



普通高等教育“十三五”规划教材·电子电气基础课程规划教材



国家级电工电子实验教学示范中心系列实验教材

# 电路与电子技术 实验指导

- 主 编 蔡立娟 葛 微
- 副主编 詹伟达 许红梅

 中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

电子电气基础课程规划教材

# 电路与电子技术实验指导

蔡立娟 葛 微 主 编

詹伟达 许红梅 副主编

韩春玲 陈 宇 杨晓慧 徐志文 参 编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书为《电路分析》和《电子技术》理论课程配套使用的实验教程,主要面向理学类非电子理工科专业,针对理学类专业学时多、内容多的特点,所以教程中实验项目涵盖了《电路分析》和《电子技术》课程的全部内容。全书分为电路分析实验、模拟电子技术实验、数字电子技术实验、仿真实验四部分。

每部分实验项目安排均做到由浅入深、循序渐进,在保证基础实验的同时,强调实用性,增加灵活性。

本书适合电子科学与技术、光电信息科学与工程、光电子技术科学等专业的学生使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

## 图书在版编目(CIP)数据

电路与电子技术实验指导 / 蔡立娟, 葛微主编. —北京: 电子工业出版社, 2017.8  
ISBN 978-7-121-31875-7

I. ①电… II. ①蔡… ②葛… III. ①电路—实验—高等学校—教材②电子技术—实验—高等学校—教材 IV. ①TM13-33②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 133704 号

策划编辑: 竺南直

责任编辑: 张 京

印 刷: 三河市双峰印刷装订有限公司

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 720×1 000 1/16 印张: 14.75 字数: 281 千字

版 次: 2017 年 8 月第 1 版

印 次: 2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 35.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

本书咨询联系方式: [davidzhu@phei.com.cn](mailto:davidzhu@phei.com.cn)

# 前 言

本书为《电路分析》《电子技术》理论课程配套使用的实验教程，主要面向理学类非电子理工科专业。针对理学类专业学时多、内容多的特点，教程中的实验项目涵盖了《电路分析》《电子技术》课程中的全部内容。全书分为电路分析实验、模拟电子技术实验、数字电子技术实验、仿真实验四部分。

本书在内容安排上尽量做到由浅入深、循序渐进。各部分在保证基础实验项目的同时，均增加了综合性、设计性实验。基础性项目主要让学生验证基本定律、基本电路分析方法和电路功能，加深对理论课的理解；综合性实验用来加强学生对所学知识的综合应用能力的培养，可使学生对所学理论知识融会贯通；设计性实验主要用来提高学生对所学知识的灵活应用能力，不仅需要学生具有一定的理论基础，还需要具备一定的动手能力。

本书的特色是与所面对的专业紧密联系，实验内容的安排不再拘泥于传统的实验模式，而是突出体现所面对专业的特点，提高学生的学习兴趣，增强课程效果。

本书中对重点和难点的处理，采用的方法是突出重点，弱化难点。例如对于大部分学生来说，设计性实验相对难度较高，为降低学生实验难度，要清楚地给出实验原理，实验所需要的知识点，实验所需要的器件、设备，提供实验方案并给出参考电路，在给出参考电路的同时还要提供其他解决思路，为学生提供参考。

本书列举的实验内容较多，各院校可根据实际学时的多少和专业类别的不同要求筛选实验内容。本书既可作为电子信息类、电气类和机电类专业学生的实验教材，又可作为电子相关专业的教学参考书，对电子类工程设计人员也有重要的参考价值。

本书第1章由许红梅、韩春玲编写，第2章由蔡立娟、葛微、徐志文编写，第3章由陈宇、蔡立娟编写，第4章由杨晓慧编写，附录由詹伟达、葛微编写。在本书的编写过程中，得到了长春理工大学电工电子实验教学示范中心教师的大力支持和帮助，清华大学科教仪器厂也对本书的编写给予了大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

限于编者水平与时间仓促，书中难免有疏漏和不妥之处。欢迎广大读者提出宝贵意见，请将意见或建议发至电子邮箱 [juanlicai@126.com](mailto:juanlicai@126.com)

# 目 录

<b>第 1 章 电路分析实验</b> .....	(1)
实验一 万用表的使用及其测量误差研究 .....	(1)
实验二 基尔霍夫定律 .....	(7)
实验三 叠加原理 .....	(10)
实验四 戴维南定理与诺顿定理 .....	(14)
实验五 运算放大器的受控源等效模型 .....	(20)
实验六 含有受控源的电路研究 .....	(28)
实验七 简单正弦交流电路的研究 .....	(32)
实验八 RC 选频网络特性测试 .....	(37)
实验九 无源滤波器 .....	(39)
实验十 双口网络参数的研究 .....	(44)
实验十一 电阻式温度计设计 .....	(48)
实验十二 最大功率传输定律的研究 .....	(49)
实验十三 RLC 串联电路的幅频特性和谐振 .....	(52)
<b>第 2 章 模拟电子技术实验</b> .....	(55)
实验一 常用电子仪器使用练习 .....	(55)
实验二 晶体管共发射极放大电路 .....	(62)
实验三 共集电极放大电路(射极跟随器) .....	(68)
实验四 三种组态放大电路的性能比较 .....	(73)
实验五 差分放大电路 .....	(77)
实验六 负反馈放大电路 .....	(81)
实验七 集成运放基本运算电路 .....	(85)
实验八 RC 正弦波振荡器 .....	(89)
实验九 功率放大电路 .....	(92)
实验十 集成稳压电路 .....	(96)
实验十一 函数发生器 .....	(99)
实验十二 万用表的设计与调试 .....	(108)
<b>第 3 章 数字电子技术实验</b> .....	(114)
实验一 TTL 门电路的测试与使用 .....	(114)

实验二	SSI 组合逻辑电路的设计与测试	(121)
实验三	MSI 组合逻辑电路的应用	(125)
实验四	集成触发器和利用 SSI 设计同步时序电路	(130)
实验五	触发器及其应用	(137)
实验六	脉冲信号产生电路	(145)
实验七	四路优先判决电路设计	(153)
实验八	简易数字闹钟电路综合设计	(155)
<b>第 4 章</b>	<b>仿真实验</b>	(157)
实验一	晶体管共发射极放大电路仿真	(157)
实验二	差动放大电路仿真	(162)
实验三	组合放大电路仿真	(168)
实验四	负反馈放大电路仿真	(171)
实验五	RC 正弦波振荡器仿真	(177)
实验六	心电图信号放大器的设计 (综合设计性)	(181)
<b>附录 A</b>	<b>测量误差和测量数据处理的基本知识</b>	(186)
<b>附录 B</b>	<b>常用电路元件、器件型号及其主要性能指标</b>	(194)
<b>附录 C</b>	<b>常用电子仪器介绍</b>	(201)
C.1	数字万用表	(201)
C.2	直流稳压电源 (YB1732A)	(210)
C.3	函数信号发生器 (YB1600)	(214)
C.4	毫伏表 (YB2173F)	(219)
C.5	示波器 (DS1052E 带 USB)	(221)
C.6	示波器 (DS5102CA)	(227)

# 第 1 章 电路分析实验

## 实验一 万用表的使用及其测量误差研究

### 一、实验目的

- (1) 掌握万用表的基本原理和使用方法；
- (2) 研究万用表内阻对测量结果的影响；
- (3) 熟悉电路分析实验箱及使用方法；
- (4) 掌握线性电阻元件、非线性电阻元件及电源元件伏安特性的测量方法。

### 二、实验原理

电路分析实验中的测量仪器一般称为电子测量仪器，即其测量的是有关的量值。在教学和实际工作中需要对直流电压、直流电流、交流电压、交流电流、功率等参量进行测量，同时很多情况下需要对电阻、电容、二极管等元件的参数进行测试。最常用的电工测量仪器有万用表、交流毫伏表等。

#### 1. 万用表

万用表是最常用的电子测量仪器之一，用它可以对电压、电流和电阻等多种物理量进行测量，测量过程中可以根据所测物理量量值选择不同的量程。

##### 1) 电压、电流挡

万用表的内部组成从原理上分为两部分：即表头和测量电路。表头通常是一个直流微安表，它的工作原理可归纳为：“表头指针的偏转角与流过表头的电流成正比。”在设计电路时，只考虑表头的“满偏电流  $I_m$ ”和“内阻  $R_i$ ”值就够了。满偏电流是指表针偏转满刻度时流过表头的电流值，内阻则是表头线圈的铜线电阻。表头与各种测量电路连接就可以进行多种电量的测量。通常借助转换开关可以将表头与这些测量电路分别连接起来，可以组成一个万用表。

例如，在测量图 1-1-1 中  $R$  支路的电流和电压时，电压表在线路中的连接方法有两种可供选择，如图中的 1-1'点和 2-2'点。在 1-1'点时，电流表的读数为流过  $R$  的电流值，而电压表的读数不仅含有  $R$  上的电压降，而且含有电流表内阻上的

电压降, 因此电压表的读数较实际值为大; 当电压表在 2-2'处时, 电压表的读数为  $R$  上的电压降, 而电流表的读数除含有电阻  $R$  的电流外还含有流过电压表的电流值, 因此电流表的读数比实际值大。

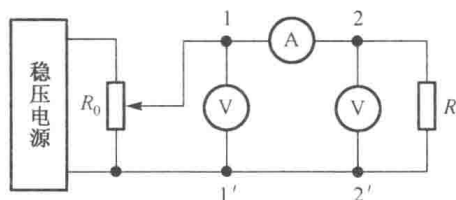


图 1-1-1 测量元件电压和电流量线图

显而易见, 当  $R$  的阻值比电流表的内阻大得多时, 电压表宜接在 1-1'处; 当电压表的内阻比  $R$  的阻值大得多时, 电压表的测量位置应选择 2-2'处。实际测量时, 某一支路的电阻常常是未知的, 因此, 电压表的位置可以用下面方法选定: 先分别在 1-1'和 2-2'两处试一试, 如果这两种接法电压表的读数差别很小, 甚至无差别, 即可接在 1-1'处。如果两种接法电流表的读数差别很小或无甚区别, 则电压表接于 1-1'处或 2-2'处均可。

在测量电压时, 红表笔接在电路的高电位, 黑表笔接在低电位; 测量电流时, 万用表要串联在电路中, 红表笔是电流流入端。

## 2) 欧姆挡

### (1) 原理说明。

电阻的测量是利用在固定电压下将被测电阻串联到电路时要引起电路中电流改变这一效应来实现的, 图 1-1-2 所示是一种最简单的欧姆表线路。

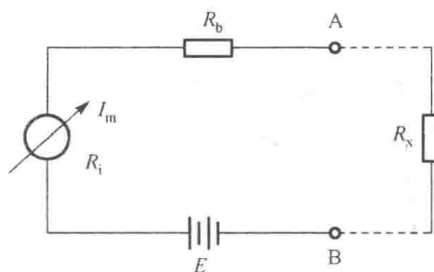


图 1-1-2 欧姆表测量原理图

它是将一只磁电式测量机构 (表头  $R_i$ )、限流电阻  $R_b$  和干电池 (电势为  $E$ ) 组合而成的, 若表头的满偏电流为  $I_m$ , 内阻为  $R_i$ , 接入被测电阻  $R_x$  后流过表头的电流  $I_x$  可表示为:



$$I_x = \frac{F}{(R_i + R_0) + R_x}$$

从这个公式可以看出，被测电阻  $R_x$  越小，电路的电流  $I_x$  越大；反之则越小。因此通过表头的电流值即可间接反映  $R_x$  的大小。

为了改变欧姆表的量程（即改变中值电阻的数值），通常的办法是给表头并联上一个分流电阻  $R_S$ 。电阻挡可以单独设计自己的分流电路，也可以和电流挡共用一个环流分流电路，这样不但节省元件还能简化电路计算，不过这时要使用转换开关把“调零”电阻  $R$  接入电路，就增加了电路设计上的困难。采用这种方法，中值电阻值也不能任意选用，它取决于电流挡量程数值和所用的电池电势  $E$  的大小。

### (2) 电阻伏安特性的测量。

电阻性元件的特性可用其端电压  $U$  与通过它的电流  $I$  之间的函数关系来表示，这种  $U$  与  $I$  的关系称为电阻的伏安关系。如果将这种关系表示在  $U-I$  平面上，则称为伏安特性曲线。

线性电阻元件的伏安特性曲线是一条通过坐标原点的直线，该直线斜率的倒数就是电阻元件的电阻值，如图 1-1-3 所示。由图可知线性电阻的伏安特性对称于坐标原点，这种性质称为双向性，所有线性电阻元件都具有这种特性。

半导体二极管是一种非线性电阻元件，它的阻值随电流的变化而变化，电压、电流不服从欧姆定律。半导体二极管的图形符号用“ $\text{—}\triangle\text{—}$ ”表示，其伏安特性曲线如图 1-1-4 所示。由图可见，半导体二极管的伏安特性曲线对于坐标原点是\*\*不对称的，具有单向性特点。因此，半导体二极管的电阻值随着端电压的大小和极性的不同而不同，当直流电源的正极加于二极管的阳极而负极与阴极连接时，二极管的电阻值很小，反之二极管的电阻值很大。

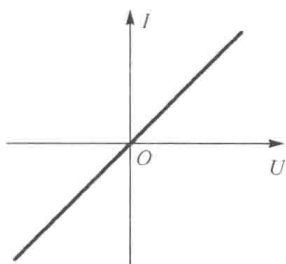


图 1-1-3 线性电阻的伏安特性曲线

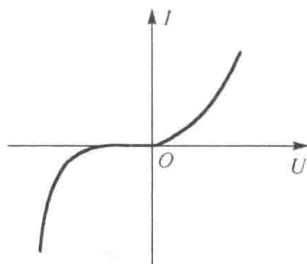


图 1-1-4 半导体二极管的伏安特性曲线

### 3) 测量误差的影响

在实际测量中，万用表在测量两点电压时，把测量表笔与这两点并联；测电

流时，应把该支路断开，把电流表串联接入此支路。因此要求电压表内阻为无穷大，而电流表内阻为零。但实际万用表都达不到这个理想程度，接入电路时，使电路状态发生变化。测量的读数与电路实际值之间产生误差。这种由于仪表的内阻引入的测量误差称为方法误差。这种误差值的大小与仪表本身内阻值的大小密切相关。

电压源能保持其端电压为恒定值且内部没有能量损失的电压源称为理想电压源。理想电压源实际上是不存在的，可以将理想电压源与电阻的串联组合作为实际电压源模型。显然，实际电压源的内阻越小，其特性越接近理想电压源。实验箱内直流稳压电源的内阻很小，当通过的电流在规定的范围内变化时，可以近似地当作理想电压源来处理。

测量误差的大小通常分为绝对误差和相对误差。绝对误差不能确切地反映测量的准确程度，绝对误差表示为： $\Delta x = x - x_0$ ，其中  $x$  为被测量的值， $x_0$  为实际值；相对误差是绝对误差与实际值的比值： $\gamma = \frac{\Delta x}{x_0} \times 100\%$ 。

电表的准确度是由“准确级”来说明的。我国生产的电表的准确级分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5 和 5.0 七级。准确级  $\alpha$  的定义是：

$$\alpha \leq 100 \Delta_m / \alpha_m$$

式中， $\Delta_m$  是电表的最大绝对误差， $\alpha_m$  是电表的量程。所以， $\alpha$  值越小，准确度越高。

### 三、实验内容

#### 1. 使用两种万用表欧姆挡对电阻进行测量

用万用表测量电阻参照表 1-1-1 进行。

表 1-1-1 用万用表测量电阻

	75k $\Omega$	43k $\Omega$	22k $\Omega$	2.2k $\Omega$	200 $\Omega$
指针表					
DT9205 数字表					

#### 2. 电压表内阻对测量结果的影响

按图 1-1-5 连线，分别测量两电阻上的电压，数据记录在表 1-1-2 中。将测量值与理论值比较并进行分析，从中得出结论。

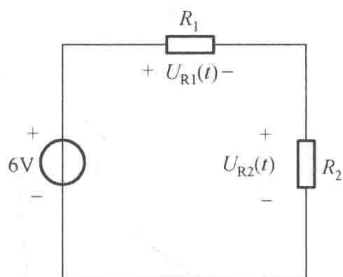


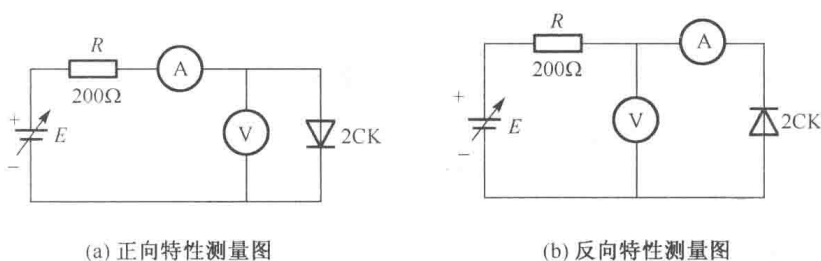
图 1-1-5 简单串联电路电压测试

表 1-1-2 记录测量数据表

	表量程	$R_1 = 75\text{k}\Omega$	$R_2 = 43\text{k}\Omega$	$I$
		$U_{R1}$	$U_{R2}$	mA
理论值				
数字表	20V			
指针表	10V 挡			
	2.5V 挡			

### 3. 半导体二极管伏安特性测量

选用 2CK 型普通半导体二极管作为被测元件，实验线路如图 1-1-6 所示。图中电阻  $R$  为限流电阻，用以保护二极管。在测量二极管反向特性时，由于二极管的反向电阻很大，流过它的电流很小，电流表应选用直流微安挡。



(a) 正向特性测量图

(b) 反向特性测量图

图 1-1-6 二极管伏安特性测量

#### 1) 正向特性

按图 1-1-6 (a) 接线，经检查无误后，开启直流稳压源，调节输出电压，使电流表读数分别为表 1-1-3 中的数值，对于每一个电流值测量出对应的电压值，记入表 1-1-3 中，为了便于作图，在曲线的弯曲部位可适当多取几个点。

表 1-1-3 二极管正向特性测量表

$I$ (mA)	0	0.001	0.01	0.1	1	3	10	20
$U$ (V)								

## 2) 反向特性

按图 1-1-6 (b) 接线, 经检查无误后, 接入直流稳压电源, 调节输出电压为表 1-1-4 中所列数值, 将测量所得相应的电流值记入表 1-1-4 中。

表 1-1-4 二极管反向特性测量表

$U$ (V)	0	5	10	15	20
$I$ ( $\mu$ A)					

## 4. 用电路仿真软件仿真以上实验内容

(略)

## 四、实验仪器与设备

- (1) 电工实验箱;
- (2) 指针式万用表;
- (3) 数字万用表。

## 五、实验注意事项

(1) 实验时, 稳压源输出端不可短路, 测量二极管正向特性时, 应注意电流表读数不可超过 25mA, 以免损坏。

(2) 进行不同实验时, 应先估算电压和电流值, 合理选择仪表及量程, 勿使仪表超量程, 并注意仪表的极性。

## 六、思考题

(1) 有一个线性电阻  $R=200\Omega$ , 用电压表、电流表测量电阻  $R$ , 已知电压表内阻  $R_V=10k\Omega$ , 电流表内阻  $R_A=0.2\Omega$ , 问电压表与电流表怎样接法其误差较小。

(2) 如何判断某一元件为线性电阻还是非线性电阻? 线性电阻与二极管的伏安特性有何区别?

(3) 万用表在测量直流电压或直流电流时, 红黑表笔所接元件两端位置不同

时，测量结果有什么不同，为什么？

(4) 利用万用表测量电阻时，在有源电路中完成测试和将电阻从电路中断开时测量结果有什么不同，为什么？

(5) 查阅资料，了解万用表的其他用途。

## 实验二 基尔霍夫定律

### 一、实验目的

- (1) 验证基尔霍夫定律，加深对 KCL、KVL 适用范围的认识；
- (2) 加深对电流参考方向、电压参考极性的认识；
- (3) 进一步熟悉采用万用表测量电压、电流的方法。

### 二、预习要求

- (1) 阅读仪器仪表使用手册，进一步熟悉使用万用表测量电压电流的方法。
- (2) 计算图 1-2-1、图 1-2-2 和图 1-2-3 所示电路中各支路电压及电流理论值。
- (3) 根据计算的理论值，选择合适的测量量程，并计算由此产生的误差。
- (4) 实验中，均未考虑电压源的内阻，这样做是否合理？说明理由。

### 三、实验原理

#### 1. 实验原理

基尔霍夫定律是适用于集总参数电路的基本定律，具有普遍性。无论是线性电路还是非线性电路，无论是时变电路还是非时变电路，在任一瞬间测出电路中的各支路电流及各支路电压都应符合上述定律。它包括以下两个方面的内容。

#### 1) 基尔霍夫电流定律（简称 KCL）

任何集总参数电路中，在任意时刻，流入（或流出）任一结点（或封闭面）的电流的代数和恒等于零。假设流过结点的  $n$  条支路中第  $k$  条支路电流用  $i_k$  表示，则 KCL 可表示为：

$$\sum_{k=1}^n i_k = 0$$

对电路某结点列写 KCL 方程时，流出该结点的支路电流取正号，流入该结点的支路电流取负号。KCL 不仅适用于结点，也适用于任何假想的封闭面，即流出

(或流入)任一封闭面的全部支路电流代数和等于零。

## 2) 基尔霍夫电压定律 (简称 KVL)

对于任何集总参数电路的任一回路,在任一时刻,沿该回路全部支路电压的代数和等于零。假设某一回路上的  $n$  条支路中第  $k$  条支路电压用  $u_k$  表示,则 KVL 可表示为:

$$\sum_{k=1}^n u_k = 0$$

在列写回路 KVL 方程时,应指定回路的绕行方向,参考方向与回路绕行方向相同的支路电压取正号,与绕行方向相反的支路电压取负号。

## 2. 实验说明

当实际电路较复杂时,很难直接判断电路各支路电压电路的真实方向,须先设定各电压和电流的参考方向或极性(一般可采用关联参考方向)。测量时,万用表的表笔必须按预先设定的参考方向接入电路,若显示数值为正,说明设定的参考方向与实际电路电流方向或电压的极性一致,否则就是相反的。

# 四、实验内容

## 1. 验证基尔霍夫定律

(1) 根据图 1-2-1、图 1-2-2 和图 1-2-3 所示的实验电路原理图,在实验箱内组装相应的电路。实验前任意设定各支路的电流参考方向,可采用如图中所示方向。

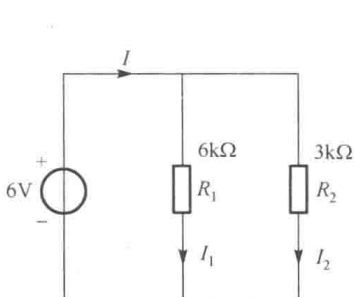


图 1-2-1 简单并联电路测量图

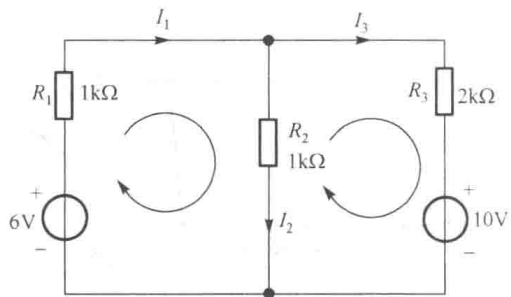


图 1-2-2 混联电路测量图

(2) 检查组装的电路无误后将直流稳压电源接入电路,调节直流稳压电源的电压值。

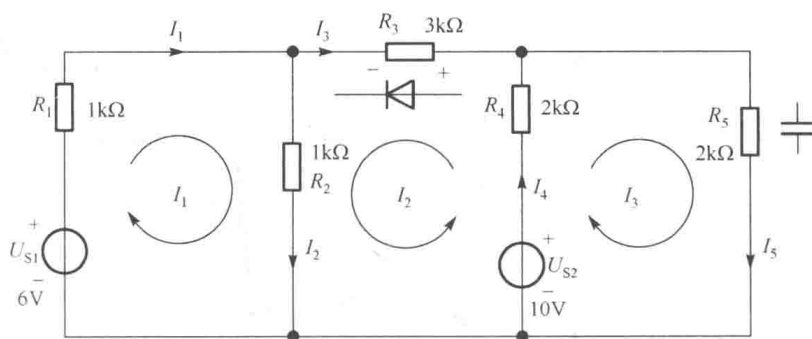


图 1-2-3 电压、电流测试图

(3) 用万用表的电流挡测量电路中的电流, 将结果记录在表 1-2-1、表 1-2-2 和表 1-2-3 内。测量时, 直流表应串联在各支路中(注意直流毫安表的“+、-”极与电流的参考方向)。对于每个回路验证基尔霍夫电流定律。

表 1-2-1 图 1-2-1 的电流测量表

被测量	$I_1$	$I_2$	$I_3$
理论值			
测量值			
绝对误差			
相对误差			

表 1-2-2 图 1-2-2 的电压、电流测量表

被测量	$I_1$ (mA)	$I_2$ (mA)	$I_3$ (mA)	$U_{R1}$ (V)	$U_{R2}$ (V)	$U_{R3}$ (V)
计算量						
测量值						
相对误差						

表 1-2-3 图 1-2-3 的电压、电流测量表

	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$	$U_5$	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$
内容 1										
内容 2										

(4) 用数字万用表分别测量各电阻元件上的电压值, 记录在表格内。对于电路中的每个节点验证基尔霍夫电压定律。

## 2. 基尔霍夫定律的适用性分析

将图 1-2-3 电路中的  $R_3$  换成二极管,  $R_5$  换成  $10\mu\text{F}$  电容 (实验箱中  $C_1$ ), 此时电路是非线性的, 重复上述实验步骤, 将结果填入表格中, 看是否满足基尔霍夫定律。

## 3. 用 EWB 软件仿真上述实验内容, 并进行数据比较

(略)

## 五、实验仪器与设备

(1) 电路分析实验箱;

(2) 数字万用表。

## 六、实验注意事项

(1) 在测量各支路电流和电压时, 应预先设定好各支路的电压和支路电流的参考方向及参考极性。

(2) 二极管符号为  $\begin{matrix} + \\ \text{—} \\ \text{—} \\ \text{—} \\ \text{—} \\ \text{—} \\ \text{—} \\ \text{—} \\ \text{—} \\ \text{—} \\ - \end{matrix}$ , 它是一种半导体元件, 它的基本特征是单向导电。接电路时务必让其正向导通, 即正极接高电位结点, 负极接低电位结点。

(3) 为减少测量中的系统误差, 稳压电源输出电压以用数字万用表测量为准。

## 实验三 叠加原理

### 一、实验目的

- (1) 验证叠加原理的内容, 加深理解电路中的电流、电压的参考方向;
- (2) 学会正确使用电压表和电流表的测试方法;
- (3) 提高分析检查电路故障的能力。

### 二、预习要求

- (1) 掌握叠加原理, 掌握叠加原理的使用前提和应用范围。
- (2) 按照实验内容测试电路参数并进行理论计算。



### 三、实验原理

叠加原理是反映线性电路基本性质的一个重要原理，利用这个原理可以简化电路的分析和计算，特别应当指出的是叠加原理只适用于线性电路，只能用来计算电流和电压，不能计算功率。

电路的参数不随外加电压及通过其中的电流而变化，即电压和电流成正比的电路，叫作线性电路。在线性电路中，每一元件上的电压或电流可看成是每一独立源单独作用在该元件上所产生的电压或电流的代数和。由此可以得出一个推理：即当独立电源增加或减小  $K$  倍时，由其在各元件上产生的电压或电流也增加或减小  $K$  倍，这就是线性电路的比例性。

叠加原理不仅适用于线性直流电路，也适用于线性交流电路。为了测量方便，我们用直流电路来验证它。叠加原理可简述如下：在线性电路中，任一支路中的电流（或电压）等于电路中各个独立源分别单独作用时在该支路中产生的电流（或电压）的代数和，所谓一个电源单独作用是指除了该电源外其他所有电源的作用都去掉，即理想电压源所在处用短路代替，理想电流源所在处用开路代替，如图 1-3-1 所示，但保留它们的内阻，电路结构也不做改变。

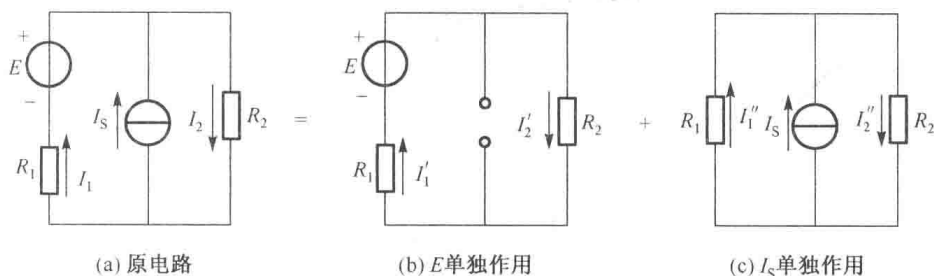


图 1-3-1 叠加原理测试原理图

由于功率是电压或电流的二次函数，因此叠加原理不能用来直接计算功率。例如在图 1-3-2 中，阐明叠加方法在功率计算中应注意的问题。

$$I_1 = I'_1 - I''_1$$

$$I_2 = -I'_2 + I''_2$$

$$I_3 = I'_3 + I''_3$$

显然

$$P_{R_1} \neq (I'_1)^2 R_1 + (I''_1)^2 R_1$$