

说明

此设计通过八个端口实现具有快速确定性时序的 IO-Link 主站。每个端口都可以使用不相关的位速率和周期时序运行。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。基于 PRU 的帧处理程序提供了一种灵活的计时和同步方式。

资源

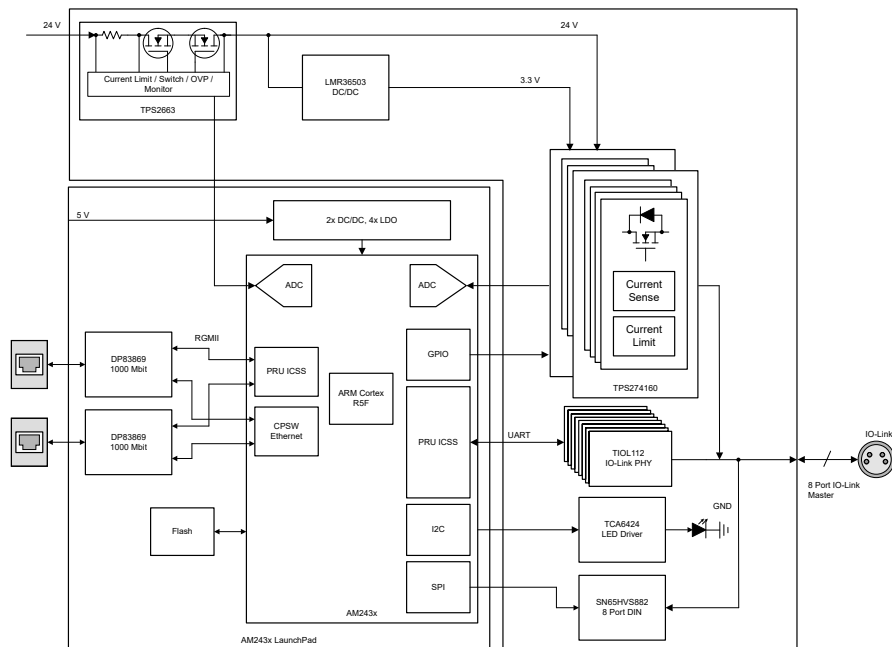
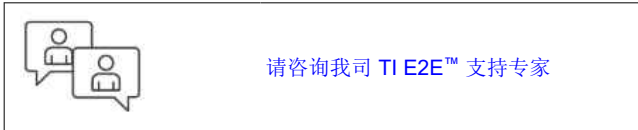
TIDA-010234	设计文件夹
LP-AM243	工具文件夹
BOOSTXL-IOLINKM-8	工具文件夹
AM243	产品文件夹
TIOL112	产品文件夹
TPS274160	产品文件夹

特性

- 八个 IO-Link 端口
- 支持 IO-Link 传输速率 COM1、COM2、COM3
- 支持 400µs 周期时间
- 每端口的电流为 500mA
- 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 系统说明

传感器和执行器是最基本的自动化单元，它们向网络系统提供信息，并根据网络系统的指令采取行动。在传统设计中，这些器件都通过各种接口来连接到控制单元，而这些接口几乎不存在任何智能功能，也就很少或根本不交换配置和诊断信息。于是，安装新器件时，就需要在使用现场进行手动配置，而且由于缺乏诊断功能，也就无法及时进行预防性维护。

IO-Link (国际电工委员会 [IEC] 61131-9) 是一种开放式标准协议，它可以满足对传感器、执行器等小型设备进行智能控制的需求。本标准提供了器件与通常用作现场总线和 PLC 网关的主机之间的低速点对点串行通信。建立的智能链路可以轻松地交换数据、配置和诊断信息。

IO-Link 连接通过一根长度不超过 20 米的非屏蔽三芯电缆建立，通常采用 M12 连接器，数据速率范围高达 230kbps，非同步最小周期时间为 400 μ s，+10%。四种工作模式支持双向输入/输出 (I/O)、数字输入、数字输出和禁用，未指定安全机制和确定性数据传输。该协议使用名为“IO 设备描述” (IODD) 的配置文件，其中包含通信属性、器件参数、标识、过程和诊断数据，以及有关器件和制造商的详细信息。

部署 IO-Link 系统具有诸多优点，包括采用标准化布线、提高数据可用性、实现远程监控和配置、简化器件更换工作以及开展高级诊断。工厂管理者可以通过 IO-Link 接收不断更新的传感器数据，以为日后制定维护和更换计划提供重要依据。通过 IO-Link 主机，可以在无需手动设置的情况下，从 PLC 上更换传感或执行单元以及配置新器件，从而缩短停机时间。此外，还可以做到远程切换生产中所采用的配置，无需派人亲自下车间，因而能够简化定制产品的生产。工厂可以将生产线轻松升级为 IO-Link，因为它可以向后兼容现有的标准 I/O 装置和布线。总之，这些功能可降低总体成本、提高生产工艺效率，增加机器利用率。

2 系统概述

2.1 方框图

该设计由两个主要模块组成，如图 2-1 所示。

第一个模块是 AM243x LaunchPad™，包含处理器、两个以太网端口以及必要的电源电路和闪存。

第二个模块是 IO-Link BoosterPack。此处包含用于构建 IO-Link 端口的所有模拟电路。这里的主要元件是每个端口的电源和 IO-Link 收发器。

该电源采用四端口高边开关 TPS274160 构建，它不仅提供开关电源，还包括可配置的电流限制和电流监控。这有助于在由于短路、有缺陷的器件或接线问题导致输出过载的情况下保持系统运行并找出问题的原因。使用 TPS2663 电子保险丝为系统的电源输入提供过压和反极性保护。这还提供电流监控输出以观察总电流消耗。

八个 IO-Link 端口中的每一个都将 TIOL112 用作收发器。该器件实现了物理层，并在 IO-Link 主接口所需的 CQ 线路上集成了一个电缆阱。它还提供约 700mA 的电流限制，以在唤醒脉冲期间提供足够的电流，同时限制电流，使电缆和电源在发生故障时不会过载。为了更大限度地减少通信期间的过冲并减少辐射，CQ 线路上的压摆率受到限制。

电路板上添加了一个具有串行接口 TCA6424 的简单 LED 驱动器，用于传输端口状态信号。SN65HVS883 实现 8 个数字输入，每个 IO-Link 端口上一个。

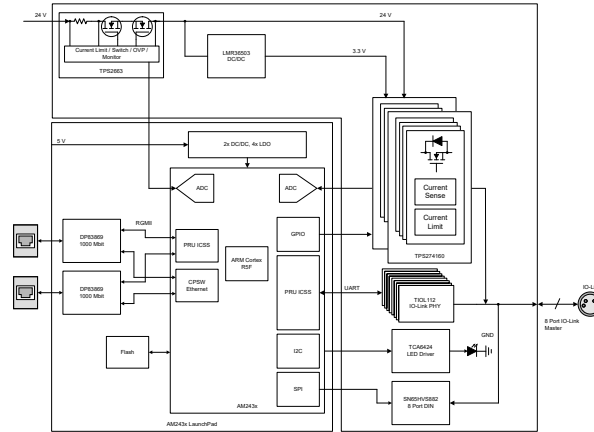


图 2-1. TIDA-010234 方框图

2.2 设计注意事项

本参考设计使用 TIOL112 PHY 和构建完整 IO-Link 主站设计所需的周边元件实现 IO-Link 主站。因此，在物理端，除了 TIOL112 器件外，只需添加端口电源即可。

必要的电流阱已集成到 TIOL112 中，并在使用低于 5kΩ 的电流限制设置电阻器时自动激活。器件在此模式下能够直接驱动唤醒脉冲。在此模式下，电流限制设置为约 700mA，因此电流足以驱动唤醒，但仍限于安全级别，因此不会损坏任何器件。

另一方面，有必要拥有支持所有三种通信速度的硬件和帧处理程序。这里用作 PHY 的 TIOL112 器件可以处理所有速度 (COM1、COM2、COM3)，八端口帧处理程序在 AM243x 的可编程实时单元 (PRU) 中实现。

要实现一个支持 8 端口 IO-Link 的主网关，需要 8 个 TIOL112 器件。一个 TPS274160 支持四个 IO-Link 端口。因此，只需要八个 TIOL112 器件 (IO-Link PHY)、两个 TPS274160 器件 (高边开关) 和一个 TCA6424 器件 (LED 驱动器)。

2.2.1 帧处理程序

图 2-2 中的关系显示了不同内核如何协同工作。完整的帧处理是使用一个工业通信子系统 (ICSS) 完成的，其中包括周期时间生成。栈本身在单个 Arm® 内核中实现。

PRU0 可实现帧处理程序，负责在所有八个端口上发送和接收帧。内部状态机完成后，会向第二个 PRU 内核发送中断。

该中断用于生成周期时序。PRU1 拥有一个计数寄存器，每个端口都有一个比较寄存器以及一些状态位和控制位。此处配置了周期时间，一旦到了发送下一帧的时间，就会向 PRU0 发送触发器以发送一帧。

Arm 内核控制两个 PRU。在启动期间，尚未使用周期计时器，并且通过 PRU0 手动发送帧并从 Arm 内核触发 Tx。当切换到工作模式并开始交换过程数据时，PRU1 被配置为正确的周期时间并接管以控制发送数据的触发器。在这种情况下，Arm 内核在发送每一帧并收到来自器件的应答或发生超时后都会收到中断。

利用该方案，周期时间与 Arm 内核上的 CPU 负载无关。此外，由于不需要在此处生成时序，因此也减少了负载。

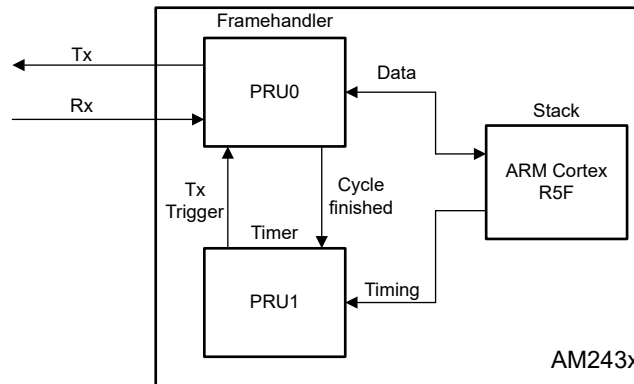


图 2-2. Sitara PRU - Arm® 关系

3 硬件、软件、测试要求和测试结果

3.1 硬件要求

3.2 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。

3.3 测试结果

本部分测试的重点是 *IO-Link 接口和系统规范* 出版物中 IO-Link 社区介绍的物理层测试。

3.3.1 电源浪涌测试 (TCM_PHYL_INTF_ISIRM)

本测试用例测试了 L+ 线路上浪涌期间主器件的行为。必须连接至少 1000mA 的负载，并且必须观察浪涌期间的充电情况。在此测试中，使用了电阻负载，观察到 L+ 和 L- 上的电流以及电压。这是在 PSM = 20V 和 PSM = 30V 时完成的。进入负载的电荷受到监控，并且必须大于或等于 20mAs。

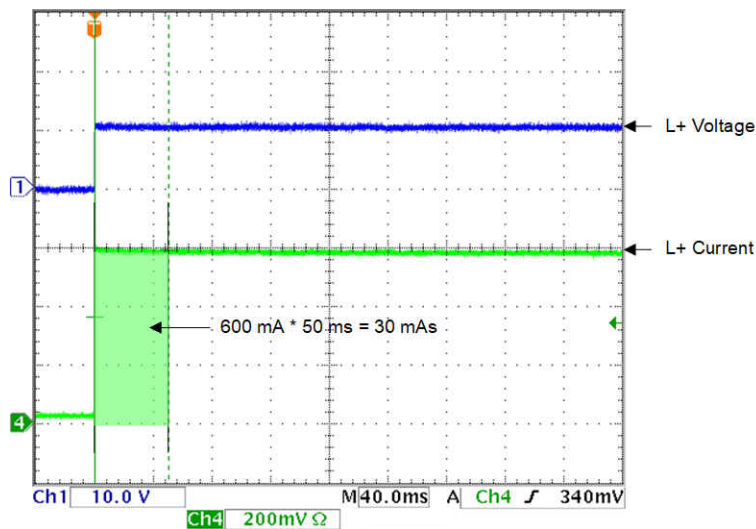


图 3-1. 20V 时的 TCM_PHYL_INTF_ISIRM

图 3-1 显示了 20V 电源电压和大约 18Ω 负载下的行为。TPS274160 高侧开关将电流限制为 600mA。因此，输出电压被限制在 10V。在前 50ms 期间，主机提供 30mA 的充电。

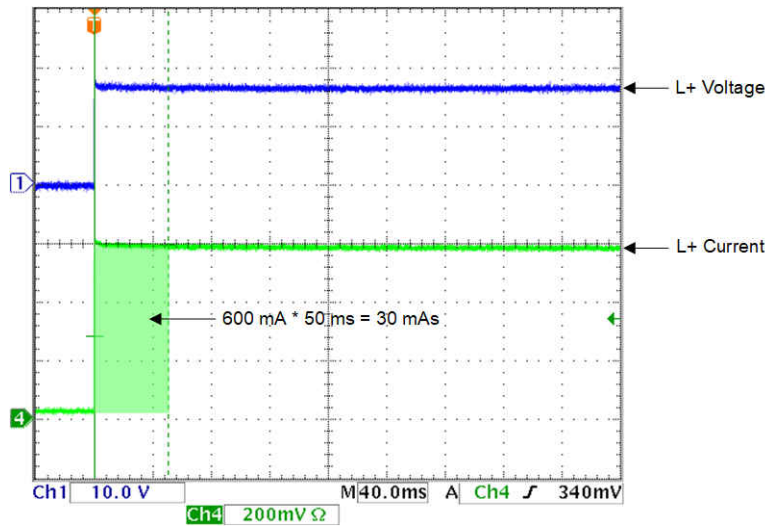


图 3-2. 30V 时的 TCM_PHYL_INTF_ISIRM

图 3-2 显示了电源电压为 30V 时的相同测试。因此使用了 28kΩ 的电阻负载。电流仍被限制在 600mA，电压上升到约 16V。重要的是前 50ms 的电荷在这里也是 30mAs 并满足标准的要求。

3.3.2 接口唤醒电压 (TCM_PHYL_INTF_IQWUH 和 TCM_PHYL_INTF_IQWUHL)

接下来的测试验证在生成唤醒脉冲期间 IO-Link CQ 线路驱动器级的行为。CQ 输出加载一个电阻负载，产生 500mA 电流，并观察到电压电平。前两个测试验证高边驱动器。

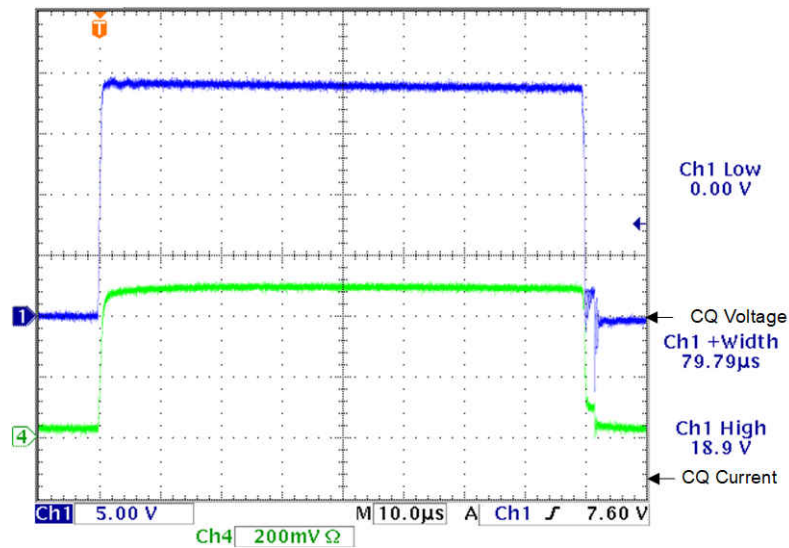


图 3-3. 20V 时的 TCM_PHYL_INTF_IQWUH

图 3-3 中显示了第一个测试。在此处，电源电压设置为 20V，线路负载为 40Ω，产生 500mA 的电流。如果电压电平超过 VTHmax (13V)，则会观察到该值。示波器图显示的测量值为 18.9V，因此通过该测试。

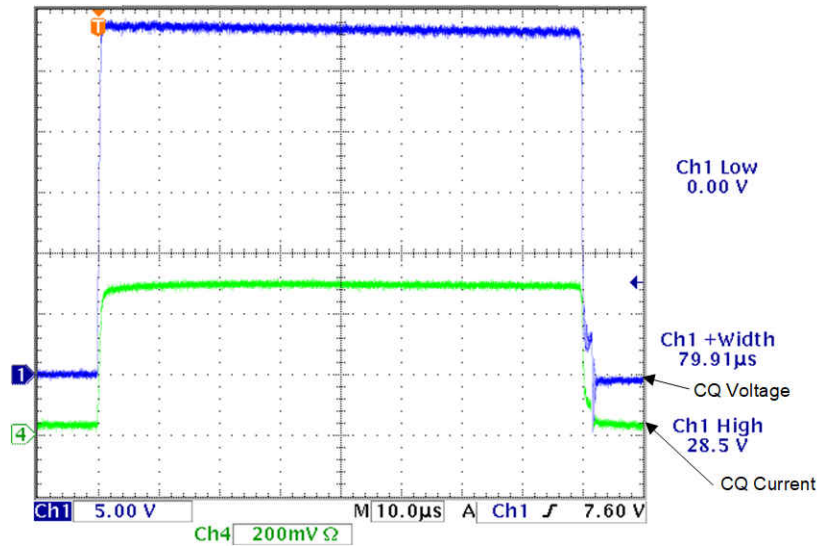


图 3-4. 30V 时的 TCM_PHYL_INTF_IQWUH

类似的测量必须在 30V 电源电压下完成，图 3-4 中的示波器图显示了这一点。此处电阻负载必须更改为 60 Ω，因此产生的电流仍为 500mA。测量的电压为 28.5V，因此该测试也通过。

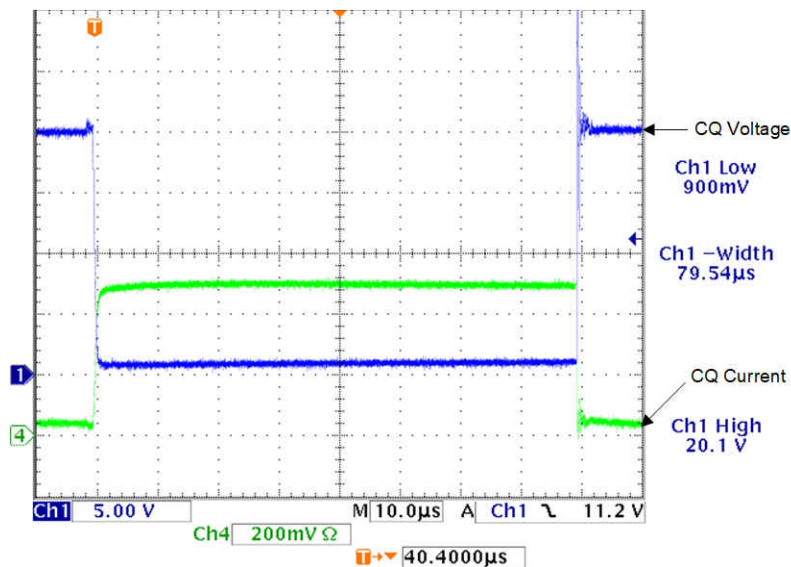
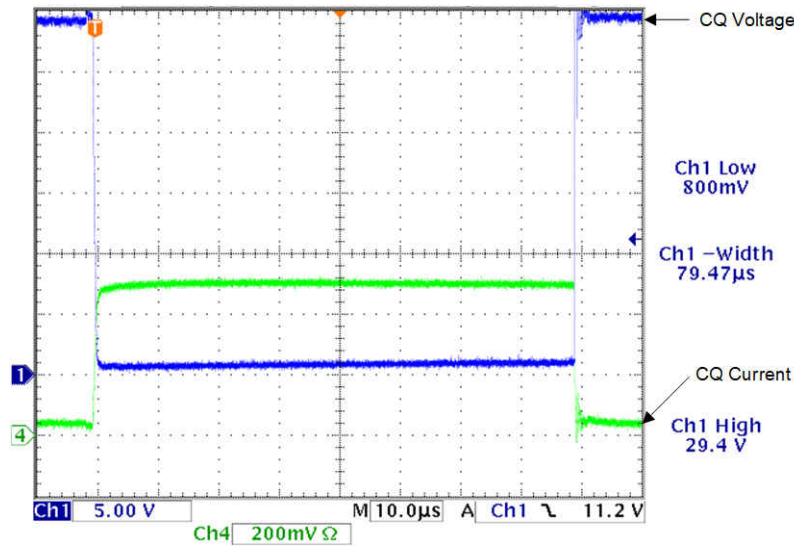


图 3-5. 20V 时的 TCM_PHYL_INTF_IQWUL

低边驱动器会进行同样的测试。图 3-5 显示了电源电压为 20V 时的第一次测试。同样，线路必须加载一个电阻负载，从而产生 500mA 的电流。在本例中，负载连接到 L+。如图所示，测量的电压为 0.9V，这是本测试的通过点。


图 3-6. 30V 时的 TCM_PHYL_INTF_IQWUL

最后的物理层测试类似，但使用 30V 和同样更高的负载电阻。图 3-6 中的结果再次显示了 0.9V 的电压，这也是一个通过点。

表 3-1 汇总列出了所有物理层测试和结果。

表 3-1. IO-Link® 物理层测试

ID	名称	配置	规范 (条款)	注释	结果
SDCI_TC_001	TCM_PHYL_INTF_ISM	监控主端口的电源电流。	请参阅 IO-Link 接口和系统规格版本 1.1.3.4 中表 6 的第 5.3.2.3 节	用 500mA 测试	20 V : 通过 30V : 通过
SDCI_TC_002	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_003	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_004	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 接口和系统规格版本 1.1.3.4 中表 5 的第 5.3.2.2 节		VRQHM (VSM = 20V) : 0.23V VRQHM (VSM = 30V) : 0.228V 通过
SDCI_TC_005	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_006	TCM_PHYL_INTF_VTHHM	对 C/Q 输入端的数字输入信号进行监控	请参阅 IO-Link 接口和系统规格版本 1.1.3.4 中表 5 的第 5.3.2.2 节		VIM@VTHHM (VSM = 20V) : 11.1V VIM@VTHHM (VSM = 30V) : 11.1V 通过
SDCI_TC_007	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_008	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 接口和系统规格版本 1.1.3.4 中表 5 - VIL 和 VIH 的第 5.3.2.2 节		通过

表 3-1. IO-Link® 物理层测试 (continued)

ID	名称	配置	规范 (条款)	注释	结果
SDCI_TC_0 021	TCM_PHYL_INTF_IQ WUH		请参阅 IO-Link 接口和系统规格版本 1.1.3.4 中表 9 的第 5.3.3.3 节	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_0 022	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_0 023	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_0 024	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

3.3.3 电流吸收器

除了 IO-Link 物理层测试外，还测试了集成电流吸收器。图 3-7 显示了当只有 RX 和电流吸收器一起处于活动状态时流入 CQ 线路的电流。当电流约为 8.5mA 时，它完全处于 5 - 15mA 的允许范围内。

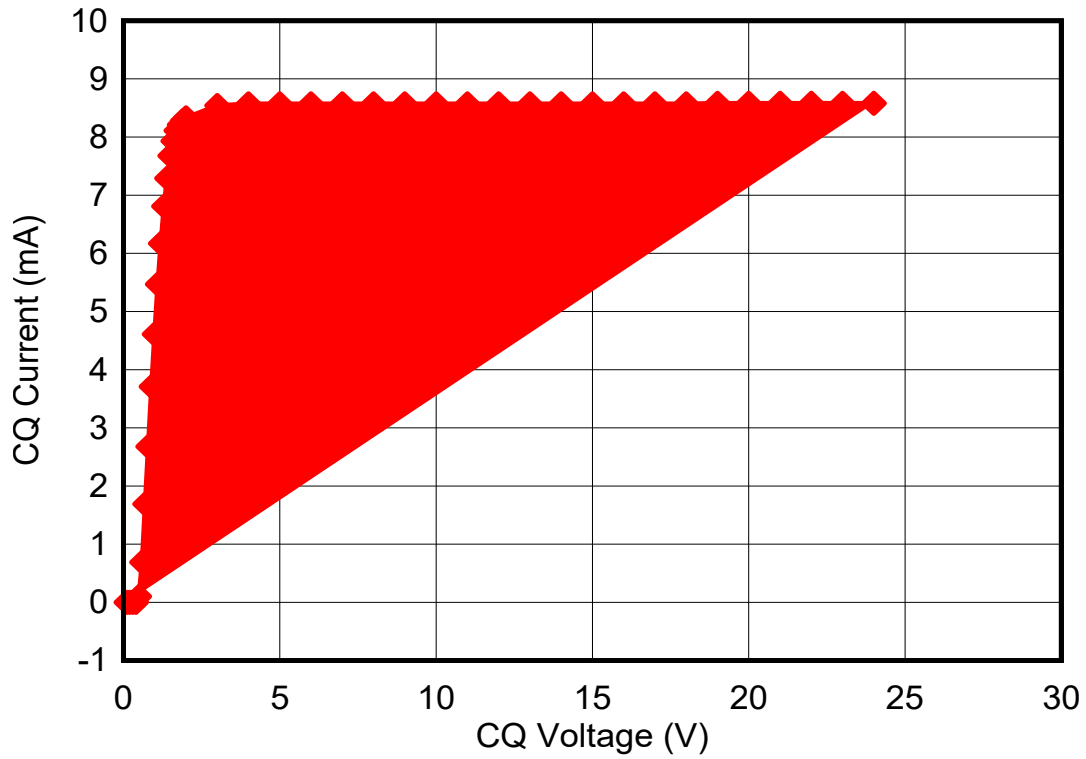


图 3-7. TIOL112 的电流吸收器

3.3.4 时序测试

在时序方面进行了进一步的测试，特别是在 400 μ s 周期时间的能力和此通信期间的时序抖动方面。对于此测试，BOOSTXL-IOLINKM-8 与 AM243x LaunchPad 结合使用，并编译和加载来自 MCU+ SDK 的示例。具有无限持久性的图 3-8 显示了周期时间约为 412 μ s，在该配置中无可见抖动。

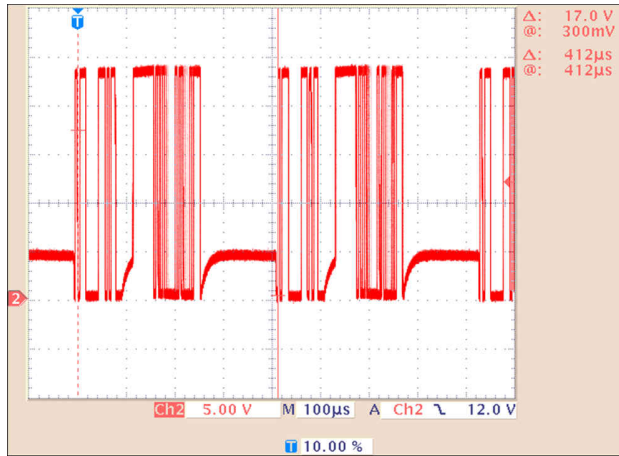


图 3-8. CQ 线路通信

图 3-9 显示了时序约为 417 μ s，完全在标准允许的范围內。在这里还可以看到连接的器件的应答时间。

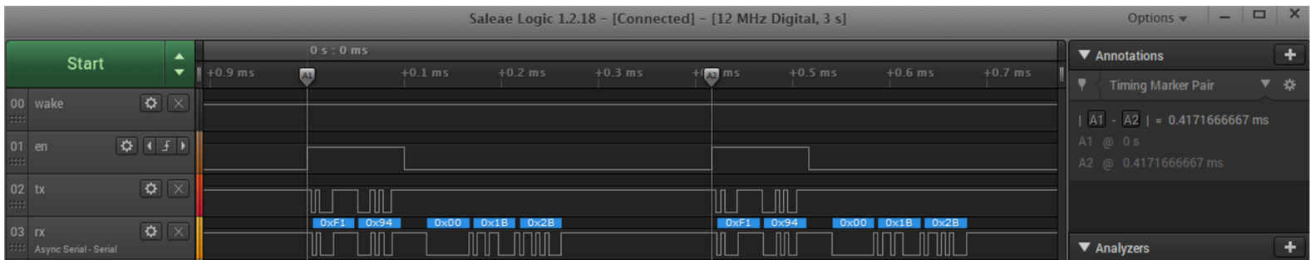


图 3-9. 主器件周期时序

图 3-10 显示了 CQ 线上第二个通信周期的放大图。触发器设置为在一个周期上触发，并延迟到下一个周期。这样可以查看周期到周期抖动。在无限持久性的情况下，可以看到大约 50ns 的抖动。与上升和下降时间以及周期时序相比，这是可以忽略不计的，不会降低系统性能。

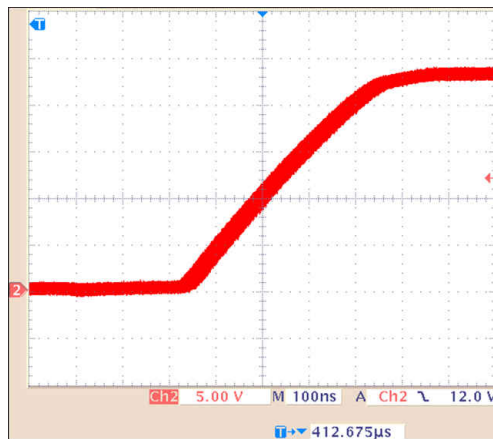


图 3-10. 主器件周期抖动

4 设计和文档支持

4.1 设计文件

4.1.1 原理图

如需下载原理图，请参阅 [TIDA-010234](#) 中的设计文件。

4.1.2 材料清单

如需下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-010234](#) 的设计文件。

4.2 工具与软件

工具

[八端口 IO-Link 主站参考设计](#)

[AM243x 基于 ARM 的 MCU 通用 LaunchPad 开发套件](#)

[IO-Link 主站 Booster Pack](#)

软件

[适用于 AM243x Sitara™ 微控制器的软件开发套件](#)

4.3 文档支持

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](#)

4.4 支持资源

[TI E2E™ 支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题可获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的《[使用条款](#)》。

4.5 商标

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

Arm® is a registered trademark of Arm Limited.

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。

5 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (September 2022) to Revision A (April 2023)	Page
• 修复了 资源 部分中的很多 URL.....	1
• 修复了 原理图 和 BOM 部分中的 URL.....	12

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