

基于 Wi-Fi 的实验室智能遥控系统设计

李真, 余善恩, 孙伟华

(杭州电子科技大学 自动化学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 本文主要研究的是实验室内具有红外遥控功能的电器设备的智能化。通过 Android 客户端 APP 控制实验室的电器, 可以省去多种遥控器的使用带来的管理不便。本设计包括 Android 客户端, Wi-Fi 转串模块, 红外发射模块, 接收模块以及存储模块。另外为了实现系统去电后重新上电仍能保存之前的学习信息, 设计中使用带电可读可擦写只读存储芯片 AT24C32 进行存储, 极大扩展了其实用性, 以及设备的通用性。

关键词: 学习型红外; Wi-Fi 控制; 信号处理; 智能化遥控

Design of intelligent remote control system for laboratory based on Wi-Fi

Li Zhen, Yu Shanen, Sun Weihua

(School of automation, Hangzhou University of Electronic Science and technology, Hangzhou, Zhejiang 310018)

Abstract: This paper mainly studies the intelligence of electrical equipment with infrared remote control function in the laboratory. Using the Android client APP to control the electrical apparatus in the laboratory, it can save the management inconvenience caused by the use of a variety of remote controls. The design includes the Android client, the Wi-Fi transfer module, the infrared transmitting module, the receiving module and the storage module. In order to realize the system to power before re power can keep learning information, can be used in the design of charged readable storage erasable read-only memory chip AT24C32, which greatly expanded the practicability, versatility and equipment.

Keywords: learning infrared; Wi-Fi control; signal processing; Intelligent remote control

1 引言

当前高校中很多相关的仪器设备包括电器都已经实现了初步的智能化, 但是如果将传统的仪器设备全部换掉将会花费巨大的成本, 所以这时候就需要在传统设备的基础上进行智能

化改装，而本文就是针对实验室仪器设备中传统的红外设备进行的智能化研究。

红外设备就是能实现固定频率红外信号接收的设备，在实验室电器中广泛使用，例如投影仪，空调等等，传统的红外设备因为红外协议的不规范，不统一，所以导致每种电器都配有专门的遥控器，遥控器的繁杂使得不宜管理，使用以及维修，用一个“统一”的遥控器管理这些电器设备的想法就应运而生了。智能移动设备的出现无疑是最佳的选择，因为每个移动设备上都会有 Wi-Fi 模块，并且 Wi-Fi 有着国际统一的标准^[1]，并不会出现不同的设备之间的不兼容现象，所以很适合来做这个特殊的“统一”遥控器。本设计信号采集，处理方面采用软件解码方式，既节省硬件资源，又可尽量做到通用性，也希望为后续相关研究提供一个参考。

2 系统总体设计

本次设计主要分为远程控制器和中控主机控制器，远程控制主要指 Android 客户端，中控主机包括 Wi-Fi 转串模块，发射和接收模块，存储模块，STM32 最小系统几个部分。

总体的设计流程如图 1 所示。用户使用 Android 客户端 APP 通过 Wi-Fi 向中控主机发送命令，中控主机接收到命令后通过 Wi-Fi 转串模块转化为串口信号给单片机，单片机通过加载，调制信号，通过发射模块将红外信号发出，其中发射模块主要由三极管开关电路和信号与门电路构成。

红外接收模块使用一体化接收头 HS0038 接收信号，实现的是学习功能。其原理是，红外接收模块在接收到红外信号的脉冲信号后，将脉冲的时间电平信号记录下来，存储到 EEPROM 芯片中，并且记录下键值信息，等到使用时，再将这些信息从 EEPROM 芯片中提取出来，经 STM32 重新加载给红外发射管发射出去，从而完成整个控制过程。



图 1 总体设计流程图

3 硬件设计

3.1 发射电路设计

发射电路模块是本设计的一个重要部分，主要包括信号与门电路，NPN 型 9013 三极管开关电路两部分。下面将就各部分芯片选型、电路参数设计作一个详细的介绍。

信号与门电路是将发射信号脉冲和 38KHZ 载波相与实现对信号进行调制。信号相与的过程也可用软件模拟实现，但考虑到要使用到内部的定时器资源，并且要一直占用 CPU 资源，会和其他模块的设计相互影响，比如 Wi-Fi 转串模块串口中断，接收模块外部中断，本设计选用市面上非常常见的与门芯片来完成。本次选用的与门芯片为 74 系列 4 组 2 输入与门 74LS08，其高电平到低电平的转化时间标准值为 10ns，完全满足 38KHZ 的频率转化要求，利用其逻辑电路配合后续的三极管开关电路，即可构成完整的红外发射电路。

本设计中所用的 9013 三极管属于 NPN 型管子，对于用于开关电路的三极管，只需要利用它的两种基本状态，即导通和截止，以完成高低信号的转换发射，同时为了能方便调节集电极电流的大小，以满足红外发射管的功率要求，尽量让三极管工作在放大区，以便利用滑动变阻器来调节集电极的电流，使红外管在额定电流范围内，尽量加大功率，从而提高发射距离。

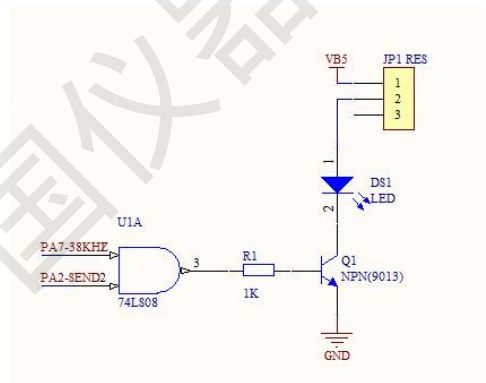


图 2 三极管开关电路图

如上图 2 所示，单片机 I/O 的脉冲信号输出，经过调制后通过与门电路，信号高低电平的反转使得三极管不停地处于导通和截止状态，从而集电极和发射极不断地通、断，将此信号通过开关的方式间接传达给集电极上的红外发射管，从而有效的使得原本的单片机信号转化为实际的红外光线信号。为了使得发射管处于较大的发射功率状态，经过调节滑阻的阻值，发现在集电极电阻为 1K 欧姆的情况下，集电极电阻取值约 100 欧姆时，通过集电极的电流大约在 30mA 左右，此时加载在发射管之间的电压大约在 1.0V~1.1V，经过实际测试，

此电路设计可使得在红外管中心正对接收装置的情况下，达到 8 米的实际遥控距离，满足绝大部分实验室遥控的需要。

3.2 接收电路设计

红外接收电路相对简单，使用 HS0038 一体化接收头^[5]，如图 3 所示。该接收头可将接收到的红外信号内部放大，限幅，并且自带带通滤波，积分电路和比较器，直接还原出发射端的波形信息，使用起来非常方便，省去了后续放大电路和滤波电路的麻烦，不过有一点注意的是，发射端发出的信号和接收端接收到的电平信号是相反的，在数据处理的时候要注意不要混淆。



图 3 一体化接收头

3.3 Wi-Fi 转串模块设计

Wi-Fi 转串模块使用的是 Wi-Fi-232-X 芯片^[6]。该芯片功能强大，不但能生成无线热点，也可与多个模块形成 STA 组网，并且支持 TCP/IP/UDP 协议^[7]，最重要的是它能将 Wi-Fi 信号硬件转化为串口信号，可直接与单片机通讯，而不需要复杂的网络协议编程。

Wi-Fi 转串芯片为标准 DIP14 封装，共有 14 个引脚，引脚接线不同，具有的功能效果也不相同，本设计采用的电路是芯片上典型的串口应用电路，真正起作用的引脚只有 6 个，分别为 TXD、RXD、GND、VCC、RTS、CTS，所以只需要使用这些引脚，即可完成需求，模块接口如图 4 所示。

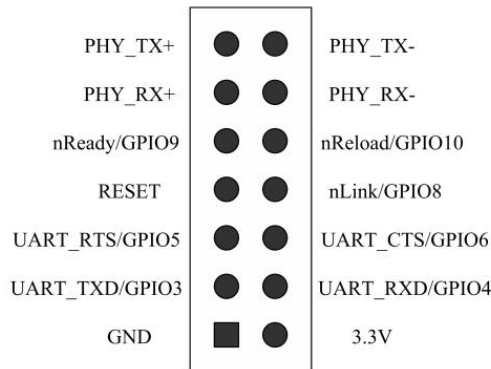


图 4 Wi-Fi 转串硬件接口

在需要用到的 6 个引脚中，真正起到串口数据传输作用的只有 RXD 和 TXD，RTS 和 CTS 分别为请求发送信号线和允许发送信号线，但因为外接的 STM32 单片机具有自动串口

收发机制，所以这两个脚实际使用中可以悬空。同时在使用中应注意，在模块中 TXD 引脚是有复位配置字的复用功能的，所以内部已经下拉，在外部信号电路设计时，应注意不能再外加上下拉电阻，不然可能会出现非正常工作状态。该模块采用单电源 3.3V 供电，与 STM32 的 I/O 电平吻合，模块内部允许通过的最大工作电流为 200mA。

3.4 信号存储模块设计

AT24C32 是 ATMEL 公司生产的一种电可擦除的 EEPROM 芯片，内部采用 IIC 总线通讯协议，所以信号线只需要两根，分别是 CLK 和 DATA，它们分别连接 STM32 的 PB0 和 PB10，这两个口并非硬件 IIC 接口，而是普通 I/O 口，因为硬件 IIC 接口会出现难以预料的问题，所以这里直接用相对稳定的普通 I/O 模拟 IIC 通讯协议，关于 IIC 总线通讯协议在软件部分会详细介绍。三根地址级联线直接拉低，电源使用 5V 供电，AT24C32 硬件接线如图 5 所示。

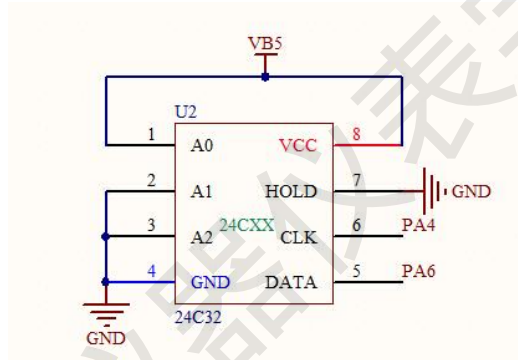


图 5 AT24C32 硬件接线

3.5 STM32 最小系统设计

STM32 系列芯片是 ST 意法半导体公司生产的基于 Cortex - M3 内核的 32 位高性能指令集微处理器，本设计选用的是 STM32F103C8T6 这款芯片，该芯片共有 48 引脚，最大时钟为 72MHZ，为 STM32F101 的增强型，并且具有低功耗模式。

最小系统的设计主要包括晶振电路、复位电路、电源电路、USB 转串电路，晶振使用 8M 外部时钟晶振，电源使用电压转化芯片 ASM1117 提供 3.3V 电源，USB 转串部分使用 PL2303 使得 USB 信号转化为 RS232 串口信号。

在本次设计中用到的 STM32 上的硬件资源包括串口 1、串口 2、硬件 PWM、外部中断脚、普通 I/O。通过使用单片机自带的这些硬件资源，将其有效的组合，为后续的软件部分提供合理的硬件平台，同时设计时也将最小系统和其他功能模块分开，分为最小系统和底板部分，这样设计便于分块调试、扩展和硬件维护。其硬件模块实物图如图 6 所示。



图 6 STM32 最小系统实物图

3.6 电源模块设计

电源是一个系统电路能量的来源，不同模块的电路的电压、电流指标都对电源的性能提出了不同的要求。本设计使用满电压为 7.4V 的锂电池为整个系统供电，这样既省去外接电源对场合必须带有插座的不便的，另一方面也简化了电源电路^[8]，整个设计的电路分为两层，上层为微处理器最小系统，下层为各个模块电路，所以外接锂电池首先给底板供电，底板上的 5V 引脚再给微处理器最小系统提供电源，底板和最小系统分别使用了电源芯片 ASM1117-5V 和 ASM1117-3.3V，ASM1117-5V 使锂电池给底板提供的 7.4V 电源转化为 5V 电源，ASM1117-3.3V 将底板给最小系统提供的 5V 电源转化为 3.3V。外围电路设计如图 7 所示。

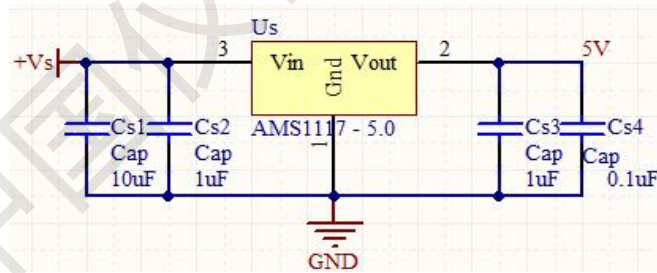


图 7 AMS1117 外围电路设计

4 软件设计

软件部分主要包括信号的转换、传输、接收、处理、存储、表示，整个系统分为 Android 客户端软件、中控微处理器软件两部分，Android 客户端为单独的控制端，通过 Wi-Fi 信号发送控制命令给中控机，中控微处理器软件又包括串口信号的接收和处理、红外信号的发射、红外信号的接收和存储几部分。程序总体结构如图 8 所示。

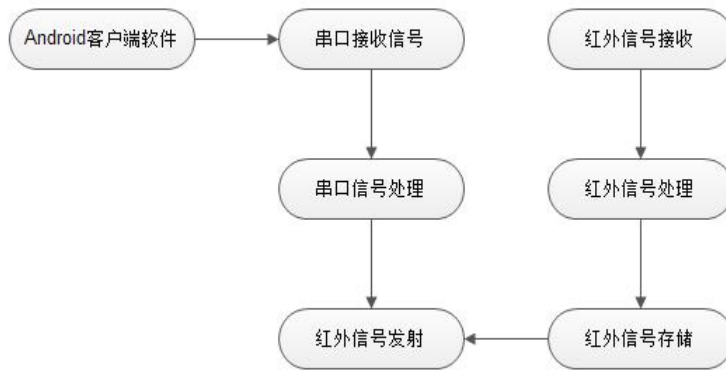


图 8 总体程序结构图

4.1 Android 客户端软件

Android 客户端的设计主要是基于 Eclipse 开发工具完成的，总体上看可以分为两方面，一是 UI 设计，二是按键响应设计。UI 界面上总共设置 10 个按键，顶部设有可输入文本框，用于输入 IP 地址和端口号，如图 9 所示。



图 9 Android 客户端界面

其中 UI 设计在 Eclipse 中是以 XML 文件的形式生成的，XML 是一种可扩展标记语言，它包括内容和标记，因为它具有很强的可描述性，所以使用这种语言可以很清楚的帮助理解文件的内容，并且使得内容可以更容易识别和分类。

对于按键响应设计，则是当按键按下时执行相应的操作，发送相对应的控制命令，一般设为打开或者断开，通过函数调用 `packageCmd` 和 `sendData` 完成数据打包和数据发送。

4.2 串口信号接收和处理

当接收到 Android 客户端发来的 Wi-Fi 信号后，Wi-Fi 转串模块会将 Wi-Fi 信号转化为串口信号，这时候单片机要接收这些串口信号，就需要用内部的串口模块进行接收，

STM32F103C8T6 具有三个串口功能^[10]，串口 1 用在最小系统上，用于程序的下载和调试，本系统中接收客户端的信号使用的是串口 2。串口亦分为查询法和中断法，串口中断是使用最多的方式，本次设计中使用的也是串口中断方式：首先执行初始化，然后当有信号传给串口触发串口中断时，便会打断主函数进程，执行中断服务函数，这里将每一个字节的数据存入 USART_RX_BUF 数组中。

当检测到串口信息为整 8 个字节时，便可认为接收到了一条命令信号，接下来就要判断到底是哪个键发来的命令信号，所以这里用了另一个数组来预先存储 10 组键值对应的串口值，对每一个键值的 8 个字节的数据逐个检测，直到检测出完全符合预值的按键。确定键值后，把发射信息从存储芯片中提取出来，传给发射端。

4.3 红外信号发射

红外信号的发射是利用 I/O 的不停翻转模拟脉冲信号的串行输出实现的，因为对时间电平的要求比较高，所以不建议使用定时器来实现此模块设计，建议直接使用最简单最好用的延时 Delay 函数来完成。

发射脉冲代码：

```
while(1)          //发送一段波
{
    IDATA = ~IDATA;
    t = num16[icnt];
    while(t)
    {
        delay_us(20);
        t--;
    }
    if(icnt >= cnt) break;
    icnt++;
}
```

经测试，利用此延时函数生成的脉冲与源码数据的误码率在 5%之内，符合系统对发射模块的数据精度要求。这里的 num16 数组是经过单字节数据处理而来，是由原来的两个单字节数据合并成的，这么做是为了保持和接收部分数据的一致性，所以此部分还需要有数据转换设计。

单字节到双字节数据转换：


```

for(i=0,p=0;i<cnt;i++)          //合并成 16 位数据
{
    num16[i] = (u16)(data[p++]);
    num16[i] = ((u16)(data[p++])<<8) + num16[i];
}

```

接收部分相应也有将双字节转化为单字节的需要，所以必须同时具有双字节到单字节的设计。

双字节到单字节数据转化：

```

for(i=0,p=0;i<cnt;i++)
{
    num8[p++] = (u8)(shu[i]&0xff); //分解成 8 位数据
    num8[p++] = (u8)(shu[i]>>8);
}

```

4.4 红外信号接收、处理和存储

红外信号的接收、处理和存储是本次设计的一个关键点。因为只有此部分功能能精准的实现，才能较好的实现红外的学习型功能，才能更好地将原始遥控器的数据精确地还原出来，与红外发射一样，这里同样采用了延时的方式，经测试的效果要好于定时器方式。红外接收使用外部中断，总体的学习型设计是先按下系统底板的 S1 键，此时，系统进入学习模式，将遥控器对准红外接收管，按下要学习的按键后，等待 3S 左右，才能松开底板的 S1 学习按键，此时该键的信息已经被保存于系统的存储模块中，这里特殊说明的是，因为没有对每个键设置单独的按键，所以当需要学习多个按键的时候，则只能采用顺序学习的方式，如果在此过程中系统断电，则学习过的按键功能会被保存，如需继续学习剩余的按键功能，则只能重新开始从第一个按键开始学习，这样的设计在遇到一些特殊情况时，会有稍许不便，但只要使用单独按键就可解决此问题，因为只做研究之用，所以这里只是提供一种方式，具体有特殊需要的在此基础上稍加改动即可。

红外信号一般使用 NEC 和 RC5 的通讯协议，逻辑 0 和 1 的电平是用高低脉冲的时间宽度定义的，在 NEC 协议里，逻辑 0 用 560us 的高电平和 560us 的低电平表示，逻辑 1 用 560us 的高电平和 560us*3 的低电平表示。逻辑电平表示如图 10 所示。

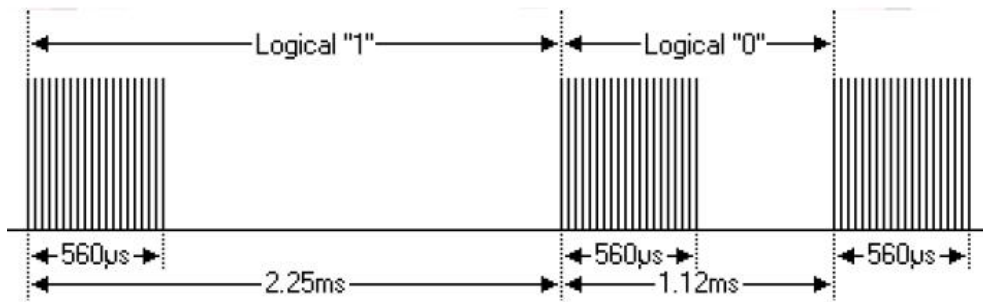


图 10 逻辑电平表示

在代码设计中，以 t ($20\mu\text{s}$) 为时间基准，默认当超过 250 个单位即 5ms 时就认为此次信号已经接收完毕，可以跳出循环，将接收到的数据进行存储，另外，此次设计没有连发功能，即当一直按着一个按键时，不会执行连续操作或者其他的动作，当感觉接收到的信号与原始值相差较大时，可使用串口进行调试。

存储功能主要利用存储芯片进行信号记录，存储芯片内部使用 IIC 总线协议，此协议只是用两根信号线，很节省单片机 I/O 资源，但是使用的协议就要相应复杂一些。IIC 总线是飞利浦公司创立的一种高性能串行总线，可多个设备相互级联，IIC 的数据传输时序如图 11 所示。

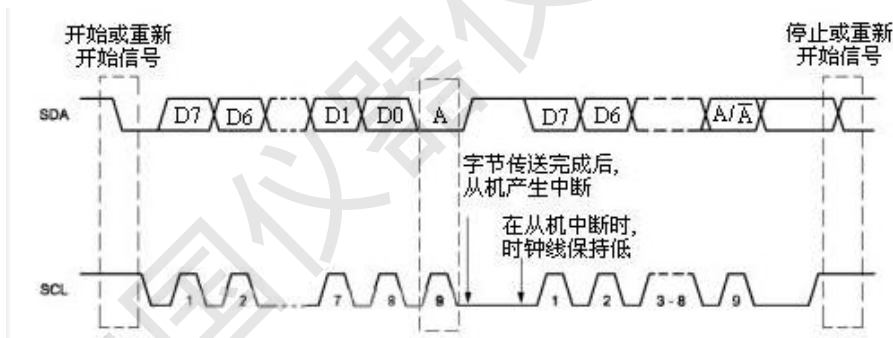


图 11 数据传输时序

上图可清楚地看到信号传输中的时序，当需要传输信号时，首先将 SDA 信号线拉低，SCL 时钟线置高，当传输 8 位数据，经过 8 个时钟周期后，接收数据的设备向发送数据的设备发送一个 ACK 应答信号，然后地址线拉低，IIC 停止工作，等待一段时间以后，SCL 重新开始工作，重复之前的动作，直到信号完全发送结束，之后可以按照之前的时序重新开始信号，并且此类通讯协议是没有数据长度限制的。

在数据接收处理后，将这些电平信号存储到芯片 AT24C32 中，设计是按顺序存储，每次存储完一个信号，存储地址便自动转到下一个数据的起始地址，直到 10 组数据完全存储完毕，如果在存储过程中突然断电，则只保存已经存储完成的数据，再次使用学习功能的时候如果想记录完整的按键信号必须重新开始记录，此时新的数据变回覆盖之前的数据。

5 结语

本设计完成了一个基于安卓客户端 APP 的遥控系统, 包括硬件和软件设计。实现了基于 Wi-Fi 的客户端控制, 基于红外的控制功能, 实现了掉电存储, 基于此系统可以实现用“统一”的遥控器对实验室中的各类红外设备进行控制。该系统设计简单, 易推广, 可以为后续智能控制系统的设计提供一定的参考。

参考文献:

- [1] 张学磊, 曾祥源, 唐杰峰, 等. 基于安卓系统手机 WiFi 的家用智能遥控器开发[J]. 电子世界, 2013(22):112-112.
- [2] 朱高中. 基于单片机的红外遥控解码电路的设计[J]. 计算技术与自动化, 2011, 30(2):35-39.
- [3] 闫爱云, 李晶皎, 王爱侠. 基于输入捕捉的红外遥控接收器设计[C]// 2006 中国控制与决策学术年会. 2006.
- [4] 叶仁春, 张莉, 陆云龙. 无线转红外技术的教学设备的升级改造[J]. 实验技术与管理, 2014(1):70-73.
- [5] 唐柳, 方凤才. 一种基于 AT89S52 单片机的红外遥控发射码解码技术[J]. 广西师范学院学报(自然科学版), 2009, 26(2):44-47.
- [6] 相福利. 基于 android 平台智能家居系统研究与实现[D], 成都: 电子科技大学, 2012.
- [7] 焦双伟. 基于 TCP/IP 网络的智能家居控制系统研究与实现[D]. 南昌: 南昌航空大学, 2012.
- [8] 康华光. 电子技术基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005:534-540.
- [9] Emmanuel ADETIBA, Victor O. MATTHEWS, Ayokunle A. AWELEWA, Isaac A. SAMUEL, Joke A. BADEJO. Automatic Electrical Appliances Control Panel Based on Infrared and Wi-Fi: A Framework for Electrical Energy Conservation, International Journal of Scientific & Engineering Research, 2011, 2(36):126-133.
- [10] 余善恩, 李真, 陈张平, 等. 基于校园一卡通的开放实验室节能系统研究[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(12):263-265.