

# 中山大学

## 电路基础实验报告

完成人： 雷俊峰、李冬

学号： 19308069、19308072

## 一、实验目的

通过本次实验，熟悉实验室中：SDM3065X 数字万用表各种测量模式的调整与使用、SPD3303X 可编程线性直流电源各种不同输出的调整与使用、试验箱中各种基础元件在电路中的接法和使用。

利用上述原件测量电阻、二极管、理想电压源、实际电压源的伏安特性，加深对电路基础元件的认识。

## 二、仪器设备

1. TPE-DG2L 电路分析实验箱，主要使用：

各种阻值电阻、二极管等

2. SIGLENT SDM3065X 数字万用表

3. SIGLENT SPD3303X 可编程线性直流电源

## 三、实验内容与步骤

1. CH1/CH2 独立输出

### (1) 电路图

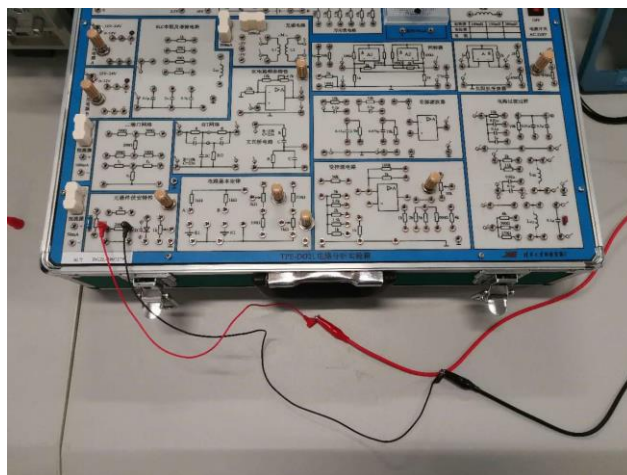
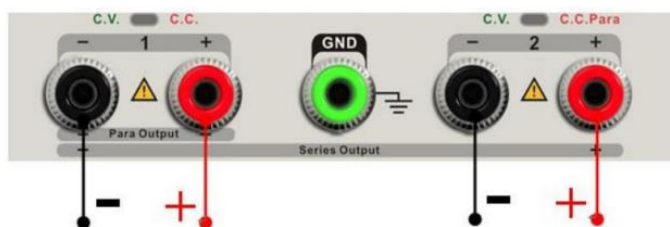


图 1-1 CH1/CH2 电路连接



图 1-2 CH1/CH2 独立输出下的电压电流

## (2) 操作步骤




---

输出额定值 0~32V, 0~3.2A

---

操作步骤:

- 1、确定并联和串联键关闭（按键灯不亮，界面没有串并联标识）。
- 2、连接负载到前面板端子，CH1 +/-，CH2 +/-。
- 3、设置 CH1/CH2 输出电压和电流：
  - a) 按键“1”/“2”，选择设置通道，
  - b) 通过方向键移动光标选择需要修改的参数（电压、电流），
  - c) 按“Fine”键选择数位，再旋转多功能旋钮改变相应参数值。
- 4、打开输出：
 

按下“on/off”，相应通道指示灯被点亮，输出显示 CC 或 CV 模式。

## (3) 实际操作

- 先将负载用红黑线接好，再按照红线接正极，黑线接负极的原则连接到电压源上。
- 确认电路连接无误后调整合适的输出电压，按下 on/off 按钮

观察直流电源上的电压电流情况。

## 2. CH3 独立输出

### (1) 电路图

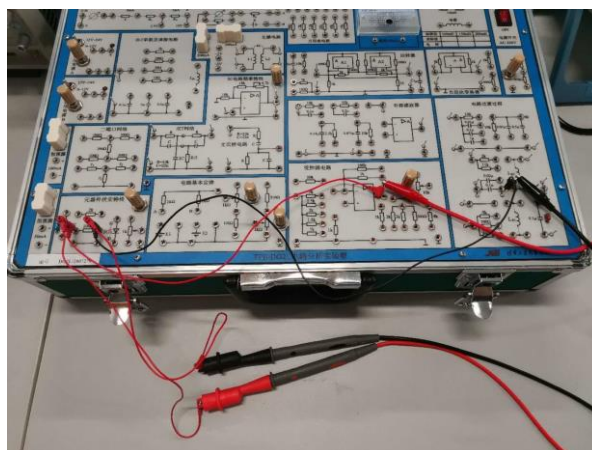


图 2-1 CH3 独立输出电路连接



图 2-2 负载两端的电压值



图 2-3 CH3 独立输出电路连接

## (2) 操作步骤




---

输出额定值	2.5V/3.3V/5V, 3A
-------	------------------

---

操作步骤:

- 1、连接负载到前面板 CH3 +/- 端子。
- 2、使用 CH3 拨码开关，选择所需档位：2.5V、3.3V、5V。
- 3、打开输出：按下输出键 “on/off” 打开输出，同时按键灯点亮。

当输出电流超过 3A 时，过载指示灯显示红灯，CH3 操作模式从恒压转变为恒流模式

注意：“overload” 这种状态，不表示异常操作。

## (3) 实际操作

- 同 CH1/CH2 独立输出模式下的连接类似，按图 2-1 将导线连接到负载上。

- 再按照图 2-3 选择 CH3 独立输出模式，观察数字万用表所显示

的负载两端电压值。

### 3. CH1/CH2 串联模式

#### (1) 电路图

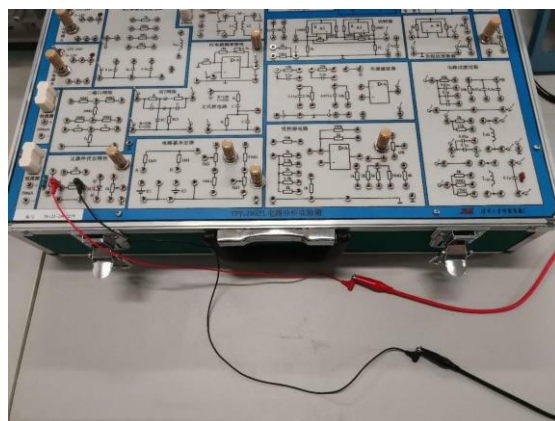
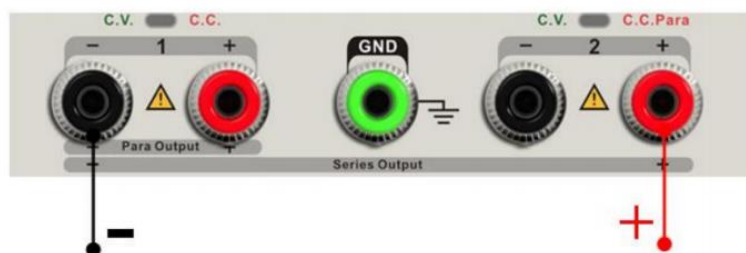


图 3-1 CH1/CH2 串联模式电路连接



图 3-2 CH1/CH2 串联模式

#### (2) 操作步骤




---

输出额定值      0~64V/0~3.2A

---

操作步骤:

- 1、按下“Ser”键启动串联模式，按键灯点亮，界面上方出现串联标识



- 2、连接负载到前面板端子，CH2&CH1-。
- 3、按下“1”设置 CH1 为当前操作通道，使用左右方向键移动光标，使用“Fine”键和多功能旋钮来设置输出电压和电流值。
- 4、按下通道 1 对应的“on/off”键，打开输出。

**注意：** 通过 CH1 指示灯， 可以识别输出状态 CV/CC（CV 为黄灯，CC 为红灯）

### （3）实际操作

- 按照图 3-1 和图 3-2 先将负载连接好，在选择 CH1/CH2 的串联接法将电路连接完整。

- 按下直流电源表上的 Ser 键，灯光亮起后则表示电源表处于 CH1/CH2 串联模式，观察此时的输出电压电流值。

## 4. CH1/CH2 并联模式

### （1）电路图



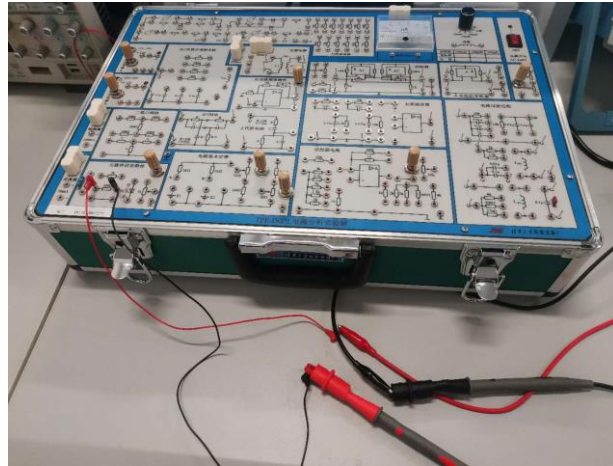


图 4-1 CH1/CH2 并联模式电路连接

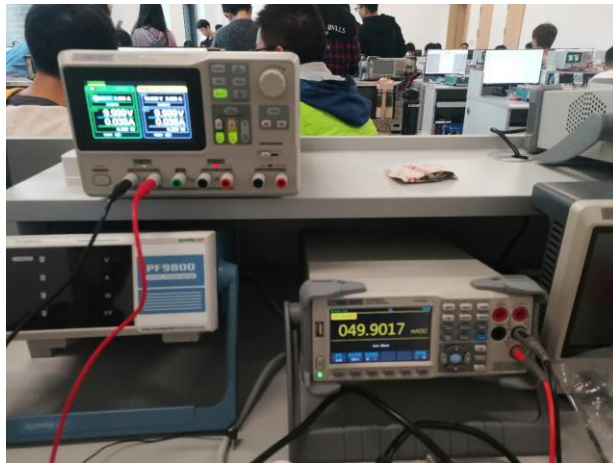
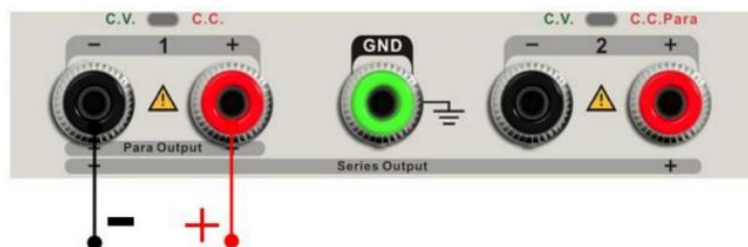


图 4-2 CH1/CH2 并联模式

## (2) 操作步骤






---

输出额定值     0~32V/0~6.4A

---

操作步骤:

- 1、按下“Para”键启动并联模式，按键灯点亮，界面上方出现并联标识

“”

- 2、连接负载到 CH1+/\_端子
- 3、按下“1”设置 CH1 为当前操作通道，使用左右方向键移动光标，使用“Fine”键和多功能旋钮来设置输出电压和电流值。
- 4、按下通道 1 对应的“on/off”键，打开输出。

**注意：**通过 CH1 指示灯，可以识别当前输出状态 CC/CV（CV 为黄灯，CC 为红灯）并联模式下，CH2 只工作在 CC 模式

### （3）实际操作

- 按照图 4-1 和图 4-2 先将负载用导线接好，将数字万用表与负载串联，在一起接到直流电源表上。

- 按照图 4-2 按下 Para 键，当按键灯亮起时表示电源表处于并联模式，观察数字万用表所显示的支路电流值和电源表上的输出电压电流。

### （4）数据分析

- 按照理论分析，CH1 和 CH2 电源所在支路的电流值相加应等于负载所在支路电流，但图 4-2 中所显示的两电源输出电流相加后要大于负载所在支路电流。

- 由此可以推断出，直流电源表发生故障。

## 5. 万用表直流电压的测量

### (1) 电路图

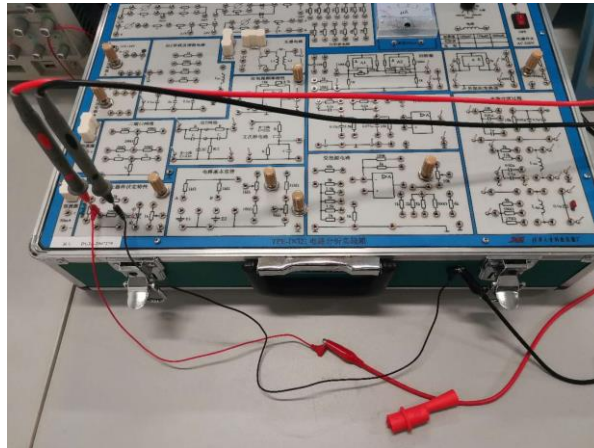


图 5-1 万用表直流电压电路连接

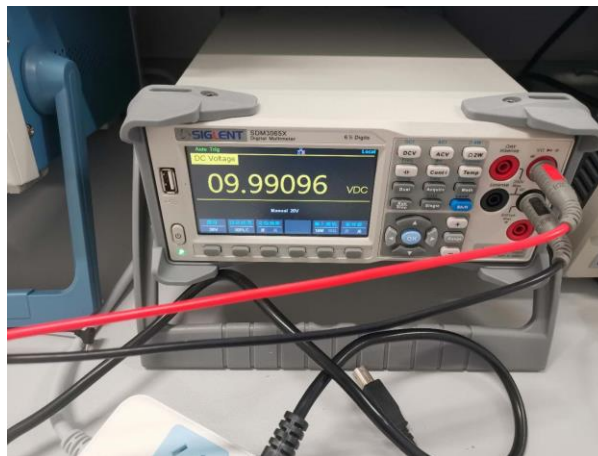


图 5-2 万用表示数

### (2) 操作步骤

- 按照图 5-1 连接好电路。
- 设置好万用表测量数据类型，选定量程。
- 按下直流电源上的 on/off，读出万用表上显示的电压数值。

### (3) 数据分析

- 当输出电压为 10V 时，负载两端电压为 9.991V，接近 10V，数值偏小的原因可能是导线上会产生分压。

## 6. 万用表直流电流的测量

### (1) 电路图

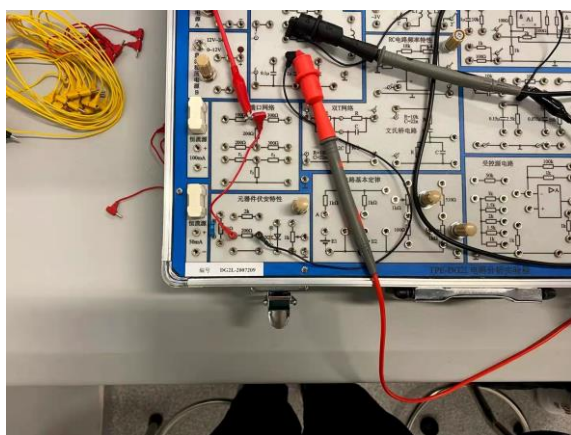


图 6-1 万用表直流电流的测量电路连接



图 6-2 直流电源输出值



图 6-3 万用表示数

## (2) 操作步骤

- 按照图 6-1 连接好电路，万用表与负载串联。
- 设置好万用表测量数据类型，选定量程，选择电源输出值
- 按下直流电源上的 on/off，读出万用表上显示的电流数值。

## (3) 数据分析

- 电源输出电流为 30mA，万用表读数为 29.93mA。
- 万用表读数接近电源输出电流因为二者处于同一回路，但略有偏差是因为万用表有内阻。

## 7. 万用表测量电阻

### (1) 电路图

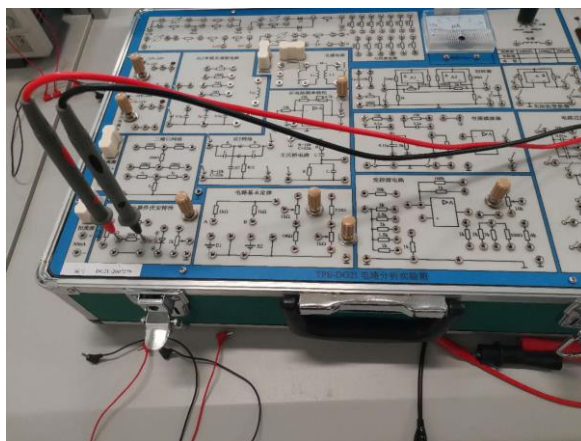


图 7-1 测量电阻电路连接



图 7-2 万用表示数

## (2) 操作步骤

- 选定万用表测量电阻的模式。
- 直接将万用表的探针接在需求电阻两端。
- 依次测量  $200\ \Omega$ ， $500\ \Omega$ ， $4k\ \Omega$  的电阻值。
- 读出万用表所显示的电阻数值。

## (3) 数据分析

- 读出的万用表数值与电阻所标数值都十分接近，但是略有偏差。
- 原因是电阻实际阻值会与标示阻值有误差，测量所得的误差都在 5% 内，属于可接受范围内的误差。



## 8. 万用表测量电容

### (1) 电路图

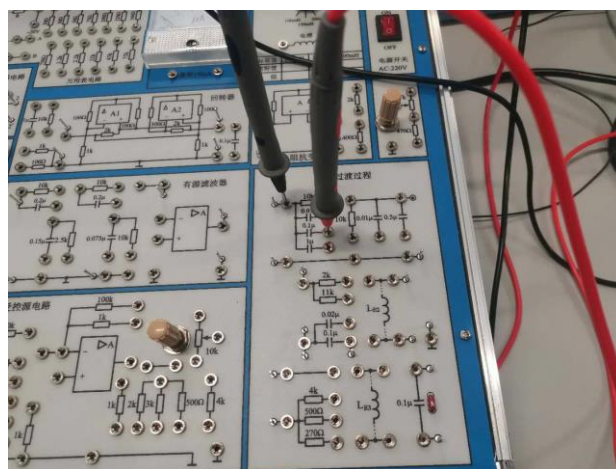


图 8-1 测量电容电路连接



图 8-2 万用表示数

### (2) 操作步骤

- 选定万用表测量电容的模式。
- 直接将万用表的探针接在需求电容两端。
- 读出万用表所显示的电容数值。

### (3) 数据分析

- 万用表示数与所标示数接近，误差属于可接受范围内。



## 9. 万用表对电路连通性的判断

### (1) 电路图

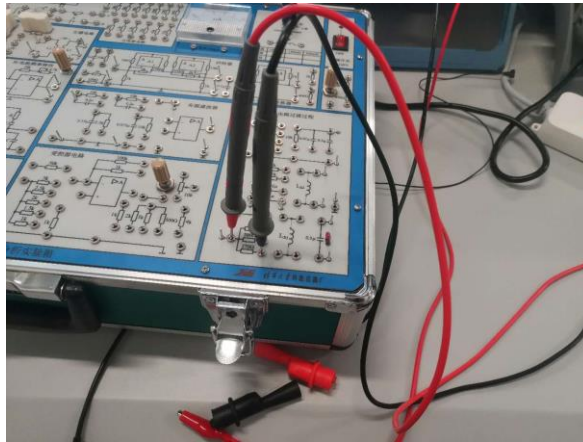


图 9-1 连通性电路连接

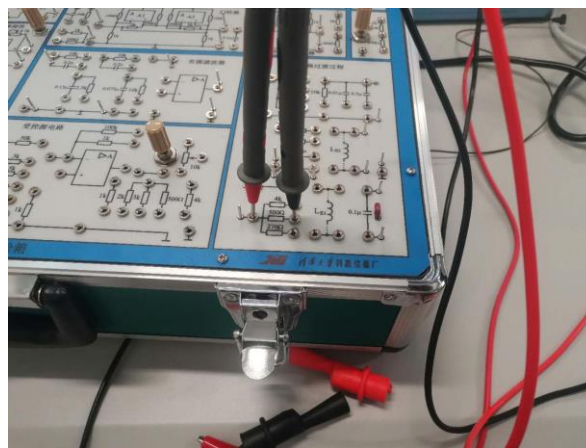


图 9-2 连通性电路连接



图 9-3 万用表示数

### (2) 操作步骤

- 选定万用表的 cont 键，进入连通性测量模式
- 设置短路电阻（阈值）为  $280\ \Omega$
- 将万用表探针接在不同阻值电阻两端，观察万用表。

### (3) 数据分析

- 当万用比奥探针接在  $270\ \Omega$  电阻两端时，万用表发出蜂鸣，表示电路的总电阻小于短路电阻，代表电路连通。
- 当万用比奥探针接在  $500\ \Omega$  电阻两端时，万用表不发出声音，表示电路的总电阻大于短路电阻，代表电路不连通。

## 10. 电阻伏安特性

### (1) 电路图

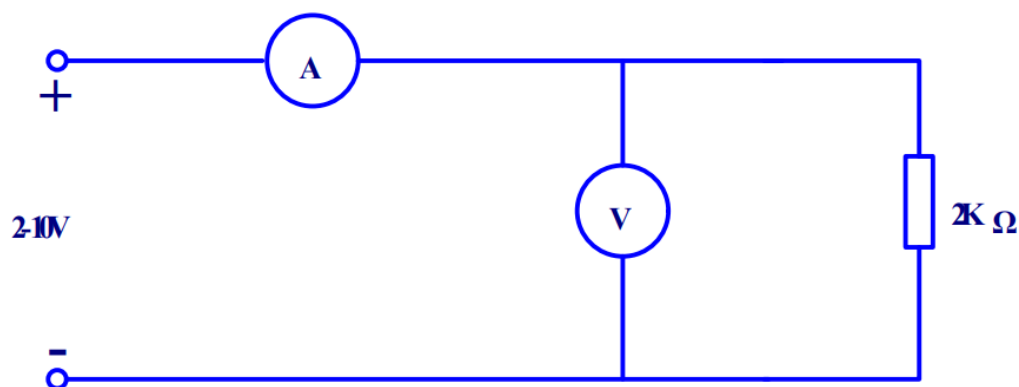


图. 10-1

### (2) 操作步骤

- 按图 10-1 连接好电路，检查无误后，接入稳压直流电源；
- 调节直流电源依次为表中电压值，观察电源输出电流值，并填入表中。

电阻伏安特性						
$U(V)$	0	5	10	15	20	25
$I(mA)$	0	24	50	75	101	126

- 图像分析：在 MATLAB 中用以上表格中数据绘制图像。

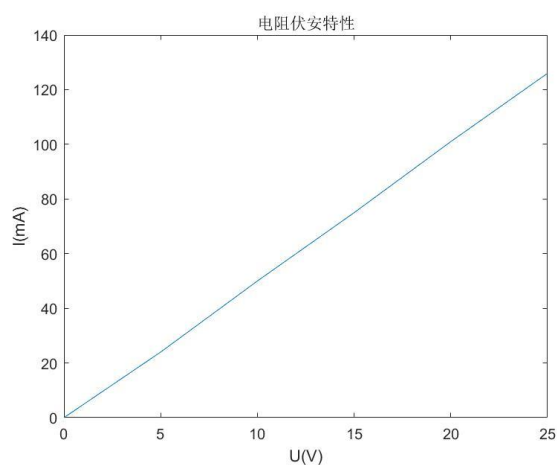


图. 10-2

如图 10-2，显然电阻伏安特性曲线为一条过零点的直线，表明电阻上的电压和流过的电流成正比，也即电阻为定值。符合理论分析。

### (3) 实际操作记录

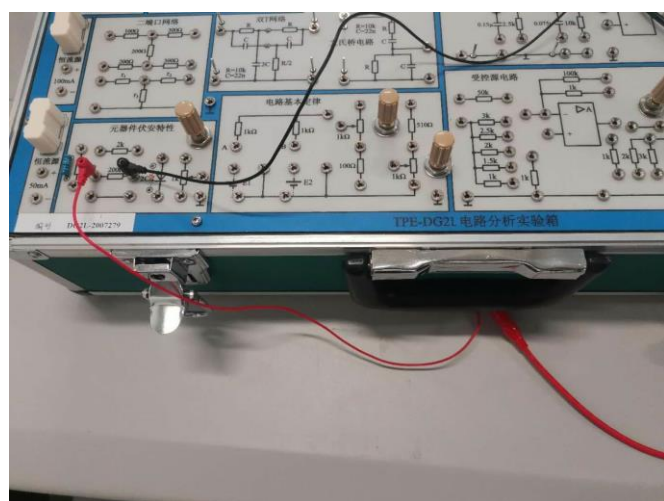


图. 10-3 接线记录，实验箱部分

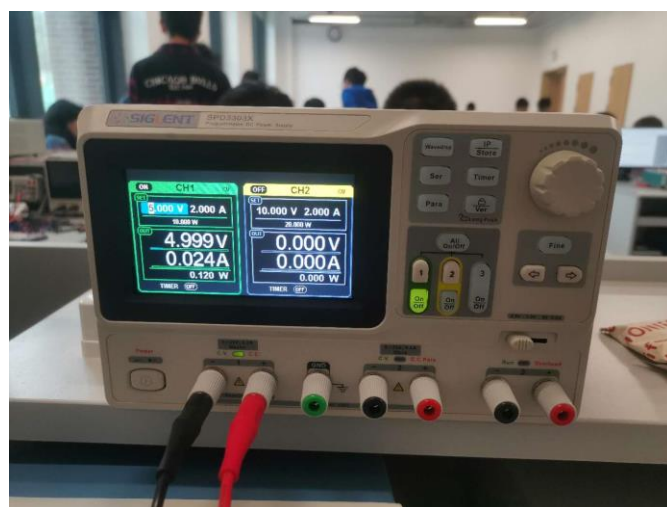


图. 10-4 接线记录，电压源部分

## 11. 二极管伏安特性

### (1) 电路图

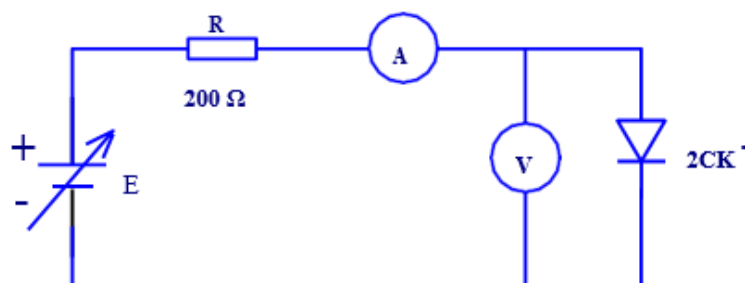


图. 11-1 正向

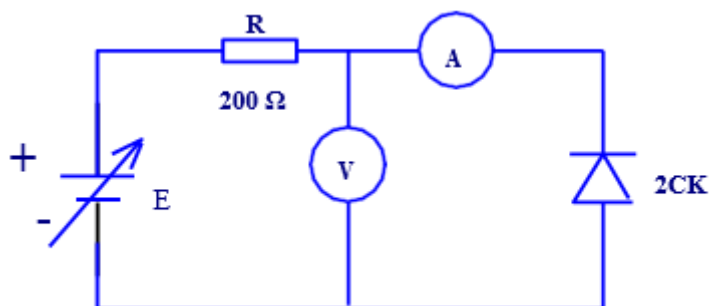


图. 11-2 反向

### (2) 操作步骤

- 选用 2CK 型普通半导体二极管作为被测元件；
- 注意要使用限流电阻以保护二极管；
- 正向：按图 11-1 接好正向测量电路，确认无误后接通稳压电源，调节电源电流输出分别为表中数值，用万用表测量二极管对应电压，并填入表格：

二极管正向伏安特性									
$I$ (mA)	0	1	3	10	20	30	40	50	70

$U$ (V)	0	0.637	0.689	0.778	0.850	0.900	0.942	0.978	1.041
------------	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

- 图像分析：在 MATLAB 中用以上表格中数据绘制图像。

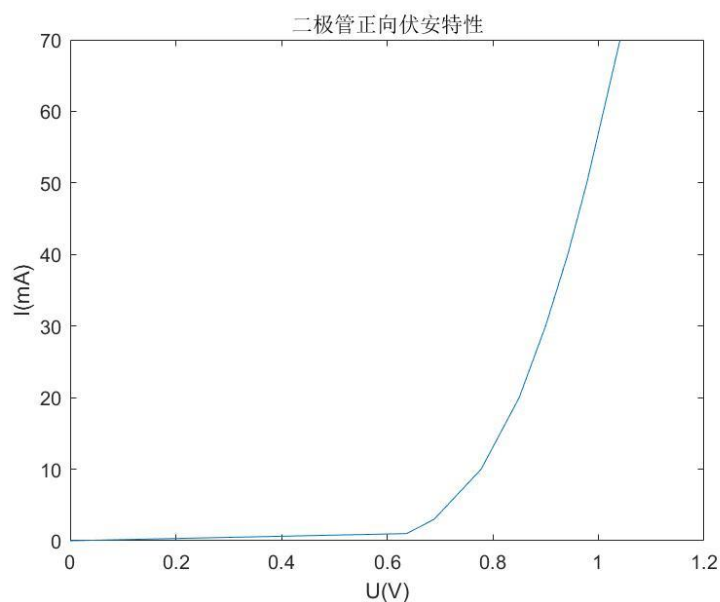


图. 11-3

如图 11-3，二极管正向伏安特性曲线中，当正向电压较小时，外电场力不足以克服 PN 结内部内电场对多子进行扩散运动的阻力，因而正向电流基本为零；当正向电压大于导通电压时电流随着电压的增大而增大，且初始阶段程指数型增加；在电压较大后近似于直线上升，部分阶段符合欧姆定律。

可见，实验所得数据符合理论分析结果。

- 反向：按图 11-2 接好反向测量电路，确认无误后接通稳压电源，调节电源电压输出分别为表中数值，用万用表测量二极管对应流过的电流，并填入表格：

二极管反向伏安特性						
$U(V)$	0	5	10	15	20	.....
$I(\mu A)$	0	0.0011	0.0017	0.0020	0.0021	.....

• 数据分析:

由于电流为  $\mu A$  级电流, 和电压相差  $10^6$  个数量级, 画图处理后都趋近于零。并且表格中要求做的数据量过少, 最终得到的结果时只有少量接近零的数据。仍然满足二极管反向伏安特性的理论分析。

### (3) 实际操作记录

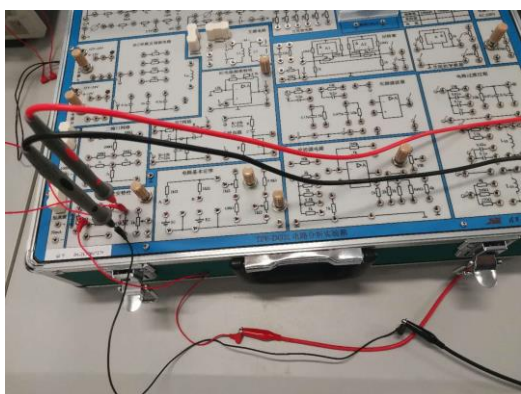


图. 11-4 正向接线, 实验箱部分



图. 11-5 正向接线, 读数部分

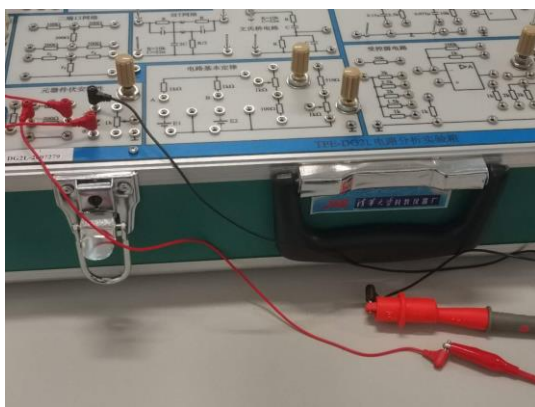


图. 11-6 反向接线, 实验箱部分



图. 11-7 反向接线, 读数部分



## 12. 理想电压源伏安特性

### (1) 电路图

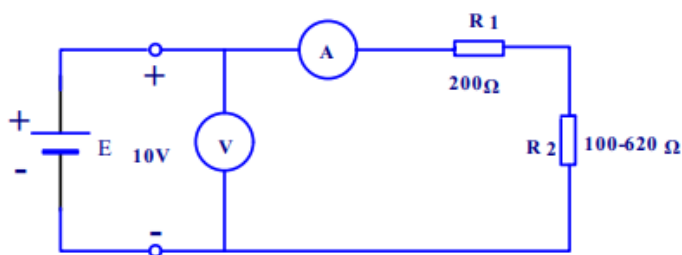


图. 12-1

### (2) 操作步骤

- 本实验采用直流稳压源作为理想电压源，因为内阻与外界电路相比可忽略不计，输出电压基本维持不变，因此可以把稳压电源视为理想电压源；

- 按图 12-1 接好电路，注意接入限流电阻  $R_1$ ，之后接通稳压电源；

- 调节输出电压为  $E=10V$ ，将  $R_2$  由大到小调节为表格中的数值，分别用万用表读取相应的电压电流数值，并填入表格：

$R_2(\Omega)$	620	510	390	300	200	100
$U(V)$	9.999	9.999	9.999	9.999	9.999	9.999
$I(mA)$	12	14	16	19	24	33

- 图像分析：在 MATLAB 中用以上表格中数据绘制图像。

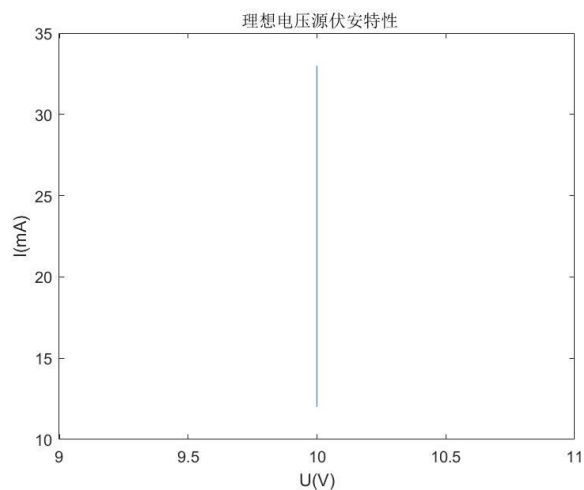


图. 12-2

由图 12-2，显然理想电压源的伏安特性曲线为一条竖直直线，也即由于理想电压源没有内阻，输出电压恒定不变为设定值。同时电流随着电路中电阻减小而增大。

### (3) 实际操作记录

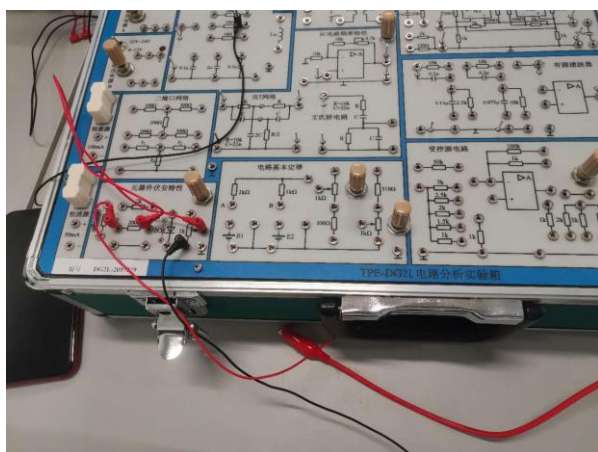


图. 12-3 电路实接

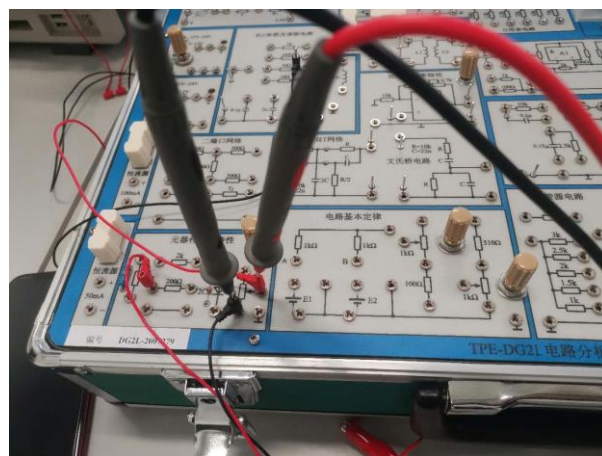


图. 12-4 使用万用表测量

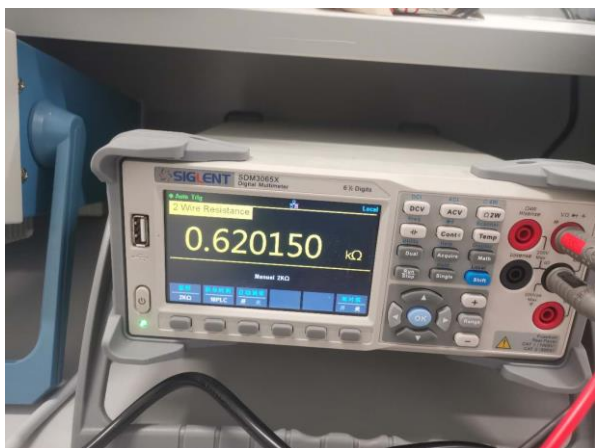


图. 12-5 欧姆表读数



图. 12-6 电压电流读数

### 13. 实际电压源伏安特性

#### (1) 电路图

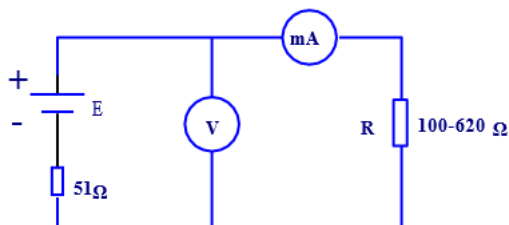


图. 13-1

#### (2) 操作步骤

- 选取一个  $51\ \Omega$  的电阻，作为直流稳压电源的内阻与稳压电源串联组成一个实际电压源模型；

- 按图 13-1 接好电路，调节负载电阻为表格中阻值，用万用表测量对应电压电流，并填入表格：

$R(\Omega)$	开路	620	510	390	300	200	100
$U(V)$	10	9.238	9.090	8.843	8.546	7.969	6.634

$I$ (mA)	0	14	17	22	28	39	65
----------	---	----	----	----	----	----	----

- 图像分析：在 MATLAB 中用以上表格中数据绘制图像。

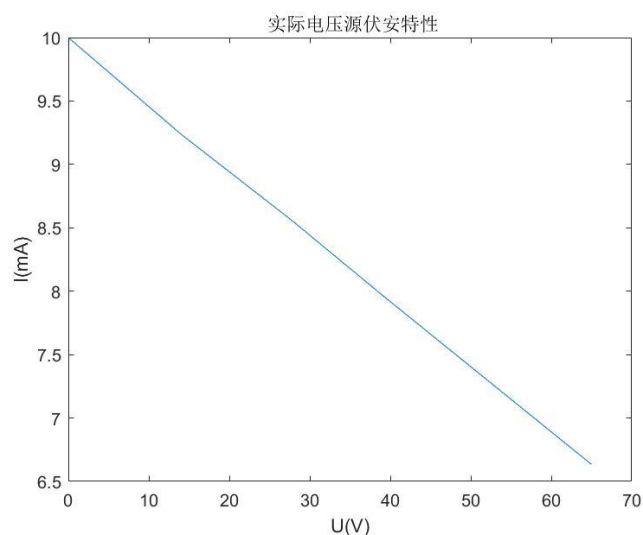


图. 13-2

由图 13-2 可以看出实际电压源的伏安特性曲线为一段截距为 10V 的斜线。理论分析可以知道  $U = E - I \cdot r$ ，其中  $r$  为电源内阻，由图可得斜线的斜率为 51，即为电源内阻，说明实际电压源模型符合理论分析。电压源两端电压会随电流的增大而减小，当电路为断路时，电源两端电压才为 10V。

### (3) 实际操作记录

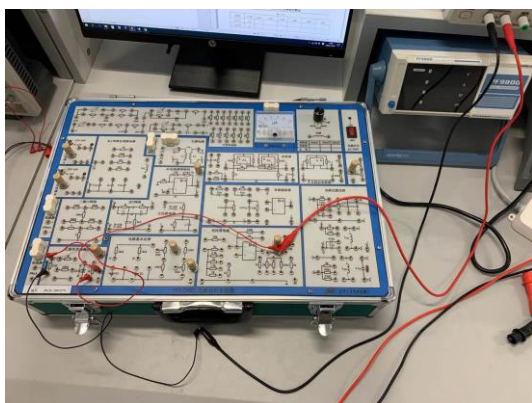


图. 13-3 电路实接，试验箱部分

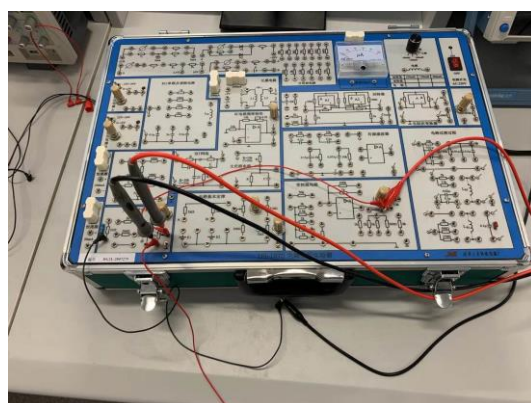


图. 13-4 欧姆表测电阻

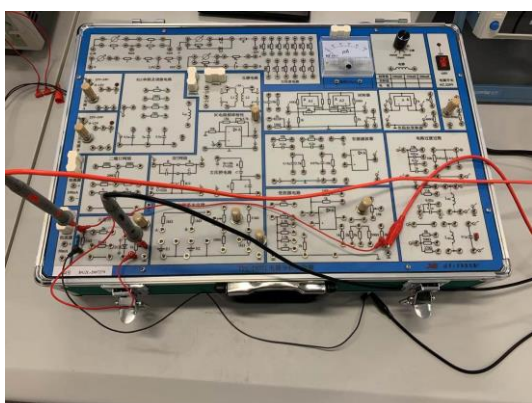


图. 13-5 万用表测电压



图. 13-6 读取电阻值



图. 13-7 读取电压值、电流值

## 五、实验中的问题和体会

实验总结：本次实验首要目的是熟悉实验室中包括数字万用表、可编程线性直流电源等各种仪器的使用。由于使用的可编程电源可以直接显示输出的电压电流，在一定程度上方便了数值测量，但由于精度限制，大多数时候仍需要改为使用数字万用表进行测量。

遇到的问题 1：刚开始在测量二极管的伏安特性实验中，接通电源后我们闻到了轻微焦糊味。于是立马断电并排查电路，对照设计电路后发现是由于没有接限流电阻导致正接时通过二极管的电流过大。

解决方法：电路中接入  $200\ \Omega$  的限流电阻。

遇到的问题 2：进行 CH1/CH2 并联模式实验时，按照理论分析，CH1 和 CH2 电源所在支路的电流值相加理论上应该等于负载所在支路的电流，但读取数据后发现两者电源输出电流相加后要大于负载所在支路电流。

推论：根据 KCL，推断出直流电源表发生故障。

获得的经验：接通电路之前应该仔细排查电路，查看是否接错、接反、漏接。对于对工作电压电流要求苛刻的元器件例如二极管应牢记接入限流电阻以防止损坏元件。