

Application Brief

组合式 PLC 数字输入或输出设计



Sienna Cheng, Ahmed Noeman

引言

数字输入和数字输出模块是最常见的 PLC 模块类型。在某些应用中，需要灵活地将通道配置为输入或输出。例如，在 DCS 系统中，可在接线和传感器安装后进行配置。此外，在高可用性系统中，可用于多个通道的冗余通道很少，因此需要在该通道类型发生故障时将其配置为一种类型。

本应用简报介绍了如何使用标准高侧开关 (HSS) 输出和标准数字输入器件构建 8 通道可配置数字输入/输出 (DIO) 模块。

该模块可按每个通道独立配置为数字输入 (DI) 或数字输出 (DO)。所有通道均可承受符合 IEC6100-4-2 标准的 ESD、EFT 和浪涌事件。8 通道 DIO 模块采用大约 36V 的 12V 场电源工作。

8 个 DI 通道可配置为 IEC 61131-2 1 类或 3 类灌入数字输入，输入电压高达 36V。有两组输入通道：当启用 DO 时，可以单独禁用 DI 通道 CH3、CH5、CH6 和 CH7。即使启用了 DO，DI 通道 CH1、CH2、CH4 和 CH8 也始终开启，这些通道演示了如何使用 DIN 来诊断 DO 路径。

DO 通道为高侧。DI 和 DO 都与控制器端隔离。

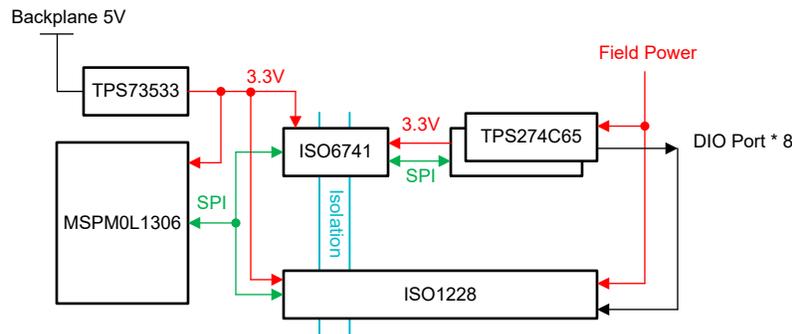


图 1. 方框图

设计方框图展示了 DIO 功能的构建方式。8 通道 DIO 设计使用 MSPM0L1306 作为控制器。ISO1228 用于实现 DI 和隔离，TPS274C65 用于实现 DO 功能，ISO6741 用于隔离 DO 功能。控制器侧由 5V 背板电源生成的 3.3V 电源供电。场侧由电压可达 38.5V 的场电源供电。TPS274C65 集成稳压器将场电源转换为 3.3V，以便为 ISO6741 隔离器场侧电源供电。

TPS274C65 和 ISO1228 都具有 SPI。一个 MSPM0L1306 SPI 通道用于控制两个器件。

系统实现和注意事项

软件说明

由于 DO 和 DI 器件之间的 SPI 模式不同，因此在初始化这两个器件并在 DI/DO 模式之间切换时需要特别注意。图中所示是一个简单的 DIO 基本软件流程图。首先，它会复位 ISO1228 并读取 TPS274C65 的 RC (读取以清除) 类型寄存器以清除数据。例如，VDD_UVLO 在上电时可以标记为故障，TPS274C65 默认锁存故障位，仅在读取时清除。因此，我们在开始时进行读取以清除寄存器，监测后续操作时发生的故障。

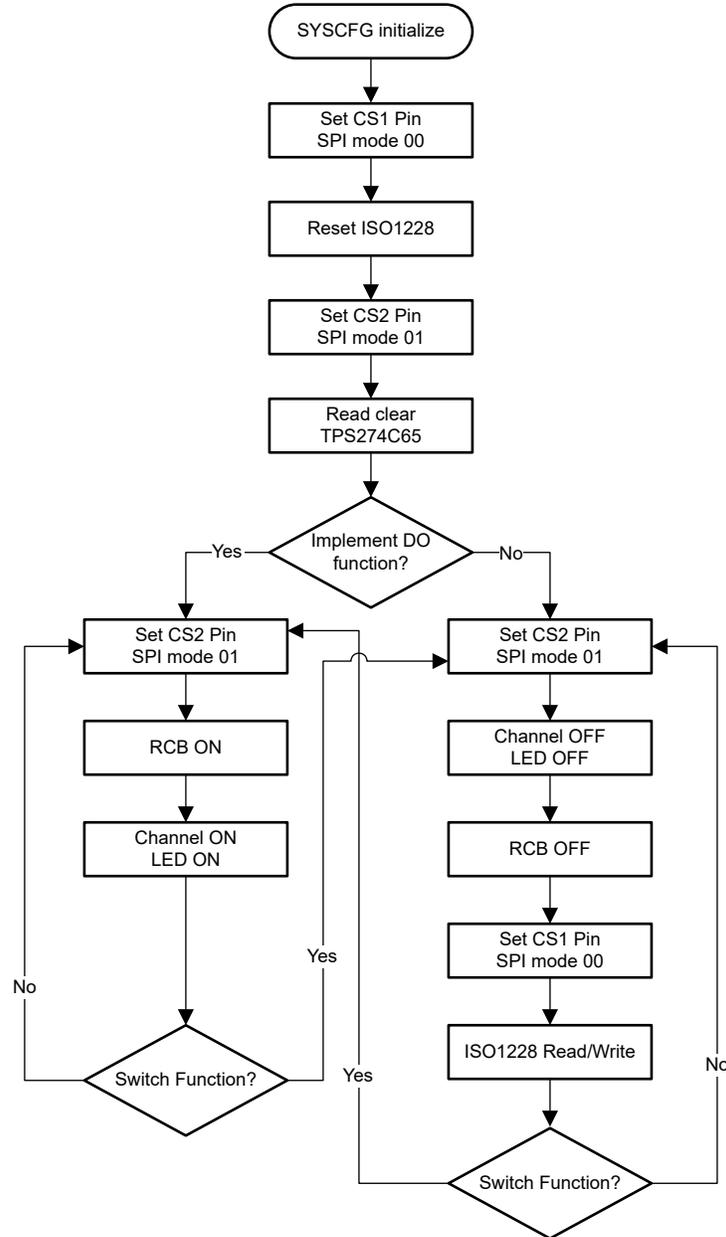


图 2. 软件流程图

SPI 硬件配置

一个控制器 M0 使用 SPI 与一个 ISO1228 和两个 TPS274C65 器件通信。ISO6741 器件具有三个正向通道和一个反向通道。来自 M0 连接的 SCLK SDI CS0 信号连接到三个正向通道。TPS274C65 的 SDO 连接到反向通道。

M0 直接连接到 ISO6741 和 ISO1228，例如两个器件连接到一个控制器。SPI 多外设置对每个器件使用单独的 CS 信号。

即使另一个器件的数据无效，控制器 M0 也只需要在发送数据时将一个 CS 置为有效。当 CS 被清除时，SDO 可处于高阻抗状态。否则，两个器件会同时驱动 SDO，从而导致数据损坏。

由于隔离器驱动 SPI 信号，ISO1228 (CS2) 的片选信号需要连接到 ISO6741 EN1 引脚。当 ISO1228 发送数据时，这会将 ISO6741 的 OUTD 设置为高阻抗。OUTD 用于将 TPS274C65 的 SDO 信号发送到 M0。当 EN1 为低电平时，ISO6741 OUTD 处于高阻态。当 CS2 引脚有效时，ISO1228 会发送 SDO 信号。

对于 DO 端，SPI 线通过 ISO6741 连接到一对 TPS274C65。TPS274C65 可以支持可寻址 SPI 配置和菊花链配置。

SPI 模式配置

对于 TPS274C65 和 ISO1228 器件，需要单独调整 SPI 时钟极性和相位。可以调整微控制器 SPI 外设时钟极性和时钟相位，它们由 CTL0.SPO 位和 CTL0.SPH 位设置。

时钟极性 (CTL0.SPO) 用于控制不传输数据时的时钟极性，仅在 Motorola SPI 帧模式下使用。

值 (0x0h) 表示不传输数据时控制器在 CLKOUT 引脚上产生稳态低电平值，而值 (0x1h) 表示不传输数据时控制器在 CLKOUT 引脚上产生稳态高电平值。

时钟相位 (CTL0.SPH) 位选择捕捉数据的时钟边沿。由于可以允许或不允许在第一个数据捕获沿之前进行时钟转换，因此这对第一个传输位的影响最大。请参阅 Motorola SPI 帧模式部分以查看示意图。

值 (0x0h) 表示数据在第一个时钟边沿转换时捕获，值 (0x1h) 表示数据在第二个时钟边沿转换时捕获。

对于 TPS274C65，当不传输数据时，时钟信号需要为低电平。在第二次时钟沿转换时捕获数据。因此，在控制 TPS274C65 时，M0 需要将时钟极性 (CTL0.SPO) 位设置为 0x0h，将时钟相位 (CTL0.SPH) 位设置为 0x1h。

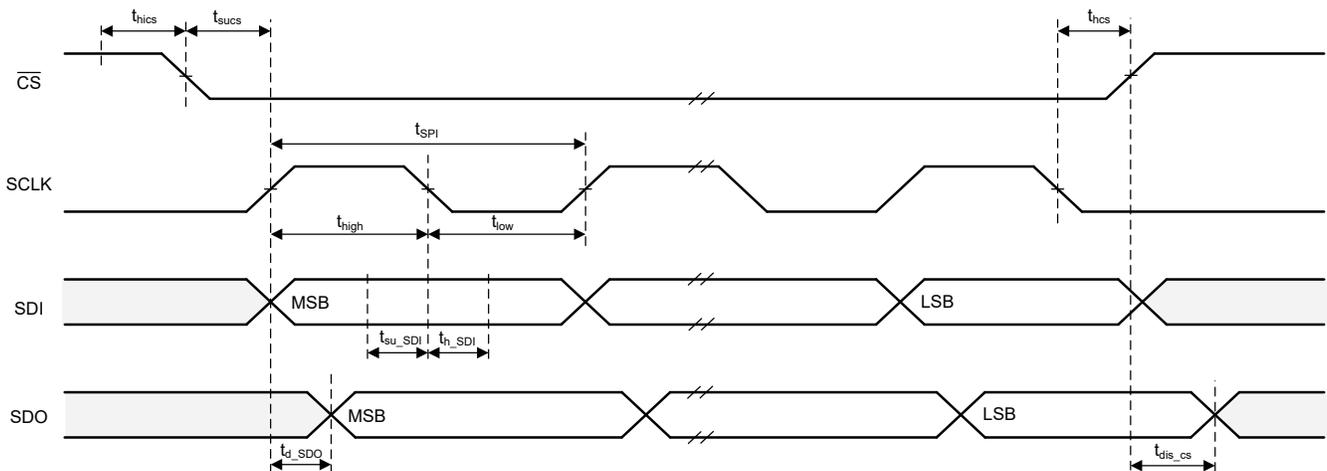


图 3. TPS274C65 的 SPI 时序

对于 ISO1228，当不传输数据时，时钟信号也需要为低电平。在首个时钟沿捕获数据。因此，在控制 ISO1228 时，控制器需要将时钟极性 (CTL0.SPO) 位设置为 0x0h，将时钟相位 (CTL0.SPH) 位设置为 0x0h。

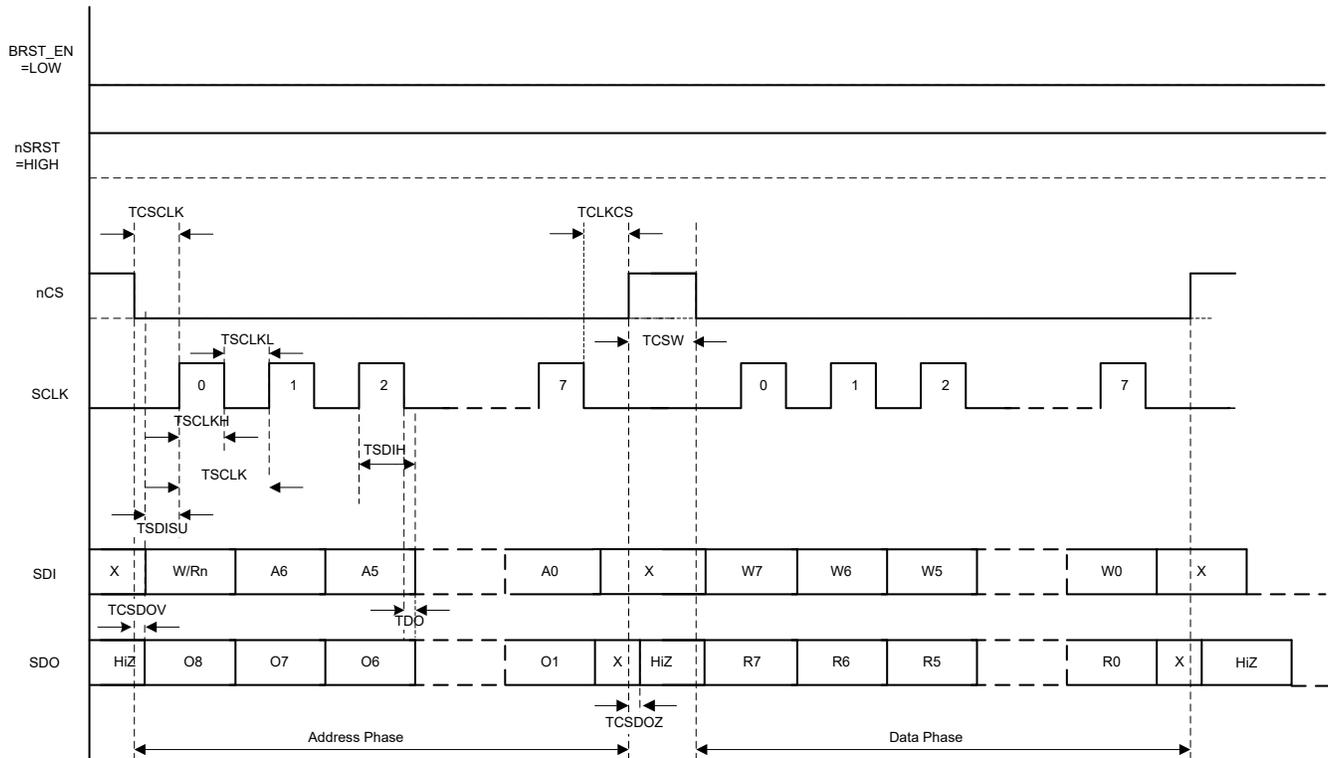


图 4. ISO1228 的 SPI 时序

因为 ISO1228 和 TPS274C65 的 SPI 模式不同。控制 2 个器件时需要 SPI 模式切换。设置 SPI 配置后，可以清除 SPIx.PWREN 寄存器中的 ENABLE 位，以避免在更新期间或之后首次接收或发送数据时出现不可预测的行为。

电源配置

TPS274C65 的数字电源是使用场电源的集成稳压器生成的。要启用集成稳压器，REG_EN 引脚将保持悬空。

如果使用外部直流/直流来实现较低的功耗，请将 REG_EN 连接到 GND 以禁用内部稳压器，使用 TPS274C65 的同一 VS 电源为外部稳压器供电。

必须在 VDD 之前为 TPS274C65 Vs 供电。如果在 VDD 供电时 VS 接地，则大电流会从 VDD 流向 VS 并损坏内部保护二极管。如果 VS 悬空，而 VDD 上电。大电流可能流入 VOUT，也会损坏保护二极管。

DO 的漏电流

DO 电流路径从 VS 途经 TPS274C65，然后到外部 FET，再到 DIO 端口，再到负载。将灌电流 DI 连接到同一输出端子可能会导致 DI 发生一些泄漏。

对于 CH3、CH5、CH6、CH7，一些电流可能会通过 RTHR 泄漏到 ISO1228 输入通道。对于 CH1、CH2、CH4、CH8，另一个电流可能会通过 RTHR、RPAR、LED 泄漏至接地。由于两组通道之间有 2 种不同的配置，漏电流有 2 条不同的路径。DIO 端口和 RTHR 之间的漏电流测试点。

CH3、CH5、CH6、CH7，如图所示。与通道输入以及负载电压相关的漏电流。

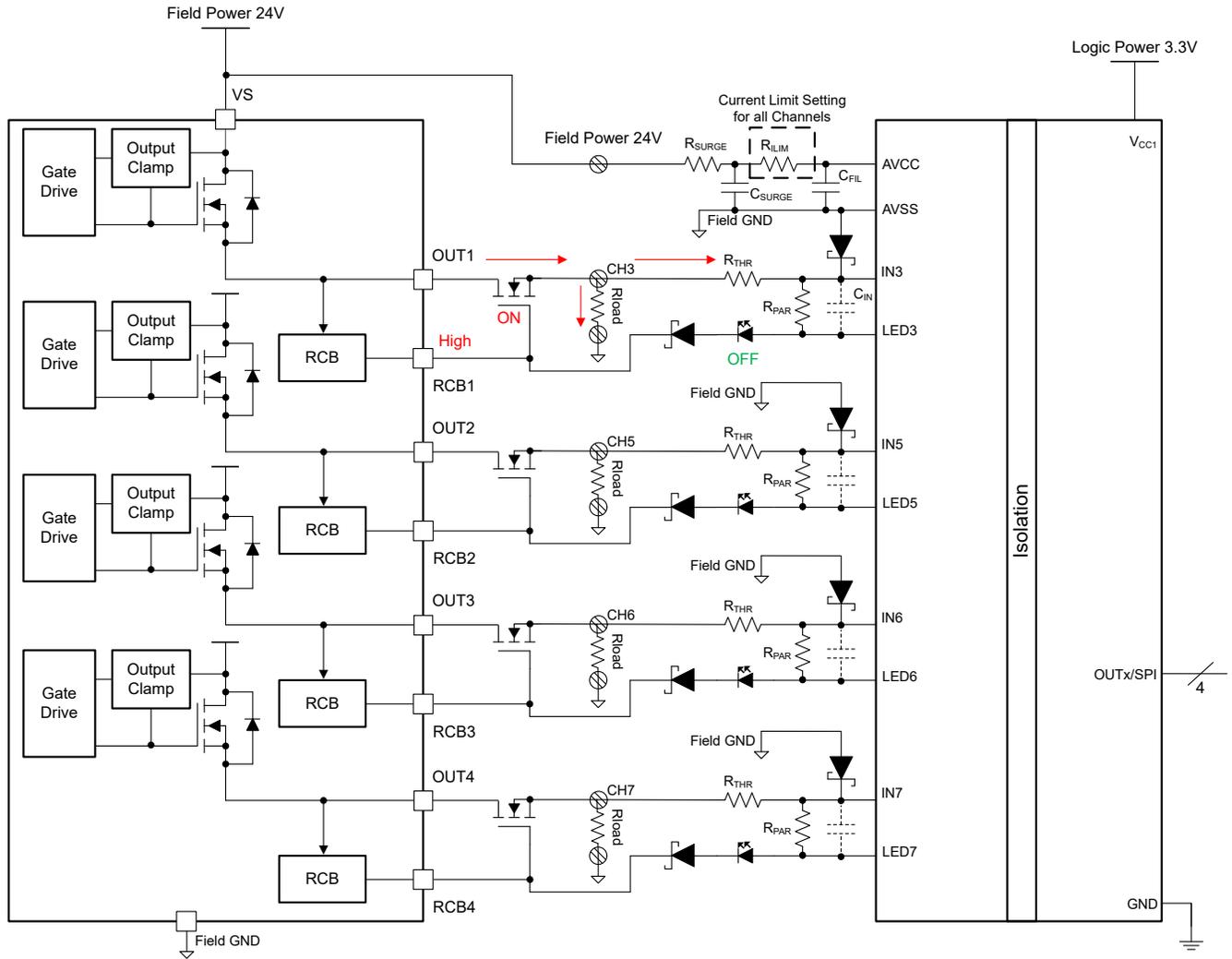


图 5. CH3、CH5、CH6、CH7 的漏电流

最坏的情况是 CH3、CH5、CH6、CH7 均处于 DO ON 状态并加载了 50 Ω 电阻。一个通道上的漏电流为 0.549mA。此组的总漏电流为：

$$4 \times 0.549 = 2.196\text{mA}$$

如果 3 个通道 (本例中为 CH5、CH6、CH7) 处于 DO OFF 状态，而只有 CH3 处于 DO ON 状态并加载了 50 Ω 电阻。CH3 上的漏电流为 1.049mA。CH5、CH6 或 CH7 上的漏电流为 0.004mA。此组的总漏电流为：

$$1.049 + 0.004 \times 3 = 1.061\text{mA}$$

表 1 展示了更多测试结果。较轻的负载可以减少漏电流。导通状态下的通道越多，每个通道的漏电流越小，但总漏电流越大。负值表示来自 DI 的电流源，这是由于 ISO1228 内部电路连接到 INx 引脚 (包括断线检测电路) 造成的。断线检测电路会尝试检测 245μA 的输入电流 (在数据表中指定为 IWB)，如果输入电流小于 245μA，则断线检测电路会报告为断线。电流 > 245μA 表示没有断线。

表 1. CH3、CH5、CH6、CH7 上的漏电流测试结果

CH3 上的负载 (Ω)	CH3	CH5	CH6	CH7	CH3 上的漏电流 (mA)	总漏电流 (mA)
50	导通	导通	导通	导通	0.549	2.296
50	导通	关断	导通	导通	0.633	1.903
50	导通	关断	关断	导通	0.770	1.548
50	导通	关断	关断	关断	1.049	1.061
50	关断	关断	关断	关断	-0.006	0.012
float	导通	导通	导通	导通	0.574	2.296
float	导通	关断	导通	导通	0.658	1.978
float	导通	关断	关断	导通	0.795	1.598
float	导通	关断	关断	关断	1.069	1.081
float	关断	关断	关断	关断	0.004	0.016

CH1、CH2、CH4、CH8 如图 6 所示。漏电流与其他通道的状态无关。测试结果如表 2 所示。

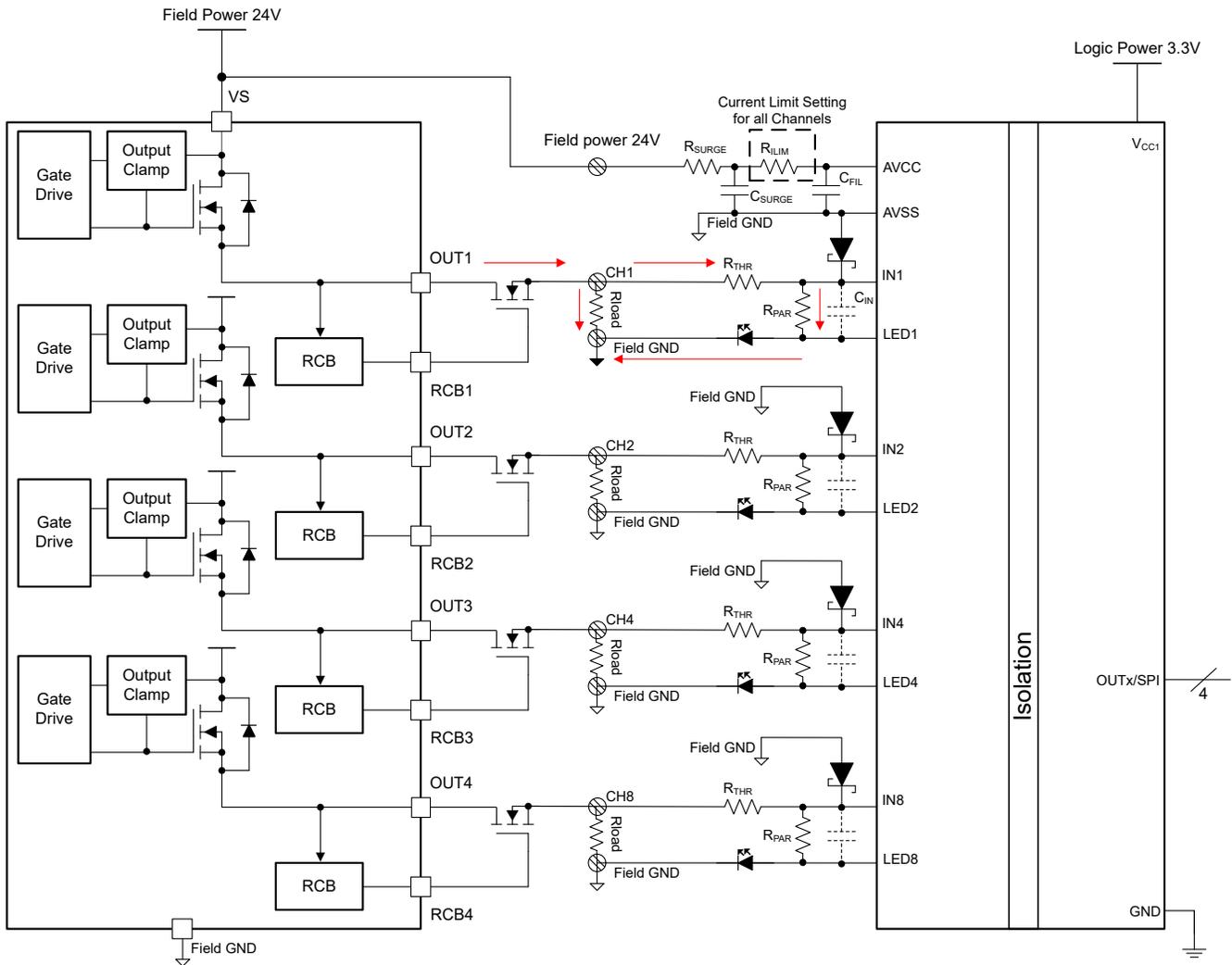


图 6. CH1、CH2、CH4、CH8 的漏电流

表 2. CH1、CH2、CH4、CH8 上的漏电流测试结果

负载 (Ω)	电流漏至 CH1 (mA)	电流漏至 CH2 (mA)	电流漏至 CH4 (mA)	电流漏至 CH8 (mA)
50	2.670	2.703	2.644	2.667
float	2.667	2.700	2.640	2.663

采用 DI 时，由于外部 FET 处于关断状态，TPS274C65 几乎没有漏电流。

参考

- 德州仪器 (TI)，[TPS274C65xS 具有 SPI 接口和诊断功能的 72m \$\Omega\$ 四通道智能高侧开关](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI)，[ISO1228 具有电流限制和诊断功能的八通道隔离式数字输入](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI)，[ISO674x EMC 性能优异的通用增强型四通道数字隔离器](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI)，[MSPM0L130x 混合信号微控制器](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI)，[MSPM0 L 系列 32MHz 微控制器](#) 技术参考手册。

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

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