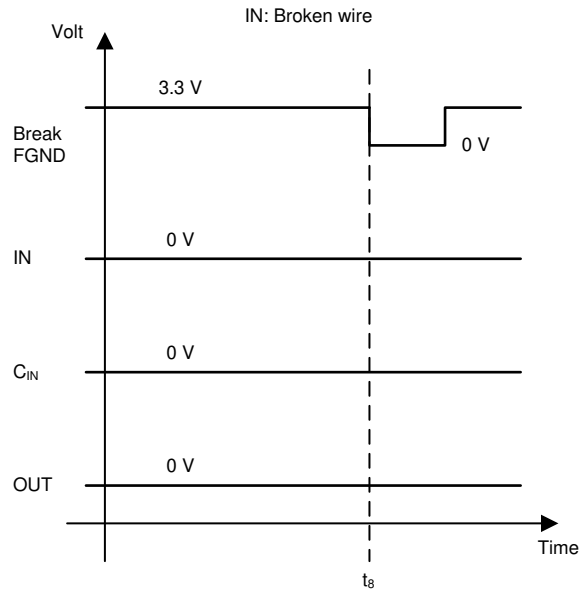


图 2-10. 用断线进行断线检测

2.3.3 数字输出的读数

要读取 16 个数字输出信号，有两个选项：

1. 并行读取 J5 (通道 1-8) 和 J8 (通道 9-16) 连接器上的输出信号
2. 从并行输入/串行输出寄存器 U1 和 U2 串行读取输出信号

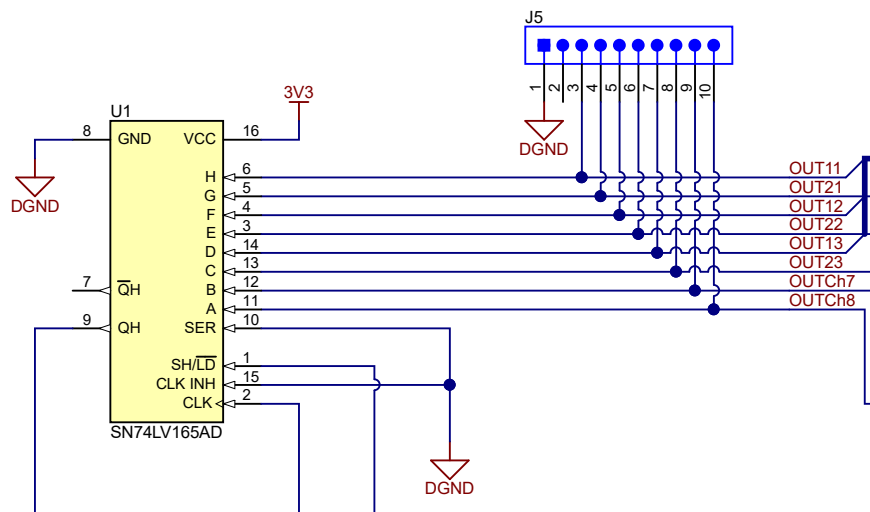


图 2-11. 输出信号的并行和串行读取选项原理图

串行读出时，每组所有八个输出信号都连接到并行输入/串行输出寄存器 SN74LV165A。寄存器 U1 的输出 QH 连接到寄存器 U2 的输入引脚 SER。要读取寄存器，需使用 LaunchPad 的 SPI。为此，LaunchPad SPI 按如下方式连接到 SN74LV165A 寄存器：

备注

使用函数为 $Y = \bar{A}$ 的逻辑门 SN74LVC1GU04 对 LaunchPad 的 SPI_nCS 信号进行反相。

→SPI_nCS 逻辑“0”/低电平 = SN74LV165A 的 SH/LD 引脚逻辑“1”/高电平

表 2-2. SPI 与 U1、U2 之间的电气连接

LAUNCHPAD	U1 (通道 1-8)	U2 (通道 9-16)
SPI_MOSI	未使用	未使用
SPI_MISO	未连接	QH
SPI_nCS	SH/LD	SH/LD
SPI_CLK	CLK	CLK
	QH	SER

16 个输出状态的读取工作原理如下：

1. SPI_nCS 为高电平→两个 SN74LV165A 持续负载输入状态
2. SPI_nCS 被拉至低电平→两个 SN74LV165A 存储其各自八个输入的当前状态
3. 为 SPI_CLK 计时 16 倍→寄存器 U2 的输出 QH 首先输出 U2 的输入 H-A (通道 9-16) 的状态，其次输出 U1 的输出状态 H-A (通道 1-8)。

3 硬件、软件、测试要求和测试结果

3.1 所需的硬件和软件

该电路板可通过 J1-J4 连接器供电和连接。接口快照如 **图 3-1** 所示。为便于评估，可使用 MSP430FR5969 LaunchPad 或具有相同引脚分配的任何其他 TI LaunchPad 为电路板供电和连接。

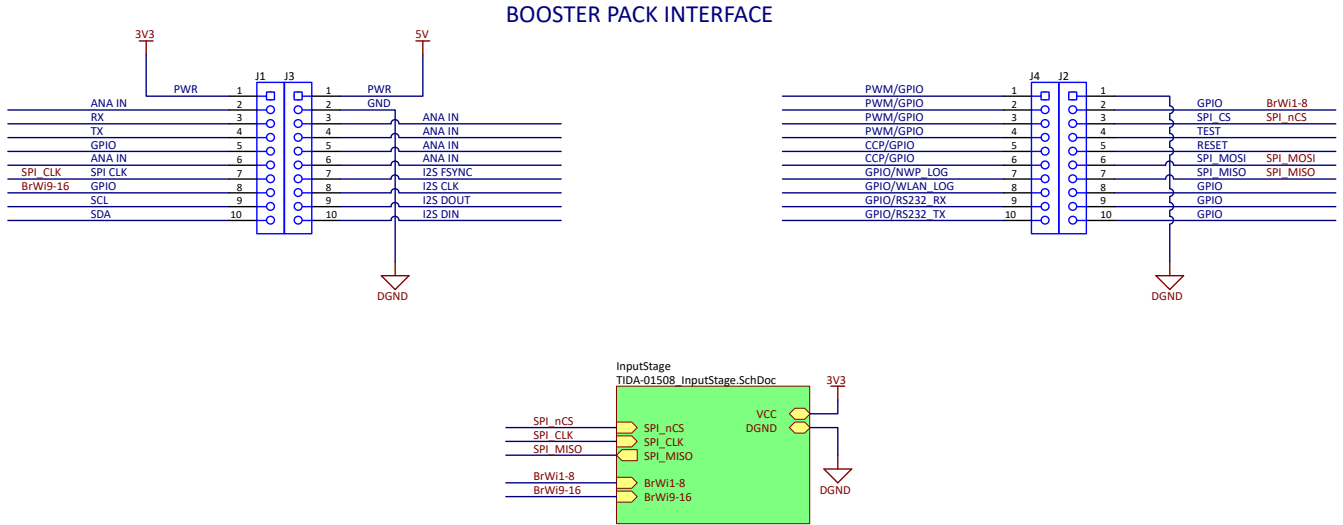


图 3-1. LaunchPad 接口原理图

3.1.1 硬件

- MSP430FR5969 LaunchPad
- 带并联上拉电阻器的机械开关
- 电源和示波器：美国国家仪器 Virtual Bench

3.1.2 软件

对于 ISO121x 设备输出信号的并行读取，无需特殊软件。

要控制光学开关，用户需要对用于切换光学开关控制线路的例程进行编程。其可在 LaunchPad 的微控制器上运行。

3.2 测试和结果

本节将介绍测试设置，记录测试结果，并讨论这些结果对断线检测电路的影响。

3.2.1 测试设置

该板插入到通过 USB 连接到笔记本电脑的 MSP430FR5969 LaunchPad 上。笔记本电脑可用于对 LaunchPad 上的微控制器进行编程。微控制器可切换电路板上光学开关的控制线。此外，MCU 可读取不同通道的输出状态。

输入信号来自机械开关。一个 100kΩ 上拉电阻器并联放置。

开关连接到虚拟工作台的 24V 电源。该虚拟工作台还通过 USB 连接到笔记本电脑，以控制双通道示波器。图 3-2 展示了测试设置方框图。

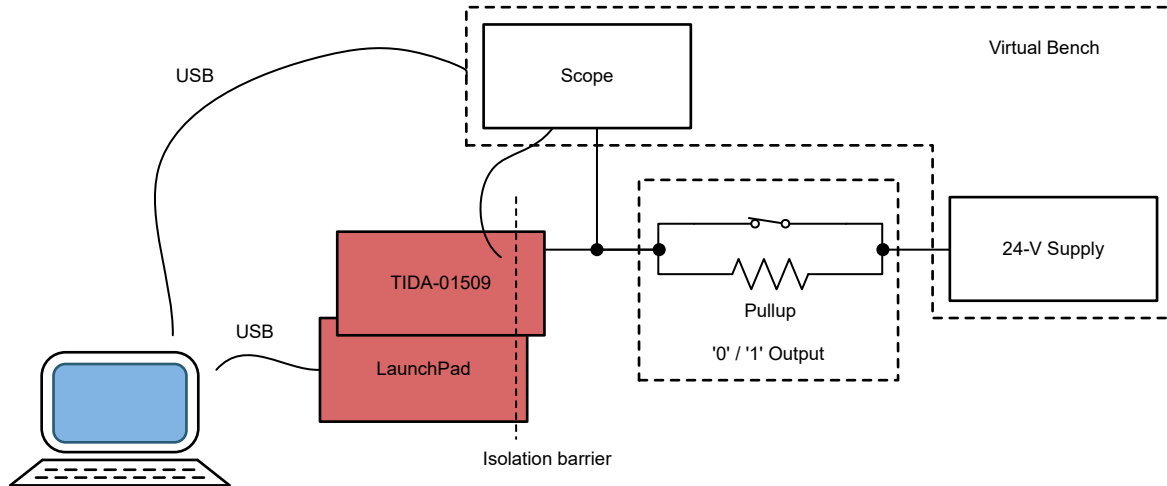


图 3-2. TIDA-01509 测试设置

3.2.2 测试结果

为确定断线检测的特性，测试在组通道配置和单通道配置下进行。

对于组通道配置，所有八个通道都连接到同一个机械开关。因此，共用的 100kΩ 上拉电阻器等于每个通道单独的 800kΩ 上拉电阻器（请参阅方程式 3）。

$$\frac{1}{100k\ \Omega} = \frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_p} = \frac{8}{R_p} \quad (3)$$

$$\rightarrow R_p = 8 \times 100k\ \Omega = 800k\ \Omega$$

3.2.2.1 组通道配置

机械开关关闭。公共上拉电阻器为 100kΩ。然后，执行断线检测。图 3-3 展示了一个示波器截图，其中示波器通道 2 连接到光学开关的控制信号 (BrWi)，通道 1 连接到一个 ISO121x 的输出引脚 (ChOut)。图 3-4 展示了一个示波器截图，其中示波器通道 2 连接到一个 ISO121x 通道 (V_cap) 的输入电容器 C_{IN}，通道 1 连接到一个 ISO121x 的输出引脚 (ChOut)。

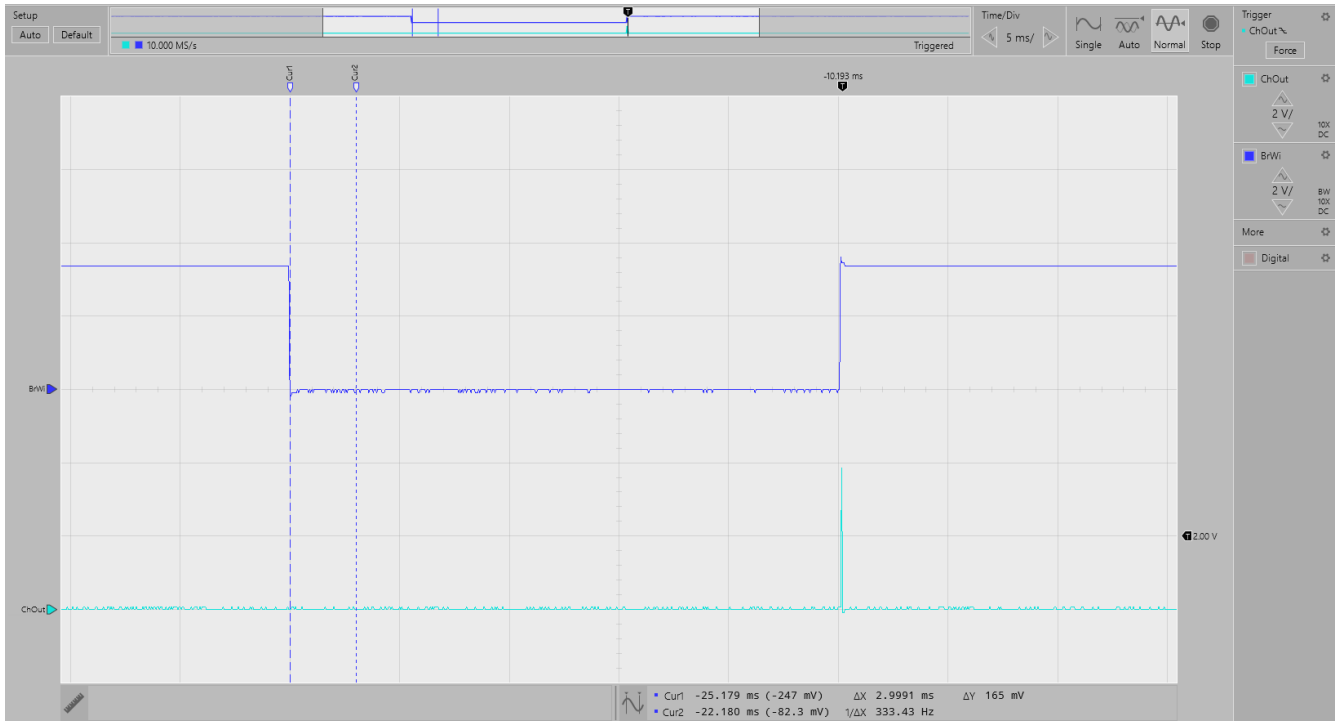


图 3-3. 组断线检测， $R_{pullup} = 800k\Omega$ /通道 - ChOut (2)，BrWi (1)

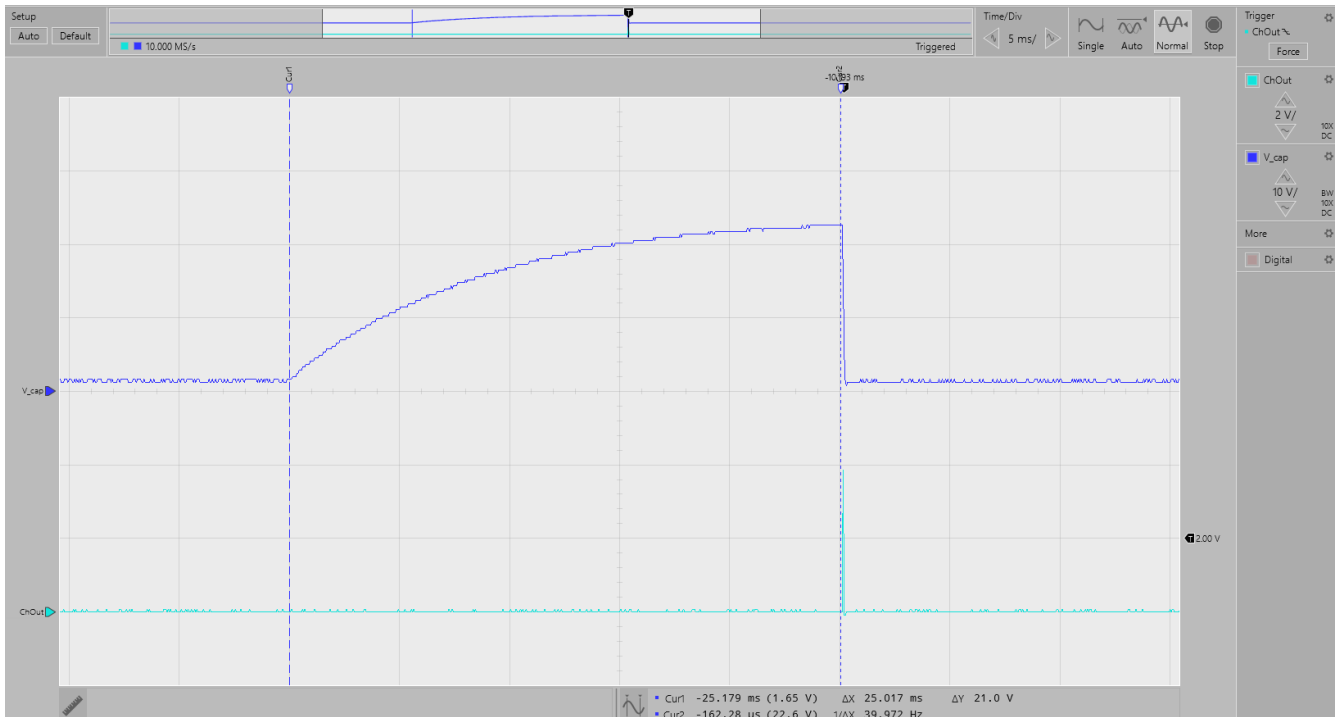


图 3-4. 组断线检测， $R_{pullup} = 800k\Omega$ /通道 - V_cap (2)，BrWi (1)

图 3-3 显示一旦再次启用接地连接，ISO121x 就会发出脉冲。该器件需要 24ms 直至 C_{IN} 充电。图 3-4 显示 C_{IN} 充电至 22.6V 的最大值。未达到 24V 是上拉电阻器上的压降导致，该压降等于 $1.4V/100k\Omega = 14\mu A$ 的电流。

请注意，ISO121x 并未使用该电流，而是由不同的保护装置和通过输入电容器的漏电流造成的。此外，如果上拉电阻本身较低，则其两端的压降也较低。单通道设置中也显示了该结果。

图 3-5 显示放大到 图 3-4。

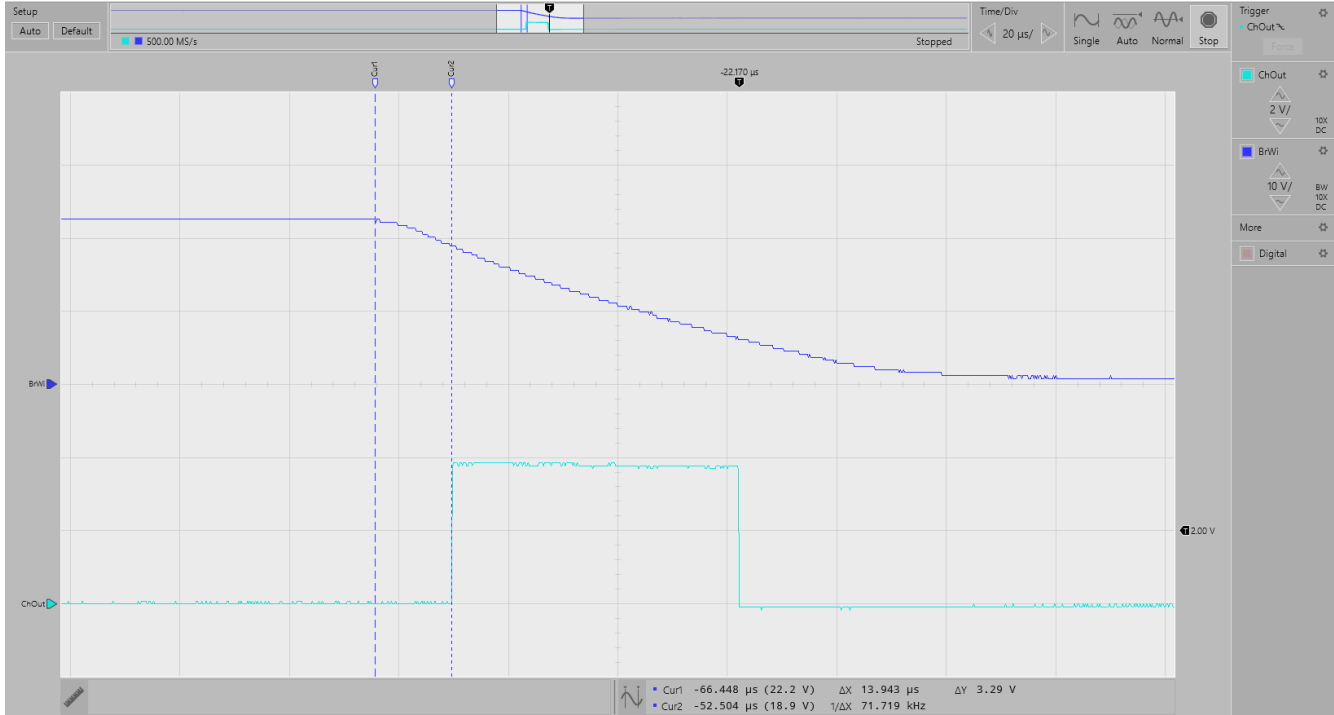


图 3-5. 放大 (图 3-4 : 组断线检测, $R_{pullup} = 800k\Omega$ /通道 - V_{cap} (2), BrWi (1)) - V_{cap} (1), ChOut (2)

再次启用 ISO1211 后, C_{IN} 放电, ISO1211 开始工作。这需要大约 $14\mu s$ 的时间, 首先要为 ISO1211 建立稳固的 GND 连接, 其次要有足够的电流 ($2.2mA$, 典型值, 取自 ISO121x 数据表) 流过 R_{SENSE} , 同时 SENSE 引脚的电压仍高于逻辑高电平, 即高于 $13.65V - 1.2V$ (滞后) = $12.45V$ 。现在, ISO1211 的输出切换为高电平。一旦 C_{IN} 中存储的能量不足以再提供 $2.2mA$ 电流并使 SENSE 引脚的电压保持在高电平范围内, ISO1211 的输出就会切换为低电平。

在这种配置下, 产生的脉冲持续时间约为 $50.5\mu s$ 。

3.2.2.2 单通道配置

对于 $100k\Omega$ 上拉电阻器, 将构建仅连接一个通道的单通道配置。机械开关关闭。上拉电阻为 $100k\Omega$ 。然后, 执行断线检测。图 3-6 显示了一个示波器截图, 其中示波器的通道 2 连接到一个 ISO1211 通道 (V_{cap}) 的输入电容器 C_{IN} , 通道 1 连接到同一 ISO1211 (ChOut) 的 OUT 引脚。图 3-7 显示放大到 图 3-6。

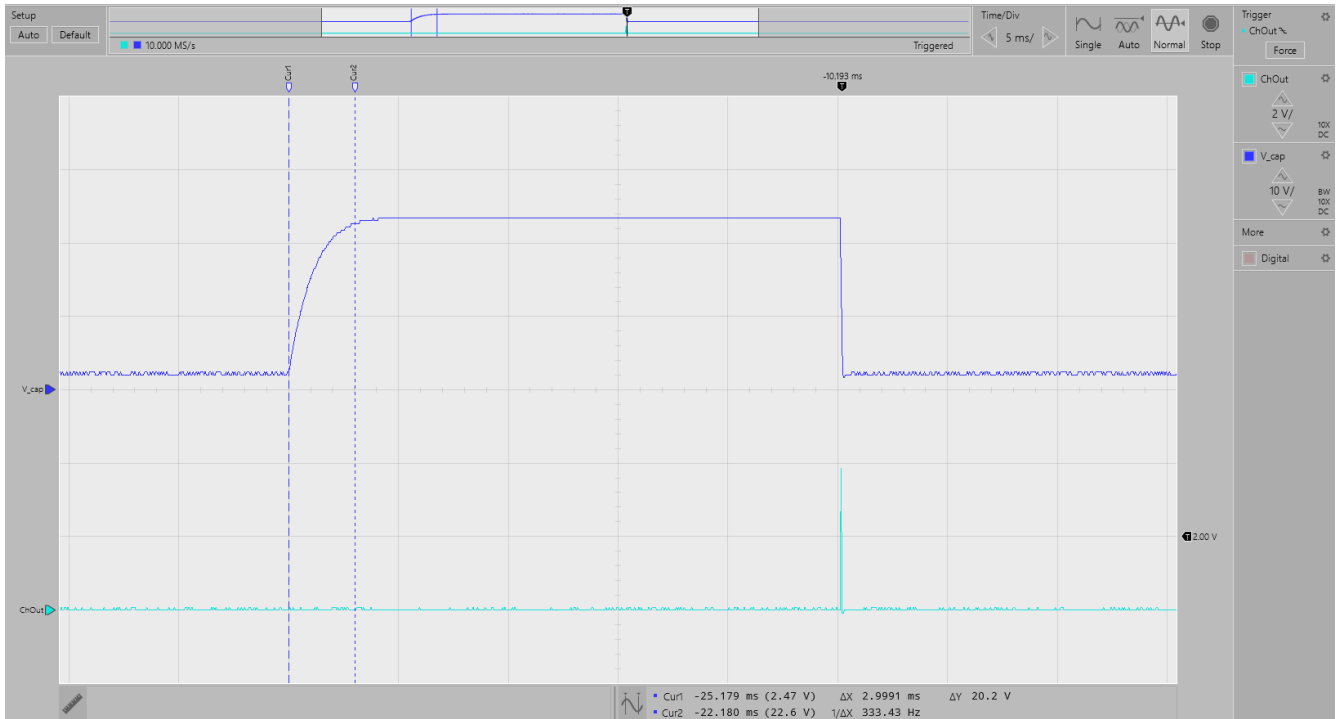


图 3-6. 单次断线检测， $R_{pullup} = 100k\Omega$ - V_{cap} (2) , ChOut (1)

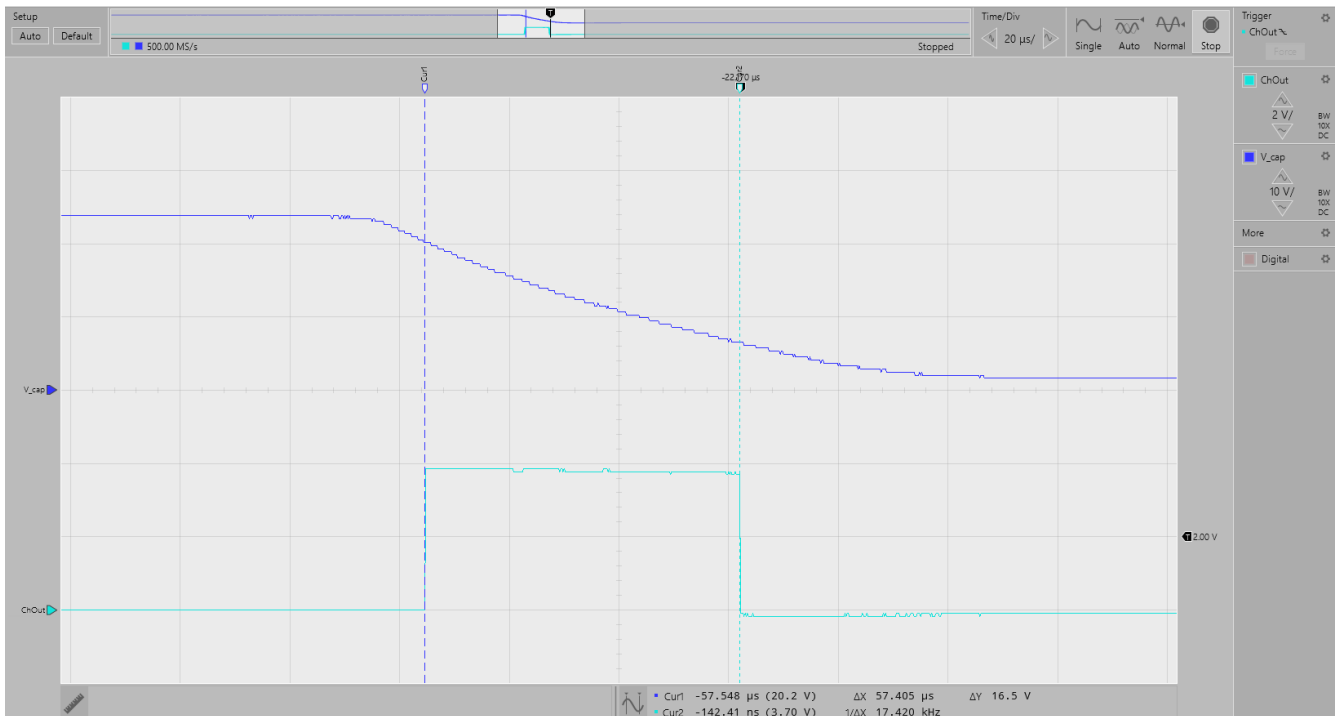


图 3-7. 放大 图 3-6 - V_{cap} (2) , ChOut (1)

现在， C_{IN} 的充电只需要大约 3ms。这个时间是预料之中的，因为现在的上拉电阻比以前小得多 ($100k\Omega \ll 800k\Omega$)。此外，输入电容器上的最大电压现在为 23.6V，产生的脉冲长度为 57 μ s。

由于使用的元件更少，系统中的泄漏更少，流过的电流也更小。因此，上拉电阻器上的压降更小。此外，电容器上还存储了更多的能量 ($E_C = 1/2 \times C \times U^2$)，这使得输出脉冲更长。此外，在电容器放电的同时，还有额外的电流

流过上拉电阻器，而上拉电阻器同时也在为电容器充电。与 $800\text{k}\Omega$ 相比，仅使用 $100\text{k}\Omega$ 的上拉电阻器时，此电流也更高。

图 3-8 显示了相同单通道配置的示波器截图。但是，现在电源电压仅为 14.9V 。电容器中仍存储能量，因此 ISO1211 的输出端会产生脉冲。但是，由于输入电压较低，输出脉冲现在会降低至 $15\mu\text{s}$ 。

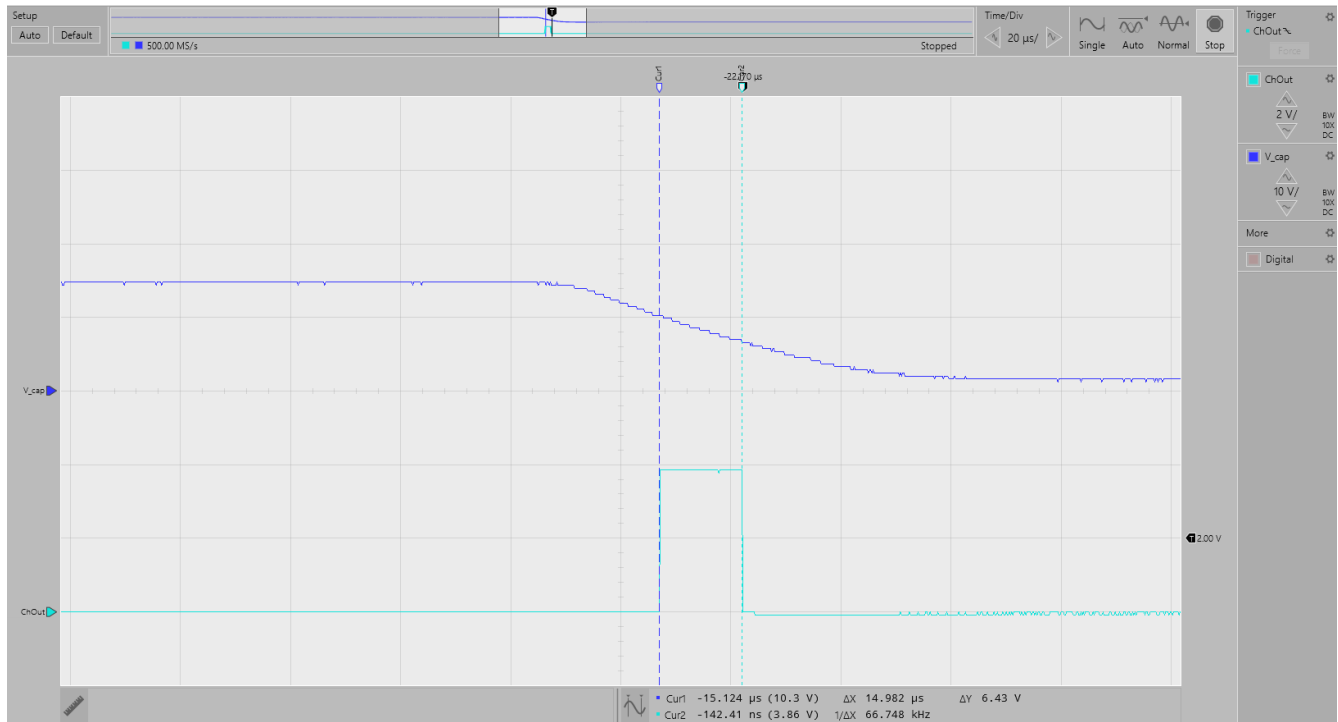


图 3-8. 单根断线检测， $V = 14.9\text{V}$ ， $R_{\text{pullup}} = 100\text{k}\Omega$ - V_{cap} (2)， ChOut (1)

3.2.3 结语

断线检测按预期运行。但是，在实施断线检测时需要注意以下几点。

24V 上拉电阻越大， C_{IN} 的最大电压就越低。此外，还要考虑通过保护元件和电容器的漏电流。例如：

1. $100\text{k}\Omega$ 上拉，单通道配置 $\rightarrow V(C_{\text{IN}})_{\text{max}} = 23.6\text{V}$ ； $800\text{k}\Omega$ 上拉，组通道配置 $\rightarrow V(C_{\text{IN}})_{\text{max}} = 22.6\text{V}$
2. 上拉电阻越高 (24V)，产生的输出脉冲越短 \rightarrow 输入电容器中存储的能量越少，放电时通过上拉电阻流向 ISO121x 的 (充电) 电流越小
3. 开关的电源电压越低，产生的输出脉冲越短 \rightarrow 输入电容器中存储的能量越少，越快达到低电平阈值
4. 输入电容器的电容越大，输出脉冲越长 \rightarrow 输入电容器中存储的能量越多

备注

通常，选择可快速开启和关闭的光耦仿真器开关至关重要。如果光耦仿真器开关导通速度太慢，则在 ISO121x 建立可靠的 GND 连接之前， C_{IN} 就已经放电过多。这样就不会产生输出脉冲。

4 设计文件

4.1 原理图

要下载原理图，请参阅 [TIDA-01509](#) 中的设计文件。

4.2 物料清单

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-01509](#) 中的设计文件。

4.3 PCB 布局建议

有关数字输入级的布局指南，请参阅 [ISO121x 隔离式 24V 至 60V 数字输入模块数字输入接收器](#) 的布局部分。

4.3.1 布局图

要下载板层图，请参阅 [TIDA-01509](#) 中的设计文件。

4.4 Altium 工程

要下载 Altium 工程文件，请参阅 [TIDA-01509](#) 中的设计文件。

4.5 Gerber 文件

要下载 Gerber 文件，请参阅 [TIDA-01509](#) 的设计文件。

4.6 装配图

要下载装配图，请参阅 [TIDA-01509](#) 中的设计文件。

5 软件文件

要下载软件文件，请参阅 [TIDA-01509](#) 中的设计文件。

6 相关文档

1. 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](#)

6.1 商标

TI E2E™ and LaunchPad™ are trademarks of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

7 作者简介

TOBIAS PUETZ 是德州仪器 (TI) 工厂自动化与控制团队的系统工程师，专注于 PLC 和机器人技术。Tobias 拥有各种传感技术和电源设计方面的专业知识。Tobias 于 2014 年在德国卡尔斯鲁厄理工学院 (KIT) 获得了电气工程与信息技术硕士学位。

7.1 鸣谢

感谢 **ANANT KAMATH** 在整个设计过程中为 TI 参考设计理念所做的贡献、反馈和支持。

8 修订历史记录

Changes from Revision * (January 2018) to Revision A (May 2025)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	1
• 更新了方框图，用 <i>ISOM8600</i> 代替 <i>光学开关</i>	3
• 更新了 <i>带光学开关的浮动接地至现场接地 (FGND) 连接的原理图</i> 的图像.....	5

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