

带您了解ADI数字健康生物传感器系列

YI XIN

ADI中国技术支持中心

400-6100-006 CIC.CHINA@ANALOG.COM



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

绪论



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

ADI数字健康生物传感器

远程疾病监护



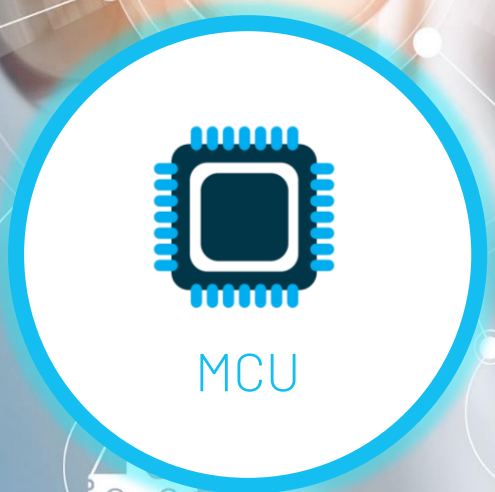
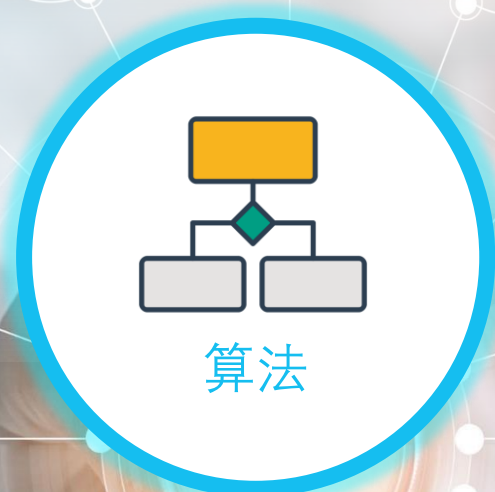
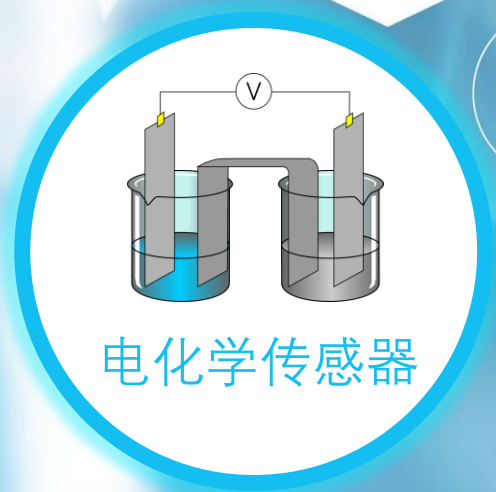
疾病预防

慢性病管理



VSM (生命体征监控)

ADI数字健康生物传感器



ADI数字健康生物传感器

生物电势传感器 (ECG/BioZ)

心率/心率变异性 (HR/HRV)
皮肤电反应/皮肤电分析 (GSR/EDA)
生物电阻抗分析/生物电阻抗谱 (BIA/BIS)
心阻抗图 (ICG)
呼吸 (Respiration)

光学传感器 (PPG)

心率/心率变异性 (HR/HRV)
呼吸 (Respiration)
血氧饱和度 (SpO₂)
血压趋势 (BPT)

电化学传感器 (血糖)

体表温度传感器 (体表温度)



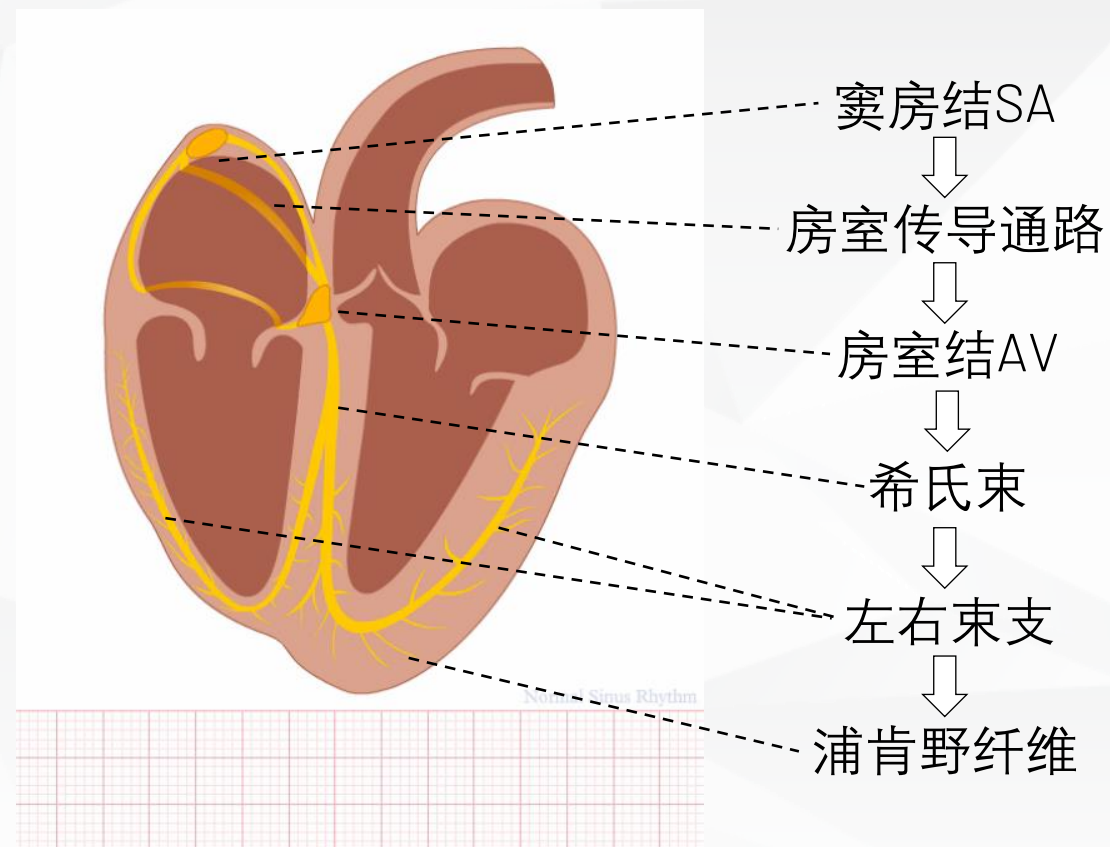
生命体征测量原理



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

ECG测量原理

- ▶ ECG (Electrocardiogram) 是利用心电图机记录心脏活动所产生的电信号变化图形的技术, 又称为EKG
- ▶ ECG信号起源于心脏的特殊组织窦房结, 经过特殊传导通路传导至心脏各部位
- ▶ ECG信号是各部位心肌动作电位的总和, 当心肌规律性收缩和放松时, 离子在心肌细胞内外来回规律移动产生电位差, 在体表呈现周期性的电位变化
- ▶ 心电图纸横轴代表时间, 单位为s, 纵轴代表振幅, 单位为mV
- ▶ 每个小方格为1mm×1mm, 代表0.04s×0.1mV



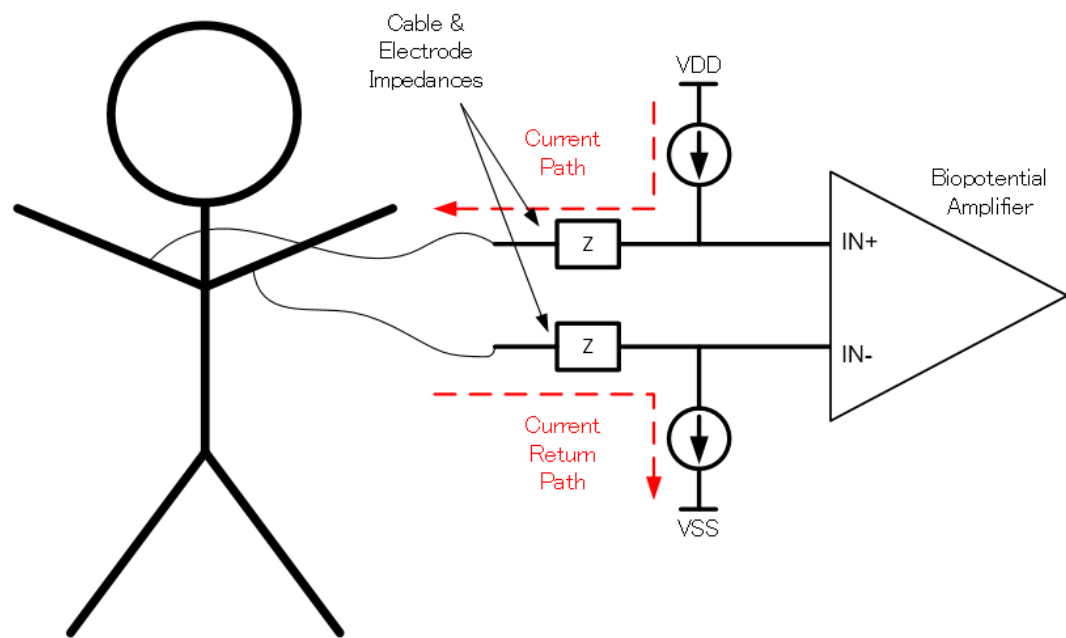
ECG测量原理



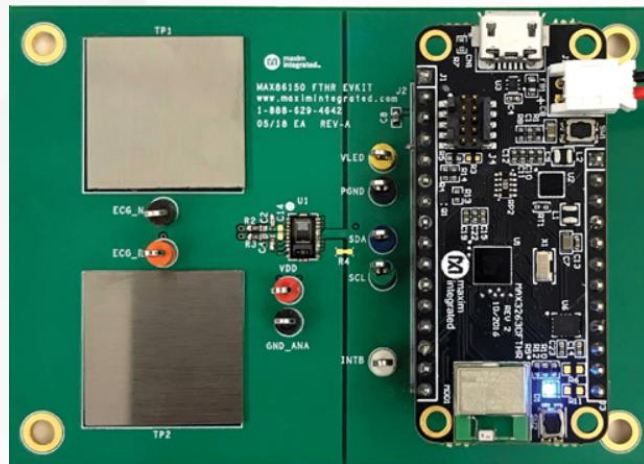
- ▶ RR间期可用来计算心率
- ▶ 正常心率范围：60~100次/min
- ▶ 正常心电电压：mV级



ECG测量原理



心电为差分信号，在人体不同部位放置电极，并通过导联线与心电图机的正负端相连，这种记录心电信号的电路连接方法称为心电图的导联

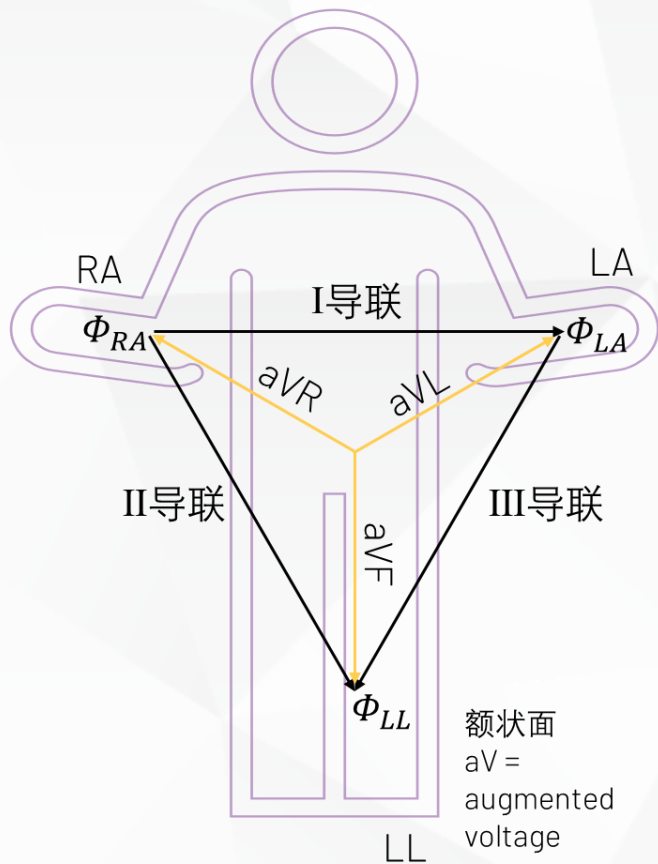


干电极：不锈钢



湿电极：Ag/AgCl凝胶电极

ECG测量原理



▶ 常规12导联体系

– 3路标准肢体导联： I、II、III

$$\bullet V_I = \Phi_{LA} - \Phi_{RA}$$

$$\bullet V_{II} = \Phi_{LL} - \Phi_{RA}$$

$$\bullet V_{III} = \Phi_{LL} - \Phi_{LA}$$

– 6路胸导联： V1、V2、V3、V4、V5、V6

$$\bullet \Phi_{WCT} = \frac{1}{3}(\Phi_{RA} + \Phi_{LA} + \Phi_{LL}) \text{ (威尔逊中心电位)}$$

$$\bullet V_{V_1} = \Phi_{V_1} - \Phi_{WCT}$$

$$\bullet V_{V_2} = \Phi_{V_2} - \Phi_{WCT}$$

...

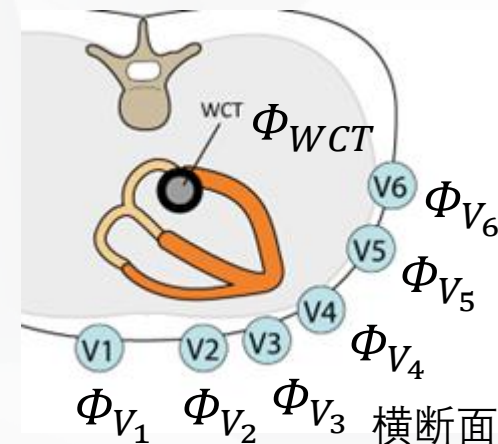
$$\bullet V_{V_6} = \Phi_{V_6} - \Phi_{WCT}$$

– 3路加压肢体导联： aVR、aVL、aVF

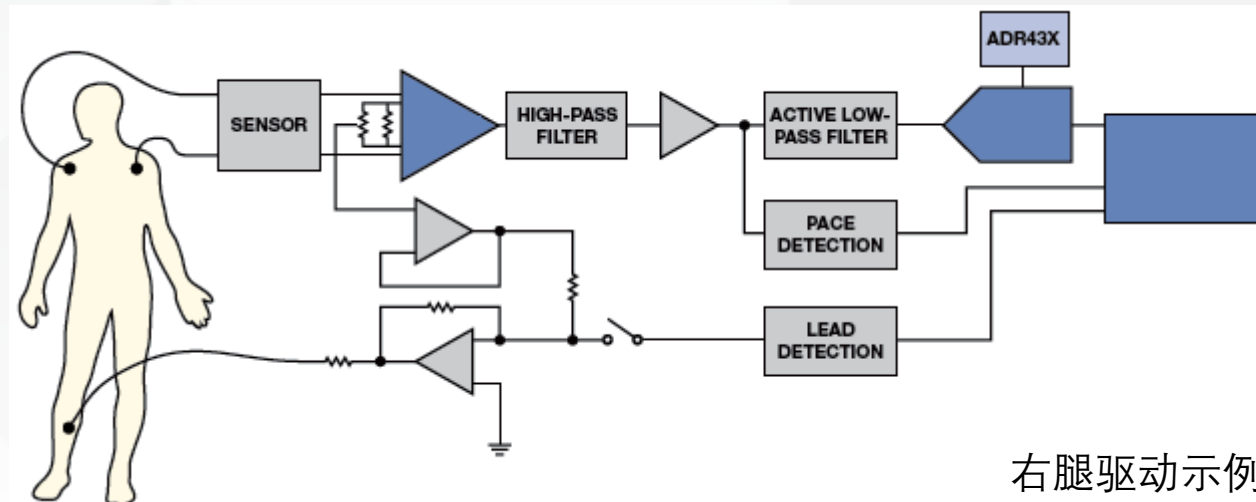
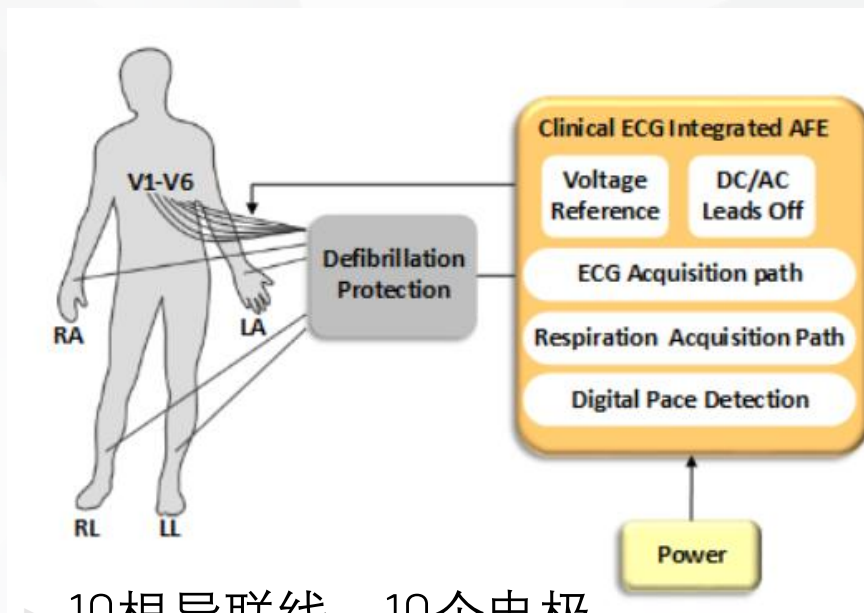
$$\bullet V_{aVR} = \Phi_{RA} - \frac{1}{2}(\Phi_{LA} + \Phi_{LL})$$

$$\bullet V_{aVL} = \Phi_{LA} - \frac{1}{2}(\Phi_{RA} + \Phi_{LL})$$

$$\bullet V_{aVF} = \Phi_{LL} - \frac{1}{2}(\Phi_{RA} + \Phi_{LA})$$



ECG测量原理



右腿驱动示例

▶ 10根导联线、10个电极

- 胸部1~6
- 左臂LA、右臂RA、左腿LL
- 右腿RL

▶ 右腿驱动 (Right Leg Drive, RLD)

- 将心电差分信号的共模干扰提取放大并反向施加到人体上
- 抑制工频干扰
- 右腿效果最佳

BIOZ测量原理

皮肤电分析/皮肤电反应



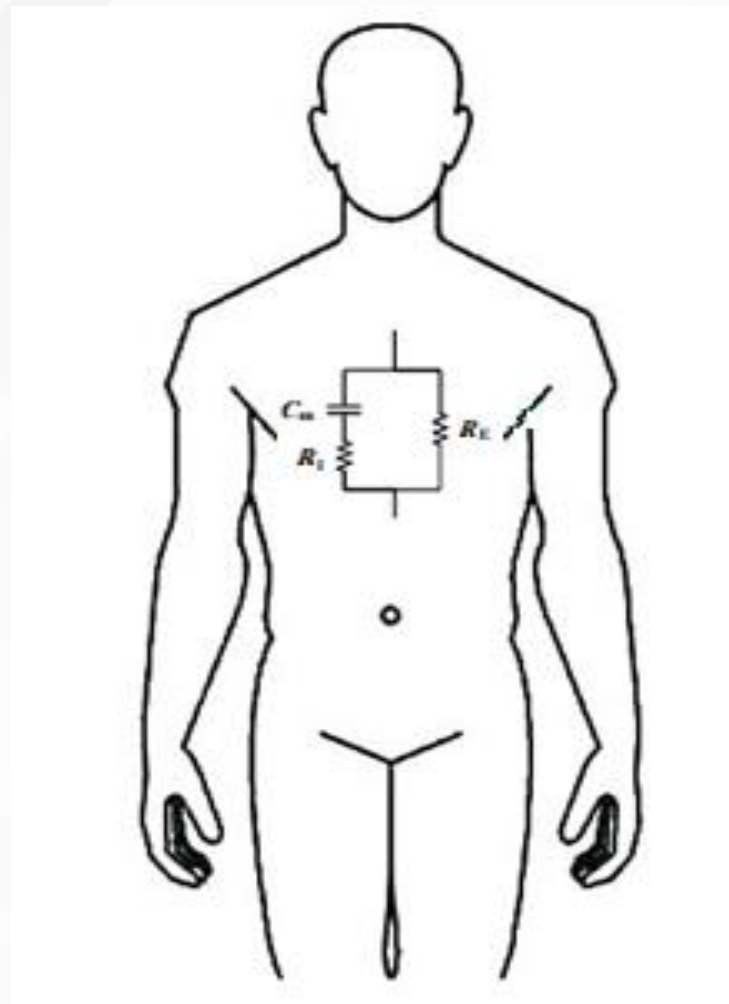
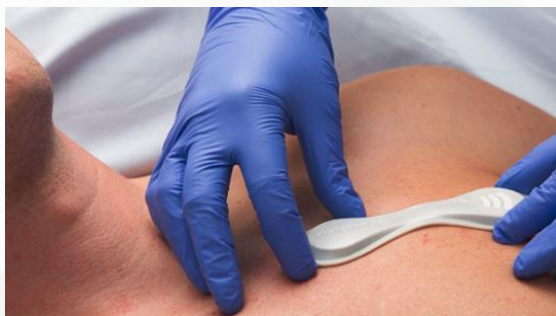
生物电阻抗谱/
生物电阻抗分析



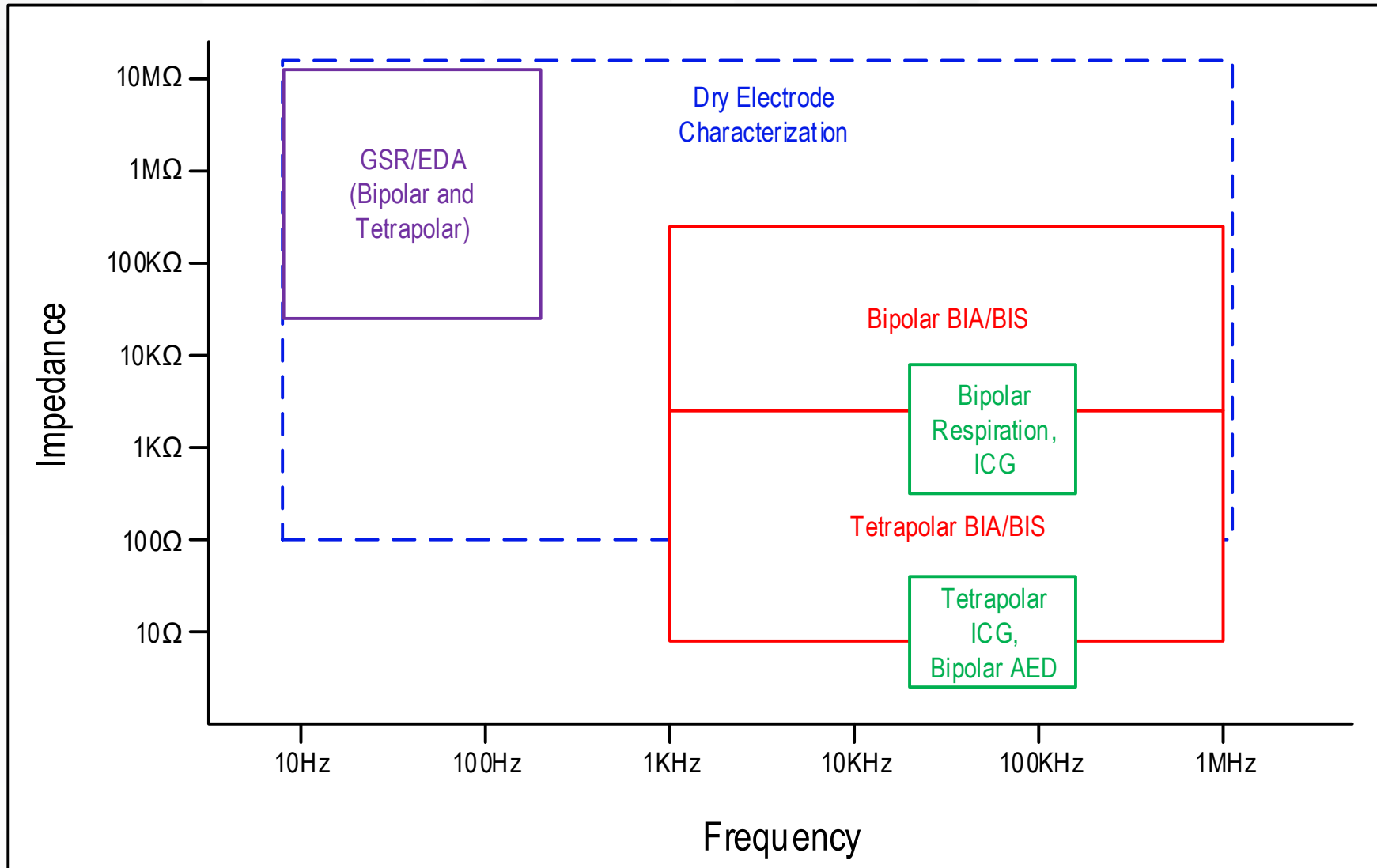
心阻抗图



呼吸

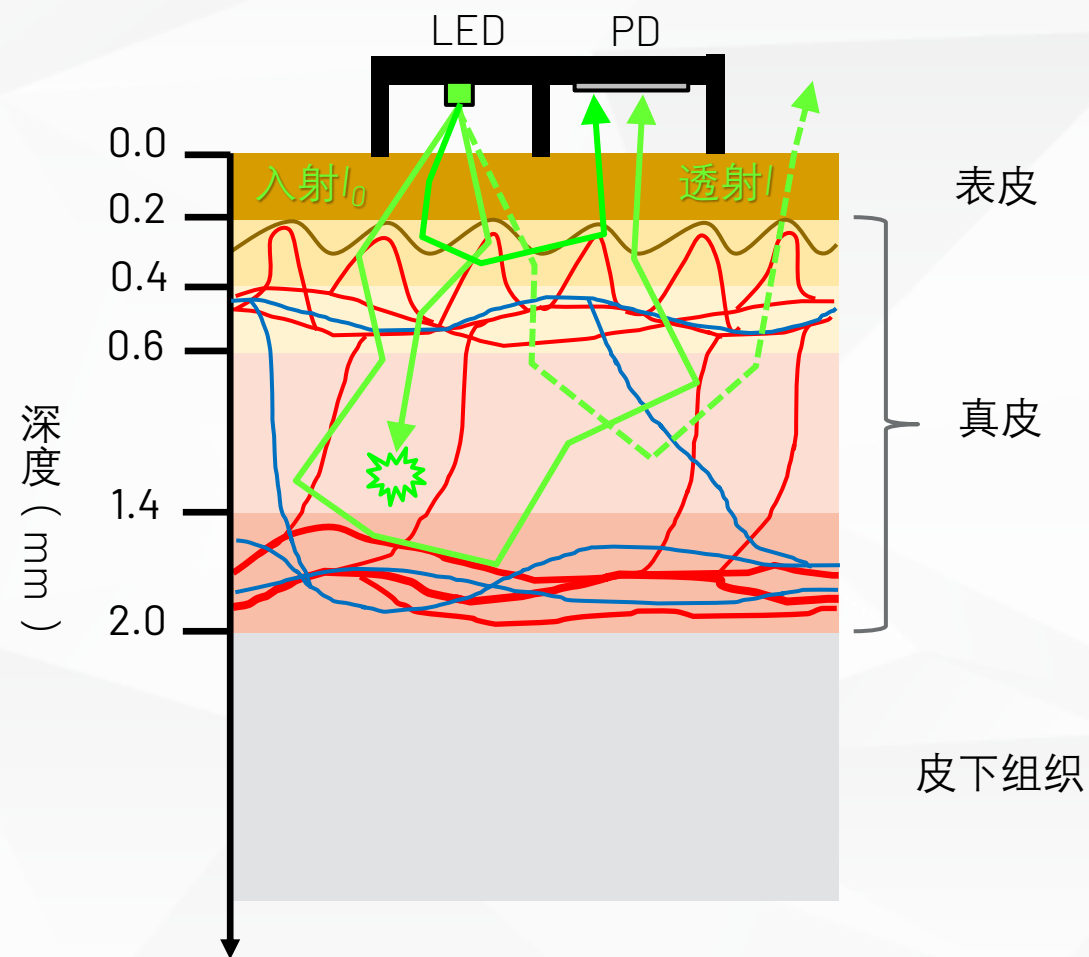


BIOZ测量原理

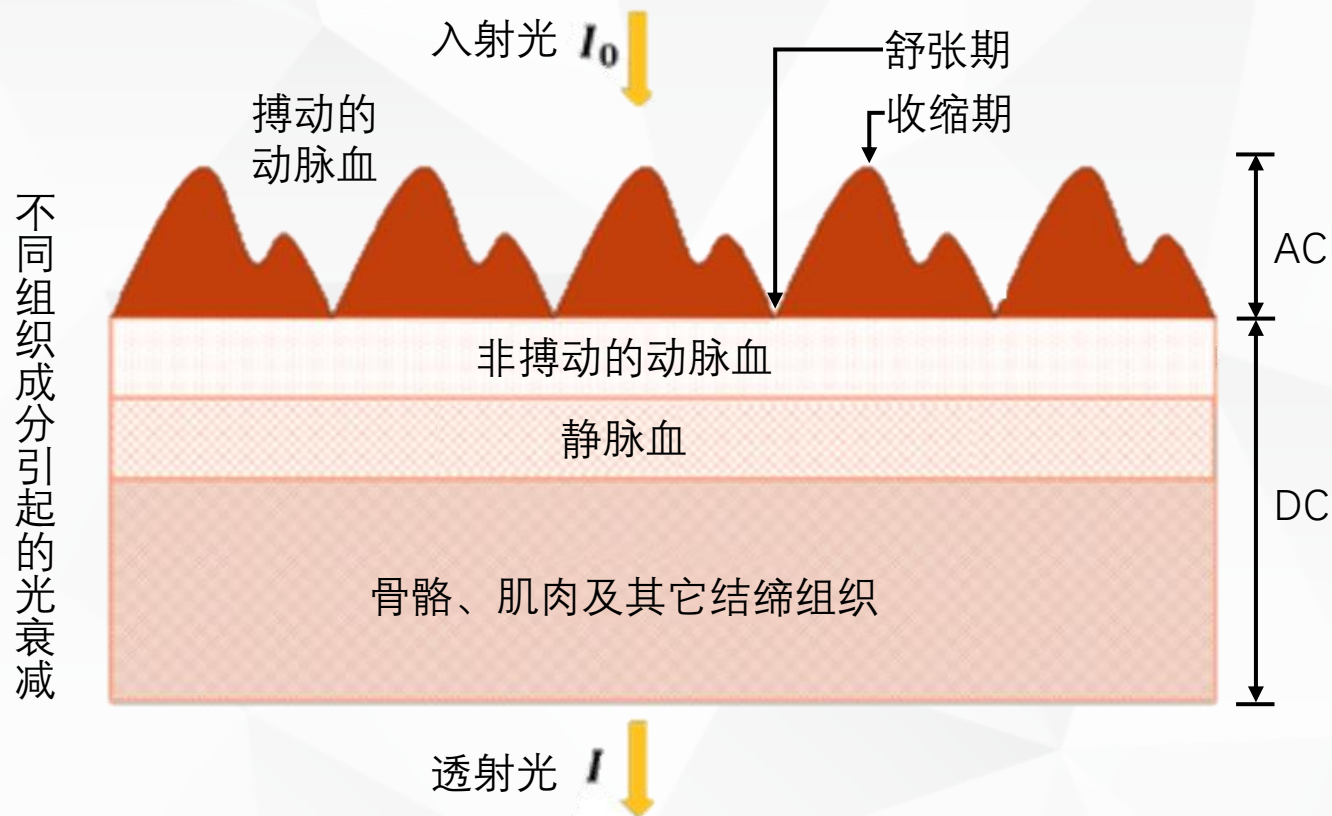


PPG测量原理

- ▶ PPG (Photoplethysmography) 叫做光学体积描记法, 指的是使用光学信号测量组织中的血管体 (容) 积的一种测量方法, 其波形叫做光电容积脉搏波
- ▶ Photo指的是光学测量
- ▶ Plethysmography指的是对组织体 (容) 积变化的一种测量方法
- ▶ PPG测量系统
 - 发光二极管 LED
 - 光电二极管 PD
 - 模拟前端 AFE
- ▶ Beer-Lambert定律描述了光的衰减与光所穿过的物质的特性的关系
 - $I = I_0 e^{-\epsilon(\lambda)Cd}$
 - $A = \ln\left(\frac{I_0}{I}\right) = \epsilon(\lambda)Cd$
 - 其中 A 为衰减, I_0 为入射光强度, I 为透射 (接收) 光强度, $\epsilon(\lambda)$ 为物质的摩尔消光系数, C 为物质浓度, d 为光路长度

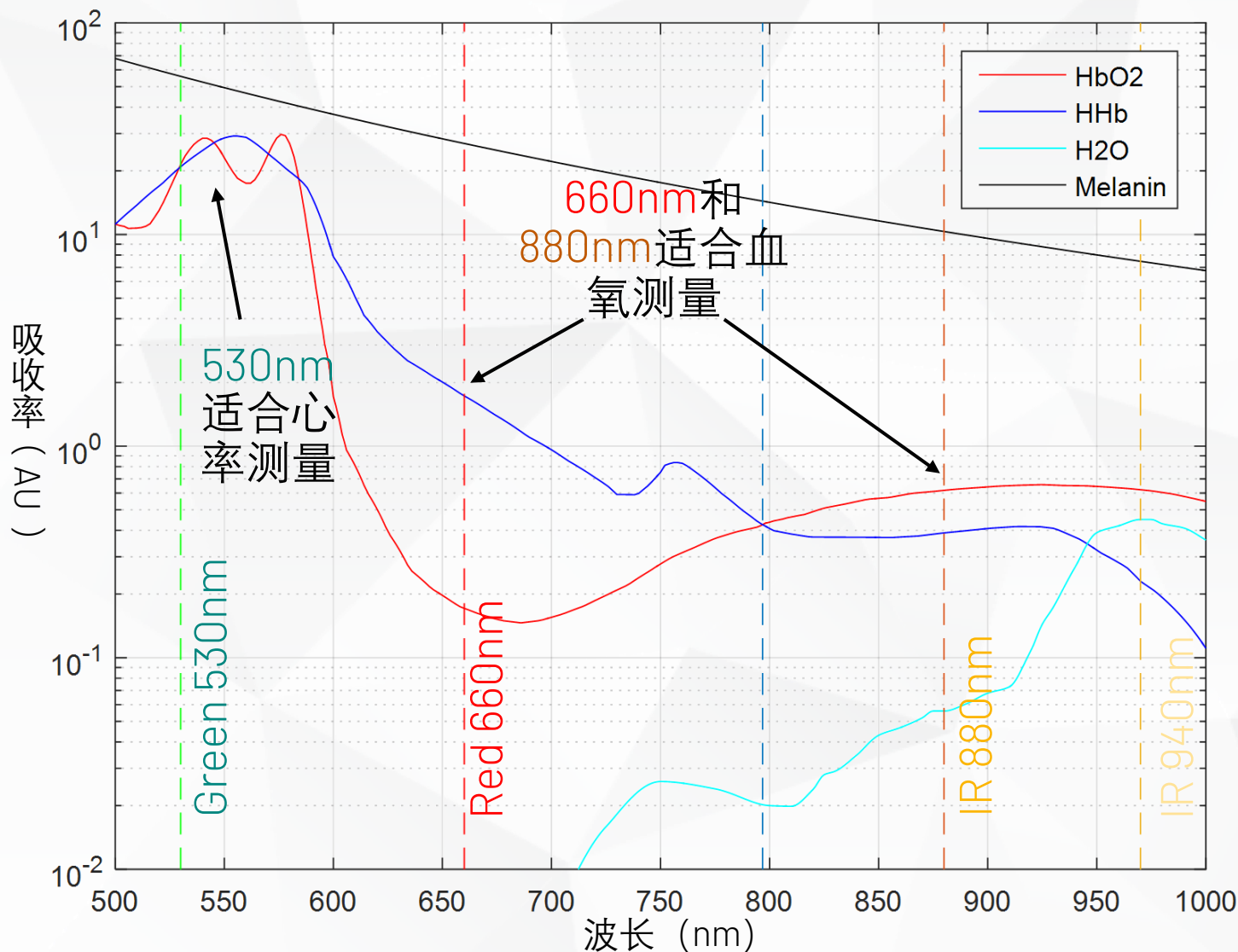


PPG测量原理



- ▶ 信号DC分量：搏动的动脉血
- ▶ 信号AC分量：非搏动的动脉血、静脉血、骨骼、肌肉及其它结缔组织
- ▶ 灌注指数 $PI = AC/DC$
- ▶ 噪声：运动伪迹、环境光

PPG测量原理



HbO₂: 氧合血红蛋白 Oxyhemoglobin
HHb: 脱氧血红蛋白 Deoxyhemoglobin
H₂O: 水
Melanin: 黑色素

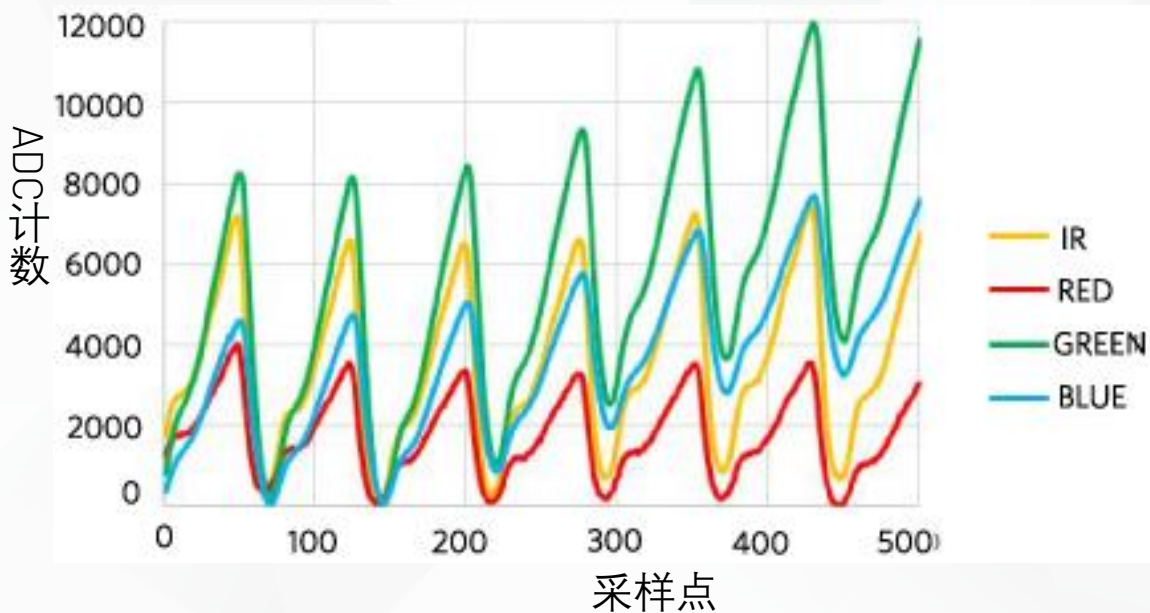
Green 绿光

相比于红光和红外光，皮肤对绿光的吸收率更高，并且绿光对运动更不敏感，因此530nm的绿光通常用于心率的测量

Red 红光 & IR 红外光

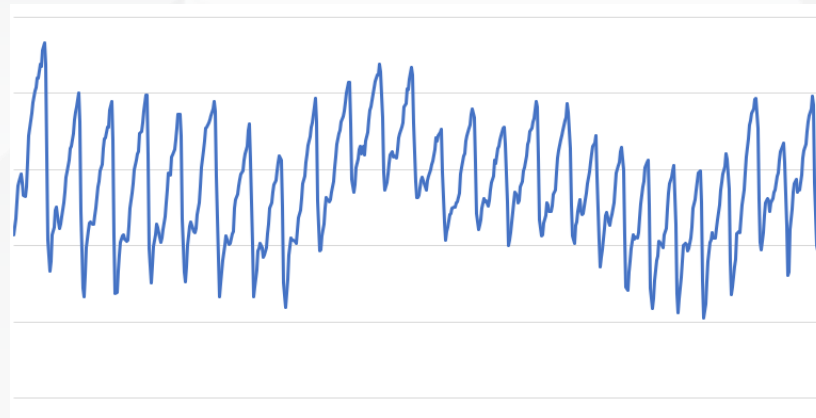
氧合血红蛋白 (HbO₂) 能吸收更多的红外光，而脱氧血红蛋白 (HHb) 能吸收更多的红光；因此880nm的红外光和660nm的红光通常用于血氧的测量

PPG测量原理

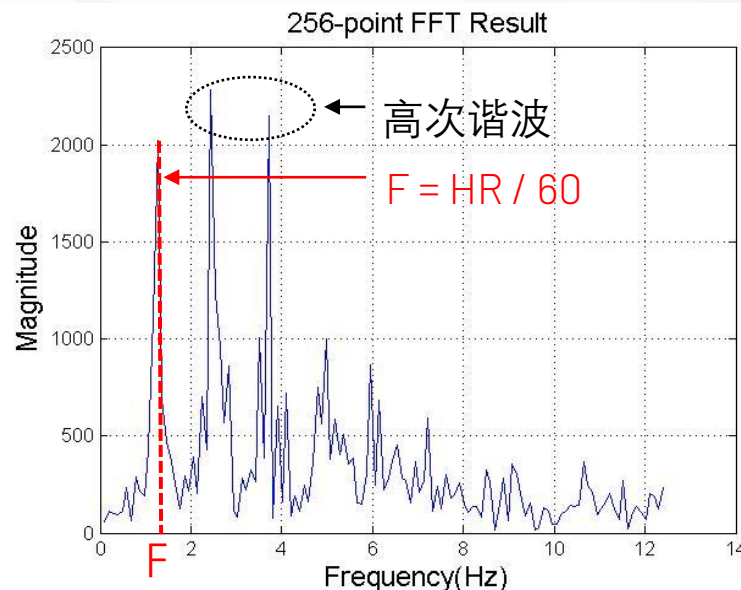


不同波长下的PPG信号
(相同LED驱动电流)

- ▶ 心率 (HR) 指的是每分钟心脏搏动的次数
- ▶ 应用: 心功能监测、运动监测

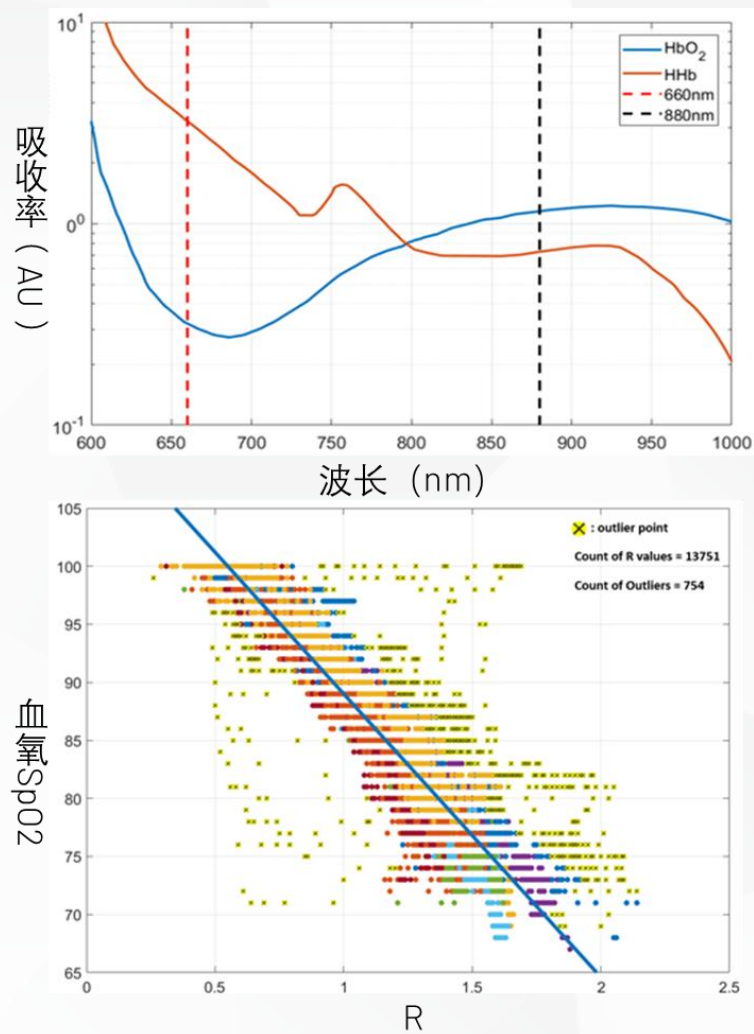


时域: 峰值检测/过零检测



频域: DFT/FFT

PPG测量原理



▶ 血氧 (SpO₂) 指的是血液中的氧合血红蛋白占全部可结合的血红蛋白 (包括氧合血红蛋白和脱氧血红蛋白) 的比例, 是反映肺功能的重要指标, 血氧一般不应低于 90%

– 定义式

$$SpO_2 = \frac{C_{HbO_2}}{C_{HbO_2} + C_{HHb}} \times 100\%$$

– 计算式

$$A = \ln\left(\frac{I_0}{I}\right) = \varepsilon(\lambda)Cd = d[\varepsilon_{HbO_2}(\lambda) \cdot C_{HbO_2} + \varepsilon_{HHb}(\lambda) \cdot C_{HHb}]$$

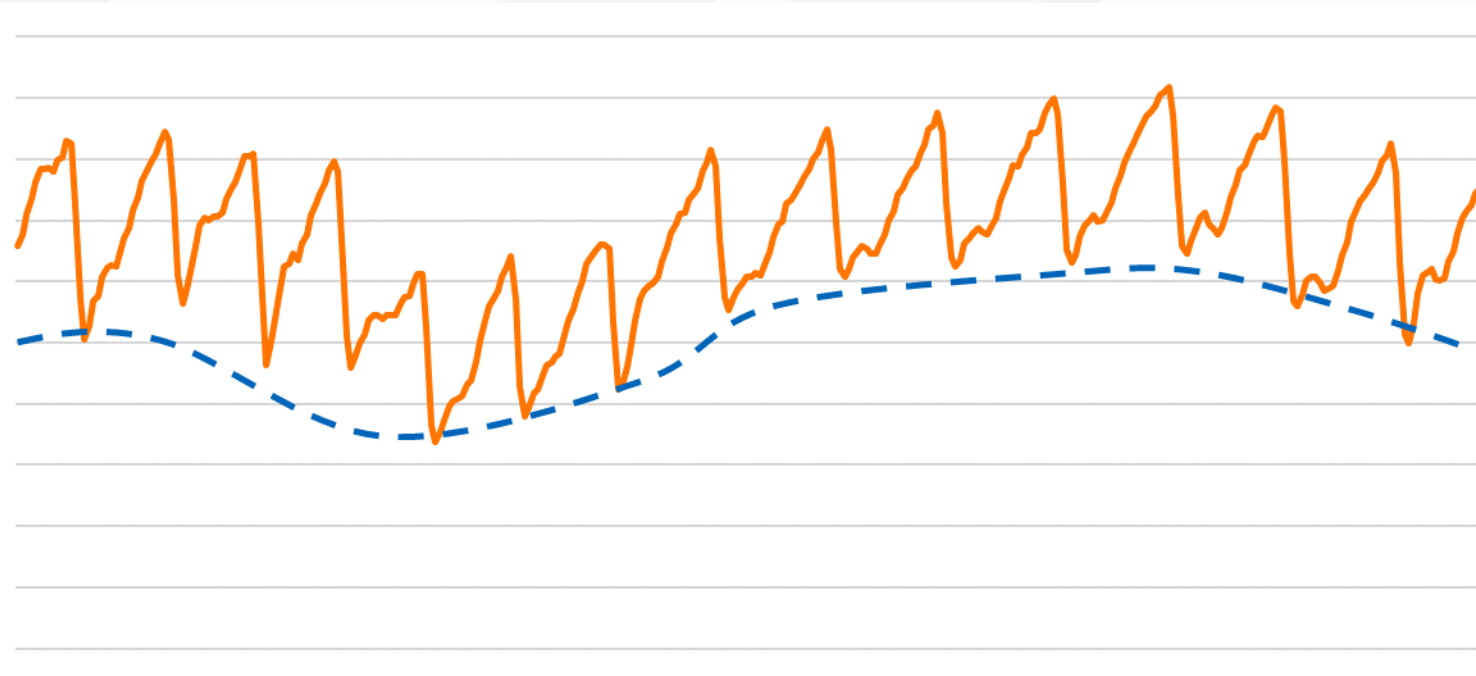
⇒

$$SpO_2 = \frac{k_1 + k_2 R}{k_3 + k_4 R} \approx a + bR + cR^2, \text{ 其中 } R = \frac{PI_{RED}}{PI_{IR}} = \frac{AC_{RED}/DC_{RED}}{AC_{IR}/DC_{IR}}$$

(校准系数 a 、 b 、 c 与系统光学的结构相关, 可通过拟合得出)

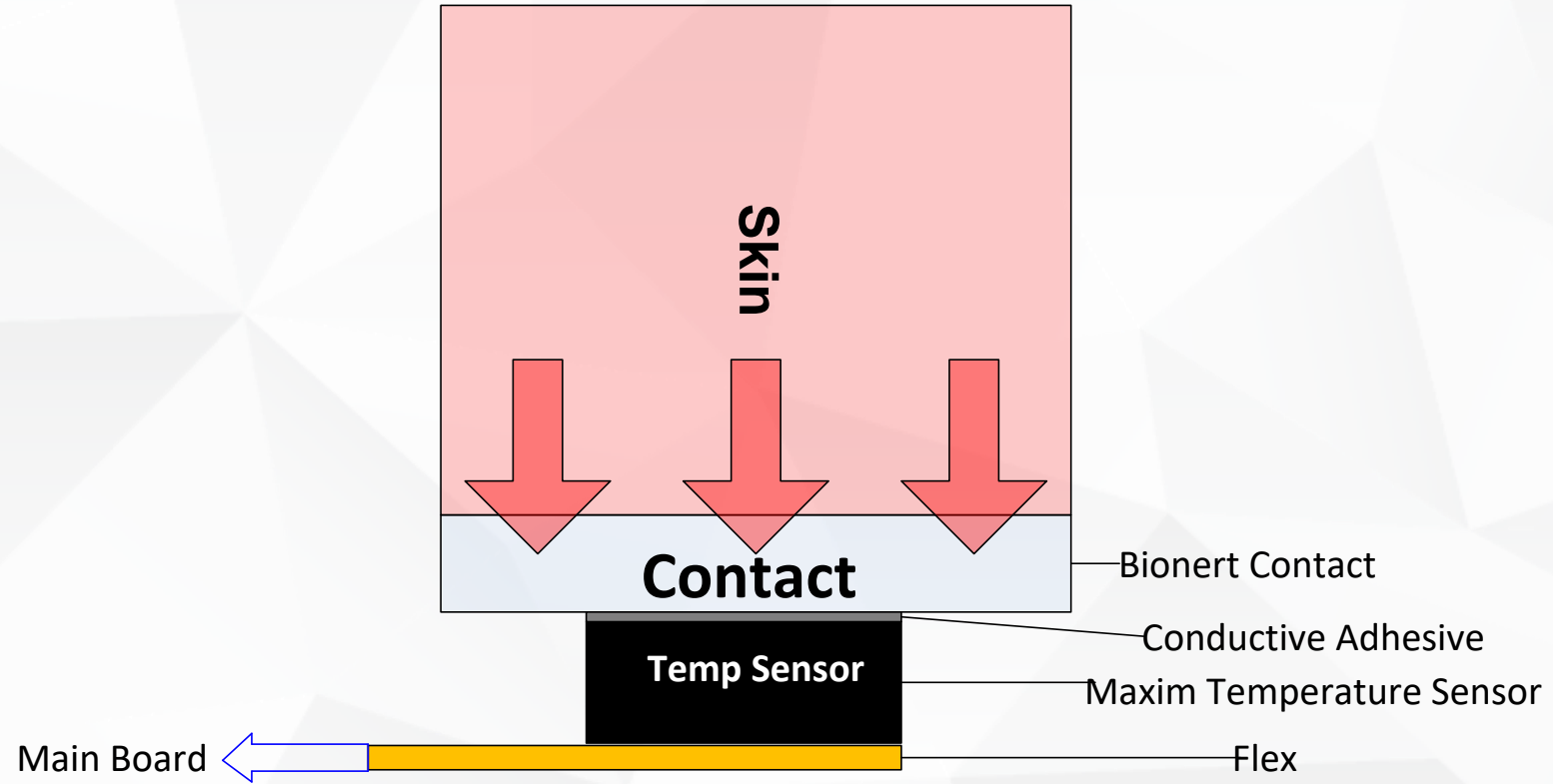
▶ 应用: 肺功能监测、缺氧状态监测

PPG测量原理

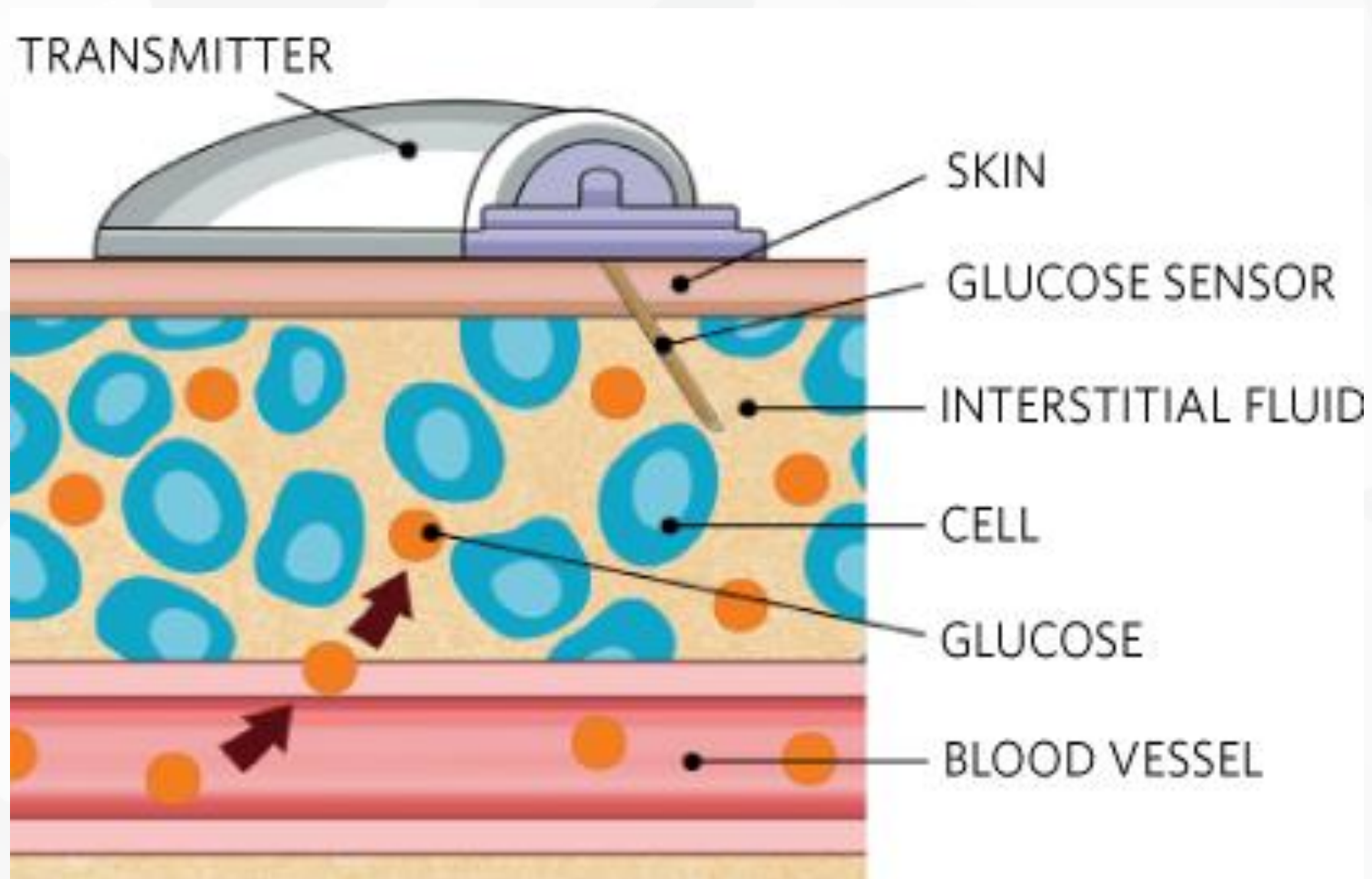


- ▶ 呼吸（Respiration）指的是每分钟呼吸的频率，呼吸会对PPG信号进行调制，因此静息状态下PPG信号的基线（或包络）即为呼吸的特征曲线，其周期即为呼吸的周期
- ▶ 应用：肺功能监测

体表温度测量原理



血糖测量原理



ADI生物电势传感器



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

ADI生物电势传感器



MAX30001/2/3/4/5比较

型号	MAX30001	MAX30002	MAX30003	MAX30004	MAX30005
功能	ECG + BioZ	仅BioZ	仅ECG	仅ECG (RR间期)	ECG
应用	心率/心率变异性、RR间期、起搏信号、呼吸	呼吸	心率/心率变异性	心率/心率变异性、RR间期	心率/心率变异性、RR间期
RR间期检测算法	有	无	有	有	有
封装		28-TQFN 5 × 5mm 30-WLP 2.7 × 2.9mm			30-WLP 2.7 × 2.7mm
兼容性		寄存器及引脚互相兼容			N/A
EV Kit	MAX30001EVSYS MAXREFDES101	Use MAX30001	MAXREFDES100	Use MAX30003	MAX30005EVKIT

MAX30001 – 单通道ECG BIOZ AFE

- **小尺寸**
 - 28-TQFN 5 × 5mm / 30-WLP 2.7 × 2.9mm
- **低功耗**
 - 85 μ W (ECG) / 158 μ W (BioZ) (1.1V供电电压)
- **高精度**
 - 内置RR间期检测功能
- **医疗级**
 - IEC60601-2-47
 - 专为动态心电图 (Holter) 和生命信号监测 (VSM) 应用而设计

测量胸部和腕部的 ECG 和 BioZ 以检测心率、呼吸和心律失常

MAX30005 - 单通道ECGAFE

- MAX86176的纯ECG版本
- 高精度
 - 高分辨率
 - 15.6 ENOBs ($0.6\mu\text{V}_{\text{RMS}}$ 噪声)
- 干电极测量
 - ECG和BioZ通道可共享电极
- 高CMRR
 - 130dB (右腿驱动, 电极匹配)
 - 106dB (右腿驱动, 电极失配)
- 高输入阻抗
 - 890Mohm (64Hz差模输入阻抗)
 - 2.9G Ω (64Hz共模输入阻抗)
- 交流导联脱落检测
 - 40至2800nA电流范围
 - 128Hz至16.384kHz频率范围

MAX30001/MAX30005比较

型号	MAX30001	MAX30005 (MAX86176纯ECG版本)
输入参考噪声	15.9 ENOB (0.05至40Hz, 20V/V)	15.6 ENOB (0.05至40Hz, 20V/V)
差分交流/直流输入范围 (20V/V, 1.8V AVDD)	AC: 65mVpp; DC: ±1300mV	AC: 90mVpp; DC: ±1300mV
输入阻抗	64Hz差模输入阻抗: 1.3GΩ	64Hz差模输入阻抗: 890MΩ
	64Hz共模输入阻抗: 350MΩ	64Hz共模输入阻抗: 2.9GΩ
CMRR *使用右腿驱动 (RLD)	电极匹配: 115dB	电极匹配: 130dB
	电极失配: 77dB	电极失配: 106dB
THD	0.025%	0.06%
导联脱落检测	直流	直流和交流

MAX30009 – 双通道BIOZ AFE

- 可穿戴生物电阻抗解决方案

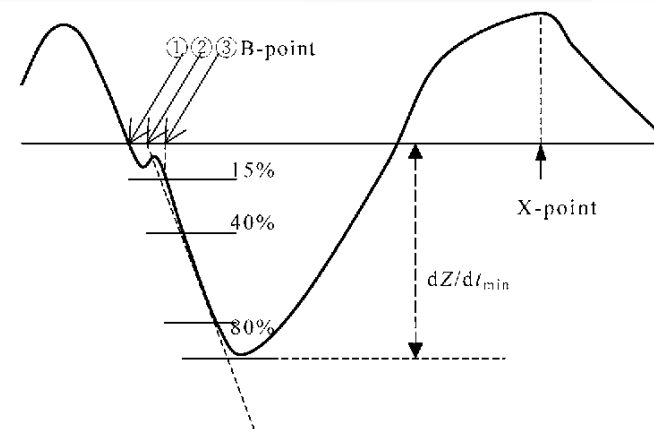
- 减小30%尺寸
- 减小62%功耗

- 特色

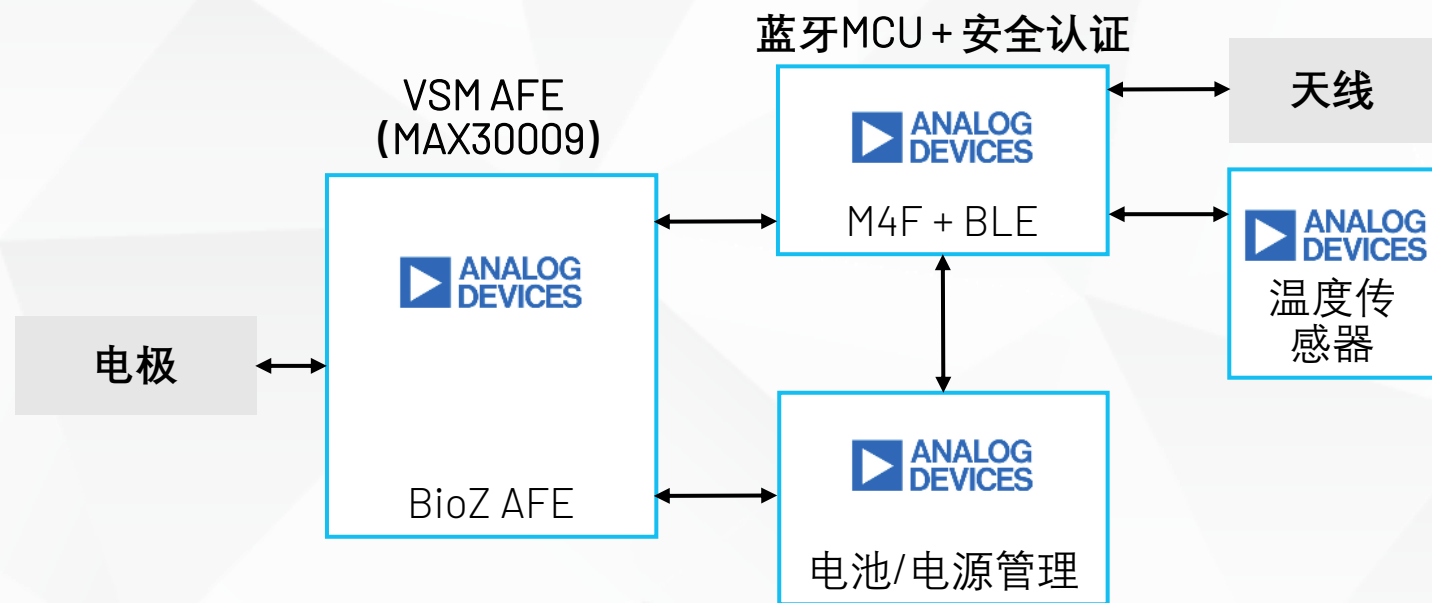
- 正交I/Q双通道同步测量
- 正弦波激励（用于呼吸）和方波激励（用于GSR/BIS/ICG）
- 16sps至4ksps采样率
- 16Hz至806kHz激励频率
- 5 × 5 bump array WLP: 2.0mm × 2.0mm

- 应用

- 皮肤电反应/皮肤电分析（GSR/EDA）
- 生物电阻抗分析/生物点阻抗谱（BIA/BIS）
- 呼吸（Respiration）
- 心阻抗图（ICG）



VSM BIOZ系统设计 - MAX30009

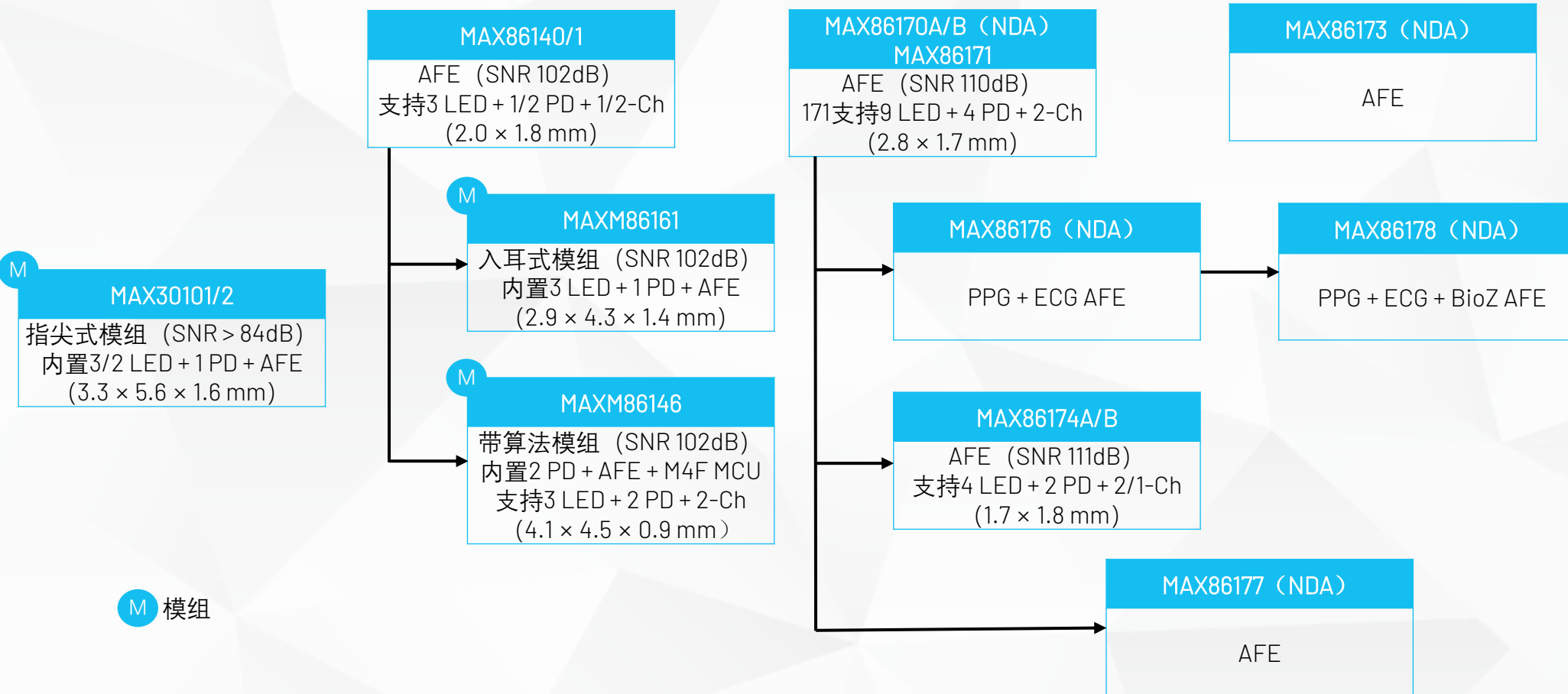


ADI光学传感器



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

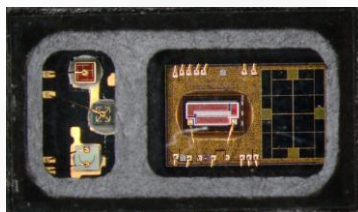
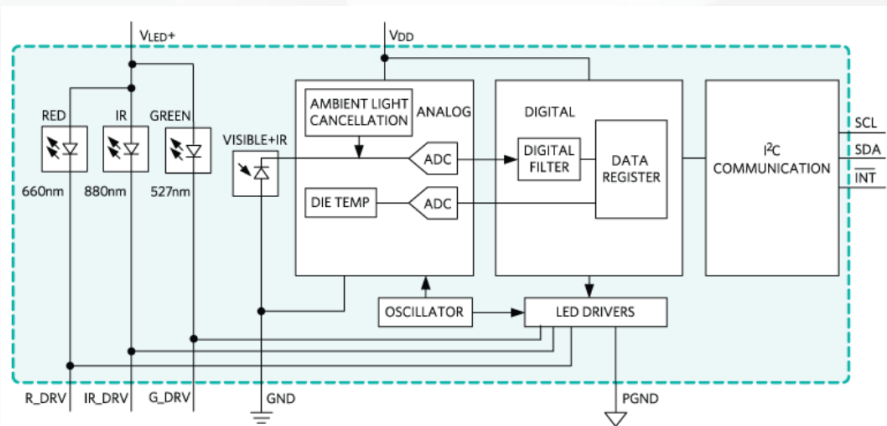
ADI光学传感器



ADI光学传感器比较

型号	MAX30101/2	MAX86140/1	MAX861171	MAX86174A/B
SNR	>84dB	102dB	110dB	111dB
封装	14 OLGA	5 × 5 WLP	7 × 4 WLP	4 × 4 WLP
焊球间距	N/A	0.4mm	0.35mm	0.4mm
尺寸	3.3 × 5.6 × 1.55 mm	2.05 × 1.85 mm	2.77 × 1.70 mm	1.67 × 1.78 mm
接口	I2C	SPI	SPI/I2C	SPI/I2C
PD输入引脚数	1 (内置PD)	1/2	4	2
PPG通道数	1	1/2	2	2/1
LED驱动引脚数	3/2	3	9	4
LED驱动数	3/2	3	3	2
最大LED电流	50mA	124mA	2 × 128mA	2 × 128mA
LED DAC分辨率	8 bits	8 bits	8 bits	8 bits
ADC分辨率	18 bits	19 bits	20 bits	20 bits
时隙数	3	6	9	6
FIFO字长	32 words	128 words	256 words	256 words

MAX30101/2 – 3/2 LED 1 PD指尖式模组



MAX30101/2为
指尖式模组，
集成3/2个LED
和1个PD

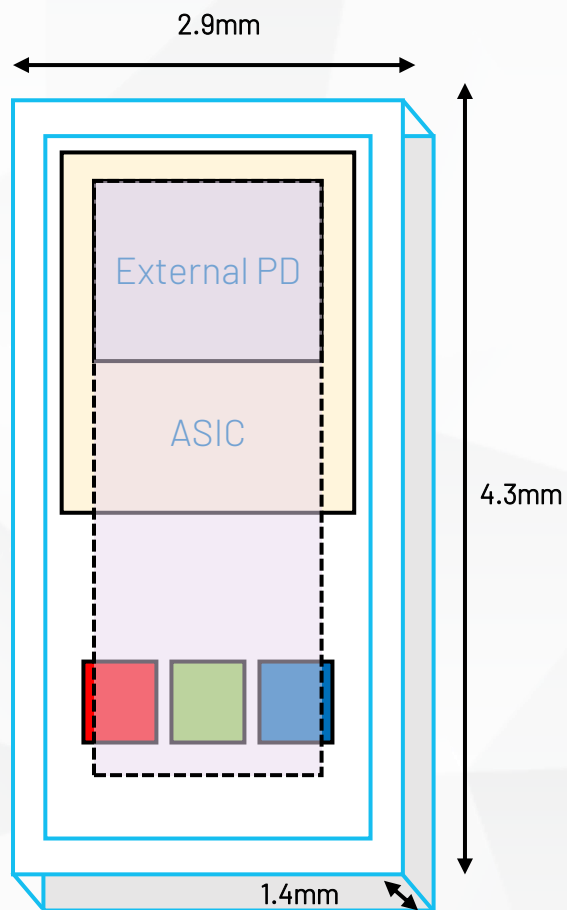
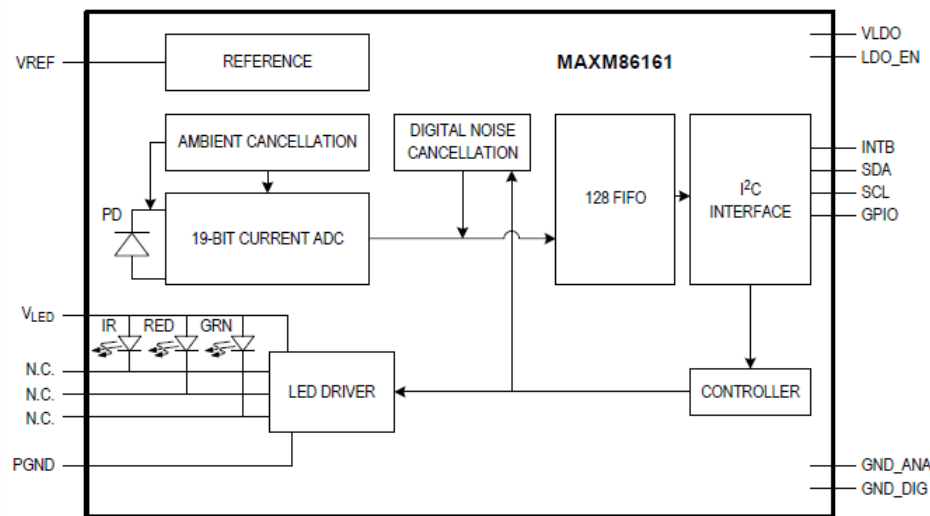
优势

- 简化系统设计
- 全面支持资源
- 适用于指尖的HR和SpO2测量

特色

- MAX30101集成3个 (G, R, IR) LED和1个PD
- MAX30102集成2个 (R, IR) LED和1个PD
- 14-pin OLGA 3.3 × 5.6 × 1.55 mm模组
- 超低功耗 (<2mW)
- 多LED反射式解决方案

MAXM86161 - 3 LED 1 PD 入耳式模组



优势

- 入耳式模组，专为耳带式智能设备设计
- 适用于耳部的HR和SpO₂测量

特色

- MAXM86161集成3个 (G, R, IR) 和1个 PD
- 1.6 μ A关断电流
- 14-pin OLGA 2.9 × 4.3 × 1.4 mm模组

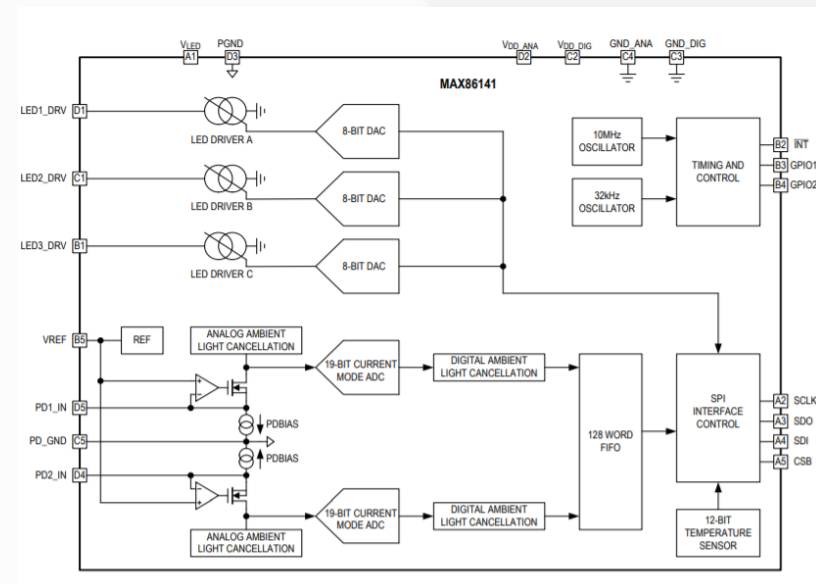
MAX86140/1 – 3 LED驱动1/2 PD输入AFE

优势

- MAX86140有一个光学读出通道，而MAX86141有两个光学读出通道
- 可用于腕部/腹部/指尖的透射式或者反射式HR和SpO2测量
- 通过多采样模式和片上平均功能可大大降低暗电流噪声

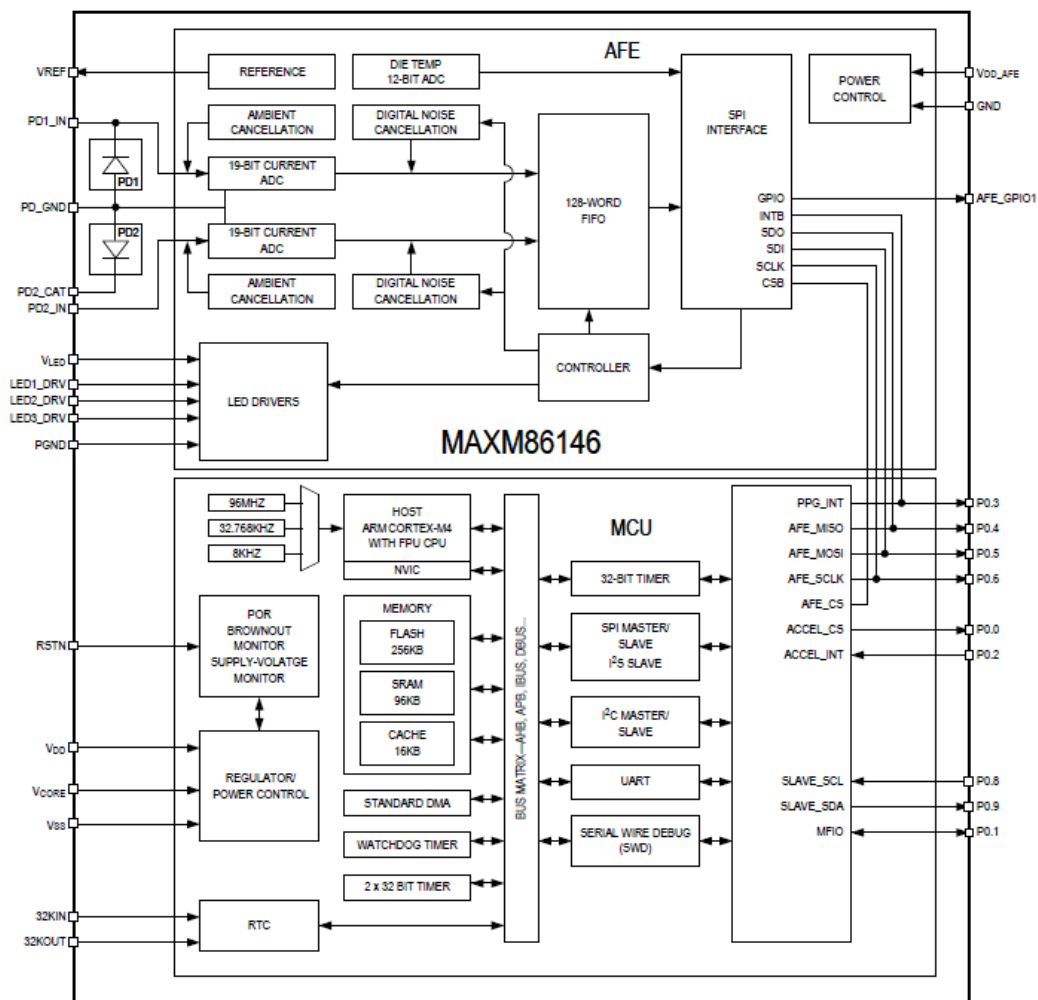
特色

- 集成高分辨率ADC
- 3个8位LED驱动低噪声DAC
- 动态范围可达SpO2>104dB, HRM>110dB



MAX86140/1为
适合腕部/腹部/
指尖测量的AFE,
支持3个LED驱
动和1/2个PD输
入

MAXM86146 - 带算法光学模组



• 高度集成

- MAX86141双通道光学AFE
- MAX32664C Arm® Cortex®-M4传感器集中器
- 内置2个PD和2个PD输入
- 3个LED驱动

• 算法创新

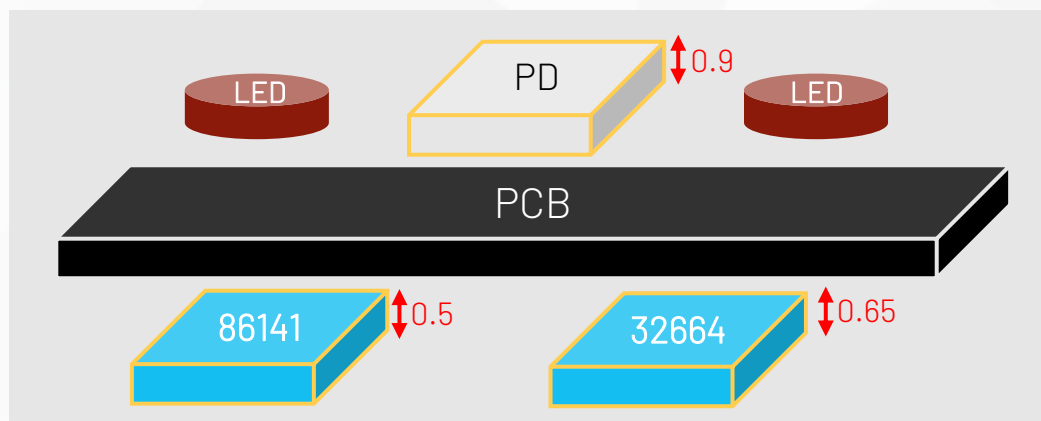
- HRM
- SpO2
- 运动状态
- 加速度（需要外接G-sensor）

• 简便设计

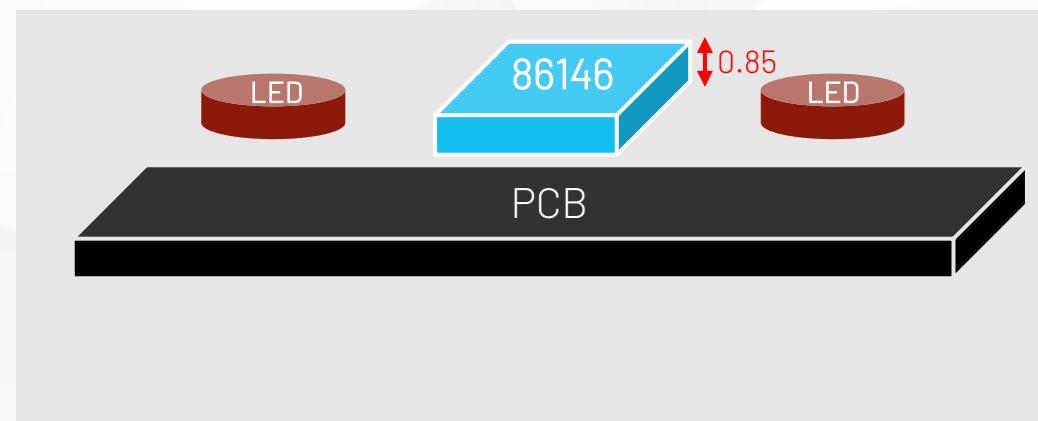
- 减小产品上市时间约6个月
- 减小30%设计尺寸

MAXM86146 - 带算法光学模组

传统方案



MAXM86146方案



面积减小30%
厚度减小45%

MAX86171 – 9 LED驱动4 PD输入AFE

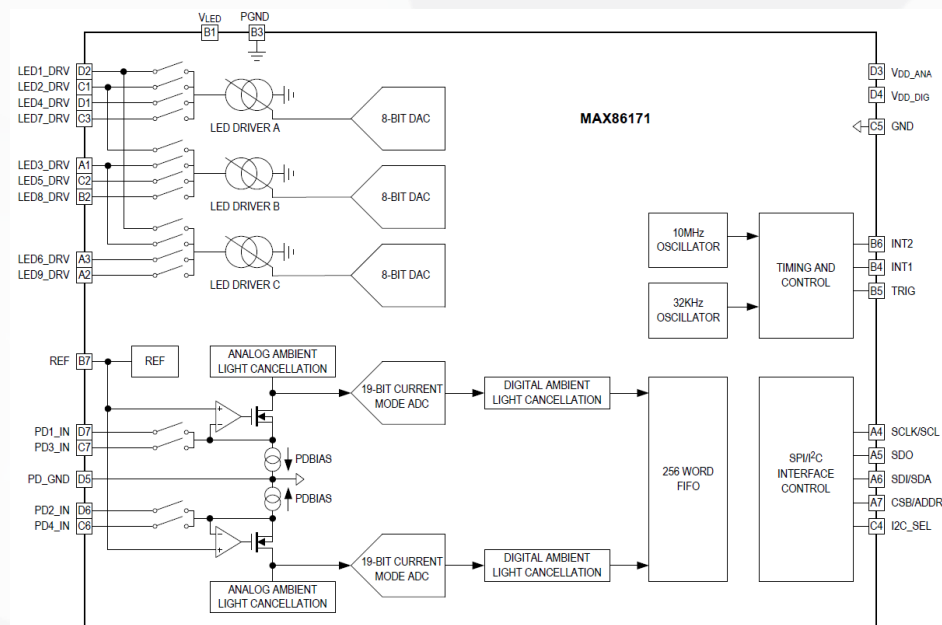
优势

- 超高信噪比AFE，适合腕部血氧测量和腹部/指尖/腕部的心率测量
- 超低功耗

特色

- 动态范围可达110 dB
- 环境光抑制达到70dB @120Hz
- 光学读出通道的功耗<11 μ A @ 25fps

MAX86171为适合腕部/腹部/指尖测量的AFE，支持9个LED驱动和4个PD输入



MAX86176 – PPG + ECG AFE



MAX86178 – PPG + ECG + BIOZ AFE

特色

- PPG通道
- ECG通道
- BioZ通道
 - 皮肤电反应/皮肤电分析 (GSR/EDA)
 - 生物电阻抗分析/生物电阻抗谱 (BIA/BIS)
 - 呼吸 (Respiration)
 - 心阻抗图 (ICG)
- 同步
 - PEP、PTT、PAT、PWV同步测量
 - 支持BPT、心博出量的计算



MAX86178 – PPG + ECG + BIOZ AFE

生命体征信号

用例



血氧饱和度
(通过PPG)

肺功能分析
睡眠质量监测



呼吸
(通过BioZ或者PPG)

精神压力分析
睡眠状态监测



心率/心率变异性
(通过ECG或者PPG)

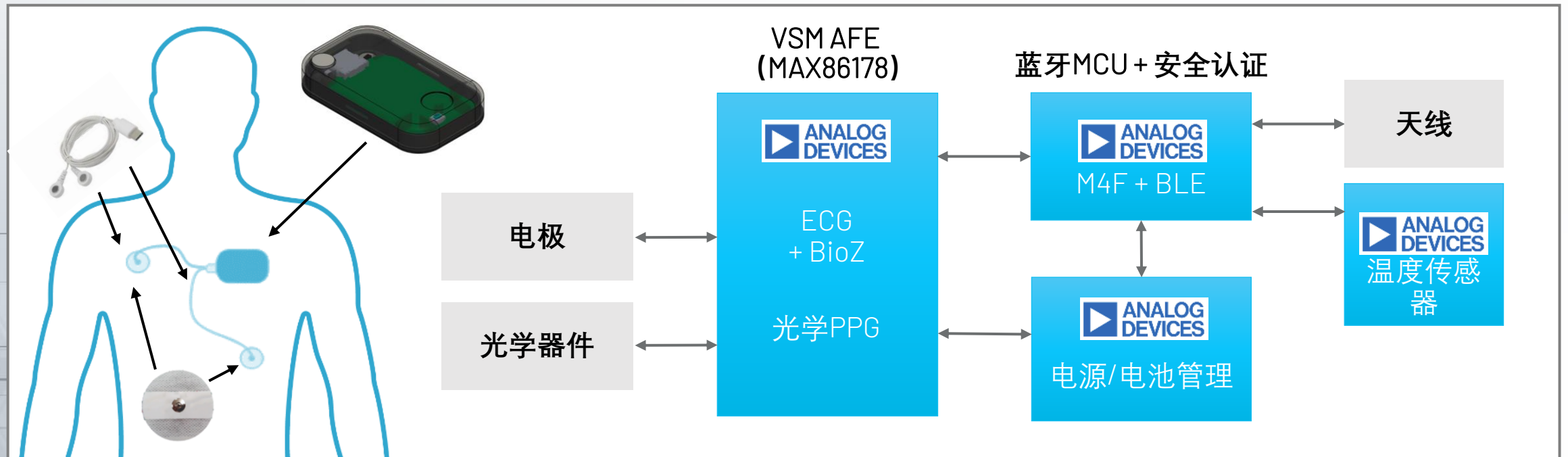
心功能分析
精神压力分析



心阻抗图
(通过ECG和BioZ)

心功能分析
房颤检测

VSM ECG BIOZ PPG系统设计 - MAX86178



ADI体表温度传感器



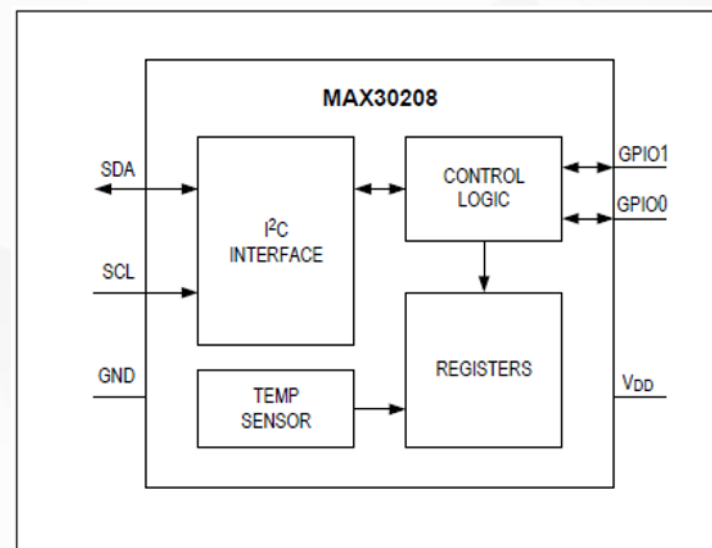
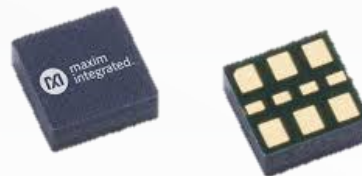
AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

ADI体表温度传感器

型号	MAX30205	MAX30207	MAX30208
供电电压	2.7至3.3V	1.7至3.6V	1.7至3.6V
供电电流	600 μ A	67 μ A	67 μ A
尺寸	3.1 × 3.1 × 0.8 mm	2 × 2 × 0.75 mm	2 × 2 × 0.75 mm
准确度	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ (37至39 $^{\circ}\text{C}$) $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (0至50 $^{\circ}\text{C}$)	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ (30至50 $^{\circ}\text{C}$) $\pm 0.15^{\circ}\text{C}$ (0至70 $^{\circ}\text{C}$)	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ (30至50 $^{\circ}\text{C}$) $\pm 0.15^{\circ}\text{C}$ (0至70 $^{\circ}\text{C}$)
分辨率	0.009 $^{\circ}\text{C}$	0.005 $^{\circ}\text{C}$	0.005 $^{\circ}\text{C}$
热响应	NA	未焊接0.5s 已焊接3.5s	未焊接0.5s 已焊接3.5s
测温方式	底部 (通过裸焊盘)	顶部 (通过Die)	顶部 (通过Die)
多地址功能	有	有	有
接口	I2C	1-Wire	I2C
身份识别码	无	64位唯一ID	无
ESD保护	$\pm 4\text{kV}$ HBM	$\pm 15\text{kV}$ Air, $\pm 8\text{kV}$ Contact IEC 61000-4-2	$\pm 15\text{kV}$ Air, $\pm 8\text{kV}$ Contact IEC 61000-4-2
评估套件	MAX30205EVSYS	MAX30207EVSYS	MAX30208EVSYS

MAX30207/8 - $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 准确度, 1-WIRE[®]/I2C 数字体表温度传感器

- **高精度**
 - 30°C 至 50°C : 准确度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
 - 0°C 至 70°C : 准确度 $\pm 0.15^{\circ}\text{C}$
 - 分辨率 0.005°C
- **低功耗**
 - 1.7至3.6V的工作电压范围
 - $67\mu\text{A}$ 的工作电流
 - 32字长的FIFO以便MCU更长时间地低功耗运行
- **安全性强**
 - 独一无二的64位识别身份码 (仅MAX30207)
 - 温度过高/过低报警



MAX30207/8 - $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 准确度, 1-WIRE[®]/I2C 数字体表温度传感器

- 接口易用

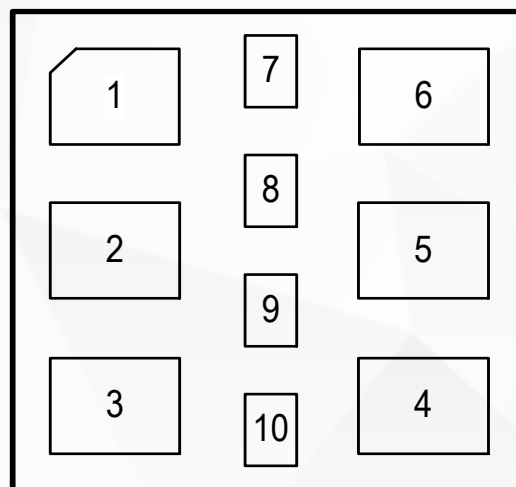
- 1-Wire[®] 接口 (MAX30207) 或 I2C 接口 (MAX30208)
- CRC 校验功能 (仅MAX30207)
- 多地址选择功能
- $\pm 15\text{kV}$ air, $\pm 8\text{kV}$ contact IEC 61000-4-2 ESD

- 尺寸精简

- Tiny $2 \times 2 \times 0.75$ mm LGA封装
- 大焊盘
- 支持柔性PCB

TOP VIEW

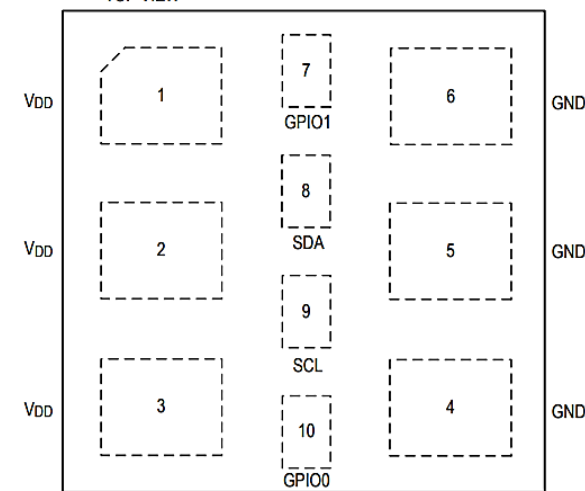
MAX30207



DQ (1,2,3) VDD3 (7) GND (4,5,6)
GPIO2-0 (8-10)

MAX30208

TOP VIEW

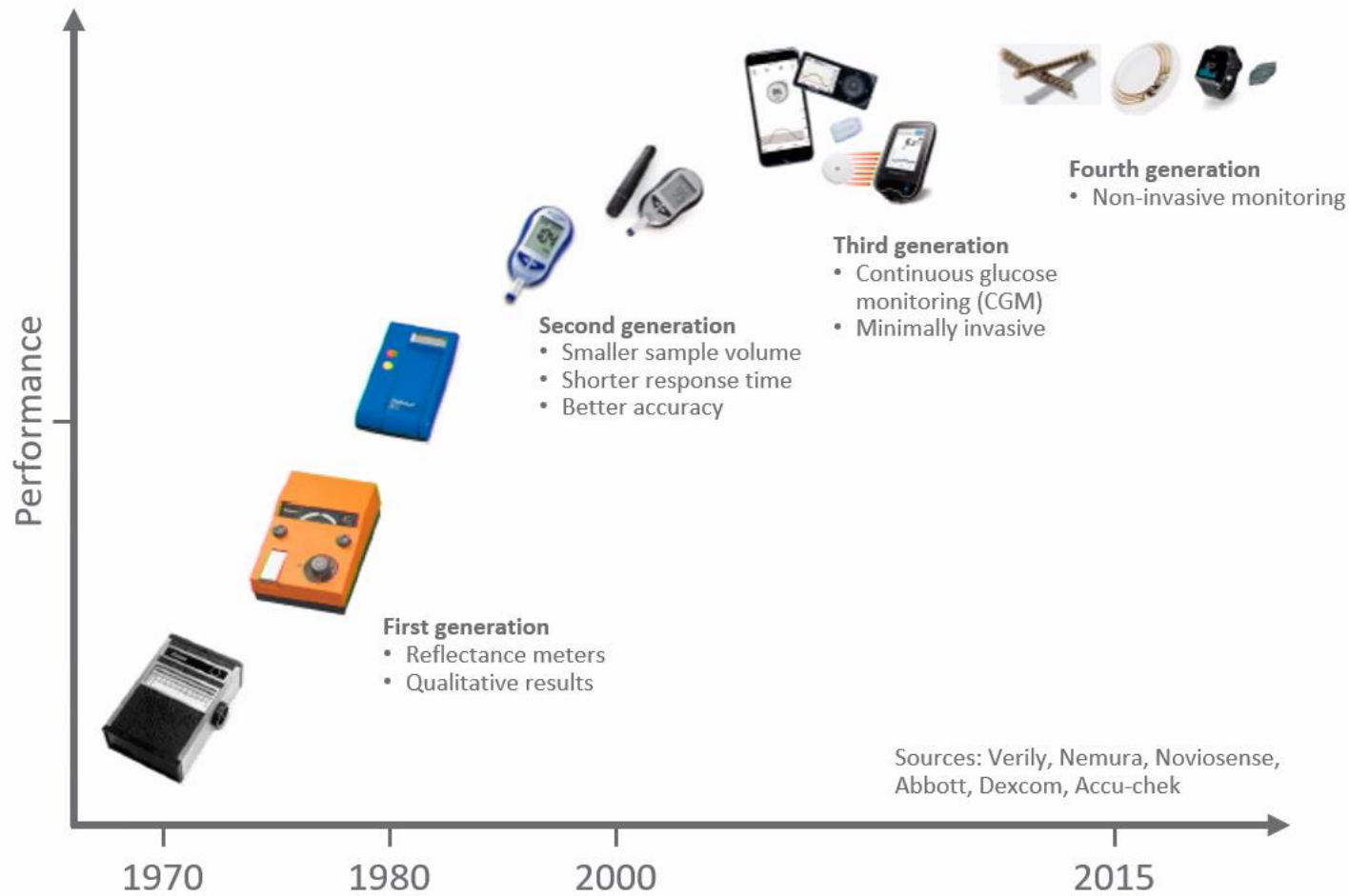


ADI电化学传感器



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

电化学传感器与血糖监测



MAX30131/2/4 - 1/2/4通道电化学AFE

• 高精度

- 16位直流测量ADC，分辨率0.8pA至30pA
- 16位EIS测量ADC，幅度误差 $\pm 0.5\%$ ，相位误差 $\pm 0.5^\circ$
- 16位温度传感器，误差 $\pm 0.5^\circ\text{C}$
- 12位DAC

• 电化学阻抗谱测量 (EIS)

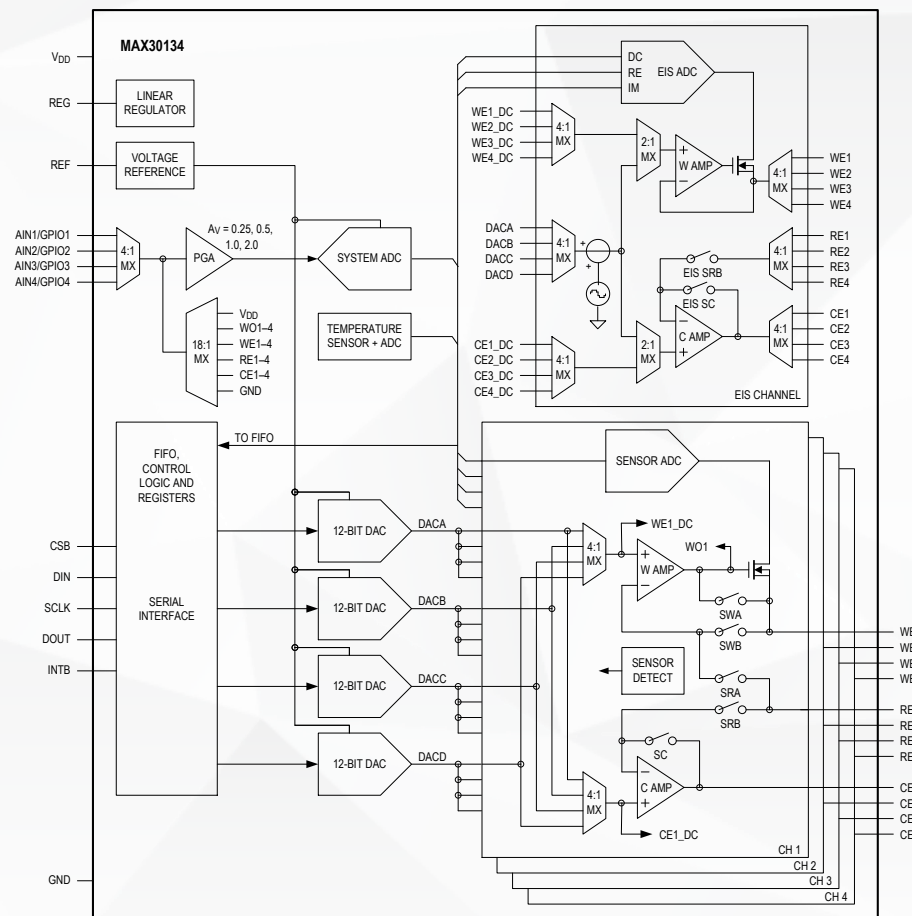
- 0.014Hz至27kHz EIS频率测量范围

• 低功耗

- 3.5 μA 偏置电流

• 封装与接口

- 2.9 × 2.9 mm
- 8MHz SPI接口
- 可编程GPIO
- 内置传感器检测电路



ADI生命体征解决方案



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

ADI生命体征解决方案



MAX-ECGMONITOR
ECG



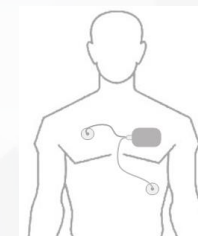
MAX-HEALTH-BAND
PPG



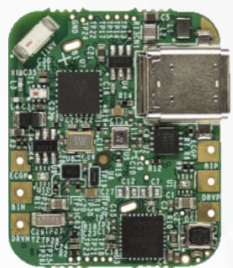
MAXREFDES103
PPG



MAXREFDES105
PPG



即将面世



健康传感器平台
MAXREFDES100
ECG, PPG & 体表温度



健康传感器平台2.0
MAXREFDES101
ECG, PPG & 体表温度



MAXREFDES220
PPG



健康传感器平台3.0
MAXREFDES104
ECG, PPG & 体表温度

ADI生命体征解决方案比较

型号	MAX-ECGMONITOR	MAX-HEALTH-BAND	MAXREFDES20	MAXREFDES10 0 (HSP)	MAXREFDES10 1 (HSP 2.0)	MAXREFDES10 3	MAXREFDES10 4 (HSP 3.0)	MAXREFDES10 5
核心器件	MAX30003	MAX86140	MAX30101	MAX30003 MAX30205	MAX30001 MAX86141 MAX30205	MAX86141	MAX86176 MAX30208	MAX86174A
PPG	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ECG	✓	×	×	✓	✓	×	✓	×
体表温度	✓	×	×	✓	✓	×	✓	×
心率	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
心率变异性	×	×	×	×	×	✓	✓	✓
血氧饱和度	×	×	✓	✓	×	✓	✓	✓
呼吸	×	×	×	×	×	✓	✓	✓
运动状态/热量	×	✓	✓	×	×	✓	✓	✓
加速度	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
睡眠质量	×	×	×	×	×	✓	✓	✓
精神状态	×	×	×	×	×	✓	✓	✓
血压趋势	×	×	✓	×	×	×	✓	×
磁场	✓	×	×	×	×	×	×	×
大气压	×	×	×	✓	×	×	×	×
训练指导	×	×	×	×	×	✓	✓	✓

ADI生命体征解决方案准确度

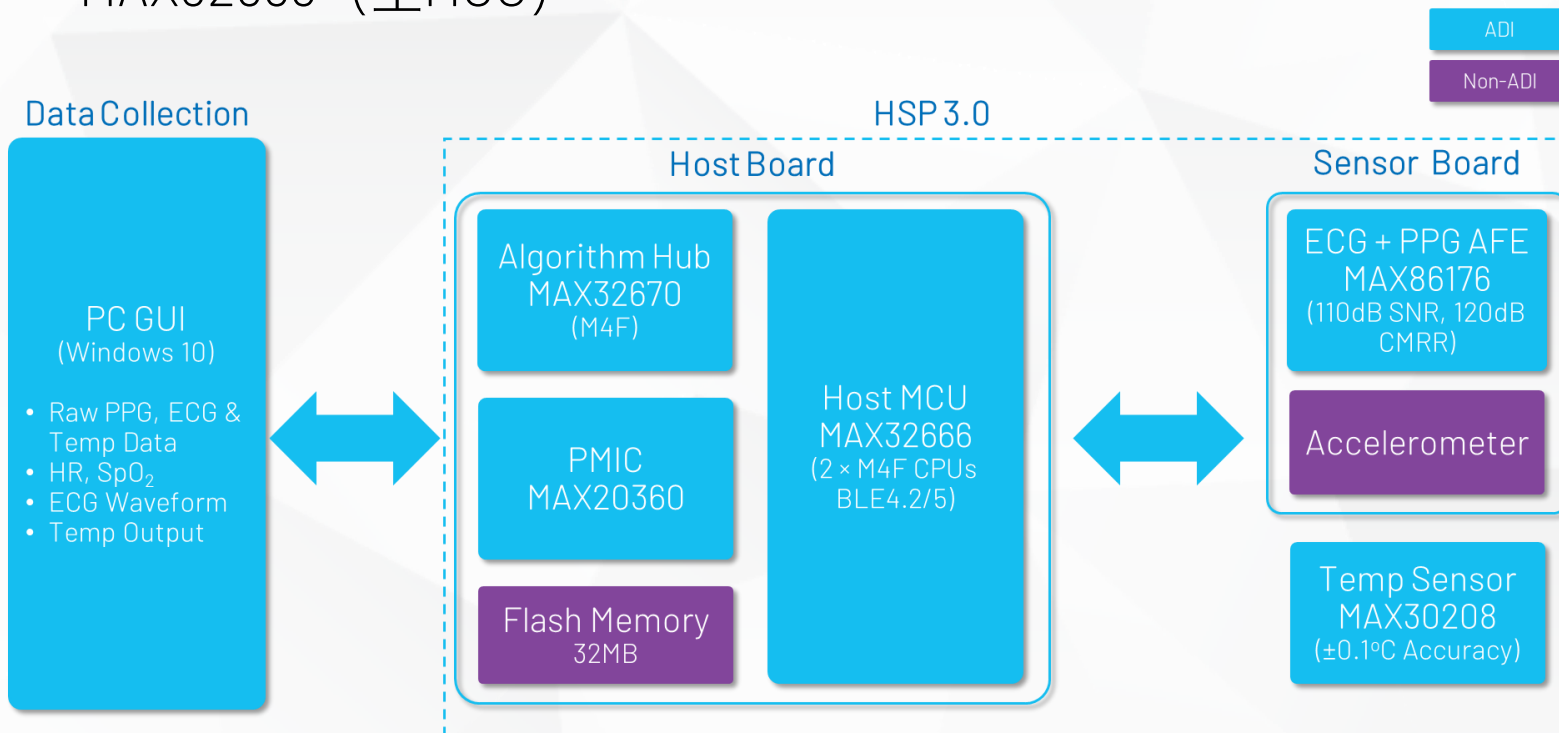
- 腕部血氧饱和度水平
- 专业实验室
- 20个被测对象



指标	FDA要求	RMSE(%)
客户的解决方案	3.5%	2.69
ADI的解决方案	3.5%	3.11

MAXREFDES104 - 健康传感器平台3.0

- 驱动代码、BOM、GUI、Layout、原理图
- 部件
 - MAX86176 (6 LEDs+4 PD+ECG+AFE)
 - MAX32670/4 (带算法传感器集中器)
 - MAX32666 (主MCU)



HEALTH SENSOR PLATFORM 3.0 (MAXREFDES104#)

Reduce development time of healthcare wearables by at least 6 months

快速的市场响应

缩短研发周期6个月

医疗级别的精度

符合血氧饱和度和动态心电图的标准要求
(IEC 60601-2-47)

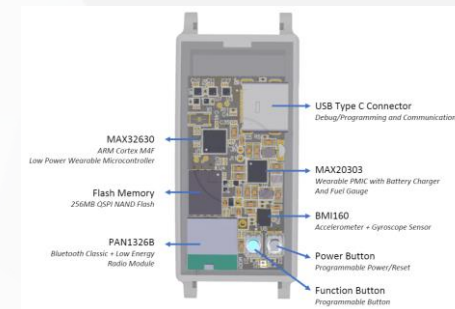
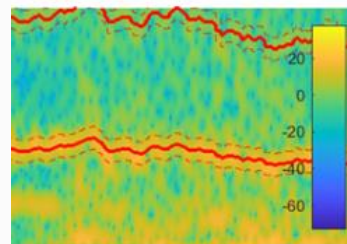
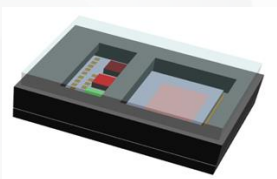
完备的解决方案

驱动代码、BOM、GUI、
Layout、原理图

全面的信号监控

血氧饱和度、ECG、心
率、心率变异性、RR
间期、体温、运动状态、
血压趋势

生命体征解决方案设计要点



业界领先的传感器

- 高信噪比
- 低功耗
- 小尺寸
- 环境光抑制

性能优异的算法

- 信号调理与处理
- 功耗优化
- 自适应学习
- 集成于传感器集中器中

系统设计

- 光学结构拓扑设计
- 波长选择
- 串扰和噪声抑制
- 光学优化

参考设计

- 节省设计时间
- 拿来即用
- 全面的软硬件资源

Q&A

ADI中国技术支持中心
400-6100-006
cic.china@analog.com

谢谢大家