

ADI公司医疗超声 解决方案

医疗超声系统原理和典型架构

超声系统可以通过向人体发射声学能量，然后接收并处理回波，从而产生内部器官和结构的图像，绘制血液流动和组织运动图，并提供高度准确的血流速度信息。

超声系统包括换能器、高压开关、高压发射电路、发射/接收开关、接收通道模拟前端（AFE）、波束形成器、波束形成后的数字信号处理电路、显示处理和外设。AFE包括低噪声放大器（LNA）、可变增益放大器（VGA）、抗混叠滤波器（AAF）和模数转换器（ADC）。波束形成分为两类：数字波束形成和模拟波束形成，分别用于不同的应用。

医疗超声系统设计考虑因素和主要挑战

- ▶ 接收AFE电路性能，如噪声性能、信噪比（SNR）和动态范围（DR）等。高端系统动态范围的典型要求如下：B模式 70 dB，PWD（脉冲波多普勒）130 dB，CWD（连续波多普勒）160 dB。
- ▶ 波束形成器复杂度：要达到很高的图像质量，必须有大量的波束形成通道。高复杂度进而会导致高功耗，并且需要更多成像空间来实施。
- ▶ 发射电压：为提高信号穿透性以及进行谐波成像，需要较高的发射电压。声功率随着发射电压增大而迅速提高，但发射功率不能超过FDA等机构安全要求的限制。
- ▶ 随着设备向小型化发展，尤其是以提升图像质量为目标时，散热问题变得很重要。

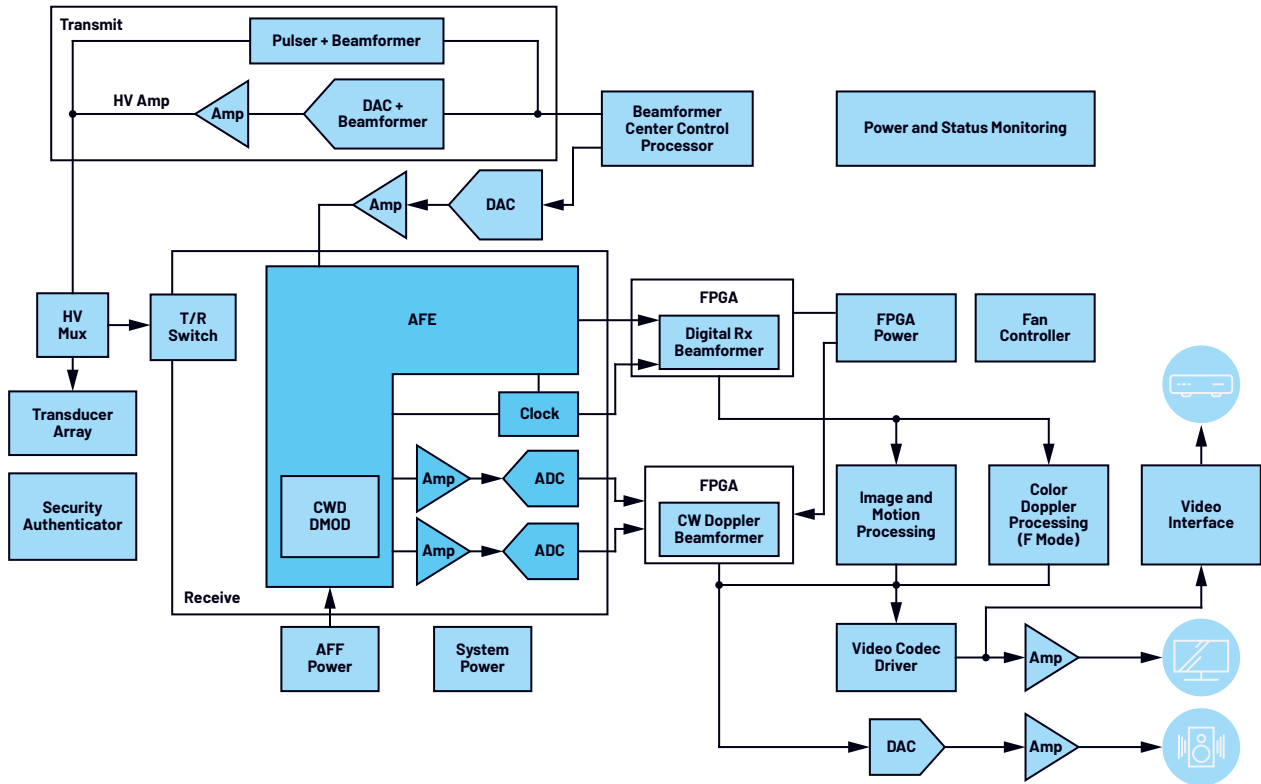
以前，实现这些成像系统需要大量高性能发射器和接收器，由此产生庞大且昂贵的推车式系统。近来，集成技术的进步使得系统设计人员能够采用尺寸更小、成本更低且更具便携性的成像解决方案，而其性能则接近推车式系统。持续的技术进步要求既能不断促进这些解决方案集成，同时还提高其性能和诊断能力。由于线性发射会增加SNR并明显改善图像质量，高端和超高端系统越来越多地采用线性发射解决方案。

ADI公司的整体解决方案

ADI提供种类丰富的收发器、发射和接收转专用芯片、放大器、数据转换、信号处理和电源管理解决方案选择，可以使推车式和便携式超声设备达到最佳图像质量并降低功耗和成本。

此外，为支持客户的设计和开发，ADI还提供评估板、Gerber文件、仿真工具和专业的应用技术支持。

主信号链



注意：上述信号链代表医疗超声系统。
在具体设计中，模块的技术要求可能不同，但下表列出的产品代表了满足部分要求的ADI解决方案。

市场类别

收发器	集成模拟前端	发射脉冲器	高压开关	发射/接收开关	电缆驱动/ 探头内放大器	发射DAC	
MAX2087J/ MAX2087/ MAX2086	AD9670/AD9671/ AD9674/AD9675/ AD9279/AD9278/ AD9273/ MAX2084/MAX2088	MAX14815/MAX14813/ MAX14987/MAX14988/ MAX14808	MAX14866/ MAX4968/ MAX4968B	MAX4936A/ MAX4936/ MAX4937	MAX14822/ MAX4805	AD9106/AD9709/ AD9763/AD9765/ AD9767	
发射高压 放大器	TGC控制DAC	时钟	电源模块	Silent Switcher® 电源产品	LDO调节器	电池充电	基准电压源
MAX14807	AD9709/AD9706/ AD9742/AD5424/ AD5433/AD5445	AD9528/AD9524/ AD9515/ADCLK9xx/ ADCLK8xx	LTM8060/ LTM4644/LTM8049/ LTM8074/LTM4625	LT8648S/ LT8625S	ADM7171/ ADM7170/LT3015/ LTC3070/LT3086	LTC4015/ LTC4162/ LTC4020	ADR45xx/ LT665x/ ADR35xx
I/Q解调器	ADC (CWD)	放大器 (CWD)	认证	视频处理	音频处理	模拟开关	时序控制器/ 风扇控制器
AD8333/ AD8339	AD4003/ AD4007/ AD7982	ADA4987/ ADA4896/ ADA4945-1	DS28E50/ DS2477/ DS28E39	ADV712x/ADV739x/ ADV202/ADV212/ ADV216/ADV7180/ ADV744i/ADA4420/ ADA4417	MAX98400A/ MAX98390/ MAX9809x/ ADAU1361/ ADAU1761	ADG6714/ ADG619	ADM106x/ MAX31790/ MAX665x/ LTC2924

医疗超声主要产品介绍

器件	描述	优势
收发器		
MAX2087J	8通道收发器，具有5电平脉冲器、发射/接收开关、集成AFE、14位ADC和CWD混频器以及JESD204B输出；0.8 nV/√Hz，24 dB Vn RTI LNA具有27 dB VGA、AAF、14位65 MSPS ADC，相位噪声：-141 dBc/Hz（1 kHz）；具有高达2 A电流能力的200 V p-p，且集成了2 A有源箝位以及发射波束形成功能；LVDS接口版本为MAX2087	全集成高性能超声收发器，尺寸小，易于设计
MAX2086	8通道收发器，具有3电平脉冲器、发射/接收开关、集成AFE、14位ADC和CWD混频器以及LVDS输出；0.8 nV/√Hz，24 dB Vn RTI LNA具有27 dB VGA、AAF、14位65 MSPS ADC，相位噪声：-141 dBc/Hz（1 kHz）；具有高达2 A电流能力的200 V p-p，且集成了2 A有源箝位以及发射波束形成功能	全集成高性能超声收发器，尺寸小，易于设计
集成模拟前端（AFE）		
AD9670	8通道AFE，具有0.78 nV/√Hz，集成45 dB VGA的21.6 dB Vn RTI LNA、集成LPF 8 MHz至~18 MHz或13.5 MHz至~30 MHz和HPF的AAF以及14位、10 MSPS至125 MSPS ADC；每通道130 mW（40 MSPS），用于数据处理的数字解调器和抽取器，以及具有可编程相位旋转功能的I/Q解调器；不带数字解调器版本AD9674	低成本、低噪声、高分辨率、小尺寸减少了波束形成器和处理器的FPGA I/O并降低计算率
AD9671	8通道AFE，具有0.78 nV/√Hz，集成45 dB VGA的21.6 dB Vn RTI LNA、集成LPF 8 MHz至~18 MHz或13.5 MHz至~30 MHz和HPF的AAF以及14位、10 MSPS至125 MSPS ADC；每通道130 mW（40 MSPS），用于数据处理的数字解调器和抽取器，以及具有可编程相位旋转功能的I/Q解调器；不带数字解调器版本AD9675	四个可配置5 Gbps串行JESD204B CML数据通道提供接口以便进一步进行数据处理；减少FPGA I/O和元件数
AD9273	8通道AFE，具有1.26 nV/√Hz，集成42 dB VGA的21.3 dB Vn RTI LNA、集成LPF 8 MHz至~18 MHz和HPF的AAF以及12位、10 MSPS至50 MSPS ADC；每通道104 mW（40 MSPS），CW多普勒还包括8×8差分交叉点开关	低成本、低功耗、小尺寸及简单易用的医疗超声应用
AD9278	8通道AFE，具有1.3 nV/√Hz，集成45 dB VGA的21.3 dB Vn RTI LNA、集成LPF 8 MHz至~18 MHz和HPF的AAF以及12位、10 MSPS至65 MSPS ADC；每通道88 mW（40 MSPS），CW多普勒还包括具有可编程相位旋转功能的I/Q解调器	低成本、小尺寸、低功耗及简单易用的医疗超声应用
MAX2084	16通道AFE，集成发射/接收开关的AFE，具有14位ADC和CWD混频器以及LVDS输出；0.8 nV/√Hz，24 dB Vn RTI LNA具有27 dB VGA、AAF、14位65 MSPS ADC，相位噪声：-141 dBc/Hz（1 kHz）；不带发射/接收开关版本MAX2088	高集成度、低成本、小尺寸、超低相位噪声有助于实现高图像质量
发射脉冲器		
MAX14815	8通道5电平脉冲器，集成发射/接收开关和波束形成；具有高达200 V p-p，2 A电流能力且集成了2 A有源箝位；-40 dBc（5 MHz THD2和脉冲反转）；低传输延迟：12 ns（典型值）；3电平版本为MAX14813	将FPGA I/O和互连数减少12倍，高密度和高带宽缩小了PCB尺寸
MAX14987	8通道5电平脉冲器，集成发射/接收开关；具有高达210 V p-p，2.5 A电流能力且集成了2.5 A有源箝位；-40 dBc（5 MHz THD2和脉冲反转）；低传输延迟：11 ns（典型值）；3电平版本为MAX14988	直接耦合消除了外部电容，高集成度电源节省了电路板空间，无上电时序简化了设计
高压开关		
MAX14866	16通道、高电压线性SPST开关支持所有可能的开关配置；仅需5 V电源供电；低RON（典型值：7 Ω），低电荷注入<100 pC	减少高电压简化了探头法规认证，并可实现低R _{ON} 安全性；良好的线性度
T/R开关		
MAX4936A	8通道、高压发射/接收开关；6 Ω（典型值）低导通阻抗，1.5 mA偏置电流；低噪声，低功耗（1.5 mA偏置电流时，<0.5 nV/√Hz（典型值））；宽-3 dB小写100 MHz（典型值）	独立发射/接收开关提供用户设计灵活性；超低导通阻抗有助于传输更好的信号
仪表探头放大器		
MAX14822	16通道、高电压保护、较低噪声、运算放大器；高达±105 V的高电压保护，可选电压增益：0 dB、3.5 dB、6 dB、9.5 dB；1.28 nV/√Hz Vn RTI（典型值，偏置=1，增益=6 dB）	改善高频探头的系统SNR；无需改变系统架构
发射DAC + 波束形成器		
AD9106	4通道、12位、180 Msps DAC，集成4096×12片上模式存储器，用于复杂波形生成，具有一个输出直接数字频率合成器（DDS）和SPI接口，用于配置和加载波形数据。相位噪声 @ 1 kHz输出，180 MSPS，8 mA：-140 dBc/Hz；相位噪声（1 kHz输出、175 MSPS、8 mA）：-140 dBc/Hz	适合超声线性发射信号波形生成和发射波束形成器；小尺寸和低功耗
发射高压放大器		
MAX14807	双通道、高压2.2 A模拟脉冲器，集成高达220 V p-p的高压放大器和用于CWD信号的低压脉冲或来自低压数字输入的三电平高压脉冲；二次和三次谐波在5 MHz（模拟模式）时的THD为-54 dB（典型值）；低相位噪声（模拟模式下为-120 dBc/Hz，数字模式下为156 dBc/Hz）	线性发射提供较高的SNR和更好的图像质量

医疗超声主要产品介绍 (续)

器件	描述	优势
ADC		
AD7982	18位、1 MSPS、7 mW、PulSAR差分ADC, 98 dB SNR; 引脚间兼容版本: AD7984 (1.33 MSPS), AD7986 (2 MSPS)	高速和高精度; 可为超声CW路径灵活选择引脚间兼容系列
AD4007	18位、1 MSPS、8 mW、PulSAR差分ADC, 100.5 dB SNR; 与AD4003 (2 MSPS)	可为超声CW路径灵活选择高SNR、引脚间兼容系列
放大器		
ADA4897/ ADA4896	低宽带噪声: 1 nV/√Hz, 2.8 pA/√Hz; 低1/f噪声: 2.4 nV/√Hz (10 Hz时), 80 mA输出电流, 轨到轨输出	低宽带噪声: 1 nV/√Hz, 2.8 pA/√Hz; 低1/f噪声: 2.4 nV/√Hz (10 Hz时), 80 mA输出电流, 轨到轨输出
ADA4945-1	全差分ADC驱动器, 噪声RTI: Vn 1.8 nV/√Hz和In 1.1 pA/√Hz; 轨到轨输出	适用于ADC驱动器, 低噪声适合小信号调理
I/Q解调器		
AD8339	DC至50 MHz、4通道I/Q解调器和移相器; 每个输出选择16个相位(每步22.5°); 双通道版本: AD8333	市场上唯一的独立超声CW I/Q解调器
DAC		
AD5424/ AD5433/ AD5445	AD5424/AD5433/AD5445分别为CMOS 8/10/12位电流输出DAC; 更新速率: 20.4 Msps	适合超声TGC增益控制电路
AD9706	12位电流输出DAC, 更新速率: 175 MSPS; 与8/10/14位版本引脚兼容: AD9704/AD9705/AD9707	适合超声TGC增益控制高速差分电路
模拟开关		
ADG714	8通道SPST(单极单掷)开关通过三线式串行接口进行控制, 0.6 Ω导通电阻平坦度; t _{ON} = 35 ns(典型值)和t _{OFF} = 11 ns(典型值)	低导通电阻和快速开关保证信号完整性
ADG619	单刀双掷(SPDT)开关, 0.8 Ω(最大值)导通电阻平坦度; t _{ON} = 80 ns(典型值)和t _{OFF} = 45 ns(典型值)	低导通电阻和快速开关保证信号完整性
基准电压源		
ADR45xx	超低噪声基准电压源, 具有吸电流和源电流能力; A级: 0.04%精度和4 ppm/°C, B级: 0.02%精度和2 ppm/°C	低漂移和高精度有利于提高ADC采样性能
LTC6655	超低噪声基准电压源, 具有吸电流和源电流能力; B级: 0.025%精度和2 ppm/°C, B级: 0.05%精度和5 ppm/°C	低漂移和高精度有利于提高ADC采样性能
时钟		
ADCLK8xx/ ADCLK9xx	多输出扇出缓冲器针对低抖动和低功耗应用进行了优化; 加性宽带抖动小于500 fs	非常适合低抖动超声时钟分配
AD9528	具有14路LVDS/HSTL输出的JESD204B时钟发生器; 双通道片内PLL和VCO; 绝对输出抖动: <160 fs (122.88 MHz)	非常适合低抖动超声时钟产生与分配
音频放大器		
SSM2356	采用5.0 V电源供电时, 能够以2 W × 2 W功率驱动4 Ω负载, 以2 W × 1.4 W功率驱动8 Ω负载, 总谐波失真小于1%, 92%效率(5.0 V), 以1.4 W功率驱动8 Ω扬声器, 103 dB SNR	高效率, 低失真, 适合超声多普勒音频输出
MAX98400A	D类放大器, 以2 W × 20 W功率驱动8 Ω负载或以1 W × 40 W功率驱动4 Ω负载	高性能为超声音频提供高输出能力
音频DAC		
ADAU1361	低功耗、立体声音频编解码器, 支持立体声48 kHz录制并在14 mW时播放; 24位立体声音频ADC和DAC: >98 dB SNR	适合超声多普勒音频应用
视频DAC		
ADV739x	ADV739x是一款单芯片高速、视频编码器; 三个2.7 V/3.3 V 10位视频DAC支持采用标清(SD)或高清(HD)视频格式的分量(CVBS)、S视频(YC)或分量(YPrPb/RGB)模拟输出	适合超声图像显示和视频应用
ADV7125	单芯片三路高速数模转换器; 它内置三个8位带互补输出的视频DAC、一个标准TTL输入接口和高阻抗、模拟输出电流源	适合超声图像显示中的模拟VGA输出
认证		
DS28E50	具有ChipDNA PUF保护的DeepCover安全SHA-3认证器	超声探头认证
DS2477	具有ChipDNA PUF保护的DeepCover安全SHA-3协处理器	超声探头认证
DS28E39	具有ChipDNA PUF保护的DeepCover安全ECDSA双向认证器	超声探头认证

医疗超声主要产品介绍 (续)

器件	描述	优势
电源模块		
LTM8060	4通道40 V _{IN} 、V _{OUT} : 0.8 V至8 V、3 A降压型Silent Switcher模块稳压器, 可以通过阵列来并联四个输出, 以实现高达12 A的能力	低噪声、低EMI和同步功能, 适合超声应用
LTM4644	4通道降压型µModule®稳压器, 每个通道输出具有4 A电流能力, V _{IN} : 2.375 V至14 V, V _{OUT} : 可以通过阵列来并联0.6 V至5.5 V, 以实现高达16 A的能力	适合FPGA和数字电路电源
LTM8074	40 V _{IN} 、1.2 A Silent Switcher µModule稳压器; V _{IN} : 3.2 V至40 V, V _{OUT} : 0.8 V至12 V外部同步	低噪声、低EMI和同步功能, 适合超声应用
LTM8049	双通道SEPIC或反相µModule DC/DC转换器; V _{IN} : 2.6 V至20 V, V _{OUT} : 2.5 V至24 V或-2.5 V至-24 V, 1 A (5 V _{OUT} , 12 V _{IN})	易于使用, 为发射应用生成负电源
LTM4625	20 V _{IN} 、5 A降压型DC/DC µModule稳压器, 0.6 V至5.5 V输出电压	适合FPGA电源
Switcher器件		
LT8648S	42 V _{IN} 、15 A同步降压型Silent Switcher 2, 在任何PCB上具有超低EMI辐射; 外部同步	低噪声、低EMI有助于提高超声图像质量
LT8625S	具有超低噪声的18 V/8A降压型Silent Switcher 3; 超低rms噪声 (10Hz至100kHz): 4 µV rms, 超低散粒噪声: 4 nV/√Hz (10 kHz, 2.7 V至18 V _{IN} 时)	低噪声、低EMI有助于提高超声图像质量
LDO调节器		
ADM7171	6.5 V _{IN} 、1 A、4.2 mV压差LDO稳压器, V _{OUT} : 1.2 V至V _{IN} - V _{DO} ; 低输出噪声: 5 µV rms (10 Hz至100 kHz), ADM7172为2 A版本	超低噪声和高PSRR有助于提高图像质量
LTC3070	5 A、低噪声、可编程输出、85 mV压差LDO稳压器, V _{OUT} : 0.8 V至1.8 V, 低输出噪声: 25 µV rms (10 Hz至100 kHz)	低压差和大输出电流适合超声应用
LT3086	40 V _{IN} 、2.1 A、330 mV压差LDO稳压器, V _{OUT} : 0.4 V至32 V; 低输出噪声: 40 µV rms (10 Hz至100 kHz)	低压差和大输出电流适合超声应用
LT3015	1.5 A、低噪声、330 mV压差负LDO稳压器, V _{IN} : -1.8 V至-30 V, V _{OUT} : -1.22 V至-29.3 V; 低输出噪声: 60 µV rms (10 Hz至100 kHz)	低噪声适合CWD负电源应用
电池充电器		
LTC4162	采用PowerPath和I ² C遥测技术的35V/3.2 A多电池锂离子降压电池充电器	适合紧凑型或便携式超声应用中的电池管理
LTC4020	55 V降压-升压多化学电池充电器; V _{IN} : 4.5 V至55 V, V _{OUT} : 高达55 V, 锂离子和铅酸充电算法	适合紧凑型或便携式超声应用中的电池管理
时序控制器		
ADM106x	可配置电源监控/时序控制器件, 可针对多 (多达10个) 电源系统中的电源监控和时序控制提供一种单芯片解决方案	适合超声系统电源时序控制和监控
LTC2924	4通道电源时序控制器	适合超声系统电源时序控制和监控
风扇控制器		
MAX31790	6通道PWM输出风扇RPM控制器, 可配置为进行闭环控制 (多达6个风扇) 或监控 (多达12个风扇)	适合超声系统风扇控制和监控
MAX665x	具有SMBus/I ² C兼容接口的风扇速度稳压器和监控器	适合超声系统风扇控制和监控

设计工具

- ▶ 收发器和接收通道模拟前端 (Rx AFE)
 - AD967x、AD927x和MAX208x评估板, 提供原理图和PCB布局Gerber文件
 - 高速FPGA数据采集板 (HSC-ADC-EVALCZ)
 - VisualANALOG™ 软件
 - AFE SPI接口软件 (SPI Controller)
 - MAX208x评估软件
- ▶ 发射脉冲器、发射/接收开关、线性发射
 - MAX148xx、MAX1498x、MAX493x评估板, 提供原理图和PCB布局Gerber文件
 - AD9106、MAX14807评估板, 提供原理图和PCB布局Gerber文件
- ▶ ADIsimADC建模工具
- ▶ 电路仿真: LTspice
- ▶ 时钟
 - ADIsimCLK建模工具
 - AD9528/AD9524评估软件和评估板
 - 电源管理
 - LTpowerCAD
 - 评估板

设计资源

欲查看其他医疗超声资源、工具和产品信息, 请访问

- ▶ healthcare.analog.com/cn/imaging/ultrasound/segment/health.html
- ▶ maximintegrated.com/cn/applications/healthcare/imaging.html?diagram=ultrasound-imaging#2

欲申请样片, 请访问

- ▶ analog.com/cn/content/samples_purchase/fca.html

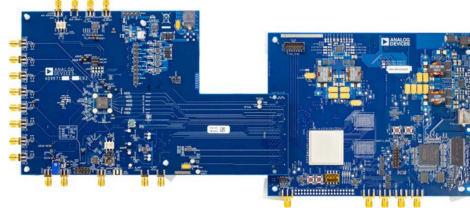


图1. AD9671评估套件

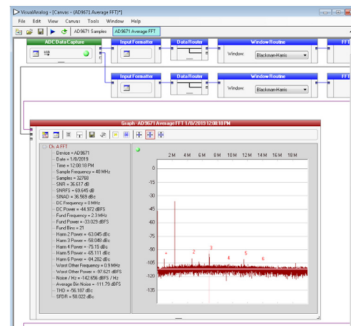


图2. 用于AFE数据采集的VisualAnalog

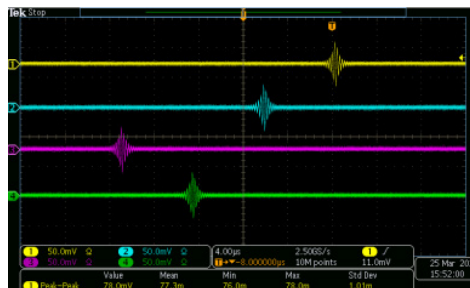


图3. AD9106评估软件GUI

访问ADI在线支持社区, 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。



中文技术论坛

请访问 ez.analog.com/cn

Circuits from the Lab® 参考设计通常用作独立的解决方案, 或者用于构建更为复杂的电路和子系统。由ADI的应用专家构建并执行功能与性能测试。



请访问 analog.com/zh/cftl



请访问 ANALOG.COM/CN

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。

BR23887-1.0-5/22