



普通高等学校“十三五”规划教材

电工与电子技术实验教程

主 编 李 惟

副主编 郭应时

- 结构严谨、主次分明、通俗易懂。
- 注重实践能力培养，强调知识的实用性。
- 从简入难，理实一体，激发学生学习兴趣，锻炼学生综合实践能力。
- 明确培养目标，结合实例教学。



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

普通高等学校“十三五”规划教材

电工与电子技术实验教程

主 编 李 惟
副主编 郭应时



西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书共 4 章、6 个附录, 包含 36 个实验项目, 详细地介绍了国家 2015 版工科本科实验教学大纲要求的电工与电子技术的相关知识。本书注重理论与实践相结合, 以提高学生分析和解决实际问题的能力为目标。

本书深入浅出、层次分明、适用面广, 可作为高等学校本科工科电气类, 以及机电类、信息类、计算机应用类、管理类、环境工程类、土木工程类、机械类等非电类专业的电工电子实验课程教材, 也可以作为电子技术应用人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术实验教程/李惟主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2018. 6
ISBN 978 - 7 - 5606 - 4931 - 3

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 077539 号

策划编辑 刘百川

责任编辑 张 倩

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西利达印务有限责任公司

版 次 2018 年 6 月第 1 版 2018 年 6 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 11.5

字 数 244 千字

印 数 1~3000 册

定 价 27.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 4931 - 3/TM

XDUP 5233001 - 1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前言

电工与电子技术是目前发展最快的技术领域之一。随着电子技术的不断发展,新知识、新器件在电子领域得到了广泛的应用。本书在保证基本概念、基本原理和基本分析及设计方法的基础上,尽量减少理论分析,加强实践应用,突出应用性、实用性和先进性,做到理论与实践相结合,同时跟踪电子技术的新知识、新器件、新工艺和新技术的应用方向,以加深学生对各个单元电路功能的理解。

本书以分立元器件为基础来设置电子技术类实验题目,重点讲解具有代表性的集成电路使用功能,介绍常用的模拟集成电路和电子器件;根据工科院校本科生的培养特点,进行实验项目在验证性和综合设计性两个层次上的设置,加强实践技能和应用能力的培养,对电气类、非电类专业学生提出不同标准的针对性考核要求,重在培养学生对电路的认知和应用能力。

本书实验内容与课后思考题紧密结合,有助于学生总结内容,拓宽思路,提高分析问题及解决问题的能力。

本书根据国家教育部大类招生目录、长安大学 2016 版本科培养目标、长安大学 2016 版电工电子实验教学大纲基本要求及 2017 年度国家本科教学审核评估反馈意见,结合现代电工与电子技术系列课程的建设实际而编写。全书共分为 4 章,6 个附录,各部分的主要内容如下:

本书前 2 章为电工技术(基础类与专业类),后 2 章为电子技术(模拟电子与数字电子),详细地讲解了强弱电两部分实验项目。电工技术基础类实验包括:电路元件伏安特性的测量,基尔霍夫定律及叠加原理实验,戴维南定理及诺顿定理,电压源、电流源及其电源等效变换, RLC 串联谐振电路的研究, R 、 L 、 C 元件阻抗特性的测定, RC 一阶电路的响应测试,日光灯电路及功率因数的提高,三相交流电路电压、电流的测量,三相鼠笼式异步电动机的控制等 10 个项目。电工技术专业类实验包括:电动机及电动机拖动基础认识实验,直流电动机,单相变压器,三相变压器的连接组 and 不对称短路,直流他励电动机的机械特性,三相异步电动机在三种运行状态下的机械特性,三相鼠笼式异步电动机的工作特性等 7 个项目。模拟电子技术实验包括:仪器使用和元器件识别,单管电压放大电路,多级放大电路,差动放大电路,集成运算放大电路,单相桥式整流、滤波电路,直流稳压电源,可控硅整流电路等 8 个项目。数字电子技术实验包括:集成门电路的逻辑功能测试,组合逻辑电路,触发器,计数器设计与应用,移位寄存器,序列脉冲发生器,555 定时器及其应用,数字时钟的设计,D/A 转换器设计,数字式水位报警器设计,电子密码锁设计等 11 个验证类、综合设计类项目。

6 个附录内容主要包括:常用集成电路芯片管脚排列图,常用仪器仪表的使用方

法，长安大学电工电子实验报告格式，长安大学实验成绩登记表，长安大学实验课考核办法，常用电子元器件的识别与检测等。

长安大学电控学院李惟修订编写了本书，长安大学实验管理处郭应时负责全书的校对以及附录的撰写与修订。本书在编写过程中，还得到了长安大学电子与控制工程学院、信息工程学院、建筑工程学院、环境工程学院、公路学院、汽车学院等相关领导和同事的极大关怀、帮助和鼓励，在此向他们一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，本书定然存在诸多不足和疏漏，恳请广大读者批评指正。

编 者

2018 年 3 月于西安

目 录

第 1 章 电工技术基础类实验	1
1.1 电路元件伏安特性的测量	2
1.2 基尔霍夫定律及叠加原理实验	4
1.3 戴维南定理及诺顿定理	7
1.4 电压源、电流源及其电源等效变换	10
1.5 RLC 串联谐振电路的研究	14
1.6 R 、 L 、 C 元件阻抗特性的测定	17
1.7 RC 一阶电路的响应测试	21
1.8 日光灯电路及功率因数的提高	26
1.9 三相交流电路电压、电流的测量	29
1.10 三相鼠笼式异步电动机的控制	32
第 2 章 电工技术专业类实验	35
2.1 电动机及电动机拖动基础认识实验	36
2.2 直流电动机	40
2.3 单相变压器	44
2.4 三相变压器的连接组和不平衡短路	49
2.5 直流他励电动机的机械特性	57
2.6 三相异步电动机在三种运行状态下的机械特性	62
2.7 三相鼠笼式异步电动机的工作特性	66
第 3 章 模拟电子技术实验	73
3.1 仪器使用和元器件识别	74
3.2 单管电压放大电路	76
3.3 多级放大电路	78
3.4 差动放大电路	80
3.5 集成运算放大电路	84
3.6 单相桥式整流、滤波电路	90
3.7 直流稳压电源	92
3.8 可控硅整流电路	97
第 4 章 数字电子技术实验	99
4.1 集成门电路的逻辑功能测试	100
4.2 组合逻辑电路	105

4.3	触发器	111
4.4	计数器设计与应用	115
4.5	移位寄存器	122
4.6	序列脉冲发生器	125
4.7	555 定时器及其应用	128
4.8	数字时钟的设计	133
4.9	D/A 转换器设计	137
4.10	数字式水位报警器设计*	142
4.11	电子密码锁设计*	143
附录 1	常用集成电路芯片管脚排列图	144
附录 2	常用仪器仪表的使用方法	146
附录 2.1	万用表的使用方法	146
附录 2.2	双踪示波器的使用方法	149
附录 2.3	函数信号发生器的使用方法	155
附录 2.4	交流毫伏表的使用方法	156
附录 3	长安大学电工电子实验报告格式	159
附录 4	长安大学实验成绩登记表	163
附录 5	长安大学实验课考核办法	164
附录 6	常用电子元器件的识别与检测	166

第 1 章

电工技术基础类实验



1.1 电路元件伏安特性的测量

一、实验目的

- (1) 掌握常用电路元件的识别方法；
- (2) 掌握线性电阻、非线性电阻元件伏安特性的逐点测试法；
- (3) 掌握常用电工仪表的使用方法。

二、实验原理

任何一个二端元件的伏安特性都可由该元件上的端电压 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示。这条曲线称为该元件的伏安特性曲线或外特性曲线。

三、实验仪器设备

直流稳压电源(0~30 V)，直流毫安表，直流电压表，万用表，电工综合实验台。

四、实验内容及步骤

1. 测定线性电阻器的伏安特性

线性电阻器实验电路如图 1.1-1 所示。测量电流与电压的值(电压取值范围为 0~6 V)，并将测量值填入表 1.1-1 中。

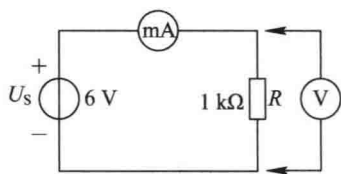


图 1.1-1 线性电阻器

表 1.1-1

U_s/V									
I/mA									

2. 测定非线性电阻器的伏安特性

非线性电阻器实验电路如图 1.1-2 所示。被测元件为白炽灯，测量电流与电压的

值(电压取值范围为 $0\sim 6\text{V}$)，并将测量值填入表 1.1-2 中。

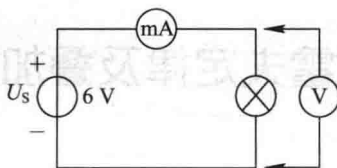


图 1.1-2 非线性电阻器

表 1.1-2

U_s/V									
I/mA									

3. 常规仪器的使用

- (1) 电压源的使用及引线方式。
- (2) 电压表、电流表、万用表的使用。

五、实验报告

- (1) 根据以上实验数据，分别做出线性电阻、非线性电阻的伏安特性曲线。
- (2) 根据实验结果，总结、归纳各被测元件的特性。
- (3) 分析产生误差的原因。

思 考 题

1. 线性电阻与非线性电阻的伏安特性有何区别？
2. 日常生活中，你还能列举出哪几种非线性电阻的使用实例？

1.2 基尔霍夫定律及叠加原理实验

一、实验目的

- (1) 验证并掌握基尔霍夫定律；
- (2) 验证并掌握线性电路叠加原理；
- (3) 加深对电流、电压参考方向的理解。

二、实验原理

(1) 基尔霍夫定律：测量某电路的各支路电流及多个元件两端的电压时，对电路中的任何一个节点而言，应满足 $\sum I = 0$ ；对任何一个闭合回路而言，应满足 $\sum U = 0$ 。

(2) 叠加原理：在有多多个独立源共同作用的线性电路中，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。

(3) 线性电路的齐次性：在线性电路中，若所有激励信号(独立源的值)都增大或减小同样的倍数，则电路中的响应(即电路中其他各电阻元件上所产生的电流或电压值)也将增大或减小相同的倍数。当激励只有一个时，响应与激励成正比。

线性电路是指完全由线性元件、独立源或线性受控源构成的电路。线性的含义就是指输入与输出之间的关系可以用线性函数表示。

三、实验仪器设备

双路直流稳压电源一台，万用表一块，直流毫安表一块，直流电压表一块，实验线路板一块。

四、实验内容及步骤

实验线路原理图如图 1.2-1 所示。实验板接线图如图 1.2-2 所示。

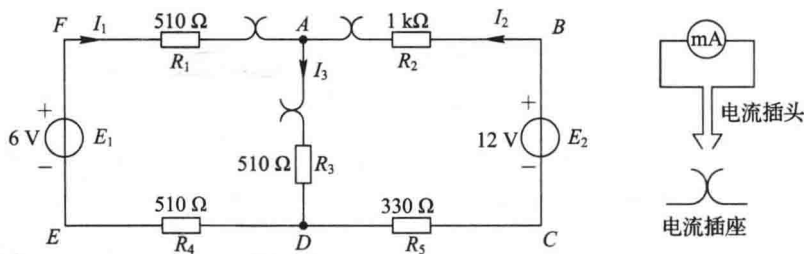


图 1.2-1 实验线路原理图

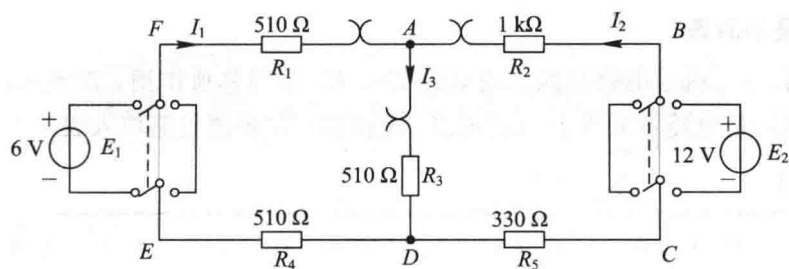


图 1.2-2 实验板接线图

1. 验证基尔霍夫电流定律(KCL)

根据图 1.2-1 中给出的参数,利用 KCL 计算 I_1 、 I_2 、 I_3 的值并填入表 1.2-1 中。

实验前,先任意设定三条支路的电流参考方向,如图 1.2-1 中的 I_1 、 I_2 、 I_3 所示,分别将两路直流稳压电源 $E_1=6\text{ V}$ 和 $E_2=12\text{ V}$ 接入电路,将电流表分别串入各支路中(如发现为负值,应迅速调换电流表极性,并冠以负号),并将测量值填入表 1.2-1 中。

为了体会测量仪表的量程对测量误差的影响,分别用大、小量程的电流表对表 1.2-1 所示数据各测量一次。

表 1.2-1

	I_1/mA	I_2/mA	I_3/mA	$\sum I_i/\text{mA}$
计算值 A_0				
测量值 A_x	大量程/小量程:	大量程/小量程:	大量程/小量程:	大量程/小量程:
误差/% $((A_x-A_0)/A_x)\times 100\%$				

2. 验证基尔霍夫电压定律(KVL)

根据图 1.2-1 中给出的参数,利用 KVL 计算各元件上的电压值,并将计算结果填入表 1.2-2 中。用直流电压表分别测量电路(见图 1.2-1)各元件上的电压值,并将测量值填入表 1.2-2 中。

表 1.2-2

	U_{FA}/V	U_{AB}/V	U_{BC}/V	U_{CD}/V	U_{DE}/V	U_{EF}/V	U_{AD}/V
计算值 A_0							
测量值 A_x							
误差/% $((A_x-A_0)/A_x)\times 100\%$							

3. 验证叠加原理

按照图 1.2-2 所示电路接线。当电源 E_1 、 E_2 分别单独作用，以及 E_1 和 E_2 共同作用时，分别测量电路各元件上的电压值、电流值，并将测量值填入表 1.2-3 中。

表 1.2-3

	E_1/V	E_2/V	I_1/mA	I_2/mA	I_3/mA	U_{AB}/V	U_{CD}/V	U_{AD}/V	U_{DE}/V	U_{FA}/V
E_1 单独作用	6	0								
E_2 单独作用	0	12								
E_1 、 E_2 共同作用	6	12								
$2E_1$ 单独作用	12	0								
$2E_2$ 单独作用	0	24								

五、实验报告

- (1) 利用测量结果验证基尔霍夫定律、叠加定理及电路的齐次性。
- (2) 计算各值的绝对误差，分析产生误差的原因。

思考题

- 1. 若某支路的电流为 3 mA 左右，现有量程分别为 5 mA 和 10 mA 的两个电流表，应选用哪一量程使测量值可以更加精准？
- 2. 实验中，当用万用表直流毫安挡测量各支路电流时，什么情况下可能出现指针反偏？应如何处理？在记录数据时应注意什么？

1.3 戴维南定理及诺顿定理

一、实验目的

- (1) 验证戴维南定理及诺顿定理；
- (2) 掌握测量有源二端网络等效参数的一般方法。

二、实验原理

对于任何一个线性含源网络，当仅仅研究其中一条支路的电压和电流时，可将电路的其余部分看作是一个有源二端网络。

戴维南定理：任何一个线性有源二端网络，总可以用一个等效电压源和等效电阻相串联来代替。

诺顿定理：任何一个线性有源二端网络，总可以用一个等效电流源和等效电阻相并联来代替。

有源二端网络等效参数的测量方法有以下四种：

1. 开路电压、短路电流法测量

在有源二端网络输出端开路时，用电压表直接测其输出端的开路电压 U_{oc} ，然后再将其输出端短路，用电流表测其短路电流 I_{sc} ，则内阻为

$$R_o = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$$

2. 伏安法测量

用电压表、电流表测出有源二端网络的外特性如图 1.3-1 所示。根据外特性曲线求出斜率，则内阻为

$$R_o = \tan\varphi = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$$

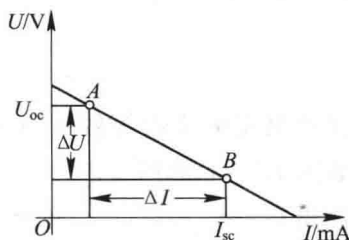


图 1.3-1 伏安法

伏安法主要用于测量开路电压及电流为额定值 I_N 时的输出端电压值 U_N ，若二端

网络的内阻值很低,则不宜用于测其短路电流。

3. 半电压法测量

如图 1.3-2 所示,当负载电压为被测网络开路电压一半时,负载电阻(由电阻箱的读数确定)即为被测有源二端网络的等效内阻。

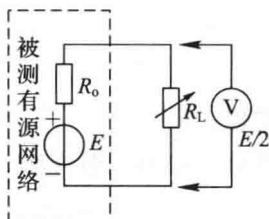


图 1.3-2 半电压法

4. 零示法测量

在测量具有高内阻的有源二端网络的开路电压时,用电压表直接测量会造成较大的误差。为了消除电压表内阻的影响,往往采用零示法测量,如图 1.3-3 所示。

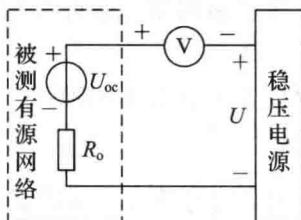


图 1.3-3 零示法

零示法测量原理是用一低内阻的稳压电源与被测有源二端网络进行比较,当稳压电源的输出电压与有源二端网络的开路电压相等时,电压表的读数将为“0”;然后,将电路断开,测量此时稳压电源的输出电压,即为被测有源二端网络的开路电压。

三、实验仪器设备

直流稳压电源一台,直流电压表一块,直流毫安表一块,戴维南定理及诺顿定理实验线路板各一块,可调电阻箱($0 \sim 999999.9 \Omega$)。

四、实验内容及步骤

(1) 用开路电压、短路电流法测定戴维南等效电路的 U_{oc} 和 I_{sc} , 测量数据填入表 1.3-1 中。被测有源二端网络如图 1.3-4(a) 所示。

(2) 用零示法及半电压法测得 $U_{oc} =$ _____ 和 $R_o =$ _____。

(3) 外特性曲线测定。

按图 1.3-4(a) 改变电位器 R_L 的阻值, 电位器的阻值变化范围从 0 到 ∞ , 测量该有源二端网络的外特性曲线, 并将测量数据填入表 1.3-2 中。

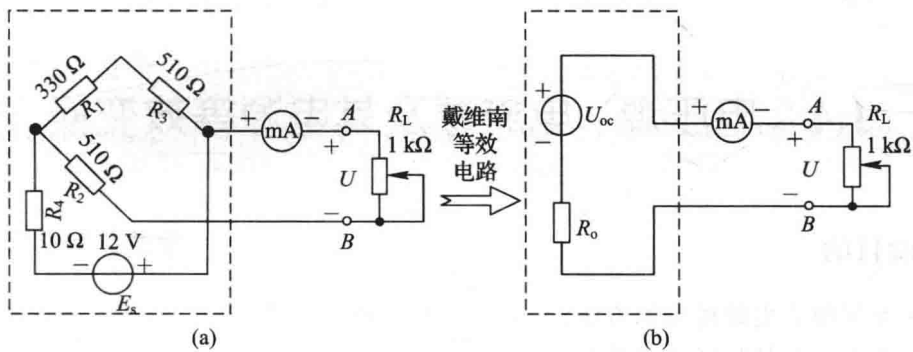


图 1.3-4 被测有源二端网络及其等效电路

表 1.3-1

U_{oc}/V	I_{sc}/mA	$R_o = U_{oc}/I_{sc}$

表 1.3-2

U/V						
I/mA						

(4) 验证戴维南定理。

保持(2)中的值不变，用电位器与直流稳压电源相串联，如图 1.3-4(b)所示。仿照步骤(3)测其外特性曲线，对戴维南定理进行验证，并将数据填入表 1.3-3 中。

表 1.3-3

U/V						
I/mA						

五、实验报告

- (1) 根据步骤(3)和步骤(4)，分别绘出曲线，验证戴维南定理的正确性，并分析产生误差的原因。
- (2) 将步骤(1)测得的 U_{oc} 和 R_o 与预习时电路计算的结果作比较，写出结论。
- (3) 归纳、总结实验结果。

思考题

- 1. 比较测有源二端网络开路电压及等效内阻的几种方法的优缺点。
- 2. 设计一个验证诺顿定理的实验。

1.4 电压源、电流源及其电源等效变换

一、实验目的

- (1) 掌握建立电源模型的方法；
- (2) 掌握电源外特性的测量方法；
- (3) 加深对电压源和电流源特性的理解；
- (4) 研究电源模型等效变换的条件。

二、实验原理

1. 电压源和电流源

电压源具有端电压保持恒定不变，而输出电流的大小由负载决定的特性。其外特性，即端电压 U 与输出电流 I 的关系 $U=f(I)$ 是一条平行于 I 轴的直线。实验中使用的恒压源在规定的电流范围内具有很小的内阻，可以将它视为一个电压源。

电流源具有输出电流保持恒定不变，而端电压的大小由负载决定的特性。其外特性，即输出电流 I 与端电压 U 的关系 $I=f(U)$ 是一条平行于 U 轴的直线。实验中使用的恒流源在规定的电压范围内具有极大的内阻，可以将它视为一个电流源。

2. 实际电压源和实际电流源

实际上，任何电源内部都存在电阻，通常称为内阻。因而，实际电压源可以用一个内阻 R_s 和电压源 U_s 串联表示，其端电压 U 随输出电流 I 增大而降低。在实验中，可以用一个小阻值的电阻与恒压源相串联来模拟一个实际电压源。

实际电流源可以用一个内阻 R_s 和电流源 I_s 并联表示，其输出电流 I 随端电压 U 增大而减小。在实验中，可以用一个大阻值的电阻与恒流源相并联来模拟一个实际电流源。

3. 实际电压源和实际电流源的等效变换

一个实际的电源，就其外部特性而言，既可以看成是一个电压源，又可以看成是一个电流源。若视为电压源，则可用一个电压源 U_s 与一个电阻 R_s 相串联表示；若视为电流源，则可用一个电流源 I_s 与一个电阻 R_s 相并联来表示。若它们向同样大小的负载提供同样大小的电流和端电压，则称这两个电源是等效的，即具有相同的外特性。

实际电压源与实际电流源等效变换的条件如下：

- (1) 取实际电压源与实际电流源的内阻均为 R_s 。

- (2) 若已知实际电压源的参数为 U_s 和 R_s ，则实际电流源的参数为 $I_s = \frac{U_s}{R_s}$ 和 R_s ；