

164

TM-33  
L356

高等医药院校教材

(供医药院校本科各专业及其他本、专科院校的电子类专业使用)

总 主 编 周巨贵  
副总主编 刘晓勤 文民刚

# 电工与电子技术实验教程

李伟鹏 主编

科学出版社

2002

## 内 容 简 介

本书涵盖了《电路分析基础》、《模拟电子技术》、《数字电子技术》等几门电子类基础课的实验内容,分为5篇12章,包括基础实验、仿真实验、综合实验、常用仪器使用简介、EDA软件使用简介、常用电子元器件使用知识简介等部分。内容全面,知识面广,适于医药院校生物医学工程专业、临床医学专业、医学影像学专业、医学实验技术专业和其他本、专科院校的有关专业使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术实验教程/李伟鹏主编. —北京:科学出版社,2002.6

高等医药院校教材

ISBN 7-03-010261-4

I. 电… II. 李… III. ①电工技术-实验-医药院校-教材②电子技术-实验-医药院校-教材 IV. ①TM-33②TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第015336号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2002年6月第 一 版	开本:787×1092 1/16
2002年6月第一次印刷	印张:18 1/4
印数:1-4 000	字数:440 000

定价:27.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

## 高等医药院校教材

总主编 周巨贵

副总主编 刘晓勤 文民刚

## 电工与电子技术实验教程

主 编 李伟鹏

副主编 陈小燕 赵为民

编 者 刘娅琴 于晓宝

王华峰 王 琦

# 前 言

实验是教学实践过程中的重要环节,是理论联系实际的基础,是培养学生具有开创性思维的关键步骤,是提高学生实际动手能力的具体措施。为深化以“更新教育观念、转变教育思想、强化素质教育、注重能力培养”为中心的教学改革,我校在国家教育部“面向 21 世纪教学内容与课程体系改革”课题的带动下,经过多年的大胆创新、精心组织、反复实践,对电工与电子技术类课程及其实验进行了深入细致的改革,提出适合我国高等院校生物医学工程专业实验教学的基本思路,实现了教学体系科学化、教学内容系统化、实践手段先进化,加强了对学生独立思维和动手能力的训练,注重对学生获取知识与灵活运用知识的培养。

本书具有以下特点:

(1) 本书涵盖《电路分析基础》、《模拟电子技术》、《数字电子技术》等几门电子类基础课的实验内容,知识面广,有利于培养学生掌握课程之间的内在联系,符合电子技术实验教学要求。

(2) 本书分为实际操作实验、仿真实验以及综合实验三大部分。实际操作实验主要训练学生基本的实验技能,帮助学生掌握基本的测试方法,提高学生的动手能力;仿真实验主要是利用先进的计算机网络平台技术,以设计性实验为主,引导学生掌握设计电路的基本方法,以提高学生的思维能力,巩固所学的理论知识;综合实验主要是让学生通过第一、第二部分的训练,理论联系实际,能够综合运用所学知识,进行小型电路的系统设计,以提高学生分析问题和解决问题的能力。

(3) 增加了 Electronics Workbench 5.0c 的使用指南,以便让学生尽快掌握先进的计算机仿真技术。Electronics Workbench 5.0c 是目前国际上最新的电子类仿真平台,它提供了模拟和数字电路的虚拟实验环境,且采用了和真实实验室一致的可视化界面,软件种类和组合方式都十分方便于教学。

(4) 本书构思新颖,内容编排上注重承前启后,循序渐进,以及硬件实验与仿真实验的互补性。

在编写本书的过程中,得到了陈武凡教授和李树祥教授的大力支持和帮助,张民英高级工程师也结合自己几十年的实验教学经验,给本书提出了许多宝贵意见和建议,张增坤、徐现通工程师在数据验证方面也给予了积极配合,在此表示最诚挚的谢意。

由于我们的水平有限,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2002 年 3 月

# 目 录

前言

## 第 1 篇 基础实验

<b>第 1 章 电路基础实验</b> .....	1
1.1 焊接的基本知识与练习 .....	1
1.2 元件伏安特性的测试 .....	3
1.3 电路定理的验证 .....	5
1.4 有源二端网络端口特性的测试 .....	8
1.5 受控源特性的研究.....	12
1.6 一阶 RC 电路时域响应的研究.....	15
1.7 微积分电路的设计.....	19
1.8 二阶电路频域响应的测试.....	20
1.9 日光灯电路的原理及功率因数的提高.....	23
<b>第 2 章 模拟电子技术实验</b> .....	27
2.1 常用电子仪器的使用.....	27
2.2 晶体管主要参数的测试.....	30
2.3 晶体管单管电压放大器.....	36
2.4 电流串联负反馈放大器.....	41
2.5 射极跟随器.....	45
2.6 差动放大器.....	48
2.7 集成运算放大器的基本应用.....	52
2.8 电压比较器.....	56
2.9 单管电压放大器的设计.....	59
<b>第 3 章 数字电路基础实验</b> .....	65
3.1 集成逻辑门及其应用.....	65
3.2 译码器与数据选择器.....	70
3.3 集成触发器的基本应用.....	76
3.4 计数、译码及显示 .....	82
3.5 脉冲信号产生电路.....	87
3.6 可编程分频器.....	92
3.7 序列产生与变换.....	95

3.8 D/A 转换及应用 ..... 100

## 第 2 篇 仿真实验

**第 4 章 电路仿真实验** ..... 104

4.1 由  $R$ 、 $C$  元件构成的微分电路、积分电路、移相电路的研究 ..... 104

4.2 滤波电路的研究 ..... 109

4.3 复数阻抗参数测量方法的设计 ..... 112

4.4  $RLC$  串联电路时域响应的研究 ..... 115

4.5  $RLC$  电路频域响应的测试 ..... 118

**第 5 章 模拟电子技术仿真实验** ..... 122

5.1 晶体管基本放大电路 ..... 122

5.2 差动放大器的设计 ..... 124

5.3 多级交流放大器的设计 ..... 128

5.4 集成运算放大器的非线性应用 ..... 130

5.5  $RC$  正弦波振荡器 ..... 133

5.6 有源滤波电路 ..... 134

5.7 功率放大电路 ..... 137

5.8 串联型稳压电源的设计 ..... 138

**第 6 章 数字电路仿真实验** ..... 142

6.1 半加器和全加器 ..... 142

6.2 组合逻辑电路及其应用 ..... 145

6.3 输血配型逻辑电路设计 ..... 147

6.4 计数器及其应用 ..... 150

6.5 时序逻辑电路设计 ..... 153

6.6 移位寄存器 ..... 156

6.7 D/A 转换电路 ..... 160

6.8 A/D 转换电路 ..... 161

**第 7 章 可编程逻辑器件(PLD)应用实验** ..... 163

7.1 译码器设计 ..... 163

7.2 组合逻辑电路 ..... 169

7.3 扫描显示电路的驱动 ..... 173

7.4 多波形发生器 ..... 175

## 第 3 篇 综合实验

**第 8 章 综合性实验** ..... 181

8.1 实验一 电子听诊器的设计 ..... 181

8.2 多功能数字钟电路的设计 ..... 183

## 第 4 篇 常用仪器使用简介

<b>第 9 章 常用仪器使用简介</b> .....	188
9.1 万用表 .....	188
9.2 直流稳压电源 .....	189
9.3 低频信号发生器 .....	190
9.4 晶体管毫伏表 .....	193
9.5 V-252 型日立示波器 .....	194
9.6 半导体特性图示仪 .....	198

## 第 5 篇 EWB 软件使用简介

<b>第 10 章 使用菜单</b> .....	203
10.1 文件菜单.....	203
10.2 编辑菜单.....	205
10.3 电路菜单.....	206
10.4 分析菜单.....	209
<b>第 11 章 EWB 仿真仪器</b> .....	233
11.1 万用表.....	233
11.2 函数发生器.....	234
11.3 示波器.....	235
11.4 频率特性测试仪.....	238
11.5 逻辑字发生器.....	241
11.6 逻辑分析仪.....	243
11.7 逻辑转换器.....	245
<b>第 12 章 元件库</b> .....	247
12.1 信号源.....	247
12.2 基本元件.....	250
12.3 二极管.....	252
12.4 三极管.....	253
12.5 模拟集成电路.....	255
12.6 混合集成电路.....	257
12.7 数字集成电路.....	258
12.8 逻辑门.....	264
12.9 数字部件.....	266
12.10 指示部件 .....	270
12.11 控制部件 .....	272
12.12 混合元件 .....	279

# 第 1 篇 基础实验

## 第 1 章 电路基础实验

### 1.1 焊接的基本知识与练习

#### 1.1.1 实验目的

掌握基本的焊接技术。

#### 1.1.2 焊接的基本知识

电子产品的质量取决于原理电路设计、元器件的质量和焊接的工艺水平,可见焊接工艺对于电子产品的重要性。焊接技术和工艺有其自身的特点和独特的机制,作为工程技术人员,对焊接技术工艺、操作必须熟练掌握。

##### 1. 锡焊的特点和机制

采用锡铅焊料进行焊接称为锡焊,其机制是在锡焊的过程中将焊料、母材(焊件与铜箔)在热的作用下,使焊料熔化而焊件不熔化,熔化的焊料浸润焊面,依靠两者的互相扩散形成焊件的连接,在铜箔与焊件之间形成合金结合层。

##### 2. 锡焊的条件

(1) 焊件的可焊性。焊件必须具有充分的可焊性(金属表面被熔融润湿的特性叫可焊性)。只有能被焊锡浸润的金属才具有可焊性。

(2) 焊件表面的清洁。为使焊锡和焊件达到原子间相互作用的目的,焊件表面的任何污垢杂质都应清除干净。

(3) 焊剂(松香)的作用。

1) 除去氧化膜。助焊剂中含有氯化物,同氧化物发生还原反应除去氧化膜。

2) 防止氧化。助焊剂在熔化后,在焊件表面形成隔离层,可防止焊点表面层的氧化。

3) 减少焊料融合后的表面张力,增加焊锡的流动性,有助于焊锡浸润,使焊点美观。

(4) 焊料。焊料是易熔金属,它的熔点低于被焊金属,它熔化时在被焊金属表面形成合金层与被焊金属连接在一起。

常用的焊料是带焊剂芯的焊锡丝,它的腔体内充以焊剂,焊剂在常温下是固态的,在焊丝熔化时,焊剂以液态流出,起着清洗氧化层、增加焊接的润湿作用,并在焊点表面固化。

(5) 焊接温度。只有在足够高的温度下,焊料才能充分浸润,并充分扩散形成合金结合层。但过高的温度是有害的。

(6) 焊接时间。应控制好焊接的时间。焊接时间过长易损坏焊接部位及元件性能,过短易出



现虚焊。

### 3. 锡焊前的准备工作

首先用砂纸或用利器将焊件表面的氧化物及污垢处理干净,使焊件露出金属光泽,将处理好的焊件放置在有松香的烙铁板上,用烧热的烙铁头沾上锡,在焊件表面均匀地涂上一层锡。良好的镀层应均匀发亮,无颗粒及凹凸不平现象。

### 4. 焊接操作

焊接时将电烙铁放在焊件与焊盘之间的直角中,使焊接点升温;当焊接点的温度达到适当的温度后,及时将焊丝放在电烙铁焊接处并接触焊件;当焊接点上的焊料适量后迅速移开焊锡丝,并在焊点上的焊料接近饱满,焊锡丝充分浸润焊盘和焊件时及时移开电烙铁,此时焊锡最光亮,流动性最强。刚焊好的锡点,焊锡不会立即凝固,不能立即移动焊件。

电烙铁移开的时间、方向和速度将直接影响焊接点的质量和美观。正确操作为:电烙铁沿焊点的水平方向移动,在将离开焊点时,快速往回带一下,再迅速离开焊点。

### 5. 焊点的技术要求

(1) 可靠的电连接。焊点要能稳定可靠地通过一定的电流,必须有良好的焊接质量。

(2) 足够的机械强度。影响焊接强度的因素有焊接质量、焊料性能等。

(3) 光洁整齐的外观。焊锡适当,焊点表面无裂纹,外表具有金属光泽,表面平整,焊料与焊件交界处平滑过度,接触角小。

## 1.1.3 实验内容

用铜丝在铆钉板或印刷电路板上进行焊接练习。先对铜丝进行打磨、上锡处理,再根据焊接基本操作要求进行焊接练习,做到焊点适中、美观,无虚焊。

## 1.1.4 注意事项

(1) 检查电烙铁有无漏电。可用万用表较大电阻档测量插头和外壳之间的电阻,测得  $R = \infty$ ,则说明没有漏电现象。用万用表较小的电阻档测量插头两端电阻,测得  $R = 1.6\text{k}\Omega$  左右,则电烙铁芯良好,可以使用。

(2) 不要用烙铁头作为载料工具。因为烙铁头的温度一般在  $300^\circ\text{C}$  左右,焊锡丝中的焊剂在高温下容易分解失效。

(3) 在焊点的焊锡凝固前不要使焊件移动或振动,不要将电烙铁在焊接处来回移动,以避免出现虚焊的现象。

(4) 为了保证焊点质量,必须保持烙铁头的清洁,在焊接的过程中要随时擦去烙铁头的松香渣等杂质。

## 1.1.5 实验器件

电烙铁	1 把
铆钉板或印刷电路板	1 块
铜丝	若干

## 1.2 元件伏安特性的测试

### 1.2.1 实验目的

- (1) 了解线性电阻和非线性电阻元件的伏安特性。
- (2) 掌握万用表和直流稳压电源的使用方法。

### 1.2.2 实验原理

电路元件的特性,可用该元件的电压和通过该元件的电流之间的函数关系表示,这种电流与电压的关系称元件的伏安关系。这种关系在  $U-I$  平面上表示出来,即为该元件的伏安特性曲线。

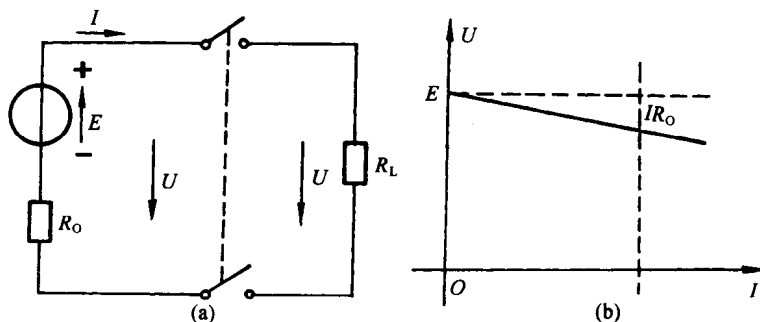


图 1-2-1 电压源电路与伏安特性线

#### 1. 电压源的伏安关系

一个实际电压源可以用理想电压源  $U_0$  与一个电阻  $R_0$  相串联的模型来表示,图 1-2-1(a)为其电路图。当电源对外输出电流时,其伏安特性称之为该电源的外特性,表达式为

$$U = E - IR_0$$

表征上式关系的曲线如图 1-2-1(b)所示:实际电压源的内阻越小,电源的端电压  $U$  越接近  $U_0$ 。当电源内阻  $R_0=0$  时, $U=U_0$ ,这样的电压源称为理想电压源。

#### 2. 电阻元件的伏安关系

电阻元件的特性可以用该元件两端的电压  $U$  与流过该元件的电流  $I$  的关系来表征。在  $U-I$

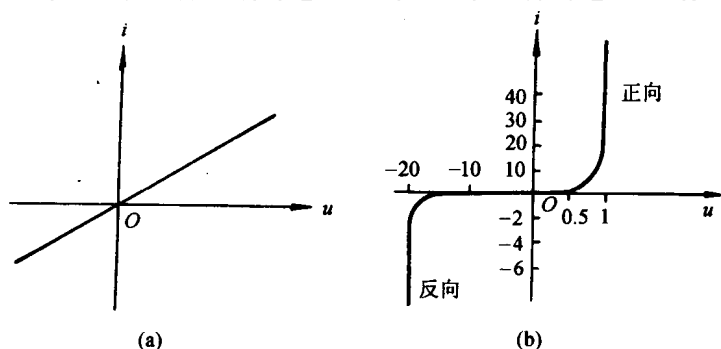


图 1-2-2 电阻的伏安特性线

坐标平面上,线性电阻的特性为一条通过坐标原点的直线,如图 1-2-2(a)所示。该直线的斜率为元件电阻值的倒数。

半导体二极管是一种非线性电阻元件,它的电阻值与流过它的电流大小有关。其伏安特性曲线如图 1-2-2(b)所示。

### 1.2.3 实验内容

#### 1. 测量理想电压源和实际电压源的外特性

实验采用晶体管稳压电源作为理想电压源,由于电压源内阻非常小,在和外电路电阻相比可以忽略不计的情况下,其输出电压是基本不变的。在电源外串联一电阻,使电源成为实际电压源。按图 1-2-3 连接线路,调节直流稳压电源的输出电压  $E=10V$ 。

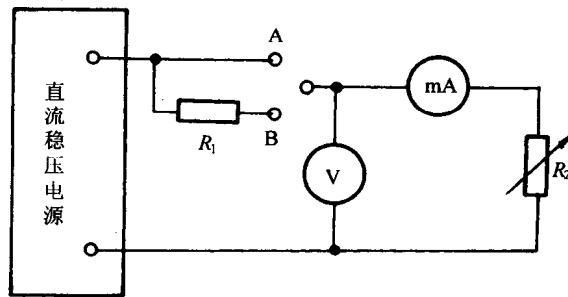


图 1-2-3 电源外特性测试线路

(1) 将开关合向 A 端,逐步改变  $R_2$  的值,测量对应的电压值和电流,填入表 1-2-1 中。

表 1-2-1 理想电压源外特性测试表

$R_2(\Omega)$							
$U(V)$							
$I(mA)$							

(2) 将开关合向 B 端,逐步改变  $R_2$  的值,测量对应的电压和电流值,填入表 1-2-2 中。

表 1-2-2 实际电压源外特性测试表

$R_2(\Omega)$							
$U(V)$							
$I(mA)$							

#### 2. 测量线性电阻的伏安特性

按图 1-2-3 接好实验线路,将开关合向 B 端,固定  $R_1$  和  $R_2$  的值不变,逐步调节电源电压,将测得的对应电流  $I$  和电压  $U$  记录于表 1-2-3 中。

表 1-2-3 线性电阻伏安特性测试表

$U(V)$							
$I(mA)$							

### 3. 测量非线性电阻的伏安特性曲线

按图 1-2-3 接好实验线路, 开关合向 B 端, 将  $R_1$  固定为  $5.1k\Omega$ , 将图中的可变电阻用二极管替换, 当二极管接上正向电压时, 调节输入电压分别测出电压、电流的值, 填入表 1-2-4 中。

表 1-2-4 非线性电阻伏安特性测试表 1

$U(V)$							
$I(mA)$							

当二极管接上反向电压时, 调节输入电压分别测出电压、电流的值, 填入表 1-2-5 中。

表 1-2-5 非线性电阻伏安特性测试表 2

$U(V)$							
$I(mA)$							

## 1.2.4 实验报告要求

- (1) 根据测量数据, 在坐标纸上画出各元件的伏安特性曲线。
- (2) 分析实验误差。

## 1.2.5 实验设备

直流稳压电源	1 台
电压表	1 块
电流表	1 块

## 1.2.6 注意事项

- (1) 实验中, 严禁将直流稳压电源输出端短路。
- (2) 在接线或改接电路时, 一定要先关掉电源。
- (3) 焊接二极管时, 要用镊子钳住二极管的管脚, 以便散热, 焊接过程中时间不宜过长, 防止烧坏二极管。

# 1.3 电路定理的验证

## 1.3.1 实验目的

- (1) 通过实验, 理解和验证基尔霍夫定律和叠加原理。
- (2) 进一步熟悉仪器设备的使用。

### 1.3.2 实验原理

#### 1. 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是电路理论中最基本也是最重要的定律之一,它概括了电路中电流和电压应该遵循的基本规律。它包括电压定律和电流定律两个部分。

基尔霍夫电流定律:在任何时刻对电路中的任何一个节点,流入该节点的电流与流出该节点的电流相等,即

$$\sum I_{\lambda} = \sum I_{\mu}$$

上式表明了基尔霍夫电流定律规定了节点上各支路电流间的约束关系,它与电路中各元件的性质无关。

基尔霍夫电压定律:在任何时刻对电路中的任何一个回路,沿一回路绕行方向,该回路电压降的代数和为零。

$$\sum_{k=1}^K U_k = 0$$

上式表明了基尔霍夫电压定律规定了回路上各支路电压间的约束关系,它与电路中各元件的性质无关。

#### 2. 叠加原理

如果把独立电源称为激励,由它所引起的支路电压、电流称为响应,叠加原理简述为:在任一线性网络中,多个激励同时作用时的总响应等于各个激励单独作用时引起的响应之和。所谓某一激励单独作用,就是除了该激励外,其余激励均为零值。

### 1.3.3 实验内容

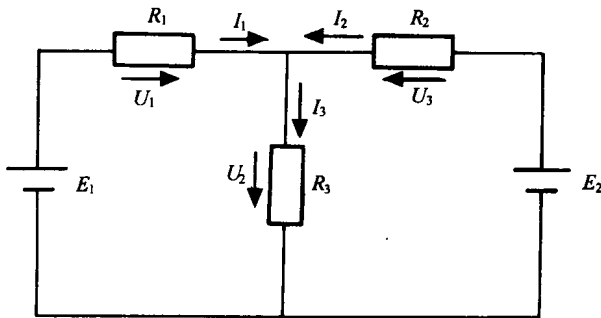


图 1-3-1 实验线路图

#### 1. 基尔霍夫电流定律的验证

按图 1-3-1 连接实验线路,调节两组不同的电压源电压值,测量各支路上的电流值,并填入表 1-3-1 中。

表 1-3-1 KLC 测试表

	第一组			第二组		
	计算值	测量值	误差	计算值	测量值	误差
$I_1(\text{mA})$						
$I_2(\text{mA})$						
$I_3(\text{mA})$						

## 2. 基尔霍夫电压定律的验证

按图 1-3-1 连接实验线路, 调节两组不同的电压源电压值, 测量各支路上的电压值, 并填入表 1-3-2 中。

表 1-3-2 KLL 测试表

	第一组			第二组		
	计算值	测量值	误差	计算值	测量值	误差
$U_1(\text{mA})$						
$U_2(\text{mA})$						
$U_3(\text{mA})$						

## 3. 叠加原理的验证

分别按图 1-3-1、图 1-3-2 连接实验线路, 测量各支路电压与电流, 填入表 1-3-3 中, 验证叠加原理。

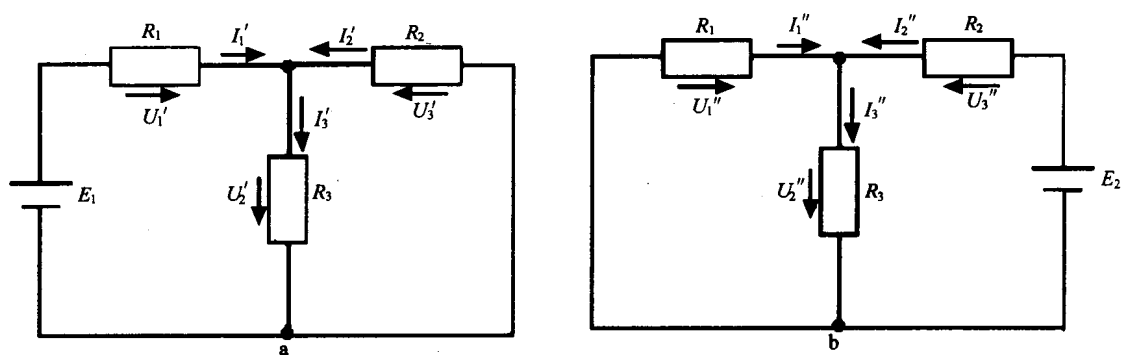


图 1-3-2 叠加原理实验线路图

表 1-3-3 叠加原理测试表

$E_1$ 单独作用		$E_2$ 单独作用		$E_1, E_2$ 共同作用	
$I_1$		$I_1'$		$I_1$	
$I_2$		$I_2'$		$I_2$	
$I_3$		$I_3'$		$I_3$	
$U_1$		$U_1'$		$U_1$	
$U_2$		$U_2'$		$U_2$	
$U_3$		$U_3'$		$U_3$	

### 1.3.4 实验报告要求

- (1) 根据表 1-3-1 和表 1-3-2 验证基尔霍夫定律,如有误差,试分析原因。
- (2) 根据表 1-3-3 验证叠加原理,如有误差,试分析原因。

### 1.3.5 实验设备

直流稳压电源	1 台
电压表	3 块
电流表	3 块

### 1.3.6 注意事项

- (1) 做实验时,应标明各电压、电流的参考方向,并注意电压表或电流表的极性,测量数据要带上正负号。
- (2) 测量时,电压表并联在电路中,电流表串联在电路中。
- (3) 实验完毕或改接线路时,一定要先关掉稳压电源的电源开关,以免拆线时电源短路。

## 1.4 有源二端网络端口特性的测试

### 1.4.1 实验目的

- (1) 加深对戴维南定理和诺顿定理及等效概念的理解。
- (2) 学习线性有源单口网络等效电路参数的测量方法。

### 1.4.2 实验原理

#### 1. 定理

**戴维南定理:**任何一个含源二端网络(见图 1-4-1(a)),就其外特性来说,可以用一个理想电压源和一个电阻串联的有源支路来等效代替(见图 1-4-1(b))。理想电压源的电压等于原二端网络端口的开路电压  $U_{\infty}$ ,串联电阻等于原网络中所有独立源都不起作用时的等效电阻  $R_0$ 。

**诺顿定理**是戴维南定理的对偶形式:任何一个含源二端网络(见图 1-4-1(a)),就其外特性来说,可以用一个理想电流源和一个电阻并联的有源支路来等效代替(见图 1-4-1(c)),理想电流源

的电流等于原二端网络端口的短路电流  $I_{sc}$ ，并联电阻等于原网络中所有独立源都不起作用时的等效电阻  $R_0$ 。

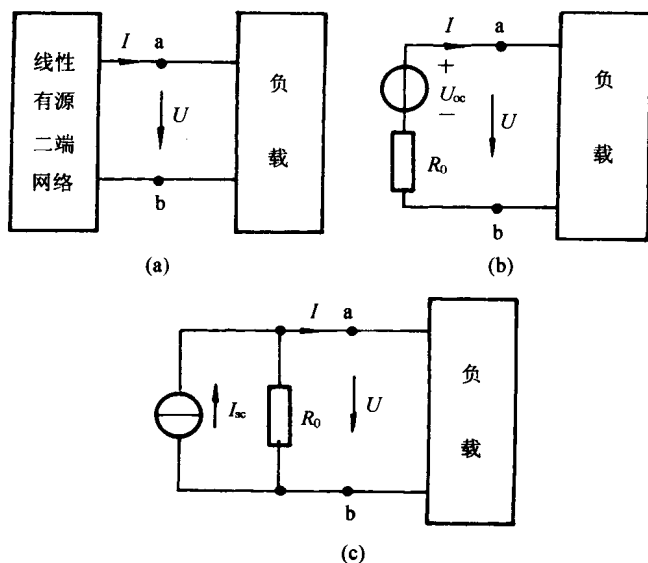


图 1-4-1 线性有源二端网络的等效电路

应用戴维南定理与诺顿定理时，被变换的二端网络必须是线性的。并要求网络与外电路之间不允许存在任何耦合关系（除非该耦合关系在网络内部）。

## 2. 测量开路电压 $U_{\infty}$

直接测量法：当有源二端网络的等效电阻与电压表的内阻相比可以忽略不计时，可以直接用电压表测量网络端口的开路电压  $U_{\infty}$ 。

## 3. 测量等效电阻 $R_0$

(1) 无源二端网络，可直接测量该网络的等效电阻。因此，在网络可以去掉电源的情况下，将电源取下后，电压源位置用一短路线代替（注意：不能直接在电源上接短路线），电流源位置直接开路，得到无源二端网络，此时可用万用表欧姆档测量无源二端网络的等效电阻  $R_0$ 。（要求稳压电源的内阻很小。）

(2) 根据  $R_0 = \frac{U_{\infty}}{I_{sc}}$ ，可先测量网络的开路电压  $U_{\infty}$  和短路电流  $I_{sc}$ ，再计算得出网络的等效电阻  $R_0$ 。这种方法适用于二端网络内部情况不详且网络的等效电阻  $R_0$  较大而短路电流不超过额定值的情况。

(3) 外加电压法。在无源二端网络中，外加电压源后，网络端口产生一电流，此时网络的等效电阻  $R_0 = \frac{U}{I}$ 。因此，把原二端网络的所有独立源都置零（请思考电源如何置零），在得到的无源网络的端口处外加一个给定电压  $U$ （外加电压不宜过大），测量流入端口的电流  $I$ ，即可测得原有源二端网络的等效电阻  $R_0$ 。测量线路如图 1-4-2 所示。



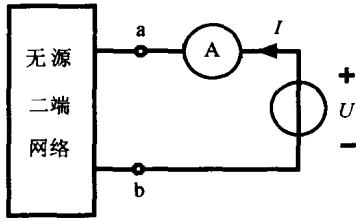


图 1-4-2 外加电压线测试线路

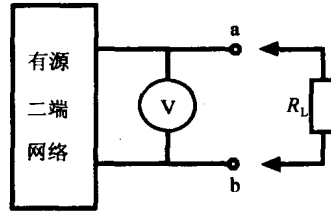


图 1-4-3 两次电压测量法测试线路

(4) 两次电压测量法。在图 1-4-3 所示的电路中,有

$$\frac{U_L}{R_L} = \frac{U_{\infty}}{R_0 + R_L}$$

$$R_0 = \left( \frac{U_{\infty}}{U_L} - 1 \right) \times R_L$$

可得

因此,对有源二端网络,先测量网络的开路电压  $U_{\infty}$ ,然后在网络端口外接一已知电阻  $R_L$ ,如图 1-4-3 所示,测量该电阻两端电压  $U_L$ ,即可得出网络的等效电阻  $R_0$ 。

(5) 测量线性有源二端网络的  $V-I$  特性。在网络中外接负载电阻  $R_L$ ,当  $R_L$  发生变化时,二端网络的输出电压、电流也相应发生变化。测出网络电压、电流对应的变化值,将这些数据在  $U-I$  平面上对应描点得出一条曲线,该曲线为二端网络的伏安特性曲线或称外特性曲线。曲线与两坐标轴的交点便是所需要的开路电压  $U_{\infty}$  与短路电流  $I_{\infty}$ 。即可求出等效电阻  $R_0$ 。

本实验的负载电阻可选用可变电阻箱。由于有些电路不允许短路或开路,这种方法在实际应用中常被采用。

### 1.4.3 实验内容

#### 1. 测量线性有源二端网络的伏安特性

实验线路如图 1-4-4 所示,  $R_L$  为可变电阻箱。

(1) 焊接实验线路,连接时注意电源及电表的极性。

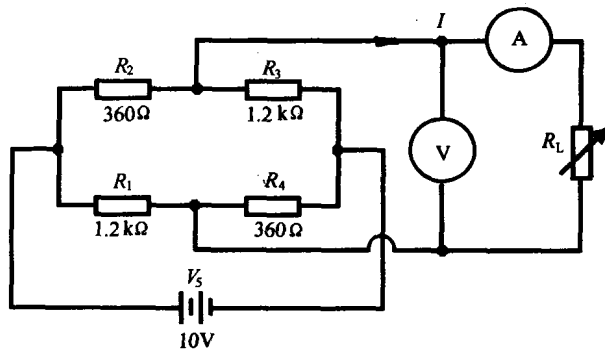


图 1-4-4 线性有源二端网络伏安特性测试线路