ANALOG DEVICES

超 越 一 切 可 能 ™

ADI系统方案精选

方便客户设计、简化系统集成、以应用为主题、加速您的设计

总辑

仪器仪表





能源

汽车电子





医疗健康

工业自动化





物联网

更新于2019年10月

简介

ADI系统方案精选是ADI为了方便客户设计、同时简化系统集成，主要面向中国市场推出的一系列的信号链解决方案。每个方案精选以应用为主题，清晰地罗列出完整而灵活的信号链图表、系统设计要素、现行业内面临的主要挑战以及ADI解决这些问题的价值主张和相关产品组合推荐。目前，ADI已有多个系统方案可供用户免费下载，内容涵盖工业仪表、能源、过程控制、汽车应用、医疗保健、物联网、航空航天等各个方面，深受客户好评。现应广大工程师要求我们将ADI目前为止所有的方案精选进行内容更新和再版，供读者阅读参考。我们真诚希望ADI系统方案精选可以一如既往地满足您的工作需求、加速您的开发设计。

目录

仪器仪表

用于多路抽头输出隔离电源的简易解决方案 4

ADI锂离子电池测试设备解决方案 11

ADI公司触摸屏测试解决方案 16

ADI任意波形发生器解决方案 22

用于高端TC/RTD模块的16通道间隔离型模拟输入解决方案 29

针对电子测试和测量的RF和微波解决方案 34

基于NDIR和PID的ADI气体探测器解决方案和新产品 38

ADI双光束分光光度计演示系统和解决方案 42

变频驱动及电源设计中的隔离技术 46

ADI公司针对pH计和电导率仪的演示系统 52

能源

ADI公司再生能源—能源储存解决方案 57

ADI公司低压断路器电子脱扣器(ETU)解决方案 62

ADI ICT/FCT设备解决方案 66

中国配网自动化终端DTU/FTU一二次融合系统方案 71

智能能量采集和低功耗故障指示器设计 75

ADI公司再生能源—太阳能光伏逆变器解决方案 79

工业自动化

伺服电机控制解决方案 84

ADI公司电磁流量计解决方案 89

ADI可编程逻辑控制器(PLC)解决方案 96

物联网

ADI FAST START物联网平台 101

医疗健康

ADI公司流式细胞分析仪解决方案 104
连续无创式血压解决方案 110
ADI公司体外化学分析仪解决方案 118
智能可穿戴医疗保健设备解决方案 125
ADI公司医疗X射线成像解决方案 133
ADI正电子发射断层扫描(PET)解决方案 139
ADI公司生化分析仪解决方案 144
ADI自动体外除颤仪(AED)解决方案 152
ADI的核磁共振成像(MRI)解决方案 158
ADI 公司医疗超声解决方案 162
运动监测解决方案 166
ADI病人监护仪中的典型模块脉搏血氧仪解决方案 169

航空航天

ADI商用航空解决方案 173
ADI民用无人机解决方案 179
ADI民用雷达解决方案 184

汽车电子

ADI公司混合动力汽车(HEV)/电动汽车(EV)锂电池管理解决方案 190
ADI座舱电子解决方案 195
ADI汽车传感器和传感器接口解决方案 202
ADI基于视觉的占用检测解决方案 206
ADI ADAS视觉解决方案 209

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

用于多路抽头输出隔离电源的简易解决方案

为什么需要电源隔离这种拓扑

隔离电源拓扑多年来广泛用于不同的工业产品和应用中，如PLC、DCS等。为了实现更好的性能，越来越多的最终用户需要在数字区和模拟区之间进行隔离，甚至在通道之间进行物理隔离，主要目的如下：

- 安全
- 可靠性
- 将接地噪声降至最小

对于大多数放大器、多路复用器，DAC驱动器需要双极性电源来实现正常工作，因此隔离的三路抽头输出电源解决方案可以很容易满足大多数这些要求。

市场上常见的解决方案

市场上主要有两大类隔离电源解决方案：传统的分立元器件组成的feedback方案和DC至DC模块。第一类方案通常需要一定丰富的设计经验，由于使用大量的分立元件，因此PCB尺寸始终是令人头疼的问题。第二类方案的优势是小尺寸和易于使用，但其效率、负载调整率和电源调整率远远没有达到出色的水平。由于变压器的限制，DC至DC模块很难提供多路隔离电源输出，这仍然需要客户自己进行二次降压/升压调节。

设计挑战

对于一般产品工程师来说，在没有丰富的电源设计经验的情况下，一开始就设计隔离电源是很大的挑战，特别是在复杂的变压器设计和调试方面。若要实现良好的隔离电源设计，需要解决以下挑战：

- 更小的PCB尺寸和高度
- 更低的成本
- 变压器参数的设计
- 通道间的负载调整率、电源调整率和交叉调整率
- 效率
- 输出功率

ADI公司的整体解决方案

LT8301和ADuM3471是ADI公司提供的高集成度电源隔离解决方案，适合在2.5 W至5 W功率范围内进行隔离多抽头的变压器控制，通过不同的组合满足不同的效率、负载和电源调整率要求。

为了简化设计的工作量，以下我们给出了下几个常用示例，我们还提供了所使用的关键二极管产品型号和推荐的变压器产品型号。

变压器设计的参数规格

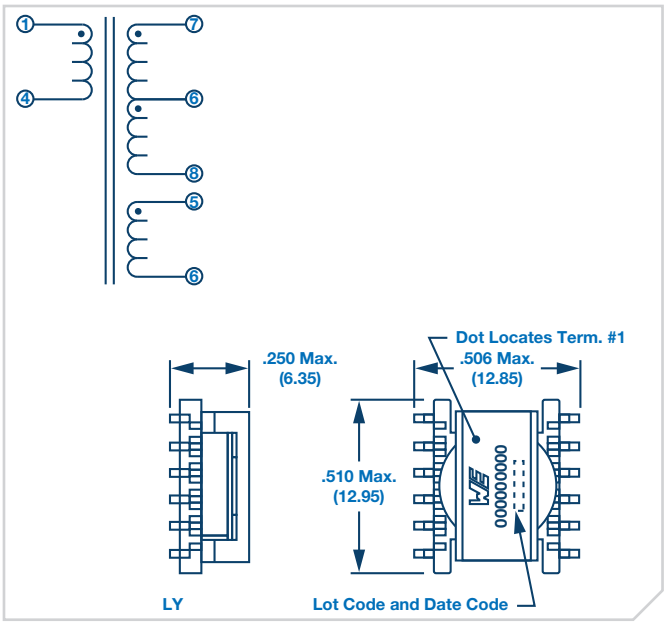


图1. 小封装、更低的功耗(ER11.5)。

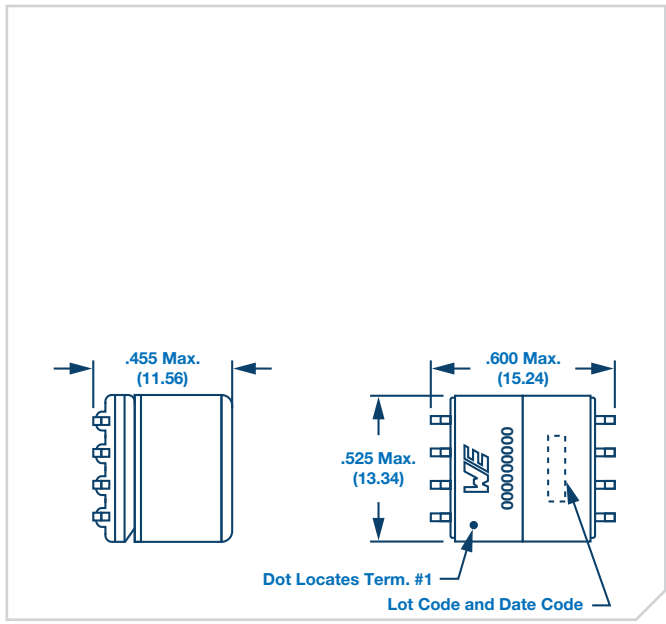


图2. 大封装、更高的功耗(EP10)。

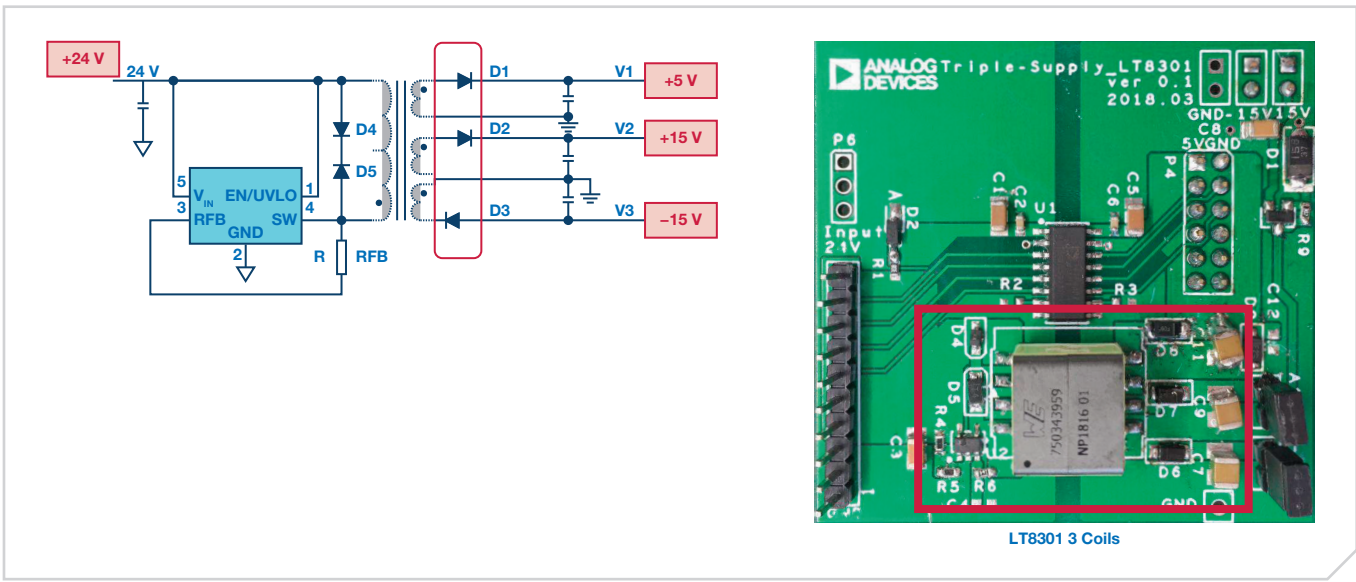


图3. 集成LT8301的解决方案1。

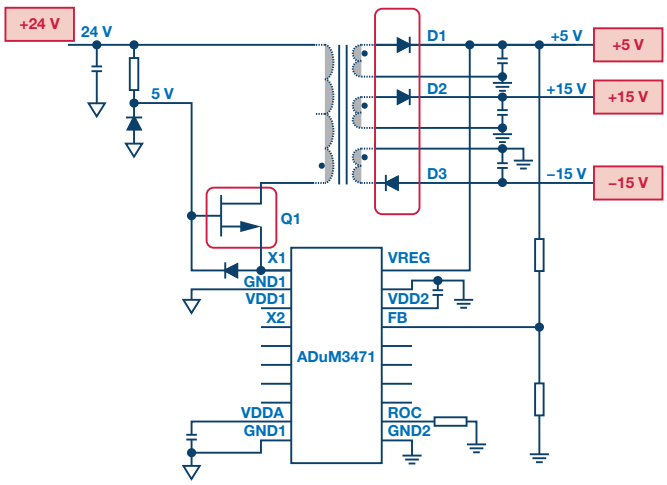
变压器选择

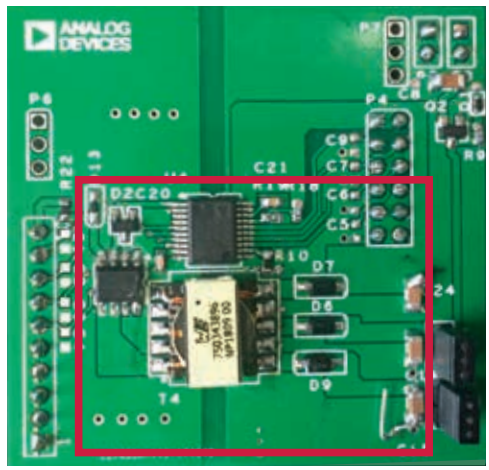
应用场景	变压器产品型号	允许的最大总输出功耗	封装
5 V/1 A, +15 V/10 mA, –15 V/10 mA	750343958 (wurth)	5 W(最大值)	EP10 (15 × 13 × 11)
5 V/100 mA, +15 V/200 mA, –15 V/50 mA	750343958 (wurth)	5 W(最大值)	EP10 (15 × 13 × 11)
5 V/500 mA, +15 V/10 mA, –15 V/10 mA	750343894 (wurth)	2.5 W(最小值)	ER11 (13 × 12 × 6)
5 V/100 mA, +15 V/100 mA, –15 V/50 mA	750343896 (wurth)	2.5 W(最小值)	ER11 (13 × 12 × 6)

其他元件选择

位号	产品型号	供应商
D1,D2,D3	DFLS260-7	Diodes Inc.
D4	CMDZ5250B	Central Semiconductor
D5	DFLS1100	Diodes Inc.
R	160 kΩ	

效率曲线图





ADuM471 Flyback

图4. 集成ADuM3471的解决方案2。

变压器选择

应用场景	变压器产品型号	允许的总输出功耗	封装
5 V/1 A, +15 V/10 mA, –15 V/10 mA	750343958 (wurth)	5 W(最大值)	EP10 (15 × 13 × 11)
5 V/100 mA, +15 V/200 mA, –15 V/50 mA	750343958 (wurth)	5 W(最大值)	EP10 (15 × 13 × 11)
5 V/500 mA, +15 V/10 mA, –15 V/10 mA	750343894 (wurth)	2.5 W(最小值)	ER11 (13 × 12 × 6)
5 V/100 mA, +15 V/100 mA, –15 V/50 mA	750343896 (wurth)	2.5 W(最小值)	ER11 (13 × 12 × 6)

其他元件选择

位号	产品型号	供应商
D1,D2,D3	DFLS260-7	Diodes Inc.
Q1	DMN6066SSD	Diodes Inc.

效率曲线图

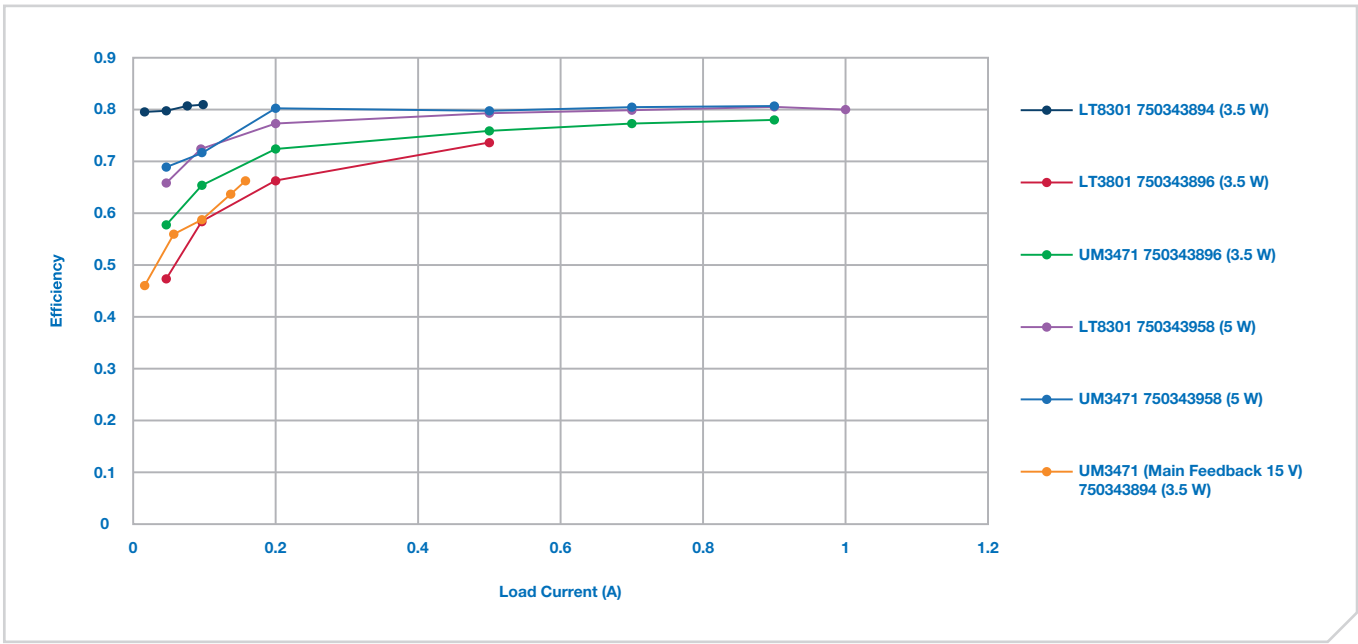


图5. 不同变压器效率对比曲线。

主要产品简介

产品型号	说明	主要特性	优势
稳压器			
LT8301	集成65 V/1.2 A开关的42 V_{IN}微功耗非光学隔离反激式转换器	▶ 输入电压范围：2.7 V至42 V ▶ 1.2 A、65 V内部DMOS电源开关 ▶ 边界工作模式(重载下) ▶ 低纹波突发工作模式(Burst Mode®)(轻负载下) ▶ 全输出的最小负载<0.5%(典型值) ▶ 通过一个外部电阻设置V_{OUT} ▶ 无需变压器第三绕组或光隔离器进行调整 ▶ 精确的EN/UVLO阈值和迟滞 ▶ 内部补偿和软启动 ▶ 输出短路保护	小尺寸、高效率，更好的电源负载调整率，适合隔离电源设计
***iso*Power**			
ADuM3471	隔离式开关稳压器(3/1通道方向性)	▶ 隔离式PWM控制器 ▶ 集成变压器驱动器 ▶ 四个DC至25 Mbps(NRZ)信号隔离通道 ▶ 20引脚SSOP封装 ▶ 高共模瞬变抗扰度：>25 kV/μs ▶ 可调振荡器频率：200 kHz至1 MHz ▶ 上电时提供软启动功能 ▶ 逐脉冲过流保护 ▶ 热关断 ▶ 2500 V rms隔离	极具竞争力的集成4通道*i*Coupler®电源隔离解决方案，可支持SPI接口
4 mA至20 mA环路驱动器			
AD5755-1	四通道、16位、串行输入、4 mA至20 mA和电压输出DAC，提供动态电源控制和HART连接	▶ 16位分辨率和单调性 ▶ 用于热管理的动态电源控制 ▶ 电流和电压输出引脚可连接到一个引脚 ▶ 电流输出范围：0 mA至20 mA、4 mA至20 mA或0 mA至24 mA • 总非调整误差(TUE)：±0.05%(最大值) ▶ 电压输出范围(含20%超量程)：0 V至5 V、0 V至10 V、±5 V和±10 V • 总非调整误差(TUE)：±0.04%(最大值) ▶ 用户可编程偏置与增益 ▶ 片内诊断 ▶ 片内基准电压源(±10 ppm/°C，最大值)	非常适合多通道且通道间不隔离的AO模块解决方案
AD5758	单通道、16位电流和电压输出DAC，提供动态功率控制和HART连接能力	▶ 16位分辨率和单调性 ▶ 用于热管理的DPC ▶ 单个引脚上提供电流/电压输出 ▶ 电流输出范围：0 mA至20 mA、4 mA至20 mA、0 mA至24 mA、±20 mA、±24 mA、−1 mA至+22 mA ▶ 电压输出范围(含20%超量程)：0 V至5 V、0 V至10 V、±5 V和±10 V ▶ 高级片内诊断，包括12位ADC	非常适合多通道间需要隔离的AO模块解决方案

产品型号	说明	主要特性	优势
AD5412/ AD5422	单通道、12/16位、电流源和电压输出DAC，HART连接	▶ 12/16位分辨率和单调性 ▶ 电流输出范围：4 mA至20 mA、0 mA至20 mA或0 mA至24 mA ▶ 总非调整误差(TUE)：±0.01%(典型值，FSR) ▶ 输出漂移：±3 ppm FSR/°C ▶ 电压输出范围：0 V至5 V、0 V至10 V、±5 V或±10 V • 超量程：10% • 总不可调整误差(TUE)：±0.01% FSR(典型值) • 输出漂移：±2 ppm FSR/°C ▶ 片内输出故障检测 ▶ 片内基准电压源：10 ppm/°C(最大值) ▶ 可选的稳压DV_{CC}输出 ▶ 电源范围 • AV_{DD}：10.8 V至40 V • AV_{SS}：−26.4 V至−3 V/0 V ▶ 电流环路顺从电压：AV_{DD} − 2.5 V ▶ 温度范围：−40°C至+105°C ▶ TSSOP和LFCSP封装	完整的单芯片电压和电流输出的环路信号调理器
*i*Coupler			
ADuM141E	可靠的带输出使能和1个反向通道、四通道隔离器	▶ 高共模瞬变抗扰度：100 kV/µs ▶ 对辐射和传导噪声的高抗干扰能力 ▶ 低传播延迟 • 13 ns(最大值，5 V) • 15 ns(最大值，1.8 V) ▶ 最大保证数据速率：150 Mbps ▶ 向后兼容性 • ADuM140E1/ADuM141E1/ADuM142E1引脚兼容ADuM1400/ADuM1401/ADuM1402 ▶ 低动态功耗 ▶ 1.8 V至5 V电平转换 ▶ 工作温度高达：125°C ▶ 故障安全高或低选项 ▶ 符合RoHS标准的16引脚SOIC封装	采用最新技术的*i*Coupler产品
稳压器			
ADP1720	线性稳压器	▶ 电源电压范围：4 V至28 V ▶ 轻载下低电流：28 µA(0 µA负载) ▶ 低压差：275 mV(50 mA) ▶ 初始精度：±0.5% ▶ 逻辑控制使能 ▶ 过流和热过载保护	低功耗
基准电压源			
ADR3412	低功耗基准电压源	▶ 1.2 V精密输出 ▶ 电源电流：100 µA(最大值) ▶ 低噪声(<10 Hz)：典型值8 µV p-p ▶ 电源电压范围：2.3 V至5.5 V ▶ 长期稳定性：30 ppm/$\sqrt{1000}$ hr (50°C)	低功耗、小尺寸

参考设计

对于想要评估我们的电源解决方案与AD5755-1搭配效果的人员，将另外提供以下参考设计。 有两种控制方式，一种是通过PC SDP控制，另一种是直接通过触摸屏来控制/显示。

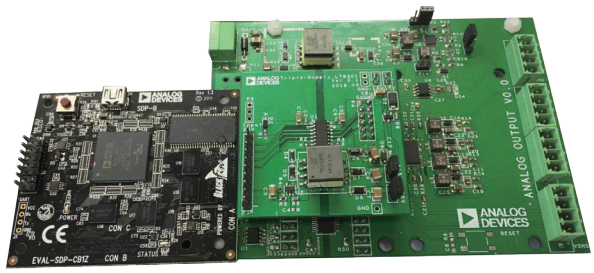


图6. 采用AD5755-1的4通道电流输出设计(带SDP板)。

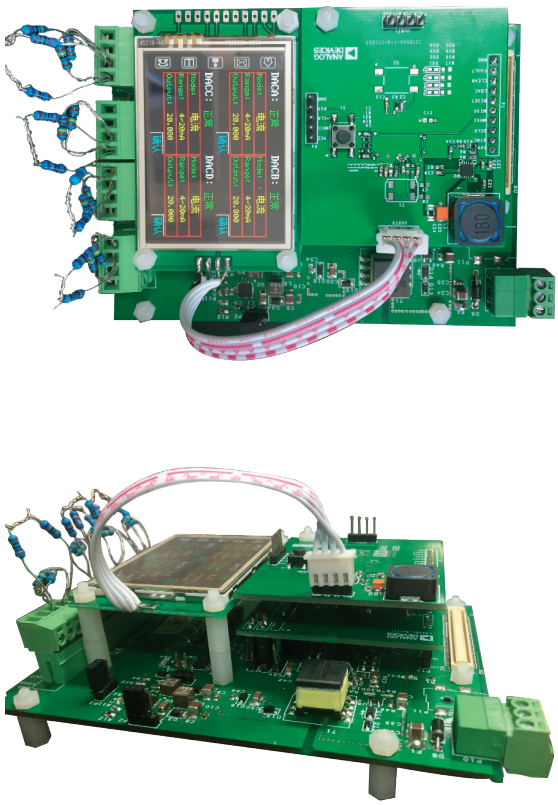


图7. 采用AD5755-1的4通道电流输出设计(带触摸屏控制)。

总之，这就是ADI的3种变压器和6种基于LT8301和ADuM3471解决方案，适用条件为2.5 W至5 W，以满足不同的应用需求。这样，您可以轻松地选择一个用于双极性电源模拟输入或模拟输出的电源系统。这些解决方案有助于大大减轻设计工作，缩减PCB空间并带来更好的效率、电源/负载调整率等性能。希望大家都能获得自己满意的隔离电源设计。

CFTL链接

- 使用4引脚或6引脚端子板的PLC和DCS通用模拟输入(CN-0325)—*www.analog.com/cn/cn-0325*
- 带隔离式DC至DC电源的16位隔离式工业电压和电流输出DAC(CN-0233)—*www.analog.com/cn/cn-0233*
- 用于工业电平信号的完全隔离、鲁棒、4通道、多路复用数据采集系统(CN-0292)—*www.analog.com/cn/cn-0292*
- 演示手册DC2138B—*www.analog.com/cn/evaluation-kit-manuals/DC2138BFA.PDF*

ADI公司可提供

- **ADC**：ADIsimADC™；Σ-Δ型ADC寄存器配置助手
- **DAC**：ADIsimDAC™
- **放大器**：ADIsimOpAmp™；ADIsimDiffAmp™
- **电源**：EVB ADIsimPower
- **处理器**：EVB仿真工具和部分软件

有关电磁流量计的更多需求，请联系ADI公司。

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

ADI锂离子电池测试设备解决方案

应用简介

能源消耗始终是全球需要面对的普遍问题。市场期待更安全、更干净、更高效且更低成本的电源。由此催生了混合动力和电动汽车、太阳能和风能技术这些解决方案，它们共同的关键因素是锂离子电池。随着这三大领域迅速增长，锂离子电池在节能方面将发挥越来越重要的作用。

锂离子电池制造程序非常复杂，包括电极生产、堆叠结构、单元装配。之后还要执行电气测试，激活电池功能并评定电池容量,确定额定性能和价格。为了在锂离子电池制造过程中执行这些电气测试，需要高度集成、高效率和高精度的测试设备，这也正是ADI公司基于AD8452解决方案的亮点所在。与第一代IC AD8450/AD8451+ADP1972/ADP1974相比，第二代集成IC的尺寸更小，更鲁棒且性价比更高。

系统设计考虑因素

效率

众所周知，用于小容量电池的线性测试设备在充电和放电过程中将会消耗大量功率。线性测试设备能效低，会给设备硬件设计带来严重的散热问题。ADI AD8452解决方案基于PWM架构，有助于解决这一问题。与第一代解决方案相比，AD8452解决方案可保持高效率，在10 A充电模式下可实现94%效率。

精度

为了获得准确的锂离子电池容量，需要精确测量充电和放电模式下的电流和电压。结合系统中的高精度ADC、DAC和其他器件，ADI公司基于AD8450/AD8451+ADP1972/ADP1974的解决方案可实现高精度测量和设置。

低系统成本

- 更高的开关频率支持使用尺寸更小、价格更低的功率元件，如电感、电容等
- 能源回收利用有助于降低运营成本
- AD8452采用独特的仪表放大器设计，制造过程中的校准时间可缩短1/2，质保时间可更长
- 更高集成度的解决方案可提供小尺寸系统，使设备机架和维护成本更低

ADI解决方案

系统框图

1. 下面是从直流总线到电池的系统框图，包括微控制器、模拟前端和控制器、PWM控制器、高压MOSFET驱动器、功率级(MOSFET、电感、电容、分流电阻)、电压/电流读取(ADC)以及电压/电流设置(DAC)。

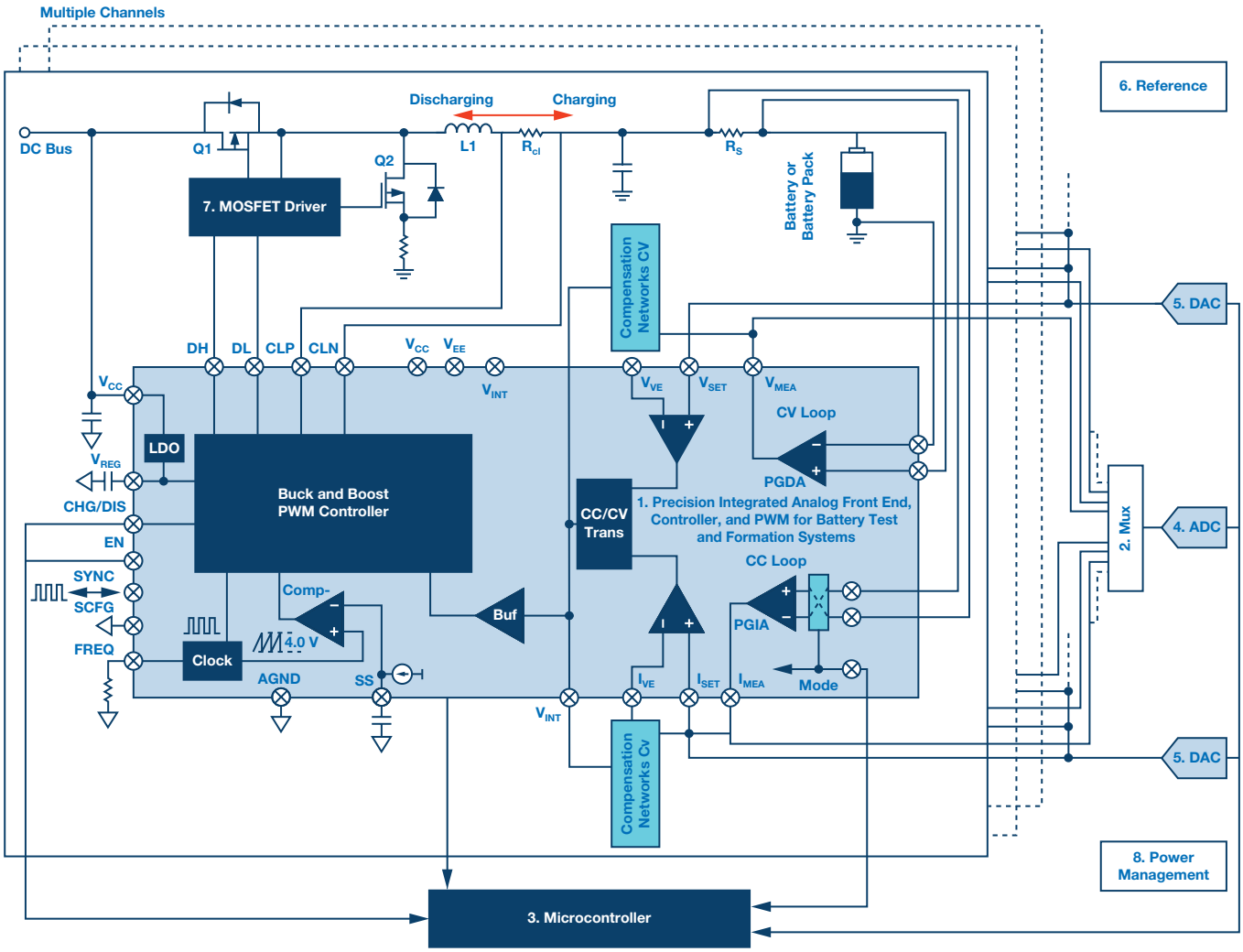


Figure 1. Block diagram from dc bus to battery.

1. 用于电池测试和化成系统的集成式精密模拟前端、控制器和PWM						
AD8452						
2. 多路复用器	3. 微控制器	4. ADC	5. DAC	6. 基准电压源	7. MOS驱动器	8. 电源管理
ADG528F/ADG5408/ ADG658	ADuC7060/ADuC7061	AD7173-8/AD7124-8	AD5686R/AD5668/ AD5676R	ADR3450/ADR4550	ADuM7223/ ADuM3223	ADP2441/ADP7102/ ADM8829

系统性能

ADI公司制作了AD8452演示板，可根据以下图表验证其效率和精度。对于该同步降压和升压电源系统，直流总线输入为12 V，最大充电/放电电流为10 A。

效率

在最大额定值10 A CC模式(充电和放电功能均如此)及3.3 V负载条件下，演示板的效率可以约为94%。

精度

校准初始精度之后，电流的精度包括温漂、全电流范围(0 A至20 A)内的线性度、短期稳定性(噪声)和全电压范围(0 V至3.6 V)内的CMRR。在演示板上验证的结果是，该ADI解决方案的典型电流精度为0.01%以下(25°C ± 10°C)。对电压精度可以进行类似的分析，经过此演示板验证，它同样在0.01%以下。

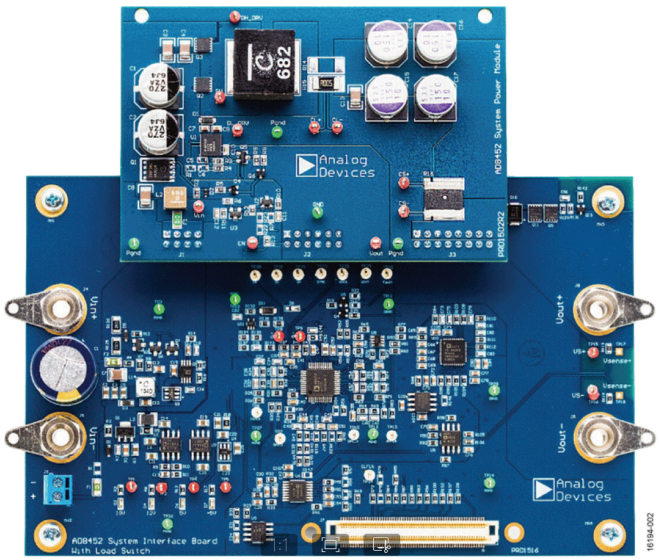


Figure 2. AD8452 demo board.

注：如需演示板的更多信息，请通过本文末尾列出的联系方式联系ADI公司，或者联系销售代表。

主要产品

产品型号	描述	优势
用于电池测试和化成系统的集成式精密模拟前端、控制器和PWM		
AD8452	电压和电流的精确测量；充电和放电模式下针对CC和CV的独立反馈控制模块；针对充电/放电的常见SMPS控制；用户控制开关频率范围：50 kHz至300 kHz；带可调相移的同步输出或输入；可编程软启动	高精度、工厂调整仪表和差分放大器；在整个温度范围内保持稳定：失调电压漂移<0.6 μV/°C(最大值)；增益漂移：<3 ppm/°C (最大值)；电流检测CMRR：最小值120 dB
微控制器		
ADuC7060	ARM7TDMI® 内核，16/32位RISC架构；集成双通道8 kSPS、24位ADC；5通道主ADC和多达8通道辅助ADC；ADC在单端或差分输入模式下工作；PGA位于主通道中，缓冲器位于辅助通道中；单通道14位电压输出DAC；32 kB闪存、4 kB SRAM；UART串行I/O和I²C；多达14个GPIO；16位、6通道PWM	低功耗；集成精密ADC和DAC；片内精密基准电压源±10 ppm/°C；48引脚LFCSP和LQFP
ADC		
AD7173-8	31.25 kSPS、24位、低功耗、8个全差分/16个单端通道复用Σ-Δ型模数转换器	高速、高分辨率；2.5 V精密基准电压源3.5 pm/°C；精密模拟缓冲器
AD7124-8	19.2 kSPS、24位、8个全差分/16个单端通道复用Σ-Δ型模数转换器，PGA集成、可编程增益1至128	高速、高分辨率；2.5 V精密基准电压源15 ppm/°C；PGA集成
DAC		
AD5676R	16位8通道DAC；±3 LSB INL(最大值)；50 M SPI接口；2 ppm/°C基准电压源	高分辨率、高线性度、高集成度；20-TSSOP封装；2 ppm/°C基准电压源
AD5689R	16位2通道DAC；±2 LSB INL(最大值)；可选增益1和2；50 M SPI接口	高分辨率、高线性度；2.5 V精密基准电压源2 ppm/°C
AD5668	16位8通道DAC；SPI总线；1.25 V/2.5 V、5 ppm/°C片内基准电压源	高集成度；16引脚TSSOP、16引脚LFCSP
基准电压源		
ADR3450	5 V基准电压源，极低漂移：8 ppm/°C(最大值)，2.5 ppm/°C (典型值)，低噪声：35 μV p-p(0.1 Hz至10 Hz)，长期稳定性：30 ppm/$\sqrt{1000}$ hr	低漂移、稳定、低成本基准电压源。ADR34xx系列还提供许多输出电压选项
ADR4550	5 V基准电压源，极低漂移：2 ppm/°C(最大值)，低噪声：2.8 μV p-p(0.1 Hz至10 Hz)，长期稳定性：25 ppm/$\sqrt{1000}$ hr	低漂移、超稳定、低噪声基准电压源，ADR45xx系列还提供许多其它输出电压选项
电源管理		
ADP2441	36 V输入、1 A同步降压调节器；开关频率：300 kHz至1 MHz	高输入电压；高效率：最高可达94%
ADP7102	20 V输入LDO，300 mA输出电流，低噪声15 μV rms，7个固定输出电压版本和可调版本	高输入电压、低噪声LDO
ADM8829	电荷泵电压反相器；输入+1.5 V至+5.5 V反转产生−1.5 V至−5.5 V输出；输出电流：25 mA	简单易用，99%电压转换效率
MOSFET驱动器		
ADUM7223	4 A隔离式、半桥栅极驱动器；高工作频率：1 MHz(最大值)；3.3 V至5 V输入逻辑；4.5 V至18 V输出驱动，LGA封装	独立且隔离的高端和低端输出；13 LGA封装
ADUM3223	4 A隔离式、半桥栅极驱动器；高工作频率：1 MHz(最大值)；3.3 V至5 V输入逻辑；4.5 V至18 V输出驱动，SOIC封装	独立且隔离的高端和低端输出；16 SOIC封装
多路复用器		
ADG528F	8通道多路复用器；±15 V双电源供电；故障和过压保护(−40 V至+55 V)	故障和过压保护；防闩锁
ADG5408	8通道多路复用器；±9 V至±22 V双电源供电；13.5 Ω导通电阻	高压轨、防闩锁；低导通电阻
ADG658	8通道多路复用器；±6 V双电源供电；<1 nA漏电流；50 Ω导通电阻	低泄漏；低导通电阻

设计资源

基准电压源

- **模拟对话**
  精密模拟控制器优化高效率锂离子电池制造—*www.analog.com/cn/analogdialogue/li_ion_battery*

- **AD8450/AD8451补偿器设计工具—**
  www.analog.com/cn/AD8450

欲查看有关气体探测器的其他资源、工具和产品信息，请访问：

www.analog.com/cn/instrumentation

ANALOG DEVICES
超 越 一 切 可 能 ™

ADI公司触摸屏测试解决方案

应用简介

电容触摸屏在智能手机和平板电脑等消费电子产品中的应用非常普遍。传统触摸屏测试主要集中在功能测试，通过操作员的手指直接进行功能测试评估，通常不包含性能和一致性测试。本文提出的解决方案可用来解决此问题，用于提高触摸屏生产制造中的可靠性和一致性，实现高标准大规模制造中的品质控制。该方案探讨了在大规模生产中如何测量触摸屏电容值，以及如何在贴装IC驱动芯片之前发现有缺陷的触摸屏。此外，快速测试和高灵敏度测量是制造测试中的两个主要目标。在这个应用里面相对精度比起绝对精度来更加重要一些。不断提高的触摸屏产量，迫切需要能够节省大量时间和人工成本的自动化测试解决方案。

触摸屏技术介绍

了解触摸屏技术有助于理解下一章节中的测试方法和系统框图。电容触摸屏技术主要有两种：自容屏和互容屏，如图1所示。

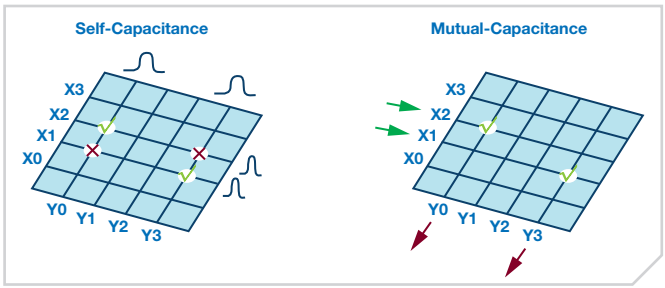


图1. 两种不同类型触摸屏

在触摸屏应用中，互容屏更受欢迎一些，原因是与自容屏相比，互容屏可以真正意义上支持多点触控。

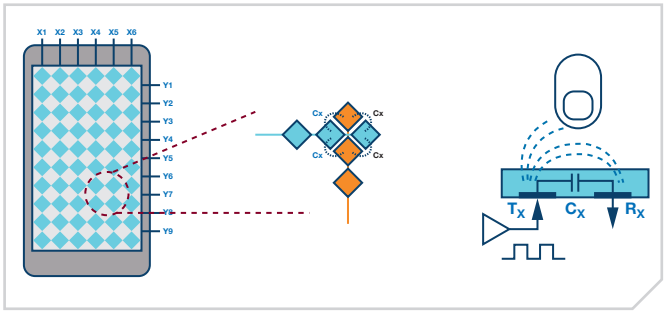


图2. 互电容屏结构

大部分消费级触摸屏使用ITO (铟锡氧化物)材料，有导电且透光的特性，透光率通常大于90%。图2是其中一种钻石型互电容物理结构。X列ITO和Y行ITO位于不同层上，它们的交叉节点产生的微弱电容就是我们想要测量的互电容C_x。当手指靠近它时，如右图所示，由于电场的改变，等效C_x会随之减小。

我们来创建一个待测物(DUT)分析模型以获得精确测量结果，如图3所示。

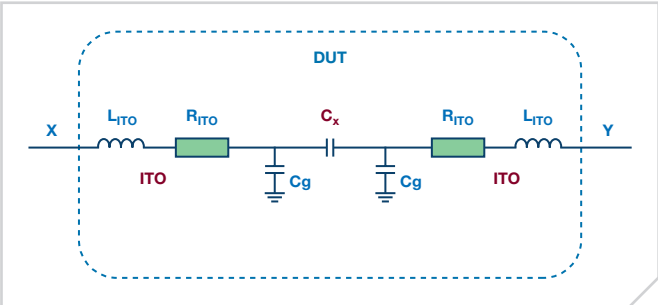


图3. DUT分析模型

C_x： 每个节点大约是1 pF至10 pF，这是我们想要测量的互电容。有数百至数千个这样的互电容节点需要测量。

L_{ITO}： ITO细线引起的寄生电感，1 nH至20 nH；在这个应用里面我们可以忽略它，因为在小于1 MHz时其阻抗非常低。

R_{ITO}： ITO导线电阻，kΩ级别，这取决于ITO线长、线宽和材料成分。每个节点的R_{ITO}可能都不同。

Cg： 相对于参考电平GND的寄生电容，pF级别，这取决于相对参考GND平面的距离和工厂中的实际夹具环境。

生产测试需求

该解决方案涉及4个测试项目：

1) 单节点电容测试

测量所有矩阵节点，大致10 pF左右；需要fF级别的高精度。

2) 相邻行电容测试

对X1施加一个信号，从相邻的X2进行测量；这不是单个节点测试，所以测量结果通常为几十到数百pF级别。

3) 相邻ITO线的开路/短路测试

在制造过程中，ITO钻石型架构有时会引起相邻线路短路，所以需要对此进行测试。

4) ITO电阻(可选)

这是一个可选测试项目，用于评估ITO线是否符合标准。

每个节点的测试时间通常在ms级。矩阵节点的数量取决于屏幕尺寸，从数百到数千不等。

ADI公司解决方案

阻抗测量

测试项目涉及不同类型的阻抗(电阻和电容)，所以需要一个阻抗测量设备。此类测量可通过自平衡电桥电路来完成，如图4所示。它含有一个由已知阻抗(R_{TIA})和未知阻抗Z_X的电路组成。与传统分压法的比例测量不同，一个有源运放电路A2用于控制L_CUR点的电压，使其保持恒定电位(本例中为地)，而VS向H_CUR点施加一个固定频率的信号。A2输出端的相反信号与流过Z_X的电流IX直接相关。为了避免受到电缆和开关寄生效应的影响，第二个放大器A1用于直接检测Z_X上产生的电压。节点POT和CUR产生的波形分别代表被测阻抗(Z_X)上的电压和电流信号，因而可通过模拟或数字方法来计算阻抗。

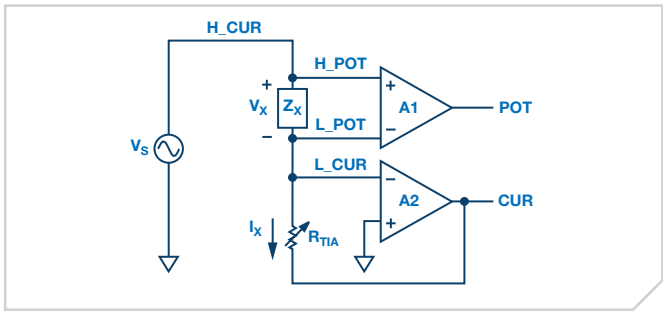


图4. 用于阻抗测量的自动平衡电桥

未知阻抗Z_X可利用公式计算：$Z_X = V_{POT}/V_{CUR} \times Z_{PATH}$，其中$V_{POT}$为电压矢量信号，$V_{CUR}$为电流矢量信号，$Z_{PATH}$为测量路径上的整体增益和相位偏移的总校准系数。有关阻抗测量的更多信息，请访问以下链接：*analog.com/cn/measuring-i-c-r.html*

触摸屏测试系统框图

对自平衡电桥做一些电路上的补充就可以实现触摸屏测试需求。如图5所示。

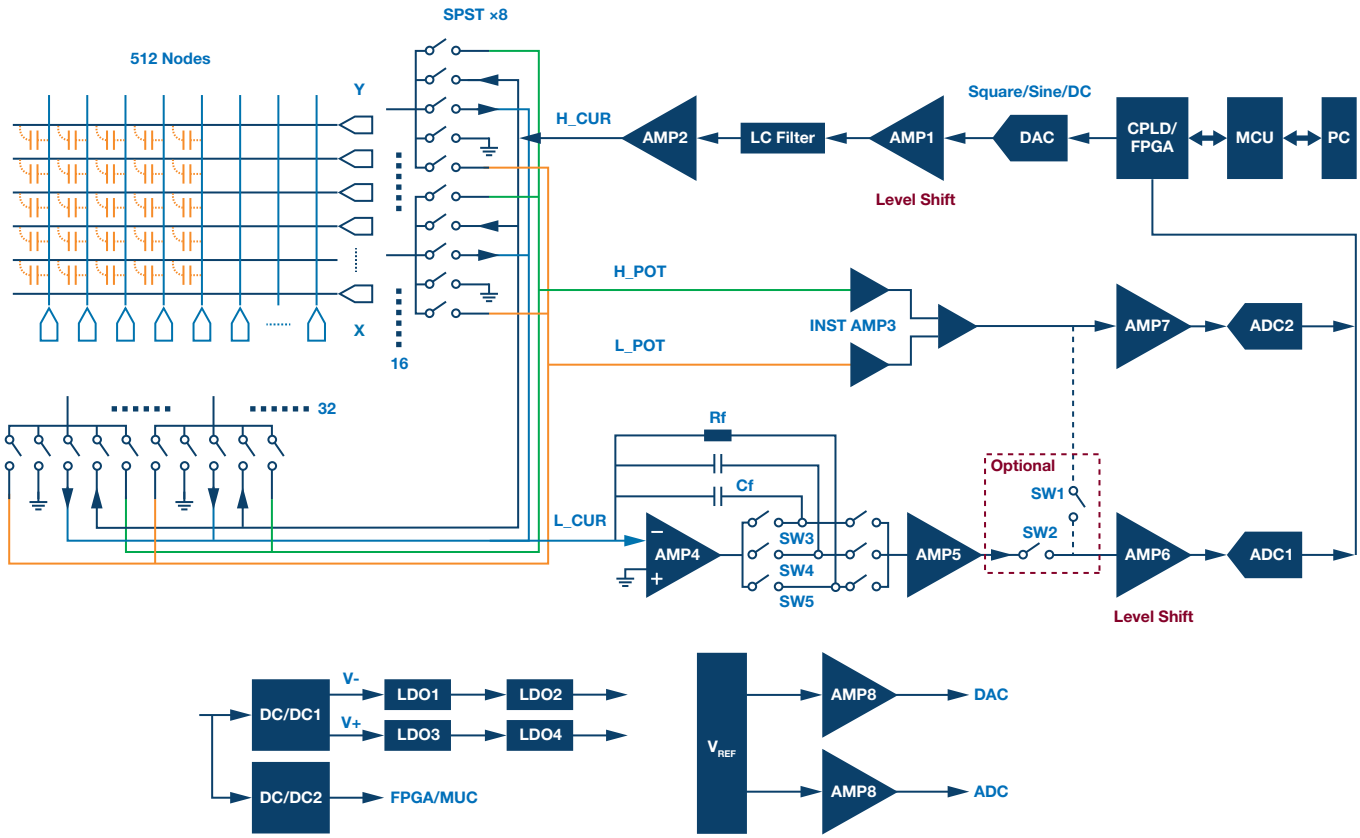


图5. 触摸屏测试系统框图

DAC/DDS	ADC1/ADC2	开关	MCU	V_{REF}	AMP1/AMP6/AMP7	AMP2/AMP8
AD9834/AD9837/LTC1667	AD4003/LTC2385-18/LTC2378-20	ADG1212/ADG1414/ADG5404	ADSP-BF70x	ADR4540/LTC6655	ADA4807-2/ADA4896-2/AD8132	AD8066/AD8656/LT1397
AMP3	AMP4	AMP5	DC/DC1	DC/DC2	LDO1/LDO2	LDO3/LDO4
AD8251/AD8421	ADA4817-1/ADA4610-1/ADA4350	ADA4350/LTC6912-2	LTM8049/ADP5071	LTM4644	LT3091	LT3080-1

信号激励源是一个高速DAC或DDS，产生50 kHz至200 kHz波形用于电容测试和ITO电阻测试。它还能产生可编程直流电压信号用于相邻线路的开路/短路测试。AMP1在该电路中有两个作用：差分到单端转换和电平搬移到双电源信号模式。幅度调整可以放在该放大器、DAC数字域或DDS满量程控制端口处完成。

电压测量路径利用一个差分输入放大器AMP3来实现，并且由一个SAR ADC数字化采样。电流测量路径由一个可编程增益阻抗放大器(用于将电流转换为电压)和一个附加放大器AMP5 (用于调整增益)组成。注意，务必慎重考虑用以实现可编程增益阻抗放大器的开关配置，以使其寄生效应的影响最小化[2]。两个测量路径中的信号均需要通过AMP6和AMP7进行电平转换和单端到差分转换，以满足ADC输入的需要。

就ITO开路/短路测试而言，由于全部测量路径都是直流耦合，所以只需将一个直流信号施加于一条线路，然后从相邻线路测量回路电流。如果此电流大于预设阈值，则意味着这两条线短路。ITO电阻只能通过节点间的耦合测量，因此需要施加一个正弦波，以获得其值并测量容性节点。

使用高分辨率SAR ADC的好处是无需模拟域的相位和幅度检测，这可以由处理器或FPGA来完成，灵活性更大，性能更好。当然，也可以只使用一个ADC，利用SW1/SW2复用测量路径，但其弊端是测试时间会增加。

与被测触摸屏接口

考虑成百上千的通道连接，我们还是建议在此使用模拟开关，这样可以节省很多空间并缩短信号路径长度。为了解它对测量的影响需要分析开关的寄生效应。因此，应按照图6所示增加两个开关以进行分析。

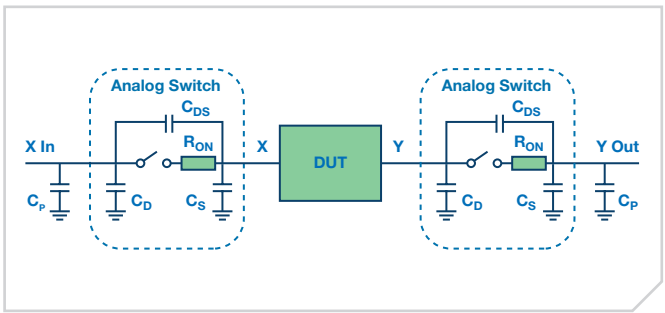


图6. 模拟开关分析模型

C_D/C_S：寄生电容，8 pF至32 pF (ADG1414)，开和关两个状态下电容是不同的。矩阵节点测试会连接大量开关，所以我们必须要考虑这个寄生电容总和。

C_{DS}：寄生电容，1 MHz时的关断状态隔离度为–73 dB (ADG1414)，所以对此应用可予以忽略。对于导通状态，我们也可予以忽略，因为R_{ON}远低于ZC_{DS}。

R_{ON}：模拟开关的导通电阻R_{ON}，使用ADG1414时为9.5 Ω。此电阻对测量路径的影响可利用适当的开尔文连接来消除，但它仍在信号路径上，因此需要考虑。

C_P：电路板上的其他寄生电容，pF级，不算是最大问题。

这些寄生效应需要在测试触摸屏之前予以测量，以便考虑它对测量路径上的总电容和电阻的影响。补偿程序涉及到两个测量：开路和短路补偿。开路补偿程序是在电缆和夹具连接到测量电路，但与被测物断开的情况下进行阻抗测量。短路补偿是将所有端子通过测试夹具连在一起，然后进行阻抗测量。此补偿可利用触摸屏测量中使用的模拟开关来完成。这两个补偿程序的等效电路如图7所示。

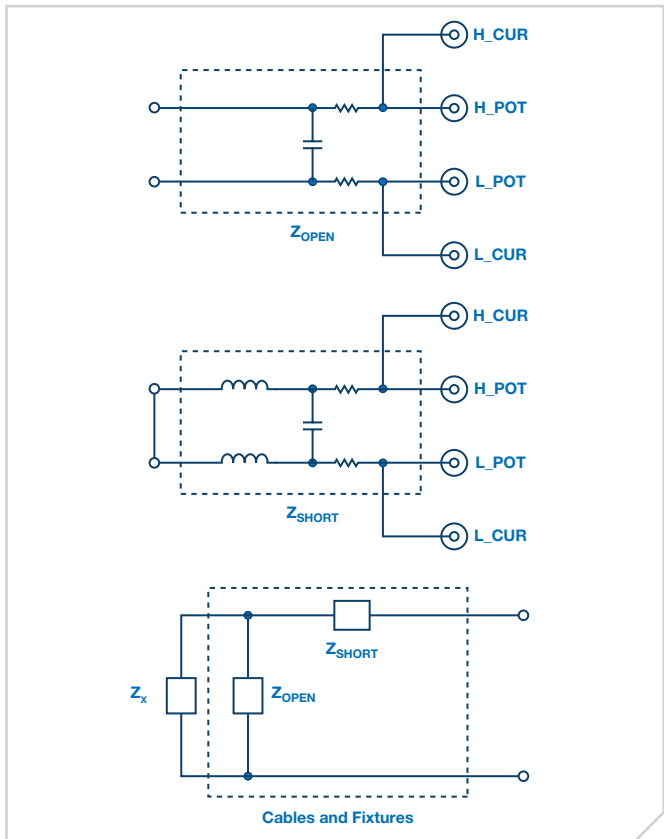


图7. 测试夹具寄生效应的补偿

右图所示为从开路和短路补偿程序得出的完整网络模型。获知开路和短路阻抗值Z_{OPEN}和Z_{SHORT}之后，便可利用下式求出未知阻抗ZX的值。

$$Z_X = Z_{OPEN} \times (Z_M - Z_{SHORT})/(Z_{SHORT} + Z_{OPEN} - Z_M)$$

其中Z_M为此系统测得的阻抗。

两个主要指标

高测量速度：如果使用100 kHz信号，完整一个触摸屏单节点电容测试项目(假设总共512个节点)约5 ms至10 ms。这不包括路径切换和其他设置时间。如果考虑更多测试项目和通信，一个DUT大概需要500 ms至2000 ms，具体时间取决于实际环境以及需要对多少次测量结果求均值以获得稳定结果。

高灵敏度：使用18位的ADC时，分辨率小于10 fF，1 pF DUT对应的精度为约为1%至5%；精度取决于实际环境和设计。

主要芯片

产品型号	描述	优势
DAC/DDS		
AD9834	DDS，75 MSPS，10位，SFDR >72 dB，带片上比较器，SNR 60 dB，INL ±1 LSB，DNL ±0.5 LSB	高速，可生成方波/正弦波形并提供足够高的采样速率；开发时间少于FPGA+DAC方案
AD9837	DDS，16 MSPS，10位，SFDR >64 dB，片上比较器，SNR 64 dB，INL ±1 LSB，DNL ±0.5 LSB	极少的引脚，小尺寸，易于操作，简单的周围电路，开发时间少于FPGA+DAC方案
LTC1667	DAC，50 MSPS，14位，1 mA到10 mA差分电流输出，INL ±2 LSB，DNL ±1 LSB，增益误差±1%，5 MHz时SFDR 79 dBc	高速，可生成方波/正弦波形并提供足够高的采样速率，具有边沿调整功能；可灵活生成任意波形
ADC		
AD4003	SAR ADC，2 MSPS，18位，SFDR 122 dB，SNR 100.5 dB，THD –123 dB，INL ±0.4 LSB，DNL ±0.3 LSB，差分输入范围±5 V	高速、高分辨率、大动态范围
LTC2385-18	SAR ADC，5 MSPS，18位，SFDR 101 dB @ 1 MHz，SNR 95.7 dB @ 1 MHz，THD –100 dB，INL ±0.6 LSB，DNL ±0.2 LSB，差分输入范围±5 V	高速、高分辨率、大动态范围
LTC2378-20	SAR ADC，1 MSPS，20位，SFDR 128 dB @ 2 kHz，SNR 104 dB @ 2 kHz，THD –125 dB，INL ±0.5 LSB，DNL ±0.2 LSB，差分输入范围±5.1 V	高速、超高分辨率、超大动态范围
开关		
ADG1212	SPST × 4，TTL CTRL，120 Ω R_{ON}，20 Ω平坦度，25 mA电流，±15 V，关断隔离–80 dB，通道串扰–90 dB，Cd/Cs (on) 2.6 pF和Cd/Cs (off) 1 pF @ 1 MHz	超低C_D/C_S电容、高密度、高通道隔离度
ADG1414	SPST × 8，SPI CTRL，9.5 Ω R_{ON}，1.6 Ω平坦度，295 mA电流，±15 V，关断隔离–73 dB，通道串扰–75 dB，256 MHz带宽，C_D/C_S (on) 32 pF和C_D/C_S (off) 8 pF @ 1 MHz	高密度，菊花链控制，低R_{ON}，高隔离度，高带宽适合方波应用，支持大电流
ADG5404	4:1，9.8 Ω R_{ON}，1.2 Ω平坦度，290 mA电流，±22 V，关断隔离–78 dB，通道串扰–58 dB，53 MHz带宽，C_D/C_S (on) 132 pF、C_S (off) 19 pF、C_D (off) 92 pF @ 1 MHz	高密度，低R_{ON}，高隔离度，支持大电流
MCU		
ADSP-BF70x	400 MHz Blackfin®+内核，16/32位，136 kB L1 SRAM，256 kB至1 MB L2 SRAM，片上ROM 512 kB，USB 2.0 ×1	高频内核适合DFT应用，I/O控制，FPGA通信，支持USB 2.0连接PC
V_{REF}		
ADR4540	4.096 V，2 ppm/°C，初始电压误差±0.02%，噪声2.7 µV p-p	高精度，低温漂，适合用作精密ADC/DAC基准电压源
LTC6655	4.096 V，2 ppm/°C，初始电压误差±0.025%，噪声0.625 µV p-p	低噪声，高精度，低温漂，适合用作精密ADC/DAC基准电压源

产品型号	描述	优势
放大器		
ADA4807-2	±5 V，电压反馈，160 MHz带宽，轨到轨，THD –72 dB @ 5 MHz，输入失调电压2 mV，16 nV/√Hz	高带宽，低失真，适合高速DAC差分到单端转换应用和电平转换
ADA4896-2	±6 V，电压反馈，250 MHz带宽，轨到轨，THD –60 dB @ 20 MHz，输入失调电压1 mV，5.2 nV/√Hz	高带宽，低失真，低噪声，适合高速DAC差分到单端转换应用和电平转换
AD8132	差分，±5.5 V，350 MHz BW，HD2 –97 dB @ 1 MHz，输入失调电压1 mV，8 nV/√Hz，支持V_{OCM}调整	高带宽，低失真，适合ADC单端转差分驱动器应用和通过V_{OCM}端口进行电平转换
AD8656	双通道，5.5 V，电压反馈，28 MHz带宽，轨到轨，THD 0.0007% @ 1 kHz，输入失调电压50 μV，失调漂移0.4 μV/°C，2.7 nV/√Hz，输出电流±220 mA	高电流输出精密放大器，低失真，低噪声。适合扩展信号驱动能力
AD8066	双通道，±12 V，电压反馈，145 MHz带宽，轨到轨，SFDR –88 dBc @ 1 MHz，输入失调电压0.4 mV，失调漂移1 μV/°C，7 nV/√Hz，输出电流±35 mA	高带宽、低失真、宽电压
LT1397	四通道，±6 V，电流反馈，400 MHz带宽，输入失调电压1 mV，失调漂移15 μV/°C，4.5 nV/√Hz，输出电流±80 mA	四通道分配模拟开关，可降低C_D/C_S影响；超高带宽可改善波形边沿性能
AD8421	±18 V，仪表放大器，10 MHz带宽，CMRR 100 dB @ 20 kHz G = 10，输入失调电压25 μV，失调漂移0.2 μV/°C，3 nV/√Hz	高共模抑制性能，足够大的增益，适合大动态范围应用
AD8251	±15 V，仪表放大器，增益 = 1/2/4/8，10 MHz带宽，CMRR 86 dB @ 50 kHz G = 4，输入失调电压120 μV，失调漂移1 μV/°C，22 nV/√Hz	高共模抑制性能，可编程增益，适合大动态范围应用
ADA4817-1	±5 V，电压反馈，1 GHz带宽，低失真，–90 dBc @ 10 MHz，输入失调电压0.4 mV，失调漂移7 μV/°C，输入偏置电流2 pA，4 nV/√Hz	超高带宽，低失真，低偏置电流，适合探针测量和TIA
ADA4610-1	±15 V，JEFT输入，电压反馈，10.6 MHz带宽，轨到轨，THD 0.00025% @ 1 kHz，输入失调电压0.2 mV，失调漂移0.5 μV/°C，输入偏置电流5 pA，7.3 nV/√Hz	高阻抗输入能力，低偏置电流，适合探头式测量
ADA4350	±6 V，JEFT输入AFE，175 MHz带宽，6个反馈网用于VGA应用，HD2 –95 dBC @ 100 kHz，输入失调电压15 μV，失调漂移0.1 μV/°C，输入偏置电流0.25 pA，5 nV/√Hz	高带宽精密放大器，支持VGA功能，集成开关网络
LTC6912-2	10.5 V，PGA，增益0/1/2/4/8/16/32/64，33 MHz GBW，输入失调电压0.14 mV，失调漂移6 μV/°C，THD –84 dB，输入噪声12.6 nV/√Hz	低噪声、易于控制的PGA
电源		
LTM8049	DC/DC，输入2.6 V至20 V，双通道输出2.5 V至24 V和–2.5 V至–24 V，12 V_{IN}下1 A @ 5 V输出，200 kHz至2.5 MHz	双电源输出，支持负电源输出，宽输入/输出电压范围
ADP5071	DC/DC，输入2.85 V至15 V，双通道输出最大39 V 2 A和最小V_{IN} –39 V 1.2 A，1 M至2.6 MHz	双电源输出，支持负电源输出，宽输入/输出电压范围
LTM4644	DC/DC，四通道输出模块，输入4 V至14 V，输出0.6 V至5.5 V，4 A/通道	四通道输出DC/DC模块，适合FPGA/MCU应用，无需外部电感，易于实现
LT3091	LDO，负电源，输入–1.5 V至–36 V，输出0 V至–32 V，300 mV压降，1.5 A，噪声18 μV rms	低噪声，宽电压范围，足够大电流输出，适合模拟电路
LT3080-1	LDO，正电源，输入1.2 V至36 V，输出0 V至36 V，300 mV压降，1.1 A，噪声40 μV rms	低噪声，宽电压范围，足够大电流输出，适合模拟电路

设计资源

- CN-0217：用12位阻抗转换器实现高精度阻抗测量—*analog.com/cn/CN0217*
- CN-0277：针对交流性能优化的18位、5 MSPS数据采集系统—*analog.com/cn/CN0277*
- CN-0385：集成PGIA、用于单端和差分工业级信号的隔离式多通道数据采集系统—*analog.com/cn/CN0385*

设计工具MS

- ADIsimPE™：ADI电路仿真器工具—*www.analog.com/cn/design-center/interactive-design-tools/adisimpe.html*
- ADI中文技术论坛：在线技术支持社区—*ez.analog.com/cn*

欲查看有关仪器的其他资源、工具和产品信息，请访问：*analog.com/cn/instrumentation*

ANALOG DEVICES
超 越 一 切 可 能 ™

ADI任意波形发生器解决方案

应用介绍

在模拟信号或者模拟数字混合信号应用领域，任意波形发生器(AWG)有着非常普遍和广范的应用。比如产生激励信号来模拟某种传感器，例如汽车碰撞实验的复现，或者产生高速模拟信号来测试某种芯片的功能。从简单的正弦波产生到复杂一点的AM/FM调制信号，再到更加复杂的QAM调制信号等都有着任意波形发生器的应用。下面介绍的ADI任意波形发生器解决方案侧重于带宽300 MHz以下的应用场合。

设计难点

高速大幅度

高速运放很多，但是能输出大幅度的很少，所以有些高速信号放大电路需要借助分立三极管来实现，这样就使得设计难度大大增加。

平坦的通带特性

通带平坦度不够好会导致波形失真，正弦波可以用幅度补偿来优化平坦度，但是任意波形是做不到这一点的，所以一款性能优秀的信号源，它的硬件电路一定是有着出色的平坦度指标。

低噪声

想要产生1 mV p-p甚至更小幅度的信号，信噪比指标是绕不过去的问题，需要至始至终考虑到整个产品的设计中去。

低抖动的方波、脉冲波

纯DDS架构产生的方波会在非fsa/n频率输出时，有着最多1/fsa的抖动，那是巨大的可见的抖动，所以通常是不能被接受的，必须通过一些特殊的方式来去除这种抖动。使用可变采样率的逐点输出波形发生器不存在这个问题。

触发通道与模拟通道之间的抖动

触发输出与模拟通道输出之间的抖动主要来自于数字信号和模拟信号的对齐问题。触发输出来自FPGA产生的数字信号，当非fsa/n频率输出时，它是无法与模拟信号相位过零点对齐的，所以会产生周期性抖动。触发输入与模拟通道输出之间的抖动是由于外部触发输入信号是随机的，它多数情况下无法对齐FPGA采样主时钟，所以从触发信号采样转换到模拟输出有着明显的抖动。

两通道相位对齐

原本来自同一时钟芯片的时钟供给两个DAC，layout时延控制好一点，容易实现两个通道的相位同步。但实际上高速DAC内部有DLL，每次上电之后的初始相位可能会发生变化，所以想要做到ps级别的相位对齐依然是比较有挑战性的。对于这个问题，使用双通道的DAC要简单很多，但是通道隔离度的指标可能会变差。

来自ADI的解决方案

系统框图

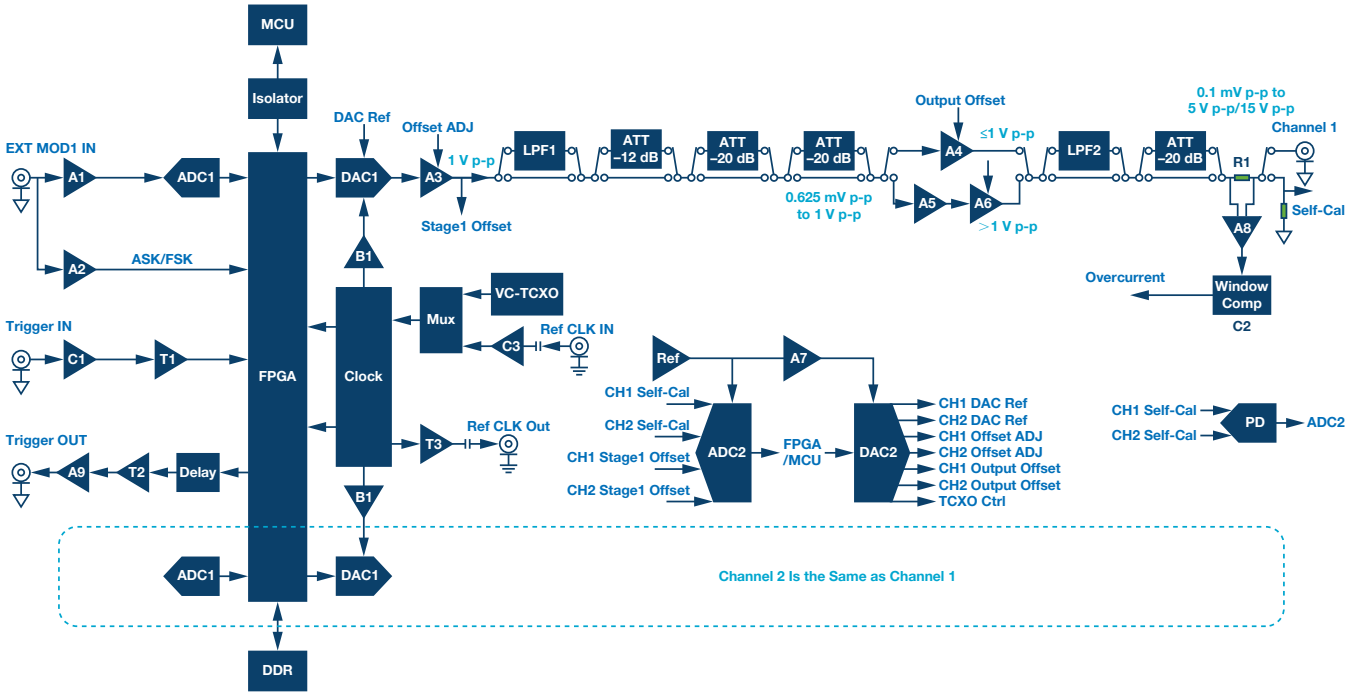


图 1. AWG 系统框图

上图1是任意波形发生器系统框图，后面会根据它来一一介绍ADI的整体方案。

MCU	Isolator	Clock	DAC 1	DAC 2
ADSP-BF70x	ADN4651/ADuM14xx	LTC6952/HMC7044	AD9739/AD9739A/LTC2000/ LTC2000A/AD9152/AD9121	LTC2666-16/AD5362/AD5676
ADC 1	ADC 2	A1/A7	A2	A3
ADAQ7980/AD4000	AD7124-4	AD8672	LT1395	AD8000/ADA4927-1
A4/A5	A6	A8	A9	PD
AD8009/AD8000	ADA4870/AD8000	AD8421	LT1397	AD8302
B1	C1	C2	C3	T1
ADCLK914/ADCLK905/ ADCLK925	CMP401/ADCMP605	CMP401	ADCMP605/ADN4662	ADN4661
T2/T3			Ref	
ADN4662			ADR4525/LT6657	

时钟电路

AWG通常对信号的抖动指标要求颇高，所以推荐超低抖动的时钟芯片，例如LTC6952或者HMC7044。除了提供给高速DAC的GHz时钟外，还需要提供FPGA主时钟200 MH至300 MHz和用于FPGA与DDR接口IP时钟200 MHz至300 MHz。同时为了满足相位对齐等要求，需要支持ps级别的模拟延时调整能力。AWG对于频率的精度要求也很高，所以要选择低漂移的温补VC-TCXO,同时需要用频率计来校准这个10 MHz参考时钟。高速仪器仪表都带有参考时钟输入和输出端口，但是端口离主时钟电路一般都有一定的距离，如果直接走单端信号的话通常是非匹配的，容易串扰到模拟信号上产生杂散。可以考虑走差分信号来避免这类问题，推荐用比较器ADCMP605作为参考时钟的输入，它同时具备差分输出的功能，然后用ADN4662在靠近时钟芯片端完成差分转单端的工作。对于参考时钟输出使用同样的思路，HMC7044本身就是差分输出的，只要在端口处放置一个差分转单端的ADN4662。另外高速DAC对于GHz输入时钟的信号完整性和幅度有所要求，但是时钟芯片有时无法直接靠近DAC摆放，而且DAC时钟输入阻抗可能不是100欧，那么就需要在靠近DAC端放置一个时钟buffer来改善信号完整性问题，例如ADCLK905或者ADCLK914。1:2的ADCLK925还可以用于双路DAC的DCO输出时钟和SYNC信号的分配上。

处理器和隔离接口

如果AWG要设计成通道浮地输出的话，那么MCU适合放在接大地的机壳地端，那样可以简化GPIB/USB/LCD等对外接口(无需隔离设计)。例如推荐的MCU ADSP-BF70x有丰富的外部接口和较快的处理速度。AWG浮地输出能力是一种相对比较安全的设计，哪怕被测物(DUT)不是工作在以大地为参考电平之上的，也不会损坏DUT或者AWG自身。DAC和模拟电路可以用浮地的隔离供电，这样可以使FPGA和MCU之间的通讯接口数量最简化。考虑到FPGA上电下载固件和其他配置的需求，隔离芯片可以选择150 Mbps的ADuM14xx。考虑到大数据传输的话600 Mbps的LVDS隔离器ADN4651是个不错的选择，足够的通讯带宽是超长波形下载传输的关键，例如64 MB点数14-bit的波形就有1024 MB大小。

任意波形的生成

最常见的AWG是基于DDS(直接数字合成)架构的FPGA+DAC，例如要实现2.5 GSPS的AWG,就需要在FPGA内部并行运行10组DDS，每组DDS的时钟为250 MHz，每组初始相位间隔36度，每组DDS都使用相同的波形查找表LUT，最后把生成的数据并串转换合成2组高速的1.25 Gbps 14通路的LVDS数据发送给DAC。2.5 GSPS这个级别使用比较普遍的DAC是AD9739，另外LTC2000/LTC2000A也有着很好的SFDR性能。对于双通道的DAC可以参考2.25 GSPS 16-bit的AD9152 和性价比突出的1.23 GSPS 14-bit AD9121，对于双通道的DAC，数据接口通常是共享的，所以要留意独立通道数据的最高更新率。

DAC完成数据和转换时钟的同步和数模转换，另外调整DAC V_{REF}还可以实现3 dB至6 dB的线性幅度调节，如果再配合内部F_{SC}电流档位调节，可以实现12 dB的不损失垂直分辨率的幅度调节。如果使用一个16-bit DAC调节V_{REF}，通常可以做到小于0.2 mV的幅度调节能力。当然直接调节数字域幅度大小也能改变信号幅度，例如14-bit当成13-bit用，那么幅度就可以降6 dB，但是这么做的话SNR也就损失了6 dB,通常不推荐这么使用。

高速DAC输出多数都是电流信号输出，需要外接电阻完成电流电压转换，然后送给A3运放，例如1.5 G带宽的AD8000。这个运放主要完成差分转单端和偏置调零两个功能，它将信号调整到最大±500 mV输出。第一级运放也可以换成ADA4927-1 + AD8000来完成，这样做的好处是，ADA4927-1可以直接调节共模输出到0 V，可以优化后级AD8000的输入偏置电压随共模的漂移，同时改善了AD8000的共模抑制效果。ADA4927-1还可以方便的完成阻抗变换，使DAC的输出阻抗对等，提高共模抑制能力，同时使后级运放拥有低阻输入信号。AD8000用来完成差分到单端信号的转换，可以直接用增益×1，优化带宽。Offset ADJ用于偏置调零，Stage 1 offset信号可以回读到ADC2进行直流偏置的初步校准。后面的LPF1是一个低通滤波器，通常针对正弦波以外的其他波形，所以会设计成缓降型的滤波器，多保留一些高频分量，例如贝塞尔滤波器。但太多的高频分量可能会超出最后一级放大器的频响范围，引起震荡，所以需要放在前面预调整信号带宽。LPF2也是是一个低通滤波器，通常针对正弦波设计的，正弦波对于谐波失真要求比较高，所以要放在最后一级放大器之后，通常选用陡降型的椭圆滤波器就可以。LPF1后面三个π型衰减器可以实现0 dB至52 dB的不同档位衰减，用于0.625 mV p-p至1 V p-p的信号调节。

出于优化信噪比的考虑，最后一级信号放大建议分成两路来设计，当最后输出信号小于1 V p-p时直接走A4运放，2×增益，例如AD8000或者AD8009，前者速度更快，后者压摆率大一些。这样小信号的信噪比会比第二条A5 A6通路要好，A5 A6通路主要实现大于1 V p-p的大信号输出能力。A5可以选择AD8000 3×增益,A6可以选择ADA4870 10×增益，最后输出针对50 MHz带宽以下的15 V p-p信号(50欧负载时)。如果是针对300 MHz带宽的高速应用的话，A6可以换成运放加三极管的电路来实现大幅度输出，例如AD8000+高速NPN BJT 来实现5 V p-p的输出。最后一个20 dB衰减器是针对10 mV p-p以下的信号来设计的，主要是优化SNR，特别是模拟一些传感器信号的应用场合。例如产生一个1 mV p-p的信号，如果运放直接产生1 mV p-p肯定不如产生一个10 mV p-p的信噪比。所以最后一个20 dB衰减器在衰减信号产生1 mV p-p信号的同时，噪声也被衰减了，但却保留了10 mV p-p的信噪比。

客户可能会出现误使用的情况，例如不小心将模拟输出接到了某个电源上，引起DUT坏掉或AWG损毁，所以要添加过流保护的电路，而且是双向过电流的保护。此时可以放置电流采样电阻R1，比如0.5欧，过大不容易实现阻抗匹配，A4/A6则要设置成49.5欧输出，确保直流信号的精确性。A8推荐用高带宽的AD8421仪表运放，具有很好的共模抑制比。C2是窗口比较器，用来设定允许电流的上下限，可以选择CMP401。一旦过流可以通知FPGA并关断输出继电器。

备注1：方波脉冲波去抖动，可以考虑把上升下降沿用斜线来处理，要确保至少每个快沿上要有2个点生成，2点才能构成一条直线。这个时候快沿就真正变成了模拟信号，而不是直接0 1跳变的类似数字波形，然后配合外部滤波器可以将抖动控制在一定范围之内。

备注2：关于高速信号链Layout的一点小技巧，如果高速电路里有较大R的存在，就要考虑如何减少它周边的寄生电容C，RC构成的低通滤波会严重降低信号带宽。例如高速运放的反馈电阻通常是几百欧左右，那么这个电阻下面的地层或者电源层就需要镂空处理，减少寄生电容。另外高速信号与参考层之间的叠层厚度可以适当的加大，有两个好处，一是信号线线宽会随之加大，这样阻抗控制的加工难度就会降低，更容易实现50欧至100欧设定。二是间距的提高使得元器件焊盘引入的寄生电容随之减小，可以提高带宽和改善频响曲线。

自校准和直流参数设置

通常室温超过一个变化范围，仪器就需要重新校准一次。ADC2用于自校准的实现，模拟输出的最后一个继电器的另一端可以用作自校准功能，主要校准信号在不同档位的幅度和偏置。AD7124-4是一颗24-bit的多通道输入ADC，它还内带PGA，另外直接支持±1.8 V供电，这样就不用外部增加level shift的运放，也避免了外部运放引入的误差。DAC2主要用于设置幅度调节，直流偏置调节，输出电流门限调节和微调VCO电压等工作。通常要选择16-bit的DAC,例如AD5362，LTC2666-16，AD5676等。关于电压参考，推荐LT6657，具有较低的1.5 ppm/°C温漂系数。另外对于交流信号的自校准主要是指两个通道的相位对齐，可以通过PD相位检测器件来实现，推荐使用AD8302，2.7 GHz输入带宽，10 mV/度直流输出，小于1度的非线性。

外部调制信号

外部调制信号的输入可以简单分为两类，一类是纯模拟信号需要ADC采样，例如AM/FM调制等。另外一类其实是脉宽信号，简单信号调理一下就可以直接送给FPGA使用，不需要经过ADC，例如ASK/FSK调制等。ADC采样过程会有不可避免的INL/DNL误差，所以要选择比模拟通路DAC 14-bit高2-bit的ADC。而且它有一定的实时采样需求，所以推荐整合度比较高的SAR ADC ADAQ7980或者AD4000， ADI也有其他更高带宽的ADC，可以根据实际需求来选择。A2运放可以选择高速一点的电流反馈运放LT1395用于脉宽波的调理。

触发输入输出

触发输入输出端口的设计有一定的难度，主要体现在如何去除和模拟通道输出信号之间的抖动。触发输入信号端口有可能是个模拟信号，所以需要高速比较器来转换成数字电平，例如ADCMP605，直接差分输出给FPGA，可以减少过长信号路径导致对模拟通道的串扰。

另外一个触发输出端口是FPGA产生的数字信号，所以它无法和精细的模拟输出通道进行相位过零点同步，产生相对抖动。但是FPGA运作时是知道基于主时钟的触发输出信号与模拟通道相位过零点的时间误差的，所以在外部控制一个延时可动态调节的delay的话，就可以动态的消除它们之间的相对抖动。T2 ADN4662完成差分转单端，A9 LT1397是四通道400 MHz高速运放，四路运放并联后输出，可以提高驱动能力还能实现50欧的输出阻抗控制。

电源框图

AWG的电源拓扑参考图如下，主要以高整合度和低噪声的电源芯片为主。

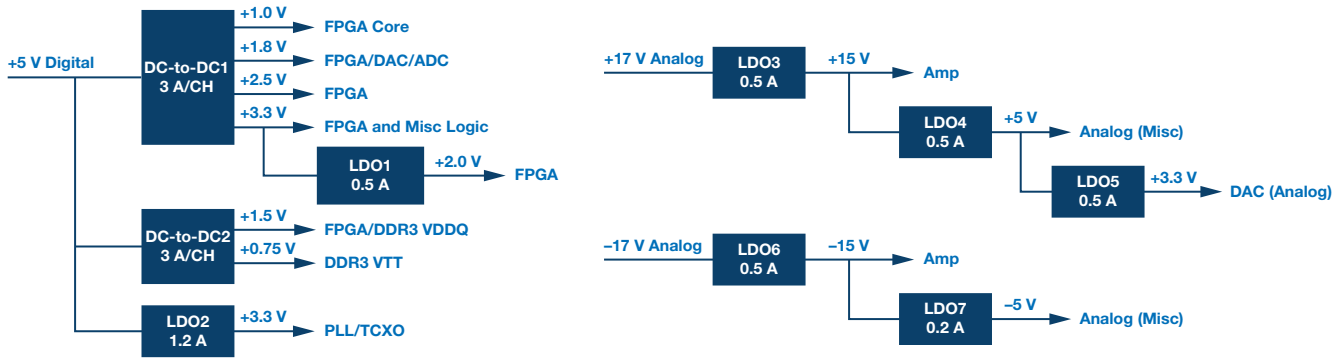


图 2.AWG 电源拓扑图

DC-to-DC1	DC-to-DC2	LDO1/LDO3/LDO4/LDO5	LDO2	LDO6	LDO7
LTM4643/LTM4644	LTC3618	LT3045-1	ADP7157	LT3094	ADP7182

信号源类的产品要求噪声越低越好，信噪比越高越好。然而供电多数来自ac至dc或者dc至dc电源，本身就有很多的开关噪声和高频尖刺，所以对于LDO的选择主要考量PSRR指标，最好是选择有宽频抑制能力的，那样就可以最大程度抑制dc至dc的纹波和其谐波。比较推荐的一颗LDO是LT3045-1，它在10 MHz处依然有着50 dB以上的PSRR。对于供电电流比较大，电压路数也比较多的FPGA应用场合，推荐选用LTM4643/LTM4644这样的电源模块，简化layout面积和设计难度，一片就可以满足多数FPGA的供电需求。对于DDR3之类的供电比较特殊，需要用到VTT Termination电压，LT3618就是这样一颗能满足DDR3的专用供电芯片。

主要产品

器件	规格	应用场合
DAC		
AD9739/ AD9739A	2.5 GSPS，14位，LVDS接口，SFDR 69.5 dBc (100 MHz)，INL ±1.3 LSB，DNL ±0.8 LSB	高性能任意波形的产生
LTC2000/ LTC2000A	2.5 GSPS/2.7 GSPS，14/16位，LVDS接口，SFDR 76 dBc (100MHz)，INL ±0.2 LSB，DNL ±0.5 LSB	高性能任意波形的产生
AD9152	双通道，2.25 GSPS，16位，4路JESD204B接口，SFDR 72 dBc (150MHz)，INL ±10 LSB，DNL ±5 LSB	高性价比的任意波形的产生，简化了接口布线。
AD9121	双通道，1.23 GSPS，14位，LVDS接口，SFDR 72 dBc (70 MHz)，INL ±0.5 LSB，DNL ±1 LSB	高性价比的任意波形的产生
LTC2666-16	8通道，16位，INL ±2.2 LSB，DNL ±0.2 LSB，±10 V输出	AWG多个精密直流参数设定
AD5362	8通道，16位，INL ±4 LSB(最大值)，DNL ±1 LSB(最大值)，±10 V输出	AWG多个精密直流参数设定
AD5676	8通道，16位，INL ±1.8 LSB，DNL ±0.7 LSB，0至5 V输出	AWG多个精密直流参数设定，需要外置level shift运放
ADC		
ADAQ7980	SAR ADC，1 MSPS，16位，SFDR 106 dB (10 kHz)，THD –105 dB，INL ±8 ppm，DNL ±7 ppm，输入电压0至5 V，集成ADC驱动器，基准电压源缓冲器和LDO	高整合度的SAR ADC，适合用在AWG外部调制信号的采集，简化设计难度，节省layout面积
AD4000	SAR ADC，2MSPS，16位，SFDR 115 dB (1 kHz)，THD –95 dB (100 kHz)，INL ±0.2 LSB，DNL ±0.15 LSB，输入电压0至5 V，集成高阻抗ADC驱动器	更高速的SAR ADC，适合用在对AWG外部调制信号速度要求更高的采集
AD7124-4	4通道Σ-Δ型ADC，最大值19.2 kSPS，24位，INL ±1 ppm，输入电压±2.5 V，集成多路复用器，PGA，基准电压源缓冲器和LDO	高整合度的24-bit ADC，适合用在AWG自校准电路上
时钟		
LTC6952	11通道最大4.5 GHz PLL，低抖动6 fs rms，–229 dBC/Hz带内相位噪底，延迟步长11 ps	AWG高性能时钟的产生，需要外挂高频VCO
HMC7044	14通道最大3.2 GHz，低抖动44 fs rms，相位噪声–120 dBc/Hz (2.4576 GHz，10 k失调)，延迟步长25 ps	AWG高性能时钟的产生
时钟缓冲器		
ADCLK914	7.5 GHz时钟/数据缓冲器，100 ps上升/下降，110 fs抖动，差分输出摆幅 >3 V (2.5 GHz)	改善时钟信号完整性，提高幅度
ADCLK925	双通道，1:2，7.5 GHz时钟/数据缓冲器，60 ps上升/下降，60 fs抖动，差分输出摆幅 >1.5 V (2.5 GHz)	改善时钟信号完整性，1:2时钟扇出
ADCLK905	7.5 GHz时钟/数据缓冲器，60 ps上升/下降，60 fs抖动，差分输出摆幅 >1.5 V (2.5 GHz)	改善时钟信号完整性
隔离器		
ADN4651	双通道，600 Mbps，LVDS隔离器，5 kV rms	用于浮地信号源的数字通讯接口隔离，适合大数据量传输
ADuM14xx	四通道，150 Mbps，数字隔离器，3.75 kV rms	用于浮地信号源的数字通讯接口隔离
MCU		
ADSP-BF70x	400 MHz Blackfin+内核，16/32位，136 kB L1 SRAM，256 kB至1 MB L2 SRAM，片上ROM 512 kB，USB 2.0 × 1	适合运行嵌入式系统以及一些需要快速浮点运算的场合

器件	规格	应用场合
参考源		
LT6657-2.5	2.5 V，1.5 ppm/°C，初始电压误差±0.1%，噪声0.5 ppm p-p	低噪声，超低温漂，高精度的基准适合用作精密ADC/DAC的参考
ADR4525	2.5 V，2 ppm/°C，初始电压误差±0.025%，噪声1.25 µV p-p	低噪声，低温漂，较高初始精度的基准适合用作精密ADC/DAC的参考
鉴相器		
AD8302	LF ~ 2.7 GHz，非线性度 <1度，10 mV/度	用于AWG双通道ps级别相位对齐的自校准功能
比较器		
CMP401	四通道，23 ns传播延迟，输入范围–5 V至+3.9 V，TTL输出	适合用作过流保护电路里的窗口比较器
ADCMP605	单通道，1.6 ns传播延迟，输入范围0至+5.5 V，LVDS输出	适合外部参考时钟和触发输入的转换
驱动器和接收器		
ADN4661	300 MHz单端转差分驱动器	单端转差分，降低走线串扰
ADN4662	200 MHz差分转单端接收器	差分转单端，降低走线串扰
AMP		
AD8000	±6V，电流反馈，1.5 GHz带宽，±3.9V摆幅，压摆率4.1 kV/µs，三次谐波79 dBc (20 MHz) 2 V p-p输出，1.6 nV/√Hz	适合高速信号调理，第一第二级放大
ADA4927-1	±5V，电流反馈，差分放大器，2.3 GHz带宽，±3.8 V摆幅，压摆率5 kV/µs，三次谐波98 dBc (70 MHz) 2 V p-p输出，1.4 nV/√Hz	适合高速信号调理，配合DAC输出的第一级驱动
AD8009	±5 V，电流反馈，1 GHz带宽，±3.9 V摆幅，压摆率5.5 kV/µs，三次谐波75 dBc (20 MHz) 2 V p-p输出，1.9 nV/√Hz	适合高速信号调理，第一第二级放大
ADA4870	±20 V，电流反馈，52 MHz带宽，±18 V摆幅1 A输出，压摆率2.5 kV/µs，三次谐波74 dBc (1 MHz) 20 V p-p输出，2.1 nV/√Hz	适合50 MHz以下AWG最后一级信号放大
AD8672	双通道，±15 V，电压反馈，10 MHz增益带宽，输入失调电压20 µV，失调漂移0.3 µV/°C，2.8 nV/√Hz，输出电流±20 mA	适合精密直流信号的调理
LT1395	单通道，±6 V，电流反馈，400 MHz带宽，输入失调电压1 mV，失调漂移15 µV/°C，4.5 nV/√Hz，输出电流±80 mA	高带宽适合脉冲波形的调理，用于外部调制输入
LT1397	四通道，±6 V，电流反馈，400 MHz带宽，输入失调电压1 mV，失调漂移15 µV/°C，4.5 nV/√Hz，输出电流±80 mA	高带宽适合脉冲波形的调理，4通道并联可以增加驱动能力，适合用作触发信号输出的驱动
AD8421	±18 V，仪表放大器，10 MHz带宽，CMRR 100 dB @ 20 kHz G = 10，输入失调电压25 µV，失调漂移0.2 µV/°C，3 nV/√Hz	比较高带宽的仪表运放，高共模抑制能力，特别适合AWG过流保护电路的电流电压转换
电源		
LTM4643/ LTM4644	四通道dc至dc模块，4 V至20 V和4 V至14 V输入，每通道3 A/4 A输出	高整合度电源模块，无需外置电感，适合FPGA等多路大电流供电
LTC3618	双通道，2.25 V至5.5 V输入，±3 A输出，最大值4 MHz	DDR专用供电
LT3045-1	LDO，1.8 V至20 V输入，500 mA输出，PSRR 76 dB (1 MHz)	超宽的PSRR适合给运放等模拟电路供电
ADP7157	LDO，2.3 V至5.5 V输入，1.2 A输出，PSRR 55 dB (1 MHz)	低噪声大电流LDO, 适合PLL/TXCO等供电
LT3094	LDO, –1.8 V to –20 V_{IN}, 500 mA out	宽电压低噪声负电源
ADP7182	LDO，–2.7 V至–28 V输入，200 mA输出，PSRR 45 dB (1 MHz)	宽PSRR负电源，适合给运放等模拟电路供电

设计资源

- AD9739A原生FMC卡/Xilinx参考设计—*www.analog.com/cn/AD9739A*
- LTC2000A-14演示板(FMC) | 集成DDR LVDS接口的14位2.7 Gsps DAC—*www.analog.com/cn/ltc2000a*
- 电流反馈运算放大器—*www.analog.com/cn/mt-034*
  www.analog.com/cn/mt-057
- CN-0393: 集成µModule™数据采集系统的同步采样信号链—*www.analog.com/cn/cn-0393*
- CN-0384：完全集成的热电偶测量系统—*www.analog.com/cn/cn-0384*

设计工具/论坛

- LTspice®: ADI电路仿真器工具—*www.analog.com/cn/ltspice-simulator.html*
- EngineerZone®: 中文技术论坛：在线技术支持社区—*www.ez.analog.com*

欲查看有关气体探测器的其他资源、工具和产品信息，请访问：

www.analog.com.instrumentation

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

用于高端TC/RTD模块的16通道间隔离型模拟输入解决方案

工业隔离状态简介

由于严格的稳定性要求，通道间隔离是许多应用(如天然气和石油工厂及发电厂)中模拟输入模块的常见需求。尤其对于热电偶/热电阻模块而言更是如此，它们的小信号易受噪声的影响且裸露检测元件可能接触到高共模电压。本文将概述用于模拟输入模块的易设计型高密度通道间隔离解决方案。随附的测试结果表明，16通道、2.5 kV rms通道间隔离演示板可轻松通过EN55022 class B测试标准要求。

隔离拓扑和通道间隔离设计挑战

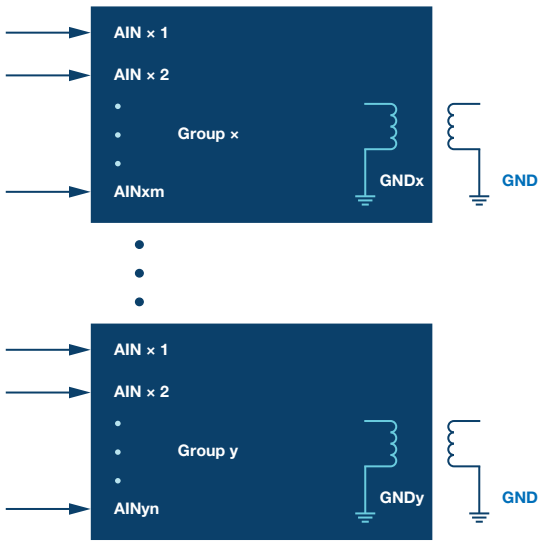
通常，过程控制输入采用组隔离或通道间隔离，参见图1。对于组隔离，多个输入通道组合在一起以共用一个隔离栅，包括电源隔离和信号隔离。与通道间隔离相比，这样可以节省成本，但限制了组内通道间的共模耐压差别，这意味着应尽量将这些通道全部放在同一区域中。通道间隔离(如图1右侧所示)总是有利于改进稳定性。话虽如此，每通道却需要更高的成本，因此工厂设计人员应仔细评估这一权衡。

关于通道与通道间隔离设计，主要的设计挑战是什么？

- 需要高电压隔离能力。需要同时考虑电源和数据隔离，隔离电压可超过2.5 kV。
- 需要考虑高通道密度的需求和有限空间的限制。传统的变压器封装太大，难以实现封装和PCB布局。
- 需要考虑高可靠性。关键部分的隔离器件通常需要UL/CSA认证，且定制变压器的成本很高。
- 需要高集成度且易于设计。

ADI最近推出了新一代*iso*Power®产品——ADuM5411，它于2016年7月发布，结合了我们最新的技术和改进型架构以同时提供数字信号隔离和电源隔离，从而可以解决上述挑战，向我们的客户提供更高集成度、稳定性、安全性和易用性。

(a)组隔离型



(b)通道间隔离式型

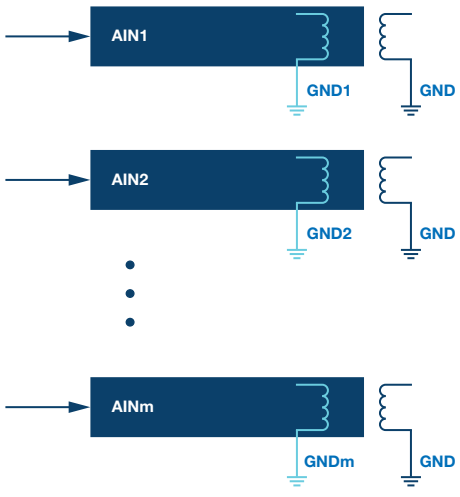


图1. (a)组隔离和(b)通道间隔离

16通道高密度通道与通道间隔离框图

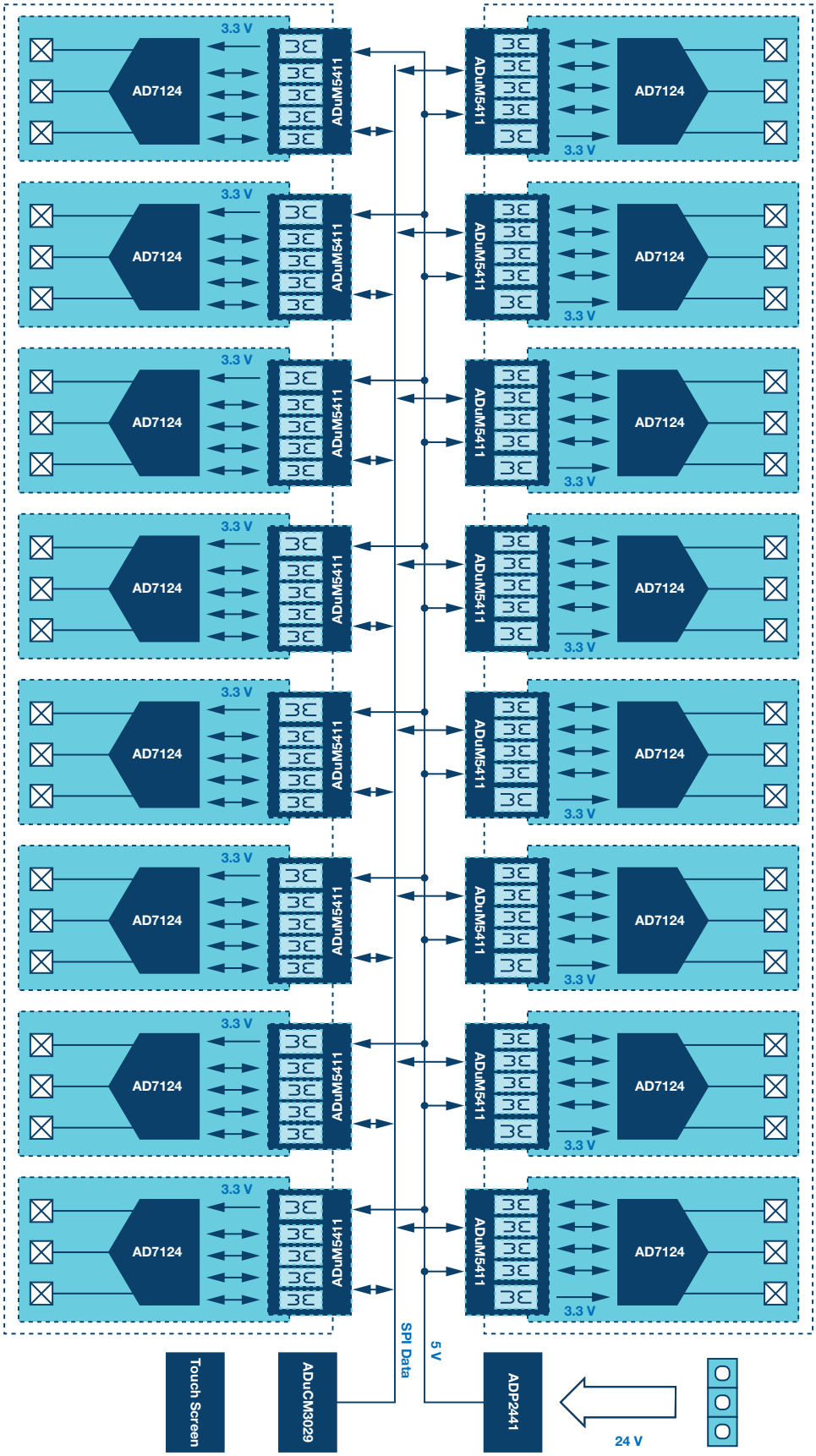


图2. ADI用于TC/RTD的16通道间隔离型AI模块解决方案

主产品简介

器件	描述	主要特性	优势
隔离器			
ADuM5411	*iso*Power和四通道数字隔离器	最高150mW输出功率：2.5 kV rms；低功耗工作：3 V/5 V电平转换；高数据速率：DC至150 Mbps (NRZ)，高共模瞬变抗扰度：>25 kV/μs	针对电源和数据同时隔离的高集成度芯片
ADC			
AD7124-4/ AD7124-8	24位差分/伪差分通道、Σ-Δ型ADC，集成PGA	19.2 kHz ODR (最大值)、超低功耗：255 μA (最小值)、15.7个无噪声位(2.4 KHz，增益 = 16)、19.4无噪声位(5Hz，增益 = 128)、单个周期建立、50 Hz/60 Hz抑制 (25 SPS)、匹配可编程激励电流、交叉点多路复用模拟输入、诊断功能(有助于SIL认证)	针对温度测量的高度集成解决方案，用于SIL设计的超强大诊断功能
处理器/MCU			
ADuCM3029	微控制器 (ARM Cortex-M3内核)	超低活动功耗：38 μA/MHz、26 MHz时钟、1.8 V至3.6 V电源电压、带可选RTC激活功能的关断性能、带ECC的128 kB/256 kB闪存、4 kB缓存和64 kB SRAM (可配置)、安全性、硬件加密加速器、CRC、用户代码保护、多奇偶校验位保护SRAM、3个SPI、3个定时器、8通道1.8 MSPS 12位ADC。	超低功耗、用户代码保护、合适的物联网或其它低功耗设计
多路复用器			
ADG758	多路复用器	4通道/8通道，5 V电源；最大导通电阻：3 Ω，保证先开后合式开关动作	极小封装
电源			
ADP2441	同步降压DC-DC调节器	宽输入电压范围：4.5 V至36 V，最大负载电流：1 A，可调节输出：最低0.6 V，输出电压精度：±1%	低负载下的脉冲跳跃模式；300 kHz至1 MHz可调节开关频率

演示配置与测试结果

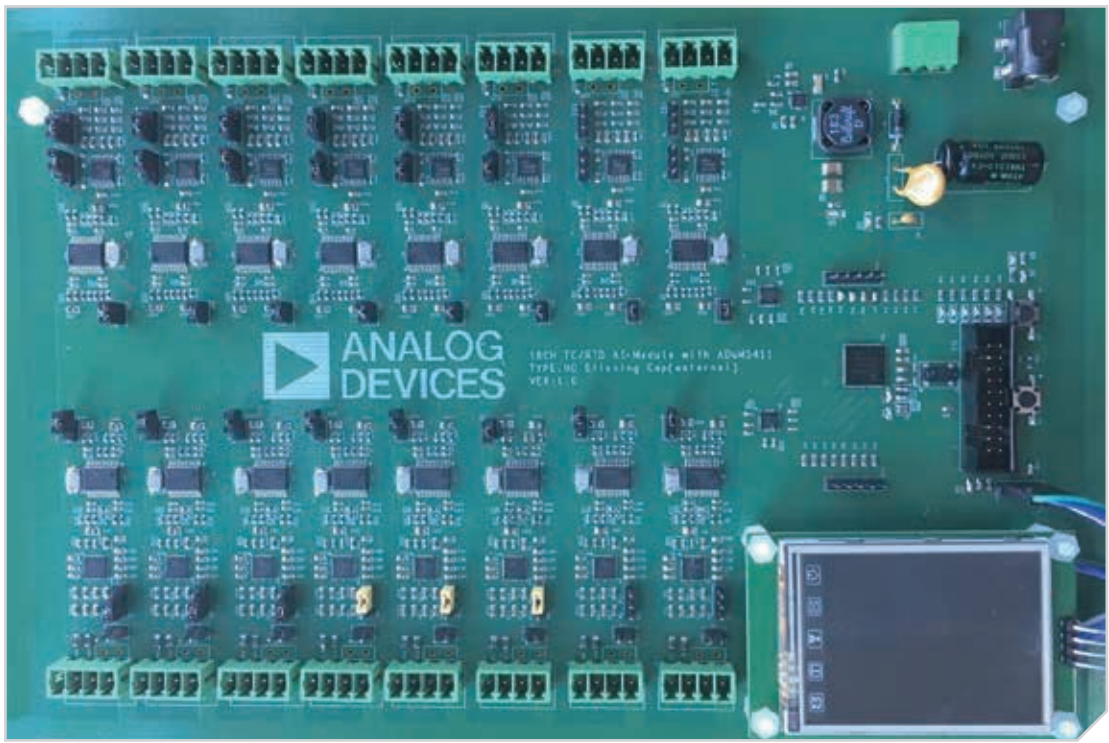


图3. 使用AduM5411 isoPower技术的16通道热电偶/热电阻AI模块

两种版本的PCB板设计用于验证，除了使用不同去耦电容方法之外几乎相同。

板1：ADuM5411使用Stitching电容的 16通道TC/RTD AI模块

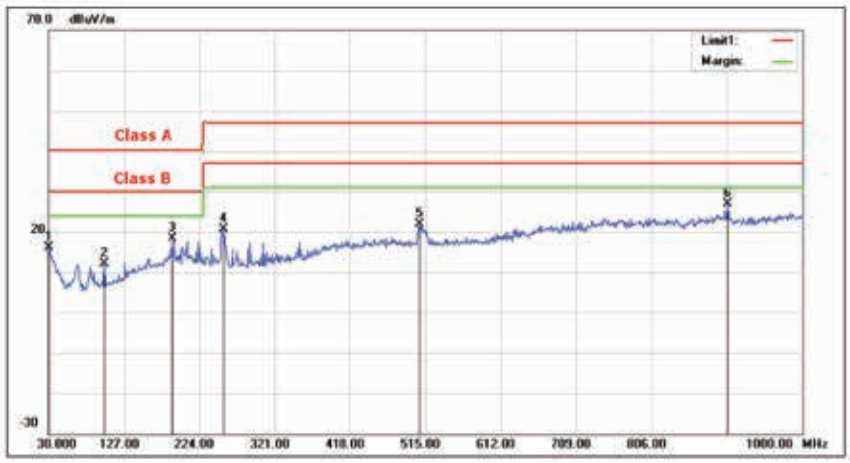
它集成了特殊布局特性以便在PCB中形成stitching电容，同时可配合电源线通路上的一些磁珠使用。

板2：ADuM5411使用外部去耦电容的 16通道TC/RTD AI模块

在PCB上的ADuM5411旁边再次利用外部电容，同时可配合电源线通路上的一些磁珠使用。

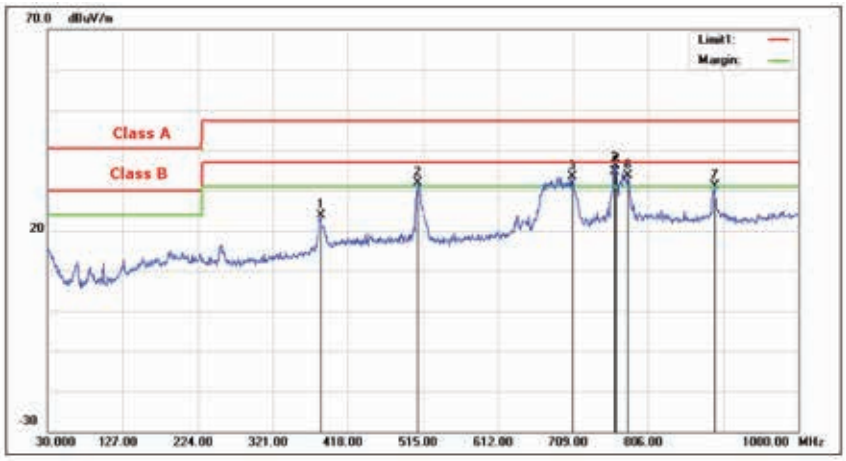
EN55022测试结果

根据EN55022规范在10m暗室内做了两组EMI对比测试。对于第一个测试，带stitching电容的板子使用情况如图3所示。图4显示了测试结果，该测试通过了EN55022 class B的标准要求，裕量约为11.59 dB。对于第二个测试，使用了不带stitching电容的板，而将3 kV、150 pF外部安规电容KEMET C1812C102KHRACTU安装在AduM5411旁边。图5显示了测试结果，该测试也通过EN55022 class B标准要求，不过裕量相对有限，为0.82 dB，但是对于class A仍然有非常充足的裕量。



编号	频率	读数	纠正	结果	限值	裕量	高度	度	备注
	(MHz)	(dBµv)	系数(dB/m)	(dBµv/m)	(dBµv/m)	(dB)	(cm)	(deg)	
1	30.0000	24.73	–8.71	16.02	30.00	–13.98	400	0	peak
2	101.7800	29.91	–17.66	12.25	30.00	–17.75	400	235	peak
3	189.0800	31.96	–13.55	18.41	30.00	–11.59	199	106	peak
4	256.0100	34.42	–13.78	20.64	37.00	–16.36	300	351	peak
5	508.2100	29.53	–7.59	21.94	37.00	–15.06	199	344	peak
6	904.9400	28.31	–1.32	26.99	37.00	–10.01	100	356	peak

图4. PCB中内置拼接电容的EN55022 B类测试结果



编号	频率	读数	纠正	结果	限值	裕量	高度	度	备注
	(MHz)	(dBµv)	Facror (dB/m)	(dBµv/m)	(dBµv/m)	(dB)	(cm)	(deg)	
1	383.0800	33.55	–9.63	23.92	37.00	–13.08	200	185	peak
2	508.2100	39.53	–7.59	31.94	37.00	–5 .06	200	340	peak
3	708.0300	36.83	–3.56	33.27	37.00	–3.73	100	48	peak
4	762.5200	37.08	–2.35	34.73	37.00	–2.27	100	49	QP
5	763.3200	38.53	–2.35	36.18	37.00	–0.82	100	100	peak
6	778.8400	35.90	–2.27	33.63	37.00	–3.37	100	64	peak
7	891.3600	32.68	–1.46	31.22	37.00	–5.78	300	74	peak

图5. PCB上带安规电容的非拼接电容的EN55022 B类测试结果

测试结果证明，相比使用安装在旁边的安规电容，IC下的拼接电容是个更有效的去耦合方法。

结论

通道间隔离在高端过程控制系统中很常用。ADI的*iso*Power集成式*i*Coupler®技术较传统的数字和电源隔离方法可实现通道密度的明显增加。它们还大大简化了设计工作，可以提高通道稳定性和可靠性。利用PCB中内置的stitching电容或安装在旁边的安规电容，可以轻松地控制EMI辐射以便通过EN55022 Class B或Class A标准。它是一场市场革命。

参考资料

- AN-0971：*isoPower器件的辐射控制建议*—www.analog.com/cn/an-0971
- AN-1349：*将ADM2582E/ADM2587E RS-485/RS-422收发器辐射降至最低的PCB实施指南*—www.analog.com/cn/an-1349

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

针对电子测试和测量的RF和微波解决方案

应用简介

RF和微波IC广泛用于电子测试和测量仪器，比如频谱分析仪、网络分析仪、信号发生器和通信测试仪。当无线通信在我们的生活中变得越来越普及，比如4G/5G和物联网，对于它们的测试基准的要求也在不断提高。在本文中，我们将讨论ADI产品如何融入相关信号链。

主要挑战和系统设计考虑

宽动态范围

最小化RF测试台的噪底(比如相位噪声)对于保持宽动态范围内的测试信号纯度很重要。但是，更多的数字信号处理任务将增加辐射噪声，因此获得干净的信号是个难题。

宽带宽

另一个重要目标是使RF测试台的带宽达到最大。可在此平台中实现软件定义无线电以方便配置、操作、维护和升级。但是，找到足够好的元件覆盖此宽带宽是个难题。

稳定性

时间漂移和温度漂移是从电子测试和测量仪器中获得工作范围内精确重复读数的两个关键因素。但是，这两个因素均不易于校准。

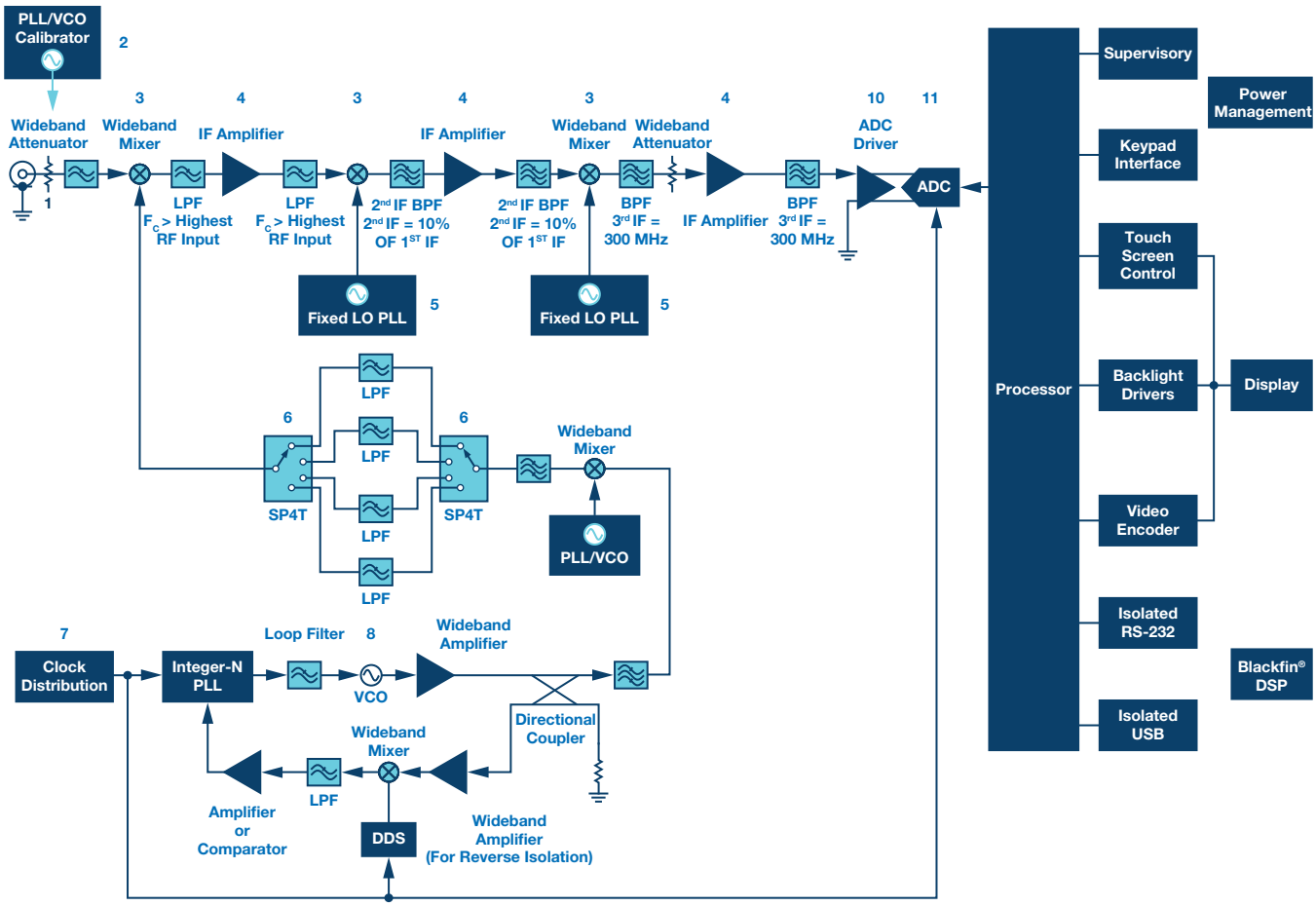
为何选择ADI

- ADI公司供应上千款高性能RF IC产品，包括各种RF功能模块以及用于电子测试与测量系统的高度集成式解决方案。
- 众多设计资源为RF系统的开发提供了极大方便，包括免费设计工具、FMC快速原型开发平台、Circuits from the Lab®参考设计和EngineerZone®中文技术论坛。
- 50多年来，ADI公司对性能、可靠性和可持续性的不懈追求使其成为首选供应商。

相关信号链

频谱/信号分析仪

下面是传统的频谱/信号分析仪信号链。ADI提供针对信号分析和频率合成的各种解决方案，包括用来产生LO和测试信号的DDS解决方案和锁相环，以及低噪声放大器和增益模块、混频器、可变增益放大器和视频/RF放大器，组成完整的发送和接收信号链；另外还有高精度、高分辨率的14/16位高速ADC。对于低成本解决方案和内部电平校准，ADI提供宽带RF检波器和双通道RF功率检波器，可测量增益和相位。

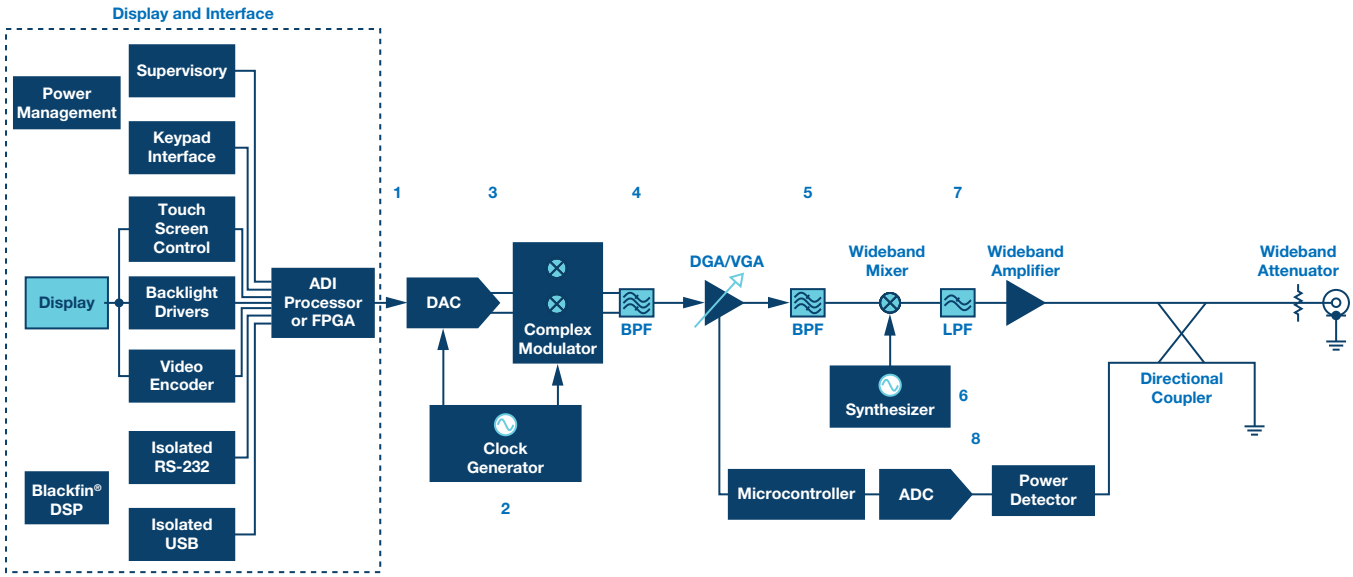


1. 宽带衰减器	2. PLL/VCO校准仪	3. 宽带混频器	4. IF放大器	5. 固定LO PLL
HMC624A/HMC802A	ADF5355/HMC832/ HMC833/HMC835	HMC558A/HMC773A/ HMC1048A	HMC311/HMC788A	ADF4350/ADF4351/ADF4355/ HMC829/HMC830/HMC832/ HMC833/HMC835

6. RF开关	7. 时钟分配	8. VCOs	9. DDS	10. ADC驱动器	11. ADCs
HMC232A/HMC1118/ HMC641A	AD9510/AD9511/AD9512/ AD9516/HMC7044	HMC586/HMC587/ HMC588/HMC732/ HMC733	AD9956/AD9912/AD9914	ADL5562/ADL5565	AD6676/AD9652

信号合成

ADI提供针对频率合成的多种解决方案，包括全数字DDS解决方案、针对RF应用的锁相环、在基带/IF/RF频率下支持直接多载波信号频率合成的高速DAC，以及混频器、调制器、可变增益放大器和视频及RF放大器，组成完整的信号链。



具有复数调制能力的频率合成器

1. DACs	2. 时钟发生器	3. 复数调制器	4. DGAs/VGAs	5. 宽带混频器	6. 合成器	7. 宽带放大器	8. 功率检波器	9. 宽带衰减器
AD9122/AD9129	AD9520/ AD9522/ AD9525/ HMC1034/ HMC1035/ HMC7044	ADL5386/ HMC1097	ADL5240/ ADL5243/ HMC346A/ HMC742A	HMC553A/ HMC557A/ HMC1048A	HMC703/ HMC704/ ADF4159/ ADF41020	HMC311/ HMC313/ ADL5541/ ADL5542	HMC602/ HMC611/ ADL5519/ ADL5902	HMC653/ HMC655/ HMC656

特色产品

产品型号	描述	主要特性和优势
DACs		
AD9119/ AD9129	11/14位、5.7 GSPS、RF数模转换器	DAC更新速率：最高达5.7 GSPS，直接RF频率合成(2.85 GSPS数据速率)，高动态范围和信号重建带宽支持高达4.2 GHz的RF信号频率合成
ADC驱动器		
ADL5565	6 GHz超高动态范围差分放大器	–3 dB带宽：6 GHz (AV = 6 dB)，引脚绑定的增益调整：6 dB、12 dB和15.5 dB，差分或单端输入转差分输出
宽带混频器		
HMC773A	GaAs MMIC基波混频器，6 GH至26 GHz	无源：无需直流偏置，输入三阶交调截点(IP3)：20 dBm，本振(LO)至射频(RF)隔离：37 dB，宽IF带宽：dc至8 GHz
时钟发生器		
AD9525	低抖动时钟发生器提供八个LVPECL输出	集成超低噪声频率合成器，8路差分3.6 GHz LVPECL输出和1路LVPECL SYNC输出或2路CMOS SYNC输出，2路差分参考输入和1路单端参考输入
HMC1034	集成小数N分频PLL和VCO、125 MHz至3000 MHz时钟发生器	频率范围：125 MHz至3,000 MHz，78 fs rms抖动产生(典型值)，–165 dBc/Hz相位噪底，鉴相器最高速率：100 MHz，品质因数(FOM) –227 dBc/Hz，24位步长，分辨率3 Hz (典型值)
DDS		
AD9914	3.5 GSPS直接数字频率合成器，内置12位数模转换器	3.5 GSPS内部时钟速度，集成12位DAC，频率调谐分辨率：190 pHz，16位相位调谐分辨率，12位幅度调整，可编程模数，自动线性和非线性频率扫描能力，32位并行数据路径接口，8种频率/相位偏移形式，相位噪声：–128 dBc/Hz (1,396 MHz时偏移频率为1 kHz)，宽带SFDR < –50 dBc，串行或并行I/O控制

产品型号	描述	主要特性和优势
PLL with VCO		
ADF5355	集成VCO的微波宽带频率合成器	RF输出频率范围：54 MHz至13,600 MHz，小数N分频频率合成器和整数N分频频率合成器，高分辨率38位模数，工作频率高达125 MHz的鉴频鉴相器(PFD)，参考频率达600 MHz
HMC830	集成VCO的小数N分频PLL 25 MHz至3000 MHz	RF带宽：25 MHz至3000 MHz，鉴相器最高速率：100 MHz，超低相位噪声：–110 dBc/Hz (带内典型值)，品质因数(FOM) –227 dBc/Hz
功率检波器		
HMC602	对数检波器/控制器SMT，1 MHz至8000 MHz	宽动态范围：高达70 dB，高精度：±1 dB (60 dB)范围高达6 GHz，快速输出响应时间：10 ns
HMC611	对数检波器控制器芯片和SMT，0.001 GHz至10 GHz	出色的温度稳定性，对数线性度：±2 dB，快速上升/下降时间：5/15 ns，单正电源：3.3 V
ADC		
AD9652	16位、310 MSPS、3.3 V/1.8 V双通道模数转换器(ADC)	高动态范围，缓冲温度传感器输出
AD6676	宽带中频接收机子系统	可调谐带通Σ-Δ型模数转换器(ADC)，信号带宽：20 MHz至160 MHz，中频中心频率：70 MHz至450 MHz，噪声频谱密度(NSD)低至–159 dBFS/Hz
开关		
HMC232A	GaAs MMIC SPDT非反射式开关，dc至12 GHz	隔离：57 dB (3 GHz)，50 dB (6 GHz)，输入P1dB：+30 dBm，插入损耗：1.5 dB (典型值，6 GHz)，非反射式设计

设计资源

解决方案通报和手册

- **选型指南：**RF和微波IC选型指南2015—*www.analog.com/cn/RF-and-Microwave-ICs-Selection-Guide_cn.pdf*
- **选型指南：**为ADI器件供电—*www.analog.com/Powering-ADI-Components.pdf*
- **解决方案通报：**无线通信测试解决方案—*www.analog.com/cn/apm/wireless-communication-test-equipments-solution*
- **解决方案通报：**频谱分析仪解决方案—*www.analog.com/cn/apm/spectrum-analyzer-solution*
- **解决方案通报：**RF信号源解决方案—*www.analog.com/cn/apm/rfsignal-solution*

技术文章/应用笔记

- **技术文章：**使用具有精密相位控制的超宽带PLL/VCO替代YIG调谐振荡器硅片—*www.analog.com/Replacing-YIG-Tuned-Oscillators-with-Silicon-by-Using-anUltra-Wideband-PLL-VCO-with-Precise-Phase-Control.pdf*
- **应用笔记：**AN-1039，校正IQ调制器的缺陷以改善RF信号保真度—*www.analog.com/cn/AN-1039.pdf*

设计工具/论坛

- **ADIsimPE由SIMetrix/SIMPLIS驱动：**ADIsimPE由SIMetrix/SIMPLIS驱动，是针对模拟和混合信号电路设计和开发而优化的电路仿真套件—*www.analog.com/cn/design-center/interactive-design-tools/adisimpe*
- **Visual Analog™：**它是一个将一组功能强大的仿真和数据分析工具与一个用户友好的图形界面集成在一起的软件包，用于设计人员选择或评估高速ADC—*www.analog.com/cn/visualanalog*
- **ADIsimRF：**它是一款简单易用的RF信号链计算工具。它能够计算级联增益、噪声系数、IP3、P1dB和功耗。级数最多可以达到20级—*https://form.analog.com/Form_Pages/RFComms/ADISimRF.aspx*
- **ADIsimCLK：**ADIsimCLK是一款非常成功的ADI时钟产品相位噪声和抖动预测工具—*www.analog.com/cn/adisimclk*
- **ADIsimPLL：**它是一款全面且简单易用的PLL频率合成器设计和仿真工具—*https://form.analog.com/Form_Pages/RFComms/ADISimPll.aspx*
- **论坛：**EngineerZone—*ez.analog.com/cn*

针对电子测试和测量的RF微波解决方案参考电路

- **AD-FMCOMMS6-EBZ：**它是一款400 MHz至4.4 GHz接收器，采用AD9652双通道16位模数转换器、ADL5566高动态范围RF/IF双通道差分放大器和ADL5380正交解调器。它采用的是一种I和Q解调方法，可直接转换(亦称为零差或零中频)接收器架构—*wiki.analog.com/resources/eval/user-guides/ad-fmcomms6-ebz*
- **AD-FMCOMMS5-EBZ：**它是一款用于高度集成式RF Agile Transceiver™ AD9361的FMC板，展示了如何设计平台并显示如何连接和同步(在RF端)适合SIMO/MISO/SU-MIMO/MU-MIMO应用的多个AD9361。对于许多宽带无线接入(BWA)系统，多输入—多输出(SIMO/MISO/SU-MIMO/MU-MIMO)工作和射频波束成形技术经验证可使吞吐速率和有效频谱利用率达到最大—*wiki.analog.com/resources/eval/user-guides/ad-fmcomms5-ebz*
- **更多参考电路请访问：***www.analog.com/cn/design-center/reference-designs*

如需更多针对电子测试和测量应用的ADI RF和微波解决方案，请访问：*www.analog.com/cn/instrumentation-and-measurement*

ANALOG DEVICES
超 越 一 切 可 能™

基于NDIR和PID的ADI气体探测器解决方案和新产品

应用简介

这是关于NDIR(非色散红外)气体探测器解决方案和PID(光离子)气体探测器解决方案的第二篇文章。在第一篇文章中，我们讨论了应用、工作原理、电路架构和设计考虑因素。本文将介绍ADI公司的相关新演示系统和产品。如需阅读第一篇文章，请参考文末APM(每月应用)链接。

系统设计考虑因素

可靠性

精度、抗干扰能力以及良好的长期稳定性，这些都是NDIR和PID设计需要考虑的重要因素。为了实现这一目标，可靠的气体探测器需要低漂移的精确信号链。

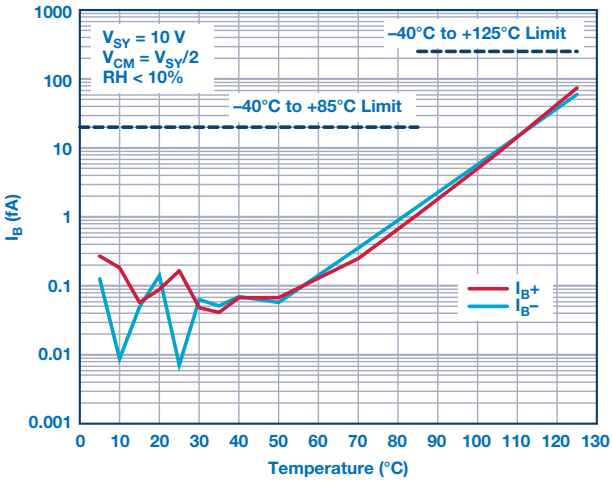
分辨率

为了充分发挥传感器动态范围的优势，NDIR和PID探测器的信号链和电源设计需要考虑低噪声和高分辨率要求。

ADI公司新产品

ADA4530-1：飞安级输入偏置电流静电计放大器

ADA4530-1是一款飞安级(10 fA)输入偏置电流运算放大器，适合用作静电计，同时集成了防护缓冲器。它具有4.5 V至16 V的工作电压范围，使其能够在传统的5 V和10 V单电源系统以及±2.5 V和±5 V双电源系统中工作。



它具有超低输入偏置电流，在温度范围内经过生产测试，确保器件满足用户系统的性能目标。集成式防护缓冲器用于隔离印刷电路板(PCB)中的输入引脚防止泄漏，可减少电路板上的器件数量并简化系统设计。ADA4530-1采用工业标准8引脚SOIC表贴封装，独特的引脚排列经过优化可防止敏感输入引脚、电源和输出引脚之间的信号耦合，同时简化保护环走线布线。

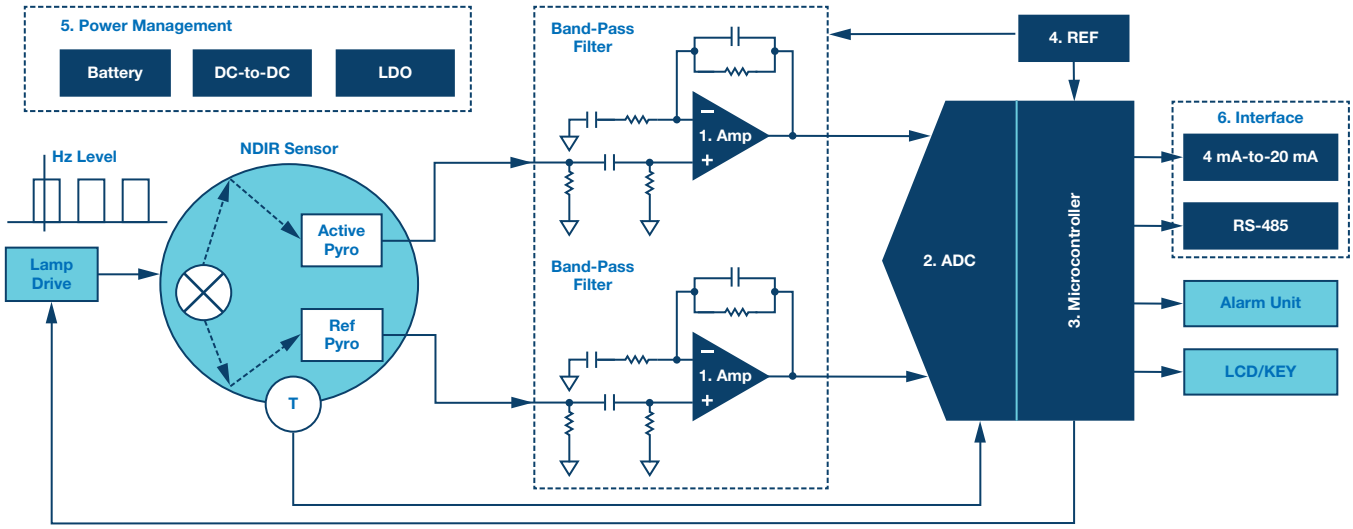
ADA4530-1还具有需要低泄漏应用所需的低失调电压、低失调偏移、低电压和电流噪声特性。为使系统的动态范围最大，ADA4530-1具有轨到轨输出级，在10 kΩ负载下，其通常可驱动至供电轨的30 mV范围内。

ADA4530-1的额定温度范围为–40°C至+125°C工业温度范围，提供8引脚SOIC封装。

ADI公司解决方案

NDIR系统框图

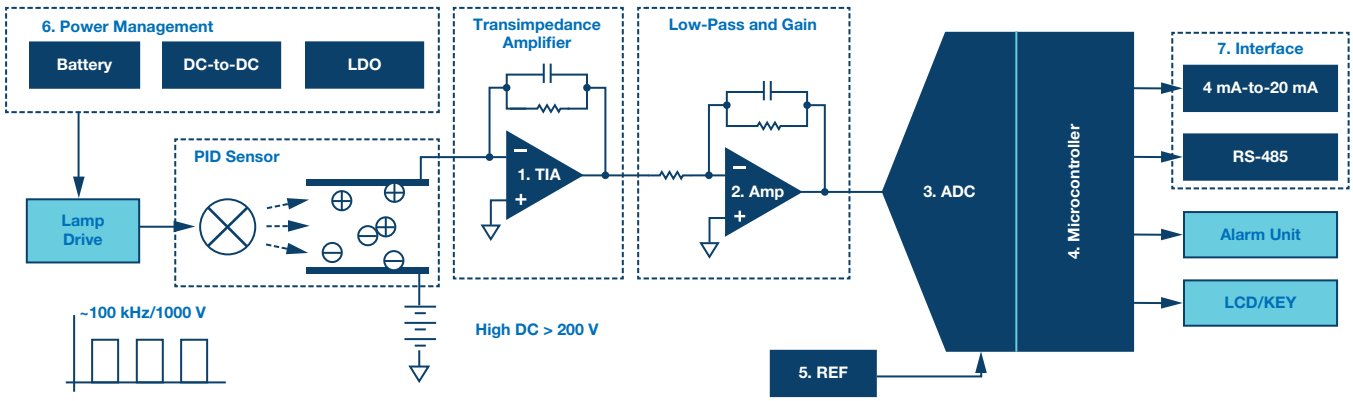
下面是NDIR气体探测器的系统框图，包括NDIR传感器、带通滤波器、微控制器(集成ADC)、电源管理和通信接口。



1. 放大器	2. 模数转换器	3. 微控制器	4. 基准电压源	5. 电源管理	6. 接口
AD8629/ADA4528-2	AD7798	ADuCM361	ADR423/ADR4533	ADP2503/ADP2370/ADP160	AD5420/ADM2483/AD5749

PID系统框图

下面是PID气体探测器的系统框图，包括PID传感器、跨导放大器、低通滤波器、微控制器(集成ADC)、电源管理和通信接口。



1. TIAs	2. 放大器	3. 模数转换器	4. 微控制器	5. 基准电压源	6. 电源管理	7. 接口
ADA4530-1/AD549/AD8605	ADA4528-2/AD8629	AD7190/AD7175-2	ADuCM361	ADR423/ADR4533	ADP2503/ADP160/ADP2370	AD5420/ADM2483/AD5749

主要产品

产品型号	描述	优势
放大器		
ADA4528-2	零漂移15 nV/°C(最大值)、超低噪声97 nV p-p(0.1至10Hz)	零漂移和低噪声有利于打造精度超高的系统；二合一封装有助于让不同通道保持一致
AD8629	零漂移20 nV/°C(最大值)、超低噪声0.5 μV p-p(0.1至10Hz)，二合一封装	零漂移和低噪声有利于打造精度超高的系统；二合一封装有助于让不同通道保持一致
TIAs		
ADA4530-1	最大值：±20 fA(–40°C < T_A < +85°C)；最大值：±250 fA(–40°C < T_A < +125°C，在产品测试中保证)低失调电压：50 μV， 失调漂移：0.13 μV/°C 典型值；低电压噪声密度：14 nV/√Hz(10 kHz时)；电源电压：4.5 V至16 V (±2.25 V至±8 V)；宽带宽：2 MHz	低偏置电流输入20fA适合极低电流测量应用，低噪声和低失调可带来高精度
AD549	超低偏置电流60 fA(最大值)、超低电流噪声0.16 fA/√Hz	在精密TIA测量领域享有盛誉
AD8605	低偏置电流1pA(最大值)、低电流噪声10 fA/√Hz	低成本TIA测量
模数转换器		
AD7798	140 μA(最大静态电流)、输出更新速率最高达470 Hz；3通道16位峰峰值分辨率(任意输出数据速率)	低功耗Σ-Δ型ADC、高分辨率、高精度
AD7190	24位Σ-Δ型ADC、23位峰峰值分辨率(最大值)、可编程输出数据速率(4.7 Hz至4.8 kHz)，2个差分输入或4个伪差分输入	极高分辨率、极高精度
AD7175-2	快速输出率：最高可达250 kSPS；24位无噪声分辨率(20 SPS)；17.2位无噪声分辨率(250 kSPS)；INL：FSR的±1 ppm	至今全球速度最快、最精确的Σ-Δ型ADC
基准电压源		
ADR423	3 V基准电压源，极低漂移：3 ppm/°C(最大值)，低噪声：2 μV p-p (0.1至10 Hz)，长期稳定性：50 ppm/√1000 hr	低漂移、稳定、低噪声基准电压源，ADR42x系列还提供许多其它输出电压选项
ADR4533	3.3 V基准电压源，极低漂移：2 ppm/°C(最大值)，低噪声：2.1 μV p-p (0.1至10 Hz)，长期稳定性：25 ppm/√1000 hr	低漂移、超稳定、低噪声基准电压源，ADR45xx系列还提供许多其它输出电压选项
微控制器		
ADuCM361	精密模拟微控制器、ARM Cortex®-M3 32位处理器、6个差分通道、单通道24位ADC、单通道12位DAC、功耗1.0 mA、290 μA/MHz、19引脚GPIO、128 kB Flash/EE存储器、8 kB SRAM	低功耗、超高精度24位Σ-Δ型ADC
电源管理		
ADP2503	38 μA静态电流；2.5 MHz降压-升压DC-DC转换器，支持的输入电压可以大于、小于或等于调节输出电压	低功耗可延长电池寿命，小型封装、少量外部器件只需较小的PCB空间
ADP2370	3.0 V至15 V输入、800 mA、1.2 MHz或600 kHz PWM频率、低静态电流(14 μA)、效率高于90%、电流模式控制架构	小型3 mm × 3 mm LFCSP封装，只需极少的外围元件
ADP160	2.2 V至5.5 V输入，150 mA最大输出电流，1%初始精度，多达15个固定输出电压选项：1.2 V至4.2 V；低静态电流：42 μA	低功耗，集成输出放电电阻，小型封装只需两个1 μF外部电容
接口		
AD5420	16位分辨率；电流输出范围：0 mA至24 mA，0.01% FSR典型总不可调整误差；3 ppm/°C典型输出漂移；片内基准电压源(10 ppm/°C最大值)	16位分辨率和单调性，支持HART通信
ADM2483	半双工，500 kbps数据速率，5 V或3 V工作电压，低功耗：2.5 mA (最大值)，2.5 kV隔离	低功耗、具竞争力的价格
AD5749	4 mA至20 mA驱动器，电流输出范围：0 mA至24 mA或4 mA至20 mA、0.03% FSR典型总不可调整误差(TUE)、5 ppm/°C典型输出漂移	低成本、精密4 mA至20 mA驱动器

设计资源

APM文章

- 基于NDIR和PID的ADI气体探测器解决方案—
  www.analog.com/cn/apm/gas-detector-ndir-pid.pdf

应用笔记/文章

- AN-1373：*ADA4530-1飞安级输入偏置电流测量*—
  www.analog.com/cn/an-1373.pdf

设计工具/论坛

- 视频：集成保护环缓冲器的静电计运算放大器ADA4530-1—
  www.analog.com/cn/video/ada430-1
- ADuCM361设计工具—*ftp://ftp.analog.com/pub/MicroConverter*
- Analog Filter Wizard™：ADI公司有源滤波器设计工具—
  www.analog.com/designtools/cn/filterwizard
- ADIsimPower™：ADI公司稳压器设计工具—
  www.analog.com/cn/adisimpower
- ADI中文技术论坛：在线技术支持社区—*ez.analog.com/cn*

参考文献

- 基于电化学传感器的ADI微功耗有毒气体探测器解决方案—
  www.analog.com/cn/apm/gas-detector-electrochemical-sensors.pdf

欲查看有关气体探测器的其他资源、工具和产品信息，请访问：

www.analog.com/cn/instrumentation

ADI双光束分光光度计演示系统和解决方案

应用简介

这是第二篇有关分光光度计应用的文章。在第一篇文章中——ADI双光束分光光度计解决方案，我们讨论了应用、工作原理、电路架构和设计考虑因素。本文将介绍ADI公司的相关新演示系统和产品。

系统设计考虑因素

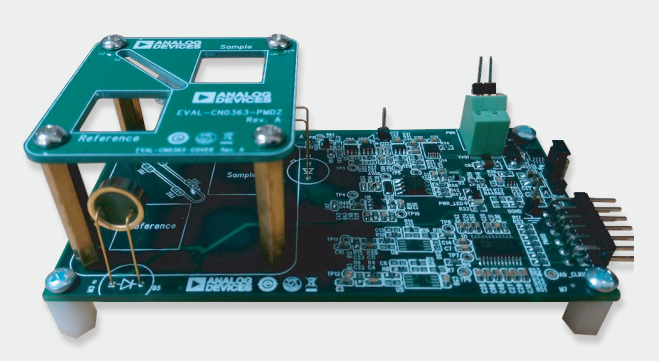
稳定性

在分光光度计的设计中，随时间和温度的漂移是非常重要的考虑因素。为了实现这一目标，需要低漂移的精确信号链，这正是ADI公司的长处。除元件外，双光束架构同样也是重要的因素。

ADI公司新演示系统

CN-0363：带可编程增益跨阻放大器和数字同步检波功能的双通道色度计

下图所示电路是一款双通道色度计，其具有一个调制光源发射器，各通道上有可编程增益跨阻放大器，后接一个噪声非常低的24位Σ-Δ型模数转换器(ADC)。ADC的输出连接到一个标准FPGA夹层卡。FPGA从ADC获得采样数据，实现一个同步检波算法。通过使用调制光和数字同步检波而非恒流(直流)源，系统可有力地抑制非调制频率的噪声源，提供出色的精度。

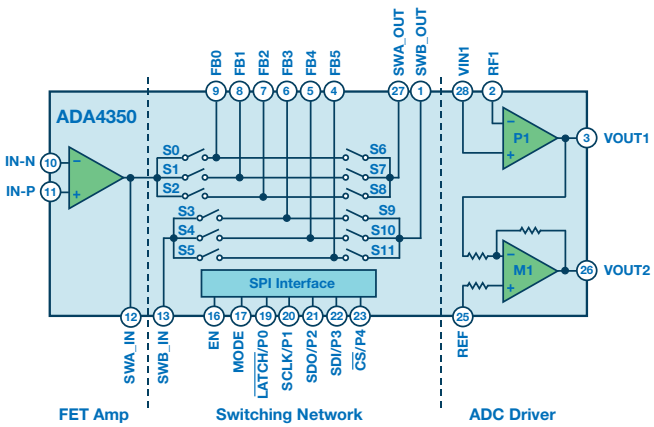


ADI公司新产品

ADA4350：带有ADC驱动器的FET输入模拟前端，适用于光电二极管应用中的电流检测

ADA4350是用于光电监测器或其它传感器的模拟前端，此传感器输出电流与检测的参数或电压输入成比例，系统要求用户在不同精密增益之间做出选择，从而使其动态范围达到最大。

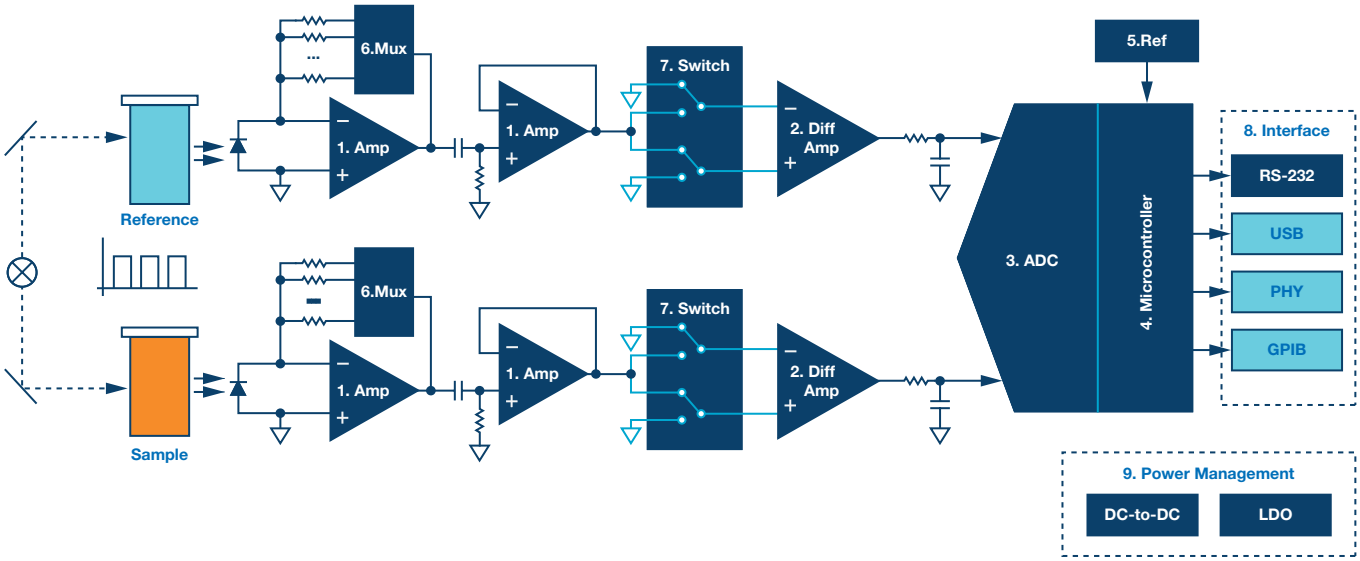
ADA4350集成了FET输入放大器、切换网络和ADC驱动器，所有功能均可通过串行外设接口(SPI)或-并行控制逻辑控制，这些所有功能均在一个IC中。FET输入放大器具有极低的电压噪声和电流噪声，极其适合各种光电检测器、传感器或精密数据采集系统。



ADI公司解决方案

系统框图

1. 下面是通用分光光度计的系统框图，其中包括简化光学系统、样本室和参比室、双通道信号调理电路、微控制器(集成ADC)、通信接口和电源管理。



1. 放大器	2. 差动放大器	3. 模数转换器	4. 微控制器
ADA4350/AD8615/AD8605/AD8626	AD8271/AD8278	AD7175-2/AD7798/AD7799	ADuCM361/ADuC7061

5. 基准电压源	6. 多路复用器	7. 开关	8. 接口	9. 电源管理
ADR4525/ADR3425/ADR291	ADG704/ADG708/ADG1609	ADG733/ADG1636	ADM3251E	ADP2441/ADP2370/ADP160/ADP7102/ADP7182

主要产品

产品型号	描述	优势
放大器		
ADA4350	集成ADC驱动器和增益开关SPI或并联开关所有控制功能的模拟前端；输入偏置电流：±0.25 pA (典型值，25°C)；GBP：175 MHz；电源高达12 V	针对分光光度计应用的模拟前端，具有高集成度和精度
AD8615	1 pA (最大值，25°C时)，低失调电压：80 μV (典型值)，24 MHz带宽，12 V/μs压摆率，低噪声8 nV/√Hz，5 V电源，轨到轨输入/输出	低偏置电流(室温)、高速、低噪声、低失调运算放大器
AD8605	1 pA (最大值，25°C时)，低失调电压：65 μV (最大值)，10 MHz带宽，低噪声8 nV/√Hz，轨到轨输入/输出	低偏置电流(室温)、高速、低噪声、低失调运算放大器
AD8626	0.25 pA偏置电流(典型值，室温)，小于2 pA偏置电流(典型值，50°C)，低失调漂移2 μV/°C，最高±13 V电源，高带宽5 MHz，轨到轨输出	较宽的电源范围，低偏置电流(0°C至50°C)，低失调漂移
差动放大器		
AD8271	增益 = ½、1、2，增益漂移10 ppm/°C，15 MHz和30 V/μs压摆率	低增益漂移和高速，适用于驱动ADC
AD8278	低功耗100 μA，G = ½或2，带宽1 MHz	低功耗，带宽充足
模数转换器		
AD7175-2	快速输出率：高达250 kSPS；24位无噪声分辨率(20 SPS)；17.2位无噪声分辨率(250 kSPS)；INL：FSR的±1 ppm	全球速度最快、最精确的Σ-Δ型ADC
AD7798	380 μA静态电流，3通道、16位峰峰值分辨率，最高470 Hz输出更新速率	低功耗、高集成度Σ-Δ型ADC，高分辨率和高精度
AD7799	380 μA静态电流，3通道、24位Σ-Δ型ADC，最高470 Hz输出更新速率	低功耗、高集成度Σ-Δ型ADC，高分辨率和高精度

产品型号	描述	优势
微控制器		
ADuCM361	精密模拟微控制器、ARM® Cortex®-M3 32位处理器、6个差分通道、单通道(24位) ADC、单通道12位DAC、功耗1.0 mA、290 µA/MHz、19引脚GPIO、128 kB Flash/EE存储器、8 kB SRAM；小型封装，低漂移内部基准电压源(5 ppm典型值)，集成可编程电流源	低功耗、高精度24位Σ-Δ型ADC，4 mA至20 mA环路应用，小型封装
ADuC7061	基于10 MHz ARM7的精密模拟微控制器，高精度双通道Σ-Δ型ADC前端，24位分辨率、16位ENOB、低于100 Hz输出速率；存储器包括32 kB Flash和4 kB SRAM；其它重要特性包括低于3 mA的工作电流(MCU内核工作在1 MHz)，适合4 mA至20 mA环路应用，12位DAC，5 mm x 5 mm 32引脚LFCSP小型封装	低功耗、低成本24位Σ-Δ型ADC，4 mA至20 mA环路应用，小型封装
基准电压源		
ADR4525	2.5 V 基准电压源，极低漂移：2 ppm/°C (最大值)，低噪声：1.25 µV pp (0.1 Hz至10 Hz)，长期稳定性：25 ppm/√1000 小时，迟滞：50 ppm	低漂移、超稳定、低噪声基准电压源，低迟滞，ADR45xx系列还提供许多其它输出电压选项
ADR3425	2.5 V基准电压源，低漂移8 ppm/°C (最大值)，长期稳定性30 ppm/√1000小时，100 µA最大静态电流，小型SOT23-6封装	低漂移、稳定，ADR34xx系列还提供许多其它输出电压选项
ADR291	2.5 V基准电压源，12 µA静态电流	低功耗，非常好的漂移和稳定性
多路复用器		
ADG704	4通道多路复用器，低导通电阻2.5 Ω (典型值)，低漏电流10 pA (典型值)，低功耗1 µA	低漏电流和低导通电阻有助于构建高精度系统
ADG708	8通道多路复用器，低导通电阻3 Ω (典型值)，低漏电流10 pA (典型值)，低功耗1 µA	低漏电流和低导通电阻有助于构建高精度系统
ADG1609	4通道多路复用器，±8 V电源，低导通电阻4.5 Ω (典型值)，低漏电流20 pA (典型值)，低功耗1 µA	宽电源范围、低漏电流和低导通电阻有助于构建高精度系统
开关		
ADG733	双通道SPDT开关，低导通电阻2.5 Ω (典型值)，低漏电流10 pA (典型值)，低功耗1 µA	低漏电流和低导通电阻有助于构建高精度系统
ADG1636	双通道SPDT开关，±8 V电源，低导通电阻2.5 Ω (典型值)，低漏电流10 pA (典型值)，低功耗1 µA	宽电源范围、低漏电流和低导通电阻有助于构建高精度系统
接口		
ADM3251E	隔离式RS-232收发器，460 kbps数据速率，5 V或3.3 V工作电压，15 kV ESD保护，2.5 kV隔离	高集成度隔离式RS-232收发器
电源管理		
ADP2441	4.5 V至36 V输入降压调节器，1A输出电流，高效率(大于90%)，可调开关频率：300 KHz至1 MHz，限流保护，外部软启动，热关断	3 mm × 3 mm小型LFCSP封装，高效率
ADP2370	3.0 V至15 V输入降压调节器，800 mA输出电流，1.2 MHz或600 kHz PWM频率，低静态电流14 µA、效率高于90%，电流模式控制架构	小型3 mm × 3 mm LFCSP封装，只需极少的外围元件，小尺寸解决方案
ADP160	2.2 V至5.5 V输入LDO，150 mA最大输出电流，超低静态电流：10 µA (输出为10mA时)，多达15个固定输出电压选项：1.2 V至4.2 V	低功耗，集成输出放电电阻，小型封装只需两个1 µF外部电容
ADP7102	20 V输入LDO，300 mA输出电流，低噪声15 µV rms，7个固定输出电压版本和可调版本	高输入电压、低噪声LDO
ADP7182	–28 V输入LDO，200 mA输出电流，低噪声：18 µV rms	高输入电压、低噪声负LDO

设计资源

APM文章

- ADI双光束分光光度计解决方案 — *www.analog.com/cn/apm/dbs.pdf*

Circuits from the Lab®参考电路

- CN-0363：带可编程增益跨阻放大器和数字同步检波器的双通道色度计—*www.analog.com/cn/cn-0363*
- CN-0312：带可编程增益跨阻放大器和同步检波器的双通道色度计—*www.analog.com/cn/cn-0312*

应用笔记/文章

- 可编程增益跨阻放大器使光谱系统的动态范围达到最大— *www.analog.com/cn/analogdialogue/47-05.pdf*
- 使用同步检测进行精密低电平测量— *www.analog.com/cn/ms-2698.pdf*
- 精密光电二极管传感器电路优化设计— *www.analog.com/cn/ms-2624.pdf*
- 成功实现超低光信号转换的七个步骤— *www.analog.com/cn/ms-2394.pdf*

设计工具/论坛

- ADA4350视频—*http://bcove.me/9a2kxy3m*
- 模拟光电二极管向导—*www.analog.com/designtools/zh/photodiode*
- ADI公司稳压器设计工具—*www.analog.com/cn/adisimpower*
- ADI中文技术论坛： 在线技术支持社区—*ez.analog.com/cn*

欲查看有关气体探测器的其他资源、工具和产品信息，请访问：

www.analog.com/cn/instrumentation

ANALOG DEVICES
超 越 一 切 可 能 ™

变频驱动及电源设计中的隔离技术

应用简介

在电力电子设备上选用的元器件中，隔离器件是十分重要的器件类型之一，尤其在高电压及大功率应用中不可或缺。以变频驱动及电源设计为例，典型的隔离器件被用于功能性隔离和安全隔离等功能电路，分别用于实现高压功率电路和低压控制电路的隔离，以及控制电路及可能被人体触摸的接口电路的隔离。

使用隔离器件的原因

之所以需要在变频驱动及电源设计中使用隔离电路，其原因主要在于以下几方面：

- 降低噪声干扰—现代的电力电子变换器主要依靠功率半导体的PWM控制实现对输出电压及电流的控制。对于大功率应用来说，功率器件开关动作产生的di/dt和dv/dt信号变化，经由PCB布线的寄生参数或者其他电路的耦合通路，会在低压电路信号中产生较高的噪声，干扰电路正常工作。通过引入隔离器件，可以有效的分离功率电路和低压控制电路，减小控制电路的噪声。
- 器件耐压要求—通常变频驱动及电源设备的主功率电路连接到危险电压，比如典型的AC 220V/380V电路，经过整流后的直流电压也高达540V以上，且电网或负载本身电气上也具有很多不确定因素及异常工况，然而控制电路通常连接到安全地电压，因此功率电路与住功率电路间需要隔离。
- 设备互联—这些设备通常还需要与其他控制器连接，形成网络化控制，然而，这些网络中的设备可能并不连接在同一个地电平上，如果没有隔离器件的存在，这些信号链路上的器件可能因为不同的地电平之间的压差而损坏。另外，部分电路可能存在浪涌和雷击的影响下(比如较长的通讯信号线和码盘信号线等)，这部分电路也应该与主要电路隔离开，从而保护主要功能器件。
- 安规绝缘要求—电力电子设备的部分电路可能会和人体或导电外壳接触，这部分电路应当处于安全电压并与危险电压电路完全隔离开来以满足绝缘要求。比较典型的是设备的显示、键盘或者通讯接口，这些地方需要使用满足安规绝缘要求的隔离器件。

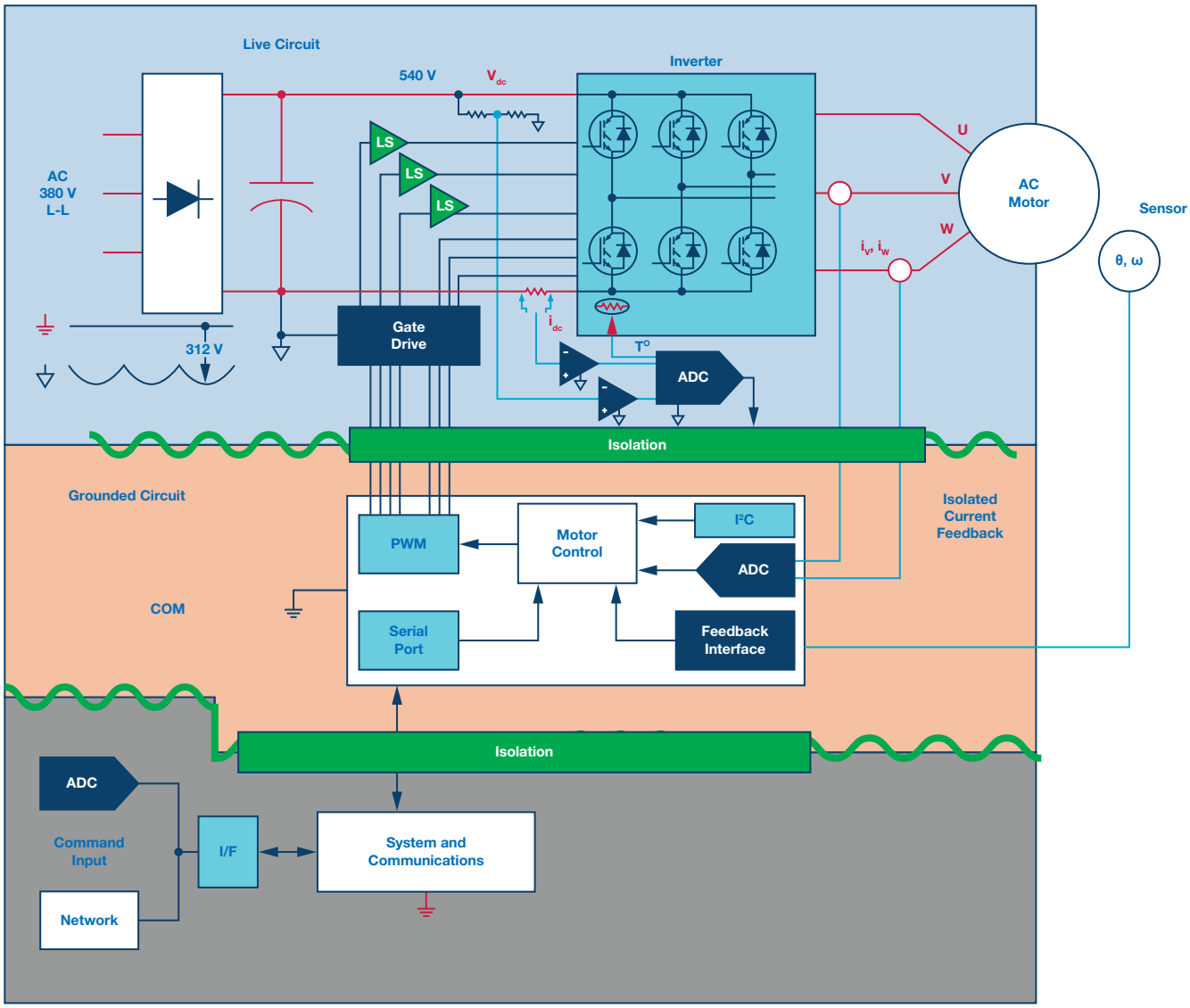
隔离电路的应用

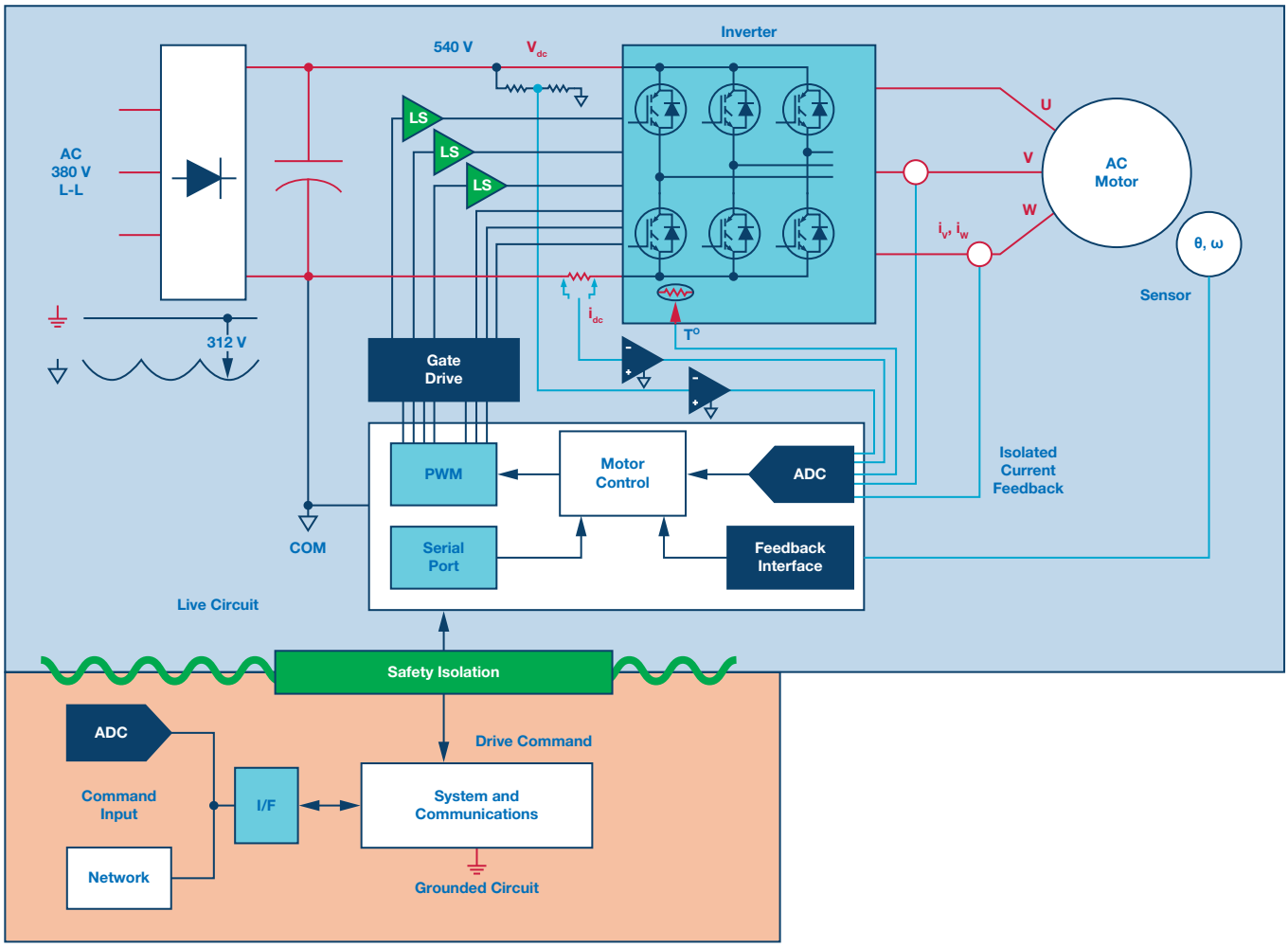
典型的变频驱动及电源系统架构中，通常电路可以被划分为三个部分，功率电路，控制电路，接口电路。由于这三部分电路的接地、电压等级不同，安规要求也不同，因此他们之间通常都需要使用隔离器件实现电气分离。

不同的应用需求下有不同的隔离方案，这主要取决于这几个因素：

- 功率电路的电压等级。
- 绝缘和安规标准要求(典型的标准，IEC61800-5-1,IEC62040-1-1, IEC 60747-5-5, VDE 0884-10, UL1577等)。
- 各个隔离部分选用器件的方案以及系统成本。

隔离系统框图


Live Circuit
540 V
V_{dc}
Inverter
AC
380 V
L-L
LS
LS
LS
U
V
W
AC
Motor
Sensor
θ, ω
i_v, i_w
312 V
Gate
Drive
i_{dc}
T°
ADC
Isolation
Grounded Circuit
Isolated
Current
Feedback
PWM
Motor
Control
I²C
ADC
COM
Serial
Port
Feedback
Interface
Isolation
ADC
Command
Input
I/F
System and
Communications
Network



从系统架构设计的角度来看，尽可能减少需要隔离的信号通道数，减少高绝缘等级器件的使用，降低成本，是设计的主要方向，以下是几种典型的系统架构：

- 功率电路、控制电路、接口电路之间均有隔离：功率电路和控制电路之间采用隔离型功率半导体驱动芯片，隔离型的电流电压检测等。控制电路和接口电路之间采用数字输入输出信号的隔离芯片，隔离型的ADC和DAC芯片等

  通常这种系统架构被用于具有较丰富接口的变频驱动及电源系统，或是大功率设备。这些应用中功率电路和控制电路之间的信号较为固定，主要包含PWM信号，电流电压反馈信号，以及IO控制信号，故障反馈信号等。而控制电路包含的接口电路较丰富，比如0 V至10 V，4 mA至20 mA模拟量输入输出信号，0 V至24 V数字量输入输出信号，继电器控制，RS-232/RS-485通讯，以太网，USB,CAN等，并且控制电路信号时常会根据系统应用环境变化而更改设计或开发选配件。因此，在功率电路、控制电路和接口电路之间分别设计隔离电路，一方面可以降低成本，因为功率和控制部分之间通常只需要满足功能绝缘要求且信号种类比较固定，而接口电路的隔离信号数量通常较多较不确定，分成两个隔离层可以降低对隔离器件的选型难度和成本；另一方面，对于大功率应用来说，这样也保证了控制电路及接口电路不易受功率电路干扰。

  此外，如果功率电路和控制电路之间的隔离已经满足了产品对应的全部安规及绝缘耐压要求，那么控制电路和接口电路之间可以省去隔离。出于成本或器件选型考虑，也可以通过两层隔离电路的灵活组合达到双重绝缘的效果。

- 功率电路和控制电路共地，接口电路隔离设计：在小功率或低压应用中，如果设备对外接口电路比较单一，可以使用功率电路和控制电路共地的方案，这样可以省去一部分隔离电路，虽然可能到时接口电路隔离等级要求增高，例如需要达到加强绝缘，但总系统成本及电路复杂度相比两级隔离仍有降低。

ADI在隔离应用中的优势及重要产品

▶ ADI的隔离技术*i*Coupler®

*i*Coupler磁耦隔离发送信息是通过变压器来穿越隔离带，原边电流变化引起变压器的次级侧的电流变化。隔离材料为聚酰亚胺。20 μm的聚酰亚胺材料能在400 V rms等级下工作达50年，浪涌等级大于6 kV，可满足VDE加强隔离要求。iCoupler磁耦隔离产品的优势主要在于：

- 高电压高温绝缘的可靠度*i*Coupler磁耦合隔离产品在400 V rms的持续工作电压下能工作至少50年的时间，采用的是CMOS工艺，工作环境能够达到125°C。
- 共模噪声抑制能力-能有高达100 kV/μs的抗共模瞬变抑制能力，相比传统光耦器件，更适合电机、电源及逆变器应用。
- 电磁干扰(EMI) CISPR 22 B 等级
- 抗高电压浪涌能力-能超过VDE V 0884-10加强绝缘所要求的10 kV pk浪涌性能。
- 传输速率和效率-磁隔离具有150 Mbps传输速率，50 ns低传输延迟，通道一致性好，且器件功耗低。
- 器件集成度-ADI磁隔离产品集成了多通道的隔离及其他功能，能够从系统上降低体积和成本。并且还有集成了隔离DCDC电源的隔离产品。

ADI提供基于*i*Coupler技术的通用数字信号隔离器件以及RS-232，RS-485，USB，CAN，SPI，I²C等通讯收发器、运放，ADC，驱动器等一系列器件。

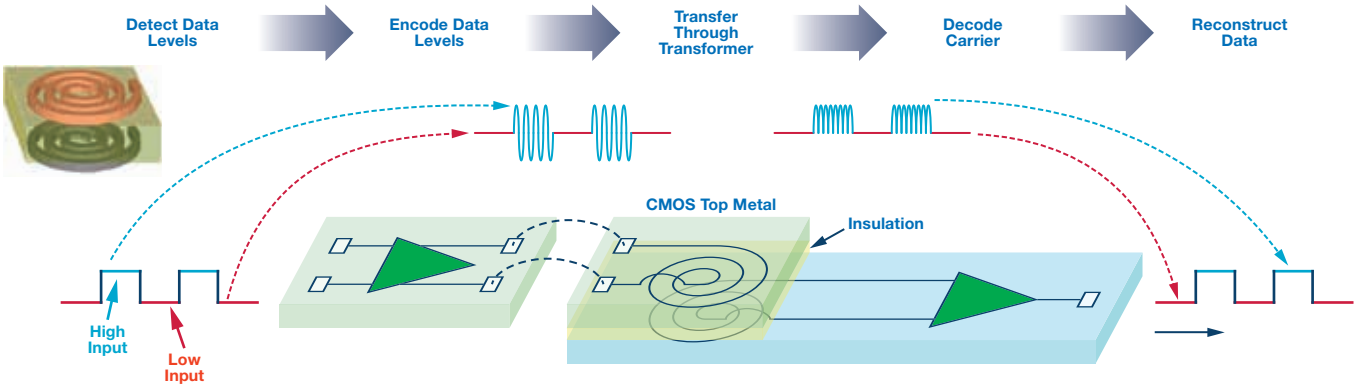
▶ 隔离电流及电压采样

ADI针对隔离的电流电压采样有多样的产品，基于Sigma-delta ADC技术的AD740x隔离式Σ-Δ调制器系列尤其适合用于变频驱动或电源的输出电流采样。目前，系统设计人员更倾向于从霍尔效应传感器改成使用分流电阻，将霍尔效应传感器替换为分流电阻的系统设计人员往往会选择隔离式放大器，并继续使用之前在基于霍尔效应传感器的设计中使用的模数转换器(ADC)。这种情况下，无论模数转换性能如何，设计性能都会受到隔离式放大器的限制。

将隔离式放大器和ADC替换为隔离式Σ-Δ调制器可消除性能瓶颈，并大大改善设计，通常可将其从9到10位精度的反馈提升到12位水平。此外，还可配置处理Σ-Δ调制器输出所需的数字滤波器，以实现快速过流保护(OCP)环路，从而无需模拟过流保护电路。

▶ IGBT/MOSFET功率半导体隔离驱动

IGBT/MOSFET功率半导体驱动电路是变频驱动及电源系统电路的关键环节之一，为减少功率半导体开关损耗，缩短短路保护时间，提高系统的可靠性，驱动电路需要具备更高的性能。ADI公司的ADuM413x以及ADuM3223/ADuM4223/ADuM7223系列隔离驱动芯片具备仅仅50ns的驱动信号传输延迟，以及高达100 kV/μs的CMTI指标。



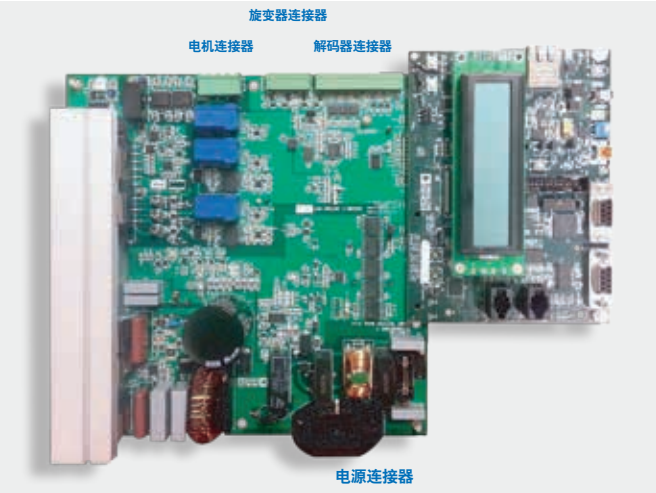
主要产品

产品型号	描述	特性	优势
数字信号隔离			
ADuM1100/ ADuM120x/ ADuM130x/ ADuM140x	1-4通道数字信号隔离器	2.5 kV rms隔离，–40°C至+125°C，部分产品具有反向传输通道	最高90 Mbps数据速率
ADuM14x	4通道数字信号隔离器	新一代产品，3.75 kV rms 隔离，–40°C至+125°C，部分产品具有反向传输通道	CMTI 100 kV/μs，极低传输延迟(13 ns)，最高150 Mbps数据速率
隔离检测			
AD7403	隔离式Σ-Δ ADC	20 MHz外部时钟，二阶调制器，16位无失码，失调漂移：1.6 μV/°C (典型值)，典型值88 dB SNR，片内集成数字隔离，片内参考，830 V rms 隔离工作电压，–40°C至+125°C	14位ENOB，±320 mV输入范围，UL1577，CSA60950，VDE0884-10认证
AD7401A	隔离式Σ-Δ ADC	20 MHz外部时钟，二阶调制器，16位无失码，失调漂移：1 μV/°C (典型值)，典型值88 dB SNR，片内集成数字隔离，片内参考，630 V rms 加强绝缘隔离工作电压，–40°C至+125°C	14位ENOB，±250mV输入范围，UL1577，CSA60950，VDE0884-10认证

产品型号	描述	特性	优势
隔离驱动			
ADuM4135	隔离型IGBT栅极驱动	4安培峰值驱动能力，500 V rms和1200 V dc工作电压，−40°C至+125°C	50 ns传输延迟，原副边UVLO保护，Desat保护，故障软关断，米勒箝位，UL，CSA，VDE认证
ADuM4223	隔离型MOSFET、IGBT栅极驱动	4安培峰值驱动能力，高开关频率可达1 MHz，上下桥臂隔离：537 V峰值和800 V峰值(差分输入)，−40°C至+125°C	高低桥臂隔离，UL，CSA，VDE认证
通讯隔离			
ADM3251E	隔离式RS-232收发器	460 kbps数据传输率，2.5 kV耐压	隔离的RS-232和集成式dc/dc转换器，±15 kV ESD保护，UL，CSA，VDE认证
ADM2687E	隔离式RS-485/RS-422收发器	半双工或全双工，500 kbps数据传输率，5 kV耐压，5 V或3.3 V工作电压	隔离的RS-485和集成式dc/dc转换器，±15 kV ESD保护，具备失效保护功能
ADuM4160	隔离型USB收发器	支持USB2.0，全速/慢速模式，5 kV耐压，5 V或3.3 V工作电压	双向传输，具备短路保护功能
ADM3054	隔离型CAN总线收发器	满足ISO11898标准，1Mbps数据传输率，5 kV耐压，5 V或3.3 V工作电压	具备短路保护功能
ADuM4150	隔离型SPI总线收发器	支持最高40 MHz SPI时钟，5 kV耐压	具备时钟信号延迟补偿功能
ADuM2250	隔离型I²C总线收发器	支持1 MHZ时钟，双向通讯，5 kV耐压，5 V或3.3 V工作电压	支持热插拔，UL，CSA认证
隔离运放			
ADuM4190	隔离误差放大器	5 kV耐压，400 kHz带宽，3 V至20 V电源，−40°C至+125°C	全温度范围1%精度
隔离电源			
ADuM5000/ADuM6000	隔离型DCDC变换器	500 mW，400 mW，5 V或3.3 V输出，2.5 kV/5 kV耐压	过热保护，UL，CSA，VDE认证

参考设计和演示板

HV MPC平台



Boston Engineering设计 *www.boston-engineering.com*。

HV MPC平台



ADI设计。

技术文章/应用笔记

- ADI数字隔离产品选型及设计资源指南— *www.analog.com/Digital_Isolator_Product_Selection_and_Resource_Guide.pdf*
- 电机驱动系统中的门极驱动和电流反馈信号隔离技术— *www.analog.com/Gate-Drive-and-Current-Feedback-Signal-Isolation-n-Industrial-Motor-Drives.pdf*
- *i*Coupler隔离产品集成*iso*Power：使用微型变压器实现隔离的信号和功率传输— *www.analog.com/isoPower.pdf*
- 交流电机驱动系统中的数字隔离(MS-2488)— *www.analog.com/cn/ms-2488.pdf*
- *iso*Power设备辐射控制推荐设计(AN-0971)— *www.analog.com/cn/an-0971.pdf*
- *i*Coupler设备辐射控制推荐设计(AN-1109)— *www.analog.com/cn/an-1109.pdf*
- 降低ADM2582E/ADM2587E RS-485/RS-422收发器辐射影响的PCB设计指导(AN-1349)— *www.analog.com/an-1349.pdf*
- *i*Coupler隔离技术在RS-485中的应用(AN-727)— *www.analog.com/cn/an-727.pdf*
- *i*Coupler隔离技术在 RS-232中的应用(AN-740)— *www.analog.com/cn/an-740.pdf*

- *i*Coupler隔离技术在CAN总线中的应用(AN-770)—*www.analog.com/cn/an-770.pdf*
- I^2C隔离接口(AN-913)—*www.analog.com/cn/an-913.pdf*

Circuits from the Lab®实验室电路

实验室电路是经过特别设计和测试的子系统级构建模块，方便设计人员轻松快捷地实现系统集成。

- 采用隔离式Σ-Δ型调制器、隔离式DC/DC转换器和有源滤波器的新型模拟/模拟隔离器—*www.analog.com/cn/cn-0185*
- 采用隔离驱动器的H桥驱动电路—*www.analog.com/cn/cn-0196*
- USB HUB隔离电路—*www.analog.com/cn/cn-0158*
- 符合EMC要求的RS-485收发器保护电路—*www.analog.com/cn/cn-0313*
- 更多实验室电路请访问—*www.analog.com/cn/circuits*

更多信息请访问ADI电机控制网站

www.analog.com/cn/motorcontrol

中文技术论坛

ez.analog.com/cn

ANALOG DEVICES
超 越 一 切 可 能 ™

ADI公司针对pH计和电导率仪的演示系统

应用简介

这是第二篇有关pH计和电导率仪应用的文章。在第一篇的水分析文章中，我们讨论了应用、工作原理、电路架构和设计考虑因素。本文将介绍ADI公司的相关演示系统。如需阅读第一篇文章，请参考文末系统方案精选链接。

系统设计考虑因素

稳定性

在pH计和电导率仪的设计中，随时间和温度的漂移是非常重要的考虑因素。为了实现这一目标，需要低漂移的精确信号链，这正是ADI公司的长处。

分辨率

为了充分发挥传感器动态范围的优势，信号链和电源设计需要考虑低噪声和高分辨率要求，实验室仪器尤其如此。

低功耗

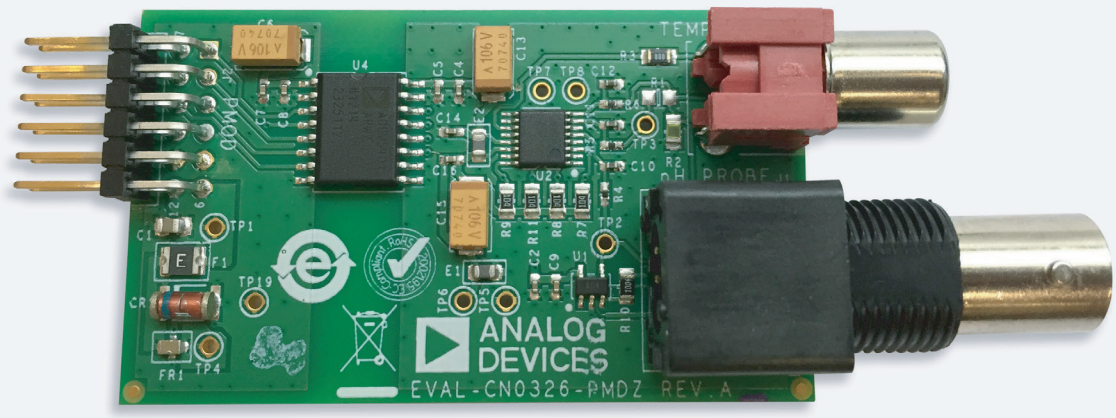
便携性是近年来仪器领域的一大趋势。pH计和电导率仪也有便携式版本，应当能依靠有限的电池电源在室外长时间工作。这种情况下，设计阶段就需要考虑低功耗要求。

ADI公司pH计演示系统

CN0326：带有温度补偿功能的隔离式低功耗pH监测仪

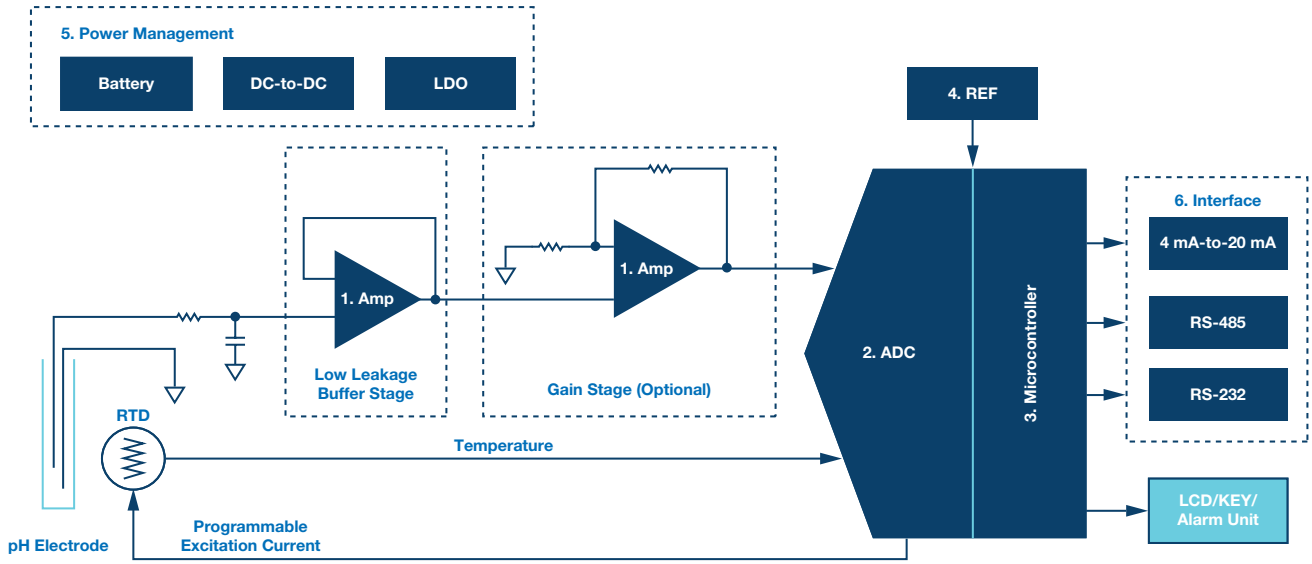
下图所示电路是一个完全隔离式低功耗pH传感器信号调理器和数字化仪，并且带有自动温度补偿以实现高精度。

该电路可为0至14范围内的pH值提供精度为0.5%的读数，无噪声代码分辨率大于14位，适用于多种工业应用，如化工、食品加工、水处理、污水分析等。



系统框图

1. 下面是pH计的系统框图，包括pH电极、低漏电流输入级、增益级(可选)、微控制器(集成ADC和基准电压源)、电源管理和通信接口。



pH计的系统框图和信号链。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。

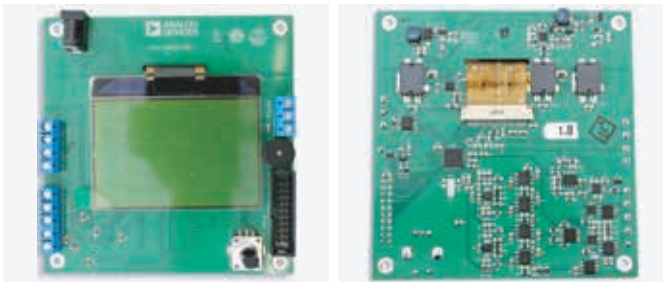
1. 放大器	2. 模数转换器	3. 微控制器	4. 基准源	5. 电源管理	6. 接口
AD8626/AD8641/ ADA4665-2/ADA4692-2/ AD8603	AD7792/AD7793	ADuCM361/ADuC7061	ADR4525/ADR3425/ ADR291	ADP2503/ADP2370/ ADP166/ADP7102/ ADP5310	AD5412/AD5422/ ADM2484E/ADM3251E/ ADuM5401

ADI公司电导率仪演示系统

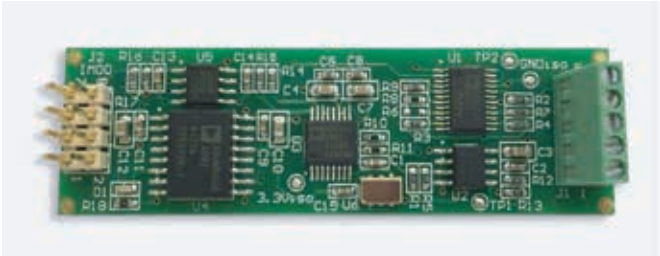
CN0359：全自动高性能电导率测量系统

下图所示是一个完全独立自足、微处理器控制的高精度电导率仪。由于尺寸小且精度高，它不仅可用于便携式仪器仪表中，还能用于台式仪器中。它非常适合测量液体的离子含量，以及进行水质分析、工业质量控制和化学分析。

经过仔细选择的精密信号调理元件组合可在0.1 µS至10 S (10 MΩ至0.1 Ω)电导率范围内提供优于0.3%的精度，且无需校准。针对100 Ω或1000 Ω铂(Pt)电阻温度检测器(RTD)提供自动检测功能，允许以室温为参考测量电导率。



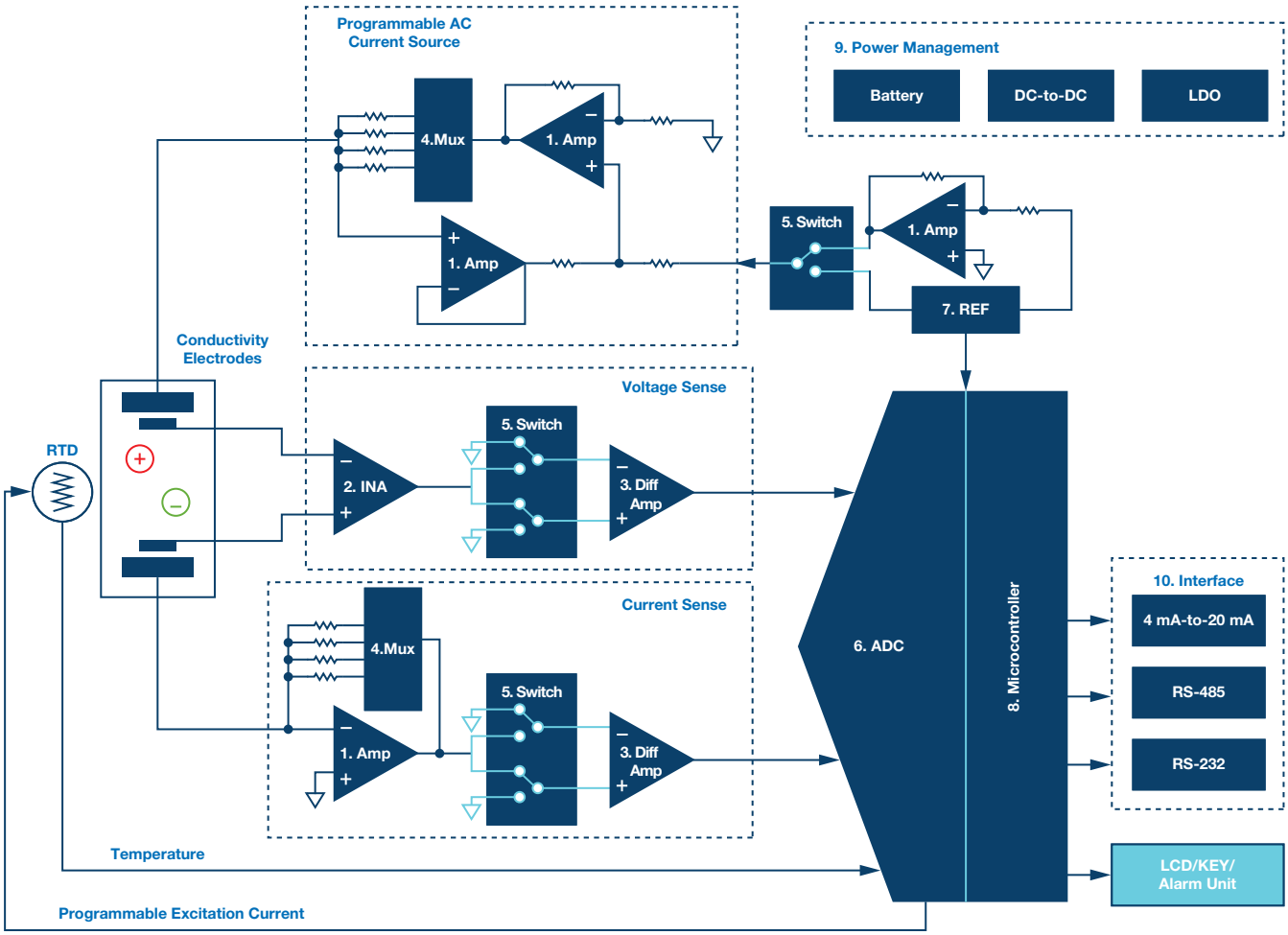
CN0349：完全隔离式电导率测量数据采集系统



下图中的电路是一款极为精确、隔离且高度集成的解决方案，可用于电导率仪。

该设计解决方案采用集成式模拟前端IC AD5934。校准后，该电路总误差小于1% FSR。 所有器件均具有小尺寸，因此该电路非常适合注重印刷电路板(PCB)空间的应用。该电路的数字输出是完全隔离的；因此，该电路不存在接地环路干扰问题，非常适合在恶劣工业环境下使用。

2. 下面是电导率仪的通用系统框图，包括电导率电极、可编程交流电流源、电压检测、电流检测、微控制器(集成ADC和基准电压源)、电源管理和通信接口。



电导率仪的系统框图和信号链。 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。

1. 放大器	2. 仪表放大器	3. 差动放大器	4. 多路复用器	5. 开关
AD8626/ADA4692-2/ ADA4627-1	AD8220/AD8422/AD8228/ AD8421/AD8253	AD8271/AD8278	ADG704/ADG708/ADG1609	ADG733/ADG1636
6. 模数转换器	**7. 基准源**	**8. 微控制器**	**9. 电源管理**	**10. 接口**
AD7792/AD7793	ADR4525/ADR3425/ADR291	ADuCM361/ADuC7061	ADP2503/ADP2370/ ADP160/ADP7102	AD5412/ADM2484E/ ADuM5000/ADuM1250

主要产品

产品型号	描述	优势
运算放大器		
AD8626	0.25 pA偏置电流(典型值，室温)，小于2 pA偏置电流(典型值，50°C)，低失调漂移2 μV/°C，最高±13 V电源，高带宽5 MHz，轨到轨输出	较宽的电源范围，低偏置电流(0°C至50°C)，低失调漂移，适用于pH计，高带宽适用于交流电流源
ADA4665-2	0.1 pA偏置电流(典型值，室温)，0.2 pA偏置电流(典型值，50°C)，低失调漂移3 μV/°C，最高±8 V电源，轨到轨输入/输出	较宽的电源范围，低偏置电流(0°C至50°C)，低失调漂移，适用于pH计
AD8603	1 pA (最大值，25°C)；微功耗：50 μA；低失调电压：50 μV (最大值)；轨到轨输入/输出	低偏置电流(室温)、低功耗、低失调运算放大器
仪表放大器		
AD8220	JFET输入，低偏置电流10 pA (典型值)，高带宽1.5 MHz (G = 1)，增益范围1到1000	低偏置电流，充足的带宽，适用于电导率仪
AD8228	低偏置电流0.5 nA，低增益漂移1 ppm/°C，低噪声15 nV/√Hz	固定增益，内置电阻，节省成本并提高增益精度
差动放大器		
AD8271	增益 = ½、1、2，增益漂移10 ppm/°C，15 MHz和30 V/μs压摆率	低增益漂移和高速度，适用于电导率应用中的驱动ADC
AD8278	低功耗100 μA，G = ½或2，带宽1 MHz	低功耗，充足的带宽，适用于电导率仪
多路复用器		
ADG704	4通道多路复用器，低导通电阻2.5 Ω (典型值)，低漏电流10 pA (典型值)，低功耗1 μA	低漏电流和低导通电阻有助于构建高精度系统
ADG1609	4通道多路复用器，±8 V电源，低导通电阻4.5 Ω (典型值)，低漏电流20 pA (典型值)，低功耗1 μA	宽电源范围、低漏电流和低导通电阻有助于构建高精度系统
开关		
ADG733	双通道SPDT开关，低导通电阻2.5 Ω (典型值)，低漏电流10 pA (典型值)，低功耗1 μA	低漏电流和低导通电阻有助于构建高精度系统
ADG1636	双通道SPDT开关，±8 V电源，低导通电阻2.5 Ω (典型值)，低漏电流10 pA (典型值)，低功耗1 μA	宽电源范围、低漏电流和低导通电阻有助于构建高精度系统
模数转换器		
AD7792	400 μA静态电流，3通道16位峰峰分辨率，最高470 Hz输出更新速率，片内基准电压源，内部偏置电压，内部电流激励	低功耗、高集成度Σ-Δ型ADC，高分辨率和高精度，适用于精密测量，特别是温度测量
AD7793	400 μA静态电流，3通道24位Σ-Δ型ADC，最高470 Hz输出更新速率，片内基准电压源，内部偏置电压，内部电流激励	低功耗、高集成度Σ-Δ型ADC，高分辨率和高精度，适用于精密测量，特别是温度测量
基准源		
ADR4525	2.5 V基准电压源，极低漂移：2 ppm/°C (最大值)，低噪声：1.25 μV pp (0.1至10Hz)，长期稳定性：25 ppm/√1000小时，迟滞：50 ppm	低漂移、超稳定、低噪声基准电压源，低迟滞，ADR45xx系列还提供许多其它输出电压选项
ADR3425	2.5 V基准电压源，低漂移8 ppm/°C (最大值)，长期稳定性30 ppm/√1000小时，100 μA最大静态电流，小型的6管脚SOT-23封装	低漂移、稳定，ADR34xx系列还提供许多其它输出电压选项
ADR291	2.5 V基准电压源，12 μA静态电流	低功耗，非常好的漂移和稳定性
微控制器		
ADuCM361	精密模拟微控制器、ARM Cortex™-M3 32位处理器、6个差分通道、单通道24位ADC、单通道12位DAC、功耗1.0mA、290 μA/MHz、19引脚GPIO、128 kB Flash/EE存储器、8 kB SRAM 小型封装，低漂移内部基准电压源(5 ppm典型值)，集成可编程电流源。	低功耗、高精度24位Σ-Δ型ADC，4 mA至20 mA环路应用，小型封装
ADuC7061	基于10 MHz ARM7的精密模拟微控制器，高精度双通道Σ-Δ型ADC前端，24位分辨率、16位ENOB、低于100Hz输出速率；存储器包括32 kB Flash和4 kB SRAM；其它重要特性包括低于3 mA的工作电流(MCU内核工作在1 MHz)，适合4 mA至20 mA环路应用，12位DAC，5 mm × 5 mm 32引脚LFCSP小型封装。	低功耗、低成本24位Σ-Δ型ADC，4 mA至20 mA环路应用，小型封装
电源管理		
ADP2503	38 μA静态电流；2.5 MHz降压-升压dc-dc转换器，支持的输入电压可以大于、小于或等于调节输出电压	低功耗可延长电池寿命，小型封装、少量外部器件只需较小的PCB空间
ADP166	2.2 V至5.5 V输入LDO，150 mA最大输出电流，超低静态电流：10 μA (输出为10 mA时)，多达15个固定输出电压选项：1.2 V至4.2 V	低功耗，集成输出放电电阻，小型封装只需两个1 μF外部电容
ADP7102	20 V输入LDO，300 mA输出电流，低噪声15 μV rms，7个固定输出电压版本和可调版本	高输入电压、低噪声LDO
接口		
AD5422	电流输出范围：0 mA至24 mA；电压输出范围：0 V至5 V、0 V至10 V、±5 V、±10 V，16位分辨率，0.01% FSR典型总不可调整误差；3 ppm/°C典型输出漂移；片内基准电压源(10 ppm/°C最大值)	16位分辨率和单调性，支持HART通信
ADM2484E	全/半双工，隔离式RS-485/RS-422收发器，500 kbps数据速率，256节点，5 V或3.3 V工作电压，15 kV ESD保护，5 kV隔离	高集成度隔离式RS-485收发器
ADM3251E	隔离式RS-232收发器，460 kbps数据速率，5 V或3.3 V工作电压，15 kV ESD保护，2.5 kV隔离	高集成度隔离式RS-232收发器

设计资源

系统方案精选

- ADI公司针对pH计和电导率仪的水分析解决方案—
  www.analog.com/apm/adi-water-analysis-solution_cn.pdf

参考电路

- CN0326：带有温度补偿功能的隔离式低功耗pH监测仪 —
  www.analog.com/zh/CN0326
- CN0359：全自动高性能电导率测量系统—
  www.analog.com/zh/CN0359
- CN0349：完全隔离式电导率测量数据采集系统 —
  www.analog.com/zh/CN0349
- CN0312：带可编程增益跨阻放大器的双通道色度计—
  www.analog.com/zh/CN0312

应用笔记/文章

- 可编程增益跨阻放大器使光谱系统的动态范围达到最大—
  www.analog.com/cn/ad-47-05/pgtia_cn.pdf

设计工具/论坛

- ADuCM361设计工具—
  www.analog.com/zh/CN0185
- ADIsimPower™：ADI公司稳压器设计工具—
  www.analog.com/zh/adisimpower
- ADI中文技术论坛：在线技术支持社区—
  ez.analog.com/cn

欲查看有关气体探测器的其他资源、工具和产品信息，请访问：

www.analog.com/zh/instrumentation

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

ADI公司再生能源—能源储存解决方案

ADI公司能源部门概述

ADI公司在高精度信号测量和控制方面处于业界领先地位，致力于以极具成本竞争力的高质量IC实现可靠的计量、测量、监控和控制。其产品广泛用于再生能源、输配电以及水、电、气计量应用。ADI公司凭借在优化系统级信号处理性能方面的成熟经验和种类丰富的产品，为开发人员提供精密、可靠、易于设计的能源管理解决方案。

主要挑战和系统考虑

- 降低$/W系统成本
- 提高电网兼容能力
- 通过磁性和无源元件小型化减小重量/尺寸
- 更高可靠性和更长使用寿命
- 高功率(>150 kW)、高电压(>1000 V)、高密度多级电源转换
- 双向操作，实现车辆到电网操作
- 最大程度减少注入交流电网的DC电流

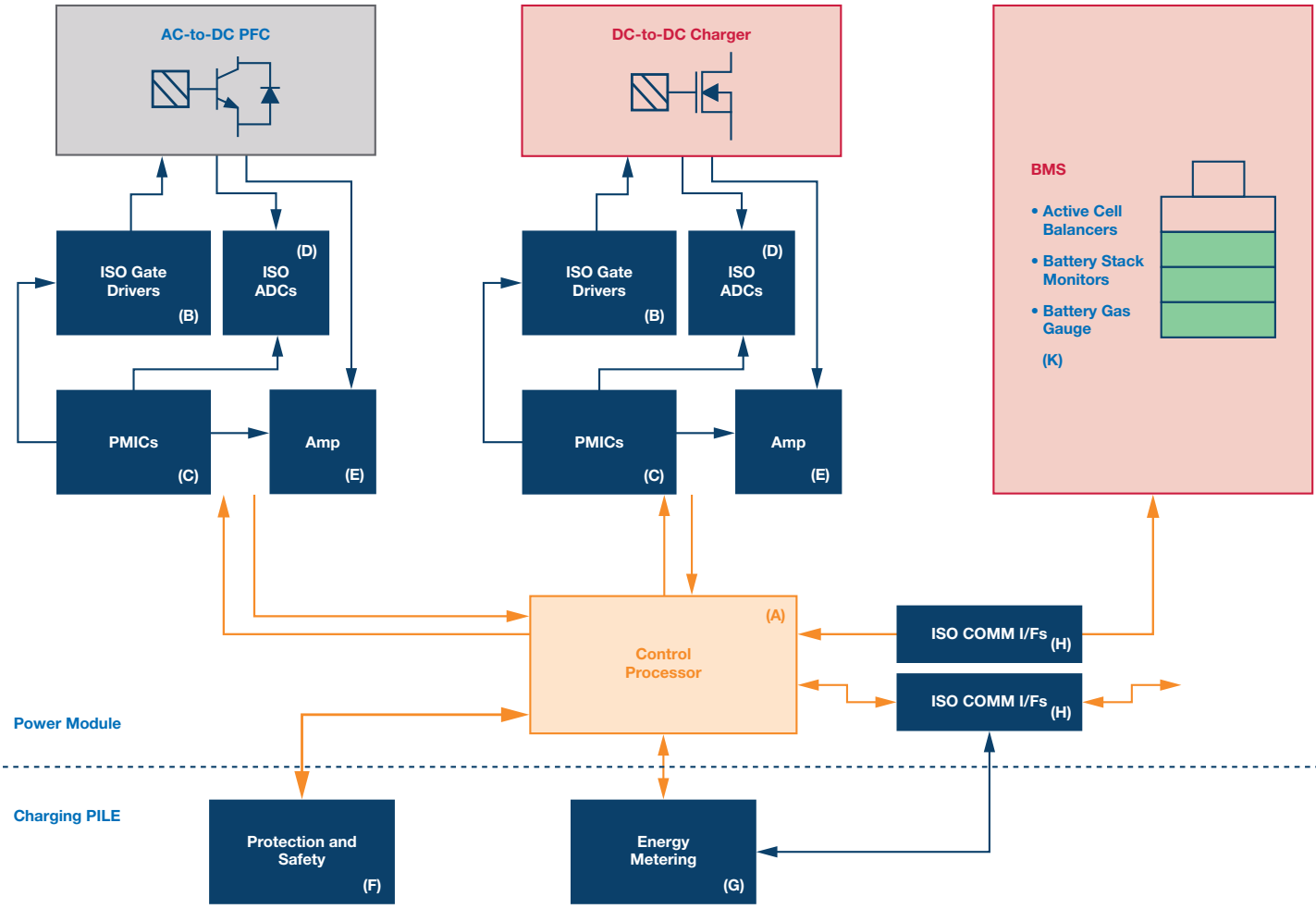
能源储存应用类别

- 非车载快速直流充电器
  - 电网到车辆高功率充电器
  - 双向高功率充电器
  - 集成储能单元的双向高功率充电器
- 电动汽车充电器电源模块/机架

为何选择ADI

- ADI公司在集成电能计量方面具有卓越的专业经验——采用ADI公司计量技术的电表已达3亿块
- ADI公司在下一代更高可靠性隔离技术(*i*Coupler®)方面居于行业领导地位
- 全世界所有电网设备中有50%采用ADI公司转换器
- 通过高精度转换器和放大器实现电流和电压的精密测量
- 为电力网络和智能电网提供稳定、可靠的高性能信号处理技术
- 系统级混合信号转换和处理以及针对电动汽车充电器优化的整个信号和电源链产品，简化设计，缩短产品上市时间，提供差异化终端设备

能源储存信号链



(A) 控制处理器	(B) 隔离式栅极驱动器	(C) 电源管理IC	(D) ADC和基准电压源	(E) 信号调理
ADSP-CM411F/ADSP-CM412F/ ADSP-CM413F/ADSP-CM416F/ ADSP-CM417F/ADSP-CM418F/ ADSP-CM419F	ADuM4135/ADuM4136/ ADuM4120/ADuM4121/ ADuM3223/ADuM4223/ ADuM7223	LT3999/LT3580/LTM8023/ LTM8022/LTM8032/LTM8031/ ADP2443/ADP1621/ADP1720/ ADuM3070/ADuM6000	ADR441/ADR34xx/ AD7401A/AD7403	ADA4077-2/OP2177/AD8066
(F) 保护和安全	**(G) 电能计量**	**(H) 通信接口**	**(K) 电池管理**	
AD7616/AD7091R 和 AD8604/ ADA4666/AD8607/ADA4528/ AD8639/AD7606/AD7607/ AD7266/AD7265	ADE7953/ADE7880	ADM3251E/ADM3252E/ ADM101E/ADM3101E/ ADM3053E/ADM3054/ ADM2481/ADM2483/ ADM2484E/ADM2486/ ADM2490E/ADM2491E/ ADM2587E	电池气表 LTC4150/LTC2941/LTC2942/LTC2943/LTC2944 主动电池平衡 LTC3300/LTC3305/LT8584 电池堆栈监控器 LTC6801/LTC6802/LTC6803/LTC6804/LTC6811/LTC6820 无线电池管理 LTC6811 和 LTC5800	

特色产品

产品型号	说明	主要特性	优势
处理器			
ADSP-CM411/ ADSP-CM412/ ADSP-CM413F	混合信号处理器	高达240 MHz ARM® Cortex®-M4，160 kB SRAM和1 MB闪存，3路16位ADC，2.7 MSPS，集成FFT和CORDIC加速度计	ARM处理器，可用于各种生态系统
ADSP-CM416/ ADSP-CM417/ ADSP-CM418/ ADSP-CM419F	混合信号处理器	高达240 MHz ARM Cortex-M4，100 MHz ARM Cortex-M0，160 kB SRAM和1 MB闪存，6路16位ADC，4.3 MSPS，集成FFT和CORDIC加速度计	ARM处理器，可用于各种生态系统
隔离式栅极驱动器			
ADuM3223/ ADuM4223	隔离式栅极驱动器	带片上隔离的2通道栅极驱动器(工作电压 >849 V峰值)，传播延迟 <54 ns，通道间匹配 <5 ns	超快速、隔离式2通道栅极驱动，适合电桥应用，低传播延迟
ADuM4135/ ADuM4136	用于IGBT/MOSFET/SiC/GaN的隔离式栅极驱动器	集成保护功能(ULVO、DESAT)的隔离式栅极驱动器，最高5 kV隔离，100 kV/µs CMTI，4 A驱动能力，55 ns传播延迟	100 kV/µs CMTI和低传播延迟
ADuM4120	用于IGBT/MOSFET/SiC/GaN的隔离式、精密栅极驱动器	精密时序特性，2 A隔离式5 kV rms隔离，采用6引脚宽体SOIC封装，爬电距离为8 mm	150 kV/µs CMTI和低传播延迟
ADuM4121	用于IGBT/MOSFET/SiC/GaN的隔离式栅极驱动器	集成内部米勒箝位的高压、隔离式栅极驱动器，具有热关断功能的2 A输出	150 kV/µs CMTI和低传播延迟
ADuM7223	隔离式精密半桥驱动器	4 A隔离式半桥栅极驱动器，提供独立且隔离的高端和低端输出	高工作频率：1 MHz(最大值)，精密时序特性
隔离			
ADuM2587E	隔离式RS-485/RS-422收发器	半双工或全双工，500 kbps，5 V或3.3 V工作电压，5 kV隔离	集成隔离式dc至dc转换器；±15 kV ESD保护
ADM2484E	半双工/全双工RS-485收发器	5 kV信号隔离、ESD保护、500 kbps、可配置为半双工或全双工	±15 kV ESD保护
ADM2490E	高速、全双工RS-485收发器	5 kV信号隔离、高速(16 Mbps)、ESD保护、全双工RS-485收发器	数据速率：16 Mbps
ADM101E	微型RS-232收发器	传输速率：460 kbps；5 V单电源	超低功耗关断模式：1 µA
ADM3251E	隔离式单通道RS-232线路驱动器/接收机	2.5 kV完全隔离式(电源和数据)RS-232收发器，460 kbps数据速率，1 Tx和1 Rx	集成*iso*Power®的隔离式dc至dc转换器
ADM3054	隔离CAN收发器	5 kV rms信号隔离高速CAN收发器，提供系统总线保护	数据速率可高达1 Mbps
ADM3053	隔离CAN收发器	信号和电源隔离CAN收发器，符合ISO 11898标准，数据速率高达1 Mbps	集成隔离式dc至dc转换器、集成CAN总线的单芯片解决方案
电能计量			
ADE7880	三相电能计量(带谐波监控)	T_A = 25°C时，在1000:1的动态范围内有功和无功电能误差小于0.1%；在3000:1的动态范围内有功和无功电能误差小于0.2%	带高性能谐波分析的多相电能计量
ADE7953	单相电能计量	在3000:1的动态范围内有功和无功电能计量误差小于0.1%；在500:1的动态范围内瞬时IRMS和VRMS测量误差小于0.2%	高性能、宽动态范围
电源管理			
ADuM6000	隔离式dc至dc转换器	5 kV集成*iso*Power的隔离式dc至dc转换器，最高400 mW输出功率	易于使用的dc至dc转换器，配合AD7403使用可实现基于分流电阻的电流检测解决方案
ADuM3070	集成反馈功能的隔离式开关稳压器	可调的稳压输出：3.3 V至24 V，效率高达80%	内置补偿的隔离PWM反馈
LT3999	具有占空比控制的低噪声、1 A、1 MHz推挽dc至dc驱动器	宽输入工作范围：2.7 V至36 V；集成可编程限流的双通道1 A开关；可编程开关频率：50 kHz至1 MHz	提供隔离电源的高电压、高频dc至dc变压器驱动器

产品型号	说明	主要特性	优势
LT3580	DC至DC转换器	集成2 A开关、软启动和同步功能的升压/反相dc至dc转换器	可轻松配置为升压或反相转换器
LTM8022	DC至DC µModule® 电源模块	宽输入电压范围：3.6 V至36 V；输出电压：0.8 V至10 V；输出电流：1 A	电源模块
ADP2443	3 A、36 V、同步降压dc至dc稳压器	输入电压：4.5 V至36 V；最短快速导通时间：50 ns；可编程开关频率：200 kHz至1.8 MHz	逐周期电流限值，带打嗝保护
保护和安全			
AD7266	多通道ADC	AD7266是一款12位双核高速、低功耗的逐次逼近型ADC，采用2.7 V至5.25 V单电源供电，最高吞吐速率可达2 MSPS	同步采样，带多路复用器
AD7616	16通道DAS，内置16位、双极性输入、双路同步采样ADC	信噪比(SNR)：92 dB(500 kSPS、2倍过采样)，可独立选择的通道输入范围，真双极性：±10 V、±5 V、±2.5 V	双通道同步采样ADC
AD7606	8通道、16/14位、同步ADC	真双极性模拟输入范围：±10 V、±5 V、5 V模拟单电源，2.3 V至5 V V_{DRIVE}，1 MΩ模拟输入阻抗，模拟输入箝位保护	8通道同步采样，5 V单电源
AD8607	精密、双通道、微功耗、轨到轨输入/输出放大器	低失调电压：40 µV(典型值)；低输入偏置电流：1 pA(最大值)；低噪声：25 nV/√Hz；微功耗：每个放大器50 µA(最大值)	微功耗
ADA4528	5.0 V超低噪声、零漂移、轨到轨输入输出	低失调电压：2.5 µV (最大值)；低失调电压漂移：0.015 µV/°C (最大值)；低噪声：5.6 nV/√Hz (f = 1 kHz，AV = 100)；97 nV p-p (f = 0.1 Hz至10 Hz，AV = 100)	超低噪声
信号调理			
ADA4077-2	放大器	30 V、4 MHz、7 nV/√Hz、低失调和漂移、高精度双通道放大器	高精度双通道放大器
AD8066	放大器	高性能、145 MHz高精度双通道放大器	高速：−3 dB带宽：145 MHz (G = +1)
ADC和基准电压源			
AD7403	隔离式Σ-Δ调制器	隔离式Σ-Δ调制器，5 kV隔离，±250 mV (±320 mV满量程)、88 dB和14位+ENOB	基准电压源具有超低噪声、高精度和低温度漂移性能
ADR34xx	基准电压源	最大温度系数：8 ppm/°C，工作温度范围：−40°C至+125°C，输出电流：+10 mA源电流/−3 mA灌电流	最大8 ppm、低成本基准电压源
ADR441	基准电压源	基准电压源具有超低噪声、高精度和低温度漂移性能	超低噪声(0.1 Hz至10 Hz)
电池管理			
LTC6801/ LTC6802/ LTC6803/ LTC6804	电池堆栈监控器	监控多达12个串联连接的锂离子电池单元(最大60 V)，可堆叠架构支持>1000 V系统，最大1%的过压检测电平误差，可调过压和欠压检测自检功能通过使用差分信号保证精度和鲁棒的故障检测性能	针对汽车和交通运输应用而设计，AEC-Q100通用系列数据可用于特定封装
LTC4150	电池气表	指示充电量和极性，±50 mV检测电压范围	LTC4150适用于1单元或2单元锂离子电池以及3至6单元NiCd
LTC2941/ LTC2942/ LTC2943/ LTC2944	电池气表	指示累加的电池充电和放电高精度，模拟集成高端检测1%充电精度	针对汽车和交通运输应用而设计，AEC-Q100通用系列数据可用于特定封装
LTC3300	主动电池平衡	双向同步反激平衡多达6个串联连接的锂离子或磷酸铁锂电池单元，平衡电流高达10 A (外部设置)，与LTC680x系列多单元电池堆栈监控器无缝集成，双向架构可最大程度地降低平衡时间以及高达92%的充电传输效率功耗，可堆叠架构支持>1000 V系统	针对汽车和交通运输应用而设计，AEC-Q100通用系列数据可用于特定封装
LT8584	主动电池平衡	电池单元的平均放电电流：2.5 A (典型值)，集成6 A、50 V电源开关与LTC680x系列无缝集成：无需附加软件，可选电流和温度在关断模式下监控超低静态电流，设计用于ISO 26262兼容系统	集成遥测接口的2.5 A单芯片主动电池平衡器
LTC6811	电池堆栈监控器	LTC6804的引脚兼容升级版，测量多达12个串联连接的电池单元，最大总测量误差为1.2 mV，可堆叠架构支持100s电池单元内置isoSPI™接口	多单元电池堆栈监控器，可测量多达12个串联连接的电池单元，总测量误差小于1.2 mV
LTC6820	电池堆栈监控器	1 Mbps隔离SPI数据通信，使用标准变压器实现简单的电气隔离，单条双绞线上的双向接口支持长达100米的电缆，极低EMI敏感性和辐射，针对高抗噪能力或低功耗应用可配置，设计用于ISO 26262兼容系统	针对汽车和交通运输应用而设计，AEC-Q100通用系列数据可用于特定封装

参考设计和演示板

能源管理Circuits From the Lab®参考电路

- 500 V共模电压电流监控器(CN-0218)—*www.analog.com/cn/cn-0218*

更多参考电路请访问：

www.analog.com/circuits

技术文章/应用笔记

- *iso*Power器件的辐射控制建议(AN-0971)—*www.analog.com/cn/AN-0971*

SOH\SOC估计技术和算法

深入考察电池充电状态(SOC)和运行状态(SOH)估计技术

设计工具/论坛

- ADI公司最快、最精确的DC至DC电源管理设计工具(ADIsimPower™)—*www.analog.com/cn/ADIsimPower*
- 在线技术支持社区(EngineerZone®)—*ez.analog.com/cn*

欲了解有关ADI公司能源应用和产品的更多信息，请访问：

www.analog.com/cn/solar-inverters

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

ADI公司低压断路器电子脱扣器(ETU)解决方案

什么是低压断路器的电子脱扣器(ETU)?

低压断路器是低于1500 V的工业和民用断路器，包括框架断路器(ACB)、塑壳断路器(MCCB)、微型断路器(MCB)、剩余电流保护器(RCD)等。

电子脱扣器(ETU)是用于测量和监测流过断路器电流并在特定的时候发出脱扣信号的可编程装置。在现代低压配电系统中，需要更多通信/智能功能来实现更高级别的系统特性(例如区域联锁)，因此基于微处理器的电子控制单元在低压开关设备/断路器系统中变得越来越流行。

现有解决方案和设计挑战

在市场上，几乎所有现有解决方案都是基于分立器件，这通常会带来以下设计挑战：

更小的PCB尺寸和外形设计

断路器的壳架尺寸一代比一代小。因此，PCB硬件设计人员必须进行更多的形状优化以适应机械尺寸，这通常导致多个PCB板之间存在工业互连器，并带来更多的EMC挑战。

生产良率

大规模生产的一大设计挑战是提高制造良率。显然，与基于全面预先测试的集成IC的PCB相比，含有100多个分立器件的PCB板的良率控制更加困难。

系统成本

成本始终是大批量电子设计的主题之一。从系统成本的角度来看，ASSP可以降低系统成本，原因是它能从整体上减小PCB尺寸/数量，减少PCB之间的互连需求，降低系统级测试成本，提高制造良率。

电源设计

典型ETU系统从电流互感器获取能量。在一些特殊测试情况下，一旦有过流状况，ETU就会开始运行。该情况下，需要精确控制整块PCB板上电的时序。有时候，分立式解决方案由于元器件变化，在一年中和全部温度范围内维持性能不变是有困难的。另一方面，由于ETU从传感器本身获取能量，因此整个系统保持低功耗对于这种应用也是至关重要的。

鲁棒性

低压断路器的典型安装环境是与低压电网配电开关柜放在一起。这种环境是典型的工业级安装环境，ETU需要在整个生命周期内可靠运行，能够承受不同的电气冲击、机械冲击和温度冲击。针对此类应用而设计的ASSP IC需要有特殊保护方案，以保证系统级鲁棒性。

单个硬件平台适应不同模块

通常一个ETU PCB需要适合于一系列额定电流不同的断路器。硬件必须具备易于重新配置的特性。

更高的精度要求

一些高端ETU需要集成计量功能，硬件需要针对双线圈电流互感器(电源线圈和信号线圈)进行设计。

ADI公司解决方案

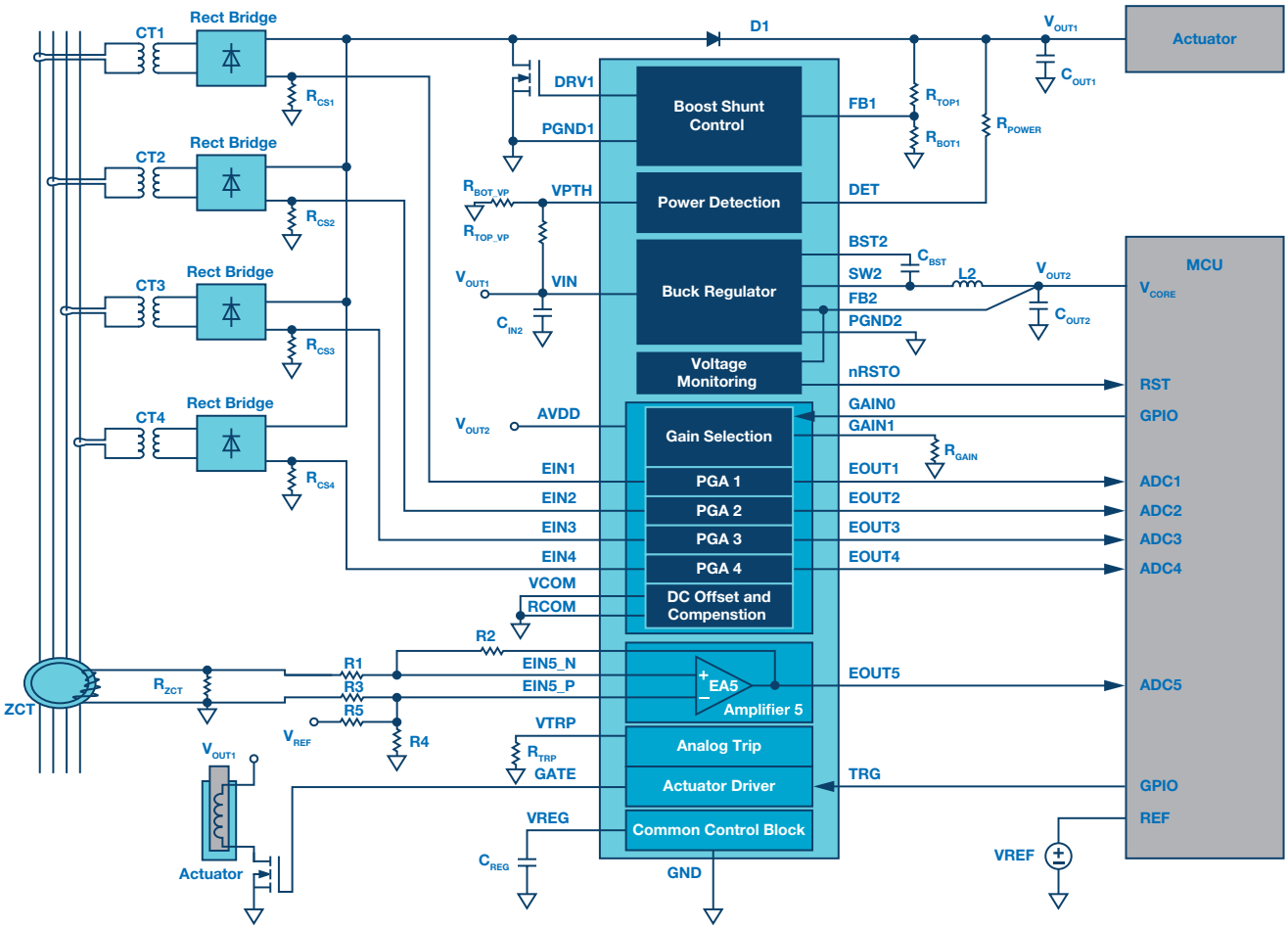
关键产品和ADI解决方案价值主张

ADP2450

ADI公司的ADP2450是一款ASSP(专用订制产品)，专为MCCB和ACB等低压断路器而设计。

理想情况下，一个MCU + ADP2450以及一些无源元件即可构建一个完整的ETU系统。因此，对于低压断路器应用，ADP2450可以说是MCU的配套器件。

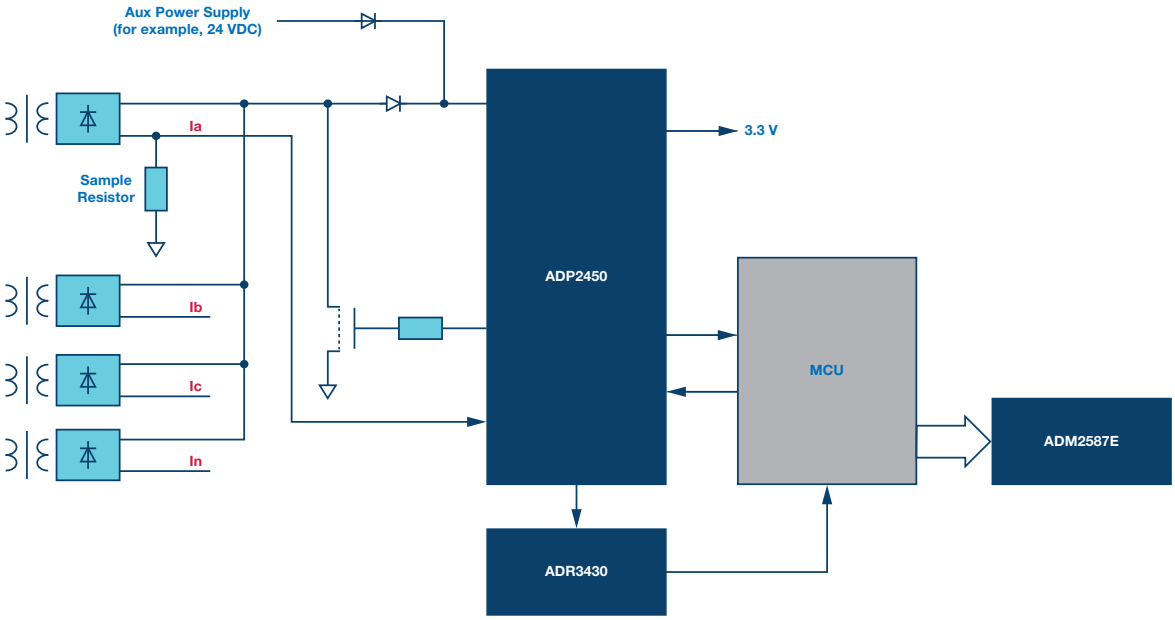
ADP2450的主要特性说明如下：



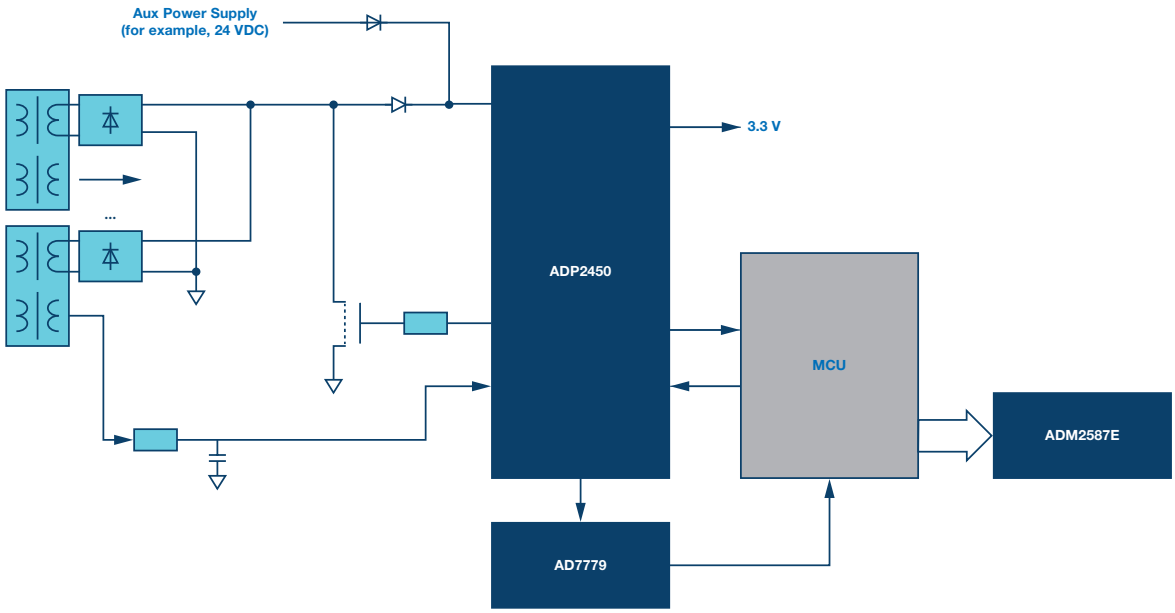
- 一个低功耗分流升压控制器将电流源(电流互感器的输出)转换为电压源。此外，它还有一个功率检测电路，可灵活设置系统级启动电流和迟滞。
- 一个36 V高压输入降压型稳压器可有效调节电压，输出3.3 V/5 V/可调输出用于MCU和信号调节电路。输出电流最高可达500 mA。
- 一个集成的电源监控电路提供安全的系统级复位功能。
- ADP2450集成了4个可编增益放大器(PGA)，提供15种不同增益设置选项。PGA还能支持两种不同的拓扑结构(反相和差分输入模式)，以连接不同的CT拓扑结构(单线圈或双线圈)。
- 内部还有一个通用运算放大器，可用作接地故障、漏电/剩余电流检测或其他用途的信号放大器。
- 内部有4个阈值可编程的模拟脱扣器，可用于实现ACB的MCR(接通电流脱扣器)功能。模拟脱扣器支持基于不同封装模型的单线圈和双线圈用户外壳。
- 同时集成了一个执行器的功率驱动电路。
- 增强的温度范围覆盖–40°C ~ +125°C。
- PGA输入具有±8 V OVP和4 kV ESD保护(HBM)，提供更高级别的系统保护。

系统框图

MCCB系统解决方案



ACB系统解决方案

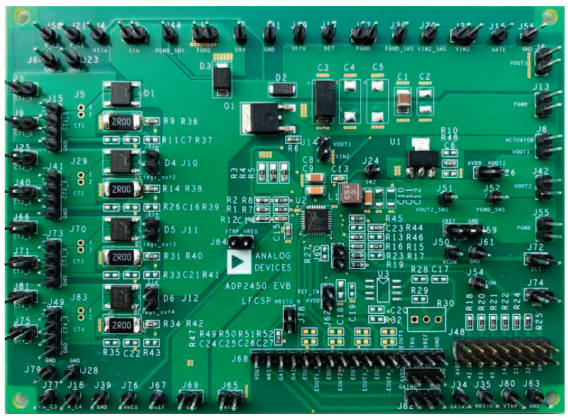


其他相关产品介绍

器件	描述	主要特性	优势
接口			
ADM2587E	隔离式RS-485接口IC	▶ 隔离式RS-485/RS-422收发器，可配置为半双工或全双工 ▶ *iso*Power集成隔离式dc至dc转换器 ▶ ±15 kV ESD保护	隔离电源、信号隔离和RS485接口驱动器集成在一个IC中，减少PCB空间
基准电压源			
ADR3430	低功耗、低成本基准电压源	▶ 初始精度：±0.1%(最大值) ▶ 最大温度系数：8 ppm/°C ▶ 工作温度范围：−40°C至+125°C ▶ 静态电流：100 µA (最大值) ▶ 低压差：250 mV (2 mA) ▶ 输出噪声(0.1 Hz至10 Hz)：<10 µV p-p (1.2 V，典型值) ▶ 6引脚SOT-23	低功耗、低压差、低成本

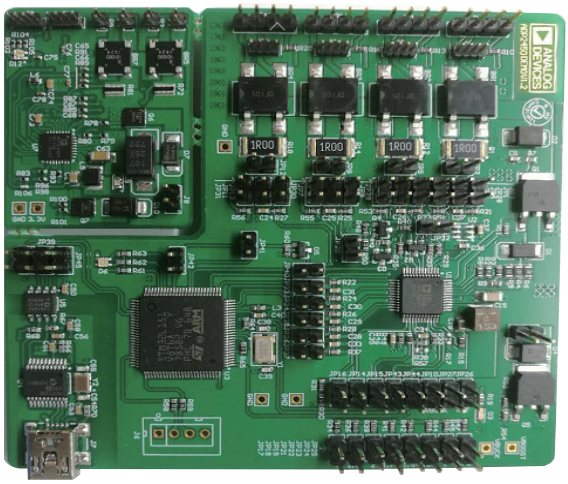
设计资源

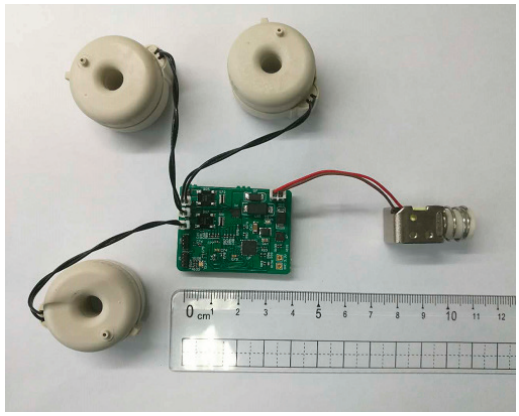
ADP2450 EVB板

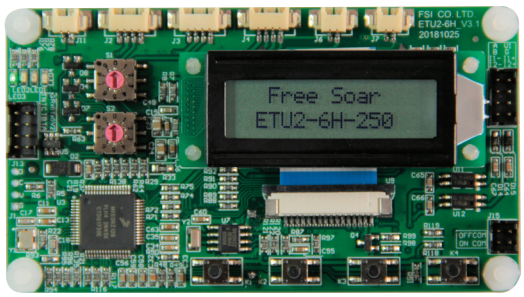


参考设计和解决方案

ADI测试板







第三方参考设计

天津众智创新科技有限公司—— *www.freesoar.net*

- 测量功能：电流、电压、频率、电能、功率因数等
- 保护功能
- MCCB 电子脱扣(ETU)并支持剩余电流保护(RCD)功能
- 液晶显示器
- 支持RS-485和Modbus-RTU协议

相关技术文档

- ADP2450ACPZ-1-EVALZ用户指南
- AN-0971 —— *iso*Power器件的辐射控制建议

ADI ICT/FCT设备解决方案

应用简介

ICT(在线测试)和FCT(功能电路测试)是PCBA量产过程中确保良率的必要步骤和过程。

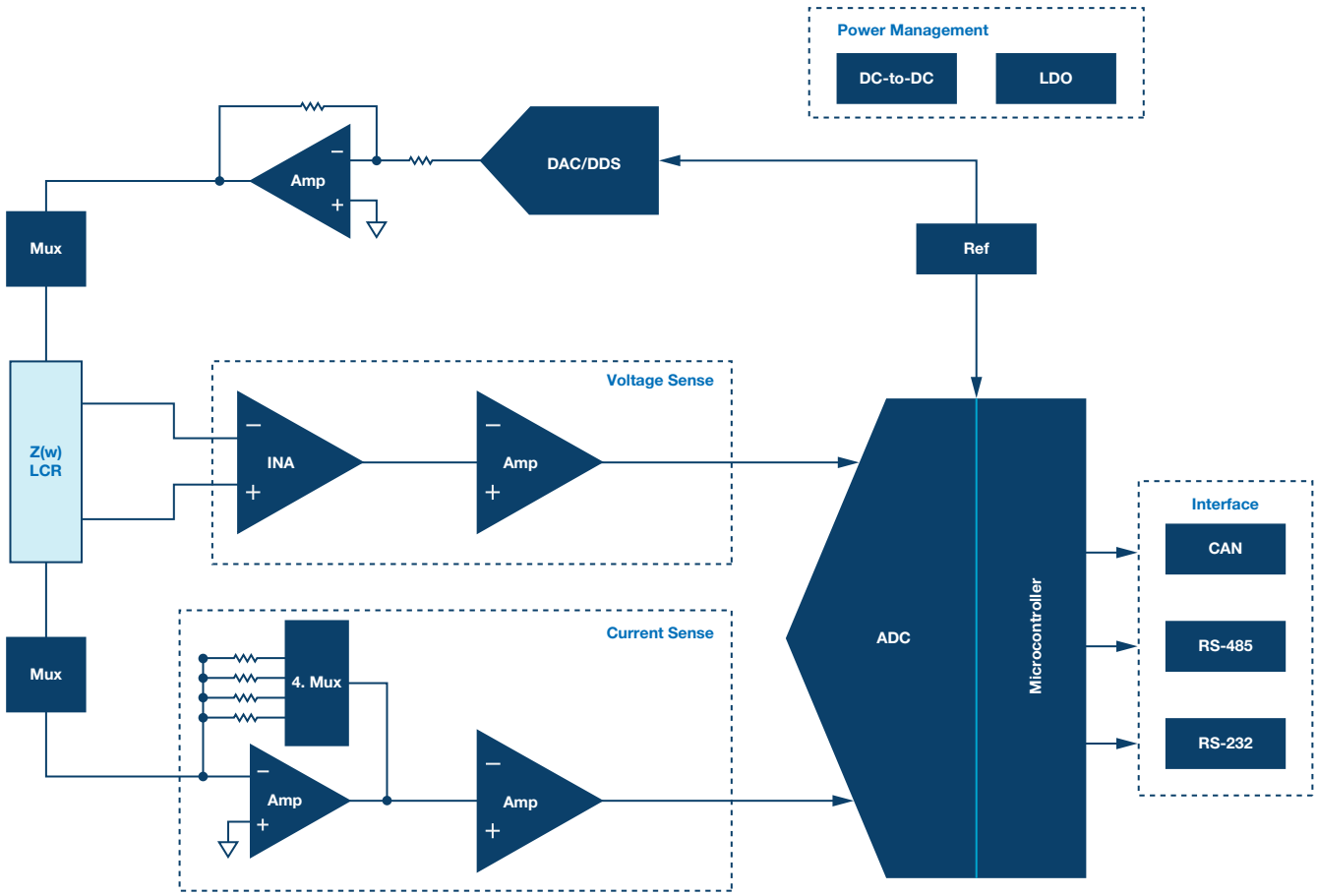
ICT通过测试印刷电路板(PCBA)的单个元件来执行原理验证。对于查找焊接短路、缺失元件、元件错误和断开连接等制造缺陷非常有效。

FCT通过向组件提供激励信号并验证响应情况，以此验证PCBA组件是否正常工作。功能测试旨在确保电路在规格范围内工作。FCT善于发现ICT无法发现的问题，如模拟信号失真、放大器问题和通信问题。

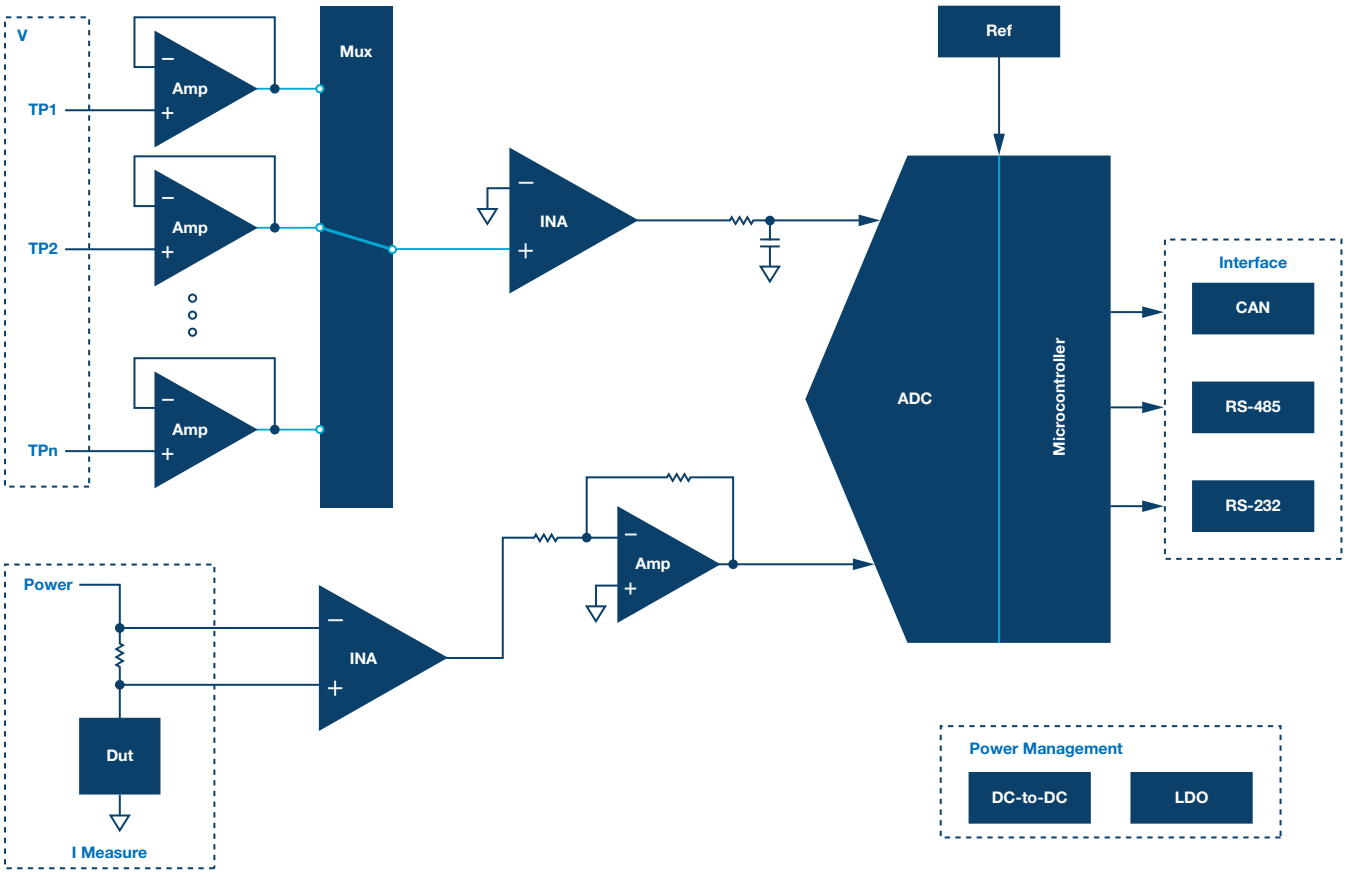
ADI公司解决方案

系统框图

ICT用于在PCBA未上电的情况下测量待测元件阻抗，主要包括电阻、电容和电感测量。



FCT用于验证PCBA功能是否正确。常见方式是提供电压激励和测量响应电流。



放大器	INA	ADC	DAC/DDS
ADA4522-1/AD8638/ADA4528-1/ AD8626/ADA4897-1/AD8021	AD8221/AD8421/AD8237/AD8228/ AD8422/AD8220	AD7173-8/AD7175-2/AD7177/AD7685/ AD7980/AD7988-5/AD7960/AD7626/ AD4000/AD4003	AD5676R/AD5686R/AD5689R/ AD9833/AD9834

多路复用器	基准电压源	MCU	电源管理	接口
ADG1608/ADG1408/ADG1208/ ADG5408/ADG5412F/ADG1212	ADR4550/ADR3450	ADuCM361/ADuC7061	ADP2503/ADP2370/ADP160/ ADP7102/ADP7182/ADM8828/ ADP2301/ADP2441	ADM2483/ADM2484E/ ADM3251E/AduM1250/ ADM3202/ADM3053/ADM3260/ ADM2587E

主要产品

产品型号	说明	优势
放大器		
ADA4522-1	单通道55 V，EMI增强型， 零漂移，22 nV/°C (最大值) 超低噪声，117 nV p-p(典型值，0.1 Hz至10 Hz)， 轨到轨输出运算放大器	提供双通道/四通道ADA4522-2/ADA4522-4
AD8626	0.25 pA偏置电流(典型值，室温)，小于2 pA偏置电流(典型值，50°C)，低失调漂移2 µV/°C，最高±13 V电源，高带宽5 MHz，轨到轨输出	较宽的电源范围，低偏置电流(0°C至50°C)，低失调漂移
AD8638	16 V自稳零、轨到轨输出运算放大器，失调漂移40 nV/°C (最大值)	提供高电压、低漂移、双通道AD8639
ADA4528-1	5 V，零漂移15 nV/°C (最大值)，超低噪声97 nV p-p (0.1 Hz至10 Hz)	提供极低漂移和极低噪声、双通道ADA4528-2
ADA4897-1	1 nV/√Hz，低功耗，轨到轨输出放大器高速230 MHz，−3 dB带宽(G = +1) 120 V/µs压摆率，10 V供电轨	高速运算放大器、ADC驱动器
AD8021	2 nV/√Hz，低功耗，轨到轨输出放大器高速200 MHz，−3 dB带宽24 V供电轨	16位系统的低噪声、高速放大器、ADC驱动器

产品型号	说明	优势
仪表放大器		
AD8221	36 V 80 dB CMRR (10 kHz)，增益范围1到1000	经典的精密仪表放大器
AD8422	36 V 80dB CMRR (10 kHz)，增益范围1到1000，2.2 MHz带宽，8 nV/√Hz最大输入电压噪声	高性能、低功耗、轨到轨精密仪表放大器
AD8228	36 V，低增益漂移1 ppm/°C，低噪声15 nV/√Hz	固定增益10/100，内置电阻，节省成本并提高增益精度
AD8421	低偏置电流0.1 nA，低噪声3 nV/√Hz，高带宽10 MHz (G=1)，低失调漂移0.2 μV/摄氏度，压摆率35 V/μs	高速仪表放大器，低噪声和低偏置电流
AD8220	JFET输入，低偏置电流10 pA (典型值)，高带宽1.5 MHz @ G=1，增益范围1到1000	低偏置电流，充足的带宽，适用于电导率仪
AD8237	5 V，最大失调电压漂移：0.3 μV/°C，最小CMRR：106 dB	微功耗、零漂移、真正的轨到轨仪表放大器
ADC		
AD7173-8	31.25 kSPS、24位、低功耗、8个全差分/16个单端通道复用Σ-Δ型模数转换器	高速、高分辨率；2.5 V精密基准电压源3.5 ppm/°C；精密模拟缓冲器
AD7175-2	250 kSPS、24位、2个全差分/4个单端通道复用Σ-Δ型模数转换器	高速、高分辨率；2.5 V精密基准电压源；真正的轨到轨模拟缓冲器
AD7177-2	10 kSPS、32位、Σ-Δ型ADC，具有 100 μs建立时间，集成真正的轨到轨缓冲器	高速、高分辨率；2.5 V精密基准电压源；真正的轨到轨模拟缓冲器
AD7685	16位、250 kSPS、INL：±0.6 LSB (典型值)	精密SAR ADC
AD7988-5	16位、500 kSPS、INL：±0.6 LSB (典型值)	精密SAR ADC超低功耗
AD7980	16位、1 MSPS、INL：±0.6 LSB (典型值)	精密SAR ADC
AD4000	16位、2 MSPS精密伪差分SAR ADC	精密SAR ADC
AD4003	18位、2 MSPS精密SAR差分ADC，INL：±1 LSB (典型值)	精密SAR ADC，高速
AD7960	18位、5 MSPS、INL：±0.8 LSB (典型值)	精密SAR ADC，高速
AD7626	16位、10 MSPS、INL：±0.45 LSB (典型值)	精密SAR ADC，高速
DAC		
AD5676R	16位8通道DAC；±3 LSB INL (最大值)；50 M SPI接口；2 ppm/°C基准电压源	高分辨率、高线性度、高集成度；20-TSSOP封装；2 ppm/°C基准电压源
AD5686R	16位4通道DAC；±2 LSB INL (最大值)；50 M SPI接口；2 ppm/°C基准电压源	高分辨率、高线性度；2.5 V精密基准电压源2 ppm/°C
AD5689R	16位2通道DAC；±2 LSB INL (最大值)；可选增益1和2；50 M SPI接口	高分辨率、高线性度；2.5 V精密基准电压源2 ppm/°C
AD9833	5 V DDS数字可编程频率和相位、28位分辨率，25 MHz参考时钟	25 MHz完整DDS
AD9834	5 V DDS数字可编程频率和相位、28位分辨率，75 MHz参考时钟	75 MHz完整DDS
多路复用器		
ADG1608	8通道多路复用器，±8 V电源，低导通电阻4.5 Ω (典型值)，低漏电流20 pA (典型值)，低功耗1 μA	宽电源范围、低漏电流和低导通电阻有助于构建高精度系统
ADG1408	8通道多路复用器，±15 V电源，低导通电阻4.7 Ω (典型值)，低漏电流20 pA (典型值)	宽电源范围、低漏电流和低导通电阻有助于构建高精度系统
ADG1208	8通道多路复用器，±15 V电源，<1 pC电荷注入(整个信号范围内)，1 pF关断电容，低漏电流20 pA (典型值)	宽电源范围、低漏电流和低电容/电荷注入有助于构建高精度系统
ADG5408	8通道多路复用器，±22 V电源，低导通电阻13.5 Ω (典型值)，低漏电流50 pA (典型值)	高压防闩锁型8通道多路复用器
ADG5412F	10 Ω四通道SPST，±22 V电源，100 pA漏电流(典型值)	高压闩锁，过压保护高达−55 V和+55 V，关断保护高达−55 V和+55 V
ADG1212	四通道SPST，±15 V电源，2.6 pF导通电容，<1 pC电荷注入，20 pA漏电流(典型值)	低电容、低电荷注入、±15 V/+12 V *i*CMOS四通道单刀单掷开关
基准电压源		
ADR4550	5 V基准电压源，极低漂移：2 ppm/°C (最大值)，低噪声：2.8 μV p-p (0.1 Hz至10Hz)，长期稳定性：25 ppm/√1000 hr	低漂移、超稳定、低噪声基准电压源，ADR45xx系列还提供许多其它输出电压选项
ADR3450	5 V基准电压源，极低漂移：8 ppm/°C (最大值)，2.5 ppm/°C (典型值)，低噪声：35 μV p-p (0.1 Hz至10 Hz)，长期稳定性：30 ppm/√1000 hr	低漂移、稳定、低成本基准电压源。ADR34xx系列还提供许多输出电压选项
微控制器		
ADuCM361	精密模拟微控制器、ARM® Cortex®-M3 32位处理器、6个差分通道、单通道24位ADC、单通道12位DAC、功耗1.0 mA、290 μA/MHz、19引脚GPIO、128 kB Flash®/EE存储器、8 kB SRAM小型封装，低漂移内部基准电压源(5 ppm典型值)，集成可编程电流源	低功耗、高精度24位Σ-Δ型ADC，4 mA至20 mA环路应用，小型封装
ADuC7061	基于10 MHz ARM7的精密模拟微控制器，高精度双通道Σ-Δ型ADC前端，24位分辨率、16位ENOB、低于100 Hz输出速率；存储器包括32 kB Flash和4 kB SRAM；其它重要特性包括低于3 mA的工作电流(MCU内核工作在1 MHz)，适合4 mA至20 mA环路应用，12位DAC，5 mm × 5 mm 32引脚LFCSP小型封装	低功耗、低成本24位Σ-Δ型ADC，4 mA至20 mA环路应用，小型封装

产品型号	说明	优势
电源管理		
ADP2503	38 μA静态电流；2.5 MHz降压-升压dc-dc转换器，支持的输入电压可以大于、小于或等于调节输出电压	低功耗可延长电池寿命，小型封装、少量外部器件只需较小的PCB空间
ADM8828	无电感的电压反相器，两个1 μF外部电容	小型封装、少量外部器件只需较小PCB空间
ADP2301	3.0 V至20 V输入、1.2 A、1.4 MHz频率、效率最高可达91%、电流模式控制架构	SOT23-6小型封装，只需极少的外围元件，小尺寸解决方案
ADP160	2.2 V至5.5 V输入，150 mA最大输出电流，1%初始精度，多达15个固定输出电压选项：1.2 V至4.2 V；低静态电流：42 μA	低功耗，集成输出放电电阻，小型封装只需两个1 μF外部电容
ADP7102	20 V输入LDO，300 mA输出电流，低噪声15 μV rms，7个固定输出电压版本和可调版本	高输入电压、低噪声LDO
ADP7182	–28 V输入LDO，200 mA输出电流，低噪声：18 μV rms	高输入电压、低噪声负LDO
ADP2441	4.5 V至36 V输入降压调节器，1 A输出电流，高效率(大于90%)，可调开关频率：300 KHz至1 MHz，限流保护，外部软启动，热关断	3 mm × 3 mm小型LFCSP封装，高效率
ADP2370	3.0 V至15 V输入降压调节器，800 mA输出电流，1.2 MHz或600 kHz PWM频率，低静态电流14 μA、效率高于90%，电流模式控制架构	小型3 mm × 3 mm LFCSP封装，只需极少的外围元件，小尺寸解决方案
接口		
ADM2483	半双工，500 kbps数据速率，5 V或3 V工作电压，低功耗：2.5 mA (最大值)，2.5 kV隔离	低功耗、具竞争力的价格
ADM2484E	5 kV信号隔离、ESD保护、500 kbps、全/半双工RS-485收发器	全/半双工RS-485收发器
ADM3251E	2.5 kV完全隔离(电源和数据)RS-232收发器，集成*iso*Power®的隔离式dc-dc转换器，460 kbps 数据速率	隔离式单通道RS-232线路驱动器/接收机
ADUM1250	双向I²C通信，开漏接口，适合热插拔应用	热插拔双I²C隔离器
ADM3202	460 kbps数据速率，DIP、SO、SOIC、SSOP和TSSOP	高速、双通道RS-232/V.28接口器件
ADM3053	信号和电源隔离CAN收发器集成隔离dc-dc转换器，V_{CC}工作电压：5 V，VIO工作电压：5 V或3.3 V	2.5 kV rms信号和电源隔离CAN收发器
ADM3260	双向I²C通信，3.0 V至5.5 V电源/逻辑电平，适合热插拔应用	集成dc-dc转换器、支持热插拔的双通道I²C隔离器
ADM2587E	2.5 kV信号和电源隔离、±15 kV ESD保护、全/半双工RS-485收发器(500 kbps)	隔离式RS-485/RS-422收发器，集成了隔离式dc-dc转换器

设计资源

参考电路

- CN0292：用于工业电平信号的完全隔离、鲁棒、4通道、多路复用数据采集系统—*www.analog.com/cn/cn-0292*
- CN0277：针对交流性能优化的18 位、5 MSPS数据采集系统—*www.analog.com/cn/cn-0277*

设计工具/论坛

- ADIsimPower™：ADI稳压器设计工具—*www.analog.com/cn/adisimpower*
- ADI中文技术论坛：在线技术支持社区—*ez.analog.com/cn*

欲查看有关气体探测器的其他资源、工具和产品信息，请访问：

www.analog.com/cn/instrumentation。

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

中国配网自动化终端DTU/FTU一二次融合系统方案

应用背景简介

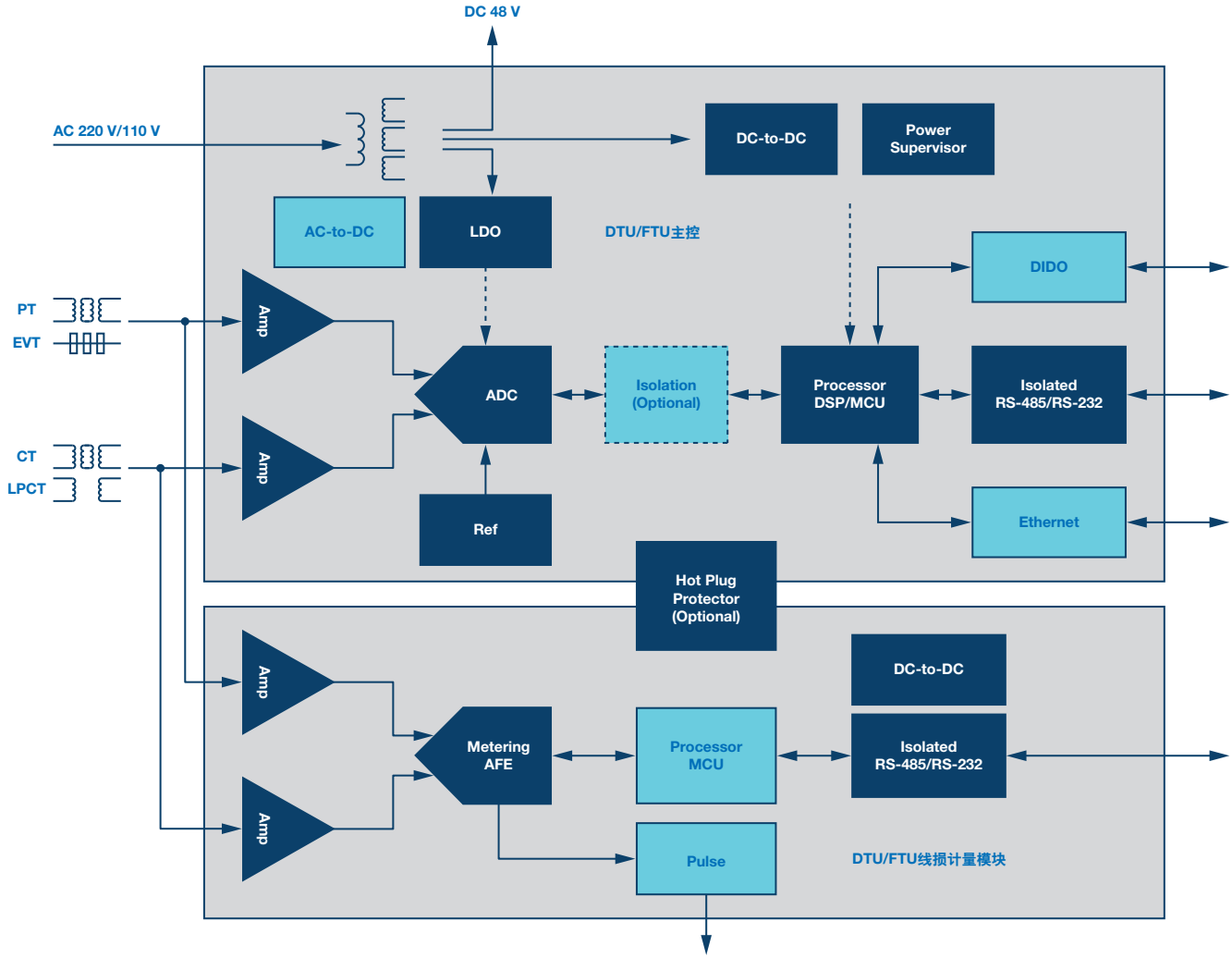
伴随着新能源接入，电动汽车等新兴应用开始普及，电力系统中中低压配网的稳定性和智能性变得越来越重要。对应而来的，是中国从2016年开始对于配网自动化加大了投资的规模，给国内广大的中低压配网自动化的生产企业带来了很多新的商机，需求以及挑战。其中，中国国家电网在2016年末提出的“配网自动化终端DTU/FTU需要考虑一二次设备融合的需求和考虑采用电子式互感器来取代传统的电磁式互感器”的总体思路成为了目前现阶段几乎所有配网自动化终端生产企业的研究对象。尽快在研发出符合国网一二次融合新要求的DTU/FTU，将是这些厂商在2017年上半年的首要目标和现阶段面临的最大挑战和机遇。

系统设计难点

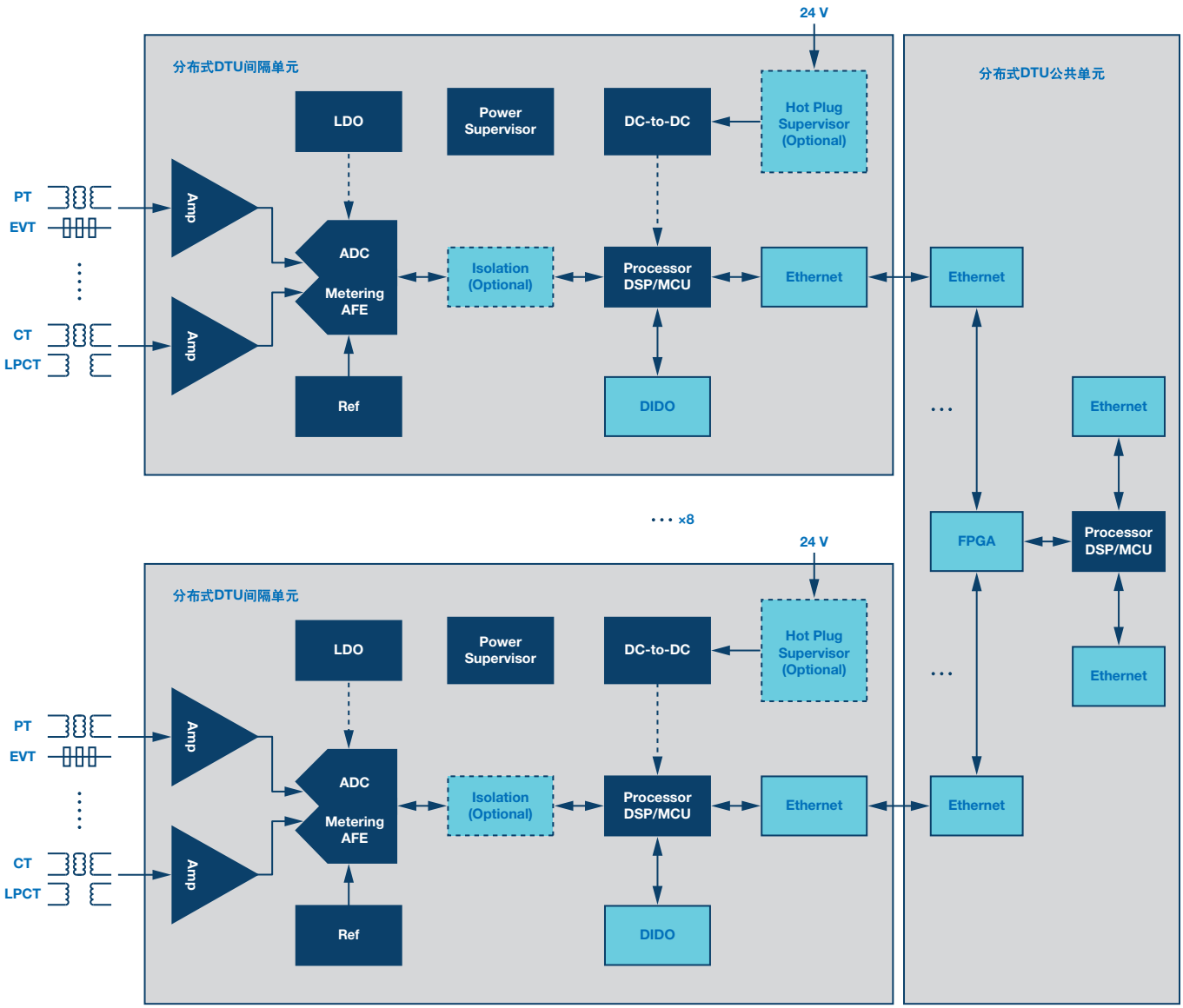
- 兼容电子式电压互感器的交流模拟量输入通道需要10 M欧姆以上输入阻抗。
- 兼容电子式电流互感器的交流模拟量输入通道需要考虑最大测量到20倍额定电流的大动态范围。
- Ac模拟量输入侧需要直接面临EMC的考验，对于快瞬群脉冲测试时，还需要保证一定的测量精度(精度劣化值不能超过原测控标称值的200%)
- 环境温度达到–40°C至+70°C，由于安装位置靠近一次侧，结构设计又要求IP67的防护等级，电路板上器件附近的实际极限温度甚至可能达到+85°C。而系统需要在全温度范围内保证测量值温飘。
- 加入了线损计量模块的需求，这个对于绝大多数没有任何电表计量应用的配网厂商来讲，可以讲几乎是个全新的应用。另外，计量模块支持热插拔。
- 虽然DTU/FTU近期标准还没有被发布，但是国网公司已经在着手制定DTU和DTU的远期规划，厂商在时刻跟踪近期规划的要求和变化的同时，也需要开始考虑远期分布式的系统架构。

ADI解决方案

现阶段DTU/FTU一二次融合系统方案框图



远期DTU/FTU的分布式系统方案框图



	ADI推荐
放大器	ADA4177-4/ADA4077-4/AD628
ADC	AD7616
处理器	ADSP-BF606/ADSP-BF607/ADSP-BF518
电压REF	ADR441/ADR3425
隔离	ADuM141D
计量AFE	ADE9078/ADE9000
LDO	ADP7104/ADP7182
Dc/dc	ADP2441/ADP2443/ADP5071
热插拔保护器	ADM1270
接口	ADM2587E (RS-485)/ADM3251E (RS-232)

ADI公司产品

产品型号	说明	主要特性	优势
放大器			
ADA4177-x	过压保护双极性精密运放	±32 V 输入过压保护，EMI滤波，60 μV超低输入失调电压，1 nA低输入偏置电流，共模输入阻抗达到130 G欧姆	输出侧可以对保护超过电源轨电压±32 V以下的过电压进行保护，大大减低了对于输出EMC保护器件的钳位电压的要求，有利于减少ac模拟通道的输入漏电流来实现ac电压输入10 M以上输入阻抗的系统级要求
ADC			
AD7616	16通道16位逐次逼近型ADC	2×8共16通道的SAR型ADC，采样率高达1 MSPS × 2，每通道可以独立配置成±10 V, ±5 V,或者±2.5 V，模拟电源单5 V，带有burst模式采样，采样通道顺序可以自由预编程，信噪比90 dB左右，±21 V输入过压保护，芯片级模拟输入8 kV ESD保护，数字接口可以激活CRC校验	单芯片实现一个间隔所有电压电流已经辅助监控通道的信号采集，单模拟电源简化电源要求，高可靠性数字接口以及模拟输入保护有效提高系统可靠性
处理器			
ADSP-BF606/ ADSP-BF607	双核双以太网Blackfin处理器	双核500 MHz主频Blackfin处理器, 内有双以太网MAC控制器，支持IEEE1588同步	对于远期DTU方案来讲，这个处理器既适合用同FPGA合作作为公共单元，也适合用来完成间隔单元的信号处理和实现IEC61850和TC104规约
计量			
ADE9078	动态高达10000:1范围的高精密三相电能计量芯片	三相电能计量芯片，可以直接读取三相有功无功电压电流有效值等电参量，精度满足0.2 s电度计量的要求，另外有直接采样裸数据通道，可以用来实现谐波计算，前端另外有数字积分器，可以接口罗氏线圈	高性能三相电能计量芯片，易于实现计量模块
热插拔保护器			
ADM1270	热插拔电源保护	4 V到60 V输入电源保护，背板热插拔冲击电流限流保护，限流电流可调节	低成本，高输入电压热插拔电源限流保护
隔离和接口			
ADM2587E	单芯片隔离RS-485接口芯片	集成电源隔离，信号隔离和RS485总线接口驱动的接口IC，5 kV隔离，±15 kV ESD保护，最高达到500 kbps波特率，2500 V @ 1 min隔离耐压	单芯片的隔离RS-485解决方案，高集成度减少电路面积
电源管理			
ADP5071	单电源输入转正负输出电源芯片	宽范围输入电压2.85 V至15 V，输出电压最高可达±39 V。输出电流可达最高2 A (正电压)和1.2 A (负电压)的电源转换芯片。	可实现3.3 V或者5 V输入，±12 V或者±15 V电源输出

设计资源

应用笔记

- AN-1409：*利用AD7616灵活的序列器和突发模式实现准同步采样—www.analog.com/cn/an-1409.pdf*
- AN-1387：*应用ADA4177系列输入过压保护运算放大器的实际设计考虑—www.analog.com/cn/an-1387.pdf*
- AN-1349：*将ADM2582E/ADM2587E RS-485/RS-422收发器辐射降至最低的PCB实施指南(修订版0)—www.analog.com/cn/an-1349.pdf*

欲了解有关ADI公司能源应用和产品的更多信息，请访问：*www.analog.com/cn/energy*

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

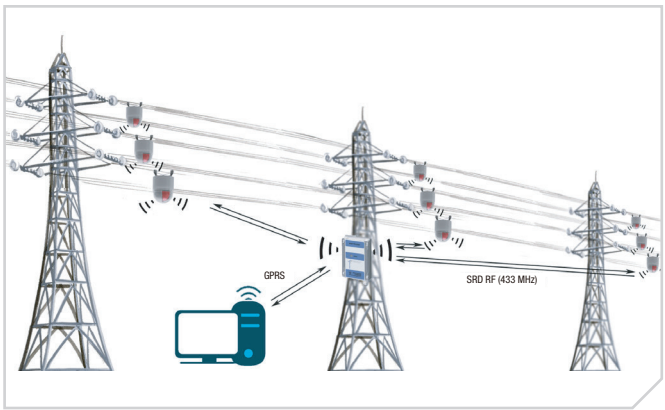
智能能量采集和低功耗故障指示器设计

故障指示器(FCI)系统和新应用要求

输配电(T&D)系统已发展为发电站和不同的终端用户负载之间巨大的互联电力传输网络。为了尽可能监测配电网支路，尤其是城市和农村地区的架空电力线缆，快速查找/响应任何线路故障，并在最短时间内将配电网络恢复到稳定状态尤为重要。

故障指示器(FCI)是一种易于实施、少维护或免维护型低成本解决方案，因此该方案在配电网中的应用需求也日益增长。

设计此类设备主要包括能量采集、电源管理、处理器、模拟前端采样(AFE)电路和通信接口等。智能能量采集/管理和超低功耗成为客户设计中的关键要求。作为混合信号处理的全球技术领导者，ADI公司是这一领域的主要系统解决方案供应商，将能为客户提供理想的解决方案。



ADI价值所在

- ADI公司在电能计量方面具备卓越的专业技术——全世界所有电网设备中有50%采用了ADI转换器。
- 完整的超低功耗信号链覆盖从ADC转换到处理器处理和无线通信。
- 在能量采集和电源管理方面采用业界领先的技术。
- 具有高集成度和出色的系统性能，可简化设计，节省成本并保证系统的长期可靠性。
- 源自ADI的高性能电源/电池管理(包括LTC传统产品)。
- 通过高精度转换器和放大器实现精密信号测量。

系统设计考虑和主要挑战

- 低至μA级的系统功耗。
- 高效能量采集和功率转换。
- 多电源管理和无缝切换为系统负载提供稳定的电源。
- 汇集单元上的电池充电和管理来实现电池寿命的最大化。
- 汇集单元采用高电压太阳能面板和安培级GPRS功耗设计。
- 电流互感器(CT)取电会对电流测量性能造成影响。
- 性能/功耗平衡将成为模拟前端采样(AFE)电路设计中的一个关键点。
- 需考虑低功耗无线通信和网络同步对时。
- 快速、精确的线路故障检测算法设计。
- 在系统生命周期内保持长期鲁棒性/可靠性，并提供过流和浪涌等保护。

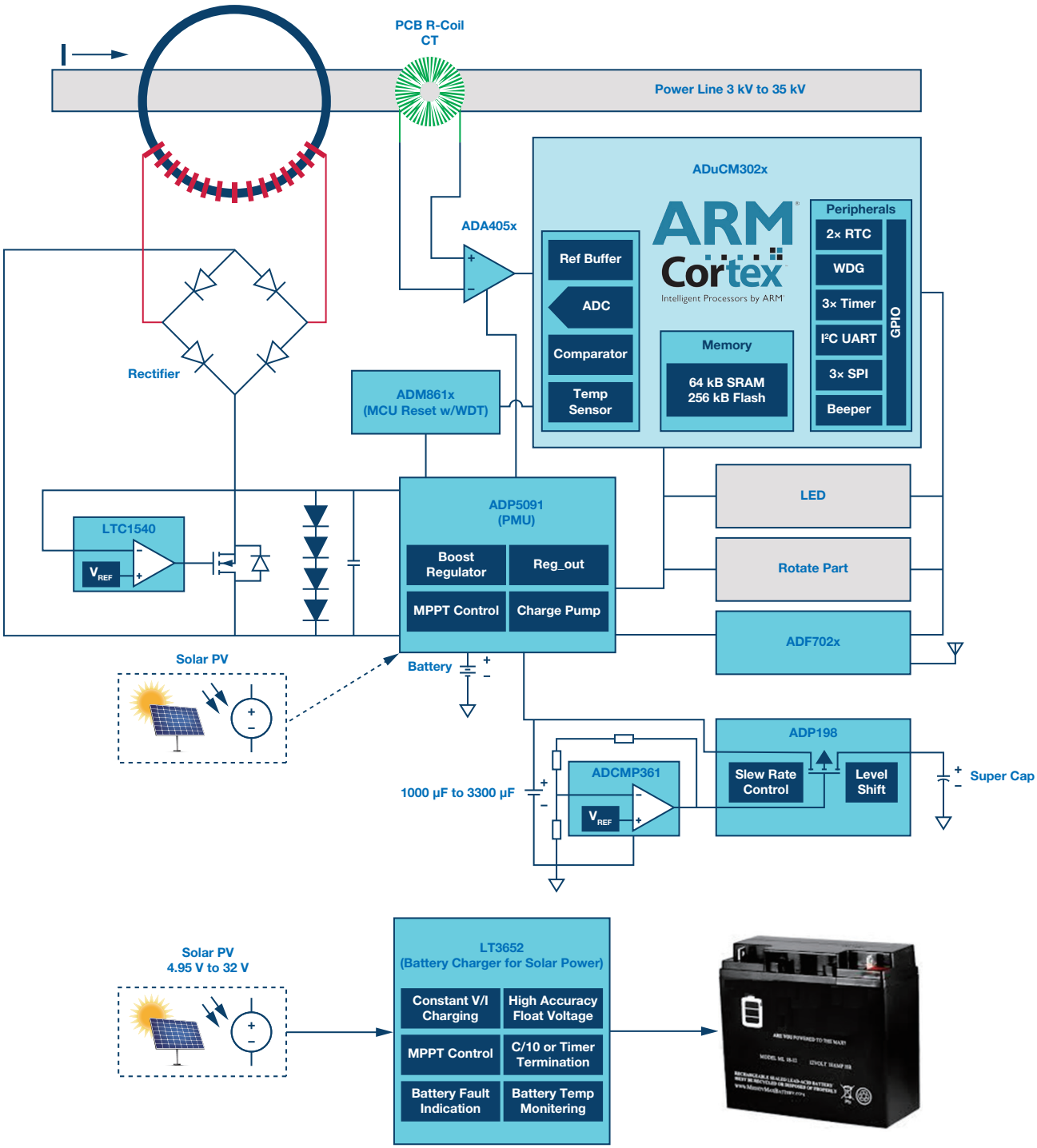
为什么使用ADI解决方案(ADI解决方案价值主张)

高度集成的解决方案对于紧凑型布局极其有利，可减少设计复杂性，且业界领先的超低功耗性能在完整的系统信号链范围内达到历史最低。

- 客户可受益于使用单片芯片来实现高效能量采集和多电源管理，同时集成的稳压器输出可降低BOM成本并简化PCB设计。
- 针对CT特性优化的最大功率点跟踪(MPPT)，即使在CT一次侧电流很小的情况下，其功率转换效率还可超过90%。
- 专用电池IC支持将太阳能面板能量对多种化学类型电池(锂离子/聚合物、LiFePO4、SLA)充电，并提供恒流/恒压充电特性以及完整的电池管理和保护。
- 低功耗运算放大器具有宽动态范围和高压摆率，配合罗氏线圈可以轻松实现电流测量，以减少磁场对电流测量精度的影响。
- 高性能、超低功耗ARM® Cortex®-M3处理器提供丰富的数字外设和模拟子系统，而安全和加密功能增强了系统安全性和可靠性。
- 提供低至nA级的电源监控芯片和比较器，以供扩展设计使用。
- 集成传感器网络协议(6LoWPan)的标准ISM频段收发器，用于实现智能RF通信。

系统框图

ADI解决方案覆盖整个FCI信号链(采集单元整体和汇集单元PMU部分)



以上信号链代表典型的FCI应用设计。各模块的技术需求各不相同，下表所列产品代表可满足上述部分要求的ADI解决方案。

	ADI推荐
电源管理(采集单元)	ADP5091/LTC3330
电源管理(汇集单元)	LT3652
信号调理	Amplifier: ADA4051-x/AD850x
处理器	ADuCM302x
电源监控器	ADM861x
RF收发器	ADF702x
电压比较器	LTC1540/ADCMP361
基准电压源	AD1582/ADR525

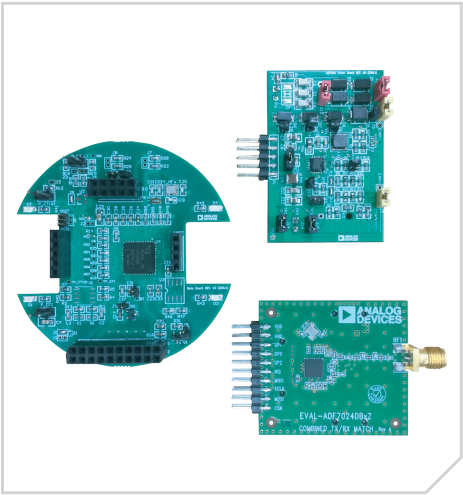
主要产品简介

ADI公司产品

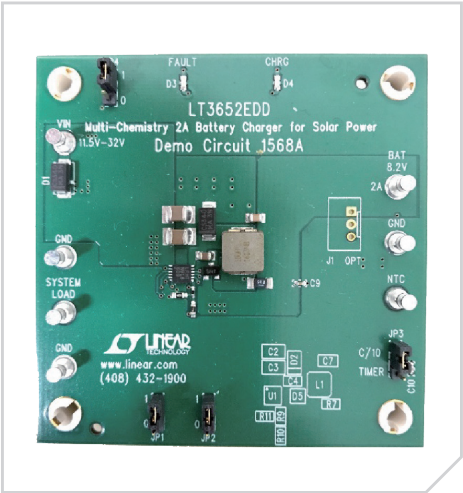
产品型号	描述	主要特性	优势
电源管理			
ADP5091	超低功耗能量采集器PMU	输入电压：80 mV至3.3 V；380 mV快速冷启动电压；1.5 V至3.6 V范围内可调节电压输出，输出电流能力可达150 mA；用于充电储能和备用电池的可编程电压监控器	集成最大功率点跟踪功能的升压调节器；不对RF传输产生额外干扰
LT3652	电源跟踪2 A电池 太阳能充电器	输入电压范围：4.95 V至32 V；最高14.4 V的电阻可编程浮充电压；支持锂离子/聚合物、LiFePO4、SLA等多种化学类型电池；用户可选性终止充电特性	太阳能应用中的电源跟踪；恒流/恒压充电特性
放大器			
ADA4051-x	零漂移、轨到轨运算 放大器	非常低的电源电流：13 μA；低失调电压：15 μV(最大值)；失调电压漂移：20 nV/°C；V_{SUPPLY}：1.8 V至5.5 V	轨到轨输入/输出；单位增益稳定；扩展工业温度范围：−40°C至+125°C
处理器			
ADuCM302x	超低功耗 ARM® Cortex®-M3 MCU	高达26 MHz ARM Cortex-M3内核，具有64 kB、256 kB flash和4 kB缓存；V_{SUPPLY}：1.8 V至3.6 V；有效模式<38 μA/MHz，休眠模式<750 nA；8通道1.8 MSPS 12位SAR ADC；数字比较器；硬件加密加速器/CRC	电源监控器；LDO+降压转换器可提高效率；用户代码保护；动态/SW时钟和电源门控
电源监控器			
ADM861x	超低功耗监控	超低功耗ICC = 92 nA；电压监控范围：0.5 V至4.63 V，±1.3%阈值精度；可选看门狗定时器	手动复位输入；低电平有效、开漏复位输出；电源毛刺抑制
RF收发器			
ADF7024	Sub GHz、ISM/SRD、FSK/GFSK、收发器	ISM频段：431 MHz至435 MHz/862 MHz至928 MHz；支持数据速率：9.6 kbps至300 kbps；V_{SUPPLY}：2.2 V至3.6 V；自动频率/增益控制(AFC/AGC)；采用智能唤醒模式(SWM)的11.75 μA自主Rx嗅探	超低功耗休眠模式；数字接收信号强度指示(RSSI)；高线性度/阻塞/灵敏度；片内集成8位ADC
电压比较器			
LTC1540	纳低功耗电压比较器	超低静态电流：0.3 μA；片内基准电压源输出拉电流高达1 mA；2 V至11 V电源	可调迟滞；TTL/CMOS兼容输出
ADCMP361	双极性输出电压比较器	电源电压范围：1.7 V至5.5 V；阈值：400 mV ±0.275%；低输入偏置电流：±5 nA (最大值)；双路开漏输出	带片内基准电压源的比较器；输入毛刺抑制
基准电压源			
AD1582	微功耗、精密串联模式基准电压源	低静态电流：70 μA (最大值)；电流输出能力：±5 mA；宽电源电压范围：$V_{IN} = V_{OUT}$ + 200 mV至12 V；宽带噪声(10 Hz至10 kHz)：50 μV_{RMS}	温度漂移曲率校正专利设计；工业温度范围：−40°C至+125°C

设计资源

参考设计/演示设计(采集单元和汇集单元PMU)







应用笔记/文章/CFTL

- EVAL-ADP5091/ADP5092用户指南
- 用于LTC3652的演示手册DC1568A
- 文章：电源跟踪电池充电器IC支持太阳能系统
- 面向WSN的实际环境能量采集(LTC传统产品)
- 面向ADuCM302x处理器的EE388v01功耗优化指南
- 采用ADuCM302x处理器引导内核的EE381v01
- ADF7024上的AN-1315自主IR校准
- ADF7024上的AN-1317滚动数据缓冲器

设计工具

- *analog.com/en/eval-aducm3029-ezkit.html*

联系ADI

欲了解有关ADI能源应用和产品的更多信息，请访问：

analog.com/cn/energy.

ADI公司再生能源—太阳能光伏逆变器解决方案

ADI公司能源部门概述

ADI公司在高精度信号测量和控制方面处于业界领先地位，致力于以极具成本竞争力的高质量IC实现可靠的计量、测量、监控和控制。其产品广泛用于再生能源、输配电以及水、电、气计量应用。ADI公司凭借在优化系统级信号处理性能方面的成熟经验和种类丰富的产品，为开发人员提供精密、可靠、易于设计的能源管理解决方案。

主要挑战和系统考虑

- 降低1美金每瓦的系统成本
- 提高电网兼容能力
- 通过磁性和无源元件小型化减小重量/尺寸
- 更高可靠性和更长使用寿命
- 通过直流电弧检测消除火灾
- 最大程度减少注入交流电网的直流电流

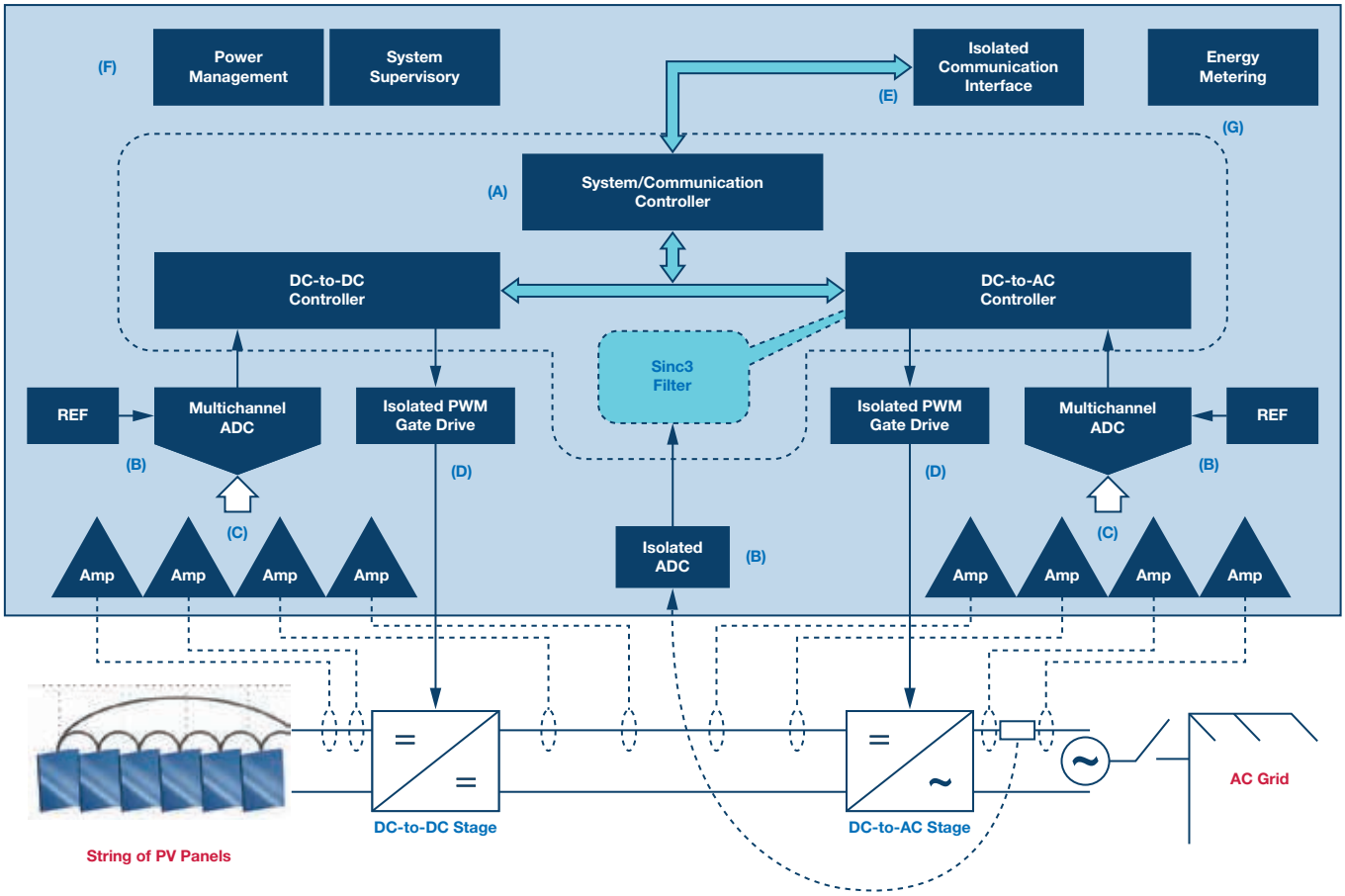
太阳能光伏发电应用分类

- 离网太阳能光伏发电系统
- 并网太阳能光伏发电系统
  - 公用设施级三相光伏逆变器(>100 kW)
  - 分布式单相和三相光伏串式逆变器(1 kW至50 kW)
  - 单相微逆变器和直流优化器(200 W至300 W)

为何选择ADI

- ADI公司在集成电能测量方面具有卓越的专业经验——采用ADI公司计量技术的电表已达3亿台
- ADI公司在下一代更高可靠性隔离技术(*i*Coupler®)方面居于行业领导地位
- 全世界所有电网设备中有50%采用ADI公司转换器
- 通过高精度转换器和放大器实现电流和电压的精密测量
- 为电力网络和智能电网提供稳定、可靠的高性能信号处理技术

太阳能光伏逆变器信号链



注：上述信号链代表太阳能光伏逆变器系统。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。

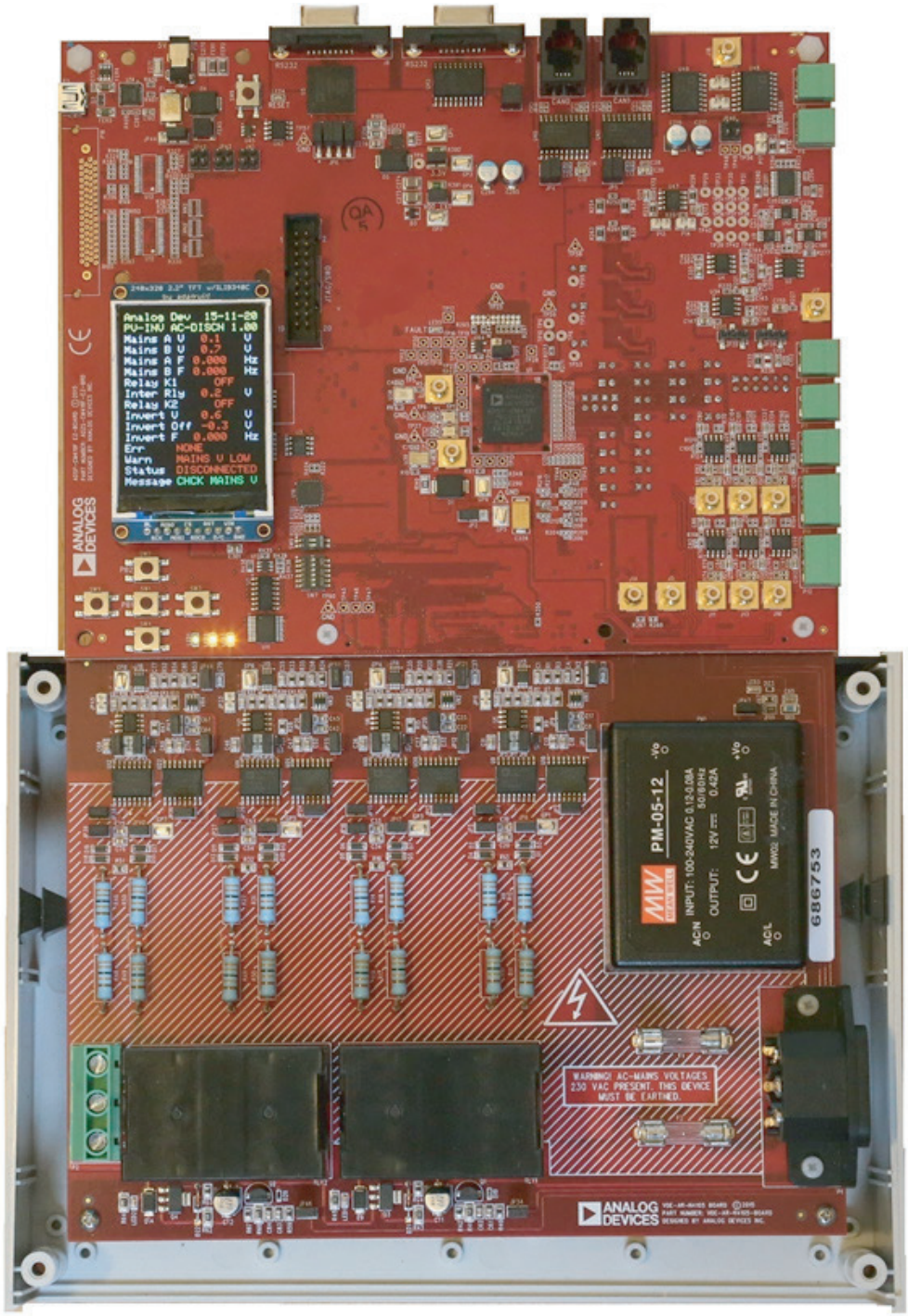
(A)控制器和处理器	(B) ADC和基准电压源	(C)信号调理	(D)隔离和栅极驱动器	(E)电源管理	(F)通信接口	(G)电能计量
ADSP-2147x/ ADSP-CM403F/ ADSP-CM419F	ADCs：AD7606/AD7607 AD7266/AD7265 隔离式ADCs：AD7401A/ AD7403 基准电压源：ADR34xx	放大器：ADA4177-x/ AD8479/ AD8604 电流检测放大器：AD8212	隔离器：ADuM14x/ADuM6000 隔离式栅极驱动器：ADuM3223/ ADuM4223/ ADuM4135/ ADuM4136/ ADuM4121	DC-DC：ADP211x PMUs：ADP5034/ ADP5071 电源监控器：ADM6305/ADM6306	RS-485：ADM2587E CAN：ADM3053/ADM3054	ADE7953/ADE7880

特色产品

产品型号	描述	主要特性	优势
处理器			
ADSP-CM403F	混合信号处理器	240 MHz ARM® Cortex®-M4，384 kB SRAM和2 MB闪存，双通道16位SAR型ADC和14位精度、2.6 MSPS、集成SINC滤波器	ADI公司专门针对太阳能逆变器应用而设计的ARM Cortex-M4处理器
ADSP-CM419F	混合信号处理器	240 MHz ARM Cortex M4，100 MHz ARM Cortex M0, 160 kB SRAM和1 MB闪存，6个同步采样16位ADC、4.3 MSPS、集成FFT和浮点加速器	专门为光伏逆变器定制的处理器，可以省去外部的安规处理器及用于电弧检测的处理器；内部集成的FOCP等电路可以省去外部的额外电路
ADSP-2147x	浮点DSP	300 MHz SHARC®内核，5 Mb SRAM，PWM、SPORT等丰富外设	高性能浮点计算和连接高性能ADC的外设

产品型号	描述	主要特性	优势
模数转换器			
AD7403	隔离式Σ-Δ调制器	隔离式Σ-Δ调制器，5 kV隔离，±250 mV (±320 mV满量程)、88 dB和超过14位的ENOB	高分辨率隔离式ADC，可与基于分流电阻的电流检测电路轻松接口
AD7266	多通道ADC	AD7266是一款12位双核高速、低功耗的逐次逼近型ADC，采用2.7 V至5.25 V单电源供电，最高　吐速率可达2 MSPS	同步采样，带多路复用器
AD7606	8通道、16/14位同步采样ADC	真双极性模拟输入范围：±10 V、±5 V，5 V模拟单电源，2.3 V至+5 V VDRIVE，1MΩ模拟输入阻抗，模拟输入箝位保护	8通道同步采样，5 V单电源
基准电压源			
ADR34xx	基准电压源	最大温度系数：8 ppm/°C，工作温度范围：–40°C至+125°C，输出电流：+10 mA源电流/–3 mA吸电流	最大8 ppm低成本基准电压源
放大器			
ADA4177-x	带过压保护的双极性运算放大器	±32 V OVP运算放大器，内置EMI滤波器，最大60 μV V_{OS}和1μV/°C V_{OS}漂移，最高±18 V供电轨，3.5 MHz GBP，轨到轨输出	高可靠性双极性运算放大器，集成±32 V OVP和EMI滤波器
AD8479	差动放大器	差动放大器，共模电压最高为±600 V，最大10 μV/°C失调电压漂移，最大5 ppm/°C增益漂移	最大±600 V共模电压的差动放大器
AD8212	电流检测放大器	6 V至>500 V共模范围，可调增益，电流检测放大	高共模输入范围
隔离器			
ADuM14x	4通道数字信号隔离器	4通道数字3.75 kV隔离，最高150 MHz波特率，100 kV CMTI，温度范围达125°C，1.8 V至5 V电平转换，故障安全高电平或低电平选项	高可靠性4通道数字隔离，100 kV CMTI，适合开关电源应用
ADuM6000	隔离式dc-dc转换器	5 kV集成*iso*Power®的隔离式dc-dc转换器，最高400 mW输出功率	易于使用的dc/dc转换器，配合AD7403使用可实现基于分流电阻的电流检测解决方案
隔离式栅极驱动器			
ADuM3223/ADuM4223	隔离式栅极驱动器	带片上隔离的2通道栅极驱动器(工作电压> 849 V峰值)，传播延迟<54 ns，通道间匹配<5 ns	超快速隔离式2通道栅极驱动，适合电桥应用，低传播延迟
ADuM4135/ADuM4136	IGBT/MOSFET/SiC/GaN用隔离式栅极驱动器	集成保护功能(ULVO、DESAT)的隔离式栅极驱动器，最高5 kV隔离，100 kV/μs CMTI，4 A驱动能力，55 ns传播延迟	100 kV/μs CMTI和低传播延迟
ADuM4121	IGBT/MOSFET/SiC/GaN用隔离式栅极驱动器	高电压隔离式栅极驱动器，支持Miller钳位，2 A驱动能力，55 ns传播延时	150 kV/μs CMTI和低传播延迟
接口			
ADM2587E	隔离式RS-485/RS-422收发器	半双工或全双工，500 kbps，5 V或3.3 V工作电压，5 kV隔离	集成隔离式dc/dc转换器，±15 kV ESD保护
ADM3053	隔离CAN收发器	信号和电源隔离CAN收发器，符合ISO 11898标准，数据速率高达1 Mbps	集成隔离式dc-dc转换器、集成CAN总线的单芯片解决方案
电能计量			
ADE7880	三相电能计量(带谐波监控)	TA = 25°C时，在1000:1的动态范围内有功和无功电能误差小于0.1%；在3000:1的动态范围内有功和无功电能误差小于0.2%	带高性能谐波分析的多相电能计量
ADE7953	单相电能计量	在3000:1的动态范围内有功和无功电能误差小于0.1%；在500:1的动态范围内瞬时IRMS和VRMS测量误差小于0.2%	高性能、宽动态范围
电源管理			
ADP5034	多路输出dc-dc调节器	集成两通道1.2 A的Buck转换器和两通道300 mA LDO，LFCSP封装；Buck转换效率最高可达96%	4通道输出PMU，单器件电源链解决方案
ADP5071	2 A/1.2 A开关稳压器，提供独立正负输出	单路正输入、双路输出(正和负)开关稳压器；输出电流高达2 A/1.2 A，输出电压高达±39 V	易于使用、单路输入、双极性电压输出稳压器，减少ac/dc电源设计工作
ADM6306	双电压监控器	小型封装，双电压监控器，5 μA低功耗	低成本、小型封装、5 μA低功耗

参考设计和演示板



ADSP-CM419-EZKIT和VDE-4105扩展板

电能测量参考电路

- 500 V共模电压电流监控器(CN-0218)— *www.analog.com/cn/cn-0218*
- 更多参考电路请访问—*www.analog.com/cn/circuits*

技术文章/应用笔记

- 下一代电能转换—设计更安全、高效和低成本的光伏逆变器—*www.analog.com/cn/The-Next-Wave-of-Power-Conversion-Designing-for-Safety-Speed-and-Cost-Efficiency-in-Solar-PV-Inverters_cn.pdf*
- *iso*Power器件的辐射控制建议(AN-0971)—*www.analog.com/cn/an-0971.pdf*
- 在太阳能应用中使用ADSP-CM403 HAE谐波分析引擎(MS-2543)—*www.analog.com/cn/ms-2543.pdf*
- ADSP-CM403 SINC—太阳能应用中的隔离测量(MS-2544)—*www.analog.com/cn/ms-2544.pdf*
- 并网光伏逆变器中隔离的集成(MS-2356)—*www.analog.com/cn/ms-2356.pdf*
- ADSP-CM41x用于电能转换的混合信号控制器视频—*www.analog.com/cn/education/education-library/videos/5130302672001.html*
- 针对功率转换的独立双核安全概念—*www.analog.com/cn/education/education-library/videos/5027423540001.html*
- 电弧检测演示视频—*www.analog.com/cn/arcing-detection*
- 新的功率开关技术和门驱—*www.analog.com/cn/new-power-switch-technology-and-the-changing-landscape-for-isolated-gate-drivers_cn.pdf*

设计工具/论坛

- ADI公司最快、最精确的DC-DC电源管理设计工具(ADIsimPower™)—*www.analog.com/cn/ADIsimPower*
- 在线技术支持社区(EngineerZone®)—*ez.analog.com/cn*
- ADSP-CM40x EZ-Board®和EZ-Kit Lite®评估硬件—*www.analog.com/cn/CM40X-EZ*
- ADSP-CM41x EZ-Board和EZ-Kit Lite评估硬件—*www.analog.com/cn/CM41X-EZ*

欲了解有关ADI公司能源应用和产品的更多信息，请访问：*www.analog.com/cn/energy*

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

伺服电机控制解决方案

应用简介

针对电机控制解决方案，ADI公司提供了门类齐全的产品组合，其中包括了模数/数模转换器、放大器、嵌入式处理器、*i*Coupler®数字隔离器、电源管理器件和实时以太网解决方案；这些高性能的器件和增加系统集成度有助于实现更新型的拓扑结构设计，为客户实现系统的差异化设计带来价值，比如，更快主频的处理器可以运行更加复杂的算法，高性能的ADC可以支持更高性能的电流环控制等等。伺服驱动系统的性能同用户最终所构建的运动控制系统的性能和所能提供的精度密切相关，多数情况下，最终的用途可以是一个高精度数控机床系统、网络化运动控制系统或机器人系统，这些系统要求能够精确控制位置及电机的扭矩；ADI公司能够提供涵盖信号链中所有重要器件的完整解决方案。

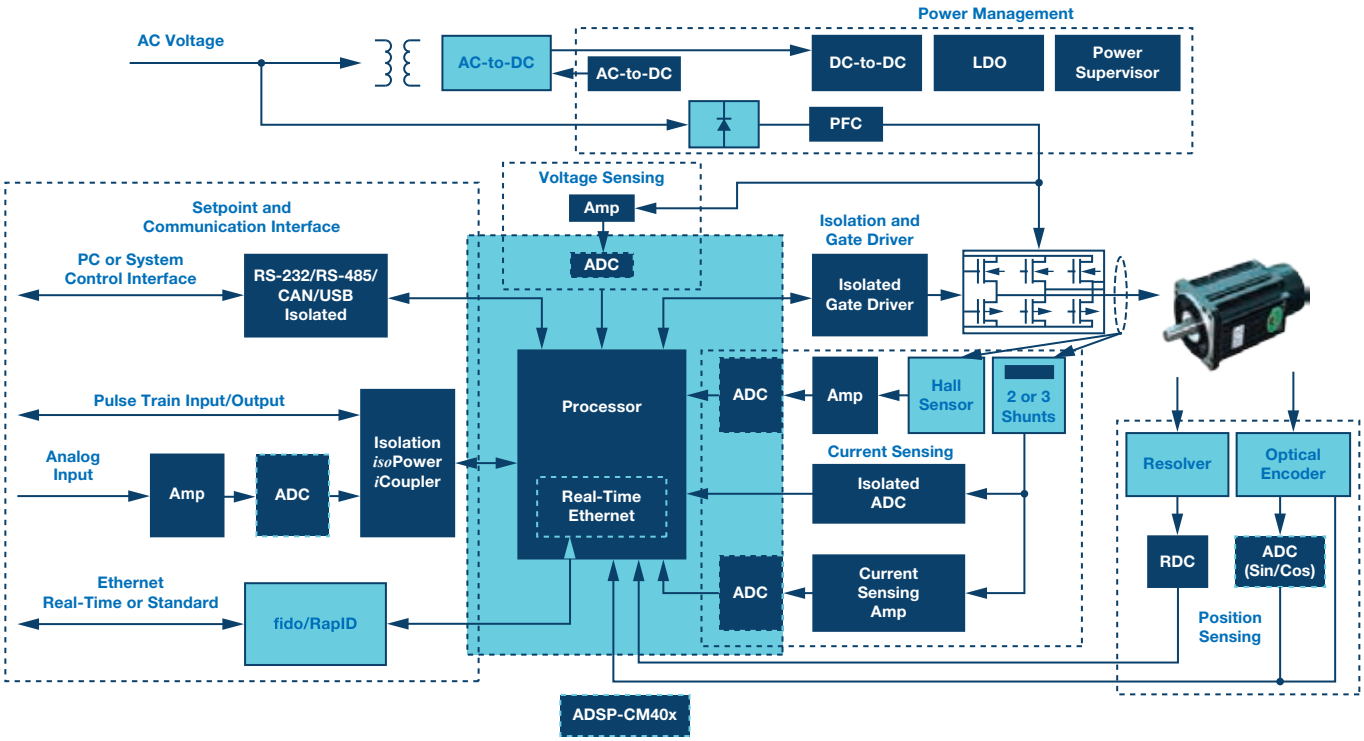
系统设计考虑和主要挑战

- 伺服控制中，高精度电流和电压检测可提高速度和扭矩控制性能。要求达到至少12位精度，具备多通道以及同步采样功能的ADC。ADI公司可提供完整系列产品。
- 使用电阻进行电流采样的伺服系统中，采样信号质量对电流控制性能的影响至关重要，ADI公司提供基于Σ-Δ调制器的业界最佳性能解决方案。
- 位置检测性能是伺服控制的关键，常常使用光学编码器和旋转变压器作为位置传感器。伺服控制技术从模拟向数字的转换推动了现代伺服系统的发展，也满足了对于电机控制的性能和效率的高要求。
- 随着工业以太网的发展和对位置检测精度更高的要求，伺服系统越来越多地采用串行通信的绝对值编码器。ADI公司能够提供带*i*Coupler数字隔离器的通信收发器，以及针对EnDat、Biss、尼康、多摩川等不同通信协议的完整解决方案。
- 从优先考虑安全和保护的角度，信号采样和功率器件驱动应采用隔离技术。ADI公司的*i*Coupler数字隔离器产品可满足高压安全隔离要求。
- IGBT功率器件驱动保护电路的性能决定了产品的可靠性和安全性，ADI公司的功率器件驱动芯片集成有丰富的保护功能，使设计更为简单可靠。
- 使用DSP等高性能处理器可实现高性能的矢量控制和无传感器控制。
- 支持多种运动控制及工业实时以太网协议的网络解决方案。
- 使用集成的功率因素矫正(PFC)控制器，可以更容易地实现减小伺服系统功率输入端电流畸变的效果。
- 在工业应用的设计中，长生命周期和高可靠性的IC产品是工程师的首选。
- 普通的交流感应电机向永磁同步电机转变已是大势所趋，要求系统设计师能提供更高效率和更灵活的算法。
- 高性能的实时工业控制网络更好地实现多个电机同步。

ADI解决方案的价值主张

针对电机控制系统，工业系统设计要求是低功耗、高效率，ADI公司提供单个的器件以及完整的产品信号链可以加快系统设计；在信号链中，ADI公司所提供的这些包括反馈和检测、隔离、电源管理、接口、嵌入式处理和通信的产品，其性能和质量在同类产品中首屈一指，也能够从系统级来降低成本。可以这样说，ADI公司所拥有的广泛的技术组合，包括世界一流的隔离器、处理器、转换器和混合信号前端，可以满足工程师对于现在和将来的任何电机控制解决方案的需求。

系统框图和信号链



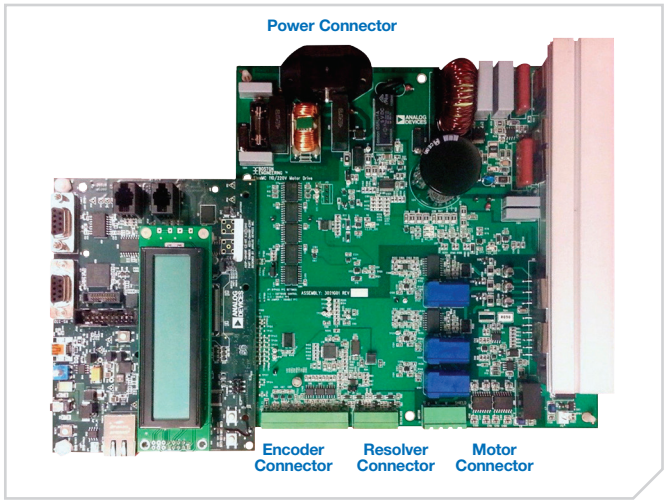
电流检测	电压测量	位置检测	给定值设定
隔离式ADC AD7400A/AD7401A/AD7402/ AD7403/AD7405 放大器 AD8418/AD8417/AD8212/ AD8479/AD8027/AD8602 ADCs AD7266/AD7367/AD7606-4	ADCs AD7266/AD7352/AD7356/AD7903 隔离式ADCs AD7400A/AD7401A	RDCs AD2S1205/AD2S1210 放大器 AD8662 编码器ADCs AD7266/AD7264/AD7903	放大器 AD8676/AD8221/AD8226/ADA4096-2 ADCs AD7680/AD7663/AD7606-4
处理器	**隔离和栅极驱动**	**通信接口**	**电源管理**
ADSP-CM408F/ADSP-CM419F	隔离 ADuM1411/ADuM1311/ ADuM141E/ADuM130E 栅极驱动 ADuM4223/ADuM3223/ADuM7223/ ADuM4135/ADuM4136 DC至DC ADuM5000/ADuM6000	RS-232 ADM3251E RS-485 ADM2486/ADM2484E/ADM2483/ ADM2582E/ADM2587E/ADM2682E/ ADM2687E/ADM485E CAN ADM3053/ADM3051 USB ADuM4160 LVDS ADN4650 实时以太网交换机 fido5100/fido5200	Micropower Management Units ADP5134/ADP2119 线性稳压器 ADP151/ADP7102 电源监控器 ADM6339/ADM13307/ADM708 DC至DC ADP1051 PFC ADP1047

重要产品和技术

产品型号	描述	主要特性	优势
放大器			
AD8479	高压高精度差分运放	±600 V共模输入电压，轨到轨输出，至少90 dB的CMRR，130 kHz带宽	支持极高共模电压，出色的交流和直流性能
AD8418	高压高精度电流监控器	双向，零漂，初始增益20 V/V，高共模电压范围：−2 V至70 V (典型值)；CMRR 86 dB	支持高共模电压，出色的交流和直流性能
ADCs			
AD7266	同步采样12位SAR ADC	2 × 3通道差分(6通道单端)ADC (单端模式最多支持12通道)，采样率：2 MSPS，SNR：70 dB (50 kHz输入频率)，精密片内基准电压源：2.5 V ±0.2% (最大值，25°C)、20 ppm/°C (最大值)	多通道同步采样SAR ADC
AD7401A	隔离式ADC	20 MHz外部时钟，二阶调制器，16位无失码，失调漂移：1.5 µV/°C (典型值)，典型值83 dB SNR，片内集成数字隔离，片内参考	隔离式高精度ADC
AD7403	隔离式ADC	20 MHz外部时钟，二阶调制器，16位无失码，失调漂移：1.5 µV/°C (典型值)，典型值88 dB SNR，片内集成数字隔离，片内参考	隔离式高精度ADC
处理器			
ADSP-CM408F	混合信号处理器	240 MHz ARM Cortex-M4，384 kB SRAM和2 MB flash存储器，双16-bit SAR ADCs和精度达到14-bit，2.6 MSPS采样速率,芯片内部集成sinc滤波器	最快主频，最高精度ADC，sinc滤波器
ADSP-CM419F	双核混合信号处理器	高达240 MHz ARM Cortex-M4，搭载浮点运算单元，高达160 kB零等待状态ECC SRAM；100 MHz ARM Cortex-M0监控器内核，带32 kB零等待状态ECC SRAM；高性能ADC，sinc滤波器，FFT，MATH功能	双核，最高精度集成式ADC，sinc滤波器，FFT以及其他MATH功能
RDC			
AD2S1210	旋变数字转换器	最大跟踪转速(达10位分辨率时)：3125 rps精度：±2.5弧分，10-/12-/14-/16位分辨率，用户设置，并行和串行10位至16位数据端口	高精度
隔离			
ADuM4135	栅极驱动	隔离型IGBT驱动器件，4安培峰值驱动能力，500 V rms和1200 V_{DC} 工作电压	集成过流保护，米勒钳位，故障软关断功能，隔离的故障和待机保护，支持高工作温度范围：−40°C至+125°C
ADuM4223	栅极驱动	4安培峰值驱动能力，高开关频率可达1 MHz，上下桥臂隔离：537 V峰值和800 V峰值(差分输入)，−40°C至+125°C	高低桥臂隔离，支持高工作温度范围：−40°C至+125°C
ADuM141E	PWM及数字信号隔离	3.0 kV rms/3.75 kV rms 4通道数字隔离器，150 Mbps最大数据传输速率，具备反向传输通道	100 kV/µs的高共模抑制比，5 V供电下低至13 ns的传输延迟
ADuM4190	隔离误差放大器	高稳定性，5 kV加强绝缘，400 kHz带宽，全温度范围内1%精度	兼容TypeII及TypeIII型补偿网络
ADN4652	LVDS数字信号隔离	5 kV rms LVDS隔离器，最高600 Mbps开关速率，2.5 V或3.3 V电源，传播延迟：4.5 ns (最大值)	多种双通道配置
接口			
ADM485E	RS-485/RS-422收发器	半双工或全双工，2.5 Mbps，5 V工作电压	±15 kV IEC ESD 保护，与SN75176B引脚兼容
ADM3065E	RS-485/RS-422收发器	半双工或全双工，50 Mbps，5 V或3.3 V工作电压	3.0 V 到 5.5 V供电，传播延迟：4.5 ns (最大值) ±12 kV IEC ESD 保护
ADM2587E	隔离式RS-485/RS-422收发器	半双工或全双工，500 kbps，5 V或3.3 V工作电压	隔离的RS-485和集成式dc至dc转换器，±15 kV IEC ESD 保护，具备实效保护功能
ADM3053	隔离式CAN收发器	集成了电源和信号隔离，1 Mbps通讯速率	集成了电源隔离
fido5200	实时以太网控制器	支持多种协议PROFINET, EtherNet/IP®, Modbus/TCP, Powerlink, Sercos III, EtherCAT	IEEE 802.3, 10 Mbps/100 Mbps，半双工、全双工，IPv6 and IPv4 2个独立的以太网口，1个MII，1个 1 RMII接口，支持多种工业总线协议
电源管理			
LTM8032	DC至DC转换器	最大36 V, 2 A dc至dc µModule®转换器	EMC可满足EN55022B，Class B
ADP1047	数字功率因数校正控制器	灵活、单相、数字功率因数校正(PFC)控制器，真正的交流功率有效值测量，增强的动态响应，通过开关频率扩频技术降低EMI	数字控制器和真正的交流功率有效值测量

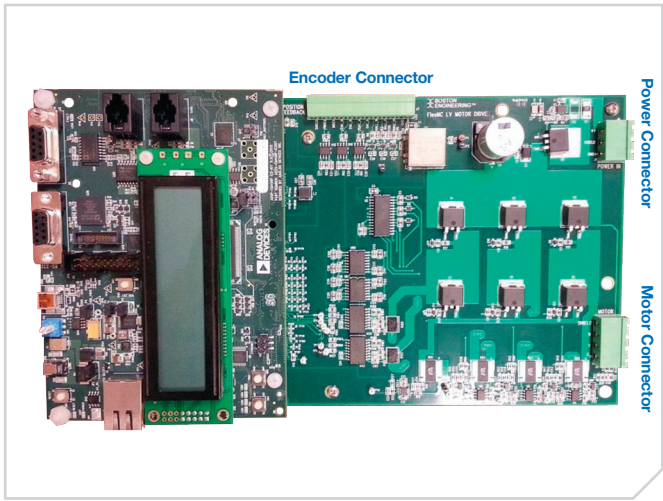
参考设计和演示板

HV MPC Platform



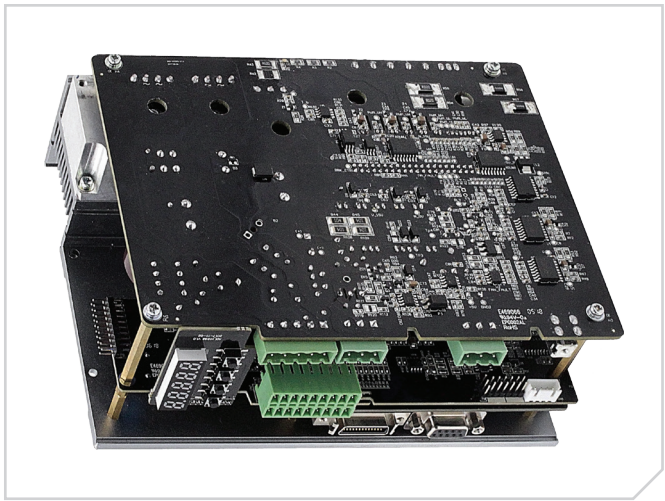
Design by Boston Engineering.

LV MPC Platform



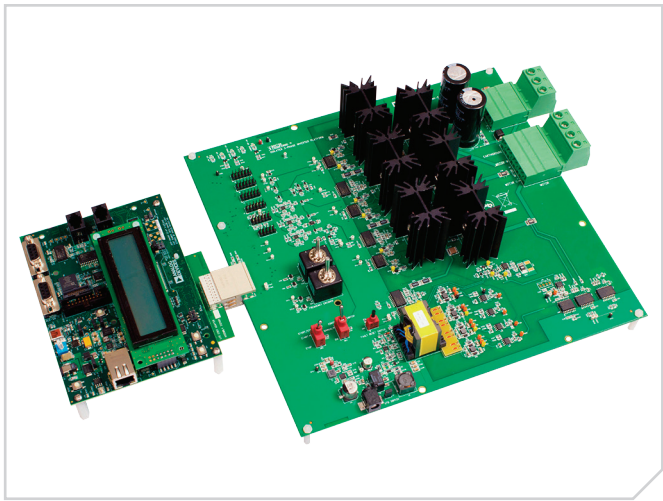
Design by Boston Engineering.

ADI Servo Development Platform



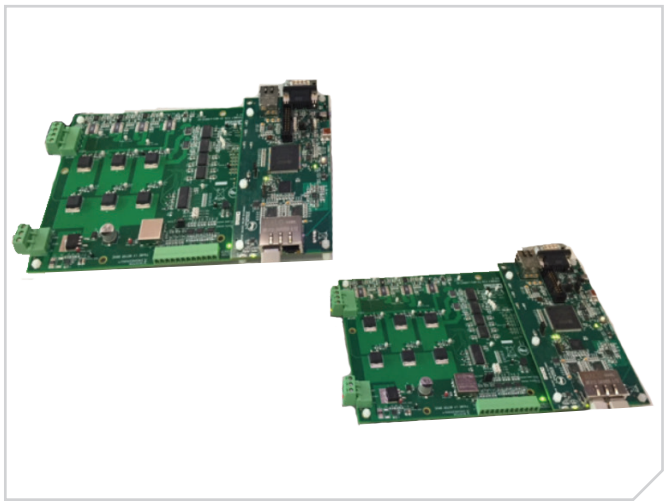
Design by ADI.

Isolated Inverter Platform



Design by ADI.

EtherCAT Connected Motion Control Platform



Design by ADI.

Dual Motor, Dual Axis Servo Drive Demo



Design by third party.

设计资源

- 支持MATLAB® Simulink—完全的可扩展性和灵活性
  - 更高级别的系统模块开发和功能模块定义
  - 各功能模块之间的调用
  - 设计流程和结构的高度灵活性
- FOC、矢量控制、无传感器控制器和标准电机控制函数库
- 绝对值编码器接口解决方案
- 参考设计(PCB，原理图，源程序)
- 电机控制平台以及评估板

Third Party—Boston Engineering

- ADI电机控制开发平台

Circuits from the Lab®电机控制参考设计

实验室电路是经过特别设计和测试的子系统级构建模块，方便设计人员轻松快捷地实现系统集成。

- 采用隔离式Σ-Δ型调制器、隔离式DC/DC转换器和有源滤波器的新型模拟/模拟隔离器—*www.analog.com/cn/CN0185*
- 用于AD2S1210旋变数字参考信号输出的高电流驱动器—*www.analog.com/cn/CN0192*
- 高性能，10~16位RDC—*www.analog.com/cn/CN0276*
- 500 V 共模电压电流监测—*www.analog.com/cn/CN0218*
- 采用隔离驱动器的H桥驱动电路—*www.analog.com/cn/CN0196*
- 更多实验室电路请访问*www.analog.com/cn/circuits*

EtherCAT连接运动控制平台

- 完整的软件框架，用于EtherCAT通信和多轴运动控制
- 从网络主站到Slater上的I/O同步
- 支持所有EtherCAT同步模式
- EtherCAT循环时间低至100 µs
- 轻松认证
- 没有版税
- 紧密集成的解决方案
- 软件发布通过STARweb获取
  - *www.starweb.ad.analog.com/default/AES/latest/*
  - 搜索EtherCAT Based Connected Motion (PROD)
  - 适用于ADI内部用户

更多信息请访问ADI电机控制网站：

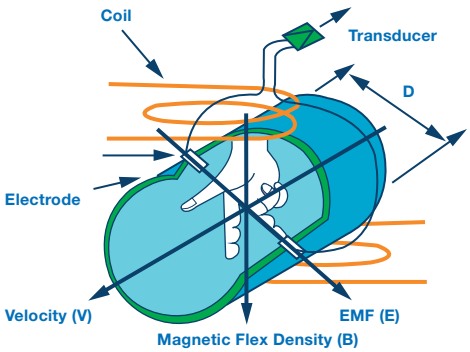
www.analog.com/cn/motion-control

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

ADI公司电磁流量计解决方案

工业电磁流量计系统原理和典型架构

电磁流量计的工作原理基于法拉第电磁感应定律。当垂直于磁场方向的导体以速度V做切割磁力线的运动时，导体的两端会产生一定的感应电动势E，通过检测该感应电动势的大小来计算液体流速变化。



$E = K \times B \times V \times D$
K is the instrument constant
B is magnetic flex density
V is the average fluid velocity across the D is diameter of measurement pipe

电磁流量计的特性包括无压力损耗，不受粘度、流体密度、温度、压力和导电率的影响，适合对纸浆、泥浆和污水进行高精度测量。

电磁流量计系统包括电源、励磁、信号调理、模数转换器、处理器、显示器、键盘和逻辑I/O，以及4 mA至20 mA、HART、RS-485/RS-422/RS-232、PROFIBUS®、Modbus、Foundation等多种通信接口。

工业电磁流量计系统设计考虑因素和主要挑战

为了合理设计电磁流量计系统，设计人员必须考虑许多不同的系统要求，包括精度、带宽和励磁频率等。

- 电磁流量计传感器的输出范围可能小到只有数十μV，而且通常伴随很大的共模电压。输出阻抗往往高于数兆欧。所以，前端精密运算放大器或仪表放大器要求超高输入阻抗、极低漏电流和出色的共模抑制比(CMRR)。
- 电磁流量计产品的最大测量范围可高达1500：1，反映流速范围：0.01 m/s~15 m/s。
- 测量精度最高可以达到读数的0.2%，这通常需要16至24位的模数转换器。
- 与不同现场总线的连接，例如HART、PROFIBUS、Modbus、Foundation、RS-485/RS-422/RS-232、无线HART等。
- 系统电源、中央逻辑单元、通信和I/O之间需要隔离；隔离等级要求从1 kV到2.5 kV不等。
- 便携式电磁流量计需要超低功耗MCU、放大器、ADC元件。
- 高频方波激励可改善泥浆的流动并提高抗扰度，但同时需要考虑零点稳定度。

工业现场温度环境非常复杂，甚至异常恶劣。如需获得较宽的工作温度范围，低温漂系数和低功耗对电磁流量计来说至关重要。ADI公司提供完美的产品系列，包括精密放大器、精密基准电压源、精密模数转换器和Cortex®-M3内核微处理器等。

除此之外，浪涌、EFT和ESD等EMC抗扰度也是电磁流量计面临的严峻挑战。ADI元件的高ESD抑制能力能够大大改善产品的可靠性和稳定性。

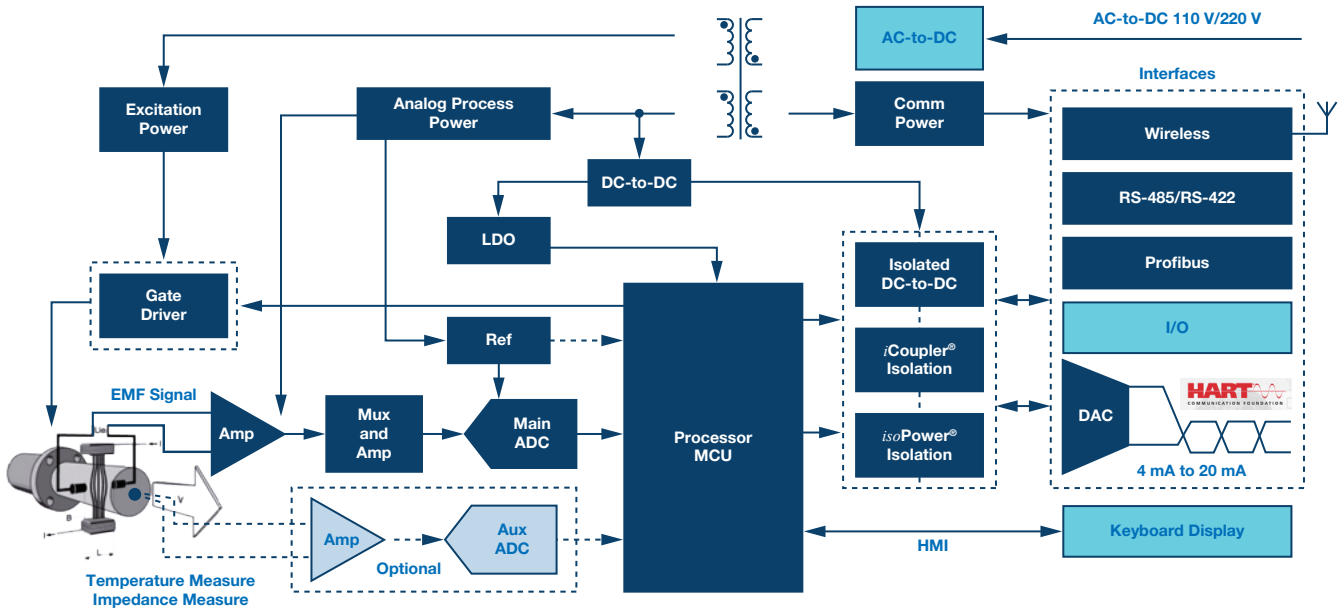
此外，由于电磁流量计内部空间有限，对系统密度也有较高要求，因而必须减小器件尺寸。近来，集成技术的进步使得系统设计人员能够采用尺寸更小、功耗更低、成本更低的解决方案，并且其性能与那些大型系统不相上下。持续的技术进步要求既能不断提高这些解决方案的集成度，同时还要提高其性能和诊断能力。

ADI提供面向市场定制的解决方案，有助于简化设计过程。这些解决方案采用业界领先技术，并提供众多设计选项：从采用分立式元件的实施方案到全集成式解决方案，应有尽有。

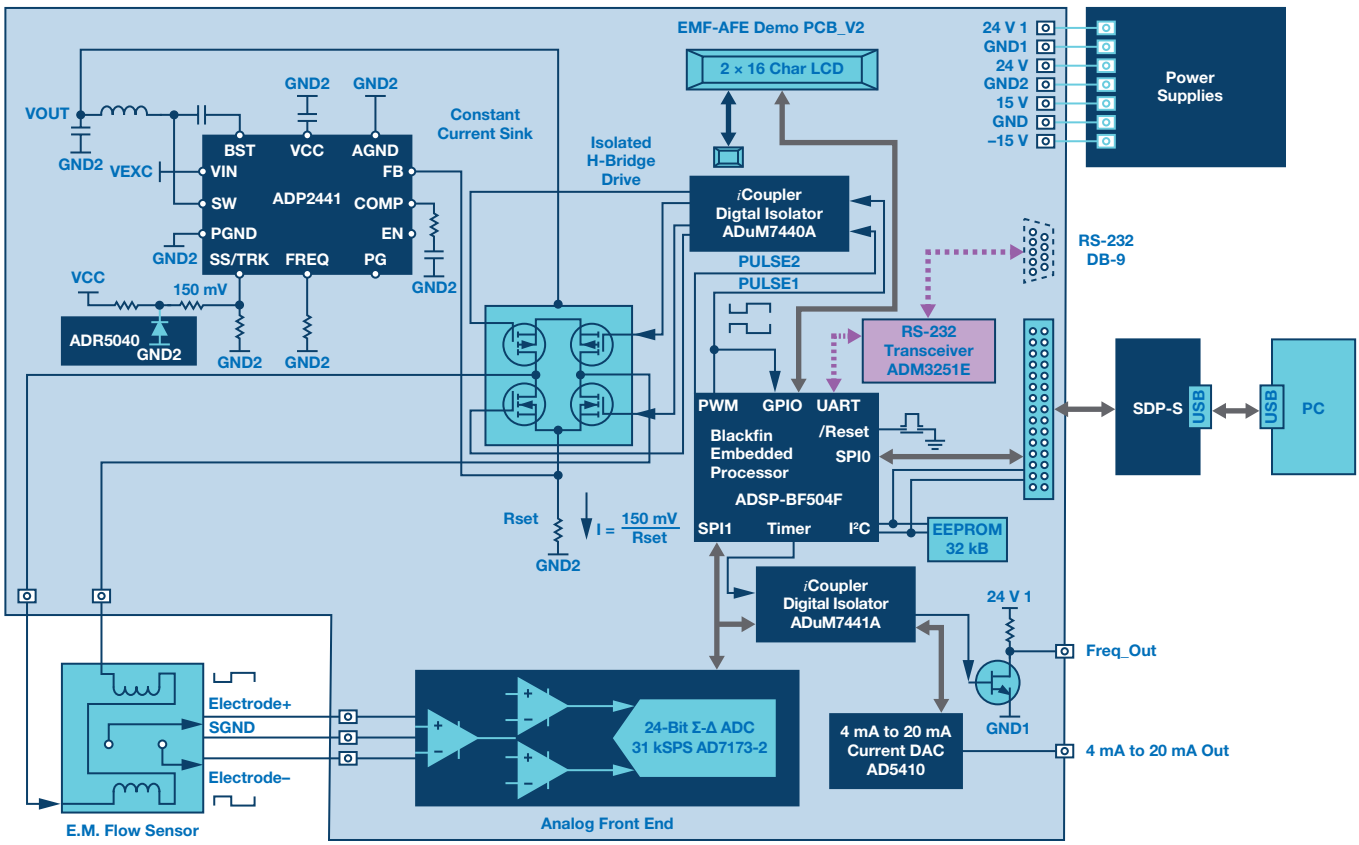
ADI的整体解决方案

借助ADI的放大器、数据转换、信号处理、通信和电源技术以及专业经验，可以实现高分辨率、低噪声的工业电磁流量计系统。

主信号链



ADI公司最新的EM流量计解决方案功能框图



主要产品简介

器件	描述	主要特性	优势
ADC			
AD717x	快速建立、高分辨率、高度精确、多路复用的Σ-Δ型ADC	24/32位ADC，数据速率为5 SPS至250 kSPS	低噪声高精度ADC
AD719x	多通道、4.8 kHz、超低噪声、24位Σ-Δ型ADC	RMS噪声：11 nV @ 4.7 Hz (增益 = 128)；最高22个无噪声位(增益 = 1)；可编程增益(1至128)；输出数据速率：4.7 Hz至4.8 kHz	超低噪声、内置PGA、高精度Σ-Δ型ADC；2个差分/4个伪差分、8个差分/16个伪差分输入通道
AD7793/ AD7794/ AD7795/ AD7796	16至24位、3至6个差分通道、Σ-Δ型ADC、集成PGA	4.7 Hz至470 Hz、集成2个可切换电流源、基准电压源、PGA、低噪声	低功耗，专门设计用于RTD/热电偶温度测量
AD7124	低噪声、低功耗24位Σ-Δ型ADC	高达22位ENOB、可编程增益(1至128)、诊断功能、交叉点多路复用模拟输入	低噪声、低功耗ADC
处理器/MCU			
ADSP-BF504F	Blackfin®嵌入式处理器	Blackfin处理器内核：400 MHz (800 MMACS)性能和68 kB L1存储器；ADC控制模块可与外部ADC无缝接口，实现同步采样；十二个外设DMA通道和两个存储器对存储器DMA通道；两个SPI、两个SPORT、两个UART和一个PPI接口；工业温度等级	资源充裕、成本极具竞争力
ADuCM360/ ADuCM361	ARM Cortex®-M3微控制器	集成双通道/单通道24位Σ-Δ型ADC；UART、I²C和2个SPI串行I/O；16位PWM控制器；19引脚多功能GPIO端口；128 kB Flash®/EE存储器、8 kB SRAM	ADuCM360/ADuCM361可以与外部精密传感器直接连接，适用于有线和电池供电应用
ADSP-BF70x	ADSP-BF70x属于Blackfin高性能DSP处理器系列	ADSP-70x具有同类一流的800 MMACS处理能力，功耗不足100 mW——与竞争对手的器件相比，性能翻倍且功耗减半。最高集成1 MB内部SRAM，使许多应用无需采用外部存储器，而第二种配置则提供了一个可选的DDR存储器接口	ADSP-BF70x系列提供各种高级连接选项(包括USB、SDIO、CAN、ePPI、SPORT、QuadSPI)，为设计人员带来无可比拟的灵活性和强大功能
ADuCM3029	集成电源管理和256 kB嵌入式闪存的超低功耗ARM Cortex-M3 MCU	ADuCM3027/ADuCM3029微控制器单元(MCU)均为集成电源管理的超低功耗微控制器系统，可用于处理、控制和通信连接	MCU系统基于ARM Cortex-M3处理器，由数字外设、嵌入式SRAM和闪存、一个提供时钟、复位和电源管理功能的模拟子系统以及模数转换器(ADC)子系统组成
ADuCM4050	集成电源管理的超低功耗ARM Cortex-M4F MCU	ADuCM4050微控制器单元(MCU)是一款集成电源管理的超低功耗集成式微控制器系统，可用于处理、控制和通信连接	MCU系统基于ARM Cortex-M4F处理器。由数字外设、嵌入式SRAM和闪存、一个提供时钟、复位和电源管理功能的模拟子系统以及模数转换器(ADC)子系统组成

器件	描述	主要特性	优势
放大器			
AD8667	低噪声运算放大器	带宽 = 520 kHz；电压噪声密度 = 21 nV/√Hz；I_B = 0.3 pA；I_{SY} = 570 µA	极低漏电流、电池供电
ADA4051-1	微功耗自稳零运算放大器	带宽 = 125 kHz；电压噪声密度 = 95 nV/√Hz；I_B = 20 pA；I_{SY} = 20 µA	电池电源的理想缓冲器，具有竞争力的价格
AD8220	仪表放大器	带宽 = 1.5 MHz；V_{OS} = 1 mV；电压噪声密度 = 90 nV/√Hz；I_B = 25 pA；增益控制接口=电阻	替代经典放大器AD620的新一代产品
AD8226	仪表放大器	带宽 = 1.5 MHz；V_{OS} = 1.2 mV；电压噪声密度 = 2 µV/√Hz；I_B = 27 nA；增益控制接口=电阻	良好的性能、具有竞争力的价格
AD8228	仪表放大器	带宽 = 650 kHz；V_{OS} = 50 µV；电压噪声密度 = 15 nV/√Hz；I_B = 600 pA；增益控制接口=引脚设置	出色的温漂和低噪声
AD8231	仪表放大器	带宽 = 2.7 MHz；V_{OS} = 15 µV；电压噪声密度 = 66 nV/√Hz；I_B = 500 pA；增益控制接口=数字	数字增益控制、低失调电压
AD8276	差动放大器	超出电源电压的宽输入范围；带宽：550 kHz；低失调电压漂移：±2 µV/°C (最大值)；低增益漂移：1 ppm/°C (最大值)	电流源和RTD测量的低成本解决方案
AD8221	精密仪表放大器	增益范围为1至1000；在G = 1、频率最高为10 kHz情况下，AD8221所有等级产品的共模抑制比均不低于80 dB	低电压失调、低失调漂移、低增益漂移、高增益精度和高共模抑制比
AD8422	精密仪表放大器	低噪声、低失真：1 kHz时最大输入电压噪声为8 nV/√Hz；RTI噪声：0.15 µV p-p (G = 100)；2 kΩ负载时的非线性度：0.5 ppm (G=1)；共模抑制比(CMRR)：150 dB (最小值)；(G = 1000)；3.6 V至36 V单电源供电；输入过压保护：40 V (相对于反向供电轨)	高性能、低功耗、轨到轨
AD8236	微功耗仪表放大器	40 µA最大电源电流；输入偏置电流：1 pA；高CMRR：110 dB CMRR，G = 100	高输入阻抗、低输入偏置电流、高CMRR、小尺寸、低功耗
AD8237	微功耗、零漂移、真轨到轨仪表放大器	AD8237是一款微功耗、零漂移、轨到轨输入和输出仪表放大器，具有出色的增益精度性能；AD8237采用间接电流反馈架构，以实现真轨到轨能力	AD8237非常适合便携系统，最小电源电压为1.8 V，电源电流为115 µA (典型值)，并且具有宽输入范围；充分利用有限的功率，同时为台式系统提供合适的带宽和漂移性能
ADA4638-1	30 V自稳零、轨到轨输出精密放大器	ADA4638-1是一款具有轨到轨输出摆幅的高电压、高精度零漂移放大器	ADA4638-1适合不容许存在较大误差源的高精度应用；这款器件在宽工作温度范围内的漂移接近零，对压力传感器、医疗设备以及应变计放大器应用极为有利；许多应用都可以利用ADA4638-1提供的轨到轨输出摆幅来使信噪比(SNR)达到最大
DAC			
AD5410/ AD5420	电流源DAC	12/16位分辨率；0 mA至24 mA；±0.01% FSR TUE；±3 ppm/°C典型输出漂移；片内基准电压源 (10 ppm/°C，最大值)	通用输出DAC，支持HART通信
AD5421	电流源DAC	16位分辨率；3.2 mA至24 mA；符合NAMUR标准的报警；TUE误差：0.05% (最大值)；片内基准电压源温度系数：4 ppm/°C (最大值)；环路电压范围：5.5 V至52 V	环路供电的通用输出DAC，支持HART
AD5660	*nano*DAC™	单通道16位，5 ppm/°C片内基准电压源；8引脚SOT-23/MSOP小型封装	小封装、高性能
AD574x/ AD575x	电流/电压输出驱动器	高精度、电压/电流输出驱动器，输出范围可通过硬件或软件编程	工业电流/电压输出驱动器，输出范围可编程

器件	描述	主要特性	优势
基准电压源			
ADR34xx	基准电压源	初始精度：±0.1% (最大值)；最大温度系数：8 ppm/°C	低静态电流：100 µA (最大值)；低压差
ADR44x	基准电压源	初始精度：±0.04% (最大值)，温度系数：3 ppm/°C； 电压噪声：2.25 µV p-p典型值(0.1 Hz to 10 Hz)	超低噪声、高初始精度、出色的温漂
ADR45xx	超低噪声、高精度基准电压源	ADR45xx系列器件均为高精度、低功耗、低噪声基准电压源，最大初始误差为±0.02%，并具有出色的温度稳定性和低输出噪声	该系列基准电压源使用新的内核拓扑结构来提供高精度，同时提供业界领先的温度稳定性和噪声性能；低热致输出电压迟滞和低长期输出电压漂移也提高了使用寿命和全温度范围内的系统精度
隔离器			
ADuM744x	1 kV RMS四通道数字隔离器	1000 V rms隔离额定值，低功耗工作模式；双向通信； 数据速率高达25 Mbps (NRZ)，3 V/5 V电平转换	低功耗、具竞争力的价格
ADuM724x	1 kV双通道数字隔离器	1000 V rms隔离额定值，低功耗工作模式；双向通信； 数据速率高达25 Mbps (NRZ)，3 V/5 V电平转换	低功耗、具竞争力的价格
ADuM764x	1 kV六通道数字隔离器	1000 V rms隔离额定值，低功耗工作模式；双向通信； 数据速率高达25 Mbps (NRZ)，3 V/5 V电平转换	低功耗、具竞争力的价格
ADuM140x	四通道数字隔离器	2.5 kV rms；低功耗，3 V/5 V电平转换；高数据速率： dc至90 Mbps (NRZ)；输出使能功能	高数据速率：dc至90 Mbps (NRZ)， 低功耗工作模式
ADuM144x	四通道数字隔离器； 3.75 kV rms	1.8 V/3.3 V电平转换；工作温度高达：125°C； 高数据速率：dc至10 Mbps (NRZ)	双向通信；低功耗工作模式
接口			
ADM2587E	隔离式RS-485/RS-422	半双工或全双工；500 kbps；5 V或3.3 V工作电压	集成隔离dc至dc；±15 kV ESD
ADM248x	隔离式RS-485收发器	全/半双工，500 kbps/16 Mbps/20 Mbps数据速率，5 V或3 V工作电压(VDD1)，2.5 kV隔离	2.5 kV隔离式RS-485收发器
ADM3251E	隔离式单通道RS-232线路驱动器/接收器	ADM3251E是一款高速、2.5 kV完全隔离、单通道RS-232/V.28收发器，采用5 V单电源供电	非常适合在恶劣的电气环境或频繁插拔RS-232电缆的场合工作

器件	描述	主要特性	优势
电源			
ADP2441	DC至DC稳压器	同步降压dc至dc转换器，具有宽输入电压范围：4.5 V至36 V；最高输出电流：1A	高效率：最高可达94%
ADP2300/ ADP2301	DC至DC稳压器	单通道非同步降压dc至dc转换器，1.2 A输出，0.7 MHz/ 1.4 MHz频率，3.0 V至20 V输入电压范围	小型SOT23-6封装；外围元件少；小尺寸解决方案
ADP1720	线性稳压器	宽输入电压范围：4 V至28 V，最大输出电流：50 mA，整个输入电压、负载和温度范围内的精度：±2%，固定3.3 V和5.0 V输出电压选项	宽输入电压范围：4 V至28 V
ADP1612/ ADP1613	DC至DC稳压器	1.8 V至5.5 V输入电压，输出电压V_{IN}最高可达20 V；引脚可选的650 kHz或1.3 MHz PWM频率	升压dc至dc转换器
ADP125	线性稳压器	5.5 V输入，最大500 mA输出电流；1%初始精度，多达31个固定输出电压选项：1.75 V至3.3 V；低静态电流：45 μA	出色的负载/线路瞬态响应
ADP2323	DC至DC稳压器	输入电压：4.5 V至20 V；±1%输出精度；集成90 mΩ典型高边MOSFET；灵活的输出配置；双路输出：3 A/3 A；并行单路输出：6 A；可编程开关频率：250 kHz至1.2 MHz	双路输出，降压dc至dc稳压器
ADP710x	低噪声LDO	3.3 V至20 V，提供高达500 mA输出电流；15 μV rms固定输出版本；PSRR性能：60 dB (10 kHz，V_{OUT} = 3.3 V)	小型封装CMOS LDO
ADP2360	50 mA、60 V、高效率降压稳压器	ADP2360是一款高效率、高输入电压、非连续导通模式(DCM)同步降压型DC-DC开关稳压器	它可在宽输入电压范围内(4.5 V至60 V)工作，其连续输出电流最高可达50 mA，是空间受限应用中电压稳压器的理想选择
ADP121	150 mA、低静态电流、CMOS线性稳压器	ADP121是一款低静态电流、低压差线性稳压器，采用2.3 V至5.5 V电源供电，最大输出电流为150 mA	在150 mA负载下压差仅为135 mV，不仅可提高效率，而且能使器件在很宽的输入电压范围内工作。满载时静态电流低至30 μA，因此ADP121非常适合电池供电的便携式设备使用；该器件具有出色的瞬态响应性能，所占电路板面积极小
ADP122/ ADP123	5.5 V输入、300 mA、低静态电流、CMOS线性稳压器，可调输出电压	低静态电流、低压差线性稳压器，采用2.3 V至5.5 V输入电压工作，提供高达300 mA的输出电流	驱动300 mA负载时压差仅为85 mV；低压差特性不仅可提高效率，而且能使器件在宽输入电压范围工作。ADP122满载时静态电流低至170 μA，非常适合电池供电的便携式设备使用
ADP124/ ADP125	5.5 V输入，500 mA低静态电流，CMOS线性稳压器	低静态电流、低压差线性稳压器，采用2.3 V至5.5 V输入电压工作，提供高达500 mA的输出电流	驱动500 mA负载时压差仅为130 mV；低压差特性不仅可提高效率，而且能使器件在宽输入电压范围工作；500 mA负载时静态电流低至210 μA，非常适合电池供电的便携式设备使用
ADP7102	20 V、300 mA、低噪声、CMOS LDO	ADP7102是一款CMOS、低压差线性稳压器，采用3.3 V至20 V电源供电，最大输出电流为300 mA	这款高输入电压LDO适用于调节高性能模拟和混合信号电路，提供高电源抑制、低噪声特性，实现出色的线路与负载瞬态响应性能
ADP7182	−28 V、−200 mA、低噪声、线性稳压器	ADP7182是一款CMOS、低压差(LDO)线性稳压器，采用−2.7 V至−28 V电源供电，最大输出电流为−200 mA	这款高输入电压LDO适用于调节高性能模拟和混合信号电路，提供高电源抑制、低噪声特性，实现出色的线路与负载瞬态响应性能
HART			
AD5700/ AD5700-1	半双工HART调制解调器/集成内部振荡器的半双工HART调制解调器	HART兼容型完全集成式FSK调制解调器；1200 Hz和2200 Hz正弦偏移频率；接收模式下电源电流：115 μA (最大值)；集成式接收带通滤波器；只需极少的外部元件；1.71 V至5.5 V电源电压/0.5%精密内部振荡器	最低功耗；最小封装；高集成度；高驱动能力

CFTL链接

- 适合过程控制应用的完整高速、高共模抑制比(CMRR)精密模拟前端 (CN-0213)—*analog.com/cn/cn-0213*
- 利用精密模拟微控制器ADuC7060/ADuC7061构建4 mA至20 mA环路供电温度监控器 (CN-0145)—*analog.com/en/cn-0145*
- 具有HART接口的完整4 mA至20 mA环路供电现场仪表 (CN-0267)—*analog.com/en/cn-0267*

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

ADI可编程逻辑控制器(PLC)解决方案

工业PLC系统原理和典型架构

PLC系统由电源、CPU和多个模拟及数字I/O模块组成，可控制、执行和监控复杂的机器变量。PLC设计用于多输入和输出配置，具有扩展的温度范围、卓越的电噪声抑制性能、抗震性和抗冲击能力。

PLC系统包括电源、控制和通信模块以及多种模拟输入、模拟输出、数字输入和数字输出模块。

工业PLC系统设计考虑和主要挑战

为了获得合适的PLC系统设计，设计人员必须考虑许多不同的系统要求，包括精度、带宽和输入范围等。

- 对于TC (热电偶)和RTD，模拟输入类型和范围可低至±10 mV；对于执行器控制器可高至±10 V—或者过程控制系统中的4 mA至20 mA电流。
- 模拟输出类型和范围通常包括±5 V、±10 V、0 V至5 V、0 V至10 V、4 mA至20 mA和0 mA至20 mA。有时需要超量程能力。
- 输入/输出模块分辨率和精度的典型范围为12位至16位，工业温度范围内的精度为0.1%。
- 与不同现场总线连接。
- 隔离；系统电源模块和低功耗电子器件之间；输入和输出之间；I/O和中央控制单元之间；隔离等级范围为1 kV至2.5 kV。
- 模拟输入/输出和电源输入保护：故障条件电压或电流和EMC考虑因素，包括电涌、快速脉冲瞬变和ESD。
- 随着电路板尺寸的减小，功效比、热管理和散热将成为小型化器件一个日益重要的问题。

另外，更多的通道或节点需要置于相同的空间中，因而要求采用高密度系统。因而必须减小器件尺寸。这意味着外壳更小，从而带来电源管理和散热难题，因此需要通过集成动态电源控制实现智能电源管理的解决方案。

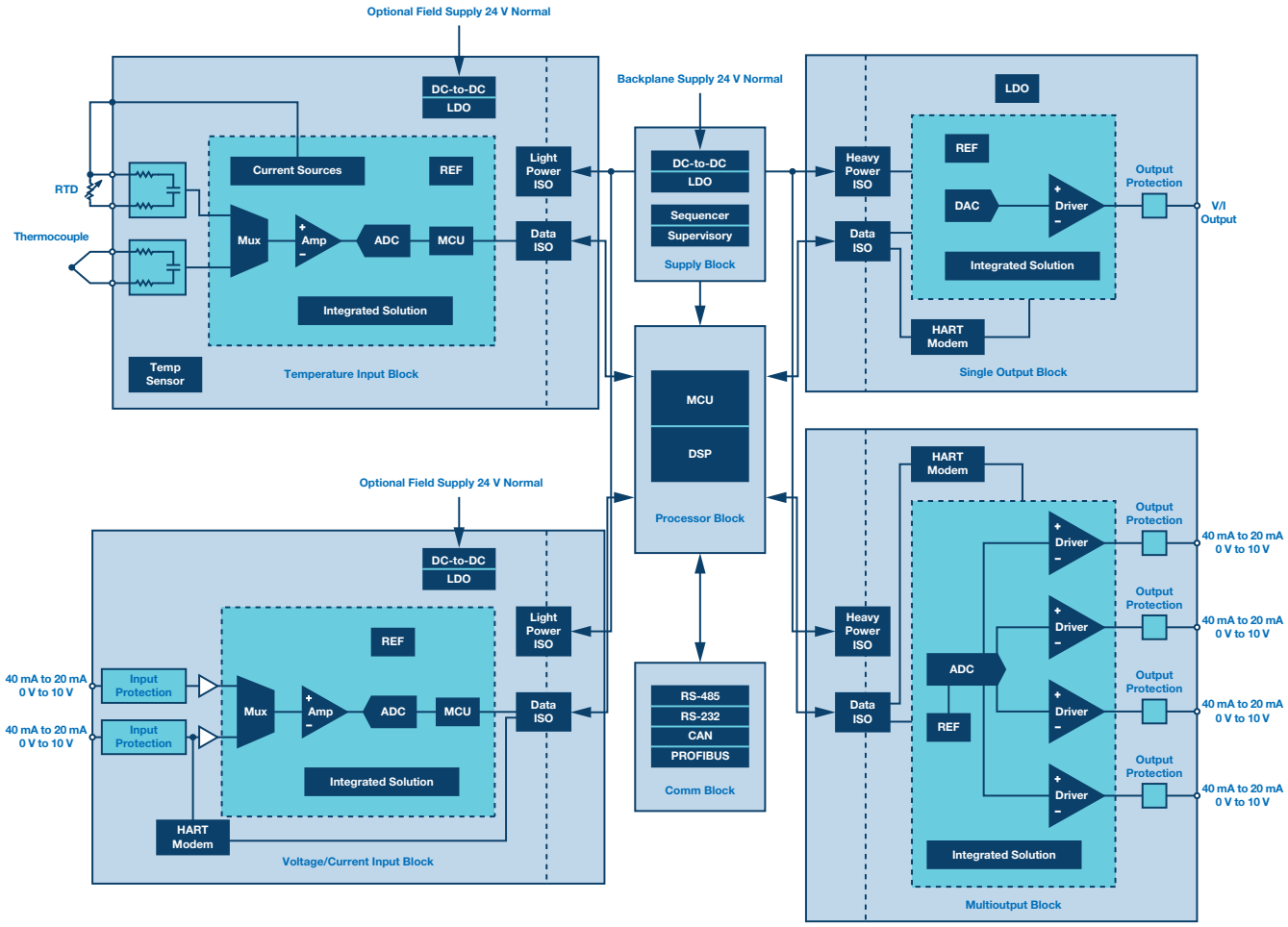
以前，实现这类I/O系统需要大量高性能分离式元件，由此产生的是庞大且昂贵的系统。近来，集成技术的进步使得系统设计人员能够采用尺寸更小、功耗更低、成本更低的解决方案，而其性能与那些大型系统不相上下。持续的技术进步要求既能不断促进这些解决方案集成，同时还提高其性能和诊断能力。

ADI公司提供面向市场定制的解决方案，以便简化设计过程。这些解决方案采用业界领先技术，并提供众多设计选项，从采用分立器件的实施方案到全集成式解决方案应有尽有。

ADI公司的整体解决方案

借助ADI公司的放大器、数据转换、信号处理和电源技术以及专业经验，可以实现高分辨率、低噪声的工业PLC系统。

主信号链



注意：上述信号链代表PLC应用系统。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。

模拟输入器件	模拟输出器件	隔离器	其它器件
ADC AD779x/AD7124/AD7177-2/AD7606/AD7606-4/AD7606-6/AD7176-2/AD7173-8/AD7689/ADAS3022/AD7988-1/AD7988-5 放大器 ADA4096-2/ADA4096-4/AD8422/AD8226/AD8275/AD8276/AD8475 多路复用器 ADG5208F/ADG5209F/ADG5408/ADG5412F/ADG508F/ADG509F 集成式解决方案 ADuCM360/ADuCM361/ADuC7060/ADuC7061	DAC AD5683R/AD5660/AD5686/AD5684R/AD5689R/AD5668/AD5628/AD5629R/AD5761/AD5721 电压/电流驱动器 AD5750-2/AD5749/AD5748/AD5750 集成式解决方案 AD5420/AD5410/AD5422/AD5412/AD5755/AD5735/AD5757/AD5737 HART AD5700/AD5700-1	轻型电源隔离器 ADuM540x/ADuM521x/ADuM524x/ADuM5000 重型电源隔离器 ADuM347x/ADuM3190 数据隔离器 ADuM140x/ADuM144x/ADuM128x/ADuM3481	电源 ADP2441/ADP2442/ADP1720/ADP5070/ADP5073/ADP5074/ADP7182/ADP1621 通信接口 ADM2587E/ADM2482E/ADM2490E/ADM305x/ADM325xE/ADM3101E

主要产品简介

功能模块	部件编号	描述	主要特性	优势
TC/RTD 输入器件	ADC			
	AD779x	16/24位、4 SPS至500 SPS、Σ-Δ ADC	低功耗(300 µA至450 µA)、内部PGA、基准电压源、时钟、缓冲器、同步50 Hz/60 Hz抑制	极低功耗：450 µA (最大值)
	AD7124	24位、多通道、低功耗、低噪声、Σ-Δ ADC	三种功耗模式；低功耗：24 nV rms (1.17 SPS)，增益=128 (典型值255 µA)；输出数据速率：全功率：9.38 SPS至19,200 SPS；可编程增益(1至128)；带隙基准电压源，最大偏移为15 ppm/°C (65 µA)	高集成度、诊断功能
	集成式解决方案			
	ADuCM360/ ADuCM361	ARM® Cortex®-M3微控制器	集成式双通道/单通道24位Σ-Δ型ADC；UART、I²C和2 × SPI串行I/O；16位PWM控制器；19引脚多功能GPIO端口；128kB Flash/EE存储器、8 kB SRAM	在有线和电池供电应用中，ADuCM360/ADuCM361设计为与外部精密传感器直接连接
4 mA至20 mA/ 0 V至10 V 输入器件	ADC			
	AD719x	多通道、4.8 kHz、超低噪声、24位、Σ-Δ型ADC	均方根(RMS)噪声：11 nV (4.7 Hz，增益 = 128)；最高22个无噪声位(增益 = 1)；可编程增益(1至128)；输出数据速率：4.7 Hz至4.8 kHz；AD714集成PGA	2个差分/4个伪差分、8个差分/16个伪差分输入通道
	AD7606/ AD7606-4/ AD7606-6	4/6/8通道、±10 V同步采样	双极性输入范围，5 V单电源；串行和并行接口；>90 dB SNR	±10 V全输入范围、1 mΩ阻抗、同步采样
	AD7173-8	快速建立、高精度、低功耗、8/16通道、多路复用ADC	快速且灵活的输出速率：1.25 SPS至31.25 kSPS；通道扫描数据速率(建立时间：161 µs)；性能规格：31.25 KSPS时无噪声位17.5；1.25 SPS时无噪声位23；INL：±3 ppm/FSR	30 kSPS数据速率；高无噪声分辨率；4 GPIO
	ADAS3022	8通道、16位、1 MSPS SAD ADC	高输入共模抑制：>100 dB；片内4.096 V基准电压源和缓冲器；差分输入电压范围：±24.576 V (最大值)	输入阻抗：>500 MΩ
	AD7689	8通道、16位、SAR ADC、单电源	积分非线性(INL)：典型值±0.4 LSB；最大值±1.5 LSB；动态范围：93.8 dB；SINAD：92.5 dB (20 kHz)；THD：−100 dB (20 kHz)；单电源电压：2.3 V至5.5 V，逻辑接口电压：1.8 V至5.5 V	吞吐速率：250 kSPS
	AD7177-2	32位、10 kSPS Σ-Δ型ADC，具有100 µs建立时间，集成真轨到轨缓冲器	32位数据输出；快速、灵活的输出速率：5 SPS至10 kSPS；性能规格：19.1位无噪声分辨率(10 kSPS)；24.6位无噪声分辨率(5 kSPS)；50 Hz和60 Hz滤波器抑制：85 dB，建立时间为50 ms	32位、低噪声、多通道
	放大器			
	AD8422	轨到轨仪表放大器	最大静态电流：330 µA；最大输入电压噪声：8 nV/√Hz (1 kHz)；出色的交流规格：10 kHz时CMRR最小值：80 dB (G = 1)；高精度直流性能，CMRR：150 dB (G = 1000，最小值)；宽电源范围：4.6 V至36 V单电源供电，±2.3 V至±18 V双电源供电；增益范围：1至1000	高精度、低功率、低噪声
	ADA4096-2/ ADA4096-4 (集成OVP)	双通道/四通道微功耗选项和轨到轨输入/输出范围	低功耗：每个放大器60 µA (典型值)；单位增益带宽800 kHz(典型值，V_{SY} = ±15 V)、550 kHz (典型值，V_{SY} = ±5 V)、465 kHz(典型值，V_{SY} = ±1.5 V)；低失调电压：300 µV (最大值)	输入过压保护，高于或低于供电轨32 V；单位增益稳定
	多路复用器			
	ADG5412F	四个独立的单刀单掷(SPST)开关	4 kV人体模型(HBM) ESD额定值；低导通电阻(10 Ω)；±5 V至±25 V双电源供电；5 V至44 V单电源供电；额定电源电压：±15 V、±20 V、+5 V、+12 V和+36 V	提供OVP和断电保护
	ADG5208F/ ADG5209F	ADG5208F和ADG5209F分别为8:1和双通道4:1模拟多路复用器	过压保护可达−55 V和+55 V；低导通电容：ADG5208F：20 pF；ADG5209F：14 pF	OVP
	ADG508F/ ADG509F	ADG508F内置8个单通道/ADG509F内置4个差分通道	低导通电阻(270 Ω典型值)；快速开关时间：T_{ON} = 230 ns (最大值)；T_{OFF} = 130 ns (最大值)；低功耗(3.3 mW最大值)	OVP、TTL和CMOS兼容型输入

功能模块	部件编号	描述	主要特性	优势
隔离器	电源隔离器			
	ADuM5000	2.5 kV、隔离式DC/DC转换器	集成*iso*Power®的隔离DC-DC转换器；3.3 V或5 V调节输出；500 mW最大输出功率；安全和法规认证	隔离式；高输出功率
	ADM2587E/ADM2582E	提供±15 kV ESD保护的信号与电源隔离RS-485收发器	隔离式RS-485/RS-422收发器，可配置为半双工或全双工；集成*iso*Power的隔离式DC-DC转换器；符合ANSI/TIA/EIA-485-A-98和ISO 8482:1987；ADM2582E数据速率：16 Mbps；ADM2587E数据速率：500 kbps；高共模瞬变抗扰度：>25 kV/µs	集成式信号和电源隔离数据收发器
	ADuM521x	集成*iso*Power隔离电源的双通道数字隔离器	集成隔离式DC-DC转换器；5 V/30 mA稳压输出；两个DC至100 Mbps (NRZ)信号隔离通道；精密定时特性：脉冲宽度失真2 ns (最大值)；高共模瞬变抗扰度：>25 kV/µs	小型封装；集成电源隔离
	ADuM347x	集成PWM控制器和变压器驱动器的四通道隔离器	隔离式PWM控制器；集成变压器驱动器；可调稳压输出：3.3 V至24 V；输出功率：2 W；功效比：70%；四通道DC-25 Mbps信号隔离通道；上电软启动功能；热关断；2.5 kV rms隔离	高输出功率；可调振荡器频率；高工作温度
	数据隔离器			
	ADuM14xx	四通道数字隔离器，3.75 kV rms	1.8 V/3.3 V电平转换；工作温度最高可达：125°C，高数据速率：dc至10 Mbps (NRZ)	双向通信；低功耗工作模式
	ADuM12xx	数字隔离器，3 kV rms	数据速率高达100 Mbps (NRZ)；低传播延迟：20 ns (典型值)；电平转换：2.7 V至5 V；高共模瞬变抗扰度：>25 kV/µs	低动态功耗；低传播延迟：20 ns (典型值)
	ADuM3481	四通道数字隔离器，3.75 kV rms	1.8 V至5 V电平转换；工作温度最高可达：125°C，高数据速率：dc至25 Mbps (NRZ)	双向通信；低功耗工作模式
电源	ADP2441	同步降压DC-DC稳压器	宽输入电压范围：4.5 V至36 V；最大负载电流：1 A；可调节输出：最低0.6 V；输出电压精度：±1%	低负载下的脉冲跳跃模式；300 kHz至1 MHz可调节开关频率
	ADP2442	36 V、1 A、同步降压DC-DC稳压器，带外部时钟同步	宽输入电压范围：4.5 V至36 V；效率高达94%；输出电压精度：±1%，可调开关频率范围：300 kHz至1 MHz，外部同步范围：300 kHz至1 MHz	宽输入电压范围、高效率、小型封装
	ADP5073/ADP5074	1.2 A、DC至DC反相稳压器	宽输入电压范围：2.85 V至15 V；可调负输出至V_{IN} – 39 V；集成1.2 A主开关；开关频率：1.2 MHz/2.4 MHz，可选外部频率同步范围：1.0 MHz至2.6 MHz	反相稳压器，小型封装
	ADP5070	开关稳压器	宽输入范围：2.85 V至15 V；可编程输出支持±15 V输出(3.3 V输入至+15 V/100 mA；3.3 V输入至–15 V/65 mA)；工作温度范围：–40°C至+125°C	具有独立的正输出和负输出
通信接口	ADM2490E	隔离式RS-485/RS-422	全双工/半双工；工作电压：5 V/3.3 V；16 Mbps；±8 kV ESD	高速、多点传输线
	ADM305x	CAN收发器	V_{CC}工作电压：5 V；符合ISO 11898标准；数据速率高达1 Mbps；提供CANH和CANL短路保护，可针对24 V系统提供电源/接地短路保护	热关断保护；低电流待机模式
	ADM325xE	CAN收发器	5 V/3.3 V电源；460 kbps；2.5 kV隔离	隔离式单通道，集成高ESD保护
单通道模拟输出器件	DAC			
	AD5761/AD5721	多范围、16/12位、双极性/单极性电压输出型DAC	8个软件可编程输出范围：0 V至5 V、0 V至10 V、0 V至16 V、0 V至20 V、±3 V、±5 V、±10 V、–2.5 V至+7.5 V；5%超量程；总非调整误差(TUE)：0.1% FSR(最大值)；保证单调性：±1 LSB (最大值)	双极性/单极性；低噪声
	AD5683R	低功耗、单通道、16位缓冲电压输出型DAC	高相对精度(INL)：±2 LSB (最大值，16位)；低漂移、2.5 V基准电压源：2 ppm/°C (典型值)；可选输出范围：2.5 V或5 V	高驱动能力：20 mA；低功耗：1.2 mW (3.3 V)；鲁棒的4 kV ESD保护
	电压电流驱动器			
	AD5750-2	单通道电流/电压输出驱动器	电流输出范围：0 mA至24 mA、4 mA至20mA；0 V至5 V、0 V至10 V、±5 V和±10 V，提供20%的超量程特性；灵活的串行接口；片内输出故障检测	低成本、高精度电压/电流输出驱动器，可通过硬件或软件编程
	集成式解决方案			
	AD5422/AD5412/AD5420/AD5410	单通道、16/12位、电流/电压输出型DAC	I_{OUT}范围：0 mA/4 mA至20 mA、0 mA至24 mA，V_{OUT}范围：0 V至5 V、0 V至10 V、±5 V、±10 V和10%超量程；±0.01 % FSR TUE，±3 ppm/°C输出漂移；片内输出故障检测；片内V_{REF}	AD5422/AD5412是一款易于部署的解决方案，紧凑型的封装中集成多种功能，有效简化了工厂过程控制和工业系统设计

功能模块	部件编号	描述	主要特性	优势
多通道模拟输出器件	DACs			
	AD5686/ AD5684R	四通道、16/12位 *nano*DAC®，片内集成基准电压源和SPI接口	高相对精度(INL)：±2 LSB；低漂移2.5 V基准电压源2 ppm/°C；总不可调节误差(TUE)：0.1% FSR(最大值)，失调误差：1.5 mV(最大值)；增益误差：0.1 % FSR(最大值)；高驱动能力：20 mA，0.5 V(供电轨)	轨到轨、电压输出DAC；该器件内置2.5 V、2 ppm/°C内部基准电压源(默认使能)和增益选择引脚，满量程输出为2.5 V (增益=1)或5 V (增益=2)
	集成式解决方案			
	AD5755/ AD5735/ AD5757/ AD5737	四通道、16/12位、电流/电压输出型DAC，带动态功率控制	用于热管理的动态电源控制；在同一引脚上输出电压或电流；I_{OUT}范围：0 mA/4 mA至20 mA或0 mA至24 mA；V_{OUT}范围：0 V至5 V、0 V至10 V、±5 V、±10 V、±6 V、±12 V；片内基准电压源	行业首款具备动态电源控制功能的数据转换器，不但有利于节能，而且可以增强过程控制I/O系统的工作稳定性
HART	AD5700/ AD5700-1	半双工HART调制解调器/集成内部振荡器的半双工HART调制解调器	HART兼容型完全集成式FSK调制解调器；1200 Hz和2200 Hz正弦偏移频率；接收模式下电源电流：115 µA (最大值)；集成式接收带通滤波器；只需极少的外部元件；1.71 V至5.5 V电源电压/0.5%精密内部振荡器	最低功耗；最小封装；高集成度；高驱动能力

参考电路ID	描述
CN0278	具有0.5°C精度的隔离式4通道热电偶/RTD温度测量系统
CN0310	24位、250 kSPS单电源数据采集系统
CN0251	24位、4.7 Hz、4通道模拟数据采集系统
CN0255	16位、100 kSPS单电源低功耗数据采集系统
CN0254	16位、250 kSPS、8通道单电源隔离数据采集系统
CN0325	使用4引脚或6引脚端子板的PLC/DCS通用模拟输入
CN0270	完整的4 mA至20 mA HART解决方案
CN0321	具有HART的完全隔离、单通道电压、4 mA至20 mA输出
CN0233	带隔离式DC-DC电源的16位隔离式工业电压和电流输出DAC
CN0267	具有HART接口的完整4 mA至20 mA环路供电现场仪表
RD_ADuC7061	低功耗4线压力发射器

欲了解更多工业PLC应用和产品信息，请访问：

www.analog.com/cn/process-control

欲了解完整的PLC演示系统，请访问：

www.analog.com/cn/plc-demo

ANALOG DEVICES
超 越 一 切 可 能 ™

ADI FAST START 物联网平台

概述

Fast Start物联网平台是推动智慧城市、智能建筑、智能农业、机器健康监控等物联网应用发展的强大工具。

平台组件包括：

- Fast Start传感器板
- 网关硬件—Armadillo或Raspberry Pi
- 网关软件—运行于PC上的一组软件

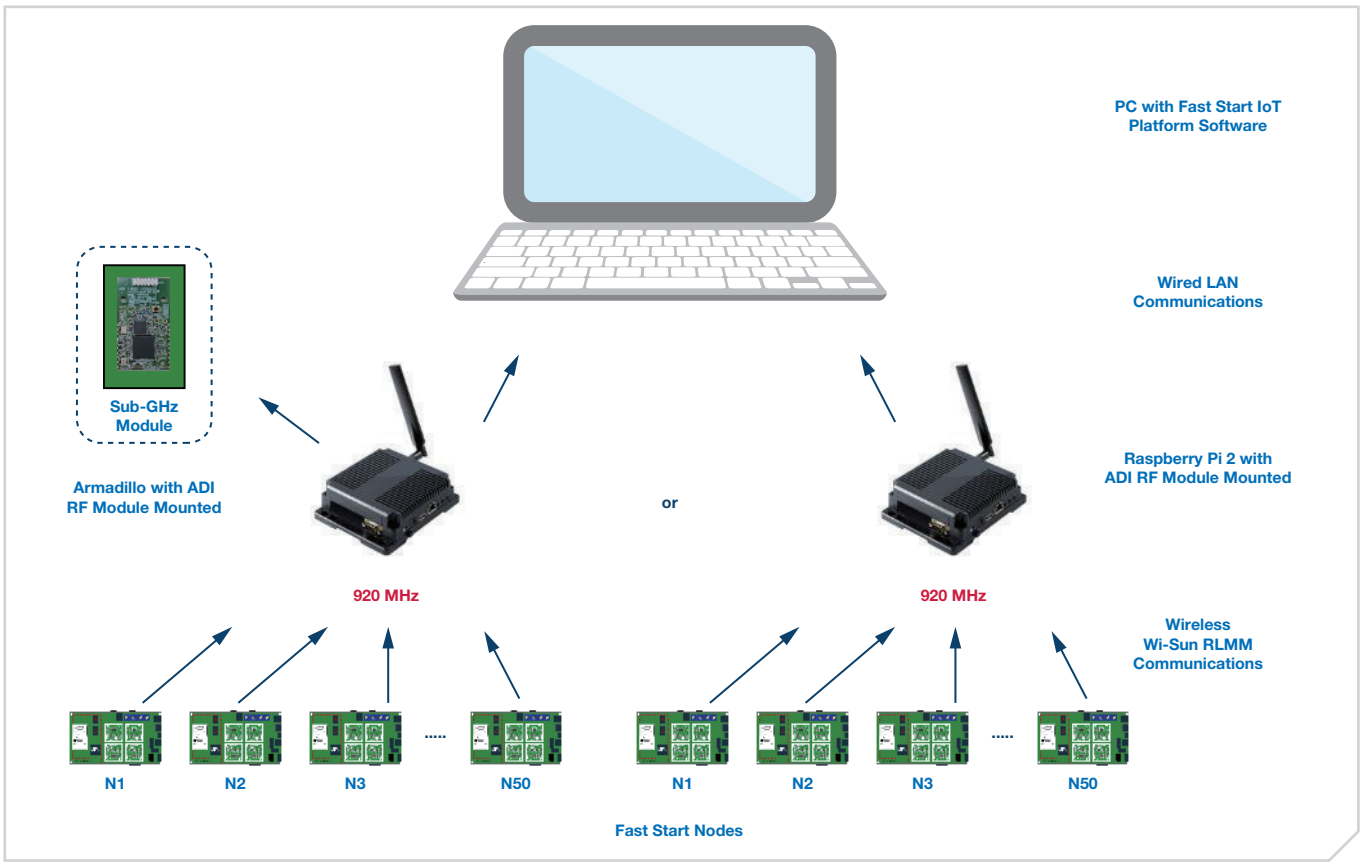


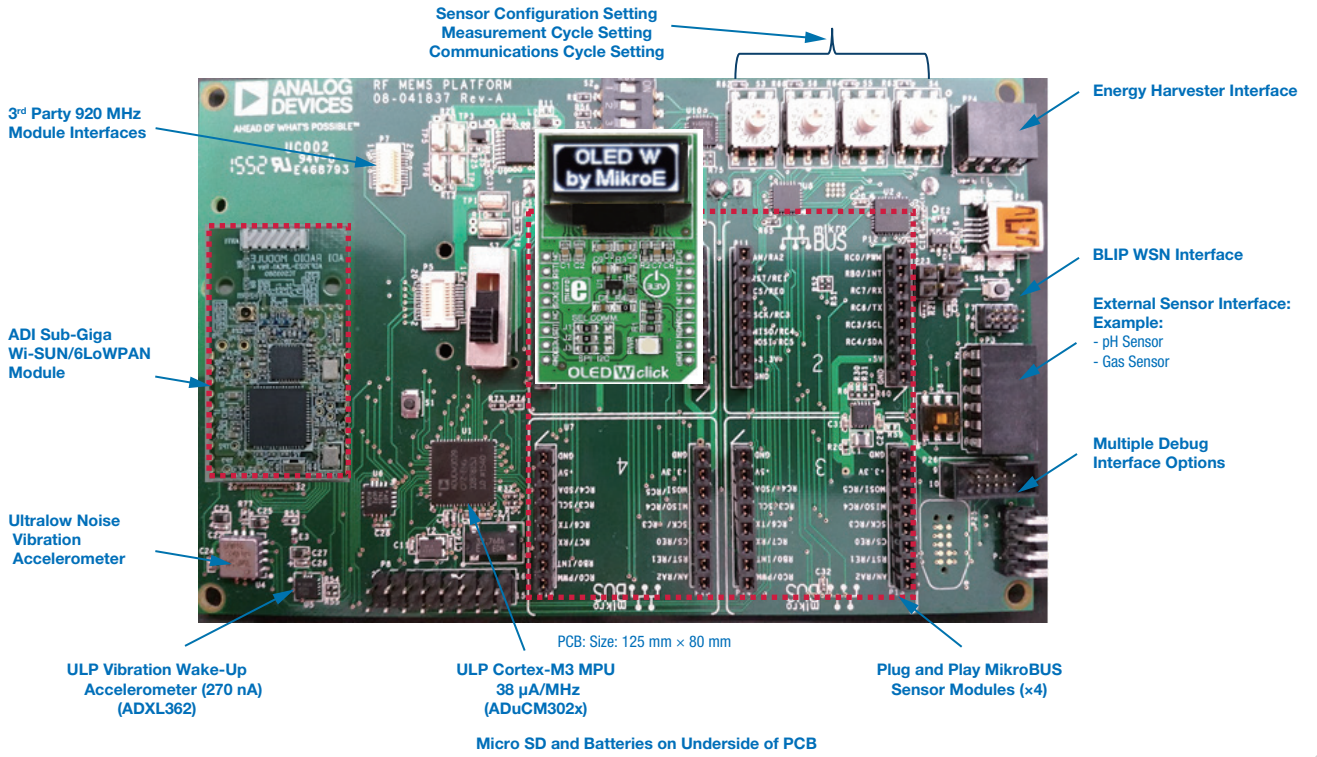
图1. Fast Start平台

当前设置采用网关和PC之间的有线局域网连接。此连接使其成为“云就绪”系统。这样可以扩展网关组件，从而与云系统实现无线通信，从任何远程位置控制Fast Start节点。

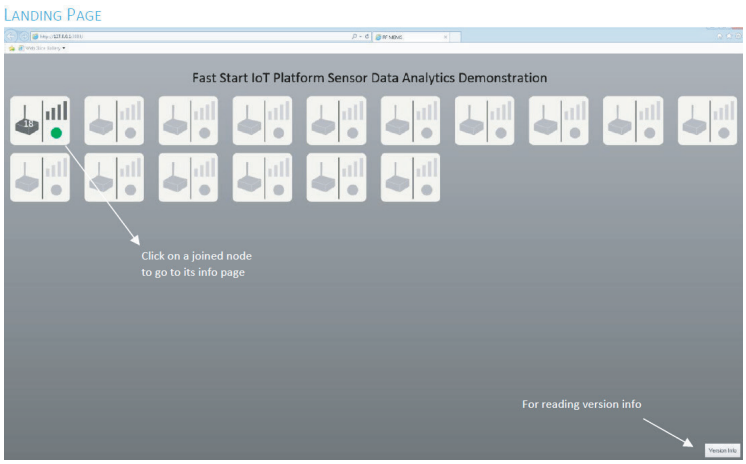
目标应用包括：

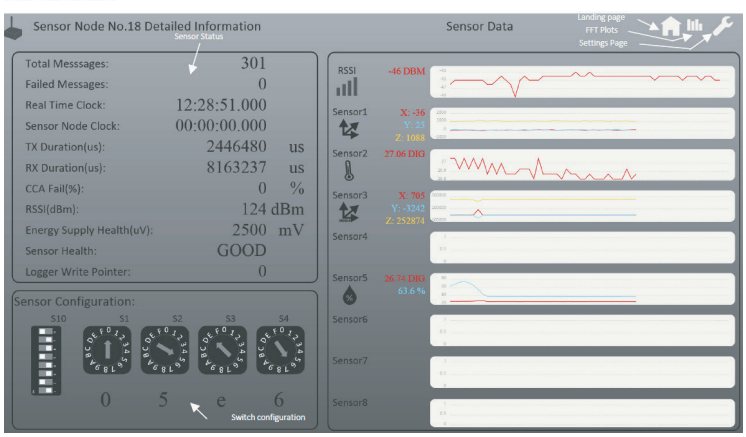
- 结构健康监控
  - 用于桥梁、隧道和楼宇监控的系统
- 资产跟踪和监控
  - 托盘标记、制冷监控
- 智能农业
  - 作物管理
- 智能电能
  - EV和UPS电池监控
- 智能机器
  - 工厂环境中的监测设备

系统框图


Sensor Configuration Setting
Measurement Cycle Setting
Communications Cycle Setting
3rd Party 920 MHz Module Interfaces
Energy Harvester Interface
BLIP WSN Interface
External Sensor Interface: Example:
- pH Sensor
- Gas Sensor
ADI Sub-Giga Wi-SUN/6LoWPAN Module
Multiple Debug Interface Options
Ultralow Noise Vibration Accelerometer
PCB: Size: 125 mm × 80 mm
ULP Vibration Wake-Up Accelerometer (270 nA) (ADXL362)
ULP Cortex-M3 MPU 38 µA/MHz (ADuCM302x)
Plug and Play MikroBUS Sensor Modules (×4)
Micro SD and Batteries on Underside of PCB

GUI


Landing Page
Fast Start IoT Platform Sensor Data Analytics Demonstration
Click on a joined node to go to its info page
For reading version info


Raw Data Mode
Sensor Node No.18 Detailed Information
Sensor Data
Total Messsages: 301
Failed Messages: 0
Real Time Clock: 12:28:51.000
Sensor Node Clock: 00:00:00.000
TX Duration(us): 2446480 us
RX Duration(us): 8163237 us
CCA Fail(%): 0 %
RSSI(dBm): 124 dBm
Energy Supply Health(uV): 2500 mV
Sensor Health: GOOD
Logger Write Pointer: 0
Sensor Configuration:
Switch configuration

主要产品简介

器件	描述	主要特性	优势
处理器			
ADuCM3029	ADuCM3029是一款超低功耗集成式混合信号微控制器系统，可用于处理、控制和连接	系统特性包括：26 MHz ARM® Cortex®-M3处理器；最高256 kB嵌入式闪存；64 kB系统SRAM；电源管理单元(PMU)；多层高级微控制器总线架构；(AMBA)总线矩阵；中央直接存储器访问(DMA)控制器；传呼机接口；SPORT、SPI、I²C和UART外设接口；加密硬件支持AES和SHA256；实时时钟(RTC)；通用唤醒和看门狗定时器；可编程GPIO；上电复位(POR)和电源监控器(PSM)；12位SAR模数控制器	高集成度/超低功耗
能量采集			
ADP5090	具有MPPT的ULP升压充电器	超低功耗升压调节器；迟滞控制器优化次mW级效率；冷启动：10 µW，V_{IN} = 380 mV；超低静态电流：I_Q (sys) < 350 nA，V_{IN} (OCV) > MINI_OP时；I_Q (sys) < 250 nA，V_{IN} (OCV) < MINI_OP时；基于OCV电平的可编程自动开关关断点(MIN_OP)；OCV (开路电压)检测MPPT；针对PV或TEG的可编程MPPT；支持可选备用电池电源路径；管理原电池，以实现连续工作；能量存储管理；防止过度充电和过度放电的可编程充电截止电压和关断电压电平	高效率、小封装
RF			
ADF7023/ ADF7024	ADF7023是一款工作范围为862 MHz至928 MHz和431 MHz至464 MHz频段的极低功耗、高性能、高集成度2FSK/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	超低功耗、高性能收发器；频段：862 MHz至928 MHz；431 MHz至464 MHz；支持数据速率：1 kbps至300 kbps；2.2 V至3.6 V电源；单端和差分PA；中频带宽可编程的低中频接收机；100 kHz、150 kHz、200 kHz、300 kHz；接收机灵敏度(BER)：116 dBm (1.0 kbps、2FSK、GFSK)；−107.5 dBm (38.4 kbps、2FSK、GFSK)；−102.5 dBm (150 kbps，GFSK、GMSK)；−100 dBm (300 kbps，GFSK、GMSK)；−104 dBm (19.2 kbps、OOK)；极低功耗：12.8 mA (PHY_RX模式，最大前端增益)；24.1 mA (PHY_TX模式，10 dBm输出，单端PA)；0.75 µA (PHY_SLEEP模式，32 kHz RC振荡器有效)；1.28 µA (PHY_SLEEP模式，32 kHz XTAL振荡器有效)；0.33 µA (PHY_SLEEP模式，深度休眠模式1)；RF输出功率范围：−20 dBm至+13.5 dBm (单端PA)；RF输出功率范围：−20 dBm至+10 dBm (差分PA)；已获专利的快速建立自动频率控制(AFC)；数字接收信号强度指示(RSSI)；集成PLL环路滤波器和Tx/Rx开关；快速自动VCO校准；自动频率合成器带宽优化	低功耗；宽带；收发器
ADF7030-1	高性能；窄带和宽带；收发器	ADF7030-1是一款低功耗、高性能、集成式无线电收发器，在次GHz频率范围内支持多种调制方案和通道宽度；RF频率范围：169.4 MHz至169.6 MHz；426 MHz至470 MHz；863 MHz至960 MHz；数据速率：2 (G)FSK：0.1 kbps至300 kbps；4 (G)FSK：0.1 kbps至400 kbps (仅Tx)；双路PA输出；低功耗；深度休眠电流：1 nA；10 nA休眠电流，保留存储器内容；自主智能唤醒模式；可编程接收器带宽：3 kHz至487 kHz；169 MHz时的接收器(Rx)性能；阻塞：97 dB (±10 MHz失调)；邻道抑制：66 dB；灵敏度：−122.8 dBm (2.4 kbps)；发射器(Tx)性能；范围：−20 dBm至+17 dBm，步长分辨率为0.1 dB；输出功率随温度和电源变化波动极低；61 mA Tx电流(17 dBm)	片上ARM Cortex-M0处理器，可执行无线电控制和校准以及数据包管理。
ADF7241/ ADF7242	ADF7241是一款高集成度、低功耗、高性能；收发器，在全球通用的2.4 GHz ISM频段工作。其设计注重灵活性、稳定性、易用性和低功耗特性。在数据包和数据流两种模式下，该IC均支持IEEE 802.15.4-2006 2.4 GHz PHY要求	频率范围(全球ISM频段)：2400 MHz至2483.5 MHz；兼容IEEE 802.15.4-2006 (250 kbps)；低功耗；接收模式：19 mA (典型值)；发射模式：21.5 mA (典型值) (PO = 3 dBm)；32 kHz晶振唤醒模式：1.7 µA；高灵敏度：−95 dBm (250 kbps)；可编程输出功率：−20 dBm至+4.8 dBm，2 dB步长；集成稳压器；输入电压范围：1.8 V至3.6 V；出色的接收机选择性和抗阻塞能力；零中频架构；符合EN300 440 Class 2、EN300 328、FCC CFR47；Part 15、ARIB STD-T66标准；数字RSSI测量；快速自动VCO校准；自动RF频率合成器带宽优化	IEEE802.15.4 + 专有2.4 GHz
MEMS			
ADXL345	低功耗、高速，CCD缓冲放大器	极低缓冲功耗；芯片功耗低至20 mW；具有省电特性，可通过GPO控制来降低有源负载电流；高速缓冲；−3 dB带宽：400 MHz；压摆率：415 V/µs；1%快速建立时间，2 V步进：5 ns	低功耗、高精度

有关处理器产品的更多信息，请访问：

www.analog.com/cn/ultra-low-power-microcontrollers

有关RF产品的更多信息，请访问：

www.analog.com/cn/rf-product

有关MEMS产品的更多信息，请访问：

www.analog.com/cn/MEMS-product

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

ADI公司流式细胞分析仪解决方案

流式细胞分析仪典型架构

生命科学与医疗仪器仪表包括各种不同的系统，比如体外化学分析仪、流式细胞分析仪、输液泵、透析设备、呼吸器、导管等设备。流式细胞分析仪技术用于检测并测量细胞或粒子群的物理和化学特性。含有细胞或粒子的样本悬浮在液体中并注入流式细胞仪。在理想情况下，样本总每次有一个细胞一次流动通过激光束，散射光含有细胞及其组成部分的独有特性。细胞通常标有荧光标记，这样可先吸收光，然后以一段波长发射出去。数以万计的细胞可以被快速检测出，然后由计算机处理收集到的数据。流式细胞分析仪是一种基于光或阻抗的技术，用于细胞分类、生物标志物检测、蛋白质工程和血癌等健康疾病的诊断。

流式细胞分析仪是一种复杂的系统，包括光学引擎(由光源和接收检测设备组成)、信号调理和处理、样本移动/流控系统、阻抗测量和处理、电源管理、环境监测和控制(温度、压力、湿度)以及用于信号分析的计算机。

流式细胞分析仪设计考虑和主要挑战

系统集成很复杂，因为流式细胞分析仪包含多种不同的技术，例如分光光度计、阻抗测量、流控和样本处理功能、信号调理和处理以及数据处理系统

- 测量速度非常重要：每秒1000至5000个细胞
- 高精度，以检测液体中的细胞。可以区分开具有5%差异的两个细胞
- 光学系统控制和精度是系统的关键要素

光学检测和激光控制

- 光电二极管输入中的I/V转换器需要低偏置电流、高输入阻抗、低噪声、低失调运算放大器
- 快速、高精度、同步采样ADC
- 低噪声且稳定的高PSRR电源
- 低噪声且稳定的激光源

温度控制对于细胞和测量极为重要

- 细胞对温度波动很敏感
- 反应速率对温度非常敏感
- 一般温度范围是体温，精度最高为±0.1°C
- 有时集成加热/冷却设备以便平稳地控制温度

自动控制是提高执行效率所必需的

- 精确的步进和位置控制
- 用于在仪器内移动和转移样本的电机运动控制
- 精确的液位测量
- 用于检测阻塞的压力检测
- 精确快速的样本加载和清洁

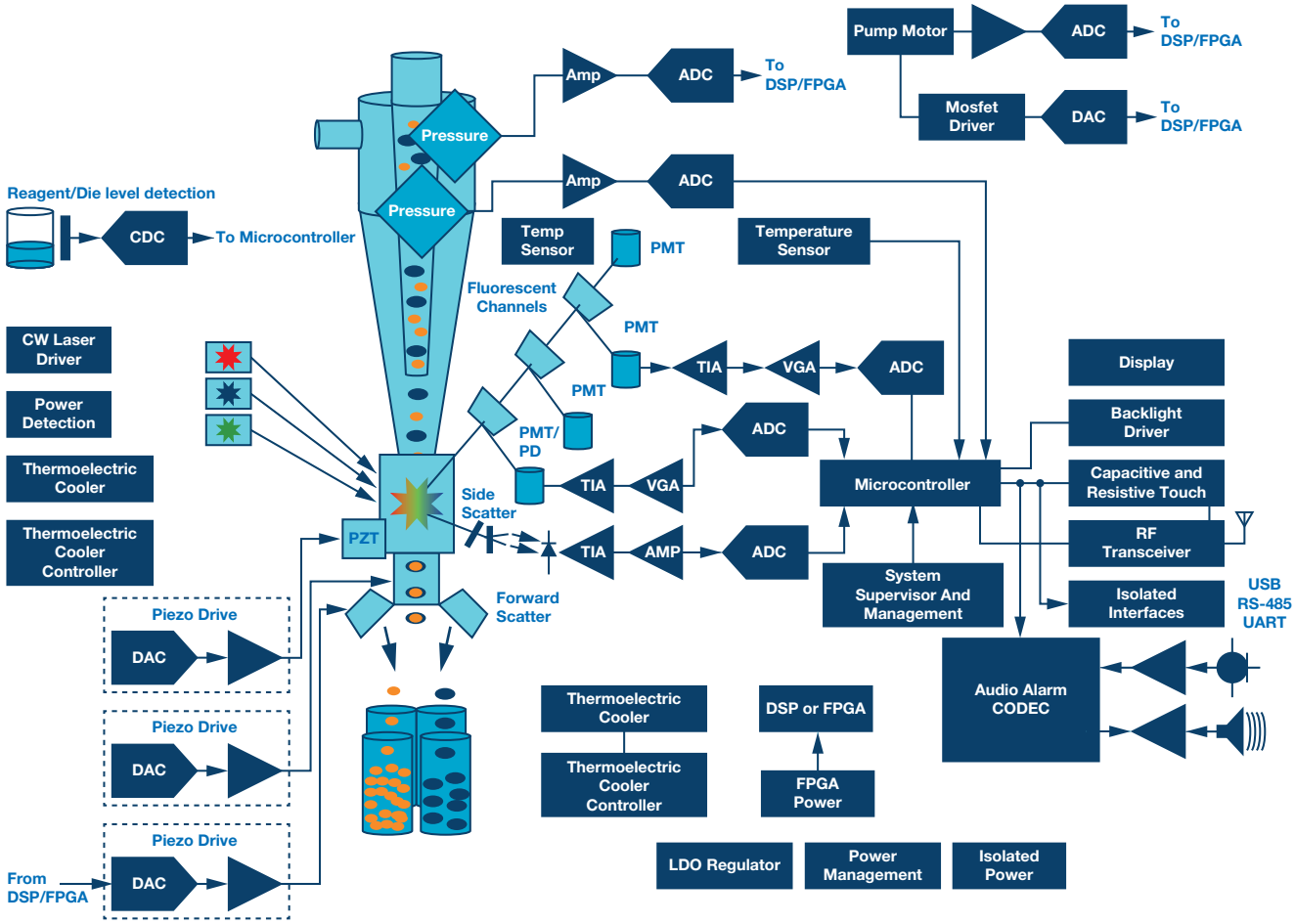
数据处理和分类

- 用于多通道数据处理的高速处理器
- 用于加快复杂分析的DSP或FPGA
- 尽可能快地提供检查报告

ADI公司的流式细胞分析仪整体解决方案

公司提供各类放大器用于I/V转换、滤波器设计、信号调理和ADC驱动，并提供数据转换、信号处理和电源管理解决方案，使流式细胞分析仪应用的产品质量和可靠性达到最佳程度。此外，ADI公司还提供评估板、仿真工具和应用专业技术，为客户的设计和开发工作提供支持。

流式细胞分析仪主信号链



注释：上述信号链代表流式细胞分析仪系统。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。

光学检测和激光控制

TIA	对数放大器/滤波器/驱动器	VGA	Mux	DAC	ADC	基准电压源	激光控制/功率检波器
ADA4817/ ADA4530-1/ ADA4350/AD860x/ AD806x/ADA4897	ADA493x/ ADA4940/AD813x/ ADA4700-1/ ADL530x	AD8264/ AD8337	ADG140x/ ADG120x/ADG543x	AD56xx/AD5755-1/ LTC2620/AD5412	AD9656/LT2387/ LT2386/ LT2385-18/ AD7960/AD4003/ AD4007/AD7626/ AD925x	ADR45xx/ ADR44x	AD5592R/ AD836x

流控/压力

CDC	INA	ADC
AD7745/AD7747/AD7142/AD7147/AD715x	AD8422/AD8426/AD8290	AD7124-8/AD7124-4/AD7190/ AD7191/AD7192/AD7193

温度测量和控制

温度传感器	热电偶放大器	ADC	TEC 控制
ADT7320/ADT7310/ADT7420/ADT7410/ ADT7516/ADT7517	AD590/AD8494	AD7124-8/AD7124-4	ADN8831/ADN8834

电源管理

电源模块	开关稳压器	LDO Regulator	电源监控器
LTM4622A/LTM4631/ LTM4643/LTM8026	LT8609S/LT8330/LT8331/LT8494/ LT8495/LTC3853/LTC3633/ADP505x	ADM7151/LT3090/LT308x/ LT196x/LT176x	ADM6339/ADM13307/LTC2914

处理器/隔离接口/背光驱动器/音频编解码器/RF收发器/容性和阻性触摸屏

处理器	隔离接口	背光驱动器	音频编解码器	RF收发器	容性和阻性触摸屏
ADuC7122/ADuC7127/ ADuC7060/ ADSP-CM402F/ ADSP-CM403F/ ADSP-CM408	ADM2682E/ADM2484E/ ADM2491E	ADD5203/ADD5205/ ADD5211	ADAU1361/ADAU1781/ ADAU1961	ADF7241/ADF7242/ ADF7030/ADF7024	AD7873/AD7877/ AD7147A

主要产品

器件	描述	优势
TIA		
ADA4530-1	飞安级输入偏置电流静电计放大器；输入偏置电流：±20 fA (最大值)，失调电压：50 μV，失调电压漂移：±0.13 μV/°C (最大值)，输入电压噪声：14 nV/√Hz (10 kHz)	超低输入偏置电流，超低电流和电压噪声，超低失调电压和漂移
ADA4817	低噪声、1 GHz *FastFET*运算放大器；–3 dB 带宽 (G = 1，RL = 100 Ω)：1050 MHz；低失真：–90 dBc (10 MHz)；输入偏置电流：2 pA (典型值)，输入电压噪声：4 nV/√Hz (100 kHz时)，输入电流噪声：2.5 fA/√Hz (100 kHz时)	适用于低输入电容、低噪声和低失调电压的宽带I/V转换
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	适用于低输入噪声的宽带I/V转换
AD8065	低输入偏置电流、高性能150 MHz *FastFET*放大器；1 pA 输入偏置电流，低噪声：7 nV/√Hz 和0.6 fA/√Hz (10 kHz时)，低功耗：电源电流：每个放大器6.4 mA (典型值)	低功耗，低成本、低输入偏置电流
AFE		
ADA4350	FET输入AFE集成了FET输入放大器、开关网络和ADC驱动器；输入偏置电流：±0.25 pA，输入电压噪声：5 nV/√Hz (典型值，100 kHz、±5 V时)，关断漏电流：±0.5 pA (典型值)	适用于I/V转换，适用于流式细胞分析仪
放大器		
ADA4940-2	260 MHz超低失真差分ADC驱动器；Vn RTI：3.9 nV/√Hz；HD2/HD3：–102/–96 dBc (1 MHz)	驱动最高性能的高速ADC
ADA4938-2	1.0 GHz超低失真差分ADC驱动器；Vn RTI：2.6 nV/√Hz；HD2/HD3：–106 dBc/–109 dBc (10 MHz)，–82 dBc/–82 dBc (50 MHz)	驱动最高性能的高速ADC，带CM调节功能
ADA4700-1	100 V、精密运算放大器；低输入失调电压：≤0.2 mV (典型值)，高输出驱动电流：30 mA，宽工作电压范围：±5 V至±50 V，高压摆率：20 V/μs (典型值)	高电压、高输出电流适合驱动PZT传感器
ADL5304	高速、200 dB范围、电流至电压对数转换器；100倍输入范围：1 pA至10 mA，法则一致性：±0.25 dB (电流检测范围内)：100 pA至100 μA	自适应光电二极管(PD)偏置，低暗电流针对所有输入电流检测优化，响应速度极快
Mux		
ADG1408	4 Ω导通电阻、8通道±15 V/12 V/±5 V *i*CMOS多路复用器；导通电阻平坦度：0.5 Ω；连续电流最高达190 mA	超低导通电阻(R_{ON})和高电流
ADG543x	高压防闩锁型四通道SPDT开关，低导通电阻(<10 Ω)	低导通电阻(R_{ON})和防闩锁
VGA		
AD8337	280 MHz超低噪声VGA，具有前置放大器，0至20 dB增益范围，提供20 dB/V增益调整；增益精度：±0.1 dB，Vn RTI：2.2 nV/√Hz	出色的直流特性，与高速相结合，适合流式细胞分析仪系统
AD8264	235 MHz四通道直流耦合VGA，具有前置放大器和差分输出，20 dB增益范围，提供20 dB/V增益调整；增益精度：±0.2dB，Vn RTI：2.3 nV/√Hz	出色的直流特性，高速，低噪声，良好线性dB增益
DAC		
AD5693R	AD5693R/AD5692R/AD5691R/AD5693，均属于*nano*DAC+®系列，分别是低功耗、单通道、16/14/12位缓冲电压输出DAC	小型、16位*nano*DAC+，±2 (16位)LSB INL和2 ppm/°C 基准电压源
AD5686R	AD5686R *nano*DAC+是一款四通道、16位、轨到轨、电压输出DAC；该器件内置2.5 V、2 ppm/°C内部基准电压源(默认使能)和增益选择引脚，满量程输出为2.5 V (增益=1)或5 V (增益=2)；	四通道、16位*nano*DAC+，内置2 ppm/°C片内基准电压源和SPI接口
LTC2620	LTC2600/LTC2610/LTC2620 分别是八通道16/14/12位、2.5 V至5.5 V、轨到轨电压输出DAC	低功耗，高速轨到轨输出驱动，超低串扰

器件	描述	优势
ADC		
AD9656	四通道、16位、125 MSPS JESD204B 1.8 V模数转换器；信噪比(SNR)：79.9 dBFS (16 MHz)，无杂散动态范围(SFDR)：86 dBc(至奈奎斯特频率)，JESD204B 子类1输出，650 MHz模拟输入带宽	面向高精度、高速流式细胞分析仪应用的低噪声、低功耗、高速、高SNR
LTC2387-18	18位15 Msps SAR ADC，95.7 dB SNR (典型值，f_{IN} = 1 MHz) 102 dB SFDR (典型值，f_{IN} = 1MHz)	低噪声、高速度
AD7960	AD7960 是一款18位、5 MSPS SAR ADC；提供无与伦比的噪声性能和线性度；集成内部转换时钟和内部基准电压缓冲	18位、5 MSPS、PULSAR®差分ADC
AD4003	AD4003/AD4007 均为低噪声、低功耗、高速18位、2 MSPS/1 MSPS SAR ADC；SNR：100.5 dB (典型值，1 kHz)，THD：–123 dB (典型值，1 kHz)	低功耗、高SNR、低失真
AD7626	16位、10 MSPS、PulSAR差分ADC；吞吐速率：10 MSPS SNR: 91.5 dB, 16-bit no missing codes SNR：91.5 dB、16位无失码	SAR架构，无延迟/流水线延迟
AD7124-8	集成PGA和基准电压源的8通道、低噪声、低功耗24位Σ-Δ ADC；在所有功率模式下，无噪声分辨率高达22位(增益=1)，输出数据速率：全功率：9.38 SPS至19.2 kSPS	高精度和低噪声，适合低频测量
处理器		
ADuC7122	12位模拟I/O，ARM7TDMI® MCU；一个提供时钟、复位功能的模拟子系统和ADC子系统，126 kB Flash®/EE存储器，8 kB SRAM	低功耗精密模拟微控制器系统
ADuC7060	ADuC7060/ADuC7061 均为完全集成的8 kSPS、24位数据采集系统，在单芯片上集成高性能多通道Σ-Δ模数转换器(ADC)，16位/32位ARM7TDMI® MCU和Flash/EE存储器	低功耗、精密模拟微控制器、双通道Σ-Δ ADC、Flash/EE、ARM7TDMI
ADSP-CM403F	ADSP-CM403F 混合信号控制处理器集成双通道高精度16位ADC和一个ARM® Cortex®-M4处理器内核，其浮点运算单元工作频率高达240 MHz，集成最高384 kB SRAM存储器、最高2 MB闪存	ARM Cortex-M4内核集成浮点运算单元，可支持高级编程模型和复杂算法
温度传感器		
ADT7420	数字I²C温度传感器，精度为±0.25°C，工作范围为–20°C至+105°C，16位分辨率(0.0078°C)，ADT7320为SPI接口版本	无需校准，过温/欠温中断
ADT7516	SPI/I²C兼容、温度传感器、4通道ADC和4路电压输出；温度传感器精度：±0.5°C (典型值，–40°C至+120°C)	缓冲电压输出，对所有代码保证单调性
CDC		
AD7745	AD7745/AD7746 均为高分辨率、Σ-Δ电容数字转换器(CDC)；要测量的电容可直接连接到器件输入端。该芯片还具有高分辨率(24位无失码、最高21位有效分辨率)、高线性度(±0.01 %)和高精度(±4 fF工厂校准)等固有特性	24位、单通道电容数字转换器
TEC		
ADN8834	超紧凑1.5 A热电冷却器(TEC)控制器；2.0 MHz PWM驱动器开关频率，外部同步，集成两个零点偏移、轨到轨斩波放大器	支持NTC或RTD热传感器
隔离接口		
ADM2682E	16 Mbps、5 kV rms信号和电源隔离RS-485收发器，提供±15 kV ESD保护	适用于医疗仪器仪表的5 kV隔离应用
音频编解码器		
ADAU1781	SigmaDSP®低噪声立体声音频编解码器；可编程SigmaDSP内核，用于音频处理、24位立体声音频ADC和DAC、400 mW扬声器放大器	低噪声DAC和ADC支持8 kHz至96 kHz的采样速率
RF收发器		
ADF7241	低功耗IEEE 802.15.4零中频2.4 GHz收发器	高集成度、低功耗、高性能
基准电压源		
ADR4540	ADR4520/ADR4525/ADR4530/ADR4533/ADR4540/ADR4550 器件均为高精度、低功耗、低噪声基准电压源，最大初始误差为±0.02%，最大温度系数(TCVOUT)：2 ppm/°C	高精度、低功率、低噪声
LTC6655	低漂移精密基准电压源；低噪声：0.25ppm/p-p (0.1 Hz至10 Hz)；低漂移：2 ppm/°C (最大值)，高精度：±0.025% (最大值)	高精度、低漂移、低噪声
电源模块		
LTM4622A	超薄型双通道2 A或单通道4A降压型DC/DC µModule®稳压器；输入电压范围：3.6 V至20 V，输出电压为1.5 V至12 V	小型超薄、宽输入范围、快速瞬态响应、稳定
LTM4631	超薄型双通道10 A或单通道20 A DC/DC µModule稳压器；输入电压范围：4.5 V至15 V，输出电压范围：0.6 V至1.8 V	高输出电流、小尺寸、稳定
LTM4643	超薄型四通道µModule稳压器，提供可配置3 A输出阵列，输入电压范围：4 V至20 V，输出电压为0.6 V至3.3 V	小尺寸、稳定、高效率
LTM8026	36 V_{IN}、5 A降压型µModule稳压器；输入电压范围：6 V至36 V，1.2 V至24 V输出	可并联以提高输出电流，即使来自不同的电压源

器件	描述	优势
开关稳压器		
LT8609S	42 V、2 A/3 A峰值同步降压稳压器，2.5 μA静态电流，输入电压范围：3.0 V至42 V，1 A电流、12 V_{IN}至5 V_{OUT}时效率>93 %，输出纹波量<10 mV/p-p	在任何PCB上的EMI/EMC辐射超低，低噪声、高效率
LTC3853	三路输出多相同步降压型控制器；高效率：高达92 %，V_{IN}范围：4.5 V至24 V	低噪声、高效率
LT8494	具有2 A的SEPIC/升压DC/DC转换器，70 V开关和7 μA静态电流；宽输入电压范围：~1 V至60 V，输出纹波：<10 mV (典型值)	提高效率，降低最小电源电压，启动以延长电池寿命
ADP5014	集成四通道低噪声降压调节器的电源解决方案；输入：2.75 V至6.0 V，输出：0.5 V至0.9 × PVINx，通道1和通道2：可编程2 A/4 A，通道3和通道4：1 A/2 A同步降压调节器，或单通道4 A输出(并联使用)	低输出噪声，可并联输出，多输出FPGA
LDO		
LTC3083	可调3 A单电阻低压差稳压器；输入电压范围：1.2 V至23 V，低压差：310 mV，输出电压可调至0 V，低输出噪声：40 μV/rms (10 kHz至100 kHz)	低压差，低噪声
LT3090	集成可编程限流的-36 V、600 mA负线性稳压器；低压差：300 mV，低输出噪声：18 μV/rms (10 kHz至100 kHz)，输入电压范围：–1.5 V至–36 V，轨到轨输出电压范围：0 V至–32V	低噪声，低压差，轨到轨负输出
LT1963A	1.5 A低噪声快速瞬态响应LDO稳压器；电压差：340 mV，低噪声：40 μV/rms (10 kHz至100 kHz)，可调输出范围：1.21 V至20 V	低噪声、低电压差
ADM7151	800 mA、超低噪声/高PSRR可调V_{OUT} LDO；输入：4.5 V至16 V，输出：1.5 V至5.1 V，低噪声：1.0 μV/rms (100 kHz至100 kHz)，PSRR：>90 dB (1 kHz至100 kHz)	极低噪声和极高PSRR
电源监控器		
ADM6339	四电压微处理器监控电路可监控：–5.0 V、1.8 V、2.5 V、3.0 V、3.3 V和5.0 V电源电压；提供±5 %和±10 %两种容差水平；该器件还提供一至三个可调电压阈值选项：1.23 V、0.62 V和–0.5 V	四电压微处理器监控电路
LTC2914	四路UV/OV正/负电压监控器，可调UV和OV跳变值，保证阈值精度：±1.5 %，输入毛刺抑制，可监控多达两个负电压	四路可调电压监控电路

设计资源

参考电路

- 集成低功耗输入驱动器和基准电压源的16位6 MSPS SAR ADC系统，针对多路复用应用优化(CN-0307)—*analog.com/cn/circuits-from-the-lab/CN0307/vc*
- 扩展电容数字转换器AD7745/AD7746的容性输入范围(CN-0129)—*analog.com/media/en/technical-documentation/application-notes/AN-1585.pdf*
- 带可编程增益跨阻放大器和同步检波器的双通道色度计(CN-0312)—*analog.com/cn/circuits-from-the-lab/CN0312/vc*
- 用12位阻抗转换器实现高精度阻抗测量(CN-0217)—*analog.com/cn/circuits-from-the-lab/CN0217/vc*
- 超高灵敏度飞安电流测量平台(CN-0407)—*analog.com/cn/design-center/reference-designs/hardware-reference-design/circuits-from-the-lab/CN0407*
- 面向工业应用的精密24位、250 kSPS单电源 Σ-Δ ADC系统(CN-0310)—*analog.com/static/imported-files/circuit_notes/CN0310.pdf*
- 18位、1.33 MSPS、16通道数据采集系统(CN-0269)—*analog.com/static/imported-files/circuit_notes/CN0269.pdf*

应用笔记/文章

- ADA4530-1飞安级输入偏置电流测量(AN-1373)—*analog.com/media/en/technical-documentation/application-notes/AN-1373.pdf*
- 高速转换器：内涵、原因和原理概述(MS-2629)—*analog.com/static/imported-files/tech_articles/High-Speed-Converters-MS-2629.pdf*

设计工具/论坛

ADC

- VisualANALOG™ 软件—*analog.com/VisualANALOG*
- SPI控制器：ADC SPI接口软件—*analog.com/cn/design-center/interactive-design-tools/spicontroller*
- Virtual Eval工具—BETA数据转换器工具—*beta-tools.analog.com/virtualeval*

DSP

- 软件开发套件(SDK)—*analog.com/cn/processors-DSP/software-and-reference-designs/content/software_development_kit_downloads/fca*

放大器

- 模拟光电二极管向导：光电二极管电路设计向导帮助—*analog.com/photodiode*
- 模拟滤波器向导：滤波器电路设计向导帮助—*analog.com/filterwizard*
- DiffAmpCalc™：差分放大器计算器—*analog.com/diffampcalc*

电路和电源设计仿真

- LTspice®：电路设计仿真工具—*analog.com/ltspice*
- LTpowerCAD 和 LTpowerPlanner—*analog.com/cn/design-center/ltpowercad*
- ADIsimPower™：稳压器设计工具—*analog.com/adisimpower*

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

连续无创式血压解决方案

无创式血压设备和典型架构

高血压是当今最主要的医疗问题。为了有效地控制高血压，我国于2017年颁布了“国家基层高血压防治管理指南”，并试图通过早期预防来控制高血压患病率。虽然采用传统的袖带无创式血压(NIBP)设备测量血压的效果已经很好，但使用袖带操作的用户体验不是很好。这类NIBP设备使用柯式音法来监听血液的振动情况，并获取在固定或较长时间间隔 (通常超过15分钟) 内的收缩压和舒张压。

连续无创式血压(CNIBP)测量是一种实时或以较短时间间隔监测人体收缩压和舒张压的技术。与上述传统的袖带无创式血压(NIBP)测量不同，CNIBP提供了一种连续、舒适的血压测量方法，可以非常方便地集成于现有的腕带、手表等可穿戴设备平台。

脉冲传输时间(PTT)方法是CNIBP应用中的一个研究热点，其原理是识别体积描记器(PPG)波形的关键特征节点，并计算当前PPG信号和其他参考信号(如体积描记器(PPG)、心电图(ECG)和心冲击描记图(BCG))之间的时间延迟。因此，可采用单独的PPG、多个PPG、PPG+ECG和PPG+BCG几种组合方式，我们以PPG+PPG和PPG+ECG组合为例，如下图1所示。

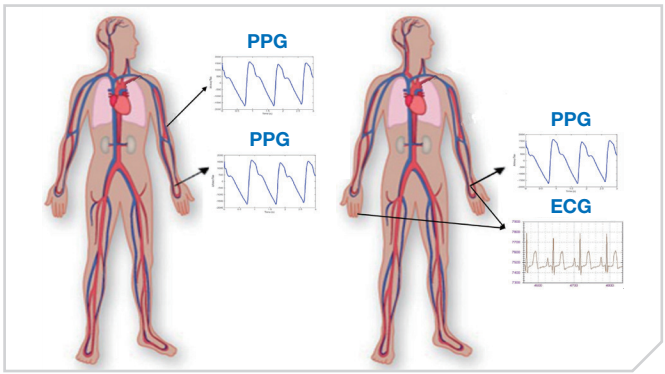


图1. 采用不同的传感器组合测量血压

图1左侧显示了适合CNIBP应用的多个PPG解决方案。血压值可以通过多个PPG信号特征点之间的时间延迟来计算，这些特征点需要先用软件进行预处理和识别。放置PPG传感器的位置不是固定的，但要尽可能地获得足够长的延迟时间，在沿着动脉血管的方向上距离越大延时越大。因此，如果紧凑型可穿戴设备的传感器放置非常紧凑，我们必须能够更快地获取数据。此外，获得的PTT与绝对时间延迟无关，需要通过算法获得最终血压。

图1右侧显示了用于CNIBP解决方案的PPG和ECG组合。在这种情况下，PPG信号是在单手的手腕或手指上获取，而ECG信号则是在双手上获取。我们必须在时域上同步并追踪信号，以方便后续的数据及算法处理，如图2所示同步后的PPG和ECG信号。

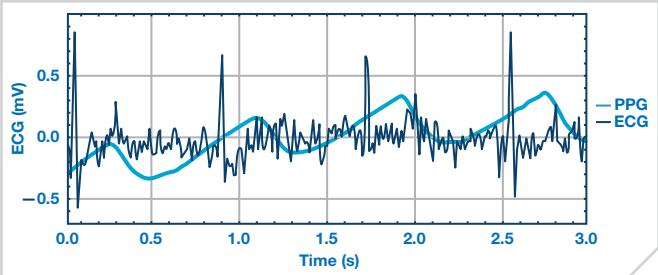


图2. 同步PPG和ECG信号

设计考虑和主要挑战

- 多传感器同步
  - 更高的采样速率，以获得较佳的时序精度
  - 使用单独的同步ADC进行数据采集
  - 多个传感器共用一个具有固定通道延迟时间的ADC
- 适应复杂的使用环境
  - 肤色效应，黑色素会大大减弱回光
  - 毛发皮肤效应，头发提供镜面反射路径以及比正常信号更强的回光
  - 运动效应，运动使PPG信号漂移并改变光传输路径
  - 环境光效应，必须抑制并为正常信号留足够的空间

- 人体工程学设计
  - 易于使用
  - 防止误操作设计
  - 高度可靠、高灵敏度的传感器设计
- 传感器技术
  - 多传感器融合，例如同步PPG和ECG信号，以便尽量减少信号延迟的影响
  - 选择具有良好生物兼容性的传感器材料，尤其对ECG电极而言
  - 低功耗下具有高灵敏度
- 电池寿命和功耗
  - 受电池尺寸限制，可穿戴设备需要低功耗设计
  - 提供能量采集功能，以增强电池寿命
  - 选择低功耗传感器和深度FIFO，以便尽量缩短处理器的唤醒时间
  - 低功耗处理器和外设
- 连接技术
  - 需要低功耗蓝牙、WIFI连接以访问其他智能设备
  - 数据同步和应用程序自动升级

ADI公司的整体解决方案

ADI公司提供大量的高集成度PPG AFE、ECG AFE、低功耗MCU、电源管理解决方案和灵活的分立元件，使可穿戴CNIBP应用的产品质量和可靠性达到最佳程度。此外，ADI公司还提供评估板、仿真工具和应用专业技术，为客户的设计和开发工作提供支持。

主信号链：分立元件

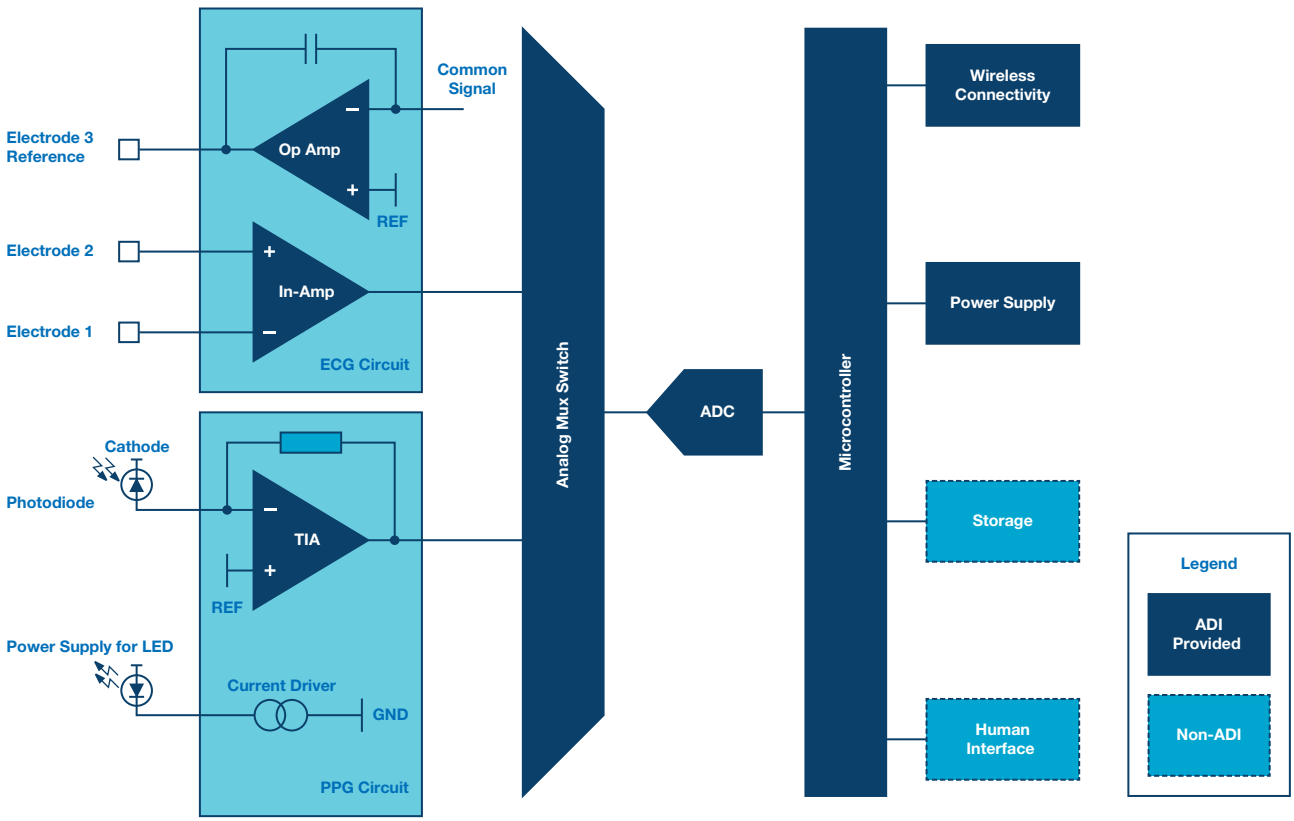


图3. 集成分立元件解决方案的多传感器融合

注：上述信号链代表智能可穿戴医疗健康设备系统。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。

图3显示了集成分立元件解决方案的多传感器融合图，使用模拟MUX开关很容易扩展更多的传感器。这些传感器通过模拟MUX开关、ADC扫描进行同步，并逐个采集传感器数据，采样时间间隔取决于ADC采样速率和通道数，而且是固定的。

微处理器	ECG电路仪表放大器	ECG电路运算放大器	PPG电路TIA放大器	光电二极管	ADC	无线	模拟MUX开关
ADuCM350/ADuCM3027/ADuCM3029/ADuCM4050	AD8236/AD8237/AD8421/AD8221/AD8220	AD8500/AD8502/AD8504/ADA4505-1/ADA4505-2/ADA4505-4/AD8506/AD8508/AD8605/AD8606/AD8546/AD8548	AD8605/AD8606/AD8546/AD8548/AD8613/AD8617/AD8619	ADPD2210/ADPD2211/ADPD2212/ADPD2214	AD7091R/AD7124-4/AD7915/AD4008/AD4011/AD7949/AD7682	ADF7020/ADF7024/ADF7241	ADG719/ADG604/ADG704/ADG839

器件	描述	优势
微处理器		
ADuCM350	ADuCM350是一款完整的、纽扣电池供电的、高精密片上计量仪，适合便携式设备应用，例如护理点诊断和用于监护生命体征的穿戴式设备；ADuCM350针对高精密恒电势器、电流、电压和阻抗测量功能而设计	16位精密、低功耗片上计量仪，内置Cortex®-M3和连接能力
ADuCM4050	ADuCM4050微控制器单元(MCU)是一款集成电源管理的超低功耗集成式微控制器系统，可用于处理、控制和连接；MCU系统基于ARM® Cortex-M4F处理器；MCU还由数字外设、嵌入式静态随机存取存储器(SRAM)和嵌入式闪存、一个提供时钟、复位和电源管理功能的模拟子系统以及模数转换器(ADC)子系统组成	集成电源管理的超低功耗ARM Cortex-M4F MCU
ADuCM3027/ADuCM3029	ADuCM302x处理器是一款超低功耗集成式混合信号微控制器系统，可用于处理、控制和连接；MCU系统基于ARM Cortex-M3处理器，由数字外设、嵌入式SRAM和闪存、一个提供时钟、复位和电源管理功能的模拟子系统以及ADC子系统组成；ADuCM3029具有256 kB闪存，为ADuCM3027的两倍	集成电源管理和128 kB嵌入式闪存的超低功耗ARM Cortex-M3 MCU
光度		
ADPD2210	ADPD2210是一款低噪声电流放大器，旨在将传感器信号电流放大24倍以使用更小的光电二极管，同时最大程度地降低噪声；通过放大效应，既能提供大光电二极管的系统灵敏度，同时具有较小光电二极管的好处；它提供60 dB的最小线性度，可在大直流或低频偏移之上精确提取小信号	超低噪声、低功耗电流放大器
ADPD2211/ADPD2212/ADPD2214	ADPD2211是一款针对生物医学应用而优化的光学传感器；它通过结合在零偏置光导模式下工作的超低电容硅基光电二极管以及低噪声电流放大器来实现极低功耗和近理论信噪比(SNR) ▶ ADPD2211提供典型的400 kHz带宽性能，特别适合用于脉冲激励 ▶ ADPD2212的架构与ADPD2211相似，但PD的尺寸较大并且具有红外光截止滤波器 ▶ ADPD2214的架构与ADPD2211相似，但PD的尺寸较大并且具有绿光带通滤波器	低噪声、高灵敏度光学传感器
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(3 V和1 MSPS时典型值为349 µA)；它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LFCSP和MSOP封装
AD7915/AD7916	AD7915/AD7916是16位、逐次逼近型模数转换器(ADC)，采用单电源VDD供电；器件内置一个低功耗、高速、16位采样ADC和一个多功能串行接口端口；在CNV上升沿，AD7915/AD7916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V_{REF}之间、相位相反	16位、1 MSPS/500 kSPS PulSAR® ADC，采用MSOP/LFCSP封装
AD7124-4	AD7124-4是一款适合高精度测量应用的低功耗、低噪声、完整模拟前端；该器件内置一个低噪声24位Σ-Δ型模数转换器(ADC)，可配置来提供4个差分输入或7个单端或伪差分输入；片内低噪声级确保ADC中可直接输入小信号	集成PGA和基准电压源的4通道、低噪声、低功耗24位Σ-Δ型ADC
AD4008	AD4008是一款低噪声、低功耗、高速、16位、500 kSPS精密逐次逼近寄存器(SAR)模数转换器(ADC)；它集成了易用特性，可降低信号链的功耗和复杂性，支持较高的通道密度；高阻态模式与长采集阶段的结合，无需使用专用的高功耗、高速ADC驱动器即可扩展直接驱动此ADC的低功耗精密放大器的范围，同时仍能实现出色的性能	16位、500 kSPS、精密、伪差分、SAR ADC
AD4011	AD4011是一款低噪声、低功耗、高速、18位、500 kSPS精密逐次逼近寄存器(SAR)模数转换器(ADC)；它集成了易用特性，可降低信号链的功耗和复杂性，支持较高的通道密度；高阻态模式与长采集阶段的结合，无需使用专用的高功耗、高速ADC驱动器即可扩展直接驱动AD4011的低功耗精密放大器的范围，同时仍能实现出色的性能	18位、500 kSPS精密、差分SAR ADC

器件	描述	优势
AD7682/ AD7689	AD7682/AD7689内置多通道、低功耗数据采集系统所需的全部元件，包括无失码的真16位SAR ADC；用于将输入配置为单端输入(使用或不使用参考地)、差分输入或双极输入的4通道(AD7682)或8通道(AD7689)低串扰多路复用器；内部低漂移基准电压源(可选2.5 V或4.096 V)和缓冲器；温度传感器；可选单极点滤波器；以及多通道依序连续扫描所用的时序控制器	16位、4通道、250 kSPS PulSAR ADC
AD7949	AD7949内置多通道、低功耗数据采集系统所需的全部元件，包括无失码的真14位SAR ADC；用于将输入配置为单端输入(使用或不使用参考地)、差分输入或双极输入的8通道、低串扰多路复用器；内部低漂移基准电压源(可选2.5 V或4.096 V)和缓冲器；温度传感器；可选单极点滤波器；以及多通道依序连续扫描所用的时序控制器	14位、8通道、250 kSPS PulSAR ADC
无线		
ADF7024	ADF7024是一款超低功耗、集成收发器，用于免执照ISM频段433 MHz、868 MHz和915 MHz；该器件简单易用，而且性能很高，适合各种各样的无线应用；ADF7024适用于符合欧洲ETSI EN300-220规则、北美FCC Part 15规则及其他类似监管标准的工作环境	易用、低功耗、次GHz、ISM/SRD、FSK/GFSK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	ISM频段收发器IC
ADF7241	ADF7241是一款高集成度、低功耗、高性能收发器，在全球通用的2.4 GHz ISM频段工作；其设计注重灵活性、稳定性、易用性和低功耗特性；在数据包和数据流两种模式下，该IC均支持IEEE 802.15.4-2006 2.4 GHz PHY要求	低功耗IEEE 802.15.4零中频2.4 GHz收发器IC
模拟MUX开关		
ADG719	ADG719是一款单芯片CMOS单刀双掷(SPDT)开关；采用亚微米工艺设计，具有低功耗、高开关速度、低导通电阻和低泄漏电流特性	CMOS 1.8 V至5.5 V、2.5 Ω 2:1多路复用/单刀双掷开关，采用SOT-23封装
ADG604	ADG604是一款CMOS模拟多路复用器，内置4个单通道；它采用± 2.7 V至±5.5 V双电源或2.7 V至5.5 V单电源供电；ADG604根据3位二进制地址线A0、A1和EN来确定地址，将四路输入之一切换至公共输出D；当EN引脚为逻辑“0”时，该器件将被禁用	1 pC电荷注入、100 pA泄漏CMOS ±5 V/5 V/3 V 4通道多路复用器
ADG704	ADG704是一款CMOS模拟多路复用器，内置4个单通道；它采用先进的亚微米工艺设计，具有低功耗、高开关速度、低导通电阻、低泄漏电流和高带宽特性	CMOS、低压2.5 Ω 4通道多路复用器
ADG839	ADG839是一款低压CMOS器件，内置一个单刀双掷(SPDT)开关；在整个温度范围内，该器件具有小于0.6 Ω的超低导通电阻；额定电源电压为1.8 V、2.5 V和3.3 V	0.35 Ω CMOS 1.65 V至3.6 V单通道SPDT开关/2:1多路复用器

主信号链：基于AFE的器件

根据图3，一些分立元件可以由最新的高集成度模拟前端(AFE)取代。有些AFE或模块已包含上述分立元件、模拟MUX开关和ADC，因此我们只需选择一个AFE作为主机，并获取所有其他传感器的数据。图4显示了集成AFE解决方案的多传感器融合，将PPG选为主机传感器以便同时获取PPG和ECG信号。此外，可通过SPI或I²C接口读取主机传感器数据。有关产品选型详情，请参见下表。

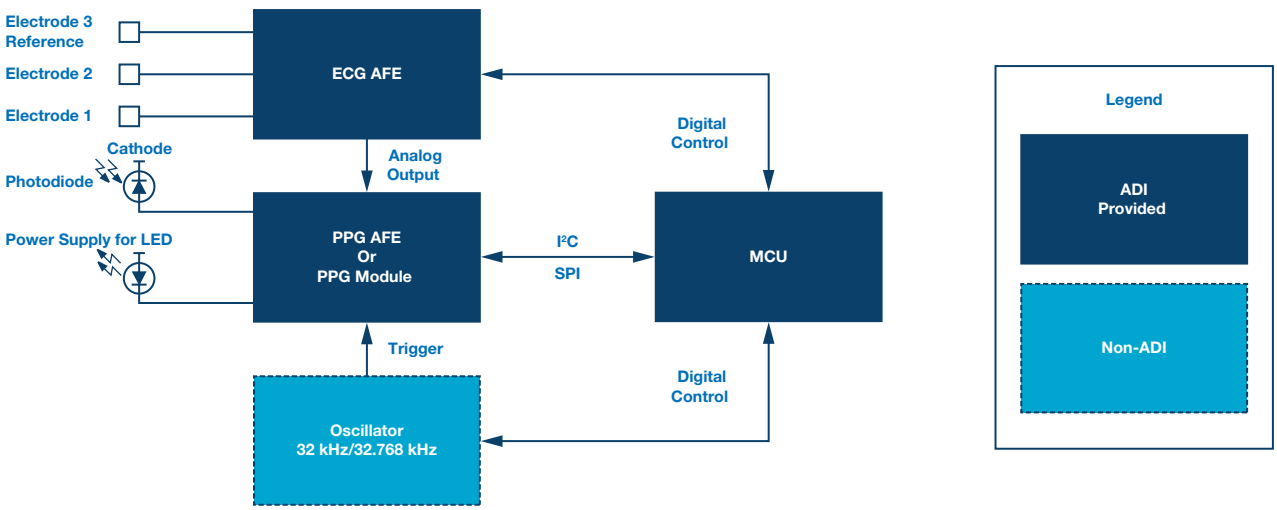


图4. 集成模拟前端解决方案的多传感器融合

适合PPG和ECG应用的模拟前端或模块解决方案

ECG AFE	PPG AFE	PPG模块
AD8232/AD8233	ADPD105/ADPD1080/ADPD1081	ADPD142RG/ADPD142RI/ADPD144RI/ADPD174GGI/ADPD188GG

器件	描述	优势
ECG电路仪表放大器		
AD8232	AD8232是一款用于ECG及其他生物电势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静止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模数转换器(ADC)或嵌入式微控制器能够轻松地采集输出信号	单导联心率监护模拟前端
AD8233	AD8233是一款用于ECG及其他生物电势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静止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模数转换器(ADC)或嵌入式微控制器能够轻松地采集输出信号	用于可穿戴产品的50 μA、2 mm × 1.7 mm WLCSP、低噪声心率监护仪
光学AFE		
ADPD105	ADPD105/ADPD106/ADPD107均为集成14位模数转换器(ADC)和20位突发累加器的高效率光电式测量前端，配合灵活的发光二极管(LED)驱动器工作；该累加器设计用于激励LED并测量相应的光学返回信号；数据输出和功能配置通过ADPD105的1.8 V I²C接口或ADPD106/ADPD107的SPI进行；控制电路包括灵活的LED驱动及同步检测	集成I²C的光度测量前端
ADPD1080/ADPD1081	ADPD1080/ADPD1081均为集成14位模数转换器(ADC)和20位突发累加器的高效率光电式测量前端，配合灵活的发光二极管(LED)驱动器工作；ADPD1080/ADPD1081激励LED并测量相应的光学返回信号；数据输出和功能配置通过ADPD1080上的一个1.8 V I²C接口或ADPD1081上的串行端口接口(SPI)进行；控制电路包括灵活的LED信号驱动及同步检测	集成I²C (1080)或SPI (1081)的光度测量前端
光学模块		
ADPD142RG/ADPD142RI	ADPD142RG/ADPD142RI是完整的光度测量系统，设计用于激励LED并测量相应的光学返回信号；这些系统具有同类最佳的环境光干扰抑制性能，包括直流和交流；每个模块包含一个高效率光度测量前端、两个LED和一个光电二极管；前端由控制模块、带20位突发累加器的模数转换器(ADC)和两个灵活的独立配置LED驱动器组成；模拟前端(AFE)在单独的数据路径上处理各LED的返回数据，并且可以选择不同的AFE设置；数据输出和功能配置通过一个1.8 V I²C接口进行；控制电路包括灵活的LED信号驱动和同步检测	集成环境光抑制功能和两个LED的低功耗、高精度光学模块
ADPD144RI	与ADPD142RI电气规格相同，但改进后的光学/机械设计更适合SPO2应用；两个驱动器均支持红色和红外光LED	集成环境光抑制功能和两个LED的低功耗、高精度光学模块
ADPD174GGI	ADPD174GGI是完整的光电式测量系统，设计用于测量来自环境光和同步反射LED脉冲的光学信号；同步测量提供同类最佳的环境光干扰抑制性能，包括直流和交流；该模块集成一个高效率光电式测量前端、三个LED和一个光电二极管(PD)；所有这些器件采用定制封装，可防止光线未首先进入对象而从LED直接进入光电二极管	集成环境光抑制功能和三个LED的低功耗、高精度光学模块
ADPD188GG	ADPD188GG是完整的光电式测量系统，设计用于测量来自环境光和同步反射发光二极管(LED)脉冲的光学信号；同步测量提供同类最佳的环境光干扰抑制性能，包括直流和交流；该模块集成一个高效率光电式测量前端、两个LED和两个光电二极管(PD)；所有这些器件采用定制封装，可防止光线未首先进入对象而从LED直接进入光电二极管	带环境光抑制功能和两个LED的集成光学模块

电源解决方案

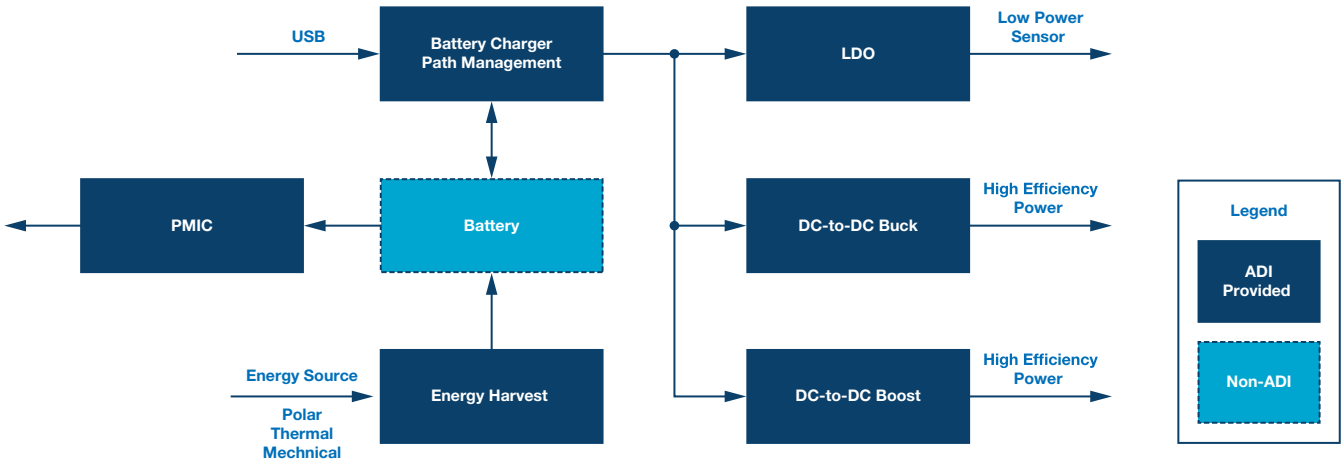


图5. 电源解决方案

电池充电器	能量采集	PMIC	LDO	降压	升压	降压/升压
ADP5061/LTC4070/ LTC4071/LTC4065	ADP5090/LTC3331/ LTC3106/LTC3107/ LTC3108	ADP5350/LTC3559	ADP160/ADP165/ LT3009	ADP5300/ADP5301/ ADP5302/ADP5303/ ADP5304/LTC3388/ LT8609/LT3462	LT8362/LT3464/ LT1615	ADP2503/ADP2504/ LTC3119

器件	描述	优势
电池充电器		
ADP5061	ADP5061充电器完全符合USB 3.0和USB电池充电规范1.2，能够通过微型USB VBUS引脚从壁式充电器、车载充电器或USB主机端口充电；ADP5061输入电压范围为4 V至6.7 V，最高可耐受20 V电压；此耐受度缓解了断开或连接时的USB总线尖峰问题	具有电源路径和USB模式兼容性的微型I²C可编程线性电池充电器
LTC4070/ LTC4071	LTC4070 采用非常低电流、间歇或连续充电电源提供锂离子 / 锂聚合物电池的简单充电；450 nA 至 50 mA 的工作电流，可采用以往不可用的电源来充电；通过增设一个外部传输器件，可以将并联电流提升至 500 mA；采用并联充电时，实现了堆叠电池高电压电池组的固有平衡；凭借其低工作电流，LTC4070 很适合于对能量收集应用中的薄膜电池进行充电，在此类应用中，充电电源有可能是间歇型或超低功耗型	锂离子 / 锂聚合物并联电池充电器系统
LTC4065	LTC4065是一款用于单节锂离子电池的完整恒流/恒压线性充电器；其2 mm × 2 mm DFN封装和低外部元件数使LTC4065特别适合便携式应用；此外，LTC4065专门针对在USB电源规格范围内工作而设计	独立的750 mA锂离子电池充电器，采用2 × 2 DFN封装
能量采集		
ADP5090	ADP5090是一款集成式升压调节器，可转换PV电池或TEG的直流电源；该器件可对储能元件(如可充电锂离子电池、薄膜电池、超级电容和传统电容)进行充电，并对小型电子设备和无电池系统上电；ADP5090提供有限采集能量(从16 µW到200 mW范围)的高效转换，工作损耗为亚µW级别；利用内部冷启动电路，调节器可在低至380 mV的输入电压下启动；冷启动后，调节器便可在80 mV至3.3 V的输入电压范围内正常工作。	超低功耗升压调节器，集成MPPT和电荷管理功能
LTC3331	LTC3331集成了高压能量收集电源以及由可充电电池供电的降压-升压dc至dc器件，以便为替代能源应用提供单一输出电源；10 mA分流通过采集的能量对电池进行简单充电，同时低电池电量断开功能可防止电池深度放电；能量收集电源，由集成全波桥整流器和高压降压dc至dc组成，从压电传感器、太阳能或磁源收集能量	集成能量收集电池充电器的纳安功耗降压-升压dc至dc
LTC3106	LTC3106是一款高度集成的超低电压降压-升压dc至dc转换器，具有自动PowerPath管理功能，针对多输入源、低功耗系统进行了优化；无负载时，LTC3106仅消耗1.6 µA电流，同时通过任一输入源产生高达5 V的输出电压	具有PowerPath和1.6 µA静态电流的300 mA低压降压-升压转换器
LTC3107	LTC3107是一款高度集成的dc至dc转换器，可从极低输入电压源(如TEG(热电发生器)和热电堆)来采集多余能量并进行管理来延长低功耗无线系统中的原电池寿命；升压拓扑结构采用低至20 mV的输入电压工作	超低电压能量采集器和原电池寿命延长器
LTC3108	LTC3108是一款高度集成的dc至dc转换器，非常适合从极低输入电压源(如TEG(热电发生器)、热电堆和小型太阳能电池)来采集多余能量并进行管理；升压拓扑结构采用低至20 mV的输入电压工作；除其独特的固定选项之外，LTC3108与LTC3108-1功能相当	超低电压升压转换器和电源管理器

器件	描述	优势
PMIC		
ADP5350	电源管理IC (PMIC)ADP5350集成了一个用于单锂离子/锂离子聚合物电池充电的高性能降压调节器、一个燃油表、一个用于LED背光照明的高度可编程升压调节器和三个150 mA LDO调节器	集成感性升压LED和三个LDO调节器的高级电池管理PMIC
LTC3559	LTC3559/LTC3559-1均为集成双通道高效率降压稳压器的USB电池充电器；这些器件非常适合为需要多个供电轨的单节锂离子/聚合物手持式应用供电	集成双通道降压稳压器的线性USB电池充电器
LDO		
ADP160/ ADP165	ADP160/ADP165是一款超低静态电流、低压差线性稳压器，采用2.2 V至5.5 V电源供电，最大输出电流为150 mA；在150 mA负载下压差仅为195 mV，不仅可提高效率，而且能使器件在很宽的输入电压范围内工作	超低静态电流150 mA、CMOS线性稳压器
LT3009	LT3009系列均为微功耗、低压差(LDO)线性稳压器；这些器件提供20 mA输出电流，具有280 mV压差；无负载静态电流为3 μA；随着负载增加，接地引脚电流保持在输出电流的5%以下；关断时，静态电流小于1 μA	3 μA I_Q、20 mA低压差线性稳压器
LT3007	LT3007系列为微功耗、低压差(LDO)线性稳压器；这些器件提供20 mA输出电流，具有300 mV压差；无负载静态电流为3 μA；随着负载增加，接地引脚电流保持在输出电流的5%以下；关断时，静态电流小于1 μA	3 μA I_Q、20 mA、45 V低压差容错线性稳压器
DC至DC降压转换器		
ADP5300/ ADP5301/ ADP5302/ ADP5303/ ADP5304	ADP5300是一款高效率、超低静态电流降压稳压器，其用于调节零负载输出的静态电流仅为180 nA；ADP5300的输入电源电压范围为2.15 V至6.50 V，因此可使用多个碱性或NiMH、锂离子电池或其他电源；0.8 V至5.0 V输出电压通过外部VID电阻和工厂熔丝可选；整个解决方案仅需四个小型外部元件；ADP5301/ADP5302/ADP5303/ADP5304具有不同的最大输出电流和工作频率	50 mA/500 mA、高效率、超低功耗降压稳压器
LTC3388	LTC3388-1/LTC3388-3 是具内部高端和同步电源开关的高效率降压型 dc至dc 转换器，这两款器件在无负载时仅吸收 720 nA (典型值) 的直流电源电流，并保持输出电压调节作用；LTC3388-1/LTC3388-3 能够提供 50 mA 的负载电流，而且还具有一种欠压闭锁 (UVLO) 功能，用于在输入电压降至 2.3 V 以下时停用转换器并保持一种低静态电流状态；在调节状态中，LTC3388-1/LTC3388-3 将进入睡眠模式，在该模式中，输入和输出静态电流均非常小	20 V 高效率毫微功率降压型稳压器
LT8609	LT8609/LT8609A/LT8609B是一款紧凑型高效率、高速同步单芯片降压型开关稳压器，非开关瞬态电流功耗仅为1.7 μA；LT8609/LT8609A/LT8609B可以提供2 A连续电流，具有3 A峰值负载(<1 sec)；突发工作模式可在极低输出电流下保持高效率，同时使输出纹波保持在10 mV p-p以下；SYNC引脚支持同步至外部时钟，或用于低EMI操作的扩频调制；采用峰值电流模式拓扑的内部补偿允许使用小电感，从而提供快速瞬态响应和良好的环路稳定性	具有2.5 μA 静态电流的42 V、2 A/3 A峰值同步降压稳压器
LT3462	LT3462/LT3462A均为通用型固定频率电流模式反相dc至dc转换器；两个器件均集成肖特基和低VCESAT开关，支持转换器小尺寸和更低的部件成本；LT3462在1.2 MHz下切换，而LT3462A在2.7 MHz下切换；这些高速器件支持使用小型低成本和低高度电容与电感	集成肖特基的反相1.2 MHz/2.7 MHz dc至dc转换器
DC至DC升压转换器		
LT8362	LT8362是一款集成60 V、2 A开关的电流模式dc至dc转换器，可在2.8 V至60 V输入范围内工作；它具有独特的单反馈引脚架构，能够进行升压、SEPIC或反相配置；在极低输出电流下，突发工作模式消耗低至9 μA的静态电流以保持高效率，同时使典型输出纹波保持在15 mV以下	集成2 A、60 V开关的低I_Q升压/SEPIC/反相转换器
LT3464	LT3464 是一款采用外形扁平 (1 mm) 8 引脚 SOT-23 封装并具有集成化肖特基二极管和输出断接功能的微功率升压型 dc至dc 转换器；小封装尺寸、高集成度和纤巧型 SMT 组件的使用造就了 40 mm^2 以下的解决方案尺寸；LT3464 具有一个 115 mA 的典型电流限值以及高开关速度，以允许使用片式电感器和小型陶瓷电容器；内部 PNP 在关断期间把输出负载与输入断接，而且还提供输出短路保护；该器件具有 25 μA 的低静态电流，在关断模式中则进一步减小到 0.5 μA 以下	采用 ThinSOT 封装并具集成化肖特基二极管和输出断接功能的微功率升压型转换器
LT1615	LT1615/LT1615-1均为微功耗升压dc至dc转换器，采用5引脚薄型(1 mm) ThinSOT封装；LT1615针对具有350 mA限流和1.2 V至15 V输入电压范围的更高功耗系统而设计，而LT1615-1旨在用于具有100 mA限流和1 V至15 V扩展输入电压范围的更低功耗和单节应用	采用ThinSOT封装的微功耗升压dc至dc转换器
降压/升压		
ADP2503/ ADP2504	ADP2503/ADP2504均为高效率、低静态电流、升压/降压dc至dc转换器，工作时的输入电压可高于、低于或等于稳压输出电压；这两种转换器内置功率开关和同步整流器，所需的外部器件数量极少；对于高负载电流，ADP2503/ADP2504采用电流模式、固定频率、脉冲宽度调制(PWM)控制方案，以便获得出色的稳定性和瞬态响应	600 mA、2.5 MHz降压-升压dc至dc转换器
LTC3119	LTC3119是一款高效率18 V单芯片降压-升压转换器，可以提供高达5 A的连续输出电流；丰富的特性集成和极低电阻内部电源开关最大程度地减小了总体解决方案的占用面积，甚至适合最苛刻的应用；专有四开关PWM架构采用高于、等于或低于输出电压的输入电压进行无缝低噪声工作	18 V、5 A同步降压-升压dc至dc转换器

设计资源

评估板

- AD8233评估板—*www.analog.com/cn/EVAL-AD8233*
- EVAL-ADPD1081Z-PPG—*www.analog.com/cn/EVAL-ADPD1081Z-PPG*
- ADPD188评估板—*www.analog.com/cn/EVAL-ADPD188*

Circuits from the Lab®

- 电池供电病人监护应用中ECG前端的供电(CN-0308)—*www.analog.com/cn/cn-0308.pdf*
- 具有暗电流补偿功能的2 MHz带宽PIN光电二极管前置放大器(CN-0272)—*www.analog.com/cn/cn-0272.pdf*

应用笔记/文章/参考设计

- 多生理参数患者监护(MS-2126)—*www.analog.com/cn/ms-2126.pdf*
- ECG设计挑战的应对策略(MS-2160)—*www.analog.com/cn/ms-2160.pdf*
- 医疗保健应用中的电源管理(MS-2569)—*www.analog.com/cn/ms-2569.pdf*
- 电流源：方案与电路(AN-968)—*www.analog.com/cn/an-968.pdf*
- MS-1908：芯片级封装有助于便携式医疗设备减小尺寸并减轻重量(MS-1908)—*www.analog.com/cn/ms-1908.pdf*
- ECG/EEG/EMG系统中的生物电位电极传感器—*www.analog.com/cn/ECG-EEG-EMG_FINAL.pdf*
- 传感器电路的低噪声信号调理(MS-2066)—*www.analog.com/cn/ms-2066.pdf*
- 第二代可穿戴设备背后的传感器—*www.analog.com/cn/the-sensors-behind-the-GEN-II-wearable-device.html*

设计工具/论坛

- 一般设计
  - LTSpice—*www.analog.com/cn/ltspice-simulator.html*
- ADC
  - VisualAnalog™ 软件—*www.analog.com/cn/visualanalog*
  - ADC SPI接口软件(SPI控制器)—*www.analog.com/cn/spicontroller*
  - Virtual Eval工具—BETA—*www.analog.com/cn/virtualeval*
- 放大器
  - 放大器和线性工具—*www.analog.com/cn/amplifier-and-linear-tools.html*
  - DiffAmpCalc™：差分放大器计算器—*www.analog.com/cn/diffampcalc*
- 电源管理产品
  - ADIsimPower™：电源设计工具—*www.analog.com/cn/ADIsimPower*

欲查看其他医学资源、工具和产品信息，请访问：*www.analog.com/cn/healthcare*

如需申请样片，请访问：*www.analog.com/cn/content/samples_purchase/fca.html*

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

ADI公司体外化学分析仪解决方案

体外化学分析仪的典型架构

生命科学与医疗仪器仪表包括各种不同的系统，比如体外化学分析仪、流式细胞分析仪、输液泵、透析设备、呼吸器、导管等设备。体外化学分析仪利用许多电化学和光学技术来分析血液、尿液、脑脊髓液和其他生物学样本。其中使用最广泛的技术是光学测量，实例包括比色、吸收、光谱测定和荧光检测方法。可通过这些方式测量体液中的抗原、分子和蛋白质等化学物质。由于这些技术可实现快速的测量功能，灵敏度高，即使检测小剂量化学物质也能达到很高精度，因此广泛用于各级医院、诊所、防疫站以及计划生育服务机构。

体外化学分析仪是一种非常复杂的系统，包括光学引擎(由光源、检波器及其他光学元件组成)、样本移动/流控、自动控制和处理、电源管理、环境监测和控制(温度、压力、湿度)。为了提高效率，生化分析仪已经高度自动化。该技术自动实现样本加载、试管清洁、机械控制和数据处理。操作员只需插入待分析样本，选择程序并启动仪器即可。

体外化学分析仪可按照处理容量分为大型(每小时处理600以上的样本)、中型(每小时300-600样本)和小型(每小时300以下样本)。它们特点不同，可以分为实验室测试仪或护理点测试仪(POCT，部署在病人旁边以加快测试周转时间)。

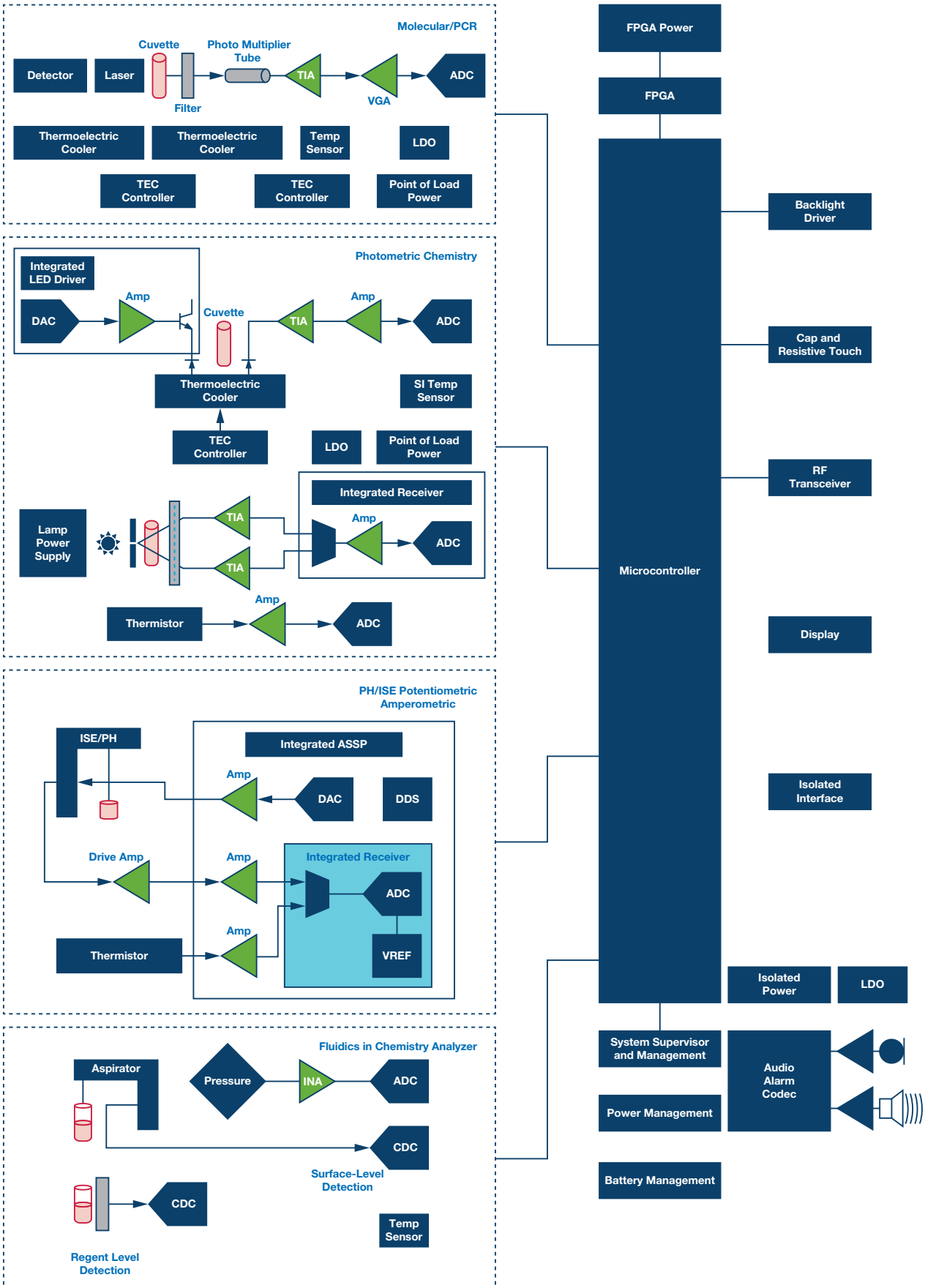
体外化学分析仪的设计考虑和主要挑战

- 系统集成很复杂，因为体外化学分析仪包含多种不同的技术，例如分光光度计、电化学模块(ISE、PH)、流控和样本处理功能、自动控制以及数据处理系统
  - 测量速度非常重要
  - 为降低成本和确保一致性，试剂容量控制很重要
  - 光学系统控制和精度是系统的关键要素
- 分光光度计
  - 光电二极管输入中的I/V转换器需要低偏置电流、高输入阻抗、低噪声、低失调运算放大器
  - 快速、高精度、同步采样ADC
  - 低噪声且稳定的电源
  - 低噪声且稳定的光源
- 温度控制对于试剂和化学反应极为重要
  - 酶对温度波动很敏感
  - 反应速率对温度非常敏感
  - 一般温度范围是体温，精度最高为±0.1°C
  - 有时集成加热/冷却设备以便平稳地控制温度
- 自动控制是提高执行效率所必需的
  - 精确的步进和位置控制
  - 用于在仪器内移动和转移样本的多轴电机运动控制
  - 精确的液位测量
  - 用于检测阻塞的压力检测
  - 精确快速的样本加载和清洁
- 数据处理和分类
  - 用于多通道数据处理的高速处理器
  - 用于加快复杂分析的DSP
  - 尽可能快地提供检查报告

ADI公司的体外化学分析仪整体解决方案

ADI公司提供各类放大器用于I/V转换、滤波器设计、信号调理和ADC驱动，并提供数据转换、信号处理和电源管理解决方案，使生化分析仪应用的产品质量和可靠性达到最佳程度。此外，ADI公司还提供评估板、仿真工具和应用专业技术，为客户的设计和开发工作提供支持。

ADI公司的体外化学分析仪主信号链



注：上述信号链代表体外化学分析仪系统。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。

分子/聚合酶链反应

跨导放大器	可变增益放大器	多路复用器	RMS检波器	模数转换器
ADA4896-2/ADA4897-1/ ADA4627-1/ADA4637-1/ ADA4817	AD8264/AD8331/AD8332/ AD8334/AD8337	ADG1408/ADG1208/ ADG509F/ADG5408/ADG5208/ ADGS1208/ADGS1209	AD8361/AD8362/AD8364	AD7760/AD7960/AD7606/ AD7626/AD9253-125

分光光度测量

跨导放大器	滤波器	多路复用器	数模转换器	模数转换器	光学	光驱动器
AD549/ADA4530-1/ ADA4350/AD8605/ AD8606/AD8608/ AD8609/AD8661/ AD8662/AD8664/ ADA4627-1/ ADA4637-1/ADA4817	AD8625/AD8626/ ADA4051-1/ ADA4051-2/ ADA4528-1/ ADA4528-2/ ADA4638-1/ ADA4627-1/ ADA4092-4/ ADA4610-2	ADG1408/ADG1208/ ADG509F/ADG5408/ ADG5208/ADGS1208/ ADGS1209	AD5693R/AD5686R/ AD5780/AD9122/ LTC2620	AD7960/AD7606/ AD4003/AD4007/ AD4020/LT238x	ADPD103/ADPD105/ ADPD107/ADPD1080/ ADPD2210/ADPD2211/ ADPD2212/ADPD2214	ADP8866/ADP8140/ LT3476

ISE/PH电位测量与电流测量

ASSP	放大器	DDS	数模转换器	模数转换器	模拟前端	基准电压源
ADuCM350/AD5933	AD8625/AD8626/ AD549/AD8613/ AD8617/ADA4665-2/ AD8592	AD9837/AD9833/ AD9102	AD5422/AD5755-1/ LTC2620	AD7960/AD7606/ AD4003/AD4007 AD4020/LTC238x	ADAS3022/ADAS3023	ADR45xx/ADR35xx/ LTC665x/LT1461

流控

CDC	仪表放大器	模数转换器
AD7745/AD7747/AD7142/AD7147	AD8422/AD8426/AD8290	ADAQ7988/AD4003/AD4007/ AD7190/AD7191/AD7192/AD7193

温度测量和控制

数字温度传感器	热电偶放大器	信号调理与滤波	模数转换器	TEC控制
ADT7320/ADT7420	AD590/AD8494	AD8625/AD8626/ AD8541/AD8542/AD8544 AD8505/AD8506 AD8613/AD8617/AD8619 ADA4505-1/ADA4505-2/ ADA4505-4	AD7091R/AD7656-1/AD7682/ AD7988-1/AD7684/AD7176-2	ADN8831

电源管理

电源模块	开关稳压器	线性稳压器	电源监控器
LTM4622A/LTM4631/LTM4643	LT8609S/LTC7149/LTC3853/ADP505x	ADM7151/LT3090/ LT308x/LT196x/LT176x	ADM6339/ADM13307/LTC2914

处理器/隔离接口/背光驱动器/音频编解码器/RF收发器/容性和阻性触摸屏

处理器	隔离接口	背光驱动器	音频编解码器	RF收发器	容性和阻性触摸屏
ADuCM350/ADuCM360/ ADuCM3029/ADuCM3027/ ADuCM4050/ ADSP-BF512F/ ADSP-BF527C	ADM2682E/ADM2484E/ ADM2491E	ADD5203/ADD5205/ ADD5211	ADAU1772/ADAU1781/ ADAU1761	ADF7241/ADF7242/ ADF7023/ADF7024	AD7873/AD7877/ AD7147A

器件	描述	优势
光学		
ADPD1080	光度测量前端；集成14位ADC和20位突发脉冲累加器，支持每个采样周期20位，配合灵活的发光二极管(LED)驱动器工作；灵活的采样频率范围：0.122 Hz至2700 Hz	低功耗多功能光度测量前端具有环境光抑制性能，无需光电二极管滤光器
ADPD105	光度测量前端；集成14位ADC和20位突发脉冲累加器，支持每个采样周期20位，配合灵活的发光二极管(LED)驱动器工作；灵活的采样频率范围：0.122 Hz至3820 Hz	低功耗多功能光度测量前端具有环境光抑制性能，无需光电二极管滤光器
ADPD2210	超低噪声、低功耗电流放大器；本底噪声：80 fA/√Hz (典型值)，电流增益：24	极低功耗提供较小光电二极管的系统灵敏度
ADPD2214	集成绿色带通滤波器的低噪声、高灵敏度光学传感器；超低噪底：90 fA/√Hz (典型值)；SNR近散粒噪声极限；带宽：75 kHz (典型值)	极低功耗，超高检测率光电检测器
ASSP		
ADuCM350	ADuCM350是一款完整的、纽扣电池供电的、高精密片上计量仪，适合便携式设备应用，例如护理点诊断和用于监护生命体征的穿戴式设备；ADuCM350针对高精密电位测量、电流、电压和阻抗测量功能而设计	16位精密、低功耗片上计量仪，内置Cortex®-M3和连接能力
AD5933	AD5933是一款高精度的阻抗转换器系统解决方案，片上集成频率发生器与12位、1 MSPS ADC；频率发生器允许用已知的信号来激励外部复阻抗；外部阻抗的响应信号由片上ADC进行采样，然后由片上DSP进行DFT处理	可编程输出峰峰值激励电压、阻抗测量、内部温度传感器、相位测量
跨导放大器		
AD549	超低输入偏置电流运算放大器；输入偏置电流：60 fA(最大值)，失调电压：500 μV(最大值)，失调电压漂移：15 μV/°C(典型值)，输入电压噪声：4 μV p-p(典型值，0.1 Hz至10 Hz)	超低输入偏置电流；超低电流和电压噪声
ADA4530-1	飞安级输入偏置电流静电计放大器；输入偏置电流：±20 fA(最大值)，失调电压：50 μV，失调电压漂移：±0.13 μV/°C(最大值)，输入电压噪声：14 nV/√Hz(10 kHz)	超低输入偏置电流超低电流和电压噪声；超低失调电压和漂移
ADA4817	低噪声、1 GHz FastFET™运算放大器；−3 dB带宽(G = 1，RL = 100 Ω)：1050 MHz；低失真：−90 dBc(10 MHz)；输入偏置电流：2 pA(典型值)，输入电压噪声：4 nV/√Hz(100 kHz时)，输入电流噪声：2.5 fA/√Hz(100 kHz时)	适用于低输入电容、低噪声和低失调电压的宽带I/V转换
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	适用于低输入电容的宽带I/V转换
模拟前端		
ADA4350	FET输入AFE集成了FET输入放大器、开关网络和ADC驱动器；输入偏置电流：±0.25 pA，输入电压噪声：5 nV/√Hz(典型值，100 kHz、±5 V时)，关断漏电流：±0.5 pA(典型值)	适用于I/V转换，适用于化学分析仪
滤波器		
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 μA/amplifier	精密、低功耗、单电源、JFET放大器
ADA4627-1	ADA4627-1/ADA4637-1是宽带宽精密放大器，具有低噪声和非常低的失调、漂移、偏置电流特性，采用±5 V至±15 V双电源供电	36 V、19 MHz、低噪声、低偏置电流、JFET运算放大器
驱动放大器		
AD8592	双通道运算放大器，具有±250 mA输出电流和省电关断模式带宽：3 MHz，低偏置电流：5 pA(典型值)	低功耗，低输入偏置电流 高输出电流
多路复用器		
ADGS1208	SPI接口，低C_{ON}和Q_{INJ}，±15 V/+12 V，1.8 V逻辑控制，8:1多路复用；电荷注入：小于1 pC(整个信号范围内)，1 pF关断电容	超低导通电容(C_{ON})和极低电荷注入(Q_{INJ})
ADG509F	ADG508F和ADG509F均为CMOS模拟多路复用器；ADG508F内置8个单通道，ADG509F内置4个差分通道；这些多路复用器均提供故障保护	8通道/4通道模拟多路复用器，具有故障保护功能

器件	描述	优势
数模转换器		
AD5693R	AD5693R/AD5692R/AD5691R/AD5693均属于*nano*DAC+®系列，分别是低功耗、单通道、16/14/12位缓冲电压输出DAC	小型、16位*nano*DAC+，±2(16位)LSB INL和2 ppm/°C基准电压源
AD5686R	AD5686R *nano*DAC+是一款四通道、16位、轨到轨、电压输出DAC；该器件内置2.5 V、2 ppm/°C内部基准电压源(默认使能)和增益选择引脚，满量程输出为2.5 V(增益 = 1)或5 V(增益 = 2)	四通道、16位*nano*DAC+，内置2 ppm/°C片内基准电压源和SPI接口
LTC2620	LTC2600/LTC2610/LTC2620分别是八通道16/14/12位、2.5 V至5.5 V、轨到轨电压输出DAC	低功耗，高速轨到轨输出驱动，超低串扰
模数转换器		
AD4020	20位、1.8 MSPS、精密SAR差分ADC；SNR：100.5 dB(典型值，1 kHz)，THD：–123 dB(典型值，1 kHz)	低噪声、低功耗、高速度、信噪比极佳
LTC2387-18	18位15 MSPS SAR ADC，95.7 dB SNR(典型值，f_{IN} = 1 MHz) 102 dB SFDR (typ) at fin = 1 MHz 102 dB SFDR(典型值，f_{IN} = 1 MHz)	低噪声、高速度
AD7960	AD7960是一款18位、5 MSPS SAR ADC；提供无与伦比的噪声性能和线性度；集成内部转换时钟和内部基准电压缓冲	18位、5 MSPS、PULSAR®差分ADC
AD4003	AD4003/AD4007均为低噪声、低功耗、高速18位、2 MSPS/1 MSPS SAR ADC；SNR：100.5 dB(典型值，1 kHz)，THD：–123 dB(典型值，1 kHz)	低功耗、高信噪比、低失真
AD7176-2	AD7176-2是一款快速建立、高精度、高分辨率、多路复用、24位Σ-Δ型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 Σ-Δ型ADC，建立时间20 µs
处理器		
ADuCM3029	集成电源管理和256 kB嵌入式闪存的超低功耗ARM® Cortex-M3 MCU一个提供时钟、复位功能的模拟子系统和ADC子系统	一款集成电源管理的超低功耗微控制器系统，可用于处理、控制和连接
ADuCM360	ADuCM360是完全集成的3.9 kSPS、24位数据采集系统，在单芯片上集成双核高性能多通道Σ-Δ型模数转换器(ADC)、32位ARM Cortex-M3处理器和Flash®/EE存储器	低功耗精密模拟微控制器，ARM Cortex-M3，集成双通道Σ-Δ型ADC
ADSP-BF512F	ADSP-BF512F是Blackfin®处理器系列的低成本入门级处理器；在性能、外设集成和价格三者之间达到最佳平衡，适用于便携式测试设备、嵌入式调制解调器、生物识别、消费音频等多数成本敏感型应用	一款性能与成本取得最佳平衡的数字信号处理器，搭载丰富的外设，如ADC、PWM、CAN、SPI等
光驱动器		
ADP8866	ADP8866结合了可编程背光LED电荷泵驱动器和自动闪烁功能；9个LED驱动器可以独立编程，电流最高可达25 mA；电流水平、渐变时间和闪烁速率可以一次编程并在一个环路上自主执行	电荷泵驱动9通道LED驱动器，带自动LED光照效果
ADP8140	ADP8140可提供最多4个LED驱动器的高电流控制能力；每个驱动器的最大吸电流能力为500 mA；采用一个外部电阻可针对全部4个驱动器对灌电流进行设置	具有自适应功率控制功能的4通道高电流LED驱动器
LT3476	高电流四通道输出LED驱动器；V_{IN}范围：2.8 V至16 V，调光比高达5000:1，频率调整引脚：200 kHz至2 MHz，高效率转换 = 高达96%	开路LED保护，高效率转换
数字温度传感器		
ADT7420	数字I²C温度传感器，精度为±0.25°C，工作范围为–20°C至105°C，16位分辨率(0.0078°C)，ADT7320为SPI接口版本	无需校准，过温/欠温中断
CDC		
AD7745	AD7745/AD7746均为高分辨率、Σ-Δ型电容数字转换器(CDC)；要测量的电容可直接连接到器件输入端；该芯片还具有高分辨率(24位无失码、最高21位有效分辨率)、高线性度(±0.01%)和高精度(±4 fF工厂校准)等固有特性	24位、单通道电容数字转换器

器件	描述	优势
隔离接口		
ADM2682E	16 Mbps、5 kV rms信号和电源隔离RS-485收发器，提供±15 kV ESD保护	适于医疗仪器仪表的5 kV隔离应用
音频编解码器		
ADAU1781	SigmaDSP®低噪声立体声音频编解码器；可编程SigmaDSP内核，用于音频处理、24位立体声音频ADC和DAC、400 mW扬声器放大器	低噪声DAC和ADC支持8 kHz至96 kHz的采样速率
RF收发器		
ADF7241	低功耗IEEE 802.15.4零中频2.4 GHz收发器；低功耗IEEE 802.15.4零中频2.4 GHz收发器	高集成度、低功耗、高性能
基准电压源		
ADR4540	ADR4520/ADR4525/ADR4530/ADR4533/ADR4540/ADR4550器件均为高精度、低功耗、低噪声基准电压源，最大初始误差为±0.02%，最大温度系数(TCV_{OUT})：2 ppm/°C	高精度、低功率、低噪声
LTC6655	低漂移精密基准电压源；低噪声：0.25ppm p-p(0.1 Hz至10 Hz)；低漂移：2 ppm/°C(最大值)，高精度：±0.025%(最大值)	高精度、低漂移、低噪声
电源模块		
LTM4622A	超薄型双通道2 A或单通道4 A降压型dc至dc µModule®稳压器；输入电压范围：3.6 V至20 V，输出电压为1.5 V至12 V	小型超薄、宽输入范围、快速瞬态响应、稳定
LTM4631	超薄型双通道10 A或单通道20 A dc至dc µModule稳压器；输入电压范围：4.5 V至15 V，输出电压范围：0.6 V至1.8 V	高输出电流、小尺寸、稳定
LTM4643	超薄型四通道µModule稳压器，提供可配置3 A输出阵列，输入电压范围：4 V至20 V，输出电压为0.6 V至3.3 V	小尺寸、稳定、高效率
开关稳压器		
LT8609S	42 V、2 A/3 A峰值同步降压稳压器，2.5 µA 静态电流，输入电压范围：3.0 V至42 V，1 A电流、12 V_{IN}至5 V_{OUT}时 效率>93%，输出纹波量<10 mV p-p	在任何PCB上的EMI/EMC辐射超低，低噪声、高效率
LTC3853	三路输出多相同步降压型控制器；高效率：高达92%，V_{IN}范围：4.5 V至24 V	低噪声、高效率
LTC7149	60 V、4 A同步降压稳压器，用于反相输出；V_{IN}范围：3.4 V至60 V，V_{OUT}范围：0 V至–28 V，采用12 V_{IN}和–5 V_{OUT}时效率达92%	低噪声、高效率、负输出
线性稳压器		
LT3083	可调3 A单电阻低压差稳压器；输入电压范围：1.2 V至23 V，低压差：310 mV，输出电压可调至0 V，低输出噪声：40 µV rms(10 Hz至100 kHz)	低压差，低噪声
LT3090	集成可编程限流的–36 V、600 mA负线性稳压器；低压差：300 mV，低输出噪声：18 µV rms(10 Hz至100 kHz)，输入电压范围：–1.5 V至–36 V，轨到轨输出电压范围：0 V至–32 V	低噪声，低压差，轨到轨负输出
LT1963A	1.5 A低噪声快速瞬态响应LDO稳压器；电压差：340 mV，低噪声：40 µV rms(10 Hz至100 kHz)，可调输出范围：1.21 V至20 V	低噪声、低电压差
电源监控器		
ADM6339	四电压微处理器监控电路可监控：–5.0 V、+1.8 V、+2.5 V、+3.0 V、+3.3 V和+5.0 V电源电压；提供±5%和±10%两种容差水平。该器件还提供一至三个可调电压阈值选项：+1.23 V、+0.62 V和–0.5 V	四电压微处理器监控电路
LTC2914	四路UV/OV正/负电压监控器，可调UV和OV跳变值，保证阈值精度：±1.5%，输入毛刺抑制，可监控多达两个负电压	四路可调电压监控电路

设计资源

实验室电路

- 集成低功耗输入驱动器和基准电压源的16位6 MSPS SAR ADC系统，针对多路复用应用优化(CN-0307)—*www.analog.com/cn/cn-0307*
- 扩展电容数字转换器AD7745/AD7746的容性输入范围(CN-0129)—*www.analog.com/cn/cn-0129*
- 使用电化学传感器的单电源、微功耗有毒气体探测器(CN-0234)—*www.analog.com/cn/cn-0234*
- 带可编程增益跨阻放大器和同步检波器的双通道色度计(CN-0312)—*www.analog.com/cn/cn-0312*
- 用12位阻抗转换器实现高精度阻抗测量(CN-0217)—*www.analog.com/cn/cn-0217*
- 面向工业应用的精密24位、250 kSPS单电源Σ-Δ型ADC系统(CN-0310)—*www.analog.com/cn/cn-0310*

应用笔记/文章/参考设计

- ADA4530-1飞安级输入偏置电流测量(AN-1373)—*www.analog.com/cn/an-1373*
- 采用ADuCM350的电流/恒电位仪测量(AN-1281)—*www.analog.com/cn/an-1281*
- High Speed Converters：内涵、原因和原理概述(MS-2629)—*www.analog.com/cn/ms-2629*

设计工具/论坛

- 模数转换器
  - VisualAnalog™ 软件—*www.analog.com/cn/visualanalog*
  - SPIController：ADC SPI接口软件—*www.analog.com/cn/spicontroller*
  - Virtual Eval工具—BETA数据转换器工具—*www.analog.com/cn/virtualeval*
- 数字信号处理器
  - 软件开发套件(SDK)—*www.analog.com/cn/software_development_kit_downloads*
- 放大器
  - 模拟光电二极管向导：光电二极管电路设计向导帮助—*www.analog.com/cn/photodiode*
  - 模拟滤波器向导：滤波器电路设计向导帮助—*www.analog.com/cn/filterwizard*
  - DiffAmpCalc™：差分放大器计算器—*www.analog.com/cn/diffampcalc*
- 电路和电源设计仿真
  - LTspice®：电路设计仿真工具—*www.analog.com/cn/ltspice*
  - ADIsimPower™：稳压器设计工具—*www.analog.com/cn/ADIsimPower*

欲查看其他医学资源、工具和产品信息，请访问：*www.analog.com/cn/healthcare*

如需申请样片，请访问：

www.analog.com/cn/content/samples_purchase/fca.html

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

智能可穿戴医疗保健设备解决方案

智能可穿戴医疗保健设备及典型架构：

可穿戴医疗保健设备可定义为能够自主监控或支持特定医疗功能的无创式系统。(可穿戴的国家标准正在制定中)

“可穿戴”一词说明该设备要么是直接佩戴在人体上的设备，要么是一件衣服，并且具有适当的设计，支持其用作可穿戴配件。广义上讲，这要求该设备具有极小的尺寸和重量，功能自主，自备电源，易于使用，而且穿戴舒适。

智能可穿戴医疗保健设备有多种类型，如腕带、手表、眼镜和其他可穿戴类型。执行的功能有计步器、心率监测、运动记录、生物电位测量、生物阻抗测量、血氧测量等等。

智能可穿戴医疗保健设备是传统医疗设备的延伸。通常的医院用医疗设备体型巨大、结构复杂且功耗很高，旨在用于高精度临床应用。随着传感器和半导体技术的发展，器件尺寸和功耗比原来小得多，使得可穿戴设备变为现实。医院临床使用的许多技术已从医院走向家庭，或者变为各种可穿戴设备。智能可穿戴医疗保健设备通常是无创式生命体征监护设备，易于使用和穿戴。为了提升用户体验，重量越轻、功耗越低越好。另外还要提供与其他消费电子设备的连接能力。

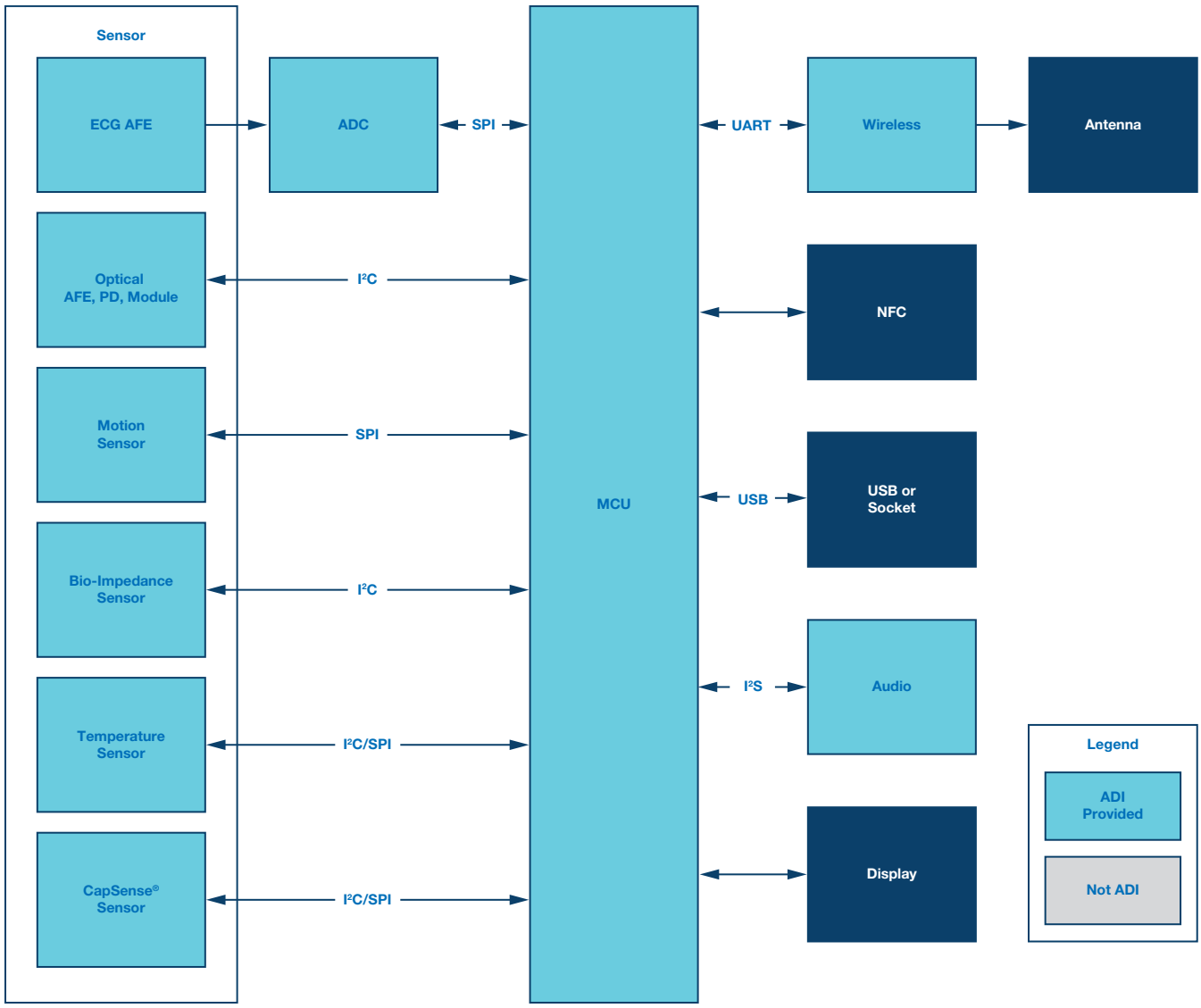
设计考虑和主要挑战：

- 尺寸非常重要。大部分可穿戴设备都很轻，而且尺寸越来越小
  - 更小的封装
  - 采用先进封装技术以提高集成度
  - 希望外部元件越少越好
- 超低功耗
  - 功耗对于用户体验至关重要，越低越好
  - 由于系统尺寸原因，电池大小有限
  - 低静态电流芯片有利于实现低功耗，延长待机时间
  - 可穿戴设备通常需要低功耗MCU
  - 可穿戴设备需要低功耗连接技术
- 人体工程学设计
  - 易于使用
  - 防止误操作设计
  - 高度可靠、高灵敏度的传感器设计
- 高可靠性
  - 适应各种环境
  - 良好的机械设计，防止设备受损
  - 有时候设备需要防水
- 传感器技术
  - 多传感器融合
  - 选择具有良好生物兼容性的传感器材料
  - 低功耗下具有高灵敏度
- 连接技术
  - 需要低功耗蓝牙、WIFI连接以访问其他智能设备
  - 数据同步和应用程序自动升级

ADI公司的整体解决方案：

ADI公司提供大量的高集成度AFE、运动传感器、低功耗MCU和电源管理解决方案，使可穿戴设备的产品质量和可靠性达到最佳程度。此外，ADI公司还提供评估板、仿真工具和应用专业技术，为客户的设计和开发工作提供支持。

主信号链：



F图1. 系统框图

注释：上述信号链代表智能可穿戴医疗保健设备系统。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。

微处理器	心电AFE	光学AFE	光电二极管	光学模块	运动传感器
ADuCM360/ADuCM362/ ADuCM3027/ADuCM3029/ ADuCM4050	AD8232/AD8233/ ADAS1000	ADPD103/ADPD105/ ADPD107	ADPD2210/ADPD2211/ ADPD2212/ADPD2214	ADPD142/ADPD144/ ADPD174/ADPD175	ADXL345/ADXL362/ ADXL363/ADXL355/ ADXL372
生物阻抗传感器	**温度传感器**	**电容传感器**	**模数转换器**	**无线**	**音频**
AD5933/ADuCM350	ADT7420/LTC2983	AD7147	AD7091R/AD7124-4/ AD7915/LTC2460/ LTC2462	ADF7020/ADF7024/ ADF7241	SSM2518

产品	描述	优势
处理器		
ADuCM360	ADuCM360是完全集成的3.9 kSPS、24位数据采集系统，在单芯片上集成双核高性能多通道Σ-Δ型模数转换器(ADC)、32位ARM® Cortex®-M3处理器和Flash®/EE存储器；在有线和电池供电应用中，ADuCM360设计为与外部精密传感器直接连接；ADuCM361集成了ADuCM360的全部功能，不过它仅有一个24位Σ-Δ ADC (ADC1)	集成ARM cortex M3和双通道Σ-Δ型ADC的低功耗精密模拟微控制器
ADuCM362	ADuCM362是完全集成的3.9 kSPS、24位数据采集系统，在单芯片上集成双核高性能多通道Σ-Δ型模数转换器(ADC)、32位ARM Cortex-M3处理器和Flash/EE存储器；在有线和电池供电应用中，ADuCM362设计为与外部精密传感器直接连接；ADuCM363集成了ADuCM362的全部功能，不过它仅有一个24位Σ-Δ ADC (ADC1)；比较前面的产品ADuCM360/ADuCM361，ADuCM362/ADuCM363具有更大的存储器，24 kB SRAM以及256 kB Flash	集成ARM cortex M3和双通道Σ-Δ型ADC的低功耗精密模拟微控制器，高达24 kB静态存储器
ADuCM3027/ ADuCM3029	ADuCM302x处理器是一款超低功耗集成式混合信号微控制器系统，可用于处理、控制和连接；MCU系统基于ARM Cortex-M3处理器，由数字外设、嵌入式SRAM和闪存、一个提供时钟、复位和电源管理功能的模拟子系统以及ADC子系统组成；ADuCM3029具有256 kB闪存，大小为ADuCM3027的两倍	集成电源管理和128 kB嵌入式闪存的超低功耗ARM Cortex-M3 MCU
ADuCM4050	ADuCM4050微控制器单元(MCU)是一款集成电源管理的超低功耗集成式微控制器系统，可用于处理、控制和连接；MCU系统基于ARM Cortex-M4F处理器；MCU还由数字外设、嵌入式SRAM和闪存、一个提供时钟、复位和电源管理功能的模拟子系统以及模数转换器(ADC)子系统组成	集成电源管理的超低功耗 ARM Cortex-M4F MCU
ECG AFE		
AD8232	AD8232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模数转换器(ADC)或嵌入式微控制器能够轻松地采集输出信号	单导联心率监护模拟前端
AD8233	AD8233是一种适用于心电图(ECG)和其他生物电势测量应用的集成信号调理模块；AD8233功能与前一代产品AD8232兼容，但具有更低的功耗(50 μA)，更小的尺寸(2 mm ×1.7 mm)	50 μA，2 mm × 1.7 mm WLCSP，低噪声，心率监护仪，适用于可穿戴产品
ADAS1000	ADAS1000能够测量心电图(ECG)信号、胸阻抗、起搏脉冲检测、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，因此适用于高性能诊断设备	低功耗、5电极心电图(ECG)模拟前端，提供呼吸测量和脉搏检测
光学AFE		
ADPD103	ADPD103是一个集成14位模数转换器(ADC)和20位突发累加器的高效率光电检测前端，配合灵活的发光二极管(LED)驱动器工作；模拟前端能提供业界最好的环境光抑制功能，环境光干扰容易引起信号偏移及共模干扰问题	集成环境光抑制功能的低功耗、高精度光学模块，支持LED和多功能光度测量模拟前端
ADPD105/ ADPD107	作为ADPD103的升级版，ADPD105/ADPD107均为集成14位模数转换器(ADC)和20位突发累加器的高效率光度测量前端，配合灵活的发光二极管(LED)驱动器工作；数据输出和功能配置通过ADPD105上的一个1.8 V I²C接口或ADPD107上的SPI进行；控制电路包括灵活的LED信号传输和同步检测	集成环境光抑制功能的低功耗、高精度光学模块，支持LED和多功能光度测量模拟前端
光度		
ADPD2210	ADPD2210是一款低噪声电流放大器，旨在将传感器信号电流放大24倍以使用更小的光电二极管	超低噪声、低功耗电流放大器
ADPD2211/ ADPD2212/ ADPD2214	ADPD2211是一款针对生物医学应用而优化的光学传感器；极低功耗和近理论信噪比(SNR)通过结合在零偏置光导模式下工作的超低电容深结点硅基光电二极管与低噪声电流放大器来实现 1. ADPD2211提供典型的400 kHz带宽性能，特别适合用于脉冲激励 2. ADPD2212的架构与ADPD2211相似，但PD和IR截止滤波器的尺寸较大 3. ADPD2214的架构与ADPD2211相似，但PD和绿色带通滤波器的尺寸较大	低噪声、高灵敏度光学传感器

产品	描述	优势
光学模块		
ADPD142RG/ ADPD142RI	ADPD142RG/ADPD142RI是完整的光度测量系统/模块，设计用于激励LED并测量相应的光学返回信号；这些系统具有同类最佳的环境光干扰抑制性能，包括直流和交流；每个模块包含一个高效率光度测量前端、两个LED和一个光电二极管；前端由控制模块、带20位突发累加器的模数转换器(ADC)和两个灵活的独立配置LED驱动器组成；模拟前端(AFE)在单独的数据路径上处理各LED的返回数据，并且可以选择不同的AFE设置。数据输出和功能配置通过一个1.8 V I²C接口进行。控制电路包括灵活的LED信号传输和同步检测	集成环境光抑制功能和两个LED的低功耗、高精度光学模块
ADPD144RI	与ADPD142RI电气规格相同，但改进后的光学/机械设计适合SPO2应用；支持两个驱动器，分别用于红色和红外LED	集成环境光抑制功能和两个LED的低功耗、高精度光学模块
ADPD174	ADPD174GGI是完整的光度测量系统，设计用于测量来自环境光和同步反射LED脉冲的光学信号；同步测量提供同类最佳的环境光干扰抑制性能，包括直流和交流。该模块集成一个高效率光度测量前端、三个LED和一个光电二极管(PD)；所有这些器件采用定制封装，可防止光线未首先进入对象而从LED直接进入光电二极管	集成环境光抑制功能和三个LED的低功耗、高精度光学模块；具有优化的光学结构，减少内部光学污染
ADPD175	ADPD175GGI是完整的光度测量系统，设计用于测量来自环境光和同步反射LED脉冲的光学信号；ADPD175是ADPD174的升级版，将内核模拟前端更新为ADPD105以及光学性能优化	集成环境光抑制功能和三个LED的光学模块
温度传感器		
ADT7420	ADT7420是一款4 mm × 4 mm LFCSP封装高精度数字温度传感器，可在较宽的工业温度范围内提供突破性的性能；它内置一个带隙温度基准源、一个温度传感器和一个16位ADC，用来监控温度并进行数字转换，分辨率为0.0078°C；默认ADC分辨率设置为13位(0.0625°C)；ADC分辨率为用户可编程模式，可通过串行接口更改	±0.25°C精度、16位数字I²C温度传感器
LTC2983	LTC2983能够连接并测量各种广泛的温度传感器并提供数字输出，结果以0°C或°F的格式；1°C精度和分辨率0.001°C；LTC2983可以测量的温度包括几乎所有标准(B、E、J、K、N、S、R、T)或自定义热电偶,自动补偿冷端温度和线性化的结果	具10 ppm/°C最大值精准基准的超纤巧型16 位 Σ-Δ ADC
电容传感器		
AD7147	TAD7147 CapTouch®控制器设计用于电容式传感器，以实现按钮、滚动条和滚轮等功能；这种传感器只需一层PCB板，为超薄型应用创造了可能	CapTouch单电极电容式传感器专用可编程控制器
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(3 V和1 MSPS时典型值为349 μA)；它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LFCSP和MSOP封装
AD7915	AD7915/AD7916是16位、逐次逼近型模数转换器(ADC)，采用单电源V_{DD}供电；器件内置一个低功耗、高速、16位采样ADC和一个多功能串行接口端口；在CNV上升沿，AD7915/AD7916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V_{REF}之间、相位相反	16位、1 MSPS/500 kSPS PulSAR ADC，采用MSOP/LFCSP封装
AD7124	AD7124-4是一款适合高精度测量应用的低功耗、低噪声、完整模拟前端；该器件内置一个低噪声24位Σ-Δ型模数转换器(ADC)，可配置来提供4个差分输入或7个单端或伪差分输入；片内低噪声级确保ADC中可直接输入小信号	集成PGA和基准电压源的4通道、低噪声、低功耗24位Σ-Δ型ADC

产品	描述	优势
LTC2460/ LTC2462	LTC2460/LTC2462是超小16尺寸的位模拟-数字转换器并集成精密参考；它使用一个2.7 V至5.5 V供应和通过SPI接口进行通信；LTC2460支持单端0 V至V_{REF}输入范围和±V_{REF}差分输入范围；它们包括一个集成的振荡器和并提供无延迟的多路转换应用	超小尺寸，内置最大10ppm/°C温飘参考的ΔΣ ADCs
重力传感器		
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 µA，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	微功耗、3轴、±2 *g*/±4 *g*/±8 *g*数字输出MEMS加速度计
ADXL363	ADXL363是一款超低功耗的3个传感器组合产品，由3轴MEMS加速度计、温度传感器和用于同步转换外部信号的ADC输入端组成，整个系统输出数据速率为100 Hz时功耗低于2 µA，在运动触发唤醒模式下功耗为270 nA；ADXL363还提供针对内部ADC的访问，可同步转换额外的模拟输入	集成加速度和温度检测的3个微功耗传感器组合
ADXL355	ADXL355属于低噪声密度、0 *g*低失调漂移、低功耗、3轴MEMS加速度计新系列产品，具有可选测量范围；ADXL355支持±2.048 *g*、±4.096 *g*和±8.192 *g*范围，在温度范围内提供业界领先的噪声、失调漂移和长期稳定性，可实现校准工作量极小和极低功耗的精密应用	带数字输出的低噪声、低漂移、低功耗3轴加速度计
ADXL372	ADXL372是一款超低功耗、3轴、±200 *g* MEMS加速度计，以3200 Hz输出数据速率(ODR)工作时功耗为22 µA；ADXL372未对其前端周期供电以实现其低功耗操作，因此不会冒传感器输出混叠的风险	微功耗、3轴、±200 *g*数字输出MEMS
生物阻抗		
ADuCM350	ADuCM350是一款完整的、纽扣电池供电的、高精密片上计量仪，适合便携式设备应用，例如快速诊断和用于监护生命体征的穿戴式设备；ADuCM350针对高精密恒电势器、电流、电压和阻抗测量功能而设计	16位精密、低功耗片上计量仪，内置Cortex-M3和连接能力
AD5933	AD5933是一款高精度的阻抗转换器系统解决方案，片上集成频率发生器与12位、1 MSPS的模数转换器(ADC)；DFT算法在每个频率上返回一个实部(R)数据字和一个虚部(I)数据字	1 MSPS、12位阻抗转换器网络分析仪
无线		
ADF7024	ADF7024是一款超低功耗、集成收发器，用于免执照ISM频段433 MHz、868 MHz和915 MHz；该器件简单易用，而且性能很高，适合各种各样的无线应用；ADF7024适用于符合欧洲ETSI EN300-220规则、北美FCC Part 15规则及其他类似监管标准的工作环境	易用、低功耗、次GHz、ISM/SRD、FSK/GFSK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	ISM频段收发器IC
ADF7241	ADF7241是一款高集成度、低功耗、高性能收发器，在全球通用的2.4 GHz ISM频段工作；其设计注重灵活性、稳定性、易用性和低功耗特性；在数据包和数据流两种模式下，该IC均支持IEEE 802.15.4-2006 2.4 GHz PHY要求	低功耗IEEE 802.15.4零中频2.4 GHz收发器IC

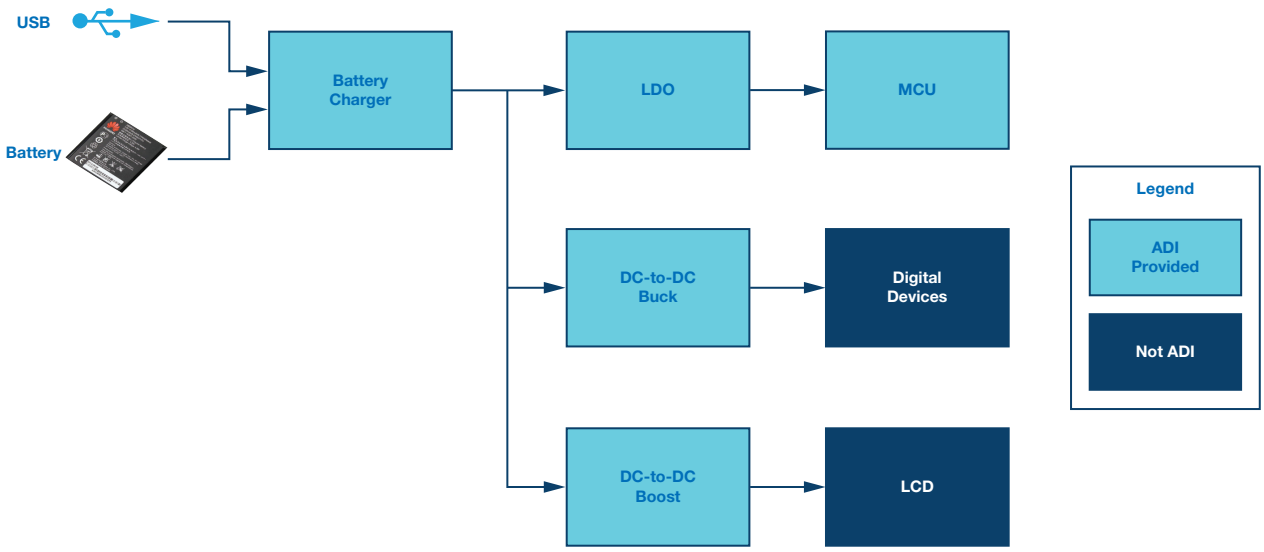


图2. 电源解决方案

电池充电器	电源管理	LDO	DC/DC降压	DC/DC升压	DC/DC降压/升压
ADP5090/ADP5091/ ADP5061/LTC3331/ LTC4123/LTC4065	ADP5310/ADP5350/ LTC3586	ADP160/ADP165/LT3045	ADP5300/ADP5301/ ADP5303/ADP5304/ ADP2102/LTC3388	ADP1607/ADP1612	ADP2503/ADP2504/ LTC3119/LTC3335

产品	描述	优势
电池充电器		
ADP5061	ADP5061充电器完全符合USB 3.0和USB电池充电规范1.2，能够通过微型USB VBUS引脚从壁式充电器、车载充电器或USB主机端口充电；ADP5061输入电压范围为4 V至6.7 V，最高可耐受20 V电压；此耐受度缓解了断开或连接时的USB总线尖峰问题	具有电源路径和USB模式兼容性的微型I²C可编程线性电池充电器
ADP5090	ADP5090是一款集成式升压调节器，可转换PV电池或TEG的直流电源；该器件可对储能元件(如可充电锂离子电池、薄膜电池、超级电容和传统电容)进行充电，并对小型电子设备和无电池系统上电；ADP5090提供有限采集能量(从16 µW到200 mW范围)的高效转换，工作损耗为亚µW级别；利用内部冷启动电路，调节器可在低至380 mV的输入电压下启动；冷启动后，调节器便可在80 mV至3.3 V的输入电压范围内正常工作	超低功耗升压调节器，集成MPPT和电荷管理功能
ADP5091/ ADP5092	ADP5091/ADP5092是一款智能集成式能量采集纳米电源管理解决方案，可转换来自PV电池或热电发生器(TEG)的直流电源；该器件可对储能元件(如可充电锂离子电池、薄膜电池、超级电容和传统电容)进行充电，并对小型电子设备和无电池系统上电	集成MPPT、电荷管理功能和输入功率监控器的超低功耗能量采集PMU
LTC3331	LTC3331集成了一个高电压能量收集电源和一个由可再充电电池供电的降压-升压型dc/dc转换器，可创建一款面向可替代能源应用的单输出电源；一个10 mA分流器允许利用收集能量进行电池的简单充电，而一种低电池电量断接功能则用于避免电池发生深度放电	具能量收集电池充电器的毫微功率降压-升压型dc/dc转换器
LTC4123	LTC4123是一款低功率无线接收器和用于NiMH电池的恒定电流/恒定电压线性充电器；一个外部编程电阻器负责设定高达25 mA的充电电流；温度补偿型充电电压功能可保护NiMH电池并防止发生过度充电	用于助听器的低功率无线充电器
LTC4065	LTC4065-4.4是一款用于高容量单节锂离子电池的完整恒定电流/恒定电压线性充电器，具有一个4.4 V浮置电压；其2 mm × 2 mm DFN封装和低外部组件数目使得LTC4065-4.4尤其适合便携式应用	2 mm × 2 mm DFN封装的独立750 mA锂离子电池充电器

产品	描述	优势
电源管理		
ADP5310	ADP5310采用16引脚TSSOP_EP封装集成两个降压调节器和一个负载开关，可满足严苛的性能和电路板空间要求；该器件可直接连接到2.7 V至15.0 V的宽输入电压范围，允许使用多个碱性/NiMH电池或锂电池以及其他电源为其供电	带有双通道降压调节器和负载开关的3通道、集成超低功耗解决方案
ADP5350	电源管理IC (PMIC)ADP5350集成了一个用于单锂离子/锂离子聚合物电池充电的高性能降压调节器、一个电量计、一个用于LED背光照明的高度可编程升压调节器和三个150 mA LDO调节器	集成感性升压LED和三个LDO调节器的高级电池管理芯片
LTC3586	LTC3586/LTC3586-1是高集成度电源管理和电池充电器IC，面向锂离子/锂聚合物电池应用；它包括一个具自动负载优先级处理功能的高效率电流限制开关PowerPath管理器、电池充电器、理想二极管和4个同步开关稳压器(两个降压、一个降压-升压和一个升压)	具升压、降压-升压和双通道降压稳压器的高效率USB电源管理器
LDO		
ADP160/ ADP165	ADP160/ADP165是一款超低静态电流、低压差线性稳压器，采用2.2 V至5.5 V电源供电，最大输出电流为150 mA；在150 mA负载下压差仅为195 mV，不仅可提高效率，而且能使器件在很宽的输入电压范围内工作	超低静态电流150 mA、CMOS线性稳压器
DC/DC降压转换器		
ADP5300/ ADP5301/ ADP5303/ ADP5304	ADP5300是一款高效率、超低静态电流降压稳压器，其用于调节零负载输出的静态电流仅为180 nA；ADP5300的输入电源电压范围为2.15 V至6.50 V，因此可使用多个碱性或NiMH、锂离子电池或其它电源；0.8 V至5.0 V输出电压通过外部VID电阻和工厂熔丝可选；整个解决方案仅需四个小型外部元件；ADP5302/ADP5303/ADP5304具有不同的最大输出电流和工作频率	50 mA/500 mA、高效率、超低功耗降压稳压器
ADP2102	ADP2102是一款同步降压dc-dc转换器，可在最高95%的效率和1%的精度下将2.7 V至5.5 V未调节输入电压转换为更低的调节输出电压；ADP2102的低占空比能力非常适合USB应用或为亚微米次伏特(subvolt)处理器内核供电的5 V系统；3 MHz的典型工作频率和出色的瞬态响应允许该器件使用小型低成本1 µH电感和2.2 µF陶瓷电容	低占空比、600 mA、3 MHz同步降压dc-dc转换器
LTC3388	LTC3388-1/LTC3388-3是具内部高端和同步电源开关的高效率、降压型dc/dc转换器，该器件在无负载时仅吸收720 nA (典型值)的dc电源电流，并保持了输出电压调节作用	20 V、高效率、毫微功率降压型稳压器
DC/DC升压转换器		
ADP1607	ADP1607是一款高效、同步、固定频率、升压dc-dc开关转换器，能够提供介于1.8 V和3.3 V之间的可调输出电压，适合便携式应用；2 MHz的工作频率支持使用小尺寸、薄型外部元件；此外，凭借同步整流、内部补偿、内部固定限流和电流模式架构可确保出色的瞬态响应和最少的外部器件数量	2 MHz、同步升压dc-dc转换器
ADP1612	ADP1612/ADP1613均为升压dc-dc开关转换器，集成了功率开关，能够提供高达20 V的输出电压；ADP1612/ADP1613的封装高度小于1.1 mm，非常适合空间受限的应用，比如便携式设备或薄膜晶体管(TFT)液晶显示器(LCD)	650 kHz/1.3 MHz升压PWM dc-dc开关转换器，电流限值为1.4 A
DC/DC降压/升压		
ADP2503/ ADP2504	ADP2503/ADP2504均为高效率、低静态电流、升压/降压dc-dc转换器，工作时的输入电压可高于、低于或等于稳压输出电压；这两种转换器内置功率开关和同步整流器，所需的外部器件数量极少；对于高负载电流，这些器件采用电流模式、固定频率、脉冲宽度调制(PWM)控制方案，以便获得出色的稳定性和瞬态响应	600 mA、2.5 MHz降压/升压dc-dc转换器
LTC3119	LTC3119是一款高效率、18 V、单片式、降压-升压型转换器，该器件能够提供高达5 A的连续输出电流；丰富齐全的功能集成和非常低电阻内部电源开关最大限度地缩减了总体解决方案占板面积，甚至对于要求最严苛的应用也不例外；一种专有的四开关PWM架构可在输入电压高于、低于、或等于输出电压的情况下提供无缝的低噪声操作	18 V、5 A、同步降压-升压型dc/dc转换器
LTC3335	LTC3335是一款高效率、低静态电流(680 nA)降压-升压型dc/dc转换器，其具有一个可在长使用期限电池供电型应用中监察累积电池放电量的集成型高精度库仑计数器；降压-升压电路能够在其输入端上的电压低至1.8 V的情况下运作，并提供8种可通过引脚选择的输出电压和高达50 mA的输出电流	具集成型库仑计数器的毫微功率降压-升压型dc/dc转换器

设计资源

Circuits from the Lab®

- 电池供电病人监护应用中ECG前端的供电(CN-0308)—*analog.com/cn/cn-0308*
- 面向工业信号电平应用的精密24位、250 kSPS单电源Σ-Δ型ADC系统(CN-0310)— *analog.com/cn/cn-0310*
- 使用连接到ADuC7024精密模拟微控制器的ADXL345数字加速度计检测低*g*加速(CN-0133)—*analog.com/cn/cn-0133*
- 超低功耗独立运动开关(CN-0274)—*analog.com/cn/cn-0274*
- 利用运算放大器ADA4505-2、并联基准电压源ADR1581和开关ADG1636实现精密脉搏血氧仪LED吸电流(CN-0125)—*analog.com/cn/cn-0125*
- 具有暗电流补偿功能的2 MHz带宽PIN光电二极管前置放大器(CN-0272)—*analog.com/cn/cn-0272*

应用笔记/文章

- 多生理参数病人监护(MS-2126)—*analog.com/cn/ms-2126.pdf*
- 针对ECG设计挑战的缓解策略(MS-2160)—*analog.com/cn/ms-2160.pdf*
- 医疗保健应用中的电源管理(MS-2569)—*analog.com/cn/ms-2569.pdf*
- CareFusion与ADI之间的探讨：优化EEG放大器的性能并降低功耗(MS-2178)—*analog.com/cn/ms-2178.pdf*
- 芯片级封装有助于便携式医疗设备减小尺寸并减轻重量(MS-1908)—*analog.com/cn/ms-1908.pdf*
- 系统中的生物电位电极传感器—*analog.com/en/ecg-eeg-emg_final.pdf*
- 传感器电路的低噪声信号调理(MS-2066)—*analog.com/cn/ms-2066.pdf*

设计工具/论坛

- ADC
  - VisualAnalog™软件—*analog.com/cn/visualanalog*
- ADC SPI 接口软件(SPI控制器)—*analog.com/cn/spicontroller*
  - ADIsimADC建模工具—*analog.com/cn/ADIsimADC*
- 放大器
  - DiffAmpCalc™：放大器参数评估工具—*analog.com/cn/diffampcalc*
- 电源管理产品
  - ADIsimPower™：电源设计工具—*analog.com/cn/ADIsimPower*
  - 评估板

欲查看其他医学资源、工具和产品信息，请访问：*analog.com/cn/healthcare*

欲申请样片，请访问：

www.analog.com/cn/support/customer-service-resources/sales/sample-products

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

ADI公司医疗X射线成像解决方案

医疗X射线成像原理和典型架构

医疗X射线成像检查的目的是识别病人身体中的异常情况或将病人归类为健康人群，同时最大程度地降低辐射影响。数字X射线(DR)和计算机断层扫描(CT)是最常用的X射线成像技术和应用。DR和CT的基本工作原理相同：X射线束穿过人体，一部分X射线由内部结构吸收或散射，余下的X射线图案传输到检测器，用于电路和计算机进行记录或进一步处理。

DR检测器：DR检测器包括闪烁晶体层、TFT面板、模拟数据采集系统和数字处理系统。闪烁晶体层将X射线光子转换为可见光子，TFT面板将可见光子转换为电子，然后将电子输入模拟数据采集系统(ADAS)，现场可编程门阵列(FPGA)通常用于处理ADAS系统输出数字数据以便进行成像处理。ADAS包括积分器放大器、ADC、数字处理和接口。

CT检测器：CT检测器包括瞄准仪、闪烁晶体层、光电二极管阵列(PDA)、模拟数据采集系统和数字处理系统。瞄准仪用于聚焦X射线光子并防止散射，闪烁晶体层将X射线光子转换为可见光子，PDA将可见光子转换为电流，然后将电流输入模拟数据采集系统(ADAS)，FPGA通常用于处理ADAS系统输出数字数据以便进一步进行数据处理。ADAS包括积分器放大器、ADC、数字处理和接口。

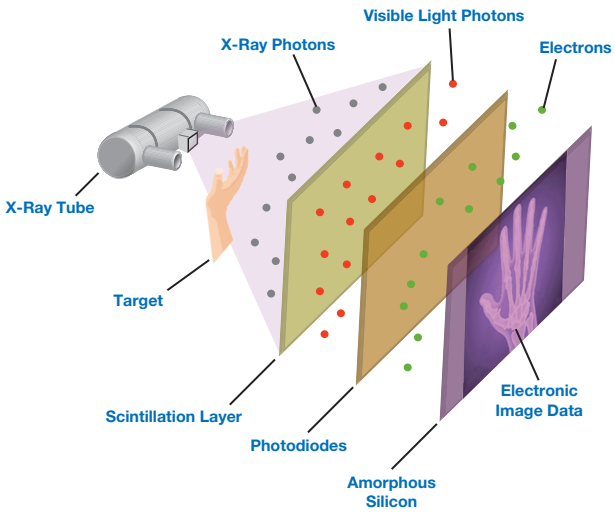
DR检测器设计考虑和主要挑战

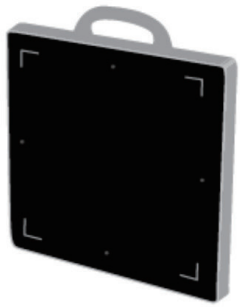
- 低功耗：为满足电池供电和便携式DR检测器应用需求，TFT面板和闪烁晶体对温度敏感。
- 低噪声：好的图像质量可以减少X射线剂量。噪声尤其是相关噪声会影响图像质量。
- 线性度：每条读出线之间的非线性可呈现为伪像；良好的线性度匹配比绝对线性度更重要。
- 速度：动态成像需要快速的读出速度，降低每条读出线时间可提高检测器的帧率。

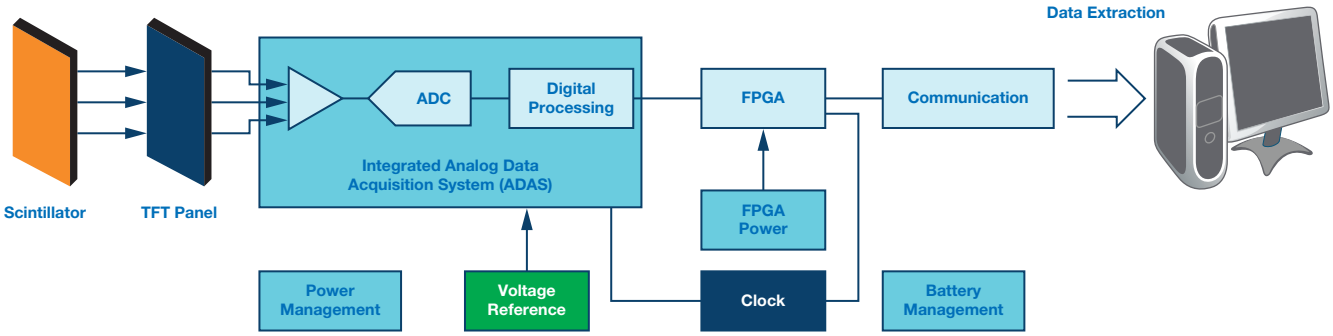
ADI公司的DR整体解决方案

ADI提供大量的模拟数据采集系统(ADAS)、放大器、数据转换、信号处理和电源管理解决方案供用户选择，使DR设备达到最佳图像质量，并降低功耗和成本。此外，ADI公司还提供评估板、仿真工具和应用专业技术，为客户的设计和开发工作提供支持。

DR主信号链







注释：上述信号链代表DR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。

ADAS	ADCs	ADC驱动器	基准电压源
ADAS1256	AD7626/AD7357	AD8137/ADA4932-2	ADR434/ADR444/ADR4540
时钟	**电池管理**	**电源管理**	**MEMS**
ADN4670	ADP2291	ADP1741/ADP7104/ADP7182/ADP505x	ADXL335/ADXL345/ADIS16203

产品型号	描述	优势
ADAS		
ADAS1256	FLEX上的256通道、16位电荷至数字AFE，适用于DR模拟数据采集；最低22 µs读出线时间，超低噪声：560 e– (范围：2 pC)；ADC INL ±2.5 LSB或57.5 ppm；用户可调满量程范围，最高32 pC。可测量通过电子或空穴收集的电荷。	支持多种数字X射线成像手段，包括便携式放射和乳房X线照相术以及高速透视和心脏成像
ADC驱动器		
ADA4932-2	低功耗差分ADC驱动器；–3 dB带宽：560MHz V_n RTI：3.6 nV/√Hz；低谐波失真：SFDR：100 dB (10 MHz)，SFDR：90 dB (20 MHz)	低功耗、低噪声、低失真特性适合差分ADC驱动器
AD8137	低成本、低功耗差分ADC驱动器；静态电源电流：2.6 mA (5 V)；0.02%快速建立时间：100 ns	ADC驱动器具有低功耗、低成本、快速建立时间特性
ADCs		
AD7626	16位、10 MSPS、PulSAR® 差分ADC；SNR = 91.5dB，INL：±0.45 LSB，DNL：±0.35 LSB	高性能，适合DR分立方案应用
AD7537	差分输入、双通道、同步采样、4.25 MSPS、14位SAR ADC；SNR = 76.5 dB，片内基准电压源：2.048 V ±0.25%、6 ppm/°C	适合低成本分立方案DR应用，易于使用
基准电压源		
ADR434	超低噪声、XFET® 4.096 V基准电压源，具有吸电流和源电流能力；B级：0.05%精度和3 ppm/°C	低漂移和高精度有利于提高ADC SNR性能
ADR444	超低噪声、XFET® 4.096 V基准电压源，具有吸电流和源电流能力；B级：0.05%精度和3 ppm/°C	低漂移和高精度有利于提高ADC SNR性能
ADR4540	超低噪声、高精度4.096 V基准电压源；B级：0.05%精度和3 ppm/°C	低漂移和高精度有利于提高ADC SNR性能
时钟		
ADN4670	可编程低电压1:10 LVDS时钟驱动器；低输出偏斜小于30 ps (典型值)。	非常适合低抖动ADAS1256 LVDS扇出应用

产品型号	描述	优势
MEMS		
ADXL335	小尺寸、低功耗、3轴±3 *g*加速度计；低功耗：350 µA (典型值)；出色的温度稳定性	低功耗、低成本、面板跌落报警
ADXL345	3轴、±2 *g*/±4 *g*/±8 *g*/±16 *g*数字加速度计；超低功耗：V_S = 2.5 V时(典型值)，测量模式下低至40 µA，待机模式下为0.1 µA	低功耗、活动/非活动监控
ADIS16203	可编程360°倾角计；0°至360°倾角计±180输出格式选项、14位数字倾斜度输出线性输出、0.025°分辨率	用于测量X射线源和检测器之间的角度
功率管理		
ADP1741	1.6 V至3.6 V输入、2 A输出电流、低压差LDO；具有软启动特性，提供可调输出电压选项：0.75 V至3.3 V	ADAS1256 AVDDI电源具有低噪声特性
ADP7104	3.3 V至20 V输入、500 mA输出LDO；350 mV压差(500 mA)、15 µV rms低噪声(固定电压输出)、高PSRR 60 dB (10 kHz)	改善噪声敏感负载和低压差的性能
ADP7182	–2.7 V至–28 V输入，200 mA输出电流，185 mV压差LDO，具备低噪声性能，18 µV RMS低噪声，66 dB (10 kHz，V_{OUT} = –3 V)	用于DR面板偏置电压电源的低噪声、低压差负LDO
ADP5052	4.5 V至15 V输入、Channel 1、Channel 2：可编程1.2 A/2.5 A/4 A同步降压调节器，带低端FET分频器；Channel 3、Channel 4：1.2 A同步降压调节器；Channel 5：200 mA低压差LDO	5通道集成功率解决方案，可以降低设计难度，同时减小针对FPGA设计的电路板尺寸
电池管理		
ADP2291	用于单节锂离子电池的紧凑型、1.5 A线性充电器；输入电压范围：4.5 V至12 V；可调充电电流最高可达1.5 A	自动充电器，可用于便携式DR检测器
隔离		
ADM2582E	2.5 kV信号和电源隔离、±15 kV ESD保护、全/半双工RS-485收发器(16 Mbps)、兼容500 Kbps版本ADM2587E	用于DR配置的隔离式RS-485收发器

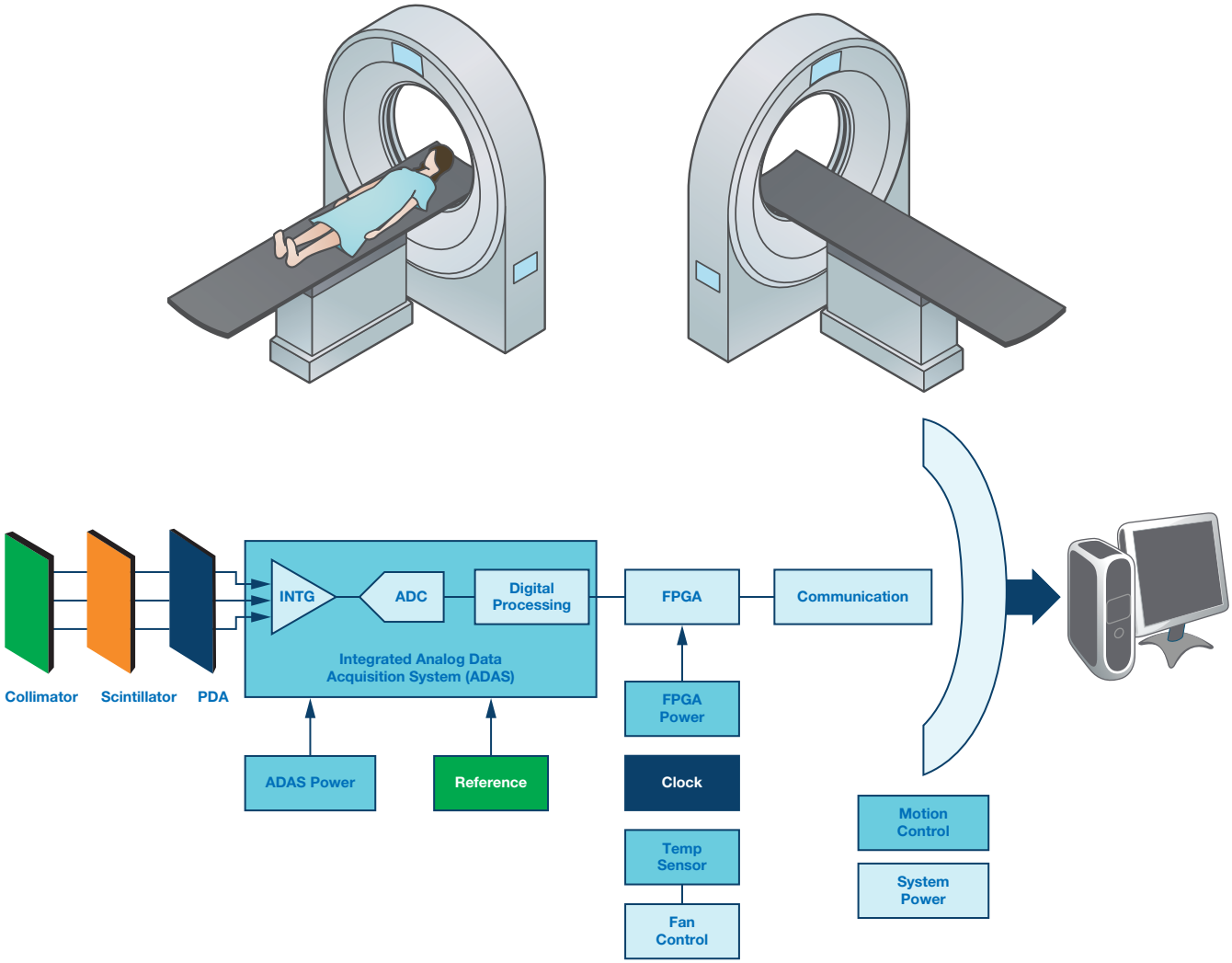
CT检测器设计考虑和主要挑战

- 低功耗：PDA和闪烁晶体对温度敏感。
- 低噪声：好的图像质量可以减少X射线剂量，且低噪声有助于提高动态范围。
- 线性度：非线性会产生伪像，小信号线性度更为重要。

ADI公司的CT整体解决方案

ADI提供大量的模拟数据采集系统(ADAS)、放大器、数据转换、信号处理和电源管理解决方案供用户选择，使CT设备达到最佳图像质量，并降低功耗和成本。此外，ADI公司还提供评估板、仿真工具和应用专业技术，为客户的设计和开发工作提供支持。

CT主信号链



注释：上述信号链代表CT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。

ADAS	基准电压源	时钟	ADAS电源	FPGA电源	温度传感器
ADAS1128/ADAS1134/ ADAS1131/ADAS1135	ADR440/ADR430/ ADR4520	ADN4670	ADP1708/ADP7104/ ADM7170/ADP1740	ADP505x	ADT7320/ADT7420/ ADT7310/ADT7410

产品型号	描述	优势
ADAS		
ADAS1128	128通道、24位电流数字ADC，用于CT扫描仪数据采集的AFE；超低噪声(低至0.4 fC)，线性度：所有有效通道读数的±0.1%±FSR的4 ppm	低噪声、出色的线性度、高集成度，适合CT扫描仪应用
ADAS1134	128通道、24位电流数字ADC，用于CT扫描仪数据采集的AFE；超低噪声(低至0.32 fC)，线性度：所有有效通道读数的±0.05%±FSR的1.0 ppm	低噪声、出色的线性度、高集成度，适合CT扫描仪应用
ADAS1131	256通道、24位电流数字ADC模块、用于CT扫描仪数据采集的AFE；极低噪声、线性度：所有有效通道读数的±0.05% ±FSR的1.0 ppm	低噪声、出色的线性度、高集成度，适合CT扫描仪应用
ADAS1135	256通道、24位电流数字ADC模块、用于CT扫描仪数据采集的AFE；极低噪声、线性度：所有有效通道读数的±0.05% ±FSR的1.0 ppm	低噪声、出色的线性度、高集成度，适合CT扫描仪应用
基准电压源		
ADR430	超低噪声、XFET 2.048 V基准电压源，具有吸电流和源电流能力；B级：0.05%精度和3 ppm/°C	低漂移和高精度有利于提高ADC SNR性能
ADR440	超低噪声、XFET 2.048 V基准电压源，具有吸电流和源电流能力；B级：0.05%精度和3 ppm/°C	低漂移和高精度有利于提高ADC SNR性能
ADR4520	超低噪声、高精度2.048 V基准电压源；B级：0.05%精度和3 ppm/°C	低漂移和高精度有利于提高ADC SNR性能
时钟		
ADN4670	可编程低电压1:10 LVDS时钟驱动器；低输出偏斜小于30 ps (典型值)	非常适合低抖动ADAS11xx LVDS扇出应用
温度传感器		
ADT7420	数字I²C温度传感器，精度为±0.25°C，工作范围为–20°C至105°C，16位分辨率(0.0078°C)，ADT7320为SPI接口版本	无需校准，过温/欠温中断
ADT7410	数字I²C温度传感器，精度为±0.5°C，工作范围为–20°C至105°C，16位分辨率(0.0078°C)，ADT7310为SPI接口版本	无需校准，过温/欠温中断
电源管理		
ADP1708	2.5 V至5.5 V输入、1 A输出LDO；压差：345 mV (1 A)；可调输出电压选项：0.8 V至5.0 V	改善噪声敏感负载和低压差的性能
ADP1741	1.6 V至3.6 V输入、2 A输出电流、低压差LDO；具有软启动特性，提供可调输出电压选项：0.75 V至3.3 V	改善噪声敏感负载和低压差的性能
ADP7104	3.3 V至20 V输入、500 mA输出LDO；350 mV压差(500 mA)、15 μV rms低噪声(固定电压输出)、高PSRR 60 dB (10 kHz)	改善噪声敏感负载和低压差的性能
ADM7170	2.3 V至6.5 V输入，500 mA输出电流，105 mV低压差LDO，具备低噪声性能、6 μV rms独立电压输出、高PSRR 70 dB (10 kHz)；与1 A版本引脚兼容：ADM7171，2 A版本：ADM7172	改善噪声敏感负载和低压差的性能
ADP5053	4.5 V至15 V输入、Channel 1、Channel 2：可编程1.2 A/2.5 A/4 A同步降压调节器，带低端FET分频器；Channel 3、Channel 4：1.2 A同步降压调节器；看门狗和复位	4通道集成功率解决方案，可以降低设计难度，减小电路板尺寸

设计资源

参考电路

- 16位10 MSPS ADC AD7626的单端转差分高速驱动电路(CN-0105)—*www.analog.com/cn/CN0105*

应用笔记/文章

- 数字X射线技术改善患者体验和医师诊断能力—*www.analog.com/cn/digital-x-ray-technology-improves-patient-exp*
- Xilinx FPGA集成式电源解决方案—*www.analog.com/en/integrated-high-power-solutions-for-xilinx-fpgas*
- Altera FPGA集成式电源解决方案—*www.analog.com/en/integrated-power-solutions-for-altera-fpgas*

设计工具/论坛

- ADAS
  - ADAS1256/ADAS1128/ADAS1131/ADAS1134/ADAS1135参考设计提供指南、原理图和PCB布局Gerber文件
- ADC
  - AD7626评估套件
- 时钟和PLL
  - ADIsimCLK™建模工具—*www.analog.com/cn/ADIsimCLK*
- 放大器
  - 差分放大器计算器—*www.analog.com/cn/diffampcalc*
- 电源管理产品
  - 电源设计工具—*www.analog.com/cn/ADIsimPower*
  - 评估板

欲查看其他医学X射线成像资源、工具和产品信息，请访问： *www.analog.com/cn/applications/markets/healthcare/imaging*

如需申请样片，请访问： *www.analog.com/en/content/samples_purchase/fca.html*

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

ADI正电子发射断层扫描(PET)解决方案

PET系统原理和典型架构

正电子发射断层扫描(PET)是一种无创成像技术，可通过检测某些放射性示踪剂注射到人体时发射的伽马射线，来生成三维医学图像。PET扫描生成数字图像，在很多情况下，这些图像能够识别出最常见的癌症，包括肺癌、乳腺癌、直肠癌、淋巴癌和黑色素瘤癌。从技术上讲，PET是一种医学成像技术，可在发现解剖结构变化之前，以影像方式呈现分子水平的生理病变情况。当放射性物质发射的正电子与组织内的电子碰撞时，会产生伽马射线。这种碰撞产生一对伽马射线光子，它从碰撞位置沿相反方向发射，被安装在人体周围的伽马射线探测设备检测到。

PET系统包括信号检测和处理、一致性处理、响应线(LOR)存储器和图像重建。探测器是位于支架孔周边的圆环，它由数千个闪烁晶体和数百个光电倍增管(PMT)组成。闪烁晶体将伽马射线转换为可见光，并通过PMT进行放大。然后，PMT的电流输出信号转换为电压，并由低噪声前置放大器(LNA)进行放大，再进入可变增益放大器(VGA)以补偿PMT的差异变化。VGA的输出传送到两条路径，一条是数据路径，另一条是时间路径。在数据路径中，VGA的输出进行滤波和直流偏移补偿，然后传送到模数转换器(ADC)。通常使用现场可编程门阵列(FPGA)来处理ADC输出数据以获取能量信息。在时间路径中，来自四个或更多邻近通道的信号进行汇合，此组合信号输入到超高速比较器。使用比较器的输出信号和超高速时钟来生成数字时间戳，以便获取时间信息。一致性处理器需根据能量和时间信息，在反向探测器模块上查找匹配的单个光子事件。这个正反方向光子形成的线称为响应线。通过分析数万个LOR，后端图像信号处理器可将碰撞活动重建并显示为三维图像。

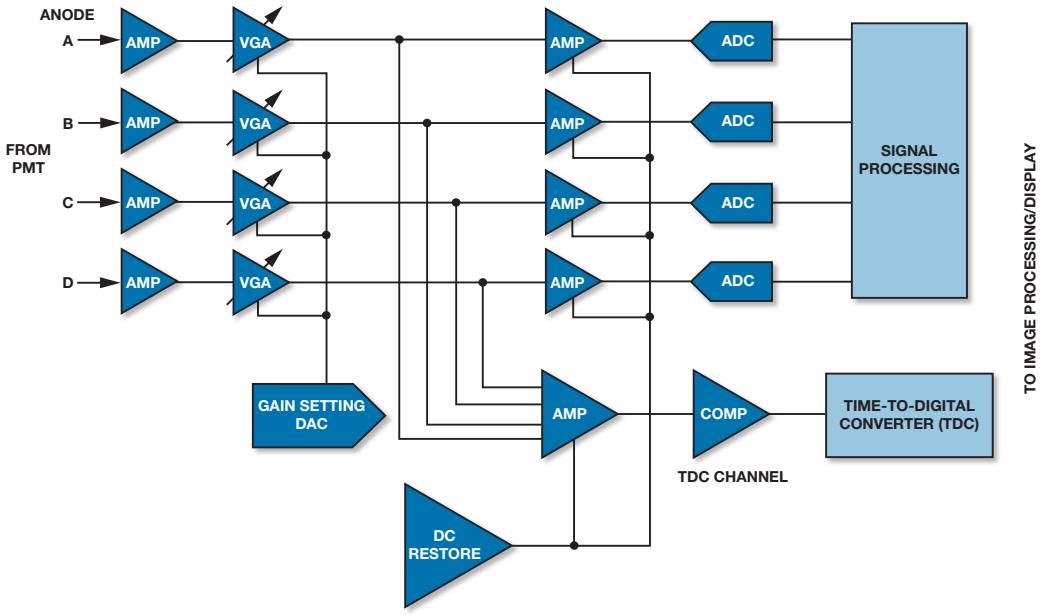
PET系统设计考虑因素和主要挑战

- 时序在PET系统中决定一切；速度和噪声在时间路径中也极其重要。必须最大程度地减少导致时序抖动的一切因素。
- 由于在时间路径中，速度、噪声、驱动能力、过载恢复时间是前置放大器的重要规格，因此需要具有较小输入参考噪声,几个nV/√Hz以内的LNA。由于每个PMT的阳极需要自身的增益控制，所以速度、增益范围和增益分辨率是VGA的重要规格。LNA和VGA组合增益约需要40 dB，具有大约20 dB的可调增益范围。如果选择模拟VGA，则使用10位到12位分辨率数模转换器(DAC)的可调精度来控制VGA增益。
- 时间通道的求和放大器的上升时间和噪声至关重要。上升时间、传播延迟、压摆率和孔径抖动对于比较器非常重要。由于时间戳取决于在所有通道上的恒定直流电平，因此直流恢复在这个阶段通常是必需的。具有1 mV直流偏移的精密运算放大器通常是合适的。
- 与时间路径不同，对于ADC前的缓冲/滤波放大器的速度要求并不是非常严格。但是，由于它必须对持续时间相对较短的信号进行滤波，因此它仍然要求高速、低噪声。
- ADC的选择取决于架构。由于大多数PET系统使用数字积分器，目前它们需要较高的采样速率，所以主要使用高速转换方案。采样速率高于40 MSPS的10位到12位ADC能够达到要求。

ADI公司的整体解决方案

ADI提供大量的放大器、数据转换、信号处理和电源管理解决方案供用户选择，使PET设备达到最佳图像质量，并降低功耗和成本。此外，ADI公司还提供评估板、仿真工具和应用专业技术，为客户的设计和开发工作提供支持。

主信号链



注：上述信号链代表PET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。

前置放大器	VGA	增益设置DAC	ADC驱动器	ADC	时间路径求和放大器
AD8000/ADA4817-2/ ADA4857-2/ADA4897-2	AD8337/AD8331/ AD8335/AD8264	AD5381/AD5314/ AD5629R/AD5672R	ADA4927-2/ADA4937-2/ ADA4938-2/AD8138	AD9637/AD9228/ AD9212/AD9219	AD8099/ADA4899-1/ AD8045/ADA4857-1

比较器	直流恢复放大器	直流恢复开关	基准电压源	时钟	温度传感器	电源管理
ADCMP58x/ADCMP57x/ ADCMP56x/ADCMP55x	AD8608/ADA4077-4/ OP4177	ADG16xx/ADG14xx/ ADG12xx	ADR43x/ADR42x/ ADR45xx/ADR34xx	AD952x/AD951x/ ADCLK8xx/ADCLK9xx	ADT7310/ADT7410/ ADT7320/ADT7420	ADP2386/ADP2384/ ADP5052/ADP7102/ ADP7104/ADM7170/ ADM7171/ADM7172

PET主要产品介绍

产品型号	描述	优势
前置放大器		
AD8000	1.5 GHz超高速电流反馈型放大器，具有4100 V/µs压摆率，0.1%建立时间：12 ns，V_N RTI：1.6 nV/√Hz，高输出电流：100 mA	高速，低噪声，大输出电流，适合PET PMT输出信号
ADA4817-2	低噪声，1 GHz的*FastFET*™运算放大器，具有870 V/µs压摆率，0.1%建立时间：9 ns，V_N RTI：4 nV/√Hz，高输出电流：40 mA	高速，低噪声，大输出电流，适合PET PMT输出信号
AD8099	低噪声，700 MHz (G = 2)，运算放大器，具有475 V/µs压摆率(G = 2)，0.1%建立时间：18 ns，V_N RTI：0.95 nV/√Hz	高速，低噪声，适合PET PMT输出信号

PET主要产品介绍(续)

产品型号	描述	优势
VGA		
AD8337	280 MHz超低噪声VGA，具有前置放大器，0 dB到20 dB的增益范围，提供20 dB/V增益调整；增益精度：±0.1 dB，V_N RTI：2.2 nV/√Hz	出色的直流特性，与高速相结合，适合PET系统
AD8331	120 MHz直流耦合VGA，具有前置放大器，48 dB增益范围，具有50 dB/V增益调整；增益精度：±0.2 dB，V_N RTI：0.74 nV/√Hz；双通道版本：AD8332和四通道版本：AD8334	高速，良好线性dB增益和超低噪声，使其非常适合PET应用
AD8264	235 MHz四通道直流耦合VGA，具有前置放大器和差分输出，20 dB增益范围，提供20 dB/V增益调整；增益精度：±0.2dB，V_N RTI：2.3 nV/√Hz	出色的直流特性，高速，低噪声，良好线性dB增益
增益设置DAC		
AD5381	40通道，12位，输出电压建立时间：3 µs (典型值)；并行/串行/I²C接口，可编程1.25 V/2.5 V，10 ppm/°C内部基准电压源	可编程增益，直流失调以及所有通道同步更新
AD5314	四通道，10位，输出电压建立时间：7 µs (典型值)；串行接口；与12位版本AD5324引脚兼容	较小的直流失调和增益误差，低功耗以及所有通道同步更新
AD5629R	八通道，12位，输出电压建立时间：2.5 µs (典型值)；I²C接口；可编程1.25 V/2.5 V，5 ppm/°C内部基准电压源	较小的直流失调和增益误差，低功耗以及所有通道同步更新
AD5672R	八通道，12位，输出电压建立时间：5 µs (典型值)；SPI接口；内部2.5 V、2 ppm/°C基准电压源；AD5671R为I²C版本	较小的直流失调和增益误差，低功耗以及所有通道同步更新
ADC驱动器		
ADA4937-2	1.9 GHz超低失真差分ADC驱动器；V_N RTI：2.2 nV/√Hz；HD2/HD3：–112 dBc/–102 dBc (10 MHz)，–84 dBc/–91 dBc (70 MHz)，–77 dBc/–84 dBc (100 MHz)	驱动最高性能的高速ADC，带CM调节功能
ADA4927-2	2.3 GHz超低失真电流反馈型差分放大器；V_N RTI：1.4 nV/√Hz；HD2/HD3：–105 dBc/–103 dBc (10 MHz)，–91 dBc/–98 dBc (70 MHz)，–87 dBc/–89 dBc (100 MHz)	宽带、低噪声、低失真及可调CM特性适合差分ADC驱动器
ADA4938-2	1.0 GHz超低失真差分ADC驱动器；V_N RTI：2.6 nV/√Hz；HD2/HD3：–106 dBc/–109 dBc (10 MHz)，–82 dBc/–82 dBc(50 MHz)	驱动最高性能的高速ADC，带CM调节功能
ADA4940-2	260 MHz超低失真差分ADC驱动器；V_N RTI：3.9 nV/√Hz；HD2/HD3：–102 dBc/–96 dBc (1 MHz)	驱动最高性能的高速ADC
ADC		
AD9637	八通道12位、40 MSPS/80 MSPS串行LVDS 1.8 V ADC；SNR = 72 dB @ 19.7 MHz (2 V p-p输入)，SFDR = 92 dBc(至奈奎斯特频率)，650 MHz全功率模拟带宽	高性能结合低成本、小尺寸和易用性
AD9228	四通道、12位、40 MSPS/65 MSPS串行LVDS 1.8 V ADC；SNR = 70.2 dB @ 19.7 MHz (2 V p-p输入)和40 MSPS采样速率；SFDR = 82 dBc (至奈奎斯特频率)；与10位版本AD9219引脚兼容	高性能结合低成本、小尺寸、引脚兼容分辨率系列和易用性
AD9212	八通道、10位、40 MSPS/65 MSPS串行LVDS 1.8 V ADC；SNR = 61.2 dB @ 19.7 MHz (2 V p-p输入)和40 MSPS采样速率；SFDR = 80 dBc (至奈奎斯特频率)；与12位版本AD9222引脚兼容	高性能结合低成本、小尺寸、引脚兼容分辨率系列和易用性
时间路径求和放大器		
AD8099	超低失真、高速、低噪声运算放大器，具有1350 V/µs压摆率；700 MHz至450 MHz (G = 2至G = 10)；V_N RTI：0.95 nV/√Hz，HD2/HD3：–84 dBc/–92 dBc (10 MHz，G = 10)，失调电压：100 µV (典型值)，低输入偏置电流：6 µA (典型值)	高速、低噪声、低失真，适合PET时序路径
ADA4899-1	单位增益稳定的超低失真、高速、低噪声运算放大器，具有310 V/µs的压摆率；带宽：600 MHz (G = 1)；V_N RTI：1 nV/√Hz，HD2/HD3：–80 dBc/–86 dBc @ 10 MHz，失调电压：35 µV (典型值)，低输入偏置电流：6 µA (典型值)	高速，低噪声，低失真，低输入偏置电流消除功能
ADA4857-1	低功耗、超低失真、高速、低噪声运算放大器，具有2,800 V/µs的压摆率；带宽：850 MHz (G = 1)；V_N RTI：4.4 nV/√Hz，HD2/HD3：–88 dBc/–93 dBc @ 10 MHz，低输入偏置电流：2 µA (典型值)	高速，低噪声，低失真和低功耗
比较器		
ADCMP58x	超快型SiGe电压比较器，具有180 ps传播延迟；输出上升/下降时间为37 ps (典型值)，确定性抖动(DJ)为10 ps，随机抖动(RJ)为200 fs	较小的传播延迟，快速上升时间，低抖动，适合PET系统
ADCMP57x	超快型SiGe电压比较器，具有150 ps传播延迟；输出上升/下降时间为35 ps (典型值)，确定性抖动(DJ)为10 ps，随机抖动(RJ)为200 fs	较小的传播延迟，快速上升时间，低抖动，适合PET系统

PET主要产品介绍(续)

产品型号	描述	优势
直流恢复放大器		
ADA4077-4	低失调和低漂移的高精度放大器；失调电压：15 μV和0.4 μV/°C (典型值)，V_N RTI：7 nV/√Hz	低直流失调电压和低漂移，适合直流复位电路
AD8608	精密、低噪声、轨到轨输入/输出CMOS运算放大器；失调电压：20 μV和1.5 μV/°C (典型值)，V_N RTI：8 nV/√Hz	低直流失调电压和低漂移，适合直流复位电路
OP4177	精密、低噪声、低输入偏置电流运算放大器；失调电压：25 μV和0.3 μV/°C (典型值)，V_N RTI：7.9 nV/√Hz	低直流失调电压和低漂移，适合直流复位电路
直流恢复开关		
ADG1608	8通道多路复用器；导通电阻：4.5 Ω (典型值)，1 Ω平坦度；最高470 mA的连续电流，在1 MHz时具有–64 dB典型关断隔离	低导通电阻，高连续电流，强大的电源序列支持能力
ADG1411	四通道单刀单掷开关；导通电阻：1.5 Ω (典型值)，0.3 Ω平坦度；最高250 mA的连续电流，在100 KHz时具有–80 dB典型关断隔离	低导通电阻，高连续电流，强大的电源序列支持能力
基准电压源		
ADR43x	超低噪声基准电压源，具有吸电流和源电流能力；A级：0.15%精度和10 ppm/°C	低漂移和高精度，有利于提高ADC和DAC SNR性能
ADR34xx	微功耗、高精度基准电压源；0.1%精度和8 ppm/°C	低漂移和高精度
时钟		
ADCLK8xx/ ADCLK9xx	多输出扇出缓冲器，针对低抖动、低功耗工作进行了优化；加性宽带抖动低于500 fs	非常适合低抖动PET时钟分配
AD951x/ AD952x	多路输出时钟分配功能，具有亚皮秒级抖动性能，并且集成片内PLL和VCO	非常适合低抖动PET时钟分频和分配
温度传感器		
ADT7420	数字I²C温度传感器，精度为±0.25°C，工作温度范围为–20°C至+105°C，16位分辨率(0.0078°C)，ADT7320为SPI接口版本	无需校准，过温/欠温中断
ADT7410	数字I²C温度传感器，精度为±0.5°C，工作温度范围为–20°C至+105°C，16位分辨率(0.0078°C)，ADT7310为SPI接口版本	无需校准，过温/欠温中断
电源管理		
ADP2384	4.5 V至20 V输入，4 A输出电流，同步降压DC-DC稳压器；与6 A版本引脚兼容：ADP2386	高效、精确限流，可使用更小的电感
ADP7102	3.3 V至20 V输入，300 mA输出电流，200 mV压差LDO，具有低噪声性能，15 μV 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
ADP7112	2.7 V至20 V输入，200 mA输出电流，200 mV低压差LDO，具备低噪声性能、11 μV rms (固定电压输出)、高PSRR 88 dB (10 kHz时)	改善噪声敏感负载和低压差的性能
ADP150	2.2 V至5.5 V输入，150 mA输出电流，105 mV压差LDO，具有低噪声性能，9 μV rms的独立电压输出，高PSRR 60 dB (100 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
ADP5052	4.5 V至15 V输入，单通道，双通道：可编程1.2 A /2.5 A /4 A同步降压调节器，集成低端FET驱动；3通道和4通道：1.2 A同步降压调节器；通道5：200 mA低压差LDO	5通道集成功率解决方案，可以降低设计难度，减小电路板尺寸
ADM7170	2.3 V至6.5 V输入，500 mA输出电流，105 mV压差LDO，具有低噪声性能，6 μV rms的独立电压输出，高PSRR 70 dB (10 kHz时)；与1 A 版本引脚兼容：ADM7171，2 A版本：ADM7172	改善噪声敏感负载和低压差的性能

设计资源

应用笔记和文章

- AN-737应用笔记，如何用ADIsimADC™完成ADC建模—*www.analog.com/cn/an-737*
- AN-756应用笔记，采样系统以及时钟相位噪声和抖动的影响—*www.analog.com/cn/an-756*
- AN-1224应用笔记，利用AD5381 DAC实现40通道可编程电压以及出色的温度漂移性能—*www.analog.com/an-1224*

设计工具与论坛

- ADC
  - 高速ADC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)—*www.analog.com/cn/fifo*
  - VisualANALOG™软件—*www.analog.com/cn/visualANALOG*
  - ADC SPI接口软件(SPI控制器)
  - ADIsimADC™建模工具—*www.analog.com/zh/ADIsimADC*
- 时钟和PLL
  - ADIsimCLK™建模工具—*www.analog.com/zh/ADIsimCLK*
  - AD951x/952x评估软件和评估板
- 放大器
  - DiffAmpCalc™：差分放大器计算器—*www.analog.com/cn/diffampcalc*
- 电源管理产品
  - ADIsimPower™：电源设计工具—*www.analog.com/cn/adisimpower*
  - 评估板

欲查看其他医学资源、工具和产品信息，请访问：
www.analog.com/zh/healthcare

欲申请样片，请访问：
www.analog.com/zh/content/samples_purchase/fca.html

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

ADI公司生化分析仪解决方案

生化分析仪及典型架构

生化分析仪利用许多电化学和光学技术来分析血液、尿液、脑脊髓液和其他生物样本。使用最广泛的技术是光学测量，实例包括比色、吸收、光谱测定和透视检查方法。这些技术可用来测量体液中的抗原、分子和蛋白质等化学物质。由于哪怕测量小剂量化学物质时都具有测量速度快、灵敏度高且精度高等特点，这些技术广泛用于各级医院、诊所、防疫站和计划生育服务站。

生化分析仪是一种非常复杂的系统，包括光学引擎(由光源、检波器及其他光学元件组成)、样本移动/流控、自动控制和处理、电源管理、环境监测和控制(温度、压力、湿度)。为了提高效率，生化分析仪已经高度自动化。该技术可自动完成样本加载、试管清洁、机械控制和数据处理。操作员只需放入待分析样本，选择程序并启动仪器即可。

实验室生化分析仪可按照处理容量分为大型(每小时处理600以上的样本)、中型(每小时300-600样本)和小型(每小时300以下样本)。其特性也可以由实验室测试仪或护理点测试仪(POCT，部署在病人旁边以加快测试周转时间)测定。

生化分析仪的设计考虑和主要挑战

- 系统集成很复杂，因为生化分析仪包含多种不同的技术，例如分光光度计、电化学模块(ISE、ph)、流控和样本处理、自动控制以及数据处理系统。
  - 测量速度非常重要。
  - 为降低成本和确保一致性，试剂容量控制很重要。
  - 光学系统控制和精度是系统的关键要素。
- 分光光度计
  - 光电二极管输入中的I/V转换器需要低偏置电流、高输入阻抗、低噪声、低失调运算放大器。
  - 快速、高精度、同步采样ADC。
  - 低噪声且稳定的电源。
  - 低噪声且稳定的光源。
- 温度控制对于试剂和化学反应极为重要。
  - 酶对温度波动很敏感。
  - 反应速率对温度非常敏感。
  - 一般温度范围是体温，精度最高为0.1°C。
  - 有时集成加热/冷却设备以便平稳地控制温度。
- 自动控制是提高执行效率所必需的。
  - 精确的步进和位置控制。
  - 用于在仪器内移动和转移样本的多轴电机运动控制。
  - 精确的液位测量。
  - 用于检测阻塞的压力检测。
  - 精确快速的样本加载和清洁。
- 数据处理和分类。
  - 用于多通道数据处理的高速处理器。
  - 用于加快复杂分析的DSP。
  - 尽可能快地提供检查报告。

ADI公司的整体解决方案

ADI公司提供各类放大器用于I/V转换、滤波器设计、信号调理和ADC驱动，并提供数据转换、信号处理和电源管理解决方案，使生化分析仪应用的产品质量和可靠性达到最佳程度。此外，ADI公司还提供评估板、仿真工具和应用专业技术，为客户的设计和开发工作提供支持。

主信号链

生化分析仪是包含多种不同技术的复杂设备。下面的信号链首先给出整体系统示意图，然后分别说明各子系统。

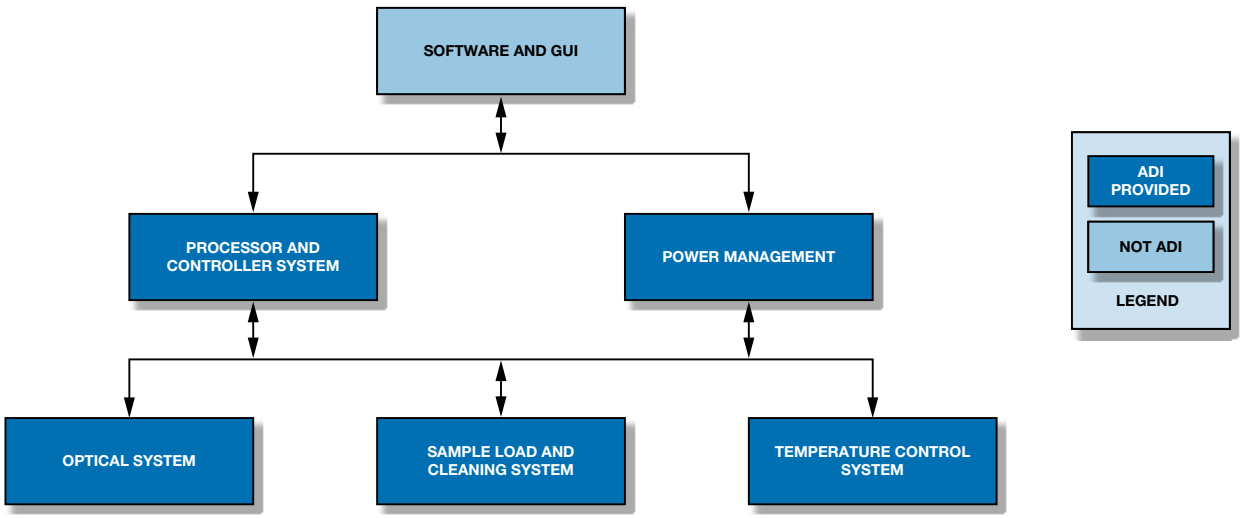


图1. 系统图

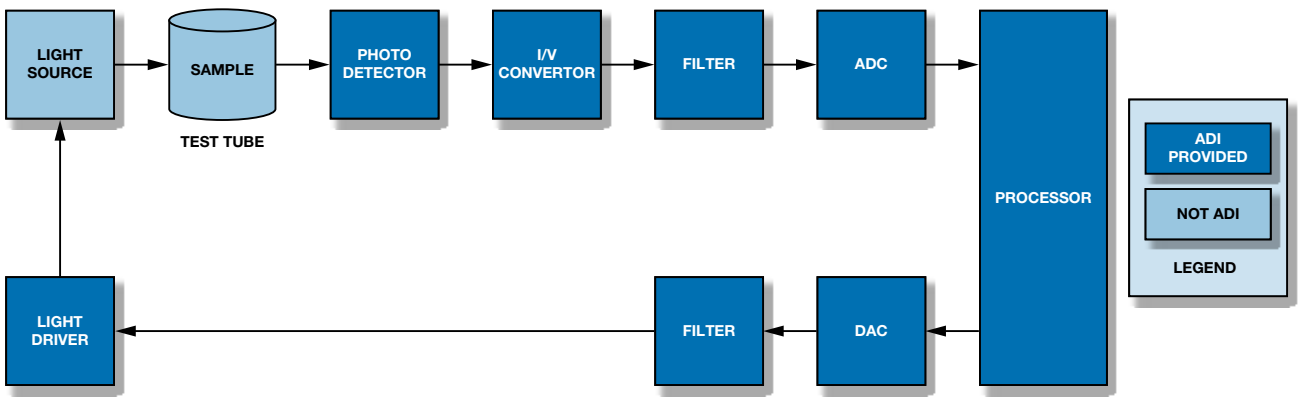


图2. 分光光度计子系统

Notes: The signal chains above are representative of biochemistry analyzer system. The technical requirements of the blocks vary, but the products listed in the table are representative of ADI's solutions that meet some of those requirements.

I/V 转换器	滤波器	Mux	DAC	模数转换器	处理器	光驱动器
AD549/AD8605/AD8606/AD8608/AD8661/AD8662/AD8664/ADA4627-1/ADA4637-1	AD8625/AD8626/ADA4051-1/ADA4051-2/ADA4528-1/ADA4528-2/ADA4638-1/ADA4627-1/ADA4092-4/ADA4610-2	ADG1408/ADG1434/ADG1208/ADG509F	AD5693R/AD5686R/AD5780/AD9122	ADAS1126/ADAS3023/AD7982/AD7960/AD7606/AD7190/AD7176-2/AD7264/AD7862	ADuCM350/ADuCM360/ADUC7021/ADUC7022/ADUC7023/ADSP-BF512F/ADSP-BF527C	ADP8866/ADP8140/ADP2386/ADP2503/AD5820

器件	描述	优势
I/V转换器		
AD549	AD549是一款单芯片静电计运算放大器，具有极低的输入偏置电流。输入失调电压和输入失调电压漂移经过激光校准，精度极高	超低输入偏置电流运算放大器 超低电流和电压噪声
AD8605	AD8605、AD8606和AD8608分别是单通道、双通道和四通道、轨到轨输入和输出、单电源放大器，具有极低失调电压、低输入电压和电流噪声以及宽信号带宽等特性。它们采用ADI公司的DigiTrim®专利调整技术，无需激光调整便可达到出色的精度	精密、低 噪声、CMOS、RRIO运算放大器
滤波器		
AD8625	AD8625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；当容性负载超过500 pF时，输出仍能保持稳定；每个放大器的电源电流小于630 μA	精密、低功耗、单电源、JFET放大器
ADA4627-1	ADA4627-1是宽带宽精密放大器，具有低噪声和非常低的失调、漂移、偏置电流特性，采用±5 V至±15 V双电源供电	36 V、19 MHz、低噪声、低偏置电流、JFET运算放大器
Mux		
ADG1408	ADG1408单片*i*CMOS®模拟多路复用器内置8个单通道；它根据3位二进制地址线A0、A1和A2所确定的地址，将8路输入之一切换至公共输出	4 Ω、4/8通道±15 V、12 V、±5 V CMOS多路复用器
ADG509F	ADG508F是一款CMOS模拟多路复用器，内置8个单通道；该器件可提供故障保护。	8通道/4通道模拟多路复用器，具有故障保护功能
DAC		
AD5693R	AD5693R是一款低功耗、单通道、16位缓冲电压输出DAC	小型、16位*nano*DAC+，配备±2(16位) LSB INL和2 ppm/°C基准电压源
AD5686R	AD5686R *nano*DAC+是一款四通道、16位、轨到轨、电压输出DAC；该器件内置2.5 V、2 ppm/°C内部基准电压源(默认使能)和增益选择引脚，满量程输出为2.5 V(增益=1)或5 V(增益=2)	四通道、16位*nano*DAC+，内置2 ppm/°C片内基准电压源和SPI接口
模数转换器		
AD7960	AD7960是一款18位、5 MSPS、电荷再分配逐次逼近型(SAR)模数转换器(ADC)；SAR架构提供无与伦比的噪声性能和线性度；AD7960集成了一个低功耗、高速18位采样ADC、一个内部转换时钟和一个内部基准电压源缓冲器	18位、5 MSPS、PulSAR®差分ADC
AD7606	AD7606是一款16位、8通道、同步采样模数数据采集系统(DAS)，集成模拟箝位保护、二阶抗混叠滤波器、采样保持放大器、16位电荷再分配逐次逼近型ADC、灵活的数字滤波器、2.5 V基准电压源和基准电压缓冲器，以及高速串行和并行接口	8通道DAS，内置16位、双极性、同步采样ADC
AD7176-2	AD7176-2是一款快速建立、高精度、高分辨率、多路复用、24位Σ-Δ型ADC，采用低带宽的输入信号，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 Σ-Δ型ADC，建立时间20 μs
处理器		
ADuCM350	ADuCM350是一款完整的、纽扣电池供电的、高精密片上计量仪，适合便携式设备应用，例如护理点诊断和用于监护生命体征的穿戴式设备；ADuCM350针对高精密恒电势器、电流、电压和阻抗测量功能而设计。	16位精密、低功耗片上计量仪，内置ARM® Cortex®-M3和连接能力
ADuCM360	ADuCM360是完全集成的3.9 kSPS、24位数据采集系统，在单芯片上集成双核高性能多通道Σ-Δ型模数转换器(ADC)、32位ARM Cortex-M3处理器和Flash/EE存储器	低功耗精密模拟微控制器，ARM Cortex-M3，集成双通道Σ-Δ型ADC
ADSP-BF512F	ADSP-BF512F是Blackfin®处理器系列的低成本入门级处理器。在性能、外设集成和价格三者之间达到最佳平衡，适用于便携式测试设备、嵌入式调制解调器、生物识别、消费音频等多数成本敏感型应用	一款性能与成本取得最佳平衡的数字信号处理器，搭载丰富的外设，如ADC、PWM、CAN、SPI等
光驱动器		
ADP8866	ADP8866结合了可编程背光LED电荷泵驱动器和自动闪烁功能；9个LED驱动器可以独立编程，电流最高可达25 mA；电流水平、渐变时间和闪烁速率可以一次编程并在一个环路上自主执行	电荷泵驱动9通道LED驱动器，带自动LED光照效果
ADP8140	ADP8140可提供最多4个LED驱动器的高电流控制能力；每个驱动器的最大吸电流能力为500 mA；采用一个外部电阻可针对全部4个驱动器对吸电流进行设置	具有自适应功率控制功能的4通道高电流LED驱动器

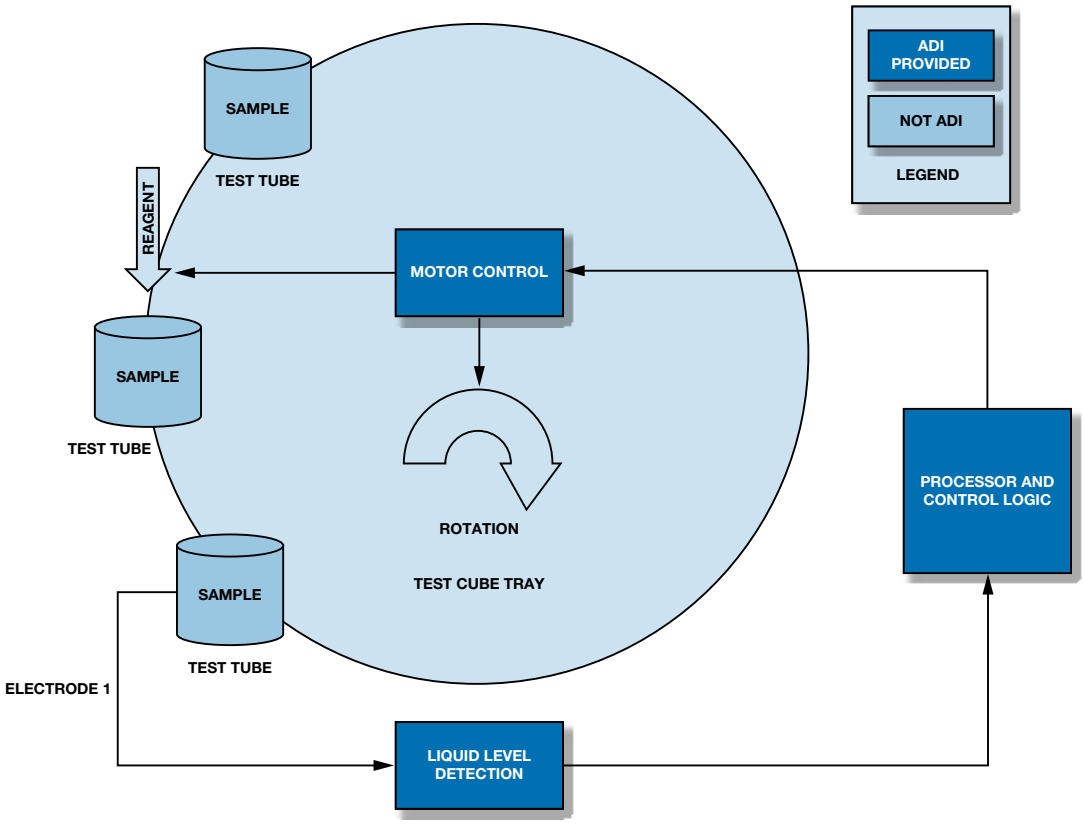


图3. 样本移动/流控子系统

液位检测	处理器	电机控制
AD7745/AD7747	ADUC7021/ADSP-BF512F/ADSP-BF527C	Refer to APM Motor Control

器件	描述	优势
液位检测		
AD7745	AD7745均为高分辨率、Σ-Δ型电容数字转换器(CDC)。要测量的电容可直接连接到器件输入端；该架构还具有高分辨率(24位无失码、最高21位有效分辨率)、高线性度(±0.01%)和高精度(±4 fF工厂校准)等固有特性	24位、单通道电容数字转换器

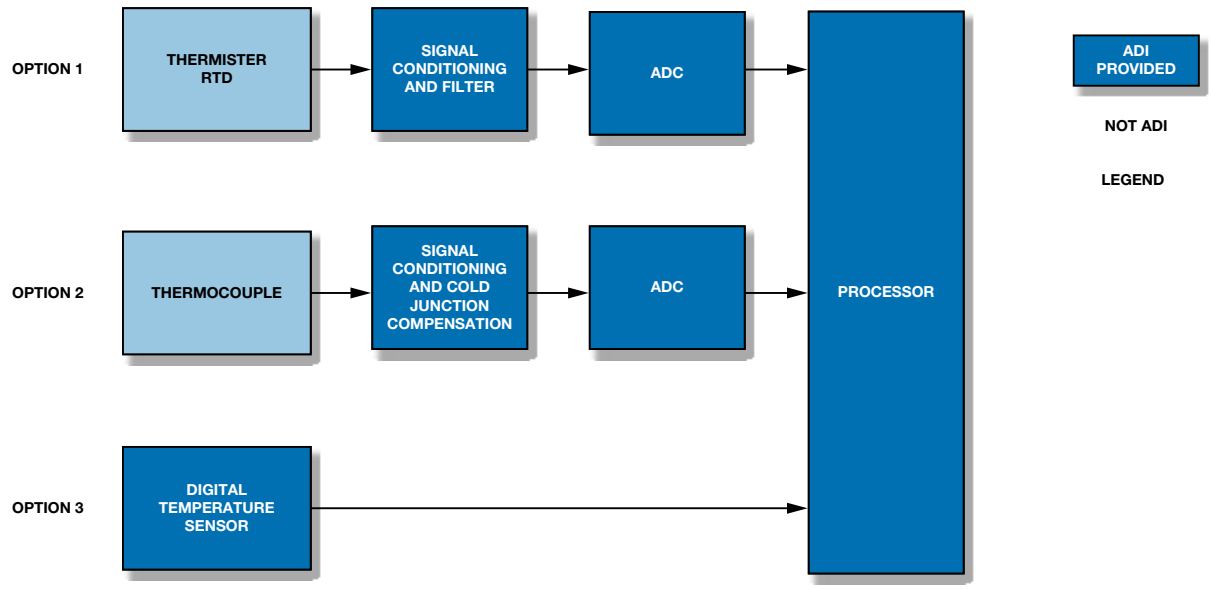


图4. 温度控制子系统

数字温度传感器	热电偶放大器	信号调理与滤波	ADC	处理器
ADT7320/ADT7420	AD590/AD8494	AD8625/AD8626/ AD8541/AD8542/AD8544/ AD8505/AD8506/AD8613/ AD8617/AD8619/ADA4505-1/ ADA4505-2/ADA4505-4	AD7091R/AD7656-1/ AD7682/AD7988-1/ AD7684/AD7176-2	ADUC7021/ADUC7022/ ADUC7023/ADUC7121/ ADUC7124/ADUC7126/ ADuCM350/ADuCM360

器件	描述	优势
数字温度传感器		
ADT7320	ADT7320是一款4 mm × 4 mm LFCSP封装高精度数字温度传感器，可在较宽的工业温度范围内提供突破性的性能；它内置一个带隙基准源、一个温度传感器和一个16位模数转换器(ADC)，用来监控温度并进行数字转换，分辨率为0.0078°C	±0.25°C精度、16位数字SPI温度传感器
信号调理和冷结补偿		
AD590	AD590是一款双引脚集成式温度传感器，在4 V至30 V电源电压范围内，用作高阻抗、恒流调节器，调节系数1 μA/K	出色的线性度，–55°C至+150°C宽温度范围，经激光调整后具有±0.5°C校准精度
AD8494	AD494是集成热电偶冷结补偿器的精密仪表放大器；其冰点基准与预校准放大器相结合，能直接从热电偶信号产生高电平(5 mV/°C)输出	完整的J型0°C至50°C范围热电偶放大器，集成冷结补偿功能
信号调理与滤波		
AD8625	AD8625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；当容性负载超过500 pF时，输出仍能保持稳定；每个放大器的电源电流小于630 μA	精密、低功耗、单电源、JFET放大器
AD8541	AD8541是一款单通道轨到轨输入和输出、单电源放大器，具有极低电源电流和1 MHz带宽，保证可以采用2.7 V以及5 V电源供电；该器件提供1 MHz带宽，每放大器功耗低至45 μA	低成本的通用型CMOS单路轨到轨放大器

器件	描述	优势
模数转换器		
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(3 V和1 MSPS时典型值为349 µA)	目前功耗最低的12位SAR ADC; 3 V以及1 MSPS下典型值为349 µA; 3 V关断模式下典型值为264 nA
AD7656-1	AD7656-1内置6个16位、快速、低功耗逐次逼近型ADC，并集成到一个封装中，采用*i*CMOS®工艺(工业级CMOS)设计；*i*CMOS是一种将高压硅与亚微米CMOS及互补双极性技术相结合的工艺；通过这种工艺，可开发在33 V高压下工作的高性能模拟IC，其体积性能比是以往的高压器件所无法实现的；与采用传统CMOS工艺的模拟IC不同，*i*CMOS元件不但可以输入双极性信号，同时还能提升性能，大幅降低功耗并减小封装尺寸	片上集成6个16位、250 kSPS ADC；6个真双极性、高阻抗模拟输入；高速并行和串行接口；相比AD7656具有更低的去耦要求和材料成本
AD7176-2	AD7176-2是一款快速建立、高精度、高分辨率、多路复用、24位Σ-Δ型ADC，采用低带宽的输入信号，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 Σ-Δ型ADC，建立时间20 µs

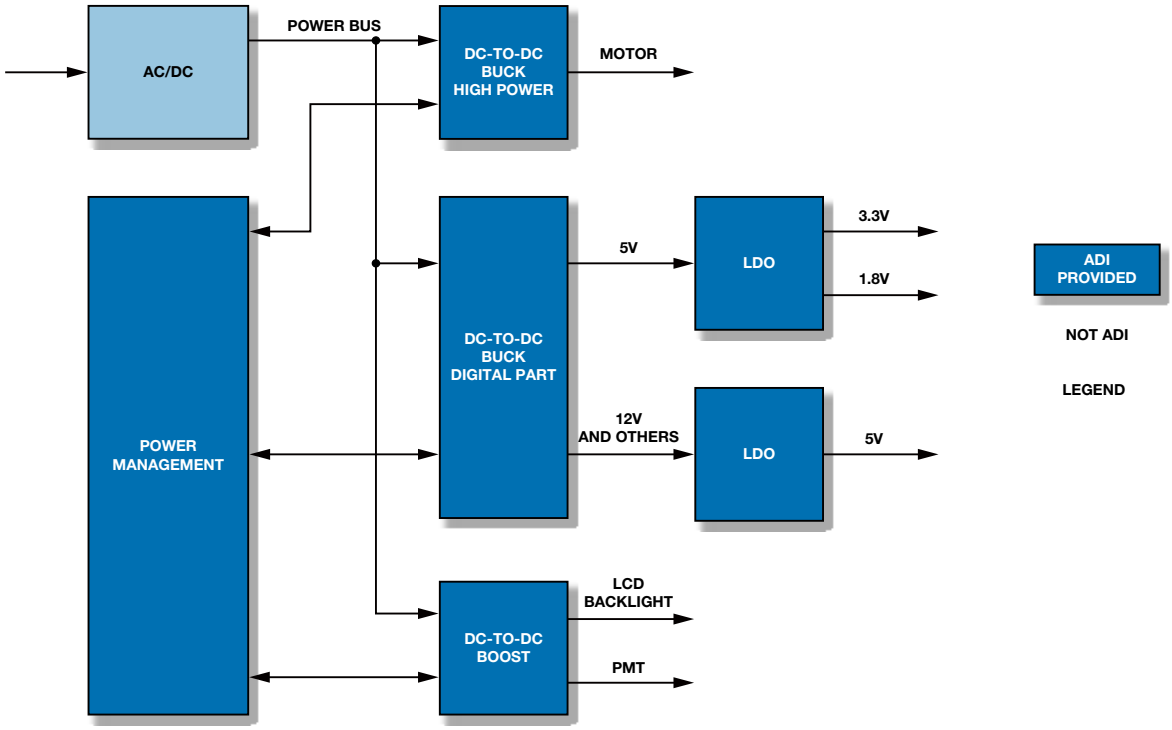


图5. 电源子系统

DC-to-DC 降压转	DC-to-DC 升压转换器	LDO	电源管理
ADP1821/ADP1822/ADP1823/ ADP1828/ADP1829/ADP2114	ADP2384/ADP1621/ADP2503	ADP7102/ADP150/ADP160	ADM6339/ADM13307

器件	描述	优势
DC/DC降压转换器		
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，将输出电压调节到低至0.6 V的水平；可以对ADP1821进行配置，提供从0.6 V至相当于输入电压85%的输出电压，并可处理用于负载点稳压器的大型MOSFET	降压dc至dc控制器; 精密、低功耗、单电源、JFET放大器
ADP2114	2.75 V至5.5 V输入、双通道2 A/单通道4 A、可配置同步降压dc至dc稳压器；与双通道3 A版本引脚兼容：ADP2116	经优化的同步栅极驱动压摆率，支持噪声敏感型ADC/DAC; 完整的J型0°C至50°C范围热电偶; 放大器，集成冷结补偿功能

器件	描述	优势
DC/DC升压转换器		
ADP2503	ADP2503是一款高效率、低静态电流、降压型dc至dc转换器，工作时的输入电压可高于、低于或等于稳压输出电压；该器件内置功率开关和同步整流器，所需的外部器件数量极少；ADP2384是一款600 mA、2.5 MHz降压/升压型dc至dc转换器，集成4.5 V至20 V输入、4 A输出电流、同步降压dc至dc调节器，且与6 A版本器件ADP2386引脚兼容	600 mA、2.5 MHz降压/升压dc至dc转换器
ADP2384	4.5 V至20 V输入，4 A输出电流，同步降压dc至dc稳压器；与6A版本引脚兼容：ADP2386	高效、精确限流，可使用更小的电感
LDO		
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 μV 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
ADP160	ADP160是一款超低静态电流、低压差线性稳压器，采用2.2 V至5.5 V电源供电，最大输出电流为150 mA；该器件在150 mA负载下压差仅为195 mV，不仅可提高效率，而且能使器件在很宽的输入电压范围内工作	超低静态电流、150 mA CMOS线性调节器
电源管理		
ADM6339	它含有多种不同的内部预调整欠压阈值选项，用于监控−5.0 V、+1.8 V、+2.5 V、+3.0 V、+3.3 V和+5.0 V电源电压，并提供±5%和±10%两种容差水平。该器件还提供一至三个可调电压阈值选项：+1.23 V、+0.62 V和−0.5 V。有关所有可用选项的列表和说明，请参考“订购指南”部分	四电压微处理器监控电路

设计资源

Circuits from the Lab®

- 集成低功耗输入驱动器和基准电压源的16位6 MSPS SAR ADC系统，针对多路复用应用优化(CN0307)—*www.analog.com/zh/CN0307*
- 使用电化学传感器的单电源、微功耗有毒气体探测器(CN0234)—*www.analog.com/zh/CN0234*
- 带可编程增益跨阻放大器和同步检波器的双通道色度计(CN0312)—*www.analog.com/zh/CN0312*
- 用12位阻抗转换器实现高精度阻抗测量(CN0217)—*www.analog.com/zh/CN0217*
- 16位、300 kSPS低功耗逐次逼近型ADC系统，集成用于最高4 kHz、低于奈奎斯特频率输入信号的最佳低功耗驱动放大器(CN0306)—*www.analog.com/zh/CN0306*
- 24位、250 kSPS单电源数据采集系统(CN0310)—*www.analog.com/zh/CN0310*
- 利用精密模拟微控制器ADuC7024和数字加速度计ADXL345检测低g加速度(CN0133)—*www.analog.com/zh/CN0133*

应用笔记/文章

- AN-737应用笔记：如何用ADIsimADC完成ADC建模(AN-737)—*www.analog.com/zh/AN-737*
- AN-1168应用笔记：采用ADP2384/ADP2386同步降压DC至DC稳压器设计反相电源(AN-1168)—*www.analog.com/zh/AN-1168*
- 高速ADC的电源设计(MS-2210)—*www.analog.com/zh/MS-2210*
- 高速转换器：内涵、原因和原理概述(MS-2629)—*www.analog.com/zh/MS-2629*
- 用于工业信号电平的精密24位、250 kSPS单电源Σ-Δ型ADC系统(CN0310)—*www.analog.com/zh/CN0310*
- CN0269：18位、1.33 MSPS、16通道数据采集系统(CN0269)—*www.analog.com/zh/CN0269*

设计工具/论坛

- 模数转换器
  - VisualANALOG™软件—*www.analog.com/zh/VisualANALOG*
  - ADC SPI接口软件(SPI控制器)
  - ADIsimADC modeling tool—*www.analog.com/zh/ADIsimADC*

- DSP
  - VISUALDSP++下载和更新—*www.analog.com/zh/processors-DSP/SHARC/adsp-21371/products/VisualDSP_tools_upgrades/fca.html*
- 时钟和PLL
  - ADIsimCLK建模工具—*www.analog.com/zh/ADIsimCLK*
  - AD951x/952x评估软件和评估板
- 放大器
  - DiffAmpCalc™：差分放大器计算器—*www.analog.com/zh/diffampcalc*
- 便携式媒体播放器
  - ADIsimPower™：电源设计工具—*www.analog.com/zh/ADIsimPower*
  - 评估板

欲查看其他医学资源、工具和产品信息，请访问：
healthcare.analog.com/en/imaging/mri/segment/health.html

如需申请样片，请访问：
www.analog.com/zh/content/samples_purchase/fca.html

ANALOG DEVICES
超 越 一 切 可 能 ™

ADI自动体外除颤仪(AED)解决方案

AED系统理论与典型架构

自动体外除颤仪(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。自动是指器件可以自主分析患者状况，并且为了帮助分析的顺利开展，多数产品都具有语音提示，有些还可能有显示屏，用于指示用户操作方法。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。

除颤仪可以是体外式、经静脉式或植入式，具体取决于应用类型。体外除颤仪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仪的设备将治疗剂量的电能注入患者心脏。这会使心肌的电信号传导部分去极化，终止节律障碍，并借助人体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ECG和两个除颤仪电极的阻抗自动确定，然后，安全处理器控制电路，以选定的能量为高电压电容充电。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，以确保操作人员和患者的安全。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。除颤仪电极中的ECG是简单的单导联ECG，用于R波识别等基本ECG测量，而可选的多导联ECG则是诊断监护功能，可以发现复杂问题。

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。
- 能量传输的双重确认机制。
- 语音提示非常有用。
- 如果目标阻抗超出人体的正常范围，则禁用除颤功能。

隔离在设备的内外部都是非常重要的。

- 设备必须确保在内部高电压与器件表面/端口之间有着充足的隔离措施。
- 设备必须在内部高电压器件与低电压器件之间提供隔离机制。正如大家所知，除颤工作于高电压模式，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。

- 能快速启动并工作。
- 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，医院内外，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。

交互模式使得AED操作起来非常简单。

- 语音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。

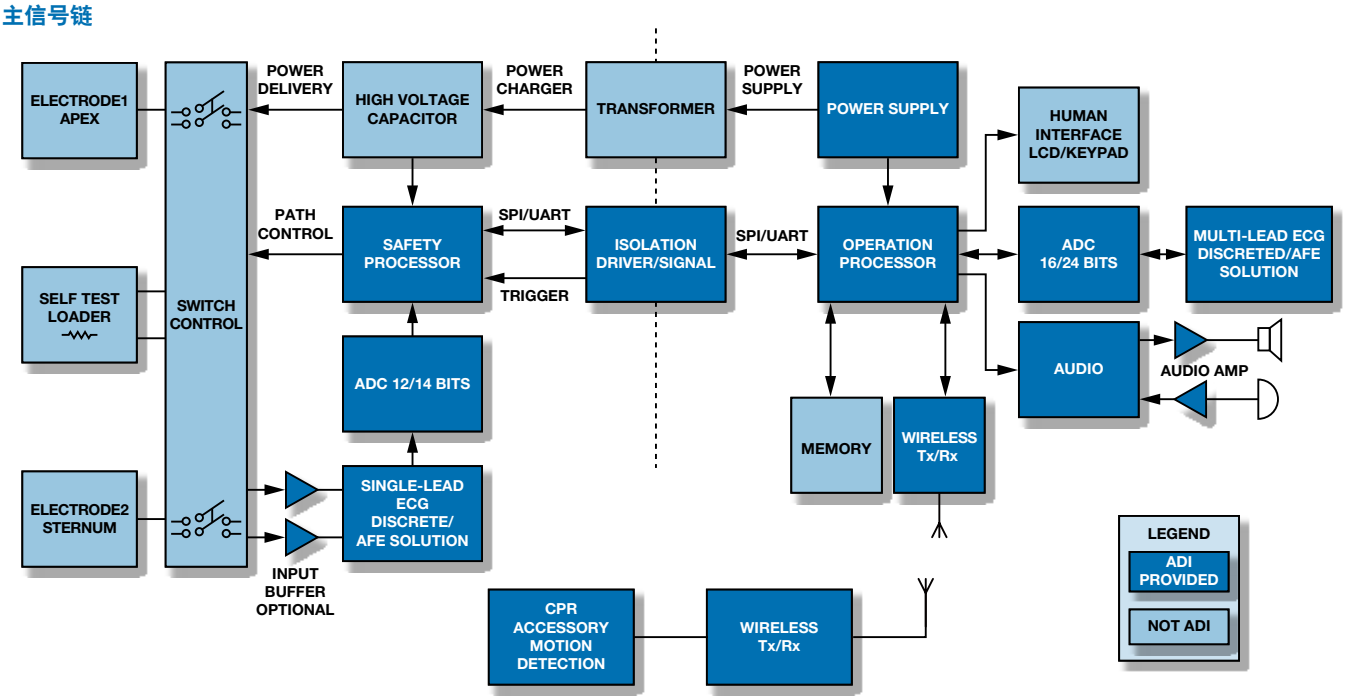
现代AED需要具备多种接口能力。

- ISM、WIFI等无线连接能力可以用于医院中的器件，而GPRS/3G则对医院外的器件非常有用。
- 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程度。此外，ADI还提供评估板、仿真工具和应用专业技术，为客户的设计和开发工作提供支持。

主信号链



注：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。

安全处理器	输入缓冲器	单导联ECG INA AMP	ECG AFE	隔离驱动器/信号
ADUC7021/ADUC7022/ ADUC7023/ADUC7124/ ADUC7126/ADSP-BF506F/ ADSP-BF512F	AD8625/AD8626/ AD8542/AD8544/ AD8505/AD8506/ AD8613/AD8617/ AD8619/ADA4505-1/ ADA4505-2/ADA4505-4	AD8220/AD8221/ AD8226/AD8236/ AD8237	AD8232/ 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	ADAU1461/ADAU1381

主要产品

器件	说明	优势
安全处理器		
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ADC、16位/32位MCU和闪存/EE存储器。4路DAC输出只是在特定型号上提供(ADuC7020和ADuC7026)。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
ADSP-BF512F	ADSP-BF512F是Blackfin®处理器系列的低成本入门级处理器。在性能、外设集成和价格三者之间达到最佳平衡，适用于便携式测试设备、嵌入式调制解调器、生物识别、消费音频等多数成本敏感型应用。高性能16/32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应用	一款性能与成本取得最佳平衡的数字信号处理器，搭载丰富的外设，如ADC、PWM、CAN、SPI等
输入缓冲器		
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。当容性负载超过500 pF时，输出仍能保持稳定；每个放大器的电源电流小于630 µA。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分别是单路、双路和四路微功耗放大器，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±0.9 V至±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 µA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 µA(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、微功耗、轨到轨输入和输出放大器，具有低失调电压以及低输入电压和电流噪声特性。该器件采用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	微功耗、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、双通道和四通道微功耗放大器，具有轨到轨输入和输出摆幅特性，采用1.8 V至5 V单电源供电或±0.9 V至±2.5 V双电源供电	10 µA、RRIO、零输入交越失真单通道运算放大器
In Amps		
AD8220	AD8220是一款单电源、JFET输入仪表放大器，采用MSOP封装。它针对高性能、便携式仪器的需要而设计，直流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。它被设计为可工作于各种信号电压的情况下。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。该器件采用±1.35 V至±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 µA，因此该器件是电池供电应用的绝佳选择	40 µA微功耗仪表放大器
AD8237	AD8237是一款微功耗、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的电阻设置1至1000间的任何增益。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	微功耗、零漂移、真正的轨到轨仪表放大器
ECG AFEs		
AD8232	AD8232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模数转换器(ADC)或嵌入式微控制器能够轻松地采集输出信号	单导联心率监护模拟前端
ADAS1000	ADAS1000能够测量心电图(ECG)信号、胸阻抗、起搏伪像、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电极心电图(ECG)模拟前端，提供呼吸测量和脉搏检测

主要产品(续)

器件	说明	优势
隔离驱动器/信号/功率		
ADuM4400	ADuM240x是采用ADI公司*i*Coupler®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融为一体，具有优于光耦合器等替代器件的出色性能特征	四通道数字隔离器
ADuM4070	ADuM4070是一款稳压dc-to-dc隔离电源控制器，集成内部MOSFET驱动器。该dc-to-dc控制器原边内置一个隔离式PWM反馈，采用*i*Coupler®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调节器
ADuM6000	ADuM6000是一款基于ADI公司*i*Coupler®技术的隔离式dc-to-dc转换器。该dc-to-dc转换器可提供多种输入/输出电压组合的稳压隔离功率，如数据手册的表1所列。ADI公司芯片级变压器*i*Coupler技术使这款dc-to-dc转换器的隔离功率传输效率最高可达31%	隔离式5 KV dc-to-dc转换器
ADuM4160	ADuM4160是一款采用ADI公司*i*Coupler®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	ADM2491E是一款隔离数据收发器，提供±8 kV ESD保护，适用于多点传输线路的高速、半双工或全双工通信。在半双工模式下，发射器输出与接收器输入共用同一传输线路。发射器输出引脚Y和Z分别在外部与接收器输入引脚A和B相连。ADM2491E针对平衡传输线路而设计，符合ANSI TIA/EIA RS-485-A-1998和ISO 8482：1987(E)标准。该器件采用ADI公司的*i*Coupler®技术，将三通道隔离器、三态差分线路驱动器和差分输入接收器集成于单封装中	5 kV信号隔离、高速(16 MBPS)、ESD保护、全/半双工RS-485收发器
ADCs		
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(3 V和1 MSPS时典型值为349 μA)。它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LFCSP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或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Σ-Δ型ADC，采用低带宽的输入信号，具于介于5 SPS和250 KSPS之间的完全灵活的ODR(输出数据速率)。	24位、250 KSPS Σ-Δ型ADC，建立时间20 μs
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16/32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

主要产品(续)

器件	说明	优势
电源		
ADP1621	ADP1621是一款固定频率、脉冲宽度调制(PWM)、电流模式设置转换器控制器。它用于驱动一个外置n沟道MOSFET，将输入电压转换为较高的输出电压。ADP1621也可以用于驱动反激式、SEPIC和正向隔离式或非隔离式转换器拓扑结构。ADP1621无需使用电流检测功率电阻更多	恒频，电流模式升压dc-to-dc控制器
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，将输出电压调节到低至0.6 V的水平。可以对ADP1821进行配置，提供从0.6 V至相当于输入电压85%的输出电压，并可处理用于负载点稳压器的大型MOSFET	降压dc-to-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 μV 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	2.2 V至5.5 V输入，150 mA输出电流，105 mV低压差LDO，具备低噪声性能、9 μV 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±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^2C数字接口访问	3轴、±2 *g*/±4 *g*/±8 *g*/±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 μA，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	微功耗、3轴、±2 *g*/±4 *g*/±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、高集成度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		
ADAU1461	ADAU1461是一款低功耗、集成数字音频处理功能的立体声音频编解码器，支持立体声48 kHz录音和回放，采用3.3 V模拟电源供电，功耗为35 mW。立体声音频ADC和DAC支持8 kHz至96 kHz范围内的采样速率，并支持数字音量控制	集成PLL的SigmaDSP®立体声、汽车应用低功耗、96 kHz、24位音频编解码器
ADAU1381	ADAU1381是一款低功耗、24位立体声音频编解码器。立体声音频DAC支持8 kHz至96 kHz的采样速率、数字音量控制和可编程数字滤波器。立体声音频ADC支持8 kHz至96 kHz的采样速率和可编程数字音量控制。该器件非常适合电池供电的音频应用	低噪声立体声编解码器，增强录音和回放处理

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(CN0308)—*www.analog.com/zh/CN0308*
- 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(CN0280)—*www.analog.com/zh/CN0280*
- 通用串行总线(USB)外设隔离器电路(CN0160)—*www.analog.com/zh/CN0160*
- 16位、100 kSPS低功耗逐次逼近型ADC系统，集成用于最高1 kHz、低于奈奎斯特频率输入信号的最佳低功耗驱动放大器(CN0306)—*www.analog.com/zh/CN0306*
- 用于工业信号电平的精密24位、250 kSPS单电源Σ-Δ型ADC系统(CN0310)—*www.analog.com/zh/CN0310*
- 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(CN0133)—*www.analog.com/zh/CN0133*

应用笔记/文章

- 如何用ADIsimADC™完成ADC建模(AN-737)—*www.analog.com/zh/AN737*
- 利用ADP2384/ADP2386同步降压DC-DC稳压器设计反相电源(AN-1168)—*www.analog.com/zh/AN1168*
- 多生理参数患者监护(MS-2126)—*www.analog.com/zh/MS2126*
- ECG设计挑战的应对策略(MS-2160)—*www.analog.com/zh/MS2160*
- 高速ADC电源设计(MS-2210)—*www.analog.com/zh/MS2210*

设计工具/论坛

- ADC
  - VisualANALOG™ 软件—*www.analog.com/zh/VisualANALOG*
  - ADC SPI接口软件(SPI控制器)—*www.analog.com/zh/SPIController*
  - ADIsimADC建模工具—*www.analog.com/zh/ADIsimADC*
- DSP
  - VISUALDSP®++ 下载和更新—*www.analog.com/zh/VisualDSPupdates*
  - 软件开发套件(SDK)—*www.analog.com/zh/SDK*
- 时钟和PLL
  - ADIsimCLK建模工具—*www.analog.com/zh/ADIsimCLK*
  - AD951x/952x评估软件和评估板
- 放大器
  - DiffAmpCalc™：差分放大器计算器—*www.analog.com/zh/diffampcalc*

欲查看其他医学资源、工具和产品信息，请访问：
www.analog.com/zh/healthcare

如需申请样片，请访问：
www.analog.com/zh/sample

ANALOG DEVICES
超 越 一 切 可 能 ™

ADI的核磁共振成像(MRI)解决方案

MRI系统原理和典型架构

核磁共振成像是一种无创成像技术，用于生成人体解剖和功能性图像，且无电离辐射。MRI生成的图像具有出色的软组织对比度，对于神经病学、肌肉骨骼、心血管和肿瘤学成像尤其有用。从水分子或脂肪分子中的氢原子核中检测信号，信号的采集以核磁共振现象为基础，核磁共振指核自旋与磁场之间的交互作用。信号定位通过应用磁场的线性梯度来实现。

磁体、梯度系统和射频(RF)系统通过与计算机系统连接，在不同的电子元件之间实现通信，进行复杂的交互，生成MR图像。梯度线圈用于对MR信号进行三维定位(x、y和z)。这些线圈通过一个由梯度控制模块控制的高功率放大器进行操作。射频系统主要起两个作用。其一是将射频能量发射到需要成像的组织上，另一作用是接收组织受能量影响后产生的射频信号。射频发射器含有四个主要元件：频率合成器(DAC或DDS)、可选的射频数字包络(混频器)、高功率放大器和射频线圈。射频接收器含有射频线圈、前置放大器(LNA)、可选的解调器(混频器)、带通滤波器、进一步放大(VGA)和模数转换器(ADC)。

MRI系统设计考虑和主要挑战

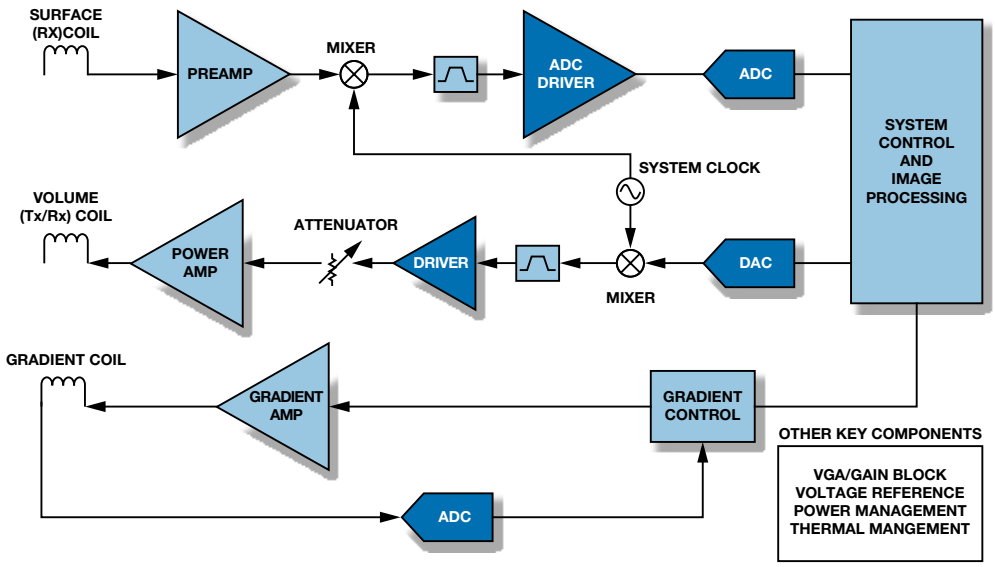
- 在MRI系统设计中，低噪声性能始终是首要考虑因素。射频发射路径(Tx)、射频接收路径(Rx)和梯度控制路径都需要超低的本底噪声，因此，在MRI系统的所有信号链中，必须选择低噪声放大器、较高分辨率的DAC和ADC以及低相位噪声时钟源。从系统角度来看，动态范围应大于90dB，失真应优于–40dBc，接收器的总噪声系数应低于1 dB或者接近0.5 dB。为了获得这样的系统性能，LNA的典型噪声系数应低于0.5 dB，Rx需要使用16位ADC，Tx需要使用16位Tx-DAC。
- 快速响应时间(数毫秒)和超精准控制对梯度控制至关重要。由于梯度放大器电流可能高达1000 A，而且必须达到1 mA的控制精度(其数量级为1 ppm)，因此，模拟梯度控制需要精密型DAC，而数字梯度控制则需要精度超高的ADC(21 ENOB左右)。
- 磁体质量方面的首要考虑因素是一致性或均匀性。典型的MRI系统在成像区域的变化必须小于10 ppm。为了防止不一致导致图像失真，许多MRI系统采用匀场线圈进行校正。

在传统的MRI系统中，接收(Rx)电子元件位于房间外面，低电平模拟信号从线圈组通过很长的同轴电缆发送至接收电子元件，易受到干扰。近来，高速和高分辨率ADC的发展(小尺寸、低功耗、非磁性封装)，使系统设计师们可以通过光纤链路将接收电子元件的更多通道移到房间内部，结果减少了系统受到的干扰，提高了系统扫描速度，而且提升了系统成像质量。

ADI公司的整体解决方案

ADI提供大量的放大器、数据转换、信号处理和电源管理解决方案供用户选择，使MRI设备达到最佳图像质量，并降低功耗和成本。此外，ADI还提供评估板、仿真工具和应用专业技术，为客户的设计和开发工作提供支持。

主信号链



注：上述信号链代表MRI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。

混频器	VGA	增益模块	ADC驱动器	ADC(Rx)	ADC(梯度)	放大器
ADL5801/ADL5350/ AD8342/AD8343	AD8367/AD8366/ ADL5201/ADL5202	ADL5535/ADL5536	ADL5562/ADA4937-1/ ADA4938-1/AD8352	AD9653/AD9650/ AD9446/AD6655/ AD6649/AD9461	AD7760	AD8675/AD8676

DAC(Tx)	DAC(梯度)	时钟	PLL	温度传感器	开关	基准电压源	电源
AD9142/AD9122/ AD9957/AD9788	AD5791/AD5781	AD952x/AD951x/ ADCLK8xx/ ADCLK9xx	ADF4002/ADF4351/ ADF4350/ADF4360-8	ADT7310/ADT7410/ ADT7320/ADT7420	ADG9xx	ADR44x/ADR43x/ ADR42x	ADP2116/ADP2114/ ADP2386/ADP2384/ ADP7102/ADP7104/ ADP150/ADP151

主要MRI产品简介

器件	说明	优势
混频器		
ADL5801	高IP3有源混频器，+27 dBm输入IP3，+12.5 dBm输入P1 dB，+1.5 dB功率增益和9.75 dB SSB噪声系数	宽带RF、LO和中频端口、单通道上/下变频器
AD8342	LF至3 GHz有源混频器，+22.7 dBm输入IP3，+8.3 dBm输入P1 dB，3.7 dB转换增益和12.2 dB噪声系数，0 dBm LO驱动。	宽带宽及低交调失真和噪声系数
VGA		
ADL5201	31.5 dB范围可编程中频VGA。–11.5 dB至20 dB增益范围，0.5 dB步长，7.5 dB噪声系数(最大增益)，OIP3 > 50 dBm(200 MHz时)，–3 dB带宽700 MHz，双通道版本：ADL5202	宽输入动态范围，高性能功率模式，带关断控制
AD8367	500 MHz、线性dB VGA，内置AGC检波器。模拟可变增益：– 2.5 dB至+42.5 dB，缩放比例为20 mV/dB	增益上/下模式，内置片内、平方律检波器
AD8366	直流至600 MHz，双通道数字VGA。增益范围：4.5 dB至20.25 dB，步长为0.25 dB。11.4 dB@ 10 MHz (最大增益)，18 dB (最小增益)，HD2/HD3 >90 dBc(针对2 V p-p输出，10 MHz，最大增益)，OIP3：45 dBm@10 MHz	低噪声和低失真。出色的无杂散动态范围，适用于驱动高分辨率ADC

主要MRI产品简介(续)

器件	说明	优势
增益模块		
ADL5535	20 MHz至1.0 GHz中频增益模块，固定增益为16 dB。 OIP3：45.5 dBm @ 190 MHz 45.5 dBm @ 380 MHz，噪声系数：3.2 dB @ 190 MHz， 3.3 dB @ 380 MHz，P1 dB为18.9 dBm @ 190 MHz。与20 dB增益版本引脚兼容：ADL5536	宽带、输入/输出，内部匹配至50 Ω，集成偏置控制电路
ADC驱动器		
ADL5562	3.3 GHz超低失真射频/中频差分放大器。Vn RTI：2.1 nV/√Hz @ 12 dB增益。HD2/HD3： −91 dBc/−98 dBc @ 10 MHz，−102 dBc/−90 dBc @ 70 MHz，−104 dBc/−87 dBc @ 140 MHz， −80 dBc/−94 dBc @ 250 MHz，IMD3s为−94dBc @ 250 MHz (中央)	宽带、低噪声、低失真特性适合差分ADC驱动器
ADA4937-1	1.9 GHz超低失真差分ADC驱动器。Vn RTI：2.2 nV/√Hz。HD2/HD3：−112 dBc/−102 dBc @ 10 MHz，−84 dBc/−91 dBc @ 70 MHz，−77 dBc/−84 dBc @ 100 MHz	驱动最高性能的高速ADC，带CM调节功能
ADC		
AD9653	四通道、16位、125 MSPS、串行LVDS 1.8 V ADC。SNR = 77.5 dBFS @ 70 MHz (2.6 V p-p 输入范围)，SFDR = 90 dBc (奈奎斯特)，650 MHz全功率模拟带宽	低功耗、小尺寸、无磁封装，适合MRI应用
AD9650	双通道16位、25 MSPS/65 MSPS/80 MSPS/105 MSPS、1.8 V ADC。SNR = 80 dBFS (70 MHz输入，105 MSPS数据速率)。SFDR = 92 dBc(70 MHz输入，105 MSPS数据速率)	片内扰动选项，可以改善SFDR，差分输入则可维持出色的SNR
AD9446	16位、80 MSPS/100 MSPS ADC。SNR = 83.6 dBFS @ 30 MHz输入(3.8 Vp-p输入，80 MSPS) SNR = 82.6 dBFS @ 30 MHz输入(3.2 p-p输入，80 MSPS) SFDR = 89 dBc @ 30 MHz输入 (3.2 V p-p输入，80 MSPS)	出色的SNR、片内基准电压源和高输入阻抗T/H，可调模拟输入范围，适合MRI应用
AD9258	双通道、14位80 MSPS/105 MSPS/125 MSPS、1.8V ADC。SNR = 77.6 dBFS (70 MHz输入， 125 MSPS数据速率)。SFDR = 88 dBc (70 MHz输入，105 MSPS数据速率)	高性能，加上低成本、小尺寸，优势明显，可用于低端MRI系统
AD7760	24位2.5 MSPS Σ-Δ型ADC。信噪比(SNR)：120 dB (78 kHz输出数据速率)，100 dB (2.5 MHz输出数据速率)。	片内缓冲器/放大器简化了设计，可用于MRI梯度控制
放大器		
AD8676	精密运算放大器。低电压噪声：2.8 nV/√Hz，低失调：12 µV (典型值)，低输入偏置电流：2 nA (最大值)，电压失调漂移：0.6 µV/°C (最大值)。	适用于直流精密和基准缓冲器的输出缓冲器
DAC		
AD9142	双通道、16位、1.6 GSPS DAC。灵活的LVDS接口，集成2×/4×/8×插值器。极小的固有延迟差异：<2个DAC时钟周期	先进的低杂散和低失真特性带来高质量、低功耗
AD9122	双通道、16位、1.2 GSPS DAC。灵活的LVDS接口，集成2×/4×/8×插值器。可调模拟输出范围为8.7 mA至31.7 mA	增益、直流失调与相位调整支持边带抑制
AD9957	内置18位I/Q数据路径和14位DAC的1 GSPS四通道数字上变频器。250 MSPS输入数据速率，相位噪声≤−125 dBc/Hz (400 MHz载波，1 kHz失调)	出色的动态范围，高度集成降低了复杂程度
AD5791	1 ppm 20位、±1 LSB INL、电压输出DAC。7.5 nV/√Hz低噪声频谱密度，0.05 ppm/°C超低温度漂移。1 µs建立时间。	简化设计、降低成本、减少MRI梯度控制的风险
开关		
ADG901	4.5 GHz带宽，40 dB隔离 (1 GHz)，1.65 V至2.75 V CMOSSPST开关。 低插入损耗：0.8 dB @1 GHz	宽带，全系列标配SPST，SPDT，4:1和2个SPDT
基准电压源		
ADR43x	超低噪声基准电压源，具有吸电流和源电流能力；A级0.15%精度和10 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、低功耗工作进行了优化。附加宽带抖动小于500 fs。	非常适合低抖动MRI时钟分配
AD951x/ AD952x	多路输出时钟分配功能，具有亚皮秒级抖动性能，并且集成片内PLL和VCO。	非常适合低抖动MRI时钟分频和分配
PLL		
ADF4002	相位检波器/频率合成器，带宽为5 MHz至400 MHz，104 MHz相位检波器。归一化相位噪声：−222 dBc/Hz	可编程电荷泵电流极佳的相位噪声性能
ADF4351	集成VCO的宽带频率合成器。输出频率范围：35 MHz至4.4 GHz； 典型抖动：0.3 ps rms；2.1 GHz下典型EVM：0.4%	低相位噪声VCO，可编程双模预分频器
温度传感器		
ADT7420	集成数字 I²C 温度传感器(±0.25°C精度范围：−20°C至105°C)， 具备16位分辨率(0.0078°C)，ADT7320为SPI接口版本	无需校准，过温/欠温中断
ADT7410	集成数字 I²C 温度传感器(±0.5°C精度范围：−20°C至105°C)， 具备16位分辨率(0.0078°C)，ADT7310为SPI接口版本	无需校准，过温/欠温中断

主要MRI产品简介(续)

器件	说明	优势
电源管理		
ADP2114	2.75 V至5.5 V输入、双通道2 A/单通道4 A、可配置同步降压dc-to-dc稳压器。 与双通道3 A版本引脚兼容：ADP2116	经优化的同步栅极驱动压摆率，支持噪声敏感型ADC/DAC
ADP2384	4.5 V至20 V输入，4 A输出电流，同步降压dc-to-dc稳压器。 与6A版本引脚兼容：ADP2386	高效、精确限流，可使用更小的电感
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 μV 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	2.2 V至5.5 V输入，150 mA输出电流，105 mV低压差LDO，具备低噪声性能、9 μV rms独立电压输出、高PSRR 70 dB (10 kHz时)。与200mA版本引脚兼容：ADP151	改善噪声敏感负载和低压差的性能
ADP5052	4.5 V至15 V输入；channel-1、channel-2：可编程1.2 A/2.5 A/4 A同步降压调节器，带低端FET分频器；channel-3、channel-4：1.2 A同步降压调节器；channel-5：200 mA低压差LDO	5通道集成功率解决方案，可以降低设计难度，减小电路板尺寸

设计资源

参考电路

- 使用ADF4002 PLL产生高速模数转换器所需的极低抖动编码采样时钟(CN0003)—*www.analog.com/zh/CN0003*
- 使用AD8352作为高速ADC的超低失真差分RF/IF前端(CN0046)—*www.analog.com/zh/CN0046*
- 双中频增益模块ADL5534与高速ADC AD9640实现接口(CN0049)—*www.analog.com/zh/CN0049*
- 利用低噪声LDO调节器为小数N分频电压控制振荡器(VCO)供电，以降低相位噪声(CN0147)—*www.analog.com/zh/CN0147*
- I/Q调制器ADL5375与双通道、1.2 GSPS高速DAC AD9122实现接口(CN0205)—*www.analog.com/zh/CN0205*

应用笔记/文章

- 如何用ADIsimADC完成ADC建模(AN-737)—*www.analog.com/zh/AN-737*
- 采样系统以及时钟相位噪声和抖动的影响(AN-756)—*www.analog.com/zh/AN-756*

设计工具/论坛

- ADC
  - 高速ADC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)—*www.analog.com/fifo*
  - VisualANALOG™软件—*www.analog.com/VisualANALOG*
  - ADC SPI接口软件(SPI控制器)
  - ADIsimADC建模工具—*www.analog.com/zh/ADIsimADC*
- 时钟和PLL
  - ADIsimCLK建模工具—*www.analog.com/zh/ADIsimCLK*
  - AD951x/952x评估软件和评估板
- 放大器
  - DiffAmpCalc™：差分放大器计算器—*www.analog.com/zh/diffampcalc*
- 电源管理产品
  - ADIsimPower™：电源设计工具—*www.analog.com/zh/ADIsimPower*
  - 评估板

欲查看其他核磁共振成像资源、工具和产品信息，请访问：
www.analog.com/zh/healthcare

如需申请样片，请访问：
www.analog.com/zh/sample

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，以及提供高度精确的血流速度信息。

超声系统包括传感器、高压开关、高压发射电路、发射(Tx)/接收(Rx)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、显示处理电路和外设。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，分别用于不同应用。

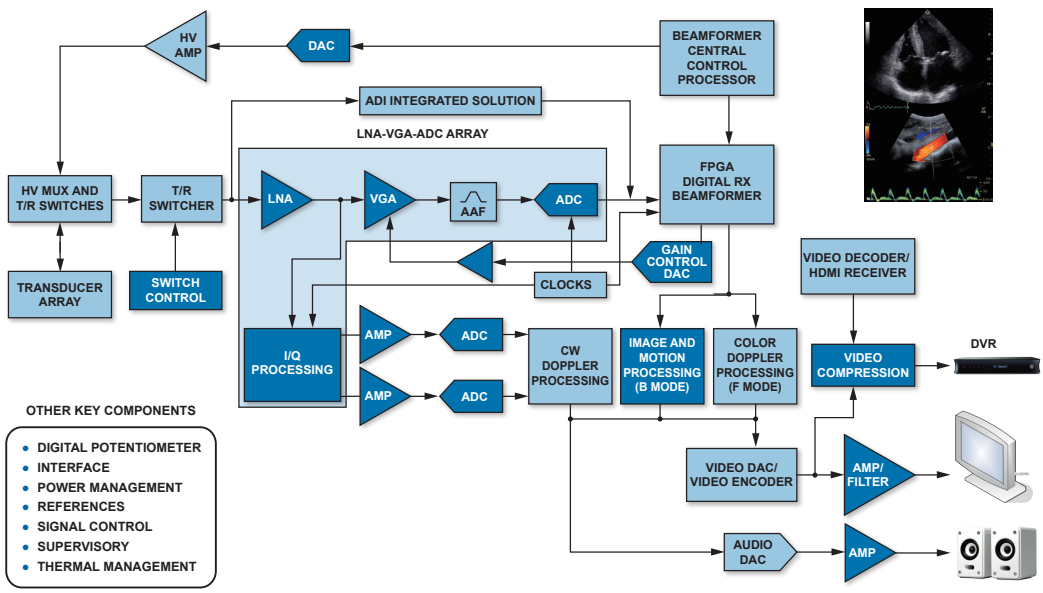
医疗超声系统设计考虑和主要挑战：

- 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。
- 发射电压。为提高信号穿透率以及进行谐波成像，需要较高的发射电压。声功率随着发射电压增大而提高，但发射电压不能超过美国食品和药品管理局(FDA)等机构规定的安全要求的限制。
- 波束形成器的复杂度。要达到很高的图形质量，必须有大量的波束形成通道。高复杂度进而导致高功耗，并且需要更多成像空间来实施。
- 散热。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，实现超声成像系统需要大量高性能发射电路和接收电路，由此产生的是庞大且昂贵的推车式系统。最近，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、更便携的成像解决方案，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。

ADI公司的整体解决方案：

ADI提供种类丰富的放大器、数据转换、信号处理和电源管理解决方案供用户选择，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。



注：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。

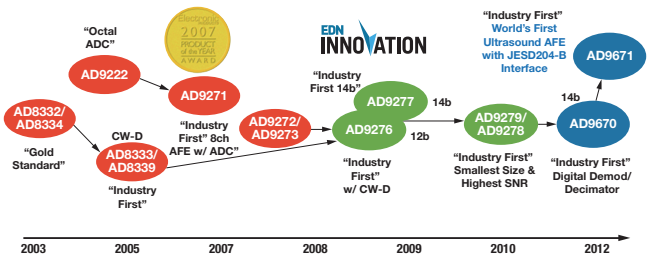
集成模拟前端	VGA	LNA	I/Q解调器	ADC(TGC通道)	ADC(CWD通道)	放大器
AD9272/AD9273/ AD9276/AD9277/ AD9278/AD9279/ AD9670/AD9671	AD8331/ AD8332/ AD8334	AD8432/ADA4897/ ADA4896/ADA4899	AD8333/AD8339	AD9637/ AD9257/ AD9253	AD7982/AD7980/ AD7986/AD7686	ADA4841/ADA4897/ ADA4896/ADA4938/ ADA4930/AD8692
发射Tx DAC	**TGC控制DAC**	**时钟**	**电源**	**模拟开关**	**视频处理**	**音频处理**
AD9106/AD9709/ AD9763/AD9765/ AD9767	AD9709/AD9706/ AD9742/AD5424/ AD5433/AD5445	AD951x/AD952x/ ADCLK8xx/ADCLK9xx/ ADN4670	ADP2116/ADP2114/ ADP1741/ADP1740/ ADP3338/ADP3339/ ADM106x/ADM116x	ADG714/ADG619	ADV712x/ADV739x/ ADV202/ADV212/ ADV216/ADV7180/ ADV7441/ADA4420/ ADA4417	ADAU1361/ADAU1761/ SSM2604/SSM2356

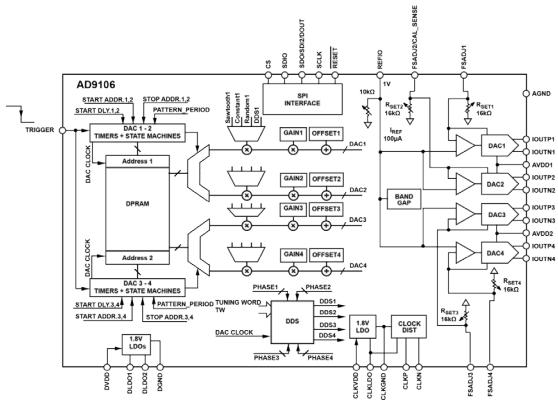
集成AFE简介：

ADI的AD927x系列和最新AD9670/1集成式模拟前端(AFE)为应对超声系统设计挑战提供了更多选择。客户可以选择性能、功耗和成像模式最符合RX要求的AFE，利用简单而灵活的引脚兼容设计，在不同应用平台中使用。

线性发射简介：

ADI提供适用于医疗超声系统的线性发射解决方案，SNR性能的改进在谐波成像(HI)方面具有显著优势。线性发射解决方案使用高速TxDAC。ADI的AD9106是一种高性能12位、180 Msps四通道TxDAC，集成片上模式存储器，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。





医疗超声主要产品简介

产品型号	描述	优势
集成模拟前端(AFE)		
AD9272	八通道、0.75 nV/√Hz @ 21.3dB Vn RTI LNA与42 dB VGA、具有8 MHz至18 MHz LPF和HPF的AAF，以及12位、10 MSPS至80 MSPS的ADC。40 Msps时每通道功耗为191 mW，还包括8 × 8差分交叉点开关以支持连续波(CW)多普勒模式。	低成本、低噪声、小尺寸，易用于医疗超声应用。
AD9273	八通道、1.26 nV/√Hz @ 21.3 dB Vn RTI LNA与42 dB VGA、具有8 MHz至18 MHz LPF和HPF的AAF，以及12位、10 MSPS至50 MSPS的ADC。40 Msps时每通道功耗为104 mW，还包括8 × 8差分交叉点开关以支持连续波(CW)多普勒模式。	低成本、低功耗、小尺寸，易用于医疗超声应用。
AD9276	八通道、0.75 nV/√Hz @ 21.3 dB Vn RTI LNA与42 dB VGA、具有8 MHz至18 MHz LPF和HPF的AAF，以及12位、10 MSPS至80 MSPS的ADC。40 Msps时每通道功耗为191 mW，还提供具有可编程相位旋转的I/Q解调器以支持连续波(CW)多普勒模式。	低成本、低噪声、小尺寸，易用于医疗超声应用。
AD9277	八通道、0.75 nV/√Hz @ 21.3 dB Vn RTI LNA与42 dB VGA、具有8 MHz至18 MHz LPF和HPF的AAF，以及14位、10 MSPS至50 MSPS的ADC。40 Msps时每通道功耗为191 mW，还提供具有可编程相位旋转的I/Q解调器以支持连续波(CW)多普勒模式。	低成本、低噪声、高分辨率、小尺寸，易用于医疗超声应用。
AD9278	八通道、1.3 nV/√Hz @ 21.3 dB Vn RTI LNA与45 dB VGA、具有8 MHz至18 MHz LPF和HPF的AAF，以及12位、10 MSPS至65 MSPS的ADC。40 Msps时每通道功耗为88 mW，还提供具有可编程相位旋转的I/Q解调器以支持连续波(CW)多普勒模式。	低成本、小尺寸、最低功耗，易用于医疗超声应用。
AD9279	八通道、0.75 nV/√Hz @ 21.3 dB Vn RTI LNA与45 dB VGA、具有8 MHz至18 MHz LPF和HPF的AAF，以及12位、10 MSPS至80 MSPS的ADC。40 Msps时每通道功耗为141 mW，还提供具有可编程相位旋转的I/Q解调器以支持连续波(CW)多普勒模式。	低成本、低噪声、小尺寸，易用于医疗超声应用。

医疗超声主要产品简介(续)

产品型号	描述	优势
集成模拟前端(AFE)(续)		
AD9670	八通道、0.78 nV/√Hz @ 21.6 dB Vn RTI LNA与45 dB VGA、具有8 MHz至18 MHz或13.5 MHz至30 MHz LPF和HPF的AAF，以及14位、10 MSPS至125 MSPS的ADC。40 Msps时每通道功耗为13 0mW，提供数字解调器和抽取器用于处理数据和降低带宽，还提供具有可编程相位旋转的I/Q解调器。	低成本、低噪声、高分辨率、小尺寸、降低波束形成器和处理器的FPGA I/O与运算速度。
AD9671	八通道、0.78 nV/√Hz @ 21.6 dB Vn RTI LNA与45 dB VGA、具有8 MHz至18 MHz或13.5 MHz至30 MHz LPF和HPF的AAF，以及14位、10 MSPS至125 MSPS的ADC。40 Msps时每通道功耗为130 mW，提供数字解调器和抽取器用于处理数据和降低带宽，还提供具有可编程相位旋转的I/Q解调器。	四个可配置5 Gbps串行JESD204B CML数据线路提供接口，用于进一步数据处理。 减少FPGA I/O和器件的数量
LNA		
AD8432	双通道超级噪声放大器。Vn RTI =0.85 nV/√Hz @ 12.04 dB，G = 12.04 dB、18.06 dB、21.58 dB和 24.08 dB，带宽=200 MHz @ 12.04 dB。	低功耗、低噪声，具有可选增益和有源阻抗匹配
VGA		
AD8332/ AD8334	超低噪声48 dB VGA，具有前置放大器和可编程输入阻抗Rin；Vn RTI= 0.74 nV/√Hz； In RTI = 2.5 pA/√Hz，带宽=100 MHz	精确的增益线性dB、出色的增益匹配和带宽一致性适合超声应用
I/Q解调器		
AD8333/ AD8339	DC至50 MHz、四通道I/Q解调器和移相器；各输出提供16个相位选择(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
ADC		
AD7982	18位、1 Msps、7 mW、PulSAR差分ADC；与18位版本引脚兼容：AD7984(1.33 Msps)、AD7986(2 Msps)和16位版本：AD7980(1 Msps)	高速、高精度；针对超声CW通道应用可灵活选择引脚兼容系列产品
AD9257	八通道、12位、65 Msps、串行LVDS ADC；与12位版本AD9637引脚兼容；四通道12位版本AD9253。	小尺寸封装；针对超声TGC通道应用可灵活选择引脚兼容系列产品
放大器		
ADA4897/ ADA4896	低宽带噪声：1 nV/√Hz和2.8 pA/√Hz；低1/f噪声：2.4 nV/√Hz @ 10 Hz，80 mA输出电流，轨到轨输出	适用于超声CW通道I/V、求和与ADC驱动器应用
ADA4841	低宽带噪声：2.1 nV/√Hz和1.4 pA/√Hz；低1/f噪声：7 nV/√Hz @ 10 Hz和13 pA/√Hz @ 10 Hz；轨到轨输出	适用于ADC驱动器，低噪声适合小信号调理
ADA4938	低噪声：2.1 nV/√Hz，超低失真：−106 dBc HD2 @ 10 MHz，高速差分放大器	适合超声TGC增益控制差分驱动器电路
Tx DAC		
AD9106	四通道、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	适合超声线性发射信号波形生成，以及发射波束生成器小尺寸，低功耗
DAC		
AD5424/ AD5433/ AD5445	AD5424/AD5433/AD54451分别是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	八通道SPST(单刀单掷)开关，通过三线式串行接口控制，0.6 Ω导通电阻平坦度。 ton = 35 ns(典型值)，toff = 11 ns(典型值)	低导通电阻和快速开关功能保证信号完整性
ADG619	单刀双掷(SPDT)开关，0.8 Ω(最大)导通电阻平坦度。ton = 80 ns(典型值)， toff =45 ns(典型值)	低导通电阻和快速开关功能保证信号完整性
时钟		
ADCLK8xx/ ADCLK9xx	多输出扇出缓冲器，针对低抖动、低功耗工作进行了优化。加性宽带抖动小于500 fs。	非常适合低抖动超声时钟分配
AD951x/ AD952x	多路输出时钟分配功能，具有亚皮秒级抖动性能，并且集成片内PLL和VCO。	非常适合低抖动超声时钟分频和分配
音频放大器		
SSM2356	采用5.0 V电源供电时，能够以2 × 2 W功率驱动4 Ω负载，以2x1.4 W功率驱动8 Ω负载；总谐波失真小于1%；效率为92%(5.0 V、以1.4 W功率驱动8 Ω扬声器)，SNR为103 dB	高效率，低失真，适合超声多普勒音频输出
音频DAC		
ADAU1361	低功耗立体声音频编解码器，支持立体声48 kHz录音和回放，功耗为14 mW。 24位立体声音频ADC和DAC：>98 dB SNR	适合超声多普勒音频应用

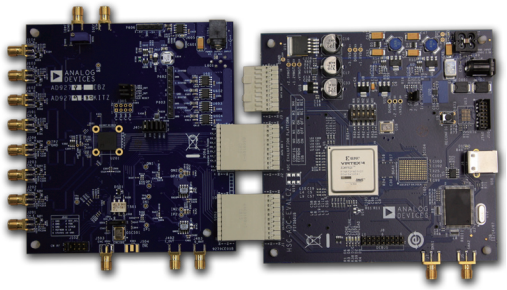
医疗超声主要产品简介

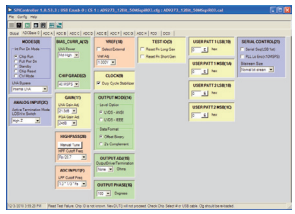
产品型号	产品型号描述	优势
视频DAC		
ADV739x	ADV739x为单芯片高速视频编码器系列。三个2.7 V/3.3 V 10位视频DAC支持标清(SD)或高清(HD)视频格式的复合(CVBS)、S视频(YC)或分量(YPrPb/RGB)模拟输出。	适合超声图像显示和视频应用
ADV7125	单芯片、三通道、高速数模转换器。内置三个带互补输出的8位视频DAC、一个标准TTL输入接口以及一个高阻抗、模拟输出电流源。	适合超声图像显示中的模拟VGA输出
电源管理		
ADP2114	2.75 V至5.5 V输入、双通道2 A/单通道4 A、可配置同步降压DC-DC稳压器与双通道3 A版本引脚兼容：ADP2116	低噪声和同步功能适合超声应用
ADP3338	2.7 V至8 V输入，1A输出电流，190 mV超低压差LDO。与1.5 A版本引脚兼容：ADP3339	低压差和大输出电流适合超声应用
ADP1740	1.6 V至3.6 V输入，2A输出电流，160 mV超低压差LDO，具有7种固定输出电压选项，与可调版本引脚兼容：ADP1741	低压差和大输出电流适合超声应用
ADM106x	可配置电源监控/时序控制器件，针对多电源(最多10个)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

设计工具

模拟前端(AFE)

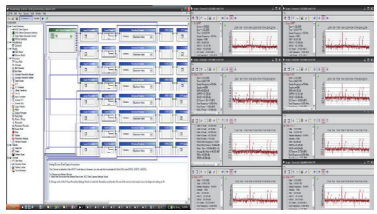
- AD9272/AD9273/AD9276/AD9277/AD9278/AD9279和AD9670/AD9671评估板，提供原理图和PCB布局Gerber文件
- 高速FPGA数据采集板(HSC-ADC-EVALCZ)
- VisualANALOG™软件
- AFE SPI接口软件(SPI Controller)
- AD927x配置工具
- ADIsimADC建模工具
- AD9279/AD9278/AD9273 BGA PCB布局Gerber文件
- AD8331/AD8332/AD8334评估板，提供原理图和PCB布局Gerber文件
- AD8333/AD8339评估板，提供原理图和PCB布局Gerber文件





时钟

- ADIsimCLK建模工具
- AD951x/AD952x评估软件和评估板



电源管理

- ADIsimPower
- 评估板

更多医疗超声资源、工具和产品信息，请访问：
www.analog.com/zh/Healthcare

样片申请，请访问：
www.analog.com/zh/samples

ANALOG DEVICES
超 越 一 切 可 能™

运动监测解决方案

运动监测概述

随着整体医疗保健成本的增加，人们开始越来越重视个人健康管理，并借此积极减少产生健康问题的风险，医生数量和医院门诊次数也由此减少。追踪个人的日常运动情况日渐流行，很大程度上是由于其不仅简便易行，而且对促进健康的生活方式收效显著。监控器和跌倒检测器是两种典型的运动监测设备，前者如计步器，它可以追踪行走、跑步和锻炼活动，通过计步，可以确定消耗的卡路里数；后者主要用来监护老年人，用作提供报告以及防止跌倒。除了独立的运动监测设备之外，各种新兴的家庭医疗保健设备也集成了运动监测功能。

ADI公司是康体佳健康联盟的成员

Continua HEALTH ALLIANCE

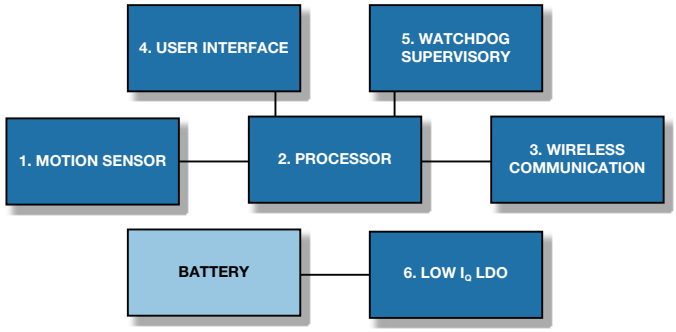
运动监测系统设计考虑和主要挑战

以上所谈到的市场趋势源于以下需求的驱动：降低医疗保健整体成本的同时，改善病人诊断、护理和舒适度。高性能个人医疗保健设备必须能够满足与医院或临床应用设备相同的一些要求，例如确保可靠操作的故障自动防护安全特性以及便于使用的人机界面。这些个人医疗保健设备同时具有影响设计的其他附加要求，包括低功耗、小尺寸、由环境条件决定的测量灵敏度、工业标准有线或无线通信，以及较低的系统总体成本。测量项目会越来越多，测量难度也会越来越大。传感器(例如3D轴加速度计)是其中的关键器件。算法是另一个关键因素。

- 功耗：一般而言，运动监测应用设备采用便携方式，甚至集成至其他某些便携式和手持式设备中，这就意味着通常电池供电是一项基本要求。因此，设计人员必须考虑整个系统的功耗，不仅要选择低功耗的器件，还要考虑器件是否具有可以节省系统功耗的内置功能，例如，具有活动和静止检测中断功能的加速度计可以用作运动开关，对系统进行上电和关断，嵌入式FIFO可以增加休眠时间以便数据处理。有些复杂的设计有时还需要权衡功耗和性能。
- 精度：尽管有些运动监测设备不用于诊断功能，但同样需要高精度传感器、调理电路和优化算法以实现高精度测量。例如，在计步器应用中，良好的精密性能可以避免在用户慢速行走时发生漏计。在针对老年人的跌倒检测器应用中，错误的测量和判断可能会导致错误报警，或者在产生重要后果时漏报警。
- 小型化：大多数运动监测设备都需要满足低功耗和高精度，此外，设计人员还需要考虑设计的小型化，以满足便携要求，并且能够集成至其他具有运动监护功能模块的设备中，这就需要设计人员选择高集成度的电子器件。
- 算法：硬件设计是运动监护应用的关键因素，此外，优化算法也是设计人员面临的一大挑战。实现兼顾测量、监护和通信的系统功能有很多设计技巧。软件开发通常比硬件开发需要更多的设计时间。

ADI公司的产品和解决方案在功耗、精度和集成度方面均处于领先地位，设计人员可以采用较小、精度较高、成本较低且更为便携的解决方案，而性能与其他器件不相上下。进一步发展的挑战是继续推动系统级而非器件级解决方案，ADI能够提供结合硬件设计和软件算法的完整演示系统。例如，ADI自主或与其第三方共同开发了完整的解决方案，可用于计步器、跌倒检测和其他运动监测解决方案及演示系统，某些客户可以通过这些方案减少其系统设计周期。

典型运动监护仪功能框图



1. 运动传感器 (MEMS)	2. 处理器 (MCU/DSP)	3. 无线 (ISM频段收发器)	4. 用户接口 (电容数字控制器)	5. 看门狗/监控器	6. LDO
ADXL346/ ADXL345/ ADXL335	ADuCRF101/ ADuC7124/ ADuC7126/ ADSP-BF592	ADuCRF101/ ADF7023/ ADF7242	AD7147/ AD7147A/ AD7148/ AD7156	ADM13305/ ADM1184/ ADM6320/ ADM1813	ADP121/ ADP122/ ADP150/ ADP323

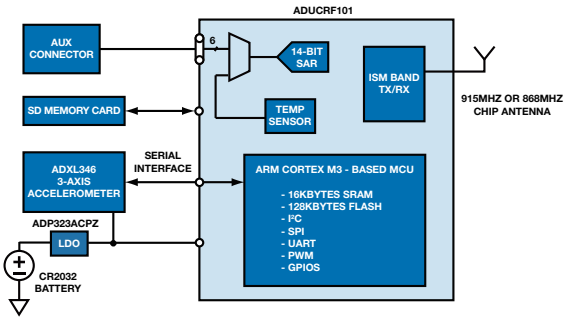
注：上图所示信号链代表一个典型的运动监测解决方案。各模块的技术需求各不相同，表中所列产品代表可满足上述部分要求的ADI解决方案

运动监护应用主要产品简介

产品型号	描述	优势
MEMS加速度计		
ADXL346	小巧纤薄的超低功耗3轴加速度计，可以对高达±16 *g*的加速度进行高分辨率(13位)测量。输出数据为16位格式；电源电压为1.7 V至2.75 V。	非常适合移动器件应用，例如消费类ECG，低功耗模式可降低功耗；低工作电压可延长电池寿命。
ADXL345	小巧纤薄的超低功耗3轴加速度计，可以对高达±16 *g*的加速度进行高分辨率(13位)测量。输出数据为16位格式；电源电压为2.0 V至3.6 V。	非常适合移动设备应用，例如运动监测，消费类ECG，低功耗模式可降低功耗。
精密模拟微控制器		
ADuCRF101	一款全集成式SoC解决方案，集成有高能效的431 MHz至464 MHz和862 MHz至928 MHz内部UHF收发器、低功耗ARM Cortex-M3内核与Flash/EE存储器。该收发器在接收模式下功耗仅12.8 mA，同时保持典型的灵敏度：38.4 Kbps时−107.5 dB (2FSK)。发射模式同样节能，根据用户编程的RF功率水平不同，电源电流最低可达9 mA。该设备由3.6 V电池直接供电，并利用自主包处理器最大限度减小无线通信期间的系统电流消耗。	这是一种高度集成的片上系统(SoC)，非常适合便携式设备，具有低功耗，可延长电池寿命，并且便于集成至其他设备。
处理器		
ADuC7xxx	精密模拟微控制器，12位模拟I/O，ARM7TDMI MCU；ADUC7124/7126 (大容量闪存/SRM，126 kB/32 kB)。	SoC，模拟信号处理高度集成，此MCU有利于小尺寸应用；存储器大，便于数据存储。
ADSP-BF592	ADSP-BF592是Blackfin®处理器产品系列的低成本入门级处理器，带400 MHz内核时钟速度和外设集。	高数据处理能力和灵活的外设接口，成本低，可降低BOM成本。
电容数字转换器		
AD7147	具有片内环境校准功能的集成式CDC。13个输入通道，通过开关矩阵与16位、250 kHz Σ-Δ型ADC相连。	高度集成，可实施按钮、滚动条、滚轮。传感器仅需一个PCB层，可实现超薄系统。
RF和IF IC		
ADF702x	高性能ISM和其他授权频段收发器。	允许器件在强干扰下工作，高灵敏度，低功耗。
电源管理器		
ADP323	1.8 V至5.5 V输入范围、三通道、200 mA、低噪声、高PSRR电压调节器、可调输出LDO。	集高电源抑制比(PSRR)、低噪声、低静态电流和低压差于一体，可延长便携式设备的电池使用时间，非常适合对性能和电路板空间要求严苛的无线应用。
ADP122/ ADP123	5.5 V输入，300 mA低静态电流，CMOS LDO。	低静态电流，适合高精度应用，简单易用。
ADP150	一款超低噪声(9 μV)、低压差线性调节器，采用2.2 V至5.5 V电源供电，最大输出电流为150 mA。	在150 mA负载下压差仅为105 mV，不仅可提高效率，而且能使器件在很宽的输入电压范围内工作。低噪声适用于高精度系统电源。

演示系统

功能全面的3轴加速度计和无线计步器演示系统采用MEMS惯性传感器、集成ARM Cortex M3和ISM频段收发器的精密模拟微控制器和软件算法，能够有效检测各种使用情况下的真实步数，例如计步器放在口袋、臀部和脚踝处等情况。ADI公司的MEMS能够实现更精确地检测步数，测量距离、速度以及简单调整当前设计即可获得所消耗的卡路里数，并且误检率更低。



Wireless ADXL346 and ADuCRF101 Motion Sensing Platform



Wireless Data Displayed in LabVIEW through Antenna and USB Interface

注：欲了解有关完整演示系统的更多信息，请直接与ADI公司联系。

要查看其他家庭医疗保健资源、工具和产品信息，请访问：
www.analog.com/zh/healthcare

要申请样片，请访问：
www.analog.com/sample

ANALOG DEVICES
超 越 一 切 可 能™

ADI病人监护仪中的典型模块
脉搏血氧仪解决方案

脉搏血氧仪系统原理和典型架构

脉搏血氧仪以非介入方式测量血液中的含氧量，它以完全饱和水平的百分比来衡量，用单一数值来表示，即所谓血氧饱和百分比，常常称之为SpO2。该测量基于血液中血红蛋白的光吸收特性。在可见光谱和近红外光谱内，含氧血红蛋白(HbO2)与脱氧血红蛋白(Hb)具有不同的吸收曲线。Hb吸收的红光频率的光线较多，红外光(IR)频率的光线较少。HbO2则相反，吸收的红光频率的光线较少，红外光(IR)频率的光线较多。红光和红外光LED尽可能相互靠近，通过人体中的单一组织位置透射光线。红光和红外光LED采用时间复用处理来透射光线，因此不会相互干扰。环境光线经过估算后，从红光和红外光信号中减去。一个能够响应红光和红外光的光电二极管接收光线，然后由一个跨导放大器产生与所接收光线强度成比例的电压。光电二极管接收的红光与红外光的比值用于计算血液中的氧气百分比。根据血液流动的脉冲特性，还会在测量周期中确定并显示脉搏率和强度。

脉搏血氧仪包括发射路径、接收路径、显示和背光、数据接口以及音频报警。发射路径包括红光LED、红外光LED和用于驱动LED的DAC。接收路径包括光电二极管传感器、信号调理、模数转换器和处理器。

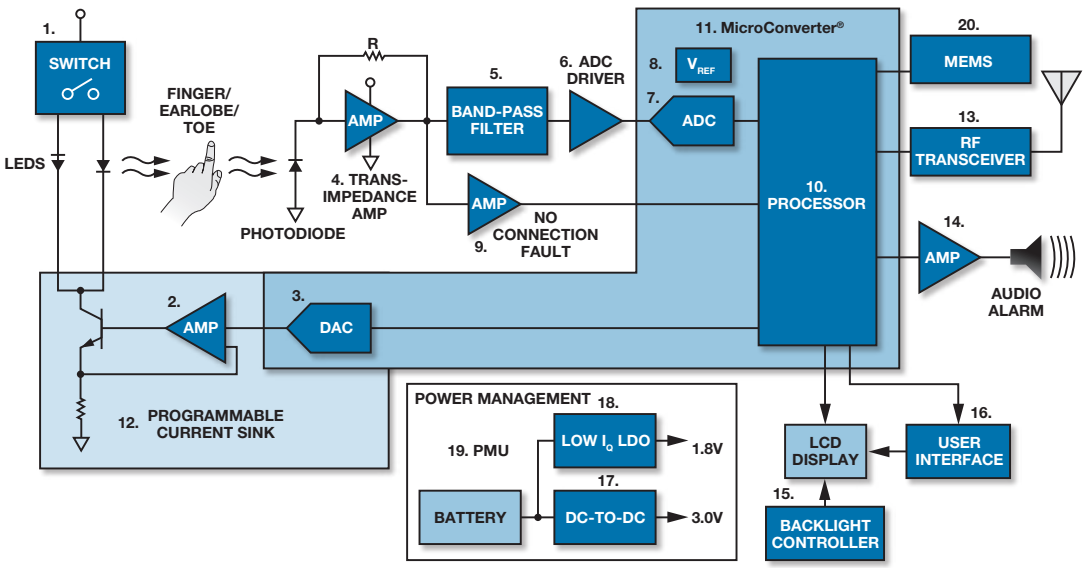
脉搏血氧仪系统设计考虑和主要挑战

设计脉搏血氧仪系统时，需要解决多个难题，如低血流灌注、运动和皮肤湿度、杂散光干扰、碳氧血红蛋白和高铁血红蛋白干扰等。

- 低血流灌注(小信号水平)。光电二极管测量需要宽动态范围和低噪声增益的信号调理，以便捕捉脉搏事件。发射和接收路径需要具有高分辨率DAC的高质量、低噪声LED驱动电路和具有高分辨率ADC的高精度模拟前端电路。
- 运动和皮肤湿度。运动会引起伪像，这可以通过软件算法来解决，或者利用ADXL345等加速度计来检测并解决。
- 杂散光干扰。使用光电二极管来响应红光和红外光，它很容易受环境光干扰。因此，用于过滤出红光和红外光目标信号的算法非常重要，这意味着信号处理更加复杂。这种情况下，需要使用具有更高信号处理能力的DSP。
- 碳氧血红蛋白和高铁血红蛋白。一氧化碳(CO)很容易与血红蛋白结合，使血液变得更像红色HbO2，导致测得的SpO2值虚高。血红素基中的铁处于异常状态，无法携带氧(Fe+3而不是Fe+2)，导致血红蛋白减少，SpO2读数虚低。使用更多波长可以提高精度，但这需要更高性能的数字处理DSP。处理时间至关重要。

脉搏血氧仪功能框图

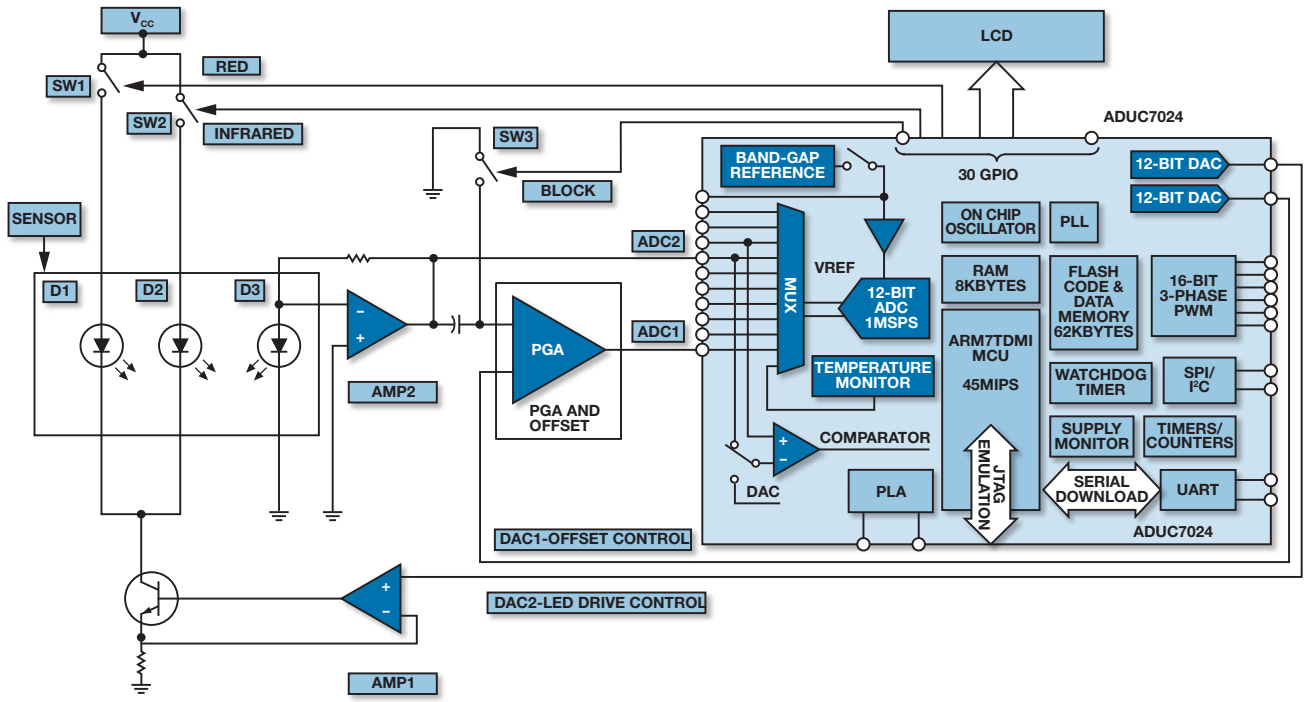
ADI公司为脉搏血氧仪设计提供种类齐全的高性能线性、混合信号、MEMS和数字信号处理技术。我们的数据转换器、放大器、微控制器、数字信号处理器、RF收发器和电源管理产品以领先的设计工具、应用支持和系统经验作为后盾。



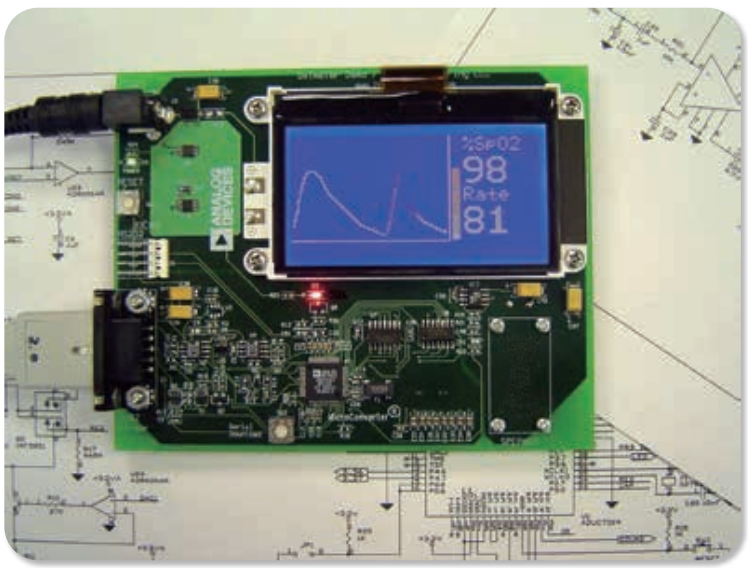
1. 模拟开关	2. 缓冲放大器	3. DAC	4. 跨导放大器	5. 带通滤波器	6. ADC驱动器	7. ADC	8. 基准电压源	9. 无连接故障放大器	10. 处理器
ADG819 ADG820 ADG823 ADG779	AD8663 AD8605 AD8606 AD817	AD5541 AD5542 AD5160	AD8065 ADA4817 ADA4004 AD8606	ADA4898-1 AD8606 AD8610 ADA4051	ADA4841-1 ADA4932-1 ADA4505 AD8606	AD7685 AD7942 AD7980 AD7683	ADR29x ADR36X ADR42X ADR43X	AD8605 AD8601 AD8613 AD8541	ADSP-BF51x ADSP-BF52x ADSP-BF592
11. 微型转换器	**12. 吸电流DAC**	**13. RF收发器**	**14. 音频功率放大器**	**15. 背光控制器**	**16. 用户接口**	**17. DC-to-DC**	**18. LDO**	**19. PMU**	**20. MEMS**
ADUC702x	AD5398	ADF7020 ADF7021 ADF7025	SSM2211	ADP5501 ADP5520 ADP8860 ADM8843	AD7147 AD7148	ADP1612 ADP2108 ADP3050 ADP2503	ADP170 ADP171 ADP121 ADP1720	ADP2140 ADP5023 ADP5043	ADXL345 ADXL346

注意：以上信号链是代表性的脉搏血氧仪设计。在具体设计中，模块的技术要求可能不同，但此表列出的产品代表了满足部分要求的ADI解决方案。

SpO2演示系统框图



SpO2演示系统



脉搏血氧仪应用主要产品简介

产品型号	描述	优势
ADC		
AD7980	16位、1 MSPS、1.5 LSB (24 ppm) PulSAR®差分ADC；与18位版本AD7982、AD7986 (2 MSPS)引脚兼容。	高速、高精度；引脚兼容的系列产品可供灵活选择
AD7685	16位、最大2 LSB INL、250 kSPS PulSAR差分ADC；与18位版本AD7691引脚兼容	更高分辨率、更低INL，适合高精度采样系统
Amplifiers		
AD8605	低噪声：8 nV/√Hz；低输入偏置电流：最大1 pA；低失调电压：最大65 μV；高开环增益：1000 V/mV	低噪声、低偏置电流、低失调电压和高增益有助于提高系统性能
AD8065	低噪声：7 nV/√Hz (f = 10 kHz)和0.6 fA/√Hz (f = 10 kHz)，FET输入，1 pA输入偏置电流；电压范围：5 V至24 V	低噪声、低偏置电流和高输入阻抗有助于实现高性能的电流到电压转换
ADA4841	低宽带噪声：2.1 nV/√Hz和1.4 pA/√Hz；低1/F噪声：7 nV/√Hz @ 10 Hz和13 pA/√Hz @ 10 Hz；轨到轨输出	适合用作ADC驱动器，容性负载驱动能力高达10 pF；低噪声适合小信号调理
DAC		
AD5541/AD5542	全16位性能，1 LSB INL精度，1.5 MSPS更新速率，1 μs建立时间；无缓冲输出能够驱动60 kΩ负载	低噪声和低功耗适合高性能便携式应用
AD5398	10位DAC，120 mA输出吸电流能力，31 kSPS更新速率，250 μs建立时间	较高的吸电流能力，集成电流检测电阻，简化SpO2发射电路应用
Processor		
ADuC7xxx	精密模拟微控制器；12位模拟I/O；ARM7TDMI MCU；40 MIPS MCU速度	SoC，与信号高度集成，此外MCU有利于小尺寸应用；存储器更大，便于数据存储
ADSP-BF592	ADSP-BF592是Blackfin处理器产品系列的低成本入门级处理器，提供400 MHz内核时钟速度和丰富的外设集	强大的数据处理能力和灵活的外设接口，成本低，可降低BOM成本
ADSP-BF51x	ADSP-BF51x产品是高度集成的片上系统解决方案，适合下一代嵌入式网络连接应用，提供400 MHz内核时钟速度和丰富的外设集	具有增强的因特网和用户连接功能的低成本、低功耗通用器件
ADSP-BF52x	ADSP-BF52x系列提供良好的可扩展性，奇数型号为600 MHz产品，偶数型号为400 MHz产品，具有丰富的外设集和连接选项	集高性能、高效率、高系统集成度于一体的低功耗处理器，可以实现高度优化的设计
Analog Switch		
ADG820	导通电阻平坦度：最大0.25 Ω；低导通电阻：125°C时最大0.8 Ω；200 mA载流能力	极低的导通电阻可保证信号集成度和质量
Voltage Reference		
ADR43x	超低噪声基准电压源，具有吸电流和源电流能力；A级：0.15%精度和10 ppm/°C	吸电流和源电流；简单的驱动器电路；低漂移和高精度有利于提高ADC采样性能
MEMS accelerometer		
ADXL345/ADXL346	小巧纤薄的超低功耗3轴加速度计，可以对高达16 *g*的加速度进行高分辨率(13位)测量；输出数据为16位格式	非常适合移动设备应用，例如SpO2运动检测；低功耗模式可降低功耗
Capacitance to Digital Converter		
AD7147	含片内环境校准的集成CDC；13个输入通道，通过开关矩阵与16位、250 kHz Σ-Δ型ADC相连	高集成度，可实现按钮、滚动条和滚轮；传感器仅需一个PCB层，可实现超薄系统。
Audio Power Amplifiers		
SSM2211	1.5 W输出；高度稳定的相位裕量：>80度；低失真：0.2% THD + N @ 1 W输出；宽带宽：4 MHz	低失真音频功率放大器，适合音频应用；可在低至1.75 V的电压下继续工作，适合电池应用
Backlight Driver		
ADP5520	带I/O扩展器的背光驱动器，高效率异步升压转换器最多可驱动6个白光LED	能够控制滚动条背光强度、开关时序、调光，从而节省宝贵的电池电力
RF/IF ICs		
ADF702x	高性能ISM和授权频段收发器	允许器件在强干扰下工作，高灵敏度，低功耗
Power Management		
ADP2503	600 mA、2.5 MHz降压-升压DC/DC转换器，38 μA典型静态电流	电路设计所需的外部元件更少、电感更小，适合便携式应用
ADP121	5.5 V输入，150 mA低静态电流，CMOS LDO	低静态电流，适合高精度应用，简单易用
ADP2140	5.5 V输入、3 MHz、600 mA、低静态电流降压转换器和300 mA LDO调节器	集成开关调节器和LDO，易于使用

Circuits From The Lab™ 脉搏血氧仪实验室电路

实验室电路是经过特别设计和测试的子系统级构建模块，方便设计人员轻松快捷地实现系统集成。

设计工具

欲查看其他脉搏血氧仪资源、工具和产品信息，请访问：
www.analog.com/zh/healthcare/pulse-oximetry

欲申请样片，请访问：
www.analog.com/zh/sample

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

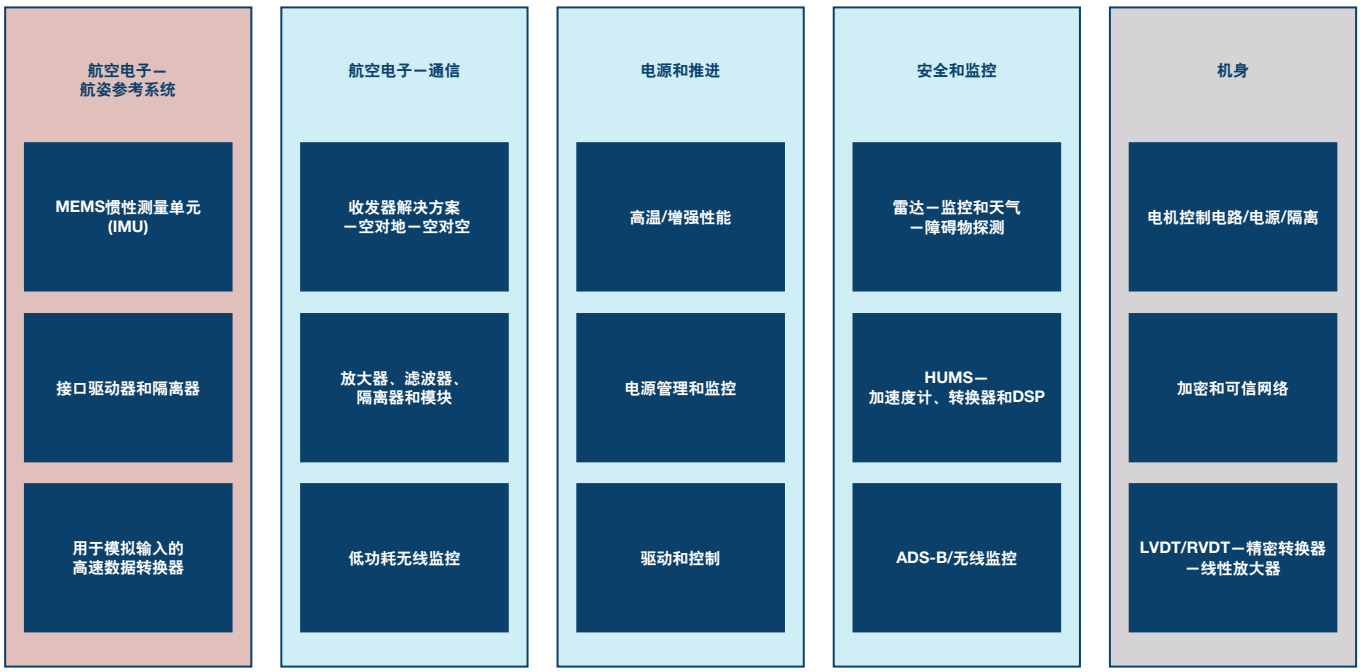
ADI商用航空解决方案

ADI商用航空概述

ADI公司为全球领先的航空公司提供电子元件和子系统，是这一领域的领导者。ADI拥有一支由营销和应用设计成员组成的团队，致力于支持航空业。目前侧重支持以下五个领域：

为何选择ADI

ADI拥有一支致力于支持全球广阔市场中航空开发和生产的团队。我们不断扩大ADI产品的适用性以支持快速发展的市场。我们在ADI用于构建和支持客户的航空电子和无人系统市场方面拥有专业技术。



主要挑战和系统设计考量

航空航天设计中的主要挑战是RTCA(航空无线电技术委员会)考量以及DO 178B/C、DO 160和DO 254功能安全认证要求。这些要求极其严格和详细，需要慎重考虑设计以及其中包含的元件。更多详情，请参见：*rtca.org*。

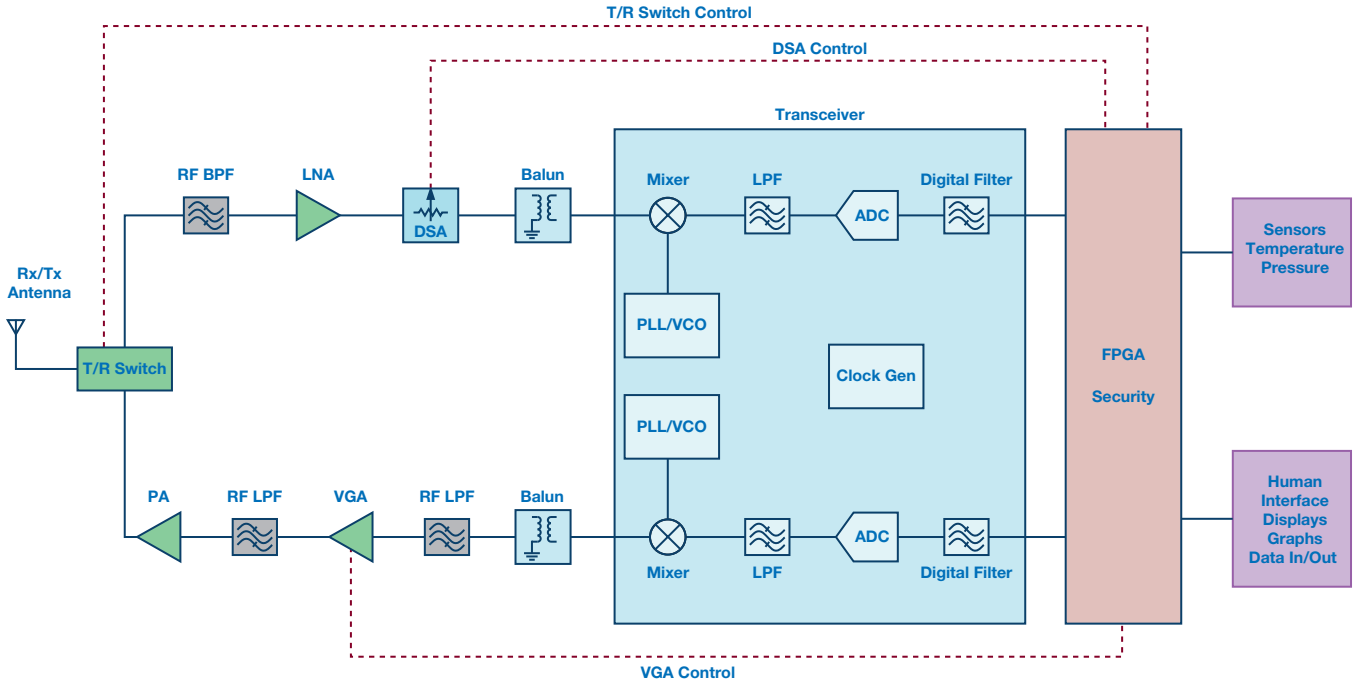
许多问题主要围绕着复杂元件、冗余路径和已知故障模式展开。根据对飞行安全的影响，认证要求变得越来越复杂。

其次，航空业正在使用电子系统取代气动和液压器件。就温度、腐蚀性等而言，元件和组件处于更恶劣的环境条件下。

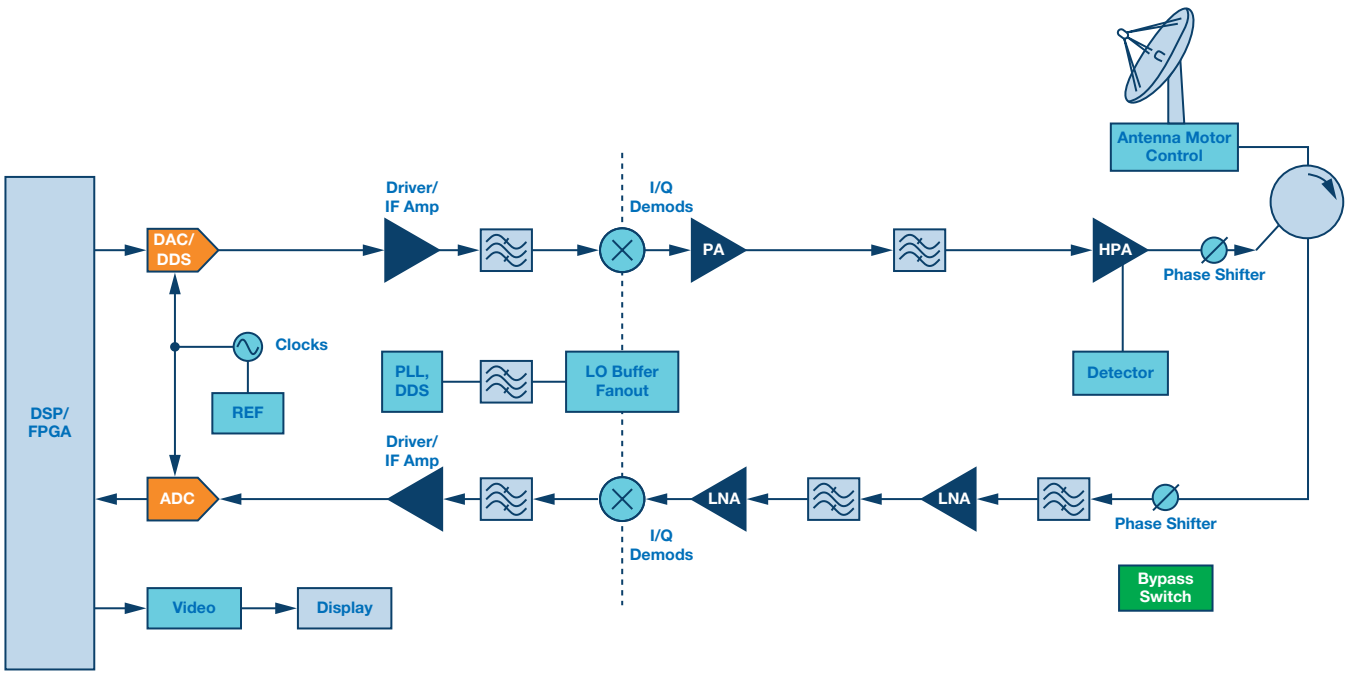
ADI为许多航空航天大客户提供支持，提供DO 178/DO 254认证所需的文档。同样重要的是，ADI拥有用于航天业的高性能器件工艺和目录，这些器件采用镍钯金引脚架构(降低锡须影响)和专用非铜内部线焊(抗腐蚀)，其工作温度范围为–55°C至+125°C (部分高达+175°C)。

商用航空信号链

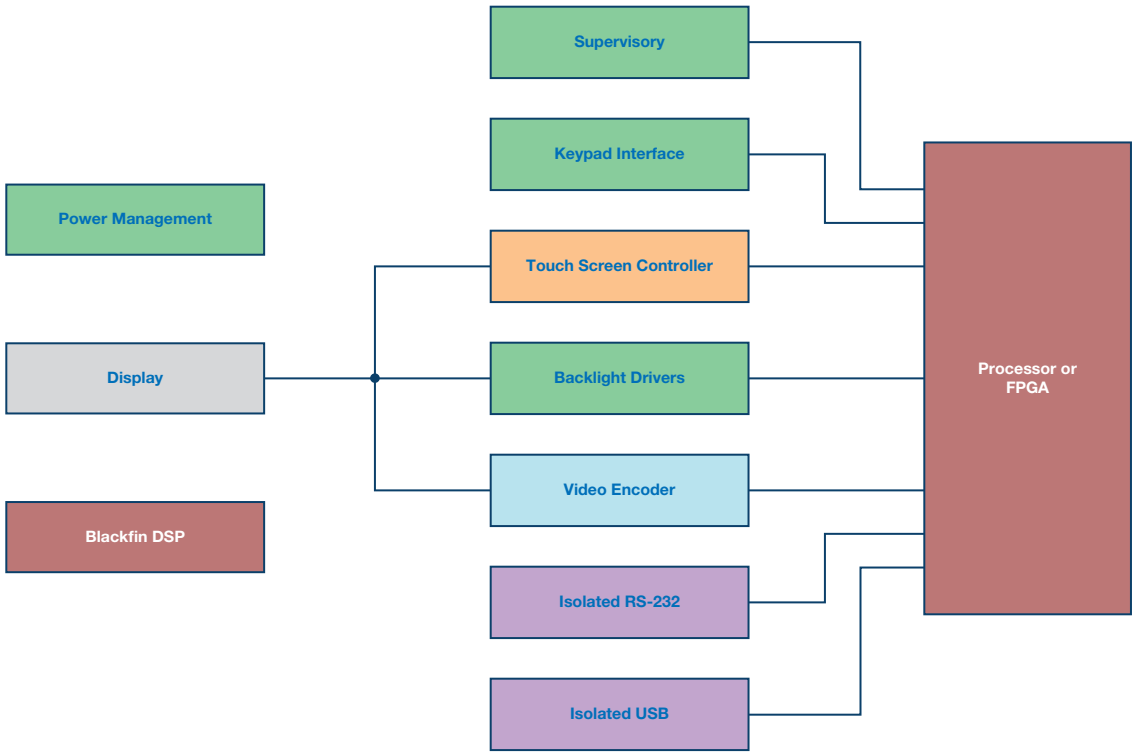
软件定义无线电



气象雷达



显示系统



特色产品

产品型号	描述	主要特性	功能与优势
MEMS			
ADIS16497	6自由度/10自由度IMU	针对定向角估算的单芯片解决方案、全温度校准、出色的跨轴灵敏度、*g*灵敏度和抗振性	用于空气数据、姿态和航向参考系统—ADAHRS
ADIS16488A	6自由度/10自由度IMU	具有最佳运动中偏置稳定性和角度随机游走的单芯片解决方案；全温度校准、出色的跨轴灵敏度、*g*灵敏度和抗振性	用于空气数据、姿态和航向参考系统—ADAHRS—用作主单元或比较器
收发器			
AD9361	2 × 2、56 MHz RF收发器	AD9361 RF收发器针对各种低功耗无线应用而设计；该无线电SoC覆盖70 MHz至6 GHz频率范围，具有200 kHz以下至56 MHz的可调谐通道带宽	非常适合软件定义无线电或多用途导航接收机设计
AD9363	2 × 2、20 MHz RF收发器	它是一款高度集成的单芯片解决方案，包括一个RF前端、灵活的混合信号基带部分、频率合成器、两个ADC和两个直接变频接收器	适用于多功能航空接收机
AD9371	带观测路径功能的集成式双通道RF收发器	一款高度集成式宽带RF收发器，提供双通道发送器和接收器、集成式频率合成器以及数字信号处理功能；双通道差分发送器(Tx)；双通道差分接收器(Rx)；带2路输入的观测接收器(ORx)；带3路输入的侦听接收器(SnRx)；可调谐范围：300 MHz至6000 MHz；Tx频率合成带宽(BW)：最大250 MHz；Rx带宽：8 MHz至100 MHz；支持频分双工(FDD)和时分双工(TDD)工作模式	非常适合软件定义无线电或多用途导航接收器设计
隔离器			
ADuM5402	集成dc至dc转换器的四通道隔离器	集成隔离式dc至dc转换器；3.3 V或5.0 V调节输出；最高500 mW输出功率；四个DC至25 Mbps (NRZ)信号隔离通道	实现电子数据系统中的数字隔离
HUMS			
ADXL1002	低噪声、高频±50 *g* MEMS加速度计	具有模拟输出的单个平面内轴加速度计；线性频率响应范围为dc至11 kHz (3 dB点)；谐振频率为21 kHz；超低噪声密度；25 µg/√Hz (±50 *g* 范围)	健康和监控系统

产品型号	描述	主要特性	功能与优势
显示和控制			
ADM6306	多输入可编程监控器IC	双电压监控器，用来监控DSP和微处理器系统中的两个电源，并提供一个复位信号；温度范围：–40°C至+125°C	低电源电流和小尺寸
ADP5587	移动I/O扩展器和QWERTY键盘控制器	18-GPIO端口扩展器或10 × 8键盘矩阵；GPIO可配置为GPI、GPO和键盘的行或列	ADP5587使主微处理器无需监控键盘，因此可降低电流消耗并提高处理器带宽
AD787x	用于触摸屏的低电压控制器	12位逐次逼近型模数转换器(SAR ADC)，具有同步串行接口以及用于驱动4线电阻触摸屏的低导通电阻开关；4线触摸屏接口	触摸唤醒功能和关断模式：6 µA(最大值)
AD723	2.7 V至5.5 V RGB转NTSC/PAL编码器	低成本、完全集成的NTSC/PAL解决方案；复合和Y/C(S-视频)输出	集成延迟线和自动调谐滤波器
ADV7342	多格式视频编码器，内置六个11位、297 MHz DAC	支持74.25 MHz 20-/30位高清输入；6个11位、297 MHz视频DAC；支持NTSC M、PAL B/D/G/H/I/M/N、PAL 60；NTSC和PAL方形像素操作(24.54 MHz/29.5 MHz)；支持多格式视频输入；支持多格式视频输出	支持多格式
ADSP-BF60x	高性能定点DSP	500 MHz双核Blackfin®处理器、2× 148 kB L1 SRAM、128 kB/256 kB L2 SRAM、用于目标检测的硬件加速器	设计用于目标检测：支持双眼视觉处理
IF放大器混频器			
ADL5565	4.5 GHz超高动态范围双通道差分放大器	–3 dB带宽：4.5 GHz (AV = 16 dB)；固定16 dB增益；通道间增益误差：0.1 dB (100 MHz时)；通道间相位误差：0.06° (100 MHz)；差分或单端输入转差分输出	采用高速XFCB3 SiGe工艺制造
HMC773A	GaAs MMIC基频；混频器，6 GHz至26 GHz	无源：无需直流偏置；输入IP3：22 dBm；LO/RF隔离：38 dB；宽IF带宽：DC至8 GHz	裸片尺寸：1.29 mm × 0.888 mm × 0.1 mm
功率放大器			
HMC559	GaAs pHEMT MMIC功率放大器，dc至20 GHz	P1dB输出功率：28 dBm；增益：14 dB；输出IP3：36 dBm；电源电压：10 V (400 mA时)；50 Ω匹配输入/输出	裸片尺寸：3.12 mm × 1.50 mm × 0.1 mm
HMC797A	GaAs pHEMT MMIC 1 W功率放大器，dc至22 GHz	高P1dB输出功率：28 dBm；高Psat输出功率：29.5 dBm；高增益：13.5 dB；高输出IP3：39 dBm；电源电压：10 V (400 mA时)；50 Ω匹配输入/输出	裸片尺寸：2.89 mm × 1.55 mm × 0.1 mm
LNA			
HMC460	GaAs pHEMT MMIC低噪声；放大器，dc至20 GHz	噪声系数：2.5 dB (10 GHz)；增益：14 dB (10 GHz)；P1dB输出功率：+16.5 dBm (10 GHz)；电源电压：8 V (75 mA)；50 Ω匹配输入/输出	3.12 mm × 1.63 mm × 0.1 mm裸片或32引脚陶瓷5 mm × 5 mm SMT封装
HMC516	SMT PHEMT低噪声；放大器，9 GHz至18 GHz	噪声系数：2 dB；增益：20 dB；OIP3：25 dBm；单电源：3 V (65 mA)；50 Ω匹配输入/输出	裸片尺寸：2.52 mm × 1.32 mm × 0.1 mm

产品型号	描述	主要特性	功能与优势
高温产品			
ADG5298	高温(高达210°C)、高压、防闩锁型、8通道多路复用器	防闩锁；JESD78D II类额定值；极低漏电流	工作温度最高可达210°C
ADG798	高温(高达210°C)、低压8通道多路复用器	单/双电源供电：3.3 V和5 V单电源轨和±2.5 V双电源轨；低导通电阻R_{ON}：5 Ω (典型值，210°C)；低功耗：<0.01 μW；保证先开后合式开关动作	工作温度最高可达210°C
ADXRS645	高温、抗振、±2000°/s陀螺仪	高性能、±2000°/s角速率传感器；长寿命：TA = 175°C时保证1000小时；长寿命：TA = 175°C时保证1000小时；创新型陶瓷垂直贴装封装，适合俯仰或滚动速率响应；可在宽频率范围内提供高振动抑制特性；抗冲击能力：10,000 g	高温；抗振； 工作温度最高可达175°C
AD8229	1nV/√Hz低噪声、210°C仪表放大器	低噪声：输入噪声：1 nV/√Hz；输出噪声：45 nV/√Hz； 高CMRR：126 dB (最小值，G = 100)；80 dB (5 kHz，最小值，G = 1)	工作温度最高可达210°C
AD7981	高温、16位、 600 kSPS pulSAR® ADC	16位分辨率、无失码；600 kSPS吞吐速率，无延迟/流水线延迟；信噪比(SNR)：91 dB (典型值，1 kHz输入频率)；总谐波失真(THD)：−102 dB (典型值，1 kHz输入频率)	工作温度最高可达175°C
AD8634	高温、低噪声、轨到轨输出双通道运算放大器	轨到轨输出；低功耗：1.3 mA (最大值)	工作温度最高可达210°C
ADXL206	精密、±5 *g*、双轴、 高温*i*MEMS加速度计	长寿命：TA = 175°C时保证1000小时；分辨率：1 mg (60 Hz)； 低功耗：700 μA (典型值，VS = 5 V)；高零g偏置可重复性； 高灵敏度精度	工作温度最高可达175°C
ADR225	高温、低漂移、2.5 V微功耗基准电压源	高输出电流：10 mA；低供电电流：50 μA (最大值)； 初始精度：±0.4% (±10 mV最大值)；温度系数：8引脚SOIC封装：10 ppm/°C	工作温度最高可达210°C
ADT7312	±1°C精度、16位、裸片形式的175°C数字SPI温度传感器	无需温度校准或校正；无需线性校正；低功耗：1 SPS (每秒采样率)省电模式 正常模式下为880 μW (3.6 V，典型值)；关断模式下为9 μW (3.6 V，典型值)	工作温度最高可达175°C

增强型产品

目前，ADI目录中有100多种增强型产品(EP)产品和600多种采用镍钯金引脚架构的器件。ADI公司继续推出新的EP器件，以支持商用航空市场。ADI公司会一如既往将传统器件改造为实用型EP器件。

- 产品的额定温度范围达到–55至+125°C。
- 引脚表面处理默认为NiPdAu，有些封装采用SnPb。
- EP器件将具有单独的数据手册。
- 受严格控制的生产设施包括一个组装厂、一个测试厂和一个制造厂。

analog.com/media/en/news-marketing-collateral/solutions-bulletins-brochures/EnhancedProducts.pdf

设计资源

雷达和软件无线电Circuits from the Lab®参考电路

- AD-FMCOMMS6-EBZ：它是一款400 MHz至4.4 GHz接收器，采用AD9652双通道16位模数转换器、ADL5566高动态范围RF/IF双通道差分放大器和ADL5380正交解调器。它采用的是一种I和Q解调方法，可直接转换(亦称为零差或零中频)接收器架构—*wiki.analog.com/resources/eval/user-guides/ad-fmcomms6-ebz*
- 它是一款用于高度集成式RF Agile Transceiver™ AD9361的FMC板，展示了如何设计平台并显示如何连接和同步(在RF端)用于SIMO/MISO/SU-MIMO/MU-MIMO应用的多个AD9361。对于许多宽带无线接入(BWA)系统，多输入–多输出(SIMO/MISO/SU-MIMO/MU-MIMO)工作和射频波束合成技术经验证可使吞吐速率和有效频谱利用率达到最大—*wiki.analog.com/resources/eval/user-guides/ad-fmcomms5-ebz*
- MEMS评估系统—*www.analog.com/cn/eval-adis2*
- AD-FMCDAQ2-EBZ评估板—*www.analog.com/cn/eval-ad-fmcdaq2-ebz*
- 更多参考电路请访问：*analog.com/cn/circuits*

技术文章/应用笔记

- 先进技术为新型相控阵雷达架构铺平道路—*analog.com/media/en/technical-documentation/technical-articles/Advanced-Technologies-Pave-the-Way-for-New-Phased-Array-Radar-Architectures.pdf*
- 软件定义无线电解决方案—*www.analog.com/cn/software-defined-radio-solutions-from-adi*

设计工具/论坛

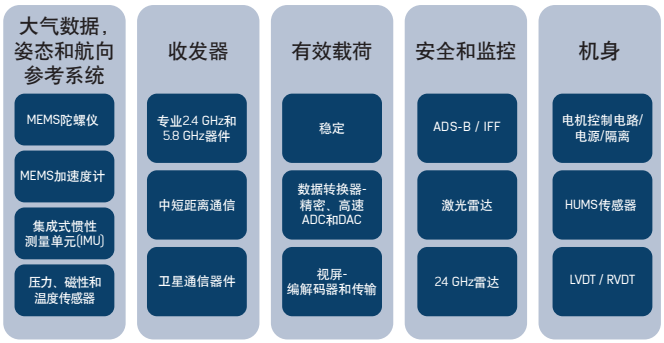
欲了解有关ADI公司雷达应用和产品的更多信息，请访问：*analog.com/cn/applications/markets/aerospace-and-defense/radar.html*

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

ADI民用无人机解决方案

ADI民用无人机概述

ADI拥有一支致力于支持新兴无人系统市场的团队和业务部门。ADI的产品组合覆盖空中、地面和海上无人系统，从小型消费类产品到大型长航时系统。ADI产品组合专注于五个主要领域以支持无人系统业务：



除了以上产品之外，ADI公司丰富的产品组合支持包括控制站、数据采集等众多产品。

主要挑战和系统设计考虑

随着市场的成熟以及无人系统承担更多的载人系统任务，必须考虑可靠性、责任和认证。目前，更高的复杂性、更大的有效载荷和更长的距离推动对成熟的系统设计过程的需求。

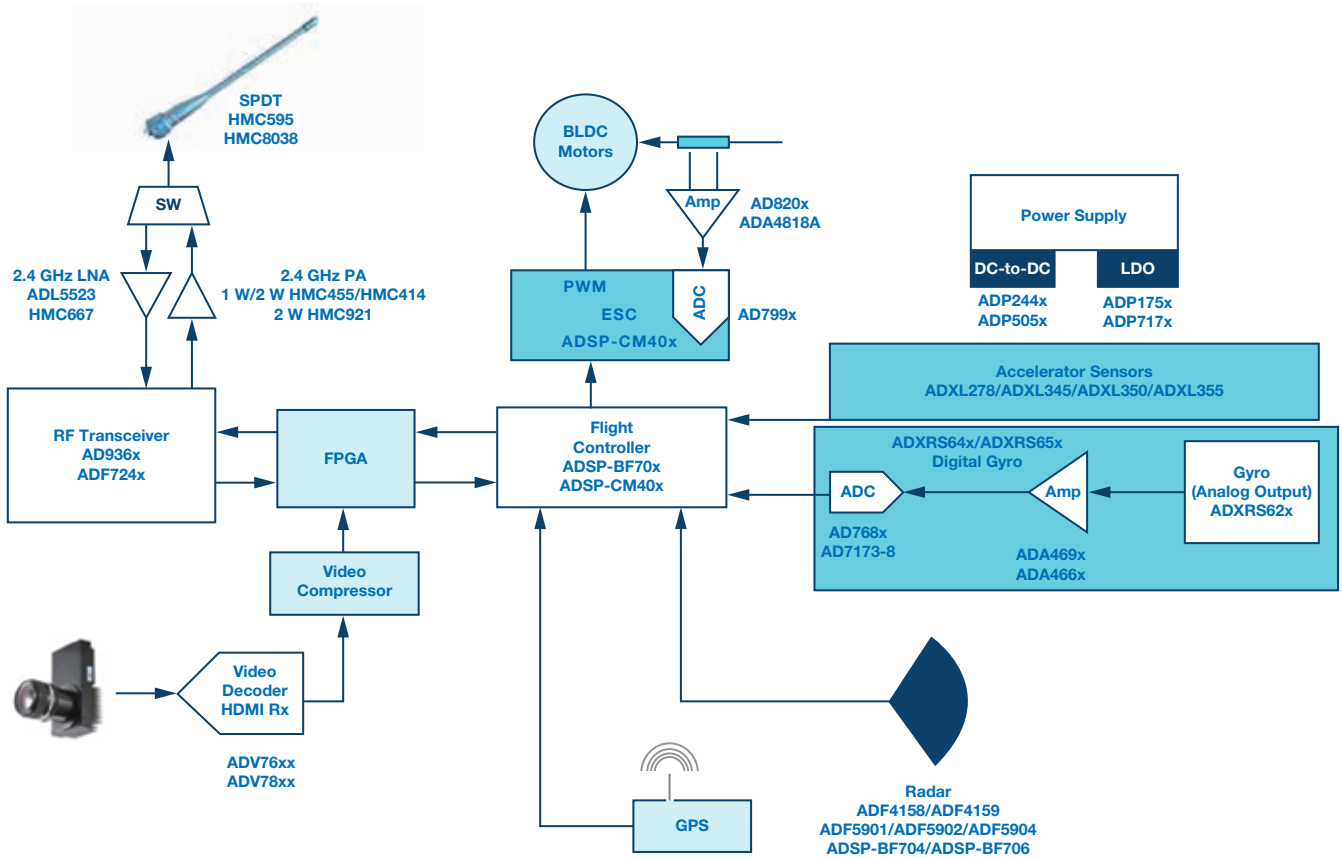
如果需要政府认证，则无人机制造商将会关注DO-178B/C和DO-254等标准。类似考虑因素(ISO 26262)可能发展到涵盖地面无人系统。

ADI在各种行业中的功能安全要求方面具有丰富的经验。目前，航空航天部门正在进行航空认证支持。

为何选择ADI

ADI拥有一支致力于支持全球广阔市场中无人系统开发和生产的团队。我们不断扩大ADI产品的适用性以支持快速发展的市场。我们在ADI用于构建和支持客户的航空电子和无人系统市场方面拥有专业技术。

民用无人机信号链



特色产品

部件编号	描述	主要特性	功能与优势
MEMS			
ADXRS45x	单轴陀螺仪	数字输出、垂直贴装封装、轻松构建正交系统。全温度补偿版本，ADI四核设计具有业界领先的抗振性	平台稳定、航位推算
ADXRS62x	单轴陀螺仪	广泛用于无人市场近10年，在全温度、冲击和振动条件下具有良好的可靠性和可重复性	平台稳定、航位推算
ADXRS64x	单轴陀螺仪	增强型ADXRS62x、引脚和封装与ADXRS62x兼容、卓越的振动抑制性能	平台稳定、航位推算
ADXRS29x	双轴陀螺仪	俯仰和滚动速率响应、超低噪声、高抗振性、集成式HPF和LPF、低相位延迟	平台稳定、航位推算
ADXL278	双轴加速度计	宽测量范围、适用于实现抗振倾角计	平台稳定、航位推算
ADXL345	3轴加速度计	数字输出、良好的全温度可重复性、稳定的抗冲击和抗振动性能、无粘滞问题	平台稳定、航位推算
ADXL350	3轴加速度计	数字输出、低温度系数、良好的全温度可重复性、稳定的抗冲击和抗振动性能、无粘滞问题	平台稳定、航位推算
ADXL203	双轴加速度计	低噪声、高0 *g*偏置稳定性、高灵敏度精度、低温度系数，±1.7 *g*、±5 *g*和±18 *g*选项	平台稳定、航位推算
ADXL326	3轴加速度计	模拟输出、方便信号调理、良好的全温度可重复性、稳定的抗冲击和抗振动性能、无粘滞问题	平台稳定、航位推算
ADIS1644x	6自由度/10自由度IMU	针对定向角估算的单芯片解决方案、全温度校准、出色的跨轴灵敏度、*g*灵敏度和抗振性	平台稳定、航位推算
ADIS16460	6自由度IMU	针对精确的多轴惯性检测器件集成的单芯片解决方案：三轴陀螺仪和三轴加速度计	平台稳定、航位推算
ADIS1648x	6自由度/10自由度IMU	具有最佳运动中偏置稳定性和ARW的单芯片解决方案。全温度校准、出色的跨轴灵敏度、*g*灵敏度和抗振性	平台稳定、航位推算

部件编号	描述	主要特性	功能与优势
处理器/DSP			
ADSP-BF70x	定点DSP	400 MHz Blackfin处理器、136 KB L1 SRAM、最高1 MB L2 SRAM。适合图像处理的DSP指令。超低功耗	飞行控制器、用于室内定位的高性能图像处理(光流)、雷达信号处理
ADSP-BF60x	高性能定点DSP	500 MHz双核Blackfin处理器、2×148 kB L1 SRAM、128 kB/256 kB L2 SRAM、用于目标检测的硬件加速器	设计用于目标检测：支持双眼视觉处理
ADSP-CM40x	混合信号处理器	240 MHz ARM Cortex M4、384 kB SRAM和2 MB Flash存储器、双通道16位SAR型ADC，达到14位精度、2.6 MSPS、集成SINC滤波器	设计用于电机驱动器：支持4个BLDC电机、适合飞行控制器 + 电机控制器
ADUC7021/ ADUC7020	混合信号处理器	多通道12位1 MSPS ADC、12位电压输出DAC、电压比较器、片内调整振荡器(±3%)、62 kB Flash/EE存储器、8 kB SRAM、3相16位PWM发生器、可编程逻辑阵列(PLA)、ARM7TDMI内核	BLDC电机驱动器
模数转换器			
AD7091R-4	12位1 MSPS SAR ADC	超低系统功耗、较小的系统尺寸、集成式可编程通道时序器可简化主机MCU工作量。报警功能可简化硬件电路并改善MCU中断响应时序	电机控制
AD7682/ AD7689	16位、4/8通道、250 kSPS® ADC	16位分辨率、无失码，吞吐速率：250 kSPS 积分非线性(INL)：典型值：±0.4 LSB，最大值：±1.5 LSB (±23 ppm或FSR)，动态范围：93.8 dB，信纳比(SINAD)：92.5 dB (20 kHz)，总谐波失真(THD)：–100 dB (20 kHz)，模拟输入范围：0 V至V_{REF} (V_{REF}可高达V_{DD})	模拟MEMS
放大器			
AD8207	零漂移、高输入共模、双向电流检测放大器	输入失调漂移：1 µV/°C (最大值)，高输入共模电压范围(–4 V至+65 V)共模抑制比(CMRR)：>90 dB (DC至10 kHz)，集成EMI滤波器	非常适合大输入PWM共模电压和大噪声的电机控制中的电流检测
AD8418A	双向、零漂移、电流检测放大器	输入失调漂移：0.4 µV/°C (最大值)、高输入共模电压范围(–2 V至+70 V)共模抑制比(CMRR)：>86 dB (DC至10 kHz)、集成EMI滤波器	非常适合大输入PWM共模电压和大噪声的电机控制中的电流检测
ADA4807	3.1 nV/√Hz、1 mA、180 MHz、RRIO放大器	低噪声、低失真、低输入失调、RRIO、1 mA Iq	低噪声、低THD、快速建立时间非常适合ADC驱动器
AD8605	精密、低噪声、CMOS、RRIO运算放大器	失调电压：65 µV (最大值)，低输入偏置电流：1 pA (最大值) 低噪声：8 nV/√Hz	小直流误差使其适合低信号频率应用
电源			
ADP244x	36 V、1 A同步降压dc-to-dc调节器	宽输入电压范围：4.5 V至36 V，最短导通时间：50 ns 最大负载电流：1 A，高效率：最高可达94% 可调节输出：最低至0.6 V，输出电压精度：±1% 可调开关频率：300 kHz至1 MHz	电源管理
ADP5052	带四通道降压调节器和200 mA LDO调节器的5通道集成式电源解决方案	宽输入电压范围：4.5 V至15 V，输出精度：±1.5% (全温度范围内) 可调开关频率范围：250 kHz至1.4 MHz，通过工厂熔断器提供可调/固定输出选项，电源调节：通道1和通道2：可编程1.2 A/2.5 A/4 A同步降压调节器，集成低端FET驱动器，通道3和通道4：1.2 A同步降压调节器，通道5：200 mA低压差(LDO)调节器 针对小负载要求，5.1 V LDO电源能始终处于激活状态	电源管理
ADP175x	低Vin LDO稳压器	输入电压范围：1.6 V至3.6 V，最大输出电流：1.2 A 低关断电流：<2 µA，极低电压差：70 mV (0.8 A负载) 初始精度：±1%，在整个线路、负载与温度范围内的精度：	电源管理
ADM717x	6.5 V、超低噪声、高PSRR、快速瞬态响应CMOS LDO	输入电压范围：2.3 V 至6.5 V，最大负载电流：可达2 A 低噪声：5 µV rms，与输出电压无关(100 Hz至100 kHz)	电源管理
收发器			
AD80402	2 × 2 RF捷变收发器	集成12位DAC和ADC的RF 2 × 2收发器；频段： 2.4GHz至2.5GHz；支持TDD和FDD操作；可调谐通道带宽：<200 kHz至20MHz；双通道接收器： 6路差分或12路单端输入；出色的接收器灵敏度，噪声系数小于2.5 dB RX增益控制	非常适合在2.4 GHz ISM频段，小尺寸下传输高清视频
AD80403	2 × 2 RF捷变收发器	集成12位DAC和ADC的RF 2 × 2收发器；频段：2.4GHz至2.5GHz和4.9GHz至6GHz；支持TDD和FDD操作；可调谐通道带宽：<200 kHz至40 MHz	非常适合在2.4 GHz和5.8 GHz ISM频段和小尺寸下传输高清视频
AD936x	2 × 2 RF捷变收发器	集成12位DAC和ADC的RF 2 × 2收发器；频段：70MHz至6GHz；支持TDD和FDD操作；可调谐通道带宽：<200 kHz至56 MHz	非常适合无线视频传输和远程控制器，覆盖频段范围较宽
ADF724x	低功耗IEEE 802.15.4/专有GFSK/FSK零中频2.4 GHZ收发器IC	频率范围：2400 MHz至2483.5 MHz，可编程数据速率和调制：兼容IEEE 802.15.4-2006 (250 kbps) GFSK/FSK/GMSK/MSK调制，50 kbps至2000 kbps数据速率，低功耗：接收模式19 mA (典型值)，发射模式21.5 mA (典型值，PO = 3 dBm)，32 kHz晶振唤醒模式1.7 µA	低功耗、无线远程遥控器

[1] 欲了解关于AD80402和AD80403产品的更多信息，请联系ADI公司或代理商。

部件编号	描述	主要特性	功能与优势
PA			
HMC414	InGaP HBT功率放大器 SMT，2.2 GHz至2.8 GHz	增益：20 dB，饱和功率：30 dBm，32% PAE，电源电压：2.75 V至5 V	无线图传
HMC921	GaAs HBT MMIC 2 W功率放大器，0.4 GHz至2.7 GHz	高输出IP3：48 dBm，高输出P1dB：33 dBm，高增益：16 dB (900 MHz)，单电源：5 V，PAE为32% (Pout为33 dBm时)	无线图传
LNA			
ADL5523	400 MHz至4000 MHz低噪声放大器	工作电压范围：400 MHz至4000 MHz，噪声系数：0.8 dB (900 MHz) 采用3 V至5 V单电源供电，增益：21.5 dB (900 MHz) OIP3：34.0 dBm (900 MHz)，P1dB：21.0 dBm (900 MHz)	无线图传
RF开关			
HMC8038	高隔离度、硅SPDT、非反射开关，0.1 GHz至6.0 GHz	非反射式50 Ω设计，高隔离度：60 dB (典型值)，低插入损耗：0.8 dB (典型值)，高功率处理，34 dBm (通过路径)，29 dBm (端接路径) 高线性度，0.1 dB压缩(P0.1dB)：35 dBm (典型值)，输入三阶交调截点(IP3)：60 dBm (典型值)	无线遥控及图传
视频			
ADV7610	低功耗165 MHz HDMI接收器	高清多媒体接口(HDMI®) 支持所有强制性和附加3D视频格式扩展的色度，包括sYCC601、Adobe RGB、Adobe YCC 601和xvYCC扩展颜色范围兼容CEC 1.4；最小化传输差分信号(TMDS)时钟频率：165MHz(最大值)24位输出像素总线	高清视频传输
ADV7511	集成ARC的225 MHz高性能HDMI®发射机	集成HDMI 1.4功能，音频回授通道(ARC)，支持3D视频，225 MHz支持分辨率高达1080p的所有视频格式以12位深色工作，支持全音域元数据包传输，集成CEC缓冲/控制器—已升级至HDMI 1.4，兼容DVI 1.0和HDCP 1.4标准，视频/音频输入接受1.8 V至3.3 V的逻辑电平	高清视频传输
ADV7619	双端口Xpressview 3 GHz HDMI接收器	高清多媒体接口(HDMI)：支持1.4A特性，支持所有强制性和附加3D视频格式，扩展的色度，包括sYCC601、Adobe RGB、Adobe YCC 601和xvYCC扩展颜色范围，兼容CEC 1.4，HDMI 3 GHz接收器：TMDS时钟频率：297 MHz (最大值)，支持4k × 2k分辨率，HDMI端口支持Xpressview快速切换	高清视频传输
ADV7280	10位、4倍过采样SDTV视频解码器，支持去隔行	支持全球NTSC/PAL/SECAM色彩解调，一个10位模数转换器(ADC)，每通道4倍过采样适用于CVBS、Y/C和YPrPb模式，模拟视频输入通道，片内集成抗混叠滤波器，视频输入支持CVBS (复合)、Y/C (S视频)和YPrPb (分量)	视频传输
雷达			
ADF4158	直接调制/波形产生6 GHz小数N分频频率合成器	500 MHz至6000 MHz范围，25位分频器模块，32 MHz最大PFD频率，归一化PN噪底 = -207 dBc/Hz，FSK偏移最高为32 MHz	防撞雷达
ADF5901	24 GHz雷达TX-MMIC	24 GHz VCO + 250 MHz频率范围，2通道24 GHz PA + 8 dBm (典型值)单端输出，24 GHz本振(LO)输出缓冲器	防撞雷达
ADF5904	24 GHz雷达RX-MMIC	4通道24 GHz LNA + RX非I/Q下变频器+ LO缓冲器，Rx通道增益：22 dB，噪声系数(NF)：10 dB，RF信号带宽：250 MHz	防撞雷达
ADAR7251	四通道、16位、连续时间数据采集ADC	宽输入信号带宽：500 kHz (采样速率：1.2 MSPS)，16位分辨率，LNA和PGA，45 dB增益范围，6 dB步长，可选均衡器，支持用于FMCW雷达系统的FSK模式，内部振荡器/PLL输入：16 MHz至54 MHz高速串行数据接口	防撞雷达

设计资源

参考设计和演示板

- 用于24 GHz FMC雷达的ADF5901、ADF5904和ADF4159芯片组评估板—*www.analog.com/cn/eval-radar-mmic*
- ADAR7251评估板—*www.analog.com/cn/eval-adar7251*
- **AD-FMCOMMS5-EBZ**：它是一款用于高度集成式RF Agile Transceiver™ AD9361的FMC板，展示了如何设计平台并显示如何连接和同步(在RF端)适合SIMO/MISO/SU-MIMO/MU-MIMO应用的多个AD9361。对于许多宽带无线接入(BWA)系统，多输入—多输出(SIMO/MISO/SU-MIMO/MU-MIMO)工作和射频波束成形技术经验证可使吞吐速率和有效频谱利用率达到最大—*wiki.analog.com/resources/eval/user-guides/ad-fmcomms5-ebz*

技术文章/应用笔记

- **技术文章**：用于汽车和工业传感器应用的高性能、集成式24 GHz FMCW雷达收发器芯片组—*www.analog.com/en/High-Performance-Integrated-24-GHz-FMCW-Radar-Transceiver-Chipset.pdf*
- 视频—ADI公司MEMS陀螺仪的抗振性。本视频是ADI公司MEMS陀螺仪和同类陀螺仪的对比演示，比较两者对错误输入激励的响应。我们的新款陀螺仪具有高抗振性、抗冲击性和抗线性加速度特性。—*www.analog.com/cn/education/education-library/videos/13495621550001.html*

欲了解有关ADI民用无人机应用和产品的更多信息，请访问：

www.analog.com/en/landing-pages/001/adef-pavillion/unmanned-systems-solution.html

ANALOG DEVICES
超越一切可能™

ADI民用雷达解决方案

民用雷达应用简介

雷达广泛用于民用应用，从执法部门实施的汽车系统和速度监控到空中交通管制、天气和海上监控。雷达发射无线电波，然后通过其路径中的物体反射。雷达接收机处理这些反射波以确定物体的范围、角度或速度。例如，海上雷达可测量船舶方位和距离以防碰撞并进行船舶导航。在港口或海湾处，船舶交通服务雷达系统用于监控和调节繁忙水域中的船舶运动。配合飞机应答机系统一起使用的类似民用空中交通管制雷达确定相似特性，以确保飞机之间保持安全距离并协调飞行路径。

主要挑战和系统设计考虑

远程监控雷达，如空中交通管制、天气和海上雷达，除了需要高可靠性之外，还需要长距离能力以及良好的分辨率。凭借更大的距离和分辨率，可使得雷达在更远的距离处检测较小物体。虽然天线增益、频率等特性会影响雷达距离性能，但距离与发射功率成正比。同样，在所需距离范围内实现所需的物体分辨率与雷达信号带宽成比例。脉冲压缩等技术可缓解一些压力，但高功效放大器和宽带信号处理是这些应用的关键要求。

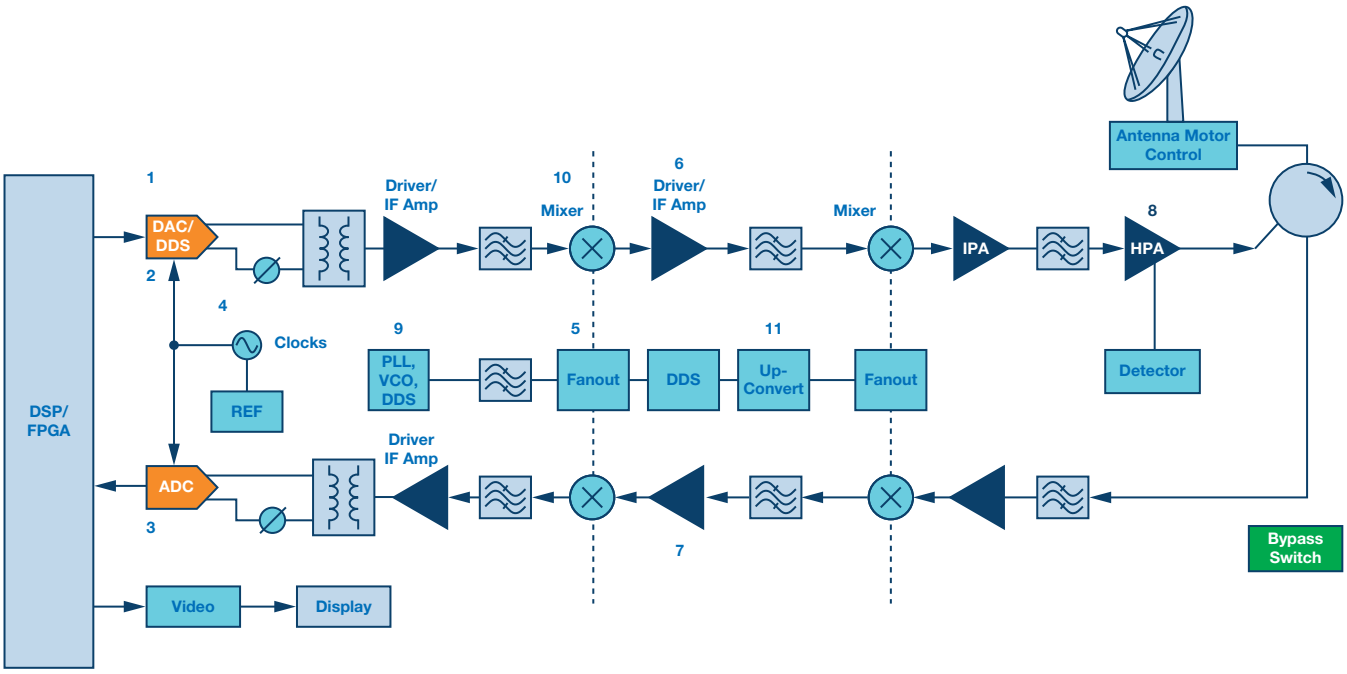
为何选择ADI

- ADI种类齐全的产品组合提供用于各种民用雷达系统的完整RF至比特流解决方案。
- ADI支持客户实现最高水平的系统性能，同时缩减尺寸、重量、功耗、系统成本和开发时间。
- 50多年来，ADI公司对性能、可靠性和可持续性的不懈追求使其成为雷达领域的首选供应商。

雷达信号链

经典雷达信号链(超外差架构)

下面是采用超外差架构并具有双混频级的经典雷达信号链，从而首先减少IF数据，然后减少基带数据。

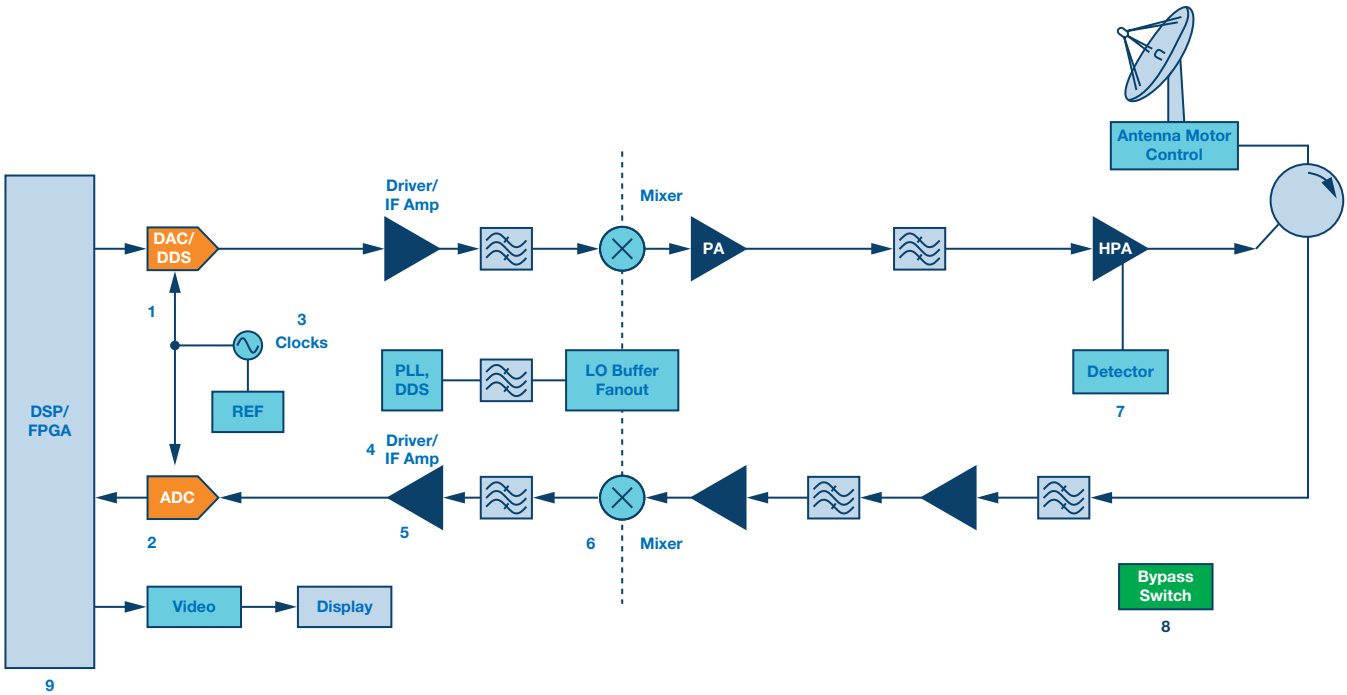


频段	1. 数模转换器	2. 直接数字合频率成器	3. 模数转换器	4. 时钟	5. 扇出	6. 驱动器/IF放大器	7. 低噪声放大器	8. 功率放大器	9. 集成VCO的PLL	10. 混频器	11. 倍频器
L	AD9129/ AD9739	AD9914/ AD9915	AD9652/ AD9656	AD9525/ HMC1031/ HMC1032/ HMC1033/ HMC1034/ HMC1035	ADCLK944/ HMC744	ADL5565/ ADL5566/ ADL5610/ ADL5611	HMC772/ HMC460/ HMC516	HMC559/ HMC797A/ HMC1114	HMC830/ HMC831/ HMC832/ HMC833/ ADF5355	ADL5353/ HMC1056	HMC443
X	AD9136/ AD9144/ AD9154	AD9914/ AD9915	AD9691/ AD9625/ AD9680	HMC7044/ AD9517	ADCLK925/ ADCLK944/ ADCLK950/ HMC987	ADL5324/ ADL5565/ ADL5566	HMC-ALH444/ HMC-C059/ HMC1049LP5E/ HMC564LC4/ HMC903LP3E	HMC487/ HMC7149/ HMC590LP5	ADF5355/ ADF41020/ ADF4169	ADL5802/ ADL5367/ HMC412B	HMC444/ HMC443/

新一代雷达信号链(更高的IF采样)

更高的IF采样系统架构现在只需使用最新的器件组进行一种频率转换即切实可行，而超外差接收机则必须执行多种频率转换。单一频率转换降低了接收机复杂度和所需的转换级数，进而可减小尺寸、降低功耗，因而十分有利。对于新一代L和S波段雷达，可使用本节中建议的一系列器件实现RF采样系统或直接转换架构。

以下是采用单级频率转换的新一代雷达信号链示例。

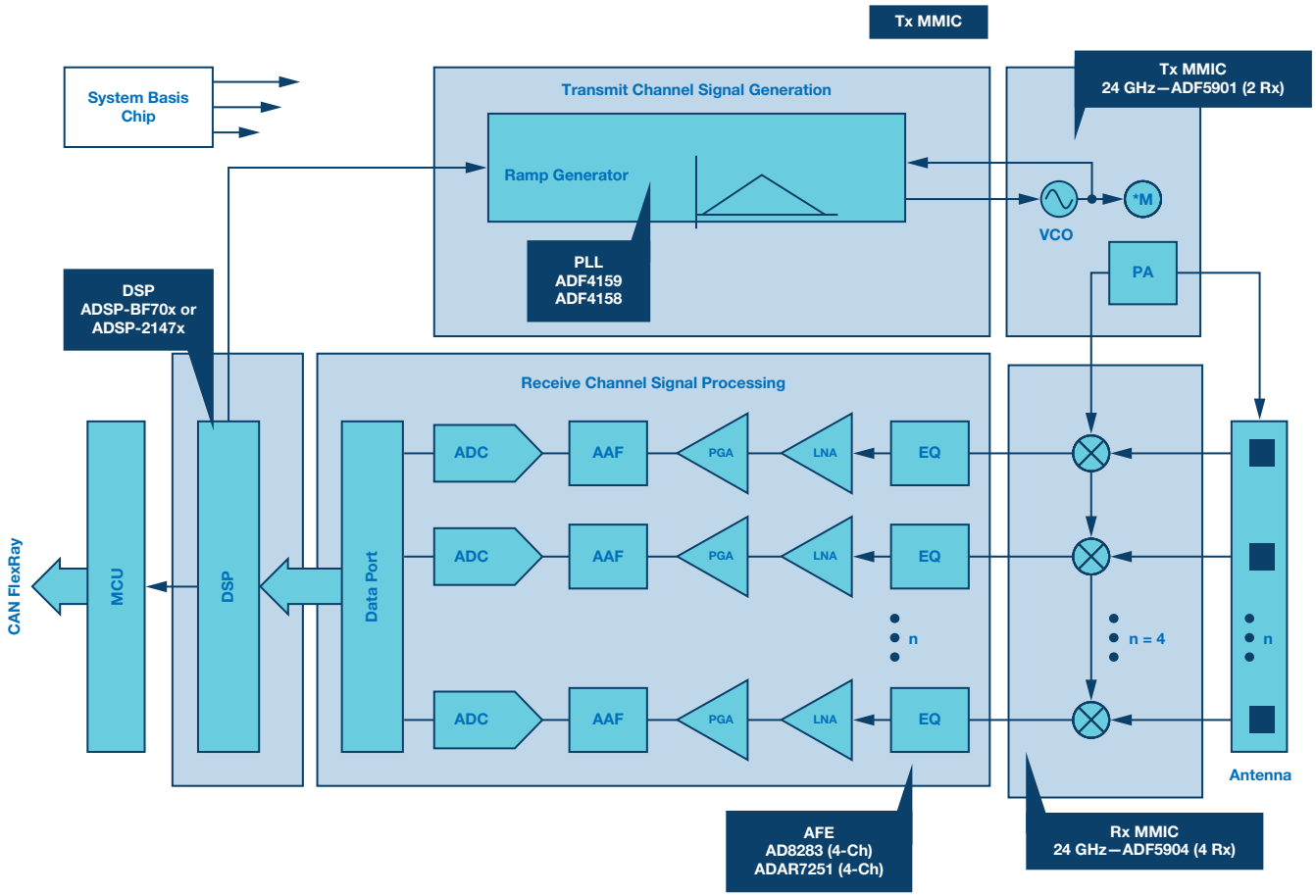


频段	1. RF捷变收发器	2. 模数转换器	3. 时钟	4. 数字增益放大器	5. 采样保持放大器	6. 混频器	7. 检波器	8. 开关	9. DSP
X	AD9361/ AD9364	AD9691/ AD9625/ AD9680	HMC7044/ AD9517	ADA4961/ HMC694LP4/ ADL5330	HMC661/ HMC1061/ HMC760/	ADL5367/ HMC558A/ ADL5802/ ADL5367/ HMC412B	ADL6010/ HMC1094/ HMC1013	HMC232A/ HMC986A/ ADGM1304	ADSP-SC589

24 GHz频率调制连续波(FMCW)雷达

雷达最重要的特性是耐天气和光照条件的稳定性。ADI提供适用于24 GHz雷达系统的高性能芯片组，为汽车高级驾驶员辅助系统(ADAS)、无人飞行器(UAV)防撞保护和其它工业应用的理想解决方案。该集成式芯片组为雷达设计人员提供至少两倍的灵敏度提升，以及多达1.5倍的检测范围提升。与分立设计相比，ADI 24 GHz FMCW雷达芯片组功耗更低、空间更小。

以下是24 GHz FMCW雷达芯片组原理图：



RF MMICs	PLLs	AFE	DSP
ADF5901/ADF5904	ADF4158/ADF4159	AD8283/ADAR7251	ADSP-BF70x/ADSP-2147x

特色产品

产品型号	描述	主要特性和优势	ECCN编号 (出口管制类别编号)
DACs			
AD9739	14位、2.5 GSPS、RF数模转换器	直接RF频率合成(2.5 GSPS更新速率)，双端口LVDS数据接口，业界领先的单/多载波IF或RF合成，能合成第一或第二奈奎斯特区内的高质量宽带信号，带宽最高可达1.25 GHz	3A001.a.5.b.2.b
AD9129	11/14位、5.7 GSPS、RF数模转换器	DAC更新速率：最高达5.7 GSPS，直接RF频率合成(2.85 GSPS数据速率)，高动态范围和信号重建带宽支持高达4.2 GHz的RF信号频率合成	EAR99/3A001.a.5.b.2.b
IF放大器			
ADL5565	6 GHz超高动态范围差分放大器	–3 dB带宽：4.5 GHz (AV = 16 dB)，固定16 dB增益，通道间增益误差：0.1 dB (100 MHz)，通道间相位误差：0.06 (100 MHz)，差分或单端输入转差分输出	EAR99
混频器			
HMC773A	GaAs MMIC基波混频器，6 GHz至26 GHz	无源：无需直流偏置，输入IP3：22 dBm，LO/RF隔离：38 dB，宽IF带宽：dc至8 GHz	EAR99

产品型号	描述	主要特性和优势	ECCN编号 (出口管制类别编号)
功率放大器			
HMC559	GaAs PHEMT MMIC功率放大器， dc至20 GHz	P1dB输出功率：28 dBm，增益：14 dB，输出IP3：36 dBm， 电源电压：10 V (400 mA)，50 Ω匹配输入/输出	EAR99
HMC7149	10 W GaN MMIC功率放大器， 6 GHz 至18 GHz	高P_{SAT}：40 dBm，P_{SAT}下功率增益：+10 dB，高输出IP3：39.5 dBm， 小信号增益： 20 dB	3A001.b.2.c
HMC797A	GaAs pHEMT MMIC 1 W功率放大器，dc至22 GHz	高P1dB输出功率：28 dBm，高P_{SAT}输出功率：29.5 dBm， 高增益：13.5 dB，高输出IP3：39 dBm，电源电压：+10 V (400 mA)，50 Ω匹配输入/输出	EAR99
时钟发生器			
AD9525	低抖动时钟发生器提供八个LVPECL输出	集成超低噪声频率合成器，8路差分3.6 GHz LVPECL输出和1路 LVPECL SYNC输出或2路CMOS SYNC输出，2路差分参考输入和1路 单端参考输入	EAR99
HMC1034	集成小数N分频PLL和VCO、 125 MHz至3000 MHz时钟发生器	频率范围：125 MHz至3000 MHz，78 fs rms抖动产生(典型值)， –165 dBc/Hz相位噪底，鉴相器最高速率：100 MHz，品质因数 (FOM)–227 dBc/Hz，24位步长，分辨率3 Hz (典型值)	EAR99
DDSs			
AD9914	3.5 GSPS直接数字频率合成器， 内置12位DAC	3.5 GSPS内部时钟速度，集成12位DAC，频率调谐分辨率：190 pHz， 16位相位调谐分辨率，12位幅度调整，可编程模数，自动线性和 非线性频率扫描能力，32位并行数据路径接口，8种频率/相位偏 移形式，相位噪声：–128 dBc/Hz (1396 MHz时偏移频率为1 kHz)， 宽带SFDR < –50 dBc，串行或并行I/O控制	3A001.a.13.b
PLLs+VCOs			
ADF5355	集成VCO的微波宽带频率合成器	RF输出频率范围：54 MHz至13600 MHz，小数N分频频率合成器 和整数N分频频率合成器，高分辨率38位模数，工作频率高达 125 MHz的鉴频鉴相器(PFD)，参考频率达600 MHz	5A991.b
HMC830	集成VCO的小数N分频PLL， 频率范围为25 MHz 至3000 MHz	RF带宽：25 MHz至3000 MHz，鉴相器最高速率：100 MHz，超低相 位噪声：–110 dBc/Hz (带内典型值)，品质因数(FOM) –227 dBc/Hz	5A991.b
双重			
HMC443	SMT GaAs HBT MMIC ×4有源倍频器， 9.8 GHz至11.2 GHz输出	输出功率：4 dBm，次谐波抑制：大于25 dBc，SSB相位噪声： –142 dBc/Hz，单电源：5 V (52 mA)	EAR99
功率检波器			
ADL6010	快速响应、45 dB范围、0.5 GHz至43.5 GHz 包络检波器	具有线性度的肖特基二极管检波器，宽带50 Ω输入阻抗，具有最 小斜率变化的精确响应范围：0.5 GHz至43.5 GHz	5A991.b
HMC1013	连续检波对数视频放大器(SDLVA)， 0.5 GHz 至18.5 GHz	高对数范围：67 dB (–62至+5 dBm)，输出频率平坦度：±2 dB， 对数线性度：±2 dB，快速上升/下降时间：5 ns/15 ns，单正电 源：3.3 V	EAR99
模数转换器			
AD9652	16位、310 MSPS、3.3 V/1.8 V双通道模数 转换器(ADC)	高动态范围，信噪比(SNR)：75.0 dBFS (70 MHz，A_{IN} = –1 dBFS)， 无杂散动态范围(SFDR)：87 dBc (70 MHz，A_{IN} = –1 dBFS)，噪声频 谱(NSD) = –156.7 dBFS/Hz输入噪声(–1 dBFS、70 MHz)， NSD = –157.6 dBFS/Hz (小信号)，–7dBFS (70 MHz时)	3A001.a.5.a.5
AD9625	12位、2.6 GSPS/2.5 GSPS/2.0 GSPS、 1.3 V/2.5 V模数转换器	12位、2.5 GSPS无失码ADC，SFDR = 79 dBc、A_{IN}最高为1 GHz (–1 dBFS，2.5 GSPS)，SFDR = 77 dBc、A_{IN}最高为1.8 GHz (–1 dBFS， 2.5 GSPS)，SNR = 57.6 dBFS、A_{IN}最高为1 GHz (–1 dBFS，2.5 GSPS)， SNR = 57 dBFS、A_{IN}最高为1.8 GHz (–1 dBFS，2.5 GSPS)，噪声频谱 密度 = –149.5 dBFS/Hz (2.5 GSPS)，差分模拟输入：1.2 V p-p	3A001.a.5.a.3
跟踪保持放大器			
HMC661	超宽带4 GSPS采样保持放大器， dc至18 GHz	18 GHz输入带宽(1 V p-p满量程)，最大采样速率：4 GSPS， 68 dB SFDR (4 GHz/0.5 V p-p输入，CLK = 1 GSPS)，57 dB SFDR (4 GHz/1 Vp-p输入，CLK = 1 GSPS)，直接耦合I/O，超干净输出波 形，最小毛刺，保持模式馈通抑制：> 60 dB，保持模式输出噪 声：1.05 mV rms，提供单列/双列评估板	EAR99
HMC1061	DC至18 GHz、超宽带、双列4 GSPS采样 保持放大器	18 GHz输入带宽(1 V p-p满量程)，最大采样速率：4 GSPS， 67 dB SFDR (4 GHz/0.5 V p-p输入，CLK = 1 GSPS)，56 dB SFDR (4 GHz/1 V p-p输入，CLK = GSPS)，直接耦合I/O，超干净输出波 形，最小毛刺，保持模式馈通抑制：> 65 dB，保持模式输出噪 声：1.5 mV rms	EAR99
低噪声放大器			
HMC460	GaAs pHEMT MMIC低噪声放大器， dc至20 GHz	噪声系数：2.5 dB (10 GHz)，增益：14 dB (10 GHz)，P1dB输出功 率：+16.5 dBm (10 GHz)，电源电压：8 V (75 mA)，50 Ω匹配输入/ 输出	EAR99
HMC516	SMT PHEMT低噪声放大器， 9 GHz 至18 GHz	噪声系数：2 dB，增益：20 dB，OIP3：25 dBm， 单电源：3 V (65 mA)，50 Ω匹配输入/输出	EAR99

产品型号	描述	主要特性和优势	ECCN编号 (出口管制类别编号)
开关			
HMC232A	GaAs MMIC SPDT非反射式开关， dc至12 GHz	隔离：60 dB (3 GHz)，52 dB (6 GHz)，输入P1dB：27 dBm， 插入损耗：1.5 dB (典型值，6 GHz)，非反射式设计	EAR99
HMC986A	GaAs MMIC反射式SPDT开关， 0.1 GHz至50 GHz	宽带性能：0.1至50 GHz，低插入损耗：1.9 dB (40 GHz)， 高隔离度：31 dB (40 GHz)，较快的开关速度 10 ns	EAR99
PLL			
ADF4158	直接调制/波形产生6 GHz小数N分频频率合成器	500 MHz至6000 MHz范围，25位分频器模块，32 MHz PFD最大频率，归一化PN噪底 = –207dBc/Hz，FSK偏移最高为32 MHz	5A991.b
ADF4159	内置可选波形/扫描生成功能的13 GHz小数N分频PLL	500 MHz至13 GHz范围，25位分频器模块，110 MHz最大PFD频率， 归一化相位噪底 = –224 dBc/Hz，FSK、PSK和FMCW调	5A991.b
AFE			
ADAR7251	四通道、16位、连续时间数据采集ADC	宽输入信号带宽： 500 kHz (采样速率：1.2 MSPS)，16位分辨率，LNA和PGA，45 dB增益范围，6 dB步长，可选均衡器， 支持用于FMCW雷达系统的FSK模式，内部振荡器/PLL输入： 16 MHz至54 MHz高速串行数据接口	EAR99
AD8283	6通道LNA/PGA/AAF，集成ADC	6个LNA、PGA、AAF通道，1个直接连接ADC的通道，低功耗：每个通道170 mW (12位、80 MSPS时)	EAR99
RF MMIC			
ADF5901	24 GHz雷达TX-MMIC	24 GHz VCO + 250 MHz频率范围，2通道24 GHz PA + 8 dBm (典型值)， 单端输出，24 GHz本振(LO)输出缓冲器	EAR99
ADF5904	24 GHz雷达RX-MMIC	4通道24 GHz LNA + RX非I/Q下变频器+ LO缓冲器，Rx通道增益： 22 dB，噪声系数(NF)：10 dB，RF信号带宽：250 MHz	EAR99
DSP			
ADSP-BF70x	定点DSP	400MHz blackfin处理器，136 kB L1 SRAM，最高1 MB L2 SRAM， 超低功耗	5A992.c
ADSP-2147x	浮点DSP	200 MHz、266 MHz，2 Mb、3 Mb、5 Mb内部L1 SRAM，低功耗	3A991.a.2
ADSP-SC589	ARM + 浮点DSP	ARM coretex A5 + 双通道SHARC+ 在450 MHz工作频率下运行的内核，FFT/FIR/IIR硬件加速器，相比内核快5倍，1280 kB L1 SRAM + 256 kB L2 SRAM，低功耗	5A992.c

*ECCN编号：

3A001	需要出口许可证
3A991	可能需要最终使用应用信息
5A991	可能需要最终使用应用信息
EAR99	无需出口许可证

设计资源

雷达Circuits from the Lab®参考设计

- **AD-FMCOMMS6-EBZ**—*https://wiki.analog.com/resources/eval/user-guides/ad-fmcomms6-ebz*
- **AD-FMCOMMS5-EBZ**—*https://wiki.analog.com/resources/eval/user-guides/ad-fmcomms5-ebz*
- **更多实验室电路请访问：** *www.analog.com/cn/circuits*

技术文章/应用笔记

- **技术文章：**MT-085，直接数字频率合成的基本原理—*www.analog.com/cn/training-seminars/tutorials/MT-085.pdf*
- **应用笔记：**AN-1039，校正IQ调制器的缺陷以改善RF信号保真度—*www.analog.com/cn/AN-1039.pdf*
- **在线研讨会：**雷达系统应用相关技术和解决方案—*www.analog.com/cn/technologies-solutions-for-radar-system-applications.html*
- **手册：**RF和微波IC选型指南2015—*www.analog.com/cn/rf-and-microwave-ics-selection-guide.pdf*
- **技术文章：**用于汽车和工业传感器应用的高性能、集成式24 GHz FMCW雷达收发器芯片组—*www.analog.com/en/High-Performance-Integrated-24-GHz-FMCW-Radar-Transceiver-Chipset.pdf*

设计工具/论坛

- **ADIsimPE由SIMetrix/SIMPLIS驱动**—*www.analog.com/cn/adisimpe.html*
- **VisualAnalog®：**转换器评估工具—*www.analog.com/cn/visualanalog.html*
- **ADIsimRF™：**RF信号链计算工具—*https://form.analog.com/Form_Pages/RFComms/ADISimRF.aspx*
- **ADIsimCLK™：**时钟设计和开发工具—*www.analog.com/cn/adisimclk.html*
- **ADIsimPLL™：**PLL产品的评估工具—*https://form.analog.com/Form_Pages/RFComms/ADISimPll.aspx*
- **出口和进口分类信息**—*www.analog.com/cn/view-export-classification.html*

欲查看ADI雷达的相关应用和产品信息，请访问：

www.analog.com/cn/applications/markets/aerospace-and-defense/radar.html

ANALOG DEVICES
超 越 一 切 可 能 ™

ADI公司混合动力汽车(HEV)/电动汽车(EV)锂电池管理解决方案

应用描述

由于锂电池在混合动力汽车和纯电动汽车领域的出色电能和功率特性，汽车行业目前普遍采用锂电池作为新能源汽车的解决方案。对于插电式混合动力或纯电动汽车，通常需要几百伏电压的电池组，锂电池正是理想之选。

尽管电池组尺寸不同，但各种锂电池动力系统在以下几方面具有类似的要求：具备监控功能；在苛刻的环境下能够保持良好的性能；提供可靠、安全的电量管理；降低系统的整体成本。

系统需求与设计挑战

为了最大限度的利用锂电池的电能，并且充分保证使用寿命，必须引入复杂的电池监控电路。这些电子电路能够监控电池单元的电压与温度，监控由多个电池单元串联而成的电池组的电压与电流，平衡电池单元之间的电压，并跨越势垒传输数据信号，其目的在于确保电池在驱动和充电时高效、安全地工作，并能延长电池的使用时间。

在高共模电压和高达数百安培开关瞬变的情况下，电池管理系统(BMS)必须对不同的电池单元进行精确的测量。系统的精度必须达到mV级，采样必须在严格的延迟时间范围内保持同步。采样速度和精度都会影响整个系统的效率。

可靠性是关键要求之一。系统必须提供安全机制，以便检测电池单元、电缆、监控电路和通信总线等的故障。数据保护机制也有助于进行错误检测。随着对功能安全的重视，系统渐渐要满足功能安全的需求。

系统还要求BMS具备较低功耗以减少对电池电量的消耗，同时避免加剧电池不平衡，所以监控器IC和隔离电路的功耗应尽可能低。而且未来趋势是需要主动平衡方案。

ADI公司的解决方案

ADI公司是全球领先的信号处理和高性能模拟技术供应商，以品质卓越、稳定可靠而著称，同时与全球领先的汽车电子厂商拥有良好的合作关系。因此，完全具备深厚的技术实力和系统知识提供优化的解决方案，满足这些具有挑战性的BMS需求。

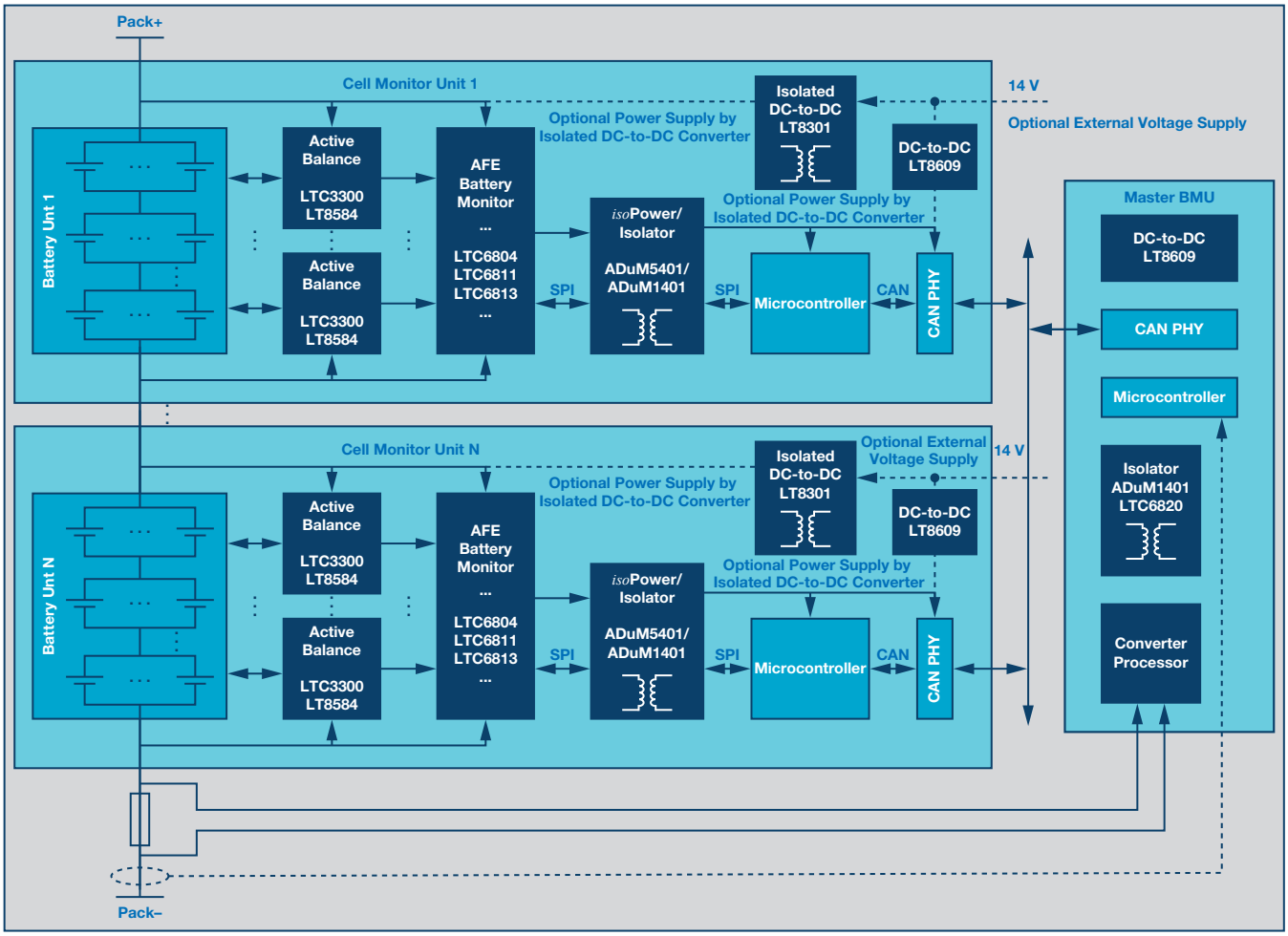
自2008年起，ADI(LTC)锂电池监控IC产品已经发展到第四代。安全性，精度和功能已经不断提高，始终是业界最佳选择。

ADI公司的最新的第四代锂电池主监控IC产品LTC6811分别能够对12个通道的电压和温度进行监测(未来产品提供更灵活的通道数)，极限精度优于1.2 mV。多个LTC6811可采用菊花链连接。该IC提供业界最快的转换速度和最佳数据保护。可在290 µs内检测12个通道的数据。此外，IC还提供被动式电池单元平衡控制功能。

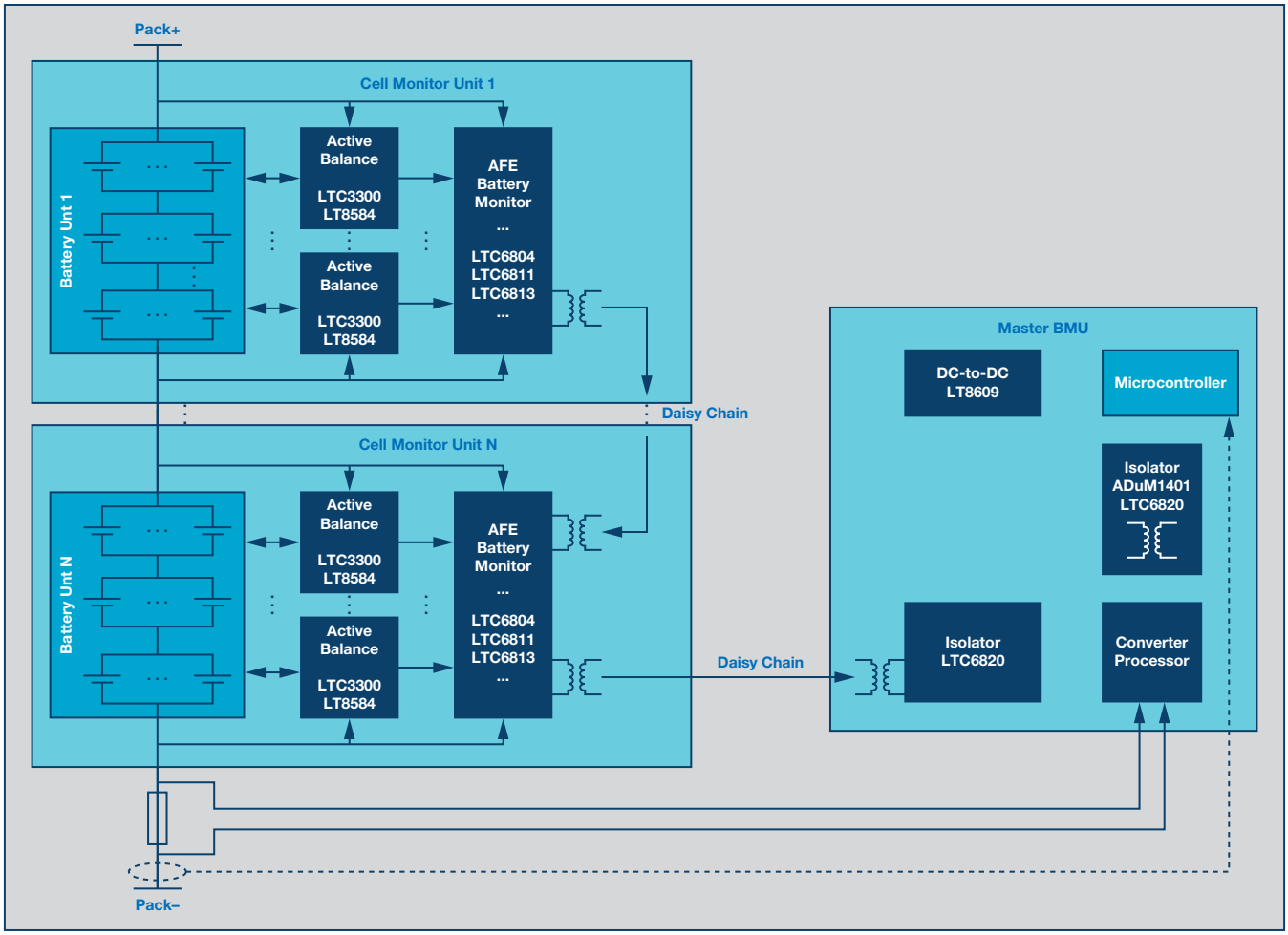
ADI公司的隔离式产品

ADI公司的数字隔离器*i*Coupler®为汽车应用而优化，可在高数据速率下实现最低功耗。其封装尺寸小、通道选项多，因此，它所需组件量和占用电路板面积都最小；此外，该系列在整个使用周期内提供其高可靠性和质量保证。该系列被广泛用做高电压电路与低电压电路之间的SPI/GPIO/时钟隔离器。*iso*Power®是ADI公司独特的集成电源数字隔离器解决方案，它提供隔离电源和多通道数字隔离功能；与分立式dc至dc隔离器加数字隔离器的方案相比，*iso*Power的成本更低、占用面积更小。ADI公司提供多样的集成方案，产品种类仍在不断扩展。

两个推荐的BMS解决方案框图：



隔离 SPI 架构


Pack+
Cell Monitor Unit 1
Battery Unt 1
Active Balance
LTC3300 LT8584
Active Balance
LTC3300 LT8584
AFE Battery Monitor
...
LTC6804 LTC6811 LTC6813
...
Daisy Chain
Cell Monitor Unit N
Battery Unt N
Active Balance
LTC3300 LT8584
Active Balance
LTC3300 LT8584
AFE Battery Monitor
...
LTC6804 LTC6811 LTC6813
...
Daisy Chain
Master BMU
DC-to-DC LT8609
Microcontroller
Isolator ADuM1401 LTC6820
Isolator LTC6820
Converter Processor
Pack–

菊花链架构

产品型号	描述	优势和特点
AFE电池监控器		
LTC6811	多节电池的电池组监视器	▶ LTC6804的引脚兼容型升级器件 ▶ 可测量多达12节串联电池 ▶ 1.2 mV最大总测量误差 ▶ 可堆叠式架构能支持几百个电池 ▶ 内置isoSPI™接口 • 1 MB隔离式串行通信 • 采用单根双绞线，长达100米 • 低EMI敏感度和辐射 ▶ 可在290 µs内完成系统中所有电池的测量 ▶ 同步的电压和电流测量 ▶ 具可编程三阶噪声滤波器的16位Σ-Δ ADC ▶ 针对符合ISO 26262标准的系统而进行设计 ▶ 采用可编程定时器的被动电池电荷平衡 ▶ 5 个通用的数字I/O或模拟输入 • 温度或其他传感器输入 • 可配置为一个I²C或SPI主控器 ▶ 4 µA睡眠模式电源电流 ▶ 48引脚SSOP封装
LTC6813	多节电池的电池组监视器	▶ 可测量多达18个串联电池的电压 ▶ 2.2 mV最大总测量误差 ▶ 可堆叠式架构能支持几百个电池 ▶ 内置isoSPI™接口： • 1 MB隔离式串行通信 • 采用单根双绞线，长达100米 • 低EMI敏感度和辐射 • 双向运作用于提供导线断裂保护 ▶ 可在290 µs之内完成系统中所有电池的测量 ▶ 同步的电压和电流测量 ▶ 具可编程三阶噪声滤波器的16位增量-累加(Σ-Δ)型ADC ▶ 专门针对符合ISO 26262标准的系统而设计 ▶ 采用可编程脉宽调制的被动电池平衡高达200 mA(最大值) ▶ 9个通用的数字I/O或模拟输入 ▶ 温度或其他传感器输入 ▶ 可配置为一个I²C或SPI主控器 ▶ 6 µA睡眠模式电源电流 ▶ 64引脚eLQFP封装
有源平衡		
LTC3300	高效率双向多节电池的电池组平衡器	▶ 可实现多达6节串联锂离子或磷酸铁锂(LiFePO)电池的双向同步反激式平衡 ▶ 高达 10A 的平衡电流(由外部组件设定) ▶ 与 LTC680x 系列的多节电池组监视器无缝集成 ▶ 双向架构最大限度地减少了平衡时间和耗散功率 ▶ 电荷转移效率高达92% ▶ 可堆迭式架构可用于 >1000V的系统 ▶ 使用简单的双绕组变压器 ▶ 1 MHz可菊链式串行接口带有4位CRC包错误检查 ▶ 高噪声裕度串行通信 ▶ 众多的故障保护功能 ▶ 48引脚带裸露衬垫QFN封装和LQFP封装
LT8584	具遥测接口的2.5 A单片式主动电池电荷平衡器	▶ 2.5 A典型平均电池放电电流 ▶ 集成型6 A、50 V电源开关 ▶ 与LTC680x系列实现了无缝整合：无需额外的软件 ▶ 可选的电流和温度监视器 ▶ 在停机模式中具有超低的静态电流 ▶ 专门针对符合ISO 26262标准的系统而进行工程设计 ▶ 隔离式平衡 • 能够将电荷回送至电池组顶端 • 能够将电荷回送至电池组中的任何电池组合 • 能够将电荷回送至12 V电池以替代交流发电机 ▶ 可并联以实现更强的放电能力 ▶ 操作中的所有静态电流均取自局部电池 ▶ 16引脚TSSOP封装

产品型号	描述	优势和特点
isoSPI		
LTC6820	isoSPI隔离式通信接口	▶ 1 Mbps隔离式SPI数据通信 ▶ 可采用标准变压器实现简单的电流隔离 ▶ 采用单根双绞线的双向接口 ▶ 支持长达100米的电线 ▶ 非常低的EMI敏感度和辐射 ▶ 可针对高抗噪性或低功耗进行配置 ▶ 针对符合ISO 26262标准的系统进行设计 ▶ 在大多数SPI系统中无需进行软件变更 ▶ 超低(2 µA)的无工作电流 ▶ 自动唤醒检测 ▶ 工作温度范围：–40°C至125°C ▶ 2.7 V至5.5 V电源 ▶ 可连接至所有电压范围为1.7 V至5.5 V的逻辑电源 ▶ 采用16引脚QFN封装和MSOP封装
Isolator		
ADuM1401	四通道数字隔离器(3/1通道方向性)	▶ 汽车应用版本已通过AEC-Q100认证 ▶ 低功耗工作 ▶ 双向通信 ▶ 3 V/5 V电平转换 ▶ 工作温度最高可达：125°C ▶ 高数据速率：dc至90 Mbps (NRZ) ▶ 精密时序特性 ▶ 高共模瞬变抗扰度：>25 kV/µs ▶ 欲了解更多特性，请参考数据手册
***iso*Power**		
ADuM5401	集成DC至DC转换器的四通道隔离器(3/1通道方向性)	▶ 欲了解AEC-Q100汽车应用级器件，请查看ADuM540xW数据手册 ▶ 集成*iso*Power的隔离式DC至DC转换器 ▶ 3.3 V或5.0 V调节输出 ▶ 最高500 mW输出功率 ▶ 四个DC-25 Mbps(NRZ)信号隔离通道 ▶ 施密特触发器输入 ▶ 16引脚SOIC封装，爬电距离大于8.0 mm ▶ 工作温度最高可达105°C
ISO-CAN		
ADM3054	5 kV rms信号隔离高速CAN收发器，集成总线保护	▶ 5 kV rms信号隔离式CAN收发器 ▶ 工作电压(V_{DD1})：5 V或3.3 V ▶ 工作电压(V_{DD2})：5 V ▶ $V_{DD2SENSE}$ 用于检测 V_{DD2}是否失电 ▶ 符合ISO 11898标准 ▶ 数据速率可高达1 Mbps ▶ CANH和CANL集成有短路保护功能，防止短接到24 V系统中的电源或地 ▶ 无电节点不干扰总线 ▶ 总线支持110个或更多节点 ▶ 热关断保护 ▶ 高共模瞬变抗扰度：>25 kV/µs ▶ 安全和法规认证 • UL认证 ○ 1分钟5000 V rms，符合UL 1577 • 符合VDE标准证书 ○ DIN V VDE V 0884-10 (VDE V 0884-10)：2006-12 ○ V_{IORM} = 846 V峰值 ▶ 工业温度范围：–40°C至+125°C ▶ 16引脚宽体SOIC封装 ▶ 通过汽车应用认证

ANALOG DEVICES
超 越 一 切 可 能 ™

ADI座舱电子解决方案

应用描述

座舱电子解决方案主要包括主机、音频功放、音频总线等。

其中，主机系统集音/视频播放、导航、驾驶员辅助和车载通信等多种功能于一体，旨在给驾乘人员带来舒适、便利的驾乘体验。系统的典型功能包括FM/AM/数字/卫星广播、CD/DVD播放、多媒体外设接入、后座娱乐、导航、摄像头集成、手势识别、语音识别、蓝牙连接和无线通信连接等。

独立的音频功放接驳多通道扬声器，在车内营造各种音效环境，提供高保真的音频享受。系统的典型功能包括强大的音效处理、车厢内主动降噪以及引擎声效模拟。

音频总线用于传输主机、功放、主动降噪模块、及麦克风/麦克风阵列等模块间的音频和控制信号。

系统要求和设计挑战

除基本的音/视频播放功能以外，现代车载娱乐系统对音/视频性能、连接性能、人机接口、操作便利性以及功耗提出了更高的要求。系统引入了更多更高效的数字信号处理技术，集成了更先进的音频算法，以改善声学体验或补偿驾驶舱的声学响应。

ADI公司解决方案

作为领先的高性能信号处理企业之一，基于多年的汽车电子经验，ADI提供众多通过汽车应用认证的信息娱乐系统产品。

ADI提供广泛的视频解码转换器/编码转换器/协处理器，其信号性能和功能表现卓越，同时还可以提供完善的低功耗型LVDS/HDMI®/MHL/APIX2接口器件。

ADI提供的音频总线—automotive audio bus (A²B®)，主要用于各种音频模块间的连接，可用一对双绞线同时传输音频、控制信号，还可以提供电源。

ADI出品的定点音频DSP，SigmaDSP®、浮点音频DSP，SHARC®以及多核浮点音频SOC Griffin，被广泛用作在主机和独立音频功放中的高性能/高效率音频后期处理和路由/混频专用的音频处理器。屡获奖项的图形用户界面工具SigmaStudio™使DSP编程工作就像绘制流程图一样简单。

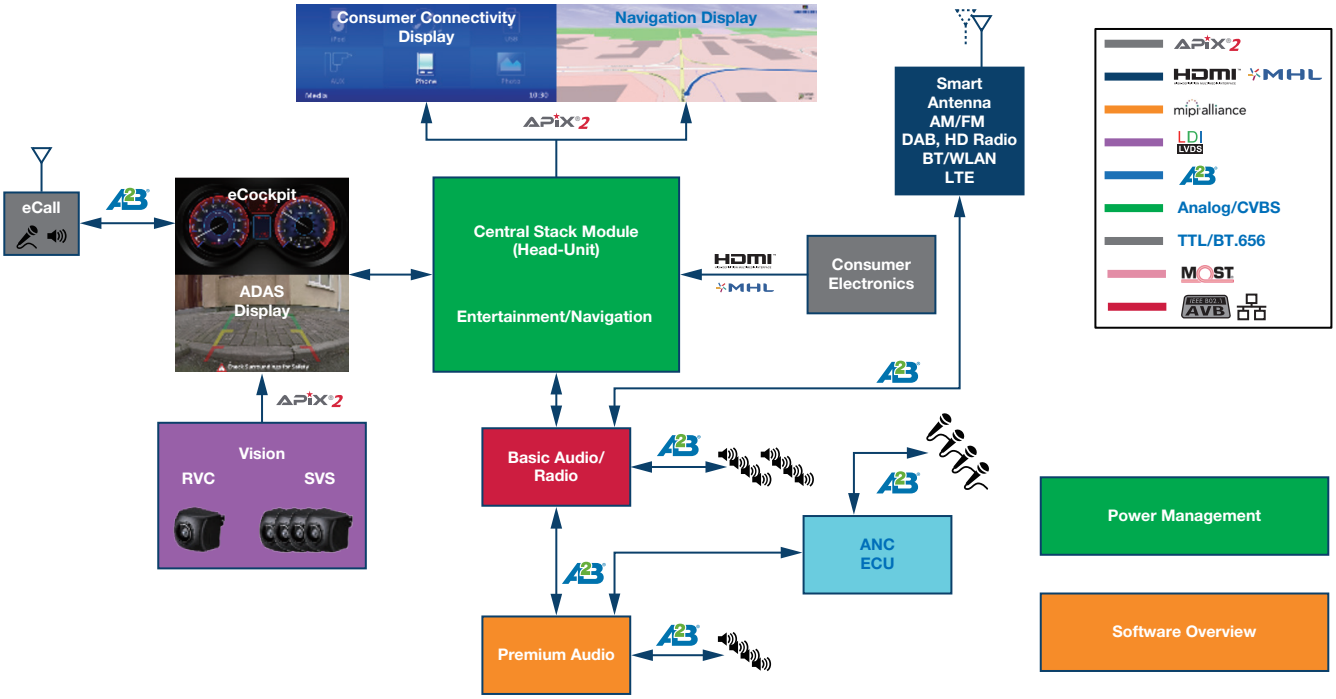
ADI的高度集成式Blackfin® DSP系列适用于多媒体连接、网络连接和软件音频处理应用。

除DSP以外，我们还提供广泛的软件模块，如解码器、环绕声、虚拟化、回声消除、通话降噪和主动降噪等。

ADI提供的音频编解码转换器具有丰富通道选择，并具有很高的SNR/THD。

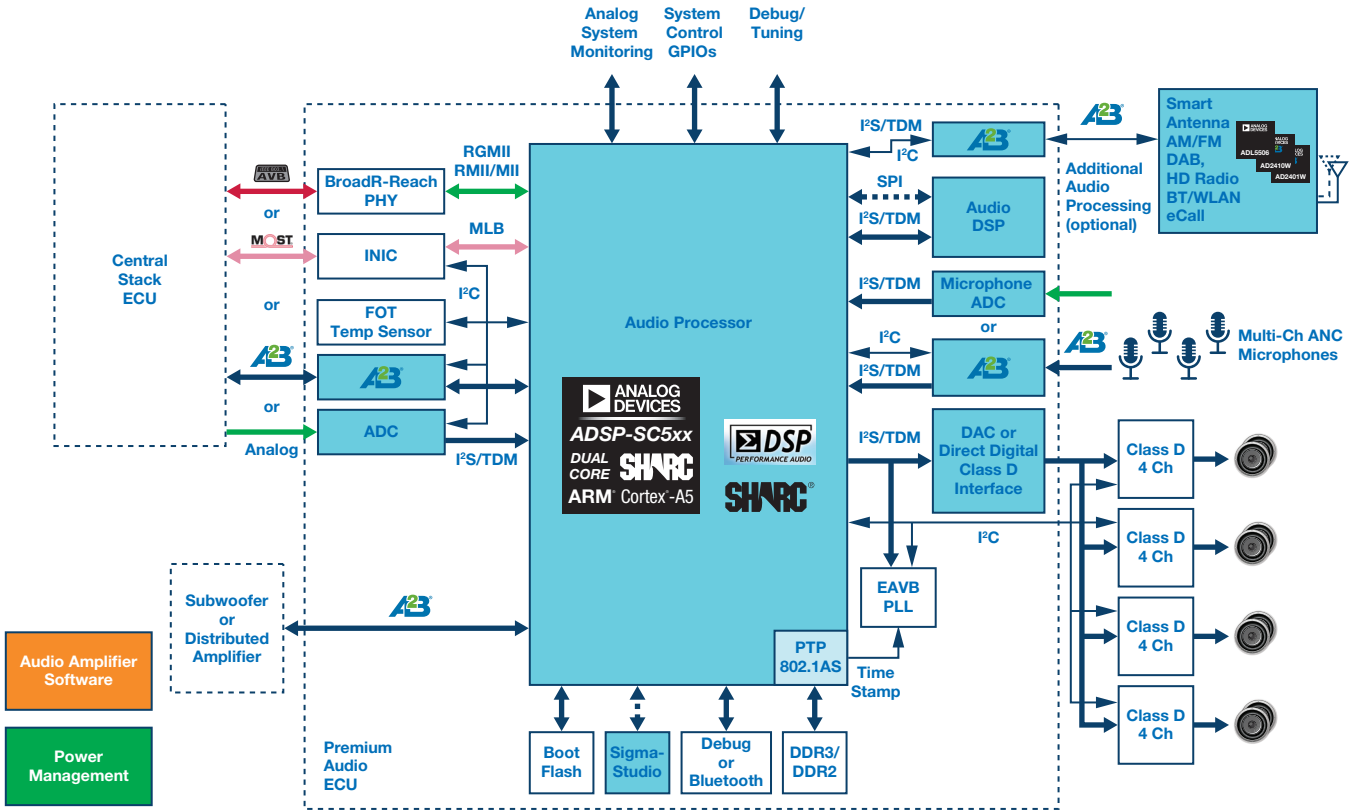
ADI提供的多功能信号调理及光度传感器集成AFE，ADC，LED驱动器和时序内核，可用于多种光学测量应用，如座舱内近距检测和手势识别。

主信号链——车载信息娱乐主机



注释：上述信号链代表主机设计。模块的技术要求可变化，但下表列出的产品代表满足部分要求的ADI解决方案。

主信号链——车载独立音频功放



注释：上述信号链代表独立音频功放设计。模块的技术要求可变化，但下表列出的产品代表满足部分要求的ADI解决方案。

ADI产品

产品型号	描述	封装	主要优势
SigmaDSP			
ADAU1401AW	28/56位、50 MIPS、4 kB参数RAM、2× ADC、4× DAC、8路输入和8路输出数字音频、12× GPIO、支持EEPROM自引导	48-lead LQFP	Sigma100，内置ADC和DAC
ADAU1442/ ADAU1445/ ADAU1446W	28/56位、175 MIPS、16 kB参数RAM、24路输入和24路输出数字音频、12× GPIO、采样速率转换器、自引导	100-lead TQFP 100-lead LQFP	Sigma200，高MIPS，多音频通道，采样速率转换器
ADAU1450/ ADAU1451/ ADAU1452W	32位、294 MIPS、40 kB参数/数据RAM、48路输入输出数字音频、10位SAR AUX控制ADC、16通道采样率转换器、支持EEPROM自引导	72-lead LFCSP	Sigma300，更高的MIPS，更多音频通道，采样速率转换器
SHARC DSP			
ADSP-21477/ ADSP-21478/ ADSP-21479W	32/40位浮点、266 MHz、3 Mb SRAM、FIR/IIR/FFT加速度计、16位SDRAM接口、S/PDIF/DTCP、8× I²S/TDM、2× SPI、16× PWM	88-lead LFCSP 100-lead LQFP	第四代SHARC的低成本版本
ADSP-21486/ ADSP-21487/ ADSP-21488/ ADSP-21489W	32/40位浮点、400 MHz、3 Mb SRAM、FIR/IIR/FFT加速度计、16位SDRAM接口、S/PDIF/DTCP、8× I²S/TDM、2× SPI、16× PWM	100-lead LQFP 176-lead LQFP	第四代SHARC的低成本版本
ADSP-SC582/ ADSP-SC583/ ADSP-SC584/ ADSP-SC587W/ ADSP-21583/ ADSP-21584W	32/40/64位浮点、5.4 GFLOPs、1.8 GMACS SHARC+ DSP性能(2 MHz × 450 MHz)，具有FPU和Neon® DSP扩展的行业标准ARM® Cortex®-A5 (450 MHz时，720 DMIPS)，FIR/IIR/FFT/IFFT/HAE/SINC、加密硬件加速器，快速安全引导，支持IP保护，支持TrustZone，集成增强型外设，包括千兆以太网(带AVB)、MLB、USB、CAN和SDIO，每个SHARC+内核具有大容量片内384 kB L1 SRAM/缓存、1 MB共用的大容量L2 SRAM和高级DMA特性，高性能外部存储器接口，包括DDR3L支持(仅提供BGA封装)，无缝DSP数字音频接口，包括4个完整的SPORT(带I²S)、SPDIF和采样速率转换器，多个串行接口，包括四通道SPI、I²C、UART	349-ball BGA 529-ball BGA	最多集成双核SHARC+浮点DSP和ARM Cortex-A5的高性能SOC
Blackfin DSP			
BF592W	400 MHz、68 kB L1、2× SPI、2× SPORT、2× UART、1× PPI、32× GPIO	64-lead LFCSP	低成本，通用
BF531/ BF532/ BF533W	400 MHz/600 MHz、52 kB/84 kB/148 kB SRAM、1× SPI、2× SPORT、1× UART、1× PPI、16× GPIO	160-ball BGA/ 169-ball BGA 176-lead LQFP	低功耗，通用
BF534W	500 MHz、132 kB SRAM、1× CAN、1× SPI、2× SPORT、2× UART、1× PPI、48×GPIO	182-ball BGA/ 208-ball BGA	CAN PHY
BF539W	533 MHz、148 kB SRAM、1× CAN、3× SPI、4× SPORT、3× UART、1× PPI、38×GPIO	316-ball BGA	CAN PHY，导航/娱乐/音频处理
BF700/ BF701/ BF702/ BF703/ BF704/ BF705/ BF706/ BF707W	400 MHz、128 kB L1 SRAM、128 kB/256 kB/512 kB/1024 kB L2 SRAM、512 kB ROM、2× CAN、3× SPI、2× SPORT、2× UART、1× PPI、43× GPIO/47× GPIO	88-ball BGA/ 184-ball BGA	低功耗，通用
A²B			
AD2421/ AD2422/ AD2425W	50 bps、最高32通道、I²S/TDM、I²C、4路麦克风输入	32-lead LFCSP	A²B收发
视频协处理器			
ADV7186W	6通道标清/高清解码器、3D梳状滤波器、位图OSD和叠加功能、Scaler和去隔行显示控制器、LVDS Rx & Tx	196-ball BGA	硬件协处理器，众多功能，高模拟性能

产品型号	描述	封装	主要优势
视频ADC			
ADV7180W	CVBS解码器、标清电视、3/6通道输入、NTSC/PAL/SECAM输入、8/16位BT656输出	32-lead LFCSP/ 40-lead LFCSP 48-lead LQFP/ 64-lead LQFP	同类最佳模拟性能
ADV7181DW	RGB解码器、标清/高清电视、6通道输入、NTSC/PAL/SECAM输入、8/16位BT656输出	64-lead LQFP	同类最佳模拟性能
ADV7182W	CVBS解码器、标清电视、SE/差分输入、NTSC/PAL/SECAM输入、8位BT656输出、电缆诊断	32-lead LFCSP	单端/差分输入，电缆诊断
ADV7280/ ADV7280-MW	CVBS 解码器、标清电视、4/8通道输入、NTSC/PAL/SECAM输入、8位BT656输出/MIPI输出、隔行转逐行	32-lead LFCSP	MIPI输出，隔行转逐行
ADV7281/ ADV7281-M/ ADV7281-MAW	CVBS解码器、标清电视、4/6/8通道输入、支持差分输入、NTSC/PAL/SECAM输入、8位BT656输出/MIPI输出、2路诊断输入	32-lead LFCSP	单端/差分输入，MIPI输入出，带诊断
ADV7282/ ADV7282-MW	CVBS 解码器、标清电视、4/6通道输入、支持差分输入、NTSC/PAL/SECAM输入、8位BT656输出/MIPI输出、隔行转逐行、2路诊断输入	32-lead LFCSP	单端/差分输入，MIPI输出，隔行转逐行，带诊断
视频DAC			
ADV7390/ ADV7391/ ADV7392/ ADV7393W	标清/高清解码器、YCrCb/RGB输入、CVBS/S视频/YPrPb/RGB输出	32-lead LFCSP 40-lead LFCSP	CVBS编码器，高模拟性能
ADV7125W	CMOS 330 MHz三通道8位视频DAC、互补输出	48-lead LFCSP 48-lead LQFP	RGB编码器，高模拟性能
AD723W	低成本RGB转PAL/NTSC编码器，带负载检测功能，2.7 V至5 V	28-lead TSSOP	低成本RGB转PAL/NTSC编码器
视频放大器			
ADA4851-1/ ADA4851-2/ ADA4851-4W	单通道/双通道/四通道视频放大器、130 MHz、轨到轨输出、3 V至10 V电源	6-lead SOT-23/ 8-lead MSOP/ 14-lead TSSOP	视频接收器，高速，平坦增益，低成本
ADA4891-1/ ADA4891-2/ ADA4891-4W	单通道/双通道/四通道视频放大器、220 MHz、轨到轨输出、2.7 V至5.5 V电源	6-lead SOT-23/ 8-lead MSOP/ 14-lead TSSOP	视频接收器，高速，平坦增益，低成本
ADA4430-1W	单通道视频放大器、固定低通标清视频滤波器、超低功耗、轨到轨输出、2.65 V至6 V电源	6-lead SOT-23	视频驱动器，低通标清滤波器，增益平坦度，低功耗
ADA4830-1/ ADA4830-2W	差动视频放大器、增益 = 0.5, 85 MHz @ 3 dB、电池短路保护、3 V至5 V电源	8-lead LFCSP	视频接收器，短路保护，低系统成本
ADA4432-1/ ADA4433-1W	单通道标清视频放大器、电池短路保护、5阶低通视频滤波器、超低功耗	8-lead LFCSP 6-lead SOT-23	视频接收器，短路保护，低功耗
视频多路复用器			
ADG1411W	四通道单刀单掷、1.8欧导通电阻、170 MHz、4.5 V至16.5 V电源	16-lead LFCSP	低导通电阻，高通道匹配
ADG786W	三通道单刀双掷、2.5欧导通电阻、160 MHz、1.8 V至5.5 V电源	20-lead LFCSP	低电压，低导通电阻
ADG5412W	高电压、四通道单刀单掷、latch-up	16-lead TSSOP 16-lead LFCSP	高电压，latch-up
HDMI/MHL Rx			
ADV7611/ ADV7612W	单/双通道、HDMI v1.4a、165 MHz、全部强制/额外3D视频格式、24位输出像素总线、SPDIF或8通道I²S音频	62-lead LQFP 100-lead LQFP	低功耗
ADV7480/ ADV7481/ ADV7482W	MHL v2.1、75 MHz；HDMI v1.4a、165 MHz；8通道带诊断模拟输入、双MIPI-CSI 2.0输出、8位TTL数字输入/输出	100-ball BGA	低功耗，HDMI/MHL双模，MIPI-CSI 2.0输出
HDMI Tx			
ADV7511W	HDMI发送器、225 MHz、HDMI V1.4, DVI v1.0、支持3D视频格式、支持RGB、YCbCr、DDR以及ITU656输入、8通道I²S、S/PDIF音频输入、最高采样率192 KHz	100-lead LQFP	HDMI发送器

产品型号	描述	封装	主要优势
APIX2 Rx			
ADV7782W	APIX2接收器、支持双HDCP v1.4译码，菊花链连接；OpenLDI输入、85 MHz；双MIPI-CSI 2.0输出；色域转换、4:2:2转4:4:4；支持I²C主、MII、HDCP 中继器	100-ball BGA	APIX2接收器，MIPI-CSI 2.0输出，支持OpenLDI输入，带有视频处理
APIX2 Tx			
ADV7680/ ADV7682W	APIX2发送器、3 Gbps；双HDMI接收、支持HDCP v1.4内容保护；双显示支持、3D 线性去隔行；BT.656输入；7.1声道 24位、立体声音频采样率转换；双向通信(100 Mbps 以太网、SPI、I²C、GPIO)	64-lead LFCSP 100-lead LQFP	APIX2 发送器，双HDMI接收，BT656输入，双向通信，双显示支持
音频编解码器			
ADAU1961W	24位 96 KHz、1× MIC、2× 差分ADC、2× 差分+1× 单通道DAC、99 dB SNR	32-lead LFCSP	集成MIC接口，高信噪比
AD1937/ AD1938W	24位192 KHz、4× 差分ADC、8× 差分/单端 DAC、102 dB SNR	64-lead LQFP/ 48-lead LQFP	高通道数，高信噪比
ADAU1962/ ADAU1966W	24位96 KHz、12×/16× 差分DAC、118 dB SNR	80-lead LQFP	高通道数，高信噪比
ADAU1977/ ADAU1978W	24位96 KHz、4× 差分ADC、106 dB SNR， 带麦克风接口	40-lead LFCSP	高通道数，高信噪比
ADAU1979W	24位192 KHz、4× 差分ADC、4.5 V rms ac-coupled输入	40-lead LFCSP	高通道数，高信噪比
微机电惯性导航陀螺仪/振动加速度计			
ADXRS810W	MEMS角速率传感器、300°/s范围、16位、3.3 V/5 V电源、SPI	16-lead SOIC	出色的零点失调，高振动抑制比，连续自测
ADXL312/ ADXL313W	MEMS加速度计、3轴、±1.5 *g*/3 *g*/6 *g*/12 *g*范围、2.9 mg/LSB、2.0 V至3.6 V电源、SPI/I²C	32-lead LFCSP	超低功耗，嵌入式FIFO、高抗冲击能力
ADXL316	MEMS加速度计、3轴、±16 *g*范围(最小)、1.8 V至3.6 V电源	12-lead LFCSP	小尺寸、低功耗
电源监控			
ADM8318/ ADM8319/ ADM8320/ ADM8321/ ADM8322W	看门狗，手动复位，推挽型输出，26段复位阈值，4段超时复位设定，4段看门狗超时复位设定	5-lead SOT-23	低功耗，带看门狗，手动复位
ADM8323/ ADM8324W	看门狗，手动复位，推挽/集电极开路输出，26段复位阈值，4段超时复位设定	5-lead SOT-23	低功耗，带看门狗，手动复位

* 后缀“-W”表示汽车级

设计资源

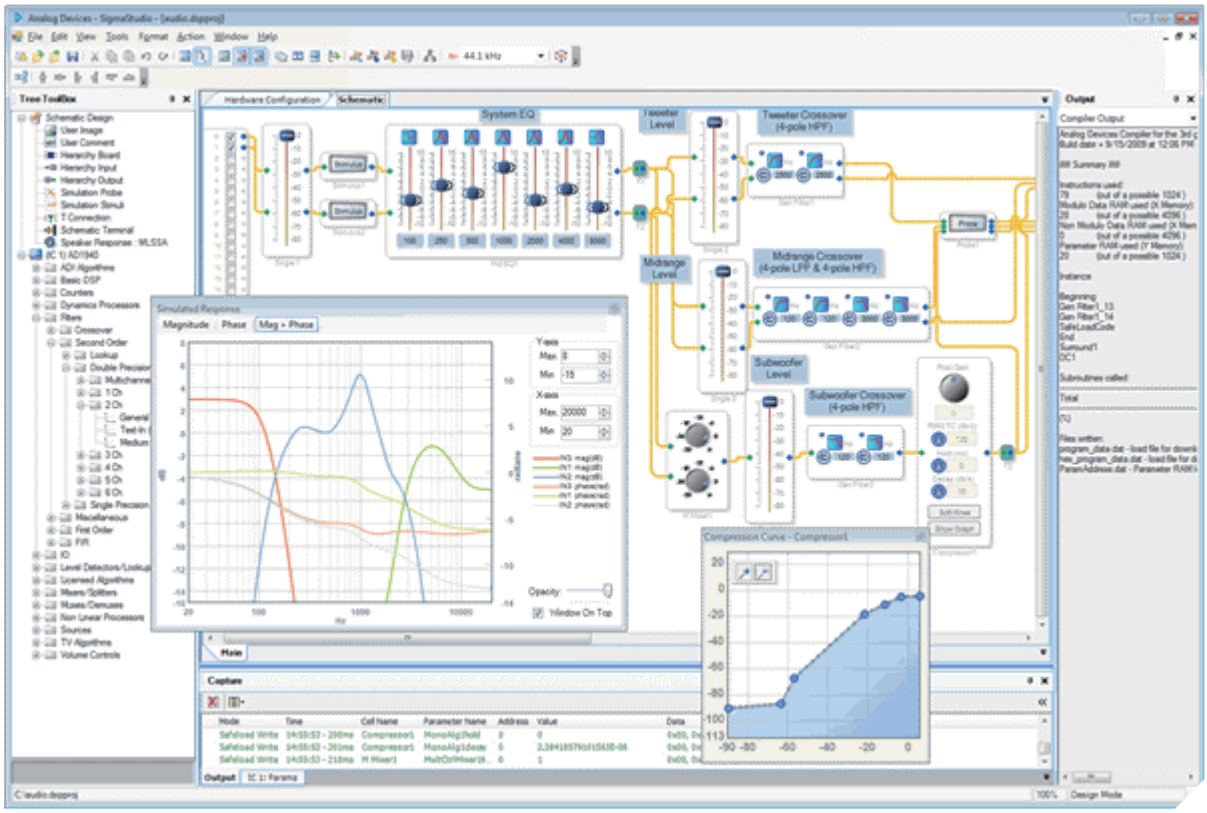
SigmaStudio图形开发工具。它是专用于SigmaDSP和SHARC DSP的编程、开发和调试软件。常见的音频处理模块可连接起来，编译器产生可供DSP使用的代码和用于设置、调整参数的控制界面。

SigmaStudio标准算法包括但不限于：

- FIR/IIR滤波器、分频器、隔直
- 峰值检测器、RMS检测器、电平检测器、限幅器
- 动态低音、响度、立体声采集
- 查找表、音量控制、静音
- 混频器、分路器、硬/软削波

SigmaStudio插件算法包括但不限于：

- AM3D (PowerBass)
- Dolby (DAEP、耳机、虚拟扬声器、Prologic)
- BBE (MP、ViVA)
- SRS (Circle Surround, Trubass, TruSurround XT, WOW, WOW HD)
- DTS (surround sensation)
- Embracing sound (TH4)
- ADI (环绕声、虚拟、EAS、超低音)



SHARC和Blackfin DSP 评估平台

软件模块和算法

- 针对SHARC和ADSP-SC5xx的SigmaStudio插件
- ADSP-SC5xx音频处理框架
- 高级噪声消除算法(ADI工具箱、参考框架、第三方方案)
- Ethernet AVB协议栈

评估板

- ADV7280/80-M/81/82评估板
- ADV7186评估板
- ADAU1450/1451/1452 评估板
- ADSP-21479/21489 评估板 EZLITE
- ADZS-SC584-EZLITE评估板
- BF592/533、707评估板
- 视频放大器、视频多路复用器、音频编解码器等评估板

实验室电路

- CN0101：在视频编码器ADV7393之后采用放大器ADA4430-1的重构视频滤波器—*www.analog.com/cn/cn-0101*
- CN0060：采用ADA4851放大器和ADV7180视频解码器的低成本差分视频接收器—*www.analog.com/cn/cn-0060*
- CN-0282: USB Powered DVI/HDMI-to-VGA Converter (HDMI2VGA) with Audio Extraction—*www.analog.com/cn/cn-0282*
- CN-0224: Quad HDMI Input, Fast Switching Multiplexer Using the ADV7612 Receiver with Extended Temperature Range—*www.analog.com/cn/cn-0224*

欲了解有关汽车应用和产品的更多信息，请访问：*www.analog.com/cn/applications/markets/automotive*

有关技术问答，请访问ADI EngineerZone：*ez.analog.com/cn*

欲申请样片，请联系ADI公司区域办事处或访问：*www.analog.com/cn/sample*

ANALOG DEVICES
超 越 一 切 可 能 ™

ADI汽车传感器和传感器接口解决方案

应用描述

为了符合新出台的法规要求，提高燃油经济性和减少排放，汽车必须更加环保。只有通过改进传统内燃机效率，才能满足这些要求，这一目标要通过改进燃烧传感和控制性能付诸实现，因此需要更高的传感器和信号调理精度和集成度。车辆中通常有超过100个传感器，通常按功能可以分为6类，包括压力传感器、电流传感器、电容传感器、位置传感器、速度传感器和温度传感器。

系统需求与设计挑战

车辆传感器可用于传动系统、底盘/安全和车身系统。要改善燃油经济性、排放量和车辆性能，必须同时改进动力总成系统。对于传感器而言，这需要显著改善性能和/或实现各种功能，但在动态范围、精度、诊断和鲁棒性(EMC、ESD、温度等)方面实现这个目标具有很大挑战性。

压力传感器

在高压恶劣环境下，我们需要很多压力传感器来测量气体或流体压力。例如，有些传动系统需要测量缸内、变速箱油、柴油共轨、GDI燃油、柴油微粒滤清器(DPF)和废气再循环系统(EGR)的压力。安全应用包括制动液和乘客检测系统的重量或压力。高压恶劣环境应用要求传感器元件(容性或压阻)必须与信号调理IC分隔开。例如，压阻(应变计)解决方案可以测量最高达到2800 bar的压力。

应变计技术基于电阻电桥。四个应变计连接到一个薄膜，形成薄膜式压力传感器。输出信号小至10 mV。系统误差包括机械输出、热输出、容差和应变系数误差。总误差可以达到最高100%的FSR。因此，调理电路必须高度精确，具有低漂移。另外还需要与增益、失调、温度和线性度相关的多变量补偿。

压力传感器主要放置在恶劣环境中。典型工作温度范围为–40°C至+125°C，在某些情况下高达150°C。这些传感器还需要高抗电磁干扰能力和诊断功能。

电流传感器

为改进燃料经济性和能源管理，必须精确控制电磁阀在燃油喷射系统和自动变速箱中的位置。此外，还必须更加精确地监控“按需”电源的电机电流。我们通常遇到的设计挑战包括在恶劣环境中实现高精度、低失调(失调必须小于5 mV，失调漂移必须小于20 µV)、高带宽(有些情况需要高达500 kHz)、宽共模电压范围(最高6580 V)、宽工作温度范围(高达125°C)。

电容传感器

电容传感器具有多种优势，例如低系统成本、不同形状可行性和低功耗。它们通常在无钥匙进入门控系统接近传感器、雨量探测器、湿度传感器、燃油液面/品质传感器中作为近程检测器应用。电容传感器对环境变化敏感，因而必须具有很高的分辨率、精度、可调共模电容和抗电磁干扰能力。

位置和速度传感器

在EPS和BLDC/PMSM电机控制应用中，位置/速度测量需要快速响应、良好精度(最高达到5弧分)、鲁棒性和低漂移。另外还需要诊断功能。

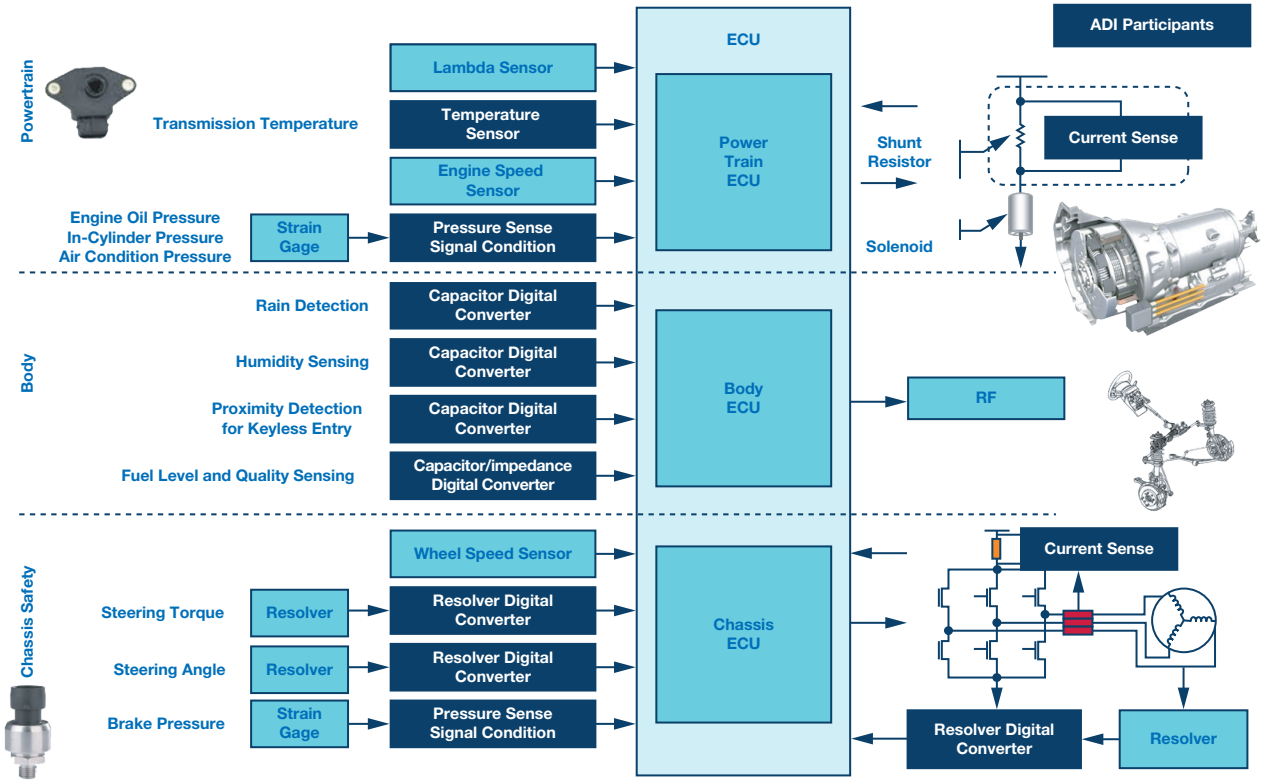
温度传感器

在变速箱控制等高温汽车应用中，必须具有宽温度范围和高精度。典型工作温度范围为–40°C至+150°C，在某些情况下高达175°C。此外，还必须达到±2°C或±1°C的精度。

ADI公司的解决方案

ADI与全球领先汽车供应商建立了长期良好关系，而且在高性能信号处理、高可靠性和高质量产品开发方面具有丰富经验，处于业界领先地位，能够提供优化解决方案以应对这些挑战。

汽车传感器和传感器接口系统框图



注释：上述信号链代表汽车传感器和传感器接口系统框图。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。

压力传感器

ADI公司的应变信号调理IC ADA4557是一款单电源桥式传感器信号调理器，额定温度范围为–40°C至+150°C，采用4 mm × 4 mm小型LFCSP封装。模拟输出在一个高级信号处理引擎中处理，该引擎集成数字可编程增益、输出失调校正、温度补偿和传感器非线性校正等功能。

ADA4557内置EEPROM，用于线路终端(EOL)校准编程，以及通过用作零线串行编程接口的输出引脚(OUT)进行调试。EEPROM存储增益、输出失调、温度补偿和非线性校正系数，以便在上电时配置器件。增益编程设置有20种，从6.3 V/V到821.5 V/V，步进为指数式。ADA4557还内置一个低压差(LDO)稳压器，以为内部电路提供低噪声稳压电源。

电流传感器

ADI的电流检测放大器在高端和低端都支持基于分流电阻的精密电流传感器。ADI提供10多种芯片，分别采用两种不同架构，包括差动放大器和电流检测放大器类型。差动放大器类型基于输入电阻分压器。AD8207/AD8208/AD8209器件内部带有电磁干扰滤波器，提供更高的抗电磁干扰性能。AD8207具有零漂移功能(失调漂移小于1 μV/°C)，最大失调小于0.5 mV。电流检测放大器类型基于高压工艺，可以承受高共模电压。它们具有低输入偏置电流和高输入阻抗，适合满足高带宽(最高达到500 kHz)和CMRR(最高达到120 dB)要求。两种架构类型都具备良好的输入共模阶跃响应功能。

ADI还有电流阈值监控解决方案，用于总电流监控和过流保护。AD8214具有200 nS的极低传播延迟。

电容传感器

ADI拥有特殊的sigma-delta (Σ-Δ)架构电容数字转换器(CDC)，采用出色的ADI ADC架构。Σ-Δ调制器使用电荷平衡技术，帮助客户更加轻松和精确地获取电容值。

AD5933是一款高精度阻抗转换器，片上集成频率发生器与12位、1 MSPS ADC。频率发生器允许用已知的信号来激励外部复阻抗。外部阻抗的响应信号由片上ADC进行采样，然后由片上DSP引擎进行离散傅里叶变换(DFT)处理。DFT算法在每个频率上返回一个实部(R)数据字和一个虚部(I)数据字。它可在燃油液面/质量传感器中使用。它还可在灵活燃料应用中测量汽油和乙醇的混合比率。

位置和速度传感器

ADI在旋变数字转换器(RDC)市场拥有广泛的产品组合和悠久的历史。AD2S1205和AD2S1210能够处理高达3,125 RPS的跟踪速率。它们的精度可以达到±2.5弧分。AD2S1205是12位RDC，AD2S1210的10/12/14/16位分辨率可由用户设置。芯片具有差分输入和增量式编码器输出，以及可编程故障检测阈值。它们可在变速箱、EPS和HEV/EV电机中用于电机轴角度和速度测量。

ADI公司发布了一款各向异性磁阻(AMR)传感器ADA4571，集成了信号调理放大器和ADC驱动器。ADA4571产生两路模拟输出，指示周围磁场的角位置。

其在一个封装中包含两个芯片、一个AMR传感器和一个固定增益(标称增益为40)仪表放大器，提供与旋转磁场角度相关的干净且放大的余弦和正弦输出信号。输出电压范围与电源电压成比例。

ADA4571含有两个互成45°角的惠斯登电桥。x-y传感器平面的旋转磁场提供两路正弦输出信号，且传感器与磁场方向的角度(α)频率翻倍。在x-y平面的均质场内，输出信号与z方向(气隙)的物理位置无关。

温度传感器

ADI的TMP36精度达到满量程的±2°C，线性度为满量程的0.5°C，温度范围为–40°C到+125°C，具有模拟输出。ADI的ADT7311和ADT7312精度达到满量程的±1°C，温度范围为–40°C至+150°C，具有数字SPI输出。对于裸片封装，ADT7312的温度范围可以增加到–40至+175°C。

ADI公司产品

产品型号	描述	温度	优势
压力信号调理			
ADA4557W[1]	VCC 4.5 V至5.5 V，包括EEPROM以支持温度和非线性补偿，ESD HBM 6 kV，增益6.3至821.5，ZWI编程接口结合模拟输出	–40°C至+125°C	具有温度和非线性补偿， 封装：16-lead LFCSP
电流检测			
AD8202W*	输入共模范围–8 V至+28 V，–8 V至+35 V的耐压范围，增益20 V/V，单向，带宽50 kHz，失调漂移10 µV/°C，增益误差0.3%，增益漂移20 ppm/°C，ESD HBM 2kV，CMRR典型值为82dB，最差情况为80 dB	–40°C至+125°C	差动放大器电磁阀控制， 封装：8-lead SOIC, 8-lead MSOP
AD8205W*	输入共模范围–2 V至+65 V，–5 V至+68 V的耐压范围，增益50 V/V，双向，带宽50 kHz，最大失调4.5 mV，失调漂移15 µV/°C，增益误差1.2%，增益漂移30 ppm/°C，ESD HBM 2.5 kV，CMRR典型值为80 dB，最差情况为76 dB	–40°C至+125°C	差动放大器电机控制，具有电磁干扰滤波器，封装：8-lead SOIC
AD8206W*	输入共模范围–2 V至+65 V，–25 V至+75 V的耐压范围，增益20 V/V，双向，带宽100 kHz，最大失调4.5 mV，失调漂移15 µV/°C，增益误差1.2%，增益漂移30 ppm/°C，ESD HBM 3 kV，CMRR典型值为80 dB，最差情况为76 dB	–40°C至+125°C	差动放大器电机控制，具有电磁干扰滤波器，封装：8-lead SOIC
AD8207W*	输入共模范围–4 V至+65 V，–25 V至+75 V的耐压范围，增益20 V/V，双向，带宽100 kHz，最大失调0.4 mV，失调漂移1 µV/°C，增益误差0.3%，增益漂移15 ppm/°C，ESD HBM 3 kV，CMRR典型值为90 dB，最差情况为80 dB	–40°C至+125°C	差动放大器零漂移，差动放大器，具有电磁干扰滤波器，封装：8-lead SOIC
AD8208W*	输入共模范围–2 V至+45 V，–24 V至+80 V的耐压范围，增益20 V/V，单向，带宽80 kHz，最大失调4 mV，失调漂移20 µV/°C，增益误差0.3%，增益漂移20 ppm/°C，ESD HBM 4.5 kV，CMRR典型值为80 dB	–40°C至+125°C	差动放大器鲁棒，电磁阀控制，具有电磁干扰滤波器，封装：8-lead SOIC, 8-lead MSOP
AD8209W*	输入共模范围–2至+45 V，–24至+80 V的耐压范围，增益14 V/V，单向，带宽80 kHz，最大失调4 mV，失调漂移15 µV/°C，增益误差0.3%，增益漂移20 ppm/°C，ESD HBM 8 kV，CMRR典型值为80 dB	–40°C至+125°C	差动放大器鲁棒，电磁阀控制，具有电磁干扰滤波器，封装：8-lead MSOP
AD8216W*	输入共模范围0 V至65 V，–40 V至+80 V的耐压范围，增益3 V/V，双向，带宽3 MHz，最大失调3 mV，失调漂移20 µV/°C，增益误差0.4%，增益漂移15 ppm/°C，ESD HBM 5 kV，CMRR典型值为90 dB，最差情况为80 dB	–40°C至+125°C	差动放大器快速输出响应，具有电磁干扰滤波器，封装：8-lead SOIC
AD8210W*	输入共模范围–2 V至+65 V，–5 V至+68 V的耐压范围，增益20 V/V，双向，带宽500kHz，最大失调1.8mV，失调漂移8 µV/°C，增益误差0.5%，增益漂移20 ppm/°C，ESD HBM 7.5 kV，CMRR典型值为120 dB，最差情况为80 dB	–40°C至+125°C	电流检测放大器、电机控制，高带宽，高CMRR，封装：8-lead SOIC
AD8211W*	输入共模范围–2 V至+65 V，–3 V至+68 V的耐压范围，增益20 V/V，单向，带宽500 kHz，最大失调2.5 mV，失调漂移10 µV/°C，增益误差0.4%，增益漂移13 ppm/°C，ESD HBM 4 kV，CMRR典型值为120 dB，最差情况为80 dB	–40°C至+125°C	电流检测放大器电磁阀控制， 封装：5-lead SOT-23
AD8212W*	输入共模范围7 V至65 V (有外部高压PNP时最高达到500 V)，7 V至68 V的耐压范围，增益可调节，单向，带宽500 kHz，最大失调3 mV，失调漂移10 µV/°C，增益误差1%，增益漂移50 ppm/°C，ESD HBM 4 kV，CMRR典型值为90 dB	–40°C至+125°C	电流检测放大器电流输出，500 V，外接0.03美元的晶体管/包括5 V稳压器， 封装：8-lead MSOP
AD8213W*	输入共模范围–2 V至+65 V，–3 V至+68 V的耐压范围，增益20 V/V，单向，带宽500 kHz，最大失调2.2 mV，失调漂移12 µV/°C，增益误差0.5%，增益漂移25 ppm/°C，ESD HBM 4 kV，CMRR典型值为90 dB	–40°C至+125°C	电流检测放大器双通道， 封装：10-lead MSOP
AD8215W*	输入共模范围–2 V至+65 V，–3 V至+68 V的耐压范围，增益20 V/V，单向，带宽450 kHz，最大失调2.5 mV，失调漂移10 µV/°C，增益误差0.3%，增益漂移15 ppm/°C，ESD HBM 4 kV，CMRR典型值为120 dB，最差情况为80 dB	–40°C至+125°C	电流检测放大器电磁阀控制， 封装：8-lead SOIC

[1] 欲了解关于ADA4557W产品的更多信息，请联系ADI公司或代理商。

产品型号	描述	温度	优势
AD8214W*	输入共模范围5 V至65 V，0 V至68 V的耐压范围，增益可调节，单向，带宽500 kHz，最大失调8 mV，失调漂移15 μV/°C，ESD HBM 2.5 kV	–40°C至+125°C	电流阈值监控器200 nS的传播延迟，包括2.4 V稳压器，封装：8-lead MSOP
AD8417W*	输入共模范围–2 V至70 V，带宽250 kHz，增益60 V/V，输入阻抗1.5 MΩ	–40°C至+125°C	双向，自稳零，电流检测放大器，封装：8-lead MSOP, 8-lead SOIC
AD8418AW*	输入共模范围–2 V至70 V，带宽250 kHz，增益20 V/V，输入阻抗1.5 MΩ	–40°C至+125°C	双向，自稳零，电流检测放大器，封装：SOIC-88-lead SOIC
电容数字转换器			
AD5933W*	阻抗转换器，12位1 MSPS ADC，可编程输出峰峰值激励电压，输出频率最高达100 kHz，I²C接口，实部(R)和虚部(I)测量	–40°C至+125°C	封装：16-lead SSOP
旋变数字转换器			
AD2S1205 (ADW71205)	12位分辨率，最大跟踪速率为1250 rp，Y级精度为11弧分，W级精度为22弧分	–40°C至+125°C	封装：44-lead LQFP
AD2S1210W*	10、12、14、16位可调分辨率，最大跟踪速率为3125 rps/1250 rps/625 rps/156.25 rps (CLK = 10.24 MHz)，精度典型值为2.5弧分	–40°C至+125°C	封装：48-lead LQFP
AMR传感器			
ADA4571W*	角误差0.1°，180°角传感器，温度和时间漂移低，相位延迟极小	–40°C至+150°C	封装：8引脚SOIC
温度传感器			
TMP36	环境温度下的温度误差为1°C，模拟输出，精度为满量程的±2°C	–40°C至+150°C	封装：5-lead SOT-23
ADT7311W*	精度为满量程的±1°C，SPI接口	–40°C至+150°C	封装：8-lead SOIC
ADT7312W*	精度为满量程的±1°C，SPI接口	–40°C至+175°C	封装：裸片

* 后缀-W表示汽车级

设计资源

评估板

- AD8555ARZ-EVAL
- EVAL- ADA4557
- EVAL-AD5933EBZ
- EVAL-AD2S1205SDZ
- EVAL-SDP-CB1Z
- EVAL-AD2S1210EDZ
- EVAL-CED1Z
- EVAL-ADT7X10EBZ
- EVAL-ADA4571
- EVAL-AD8417
- EVAL-AD8418A

参考电路

- CN-0192：用于AD2S1210旋变数字参考信号输出的高电流驱动器 —*www.analog.com/cn/cn-0217*
- CN-0217：用12位阻抗转换器实现高精度阻抗测量—*www.analog.com/cn/cn-0217*
- CN-0218：500 V共模电压电流监控器—*www.analog.com/cn/cn-0218*
- CN-0368：磁阻角度和线性位置测量—*www.analog.com/cn/cn-0368*

欲了解有关汽车业应用和产品的更多信息，请访问：*automotive.analog.com/zh/segment/am.html*

欲申请样片，请联系ADI公司区域办事处或访问：*www.analog.com/cn/sample*

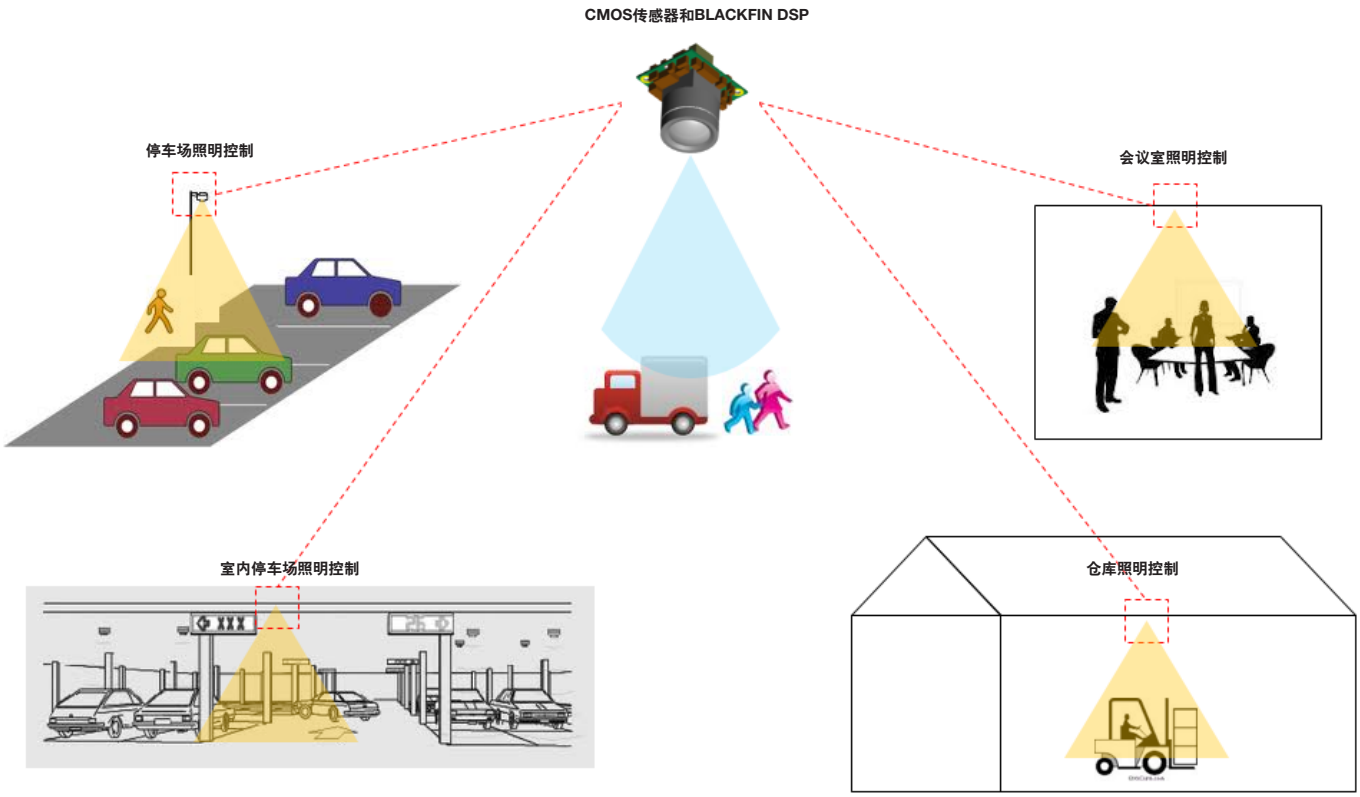
ADI基于视觉的占用检测解决方案

概述

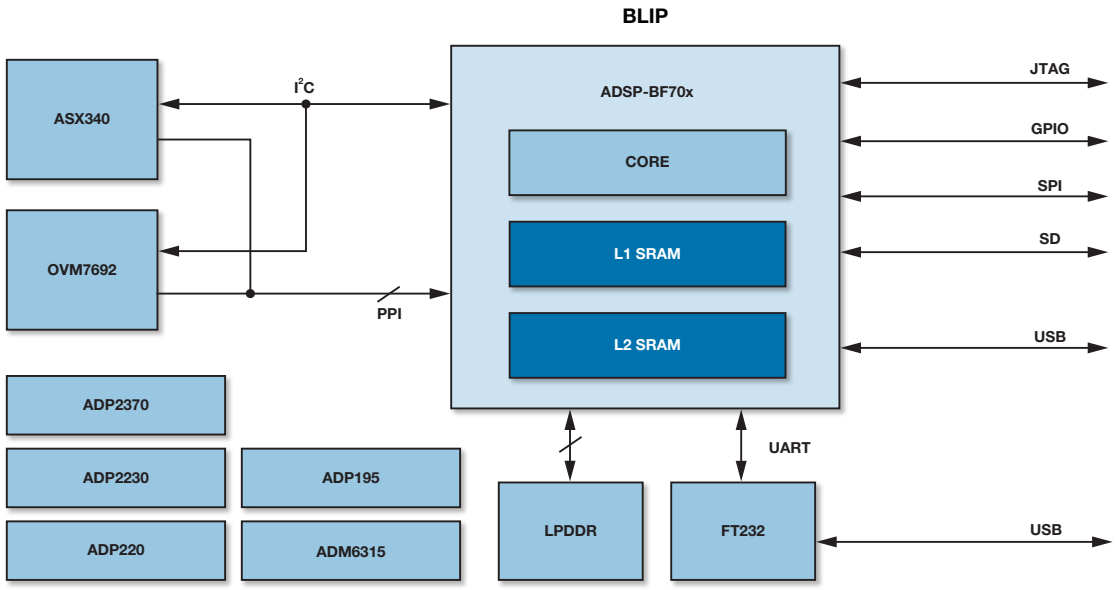
针对广泛的实时检测应用，ADI公司已开发出一款低成本、低功耗嵌入式计算机视觉平台。该Blackfin®低功耗成像平台(BLIP)采用业界领先的低功耗Blackfin处理器家族中的最新产品以及ADI公司专门优化的软件库。这款解决方案为终端设备制造商提供开箱即用的开发平台，具备多种功能特性，涵盖智能运动检测、人数统计、车辆检测和人脸检测，室内和室外均可使用。BLIP系统包括直观的配置GUI，支持对捕获的视频进行实时分析，视频还可通过板载USB端口输出或显示，因此它是一种对产品开发极有价值的工具。此外，相关的文档包也非常完备，可帮助客户加快产品上市。

目标应用包括

- 室内/室外照明控制
- HVAC系统控制
- 门禁系统
- 经营场所监控系统
- 车位占用检测
- 物流/零售分析



系统框图



上述信号链代表BLIP设计。模块的技术要求可变化，但下表列出的产品代表满足部分要求的ADI解决方案。

BLIP平台简介

BF70x DSP

- 400 MHz DSP内核时钟
- 1 MB L2 SRAM
- 集成USB控制器
- 通过快速安全引导和认证有效保护客户IP

CMOS成像器有两种选择

- OVM7692 Omnivision摄像头模块
  - 集成镜头的超低成本VGA传感器
- ASX340 aptina CMOS传感器
  - 良好的响应度(更大像素)，适合低光照环境
  - WVGA分辨率，独立可换用的镜头

外部LPDDR(可选项)

- 如果不需要LPDDR，客户可改用88引脚QFN

USB和串行接口

SPI/UART/GPIO连接外部主机

易于使用的IDE

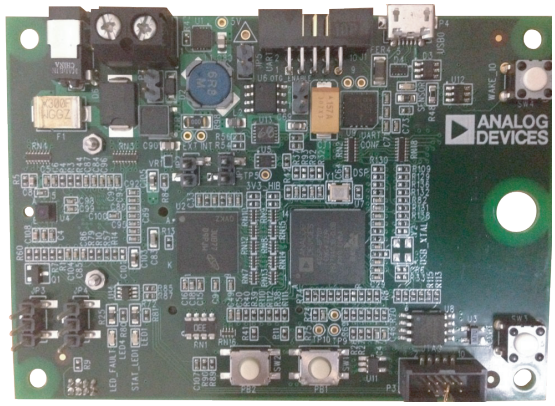
- 基于Eclipse的IDE，无入门门槛

视频占用传感器模块

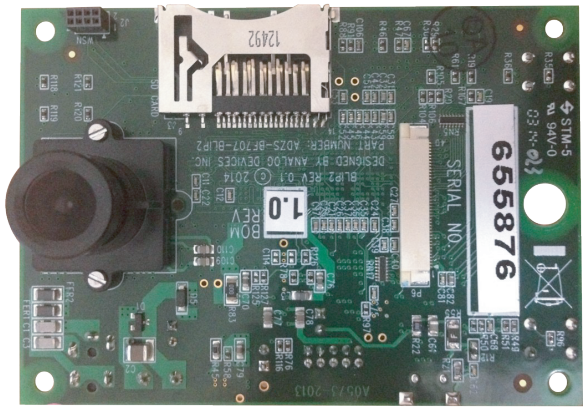
ADI BLIP硬件平台在交付时已预装占用检测软件模块，其已针对室内和室外环境中的人员或车辆的存在与行为检测进行了优化。与面向照明控制、气候控制和出入控制应用的单像素PIR传感器解决方案相比，这种先进的检测算法大幅改善了性能。

Blackfin图像处理工具箱

ADI公司的视频占用传感器软件模块和其它许多图像分析模块均基于Blackfin图像处理工具箱。该工具箱包含一整套图像处理基元，旨在加快利用Blackfin处理器的复杂图像或视频处理解决方案的开发。这些图元功能已经过高度优化，以便在Blackfin ADSP-BF5xx、ADSP-BF60x和ADSP-BF70x系列器件上实现尽可能最佳的效果。该工具箱库兼容MISRA-C，并且包括图元的C参考代码以及OpenCV和类似API的包装器代码层。



顶视图



底视图

主要产品简介

器件	说明	主要特性	优势
处理器			
ADSP-BF70x	ADSP-BF70x属于Blackfin高性能DSP处理器系列	ADSP-70x具有同类一流的800 MMACS处理能力，功耗不足100 mW——相比竞争型器件其性能翻倍而功耗减半；最高集成1 MB内部SRAM，在很多应用中使用该器件则无需外部存储器，而第二种配置则提供了一个可选的DDR存储器接口	ADSP-BF70x系列提供各种高级连接选项(包括USB、SDIO、CAN、ePPI、SPORT、QuadSPI)，具备前所有未有的灵活性和强大功能；ADSP-BF707以400 MHz频率运行占用检测算法
电源			
ADP2370	DC-DC调节器	高输入电压范围：3.2 V至15 V；1.2 MHz/600 kHz；800 mA，低静态电流；8引脚0.75 mm × 3 mm × 3 mm LFCSP (QFN)封装	高效率：最高可达92%
ADP2230	DC-DC调节器	双通道、2 MHz、800 mA、同步、低静态电流；10引脚3 mm × 3 mm小型LFCSP封装	高效率：最高可达94%
ADP220	线性稳压器	输入电压范围：2.5 V至5.5 V；双通道独立200 mA低压差稳压器；6引脚1.0 mm × 1.5 mm小型WLCSP封装；初始精度：±1%	低噪声、高PSRR
ADP195	DC-DC调节器	逻辑控制，1.1 V至3.6 V工作电压，可防止电流反向从输出端流向输入端；1.1 A最大连续工作电流；超低导通电阻(RDSON)	高端电源开关防止电流反向；1 mm × 1 mm、4引脚、0.5 mm间距超小型WLCSP封装
ADM6315	微处理器监控	低功耗(典型值5μA)；精密电压监控器：2.5 V至5 V (以100 mV为增量)；复位超时周期：1 ms、20 ms、140 ms或1120 ms(最小值)	可在整个温度范围内提供额定性能；高性价比、节省空间
ADP5090	集成MPPT和充电管理的升压调节器	输入工作电压范围：100 mV (最小值)至3.3 V (最大值)；为PV或TEG能源提供可编程MPPT比和开路电压检测(OCV)；可编程电压监控器(2 V至5.3 V)支持对不同的储能器件充电	超低静态电流

有关DSP产品的更多信息，请访问：
www.analog.com/zh/Blackfin

ADI公司提供的支持资源

- **电源评估软件 ADIsimPower：**
  www.analog.com/zh/ADIsimPower
- **处理器仿真工具和软件 CrossCore® Embedded Studio：**
  www.analog.com/tools/CrossCoreEmbeddedStudio-Rel1.0.3.exe

ANALOG DEVICES
超 越 一 切 可 能 ™

ADI ADAS视觉解决方案

应用描述

高级驾驶员辅助系统(ADAS)在未来几年将出现大幅增长。主要原因之一是安全意识的增强，以及客户对驾乘舒适度要求的提高。但是，最重要的原因是，欧洲新车安全评鉴协会(NCAP)加强了安全要求，这将促使明年ADAS设备安装率从个位数上升到几乎100%。因此，可商业化运行的解决方案无疑已是当务之急。

基于视觉的ADAS可以从多方面大大提高行车安全性。通过安装后视/前视/侧视摄像头和视觉处理ECU，可以实现多种功能来帮助驾驶员提前防范风险。受欢迎的应用包括路线偏差告警(LDW)、远光近光调整(HB/LB)、交通信号识别(TSR)、停车辅助、后视/环视、防撞等。

系统要求和设计挑战

视觉ADAS系统通常包括视频放大、编码、传输、解码、处理和显示功能。摄像头分辨率趋向于越来越高，数量越来越多。每个系统的功能数量不断增多，舒适功能逐渐让位于安全功能，所有这些趋势都提高了对处理器的要求。与此同时，对信号处理功耗成本比的要求则更高。

从一开始，以ADAS摄像机为中心的处理器的规格目标就是减少总拥有成本(ToC)，同时又不牺牲系统供应商和OEM的灵活性。除了所需的编程能力和足够的处理能力外，该处理器还需要同级产品中最低的功耗，使散热设计易于实现。该处理器支持ISO26262要求的功能安全，能够在面向应用的开发环境中使用，优化了视觉处理库，有助于设计出一套上市时间短、风险低的总体系统。

ADI公司解决方案

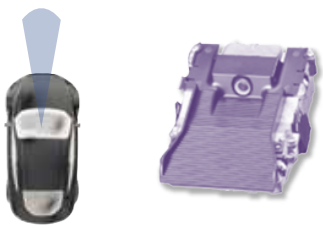
ADSP-BF60x将具有五项功能的系统的总体成本降低了30%。ADSP-BF609(可处理高达百万像素格式)和ADSP-BF608(处理高达VGA格式)支持五种并行视觉功能，每秒可处理高达30帧。ADSP-BF60x在105°C环境温度下的功耗不足1.3 W，具有同级产品的最低功耗。

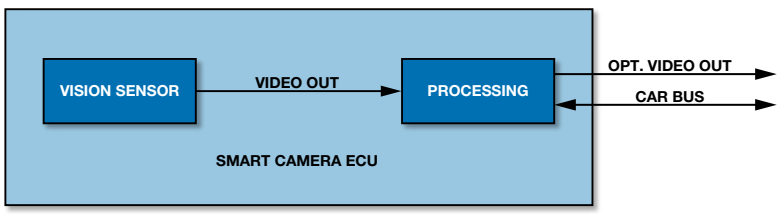
为了实现这一功耗，ADI公司采用了直接又特别的概念。这一概念基于两个Blackfin内核，因为已量产的ADAS系统正采用这一架构。然而，那些无法经济高效通过软件模型化的算法已经被用硬件引擎实现，由此产生了高度可配置的视觉处理单元工具箱。ADI公司将其称作“流水线视觉处理器”(PVP)，如今已成为全新ADSP-BF60x处理器的一部分。虽然采用了低功耗处理技术，但还需要进一步创新，以解决现代设计中最重要的功耗问题，这种方法是外部存储器(DDR2)接口。通过适当分配处理能力，合理利用适量存储器带宽，可以实现最低功耗。此外，一些硬件模块也增强了Blackfin架构，使其能够满足功能安全要求。

另外，ADI公司提供品种丰富、性能优异的视频解码器/编码器、视频多路复用器/开关和视频放大器。

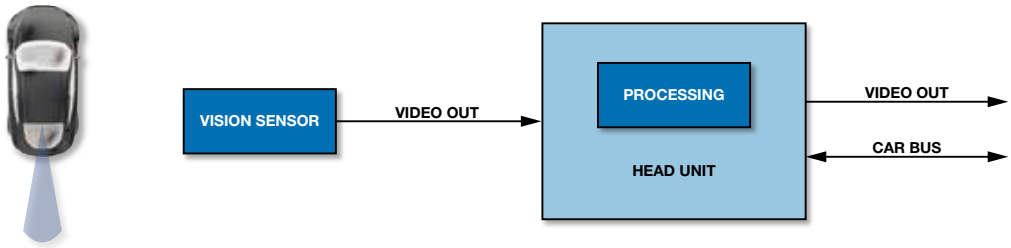
主信号链

ADAS摄像头—智能摄像头ECU

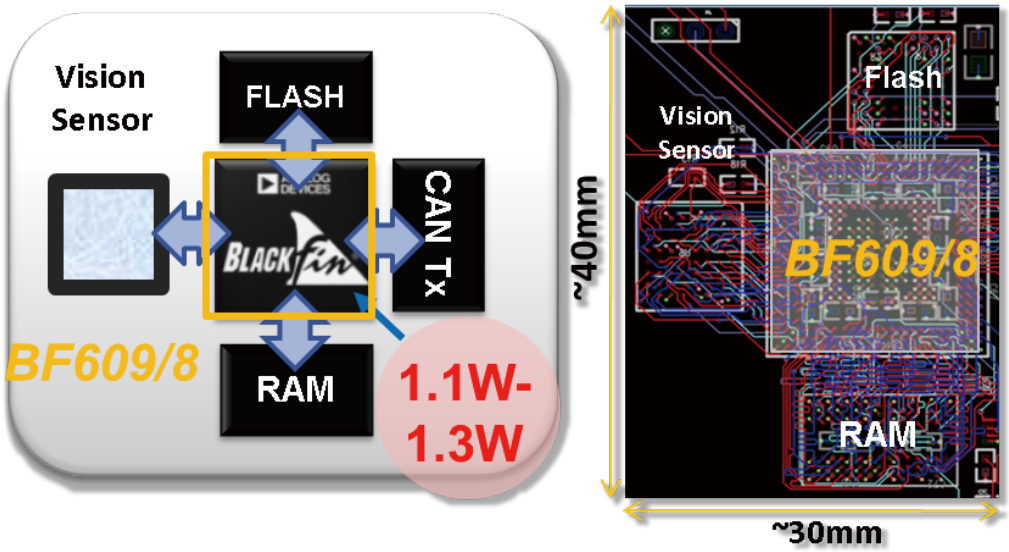




ADAS ECU—摄像头 + 中央处理ECU



ADAS摄像头



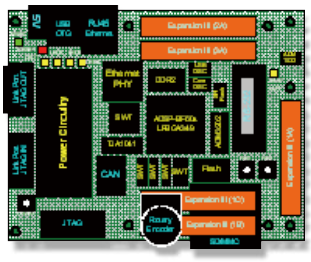
注：上述信号链代表ADAS系统。在具体设计中，模块的技术要求可能不同，但下表列出的产品代表了满足部分要求的ADI解决方案。

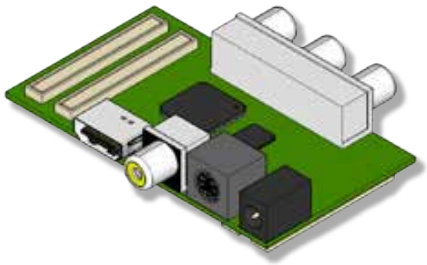
ADI公司产品

产品型号	说明	Ta	封装
DSP			
ADSP-BF606	双通道400 MHz内核、148 kB L1、128 kB L2、外部250 MHz DDR2、3× ePPI、1× CAN	–40°C至+105°C	BGA 349
ADSP-BF607	双通道500 MHz内核、148 kB L1、256 kB L2、外部250 MHz DDR2、3× ePPI、1× CAN	–40°C至+105°C	BGA 349
ADSP-BF608	双通道500 MHz内核、支持VGA的PVP引擎、PIXC引擎、148 kB L1、256 kB L2、外部250 MHz DDR2、3× ePPI、1× CAN	–40°C至+105°C	BGA 349
ADSP-BF609	双通道500 MHz内核、支持高清的PVP引擎、PIXC引擎、148 kB L1、256 kB L2、外部250 MHz DDR2、3× ePPI、1× CAN	–40°C至+105°C	BGA 349

ADI公司产品(续)

产品型号	说明	Ta	封装
视频解码器			
ADV7180W	CVBS解码器、标清电视、3/6通道输入、NTSC/PAL/SECAM输入、8/16位BT656输出	–40°C至+125°C	LFCSP 32/LFCSP 40 LQFP 48/LQFP 64
ADV7181CW	RGB解码器、标清/高清电视、6通道输入、NTSC/PAL/SECAM输入、8/16位BT656输出	–40°C至+85°C	LQFP 64
ADV7182W	CVBS解码器、标清电视、单端/差分输入、NTSC/PAL/SECAM输入、8位BT656输出、电缆诊断	–40°C至+105°C	LFCSP 32
ADV7186W	6通道标清/高清解码器、3D梳状滤波器、位图OSD和叠加功能、标量和去隔行显示控制器、LVDS Rx & Tx	–40°C至+85°C	BGA 196
ADV7280W	10位、4倍过采样标清电视视频解码器，支持去隔行	–40°C至+105°C	LFCSP 32
视频编码器/DAC			
ADV7392/ ADV7393W	标清/高清编码器、YCrCb/RGB输入、CVBS/S视频/YPrPb/RGB输出	–40°C至+85°C	LFCSP 40
ADV7125W	CMOS 330MHz三通道8位视频DAC、互补输出	–40°C至+85°C	LFCSP 48 LQFP 48
RGB-CVBS转换器			
AD723W	低成本RGB转PAL/NTSC编码器，带负载检测功能，2.7 V至5 V	–40°C至+85°C	TSSOP 28
AD725W	低成本RGB转PAL/NTSC编码器，5 V	–40°C至+85°C	SOIC 16
视频放大器			
ADA4851-1/ ADA4851-2/ ADA4851-4W	单通道/双通道/四通道视频放大器、130 MHz、轨到轨输出、3 V至10 V电源	–40°C至+125°C	SOT23/MSOP8/ TSSOP14
ADA4430-1W	单通道视频放大器、固定低通标清视频滤波器、超低功耗、轨到轨输出、2.65 V至6 V电源	–40°C至+125°C	SOT-23
ADA4830-1/ ADA4830-2W	差动视频放大器、增益=0.5 MHz、85 MHz @ 3 dB、电池短路保护、3 V至5 V电源	–40°C至+105°C	LFCSP 8
温度传感器			
ADT7311W	–55°C至+150°C、±0.5°C精度、SPI、2.7 V至5.5 V电源	–55°C至+150°C	SOIC 8







设计资源

硬件开发板

- BF60x标准评估板和扩展板
- 前视ADAS开发套件(请联系ADI销售部门)

BF60x DSP集成开发环境：CCES

标准软件模块

- ADAS视觉分析工具箱(AVAT)
- Blackfin图像处理工具箱(IPTBX)
- 二维图形工具箱(GFX2D)
- 下载地址—*www.analog.com/Blackfinmodules*

视觉ADAS框架和算法参考代码

- LDW、FCW、TSR、HBA、PD函数(请联系ADI销售部门)

欲了解有关汽车应用和产品的更多信息，请访问：
www.analog.com/zh/automotive

有关技术问答，请访问ADI Engineer Zone：
ez.analog.com/cn

欲申请样片，请联系ADI公司区域办事处或访问：
www.analog.com/zh/sample

获取工学新动态，激发设计新思路！

通过订阅模拟对话，最先获取解决实际设计挑战所需的最新技术、应用和系统级见解。请务必告知您的朋友！

analog.com/cn/analogdialogue

Analog Dialogue
ANALOG DEVICES 模拟对话

EngineerZone®支持社区

与社区中的ADI技术专家互动，提出您棘手的设计问题，浏览我们丰富的知识库。

ez.analog.com/cn

ADI EngineerZone™
中文技术论坛

中国技术支持中心

电话：4006 100 006

邮箱：*china.support@analog.com*

关注ADI官方微信

全球总部
One Technology Way
P.O. Box 9106, Norwood, MA
02062-9106 U.S.A.
Tel: (1 781) 329 4700
Fax: (1 781) 461 3113

大中华区总部
上海市浦东新区张江高科技园区
祖冲之路 2290 号展想广场 5 楼
邮编：201203
电话：(86 21) 2320 8000
传真：(86 21) 2320 8222

深圳分公司
深圳市福田中心区
益田路与福华三路交汇处
深圳国际商会中心
4205-4210 室
邮编：518048
电话：(86 755) 8202 3200
传真：(86 755) 8202 3222

北京分公司
北京市海淀区
西小口路 66 号
中关村东升科技园
B-6 号楼 A 座一层
邮编：100191
电话：(86 10) 5987 1000
传真：(86 10) 6298 3574

武汉分公司
湖北省武汉市东湖高新区
珞瑜路 889 号光谷国际广场
写字楼 B 座 2403-2405 室
邮编：430073
电话：(86 27) 8715 9968
传真：(86 27) 8715 9931

©2019 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners Ahead of What's Possible is a trademark of Analog Devices.

BRL10013sc-0-10/19

analog.com/cn

ANALOG DEVICES
超越一切可能™