

D IANGONG DIANZI
SHIYAN
JIAOCHENG

张雪芹 宋继荣 ○ 主编

电工电子 实验教程

(第二版)



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

电工电子实验教程

(第二版)

张雪芹 宋继荣 主编



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

· 上海 ·

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实验教程/张雪芹,宋继荣主编.—2版.—上海:
华东理工大学出版社,2016.8

ISBN 978-7-5628-4764-9

I. ①电… II. ①张… ②宋… III. ①电工试验-教材
②电子技术-实验-教材 IV. ①TM ②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 188761 号

内容提要

本实验教程以电工电子实验技能训练为基本目的,侧重实验方法的学习。全书包括两个部分。第1篇是电工技术实验,包括电源等效变换及戴维宁定理、并联交流电路等8个实验;第2篇是电子技术实验,其中模拟电子技术部分包括单管放大器的研究、运算放大器的线性应用实验等10个实验;数字电路部分包括触发器、计数器等5个实验;1个综合型、设计型实验。书中根据每个实验的内容相应地提供了简明的预备知识,包括课堂的理论知识及其应用实例,同时对实验中涉及的仪器设备和电子元器件进行了工作原理和使用方法的简明扼要的介绍,并在书后给出了相应的附录。

本实验教程适用于大专院校电工学、电工技术与电子技术、电路及电子技术等相关课程的实验教学。

项目统筹 / 徐知今

责任编辑 / 徐知今

出版发行 / 华东理工大学出版社有限公司

地 址: 上海市梅陇路 130 号, 200237

电 话: 021-64250306

网 址: www.ecustpress.cn

邮 箱: zongbianban@ecustpress.cn

印 刷 / 江苏省句容市排印厂
开 本 / 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 / 10.5
字 数 / 261 千字
版 次 / 2008 年 9 月第 1 版
2016 年 8 月第 2 版
印 次 / 2016 年 8 月第 1 次
定 价 / 28.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

电工电子实验是工科院校电工学、电工技术与电子技术及相关课程的实践性环节,是整个教学过程的重要组成部分。

本书内容丰富,覆盖面广,实验内容除涉及电路、电机、模拟电子技术和数字电子技术等4个部分,还包括常用仪器仪表介绍、Multisim 仿真软件介绍和基本实验技能介绍。实验项目中既有验证型实验,又有设计型和综合型实验;既有硬件实验,又有软件实验。同时,每个实验均包含多个实验题目,并提供可选实验。实验教师可以根据专业及学时的不同以及学生实验能力的不同,对实验内容进行组合,以满足不同层次的实验教学的需要。

本书中的基本实验部分已在华东理工大学使用了十多年,新增了综合型、设计型实验。本书可以与张南主编的《电工学(少学时)》及其他电工、电子教材配套使用。

本书实验1~4,6~10,14~17,24以及附录2由张雪芹编写,实验5,11~13,18~23以及附录1由宋继荣编写,附录3~8由朱奇编写。全书由张雪芹统稿。

本书编写中得到华东理工大学电工电子教研室和电子信息实验中心多位同仁的支持和帮助,并提出了许多宝贵的意见和建议,在此深表感谢。

由于作者的水平有限,书中的错误和不妥之处难免存在,敬请广大读者批评指出。

编 者

2016年6月于华东理工大学

主要的安全实验注意事项

一、接线前,学生应检查实验用导线是否完好。实验中严禁使用破损了的导线。

二、实验过程中必须一人操作,一人监督。负责监督的学生随时准备拉闸断电,防止事故。操作人员必须单手操作,防止触电引起人身事故。

三、实验中所有接线必须先自行核对,然后请教师检查。未经同意不得接通电源。如未经教师许可而擅自通电造成设备损坏,必须赔偿,责任由肇事者自负。

四、所有接线的连接应十分牢固,防止实验过程中线头脱落造成碰线、短接。接线时遇到需要将导线直接压在螺丝下时,应注意不能使线头露出过长,否则容易引起碰线故障。

五、在电路通电情况下,不可用手接触电路中不绝缘的金属导线或连接点。

六、实验中如遇到事故或发现反常现象,要立即切断电源,并报告教师,经查明原因排除故障后方可继续进行实验,如损坏仪器按“实验注意事项三”处理。

七、实验中若要更改接线,须“先断电,后动线”。临时断开的导线必须完全拆除,严禁导线一端悬空。

八、不得用电流表及万用表的电阻、电流挡去测量电压,电烙铁在使用时应妥善放在散热支架上,以防止烫坏物品。

九、实验时要认真仔细,爱护公物,注意安全,不要随便动用与本实验无关的仪器设备。

十、实验完毕后,应该由指导教师检查实验结果,然后再切断电源、拆除接线,并经实验室工作人员检查确认设备完好无损后方可离开实验室。

十一、实验室的各类器材不得擅自带出,私人的各类无线电器材元件未经允许一律不得带进实验室。

实验预习与实验报告的要求

一、实验预习要求

实验前应认真阅读实验教材,了解实验目的、实验内容和实验注意事项,并复习相关原理。为了确保达到预习要求,每次实验前,教师将对学生进行口头或书面检查。凡没有达到要求的学生,均不得参加本次实验。

实验预习应包括以下内容:

1. 明确实验目的,了解实验的内容和实验的操作步骤;
2. 掌握与实验内容有关的定性分析和定量计算;
3. 了解实验仪器和设备的使用方法以及注意事项;
4. 回答指定的预习思考题;
5. 对部分实验,根据实验要求自行拟定实验数据记录表格。

二、实验报告撰写要求

实验报告是实验工作的全面总结,是教师考核学生实验成绩的主要依据。实验报告的重点是实验数据的整理与分析。实验报告要求字迹清楚,回答问题简明扼要,有条有理,数据表格工整,电路图不得随手乱画,实验曲线、波形一律画在方格纸上,剪贴于报告上相应位置。实验报告主要包括以下各项:

1. 记录实验电路(包括元器件参数)、实验数据与波形以及实验过程中出现的故障及解决的方法等;
2. 对原始记录进行必要的分析、整理,包括实验数据与估算结果的比较,产生误差的原因及减小误差的方法,实验故障原因的分析等;
3. 回答实验思考题。

基本实验技能和要求

本课程实验要求学生科学、规范操作,掌握电工电子基本的实验技能,包括以下几点。

一、基本实验技能

1. 接线

(1) 合理安排仪表元件的位置,接线该长则长、该短则短,尽量做到接线清楚、容易检查、操作方便。

(2) 接线要牢固可靠。

(3) 先接电路的主回路,再接并联支路。

(4) 为了安全起见,接线时通常最后接电源部分,拆线时应先拆电源部分。操作中严禁带电拆、接线。

2. 合理读取数据点

应通过预操作,掌握被测曲线趋势和找出特殊点:凡变化急剧的地方取点密,变化缓慢处取点疏。应使取点尽量少而又能真实反映客观情况。

3. 正确、准确地读取测量仪表指示值

(1) 合理选择量程,对指针式仪表应力求使指针偏转大于 $2/3$ 满量程时较为合适,同一量程中,指针偏转越大越准确。

(2) 对指针式仪表,在测量仪表量程与表面分度一致时,可以直接读取读数作为测量值。如果不一致,则先记下指针指示的格数,再进行换算,并注意读出足够的有效数字。

二、仪器设备的基本使用方法

1. 了解设备的名称、用途、铭牌规格及面板旋钮情况。使用时各旋钮应放在正确位置,禁止无意识地乱拨动旋钮。

2. 明确仪器设备使用的极限值

(1) 要注意使用设备的最大允许的输出值,如调压器、稳压电源有最大输出电流限制,电机有最大输出功率限制,信号源有最大输出功率及最大信号电流限制。

(2) 要注意测量仪表仪器最大允许的输入量,如电流表、电压表和功率表要注意最大的电流值或电压值。万用表、数字万用表、数字频率计、示波器等输入端都规定有最大允许的输入值,不得超过,否则会损坏设备。对多量程仪表(如万用表)要正确使用量程,千万不能用欧姆挡测量电压或用电流挡测量电压等。

3. 学会判断仪器设备是否工作正常

有自校功能的仪器仪表可通过自校信号对设备进行检查,如示波器有自校正弦波或方波,频率计有自校标准频率。

三、故障分析与检查排除

1. 实验中常见故障

- (1) 连线: 连线错, 接触不良, 断路或短路;
- (2) 元件: 元件错或元件值错, 包括电源输出错;
- (3) 参考点: 电源、实验电路、测试仪器之间公共参考点连接错误等等。

2. 故障检查方法

故障检查方法很多, 一般是根据故障类型, 确定部位、缩小范围, 在小范围内逐点检查, 最后找出故障点并给予排除。简单实用的方法是用万用表在通电状态下用电压挡或断电状态下用电阻挡检查电路故障。

(1) 带电检查法: 用万用表的电压挡(或电压表), 在接通电源情况下, 根据实验原理, 如果电路某两点应该有电压, 而万用表测不出电压; 或某两点间不应该有电压, 而万用表测出了电压; 或所测电压值与电路原理不符, 则故障即在此两点间。

(2) 断电检查法: 用万用表的电阻挡(或欧姆表), 在断开电源情况下, 根据实验原理, 如果电路某两点应该导通无电阻(或电阻极小), 而万用表测出开路(或电阻极大); 或某两点应该开路(或电阻很大), 但测得的结果为短路(或电阻极小), 则故障即在此两点间。

目 录

实验注意事项	1
实验预习与实验报告的要求	2
基本实验技能和要求	3
第 1 篇 电工技术实验	5
实验 1 电路元件伏安特性的测绘	7
实验 2 基尔霍夫定律和叠加定理验证	13
实验 3 电源等效变换及戴维宁定理	17
实验 4 简单正弦电路的研究	21
实验 5 RC 一阶电路	27
实验 6 并联交流电路	31
实验 7 三相交流电路	37
实验 8 异步电动机的继电-接触器控制	42
第 2 篇 电子技术实验	47
实验 9 单管放大电路的研究(一)	49
实验 10 单管放大电路的研究(二)	54
实验 11 差分放大电路	57
实验 12 负反馈放大电路	61
实验 13 功率放大电路	65
实验 14 整流、滤波与稳压电路	68
实验 15 集成直流稳压电路	73
实验 16 可控半波整流及交流调压电路	77
实验 17 集成运算放大器的应用(一)	81
实验 18 集成运算放大器的应用(二)	86
实验 19 组合逻辑电路	89
实验 20 半加器、全加器	96
实验 21 触发器	101
实验 22 计数器	107
实验 23 寄存器、移位寄存器	111
实验 24 温度控制系统设计	116
附 录	125
1 Multisim 仿真软件	127

2 常用电子元件的判别 145

3 UT803 型万用表使用说明 148

4 GPS-3303C 型直流稳压电源使用说明 151

5 GOS-6031 型示波器使用说明 154

6 SG1651A 型信号发生器使用说明 158

7 AS2295A 型交流毫伏表使用说明 160

8 验电笔 162

重要的实验注意事项

一、接线前,学生应检查实验用导线是否完好。实验中严禁使用破损了的导线。

二、实验过程中必须一人操作,一人监督。负责监督的学生随时准备拉闸断电,防止事故。操作人员必须单手操作,防止触电引起人身事故。

三、实验中所有接线必须先自行核对,然后请教师检查。未经同意不得接通电源。如未经教师许可而擅自通电造成设备损坏,必须赔偿,责任由肇事者自负。

四、所有接线的连接应十分牢固,防止实验过程中线头脱落造成碰线、短接。接线时遇到需要将导线直接压在螺丝下时,应注意不能使线头露出过长,否则容易引起碰线故障。

五、在电路通电情况下,不可用手接触电路中不绝缘的金属导线或连接点。

六、实验中如遇到事故或发现反常现象,要立即切断电源,并报告教师,经查明原因排除故障后方可继续进行实验,如损坏仪器按“实验注意事项三”处理。

七、实验中若要更改接线,须“先断电,后动线”。临时断开的导线必须完全拆除,严禁导线一端悬空。

八、不得用电流表及万用表的电阻、电流挡去测量电压,电烙铁在使用时应妥善放在散热支架上,以防止烫坏物品。

九、实验时要认真仔细,爱护公物,注意安全,不要随便动用与本实验无关的仪器设备。

十、实验完毕后,应该由指导教师检查实验结果,然后再切断电源、拆除接线,并经实验室工作人员检查确认设备完好无损后方可离开实验室。

十一、实验室的各类器材不得擅自带出,私人的各类无线电器材元件未经允许一律不得带进实验室。

实验预习与实验报告的要求

一、实验预习要求

实验前应认真阅读实验教材,了解实验目的、实验内容和实验注意事项,并复习相关原理。为了确保达到预习要求,每次实验前,教师将对学生进行口头或书面检查。凡没有达到要求的学生,均不得参加本次实验。

实验预习应包括以下内容:

1. 明确实验目的,了解实验的内容和实验的操作步骤;
2. 掌握与实验内容有关的定性分析和定量计算;
3. 了解实验仪器和设备的使用方法以及注意事项;
4. 回答指定的预习思考题;
5. 对部分实验,根据实验要求自行拟定实验数据记录表格。

二、实验报告撰写要求

实验报告是实验工作的全面总结,是教师考核学生实验成绩的主要依据。实验报告的重点是实验数据的整理与分析。实验报告要求字迹清楚,回答问题简明扼要,有条有理,数据表格工整,电路图不得随手乱画,实验曲线、波形一律画在方格纸上,剪贴于报告上相应位置。实验报告主要包括以下各项:

1. 记录实验电路(包括元器件参数)、实验数据与波形以及实验过程中出现的故障及解决的方法等;
2. 对原始记录进行必要的分析、整理,包括实验数据与估算结果的比较,产生误差的原因及减小误差的方法,实验故障原因的分析等;
3. 回答实验思考题。

基本实验技能和要求

本课程实验要求学生科学、规范操作,掌握电工电子基本的实验技能,包括以下几点。

一、基本实验技能

1. 接线

(1) 合理安排仪表元件的位置,接线该长则长、该短则短,尽量做到接线清楚、容易检查、操作方便。

(2) 接线要牢固可靠。

(3) 先接电路的主回路,再接并联支路。

(4) 为了安全起见,接线时通常最后接电源部分,拆线时应先拆电源部分。操作中严禁带电拆、接线。

2. 合理读取数据点

应通过预操作,掌握被测曲线趋势和找出特殊点:凡变化急剧的地方取点密,变化缓慢处取点疏。应使取点尽量少而又能真实反映客观情况。

3. 正确、准确地读取测量仪表指示值

(1) 合理选择量程,对指针式仪表应力求使指针偏转大于 $2/3$ 满量程时较为合适,同一量程中,指针偏转越大越准确。

(2) 对指针式仪表,在测量仪表量程与表面分度一致时,可以直接读取读数作为测量值。如果不一致,则先记下指针指示的格数,再进行换算,并注意读出足够的有效数字。

二、仪器设备的基本使用方法

1. 了解设备的名称、用途、铭牌规格及面板旋钮情况。使用时各旋钮应放在正确位置,禁止无意识地乱拨动旋钮。

2. 明确仪器设备使用的极限值

(1) 要注意使用设备的最大允许的输出值,如调压器、稳压电源有最大输出电流限制,电机有最大输出功率限制,信号源有最大输出功率及最大信号电流限制。

(2) 要注意测量仪表仪器最大允许的输入量,如电流表、电压表和功率表要注意最大的电流值或电压值。万用表、数字万用表、数字频率计、示波器等的输入端都规定有最大允许的输入值,不得超过,否则会损坏设备。对多量程仪表(如万用表)要正确使用量程,千万不能用欧姆挡测量电压或用电流挡测量电压等。

3. 学会判断仪器设备是否工作正常

有自校功能的仪器仪表可通过自校信号对设备进行检查,如示波器有自校正弦波或方波,频率计有自校标准频率。

三、故障分析与检查排除

1. 实验中常见故障

- (1) 连线: 连线错, 接触不良, 断路或短路;
- (2) 元件: 元件错或元件值错, 包括电源输出错;
- (3) 参考点: 电源、实验电路、测试仪器之间公共参考点连接错误等等。

2. 故障检查方法

故障检查方法很多, 一般是根据故障类型, 确定部位、缩小范围, 在小范围内逐点检查, 最后找出故障点并给予排除。简单实用的方法是用万用表在通电状态下用电压挡或断电状态下用电阻挡检查电路故障。

(1) 带电检查法: 用万用表的电压挡(或电压表), 在接通电源情况下, 根据实验原理, 如果电路某两点应该有电压, 而万用表测不出电压; 或某两点间不应该有电压, 而万用表测出了电压; 或所测电压值与电路原理不符, 则故障即在此两点间。

(2) 断电检查法: 用万用表的电阻挡(或欧姆表), 在断开电源情况下, 根据实验原理, 如果电路某两点应该导通无电阻(或电阻极小), 而万用表测出开路(或电阻极大); 或某两点应该开路(或电阻很大), 但测得的结果为短路(或电阻极小), 则故障即在此两点间。

第 1 篇 电工技术实验

实验 1 电路元件伏安特性的测绘

1.1 实验目的

1. 学会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。
3. 掌握实验台上直流电工仪表和设备的使用方法。

1.2 预备知识

任何一个二端元件的特性可用该元件两端施加的电压 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。直线的斜率等于该电阻的值。

(2) 通常将白炽灯视为线性电阻,但实际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,一般灯泡的“冷电阻”与“热电阻”的阻值可相差几倍至十几倍。白炽灯的伏安特性如图 1-1 中曲线 b 所示。

(3) 理想的直流电压源输出固定幅值的电压,输出电流大小取决于它所连接的外电路。因此它的伏安特性曲线是平行于电流轴的直线,如图 1-2(a)中实线所示。实际电压源可以用一个理想电压源 U_s 和内电阻 R_i 相串联的电路模型来表示。实际电压源的端电压 U 和电流 I 的关系式为: $U=U_s - R_i \times I$ 。实际电压源的伏安特性曲线如图 1-2(a)中虚线所示。

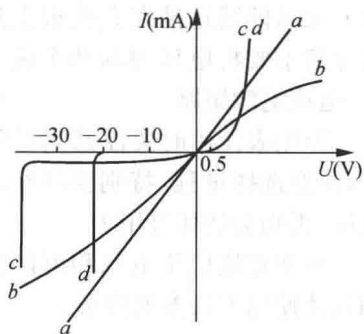


图 1-1 伏安特性曲线

(4) 理想的直流电流源输出固定幅值的电流,其端电压的大小取决于外电路,它的伏安特性曲线是平行于电压轴的直线,如图 1-2(b)中实线所示。实际电流源可以用一个理想电流源 I_s 和 R_i 相并联的电路模型来表示。实际电流源的输出电流 I 和电压 U 的关系式为: $I = I_s - U/R_i$ 。实际电流源的伏安特性曲线如图 1-2(b)中虚线所示。

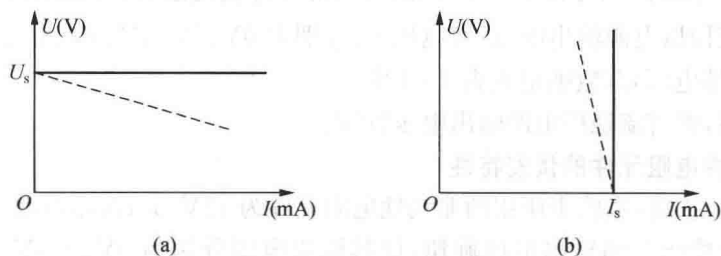


图 1-2 电压源和电流源伏安特性曲线