

文章编号:1674-4578(2023)06-0005-03

## 基于STM32的老人健康手环系统设计\*

黄文静, 卢雨博, 杜雨静, 宗凌轩, 马华红

(河南科技大学信息工程学院, 河南 洛阳 471023)

**摘要:**系统采用STM32核心板和高性能GSM/GPRS模块、SIM900A作为设计核心, 搭载MPU6050、MAX30102和SHT30等模块设计了老人健康手环系统。除了能实现手环基本功能以外, 还可以在老人摔倒时向监护人发送位置信息, 平时可以测量心率、血氧、体表温度和PM2.5, 实时显示在OLED模块上, 可以随时了解到老人的身体状态, 实验验证了系统的有效性。

**关键词:**心率测量; 血氧测量; 短信发送; 摔倒监测; GPS

**中图分类号:**TP23 **文献标识码:**A

## Design of Health Bracelet System for the Elderly Based on STM32

Huang Wenjing, Lu Yubo, Du Yujing, Zong Lingxuan, Ma Huahong

(Information Engineering Institute, Henan University of Science and Technology, Luoyang Henan 471000, China)

**Abstract:** This system uses STM32 core board and high-performance GSM/GPRS module, SIM900A as the design core, and carries MPU6050, MAX30102 and SHT30 modules to design the elderly health bracelet system. In addition to realizing the basic functions of the bracelet, it can also send location information to the guardian when the old person falls down, and can measure heart rate, blood oxygen, body surface temperature and PM2.5 at ordinary times, which can be displayed on the OLED module in real time, so that the old person's physical status can be known at any time. The experiment has verified the effectiveness of the system.

**Key words:** heart rate measurement; blood oxygen measurement; SMS sending; fall monitoring; GPS

### 0 引言

随着中国人口老龄化日趋明显, 越来越多的独居老人因为摔倒不能及时就医面临着生命危险<sup>[1]</sup>。为更好的保护老年人, 本文提出了一种健康监测手环系统, 可以实时监控老人的跌倒情况, 当监测到老人跌倒后, 手环会自动发送位置信息到预先设置的联系人手机, 第一时间让老年人能够获得急救。除此之外, 该系统还具有检测血氧和PM2.5并实时显示的功能, 有极高的使用价值。

### 1 系统工作流程

系统总体框图如图1所示, 健康管理手环系统具有普通手环的时间、日期、温度显示功能, 通过OLED显示。还有专门为老人设计的跌倒报警功能, 一旦老人摔倒, 手环会把老人的位置通过短信发送到紧急联系人的手机上。另外还有心率和血氧监

测功能, 一旦这些指标超过正常阈值会立即报警。

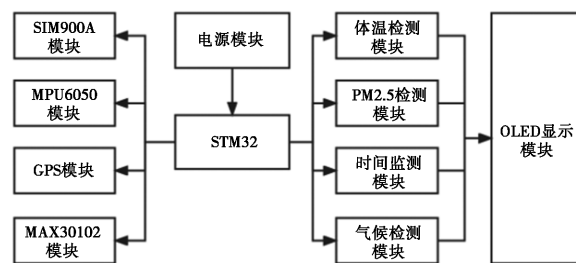


图1 系统总体框图

### 2 硬件设计

#### 2.1 系统电源电路设计

本系统由锂电池为其供电, 由于充电器输出电压大于系统最大供电电压3.3V, 所以本系统应用双向稳压的MIC5205电源管理模块进行降压, 模块由两部分组成。

1) 降压电路: 该部分使用输出是3.3V的电压

收稿日期: 2023-01-10

基金项目: 2022年度河南科技大学大学生研究训练计划资助C类(2022125)

作者简介: 黄文静(2002-), 女, 陕西西安人, 本科生, 主要研究方向为嵌入式开发。

调节器件 MIC5205。VIN 接入 5 V 电压, GND 管脚接地, EN 使能端接 5 V 电压代表芯片不受其他信号控制, 固定输出 3.3 V 电压。本电路不考虑噪声影响, 故而 BYP 端不接电容。输出端接 3 个电容起到滤波作用。对锂电池以 100 mA 电流进行恒流充电。

2) 充电电路: TP4056 作用于充电电路, 采用单节锂电池, 充电器为线性充电器, 电阻可以根据需要的充电电流设置, 在电压低于 3.3 V 时, 对电池进行升压稳压。

## 2.2 心率传感器设计

该部分使用 MAX30102 传感器, 电路如图 2 所示。MAX30102 是一种灵敏度极高的脉搏血氧器和心率监测器, 并集成了 660 nm 红光 LED、880 nm 紫外光 LED、光电子学探测器和具有环境光控制功能的电路。1.8 V 单电源为该高灵敏度元件供电, 内部具有 LED, 单独的 5.0 V 电源为其供电。芯片的数字处理电路部分将 ADC 切换出来的原始内容进行滤波电路处理后放于缓冲区内; 单片机利用 IIC 接口读取对应的数据。由于 MAX30102 的逻辑电路的 IIC 通信电平是 1.8 V, 需要将相应的控制引脚设置为上拉模式。

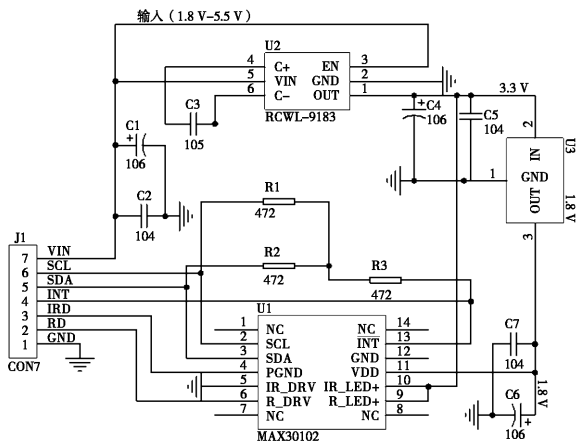


图 2 MAX30102 模块电路

## 2.3 MPU6050 传感器电路设计

MPU6050 模块内部同时安装了一套 3 轴的陀螺仪组件和一套 3 轴的加速度传感器组件, MPU605 模块通过这两套组件测量得到手环的轴倾角和轴加速度信号并最终通过内置的一个 16 位高速数字 AD 转换器转化为数字量, 然后经过 I2C 接口向应用端实时地输出数据。AD0 是模块 IIC 从机地址设置引脚, 设置从机地址为 0x68, AD0 接低电平。由于串行数据线与串行时钟线为漏极开路且为双向口, 因此通过 10 k 的上拉电阻拉至 3.3 V。通过串行数据线上与串行时钟线上产生的电平信息来控制与主控

的数据传输或传感器与主控之间的中断。将串行数据线电源设置为高电平, 串行时钟线信号由高电平状态转换到低电平的状态后, 传感器和主控设备开始完成数据传输。当串行数据线设为高电平状态, 串行时钟线从低电压有效转化成高电压有效后, 传感器芯片将与主控设备停止串行同步数据线的传输。MPU6050 电路如图 3 所示。

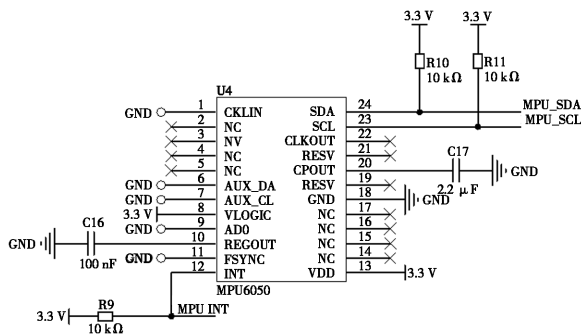


图 3 MPU6050 模块电路

## 2.4 SIM900A GSM/GPRS 模块

通信模块采用载有双频 GSM/GPRS 模块的 SIM900A, 电路如图 4 所示。SIM900A 模块具有两组 TTL 端口, 一组为 2.85 V 的 TTL 端口, 可以与 3.3 V 的单片机直接连通, 另一个可以兼容于不同电压的 TTL 输入输出电平, 5 V、3.3 V 等的单片机都能与其连接。在使用时, 需要将 SIM900A 和单片机的一些端口相连, 即可通信。

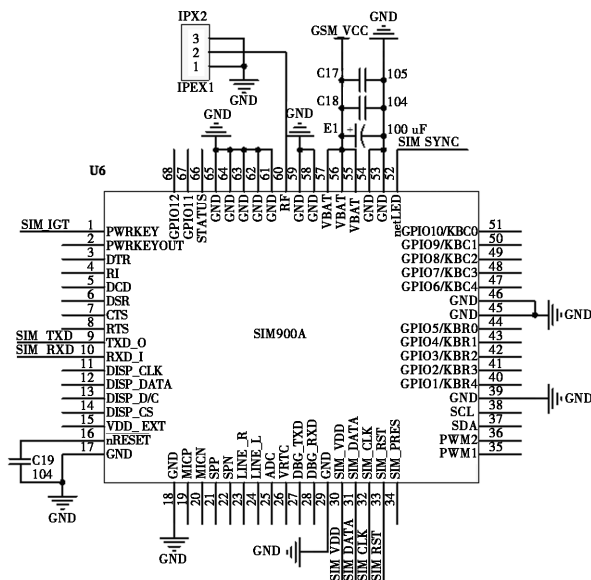


图 4 SIM900A 模块电路

## 2.5 温度传感器 SHT30 模块

SHT3x 湿度感应器系列结合了多种功能和端口, 测量方法使用热电偶的方式, 当工作端和自由端的温度不同, 就会在输出回路产生热电动势, 经过电路的变换将这个电压的变化送入单片机, 转化成可

识别的信息。SHT30 通过 IIC 通讯, SCL 与 SDA 应设置为开漏输出, 总线上均有上拉电阻, 电路如图 5 所示。

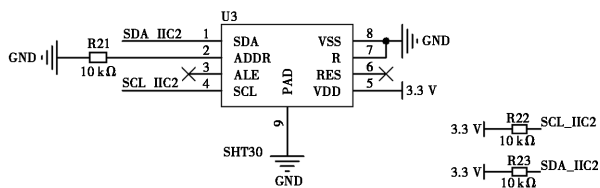


图 5 SHT30 模块电路

### 3 软件设计

#### 3.1 MPU6050 摔倒监测及位置获取与发送

根据在正常行动时人体加速度值和角速度的值和跌倒时的值进行比较来判断老人是否跌倒, 同时也考虑到由于上下楼梯、弯腰、躺下等情况导致的误差, 本部分主要研究的是如何将老人意外跌倒与日常活动区分开来。

本部分采用三轴加速度传感器测量加速度数据, 设身体正前方向为 X 轴方向, 左侧方向为 Y 轴方向, 竖直方向向上为 Z 轴的方向, 并以此测量出人体加速度向量幅值 SVM, 以确定身体移动情况有无异常。参考人摔倒时的 SVM 阈值和倾斜角传感器所测量的人体倾斜角的阈值以及  $\bar{S}$  和  $D$ 。在同时超过了上述四个阈值后, 初步判定为摔倒, 由系统发出报警求救的信号声音。如老人为误动作, 则在规定的时限内自动恢复报警装置以防止误报, 如果超出规定时限且不实施人为干预则可确定老人为摔倒, 此时手环获得老年人摔倒地点的 GPS 定位, 并且通过 GPRS 通讯发短信给老人预设的监护人, 整体监测流程图如图 6 所示。

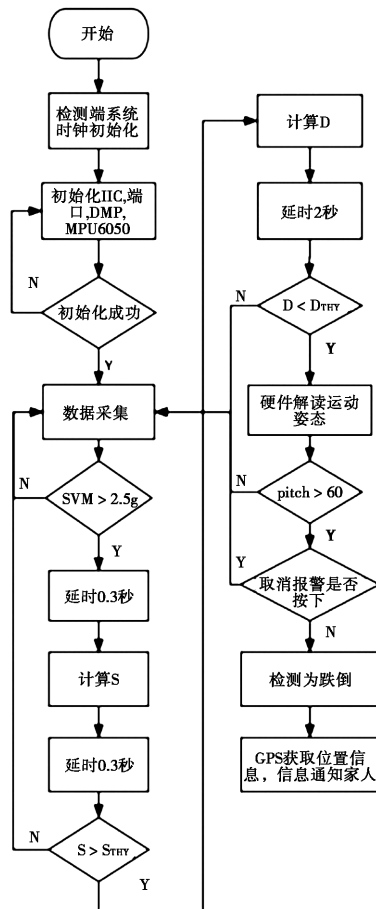
加速度部分数据处理:

设 X 轴、Y 轴、Z 轴方向的加速度分别为  $a_x$ 、 $a_y$ 、 $a_z$ , 则合加速度 SVM 为:

$$SVM = a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad (1)$$

当老人摔倒时, 身体在与地面接触的过程中会存在撞击阶段, 此时的加速度会达到最大值 3 g, 而后加速度又迅速降低到 1 g, 而日常行为的合加速度最大不超过 2 g, 可以设置判定阈值 TH1 为 2.5 g, 这样大多数摔倒情况就可以鉴别得出。由于传统的合加速度阈值确定法较为简单, 为提高监测精度, 并降低错误发生率, 在一定时间窗 T 内对三轴加速度传感器所获取的信号作 10 点滑动平均得到  $\bar{S}$ , 并结合代表人体加速度信号变化范围的标准平均值 D 一起进行二次判定。设置加速度幅值均值  $\bar{S}$  的阈值  $S_{THV} = 2.5$ , 设置加速度幅值标准差 D 的阈值为

$D_{THV} = 0.3$ , 当超过阈值时, 初步判定被监测人处于跌倒状态, 并进行下一次判断。



角度部分数据处理:

MPU6050 数据处理采用硬件 DMP 解算, 通过计算得到欧拉角。当人体直立时, 人体与 Z 轴方向的夹角  $\phi$  一般  $< 60^\circ$ ; 当人体平躺时, 人体与 Z 轴方向的夹角  $\phi \approx 90^\circ$ ; 当人体跌落时, 人体从直立状态变为水平状态。所以将人体倾角 Pitch 值为  $60^\circ$  作为摔倒时的角度阈值, 当超过阈值时, 判断为跌倒。

#### 3.2 心率监测

通过光电脉搏传感器所获得的原始信号, 难免会收到外界环境的干扰, 因此需要对采集的脉搏波原始信号进行处理。PPG 信号成分的频率主要集中在 0.5 ~ 2 Hz 之间, 为了消除个体差异, 应该保留的频率成分 0.5 ~ 3 Hz (也就是心率 30 次/min ~ 180 次/min)。首先对原始信号进行中值滤波, 中值滤波能够很好地滤除高频噪声, 同时还能防止边缘模糊化。然后再对其使用巴特沃斯数字低通滤波器, 进行进一步处理。

(下转第 60 页)

高于优化前的数据捕获技术。本文提取了存储控制器同类数据标签特征共性,并根据提取结果对数据模糊分区调度和高阶统计量分析,实现了数据有效识别,因此经过优化后的数据捕获技术在数据辨识方面的可信度得到了一定程度的提升。

### 3.3 数据捕获精度测试

表3 数据捕获精度测试结果

数据块数量/个	优化后	优化前
10	0.92	0.89
20	0.98	0.90
30	0.98	0.91
40	0.99	0.95
50	1.00	0.96

表3所示数据捕获精度测试结果,从表中可以看出,经过优化后的数据捕获精度得到了一定程度的提升,并且随着数据块数量的增加,测试结果精度也有所提升。由此可见,经过优化后的数据捕获技术在数据辨识度和捕获精度方面具有较高的可靠性。

## 4 结语

综上所述,本文研究了以超融合架构为基础的存储控制器数据分布与捕获技术,基于超融合架构建立了存储控制器数据分布结构模型,并提取了存储控制器数据特征量,根据数据特征提取结果对数

据进行模糊分区调度和高阶统计量分析。为进一步提高数据捕获辨识精度和捕获精度,对于干扰因素进行滤除,进而实现数据高效、准确捕获。

### 参考文献

- [1] 任佳迪. 基于面部动态数据捕获的心理自动测评系统设计[J]. 自动化与仪器仪表, 2022(9):143-146,151.
- [2] 赵昆,丁玲,耿丽. 基于网络大数据捕获的心理测评系统设计[J]. 自动化与仪器仪表, 2022(9):161-164.
- [3] 冯永新,何宽,刘芳,等. 基于时分数据调制信号的N-χ系数捕获判决方法[J]. 兵工学报, 2022,43(5):1117-1128.
- [4] 叶宽,杨博,朱戎,等. 基于深度学习的电力系统异常数据自动捕获方法[J]. 电子设计工程, 2022,30(9):162-165,170.
- [5] 袁泉. 基于边缘计算的现代商业物流企业数据采集基础环境建设研究[J]. 智能制造, 2022(6):99-103.
- [6] 戴绘. 浅谈超融合虚拟化架构在燃气企业信息化中的应用研究[J]. 石化技术, 2022,29(11):215-217.

(上接第7页)

### 3.3 血氧测量

由朗伯比尔定律经过推导可以得到血氧的基本数学表达式(2)。此式中的 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 是经验常数, $R$ 是在某个很小的时间间隔上,两种光电信号的幅度变化量之比。 $R$ 可以通过式(3)计算得到,先计算红光的交流除以红光的直流即 $AC_{red}/DC_{red}$ 和红外光的交流除以红外的直流分量即 $AC_{ired}/DC_{ired}$ ,然后两者再相除得到 $R$ 。在实际的应用中还需要对传感器血氧浓度进行标定才能准确得出血氧的饱和度,通过实验测得 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 如式(4)所示,这个标定表达式实际上是对血氧饱和度的二次曲线拟合。

$$S_pO_2 = aR^2 + bR + c \quad (2)$$

$$R = \frac{\frac{AC_{red}}{DC_{red}}}{\frac{AC_{ired}}{DC_{ired}}} \quad (3)$$

$$S_pO_2 = -45.060 \times R \times R + 30.354 \times R + 94.845 \quad (4)$$

## 4 结果测试

打开电源,发现OLED可以正常显示时间、温度、血氧等数据,佩戴手环模拟老人跌倒发现提前预设的紧急联系人手机可以接收到手环发送的含有测试者位置信息的短信,并且手动取消报警后不再发送短信。此次测试跌倒和各项数据能按照本次设计要求实现,说明各项功能完好,测试初步成功。

## 5 结语

本文基于32位微控制器设计了老人健康手环系统,在MPU6050数据滤波、摔倒检测算法和心率、血氧的精确测量等方面提出了方案。将传统的手环增加了专为老年人身体健康设计的心率、血氧和摔倒检测等功能,增加了系统的实用性,可以解决当前老年人独居生活的一些安全问题。

### 参考文献

- [1] 刘佳庆,徐善智,任家智,等. 新型人体摔倒监测仪研制[J]. 山西能源学院学报, 2021,34(4):99-102.