

电工电子技术 实验教程

于 军 杨 潇 王庆伟 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

电工电子技术 实验教程

于 军 杨 潇 王庆伟 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是电工电子技术课程的实验教材,主要介绍了直流电路、交流电路、电动机、模拟电子技术、数字电子技术和EDA仿真技术等实验,既有验证性实验,也有设计性实验和仿真实验。每个实验都附有实验目的、实验原理、实验设备、实验内容、预习思考题和实验报告等内容。

本书可作为学习电工电子技术课程的学生的实验教材,也可供相关专业人员阅读、参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术实验教程/于军,杨潇,王庆伟编著. —北京:
中国电力出版社, 2009

ISBN 978-7-5083-8143-5

I. 电… II. ①于…②杨…③王… III. ①电工技术—实
验—教材②电子技术—实验—教材 IV. TM-33 TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第188111号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009年1月第一版 2009年1月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 15.5印张 376千字

印数0001—4000册 定价 30.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前言

电工电子技术实验教程

电工电子技术是供非电专业学生学习,掌握电工技术和电子技术的一门技术基础课程。电工电子技术实践性强,具有鲜明的时代性。因此只有通过实验,才能巩固电工电子技术课程的基本理论、基本知识和基本技能,培养学生分析问题和解决问题的能力。

本书是电工电子技术课程的实验教材,主要介绍了直流电路、交流电路、电动机、模拟电子技术、数字电子技术和 EDA 仿真技术等实验,其中既有验证性实验,也有设计性实验和仿真实验。每个实验都附有实验目的、实验原理、实验设备、实验内容、预习思考题和实验报告等内容,多数学生通过自学即可完成实验,也可以利用 EDA 仿真技术进行实验仿真。

相关专业学生通过学习、使用本书,可以掌握电工电子技术方面的实际基本操作、常用仪器仪表的使用及电子电路的调试方法,提高动手能力和综合实践能力。

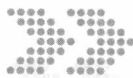
本书第 6 章、第 7 章由于军编写,第 1 章、第 2 章由杨潇编写,第 3 章、第 4 章、第 5 章由王庆伟编写。全书由于军统稿和校稿。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,希望读者提出宝贵意见。

编 者

2008 年 10 月

目录



电工电子技术实验教程

前言

第一篇 电工技术

第一章 直流电路实验	1
实验一 电工仪表的使用及测量误差的分析	1
实验二 减小仪表测量误差的方法	5
实验三 仪表量程扩展	9
实验四 电路元件伏安特性的测试	12
实验五 电位与电压的测量	16
实验六 基尔霍夫定律的验证	17
实验七 电压源与电流源的等效变换	19
实验八 叠加原理的验证	23
实验九 戴维宁定理的验证	25
实验十 最大功率传输条件测试	28
实验十一 受控电源实验的研究	30
实验十二 RC 一阶电路响应测试	34
实验十三 RC 一阶电路响应设计	39
实验十四 二阶动态电路响应的测试	41
实验十五 二端口网络测试	44
第二章 交流电路实验	49
实验一 R 、 L 、 C 元件阻抗特性的测量	49
实验二 三表法测量电路等效参数	53
实验三 日光灯电路及其功率因数的提高	56
实验四 RC 选频网络特性测试	59
实验五 RLC 串联谐振电路的研究	63
实验六 三相交流电路 $Y-Y$ 的测量	66
实验七 三相交流电路 $Y-\Delta$ 的测量	68
第三章 电动机实验	71
实验一 互感电路的测量	71
实验二 单相铁芯变压器特性的测试	73
实验三 变压器的连接与测试	76

实验四	电流互感器的应用	78
实验五	三相鼠笼式异步电动机	80
实验六	三相鼠笼式异步电动机点动和自锁控制	85
实验七	三相鼠笼式异步电动机正反转控制	89
实验八	三相鼠笼式异步电动机 Y- Δ 降压启动控制	92
实验九	三相异步电动机顺序控制	95

第二篇 电子技术

第四章	模拟电子技术实验	98
实验一	常用电子仪器的使用	98
实验二	晶体管共射极单管放大电路	103
实验三	运算放大器基本运算电路的设计	109
实验四	RC 正弦波振荡电路的设计	113
实验五	方波—三角波发生器电路的设计	116
实验六	直流稳压电源的设计	119
第五章	数字电子技术实验	124
实验一	TTL 与非门的逻辑功能与参数测试	124
实验二	组合逻辑电路的设计	129
实验三	译码器及其应用	131
实验四	触发器及其应用	136
实验五	时序逻辑电路的设计	142
实验六	555 集成定时器及其应用	146

第三篇 EDA 技术

第六章	EWB 仿真软件介绍	151
实验一	EWB 的特点及安装	151
实验二	EWB 的工作界面	152
实验三	EWB 的主要分析功能	178
实验四	EWB 的具体操作	183
第七章	EWB 仿真软件应用	189
实验一	基尔霍夫定律的验证	189
实验二	叠加原理的验证	191
实验三	戴维宁定理的验证	192
实验四	RC 一阶电路响应测试与设计	194
实验五	RL 一阶电路响应测试与设计	201
实验六	RLC 串联谐振电路的测试与设计	206
实验七	三相交流电路 Y-Y 的测量	210

实验八 三相交流电路 Y- Δ 的测量	214
实验九 二极管的应用	216
实验十 晶体管共射极单管放大电路	222
实验十一 基本运算电路的测试与设计	229
实验十二 组合逻辑电路的分析	232
实验十三 时序逻辑电路的设计	233
实验十四 时基电路 555 芯片的应用	236
参考文献	240

第一篇

电 工 技 术

第一章 直 流 电 路 实 验

实验一 电工仪表的使用及测量误差的分析

一、实验目的

- (1) 掌握电压表、电流表内阻的测量方法。
- (2) 理解电工仪表测量误差的计算方法。
- (3) 掌握电压表、电流表、万用表的使用。
- (4) 了解理想电压源与理想电流源的原理与使用。

二、实验原理

为了准确地测量电路中实际的电压和电流，必须保证仪表接入前后被测电路的工作状态不变。这就要求电压表的内阻为无穷大；电流表的内阻为零。实际使用的指针式电工仪表都不能满足上述要求。因此，当测量仪表一旦接入电路，便会改变电路原有的工作状态，导致仪表的读数与电路原有的实际值之间出现误差。误差的大小与仪表本身的内阻密切相关。只要测出仪表的内阻，即可计算出由其产生的测量误差。下面介绍几种测量指针式仪表内阻的方法。

1. 用“分流法”测量电流表的内阻

电流表内阻测量电路如图 1-1 所示。 R_A 为被测直流电流表 PA 的内阻，满量程电流为 I_m 。测量时先断开开关 S，调节电流源的输出电流 I_S 使被测直流电流表 PA 指针满偏转，即 $I_A = I_S = I_m$ 。然后合上开关 S，并保持 I_S 值不变，调节电阻箱 R 的阻值，使电流表 PA 的指针指在 $1/2$ 满偏转位置，此时有

$$I_A = \frac{I_m}{2} = \frac{I_S}{2} \quad (1-1)$$

由此可得

$$R_A = R \parallel R_1 = \frac{RR_1}{R+R_1} \quad (1-2)$$

式中 R_1 ——固定电阻器之值， R 可由十进制可变电阻箱的刻度盘上读得。

2. 用“分压法”测量电压表的内阻

电压表内阻测量电路如图 1-2 所示。 R_V 为被测直流数字电压表 PV 的内阻，满量程电压为 U_m 。测量时先将开关 S 闭合，调节直流稳压电源的输出电压，使被测直流数字电压表 PV 的指针

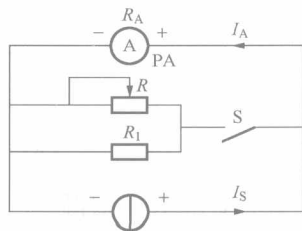


图 1-1 电流表内阻测量电路

满偏转, 即 $U_V = U_m = U_S$ 。然后断开开关 S , 调节 R 使电压表 PV 的指示值减半, 此时有

$$U_V = \frac{U_m}{2} = \frac{U_S}{2} \quad (1-3)$$

由此可得

$$R_V = R + R_1 \quad (1-4)$$

电压表的灵敏度为

$$S = R_V / U_m \quad (1-5)$$

式中 U_m ——电压表满偏时的电压值。

3. 测量误差的计算

由仪表内阻引起的测量误差, 通常称为方法误差; 而由仪表本身结构引起的误差称为仪表基本误差。以图 1-3 所示电路为例, R_1 的电压为

$$U_{R1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_S \quad (1-6)$$

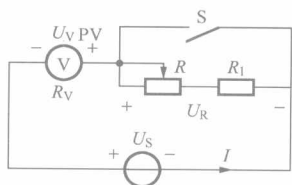


图 1-2 电压表内阻测量电路

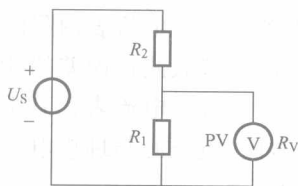


图 1-3 方法误差测量电路

若 $R_1 = R_2$, 则 $U_{R1} = \frac{1}{2} U_S$ 。

现用一个内阻为 R_V 的电压表 PV 来测量 U_{R1} , 当 R_V 与 R_1 并联后, 电阻为

$$R'_1 = \frac{R_V R_1}{R_V + R_1} \quad (1-7)$$

以 R'_1 来替代式 (1-6) 中的 R_1 , 则得

$$U'_{R1} = \frac{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1}}{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1} + R_2} U_S \quad (1-8)$$

绝对误差为

$$\Delta U = U'_{R1} - U_{R1} = \frac{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1}}{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1} + R_2} U_S - \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_S = \left[\frac{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1}}{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1} + R_2} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right] U_S \quad (1-9)$$

化简后得

$$\Delta U = \frac{-R_1^2 R_2 U_S}{R_V (R_1^2 + 2R_1 R_2 + R_2^2) + R_1 R_2 (R_1 + R_2)} \quad (1-10)$$

若 $R_1 = R_2 = R_V$, 则得

$$\Delta U = -\frac{U_S}{6} \quad (1-11)$$

相对误差

$$\Delta U(\%) = \frac{U'_{R1} - U_{R1}}{U_{R1}} \times 100\% = \frac{-\frac{U_s}{2}}{\frac{U_s}{2}} \times 100\% = -33.3\%$$

由此可见,当电压表的内阻与被测电路的电阻相近时,测量的误差是非常大的。

4. 伏安法测量电阻

伏安法测量电阻的原理是:测出被测电阻 R_x 的电流 I_R 及其两端的电压降 U_R ,则根据欧姆定律可得其阻值为

$$R_x = \frac{U_R}{I_R} \quad (1-12)$$

相对于电源而言,实际有两种测量电路,即:

- (1) 电流表 PA (内阻为 R_A) 接在电压表 PV (内阻为 R_V) 的内侧。
- (2) 电流表 PA 接在电压表 PV 的外侧。伏安法测量电阻电路如图 1-4 所示。

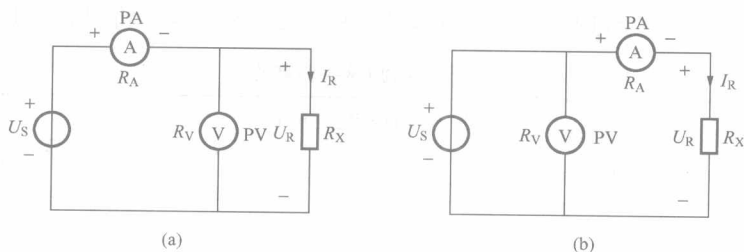


图 1-4 伏安法测量电阻电路

(a) 内接法; (b) 外接法

由电路图 1-4 (a) 可知,只有当 $R_x \ll R_V$ 时, R_V 的分流作用才可忽略不计,电流表 PA 的读数接近于实际流过 R_x 的电流值。该接法称为电流表的内接法。

由电路图 1-4 (b) 可知,只有当 $R_x \gg R_A$ 时, R_A 的分压作用才可忽略不计,电压表 PV 的读数接近于实际加在 R_x 两端的电压值。该接法称为电流表的外接法。

在实际应用时,应根据不同情况选用合适的测量电路,才能获得较准确的测量结果。

图 1-4 中,若 $U_s = 20V$, $R_A = 100\Omega$, $R_V = 20k\Omega$ 。假定 R_x 的实际值为 $10k\Omega$ 。

如果采用图 1-4 (a) 的电路测量,经计算,电流表 PA、电压表 PV 的读数分别为 $2.96mA$ 和 $19.73V$,故

$$R_x = 19.73 / 2.96 = 6.667(k\Omega)$$

相对误差为

$$\Delta U(\%) = (6.667 - 10) / 10 \times 100 = -33.3\%$$

如果采用图 1-4 (b) 的电路测量,经计算,电流表 PA、电压表 PV 的读数分别为 $1.98mA$ 和 $20V$,故

$$R_x = 20 / 1.98 = 10.1(k\Omega)$$

相对误差为

$$\Delta U(\%) = (10.1 - 10) / 10 \times 100 = 1\%$$

三、实验设备

实验设备如表 1-1 所示。

表 1-1 实 验 设 备

序 号	名 称	型号与规格	数 量
1	直流稳压电源	0~30V	2
2	直流恒流源	0~200mA	1
3	直流数字电压表	0~200V	1
4	直流数字毫安表	0~200mA	1
5	十进制可变电阻箱	0~9999.9Ω	1
6	电阻器	根据需要选择	若干

四、实验内容

(1) 根据“分流法”原理测定量程为 0.5mA 和 5mA 直流电流表的内阻，测量电路如图 1-1 所示，其中 R 可选用十进制可变电阻箱，R₁ 为 5kΩ/2W 电阻。将实验数据填入表 1-2 中。

表 1-2 电流表内阻测量实验数据

被测电流表量程	S 断开时的表读数(mA) $I_A = I_S = I_m$	S 闭合时的表读数(mA) $I_A = \frac{I_m}{2} = \frac{I_S}{2}$	R(Ω)	R ₁ (Ω)	计算电流表内阻 R _A (Ω)
0.5mA					
5mA					

(2) 根据“分压法”原理按图 1-2 接线。测量直流电压量程挡为 2.5V 和 10V 万用表的内阻 R_V，其中 R 可选用十进制可变电阻箱，R₁ 为 5kΩ/4W 电阻。将实验数据填入表 1-3 中。

表 1-3 电压表内阻测量实验数据

被测电压表量程	S 闭合时表读数(V) $U_V = U_m = U_S$	S 断开时表读数(V) $U_V = \frac{U_m}{2} = \frac{U_S}{2}$	R (kΩ)	R ₁ (kΩ)	计算内阻 R _V (kΩ)	S (Ω/V)
2.5V						
10V						

(3) 用直流电压量程挡为 10V 的万用表测量图 1-3 电路中 R₁ 上的电压 U'_{R1} 值，并计算测量的绝对误差与相对误差，其中 R₁ = 10kΩ，R₂ = 50kΩ。将实验数据填入表 1-4 中。

表 1-4 电表内阻产生的测量误差实验数据

U	R ₁	R ₂	R _{10V} (kΩ)	计算值 U _{R1} (V)	实测值 U' _{R1} (V)	绝对误差 ΔU	相对误差 (ΔU/U)×100%
12V	10kΩ	50kΩ					

五、实验注意事项

(1) 在开启电源开关前，应将两路电压源的输出调节旋钮调至最小（逆时针旋到底），

并将恒流源的输出粗调旋钮拨至 2mA 挡, 输出细调旋钮应调至最小。接通电源后, 再根据需要缓慢调节。

(2) 当恒流源输出端接有负载时, 如果需要将其粗调旋钮由低挡位向高档位切换时, 必须先将其细调旋钮调至最小。否则输出电流会突增, 可能会损坏外接器件。

(3) 电压表应与被测电路并联, 电流表应与被测电路串联, 并且都要注意正、负极性与量程的合理选择。

(4) 实验内容 (1)、(2) 中, R_1 的取值应与 R 相近。

(5) 本实验仅测试指针式仪表的内阻。由于所选指针表的型号不同, 本实验中所列的电流、电压量程及选用的 R 、 R_1 等都会不同。实验时应按选定的表型自行决定。

六、预习思考题

(1) 根据实验内容 (1) 和 (2), 若已求出 0.5mA 挡和 2.5V 挡的内阻, 可否直接计算得出 5mA 挡和 10V 挡的内阻?

(2) 用量程为 10A 的电流表测实际值为 8A 的电流时, 实际读数为 8.1A, 求测量的绝对误差和相对误差。

七、实验报告

(1) 列表记录实验数据, 并计算各被测仪表的内阻值。

(2) 分析实验结果, 总结应用场合。

(3) 对预习思考题的计算。

实验二 减小仪表测量误差的方法

一、实验目的

(1) 进一步掌握电压表内阻在测量过程中产生的误差及其分析方法。

(2) 进一步掌握电流表内阻在测量过程中产生的误差及其分析方法。

(3) 掌握减小由仪表内阻所引起的测量误差的方法。

二、实验原理

减小由仪表内阻而产生的测量误差的方法有以下两种。

1. 不同量程两次测量计算法

当电压表的灵敏度不够高或电流表的内阻太大时, 可利用多量程仪表对同一个被测量用不同量程进行两次测量, 用所得读数经计算后可得到较准确的结果。

如图 1-5 所示的电路, 欲测量具有较大内阻 R_0 的电动势 U_S 的开路电压 U_{OC} 时, 如果所用电压表 PV 的内阻 R_V 与 R_0 相差不大时, 将会产生很大的测量误差。

设电压表 PV 有两挡量程, U_{OC1} 、 U_{OC2} 分别为在这两个不同量程下测得的电压值, 令 R_{V1} 和 R_{V2} 分别为这两个相应量程的内阻, 则由图 1-5 可得出

$$U_{OC1} = \frac{R_{V1}}{R_0 + R_{V1}} U_S$$

$$U_{OC2} = \frac{R_{V2}}{R_0 + R_{V2}} U_S$$

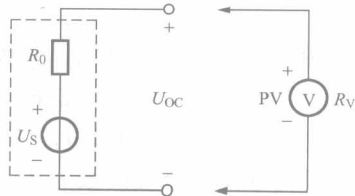


图 1-5 测量电压电路

由以上两式可解得 U_S 和 R_0 , 其中 U_S (即 U_{OC}) 为

$$U_S = U_{OC} = \frac{U_{OC1}U_{OC2}(R_{V1} - R_{V2})}{U_{OC1}R_{V2} - U_{OC2}R_{V1}}$$

由上式可知, 当电源内阻 R_0 与电压表的内阻 R_V 相差不大时, 通过上述的两次测量, 即可计算出开路电压 U_{OC} , 其准确度要比单次测量好得多。

对于电流表 PA, 当其内阻较大时, 也可用类似的方法测得较准确的结果。如图 1-6 所示电路, 不接入电流表 PA 时的电流为 $I_{SC} = \frac{U_S}{R_0}$ 。接入内阻为 R_A 的电流表 PA 时, 电路中的电流变为 $I'_{SC} = \frac{U_S}{R_0 + R_A}$ 。

如果 $R_A = R_0$, 则 $I'_{SC} = \frac{I_{SC}}{2}$, 将会出现很大的误差。

如果用有不同内阻 R_{A1} 、 R_{A2} 的两挡量程的电流表 PA 作两次测量并经简单的计算就可得到较准确的电流值。

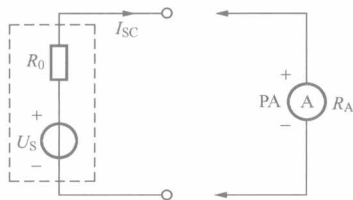


图 1-6 测量电流电路

如图 1-6 所示的电路, 经两次测量得

$$I_{SC1} = \frac{U_S}{R_0 + R_{A1}}$$

$$I_{SC2} = \frac{U_S}{R_0 + R_{A2}}$$

由以上两式可解得 U_S 和 R_0 , 进而可得

$$I_{SC} = \frac{U_S}{R_0} = \frac{I_{SC1}I_{SC2}(R_{A1} - R_{A2})}{I_{SC1}R_{A1} - I_{SC2}R_{A2}}$$

2. 同一量程两次测量算法

如果电压表 (或电流表) 只有一挡量程, 且电压表的内阻较小 (或电流表的内阻较大) 时, 可用同一量程两次测量法来减小测量误差。其中, 第一次测量同一般的测量。第二次测量时必须在电路中串入一个已知阻值的附加电阻。

(1) 电压测量。同一量程测量电压电路如图 1-7 所示, 其开路电压为 U_{OC} 。设电压表 PV 的内阻为 R_V 。第一次测量, 电压表的读数为 U_{OC1} 。第二次测量时应在电压表回路串接一个已知阻值的电阻器 R , 电压表读数为 U_{OC2} 。由图 1-7 可知

$$U_{OC1} = \frac{R_V U_S}{R_0 + R_V}$$

$$U_{OC2} = \frac{R_V U_S}{R_0 + R + R_V}$$

由以上两式可解得 U_S 和 R_0 , 其中 U_S (即 U_{OC}) 为

$$U_S = U_{OC} = \frac{R U_{OC1} U_{OC2}}{R_V (U_{OC1} - U_{OC2})}$$

由上式可知, 通过同一量程两次测量电压, 可消除内阻 R_0 对开路电压 U_{OC} 的影响。

(2) 电流测量。同一量程测量电流电路如图 1-8 所示, 其电流为 I_{SC} 。设电流表 PA 的内阻为 R_A 。第一次测量电流表的读数为 I_{SC1} 。第二次测量时应与电流表串接一个已知阻值的电阻器 R , 电流表读数为 I_{SC2} 。由图 1-8 可知

$$I_{SC1} = \frac{U_S}{R_0 + R_A}$$

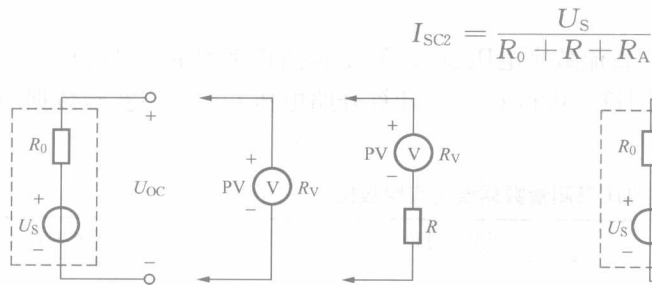


图 1-7 同一量程测量电压电路

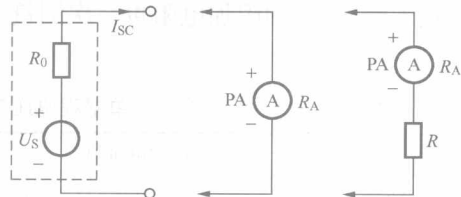


图 1-8 同一量程测量电流电路

由以上两式可解得 U_S 和 R_0 ，从而可得

$$I_{SC} = \frac{U_S}{R_0} = \frac{I_{SC1} I_{SC2} R}{I_{SC2} (R_A + R) - I_{SC1} R_A}$$

由上式可知，通过同一量程两次测量电流可消除内阻 R_0 对电流 I_{SC} 的影响。

由以上分析可知，采用多量程仪表测量法或单量程仪表两次测量法，不论所用仪表的内阻与被测电路的电阻如何，总可以通过两次测量和计算单次测量得到较准确的结果。

三、实验设备

实验设备如表 1-5 所示。

表 1-5 实 验 设 备

序 号	名 称	型号与规格	数 量
1	直流稳压电源	0~30V	1
2	直流恒流源	0~200mA	1
3	十进制可变电阻箱	0~9999.9Ω	1
4	电阻器	按需选择	1
5	直流数字电压表	0~200V	1
6	直流数字毫安表	0~200mA	1

四、实验内容

1. 双量程电压表两次测量法

按图 1-5 所示的电路接线，实验中利用直流稳压电源，取 $U_S=2.5V$ ， R_0 选用十进制可变电阻箱，阻值 $R_0=50k\Omega$ 。用直流数字电压表 2.5V 和 10V 两挡量程进行两次测量，最后计算出开路电压 U_{OC} ，将实验数据填入表 1-6 中。

表 1-6 双量程电压表测量数据误差实验数据

电压表量程 (V)	内阻 R_V (kΩ)	两个量程的测量值 $U_{OC}(V)$	电路计算值 $U_{OC}(V)$	两次测量计算值 $U_{OC}(V)$	U_{OC} 的绝对误差值 (%)	U'_{OC} 的相对误差 (%)
2.5	$R_{V1}=$	$U_{OC1}=$				
10	$R_{V2}=$	$U_{OC2}=$				
两次测量						

2. 单量程电压表两次测量法

按图 1-7 所示的电路接线。先用直流数字电压表 2.5V 量程挡直接测量, 可得 U_{OC1} 。然后串接 $R=10k\Omega$ 的附加电阻再一次测量, 可得 U_{OC2} 。计算开路电压 U_{OC} , 将实验数据填入表 1-7 中。

表 1-7 单量程电压表测量数据误差实验数据

实际计算值	两次测量值		测量计算值	绝对误差	U_{OC} 的相对误差
$U_{OC}(V)$	$U_{OC1}(V)$	$U_{OC2}(V)$	$U'_{OC}(V)$	ΔU	$\frac{\Delta U}{U_{OC}} \times 100\%$

3. 双量程电流表两次测量法

按图 1-6 所示的电路接线, 实验中利用直流稳压电源, 取 $U_S=2.5V$, R_0 选用十进制可变电阻箱, 阻值 $R_0=50k\Omega$ 。用直流电流表 0.5mA 和 5mA 两挡量程进行两次测量, 最后算出短路电流 I_{SC} , 将实验数据填入表 1-8 中。

表 1-8 双量程电流表测量数据误差实验数据

万用表 电流量程	内阻值 $R_A(\Omega)$	两个量程的测量值 $I_{SC}(mA)$	电路计算值 $I_{SC}(mA)$	两次测量计算值 $I'_{SC}(mA)$	I_{SC} 的相对误差 (%)	I'_{SC} 的相对误差 (%)
0.5mA	$R_{A1} =$	$I_{SC1} =$				
5mA	$R_{A2} =$	$I_{SC2} =$				

4. 单量程电流表两次测量法

按图 1-8 所示的电路接线。先用直流电流表 0.5mA 量程挡直接测量, 可得 I_{SC1} 。然后串接 $R=10k\Omega$ 的附加电阻再一次测量, 可得 I_{SC2} 。计算出短路电流 I_{SC} , 将实验数据填入表 1-9 中。

表 1-9 单量程电流表测量数据误差实验数据

实际计算值	两次测量值		测量计算值	绝对误差	相对误差
$I_{SC}(mA)$	$I_{SC1}(mA)$	$I_{SC2}(mA)$	$I'_{SC}(mA)$	ΔI_{SC}	$\frac{\Delta I_{SC}}{I_{SC}} \times 100\%$

五、实验注意事项

- (1) 在实验过程中, 直流稳压电源输出端不允许短路。
- (2) 在实验过程中, 直流恒流源输出端不允许开路。

(3) 在实验过程中, 电压表与所测量的元件并联, 电流表与所测量的元件串联, 并且要注意极性与量程的选择。

六、预习思考题

- (1) 完成各项实验内容的计算。
- (2) 比较双量程两次测量法和单量程两次测量法产生误差的大小。
- (3) 用“两次测量法”测量电压或电流，绝对误差和相对误差是否为零？为什么？

七、实验报告

- (1) 列表记录实验数据，并完成实验内容的计算值。
- (2) 分析实验测量数据，总结误差产生的原因。

实验三 仪表量程扩展

一、实验目的

- (1) 了解指针式毫安表的量程和内阻在测量中的作用。
- (2) 掌握毫安表改装成电流表和电压表的方法。
- (3) 掌握改装后电压表和电流表的读数方法。
- (4) 学会电流表和电压表量程切换开关的应用方法。

二、实验原理

1. 基本表的概念

一只毫安表允许通过的最大电流称为该表的量程，用 I_g 表示，该表有一定的内阻，用 R_g 表示。这就是一个“基本表”，其等效电路如图 1-9 所示。 I_g 和 R_g 是基本表的两个重要参数。

2. 扩大基本表的量程

满量程为 1mA 的基本表，最大只允许通过 1mA 的电流，过大的电流会造成“打针”，甚至烧断电流线圈。要用它测量超过 1mA 的电流，必须扩大其量程，即选择一个合适的分流电阻 R_A 与之并联，扩大电流量程如图 1-10 所示。

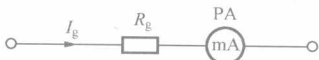


图 1-9 基本表等效电路

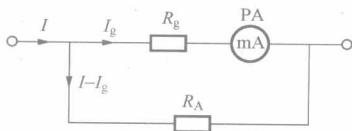


图 1-10 扩大电流量程

设基本表满量程 $I_g = 1\text{mA}$ ，基本表内阻 $R_g = 100\Omega$ 。现要将其量程扩大 10 倍（即可用来测量 10mA 电流），则应并联的分流电阻 R_A 应满足

$$I_g R_g = (I - I_g) R_A$$

即

$$1\text{mA} \times 100\Omega = (10 - 1)\text{mA} \times R_A$$

$$R_A = \frac{100}{9} = 11.1(\Omega)$$

同理，要使其量程扩展为 100mA ，则应并联阻值为 1.01Ω 的分流电阻。

当用改装后的电流表来测量 10（或 100） mA 以下的电流时，只要将基本表的读数乘以 10（或 100）或者直接将电表面板的满刻度刻成 10（或 100） mA 即可。

3. 改装为电压表

一只基本表也可以改装为一只电压表，只要选择一只合适的分压电阻 R_V 与基本表相串接即可，具体如图 1-11 所示。

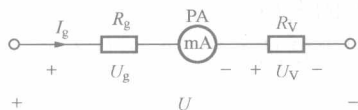


图 1-11 电压表

设被测电压值为 U ，则

$$U = U_g + U_V = I_g(R_g + R_V)$$

$$R_V = \frac{U - I_g R_g}{I_g} = \frac{U}{I_g} - R_g$$

要将量程为 1mA ，内阻为 100Ω 的基本表改装为量程为 1V 的电压表，则应串联的分压电阻应为

$$R_V = \frac{1}{1} - 100 = 1000 - 100 = 900(\Omega)$$

若要将量程扩大到 10V ，应串多大的分压电阻呢？

三、实验设备

实验设备如表 1-10 所示。

表 1-10 实 验 设 备

序 号	名 称	型号规格	数 量
1	直流数字电压表	0~200V	1
2	直流数字毫安表	0~200mA	1
3	直流稳压电源	0~30V	1
4	直流恒流源	0~500mA	1
5	基本表	1mA, 100Ω	1
6	电 阻	1.01Ω, 11.1Ω, 900Ω, 9.9kΩ, 1kΩ, 2kΩ	各 1

四、实验内容

1. 1mA 基本表的检验

(1) 调节恒流源的输出，最大不超过 1mA 。

(2) 先对 1mA 表表头进行机械调零，再将恒流源的输出接至 1mA 表表头的信号输入端。

(3) 调节恒流源的输出，令其从 0 调至 1mA ，分别读取基本表的读数，并记录填入表 1-11 中。

(4) 再用直流数字毫安表重复测量 (3) 的数据，填入表 1-11 中，与基本表的读数进行比较。

表 1-11 1mA 基本表测量数据

恒流源输出 (mA)	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
表头读数 (mA)						
直流数字毫安表读数 (mA)						

2. 将基本表改装为量程为 10mA 的毫安表

(1) 将分流电阻 11.1Ω 并接在基本表的两端，这样就将基本表改装成了满量程为 10mA