



“十二五”职业教育国家规划教材  
经全国职业教育教材审定委员会审定

国家中职示范学校重点建设专业系列教材

# 电子产品测量技术

DIANZI CHANPIN CELIANG JISHU

○丛书主编 吴建宁  
○主 编 景玉荣



江苏教育出版社 凤凰职教

## 内 容 简 介

本教材在内容设计上依据电子行业职业标准和企业岗位需求精选教学内容,展开项目课程的开发。教材考虑到中高职衔接的需要和理实一体化的教学要求,对应工作岗位及岗位群,实施典型工作任务分析。根据电子产品检测岗位人才的培养目标及企业检测岗位人才调研需求状况,基于典型工作情境,本教材分成七个项目,每个项目又分为若干任务。

教材既涵盖了中高职“电子测量仪器”相关知识内容,同时又以实际电子产品的整机参数测量为项目,通过理实一体化教学形式让学生对生产的电子产品进行测量与调试。本教材可供中高职电子技术应用及电子信息专业学生使用,也可供企业技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

电子产品测量技术 / 景玉荣主编. —南京: 江苏教育出版社, 2013. 8(2017. 4 重印)  
ISBN 978 - 7 - 5499 - 1987 - 1

I. ①电… II. ①景… III. ①电子工业—产品—电子测量技术—中等专业学校—教材 IV. ①TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 125877 号

“十二五”职业教育国家规划教材

书 名 电子产品测量技术

---

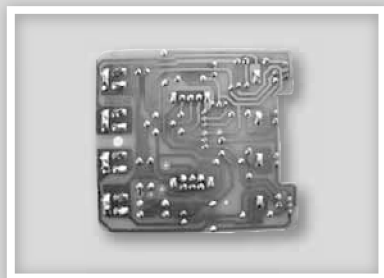
主 编 景玉荣  
责任编辑 杨小军 张 晨  
出版发行 江苏教育出版社  
地 址 南京市湖南路 1 号 A 楼, 邮编: 210009  
出 品 江苏凤凰职业教育图书有限公司  
网 址 <http://www.ppve.cn>  
印 刷 三河市鑫鑫科达彩色印刷包装有限公司  
厂 址 河北廊坊市三河市李旗庄崔家窑  
电 话 0316 - 3456566  
开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16  
印 张 13.5  
版 次 2013 年 8 月第 1 版 2017 年 4 月第 6 次印刷  
标准书号 ISBN 978 - 7 - 5499 - 1987 - 1  
定 价 27.50 元  
批发电话 025 - 83658830  
盗版举报 025 - 83658873

---

图书若有印装错误可向当地经销商申请调换  
提供盗版线索者给予重奖

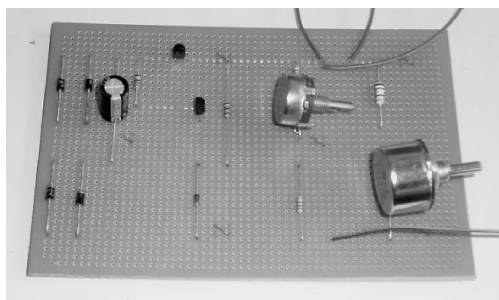
# 项目一

## 直流稳压电源检测



### 项目介绍

大部分电器正常工作都需要稳定的直流电源,需要把电网供给的交流电转换成稳定的直流电。本项目任务一主要介绍了电子测量的简单概念和测量数据的正确处理;任务二主要介绍了直流稳压电源的电路组成、检测调试的一般过程。如图 1-0-1(a)所示是一典型的具有放大环节的串联型可调稳压电源电路。如图 1-0-1(b)所示为数字万用表,用它方便地测量出电压电流等电量。



(a) 直流稳压电源电路



(b) 数字万用表

图 1-0-1 本项目电路及仪表

## 学习目标

- 能对测量数据进行科学处理。
- 熟悉万用表的功能及使用。
- 会使用万用表检测元器件。
- 会正确分析直流稳压电源电路。
- 会使用万用表检测直流稳压电源参数。
- 养成小组团队合作意识,培养良好的职业道德和职业习惯。

## 任务一 测量数据的处理



### 知识准备

#### 一、电子测量的基本概念

##### 1. 广义的电子测量

广义的电子测量是指利用电子技术进行的测量。非电量的测量属于广义电子测量的内容,可以通过传感器将非电量变换为电量后再进行测量。

##### 2. 狭义的电子测量

狭义的电子测量是指对电子技术中各种电参量所进行的测量。狭义电子测量的内容主要包括:

(1) 能量的测量 能量的测量是指对电流、电压、功率、电场强度等参量的测量。

(2) 电路参数的测量 电路参数的测量是指对电阻、电感、电容、阻抗、品质因数、损耗率等参量的测量。

(3) 信号特性的测量 信号特性的测量是指对频率、周期、时间、相位、调制系数、失真度等参量的测量。

(4) 电子设备性能的测量 电子设备性能的测量是指对通频带、选择性、放大倍数、衰减量、灵敏度、信噪比等参量的测量。

(5) 特性曲线的测量 特性曲线的测量是指对幅频特性、相频特性、元器件特性等特性曲线的测量。

##### 3. 测量方法的分类

(1) 直接测量 直接测量是将被测量与标准量进行比较,得到测量结果。

(2) 间接测量 间接测量是测得与被测量有一定函数关系的量,然后运用函数求得被测量。

(3) 组合测量 组合测量是指在测量中被测量与几个未知量有关,测量一次无法得到完整的结果,则可改变测量条件进行多次测量,然后按照被测量与未知量之间的函数关系组成联立方程求解,得到有关未知量。它是一种兼用直接测量与间接测量的方法。

## 二、测量误差理论

测量的目的是希望能获得被测量的实际大小,即真值( $A_0$ )。所谓真值,就是在一定的时间和空间环境条件下,被测量本身所具有的真实数值。实际上,由于测量设备、方法、环境和测量人员的素质等条件的限制,测量所得到的结果与被测量的真值之间会有差异,这个差异就称为测量误差。测量误差过大会使得测量结果变得毫无意义,成为错误。我们研究误差的目的,就是要了解产生误差的原因和发生的规律,寻求减小测量误差的方法,使测量结果精确可靠。根据测量误差的要求,用高一数量级的标准仪器、计量器测量所得之值(实际应用中可代替真值)称为实际值( $A$ )。例如,微安电流表测电流相比毫安电流表就是高一数量级的标准仪器。电阻器的色环标示出的阻值称为标称值。被测量的量值称为示值( $x$ ),而从仪器刻度盘、显示器等读数装置上直接读来的数字称为读数。用一电流表测量某电流值,量程选择 10 mA 挡,刻度盘指示如图 1-1-1 所示,其读数为 8,示值为 8 mA。

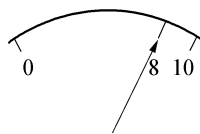


图 1-1-1  
表盘计数

### 1. 测量误差的表示方法

测量误差有绝对误差和相对误差两种表示方法。

#### (1) 绝对误差

① 定义: 由测量所得到的被测量值  $x$  与其真值  $A_0$  之差,称为绝对误差,用  $\Delta x$  表示,即:

$$\Delta x = x - A_0$$

② 特点: 绝对误差既有大小,又有符号和量纲。

真值  $A_0$  是一个理想概念,无法得到,实际应用中通常用实际值  $A$  来代替真值  $A_0$ ,即:

$$\Delta x = x - A$$

③ 修正值: 与绝对误差绝对值大小相等,但符号相反的量值,称为修正值,用  $C$  表示,即:

$$C = A - x = -\Delta x$$

测量仪器的修正值可以通过上一级标准的检定给出,修正值可以是数值、表格、曲线或函数表达式等形式。在日常测量中,利用仪器的修正值  $C$  和仪器的示值,可求出被测量的实际值  $A = x + C$ 。

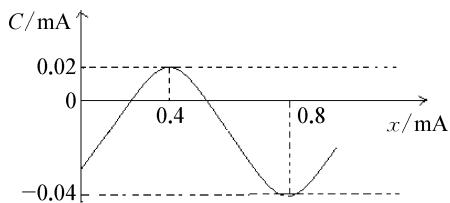


图 1-1-2 修正值曲线图

**【例 1-1-1】** 某台电流表的修正值由曲线图 1-1-2 给出,求示值分别为 0.4 mA 和 0.8 mA 时的实际值各为多少?

$$\text{解: } A_1 = x_1 + C_1 = 0.4 + 0.02 = 0.42 \text{ mA}$$

$$A_2 = x_2 + C_2 = 0.8 - 0.04 = 0.76 \text{ mA}$$

(2) 相对误差 绝对误差虽然可以说明测量结果偏离实际值的情况,但不能确切反映测量的准确程度,不便于看出对整个测量结果的影响。例如,对分别为 10 Hz 和 1 MHz 的两个频率进行测量,绝对误差都为 4 Hz,但两次测量结果的准确程度显然不同。因此,除绝对误差外,还需给出相对误差的定义。

绝对误差与被测量的真值之比,称为相对误差(或称相对真值误差),用  $\gamma$  表示,即:

$$\gamma = \frac{\Delta x}{A_0} \times 100\%$$

相对误差的特点是只有大小和符号,没有单位。

**【例 1-1-2】** 测量两个频率值  $f_1 = 1\,000$  Hz,  $f_2 = 100\,000$  Hz,绝对误差分别为  $\Delta f_1 = 1$  Hz,  $\Delta f_2 = 10$  Hz,问哪次测量的准确度更高?

**解:** 比较绝对误差可得:  $\Delta f_1 < \Delta f_2$ ,第一次测量误差较小。

$$\text{但: } \gamma_1 = \frac{\Delta f_1}{f_1} \times 100\% = \frac{1}{1\,000} \times 100\% = 0.1\%$$

$$\gamma_2 = \frac{\Delta f_2}{f_2} \times 100\% = \frac{10}{100\,000} \times 100\% = 0.01\%$$

可见第二次的误差与实际值相比所占比例比第一次的小,第二次的测量准确度高些。由于真值是不能准确得到的,通常用实际值  $A$  代替真值得到实际相对误差:

$$\gamma_A = \frac{\Delta x}{A} \times 100\%$$

误差较小、要求不太严格的场合,也可以用测量值  $x$  代替实际值  $A$  得到示值相对误差:

$$\gamma_x = \frac{\Delta x}{x} \times 100\%$$

实际中,也常用测量仪器在一个量程范围内出现的最大绝对误差  $\Delta x_m$  与该量程的满刻度值(该量程的上限值与下限值之差)  $x_m$  之比来表示最大引用相对误差:

$$\gamma_{mm} = \frac{\Delta x_m}{x_m} \times 100\%$$

电工仪表就是按最大引用相对误差  $\gamma_{mm}$  之值进行分级的。我国电工仪表共分七级:



0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5及5.0。如果仪表为S级,则说明该仪表的最大引用相对误差不超过 $\pm S\%$ 。

因此,在使用这类仪表测量时,应选择适当的量程,使示值尽可能接近于满度值,指针最好能偏转在不小于满度值 $2/3$ 以上的区域。

**【例1-1-3】**某待测电流约为10 mA,现有0.5级量程为100 mA和1.5级量程为15 mA的两个电流表,问用哪一个电流表测量较好?

**解:**用100 mA、0.5级电流表,可求得测量的最大误差和相对误差为:

$$\Delta x_{m_1} = \pm 0.5\% \times 100 \text{ mA} = \pm 0.5 \text{ mA}$$

$$\gamma_{A_1} = \frac{\pm 0.5}{10} \times 100\% = \pm 5\%$$

用15 mA、1.5级电流表,可求得测量的最大误差和相对误差为:

$$\Delta x_{m_2} = \pm 1.5\% \times 15 \text{ mA} = \pm 0.225 \text{ mA}$$

$$\gamma_{A_2} = \frac{\pm 0.225}{10} \times 100\% = \pm 2.25\%$$

可见应选1.5级15 mA电流表。

## 2. 测量误差的来源

(1) 仪器误差 由于测量仪器及其附件的电气、设计、制造、检验等不完善,以及仪器使用过程中老化、磨损、疲劳等因素而使仪器产生的误差称为仪器误差。

(2) 影响误差 由于各种环境因素(温度、湿度、震动、电源电压、电磁场等)与仪器仪表要求的条件不一致而引起的误差称为影响误差。

(3) 理论误差和方法误差 由于测量所依据的原理不够严密或用近似公式计算测量结果所引起的误差称为理论误差。由于测量方法不适宜而产生的误差称为方法误差。

(4) 人身误差 由于测量人员感官的分辨能力、反应速度、视觉疲劳、不良习惯或缺乏责任心等原因,而在测量中使用操作不当、现象判断出错或数据读取疏失等而引起的误差称为人身误差。

## 3. 测量误差的分类

(1) 系统误差 在同一测量条件下,多次重复测量同一量时,测量误差的大小和符号都保持不变或在测量条件改变时按一定规律变化的误差,称为系统误差。系统误差决定了测量的准确度。系统误差越小,测量结果越准确。

(2) 随机误差 在同一测量条件下(在测量环境、测量人员、测量技术和测量仪器都相同的条件下),多次重复测量同一量值时(精度相同),每次测量出现无规律的随机变化的误差称为随机误差。随机误差反映了测量结果的精密度。随机误差越小,测量精密度越高。随机误差和系统误差共同决定测量结果的精确度。测量的精确度高,两者的值都要求很小。





由上述可见,经过数字舍入后,末位是欠准数字,末位以前的数字为准确数字。末位欠准的程度不超过该位单位的一半。



## 任务实施

### 一、电阻串联电路的测量

电阻串联电路如图 1-1-3 所示,图(a)为电路图,图(b)为实物图。

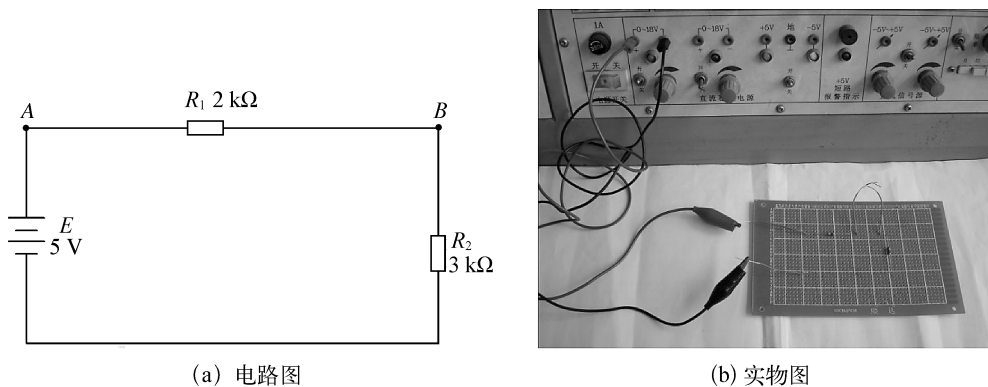


图 1-1-3 电阻串联电路

### 二、具体测量操作

- (1) 通过色环法分别读出电阻  $R_1$ 、 $R_2$  的标称值,并用指针式万用表测出实际值,填入表 1-1-1 中。
- (2) 用万用表测量电源的电压,填入表 1-1-1 中。

表 1-1-1 测量结果

	$R_1$	$R_2$	电源电压
标称值			
实际值			

- (3) 按图 1-1-3(a)连接电路。
- (4) 将万用表选择在较大量程上,分别并联在  $R_1$ 、 $R_2$  的两端测量电压值,并将结果填入表 1-1-2 中。
- (5) 将万用表选择在合适的量程(参考理论计算值)上,分别并联在  $R_1$ 、 $R_2$  的两端测量电压值,并将结果填入表 1-1-2 中。

表 1-1-2 电压测量结果

量程 \ 结果	$U_{R_1}$	$U_{R_2}$
较大量程/V		
合适量程/V		

(6) 将万用表选择在较大量程上,分别测量 A、B 点的电压,并将结果填入表 1-1-3 中。

(7) 将万用表选择在合适的量程(参考理论计算值)上,分别测量 A、B 点的电压,并将结果填入表 1-1-3 中。

表 1-1-3 电流测量结果

量程 \ 结果	$I_A$	$I_B$
较大量程/mA		
合适量程/mA		

(8) 根据以上测量值求出绝对误差和相对误差,并说明电源电压与各电阻上电压的关系及电路中各点电流之间的关系。

(9) 结合上面完成情况,填写下面任务评价表 1-1-4。

表 1-1-4 串联电路测量操作评价表

序号	分值	操作内容	自评	互评	教师评
1	20	测量电阻的阻值 $R_1$ 、 $R_2$ 的标称值和实际值			
2	10	测量电源电压			
3	10	选择较大量程,测电压			
4	10	选择合适量程,测电压			
5	10	选择较大量程,测电流			
6	10	选择合适量程,测电流			
7	10	求绝对误差和相对误差			
8	20	测量数据的处理			
总分					
开始时间		结束时间		实际时间	综合成绩



## 知识拓展

### 一、测量结果处理

关于测量,下面我们来看看图 1-1-4 物理课本的长度,比较一下 A、B 两根刻度尺读出的值有什么不同,并说出为什么。

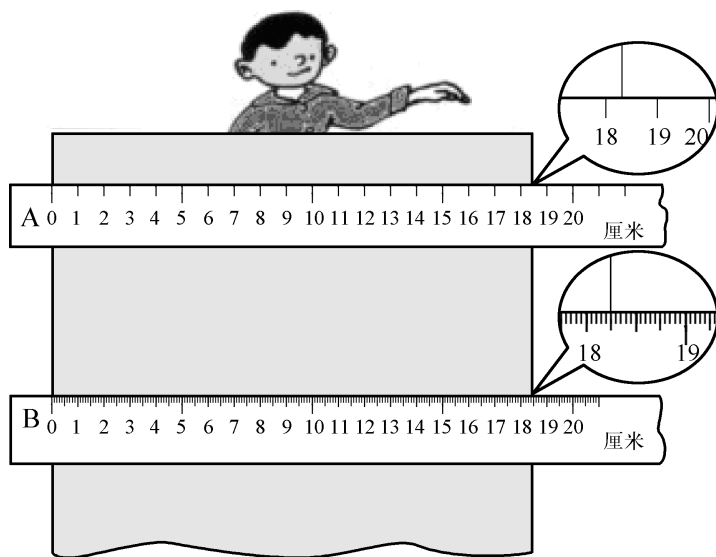


图 1-1-4 物理课本的长度

下面我们再来看图 1-1-5,它是我们常用的指针式万用表,并根据图 1-1-6 面板完成表 1-1-5 电压、电流的读数及表 1-1-6 电阻的读数。



图 1-1-5 指针式万用表



图 1-1-6 指针式万用表表头面板

表 1-1-5 电压、电流的读数

序 号	指 针 位 置	转换开关位置	读 数 值
1	20 过 2 小格	ACV500	
2	150 过 3 小格	DCV2.5	
3	200 过 3 小格	ACV250	
4	0 过 7 小格	DCmA500	
5	100 过 9 小格	DCV2.5	
6	2 过 3 小格	ACV1000	
7	0 过 6 小格	DCV0.5	
8	4 过 7 小格	ACmA100	
9	200 过 9 小格	ACV250	
10	150 过 1 小格	DCV25	

表 1-1-6 电阻的读数

序 号	指 针 位 置	转换开关位置	读 数 值
1	0 过 9 格	×1	
2	5 过 6 格	×10	
3	15 过 3 格	×100	
4	30 过 7 格	×10	
5	50 过 8 格	×10k	

## 二、有效数字的运算原则

在测量中,经常需要将测量的几个数据经过加、减、乘、除等运算后,得到欲求的结果。为保证运算过程中的简便和准确,参与运算数据的有效数字位数的保留,原则上取决于参加运算的各数据中准确度最差的那一项。

### 1. 加、减运算

根据准确度最差的一项,即以小数点位数最少的为准,其余数据多取一位,最后结果小数位数保留仍以小数位数最少的为准。

【例 1-1-5】 计算:  $13.05+0.038+4.7051$ 。

解: ① 数据修约: 13.05 小数点后位数最少,所以不变,其他数据的小数点后应保留三位数字: 0.038 不变,4.7051 修约为 4.705。

② 原式  $=13.05+0.038+4.705=17.793$ 。

③ 最后结果修约为 17.79。

### 2. 乘、除运算

有效数字的取舍取决于其中有效数字位数最少的一项,而与小数点无关。最后结果

的有效数字,应不超过参加运算的数据中最少的有效数字。

【例 1-1-6】 计算  $1.057\ 82 \times 14.21 \times 4.52$ 。

解: ① 数据修约: 4.52 有效数字位数最少所以不变,其他数据有效数字位数多保留一位: 1.057 82 变为 1.058, 14.21 不变。

② 原式  $= 1.058 \times 14.21 \times 4.52 = 67.954\ 493\ 6$ 。

③ 最后结果修约为 68.0。



## 目标检测

### 一、填空题

1. 指针式万用表使用前应首先检查指针是否在\_\_\_\_\_,若不在需\_\_\_\_\_。
2. 正确连接表笔: 红表笔应插入标有\_\_\_\_\_的插孔,黑表笔插入标有\_\_\_\_\_的插孔。测直流电流和直流电压时,红表笔接被测电压、电流的\_\_\_\_\_极,黑表笔接\_\_\_\_\_极。用欧姆挡“ $\Omega$ ”判断二极管的极性时,注意“+”插孔是接表内电池的\_\_\_\_\_极,“-”插孔是接表内电池的\_\_\_\_\_极。
3. 测量电压时,万用表应与被测电路\_\_\_\_\_;测量电流时,要与被测电路\_\_\_\_\_,将万用表\_\_\_\_\_接在被测电路中。
4. 量程转换时应先\_\_\_\_\_电,绝对不容许带电换量程;根据被测量放在正确的位置,切不可使用电流挡或欧姆挡测\_\_\_\_\_,否则会损坏万用表。
5. 万用表使用完毕,将转换开关放在\_\_\_\_\_最大挡位或\_\_\_\_\_挡,避免损坏仪表。

### 二、简答题

1. 万用表选择在较大量程和合适量程时测量电压和电流,读得的数据有效位各有什么不同? 说明了什么?
2. 在测量中,产生测量误差的原因有哪些? 总结一下,并思考采用哪些测量方法可有效地减小测量误差。
3. 将下列数据进行舍入处理,要求保留三位有效数字:

86.382 4	4.175	0.000 412 5	68 350
53.79	310 000	29.99	34.650 1

## 任务二

## 运用数字万用表测量基本量



## 知识准备

### 一、直流稳压电源电路

如图 1-2-1 所示为一简单典型的具有放大环节的串联型可调稳压电源电路。

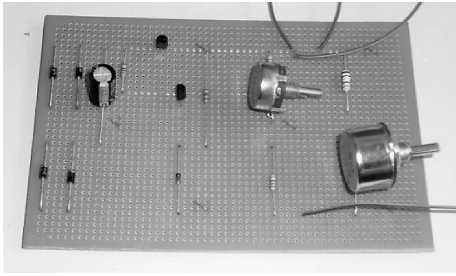


图 1-2-1 具有放大环节的串联型可调稳压电源电路

(1) 具有放大环节的串联型可调稳压电源电路组成包括：调整部分(调整管  $VT_1$ )、取样电路( $R_3$ 、 $R_P$ 、 $R_4$ 组成的分压器)、基准环节(稳压管  $V_S$ 和  $R_2$ 组成的稳压电路)、比较放大级(放大管  $VT_2$ 等)。

(2) 如图 1-2-2 所示为一简单典型的具有放大环节的串联型可调稳压电源电路原理图。

设  $U_i$  降低(或  $R_L$  降低、 $I_L$  升高)→负载电压  $U_L$  降低→取样电压  $U_{b2}$  降低→ $VT_2$  管的  $U_{be2}$  降低→ $VT_2$  集电极电流  $I_{c2}$  降低→ $VT_2$  集电极电位  $V_{c2}$  升高(即  $VT_1$  基极  $V_{b1}$ )→ $VT_1$  管  $U_{be1}$  升高→ $I_{c1}$  升高→ $U_{ce1}$  降低→ $U_L$  升高(从而保持负载电压基本不变)。

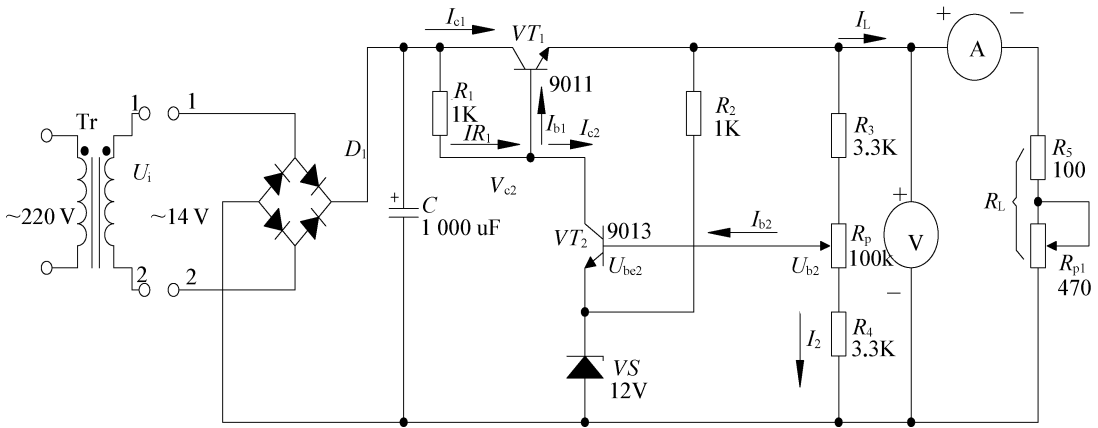


图 1-2-2 具有放大环节的串联型可调稳压电源电路原理图

由以上稳压过程可见,输出电压的稳定是依靠  $VT_1$  的管压降改变来进行补偿的,调整管  $VT_1$  处于放大区,它相当于一个可变电阻。调整管的管压降落差范围愈大,则稳压性能愈好,但调整管的功耗也愈大。

## 二、数字万用表

如图 1-2-3 所示为 DT9205 型数字万用表。

(1) 数字万用表的功能 测量电压、电流、电阻、晶体管、电容、电感等。

(2) DT9205 型数字万用表面板介绍 如图 1-2-4 所示为 DT9205 型数字万用表面板结构图。

① 电源开关 POWER: 开关置于“ON”时,电源接通;置于“OFF”时,电源断开。

② 功能量程选择开关: 完成测量功能和量程的



图 1-2-3 DT9205 数字万用表



选择。

③ 输入插孔：仪表共有 4 个输入插孔，分别标有“V/Ω”、“COM”、“mA”和“10A”。其中，“V/Ω”和“COM”两插孔间标有“MAX 500 V~1 000 V”字样，表示从这两个插孔输入的交流电压不能超过 500 V(有效值)，直流电压不能超过 1 000 V。此外，“mA”和“COM”两插孔之间标有“200 mA MAX”，“10A”和“COM”两插孔之间标有“10 A MAX”，它们分别表示由插孔输入的交流、直流电流的最大允许值。测试过程中，黑表笔固定于“COM”不变，测电压时红表笔置于“V/Ω”，测电流时红表笔置于“mA”或“10 A”中。

④  $h_{FE}$ 插座：标有 B、C、E 字样，其中 E 孔有四个，它们在内部是连通的，该插座用于测量三极管的  $h_{FE}$  参数。

⑤ 液晶显示器：最大显示值为 1999 或 -1999。该仪表可自动调零和自动显示极性，当仪表所用的 9V 电池的电压低于 7V 时，低压指示符号被点亮；极性指示是指被测电压或电流为负时，符号“-”点亮，为正时，极性符号不显示。最高位数字兼作超量程指示。

⑥ 铭牌：该数字万用表的铭牌为 DT9205。

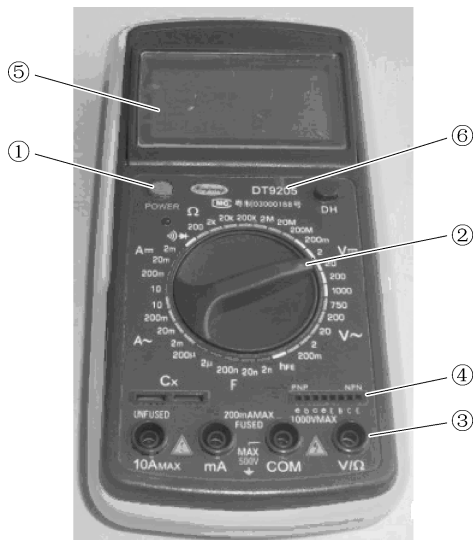


图 1-2-4 DT9205 数字万用表面板结构



## 任务实施

### 一、直流稳压电路接线图

如图 1-2-5 所示为简单直流稳压电路接线图，把电路连好线后通电测试。

### 二、数字万用表操作

#### 1. 电阻测量

用数字万用表测量 1 kΩ 电阻的阻值，记录于表 1-2-1 中。注意：

(1) 如果被测电阻值超出所选择量程的最大值，显示屏上将显示“1”，则应选择更高的量程。对于大于 1 MΩ 或更高的电阻，要等待几秒钟后读数才能稳定。

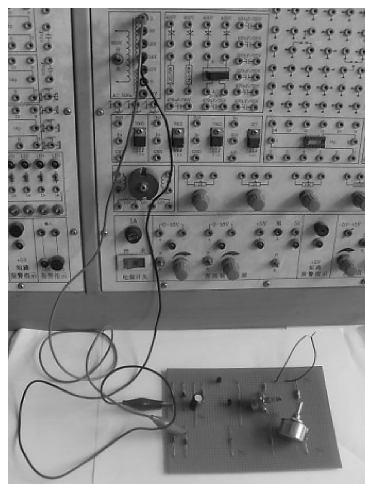


图 1-2-5 直流稳压电路通电接线图

(2) 当没有连接好时,例如开路情况,显示屏显示为“1”。

(3) 当检查被测线路的阻抗时,要保证移开被测线路中的所有电源,所有电容放电。被测线路中如有电源和储能元器件,会影响线路阻抗测试的正确性。

### 2. 电容量的测量

用数字万用表测量  $10\ \mu\text{F}$ 、 $50\ \text{V}$  电容的电容量,记录于表 1-2-1 中。注意:

(1) 仪器本身已对电容挡设置了保护,在电容测试过程中不用考虑极性及电容充放电等情况。

(2) 测量电容时,将电容插入专用的电容测试座中(不要插入表笔插孔 COM、 $\text{V}/\Omega$ )。

(3) 测量大电容时稳定读数需要一定的时间。

### 3. 二极管正负极性的判别

用数字万用表测量二极管 1N4007 正向和反向电阻,记录于表 1-2-1 中并判断极性和好坏。

### 4. 晶体管 $h_{\text{FE}}$ 测试

用数字万用表测量晶体管 9013 的  $h_{\text{FE}}$ ,记录于表 1-2-1 中。

表 1-2-1 测量结果


项目	1 k $\Omega$ 电阻	10 $\mu\text{F}$ 、50 V 电容的电容量	二极管 1N4007		晶体管 $h_{\text{FE}}$ (以 9013 管为例)
			正向电阻 (阻值小)	反向电阻 (阻值大)	
测量值					

### 5. 直流电压测量

用数字万用表测量负载  $R_L$  两端的电压,同时调节电位器  $R_{\text{P1}}$  改变负载电阻  $R_L$ ,读出电压的值范围,并记录在表 1-2-2 中。注意:

(1) 如果不知道被测电压范围,可将功能开关置于最大量程并逐渐下降。

(2) 如果显示器只显示“1”,表示过量程,功能开关应置于更高量程。

(3) “

### 6. 交流电压测量


用数字万用表测量输入电压  $U_i$ ,记录在表 1-2-2 中。

### 7. 直流电流测量

用数字万用表测量负载  $R_L$  上通过的电流,同时调节电位器  $R_{\text{P1}}$  改变负载电阻  $R_L$ ,读出电流值的范围,并记录在表 1-2-2 中。注意:

(1) 如果使用前不知道被测电流范围,将功能开关置于最大量程并逐渐下降。

(2) 如果显示器只显示“1”,表示过量程,功能开关应置于更高量程。

(3) “

014

程无保险丝保护,测量时不能超过 15 s。

表 1-2-2 测量结果

项目	直流电压 $V_{0\min} \sim V_{0\max}$	交流电压	直流电流 $I_{0\min} \sim I_{0\max}$
测量值			

### 8. 任务评价表

结合上面完成情况,填写下面的评价。

表 1-2-3 数字万用表测量直流稳压电源的电压和电流操作评分表

序号	分值	操作内容	自评	互评	教师评
1	10	测 1 k $\Omega$ 电阻阻值的操作和步骤			
2	10	测 10 $\mu$ F、50 V 电容的电容量的操作和步骤			
3	15	判别二极管 IN4007 正负极性的操作和步骤			
4	15	测晶体管 9013 的 $h_{FE}$ 的操作和步骤			
5	15	测输入电压 $U_i$ 的操作和步骤			
6	10	测负载 $R_L$ 两端电压的操作和步骤			
7	15	测负载 $R_L$ 上电流的操作和步骤			
8	10	同学之间出题			
总分					
开始时间		结束时间		实际时间	综合成绩



## 知识拓展

### 一、数字万用表组成简介

#### 1. 数字万用表组成

指针式万用表可以直接对模拟电压、电流进行测量,而数字式仪表,需要把模拟信号转换成数字信号,再进行显示和处理。数字万用表是测量电路或元器件的电阻、电流、电压等的多量程仪表。数字万用表组成如图 1-2-6 所示。

数字万用表组成部分有输入与变换部分、A/D 转换部分、显示部分。其中输入与变换部分主要通过 I/V、AC/DC、R/V、C/V 将各测量转换成直流电压量,再通过量程旋转开关,经放大或衰减电路送入 A/D 转换器后进行测量。

数字万用表测量电路包括:电阻测量与小数点显示电路、直流电压与交流电压测量电

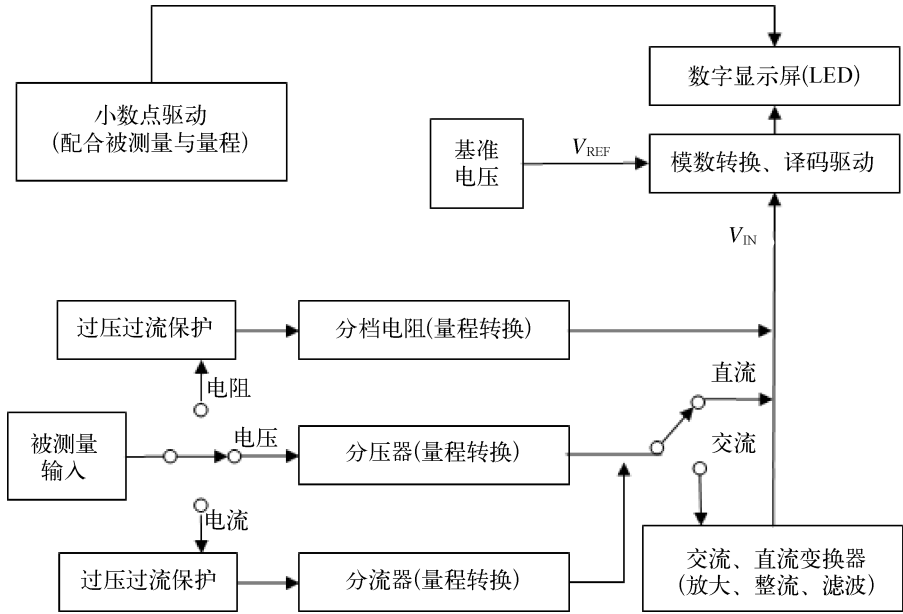


图 1-2-6 数字万用表组成

路、直流电流与交流电流测量电路、电容测量电路、二极管测量电路、三极管放大倍数测量电路、电源供电电路。

### 2. 数字万用表工作原理

数字万用表的测量过程由转换装置将被测量转换成直流电压信号,再由模/数(A/D)转换器将电压模拟量转换成数字量,然后通过电子计数器计数,最后把测量结果以数字形式直接显示在显示屏上,如图 1-2-7 所示。



图 1-2-7 数字万用表测量过程

## 二、数字万用表自动电源切断与仪表保养说明

### 1. 自动电源切断说明

(1) 数字万用表设有自动电源切断电路,当仪表工作时间约 30 min 到 1 小时,电源自动切断,仪表进入睡眠状态,这时仪表约消耗  $7 \mu\text{A}$  的电流。

(2) 当仪表电源切断后若要重新开启电源需按动电源开关两次。

### 2. 仪表保养

数字万用表是一台精密电子仪器,不要随意更换线路,仪表保养应注意以下几点:

(1) 不要接高于 1 000 V 直流电压或高于 700 V 交流有效值电压。

- (2) 不要在功能开关处于“ $\Omega$ ”和“ $\leftarrow$ ”“ $\rightarrow$ ”位置时,将电压源接入。
- (3) 在电池没有装好或后盖没有上紧时,请不要使用此表。
- (4) 只有在测试表笔移开并切断电源以后,才能更换电池或保险丝。



## 目标检测

### 一、填空题

#### 1. 数字万用表使用前准备工作:

(1) 将 ON/OFF 开关置于\_\_\_\_\_位置,检查电池,如果电池电压不足,“ $\text{batt}$ ”将显示在\_\_\_\_\_上,这时则需更换电池。

(2) 测试笔插孔旁边的“ $\triangle$ ”符号,表示输入电压或电流不应\_\_\_\_\_,这是为了保护内部线路免受损伤。

(3) 测试之前,功能开关应置于你所需要的\_\_\_\_\_。

#### 2. 直流电压测量:

(1) 将黑表笔插入\_\_\_\_\_插孔,红表笔插入\_\_\_\_\_插孔。

(2) 将功能开关置于\_\_\_\_\_挡,并将测试表笔连接到待测电源(测开路电压)或负载上(测负载电压降)。

#### 3. 交流电压测量:

(1) 将黑表笔插入\_\_\_\_\_插孔,红表笔插入\_\_\_\_\_插孔。

(2) 将功能开关置于\_\_\_\_\_挡,并将测试笔连接到待测电源或负载上。测量交流电压时,\_\_\_\_\_ (填“有”或“无”)极性显示。

#### 4. 直流电流测量:

(1) 将黑表笔插入\_\_\_\_\_插孔,当测量最大值为 200 mA 的电流时,红表笔插入\_\_\_\_\_插孔,当测量最大值为 8 A 的电流时,红表笔插入\_\_\_\_\_插孔。

(2) 将功能开关置于\_\_\_\_\_挡,并将测试表笔\_\_\_\_\_接入到待测电路。

#### 5. 电阻测量:

(1) 将黑表笔插入\_\_\_\_\_插孔,红表笔插入\_\_\_\_\_插孔。

(2) 将功能开关置于\_\_\_\_\_,将测试表笔连接到待测电阻上。

#### 6. 二极管测试及蜂鸣器的连接性测试:

(1) 将黑表笔插入\_\_\_\_\_插孔,红表笔插入\_\_\_\_\_插孔(红表笔极性为“\_\_\_\_\_”),将功能开关置于\_\_\_\_\_挡,并将表笔连接到待测二极管,读数为二极管正向电阻的近似值。

(2) 将表笔连接到待测线路的两端,如果两端之间电阻值低于约\_\_\_\_\_,内置蜂鸣器发声。

### 二、简答题

1. 简述数字万用表的基本组成及各部分的功能。
2. 比较指针式万用表和数字万用表的异同点。



## 项目小结

本项目主要以两个任务的介绍阐述了电子测量的相关概念、测量数据的有效处理。任务一通过对串联电路的测量操作,掌握电阻、电压、电流测量和数据结果处理;任务二是介绍数字万用表,学会使用数字万用表测量稳压电源相关参数并科学正确记录结果。通过对本项目的学习,使学生会用万用表测量基本电学量并能正确处理测量结果。

测量方法按测量方式可以分为直接测量、间接测量和组合测量。

测量误差的表示方法可以分为绝对误差和相对误差。

测量误差可以分为系统误差、随机误差和粗大误差。

具有放大环节的串联型稳压电路由调整部分、取样电路、基准环节和比较放大四个部分组成。

数字万用表主要由输入与变换部分、A/D 转换部分、显示部分组成。数字万用表可以测量交流电压、电流,直流电压、电流,电阻,电容等电参量。



## 项目测验

### 一、选择题

- 仪表指示值与实际值之间的差值称为 ( )  
 A. 绝对误差  
 B. 相对误差  
 C. 示值相对误差  
 D. 引用误差
- 在相同条件下多次测量同一量时,保持恒定不变或按照一定规律变化的测量的测量误差称为 ( )  
 A. 偶然误差  
 B. 疏失误差  
 C. 粗大误差  
 D. 系统误差
- 消除偶然误差可以采用 ( )  
 A. 对测量仪表进行校正  
 B. 正负误差补偿法  
 C. 替代法  
 D. 增加重复测量次数,求其平均值
- 测得信号的周期为  $4.3251\text{ ms}$ ,经整理保留 3 位有效数字,即为 ( )  
 A.  $4.32\text{ ms}$       B.  $4.320\text{ ms}$       C.  $4.33\text{ ms}$       D.  $4.330\text{ ms}$
- 仪器仪表的准确度等级一般是用 \_\_\_\_\_ 表示的 ( )  
 A. 绝对误差  
 B. 相对误差  
 C. 示值相对误差  
 D. 引用相对误差
- 测量中绝对误差与真值之比称为 ( )  
 A. 示值误差      B. 随机误差      C. 相对误差      D. 引用误差



7. 测量 8 mA 的电流时,若希望误差不超过 0.2 mA,则最好选用下列哪项方案 ( )
- A. 在 1.5 级电流表的 100 mA 量程上测量  
B. 在 5.0 级电流表的 10 mA 量程上测量  
C. 在 1.5 级电流表的 10 mA 量程上测量  
D. 在 2.5 级电流表的 100 mA 量程上测量
8. 用下列三个电压表测量 20 V 的电压,测量结果的相对误差最小的是 ( )
- A. 准确度 1.5 级,量程 30 V  
B. 准确度 0.5 级,量程 150 V  
C. 准确度 1.0 级,量程 50 V
9. 用量程为 500 V 的电压表测电压为 250 V 的电压,要求测量的相对误差不大于  $\pm 0.5\%$ ,则电压表准确度等级应为 ( )
- A. 0.1  
B. 0.5  
C. 1.0  
D. 1.5
10. 用准确度为 2.5 级、量程为 10 A 的电流表在正常条件下测得电路的电流为 5 A 时,可能产生的最大相对误差为 ( )
- A. 2.5%  
B. 5%  
C. 10%
11. 用准确度为 1.0 级、量程为 5 A 的电流表测量 4 A 电流时,则测量结果的准确度是 ( )
- A.  $\pm 2.5\%$   
B.  $\pm 1.25\%$   
C.  $\pm 1.0\%$
12. 用准确度为 2.5 级、满偏值 250 V 的伏特计表去测量电压,如果允许的相对测量误差不应超过 5%,则这只伏特计适宜于测量的最小电压值为 ( )
- A. 125 V  
B. 150 V  
C. 6.25 V
13. 在日常测试中,常用万用表  $R \times 1k$  挡来检查电容器的质量,现有一只不带电的电容器,测量时指针偏转后,返回时速度较慢,则说明被测电容器 ( )
- A. 短路  
B. 开路  
C. 漏电  
D. 容量较大
14. 用量程为 500 V 的电压表去测量电压为 250 V 的某电路上的电压,若要求测量的相对误差不大于  $\pm 1.5\%$ ,则应选用下列\_\_\_\_\_准确度等级的电压表 ( )
- A. 0.2 级  
B. 0.5 级  
C. 1.0 级  
D. 1.5 级
15. 万用表的  $R \times 1 k\Omega$  挡测量电阻,如果指针指在欧姆标度尺的 30  $\Omega$  处,则被测电阻值为 ( )
- A. 30  $\Omega$   
B. 1 k $\Omega$   
C. 3 k $\Omega$   
D. 30 k $\Omega$

## 二、填空题

1. 一量程值为  $X_m$  的仪表,在测量一实际为  $A$  的电量时,仪表的示值为  $X$ ,则测量的绝对误差为\_\_\_\_\_,实际相对误差为\_\_\_\_\_,示值相对误差为\_\_\_\_\_,引用相对误差为\_\_\_\_\_。
2. 测量仪器准确度等级一般分为\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_七级,其中准确度最高为\_\_\_\_\_级,准确度最低为\_\_\_\_\_级。
3. 测量方法按被测量的测量方式分类,有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
4. 根据产生测量误差的原因,可以将测量误差分为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
5. 表示测量误差通常可用\_\_\_\_\_误差和\_\_\_\_\_误差,在衡量对同一被测量进行的多次测量中,哪次测量结果更准确些,可用\_\_\_\_\_误差;而在衡量对不同值的被测量所进行的测量中,哪个结果更准确些,可用\_\_\_\_\_误差。
6. 用 1.5 级、量程为 15 A 的电流表测量某电流时,其读数为 10 A,则此时的最大绝对误差为\_\_\_\_\_。

最大相对误差为\_\_\_\_\_。

7. 用0.5级、量程为250V的电压表测量200V电压,则其最大相对误差为\_\_\_\_\_。

8. 对以下数据进行舍入处理,要求小数点后只保留2位。

16.3720——\_\_\_\_\_

32.4550——\_\_\_\_\_

4.5452——\_\_\_\_\_

3.8546——\_\_\_\_\_

1.995——\_\_\_\_\_

1.985——\_\_\_\_\_

### 三、判断题

1. 测量误差可以通过选用精密的仪表和科学完善的方法来消除。 ( )
2. 随机误差决定了测量的精密度,随机误差越小,测量结果的精密度就越高。 ( )
3. 用万用表欧姆挡测量被测电阻时,被测电路允许带电。 ( )
4. 交流电压表指示的数值是交流电压的有效值。 ( )
5. 在测量过程中,使用仪表准确度越高,测量结果的误差越小,而与选择量程大小无关。 ( )
6. 对一只电压表来讲,电压量程越高,电压表的内阻越大。 ( )
7. 电工仪表由测量机构和测量线路组成,其中测量线路是仪表的核心。 ( )
8. 用量程为300V的1.0级甲表和用量程为150V的1.5级的乙表分别测量50V的电压时,乙表相对误差小。 ( )

### 四、计算题

1. 用电压表校准万用表时测得的两个电压值是100V、50V,而用万用表测得的值分别是90V、40V,求两次测量的绝对误差、修正值、实际相对误差分别是多少?
2. 测量两个电压,分别得到它们的测量值为 $U_{1x} = 103\text{ V}$ , $U_{2x} = 12\text{ V}$ ,实际值为 $U_1 = 100\text{ V}$ , $U_2 = 10\text{ V}$ ,求两次测量的绝对误差和相对误差。
3. 已知某被测电压为8V,用1.5级10V量程的电压表测量,若只做一次测量就把该测量值作为测量结果,可能产生的最大绝对误差为多少?