

ADI系统级解决方案—— 加速工业4.0智能制造的发展

随着工业4.0的实施和智能制造的高速发展，智能制造解决方案的需求也在逐步提升，已由原先仅对资产进行状态监控和预防性维护等需求向更智能化方向发展，逐步实现了设备间的无缝连接、多协议以太网的通讯、模块化机器人原型制作等功能。针对工业4.0，针对智能制造，ADI一直走在市场的前列，和客户共同发展，提供完善齐全的系统级解决方案，助力加速智能制造的发展和进步。

满足工业4.0的智能工厂特点

工业4.0创造了智能工厂，实现了工厂高度自动化，万物互联互通成为必须，设备资产间的集成高度连接，实时通信和实时监控也走入工厂。满足工业4.0的智能工厂大致有如下几个特点：

- ▶ 实时监控：智能工厂要求对资产进行实时监控以分析机器健康状况，监督制造过程，提前注意到异常行为以便采取预防性维护措施，通过可行的洞察减少系统停机时间，延长资产寿命；
- ▶ 多协议连接：车间中使用的设备和传感器多种多样，因此需要多协议连接解决方案以统一的方式实现无缝数据交换；
- ▶ 智能、响应速度：系统更加智能，感知能力更强，因此要求系统具有一定的智能和快速响应，常常需要在没有人工干预的情况下采取纠正措施；

针对工业4.0对工厂互联提出的更高需求，随之而来的是需要更多相关配套解决方案上市，快速、便捷的服务于智能工厂。

一、可配置的运动和机器人平台

智能工厂现场随处可见机器人，它们不再孤立工作，俨然已成为装配线的一部分，常说的协作机器人也就是这类机器人，协同人类共同工作。高度智能的自主仓储解决方案中协同机器人颇为常见，它们将设备中的零件从供应仓库送到装配站。众多传感器间的增强式连接也让机器人变得更智能、更安全。基于智能工厂对机器人需求的增加，可配置的运动和机器人平台应运而生且需要具有如下特性：

- ▶ 可扩展性：平台可扩展且组成单元可进行模块化操作，支持使用不同的互换卡，方便简单的连接或更换轻松快速的测试和评估众多功能；
- ▶ 软件灵活性：平台模块可以更多地采用开源资源，支持各种不同的机器人操作系统；
- ▶ 硬件灵活性：平台提供一定程度的硬件灵活性，为不同的接口类型提供多种连接选项，并可以通过FPGA来应对各种应用；

图1是ADI和合作商共同开发的一款可配置的运动控制板，具有针对电机驱动、位置反馈、FPGA、工业以太网和电流检测的连接选项，是各种终端市场中电机控制和工业机器人应用的出色选择。该平台设计有电源模块，配备多种接口，满足所有连接需求。

ADI提供的评估平台专为技术评估、原型制作或B0G开发而设计。这套独立开发平台带有FPGA开发所需的全部标准器件，具有板载HyClone、FPGA SOM，可通过低引脚数FPGA夹层卡轻松扩展。

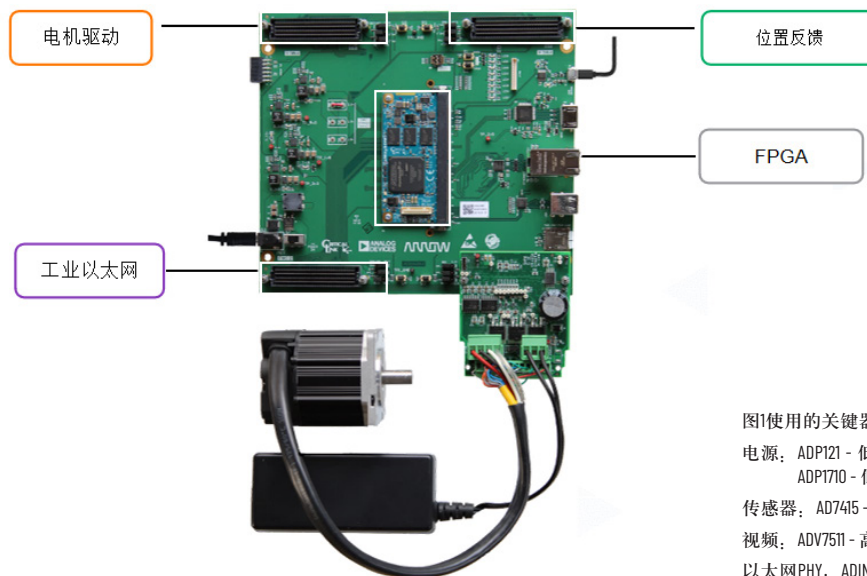


图1使用的关键器件包括:

电源: ADP121 - 低静态电流、CMOS线性稳压器;
 ADP1710 - 低压差、CMOS线性稳压器
 传感器: AD7415 - 数字输出温度传感器
 视频: ADV7511 - 高性能HDMI发送器
 以太网PHY: ADIN1300 - 工业以太网千兆PHY

图1. 运动和机器人平台

备注: 该平台与Arrow Intel FPGA团队合作创建, 完整的文档库和设计资源可查询: <https://github.com/ArrowElectronics/Reconfigurable-Industrial-Robotics-Platform/wiki>
 裸机设计 (HDL和ARM软件) 可查询: <https://github.com/CriticalLink/ArrowCMR>

二、网络接口

一旦设计好运动和机器人平台, 则需要为其提供先进的连接解决方案, RapID G2平台正是基于此概念而进行的设计。

针对工业4.0的部署提供连接解决方案时, 网络接口应具有以下特性:

- ▶ 多协议连接: 支持多协议连接, 简化集成操作且提供向后兼容, 并在一定程度上适应未来的连接需求;
- ▶ 即插即用: 即插即用是较为理想的解决方案, 简化连接, 加速开发, 节省大量工程设计时间;
- ▶ 统一接口: 解决方案应为所有多协议互连提供统一的软件接口。

2.1. 网络接口解决方案

ADI提供了两个版本网络接口解决方案, 分别为ADIN2299模块和嵌入式参考设计, 两个版本都已预先认证, 并具有多协议连接能力。

1、ADIN2299模块: 这是一款经过预先认证的网络接口模块解决方案, 经过全面测试和验证, 现已满足合规要求。此模块提供通用软件接口, 通过统一接口连接到通信控制器, 简化了与主机微控制器的集成。ADI公司开发了软件驱动程序和API, 协议操作通信控制器ADSP CM409处理进行, 用户特定代码在自己的应用程序处理器上生成。

该模块经过了全面的测试, 是完全现成、可立即使用的解决方案。使用该模块简化了系统开发, 降低了设计风险和开发成本, 缩短了开发时间。

2、嵌入式参考设计: 嵌入式参考设计也已通过了预认证, ADI为用户提供了原理图和布局建议, 支持对设计板进行优化。用户还能收到预认证的网络软件, 是批量化产品的经济高效解决方案。

2.2. 网络接口解决方案优势

ADI提供的网络接口解决方案如图2所示具有如下优势:

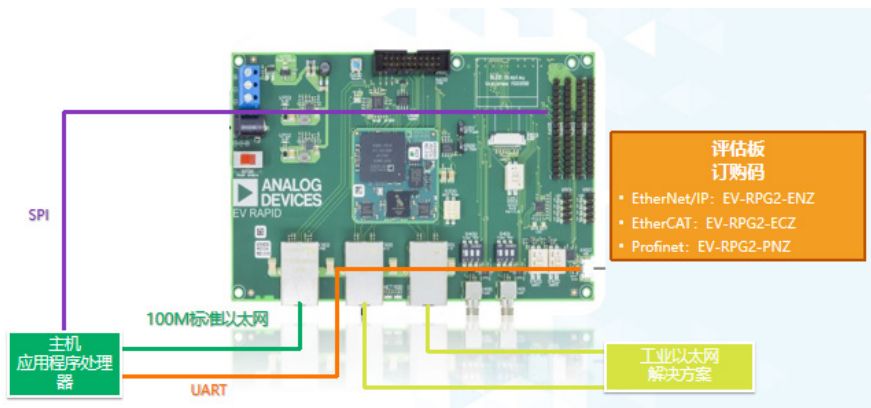


图2. 网络接口平台

- 1、开箱即用型解决方案：提供通信子系统，使用者再无需担心通信处理工作；
- 2、完整软件解决方案：平台附带所有软件协议栈、驱动程序、RTOS、网络服务器等信息，消除了软件集成的设计负担，减轻了开发难度；
- 3、轻松扩展：解决方案易于扩展，提供通用接口以支持所有协议栈，支持不同的设计。多协议连接也无需改变应用主机代码，消除了对主机控制器处理资源的占用。

三、状态监控 (CbM)

状态监控已被广泛应用，实时连续的状态监控不仅延长了设备的使用寿命，同时提升了制造质量和工厂的安全性，大幅节省了成本并提高生产力。ADI较早的投入到CbM的平台开发中，已经上市的可部署解决方案比竞争对手更好地解决了难题，在市场

上具有领先性，大致具有以下方面的优势：

1. 优化的机械外壳确保设备的振动信号无失真的传输到MEMS传感器；
2. 提供来自ADI OtoSense的AI洞察和服务；
3. 结合ADI公司深厚的混合信号设计经验和专业知识，提供了嵌入式硬件和软件优化信号链；
4. 小尺寸PCB解决方案可放入机械原型中；
5. 提供开源嵌入式软件和GUI示例。

图3概述了ADI CbM开发平台和部署解决方案，包括有线和无线通信信号链平台、专为开发算法设计的平台和OtoSense AI和PdM形式的部署解决方案。基于此平台，使用者可以对基于MEMS加速度传感器进行振动监测和信号分析。

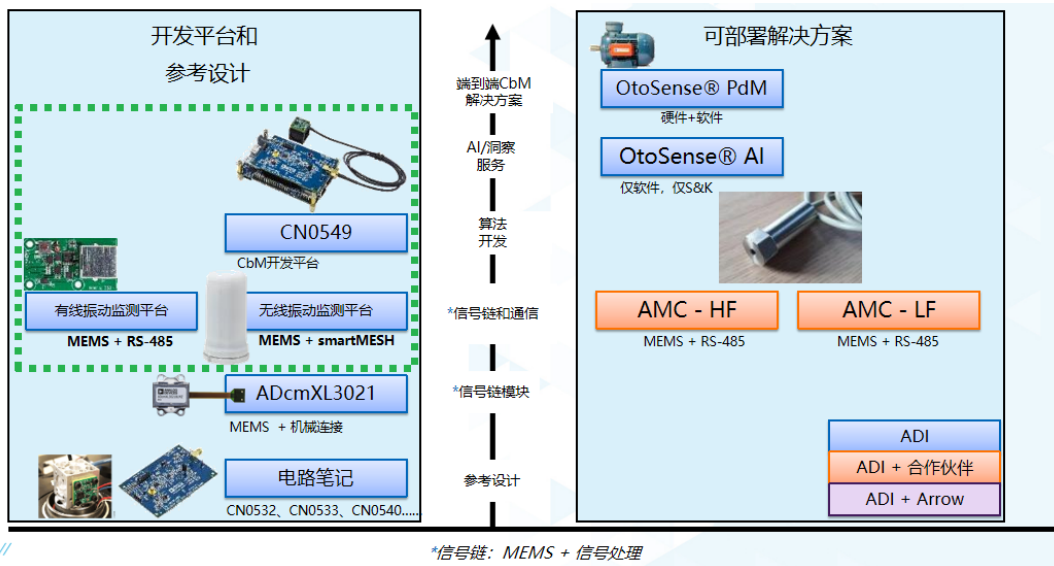


图3. 状态监测平台

3.1. 无线状态监控平台——EV-CBM-VOYAGER3-1Z

Voyager3是一款MEMS加速度计的无线振动监测平台如图4所示，方便客户快速部署无线解决方案，评估工业无线智能检测技术，在更短的时间内开发出自己的资产监控方案。使用者通过此平台可以评估ADI MEMS传感器技术的振动监测设备和低功耗16位ADC和MCU器件。

ADXL356
低噪声、低功耗、
3轴MEMS

AD7685
低功耗
16位、250kSPS ADC

ADuCM4050
超低功耗
ARM Cortex-M4F MCU

LTP5901
稳健型、低功耗
smartMESH 802.15.4e



图4. VOYAGER3无线状态监控平台

无线解决方案主要特性

- ▶ 基于3轴1.5kHz 振动传感器进行设计，通过优化的机械结构提供MEMS多轴传感器的宽带宽振动检测评估；
- ▶ 机械设计改进了高频振动性能，采用¼-28螺柱的高品质机械连接；
- ▶ 完整信号链包括传感器、ADC、高精度数据采集和信号处理器；
- ▶ 鲁棒的无线通信链路，低功耗Mesh网络支持可靠的、带时间戳的通信；
- ▶ 用于定制和开发的硬件及软件设计文件加速了产品上市；
- ▶ 灵活的软件支持数据收集和学习；
- ▶ GUI配置简化快捷，实现快捷的数据分析；
- ▶ 套件中提供的接口板和开源软件方便使用者进行嵌入式开发；

用户界面GUI的开发旨在方便客户尽快熟悉方案，通过GUI可以对真实工业设备进行评估。

通过GUI对电机特性进行评估；GUI提供一些标记来显示理想电机的预期谐波，这样可以与正在分析的实际电机进行比较。Voyager GUI提供不同的特性窗口可以输入轴承数据、BPFO和BPFI特性等，其中BPFO是滚动元件通过轴承环上的一个缺陷时产生

的频率，BPFI是滚动元件通过轴承环中的一个缺陷时产生的频率。因此可通过GUI记录的轴承几何形状、旋转速度和轴承频率来分析轴承缺陷。

通过GUI对SmartMesh网络进行评估如图5所示：GUI帮助使用者快速查看网络信息和关键的性能统计数据，例如数据可靠性和延迟。依靠GUI分析无线微尘的加速时间序列、原始数据、可视

化FFT数据及连续的数据流传。虽然未使能低功耗模式，但若使用者希望尝试硬件低功耗模式，也可以采集一些振动数据并放在本地内存中进行分析。Voyager套件通过了SmartMesh微尘跳跃测试，跃点网络确保外部范围微尘将真正的Mesh网络数据传输至网络管理器。图5显示了无线SmartMesh微尘和无线管理器之间的直接和间接连接。最后值得一提的是通过GUI还可以评估真正的SmartMesh网络成本。

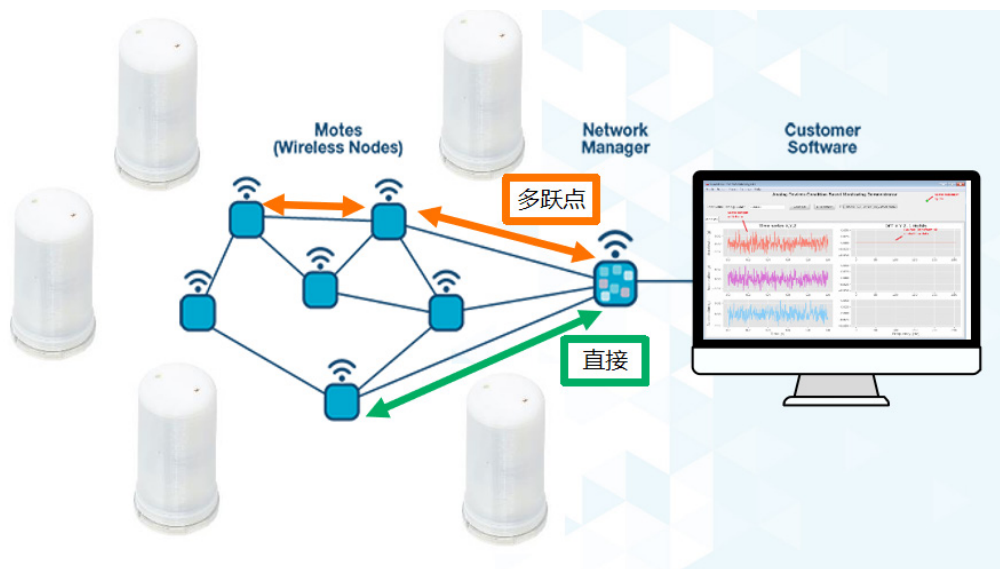


图5. GUI真实评估SmartMesh网络

3.2. 有线状态监控平台

ADI提供两款有线状态监控平台，一款为CN0549，一款为EV-CbM-Pioneer1-2Z套件。

CN0549有线状态监控CbM平台

CN0549是一款新开发的有线状态监控平台如图6所示，通过此平台可以快速部署振动状态监控解决方案。完整的硬件设计包括

机械安装、数据采集和FPGA数据处理，提供IEPE兼容接口。值得一提的是机械安装经过仔细表征，解决了机械装置与其他目标MEMS振动频率之间的谐振问题。有线IEPE链路的数据采集器件为专门针对低噪声和高性能而进行的选择。

基于CN0549的状态监控平台旨在帮助加快状态监控硬件、软件和算法的开发。

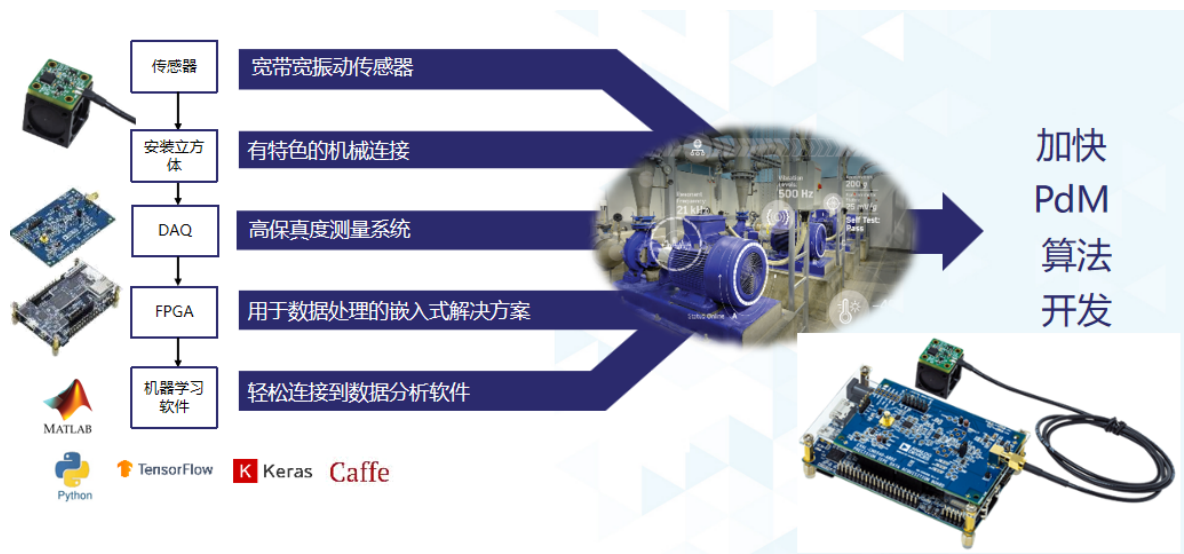


图6. CN0549的状态监控平台

CN0549套件包括传感器板CN0532、数据采集板CN0540和XLMOUNT1板。通过CN0549可以捕获大量的数据且显示于本地监视器上，利用基于Python的TensorFlow数据分析工具对数据进行实时分析。CbM的开发基于FPGA平台，因此使用者可参考DE-10-Nano (Intel FPGA)和Cora Z7-07s (Xilinx FPGA)这两款开发平台对系统进行完整评估。

有线状态监控CbM平台——EV-CbM-Pioneer1-2Z

EV-CbM-Pioneer1-2Z状态监控平台采用ADcmXL 3021 MEMS加速度计如图7所示，具有超低噪声、60g加速度测量范围和宽带宽性能。ADcmXL3021模块集成的微控制器可由用户进行配置，支持时域和频域分析和指标统计，具有频率幅度报警功能。所有数据通过SPI输出，配置有RS-485接口扩展器。支持至主控制器超过10米的电缆连接，具有极高的鲁棒性。Pioneer1平台方案还提供完整的有线信号链设计。

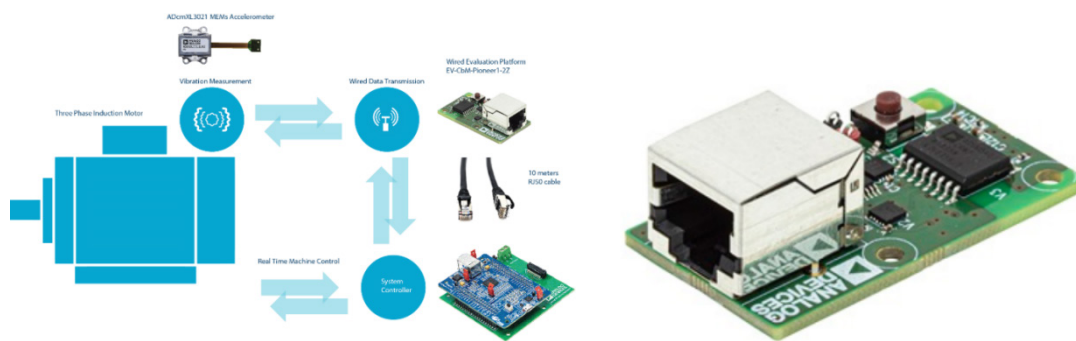


图7. Pioneer1有线状态监控平台

表1. 主要产品

| 器件 | 规格 | 应用场合 |
|-----------------|--|--|
| 运动和机器人平台 | | |
| ADP121 | 150 mA, 低静态电流, CMOS线性稳压器, 采用5引脚TSOT封装 | 适用于移动电话, 数码相机和音频设备 |
| ADP1710 | 150 mA、低压差、CMOS线性稳压器 | 适用于移动电话, 数码相机和音频设备, 便携式电池供电设备和后DC-DC调节 |
| AD7415 | 数字输出温度传感器 | 适用于硬盘驱动器, 个人电脑, 电子测试设备, 办公设备, 家用电器, 过程控制和手机 |
| ADV7511 | 集成ARC的225 MHz高性能HDMI®发送器 | 适用于家庭娱乐产品, 游戏机, 个人计算机, DVD播放器/刻录机, 数字机顶盒和影音接收机 |
| ADIN1300 | 鲁棒的工业、低延迟和低功耗10 Mbps、100 Mbps和1 Gbps以太网PHY | 适用于工业自动化, 过程控制, 工厂自动化, 机器人/运动控制, 楼宇自动化, 测试与测量和工业物联网 |
| 网络接口解决方案 | | |
| ADIN2299 | RapID平台第2代(RPG2)网络接口 | 用于工厂与过程自动化, 运动控制, 楼宇自动化和交通运输 |
| ADSP-CM409F | 带13+ ENOB ADC、BGA212的240MHz ARM Cortex-M4 | 适用于光伏(PV)逆变器控制、电机控制和其他嵌入式控制应用而优化的加速器和外设 |
| 无线状态监控平台 | | |
| ADXL356 | 带模拟输出的低噪声、低漂移、低功耗3轴MEMS加速度计 | 适用于惯性测量单元(IMU)/航姿和航向参考系统(AHRS), 平台稳定系统, 结构健康监控, 地震成像, 倾斜检测, 机器人和状态监控 |
| AD7685 | 16位、250kSPS PulsAR ADC, 采用MSOP/QFN封装 | 适用于电池供电设备, 医疗仪器, 移动通信, 个人数字助理(PDA), 数据采集, 仪器仪表和过程控制 |
| ADuCM4050 | 集成电源管理的超低功耗ARM Cortex-M4F MCU | 适用于物联网, 智能农业、智能楼宇、智能计量、智慧城市、智能机器人和传感器网络, 可穿戴设备, 健身和临床, 机器学习和神经网络 |
| LTP5901-IPM | 具有芯片天线的SmartMesh IP无线802.15.4e PCBA模块 | SmartMesh IP非常适用于无线工业物联网(IoT)应用 |
| 有线状态监控平台 | | |
| CN0549 | 符合IEPE标准的CbM机器学习赋能平台 | 适用于工业状态监测应用 |
| ADcmXL3021 | 宽带、低噪声、三轴振动传感器 | 适用于振动分析, CBM系统, 机器健康, 仪器仪表和诊断和安全关断检测 |
| CN0532 | IEPE兼容接口 | 适用于宽带MEMS加速度计传感器 |
| CN0533 | 10 kHz MEMS加速度计, 提供4 mA至20 mA输出 | 适合状态监控应用 |
| CN0540 | 24位数据采集系统 | 适用于IEPE传感器 |
| EVAL-XLMOUNT1 | 加速度计分线(Z)板的机械优化安装块 | 适用于工业状态监测应用 |

四、结论

为加速智能制造的发展, ADI部署的各种系统级解决方案满足了市场及应用需求, 评估工具方便使用者熟悉产品并加快方案设计, 极大的节约开发时间, 助力客户快速将解决方案推向市场。

所有平台方案、套件及配套的用户界面和软件都可以在ADI公司官网上获得相关信息, 也可进行线上产品订购。ADI坚信完整的系统级解决方案必定协助工业4.0的落地, 加速智能制造发展。

设计资源

视频

- ▶ 具有扩展范围电路的CN0552电容数字转换解决方案
- ▶ ADG7421F：低电压故障保护和检测、12 ΩRON、双通道SPST
- ▶ 利用ADI公司完整的精密技术信号链，轻松打造系统解决方案
- ▶ 高工作电压5.7 kV rms隔离式CAN FD收发器

设计笔记

- ▶ 业界首款双通道70 A SilentMOS和单通道140 A智能功率级
- ▶ 面向高效、快速瞬态响应的汽车和工业用品的直通升压控制器
- ▶ 4开关降压-升压控制器，具备直通功能，可以消除开关噪声

模拟对话

- ▶ ToF系统设计—第2部分：飞行时间景深测量摄像头的光学设计
- ▶ 飞行时间系统设计—第1部分：系统概述
- ▶ 如何选择并设计最佳RTD温度检测系统
- ▶ 使用半自动化工具改进电源设计——实现快速高效设计的五个步骤
- ▶ 直流电能计量应用
- ▶ 交错式反相电荷泵——第一部分：用于低噪声负电压电源的新拓扑结构
- ▶ 选择最佳的振动传感器来进行风机状态监控
- ▶ 带内部旁路电容的数据采集μModule器件的PSRR特性表征
- ▶ 使用反射计芯片实施非接触式液位测量
- ▶ 传感器性能如何支持状态监控解决方案
- ▶ 深入实时以太网

思想领导力文章

- ▶ 加速工业4.0：扩展工业控制系统中的安全终端
- ▶ 利用工业以太网连接技术加速向工业4.0过渡
- ▶ 半导体行业眼中的工业4.0
- ▶ 10BASE-T1L：将大数据分析范围扩大到工厂网络边缘

技术文章

- ▶ 《金融时报》：发展弹性供应网络
- ▶ 《经济学家》：现在是机器人时代：机器人与转型中的劳动力
- ▶ 协作机器人是新同事吗？
- ▶ 合作伙伴关系和全套解决方案对终端应用的影响
- ▶ 制造业发展的下一步
- ▶ 状态监控(CbM)技术如何以更高能效实现海水淡化
- ▶ 利用软件驱动、安全的预测性电机维护提高生产力
- ▶ 下一代隔离式Σ-Δ调制器如何改进系统级电流测量
- ▶ 无线电架构事关重大：射频采样与零中频的回顾
- ▶ 从物联网工厂到手术室：如何设计更好的通信系统
- ▶ 用于距离测量和目标检测的飞行时间系统
- ▶ 行业计划测试新5G移动技术的六九(99.999%)功能
- ▶ 通过应力和应变管理，实现出色的高精度倾斜/角度检测性能
- ▶ 选择最合适的预测性维护传感器
- ▶ 通过5 V至24 V输入提供双极性、双向DC-DC流入和流出电流
- ▶ 利用现场总线提升速度，扩大覆盖范围
- ▶ 适用于恶劣工业环境下时限通信的可靠以太网物理层解决方案

- ▶ 以太网供电—通过数据线为以太网设备供电
- ▶ 您的工厂可能成为下一个网络攻击目标。您做好应对准备了吗？
- ▶ 出色的过程自动化通讯解决方案——ADI公司的fido5000如何帮助JUMO做好准备，迎接工业4.0
- ▶ 楼宇烟雾探测技术：关于各种规范和认证
- ▶ LIDAR感知挑战
- ▶ 为工业4.0启用可靠的基于状态的有线监控——第2部分
- ▶ ADI公司：加速迈向工业4.0
- ▶ 自适应负载调整和动态功率控制实现模拟输出的高效散热设计
- ▶ 适用于滑环应用的60 GHz无线数据互联
- ▶ 适合高精度测量应用的完全集成式4线RTD温度测量系统的简单实现
- ▶ 工业4.0：Brendan O'Dowd访谈录
- ▶ 选择正确的加速度计以进行预测性维护
- ▶ 为工业4.0启用可靠的基于状态的有线监控第一部分
- ▶ 硬件安全在实现工业4.0愿望中的作用
- ▶ 实时控制、安全和安保技术对未来工厂技术创新的推动作用
- ▶ 抢占IEEE 802.3bt PoE++先机
- ▶ 智能现场仪器仪表—迈向工业4.0的智能之路
- ▶ ADI公司网络安全战略保障现实世界的安全
- ▶ 时间敏感型网络：实时以太网
- ▶ 电流隔离LVDS接口
- ▶ 适用于智能基础设施的MEMS传感器
- ▶ OPC UA、TSN和传统工业以太网系统将在未来扮演什么角色？
- ▶ 工业过渡：实现可信的工业自动化
- ▶ 工业4.0对电子行业有多重要？
- ▶ 以太网和工业以太网之间有哪些不同？

ADI 智库

一站式电子技术宝库

ADI智库是ADI公司面向中国工程师打造的一站式资源分享平台，除了汇聚ADI官网的海量技术资料、视频外，还有大量首发



关注ADI智库

的、免费的培训课程、视频直播等。九大领域、十项技术，加入ADI智库，您可以尽情的浏览收藏、下载相关资源。此外，您还可一键报名线上线下会议活动，更有参会提醒等贴心服务。

在线支持社区



访问ADI在线支持社区，中文技术论坛

与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问 ez.analog.com/cn



超越一切可能™

如需了解区域总部、销售和分销商，或联系客服和技术支持，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。

©2022 Analog Devices, Inc. 保留所有权利。商标和注册商标属各自所有人所有。

“超越一切可能”是ADI公司的商标。



请访问 analog.com/cn