

高职高专“十二五”规划指定教材

# 电子基础 实验指导

DIANZI JICHU SHIYAN ZHIDAO

主 编 杨立功  
副主编 郝存勇 杨季可楠  
参 编 尚丽莎 贾亚娟 葛 云 张春燕



天津大学出版社  
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

高职高专“十二五”规划指定教材

# 电子基础实验指导

主 编 杨立功

副主编 郝存勇 杨季可楠

参 编 尚丽莎 贾亚娟 葛 云 张春燕

## 内 容 提 要

本书深入浅出、系统地介绍了电类教学中的 51 个实验,内容涵盖电路分析基础、模拟电子技术、数字电子技术三门课程的实验课指导。理论联系实际,直接与三门课程的教学内容相衔接。每个实验项目一般都包含实验目的、实验器材、实验原理、实验步骤与方法、实验报告等内容,可直接在实验板上操作。实验结果达到验证性、实训性、延展性和创新性的目的。

本书内容翔实、结构清晰、理论知识与实践结合紧密,适于作为高职高专院校电类专业实验教材,也可供中职电类实验人员参考或其他电子相关从业人员阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

电子基础实验指导 / 杨立功主编. —天津: 天津  
大学出版社, 2011. 10  
高职高专“十二五”规划指定教材  
ISBN 978-7-5618-4160-0

I. ①电… II. ①杨… III. ①电子技术—实验—高等  
职业教育—教学参考资料 IV. ①TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 197293 号

|       |                                     |
|-------|-------------------------------------|
| 出版发行  | 天津大学出版社                             |
| 出 版 人 | 杨欢                                  |
| 地 址   | 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编: 300072)        |
| 电 话   | 发行部: 022-27403647 邮购部: 022-27402742 |
| 网 址   | www. tjup. com                      |
| 印 刷   | 河北省昌黎县第一印刷厂                         |
| 经 销   | 全国各地新华书店                            |
| 开 本   | 185mm × 260mm                       |
| 印 张   | 15.5                                |
| 字 数   | 384 千字                              |
| 版 次   | 2011 年 10 月第 1 版                    |
| 印 次   | 2011 年 10 月第 1 次                    |
| 定 价   | 33.00 元                             |

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请向我社发行部联系调换

版权所有 侵权必究

# 前 言

根据国务院教育部 2006 年《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》的 16 号文件精神,加强实践教学是摆在高职高专院校面前的重要改革方向,而课程实验又是实践教学的重要组成部分。课程实验也是一种实践,我们在课程实验中,不断地摸索着、探索着、操作着课程实验的前进方向,力求寻找到 16 号文件精神的脉搏!

科学技术离不开实验,通过实验环节的系统训练,不仅能帮助同学们巩固和加深理解理论知识与课程内容。更重要的是通过正确地选用实验方法,进行重点的电路连接,测试实验数据,观察实验现象,分析研究电路特性和测试误差等步骤,使同学们启迪思维、开拓思路、加强技能、增长才干,能够理论联系实际,提高分析问题和解决问题的能力,锻炼实际动手的技能。而且,在有限的实验过程中培养大家一丝不苟的工作作风,实事求是的科学态度,积极探索的坚韧毅力和努力创新的开拓精神,并受到良好的初步职业素质训练。

本书是陕西电子信息职业技术学院师生长时间电子基础实验的教学经验总结,适合高职高专电类基础教学使用的实验指导书,主要包括电路分析基础、模拟电子技术、数字电子技术三门课程的实验项目和实验指导。每个实验基本上都层次分明地含有实验目的、实验器材、实验原理、实验步骤与方法、实验报告、实验思考题等内容。本书较为实用全面,具备一定的思考空间和选择空间。每个实验可自成体系,也可任意抽取。这些实验均是电子类、电子信息类、通信工程类等与电相关专业所必需的基础实验。

任课教师可根据自己的教学进度,选取部分实验内容适时地加入到教学过程中去,以求理论联系实际,锻炼学生的实际实验方法和实验技能。在做每个实验之前,必须引导学生提前预习本实验的原理及内容,做到心中有数、有的放矢、概念清楚、方法得当,才能通过每一个实验获得更大的收获。本书以实验模板为依据编写,实验教师亦可参照书中原理电路自行搭建学生实验电路。

在成书的过程中,受到西安华西大学、西安外事学院、陕西电子信息职业技术学院、陕西圣弘科技公司、湖北众友科技公司、王浩宇总经理、陈纪芳女士、陈建铎副院长、张春圣女士、很多任课教师等众多单位和个人的大力支持与鼎力相助。在此,向所有曾经帮助指导过我们的单位和个人,表示衷心的感谢!

本书由杨立功任主编,郗存勇、杨季可楠任副主编,尚丽莎、贾亚娟、葛云、张春燕等人参编。

文字录入由李小奎、王柳、程勇刚等完成。

实验电路图绘制由赵进全、吕美微等完成。

审阅由陈建铎教授、尹树华教授、翟拴领副教授、刘战鹏(教务处长)完成。

在编写过程中,由于编者水平有限,时间仓促,深入领会实验内容的内涵不够,书中难免有谬误之处,或有更佳的实践解决方案,望读者不吝赐教,提出宝贵意见,多加指导,以利再版。

编 者

2011 年 7 月 1 日

# 目 录

## 电路分析基础 实验部分

|       |                                 |    |
|-------|---------------------------------|----|
| 实验 1  | 常用电工仪表的使用及减小仪表测量误差的方法 .....     | 2  |
| 实验 2  | 常用电路元件的简易测试 .....               | 7  |
| 实验 3  | 电路元件伏安特性的测定 .....               | 11 |
| 实验 4  | 基尔霍夫定律和叠加定理的验证实验 .....          | 13 |
| 实验 5  | 电压源的外特性和戴维宁定理 .....             | 15 |
| 实验 6  | 电压源与电流源等效变换及最大功率传输定理 .....      | 18 |
| 实验 7  | 典型电信号的观察与测量 .....               | 23 |
| 实验 8  | $RC$ 一阶电路的响应及其应用 .....          | 26 |
| 实验 9  | $R$ 、 $L$ 、 $C$ 元件阻抗特性的测定 ..... | 30 |
| 实验 10 | 二阶动态电路的响应及其测试 .....             | 33 |
| 实验 11 | $RC$ 电路的频率响应及选频网络特性测试 .....     | 39 |
| 实验 12 | $RLC$ 串联谐振电路 .....              | 45 |

## 模拟电子技术 实验部分

|       |                               |     |
|-------|-------------------------------|-----|
| 实验 1  | 晶体管共射极单管放大器 .....             | 50  |
| 实验 2  | 晶体管两级放大电路 .....               | 57  |
| 实验 3  | 负反馈放大器 .....                  | 60  |
| 实验 4  | 射极跟随器 .....                   | 63  |
| 实验 5  | 差动放大器 .....                   | 66  |
| 实验 6  | $RC$ 正弦波振荡器 .....             | 71  |
| 实验 7  | $LC$ 正弦波振荡器 .....             | 73  |
| 实验 8  | 集成运算放大器的指标测试 .....            | 75  |
| 实验 9  | 集成运算放大器的基本应用——模拟运算器 .....     | 81  |
| 实验 10 | 集成运算放大器的基本应用信号处理——有源滤波 .....  | 87  |
| 实验 11 | $A/D$ 和 $D/A$ 转换实验 .....      | 91  |
| 实验 12 | 串行口实现 $A/D$ 和 $D/A$ 的实验 ..... | 96  |
| 实验 13 | 直流稳压电源——晶体管稳压电源 .....         | 99  |
| 实验 14 | 直流稳压电源——集成稳压电源 .....          | 104 |

## 数字电子技术 实验部分

|      |                     |     |
|------|---------------------|-----|
| 实验 1 | 晶体管开关特性及其应用实验 ..... | 108 |
| 实验 2 | TTL 门电路参数测试 .....   | 111 |
| 实验 3 | TTL 门电路逻辑功能测试 ..... | 115 |

|       |                          |     |
|-------|--------------------------|-----|
| 实验 4  | TTL 集电极开路门和三态输出门测试 ..... | 117 |
| 实验 5  | CMOS 门电路逻辑功能测试 .....     | 122 |
| 实验 6  | 编码器及其应用 .....            | 123 |
| 实验 7  | 译码器及其应用 .....            | 127 |
| 实验 8  | 数码管显示实验 .....            | 132 |
| 实验 9  | 数据选择器及其应用 .....          | 136 |
| 实验 10 | 加法器与数值比较器 .....          | 140 |
| 实验 11 | 组合逻辑电路的设计与测试 .....       | 145 |
| 实验 12 | 触发器及其应用 .....            | 148 |
| 实验 13 | 移位寄存器及其应用 .....          | 153 |
| 实验 14 | 计数器及其应用 .....            | 156 |
| 实验 15 | 脉冲分配器及其应用 .....          | 163 |
| 实验 16 | 单稳态触发器与施密特触发器 .....      | 165 |
| 实验 17 | 多谐振荡器 .....              | 171 |
| 实验 18 | 555 定时器及其应用 .....        | 174 |
| 实验 19 | 随机存取存储器 (RAM) 及其应用 ..... | 180 |
| 实验 20 | D/A 转换实验 .....           | 185 |
| 实验 21 | A/D 转换实验 .....           | 192 |
| 实验 22 | 多功能数字钟的设计 .....          | 197 |
| 实验 23 | 多路智力竞赛抢答器 .....          | 204 |
| 实验 24 | 可控定时器实验 .....            | 208 |
| 实验 25 | 触发器功能实验 .....            | 212 |
| 附录 1  | 学生实验须知 .....             | 215 |
| 附录 2  | 各种测量仪表的使用 .....          | 219 |
| 附录 3  | 模拟电子技术实验箱简介 .....        | 221 |
| 附录 4  | 数字电子技术实验箱简介 .....        | 224 |
| 附录 5  | 数字逻辑电路基本知识 .....         | 229 |
| 附录 6  | 部分集成电路引脚排列图 .....        | 232 |
| 附录 7  | 安全用电常识 .....             | 238 |



# 电路分析基础

## 实验部分

# 实验1 常用电工仪表的使用及减小仪表测量误差的方法

## 一、实验目的

- (1) 掌握电压表、电流表的使用方法。
- (2) 了解电压表、电流表内阻的测量方法。
- (3) 了解电压表、电流表内阻对测量结果的影响及减小仪表内阻产生测量误差的方法。

## 二、实验仪器与设备

- (1) 直流稳压源。
- (2) 可调直流恒流源。
- (3) 万用表。
- (4) 标准电流表。
- (5) 标准电压表。
- (6) 直流毫安表。
- (7) 可调电阻 ( $10 \sim 100 \text{ k}\Omega$ )。
- (8) 电阻 (若干)。

## 三、实验原理

### 1. 根据被测量要素的性质选择测量仪表的类型

被测量分为直流量和交流量，交流量又分为正弦交流量和非正弦交流量。应选择相应的直流仪表和交流仪表。如果是正弦交流电压（或电流），采用任何一种交流电压表（或电流表）均可，一般从仪表直接读出有效值。如果被测量是非正弦交流电压（或电流），则在测有效值时可用电磁系或电动系仪表，测平均值可用整流系仪表，测瞬时值可用示波器，从波形中可求出各点的瞬时值和最大值，测最大值还可使用峰值表。

测量交流量时，还应考虑被测量的频率。一般电磁系、电动系和感应系仪表适用频率范围较窄，但特殊设计的电动系仪表可用于中频。整流系仪表适用频率可以高一些。

### 2. 根据被测线路的性质和被测负载阻抗的大小选择内阻合适的仪表

对电路进行测量时，仪表的接入对电路工作情况的影响要尽可能小，否则测量出来的数据将不反映电路的实际情况。因此用电压表测量负载电压时，电压表内阻越大越好。一般若电压表内阻  $R_v \geq 100R$  ( $R$  为被测负载的总电阻)，就可以忽略电压表内阻的影响。电流表串联接入电路进行测量时，其内阻越小，对电路的影响也越小。一般当电流表内阻  $R_A \leq \frac{1}{100}R$  ( $R$  是与电流表串联的总电阻) 时，即可忽略电流表内阻的影响。

电压表、电流表内阻大小与仪表的测量机构（即表头）的灵敏度有关，磁电系仪表灵敏度高，用作电压表时内阻常在  $2 \text{ k}\Omega/\text{V}$  以上，高的可达  $100 \text{ k}\Omega/\text{V}$ ；用作电流表时，因灵敏度高的表头所用分流电阻的阻值小，故磁电系电流表内阻小。电磁系和电动系电压表、电流表内阻的情况则与磁电系相反。

### 3. 根据测量的需要合理选择仪表的准确度等级

我国目前生产的电工仪表，其准确度有 8 级，即 0.05、0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 级。仪表准确度就是仪表在规定条件下工作，其标度尺的工作部分在全部分度线上，可能出现的最大基本误差的百分数值。例如标称的准确度为 1.0 的表头，其相应量程的最大相对误差为  $\pm 1.0\%$ 。仪表准确度等级数值越小，准确度越高，基本误差越小。一般电工仪表中，单向标度尺的仪表用得最多，以此为例，其准确度以标度尺工作部分上限的百分数表示。若以  $K$  表示其准确度等级，则有

$$\pm K\% = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100\%$$

其中， $\Delta_m$  为以绝对误差表示的最大基本误差； $A_m$  为测量上限。

在电工仪表的表盘上一般都标出了仪表的准确度等级符号。仪表的准确度越高，测量误差越小，结果越可靠。但并不是说测量时要尽量选用准确度高的仪表。因为仪表的准确度越高，价格越贵，维修也越困难。在准确度较低的仪表可以满足测量要求的情况下，就不必选用准确度高的仪表。通常准确度为 0.1 级和 0.2 级的仪表作标准表和精密测量用；0.5 ~ 1.5 级的仪表用于实验室一般测量；1.0 ~ 5.0 级的仪表用于一般工业生产。

仪表的准确度等级应该定期进行校验。比较法校验直流电流表、直流电压表，选取一块比被校表的准确度等级高 1 ~ 2 级的仪表作为标准表。校验电压表时，将标准表与被校表并联接入电路中；校验电流表时，将标准表  $A_0$  与被校表  $A_x$  串联接入电路中，如图 1-1-1 (a) 所示。在表的整个刻度范围内，逐点比较被校表与标准表的差值，并作出校正曲线，横坐标是被校表的读数，纵坐标是被校表读数与标准表读数之差。从校正曲线可查出被校表读数的校正量  $\Delta$ 。根据  $\Delta$  最大值的绝对值与量程之比的百分数，确定被校表的等级。

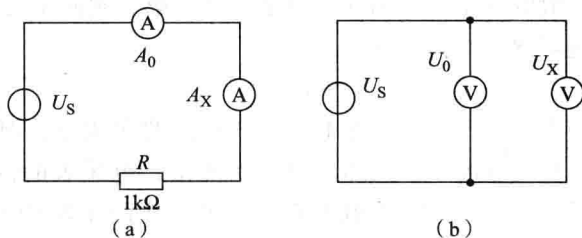


图 1-1-1 比较法校验仪表电路  
(a) 校验电流表；(b) 校验电压表

### 4. 按照被测量的大小选用量程合适的仪表

选择仪表时，一般应使被测量的大小为仪表量程的  $\frac{1}{2}$  或  $\frac{2}{3}$  以上，如果被测量的大小不到仪表量程的  $\frac{1}{3}$ ，那就是不合理的。如果用量限比被测量数值大得多的仪表进行测量，则测量误差很大。当然，被测量的大小也不能超过仪表的量限，特别是对灵敏度高的电工仪表，这可能造成仪表的损坏，即量程的选择保证测试被测量时指针接近满刻度为宜。

### 5. 电流表、电压表内阻的测量

(1) 电流表的内阻测量可采用分流法，如图 1-1-2 (a) 所示。Ⓐ 为被测电流

表,内阻设为  $R_A$ 。首先断开开关  $S$ , 调节电流源的输出电流  $I_S$ , 使电流表指针满刻度偏转。然后合上开关  $S$ , 并保持  $I_S$  值不变, 调节可调电阻  $R_W$ , 使电流表的指针在  $1/2$  满刻度位置, 此时有  $I_A = I_R = \frac{1}{2} I_S$ , 则  $R_A = R_W$ , 再测量可调电阻的阻值  $R_W$ ,  $R_W$  的阻值即为电流表的内阻。

(2) 电压表的内阻测量可采用分压法, 如图 1-1-2 (b) 所示。ⓧ为被测电压表, 内阻设为  $R_V$ 。首先合上开关  $S$ , 调节电压源的输出电压  $U_S$ , 使电压表指针满刻度偏转。然后断开开关  $S$ , 并保持  $U_S$  值不变, 调节可调电阻  $R_W$ , 使电压表的指针在  $1/2$  满刻度位置, 此时有  $U_V = U_R = \frac{1}{2} U_S$ , 则  $R_V = R_W$ , 再测量可调电阻的阻值  $R_W$ ,  $R_W$  的阻值即为电压表的内阻。

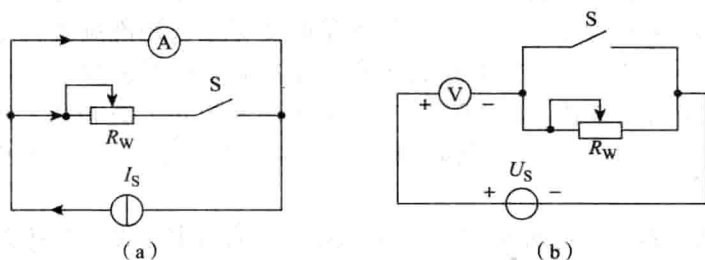


图 1-1-2 测量仪表内阻电路

(a) 分流法测电流表内阻; (b) 分压法测电压表内阻

## 6. 减小仪表测量误差的方法

若电流表或电压表的内阻不理想, 可采用同一量程两次测量法减小由此造成的误差。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, 必须在电路中串入一个已知阻值的附加电阻  $R$ 。

### 1) 电压测量

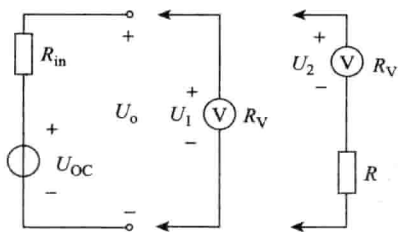


图 1-1-3 两次测量法测开路电压

图 1-1-3 是用两次测量法测电路开路电压  $U_o$  的示意图。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 1-1-3 可知

$$U_1 = \frac{R_V}{R_{in} + R_V} U_{oc}$$

$$U_2 = \frac{R_V}{R_{in} + R_V + R} U_{oc}$$

解以上两式, 可得

$$U_o = U_{oc} = \frac{RU_1U_2}{R_V(U_1 - U_2)}$$

### 2) 电流测量

图 1-1-4 是用两次测量法测电路短路电流的示意图。第一次测量电流表的读数为  $I_1$  (设电流表内阻为  $R_A$ ), 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 1-1-4 可知

$$I_1 = \frac{U_{OC}}{R_{in} + R_A}$$

$$I_2 = \frac{U_{OC}}{R_{in} + R_A + R}$$

解以上两式可得

$$I = \frac{U_{OC}}{R_{in}} = \frac{RI_1I_2}{I_2(R_A + R) - I_1R_A}$$

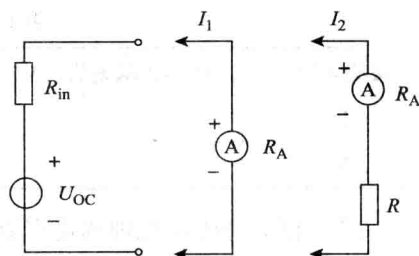


图 1-1-4 两次测量法测短路电流

#### 四、实验注意事项

(1) 可调恒流源可通过粗调旋钮和细调旋钮调节其输出量，并由直流毫安表显示其输出量的大小，打开电路分析实验箱电源之前，应将其输出旋钮置于零位，实验时再缓慢地增、减输出。

(2) 直流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，电流表应与电路串联使用，并且都要注意极性与量限的合理选择。

#### 五、实验内容与步骤

(1) 用标准表校验 20 mA 量程的直流毫安表和 5 V 量程的万用表直流电压挡。

按图 1-1-1 接好电路， $U_s$  接可调直流稳压电源，调节输出旋钮，使电压从 0 V 缓慢地增加。选取一块比被校表的准确度等级高 1~2 级的仪表作为标准表。在表的整个刻度范围内，逐点比较被校表与标准表的差值，记录校验数据于表 1-1-1 和表 1-1-2 中。

表 1-1-1 校验直流毫安表数据

| 被校直流毫安表 $I_x$ (mA)                 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|------------------------------------|---|---|---|----|----|
| 标准数字电流表 $I_0$ (mA)                 |   |   |   |    |    |
| 绝对误差 $\Delta I =  I_x - I_0 $ (mA) |   |   |   |    |    |

表 1-1-2 校验直流电压表（万用表直流电压挡）数据

| 被校直流电压表 $U_x$ (V)                 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|-----------------------------------|---|---|---|----|----|
| 标准数字电压表 $U_0$ (V)                 |   |   |   |    |    |
| 绝对误差 $\Delta U =  U_x - U_0 $ (V) |   |   |   |    |    |

(2) 根据分压法原理测定万用表（MF30）直流电压 1 V 和 5 V 挡量限的内阻（因数字电压表测量精度高，内阻很大，故可测定指针式万用表的电压挡内阻）。

实验电路如图 1-1-2 (b) 所示，其中  $R_w$  为可调电阻箱。先将开关 S 闭合，万用表置 1 V 挡，调节可调电压源输出  $U_s$ ，使电压表满刻度；再将开关 S 断开，分压电阻  $R_w$  接入电路，保持可调电压源输出  $U_s$  不变，调节可调电阻箱  $R_w$ ，使电压表指示为满刻度时的一半，数据记入表 1-1-3 中，计算电压表内阻  $R_v$ 。改变万用表量程，重复上述步骤。测试内容见表 1-1-3，并将测试数据记入表中。

表 1-1-3 分压法测电压表内阻

| 被测表量程 | 电压表满偏值 (V) | 电压表半偏值 (V) | $R_w$ (k $\Omega$ ) | 计算内阻 $R_V$ (k $\Omega$ ) |
|-------|------------|------------|---------------------|--------------------------|
| 1 V   |            |            |                     |                          |
| 5 V   |            |            |                     |                          |

(3) 根据分流法原理测定直流毫安表 2 mA 和 20 mA 挡量程的内阻。

实验电路如图 1-1-2 (a) 所示, 其中  $R_w$  为可调电阻箱。先将开关  $S$  断开, 直流毫安表置 2 mA 挡, 调节可调恒流源输出  $I_s$ , 使电流表满刻度偏转; 再将开关  $S$  闭合, 分流电阻  $R_w$  接入电路, 保持可调恒流源输出  $I_s$  不变, 调节可调电阻箱  $R_w$ , 使电流表指示为满偏时的一半, 数据记入表 1-1-4 中, 计算电流表内阻  $R_A$ 。改变直流毫安表量程, 重复上述步骤。测试内容见表 1-1-4, 并将实验数据记入表中。

表 1-1-4 分流法测电流表内阻

| 被测表量程 | 电流表满偏值 (mA) | 电流表半偏值 (mA) | $R_w$ ( $\Omega$ ) | 计算内阻 $R_A$ ( $\Omega$ ) |
|-------|-------------|-------------|--------------------|-------------------------|
| 2 mA  |             |             |                    |                         |
| 20 mA |             |             |                    |                         |

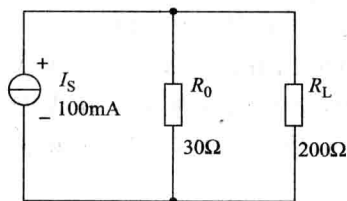


图 1-1-5 两次测量法测负载电流

(4) 用直流毫安表 20 mA 挡, 采用同一量程两次测量法测量图 1-1-5 所示电路负载  $R_L$  上的电流 (直流毫安表 20 mA 挡量程的内阻  $R_A$  用实验内容 (3) 的测定结果)。

第一次测量时电流表直接串接到负载  $R_L$  支路上, 读数记为  $I_1$  (设电流表内阻为  $R_A$ )。

第二次测量时, 应与电流表串接一个已知阻值的电阻  $R$ , 再串接到负载  $R_L$  支路上, 电流表读数记为  $I_2$ , 根据两次测量结果, 计算电路负载  $R_L$  上的电流。

## 六、实验报告要求

(1) 作出直流电流表 (20 mA 挡) 的校验报告, 标定仪表的等级、内阻。

(2) 作出直流电压表 (5 V 挡) 的校验报告, 标定仪表的等级、内阻。

(3) 作出图 1-1-5 同一量程两次测量法测试负载电阻电流的测试报告, 给出误差分析。

(4) 回答实验思考题。

## 七、实验思考题

(1) 用 200 mA 挡量程、0.5 级电流表测量电流时, 可能产生的最大绝对误差为多少?

(2) 用量程为 20 A 的电流表测量实际值为 16 A 的电流时, 仪表读数为 16.1 A, 求测量的绝对误差和相对误差。

(3) 计算如图 1-1-5 所示电路负载电阻上的电压和电流, 并与测量值相比较。

(4) 设计一个记录理论计算和两次测量法测量图 1-1-5 所示电路电阻  $R_L$  上的电流数据的表格。

## 实验2 常用电路元件的简易测试

### 一、实验目的

- (1) 学会万用表欧姆挡的基本使用方法。
- (2) 学会用万用表判别电容的好坏。
- (3) 学会晶体管类型与极性的简易判别方法。

### 二、实验仪器与设备

- (1) 直流稳压电。
- (2) 万用表。
- (3) 电阻 ( $51\ \Omega$ 、 $10\ \text{k}\Omega$ 、 $100\ \text{k}\Omega$ )。
- (4) 电容 ( $0.47\ \mu\text{F}$ 、 $2.2\ \mu\text{F}$ )。
- (5) 晶体管 (NPN、PNP)。

### 三、实验原理

电阻、电容、电感线圈、半导体二极管、晶体三极管等都是电路中常用的元器件。利用多功能电工测量仪表——万用表，不仅可以测量直流电流、交直流电压、电阻等参量值，还可以判别元器件的好坏及其极性。

#### 1. 万用电表欧姆挡结构原理与电阻的测量

从原理上讲，欧姆挡电路主要是由表头和电池等组成，如图 1-2-1 所示。用万用表测电阻值，实质上是以测定在一定电压下通过表头的电流大小来实现的。由于通过表头的电流与被测电阻  $R_x$  不是正比关系，所以表盘上的电阻标度尺是不均匀的。万用表欧姆挡分为  $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 1\text{K}$  等数挡位置，刻度盘上欧姆的刻度只有一行，其中 1、10、1K 等数值为欧姆挡的倍率。被测电阻的实际值等于标度尺上读数乘以倍率。

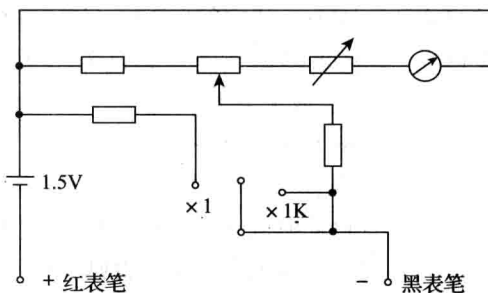


图 1-2-1 欧姆挡简单原理电路

由于电池电动势会因使用而下降，所以在测量以前，先将两表笔短接，转动调零电位器，使指针指在  $0\ \Omega$  位置，然后再进行测量。

#### 2. 电容好坏的简易判别

电容的好坏和容量的大小可根据电容放电时电流电压的变化及其时间常数的大小用万用表进行简易测试。对于  $1\ \mu\text{F}$  以上的固定电容，用万用表欧姆挡便可检测出好坏；对于  $1\ \mu\text{F}$  以下的小容量电容，因其时间常数甚小，需外加直流电源，用万用表相应的直流电压挡检测之。

$1\ \mu\text{F}$  以上电容的欧姆挡检测：选用  $\times 1\text{K}$  的欧姆挡位，用两表笔接触电容两电极，与

此同时,观察表针摆动情况。若表针向阻值小的方向摆出,然后又较慢慢地摆回无穷大处,则电容是好的。交换表笔再测一次,看表针的回摆情况。摆幅越大的电容,其电容量也越大。若表针一直接触电容两电极,表针总在无穷大处,或交换表笔后仍然如此,则表明该电容断路,即已失去容量。若表针摆出后根本不回摆,则为电容短路,即已击穿。若表针摆出后回不到无穷大处,则为电容漏电,质量不佳。

若在电路上检查电容故障,一定要切断电源,并拆开电容一脚检测之。

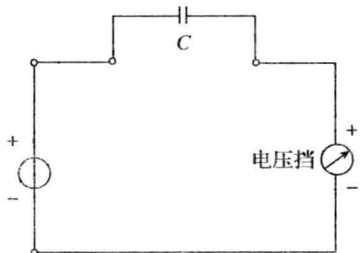


图 1-2-2  $1\mu\text{F}$  以下电容器检测电路

**$1\mu\text{F}$  以下电容的电压辅助检测:** 对于容量很小的电容,用欧姆挡检测往往看不出指针的摆动。此时可借助于一个外加直流电压用万用表电压挡进行检测。具体方法如图 1-2-2 所示,注意表笔极性和所加直流电压的大小,需与相应的电压挡对应,切不可使外加电压超出所测电容的耐压。性能良好的电容,接通电源时,万用表电压值有较大的摆动,然后缓慢地返回零位。摆幅越大的电容,电容量也越大。

若接通电源时,电压值为零,表针不摆动,交换电容两电极与电源的连接,表针仍不摆动,则为电容断路。若指针一直指示某一电压值而不回摆,则为击穿短路。若摆动后不返回零位,说明电容漏电,且所指示的电压值越高,漏电量越大。

### 3. 晶体三极管类型与极性的判别

由欧姆挡原理电路图可知,插入“-”接线孔的黑表笔是内部电源的正极,而红表笔则是内部电源的负极。由于半导体元件的正向耐压和电流之限,判别其极性时常用  $\times 10$ 、 $\times 100$  和  $\times 1\text{K}$  挡,而禁用  $\times 1$  和  $\times 10\text{K}$  挡。

利用 PN 结正向电阻小,反向电阻大的原理,用万用表欧姆挡便可判别出基极 b,同时确定出晶体三极管的类型。判别出基极后,利用晶体三极管的放大原理(以 NPN 为例),只有当晶体三极管满足  $U_c > U_b > U_e$  时,才有放大能力,然后根据其满足  $U_c > U_b > U_e$  时电流放大系数  $\beta$  较大,反之电流放大系数很小的原理,便可判别出晶体三极管的集电极 c 和发射极 e。

(1) 由晶体三极管结构判别其类型与基极 b: 假设管子的某极为基极 b,根据基极 b 对集电极 c 和发射极 e 呈对称的情况,如图 1-2-3 所示,如果满足这种条件,说明假设的基极 b 就是实际的基极 b;否则,换一个极重复测试,直到满足上述条件为止。

基极 b 确定后,看两电阻都小时,是红表笔还是黑表笔接基极 b,若为黑表笔接基极 b,则为 NPN 型晶体三极管,否则,便为 PNP 型晶体三极管。

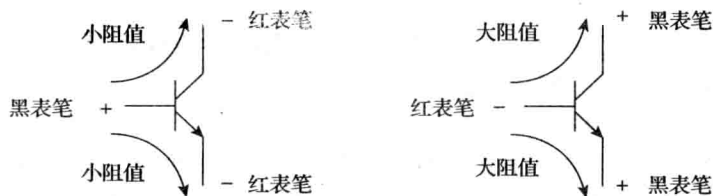


图 1-2-3 晶体三极管类型与基极 b 判别依据

(2) 由放大原理判别集电极 c 和发射极 e: 以 NPN 型晶体三极管为例,将万用表两表

笔分别接在两未知管脚上，用一个约  $100\text{ k}\Omega$  的电阻，在黑表笔与基极  $b$  间接触一下，相当于给基极  $b$  加了一个偏置电流，观察表针的回摆幅度；对调红、黑两表笔，仍用  $100\text{ k}\Omega$  电阻碰触黑表笔与基极  $b$ ，再看回摆幅度的大小，如图 1-2-4 所示。显然回摆幅度大的一次时，黑表笔所接为集电极  $c$ ，另一极便为发射极  $e$ 。实际操作时，利用人体电阻代替  $100\text{ k}\Omega$  电阻，用手指接触基极  $b$  与黑表笔便可实现之。

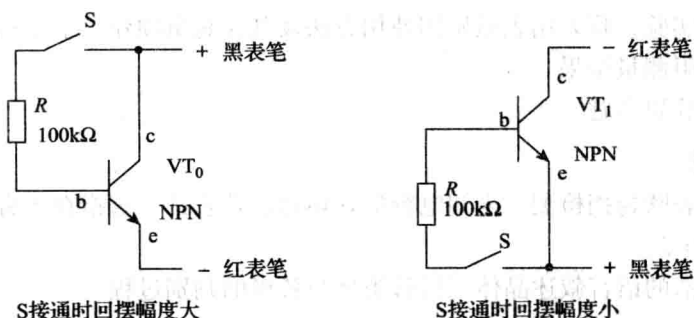


图 1-2-4 集电极  $c$  和发射极  $e$  判别原理示意图

PNP 型晶体三极管的测试方法类似，只需用手指触及基极  $b$  与红表笔即可。回摆幅度大的那次，红表笔所接为集电极  $c$ 。

该实验使用指针式万用表，若使用数字显示万用表，红、黑表笔的使用方法和指针式万用表的恰好相反。

#### 四、实验注意事项

- (1) 测电阻前，先进行  $0\text{ }\Omega$  调节，每换一次挡位，都要重新调零。
- (2) 绝不能在带电电路上测量电阻，这样做实际上是把欧姆表当电压表使用，极易烧坏万用表。
- (3) 检测  $1\text{ }\mu\text{F}$  以下电容时，注意表笔极性和所加直流电压的大小，需与相应的电压挡对应，切不可使外加电压超出所测电容的耐压。

#### 五、实验内容与步骤

##### 1. 电阻的测量

在电路基础模块上任选两个挡位的电阻测量，根据电阻标称值估计所用万用表欧姆挡量程。指针愈接近欧姆刻度中心读数，测量结果越准确。

按表 1-2-1 要求，将测量结果记入表内。

表 1-2-1 电阻测量结果记录表

| 电阻        | $R_1\text{ (}\Omega\text{)}$ | $R_2\text{ (}\Omega\text{)}$ | $R_1//R_2\text{ (}\Omega\text{)}$ | $R_1 + R_2\text{ (}\Omega\text{)}$ |
|-----------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 标称值 (计算值) |                              |                              |                                   |                                    |
| 实测值       |                              |                              |                                   |                                    |

##### 2. 电容好坏的判别

根据实验原理部分 ( $1\text{ }\mu\text{F}$  以上电容的欧姆挡检测) 的描述步骤，用万用表欧姆挡  $\times 1\text{K}$  挡检测元件箱上  $2.2\text{ }\mu\text{F}$ 、 $4.7\text{ }\mu\text{F}$  的电容；根据实验原理部分 ( $1\text{ }\mu\text{F}$  以下电容的电压辅助

检测) 描述的步骤, 用万用表电压挡检测元件箱上  $0.1\ \mu\text{F}$ 、 $0.47\ \mu\text{F}$  的电容。

### 3. 晶体三极管的类型及其极性的判别

用万用表判别元件箱上的两个晶体三极管的类型及其极性。根据实验原理部分的描述步骤, 先判断晶体三极管类型, 再判断极性。

## 六、实验报告要求

- (1) 结合本实验, 将万用表欧姆挡使用方法及其注意事项作一下小结。
- (2) 记录电阻测量结果。
- (3) 回答实验思考题。

## 七、实验思考题

- (1) 用万用表欧姆挡检测一未知电容的好坏时, 若表针一直指在无穷大处, 该电容是否一定断路? 为什么?
- (2) 用最简洁的语言叙述晶体三极管类型与各极的判别过程。

## 实验3 电阻元件伏安特性的测定

### 一、实验目的

- (1) 进一步熟悉万用表的使用方法。
- (2) 掌握用模拟电路实验箱调试不同直流电压的方法。

### 二、实验仪器与设备

- (1) 万用表。
- (2) 模拟电路实验箱（直流稳压源、电阻）。
- (3) 灯泡（6.3 V/0.15 A）。

### 三、实验原理

线性电阻元件和非线性电阻元件伏安特性测定的实验电路分别如图 1-3-1 和图 1-3-2 所示。

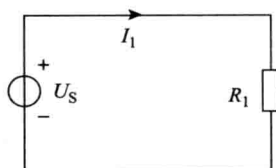


图 1-3-1 测定线性电阻元件伏安特性实验电路

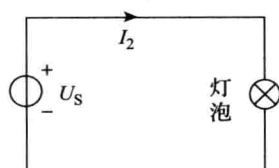


图 1-3-2 测定非线性电阻元件伏安特性实验电路

### 四、实验内容与步骤

#### 1. 线性电阻元件伏安特性的测定

- (1) 按图 1-3-1 在模拟电路实验箱上连接好电路，经指导老师检查无误后再接通电源。
- (2) 依次使模拟电路实验箱直流信号源部分提供的直流电压  $U_s$  为 0 V、1 V、2 V、3 V、4 V、5 V，并用直流电流表测量出每次改变  $U_s$  后流过电阻  $R_1$ （202  $\Omega$ ）上的电流  $I_1$ ，将测量结果记入表 1-3-1。

(3) 计算出在相应电压和电流下的电阻值，并记入表 1-3-1。

#### 2. 非线性电阻元件伏安特性的测定

- (1) 按图 1-3-2 在模拟电路实验箱上连接好电路，经指导老师检查无误后再接通电源。
- (2) 依次使模拟电路实验箱直流信号源部分提供的直流电压  $U_s$  为 0 V、1 V、2 V、3 V、4 V、5 V，并用直流电流表测量出每次改变  $U_s$  后流过灯泡的电流  $I_2$ ，并将测量结果记入表 1-3-2。

(3) 计算出在相应电压和电流下的电阻值，并记入表 1-3-2。