

基于无线通信的智能小车行驶系统设计

黄佳茵, 黄妙娜, 郭佳艺, 何雨珊, 潘智豪, 胡培娟, 樊荣勇

东莞理工学院 电信工程与智能化学院, 广东 东莞 523808

DOI: 10.61369/SSSD.2025070006

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

Design of Intelligent Car Driving System Based on Wireless Communication

Huang Jiayin, Huang Miaona, Guo Jiayi, He Yushan, Pan Zhihao, Hu Peijuan, Fan Rongyong

School of Electrical Engineering and Intelligentization, Dongguan University of Technology, Dongguan, Guangdong 523808

Abstract : This paper designs an STM32-based intelligent car driving system, which realizes the car's tracking function by using infrared sensors to detect black lines. It uses the HC-05 ultrasonic module for distance measurement, obstacle avoidance and following functions of the leading car. The Zigbee and Bluetooth modules are employed to realize data transmission between cars and between cars and mobile phones, and the overtaking function of the car is also implemented. A set of intelligent car systems with data transmission, multi-mode switching, two-car collaboration and dynamic interaction functions is constructed.

Keywords : STM32; wireless communication; intelligent car; driving system

引言

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的避开障碍物, 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。

基金项目: “东莞理工学院大学生创新创业训练计划立项项目” 和项目编号: S202411819059, 项目名称: 基于无线通信的智能小车跟随行驶系统的设计;

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。

通讯作者: 黄妙娜, Email: huangmn@dgut.edu.cn

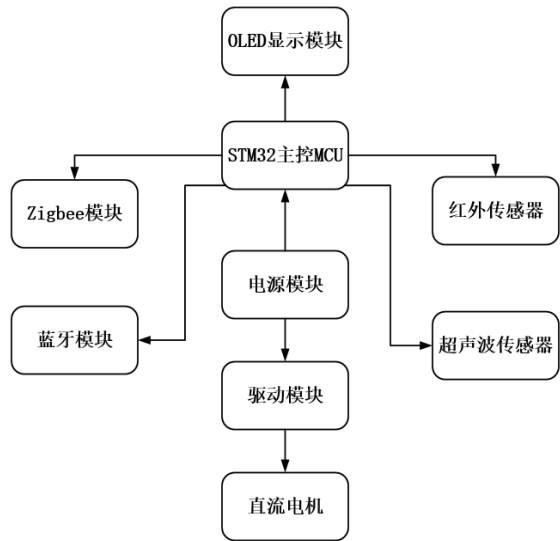


图1 系统总体架构

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。

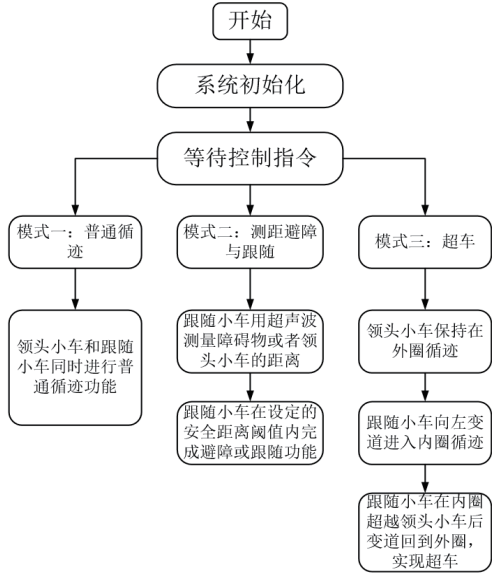


图2 系统主程序流程图

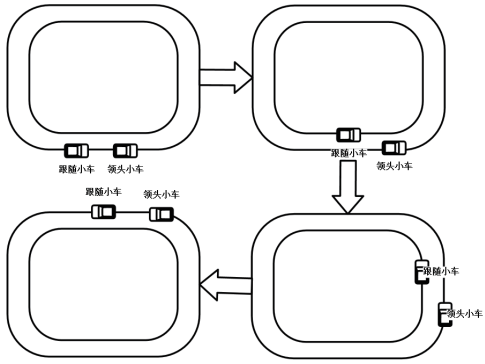


图3 超车示意图

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

表2 小车跟随测试结果

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

表3 小车超车测试结果

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

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.