

基于 STM32 的智能循迹小车设计与实现

申浩南

陕西国际商贸学院计算机科学与技术

DOI:10.32629/acair.v3i4.17931

[摘要] 针对智能循迹小车在教学实验与移动平台应用中的控制需求,本文设计并实现了一种基于 STM32 单片机的智能循迹小车系统。系统以 STM32F103C8T6 作为核心控制单元,结合红外传感器完成路径信息采集,并通过差速控制方式实现小车行驶方向的实时调整。在硬件方面,构建了由主控模块、红外循迹模块及电机驱动模块组成的控制平台;在软件方面,设计了红外信号采集、滤波处理及路径决策流程。实验结果表明,该系统能够稳定识别既定轨迹,并在不同路径偏移情况下实现有效修正,具有结构清晰、运行可靠的特点,可为智能小车相关研究与教学应用提供参考。

[关键词] STM32 单片机; 智能小车; 红外循迹模块; 差速控制

中图分类号: TN915.5 **文献标识码:** A

Design and Implementation of Intelligent Tracking Car Based on STM32

Haonan Shen

Computer Science and Technology, Shaanxi International Business College

[Abstract] In response to the control requirements of intelligent tracking vehicles in teaching experiments and mobile platform applications, this paper designs and implements an intelligent tracking vehicle system based on STM32 microcontroller. The system uses STM32F103C8T6 as the core control unit, combined with infrared sensors to collect path information, and achieves real-time adjustment of the car's driving direction through differential control. In terms of hardware, a control platform consisting of a main control module, an infrared tracking module, and a motor drive module has been constructed; In terms of software, infrared signal acquisition, filtering processing, and path decision-making processes have been designed. The experimental results show that the system can stably recognize the established trajectory and achieve effective correction under different path deviations. It has the characteristics of clear structure and reliable operation, which can provide reference for research and teaching applications related to intelligent vehicles.

[Key words] STM32 microcontroller; Intelligent car; Infrared tracking module; differential control

1 引言

随着自动化控制与移动机器人技术的发展,智能循迹小车因具备自主路径跟随能力,在高校实验教学及轻型物料转运等领域得到广泛应用。传统循迹系统多采用8位单片机作为控制核心,受限于运算性能和外设资源,难以满足系统稳定性与扩展性的需求。STM32系列单片机基于ARM Cortex-M3内核,具有运算速度快、功耗低和接口资源丰富等优势,适用于智能循迹控制系统的设计。本文以STM32F103C8T6单片机为核心,结合红外路径检测与差速驱动控制方法,设计并实现了一种智能循迹小车系统,实现对预设轨迹的稳定识别与跟随控制,为相关智能移动平台的设计与应用提供参考。

1.1 系统总体设计

本系统围绕智能循迹功能需求进行整体架构规划,采用以

STM32单片机为核心的模块化设计思路。系统由主控单元、路径检测单元、驱动执行单元及控制程序四个部分构成,其中硬件部分负责环境信息采集与运动执行,软件部分完成数据处理与控制决策。系统运行过程中,红外传感器实时采集路径状态信息,经单片机分析处理后生成运动控制指令,并通过差速方式调节小车行驶姿态。各模块在统一控制逻辑下协同运行,形成完整的循迹控制闭环,从而实现小车对既定路线的稳定跟随。

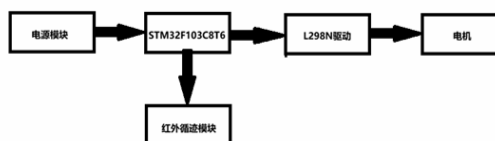


图1.1 系统总体设计图

2 系统硬件设计

系统硬件平台以STM32F103系列单片机为控制核心,结合路径检测与动力执行单元构建完整的循迹控制硬件体系。硬件设计重点围绕路径信息获取的准确性与电机驱动的稳定展开,通过红外传感模块实现地面轨迹识别,并借助电机驱动电路完成小车行进与转向控制。各硬件模块在电气接口与功能分工上进行针对性匹配,保证信号传输可靠、响应过程连贯,为后续软件控制策略的实现提供稳定的物理基础。

2.1 主控电路

本设计主控单元选用的STM32F103C8T6,是意法半导体基于ARM Cortex-M3内核架构开发的32位嵌入式微控制器,采用LQFP 48标准封装,凭借紧凑的结构设计与均衡的性能表现,成为小型智能控制场景的优选方案。该芯片核心工作主频可达72MHz,片内集成64KB闪存编程存储区与20KB静态随机存取存储单元,既能保障控制程序的稳定存储与快速读取,又可满足系统实时数据运算及临时缓存的高效处理需求,为智能循迹小车的精准控制提供可靠算力支撑。

在引脚资源供给上,STM32F103C8T6共对外引出37个通用多功能I/O接口,这些接口可通过程序灵活配置为输入、输出或外设复用模式,其中多路引脚具备PWM波形输出、ADC模拟信号采集等拓展功能,完美匹配本小车系统的硬件交互需求。通过GPIO接口接收红外循迹探头传输的路径检测信号,经芯片内部逻辑运算完成路径识别后,由具备PWM输出功能的引脚向L298N驱动模块发送调速与转向控制信号,实现对车轮电机的精准驱动。

此外,该芯片内置通用定时器、异步串口等丰富的片上外设资源,可便捷实现系统定时调度、外部设备数据交互等拓展功能,且其低功耗运行特性能够适配小车移动场景的供电约束。相较于传统8位单片机,STM32F103C8T6在多任务并行处理效率与外设扩展兼容性上优势突出,无需额外搭建复杂的扩展电路,即可完成“信号采集-逻辑解析-执行指令输出”的全流程控制链路,是兼顾控制性能、硬件成本与开发便捷性的适配主控选型。

2.2 驱动电路

L298N是一款基于双H桥电路拓扑架构设计的高集成度电机驱动器件,由意法半导体研制生产,具备较强的负载驱动能力与稳定的控制特性,是中小型直流电机驱动系统中的典型适配方案。该器件内部集成两组独立的H桥功率放大单元,可同步驱动两路直流电机或单路步进电机,单路持续输出电流可达2A,峰值电流可达4A,能够匹配智能循迹小车的4路直流电机驱动需求(通过两组H桥分别管控左右侧车轮),保障小车行驶与转向过程中的动力供给。

控制逻辑层面,L298N通过IN1~IN4四路数字控制接口接收STM32F103C8T6的输出信号,搭配ENA、ENB使能接口的PWM波形输入,可灵活实现电机的正反反转切换及无级调速,为小车差速转向算法的落地提供硬件基础。此外,器件内置过流保护机制,当输出电流超出设定阈值时,会自动切断驱动通道,避免电机或驱动器件因过载损毁;同时其配备的5V稳压输出接口,可直接为红外

循迹探头等外设供电,有效简化了小车系统的电源回路设计。

相较于采用分立元件搭建的驱动电路,L298N凭借集成化设计降低了硬件组装的复杂度与故障发生概率,且控制逻辑简洁、兼容性强,广泛应用于智能小车、移动机器人等小型移动平台的电机驱动场景,完全契合本设计对电机动力控制稳定性与灵活性的核心要求。

2.3 循迹电路

本设计采用红外探头完成路径识别任务,该器件基于红外光束发射与反射强度差异实现无接触式检测,具备低成本、响应快的特性,可满足小车动态循迹的实时性需求。红外探头内部整合红外发射与接收单元,工作时发射特定波段红外光束,光束经地面反射后被接收单元捕捉。由于黑色路径与白色背景对红外光的吸收能力差异显著,接收单元获取的反射光强度不同,经内置信号调理单元转换、阈值比较后,输出高低电平信号至STM32F103C8T6的GPIO接口,为主控芯片判定路径位置提供数据支撑。

本设计中5路红外探头以一字型布局安装于小车底盘,实现路径多点覆盖,规避单探头检测盲区导致的循迹偏移。该探头无需繁琐校准,工作电压兼容L298N模块的5V输出,与系统电源架构无缝适配,且结构紧凑易装配、抗可见光干扰能力强,在室内常规光照下可稳定工作,是中小型智能循迹系统的理想检测部件。

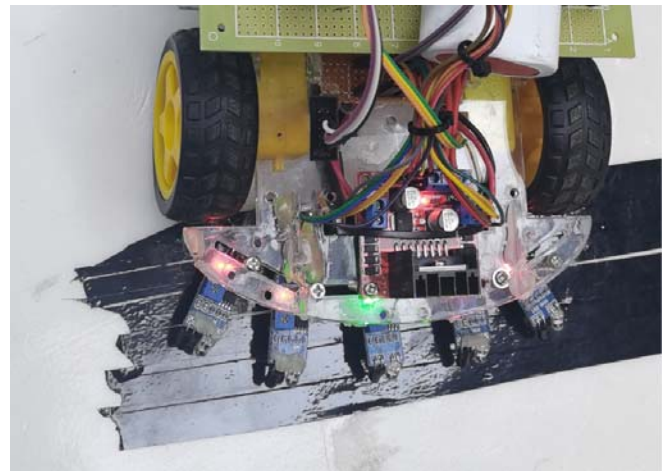


图2.1 红外探头安装设计图

3 系统软件设计

系统软件主要承担路径信息处理与运动控制决策任务,围绕红外传感数据构建循迹控制逻辑。程序通过对采集到的路径状态进行分析判断,确定小车当前行驶姿态,并依据判断结果生成相应的运动控制指令。控制策略采用差速调节方式,通过改变左右驱动轮转速差实现方向修正。软件结构在保证控制响应实时性的同时,兼顾运行稳定性,使小车在连续行驶过程中保持良好的循迹效果。

3.1 软件整体框架设计

系统软件采用基于状态循环的控制框架,其运行逻辑如流

程图所示。程序启动后完成各功能单元的参数配置与接口映射,包括红外检测模块、电机驱动端口及相关定时资源。进入主控制循环后,系统持续获取红外传感器反馈的路径信息,并对当前行驶状态进行判断。当检测结果表明小车发生路径偏移时,控制程序根据偏离情况对运动方向进行修正,同时维持路径信息的连续采集;当运行状态正常时,单片机输出相应控制指令,经驱动模块调节左右轮转速,实现小车的稳定前行。上述判断与控制过程在运行过程中反复执行,使小车能够在动态环境下完成连续循迹。

3.2 红外信号采集与滤波设计

红外信号采集环节依托软件底层驱动完成硬件适配与数据捕获,核心通过STM32F103C8T6的PA0-PA3引脚实现。软件端首先完成GPIO接口的初始化配置,涵盖对应端口时钟使能、寄存器参数标定,将引脚定义为上拉输入模式;随后在主程序循环中,以10ms为固定周期循环读取4路红外探头回传信号,把黑色路径对应的低电平、白色背景对应的高电平,转化为二进制数据并存入数据暂存区,为后续的信号净化处理提供原始数据载体。

滤波处理重点在于软件算法优化以保障信号质量,针对性解决噪声震颤与环境杂光干扰问题。软件层面采用“三次连续采样+多数表决”的抗扰策略,在1ms时间区间内对单路探头信号进行三次重复采集,以两次及以上一致的采样结果作为有效信号判据,过滤掉噪声诱发的高频信号跳变;同时通过软件逻辑构建邻域一致性核验机制,剔除单路孤立低电平这类非连续路径信号,规避环境杂散光线反射造成的误触发干扰。经双重软件滤波净化后,再通过软件层的信号映射规则,将5路有效电平信号转化为“直行、左偏、右偏”的标准化路径状态,确保传递至路径决策模块的数据具备精准性与稳定性。

3.3 路径决策与控制算法设计

路径决策模块以滤波后的5路红外电平信号为输入,通过软件逻辑完成路径状态判别。系统将探头电平整合为二进制特征编码,据此界定“直行、左偏1档、左偏2档、右偏1档、右偏2档、脱轨”6类行驶状态,对连续低电平编码判定为有效路径,孤立低电平直接归为无效干扰,结合历史状态回溯核验进一步排除误判,输出精准的偏移方位与量级指令。

控制算法采用差速转向方案实现路径修正,核心逻辑为:内侧轮降速、外侧轮保持原速或提速。针对不同偏移状态预设电机PWM占空比阈值:直行工况下左右轮占空比持平;左偏时下调左轮占空比、拉升右轮驱动力;右偏时逆向调校参数;脱轨时

触发降速避障模式。算法将决策指令映射为占空比具体数值,输送至驱动模块完成转向动作,兼顾循迹精度与行驶平稳性。

3.4 电机驱动设计

电机驱动模块承担路径决策指令的硬件执行功能,基于STM32F103C8T6的PB0~PB3引脚与L298N驱动芯片完成信号对接。软件端先行完成GPIO接口初始化配置,将引脚定义为推挽输出模式,通过高低电平的组合逻辑实现电机正反转的精准换向;同步配置定时器生成PWM调控波形,将决策模块输出的占空比参数精准映射为定时器比较寄存器的具体数值,实现电机转速的无级调控。模块被封装为Motor_Drive函数,输入左右轮占空比参数即可自动完成电平配置与PWM信号输出,实现指令到动作的高效译码,保障小车换向与调速的即时响应性和运行平稳性。

4 结语

本文以STM32F103C8T6单片机为控制核心,对智能循迹小车的系统构成与控制方法进行了设计与验证,分别从硬件结构搭建和软件控制逻辑两个层面构建了较为完整的系统方案。在硬件设计方面,将红外循迹传感模块、电机驱动模块与主控电路进行合理集成,确保路径信息采集的及时性以及电机驱动过程的可靠性;在软件设计方面,通过对传感器信号进行分级处理与滤波,提高路径识别的准确度,并基于差速转向控制方法,实现对小车行驶方向的实时调整。实验结果表明,该系统能够稳定识别设定轨迹,在不同路径偏移条件下均可快速完成姿态修正,表现出良好的响应速度与运行稳定性。该设计方案结构清晰、成本可控,适用于教学实验和基础型自主移动平台的开发需求。后续研究中,可在现有系统基础上引入无线通信、避障感知等功能模块,以进一步拓展系统的智能化水平和应用场景。

[参考文献]

- [1]于雷,支语睿,朱一凡.基于STM32的智能循迹小车设计[J].赤峰学院学报(自然科学版),2019,35(04):108-110.
- [2]曾尧.基于STM32的智能小车循迹优化设计[J].机械工程师,2022,(01):25-27.
- [3]王赛君,江远华.自动驾驶智能小车差速器的结构设计[J].汽车维修与保养,2025,(10):82-84.
- [4]董杰,王国豹.基于STM32的智能循迹往返小车设计[J].电子设计工程,2013,21(12):158-160.

作者简介:

申浩南(2003--),男,汉族,宁夏省固原市人,本科,计算机科学与技术。