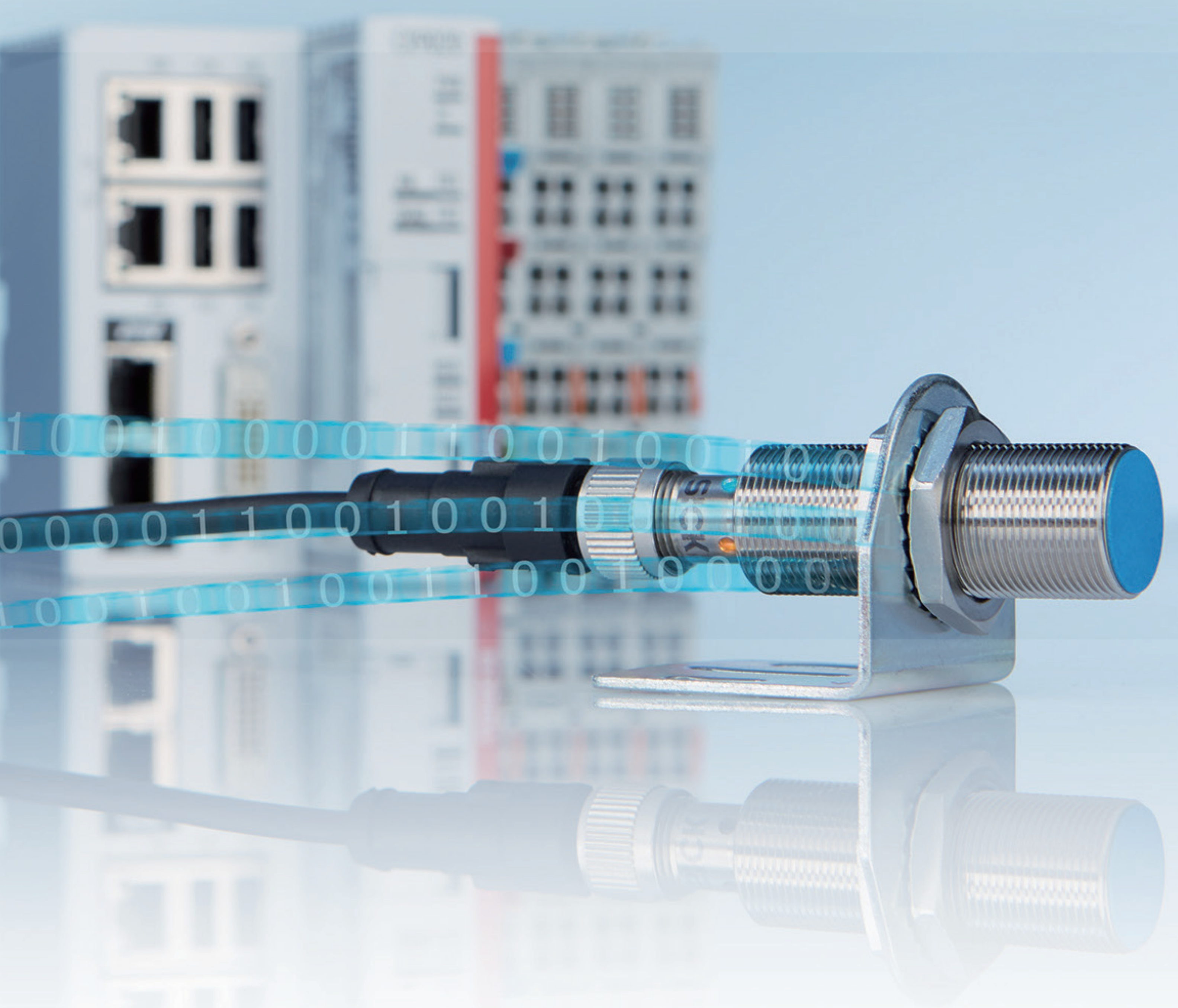
ANALOG DEVICES

超越一切可能™

IO-Link手册

第三版



请访问：ANALOG.COM/CN

myAnalog

目录

引言 第4页

第1部分：IO-Link简介 第5页
- 老派传感器 第5页
- 微型开关量传感器驱动 第5页
- IO-Link：开放式低成本传感器接口 第5页
- IO-Link节点 第5页
- IO-Link系统 第6页
- IO-Link接口在IEC 61131-9中被标准化为SDCI 第6页
- 物理层IO-Link标准化接口 第6页
- 物理层电气规范 第7页
- 自动化体系中的IO-Link 第7页
- IO-Link：实现智能传感器 第7页
- 工业传感器生态系统 第8页

第2部分：IO-Link环境 第9页
- 数据链路层 第9页
- 数据类型 第9页
- 主站-从站通信 第9页
- C/Q线上的UART数据 第9页
- 唤醒请求 第9页
- IO-Link数据速率选择 第10页
- IO-Link IODD 第10页

第3部分：设计IO-Link接口的传感器 第11页
- 传感器设计考虑因素 第11页
- IO-Link接口的智能传感器设计特性 第11页
- IO-Link接口的温度传感器：MAXREFDES164/MAXREFDES173 第11页
- 软件说明 第13页
- IO-Link接口的距离传感器：MAXREFDES171/MAXREFDES174 第13页
- 软件说明 第14页
- IO-Link接口的16通道数字输入集线器：MAXREFDES176 第14页
- IO-Link接口通用模拟IO：MAXREFDES177 第15页
- IO-Link接口的Pmod兼容适配器：MAXREFDES281、MAXREFDES284 第17页

第4部分：设计IO-Link接口的执行器 第18页
- IO-Link接口的8通道电磁阀执行器：MAXREFDES278 第18页
- PD-42-1-1243 IOLINK 第19页
- TMCM-1617-GRIP-REF 第19页

第5部分：设计IO-Link接口主站 第20页
- IO-Link主站设计目标 第20页
- 8端口IO-Link主站：MAXREFDES145 第20页
- 硬件说明 第20页
- 软件说明 第21页
- 4端口IO-Link主站MAXREFDES165 第21页
- 硬件说明 第22页
- 软件说明 第22页
- 采用Pmod兼容外形尺寸的IO-Link 2通道主站：MAXREFDES277 第23页
- IO-Link主站测试报告 第23页

第6部分：提高系统性能 第24页
- 散热 第24页
- 测试A 第24页
- 测试B 第24页
- 测试C 第24页
- 热性能 第24页
- 分立解决方案 第25页
- 集成解决方案 第25页
- 选择TVS二极管 第25页
- IO-Link保护电路 第25页
- 65 V（绝对最大值）如何帮助提供保护（对比40 V） 第25页
- 65 V绝对最大值的保护优势 第25页
- 小结 第26页
- IO-Link信号摆率如何影响IO-Link电缆辐射? 第26页
- 电磁兼容性(EMC)要求 第27页
- EMC试验电压 第27页
- 物理层：EMC要求标准化 第27页
- 抗扰度测试 第27页

第7部分：IO-Link解决方案 第29页
- 为什么选择ADI IO-Link收发器? 第29页
- 产品选型指南 第29页
- 100 mA微型开关量传感器驱动器：MAX14838/MAX14839 第29页
- OTP可编程传感器接口：MAX22520 第30页
- 双通道250 mA IO-Link收发器：MAX14827A 第31页
- 引脚控制、低功耗、双通道IO-Link从站收发器：MAX14829 第32页
- 带DC-DC转换器和浪涌保护双通道IO-Link从站收发器：MAX22513 第32页
- 浪涌测试 第32页
- 具有集成保护功能的IO-Link收发器：MAX22515 第33页
- MAX22516（2023年春季上市） 第34页
- 双通道IO-Link主站收发器：MAX14819A 第34页
- 评估IO-Link从站 第35页
- 评估IO-Link主站 第35页
- 工业IO-Link参考设计 第36页
- ADI参考设计使用限制和警告 第36页

技术资源附录 第37页
- 软件协议栈供应商 第37页
- TMG Technologie und Engineering 第38页
- TEConcept工具 第44页
- IQ^2开发工具 第51页
- Onsoon 第52页
- IO-Link词汇表 第53页
- IO-Link常见问题解答 第54页

其他IO-Link资源 第55页
- IO-Link网页 第55页
- IO-Link应用笔记和文章 第55页
- 视频 第55页
- 商标 第55页

引言

当今的无风扇可编程逻辑控制器(PLC)和IO-Link®网关系统须消耗大量功率，具体取决于I/O配置（IO-Link、数字输入/输出、模拟输入/输出）。随着这些PLC演变成新的工业4.0智能工厂，我们必须深谋远虑，实现更智能、更快速、更低功耗的解决方案。这场革命的核心是一项名为“IO-Link”的新技术，能帮助实现灵活制造，从而改善工厂吞吐量，提高运营效率。这项激动人心的新技术正使传统传感器转变为智能传感器。

ADI公司提供一系列先进的工厂自动化解决方案，并通过我们的IO-Link技术产品系列进一步改进性能，为实现工业4.0铺路架桥。MAX22513是该产品系列的最新成员，这是一款微型双通道IO-Link收发器，集成了浪涌保护和DC-DC转换器，可减少热耗散并提高工厂车间传感器的稳定性。

为了帮助我们的客户缩短上市时间，我们与来自IO-Link联盟的软件协议栈供应商合作开发了一系列经过全面验证和测试的参考设计，本手册对此进行了详细说明。

IO-Link是一项强大的技术，将随着时间的推移在工厂过程自动化以及其他行业中发挥关键作用。该技术不仅每年能为制造商节省数十亿美元，而且会为更多定制化产品拓展新市场。如果您的工作与工厂过程自动化相关，请着重关注IO-Link技术，它将持续释放工业4.0的真正力量并改变我们对制造的看法。

第1部分：IO-Link简介

老派传感器

传统传感器包括检测元件以及将检测数据传输至控制器的某种方式。数据通常以模拟格式传输（图1），并且是单向的，仅限传感器到控制器。这给流程增加了额外的步骤（如数模转换和模数转换），进而增加了额外的成本和尺寸，并非常容易受噪声影响。二进制（或数字）传感器用于简单地指示开关状态。例如，恒温器提供高(24 V)或低(0 V)信号，以指示测得的温度是高于还是低于预设阈值。这些“老式”传感器工作正常，但随着技术的进步，传感器制造商将更多功能集成到传感器中，从而消除了早期传感器的一些问题。

然而，数据仍然受到限制，只能从传感器单向传输至主站，并且误差控制很有限，需要工厂车间的技术人员来执行更新或校准任务。

制造商需要更高效的解决方案来满足工业4.0、智能传感器和可重新配置厂区等需求。IO-Link解决方案应运而生。

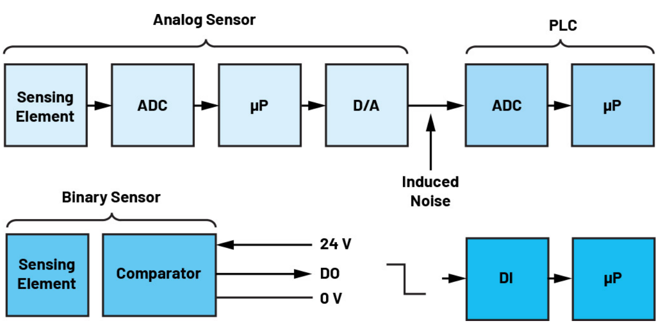


图1. “老式”传感器：模拟和二进制

微型开关量传感器驱动

开关量传感器只有两种状态：开或关。开关量传感器可用于压力开关、温度开关、对射式光电传感器、接近式传感器和按钮。开关量传感器输出驱动器，例如MAX14838/MAX14839（图2），是针对工业传感器使用而优化的24 V/100 mA驱动器。这些器件集成了工业传感器中常见的高压(24 V)电路，例如可配置或引脚可选的PNP/NPN/推挽驱动器，以及满足常见传感器电源要求的集成式线性稳压器。输出驱动器可连接在传感器或传感器微控制器单元(MCU)与PLC的数字输入(DI)模块之间。

为了灵活地支持各种类型的物理传感器，逻辑输入允许输出驱动器配置为高边(PNP)、低边(NPN)或推挽操作。还有一个输入允许用户选择常开或常闭逻辑。MAX14838/MAX14839是高度集成的产品，其中包含了极性反接保护、片上LDO稳压器和发光二极管驱动器，因此非常有利于实现微型尺寸下可靠的传感器解决方案。

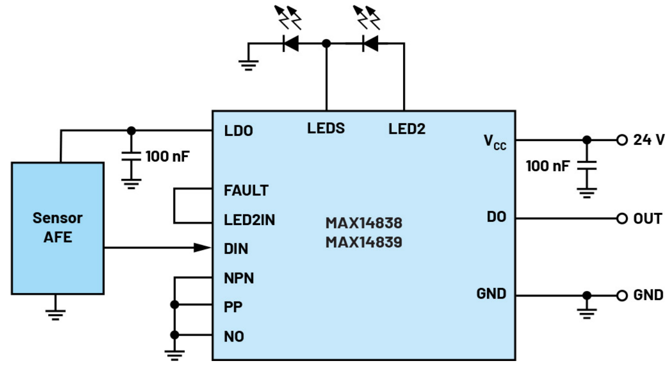


图2. 24 V引脚可配置工业传感器输出驱动器

IO-Link：开放式低成本传感器接口

IO-Link是一种标准化技术(IEC 61131-9)，规定工业系统中的传感器和执行器如何与控制器交互。IO-Link公司技术社区(io-link.com)于2008年由41家传感器和执行器制造商组建而成，他们还发起了IO-Link联盟，目标是将IO-Link产品的硬件（PHY层）接口和通信（数据）协议标准化。目前该联盟包含了100多家公司，其中包括多家半导体供应商和软件供应商。Maxim现在是ADI公司的一部分，自2009年以来一直是IO-Link联盟的成员。

IO-Link是一种点对点通信链接，采用标准连接器、电缆和协议。IO-Link系统设计用于工业标准3线传感器和执行器基础设施，由IO-Link主站和IO-Link从站产品组成（图3）。

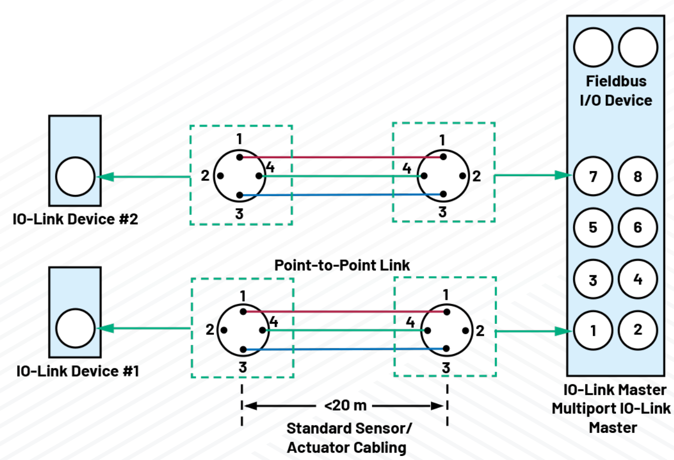


图3. IO-Link主站/从站接口

IO-Link节点

随着传感器公司从较旧的模拟传感器转向基于IO-Link的智能传感器，IO-Link节点安装数量不断快速增长，这有助于实现工业4.0规划中关于可重构制造的目标（图4）。

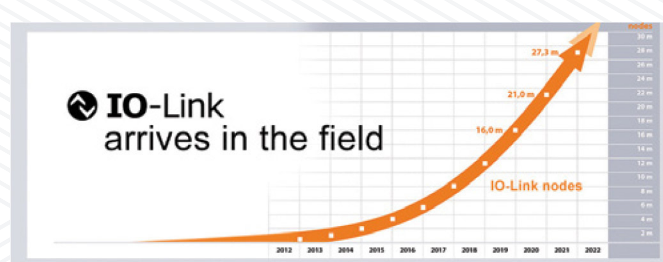


图4. IO-Link节点安装数量的增长

IO-Link系统

IO-Link主站（多端口控制器或网关）和IO-Link从站（传感器或执行器）之间的点对点连接使用标准连接器（通常为M12）和最长20米的3线或4线电缆。主站可以有多个端口（通常是四个或八个）。主站的每个端口与唯一的IO-Link从站相连接，该从站可以在SIO模式或双向通信模式下工作。IO-Link专为与现场总线或工业以太网等现有工业架构配合使用而设计，并连接到现有的PLC或人机界面(HMI)，以便该技术能够迅速被采用（图5）。

有关IO-Link的详细信息，请前往io-link.com参阅《IO-Link接口和系统规范》（1.1.3版，2019年6月）。

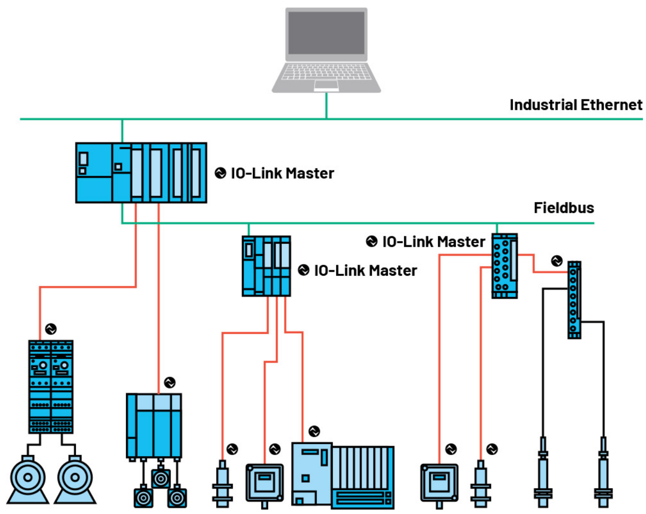


图5. IO-Link与现有行业协议的兼容性

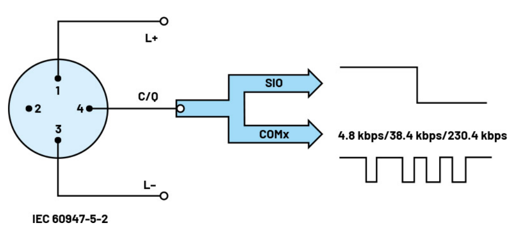


图6. IO-Link引脚定义

IO-Link接口在IEC 61131-9中被标准化为SDCI

IO-Link是单点通信接口(SDCI)标准，已标准化为IEC 61131-9，同时还提供与开关量传感器标准IEC 60974-5-2的向下兼容性（图6和表1）。IO-Link传感器不仅具有开关量传感器的优异特性，还增加了双向数据交互功能。IO-Link主站可以连接开关量传感器和IO-Link传感器，因而可以轻松地将IO-Link添加到现有系统中。IO-Link标准规定，使用非屏蔽电缆和工业系统通用的标准连接器时，通信距离必须在20米以内。M8和M12连接器是最主要的连接器。通信是点对点进行，需要3线接口（L+、C/Q和L-）。IO-Link主站和从站之间的通信属于半双工通信，传输速率有三种：COM1 4800 baud、COM2 38.4 kbaud和COM3 230.4 kbaud。

在IO-Link系统中，主站的供电范围为20 V至30 V，从站（传感器或执行器）的供电范围为18 V至30 V。在L+超过18 V阈值后，IO-Link从站必须在300 ms内工作。

两种通信模式是标准I/O (SIO)和SDCI。SIO模式可确保与向下兼容现场现有的传感器，使用0 V或24 V可向IO-Link主站发出关闭或开启信号。在IO-Link模式下，通信以三种数据速率之一进行双向通信。IO-Link从站仅支持一种数据速率，而IO-Link主站必须支持所有三种数据速率。IO-Link通信使用的是C/Q线上的不归零(NRZ)编码方案，并通过24 V脉冲进行通信，CQ和L-之间的电压为24 V时表示逻辑0，而CQ和L-之间的电压为0 V时表示逻辑1。在IO-Link模式下，引脚2可以处于DI模式以用作数字输入，或处于DO模式以用作数字输出，或者不连接(NC)。

表1. IO-Link引脚定义

引脚	信号	标识	标准
1	L+	24 V	IEC 61131-2
2	I/Q	未连接、DI或DO	IEC 61131-2
3	L-	0 V	IEC 61131-2
4	Q	开关信号(SIO)	IEC 61131-2
	C	编码切换（COM1、COM2、COM3）	IEC 61131-9

物理层IO-Link标准化接口

按照IEC 61131-9的规定，使用标准化连接器和电缆。A类端口连接器具有（最多）4线连接以支持3线连接系统（L+、L-、C/Q），第四根线可用作附加信号线（DI或DO）。B类端口连接器具有5线连接，用于需要从独立24 V电源获得额外功率的器件（图7和表2）。

表2. 备选IO-Link引脚定义

引脚	信号	标识	说明
1	L+	电源(+)	见表7*
2	I/Q P24	NC/DI/DO（A类端口） P24（B类端口）	选项1：NC（未连接） 选项2：DI 选项3：DI，然后配置DO 选项4：功率器件的额外电源 (B类端口)
3	L-	电源(-)	见表7*
4	C/Q	SIO/SDCI	标准I/O模式或SDCI
5	NC N24	NC（A类端口） N24（B类端口）	选项1：主站侧不应连接 (A类端口) 选项2：以额外电源为基准 (端口类B)

* 《IO-Link接口和系统规范》，1.1.3版，2019年6月

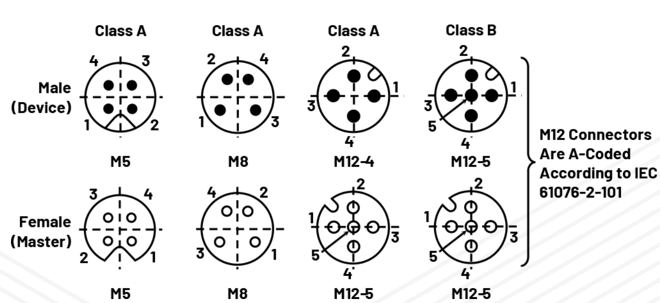


图7. 备选IO-Link连接器

物理层电气规范

在IO-Link系统中，主站的供电范围为20 V至30 V，从站（传感器或执行器）的供电范围为18 V至30 V。重要的相关规范（表3）包括：

- IO-Link上升信号必须高于13 V才能记录为“逻辑高电平”。
- IO-Link下降信号必须低于8 V才能记录为“逻辑低电平”。

请注意，高电平和低电平检测时间（时序图中的t_H和t_L）为1/16位（最小值）。t_{ND}为噪声抑制持续时间（t_{ND}必须小于1/16位）（图8a和8b）。

通信使用由11bit组成的UART帧，即1个起始位+8个数据位+1个奇偶校验位+1个停止位。持续时间依传输速率而定，而传输速率取决于从站。

表3. IO-Link信号电气规范

属性	标识	最小值	典型值	最大值	单位	说明
$VTHH_{D,M}$	输入阈值“H”	10.5	N/A	13	V	见注释1
$VTHL_{D,M}$	输入阈值“L”	8	N/A	11.5	V	见注释1
$VHYS_{D,M}$	输入阈值“H”和“L”之间的滞回	0	N/A	N/A	V	数值不得为负。见注释2
$VIL_{D,M}$	允许的电压范围“L”	$VO_{D,M}$ - 1.0	N/A	N/A	V	参考相关负电源电压。
$VIH_{D,M}$	允许的电压范围“H”	N/A	N/A	$V+_{D,M}$ + 1.0	V	参考相关正电源电压。

注释1：阈值与IEC 61131-2中1类数字输入的定义兼容。
注释2：滞回电压$V_{HYS} = V_{THH} - V_{THL}$。

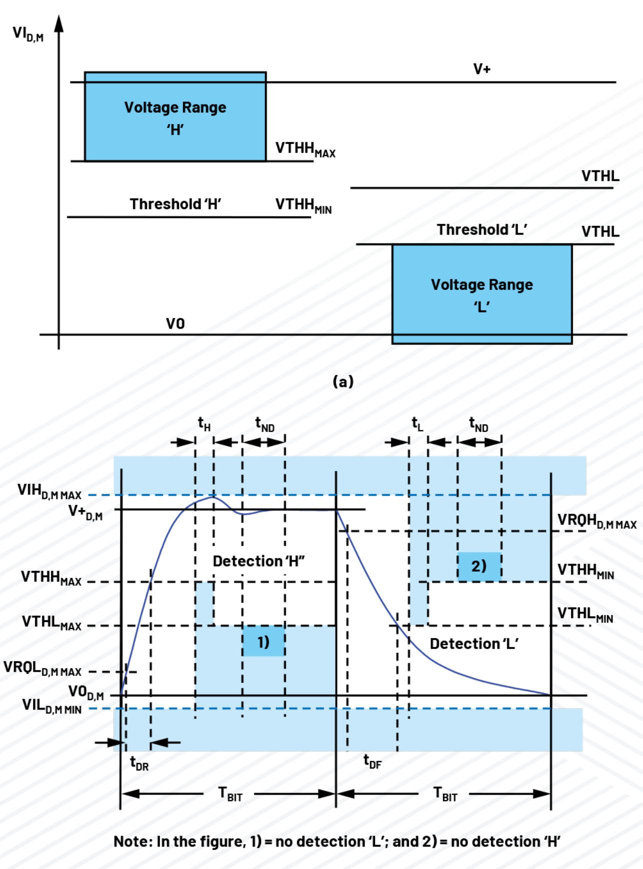


图8. (a) IO-Link信号电气阈值；(b) IO-Link信号电气特性。

自动化体系中的IO-Link

IO-Link从站通过点对点链路连接到IO-Link主站中的端口。如果作为PLC插件模块，则它不具备网关功能，因此不属于现场总线。IO-Link主站本质上是一个网关，负责使用现场总线或其他类型的背板建立通信，使IO-Link从站成为现场总线I/O节点（图9）。

系统中的IO-Link功能可减少维护工作，增加正常运行时间，并改变传感器手动安装方式，可支持用户“即插即用，无需额外设置”。设置（或重新配置）器件的参数可以从控制器下载。这意味着不再需要技术人员在车间进行初始设置，而且当需要重新配置器件时，机器停机时间可以缩短。

IO-Link支持连续诊断并改进了数据记录和误差检测，以进一步降低运营成本。常用连接器和电缆支持标准化安装和开关量传感器直接升级。IO-Link传感器设置可配置（例如，PNP、NPN或推挽输出可在运行中更改），因此传感器供应商需要支持的产品种类也减少了。

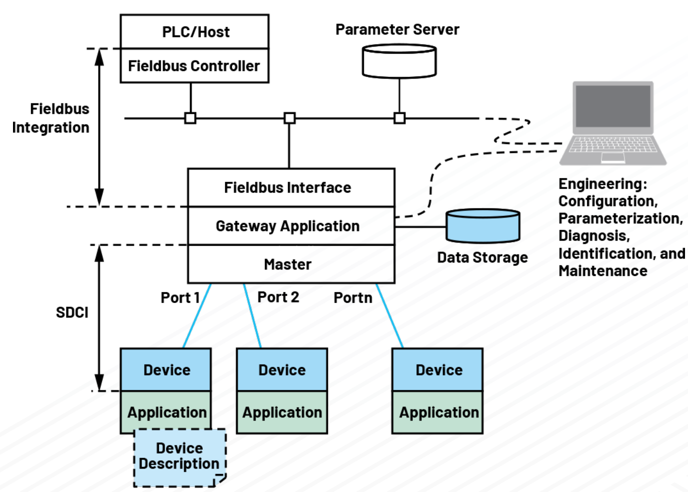


图9. IO-Link现场总线互连

IO-Link – 实现智能传感器

总而言之，IO-Link是一种点对点连接，可以布设在任何给定网络上。作为I/O模块不可缺少的一部分，IO-Link主站可以安装在控制柜中，或采用IP 65/67防护等级的外壳，作为远程I/O直接安装在现场。IO-Link从站使用标准传感器/执行器电缆与主站耦合，线缆长度可达20米。该从站可以是任何传感器、任何执行器或两者的组合，可通过IO-Link以数字格式直接传输和接收二进制开关、模拟、输入、输出等数据。

IO-Link非常强大且高度灵活，有助于将一些智能功能从PLC转移到更靠近工厂车间的传感器。例如，除C/Q线外，还可以将引脚2 (I/Q)用作DI/DO，这样用户可以接受开关量传感器的数字输入信号，然后用DO驱动指示灯（例如，表示是否超过了阈值）。这可以由传感器本身来完成。

如前所述，IO-Link向下兼容SIO二进制信号。借助支持IO-Link的传感器，用户可以通过标准数字输入通信与现有PLC进行通信。当PLC模块利用IO-Link主站升级后，通过IO-Link通道上的C/Q线可以实现双向通信。

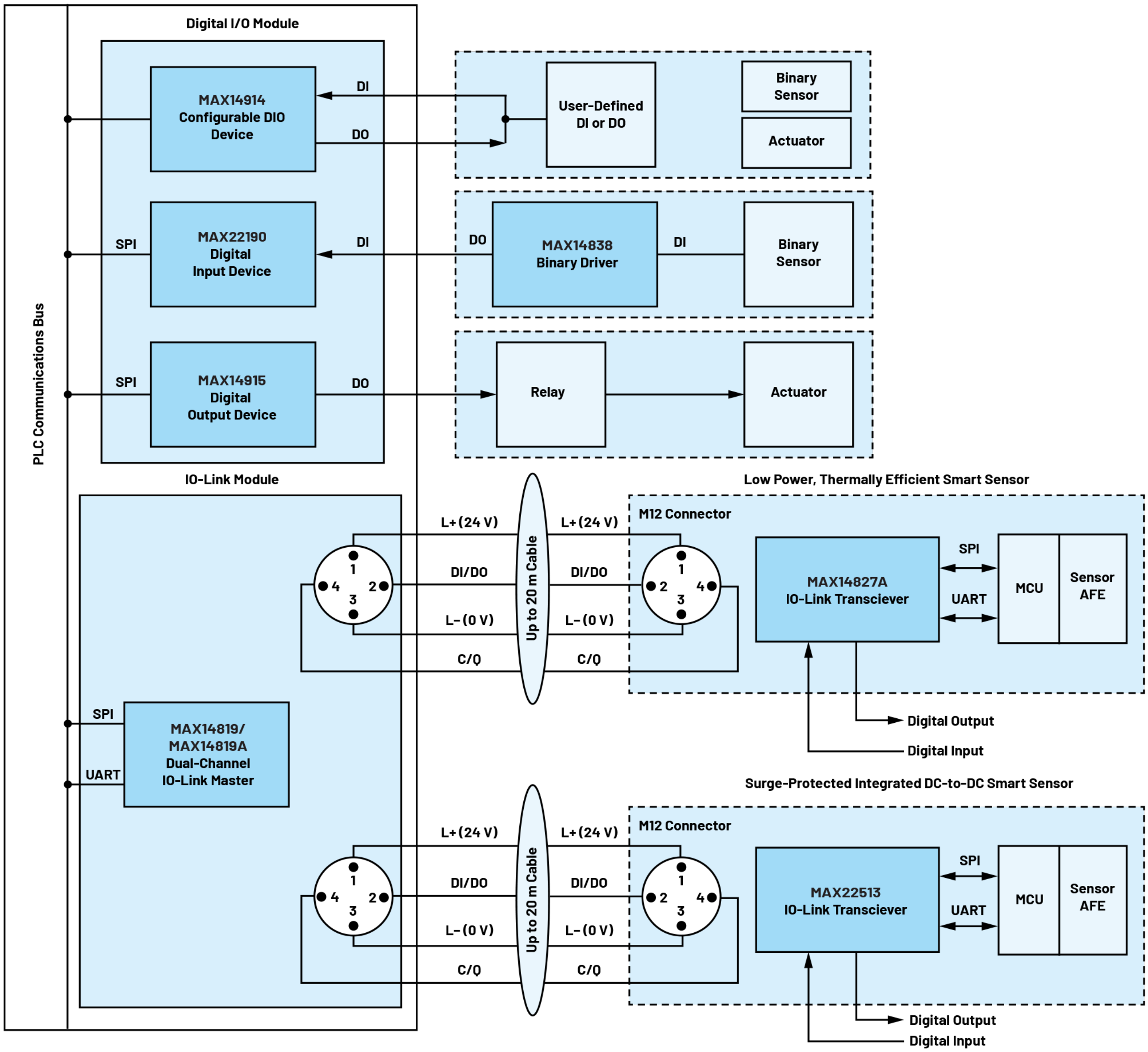


图10. 工业传感器生态系统

工业传感器生态系统

图10为我们工业传感器生态系统的一个示例，其中含有用于所有关键功能的产品，包括开关量传感器输出驱动器、IO-Link从站和IO-Link主站。

第2部分：IO-Link环境

数据链路层

所有IO-Link数据交换都是基于主站的，IO-Link主站发送请求，从站必须进行响应。数据链路层管理IO-Link主站和从站之间的消息交换。相关消息被称为M序列，为长度在1到66个UART字之间的帧，可以包含过程数据、请求数据和系统管理命令/请求。主站中有一个特殊DL处理程序用于管理工作模式（SIO、唤醒、COM速率），并处理错误和唤醒请求。

过程数据处理程序用于周期性地交互过程数据，而请求处理程序则负责管理事件、控制、参数和ISDU数据的非周期性交换。

数据类型

IO-Link数据通信要么是周期性的，要么是非周期性的（图11）。周期性通信发生在正常运行期间。例如，主站向传感器请求检测数据。非周期性数据是应要求提供的，可以包含：

- 配置或维护信息。例如，主站可以在上电后配置从站，或在关断前请求从站配置。
- 被触发的事件将以三种严重程度进行报告：
  - 通知
  - 警告
  - 错误
- 大型数据结构的服务数据。
- 用于直接读取器件参数的页面数据。

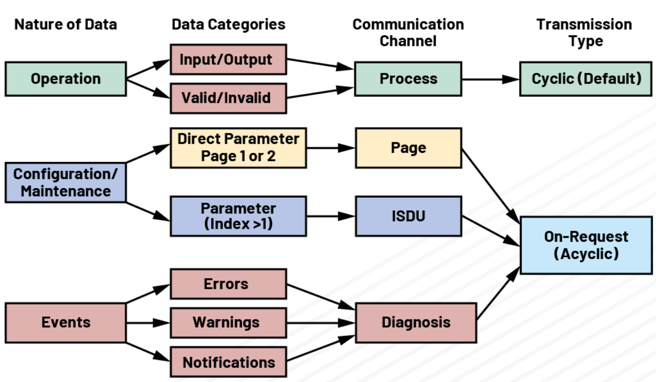


图11. IO-Link传输类型

主站-从站通信

主站和从站（传感器或执行器）之间的所有通信都以主站发出请求为开始，并遵循固定的时间表（图12）。从站必须应答所有主站请求。这种来回通信被统称为称为M序列（消息序列）。M序列有许多不同的形式，各种形式的总长度也不相同。尽管M序列通信可能有所不同，但主站和从站之间的所有通信都按照该固定时间表进行。

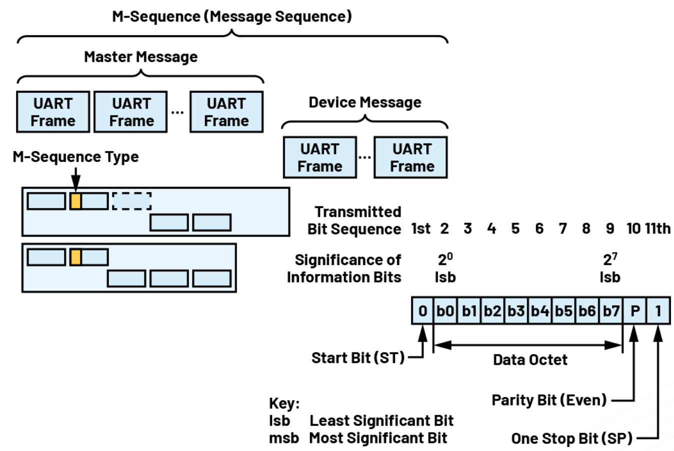


图12. IO-Link主站-从站通信序列

C/Q线上的UART数据

所有数据都以UART帧传输。主站发起通信，从站必须在1 TBit ≤ t_A ≤ 10 TBit间隔内应答（图13）。

唤醒请求

当主站需要配置从站（传感器或执行器）或首次与从站通信时，主站会发送一个唤醒请求。通过在C/Q线路上短接80微秒，并提供至少 500mA 的电流脉冲可启动唤醒请求（图14）。从站必须在500 μs (T_{REN})内做好通信准备。

- 唤醒周期典型值为80 μs（最小值为75 μs，最大值为85 μs）。
- 主站将会提供（或吸收）该电流以生成唤醒脉冲。如果线路为低电平，主站将提供电流拉高电平。如果线路为高电平，主站将吸收电流拉低电平。
- IO-Link从站会检测线路上的电流，检测从低到高或从高到低的电压变化，由此检测唤醒脉冲。
- 当收到唤醒请求时，IO-Link从站必须将自身配置为接收模式。此动作必须在收到请求后的500 μs内完成，否则主站将产生错误信号。

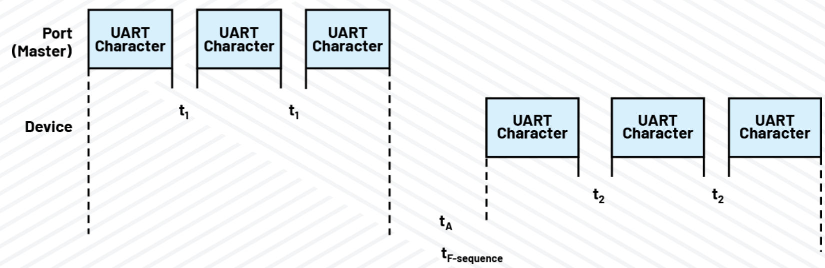


图13. UART帧传输

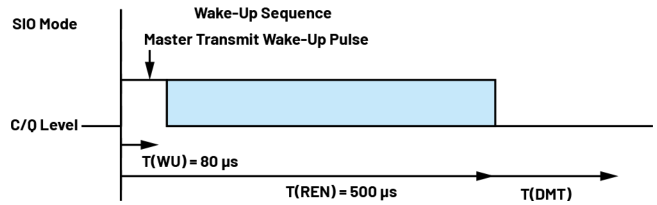


图14. 唤醒序列

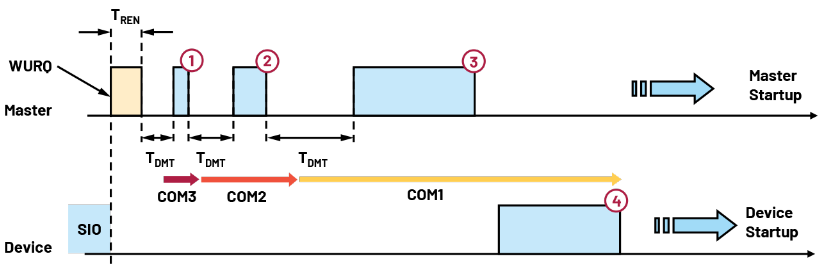


图15. 数据速率选择

IO-Link数据速率选择

主站向从站发送唤醒请求（以将从站设置为接收模式）后，主站便会建立通信数据速率，从而了解更多信息（图15）：

- 主站会以COM3、COM2和COM1数据速率（从最快到最慢）发送多条消息，并在每次发送后等待从站响应：
  - 要求任何给定从站仅支持COM1、COM2和COM3三种数据速率中的一种。
- 从站将以其额定数据速率响应：
  - 当从站响应应时，主站便可与从站通信。
  - 然后，主站可以得知IO-Link从站的最小周期时间能力。
- 主站最多可以重试两次唤醒序列以建立IO-Link通信。
  - 如果唤醒请求在第二次尝试后仍然失败（最大重试次数为2次），则从站必须将C/Q线设置为SIO（DI/DO开关量传感器）模式。

IO-Link IODD

所有IO-Link从站（传感器或执行器）都必须与一个可用的IO-Link从站描述(IODD)文件相关联（图16）。IO-Link主站使用将使用改文件进行识别、数据解译和配置。

- 该IODD包含：
  - 建立通信的所有必要属性
  - 器件参数
  - 识别信息
  - 过程和诊断信息
  - 器件的图片和制造商的徽标
- IODD为XML文件
- IEC 61131-9标准的一个单独文件中说明了IODD的结构
- IO-Link联盟在IO-Link网站上维护了集中式、多供应商的IODD文件数据库

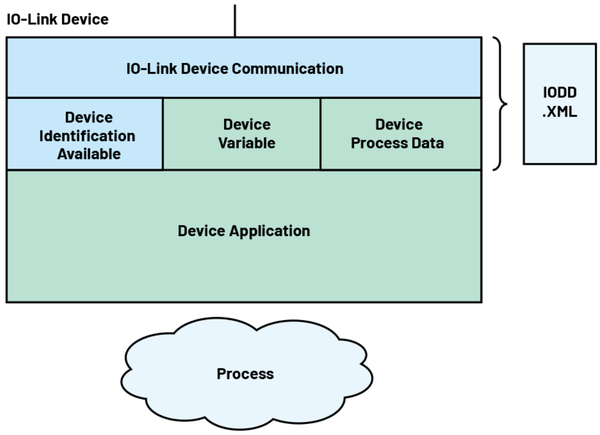


图16. IODD文件

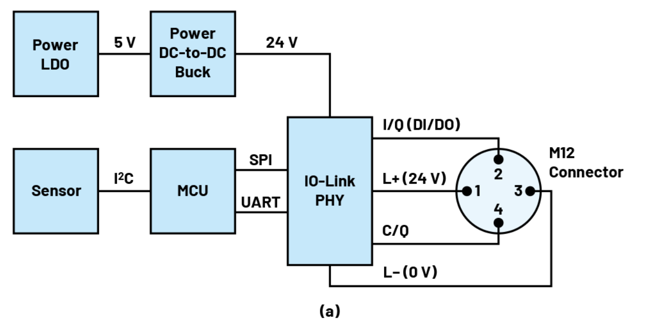
第3部分：设计IO-Link接口的传感器

本部分将介绍参考设计示例，这些示例展示了如何设计智能传感器系统以及支持连接到IO-Link端口的传统开关量传感器的系统。

传感器设计考虑因素

IO-Link传感器的基本结构包括系统设计人员必须考虑的一些基本构建模块（图17a和图17b）：

- 传感器类型（光学、温度等）
- 与传感器连接并运行IO-Link从协议栈的MCU
- IO-Link收发器（或物理层/PHY）
- 电源和所需的各种电压和电流额定值
- 连接器类型
- 外部保护（针对浪涌、EFT/突波、ESD等的TVS）



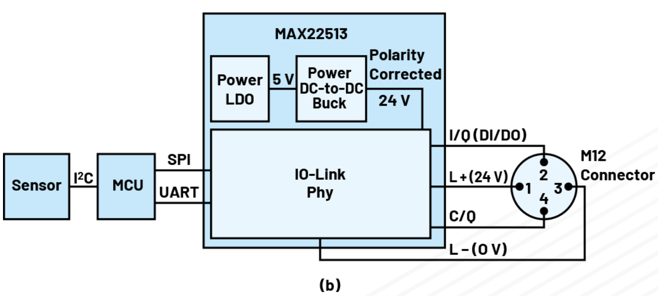


图17. (a) IO-Link传感器的构建模块，(b)高集成度IO-Link传感器的构建模块

IO-Link接口的智能传感器设计特性

图18显示了MAXREFDES164温度传感器和MAXREFDES171距离传感器。本部分还会讨论MAXREFDES173温度传感器和MAXREFDES174距离传感器。这些设计符合IO-Link 1.1和1.0版标准，并且包括瞬态电压抑制、极性反接保护和短路保护功能。MAXREFDES164的IO-Link收发器是单通道MAX14828，其功耗非常低，但需要外接压敏电阻以提供浪涌保护。使用的微控制器是运行TMG或TEConcept协议栈的MAX32660。MAXREFDES173的IO-Link收发器是双通道MAX14827A，微控制器是运行IQ²协议栈的Renesas RL78。

MAXREFDES171和MAXREFDES174使用MAX22513 IO-Link收发器，该收发器集成了浪涌保护（无需外部TVS）和DC-DC降压转换器，因此对于需要较大负载电流的高功率传感器（例如距离传感器）更有效。与线性稳压器相比，使用DC-DC降压转换器可大大改善此类传感器的热性能。MAXREFDES171的微控制器是运行TMG协议栈的MAX32660，而MAXREFDES174的微控制器是运行IQ²协议栈的Renesas RL78。

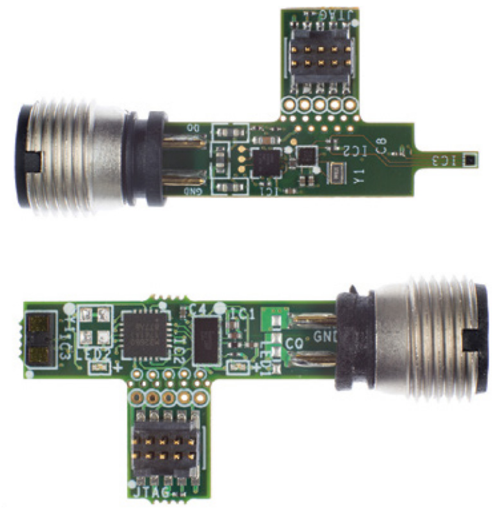


图18. MAXREFDES164温度传感器和MAXREFDES171距离传感器

IO-Link接口的温度传感器：MAXREFDES164、MAXREFDES173

我们与Technologie Management Gruppe Technologie und Engineering (TMG TE)和TEConcept合作设计了MAXREFDES164，作为符合IO-Link 1.1.3/1.0版标准的温度传感器参考设计。MAXREFDES164设计包括符合行业标准的ADI IO-Link从站收发器(MAX14828)、采用TMG TE或TEConcept的IO-Link从协议栈的超低功耗32位微控制器MAX32660，以及ADI温度传感器(MAX31875)。图19为系统功能框图。

MAXREFDES164 IO-Link温度传感器的功耗和成本都非常低，占用的空间也很小，是许多工业控制和自动化本地温度检测应用的全方位解决方案。

MAX14828 IO-Link从站收发器符合IO-Link 1.1.3/1.0版物理层标准，集成了工业传感器中常见的高压功能，包括驱动器和稳压器，全部整合在微型2.5 mm × 2.5 mm WLP封装中。MAX14828具有两个超低功耗驱动器和有源极性反接保护功能。正常使用的电压范围为24 V至60 V。由于能够耐受高压（绝对最大额定值为65 V），因此瞬态保护得以简化，支持使用压敏电阻或微型TVS来实现保护。

MAX14828具有灵活的控制接口。SPI接口可用于广泛的诊断，另外针对IO-Link操作提供了一个三线UART接口。MAXREFDES164利用了多路复用UART/SPI选项，允许使用一个串行微控制器接口来作为SPI和UART共用接口。MAX14828集成了3.3 V和5 V线性稳压器，可为电路板上的其他元件提供低噪声供电轨。

MAX32660是一款超低功耗、高性价比、高集成度的微控制器，集成了灵活的多功能电源管理单元和带浮点单元(FPU)的强大Arm® Cortex®-M4。该器件集成了高达256 kB的闪存和96 kB的RAM，以容纳应用程序和传感器代码。它采用微型1.6 mm × 1.6 mm 16引脚WLP封装，支持SPI、UART和I²C通信。

MAX31875是一款精度为±1°C的局部温度传感器，带有I²C/SMBus接口。小巧的封装和出色的温度测量精度相结合，使该产品成为各种设备的理想选择。MAX31875温度传感器负责测量温度并将数据转换为数字形式。I²C兼容的两线串行接口支持访问转换结果。标准I²C命令允许读取数据和配置其他工作特性。MAX31875采用4引脚WLP封装，工作温度范围为-50°C至+150°C。

为了提供保护，MAXREFDES164在IO-Link接口上使用压敏电阻(MOV)。VC060330A650DP压敏电阻的工作电压为30 V，击穿电压为41 V。这些压敏电阻让此参考设计同时符合IEC 61000-4-2 (ESD)和IEC 61000-4-4 (EFT)标准。此设计旨在满足浪涌能力（±1 kV/500 Ω，t = 1.2/50 μs）和< 70 V的低箝位电压要求。IO-Link引脚上的MAX14828的绝对最大电压额定值为65 V，支持使用微小简单的压敏电阻，而其他供应商的收发器IC绝对最大额定值较低，且需使用尺寸大得多的TVS二极管。

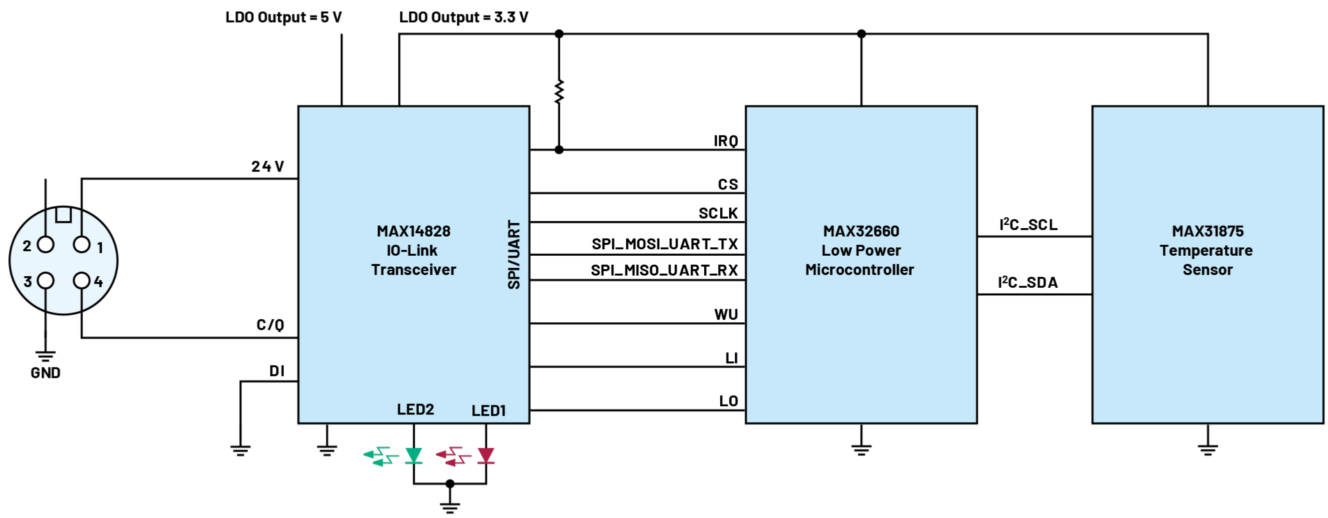


图19. MAXREFDES164 IO-Link温度传感器框图

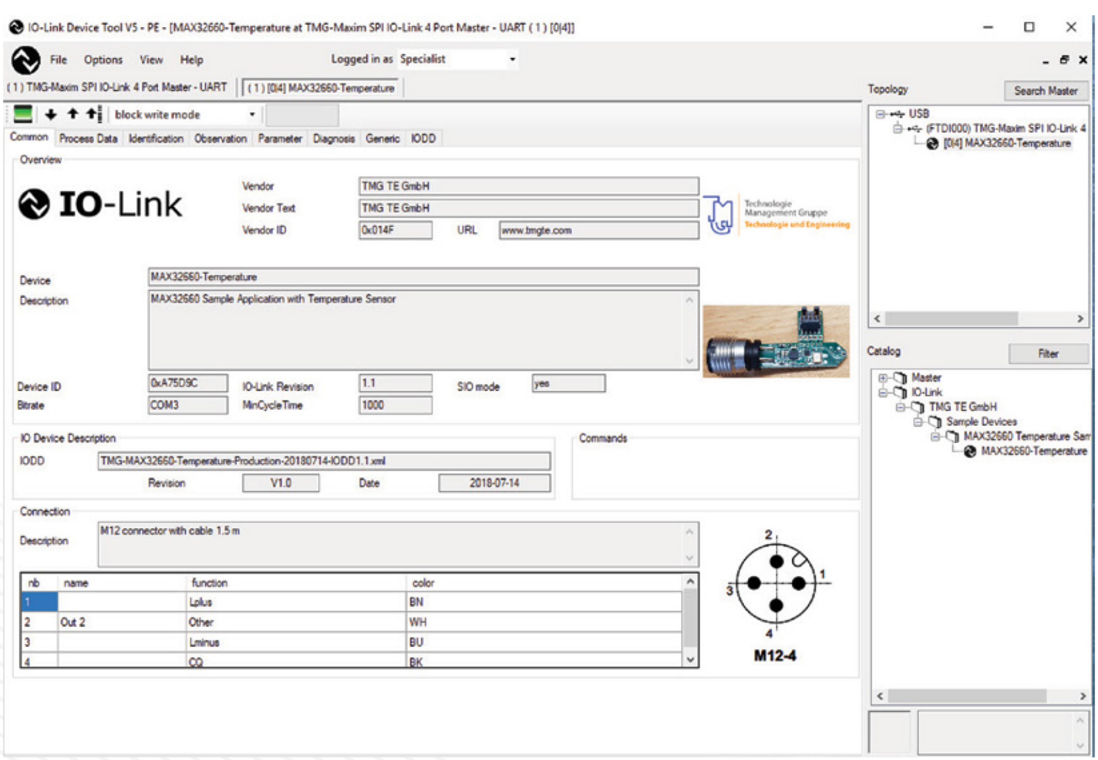


图20. MAXREFDES164 IO-Link从站软件接口

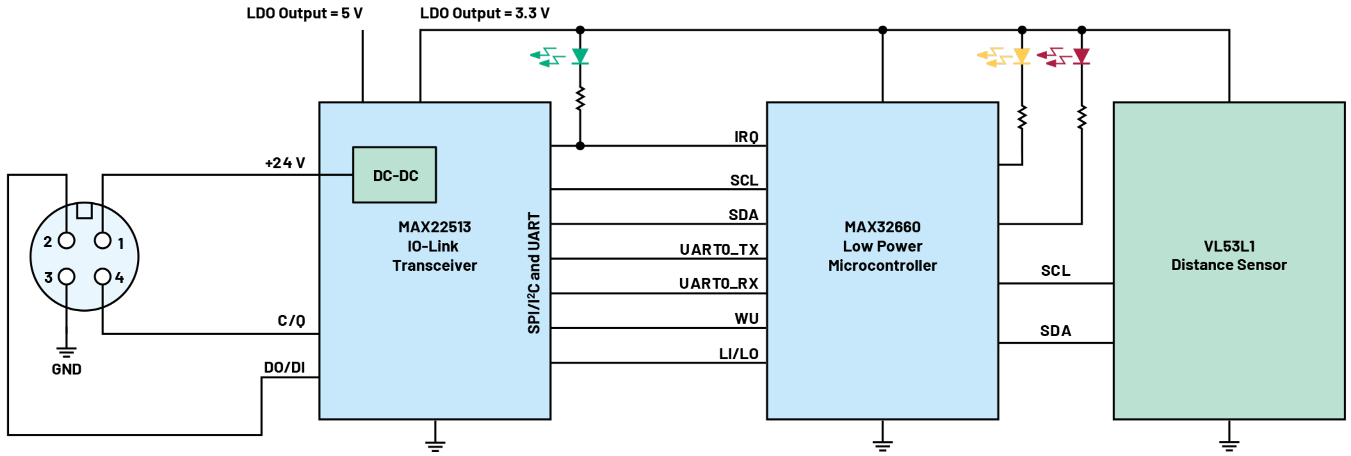


图21. MAXREFDES171 IO-Link从站距离传感器

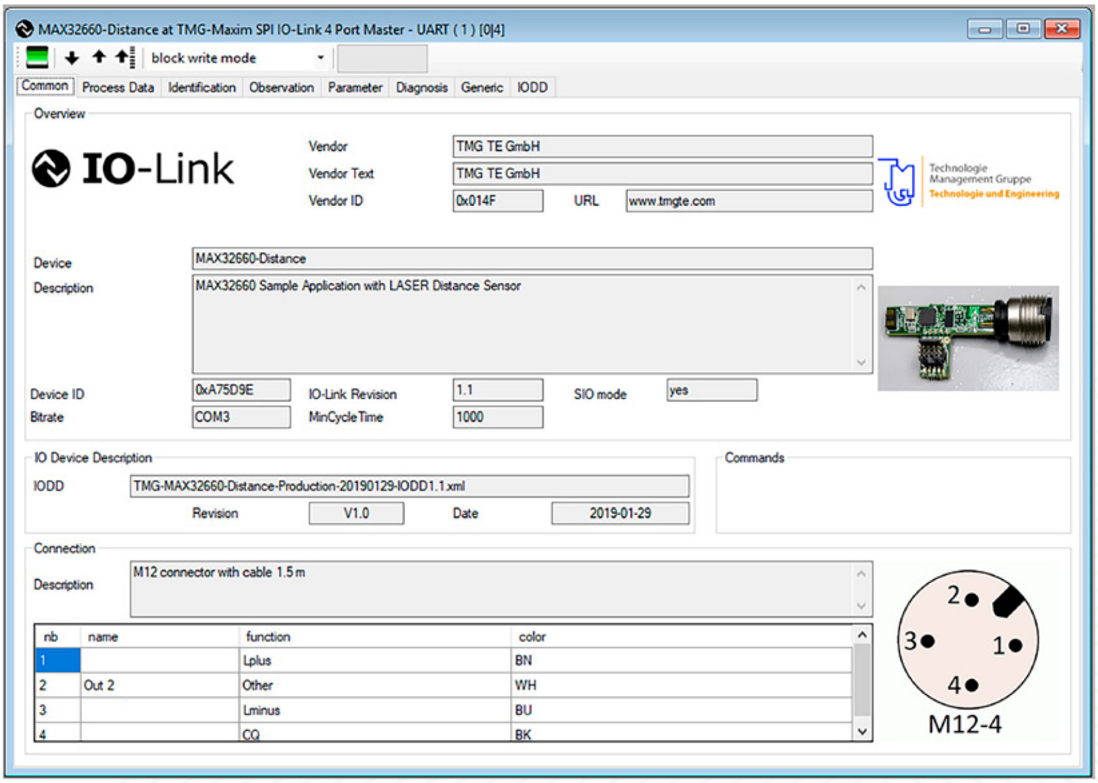


图22. MAXREFDES171 IO-Link从站软件接口

MAXREFDES164采用行业标准型M12连接器，该连接器支持使用4线电缆。MAXREFDES164的功耗小于6 mA（典型值），包括绿光LED"活动信号"，该信号发出脉冲而不是持续亮起，以便降低功耗。请注意，红光LED如果亮起，则表示出现故障情况。

为了展示我们的IO-Link收发器与不同微控制器和协议栈软件一起使用的性能，MAXREFDES173与一个类似的传感器进行了连接，但使用的是MAX14827A IO-Link收发器、Renesas RL78和IQ^2协议栈。

软件说明

MAXREFDES164通过TMG TE的IO-Link从站工具V5和我们的MAXREFDES165 4端口IO-Link主站参考设计进行了验证。请下载位于MAXREFDES164产品页面"设计资源"部分下的IODD文件(*.xml)，然后转到"快速入门"部分，了解有关如何使用该软件的分步说明(图20)。

注意：MAXREFDES164还能与MAXREFDES145 8端口IO-Link主站和TEConcept IO-Link控制工具无缝协作。

IO-Link接口的距离传感器：MAXREFDES171、MAXREFDES174

我们与Technologie Management Gruppe Technologie und Engineering (TMG TE)合作设计了MAXREFDES171（图21），作为符合IO-Link 1.1.3/1.0版标准的参考设计。MAXREFDES171设计包括符合行业标准的MAX22513 IO-Link从站收发器、采用TMG TE IO-Link从协议栈的MAX32660超低功耗32位微控制器，以及商用飞行时间(ToF)激光测距传感器。

MAXREFDES171 IO-Link距离传感器的功耗和成本都很低，占用的空间也很小，因而是许多工业控制和自动化应用中距离和接近检测的完整解决方案。

MAX22513 IO-Link从站收发器符合IO-Link 1.1/1.0版物理层规范。该器件集成了工业传感器中常见的高压功能，包括驱动器、高效率DC-DC降压调节器和两个线性稳压器，所有这些都包含在一个微型4.1 mm × 2.1 mm WLP封装中。MAX22513具有集成了丰富的保护功能，确保能在严苛的工业环境中实现可靠通信。所有四个I/O引脚（V24、C/Q、DO/DI和GND）均提供反向电压和短路保护功能，并具有集成式±1 kV/500 Ω浪涌保护功能。无需外部保护元件（如TVS二极管），缩小PCB面积。低导通电阻驱动器（C/Q和DO/DI）进一步降低了功耗，所以该参考设计功耗非常少，散热量非常低。额定工作电压典型值为24 V，最高可达36 V。除了集成式浪涌保护外，还能够耐受高压（绝对最大额定值为65 V），由此便能瞬态保护。

集成的DC-DC降压调节器将可用的24 V电压降至较低电压，其效率高于线性稳压器，系统功耗显著降低。MAX22513内部集成的两个LDO稳压器产生3.3 V和5 V电压，节省了外部元件和空间。与LDO稳压器相比，DC-DC稳压器可以在低压下以更高的效率提供300 mA电流，因此该收发器非常适合为大电流传感器供电。

MAX22513具有灵活的控制接口，支持通过SPI或I^2C接口进行控制。本设计使用I^2C以减少微控制器所需的引脚数量。I^2C可以让MAX22513和传感器IC连接到同一条总线上。I^2C（或SPI）接口提供丰富的诊断功能（来自MAX22513），还提供一个用于IO-Link通信的3线UART接口。

MAX32660是一款超低功耗、高性价比、高集成度的微控制器，其中集成了灵活的多功能电源管理单元和带FPU的强大Arm Cortex-M4。该器件集成了高达256 kB的闪存和96 kB的RAM，以容纳应用程序和传感器代码。采用微型1.6 mm × 1.6 mm 16引脚WLP封装，支持SPI、UART和I^2C通信。

VL53L1X是一款ToF激光测距传感器，可在400 cm范围内进行精确测距。测距传感器通过固件进行编程，并由一个仅需要SCL和SDA的简单I^2C接口控制。该模块的接收镜头没有保护盖，因此需要注意保持镜头清洁，否则距离测量性能会受到影响。VL53L1X为小型4.9 mm × 2.5 mm × 1.6 mm模块形式，工作温度范围为-20°C至+85°C。这是参考设计工作温度范围的限制因素，因为MAX22513 IO-Link收发器的工作温度范围为-40°C至+125°C。

MAX22513在IO-Link接口处集成了浪涌保护，因此MAXREFDES171不需要外部器件（如压敏电阻或TVS二极管）来提供保护。该参考设计符合IEC 61000-4-2(ESD)和IEC 61000-4-4(EFT)标准。并且还具备高耐浪涌能力（高达±1 kV/500 Ω，t = 1.2/50 μs），并且箝位电压较低，小于70 V。

MAXREFDES171采用行业标准型M12连接器，允许使用4线电缆。

为了展示ADI的IO-Link收发器与不同微控制器和协议栈软件一起使用的性能，MAXREFDES174连接了一个类似的传感器，但使用Renesas RL78微控制器和IQ^2协议栈。

软件说明

MAXREFDES171通过TMG TE的IO-Link从站工具V5和我们的MAXREFDES165 4端口IO-Link主站进行了验证。请前往MAXREFDES171产品页面设计资源选项卡的“下载所有设计文件”部分，下载IODD文件(*.xml)，然后转到“快速入门”部分，了解有关如何使用该软件的分步说明。图22为TMG TE IO-Link从站工具的屏幕截图。

有关每个参考设计的详细信息，包括完整的设计文件，请访问analog.com。

IO-Link接口的16通道数字输入集线器：MAXREFDES176

MAXREFDES176#是一款完整的IO-Link 16通道数字输入集线器参考设计，其中包含了具集成式保护功能的MAX22515 IO-Link收发器。它展示了使用MAX22192 8通道数字隔离器件的隔离式数字输入集线器，可采用菊花链的方式与MAX22190 8通道输入器件连接在一起，以提供总共16个数字输入通道。

默认支持1型和3型传感器。通过修改控制器件内灌电流值的电阻值也可支持2型传感器。MAXREFDES176#基于工业封装尺寸设计，采用工业标准型M12连接器，同时支持使用4线电缆。这些数字输入通道采用工业标准的PCB端子板。

在该设计中，MAX22192隔离式数字输入芯片和MAX22515 IO-Link从站收发器之间连接有一个Atmel® ATSAM低功耗微控制器。MAX22515采用集成式浪涌保护，在非常小的PCB区域中实现可靠通信，无需使用外部保护元件（例如TVS二极管）。MAX22515采用微型20引脚WLP封装，因此MAXREFDES176#的尺寸非常小，不过这主要取决于连接器的尺寸。该设计利用MAX22515的集成式有源极性反接保护实现极性反接保护功能。MAX22515有两个集成式的LDO稳压器（3.3 V和5.0 V）。3.3 V LDO稳压器用于为其他电路生成3.3 V电源，从而减少所需外部元件的数量，进一步节省空间。MAX22515还采用低导通电阻驱动器（C/Q和DO/DI）来降低功耗，因此该参考设计功耗非常小，散热量非常低。

这款IO-Link从站利用Technologie Management Gruppe Technologie und Engineering(TMG TE) IO-Link从协议栈与任何IO-Link 1.1版兼容主机通信。该电路板包含M12连接器，可使用标准M12电缆连接到兼容的IO-Link主站。将MAXREFDES176#连接到MAXREFDES165#等USB IO-Link主站，使用相关软件即可轻松进行评估。

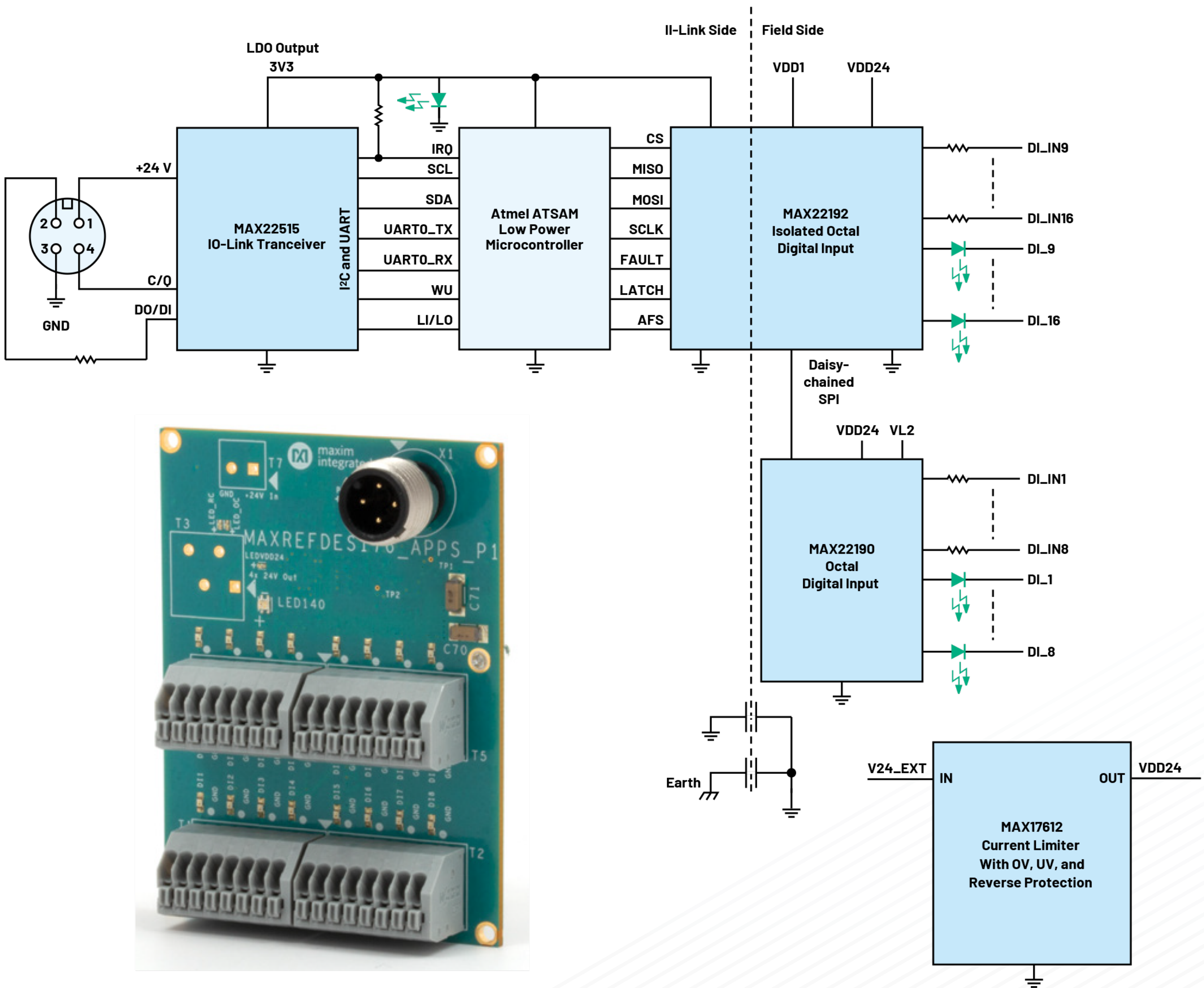


图23. MAXREFDES176数字输入集中器

IO-Link接口通用模拟IO：MAXREFDES177

MAXREFDES177#是一款完整的IO-Link通用模拟输入-输出参考设计，具有集成保护功能的MAX22515 IO-Link收发器。该设计展示了使用MAX22000工业级可配置模拟I/O器件设计的模拟IO模块，该模块可通过软件进行全面配置。模拟（现场）侧通过MAX14483数字数字隔离器和从IO-Link主站连接的L+ (24 V)电源的衍生出的隔离电源，将模拟（现场）侧与IO-Link侧完全隔离。

MAXREFDES177#基于工业封装尺寸设计，采用行业标准型M12连接器和4线IO-Link电缆。模拟（现场）侧使用4路PCB端子板。完整的参考设计可以安装在61 mm × 25 mm的印刷电路板(PCB)上。

通过AIO和GND端子实现多种可配置模式，包括模拟电压输入(±10 V)、模拟电流输入(±20 mA)、模拟电压输出(±10 V)和模拟电流输出(±20 mA)。MAXREFES177#将线性范围设置为标称范围的105%，将满量程范围设置为标称范围的125%。在±50°C的温度变化范围内，精度高达0.1%。其他两个引脚可配置为使用标准器件（如PT100或PT1000 RTD）测量温度。这些引脚连接到位于输入AI5和AI6的MAX22000集成可编程增益放大器(PGA)。

MAX22000工业级可配置模拟I/O芯片和MAX22515 IO-Link从站收发器之间连接有一个Atmel ATSAM低功耗微控制器。MAX22515采用集成式浪涌保护，在非常小的PCB区域中实现可靠通信，无需使用外部保护元件（例如TVS二极管）。MAX22515采用微型20引脚晶圆级封装(WLP)，因此MAXREFDES177#的尺寸非常小。该设计利用MAX22515的集成式有源极性反接保护实现极性反接保护功能。MAX22515有两个集成式的LDO稳压器（3.3 V和5 V）。3.3 V LDO稳压器为其他电路生成3.3 V电源，从而减少所需外部元件的数量，节省空间。MAX22515还采用低导通电阻驱动器（C/Q和DO/DI）来降低功耗，因此该参考设计功耗非常小，散热量非常低。

这款IO-Link从站利用Technologie Management Gruppe Technologie und Engineering(TMG TE) IO-Link从协议栈与任何IO-Link 1.1版兼容主机通信。该电路板包含插头M12连接器，可使用标准M12电缆连接到兼容的IO-Link主站。将MAXREFDES177#连接到MAXREFDES165#等USB IO-Link主站，使用相关软件即可轻松进行评估。

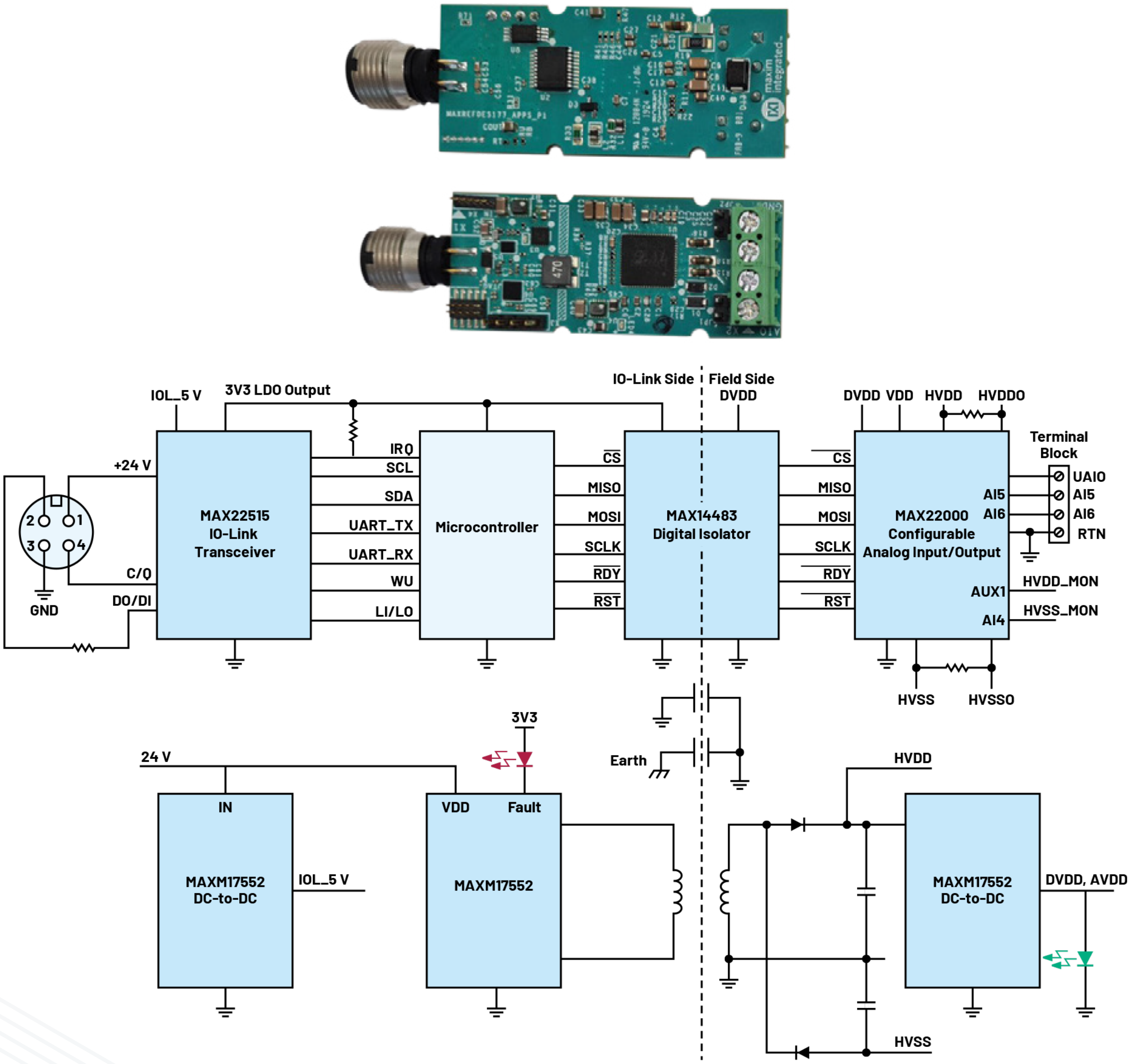


图24. MAXREFDES177通用模拟I/O

IO-Link接口的Pmod兼容适配器：MAXREFDES281、MAXREFDES284

MAXREFDES281#和MAXREFDES284#是完整的IO-Link参考设计，允许工程师将器件或执行器开发板与pmod™兼容外设模块连接器连接起来，并连接到IO-Link主站。MAX22516（将于2023年春季上市）具有集成数据链路控制器，通过用于PDIn、PDOut和ISDU传输的独立缓冲器显著简化了IO-Link通信时序要求。在应用允许的情况下，微控制器可以读写缓冲器，而与IO-Link主站时序无关。

MAXREFDES281#包含集成了数据链路控制器和保护功能的MAX22516 IO-Link收发器、用于运行应用代码的STM微控制器，以及用于连接器件或执行器功能的外设模块连接器，支持SPI、I²C或UART接口。完整的参考设计可以被安装在75 mm × 33 mm的印刷电路板(PCB)上。

MAXREFDES284#包含集成数据链路控制器和保护功能的MAX22516 IO-Link收发器，用于运行应用代码的MAX32660微控制器，以及用于连接器件或执行器功能的外设模块连接器，支持SPI、I²C或UART接口。完整的参考设计可以被安装在75 mm × 33 mm的印刷电路板(PCB)上。

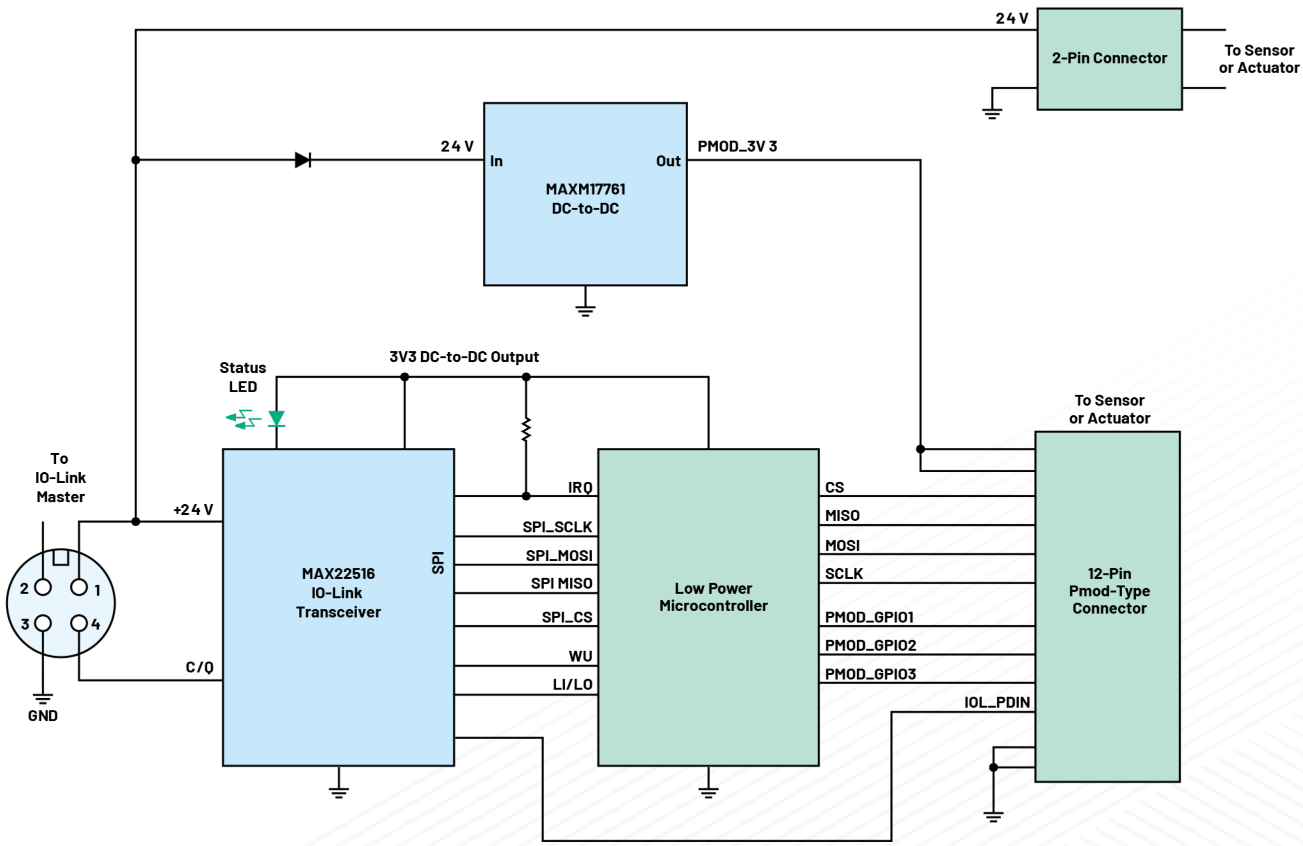


图25. MAXREFDES281#/MAXREFDES284#系统框图

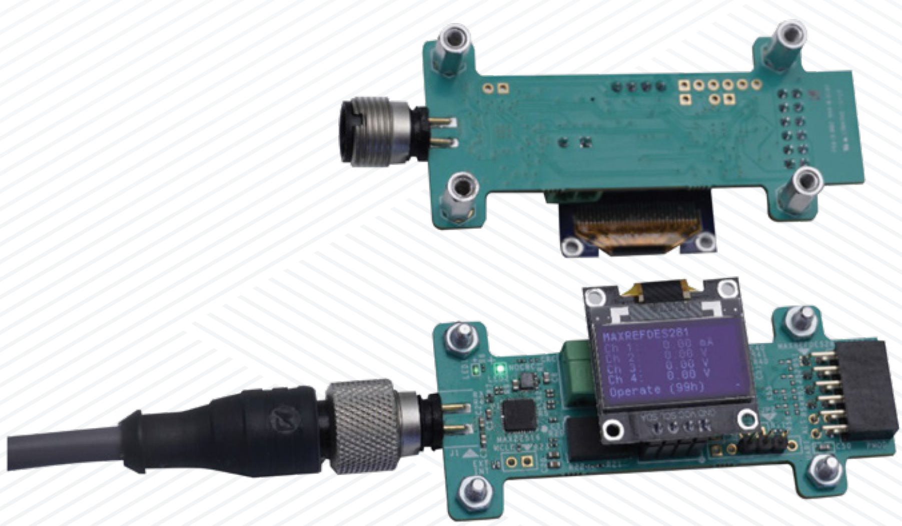


图26. MAXREFDES281#/MAXREFFDES284# IO-Link至外设器件

第4部分：设计IO-Link接口的执行器

除了智能传感器，工业4.0自动化还需要智能电磁阀和智能执行器。从传统驱动器到智能执行器，工厂和自动化设备需要更大的灵活性，以即时适应实际需求。从提高产量到大幅改变设备功能，越来越多的器件需要进行调整以满足实际需求。这就需要实现边缘智能，将器件连接在边缘与现实世界之间，以达到更高的实时灵活性。边缘智能的关键是IO-Link，该技术可以让传统的传感器和执行器变得智能，改变我们的思维方式。

ADI公司提供IO-Link收发器、智能执行器IC、参考设计和完整的PANdrive™解决方案。

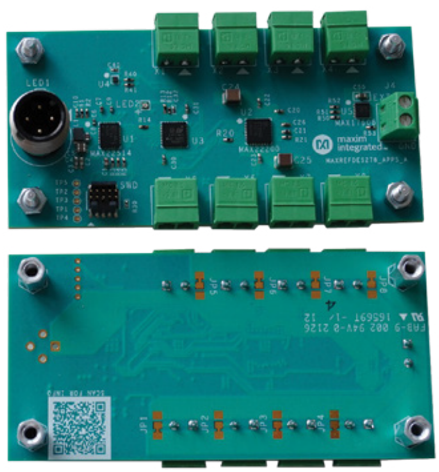
IO-Link 8通道电磁阀执行器：MAXREFDES278

MAXREFDES278#是一款完整的IO-Link 8通道电磁阀执行器参考设计，基于MAX22514 IO-Link收发器，提供集成保护功能。该设计展示了使用MAX22200 1 A 8通道集成式串行控制电磁阀驱动器和集成FET的8通道电磁阀执行器。该参考设计提供两种电源选项：通过IO-Link主站直接供电，提供高达800 mA总负载；或者使用外部电源来提供更高的电流。为确保电流不会流回IO-Link主站，并且IO-Link部分始终通电，该设计使用MAX17608限流器来提供过压(OV)、欠压(UV)和反向保护功能。

MAXREFDES278#采用工业封装，尺寸仅为85 mm × 42 mm，使用工业标准型M12连接器，同时支持使用4线IO-Link电缆。每个电磁阀通道都包含双向端子块。

在此设计中，MAX22200 8通道电磁阀驱动器和MAX22514 IO-Link从站收发器之间连接有一个STM32低功耗微控制器。MAX22514采用集成式浪涌保护，在小型印刷电路板中实现可靠通信，无需使用外部保护元件（例如瞬态电压抑制器二极管）。MAX22514提供微型25焊球晶圆级封装和24引脚TQFN封装，因此MAXREFDES278#的尺寸非常小。该设计利用MAX22514的集成式有源反向极性保护实现反向极性保护功能。MAX22514包括一个集成式DC-DC转换器和两个集成式低压差稳压器（3.3V和5.0V）。DC-DC转换器用于为微控制器和MAX22200逻辑电源生成3.3V电源，从而降低功耗并减少所需的外部元件数量，节省空间和成本。MAX22514还采用低导通电阻C/Q驱动器来降低功耗，使该参考设计功耗非常小，散热量非常低。

这款IO-Link从站利用Technologie Management Gruppe Technologie und Engineering(TMG TE) IO-Link从协议栈与任何IO-Link 1.1版兼容主机通信。该电路板包含M12连接器，可使用标准M12电缆连接到兼容的IO-Link主站。将MAXREFDES278#连接到USB IO-Link主站（如MAXREFDES165#或MAXREFDES145#等），使用相关软件即可轻松进行评估。



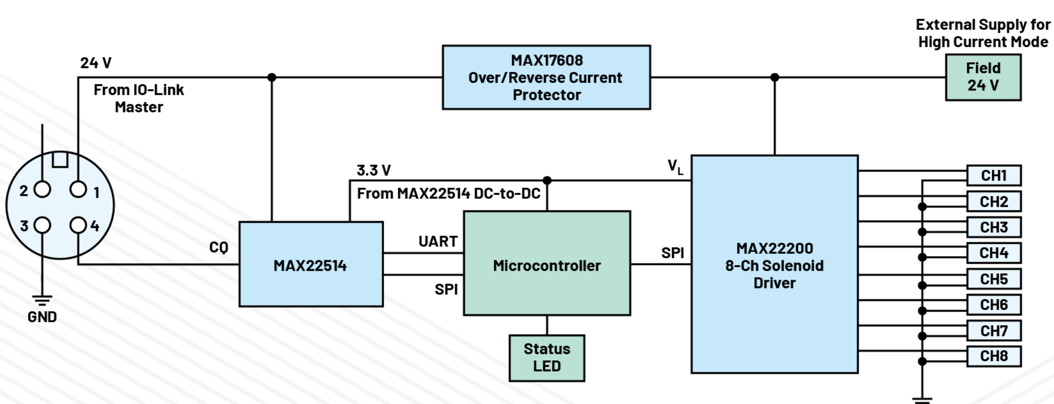


图27. MAXREFDES278电磁阀执行器

PD-42-1-1243 IOLINK

PD42-1-1243-IOLINK是一款小巧易用的机电一体化PANdrive IO-Link执行器，并将NEMA-17步进电机与控制器和驱动器电子设备结合在一起。通过标准4引脚M12连接器实现的IO-Link连接提供对NEMA-17步进电机的完全控制，并提供行业标准IO Link通信协议以实现使能控制、配置和状态监测。

TMC2130-LA和MAX22513的新芯片组解决方案建立在IO-Link双向通用接口的优势之上。智能执行器将行业领先的运动控制技术整合到即插即用解决方案中，其尺寸比竞争解决方案小2.6倍，功耗低50%以上。该器件将多种智能功能带到工厂车间，通过提供多50%的参数来帮助提前预测工厂停工，并更大限度地提高工厂吞吐量。

将该智能执行器与MAXREFDES165# 4通道IO-Link主站参考设计配合使用，可实现完整的IO-Link解决方案。

图28. PD42-x-1243 IO-Link PANdrive

TMCM-1617-GRIP-REF

TMCM-1617-GRIP-REF是TMCM-1617 BLDC伺服驱动器的开源硬件参考设计。用于机器人夹具，该电路板设计采用标准夹持电子外形尺寸。利用ADI Trinamic TMCL协议，它能够通过EtherCAT®、IO-Link或RS-485控制BLDC电机。此外，该电路板采用了ADI的MAX 22000工业级可配置模拟IO芯片，具有一路可配置的模拟输出和一路可配置的模拟输入；并且使用了ADI的MAX14906器件，可提供四路可配置数字输入数字输出。

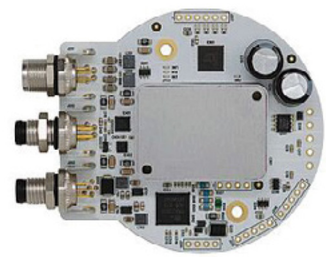


图29. TMCM-1617-GRIP-REF开源硬件参考设计

第5部分：设计IO-Link接口主站

本部分介绍的参考设计示例展示如何为使用IO-Link的智能传感器系统设计多端口主机。

IO-Link主站设计目标

设计IO-Link主站解决方案时，必须考虑一些常见的系统设计问题：

硬件设计：

- 系统应该有多少个IO-Link端口？
- 端口应该是A类还是B类？
- A类端口中的连接器是否应该支持引脚2？
- 对于过压或极性反接，应考虑哪些接线错误情况？
- PCB设计是否应该模块化，是否需支持不同的端口数量？
- L+电源应提供多大的电流？
- 外形尺寸该如何设计？

EMC合规性：

- 将由谁执行合规性测试？

例如，我们MAXREFDES145 8端口IO-Link主站参考设计的设计团队选择创建8端口主机，因为该配置很受欢迎，并能替代现有4端口主机。该团队使用MAX14819A双通道IO-Link主站收发器和STM 32F4 Arm Cortex-M4微控制器，实现了USB接口和IO-Link通道之间的隔离。该参考设计可以被安装在单个5" × 3"的PCB上。在软件方面，设计团队与TEConcept合作，采用由其提供的符合IO-Link标准的软件协议栈，并执行了合规性测试。该设计在每个IO-Link端口都包含一个TVS二极管，并根据IEC 610004-2和IEC 610004-5进行ESD瞬变抗扰度和浪涌抗扰度测试。

8端口IO-Link主站：MAXREFDES145

MAXREFDES145是一款完全符合IO-Link标准的8端口IO-Link主站参考设计（图30）。该设计采用TEConcept的IO-Link主协议栈，既是IO-Link主站参考设计，也是IO-Link传感器/执行器开发和测试系统。8个IO-Link端口支持同时对8个不同的传感器（或执行器）实施测试。该参考设计包含8个可靠的M12接头插口（IO-Link常用接头），并提供两根黑色IO-Link电缆，以快速连接至兼容IO-Link的传感器和执行器。AC-DC (24 V_{DC}/3 A)电源同时为每个端口提供至少125 mA的电流，使用的端口数量更少时，能提供更大电流。micro-USB连接器支持快速连接到Windows® PC。

MAXREFDES145提供易于使用的TEConcept控制工具(CT) GUI软件，支持IODD文件导入，对于开发IO-Link产品的公司或工程师是不可或缺的工具。

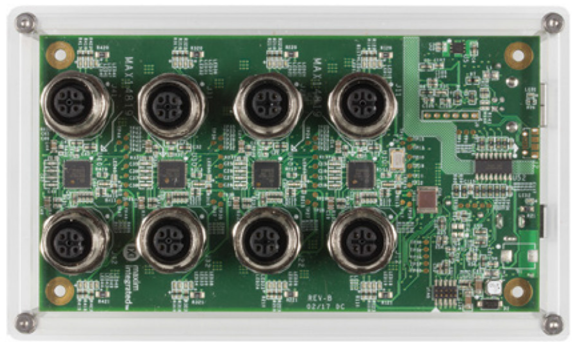


图30. MAXREFDES145 8端口IO-Link主站参考设计

硬件说明

MAXREFDES145 IO-Link主站由四个主要模块组成：四个双通道MAX14819A IO-Link主站收发器、两个用于SPI接口的数字隔离器、一个微控制器和一个USB接口，如图31所示。MAX14819A IO-Link主站收发器符合IO-Link 1.1.2版物理层标准。这些收发器具有集成的5 V线性稳压器、具有可配置输出驱动能力的可配置C/Q输出（推挽、高边或低边）、辅助数字输入以及极性反接/过压或短路保护功能。

STM32F4 Arm Cortex-M4微控制器提供系统控制功能。利用FTDI FT2232 USB-SPI收发器和驱动器可实现USB端口。板载MAX15062高压同步降压转换器通过24 V电源为STM32F4微控制器供电。两个数字隔离器，即四通道MAX14931和双通道MAX12931，保护USB接口免受高压和大地电位差的影响，这些问题常出现在MAX14819A主站收发器连接到IO-Link外设的情况下。USB端口/PC和SMT32F4微控制器之间的所有通信都通过这些隔离器进行。MAXREFDES145提供独立的SPI接头(J3)，允许用户绕过USB接口或使用外部SPI主机直接与STM32F4通信。

8个IO-Link端口和电源输入端的高电平保护TVS二极管为MAXREFDES145上的每个主站收发器提供1 kV/42 Ω浪涌和反向极性保护功能。此外，电源和每个通道都有的状态LED提供关于电路板正在工作和通信的快速视觉确认信息。

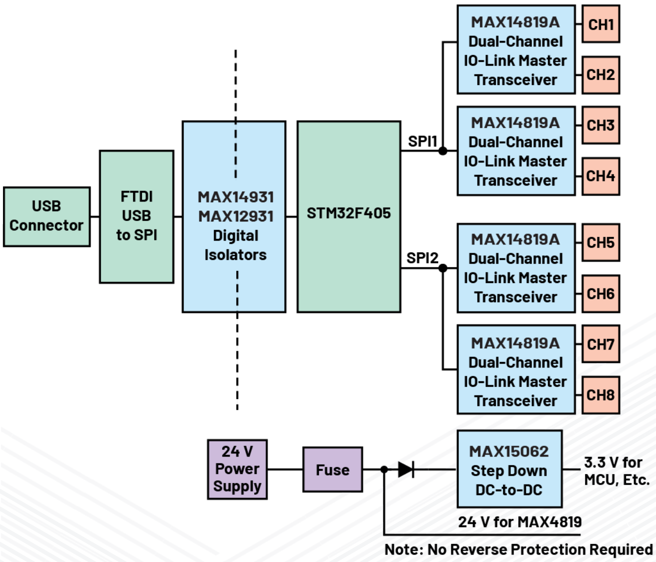


图31. MAXREFDES145 8端口IO-Link主站框图

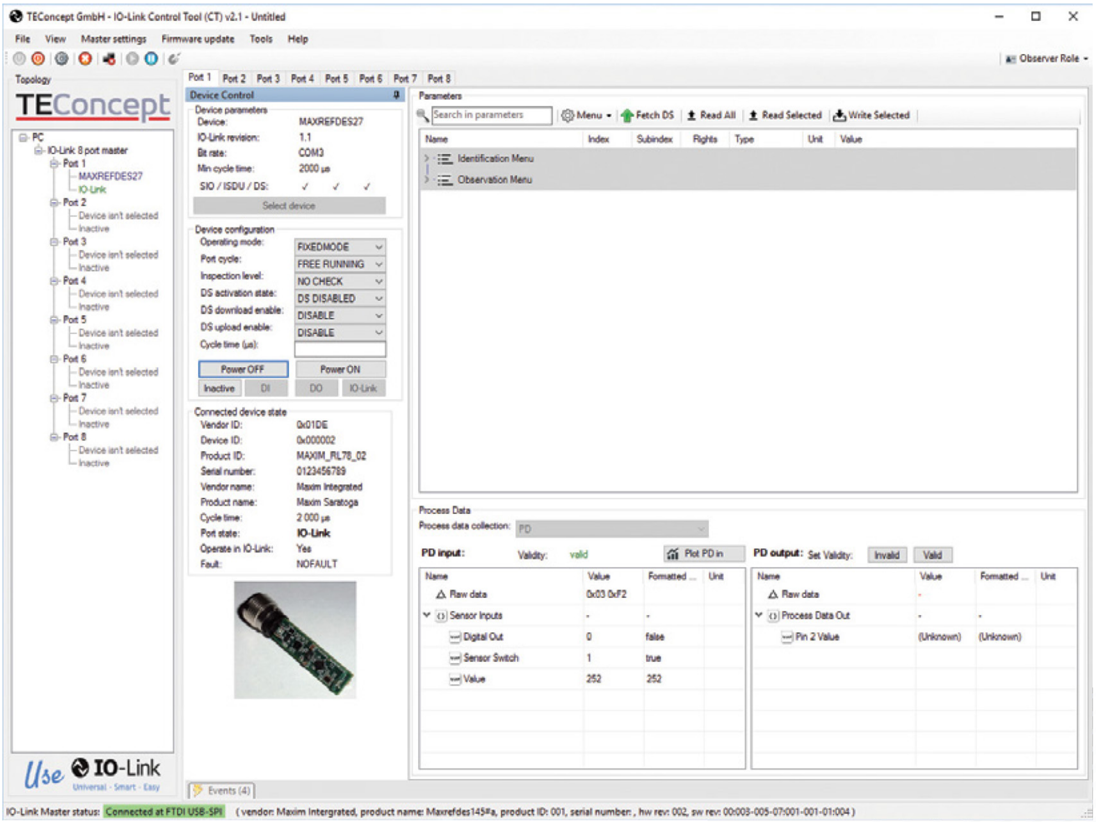


图32. TE Concept IO-Link软件

软件说明

TEConcept CT Windows兼容GUI软件具有IODD文件导入功能，通过USB连接到PC，可从MAXREFDES145产品页面的“设计资源”选项卡下载。TEConcept CT软件显示在MAXREFDES145产品页面的“详细信息”选项卡中，也可从MAXREDES145的“设计资源”选项卡下载完整的分步快速入门指南。

TEConcept IO-Link主协议栈交付时已在MAXREFDES145硬件内部进行预编程，并带有永久许可证，通过TEConcept CT软件可显示该许可证。因此，MAXREFDES145可用于开发和测试目的。希望设计自己产品的用户可以从TE-Concept购买用于IO-Link主站的固件。技术资源附录。

4端口IO-Link主站：MAXREFDES165

MAXREFDES165（图33）是一款完全符合IO-Link标准的4端口IO-Link主站参考设计。该设计使用TMG TE IO-Link主协议栈，既是IO-Link主站参考设计，也是IO-Link传感器/执行器开发和测试系统。4个IO-Link端口支持同时对4个不同的传感器（或执行器）实施测试。该参考设计包含4个可靠的M12接头插口（IO-Link常用接头），并提供一根IO-Link电缆，以快速连接至兼容IO-Link的传感器和执行器。AC-DC (24 V_{DC}/3 A)电源可以同时为每个端口提供至少250 mA的电流，使用的端口数量更少时，能提供更大电流。USB 2.0 B型连接器支持快速连接到Windows PC。

图33. MAXREFDES165 4端口IO-Link主站参考设计

硬件说明

MAXREFDES165 IO-Link主站由四个主要模块组成：两个双通道MAX14819A IO-Link主站收发器、一个用于SPI接口的MAX14931数字隔离器、一个微控制器和一个USB接口（如图34所示）。

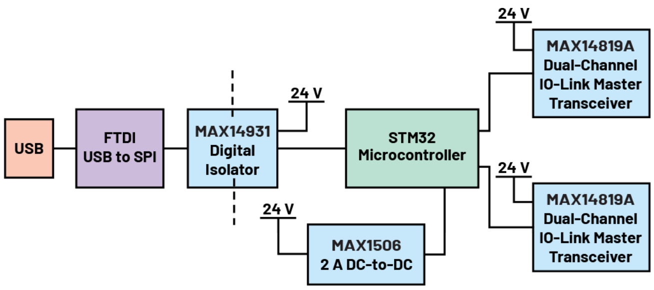


图34. MAXREFDES165参考设计框图

MAX14819A IO-Link主站收发器符合IO-Link 1.1.2版物理层标准。这些收发器具有集成的5 V线性稳压器、具有可配置输出驱动能力的可配置C/Q输出（推挽、高边或低边）、辅助数字输入以及极性反接/短路保护功能。

采用10 mm × 10 mm 64引脚LQFP封装的STM32F4 Arm Cortex-M4微控制器提供系统控制。利用FTDI FT2232 USB-SPI收发器和驱动器可实现USB端口。板载MAX15062A高压同步降压转换器通过24 V电源为STM32F4微控制器供电。

数字隔离器（即四通道MAX14931F）用于保护USB接口免受高压和大接地电位差的影响，该问题主要出现在MAX14819A主站收发器连接到IO-Link外设的情况中。USB端口/PC和SMT32F4微控制器之间的所有通信都通过该隔离器进行。

MAXREFDES165提供独立的SPI接头(J3)，允许用户绕过USB接口并使用外部SPI主机直接与STM32F4通信。J3连接到电路板的隔离侧，所有从外部主机到STM32F4的数字通信都通过隔离器进行。使用J3时，需要外部3.3 V逻辑电源来为隔离器供电。4个IO-Link接口端口和电源输入端的高电平保护瞬态电压抑制器(TVS)二极管为MAXREFDES165上的每个主站收发器提供浪涌和极性反接保护。

此外，电源和每个通道都有的状态LED提供关于电路板正在工作和通信的快速视觉确认信息。完整系统框图如图34所示。

注意：MAX14819A可配置为使用UART接口（在微控制器内）或使用IC上的集成调帧器进行工作。调帧器模式的优势在于支持使用集成UART数量有限、尺寸更小且成本更低的微控制器。MAXREFDES165附带的默认协议栈是UART版本。如果需要调帧器版本，请联系厂方。

软件说明

TMG的IO-Link从站工具Windows兼容软件具有IODD文件导入功能，通过USB连接到PC，可向TMG申请获得。TMG IO-Link从站工具软件如图35所示，完整的分步快速入门指南也可从“设计资源”选项卡下载。

注意：MAX14819A可配置为使用UART接口（在微控制器内）或使用IC上的集成调帧器进行工作。MAXREFDES165附带的默认协议栈是UART版本。如果需要调帧器版本，请联系厂方。

TMG TE IO-Link主协议栈交付时已在MAXREFDES165硬件内部进行预编程，并提供永久许可证。TMG TE GmbH的联系信息可在IO-Link手册的技术资源附录中的软件协议栈供应商清单中找到。

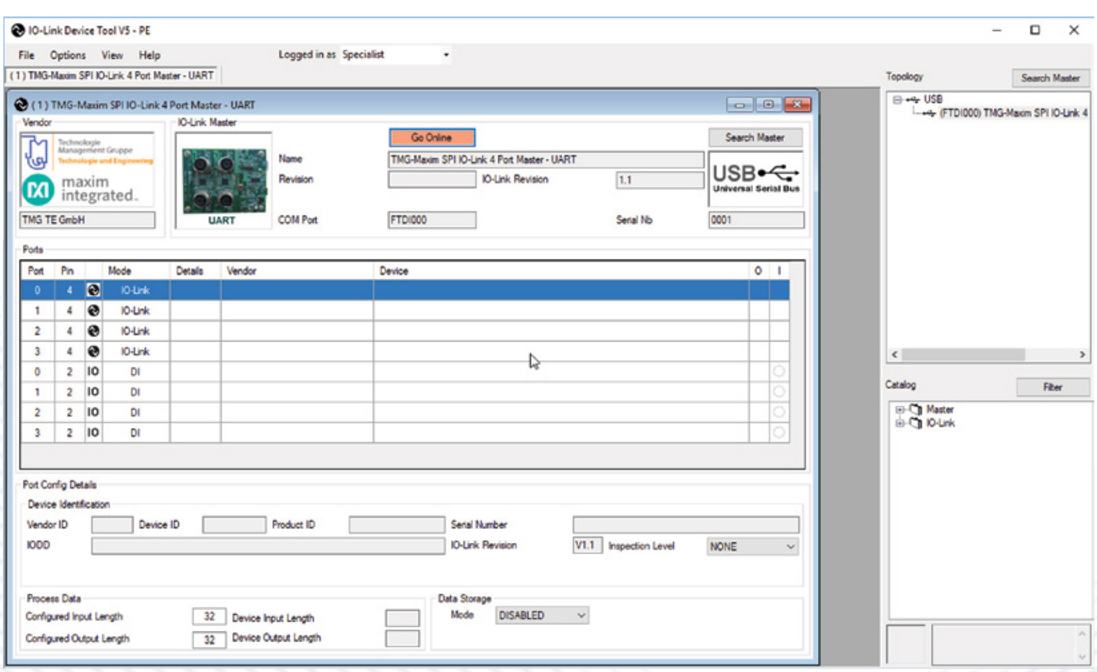


图35. MAXREFDES165 TMG IO-Link从站工具

采用Pmod兼容外形尺寸的IO-Link 2通道主站：MAXREFDES277

MAXREFDES277#是一款双通道IO-Link主站参考设计，针对快速原型设计进行了优化。该设计使用Technologie Management Gruppe (TMG TE) IO-Link主协议栈来构建MAX14819A IO-Link主站收发器，既是IO-Link主站评估模型，也是IO-Link传感器/执行器开发和测试系统。2个IO-Link端口支持同时对2个不同的传感器或执行器实施测试。

在该设计中，MAX14819A和控制板之间连接有一个STM32低功耗微控制器。MAX14819A是一款双通道IO-Link主站收发器，带有集成调帧器和L+电源控制器。集成式L+控制器用于为连接的IO-Link从站供电。MAX14819A集成IO-Link调帧器，使微控制器无需处理时间关键型任务，从而降低原型制作和软件要求。

外设模块接口(Pmod)是Digilent, Inc.提供的开放式标准接口，一般用于进行快速开发和原型制作。带有pmod兼容和非标IO-Link接头的MAXREFDES277#经过优化，可支持实现此类功能。MAXREFDES277#使用2个小型板载接头（提供L+、L-和IO-Link连接）来取代IO-Link中使用的标准M12接头，使板保持小尺寸。

该板附带2根M12-to-wire IO-Link电缆，用于将IO-Link从站（例如传感器和/或执行器）连接至MAXREFDES277#主机板。此外，它还提供AC-DC (24 V_{DC}/1 A)电源，能为板载MAX14819A IO-Link主站收发器和任何连接的传感器或器件提供24 V电源。

将MAXREFDES277#连接至ADI公司的任何IO-Link从站参考设计，使用相关软件即可轻松进行评估。

“设计文件”中包含设计文件和MicroPython软件示例。

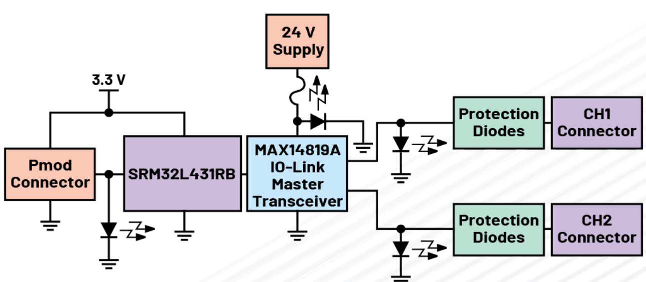


图36. MAXREFDES277#框图

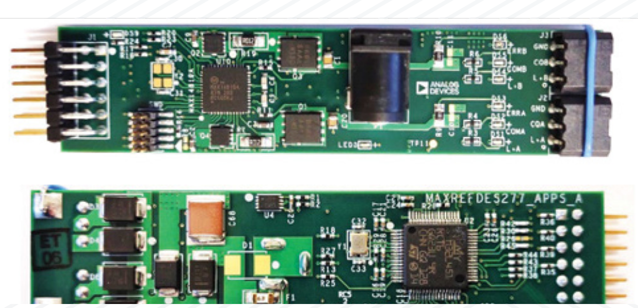


图37. MAXREFDES277# IO-Link至外设器件（顶部和底部）

IO-Link主站测试报告

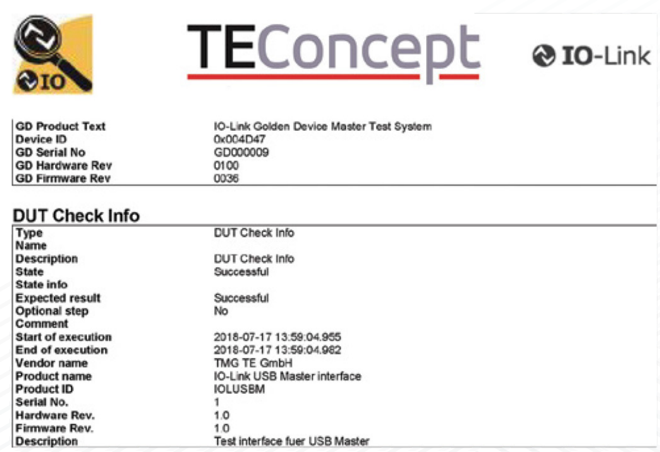
MAXREFDES145是一款完全符合IO-Link 1.1.3版标准的主机。请参阅我们网站上的详细测试报告（图38）：MAXREFDES145 8端口IO-Link主站测试报告。

TEConcept IO-Link

Name	
Description	DUT Check Info
State	Successful
State info	
Expected result	Successful
Optional step	No
Comment	
Start of execution	2017-05-04 15:25:40.391
End of execution	2017-05-04 15:25:43.542
Vendor name	Maxim Integrated
Product name	Maxrefdes145#b
Product ID	001
Serial No.	
Hardware Rev.	002
Firmware Rev.	00:005-006-07:001-001-01:005
Description	8 port IO-Link Master.

图38. MAXREFDES145 IO-Link主站测试报告详情

根据以下测试报告，MAXREFDES165#是一款完全符合IO-Link 1.1.3版标准的主机。该测试利用了标准器件GD000009。请参阅MAXREFDES165#的详细测试报告（图39）：四通道IO-Link主站测试报告。



TEConcept IO-Link

GD Product Text	IO-Link Golden Device Master Test System
Device ID	0x004D47
GD Serial No	GD000009
GD Hardware Rev	0100
GD Firmware Rev	0036

DUT Check Info

Type	DUT Check Info
Name	
Description	DUT Check Info
State	Successful
State info	
Expected result	Successful
Optional step	No
Comment	
Start of execution	2018-07-17 13:59:04.955
End of execution	2018-07-17 13:59:04.982
Vendor name	TMG TE GmbH
Product name	IO-Link USB Master interface
Product ID	IOLUSBM
Serial No.	1
Hardware Rev.	1.0
Firmware Rev.	1.0
Description	Test interface fuer USB Master

图39. MAXREFDES165# IO-Link主站测试报告详情

第6部分：提高系统性能

在IO-Link应用中，收发器充当运行数据链路层协议的微控制器的物理层接口，同时支持高达24 V的数字输入和输出。我们的收发器长期以来一直支持所有IO-Link规范，并且功耗非常低。

我们的首款IO-Link从站收发器MAX14820在驱动器满载条件下的功耗低于900 mW。第二代MAX14826比前代产品的功耗更低，甚至低于50%以上，满载条件下功耗仅为400 mW。

第三代MAX14828单通道收发器和MAX14827A双通道收发器在驱动100 mA负载时的功耗相当低，仅有70 mW，比相似的竞争器件低80%以上。为了进一步降低驱动时的功耗，我们还可以并联收发器上的C/Q和DO驱动器。

最新的IO-Link收发器MAX22513具有可选的控制接口、内部高效率DC-DC降压调节器、两个内部线性稳压器和集成式浪涌保护，以实现可靠通信。该器件具有低导通电阻驱动器（C/Q和DO/DI）、可选择的驱动器限流值和过流保护功能，可降低小型传感器应用的功耗。

散热

以下测试结果凸显了ADI从站收发器和竞争器件在不同负载下的功耗表现。

测试A

在图40中，每个IC的C/Q上有一个200 mA负载，这意味着双通道器件只有一个通道有负载。使用热像仪拍摄的图像清楚地表明，MAX14828和MAX14827A的功耗明显低于竞争对手的单通道器件。

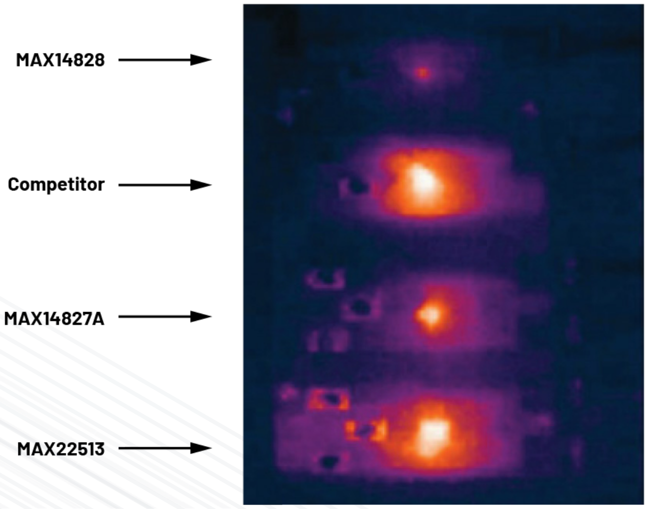


图40. 测试A：每个器件200 mA

测试B

在图41中，每个通道上有200 mA负载，这意味着双通道器件（MAX14827A和MAX22513）的负载是MAX14828和竞争器件的两倍。热像仪拍摄的图像清楚地表明，MAX14827A双通道器件产生的热量更少，或与竞争对手的单通道器件相当。

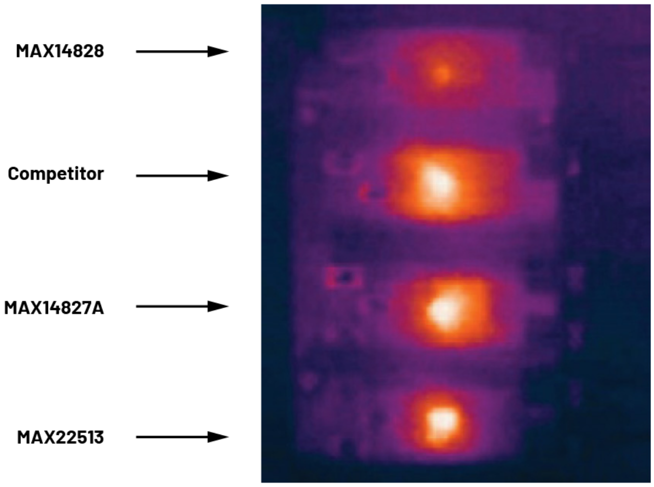


图41. 测试B：每通道200 mA

测试C

在图42中，每个IC的5 V LDO输出（来自集成线性稳压器）上都有一个30 mA负载。对于MAX14828、MAX14827A和竞争对手的器件，内部LDO稳压器必须消耗大约（24 V至5 V）× 30 mA的功率。热像仪图像清楚地表明，MAX22513的功耗明显低于未集成DC-DC降压转换器的器件。这清楚地证明，集成DC-DC转换器大有裨益，能够提高带有AFE的传感器的效率。AFE有助于从集成LDO稳压器处获得更多电流。MAX22513的唯一热特征实际上是一个外部电阻：由于集成了降压转换器，IC运行时的温度非常低。

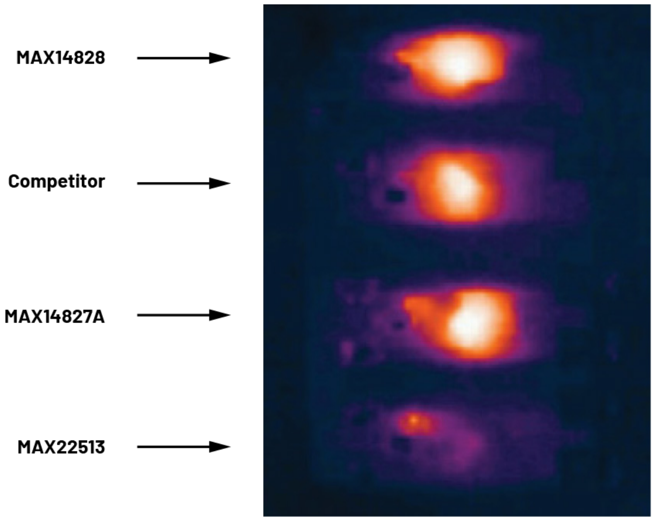


图42. 测试C：5 V LDO稳压器上30 mA负载

热性能

大多数工业传感器使用M8或更大的M12电缆连接器。使用的连接器类型会影响传感器的外壳尺寸，从而影响可耗散的热量。在以下示例中，我们设计了一个IO-Link传感器，如果使用M8连接器，其总功耗不超过400 mW，而如果使用M12连接器，其总功耗不超过600 mW。

除了传感器（压力/温度/距离）之外，IO-Link工业传感器通常还包括模拟前端(AFE)、微控制器和状态LED，可能还有用于响应传感器读数而驱动执行器的输出级。工业传感器使用24 V_{DC}信号电压，但在恶劣的工厂环境中，此电压可能会高出50%。虽然高

出的电压电平也可以安全地为输出驱动级供电，但AFE、LED和微控制器需在低得多的电压（3 V至5 V）下运行。许多IO-Link收发器通过线性稳压输出的方式提供所需电压电平。但是，这些输出可能会对传感器的整体功耗（以及随之而来的散热表现）产生负面影响。如果使用板载LDO电路为这些输出提供电流，影响尤其明显。例如，考虑以下小型传感器的功耗预算，该传感器通过LDO稳压器消耗仅15 mA的电流，由24 V（典型值）直流电源轨供电，如图43所示。

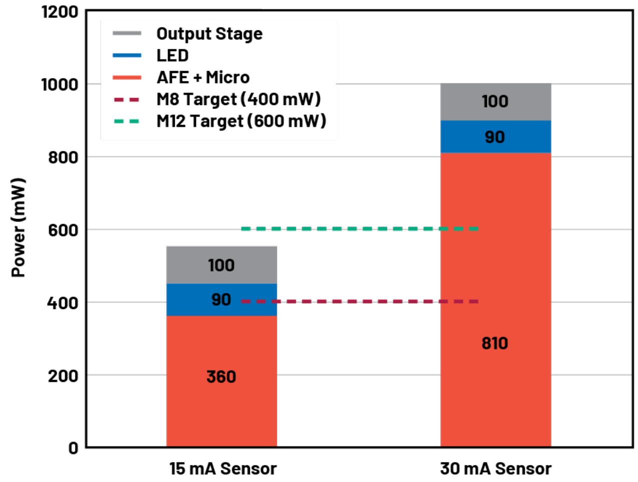


图43. 典型的LDO稳压器供电的IO-Link传感器的功耗预算

由于LDO稳压器的内部损耗较高，这种相对低功率的传感器已经超过了典型M8连接传感器支持的功耗预算（约400 mW），因此需要更大的M12连接外壳。图43还显示，电流仅为 30 mA的传感器将消耗900 mW的功率，这甚至超过了M12连接器传感器的目标值。

分立解决方案

为降低整体功耗（和散热量），最常见的解决方案是使用外部DC-DC降压转换器为AFE和微控制器供电。

例如，为30 mA传感器提供3 V输出电压的DC-DC降压转换器的功耗仅为90 mW。假设该转换器的效率为90%，则损失的功率为9 mW，那么总功耗仅为90 + 9 = 99 mW。显然，与使用LDO稳压器(900 mW)相比，功耗降低了约9倍。将输出级功耗(100 mW)包括在内，总功耗降幅将为1000 mW/199 mW，大约为5倍，如图44所示。

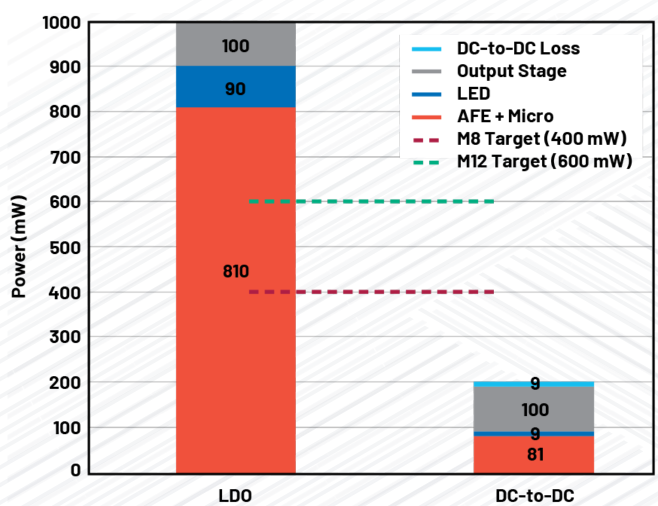


图44. 对于30 mA传感器，使用降压转换器与使用LDO稳压器的功耗降幅对比

显然，传感器的总功耗(~200 mW)现在远低于使用任何一种连接器的传感器的目标值。然而，这种功耗降低需要以额外的外部电路（即DC-DC转换器和体积较大的分立元件，如电感、二极管和电容）为代价，这会增加传感器的整体尺寸。

集成解决方案

与传统方法相比，MAX22513 IO-Link收发器具有多项优势。首先，具有极性反接保护功能的降压DC-DC转换器已完全集成到IC封装中，这意味着无需单独的DC-DC转换器或额外的外部元件。该转换器可提供高达300 mA的输出电流（适用于大电流传感器应用）和2.5 V至12 V的可编程输出电压。其次，与大多数其他IO-Link收发器不同，该IC还包括第二个（辅助）IO-Link通道，当数据在C/Q通道上传输时，辅助通道可用于DI/DO传感器切换。虽然包含这些额外特性，但采用晶圆级封装(WLP)的整体封装尺寸仅为2.1 × 4.1 = 8.6 mm²。WLP封装在视觉上类似于BGA封装，带有用于焊接到PCB的凸块或焊球，但组装过程不同，详情请参阅应用笔记1891：晶圆级封装(WLP)及其应用。这表示元件面积减少将近50%。此外，集成浪涌保护（高达±1 kV/500 Ω）电路使得传感器能够在恶劣的工业环境中稳健地运行，而无需外部TVS二极管。

MAXREFDES171是一款基于MAX22513的距离传感器。该板已通过测试，不同引脚对之间可承受高达±1 kV/500 Ω的浪涌电压。在需要更高级别保护的系统中，可以使用外部TVS二极管。

选择TVS二极管

本部分是应用笔记6965：如何为Maxim IO-Link从站选择TVS二极管所介绍内容的一部分。

IO-Link保护电路

IO-Link从站（传感器收发器或主站收发器）有四个需要保护的引脚，具体为L+、C/Q、L-和DI/DO。例如，当进行浪涌保护测试时，任意两个引脚之间需要能够承受浪涌脉冲（称为线对线测试），包括负极性和正极性浪涌。了解这些引脚的绝对最大额定值对TVS二极管选择的影响非常重要。以下示例表明，ADI IO-Link收发器具有更高的绝对最大值，支持使用尺寸更小的TVS产品，从而节省电路板空间和成本。

65 V（绝对最大值）如何帮助提供保护（对比40 V）

让我们考虑一个测试案例，了解绝对最大额定值如何影响电路的最终尺寸。图46显示了将瞬态浪涌脉冲施加到MAX14827A的C/Q引脚（以L-为基准）时保护方案上的电流和电压。在浪涌脉冲(±1 kV)和器件之间使用标准42 Ω阻抗时，最大电流为±24 A。

65 V绝对最大值的保护优势

MAX14827A和MAX14828的保证绝对最大额定值为65 V，可在浪涌情况下灵活保护IO-Link引脚。许多竞争器件需使用更大、更昂贵的TVS，但这些具有高绝对最大额定值的ADI IC仅需要小型、低成本TVS/压敏电阻，如下所示：

- 最小TVS二极管/标准浪涌(±1 kV/500 Ω)：Semtech® μClamp®603；PCB面积 = 1.7 mm²
- 最低成本TVS二极管/标准浪涌(±1 kV/500 Ω)：压敏电阻，成本约为普通TVS二极管的50%
- 高等级浪涌(±1 kV/24 A)：SMAJ33 TVS二极管（对比竞争对手的SMCJ33 TVS二极管），PCB面积小5倍

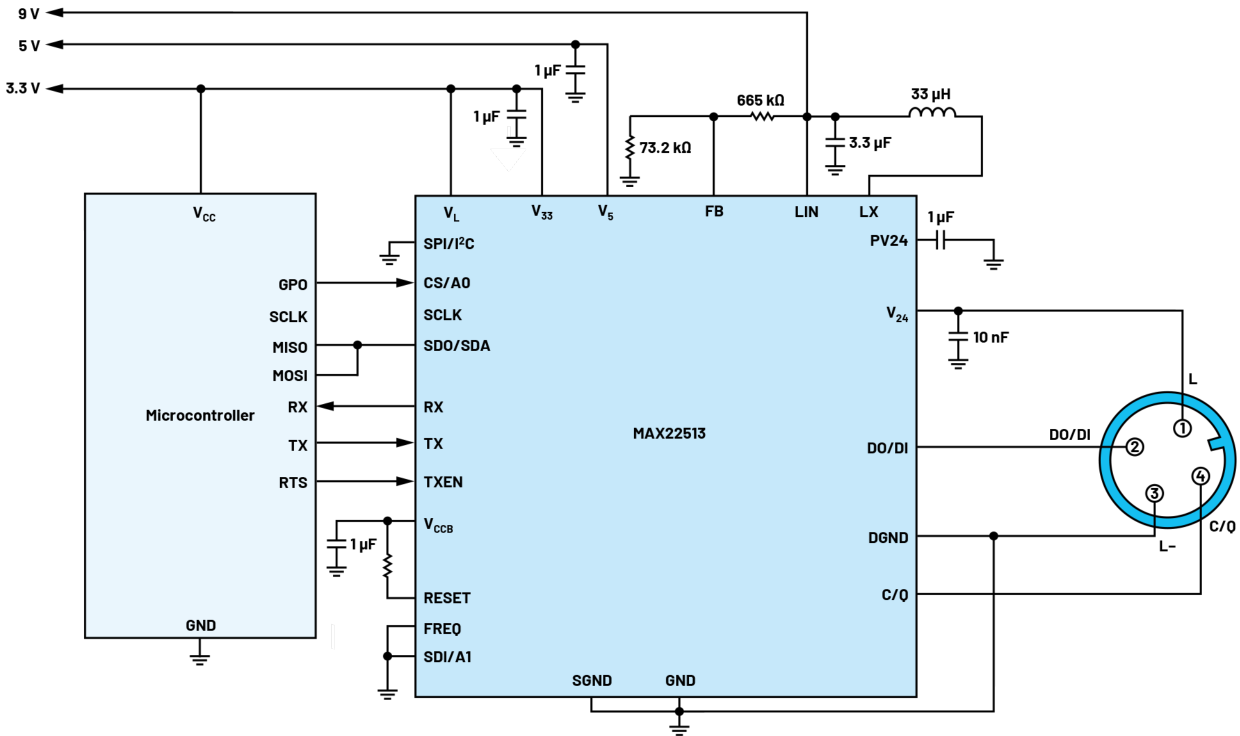


图45. 集成DC-DC转换器的MAX22513 IO-Link收发器

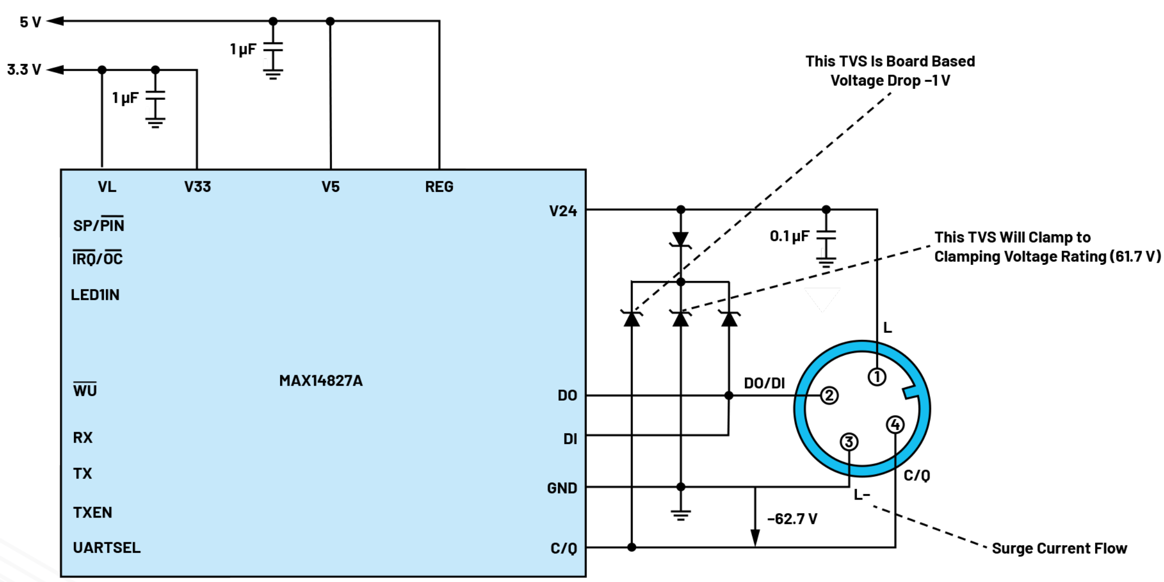


图46. C/Q到L+浪涌

小结

电路中包含TVS二极管以保护敏感器件。在正常工作期间，TVS二极管不得对电路性能产生显著影响。但是，当发生高压瞬变时，TVS二极管必须启动并限制电路两端的电压。大瞬变情况下（例如高电压和电流脉冲）通常需要较大的二极管满足保护性能需求。我们提供的IO-Link收发器非常稳健，能够承受高电压，具有高达65 V的绝对最大额定值，可为TVS保护二极管的选择提供更大的灵活性。此外，MAX22513等器件集成了浪涌保护功能，在许多应用中无需使用外部TVS器件。

IO-Link信号摆率如何影响IO-Link电缆辐射？

大多数ADI IO-Link收发器驱动器的CQ引脚具有受控甚至可调节的摆率。例如，MAX14819、MAX14827A和MAX14828可限制摆率。MAX22513的摆率可以选择。

IO-Link电缆无屏蔽，信号电平相当高(24 V p-p)。因此，电缆可以起到天线的作用。为了减少电缆的辐射，必须将电缆的最大频率限制在必要的最小范围内。

MAX22513指定的IO-Link上升和下降时间参见表4。

表4. MAX22513的上升和下降时间

驱动器 上升时间	t_{RISE}	推挽或PNP模式， V_{24}（最大值）= 30 V	0.1, 0.2, 0.325	µs
			0.40	
			1.22	
			4.7	
驱动器 下降时间	t_{FALL}	推挽或NPN模式， V_{24}（最大值）= 30 V	0.2, 0.34, 0.475	µs
			0.66	
			1.64	
			7.1	

虽然幅度最大的上升和下降时间（典型值0.2 µs下降时间/典型值0.34 µs上升时间）具有高达1.8 MHz的强发射频率分量，但最大频率 = 1/T，而T = t_{RISE} + t_{FALL}。也就是说电缆上信号的频率内容为1.8 MHz。但是，对于COM3 = 230.4 kbps的最高IO-Link数据速率，IO-Link信号基频为115.2 kHz。

为了减少电缆的辐射，最好使用最慢但仍然可以通信的上升和下降时间。因此，当COM速率较低时，建议降低摆率。

t_{RISE} + t_{FALL} = 0.2 µs + 0.34 µs，算得最大频率约为1.8 MHz。

t_{RISE} + t_{FALL} = 0.4 µs + 0.66 µs，算得最大频率约为934 kHz。

t_{RISE} + t_{FALL} = 1.22 µs + 1.64 µs，算得最大频率约为349 kHz。

t_{RISE} + t_{FALL} = 4.7 µs + 7.1 µs，算得最大频率约为84.74 kHz。

电磁兼容性(EMC)要求

工业环境非常恶劣，系统设计人员必须满足最低EMC要求，以确保IO-Link从站能够承受一些常见的瞬变。我们首先来设计通常能满足以下电压要求的稳健IO-Link IC：

- ESD：±8 kV，针对空气放电
- ESD：±4 kV，针对接触放电（基于IEC 61000-4-2标准）。

注意：IEC 61000-4-2标准涵盖成品设备的ESD测试和性能，但并未明确提及集成电路。

EMC试验电压

表5显示了《IO-Link接口和系统规范》中表G.2的各种系统级EMC试验电压。

物理层：EMC要求标准化

请注意，IEC 61000-4-2标准涵盖成品设备的ESD测试和性能，但并未明确提及集成电路。通常，我们的收发器自身可以承受大约1.5 kV的ESD瞬变（基于可靠性报告中使用的军用标准），但一般需要外部TVS二极管来提供额外保护。然而，我们降低了对这些外部二极管的尺寸要求和其他要求，并减少了BOM以节省空间和外部元件成本。工业环境通常非常恶劣，需要对电路进行额外保护！

IO-Link规范要求对设备加以适当保护以实现稳健运行：

- ESD：±8 kV，针对空气放电
- ESD：±4 kV，针对接触放电（基于IEC 61000-4-2标准）
- 浪涌：当电缆长度限制在20 m以内时不需要启动；否则，保护电平介于±500 V至±2 kV
- 突波：±1 kV或±2 kV

虽然收发器越来越稳健，但对于以下情况，使用外部保护是有必要的：

- 终端产品的ESD保护
- 浪涌保护和突波保护（TVS二极管）
- 优化的布局

抗扰度测试

图47和图48展示了MAXREFDES145 8端口主机中的MAX14819A或MAXREFDES171传感器中的MAX22513等器件的EFT测试、浪涌测试和ESD测试。图47中的设置仅用于浪涌测试。板级瞬变抗扰度标准包括：

- IEC 61000-4-2静电放电(ESD)
- IEC 61000-4-4电快速瞬变/突波(EFT)
- IEC 61000-4-5浪涌抗扰度

表5. IO-Link EMC试验电压

现象	试验等级	性能判据	约束条件
静电放电(ESD) IEC 61000-4-2	空气放电：±8 kV 接触放电：±4 kV	B	参见G.1.4. a)
射频电磁场 调幅 IEC 61000-4-3	80 MHz至1000 MHz 10 V/m 1400 MHz至2000 MHz 3 V/m 2000 MHz至2700 MHz 1 V/m	A	参见G.1.4. a)和G.1.4. b)
快速瞬变（突波） IEC 61000-4-4	±1 kV	A	仅5 kHz；由于突波/周期比为15 ms/300 ms，表G.1中的M序列器的数量应增加20倍；参见G.1.4. c)
	±2 kV	B	
浪涌 IEC 61000-4-5	SDCI链路中不需要 （SDCI链路长度限制在20 m以内）		
射频共模 IEC 61000-4-6	0.15 MHz 至 80 MHz 10 V EMF	A	参见G.1.4. b)和G.1.4, d)
电压骤降和中断 IEC 61000-4-11	SDCI链路中不需要		

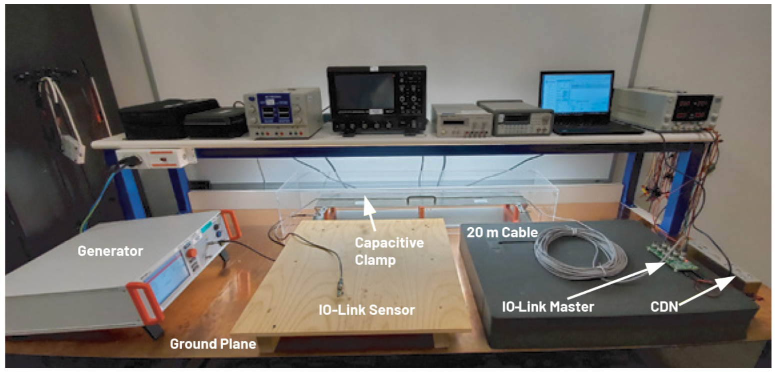


图47. EFT突波和浪涌试验台


图48. MAX14819A的ESD测试

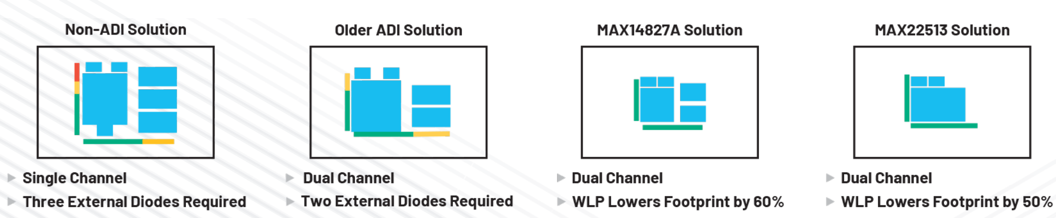


图49. IO-Link收发器解决方案比较

第7部分：IO-Link解决方案

为什么选择ADI IO-Link收发器?

我们于2009年加入IO-Link联盟。我们拥有非常完整的IO-Link和开关量传感器产品系列，对工业市场和客户的长期贡献和承诺有目共睹。我们的产品包括MAX14828、MAX14827A和MAX22513从站收发器以及MAX14824和MAX14819A主站收发器。请注意，IO-Link收发器也可用于开关量传感器应用。

我们开发了一个完整的生态系统，使设计变得轻松快捷。我们所有收发器的评估套件都包含相关软件，用于配置和读/写收发器。我们的IO-Link参考设计包括传感器和主机。由设计人员、产品定义人员和应用工程师组成的专业团队随时准备为客户提供支持。

我们的解决方案尺寸很小，而且只会越来越小！我们的IO-Link收发器（图49）目前提供紧凑型TQFN和WLP封装。最新收发器MAX22513采用WLP封装，与竞争器件相比，解决方案尺寸缩小多达50%。随着我们收发器稳健性的提高，需要的外部保护越来越少。绝对最大额定值越高，外部保护元件（例如外部保护二极管）的尺寸就可以越小。我们的收发器集成了3.3 V和5 V LDO稳压器，可为外部电路供电，减少对外部LDO稳压器的需求，让整体解决方案保持较小尺寸。此外，MAX22513集成了DC-DC转换器，可降低较高电流传感器的功耗。

产品选型指南

我们长期坚定地投入到IO-Link技术中，已在主站端和从站端开发出多代专注于低功耗、小尺寸解决方案和稳健通信的收发器（表6）。凭借一个由IO-Link从站和主站参考设计及评估套件组成的完整生态系统，我们专注于支持快速评估IO-Link技术。

100 mA微型开关量传感器驱动器：MAX14838/MAX14839

MAX14838/MAX14839 24 V/100 mA驱动器针对工业传感器应用进行了优化。这些器件集成了工业传感器中常见的高压(24 V)电路，包括可配置的PNP/NPN/推挽驱动器，以及满足常见传感器电源要求的集成线性稳压器。

- 引脚可选高边(PNP)、低边(NPN)或推挽驱动器
- 片内5 V线性稳压器(MAX14838)/3.3 V线性稳压器(MAX14839)（图50）
- 双通道集成式2 mA LED驱动器
- 集成保护功能提供稳健的传感器解决方案
  - DO、V_{CC}和GND具有极性反接保护
  - 4.75 V至34 V电源范围(MAX14839)
  - V_{CC}热插拔保护
  - 热关断保护
  - ±8 kV IEC 61000-4-2气隙放电ESD保护
  - 工作温度范围：-40°C至+105°C
  - ±1 kV/500 Ω浪涌保护

表6. IO-Link收发器

产品型号	说明	接口
IO-Link主站收发器		
MAX14819/MAX14819A	IO-Link	低功耗双通道IO-Link主站收发器 + 电源控制器 + UART/帧处理器 + DI
MAX14824	IO-Link	单通道IO-Link收发器
IO-Link从站收发器		
MAX14828	IO-Link	微型低功耗单通道IO-Link从站收发器
MAX14827A	IO-Link	微型低功耗双通道IO-Link从站收发器
MAX14829	IO-Link	引脚驱动、低功耗双通道IO-Link从站收发器
MAX22513	IO-Link	带DC-DC转换器的浪涌保护双通道IO-Link从站收发器
MAX22514	IO-Link	带DC-DC转换器的浪涌保护单通道IO-Link从站/主站收发器
MAX22515	IO-Link	引脚或I²C模式，双通道IO-Link从站收发器，带浪涌保护
MAX22516*	IO-Link	IO-Link从站数据链路控制器收发器
IO-Link传感器驱动器		
MAX14838	二进制	24 V/100 mA引脚可配置工业传感器输出驱动器+保护
MAX14839	二进制	24 V/100 mA引脚可配置工业传感器输出驱动器+保护，5 V LDO
MAX14832	二进制	24 V/100 mA一次性可编程(OTP)工业传感器输出驱动器+保护
MAX14836	二进制	24 V双路输出传感器收发器
MAX22520	二进制	带模拟信号检测电路的24 V一次性可编程(OTP)工业传感器

* 计划于2023年春季发布。

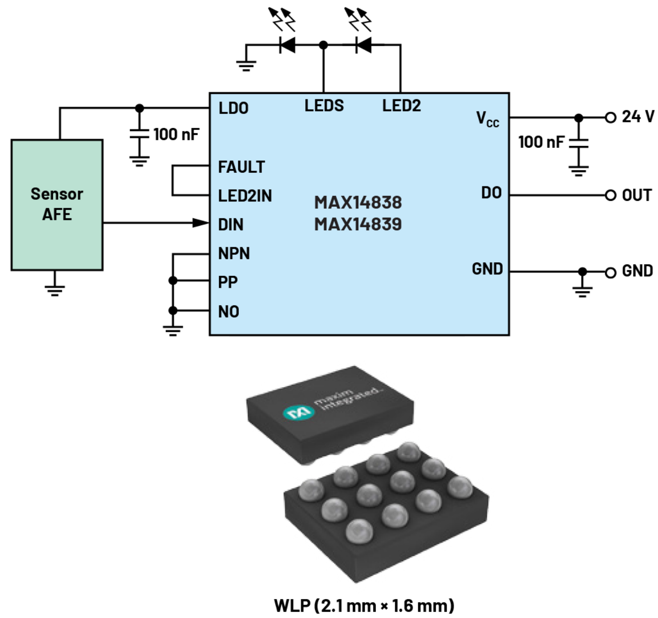


图50. MAX14838/MAX14839开关量传感器驱动器

OTP可编程传感器接口：MAX22520

MAX22520（图51）工业传感器输出驱动器可利用ADI的1-Wire协议和OTP接口进行配置，以永久性常开或常闭配置在PNP（高边）、NPN（低边）或推挽模式下工作。最大负载电流可一次性编程(OTP)为100 mA或200 mA。

该器件还有OTP可编程比较器、PWM振荡器和数字电位器。这些模块支持通过模拟检测电路的信号生成和信号调理来校准传感器。集成LED驱动器提供开关量传感器逻辑状态的视觉反馈。

- 配置灵活
  - 4.75 V/8 V（最小值）至36 V电源电压
  - 可编程驱动器配置：PNP/NPN/推挽
  - 可编程驱动器限流值：100 mA或200 mA
  - 具有可编程输出的线性稳压器：3.3 V或5 V
  - 具有可编程阈值的比较器
  - 具有可编程6位抽头的数字电位器
  - 具有可编程PWM占空比的振荡器
- 稳定可靠的设计
  - 感性负载的快速消磁
  - DO、V_{CC}、GND具有极性反接保护
  - DO具有短路保护
  - 过温保护
  - ±8 kV IEC61000-4-2气隙放电ESD保护
  - ±6 kV IEC61000-4-2接触放电ESD保护
  - ±1 kV/500 Ω IEC61000-4-5浪涌保护
  - 工作温度范围：-40°C至+105°C
- 小尺寸，支持紧凑型设计
  - 超小型(2 mm × 2.5 mm)20引脚WLP封装
  - 集成LED驱动器提供视觉反馈

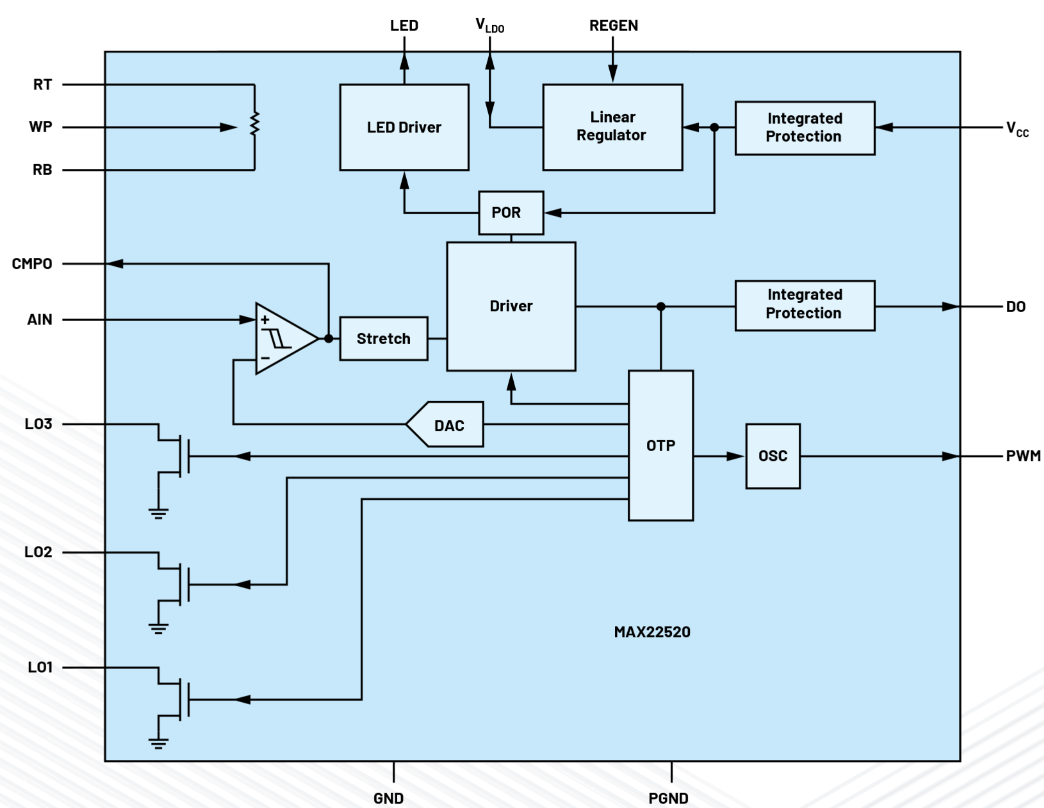


图51. MAX22520 OTP工业传感器输出驱动器

双通道250 mA IO-Link收发器：MAX14827A

MAX14827A集成了工业传感器常见的高压功能，包括驱动器和稳压器。MAX14827A具有两个超低功耗驱动器和有源极性反接保护功能（图52）。额定工作电压为普通24 V电源电压，最高可达60 V。由于能够耐受高压，因此瞬态保护得以简化，允许使用微型TVS。

该器件具有灵活的控制接口。引脚控制逻辑输入允许与开关传感器配合使用，后者不使用微控制器。对于使用微控制器的传感器，提供支持丰富诊断功能的SPI接口。提供三线UART接口来执行IO-Link操作，该接口能够连接微控制器UART。最后，多路复用UART/SPI选项支持使用一个串行微控制器接口来作为SPI和UART共用接口。

该器件包含板载3.3 V和5 V线性稳压器，可提供低噪声模拟/逻辑供电轨。MAX14827A提供24引脚TQFN封装和25引脚WLP封装，额定温度范围为-40°C至+125°C扩展温度范围。

- 低功耗、小尺寸IO-Link收发器
  - WLP封装(2.5mm × 2.5mm)
  - TQFN封装(4mm × 4mm)
- 2.3 Ω（典型值）的低R_{ON}降低功耗
- 稳健可靠的保护：绝对最大值为65 V，外部保护元件可以更小，并提供极性反接/短路保护

另有单通道版本MAX14828，此器件的R_{ON}更低，仅为1.2 Ω。

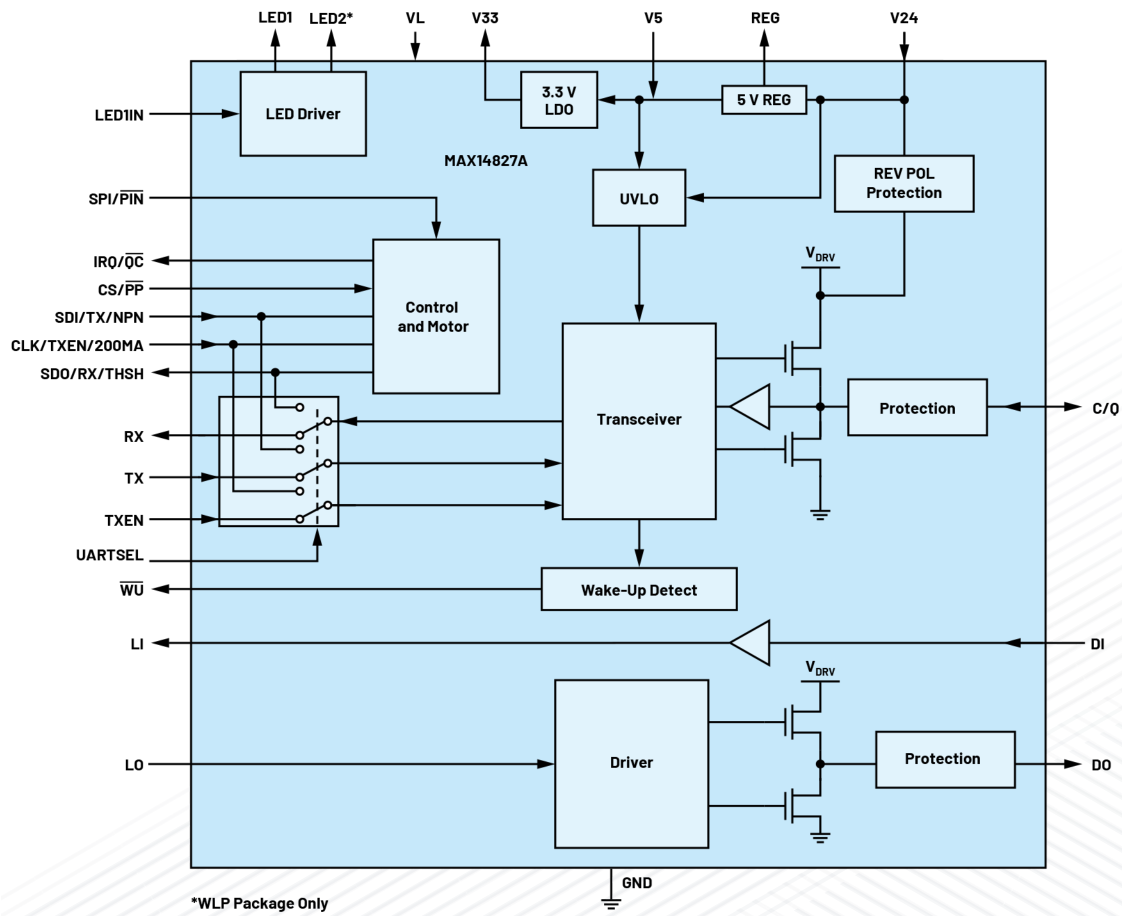


图52. MAX14827A双通道IO-Link收发器

引脚控制、低功耗、双通道IO-Link从站收发器：MAX14829

MAX14829双通道低功耗IO-Link从站（图53）通过基于引脚的接口实现控制、配置和监测。引脚控制逻辑输入允许与开关传感器配合使用，后者不使用微控制器。提供三线UART接口来执行IO-Link操作，该接口能够连接UART。MAX14829具有100 mA至330 mA可选的驱动电流。

- 低功耗降低了小型传感器的散热量
- 2.3 Ω/2.7 Ω（典型值）驱动器导通电阻
- 当C/Q和DO驱动器均在驱动负载时，100 mA下的功耗为70 mW（典型值）
- 配置灵活且集成度高，减少了SKU
- 辅助24 V数字输出(DO)和输入(DI)
- 可选的驱动器集成保护支持稳健的通信
- 接口和电源引脚的65 V绝对最大额定值支持灵活的TVS保护
- 所有传感器接口输入/输出都有极性反接保护

带DC-DC转换器和浪涌保护双通道IO-Link从站收发器：MAX22513

MAX22513双通道低功耗IO-Link从站收发器（图54）具有可选择的控制接口、内部高效率DC-DC降压调节器、两个内部线性稳压器和集成浪涌保护以实现可靠通信。该器件具有低导通电阻驱动器（C/Q和DO/DI）、可选择的驱动器限流值和过流保护功能，可降低小型传感器应用的功耗。

MAX22513具有集成了丰富的保护功能，确保能在严苛的工业环境中实现可靠通信。所有四个IO引脚（V24、C/Q、DO/DI和GND）都提供反向电压和短路保护功能，且具有集成式±1 kV/500 Ω浪涌保护功能。

浪涌测试

MAXREFDES171（带MAX22513）模块经测试可承受高达±1 kV的1.2/50 μs IEC 61000-4-5浪涌，总源阻抗为500 Ω。浪涌测试利用MAXREFDES145 IO-Link主站进行，每次测试施加10个浪涌脉冲，如表7所示。MAXREFDES171没有被测试损坏。

- L+至GND：与主机通信，模块继续执行代码和传输数据，MAX22513寄存器未损坏。
- C/Q至GND：与主机通信，模块继续执行代码和传输数据，MAX22513寄存器未损坏。
- L+至C/Q：与主机通信，模块继续执行代码和传输数据，MAX22513寄存器未损坏。

表7. 浪涌测试结果

测试条件	L+至GND	CQ+至GND	L+至CQ
+1 kV	通过	通过+	通过+
-1 kV	通过	通过+	通过+

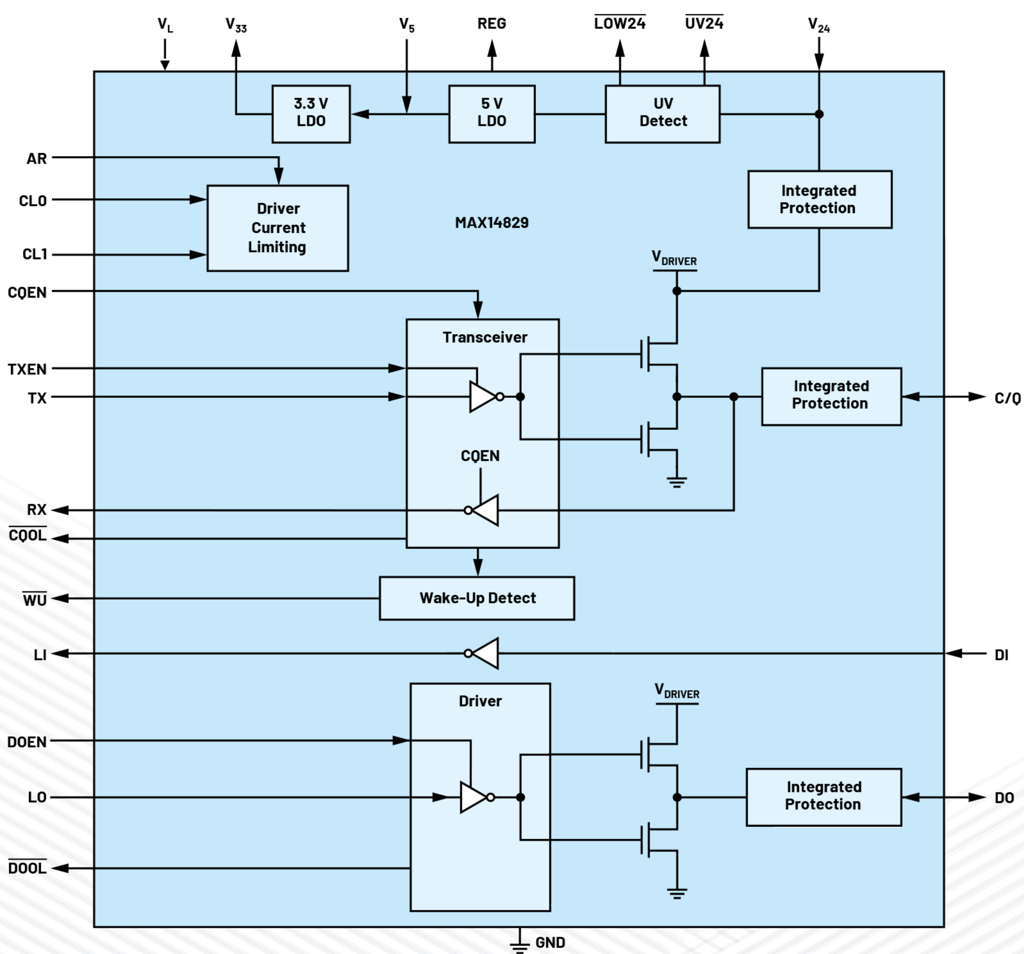


图53. MAX14829引脚控制、双通道IO-Link收发器

具有集成保护功能的IO-Link收发器：MAX22515

MAX22515低功耗工业收发器（图55）在工业应用中既可用作IO-Link从站，也可用作非IO-Link传感器收发器。MAX22515采用可选的控制接口（引脚模式或I²C）、两个集成式线性稳压器和集成式浪涌保护，实现可靠通信。该收发器包含一个C/Q输入-输出通道和一个数字输入(DI)通道。

该器件具有灵活的控制接口。引脚控制逻辑输入允许与开关传感器配合使用，后者不使用微控制器。对于使用微控制器的传感器，可通过I²C接口提供丰富的配置和诊断功能。此外，集成式振荡器简化了IO-Link从站的时钟产生。

MAX22515具有丰富的集成保护功能，确保能在严苛的工业环境中实现可靠通信。所有IO-Link线路接口引脚（V24、C/Q、DI和GND）都提供反向电压保护、短路保护和热插拔保护，且具有集成式±1.2 kV/500 Ω浪涌保护。

MAX22515采用微型WLP封装(2.5 mm × 2.0 mm)或24引脚TQFN-EP封装(4 mm × 4 mm)，工作温度范围为-40°C至+125°C。

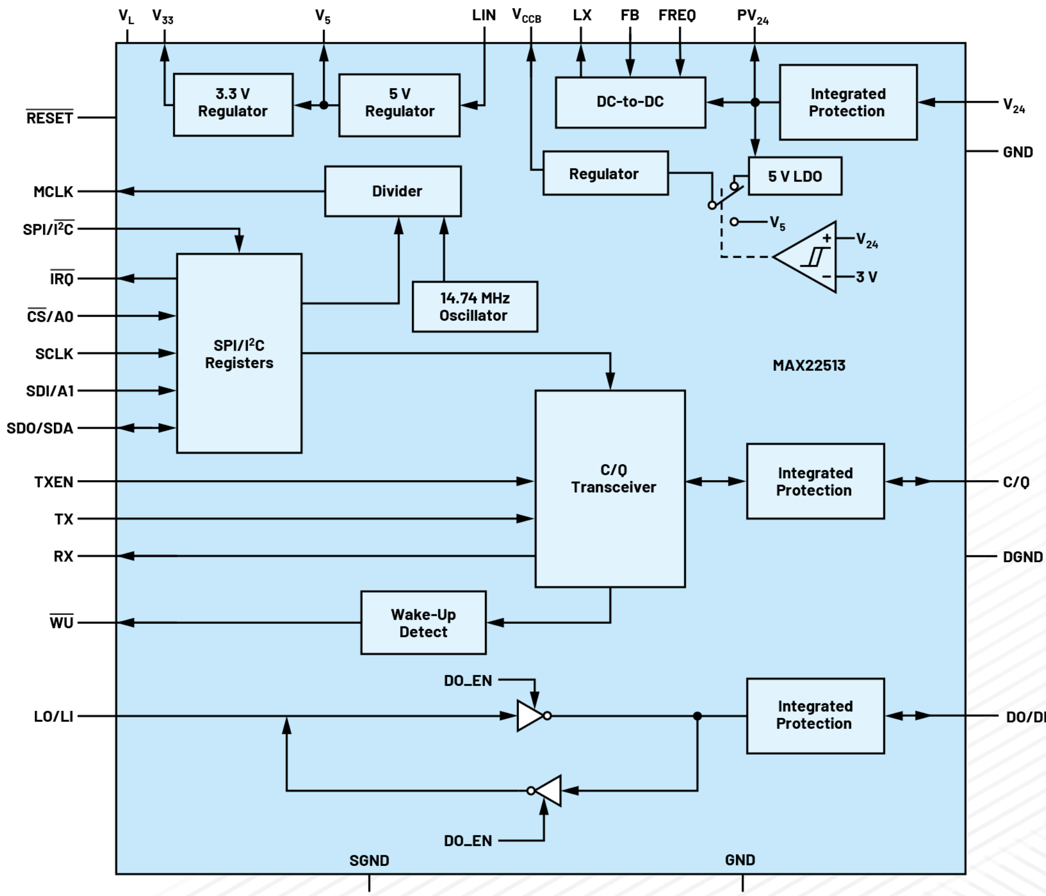


图54. 带DC-DC转换器的MAX22513双通道IO-Link收发器

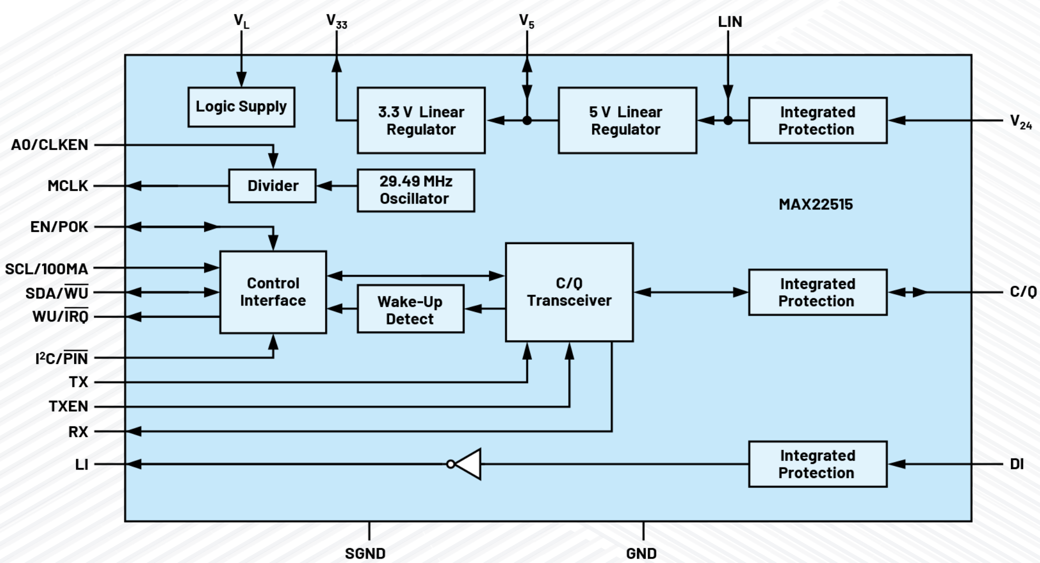


图55. MAX22515框图

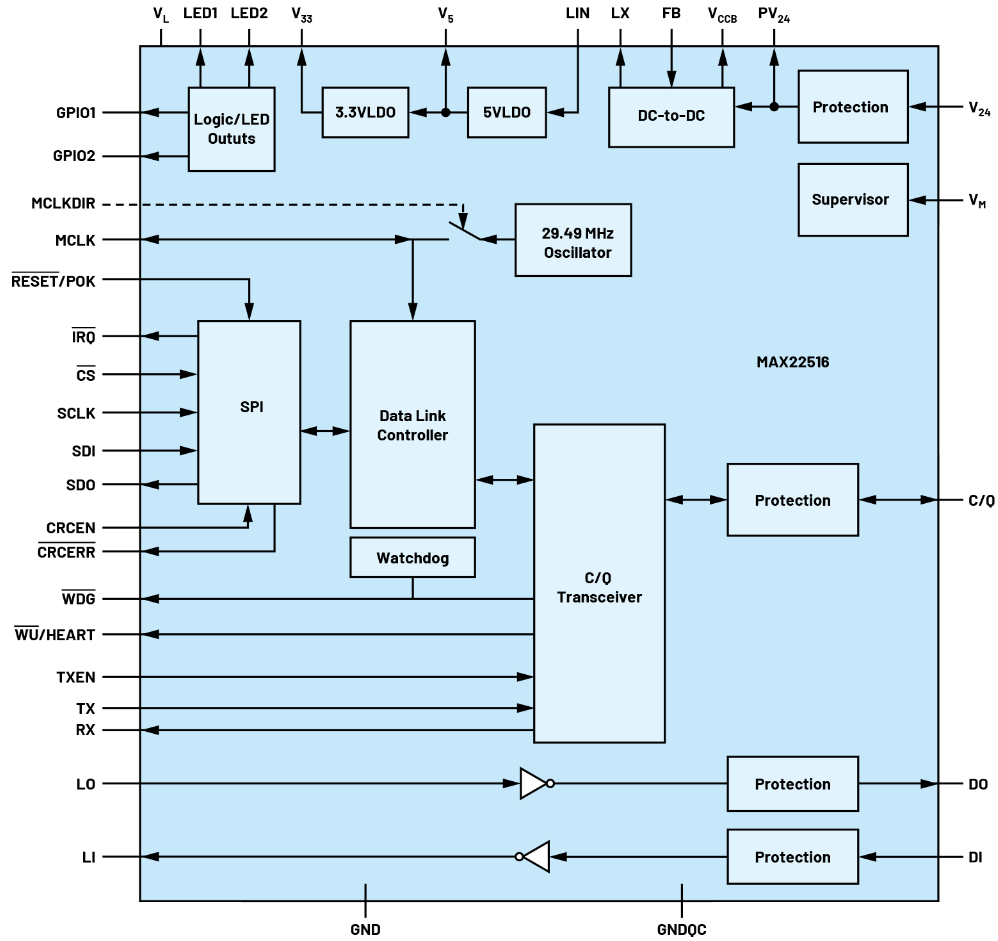


图56. 带收发器和集成DC-DC控制器的MAX22516 IO-Link数据链路控制器

MAX22516（2023年春季上市）

MAX22516 IO-Link数据链路控制器（图56）集成了IO-Link从站常见的所有24 V功能，包括24 V C/Q收发器、辅助数字输入和输出、集成DC-DC转换器、5 V和3.3 V线性稳压器以及全功能IO-Link数据链路控制器。

完成配置后，集成的IO-Link收发器由MAX22516中的数据链路控制器操作，在正常工作期间无需微控制器干预。IO-Link收发器可以通过TX、TXEN、RX UART接口直接控制。数据链路控制器支持并包含适用于所有已定义IO链路M序列类型的接收和发送缓冲器：Type 0、Type 1.1、Type 2.2，直至Type 2.V。缓冲器可缓冲最大规模的进程数据、ISDU、事件和页面数据，从而减少对时间关键型微控制器干预的需求。缓冲器以COM1、COM2和COM3数据速率运行，让微控制器可以专注于应用层处理。

MAX22516具有丰富的集成保护功能，确保能在严苛的工业环境中实现可靠通信。所有IO-Link线路接口引脚（V24、C/Q、DI和GND）都提供反向电压保护、短路保护和热插拔保护，且具有集成式±1.2 kV/500 Ω浪涌保护。

MAX22516采用小型42引脚WLP封装(3.5 mm × 3.1 mm)或40引脚TQFN-EP封装(5 mm × 5 mm)，工作温度范围为-40°C至+125°C。

双通道IO-Link主站收发器：MAX14819A

MAX14819A是一款低功耗、双通道、IO-Link主站收发器，带有传感器/执行器电源控制器（图57），完全符合最新的IO-Link和二进制输入标准与测试规范，即IEC 61131-2、IEC 61131-9 SDCI和IO-Link 1.1.3。该主站收发器还包括两个辅助Type 1/Type 3数字输入(DI)通道。MAX14819A可配置为使用外部UART或IC上的集成帧处理器工作。为了简化微控制器的选择，该主站收发器的帧处理器带有UART和FIFO。这些特性旨在简化所有IO-Link M序列帧类型的时间关键型控制。MAX14819A还有自动周期定时器，从而减少对精确控制器时序的需求。集成通信时序控制器也简化了唤醒管理。

MAX14819A集成了两个具有高级限流功能、L+反向电流阻断功能和极性反接保护功能的低功耗传感器电源控制器，可实现稳健的低功耗解决方案。

MAX14819A采用48引脚(7 mm × 7 mm) TQFN封装，额定温度范围为-40°C至+125°C扩展温度范围。

- 低功耗架构
  - 1Ω（典型值）驱动器导通电阻
  - 两个通道的总电源电流为1.9 mA（典型值）
- 集成保护功能增强系统稳定性

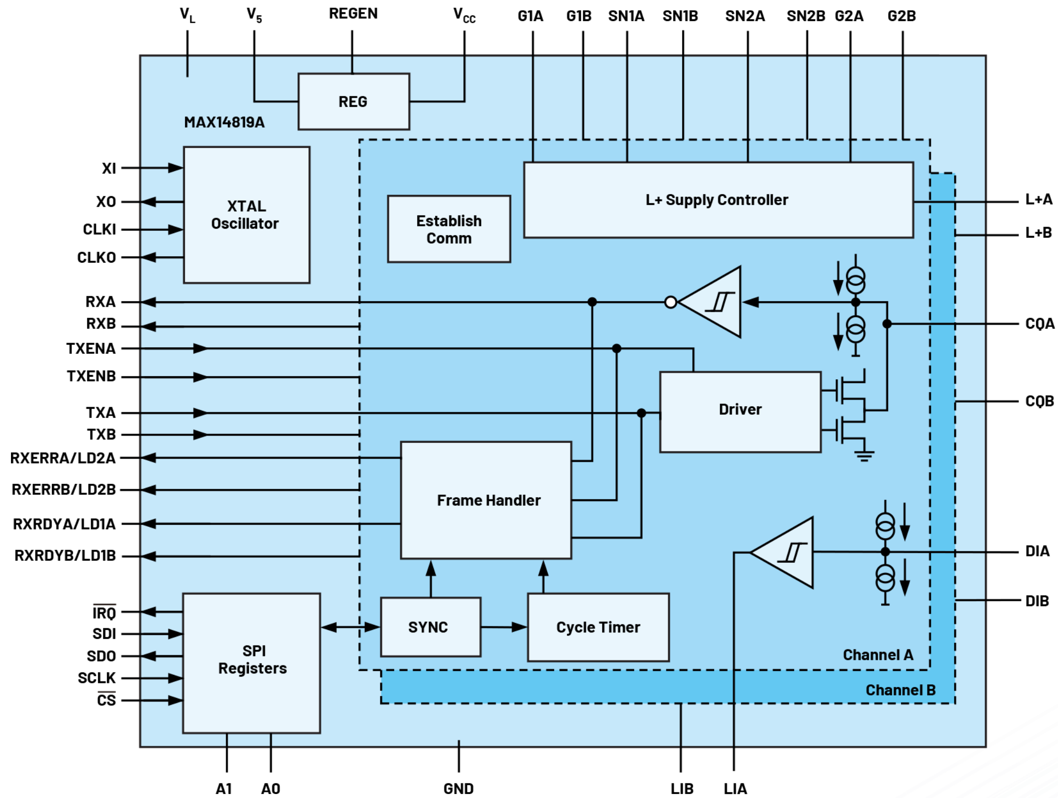


图57. MAX14819A双通道IO-Link主站收发器

评估IO-Link从站

MAX22513评估套件（EV套件）由MAX22513评估板组成，该评估板是装配完成并经过测试的电路板，用于评估MAX22513 IO-Link从站收发器。MAX22513评估套件（图58）可作为独立板使用，或与Arduino®兼容板（未提供）一起使用，以便于进行软件评估。该评估套件为用户提供了符合IO-Link标准的器件收发器和经过验证的PCB布局。该评估套件已装配完成并经过测试，免费的GUI使其很容易用于产品评估和测试。该评估套件不包含IO-Link从协议栈。

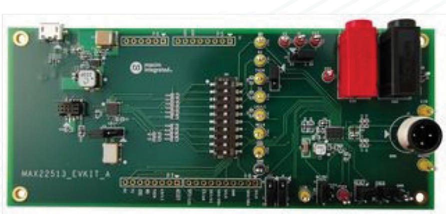


图58. MAX22513评估套件

评估IO-Link主站

MAX14819A评估套件（EV套件）由评估板和软件组成。该评估套件（图59）是装配完成并经过测试的电路板，用于评估MAX14819A IO-Link双通道主站收发器。MAX14819A评估套件包括Windows兼容软件，后者提供的GUI可用于评估器件特性。该评估套件通过USB A转micro B电缆连接至PC。该评估套件不包含IO-Link主协议栈。

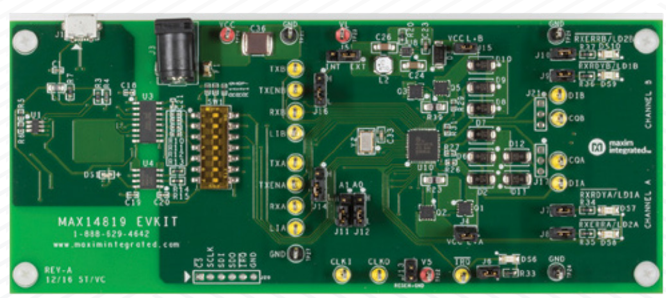


图59. MAX14819A评估套件

工业IO-Link参考设计

为了帮助我们的客户缩短产品开发时间，我们与IO-Link协议栈软件供应商合作，开发了一系列IO-Link参考设计（表8）。每个参考设计都包括高性能产品，并且电路都经过测试。

所有参考设计均随附IO-Link协议栈，供评估设计时使用。

ADI参考设计使用限制和警告

我们的参考设计已经过验证和测试，符合IO-Link规范，并且能够在恶劣的工业环境中运行，满足IEC 61000-4-x瞬态抗扰度标准的要求。

我们的参考设计板和相关软件的目的是用于评估我们的IO-Link IC的性能，而不是原封不动地部署到工厂自动化系统的最终产品中，也不应用于功能安全和/或安全关键型系统中。

所有参考设计均随附IO-Link协议栈，供评估设计时使用。

表8. IO-Link参考设计

参考设计	ADI IO-Link收发器	ADI传感器/IO IC	说明
IO-Link主站			
MAXREFDES145	MAX14819A	MAX14819A	8端口IO-Link主站(TEConcept)
MAXREFDES165	MAX14819A	MAX14819A	4端口IO-Link主站(TMG)
MAXREFDES277	MAX14819A	MAX14819A	2端口IO-Link主站，兼容Pmod的外形尺寸(TMG)
IO-Link传感器			
MAXREFDES37	MAX14821	MAX14821	IO-Link四通道伺服驱动器(TMG)
MAXREFDES42	MAX14821	MAX31865	IO-Link RTD温度传感器(IQ2)
MAXREFDES163	MAX14839	MAX14839	二进制工业磁传感器
MAXREFDES164	MAX14828	MAX31875	IO-Link局部温度传感器（TMG和TEConcept）
MAXREFDES171	MAX22513	MAX22513	IO-Link距离传感器(TMG)
MAXREFDES173	MAX14827A	MAX31875	IO-Link局部温度传感器(IQ2)
MAXREFDES174	MAX22513	MAX22513	IO-Link距离传感器(IQ2)
MAXREFDES176	MAX22515	MAX22190、MAX22192	IO-Link数字输入集线器(TMG)
MAXREFDES177	MAX22515	MAX22000	通用模拟IO (TMG)
MAXREFDES281*	MAX22516		IO-Link至Pmod兼容适配器(TMG)
MAXREFDES284*	MAX22516	MAX32660	IO-Link至Pmod兼容适配器(TEConcept)
IO-Link执行器			
MAXREFDES278	MAX22514	MAX22200	8通道电磁阀执行器(TMG)

* 计划于2023年3月发布。

技术资源附录

软件协议栈供应商

通常，IO-Link主站和传感器制造商需要第三方来生成软件协议栈。我们与主要软件供应商合作，以支持我们的IO-Link收发器用于传感器和主机设计。请直接联系我们的软件合作伙伴，了解其产品的具体细节。

TEConcept GmbH
Wentzingerstraße 21
79106 Freiburg
德国
电话：+49 761 214436 40
电子邮件：otto.witte@teconcept.de
网站：teconcept.de

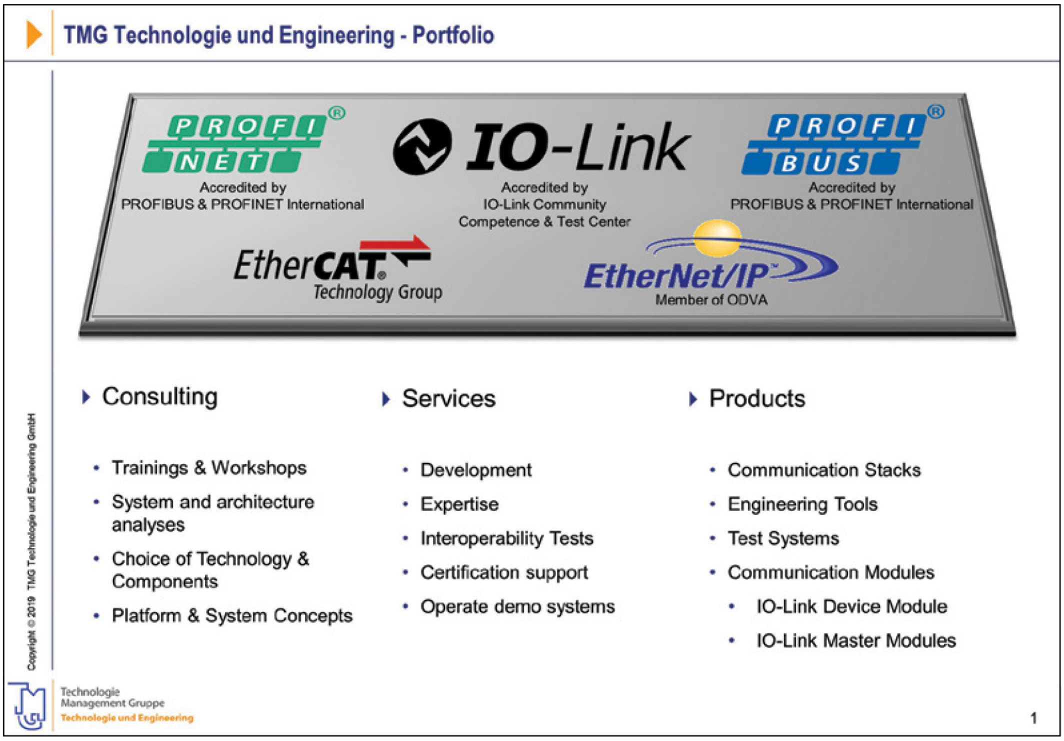
Technologie Management Gruppe
Technologie und Engineering GmbH
Zur Gießerei 10
76227 Karlsruhe
德国
电话：+49 721 8280 60
电子邮件：willems@tmgte.de
网站：tmgte.com

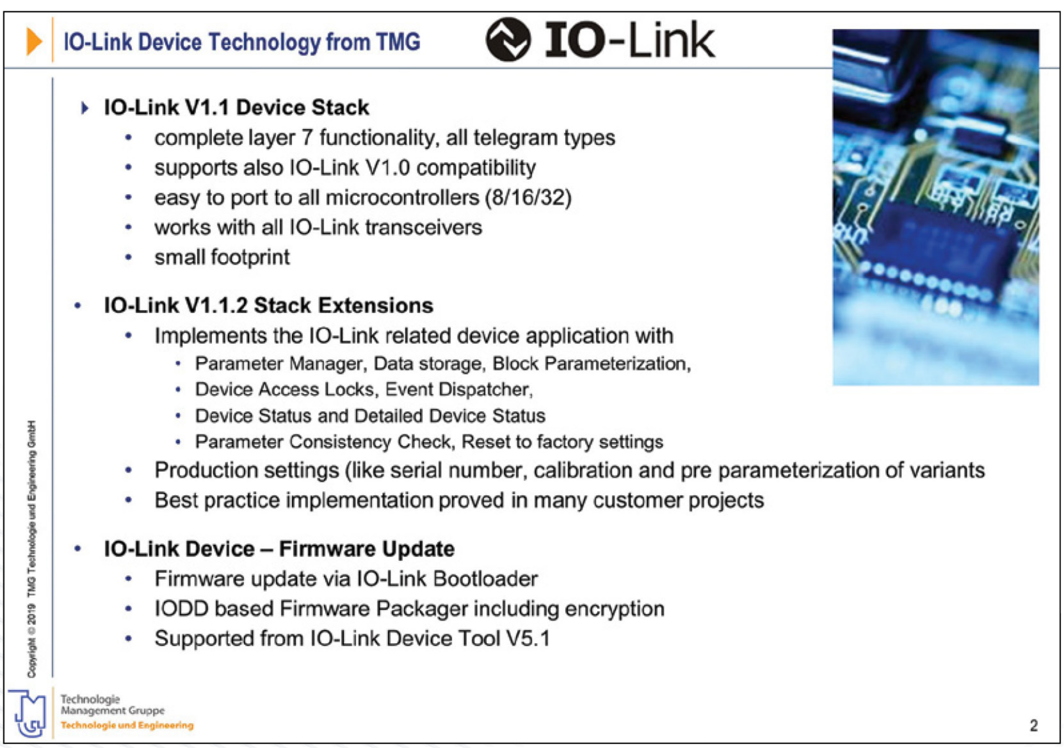
IQ² Development GmbH & Co. KG
Carl-Benz-Straße 3
72585 Riederich
德国
电话：+49 7127 5706100
传真：+49 7127 5706102
电子邮箱：info@iq2-development.de
网站：iq2-development.de

合肥安胜智能电子有限公司
合肥市高新区浮山路99号英唐科技园3号厂房4层
电话：+86 551 6526 1850
联系人：Liu Cong
电子邮件：liucong@onsoon.cn

TMG Technologie und Engineering

注意：以下信息由TMG Technologie und Engineering提供，作为每家软件供应商提供的产品和服务类型的示例。请联系软件合作伙伴以了解详细信息。

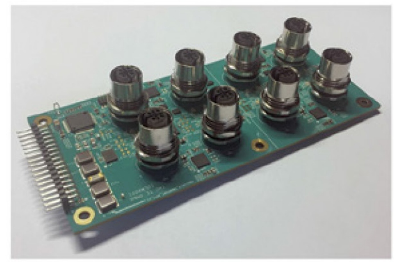




IO-Link Master Technology from TMG (1)

IO-Link

- **IO-Link V1.1 Master Stack**
  - supports all telegram types (230kBit/s, 400µs cycle time)
  - easy to port to many microcontrollers
  - Includes parameter server (data storage)
  - Already implemented to V850, Rx, 78K0R, 80C164, PIC32, STM32, R32, ARM9, CORTEX M3/M4/A7 and others
  - Support of all master Phys
  - Number of ports depends only on µC resources



- **IO-Link V1.1 Module and Module In Design Solution**
  - STM32F4 Cortex M4
  - Maxim Transceiver MAX14819
  - HW-Module 4 or 8 ports
  - In-Design-Solution: 2, 4 or 8 Ports
    - Schematics & Firmware
  - SPI communication to host controller
  - Firmware update via SPI
  - Host library, portable, ANSI-C
  - Pre certified with TMG test report

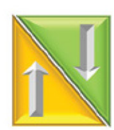
Technologie Management Gruppe
Technologie und Engineering

3

IO-Link Master Technology from TMG (2)

IO-Link

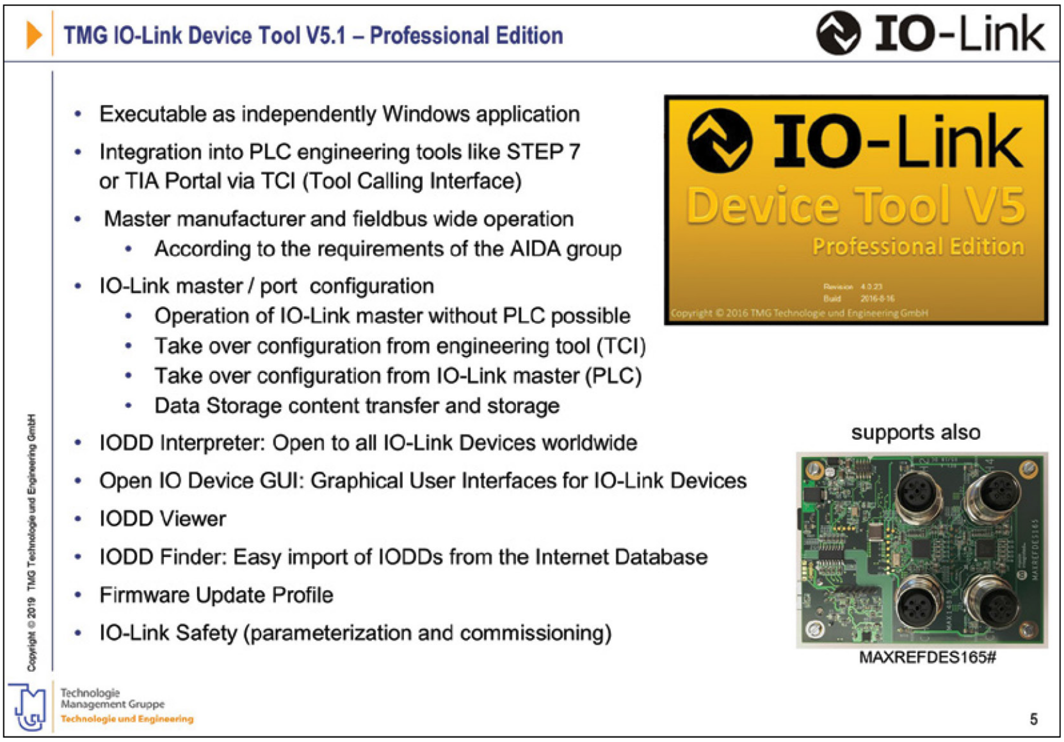
- **Smart Interface Protocol : SMI-TCP**
  - Fieldbus independent protocol for
    - IO-Link Device Tool V5.1 – Professional Edition
    - IO-Link Master Test
    - Industrie 4.0 and IOT applications, 2nd Channel
  - Properties
    - based on TCP/IP
    - Standard Master Interface (SMI, IO-Link Spec V1.1.3)
    - Multiple connections
    - Support of modular systems
    - Support of sub networks

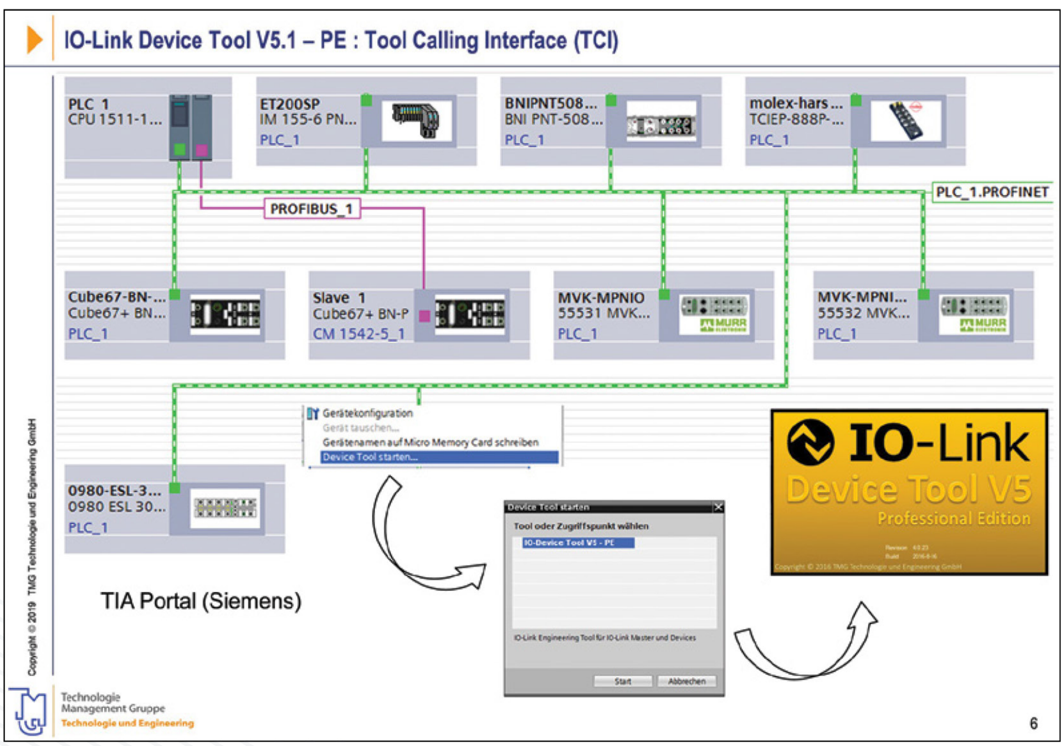


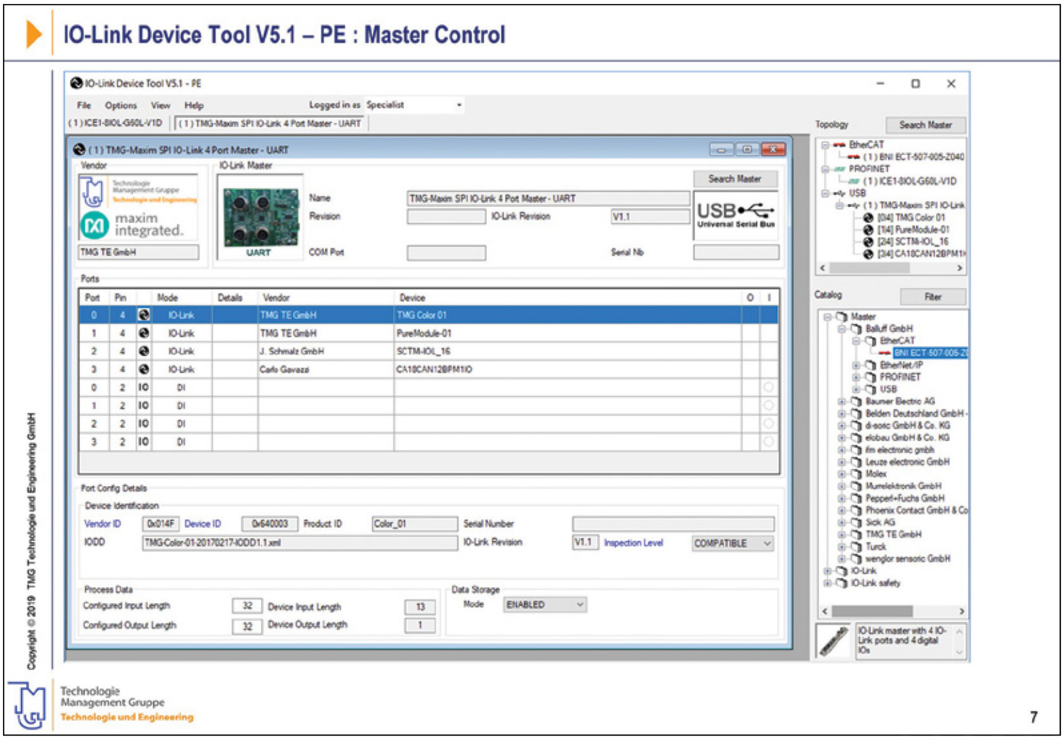
- **Fieldbus Integration**
  - Based on Standard Master Interface (SMI)
  - PROFINET (Integration specification ED 2)
  - EthetNet/IP
  - EtherCAT
  - Modbus TCP
  - PROFIBUS
  - and others …

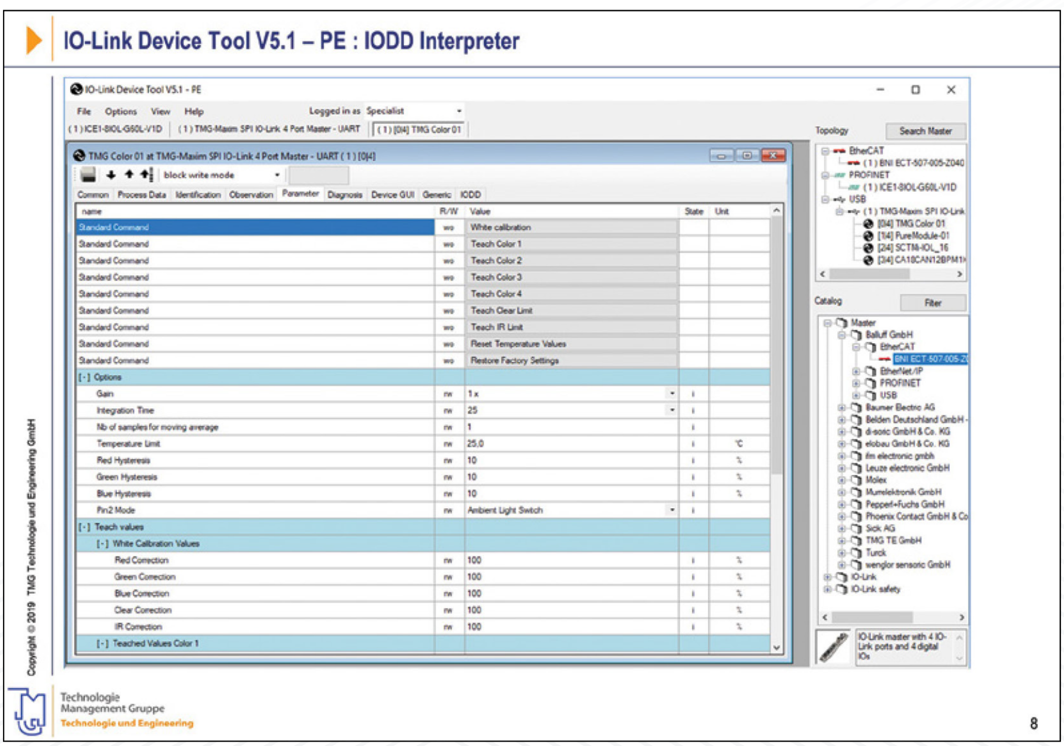
Technologie Management Gruppe
Technologie und Engineering

4

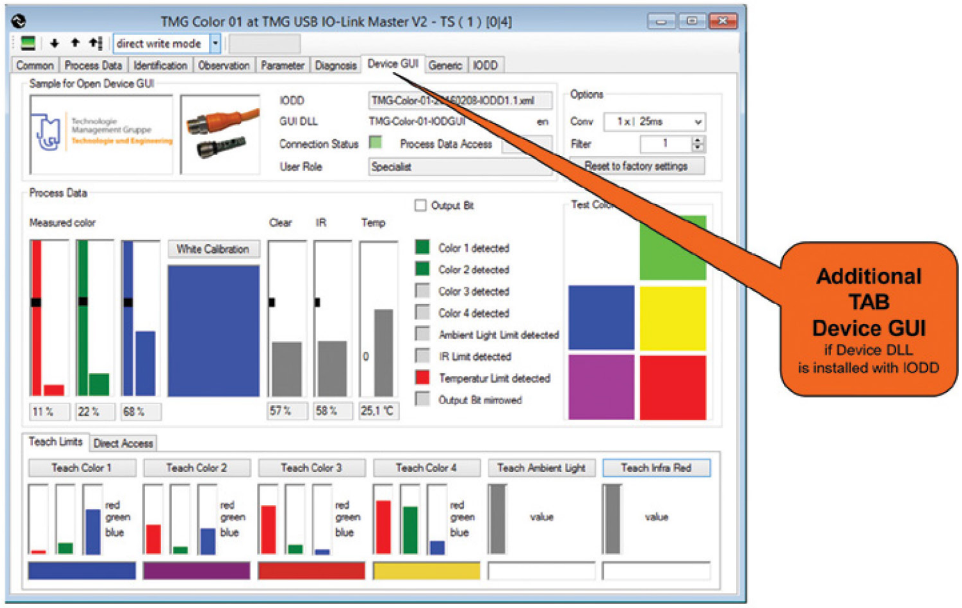

TMG IO-Link Device Tool V5.1 – Professional Edition
IO-Link
• Executable as independently Windows application
• Integration into PLC engineering tools like STEP 7 or TIA Portal via TCI (Tool Calling Interface)
• Master manufacturer and fieldbus wide operation
• According to the requirements of the AIDA group
• IO-Link master / port configuration
• Operation of IO-Link master without PLC possible
• Take over configuration from engineering tool (TCI)
• Take over configuration from IO-Link master (PLC)
• Data Storage content transfer and storage
• IODD Interpreter: Open to all IO-Link Devices worldwide
• Open IO Device GUI: Graphical User Interfaces for IO-Link Devices
• IODD Viewer
• IODD Finder: Easy import of IODDs from the Internet Database
• Firmware Update Profile
• IO-Link Safety (parameterization and commissioning)
IO-Link
Device Tool V5
Professional Edition
supports also
MAXREFDES165#
Copyright © 2019 TMG Technologie und Engineering GmbH
Technologie Management Gruppe
Technologie und Engineering
5


IO-Link Device Tool V5.1 – PE : Tool Calling Interface (TCI)
PLC_1
CPU 1511-1...
ET200SP
IM 155-6 PN...
PLC_1
BNIPNT508...
BNI PNT-508...
PLC_1
molex-hars...
TCIEP-888P-...
PLC_1
PLC_1.PROFINET
PROFIBUS_1
Cube67-BN-...
Cube67+ BN...
PLC_1
Slave_1
Cube67+ BN-P
CM 1542-5_1
MVK-MPNIO
55531 MVK...
PLC_1
MVK-MPNI...
55532 MVK...
PLC_1
Gerätekonfiguration
Gerät tauschen...
Gerätenamen auf Micro Memory Card schreiben
Device Tool starten...
0980-ESL-3...
0980 ESL 30...
PLC_1
Device Tool starten
Tool oder Zugriffspunkt wählen
IO-Device Tool V5 - PE
Start
Abbrechen
IO-Link
Device Tool V5
Professional Edition
TIA Portal (Siemens)
Copyright © 2019 TMG Technologie und Engineering GmbH
Technologie Management Gruppe
Technologie und Engineering
6


IO-Link Device Tool V5.1 – PE : Master Control
Copyright © 2019 TMG Technologie und Engineering GmbH
Technologie
Management Gruppe
Technologie und Engineering
7


IO-Link Device Tool V5.1 – PE : IODD Interpreter
Copyright © 2019 TMG Technologie und Engineering GmbH
Technologie
Management Gruppe
Technologie und Engineering
8

IO-Link Device Tool V5.1 – PE – Open IO Device Graphical User Interface

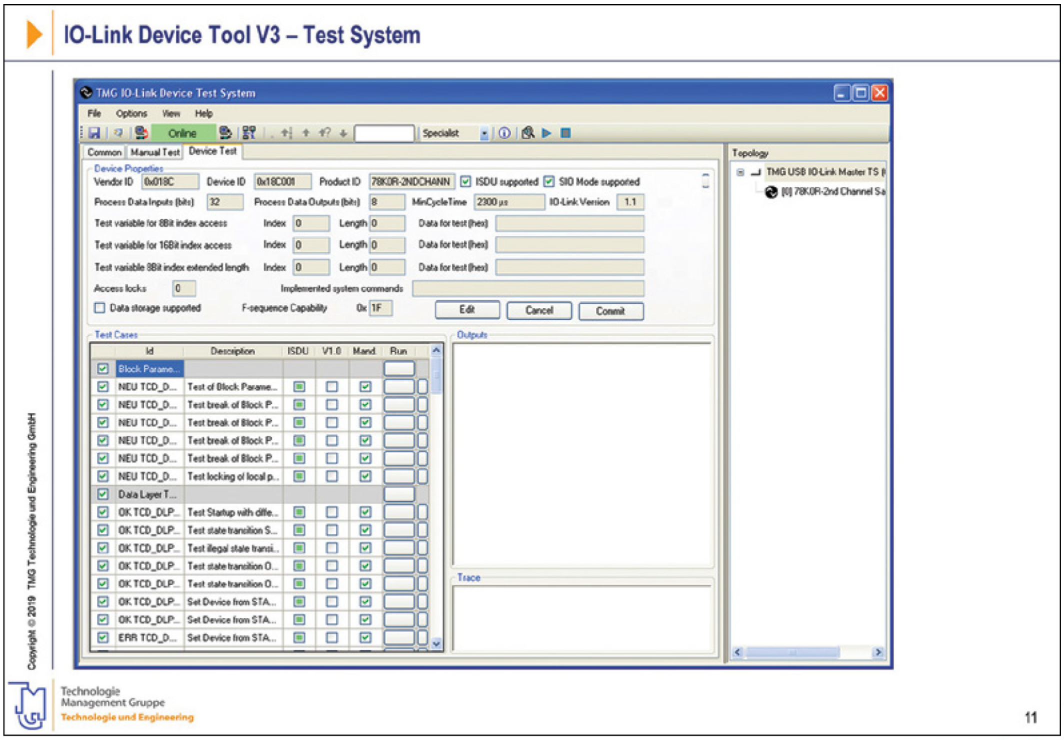


TMG IO-Link Device Tool V5.1 with TMG USB – IO-Link Master V2

USB UNIVERSAL SERIAL BUS IO-Link Durchbruch in Sachen Kommunikation

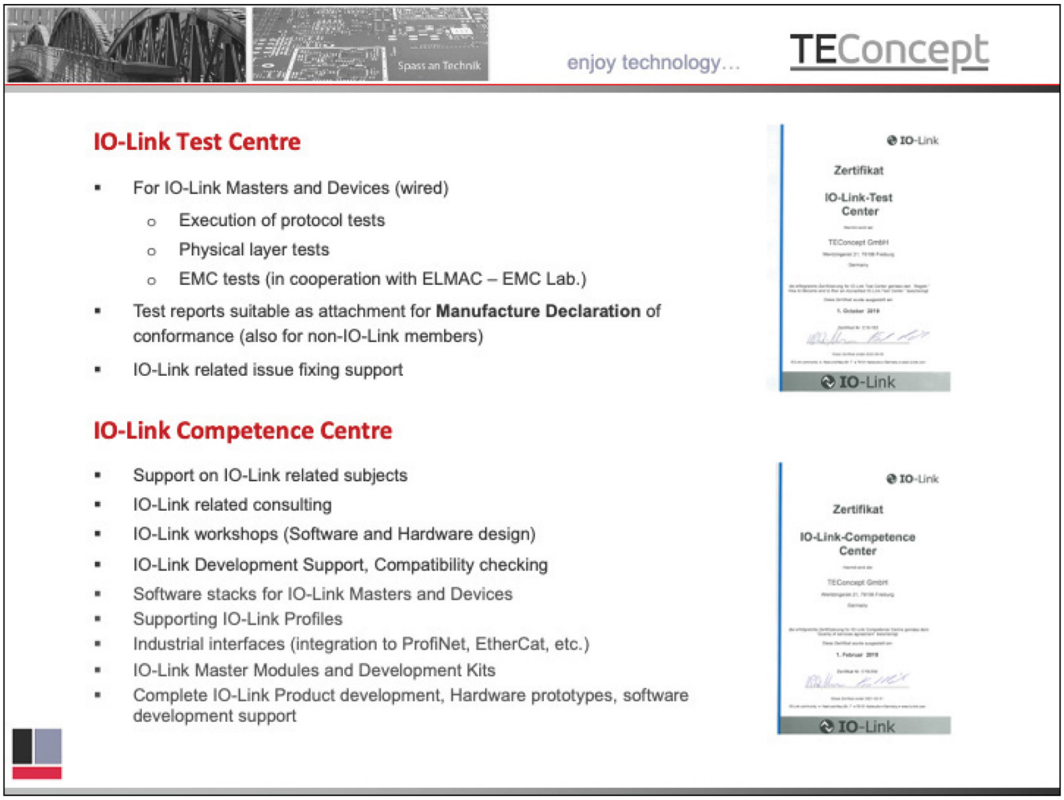
- **Standard Edition (Service and Sales)**
  - Parameterization, observation and diagnosis of IO-Link devices
  - Free updates from Internet File Server
- **IO-Link Device Test System**
  - Functionality of Standard Edition +
    - Execution of certification test for IO-Link V1.1 and V1.0 devices
    - Test configuration from IODD
    - Performs all test cases for protocol test
    - Performs also timing tests
    - Creates test report for manufacturer declaration
  - Free updates from Internet File Server
- **USB IO-Link Master V2 – EMC**
  - EMC Test Master to perform IO-Link EMC Test
    - Check robustness of IO-Link communication
  - Easy to use

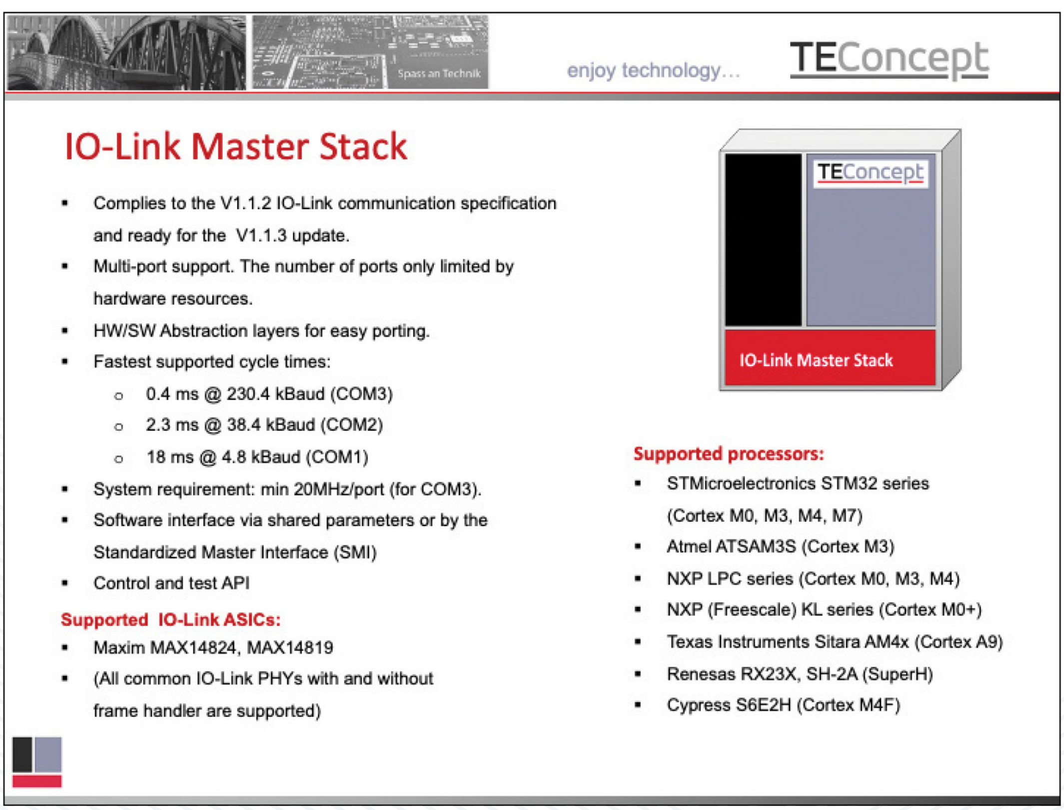
TMG Technologie und Engineering



TEConcept工具

注意：以下信息由TEConcept提供，作为每家软件供应商提供的产品和服务类型的示例。请联系软件合作伙伴以了解详细信息。





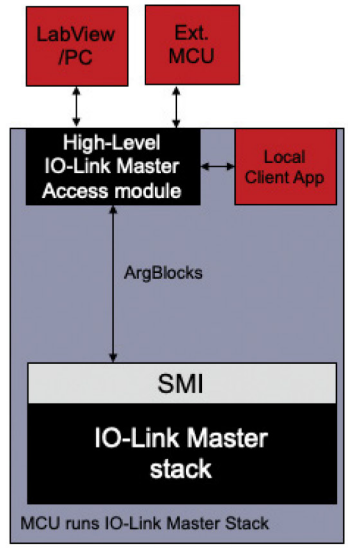
enjoy technology… TEConcept

High-Level IO-Link Master Access module

- Provides easy-to-use access to IO-Link Master Stack
- Compatible with the latest V1.1.3 IO-Link specification
- Uses the Standardized Master Interface (SMI) of the IO-Link Master stack
- Communicates with the IO-Link Master through ArgBlocks
- Real-time Process Data exchange between the user application and the IO-Link Master
- Can be used directly on the IO-Link Master chip or on separate platform with a help of an ArgBlock transport mechanism
- Easy-to-use API, written in ANSI C with focus on efficiency
- Small footprint:
  - 30-50 kB of RAM usage

Supported platforms / processors:

- Completely platform-independent
- Supports any kind of C compilers
- Runs on any kind of microcontrollers
- Runs on desktop PCs with Windows and Linux operating systems



enjoy technology… TEConcept

Integration and mapping for IO-Link (Masters)

with JSON/REST API: {JSON}

- Compliant with the JSON integration for IO-Link standard specification.
- Diagnostics and parameterization over Web and cloud systems
- Provides a device data model, objects mapping for IO-Link system to IT
- Easy integration to any JSON clients (PDCT or HMI),
- IODD management and upload
- MQTT support
- Small memory footprint, ideal for embedded systems

Requirements:

- Requires V1.1.3 IO-Link Master stack (uses SMI), Ethernet connection, TCP/IP and HTTP server

With OPC UA: OPC UA

- Compliant with the OPC UA for IO-Link companion specification
- Generic model implementation
- Generic ISDU read/write, subscription to Device parameters and events.
- IO-Link Master stack on the same MCU possible
- Includes OPC UA embedded stack (ANSI C),
- Small footprint (~15kByte RAM per IO-Link port)
- TCP-Binary server access

Requirements:

- Requires V1.1.3 IO-Link Master stack (uses SMI), Ethernet connection, TCP/IP and BSD Sockets enjoy technology…

TEConcept

IO-Link Device Stack

- Compliant to IO-Link interface specification V1.1.2 and V1.1.3 supporting all described features
- Process data handling synchronous or asynchronous to IO-Link cycle
- System load ~50 % on 8-Bit processor @ 16 MHz
- Porting to different µCs and IO-Link PHYs requires only an exchange of drivers. HW/SW Abstraction layers for easy porting.
- Required µC peripherals: UART, GPIO, 16-bit timer
- Parameter Manager for easy access to custom ISDUs
- Interface to non-volatile storage of Parameters
- Sample application supporting common profile

Supported IO-Link ASICs:

- MAXIM IO-Link PHYs (MAX 14821/14827A/14828/22513)
- (All common IO-Link PHYs with and without frame-handler are supported)

Supported processors:

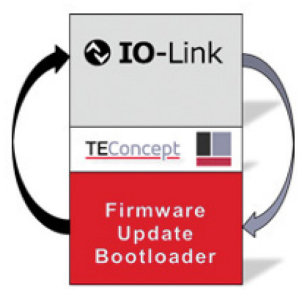
- Maxim MAX32660
- STM32 (Cortex M0, Cortex M3, Cortex M4)
- STMicroelectronics STM8L/STM8S
- Renesas RL78
- Silicon Labs C8051F31x
- NXP LPC11xx (Cortex M0)
- Atmel ATSAM3S (Cortex M3)
- Atmel ATmega32/64/128
- MSP430
- Kinetis KL-series
- **Portable to almost any platform…**

enjoy technology…

TEConcept

IO-Link Device Stack: Firmware Update Profile

- Complies to IOL-Profile-Firmware-Update V1.1 specification
- Can be added to an existing IO-Link Device
- Bootloader with integrated firmware decryption function, encryption is done on a PC with the „IOLFW" file creator.
- Reference implementation for STM32 microcontroller, portable to other platforms
- Complete toolchain for firmware update:
    - IOLFW Package Creator including encryption
    - IO-Link Control-Tool supports firmware update and BLOB transfer
    - Bootloader firmware
    - Extended IO-Link Device stack with new System Commands

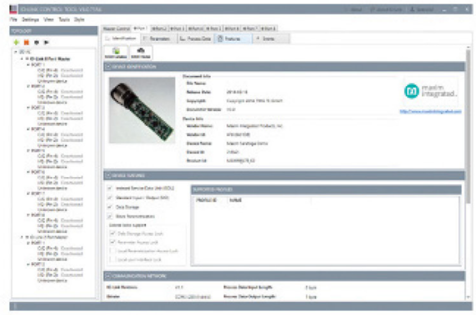


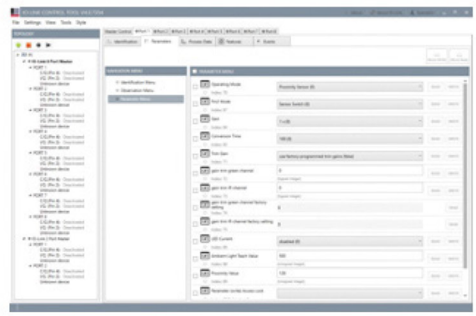
TEConcept工具

Spass an Technik enjoy technology… TEConcept

IO-Link Control Tool (4.0)

- Rich and Customizable UI
  (available for OEM/brand labeling)
- Multiple IO-Link Master Control (In Parallel)
- Easily Extendable (Plugins)
- Local IODD Catalog Handler, IODD Interpreter
- Remote IODD file download function, by the IODD Finder Integration
- IO-Link Port Configuration and Parametrization
- Supports any IO-Link Master which supports JSON integration
- Profile Support:
  - Device Firmware Download Support
  - BLOB Transfer Support
- Data Storage Content Exchange Support
- IO-Link Safety Support
- Role based Authorization





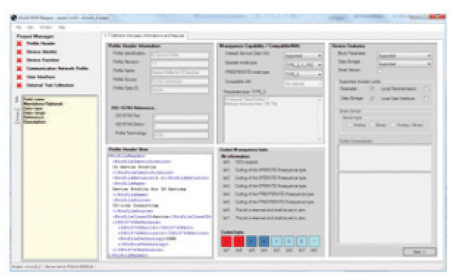
Spass an Technik enjoy technology… TEConcept

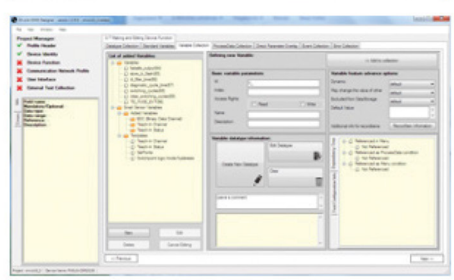
IODD Designer

- Simplifies generation and development of IO-Link Device Descriptor (IODD) files.
- Runs on any Windows 7/8/10 PC.
- Simple „wizard-like", step-by-step IODD generation
- Integarion with the offical IODD Checker is possible to verify and stamp the generated IODD.

Advantages:

- Supports V1.0 and V1.1 compliant IODD files and IO-Link Profiles
- No XML-Knowhow required
- Integrates the IODD Checkers
- Exiting IODDs can be imported
- Working state can be saved and restored





enjoy technology…

TEConcept

IO-Link Diagnosis Tool

- Timing accurate IO-Link signal analysis
- Timing precise software UART decoding
- Optional hardware signal direction detection
- Byte-, frame-, protocol- or IODD-based decoding of IO-Link signal
- Sophisticated filtering and search features
- Configuration image based on transferred
- Recording to PC / SD-card
- Analog time signal view for UL+, IL+, UCQ, ICQ
- Eye diagram view separated for Device/Master
- Interactive rulers for analogue measurements
- Calibration of measured voltages and currents

Advantages:

- Fast and easy IO-Link issue analysis
- Logical and electrical issue detection
- Suitable for development and application

enjoy technology…

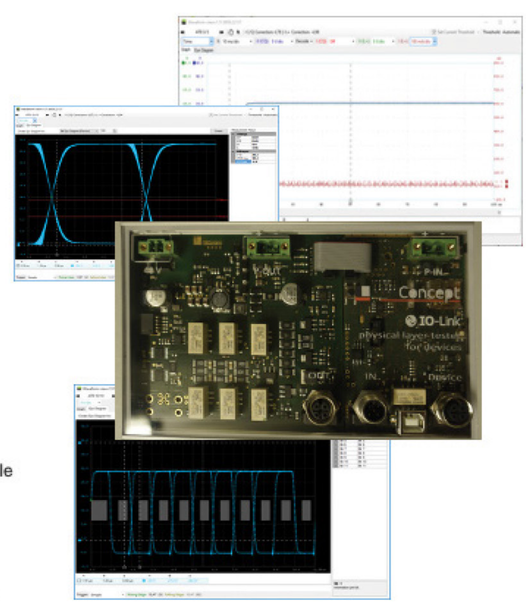
TEConcept

IO-Link Physical Layer Tester

- Compliant to IO-Link Test Specification V1.1.2 (V1.1.3 coming)
- User calibration support
- IODD support
- Integrated IO-Link Master
- Integrated Line Simulation
- Semiautomatic measurement procedure based on recorded waveforms
- SIO – Mode tests
- BIT – and UART Eye-Diagrams
- Test Report Generation (PDF)
- All test results are stored in a reloadable test data file

Advantages:

- All components to run physical Layer Tests are included
- Substantial reduction of test effort and test duration
- Automatic test report generation



TEConcept工具

enjoy technology…

TEConcept

IO-Link EMC Test Master

- Complies to IO-Link interface specification V1.1.2 (V1.1.3 coming) and the current IO-Link test specification.
- Error and Signal output
- 4 electrical IO-Link port configurations
    - COM1/2 speed port (good/bad signal)
    - COM3 speed port (good/bad signal)
- RS232 and USB interfaces
- Terminal based control command set
- Additional EMC test and control software with graphical user interface
- Test report generation in PDF Format
- Operates as standard "USB IO-Link Master„

Advantages:

- Sensitive Parts are located outside EMC chamber
- EMC robustness considerably better than required

enjoy technology…

TEConcept

IO-Link EMC Test Device

- Device fully compliant to V1.1.2 IO-Link Interface Specification
- All 3 COM-Speeds supported (Switch Selector)
- Internal Pseudo-Random-Number Generators
- Error counter for Parity, Checksum, Data and Time-out Errors
- 7-Segment Error Counter Display
- 7-Segment Device Status Display
- Errors Counter accessible via IO-Link
- Optical Error Trigger Output

Advantages:

- No development effort for master manufacturers
- Better time-to-market
- Identification of EMC issues

enjoy technology… TEConcept

IO-Link Device Tester System

- Test cases are defined in the IO-Link test specification
- TEConcept Device tester simplifies the execution protocol compliance tests.
- Generates **Manufacturer Declaration/Test report (PDF)**

Advantages:

- Complies to IO-Link Test specification V1.1.2 (V1.1.3 support in preparation)
- IO-Link profiles (FW-Update, BLOB Transfer, etc. are supported)
- Extendible with customer specific test cases
- Selectable Test Case execution
- Hex-Trace of IO-Link communication
- Log- and Trace File export
- Session store/restore (project file)

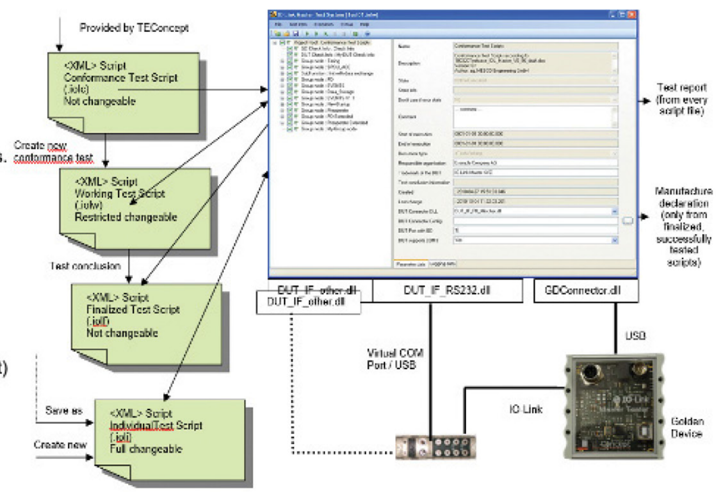
enjoy technology… TEConcept

IO-Link Tools – Master Tester - Overview

- All baud rates supported
- Upgradeable for new IO-Link features
- Alternative adaption to for fieldbus interfaces via DLLs.

Advantages:

- Support for new serial Test Interface
- Generic serial DLL
- Windows 7/10 compliant (64bit)
- V1.1.2 Test-spec compliant (V1.1.3 coming soon)



IQ²开发工具

注意：以下信息由IQ²提供，作为其提供的产品和服务类型的示例。请与他们联系以了解详细信息。

IQ² Development

Complete Hardware and Software example for DEVICE STACK integration

To simplify IQ² Device stack integration into Customers device, a complete example (hardware and software) is available:

1. **Hardware**
   a. Hardware is based on "MAXIM IO-LINK TEMPERATURE SENSOR (MAXREFDES173)" Device. See more: www.maximintegrated.com

   b. IO-Link device transceiver: **MAX14827A (Low-Power, Ultra-Small, Dual Driver, IO-Link Device Transceiver)**
   c. Sensor: **MAX31875 (Low-Power I2C Temperature Sensor)**
   d. Main microcontroller: **Renesas RL78/G1A**
2. **Software**
   a. IO-Link Device stack: **IQ2 Development,** https://www.iq2-development.com/products/iqstacks.html
   b. IO-Link Device application: **IQ2 Development.**

The MAXREFDES173 is an IO-Link® temperature sensor reference design uses a ±2°C-accurate local temperature sensor with I2C/SMBus interface (**MAX31875**) and Low-Power, Ultra-Small, Dual Driver, IO-Link Device Transceiver (**MAX14827A**).
The sensor uses **IQ2 Development's IO-Link device stack** to communicate to any IO-Link version 1.1-compliant master (for example: iqLink (https://www.iq2-development.com/products/iqlink.html).
The board also contains a male M12 connector for connection to a compliant IO-Link master using a standard M12 cable.

www.iq2-development.com

IQ² Development

Complete Hardware and Software example for DEVICE STACK integration

To simplify IQ² Device stack integration into Customers device, a complete example (hardware and software) is available:

1. **Hardware**
   a. Hardware is based on "MAXIM IO-LINK LASER DISTANCE SENSOR (MAXREFDES174)" Device. See more: www.maximintegrated.com

   b. IO-Link device transceiver: **MAX22513 (Surge Protected Dual Driver IO-Link Device Transceiver with DC-DC)**
   c. Sensor: **VL53L1X (long distance ranging Time-of-Flight sensor)**
   d. Main microcontroller: **Renesas RL78/G1A**
2. **Software**
   a. IO-Link Device stack: **IQ2 Development,** https://www.iq2-development.com/products/iqstacks.html
   b. IO-Link Device application: **IQ2 Development.**

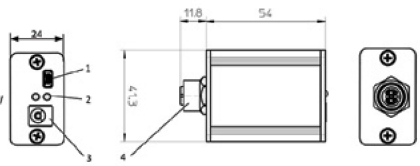
The MAXREFDES174 is an IO-Link® distance sensor reference design uses a long distance ranging Time-of-Flight sensor (**VL53L1X**) and Surge Protected Dual Driver IO-Link Device Transceiver with DC-DC (**MAX22513**).
The sensor uses **IQ2 Development's IO-Link device stack** to communicate to any IO-Link version 1.1-compliant master (for example: iqLink (https://www.iq2-development.com/products/iqlink.html).
The board also contains a male M12 connector for connection to a compliant IO-Link master using a standard M12 cable.

www.iq2-development.com

IQ² 开发工具

DATA SHEET iqLink USB IO-LINK MASTER **IQ² Development**

1: mini USB
2: LED operating condition/ error message
3: 24 V DC Ø5,5/2,1mm
4: M12x1 Type A female



CE IO-Link

Product features	
USB IO-Link Master	
Parameterize devices and monitoring of process data	
Supported communication protocols: IO-Link, COM 1 (4.8 kBit/s) / COM 2 (38.4 kBit/s) / COM 3 (230 kBit/s)	
For operation with iqPDCT (Port and Device Configuration Tool)	
Electrical data	
Output voltage in USB mode, V	24 V DC ± 10%
Output voltage with external power supply, V	24 V DC ± 6V (max. input voltage)
Output current in USB mode, mA	80 mA
Output current with external power supply, A	max. input current <2,5 A
Input voltage on USB mode, V	5 V DC
Input voltage with external power supply, V	24 V DC ± 6V (according to DIN EN60950)
Input current in USB mode, mA	max. 600 mA
Input current with external power supply, A	max. 2,5 A
Outputs	
Short-circuit protection	yes
Interfaces	
IO-Link-Master transmission type	COM 1 / COM 2 / COM 3
IO-Link revision	V1.0 and V1.1
Number of ports	1
Port class	M12x1 / Type A / female
Environmental conditions	
Ambient temperature, °C	0 to +55 °C
IP protection class	IP 20

IQ² Development GmbH & Co. KG, Carl-Benz-Str. 3, 72585 Riederich
www.iq2-development.de, info@iq2-development.de

DATA SHEET iqLink USB IO-LINK MASTER **IQ² Development**

Registrations / Checks	
EMV Guideline 2014/30/EU	DIN EN 61000-6-2:2005 DIN EN 61000-6-4:2007+A1:2011 DIN EN 61131-9:2013
RoHs Guideline 2011/65/EU	fulfilled
Mechanical data	
Weight, kg	0,066 kg (net) / 0,106 kg (gross)
Material	Aluminium anodized
Display / Diagnose	
Display	Operation condition: LED green light permanently on = iqLink ready, no IO-Link Communication LED green light, active IO-Link communication flashes at 900 msec and 100 msec off = iqLink ready
Diagnose	error indication: LED red light permanently on (LED green light cut) = please send iqLink to the manufacturer
Electrical connection	
Connection Assignment:: 1: +24 V 2: not occupied 3: GND 4: IO-LINK: CH1 (C/Q) 5: not occupied	1: +5 V 2: D- 3: D+ 4: not occupied 5: GND
Remarks	
IO-Link Master Transceiver:	Maxim MAX14819ATM+
Main Microcontroller	Renesas RL78/G13 (R5F100)
Packaging unit, pieces	1 Piece
Country of origin	DE
HS-Code	85437090

Recycling remarks
This product is to be supplied after his use according to the topical disposal regulations of your administrative district, country and state as an electronic industry waste of a separate disposal.

The information contained in this data sheet was compiled with the greatest possible care.
For correctness, completeness and actuality the liability is limited to coarse fault.

Version v.1.4.1 (dated 03/19)

IQ² Development GmbH & Co. KG, Carl-Benz-Str. 3, 72585 Riederich
www.iq2-development.de, info@iq2-development.de

公司概况

ONSOON

本系统由合肥安胜智能电子有限公司开发。安胜是一家位于安徽省合肥市的国家高新技术企业。

公司的主要业务包括：IO-Link工具开发、IO-Link解决方案开发和传感器芯片设计。产品包括4端口IO-Link USB主机、单端口IO-Link主站、PDCT软件、IODD生成和集成系统。

合肥安胜智能电子有限公司
合肥市高新区浮山路99号英唐科技园3号厂房4层

电话：0551-65261850
联系人：Cong Liu
电子邮件：liucong@onsoon.cn

IO-Link词汇表

（经io-link.com许可转载）

非周期性数据	仅在请求后才从控制器传输的数据（例如参数数据、诊断数据）。
COM1-3	IO-Link数据传输速率。
周期性数据	控制器定期自动传输的数据（过程数据、值状态）。
DI	数字输入。
DQ	数字输出。
GSD文件	GSD（通用站点描述）文件中描述了PROFINET器件的属性，其中包含配置所需的所有信息。
HMI	自动化系统的人机界面。
IEC 61131-9	关于可编程控制器基本概念的国际标准。第9部分“用于小型传感器和执行器的单点数字通信接口(SDCI)”下方的内容对IO-Link进行了相关说明。
IODD	器件的电子器件描述（IO器件描述）。
IO-Link从站	由IO-Link主站监视和控制的现场从站。
IO-Link主站	表示更高级别现场总线和IO-Link从站之间的连接。IO-Link主站监视和控制IO-Link从站。
参数分配服务器	符合IO-Link规范1.1版的IO-Link主站可以充当IO-Link从站的参数分配服务器。
端口	端口是IO-Link通信通道。

IO-Link常见问题解答

问：建议使用哪些元件在突波事件期间提供保护？

答：我们通常建议客户在C/Q线上放置两个电容（约220 pF，一个连接到GND；一个连接到V_{CC}）的焊盘，以便进行突波测试(IEC 61000-4-4)。电容的位置应尽可能靠近IC。根据电路板的不同，可能不需要这些电容就能通过突波测试，因此我们建议先在未放置电容的情况下进行测试，然后按需添加。

为在浪涌事件期间提供保护，需要使用箝位电压低于收发器绝对最大额定值的TVS二极管。TVS二极管的位置应尽可能靠近IC。

问：一些IO-Link设计似乎具有隔离接地层。隔离的目的是什么？

答：虽然IO-Link规范未提及隔离要求，但所有IO-Link系统都在信号链中的某个点进行了隔离设计。隔离可确保控制器/背板免受本地24 V现场电源上发生的任何瞬态事件的影响。隔离通常设置在成本最小的地方，例如，在背板与控制器之间或控制器与IO-Link收发器之间。

问：什么是SIO，与IO-Link有何关系？

答：根据IO-Link规范，每个IO-Link主站端口都可以配置为以SIO（单输入/输出）模式或IO-Link (SDCI)通信模式工作。在SIO模式下，端口可配置为数字输入或数字输出。有关详细信息，请参阅IEC 61121-2。

问：有些IO-Link主站收发器具有DI输入，有些则没有。什么是DI？

答：DI表示数字输入。数字输入是工业系统中最常见的输入。DI用于连接开关量传感器。

问：为什么IO-Link支持三种不同的数据速率？

答：许多工业系统已经存在多年。虽然通信系统的数据速率已显著提高，但通常仍在其原始系统中运行的许多原始传感器的软件/通信能力较弱。IO-Link规范包含三种数据速率的通信，支持大多数传感器能力，允许对已有工业系统进行升级和改进，而无需进行费用高昂的全面改造。

问：是否必须为IO-Link主站和从站提供浪涌保护？

答：IO-Link电缆的额定最大长度为20 m，而IEC 61000-4-5浪涌标准中规定超过30 m的电缆才需浪涌保护，因此IO-Link标准不需要浪涌保护。

问：IO-Link主站的C/Q引脚上的最大输入电容是多少？

答：在最高4 MHz的频率范围内，IO-Link主站在接收模式下的输入电容必须≤1 nF。

问：IO-Link从站的最大电容是多少？

答：IO-Link从站输入电容≤1 nF。COM1或COM2数据速率与推挽驱动器操作相结合的情况除外，在这种情况下，最大输入电容可达10 nF。

问：什么是IO-Link电缆？

答：IO-Link电缆至少有3根线（C/Q、L+和L-）。电缆无屏蔽。

问：IO-Link电缆的最大长度是多少？

答：电缆最大长度为20 m。

问：最坏情况下允许的电缆电阻和电容是多少？

答：环线电阻为6.0 Ω（最大值），而最大电缆电容（C/Q至L+/L-）为3.0 nF（至1 MHz）。

问：IO-Link电缆是否端接？

答：没有关于IO-Link电缆端接的规范。因此，IO-Link电缆上的电压波形可能会出现过冲。

问：IO-Link周期时间是什么意思？

答：IO-Link周期时间是指IO-Link主站在工作模式下向IO-Link从站发送主站消息的重复速率。这是向从站提供或请求过程数据的速率；也就是说，要求传感器以该速率提供测量数据，或以该速率向执行器提供新数据。

问：IO-Link标准允许的最短IO-Link周期时间是多少？

答：最短周期时间为400 μs。如此短的周期时间仅适用于COM3数据速率。

问：是否每个IO-Link主站都支持400 μs周期时间？

答：IO-Link标准不要求IO-Link主站支持400 μs的最短周期时间。每个IO-Link主站都会指定自己的最短周期时间能力。

问：IO-Link通信基于什么通信方式？

答：IO-Link通信基于主站与从站之间的对话，其中IO-Link主站轮询IO-Link从站，IO-Link从站必须应答主站消息。

问：IO-Link从站必须以多快的速度响应IO-Link主站消息？

答：IO-Link从站必须在主站消息最后一位之后的10位时间内发送出其第一位。因此，响应时间取决于数据速率（COM速率）。

问：IO-Link采用什么拓扑结构？

答：IO-Link是一种点对点连接，其中IO-Link主站仅连接到一个IO-Link从站。

问：IO-Link主站C/Q端口的电流驱动能力是多少？

答：IO-Link主站的C/Q引脚可以连续驱动至少100 mA（最小值），短时间驱动至少500 mA（最小值），以用于IO-Link唤醒。

问：为向IO-Link从站供电，IO-Link主站必须提供的电源电压范围是多少？

答：IO-Link主站必须提供容差范围为20 V（最小值）至30 V（最大值）的24 V电源，以向IO-Link从站供电。

问：**IO-Link**主站必须能够向**IO-Link**从站提供多大的负载电流？

答：IO-Link主站必须持续提供200 mA电流。

问：**IO-Link**从站的电源电压范围是多少？

答：IO-Link从站必须以24 V标称电源运行，电压范围为18 V（最小值）至30 V（最大值）。

问：**IO-Link**从站可以驱动多大的负载电流？

答：IO-Link从站额定驱动至少50 mA电流。IO-Link从站驱动至少100 mA电流是很常见的。

问：为什么有些**IO-Link**从站收发器能够驱动**200 mA**或更大的负载电流？

答：虽然IO-Link操作不需要如此大的电流，但如果要求IO-Link从站（例如开关传感器）以标准二进制输出模式驱动大负载（如阀门或继电器），则可能需要这样的大电流。

问：在**IO-Link**通信期间，**IO-Link**从站驱动器能否以**PNP**或**NPN**模式运行？

答：IO-Link通信支持推挽和PNP两种模式。推挽是首选模式，因为当设备驱动C/Q线时定义的两个逻辑状态将由低阻抗驱动器定义。PNP模式可用于较低COM速率，在这种情况下，C/Q低电平由IO-Link主站中的5 mA下拉电阻定义。

问：**IO-Link**从站能否以**NPN**模式运行？

答：如果IO-Link主站支持NPN传感器，则IO-Link从站只能在SIO操作期间以NPN驱动器模式运行。IO-Link标准不支持NPN驱动器操作。

问：我想让我的新**IO-Link**传感器与带**PNP**驱动器的旧二进制开关传感器兼容。我能否在**PNP**模式下使用该传感器？

答：以SIO模式工作的传感器可以在PNP模式下使用，方便与旧传感器兼容。当传感器从IO-Link主站获得IO-Link唤醒信号时，建议将其驱动器切换到推挽模式。

其他IO-Link资源

IO-Link网页

IO-Link收发器和二进制驱动器

IO-Link主站收发器

IO-Link从站收发器

二进制驱动器

IO-Link参考设计

IO-Link应用笔记和文章

应用笔记6427：计算MAX14819A双通道IO-Link主站收发器的功耗

应用笔记5151：MAX14820/MAX14821传感器/执行器收发器工作期间模式变化的特殊考虑

应用笔记6965：如何为IO-Link从站选择TVS二极管

IO-Link展望

视频

采用可配置的IO-Link解决方案，在边缘实现智能

智能传感器助力工业自动化

什么是IO-Link？

了解IO-Link技术的基础知识

IO-Link从站收发器的热图比较

在实验室：IO-Link智能传感器系统演示

商标

Arm是Arm Limited的注册商标和注册服务标志，Cortex是其注册商标，Mbed是其商标。

IO-Link是Profibus用户组织(PNO)的注册商标。

Renesas是Renesas Electronics Corporation的注册商标和注册服务标志。

Windows是Microsoft Corporation的注册商标和注册服务标志。

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

如需了解区域总部、销售和分销商，或联系客户服务和技术支持，请访问analog.com/cn/contact。

向我们的ADI技术专家提出棘手问题、浏览常见问题解答，或参与EngineerZone在线支持社区讨论。
请访问ez.analog.com/cn。

G24030sc-2/23

请访问analog.com/cn