

利用精密信号链 μModule解决方案简化设计、 提高性能并节省宝贵时间

Lloben Paculanan, 产品应用经理

Regine Garcia, 产品应用工程师

摘要

ADI公司的精密信号链μModule®解决方案为系统设计人员提供外形紧凑且高度可定制的集成解决方案，以简化设计、提高性能并节省宝贵的开发时间¹。这有助于帮助客户让性能出色的产品更快地进入市场，从而获得巨大优势。

简介

超大规模集成(VLSI)电路技术飞速进步，信号处理这一涉及多方面的学科应运而生，并广泛应用于电信、音频系统、工业自动化、汽车电子等诸多领域。为了支持这些应用，许多人开展了大量研究，旨在设计出高性能、分立线性、精密的信号链模块。本文将说明ADI公司的精密信号链μModule解决方案如何通过系统级封装(SiP)技术实现异构集成，并通过为系统设计人员提供紧凑、高度可定制的集成解决方案来帮助简化设计、提高性能并节省宝贵的开发时间，满足相关市场需求¹。这种方法为希望利用先进技术更快进入市场的客户带来了巨大优势²。

什么是精密信号链μModule技术？

精密信号链μModule是一种系统级封装(SiP)技术，能够将不同的电路集成在一起，同时保持超高水平性能。ADI精密信号链μModule解决方案旨在通过将先进器件、iPassives®技术和先进的2.5D/3D装配技术集成到更小的封装中，实现更高的密度，同时保持对系

统元件的智能和高效管理（参见图1）¹。这些μModule器件可作为信号链的可靠构建模块，帮助系统设计人员以更实惠的方式提高集成水平、加速上市、改进速度性能并降低功耗，无需额外的外部电路调试或优化¹。

主要特性和优点

集成的力量：

精密信号链μModule解决方案将多个模拟和数字元件集成到单个模块中，彰显了信号链设计的显著进步。这是利用ADI的iPassives技术及其出色的信号调理IC实现的，它们通过SiP技术封装在一起，可在非常短的开发周期内创建性能和稳健性俱佳的μModule器件²。正如集成电路包含许多晶体管，集成无源器件也可以在非常小的面积内包含许多高质量的无源元件。

现在，单个器件就能实现过去需要电路板才能实现的系统功能。这些模块结合了放大、滤波和模数转换等功能，无需使用单独的元件来设计复杂的信号链。因此，互连寄生效应（电感、电容和电阻）显著降低。这些优势共同造就了功能完备、性能优越的开箱即用解决方案。较短的开发周期有助于大幅降低成本，此外该解决方案采用的封装方式均十分紧凑²，这种集成方案不仅通过提高布局的空间效率实现了整体功能、缩小了物理尺寸，而且还优化了信号链的性能和可靠性。其中的无源

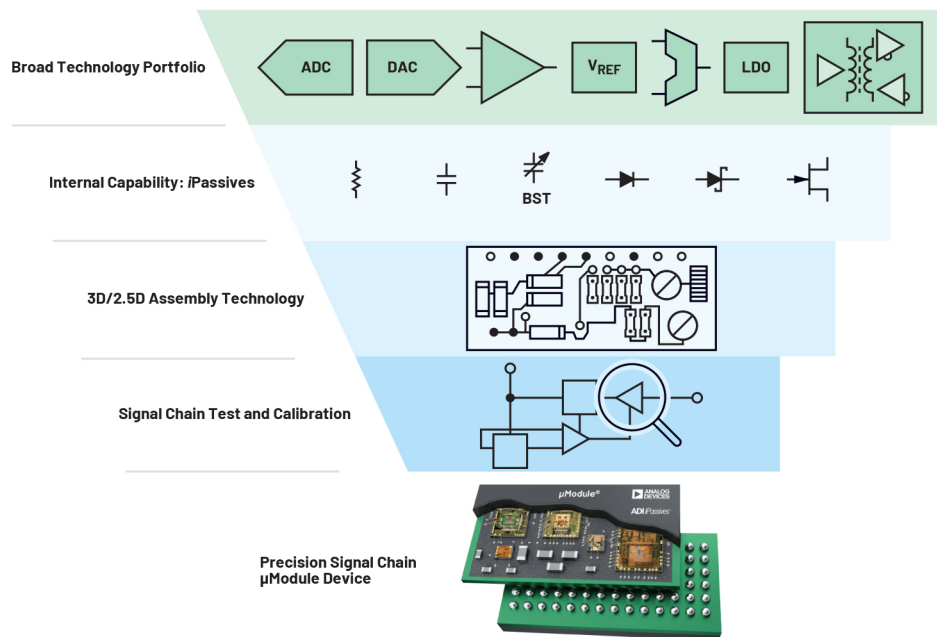


图1. 系统级封装。

元件是在相同时间和相同条件下制造的，因此元件之间的匹配性能更佳²。

该解决方案可以将元件选择、优化和布局从设计人员转移到器件，从而减少了设计迭代。得益于其专业的硅制造工艺，ADI生产的精密信号调理系统高度可定制，并且性能出色²。图2说明了该解决方案的尺寸要小得多。除此之外，该方案还能帮助系统级设计人员降低总拥有成本并缩短产品上市时间。

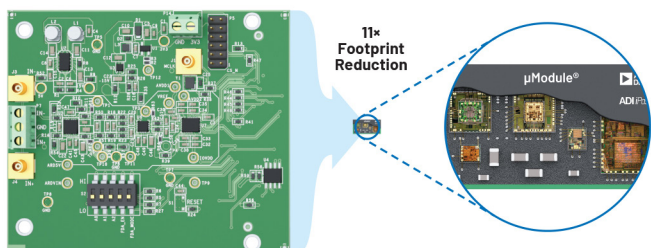


图2. 减小解决方案尺寸。

释放性能潜力

精密信号链μModule解决方案旨在克服前端集成电路设计和制造技术的限制，实现优越的性能，以满足快速发展的电子产品客户需求³。通过精选元件、采用精密的模拟设计技术和先进的布局优化方案，这些模块可确保高信号完整性、低噪声和准确的信号处理。无论是捕获传感器数据、放大信号还是在模拟域和数字域之间进行转换，精密信号链μModule解决方案都能以出色的质量充分发挥信号处理的全部潜力。

ADI的iPassives技术可确保同类的机械环境。为了实现这一点，走线电阻和电感等互连寄生参数保持在较低水平，而存在的少数寄生参数具备较高的可预测性和可靠性²。图3显示了ADAQ4003在不同增益和不同输入频率下的出色性能。

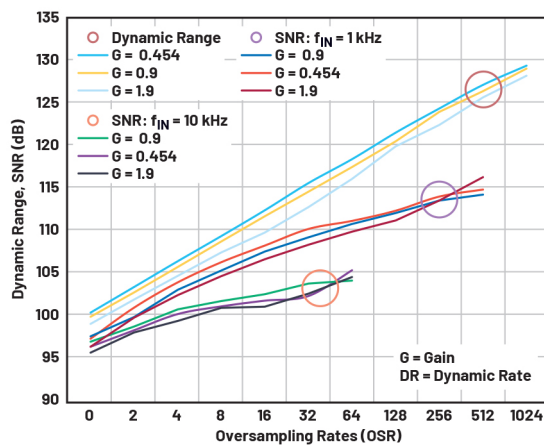


图3. ADAQ4003的动态范围和不同输入频率下的SNR与过采样率(OSR)的关系⁴。

定制和灵活性

在确保高集成度的同时，精密信号链μModule解决方案还为系统设计人员提供了信号链设计的灵活性。该解决方案高度可配置，用户可根据特定应用需求对所有元件进行智能划分，从而自行设置信号链的参数和特性，如图4所示。凭借可调增益、带宽、滤波选项和其他可定制特性，这些解决方案提供了一个能够应对各种设计挑战的多功能平台。

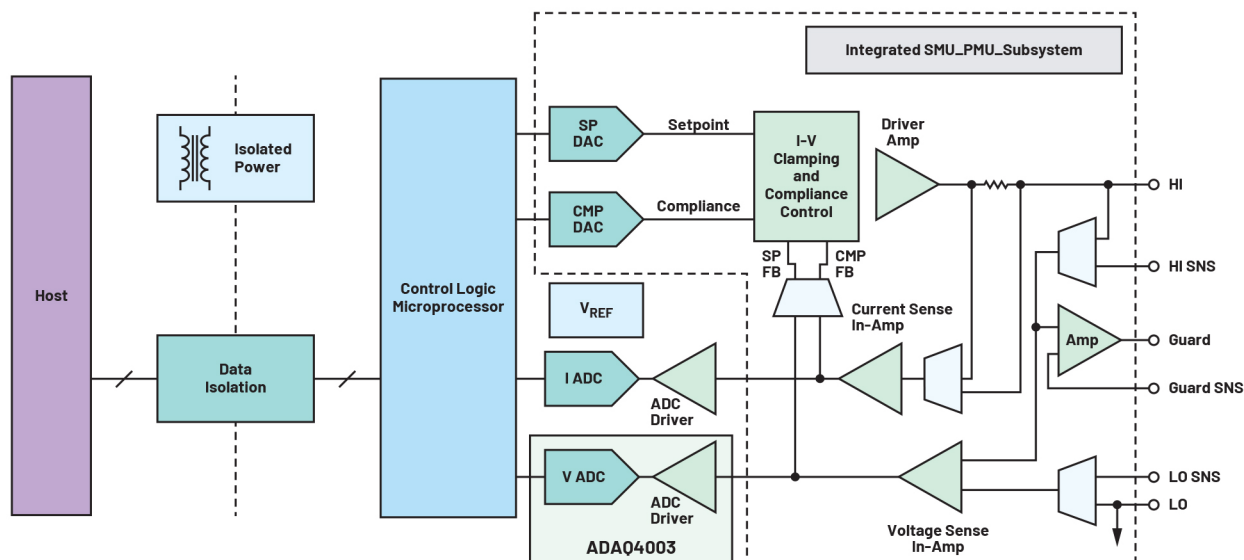


图4. 源表(SMU)简化框图⁴。

降低总拥有成本：

在系统的整个生命周期中，会产生许多与系统支持相关的二次成本¹。由于分立器件的固有特性，在电路的整个工作温度范围和生命周期内，其性能不可避免地会发生退化。在采用精密信号链μModule解决方案构建的系统中，影响性能和制造良率的无源元件已集成到μModule器件中，因此其二次成本较低¹。图5说明了用精密信号链μModule解决方案代替分立信号链可以降低二次成本。

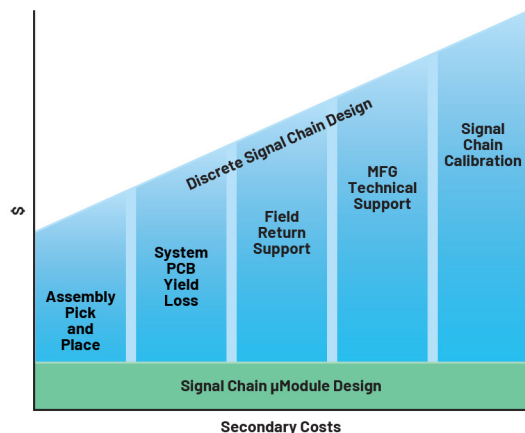


图5. 二次成本。

信号链μModule数据手册中反映的限值涵盖了整个信号链性能，确保了制造过程的一致性和高良率，有助于减少生产线上出现良率问题的可能性，降低技术支持成本，并更大限度地提高制造产量¹。

此外，由于无源元件是每个电子子系统不可或缺的一部分⁵，因此将其集成到衬底将会为性能改进带来可能。这种集成可以减少与温度相关的误差源。不仅如此，这还使得制造过程中无需对信号链进行耗时费力且成本高昂的温度校准（参见图6）。通过尽量减少PCB上的分立元件数和互连数，可以减少焊点，从而提高系统可靠性，并降低现场支持成本¹。

易用性和快速原型制作：

精密信号链μModule解决方案可简化设计流程并显著缩短开发时间。内核经过预先设计、制造、表征和测试，因此设计时间得以缩短。精密信号链μModule解决方案具备预配置的信号链，以及评估板和软件开发套件等丰富的支持资源，设计人员可以轻松获得良好的性能并简化设计过程。图7为信号链套件实例，展示了精密信号链μModule解决方案的强大性能。

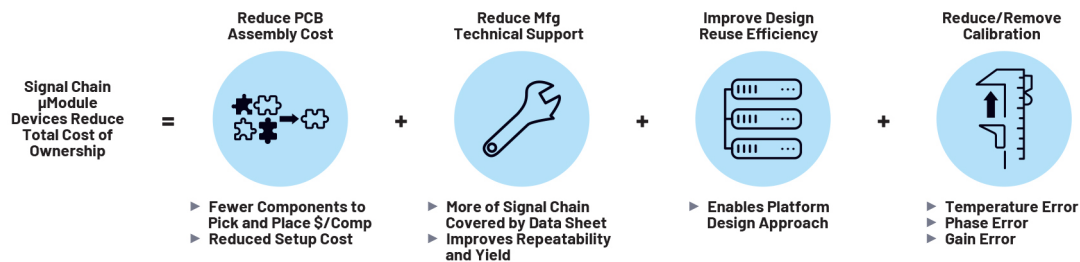


图6. 使用精密信号链μModule技术降低总拥有成本。

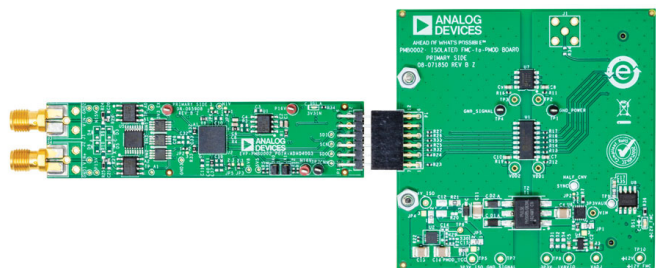


图7. ADISKPM10-EV-FMCZ信号链套件。

从设计人员的角度来看，ADI的*i*Passives技术是一种非常灵活的设计工具，用于产生精密信号链μModule解决方案，能够在非常短的开发周期内设计出系统解决方案²。系统设计人员可以专注于系统级设计和功能，而不再需要纠结于复杂的电路级实现。快速原型制作和系统验证变得更加容易，从系统定义到部件交付的整个开发周期更加高效，创新应用成为可能。

为了满足市场的多样化需求，ADI公司提供了丰富的集成和专用变换器产品系列，可以为各行各业提供有力支持。如需了解更多信息，请访问[ADI精密信号链μModule解决方案页面](#)。

应用领域广泛

精密信号链μModule解决方案适用于众多行业的广泛应用，涵盖各个领域，例如：

通信

大多数无线通信产品需要数字、模拟和射频电子元件协作，以支持信号的无缝传输和接收。为此，精密信号链μModule解决方案将增强收发器、基站和网络基础设施的性能。这些解决方案将射频电路与数字电路分开，从而有效减轻了噪声敏感射频电子元件的数字对应部分所产生的电磁干扰⁶。

以ADAQ8092为例（图8），它是一款双通道系统级封装(SIP)，集成了三个通用信号处理和调理模块，支持各种解调器应用和数据采集应用。该器件集成了所有有源和*i*Passives元件，形成完整的信号链，并且尺寸比分立解决方案缩小了6倍。内置电源解耦电容增强了电源抑制性能，使其成为可靠的DAQ解决方案。ADAQ8092采用3.3 V至5 V模拟电源和1.8 V数字电源供电。数字输出可以是CMOS、双倍数据速率CMOS或双倍数据速率LVDS。

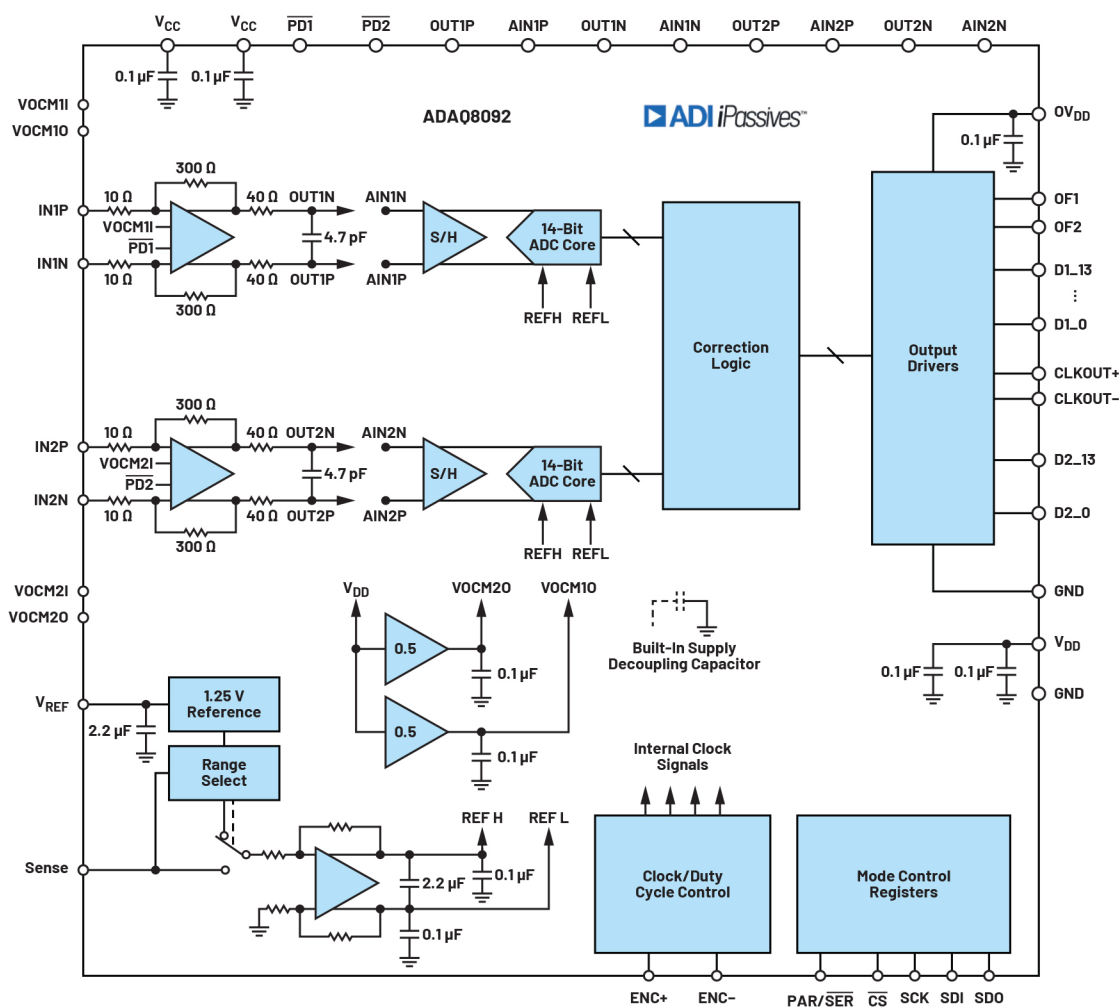


图8. ADAQ8092框图。

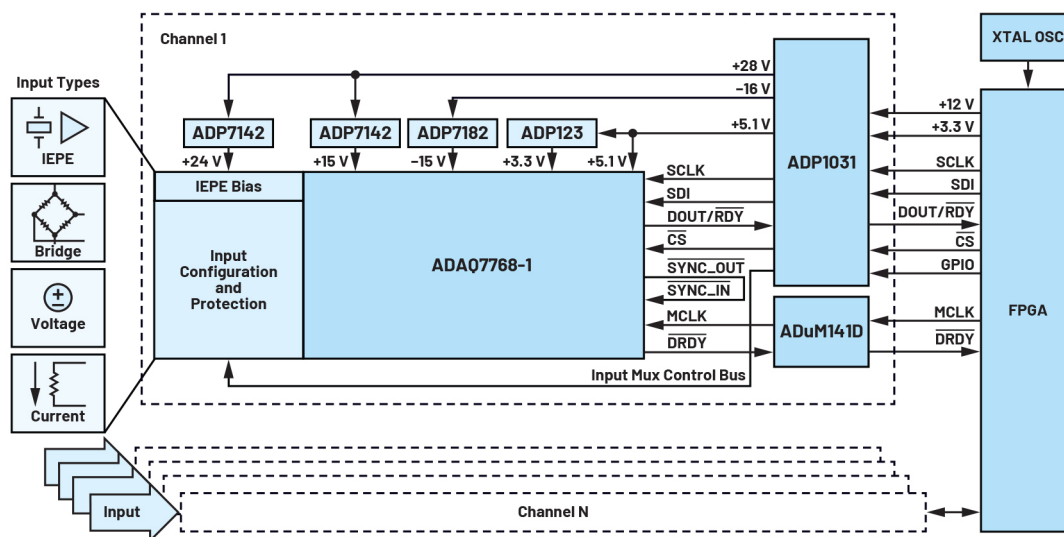


图9. 每通道隔离DAQ系统的典型应用示意图。

工业自动化

就工业应用而言，最近的半导体技术进步推动了主要推动了三种创新趋势：功率密度和能效、数字功率控制的普及以及安全性⁷。精密信号链µModule解决方案为工业自动化系统提供精密信号处理能力，确保实现准确的测量、控制和驱动。

工业通信网络让机器和控制系统之间实现实时通信，从而推动制造场景的智能化和安全化发展。精密信号链µModule解决方案可以为数字控制系统的开发和新颖的连接解决方案提供支持，从而能够时刻保障人身安全⁷。

系统安全对于确保人身安全和保护环境至关重要⁷。近年来，半导体技术的新工艺方案取得了重大进展，安全监控系统可以同时兼备良好的通信速度、功耗、尺寸和可靠性等特性。

精密信号链µModule解决方案通过集成方法，实现了尺寸小巧、功耗低、可靠性高和通信速度快等优势。

工业自动化系统从多个传感器节点收集数据，并将数据传输到中央状态监控系统进行数据分析。状态监控(CbM)是一种预防性维护策略，使用了各种类型的传感器持续监控资产的状况。CbM可用于建立趋势、预测故障、计算资产的使用寿命，以及提高制造工厂的安全性⁸。

对于CbM应用，[ADAQ7768-1](#)支持多种输入类型，包括IEPE传感器、电阻桥、电压和电流输入，如图9所示。ADAQ7768-1还支持两种器件配置方法。用户可以选择通过SPI更改寄存器，或者通过简单的硬件引脚绑定方法，将器件配置为在各种预定义模式下运行¹。

汽车测试解决方案

经优化的创新型精密信号链µModule解决方案提供了稳健的互连和机械支持、高可靠性、结构紧凑且高性价比的产品，有助于满足汽车行业的需求⁹。这些解决方案适用于信息娱乐系统、动力总成控制、高级驾驶员辅助系统(ADAS)等领域，可以增强安全性、舒适性并优化车辆性能。

技术进步导致了复杂性提升，因此需要新的仿真和验证方法。为了避免难以实施的仿真作业，我们可以使用数字孪生技术。数字孪生是实际物理系统的虚拟表示¹。这种方法可以帮助降低成本，加快开发周期，或实现整个系统的优化。

比如汽车市场中的硬件在环(HIL)技术，这是一种数字孪生技术，用于测试复杂的实时系统，例如电子控制单元(ECU)、动力转向系统、悬架系统、电池管理系统或任何其他车辆子系统。ADI公司丰富的信号调理、数据采集、信号生成和隔离产品系列为HIL仿真器提供了优化的解决方案。具体而言，[ADAQ23878](#)具有信号缩放功能，其在单个器件中整合了多个通用信号处理和调理模块，包括低噪声、全差分ADC驱动器(FDA)、稳定的基准电压缓冲器以及高速、18位、15 MSPS逐次逼近寄存器(SAR) ADC，从而大大减少终端系统元件数量¹。

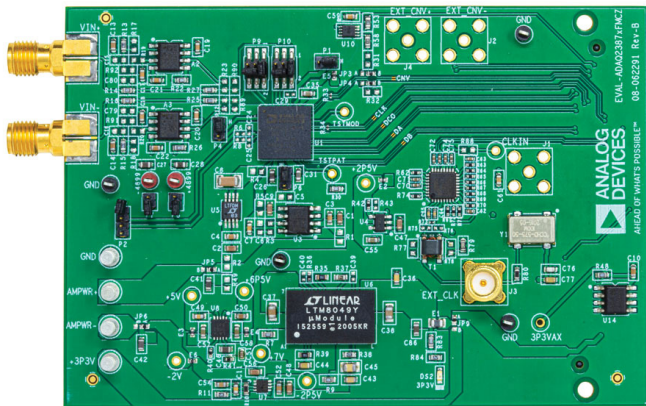


图10. EVAL-ADAQ23878评估板。

结论

在IC技术领域，越来越多企业正在利用SiP技术的异构集成来简化开发流程¹⁰。精密信号链μModule解决方案为系统设计人员带来了全新的信号链设计方法。该方案兼具高集成度、高性能、高灵活性和高易用性等优势，同时保持了出色的信号处理能力。随着技术的不断进步，精密信号链μModule解决方案将在各个行业的创新应用中发挥重要作用，为电子系统的发展做出贡献。

致谢

感谢Stuart Servis对本文的技术贡献。

参考文献

¹ “精密信号链μModule解决方案”，ADI公司。



作者简介

Lloben Paculan是ADI公司的产品应用工程师，目前常驻于菲律宾特瑞亚斯将军市。他于2000年加入ADI公司，先后担任多个测试硬件开发和应用工程职位，一直从事精密、高速和精密信号链μModule开发工作。他拥有菲律宾泽维尔大学的工业工程与技术学士学位，以及奎松大学计算机工程学士学位。



作者简介

Regine Garcia于2023年加入ADI公司，目前是菲律宾特瑞亚斯将军市ADI公司精密信号链μModule开发部门的产品应用工程师。她毕业于菲律宾碧瑶市圣路易斯大学，获电子和通信工程学士学位。

- ² Mark Murphy和Pat McGuinness, “使用微型模块SiP中的集成无源器件”，《模拟对话》，第52卷，第10期，2018年10月。
- ³ Man-Lung Sham、Y. C. Chen、L. W. Leung、Jyh-Rong Lin和Tom Chung, “系统级封装(SiP)业务的挑战和机遇”，2006年第七届国际电子封装技术大会，2006年8月。
- ⁴ Maithil Pachchigar, “μModule数据采集解决方案可有效应对各种精密应用的工程挑战”，ADI公司，2020年11月。
- ⁵ Michael Scheffler和Gerhard Tröster, “评估集成无源器件的成本效益”，欧洲设计、自动化和测试会议论文集，2000年2月。
- ⁶ King L. Tai, “系统级封装(SiP): 挑战与机遇”，2000年亚洲和南太平洋设计自动化会议论文集，2000年1月。
- ⁷ Domenico Arrigo、Claudio Adragna、Vincenzo Marano、Rachela Pozzi、Fulvio Pulicelli和Francesco Pulvirent, “下一个‘自动化时代’：半导体技术如何改变工业系统和应用”，ESSCIRC 2022 - IEEE第48届欧洲固态电路会议(ESSCIRC)，2022年9月。
- ⁸ “状态监控”，ADI公司。
- ⁹ Yangang Wang、Xiaoping Dai、Guoyou Liu、Daohui Li和Steve Jones, “汽车系统先进功率半导体封装综述”，CIPS 2016；第九届集成电力电子系统国际会议，2016年3月。
- ¹⁰ K.M. Brown, “系统级封装：SiP重获新生”，IEEE 2004年定制集成电路会议论文集。

