

基于 STM32 单片机的智能轮椅保护系统设计

冯江涛, 闫嘉琛, 徐 慧, 庞绍翔, 苏峰雷, 李 婧

(山西大学 自动化与软件学院, 太原 030006)

摘要: 针对老年人在日常生活中独自出行的安全性问题, 设计了一款基于 STM32 单片机的智能轮椅保护系统; 主要从硬件模块设计以及软件程序设计两个方面完成了智能轮椅保护系统的设计, 硬件方面, 核心处理器选择 STM32F103ZET6 芯片, 配合姿态检测模块、心率血氧检测模块等硬件设备对智能轮椅及其使用者的状态进行数据采集, 软件方面基于嵌入式系统, 通过智能轮椅倾翻判断算法程序设计检测智能轮椅当前姿态是否即将倾翻, 如即将发生意外则配合气囊模块等硬件设备对使用者进行保护; 通过对智能轮椅保护系统的测试, 证明系统可以完成对老年人的保护, 并实现心率血氧的准确检测以及意外发生后发送求救短信、夜间照明等功能, 为老年人提供更有保障的出行体验的同时, 也使监护人更为安心, 减少了他们的监护压力, 提升了整个家庭的生活质量和幸福感。

关键词: 老年人; 智能轮椅; 安全性; STM32 单片机; 倾翻判断; 气囊模块

Design of Intelligent Wheelchair Protection System Based on a STM32 Microcontroller

FENG Jiangtao, YAN Jiachen, XU Hui, PANG Shaoxiang, SU Fenglei, LI Jing

(School of Automation and Software, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

Abstract: A smart wheelchair protection system based on a STM32 microcontroller was designed to address the safety of elderly people traveling alone in their daily lives, which was mainly composed of hardware module design and software program design. In terms of hardware, a STM32F103ZET6 chip was selected as the core processor, which was combined with hardware devices such as posture detection module and heart rate and blood oxygen detection module to collect the data on the status of the intelligent wheelchair and users. In terms of software, based on an embedded system, an intelligent wheelchair tilt judgment algorithm was designed to detect whether the current posture of the intelligent wheelchair was about to tilt, and was cooperated with hardware devices such as airbag module to protect the user in case of an imminent accident; By testing the intelligent wheelchair protection system, the results show that the system can provide a protection for the elderly and accurately detect their heart rate and blood oxygen levels, which send distress messages and provide night lighting in case of accidents, thus providing a more secure travel experience for the elderly, it also makes guardians feel more at ease, reduces their guardianship pressure, and improves the overall quality of life and happiness of the family.

Keywords: aged; intelligent wheelchair; security; STM32 microcontroller; overturning judgment; airbag module

0 引言

按照国家统计局的数据, 截止到 2022 年, 中国 65 岁及以上的人口已经达到 2.10 亿, 占总人口数的 14.9%^[1], 中国的老龄化程度日趋严重。从当前国内人口发展趋势分析, 未来国内人口老龄化速度将飞快增长, 到 2030 年, 65 岁及以上的老年人将占总人口数的 20%。老年人的身体素质较差, 肢体力量较弱, 视觉和听力大多有一定的障碍, 因此他们的反应能力和应对突发状况

的能力较弱, 当发生紧急事件时无法做出及时且准确的判断, 容易造成意外事故, 我们需要对老年人群体给予更多的关心和照顾。在帮助老年人提升生活质量的众多医疗器械中, 轮椅的使用最为普遍, 当今社会, 轮椅越来越像是老年人的双腿, 融入了他们的日常生活^[2]。

在过去的几百年里, 人们一直没有停止对轮椅辅助功能的开发。普通手推轮椅的使用在人们的日常生活中非常普遍, 但是这种轮椅较为落后, 需要依靠其他人推动前进, 老年人很难独自去到想去的地方。随

收稿日期: 2024-07-19; 修回日期: 2024-09-09。

作者简介: 冯江涛(1969-), 女, 硕士, 副教授。

引用格式: 冯江涛, 闫嘉琛, 徐 慧, 等. 基于 STM32 单片机的智能轮椅保护系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2025, 33(9): 216-222.

着时代的发展，人们的生活节奏加快，照顾老年人的时间越来越少，因此出现了电动轮椅。电动轮椅解决了老年人自行外出的问题，但是对于生活中遇到的各种问题，仍然不能被很好地解决。为了让他们的生活更加便捷、自主和安全，1986 年，世界上第一辆智能轮椅在英国应运而生^[3]。此后，各个国家相继对智能轮椅展开研究，这使得智能轮椅技术发展迅速，提升了老年人的生活质量。

迄今为止，智能轮椅的设计与开发取得了长足的进步。文献 [4] 设计了一种智能电动撑伞轮椅，该设计可以定位当前位置，并根据当前位置的天气情况将轮椅上的伞撑开或闭合。文献 [5] 针对医院病患陪护人员不足的问题，设计了室内共享智能轮椅控制系统，在医院范围内实现了智能轮椅路径自动规划行驶，减少了医护人员对病患的陪护。文献 [6] 对传统轮椅进行了改进，设计了一种针对砂石路面的智能轮椅，使得轮椅在通过砂石路面时更加安全。国内外研究人员借助陀螺仪传感器，开发出了利用手势^[7]以及头部^[8]运动方式进行控制的智能轮椅。文献 [9] 利用模型预测控制和模糊算法等方式设计了一种可以进行自动驾驶和自主避障的智能轮椅。文献 [10] 设计了一种脑电波智能轮椅，采用脑—机接口在大脑和轮椅之间建立直接连接，采用脑电图信号对轮椅进行控制，使有严重身体残疾的患者能够自主控制轮椅。

智能轮椅的发展为老年人提供了更多的独立性，使他们能够更方便地参与社会活动。然而，这种独立性依赖于智能轮椅的安全性。安全性是智能轮椅其他功能发展的基石，没有一套确保老年人出行安全的系统，智能轮椅的发展就没有意义。针对智能轮椅的安全性需求，设计出一款基于 STM32 单片机的智能轮椅保护系统，有效保障老年人的出行安全。本设计拟解决老年人使用智能轮椅出行时容易的遇到的 3 个问题：

- 1) 在通过不平整路面或发生其他突发情况，老年人来不及控制智能轮椅制动，导致智能轮椅倾翻，伤害到老年人，且不方便向家人求助；
- 2) 老年人患有心脑血管疾病，需要对心率和血氧饱和度进行检测；
- 3) 老年人夜间出行问题。

本文针对基于 STM32 单片机的智能轮椅保护系统进行设计。首先从社会现状和智能轮椅的发展历史进行阐述，分析老年人出行安全的重要性，预想可能会遇到的情况。其次整理出系统的架构和工作原理，明确系统需要完成的功能。接下来针对需要解决的问题进行嵌入式方案设计，在系统硬件设计环节，研究各个模块的原理图及性能，并对轮椅倾翻判断算法进行详细阐述，在软件设计环节，根据各个硬件模块可以实现的功能，设

计程序逻辑，使各个模块紧密配合，实现相应的功能。最后对智能轮椅保护系统实现的功能进行测试，检验是否可以在意外情况下对老年人实施保护措施。

1 系统架构及工作原理

1.1 系统架构

智能轮椅保护系统采用 STM32F103ZET6 为主控芯片，由定位模块、GPRS 模块、电机驱动模块、断崖检测模块、姿态检测模块、气囊模块、心率血氧检测模块以及照明模块构成整个系统。基于 STM32 单片机的智能轮椅保护系统框图如图 1 所示。

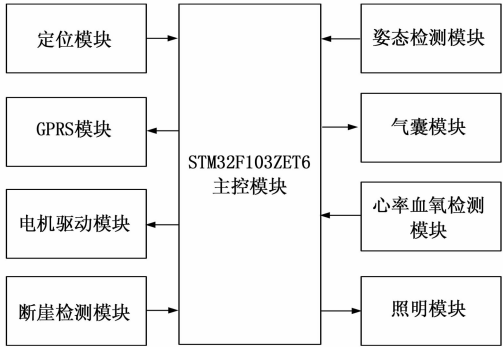


图 1 基于 STM32 单片机的智能轮椅保护系统框图

1.2 系统工作原理

系统以 STM32F103ZET6 芯片为工作核心，运行时采用定位模块读取当前坐标信息，对 GPRS 模块进行配置，设定接收短信的手机号，为可能发生的意外情况做准备。电机驱动模块驱动两个直流电机配合按键控制智能轮椅的行进和制动，断崖检测模块检测轮椅前方路面状况，如果遇到断崖路面则控制电机驱动模块立即制动。姿态检测模块实时检测智能轮椅的运行姿态，如果判断智能轮椅有即将倾翻的危险，则通过舵机驱动气囊模块控制撞针刺穿气瓶，向安全保护气囊中充气，对智能轮椅的使用者（下文称使用者）进行保护，并通过 GPRS 模块给监护人发送包含当前定位坐标的求救短信。当电机驱动模块 15 秒没有控制信号后，心率血氧检测模块对使用者的心率和血氧饱和度进行一次检测（目的是尽量让使用者保持平静状态），当检测到的数据达到设定的危险阈值时，同样通过 GPRS 模块给监护人发送包含当前定位坐标的求救短信。使用者的监护人通过坐标查询网址，手动输入求救短信中的经纬度即可定位到使用者所在位置。照明模块用于夜晚光线不足的情况下帮助使用者看清前方路面，同时让路面上的车辆和行人注意到使用者。

2 系统硬件设计

2.1 主控模块

本设计的核心处理器为 STM32F103ZET6，其与时

钟电路、复位电路共同构成系统的主控模块。

主控模块负责接收、处理各个模块的运行数据，协调各个模块触发相应功能，确保系统稳定运行。

2.2 定位模块

本设计采用 ATGM332D 作为定位模块。模块通过串口向主控模块输出智能轮椅的实时位置信息。此外,该模块还可以检测智能轮椅当前的行进速度,为 2.10 中轮椅倾翻判断算法提供参考数据。

2.3 GPRS 模块

本设计选择抗干扰能力较强的 SIM800A 作为 GPRS 模块，用于短信发送。

2.4 电机驱动模块

主控模块通过双 H 桥直流电机驱动模块 L298N 控制两个直流电机驱动智能轮椅两个后轮的正转、反转、制动以及转动速度。

2.5 断崖检测模块

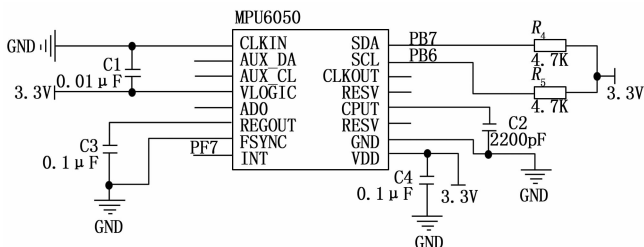
断崖检测模块选择 HC-SR04 超声波模块对智能轮椅前方路面进行检测。

模块工作原理为：首先对触发引脚输入一个 10 微秒以上的高电平，模块的超声波发射端便可发出 8 个 40 kHz 的超声波脉冲信号，然后超声波接收端等待接收回波信号。当接收到回波信号后，通过响应管脚向主控模块输出超声波从发出到接收所持续时间的电平信号。根据电平持续的时间 T （单位：s）可以计算出智能轮椅前方路面脚与踏板之间的高度。根据超声波在空气中传播的速度（340 m/s），可以计算出高度值 H （单位：m），如式（1）所示：

$$H = \frac{1}{2}[T(s) * 340(\text{m/s})] \quad (1)$$

2.6 姿态检测模块

采用 MPU6050 模块作为系统的姿态检测模块, MPU6050 可以实时检测物体三轴加速度和三轴角速度的运动数据。数据被检测到后会进行滤波、融合以及解码计算处理, 最后通过 IIC 接口向主控模块输出姿态数据。姿态检测模块原理图如图 2 所示。



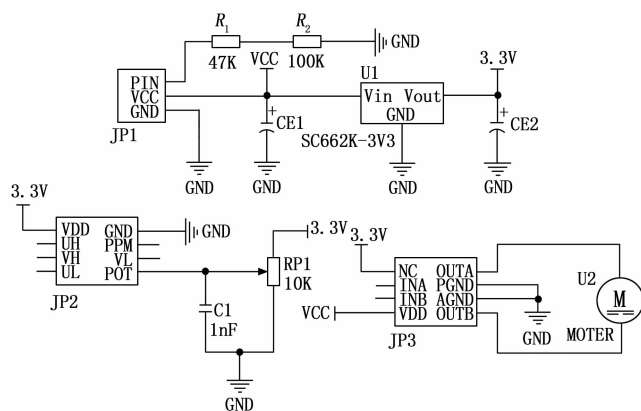
2.7 气囊模块

本设计的气囊模块包括气囊驱动装置、舵机、气瓶和气囊。气囊触发装置采用机械撞针式触发,在出现突

发情况需要对气囊进行充气时，利用舵机转动产生的力带动撞针向前运动刺穿气瓶，给气囊进行充气，保护使用者。

目前市场上有一种与本设计的安全保护理念相似的穿戴式安全马甲^[11], 根据型号和尺寸的不同, 穿戴式安全马甲的重量普遍在 1~2 kg 之间, 虽然有安全防护的功能, 但是产品使用者的年龄普遍较大, 负重出行对他们来说不具有舒适性。本设计的气囊充气瓶, 舵机和部分气囊可以挂载在轮椅上, 且智能轮椅的使用者以坐姿的方式出行, 负重可以忽略不计, 在兼具安全性的同时考虑到了使用者的舒适性。

撞针刺穿气瓶需要较大的力,因此本系统采用 MG996 舵机控制撞针运动。MG996 舵机是 13 公斤全金属齿轮大扭力舵机,能够满足设计的需要。主控模块通过对舵机输出 PWM 占空比和频率控制舵机的旋转角度和速度。MG996 舵机原理图如图 3 所示。



2.8 心率血氧检测模块

心率血氧检测模块以 MAX30102 为主芯片, 集成了红外光发射器、可见红光 LED、光电探测器以及信号处理电路。

心率血氧检测模块对外分别发射可见红光和红外光穿透人体组织,光电探测器会检测通过皮肤后反射回来的光线强度,再转换为电信号送入模块内部的信号处理电路,并对这些反射回来的光进行放大、环境光消除、模数转换和滤波处理,通过测量处理后的电信号变化来计算出心率,以及判断可见红光、红外线被吸收的多少,从而推断出含氧血红蛋白占有血红蛋白容量的比例,计算出血氧饱和度。处理后的数据被保存在 FIFO 数据寄存器里,主控模块通过 IIC 接口读取 FIFO 数据寄存器当中的数据^[12]。

2.9 照明模块

照明模块主要帮助使用者看清道路以及让其他人看到使用者。模块接收到外界光照强度后通过光敏电阻控

制 LED 灯亮灭。

2.10 轮椅倾翻判断算法设计

为了判定智能轮椅是否即将遇到危险, 引入飞行动力学中的俯仰角 (pitch angle) 和横滚角 (roll angle) 描述智能轮椅实时姿态。俯仰角和横滚角分别描述了飞机上升、下降时机身与水平线的夹角和飞机机身横向翻滚时与水平面的夹角。

智能轮椅类比飞机, 以自身质心为原点建立空间直角坐标系: X 轴指向智能轮椅前进的正方向, Y 轴指向智能轮椅的侧方位置, Z 轴指向智能轮椅的顶部。使 MPU6050 正方向和智能轮椅前进正方向保持一致, 即可利用 MPU6050 检测出 X, Y, Z 三轴的加速度和角速度, 通过四元数计算出欧拉角, 判断智能轮椅的姿态。设四元数 Q 的复数形式为:

$$Q = q_0 + q_1 i + q_2 j + q_3 k \tag{2}$$

其中: 实部 q_0 是旋转角度余弦参数分量, $q_1 \sim q_3$ 分别指 x 轴、 y 轴、 z 轴的参数分量^[13]。通过式 (3) 和式 (4) 分别将四元数转换为俯仰角和横滚角^[14]:

$$\theta = -\sin^{-1}[2(q_1 q_3 - q_0 q_2)] \tag{3}$$

$$\varphi = \tan^{-1}\left[\frac{2(q_2 q_3 + q_0 q_1)}{q_0^2 - q_1^2 - q_2^2 + q_3^2}\right] \tag{4}$$

其中: θ 为俯仰角、 φ 为横滚角, 轮椅倾翻判断算法重点通过两者角度与 Z 轴加速度的突变判断轮椅是否即将遇到危险。俯仰角和横滚角达到一定角度时, 智能轮椅会面临倾翻的情况, 而 z 轴加速度突变时说明智能轮椅遇到了掉入断崖的情况。

一般的城市路面并没有为智能轮椅设置的专属车道, 因此智能轮椅的使用者在和车辆、人群处于同一路面上行驶时还需要面对各种突发情况。然而智能轮椅的使用者普遍年龄较大, 可能会在避让车辆或人群的同时无法注意到当前所处的路面状况, 进而导致意外的发生。因此, 提出 3 种可能导致智能轮椅倾翻的情况并进行分析。

情况一: 道路凹凸不平或较为破损, 导致智能轮椅重心不稳, 造成倾翻;

情况二: 智能轮椅在公路上行进时过于靠边, 意外驶入道路两侧的排水渠, 造成侧翻或被卡进排水渠无法驶出;

情况三: 智能轮椅在出行时意外遇到雨雪天气, 行驶时遇到前方有台阶或深坑等类似断崖的情况, 断崖检测模块检测到危险且制动信号发送给电机驱动模块后, 由于路面湿滑和智能轮椅及其使用者的惯性又继续向前驶出一段距离, 有跌下断崖的危险。

智能轮椅倾翻的极限俯仰角和横滚角由多个因素决定。匀速上坡时的极限俯仰角与智能轮椅—人体系统的质心分布有关, 当不同的使用者驾驶智能轮椅时, 不同

的体重会改变系统的质心位置, 极限俯仰角也会产生变化。而智能轮椅的极限横滚角与独立悬架组合角刚度和轮胎垂直刚度有关^[15]。使用者的体重, 轮椅的重量以及独立悬架组合角刚度和轮胎垂直刚度各不相同, 智能轮椅—人体系统的极限横滚角也不相同。

对于情况一, 智能轮椅行驶速度不会太快, 仅判定俯仰角和横滚角角度是否超过他们的极限角度即可; 对于情况二, 由于断崖测试模块有检测盲区, 侧方位置的路面情况无法检测到, 因此通过检测设定的横滚角角度以及 Z 轴上的加速度突变情况判断智能轮椅是否驶入路侧排水渠; 对于情况三, 则需要配合断崖检测模块和定位模块进行判定。当断崖检测模块发出制动信号 150 ms (防止系统误判) 后, 如果轮椅速度不为 0 m/s 或 Z 轴加速度发生突变, 则触发气囊模块保护使用者。

3 系统软件设计

3.1 系统软件总体方案设计

当智能轮椅系统启动后, 第一步是核心处理器以及各个模块的初始化, 然后分别运行定位子程序、GPRS 子程序、电机驱动子程序、断崖检测子程序、气囊保护子程序和心率血氧子程序。各个子程序分别控制相应功能的模块, 组成智能轮椅安全保护系统软件, 如图 4 所示。

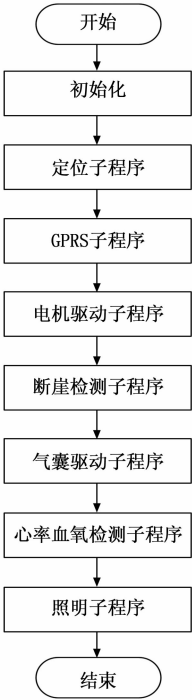


图 4 智能轮椅保护系统软件总体流程图

3.2 初始化子程序设计

在其他子程序开始运行前需要对各个模块需要用到

的定时器、中断以及通信串口进行配置。对各个模块引脚进行初始化,保证主控模块与各个模块的数据传输通畅。

3.3 定位子程序设计

定位子程序首先对当前地点进定位,再将定位到的数据进行解码,最后将解码后的经纬度坐标输出给主控模块。

3.4 GPRS 子程序设计

GPRS 模块运行时首先进行自检,如果模块由于某些原因(如电源未接通, SIM 卡未插入等情况)响应异常,则持续自检,直到模块响应正常。若模块响应正常,则设定需要接受短信的手机号,等待其他子程序对 GPRS 子程序进行调用,发送求救短信。

3.5 电机驱动子程序设计

系统借助前进按键、后退按键和 L298N 控制智能轮椅的行进和制动。当前进按键按下时,两个电机同时正转,驱动智能轮椅前进;当后退按键按下时,两个电机同时反转,驱动智能轮椅后退;当没有按键按下时,控制两个电机同时制动,智能轮椅停止行进。

3.6 断崖检测子程序设计

断崖检测子程序接收和处理 HC-SR04 检测到的距离数据,判断前方是否出现断崖。设置电机强制制动标志位,表示智能轮椅是否检测到断崖,电机强制制动标志位初始值为 0。断崖检测模块持续检测轮椅脚托与地面之间的高度距离,当距离大于 15 cm 时,控制电机强制制动,电机强制制动标志位置 1。手动控制电机后退按键解除智能轮椅强制制动状态,电机强制制动标志位置 0。

3.7 气囊驱动子程序设计

气囊驱动子程序根据 2.10 节轮椅倾翻判断算法进行程序设计,程序流程图如图 5 所示。首先是姿态检测模块判断智能轮椅当前的俯仰角和横滚角角度是否大于他们的极限角度,如果是则触发气囊模块;否则判断智能轮椅横滚角是否大于情况二中的设定值且 Z 轴加速度是否发生突变,如果是则触发气囊模块并发送求救短信;否则判断断崖检测模块发来的电机强制制动标志位是否为 1,如果是则在程序延迟 150 ms 后,检测智能轮椅当前速度是否为 0 m/s,如果速度已经为 0 m/s,则判断 Z 轴加速度是否为突变,如果是则触发气囊模块为气囊充气,保护使用者,并发送求救短信;如果电机强制制动标志位不为 1,或 Z 轴加速度并没有发生突变,则结束气囊驱动子程序。

3.8 心率血氧检测子程序设计

心率和血氧饱和度是检测使用者身体健康状况的重要参数。心率是指心脏每分钟跳动的次数,成年人正常状态下的心率范围一般为 60~100 次每分钟。血氧饱

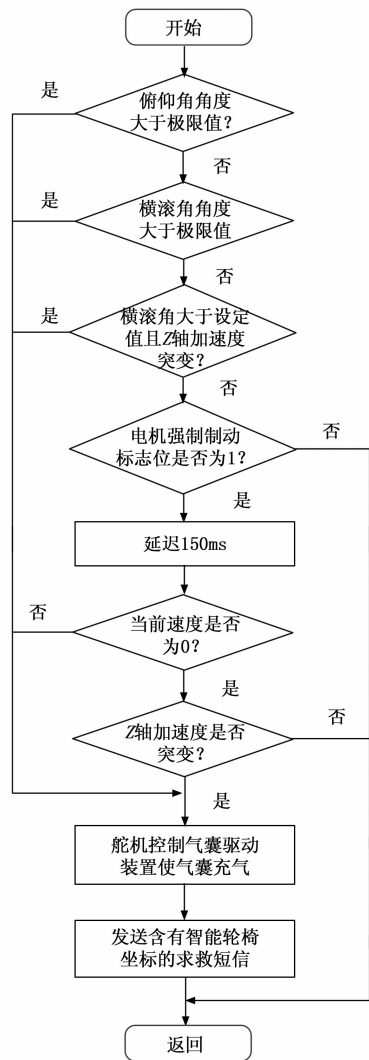


图 5 气囊驱动子程序流程图

度是指血液中已经与氧结合的血红蛋白与全部可结合的血红蛋白的容量之比,是呼吸循环中的重要生理参数^[16]。理想情况下,血氧饱和度应为 95%~100%,血氧饱和度低于 90%为低氧血症,患者可能出现窒息等症状^[17]。

考虑到智能轮椅大部分受众群体的身体健康状况较差,因此,当智能轮椅处于制动状态后进行计时,超过 15 秒后对使用者进行一次心率和血氧饱和度测试,目的是让使用者身体尽可能接近安静状态,如果不足 15 秒则结束子程序,等待智能轮椅的下一制动。制动状态超过 15 秒并检测到使用者心率和血氧饱和度数据后,首先判断心率是否低于 55 次/分钟或高于 120 次/分钟,如果是则通过 GPRS 模块发送求救短信,求救短信内容包括当前心率、血氧饱和度数据和坐标信息;如果否,则判断血氧饱和度是否低于 93%,如果是则同上,否则结束子程序。心率血氧检测子程序流程图如图 6 所示。

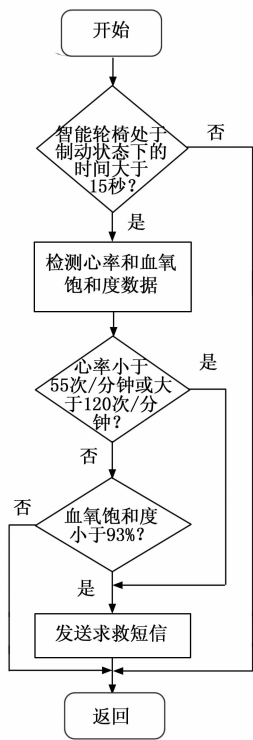


图 6 心率血氧检测子程序流程图

3.9 照明子程序设计

照明模块将外界光照强度转换成电压信号后，与设定的光照阈值做比较，当外界光照强度小于设定的光照阈值时，控制 LED 灯亮，反之控制 LED 灯灭。

4 实验结果与分析

为了测试系统的实际使用情况，实验对 2.10 中的 3 种情况以及心率血氧检测模块的检测精度进行测试。

4.1 实验准备

首先在做好安全措施的前提下，测试人员身穿安全气囊马甲做在轮椅上，其次将各个硬件模块挂载在轮椅上，其中断崖检测模块固定在轮椅脚托下方；姿态检测模块固定在轮椅钢架结构上，正方向与轮椅前进方向保持一致；心率血氧检测模块固定在扶手上方。

在户外斜坡、沟渠和台阶路面进行测试。采集测试过程中姿态检测模块检测到的角度、Z 轴加速度数据，定位模块检测到的速度数据和心率血氧模块检测到的心率、血氧饱和度数据。通过蓝牙模块将所有检测到的数据信息传输到蓝牙串口调试助手 APP 中^[18]。

4.2 智能轮椅倾翻判断测试

对于情况一，在对俯仰角和横滚角的极限角度进行多次测试后，得出测试员和智能轮椅组成的人机系统最大俯仰角为 13°，最大横滚角为 27°。表 1 和表 2 为在其他条件不变的情况下，分别改变俯仰角和横滚角角度(单位:°)，测试气囊是否触发以及包含当前定位坐标的求救短信是否发出。

表 1 情况一改变俯仰角测试

姿态角	姿态角角度	气囊是否触发	短信是否发送
俯仰角	7	否	否
	11	否	否
	15	是	是
	-11	否	否
	-15	是	是

表 2 情况一改变横滚角测试

姿态角	姿态角角度	气囊是否触发	短信是否发送
横滚角	11	否	否
	25	否	否
	30	是	是
	-25	否	否
	-30	是	是

对于情况二，在多次测试智能轮椅驶入沟渠的角度后，得出当横滚角度大于 15°时，智能轮椅就会掉入沟渠无法驶出。因此情况二当中横滚角设定值规定为 15°，为了避免在不平整的路面上行驶时产生误判，增加加速度突变条件共同对情况二做出判断。表 3 为改变横滚角角度以及 Z 轴加速度的多个条件下测试气囊是否触发以及求救短信是否发出的实验结果。

表 3 情况二测试

横滚角角度	Z 轴加速度是否突变	气囊是否触发	求救短信是否发送
11	否	否	否
25	是	是	是
25	否	否	否
11	是	否	否
-11	否	否	否
-25	是	是	是
-25	否	否	否
-11	是	否	否

对于情况三，测试断崖检测模块检测到的高度（单位：cm）大于 15 cm，即触发断崖检测模块后，再延时 150 ms 后的行驶速度（单位：m/s）是否为 0 m/s，以及 z 轴加速度是否发生突变。表 4 为测试各种情况下气囊驱动模块舵机触发情况和求救短信发送情况。

表 4 情况三测试

HC-SR04 检测距离	行驶速度是否为 0	Z 轴加速度是否突变	气囊驱动是否触发	求救短信是否发送
17	是	是	是	是
17	是	否	否	否
17	否	是	是	是
17	否	否	是	是

对于 2.10 节中提到的 3 种情况分别进行了测试实验，在达到相应的条件后，气囊模块和 GPRS 模块均可

以立即触发,使气囊充气,对使用者进行保护。同时手机收到求救短信,在经纬度查询网站中输入求救短信中的位置信息,定位到事故地点。

4.3 心率血氧检测模块精度测试

在保证外界各种影响因素相同的情况下,采用对照实验对心率血氧检测模块的检测准确性进行测试^[19]。分别使用心率血氧检测模块和某品牌智能手环同时对一个处在安静状态下的健康成年女性的心率(单位:次/分钟)、血氧饱和度(单位:%)进行 10 次测量。测量数据如表 5 所示,实验组为心率血氧检测模块数据,对照组为与某品牌智能手环检测数据。

表 5 心率血氧检测模块精度测试

实验次数	实验组心率 (次/分钟)	对照组心率 (次/分钟)	实验组血氧 饱和度/%	对照组血氧 饱和度/%
第一组	79	78	98	97
第二组	82	80	99	98
第三组	80	77	97	98
第四组	83	82	98	98
第五组	82	81	97	97
第六组	79	80	96	97
第七组	81	81	97	98
第八组	80	79	96	97
第九组	78	80	96	96
第十组	82	81	98	98

对照两组心率检测数据,最大误差为 3 次/分钟,实验组 10 次取样平均值约为 80.6 次/分钟,对照组 10 次取样平均值约为 79.9 次/分钟;对照两组血氧饱和度检测数据,最大误差为 2%,实验组 10 次取样平均值约为 97.2%,对照组 10 次取样平均值约为 97.4%。实验组与对照组检测出的心率数据和血氧饱和度数据结果相近,误差较小,精度较高^[20]。

5 结束语

本文针对目前智能轮椅的安全性、舒适性等问题,将轮椅倾翻判断算法与安全气囊相结合,设计了一款基于 STM32 单片机的智能轮椅安全保护系统,使用了姿态检测模块、气囊模块、心率血氧检测模块等硬件设计,对智能轮椅倾翻的 3 种情况判断、使用者健康状况检测等功能进行软件程序设计,在保障安全的同时为使用者的出行提供了便利。但是,系统在实时监测方面略显不足,未来将在当前设计的基础上进行优化和完善,逐步实现远程网络视频信息传送系统,方便监护人对使用者进行实时监护,促进社会两大群体更好地工作和生活。

参考文献:

[1] 邹卫星,王莹,刘砚砚. 人口结构变化、老龄化趋势及延迟退休对经济增长的影响[J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 2024, 45 (2): 111-122.

[2] 杨艺,闫茹钰,刘雪莹,等. 基于物联网技术多模态智能轮椅的研究现状与发展趋势[J]. 物联网技术, 2024, 14 (4): 127-128.

[3] 庄璇,杨子倩. 智能轮椅的发展与设计原则[J]. 设计, 2022, 35 (7): 110-112.

[4] 张文静,王朝阳,李雪松. 智能电动撑伞轮椅系统的设计研究[J]. 现代信息科技, 2022, 6 (19): 150-152.

[5] 黄涌凌,谭嘉铭,陈锦楠,等. 基于 STM32 的室内共享智能轮椅控制系统设计[J]. 无线互联科技, 2023, 20 (23): 17-20.

[6] 孔祥峰. 面向砂石路面智能轮椅通过性研究[D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2023.

[7] 左太虎,张雨晴,毕爽,等. 基于姿态解析算法的智能轮椅设计[J]. 软件工程, 2023, 26 (1): 42-45.

[8] FAROOQ H J, KAMEL S G, Latteef S M. Wheelchair control system for the disabled based on EMOTIV sensor gyroscope[J]. Microprocessors and Microsystems, 2022, 94.

[9] EISUKE K, KAZUMA S, KENICHIRO N. Self-driving electric wheelchair in crowded environments using a fuzzy potential model predictive control[J]. IFAC PapersOn-Line, 2023, 56 (2): 11827-11833.

[10] RUI N, CHUN H, YING S, et al. An embedded light-weight SSVEP-BCI electric wheelchair with hybrid stimulator[J]. Digital Signal Processing, 2021, 116.

[11] 郭佳妮,周冬梅,胡钜涛,等. 气囊式防摔倒智能服装降低老年人跌倒风险的研究分析[J]. 科技与创新, 2021 (11): 97-99.

[12] 张雁,于政宽,李德世,等. STM32 辅助轮椅电控系统创新设计[J]. 机电产品开发与创新, 2023, 36 (5): 16-20.

[13] 程焱,俞家勇,马龙称,等. 单位四元数、罗德里格转换模型与欧拉角的映射关系[J]. 北京测绘, 2020, 34 (1): 44-50.

[14] 师月月. 一种基于四元数的手机姿态实时重构算法研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2022.

[15] 曹轩. 基于复杂路面的轮椅-人体系统稳定性与舒适性研究[D]. 沈阳: 沈阳理工大学, 2023.

[16] 王岩松,冯芳,杜青,等. 手腕式血氧心率检测仪的设计[J]. 电工技术, 2022, (22): 195-198.

[17] 吉师毅. 基于 STM32 的老年人跌倒报警装置的实现方案[J]. 自动化应用, 2024, 65 (7): 253-255.

[18] 张中沉,张军. 基于 STM32 单片机的大学生体能监测仪设计与实现[J]. 计算机测量与控制, 2022, 30 (2): 292-298.

[19] 朱扬,杨延宁,董晨乐,等. 基于 STM32F103C8T6 的游乐场智能手环设计[J]. 计算机测量与控制, 2024, 32 (9): 213-219.

[20] 赵锦程. 基于多功能传感器的健康检测系统研究[D]. 青岛: 青岛大学, 2022.