

# 基于 STM32 智能手杖的设计

伍海燕, 夏明霞

长沙师范学院, 湖南 长沙 410100

DOI: 10.61369/SDME.2025160022

**摘要 :** 当前国内智能手杖市场存在一定短板, 为有效解决老年人以及视障人群的出行难题, 本文设计了一款智能手杖。该手杖以 STM32F103C8T6 系统为核心, 有机融合了影像处理、GPS 导航、超声波测距、蓝牙、角度传感器、智能 LED 以及语音播报等多个系统模块。同时, 配套开发了专属手杖 APP, 监护人借助该 APP 能够实时了解使用者的行走路线、精确位置以及所处路况信息。一旦使用者遭遇危险, 可通过手杖上的紧急呼救按钮向周围发出求救信号, 同时自动拨打电话并发送短信给监护人。智能手杖与 APP 的协同配合, 为使用者的安全出行构筑起坚实保障, 大幅提升出行的安全性与舒适度, 让家人更加安心、放心。

**关键词 :** 智能手杖; 智能 APP; 影像处理; 单片机

## Design of Intelligent Walking Stick Based on STM32

Wu Haiyan, Xia Mingxia

Changsha Normal University, Changsha, Hunan 410100

**Abstract :** At present, there are certain shortcomings in the domestic intelligent walking stick market. To effectively solve the travel difficulties of the elderly and visually impaired people, this paper designs an intelligent walking stick. With the STM32F103C8T6 system as its core, this walking stick organically integrates multiple system modules such as image processing, GPS navigation, ultrasonic ranging, Bluetooth, angle sensor, intelligent LED, and voice broadcast. Meanwhile, an exclusive walking stick APP is developed. With this APP, guardians can keep track of the user's walking route, precise location, and road condition information in real time. In case of danger, the user can send a distress signal to the surrounding area through the emergency call button on the walking stick, and at the same time, the walking stick will automatically make a call and send a text message to the guardian. The cooperation between the intelligent walking stick and the APP builds a solid guarantee for the user's safe travel, greatly improves the safety and comfort of travel, and makes family members more at ease.

**Keywords :** intelligent walking stick; intelligent APP; image processing; single-chip microcomputer

## 引言

在全球人口老龄化进程持续加速的大背景下, 65 岁及以上老年人口占比不断攀升, 社会对于老年人生活质量和健康状况的关注度也日益高涨。与此同时, 视障群体在日常生活中面临着诸多难以克服的障碍, 智能手杖的诞生为他们提供了有力的帮助, 使其能够更好地融入和适应周围环境, 显著提升生活品质。

根据世界卫生组织的相关报道, 全球范围内残疾人数量超过 10 亿。截至 2023 年, 我国盲人数量位居世界首位, 约占世界盲人总数的 18% – 20%。我国拥有约 1750 万盲人以及 2856.6 万视障者, 其中绝大多数视障者完全失明, 这严重限制了他们正常的生活交流与沟通能力, 智能手杖因此成为他们出行时的重要选择。

本设计所构建的系统以 STM32F103C8T6 单片机作为核心控制单元, 集成了超声波、RGB – D 摄像头以及 GPS 等多种传感器, 能够对环境进行实时监测, 并智能调控警示灯和语音播报功能。其设计目标在于全方位提升视力障碍人士的出行安全保障水平和出行体验, 同时具备 NFC 支付以及紧急呼叫等实用功能, 支持与 APP 进行数据同步, 充分体现了节能环保的设计理念。

该系统采用 STM32F103C8T6 单片机作为主控单元, 通过集成超声波传感器 (HC – SR04)、RGB – D 摄像头、GPS 定位模块 (ATGM336H) 等传感器, 实现对周围环境信息的实时监测, 包括障碍物距离、光线强度以及位置坐标等关键数据。运用智能算法对传

基金项目: 2023 年湖南省大学生创新创业训练项目, 编号: S2023138060010。

作者简介: 伍海燕 (2003–), 汉族, 本科生, 研究方向为新一代电子信息技术。

通信作者: 夏明霞 (1983–), 回族, 博士, 副教授, 研究方向为半导体材料的研究及应用。

传感器采集的数据进行深入分析处理，并通过精准的电机控制和警示灯控制，自动调整手杖警示灯的亮度以及语音播报的音量，实现智能化的辅助出行功能。

这种多功能手杖的创新设计，不仅能够显著增强视力障碍人士的独立出行能力，还能极大地提升用户的安全感和使用体验。通过集成 NFC 支付或门禁模块和 SIM900A 通信模块，手杖实现了非接触式支付和紧急呼叫功能，为用户的日常生活提供了更多便捷<sup>[1]</sup>。

此外，系统支持通过蓝牙与用户手机 APP 进行数据同步，用户可在 APP 上便捷查看手杖的实时状态、历史行动轨迹等信息，还能对手杖进行个性化设置。通过优化能源管理策略，本系统符合现代智能穿戴设备节能环保的设计理念，为用户带来绿色、智能、便捷的出行辅助体验。

## 一、智能手杖的总体设计方案

该智能手杖系统总体设计如图 1 所示，本系统借助单片机 STM32F103C8T6 开展数据处理工作。智能手杖利用超声波传感器 (HC-SR04) 实时监测前方障碍物的距离，并通过 RGB-D 摄像头采集周围环境图像，为用户的出行导航提供有力辅助。一旦检测到前方存在障碍物或者环境光线不足，系统会自动控制警示灯亮起，并通过语音播报及时提醒用户<sup>[2]</sup>。此外，手杖集成了 GPS 定位模块 (ATGM336H)，用于精准获取用户的位置信息，从而实现高效的导航和紧急定位功能。光敏传感器能够根据环境光线强度的变化，自动调节警示灯的亮度，确保在不同光照条件下都能为用户提供清晰的视觉提示。SOS 按钮则在紧急情况下发挥关键作用，用户按下该按钮即可迅速发送求救信号。NFC 模块的集成，支持非接触式支付和门禁功能，进一步拓展了手杖的实用性，为用户提供更多便利。

系统通过蓝牙通信技术与用户手机 APP 实现数据同步，从而达成远程监控和控制的目的。SIM900A 模块支持 GSM 网络，可用于发送紧急短信或拨打电话，确保在紧急情况下用户能够及时与外界取得联系。整个系统的设计聚焦于提升视力障碍人士的出行安全与便利程度，同时秉持节能环保的理念，契合现代智能穿戴设备的发展趋势。

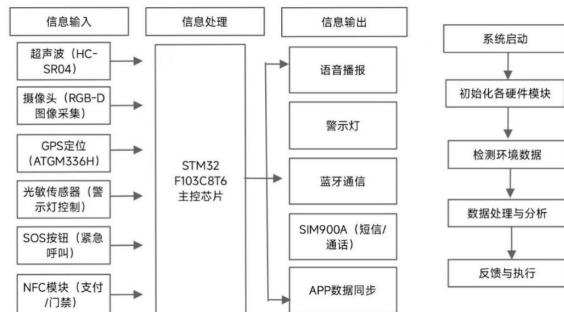


图1 智能手杖总体结构框图

## 二、智能手杖的外观设计

智能手杖的产品主体沿用经典的拐杖形状，以沉稳的经典黑色作为主配色，充分展现出产品简约大气的设计风格，如图 2 所示。在进行外包装设计时，充分考虑了产品的功能性和使用便捷

性。基于人体工学原理，使用者在握持产品时，能够通过按压拐杖头部相对应的按钮，实时采集自身的步数以及道路状况等信息<sup>[3]</sup>。

智能手杖的按键功能设计合理，按键设计外形如图3所示，具体如下：

(一) 产品材质：选用聚丙烯材质制作，该材质具备高可塑性和韧性，同时拥有优异的抗张强度和耐腐蚀性能，确保产品在各种使用环境下都能保持良好的性能和耐用性。

(二) 摄像头组件：在拐杖上方精心预留摄像头口，用于高效收集道路信息，为影像处理和导航辅助提供数据支持。

(三) 灯光按键：通过按键可轻松启动灯光，尤其适用于高龄群体在光线昏暗的道路环境中使用，为其提供必要的照明。

(四) 超声波组件：产品前部配备超声波传感器，能够精准预估前方障碍物的距离，为用户及时提供安全预警。

(五) sos 按键：当使用者遭遇突发紧急情况时，只需按下侧边的 sos 按钮，即可迅速紧急联系家人，确保在危险时刻能够及时获得援助。

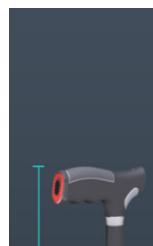


图2 产品伸展前后展示



图3 产品外观细节展示

## 三、智能手杖的功能介绍

### (一) 无线交互系统

无线交互系统采用蓝牙通信模块，可实现多模智能连接：支持主从模式及回环测试，通过串口协议实现与手机 / 耳机的无缝联动。<sup>[4]</sup> 实现语音传输保障：空旷环境下 10 米稳定语音传输，支持耳机实时通话与音乐播放。应用场景：接听来电、接收导航语音指令，解放双手专注行走。

### (二) 定位安防系统

采用 ATGM336h 芯片卫星级定位实时捕获卫星信号，精确显示经纬度与时间信息。紧急救援联动：按下 SOS 键或检测到异常

时,联合 SIM900A 模块发送带定位的紧急短信。监护人手机可实时接收位置信息,构建安全电子围栏。

超声波避障系统的设计,HC-SR04 模块实现 2cm-400cm 非接触测距,精度达 3mm 的环境感知能力。实时探测前方障碍物,通过震动或语音双重提醒规避碰撞风险,在复杂路况下的盲道识别、台阶预警、障碍物绕行<sup>[5]</sup>。

### (三) 人机交互系统

智能语音助手,实现信息无感化获取,无需低头查看,语音播报电量、导航指令、系统状态等信息。支持语音唤醒查询功能,实现“一听即得”的交互体验的便携操作。智能灯光系统,内置光敏电阻自动检测光线,弱光环境下自动开启 LED 照明与警示灯的自适应照明。检测到突发状况时,红色爆闪灯+高分贝警报器同步启动,吸引周围注意。照明距离达 5 米,警示灯可视范围超 20 米,提升夜间出行安全性<sup>[6]</sup>。

### (四) 生活便捷系统

非接触式智能模块,可实现移动支付功能,柄侧边 NFC 感应区支持公交或地铁刷卡、便利店小额支付。绑定门禁卡信息后,可直接刷手杖开启智能门锁或小区门禁,同时集成交通卡与门禁功能,简化日常出行流程。

具备视觉辅助系统,800 万像素摄像头实时捕捉画面,通过 DSP 芯片处理后传输至手机 APP,拍摄前方路况并同步显示,帮助视力障碍用户感知复杂环境,支持 720P 高清视频录制,重要场景可回溯查看<sup>[7]</sup>。

### (五) 能源保障系统

高效供电模块采用锂聚合物电池组采用正负极电解质结构,提供 10 小时持续续航。具备智能充放电,有过充/过放保护机制,支持 USB-C 快充,3 小时充满 80% 电量,休眠模式下待机时长超 72 小时,各模块智能调度能耗。

### (六) 结构设计亮点

一体化集成:八大模块按图 4 科学布局,内部走线优化,确保手柄握感舒适。工业美学:机身采用航空级铝合金,重量仅 320g,防滑纹路设计贴合掌心,耐用性:IP54 防尘防水等级,适应雨天/粉尘环境稳定运行<sup>[8]</sup>。



图4 模块内部安装示意图

## 四、智能手杖的软件设计

该套产品配备了专门的 APP,能够实时、精准地监控使用者的步数、使用时间以及运动轨迹等关键信息,如图 5 所示,APP 连接手杖流程图如 5 所示。



图5 智能手杖的APP界面

APP连接手杖流程图

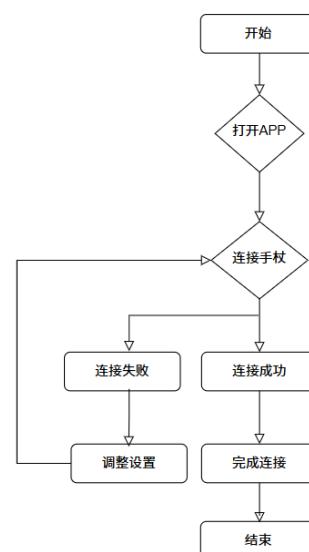


图6 APP 连接手杖流程图

该 APP 可具备以下功能。

1. 实时互动与关怀: APP 支持实时双向通话功能,监护人可随时主动联系使用者,深入了解其当前状况;同时,使用者在有需要时也能一键拨打监护人电话,沟通便捷高效。此外,APP 还设有电子围栏功能,一旦使用者超出预设的安全活动范围,APP 会立即向监护人发送提醒信息,有效保障使用者的人身安全。

2. 健康数据深度分析: APP 不仅能够详细记录使用者的步数、运动时间,还能结合 GPS 定位数据,深入分析使用者的日常出行习惯和活动强度,为监护人提供全面、详细的健康报告。例如,通过长期的数据跟踪和分析,监护人可以清晰了解使用者每天的活动规律,及时察觉其身体状况是否出现异常变化<sup>[9]</sup>。

3. 远程控制与个性化设置: 监护人可在 APP 上远程对手杖的部分功能进行灵活设置,如调节语音播报的音量大小、开启或关闭某些特定功能模块等。使用者也能根据自身喜好,在 APP 上设置个性化的语音提示内容,使手杖的使用更加贴合个人需求和习惯。

## 五、功能测试

### (一) 硬件功能测试

1. 超声波测距功能测试: 在不同距离位置放置障碍物,使用

专业标准测距工具精确测量实际距离，并与手杖超声波模块的测量数据进行对比分析。经过大量的重复性测试，发现在 2cm – 400cm 的测量范围内，超声波模块的测量结果与实际距离的误差始终控制在 3mm 以内，完全满足设计预期要求。

2.GPS 定位功能测试：在室内、室外空旷场地、高楼林立的复杂区域等不同环境条件下，详细记录手杖 GPS 模块的定位时间和定位精度。测试结果显示，在室外空旷环境中，定位速度迅速，精度可达 5 米以内；在室内或复杂环境下，虽然定位时间稍有延长，但仍能满足紧急定位的实际需求<sup>[10]</sup>。

3.蓝牙通信功能测试：在空旷地区，全面测试蓝牙模块与手机的连接稳定性以及数据传输距离。测试表明，蓝牙模块在 10 米范围内能够稳定地与手机建立连接，实现语音和数据的可靠、高效传输。

表1 智能手杖的技术参数

模块	型号/参数	功耗	接口类型	备注
主控芯片	STM32F103C8T6	50mA	SPI/I2C/UART	72MHz Cortex-M3核心
GPS模块	ATGM336H	30mA	UART	定位精度：室外≤5m
超声波传感器	HC-SR04	15mA	GPIO	测距范围:2cm-400cm
蓝牙模块	HC-05	25mA	UART	传输距离:空旷10m
摄像头	OV2640(800万像素)	200mA	DVP	支持720p视频录制
电池	锂聚合物电池 (3.7V/2000mA)	-	USB-C	续航：10小时 (典型使用)

## (二) 软件功能测试

1.APP 数据同步测试：通过蓝牙连接手杖和手机 APP，反复测试 APP 是否能够实时、准确地接收手杖传输的步数、位置、运动轨迹等数据。经过多轮严格测试，APP 能够及时、精准地更新数据，未出现明显的延迟和数据丢失现象。

2.紧急呼叫功能测试：按下手杖的 SOS 按钮，测试是否能够成功拨打预设的紧急联系人电话，并发送包含准确位置信息的短信。测试结果显示，紧急呼叫功能的成功率达 100%，短信和电话均能及时、准确地发出<sup>[11]</sup>。

## 六、结论

本设计中的手杖将嵌入式技术与相应功能模块紧密结合，采用高清高帧的摄像头，借助神经网络和深度学习技术高效处理路况信息，并通过骨传导耳机及时将信息反馈给使用者。在有效保障使用者人身安全的前提下，大幅提高了智能拐杖的准确率。

## 参考文献

- [1] 张伟, 李娜, 王丽. 基于 STM32 技术的智能导盲手杖设计与实现 [J]. 电子技术, 2024, (07): 82–86.
- [2] 吴煜霞, 吴宇辉, 杜海英. 基于 STM32 单片机控制的智能导盲手杖设计 [J]. 电子世界, 2022, (01): 40–44.
- [3] 吴翔, 夏伟. 基于 STC89C51 多功能智能手杖的设计与研究 [J]. 电子制作, 2024, (08): 85 – 87.
- [4] 邓跃辉, 王涛. 基于 STM32F103RCT6 的多功能智能手杖的设计与应用 [J]. 工业控制计算机, 2024, 37 (01): 172 – 173+175.
- [5] 王岩, 田会峰. 基于深度学习的自主识别智能语音手杖设计 [J]. 电子设计工程, 2022, 30 (17): 160 – 164+169.
- [6] 姚博文, 施夏, 刘宇澳. 智能化行程记录手杖的设计与研究 [J]. 无线互联科技, 2022, 19 (09): 68 – 70.
- [7] 黄毅翔. 基于 STM32 单片机的智能盲人手杖 [J]. 信息技术与信息化, 2021, (05): 238 – 240.
- [8] 张星舜, 吴婉荣, 余城, 等. 智能导盲手杖 [J]. 电子制作, 2020, (17): 31 – 33.
- [9] Liu X, Li Y, Zhang Z, et al. A Novel Smart Cane for the Visually Impaired Based on IoT and Multisensor Fusion [J]. Sensors, 2020, 20 (23): 6837.
- [10] Wang Y, Li X, Liu Y, et al. Design of an Intelligent Guide Cane for the Visually Impaired Using Arduino and Ultrasonic Sensors [J]. IEEE Access, 2019, 7: 176784–176792.
- [11] Chen X, Li X, Chen Y, et al. Development of a Multifunctional Intelligent Cane for the Elderly and Disabled [J]. Journal of Medical Systems, 2018, 42 (11): 197.