

数字化工厂前沿洞察：

九位行业专家深度解析数据、分析和边缘传感与连接技术



 Mighty Guides



主办单位

 ANALOG
DEVICES
超越一切可能™

 MOUSER
ELECTRONICS

目录

认识专家	3
简介	4
前言	5
第1章： 智能工厂需要智能传感器和执行器	6
第2章： 利用以太网-APL实现无缝连接的现场仪器	10
第3章： IT和OT网络融合	14
第4章： 敏捷制造，灵活产出	19
了解有关专家的更多信息	24

认识专家

数字化工厂正在重塑工业领域的运营方式，带来了前所未有的生产力和效率提升。我们采访了九位行业专家，深入探讨数据、分析与边缘技术在数字化工厂中的关键作用。

希望他们的真知灼见为您带来新的启发！

David Rogelberg

David Rogelberg

Mighty Guides Inc.

出版人员

david@mightyguides.com

(516) 788-7886



Michal Brychta

ADI公司首席应用工程师



Daniel Cohen

MKS Instruments高级机器人
软件工程师



Mick McCarthy

ADI公司高级自动化总监



Darshan Pandya

沃尔玛机器人与自动化工程师



Mario Sheppard

Supernal自动化与制造技术
(先进空中交通) 高级工程师



**Karnakaran
Thangapandiyan**

罗克韦尔自动化公司自动化工程师



Fiona Treacy

ADI公司工业自动化事业部
高级总监



Reinhardt Wagner

ADI公司杰出产品定义师



Jordon Woods

ADI公司产品线总监

简介

当今技术发展的显著特征之一，是数据与连接性在各种设备中的广泛应用。传感技术、通信技术与数据分析的发展，彻底改变了信息的采集、共享与理解方式。

随着这些先进技术的普及，工业领域正因数字化工厂的兴起而发生深刻变革。这一新模式将先进的传感、实时高速通信与边缘计算深度融合到工厂的每一台设备中。

数字化工厂依托传感器、执行器、控制器以及云端计算资源组成的互联系统网络，实现实时的数据采集与分析。硬件与软件的持续创新，不仅让运营者能够获得更丰富的数据，还能以更智能的方式解读与分析数据，为工厂运营带来全新的视角与可能性。

数字化工厂的核心目标是实现从原材料到成品全流程的高度透明化和自动化，确保各项运营中始终如一的质量与性能。同时，对工厂运营的深入洞察还能帮助运营者优化流程，最大限度地提高生产力。这对于需要高可视性以管理全球分布式运营的大规模企业尤为重要。

ADI公司(ADI)作为数字化工厂领域的领军企业，凭借其前瞻性的行业洞见、产品与解决方案，助力客户将数字化工厂变为现实。本电子书将深入探讨数字化工厂的特点、该领域不可或缺的主要技术创新，以及ADI公司如何帮助客户开发自己的数字化工厂解决方案。

Mighty Guide助您增强实力。

来自顶尖专家的可靠建议帮助您做出明智决策。明智的决策使您变得强大。

阅读**Mighty Guide**，就像您拥有自己的专家团队一样。这些权威且多样化的指南提供对相关主题的全面信息。它们帮助您探索、比较和对比各种观点，以便您确定适合自己的观点。

前言

作者: Fiona Treacy, ADI公司工业自动化高级总监

作为数字化工厂的动力源泉, 数据正在改变运营方式, 提高生产力和利用率。通过数据的聚合与分析, 可以获得可付诸行动的洞察, 挖掘隐藏的产能潜力, 识别流程优化机会, 同时提高能源效率并减少原材料消耗。工厂连接网络是数字化工厂的支柱。

ADI的先进精密测量与传感技术广泛应用于数字化工厂中, 用于持续监测、测量并解读工厂资产。随着大量传感器陆续部署到工厂各处, 它们常常面临着恶劣的环境条件, 确保这些传感器数据能够可靠、实时地传输变得至关重要。这需要低延迟、有时限、低功耗和稳健的工业连接技术。ADI的有线和无线工业连接与网

络安全技术能够可靠地捕获新的高带宽数据流和控制命令, 并让生产单元实现安全互连。此外, ADI提供了多种多样的高效、低噪声工业电源系统定制化产品组合, 可为空间有限的设计改善散热, 并提供多级功耗来驱动传感器和执行器。

在本电子书中, 专家们结合ADI在工业自动化领域的深厚经验和全面的系统级专业知识, 探讨了关键支持技术如何应对所面临的挑战, 帮助实现真正由数据驱动的数字化工厂。



Analog Devices, Inc. (NASDAQ: ADI)是全球领先的半导体公司, 致力于在现实世界与数字世界之间架起桥梁, 以实现智能边缘领域的突破性创新。ADI提供结合模拟、数字和软件技术的解决方案, 推动数字化工厂、汽车和数字医疗等领域的持续发展, 应对气候变化挑战, 并建立人与世界万物的可靠互联。ADI公司2024财年收入超过90亿美元, 全球员工约2.4万人。ADI助力创新者不断超越一切可能。

更多信息, 请访问 www.analog.com/cn。



Mouser Electronics为Berkshire Hathaway旗下公司, 是一家授权半导体和电子元件代理商, 专门致力于提供各领先制造商合作伙伴的新产品。作为一家全球分销商, Mouser的网站www.mouser.com服务于全球电子设计工程师和采购人员, 提供多语言和多货币交易支持, 分销超过1,200家品牌制造商的680多种产品。Mouser通过遍布全球的27个客户支持中心, 为客户提供无时差的本地化贴心服务, 并支持使用当地货币结算。该分销商在得克萨斯州达拉斯都市区拥有占地100万平方英尺的先进配送中心, 从这里将产品运送至全球223个国家/地区、超过65万个顾客手中。如需了解更多信息, 请访问www.mouser.com。

第1章

智能工厂需要智能 传感器和执行器

数字化工厂背后有许多核心原理，其中最重要的两项是大规模数据的可用性和对自动化的高度依赖性。具体而言，智能工厂的实现很大程度上依赖于现代传感器和驱动技术的进步。

传感器，即能够检测和测量环境物理特性的设备，是这一过程中的重要组成部分。在数字化工厂中，传感器通常用于监控和控制过

程与产品的特性、机器的预测性维护以及通过数据透明度进行过程优化等应用。

为全面了解工厂车间的情况，现代工厂车间部署了数千个传感器，许多传感器具有不同的功能。部署最多的一些传感器类型包括温度传感器、压力传感器和光学传感器（例如摄像头）。

“

“在恶劣的工厂环境中，传感器需要能够承受其应用领域存在的各种条件，包括高EMC（电磁兼容性）、高温、电源电压中断、过压/欠压和振动，所有条件都会对可靠性产生不利影响。”



Reinhardt Wagner

ADI公司杰出产品定义师

“

传感器提供直接来自过程、设备和系统的实时数据。执行器搭配传感器，就形成了最基本的自动化形式，使机器能够通过支持运动和测量的变化来做出决策。实际上，传感器和执行器构成了数字化工厂的基础。”

Mario Sheppard

Supernal自动化与制造技术（先进空中交通）高级工程师

尽管传感器应用广泛且至关重要，但诸多设计考量使传感器集成成为不可忽视的难题。例如，由于整个工厂内部署了大量传感器，确保这些传感器的数据在恶劣环境下可靠地实时传输是一项重大设计挑战。另一个主要难题是“功率与空间”的权衡，即如何平衡功率密度成为重要的设计考量。

除了传感器，执行器也是物理过程的接口，因此是数字化工厂的重要组成部分。数字化工厂的特点是自动化程度高，而执行器是负责实现该自动化的组件。常用的执行器包括线性执行器、气动执行器和电机，它们广泛应用于运动控制、机器人和定位等重要的工厂功能。

执行器本身也伴随着一系列设计挑战，例如功率管理和分配。举个例子，执行器需要通过单独的走线来分配高功率和控制信号，因此必须在数字化工厂中优化功率分配，并通过高效的执行器控制来最大限度减少执行器的功率需求。

ADI公司可通过以下方式帮助客户解决与传感器和执行器解决方案相关的设计难题

- 提供小型高性能传感器解决方案，比如基于电阻温度检测器(RTD)的传感器，此类传感器具有高度集成的模拟前端，有助于减小封装尺寸。
- 提供支持I/O-Link通信的传感器，帮助实现远程配置和诊断，并减少因自动重新配置而导致的生产线停机时间。
- 为I/O-Link主收发器提供传感器/执行器电源控制器，以帮助解决功率分配难题。

“**传感器测量并量化制造过程中过程和产品的特性，实时协调机器、设备和其他资产的性能。这样便能在更短的时间内制造出精度更高、公差更小、质量更高、可重复且一致的产品。通过传感器诊断和基于状态的监控，制造商能够及早发现磨损等潜在问题，并在问题变得严重之前采取纠正措施。”**

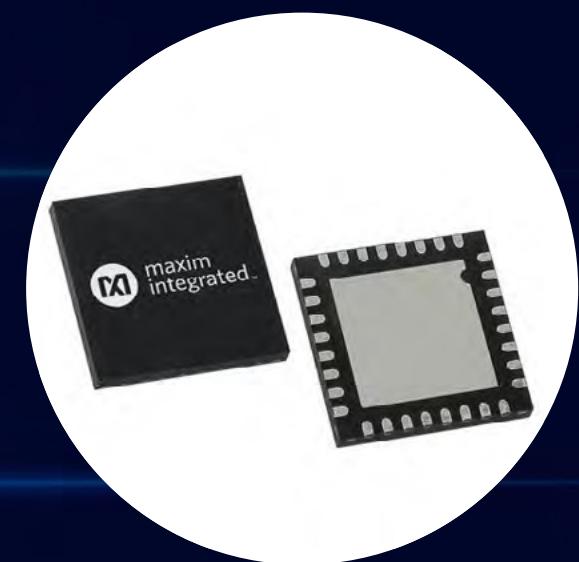
Reinhardt Wagner

ADI公司杰出产品定义师



MAX22514 IO-Link 收发器

了解详情



MAX22200 电磁阀驱动器

了解详情

要点

- 在过程监控、预测性维护和过程优化等功能中，温度、光学、振动、加速度及其他类型的传感器发挥着重要作用。
- 电机等执行器对于数字化工厂自动化至关重要。执行器可应用于机器人、运动控制和定位等方面。
- ADI公司通过提供独特的产品，包括高度集成的传感器和具有IO-Link连接的解决方案，帮助其客户将传感器和执行器集成到数字化工厂中。

第2章

利用以太网-APL实现无缝连接的现场仪器

数字化工厂的一个基本特征是工厂车间设备的互连互通。在边缘设备、传感器和其他各种现场仪器之间，对工厂运营至关重要的所有设备都应该相互连接，以便共享数据和运行状态。

过去，在加工厂（通常为工厂企业的延伸），主要通信协议是4-20 mA的电流环路。4-20 mA最早于20世纪50年代首次推出，其工作原理是通过4 mA至20 mA的电流信号进行传感器输出通信。该协议之所以成为行业标准，

很大程度上得益于其支持长距离通信的能力，可覆盖数公里范围，这对于加工厂至关重要。

然而，随着技术的发展，4-20 mA协议已基本过时，不再适用于现代高速运转的工厂车间。4-20 mA通信协议不再适用的原因在于，其本身速度很慢，并且仅提供单向通信。

“

以太网-APL提供更多带宽，因此您可以向边缘传输更多的数据和功率。凭借这些优势，数字化工厂的边缘现在可以实现更多功能，包括传感器融合，甚至更复杂的人机界面，这些都是4-20 mA协议是无法实现的。”



Michal Brychta

ADI公司首席应用工程师

“

以太网-APL是基于10BASE-T1L的单对以太网(SPE)的增强物理层。它通过长达1000米的电缆以10 MBit/s的速度进行全双工通信，速度比HART或现场总线等技术快300倍以上。”

Karnakaran Thangapandian

罗克韦尔自动化公司自动化工程师



由于4-20 mA的局限性，工厂在现场设备之间的数据传输能力受到限制，从而阻碍了对加工厂的可见性和整体性能提升。

如今，许多设计人员不再使用4-20 mA，转而采用名为以太网高级物理层（以太网-APL）的新协议。以太网-APL是一群主要工业自动化供应商为过程自动化市场共同开发的成果，这些供应商集思广益，以10BASE-T1L为基础，并扩展了可在加工厂危险区域安装的功能。重要的是，该协议支持远距离高速、双向、稳健、可靠地通信。以太网-APL优势众多，还包括通过以太网协议进行互联网协议寻址，以及与现有网络无缝集成。

就数字化工厂而言，转而使用以太网-APL将为加工厂带来显著优势。首先，以太网-APL能够在工厂车间实现明显更高带宽的通信，并扩展到远程过程节点部署，从而允许在设备之间共享更多、更丰富的数据集。在传感器方面，该带宽增加意味着可以共享比以前更多的信息，包括提高工厂车间透明度的传感器元数据。此外，通过双向通信，数字通信和电力输送可以使用同一根电缆，从而简化网络布线方案，优化现场连接设备的功率传输。

从4-20 mA通信向以太网-APL的转变，标志着加工厂功能和运营洞察的一次重大飞跃。

ADI公司作为以太网-APL领域公认的思想领袖，做出了巨大贡献

- 为以太网-APL的电气与电子工程师协会(IEEE) IEEE802.1TM 和IEEE802.3TM标准的制定做出了重要贡献。
- 为客户提供工业以太网解决方案，包括MAC PHY (ADIN1110)和PHY (ADIN1100)，这些解决方案经过全面测试，可确保在恶劣工业环境下的可靠性。
- 开发了ADI Chronous等解决方案，这些解决方案适用于苛刻的时间关键型环境，并为实现千兆和10BASE-T1L连接打开了大门。

“

得益于以太网-APL的更高数据速率，传感器和设备不仅能够共享其测量数据，还可以共享其内部诊断数据。例如，传感器知道这是什么、其制造商、校准时间等信息。所有这些数据都可以获得，这些丰富的数据集可用于进一步优化过程，改善资产管理。”

Michal Brychta

ADI公司首席应用工程师



ADIN1110 10BASE-T1L MAC-PHY

了解详情



LTC9111 SPoE PD

了解详情

要点

- 过去，加工厂工业传感器的首选通信协议是4-20 mA电流环路，然而，4-20 mA通信协议已经无法满足当今高速传感器和通信对于速度和灵活性的需求。
- 以太网-APL作为新型通信协议，可为工业应用提供超过4-20 mA的带宽，同时保持远距离通信的可靠性。
- ADI公司帮助制定以太网-APL的IEEE标准，并为客户提供多样化产品，以便在其设计中实现以太网-APL。

第3章

IT和OT网络融合

一直以来，工厂高度依赖信息技术(IT)和运营技术(OT)，但这两类基础设施始终是彼此独立的体系。现在，随着数字化工厂的兴起，工厂运营者开始以全新的视角重新审视IT和OT的关系。

通常来说，IT负责处理工厂中非时间关键型基础设施，比如数据存储、处理和网络连接。另一方面，OT则侧重于工厂中的实时基础设施，比如与现实世界交互的传感器、机器和设备。

虽然传统工厂依靠分离的IT和OT架构仍能正常运行，但数字化工厂的出现已让这种架构显得落伍。作为数字化工厂的核心，操作数据的实时可用性使用户提高了要求，他们希望能够直接获取生产车间的数据，用于快速分析。

“

传统上，IT和OT相互独立。近年来，IT和OT之间的界限开始变得模糊，二者之间的交集越来越多。这为企业开展高级分析、制定更明智的决策开辟了道路。”



Darshan Pandya

沃尔玛机器人与自动化工程师

“

随着IT和OT之间的交集越来越多，我们在向前发展的同时还应该关注未知的安全风险。”

Darshan Pandya

沃尔玛机器人与自动化工程师



这一转变引发了一些问题。首先，网络容量不是无限的。因此，当IT和OT被视为独立的体系时，协调时间敏感型OT流量预留和对时间不太敏感的IT流量预留变得极其困难。此外，跨越不同网络确保正确集成协议与设备较难实现，安全性也是一个主要问题。

为了解决这些挑战，数字化工厂的设计人员提出了“融合网络”的概念。简而言之，为了使数字化工厂发挥最大潜力，设计人员需要使IT网络和OT网络能够直接相互通信，从而在工厂内有效地形成统一网络。

当然，要想实现这种程度的融合，网络上的所有设备需要使用相同的第2层语言。时间

敏感网络(TSN)是IEEE 802.1工作组提出的一系列修订和新规范，允许确定性流量与其他流量一同存在于通用的第2层网络。在这一通用的第2层上，允许采用可互操作的网络管理方法，确保同时满足IT和OT流量的要求。

融合网络的真正价值在于，这种常见的资源管理方法不仅支持IT和OT流量共存，而且为其他功能的实现提供了基础，比如轻松接入新设备、增强人与网络的交互。此外，融合网络为数字化工厂赋予了可扩展性，而基于标准的以太网的传统优势保持不变。在安全性方面，融合可确保IT和OT网络上安全协议之间的一致性和统一性，从而提高系统的可靠性和防御能力。

ADI公司通过以下方式支持数字化工厂中IT和OT的融合

- 推动IT和OT融合标准化工作。
- 维护强大的客户群、稳固的客户关系和深厚的内部领域知识。
- 开发完全符合标准的TSN交换产品的早期原型。

“当您谈论数据可以随时随地访问时，从安全角度来看，这会带来非常大的安全风险。在这种情况下，采用统一的网络架构能让问题变得更容易解决，因为您可以在整个网络中使用通用安全机制。”

Jordon Woods

ADI公司产品线总监

“

网络和连接方面存在数十种不同的通信协议，这使得
获取数据变得复杂。通过将IT和OT相结合，设备更容易
联网，可以利用IT硬件，并且能够通过互联网与基于
云的软件连接。”

Mario Sheppard

Supernal自动化与制造技术（先进空中交通）高级工程师



ADIN2299 RAPID平台

了解详情



FIDO5200 REM交换机

了解详情

要点

- 数字化工厂需要能够完全访问实时数据并确保实时数据的透明度，这就需要融合IT和OT网络。
- 融合IT和OT网络需要通用的第2层语言，通常作为TSN通过以太网实现。
- ADI公司致力于推动IT和OT融合的标准化工作，并开发TSN交换产品的早期原型。

第4章

敏捷制造，灵活产出

如今，消费品行业一个不断增长的趋势是对定制商品的需求越来越旺盛。然而，在保持盈利能力和生产力的同时满足小规模定制生产需求，对工厂运营者来说是一项巨大挑战。因此，现代工厂的主要目标是采用敏捷制造方法来实现更灵活的运营，从而针对客户需求提出更加动态、响应更快的解决方案。

实现敏捷性的一个重要方面是数字化工厂的高效运作，在不增加额外时间、维护或变更系统的情况下，以经济高效的方式快速生产

定制商品。在这些情况下，能够根据当前生产线的生产进度定制订单，而不影响其他商品的大规模生产，这一点是至关重要的。工厂运营者希望能够优化运营并实时适应生产需求的变化，且不影响整体利用率或质量，这也是数字化工厂的核心优势之一。

“

实时履行定制订单是一项巨大的挑战。但是，凭借来自数字化工厂的数据驱动型洞察，运营者可以优化资产的使用，协调小批量定制订单与生产线当前的生产任务，从而使定制生产对工厂运营者而言变得既可行又具有经济效益。”



Mick McCarthy

ADI公司高级自动化总监

“

敏捷方法侧重于与关键利益相关者的持续合作，这与灵活的数字化工厂架构相辅相成。每个冲刺阶段确定的变更可以顺利地实现、测试，然后交付给客户，消除了过去那种工作压力。”

Daniel Cohen

MKS Instruments高级机器人软件工程师



传统的运营管理方法通常需要离线整理和分析数据，以基于生产批次监控趋势。现在，通过互连的实时数据来源，用户可以对大量信息进行情境化和可视化，从而实现过去不可能的生产流程即时优化。通过实时了解资产和设备性能、产出质量及整体工厂资源利用率，工厂运营者能够做出即时决策。借助这些工具，数字化工厂运营者可以更快、更轻松地识别生产流程中的瓶颈、低于标准的设备利用率以及高缺陷区域。

发现问题后，数字化工厂便会将迭代更改和改进连续整合到制造过程中。通过立即采取行动，可有效减少生产时间和资源需求，直接推动利用率和产品质量的提升。

此外，由于工厂设计变得越来越模块化，生产单元的适应性逐渐提高，可实时进行工作调度来实现设备的动态装载。随着我们向小批量规模生产发展，必须能够配置或重新配置生产模块设置，以适应产品设计、产量，甚至全新产品变体，这一点至关重要。这些功能最终全部通过智能和信息化的自动化系统提供，使制造商能够满足对定制产品日益增长的需求。

因此，通过将数字化工厂概念融入工厂车间，工厂运营者可以在提高生产力的同时满足不断增长的消费品定制生产需求。

ADI公司通过以下方式支持灵活数字化工厂的发展

- 提供机器人驱动和运动控制所需的产品与解决方案，从而实现工厂自动化。
- 提供检测解决方案，以便收集数据并了解工厂运营情况。
- 提供连接解决方案以促进实现数据透明化，从而支持敏捷制造。
- 与生态系统合作伙伴合作开发模块化制造解决方案。

“对于定制生产，您必须协调定制订单与生产线当前的生产任务，这个问题非常复杂，因为您想要尽量减少所需的更改和网络重新配置工作。我们的目标不仅仅是能够调整，还要以合理的方式进行调整，以充分利用您的工厂车间。”

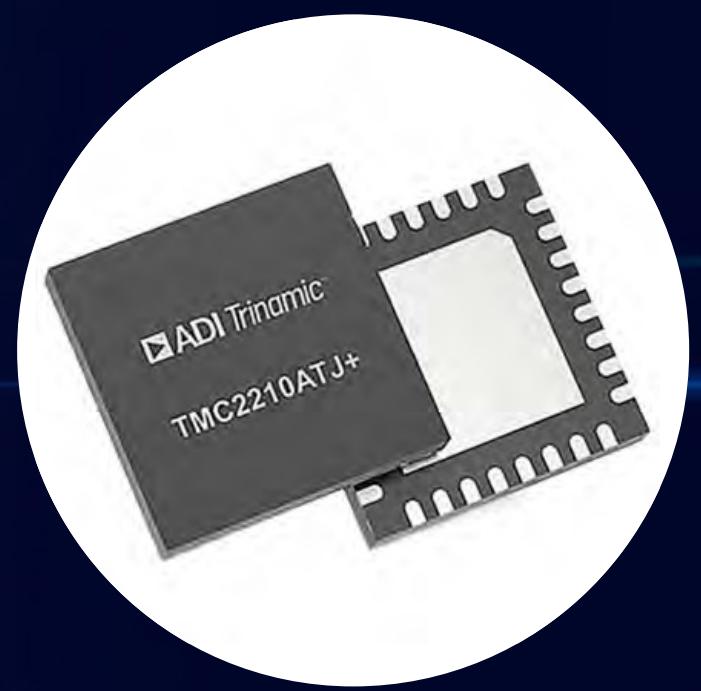
Jordon Woods

ADI公司产品线总监

“实现了具备实时可配置性和工业以太网的数字化工厂后，便能优化从测试到生产的无缝过渡，减少停机时间，并开发更多新特性。”

Daniel Cohen

MKS Instruments高级机器人软件工程师



TMC2210 步进电机驱动器

了解详情

要点

- 消费品行业一个不断增长的趋势是对定制商品和敏捷制造方法的需求日益旺盛，高效的数字化工厂是满足这一需求的关键。
- 数字化工厂通过实时数据分析和可视化实现小规模、定制批量生产，允许即时优化生产流程。
- ADI公司的一系列检测、驱动和连接解决方案是实现灵活数字化工厂的关键工具。

了解有关专家的 更多信息



Michal Brychta
ADI 公司首席应用工程师

Michal是一名首席应用工程师，负责工业自动化系统。Michal先前是ADI公司Σ-Δ ADC产品应用工程师，之前曾担任仪器仪表以及工业电路和系统设计工程师长达10年。Michal毕业于捷克布尔诺科技大学，获得电子工程硕士学位。



Daniel Cohen
MKS Instruments 高级机器人软件工程师



Daniel Cohen（理学硕士）是一名机器人软件工程师，他以热忱之心领导跨学科团队，推动业务增长并创造价值。他目前在MKS Instruments担任高级自动化工程师，负责选择新项目、制定多站点统一标准，以及实施新的机器人/自动化解决方案。在闲暇时间，Daniel喜欢参加志愿活动并指导学生，以此回馈FIRST机器人社区。



Mick McCarthy
ADI 公司高级自动化总监



Mick McCarthy是ADI公司工业自动化事业部总监，主要关注自动化领域的新兴趋势，拥有从转换器到连接性等广泛技术的相关经验。他在工业自动化领域积累了多年的经验，与客户密切合作，帮助他们制定系统解决方案来应对充满挑战性的问题。

了解有关专家的 更多信息



Darshan Pandya

沃尔玛机器人与自动化工程师



Darshan Pandya来自沃尔玛高级工程与新兴技术团队*。他拥有机械电子工程学士学位和机器人硕士学位，六年多来，他一直在制造业、生物技术和供应链行业影响和孵化新兴技术。Darshan对解决人机协作(HRC)、可持续发展方面的挑战充满热情，并为实现敏捷和精益工业自动化设计了网络-物理系统。

*Darshan表达的观点和意见仅代表其个人，与沃尔玛无关。



Mario Sheppard

Supernal 自动化与制造技术（先进空中交通）
高级工程师



Mario Sheppard是美国海军潜艇退伍军人，目前在现代汽车集团e-VTOL部门Supernal担任自动化和制造技术首席工程师。他专门从事硬件和软件集成、编程、技术开发、机器视觉、运营管理和制造规划，成功领导实现了不同行业的机器人项目。Mario拥有电气和机械电子工程学士学位，目前正准备攻读路易斯安那州立大学MBA学位。



Karnakaran Thangapandian

罗克韦尔自动化公司自动化工程师



Karnakaran是经验丰富的自动化工程师，拥有深厚的不同电气仪器的实践和理论知识。他目前就职于罗克韦尔自动化公司，负责端到端和软件特定测试计划的执行与维护。Karnakaran拥有印度丁迪古尔SSM工程技术学院的电气和电子工程学位。

了解有关专家的 更多信息



Fiona Treacy

ADI 公司工业自动化事业部高级总监



Fiona Treacy是ADI公司工业自动化事业部的高级总监，她负责领导精密模拟技术开发团队、上市团队和业务开发团队，这些团队全部专注于加快工业自动化市场中的客户开发。此前，Fiona在工厂自动化和过程控制、工业连接、精密转换器和仪器仪表事业部中先后担任各种工程、应用、市场营销和业务管理职务。Fiona拥有利默里克大学的应用物理与电子学学士学位和工商管理硕士学位，并在麻省理工学院担任高级管理职务。



Reinhardt Wagner

ADI 公司杰出产品定义师



过去15年里，Reinhardt Wagner致力于为工业应用定义新的集成电路，并重点关注数据通信和数字I/O。他定义了面向主站端和从站端应用的Maxim/ADI IO-Link收发器芯片，使ADI公司凭借广泛的IO-Link物理和数据链路层解决方案组合成为领先提供商。他毕业于南非金山大学，拥有电气工程硕士学位。



Jordon Woods

ADI 公司产品线总监



Jordon Woods是ADI公司确定性以太网技术部总监。Jordon拥有30年的半导体行业工作经验，他熟悉各种基于以太网的工业协议，并作为ADI代表参与了IEEE 802.1 TSN任务组的工作。