

# 基于STM32的可穿戴运动状态实时监测终端设计

黄瑞 袁冲 王恒亮 陆云杰 祖胜峰 周宇飞\*  
安徽大学电气工程与自动化学院 安徽合肥 230601

**摘要:** 在医疗领域, 心血管疾病是全世界导致死亡的首位疾病, 因此, 对患者进行实时心电监测以及及时发现心电异常变化对心血管疾病防治有着重要意义。本设计给出了基于STM32单片机的运动实时监测传感器节点的设计方案, 该系统可以采集心电信号, 经带通滤波器去除基线漂移和肌电信号干扰, 再计算出瞬时心率, 并将心率信息和心电波形在显示屏上显示。该系统还能实现温度测量运动测量功能, 解算出使用者运动姿态信息, 实现运动步数测量、运动距离测量。实际使用也证明搭建的系统可行, 运行可靠。

**关键词:** 单片机; 心电; 医疗; 运动

## Design of real-time monitoring terminal of wearable motion state based on STM32

Huang Rui, Yuan Chong, Wang Hengliang, Lu Yunjie, Zu Shengfeng, Zhou Yufei\*  
School of electrical engineering and automation, Anhui University, Hefei, Anhui 230601

**Abstract:** In the medical field, cardiovascular disease is the first disease leading to death in the world. Therefore, real-time ECG monitoring and timely detection of abnormal ECG changes are of great significance for the prevention and treatment of cardiovascular disease. This design presents the design scheme of a motion real-time monitoring sensor node based on an STM32 single-chip microcomputer. The system can collect ECG signals, remove baseline drift and EMG signal interference through the band-pass filter, calculate instantaneous heart rate, and display heart rate information and ECG waveform on the display screen. The system can also realize the function of temperature measurement and motion measurement, calculate the user's motion attitude information, and realize the measurement of motion steps and motion distance. The practical application also proves that the system is feasible and reliable.

**Keywords:** single chip microcomputer; ECG; medical care; motion

### 引言:

近几十年我国社会发展显著, 人民的物质生活日渐丰富, 人们对自身健康的关注度也越来越高。然而目前心血管疾病是全世界导致死亡的首位疾病, 其具有高患病率、高致残率和高死亡率的特点。因此, 针对这些高危患者, 如何通过有效的监测与治疗来减少此类疾病带来的风险成为了现在生命科学领域关注的重点。

心血管疾病具有突发性和危险性的特点, 所以, 对于患者而言, 能够实时实现心电信号的检测, 当波形有明显变化时能够及时分析并预警更有利于对此类疾病的防治。

目前传统的心电分析主要依靠医院设备和医生, 动态心电监护终端的主要功能是实现心电波形的采集、存储, 采集完成后交给医生分析, 近几年出现的远程动态心电监护终端开始逐渐向高精度度, 良好的便携性, 以及智能化发展, 可以看到目前有一批高科技企业如苹果、华为等正在大力发展智能可穿戴设备, 其中运动信息的采集则是这些企业需要重点发展的技术。由此可见动态信息采集在医疗以及智能穿戴设备上有着广阔的应用前景。

### 1. 总体设计方案

本设计给出了基于单片机STM32、ADS1292R、

**项目支持:** 安徽省大学生创新创业项目 (No.S2021 10357242)

### 作者简介:

黄瑞 (2002年7月), 安徽大学20级自动化专业本科生  
周宇飞 (指导老师), 安徽大学电气工程与自动化学院教授

LMT70、姿态传感器、无线通讯模块的运动实时监测传感器节点的设计方案。该系统通过ADS1292R采集心电信号,信号经FIR带通滤波器去除基线漂移和肌电信号干扰,再使用阈值分割测量R波周期,计算出瞬时心率。通过LMT70采集温度数据,经查表法实现温度测量,温度可精确至1℃。通过加速度计、陀螺仪等传感器数据融合,解算出使用者运动姿态信息,实现运动步数测量,通过运动姿态计算步长,实现运动距离测量。系统配备LCD显示器显示测量信息,同时通过WIFI模块将数据上传至服务器端,服务器端可实时显示使用者心电波形、心率、温度和运动数据。使该装置可以实现实时心电采集、心率测量、体温检测、步数测量与联网数据传输等功能。具体设计框图如图1所示。

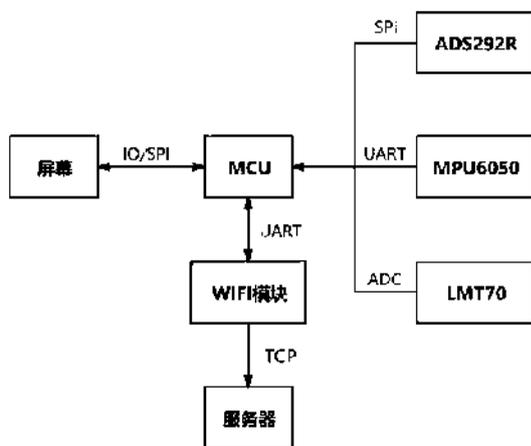


图1 设计框图

## 2. 硬件设计

### 2.1 ADS1292R 模拟前端芯片

心电呼吸信号采集芯片为ADS129R, ADS1292R是一款医用级ADC芯片,它主要应用在医疗仪器,ADS1292R具有两个低噪声可编程增益放大器(PGA)和两个高分辨率模数转换器(ADC),集成了心电采集

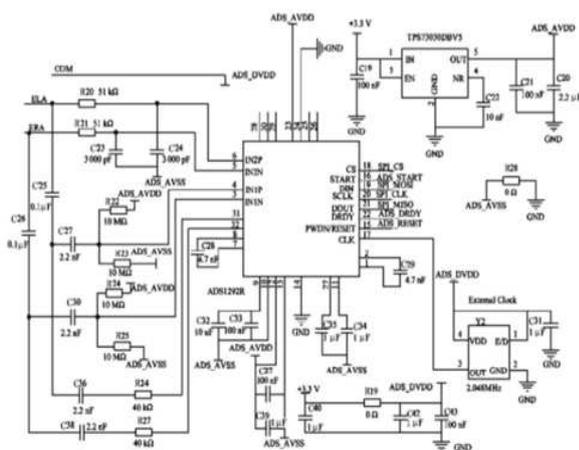


图2 心电采集电路

所需要的部件,方便设备小型化。它的功耗极低,使得可以作为长时间监控成为可能。而且输入参考噪音低,共模抑制比高。图2为ADS1292R心电采集电路图。

### 2.2 LMT70温度传感器

LMT70是一款精度较高、体积较小、功耗较低的CMOS模拟温度传感器,具有输出使能引脚。LMT70的应用很广可以制作温度计、高精度仪器仪表和电池供电设备。LMT70还能替代RTD和精密NTC/PTC热敏电阻。

其输出使能引脚允许多个LMT70共享1个ADC通道,从而简化ADC校准,降低了精密温度感测的总系统成本。LMT70还具有线性和低阻抗输出,允许无缝连接现成的MCU/ADC。LMT70的功耗很低,具有超低自加热功能,能够在很宽的温度范围内实现高精度。

### 2.3 MPU6050运动计步

运动测量部分主要涉及运动感测、主控模块、显示模块。运动传感器采用的是MPU6050,传感器通过IIC通讯协议与主控模块通信,可以为主控模块提供各个方向轴的姿态角信息和加速度数据,传输到主模块后会对原始数据进行滤波等处理,参考不同的姿态数据信息,实现运动步数和运动距离的统计分析,并将数据经微处理器处理后再由显示屏实时显示。

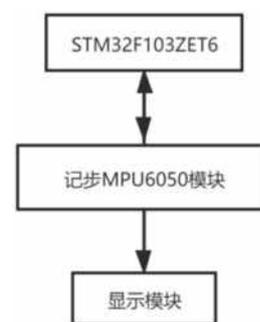


图3 计步模块框图

### 2.4 电源模块

本设计使用的电源是3.7V锂电池,但是STM32供电所需要的电压为5V与3.3V,因此使用XL6009 DC-DC升压模块,XL6009是一款开关电源高性能升压模块,该模块使用了XL6009E1作为核心芯片可以实现3V-32V的电压输入以及5V-32V的电压输出,通过可调电阻R1可以调节模块的输出电压,该模块可以用于将电压提升到5V,XL6009电路连接图如图4所示。

由于STM32F103ZET6的供电电压为3.3V因此需要将XL6009升压模块升压后的5V电压的电压稳压到3.3V为系统提供供电。使用型号为AMS117-3.3V的稳压芯片配合输入与输出端两组滤波电容即可构成本设计所需要的3.3V稳压电路,电路输入为5V输出为3.3V。

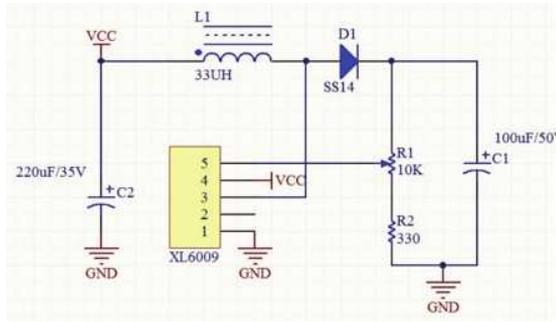


图4 XL6009 DC-DC升压模块电路

### 3. 理论分析

#### 3.1 心电滤波

心电信号噪声主要有工频干扰、肌电干扰、基线漂移。工频干扰主要是由于供电网络的干扰, 供电网络无处不在, 工频干扰也是心电信号的主要干扰。我国用50Hz交流电供电, 所以这里工频干扰的主要频率为50Hz, 一般采用陷波滤波器实现。肌电干扰主要来源于人体肌肉活动时产生的电信号, 肌电信号的主要频率在20-5000Hz, 而心电信号的主要频率在5-20Hz。一般情况下可以用低通滤波器来滤波。基线漂移主要是由于人体的呼吸产生, 人在呼吸的时候会使得心电信号的基准电压发生偏移, 从而导致测量得到的心电信号的基准不一样, 会上下浮动。对于上述问题, 本设计给出设计FIR滤波器进行滤波的方案, 其既具有严格的线性相位, 又具有任意的幅度FIR滤波器的频率响应极点都在零点上, 因此滤波器的性能稳定只要经过一定的延时, 有限长的非因果序列都能变成因果序列, 因而能用因果系统来实现位冲激响应式有限长的, 因而可用傅里叶变换FFT算法来实现过滤信号, 可提高运算效率与由于FIR滤波器不存在反馈, 需要用更高的阶数达到较好的指标。

#### 3.2 心率计算

心率是通过人体心电信号可以得出的一项重要的数据, 在MCU以及上位机对数据进行综合处理之后得到了可以用于分析的心电波形数据, 在心率的计算上使用了动态取阈值的方法, 通过对一段采样数据做分段取极大极小值后再对该数据取平均后得到的数据为心率的平均极值, 然后取平均极值的3/5作为该采样数据的阈值, 分别为最小阈和最大阈, 再分别对该段数据取最大最小值, 用阈值与最大最小数据对比做对比, 当最大值大于最大阈后继续判断如果此时最小值小于最小阈计数+1, 同时最大、最小值清零, 判断继续直到将整段数据遍历一遍。这样就能得到该段数据的心跳次数。

### 4. 调试与优化

通过系统调试, 心电信号能够正常采集, 实物如图5所示。

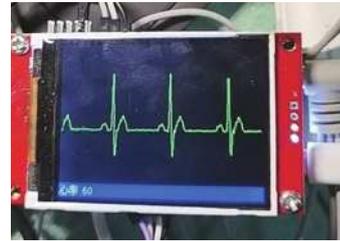


图5 实物图

### 5. 总结

团队设计并搭建了一套STM32的可穿戴运动状态实时监测系统, 实现了心电采集与绘制、运动计步、温度检测等功能。系统实测运行平稳, 数据可靠。装置体积较小, 易于携带, 能够实现预定功能。

#### 参考文献:

- [1]刘文杰.FIR带通滤波器的设计与实现[J].电子世界, 2020(10): 108.
- [2]TI LMT70+MSP430F5529可穿戴设备温度传感器参考设计[J].世界电子元件, 2015(06): 16-18.
- [3]黄博强, 庞宇, 彭良广, 吴优.一种生命体征信号采集装置设计[J].传感器与微系统, 2018, 37(03): 103-105.
- [4]薛刘辉.可穿戴多传感生理监测装置的设计与实现[D].电子科技大学, 2020.
- [5]汤明.基于物联网的可穿戴式动态心电实时监测终端设计与实现[D].浙江大学, 2018.
- [6]叶承懿.基于智能手机的便携式心电监护系统的设计与实现[D].重庆大学.2016
- [7]凌生强, 廖柏林, 丁亮, 胡小勇, 徐澧明.基于Matlab的FIR带通滤波器设计及DSP实现[J].现代电子技术, 2012, 35(09): 176-178+186.
- [8]袁家宝, 黄堂森, 潘学文, 罗哲.运动传感器节点设计[J].信息技术与信息化, 2020-11-10.
- [9]丛一凡, 王成龙, 胡旭, 宋新瑞, 黄超.基于STM32单片机的健康手环[J].物联网技术, 2021, 11(06): 106-108.
- [11]王洪伟.基于STM32F103便携式心电监护仪的设计与实现[D].浙江工业大学, 2017.
- [12]关丽丽.基于内容检索的ECG诊断技术研究[D].哈尔滨理工大学, 2013.