

基于 STM32 的循迹避障机器人设计

周占伟

成都九上科技有限公司, 四川 成都 610041

[摘要]为设计一款能够在按照既定路线行进,且运行中遇到障碍物时及时自动绕行的循迹避障机器人。本篇文章根据拟达到的目标,对系统结构进行了布局,确定了以 STM32F103ZET6 为主控制器、超声波传感器模块、电机驱动模块等相融合的设计方案。并完成了系统的硬件设计、软件设计以及实物模型的制作。通过对该机器人进行了三次性能测试可知,从绕障时间、与障碍物的距离以及返回位置的偏离度三个指标显示,其运行时间稳定、避障精度也达到了预设目标,即实现了合理化的方案设计。该设计对于实现机器人的智能化、自动化的场景应用具有良好的工程价值。

[关键词]STM32; 循迹避障机器人; 性能测试; 避障精度

DOI: 10.33142/sca.v7i11.14188

中图分类号: TP2442

文献标识码: A

Design of Obstacle Avoidance Robot Based on STM32

ZHOU Zhanwei

Chengdu Jiushang Technology Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610041, China

Abstract: In order to design a tracking and obstacle avoidance robot that can automatically navigate around obstacles in a timely manner while following a predetermined route. This article laid out the system structure based on the intended goals, determined a design scheme that integrates STM32F103ZET6 as the main controller, ultrasonic sensor module, motor drive module, etc., and completed the hardware design, software design, and physical model production of the system. Through three performance tests on the robot, it was found that the running time was stable and the obstacle avoidance accuracy met the preset goals, as indicated by the three indicators of obstacle avoidance time, distance from obstacles, and deviation from the return position, achieving a rational design scheme. This design has good engineering value for the application of intelligent and automated robot scenarios.

Keywords: STM32; tracking and obstacle avoidance robot; performance testing; obstacle avoidance accuracy

随着智能机器人在各种场景中的应用越来越广泛。其行走的适应性要求也在不断提升。其中,遇见障碍物时的自动绕行功能则是最基础且关键的技术。因此,对移动机器人进行自动绕行功能研究,具有良好的应用价值。

近年来,国内许多高校和企业都对自动绕障行走机器人做了大量的研究。例如:2022年,沈阳工业大学李世超在设计物料配送机器人时,采用了AGV动态路径规划方法,建立了系统的数学模型,并筛选出了优化的实时路径设计方案^[1];同年,河南科技大学谢赛宝、刘春阳等人采用PRM-D*路径规划法,使避障机器人的动态障碍物识别准确率达到了80%,并提升了系统的鲁棒性^[2];2023年,国网上海市电力公司信息通信公司朱玺对于地形比较复杂的巡检机器人避障方案设计中,以历史数据为基础,构建其运动模型,并将安全距离、惩罚因子函数等要素考虑在内,实现了机器人在不同障碍物条件下运行的良好控制效果^[3];2024年,安阳工学院吴静松及耿振铎采用改进BP-PID控制的方式提升了不同环境下机器人移动的避障效果^[4]。上述研究表明,自动绕障机器人的运行效果与主控制器、传感器以及算法等因素关联较大。因此,本文以循迹避障机器人为设计对象,以预设的避障效果为目标,从系统硬件设计和软件设计两个方面进行研究,拟达到预期的避障精度。

1 系统方案

1.1 系统结构

在机器人的系统结构布局中,根据其避障绕行的功能。拟确定的结构包括:主控制器、超声波测距模块、电源模块、电机驱动模块以及三路灰度模块等。其中,机器人的行走机构设定为轮式^[5]。在结构布局时,机器人的正面和左、右视面分别布置超声波传感器模块进行障碍物识别。并通过软件编程,设定障碍物距离阈值。同时,主控制器还与电机模块配合,通过传送指令,适时驱动电机运行,从而带动行走机构动作。为了让机器人能够在起始点精确停靠,系统还设置三路灰度模块,通过检测颜色来确定起始点,并由主控制器控制其启停。系统的布局如图1所示。

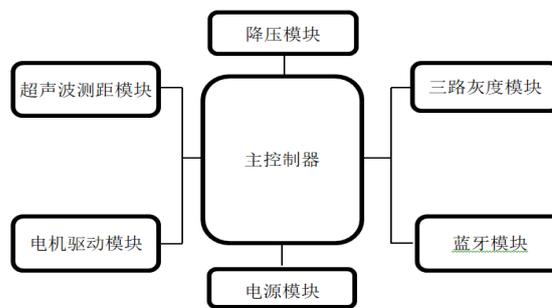


图1 系统布局

1.2 方案选择

1.2.1 主控制器方案选择

在主控制器方案的选择中,需要从3个方面进行考虑:

(1) 机器人按预设路径行驶的精度;(2) 控制系统的响应速度;(3) 机器人运行中障碍识别的精度以及启停控制的及时性。综上所述,本文主控制器类型确定为STM32F103ZET6^[6]。原因在于:(1) 该类型的单片机外设资源种类较多,对各种场景的应用需求都能满足;(2) 运算速度快,能够满足高性能的使用需求;(3) 存储空间较大。其Flash最大为512K,最大64K字节的SRAM(静态随机存取存储器)。

1.2.2 测距模块方案

超声波测距传感器的类型确定为HC-SR04^[7]。原因在于:该传感器是基于超声波回波测距原理来检测机器人和障碍物之间的距离。该特点使得这类型的传感器具有较快的响应速度、较高的测量精度。

1.2.3 定点停位方案

对于机器人的定点停位方案而言,主要采用灰度传感器来实现。该传感器的工作原理是根据各检测面的颜色不同导致对光反射程度的差异性,使得光敏电阻检测不同返回光时,其阻值也呈现差异性,从而输出高低电平。该方案设计的特点是机器人对于定点停位的地面颜色的可控性较高,能够比较精确地让机器人停在指定位置。

2 系统硬件与软件设计

2.1 系统硬件设计

2.1.1 主控模块

本文选择了STM32F103ZET6单片机作为主控。其控制电路如图2所示。

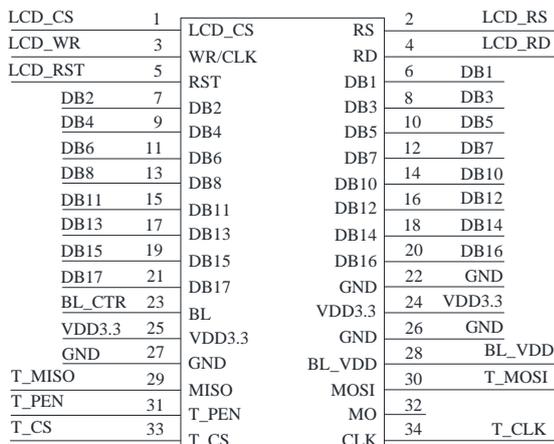


图2 主控芯片电路图

2.1.2 超声波传感模块

HC-SR04超声波传感器具有良好的环境适应性。机器人在不同场景下的运行中,该传感器对各场景的光线情况没有特殊的要求。该传感模块在工作时,先通过发射器发射出超声波,再利用接收器接收反射波,根据系统的计算,

最终得到障碍物的距离值。超声波传感器模块如图3所示。

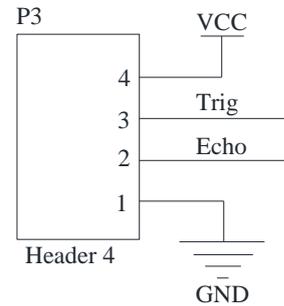


图3 HC-SR04 超声波传感器模块

2.1.3 电机驱动模块

在电机驱动模块的设计中,采用的是L298N模块^[8]。在机器人运行中,该模块驱动四台直流电机的运行,从而带动机器人轮式结构的行进。在该模块的设计中,采用PWM来控制引脚A和B。与此同时,通过将IN1、IN2以及IN3、IN4这两对引脚分别连接到高电平和低电平。如此一来,主控制器中的两个端口输出的PWM信号便能够有效控制端口A和B,从而实现机器人的直线行走、转弯以及速度控制等功能。该电机驱动模块的原理如图4所示。

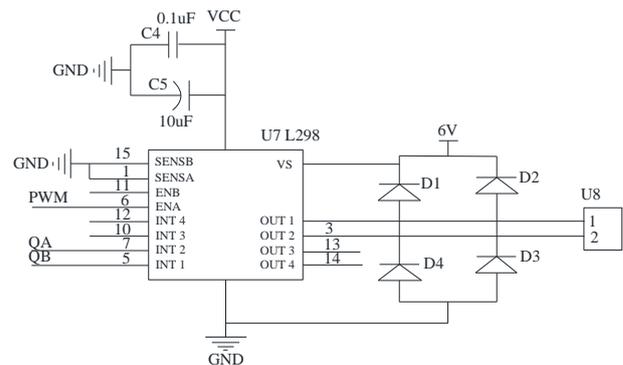


图4 电机模块

2.1.4 电源模块

为达到机器人运行时整个系统的电能使用要求,本文选择DC-DC电压转换模块作为电源模块,型号AMS1117^[9]。电源模块的电路原理如图5所示。

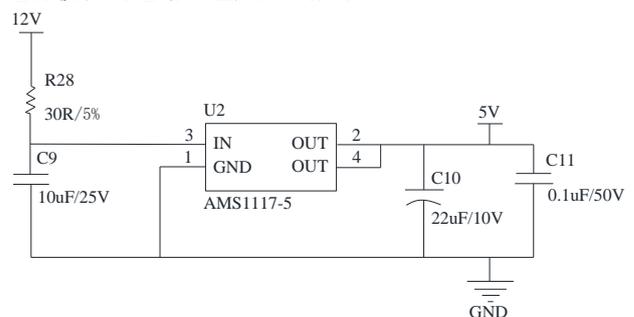


图5 电源模块

2.1.5 三路灰度传感器模块

三路灰度传感器模块电路原理^[10]如图6所示。

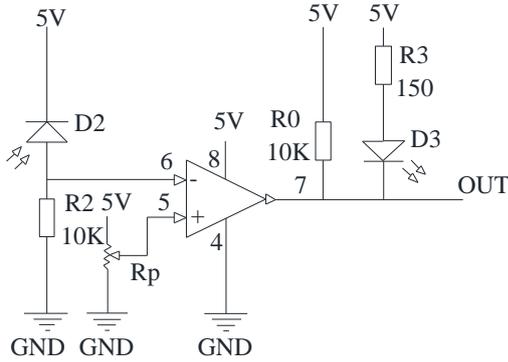


图6 三路灰度传感器模块

2.2 软件设计

在系统的软件设计中，可以设计为双模式的形式，并设置按键进行不同的模式选择。主要包括：(1) 绕障个数为两个；(2) 绕障个数为三个及以上。当系统开始运行时，超声波传感器随机动作，开始对障碍物进行距离检测，并将检测信号反馈至主控制器。在该环节中，通过编写程序让主控系统对电机驱动模块发送动作指令，驱动机器人行进，然后在既定的位置标记黑色记号，并通过机器人上的灰度传感器识别，当检测到黑色标记时，机器人就会随即停车。

软件设计的整体流程如图7所示。

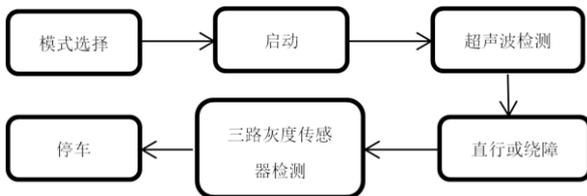


图7 程序设计流程图

3 系统性能测试

完成系统的硬件和软件设计后，该设计方案是否合理，需要进行性能验证。因此，本项目按照设计方案制作了机器人模型，并进行性能测试。测试的内容包括机器人运行时的避障效果和停车时的位置准确性。

3.1 系统测试步骤

对于机器人系统的性能测试而言，主要的步骤为：

(1) 确定机器人的行车段数。机器人的行车段数较少，则测试结果可能存在偶然性。因此，需要取样足够的行车段数，使得测试结果更加准确。

(2) 数据测试与记录。对机器人行进轨迹中的一些位置进行标记。同时，布置一些障碍物。当机器人动作时，对相应的数据进行记录。例如：机器人检测到前方有障碍物时，其停车、绕障动作时，测量与障碍物两侧之间的距离，机器人停车时与停车标记之间的偏差等。

(3) 时间记录。测试时，记录整个机器人直行、绕障、返回的完整时间。

(4) 统计、分析以及计算数据，判断机器人的性能。

3.2 测试结果分析

本次小测的测试次数合计3次，要求绕障时，距离障碍物的左右距离为15cm，机器人来回到停车点的位置偏差不得超过4cm。部分测试数据如表1-3所示。

表1 测试时间数据

绕障段数	时间 (s)			平均时间 (s)
	第1次	第2次	第3次	
3	7.61	7.13	7.88	7.54
5	13.84	14.16	13.72	13.91
7	22.67	22.12	22.35	22.38

从表1所示的测试时间数据来看，绕障段数相同时，每次测试所花的时间略有偏差，但从偏差的具体数值来看，属于一个比较小的范围，几乎可以忽略，由此可以认为，该机器人在运行轨迹和绕障段数相同时，所需时间比较稳定，即机器人的驱动效果性能良好，行走机构的运行比较稳定。

通过对机器人绕行障碍物进行机器人位置与障碍物偏离位置进行距离测试，限于篇幅，本文仅取前3个障碍物的测试数据进行说明，具体结果如表2所示。

表2 机器人绕行时与障碍物距离

障碍物序号	第1次测试		第2次测试		第3次测试	
	左 (cm)	右 (cm)	左 (cm)	右 (cm)	左 (cm)	右 (cm)
1	14.78	15.36	15.02	15.11	15.49	15.85
2	15.31	15.48	15.95	15.52	14.89	15.87
3	15.05	15.73	14.92	15.04	15.33	15.61

从表2所示的距离测试可以看出，虽然机器人的3次绕障行驶中，和障碍物左右两侧的距离均有不同，但从具体的数值偏差来看，处于一个比较小的范围。预设的理论距离值为15cm，而每次的实测结果均与15cm的理论值偏差较小。因此，可以说明机器人与障碍物的距离满足预期要求。

机器人出发时，标记出发点，当返回停车位置后对偏离度进行测试，取绕障数为3, 4, 5时，结果如表3所示。

表3 位置偏离度

绕障数	偏离度		
	第1次测试 (cm)	第2次测试 (cm)	第3次测试 (cm)
3	3.57	3.12	3.38
4	2.98	2.83	2.86
5	3.21	3.36	3.04

由表3所示的位置偏离度来看，机器人从起始位置按照既定路线行驶，再返回后，确实存在一定的偏离度，且绕障数量的不同，偏离度也不一样。但从偏离的数据来看，同样的绕障数，每次测试时，位置的偏离度比较稳定。且从三种不同的绕障数条件下的测试结果来看，偏差的位置均不超过4cm，满足预期的要求。综上所述，该机器人的

设计方案比较合理,各项测试数据达到了设定的目标。

4 结论

在对循迹避障机器人设计时,根据其具体的功能,对基本的结构进行了布局,并完成了系统硬件和软件的设计,最后制作了实物模型并进行测试。良好的结果显示该系统的设计比较合理,达到了预期目标。下一阶段的工作,将继续完善该系统的各模块设计与调试,达到持续优化性能的目的。

[参考文献]

- [1]李世超.基于实时避障的AGV动态路径规划研究[D].沈阳:沈阳工业大学,2022.
- [2]谢赛宝,刘春阳,陈帆,等.基于视觉的自主机器人障碍识别与路径规划[J].电子测量与仪器学报,2022,36(12):185-192.
- [3]朱玺.考虑行进避障的巡检机器人编队队形自动控制方法[J].电子设计工程,2023,31(24):118-121.
- [4]吴静松,耿振铎.采用改进BP-PID控制的机器人避障仿真研究[J].中国机械工程学报,2024,22(4):437-441.
- [5]常微,于福龙,卢元利,等.一种无人值守巡检机器人行走机构的设计研究[J].中国设备工程,2023(20):34-36.
- [6]尹成娟,张晓荣,郭栋梁,等.基于STM32的多功能控制面板设计[J].电子制作,2023,31(19):59-62.
- [7]王永彬.基于HC-SR04模块的高精度超声测距系统[J].科技与创新,2023(17):57-59.
- [8]李鹏.基于L298N的直流电机调速系统[J].电子测试,2022,36(21):37-40.
- [9]陈桃.基于改进模糊PI控制的双有源桥DC-DC变换器[J].计算机技术与自动化,2023,42(4):1-8.
- [10]徐贤,高小慧,李羽晴,等.基于STM32单片机的智能送药小车设计[J].电子制作,2024,32(6):37-40.

作者简介:周占伟(1991.4—),男,工程师,本科,主要从事嵌入式方面的研究。