

浙江大学实验报告

专业：
姓名：
学号：
日期：
地点：

课程名称： 电路与模拟电子技术实验 指导老师： 张治沁 成绩： _____
实验名称： 直流电压、电流和电阻的测量 实验类型： 电路实验 同组学生姓名： _____

一、实验目的和要求

1. 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；
2. 掌握测量直流电压、电流和电阻的直接测量方法；
3. 了解测量仪表量程、分辨率对测量结果的影响。
4. 学习如何正确表示测量结果。

二、实验内容和原理

1 实验原理

（1）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；测电压电流时不能超过可测量的最大值，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；测未知电压电流时，要将开关置于高量程档，再逐步调节至合适的档位。

（2）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。直接测量法是直接根据仪表（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。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。测量电流电压时选择用直读仪表测量，测量电压时选用直流电压表，测量电流时选用直流电流表，测量电阻时选择数字万用表。

（3）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，可以通过使用已知的仪表校正曲线、估算仪表内阻造成的误差、同一量程两次测量法、示零法等方法减小误差。实验结果的总不确定度并不是随实验的重复次数的增加而无限地减小。实验的重复次数的增加仅仅使不确定度中的随机误差减小，而系统误差的减小，则要采用其他技术措施达到。测量不确定度是用来表征被测量之值所处范围的一种评定，表示由于测量误差的影响而对测量结果的不可信程度或有效性的怀疑程度，或称为不能肯定的程度。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。

2 实验内容

（1）用数字万用表测量电阻

用数字万用表和标定电阻值的电阻元件或可调式电阻箱测量指定电阻值。

（2）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

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

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压表分别测量直流电压、电阻 R1 两端电压、电阻 R2 两端的电压，并记录实验数据。

（4）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（必填）

直流可调电流源、直流可调电压源、可调式电阻箱、电容标称值分别为 0.1、0.47、1、47、1000 μF 的电容、阻值为 200k Ω 、50k Ω 、20 Ω 、2k Ω 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) 选择合适的电阻元件或将电阻箱的阻值调节到 2 Ω ，并将电阻箱或电阻元件两端与万用表红黑表笔相接，读数并记录。
- (3) 分别将电阻箱调节到 50、200、5000、9999 以及 50k Ω ，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) 先用一根导线将电容器正负极相接，使电容器放电。
- (3) 将电容标称值为 0.1、0.47、1、47、1000 μF 的电容器分别接到数字万用表两端，注意正极与红表笔相接，读数并记录。

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实验板上搭建好实验电路。
- (2) 将数字万用表调节到适当的电压挡位，分别接在电压源、电阻 R1、电阻 R2 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。

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实验板上搭建好实验电路。
- (2) 选用阻值均为 20 Ω 的电阻 R1、R2；将数字直流电流表分别串接在电源、R1、R2 所在电路，读数并记录流过电源、R1、R2 的电流值。
- (3) 选用阻值均为 2k Ω 的电阻 R1、R2；重复步骤 (2) 的操作。

五、实验数据记录和处理

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/ Ω	2	50	200	5000	9999	50k
测量值/ Ω	2.5	50.9	200.1	4968	9.96k	49.74k
量程/ Ω	600	600	600	6k	60k	60k

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/ μF	0.1	0.47	1	47	1000
测量值/ μF	0.09674	0.5041	0.991	48.49	938.8
量程/ μF	0.09999	0.9999	9.999	99.99	999.9

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（ $U_s \approx 15\text{V}$ ）

	U_s/V	U_1/V	U_2/V
用数字万用表测量	15.01	3.03	11.91
用数字直流电压表测量	15.07	2.96	11.34

用数字万用表所测数据： $U_{\text{总}} = U_1 + U_2 = 3.03 + 11.91 = 14.94\text{V}$ ；

$$U_s = 15.01V ;$$

$$U_{\text{总}} \approx U_s;$$

考虑到实验测量、实验仪器等原因造成的误差。可以得到结论 $U_s = U_1 + U_2$ 。

用数字直流电压表所测数据: $U_{\text{总}} = U_1 + U_2 = 2.96 + 11.34 = 14.30V ;$

$$U_s = 15.07V ;$$

$$U_{\text{总}} \approx U_s;$$

考虑到实验测量、实验仪器等原因造成的误差。可以得到结论 $U_s = U_1 + U_2$ 。

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 ($I_s \approx 18\text{mA}$)

	I_s/mA	I_1/mA	I_2/mA
R1、R2 标称值均为 20Ω	18.05	8.02	7.87
R1、R2 标称值均为 $2\text{k}\Omega$	18.05	8.98	8.94

R1、R2 标称值均为 20Ω 时所测得数据: $I_{\text{总}} = I_1 + I_2 = 8.02 + 7.87 = 15.89\text{mA};$

$$I_s = 18.05\text{mA};$$

$$I_{\text{总}} \approx I_s;$$

误差较大的原因为当电阻值较小时, 电流表内阻会对支路电流产生较大影响。考虑到实验测量、实验仪器等原因造成的误差, 可以得到结论 $I_s = I_1 + I_2$ 。

R1、R2 标称值均为 $2\text{k}\Omega$ 时所测得数据: $I_{\text{总}} = I_1 + I_2 = 8.98 + 8.94 = 17.92\text{mA};$

$$I_s = 18.05\text{mA};$$

$$I_{\text{总}} \approx I_s;$$

考虑到实验测量、实验仪器等原因造成的误差。可以得到结论 $I_s = I_1 + I_2$ 。

六、实验结果与分析

1. 电阻测量: $2\Omega: \delta = \pm (0.8\% \times 2.5 + 0.3) = \pm 0.32 \quad 2.5 \pm 0.12 = (2.5 \pm 0.3)\Omega$

$$\text{示值相对误差 } \delta = 0.3/2.5 \times 100\% = 12\%$$

$$\text{真值相对误差 } \delta = (2.5 - 2) / 2 \times 100\% = 25\%$$

$50\Omega: \delta = \pm (0.8\% \times 50.9 + 0.3) = \pm 0.7072 \quad 50.9 \pm 0.7072 = (50.9 \pm 0.7)\Omega$

$$\text{示值相对误差 } \delta = 0.7/50.9 \times 100\% = 1.38\%$$

$$\text{真值相对误差 } \delta = (50.9 - 50) / 50 \times 100\% = 1.8\%$$

$200\Omega: \delta = \pm (0.8\% \times 200.1 + 0.3) = \pm 1.9008 \quad 200.1 \pm 1.9008 = (200.1 \pm 1.9)\Omega$

$$\text{示值相对误差 } \delta = 1.9/200.1 \times 100\% = 0.94\%$$

$$\text{真值相对误差 } \delta = (200.1 - 200) / 200 \times 100\% = 0.1\%$$

$5000\Omega: \delta = \pm (0.8\% \times 4968 + 3) = \pm 43.744 \quad 4968 \pm 43.744 = (4968 \pm 44)\Omega$

$$\text{示值相对误差 } \delta = 44/4968 \times 100\% = 0.88\%$$

$$\text{真值相对误差 } \delta = (4968 - 5000) / 5000 \times 100\% = -0.6\%$$

$9999\Omega: \delta = \pm (0.8\% \times 9.96 + 0.03) = \pm 0.10968 \quad 9.96 \pm 0.10968 = (9.96 \pm 0.11)\text{k}\Omega$

$$\text{示值相对误差 } \delta = 0.11/9.96 \times 100\% = 1.10\%$$

$$\text{真值相对误差 } \delta = (9.96 - 9.999) / 9.999 \times 100\% = -0.4\%$$

$50\text{k}\Omega: \delta = \pm (0.8\% \times 49.74 + 0.03) = \pm 0.42792 \quad 49.74 \pm 0.42792 = (49.74 \pm 0.43)\text{k}\Omega$

$$\text{示值相对误差 } \delta = 0.43/49.74 \times 100\% = 0.86\%$$

$$\text{真值相对误差 } \delta = (49.74 - 50) / 50 \times 100\% = -0.5\%$$

2. 电容测量: $0.1\mu\text{F}: \delta = \pm (3\% \times 0.09674 + 0.00005) = \pm 0.0029522 \quad (0.09674 \pm 0.00295)\mu\text{F}$

$$\text{示值相对误差 } \delta = 0.00295/0.09674 \times 100\% = 3.05\%$$

$$\text{真值相对误差 } \delta = (0.09674 - 0.1) / 0.1 \times 100\% = -3.26\%$$

$$0.47 \mu\text{F}: \delta = \pm (3\% \times 0.5041 + 0.0005) = \pm 0.015623 \quad (0.5041 \pm 0.0156) \mu\text{F}$$

$$\text{示值相对误差 } \delta = 0.0156 / 0.5041 \times 100\% = 3.09\%$$

$$\text{真值相对误差 } \delta = (0.5041 - 0.47) / 0.47 \times 100\% = 7.26\%$$

$$1 \mu\text{F}: \delta = \pm (3\% \times 0.991 + 0.005) = \pm 0.03473 \quad (0.991 \pm 0.0347) \mu\text{F}$$

$$\text{示值相对误差 } \delta = 0.0347 / 0.991 \times 100\% = 3.50\%$$

$$\text{真值相对误差 } \delta = (0.991 - 1) / 0.991 \times 100\% = -0.88\%$$

$$47 \mu\text{F}: \delta = \pm (3\% \times 48.49 + 0.05) = \pm 1.5047 \quad (48.49 \pm 1.50) \mu\text{F}$$

$$\text{示值相对误差 } \delta = 1.50 / 48.49 \times 100\% = 3.09\%$$

$$\text{真值相对误差 } \delta = (48.49 - 47) / 47 \times 100\% = 3.17\%$$

$$1000 \mu\text{F}: \delta = \pm (3\% \times 938.8 + 0.5) = \pm 28.664 \quad (938.8 \pm 28.6) \mu\text{F}$$

$$\text{示值相对误差 } \delta = 28.6 / 938.8 \times 100\% = 3.05\%$$

$$\text{真值相对误差 } \delta = (938.8 - 1000) / 1000 \times 100\% = -6.12\%$$

$$3. \text{电压测量: 数字万用表: } 15.01\text{V}: \delta = \pm (0.5\% \times 15.01 + 0.02) = \pm 0.095 \quad 15.01 \pm 0.095 = (15.01 \pm 0.10)\text{V}$$

$$\text{示例相对误差 } \delta = 0.10 / 15.01 \times 100\% = 0.67\%$$

$$\text{真值相对误差 } \delta = (15.01 - 15) / 15 \times 100\% = 0.67\%$$

$$3.03\text{V}: \delta = \pm (0.5\% \times 3.03 + 0.02) = \pm 0.03515 \quad 3.03 \pm 0.03515 = (3.03 \pm 0.04)\text{V}$$

$$\text{示例相对误差 } \delta = 0.04 / 3.03 \times 100\% = 1.32\%$$

$$\text{真值相对误差 } \delta = (3.03 - 3) / 3 \times 100\% = 1.00\%$$

$$11.91\text{V}: \delta = \pm (0.5\% \times 11.91 + 0.02) = \pm 0.080 \quad 11.91 \pm 0.080 = (11.91 \pm 0.08)\text{V}$$

$$\text{示例相对误差 } \delta = 0.08 / 11.91 \times 100\% = 0.67\%$$

$$\text{真值相对误差 } \delta = (11.91 - 12) / 12 \times 100\% = -0.75\%$$

$$\text{直流电压表: } 15.07\text{V}: \delta = \pm 0.5\% \times 20 = \pm 0.1 \quad 15.07 \pm 0.1 = (15.07 \pm 0.10)\text{V}$$

$$\text{示例相对误差 } \delta = 0.10 / 15.07 \times 100\% = 0.66\%$$

$$\text{真值相对误差 } \delta = (15.07 - 15) / 15 \times 100\% = 0.47\%$$

$$2.96\text{V}: \delta = \pm 0.5\% \times 20 = \pm 0.1 \quad 2.96 \pm 0.1 = (2.96 \pm 0.10)\text{V}$$

$$\text{示例相对误差 } \delta = 0.10 / 2.96 \times 100\% = 3.38\%$$

$$\text{真值相对误差 } \delta = (2.96 - 3) / 3 \times 100\% = -1.33\%$$

$$11.34\text{V}: \delta = \pm 0.5\% \times 20 = \pm 0.1 \quad 11.34 \pm 0.1 = (11.34 \pm 0.10)\text{V}$$

$$\text{示例相对误差 } \delta = 0.10 / 11.34 \times 100\% = 0.88\%$$

$$\text{真值相对误差 } \delta = (11.34 - 12) / 12 \times 100\% = -5.5\%$$

$$3. \text{电流测量: 直流电流表: } 18.05\text{mA}: \delta = \pm 0.5\% \times 20 = \pm 0.1 \quad 18.05 \pm 0.1 = (18.05 \pm 0.10)\text{mA}$$

$$8.02 \text{ mA}: \delta = \pm 0.5\% \times 20 = \pm 0.1 \quad 8.02 \pm 0.1 = (8.02 \pm 0.10)\text{mA}$$

$$7.87 \text{ mA}: \delta = \pm 0.5\% \times 20 = \pm 0.1 \quad 7.87 \pm 0.1 = (7.87 \pm 0.10)\text{mA}$$

$$8.98 \text{ mA}: \delta = \pm 0.5\% \times 20 = \pm 0.1 \quad 8.98 \pm 0.1 = (8.98 \pm 0.10)\text{mA}$$

$$8.94 \text{ mA}: \delta = \pm 0.5\% \times 20 = \pm 0.1 \quad 8.94 \pm 0.1 = (8.94 \pm 0.10)\text{mA}$$

七、讨论、心得

通过本次实验，我了解了电路中一些基本元件如电阻、电容的特性，学会了使用数字万用表测量对应的电阻电容值，掌握了直流可调电流源与电压源的使用方法以及万用表和直流电流、直流电压表的使用方法。同时，我还了解了数据处理与误差分析的一些基本概念，掌握了不确定度、相对误差的计算方法，也通过实际的电路操作与数据测量加深了对电路实验的理解。