

基于 Android 平台的 WIFI 遥控智能小车的设计

张萍, 陈国壮, 侯云雷, 李东

(江阴职业技术学院 电子信息工程系, 江苏 江阴 214400)

摘要: 为了设计一款 WIFI 遥控智能小车, 能够实现在 WIFI 控制下小车遥控运行、自动跟随、自主循迹、自动避障、视频拍摄和视频回传等功能, 提出了基于 Android 平台的系统总体设计方案, 采用了双电源独立供电以避免电机运转引入干扰的供电方案, 探讨了直流电机驱动模块的电路设计和抗干扰解决方案, 以及 WIFI 模块的设计方案, 并详细介绍了 Android 设备与单片机之间的通信协议和软件设计的关键模块: 电机驱动与 PWM 调速模块和命令解码模块; 测试结果表明: 系统运行状态良好, 在 Android 设备控制下小车能够实现遥控运行、自动跟随、自主循迹、自动避障、视频拍摄和视频回传等功能, 满足设计要求, 达到了预期目标。

关键词: WIFI 遥控; 视频拍摄; 电源模块; PWM 调速; 命令解码

Design of WIFI Remote Control Intelligent Car Based on Android Platform

Zhang Ping, Chen Guozhuang, Hou Yunlei, Li Dong

(Department of Electronics and Information Engineering, Jiangyin Polytechnic College, Jiangyin 214400, China)

Abstract: In order to design a WIFI remote control intelligent car, which has remote operation, follow, tracking, obstacle avoidance, video capture and video return function through the WIFI control, system overall design scheme on Android platform is proposed. A dual independent power supply is used to avoid the introduction of interference caused by the operation of the motor. The circuit design and anti-jamming solution of the DC motor drive module and the design scheme of the WIFI module are discussed. The communication protocol between the Android device and the microcontroller and the key modules of software design are introduced in detail including motor drive and PWM speed control module, and command decode module. The test results show that the system runs well, and under the control of the Android device, the car can realize the function of remote operation, automatic follow, autonomous tracking, automatic obstacle avoidance, video shooting and video return, to meet the design requirements, to achieve the desired goal.

Keywords: WIFI remote control; video capture; power module; PWM speed control; command decoding

0 引言

随着互联网技术和无线通信技术的发展, WiFi 技术以其传输速度快、有效距离较长等优势得到了快速发展。与蓝牙技术相比, WIFI 通信具有更宽的覆盖范围和更高的传输速率。无论是企业商务还是家庭娱乐都体现出对 WIFI 技术与日俱增的需求, 当前使用 WiFi 的电子产品越来越多, 如手机、电脑、汽车、游戏设备和医疗设备等, WIFI 技术展示出了极大的应用价值和良好的发展前景^[1-2]。如何将 WIFI 技术应用于智能小车也引起了许多爱好者的热情。

智能小车是集环境感知、路径决策与自动行驶等多功能于一体的轮式移动机器人, 在仓库货物搬运、小区巡逻、险情排除等领域得到了广泛应用。目前有关智能小车的研究很多, 其中部分论文讨论了小车避障原理和避障实现的过程^[3-4], 还有部分论文讨论了小车循迹方案和循迹算法^[5], 也有少数文章探讨了基于 Android 设备的无线遥控小车的设计过程^[6]。然而有关 Android 设备与单片机之间通过程的详细介绍, 以及小车运行过程中电机运转引入的干扰如何处理却鲜有介绍。本文将把小车遥控、避障、循迹和跟随这些传统功能与 WIFI 技术结合起来, 研究如何通过 WIFI 技术控制小车实现遥控运行、避

障、循迹和跟随, 以及视频拍摄和视频回传功能, 并详细介绍如何设计系统电源以防止电机运转引入干扰, 以及探讨 WIFI 模块的设计方案、Android 设备与单片机之间的通信协议, 以及通信实现的软件设计具体过程。具有远程控制、自动循迹、自动避障、跟随主人等功能的 WIFI 遥控小车目前比较新颖, 能够运用到实际生活和生产中, 用来完成一些环境比较恶劣或者目前人类无法完成的任务, 具有一定的实际意义。

1 总体方案设计

系统总体^[7]如图 1 所示, 系统采用的是 51 系列单片机 STC11F32, 这是一款 1 个时钟/机器周期的单片机, 比 STC89C51 单片机的运行速度提高了 12 倍, 典型工作电压为 5 V。系统电源包括 5 V 和 7.5 V 两种输出电压的电源, 分别给系统控制电路和电机驱动电路供电。单片机通过电机驱动模块控制直流电机的转向和转速, 从而控制小车的行驶方向和行驶速度。

系统中的水平转动舵机和垂直转动舵机^[8]组成视频拍摄云台, 上面安装了摄像头和超声波测距模块。通过控制水平转动舵机的转动角度, 可以带动摄像头和超声波测距模块在水平方向转动, 从而使摄像头拍摄不同位置的图像, 以及使超声波测距模块检测在不同位置的障碍物与小车的距离。通过控制垂直转动舵机的转动角度, 可以控制摄像头的俯仰角度。

系统中的摄像头将拍摄的视频通过 WIFI 模块实时传输到 Android 平台上显示, Android 平台也可以将控制命令实时发送给 WIFI 模块, 通过 WIFI 模块的串口传输给单片机, 由单片机控制小车按要求运行。

收稿日期: 2017-10-14; 修回日期: 2017-11-01。

基金项目: 2017 年江苏省大学生创新创业训练计划项目 (201713137003Y)。

作者简介: 张萍 (1975-), 女, 湖北随州人, 工学硕士, 副教授, 主要从事电子与通讯, 以及嵌入式技术应用方向的研究。

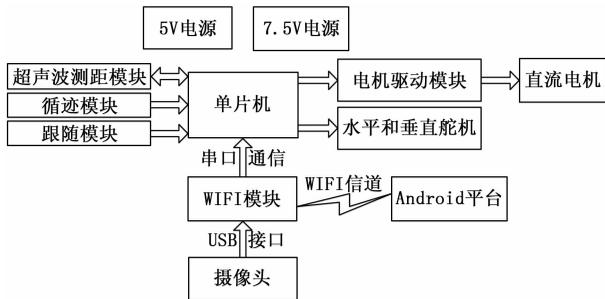


图 1 总体结构框图

系统除了能够通过 Android 平台直接控制小车的运行状态和舵机的转动角度，还可以控制小车运行于跟随模式、循迹模式和避障模式。

2 系统硬件设计

系统采用 HC-SR04 超声波测距模块^[9]进行障碍物距离的测量，通过云台水平方向的转动，带动超声波模块在水平方向的转动范围可以达到 180°，从而可以测量 180°范围的障碍物距离。

系统循迹模块采用的光电传感器是带螺纹的圆柱状收发一体接近开关模块，相比较裸露在外面的红外对管，其灵敏度较高，抗干扰能力更强，而且圆柱外面的螺纹可方便其调整距离地面的高度，增加了循迹的可靠性。

小车跟随功能是通过在小车前端安装 3 个收发一体接近开关模块实现的，中间的接近开关方向朝正前方，左右两个接近开关安装成 120°角度，这样就可检查前方和左右方是否有人，哪个方向有人小车就往哪个方向跟进，从而实现跟随功能。在跟随的过程中，由超声波模块检测小车与人之间的距离，如果大于设定距离，小车跟随；如果小于设定距离，小车停止，以便于小车与人之间保持一定的距离。

系统遥控功能是采用 WIFI 遥控实现的，Android 平台向小车发送前进、后退、左转、右转和停止等命令，系统 WIFI 模块接收到命令后，通过串口将这些控制命令传送给单片机，单片机将这些控制命令解码后控制小车实现前进、后退、左转、右转和停止等功能。

系统电源模块、直流电机驱动模块和 WIFI 模块的设计是系统设计的关键，下面将进行详细介绍。

2.1 电源模块

系统输入电压是由两个充电锂电池串联提供的，在电量充满的情况下，锂电池输出电压可达到 8 V。两片 LM2576-ADJ 配合外围的阻容元件组成两个电源转换电路，将锂电池输出电压分别转换为 5 V 输出电压和 7.5 V 输出电压。其中的 5 V 电压给系统控制电路提供电压，7.5 V 电压给电机驱动电路提供电压。

LM2576 系列是 3 A 电流输出降压开关型集成稳压电路，它内含固定频率振荡器 (52 kHz) 和基准稳压器 (1.23 V)，并具有完善的保护电路，包括电流限制及热关断电路等。LM2576 产品提供有 3.3 V (-3.3)、5 V (-5.0)、12 V (-12)、15 V (-15) 及可调 (-ADJ) 等多个电压档次产品。系统使用的是 LM2576-ADJ，配合不同的阻容元件得到不同的输出电压，如图 2 所示。图 2 中输出电压 $V_{OUT} = 1.23 \times (1 + R_2/R_1)$ ，其中 $R_1 = 1 \sim 5 \text{ k}\Omega$ ，对于输出 5 V 的电源转换电路，

取 $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ ， $R_2 = 6.2 \text{ k}\Omega$ ；对于输出 7.5 V 的电源转换电路，取 $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ ， $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ 。

采用双电源供电，有效避免了电机运转引入的干扰串入控制电源，以免影响单片机系统正常工作。

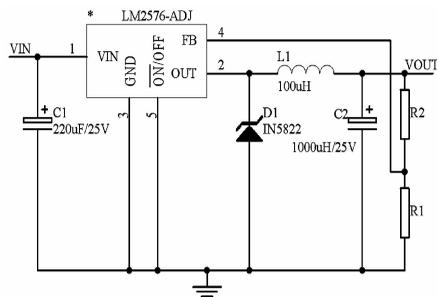


图 2 电源电路

2.2 直流电机驱动模块

系统直流电机驱动电路^[10-11]是由 4 通道逻辑驱动电路的 L298 构成的，如图 3 所示。电路中有两路电压，一路是 L298 控制电路部分工作需要的 5 V 电压，另一路是驱动电机部分工作需要的 7.5 V 电压。为了防止电机工作引入的干扰串入单片机控制电路部分，在单片机 P0 端口与 L298 输入端口之间安装了光电隔离电路，图中只给出了 P0.0 与 L298 输入端口 IN1 之间的光电隔离电路，其他引脚的光电隔离电路与之类似。电机每个输入引脚与电源 7.5 V 和地之间分别反装了一个续流二极管，主要是为了消除电机转动时的尖峰电压。工作时 L298 功率较大，温度较高，可以适当加装散热片。

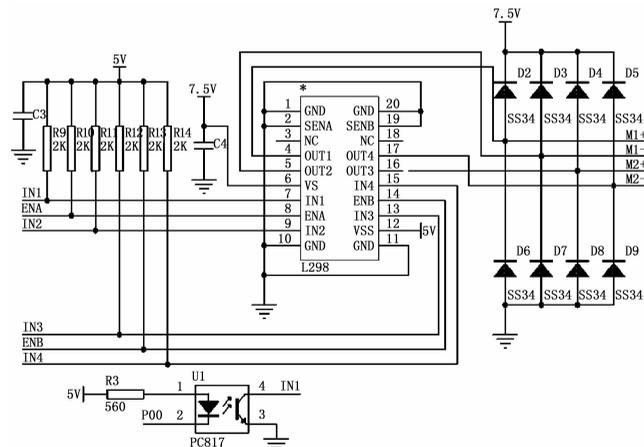


图 3 直流电机驱动电路

2.3 WIFI 模块

系统 WIFI 模块的核心芯片是 WiFi 领域顶尖半导体公司 Qualcomm Atheros 推出的 AR9331，这是一款高度集成、低成本的 IEEE 802.11n 1 * 1 MIMO WiFi SoC，集成了 MIPS 24Kc 内核、1 个五端口百兆以太网交换机、高速串口和 USB 2.0 Host/Device 接口。WiFi SoC AR9331 和 256Mb DDR SDRAM A3S56F40FTP 构成了系统 WIFI 模块。

系统中的 WIFI 模块与 Android 平台之间可以进行无线通信，摄像头将拍摄的视频通过 USB 接口实时传输给 WIFI 模块，由于单片机处理视频数据速度不够，因此系统中 WIFI 模块将视频数据直接传输给 Android 平台，在 Android 平台上实时显示摄像头拍摄的视频。Android 平台发送的控制命令也是通过 WIFI 信道传输给 WIFI 模块，通过 WIFI 模块的串行接口传输给单片

机, 单片机对接收到的数据进行解码, 根据解码信息控制小车实现超声波测距避障、循迹、跟随和遥控运行等功能。

3 系统软件设计

系统软件组成模块如图 4 所示, 在主控模块执行的过程中, WIFI 模块接收 Android 平台发送的控制命令, 并将控制命令通过串口传输给单片机, 引起单片机串口中断, 串口接收中断模块接收到一条完整的串口命令后, 执行遥控命令解码模块, 分析遥控发送的控制命令, 根据分析结果给小车工作模式标志赋值。在串口接收命令的同时, 在主控模块中执行工作模式切换模块, 根据小车工作模式标志值的不同切换到不同的工作模式, 包括遥控运行、跟随、循迹和避障等工作模式。其中电机驱动与 PWM 调速模块, 以及遥控命令解码模块是软件设计的关键部分, 下面将进行详细介绍。

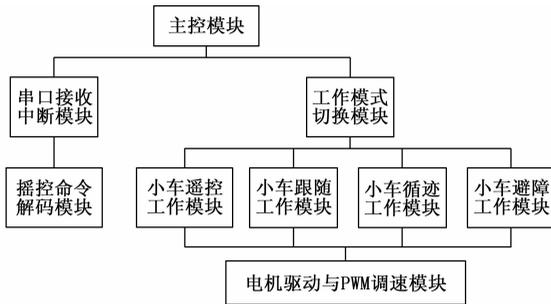


图 4 软件组成模块

3.1 电机驱动与 PWM 调速模块

系统采用电机驱动芯片 L298 进行电机驱动和 PWM 调速, L298 的工作状态如表 1 所示。由表 1 可知: 当使能端 ENA/ENB 为高电平时, IN1~IN4 的电平决定了电机工作状态。

表 1 L298 工作状态

ENA/ENB	IN1/IN3	IN2/IN4	电机工作状态
1	1	0	正转
1	0	1	反转
1	0	0	停止

如果使能端 ENA/ENB 一直为高电平, 即高电平的占空比为 100% 时, 电机的转速最大, 小车速度最快; 如果施加在使能端 ENA/ENB 的是 PWM 脉冲, 则改变 PWM 脉冲高电平的占空比, 则电机的转速就会改变, 小车运行速度也会随之改变; 占空比越大, 小车运行速度越快, 反之越慢。施加在使能端 ENA/ENB 的 PWM 脉冲是采用定时器 T0 中断实现的, 代码如下:

```

void T0_PwmInt() interrupt 1
{
    static unsigned char num; // 定时次数变量
    TH0=(65536-1000)/256; // 重装初值
    TL0=(65536-1000)%256;
    if(++num>100) num=0; // 计数 100 次到周期 T , 周期 T
    =100ms

    if(num<TimeHA)
    PwmENA=1; // 高电平周期 T1
    else
  
```

```

PwmENA=0; // 低电平周期 T2

    if(num<TimeHB)
    PwmENB=1; // 高电平周期 T1
    else
    PwmENB=0; // 低电平周期 T2
}
  
```

由以上程序代码可知, 定时中断时间为 1 ms, 静态变量 num 对中断次数计数, 每中断 100 次 num 清 0, 因此 PWM 周期为 100 ms。全局变量 TimeHA 和 TimeHB 分别控制小车左右电机的 PWM 脉冲高电平的时间长度, TimeHA 和 TimeHB 取值越大, 电机转速越快。

3.2 遥控命令解码模块

小车上的 WIFI 模块接收到 Android 平台发送的遥控命令后, 通过串行接口将命令传送给单片机, 由单片机对遥控命令进行解码。系统采用的串口通信协议如表 2 所示。

表 2 串口通信协议

首字节	第一个字节	第二个字节	第三个字节	尾字节	指令含义	指令
FF	00	00	00	FF	小车停止	小车运动指令
		01			小车前进	
		02			小车后退	
		03			小车左转	
		04			小车右转	
FF	01	00	AA	FF	水平舵机转动角度 AA	舵机转动指令
		01			垂直舵机转动角度 AA	
FF	13	00	00	FF	遥控运行模式	工作模式切换指令
		01			跟随模式	
		02			循线模式	
		03			避障模式	

由表 2 可知, 所有的小车控制命令都是以 FFH 开始和结束的, 根据第一个字节的区别区分小车运动指令、舵机转动指令和小车工作模式切换指令。对于小车运动指令, 由第二个字节控制小车停止、前进、后退和左右转等多种运动状态。对于舵机转动指令, 由第二个字节控制水平或者垂直舵机转动, 第三个字节控制转动的角度。对于工作模式切换指令, 由第二个字节控制小车转入不同的工作模式。遥控命令解码模块流程图如图 5 所示。

4 实验结果

1) WIFI 传输和视频拍摄功能测试^[12]: 系统上电后, 等待 30 s 系统启动完毕, 打开手机 WIFI 搜索功能, 搜索到小车 WIFI, 两者建立连接。向小车发送前进、后退、左右转等命令, 小车按照要求运行。小车在行驶的过程中, 摄像头实时拍摄, 手机上实时显示拍摄的画面, 拍摄的视频清晰、流畅、几乎无延迟。

2) 舵机转动功能测试: 手机发送水平舵机转动命令, 水平舵机转动, 在水平方向转动角度范围为 -90°~+90°; 手机发送垂直舵机转动命令, 垂直舵机在垂直方向转动, 转动角度范围为 0°~90°。

(下转第 195 页)