



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

第六辑

工业及仪表



能源



汽车电子



医疗健康



过程控制



电机控制



本次修订更新至2019年2月  
[www.analog.com/cn/apm](http://www.analog.com/cn/apm)



# 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。近一年来，我们新增11个精选方案。目前，ADI已有约40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、医疗保健等各个方面，深受客户好评。现应广大工程师要求，我们将每年对本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

## 工业及仪表

ADI公司触摸屏测试解决方案 .....	2
ADI 任意波形发生器解决方案 .....	8
ADI锂离子电池测试设备解决方案 .....	15

## 能源

ADI公司低压断路器应用中的电子脱扣器(ETU)解决方案 .....	20
智能能量采集和低功耗故障指示器设计 .....	24
ADI公司再生能源—能源储存解决方案 .....	28

## 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 .....	33
---	----

## 医疗健康

ADI公司体外化学分析仪解决方案 .....	38
连续无创式血压解决方案 .....	45

## 过程控制

用于多路抽头输出隔离电源的简易解决方案 .....	53
---------------------------	----

## 电机控制

伺服电机控制解决方案 .....	60
------------------	----

## ADI公司触摸屏测试解决方案

方案编号: APM\_Touch-Panel\_2017

### 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。

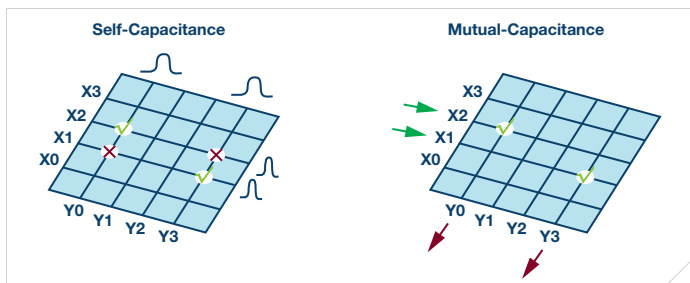


图1. 两种不同类型触摸屏

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。

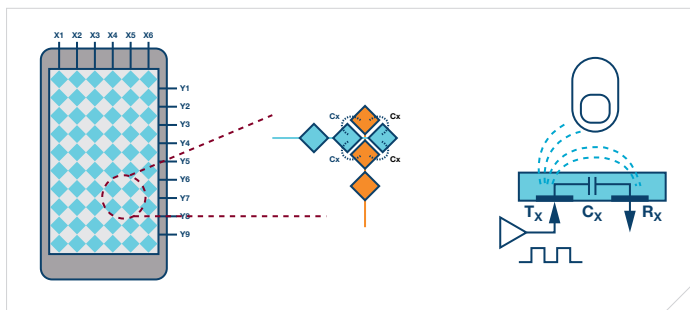


图2. 互电容屏结构

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。

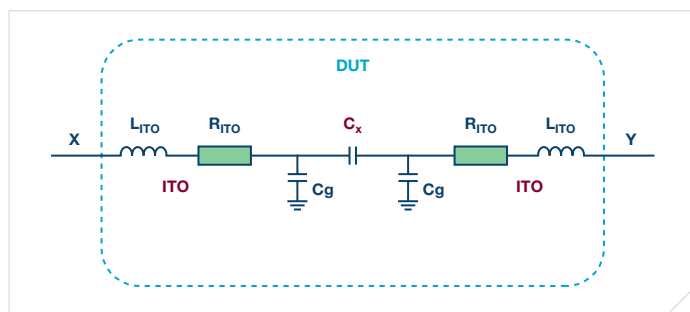


图3. DUT分析模型

$C_x$ : 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, k $\Omega$ 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。

$C_g$ : 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f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。与传统的分压法测量不同，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 $I_x$ 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

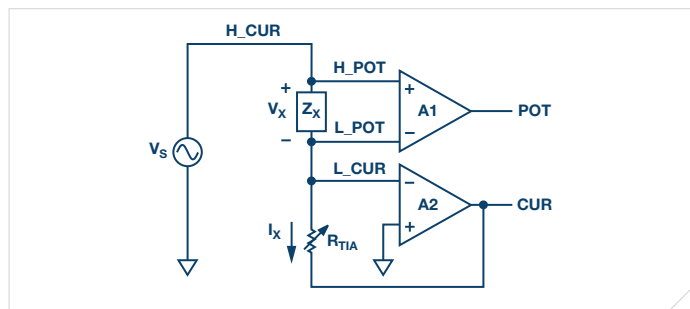


图4. 用于阻抗测量的自动平衡电桥

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阻阻抗( $Z_x$ )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。

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](http://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。

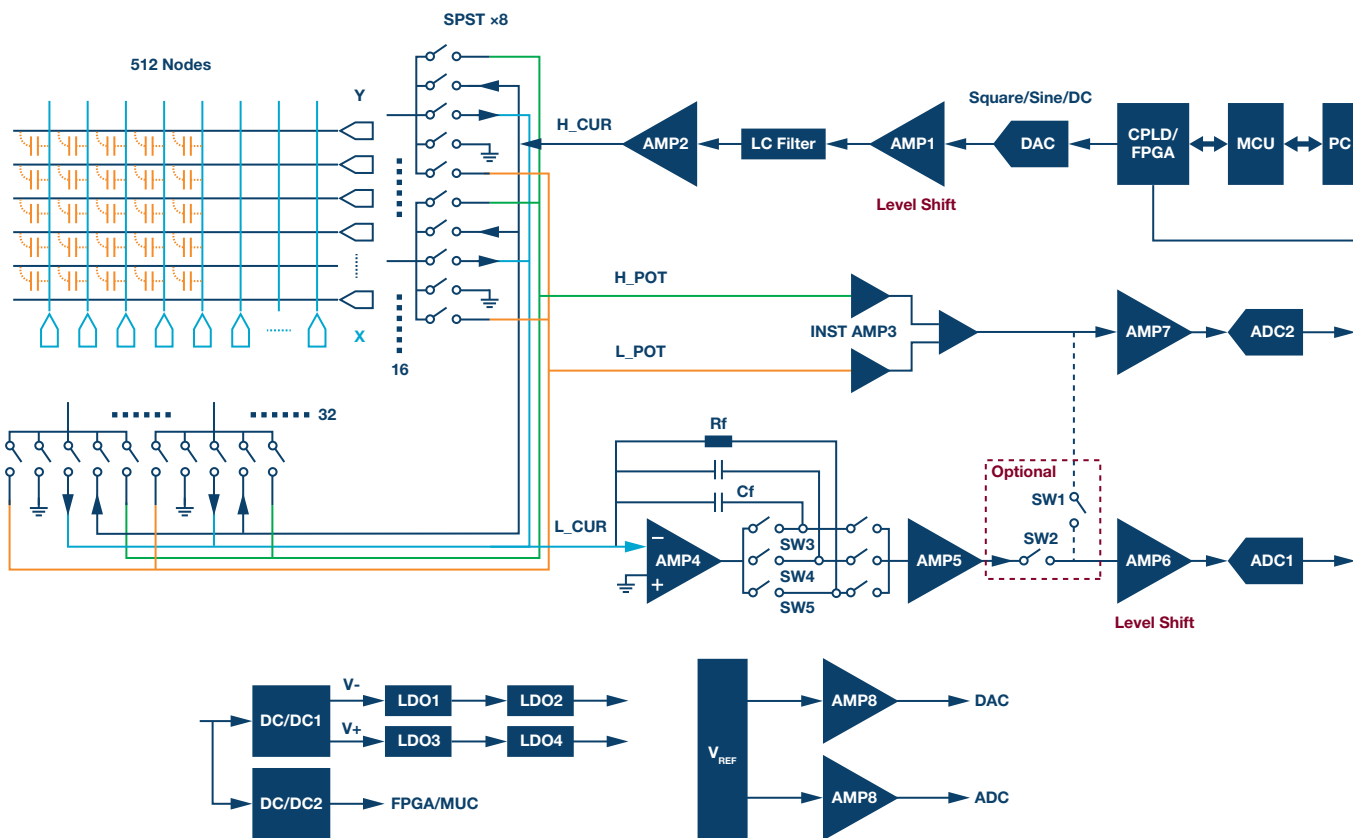


图5. 触摸屏测试系统框图

DAC/DDS	ADC1/ADC2	开关	MCU	V <sub>REF</sub>	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	LD01/LD02	LD03/LD04
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<sup>2</sup>。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。

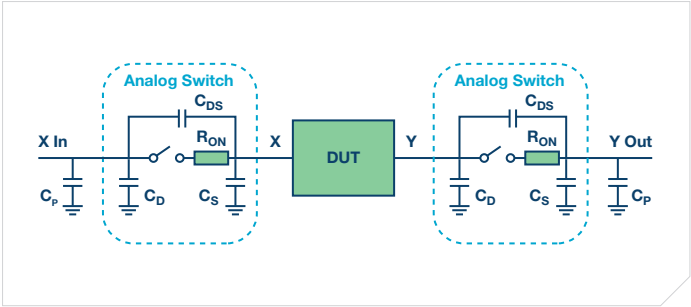


图6. 模拟开关分析模型

$C_D/C_S$ ：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 $Z_{C_{DS}}$ 。

$R_{ON}$ ：模拟开关的导通电阻 $R_{ON}$ ，使用ADG1414时为9.5  $\Omega$ 。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。

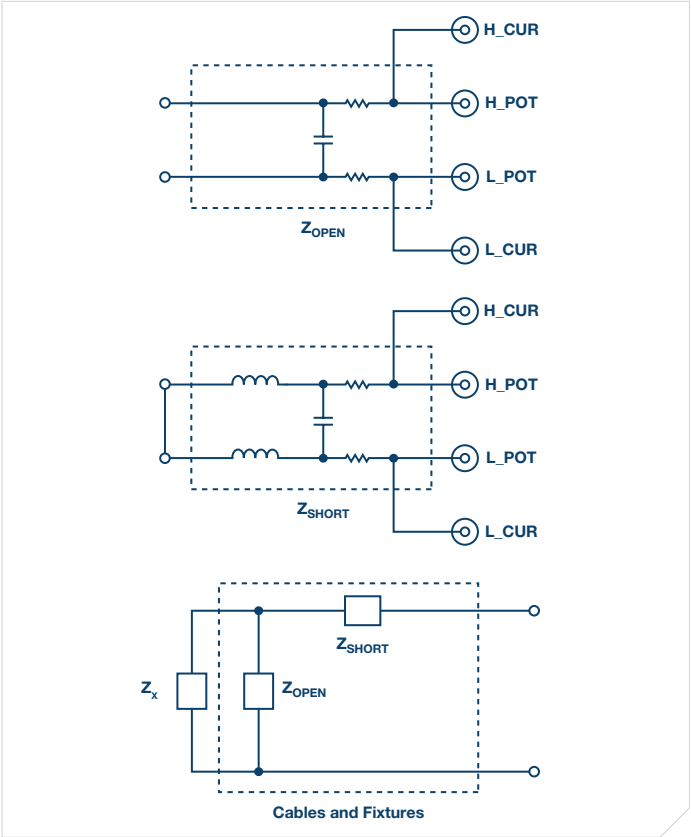


图7. 测试夹具寄生效应的补偿

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 $Z_X$ 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

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 <sub>ON</sub> , 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 <sub>D</sub> /C <sub>S</sub> 电容、高密度、高通道隔离度
ADG1414	SPST × 8, SPI CTRL, 9.5 Ω R <sub>ON</sub> , 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 <sub>D</sub> /C <sub>S</sub> (on) 32 pF和C <sub>D</sub> /C <sub>S</sub> (off) 8 pF @ 1 MHz	高密度, 菊花链控制, 低R <sub>ON</sub> , 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 <sub>ON</sub> , 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 <sub>D</sub> /C <sub>S</sub> (on) 132 pF, C <sub>S</sub> (off) 19 pF, C <sub>D</sub> (off) 92 pF @ 1 MHz	高密度, 低R <sub>ON</sub> , 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 <sub>REF</sub>		
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
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 <sub>OCM</sub> 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 <sub>OCM</sub> 端口进行电平转换

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。

产品型号	描述	优势
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 <sub>D</sub> /C <sub>S</sub> 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 = ½/4/8，10 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0½/4/8/16/32/64，33 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 <sub>IN</sub> 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 <sub>IN</sub> -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](http://analog.com/cn/CN0217)
- ▶ CN-0129: 扩展电容数字转换器AD7745/AD7746的容性输入范围—  
[analog.com/cn/CN0129](http://analog.com/cn/CN0129)
- ▶ 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](http://analog.com/cn/CN0277)
- ▶ CN-0385: 集成PGA、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](http://analog.com/cn/CN0385)

## 设计工具/论坛

- ▶ ADIsimPE™: ADI电路仿真器工具—[www.analog.com/cn/design-center/interactive-design-tools/adisimpe.html](http://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—[ezchina.analog.com](http://ezchina.analog.com)

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](http://analog.com/cn/instrumentation)



## ADI 任意波形发生器解决方案

方案编号: APM\_AWG\_2018

### 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 $f_{sa}/n$ 频率输出时，有着最多 $1/f_{sa}$ 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 $f_{sa}/n$ 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

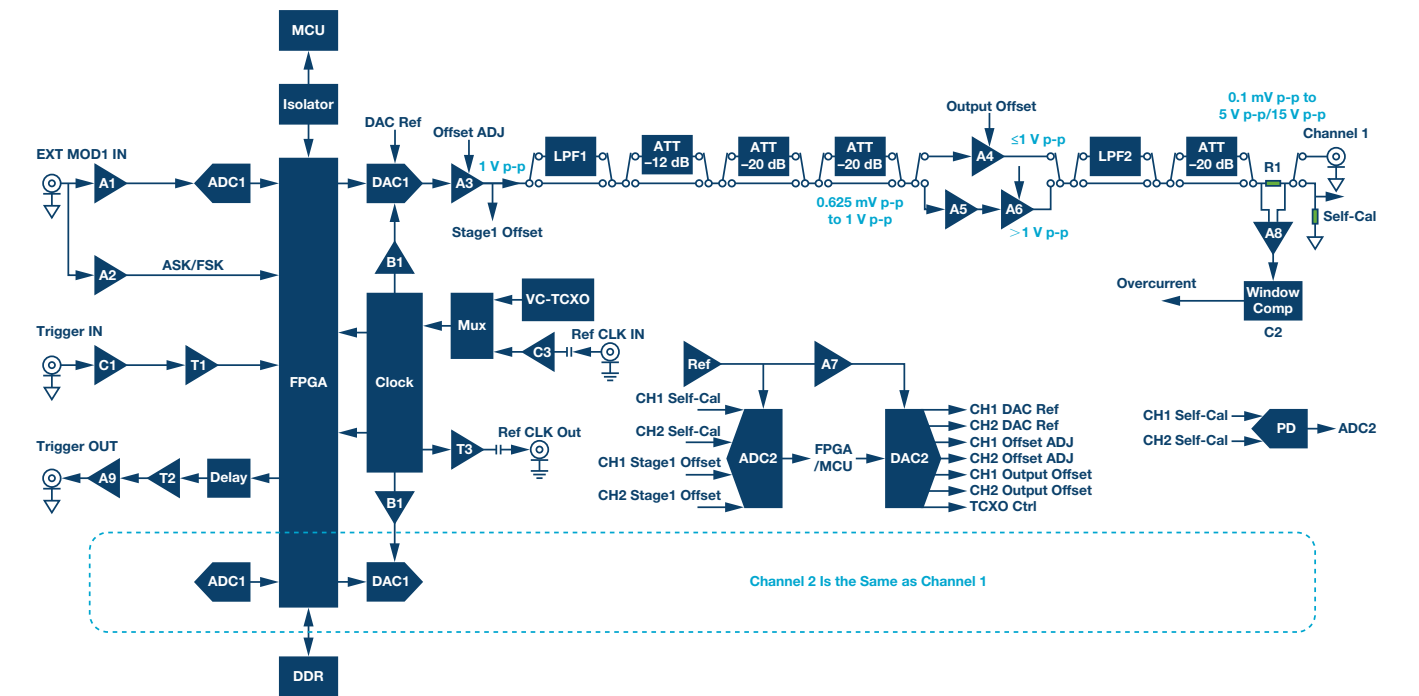


图 1. AWG 系统框图

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 MHz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-TXO，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GPIO/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 $\pm 1.8$  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。

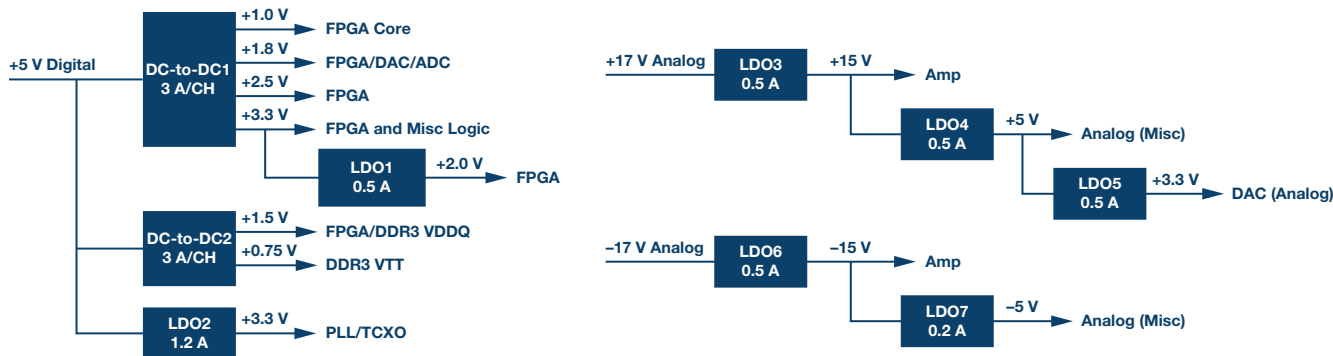


图 2. AWG 电源拓扑图

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



器件	规格	应用场合
<b>MCU</b>		
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
<b>参考源</b>		
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 $\mu$ V p-p	低噪声, 低温漂, 较高初始精度的基准适合作精密ADC/DAC的参考
<b>鉴相器</b>		
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
<b>比较器</b>		
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
<b>驱动器和接收器</b>		
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
<b>AMP</b>		
AD8000	±6V, 电流反馈, 1.5 GHz带宽, ±3.9V摆幅, 压摆率4.1 kV/ $\mu$ s, 三次谐波79 dBc (20 MHz) 2 V p-p输出, 1.6 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	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/ $\mu$ s, 三次谐波98 dBc (70 MHz) 2 V p-p输出, 1.4 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	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/ $\mu$ s, 三次谐波75 dBc (20 MHz) 2 V p-p输出, 1.9 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	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/ $\mu$ s, 三次谐波74 dBc (1 MHz) 20 V p-p输出, 2.1 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	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 $\mu$ V, 失调漂移0.3 $\mu$ V/°C, 2.8 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ , 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 $\mu$ V/°C, 4.5 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ , 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 $\mu$ V/°C, 4.5 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ , 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 $\mu$ V, 失调漂移0.2 $\mu$ V/°C, 3 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	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
<b>电源</b>		
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](http://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](http://www.analog.com/cn/ltc2000a)
- ▶ 电流反馈运算放大器—[www.analog.com/cn/mt-034](http://www.analog.com/cn/mt-034)  
[www.analog.com/cn/mt-057](http://www.analog.com/cn/mt-057)
- ▶ CN-0393: 集成 $\mu$ Module™数据采集系统的同步采样信号链—  
[www.analog.com/cn/cn-0393](http://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](http://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/ltspace-simulator.html](http://www.analog.com/cn/ltspace-simulator.html)
- ▶ EngineerZone®: 中文技术论坛: 在线技术支持社区—  
[www.ez.analog.com](http://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](http://www.analog.com.instrumentation)

## ADI锂离子电池测试设备解决方案

方案编号: APM\_Li-Battery\_2018

### 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)。

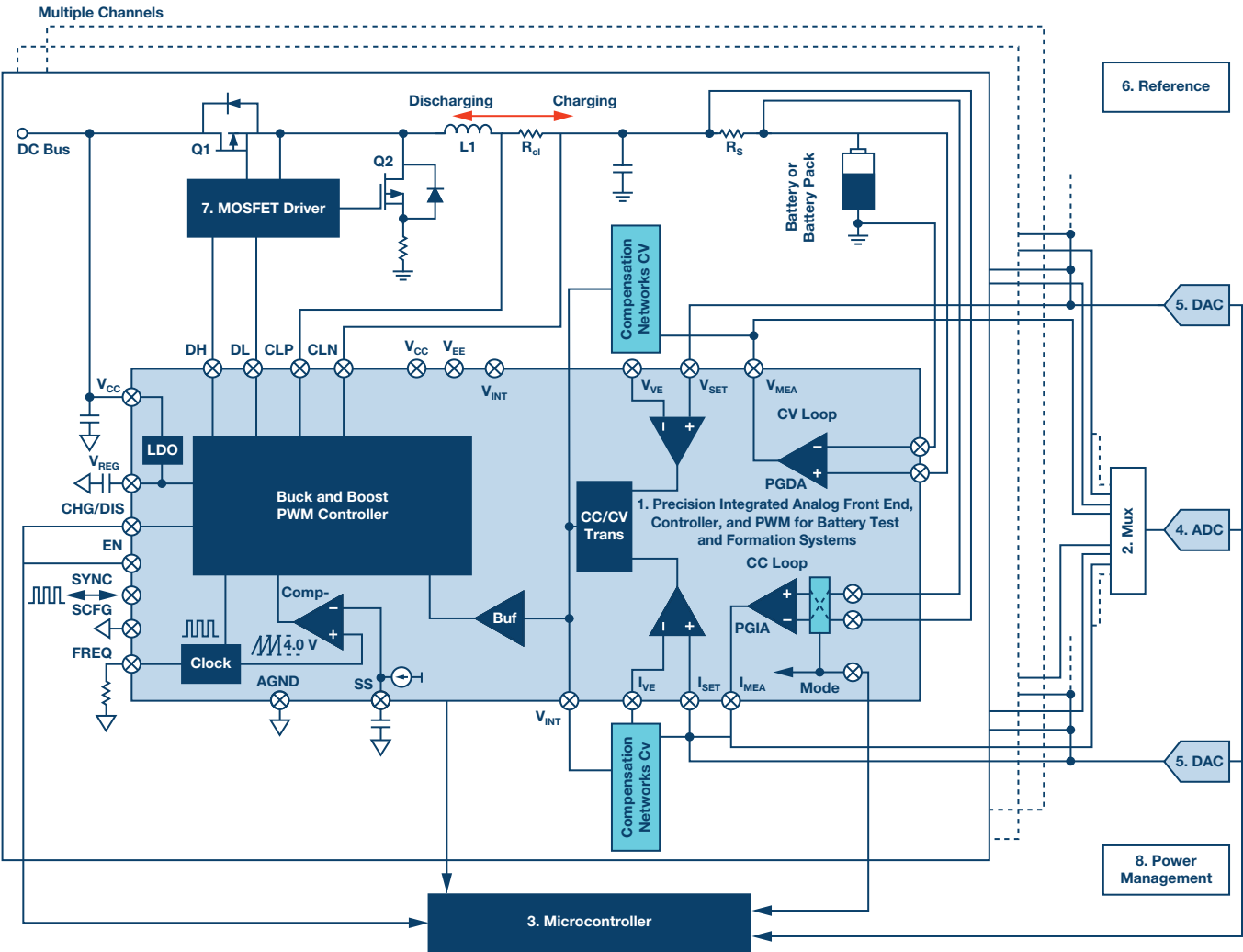


Figure 1. Block diagram from dc bus to battery.

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。

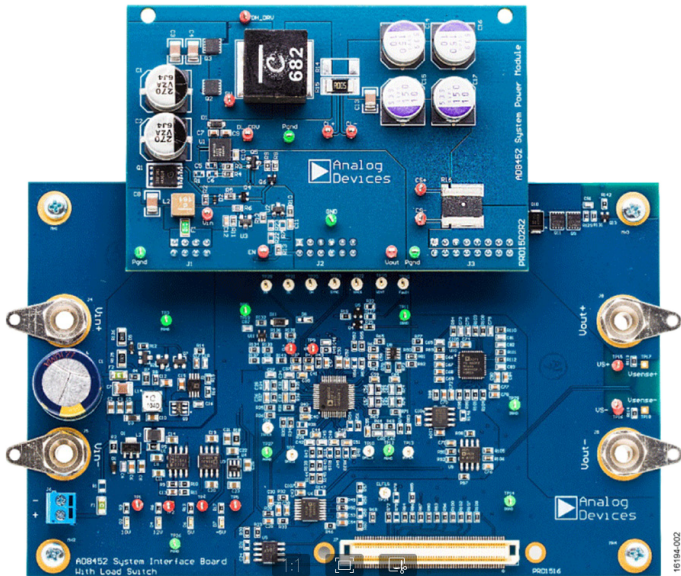


Figure 2. AD8452 demo board.

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 ppm/°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



产品型号	描述	优势
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/√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/√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；防门锁
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、防门锁；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

- ▶ **APM(每月应用)**
- ▶ 锂离子电池测试设备解决方案—  
[www.analog.com/APM/battery\\_solution\\_2011\\_cn.pdf](http://www.analog.com/APM/battery_solution_2011_cn.pdf)
- ▶ **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](http://www.analog.com/cn/analogdialogue/li_ion_battery)
- ▶ **AD8450/AD8451补偿器设计工具—**  
[www.analog.com/cn/AD8450](http://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](http://www.analog.com/cn/instrumentation)

## ADI公司低压断路器应用中的电子脱扣器(ETU)解决方案

方案编号: APM\_ETU\_2019

### 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

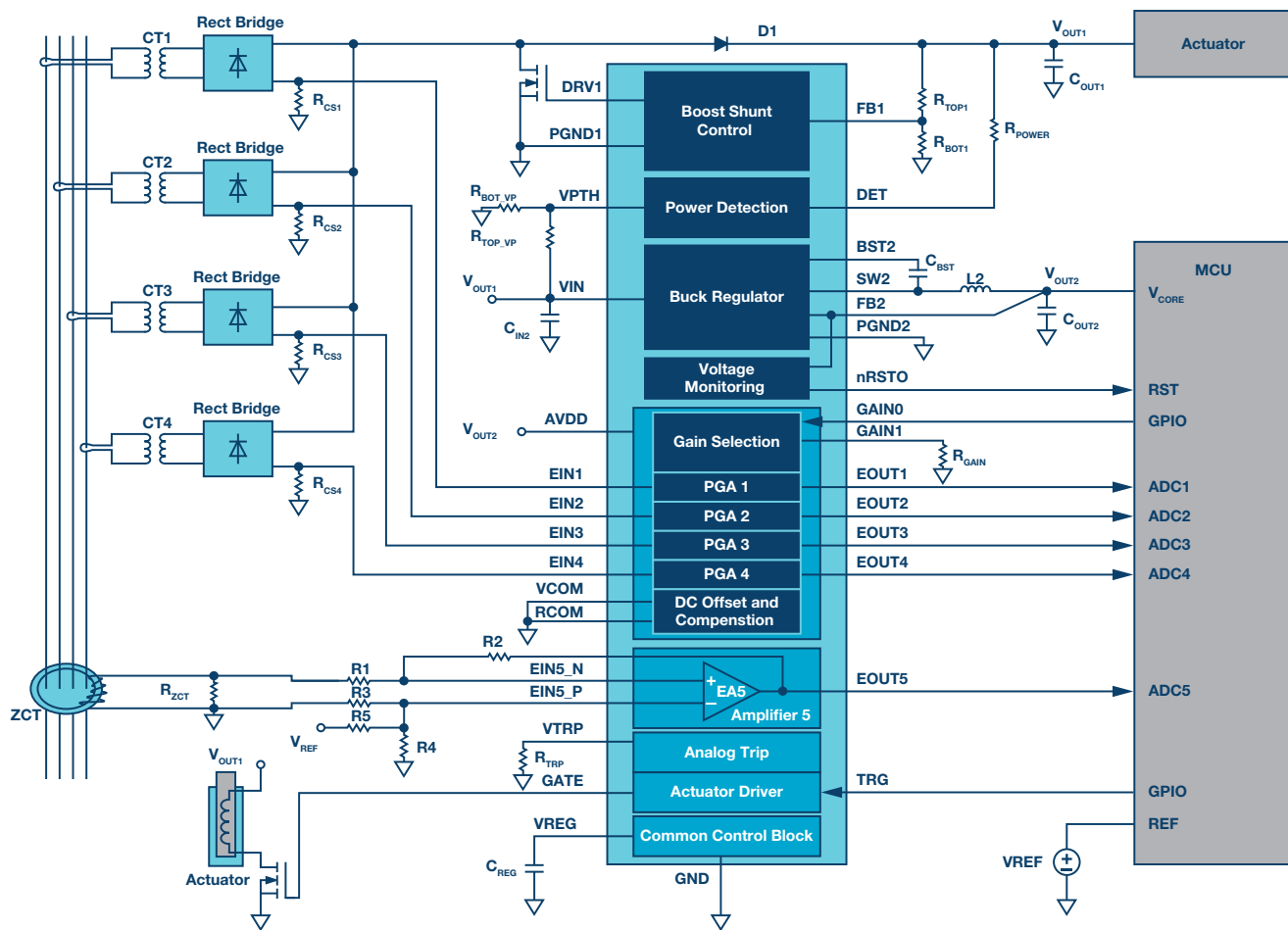
### 关键产品和ADI解决方案价值主张

#### 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。

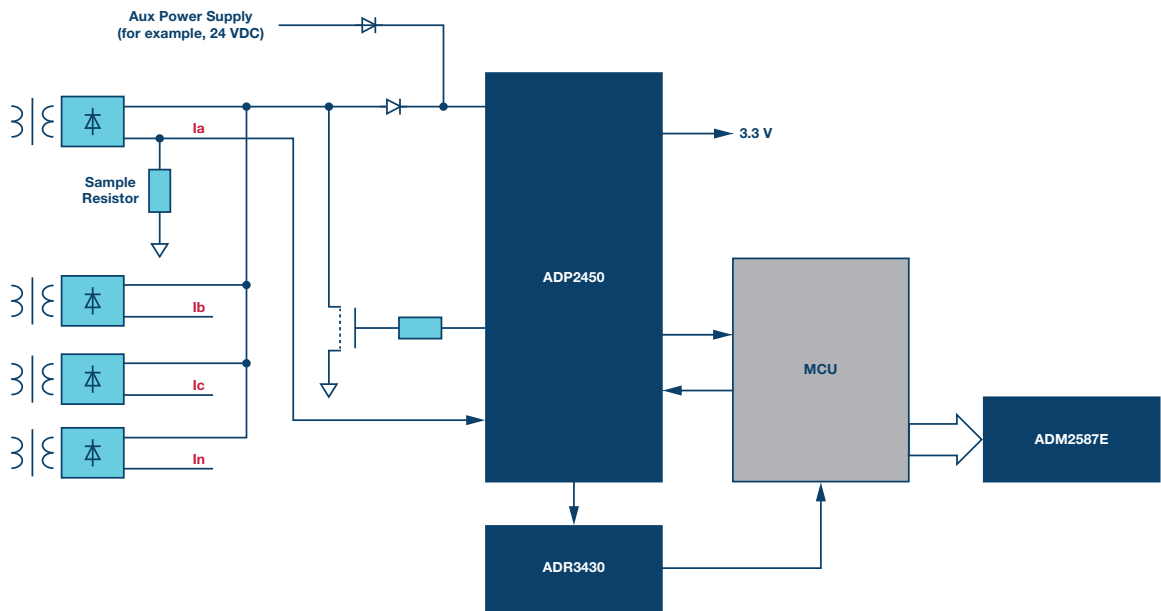
ADP2450的主要特性说明如下:



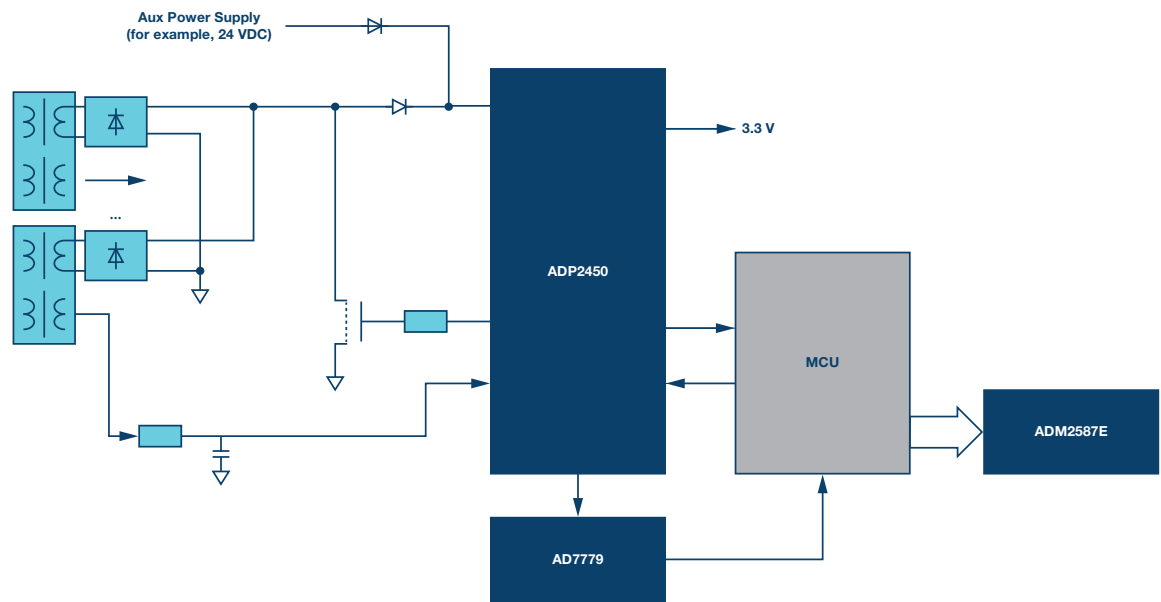
- ▶ 一个低功耗分流升压控制器将电流源(电流互感器的输出)转换为电压源。此外, 它还有一个功率检测电路, 可灵活设置系统级启动电流和迟滞。
- ▶ 一个36 V高压输入降压型稳压器可有效调节电压, 输出3.3 V/5 V/可调输出用于MCU和信号调节电路。输出电流最高可达500 mA。
- ▶ 一个集成的电源监控电路提供安全的系统级复位功能。
- ▶ ADP2450集成了4个可编增益放大器(PGA), 提供15种不同增益设置选项。PGA还能支持两种不同的拓扑结构(反相和差分输入模式), 以连接不同的CT拓扑结构(单线圈或双线圈)。
- ▶ 内部还有一个通用运算放大器, 可用作接地故障、漏电/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 $-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 。
- ▶ PGA输入具有 $\pm 8\text{ V}$  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



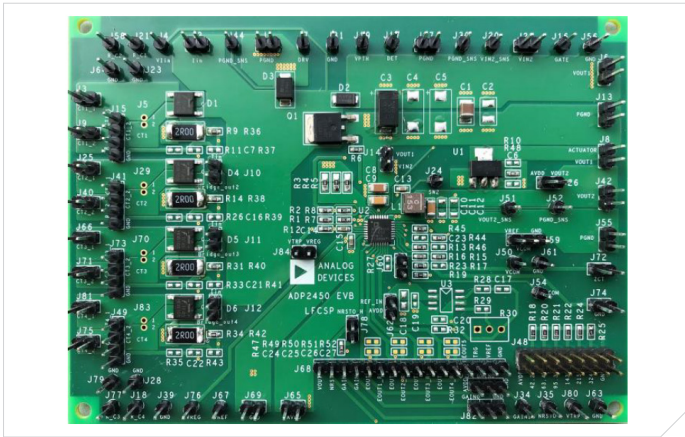
其他相关产品介绍

器件	描述	主要特性	优势
接口			
ADM2587E	隔离式RS-485接口IC	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ 隔离式RS-485/RS-422收发器，可配置为半双工或全双工</li><li>▶ <i>isoPower</i>集成隔离式dc至dc转换器</li><li>▶ ±15 kV ESD保护</li></ul>	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	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ 初始精度：±0.1%(最大值)</li><li>▶ 最大温度系数：8 ppm/°C</li><li>▶ 工作温度范围：-40°C至+125°C</li><li>▶ 静态电流：100 μA (最大值)</li><li>▶ 低压差：250 mV (2 mA)</li><li>▶ 输出噪声(0.1 Hz至10 Hz)：&lt;10 μV p-p (1.2 V，典型值)</li><li>▶ 6引脚SOT-23</li></ul>	低功耗、低压差、低成本



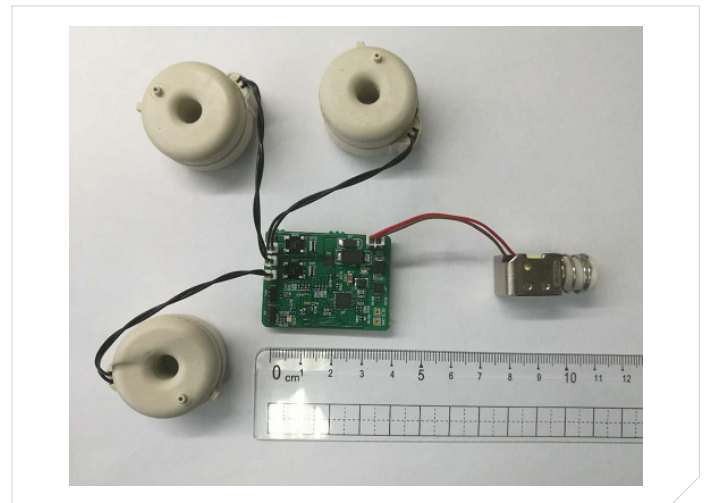
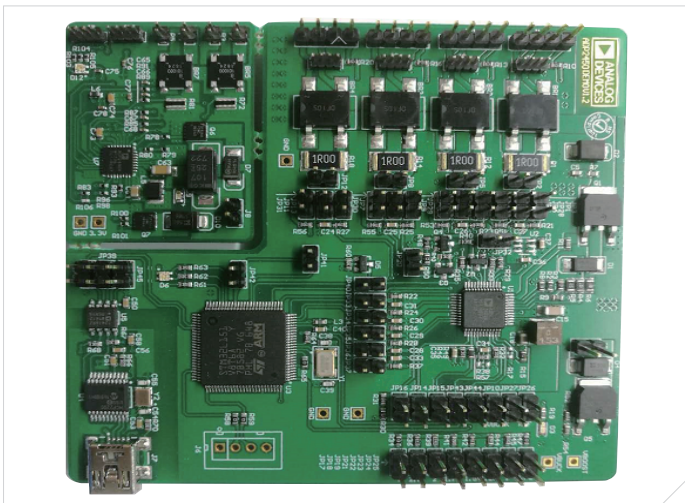
## 设计资源

### 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](http://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](#) — [isoPower器件的辐射控制建议](#)



## 能源

## 智能能量采集和低功耗故障指示器设计

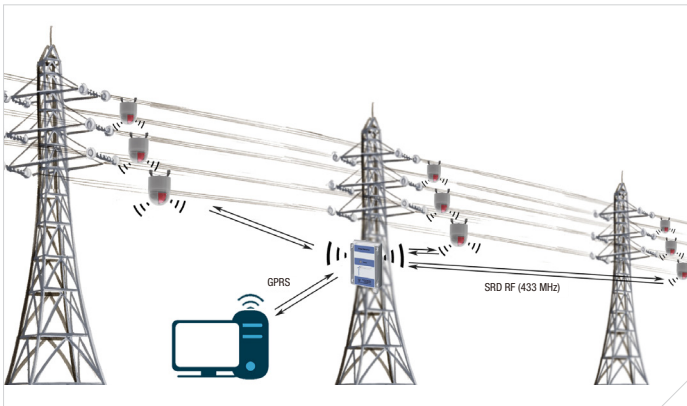
方案编号: APM\_FCI\_2018

## 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 $\mu$ A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。

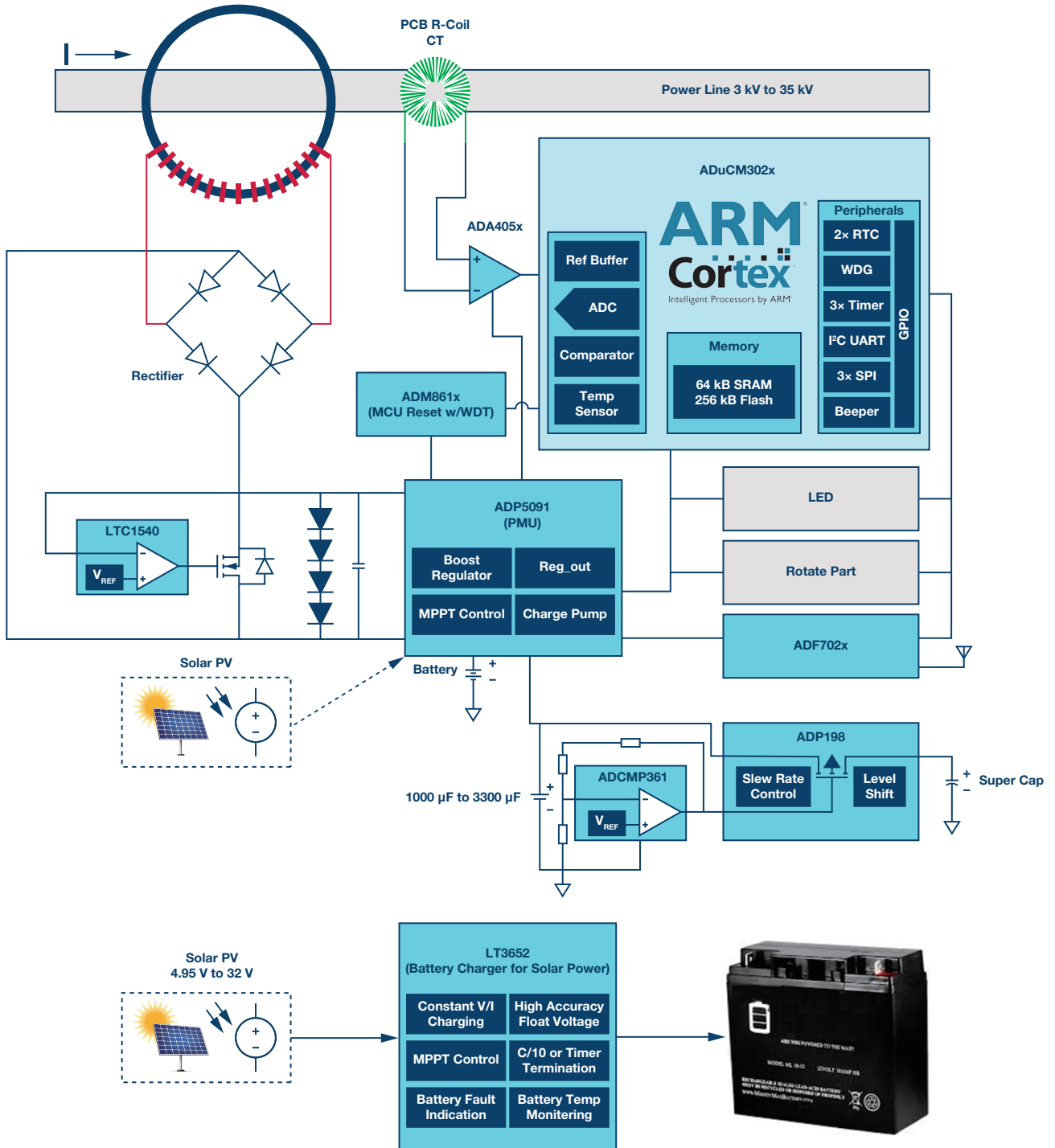
## 为什么使用ADI解决方案(ADI解决方案价值主张)

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、LiFePO<sub>4</sub>、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

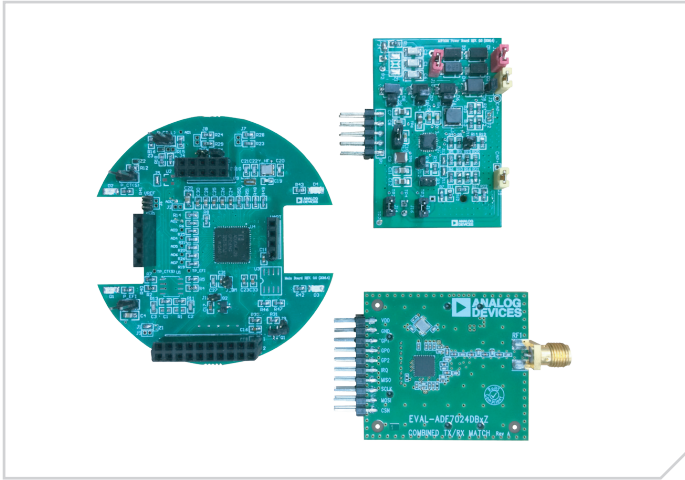
ADI公司产品

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 $\mu$ A；低失调电压：15 $\mu$ V (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 $\mu$ A/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， $\pm$ 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 $\mu$ A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 $\mu$ A；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 $\pm$ 0.275%；低输入偏置电流： $\pm$ 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 $\mu$ A (最大值)；电流输出能力： $\pm$ 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 $\mu$ V <sub>RMS</sub>	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

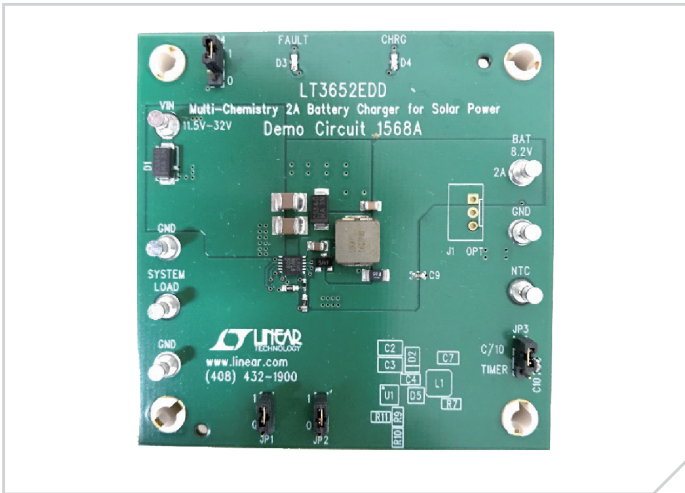
- ▶ EVAL-ADP5091/ADP5092用户指南
- ▶ 用于LTC3652的演示手册DC1568A
- ▶ 文章: 电源跟踪电池充电器IC支持太阳能系统
- ▶ 面向WSN的实际环境能量采集(LTC传统产品)
- ▶ 面向ADuCM302x处理器的EE388v01功耗优化指南
- ▶ 采用ADuCM302x处理器引导内核的EE381v01
- ▶ ADF7024上的AN-1315自主IR校准
- ▶ ADF7024上的AN-1317滚动数据缓冲器

## 设计工具

- ▶ [analog.com/en/eval-aducm3029-ezkit.html](http://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](http://analog.com/cn/energy).



## ADI公司再生能源—能源储存解决方案

方案编号：APM\_Energy Storage\_2018

### 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

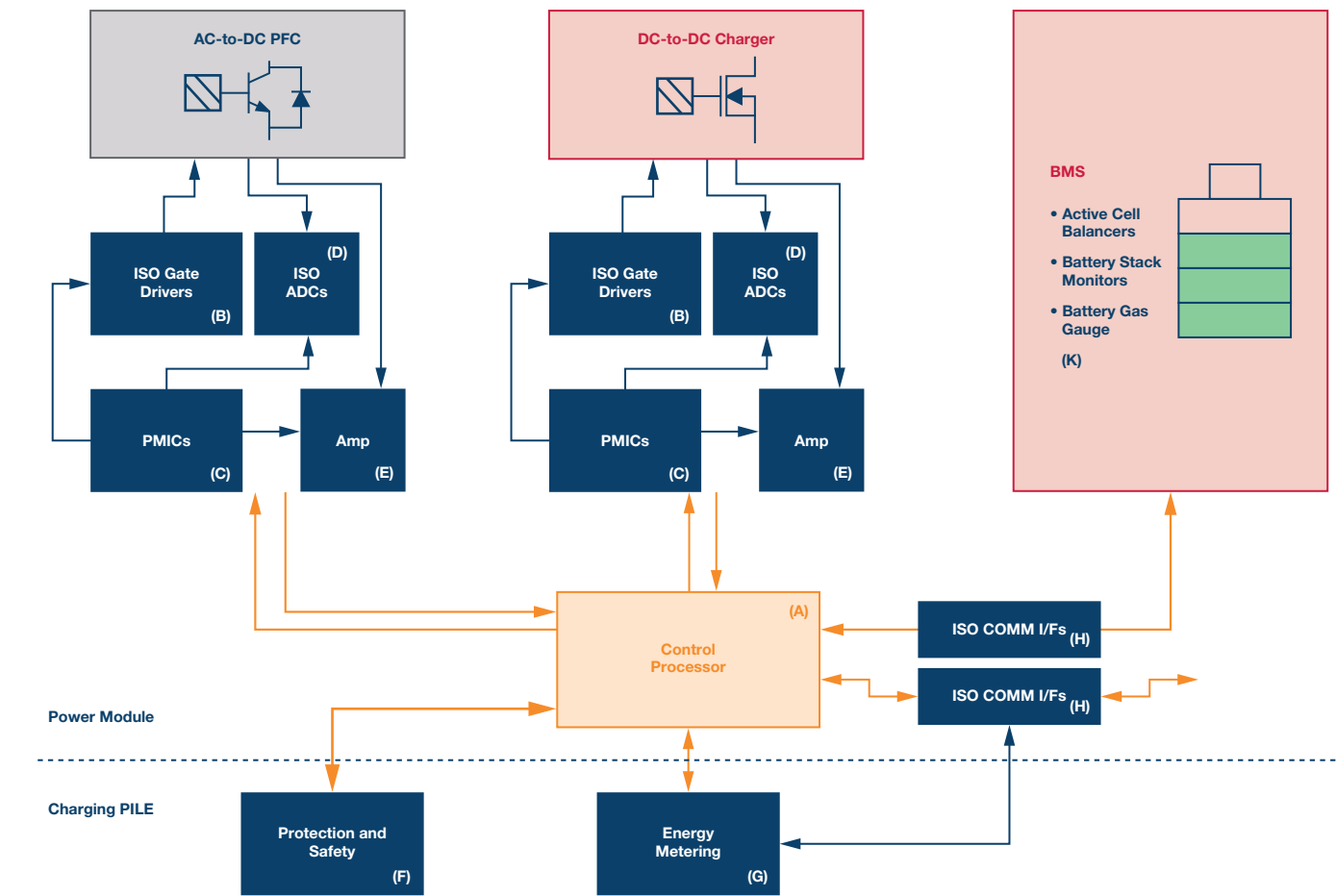
- ▶ 非车载快速直流充电器
  - 电网到车辆高功率充电器
  - 双向高功率充电器
  - 集成储能单元的双向高功率充电器
- ▶ 电动汽车充电器电源模块/机架

### 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(*iCoupler*®)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	集成内部米勒钳位的高压、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isoPower®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 <sub>A</sub> = 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isoPower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			
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

产品型号	说明	主要特性	优势
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 <sub>DRIVE</sub> ，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](http://www.analog.com/cn/cn-0218)

### 更多参考电路请访问:

[www.analog.com/circuits](http://www.analog.com/circuits)

## 技术文章/应用笔记

- ▶ *isoPower*器件的辐射控制建议(AN-0971)—  
[www.analog.com/cn/AN-0971](http://www.analog.com/cn/AN-0971)
- ▶ Wiki链接—[www.wiki.analog.com](http://www.wiki.analog.com)
- ▶ ADuM4135栅极驱动器模块(Microsemi)—[www.wiki.analog.com/resources/eval/eval-microsemi-sic-module](http://www.wiki.analog.com/resources/eval/eval-microsemi-sic-module)

## 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](http://www.analog.com/cn/ADIsimPower)
- ▶ 在线技术支持社区(EngineerZone®)—[ezchina.analog.com](http://ezchina.analog.com)
- ▶ ADSP-CM41x EZ-Board®和EZ-Kit Lite®评估硬件—  
[www.analog.com/cn/cm419f-ez](http://www.analog.com/cn/cm419f-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/solar-inverters](http://www.analog.com/cn/solar-inverters)

## ADI公司混合动力汽车(HEV)/电动汽车(EV) 锂电池管理解决方案

方案编号: APM\_HEV-EV\_2018

### 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。

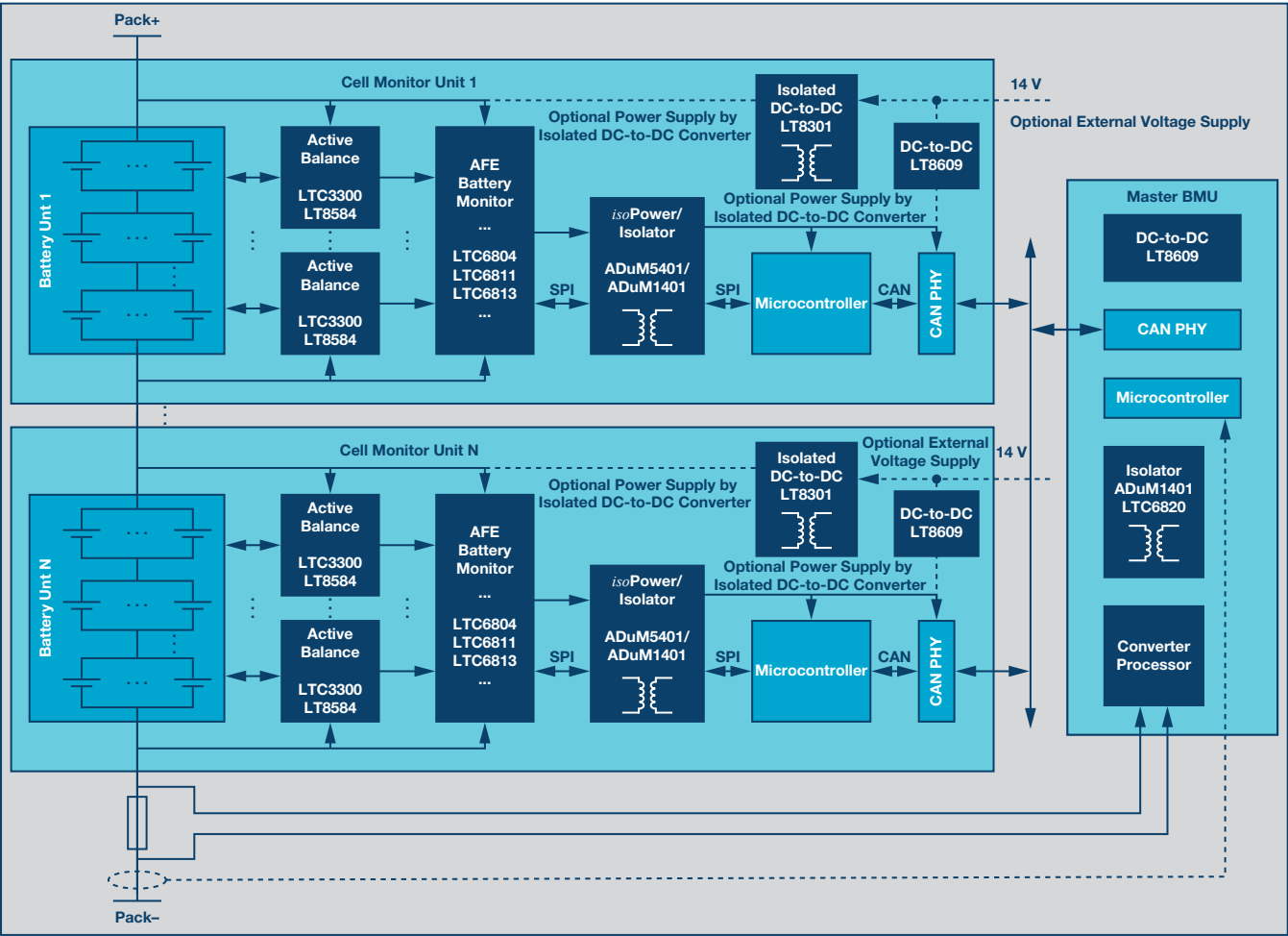
自2008年起,ADI(LTC)锂电池监控IC产品已经发展到第四代。安全性,精度和功能已经不断提高,始终是业界最佳选择。

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  $\mu$ s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

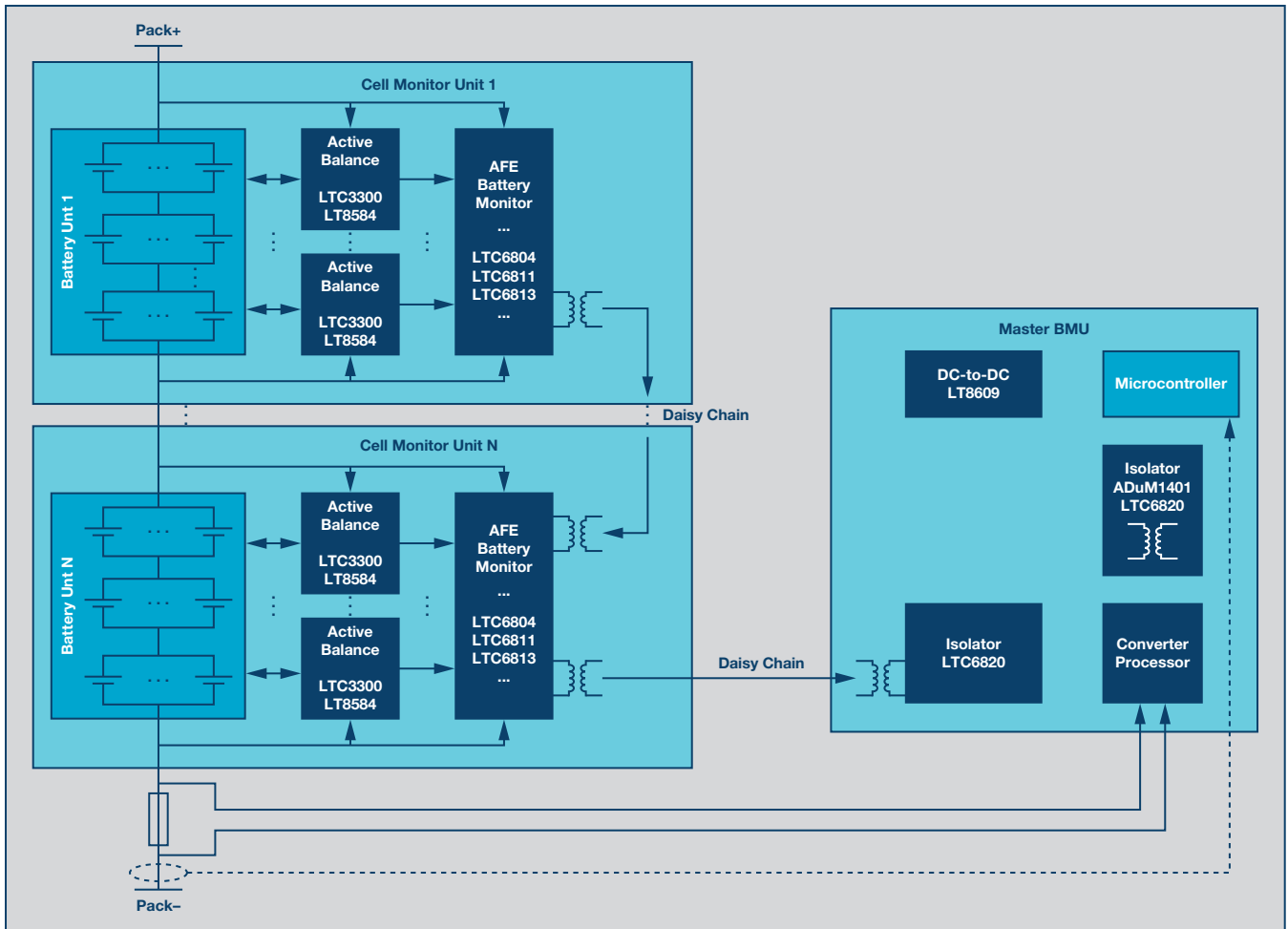
ADI公司的数字隔离器*iCoupler*®为汽车应用而优化,可在高数据速率下实现最低功耗。其封装尺寸小、通道选项多,因此,它所需组件量和占用电路板面积都最小;此外,该系列在整个使用周期内提供其高可靠性和质量保证。该系列被广泛用做高电压电路与低电压电路之间的SPI/GPIO/时钟隔离器。*isoPower*®是ADI公司独特的集成电源数字隔离器解决方案,它提供隔离电源和多通道数字隔离功能;与分立式dc至dc隔离器加数字隔离器的方案相比,*isoPower*的成本更低、占用面积更小。ADI公司提供多样的集成方案,产品种类仍在不断扩展。

两个推荐的BMS解决方案框图:



隔离 SPI 架构





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	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ LTC6804 的引脚兼容型升级器件</li><li>▶ 可测量多达 12 节串联电池</li><li>▶ 1.2 mV 最大总测量误差</li><li>▶ 可堆叠式架构能支持几百个电池</li><li>▶ 内置 isoSPI™ 接口<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 MB 隔离式串行通信</li><li>• 采用单根双绞线，长达 100 米</li><li>• 低 EMI 敏感度和辐射</li></ul></li><li>▶ 可在 290 μs 内完成系统中所有电池的测量</li><li>▶ 同步的电压和电流测量</li><li>▶ 具可编程三阶噪声滤波器的 16 位 Σ-Δ ADC</li><li>▶ 针对符合 ISO 26262 标准的系统而进行设计</li><li>▶ 采用可编程定时器的被动电池电荷平衡</li><li>▶ 5 个通用的数字 I/O 或模拟输入<ul style="list-style-type: none"><li>• 温度或其他传感器输入</li><li>• 可配置为一个 I²C 或 SPI 主控器</li></ul></li><li>▶ 4 μA 睡眠模式电源电流</li><li>▶ 48 引脚 SSOP 封装</li></ul>
LTC6813	多节电池的电池组监视器	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ 可测量多达 18 个串联电池的电压</li><li>▶ 2.2 mV 最大总测量误差</li><li>▶ 可堆叠式架构能支持几百个电池</li><li>▶ 内置 isoSPI™ 接口：<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 MB 隔离式串行通信</li><li>• 采用单根双绞线，长达 100 米</li><li>• 低 EMI 敏感度和辐射</li><li>• 双向运作用于提供导线断裂保护</li></ul></li><li>▶ 可在 290 μs 之内完成系统中所有电池的测量</li><li>▶ 同步的电压和电流测量</li><li>▶ 具可编程三阶噪声滤波器的 16 位增量-累加 (Σ-Δ) 型 ADC</li><li>▶ 专门针对符合 ISO 26262 标准的系统而设计</li><li>▶ 采用可编程脉宽调制的被动电池平衡高达 200 mA (最大值)</li><li>▶ 9 个通用的数字 I/O 或模拟输入</li><li>▶ 温度或其他传感器输入</li><li>▶ 可配置为一个 I²C 或 SPI 主控器</li><li>▶ 6 μA 睡眠模式电源电流</li><li>▶ 64 引脚 eLQFP 封装</li></ul>
有源平衡		
LTC3300	高效率双向多节电池的电池组平衡器	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ 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</li><li>▶ 高达 10A 的平衡电流 (由外部组件设定)</li><li>▶ 与 LTC680x 系列的多节电池组监视器无缝集成</li><li>▶ 双向架构最大限度地减少了平衡时间和耗散功率</li><li>▶ 电荷转移效率高达 92%</li><li>▶ 可堆叠式架构可用于 &gt;1000V 的系统</li><li>▶ 使用简单的双绕组变压器</li><li>▶ 1 MHz 可菊花链式串行接口带有 4 位 CRC 包错误检查</li><li>▶ 高噪声裕度串行通信</li><li>▶ 众多的故障保护功能</li><li>▶ 48 引脚带裸露衬垫 QFN 封装和 LQFP 封装</li></ul>
LT8584	具遥测接口的 2.5 A 单片式主动电池电荷平衡器	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ 2.5 A 典型平均电池放电电流</li><li>▶ 集成型 6 A、50 V 电源开关</li><li>▶ 与 LTC680x 系列实现了无缝整合：无需额外的软件</li><li>▶ 可选的电流和温度监视器</li><li>▶ 在停机模式中具有超低的静态电流</li><li>▶ 专门针对符合 ISO 26262 标准的系统而进行工程设计</li><li>▶ 隔离式平衡<ul style="list-style-type: none"><li>• 能够将电荷回送至电池组顶端</li><li>• 能够将电荷回送至电池组中的任何电池组合</li><li>• 能够将电荷回送至 12 V 电池以替代交流发电机</li></ul></li><li>▶ 可并联以实现更强的放电能力</li><li>▶ 操作中的所有静态电流均取自局部电池</li><li>▶ 16 引脚 TSSOP 封装</li></ul>

产品型号	描述	优势和特点
<i>isoSPI</i>		
LTC6820	isoSPI隔离式通信接口	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 1 Mbps隔离式SPI数据通信</li> <li>▶ 可采用标准变压器实现简单的电流隔离</li> <li>▶ 采用单根双绞线的双向接口</li> <li>▶ 支持长达100米的电线</li> <li>▶ 非常低的EMI敏感度和辐射</li> <li>▶ 可针对高抗噪性或低功耗进行配置</li> <li>▶ 针对符合ISO 26262标准的系统进行设计</li> <li>▶ 在大多数SPI系统中无需进行软件变更</li> <li>▶ 超低(2 <math>\mu</math>A)的无工作电流</li> <li>▶ 自动唤醒检测</li> <li>▶ 工作温度范围: <math>-40^{\circ}\text{C}</math>至<math>125^{\circ}\text{C}</math></li> <li>▶ 2.7 V至5.5 V电源</li> <li>▶ 可连接至所有电压范围为1.7 V至5.5 V的逻辑电源</li> <li>▶ 采用16引脚QFN封装和MSOP封装</li> </ul>
<i>Isolator</i>		
ADuM1401	四通道数字隔离器(3/1通道方向性)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 汽车应用版本已通过AEC-Q100认证</li> <li>▶ 低功耗工作</li> <li>▶ 双向通信</li> <li>▶ 3 V/5 V电平转换</li> <li>▶ 工作温度最高可达: <math>125^{\circ}\text{C}</math></li> <li>▶ 高数据速率: dc至90 Mbps (NRZ)</li> <li>▶ 精密时序特性</li> <li>▶ 高共模瞬变抗扰度: <math>&gt;25\text{ kV}/\mu\text{s}</math></li> <li>▶ 欲了解更多特性, 请参考数据手册</li> </ul>
<i>isoPower</i>		
ADuM5401	集成DC至DC转换器的四通道隔离器(3/1通道方向性)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 欲了解AEC-Q100汽车应用级器件, 请查看<a href="#">ADuM540xW数据手册</a></li> <li>▶ 集成<i>isoPower</i>的隔离式DC至DC转换器</li> <li>▶ 3.3 V或5.0 V调节输出</li> <li>▶ 最高500 mW输出功率</li> <li>▶ 四个DC-25 Mbps(NRZ)信号隔离通道</li> <li>▶ 施密特触发器输入</li> <li>▶ 16引脚SOIC封装, 爬电距离大于8.0 mm</li> <li>▶ 工作温度最高可达<math>105^{\circ}\text{C}</math></li> </ul>
<i>ISO-CAN</i>		
ADM3054	5 kV rms信号隔离高速CAN收发器, 集成总线保护	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 5 kV rms信号隔离式CAN收发器</li> <li>▶ 工作电压(<math>V_{DD1}</math>): 5 V或3.3 V</li> <li>▶ 工作电压(<math>V_{DD2}</math>): 5 V</li> <li>▶ <math>V_{DD2\text{SENSE}}</math> 用于检测 <math>V_{DD2}</math> 是否失电</li> <li>▶ 符合ISO 11898标准</li> <li>▶ 数据速率可高达1 Mbps</li> <li>▶ 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</li> <li>▶ 无电节点不干扰总线</li> <li>▶ 总线支持110个或更多节点</li> <li>▶ 热关断保护</li> <li>▶ 高共模瞬变抗扰度: <math>&gt;25\text{ kV}/\mu\text{s}</math></li> <li>▶ 安全和法规认证 <ul style="list-style-type: none"> <li>• UL认证 <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 1分钟5000 V rms, 符合UL 1577</li> </ul> </li> <li>• 符合VDE标准证书 <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ DIN V VDE V 0884-10 (VDE V 0884-10): 2006-12</li> <li>◦ <math>V_{IORM} = 846\text{ V}</math>峰值</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>▶ 工业温度范围: <math>-40^{\circ}\text{C}</math>至<math>+125^{\circ}\text{C}</math></li> <li>▶ 16引脚宽体SOIC封装</li> <li>▶ 通过汽车应用认证</li> </ul>

## ADI公司体外化学分析仪解决方案

方案编号: APM\_Medical-Analyzer\_2018

### 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 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
- 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

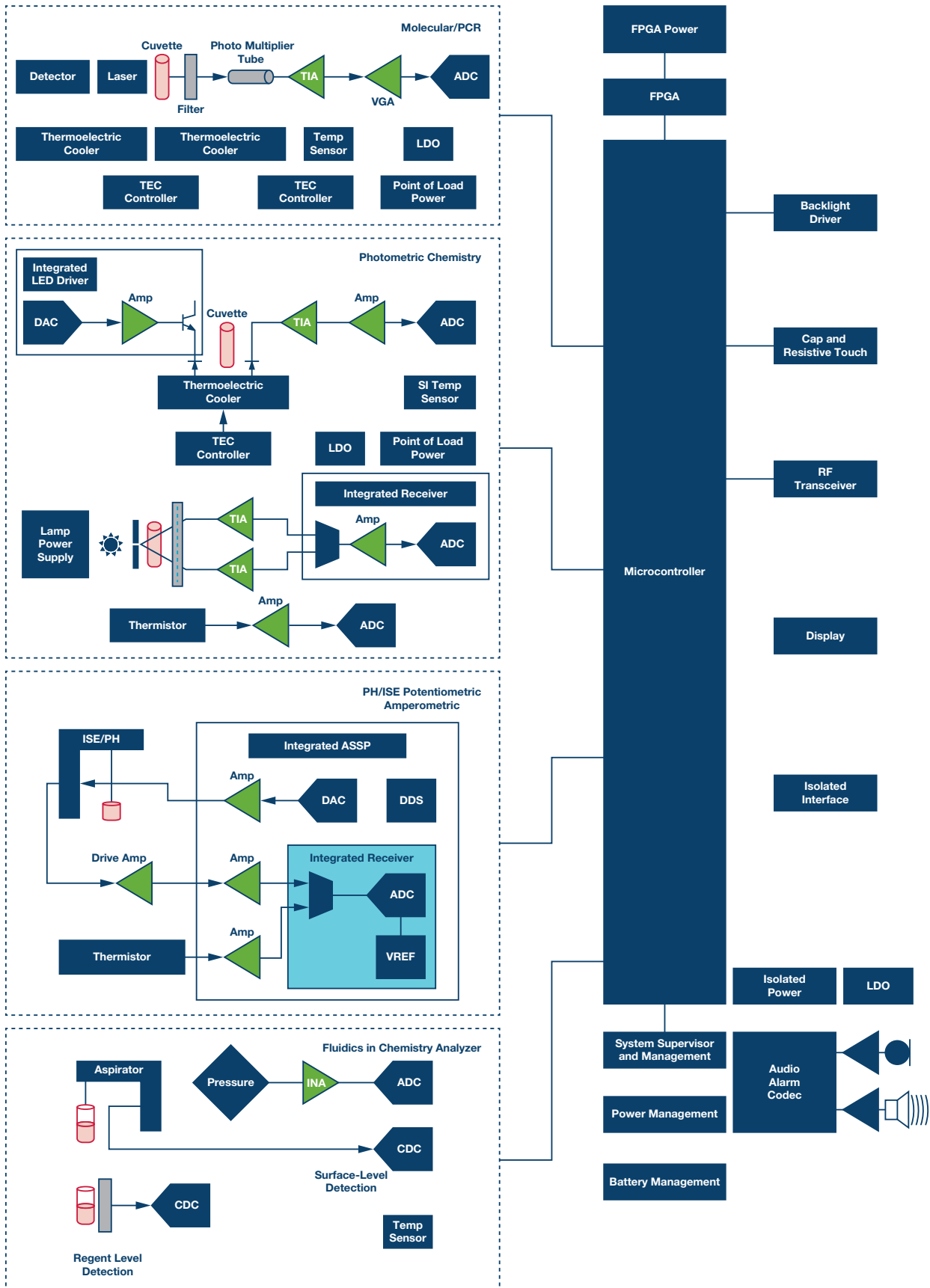
#### ▶ 数据处理和分类

- 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
<b>光学</b>		
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: $80 \text{ fA}/\sqrt{\text{Hz}}$ (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; 超低噪声: $90 \text{ fA}/\sqrt{\text{Hz}}$ (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
<b>ASSP</b>		
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
<b>跨导放大器</b>		
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 $\mu\text{V}$ (最大值), 失调电压漂移: $15 \text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ (典型值), 输入电压噪声: 4 $\mu\text{V p-p}$ (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: $\pm 20 \text{ fA}$ (最大值), 失调电压: 50 $\mu\text{V}$ , 失调电压漂移: $\pm 0.13 \text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ (最大值), 输入电压噪声: 14 $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (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; $-3 \text{ dB}$ 带宽( $G = 1$ , $R_L = 100 \text{ }\Omega$ ): 1050 MHz; 低失真: $-90 \text{ dBc}$ (10 MHz); 输入偏置电流: 2 pA(典型值), 输入电压噪声: 4 $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (100 kHz时), 输入电流噪声: 2.5 $\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$ (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 $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ , 2.8 $\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ ; 低1/f噪声: 2.4 $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (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
<b>模拟前端</b>		
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: $\pm 0.25 \text{ pA}$ , 输入电压噪声: 5 $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (典型值, 100 kHz、 $\pm 5 \text{ V}$ 时), 关断漏电流: $\pm 0.5 \text{ pA}$ (典型值)	适用于I/V转换, 适用于化学分析仪
<b>滤波器</b>		
AD8625	AD862x是一款精密JFET输入放大器; 它具有真正的单电源供电、低功耗和轨到轨输出等特性; 当容性负载大于500 pF时, 输出仍能保持稳定; 电源电流低于630 $\mu\text{A}/\text{amplifier}$	精密、低功耗、单电源、JFET放大器
ADA4627-1	ADA4627-1/ADA4637-1是宽带精密放大器, 具有低噪声和非常低的失调、漂移、偏置电流特性, 采用 $\pm 5 \text{ V}$ 至 $\pm 15 \text{ V}$ 双电源供电	36 V、19 MHz、低噪声、低偏置电流、JFET运算放大器
<b>驱动放大器</b>		
AD8592	双通道运算放大器, 具有 $\pm 250 \text{ mA}$ 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
<b>多路复用器</b>		
ADGS1208	SPI接口, 低 $C_{ON}$ 和 $Q_{INJ}$ , $\pm 15 \text{ V}/+12 \text{ V}$ , 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 <i>nano</i> 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 <i>nano</i> DAC+，±2(16位)LSB INL和2 ppm/°C基准电压源
AD5686R	AD5686R <i>nano</i> 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 <i>nano</i> 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 $f_{in} = 1$ 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
<b>隔离接口</b>		
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
<b>音频编解码器</b>		
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
<b>RF收发器</b>		
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
<b>基准电压源</b>		
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 <sub>OUT</sub> ): 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
<b>电源模块</b>		
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
<b>开关稳压器</b>		
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 <sub>IN</sub> 至5 V <sub>OUT</sub> 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 <sub>IN</sub> 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 <sub>IN</sub> 范围: 3.4 V至60 V, V <sub>OUT</sub> 范围: 0 V至-28 V, 采用12 V <sub>IN</sub> 和-5 V <sub>OUT</sub> 时效率达92%	低噪声、高效率、负输出
<b>线性稳压器</b>		
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
<b>电源监控器</b>		
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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://www.analog.com/cn/cn-0217)
- ▶ 面向工业应用的精密24位、250 kSPS单电源 $\Sigma$ - $\Delta$ 型ADC系统(CN-0310)—[www.analog.com/cn/cn-0310](http://www.analog.com/cn/cn-0310)
- ▶ 16位、1.33 MSPS、16通道数据采集系统(CN-0260)—  
[www.analog.com/cn/cn-0260](http://www.analog.com/cn/cn-0260)

### 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](http://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](http://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](http://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](http://www.analog.com/cn/visualanalog)

- SPIController: ADC SPI接口软件—  
[www.analog.com/cn/spicontroller](http://www.analog.com/cn/spicontroller)
- Virtual Eval工具—BETA数据转换器工具—  
[www.analog.com/cn/virtualeval](http://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](http://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](http://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](http://www.analog.com/cn/filterwizard)
  - DiffAmpCalc™: 差分放大器计算器—  
[www.analog.com/cn/diffampcalc](http://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](http://www.analog.com/cn/ltspice)
  - ADIsimPower™: 稳压器设计工具—  
[www.analog.com/cn/ADIsimPower](http://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](http://www.analog.com/cn/healthcare)

如需申请样片，请访问：  
[www.analog.com/cn/content/samples\\_purchase/fca.html](http://www.analog.com/cn/content/samples_purchase/fca.html)

## 连续无创式血压解决方案

方案编号: APM\_CNIBP\_2018

### 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。

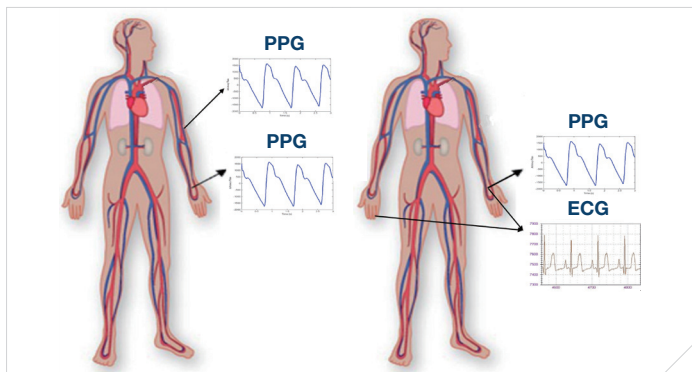


图1.采用不同的传感器组合测量血压

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。

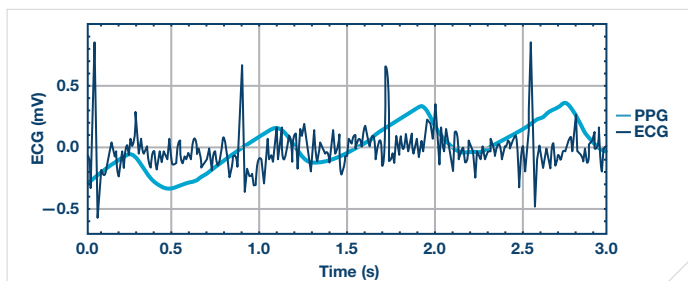


图2.同步PPG和ECG信号

### 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

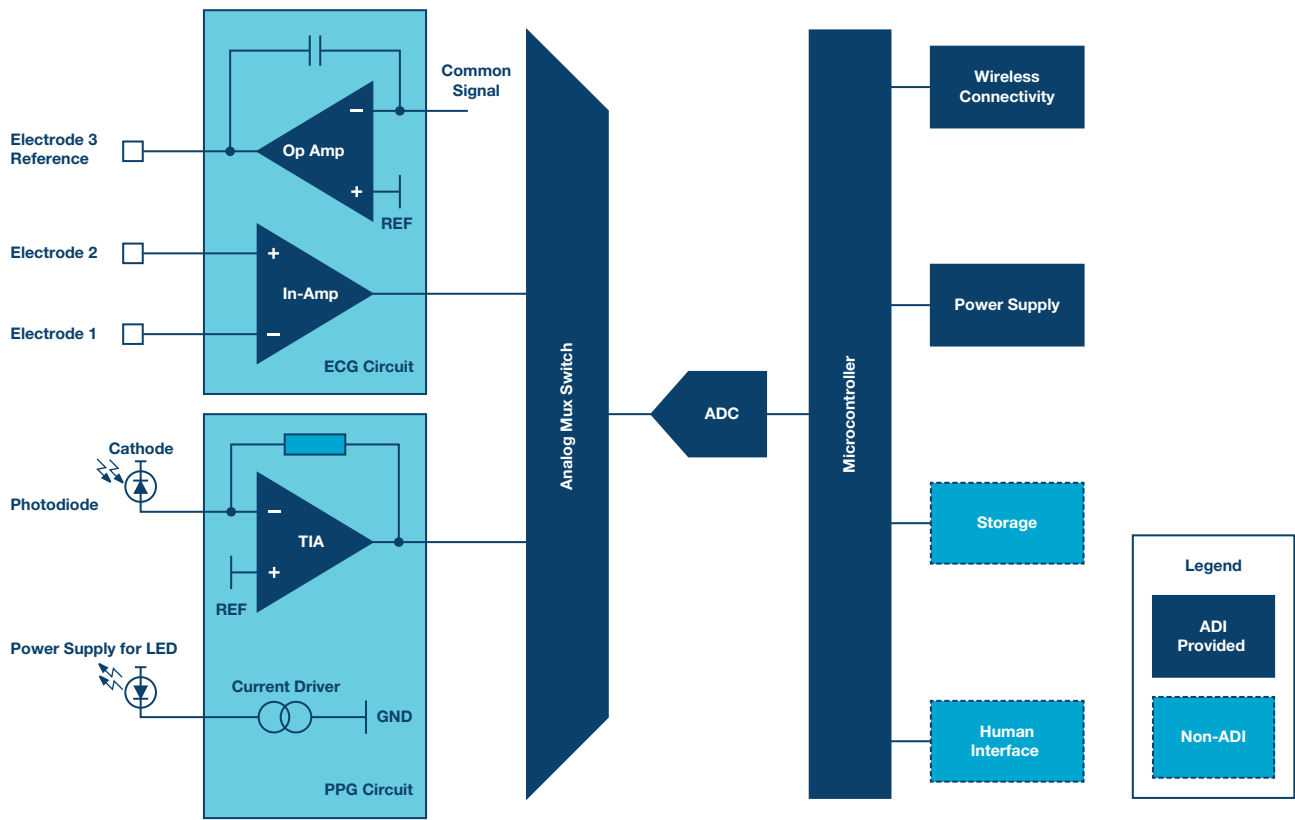


图3.集成分立元件解决方案的多传感器融合

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 <sub>REF</sub> 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 $\Omega$ 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 $\pm 2.7$ V至 $\pm 5.5$ 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 $\pm 5$ 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 $\Omega$ 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 $\Omega$ 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 $\Omega$ 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I<sup>2</sup>C接口读取主机传感器数据。有关产品选型详情，请参见下表。

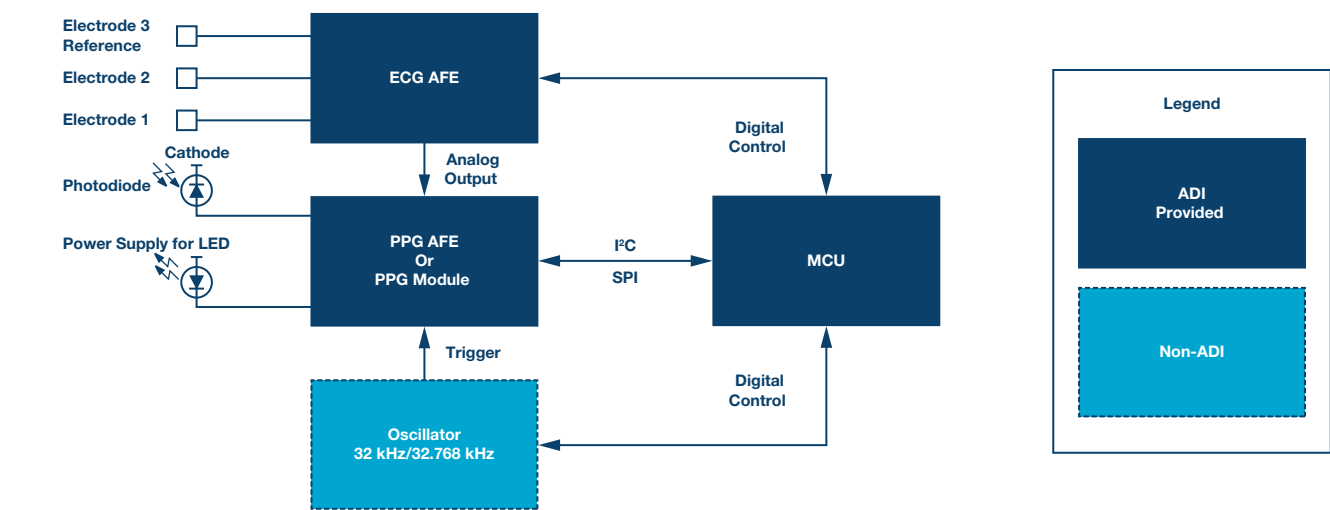


图4.集成模拟前端解决方案的多传感器融合

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 I <sup>2</sup> C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I <sup>2</sup> C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 I <sup>2</sup> C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I <sup>2</sup> C (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 I <sup>2</sup> C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SP02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

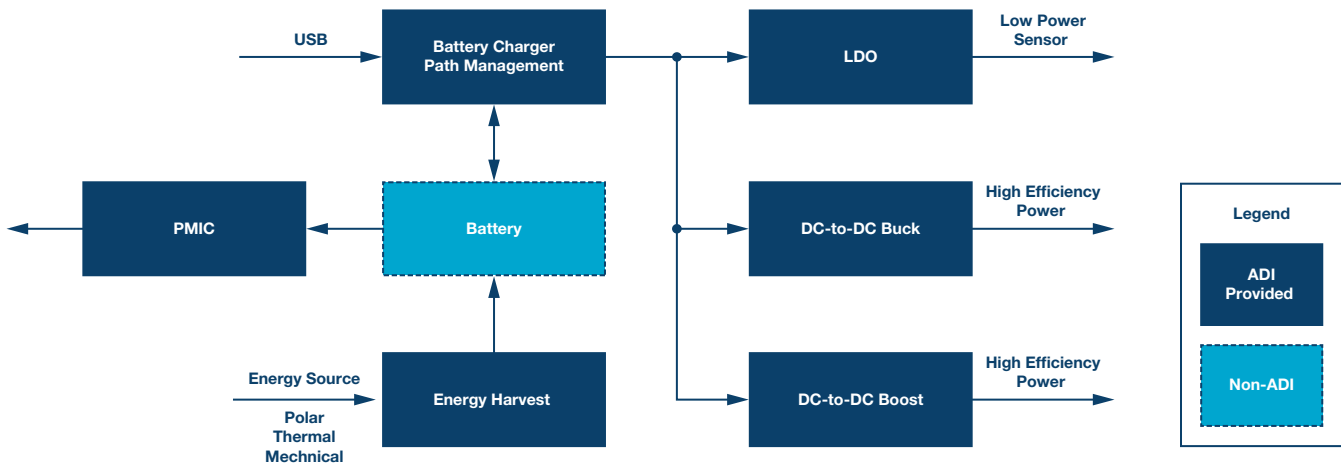


图5.电源解决方案

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I <sup>2</sup> C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 很适用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系列均为低功耗、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 <sub>Q</sub> 、20 mA低压差线性稳压器
LT3007	LT3007系列为低功耗、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 <sub>Q</sub> 、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 <sub>Q</sub> 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 mm² 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](http://www.analog.com/cn/EVAL-AD8233)
- ▶ EVAL-ADPD1081Z-PPG—[www.analog.com/cn/EVAL-ADPD1081Z-PPG](http://www.analog.com/cn/EVAL-ADPD1081Z-PPG)
- ▶ ADPD188评估板—[www.analog.com/cn/EVAL-ADPD188](http://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](http://www.analog.com/cn/cn-0308.pdf)
- ▶ 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)—  
[www.analog.com/cn/cn-0125.pdf](http://www.analog.com/cn/cn-0125.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](http://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](http://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](http://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](http://www.analog.com/cn/ms-2569.pdf)
- ▶ 电流源：方案与电路(AN-968)—  
[www.analog.com/cn/an-968.pdf](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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/ltspace-simulator.html](http://www.analog.com/cn/ltspace-simulator.html)
- ▶ ADC
  - VisualAnalog™ 软件—[www.analog.com/cn/visualanalog](http://www.analog.com/cn/visualanalog)
  - ADC SPI接口软件(SPI控制器)—[www.analog.com/cn/spicontroller](http://www.analog.com/cn/spicontroller)
  - Virtual Eval工具—BETA—[www.analog.com/cn/virtualeval](http://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](http://www.analog.com/cn/amplifier-and-linear-tools.html)
  - DiffAmpCalc™：差分放大器计算器—  
[www.analog.com/cn/diffampcalc](http://www.analog.com/cn/diffampcalc)
- ▶ 电源管理产品
  - ADIsimPower™：电源设计工具—  
[www.analog.com/cn/ADIsimPower](http://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](http://www.analog.com/cn/healthcare)

如需申请样片，请访问：  
[www.analog.com/cn/content/samples\\_purchase/fca.html](http://www.analog.com/cn/content/samples_purchase/fca.html)



## 用于多路抽头输出隔离电源的简易解决方案

方案编号: APM\_A0\_2018

### 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

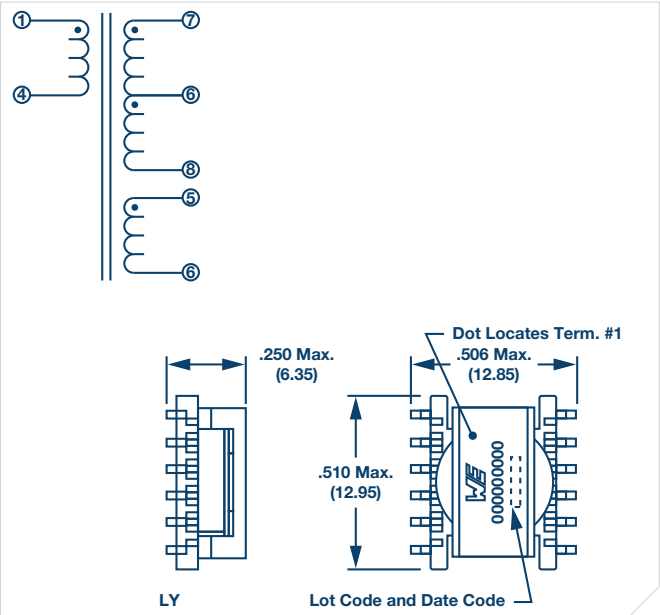


图1.小封装、更低的功耗(ER11.5)。

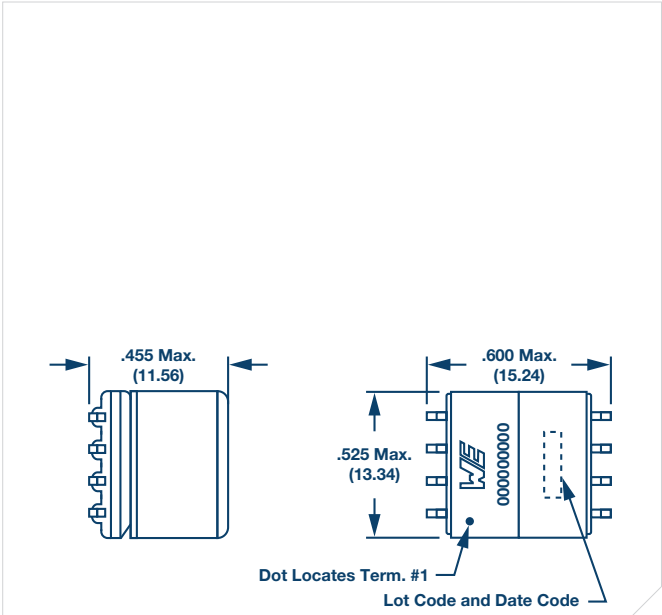


图2.大封装、更高的功耗(EP10)。

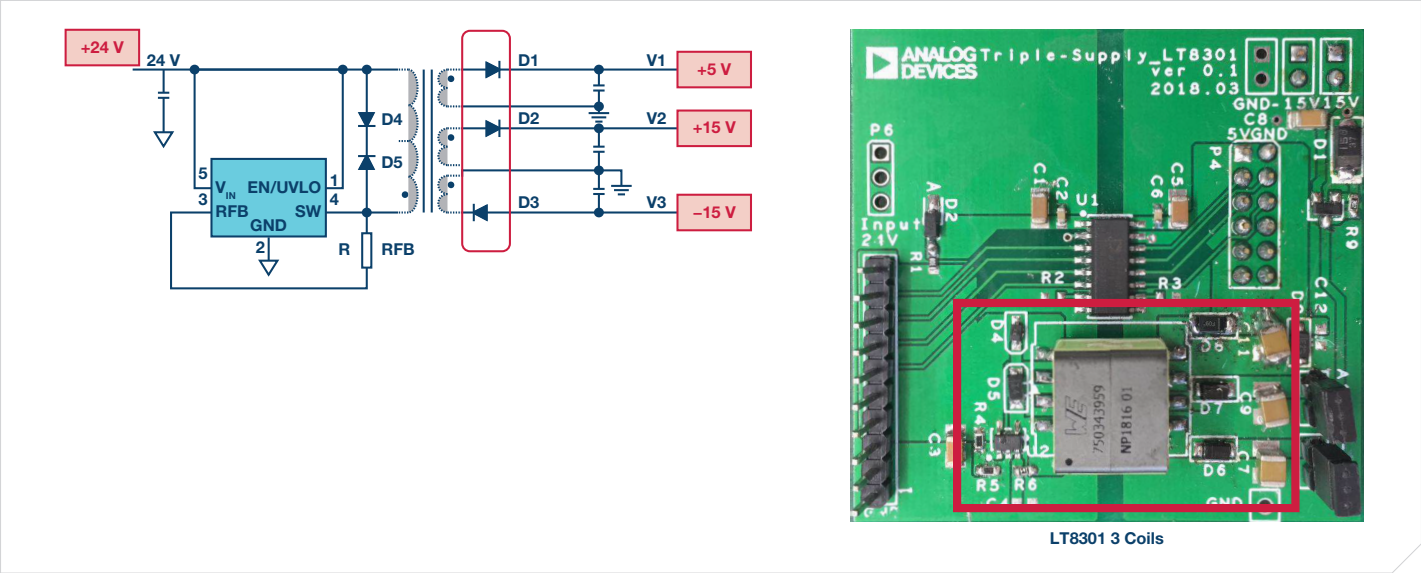


图3.集成LT8301的解决方案1。

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率	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

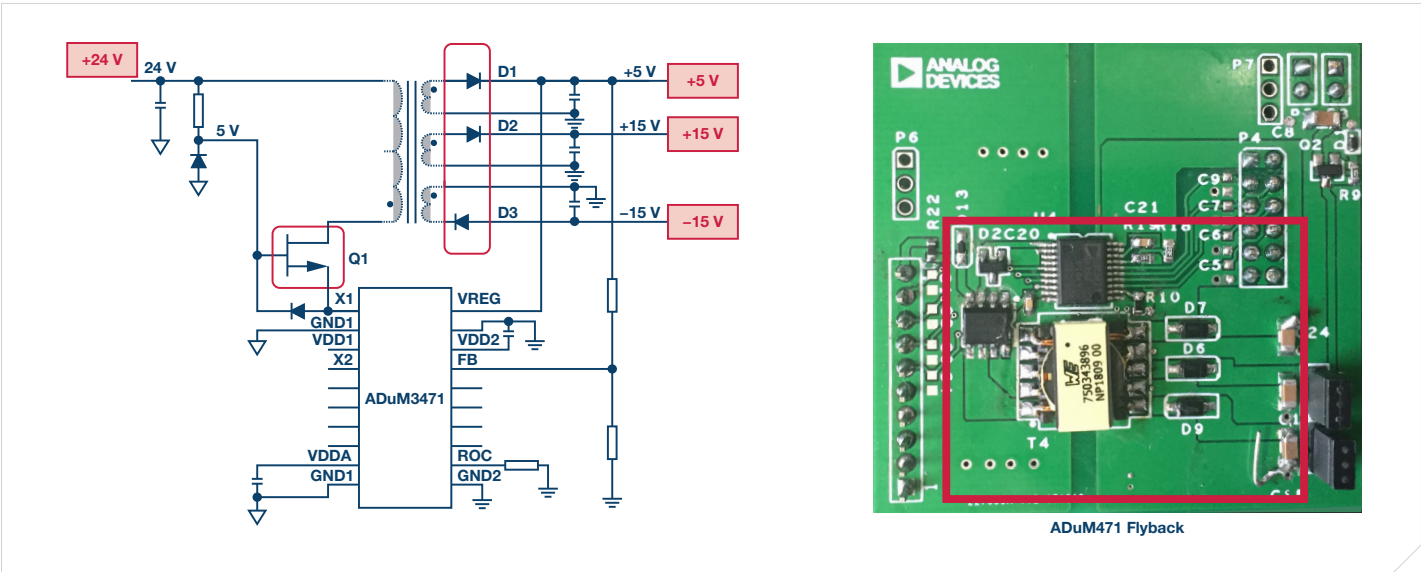


图4.集成ADuM3471的解决方案2。

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

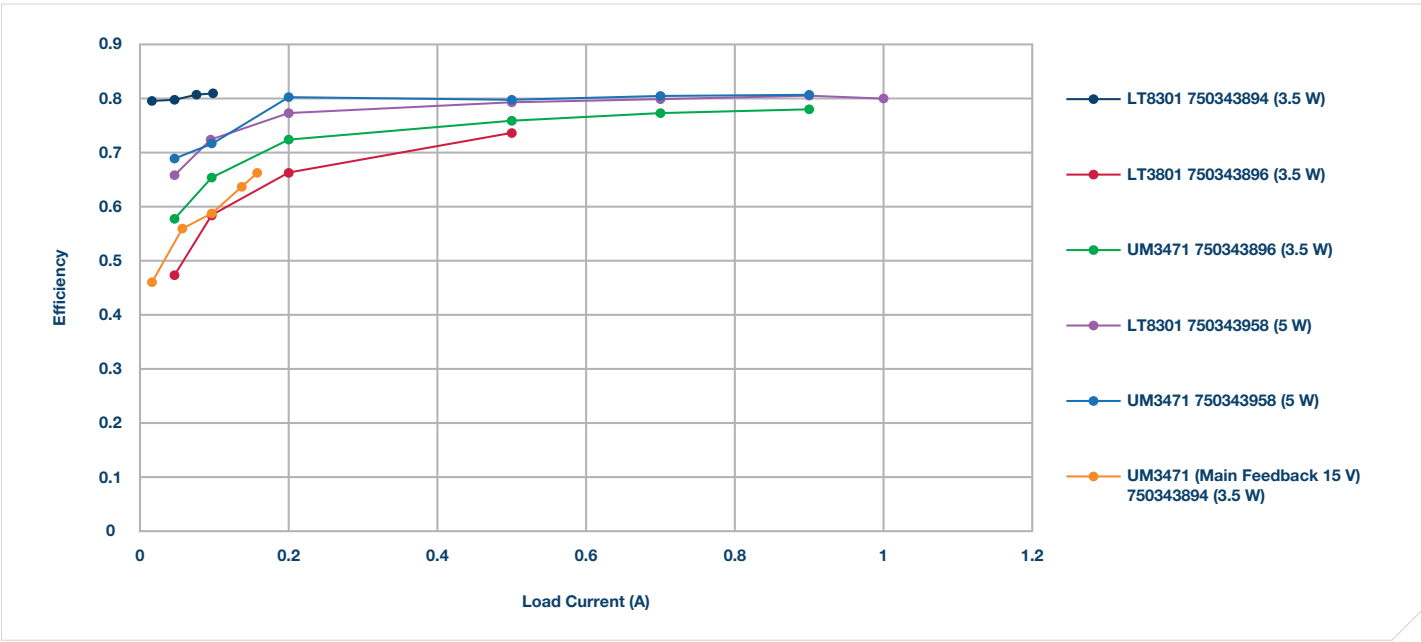


图5.不同变压器效率对比曲线。

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 <sub>IN</sub> 低功耗非光学隔离反激式转换器	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ 输入电压范围：2.7 V至42 V</li><li>▶ 1.2 A、65 V内部DMOS电源开关</li><li>▶ 边界工作模式(重载下)</li><li>▶ 低纹波突发工作模式(Burst Mode®)(轻负载下)</li><li>▶ 全输出的最小负载&lt;0.5%(典型值)</li><li>▶ 通过一个外部电阻设置V<sub>OUT</sub></li><li>▶ 无需变压器第三绕组或光隔离器进行调整</li><li>▶ 精确的EN/UVLO阈值和迟滞</li><li>▶ 内部补偿和软启动</li><li>▶ 输出短路保护</li></ul>	小尺寸、高效率，更好的电源负载调整率，适合隔离电源设计
isoPower			
ADuM3471	隔离式开关稳压器(3/1通道方向性)	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ 隔离式PWM控制器</li><li>▶ 集成变压器驱动器</li><li>▶ 四个DC至25 Mbps (NRZ)信号隔离通道</li><li>▶ 20引脚SSOP封装</li><li>▶ 高共模瞬变抗扰度：&gt;25 kV/μs</li><li>▶ 可调振荡器频率：200 kHz至1 MHz</li><li>▶ 上电时提供软启动功能</li><li>▶ 逐脉冲过流保护</li><li>▶ 热关断</li><li>▶ 2500 V rms隔离</li></ul>	极具竞争力的集成4通道iCoupler®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	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ 16位分辨率和单调性</li><li>▶ 用于热管理的动态电源控制</li><li>▶ 电流和电压输出引脚可连接到一个引脚</li><li>▶ 电流输出范围：0 mA至20 mA、4 mA至20 mA或0 mA至24 mA<ul style="list-style-type: none"><li>• 总非调整误差(TUE)：±0.05%(最大值)</li></ul></li><li>▶ 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<ul style="list-style-type: none"><li>• 总非调整误差(TUE)：±0.04%(最大值)</li></ul></li><li>▶ 用户可编程偏置与增益</li><li>▶ 片内诊断</li><li>▶ 片内基准电压源(±10 ppm/°C，最大值)</li></ul>	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	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ 16位分辨率和单调性</li><li>▶ 用于热管理的DPC</li><li>▶ 单个引脚上提供电流/电压输出</li><li>▶ 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</li><li>▶ 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</li><li>▶ 高级片内诊断，包括12位ADC</li></ul>	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	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ 12/16位分辨率和单调性</li><li>▶ 电流输出范围：4 mA至20 mA、0 mA至20 mA或0 mA至24 mA</li><li>▶ 总非调整误差(TUE)：±0.01%(典型值，FSR)</li><li>▶ 输出漂移：±3 ppm FSR/°C</li><li>▶ 电压输出范围：0 V至5 V、0 V至10 V、±5 V或±10 V<ul style="list-style-type: none"><li>• 超量程：10%</li><li>• 总不可调整误差(TUE)：±0.01% FSR(典型值)</li><li>• 输出漂移：±2 ppm FSR/°C</li></ul></li><li>▶ 片内输出故障检测</li><li>▶ 片内基准电压源：10 ppm/°C(最大值)</li><li>▶ 可选的稳压DV<sub>CC</sub>输出</li><li>▶ 电源范围<ul style="list-style-type: none"><li>• AV<sub>DD</sub>：10.8 V至40 V</li><li>• AV<sub>SS</sub>：-26.4 V至-3 V/0 V</li></ul></li><li>▶ 电流环路顺从电压：AV<sub>DD</sub> - 2.5 V</li><li>▶ 温度范围：-40°C至+105°C</li><li>▶ TSSOP和LFCSOP封装</li></ul>	完整的单芯片电压和电流输出的环路信号调理器
iCoupler			
ADuM141E	可靠的带输出使能和1个反向通道、四通道隔离器	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ 高共模瞬变抗扰度：100 kV/μs</li><li><li>▶ 对辐射和传导噪声的高抗干扰能力</li><li>▶ 低传播延迟<ul style="list-style-type: none"><li>• 13 ns(最大值，5 V)</li><li>• 15 ns(最大值，1.8 V)</li></ul></li><li>▶ 最大保证数据速率：150 Mbps</li><li>▶ 向后兼容性<ul style="list-style-type: none"><li>• ADuM140E1/ADuM141E1/ADuM142E1引脚兼容ADuM1400/ADuM1401/ADuM1402</li></ul></li><li>▶ 低动态功耗</li><li>▶ 1.8 V至5 V电平转换</li><li>▶ 工作温度高达：125°C</li><li>▶ 故障安全高或低选项</li><li>▶ 符合RoHS标准的16引脚SOIC封装</li></li></ul>	采用最新技术的iCoupler产品
稳压器			
ADP1720	线性稳压器	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ 电源电压范围：4 V至28 V</li><li>▶ 轻载下低电流：28 μA(0 μA负载)</li><li>▶ 低压差：275 mV (50 mA)</li><li>▶ 初始精度：±0.5%</li><li>▶ 逻辑控制使能</li><li>▶ 过流和热过载保护</li></ul>	低功耗
基准电压源			
ADR3412	低功耗基准电压源	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ 1.2 V精密输出</li><li>▶ 电源电流：100 μA(最大值)</li><li>▶ 低噪声(&lt;10 Hz)：典型值8 μV p-p</li><li>▶ 电源电压范围：2.3 V至5.5 V</li><li>▶ 长期稳定性：30 ppm/√1000 hr (50°C)</li></ul>	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。

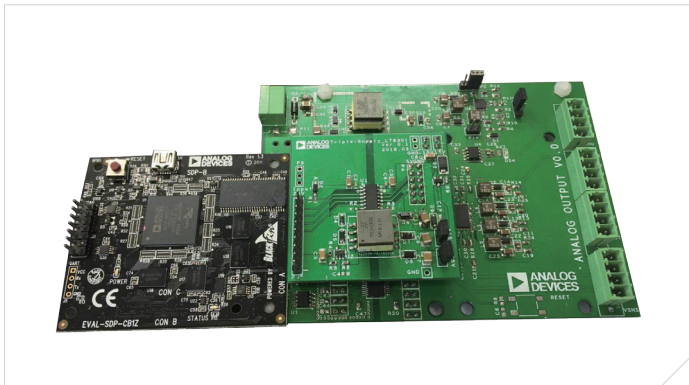


图6.采用AD5755-1的4通道电流输出设计(带SDP板)。

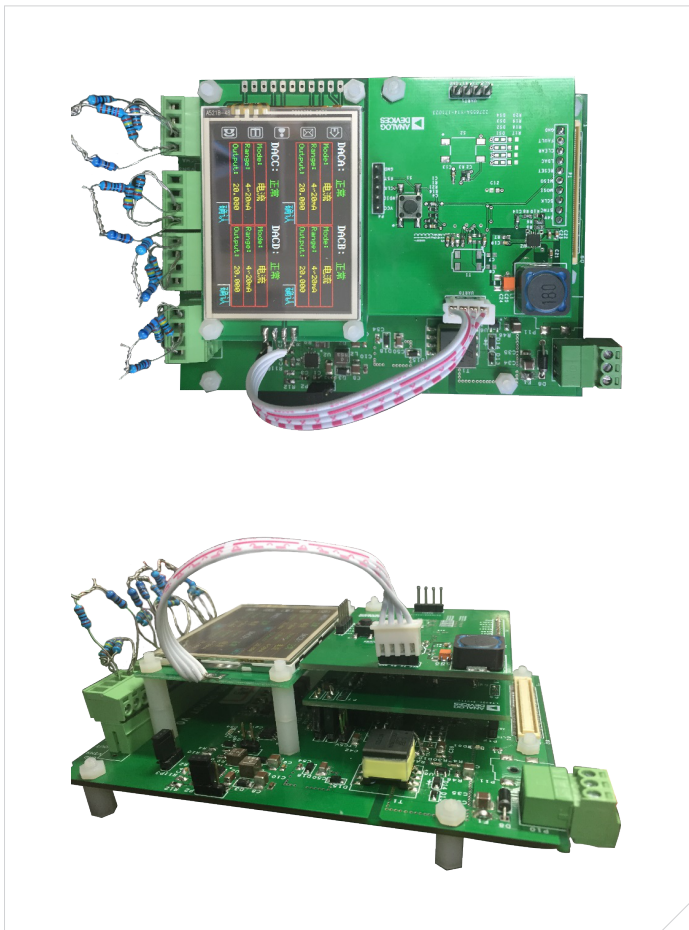


图7.采用AD5755-1的4通道电流输出设计(带触摸屏控制)。

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](http://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](http://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](http://www.analog.com/cn/cn-0292)
- ▶ 演示手册DC2138B—[www.analog.com/cn/evaluation-kit-manuals/DC2138BFA.PDF](http://www.analog.com/cn/evaluation-kit-manuals/DC2138BFA.PDF)

## ADI公司可提供

- ▶ ADC: ADIsimADC™;  $\Sigma$ - $\Delta$ 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。

## 电机控制

## 伺服电机控制解决方案

方案编号: APM\_Motor-control\_2018

## 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、iCoupler®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

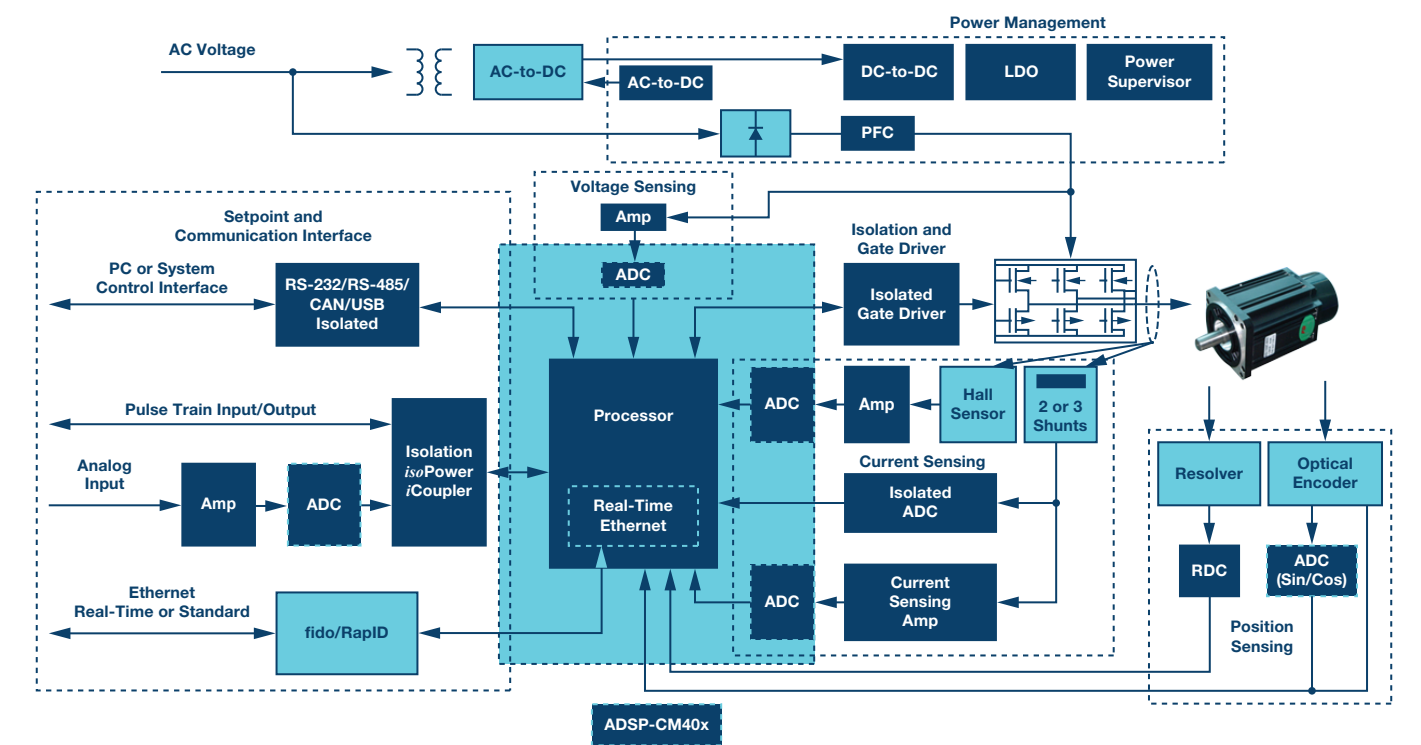
- ▶ 伺服控制中, 高精度电流和电压检测可提高速度和扭矩控制性能。要求达到至少12位精度, 具备多通道以及同步采样功能的ADC。ADI公司可提供完整系列产品。
- ▶ 使用电阻进行电流采样的伺服系统中, 采样信号质量对电流控制性能的影响至关重要, ADI公司提供基于 $\Sigma$ - $\Delta$ 调制器的业界最佳性能解决方案。
- ▶ 位置检测性能是伺服控制的关键, 常常使用光学编码器和旋转变压器作为位置传感器。伺服控制技术从模拟向数字的转换推动了现代伺服系统的发展, 也满足了对于电机控制的性能和效率的高要求。
- ▶ 随着工业以太网的发展和对位置检测精度更高的要求, 伺服系统越来越多地采用串行通信的绝对值编码器。ADI公司能够提供带iCoupler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iCoupler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

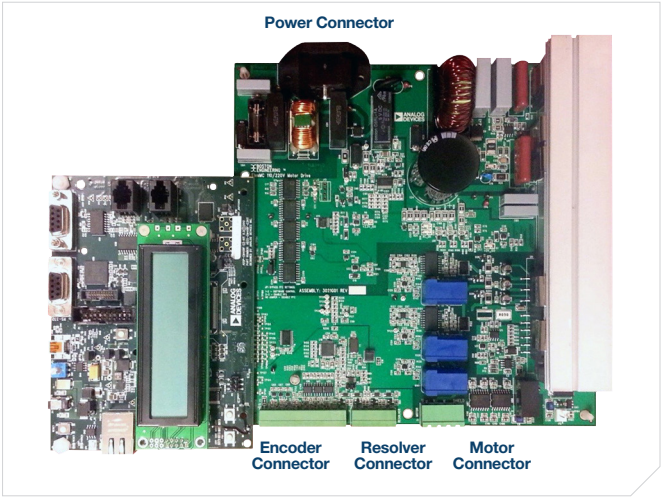
产品型号	描述	主要特性	优势
放大器			
AD8479	高压高精度差分运放	±600 V共模输入电压，轨到轨输出，至少90 dB的CMRR，130 kHz带宽	支持极高共模电压，出色的交流和直流性能
AD8418	高压高精度电流监控器	双向，零漂，初始增益20 V/V，高共模电压范围：-2 V至70 V (典型值)；CMRR 86 dB	支持高共模电压，出色的交流和直流性能
ADCs			
AD7266	同步采样12位 SAR ADC	2 × 3通道差分(6通道单端)ADC (单端模式最多支持12通道)，采样率：2 MSPS，SNR：70 dB (50 kHz输入频率)，精密片内基准电压源：2.5 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 <sub>DC</sub> 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



产品型号	描述	主要特性	优势
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

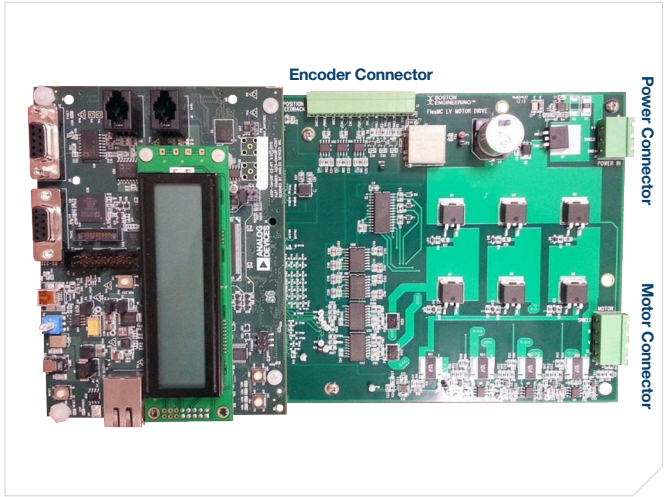
参考设计和演示板

HV MPC Platform



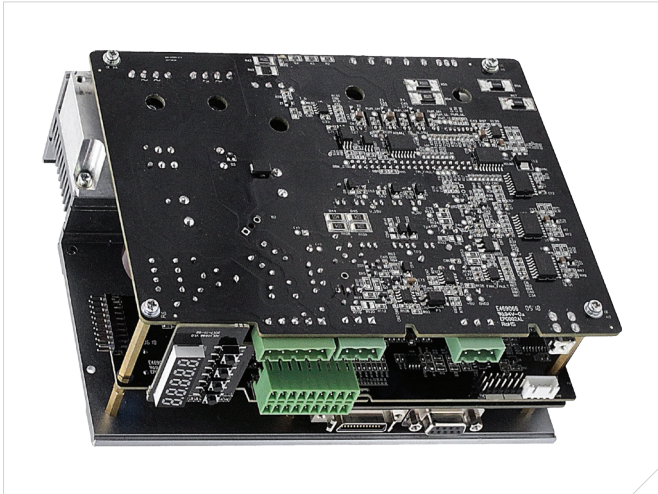
Design by Boston Engineering.

LV MPC Platform



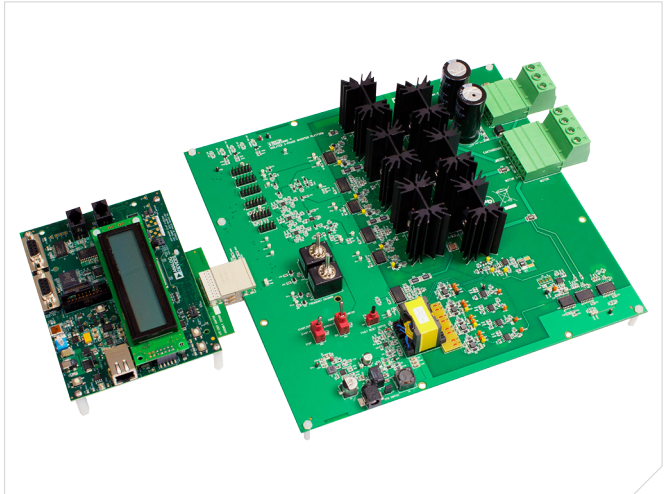
Design by Boston Engineering.

### ADI Servo Development Platform



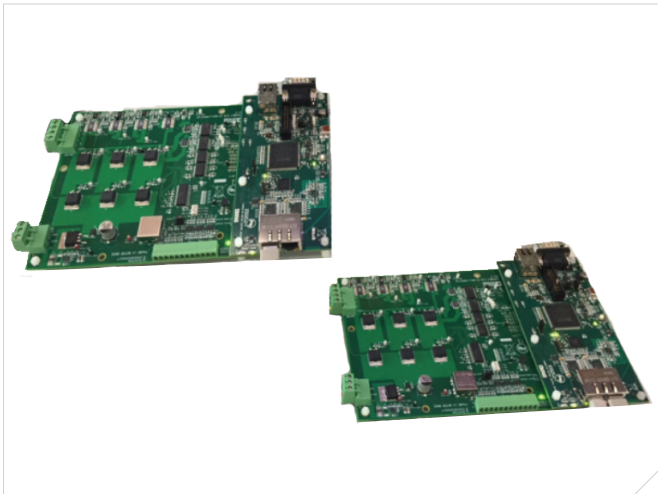
*Design by ADI.*

### 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 $\Sigma$ - $\Delta$ 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](http://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](http://www.analog.com/cn/CN0192)
- ▶ 高性能, 10~16位RDC—[www.analog.com/cn/CN0276](http://www.analog.com/cn/CN0276)

- ▶ 利用电流检测放大器AD8210和差动放大器AD8274实现高电压、高精度电流检测和输出电平转换—[www.analog.com/cn/CN0116](http://www.analog.com/cn/CN0116)
- ▶ 500 V 共模电压电流监测—[www.analog.com/cn/CN0218](http://www.analog.com/cn/CN0218)
- ▶ 采用隔离驱动器的H桥驱动电路—[www.analog.com/cn/CN0196](http://www.analog.com/cn/CN0196)
- ▶ 更多实验室电路请访问 [www.analog.com/cn/circuits](http://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  $\mu$ s
- ▶ 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/](http://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](http://www.analog.com/cn/motion-control)

#### 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

#### 中国技术支持中心

免费热线电话: 4006 100 006  
电子邮箱:  
[china.support@analog.com](mailto:china.support@analog.com)  
技术专栏:  
[www.analog.com/cn/CIC](http://www.analog.com/cn/CIC)  
样品申请:  
[www.analog.com/cn/sample](http://www.analog.com/cn/sample)  
在线购买:  
[www.analog.com/cn/BOL](http://www.analog.com/cn/BOL)  
在线技术论坛:  
[ezchina.analog.com](http://ezchina.analog.com)