



摘要

BoosterPack™ 旨在与 LP-AM243 TI LaunchPad™ 套件 (带 Sitara™ AM243x MCU) 配合使用。此组合设计可实现具有快速和确定性时序以及独立周期和位速率配置的八端口 IO-Link 主站。该设计可用于构建远程 IO 网关以连接 OPC UA、Profinet、EtherCAT 或以太网 IP。其帧处理程序基于面向 Sitara™ 处理器的可编程实时单元 (PRU)，可灵活控制时序和同步。

内容

开始使用.....	2
特性.....	2
应用.....	2
1 评估模块概述.....	3
1.1 引言.....	3
1.2 套件内容.....	3
1.3 规格.....	3
1.4 器件信息.....	4
2 硬件.....	12
2.1 电源要求.....	12
2.2 电源配置接头.....	13
2.3 BoosterPack 接头引脚分配.....	14
2.4 按钮.....	15
2.5 测试点和 LED 状态指示灯.....	16
2.6 M12 连接器机械加强板.....	22
2.7 组装说明.....	23
2.8 应做事项和禁止事项.....	23
3 软件.....	24
3.1 软件说明.....	24
3.2 软件安装.....	24
3.3 GUI 安装.....	24
3.4 软件开发.....	24
4 实现结果.....	25
4.1 测试设置.....	25
4.2 测试结果.....	25
5 硬件设计文件.....	32
5.1 原理图.....	32
5.2 PCB 布局.....	41
5.3 物料清单 (BOM).....	47

商标

BoosterPack™, LaunchPad™, Sitara™, and HotRod™ are trademarks of Texas Instruments.

IO-Link® is a registered trademark of Profibus User Organization.

所有商标均为其各自所有者的财产。

开始使用

1. 订购 [BOOSTXL-IOLINKM-8 BoosterPack™](#) 和 [LP-AM243 LaunchPad™](#)
2. 下载并阅读全面的参考设计文件和用户手册
3. 下载最新的固件库并按照 [LaunchPad™](#) 编程说明进行操作
4. 组装 [BoosterPack™](#) 和 [LaunchPad™](#)

特性

- 八个 IO-Link 端口
- 支持 IO-Link 传输速率 COM1、COM2 和 COM3
- 支持 400µs 周期时间
- 每个端口可提供 500mA 电流
- 所有端口都具有过流保护和限制功能
- PRU 帧处理程序可实现灵活时序

应用

- [独立远程 IO](#)
- [通信模块](#)

1 评估模块概述

1.1 引言

为了与包含处理器和帧处理程序的 LP-AM243 LaunchPad 配合创建八端口 IO-Link 主站，此 BoosterPack 包含所需的所有模拟电路。每个相同的端口都包含一个带有 IO-Link 通信线 (CQ) 的 M12 连接器、一个带有电源返回或接地 (L-) 的 24V 电源 (L+) 以及一条数字输入线 (DI)。

每个端口都使用一个配置为主站模式的 IO-Link TIOL112 收发器，它为 IO-Link 主站接口实现了物理层接口，包括 CQ 线上所需的集成电流吸收器。TIOL112 收发器在唤醒脉冲期间提供 700mA 的电流限制，这超过了最低 500mA 的要求，但不足以使电缆或电源过载或产生故障条件。TIOL112 还限制了 CQ 线的转换率，以尽量减少过冲、减少发射并改善通信，同时仍以 230kbps 的数据速率实现 COM3 性能。

八个 24V 电源通道采用两个 TPS274160 四通道高边开关实现，提供独立的电流监测和可配置的电流限制，以防止过载输出和故障情况。

八通道 24V SN65HVS883 数字输入串行器用于在处理器读取时监测每个端口的数字输入 (DI) 引脚，以及驱动蓝色 LED 状态指示灯以反映线路值。

处理器通过每个端口上的红色和绿色 LED 状态指示灯反映一般的端口状态，指示灯则由 TCA6424A I2C 至 GPIO 扩展器控制。

TPS26631 电子保险丝为 BoosterPack 提供保护，使其免受 24V 主电源过压、欠压、过流、反极性等故障条件的影响。处理器也监测电源电流，实现诊断用途。

LMR36503 直流/直流降压转换器通过 24V 电源创建 3.3V 数字电压轨，从而允许使用单个 24V 电源为整个 BoosterPack 板供电。但是，也可以使用来自 LaunchPad 的 3.3V 电源供电，只需简单的跳线配置即可。

1.2 套件内容

- EVM 板 (1 块)
- M12 连接器加强板 (1 块)
- M2.5x0.45 盘头机械螺钉 (5 颗)

1.3 规格

1. 德州仪器 (TI)，[IO-Link 主站演示](#)
2. 德州仪器 (TI)，[TIOL112 和 TIOL112x 采用小型封装、具有低残余电压和集成浪涌保护功能的 IO-Link 器件收发器数据表](#)
3. 德州仪器 (TI)，[AM243x Sitara™ 微处理器数据表](#)
4. [IO-Link 接口和系统规格 V1.1.3](#)
5. [IO-Link 测试规格 V1.1.3](#)

1.4 器件信息

1.4.1 TIOL112

TIOL112(x) 系列收发器使用 IO-Link 接口实现工业双向点到点通信。当此器件通过一个三线制接口连接至一个 IO-Link 主站时，主站能够发起通信并与远程节点交换数据，而此时 TIOL112(x) 则用作一个用于通信的完整物理层。这些器件能够承受高达 1.2kV (500Ω) 的 IEC 61000-4-5 浪涌，并集成反向极性保护功能。只需通过一个简单的引脚可编程接口，便可轻松连接到控制器电路。可使用外部电阻器配置输出电流限值。TIOL112(x) 可配置为生成唤醒脉冲并用于 IO-link 主站应用。针对欠压、过流和过热情况提供了故障报告和内部保护功能。

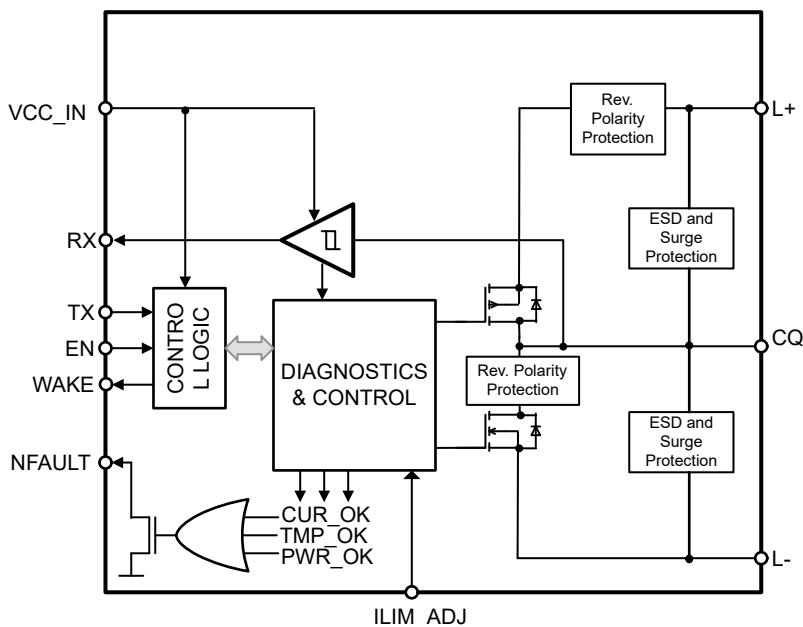


图 1-1. TIOL112 功能方框图

1.4.2 TPS26631

TPS2663x 器件是易于使用的正极 60V 和 6A 电子保险丝，其中包含一个 31mΩ 的集成式 FET。该器件具有一个 B-FET 驱动器，用于在需要输入反极性故障和反向电流阻断保护的系统中控制外部 N 沟道 FET。该器件集成了强大的保护功能，可简化在 IEC61000-4-5 工业浪涌测试等系统测试期间需要保护的系统设计。该器件具有可调节输出功率限制 (PLIM) 功能，从而简化需要符合 IEC61010-1 和 UL1310 等标准的系统设计。其他保护功能包括可调节过流保护、快速短路保护、输出压摆率控制、过压保护和欠压锁定。为实现系统状态监视和下游负载控制，该器件提供了故障和精确的电流监视器输出。可以使用 PGOOD 来启用和禁用下游直流/直流转换器控制。MODE 引脚可用于在两种限流故障响应 (闭锁自动重试) 之间灵活地对器件进行配置。

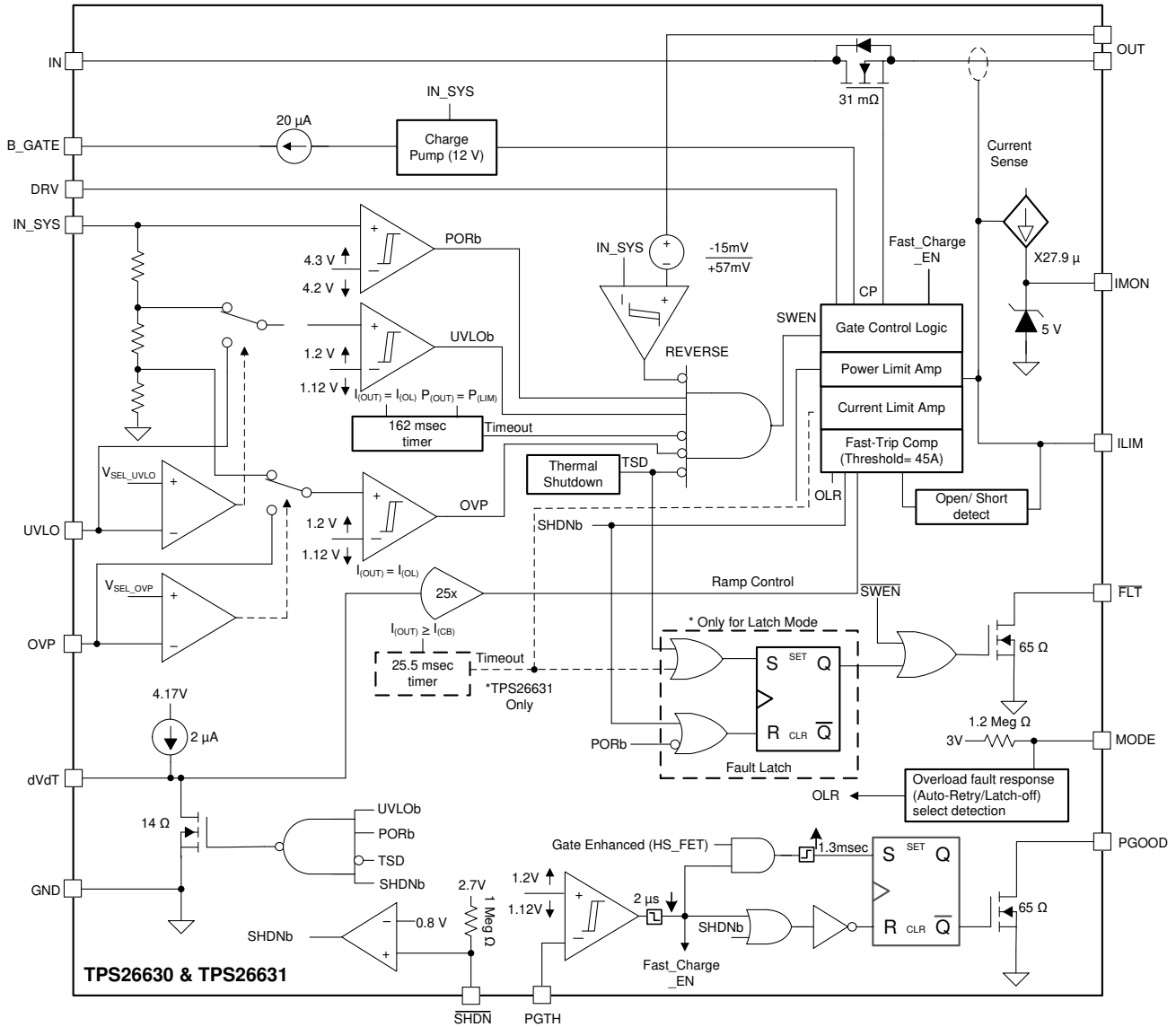


图 1-2. TPS26631 功能方框图

1.4.3 LMR36503

LMR36503 是业界超小型 65V、0.3A 同步直流/直流降压转换器，采用 2mm x 2mm HotRod™ 封装。这款易于使用的转换器可处理高达 70V 的输入电压瞬变，提供出色的 EMI 性能，并支持固定电压 5V 和其他可调输出电压。这种瞬态容差降低了防止输入过压所需的设计工作量，并满足 IEC 61000-4-5 的浪涌抗扰度要求。LMR36503 采用具有内部补偿的峰值电流模式控制架构，用于维持稳定运行和超小的输出电容。LMR36503 在 RT 引脚与地之间选用合适的电阻器后，可通过外部编程在 200kHz 至 2.2MHz 范围内实现理想的开关频率。借助精密 EN/UVLO 功能，可对器件启动和关断进行精确控制。附带内置干扰滤波器和延迟释放功能的电源正常状态标志可提供系统状态的真实指示，免去了使用外部监控器的麻烦。LMR36503 的紧凑尺寸和全套功能简化了各种工业应用的实施。

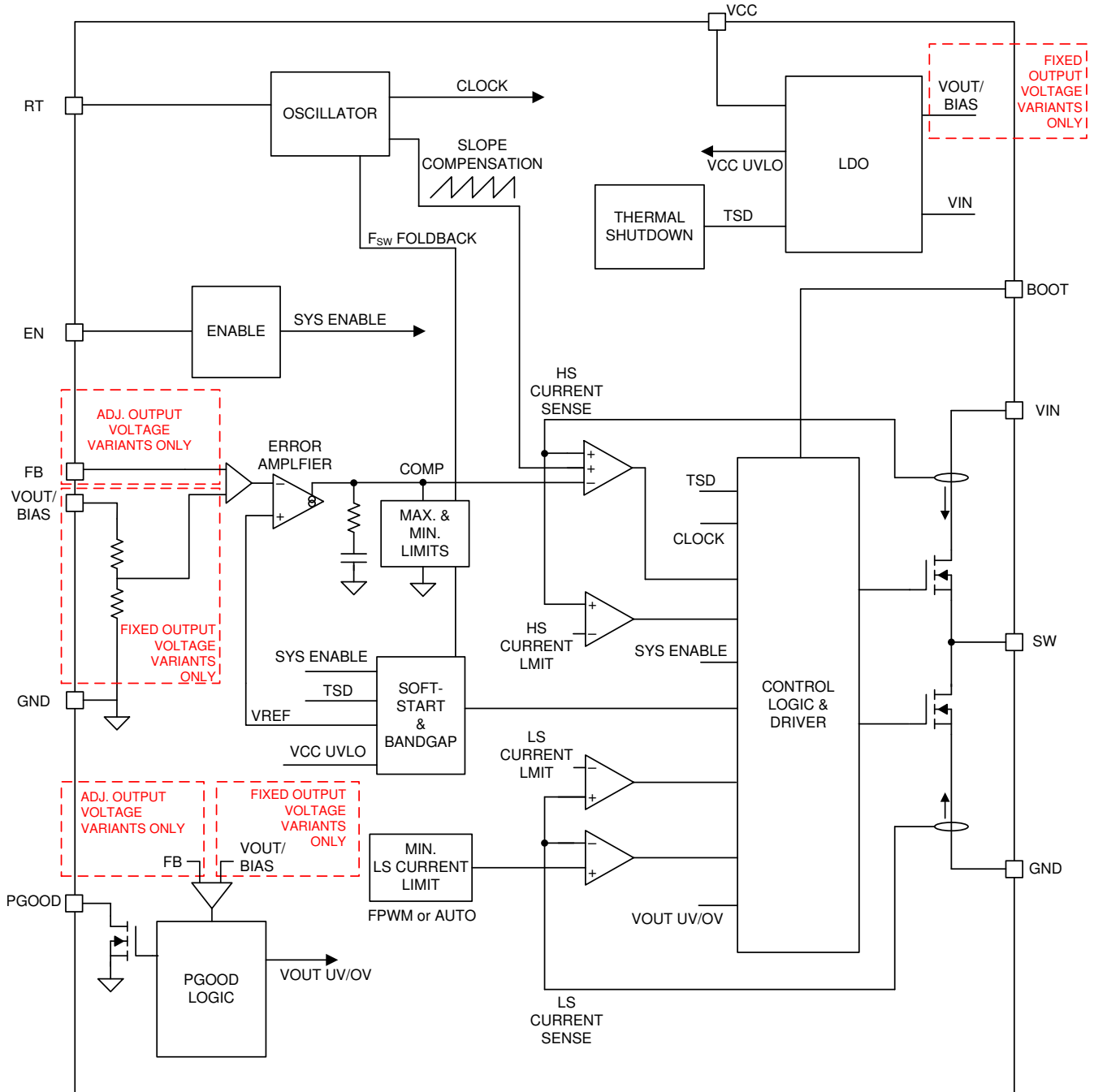


图 1-3. LMR36503 功能方框图

1.4.4 TLV9001

TLV900x 系列包括单通道 (TLV9001)、双通道 (TLV9002) 和四通道 (TLV9004) 低压 (1.8V 至 5.5V) 运算放大器，具有轨到轨输入和输出摆幅能力。这些运算放大器为空间受限、需要低电压供电和高容性负载驱动的应用 (例如烟雾探测器、可穿戴电子设备和小型电器) 提供了一种具有成本效益的解决方案。TLV900x 系列的容性负载驱动器具有 500pF 的电容，而电阻式开环输出阻抗使其能够在更高的容性负载下更轻松地实现稳定。这些运算放大器专为低工作电压 (1.8V 至 5.5V) 而设计，性能规格类似于 TLV600x 器件。TLV900x 系列稳健耐用的设计可简化电路设计。这些运算放大器具有单位增益稳定性，集成了 RFI 和 EMI 抑制滤波器，并且在过驱情况下不会出现相位反转。

TLV900x 器件具有关断模式 (TLV9001S、TLV9002S 和 TLV9004S)，允许放大器切换至典型电流消耗低于 1 μ A 的待机模式。针对所有通道型号 (单通道、双通道和四通道) 提供微型封装 (如 SOT-553 和 WSON) 以及业界通用封装 (如 SOIC、MSOP、SOT-23 和 TSSOP 封装)。

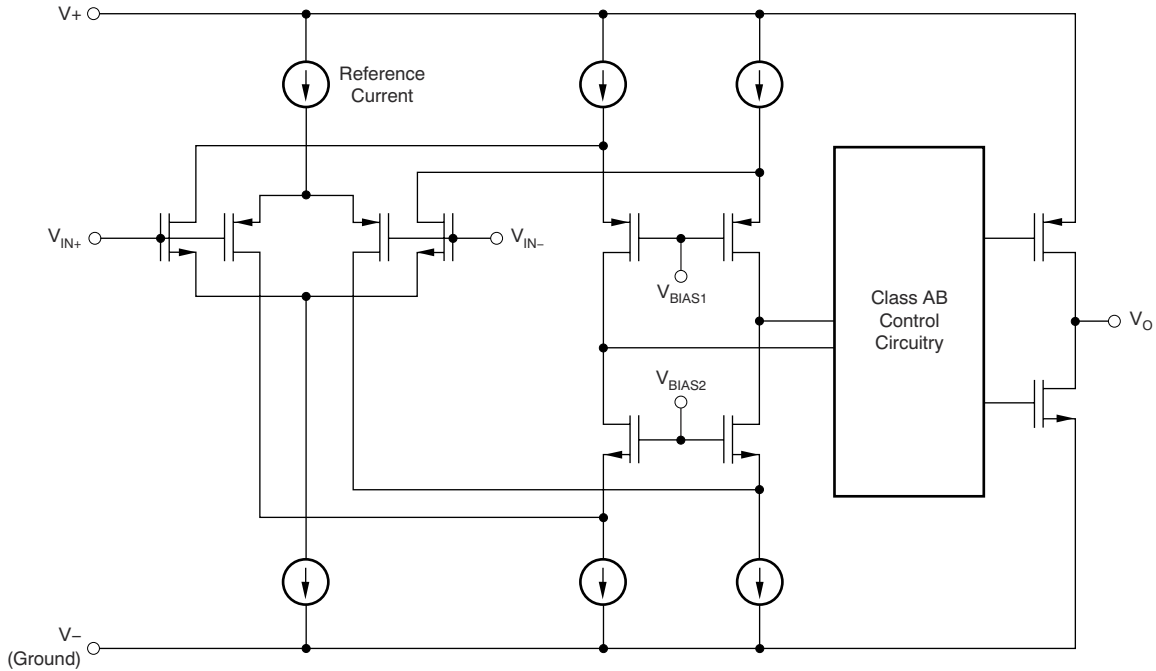


图 1-4. TLV9001 功能方框图

1.4.5 TCA6424A

这款针对两线制双向总线 (I2C) 的 24 位 I/O 扩展器被设计成通过 I2C 接口 [串行时钟 (SCL) 和串行数据 (SDA)] 为大多数微控制器系列提供通用远程 I/O 扩展。该器件的主要优势是其宽 VCC 范围。在 P 端口侧和 SDA/SCL 侧，它能够在 1.65V 至 5.5V 的电压范围内运行。这使得 TCA6424A 能够在 SDA/SCL 侧 (在这里，电源电平正在降低以节约能耗) 与下一代微处理器和微控制器相连接。与微处理器和微控制器的电源电压不断走低不同，有些印刷电路板 (PCB) 组件 (例如 LED) 保持在 5V 电源上。

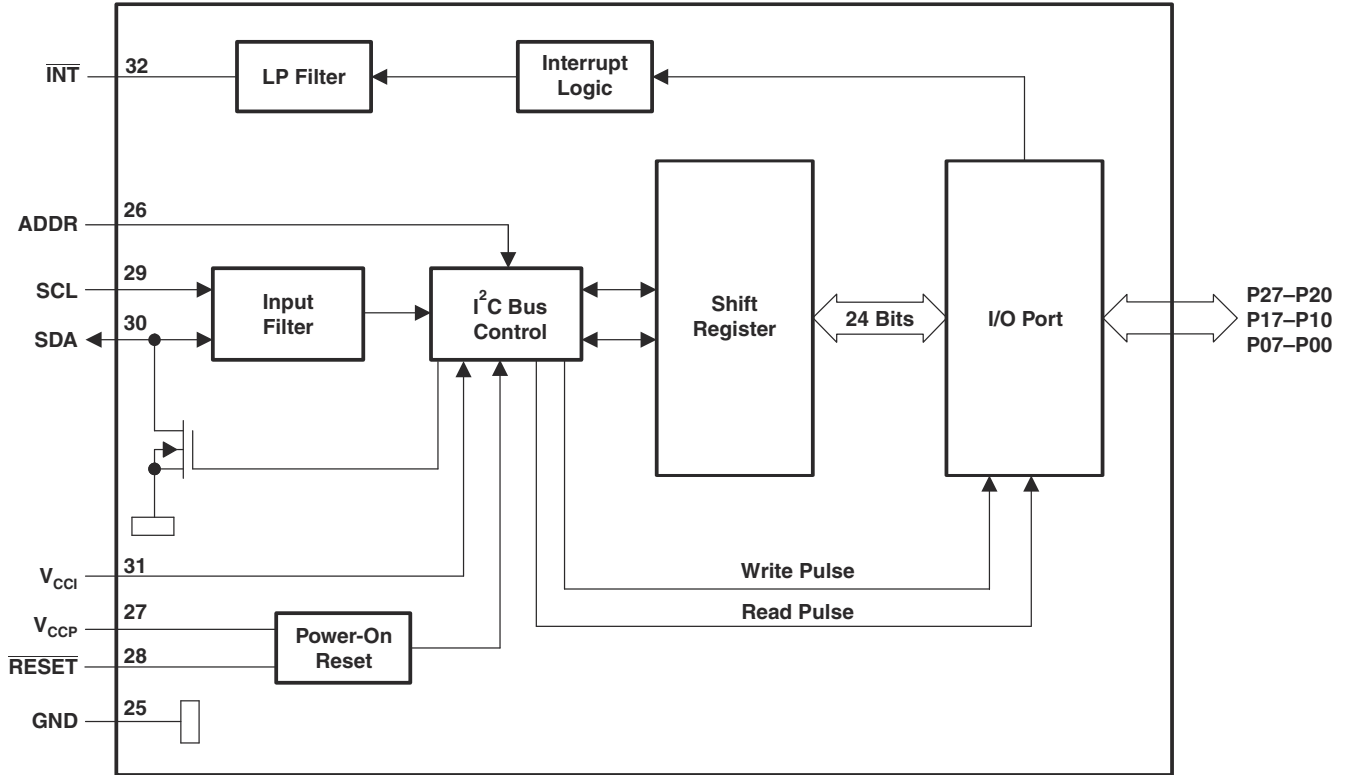


图 1-5. TCA6424A 功能方框图

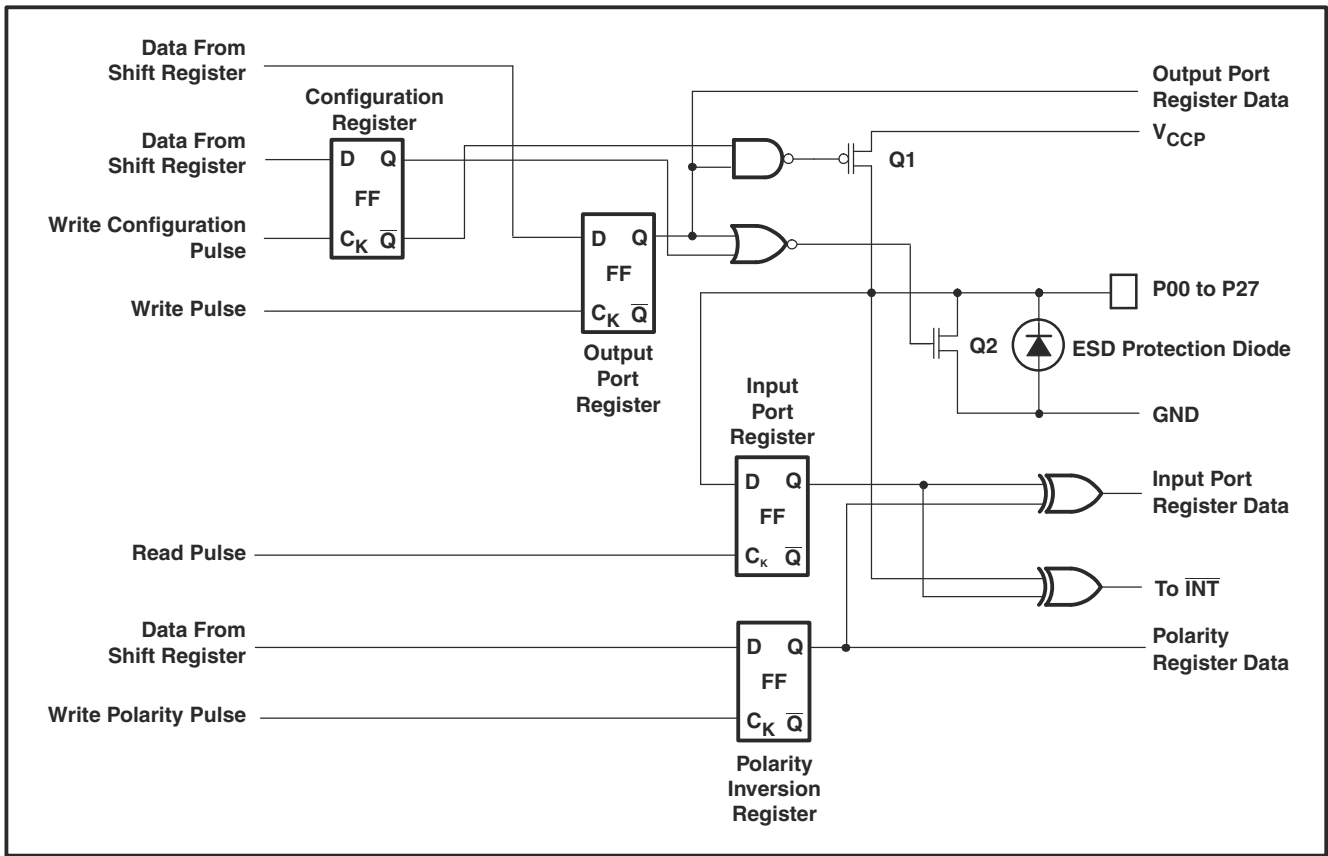


图 1-6. TCA6424A 的 P00 至 P27 简化原理图

1.4.6 TPS274160

TPS274160 器件是一款智能高边开关，通过四个集成式 $160\text{m}\Omega$ NMOS 功率 FET 和一个电荷泵来驱动栅极。该器件提供强大的保护和诊断功能，可以驱动各种电感、容性和电阻性负载，例如低瓦数灯泡、LED、继电器、电磁阀、加热器和子模块。该器件可通过并行通道实现灵活的多通道输出配置，并采用超小型 WQFN 封装，可在空间受限的应用中使用。该器件具有短路和过热保护功能，可在故障期间安全地关闭输出。该器件还支持从外部调节电流限值。这一特性通过减小驱动大容性负载时的浪涌电流并尽可能降低过载电流，可提高系统的可靠性，从而消除系统欠压的情况。该器件还集成了诊断功能，例如输出电流监控 (B 版本) 和开路负载检测，从而使模块更加智能并实现预测性维护功能。

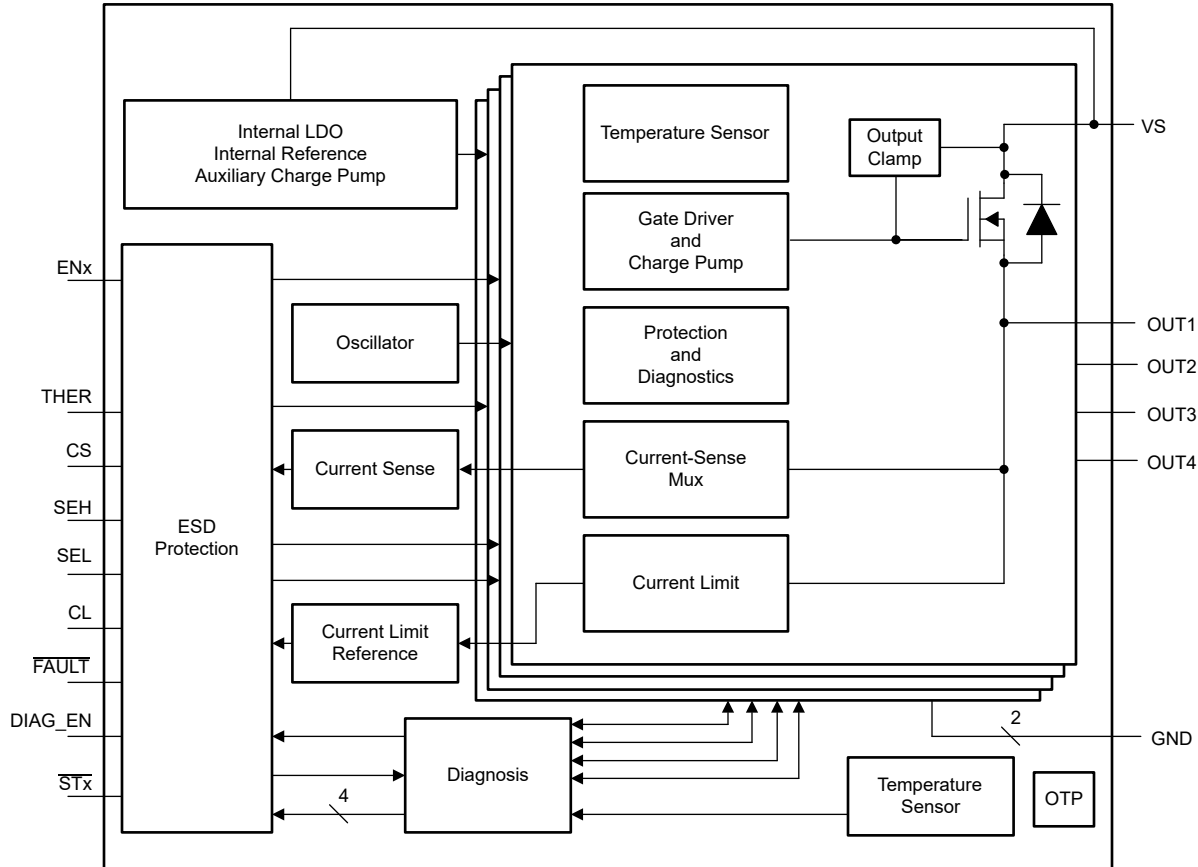


图 1-7. TPS274160 功能方框图

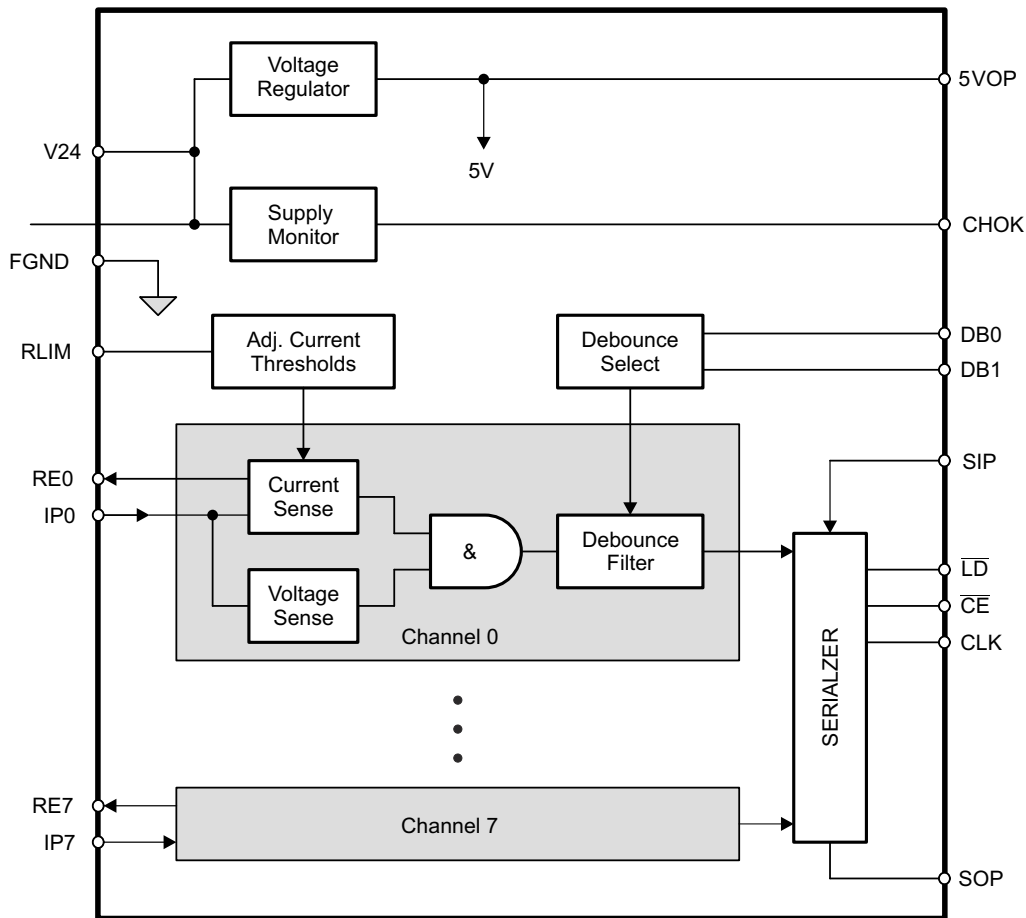
1.4.7 SN65HVS883

SN65HVS883 是一款 24V、八通道、数字输入串行器，适用于工业自动化中基于 PC 和 PLC 的系统的高通道密度数字输入模块。与电流隔离器配合使用时，此器件可将现场侧的 24V 传感器输出连接到控制侧的低压控制器输入。符合 EN60947-5-2 标准的 2 线和 3 线接近开关提供的输入信号是限流的，然后由内部去抖滤波器验证。输入开关特性符合 IEC61131-2 标准关于 1 类、2 类和 3 类传感器开关的特性描述。

施加负载和时钟信号时，输入数据将被并行锁存到移位寄存器中，然后经过一个后置隔离器随时钟串行移出至串行 PLC 输入。

通过将前面器件的串行输出连接到后面器件的串行输入，可以将多个 SN65HVS883 级联在一起，从而实现高通道密度输入模块的设计。输入状态通过 3mA 恒流 LED 输出来显示。为设置内部基准电流，需要外接一个精密电阻。集成稳压器提供 5V 输出，为低功率隔离器供电。内部电源电压监视器提供芯片正常 (CHOK) 指示。

SN65HVS883 采用 28 引脚 PWP PowerPAD™ 封装，可实现高效散热。该器件的额定工作温度范围为 -40°C 至 85°C。



Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated

图 1-8. SN65HVS883 功能方框图

2 硬件

2.1 电源要求

IO-Link 主站 BoosterPack™ 由连接到直流电源插孔 (最大尺寸为 2.0mm 内径 x 6.5mm 外径) J6 或 2 引脚螺钉端子块 J7 的 24V 电源供电。

参数	规格
输入电压	外部 24V 电源
输入电流	取决于连接的负载 (推荐 5A)
输出电压	24V
每端口输出电流	500mA
IO-Link 主站端口数量	8
总输出电流	4A

为避免损坏 LaunchPad 的输入，BOOSTXL-IOLINKM-8 板不应在 LaunchPad 之前通电。当 LaunchPad 板未通电时，可使用 TPS26631 电子保险丝器件的关断 (SHDN) 引脚断开电路板的 24V 电源，方法是使用 LaunchPad 3V3 电源电压来控制关断 (SHDN) 引脚。

BOOSTXL-IOLINKM-8 板可在与 LaunchPad 板断开连接时使用，例如在使用测试设备进行某些物理层测试时。在此配置中，TP26631 电子保险丝的关断 (SHDN) 引脚应连接到外部 24V 电源，以便在 24V 电源处于运行状态时为电路板供电。

3.3V 的数字 IO 电压电平用于 LaunchPad 和 BOOSTXL-IOLINKM-8 板之间的信号。LMR36503 直流/直流降压转换器可通过电子保险丝控制的 24V 电源轨创建 3V3 电源轨。但是，可以通过跳线配置禁用 LMR36503 并直接使用来自 LaunchPad 的 3.3V 电源轨。

2.2 电源配置接头

电路板上有三个用于电源配置的接头，如图 2-1 所示。为电路板通电之前，应使用分流跳线。

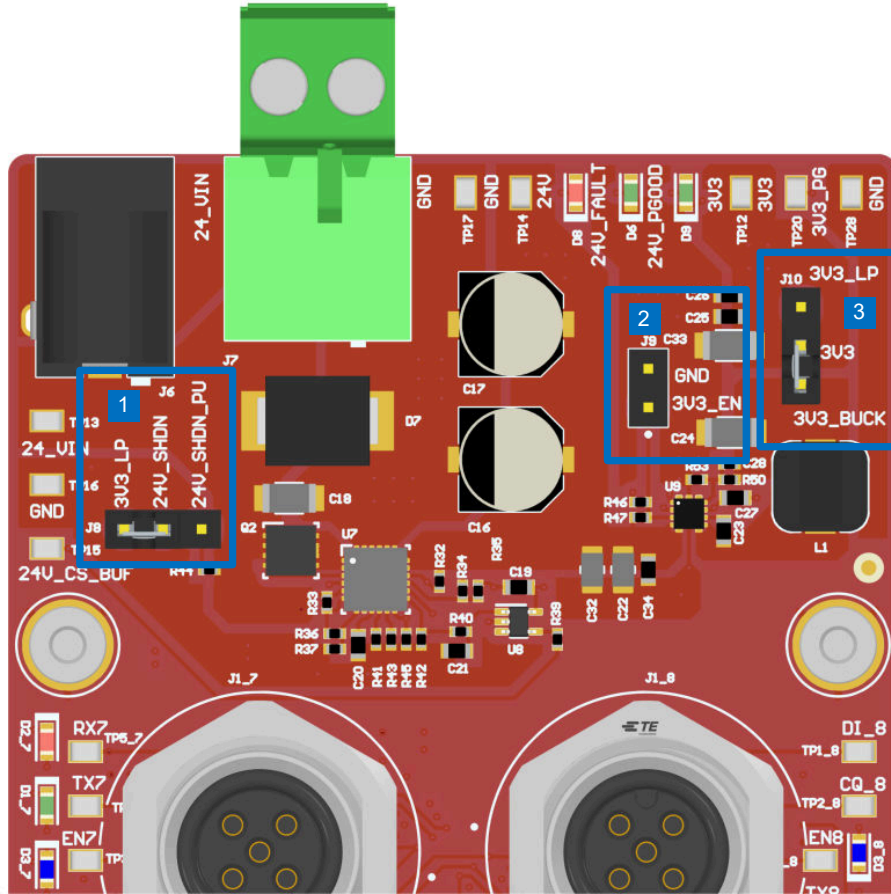


图 2-1. 电源配置接头

1. 接头 J8 用于配置 TP26631 电子保险丝关断 (SHDN) 引脚。如果将分流跳线放置在标记为“3V3_LP”和“24V_SHDN”的引脚之间，会在没有来自 3V3_LP (LaunchPad) 电源轨的电压时禁用 24V 电源轨。这是默认配置，并能在 LaunchPad 未正确通电时通过禁用 BOOSTXL-IOLINKM-8 来保护 LaunchPad MCU。如果将分流跳线放置在标记为“24V_SHDN”和“24V_SHDN_PU”的引脚之间，会通过 100k Ω 上拉电阻将 TPS26631 关断 (SHDN) 引脚连接到外部 24V 电源电压。在此配置中，只要外部 24V 电源处于运行状态，BOOSTXL-IOLINKM-8 就会通电。
2. 接头 J9 连接到 LMR36503 直流/直流降压转换器的使能引脚。当 3V3 电源轨由 LaunchPad 通过 3V3_LP 电源轨供电或由外部 3.3V 电源供电时，在此接头上放置分流跳线会禁用转换器。
3. 接头 J10 用于选择为 3V3 电源轨供电的 3.3V 电源。如果将分流跳线放置在标记为“3V3_BUCK”和“3V3”的引脚之间，则 LM36503 直流/直流降压转换器的输出会连接到电路板的 3V3 电源轨。这是默认配置。如果将分流跳线放置在标记为“3V3”和“3V3_LP”的引脚之间，则来自 LaunchPad 的 3V3_LP 电源轨会连接到电路板 3V3 电源轨。

2.3 BoosterPack 接头引脚分配

BOOSTXL-IOLINKM-8 BoosterPack 需要两组 BoosterPack XL 连接器 (J1/J3、J2/J4) 和 (J5/J7、J6/J8)，并将 LaunchPad 提供的大多数信号输出到应用。八个标准 IO-Link 端口 5 引脚 M12 连接器的安装方式必须能够防止其他 BoosterPack 板叠加在 BOOSTXL-IOLINKM-8 板上。因此，标准 BoosterPack XL 连接器 (在板底部有一个插座，在板顶部有一个引脚) 被表面贴装插座接头类型所取代，从而使 BoosterPack 能够与 LaunchPad 配合，但移除了与 M12 连接器冲突的顶部引脚。大部分上述信号也被传输到位于 BoosterPack 周边的测试点，以便在测试期间获取这些信号。图 2-2 从电路板底部视角展示了接头引脚分配。

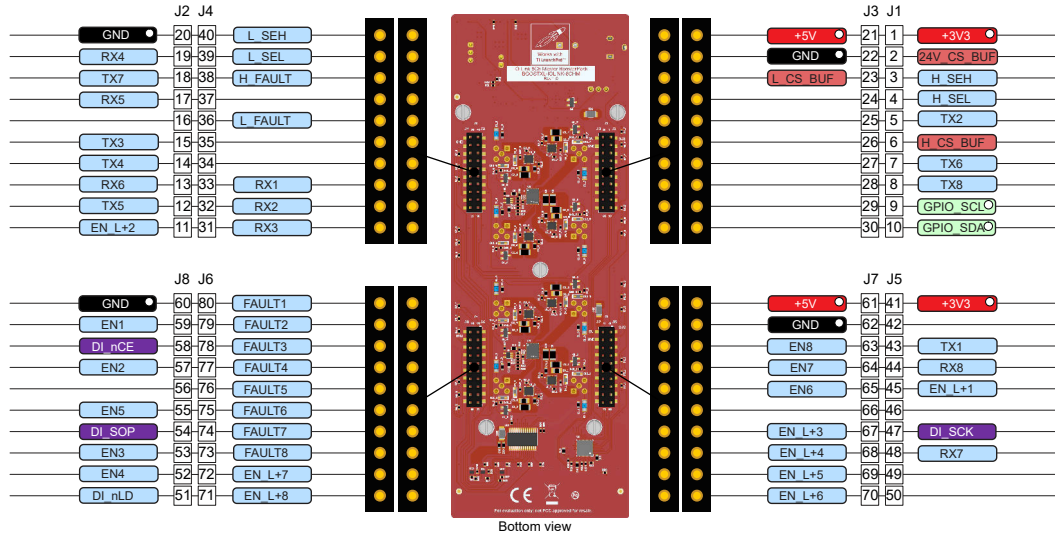


图 2-2. LaunchPad-BoosterPack 引脚分配

2.4 按钮

电路板有一个按钮，如图 2-3 所示。由于 LaunchPad 和 BOOSTXL-IOLINKM-8 板之间通过板对板对接接头提供的 GPIO 引脚有限，因此使用 TCA6424A I2C 至 GPIO 扩展器创建了额外的 GPIO 引脚。MCU 固件应通过 I2C 总线上的通信将这些 GPIO 引脚配置为正确的方向（输入或输出）以及高电平或低电平状态。按下这个标有“GPIO_RST”的按钮开关 S1 会将 TCA6424A 寄存器复位为其默认值。正常操作时，用户不需要使用此按钮。

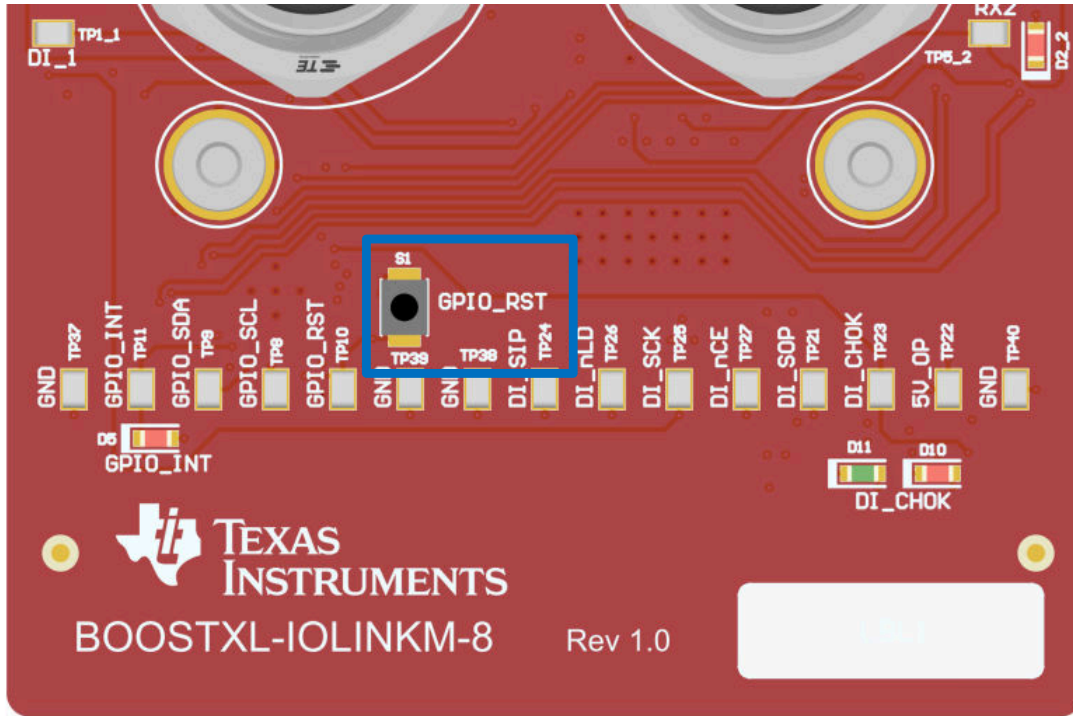


图 2-3. GPIO 复位按钮

2.5 测试点和 LED 状态指示灯

大多数信号输出到位于电路板周边的测试点或 LED 状态指示灯。使用测试点时必须小心，避免在连接测试导线、示波器探针等时将两个测试点短接在一起。建议在打开 24V 电源之前，将测试设备连接到测试点。

与 24V 电源电压相关的测试点和 LED 状态指示灯如图 2-4 所示。

参考位号	标签	说明
TP13	24_VIN	外部 24V 电源测试点
TP16、TP17、TP14	GND	接地测试点
TP14	24V	用于 24V 电源轨、具有 TP26631 电子保险丝保护的 24V 电源
TP15	24V_CS_BUF	TP26631 电子保险丝电流检测输出电压
D6	24V_PGOOD	针对 24V 电源轨的 TP26631 电子保险丝电源良好 LED 指示灯
D8	24V_FAULT	针对 24V 电源轨的 TP26631 电子保险丝故障 LED 指示灯

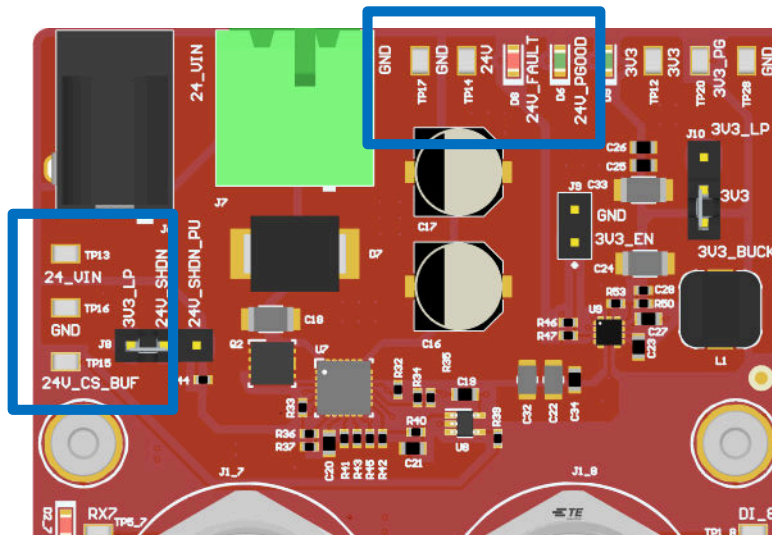


图 2-4. 24V 测试点和 LED

与 3.3V 和 5V_LP 电源电压相关的测试点和 LED 状态指示灯如图 2-5 所示。

参考位号	标签	说明
TP12	3V3	3V3 电源轨的测试点
TP28、TP32	GND	接地测试点
TP20	3V3_PG	针对 3V3 电源轨的 3V3_BUCK 电源良好 LED 指示灯
D9	3V3	3V3 电源轨的 LED 指示灯
TP31	5V_LP	5V_LP 电源轨的测试点 (板上未使用)

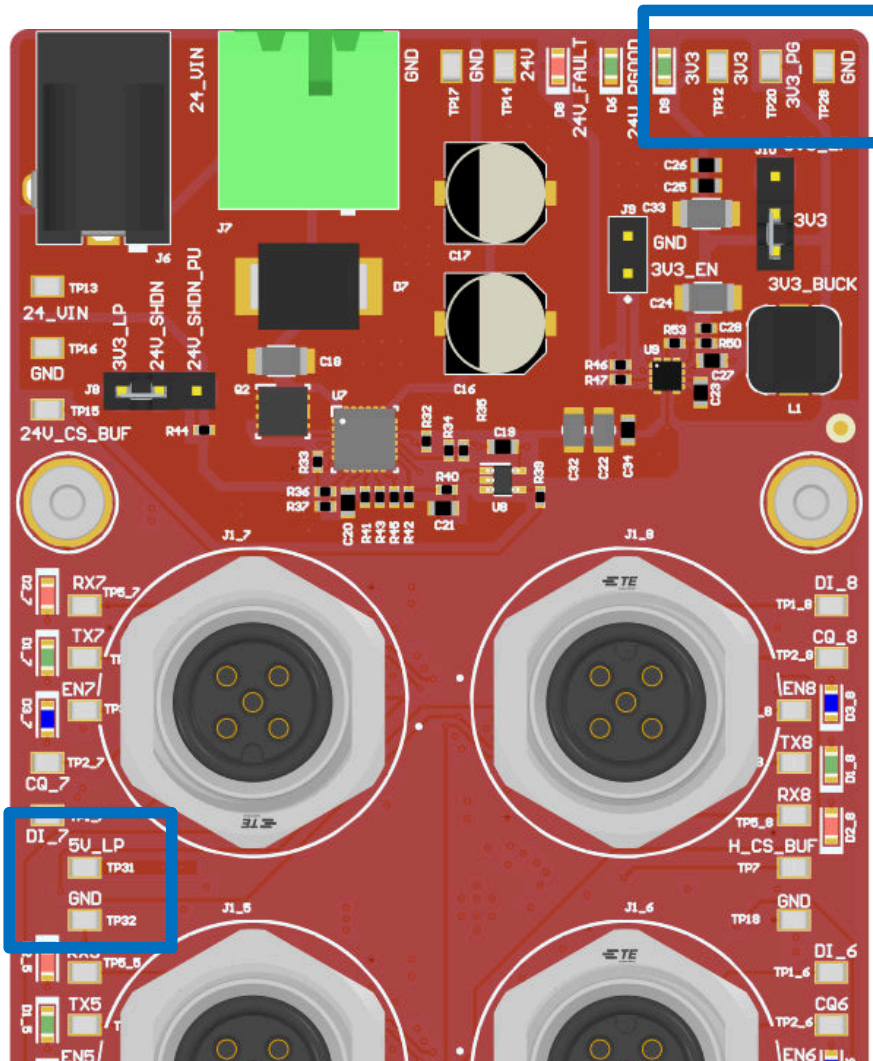


图 2-5. 3V3 和 5V_LP 测试点和 LED

与 IO-Link 端口相关的 M12 连接器、测试点和 LED 状态指示灯如图 2-6 所示。每个端口的布线方式相同，图 2-7 所示为端口 1 的细节图。与端口关联的元件的参考位号具有相同的基本参考位号，后跟端口号。例如，八个 M12 连接器的参考位号是 J1_[1:8]。

参考位号	标签	说明
TP1_[1:8]	DI_[1:8]	数字输入测试点 (24V 信号电平)
TP2_[1:8]	CQ_[1:8]	TIOL112 CQ 引脚测试点 (24V 信号电平)
TP3_[1:8]	EN[1:8]	TIOL112 使能 (EN) 引脚测试点 (3.3V 信号电平)
TP4_[1:8]	TX_[1:8]	TIOL112 TX 引脚测试点 (3.3V 信号电平)
TP5_[1:8]	RX_[1:8]	TIOL112 RX 引脚测试点 (3.3V 信号电平)
D1_[1:8]	不适用 (绿色 LED)	端口状态良好 LED 指示灯
D2_[1:8]	不适用 (红色 LED)	端口状态故障 LED 指示灯
D3_[1:8]	不适用 (蓝色 LED)	数字输入 LED 指示灯

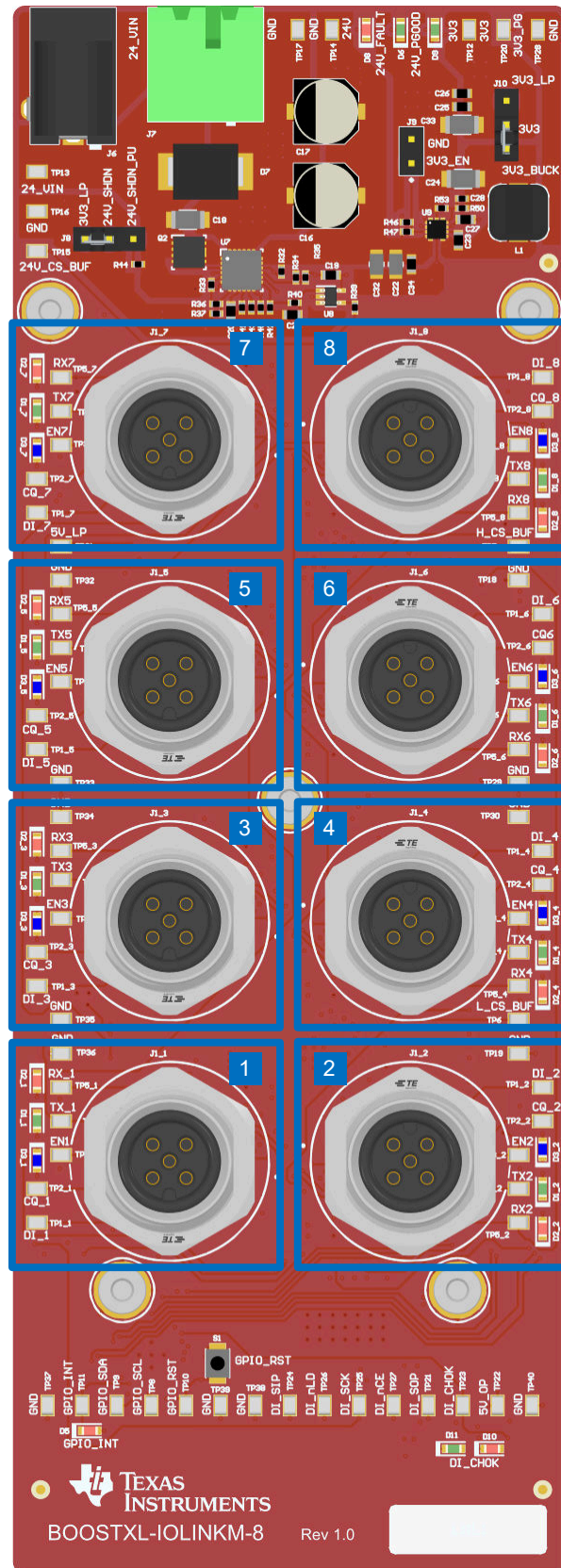


图 2-6. IO-Link 端口的 M12 连接器、测试点和 LED

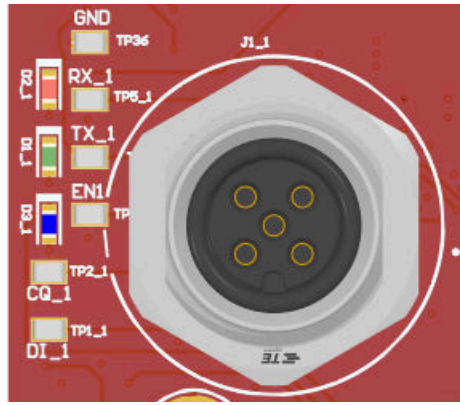


图 2-7. IO-Link 端口 1 的 M12 连接器、测试点和 LED

与 TCA6424A I2C 至 GPIO 扩展器相关的测试点和 LED 状态指示灯如图 2-8 所示。

参考位号	标签	说明
TP8	GPIO_SCL	TCA6424A I2C SCL 信号测试点 (3.3V 信号电平)
TP9	GPIO_SDA	TCA6424A I2C SDA 信号测试点 (3.3V 信号电平)
TP10	GPIO_RST	TCA6424A 复位引脚测试点 (3.3V 信号电平)
TP11	GPIO_INT	TCA6424A 中断引脚测试点 (3.3V 信号电平)
D5	GPIO_INT	TCA6424A 中断引脚 LED 指示灯
TP37、TP39	GND	接地测试点

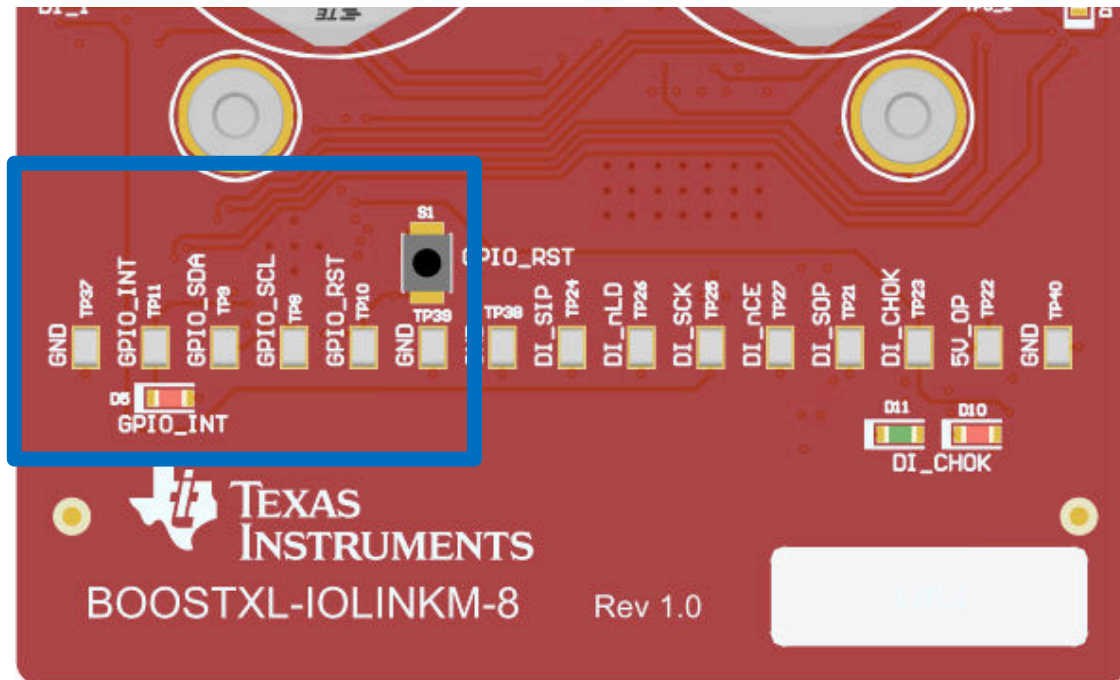


图 2-8. GPIO 测试点和中断 LED

与 SN65HVS883 数字输入串行器相关的测试点和 LED 状态指示灯如图 2-9 所示。

参考位号	标签	说明
TP21	DI_SOP	SN65HVS883 串行数据输出 (SOP) 引脚测试点 (3.3V 信号电平)
TP24	DI_SIP	SN65HVS883 串行数据输入 (SIP) 引脚测试点 (3.3V 信号电平)
TP25	DI_SCK	SN65HVS883 串行时钟输入 (CLK) 引脚测试点 (3.3V 信号电平)
TP27	DI_NCE	SN65HVS883 时钟使能输入 (nCE) 引脚测试点 (3.3V 信号电平)
TP24	DI_NLD	SN65HVS883 负载脉冲输入 (nLD) 引脚测试点 (3.3V 信号电平)
TP23	DI_CHOK	SN65HVS883 芯片正常输出 (CHOK) 引脚测试点 (3.3V 信号电平)
TP22	5V_OP	SN65HVS883 5V 输出 (5VOP) 引脚测试点 (5V 信号电平)
TP38、TP40	GND	接地测试点
D10	DI_CHOK (红色 LED)	SN65HVS883 芯片正常输出状态故障 LED 指示灯
D11	DI_CHOK (绿色 LED)	SN65HVS883 芯片正常输出状态良好 LED 指示灯

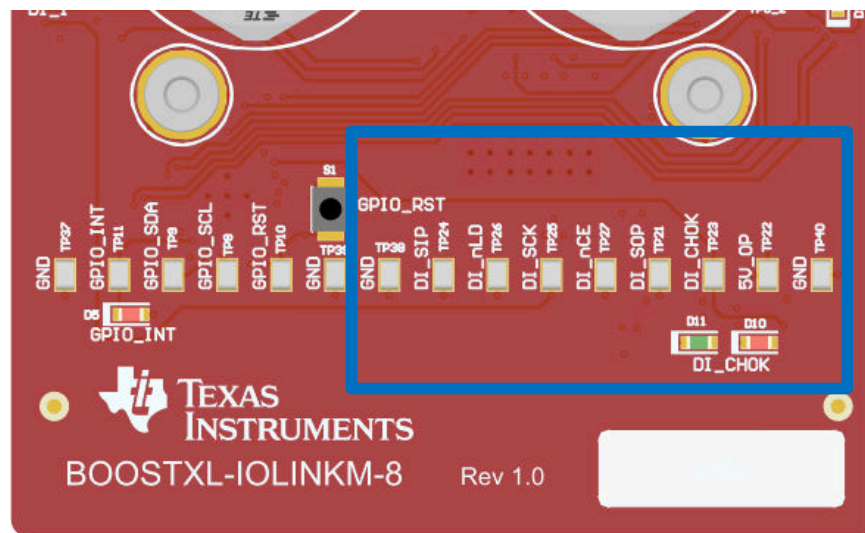


图 2-9. 数字输入测试点和 LED 状态指示灯

与 TP26631 电子保险丝和 TPS274160 高边开关电流检测输出数字输入串行器相关的测试点如图 2-10 所示。

参考位号	标签	说明
TP15	24V_CS_BUF	TP26631 电子保险丝电流检测输出电压 (3.3V 最高信号电平)
TP7	H_CS_BUF	针对 L+[5:8] 的 TPS274160 高边开关电流检测输出电压 (3.3V 最高信号电平)
TP6	L_CS_BUF	针对 L+[1:4] 的 TPS274160 高边开关电流检测输出电压 (3.3V 最高信号电平)
TP16、TP18、TP19		接地测试点

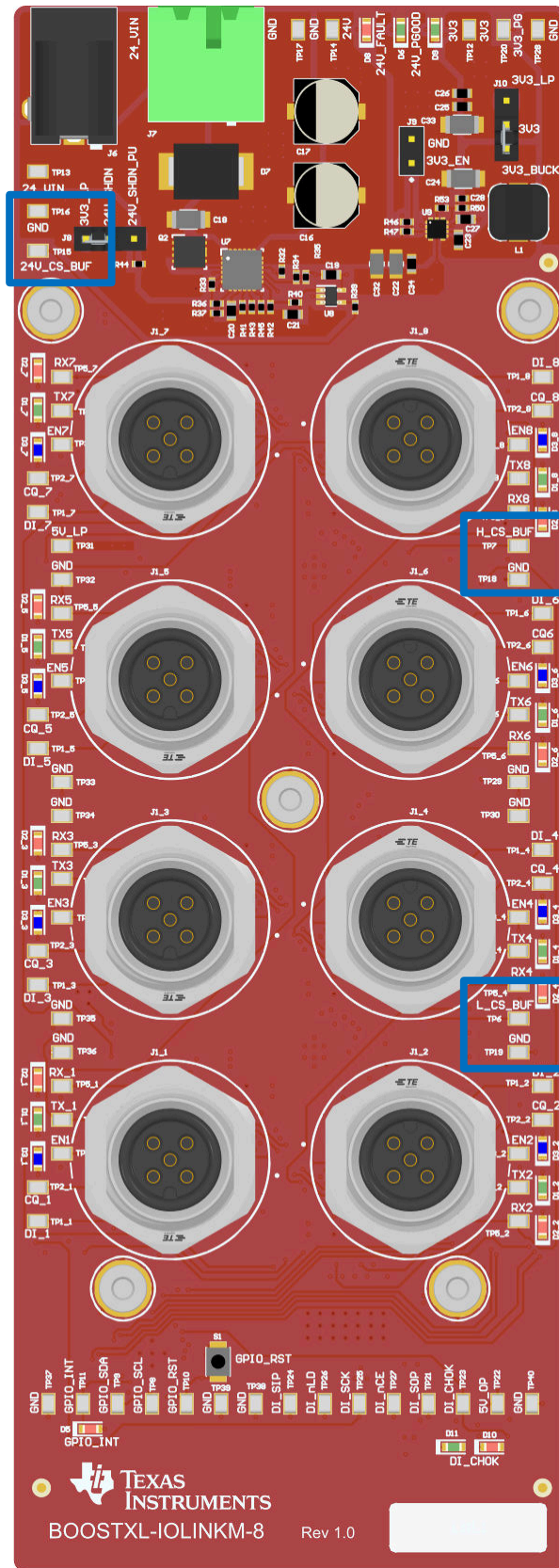


图 2-10. 电流检测缓冲器测试点

2.6 M12 连接器机械加强板

M12 连接器旨在通过安装在面板或外壳中实现机械稳定。由于 BOOSTXL-IOLINKM-8 不带外壳，因此包含第二个空白 PCB 用作机械加强板，用于保护 M12 连接器的焊点免受电缆重量所造成的应力。该加强板如图 2-11 所示，如需提高主板的易用性，可以移除该加强板。但是，在移除时，必须格外小心，防止损坏 M12 连接器的焊点和板面空间。

另请注意，安装螺柱连接到主板的接地平面，使 M12 连接器的屏蔽层接地。这也为测试设备提供了额外的接地位置，例如示波器探针或数字万用表的接地参考引线。

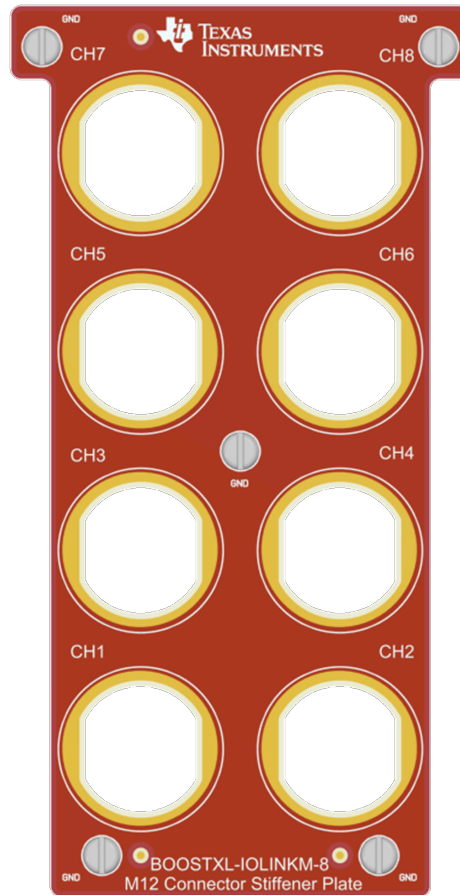


图 2-11. M12 连接器机械加强板

2.7 组装说明

图 2-12 显示了系统中全部三块电路板完整的机械组装。M12 连接器机械加强板在组件中是顶层板，安装在主 BOOSTXL-IOLINKM-8 板上。然后，将 BOOSTXL-IOLINKM-8 组件安装到 LaunchPad 板上，即图 2-12 所示的 LP-AM243 LaunchPad 板。

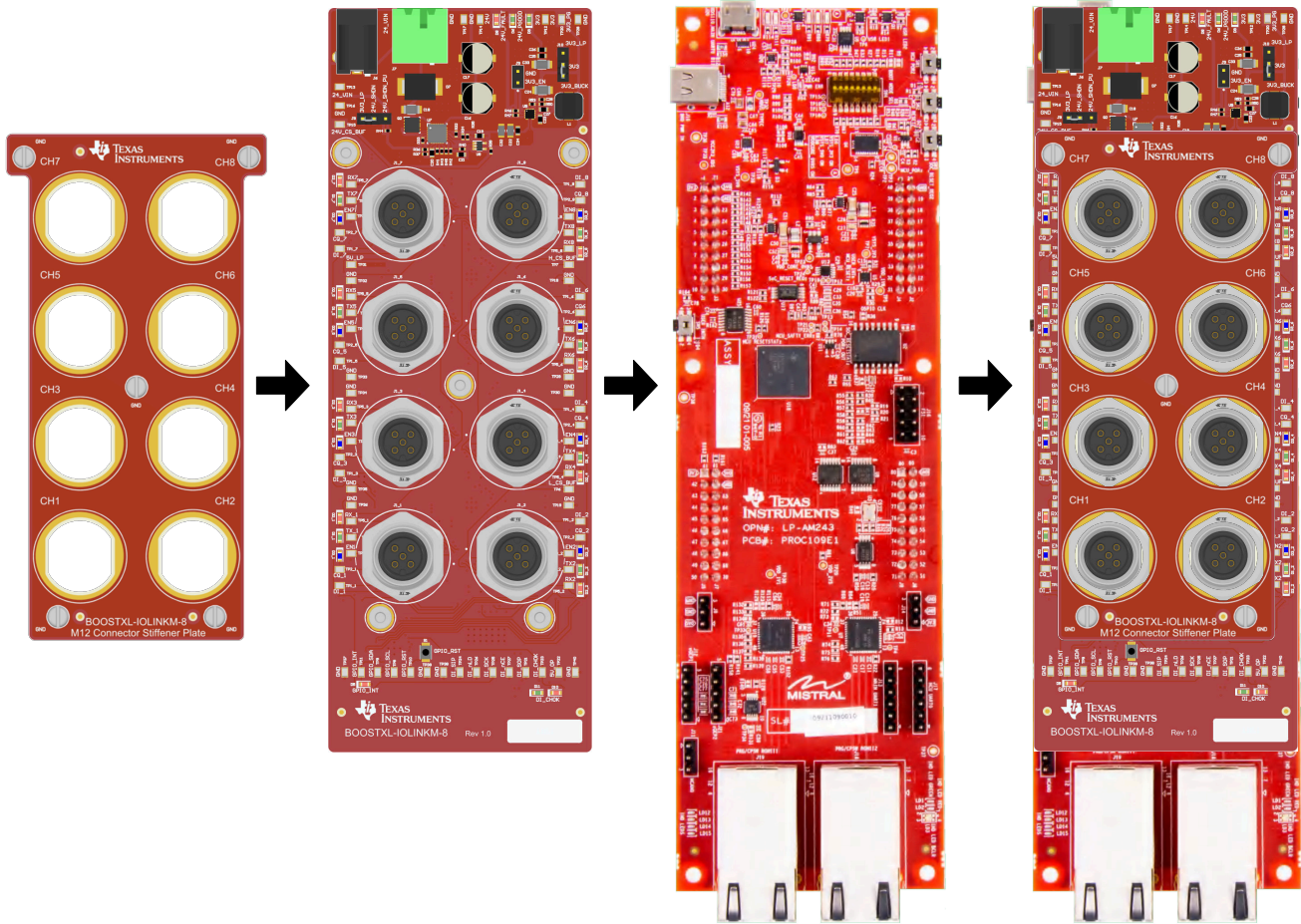


图 2-12. BoosterPack 和 LaunchPad 机械组装

2.8 应做事项和禁止事项

- 确保所有电路板都牢固就位，但不会让 LaunchPad 和 BoosterPack 之间的任何其他组件接触并造成可能的电气短路。
- 在 BoosterPack 上电之前，务必确保 LaunchPad 已正确上电，以避免损坏 LaunchPad 上的 GPIO 和 ADC 输入引脚。在接头 J8 上标记为“3V3_LP”和“24V_SHDN”的引脚之间放置分流跳线会在 3V3_LP (LaunchPad) 电源轨没有电压时禁用 TP26631 电子保险丝的 24V 电源轨输出。这是默认配置，并能在 LaunchPad 未正确通电时通过禁用 BOOSTXL-IOLINKM-8 来保护 LaunchPad MCU。
- 请注意，此电路板上的某些信号为 24V 电平，而其他信号为 3.3V 或 5V 电平。使用电路板时要小心，避免将两个不同电平的信号连接或短接在一起，否则可能会损坏电路板。

3 软件

3.1 软件说明

BOOSTXL-IOLINKM-8 主要设计用于与运行 IO-Link® 主站协议栈和示例应用程序的 LP-AM243 LaunchPad 配合使用。有两种不同的 API 可与 IO-Link 协议栈库进行通信，但在一个应用程序中只能使用一种 API：

- SMI - 标准主站接口 (SMI) 是一种通用接口，它基于协议栈的常规 API 而设置。它与其他 IO-Link 标准接口匹配，并充当多个客户端的连接接口。它还包括配置管理和事件调度。
- 不带 SMI 的 API - 如果您想直接访问较低层的系统管理和应用层服务，请使用此 API。

3.2 软件安装

可以在以下链接找到集成手册和示例应用程序文档：[IO-Link® 主站协议栈](#)

注意：可能有更新的版本，将链接修改为转到最新的 SDK 版本号可找到更新的版本。

3.3 GUI 安装

[IO-Link 主站 GUI](#) 下载链接和文档可以在 IO-Link 主站示例工程快速入门指南的 [SMI - 图形用户界面](#) 部分找到。

可能有更新的版本，将链接修改为转到最新的 SDK 版本号可找到更新的版本。

3.4 软件开发

可在以下链接中找到适用于 Sitara™ 微控制器和 LP-AM243 LaunchPad 的 AM243x 软件开发套件 (SDK)：
[AM243x Sitara™ 微控制器软件开发套件 \(SDK\)](#)

4 实现结果

4.1 测试设置

为了测试不同的物理参数，IO-Link 板 BOOSTXL-IOLINKM-8 在没有 AM243x LaunchPad 的情况下连接到 24V 电源。后续章节将介绍每次测试所需的信号。请参阅八端口 IO-Link 主站参考设计指南 TIDA-010234 以了解更多信息。

4.2 测试结果

本节概述 IO-Link Community 在 IO-Link 接口和系统规范文件中说明的物理层测试。图 4-1 所示为测试名称的结构。

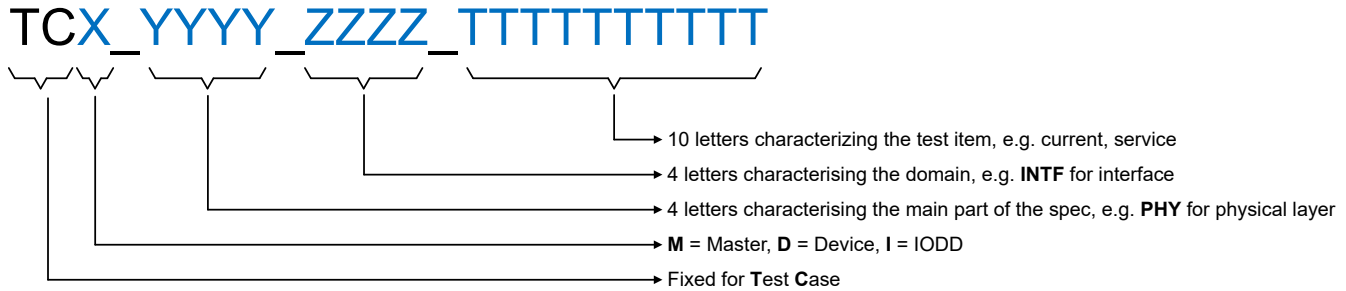


图 4-1. 测试名称

4.2.1 主站端口 L+ 的通电电源电流能力 (TCM_PHYL_INTF_ISIRM)

IO-Link 标准将器件的电流脉冲能力定义为 $ISIR_M = 400\text{mA}$ (最小值)，这基本上是在通电时为器件去耦电容充电时产生的浪涌电流。为了达到这项标准，通电后，主站提供至少 $400\text{mA} \times 50\text{ms} = 20\text{mAs}$ 的电荷，而不会因过载情况而关闭。

该测试包括在连接了至少 1000mA ($ISIR_M$) 的电流吸收负载条件下，在通电期间观察 L+ 和 L- 电源之间的电流和电压。产生的电荷计算结果必须大于 20mAs ，PSM 电源最小 (20V) 和最大 (30V) 电平才能合格。

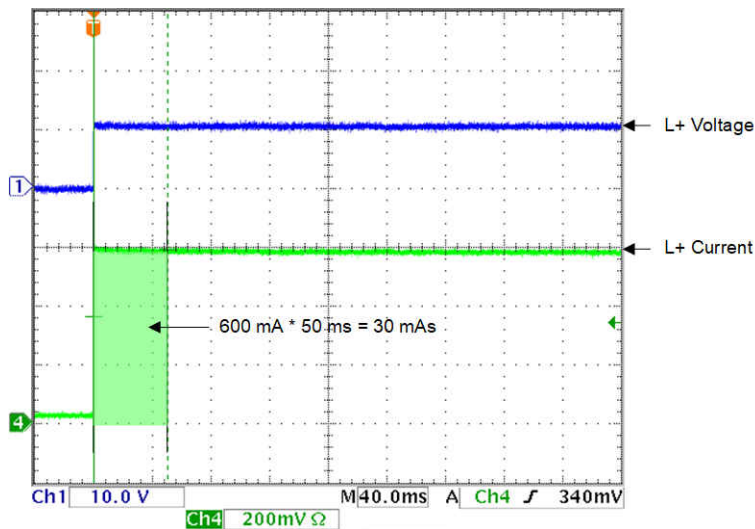


图 4-2. 20V 时的 TCM_PHYL_INTF_ISIRM

图 4-2 显示了 20V 电源电压和大约 18Ω 电阻负载条件下的行为。用于控制器件 L+ 电源的 TPS274160 高边开关将电流限制为 600mA ，从而将输出电压限制为 10V 。测试结果表明主站在前 50ms 内提供 30mAs 的电荷，测试结果为合格。

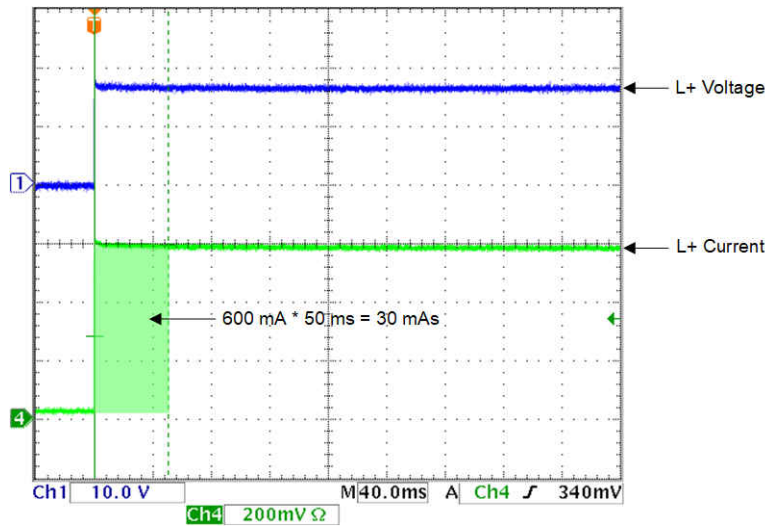


图 4-3. 30V 时的 TCM_PHYL_INTF_ISIRM

图 4-3 显示了电源电压为 PSM = 30V 并且电阻负载为 $28\ \Omega$ 的条件下的相同测试。由于 TPS274160 高边开关仍将电流限制为 600mA，因此观察到电压增加到大约 16V，但电荷仍然是 30mAs，所以测试结果为合格。

4.2.2 接口唤醒电压 (TCM_PHYL_INTF_IQWUH 和 TCM_PHYL_INTF_IQWUHL)

IO-Link 标准将唤醒请求 (WURQ) 定义为一种请求器件切换到 COMx 模式的方法。主站产生一个时间为 T_{WU} 的电流脉冲，然后等待器件切换到 COMx 模式所需的延迟时间 T_{REN} ，再与器件进行通信。电流方向取决于 C/Q 线的电压电平。如果输入信号相当于逻辑“1”，则主站将拉出电流；如果输入信号相当于逻辑“0”，则主站将灌入电流。

唤醒电流脉冲高电平测试验证高边驱动器，包括在连接产生 500mA 电流的电阻负载时观察唤醒脉冲期间的电压 VIM。如果电压 VIM 在唤醒脉冲期间高于阈值 V_{THHmax} ，则表明满足最低要求，测试结果为合格。

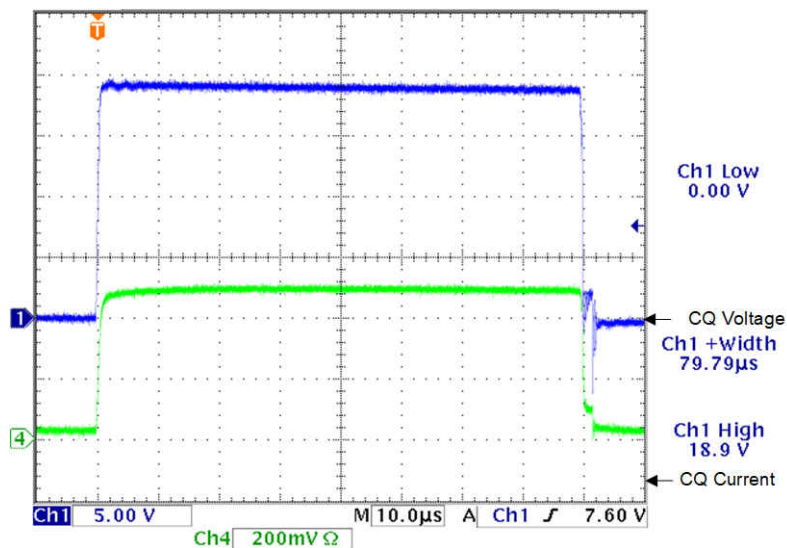


图 4-4. 20V 时的 TCM_PHYL_INTF_IQWUH

图 4-4 展示了电源电压为 20V 并且连接了产生 500mA 电流的 $40\ \Omega$ 电阻负载情况下的测试结果。观察到唤醒脉冲期间的电压为 18.9V，高于 V_{THHmax} 要求的 13V，因此测试结果为合格。

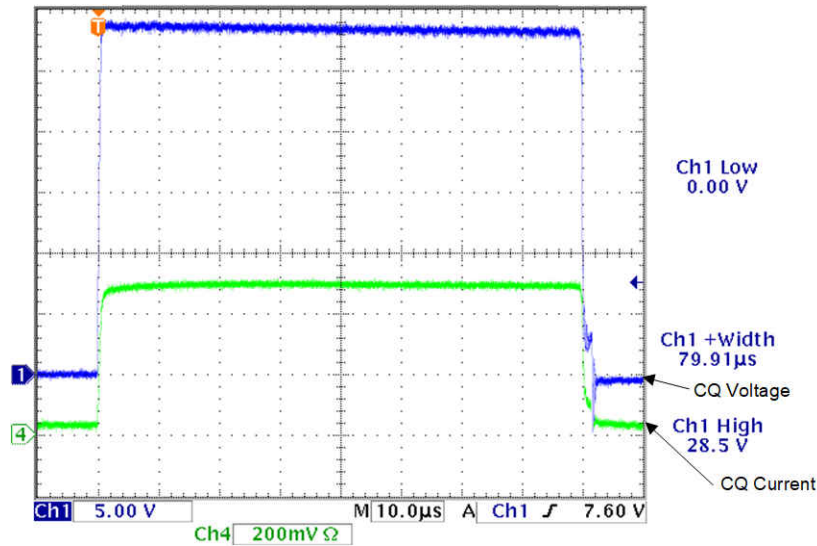


图 4-5. 30V 时的 TCM_PHYL_INTF_IQWUH

图 4-5 展示了电源电压为 30V 并且连接了产生 500mA 电流的 60Ω 电阻负载情况下的测试结果。观察到唤醒脉冲期间的电压为 28.5V，同样高于 VTHHmax 要求的 13V，因此测试结果为合格。

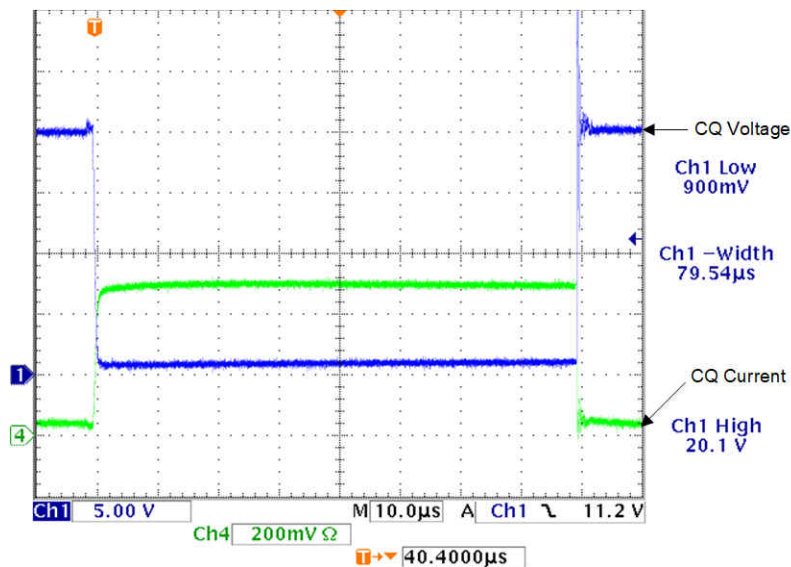


图 4-6. 20V 时的 TCM_PHYL_IQWUL

唤醒电流脉冲低电平测试验证低边驱动器，包括在连接产生 500mA 电流的电阻负载时观察唤醒脉冲期间的电压 VIM。如果电压 VIM 在唤醒脉冲期间低于阈值 VTHLmin，则表明满足最低要求，测试结果为合格。

图 4-6 显示了电源电压为 20V 并且 L+ 和 C/Q 之间连接了产生 500mA 电流的电阻负载情况下的测试结果。观察到唤醒脉冲期间的电压为 0.9V，低于 VTHLmin 要求的 8V，因此测试结果为合格。

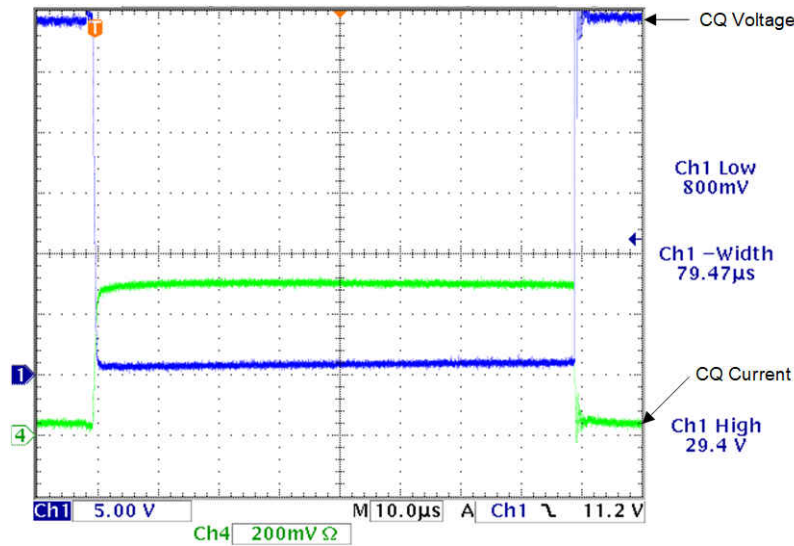


图 4-7. 30V 时的 TCM_PHYL_INTF_IQWUL

图 4-7 显示了电源电压为 30V 并且 L+ 和 C/Q 之间连接了产生 500mA 电流的电阻负载情况下的测试结果。观察到唤醒脉冲期间的电压为 0.9V，低于 VTHLmin 要求的 8V，因此测试结果为合格。

表 4-1 汇总列出了所有物理层测试和结果。

表 4-1. IO-Link® 物理层测试

ID	名称	配置	规范 (条款)	注释	结果
SDCI_TC_0001	TCM_PHYL_INTF_ISM	监控主站端口的电源电流。	请参阅 IO-Link 接口和系统规格 V1.1.3 第 5.3.2.3 节中的表 6	用 500mA 测试	20 V : 通过 30V : 通过
SDCI_TC_0002	TCM_PHYL_INTF_ISIRM	监控主站端口的电源电流。		用 500mA 测试	20 V : 通过 30V : 通过
SDCI_TC_0003	TCM_PHYL_INTF_ILLM	监控主站端口 C/Q 上的输入电流。		ILLM (VIM = 5V , VSM = 20V) : 8.56mA 通过 ILLM (VIM = 5.1V , VSM = 20V) : 8.56mA 通过 ILLM (VIM = 15V , VSM = 20V) : 8.57mA 通过 ILLM (VIM = VSM = 20V) : 8.57mA 通过 ILLM (VIM = 5V , VSM = 30V) : 8.57mA 通过 ILLM (VIM = 5.1V , VSM = 30V) : 8.57mA 通过 ILLM (VIM = 15V , VSM = 30V) : 8.58mA 通过 ILLM (VIM = VSM = 30V) : 8.59mA 通过	
SDCI_TC_0004	TCM_PHYL_INTF_VRES 高电平	测量主站 C/Q 输出端的输出电平。	请参阅 IO-Link 接口和系统规格 V1.1.3 第 5.3.2.2 节中的表 5		VRQHM (VSM = 20V) : 0.23V VRQHM (VSM = 30V) : 0.228V 通过
SDCI_TC_0005	TCM_PHYL_INTF_VRESLOW	测量主站 C/Q 输出端的输出电平。			VRQLM (VSM = 20V) : 0.225V VRQLM (VSM = 30V) : 0.225V 通过
SDCI_TC_0006	TCM_PHYL_INTF_VTHHM	对 C/Q 输入端的数字输入信号进行监控			VIM@VTHHM (VSM = 20V) : 11.1V VIM@VTHHM (VSM = 30V) : 11.1V 通过
SDCI_TC_0007	TCM_PHYL_INTF_VTHLM	对 C/Q 输入端的数字输入信号进行监控			VIM@VTHLM (VSM = 20V) : 10.35V VIM@VTHLM (VSM = 30V) : 10.35V 通过
SDCI_TC_0008	TCM_PHYL_INTF_VHYSM	SDCI_TC_0006 和 SDCI_TC_0007 中的值比较			VHYSM (VSM = 20V) : 0.75V VHYSM (VSM = 30V) : 0.75V 通过
SDCI_TC_0299	TCM_PHYL_INTF_VOLTRANGECQ	测试通过 1Ω 将 CQ 连接到 0V 和 30V 后是否工作	请参阅 IO-Link 接口和系统规格 V1.1.3 第 5.3.2.2 节中的表 5 - VIL 和 VIH		通过

表 4-1. IO-Link® 物理层测试 (continued)

ID	名称	配置	规范 (条款)	注释	结果
SDCI_TC_0021	TCM_PHYL_INTF_IQ_WUH		请参阅 <i>IO-Link 接口和系统规格 V1.1.3</i> 第 5.3.3.3 节中的表 9	函数发生器中的唤醒脉冲	VIM@WURQ (VSM = 20V) : 18.9V VIM@WURQ (VSM = 30V) : 28.5V 通过
SDCI_TC_0022	TCM_PHYL_INTF_T_WUH			函数发生器中的唤醒脉冲	TWUH@WURQ (VSM = 20V) : 80µs TWUH@WURQ (VSM = 30V) : 80µs 通过
SDCI_TC_0023	TCM_PHYL_INTF_IQ_WUL			函数发生器中的唤醒脉冲	VIM@WURQ (VSM = 20V) : 0.9V VIM@WURQ (VSM = 30V) : 0.9V 通过
SDCI_TC_0024	TCM_PHYL_INTF_T_WUL			函数发生器中的唤醒脉冲	TWUL@WURQ (VSM = 20V) : 80µs TWUL@WURQ (VSM = 30V) : 80µs 通过

4.2.3 电流吸收器 (TCM_PHYL_INTF_ILLM)

主站有一个集成电流吸收器，用于在空闲时使负载放电，在输入模式下的主站端口 C/Q 产生最小静态电流。该电流的额定值为 $ILL_M = 5\text{mA}$ 至 15mA (条件是 $5\text{V} < V_{IM} < 30\text{V}$)。图 4-8 展示了在 0V 至 24V 的输入电压范围内，当 TX 被禁用且电流吸收器处于运行状态时，流入 C/Q 线的电流。测试结果表明，当 VIM 在 5V 和 24V 之间时，电流约为 8.5mA，这正处于 5 - 15mA 的允许范围内，因此测试通过。

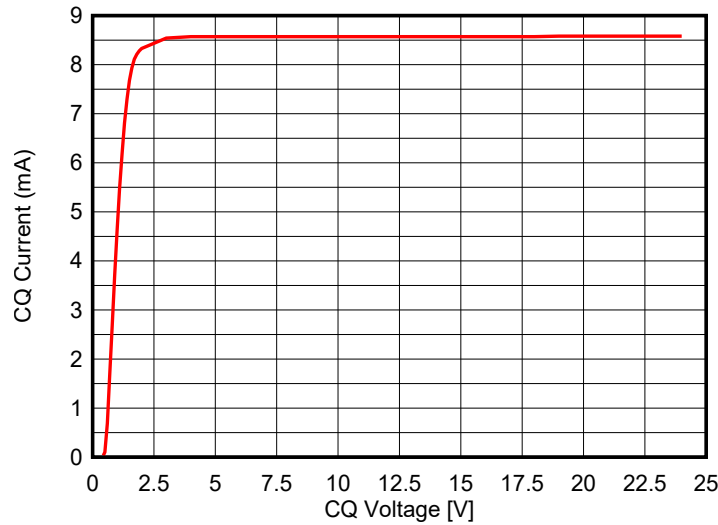


图 4-8. TIOL112 的电流吸收器

4.2.4 周期时间和抖动 (TCM_PHYL_TIME_MASTERCYCLETIMEREAL)

周期时间和抖动等时序相关测试需要将 BOOSTXL-IOLINKM-8 BoosterPack 与运行示例 MCU + SDK 固件的 LP-AM243 LaunchPad 配合使用。最快的通信模式 COM3 的推荐最小周期时间 (MinCycleTime) 为 400µs。周期时间 t_{CYC} 等于 M 序列时间 $t_{M-sequence}$ 加上空闲时间 t_{idle} 。空闲时间是指来自器件的消息结束与来自主站的下一条消息开始之间的时间。测得的周期时间应在预期周期时间的 -1% 和 +10% 之间。对于 COM3 模式，测得的周期时间应介于 396µs 和 440µs 之间。

图 4-9 所示为启用了无限持续模式的示波器重复波形图，图中所示的周期时间大概为 412µs。波形中没有明显的周期间抖动迹象。

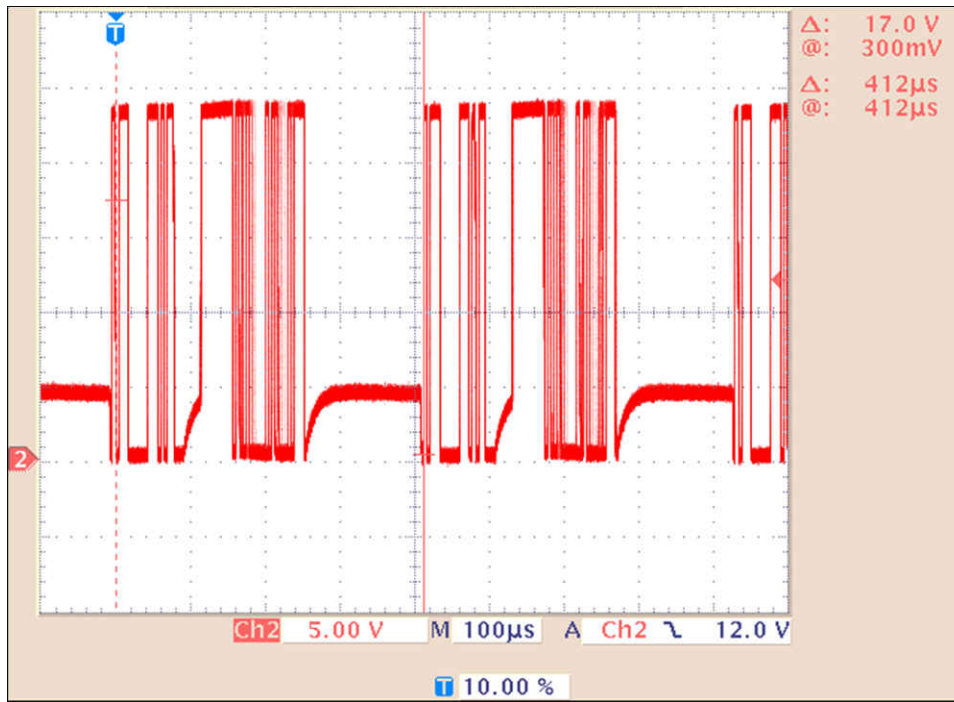


图 4-9. CQ 线通信

图 4-10 展示了在逻辑分析仪上采样的周期时间，约为 417µs，完全在标准允许的 -1% 至 +10% 范围内，测试结果合格。在图中还可以看到连接的器件的应答时间。

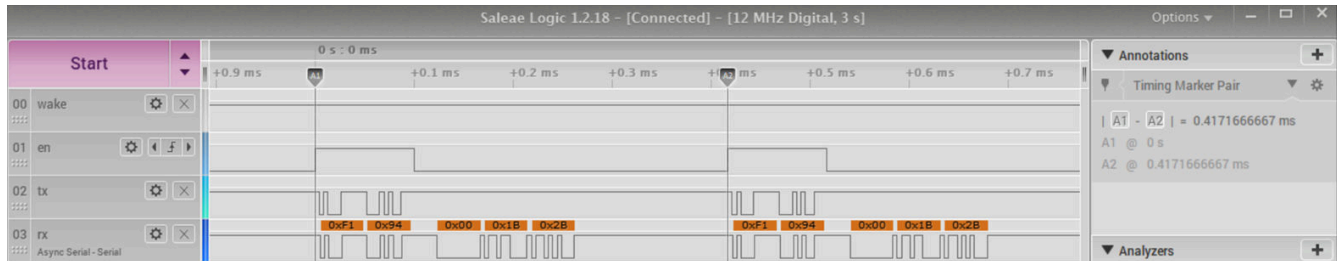


图 4-10. 主站周期时序

在图 4-11 中可以看到周期间抖动，该图所示为 CQ 线上第二个通信周期的放大视图，而示波器是在第一个周期触发的。在启用无限持续模式的情况下，转换边沿变宽，显示的抖动大概为 50ns。与上升和下降时间以及周期时序相比，这个抖动量是可以忽略不计的，不会降低系统性能。

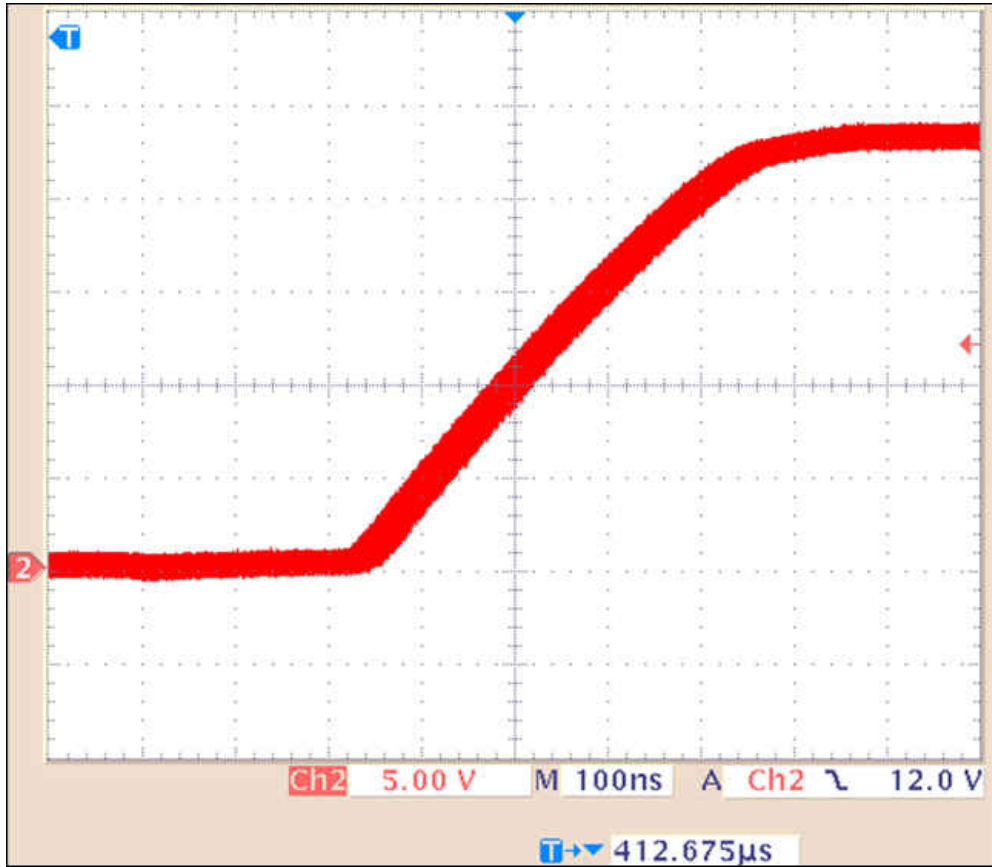


图 4-11. 主站周期抖动

5 硬件设计文件

5.1 原理图

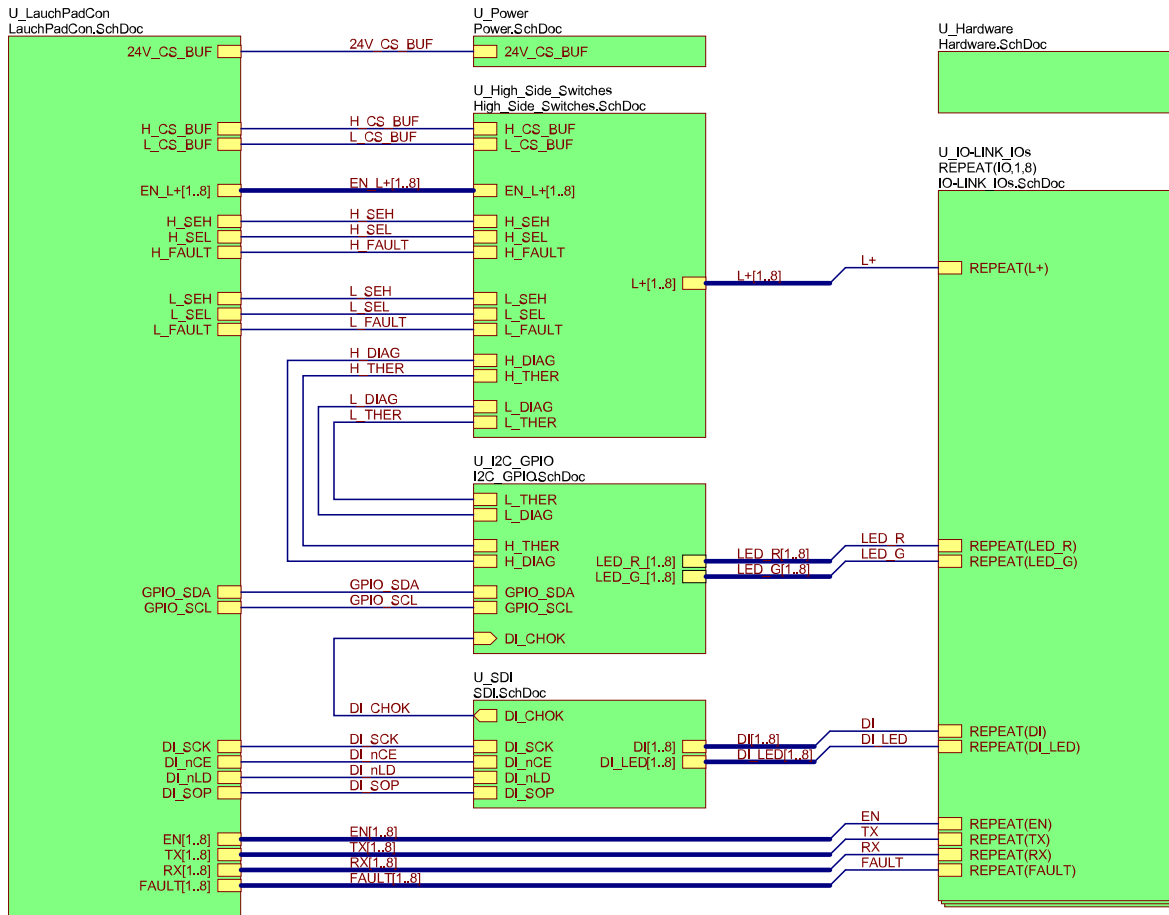
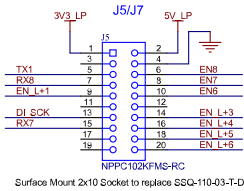
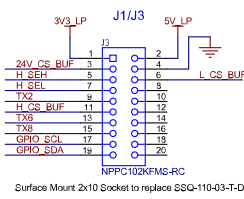
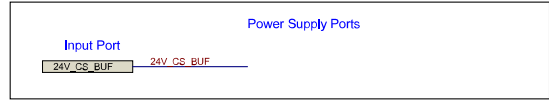
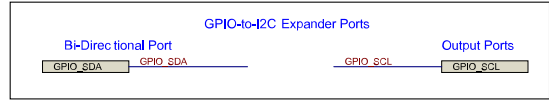
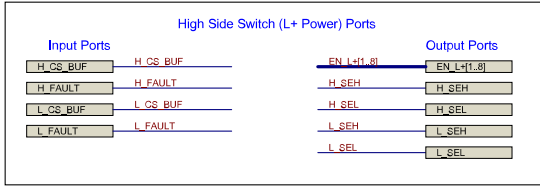
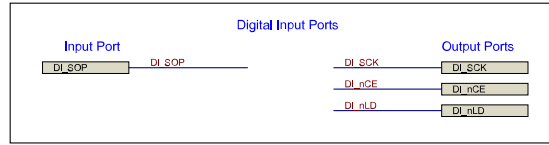
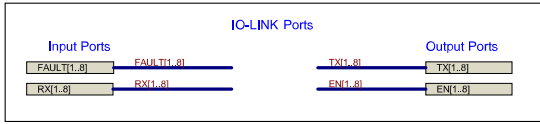


图 5-1. 原理图 - 顶层



LaunchPad / BoosterPack Pinout Standard Definition

J1/J3		J2/J4	
Pin Number	Function	Pin Number	Function
1	+3.3V	40	PWMGPIO1
2	Analog_In	41	GND
3	LP_UART_RX	42	PWMGPIO1
4	LP_UART_TX	43	GND
5	GPIO1	44	PWMGPIO1
6	Analog_In	45	GPIO1
7	SPL_CLK	46	Analog_In
8	GPIO1	47	Analog_In
9	EC_SCL	48	GPIO1
10	EC_SDA	49	Analog_In
		50	Analog_In
		51	GPIO1
		52	GPIO1
		53	GPIO1
		54	GPIO1
		55	GPIO1
		56	GPIO1
		57	GPIO1
		58	GPIO1
		59	GPIO1
		60	GPIO1
		61	GPIO1
		62	GPIO1
		63	GPIO1
		64	GPIO1
		65	GPIO1
		66	GPIO1
		67	GPIO1
		68	GPIO1
		69	GPIO1
		70	GPIO1
		71	GPIO1
		72	GPIO1
		73	GPIO1
		74	GPIO1
		75	GPIO1
		76	GPIO1
		77	GPIO1
		78	GPIO1
		79	GPIO1
		80	GPIO1
		81	GPIO1
		82	GPIO1
		83	GPIO1
		84	GPIO1
		85	GPIO1
		86	GPIO1
		87	GPIO1
		88	GPIO1
		89	GPIO1
		90	GPIO1
		91	GPIO1
		92	GPIO1
		93	GPIO1
		94	GPIO1
		95	GPIO1
		96	GPIO1
		97	GPIO1
		98	GPIO1
		99	GPIO1
		100	GPIO1

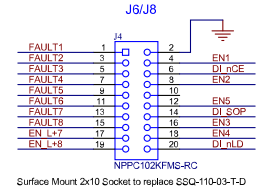
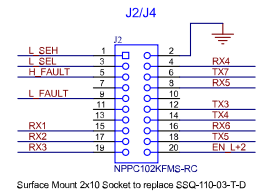


图 5-2. 原理图 - LaunchPad 连接器

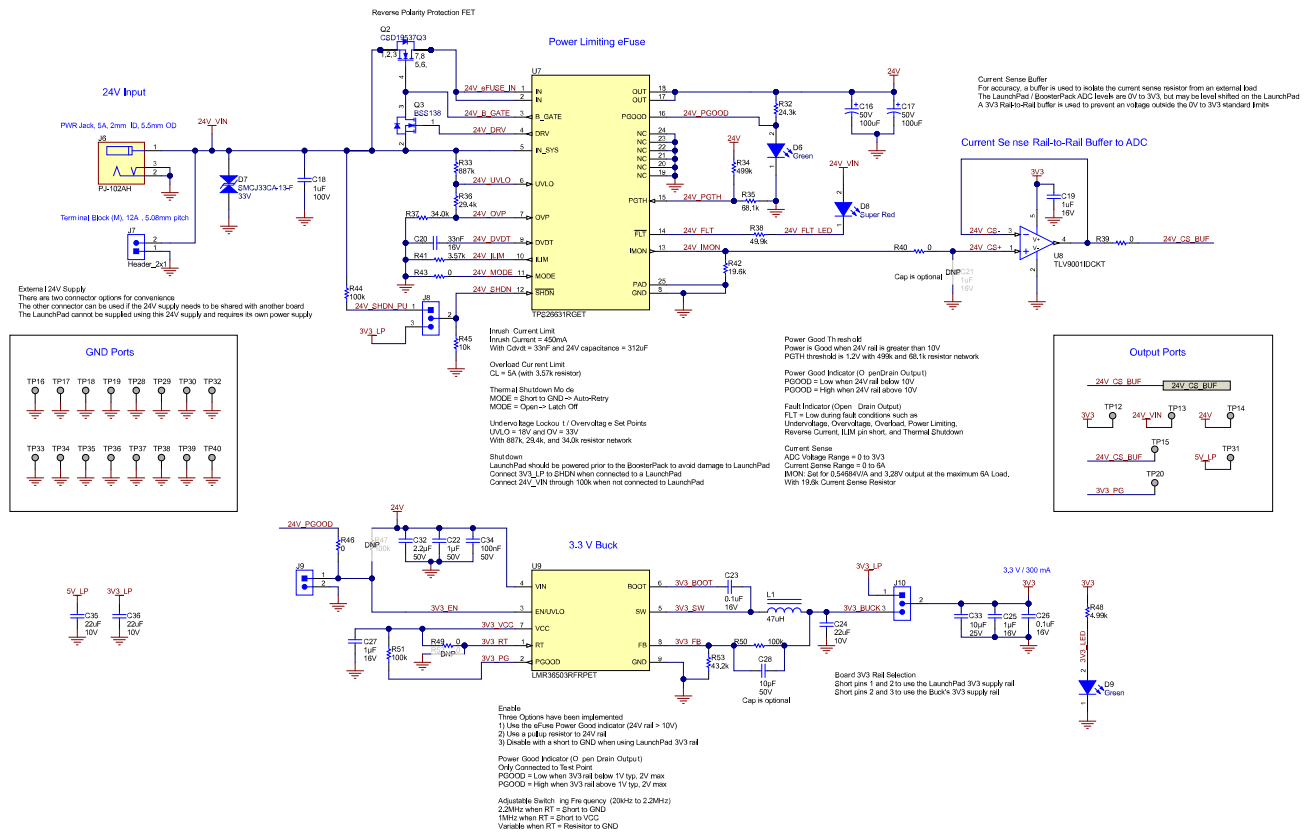


图 5-3. 原理图 - 电源

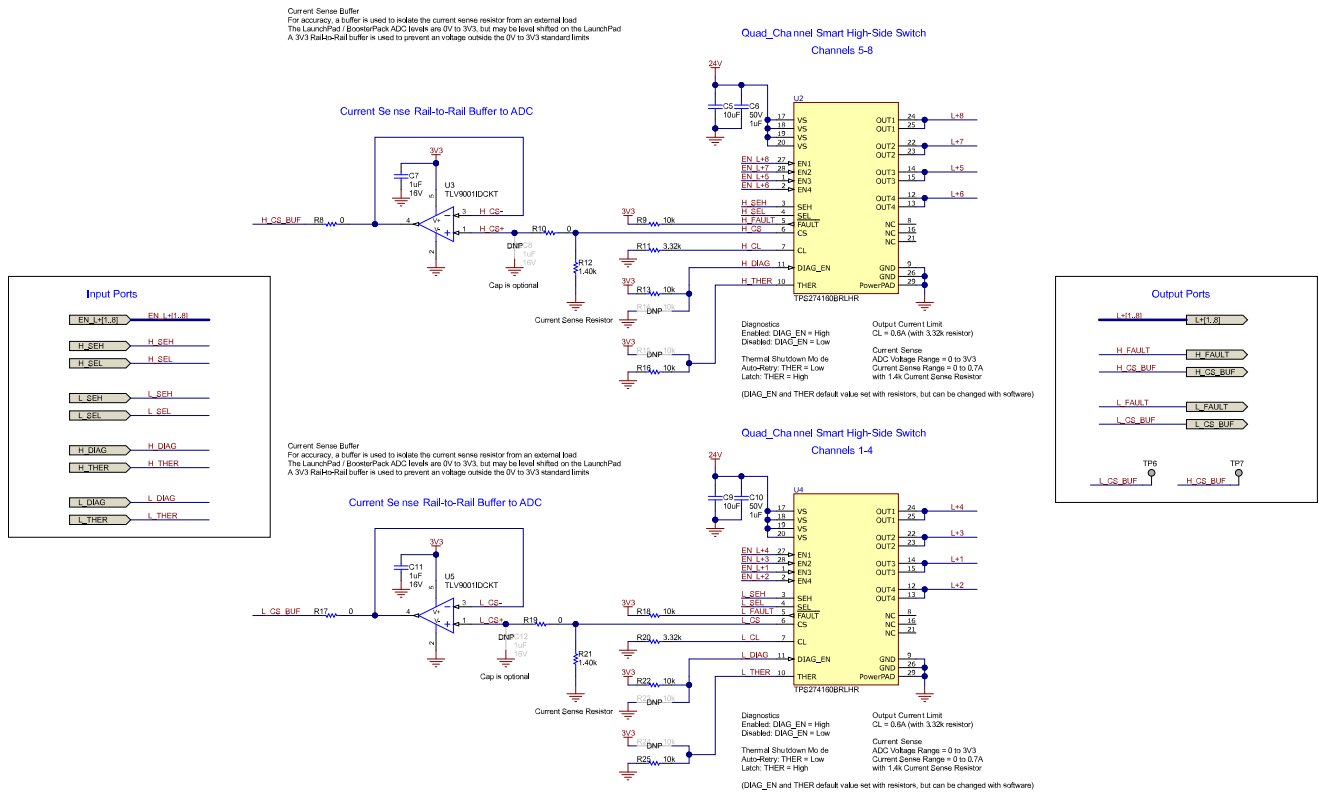


图 5-4. 原理图 - 高边开关

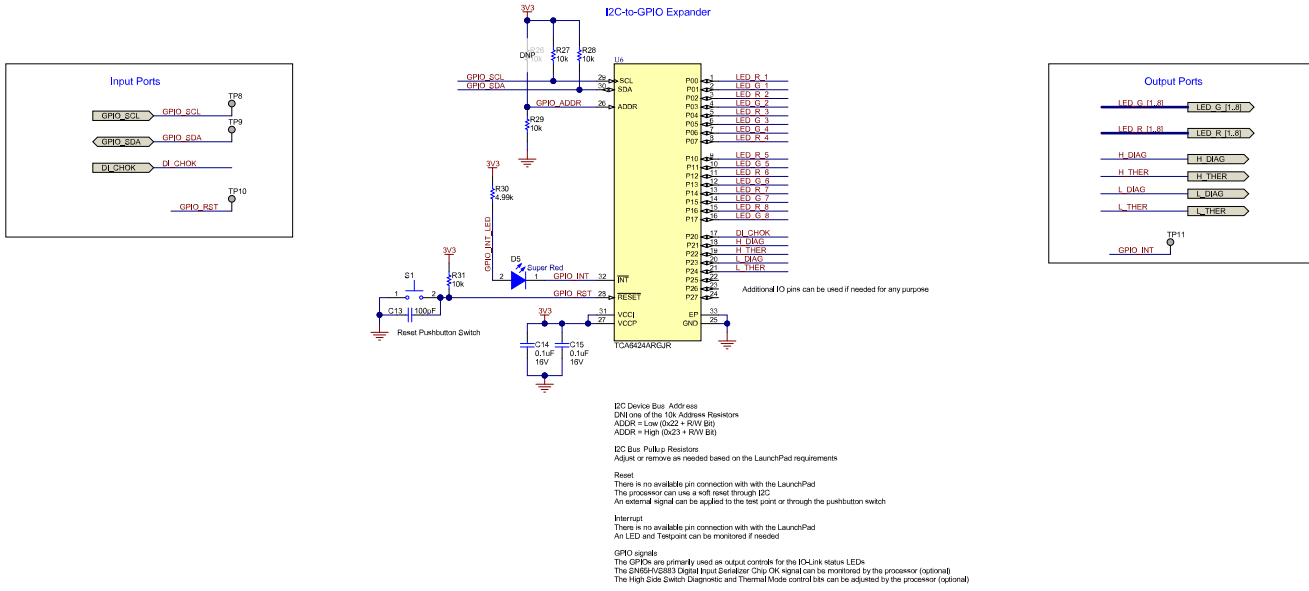


图 5-5. 原理图 - I2C GPIO

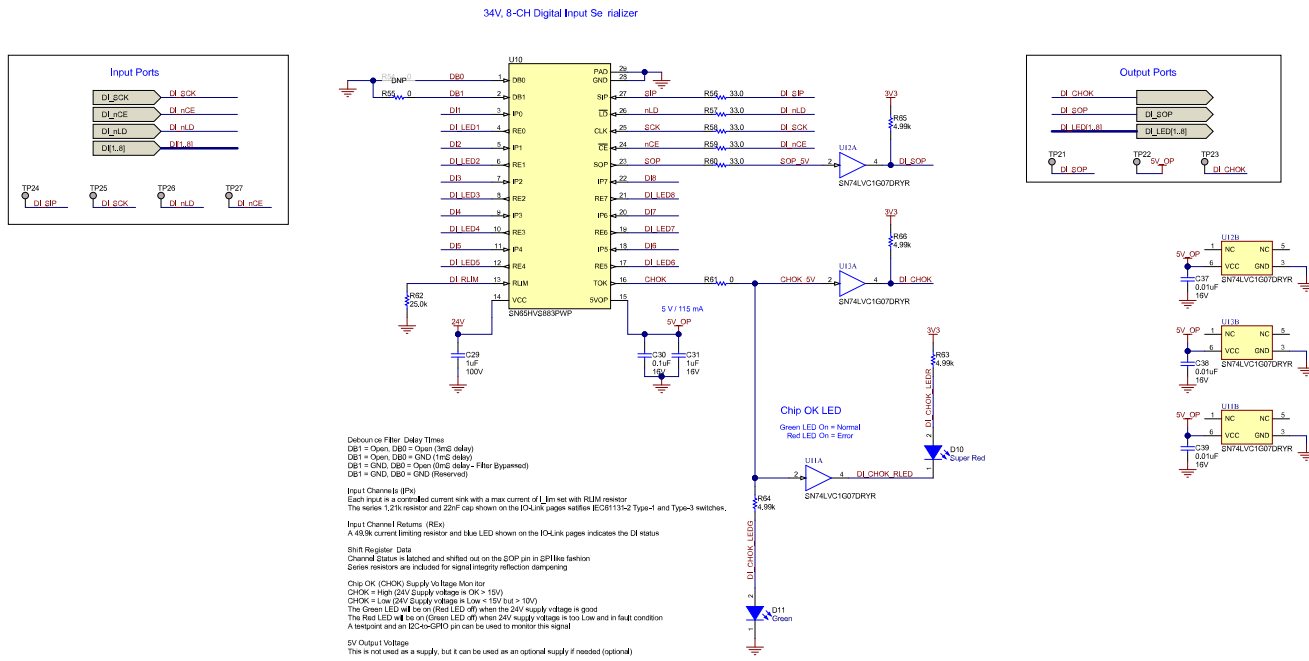


图 5-6. 原理图 - 数字输入串行器

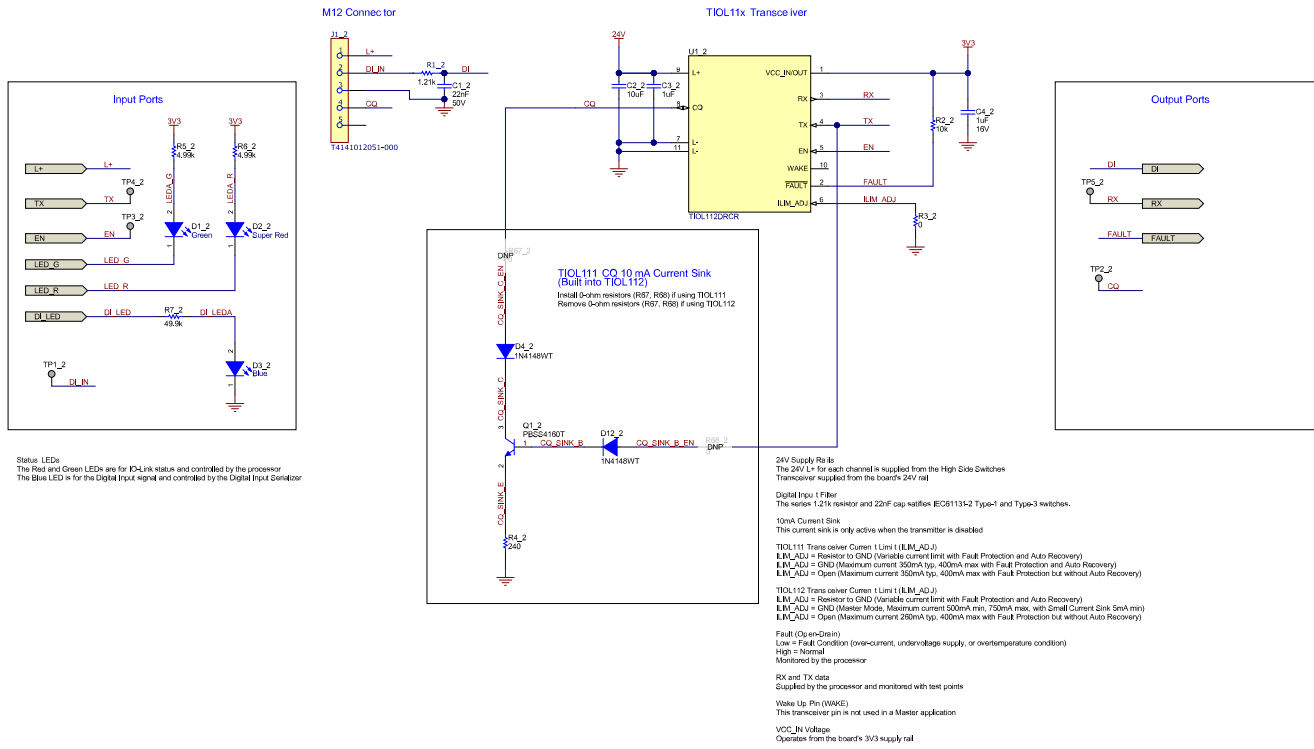


图 5-7. 原理图 - IO-Link 通道 IO 端口 1

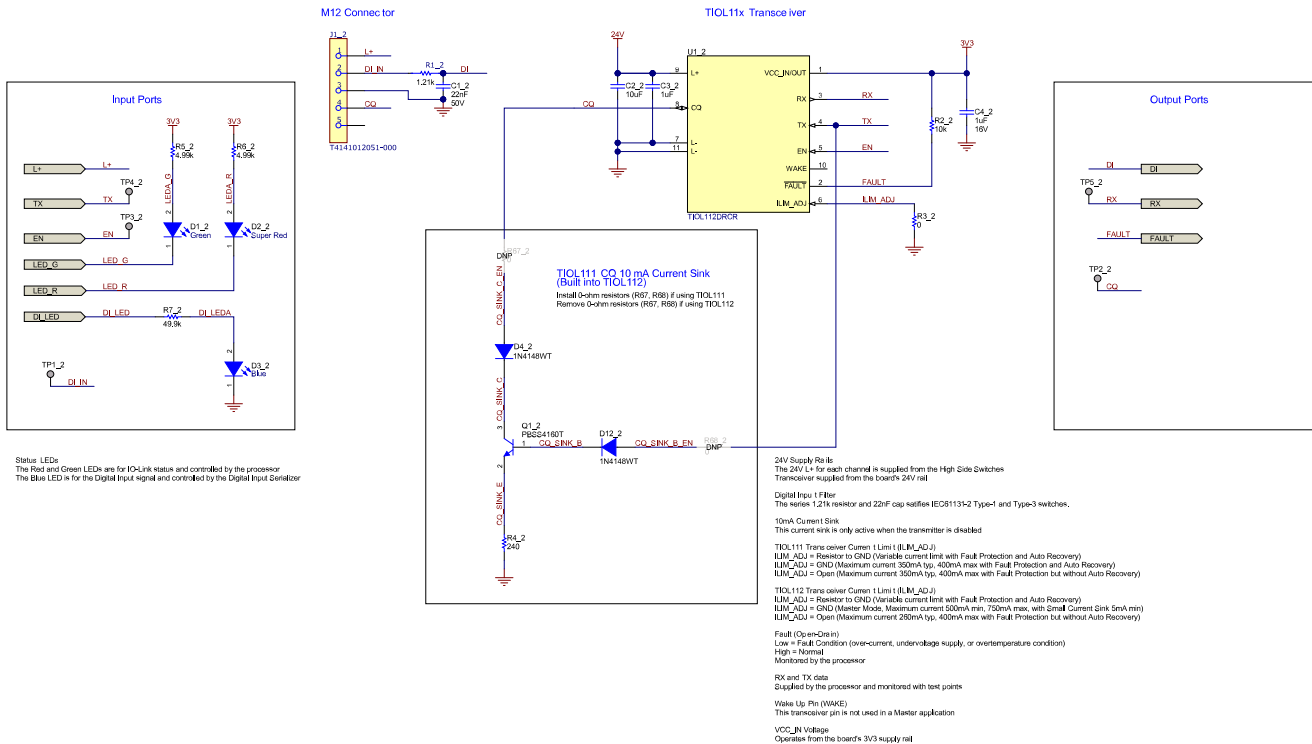


图 5-8. 原理图 - IO-Link 通道 IO 端口 2

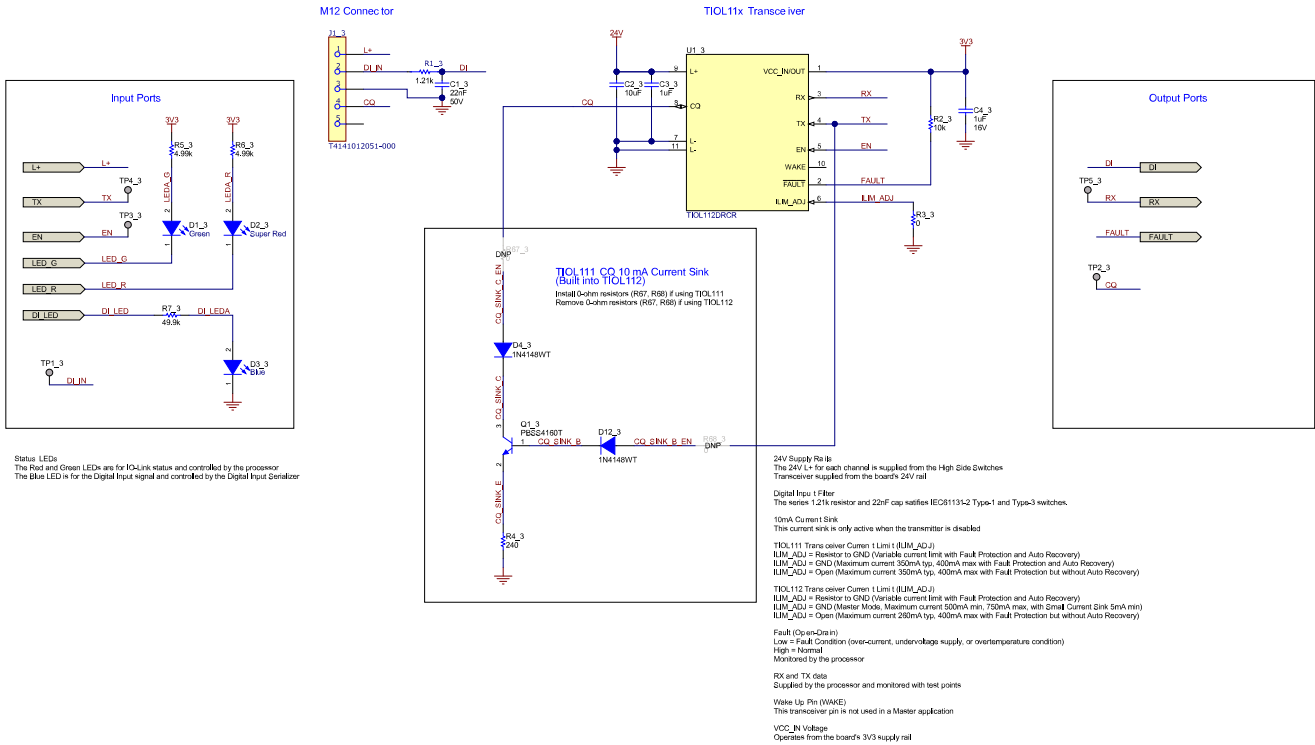


图 5-9. 原理图 - IO-Link 通道 IO 端口 3

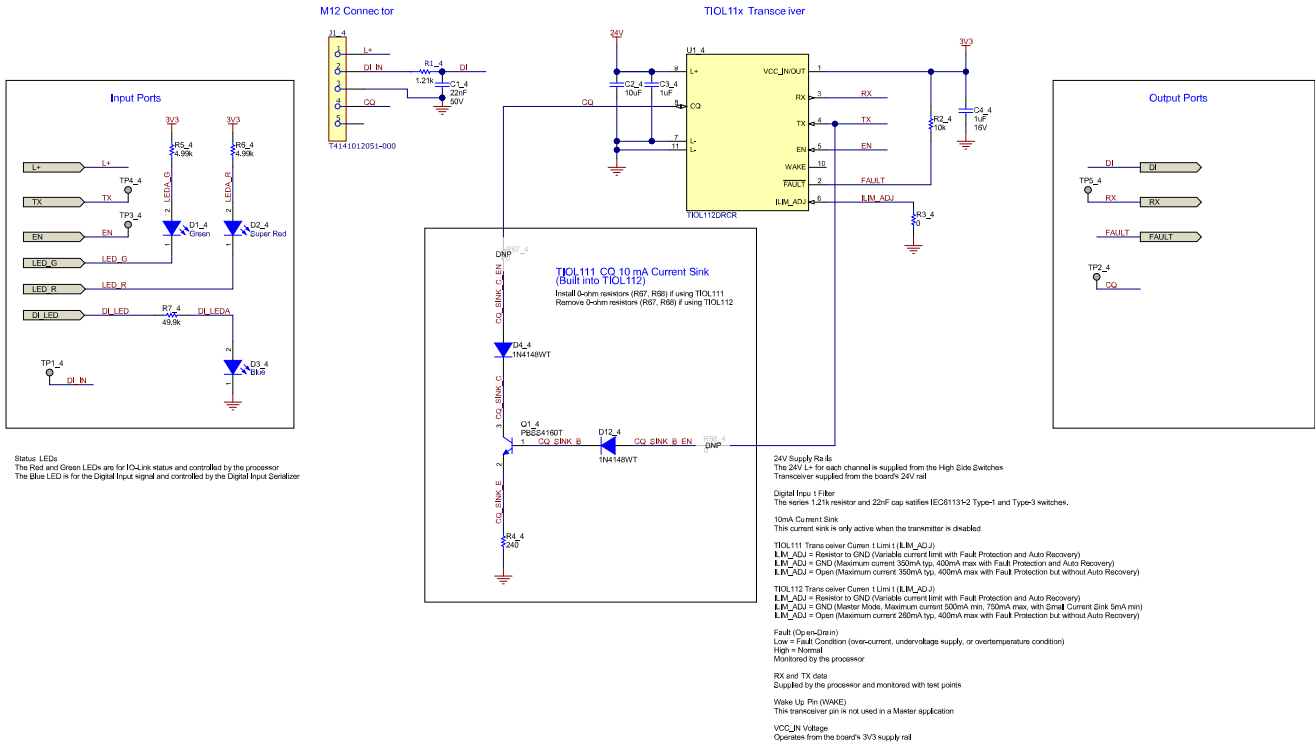


图 5-10. 原理图 - IO-Link 通道 IO 端口 4

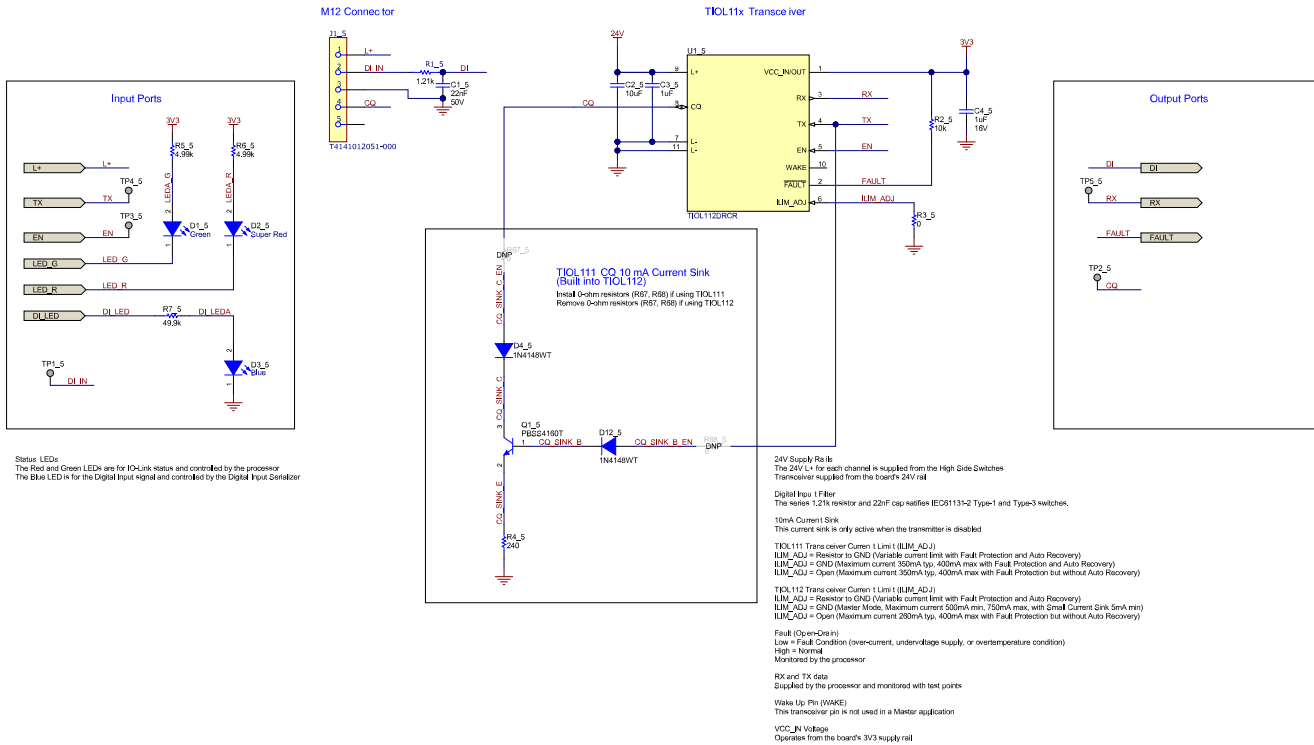


图 5-11. 原理图 - IO-Link 通道 IO 端口 5

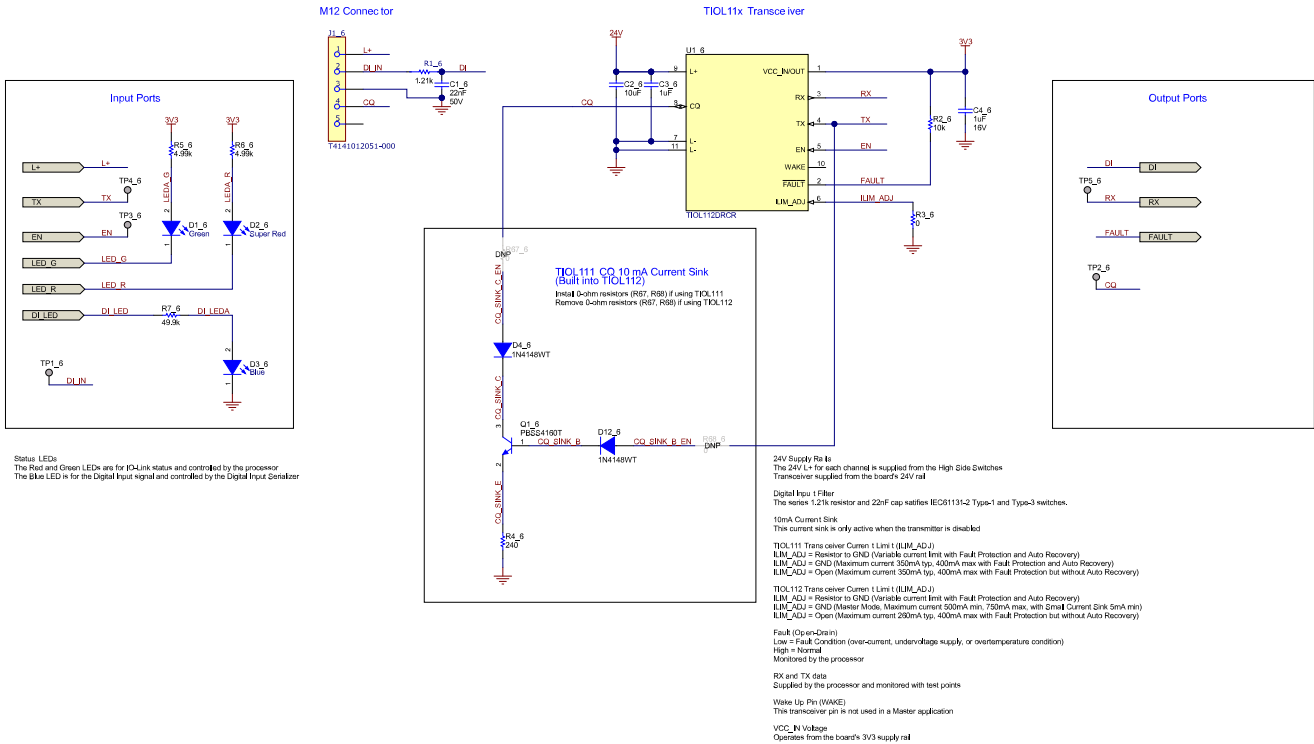
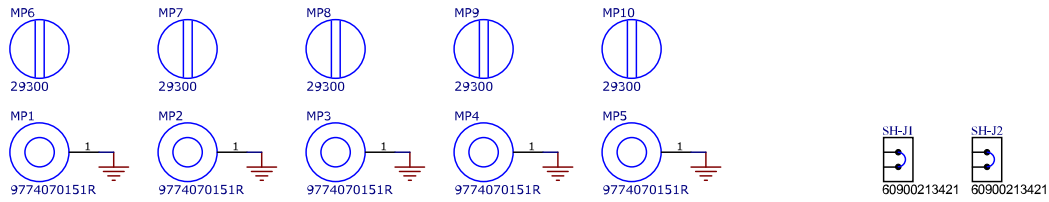
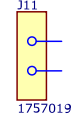


图 5-12. 原理图 - IO-Link 通道 IO 端口 6



The Standoffs are electrically connected to GND.



This is the wire terminal connector that mates with J7.

PCB Number: INT156
PCB Rev: A

PCB LOGO
Texas Instruments

PCB LOGO
Pb-Free Symbol

PCB LOGO
FCC disclaimer

PCB LOGO
WEEE logo



LBL1

PCB Label

THT-14-423-10

ZZ1

Label Assembly Note

This Assembly Note is for PCB labels only

Variant/Label Table	
Variant	Label Text
001	TIOL111
002	TIOL112

ZZ2

Assembly Note

These assemblies are ESD sensitive, ESD precautions shall be observed.

ZZ3

Assembly Note

These assemblies must be clean and free from flux and all contaminants. Use of no clean flux is not acceptable.

ZZ4

Assembly Note

These assemblies must comply with workmanship standards IPC-A-610 Class 2, unless otherwise specified.

图 5-15. 原理图 - 硬件

5.2 PCB 布局

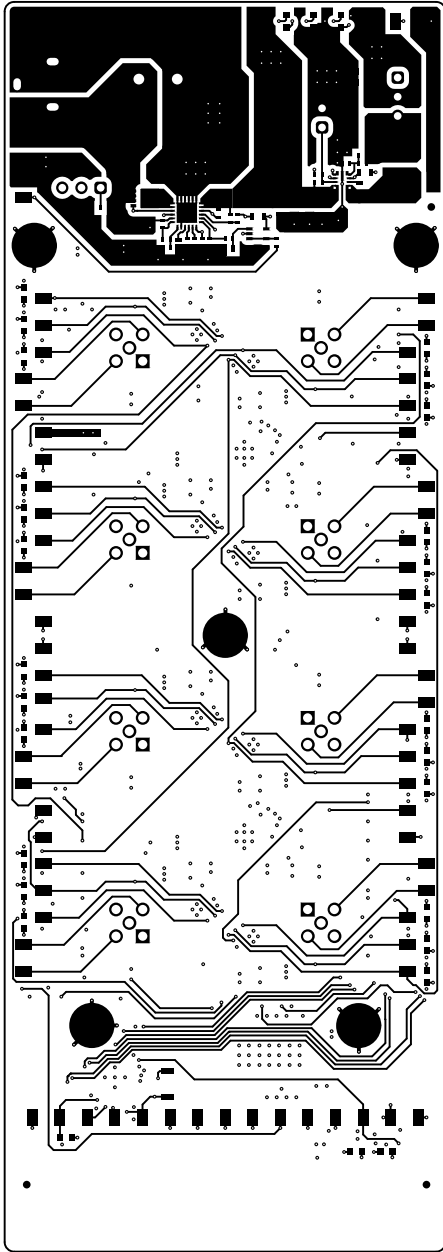


图 5-16. 顶层

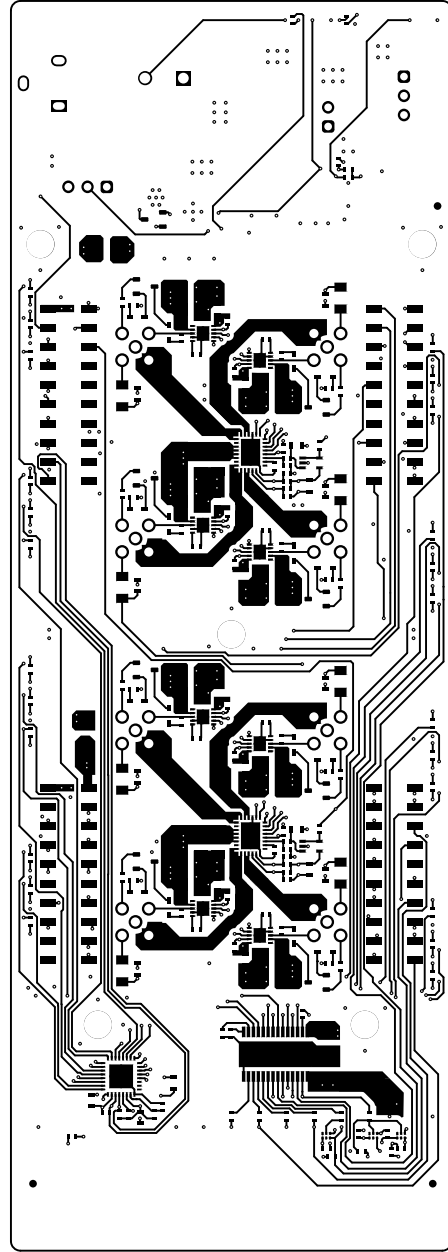


图 5-17. 底层

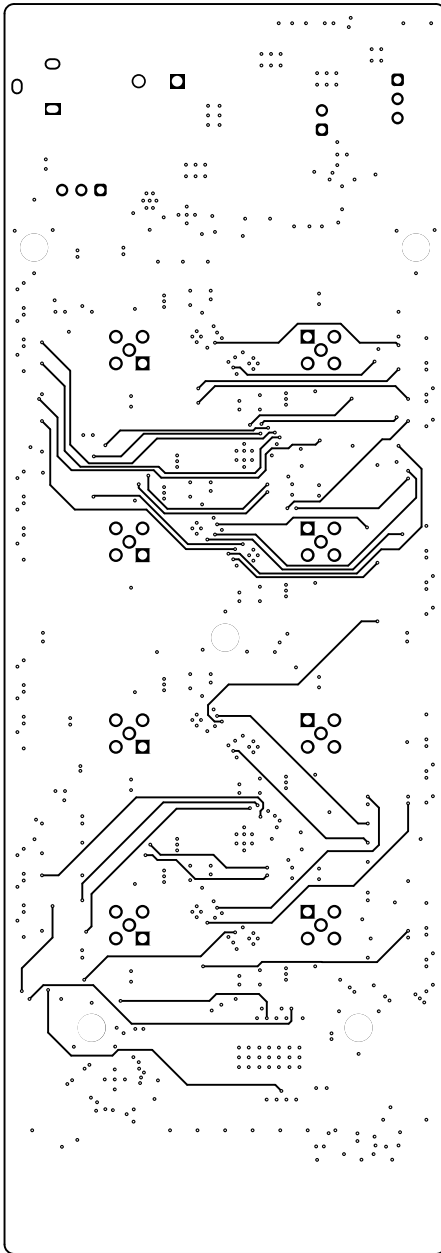


图 5-18. 信号层 2

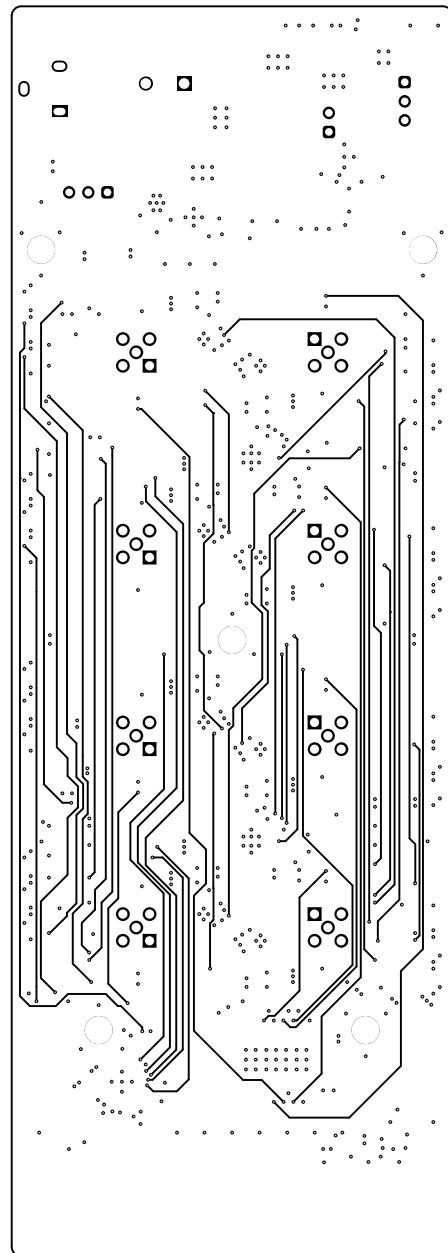


图 5-19. 信号层 3

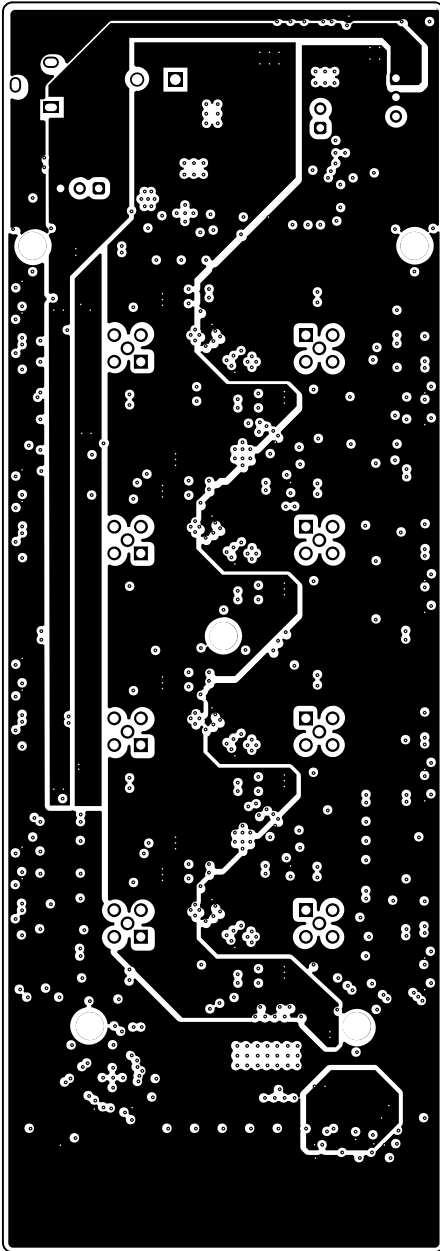


图 5-20. 电源层

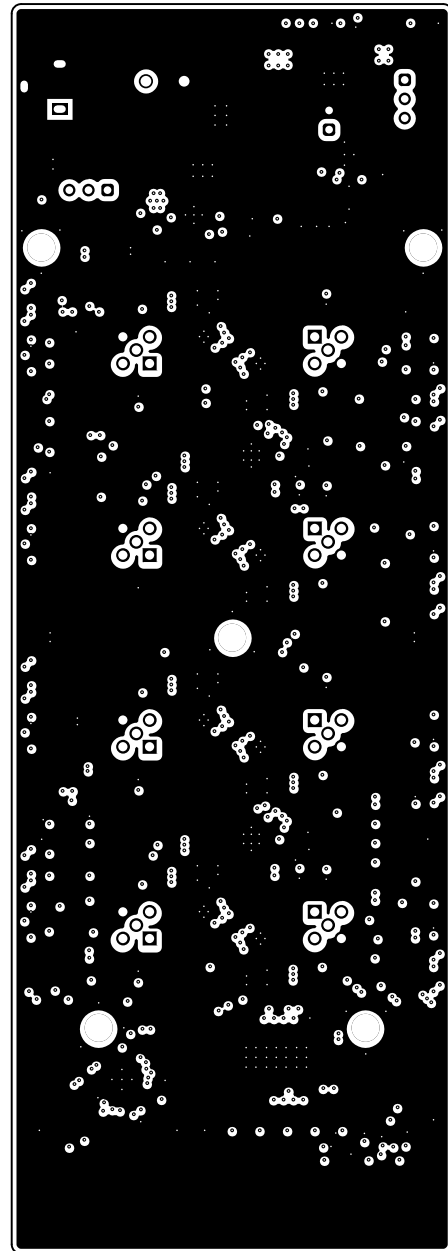


图 5-21. 接地

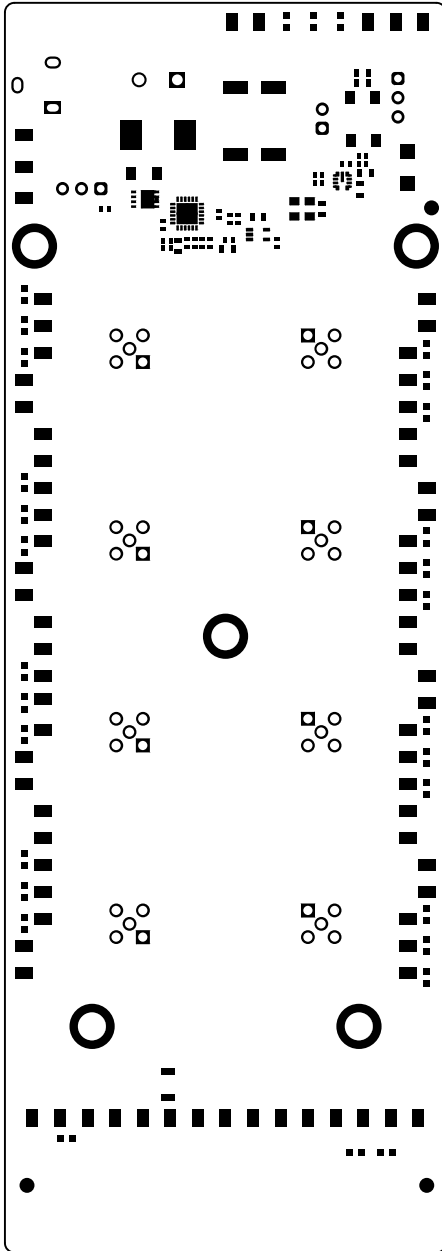


图 5-22. 顶部阻焊层

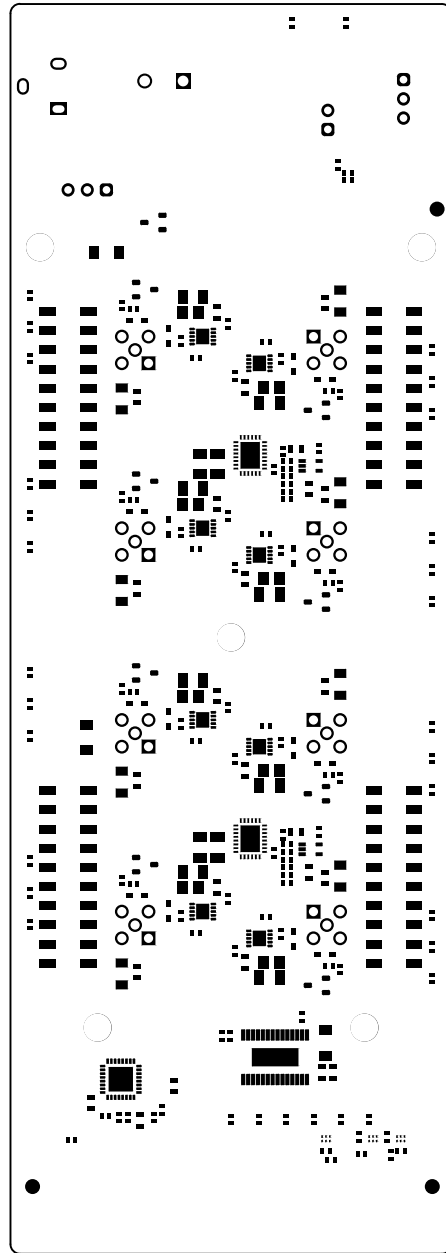


图 5-23. 底部阻焊层

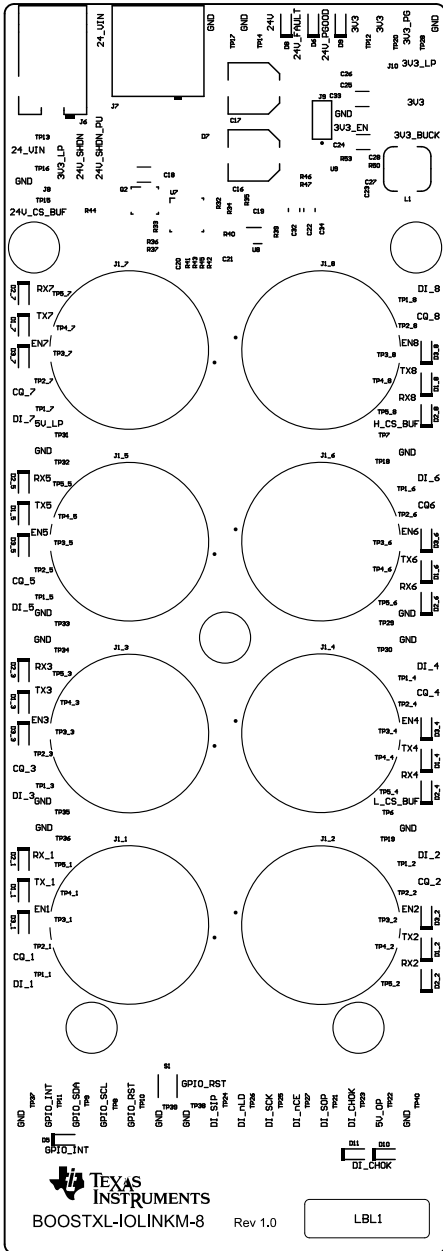


图 5-24. 顶部覆盖层

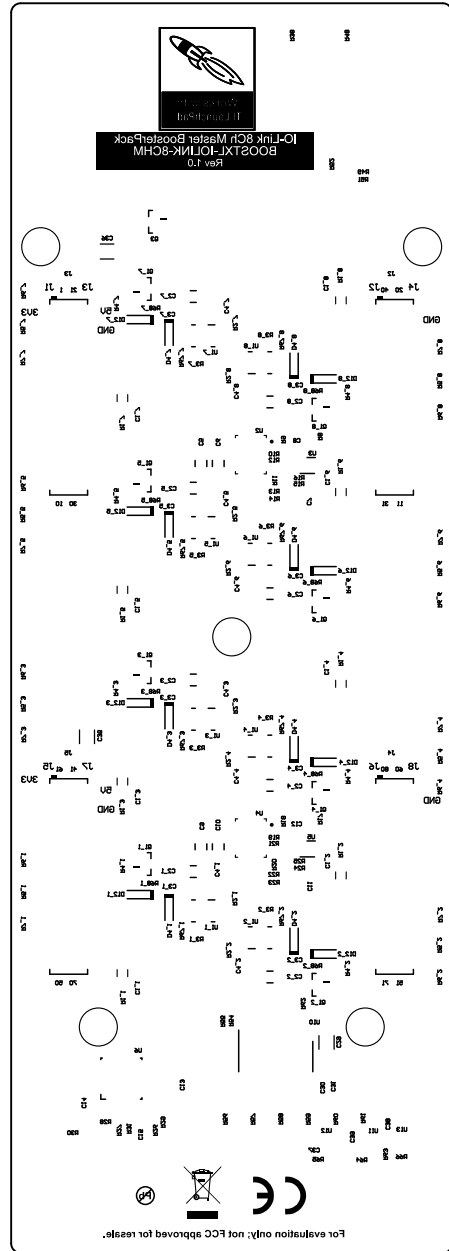


图 5-25. 底部覆盖层

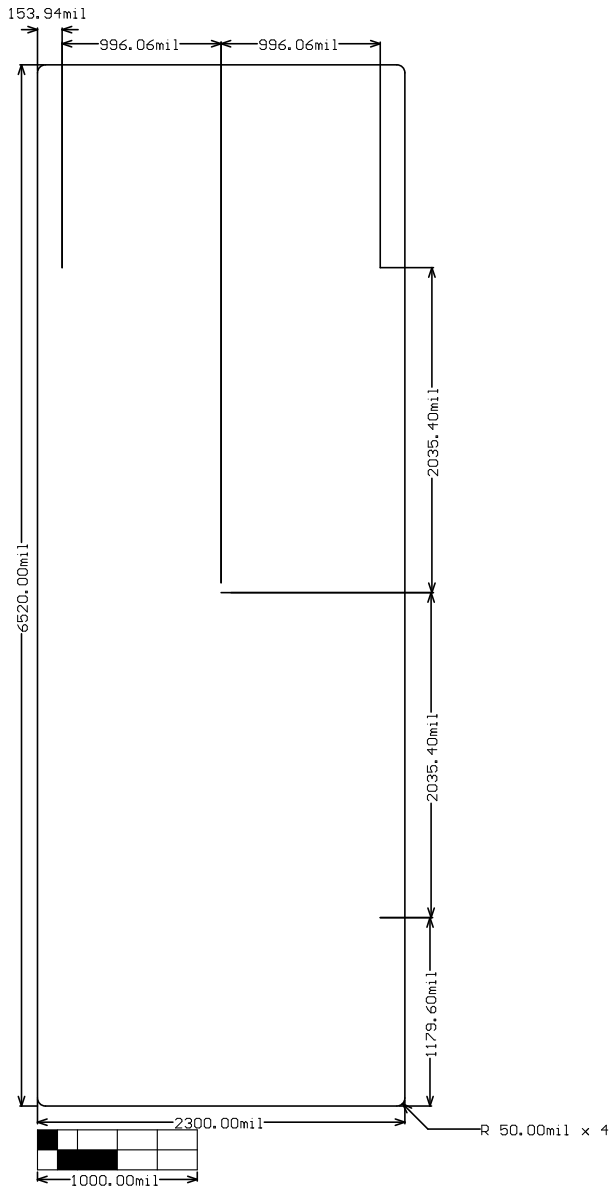


图 5-26. 电路板尺寸

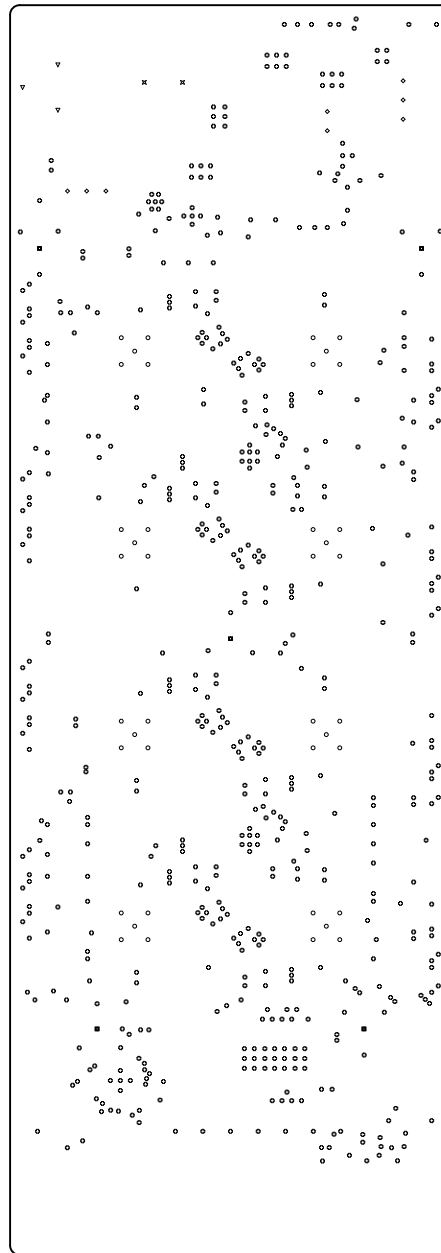


图 5-27. 钻孔图

5.3 物料清单 (BOM)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
!PCB1	1		印刷电路板		INT156	不限		
C1_1、C1_2、C1_3、 C1_4、C1_5、C1_6、 C1_7、C1_8	8	0.022 μ F	电容, 陶瓷, 0.022 μ F, 50V, +/-10%, X7R, 0603	0603	C0603X223K5RACTU	Kemet		
C2_1、C2_2、C2_3、 C2_4、C2_5、C2_6、 C2_7、C2_8、C5、C9	10	10 μ F	电容, 陶瓷, 10 μ F, 50V, +/-20%, X5R, AEC-Q200 3级, 1206	1206	CGA5L3X5R1H106M160A B	TDK		
C3_1、C3_2、C3_3、 C3_4、C3_5、C3_6、 C3_7、C3_8	8	1 μ F	电容, 陶瓷, 1 μ F, 100V, +/-10%, X7S, AEC-Q200 1级, 0805	0805	CGA4J3X7S2A105K125AB	TDK		
C4_1、C4_2、C4_3、 C4_4、C4_5、C4_6、 C4_7、C4_8、C7、C11、 C19、C25、C27、C31	14	1 μ F	电容, 陶瓷, 1 μ F, 16V, +/-10%, X7R, 0603	0603	885012206052	Wurth Elektronik		
C6、C10	2	1 μ F	电容, 陶瓷, 1 μ F, 100V, +/-10%, X7R, 1206	1206	12061C105KAT2A	AVX		
C13	1	100pF	电容, 陶瓷, 100pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	0603	06035A101JAT2A	AVX		
C14、C15、C23、C26、 C30	5	0.1 μ F	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 16V, +/-10%, X7R, 0603	0603	C0603C104K4RACTU	Kemet		
C16、C17	2	100 μ F	电容, 铝, 100 μ F, 50V, +/-20%, 0.34 Ω , AEC- Q200 2级, SMD	D6.3xL7.7mm	EEEEFTH101XAP	Panasonic		
C18、C29	2	1 μ F	电容, 陶瓷, 1 μ F, 100V, +/-10%, X7R, 1206	1206	C3216X7R2A105K160AA	TDK		
C20	1	0.033 μ F	电容, 陶瓷, 0.033 μ F, 25V, +/-5%, X7R, 0603	0603	C0603C333J3RACTU	Kemet		
C22	1	1 μ F	电容, 陶瓷, 1 μ F, 50V, +/-10%, X7R, 0805	0805	885012207103	Wurth Elektronik		

位号	数量	值	说明	封装 参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
C24、C35、C36	3	22μF	电容, 陶瓷, 22μF, 10V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1级, 1206	1206	GCM31CR71A226KE02L	MuRata		
C28	1	10pF	电容, 陶瓷, 10pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, AEC-Q200 1级, 0402	0402	CGA2B2C0G1H100D050B A	TDK		
C32	1	2.2μF	电容, 陶瓷, 2.2μF, 50V, +/-10%, X7R, 0805	0805	C2012X7R1H225K125AC	TDK		
C33	1	10μF	电容, 陶瓷, 10μF, 25V, +/-10%, X7R, 1206	1206	C3216X7R1E106K160AB	TDK		
C34	1	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	0603	C0603C104K5RACTU	Kemet		
C37、C38、C39	3	0.01μF	电容, 陶瓷, 0.01μF, 16V, +/-10%, X7R, 0402	0402	CC0402KRX7R7BB103	Yageo		
D1_1、D1_2、D1_3、 D1_4、D1_5、D1_6、 D1_7、D1_8、D6、D9、 D11	11	绿色	LED, 绿色, SMD	LED_0603	150060VS75000	Würth Elektronik		
D2_1、D2_2、D2_3、 D2_4、D2_5、D2_6、 D2_7、D2_8、D5、D8、 D10	11	红色超高亮	LED, 红色超高亮, SMD	LED_0603	150060SS75000	Würth Elektronik		
D3_1、D3_2、D3_3、 D3_4、D3_5、D3_6、 D3_7、D3_8	8	蓝色	LED, 蓝色, SMD	LED_0603	150060BS75000	Würth Elektronik		
D4_1、D4_2、D4_3、 D4_4、D4_5、D4_6、 D4_7、D4_8、D12_1、 D12_2、D12_3、D12_4、 D12_5、D12_6、D12_7、 D12_8	16	75V	二极管, 开关, 75V, 0.3A, SOD-523F	SOD-523F	1N4148WT	Fairchild Semiconductor		
D7	1	33V	二极管, TVS, 双向, 33V, 53.3Vc, 1500W, 200A, SMC	SMC	SMCJ33CA-13-F	Diodes Inc.		

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
FID1、FID2、FID3、FID4、FID5、FID6	6		基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用	不适用	不适用		
J1_1、J1_2、J1_3、J1_4、J1_5、J1_6、J1_7、J1_8	8		传感器连接器, M12, 插座, 5 个触点, PCB 插座, 直面板安装	PTH_CIRCULAR_CONNECTOR	T4141012051-000	TE Connectivity		
J2、J3、J4、J5	4		插座, 2.54mm, 10x2, 金, SMT	插座, 2.54mm, 10x2, SMT	NPPC102KFMS-RC	Sullins Connector Solutions		
J6	1		直流电源插孔, R/A, TH	直流电源插孔, R/A, TH	PJ-102AH	CUI Inc.		
J7	1		排针插头, 5.08mm, 2x1, 锡, R/A, TH	接头, 5.08mm, 2x1, R/A, TH	1757242	Phoenix Contact		
J8、J10	2		接头, 100mil, 3x1, 金, TH	3x1 接头	TSW-103-07-G-S	Samtec		
J9	1		接头, 100mil, 2x1, 金, TH	2x1 接头	TSW-102-07-G-S	Samtec		
J11	1			HDR2	1757019	Phoenix Contact		
L1	1	47uH	电感器, 屏蔽鼓芯, 金属复合物, 47uH, 0.74A, 0.5Ω, SMD	SMD	7447785147	Würth Elektronik		
LBL1	1		热转印打印标签, 0.650" (宽) x 0.200" (高) - 10,000/卷	PCB 标签, 0.650 x 0.200 英寸	THT-14-423-10	Brady		
MP1、MP2、MP3、MP4、MP5	5		圆形螺柱螺纹 M2.5x0.45 钢 0.276" (7.00mm)	SPACER_RADIAL_M2	9774070151R	Würth Electronics		
MP6、MP7、MP8、MP9、MP10	5		M2.5x0.45 钢制一字槽盘头机械螺钉	SCREW_M2.5	29300	Keystone Electronics		
Q1_1、Q1_2、Q1_3、Q1_4、Q1_5、Q1_6、Q1_7、Q1_8	8	60V	晶体管, NPN, 60V, 0.9A, SOT-23	SOT-23	PBSS4160T	NXP Semiconductor		
Q2	1	100V	MOSFET, N 沟道, 100V, 50A, DQG0008A (VSON-CLIP-8)	DQG0008A	CSD19537Q3	德州仪器 (TI)		无

位号	数量	值	说明	封装 参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
Q3	1	50V	MOSFET, N 沟道, 50V, 0.22A, SOT-23	SOT-23	BSS138	Fairchild Semiconductor		无
R1_1、R1_2、R1_3、R1_4、R1_5、R1_6、R1_7、R1_8	8	1.21k	表面贴装 MELF 电阻器, 1.21k Ω , 200V, 250mW, 1%, 薄膜, AEC-Q200	0204	SMM02040C1211FB300	Vishay		
R2_1、R2_2、R2_3、R2_4、R2_5、R2_6、R2_7、R2_8、R9、R13、R16、R18、R22、R25、R27、R28、R29、R31、R45	19	10k	电阻, 10k, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040210K0JNED	Vishay-Dale		
R3_1、R3_2、R3_3、R3_4、R3_5、R3_6、R3_7、R3_8	8	0 Ω	电阻, 0 Ω , 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04020000Z0ED	Vishay-Dale		
R4_1、R4_2、R4_3、R4_4、R4_5、R4_6、R4_7、R4_8	8	240	电阻, 240, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW0402240RJNED	Vishay-Dale		
R5_1、R5_2、R5_3、R5_4、R5_5、R5_6、R5_7、R5_8、R6_1、R6_2、R6_3、R6_4、R6_5、R6_6、R6_7、R6_8、R30、R48、R63、R65、R66	21	4.99k	电阻, 4.99k Ω , 1%, 0.063W, 0402	0402	RC0402FR-074K99L	Yageo America		
R7_1、R7_2、R7_3、R7_4、R7_5、R7_6、R7_7、R7_8、R38	9	49.9k	电阻, 49.9k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040249K9FKED	Vishay-Dale		
R8、R10、R17、R19、R39、R40、R43、R46、R49、R55、R61	11	0	电阻, 0, 5%, 0.063W, 0402	0402	RC0402JR-070RL	Yageo America		
R11、R20	2	3.32k	电阻, 3.32k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04023K32FKED	Vishay-Dale		

位号	数量	值	说明	封装 参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
R12、R21	2	1.40k	电阻, 1.40k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04021K40FKED	Vishay-Dale		
R32	1	24.3k	电阻, 24.3k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040224K3FKED	Vishay-Dale		
R33	1	887k	电阻, 887k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW0402887KFKED	Vishay-Dale		
R34	1	499k Ω	电阻, 499k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW0402499KFKED	Vishay-Dale		
R35	1	68.1k	电阻, 68.1k Ω , 1%, 0.063W, 0402	0402	RC0402FR-0768K1L	Yageo America		
R36	1	29.4k	电阻, 29.4k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040229K4FKED	Vishay-Dale		
R37	1	34.0k	电阻, 34.0k Ω , 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040234K0FKED	Vishay-Dale		
R41	1	3.57k Ω	电阻, 3.57k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04023K57FKED	Vishay-Dale		
R42	1	19.6k	电阻, 19.6k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040219K6FKED	Vishay-Dale		
R44、R50、R51	3	100k	电阻, 100k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW0402100KFKED	Vishay-Dale		
R53	1	43.2k	电阻, 43.2k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040243K2FKED	Vishay-Dale		

位号	数量	值	说明	封装 参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
R56、R57、R58、R59、 R60	5	33.0	电阻, 33.0, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	RMCF0402FT33R0	Stackpole Electronics Inc		
R62	1	25.0k	电阻, 25.0k, 0.1%, 0.05W, 0402	0402	PNM0402E2502BST1	Vishay-Dale		
R64	1	4.99k	电阻, 4.99k Ω , 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04024K99FKED	Vishay-Dale		
S1	1		触控式开关, 单刀单掷-常 开 0.05A/12V	3mm x 1.6mm x 2.5mm	B3U-1000P	Omron Electronic Components		
SH-J1、SH-J2	2		分流器, 2.54mm, 金, 黑 色	分流器, 2.54mm, 黑色	60900213421	Würth Elektronik		

位号	数量	值	说明	封装 参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
TP1_1、TP1_2、TP1_3、 TP1_4、TP1_5、TP1_6、 TP1_7、TP1_8、TP2_1、 TP2_2、TP2_3、TP2_4、 TP2_5、TP2_6、TP2_7、 TP2_8、TP3_1、TP3_2、 TP3_3、TP3_4、TP3_5、 TP3_6、TP3_7、TP3_8、 TP4_1、TP4_2、TP4_3、 TP4_4、TP4_5、TP4_6、 TP4_7、TP4_8、TP5_1、 TP5_2、TP5_3、TP5_4、 TP5_5、TP5_6、TP5_7、 TP5_8、TP6、TP7、 TP8、TP9、TP10、 TP11、TP12、TP13、 TP14、TP15、TP16、 TP17、TP18、TP19、 TP20、TP21、TP22、 TP23、TP24、TP25、 TP26、TP27、TP28、 TP29、TP30、TP31、 TP32、TP33、TP34、 TP35、TP36、TP37、 TP38、TP39、TP40	75		测试点，SMT	测试点，SMT	S2751-46R	Harwin		
U1_1、U1_2、U1_3、 U1_4、U1_5、U1_6、 U1_7、U1_8	8		具有低残余电压和集成浪涌 保护功能的 IO-Link 器件收 发器	VSON10	TIOL112DRCR	德州仪器 (TI)		
U2、U4	2		40V，160mΩ 四通道工业 智能高边开关	WQFN28	TPS274160BRLHR	德州仪器 (TI)		
U3、U5、U8	3		低功耗，轨到轨输入和输 出，1MHz 运算放大器， DCK0005A (SOT-SC70-5)	DCK0005A	TLV9001IDCKT	德州仪器 (TI)	TLV9001IDCKR	德州仪器 (TI)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
U6	1		低电压 24 位 I2C 和 SMBus I/O 扩展器, 24 路输出, 1.65V 至 5.5V, -40°C 至 85°C, 32 引脚 UQFN (RGJ), 绿色 (RoHS, 无镉/溴)	RGJ0032A	TCA6424ARGJR	德州仪器 (TI)		
U7	1		4.5V 至 60V, 6A 29mΩ 具有反极性保护功能的电子保险丝, RGE0024H (VQFN-24)	RGE0024H	TPS26631RGET	德州仪器 (TI)	TPS26631RGER	德州仪器 (TI)
U9	1		LMR36503/06-Q1 宽输入 60V 同步直流/直流降压转换器, RPE0009A (VQFN-9)	RPE0009A	LMR36503RFRPET	德州仪器 (TI)	LMR36503RFRPER	德州仪器 (TI)
U10	1		用于工业数字输入的 8 路输入、宽 10V 至 34V 数字输入串行器, PWP0028E (TSSOP-28)	PWP0028E	SN65HVS883PWP	德州仪器 (TI)		德州仪器 (TI)
U11、U12、U13	3		具有开漏输出的单路缓冲器/驱动器, DRY0006A (USON-6)	DRY0006A	SN74LVC1G07DRYR	德州仪器 (TI)		

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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司