

# 智能便携式心电血氧监护系统设计-项目自测报告说明

西安交通大学 仓鼠队 李金铭 李竞捷 陶豪毅

## 一、概述

本文档是对多生理信号数据采集与参数计算的监测系统设计(模拟前端由商品大规模集成专用电路实现)的功能和性能的测试。通过 Netch 公司的 MINISIM 1000 测试 ECG 信号和心率,通过 biopac 和本监测系统同时测试同一被试,测试 Spo2 信号。同时使用自主编写 APP 进行最终测试,包括滤波算法、波形显示等功能。

## 二、项目预期应用及标准基本要求概述

本设备预期可以用于心电图的显示,心率的监测和 Spo2 的监测。

项目基本要求是:

- (1) 可以正常显示心电、和 PPG 信号波形图;
- (2) 在一定范围内测得的心率基本正确;
- (3) 在一定范围内测得的 Spo2 值的误差在较小的范围内。
- (4) 功耗等性能

## 三、项目功能测试方案

### 1、ECG、心率

测试设备: Netch 公司的 MINISIM 1000

测试步骤:

- (1) 用 MINISIM 1000 产生幅值为 1mV, 30~210 bpm 不同心率的心电信号;
- (2) 直接通过标准心电导联采集被试人心电;
- (3) 用本监测系统测试信号,画出波形,计算心率。

### 2、Spo2 信号

测试设备: biopac

测试步骤:

- (1) 用 biopac 和本监测系统同时测试同一人的血氧信号,被试通过憋气和深呼吸,分别获得 91%~99%的血氧信号;
- (2) 用本监测系统的结果进行拟合。

## 四、项目性能测试方案

### 1、心率检测精度

测试设备: Netch 公司的 MINISIM 1000

测试步骤:

- (1) 用 MINISIM 1000 产生幅值为 1mV, 30~210 bpm 不同心率的心电信号;
- (2) 采集不同心率信号 2~3 分钟并通过 APP 计算并显示心率;
- (3) 计算误差及准确度

### 2、滤波性能

测试设备: APP

测试步骤:

- (1) 采集人体心电信号并显示
- (2) 设置正确滤波器参数并观察滤波后波形

### 3、血氧饱和度

测试设备：biopac

测试步骤：

- (1) 利用样机和 biopac 同时采集被试血氧饱和度数据
- (2) 被试进行憋气实验
- (3) 观察两个设备 Spo2 值变化

### 4、整体功耗性能测试：

测试设备：电流档位的电流表

测试步骤：

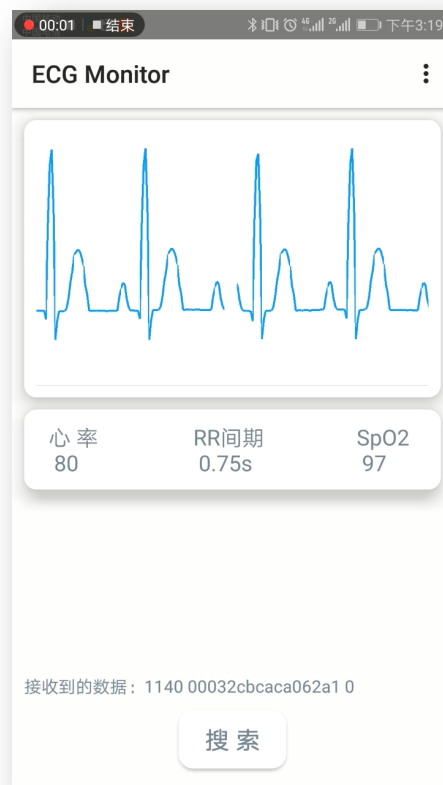
- (1) 断开 5V 总电源处跳线，串入电流表，观察工作状态和待命状态电流，连接跳线，测量该处电压。
- (2) 断开 CH340 串口模块跳线，从 5V 总电源处观察电压电流变化。
- (3) 断开 AFE 血氧模块电源跳线，从 5V 总电源处观察电压电流变化。
- (4) 在分立的心电模块的 3.3V 电源跳线处测量心电模块电压与电流。

## 五、项目功能与性能测试记录

(包含数据记录与图片等)

### 5.1 功能测试记录

#### 1、心电及心率检测



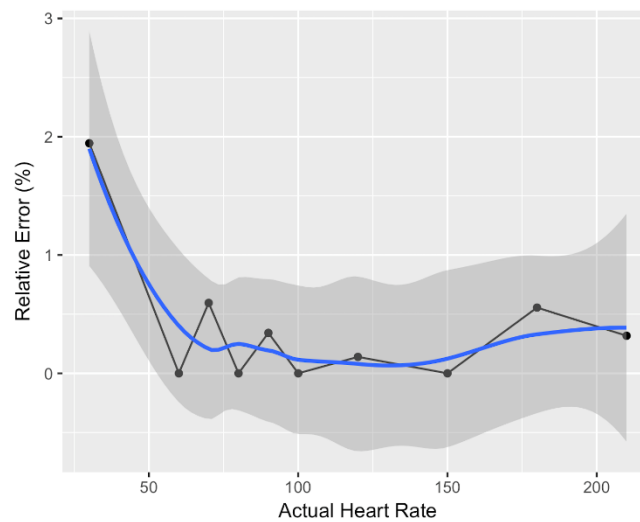
#### 2、血氧饱和度检测



## 5.2 性能测试记录

### 1、ECG、心率检测

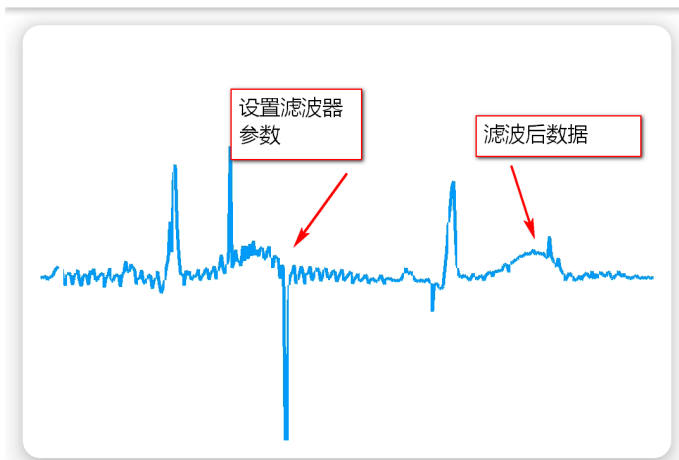
心率检测误差：



横轴为实际心率，纵轴为计算心率的相对误差  
经过比较，相对误差小于 2%

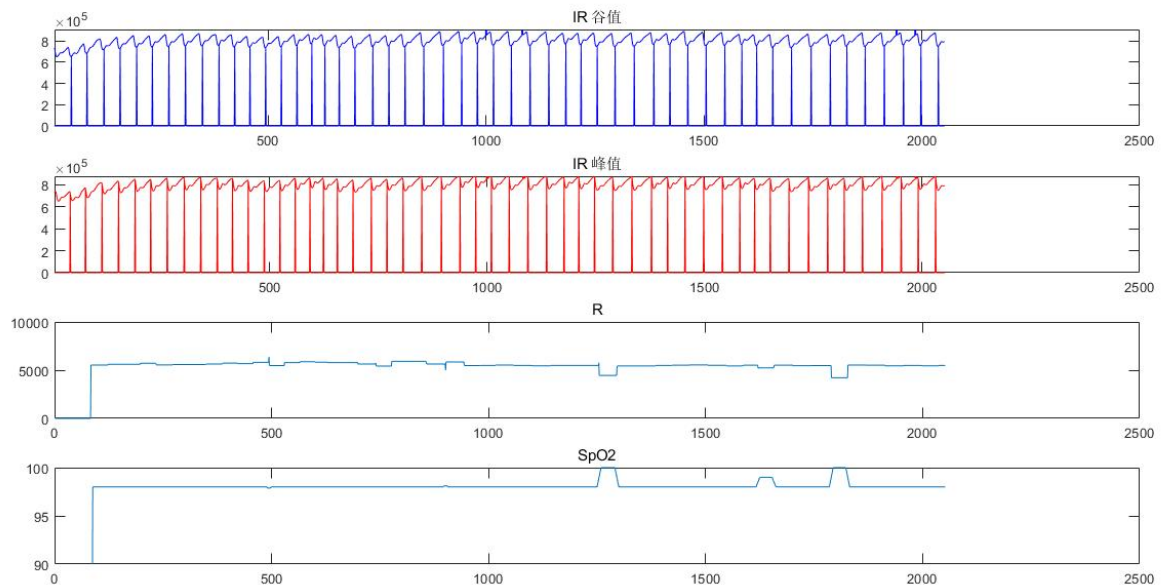
心电信号滤波：

## ECG Monitor



50Hz 陷波器设置参数需要采样率, 此处将采样率从默认 200Hz 调整为实际采样率 225Hz, 经一段时间后陷波器正常工作, 去除 50Hz 干扰。

### 2、血氧饱和度动态监测:



$$\text{SpO2 经定标后经验公式为 } 108-16.7 \cdot R \left( R = \frac{RED_{AC}}{RED_{DC}} \bigg/ \frac{IR_{AC}}{IR_{DC}} \right)$$

### 3、心电信号输入范围:

可以实现 0.15~5mV 的检测

### 5.3 功耗测试记录如下:

#### 1、整体工作和静息功耗

	工作	静息
电压	5.08v	5.07v

电流	1.05mA	0.41mA
功耗	5.334mW	2.0708mW

- 2.去除 USB 串口芯片后 静息状态电流为 0.29mA，电压为 5.07v，总功耗大约为 1.4703mW。
- 3.去除 AFE 芯片电源跳线后,静息状态电流为 0.28mA,电压为 5.12v,总功耗大约为 1.4336mW。
4. ADS 模块工作时电压为 3.289V，0.373mA，功耗为 1.2268mW。
- 5.去除蓝牙模块后，电压为 5.12V，电流为 0.97mA，功耗为 4.9664mW。
- 6.在去除 USB 芯片、蓝牙模块的基础商，电压电流分别为：0.69mA，5.08V，功耗为 3.5052mW  
去除单片机，电压为 5.14v，电流为 0.67mA，功耗为 3.4438mW。因此 MSP430 单片机模块产生功率。采集时，由于 MSP 仍然可以通过串口电压工作，无法从串联的电流表获取电压，因此无法测到其功耗。

模块	蓝牙	单片机	心电	血氧	USB
功耗	0.3676mW	0.0614mW(等待)	1.2268mW	3.9004	0.6005mW

## 六、小结

本项目目前可以较好的做到波形自适应显示及 50hz 陷波，在心电数据及心率较为合适的情况下可以准确检测出心率，当心率过低或过高时会发生一定误差，需要进一步优化；血氧饱和度计算经拟合经验公式后可以较为准确得出，误差不超过 2%。