

班级：周四 6,7,8

得分：\_\_\_\_\_

组号：G420-25

# 浙江大学

## 本科实验总结

课程名称：电子工程训练（甲）

姓 名：

学院（系）：

专 业：

学 号：

指导教师：李培弘

2025 年 4 月

# 智能插座 DIY

## PART1:电装

### （一）电装元器件顺序

首先，从结合调试的电装角度来理解电路结构——按功能分块；其次，按块分步安装并分块调试。为方便手工焊接，我们按照从低到高的顺序，即先焊接高度低的器件，后焊接较高的器件。首先焊接各型电阻，其次焊接 2 个 1N4148 二极管再次焊接瓷片电容。接下来焊接稍微高一点的三极管、发光二极管、继电器插座和运放 IC 插座以及 Type-C USB 插座。之后再焊接更高一些的 3 个电解电容、温度传感器插座、可变电阻、按钮、自锁开关和正面排针。之后再焊接最高的双联 USB 接口。最后焊接背面的排针。

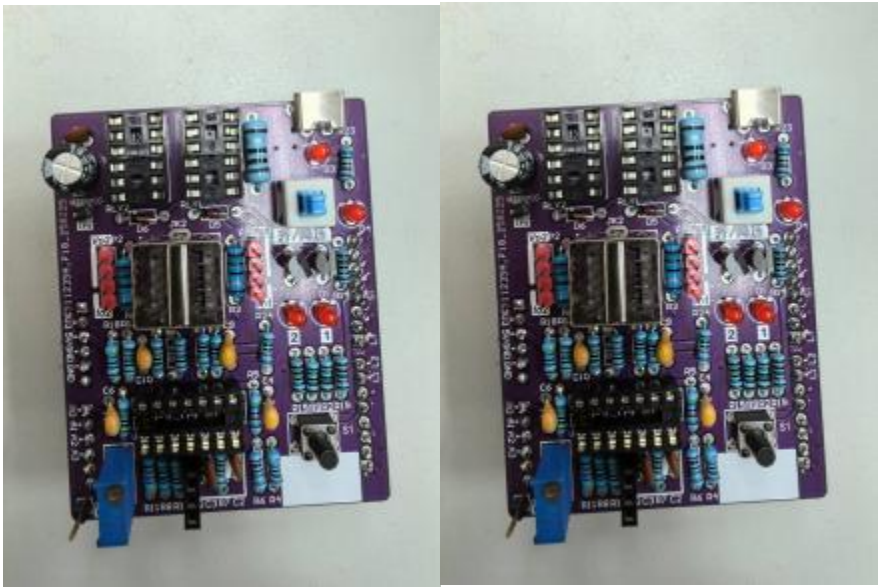

### （二）供电电路测试

【实验步骤】：

- （1）Type-C 插上外接 5V 电源，观察 “D3” 是否亮起
- （2）用万用表的直流电压档，检查 J1 排针上的第 3 脚（标注 5V）与 4 或 5 脚（标注 GND）之间的 5V 电压是否正确
- （3）用万用表的直流电压档测量 USB 电压是否与外接 5V 电源电压一致，即约 5V。电压表的负极表棒接电路系统的地线端 GND（TP3）

【实验数据记录及图像标注】：

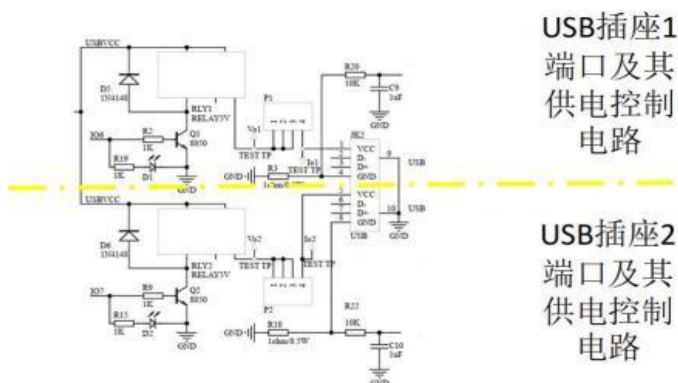
检测项目	检测结果
电源空载时的输出电压：	5.094V
插上电源后D3状态（亮/灭）：	亮
插上电源后，标注5V处（J1的3脚）的电压（即以万用表直流电压档测量标注5V处对地线GND的电压）：	5.091V



【实验结论】 测试过程中未发现问题，电路的设计与电装正确

### (三) USB 插座供电控制电路测试

【实验内容】USB2 口供电通路的信号路径：



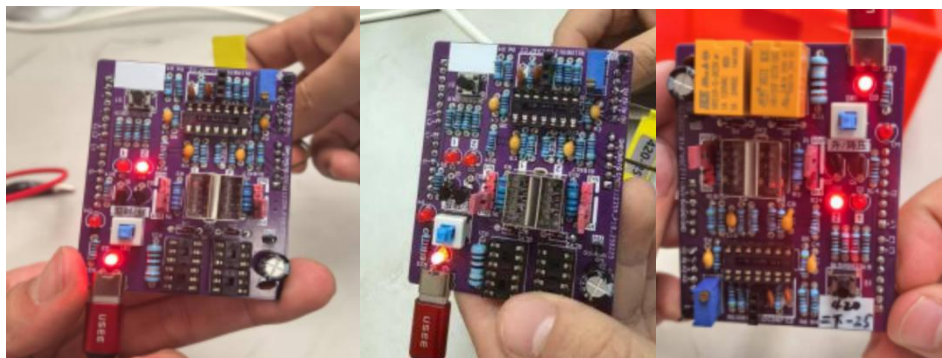
引脚 IO7 通过高/低电平（即+5V/0V），可控制三极管 Q1 的导通/截止，从而决定继电器 RLY2 的通断最终决定 USB 供电插座 JK2 上的 USB2 口是否有 5V（即 USBVCC）电源输出。供电电流将从 USB2 口的 VCC 引脚流出经过外接用电器，从 USB2 口的 GND 流回。

【实验目的及步骤】

- 1、测试插座供电输出控制功能是否完备：首先连接一根杜邦线到 J1 排针的第 3 脚（即 5V）
- 2、测试 USB 供电插座 JK2 的 USB1 口的输出控制：将杜邦线另一端连接到排针 J3 的第 7 脚（L1）
- 3、测试 USB 供电插座 JK2 的 USB2 口的输出控制：将原先连接 J3 排针第 7 脚的杜邦线一端连接到 J3 排针的第 8 脚（L2）

【实验数据记录及图像标注】

检测项目	检测结果
以杜邦线连接标注L1处（J3的7脚）至标注5V（J1的3脚），观察到的现象：	D1（亮/灭） <u>亮</u> ，继电器RLY1（吸合/断开） <u>吸合</u> ，USB供电插座1的供电电压（即P1） <u>5.091</u> V。
以杜邦线连接标注L1处（J3的7脚）至标注GND（J1的4或5脚），观察到的现象：	D1（亮/灭） <u>灭</u> ，继电器RLY1（吸合/断开） <u>断开</u> ，USB供电插座1的供电电压（即P1） <u>0</u> V。
以杜邦线连接标注L2处（J3的8脚）至标注5V（J1的3脚），观察到的现象：	D2（亮/灭） <u>亮</u> ，继电器RLY2（吸合/断开） <u>吸合</u> ，USB供电插座2的供电电压（即P2） <u>5.091</u> V。
以杜邦线连接标注L2处（J3的8脚）至标注GND（J1的4或5脚），观察到的现象：	D2（亮/灭） <u>灭</u> ，继电器RLY2（吸合/断开） <u>断开</u> ，USB供电插座2的供电电压（即P2） <u>0</u> V。

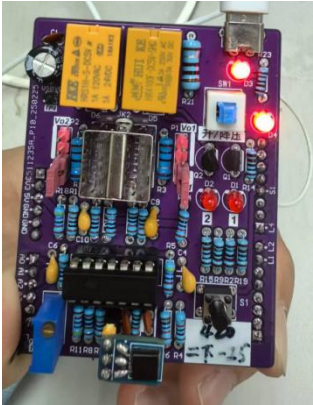


【实验结论】测试过程中未发现问题,USB 插座供电输出控制功能无异常,控制电路正常运行

(三) 指示灯与按钮电路测试

【实验数据记录及图像标注】

检测项目	检测结果
电路上电，以杜邦线连接标注L4处（J4的1脚）至标注5V（J1的3脚），观察到的现象：	D4（亮/灭） <u>亮</u> 。 这里通过标注4所施加的5V电压，就是后续系统能通过软件输出的二进制控制信号“1”。
电路上电，以杜邦线连接标注L4处（J4的1脚）至标注GND（J1的4或5脚），观察到的现象：	D4（亮/灭） <u>灭</u> 。 这里通过标注4所施加的0V电压，就是后续系统能通过软件输出的二进制控制信号“0”。



【实验结论】测试过程中未发现问题，指示灯及测量电平与预期结果相符，指示灯与按钮电路装配正确。

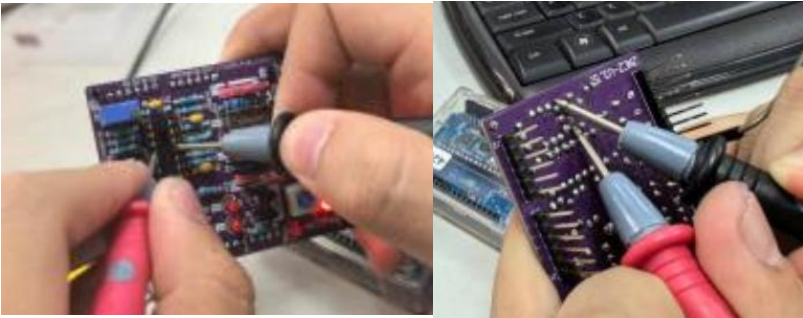
(四) 电装总体完成后的初步通电测试

【实验步骤】

- (1) 先不安装芯片 LM324AN 和 LM35DZ，通过接入外接 5V 直流稳压电源，进行初步的通电测试。
- (2) 检查 U1（即 LM324AN）芯片插座上的电源电压（即该插座上 4 脚和 11 脚之间的电压）是否为正常的 5V，并记录检测结果。
- (3) 检查 U2（即 LM35DZ）芯片插座上的电源电压是否为正常的 5V（即该插座上 1 脚和 3 脚之间的电压），并记录检测结果。断开外接 5V 直流稳压电源。
- (4) 上述电压均检测无误后，将芯片 LM324AN 和芯片 LM35DZ 安插到其相应的插座上。

【实验数据记录及图像标注】

检测项目	检测结果
LM324AN的电源电压（V）：	5.091 V
LM35DZ的电源电压（V）：	5.091 V



【实验结论】测试过程中未发现问题，集成电路芯片供电正常



## PART2:调试

### (一) 基于硬件调整的温度值标定调试

#### 【实验步骤】

根据测试程序中显示的温度值，同时参考当前室温（通过教室中安放的温度计读取），通过调整可变电阻 VR1 的螺丝旋钮来调整显示值，使之与实际室温的尽量保持一致

#### 【实验数据记录】

项目	测量值
当前实际室温（摄氏度）	30.2
经你完成调试后测试程序显示温度（摄氏度）	30.0
是否存在严重的元器件离散性问题？（是/否）	否

### (二) 基于软件后处理的电流数据标定

#### 【实验步骤】

(1) 测量 2 组电流值，即用电流表测量每组电流的实际读数，同时在串口监视器中读取各组对应的电流采样值。

(2) 代入  $I = k * val + b$  求解  $k$  和  $b$ ，求得标定参数公式。

(3) 将上述公式编程加入软件处理完成实时的采样标定处理，使串口监视器上显示的电流值和实际值相一致。

#### 【实验数据记录】：

(1) 采样数据电流

P1:

Val（串口监视器读取电流值）	I（P1、2处测得的实际电流值）
230 mA	40.1 mA
93 mA	16.0 mA

P2:

Val（串口监视器读取电流值）	I（P1、2处测得的实际电流值）
105 mA	59 mA
388 mA	205 mA

计算求解得 P1:  $k = 0.176$ ,  $b = -0.38$ ,  $I = 0.176 * Val - 0.38$  (mA)

P2:  $k = 0.516$ ,  $b = 4.82$ ,  $I = 0.516 * Val + 4.82$  (mA)

(3) 修改后的代码

```
206 Serial.print("Socket #1 current: ");
207 Serial.print((float)Sensor0*0.176-0.38);
208 Serial.print(" mA");
209 Serial.print("\t\t");
210 Serial.print("Socket #2 current: ");
211 Serial.print((float)Sensor1*0.516+4.82);
212 Serial.println(" mA");
```

(4) 用你标定好的小程序，采集量程范围内的 10 个值，并比较其与电流表实际读数的差异。

P1:

Val (串口监视器读取电流值)	I (P1、2处测得的实际电流值)	误差
81 mA	81 mA	0%
126 mA	125 mA	0.8%
162 mA	161 mA	0.6%
211 mA	208 mA	3.4%
277 mA	270 mA	2.6%
301 mA	281 mA	7.1%
354 mA	348 mA	1.7%
425 mA	420 mA	1.2%

P2:

Val (串口监视器读取电流值)	I (P1、2处测得的实际电流值)	误差
75	77	1.3%
92	93	1%
108	109	0.9%
152	154	1.3%
281	283	0.7%
306	310	1.3%
351	360	2.5%

(5) 由上述数据可知两路标定参数基本一致

### (三) 软硬件相结合的系统调试

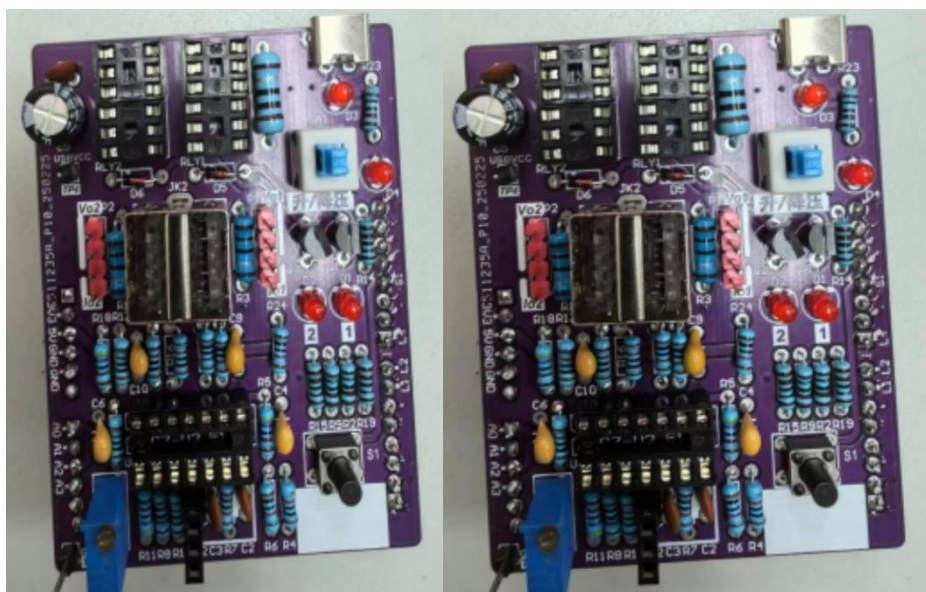
#### • 测试任务一

##### 【实验内容】

利用小台灯和小程序 SmtScktTest\_USB，确认程序控制 USB 插座中 1#和 2#插座的分别由哪个控制引脚控制

##### 【实验数据记录及图像标注】

输出命令	1#和2#插座的状态 (通/断)	控制电压 (用电压表测量L1或L2)
发送字符A	智能插座1#插座的输出电压，P1的电压: <u>4.923</u> V	J3的 <u>L1</u> (选L1或L2，即你程序中输出控制信号的那个引脚) 脚电压: <u>2.906</u> V
发送字符a	智能插座1#插座的输出电压，P1的电压: <u>0.021</u> V	J3的 <u>L1</u> (选L1或L2，即你程序中输出控制信号的那个引脚) 脚电压: <u>0.012</u> V
发送字符B	智能插座2#插座的输出电压，P2的电压: <u>4.892</u> V	J3的 <u>L2</u> (选L1或L2，即你程序中输出控制信号的那个引脚) 脚电压: <u>2.911</u> V
发送字符b	智能插座2#插座的输出电压，P2的电压: <u>0.016</u> V	J3的 <u>L2</u> (选L1或L2，即你程序中输出控制信号的那个引脚) 脚电压: <u>0.002</u> V



【实验结论】1#插座由“A”和“a”控制开关，2#插座由“B”和“b”控制开关。

## • 测试任务二

### 【实验内容】

利用各类用电器，测量其在智能插座使用中的各类测量值（通过测试小程序读取）

### 【实验数据记录】

项目	测量值	单位
1#插座外接的用电器名称	小台灯	
1#插座电流值	118.21	mA
2#插座外接的用电器名称	可调光台灯	
2#插座电流值（最亮时）	177.18	mA
2#插座电流值（最暗时）	31.99	mA
插座电压值	4.878	V
温度测量值（环境温度）	28.82	°C
温度测量值（手指触碰温度）	30.81	°C

## • 测试任务三

### 【实验内容】

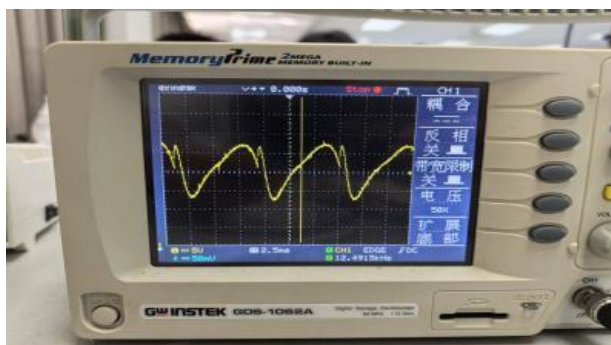
将 2#插座上的可调光台灯换成风扇，并接通风扇的插座电源，测量风扇的各档工作电流值。（通过测试小程序读取）

### 【实验数据记录】

项目	测量值	单位
风扇慢速档电流值	271	mA
风扇中速档电流值	295	mA
风扇快速档电流值	341	mA

### 【实验异常分析】：

上述测试任务（2）（3）中有哪些测量值有异常？利用示波器观察并拍照记录出现这些异常时输出供电电压的波形，说明其产生的原因。



异常：任务（3）风扇电流测量值在 $\pm 20\text{mA}$  范围内波动。

原因：小风扇由 PWM 波驱动，而 PWM 信号应用于风扇电机时，电流会随着脉冲的开启和关闭而周期性地变化，导致测量到的电流值在一个范围内波动。

## （五）软硬件联调任务<四选二>

### • 任务二

#### 【实验内容】

检测智能插座的输出供电电压，当电压高于某个设定值时，利用 LED 告警提示电压异常。

#### 【实验代码片段】

```
if(Sensor2<=4.98) //临界电压4.98V
    digitalWrite(pinLED,HIGH); //未达到临界电压LED灯亮
else
    digitalWrite(pinLED,LOW); //达到临界电压输出低电平LED灯熄灭
```

### • 任务三

#### 【实验内容】

根据当前的室温，设置测控温度期望值，使风扇能根据设置的温度期望值自动启停，以便控制温度传感器周围的温度。

#### 【实验代码片段】

```
if(Sensor3>2700) //临界温度27℃
    digitalWrite(relayPinA,HIGH); //高于临界温度输出高电平，风扇通电
else
    digitalWrite(relayPinA,LOW); //低于临界温度输出低电平，风扇断电
```



PART3 系统测试

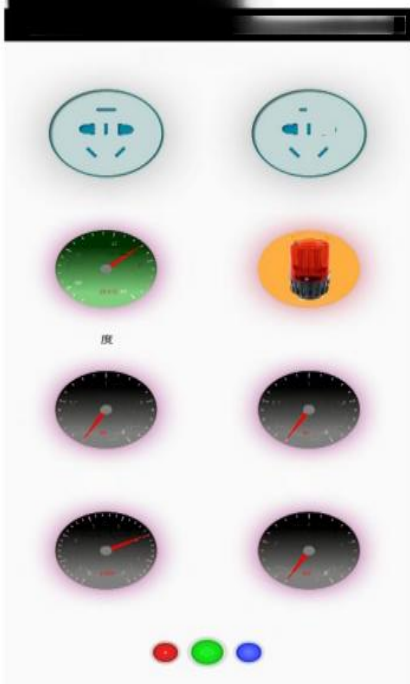
（一）连接手机

（1）测试用例描述：

- ①打开手机热点
- ②在程序中设置 ssid 和 password 与手机热点相符，并将程序上传至智能插座；
- ③运行智能插座 App，与智能插座连接。

（2）测试目的：智能插座可连一个手机

（3）测试结果：手机成功与智能插座连接，界面如下



（二）插座开关手动控制，以及温度、电压、电流和功率显示

（1）测试用例描述：

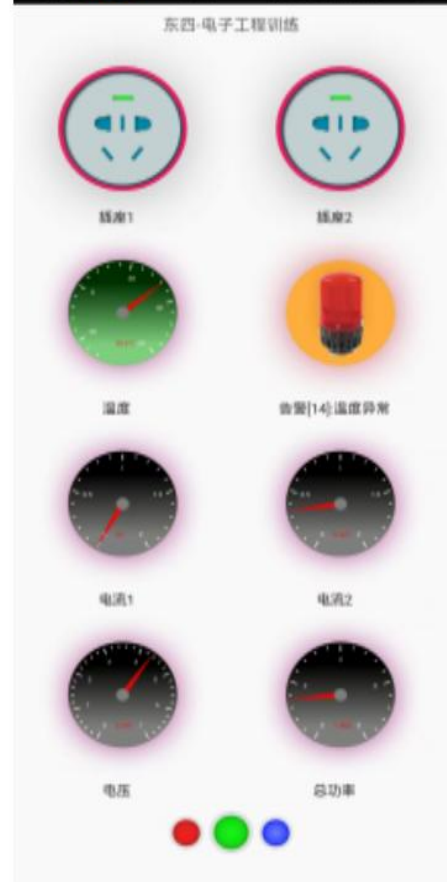
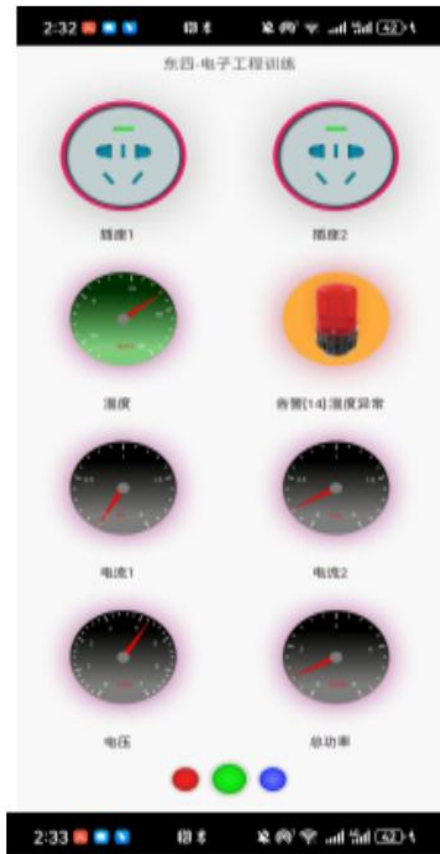
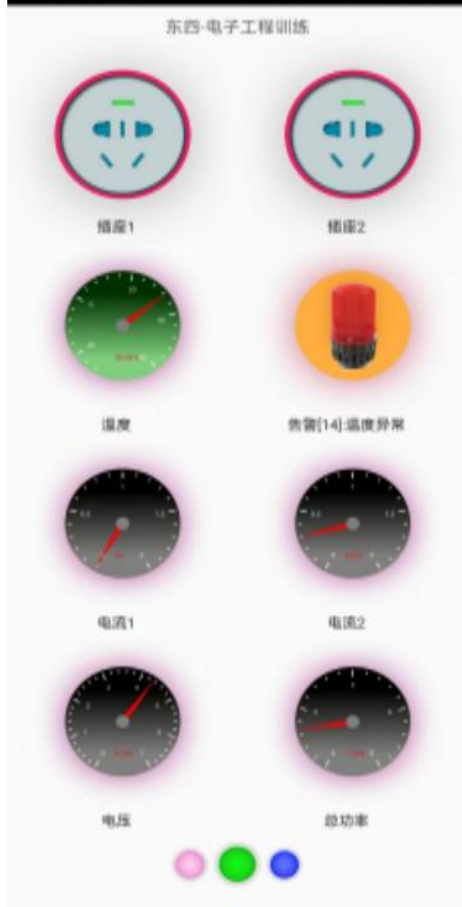
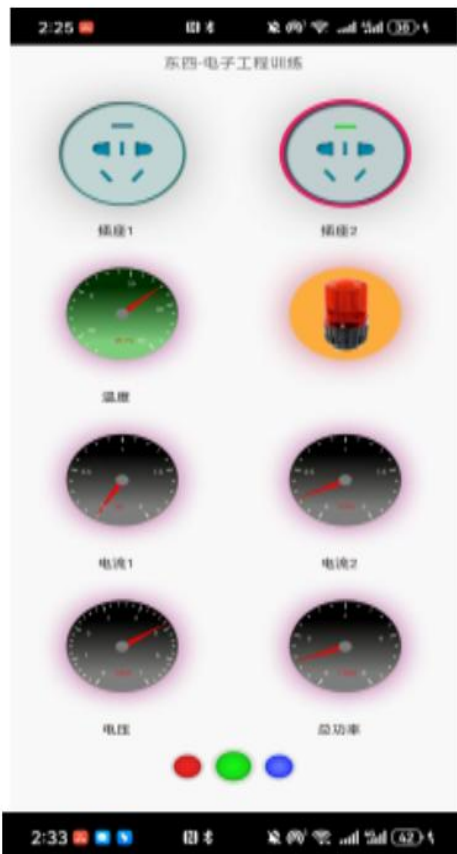
- ①将小台灯插在插座 2 上
- ②手动打开插座 2，观察发光二极管 D2 状态；
- ③在智能插座 App 读取对应的温度、电压、电流和功率。
- ④将小台灯换为风扇，并更换不同的挡位，重复步骤③

（2）测试目的：证明本系统可以手动控制插座开关，显示温度、电压、电流、功率

（3）测试结果： 听到卡塔声响，发光二极管 D2 亮起；

从 App 上读取到以下数据

	温度	电流	电压	总功率
小台灯	29.7℃	0.22A	4.84V	1.06W
电风扇 1 档	30.8℃	0.20A	4.25V	0.85W
电风扇 2 档	30.68℃	0.29A	4.33V	1.33W
电风扇 3 档	30.6℃	0.34A	4.32	1.46W



手机 App 页面描述:从上到下，第一排左右代表插座 1、2 的开关状况,边缘亮起则为开启状态；第二排左侧实时显示的为插座温度；第二排右侧则为报警栏，显示最近的故障报警；第三排左右分别实时显示插座一和插座二的电流；第四排左侧实时显示的为两个插座的电压；第四排右侧实时显示整个插座的总功率。

结论:手动控制开关及各数据读取功能正常。

(三) 定时开/关，延时开/关

1、定时开关

(1) 测试用例描述：

- ①将小台灯插在插座 2 上，关闭插座 2 电源
- ②14: 24 在智能插座 App 上设置定时 14: 25 开，预期 14: 35 小台灯亮起
- ③14: 26 在智能插座 App 上设置定时 14: 27 关，预期 14: 27 小台灯熄灭

(2) 测试目的：测试智能插座定时开关控制的有效性

(3) 测试结果：

符合预期，14: 25（定时开时间）小台灯亮起，14: 27（定时关时间）小台灯熄灭，定时开关功能正常

2、延时开关

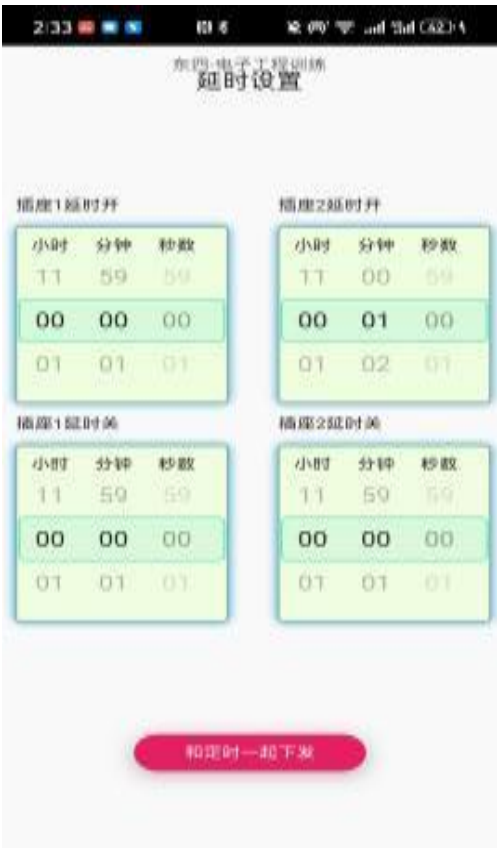
(1) 测试用例描述：

- ①将小台灯插在插座 2 上，关闭插座 2 电源
- ②14: 29 在智能插座 App 上设置延时 1min 开，预期 14: 30 小台灯亮起
- ③14: 31 在智能插座 App 上设置延时 1min 关，预期 14: 32 小台灯熄灭

(2) 测试目的：测试智能插座延时开关控制的有效性

(3) 测试结果：

符合预期，14: 30（延时开 1min 后）小台灯亮起，14: 32（延时关 1min 后）小台灯熄灭，延时开关功能正常



#### （四）超/欠电压、超电流、超功率、高温/低温告警并自动断开插座供电

##### 1、超电压

（1）测试用例描述：

- ①将风扇插在插座 2 上，关闭插座 2 电源
- ②电压上限设定为 4.7V
- ③开启插座 2 电源，启动风扇三档，预期超电压告警

（2）测试目的：测试智能插座超电压告警的有效性

（3）测试结果：

符合预期，实时显示电压超过 4.7V 瞬间告警，插座断电，超电压告警功能正常

##### 2、欠电压

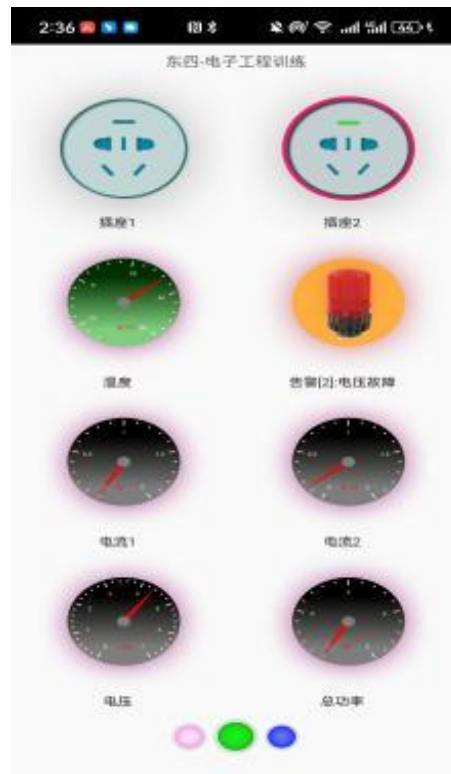
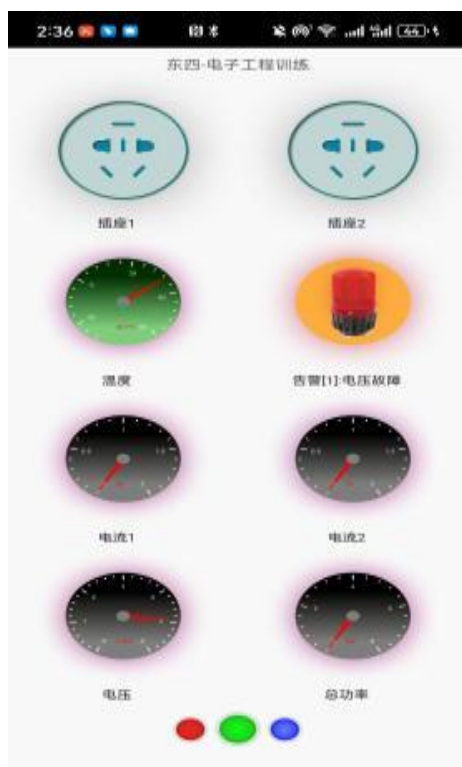
（1）测试用例描述：

- ①将风扇插在插座 2 上，关闭插座 2 电源
- ②电压下限设定为 4.2V
- ③开启插座 2 电源，启动风扇一档，预期欠电压告警

（2）测试目的：测试智能插座欠电压告警的有效性

（3）测试结果：

符合预期，实时显示电压低于 4.2V 瞬间告警，插座断电，欠电压告警功能正常





### 3、超电流

(1) 测试用例描述:

- ①将风扇插在插座 2 上，关闭插座 2 电源
- ②电流上限设定为 0.1A
- ③开启插座 2 电源，启动风扇三档，预期超电流告警

(2) 测试目的: 测试智能插座超电流告警的有效性

(3) 测试结果:

符合预期，实时显示电流超过 0.1A 瞬间告警，插座断电，超电流告警功能正常

### 4、超功率

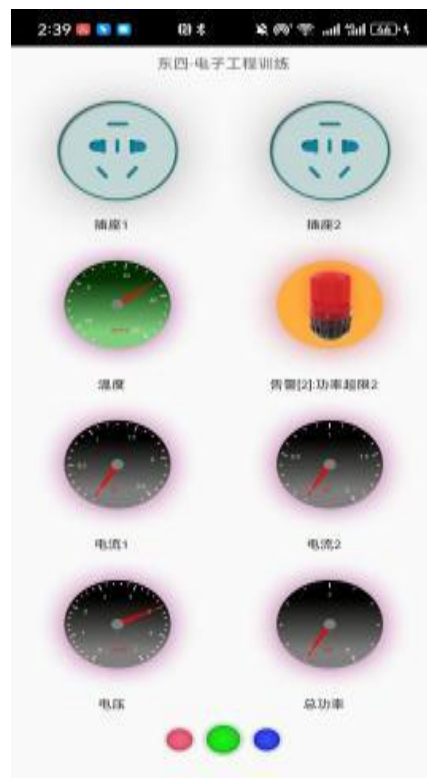
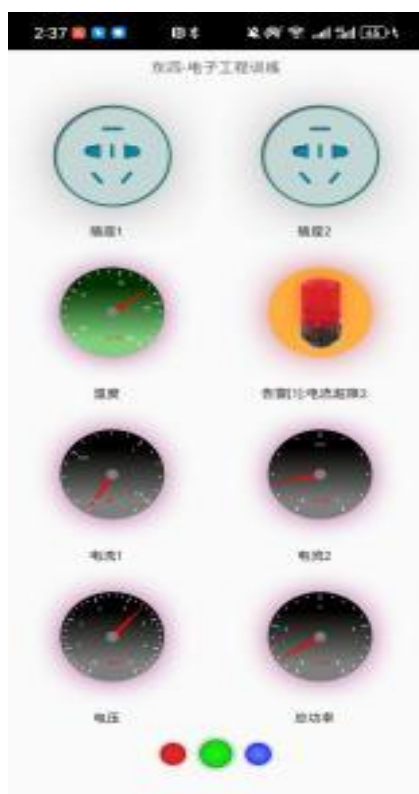
(1) 测试用例描述:

- ①将风扇插在插座 2 上，关闭插座 2 电源
- ②功率上限设定为 1.4W
- ③开启插座 2 电源，启动风扇三档，预期超功率告警

(2) 测试目的: 测试智能插座超功率告警的有效性

(3) 测试结果:

符合预期，实时显示功率超过 1.4W 瞬间告警，插座断电，超功率告警功能正常



## 5、高温

(1) 测试用例描述:

- ①将小台灯插在插座 2 上, 关闭插座 2 电源
- ②温度上限设定为  $28^{\circ}\text{C}$
- ③开启插座 2 电源, 用手捂加热温度传感器, 预期到达温度后高温告警

(2) 测试目的: 测试智能插座高温告警的有效性

(3) 测试结果:

符合预期, 实时显示温度超过  $28^{\circ}\text{C}$  瞬间告警, 插座断电, 高温告警功能正常

## 6、低温

(1) 测试用例描述:

- ①将小台灯插在插座 2 上, 关闭插座 2 电源
- ②温度下限设定为  $25^{\circ}\text{C}$
- ③开启插座 2 电源, 用小风扇吹温度传感器降温, 预期到达温度后低温告警

(2) 测试目的: 测试智能插座低温告警的有效性

(3) 测试结果:

符合预期, 实时显示温度低于  $25^{\circ}\text{C}$  瞬间告警, 插座断电, 低温告警功能正常

