

# 浙江大学实验报告

专业：机器人工程

姓名：

学号：

日期：2023-09-22

地点：紫金港东 3-202

课程名称：电路与模拟电子技术实验 指导老师：周晶 成绩：\_\_\_\_\_  
实验名称：直流测量 实验类型：电路实验 同组学生姓名：\_\_\_\_\_

## 一、实验目的和要求

- 掌握直流电源、测量仪表（直流电流表、直流电压表）以及数字万用表的使用方法；
- 掌握测量直流电压、电流和电阻的直接测量方法；
- 了解测量仪表量程、分辨率对测量结果的影响。
- 学习如何正确表示测量结果。

## 二、实验内容和原理

### • 实验原理

- 电路基本元器件及仪表的一般知识。实验所用元器件及仪表包括直流电源、电阻器、电容器、数字万用表、直流电压表、直流电流表。万用表测量电阻时应注意：不允许带电测量电阻值；要防止把双手和电阻的两个端子及万用表的两个表笔并联捏在一起；需要考虑被测电阻所能承受的电压和电流，以免损坏被测电阻；万用表换挡测量时应该量程重新进行欧姆调零。
- 电路基本测量方法。本次实验采取主要实验方法主要是直接测量法（从获得测量结果的方式进行分类）和直读法（从获得测量数值的方式进行分类）。从测量仪器上直接得到被测量的测量方法。（直接测量法）直读法：直接根据仪表（仪器）的读数来确定测量结果的方法；测量过程中，度量器不直接参与作用；例如用电流表测量电流、用功率表测量功率等；直接测量法的特点是设备简单，操作简便；缺点是测量准确度不高。
- 数字万用表测量误差的计算方法：选择仪表时，不能片面追求仪表的准确度，而应该根据被测量的大小，兼顾仪表的量程和准确度。在测量电阻时，可以通过估算、同一量程两次测量法、示零法等方法减小误差。可以采用将系统误差和随机误差分别合成，然后再用绝对和法将二者合成的方法。建议用不确定度取代误差来表示实验结果，并按其性质将不确定度从估计方法上分为按统计分布的 A 类不确定度和按非统计分布的 B 类不确定度两类，分别进行处理后再进行合成，从而使得“由于测量误差的存在而对被测量值不能确定的程度”得到更科学的评估。

### • 实验内容

- 用数字万用表测量电阻：  
用数字万用表和可调节式电阻箱测量指定电阻值。
- 测量指定电容器的电容值：  
用数字万用表测量标定电容值的特定电容器的电容值
- 用数字万用表和直流电流表分别测量直流电流；并验证基尔霍夫电流定律（KCL）：  
依据实验电路图在面包板上拼接电路，并分别用数字万用表和数字直流电流表分别测量流过电源的电流、流过电阻 R1 的电流、流过电阻 R2 的电流，并记录实验数据。

## 三、主要仪器设备

直流电源、可调电压直流电源、可调电流直流电源、可调式电阻箱、电容标称值分别为 0.1、0.47、1、47、1000  $\mu$ F 的电容器、阻值为 200k $\Omega$ 、50k $\Omega$ 、20 $\Omega$ \*2、2k $\Omega$ \*2 的定值电阻、数字万用表、数字直流电压表、数字直流电流表。

#### 四、操作方法和实验步骤

##### 1. 用数字万用表测量电阻

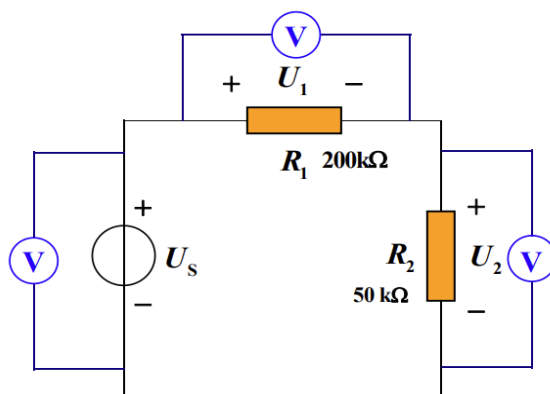
- (1) 先将数字万用表调到合适的挡位，将数字万用表黑红两表笔短接，进行欧姆调零操作。
- (2) 将电阻箱的阻值调节到  $2\Omega$ ，并将电阻箱直接接到数字万用表两端，读数并记录。
- (3) 分别将电阻箱调节到 50、200、5000、9999 以及  $50k\Omega$ ，并重复步骤 (1) (2)。

##### 2. 用数字万用表测量指定电容器的电容值

- (1) 打开数字万用表，将挡位调节到电容挡。
- (2) 将电容标称值为 0.1、0.47、1、47、 $1000\mu F$  的电容器分别接到数字万用表两端，读数并进行记录。

##### 3. 用数字万用表和数字直流电压表分别测量直流电压并验证基尔霍夫电压定律 (KVL)

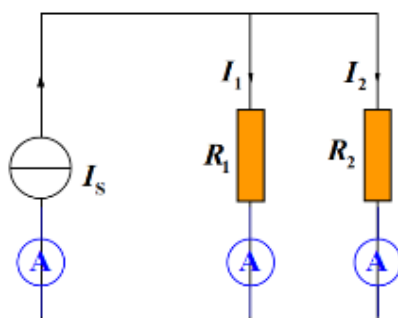
- (1) 首先根据设计好的电路图在面包板上搭建好实验电路。电路图如图所示：



- (2) 将数字万用表调节到适当的伏特挡位，分别接在电压源、电阻  $R_1$ 、电阻  $R_2$  两端，读数并记录。
- (3) 将测量仪器从数字万用表换成数字直流电压表，重复步骤 (2) 的操作。

##### 1.4 用数字直流电流表测量直流电流并验证基尔霍夫电流定律 (KCL)

- (1) 首先根据设计好的电路图在面包板上搭建好实验电路。实验电路如图所示



- (2) 选用阻值均为  $20\Omega$  的电阻  $R_1$ 、 $R_2$ ；将数字直流电流表分别串接在电源、 $R_1$ 、 $R_2$  所在电路，读数并记录流过电源、 $R_1$ 、 $R_2$  的电流值。
- (3) 选用阻值均为  $2k\Omega$  的电阻  $R_1$ 、 $R_2$ ；重复步骤 (2) 剩下的操作。

## 五、实验数据记录和处理

### 1.1 用数字万用表测量电阻

表 1 用数字万用表测量电阻

| 精密可调电阻指示值<br>/ $\Omega$ | 2    | 50   | 200   | 5000 | 9999 | 50k   |
|-------------------------|------|------|-------|------|------|-------|
| 测量值/ $\Omega$           | 2.0  | 49.8 | 199.1 | 4982 | 9980 | 50.4k |
| 量程/ $\Omega$            | 600  | 600  | 600   | 6k   | 60k  | 60k   |
| 准确度/ $\Omega$           | +0.3 | +0.7 | +1.9  | +43  | +110 | +0.4k |
| 真值相对误差 (%)              | 0.00 | 0.40 | 0.45  | 0.36 | 0.19 | 0.8   |

注：1. 所有电阻测量值已经减去万用表内阻

2. 实验室所用万用表无法得知准确度，此处使用教材 MY61 接近量程的准确度进行计算

### 1.2 测量指定电容器的电容值

表 2 用数字万用表测量电容

| 电容标称值/ $\mu F$ | 0.1      | 0.47    | 1      | 47    | 1000  |
|----------------|----------|---------|--------|-------|-------|
| 测量值/ $\mu F$   | 0.09654  | 0.5064  | 1.040  | 47.75 | 941.5 |
| 量程/ $\mu F$    | 0.09999  | 0.9999  | 9.999  | 99.99 | 999.9 |
| 准确度/ $\mu F$   | +0.00295 | +0.0157 | +0.317 | +1.48 | +28.7 |
| 真值相对误差 (%)     | -3.46    | +7.74   | +4.00  | +1.60 | -5.85 |

### 1.3 用数字万用表和数字直流电压表分别测量直流电压并验证 KVL

表 3 测量直流电压 ( $U_s \approx 15V$ )

|            | $U_s/V$ | $U_1/V$ | $U_2/V$ |
|------------|---------|---------|---------|
| 数字万用表测量    | 15.01   | 2.99    | 11.94   |
| 数字万用表量程    | 60.00   | 60.00   | 60.00   |
| 数字万用表准确度   | +0.10   | +0.03   | +0.008  |
| 真值相对误差/%   | +0.1    | -0.3    | -0.5    |
| 数字直流电压表测量  | 15.03   | 2.78    | 11.62   |
| 数字直流电压表准确度 | +0.08   | +0.01   | +0.06   |
| 真值相对误差/%   | +0.2    | -7.3    | -0.32   |

数字万用表所测数据： $U_{总} = U_1 + U_2 = 2.99 + 11.94 = 14.93V$

$U_s = 15.04V$  ;

数字直流电压表所测数据： $U_{总} = U_1 + U_2 = 2.78 + 11.62 = 14.3V$  ;

$U_s = 15.08V$  ;

### 1.4 用直流电流表分别测量直流电流并验证 KCL

表 4 用直流电流表测量直流电流 ( $I_s \approx 18mA$ )

|                        | $I_s/mA$ | $I_1/mA$ | $I_2/mA$ |
|------------------------|----------|----------|----------|
| 量程                     | 20.00    | 20.00    | 20.00    |
| R1、R2 标称值均为 $20\Omega$ | 18.18    | 8.62     | 8.16     |
| 准确度                    | +0.09    | +0.03    | +0.04    |
| R1、R2 标称值均为 $2k\Omega$ | 18.10    | 9.10     | 9.00     |
| 准确度                    | +0.09    | +0.05    | +0.05    |

R1、R2 标称值均为  $20\Omega$ :  $I_{\text{总}} = I_1 + I_2 = 8.62 + 8.16 = 16.78\text{mA}$ ;

$I_s = 18.04\text{mA}$ ;

相对误差为: 7.7%

R1、R2 标称值均为  $2\text{k}\Omega$ :  $I_{\text{总}} = I_1 + I_2 = 9.10 + 9.00 = 18.10\text{mA}$ ;

$I_s = 18.05\text{mA}$ ;

相对误差为: 0.28%

## 六、实验结果与分析（各种误差、准确度计算已在五中体现）

### 1.1 用数字万用表测量电阻:

由于仪器比较新、测量操作简单。可以看出结果还是比较准确的。所有的相对误差均小于 1%。其中微小的误差可能来自于:

- (1) 导线电阻（导致测量结果偏大）
- (2) 接触电阻（导致测量结果偏大）
- (3) 温度等外表条件导致电阻元件的实际电阻值和指示值不符。

### 1.2 测量指定电容器的电容值:

电容测量整体误差较大,可能与其自动调节量程的机制有关。说明书上量程分别为  $0.09999\mu\text{F}$ 、 $0.9999\mu\text{F}$ 、 $9.999\mu\text{F}$  等等。其量程看上去不像是仪表真正的量程,而是显示器所能显示的位数。这样很可能导致测量不准确。

### 1.3 用数字万用表和数字直流电压表分别测量直流电压并验证 KVL

使用万用表测量电压非常准确,两端电压的相对偏差仅有 0.73%,可以认为满足 KVL。

使用数字直流电压表时所测数据比较准确,只有在测量 3V 电压时,真值相对误差大于 5%。最终两端电压的相对偏差达到了 4.86%,可以认为 KVL 成立。误差可能是因为:数字直流电压表的内阻不够大,导致其并联支路的内阻下降,分压降低。

### 1.4 用直流电流表分别测量直流电流并验证 KCL

可以看见实验结果表明,选取  $R=20\Omega$  的电阻进行测量时,支路电流之和与干路电流的相对误差在  $7.7\% > 5\%$ ,误差比较大,不能认为 KCL 成立。可能的原因是,电流源并非理想电流源,而是实际电流源,当外接的电阻不太大时,其内阻将会分走一部分流,此时内电流不能忽略,造成了较大的误差。

当选取  $R=20\text{k}\Omega$  时,支路电流之和与干路电流的相对误差在 0.28%,很小,可以认为 KCL 成立。造成这细微误差的原因可能是电流表测量误差、实际电流源内阻分流。

## 七、讨论、心得

第一次做模电实验,花费的时间比想象要久一些。主要原因还是自己看惯了电路图,不熟悉实物图。在验证 KCL 和 KVL 的时候,根据电路图搭建出真正的电路费了我一番功夫——各种导线、面包板的连接看上去眼花缭乱,每搭建好一个支路我都要反复确认好久,连接有没有错?会不会短路?电表应该放在那里才能正常测量?尤其是验证 KCL 的时候,电流表读数总是 18 左右,干路支路都是。检查了含就才发现自己以为电流表接在了支路上,实际还是在干路上的。

总之自己就是一个实验小白,但是科学是需要大量的实验来发现、验证的。我们在模电课程上学习到的知识也需要通过实验来巩固、加强。所以我愿意投入精力,做好每一次实验,培养实验的能力、素质。

.....

装  
订  
线

.....