

解决方案

先进的仪器仪表解决方案优化研发设计并加快产品上市

精密仪器仪表在多功能测量设备、现场服务、自动测试以及研发和校准实验室等应用中扮演着重要角色。ADI凭借超过50年的专业积累和丰富经验，以客户挑战为出发点，设计了一套完整精密技术信号链，提供全面的硬件、软件和固件集成解决方案。

本文重点介绍了四款先进仪器仪表解决方案：精密阻抗测量模块、超低失真信号分析仪模块、低延迟开发套件和数字控制

高压SMU。ADI利用现成可用的平台和尖端集成电路设计技术，提供给客户良好的、高性能参考设计和电路板或模块级解决方案，帮助客户降低研发成本，加快研发进度。

表1显示了部分ADI仪器仪表解决方案，这些产品均在官网上发布。

表1 仪器仪表解决方案一览表（按仪器仪表细分市场罗列）

解决方案	类别	说明	状态	细分市场应用		
				ET&M	ATE	SCI
ADMX2001	精密	精密阻抗测量模块	已发布	LCR测量计	无源器件测试	水质
ADMX1001/2	精密	超低失真信号发生器模块(0-40kHz)	已发布	音频测试	ADC测试	
ADMX3001	精密	器件电源(DPS)解决方案板(±100V、±1A)	已发布	SMU/DPS	DPS	质谱分析
LLDK CN0584/5	精密	精密低延迟(250ns)开发套件	已发布	硬件在环(HiL)	波形发生器	PID控制环路/锁定放大器
ADMX7101 FR2/FR3	RF	无线测试系统RF TRX (FR2/FR3)	已发布	射频测试	5G/6G测试	
ADMX7001 VNA	RF	紧凑型多端口20GHz VNA参考设计	已发布	S参数测试	天线/PCB/电缆测试	材料分析
ADMX6001	RF	直流耦合、12b、10GSPS数字化仪平台	2025年下半年	数字化仪		质谱分析, ToF

阻抗测量分析仪模块ADMX2001

阻抗是许多测试中衡量质量的一个关键指标，通过复杂阻抗可以了解组件在不同频率下的性能，对质量控制、滤波器设计、组件健康测试、表征和评估组件是否满足系统要求起到帮助。虽然数字万用表DMMs可以测量电阻，但只能捕捉到实部，无法提供包含实部和虚部的复阻抗信息，通常也不能测量电容或电感。

测量复杂阻抗对于许多应用至关重要，一般涉及的阻抗测试包括：

- 电感：全频率范围内的电感并找到谐振频率，测量损耗、电感与直流偏置的关系并评估寄生现象；

- 电容：频率范围内交流幅值下的电容的测试，确定等效串联电阻、品质因素和耗散耗散因子，以表示不同频率下的损耗；
- 电阻：确定频率范围内寄生电容电感的影响；
- 二极管：通过扫频与交流激励相加的直流偏压，可以在二极管的VI曲线上的每一点进行测试；
- MOSFET：确定不同频率下的栅极电阻R_g；
- 电化学阻抗谱，或称EIS，通过测量复杂阻抗来分析电化学系统。

图1所示应用是由Hioki发明，通过测量频率扫描的电阻及电抗来确定电池的健康状况。通过绘制Nyquist图对照电阻和电抗，可以发现劣化电池与原始电池所表现出的电阻有明显不同。

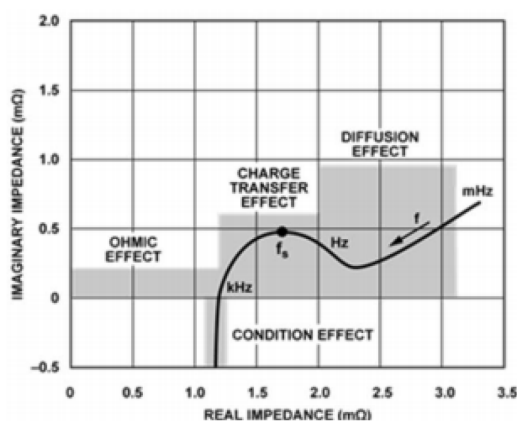


图1 锂离子电池的EIS

ADMX2001—高性能阻抗分析仪测量模块

ADMX2001阻抗分析仪模块解决了阻抗设计中的很多难题，它是通过产生正弦激励信号将其应用于被测设备，测量产生的交流电压、交流电流幅值和两者相位差而得到负阻抗。利用这些信息可以计算出多种形式的阻抗，最直接的是极坐标阻抗、幅值相位，电阻和电抗在矩形坐标中的阻抗。模块支持通过内置显示模式计算电容、电感、耗散因素、品质因素和其它多种格式。

ADMX2001高达10MHz的激励频率极大地增加了可测量DUT的范围，并可以评估高频寄生和频率响应效应，如自谐振频率。可编程直流偏置有助于测量电解电容及二极管MOSFET的正向偏置，交流幅度通过扫频得到。内置校准存储器，测试校准典型精度为0.05%，提供UART接口和人性化控制，SPI接口可以方便的集成到大型测试系统当中。模块的尺寸是1.5" x 2.5" (38mm x 63.5mm)。

ADMX2001解决了高性能阻抗测量系统的设计难题，提供了从DC到10MHz的完整解决方案，主要特性和优势表现为：

- 固件经常更新，不断提升性能并引入新特性：积极响应客户需求，提供定制化应用方案；
- 阻抗测量高达10MHz，比集成解决方案快近两个数量级：提高测量灵敏度和测试频率，满足无源元件和半导体测试的需求；
- 可设定测量范围，支持测量100 $\mu\Omega$ 至20M Ω 阻抗：涵盖传统台式仪器的测量范围；
- 达到仪器级别的0.05%基本精度：提高测量质量和生产测试良率；
- 提供电容、电感、电阻、阻抗和导纳测量结果，且具备校准记忆功能和相应的算法支持：无需额外的计算或非易失性存储器；
- 自动进行参数扫描：频率和直流偏置：可对半导体器件进行阻抗谱分析和C-V测量；

- 4对开尔文端子及夹具补偿算法：降低引线 and 夹具寄生效应；

图2为ADMX2001框图，3.3V单电源供电，直接与DUT连接。该模块集成了专用电流、电压采样ADC以及精密信号发生器。板上生成时钟和精密正弦激励，同时阻抗计算校准和数字接口也集成于板上，这些特性极大的方便了应用。精心选择的最佳带宽、噪声、隔离度以及出色的阻抗灵敏度为客户带来性能上的优势。

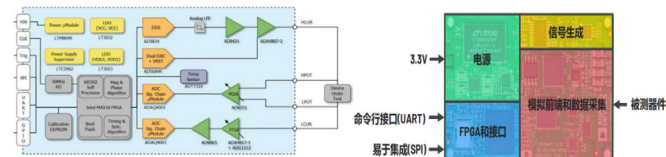


图2 ADMX2001简化功能框图

经过校准的150pF电容精度测试

图3是ADMX2001的测试结果，左边部分是实测数据，右边部分是根据校准值所列出的误差，在此容值下具有0.01%以内的高精度。采用DUT 150pF 1% 0603 SMD NPO的电容进行测试，参考值是151.23pF。

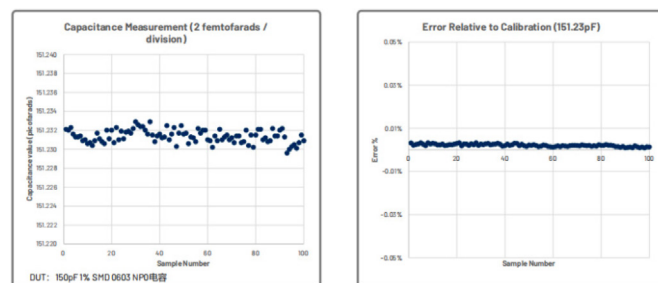


图3 150pF电容精度测试

18650锂离子电池EIS测试案例

图4是典型的3.7V 18650锂离子电池EIS测试案例，左部分绘制的是电阻和电抗，将左边的两个图合并到右边的奈奎斯特图中则是阻抗图，从而了解电池的健康状况。

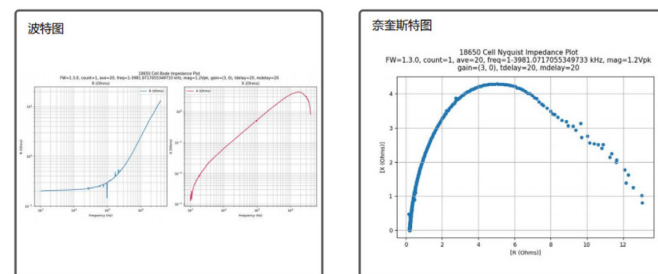


图4 18650锂离子电池EIS

相比于其它集成方案，ADMX2001具有相当的优势，表2进行了示例，其中绿色文字是典型优势所在，包括频率范围、灵敏度、精度等。

表2 ADMX2001与其他方案的比较

产品特性	ADMX2001	方案A - 参考设计	方案B - 台式LCR
频率范围	DC, 0.2 Hz至10 MHz	100 Hz至100 kHz	20 Hz至2 MHz
分辨率	18位	不适用 (仅AFE)	4位
灵敏度	0.02fF/0.01mΩ/10pH	1.76fF/1mΩ/2.6nH	未公布 - 与ADMX2001类似
相对精度	0.05%	0.1%	0.05%
校准存储器	是	否	是
温度范围	-10°C至85°C	不适用	-20°C至70°C
封装类型	38mm x 63.5mm SoM	~ 90mm x 65mm	375mm x 390mm x 105mm台式
全套仪器	否	否	全套仪器/前面板 CE/UL认证
千片预订价格, 2025年2月	评估模块995.00美元+ 评估板250.00美元*	不出售	约25,000美元

评估板EVAL-ADMX2001EBZ LCR

图5为ADMX2001评估板，通过此评估板：

- 展示ADMX2001作为台式LCR仪表和阻抗分析仪的功能
- UART接口允许通过终端仿真器（如PuTTY和Tera Term）进行访问
- UART使用现成的电缆，即可简化与多个平台的连接：Windows, Mac OSX, Linux, 树莓派, Arduino



图5 评估板ADMX2001EBZ LCR

超低失真的波形发生器
ADMX1002/ADMX1001

如希望测试音频的总谐波失真THD、信噪比SNR、SFDR等参数，则需要超低失真信号发生器，主要是期望测试设备性能明显优于待测物参数。一般来说，若要测试超低噪声性能时，需要测试

设备的精度需要比待测物精度好10倍以上。这类应用场景可能会是测试ABC耳机、麦克风、智能设备和助听器等。若客户对信号的失真、尖峰和斜坡较为在意，那么低失真信号发生器则是最佳选择。

ADMX100x是一款小型低失真信号发生器，应用于实验室工作台或轻松集成到需要低失真信号发生器的大型测试系统当中。台式仪表具有一些高级的数字功能，如蓝牙、HDMI接口等。若测试系统不需要这些冗余功能，只希望能得到比较干净的信号源，那么低失真信号发生器ADMX100x是一个很好的替代品，如图6所示，可以显著减少尺寸或集成时间。



图6 台式仪表 vs. 芯ADMX1001

图7展示了ADMX1002/ADMX1001框图，主要包含存储器，电源管理，精密基准的电源，精密DAC，ADC和信号调理。处理器的软件部分包含DPD算法，数字预时帧算法。内置的16个波形的模式存储可以较为方便的由SPI控制。20bit DAC通过信号调理进行信号发生，通过回踩进行DPD的预时钟处理。

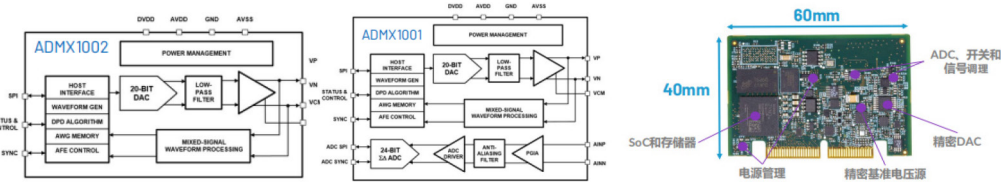


图7 ADMX1002/ADMX1001概述

ADMX1002和ADMX1001的特色和优势

ADMX1002/1解决了超低失真和低噪声任意波形发生器和信号分析仪的设计挑战，产品的一些特色和优势如下：

- 总谐波失真(THD)高达-130dBc，比DDS和CODEC低两个数量级以上，比高性能音频DAC至少好2倍；支持测试下一代ADC和高保真音频系统
- 真正的20bit任意波形发生器，能够生成直流信号和用户自定义的波形：一台发生器满足所有信号需求，包括测试、交流、直流、斜坡和随机信号（如语音或声音）
- 在非易失性存储器中存储最多16个模式：预加载所有波形，快速执行测试
- 全差分3.6VRMS输出，具有可调输出共模：直接与现代ADC输入对接

- 原生正弦波、双音和直流模式：不需要用户接入就能生成常见模式
- 具有可编程测量范围的单端和差分输入通道（仅限ADMX1001）：实现完整的频谱和失真分析系统
- 采用精简命令集的控制：易于使用，甚至支持低功耗微控制器控制
- 60mm x 40mm系统化模块：专为大批量生产而设计，可嵌入小尺寸高密度测试系统

表3是ADMX100x是同台式仪表的性能对比，比较突出的特色在于THD可以做到-130db，直流稳定性只有5PPM，支持16种波形的存储，做到20bit的采样通道，极小的尺寸也有利于测试系统的集成。

表3 ADMX100x与其他产品的比较（关键性能规格）

解决方案特性/规格	ADMX100x	台式
输出THD	-130dBc	-120 dBc
直流稳定性	5ppm/°C	+/- (0.3%+3mV)
带宽	DC-40kHz	DC-80kHz
AWG模式存储器	16种波形	手动加载.WAV文件
采集通道分辨率	24位 (仅限ADMX1001)	16位 (96dB SNR, 全带宽)
温度范围	-40°C至+85°C	0°C至+45°C
封装类型	62mm x 41mm SOM	台式仪器 432mm x 129mm x 475mm
全套仪器	否	全套仪器/前面板 CE/UL认证
千片预订价格 (美元) 2025年2月	ADI BOM: 约265美元, 另加许可费(ADMX1002) 评估模块价格约为2,000美元*	28,000美元

*ADMX1002的价格为小批量组装评估模块的价格。
致电了解许可协议定价。

□ 绿色-处于优势
□ 红色-处于劣势

EVAL-ADMX100X-FMCZ评估板

图8展示了ADMX100x信号发生器评估板，可以进行：

- 演示ADMX1002作为台式任意波形发生器的功能
- 提供差分输入以支持ADMX1001信号采集功能
- 板载环回开关用于自检（仅限ADMX1001）
- 通过直观的GUI界面，可访问大多数功能
- 利用脚本工具，可轻松控制和自动执行信号生成任务



图8 EVAL-ADMX100X-FMCZ信号发生器

低延迟开发套件(LLDK) CN0584/5

评估复杂系统的时候需要较多仪器的相互配合，包括实时软件，函数发生器，混合域示波器，DAQ数据采集及整体控制系统。通常来说，搭建这样的复杂系统需要很多设备，这是一个非常大的挑战。应对这些挑战需要一种能够无缝集成和管理多种仪器和流程的解决方案，ADI LLDK 低时延开发套件CN0584/5采样系统则发挥这样的作用。

ADI LLDK是经过验证的硬件数字模块和软件站，完整的数据采集和信号生成平台一款开发平台，提供全套的评估系统低延迟开发(LLDK)板搭载了板载电源轨、电压监测、逻辑电平转换、通用输入输出(I/O)、I2C、SPI以及专用接口连接器，通过FMC低引脚数(LPC)连接器与FPGA连接。

ADI LLDK特点

LLDK是先进的高精度、低延迟解决方案，提供数字信号处理能力，适用于复杂系统原型设计，具有如下特点：

- 经过验证的硬件、数字模块和软件栈，可创建精密低延迟系统
- 包含4个ADC和4个DAC，每个都具有16位分辨率
- 同步4路输入和4路输出，可进行复杂系统的建模
- 通过ADC+DAC实现低至200ns的模拟延迟，其中ADC模块在 < 70ns 内对精密模拟输入数据进行完整采集和转换，并从写入DAC的初始数据中开发稳定的满量程模拟输出
- 支持差分模拟输入和单端模拟输出，所有I/O通道上都有宽电压范围保护
- 向客户提供开源Python、Linux+设备树

ADI IIO示波器	Python	MATLAB / Simulink
• 读取ADC数据并绘制相应的时域和频域图 • 在单一模式和流模式下生成DAC波形	• 轻松生成自定义脚本来控制数字模块 • 使用电路板产生的真实数据来验证算法 • 信号处理功能包括FFT、数字滤波、数字预失真等。	使用HDL-coder（硬件描述语言）部署算法并实时执行

LLDK低延迟和快速建立时间示例

图10是具有低延迟和快速建立时间的解决方案示例，使用任意波形发生器输出正弦波信号，该输出分为两部分：一部分进入LLDK输入，另一部分连接到示波器作为参考。这种设置允许我们比较LLDK系统数字化的信号，通过FPGA处理，然后从数字转换

图9是CN0585评估板，其中包含使用ADI最新精密技术的核心ADC和DAC芯片。通过更改板载0欧姆电阻器，将输入/输出范围从默认+/-10V调整到其他选项。可以在LLDK上实现和测试的一系列信号扩展的处理功能，其中包括DDS滤波、FFT啊，包括明器开关等功能。

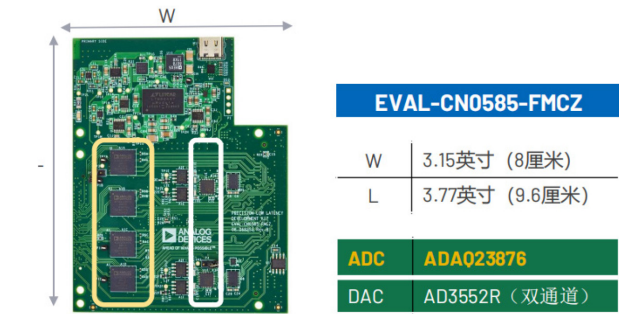


图9 EVAL-CN0585-FMCZ

LLDK提供软件支持和开源代码

LLDK系统包含了急用型软件站，用户可开箱即用。有关软件交互的详细指导在CN0584界面有专门介绍。

1. 系统新手若希望轻松实现可视化，可以在计算机上安装IIO示波器，该工具允许在时域和频域读取ABC采集的数据，通过DAC输出预生成的波形供软件检查。
2. 如果需要更多的定制，如生成不同频率和振幅的正弦波，也可以使用Python脚本。同时也可以使用电路板上真实的数据进行算法验证，并通过测试的信号处理，包括FFT滤波，数字预示针的这些算法。
3. 如果想在板载FPGA上创建自己的设计或DSP，也可以使用与平台无缝集成的HDL编码器和SIM令。

回模拟。输出连接到示波器上的另一个端口，通过放大比例可以在屏幕上清楚地看到两个几乎相同的波形，其中一个稍微落后于另一个。示波器测量的总延迟约为250ns，包括模数采集、FPGA处理和数模转换。

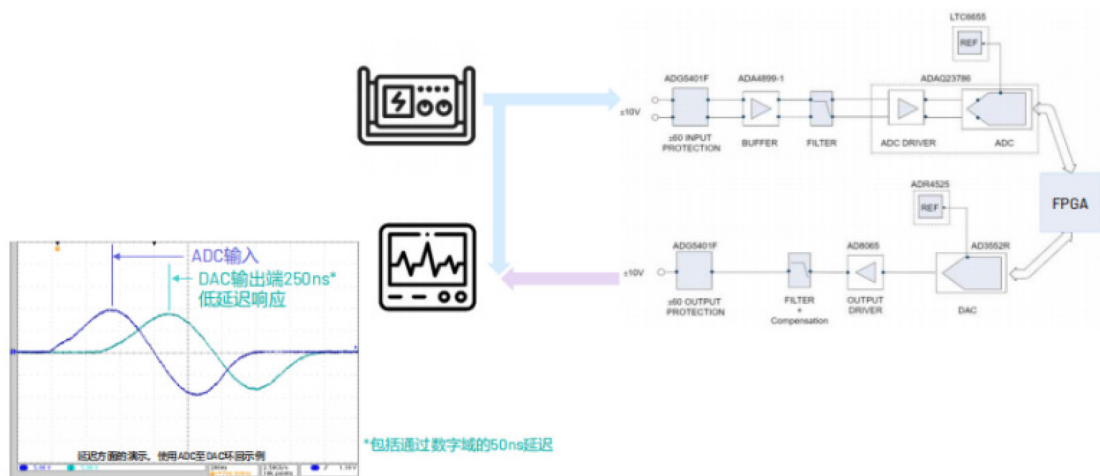


图10 具有低延迟和快速建立时间的解决方案

LLDK模拟输入和输出的精密性能

右上角是将LLDK输出的信号与参考进行了比较。黄色频谱轨迹表示来自LLDK的振幅为 $\pm 10\text{Vpp}$ 的100Hz正弦信号的模拟输出。将其与来自台式波形发生器的相同设置的信号进行比较，可以看到LLDK的波形生成在信号纯度，谐波远低于-100dB线。

右下角是1kHz正弦信号的模拟输入频谱，发现一个与基频偏移几kHz的强杂散峰值。该结果表明，1kHz音调的无杂散动态范围(SFDR)为-110dB。

在工作台上重现上述结果非常简单。LLDK附带了用于信号采集和输出生成的开源Python脚本。如果想检查信号生成部分的精度和纯度，允许对输出信号频率和幅度进行调整。

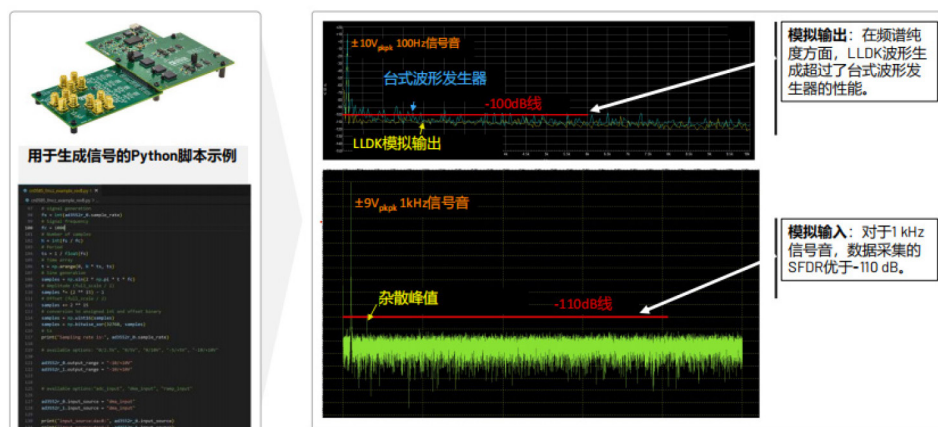


图11 模拟输出和输入的精密性能

LLDK数字模块和IP示例

LLDK提供的数字模块和IP组件可以显著加速客户的评估和开发速度，所有这些功能块已被证明在各种应用场景中是有效的，无论是单独使用还是在LLDK上。图12和图13示例了五种组件应用。

第一个组件是直接数字合成器或DDS。通过合成波形，可以在单个DAC通道或所有四个同步通道上生成即用型正弦波形以及任意波形。DDS采用用户指定的幅度、频率和相位输入，然后在4个

DAC通道中的2个通道上输出正弦波形，反转并在其他2个DAC通道上输出。

第二个组件采用数字预失真算法，旨在通过反馈系统实现超低谐波失真。通过板载ADC，它从DAC获取DDS输出，分析其谐波音调并应用抵消音调对DDS中的合成信号进行预失真。与初始信号相比，谐波被有效地消除了。

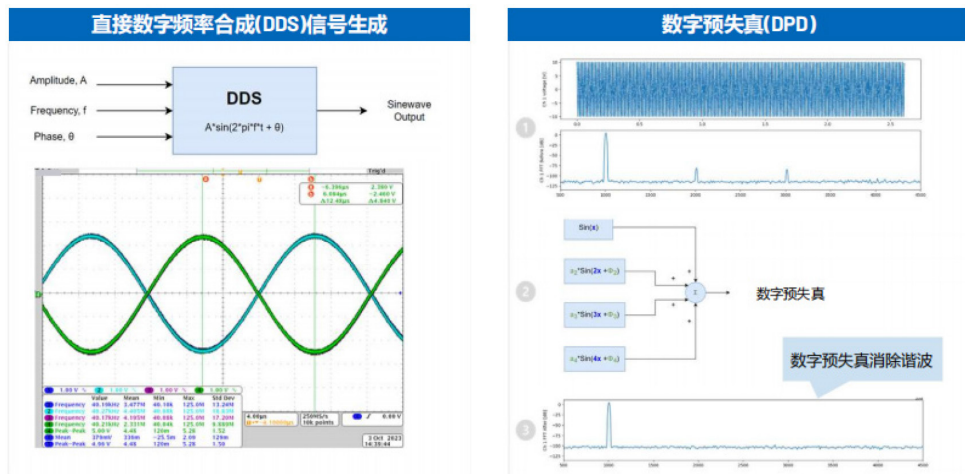


图12 数字模块和IP示例(1)

第三个组件是PID控制器，是由比例、积分和导数子模块组成的反馈系统。控制器为每个部分获取用户指定的参数，执行缩放、积分和推导，然后将组合结果反馈送到工厂或过程。闭环PID控制器通过工厂的输出被反馈到反馈路径。得益于工作PID对最终输出的超调得到了很好的抑制。

第四个组件是DDS和信号混频器的组合调制，实现了混频器，接受ADC输入和LLDK的DDS来创建混合输出。在此示例中，DDS生成的20kHz正弦信号（此处未显示）与ADC捕获的10kHz信号（蓝色显示）混合。混合输出（以青色显示）携带2个频率分量，10kHz和

30kHz。在混频器中两个信号实际上是乘法。在频率方面，它们的载波音调在最终产品中被相加和相减。

第五个组件是FIR低通滤波器和高通滤波器等数字滤波器，它们可以方便地插入数字前端链中用于基本的信号调理。

以上五种示例只是ADI团队经过实施验证的一部分。当然，LLDK不仅限于这些功能，客户可以利用Simulink和HDL Coder根据需求对定制信号块和系统进行原型制作。

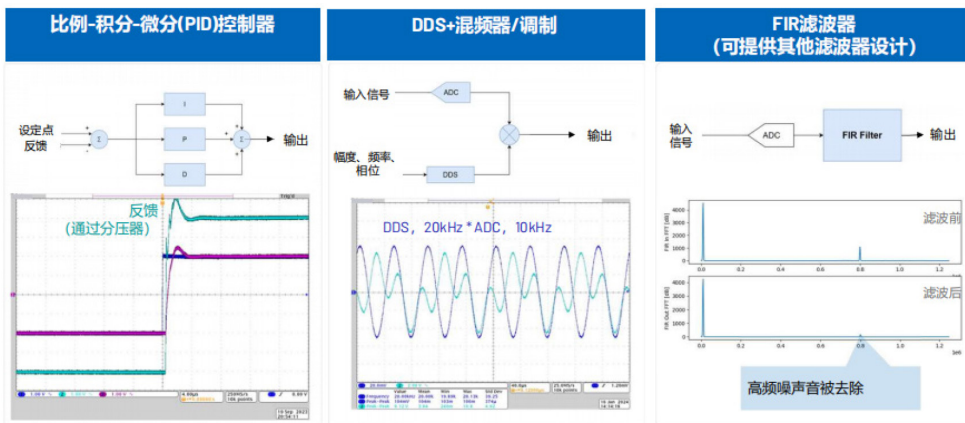


图12 数字模块和IP示例(2)

总之，低延迟开发套件是一个功能强大的平台，提供高精度和低延迟，16bit的ADC和DAC可以方便的做数字模块的拓展处理。提供完整的FBA接口，包括HDL的代码固件和Python的接口。

低时延，高精度的特色使其应用于很多场景，包括激光控制，音频的测试、ECU电机、电子转向系统、电子悬架、DMS市场等。

SMU解决方案ADMX3001

ADMX3001是一款4通道、±100V、±1 A的SMU的系统解决方案。在电子测试领域，源测量单元(SMU)和电源都起着至关重要的作用。SMU与标准的电源相比，电源主要是为了简单的电压电流而设计，无法满足高级测量环境所需要的高精度和准确性，缺乏对电压电流的精密控制。

随着测试需求变得更加精确和复杂，传统电源难以应对某些挑战，这些挑战通常涉及精度、准确度和处理更广泛操作条件的能力，因此SMU方案脱颖而出来解决更加精确和复杂的测试。SMU具备完整的四象限操作功能，具有快速的稳定时间，实现更快更准确的测量，提高生产的效率。

在将SMU与标准电源进行比较时，必须考虑它们的独特功能。虽然电源主要设计用于简单的电压或电流源，但SMU以高精度集成了源和测量功能。这种集成使他们能够克服电源的特定限制，特别是在精密测试应用中。

应用挑战:

- 精密度和准确度
- 四象限运行
- 快速建立时间

应用目标:

- 半导体测试
- 台式测试
- 器件特性

ADMX3001主要指标

ADMX3001包括四通道的VI源，4个功能通道均可以做到±100V，三个等级电压范围为±1V，±10V，±100V；7个电流范围为1μA至1A，整体板子尺寸是5.5"×10"。紧凑的设计还配备了数字PID控制器以确保在各种负载下安全和理想的操作。该设备提供全四象限操作，如图13所示，直流输出为100 V和10mA，脉冲输出为100V和1A，客户可以根据自己的实际需求进行设计上的裁剪，改变需要输出的电流电压范围。ADMX3001可以组合所有4个通道，电流高达4A。为了在恶劣条件下保持设计的完整性，产品设计了若干内置安全机制，如电压/电流钳位以及关机。

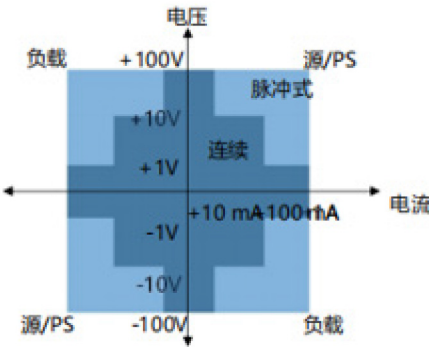


图13 四象限工作示例

如图14所示，ADMX3001与FPGA（特别是Xilinx KCU105）配合使用，固件烧录在FPGA，板间通过FMC连接。电路板的布局是较大的电感器和电容器组成高压电源轨，然后高压放大器位于这些较大的散热器和风扇下方以防止过热，所有的输出都带有箝位二极管。

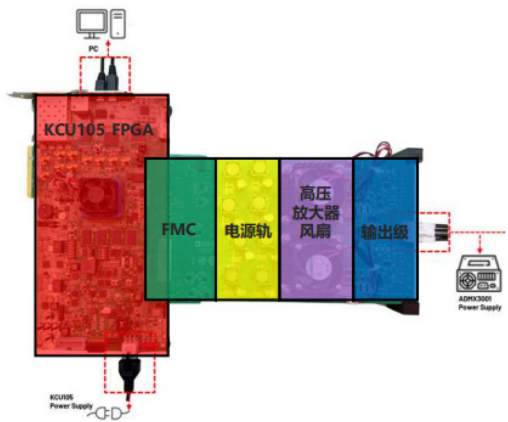


图14 ADMX3001连接

系统的整体框图如图15所示，其中最重要的三个组件是ADC-AD4630-24、DAC-AD3552R和高压放大器ADHV4711。AD4630-24是一款24位2Mbps SAR ADC，进行电压和电流传感信号的高精度采集，保证系统的精度；AD3552R是一款双16bit高精度快速DAC，保证快速响应；ADHV4711是一款高速高压大电流(1A 220V)运算放大器，1A标称输出电流驱动，数字可编程故障检测（OC、OV、OT）。

SMU的工作是：通过负反馈环路高压输出，经过ADC测量采样将其转换为数字信号，PID控制器处理数字测量以计算控制量，DAC将控制信号转化为模拟信号发送到高压放大器的输入端，最后高压放大器再进行对信号的放大处理。

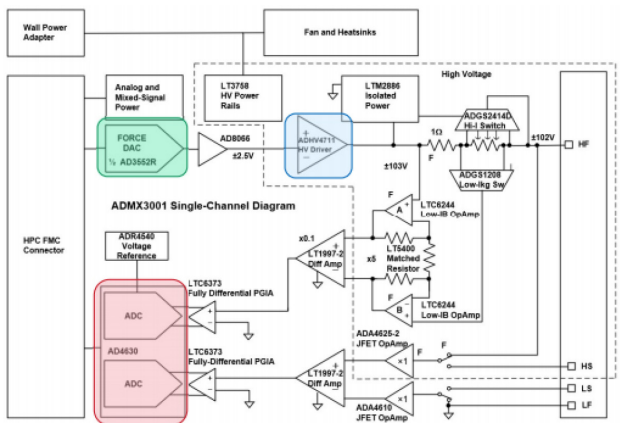


图15 ADMX3001框图

表4是ADMX3001与其他方案的对比，在精度、分辨率上都有相当的优势。

表4 ADMX3001与替代方案的性能比较

规格	ADMX3001 (Theremin)初始版	替代方案A	替代方案B
通道	4	1	1
电压范围 (源/测量)	±100 V、±10 V、±1 V	±60 V、±6 V、±600 mV	±200 V、±20 V、±2 V、±200 mV、±20 mV
源分辨率	<1.5 μ V ($\pm$ 10 V)	<10 μ V ($\pm$ 6 V)	<50 μ V ($\pm$ 2 V)、<500 μ V ($\pm$ 20 V)
源精度	<275 μ V ($\pm$ 10 V)	<1800 μ V ($\pm$ 6 V)	<700 μ V ($\pm$ 2 V)、<4000 μ V ($\pm$ 20 V)
测量分辨率	1.5 μ V ($\pm$ 10 V)	<10 μ V ($\pm$ 6 V)	<1 μ V ($\pm$ 2 V)、<10 μ V ($\pm$ 20 V)
测量精度	<275 μ V ($\pm$ 10 V)	<1800 μ V ($\pm$ 6 V)	<540 μ V ($\pm$ 2 V)、<4000 μ V ($\pm$ 20 V)
相位分辨率	<50 μ V ($\pm$ 10 V)	—	—
电流范围 (源/测量)	±1 A、±100 mA、±10 mA、±1 mA、±100 μ A、±10 μ A、±1 μ A	±3 A、±1 A、±100 mA、±10 mA、±1 mA、±100 μ A、±10 μ A、±1 μ A	±1 A、±100 mA、±10 mA、±1 mA、±100 μ A、±10 μ A、±1 μ A、±0.1 μ A、±10 nA
源分辨率	<0.2 pA ($\pm$ 1 μ A)	<1 pA ($\pm$ 1 μ A)	<50 pA ($\pm$ 1 μ A)
源精度	<600 pA ($\pm$ 1 μ A)	<500 pA ($\pm$ 1 μ A)	<650 pA ($\pm$ 1 μ A)
测量分辨率	<0.2 pA ($\pm$ 1 μ A)	<1 pA ($\pm$ 1 μ A)	<1 pA ($\pm$ 1 μ A)
测量精度	<600 pA ($\pm$ 1 μ A)	<500 pA ($\pm$ 1 μ A)	<550 pA ($\pm$ 1 μ A)
相位分辨率	<100 pA ($\pm$ 1 μ A)	—	—
特性			
控制器	PID (用于确保设定点和相位精度)	模拟	模拟
脉冲发生	是	是	否
组合模式 (最多4通道)	是	是	否
每通道尺寸	70 cm ² /通道	280 cm ² /通道 (1PCI插槽)	台式
4通道价格	8,750美元 (每通道2,188美元)	28,932美元 (每通道7,233美元)	24,624美元 (每通道6,156美元)
其他	FPGA套件KCU105 (3,900美元)	PXI机架 + 控制器	无

阶跃响应：满量程摆幅

图16是ADMX3001全电压摆动的三个阶跃响应：第一个是200V阶跃，34.4 μ s上升时间内电压由-100V升至100V；第二个是20V的阶跃，27.5 μ s时的上升时间内电压由-10V上升至10V，第三是2V的阶跃，在14.4 μ s时电压由-1V上升至1V。

不同的阶跃响应可以通过PID来控制上升时间。可以看出整个曲线没有过冲、干净且快速。

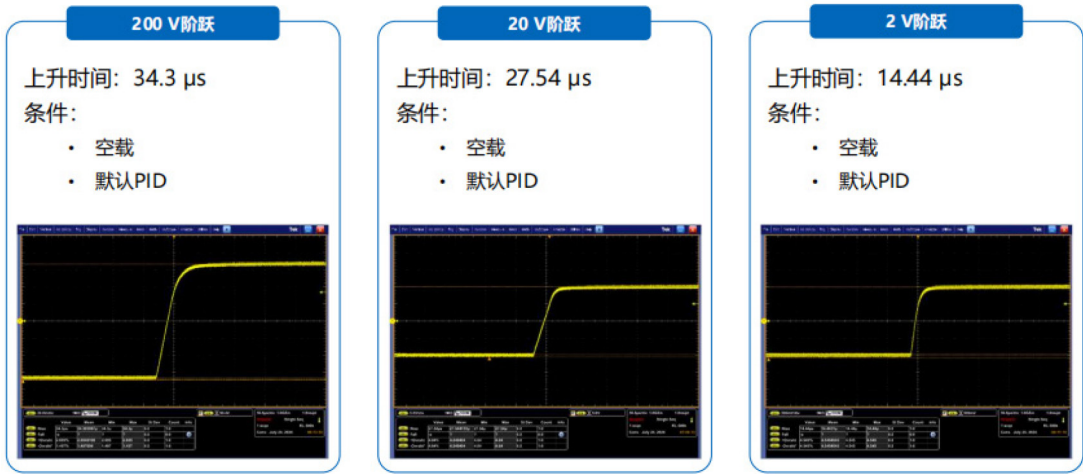


图16 阶跃响应：满量程摆幅

通过数字控制进行动态调整

稳定性和响应时间在精密电子产品中至关重要，调整PID系数可以控制上升时间、最小化超调、减少振铃，避免不稳定。图17左图10 μ F电容器的图像显示了反冲、振铃和阻尼影响，PID调谐帮助系统实现了稳定。

电源轨的自动调整是通过动态调整电源电压将功耗降至最低，从而提高了能源使用效率。自动轨道调整增强了系统灵活性，允许在没有人工干预的情况下在不同电压水平间无缝过渡，不仅提高了整体效率，还降低了设计的复杂性。

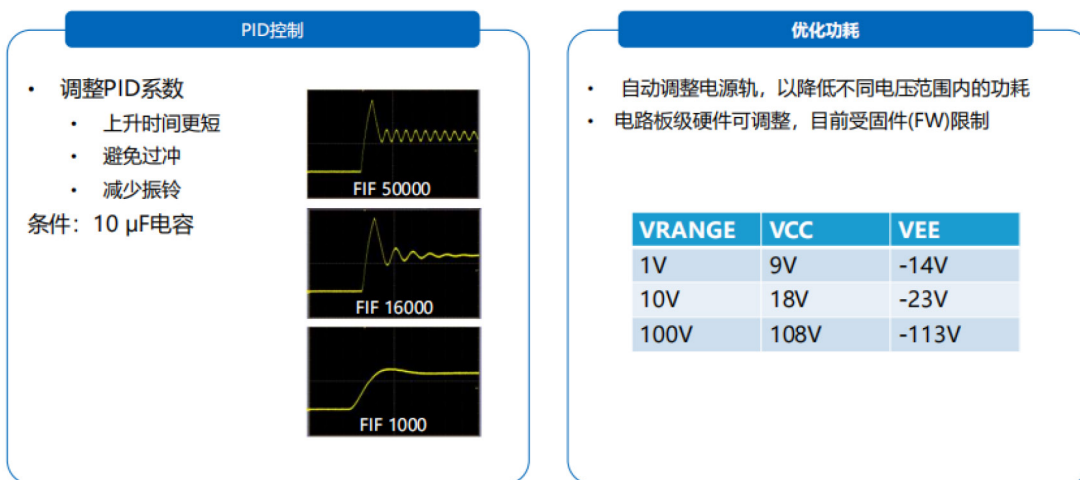


图17 通过数字控制进行动态调整

多种输出模式

- 脉冲模式: 提供具有精确定时控制的高功率脉冲, 使ADMX3001能够在直流区域外 (SOA中) 运行。此模式支持的脉冲宽度范围是100ms至100 μ s。允许高速或瞬态测试, 如在1A、100 V输出和1%的占空比下, SMU可以有效地提供短时间的高功率脉冲。同样, 1A下的10 V输出和10%的占空比显示了SMU根据不同的功率水平和脉冲持续时间进行调整以满足各种测试需求。

- Gang模式: 允许1至4个通道并联来增加电流和电压能力。通过通道的并联来得到最大4A的电流和最大100V的电压。这种模式对于需要更高功率的应用或同时测试大电流和电压的组件特别有益。

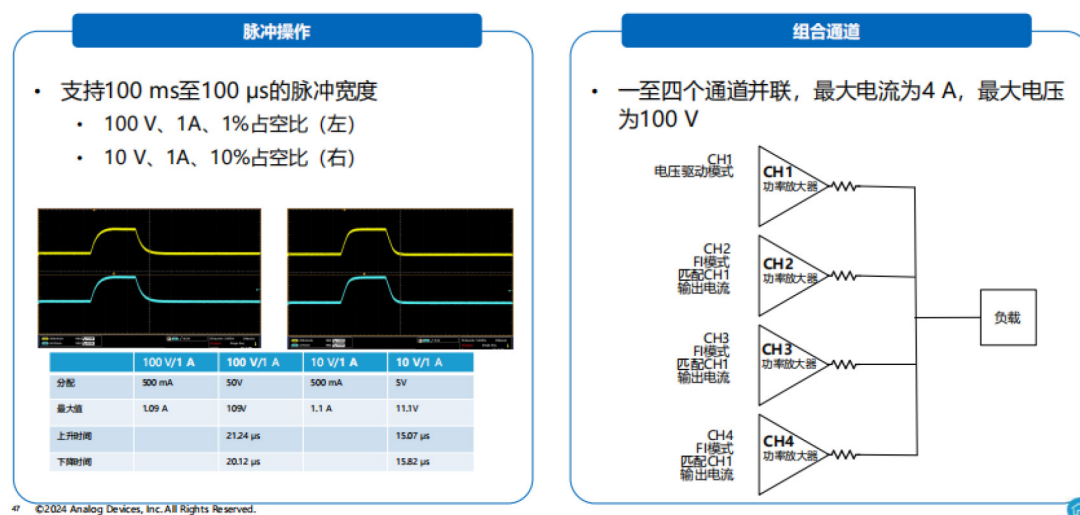


图18 两种输出模式

安全/保护特性

箝位和关闭等安全功能对于保护ADMX3001和被测设备至关重要。

箝位功能允许用户设置电压和电流的特定限制, 确保ADMX3001在操作过程中不会超过这些阈值。此功能有助于防止可能损坏敏感组件或SMU本身的意外过电压或过电流情况。

关机功能通过使ADHV4711在达到设定的最大限值时自动切换到高阻抗 (高Z) 状态, 增加了额外的保护层。

通过实施这些安全机制, 用户可以自信地进行测试, 同时将损坏风险降至最低, 并确保设备和测试设备的完整性。

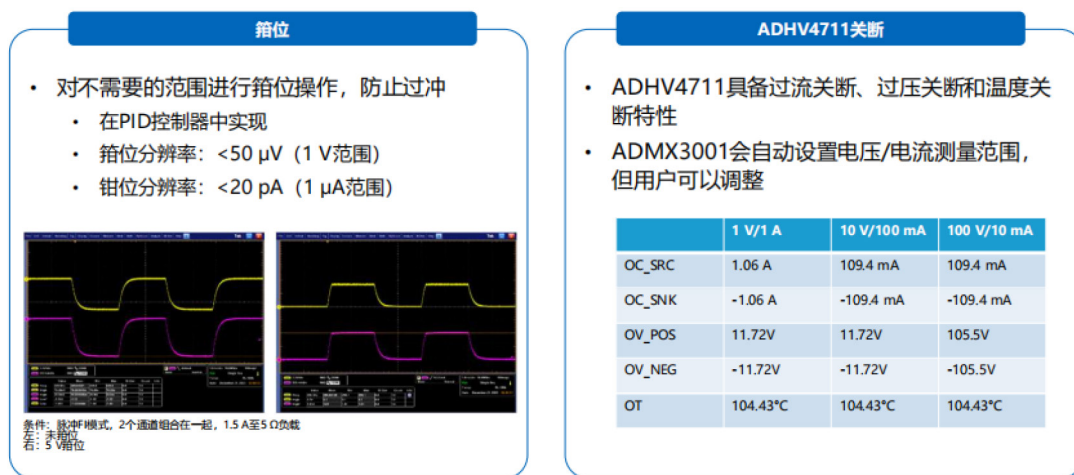


图19 安全/保护特性

ADI重视解决方案的推广，提供了多样灵活的支持方式，包括包括BOM、原理图、布局在内的参考设计，以PCB/模块形式出售的完整硬件和软件，并且携手联合开发定制方案。

小结

以上内容主要探讨了ADI阻抗分析模块、超低失真波形发生器、低延迟开发套件和SMU仪器仪表解决方案。根据具体应用需求打造合适的解决方案，为每个解决方案提供了专业技术支持，助力客户在开发过程中实现更快更具有成本效益的设计成果。ADI的精密仪器仪表解决方案应对各种关键挑战，以解决客户痛点为前提，携手克服挑战，帮助设计者开发出具有竞争力的产品。

访问我们的在线技术支持社区，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。

ez.analog.com/cn

ADI EngineerZone™
中文技术论坛

**ANALOG
DEVICES**
超越一切可能™

analog.com/cn

有关地区总部、销售和代理商的信息，或客户服务和技术支持的联系信息，请访问analog.com/cn/contact。
©2025 Analog Devices, Inc.保留所有权利。商标和注册商标属各自所有人所有。