

# 基于 STM32 人体健康和环境监测系统设计与开发

冯素英 胡臻龙 \*

浙江农林大学暨阳学院 浙江诸暨 311800

**摘要:** 健康监测设备在全球的应用和发展已成为关注的焦点, 本文旨在探讨影响健康监测设备产业发展的因素。通过分析全球主要健康监测设备的市场动态和技术趋势, 研究可以揭示出推动该产业增长的新动力, 并推动我国健康监测设备产业的进一步发展。研究表明, 健康监测设备的发展受技术创新、消费者需求、市场竞争等因素的驱动。此外, 随着消费者健康意识的提高, 市场对高性能健康设备的需求持续增加。全球健康监测设备多样化和个性化趋势逐渐显现, 推动了该产业的快速发展。通过对全球健康监测设备产业影响因素的分析, 可以帮助我国健康设备行业优化产业结构, 提高技术创新能力, 从而推动我国从健康设备大国向强国转变。

**关键词:** 人体健康; 环境监测; stm32; 嵌入式

## 引言

### (1) 研究背景与意义

近年来, 全球健康监测设备的应用和发展逐渐成为关注的焦点。国外非主流健康监测设备也逐步呈现多样化, 针对不同身体指标或疾病进行专业监测。随着电子、信息、网络、材料、制造、纳米等技术的不断创新, 医疗器械产品的技术不断进步, 应用领域逐渐拓展<sup>[1]</sup>。当前, 国家处于推动医疗器械自主研发、培育战略性新兴产业的关键时期, 这对于提升我国现代医疗卫生服务体系的建设具有重要意义。医疗器械的创新不仅关乎社会的健康发展, 还影响着国家整体科技进步和经济发展水平, 因此, 提升我国医疗器械领域的科技创新能力、推动产业升级, 是当前亟需解决的重大课题<sup>[2]</sup>。通过该项目的实施, 可以提升我国医疗健康产业的技术创新水平, 促进产业链的完善, 为全球健康监测领域的进步贡献力量。

### (2) 目的及意义

利用便捷的电子设备进行环境与身体健康监测, 已经成为健康监护领域的一个重要研究方向。通过研发智能健康监测系统, 能够实时获取身体的心率、温度等重要健康数据, 并进行连续存储<sup>[3]</sup>。这些数据的积累和分析, 为个体健康管理提供了可靠依据, 能够帮助用户及早发现健康隐患, 做出及时的干预。这样的技术不仅提升了个人健康管理的便捷性, 也为社会医疗体系的优化提供了基础支持<sup>[4]</sup>。本项目旨在通过结合先进技术, 研发更高效、更精准的健康监测设备, 以

推动国内医疗器械产业的技术革新, 提高自主研发能力通过该项目的实施, 可以提升我国医疗健康产业的技术创新水平, 促进产业链的完善, 为全球健康监测领域的进步贡献力量。

## 1 系统总体设计

### 1.1 系统核心架构

系统核心架构以 STM32F411 单片机作为核心控制器, 采用模块化分层设计, 整体包含主控层、感知层和通信层三层<sup>[5]</sup>。主控层中, STM32F411 凭借其集成 ARM Cortex-M4 内核的优势, 负责数据采集、处理、存储与调度, 满足多传感器实时处理需求<sup>[6]</sup>; 感知层由多种传感器构成, 集成红光 LED 与光电探测器、支持 I<sup>2</sup>C/SPI 通信且能实现非侵入式心率与血氧饱和度检测的 MAX30102 心率血氧传感器<sup>[7]</sup>, 以及借助 I<sup>2</sup>C 接口获取姿态数据并通过内置 DMP 实现实时四元数解算的 MPU6050 六轴传感器<sup>[8]</sup>; 通信层涵盖本地通信和远程通信, ESP8266 WiFi 模块连接云平台进行远程数据上传与云端存储、异常预警<sup>[9]</sup>。

### 1.2 软硬件架构设计

该硬件架构设计围绕电源管理、信号调理电路及抗干扰设计展开。电源管理方面, 采用 TP4056 锂电池充电管理芯片为 3.7V 锂聚合物电池供电<sup>[10]</sup>, 由 STM32 内置电源管理单元动态调节外设供电; 信号调理电路中, 心电信号调理用 AD8232 专用生物电势放大器搭配高通与低通滤波器抑制干扰, 皮肤电阻抗检测基于恒压激励法, 通过 LM324 运放构建压控电流源测量指尖皮肤电导变化<sup>[11]</sup>。该软件架构设计

围绕操作系统、核心功能线程、算法优化及数据存储等方面展开。数据采集线程按不同频率定时读取传感器数据;数据处理线程执行心电波检测;通信线程异步处理蓝牙/WiFi数据传输,借助环形缓冲区防止数据丢失<sup>[12]</sup>。

### 1.3 系统工作流程

系统工作流程主要包括初始化、数据采集、数据处理与报警以及用户交互几个阶段。上电后进入初始化阶段,首先加载内核,随后对包括外设时钟与中断优先级等进行配置,接着对传感器进行校准例如对 MPU6050 进行零偏校正,对 MAX30102 进行 LED 驱动电流自适应调节。进入数据采集阶段后,多传感器并行开展工作,借助 DMA 传输的方式有效降低 CPU 负载<sup>[13]</sup>,其中心电信号采用 12 位 ADC 分辨率进行采样<sup>[14]</sup>。在数据处理与报警环节,系统一旦检测到心率过缓或者血氧含量低于 90%,便会触发本地的声光报警机制,即蜂鸣器发出警报且 LED 闪烁。

## 2 系统软件设计

### 2.1 主程序设计

主程序采用模块化设计,通过调用子程序实现系统功能,使代码结构清晰且便于维护。进入主循环阶段,定时调用各模块子程序来采集和处理数据,依据用户按键操作切换显示内容或调整系统参数,同时检测心率过高、体温异常等情况,以便触发本地报警或远程通知。主程序主要负责协调各模块工作,包括数据采集、处理、显示与传输。主循环任务包括读取函数采集温度、心率、血氧,对原始数据滤波、校准和格式转换,显示函数更新实时数据与历史曲线,接收远程控制指令,检测心率、血氧、体温是否超出阈值,若超出则触发蜂鸣器和 LED 闪烁报警<sup>[15]</sup>。

### 2.2 DS18B20 测温模块软件设计

温度检测时先按单总线协议发送 0x44 命令启动温度转换,之后需延时 750ms 保证转换完成。数据传输环节,通过单总线协议发 0xBE 命令读取温度数据。数据解析要从读取的 9 字节数据中提取前 2 字节温度值,再按  $T = \text{读取值} \times 0.0625$  的公式,把 16 位温度值换算成实际温度<sup>[16]</sup>。

### 2.3 无线网络传输模块设计

在 ESP8266 工作模式设置中 STA 模式配置需发送 AT+CWMODE=1 指令,将其设为 STA 模式;接着通过发送 AT+CWLAP="SSID","PASSWORD" 指令,连接指定的 WiFi 网络<sup>[17]</sup>。数据传输方面,先发送

AT+CIPSTART="TCP","服务器 IP",端口号指令建立 TCP 连接,再发送 AT+CIPSEND=数据长度指令,以此把传感器数据上传至服务器<sup>[18]</sup>。

### 2.4 MAX30100 心率模块软件设计

先通过 I<sup>2</sup>C 从 FIFO 缓冲区读取红光与红外光数据,接着用滑动窗口滤波去除噪声,再利用 FFT 从数据里提取 0.5 至 4Hz 的心率频率。数据传输环节,按公式  $R = (AC_{red} / DC_{red}) \div (AC_{ir} / DC_{ir})$  算出 R 值,进而依据  $SpO_2 = 110 - 25 \times R$  推导出血氧饱和度<sup>[19]</sup>。

## 3 系统调试

硬件调试中,用数字示波器验证传感器信号,对 DS18B20 监测单总线 DQ 引脚的复位脉冲和温度数据帧时序信号,确认是否符合协议;MAX30100 观察 I<sup>2</sup>C 总线波形,检查通信速率与驱动电流。遇到信号抖动,给 DS18B20 的 DQ 引脚 4.7k $\Omega$  上拉电阻解决,I<sup>2</sup>C 通信失败则调整 STM32 的 I<sup>2</sup>C 时钟延展配置。用数字万用表与电流探头测试电源与功耗,查看静态电流和电池续航。软件调试时,利用串口调试助手与逻辑分析仪验证数据采集,串口打印原始数据检查格式与范围,逻辑分析仪抓包确认通信时序和数据帧完整性。在异常处理测试中,模拟传感器断开和数据超限,检查系统报警逻辑。

## 4 结论

本研究成功设计并开发了一款基于 STM32 微控制器的多参数健康与环境监测系统,通过集成温湿度、心率血氧及姿态传感器,实现了对人体关键生理指标与环境参数的实时采集与综合分析。系统创新性地采用 ARM Cortex-M4 内核的低功耗主控芯片,显著降低了整体功耗,并通提升了数据精度与抗干扰能力。然而,当前系统在心理健康监测、临床验证广度及云端智能化方面仍存在局限。未来研究将聚焦于多模态生物信号的融合采集、大规模临床数据验证及 AI 驱动的个性化健康分析,以推动我国智能医疗设备向更高精度与智能化方向发展。

### 参考文献:

- [1] 熊玲,奚廷斐,蒋学华,等.纳米特性引发的生物效应及其纳米生物材料安全性评价[J].中国临床康复,2006,10(045):132-135.
- [2] 李秋秋.新时代贵州民族地区发展大健康产业的现实困境与对策[J].凯里学院学报,2019,37(4):4.

- [3] 李亚萍. 移动健康监测管理系统的设计与实现 [D]. 南方医科大学, 2014.
- [4] 潘雪李秀静. 基于 SpringBoot+MyBatis 框架的个人健康管理系统的设计与实现 [J]. 2024(11):288–290.
- [5] 宋鑫, 李韵池, 张伟光, 等. 基于体表生理信号的呼吸功能监测仪研制 [J]. 中国医学物理学杂志, 2023.
- [6] 张晓健, 方益民, 许吉强. 感知传感器的高精度高分辨率采集系统设计 [J]. 测控技术, 2017,36(2):4.
- [7] 白鹏飞, 刘强, 段飞波, 等. 基于 MAX30102 的穿戴式血氧饱和度检测系统 [J]. 激光与红外, 2017,47(10):5.
- [8] 杨圣华, 王永伟, 李晓蕾. 基于 MPU6050 六轴传感器的颈椎健康监测系统设计 [J]. 科技风, 2017,000(002):165.
- [9] 王浩. 基于 Esp8266WIFI 平台和 MQTT 协议的远程设备数据采集与控制设计 [J]. 泰山学院学报, 2017(6):6.
- [10] 丁学用, 王玲玲, 何彦廷. 便携式太阳能手机充电器设计 [J]. 中国科技信息, 2014(16):3.
- [11] 王睿, 李欣, 曹慧斌, 等. 低成本高精度单导联心电信号采集电路设计 [J]. 吉林大学学报: 信息科学版, 2020,38(5):5.
- [12] 颜秀铭. 免锁环形缓冲区实现单片机共享数据处理的同步 [J]. 工业控制计算机, 2016,29(12):2.
- [13] 杭春烁, 金豫, 洪若昕. 一种基于 DMA 方式的高效 UART 收发机制 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2021,21(5):3.
- [14] 王正生, 李念强, 成谢峰. 基于 ATmega64 的高分辨心电信号采集电路的研制 [J]. 计算机测量与控制, 2008,16(3):3.
- [15] 覃鲜艳. 基于 DS18B20 的无线测温系统的设计与实现 [D]. 武汉理工大学.
- [16] 刘鸣, 蒋新颖, 姚雪峰. 基于 DS18B20 多点温度采集和无线传输 [J]. 电子元件与材料, 2005,24(2):4.
- [17] 吴允强, 吴由松. 基于 ESP8266 的智能家居控制系统设计 [J]. 电子测试, 2017(11):9. 董英辉. 自行车运动员在功率车训练下的心率智能检测研究 [J]. 自动化与仪器仪表, 2022.
- [18] 刘孝赵. 基于 ESP8266 模块的远程数据采集系统设计 [J]. 电子测试, 2017(11):3.
- [19] 肖艳军, 王敬, 孟召宗, 等. 一种便携的健康检测及智能报警的仪器.
- 作者简介:** 冯素英 (2004—), 女, 汉族, 福建龙岩, 在读本科生, 研究方向为电子信息工程专业。
- 通讯作者:** 胡臻龙 (1976—), 男, 汉族, 山东泰安, 教授, 研究方向为机器学习方向。
- 基金项目:** 浙江农林大学暨阳学院大学生创新创业训练计划项目资助 (项目编号: S202413283036)。