

# ADI自动体外除颤器(AED) 解决方案

## AED系统原理和典型架构

自动体外除颤器(AED)是一种便携式电子器件,可以自动诊断可能危及患者生命的心室纤维性颤动和心室性心博过速两种心律失常症状。自动一词提示器件可以自主分析患者状况;为了帮助分析的顺利开展,多数器件都是语音提示,有些还可能有显示屏,用于指导用户操作。借助简单的语音和可视命令,AED在设计时充分考虑易用性,即使是外行也可轻松上手。

除颤器可以是体外式、经静脉式或植入式,具体取决于所用或所需器件的类型。体外除颤器按操作方式可以分为手动型和自动型两种,按能量传输方式则可分为单相波形和双相波形两种。

除颤需要通过一种称为除颤器的器件将治疗剂量的电能送入患者心脏。这会使心肌的重要部分去极化,终止节律障碍,并借助人体的心脏窦房结中的天然起搏器重新建立正常窦性心律。能量选择由AED器件根据心电图(ECG)和两个除颤器电极的阻抗自动确定,然后,安全处理器控制电路,以选定的能量为高压电容充电。在电容充电完成之后,器件会提示用户进行电击操作,这是一项高风险的操作,必须进行双重确认,以确保操作人员和安全。在除颤前后,都可以使用选配的多导联ECG监护仪(3/5/10导联)对治疗效果进行评估。除颤器电极中的ECG是简单的单导联ECG,用于R小波识别等基本ECG测量,而可选的多导联ECG则是诊断监视电平,可以检测复杂问题。

## AED的设计考虑和主要挑战

在AED设计中,安全性是首要考虑因素。任何操作都必须确保操作人员和患者的安全,因此有必要采用一些冗余设计。

- ▶ 安全保障机制和操作处理器都需要相互检查,确保做出正确的决定。
- ▶ 如果超时,则使已充电电容放电。
- ▶ 要求对能量传输执行双重确认机制。
- ▶ 音频提示非常有用。
- ▶ 如果目标阻抗超出人体的承受范围,则禁用能量传输功能

无论是实施体内还是体外检测,隔离都至关重要。

- ▶ 器件必须确保在内部高压与器件表面/端口之间有着充足的隔离措施。
- ▶ 器件必须在内部高压器件与低电压器件之间提供隔离机制。正如大家所知,除颤工作于高压模式,而信号处理器则工作于低电压模式。因此,可以使用基于继电器的路径开关。

快速响应至关重要。AED是一种用于挽救生命的器件,因此,器件响应越快,挽回生命的可能性就越大。

- ▶ 能快速引导并工作。
- ▶ 能对体外患者监护仪触发输出等外部信号快速响应。
- ▶ 实时R小波识别,以确定传输能量的确切时间。
- ▶ 针对电击程序的实时能量控制机制;与不同的能量传输波形存在IP关联关系。
- ▶ 快速充电和能量传输,可节省时间。

可靠性极其重要。AED可以用于多种领域:院内/院外;救护车、直升机等高振动条件;以及阳光、多雨天气等室外应用环境。因此,AED可能需要具备抗振能力、防水能力等,以适应各种复杂条件。

- ▶ 宽工作温度范围。
- ▶ 在温度范围内,性能漂移低,如偏置电流和噪声。
- ▶ 电路应该能够在较大的电流浪涌下正常工作。

交互有助于轻松使用AED。

- ▶ 音频提示可以用来指示执行下一步操作。
- ▶ 录音功能可以用来记录救助程序,供取证使用。

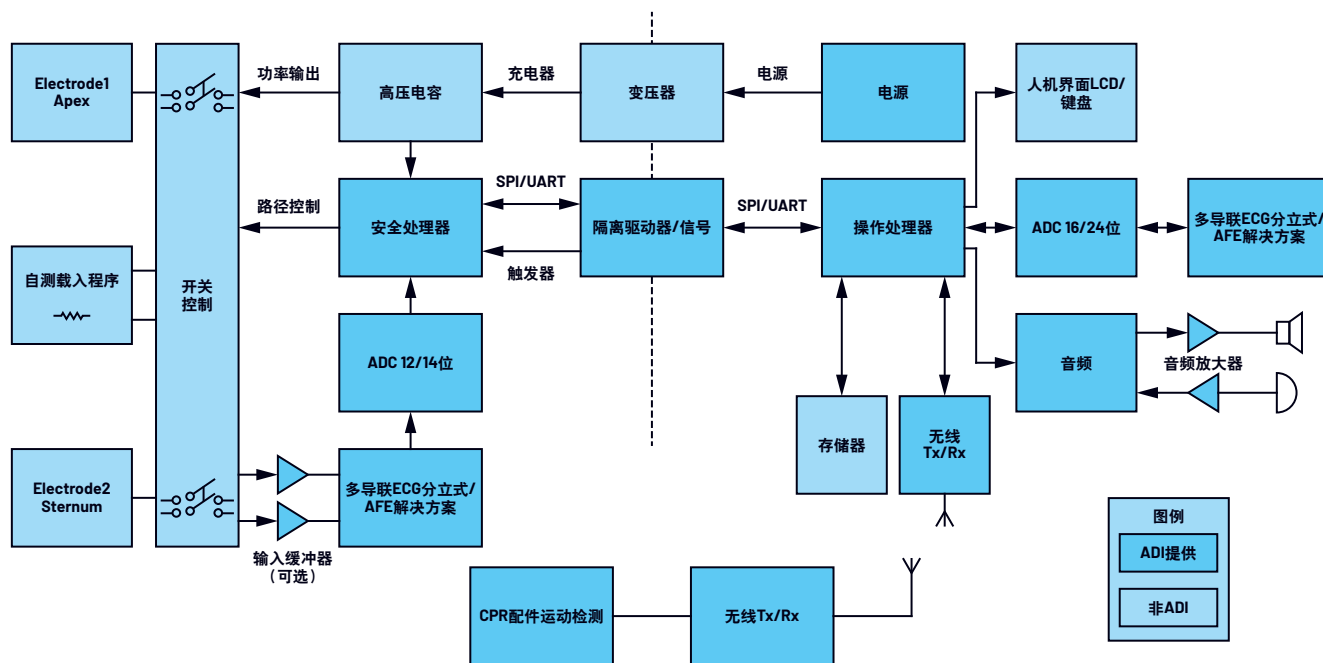
现代AED需要进行连接。

- ▶ 对于院内器件,ISM和Wi-Fi等无线连接非常有用。对于院外器件,GPRS/3G非常有用。
- ▶ 像LAN、UART、存储卡等外设则用于电气医疗系统。

## ADI公司的整体解决方案

ADI提供大量的放大器、数据转换、信号处理、音频处理、隔离最佳程度。此外，ADI公司还提供评估板、仿真工具和应用专业技术和电源管理解决方案，使AED应用的产品质量和可靠性达到最佳，为客户的设计和开发工作提供支持。

### 主信号链



注意：上述信号链代表AED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。

表1. AED解决方案主要产品型号选择表

安全处理器	输入缓冲器	输入缓冲器	ECG AFE	隔离驱动器/信号	
ADuC7021/ADuC7022/ ADuC7023/ADuC7024/ ADuC7126	AD8625/AD8626/AD8542/ AD8544/AD8505/AD8506/ AD8613/AD8617/AD8619/ ADA4505-1/ADA4505-2/ ADA4505-4	AD8220/AD8221/ AD8226/AD8236/ AD8237	AD8232/ AD8233/ ADAS1000	ADUM4400/ADUM4401/ ADUM4402/ADUM4070/ ADUM4470/ADUM4471/ ADUM4472/ADUM4473/ ADUM4474/ADUM6000/ ADUM6200/ADUM6201/ ADUM6402/ADUM6400/ ADUM6401/ADUM6402/ ADUM6403/ADUM6404/ ADUM4160/ADM2491E	
ADC	操作处理器	电源	CPR配件运动检测	无线	音频
AD7091R/AD7656-1/ AD7684/AD7687/ AD7176-2	ADSP-BF524C/ ADSP-BF527C	ADP1621/ADP1821/ ADP1822/ADP1823/ ADP1828/ADP1829/ ADP7102/ADP150	ADXL345/ ADXL362	ADF7020/ ADF7023	ADAU1701/ ADAU1702

表2. 主要产品

产品型号	描述	优势
<b>安全处理器</b>		
ADuC7021	ADuC7019/ADuC7020/ADuC7021/ADuC7022/ADuC7024/ADuC7025/ADuC7026/ADuC7027/ADuC7028均为完全集成的1 MSPS、12位数据采集系统，在单芯片内集成高性能多通道模数转换器（ADC）、16位/32位MCU和Flash®/EE存储器。4路DAC输出只是在特定型号上提供（ADuC7020和ADuC7026）。采用62 kB Flash/EE存储器、8 kB SRAM。	精密模拟MCU，低成本单芯片MCU，搭载丰富的外设，如ADC、DAC等
<b>输入缓冲器</b>		
AD8625	AD862x是一款精密JFET输入放大器。它具有真正的单电源供电、低功耗和轨到轨输出等特性。当容性负载大于500 pF时，输出仍能保持稳定。电源电流低于630 $\mu$ A/amp。AD862x的具体应用包括：光电二极管跨导放大、ATE基准电平驱动器、电池管理、线路供电和便携式仪器仪表，以及包括汽车传感器在内的远程传感器信号调理。	精密、低功耗、单电源JFET放大器
AD8505	AD8505/AD8506/AD8508分别是单通道/双通道/四通道低功耗放大器，具有轨到轨输入/输出摆幅特性，采用1.8 V至5 V单电源供电或 $\pm 0.9$ V至 $\pm 2.5$ V双电源供电。这几款放大器采用新的电路技术，每个放大器的工作电源电流小于20 $\mu$ A时，可实现零输入交越失真（出色的PSRR和CMRR性能）和低偏置电流。该放大器系列在相同功率等级产品中的噪声最低。	20 $\mu$ A（最大值）、RRIO、零输入交越失真单通道运算放大器
AD8613	AD8613/AD8617/AD8619分别是单通道/双通道/四通道低功耗轨到轨输入和输出放大器，具有低失调电压、低输入电压和低电流噪声特性。AD8613采用1.8 V至5.0 V单电源（或 $\pm 0.9$ V和 $\pm 2.5$ V双电源）供电。低失调、低噪声、极低输入偏置电流和低功耗特性相结合，使AD8613特别适合便携式和环路供电仪器仪表应用。	低功耗、低噪声、低成本CMOS RRIO单通道运算放大器
ADA4505-1	ADA4505-1/ADA4505-2/ADA4505-4分别是单通道/双通道/四通道低功耗放大器，具有轨到轨输入/输出摆幅特性，采用1.8 V至5 V单电源供电或 $\pm 0.9$ V至 $\pm 2.5$ V双电源供电。	10 $\mu$ A、RRIO、零输入交越失真单通道运算放大器
<b>仪表放大器</b>		
AD8220	AD8220是一款单电源、JFET输入仪表放大器，采用MSOP封装。AD8220针对高性能、便携式仪器的需要而设计，DC时的最小共模抑制比（CMRR）为86 dB，在5 kHz、G = 1时的最小CMRR为80 dB。最大输入偏置电流为10 pA，在整个工业温度范围内通常保持在300 pA以下。虽然采用JFET输入，但AD8220的噪声转折频率典型值仅为10 Hz。	具有轨到轨输出的JFET输入仪表放大器
AD8221	AD8221是一款增益可编程高性能仪表放大器，拥有行业同类最高的频率共模抑制比（CMRR）。当今市场上的仪表放大器的共模抑制比在200 Hz处下降。相反，在G = 1、频率最高为10 kHz时，AD8221所有等级产品的共模抑制比均保持最低80 dB。相对于频率的高共模抑制比使得AD8221可以抑制宽带干扰和线性谐波，大大简化了滤波要求。可能的应用包括精密数据采集、生物医学分析和航空航天仪器。	精密仪表放大器
AD8226	AD8226是一款低成本、宽电源电压范围仪表放大器，仅需要一个外部电阻来设置增益，增益范围为1至1000。AD8226被设计为可在各种信号电压情况下工作。宽输入范围和轨到轨输出使信号可充分利用供电轨。由于输入范围能够降到负电源电压以下，因此无需双电源便可放大接近地电压的小信号。AD8226采用 $\pm 1.35$ V至 $\pm 18$ V的双电源供电或2.2 V至36 V单电源供电。	宽电源电压范围、轨到轨输出仪表放大器
AD8236	AD8236是业界功耗最低的仪表放大器。它具有轨到轨输出，可以采用低至1.8 V的电源供电，最大电源电流为40 $\mu$ A，是电池供电应用的绝佳选择。	40 $\mu$ A低功耗仪表放大器
AD8237	AD8237是一款低功耗、零漂移、轨到轨输入和输出仪表放大器。它可通过两个相对匹配电阻设置1至1000的任何增益。AD8237在任何增益下均可用比率匹配的两个电阻保持出色的增益精度。	低功耗、零漂移、真正的轨到轨仪表放大器
<b>ECG AFEs</b>		
AD8232/ AD8233	AD8232/AD8233是一款用于ECG及其他生物电测量应用的集成信号调理模块。该器件设计用于在具有运动或远程电极放置产生的噪声的情况下提取、放大及过滤微弱的生物电信号。该设计使得超低功耗的模数转换器（ADC）或嵌入式微控制器能够轻松采集输出信号。	单导联心率监护模拟前端
ADAS1000	ADAS1000能够测量心电图信号、胸阻抗、起搏伪像及导联连接/脱落状态，并将此信息以数据帧的形式输出，以可编程数据速率提供导联/矢量或电极数据。它具有低功耗和小尺寸特性，适合电池供电的便携式应用。它还是一款高性能器件，因此适用于高端诊断设备。	低功耗、5电极ECG模拟前端，提供呼吸测量和脉搏检测

表3. 主要产品 (续)

产品型号	描述	优势
隔离驱动器/信号/功率		
ADuM4400	ADuM4400是采用ADI公司iCoupler®技术的四通道数字隔离器。这些隔离器件将高速CMOS与单芯片空芯变压器技术相结合, 具有优于光耦合器和其他集成耦合器等替代器件的出色性能特征。	5 kV rms四通道数字隔离器
ADuM4070	ADuM4070是一款稳压DC-DC隔离电源控制器, 集成内部MOSFET驱动器。该DC-DC控制器副边内置一个隔离式PWM反馈, 采用iCoupler芯片级变压器技术和完整的回路补偿。可以不必采用光耦合器进行反馈以及为了稳定性而补偿环路。	集成反馈功能的隔离式开关稳压器
ADuM6000	ADuM6000是一款基于ADI公司iCoupler技术的隔离式DC-DC转换器。该DC-DC转换器可提供多种输入/输出电压组合的稳压隔离功率。ADI公司芯片级变压器iCoupler技术使这款DC-DC转换器的隔离功率传输效率最高可达31%。	隔离式5 kV DC-DC转换器
ADuM4160	ADuM4160是一款基于ADI公司iCoupler技术的USB端口隔离器。它将高速CMOS工艺与单片空芯变压器技术相结合, 可提供优异的工作性能, 并且很容易与低速和全速USB兼容外设集成。	全速/低速USB数字隔离器
ADM2491E	AD8613/AD8617/AD8619分别是单通道/双通道/四通道微功耗轨到轨输入和输出放大器, 具有低失调电压、低输入电压和低电流噪声特性。AD8613采用1.8 V至5.0 V单电源 (或±0.9 V和±2.5 V双电源) 供电。低失调、低噪声、极低输入偏置电流和低功耗特性相结合, 使AD8613特别适合便携式和环路供电仪器仪表应用。	5 kV信号隔离、高速 (16 Mbps)、ESD保护、半双工或全双工RS-485收发器
ADC		
AD7091R	AD7091R是一款12位逐次逼近模数转换器 (ADC), 可在高吞吐速率 (50 MHz SCLK时为1 MSPS) 下实现超低功耗 (3V和1 MSPS时典型值为349 $\mu$ A)。AD7091R采用先进的设计和信号处理技术, 可在高吞吐速率下实现极低功耗。该器件还提供精确的2.5 V片内基准电压。	1 MSPS、超低功耗、12位ADC、内置片内基准电压源、采用10引脚LCSP和MSOP封装
AD7656-1	AD7656-1/AD7657-1/AD7658-1的吞吐速率高达250 kSPS。并且内置低噪声、宽带宽采样保持放大器, 可处理最高4.5 MHz的输入频率。	250 kSPS、6通道、同步采样双极性14位ADC
AD7684	AD7684是一款16位、电荷再分配、逐次逼近型PulSAR®模数转换器 (ADC), 采用2.7 V至5.5 V单电源 (VDD) 供电。该器件内置一个低功耗、高速、16位无失码采样ADC、一个内部转换时钟和一个串行、SPI兼容接口端口。还集成了一个低噪声、宽带宽、短孔径延迟的采样保持电路。在/CS下降沿, 该器件对IN+与-IN引脚之间的电压差进行采样。基准电压 (REF) 由外部提供, 最高可设置为电源电压, 功耗和吞吐速率呈线性变化关系。	16位、100 kSPS PulSAR、差分ADC, 采用MSOP封装
AD7687	AD7687是一款16位、电荷再分配、逐次逼近型模数转换器 (ADC), 采用2.3 V至5.5 V单电源 (VDD) 供电。该器件内置一个低功耗、高速、16位无失码采样ADC、一个内部转换时钟和一个多功能串行接口端口; 还集成了一个低噪声、宽带宽、短孔径延迟的采样保持电路。在CNV上升沿, 该器件对IN+与IN-引脚之间的电压差进行采样。这两个引脚上的电压摆幅通常在0 V至REF之间、相位相反。基准电压 (REF) 由外部提供, 最高可设置为电源电压。	16位、1.5 LSB INL、250 kSPS PulSAR差分ADC, 采用MSOP/QFN封装
AD7176-2	AD7176-2是一款快速建立、高精度、高分辨率、多路复用、24位、 $\Sigma$ - $\Delta$ ADC, 适用于低带宽输入信号, 具有介于5 SPS和250 kSPS之间的完全灵活的ODR (输出数据速率)。	24位、250 kSPS $\Sigma$ - $\Delta$ ADC, 建立时间20 $\mu$ s
操作处理器		
ADSP-BF524C	ADSP-BF524C拥有最高400 MHz (800 MMAC) 的性能。高级DMA控制器既支持该处理器内核, 同时还支持片内存储器、片外存储器与系统外设之间进行的一维和二维DMA传输。处理器内核速度与DMA控制器相结合, 可以实现高效处理音频、语音、视频和图像数据。	低功耗Blackfin处理器, 配有高级外设和嵌入式立体声音频编解码器
ADSP-BF527C	高性能16位/32位Blackfin嵌入式处理器内核、灵活的高速缓存架构、增强型DMA子系统以及动态电源管理 (DPM) 功能, 使系统设计人员拥有一个灵活的平台来处理各种便携式应用, 包括消费电子、通信、工业和仪器仪表。	低功耗Blackfin处理器, 配有高级外设和嵌入式立体声音频编解码器



表4. 主要产品 (续)

产品型号	描述	优势
电源		
ADP1621	ADP1621是一款固定频率、脉冲宽度调制 (PWM)、电流模式升压转换器控制器。它可驱动一个外部N沟道MOSFET, 将输入电压转换为更高的输出电压。ADP1621也可以用来驱动反激转换器、SEPIC转换器和正激转换器拓扑结构, 无论是否是隔离结构。ADP1621无需再使用电流检测功率电阻。	5 kV rms四通道数字隔离器
ADP1821	ADP1821是一款多功能的经济型、同步、脉冲宽度调制 (PWM)、电压模式降压控制器。它驱动一个全N沟道功率级, 调节低至0.6 V的输出电压。ADP1821可以配置用于提供0.6 V至输入电压的85%的输出电压, 并可处理用于负载点稳压器的较大MOSFET。	降压DC-DC控制器
ADP7102	3.3 V至20 V输入, 300 mA输出电流, 200 mV低压差LDO, 具备低噪声性能、15 $\mu$ V rms (固定电压输出)、高PSRR 60 dB (10 kHz时), 反向电流保护; 与500 mA版本引脚兼容: ADP7104	改善噪声敏感负载和低压差的性能
ADP150	2.2V至5.5V输入, 150 mA输出电流, 105 mV低压差LDO, 具备低噪声性能、9 $\mu$ V rms独立电压输出、高PSRR 70 dB (10 kHz时); 与200 mA版本引脚兼容: ADP151	改善噪声敏感负载和低压差的性能
CPR配件运动检测		
ADXL345	ADXL345是一款小而薄的低功耗3轴加速度计, 分辨率高 (13位), 测量范围达 $\pm 16$ g。数字输出数据为16位二进制补码格式, 可通过SPI (3线式或4线式) 或I <sup>2</sup> C数字接口访问。	3轴、 $\pm 2$ g/ $\pm 4$ g/ $\pm 8$ g/ $\pm 16$ g数字加速度计
ADXL362	ADXL362是一款超低功耗、3轴MEMS加速度计, 输出数据速率为100 Hz时功耗低于2 $\mu$ A, 在运动触发唤醒模式下功耗为270 nA。与使用功率占空比来实现低功耗的加速度计不同, ADXL362没有通过欠采样混叠输入信号, 它采用全数据速率对传感器的整个带宽进行采样。	低功耗、3轴、 $\pm 2$ g/ $\pm 4$ g/ $\pm 8$ g数字输出MEMS加速度计
无线		
ADF7023	ADF7023是一款工作在862 MHz至928 MHz和431 MHz至464 MHz频段的极低功耗、高性能、高集成FSK/GFSK/OOK/MSK/GMSK收发器, 这些频段覆盖免许可的433 MHz、868 MHz和915 MHz ISM频段。它适合欧洲ETSI EN 300-220、北美FCC (Part 15)、中国短程无线监管标准或其它类似地区标准下的电路应用。支持1 kbps至300 kbps的数据速率。	高性能、低功耗ISM频段FSK/GFSK/OOK/MSK/GMSK收发器IC
ADF7020	ADF7020是一款低功耗、低中频收发器, 在免执照ISM频段433 MHz、868 MHz, 和915 MHz工作。它适合满足欧洲ETSI EN 300-220或北美FCC (Part 15.247和15.249) 监管标准的电路应用。该器件采用2.3 V至3.6 V电源供电, 输出功率可在-16 dBm至+13 dBm范围内以0.3 dBm的步长精度进行编程。接收机灵敏度为-117.5 dBm (1 kb/s、FSK模式) 或-110.5 dBm (9.6 kb/s)。功耗在接收模式下为20 mA, 在发射模式下为30 mA (+10 dBm输出)。	ISM频段收发器IC
音频		
ADAU1701/ ADAU1702	ADAU1701/ADAU1702是一款28位/56位数字音频处理器, 内置两个ADC和四个DAC。这些立体声音频ADC和DAC支持高达192 kHz的采样速率。	SigmaDSP® 28位/56位音频处理器、192 kHz片内稳压器

## 设计资源

### Circuits from the Lab®

- ▶ 电池供电患者监护应用中ECG前端的供电 (CN-0308)
- ▶ 集成隔离式电源、用于太阳能光伏转换器的强大完全隔离式电流检测电路 (CN-0280)
- ▶ 通用串行总线(USB)外设隔离器电路 (CN-0160)
- ▶ 针对高达 1 kHz 低于奈奎斯特频率输入信号优化的16 位、100 kSPS低功耗数据采集系统 (CN-0306)
- ▶ 用于工业信号电平的精密24位、250 kSPS单电源  $\Sigma$ - $\Delta$ 型数据采集系统 (CN-0310)
- ▶ 利用与精密模拟微控制器ADuC7024相连的数字加速度计ADXL345检测低g加速度 (CN-0133)

### 应用笔记和文章

- ▶ 如何用ADIsimADC™完成ADC建模 (AN-737)
- ▶ 利用ADP2384/ADP2386同步降压DC-DC稳压器设计反相电源 (AN-1168)
- ▶ 多生理参数患者监护 (MS-2126)
- ▶ ECG设计挑战的应对策略 (MS-2160)
- ▶ 高速ADC电源设计 (MS-2210)

### 设计工具与论坛

- ▶ ADC
  - VisualAnalog™ 软件  
[analog.com/VisualANALOG](http://analog.com/VisualANALOG)
  - ADC SPI接口软件 (SPI控制器)  
[analog.com/SPIController](http://analog.com/SPIController)
  - ADIsimADC建模工具  
[analog.com/ADIsimADC](http://analog.com/ADIsimADC)
- ▶ DSP
  - VisualDSP++® 下载和更新  
[analog.com/VisualDSPupdates](http://analog.com/VisualDSPupdates)
  - 软件开发套件 (SDK)  
[analog.com/SDK](http://analog.com/SDK)

- ▶ 时钟和PLL
  - ADIsimCLK建模工具  
[analog.com/ADIsimCLK](http://analog.com/ADIsimCLK)
  - ADIsimPLL™: PLL设计和仿真  
[analog.com/ADIsimPLL](http://analog.com/ADIsimPLL)
  - AD951x/AD952x评估软件和评估板
- ▶ 放大器
  - ADIsimOpAmp: 放大器参数评估工具  
[analog.com/ADIsimOpAmp](http://analog.com/ADIsimOpAmp)
  - DiffAmpCalc™: ADI的差分放大器计算器  
[analog.com/diffampcalc](http://analog.com/diffampcalc)

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。

 **ADI EngineerZone™**  
中文技术论坛

请访问 [ez.analog.com/cn](http://ez.analog.com/cn)



关注ADI智库



超越一切可能™

如需了解区域总部、销售和分销商，或联系客户服务和  
技术支持，请访问 [analog.com/cn/contact](http://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](http://ez.analog.com/cn)。

©2021 Analog Devices, Inc. 保留所有权利。  
商标和注册商标属各自所有人所有。

BR348449sc-1/21

请访问 [ANALOG.COM/CN](http://ANALOG.COM/CN)