

心电图(ECG)解决方案

ECG系统原理和典型架构

心电图(ECG)系统通过测量活组织表面电位来记录心脏在一段时间内的电性活动。它使用生物电位电极来拾取身体特定部位的信号，两个电极间的差分电压或某一电极与多电极平均电压之间的差分电压可在测量后显示为ECG输出上的一个通道。

模拟前端(AFE)的主要功能是将心脏信号数字化。由于需要抑制来自强射频源、起搏信号、导联脱落信号、共模频率、其他肌肉信号及电噪声的干扰，该过程十分复杂。通常，AFE包括仪表放大器(INA)、滤波器和模数转换器(ADC)。ECG架构设计方法有两种：交流耦合和直流耦合。

ECG系统设计考虑和主要挑战

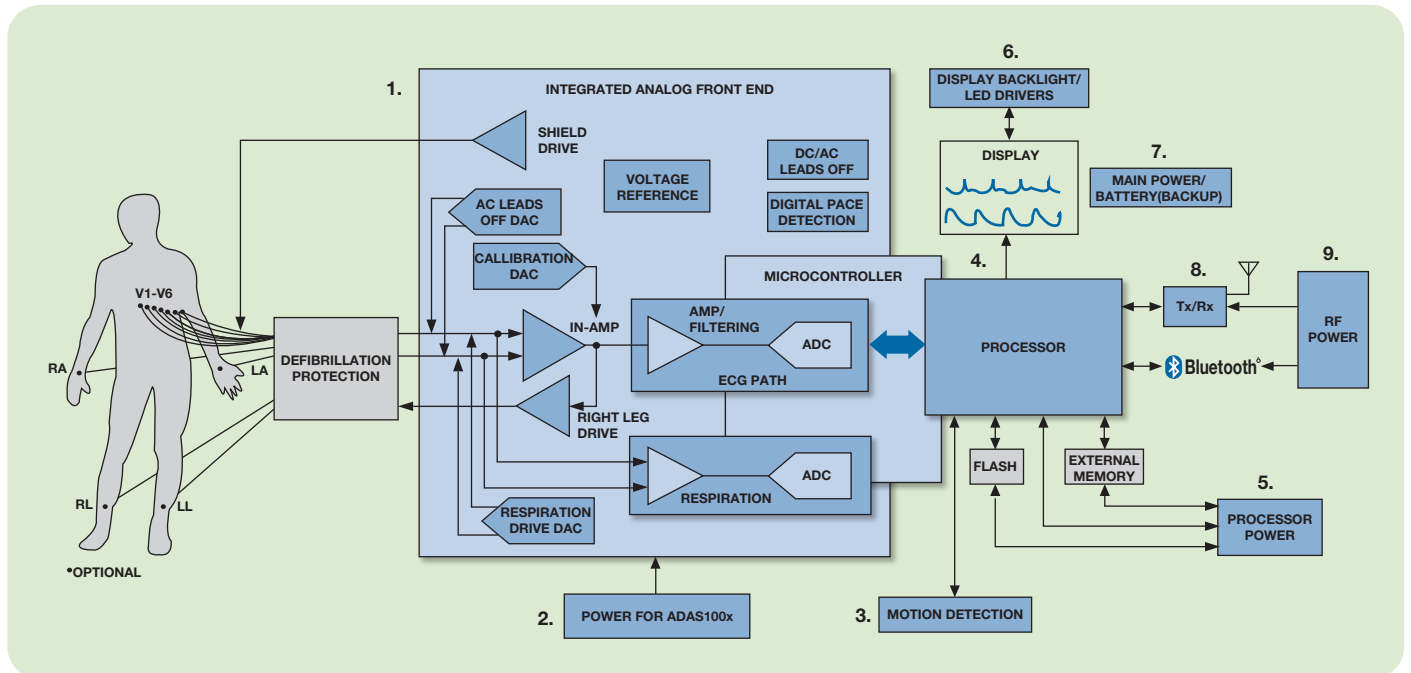
设计ECG系统时，需要克服各种挑战，例如安全、共模抑制、直流偏置、RFI(射频干扰)/EMC(电磁兼容性)、输入保护和等效输入噪声。

- 优先考虑与患者和操作人员安全相关的交流主电源隔离，以及与患者电极粘附相关的源电流或吸电流。确保不存在能产生流经患者的电流超过10 μA rms的常态或单一故障条件路径。确保患者电路的直流及低频隔离达到交流主电源的10次谐波及以上。确保患者与接地之间至少5000 V的隔离。
- 标准要求指定测试的共模抑制比(CMRR)稍低于100 dB，某些临床用途要求120 dB。“右腿驱动”等技术有助于降低INA的CMRR要求，但仍需要仔细整体考虑元件和系统设计。
- 粘附于皮肤的电极产生的直流偏置电压可高达 ± 300 mV。测量幅度仅有几mV的目标信号时，该直流偏置电压会有很大影响。
- 系统不能受到附近其他符合AAMI、ISO和IEC标准的医疗设备的影响。系统也不能经交流主电源或其他“外部电缆”发出或“传导”超过IEC60601-1-2标准的辐射。
- 有必要保护ECG前端系统受到因环境和人为瞬变造成的损害，例如除颤器保护和静电放电(ESD)。
- 在20秒或更长周期内，于0.05 Hz至150 Hz带宽上测量的 μV (峰峰值)输入噪声限制常常是一大挑战。需要采用各种硬件和软件技术实现所需噪声底。

ECG功能框图

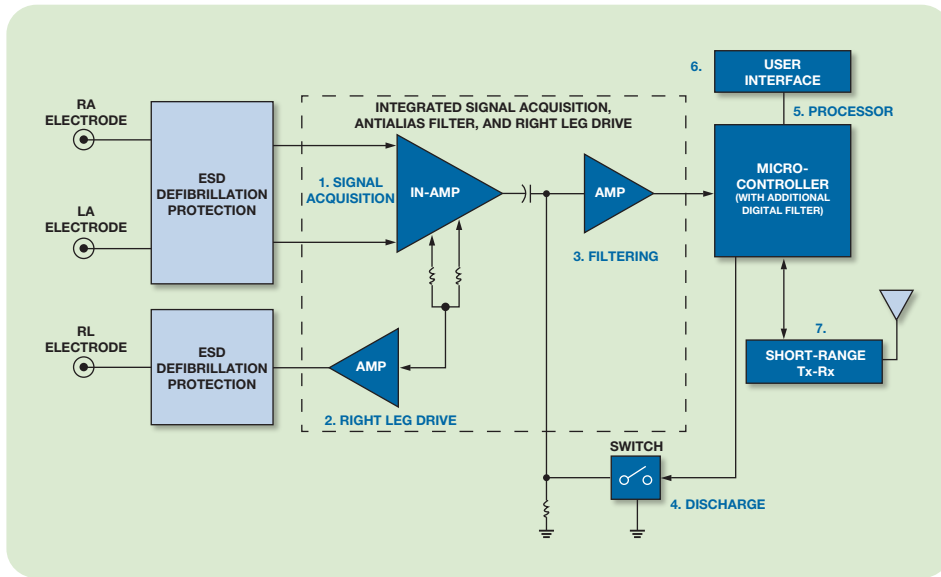
ADI公司为ECG设计提供种类齐全的高性能线性、混合信号、微机电系统(MEMS)和数字信号处理技术。我们的数据转换器、放大器、微控制器、数字信号处理器、MEMS惯性传感器、隔离器和电源管理产品拥有领先的设计工具、应用支持和系统经验作为后盾。

直流耦合式动态监护仪



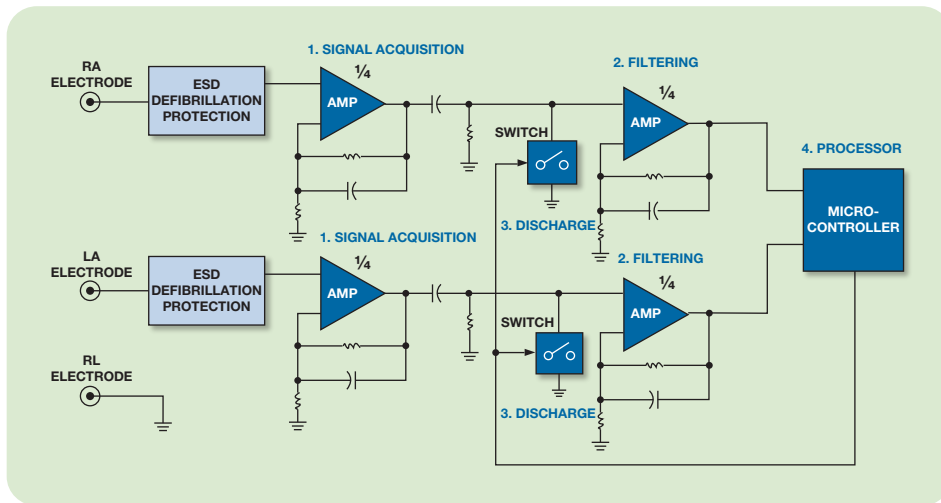
1. 集成AFE	2. ADAS100x 电源	3. 运动检测	4. 处理器	5. 处理器电源	6. 显示器背光	7. 主电源/ 电池(备用)	8. Tx/Rx	9. RF电源
ADAS1000	ADP121 ADP150 ADP160	ADXL346 ADXL345	ADSP-BF523 ADSP-BF524 ADSP-BF526 ADSP-BF527	ADP2108 ADP2119 ADP12x ADP1707	ADP5501 ADP5520 ADP8860 ADP8870	ADP1612 ADP2503 ADP2121 ADP3050	ADF702x	ADP121 ADP150

交流耦合式动态监护仪



1. 信号采集	2. 右腿驱动	3. 滤波	4. 放电	5. 处理器	6. 用户接口	7. 短距离无线Tx-Rx
AD822x AD8235 AD62x	AD8613 AD8538 AD8642 AD8607	AD8613 AD8539 AD8642 AD8617	ADG621 ADG721 ADG821	ADUC702x	AD7147	ADF7020 ADF7021 ADF7025

消费级



1. 信号采集	2. 滤波	3. 放电	4. 处理器
AD8609 AD8544 AD8508 ADA4505-4	AD8609 AD8544 AD8508 ADA4505-4	ADG621 ADG721 ADG821	ADUC702x

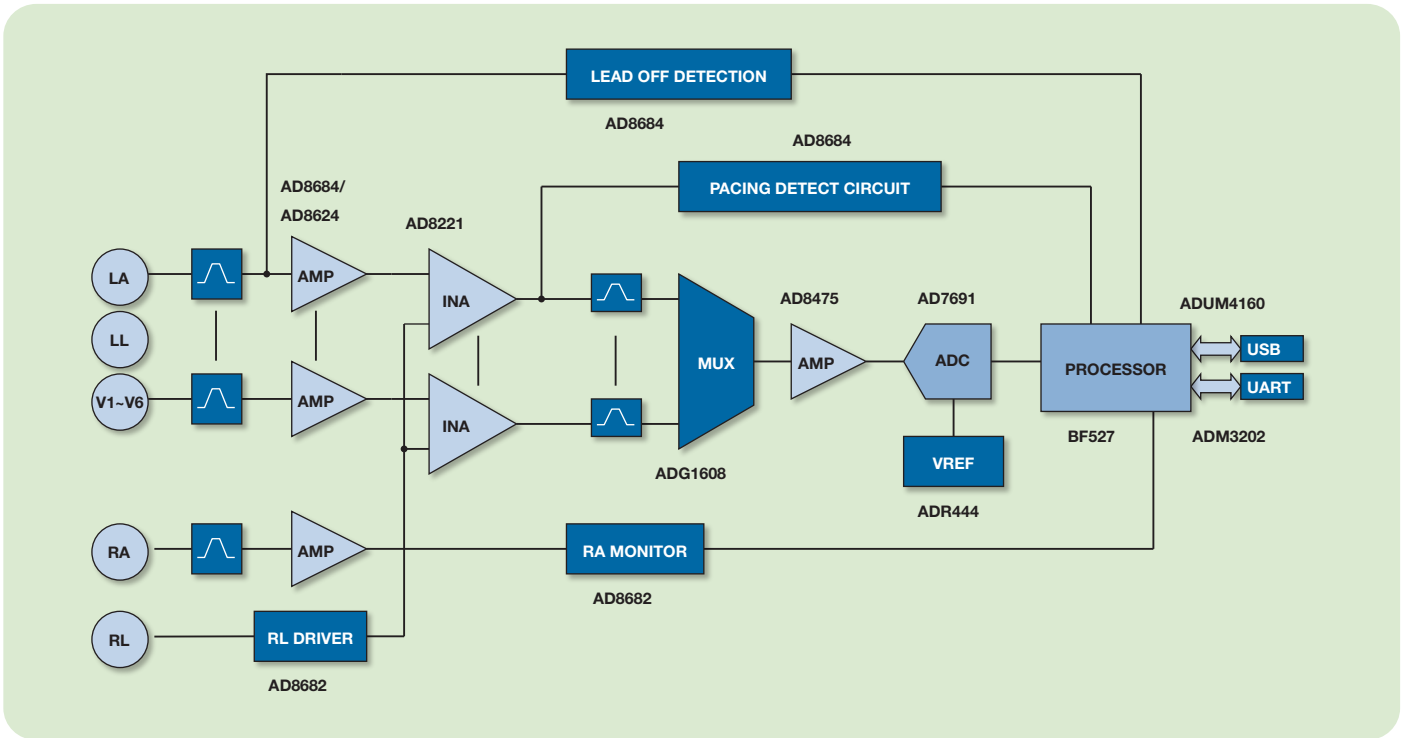
注释：上述信号链代表ECG设计。模块的技术要求可变化，但下表列出的产品代表满足部分要求的ADI解决方案

交流耦合与直流耦合的比较

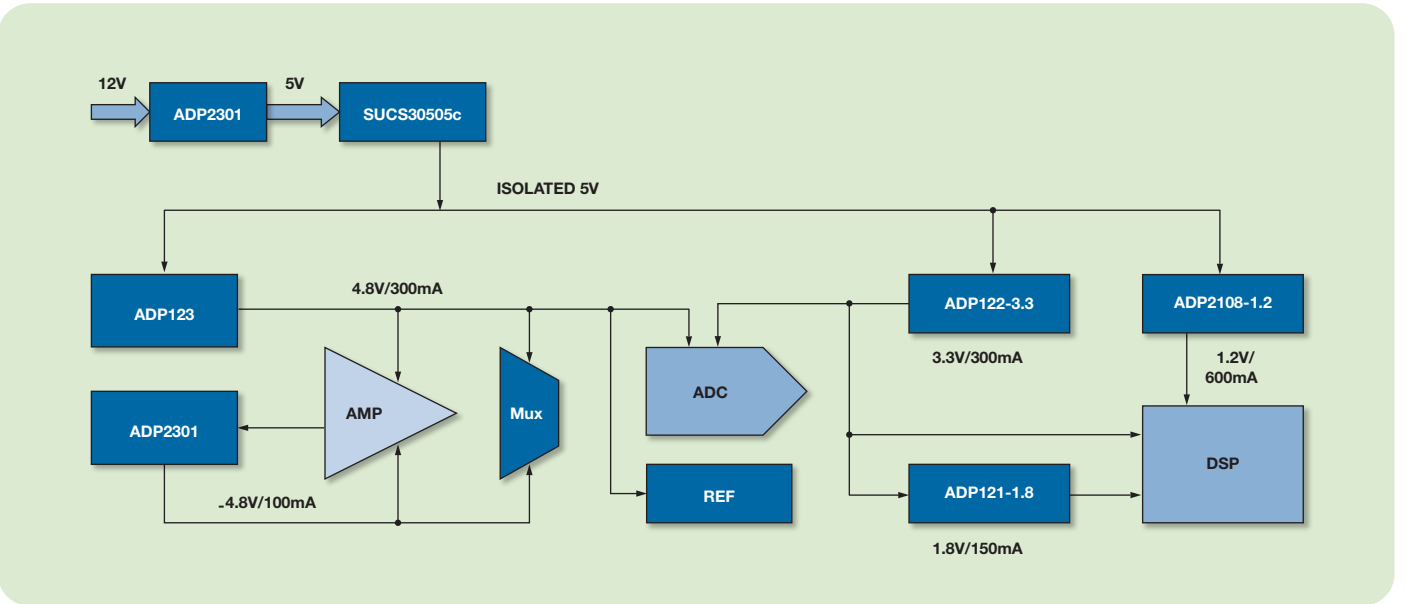
比较	交流耦合	直流耦合
信号链	INA + 滤波器 + ADC(低分辨率ADC~12位)	INA + ADC (24或18位).
优点	高增益；低ADC分辨率(<16位)；对电极直流偏置不敏感；过载恢复慢	硬件简单；较低功耗；过载恢复快
缺点	硬件复杂；功耗较高	低增益(仅INA)；较高ADC分辨率(18位及更高)；软件复杂(滤波)

ADI设计的监护级12导联ECG演示系统

分立元件(信号链)



分立元件(电源链)



安全考虑

如果电路板和PC采用交流供电，请勿将电路连接到人体。如果需要进行实际的人体ECG测试，电路和PC应采用电池供电，且确定无交流电接入。50 Hz或60 Hz交流电造成的漏电流如果流经人体，可能会致人死亡。即使电流可能非常小，但仍然具有致命危险。安全标准允许的60 Hz漏电流为10 μ A。此外，如果电路采用电池供电，但同时也有示波器连接到电路，将此电路与人体相连，那么仍然会有交流漏电流流入人体。

推荐的方法是使用心脏仿真器代替。向客户提供医疗电路的危险在于，即使采用电池供电，客户仍有可能将一个示波器连接到电路，导致电路接地，产生不安全状况。

ECG主要产品简介

器件	描述	优点
模拟前端 (AFE)		
ADAS1000	低功耗、5电极AFE将右腿驱动放大器、交流和直流导联脱落检测、屏蔽驱动以及呼吸测量、起搏器脉搏检测所需的全部电路集成在单芯片上。低噪声性能(10 μ V峰峰值, 0.05 Hz至150 Hz)。工作功率低至19 mW。	该芯片可以针对噪声性能、功耗或数据速率进行优化配置, 适合家用、移动式和临床ECG系统。ADAS1000将有源元件数从50多个减少至仅一个, 大大简化了5电极ECG的设计。
ADC		
AD7980	16位、1 MSPS、1.5 LSB (24 ppm) PulSAR差分ADC; 与18位版本AD7982引脚兼容。	一系列高速、高精度、引脚兼容ADC, 可灵活选择。
AD7690/AD7691	18位1.5 LSB INL, 250 KSPS PulSAR差分ADC; 与400 KSPS版本AD7690引脚兼容。	更高分辨率、更低INL, 适合高精度采样系统。
放大器		
AD8221/AD8226	高性能仪表放大器, 增益 = 1至1000, 高直流和交流CMRR: 10 KHz $G = 1$ (最小)时为80 dB, $G = 10$ 时为100 dB。	高CMMR、单位增益稳定性可改善系统性能。
ADA4505-4	10 μ A、轨到轨I/O、零输入交越失真放大器; PSRR: 100 dB(最小值), CMRR: 105 dB(典型值)。	适合便携式ECG的更低功耗, 更高PSRR、CMRR可保证更佳的系统性能。
AD8235/AD8236	40 μ A低功耗仪表放大器, 采用WLCSOP封装, 110 dB CMRR, $G = 100$ 。	适合便携式及低功耗ECG应用, 例如心率监护仪等等。
处理器		
ADuC7xxx	精密模拟微控制器, 12位模拟I/O, ARM7TDMI MCU; ADUC7124/ADUC7126(大闪存/SRAM, 126 KB/32 KB)。	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, 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。
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, 带400 MHz内核时钟速度和外设集。	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, 奇数为600 MHz产品, 偶数为400 MHz产品, 具有丰富的外设集和连接选项。	集高性能、高功效比、系统集成特性于一体的低功耗处理器, 可以实现高度优化设计。
隔离器		
ADuM4160	全速/低速5 kV USB数字隔离器。兼容USB 2.0, 低速及全速: 1.5 Mbps及12 Mbps IEC 60601-1医疗认证。	完全兼容IEC60601-1认证的纯USB隔离方法。
ADuM220x/ ADuM240x	双通道/四通道, 高隔离电压: 5000 V rms; 增强ESD, 符合IEC 61000-4-x; 低功耗工作; 3 V/5 V; 高速率: 直流至10 Mbps (NRZ)。	单芯片, 特别适合要求IEC 60601-1认证隔离以保护患者的医疗应用。
ADuM620x	具有集成dc-to-dc转换器的双通道, 5 kV隔离器; 5 V/3.3 V输出; 输出功率最高达400 mW; 直流至25 Mbps (NRZ)的速率。	高度集成, 易于设计, PCB尺寸减小, 元件数减少, BOM成本降低。
RF/IF IC		
ADF702x	高性能工业、科学和医用频段(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。
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, 可实现按钮、滚动条、滚轮。传感器仅需一个PCB层, 可实现超薄系统。
MEMS加速度计		
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。	非常适合移动器件应用, 例如消费类ECG, 低功耗模式可降低功耗。
电源管理		
ADP2302/ ADP2303	2 A/3 A、700 KHz异步降压dc-to-dc开关调节器, 宽输入电压范围: 3.0 V至20 V。	外部元件数更少, 适合集成高端MOSFET和集成自举二极管的电路设计。
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。
多路复用器		
ADG14xx	最低导通电阻开关和多路复用器。25°C时4.7 Ω (最大值)。	最低导通电阻可保证信号集成度和质量。
基准电压源		
ADR444	带源电流和吸电流的超低噪声、基准电压源。精度0.15%, 10 ppm/ $^{\circ}$ C(A级)。	提供吸电流和源电流能力, 简化驱动器电路; 低温漂和高精度有利于ADC采样性能。

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

欲申请样片, 请访问:
www.analog.com/zh/sample

亚洲技术支持中心 4006-100-006

模拟与其他线性产品 china.support@analog.com
 嵌入式处理与DSP产品 processor.china@analog.com
 免费样片申请 www.analog.com/zh/sample
 ADI在线技术论坛 www.analog.com/zh/forum
 网址 www.analog.com/zh/CIC