

老人智能跌倒检测系统设计与实现

汪子健 张龙伟 蒋国林 刘依灵 许方远
无锡太湖学院, 中国·江苏 无锡 214063

摘要: 针对老人跌倒风险高、跌倒后难以及时发现问题, 为提升老人的安全性与智能化监护水平, 本文设计了一款老人智能跌倒检测系统。该系统以 STM32 单片机为核心控制单元, 集成 MPU6050 三轴加速度传感器、MAX30102 心率血氧传感器及 GPS 定位模块, 实现对老人身体姿态、生命体征及实时位置的多维度全天候监测。MPU6050 传感器精准捕捉跌倒时的姿态突变与加速度异常信号, MAX30102 传感器实时采集心率、血氧等生命体征数据, 辅助判断跌倒后老人的生理状态, 有效避免单纯姿态检测引发的误判; GPS 模块实时获取地理位置信息, 为紧急救助提供精准定位支撑。系统判定跌倒且生命体征异常后, 立即触发本地与远程报警, 推送求救信息及老人位置至监护人, 缩短救助时间、降低二次伤害。

关键词: 姿态检测; 心率检测; 定位; 通信

Design and Implementation of an Intelligent Fall Detection System for Elderly People

Wang Zijian, Zhang Longwei, Jiang Guolin, Liu Yiling, Xu Fangyuan

Wuxi Taihu University, China Jiangsu Wuxi 214063

Abstract: Aiming at the high risk of falls among the elderly and the difficulty in timely detection after a fall, this paper designs an intelligent fall detection system for the elderly to enhance their safety and intelligent monitoring level. The system takes the STM32 microcontroller as the core control unit and integrates the MPU6050 three-axis acceleration sensor, MAX30102 heart rate and blood oxygen sensor, and GPS positioning module to achieve multi-dimensional and all-weather monitoring of the elderly's body posture, vital signs, and real-time location. The MPU6050 sensor accurately captures the sudden changes in posture and abnormal acceleration signals during a fall, while the MAX30102 sensor continuously collects vital sign data such as heart rate and blood oxygen, assisting in judging the physiological state of the elderly after a fall and effectively avoiding misjudgments caused by posture detection alone. The GPS module acquires geographical location information in real time, providing precise positioning support for emergency rescue. Once the system determines a fall and abnormal vital signs, it immediately triggers local and remote alarms, sending distress messages and the elderly's location to the caregiver, shortening the rescue time and reducing secondary injuries.

Keywords: Posture detection; Heart rate detection; Positioning; Communication

0 引言

人口老龄化是当今社会面临的重大挑战之一, 其中失独老人、独居老人的比例持续攀升, 给养老安全带来了严峻考验^[1]。从老年人自身角度来看, 随着年龄增长, 其身体机能逐渐衰退, 加之部分老人患有各类慢性疾病, 在遇到地面湿滑、路面不平整、光线过强或过暗等环境因素时, 极易发生跌倒。因此, 研发一款能精准识别老人跌倒并自动报警的装置尤为必要, 可切实解决救助不及时的问题, 为老人争取宝贵救援时间^[2]。

基于此, 本文设计了一款基于 STM32F103C8T6 单片机的老人智能防跌系统, 该系统能实现跌倒状态的精准检测, 当检测到老人跌倒时, GPS 模块实时检测老人位置, 通过通信模块及时发送求救信号至监护人, 确保老人

能够第一时间获得救助, 从而降低跌倒及突发疾病带来的伤害, 切实提升老年人的生活质量与安全保障水平。

1 系统硬件方案设计

1.1 系统电路设计

本系统以 STM32F103C8T6 单片机为核心控制单元, 外围电路由姿态倾角检测模块、超声波模块、GPS 定位模块、通信模块, OLED 显示、按键、蜂鸣器报警模块共同构成, 系统结构框图如图 1 所示。

电源电路为各模块提供稳定供电, 姿态倾角检测模块与超声波模块协同工作实现人体姿态与跌倒状态的精准检测, GPS 模块通过串口接入实现实时位置获取, 通信模块同样采用串口通信方式与单片机连接, OLED 显示模块、按键电路及蜂鸣器电路分别与 STM32F103C8T6 的 I/O 口

相接,各模块信号经单片机统一采集、判断与处理,当检测到老人跌倒时,驱动蜂鸣器现场报警,并通过通信模块将报警信息与GPS定位短信发送至监护人,完成多模块协同的老人防跌系统电路设计。

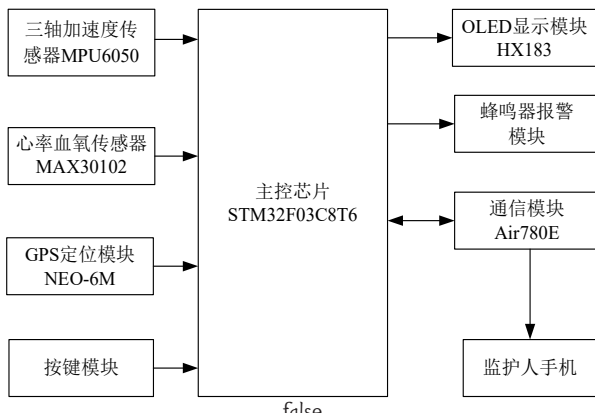


图1 系统结构框图

1.2 STM32F103C8T6 单片机

STM32F103 系列微控制器搭载 ARM Cortex-M3 内核,兼具低成本、高性能与低功耗特点,在工业控制、医疗仪器及消费电子等领域应用广泛。该系列芯片最高工作频率可达 72MHz,配备 128KB Flash 与 20KB SRAM,集成 USB、USART、SPI、I²C 等丰富通信接口,外设资源完善、数据处理能力突出。

1.3 MPU6050 姿态倾角检测模块

MPU6050 是一款集成三轴陀螺仪与三轴加速度计的六轴运动处理芯片,内置 16 位高精度 ADC,可同步采集姿态与运动数据,无需额外搭配多类传感器就能完成姿态解算,简化了外围电路设计。芯片内置温度传感器与可编程低通滤波器,可有效抑制高频噪声,提升数据稳定性,同时具备 I2C 通信接口,传输速率快、接线简洁,功耗控制合理,体积小巧。

1.4 MAX30102 心率血氧检测模块

MAX30102 是一款集成式心率与血氧检测传感器,核心优势在于高集成度、低功耗和稳定的检测性能,无需复杂外围电路即可实现精准监测^[4-5]。采用光电容积脉搏原理工作,通过内置红光和红外 LED 发射特定波长光线,穿透人体皮肤组织,利用血液中氧合血红蛋白与去氧血红蛋白对两种光线的吸收差异,由光电检测器采集反射光信号,经 18 位 ADC 转换为数字信号,再通过内置算法处理得到心率和血氧数据。内置环境光抑制及运动伪影抑制模块,可抵消干扰、减少信号失真,片上高精度温度传感器实时校准血氧结果,搭配 I²C 接口便于与 STM32 单片机对接。

1.5 GPS 定位模块

NEO-6M GPS 定位模块是一款兼具实用性与经济性的卫星定位组件,该模块以卫星信号接收与解析为核心,内置射频接收电路、信号处理单元及定位算法,无需复杂外接电路即可快速精准定位。其水平定位精度可达 2.5 米,部分场景可优化至 1 米内,支持多卫星系统兼容,能提升复杂环境下的定位稳定性与响应速度,采用标准 NMEA 0183 协议输出数据,适配 STM32 单片机且传输稳定;同时工作电压适配 2.7V-3.6V、功耗可控,体型小巧、接线便捷易集成,成本低廉、环境适应性强。

1.6 Air780E 通信模块

Air780E 是合宙推出的 4G Cat.1 全网通通信模块,该模块支持移动、电信、联通三大运营商,覆盖多频段,无需复杂外接电路即可实现稳定通信^[6]。其下行速率最高可达 10Mbps,上行速率达 5Mbps,内置丰富网络协议,支持数据传输与语音通话,兼容多模卫星定位以拓展位置服务场景,且低功耗优势显著,模块采用 LGA 封装,体型小巧易集成,支持 AT 指令与 LuatOS 双开发模式,无需外挂主控可降低开发成本,接口丰富且 IO 电平可灵活配置。

1.7 OLED 显示屏模块

0.96 寸 OLED 显示屏是一种自发光型显示模块,无需背光源即可实现清晰显示,具有对比度高、色彩纯净、响应速度快等特点,能够在多种光照环境下保持良好的可视效果。显示内容清晰规整,可满足字符、汉字、简单图形及数据界面的显示需求。模块通常采用 I2C 或 SPI 通信接口,接线简洁、占用主控引脚少,与 STM32 等单片机兼容性强。该显示屏驱动简单、运行稳定,刷新速度快且无明显闪烁,能够实时显示心率、状态提示、定位信息等数据。

2 系统软件设计

本系统以 STM32 单片机为核心控制单元,首先完成系统初始化,随后通过姿态传感器采集人体姿态数据,同时利用心率血氧传感器完成生理指标检测。主控芯片对采集到的姿态与生理数据进行处理分析,依据预设算法完成跌倒状态判断:若判定老人未处于跌倒状态,则循环回到数据采集环节继续监测;若判定老人跌倒,立即触发蜂鸣器报警,若因系统误操作触发的报警,可通过按键取消报警按键状态。若用户未按下取消按键,系统将通过定位模块获取经纬度信息,持续驱动蜂鸣器报警并借助通信模块向监护人发送包含位置信息的短信通知;若用户按下取消按键,则终止报警。回归日常数据监测流程,实现对老年

人跌倒与生理异常的持续安全监护。系统软件流程如图 2 所示。

所示。

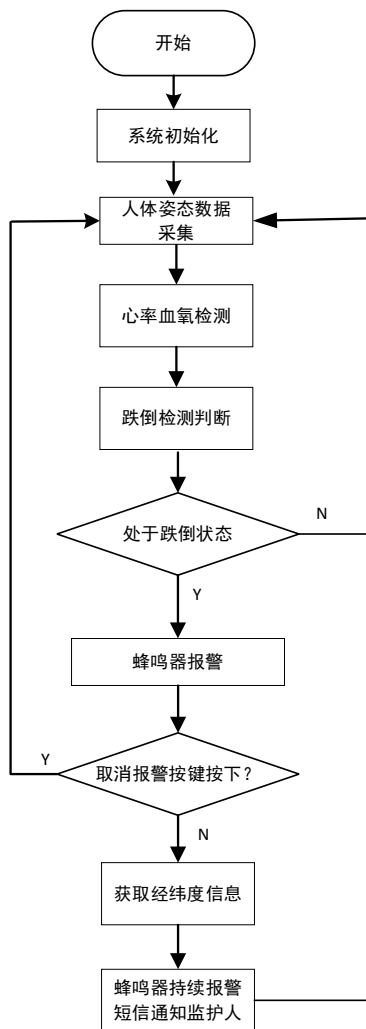


图2 系统软件流程图

3 系统测试分析

3.1 系统硬件调试

本系统采用 PCB 板实现硬件搭建，首先依据功能需求完成元器件选型，逐一检查各模块引脚完整性与元件型号准确性，确认无误后使用万用表检测引脚通断状态，排查潜在短路问题。在 AD20 软件中完成 PCB 版图绘制并打板，准备焊锡丝、电烙铁、镊子、剪线钳、助焊剂与吸锡线等工具材料，结合器件原理图规划元件布局，兼顾焊接美观与线路连接便捷性。焊接时，用镊子精准定位元件至对应焊盘：表面贴装元件需确保引脚与焊盘完全对齐，通孔元件则从板背插入引脚并预留合适焊接长度；将电烙铁加热至适宜温度，同时接触焊盘与元件引脚并添加适量焊锡，形成光滑均匀的可靠焊点，避免焊锡过量引发短路。焊接完成后，全面检查所有焊点，确认无虚焊、桥接等缺陷后通电测试，保障硬件系统稳定运行。实物图如图 3

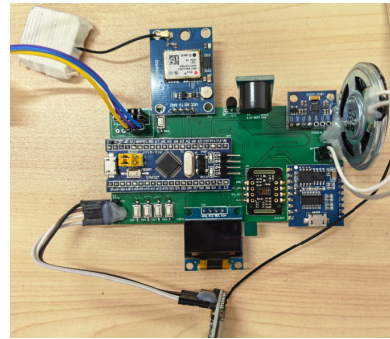


图3 系统实物图

3.2 系统功能测试

本系统支持通过手机短信远程设置紧急联系人号码，用户只需编辑短信“手机号：18118993520”，发送至 Air780E 通信模块中 SIM 卡对应的号码，模块接收并解析成功后，会自动回复“设置完成”以示确认。功能测试时，将电路板竖直放置以模拟老人正常站立姿态，再以一定倾角和加速度快速放平，模拟人体意外跌倒过程。MPU6050 加速度传感器实时采集姿态与加速度变化，主控芯片依据阈值算法判定为跌倒事件。同时，MAX30102 心率血氧模块持续监测生理指标，OLED 屏幕同步显示跌倒状态、实时心率、血氧浓度及经纬度信息，蜂鸣器启动声光报警。若系统误触发，用户可通过按键手动取消警报；否则系统将持续报警，并通过 Air780E 模块向预设紧急号码发送包含位置信息的求助短信，如图 4 所示。



图4 手机收到信息

4 结语

本文设计的基于 STM32F103C8T6 的老人智能跌倒检测系统，以多传感器融合为核心，集成 MPU6050 姿态传感器、MAX30102 心率血氧模块、NEO-6M GPS 定位模块及 Air780E 通信模块，实现了对独居老人的实时安全监护。系统通过采集人体姿态与生理参数，结合阈值判断算

法完成跌倒与异常状态识别,在触发报警时可通过蜂鸣器及短信推送等方式及时通知监护人,有效降低了老人意外跌倒后的救助延迟风险。测试结果表明,系统运行稳定、检测响应及时,跌倒识别与报警推送准确率较高,能够切实满足老人日常安全监护需求。

参考文献:

- [1] 聂影,邵世云龙.基于 ADXL345 倾角传感器的老人防跌倒检测与报警系统[J].科技风,2020,(34):22-23.
- [2] 陈翰林,苏亚伟,石春花.基于 GSM 通信技术的老人跌倒报警系统[J].山西电子技术,2022,(05):32-34+38.
- [3] 周艺萌,董玄,黄悦.老人防跌倒智能检测系统设计[J].电子制作,2024,32(20):50-53+58.

[4] 牟郁,唐紫钰,潘鹏宇.基于 STM32 的人体健康状态检测系统[J].物联网技术,2025,15(16):13-16+19.

[5] 程斌,陈婉玲,韩春盛等.一种老人防丢系统的设计[J].仪表技术,2025,(03):32-34+84.

[6] 王震鲁,戴硕,白涛.基于 STM32 和 4G 的牛舍环境监测与调控系统设计[J].电子设计工程,2025,33(18):21-25+30.

基金项目:大学生创新创业训练计划项目;项目编号:S202513571052。

作者简介:汪子健(2005-),男,大学本科在读,电子信息工程专业。