

基于 STM32 的可遥控智能跟随小车设计

刘磊 孙晓菲 张煜

(西南交通大学电气工程学院 成都 611756)

摘要: 针对物品搬运时人类双手仍无法完全解放的现状,设计并实现了一种基于 STM32、超声波测距以及比例控制算法的可遥控智能跟随小车。小车以 STM32 为控制核心,有智能跟随和红外遥控 2 个模式可选。跟随模式下用 2 个安装在前端的超声波模块分别实时测量小车与目标之间的距离,单片机采用比例控制算法,根据实测距离控制左右电机转速;遥控模式下单片机根据接收到的红外遥控信号控制小车的运动方向。试验结果表明:小车在 2 m 以内准确跟随几率大于 95%、响应时间小于 250 ms。该设计实现了小车对目标的 360°智能跟随以及在必要时对小车的遥控操作,系统可靠,较人性化。

关键词: 机器人控制;智能跟随小车;STM32;超声波测距

中图分类号: TP242.6 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8050

Remote controlling and intelligent following car design based on STM32

Liu Lei Sun Xiaofei Zhang Yu

(School of Electrical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 611756, China)

Abstract: Currently human hands are still not liberated when men carry things. This paper designs and implements a remote control and intelligent following car based on STM32, ultrasonic ranging and proportional control algorithm. The car uses STM32 as its control center, and the intelligent follower mode and the infrared remote controlling mode are both available for the car. There are two ultrasonic modules installed on the front to watch the distance between the car and the target at each time under the following mode. SCM adopts proportional control algorithm and controls the motor speed on the left and right side according to the watched distance. It controls the moving direction of the car according to the received infrared signal under remote controlling mode. Experimental results show the car accurately follow probability greater than 95% and response time less than 250 ms within two meters. This design accomplishes the goal that a intelligent car can automatically follow the target even turning 360° and people can control the car remotely when necessary. The system is reliable and convenient to people.

Keywords: robot control; intelligent following car; STM32; ultrasonic ranging

1 引言

随着科学技术的发展和社会的需要,移动机器人技术得到了迅速发展,正在各行各业中应用,使人们的生活更加便利,小车智能化已经成为了主流趋势。智能小车是一个集自动控制、环境监测、无线遥控等多功能于一体的综合系统,人们习惯称其为移动轮式机器人,目前以单片机为核心的移动机器人还存在处理数据局限、控制不稳定等不足之处,国内市场暂时还没有出现具有真正意义的跟随性智能载物小车^[1-3]。本设计基于单片机的智能小车测距模块、红外遥控模块和小车智能控制模块,通过软硬件设计调试,实现了小车的自动跟随状态。主要利用超声波测距模块实现小车与目标之间距离的实时检测,当两者距离较近小车就

“缓慢跟随”,一旦测得距离较远,小车将“加快脚步”,直到追上目标,并且小车可以跟随目标一起转弯,不会“跟丢”。用户也可以切换到遥控模式遥控小车运动,增加其可靠性。此类智能跟随小车既可以应用于工业生产中,又能在商场、家庭中为人类运送物品提供便利。

2 硬件设计

2.1 系统总体设计

为实现小车智能跟随,采用了超声波测距、电机驱动、红外遥控等功能模块设计。通过超声波所测距离,判断小车快速前进,慢速前进或停止^[4-5]。小车以 STM32 为主控芯片,将 2 个超声波测距模块测得的距离值经过运算后,输出两路

PWM(pulse width modulation)波分别控制左右 2 个电机的转速。电源给控制部分和电机驱动部分供电。另外 STM32 连接了 LCD 显示模块和红外接收电路,分别用于显示运动、状态信息和接收遥控器的控制信号。系统总体设计如图 1 所示。

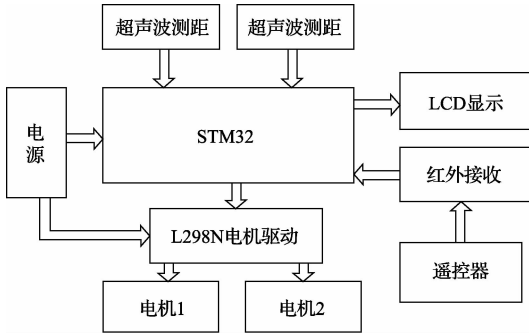


图 1 系统总体

2.2 超声波测距模块

超声波是指频率高于 20 kHz 的声波,超声波在介质中传播时遇到不同的界面将产生反射、绕射、折射等原理在各行各业得到广泛应用^[6]。本设计所使用的测距模块为 HC-SR04 超声波模块,该模块测量范围为 3~400 cm,精度最高可达 3 mm,由超声波发射探头、控制电路和驱动电路组成^[7-8]。模块对外引出 4 个引脚分别为 VCC、GND、TRIG 和 ECHO。测距需要 IO 口触发,即先给控制端 TRIG 至少 10 μs 的高电平信号,模块将自动发送 8 个 40 kHz 的方波并自动检测 ECHO 端是否有返回信号,若有返回信号则高电平持续时间即为超声波在空气中传播的时间。由此可得:测试距离=(高电平时间×声速)/2。因此将模块的 VCC、GND 接入系统电源,TRIG、ECHO 端接单片机普通 IO 口即可实现超声波测距。

2.3 电机驱动模块

小车通过一个 L298N 电机驱动模块驱动左右电机控制小车的运动^[9]。电机采用 PWM 调速,即改变直流电机枢电压的占空比来改变平均电压,从而实现直流电机调速^[10]。除了 2 个电机对应的 PWM 信号调速之外,该模块还需要 4 路逻辑输入控制电机 M1、M2 转向,模块连接如图 2 所示。因此将 PWM 信号输入端接入单片机定时器输出,逻辑输入端接单片机配置为输出模式的 IO 口即可实现对该模块的控制。

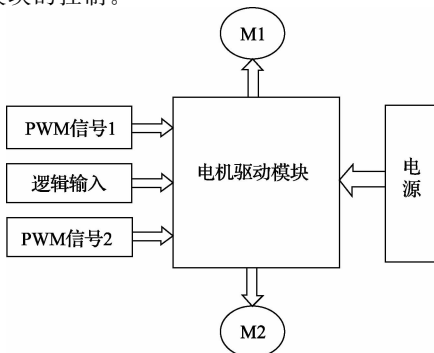


图 2 电机驱动模块连接

2.4 红外遥控

红外遥控是一种无线、非接触控制技术,具有抗干扰能力强、信息传输可靠、功耗低、成本低、易实现等显著优点^[11]。本设计使用的是 NEC 编码方式的遥控器,红外接收选择 HS0038 红外遥控器接收头,接收头有 3 个引脚分别为 VCC、GND 和 DATA。VCC、GND 分别接系统的正、负极,DATA 接入单片机定时器的一路输入捕获通道即可对红外遥控信号进行解码。

2.5 LCD 显示

选择 LCD12864 作为显示模块。该显示屏支持中、英文字符显示,显示信息量大并且支持串行通信,控制十分方便。由于 STM32 主频高达 72 MHz,故在本设计中选择串行控制 LCD12864,在满足速度要求的条件下节省了 IO 口。除了将电源引脚、背光引脚接入系统电源并将 PSB 引脚接地之外,用单片机的 3 个 IO 口操作 CS、SID、SCLK 3 个引脚便可实现对该显示模块的控制。

3 软件设计

3.1 主程序设计

上电后先进行系统初始化,包括时钟配置、延时函数初始化以及调试程序时所需串口的初始化。然后进行定时器的初始化,本系统中定时器分别用于 PWM 信号的产生、超声波测距判断高电平时间和输入捕获实现红外解码,故需要启用 3 个定时器并进行相关配置。在进行 LCD12864 初始化和红外接收初始化之后就进入 while(1) 循环,判断当前模式,若为自动跟随模式,就对 2 个超声波测距模块测得的距离数据进行比例控制计算,并根据输出量控制左右 2 个电机转速;若为遥控模式,就根据红外解码得到的遥控器键值控制小车的运动。主程序流程如图 3 所示。

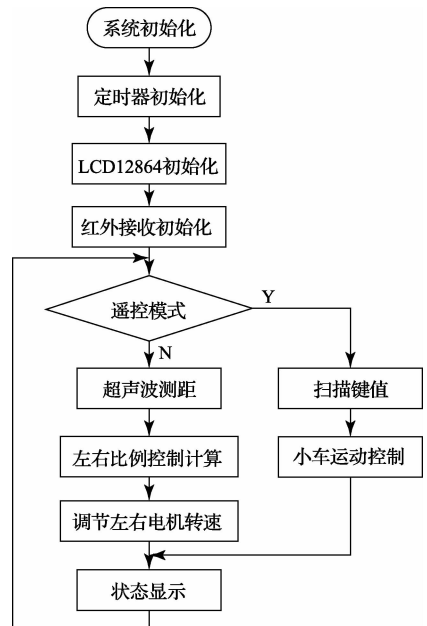


图 3 主程序流程

3.2 测距程序设计

实现测距,要先给超声波模块 TRIG 端 $10\ \mu\text{s}$ 以上的脉冲,模块将自动发送超声波并接收返回信号,测量高电平时间即可通过计算得到距离值。程序的关键是高电平时间测量,本设计将 STM32 接 ECHO 的 IO 口配置为外部中断 IO,上升沿触发中断后立即打开定时器,直到判断 ECHO 为低电平时关闭定时器,此时定时器计数寄存器的值便可以转换为高电平时间,进而得到距离。

3.3 红外遥控和小车运动控制

本设计使用的遥控器是 NEC 编码方式。对于 NEC 编码,在接收头收到的信号逻辑 1 应该是 $560\ \mu\text{s}$ 低加 $1\ 680\ \mu\text{s}$ 高,逻辑 0 应该是 $560\ \mu\text{s}$ 低加 $560\ \mu\text{s}$ 高。NEC 遥控指令的数据格式为:同步码头、地址码、地址反码、控制码、控制反码^[12]。根据 NEC 协议内容可以用定时器的输入捕获模式完成红外解码,同时扫描解码结果,得到键值。实际测得本设计所用到的按键键值如表 1 所示。

表 1 键值

功能	前进	后退	左转	右转	模式切换	复位
键值	98	168	34	194	2	162

小车左右侧分别有一个驱动轮,利用电机驱动模块可以实现电机的正反转以及速度调节,2 个电机配合即可实现小车各个方向的运动。小车右转的程序如下:

```
void move_right(void)
{
    IN1=1;
    IN2=0;//IN1、IN2 对应左电机,10 正转
    IN3=0;
    IN4=1; //IN3、IN4 对应右电机,01 反转
    pwm_left(50);
    pwm_right(50);
}
```

这段程序对 L298N 模块的 4 路逻辑输入进行了配置并分别用占空比为 50% 的 PWM 信号控制左右电机。左电机正转、右电机反转体现在小车上就是小车原地向右旋转。同理编写 `move_left()`、`move_forward()`、`move_backward()` 等几个函数供外部调用。

3.4 比例控制程序设计

当一个机器人被设计用来自动维持某一数值,如距离、压力等,它一般都包含一个控制系统。在本设计中该系统由传感器和电机组成,可以通过处理器编程对传感器的输入做出决定,从而控制输出。对小车采用闭环控制中最常用的比例控制算法来维持其与目标物体之间的距离,比例控制框图如图 4 所示。在程序中设定一个目标距离,比例控制器将使实测距离不断逼近目标距离。首先计算目标距离和实测距离的误差,将误差进行比例控制即乘以一个比

例常数 Kp ,得到的结果用于校正电机 PWM 控制信号的占空比,再用校正后的 PWM 信号驱动电机旋转^[13]。在本系统中 Kp 必须为负值,因为假设实测距离过大,即误差为负,输出校正值为正才能使电机加速旋转、小车有减小实测距离使其趋近目标距离的趋势。

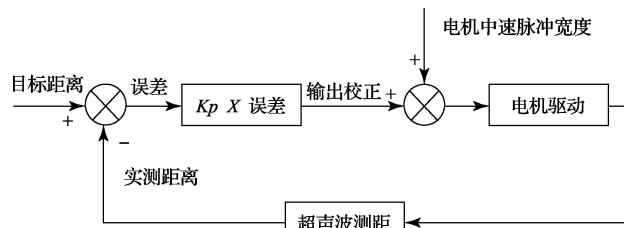


图 4 比例控制

以上控制环路将不断调整电机转速使实测距离趋近目标距离,对左右电机用同样的控制环路分别控制,将使小车能跟随目标物转弯、旋转,提高系统可靠性。程序设计如下:

```
.....
get_distance();//测距
dutycycle_left = (setdistance-leftdistance) *
Kp + center;//左侧运算
dutycycle_right = (setdistance-rightdistance) *
Kp + center;//右侧运算
pwm_left(dutycycle_left);
pwm_right(dutycycle_right);//更新 PWM 信号占空比
.....
```

4 系统测试

在环境温度一定的室内对小车的跟随性能进行测试,分别在不同跟随距离下观察小车是否能准确跟随,并测量响应时间。系统测试结果如表 2 所示。

表 2 系统测试

跟随距离/m	0.5	1	2	3
准确跟随几率(%)	100	95	95	90
响应时间/ms	20	99	249	398

5 结 论

以 STM32 为控制芯片,设计并制作了一种可遥控智能跟随小车。经测试,在空旷地该小车可自动 360° 跟随目标物体,系统响应快,保持距离准确,同时小车可以由遥控器一键切换为遥控模式,使设计更为人性化。该小车可实现多辆跟随,可应用于简单的工厂搬运或者超市、家居等生活场合。

(下转第 47 页)