

班级：电工训 25 春夏周二下

得分：.

组号：421-G17

浙江大学

本科实验总结

课程名称：电子工程训练（甲）

姓 名：许宸恺 胡东东

学院（系）：电气工程学院 信息与电子工程学院

专 业：自动化（电气学院）信息工程

学 号：3240104147 3240102873

指导教师：李培弘

2025 年 4 月 20 日

智能插座 DIY

一、电装

（一）电装元器件顺序：

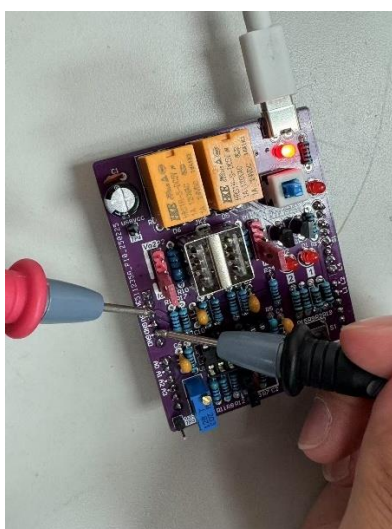
李培弘老师上课的时候建议我们运用工程的思想，采用焊接一部分电路，测试一部分电路的方法来完成本次实验。但是由于我们小组对电路的理解能力有限，同时为方便手工焊接，我们依旧按照上一个项目所学到的从低到高的顺序，即先焊接高度低的器件，后焊接较高的器件。首先我们焊接各型电阻，其次焊接 2 个二极管，再次焊接瓷片电容。接下来焊接稍微高一点的三极管、发光二极管、继电器插座和运放 IC 插座以及 Type-C USB 插座。之后再焊接更高一些的 3 个电解电容、温度传感器插座、可变电阻、按钮、自锁开关和正面排针。之后再焊接最高的双联 USB 接口。最后焊接背面的排针。这样我们便完成了元器件的电装。

（二）测试一、供电电路测试：

【实验步骤】：

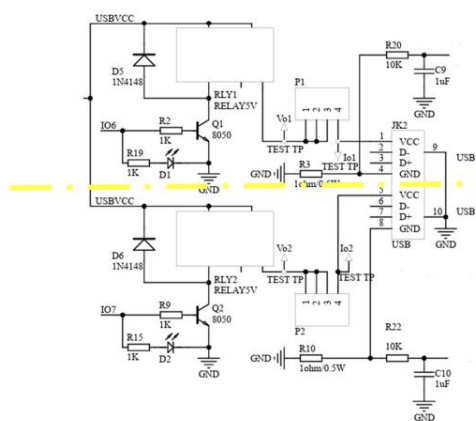
- （1）Type-C 插上外接 5V 电源，观察“D3”是否亮起
- （2）用万用表的直流电压档，检查 J1 排针上的第 3 脚（标注 5V）与 4 或 5 脚（标注 GND）之间的 5V 电压是否正确
- （3）用万用表的直流电压档测量 USB 电压是否与外接 5V 电源电压一致，即约 5V。电压表的负极表棒接 电路系统的地线端 GND（TP3）

检测项目	检测结果
电源空载时的输出电压	5.000v
插上电源后 D3 状态	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）：	5.095v
插上电源后，用万用表的直流电压档测量 USB 电压	5.094v



【实验结论】测试过程中未发现问题，说明供电电路的设计与电装正确。实验可以进一步进行。

(三) 测试二、USB 插座供电控制电路测试：



USB插座1端口及其供电控制电路

USB插座2端口及其供电控制电路

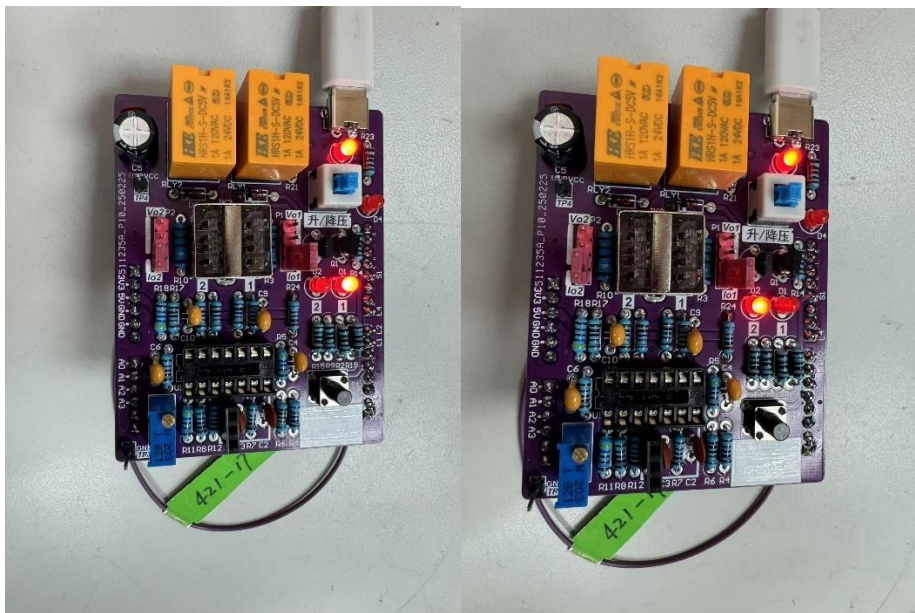
USB2口的设计：引脚 IO7 通过高/低电平（即+5V/0V），可控制三极管 Q1 的导通/截止，从而决定继电器 RLY2 的通断，最终决定 USB 供电插座 JK2 上的 USB2 口是否有 5V（即 USBVCC）电源输出。供电电流将从 USB2 口的 VCC 引脚流出，经过外接用电器，从 USB2 口的 GND 流回。

（2）【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（即 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（即 L2）

【实验数据记录】

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）__亮__，继电器RLY1（吸合/ 断开）__吸合__，USB供电插座 1 的 供电 电 压 （ 即 P1 ）__5.078__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）__灭__，继电器RLY1（吸合/ 断开）__断开__，USB供电插座1的供电 电压（即P1）__0__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）__亮__，继电器RLY2（吸合/ 断开）__吸合__，USB供电插座 2 的 供电 电 压 （ 即 P2 ）__5.074__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）__灭__，继电器RLY2（吸合/ 断开）__断开__，USB供电插座2的供电 电压（即P2）__0__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完备无异常，控制电路正常运行。可以进行进一步测试

（四）测试三、指示灯与按钮电路测试：

【实验数据记录】

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控制控制 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控制控制 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。



（五）测试四、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】:

检测项目	检测结果
LM324AN的电源电压:	5.094v
LM35DZ的电源电压:	5.093v

【实验结论】测试过程中未发现问题，集成电路芯片供电正常。整个电装过程完成。

二、调试

（一）调试的准备

调试的准备包括硬件组装和配置测试环境。首先将上次焊接完成的 PCB 正确装入到领取来的 ESP32C3_Dev 主板，并且通过数据线将主板和电脑连接在一

起。接下来可以配置 Arduino IDE（Integrated Development Environment，集成开发环境）。所有的调试准备完成之后，便可开始调试。

（二）基于硬件调整的温度值标定调试

电路中的可变电阻 VR1 是用于调整温度测量值输入时的转换比例的，所以需要根据在测试程序中显示的温度值，同时参考当前室温（可通过我们教室中安放的温度计来读取），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（摄氏度）	31.10
经你完成调试后测试程序显示温度（摄氏度）	31.15
是否存在严重的元器件离散性问题？（是/否）	否

（三）基于软件后处理的电流数据标定

- 电流标定

$I = k * val + b$

val为电流采样值；

I为经过线性矫正后的电流标定值；

k、b为标定系数。

注意：最初代码中k=1， b=0。

```
void loop()
{
    // read analog inputs:
    Sensor0 = getCurrent(0);
    Sensor1 = getCurrent(1);
    Sensor2 = getVoltage();
    Sensor3 = getTemperature();

    // send sensor values:
    Serial.print("Socket #1 current: ");
    Serial.print((float)Sensor0*1+0);
    Serial.print(" mA");
    Serial.print("\t\t");
    Serial.print("Socket #2 current: ");
    Serial.print((float)Sensor1*1+0);
    Serial.println(" mA");
}
```

【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】:

P1:

Val（串口监视器读取的电流值）	I（实际电流值）
0.660A	0.1123A

0.484A	0.0825A
--------	---------

P2:

Val（串口监视器读取的电流值）	I（实际电流值）
0.595A	0.1023A
0.9333A	0.1011A

经过计算可以得到：

$K1 = 0.169$	$b1 = 0.00076$
$K2 = 0.174$	$b2 = -0.00123$

将预设的代码改成实验测得的真实值，即可完成。

（差一个截屏，下次去的时候补上）

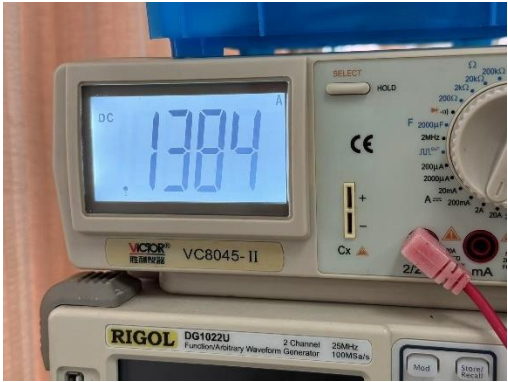
接下来，用标定好的小程序，采集量程范围内的 10 个值，并比较其与电流表实际读数的差异。

P1:

Val（串口监视器读取的电流值）	I（实际电流值）	误差(%)
0.15903A	0.1608A	1.101
0.08180A	0.0826A	0.969
0.08957A	0.0900A	0.478
0.10106A	0.1014A	0.335
0.10968A	0.1100A	0.291
0.12698A	0.1273A	0.251
0.16393A	0.1654A	0.889
0.22714A	0.2280A	0.377
0.34594A	0.3460A	0.017
0.43974A	0.4410A	0.286

P2:

Val（串口监视器读取的 电流值）	I（实际电流值）	误差(%)
0.08369A	0.0829A	0.953
0.10335A	0.1022A	1.125
0.12476A	0.1238A	0.775
0.14494A	0.1439A	0.723
0.17400A	0.1738A	0.115
0.22411A	0.2238A	0.139
0.29180A	0.2901A	0.586
0.30015A	0.2981A	0.688
0.38871A	0.3866A	0.546
0.44979A	0.4483A	0.332



（四）软硬件相结合的系统调试

（1）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，并完成下列各测试任务表。

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	J3 的__L1__（选 L1 或

	电压， P1 的电压： ____4.864____ V	L2，即你程序中 输出控制信号的那个引脚）脚 电 压： ____3.04____ V
发送字符 a	智能插座 1#插座的输出 电压， P1 的电压： ____0.005____ V	J3 的__L1_（选 L1 或 L2，即你程序中 输出控制信号的那个引脚）脚 电 压： ____0.002____ V
发送字符 B	智能插座 2#插座的输出 电压， P2 的电压： ____4.862____ V	J3 的__L2_（选 L1 或 L2，即你程序中 输出控制信号的那个引脚）脚 电 压： ____2.716____ V
发送字符 b	智能插座 2#插座的输出 电压， P2 的电压： ____0.003____ V	J3 的__L2__（选 L1 或 L2，即你程序中 输出控制信号的那个引脚）脚 电 压： ____0.001____ 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。

（2）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（通过测试通过小程序读取）

【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	152	mA
2#插座外接的用电器名	可调光台灯	

称		
2#插座电流值（最亮时）	154.68	mA
2#插座电流值（最暗时）	34.45	mA
插座电压值	4.756	V
温度测量值（环境温度）	30.3	℃
温度测量值（手指触碰温度）	32.4	℃

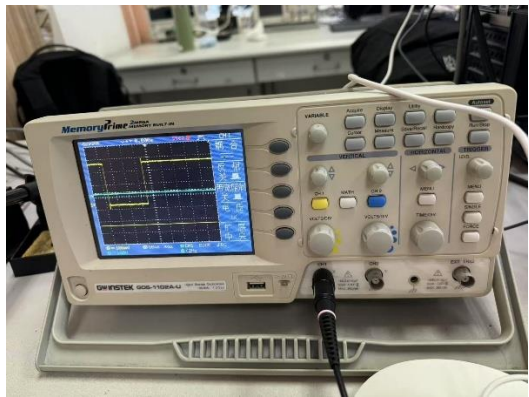
（3）测试任务三

【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	225.63	mA
风扇中速档电流值	311.46	mA
风扇快速档电流值	385.75	mA

【实验异常分析】：



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。

（4）软硬件联调测试任务二

【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】：

```
//以下片段放在 void loop 中运行  
if(Sensor3 > 2990)//设定临界温度 29.9  
    digitalWrite(relayPinA,HIGH);//风扇通电  
else  
    digitalWrite(relayPinA,LOW);//风扇断电
```

期望温度	最高温度	最低温度	启动至达到设定温度的时间
29.9℃	31.1℃	29.6℃	12s

（5）软硬件联调测试任务三

【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。

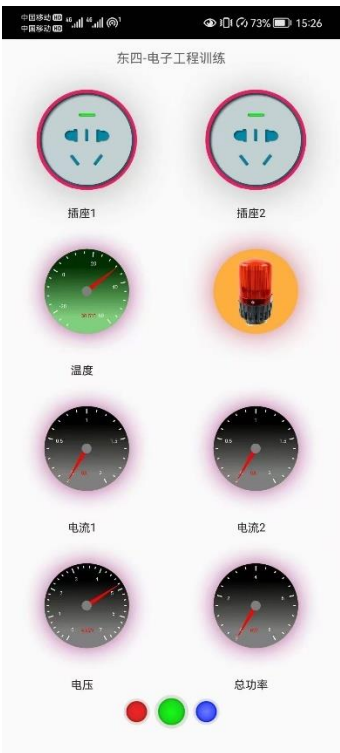
【实验代码部分】：

```
//以下片段放在 void loop 中运行  
if(Sensor2 <= 4980){//设定临界电压  
    digitalWrite(pinLED,HIGH);//LED 亮  
}  
else  
{  
    digitalWrite(pinLED,LOW);//LED 灭  
}
```

三、系统测试

（一）连接手机

我们按照老师所给的 PPT 中的步骤将手机与智能插座进行连接。连接完成的手机照片如下：



（二）插座开关手动控制，以及温度、电压、电流和功率显示

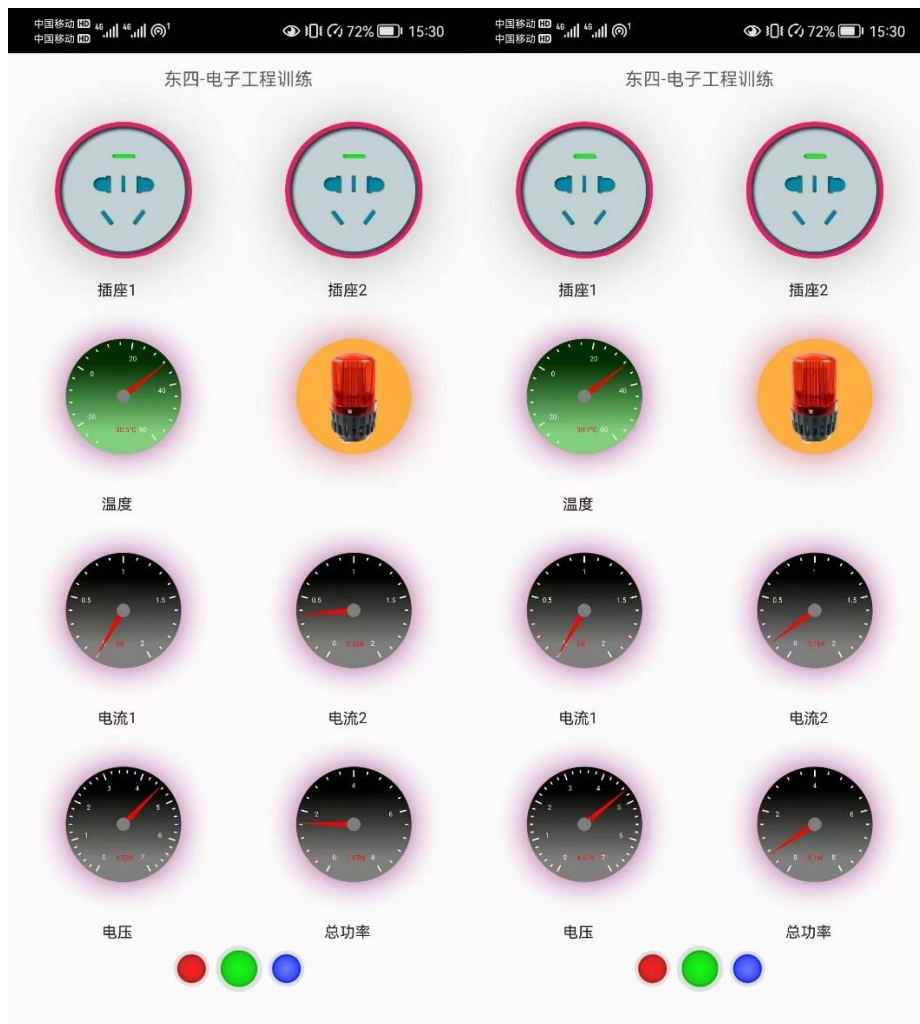
（1）测试用例描述：

- 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	30.8℃	0.15A	4.69V	0.70W
电风扇 1 档	30.9℃	0.21A	4.66V	0.97W
电风扇 2 档	30.8℃	0.31A	4.47V	1.41W
电风扇三档	30.8℃	0.36A	4.51V	1.62W



【实验结论】：手动控制开关及各数据读取功能正常，可以正确调控。

（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

②15: 40 在智能插座 App 上设置定时 15: 41 开，预期 15: 41 小台灯亮起

③15: 43 在智能插座 App 上设置定时 15: 44 关，预期 15: 44 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，15: 41（定时开时间）小台灯亮起，15: 44（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

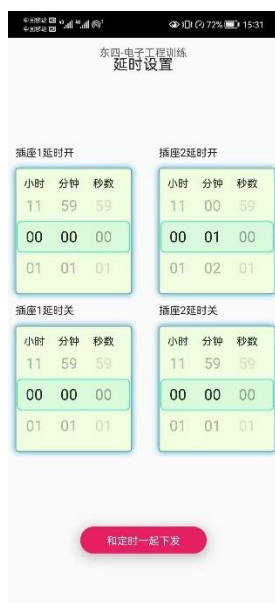
②15: 31 在智能插座 App 上设置延时 1min 开，预期 15: 32 小台灯亮起

③15: 33 在智能插座 App 上设置延时 1min 关，预期 15: 34 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，15：32（延时开 1min 后）小台灯亮起，15：34（延时关 1min 后）小台灯熄灭，延时开关功能正常



（三）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

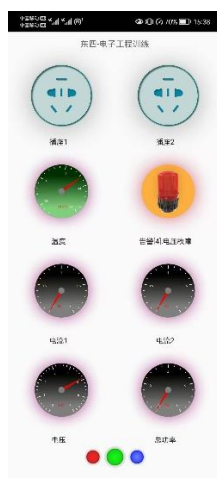
1、超电压

（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 4.6V
- 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 4.6V 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 4.3V

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 4.3V 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:

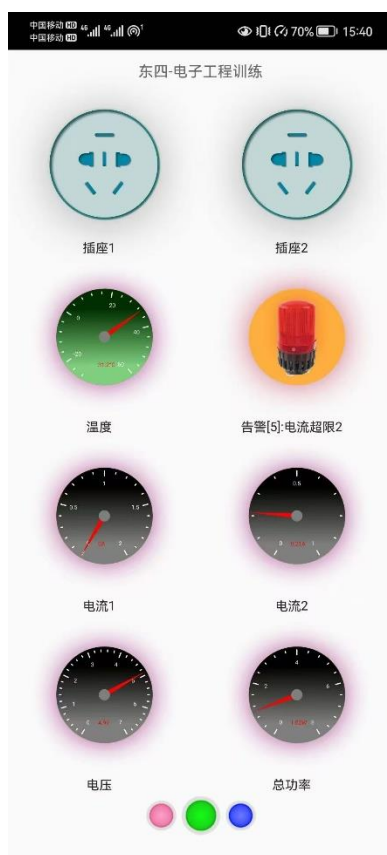
将风扇插在插座 2 上, 关闭插座 2 电源

电流上限设定为 0.1A

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 1.2W

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 1.2W 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 27°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 27°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 31℃
- 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 31℃瞬间告警，插座断电，低温告警功能正常

