



电子与通信工程学科精品教程

电工电子技术基础实验

主 编 操长茂 胡小波

DIANGONG DIANZI



JISHU JICHU SHIYAN

华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



电子与通信工程学科精品教程

电工电子技术基础实验

DIANGONG DIANZI JISHU JICHU SHIYAN

主 编 操长茂 胡小波

副主编 吴幼芬 周 俊 兰 慧 周 非



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础实验/操长茂 胡小波 主编. —武汉: 华中科技大学出版社, 2009年11月

ISBN 978-7-5609-5671-8

I. 电… II. ①操… ②胡… 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. TM-33 TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 159738 号

电工电子技术基础实验

操长茂 胡小波 主编

策划编辑:张 毅

责任编辑:彭中军

责任校对:刘 峻

封面设计:潘 群

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉正风图文照排中心

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787mm×960mm 1/16

印张:19.25 插页:1

字数:417 000

版次:2009年11月第1版

印次:2009年11月第1次印刷

定价:32.00元

ISBN 978-7-5609-5671-8/TM·114

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

“电工电子技术基础实验”是理工科专业学生的一门技术基础课,针对学生学习电工电子技术课程的差异,教材构建了三级实验教学体系:基础训练实验、综合设计实验、研究创新实验。本书共3篇:第1篇介绍了电路电工技术实验;第2篇介绍了模拟电子技术的基本技能实验、综合设计实验和研究创新实验;第3篇介绍了数字电子技术的基本技能实验、综合设计实验和研究创新实验;附录介绍了常用电子仪器原理及使用、常用元器件等有关资料。

本书既可作为高等学校电气信息类各专业学生的实验教材,也可作为其他理工科学生理解和掌握电工电子技术知识和实验系统的教材或教学参考书,同时也可供相关领域的科技工作者参考。

前 言

随着我国高等教育的大众化,培养具有工程实践能力的应用型人才已经越来越受到人们的重视。近十年来,各高校在实践教学方面做了多方面的积极努力。“电工电子技术基础实验”是理工科学生的一门技术基础课,随着电工电子技术的发展,这门课在实践教学中的作用日益重要。为了提高课程的教学质量、满足学生的要求,对电工电子技术实验的内容及安排上进行了改革。针对学生学习电工电子技术课程的差异,构建了“电工电子技术基础实验”三级实验教学体系。

第一级:基础训练。通过大量验证性实验教学,使学生加深理解电工电子类基本理论知识,掌握调试软硬件的方法和技能,逐步培养学生分析问题、解决问题的实验能力。

第二级:综合设计。通过综合运用电工电子类单元电路进行组合设计实验教学,全面提升学生综合运用知识的能力,培养学生的工程实践能力。

第三级:研究创新。在教师的指导下,学生开展应用性科研项目研究与工程设计,旨在全面提升学生的科学素养,激发学生自主学习的潜能,培养学生的创新能力。

在三级实验教学体系中,减少验证性实验项目,把基础性内容贯穿于综合性、应用性、设计性实验项目之中。特别是在研究创新性实验中,尽可能大量地寻找与企业生产和实际生活紧密结合的项目,缩短实验内容和实际应用的距离,从而增强学生的就业竞争力,突出应用型人才的培养。

参加本书编写的教师多年来从事电路电子技术课程体系、课程内容的改革,有丰富的理论和实验教学经验。本书第1篇由胡小波、周非执笔,第2篇由周俊、操长茂执笔,第3篇由吴幼芬、兰慧执笔,附录由胡小波、操长茂执笔。操长茂、胡小波负责全书的整理和统稿。

江汉大学实验与设备管理处、电工电子实验教学示范中心对本书的实验体系、实验内容及实验管理给予了多方面的指导、肯定和支持。浙江天煌科技实业有限公司提供了实验系统和有关资料。在此,向他们表示衷心的感谢。

限于编者水平,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2009年6月

目 录

第 1 篇 电路电工实验	(1)
实验 1 电路元件伏安特性的测绘	(1)
实验 2 基尔霍夫定律的验证	(5)
实验 3 叠加原理的验证	(7)
实验 4 电压源与电流源的等效变换	(10)
实验 5 验证戴维南定理和诺顿定理	(13)
实验 6 受控源 VCVS、VCCS、CCVS、CCCS 的实验研究	(17)
实验 7 典型电信号的观察与测量	(22)
实验 8 RC 一阶电路的响应测试	(25)
实验 9 二阶动态电路响应的研究	(29)
实验 10 R 、 L 、 C 元件阻抗特性的测定	(31)
实验 11 正弦稳态交流电路相量的研究	(33)
实验 12 RC 选频网络特性测试	(37)
实验 13 RLC 串联谐振电路的研究	(40)
实验 14 互感电路观测	(43)
实验 15 单相铁芯变压器特性的测试	(46)
实验 16 三相交流电路电压、电流的测量	(49)
实验 17 三相电路功率的测量	(52)
实验 18 单相电度表的校验	(56)
实验 19 功率因数及相序的测量	(59)
实验 20 三相鼠笼式异步电动机	(62)
实验 21 三相鼠笼式异步电动机点动和自锁控制	(7)
实验 22 三相鼠笼式异步电动机正、反转控制	(70)
实验 23 三相鼠笼式异步电动机 Y- Δ 降压启动控制	(73)
实验 24 三相异步电动机顺序控制	(77)
第 2 篇 模拟电路实验	(79)
第 1 部分 基础实验	(79)
实验 1 常用电子仪器的使用	(79)

实验 2	晶体管共射极单管放大器	(85)
实验 3	射极跟随器	(93)
实验 4	场效应管放大器	(97)
实验 5	低频功率放大器——OTL 功率放大器	(102)
实验 6	差动放大器	(107)
实验 7	负反馈放大器	(112)
实验 8	集成运算放大器的基本应用——模拟运算电路	(116)
实验 9	集成运算放大器的基本应用——有源滤波器	(121)
实验 10	RC 正弦波振荡器	(127)
实验 11	LC 正弦波振荡器	(131)
实验 12	直流稳压电源——串联型晶体管稳压电源	(134)
第 2 部分	综合性实验	(140)
实验 13	集成运算放大器指标测试	(140)
实验 14	集成运算放大器的基本应用——电压比较器	(146)
实验 15	集成运算放大器的基本应用——波形发生器	(150)
实验 16	函数信号发生器的组装与调试	(155)
实验 17	压控振荡器	(158)
实验 18	低频功率放大器——集成功率放大器	(161)
实验 19	直流稳压电源——集成稳压器	(165)
第 3 部分	创新实验	(170)
实验 20	音响放大器设计	(170)
实验 21	简易心电图仪设计	(171)
实验 22	电子温度计设计	(173)
实验 23	开关稳压电源的设计与调试	(174)
第 3 篇	数字电路实验	(175)
第 1 部分	基础实验	(175)
实验 1	门电路的功能测试	(175)
实验 2	TTL 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	(181)
实验 3	CMOS 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	(187)
实验 4	集成逻辑电路的连接和驱动	(190)
实验 5	半加器和全加器的设计	(194)
实验 6	组合逻辑电路的设计与测试	(197)
实验 7	译码器及其应用	(201)
实验 8	数据选择器及其应用	(208)

实验 9	触发器及其应用	(214)
实验 10	计数器及其应用	(222)
实验 11	移位寄存器及其应用	(227)
实验 12	使用门电路产生脉冲信号自激多谐振荡器	(234)
实验 13	555 时基电路及其应用	(238)
实验 14	时序电路的设计	(244)
第 2 部分	综合性实验	(248)
实验 15	智力竞赛抢答装置	(248)
实验 16	电子秒表	(250)
实验 17	$3\frac{1}{2}$ 位直流数字电压表	(255)
实验 18	数字频率计	(261)
第 3 部分	创新实验	(267)
实验 19	智力竞赛抢答器设计	(267)
实验 20	交通灯控制电路的设计	(269)
实验 21	简易数显频率计的设计	(271)
附录	电工电子相关仪表设备及其使用的有关问题	(273)

第1篇 电路电工实验

实验1 电路元件伏安特性的测绘

一、实验目的

- (1) 掌握识别常用电路元件的方法。
- (2) 掌握线性电阻、非线性电阻元件伏安特性的测绘。

二、实验原理

任何一个二端元件的特性可用该元件上的端电压 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征,这条曲线称为该元件的伏安特性曲线。

(1) 线性电阻器的伏安特性曲线是一条通过坐标原点的直线,如图 1-1 中直线 a 所示,该直线的斜率等于该电阻器的电阻值。

(2) 白炽灯在工作时灯丝处于高温状态,其灯丝电阻随着温度的升高而增大,通过白炽灯的电流越大,其温度越高,阻值也越大,一般灯泡的“冷电阻”与“热电阻”的阻值可相差几倍至十几倍,所以它的伏安特性如图 1-1 中曲线 b 所示。

(3) 半导体二极管是一个非线性电阻元件,其伏安特性如图 1-1 中曲线 c 所示。二极管正向压降很小(一般的锗管为 $0.2\sim 0.3\text{ V}$,硅管为 $0.5\sim 0.7\text{ V}$),正向电流随正向电压的升高而急骤上升,而反向电压从零一直增加到几十伏时(但反向电压加得过高,超过管子的极限值,则会导致管子击穿损坏),其反向电流增加很小,粗略地认为电流没有变化。因此,可认为二极管具有单向导电性。

(4) 稳压二极管是一种特殊的半导体二极管,其正向

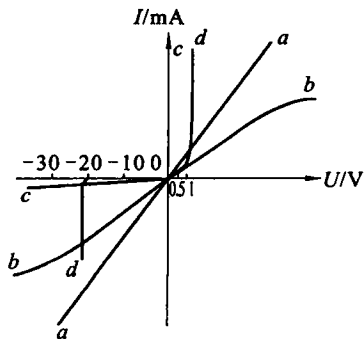


图 1-1 常用元件的伏安特性曲线

特性与普通二极管的类似,但其反向特性与普通二极管的有较大区别,如图 1-1 中曲线 d 所示。在反向电压开始增加时,其反向电流几乎为零,但当电压增加到某一数值时(称为管子的稳压值,有各种不同稳压值的稳压管)电流将突然增加,而它的端电压基本维持恒定(当外加的反向电压继续升高时其端电压仅有少量增加)。

注意:流过二极管或稳压二极管的电流不能超过管子的极限值,否则管子会被烧坏。

三、实验设备

DGJ-1 高性能电工技术实验台或 KHDL-1 电路原理实验箱。

四、实验内容

1. 测定线性电阻的伏安特性

按图 1-2 接线,调节稳压电源的输出电压 U ,从 0 V 开始缓慢地增加,一直到 10 V ,使 U_R 按表 1-1 变化时记下相应的电流表的读数 I 。

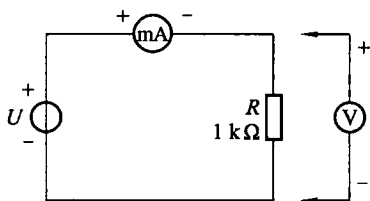


图 1-2 测定线性电阻的伏安特性

表 1-1 线性电阻伏安特性的实验数据表

U_R/V	0	2	4	6	8	10
I/mA						

2. 测定非线性白炽灯泡的伏安特性(限于 DGJ-1 高性能电工技术实验台)

将图 1-2 中的 R 换成一只 12 V 、 0.1 A 的灯泡,重复步骤 1,使 U_L 按表 1-2 变化时记下相应的电流表读数 I 。 U_L 为灯泡的端电压。

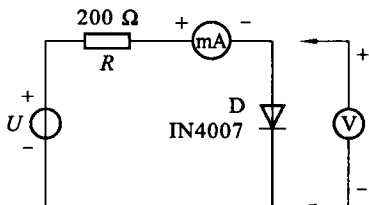


图 1-3 测定半导体二极管的伏安特性

表 1-2 非线性白炽灯泡的伏安特性实验数据表

U_L/V	0.1	0.5	1	2	3	4	5
I/mA							

3. 测定半导体二极管的伏安特性

按图 1-3 接线, R 为限流电阻器。测二极管的正向特性时,其正向电流不得超过

35 mA, 二极管 D 的正向电压 U_{D+} 可在 $0 \sim 0.75$ V 之间取值。在 $0.5 \sim 0.75$ V 之间应多取几个测量点。测反向特性时, 将图 1-3 中的二极管 D 反接, 且其反向电压 U_{D-} 可达 30 V。将测定的二极管正向和反向特性实验数据填入表 1-3 和表 1-4 中。

表 1-3 二极管正向特性实验数据表

U_{D+}/V	0.10	0.30	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
I/mA								

表 1-4 二极管反向特性实验数据表

U_{D-}/V	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
I/mA							

4. 测定稳压二极管的伏安特性

(1) 正向特性实验: 将图 1-3 中的二极管换成稳压二极管 2CW51, 重复实验内容 3。 U_{Z+} 为 2CW51 的正向电压。将测定的二极管正向特性实验数据填入表 1-5 中。

表 1-5 稳压二极管正向特性实验数据表

U_{Z+}/V	0.10	0.30	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
I/mA								

(2) 反向特性实验: 将图 1-3 中的 R 换成 $1\text{ k}\Omega$, 2CW51 反接, 测量 2CW51 的反向特性。稳压电源的输出电压 U 从 $0 \sim 20$ V 变化, 测量 2CW51 二端的电压 U_{Z-} 及电流 I , 由 U_{Z-} 可看出其稳压特性。将测定的二极管反向特性实验数据填入表 1-6 中。

表 1-6 稳压二极管反向特性实验数据表

U/V									
U_{Z-}/V									
I/mA									

五、实验注意事项

(1) 测二极管正向特性时, 稳压电源输出应由小至大逐渐增加, 应时刻注意电流表读数不得超过 35 mA。

(2) 如果要测定 2AP9 的伏安特性, 则正向特性的电压值应取 0 V、0.10 V、0.13 V、0.15 V、0.17 V、0.19 V、0.21 V、0.24 V、0.30 V, 反向特性的电压值取 0 V、2 V、4 V、…、10 V。

(3) 进行不同实验内容时, 应先估算电压和电流值, 合理选择仪表的量程, 勿使仪表超

量程,仪表的极性亦不可接错。

六、预习思考题

- (1) 线性电阻与非线性电阻的概念是什么? 电阻器与二极管的伏安特性有何区别?
- (2) 设某元件伏安特性曲线的函数式为 $I=f(U)$, 试问在逐点绘制曲线时, 其坐标变量应如何放置?
- (3) 稳压二极管与普通二极管有何区别, 其用途如何?
- (4) 在图 1-3 中, 设 $U=2\text{ V}$, $U_{D+}=0.7\text{ V}$, 则毫安表读数为多少?

七、实验报告

- (1) 根据各实验数据, 分别在坐标纸上绘制出光滑的伏安特性曲线(其中二极管和稳压管的正、反向特性均要求画在同一张坐标图中, 正、反向电压可取为不同的比例尺)。
- (2) 根据实验结果, 总结、归纳被测各元件的伏安特性。
- (3) 进行必要的误差分析。
- (4) 心得体会及其他。

实验2 基尔霍夫定律的验证

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

基尔霍夫定律是分析电路的基本定律,有电流定律(KCL)和电压定律(KVL)。基尔霍夫电流定律(KCL)是指电路中任一节点,在任一瞬间,流入节点的电流总和等于流出该节点的电流总和,即 $\sum I = 0$ 。基尔霍夫电压定律(KVL)是指从电路任一点出发,沿回路绕行一周回到这一点时,在绕行方向上,各部分的电压升的和等于各部分电压降的和,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。

三、实验设备

DGJ-1 高性能电工技术实验台或 KHDL-1 电路原理实验箱。

四、实验内容

实验线路连接如图 1-4 所示。

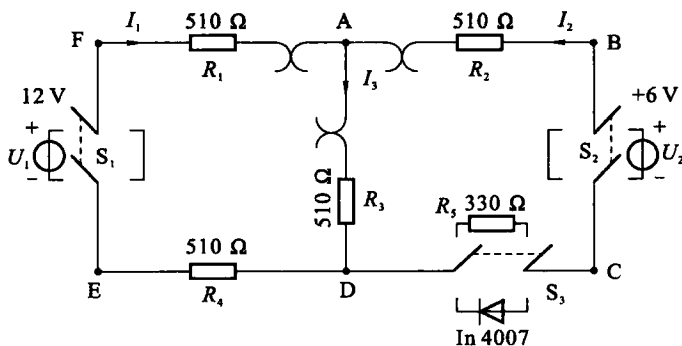


图 1-4 基尔霍夫定律验证电路

- (1) 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 1-4 中的 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 FADEF。
- (2) 分别将两路直流稳压源接入电路,令 $U_1 = 12\text{ V}$, $U_2 = 6\text{ V}$ 。
- (3) 熟悉电流插头的结构,将电流插头的两端接至数字毫安表的“+”和“-”两端。

- (4) 将电流插头分别插入三条支路的三个电流插座中,读出电流值并填入表 1-7 中。
- (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并填入表 1-7 中。

表 1-7 基尔霍夫定律的测量数据

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

五、实验注意事项

- (1) 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。
- (2) 防止稳压电源两个输出端碰线短路。
- (3) 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确正、负号应根据设定的电流参考方向来判断。

六、预习思考题

- (1) 根据图 1-4 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) 实验中,若用指针式万用表直流毫安挡测各支路电流,在什么情况下可能出现指针反偏,应如何处理?在记录数据时应注意什么?若用直流数字毫安表进行测量时,则会有什么显示呢?

七、实验报告

- (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,选定实验电路中的任一个闭合回路,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) 进行误差原因分析。
- (5) 心得体会及其他。

实验3 叠加原理的验证

一、实验目的

验证线性电路叠加原理的正确性,加深对线性电路的叠加性和齐次性的认识和理解。

二、验原理

叠加原理是指在有多个独立电源共同作用的线性电路中,任一支路中的电流,都可认为是由各个电源单独作用时分别在该支路中产生的电流的代数和。对于各元件上的电压,可认为是各个独立电源单独作用时在该元件上所产生的电压的代数和。

线性电路的齐次性是指当激励信号(某独立源的值得)增加(减小) k 倍(k 分之一)时,电路的响应(即在电路中各电阻元件上所建立的电流和电压值)也将增加(减小)为 k 倍(k 分之一)。

三、实验设备

DGJ-1 高性能电工技术实验台或 KHDL-1 电路原理实验箱。

四、实验内容

实验电路如图 1-5 所示。

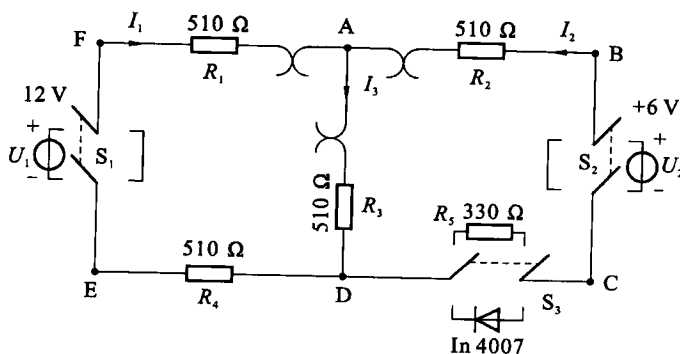


图 1-5 叠加原理验证电路

- (1) 将两路稳压源的输出分别调节为 12 V 和 6 V, 接入 U_1 和 U_2 处。
- (2) 令 U_1 电源单独作用(将开关 S_1 投向 U_1 侧, 开关 S_2 投向短路侧)。用直流数字电压表和毫安表(接电流插头)测量各支路电流及各电阻元件两端的电压, 记入表 1-8 中。

表 1-8 叠加原理实验的测量数据

测量项目 实验内容	U_1/V	U_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
U_1 单独作用										
U_2 单独作用										
U_1 、 U_2 共同作用										
$2U_2$ 单独作用										

(3) 令 U_2 电源单独作用(将开关 S_1 投向短路侧,开关 S_2 投向 U_2 侧),重复实验内容中步骤(2)的测量和记录,记入表 1-8 中。

(4) 令 U_1 和 U_2 共同作用(开关 S_1 和 S_2 分别投向 U_1 和 U_2 侧),重复上述的测量和记录,记入表 1-8 中。

(5) 将 U_2 的数值调至 +12 V,重复上述第(3)步的测量并记录,数据记入表 1-8 中。

(6) 将 R_5 (330 Ω) 换成二极管 IN4007(即将开关 S_3 投向二极管 IN4007 侧),重复(1)~(5)测量过程,数据记入表 1-9 中(该内容仅限于 DGJ-1 高性能电工技术实验台,可选做)。

(7) 任意按下某个故障设置按键,重复实验内容步骤(4)的测量和记录,再根据测量结果判断出故障的性质(该内容仅限于 DGJ-1 高性能电工技术实验台,可选做)。

表 1-9 非线性电路的测量数据

测量项目 实验内容	U_1/V	U_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
U_1 单独作用										
U_2 单独作用										
U_1 、 U_2 共同作用										
$2U_2$ 单独作用										

五、实验注意事项

(1) 用电流插头测量各支路电流时,或者用电压表测量电压时,应注意仪表的极性,正确判断测得值的+、-号后,记入数据表格。

(2) 注意仪表量程和换挡。

六、预习思考题

(1) 在叠加原理实验中,要令 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,若有一个电阻改为二极管,试问叠加原理的叠加性与齐次性还成立吗?为什么?

七、实验报告

(1) 根据实验数据表格,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齐次性。

(2) 各电阻所消耗的功率能否用叠加原理计算得出?试用上述实验数据,进行计算并作结论。

(3) 通过实验内容中步骤(6)及分析表 1-9 中的数据,能得出什么样的结论?

(4) 心得体会及其他。