



DIANGONG YU DIANZI JISHU
SHIYAN ZHIDAOSHU

电工与电子技术 实验指导书

重庆交通大学机电实验室 编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

ISBN 7-114-01807-2

本书可作为高等院校电气工程及其自动化专业及相关专业的教材，也可供从事电气工程及其自动化工作的工程技术人员参考。

Diangong yu Dianzi Jishu Shiyan Zhidaoshu

电工与电子技术实验指导书

主编：王健

重庆交通大学机电实验室 编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

地址：北京人民交通出版社
电话：010-67113292

本书封面贴有防伪标签，无标签者即为盗版，请读者注意。

内 容 提 要

本书包含了电路原理、模拟电子技术、数字电子技术等三大部分内容,其中既有常用仪器仪表的使用和测试方面的内容,也有验证性、设计性、综合性和研究性方面的实验内容,其中部分实验只提供设计要求和原理简图,由学生自己完成实验方案的选择、实验步骤和数据表格的设计,对充分发挥学生的主观能动性、培养学生的动手能力有积极作用。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术实验指导书 / 重庆交通大学机电实验室编著. —北京:人民交通出版社股份有限公司, 2016.6

ISBN 978-7-114-12986-5

I. ①电… II. ①重… III. ①电工技术-实验-高等学校-教学参考资料 ②电子技术-实验-高等学校-教学参考资料 IV. ①TM-33 ②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 093464 号

书 名: 电工与电子技术实验指导书

著 作 者: 重庆交通大学机电实验室

责任编辑: 刘永芬

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 7.75

字 数: 190千

版 次: 2016年6月 第1版

印 次: 2016年6月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12986-5

定 价: 19.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

实验是学习电工学及电子技术课程的一个重要环节,对巩固和加深课堂教学内容、提高学生的实际动手能力、培养科学的工作作风和从事实践技术工作奠定基础有非常重要的作用。为此,我们编写了这本《电工与电子技术实验指导书》。该书涉及的知识面较宽,在内容的编排上,遵循了由浅入深、由易到难的学习规律。本书包含了电路原理、模拟电子技术、数字电子技术等三大部分内容,其中既有常用仪器仪表的使用和测试方面的内容,也有验证性、设计性、综合性和研究性方面的实验内容。其中部分实验只提供设计要求和原理简图,由学生自己完成实验方案的选择、实验步骤和数据表格的设计,对充分发挥学生的主观能动性、培养学生的动手能力有积极作用。

考虑到电工学及电子技术课程各部分内容的特点和实验室现有的仪器设备状况,将电路原理、模拟电子技术和数字电子技术部分实验,分别安排在电工技术实验装置、模拟电路实验箱和数字电路实验箱上完成。本书提供了33个实验项目,供相关专业的技术基础课实验选择。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免有不妥之处,恳请广大师生批评指正。

重庆交通大学机电实验室

二〇一六年三月

实验课要求

1. 每位学生必须按规定完成实验课,因故不能参加实验者,应课前向指导教师请假(必须经有关领导批准)。对所缺实验要在期末电工学课考试规定时间内补齐,缺实验者不得参加电工学期末考试。

2. 每次实验课前,必须做预习,弄清实验题目、目的、内容、步骤和操作过程,以及记录参数等。写出实验预习报告,在实验前摆在实验桌上,供指导教师检查,并接受指导教师的提问。对不写预习报告、又回答不出问题者不准做实验。

3. 每次实验课前,学生必须提前5min进入实验室,找好座位,检查所需实验设备,做好实验前的准备工作。

4. 做实验前,首先要确定好实验电路所需电源的性质、极性、大小、测试仪表的量程等,了解实验设备的铭牌数据,以免出现错误、损坏设备。

5. 实验室内设备不准任意搬动和调换,非本次实验所用仪器设备,未经实验指导教师允许不得动用。

6. 要注意测试仪表和设备的正确使用方法。每次实验前,根据实验中所使用的设备情况,了解设备的原理和使用方法。在没有看懂仪器设备的使用方法前,不得贸然使用,否则后果自负。

7. 要求每位学生在实验过程中,要具有严谨的学习态度,认真、踏实、一丝不苟的科学作风。坚持每次实验都要亲自动手,不可“搭车”。实验小组内要轮流进行接线、操作和记录等工作。无特殊原因,中途不得退出实验,否则本次实验无效。

8. 实验过程中,如出现事故马上拉开电源开关,然后找实验指导教师,如实反映事故情况,并分析原因和处理事故。如有损坏仪表和设备应马上提出,按有关规定处理。实验室要保持安静、整洁的环境。

9. 每次实验结束,实验数据和结果要经实验指导教师核查,确认正确无误后方可拆线。整理好实验台和周围卫生,填写上课情况登记表后方可离开实验室。

10. 实验课后,每位学生必须按实验指导书的要求,独立编写实验报告,不得抄袭或借用他人的实验数据,实验报告上要注明同组同学的姓名,并在下次实验课前交给实验指导教师,以供批阅。

实验安全用电规则

安全用电是实验中始终需要注意的重要事项。为了做好实验,确保人身和设备的安全,在做电工实验时,必须严格遵守下列安全用电规则。

1. 实验中的接线、改接、拆线都必须在切断电源的情况下进行(包括安全电压),线路连接完毕再送电。

2. 在电路通电情况下,人体严禁接触电路中不绝缘的金属导线和带电连接点。万一遇到触电事故,应立即切断电源,保证人身安全。

3. 实验中,特别是当设备刚投入运行时,要随时注意仪器设备的运行情况,如发现有超量程、过热、异味、冒烟、火花等情况,应立即断电,并请指导老师查找原因。

4. 实验时应精力集中,同组者必须密切配合,接通电源前必须通知同组同学,以防止触电事故发生。

5. 了解有关电器设备的规格、性能及使用方法,严格按照要求操作。注意仪表仪器的种类、量程和连接方法,保证设备安全。

目 录

实验一	基本电工仪表的使用与测量误差的计算	1
实验二	减小仪表测量误差的方法	5
实验三	常用电子仪器仪表的使用	9
实验四	基尔霍夫定律的验证	14
实验五	叠加原理的验证	16
实验六	电压源与电流源的等效变换	19
实验七	戴维南定理	23
实验八	受控源 VCVS、VCCS、CCVS、CCCS 的实验研究	27
实验九	RC 一阶电路的响应测试	34
实验十	正弦稳态交流电路相量的研究	37
实验十一	RLC 串联谐振电路的研究	41
实验十二	三相交流电路电压、电流的测量	44
实验十三	晶体管共射极单管放大器实验	47
实验十四	场效应管放大器	50
实验十五	负反馈放大器实验	53
实验十六	射极跟随器实验	56
实验十七	差动放大器实验	58
实验十八	比例求和运算电路	60
实验十九	低频功率放大器	63
实验二十	整流、滤波与稳压电路	65
实验二十一	晶闸管可控整流电路	68
实验二十二	门电路逻辑功能及测试	72
实验二十三	组合逻辑电路分析	74
实验二十四	3/8 译码器实验	76
实验二十五	LED 译码器实验	79
实验二十六	四位二进制全加器实验	81
实验二十七	数据选择器实验	83
实验二十八	触发器实验	85
实验二十九	移位寄存器实验	87

实验三十 计数器实验	89
实验三十一 减法计数器实验	91
实验三十二 电子秒表(设计性实验)	94
实验三十三 六人智力抢答(设计性实验)	95
附录一 单、三相智能功率、功率因数表使用说明书	96
附录二 用万用电表对常用电子元器件检测	99
附录三 电阻器的标称值及精度色环标志法	102
附录四 放大器干扰、噪声抑制和自激振荡的消除	104
附录五 芯片管脚及功能介绍	107

实验一 基本电工仪表的使用与测量误差的计算

一、实验目的

1. 熟悉实验装置上各类测量仪表的布局。
2. 熟悉实验装置上各类电源的布局及使用方法。
3. 掌握电压表、电流表内电阻的测量方法。
4. 熟悉电工仪表测量误差的计算方法。

二、原理说明

1. 为了准确地测量电路中实际的电压和电流,必须保证仪表接入电路后不会改变被测电路的工作状态,这就要求电压表的内阻为无穷大、电流表的内阻为零,而实际使用的电工仪表都不能满足上述要求。因此,一旦测量仪表接入电路,会改变电路原有的工作状态,就会导致仪表的读数与电路原有的实际值之间出现误差,这种测量误差值的大小与仪表本身内阻值的大小密切相关。

2. 本实验采用“分流法”测量电流表的内阻,如图 1-1 所示。

A 为被测内阻(R_A)的直流电流表,测量时先断开开关 S,调节直流恒流源的输出电流 I 使表 A 指针满偏转,然后合上开关 S,并保持 I 值不变,调节电阻箱 R_B 的阻值,使电流表的指针指在 1/2 满偏转位置,此时有 $I_A = I_S = \frac{I}{2}$,所以:

$$R_A = R_B // R_1$$

R_1 为固定电阻器之值, R_B 由可调电阻箱的刻度盘上读得。 R_1 与 R_B 并联,且 R_1 选用小阻值电阻, R_B 选用较大电阻,则阻值调节可比单只电阻箱更为细微、平滑。

3. 采用“分压法”测量电压表的内阻,如图 1-2 所示。

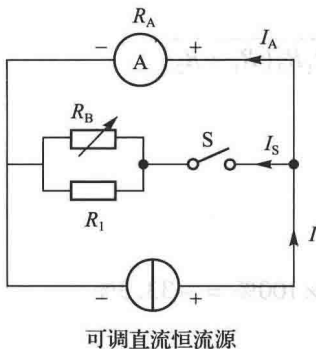


图 1-1 分流法测量电流表内阻

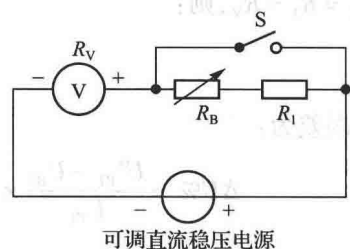


图 1-2 分压法测量电压表内阻

V 为被测内阻(R_V)的电压表,测量时先将开关 S 闭合,调节直流稳压电源的输出电压,使电压表 V 的指针为满偏转。然后断开开关 S,调节 R_B 阻值使电压表 V 的指示值减半。此时有:

$$R_V = R_B + R_1$$

电压表的灵敏度为:

$$S = \frac{R_V}{U} \quad (\Omega/V)$$

4. 仪表内阻引入的测量误差(通常称为方法误差,而仪表本身构造上引起的误差称为仪表基本误差)的计算。

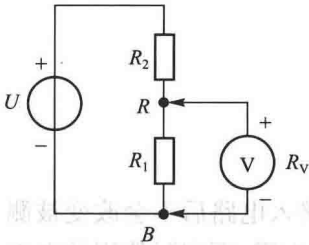


图 1-3 仪表内阻引入的测量误差的计算

以图 1-3 所示电路为例, R_1 上的电压为:

$$U_{R1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$$

若 $R_1 = R_2$, 则:

$$U_{R1} = \frac{1}{2} U$$

现用一内阻为 R_V 的电压表来测量 U_{R1} 值,当 R_V 与 R_1 并联, R_{AB}

$= \frac{R_V R_1}{R_V + R_1}$, 以此来替代上式中的 R_1 , 则:

$$U'_{R1} = \frac{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1}}{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1} + R_2} U$$

绝对误差为:

$$\Delta U = U'_{R1} - U_{R1} = U \left(\frac{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1}}{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1} + R_2} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)$$

化简后得:

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

若 $R_1 = R_2 = R_V$, 则:

$$\Delta U = -\frac{U}{6}$$

相对误差为:

$$\Delta U\% = \frac{U'_{R1} - U_{R1}}{U_{R1}} \times 100\% = \frac{-U/6}{U/2} \times 100\% = -33.3\%$$

三、实验设备(表 1-1)

实验设备记录 表 1-1

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	可调直流稳压电源	0~30V	1	
2	可调直流恒流源	0~200mA	1	
3	万用电表	FM-47 或其他	1	
4	可调电阻箱	0~99 999.9Ω	1	DGJ-05
5	电阻器		若干	DGJ-05

四、实验内容

1. 根据“分流法”原理测定 FM-47 型(或其他型号)万用电表直流 0.5mA 和 5mA 挡量限的内阻记入表 1-2, 线路如图 1-1 所示。

分流法测量万用电表内阻记录 表 1-2

被测电流量限	S 断开时表读数 (mA)	S 闭合时表读数 (mA)	R_B (Ω)	R_1 (Ω)	计算内阻 R_A (Ω)
0.5mA					
5mA					

2. 根据“分压法”原理按图 1-2 接线, 测定万用电表直流电压 2.5V 和 10V 挡量限的内阻, 记入表 1-3。

分压法测量万用电表内阻记录 表 1-3

被测电压表量限	S 闭合时表读数 (V)	S 断开时表读数 (V)	R_B (kΩ)	R_1 (kΩ)	计算内阻 R_A (kΩ)	S (Ω/V)
2.5V						
10V						

3. 用万用电表直流电压 10V 挡量限测量图 1-3 电路中 R_1 上的电压 U_{R_1} 之值, 并计算测量的绝对误差与相对误差, 记入表 1-4。

U 、 R 值及误差记录表 表 1-4

U	R_2	R_1	R_{10V} (kΩ)	计算值 U_{R_1} (V)	实测值 U'_{R_1} (V)	绝对误差	相对误差
10V	10kΩ	20kΩ					

五、实验注意事项

1. 控制屏提供所有实验的电源,直流稳压源和直流恒流源均可通过粗调(分段调)旋钮和细调(连续调)旋钮调节其输出量,并由指针式电压表和毫安表显示其输出量的大小。启动实验装置电源之前,应使其输出旋钮置于零位,实验时再缓慢地增、减输出。
2. 稳压源的输出不允许短路,恒流源的输出不允许开路。
3. 电压表应与电路并联使用,电流表与电路串联使用,并且都要注意极性与量程的合理选择。

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. 用量限为 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。
3. 如图 1-4a)、b) 为伏安法测量电阻的两种电路,被测电阻的实际阻值为 R_x ,电压表的内阻为 R_V ,电流表的内阻为 R_A ,求两种电路测量电阻 R_x 的相对误差。

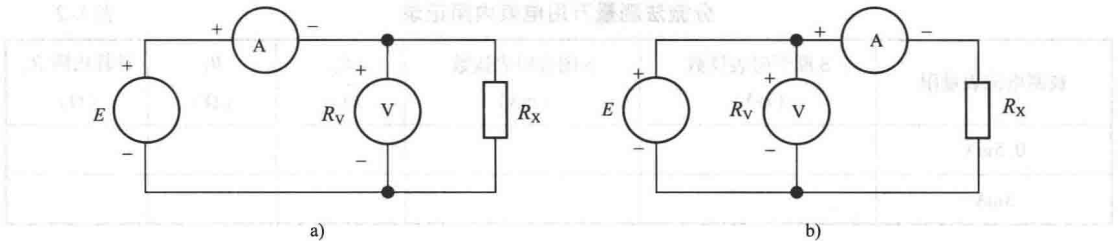


图 1-4 伏安法测量电阻电路图

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. 计算实验内容 3 的绝对误差与相对误差。
3. 对思考题的计算。
4. 心得体会及其他。

被测电阻	电压表内阻	电流表内阻	电压表读数	电流表读数	计算值	相对误差

实验二 减小仪表测量误差的方法

一、实验目的

1. 进一步了解电压表、电流表的内阻在测量过程中产生的误差及其分析方法。
2. 掌握减小因仪表内阻引起测量误差的方法。

二、原理说明

减小因仪表内阻所产生测量误差的方法如下。

1. 不同量限两次测量计算法

当电压表的灵敏度不够高或电流表的内阻太大时,可利用多量限仪表对同一被测量用不同量限进行两次测量,所得读数经计算后可得到准确的结果。

如图 2-1 所示电路,欲测量具有较大内阻 R_0 的电动势 E 的开路电压 U_0 时,如果所用电压表的内阻 R_V 与 R_0 相差不大的话,将会产生很大的测量误差。

设电压表有两挡量限, U_1 、 U_2 分别为在这两个不同量限下测得的开路电压值,令 R_{V1} 和 R_{V2} 分别为这两个相应量限的内阻,则由图 2-1 可得:

$$U_1 = \frac{R_{V1}}{R_0 + R_{V1}} \times E \quad (1)$$

$$U_2 = \frac{R_{V2}}{R_0 + R_{V2}} \times E \quad (2)$$

由式(1)得:

$$R_0 = \frac{R_{V1} \times E}{U_1} - R_{V1} = R_{V1} \left(\frac{E}{U_1} - 1 \right) \quad (3)$$

将式(3)代入式(2)可得:

$$E = \frac{U_2 (R_0 + R_{V2})}{R_{V2}} = \frac{U_2 \left(\frac{R_{V1} \times E}{U_1} - R_{V1} + R_{V2} \right)}{R_{V2}}$$

从中解得 E , 经化简后得:

$$E = U_0 = \frac{U_1 U_2 (R_{V2} - R_{V1})}{U_1 R_{V2} - U_2 R_{V1}} \quad (4)$$

由式(4)可知,不论电源内阻 R_0 相对电压表的内阻 R_V 有多大,通过上述的两次测量结果,经计算后可较准确地测量出开路电压 U_0 的大小。

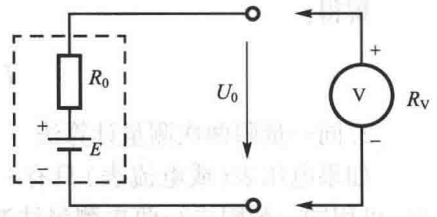


图 2-1 电压表测量电路

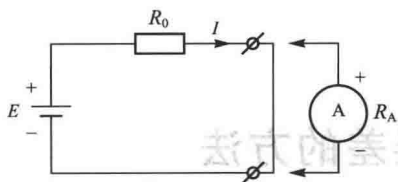


图 2-2 电流表测量电路

对于电流表,当其内阻较大时,也可用类似的方法测得准确的结果。如图 2-2 所示电路,不接入电流表时的电流为:

$$I = \frac{E}{R_0}$$

接入内阻为 R_A 的电流表 A 时,电路中的电流变为:

$$I' = \frac{E}{R_0 + R_A}$$

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

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

按图 2-2 电路,两次测量得:

$$I_1 = \frac{E}{R_0 + R_{A1}}$$

$$I_2 = \frac{E}{R_0 + R_{A2}}$$

解得:

$$I = \frac{E}{R_0} = \frac{I_1 I_2 (R_{A1} - R_{A2})}{I_1 R_{A1} - I_2 R_{A2}}$$

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,可用同一量程进行两次测量法减小测量误差。其中,第一次测量与一般的测量并无两样,只是在进行第二次测量时在电路中串入一个已知阻值的附加电阻。

(1) 电压测量——测量如图 2-3 所示电路的开路电压 U_0

第一次测量,电压表的读数为 U_1 , (设电压表的内阻为 R_V), 第二次测量时应与电压表串接一个已知阻值的电阻 R , 电压表读数为 U_2 , 由图可知:

$$U_1 = \frac{R_V}{R_0 + R_V} E \quad U_2 = \frac{R_V}{R_0 + R_V + R} E$$

解上两式,可得:

$$E = U_0 = \frac{R U_1 U_2}{R_V (U_1 - U_2)}$$

(2) 电流测量——测量如图 2-4 所示电路的电流 I

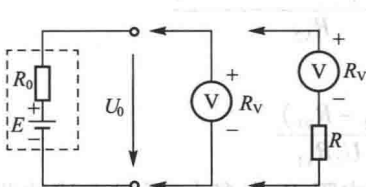


图 2-3 电压表测量电路

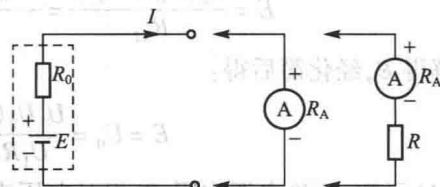


图 2-4 电流测量电路

第一次测量电流表的读数为 I_1 , (设电流表的内阻为 R_A); 第二次测量时应与电流表串接一个已知阻值的电阻 R , 电流表读数为 I_2 , 由图 2-4 可知:

$$I_1 = \frac{E}{R_0 + R_A} \quad I_2 = \frac{E}{R_0 + R_A + R}$$

解得:

$$I = \frac{E}{R_0} = \frac{I_1 I_2 R}{I_2 (R_A + R) - I_1 R_A}$$

由上分析可知, 采用多量限仪表两次测量法或单量限仪表两次测量法, 不管电表内阻如何, 总可以通过两次测量和计算得到比单次测量准确得多的结果。

三、实验设备(表 2-1)

实验设备记录

表 2-1

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	可调直流稳压电源	0 ~ 30V	1	
2	万用表	FM-47 型或其他	1	
3	可调电阻箱	0 ~ 99 999.9Ω	1	DGJ-05
4	电阻器	6.2k、8.2k、10k、20k、100k 等		DGJ-05

四、实验内容

1. 双量限电压表两次测量法

按图 2-3 电路接线, 取 $E = 3V$, $R_0 = 20k\Omega$ 。

用万用电表的直流电压 2.5V 和 10V 两挡量限进行两次测量, 最后算出开路电压 U_0 之值, 记入表 2-2。

电压值记录表(一)

表 2-2

万用表电压量限	双量限内阻值(kΩ)	两个量限测量值(V)	开路电压实际值(V)	两次测量计算值(V)	绝对误差 $\Delta U(V)$	相对误差 $\Delta U/U \times 100\%$
2.5V						
10V						

$R_{2.5V}$ 和 R_{10V} 参照实验一的结果。

2. 单量限电压表两次测量法

实验线路如图 2-3 所示, 用上述万用表直流电压 2.5V 量限挡串接 $R = 10k\Omega$ 的附加电阻器进行两次测量, 计算开路电压 U_0 之值, 记入表 2-3。

电压值记录表(二)

表 2-3

开路电压实际值	两次测量值		测量计算值	绝对误差	相对误差
$U_0(V)$	$U_1(V)$	$U_2(V)$	$U'_0(V)$	$\Delta U(V)$	$\Delta U/U \times 100\%$
3					

3. 双量程电流表两次测量法

按图 2-4 电路接线,取 $E = 3V$, $R_0 = 6.2k\Omega$,用万用电表 0.5mA 和 5mA 两挡电流量限进行两次测量,计算出电路中电流值 I ,记入表 2-4。

电流值记录表(一)

表 2-4

万用电表电流量限	双量程内阻值(Ω)	两个量程测量值(mA)	电流实际值(mA)	两次测量计算值(mA)	绝对误差 ΔI	相对误差 $\Delta I/I \times 100\%$
0.5mA						
5mA						

$R_{0.5mA}$ 和 R_{5mA} 参照实验一的结果。

4. 单量程电流表两次测量法

实验线路如图 2-4 所示,用万用电表 0.5mA 电流量限,串联附加电阻 $R = 8.2k\Omega$ 进行两次测量,求出电路中的实际电流 I 之值,记入表 2-5。

电流值记录表(二)

表 2-5

电流实际值	两次测量值		测量计算值	绝对误差	相对误差
I (mA)	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I' (mA)	ΔI	$\Delta I/I \times 100\%$

五、实验注意事项

同实验一。

六、实验报告

1. 完成各项实验内容的计算。

2. 实验的收获与体会。

姓名	学号	日期	教师	成绩

姓名	学号	日期	教师	成绩

实验三 常用电子仪器仪表的使用

一、实验目的

1. 学习电子电路实验中常用的电子仪器——示波器、函数信号发生器、直流稳压电源、交流毫伏表、频率计等的主要技术指标、性能及正确使用方法。
2. 初步掌握用双踪示波器观察正弦信号波形和读取波形参数的方法。

二、实验原理

在模拟电子电路实验中,经常使用的电子仪器有示波器、函数信号发生器、直流稳压电源、交流毫伏表及频率计等。它们和万用表一起,可以完成对模拟电子电路的静态和动态工作情况的测试。

实验中要对各种电子仪器进行综合使用,可按照信号流向,以连线简洁、调节顺手、观察与读数方便等原则进行合理布局,各仪器与被测实验装置之间的布局与连接如图 3-1 所示。接线时应注意,为防止外界干扰各仪器的公共接地端应连接在一起,称共地。信号源和交流毫伏表的引线通常用屏蔽线或专用电缆线,示波器接线使用专用电缆线,直流电源的接线用普通导线。

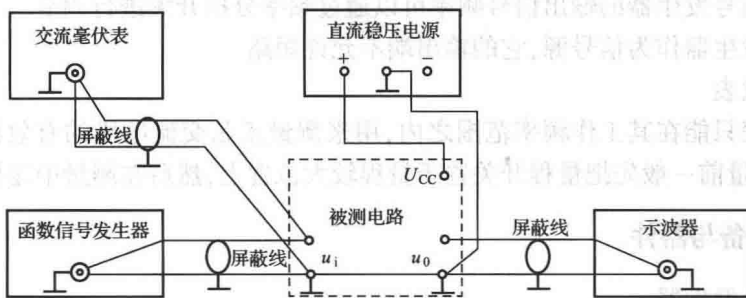


图 3-1 电子电路中常用电子仪器布局图

1. 示波器

示波器是一种用途很广的电子测量仪器,它既能直接显示电信号的波形,又能对电信号进行各种参数的测量。现着重指出下列几点。

(1) 寻找扫描光迹。将示波器 Y 轴显示方式置“ Y_1 ”或“ Y_2 ”,输入耦合方式置“GND”。开机预热后,若在显示屏上不出现光点和扫描基线,可按下列操作去找到扫描线:①适当调节亮度旋钮;②触发方式开关置“自动”;③适当调节垂直(\updownarrow)、水平(\rightleftarrows)“位移”旋钮,使扫描光迹位于屏幕中央(若示波器设有“寻迹”按键,可按下“寻迹”按键,判断光迹偏移基线的方向)。