

高等职业院校规划教材

# 电工电子实验教程

熊幸明 主 编  
李旭华 张跃勤 副主编

清华大学出版社



高等职业院校规划教材

# 电工电子实验教程

熊幸明 主编

李旭华 张跃勤 副主编

清华大学出版社

北京

## 内 容 简 介

全书共6章,包括电路基础实验、模拟电路实验、数字电路实验、电气控制技术实验、可编程控制器技术实验、常用电子仪器简介等。实验内容及难易程度覆盖了不同层次的需求,各任课教师可灵活选用。每门课程实验分为验证性、设计性和综合性三种类型,旨在使学生在学习相应理论课程的基础上,掌握实验方法和实验技能,培养和提高其应用能力和设计能力,训练和增强科学的思维方式和综合素质。

本书可作为应用型本科、高职高专和各类成人教育电类专业“电路分析”、“模拟电路”、“数字电路”、“电气控制技术”、“可编程控制器技术”课程实验教材,也可供从事电工电子技术应用与开发的科研人员和工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

电工电子实验教程/熊幸明主编. —北京:清华大学出版社,2008.8

高等职业院校规划教材

ISBN 978-7-302-17845-3

I. 电… II. 熊… III. ①电工技术—实验—高等学校:技术学校—教材 ②电子技术—实验—高等学校:技术学校—教材 IV. TM-33 TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第085169号

责任编辑:刘青

责任校对:袁芳

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:18.5

字 数:411千字

版 次:2008年8月第1版

印 次:2008年8月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:025539-01

本书根据教育部高等院校电类专业教学大纲要求,结合面向 21 世纪课程教材编写。内容包括电路基础实验、模拟电路实验、数字电路实验、电气控制技术实验、可编程控制器技术实验、常用电子仪器简介等。

本书根据应用型人才培养的特点,配合相应课程基础理论教学编排了相关知识的实验实践内容,既有基础验证类实验,又有提高设计类实验;既有计算机仿真虚拟实验,又有实验室实际操作实验。其中设计性和综合性实验占总实验数量的 70% 以上,各专业可根据教学计划灵活选择。本书目的在于将理论教学与实验各环节有机地结合起来,加深学生对基础理论的理解,加强学生基本设计能力和实践能力的训练,全面提升学生的理论水平和实验、实践综合能力。

本书由熊幸明担任主编,李旭华、张跃勤担任副主编(以姓氏笔画为序)。参加本书编写工作的有:李旭华(第 1 章实验一、六、七、九、十二~十四、十六;第 2 章实验一~三、八~十一、十八;第 6 章),雷敏(第 1 章实验二~五、八、十、十一、十五、十七~十九),郭民利(第 2 章实验四~七、十二~十七),俞斌(第 3 章实验一、四、六、九~十二),张跃勤(第 3 章实验二、三、五、七、八、十三~十七),熊幸明(第 4 章;第 5 章实验一~十;附录等),石成钢(第 5 章实验十一~十六)。邓居祁、张丹、包艳、殷科生、张文希等提供了部分资料,并对一些实例进行了测试验证。

本书是湖南省教育厅立项项目(湘教通[2007]230 号,序号:156)成果。在本书编写过程中,得到了湖南省高校电子技术教学研究会和长沙学院、湖南工学院的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请各位读者提出宝贵意见。

编者

<b>第 1 章 电路基础实验</b> .....	1
实验一 常用电子仪器使用 .....	1
实验二 基尔霍夫定律 .....	5
实验三 叠加原理和互易定理 .....	7
实验四 戴维南定理和最大功率传输 .....	9
实验五 直流电路的网孔电流分析法 .....	14
实验六 线性有源二端网络等效参数测量 .....	17
实验七 磁电系表头应用设计 .....	19
实验八 一阶电路响应研究 .....	21
实验九 一阶电路三要素分析法(虚拟实验) .....	24
实验十 二阶电路的阶跃响应 .....	28
实验十一 日光灯电路设计及功率因数提高 .....	30
实验十二 RLC 串联电路谐振特性研究 .....	33
实验十三 三相交流电路研究 .....	36
实验十四 无源二端网络参数测量 .....	38
实验十五 双口网络的等效电路测试 .....	41
实验十六 互感线圈参数测量 .....	44
实验十七 三表法测量交流电路等效参数 .....	45
实验十八 负阻抗变换器及其应用 .....	49
实验十九 非线性电路研究 .....	53
<b>第 2 章 模拟电路实验</b> .....	57
实验一 三极管基本应用电路测试 .....	57
实验二 单级阻容耦合放大器设计与调试 .....	59
实验三 晶体管放大器仿真 .....	64
实验四 负反馈放大器研究 .....	68
实验五 集成功率放大器设计与研究 .....	71



实验六	差动放大器设计与研究 .....	75
实验七	集成运算放大器及其应用 .....	77
实验八	有源滤波电路仿真 .....	82
实验九	比例求和运算电路研究 .....	84
实验十	模拟运算电路设计与研究 .....	87
实验十一	方波—三角波发生器设计与研究 .....	92
实验十二	锯齿波发生器设计 .....	96
实验十三	RC 正弦振荡器设计与调试 .....	98
实验十四	LC 正弦振荡器设计与调试 .....	100
实验十五	电压—频率转换电路设计 .....	102
实验十六	集成直流稳压电源设计与调试 .....	104
实验十七	函数信号发生器组装与调试 .....	106
实验十八	运算放大器组成万用表的设计与调试 .....	109
<b>第 3 章</b>	<b>数字电路实验 .....</b>	<b>113</b>
实验一	基本门电路逻辑功能测试及组合逻辑电路分析 .....	113
实验二	TTL 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试 .....	116
实验三	三态门和 OC 门研究 .....	121
实验四	组合逻辑电路设计与测试 .....	126
实验五	编码器与译码器研究 .....	128
实验六	触发器及其应用 .....	135
实验七	数据选择器研究 .....	137
实验八	移位寄存器研究 .....	142
实验九	计数器的应用 .....	148
实验十	多谐振荡器与单稳触发器设计 .....	150
实验十一	抢答器设计 .....	152
实验十二	交通灯控制电路设计 .....	157
实验十三	数字频率计设计 .....	160
实验十四	555 时基电路及应用 .....	165
实验十五	D/A、A/D 转换器及应用 .....	170
实验十六	$3\frac{1}{2}$ 位直流数字电压表设计 .....	176
实验十七	数字电子钟设计 .....	182
<b>第 4 章</b>	<b>电气控制技术实验 .....</b>	<b>186</b>
实验一	常用低压控制电器认识与拆装训练 .....	186
实验二	三相异步电动机定子串电阻降压启动控制 .....	188
实验三	三相异步电动机 Y- $\Delta$ 降压启动控制 .....	191

实验四	按时间原则控制的电动机反接制动 .....	194
实验五	按速度原则控制的电动机反接制动 .....	196
实验六	工作台自动往复循环控制 .....	199
实验七	带变压器单向能耗制动控制 .....	201
实验八	无变压器单向能耗制动控制 .....	204
实验九	电动机顺序启、停控制 .....	207
实验十	电动葫芦控制 .....	209
<b>第 5 章</b>	<b>可编程控制器技术实验 .....</b>	<b>213</b>
实验一	基本指令练习 .....	213
实验二	定时器、计数器实验 .....	215
实验三	编程软件及编程器使用练习 .....	216
实验四	跳转、分支实验 .....	219
实验五	数据控制功能实验 .....	221
实验六	电动机正、反转控制程序设计 .....	222
实验七	电动机 Y- $\Delta$ 降压启动控制程序设计 .....	224
实验八	抢答器程序设计 .....	226
实验九	彩灯控制程序设计 .....	228
实验十	运料小车控制程序设计 .....	230
实验十一	料箱料位检测及声光报警程序设计 .....	232
实验十二	红绿灯控制程序设计 .....	234
实验十三	液体混合控制程序设计 .....	235
实验十四	混料罐控制程序设计 .....	237
实验十五	LED 数码显示实验 .....	239
实验十六	传输实验 .....	240
<b>第 6 章</b>	<b>常用电子仪器简介 .....</b>	<b>242</b>
6.1	直流稳压电源 .....	242
6.1.1	面板布置及说明 .....	242
6.1.2	使用方法 .....	243
6.2	函数信号发生器 .....	244
6.2.1	面板布置及说明 .....	244
6.2.2	使用方法 .....	246
6.2.3	注意事项 .....	247
6.3	晶体管毫伏表 .....	247
6.3.1	面板布置及说明 .....	248
6.3.2	使用方法 .....	249
6.4	示波器 .....	250

6.4.1	模拟示波器 .....	250
6.4.2	数字存储示波器 .....	254
6.5	万用表 .....	258
6.5.1	模拟万用表 .....	258
6.5.2	数字万用表 .....	260
<b>附录 A 常用电子元器件型号及主要参数 .....</b>		<b>263</b>
<b>附录 B 常用模拟集成电路和数字集成电路外引出端排列图 .....</b>		<b>278</b>
<b>参考文献 .....</b>		<b>286</b>



## 电路基础实验

## 实验一 常用电子仪器使用

## 一、实验目的

1. 熟悉示波器面板上各主要开关、旋钮的作用。
2. 学习用示波器测量波形的周期、频率和相位等。
3. 了解信号发生器面板上各主要开关、旋钮的作用。
4. 了解直流稳压电源、晶体管毫伏表的使用。

## 二、实验原理

实验室常用的电子仪器有示波器、低频信号发生器、直流稳压电源、晶体管毫伏表、数字式(或指针式)万用表等,在实际电路中的应用关系如图 1.1 所示。

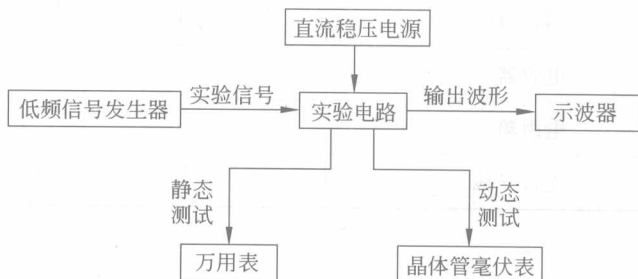


图 1.1 常用电子仪器

各种仪器的作用如下：

- (1) 直流稳压电源。为电路提供能源。
- (2) 低频信号发生器。为电路提供各种频率和幅度的输入信号。

(3) 示波器。一种用于科学实验和工业生产的多功能综合测试仪器,不仅能直接地观测被测信号波形,而且能测量信号的峰值、频率、相位,显示器件的伏安特性曲线等。如果示波器内部锯齿波发生器工作,Y通道加被测信号,此时示波器工作状态称为 Y-t

工作方式,荧光屏显示被测波形。如果示波器内部锯齿波发生器不工作,在 X 通道和 Y 通道同时外加信号,此时示波器状态称为 Y-X 工作方式,在电路实验中常利用这种方式显示器件的伏安特性曲线。

(4) 晶体管毫伏表。用于测量电路输入、输出信号电压的有效值。

(5) 数字式(或指针式)万用表。用于测量电路的电压、电流以及电阻阻值等参数。

### 三、实验器材

实验所用仪器设备见表 1.1。

表 1.1 实验所用仪器设备

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	通用电学实验箱(台)		1	
2	直流稳压电源		1	
3	信号发生器		1	
4	双踪示波器	0~20MHz	1	
5	晶体管毫伏表		1	
6	万用表		1	

实验所用器材见表 1.2。

表 1.2 实验所用器材

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	电容器		1	
2	电阻箱		1	
3	连接导线		若干	

### 四、实验内容及步骤

#### 1. 稳压电源的使用

(1) 接通实验箱(台)电源,调节“电压细调”电位器,使两路电源分别输出+6V 和 +15V(表头指示),用数字式(或指针式)万用表 DCV 相应量程测量输出电压的值。

(2) 如电路要求负电压,则电源输出的“+”(红)插座接电路的公共地,“-”(黑)插座接电路的另一个输入端。

## 2. 低频信号发生器的使用

(1) 信号发生器输出频率的调节方法。“波形选择”如为“~”，则输出波形为正弦波；按下“频率选择”1、10、100、1k、10k、100k、1M中的1个按钮，如“1k”，则左边的频率指示表“kHz”上面红灯亮；如选择“1~100”按钮，则“Hz”上的红灯亮。调节“频率粗调”电位器至1kHz左右，再调“频率细调”电位器使频率显示1kHz(末尾数跳动是正常现象)。

(2) 信号发生器输出幅度的调节方法。在信号发生器右下角有一个“幅度调节”电位器，调节它可以使信号幅度在一定范围内变化。要得到小信号，可以按“输出衰减”按钮-40dB，再调节“幅度调节”电位器，需要的值可用毫伏表测出。

(3) 信号发生器与毫伏表的使用。将信号发生器频率调到1kHz，由“波形输出”端输出至晶体管毫伏表(用10V挡)，调节“幅度调节”电位器，使毫伏表指示为5V。分别置输出衰减按钮于-20dB、-40dB，重置毫伏表量程，读取数据记入表1.3中。

表 1.3 毫伏表测量的数据

输出衰减	毫伏表量程	表头指示值
不衰减	10V	5V
-20dB		
-40dB		

## 3. 示波器的使用

### (1) 熟悉示波器面板上各主要开关、旋钮的作用

使用前需进行检查与校准。先将面板各键置于如下位置：“通道选择”开关置于CH1(或CH2)，“极性”和“内触发”开关置于常态，“DC、⊥、AC”开关置于“AC”，“高频、常态、自动”开关置于“自动”位置，“V/div”开关置于“0.5V/div”挡，“微调”置于“校准”位置，“t/div”开关置于“1ms/div”，然后用同轴电缆将标准信号输出端与CH1通道的输入端相连接。开启电源，示波器应显示幅度为1V，周期为1mm的方波。调节“辉度”、“聚焦”各旋钮，使屏幕上观察到的波形细而清晰，调节“亮度”旋钮于适中位置，调“上下”、“左右”位置旋钮，使波形在屏幕的中间位置。

### (2) 测量信号的幅值、周期或频率

按图1.2接线，观察信号发生器输出的正弦波并用示波器测量其电压幅值、周期和频率，记录测量数据。

#### ① 交流信号电压幅度值的测量

使低频信号发生器信号频率为1kHz，表头指示为5V(毫伏表测出)，适当选择“V/div”开关位置，使在示波器屏幕上能观察到完整、稳定的正弦波，则此时“V/div”开关的刻度值为屏幕上纵向坐标每格的电压伏特数。根据被测波形在纵向高度所占格数便可读出电压数值，将信号发生器的分贝衰减器置于表1.3中要求的位置并测出其结果，记入表1.4中(注意：若使用10:1探头，应将本身

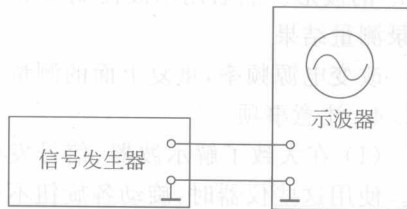


图 1.2 示波器与信号发生器的连接

的衰减量考虑进去)。

表 1.4 信号幅值测量

输出衰减	0	-20	-40
表头指示			
示波器(V/div)开关位置			
峰—峰波形高度			
峰—峰电压 $U_{pp}/V$			
电压有效值/V			

② 交流信号频率的测量

将示波器扫描速率中的“微调”旋钮置于校准位置,在预先校正好的条件下,“t/div”开关的刻度值表示屏幕横向坐标每格所示的时间值。根据被测信号波形在横向所占的格数直接读出信号的周期,若要测频率,只需将被测的周期求出即可。如表 1.5 所示,频率由信号发生器显示,用示波器测出周期,再计算频率,并将所测结果与已知频率进行比较。

表 1.5 信号频率测量

信号频率/kHz	1	5	10	50
扫描速率开关位置(t/div)				
一个周期占有水平格数				
信号频率 $f=1/T$				

除上面方法外,还可用李沙育图测定信号频率,读者可参考有关资料。

(3) 同频率信号相位差的测量

按图 1.3 接线,由正弦信号发生器输出一给定电压,用示波器 Y-t 工作方式观察电容器端电压和流过电容器的电流  $i_c$  波形。图中  $r$  为取样电阻,  $u_r$  的波形即  $i_c$  的波形。然后用示波器测量  $u_c$  和  $i_c$  的相位差并记录测量结果。

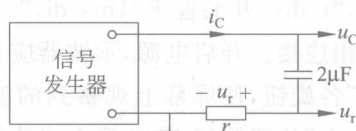


图 1.3 信号发生器输出的接线

改变电源频率,重复上面的测量。

4. 注意事项

(1) 在大致了解示波器、信号发生器的使用方法以及各旋钮的作用之后,再动手操作。使用这些仪器时,旋转各旋钮不要用力过猛。

(2) 用示波器观察信号发生器波形时,两个仪器的公共地线应接在一起,以免引进干扰信号。

五、实验报告要求

1. 记录用示波器所测得的各波形,标明被测信号的幅值和频率等。

2. 总结用示波器测量信号电压的幅值、频率和两个同频率信号相位差的步骤和方法。

## 六、思考题

1. 如果一台正常工作的示波器测量正弦波信号时,在荧光屏上观察到的图形如图 1.4 所示,应调节什么旋钮,方能在示波器上观察到稳定的正弦波?

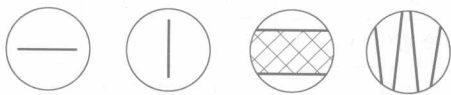


图 1.4 示波器的输出波形

2. 在图 1.3 中,为了测量流过电容的电流  $i_c$ ,电路中串联了一个小电阻  $r$ ,为什么?

## 实验二 基尔霍夫定律

### 一、实验目的

1. 验证基尔霍夫定律的正确性,加深对基尔霍夫定律的理解。
2. 学会使用电流插头、插座测量各支路电流。

### 二、实验原理

基尔霍夫定律是电路的基本定律。测量某电路的各支路电流及每个元件两端的电压,应能分别满足基尔霍夫电流定律(KCL)和基尔霍夫电压定律(KVL)。

基尔霍夫电流定律表述如下:在任一时刻,对电路中的任一个节点而言,流入该节点的电流之和恒等于流出该节点的电流,即  $\sum I=0$  或  $\sum i_{\text{入}} = \sum i_{\text{出}}$ 。

基尔霍夫电压定律表述如下:在任一时刻,沿着电路中任一回路,所有支路电压的代数和恒等于零,即  $\sum U=0$ 。

运用上述定律时,必须注意各支路或闭合回路中电流的正方向,此方向可预先任意设定。

实验电路如图 1.5 所示。

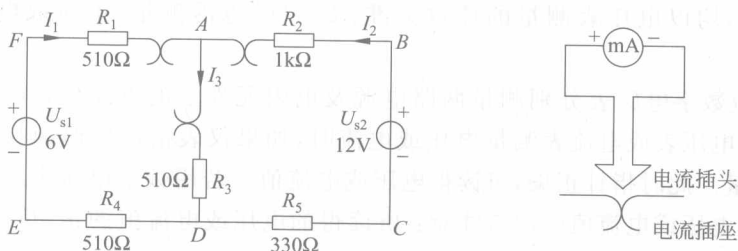


图 1.5 基尔霍夫定律实验电路

### 三、实验器材

实验所用仪器设备见表 1.6。

表 1.6 实验所用仪器设备

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	通用电学实验箱(台)		1	
2	直流可调稳压电源	0~30V	两路	
3	万用表		1	
4	直流数字电压表	0~200V	1	

实验所用器材见表 1.7。

表 1.7 实验所用器材

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	电阻	1k $\Omega$ /0.25W	1	$R_2$
2	电阻	510 $\Omega$ /0.25W	3	$R_1$ 、 $R_4$ 、 $R_5$
3	电阻	330 $\Omega$ /0.25W	1	$R_3$
4	连接导线		若干	

### 四、实验内容及步骤

1. 按图 1.5 在实验箱(台)上搭接电路。实验前,先任意设定三条支路和三个闭合回路的电流正方向。图中  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$  的方向已设定,三个闭合回路的电流正方向可设为 ADEFA、BADCB 和 FBCEF。

2. 分别将两路直流稳压源接入电路,令  $U_1=6\text{V}$ ,  $U_2=12\text{V}$ 。

3. 了解电流插头的结构,将电流插头的两端接至数字毫安表的“+、-”两端。

4. 将电流插头分别插入三条支路的三个电流插座中,读出并记录电流值。所有需要测量的电压值,均以电压表测量的读数为准。 $U_1$ 、 $U_2$  也需测量,不应取电源本身的显示值。

5. 用直流数字电压表分别测量两路电源及电阻元件上的电压值,并记录在表 1.8 中。用指针式电压表或电流表测量电压或电流时,如果仪表指针反偏,则必须调换仪表极性,重新测量。此时指针正偏,可读得电压或电流值。若用数字电压表或电流表测量,则可直接读出电压或电流值。但应注意:所读得的电压或电流值的正、负极性应根据设定的电流参考方向来判断。



表 1.8 基尔霍夫定律的验证

被测量	$I_1/\text{mA}$	$I_2/\text{mA}$	$I_3/\text{mA}$	$U_1/\text{V}$	$U_2/\text{V}$	$U_{FA}/\text{V}$	$U_{AB}/\text{V}$	$U_{AD}/\text{V}$	$U_{CD}/\text{V}$	$U_{DE}/\text{V}$
测量值										
计算值										
相对误差										

6. 实验时,注意防止稳压电源的两个输出端碰线短路。

## 五、实验报告要求

1. 根据实验数据,选定节点 A,验证 KCL 的正确性。
2. 根据实验数据,选定实验电路中任一个闭合回路,验证 KVL 的正确性。
3. 将支路和闭合回路的电流方向重新设定,重复 1、2 两项验证。
4. 分析产生误差的原因。
5. 心得体会及其他。

## 六、思考题

1. 根据图 1.5 的电路参数,计算出待测的电流  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$  和各电阻上的电压值,记入表 1.8 中,以便实验测量时,可正确地选定毫安表和电压表的量程。
2. 若用指针式万用表直流毫安挡测各支路电流,在什么情况下会出现指针反偏? 应如何处理? 若用数字表进行测量,会有什么显示呢?

# 实验三 叠加原理和互易定理

## 一、实验目的

1. 验证线性电路叠加原理的正确性,加深对线性电路叠加性和齐次性的认识和理解。
2. 验证线性电路互易定理的正确性,加深对线性电路互易定理的认识和理解。

## 二、实验器材

实验所用设备与器材见表 1.9。

表 1.9 实验所用设备与器材

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	通用电学实验箱(台)		1	
2	直流稳压电源	0~30V 可调	两路	
3	万用表		1	
4	直流数字电压表	0~200V	1	
5	直流数字毫安表	0~200mA	1	
6	电阻	待选	若干	

### 三、设计要求与提示

#### 1. 设计要求

根据实验要求设计电路及表格,以验证叠加原理与互易定理的正确性。

叠加原理指出:在有多多个独立源共同作用下的线性电路中,通过每一个元件的电流或其两端的电压,可以看成是由每一个独立源单独作用时在该元件上所产生的电流或电压的代数和。

互易定理指出:对于线性电阻电路,在只有一个激励源作用的情况下,当激励和响应互换位置时,同一激励所产生的响应相等。

#### 2. 设计提示

(1) 叠加原理可参考的电路如图 1.6 所示。

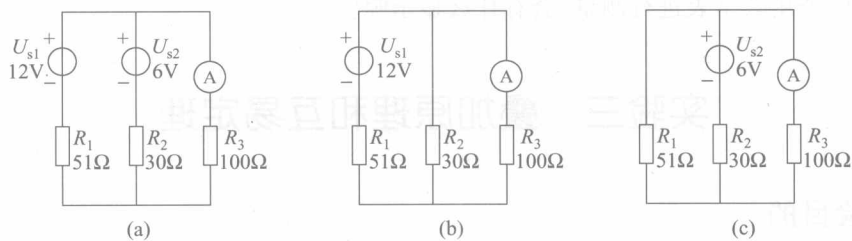


图 1.6 叠加原理

(2) 互易定理的形式有三种,可供参考的电路如图 1.7 所示,其余两种形式请自行设计。

### 四、注意事项

1. 用电流插头测量各支路电流,或者用电压表测量电压降时,应注意仪表的极性,正确判断测得值的+、-极性,将数据记入自行设计的表格中。
2. 注意仪表量程的及时转换。

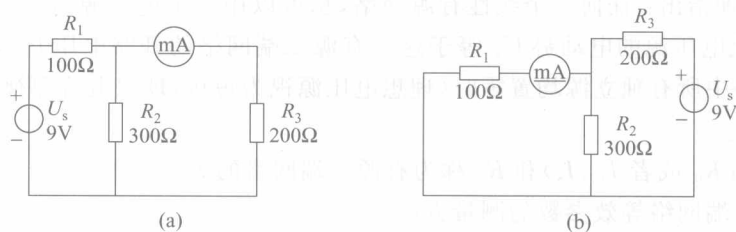


图 1.7 互易定理

## 五、实验报告要求

1. 根据实验数据进行分析、比较,归纳总结实验结论,即验证线性电路的叠加性与互易性。
2. 各电阻器所消耗的功率能否用叠加原理计算得出?试用实验数据进行计算并得出结论。
3. 心得体会及其他。

## 六、思考题

1. 在叠加原理实验中,若令  $U_1$ 、 $U_2$  分别单独作用,应如何操作?可否直接将不作用的电源( $U_1$  或  $U_2$ )短接置零?
2. 实验电路中,若将一个电阻器改为二极管,试问叠加原理的叠加性与齐次性是否还成立?为什么?

# 实验四 戴维南定理和最大功率传输

## 一、实验目的

1. 验证戴维南定理的正确性,加深对戴维南定理的理解。
2. 掌握负载获得最大传输功率的条件。
3. 了解电源输出功率与效率的关系。

## 二、实验原理

### 1. 戴维南定理

任何一个线性含源网络,如果仅研究其中一条支路的电压和电流,则可将电路的其余部分看作是一个有源二端网络(或称为含源一端口网络)。