

基于 STM32 的智能探测小车控制系统设计^{*}

项贤军 周荣晶 王才峰

(上海工程技术大学高等职业技术学院 上海 200437)

摘要: 在生产、生活等多种领域中,环境探测的需求越来越大,但有很多空间不适合人类活动或者存在一定危险性。针对上述特殊环境的探测工作,需要设计一些智能探测小车来完成。本设计采用上-下位机结构,下位机以 STM32 为核心,完成小车运动控制、环境探测、自动避障,以及与上位机的 WiFi 通信等 4 大控制功能。综合利用超声波和红外传感器的特点来检测障碍物,改善探测小车避障功能的稳定性。在实验室环境下,利用 PC 机上的 VC++ 开发界面作为上位机设置小车运行与控制参数,本设计测试结果满足预期设计要求。

关键词: 探测小车;避障;无线通讯;控制系统

中图分类号: TP242.6 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 460.50

Design of intelligent detection car control system based on STM32

Xiang Xianjun Zhou Rongjing Wang Caiyi

(Vocational Technical College, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 200437, China)

Abstract: In many fields of production and life, the demand of environmental detection is increasing, but there are many spaces that are not suitable for human activities or exist certain risks. For the detection operation of the above special circumstances, it need to design a number of intelligent detection car to complete. The design uses the upper and lower monitor structure. Using a STM32 as the core, the lower monitor realizes four control functions, which are the car motion control, environment detection, automatic obstacle avoidance, and WiFi communication with the upper monitor. The combinational characteristics of ultrasonic and infrared sensors are used to detect obstacles and improve the stability of obstacle avoidance. In the laboratory environment, using the interface developed by VC++ on the PC to set up running and control parameters of the car, the test of the design meets the expected design requirements.

Keywords: detection car, avoidance; wireless communication; control system

1 引言

智能探测小车属于轮式机器人的一种,它适用于不适合人类活动或存在危险场合,频繁应用于生产、生活及其他工业领域^[1]。无线环境采集系统可被应用于测点距离远、监测环境范围大、布线不便的环境中^[2-3]。但以往的探测小车大部分采用的是有线数据传输,对布线和行走路径的设计都有较高的要求;在避障方面由于采用单传感器检测,造成避障不稳定,操作不够灵活。针对这些问题,本设计下位机主控制器采用 STM32,采用无线通讯传输采集到的相关环境数据。避障功能利用超声波和红外传感器多传感器来检测障碍信息。因此,智能探测小车可适应复杂的环境,并且上位机可在移动终端利用 wifi 通讯来控制 and 监控小车,移动性强。

2 系统总体架构

本设计的探测机械车主要用于检测不适合人直接进入的空间环境中的各种参数。控制系统可分为 4 大部分:运动控制系统、传感探测系统、避障系统和通讯系统,这些系统都必须存在于车体上。运动控制负责车体的运动状态的控制,车体上的处理器接收到上位机的命令后,通过一定的算法控制电机旋转来实现车体运动状态的改变。传感探测系统是系统的重要组成,它包括摄像头模块、温湿度检测模块、超声波测距模块等,可根据需要来配置和检测环境中的参数。避障模块是利用超声波和红外线两种传感器共同检测障碍物的距离,用陀螺仪监测偏转方向,实现避障功能。通讯系统是指上下位机之间的数据交换系统,本设计采用 WiFi 无线通讯,该通讯方式传输速度快,适用范围广。系

收稿日期:2015-06

^{*} 基金项目:上海高校选拔培养优秀青年教师科研专项基金(ZZGJD13071)

统总体框架图如图1所示。

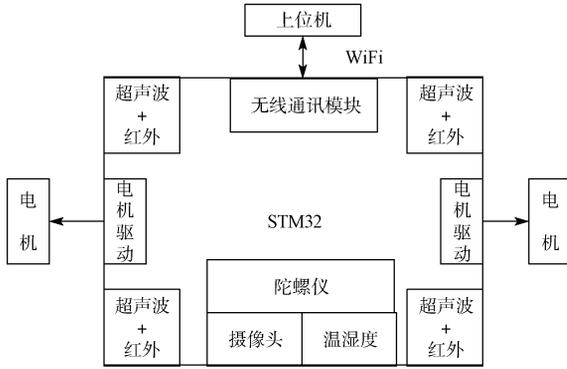


图1 系统总体框架图

3 硬件部分设计

硬件部分设计包括车体结构的方案介绍和控制系统主要硬件选型以及相关实现方法的阐述。

3.1 车体结构及运动控制介绍

小车采用差动驱动式三轮结构,两个驱动轮安装在车体后部,分别由直流电机驱动;前部中间位置安装一个随动轮。通过比例控制两个驱动轮的转速,实现小车运动速度和运动方向的控制^[4]。

建立车体运动模型时,将车体的运动状态简化为绕车体轴心的转动(直线运动视为转动半径为无穷大)。假设 t 时间段内,车体中心从点 $O(x,y)$ 运动到 $O'(x,y)$,方向偏转了 θ 。当时间间隔非常小时,车体中心平移速度与转动角速度可近似为常数,可以得出车体运动方程为:

$$\dot{x}\sin\theta - \dot{y}\cos\theta = 0 \quad (1)$$

假设车体两个驱动轮间距离为 L ,左驱动轮速度为 V_L ,右驱动轮速度为 V_R ,根据运动学定理可得:

$$\text{车体中心速度: } V_C = \frac{V_R + V_L}{2} \quad (2)$$

$$\text{车体旋转角速度: } \omega = \frac{V_R - V_L}{L} \quad (3)$$

$$\text{由式(2)和(3)可得车体旋转半径: } R = \frac{L(V_R + V_L)}{2(V_R - V_L)} \quad (4)$$

3.2 控制系统硬件选型和实现

下位机的主控制器选用基于ARMv7架构的Cortex-M3内核的32位STM32系列微控制器STM32F103RCT6,它是专为实现系统高性能与低功耗并存而设计的,外设资源多,性价比高。

传感探测系统主要包括实时图像采集模块、温湿度检测模块。温湿度传感器使用DHT11数字温湿度传感器,属于单总线器件,工作电压范围3.5~5V,湿度测量精度 $\pm 5\%RH$,测温精度 $\pm 2^\circ C$ ^[5-6]。图像采集模块使用OV2640高清摄像头模块,最高200W像素可做到1200×

1600,方便实现拍照和视频功能。

智能小车常用的驱动电机为步进电机或者直流电机,本设计采用直流电机。电机的驱动芯片选用德州仪器生产的L298N,该芯片的最高工作电压是46V,最大输出电流可达3A,稳定电流保持在2A,额定功率25W,具有15引脚的封装结构^[7]。电机模块电路图如图2所示。

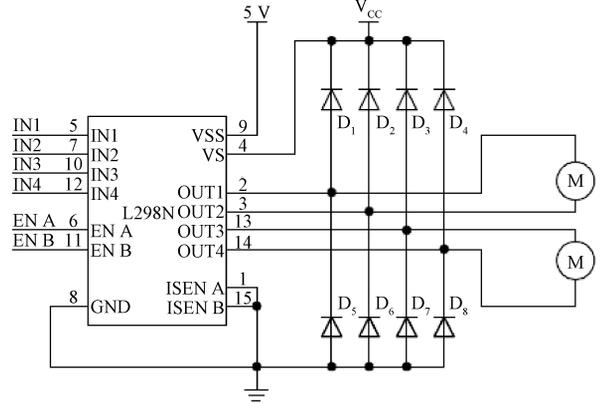


图2 电机模块电路图

选用T30UUNB型超声波传感器来检测障碍物的信息,但它存在测量盲区,测距范围在35~200cm,为了弥补该缺陷,采用红外线接近开关来检测近距离障碍物。单个超声波传感器不能满足实时避障,在车身的四个方位各安装一个超声波传感器和1个红外线接近开关。对小车姿态的测量采用陀螺仪测得其瞬时角速度,然后,进行数字积分,进而得到车体的方位角。

无线通讯芯片采用Marvell 88W8686,为了保证通讯速度,它与STM32之间通过SDIO方式通讯,通过移植Lwip协议使STM32具备wifi收发的功能。Lwip是用于嵌入式系统的开源的TCP/IP协议栈,它能在无操作系统的平台运行,这使得协议栈只需要几十k的RAM和40k的ROM就可以运行^[8]。本设计的小车在一定的距离范围内与上位机(PC/平板电脑/手机),两者之间使用Ad hoc(点对点)组网方式。

4 系统软件设计

系统软件是控制系统的思想,在硬件电路设计之上,对硬件进行合理有效的编程,才能实现各项功能。本文采用模块化的设计思想,对各个模块进行分析,并给出关键的流程图和程序。

4.1 运动控制

小车的运动方式可分为:前进、后退、左转弯、右转弯、原地转弯和停止。根据电机驱动芯片的电机运动状态控制表(如表1所示),给定I/O口输出不同的逻辑电平组合控制左、右电机状态,并配合一些延时函数,进而完成小车的各种运动状态。速度控制使用主控制器的TIM2的通道1(引脚PA0)和通道2(引脚PA1)的PWM输出功能,分别与电机驱动芯

片的引脚 ENA、ENB 连接来调节左、右电机的转速。

表 1 电机运动状态控制表

| 控制信号 | | | 电机状态 |
|------|-----|-----|------|
| ENA | IN1 | IN2 | |
| 1 | 1 | 0 | 正转 |
| 1 | 0 | 1 | 反转 |
| 1 | 1 | 1 | 刹车 |
| 0 | x | x | 停止 |

运动速度和状态的命令接收自上位机,下位机接收到命令后进行解析,然后完成对应的任务动作。其控制流程图如图 3 所示。

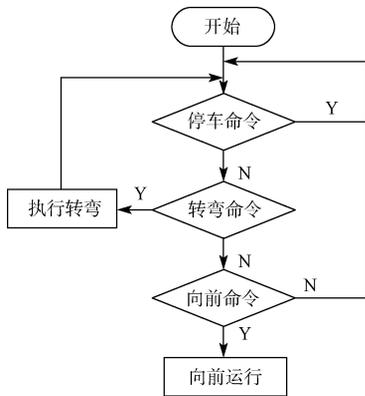


图 3 小车运动控制流程图

4.2 摄像头模块

摄像头的软件设计主要关注两点:如何存储图像数据;如何读取图像数据。摄像头存储图像数据的过程为:等待 OV2640 同步信号→FIFO 写指针复位→FIFO 写使能→等待第二个同步信号→FIFO 写禁止。在存储完一帧图像后,

就可以开始读取图像数据。读取过程为:FIFO 读指针复位→给 FIFO 读时钟→读取第一个像素高字节→给 FIFO 读时钟→读取第一个像素低字节→给 FIFO 读时钟→读取第二个像素高字节→循环读取剩余像素→结束。OV2640 的寄存器通过 SCCB 时序访问并设置。由于篇幅限制,这里只给出摄像头的初始化部分代码。其代码如下:

```

unsigned char CAMERA_init(void)
{
    char temp;
    OV2640_GPIO_Init();
    SCCB_GPIO_Config();
    CLK_init_ON();
    temp=0x80;
    if(wrOV2640Reg(0x12,temp)==0)
        return 0;
    for(int i=0;i<CHANGE_REG_NUM;I++)
    {
        if (wrOV2640Reg(change_reg[i][0], change_reg[i][1]) == 0)
            return 0;
        return 1;
    }
}
    
```

4.3 避障功能设计

以往的避障系统较多采用单传感器避障系统,存在探测范围小,准确度低等问题。因此,本设计采用多传感器方案,在超声波传感器的基础上加入红外传感器,让两种传感器配合使用,可以提高避障的灵敏度,使避障效果更好。

避障小车在运行过程中,通过传感器实时检测小车周围的障碍物信息。当探测到有障碍物时,就要分析检测到障碍物的传感器的数量。如果是单个方向有障碍物,小车就需要远离检测到障碍物方向;如果两个方向检测到障碍物时,小车转向未检测到障碍物方向;如果所有传感器都检测到障碍物时,小车就应该停止运行^[9]。流程图如图 4 所示。

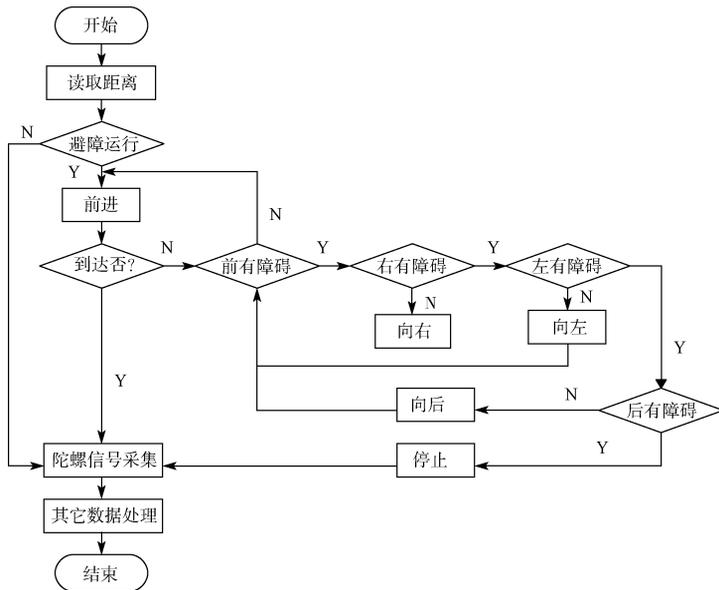


图 4 避障过程流程图

4.4 通讯模块

无线局域网分为两类,本文采用 Ad-Hoc 模式。在此模式中,两个拥有无线网卡的终端可直接相连接^[10]。通过 CMD_802_11_AD_HOC_START 这个命令可以开启 Ad-Hoc 网络,根据所需的参数配置来构造 API 函数。网络命令配置流程如图 5 所示。基于 STM32 的主机端 Socket 通信大致流程为:初始化 WLAN 芯片及协议栈、设定监听端口、开始监听、轮询端口、接收数据。

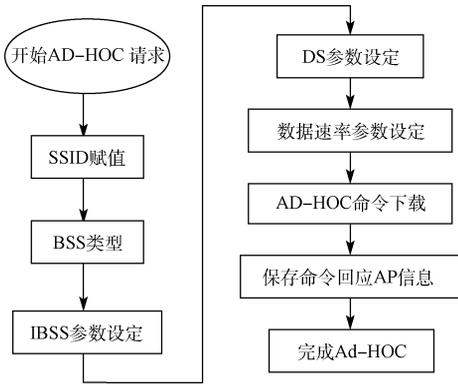


图 5 Ad-hoc 网络构建流程

上位机设计客户端界面,在界面上可以设置端口号和地址,点击连接按钮后发出连接请求。服务器端监听到连接请求后回应确认帧,上位机收到确认帧后建立连接。建立连接后下位机将实时传递环境数据到上位机,上位机界面中显示各项环境参数,将摄像头采集到的画面在上位机中展现。上位机的形式根据需要选择和开发。可以在 PC 上使用,基于 windows 开发应用软件;也可以在移动终端上使用,比如在安卓系统上开发应用软件,其原理基本一致。

5 结 论

本设计最终测试是在 PC 平台上采用 VC++ 开发上位机界面,界面上除了各项参数显示功能,还要可以设置小车运行参数和控制的功能,包括开始、停止、前、后、左、右以及运行速度等。

在实验室环境下测试,上、下位机之间能通过 WiFi 正常通讯,经过多次发送数据测试,主机都能准确接收到指令。上位机接收的数据即使准确,图像显示效果较好。温度检测的误差在 $\pm 0.3\%$,相对湿度在温度 30°C 的误差为 $\pm 3\%$ 。在人为设置障碍物的情况下,小车在运行过程中能避开障碍物,准确率达到 98% 以上。从而可以得出,本设计符合预期要求,达到设计目标。

参考文献

- [1] 张锴,李世光,朱晓莉,等. 基于 STM32 的智能巡线小车[J]. 电子测量技术, 2012(2): 105-107.
- [2] 兰羽,万可顺. 基于 AT89C51 的无线温度采集系统的设计[J]. 国外电子测量技术, 2013(5): 83-85.
- [3] 王欢,黄晨. 高精度无线环境温湿度测量系统设计研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2013(3): 211-216.
- [4] 田煜晖. 移动探测机器人控制系统设计及避障研究[D]. 西安电子科技大学, 2013.
- [5] 曹圆圆. 基于 STM32 的温度测量系统[J]. 仪器仪表与分析监测, 2010(1): 16-18.
- [6] 张祥,蔡景,林海彬,等. 基于 STM32 的温湿度监测系统[J]. 中国仪器仪表, 2013(7): 62-65.
- [7] 梁霄霄,秦会斌. 基于 STM32 的 WiFi 局域网控制模块的实现[J]. 科技信息, 2013(26): 39-41.
- [8] 王建,梁振涛,郑文斌,等. stm32 和 ov2640 的嵌入式图像采集系统设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2014(9): 46-48.
- [9] 顾志华. 基于多传感器的智能小车避障系统设计[J]. 南京师范大学学报: 工程技术版, 2014(3): 12-17.
- [10] 郭静波,蔡雄,胡铁华,等. 油气管道中智能机器人跟踪定位关键技术综述[J]. 仪器仪表学报, 2015(3): 481-498.

作者简介

项贤军,1986 年出生,助教,硕士研究生,主要研究方向为嵌入式系统应用、机电一体化技术。