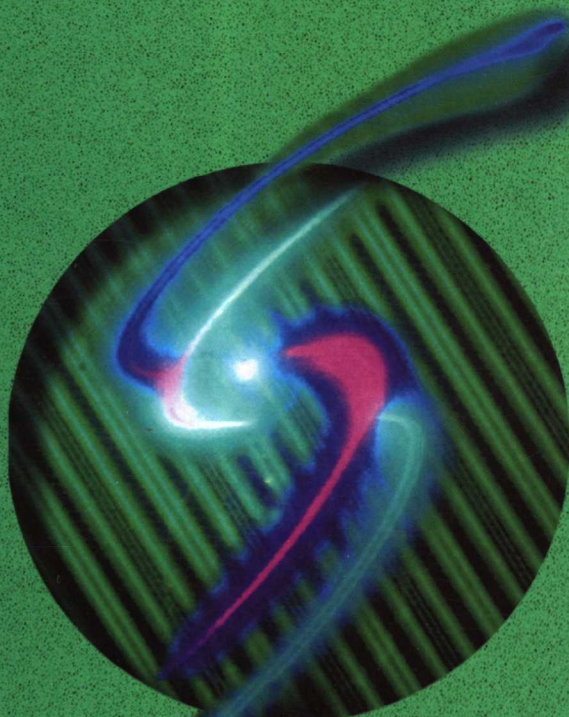




21世纪电工电子系列教材

电工实验及电子实习教程

主编 夏全福



华中科技大学出版社

HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS
E-mail: hustpp@wuhan.cngb.com

21 世纪电工电子系列教材

电工实验及电子实习教程

夏全福 主编

汪 建 主审

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工实验及电子实习教程/夏全福 主编
武汉:华中科技大学出版社, 2002年9月
ISBN 7-5609-2794-7

I. 电…

II. 夏…

III. ①电工实验-高等学校-教材 ②电子实习-高等学校-教材

IV. TM1:TN

电工实验及电子实习教程

夏全福 主编

责任编辑:叶见欣 李 德

封面设计:潘 群

责任校对:蔡晓璐

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87545012

录 排:华中科技大学出版社照排室

印 刷:武汉首壹印刷厂

开本:787×960 1/16

印张:18.75

字数:360 000

版次:2002年9月第1版

印次:2002年9月第1次印刷

印数:1—5 000

ISBN 7-5609-2794-7/TM·87

定价:20.80元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书是根据国家教育部工科电工课程教学指导委员会关于“电路”、“电工技术”和“电子技术”课程的基本要求编写的实验和实习教材。

全书共有六章,内容十分丰富,涵盖了电类专业实践性教学环节的主要方面,包括电工电子技术的基本实验、综合设计性实验、开放性实验以及电工电子实习指导,还包括电路的计算机辅助分析实验和对电工测量的基本知识、常用电工电子仪表仪器的介绍。全书贯穿了着力培养学生的实验操作技能,锻炼动手实践能力,提高学生分析问题、解决问题的能力,培养实事求是、严谨细致的科学作风的主线。既有传统内容的介绍,又涉及了计算机及其它新的实验方法、手段的应用等新内容。许多实验内容、方法、手段具有特色,体现了作者在电工、电子实验教学改革方面所做的努力及取得的成果。

全书内容编排合理,概念清晰、准确,文字流畅,通俗易懂,十分便于自学。

本书可作为高等学校电类与非电类各专业的电工实验教材和电工电子实习教材,也可作为其它工科专业师生阅读的教学参考书。

前 言

实验教学是高等学校培养复合型人才的重要环节,它的独特功能和作用,是其它教学环节无法替代的。

本书是根据国家教育部工科电工课程教学指导委员会关于“电路”、“电工技术”和“电子技术”课程的基本要求而编写的实验和实习教材。

全书由六部分内容组成。第一部分为 30 个基本实验,包括电路、电机与控制、工业电子技术应用等内容,在这些实验中学生可验证电工理论中的重要基本概念和基本理论,熟悉电工电子测量中的部分基本仪器,掌握一些基本的测试方法。第二部分为 7 个综合设计实验,既要求学生能运用所学的基本理论和基本方法,补充的少量其它课程的部分知识,将有助于提高学生的求知欲和分析问题、解决问题的能力。第三部分为 6 个计算机辅助分析实验,主要目的在于使电类专业学生初步了解计算机在电工理论中的应用,也作为教学中计算机学习不断线的总体规划中的一个环节,有利于提高学生上机操作和程序设计的能力。第四部分为 10 个开放性实验,旨在帮助和指导提高学生提高参与课外科技活动的的能力,培养独立工作能力与创新精神。第五部分为电工电子实习指导书。这是鉴于武汉化工学院非电类学生虽然从事电工电子实习已有多年,但却无较系统教材的实际情况而增写的,以满足电工电子实习独立开课的迫切需要。第六部分为常用电工仪器仪表的工作原理与使用方法,较系统地介绍了测量的基本知识和指针式电工仪表及常用的电子式电工仪器、仪表的原理与使用方法。本书既可作为电类专业的理论教材和电工电子实习教材,又可作为非电类专业对实验内容进行预习的参考书。为兼顾各专业对电工实验的不同要求,各项实验内容均较充实,并具有相对的独立性,任课教师可根据教学具体要求和教材特点予以选择。网络的计算机辅助设计分析实验主要是针对电类专业学生开设的,每个实验的上机时数为 6~8 学时。考虑到学科技术发展的需要,本书在内容的深度和广度方面,略超出基本要求,可供不同学时专业使用。

本书是在武汉化工学院电工教研室的原实验指导书基础上,经过多年的教学实践,不断补充、修订,逐步完善起来的,是在实践基础上的再一次经

验总结,同时注意吸取了同类院校的经验。在内容选材上既考虑了实验教学与理论教学的相关性,又注意了使其具有一定的独立性、直观性和实用性,既有实验理论和方法,又有必要的实验操作和步骤。在内容编排上,注意了经典实验内容与当前的新技术和新设备的结合,力求从各种已经成熟的新技术中提炼出基本理论概念、基本指导思想、基本实验方法、基本操作技能,并结合理论教学和电工技术领域中的新知识、新器件,提出一些新的实验项目。

参加本书编写的有夏全福(第1章1-1~1-10、第4章)、林双喜(第1章1-14、1-15、1-20~1-24、第2章)、张敏(第1章1-11~1-13、1-16、1-25)、徐汉平(第1章1-17~1-19)、韩焱青(第1章1-26~1-30)、罗明(第3章)、李继林和徐汉平(第5章)、夏全福、文小玲和胡中功(第6章)。夏全福任主编,负责全书的统稿和定稿。

在编写过程中,得到湖北省电机工程学会电工理论专业委员会一些同行专家和教授的关心与支持。华中科技大学电气学院汪建教授认真细致地审阅了全部书稿,并提出了许多宝贵的修改意见,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,书中的错漏和不妥之处恳请读者批评指正。

编 者
2002年5月

目 录

电工实验须知	(1)
第 1 章 基本实验	(3)
1-1 实验一 基本电参数的测量	(3)
1-2 实验二 元件的伏安特性	(7)
1-3 实验三 基尔霍夫定律	(10)
1-4 实验四 电源的等效变换	(13)
1-5 实验五 戴维南定理与叠加原理	(16)
1-6 实验六 受控源的研究	(20)
1-7 实验七 感性负载及功率因数的提高	(24)
1-8 实验八 频率特性与串联谐振	(26)
1-9 实验九 互感元件的研究	(30)
1-10 实验十 一端口 LC 网络的频率特性	(32)
1-11 实验十一 一阶 RC 电路的矩形脉冲响应	(35)
1-12 实验十二 有源滤波器	(39)
1-13 实验十三 电感和电容的参数测定	(43)
1-14 实验十四 三相电路的电流和电压	(45)
1-15 实验十五 三相电路的功率测量	(47)
1-16 实验十六 二端口网络参数的测定	(49)
1-17 实验十七 单相变压器与磁路	(52)
1-18 实验十八 鼠笼式异步电动机的检查与启动	(55)
1-19 实验十九 异步电动机的继电器接触控制电路	(58)
1-20 实验二十 晶体管特性曲线的测定	(62)
1-21 实验二十一 单管低频电压放大器	(64)
1-22 实验二十二 RC 耦合两级放大器	(68)
1-23 实验二十三 直流差动放大器	(71)
1-24 实验二十四 集成运算放大器模拟运算	(73)
1-25 实验二十五 直流集成稳压电源	(76)
1-26 实验二十六 TTL 集成门电路	(79)
1-27 实验二十七 计数器和移位寄存器	(82)
1-28 实验二十八 集成触发器功能测试	(86)

1-29	实验二十九 555 定时器及其应用	(90)
1-30	实验三十 交通信号灯的控制	(94)

第 2 章 综合设计实验..... (96)

2-1	实验一 音响放大器	(96)
2-2	实验二 多路数据巡回检测与显示电路	(100)
2-3	实验三 调幅发射机	(106)
2-4	实验四 多路智力竞赛抢答器	(109)
2-5	实验五 数字钟	(113)
2-6	实验六 拔河游戏机	(116)
2-7	实验七 数字频率计	(119)

第 3 章 计算机辅助分析实验..... (123)

3-1	实验一 Y- Δ 变换程序设计	(123)
3-2	实验二 电阻测量误差分析程序设计	(124)
3-3	实验三 直流分析程序设计	(126)
3-4	实验四 直流电路的计算机仿真分析	(132)
3-5	实验五 动态电路的计算机仿真分析	(138)
3-6	实验六 交流电路的计算机仿真分析	(143)

第 4 章 开放性实验

4-1	实验一 照明电路的安装	(149)
4-2	实验二 家用调光灯电路	(155)
4-3	实验三 RC 电路的过渡过程及微积分电路.....	(157)
4-4	实验四 变压器同名端及其测试	(160)
4-5	实验五 异步电动机的使用	(161)
4-6	实验六 异步电动机的 Y- Δ 启动	(164)
4-7	实验七 用模拟法研究接地电阻	(166)
4-8	实验八 控制电路综合应用	(168)
4-9	实验九 二极管特性及应用电路测试	(170)
4-10	实验十 555 时基电路及其应用	(172)

第 5 章 电工电子实习指导书..... (176)

5-1	实验一 手工焊接技术	(176)
-----	------------------	-------

5-2	实验二 印制电路的设计	(181)
5-3	实验三 常用电子元件测试	(191)
5-4	实验四 电路故障检查	(201)
5-5	实验五 电子工艺实习产品	(205)
5-6	实验六 异步电动机的直接启动	(233)
5-7	实验七 异步电动机的点动控制	(234)
5-8	实验八 异步电动机的“开”“停”控制	(235)
5-9	实验九 异步电动机的两地控制	(236)
5-10	实验十 异步电动机的点动及“开”“停”控制电路	(237)
5-11	实验十一 异步电动机的正反转控制电路	(237)
5-12	实验十二 异步电动机的双重互锁正反转控制	(239)
5-13	实验十三 异步电动机的顺序启动控制	(239)
5-14	实验十四 接触器触头互锁的异步电动机顺序启动控制	(240)
5-15	实验十五 日光灯双开关控制	(241)
第 6 章	常用电工仪表与测量	(244)
6-1	电工测量的基本知识	(244)
6-2	电流、电压和电功率的测量	(254)
6-3	500 型万用表	(257)
6-4	DM—880 型数字万用表	(259)
6-5	GB—9 型真空管电压表	(263)
6-6	XFD—7A 型低频信号发生器	(265)
6-7	XD—7 型低频信号发生器	(268)
6-8	XC—12 型组合脉冲信号发生器	(271)
6-9	SR—8 型双踪示波器	(274)
6-10	JWY—30B 型直流稳压电源	(285)
6-11	单相与三相调压器	(286)
6-12	RLC 实验箱、电感箱、电容箱	(287)
6-13	YB—1631 型功率函数发生器	(289)
参考文献		(291)

电工实验须知

一、实验的目的和要求

实验是电工课程的重要实践性教学环节,实验的目的不仅是要巩固和加深理解所学的知识,而且更重要的是要训练实验技能,学会独立进行实验,树立工程实际观点和严谨的科学作风。

对学生实验技能训练的具体要求是:

- (1) 正确使用常用的电工仪表、电工设备及常用的电子仪器。
- (2) 按电路图正确接线和查线。
- (3) 学习查阅手册,对常用的电子元器件具有使用的基本知识。
- (4) 准确读取实验数据,观察实验现象,测绘波形曲线。
- (5) 整理分析实验数据,独立写出内容完整的、条理清楚的、整洁的实验报告。

二、实验前的准备工作

(1) 认真阅读实验教程,明确实验目的,理解实验原理,熟悉实验电路、内容、步骤及实验中的注意事项。

- (2) 完成实验指导书中有关预习要求的内容,并写出预习报告。
- (3) 做好数据记录表格等准备工作。

三、实验报告内容

一律用学校规定的实验报告纸认真编写实验报告。

实验报告的具体内容为:

- (1) 实验目的;
- (2) 原理电路图;
- (3) 实验步骤;
- (4) 数据与图表;
- (5) 实验总结(结论);
- (6) 误差原因分析;
- (7) 实验仪器与设备。

四、实验规则

- (1) 严禁带电接线、拆线或改接线路。
- (2) 接线完毕后,要认真复查,确信无误后,经教师检查同意,方可接通电源进行实验。
- (3) 实验过程中如果发生事故,应立即关断电源,保持现场,报告指导教师。

(4) 实验结束后,先由本人检查实验数据是否符合要求,然后再请教师检查,经教师认可后方可拆线,并将实验器材整理好。

(5) 室内仪器设备不准任意搬动调换,非本次实验所用的仪器设备,未经教师允许不能动用。没有弄懂仪表、仪器及设备的使用方法前,不得贸然使用。若损坏了仪器设备,则必须立即报告教师,并填写责任事故表。

五、安全用电规则

安全用电是实验中始终需要注意的重要问题。为了做好实验,确保人身和设备的安全,操作时必须严格遵守安全用电规则。

(1) 接线、改接或拆线都必须在切断电源的情况下进行,即先接线后通电,先断电源再拆线。

(2) 在电路通电情况下,严禁人体接触电路中不绝缘的金属导线或接点等带电部位。万一遇到触电事故,应立即切断电源,进行必要的处理。

(3) 实验中,特别是设备刚投入运行时,要随时注意仪器设备的运行情况,如发现超量、过热、异味、异声、冒烟、火花等现象,应立即断电,并请老师检查。

(4) 实验时应精神集中,同组者必须密切配合,接通电源前必须通知同组同学,以防止触电事故。

(5) 电动机转动时,应防止导线、发辫、围巾等物品卷入。

(6) 了解有关电器设备的规格、性能及使用方法,严格按额定值使用。注意仪表的种类、量程和连接使用方法,例如,不得用电流表或万用表的电阻或电流挡去测量电压;功率表的电流线圈不能并联在电路中等等。

(7) 所有实验器材应按规定平放在实验台上,防止使用不当而摔坏。

(8) 所有接线的连接处应十分牢固,防止实验过程中因线头脱落而造成短路,或因直流电动机磁场线圈断开而造成飞车。

(9) 在规定需要接地的场合,必须妥善接地,在不能接地的地方,不允许“接地线”。

(10) 电烙铁在不使用时应妥善放在散热支架上,以防烫坏物品。

第 1 章 基本实验

1-1 实验一 基本电参数的测量

一、实验目的

- (1) 学习电流、电压的测量及误差分析。
- (2) 学习万用表的使用,掌握挡位的选择及正确读数的方法。
- (3) 掌握稳压电源的使用方法。
- (4) 验证基尔霍夫定律。

二、实验原理及说明

本实验主要是认识实验,因此必须做好充分预习。除了学会使用万用表和稳压电源以外,还要熟悉了解电工实验室和实验桌的电源配置,以及电路实验板的结构等情况。对实验桌上其它的仪器设备不要随意搬动和触弄。

1. 实验电路及实验电路板

实验电路如图 1-1 所示,实验电路板上有三组电阻,如图 1-2 所示,可以分别组成不同的实验电路。注意,电路图上的电流表应串接在电路板上相应断开处的端钮上。

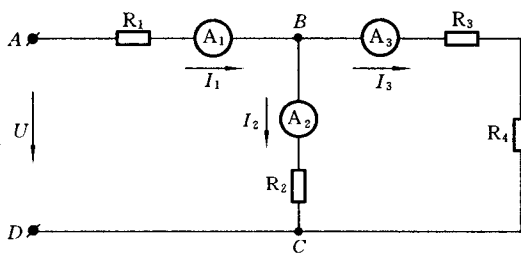


图 1-1 实验电路

设 AD 端的电压为 $U=8V$, 电路中的电阻分别取如下三组参数:

第一组: $R_1=820\Omega, R_2=200\Omega, R_3=R_4=100\Omega$

第二组: $R_1=5.1k\Omega, R_2=10k\Omega, R_3=R_4=5.1k\Omega$

第三组: $R_1=100k\Omega, R_2=200k\Omega, R_3=R_4=200k\Omega$

要求将电路中各电流、电压、电位的理论计算值填入表 1-1 中。

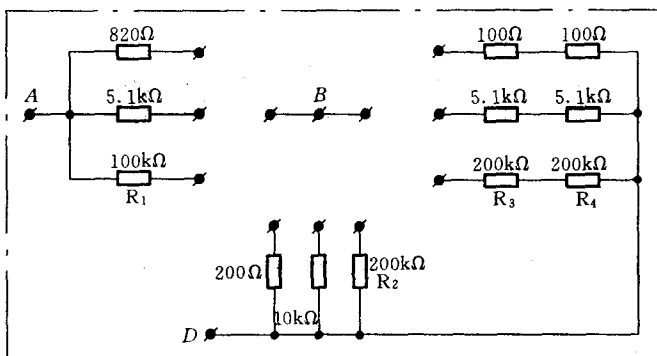


图 1-2 实验电路板

表 1-1 电流电压和电位理论值计算表

组 别	计算值(理论)									
	I_1	I_2	I_3	U_{AB}	U_{BC}	U_{BD}	U_{CD}	U_A	U_B	U_C
一										
二										
三										

2. 电位及测量时电位正负的判定

电路中某点的电位等于该点与参考点之间的电压。在图 1-1 中,选择 D 点为参考点,则 A 、 B 、 C 三点的电位分别为 $U_A = U_{AD}$, $U_B = U_{BD}$, $U_C = U_{CD}$ 。测量电位就像测量电压一样,要用电压表或万用表的电压挡。

直流电压表或万用表的直流电压挡可以测量直流电压。如果将仪表的接“—”的黑表笔放在图 1-1 所示电路的正方向(参考方向)的低电位点上,接“+”的红表笔放在正方向的高电位点上,表针正偏转,则读数应取正值。若表针反偏转,则应将表笔对调后再测量,读数应取负值。

3. 电流测量及测量时的接线

测量电流时,电流表必须串接在电路中,实验电路板上的断开处就是用来串接电流表的。如果只有一个电流表而需要测几条支路的电流,则应将暂不测量的支路的断开处用导线短接。

测量直流电流时同样要注意极性,发现表针反向偏转时,应及时对调接线,并将读数取负值。由于电流表内阻很小,因此千万不能将电流表或万用表的电流挡直接与电压源并联。

4. 电阻测量及故障检查

用万用表的欧姆挡(Ω 挡)可以测量电阻。根据被测电阻的大致范围,可以选择适当倍率挡位“ $\times 1k$,” $\times 100$,” $\times 10$ 和 $\times 1$ ”,被测电阻的测量值等于万用表表盘上指针所指示的电阻刻度乘以倍率。测量时应注意:每次倍率换挡后都必须先将两表笔短接,调整表

盘上的调零电位器,使表针达到满刻度(此时电阻读数为0),然后才可测量电阻;接在电路中的电阻元件不应与其它元件构成闭合回路,而且绝对不能在被测电阻通电时用欧姆挡测量。

电工实验过程中,可能经常会遇到接触不良或连接导线内部断开的隐性故障。利用万用表可以较方便地寻找到这类故障点。首先,在测量过程中发现某点或某部分电路在数值上与理论值相差甚远或时有时无时,可以大致推断出故障区域,然后切断电源,用万用表欧姆挡($R \times 1k$)测量故障区域内的端钮、接线、焊点或元件,当发现某处应当是连通的而电阻值较大时,即为故障点。

三、实验内容与步骤

(1)先接通稳压电源的220V电源,将直流稳压电源中的一路输出电压的粗调旋钮置于适当挡位(10V或12V),调节微调旋钮,使输出电压为8V(用万用表直流电压10V挡测量准确)。调节完毕后,稳压电源各旋钮位置不要再用,关断稳压电源开关,待用。

(2)用给定的第一组元件的参数按实验电路图接线,确认接线正确后,接通稳压电源,测量表1-2中所列出的电流、电压及电位值。测电流时注意选择电流表的量程;测电压时,分别用万用表10V挡和50V挡各测一次。

表 1-2 电流、电压和电位测量用表

组 别		电流/mA				电压/V						
		I_1	I_2	I_3		U_{AB}	U_{BC}	U_{BD}	U_{CD}	U_A	U_B	U_C
一	量限				10V 挡							
	测量值				50V 挡							
二	量限				10V 挡							
	测量值				50V 挡							
三	量限				10V 挡							
	测量值				50V 挡							

(3)用第二组元件的参数,重复步骤(2)。注意电流表量程的选择。

(4)用第三组元件的参数,重复步骤(2)。注意电流表量程的选择。

(5)断开电源后,用万用表欧姆挡测实验电路板上各电阻值,记入表1-3中。

表 1-3 电阻的测量

组 别	欧姆挡位	R_1	R_2	R_3	R_4	R_{BD}	R_{AD}
一	倍率						
	测量值 / Ω						
二	倍率						
	测量值 / $k\Omega$						
三	倍率						
	测量值 / $k\Omega$						

四、注意事项

实验前,必须了解 500 型万用表的原理及其使用方法,尤其是要注意挡位的选择和读数的方法。

五、报告要求

(1)整理实验数据,求出相对误差,填入表 1-4 中。

相对误差
$$\delta = \frac{A_x - A_0}{A_0} \times 100\%$$

式中, A_x 为仪表的测量值; A_0 为实际值(用计算值代替)。

注意,这里 A_0 的计算值要以表 1-3 中对各电阻的测量值为准,再对图 1-1 所示的实验电路重新计算,而不应该用表 1-1 的理论计算值。

(2)分析以上三组不同参数的电路测量结果出现不同程度误差的主要原因,并思考测量电流、电压时,在选用电流表、电压表内阻方面与被测电路参数间有什么关系?

(3)选用测量误差最小的一组实验结果来验证基尔霍夫定律。

表 1-4 基尔霍夫定律的验证

组 别		I_1	I_2	I_3	U_{AB}	U_{BC}	U_{BD}	U_{CD}	U_A	U_B	U_C
一	计算值										
	测量值										
	相对误差										
二	计算值										
	测量值										
	相对误差										
三	计算值										
	测量值										
	相对误差										

六、思考题

(1)根据计算出的电流值,思考测量时应选择的挡位量程。

(2)根据三组不同的测量结果,回答出现不同程度误差的主要原因。

(3)测量电流、电压时,在选用电流表、电压表内阻方面与被测电路参数间有何关系?

七、实验仪器与设备

- | | | |
|-----------|----------|----|
| (1)万用表 | 500 型 | 一块 |
| (2)直流稳压电源 | JWY—30 型 | 一台 |
| (3)直流电流表 | | 一块 |
| (4)实验电路板 | | 一块 |

1-2 实验二 元件的伏安特性

一、实验目的

(1) 掌握线性电阻元件、非线性电阻元件(以半导体二极管为实例)的伏安特性的测试方法。

(2) 研究实际独立电源的外特性。

(3) 学习电压表、电流表以及稳压电源的使用方法。

二、实验原理及说明

1. 元件的伏安特性

电阻元件和独立电源的伏安特性可用电压表、电流表来测定。二端元件的特性,可用元件两端的电压和通过元件的电流之间的关系来表示。这种关系称为元件的伏安特性。

2. 伏安特性曲线

在关联参考方向下,电阻两端的电压 U 与流过其中的电流 I 有 $U=IR$ 的关系。电阻元件在任何瞬间的电压与同一瞬间的电流是同时存在的,与其过去流过电阻的电流无关,因此,电阻元件又称为“无记忆”元件。如果把电阻元件的电压和电流分别作为直角坐标系的两个坐标轴画出电压 U 与电流 I 的关系曲线,那么这条曲线称为该元件的伏安曲线。由于线性电阻的电阻值 R 不随电压和电流的改变而改变,因而线性电阻的伏安特性是一条通过坐标原点的直线。如图 1-3 所示。反之,因为非线性电阻的电阻值与其电压、电流的大小有关,因此其伏安特性曲线将不同于线性电阻的伏安特性曲线。半导体二极管是一个非线性电阻元件,其伏安特性曲线如图 1-4 所示。

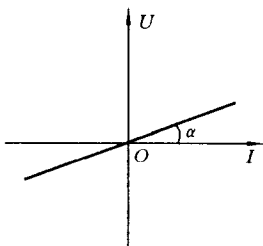


图 1-3 线性电阻的伏安特性曲线

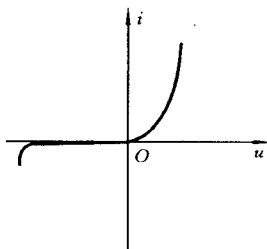


图 1-4 二极管的伏安特性曲线

3. 电压源

如果一个电压源的电压为恒定值,则称其为理想电压源。理想电压源具有如下特性:其端电压与流过其中的电流大小无关,即内阻为零;流过电压源的电流由与电压源

连接的外电路决定。实际的电压源一般都存在内阻,如图 1-5(a)所示。因此实际电压源的电压、电流有下列关系:

$$u = u_s - R_s i$$

式中, i 是流过电压源的电流; u_s 是电压源电压; R_s 为电压源的内阻。其伏安特性如图 1-5(b)所示。

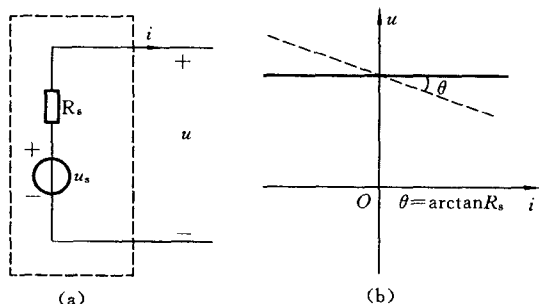


图 1-5 实际电压源的等效电路
(a)电压源电路;(b)电压源外特性曲线

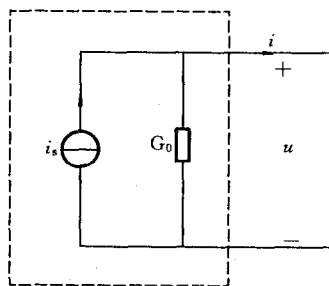


图 1-6 实际电流源等效电路

4. 电流源

理想电流源的特点是:(1)电流源的输出电流的函数 $i(t)$ 是固定的,不会因它所连接的外电路的不同而改变,即它的内阻为无穷大。(2)电流源的端电压由它所连接的外电路所决定。实际电流源可以用一个理想电流源与一个电导的并联来表示,如图 1-6 所示。

三、实验内容与步骤

1. 电阻元件的伏安特性的测定

自行设计一个测试电路,如图 1-7 所示,确认无误后,打开稳压电源开关,然后依次调节稳压电源输出值,分别读出电压表和电流表值,填入表 1-5 中,然后画出其伏安特性曲线。

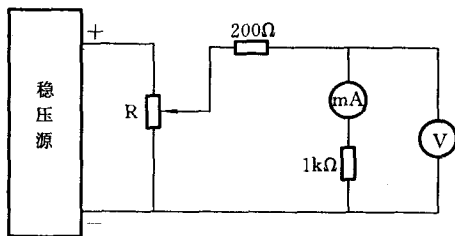


图 1-7 测试电路