

电工电子技术实验指导

DIAN GONG DIAN ZI JI SHU

主编 冯 飞 李华光 Shi yan Zhi dao

- ◆ 项目导向，任务驱动；夯实基础，拓展能力
- ◆ 电工学、模拟电子技术、数字电子技术课程的基础实验和综合性实验
- ◆ 全国大学生电子设计竞赛题目简析

中国石油大学出版社

电工电子技术实验指导

主 编： 冯 飞 李华光

副主编： 孙桂玲 金佩芬

刘培学 张凤艺

宋海燕

主 审： 王法能

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术实验指导/冯飞,李华光主编. —东营:中国石油大学出版社,2012.3

ISBN 978-7-5636-3682-2

I. ①电… II. ①冯… ②李… 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-33②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 023210 号

书 名: 电工电子技术实验指导
主 编: 冯 飞 李华光

责任编辑: 刘 静
封面设计: 刘泽延

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营, 邮编 257061)
网 址: <http://www.uppbook.com.cn>
电子信箱: cbs2006@163.com
印 刷 者: 青岛星球印刷有限公司
发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0546—8391810)
开 本: 185 mm×260 mm 印张: 9.5 字数: 243 千字
版 次: 2012 年 4 月第 1 版第 1 次印刷
定 价: 21.00 元

前言

PREFACE

电工电子技术实验是高等学校电气信息类、机电类和其他相近专业的电工电子技术课程教学的一个非常重要的环节。通过实验能够巩固学生的电工电子技术基础理论知识,培养学生的实践技能和分析问题、解决问题的能力,启发学生的创新意识。

根据现代电工电子技术的发展趋势,我们尝试从新的角度对电工电子实验教学方法进行了改进。按照传统的理工科教学模式,学生在学习专业基础课的时候,在课堂接受理论讲授,然后在实验室进行验证性实验。这是一个从脑到手的学習过程,它要求学生有比较强的基础学习能力,比较好的听课、记笔记和验证性思考的习惯。但是,我们注意到并不是所有学生都能很好地掌握所学知识——理论基础相对薄弱,或许很难听懂严谨的推导论证——他们对某些专业基础理论的认识,更需要有一定的动手过程中去领悟。

本教材采用“项目导向,任务驱动”的编写模式,把学生需要掌握的实验内容做成一个完整的项目任务,整个实验项目包含项目目标,分配实施项目任务,所需的准备知识、实验器材及步骤,评价总结、能力拓展等部分。通过完成一个项目,使学生清楚需掌握哪些知识内容,完成一个项目的主要步骤是什么,有哪些注意事项,做完这个项目有哪些收获。在项目最后设有能力拓展部分,包含一些综合性的设计题目,供有能力的学生学习。采用这种实验教学方法,以学生为主体,教师进行引导,在整个项目任务的完成过程中,实现学生个体知识和技能的构建和能力发展。

《电工电子技术实验指导》分为四个模块,各成体系,又相互联系。其中,模块一是电工学课程的实验内容;模块二是模拟电子技术课程的实验内容;模块三是数字电子技术课程的实验内容;模块四是全国大学生电子设计竞赛题目解析。全书实验项目按照课程的内容顺序编排,每个项目都给出了参考电路,实验仪器、器件以及步骤。

本书模块一由李华光、张凤艺、宋海燕编写,模块二由刘培学、金佩芬、孙桂玲编写,模块三由冯飞、金佩芬编写,模块四由刘培学、孙桂玲、李华光、冯飞编写。全书由冯飞统稿,由王法能教授主审。

由于我们水平有限,加之编写时间仓促,书中不足之处在所难免,欢迎读者和同行批评指正。

编者
2012年4月

目 录

CONTENTS

模块一 电工技术	1
项目一 万用表的使用.....	1
项目二 电路元件伏安特性的测试.....	6
项目三 基尔霍夫定律、叠加原理的验证.....	10
项目四 电压源与电流源的等效变换.....	13
项目五 戴维南定理和诺顿定理验证.....	16
项目六 RC 一阶电路的响应测试.....	21
项目七 RLC 串联谐振电路.....	24
项目八 三相负载的 Y- Δ 联接.....	27
项目九 三相电路功率的测量.....	30
项目十 三相鼠笼式异步电动机.....	34
项目十一 三相异步电动机正反转控制.....	36
项目十二 异步电动机 Y- Δ 启动控制.....	39
模块二 模拟电路	43
项目一 晶体管的识别检测方法.....	43
项目二 常用电子仪器的使用.....	46
项目三 晶体管共射放大电路的静态工作点.....	50
项目四 晶体管共射放大电路的动态参数测试.....	53
项目五 负反馈放大电路.....	57
项目六 差动放大器的使用.....	61
项目七 OTL 功率放大电路.....	64
项目八 集成运算放大器组成的基本运算电路.....	67
项目九 RC 正弦波振荡器.....	71
项目十 串联反馈式稳压电源.....	73
模块三 数字电路	76
项目一 半导体分立元件门电路.....	76
项目二 基本门电路逻辑功能测试.....	80
项目三 基本门电路构成的组合逻辑电路.....	82

项目四	半加器、全加器功能测试·····	85
项目五	译码器及显示译码器功能测试·····	89
项目六	数据选择器·····	94
项目七	触发器及其应用·····	98
项目八	移位寄存器功能测试·····	102
项目九	计数器功能测试·····	105
项目十	555 定时器功能测试·····	108
模块四	全国大学生电子设计竞赛题目简析·····	112
赛题一	低频功率放大器——【2009 高职高专组 G 题】·····	113
赛题二	不间断直流工作电源——【2010 高职高专组 H 题】·····	122
赛题三	简易逆变电源——【2010 高职高专组 I 题】·····	127
赛题四	数字幅频均衡功率放大器——【2009 本科组 F 题】·····	133
赛题五	宽带直流放大器——【2009 本科组 C 题】·····	140

模块一 电工技术

项目一 万用表的使用

一、项目目标

1. 掌握用机械万用表测量电流、电压和电阻的方法。
2. 掌握用机械万用表判断二极管极性的方法。
3. 掌握用机械万用表判断三极管极性及类别的方法。

二、准备知识

MF-47 型机械万用表是电学专业学生用到的基本电子测量仪器,学生用它除了可以测量电压、电流、电阻等基本参数外,还可以用它判断电容的大小、三极管的放大倍数等。

误差的出现有时是难以避免的,即使是理论计算,也会由于舍取有效位数的不适当而产生一定的误差。应尽可能利用合理的测试手段,使在现有条件下产生的误差最小;当有一定误差时,也能对产生误差的原因做到心中有数,并能正确分析、估算误差值。减小因仪表内阻而产生的测量误差主要有以下两种方法:

1. 多量限两次测量算法

当电压表的灵敏度不够高或电流表的内阻太大时,可以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比较准确的结果。

(1) 多量限两次测量电压。

如图 1.1.1 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,则会产生很大的测量误差。

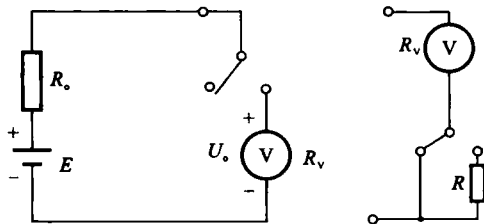


图 1.1.1 误差分析电路一

设电压表两挡量限的内阻分别为 R_{V1} 和 R_{V2} ,在这两个不同量限下测得的开路电压值分别为 U_1 和 U_2 ,则由图 1.1.1 可得出

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

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

由(1)式得

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

将(3)式代入(2)式从中解得 E , 经化简后可得

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

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

(2) 多量限两次测量电流。

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。测量如图 1.1.2 所示含源电路的电流, 接入内阻为 R_A 的电流表 A 时, 电路中的电流变为

$$I = \frac{E}{R_o + R_A}$$

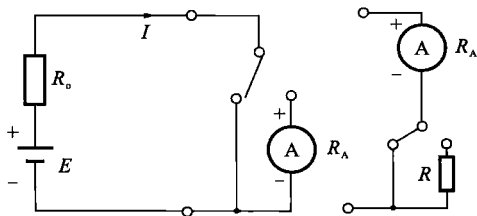


图 1.1.2 误差分析电路二

如果 $R_A = R_o$, 则测出的电流将会出现很大的误差。

如果用两挡量限的电流表进行两次测量, 设其内阻分别为 R_{A1} 和 R_{A2} , 按图 1.1.2 所示电路两次测量得

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

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

解得

$$I = \frac{E}{R_o} = \frac{I_1 I_2 (R_{A1} - R_{A2})}{I_1 R_{A1} - I_2 R_{A2}} \quad (5)$$

经两次测量和上述计算, 就可得到较准确的电流值。

2. 单量限两次测量计算法

如果电压表(或电流表)只有一挡量限, 且电压表的内阻较小(或电流表的内阻较大)时, 可用同一量限进行两次测量来减小测量误差。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必须要在电路中串入一个已知阻值的附加电阻。

(1) 单量限电压测量。

仍测量图 1.1.1 所示的含源电路的开路电压 U_o 。设电压表的内阻为 R_V , 第一次测量电压表的读数为 U_1 , 第二次测量时应与电压表串接一个已知阻值的电阻器 R , 电压表读数为 U_2 , 由图可知

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

解以上两式,可得

$$E = U_0 = \frac{R U_1 U_2}{R_V (U_1 - U_2)} \quad (6)$$

(2) 单量限电流测量。

测量如图 1.1.2 所示的含源电路的电流 I_0 。设电流表的内阻为 R_A ,第一次测量时将电流表直接串入电路,表的读数为 I_1 ;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_2 ,由图可知

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

解得

$$I = \frac{E}{R_0} = \frac{I_1 I_2 R}{I_2 (R_A + R) - I_1 R_A} \quad (7)$$

由上述分析计算可知,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、设备与器材

1. MF-47 型机械万用表一只。
2. 二极管、三极管、电阻、电容若干。

四、项目任务及步骤

任务一 电参数测试

在用万用表的表笔进行测试时,黑表笔插在“—”测试插孔内,红表笔除了测试 DC 10 A 和 2 500 V 外,均插在“+”测试插孔内。所测的电流值或电压值满足以下公式:

$$\text{电流、电压实测值} = \frac{\text{功能开关选择的挡位值}}{\text{刻度盘选择读数的最大值}} \times \text{指针读数}$$

(1) 直流电压的测量。

直流电压的量程范围分为:0.25 V、1 V、2.5 V、10 V、50 V、250 V、500 V、1 000 V 共 8 挡。测量时,首先旋转功能开关选择合适的直流量程(DCV),然后将两只表笔并联接到被测电压两端,红表笔接正极,黑表笔接负极。按表盘第二条刻度线读数(DCV, A)。用 2 500 V 测量时,量程开关放到 DC 500 V 上,将红表笔插到“2 500 V”的测试孔内。

(2) 交流电压的测量。

交流电压量程范围分为:10 V、50 V、250 V、500 V、1 000 V 共 5 挡。测量时,旋转功能开关选择合适的交流量程(ACV),将两只表笔并联接到被测电压两端,按表盘第二条刻度线读数。用“2 500 V”测量时,量程开关放在 AC 500 V 上,红表笔插到“2 500 V”的测试插孔内。

(3) 直流电流的测量。

直流电流的量程范围分为:0.05 mA、0.5 mA、5 mA、50 mA、500 mA 共 5 个挡位。测量时,先旋转功能开关选择合适的直流量程(DCmA),然后将两只表笔串联到被测电路中,并按表盘的第二条刻度线读数。用“10 A”挡测量时,应将红表笔插到“10 A”插孔内,量程放到电流挡的任意位置上即可。

任务二 元器件的测量

在用机械万用表测量晶体二极管、三极管等有极性元器件时,要注意黑表笔相当于接表内电池正极,红表笔接负极。

(1) 电阻的测量。

机械万用表测电阻共有五个挡: $\Omega \times 1$ 、 $\Omega \times 10$ 、 $\Omega \times 100$ 、 $\Omega \times 1 \text{ k}$ 、 $\Omega \times 10 \text{ k}$ 。其中,前四个挡位由万用表内 1.5 V 电池供电,第五个挡位由万用表内 9 V 电池供电。测量方法如下:

① 将功能开关旋至合适的欧姆挡量程上。

② 调零:将红、黑两只表笔短接,调节欧姆挡调零电位器,使指针指向第一条刻度线零欧姆的位置上。

③ 将两只表笔接到被测电阻两端,按第一条刻度线读数,并乘以量程所指示的倍率,即为被测电阻的阻值。

(2) 电容的测量及质量判别。

电容容量大的电解电容属于有极性元件,在电路中如果接反,会造成电容器击穿。对于 CD11 型电解电容,可以根据电极引线的长短来判断,长引线为正极,短引线为负极。

用万用表判别电解电容的极性,可根据电解电容正向漏电阻大于反向漏电阻来判断。具体方法是将万用表功能开关拨至欧姆挡($\Omega \times 100$ 或 $\Omega \times 1 \text{ k}$),用交换表笔的方法分别测出正反向漏电阻,测量漏电阻大的那一次,黑表笔接的是电解电容的正极,红表笔接的是负极。

在测试过程中,两只表笔分别接被测电容的两个电极,这时表针应向电阻小的方向摆动,然后慢慢回摆至“ ∞ ”附近,交换表笔再验证一次,看表针的摆动情况,表针摆动幅度越大,说明电容的容量越大。如果指针始终不动,说明电容内部开路;如果指针指向零欧姆不返回或回不到“ ∞ ”附近,其阻值很小,则电容内部短路或电容漏电严重。阻值越小,说明漏电越严重,电容的质量越差。

(3) 半导体二极管的检测。

① 判别二极管的极性。

半导体二极管具有单向导电性,它的正向电阻远小于反向电阻,根据这一特性,利用万用表的 $\Omega \times 1 \text{ k}$ 挡,就很容易判定其正负极。具体测量方法为:将万用表的两只表笔分别接被测二极管的两个电极,读出阻值,交换表笔后再测一次,对两次测出的阻值进行比较,两次测试中阻值小的那一次,黑表笔接的是二极管的正极。

② 判断二极管的好坏。

通过测量二极管的正反向电阻,就可以判定二极管的好坏,对于一只好的二极管,正向电阻越小越好,反向电阻越大越好。如果测得二极管的正向电阻和反向电阻都很小,接近 0,说明此二极管短路损坏;如果测得二极管的正向电阻和反向电阻都很大,接近“ ∞ ”,说明此二极管断路损坏;如果测得二极管的正向电压和反向电压相差很小,说明此二极管也是损坏的。

③ 区分锗管和硅管。

根据锗管和硅管的导通电压分别为 0.3 V 和 0.7 V 来判断。

(4) 晶体三极管的测量。

① 判定晶体管电极的方法。

利用万用表的 $\Omega \times 1 \text{ k}$ 挡来识别。

A. 判定三极管的基极 b:

无论是 NPN 型三极管还是 PNP 型三极管,均可以看做是由两个 PN 结反极性串联而成的,而两个 PN 结又可以看成两只二极管。用万用表的一只表笔(红或黑)固定接三极管的任意一个引脚(假定这个引脚是基极 b),再用另一只表笔分别接另外两个引脚,如果两次测得的阻值一大一小,则证明固定接的那个引脚不是基极 b,再换另外一个固定引脚测,直到测得的两个电阻值都很大或都很小,再将两只表笔对调测一次,如果阻值还是都很小或都很大,那么表笔固定接的那个电极就一定是基极 b 了。

B. 判定三极管的极性(NPN 或 PNP 型):

当基极 b 确定后,黑表笔接基极,红表笔分别接另外两个极时,测得的电阻值都很小,则属于 NPN 型管,若阻值都很大,则说明是 PNP 型管。

C. 判定发射极 e 和集电极 c:

以 NPN 型为例。用红、黑两只表笔分别接除基极之外的另外两极,同时用两只手的拇指和食指分别捏住两极,然后用一只手的中指接触三极管的基极,并记下万用表指针的摆动幅度大小,再将万用表两只表笔对调测一次,两次测量万用表指针摆动幅度大的那一次,黑表笔接的是集电极 c,红表笔接的是发射极 e。PNP 型的三极管按上述方法测量,万用表指针摆动幅度大的那一次,红表笔接的是集电极 c,黑表笔接的是发射极 e。

② 测量三极管的 h_{FE} 。

将万用表的旋转功能开关打到“ h_{FE} ”挡上,把一个已经知道类型和极性的三极管按类型和极性插在万用表的“ h_{FE} ”区的插孔中。观察指针的偏转,读数时应读表盘的第五条标有“ h_{FE} ”的绿色刻度线,读出的数即为此三极管的电流放大倍数。

五、任务总结

1. 用万用表的电压挡测电压时,注意选择正确的电压挡(交直流区分开)。
2. 用万用表测量电流和电压时,注意正确的读数方式。
3. 用万用表测电阻时,注意正确的读数方式。
4. 读数时,注意表的量程,计算每个小格代表多少数值。
5. 读数时,应估读精确值的下一位。

六、能力拓展

如果万用表的保险丝发生损坏,分析造成损坏的原因。

项目二 电路元件伏安特性的测试

一、项目目标

1. 学会识别常用电路元件的方法。
2. 掌握线性电阻、非线性电阻元件伏安特性的测试方法。
3. 熟悉实验台上直流电工仪表和设备的使用方法。

二、准备知识

电路元件的特性一般可用该元件上的端电压 U 与通过该元件的电流 I 之间的函数关系 $I=f(U)$ 来表示,即用 $I-U$ 平面上的一条曲线来表征,这条曲线称为该元件的伏安特性曲线。电阻是电路中最常见的元件,有线性电阻和非线性电阻之分。实际电路中很少是仅由电源和线性电阻构成的“电平移动”电路,非线性器件常常有着广泛的应用。例如,非线性元件二极管具有单向导电性,可以把交流信号变换成直流量,在电路中起到整流的作用。

万用表的欧姆挡只能在某一特定的 U 和 I 下测出对应的电阻值,因而不能测出非线性电阻的伏安特性。一般是用含源电路“在线”状态下测量元件的端电压和对应的电流值,进而由公式 $R=U/I$ 求出电阻值。

1. 线性电阻器

线性电阻器的伏安特性符合欧姆定律 $U=RI$,其阻值不随电压或电流值的变化而变化,伏安特性曲线是一条通过坐标原点的直线,如图 1.2.1(a)所示,该直线的斜率等于该电阻器的电阻值。

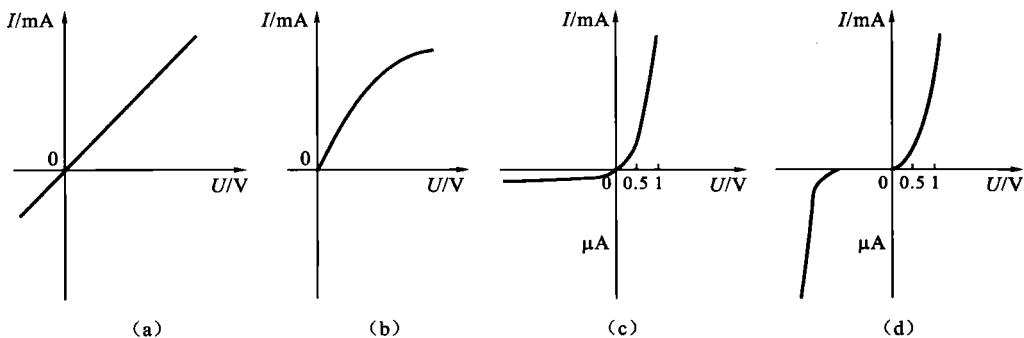


图 1.2.1 元件的伏安特性

2. 白炽灯

白炽灯可以视为一种非线性电阻元件,其灯丝电阻随着温度的升高而增大。一般灯泡的“冷电阻”与“热电阻”的阻值可以相差几倍至十几倍。通过白炽灯的电流越大,其温度越高,阻值也就越大,即对一组变化的电压值和对应的电流值,所得 U/I 不是一个常数,所以它的伏安特性是非线性的,如图 1.2.1(b)所示。

3. 半导体二极管

半导体二极管也是一种非线性电阻元件,其伏安特性如图 1.2.1(c)所示。二极管的电阻值随电压或电流的大小、方向的改变而改变。它的正向压降很小(一般锗管约为 0.2~0.3 V,硅管约为 0.5~0.7 V),正向电流随正向压降的升高而急剧上升,而反向电压从零一直增加到十几至几十伏时,其反向电流增加很小,粗略地可视为零。发光二极管正向电压在 0.5~2.5 V 之间时,正向电流有很大变化。可见二极管具有单向导电性,但如果反向电压加得过高,超过管子的极限值,则会导致管子击穿损坏。

4. 稳压二极管

稳压二极管是一种特殊的半导体二极管,其正向特性与普通二极管类似,但其反向特性较特殊,如图 1.2.1(d)所示。给稳压二极管加反向电压时,其反向电流几乎为零,但当电压增加到某一数值时,电流将突然增加,以后它的端电压将维持恒定,不再随外加反向电压的升高而增大,这便是稳压二极管的反向稳压特性。实际电路中,可以利用不同稳压值的稳压管来实现稳压。

三、设备与器材

1. 可调直流稳压电源
2. MF-47 型万用表
3. 直流数字毫安表
4. 直流数字电压表
5. 二极管
6. 稳压二极管(2CW51)
7. 白炽灯
8. 线性电阻器

四、项目任务及步骤

任务一 线性电阻器伏安特性的测定

按图 1.2.2 接线,调节稳压电源 U_s 的数值,测出对应的电压表和电流表的读数,并记入表 1.2.1 中。

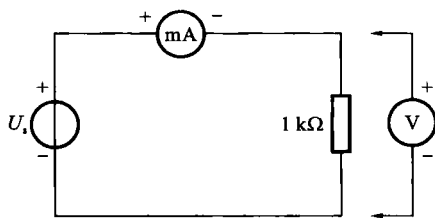


图 1.2.2 测定电路一

表 1.2.1 线性电阻器的伏安特性

U_R/V	0	2	4	6	8	10
I/mA						

任务二 测量白炽灯泡的伏安特性

把图 1.2.2 中的电阻换成 12 V,0.1 A 的小灯泡,重复上面的测试内容,将数据记入表 1.2.2 中。 U_L 为灯泡的端电压。

表 1.2.2 白炽灯泡的伏安特性

U_L/V	0.1	0.5	1	2	3	4	5
I/mA							

任务三 测定半导体二极管的伏安特性

电路如图 1.2.3 所示,200 Ω 为限流电阻,先测二极管的正向特性,正向压降可在 0~0.75 V 取值。在曲线的弯曲部分(0.5~0.75 V)适当多取几个测量点,其正向电流不得超过 45 mA,所测数据记入表 1.2.3 中。

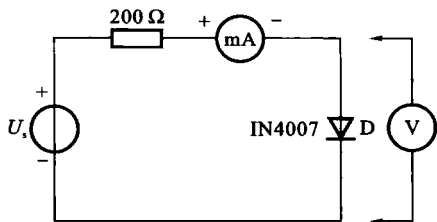


图 1.2.3 测定电路二

表 1.2.3 二极管正向特性实验

U/V	0	0.4	0.5	0.55	0.6	0.65	0.68	0.70	0.72	0.75
I/mA										

做反向特性实验时,需将二极管 D 反接,其反向电压可在 0~30 V 取值,所测数据记入表 1.2.4 中。

表 1.2.4 二极管反向特性实验

U/V	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
I/mA							

任务四 测定稳压二极管的伏安特性

1. 将图 1.2.3 中的二极管换成稳压二极管(2CW51),重复任务三中的内容,将测量数据记入表 1.2.5 中。

表 1.2.5 稳压二极管正向特性

U_{z+}/V	
I/mA	

2. 反向特性实验:将图 1.2.3 中的 200 Ω 电阻换成 1 k Ω 电阻,2CW51 反接,测 2CW51 的反向特性,稳压电源的输出电压范围为 0~20 V。测量数据记入表 1.2.6 中。

表 1.2.6 稳压二极管反向特性

U/V	
U_{z-}/V	
I/mA	

五、任务总结

- 测二极管正向特性时,稳压电源的输出应由小至大逐渐增加,应时刻注意电流表读数不得超过 25 mA,稳压源输出端切勿碰线短路。
- 完成上述实验任务时,应先估算电压值和电流值,合理选择仪表的量程,并注意仪表的

极性。

3. 如果要测 2AP9 的伏安特性,则正向特性的电压值应取 0 V,0.1 V,0.13 V,0.15 V,0.17 V,0.19 V,0.21 V,0.24 V,0.30 V,反向特性的电压值应取 0 V,2 V,4 V,6 V,8 V,10 V。

六、能力拓展

1. 线性电阻与非线性电阻的概念是什么? 电阻器与二极管的伏安特性有何区别?
2. 若元件伏安特性的函数表达式为 $I=f(U)$,在描绘特性曲线时,其坐标变量应如何放置?
3. 稳压二极管与普通二极管有何区别,其用途如何?

项目三 基尔霍夫定律、叠加原理的验证

一、项目目标

1. 对基尔霍夫电压定律(KVL)和电流定律(KCL)进行验证,加深对两个定律的理解。
2. 学会用电流插头、插座测量各支路电流的方法。
3. 验证线性电路叠加原理的正确性,从而加深对线性电路的叠加性和齐次性的认识和理解。
4. 加深理解叠加原理对非线性电路不适用。

二、准备知识

KCL 和 KVL 是电路分析理论中最重要的基本定律,适用于线性或非线性电路、时变或非变电路的分析计算。KCL 和 KVL 是对于电路中各支路的电流或电压的一种约束关系,是一种“电路结构”或“拓扑”的约束,与具体元件无关。而元件的伏安约束关系描述的是元件的具体特性,与电路的结构(即电路的结点、回路数目及连接方式)无关。正是由于二者的结合,才能衍生出多种多样的电路分析方法(如节点法和网孔法)。

KCL 指出:任何时刻流进和流出任一个节点的电流的代数和为零,即

$$\sum i(t) = 0 \text{ 或 } \sum I = 0$$

KVL 指出:任何时刻任何一个回路或网孔的电压的代数和为零,即

$$\sum u(t) = 0 \text{ 或 } \sum U = 0$$

运用上述定律时必须注意电流的正方向,此方向可预先任意设定。

叠加原理包含两部分内容:

1. 线性电路的叠加性

在几个独立源共同作用的线性电路中,任何一条支路的电流或电压都可以看成是由每一个独立源单独作用时在该支路所产生的电流或电压的代数和。

2. 线性电路的齐次性

当激励信号(某独立源的值)增加或减小 K 倍时,电路的响应(即电路中各支路的电流值和电压值)也将增加或减小 K 倍。

某独立源单独作用是指:在电路中将该独立源之外的其他独立源“去掉”,即电压源用短路线取代,电流源用开路取代,受控源保持不变。

对含非线性元件(如二极管)的电路,叠加原理不适用。

叠加原理一般也不适用于“功率的叠加”,如 $P = (\sum I) \cdot (\sum U) \neq \sum IU$ 。

三、设备与器材

1. 100 Ω 电阻一个,150 Ω 、200 Ω 电阻各两个,IN4007 二极管一个。
2. MF-47 型万用表一只,数字万用表一只,连接导线若干。

四、项目任务及步骤

任务一 基尔霍夫定律的验证

实验线路如图 1.3.1 所示。

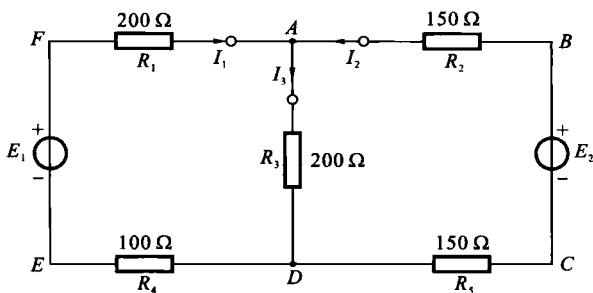


图 1.3.1 基尔霍夫定律验证电路

1. 实验前先任意设定三条支路的电流参考方向,如图中的 I_1 、 I_2 、 I_3 所示,并熟悉线路结构,掌握各开关的操作和使用方法。
2. 分别将两路直流稳压源接入电路,令 $E_1=6\text{ V}$, $E_2=12\text{ V}$,其数值要用电压表监测。
3. 熟悉电流插头和插孔的结构,先将电流插头的红、黑两接线端分别接至数字毫安表的“+”、“-”极;再将电流插头分别插入三条支路的三个电流插孔中,读出相应的电流值,记入表 1.3.1 中。
4. 用万用表分别测量两路电源及电阻元件上的电压值,数据记入表 1.3.1 中。

表 1.3.1 基尔霍夫定律实验数据值

实验内容	电源电压/V		支路电流/mA				回路电压/V				
	E_1	E_2	I_1	I_2	I_3	$\sum I$	U_{FA}	U_{AB}	U_{CD}	U_{DE}	$\sum U$
计算值											
测量值											
相对误差											

任务二 叠加定理的验证

实验线路如图 1.3.2 所示。

1. 令电源 E_1 单独作用时(将开关 S_1 投向 E_1 侧,开关 S_2 投向短路侧),用直流数字电压表和毫安表(接电流插头)测量各支路电流及各电阻元件两端的电压,数据记入表 1.3.2 中。
2. 令电源 E_2 单独作用时(将开关 S_1 投向短路侧,开关 S_2 投向 E_2 侧),重复第一步的测量和记录。
3. 令 E_1 和 E_2 共同作用时(开关 S_1 和 S_2 分别投向 E_1 和 E_2 侧),重复上述的测量和记录。
4. 将 E_2 的数值增大两倍,调至 $+12\text{ V}$ 或 $+16\text{ V}$,重复上述的测量并记录。
5. 令 E_1 和 E_2 共同作用,而将 R_1 换成二极管 IN4007(即将开关 S_3 投向二极管 D 侧),重复上述测量过程,数据记入表 1.3.2 中。