

组号：7

浙江大学

本科实验报告

课程名称：电子工程训练（甲）

姓 名：王若鹏 林皓泓

学 号：3170105582 3170105156

指导老师：李培弘 金心宇 金向东

选课时间：2018-2019 学年 秋冬学期

2018 年 12 月 16 日

浙江大学实验报告

姓名：王若鹏 林皓泓

学号：3170105582

3170105156

日期：2018 年 12 月 16 日

地点：东 4-421 教室

课程名称：电子工程训练（甲） 指导老师：李培弘 金心宇 金向东 成绩：_____

实验名称：智能插座 DIY 实验类型：电子实验 同组学生姓名：王若鹏 林皓泓

一、实验目的

1、DIY 一个智能插座，实现以下功能：

- ①提供 2 路可控开关的供电插座；
- ②插座物理形状为 USB 供电接口；
- ③提供 5V 供电电压；
- ④支持 WIFI 远程开关遥控；
- ⑤开关电压、温度以及 2 路电流值的遥测；
- ⑥支持安卓系统的 APP 遥测、遥控。

2、熟练掌握 PCB 板的焊接，能对电路进行模块化测试，并能对焊接出错的模块进行纠正；

3、掌握基本硬件的测试方法，并根据实际对硬件参数进行标定；

4、了解 Arduino 嵌入式系统组件与其他电路进行串口通讯的过程，熟悉 Arduino 的编程语法以及利用串口监视器进行调试的方法

5、了解 APP 功能的测试方法，学会设计应用场景进行针对性调试。

二、实验步骤

本次实验制作的智能插座系统由控制板、WiFi 模组、Arduino 主板以及配套的用电器组成，包含 2 路可控的 USB 型供电插座，使用 5V 供电电压。基于安卓平台上的 APP，系统支持远程遥控开关以及对电流电压、温度等参数的监测，其内置的安全模式更可进行多种个性化设置。

实验具体内容如下：

1. 分析理解电路结构：

系统通过串口通信将插座控制电路上的电压、温度等信息发送给 Arduino 主板，经过处理后的信息一部分通过串口回送给控制板来控制继电器，另一部分通过 WiFi 模组发送至移

动端;同时,主板通过无线网络接收来自手机的信息,发送给控制板完成对插座的远程控制。

2. 手工焊接 PCB

电装工作主要在插座控制板上展开。控制板由 1 个供电电路、1 个温度传感电路、2 个插座输出控制电路、4 个放大器电路、5 个接口电路以及备用电路组成,模块数量相对较多。因此需要同时进行焊接与调试工作。只有当所有模块焊接完毕且经过模块化测试,才能对电路的初步通电测试。

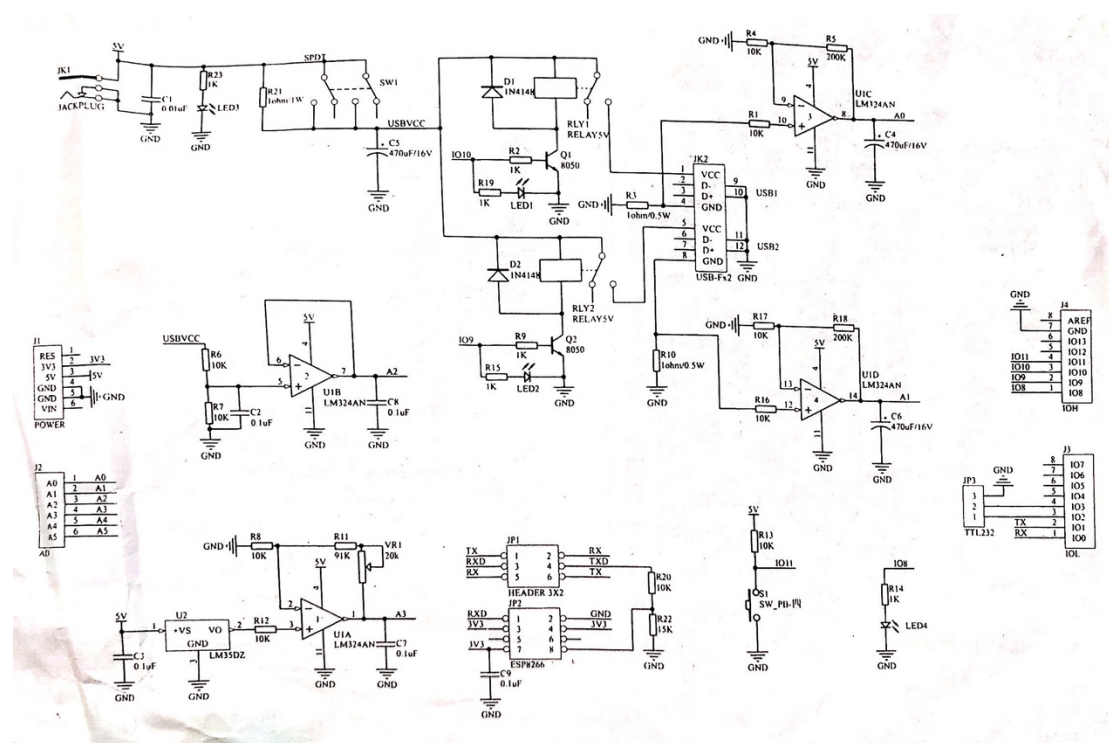
3. 基本硬件测试及硬件标定:

将焊接完毕的插座控制板与 Arduino 主板连接,在 Arduino 中下载程序后对各个硬件进行测试。测试包括对 2 路插座的通断控制以及对相关参数读取,其中,还需要调整电位器来校准温度传感器的数据,完成对硬件的标定。

4. 综合系统测试

在 arduino 主板中下载固件代码并上电启用,在手机上启动 APP 并通过无线网络与插座连接。熟悉手机 APP 上的全部功能以及操作方法,并设计特定的使用场景对各项功能的运行情况进行针对性测试。

三、实验电路设计



四、主要仪器设备

智能插座控制电路板、Arduino 主板、ESP8255 WIFI 模组、LM35 温度传感器、小台灯、可调光台灯、可调速风扇、万用表、5V 电源适配器、杜邦线等。

五、实验内容与数据记录

1、电装与初步调试

(1) 操作流程

本次焊接工作元件多且复杂，因此我们采用先低后高、先局部功能后整体功能的顺序进行焊接。

我们首先焊接的是电阻和瓷片电容。这两种元件高度最低，且功能稳定性相对较好。我们用万用表对色环电阻和瓷片电容的标称值进行了检测，确保大致相同后进行焊接。

第二步，我们对电解电容、二极管等极性器件进行焊接。存在极性的器件在焊接时需要格外注意，除了检测元件功能正常与否外，还需根据板上的图示进行安装。为确保准确，我们两人进行了如下分工：一人检测功能并插件，确认无误后再由另一个人进行焊接。之后，我们进行开关、排针接口、三极管插座等元件的焊接。这类元件有一定的高度，但其本身的引脚非常容易固定，焊接起来比较方便。最后，我们再进行继电器、USB 接口、电源接口、芯片座以及排针等元件的安装。和之前的元件相比，这类元件引脚往往多而复杂，焊接的方法主要是先固定其中一个引脚，待用焊枪调整完毕后完成其余引脚的焊接。另外，这类元件一般还带有单纯固定用的引脚，需上较多的焊锡确保牢固。焊接完成后，我们还对每个焊点进行了检查，杜绝虚焊漏焊情况的发生。

总之，我们的焊接过程是找元件、测参数、焊接的不断循环，并辅之以双人检查，确保过程中不出问题，为后续的功能实现奠定良好的基础。

(2) 电装注意事项

- ① 分清供电模块、输入与输出通道模块;
- ② 遵循先供电模块，后用电模块的安装步骤。在供电模块安装完成后必须测试供电电路的各项参数，如电压、纹波等，避免因供电电路的故障，造成对后续安装电路的影响;
- ③ 各模块的焊接从其输入部分开始，直至其输出部分，逐级安装;
- ④ 为稳妥起见可采用安装一部分，测试一部分的谨慎法则。

【数据记录】

(1) 供电电路检测

插上电源，“LED3”会亮。用万用表的直流电压档，检查 J1 排针上的第 3(标注 5V)、4 或 5 脚(标注 GND)之间的 5V 电压是否正确。用万用表的直流电压档测量 USBVCC 电压是否与外接 5V 电源电压一致，即 5V。实际检测结果大致为 5V

检测项目	检测结果
插上电源后 LED3 状态（亮/灭）	亮

插上电源后，标注 5V 处（J1 的 3 脚）的电压（即以万用表直流电压档测量标注 5V 处对地线 GND 的电压）	5.202V
插上电源后，USBVCC 的电压（即以万用表直流电压档测量 USBVCC 点对地线 GND 的电压）	5.200V

（2）USB 插座供电控制检测

插座输出控制电路通过 2 个继电器分别控制 2 路 USB 供电插座（即 USB1 和 USB2）的通断。以 USB2 口的控制为例，当 IO9 引脚为高电平时，三极管 Q2 导通，继电器 RLY2 呈导通状态，USB 供电口有电流输出；当 IO9 引脚为低电平时，三极管 Q2 截止，继电器 RLY2 呈断开状态，USB 供电口没有电流输出。

检测项目	检测结果
以杜邦线连接标注 1 处（J4 的 3 脚）至标注 5V（J1 的 2 脚），观察到的现象	LED1 <u>亮</u> ，继电器 RLY1 <u>吸合</u> USB 供电插座 1 的电压 <u>5.193V</u>
以杜邦线连接标注 1 处（J4 的 3 脚）至标注 GND（J1 的 4 或 5 脚），观察到的现象	LED1 <u>灭</u> ，继电器 RLY1 <u>断开</u> USB 供电插座 1 的电压 <u>0.005V</u>
以杜邦线连接标注 2 处（J4 的 2 脚）至标注 5V（J1 的 2 脚），观察到的现象	LED2 <u>亮</u> ，继电器 RLY2 <u>吸合</u> USB 供电插座 2 的电压 <u>5.192V</u>
以杜邦线连接标注 1 处（J4 的 2 脚）至标注 GND（J1 的 4 或 5 脚），观察到的现象	LED2 <u>灭</u> ，继电器 RLY2 <u>断开</u> USB 供电插座 2 的电压 <u>0.003V</u>

（3）指示灯、按钮测试

检测项目	检测结果
电路上电，以杜邦线连接标注 4 处（J4 的 1 脚）至标注 5V（J1 的 3 脚），观察到的现象：	LED4 亮
电路上电，以杜邦线连接标注 4 处（J4 的 1 脚）至标注 GND（J1 的 4 或 5 脚），观察到的现象：	LED4 灭
电路上电，按下 S1 按钮并保持，测量 IO11（J4 的 4 脚）电平（即该点的对地电压）	IO11 的电平 <u>0.000V</u> 即按下按钮状态下，系统能通过软件检测到的信号
电路上电，按下 S1 按钮并保持，测量 IO11（J4 的 4 脚）电平（即该点的对地电压）	IO11 的电平 <u>5.200V</u> 这就是在松开按钮的状态下，系统能通过软件检测到的信号

(4) 集成电路芯片的供电检测

检测项目	检测结果
LM324AN 的电源电压	5.204V
LM35DZ 的电源电压	5.201V

2、基本硬件调试与硬件参数标定

(1) 硬件组装

- ① 领取 Arduino 主板、LM324 集成运放、LM35 温度传感器及 2 个跳线帽；
- ② 将跳线帽、LM324 芯片以及 LM35 传感器安装到控制板上；
- ③ 将完成电装的控制板通过串口与 Aduino 主板连接，连接时需注意引脚位置；
- ④ 将 Arduino 通过 USB 电缆线与 PC 相连，通过此线为控制板提供 5V 供电；
- ⑤ 仅将小台灯连接到智能插座上，并保持开关 SW1 处于闭合状态（当 SW1 处于闭合状态时，电阻 R21 被短路，此时，给控制板供电的节点 USBVCC 电压与输入电压相同，为 5V；同时，将开关置于闭合状态，能在之后断开以模拟电压突降的情况）。

(2) 配置调试硬件平台

- ① 打开 Arduino IDE 作为调试环境；
- ② 通过菜单项“工具”→“板”，选择 Aduino 主板型号 UNO；
- ③ 将智能插座硬件系统通过 USB 接口连接到 PC 机并安装相关驱动；
- ④ 通过 PC 系统中的“设备管理器”查看主板连接的串口编号，并在 Arduino IDE 中，选择“端口”为所连接的串口编号（如 COM6）。

(3) 基本硬件功能测试

测试程序的功能包括：I) 每隔 1000ms 循环采集 2 路电流，1 路电压以及 1 路温度数据，并通过串口发送至 PC 上的“串口监视器”窗口中显示；II) 能在“串口监视器”中输入特定字符（A, a, B, b）以控制 USB 输出的通断。

【数据记录】

(1) 调试标定任务

电路中的可变电阻用于 VR1 是用于调整温度测量值输入时的转换比例的，所以需要根据你在测试程序中显示的温度值，同时参考当前室温，并通过调整可变电阻 VR1 的螺丝旋钮来调整显示值，并使之与实际室温的尽量保持一致。

项目	测量值
当前实际室温	24℃
经调试后测试程序显示温度	24℃
是否存在严重的元器件离散性问题	否

(2) 测试任务一:

输出命令	1#和 2#插座的状态	控制电压
A	1 通, 2 断	J4 的 1 脚电压: 4.687V, 2 脚: 0.008V
a	1 断, 2 断	1 脚: 0.007V, 2 脚: 0.003V
B	1 断, 2 通	1 脚: 0.007V, 2 脚: 4.665V
b	1 断, 2 断	1 脚: 0.006V, 2 脚: 0.005V

1#由 1 脚控制, 2#由 2 脚控制, 因为由测试数据可看出, 当 1#接通时, J4 的 1 脚电压为 4.7V 左右; 当 2#接通时, 2 脚电压为 4.7V 左右。

(3) 测试任务二:

利用各类用电器, 测量其在智能插座使用中的各类测量值(注意:是通过我们的测试小程序来读取下述测量值):

1#插座外接的用电器	小台灯
1#插座电流值	288.28 mA
2#插座外接的用电器	可调光台灯
2#插座电流 (最亮时)	232.84 mA
2#插座电流 (最暗时)	62.83 mA
插座电压值	4.92 V
环境温度	24℃
手指触碰温度	32℃

(4) 测试任务三:

将 2#插座上的可调光台灯换成风扇, 并接通风扇的插座电源, 测量风扇的各档工作电流值。(注意:是通过我们的测试小程序来读取下述测量值):

项目	测量值
风扇慢速档电流	258.72 mA
风扇中速档电流	295.67 mA
风扇快速档电流	325.24 mA

(5) 测控任务一:

通过修改该小程序, 加入一段程序, 使之能利用 LED4 产生闪烁效果, 即亮 1s, 灭 1s 的效果。

```
const int LedPin8 = 8;      //定义 LED 引脚编号为 Arduino 主板上的 8 号引脚
void setup(){
    pinMode(LedPin8, OUTPUT); // 初始化 8 号引脚
}
void loop(){
```

```

//循环进行灯的亮灭，亮 1s，灭 1s，周期 2s
digitalWrite(LedPin8,HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(LedPin8,LOW);
delay(1000);
}

```

（6）测控任务二（选做）：

利用 SW1 按钮和小台灯，通过修改上述小程序，当按下 SW1 按钮，模拟出“供电电压突降”的情况时，使 LED4 每隔 500ms 闪烁一次。电压恢复正常时闪烁停止。

```

const int ledPin8 = 8;      // 设置 LED 引脚号为 8 号
unsigned int Sensor1 = 0;   // 感知得到的模拟值(0-255)
float fSensor2;             // 根据模拟值处理后的电压值
Sensor2 = analogRead(A2) / 4; //读入模拟值
fSensor2 = Sensor2 * 1.718 / 220 * 5; // 进行数据处理，得到电压值
//.....
void loop(){
    //.....
    if (fSensor2 < 4.75){    //比较电压值和设定的阈值，执行对应操作
        digitalWrite(ledPin8, HIGH);
        delay(500);
        digitalWrite(ledPin8, LOW);
        delay(500);
    }
}

```

3、系统综合测试

（1）连接手机与智能插座。

① 下载固件代码后运行插座。打开手机 APP，设定组号为 7 后，点击“重搜”，将手机与插座通过无线网络相连，如果长时间未连接，可以点击“数据同步”；

（2）测试开关手动控制以及插座相关信息显示的功能。

- ① 在插座的两个输出口分别插上可调速风扇和可调光台灯，在手机上设置输出为连通状态；观察并记录此时的温度、电流、电压、总功率等参数；
- ② 断开 1 号输出电路，观察用电器情况，并记录此时的电流、电压、总功率等参数；
- ③ 断开 2 号输出电路，观察用电器情况，并记录此时的电流、电压、总功率等参数；
- ④ 重新连通两路输出，观察用电器情况，记录此时显示的相关信息并与最初的信息做比较。

（3）测试定时开关、延时开关的功能。

本测试以插座 1 号为例，插座 2 号与其完全相同。

- ① 设置 1 号电路输出为断开状态，观察用电器情况；
- ② 设置延时开的时间为 1 分钟，设置延时关的时间为 2 分钟，点击“下发设置”并计时，观察用电器响应情况；
- ③ 待上一操作完全响应完毕后，输出应为断开状态。此时取消所有延时设置，记录当前时间，设置定时开的时间为 1 分钟后，定时关的时间为 2 分钟后，点击“下发设置”并计时，观察用电器响应情况；
- ④ 待所有操作响应完毕后，取消所有定时设置，点击“下发设置”使其生效。

（4）测试插座在安全模式下的自动控制功能。

本测试结合“异常情况下插座的应对策略”测试进行。

- ① 设置两路输出均为连通状态，并设置用电器使其正常工作，记录此时的电流、电压、温度、总功率等信息；根据该信息设置安全模式下各参数的范围，使其包含正常工作状态且有适当的冗余，点击“下发设置”使其生效；
- ② 适当设置“最小电压”、“最大电压”、“最高温度”、“最低温度”、“最大电流 1”、“最大电流 2”、“最大功率 1”、“最大功率 2”的限定值，点击“下发设置”使其生效，观察用电器情况以及 APP 上的报警信息。

（5）选做：程序查错

经过细心观察，我们发现：本程序控制下的 1、2 号插座与实际电路板上标识的 1、2 号插座出现了相反的情况，故在程序开头的参数设置时予以调整，实现插座序号的对应。

```
const int relayPin9 = 10;  
const int relayPin10 = 9;           // 交换两个继电器对应的引脚号
```

【数据记录】

（1）连接手机与智能插座

写入程序，完成无线网络连接，点击重搜，经过一段时间，屏幕中央的“1”由灰色变为绿色，说明硬件连接成功。

（2）测试手动控制和插座信息显示

将可调风扇和台灯分别接入 1、2 号口（处在各自最大档位）

输出状态	温度	电流 1	电流 2	电压	总功率
1 号通，2 号通	20.0℃	322mA	326mA	4.93V	3.19W
1 号断，2 号通	19.8℃	2mA	326mA	4.67V	1.52W
1 号通，2 号断	20.1	235mA	2mA	4.65V	1.09W

1 号断, 2 号断	20.2℃	2mA	2mA	4.92V	0.00W
------------	-------	-----	-----	-------	-------

(3) 延时开关功能测试

初始状态	手机端设置		用电器情况
断开	延时开	延时关	数据下发完成后, 计时经过 1min, 台灯亮起, 说明电路连通; 2min 后, 台灯熄灭, 说明电路重新断开
	00: 01	00: 02	
断开	定时开	定时关	数据下发完成后, 15: 10 时, 台灯亮起, 电路连通; 15: 11 时, 台灯熄灭, 说明电路重新断开
	15: 10	15: 11	

(4) 安全模式下的自动控制

电路初始参数	电流 1	电流 2	温度	电压	总功率
	322mA	326mA	20.1℃	4.95V	3.23W
测试	参数设置		电路情况		报警信息
	设置“最小电压”为 5.0V		1 号断开, 2 号断开		电压故障
	设置“最大电压”为 4.5V		1 号断开, 2 号断开		电压故障
	设置“最高温度”为 19℃		1 号断开, 2 号断开		温度异常
	设置“最低温度”为 22℃		1 号断开, 2 号断开		温度异常
	设置“最大电流 1”为 300mA		1 号断开, 2 号不变		电流超限 1
	设置“最大电流 2”为 300mA		1 号不变, 2 号断开		电流超限 2
	设置“最大功率 1”为 1.0W		1 号断开, 2 号不变		功率超限 1
	设置“最大功率 2”为 1.0W		1 号不变, 2 号断开		功率超限 2

六、思考题汇总

1、关于 USB 电源插座输出控制电路, 另一路 USB2 口的设计与 USB1 口完全相同。请你自行分析该供电通路的信号路径, 并写入实验报告中。

引脚 IO9(电路板上标注 2 处)通过高/低电平(即+5V/0V), 控制三极管 Q1 的导通和截止, 从而决定继电器 RLY1 的通断, 决定 USB 供电插座上的 USB2 口是否有 5V 电源输出。供电电流将从 USB2 口的 VCC 引脚流出, 经过外接用电器, 从 USB2 口的 GND 流回。

2、表一至表四的测试如果遇到问题, 请分析原因并描述解决过程。

测试过程中没有出现大的问题。

3、在基本硬件测试中, 请保持“SW1”为按下状态, 即该开关为闭合状态, 原因是?

闭合 SW1, 使 R21 电阻接入, 起到保护电路的作用, 避免后面的焊接部分可能发生的短路对电源产生损坏。

4、通过抽点打印与 LED 显示两种方法来获取程序运行状态的本质区别?

抽点打印是间歇式输出, 不是连续的; LED 显示将电信号转化为光信号, 可以实现实时

连续的输出。

5、模拟出“供电电压突降”时，小台灯必须处于点亮状态，原因？

小台灯点亮时，电路才处于正常工作的状态，模拟出供电电压突降产生的真实影响。小台灯内部有电感等元器件，不会让电压突降得过于剧烈，从而方便记录数据。

七、讨论与心得

物联网 IoT 是当今科技发展的一个未来趋势，本次实验则是以“智能插座”为主体，让我们系统地学习并尝试完成一个智能电子产品。最初，我们面对繁杂的电路图、数不尽的电子元件，不知从何下手。但随着老师的讲解、学习的深入，我们一步一步，焊接、调试，最终完成了“智能插座”，在整个过程中我们学到了很多很多……