

基于无线通信的智能小车行驶系统设计

樊荣勇 黄妙娜^{通讯作者} 吴启源 梁金麟

(东莞理工学院 电信工程与智能化学院, 广东 东莞 523808)

摘要: 本文设计一种基于 STM32 的智能小车行驶系统, 利用红外传感器对黑线的检测实现小车的循迹功能, 通过 HC-05 超声波模块进行测距、避障以及对领头小车的跟随功能, 使用 Zigbee 和蓝牙模块实现车与车、车与手机之间的数据收发, 并实现小车的超车功能, 构建了一套具备数据传输、多模式切换、两车协同与动态交互功能的智能小车系统。

关键词: STM32; 无线通信; 智能小车; 行驶系统

随着科技的飞速发展, 现代社会逐渐趋向智能化, 智能小车的发展前景越来越广阔, 其中, 智能小车的循迹和避障功能是实现车辆的自动导航、物资运输时的自动搬运和无人配送等自动化业务^[1]。本设计采用 STM32 微控制器为核心, 整合了多种传感器与执行单元构建智能小车行驶系统。系统硬件配置包括 Zigbee 无线通信单元、HC-05 蓝牙主从集成模块、四通道红外轨迹检测装置、HC-SR04 超声测距传感器、0.96 英寸 SSD1315 OLED 显示屏、TB6612FNG 电机控制器以及四个直流减速电机。轨迹识别功能由红外检测模块完成, 障碍物探测则依靠超声测距装置实现。通过该系统的设计和实现, 智能小车能够在行驶过程中灵活地避开障碍物, 最终提高行驶过程中的安全性和可靠性^[2]。

系统采用 STM32 作为主控芯片, STM32 稳定的计算能力和丰富的外设拓展接口。通过搭建两辆智能小车, 串口通信连接 Zigbee 模块和蓝牙模块进行与手机通信和领头小车通信, 进而实现跟随小车短距离远程操控以及智能超车、跟随领头小车。STM32 芯片具有低功耗、高性能等特点, 能满足智能小车在多种功能开发方面的需求。小车的动力系统采用直流减速电机与电机驱动芯片 TB6612FNG, 能够通过调节 PWM 进而控制电机转速, 实现小车的准确转向和平稳行驶。小车的循迹系统采用红外循迹模块, 可以实时将检测的循迹信息传给主控芯片。使智能小车能够在复杂路况下准确地执行循迹任务。小车的测距避障与跟随系统选用了 HC-SR04 超声波模块, 超声波模块上电自动探测前方环境的距离信息, 并将距离信息回传至主控芯片, 并在 OLED 显示屏上将障碍物距离显示出来。这就让 STM32 小车有了测距避障的本领。在主控芯片发出跟随指令后, 跟随小车会根据超声波模块反馈的与领头小车的距离信息, 来实现与前车保持一个安全距离进行跟随领头小车。系统总体设计框架如图 1 所示。



图 1 系统总体架构

主控模块作为智能小车的大脑, 是整个系统的核心, 其选择直接影响小车的性能、功能和扩展性。基于系统架构规划, 本方案采用 STM32F103C8T6 作为核心控制单元。该处理器内置 ARM Cortex-M3 指令集架构, 具备多样化的外围设备接口资源, 此外, 它还具有 72MHz 的最大工作频率和 64kB 的 RAM, 具有强大的处理能力^[3]。在本系统中, 主要使用了 STM32 的 GPIO、UART、I2C、TIM4 等外设接口, 实现对 OLED 显示屏、Zigbee 模块、蓝牙模块、红外传感器、超声波模块以及电机驱动模块的控制, 负责对 GPIO 口的输入捕获进行分析, 对 UART 和 I2C 通信数据进行处理与执行相对应功能。循迹模块使用 4 路红外传感器, 检测范围在 1mm~50mm (推荐 8mm), 红外循迹模块的工作原理基于红外光的发射与接收机制。该模块由红外发射器和接收器构成, 发射器持续发射红外光束, 当光束遇到物体表面时会发生反射, 接收器则负责捕捉这些反射光束^[4]。为实现微型直流电机的精确控制, 系统选用了 TB6612FNG 作为核心驱动器件。该双通道 H 桥驱动芯片通过两片并联配置, 显著提升了系统驱动能力^[5]。避障模块使用 HC-SR04 超声波装置。该装置主要由发送器和接收器构成, 分别承担声波发射与接收任务。通过测量声波发射到接收的时间差, 利用声速与时间差就可以计算出其与障碍物的相隔距离。系统使用了两种通信模块, 分别是 Zigbee 模块与蓝牙模块^[6]。

智能小车系统主要设置了三个模式: 普通循迹模式、测距避障与跟随模式、超车模式。系统主程序流程图如图 2 所示, 当手机发送不同的控制指令时, 智能小车会执行不同的行驶功能, 如当跟随小车收到超车指令时, 跟随小车会通过 Zigbee 与领头小车通信, 获取是否满足超车条件 (在直道时满足超车, 弯道不满足), 在满足超车条件情况下跟随小车会向左转弯进入内圈循迹, 完成超车后回到外圈。

智能小车需要依赖超声波和红外循迹传感器来实现超车。如图 3 超车示意图所示: 跟随小车通过超声波传感器的测距功能获取与领头小车的间隔距离, 并在 OLED 屏上显示出来, 当使用蓝牙对跟随小车发出超车指令后, 通过 Zigbee 模块给领头小车发送“我要超车”信号, 领头小车收到信号后会根据前方路况是否满足超车需求来恢复“YES”或“NO”, 当前方路况是弯道时, 则回复“NO”, 跟随小车则会放弃超车; 直道时则回复“YES”,

跟随小车将会向左变道进入到内圈轨迹，并开启循迹功能，完成超车后再变道回到外圈。

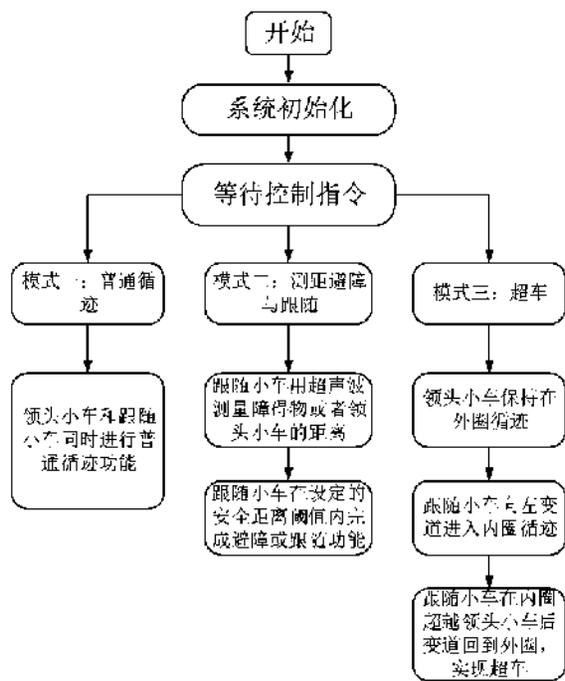


图2 系统主程序流程图

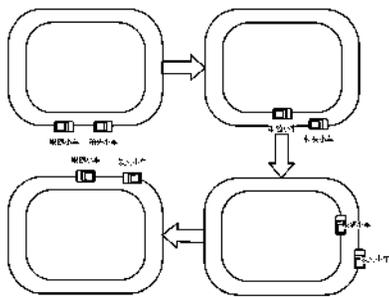


图3 超车示意图

为确保智能小车项目的整体性能，需对其硬件、软件及外围设备展开系统性检测，通过这一过程验证各组件运行的稳定性。通过手机蓝牙助手发送“普通循迹”指令，领头小车和跟随小车在黑线轨迹上成功沿着黑线稳定行驶，实现普通循迹功能；发送“测距避障”指令，智能小车会进行超声波测距避障，使用纸箱模拟障碍物进行多次实验，得到实验数据如表1所示，并得出小车的测距避障功能精确稳定；发出“跟随”指令时，跟随小车通过超声波测量与领头小车的距离，并与前车保持一个在安全阈值内的距离进行跟随行驶，通过多次实验得到实验数据如表2所示，数据表明小车具备跟随功能；发出“超车”指令时，跟随小车利用 Zigbee 与领头小车通信，获取前方路况信息，在直道时进行超车，弯道时放弃超车，通过多次实验分析如表3所示，结果证明小车可以实现超车功能。

表1 小车测距避障测试结果

测试次数	设置避障 停车距离 /cm	小车实际 停车距离 /cm	小车超声 波测量距 离/cm	小车与障 碍物是否 碰撞	实验结果 是否通过
1	15	13.8	14.3	否	通过
2	15	14.2	14.8	否	通过
3	15	14.3	15.2	否	通过
4	15	13.6	14.5	否	通过
5	15	14.8	14.9	否	通过

测试次数	设置安全 阈值距离 /cm	超声波测 得最远距 离/cm	超声波测 得最近距 离/cm	两小车是 否碰撞	实验结果 是否通过
1	8-12	13.6	7.6	否	通过
2	8-12	12.5	8.2	否	通过
3	8-12	14.1	8.5	否	通过
4	8-12	11.3	7.3	否	通过
5	8-12	11.8	7.9	否	通过

表2 小车跟随测试结果

测试次数	前方路况	是否执行超 车	两小车是否 发生碰撞	实验结果是 否通过
1	直道	是	否	通过
2	直道	是	否	通过
3	直道	是	否	通过
4	弯道	否	否	通过
5	弯道	否	否	通过
6	弯道	否	否	通过

表3 小车超车测试结果

测试次数	设置安全 阈值距离 /cm	超声波测 得最远距 离/cm	超声波测 得最近距 离/cm	两小车是 否碰撞	实验结果 是否通过
1	8-12	13.6	7.6	否	通过
2	8-12	12.5	8.2	否	通过
3	8-12	14.1	8.5	否	通过
4	8-12	11.3	7.3	否	通过
5	8-12	11.8	7.9	否	通过

本文设计并实现了一种基于 STM32 的智能小车行驶系统，通过集成 Zigbee 与蓝牙双模无线通信、红外循迹、超声波避障及 OLED 显示等模块，构建了一套具备数据传输、多模式切换、两车协同与动态交互功能的智能小车系统，该系统能够稳定实现循迹、测距避障、跟随及超车等核心功能。随着科技的发展进步，更多的新技术可以结合到智能小车设计上，希望智能小车行驶系统可以为智能化运输、不同场景的检测探查、智慧交通、环境监控等方向提供基础参考。

参考文献

- [1] 宋玉博, 郭宗祥, 张丰阁, 李晓冲. 基于 STM32 的智能循迹避障小车研究 [J]. 电脑编程技巧与维护, 2024,(08):114-117.
- [2] 聂晶晶. 基于 STM32 的智能小车避障系统设计 [J]. 电子技术, 2024,53(06):42-43.
- [3] 孔令棚, 罗小颖, 林桂平, 李咏欣. 基于 STM32 的全地形越障排爆智能小车设计与实现 [J]. 自动化与仪表, 2024,39(11):64-68.
- [4] 崔志伟, 苗丽晨. 基于 STM32 的循迹避障小车设计 [J]. 内燃机与配件, 2022,(18):16-18.
- [5] 李盛林, 黄昊晶, 唐建清. 基于单片机及红外光电传感器的循迹小车设计 [J]. 电子制作, 2020,(19):18-20.
- [6] 李汉玲. 基于 Zigbee 的无线传感器网络四驱小车系统设计 [J]. 现代制造技术与装备, 2020,(03):44-46+48.

基金项目：广东省基础与应用基础研究基金资助项目（2022A1515140166）。

2024 年东莞理工学院校级质量工程（一般项目）——高等教育教学改革项目：《电工电子技术》课程教学改革探索与实践。