

# 基于 STM32 的全方位移动平台设计和控制<sup>\*</sup>

林智骅<sup>1</sup> 平雪良<sup>1,2</sup> 金登峰<sup>1</sup> 易旭<sup>1</sup> 王忠诚<sup>1</sup> 王晨<sup>1</sup>

(1. 江南大学君远学院 无锡 214122; 2. 江南大学机械工程学院 无锡 214122)

**摘要:** 为了实现移动平台的全方位移动和避障,设计了一种基于 STM32 开发板的移动平台控制系统。该系统利用红外传感器以及无刷电机的差速转动实现循迹,利用超声波传感器进行测距,并通过对收集到的数据信息进行处理与分析实现避障。另设有无线控制模式,当移动平台遇到障碍或处于非循迹轨道上时,操作者可通过摇杆实现对移动平台的方向控制。实验结果表明,移动平台可以自动检测方位并修正,实现无碰撞行驶。

**关键词:** STM32;循迹;避障;无线操作

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

## Design and control of Omni-directional mobile platform based on STM32

Lin Zhihua<sup>1</sup> Ping Xueliang<sup>1,2</sup> Jin Dengfeng<sup>1</sup> Yi Xu<sup>1</sup> Wang Zhongcheng<sup>1</sup> Wang Chen<sup>1</sup>

(1. School of JUNYUAN, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

2. School of Mechanical Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

**Abstract:** In order to achieve the Omni-directional mobile and obstacle avoidance of the platform, a mobile platform control system is designed. Using infrared sensor and the differential drive of brushless motor to achieve path-tracking, using ultrasonic sensor to achieve distance measure. According to the processing and analysis of the data which collected by the platform to achieve obstacle avoidance. The system also has a wireless control mode, which allowed operator to realize the direction control of the mobile platform by operate a joystick when the mobile platform meets the obstacle or driving in non-tracking orbit. Experimental results show that the mobile platform can detect and correct aspect automatically and achieve collision free trave.

**Keywords:** STM32; path-tracking; obstacle avoidance; wireless control

## 1 引言

随着工业机器人的高速发展与制造加工业的急迫需求,工业移动机器人技术越来越受到社会的关注。由传感器、遥控操作器和自动控制的移动载体组成的机器人系统,得到了迅速的发展<sup>[1]</sup>。移动机器人具有较强的移动功能,在代替人从事危险、恶劣(如辐射、有毒等)环境下作业和人所不及的(如宇宙空间、水下等)环境作业方面,比一般机器人有更大的机动性、灵活性。移动平台是移动机器人运动的基础,全方位移动机器人在平台上可以实现前后、左右和自转三个自由度的运动。

基于嵌入式系统所设计的移动平台因其具有强大而灵活的可应用性,高度的可靠性以及低成本正在被广泛应用<sup>[2]</sup>。本文提出了以 STM32 开发板为基础的移动平台控制系统<sup>[2]</sup>,对移动平台进行硬件和软件的设计,通过各种传感器对外部环境进行感知,从而实现移动平台的全方位

移动。

## 2 控制系统硬件设计

系统选用两轮独立驱动小车为移动机器人平台,控制器选用基于 ARM Cortex-M3 核心的 32 位微处理器的 STM32F103ZET6 芯片,该芯片主频 72 MHz,拥有 256 kB Flash, 48 kB SRAM,且外设资源丰富,拥有多种定时器,支持 SPI、I2C、USART、USB、CAN 等多种接口;电机选用直流无刷电机,并使用 BLCD-5015A 直流无刷电机驱动器控制;超声波模块选用 HC-R04;无线模块选用 NRF24L01。

整个系统的工作模式如图 1 所示,上位机通过 SPI 将无线模块 NRF24L01 接入 ARM 处理器,同时将摇杆 ADC 控制模块初始化。ARM 处理器可以对操作人员在 LCD 显示屏上输入的指令进行分析与识别,并将指令传送给下位机<sup>[3]</sup>,同时还可以通过 USART 串口与计算机通讯。

收稿日期:2015-05

\* 基金项目:国家大学生创新项目(201410295003)

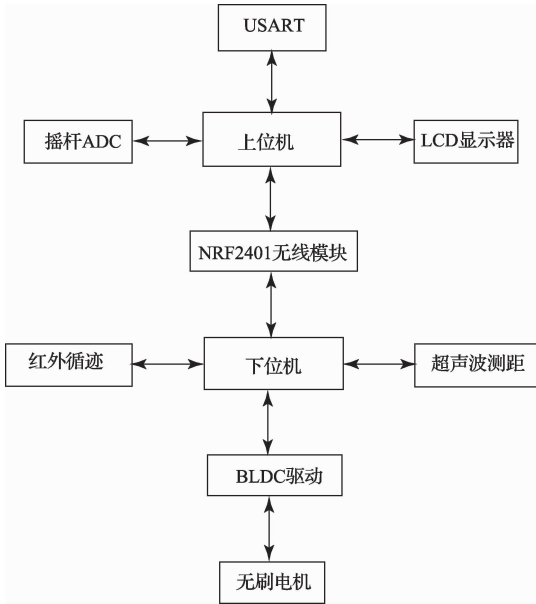


图 1 系统工作模式

下位机首先将所有模块进行初始化,并等待上位机的指令。在接收到上位机发来的指令和数据后,通过标志位判断移动平台下一步需要执行的任务。其中,无刷电机控制、红外循迹、超声波测距等任务具有不同的优先级,移动平台完全按照接受到的指令来进行工作。

### 3 控制系统软件设计

在软件设计中,将系统中所有要处理的任务划分为不同、相互独立的子程序<sup>[4]</sup>。根据系统的性能指标和技术要求,可将子程序划分为:直流无刷电机控制、红外传感路径规划、超声波测距、无线信息传输、信息处理等。

#### 3.1 系统控制流程

在外设初始化和平台功能初始化完成后,将下位机配置成接收模式,并不断采集来自上位机的指令,本文具体采

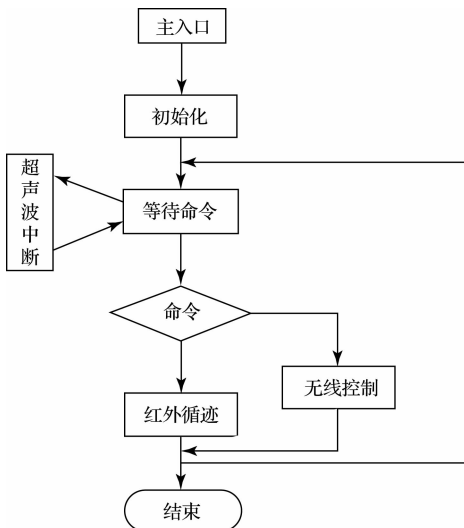


图 2 系统工作流程图

用 NRF\_RX\_Mode()函数实现数据接收。在接受到相关指令与数据后,进入相应进程工作,如图 2 所示。

在每个子程序中系统采取顺序执行方式,每执行完一次,处理器重新分配任务与数据,通过标志位判断任务的执行情况,同时向上位机发送任务数据,本文通过调用 NRF\_TX\_Mode()函数实现数据发送。

子程序中,超声波中断通过调用 DistanceCheck()函数进行测量和计算,并将超声波的脉冲时长信息储存在 uwave 变量中,等待发送或直接读取;红外循迹函数使用多个中断交叉配合,根据现场工业环境,将控制信号传输到 BLCD 控制板,实现移动平台的无碰撞控制;无线控制函数主要通过 NRF\_TX\_Mode()、NRF\_RX\_Mode()函数来实现上位机与下位机之间的无线通讯。

#### 3.2 直流无刷电机控制

移动平台选用直流无刷电机,并使用 BLCD-5015A 直流无刷电机驱动器控制,该控制器是为小功率电机拖动而设计的,采用了超大规模的硬件集成电路,具有高度的抗干扰性及快速的响应性、具有免维护、长寿命、恒力矩等优势。驱动器通过改变直流无刷电机的电枢电压实现电机的转速控制;通过高低电平信号实现电机的正反转控制<sup>[5]</sup>。

本文通过调用 MotorControl(PWM,F\_R)函数对直流无刷电机进行配置。变量 PWM 值控制 GPIO 输出的脉宽调制波的占空比,以此来控制电机的转速,变量 F\_R 通过控制 GPIO 的输出高低电平来调整电机的正反转,从而实现对直流无刷电机的控制。

#### 3.3 红外传感路径规划

红外传感器是利用红外线来进行数据处理的一种传感器,具有灵敏度高、抗干扰能力强等优点<sup>[6]</sup>。

本移动平台底部装有 4 个红外传感探头,通过感知平台底部的黑色区域进行循迹<sup>[7]</sup>。该传感器模块对环境光线适应能力强,拥有红外线发射管与接收管。发射管发射出一定频率的红外线,当照射在底部的黑色区域时,接收管接收不到反射光线,经过比较器电路处理后,向信号输出接口输出数字信号(高电平信号),移动平台前进;当照射在底部的非黑色区域时,红外线反射回来被接收管接受,经过比较器电路处理后,向信号输出接口输出数字信号(低电平信号),无刷电机差速转动实现移动平台的转弯或避障。

#### 3.4 超声波测距

超声波传感器是利用超声波发射装置发射超声波,根据接收器接到超声波的时间差实现距离测定,具有指向性强、检测迅速、易于实时控制等优点<sup>[8]</sup>。

移动平台采用 HC-R04 超声波模块,当执行超声波测距子程序时,将自动发生 8 个 40 kHz 的方波,自动检测是否有信号返回。如果有信号返回,通过 I/O 口 ECHO 输出一个高电平,高电平持续时间( $\Delta T$ )就是超声波从发射到返回的时间差,具体原理如图 3 所示。经式(1)的计算,可得测量距离 S:

$$S = (\Delta T \cdot V) / 2 \quad (1)$$

式中:  $V$  为超声波的传播速度, 常温下超声波在空气中的传播速度为 340 m/s。

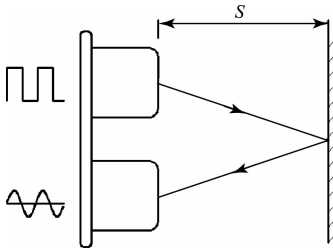


图 3 超声波测距原理图

超声波模块采用定时器控制, 配置 STM32 普通定时器 2 作为计数, 普通定时器 4 作为采样周期<sup>[9]</sup>。每一秒便进入一次定时器 4 中断, 通过调用 UltrasonicWave\_StartMeasure() 函数来监测信号时间长度, 并使用 UltrasonicWave\_CalculateTime() 函数计算出确切值, 并存储在变量 UltrasonicWave\_Distance 中, 等待调用。

### 3.5 无线信息传输

移动平台采用 NRF24L01 无线模块, 其工作在 2.4~2.5 GHz 频段, 具备自动重发功能, 6 个数据传输通道, 最大无线传输速率为 2 Mbits。MCU 可与该芯片通过 SPI 接口访问芯片的寄存器进行配置。

本文首先通过调用 SPI\_NRF\_Init() 函数通过 SPI 协议对 NRF 芯片进行初始化。然后通过 NRF\_TX\_Mode() 函数将 NRF 芯片调整至发送模式, 通过 NRF\_Tx\_Dat(u8 \* txbuf) 函数发送 txbuf 变量中存储的数据; 随后通过 void NRF\_RX\_Mode() 函数将 NRF 芯片调整至接受模式, 通过 NRF\_Rx\_Dat(u8 \* rxbuf) 函数接受 rxbuf 变量中存储的数据, 从而实现上位机与下位机之间的无线通讯, 完成对移动平台的无线控制。

## 4 实验测试

将程序通过 Keil 编译并利用 msuisp 烧录到上位机与平台控制板上, 并开启移动平台电源。

如果系统初始化成功, 操作人员可在 LCD 显示器上看到 System Init Success 提示, 并可通过按键与摇杆向移动

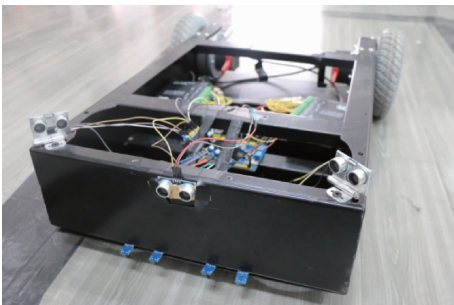


图 4 移动平台实物图



图 5 移动平台实验测试

平台下达“前进”“后退”“转向”等命令, 当移动平台处于搭建的黑色轨道上时, 发送“循迹”命令, 小车将自主移动, 并测量周围障碍物的距离, 在距离过小时, 停转电机, 并将停止信号发送给上位机等待处理<sup>[10]</sup>。如图 4、5 所示。

## 5 结论与展望

平台基于 STM32 单片机进行设计, 利用其外设丰富、处理速度快等特点, 实现了移动平台的直流无刷电机控制、红外传感循迹、超声波测距等功能。而无线信息传输功能则使得移动平台与操作人员之间的人机交流变得更加灵活方便<sup>[11]</sup>, 为操作人员提供了便利, 同时使得移动平台能够很好地适应工业的复杂非结构化环境。

## 参考文献

- [1] 黎红. 自主移动机器人路径规划中的主要方法[J]. 中国电力教育, 2010(S1): 814-816.
- [2] LI SH G, YANG X L. Design of intelligent line-tracking chess robot based on STM32[J]. 测试科学与仪器: 英文版, 2014, 5(2): 59-63.
- [3] 王志凌, 闻凯, 陈杰. 基于 Android 的小型移动机器人控制系统[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(9): 4-7.
- [4] 兰羽, 万可顺. 基于 SPCE061A 单片机的小车避障系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(2): 58-60.
- [5] 薛粹松, 王英. 无刷直流电机在 PWM 调制下的研究[J]. 变频器世界, 2014(12): 48-50.
- [6] 张亚辉, 宋瑞刚. 基于红外传感器的多路线自动循迹小车设计[J]. 轻工科技, 2013(8): 49-50.
- [7] 兰羽. 基于红外传感器 ST188 的自动循迹小车设计[J]. 电子设计工程, 2013(3): 64-66.
- [8] 张利, 秦海春, 王文彬, 等. 超声波与航迹推算融合的智能轮椅定位方法[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(1): 62-68.
- [9] 荣少巍. 基于 STM32 的实收实发超声波检测系统研究[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(9): 54-58.
- [10] 林海波, 董树亮, 张颖, 等. 基于 CompactRIO 的小麦精播机器人控制系统[J]. 仪器仪表学报, 2013, 34(S1): 99-105.

(下转第 39 页)