



高职高专规划教材

DIANLU JICHU SHIJIAN JIAOCHENG

电路基础实践教程

张洪宪 张礼宽 张雪娟 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

高职高专规划教材

电路基础实践教程

张洪宪 张礼宽 张雪娟 编著

浙江大學出版社

图书在版编目(CIP)数据

电路基础实践教程/张洪宪,张礼宽,张雪娟编著.
杭州:浙江大学出版社,2008.8
ISBN 978-7-308-06147-6
I. 电... II. ①张... ②张... ③张... III. 电路理论—教材
IV. TM13
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 120589 号

电路基础实践教程

张洪宪 张礼宽 张雪娟 编著

责任编辑 石国华
封面设计 刘依群
出版发行 浙江大学出版社
(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)
(网址: <http://www.zjupress.com>
<http://www.press.zju.edu.cn>)
排 版 星云光电图文制作工作室
印 刷 德清县第二印刷厂
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 5.50
字 数 103 千
版 次 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-06147-6
定 价 15.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换
浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

内容简介

本书主要内容有:电路实验基础知识,常用仪器的使用,电路分析基础实验(包含电路元件伏安特性的测量、基尔霍夫定律验证、叠加原理验证、戴维南定理验证、一阶电路响应测试、RLC 串联谐振电路的研究、双口网络测试 7 个实验),虚拟实验软件 Multisim2001 的使用及相应电路的仿真实验。

本书可作为高等职业院校应用电子专业、信息电子专业、机电一体化专业或相近专业的教材,也可作为有关专业的技术人员参考用书。

前 言

本书力求突出以培养应用型、技能型人才为主要目标的高职高专教育特点,着眼于电路的分析和工程应用能力的培养。旨在从实际应用的角度出发,结合电子行业工程实际需要,为高职高专电子信息类、通信类的学生提供进行电路基础实践的教科书。

电路基础实践对电路实验中的基本方法、实验内容和步骤、常用测量仪器仪表的使用等作了较为详细的介绍,并配有相应的思考题。

在实践教学中,由于受到实验学时和实验设备等诸多客观条件的限制,不可能把所有电路实验都开设出来,例如:大部分实验都用实验箱来完成所做的实验,几乎所有的电路都是封闭的。因此,学生对电路的结构了解得不多,使得学生只能机械地、被动地连接电路,读取数据,再套用公式,分析数据。只要连线正确、实验仪器仪表完好,学生也能完成实验报告,很多学生仅机械地抄写实验报告,不能真正地达到预习的目的。因此,这样不利于学生掌握电路的特性,尤其是常见的、典型的电路。为防止理论教学和实践脱节,探索在教学过程中兼顾理论和实践的结合点是电路教学改革的一项重要任务。为此,引入了仿真实验教学环节可以弥补这方面的不足,使电路实验与电路仿真有机地结合在一起,优势互补。共同促进学生对《电路分析》课程的学习、理解和掌握。

本书共分为三部分,第一部分电路实验基础主要是电路实验的基本要求、实验操作的规范、实验数据处理的方法及实验的安全等基础知识;第二部分是电路分析基础的实践,提供了7个实践项目;第三部分是利用虚拟实验软件 Multisim 2001 对电路进行仿真。

由于编者水平有限,书中难免有不当之处,敬请读者批评指正。

目 录

第 1 部分 电路实验基础

第 1 章 电路实验基础知识	2
1.1 实验课的教学要求	2
1.2 实验数据的处理	3
1.3 实验的安全	5
第 2 章 电路实验的基本方法和技能训练	7
2.1 电位、电压的测定及电位图的绘制	7
2.2 直流电压与直流电流的测量	9
2.3 示波器的使用	12

第 2 部分 电路分析基础实验

第 3 章 电路元件伏安特性的测量	16
3.1 实验目的	16
3.2 实验原理	16
3.3 实验内容和步骤	17
3.4 实验报告要求	19
3.5 回答下列思考题	19
第 4 章 基尔霍夫定律验证实验	20
4.1 实验目的	20
4.2 实验原理	20
4.3 实验内容和步骤	21
4.4 注意事项	22
4.5 实验报告要求	22
4.6 回答下列思考题	22

第5章 叠加原理的验证	23
5.1 实验目的	23
5.2 实验原理	23
5.3 实验内容	23
5.4 实验注意事项	24
5.5 预习思考题	24
5.6 实验报告	24
第6章 戴维南定理的验证	25
6.1 实验目的	25
6.2 实验原理	25
6.3 实验内容	26
6.4 实验注意事项	27
6.5 预习思考题	27
6.6 实验报告	27
第7章 常用仪器的使用	28
7.1 实验目的	28
7.2 实验仪器	28
7.3 仪器之间接线要求	28
7.4 实验内容及步骤	29
7.5 预习思考题	33
7.6 实验报告要求	33
第8章 一阶电路的响应测试	34
8.1 实验目的	34
8.2 实验原理	34
8.3 实验设备	35
8.4 实验内容	35
8.5 实验注意事项	37
8.6 预习思考题	37
8.7 实验报告	37
第9章 RLC 串联谐振电路的研究	38
9.1 实验目的	38
9.2 实验原理	38
9.3 实验内容和步骤	39
第10章 双口网络测试	41
10.1 实验目的	41
10.2 实验原理	41

10.3	实验设备	43
10.4	实验内容	43
10.5	实验注意事项	44
10.6	预习思考题	44
10.7	实验报告	44

第3部分 电路仿真

第11章	虚拟实验软件 Multisim 2001 使用简介	46
11.1	Multisim 2001 的工作界面	46
11.2	Multisim 2001 的设计工具栏	50
11.3	Multisim 2001 的元器件栏	51
11.4	Multisim 2001 的虚拟仪表栏	52
11.5	通用操作环境设置	55
11.6	Multisim 2001 的基本操作	63
第12章	基尔霍夫定律验证仿真实验	65
12.1	实验目的	65
12.2	实验电路	65
12.3	实验内容和步骤	65
第13章	戴维南定理验证仿真实验	67
13.1	实验目的	67
13.2	实验电路	67
13.3	实验内容和步骤	67
13.4	思考题	69
第14章	RLC 串联谐振电路仿真实验	70
14.1	实验目的	70
14.2	实验电路	70
14.3	实验内容和步骤	71
第15章	一阶电路的响应测试仿真实验	74
15.1	实验目的	74
15.2	实验电路	74
15.3	实验内容和步骤	74
15.4	思考题	76
附录:电路分析实验报告单		77
参考文献		78

第 1 部分

电路实验基础

第 1 章

电路实验基础知识

电路分析实验是学习电路理论的重要实践环节,其目的在于通过实际的测试和操作实验,掌握实验的基本方法和基本技能,增强感性认识,巩固、加深并扩展所学理论知识;培养科学的分析问题和解决问题的能力,促进从能力向知识的转化;培养创新的思维方法,为进一步进行科学研究和新领域探索打下良好的实践基础。

实验教学与理论教学有很大的不同,本章主要就电路实验的基本要求、实验操作的规范、实验数据处理的方法及实验的安全等基础知识作一个简要介绍。

1.1 实验课的教学要求

电路实验过程包括实验前预习、实验操作和实验总结等几个部分,每个部分都要认真完成。实验过程中,要高度重视人身及设备的安全。

1.1.1 课前预习

为了避免盲目实验,提高实验的质量和效率,使实验顺利进行,并收到预期的实验效果,必须做到课前充分预习。具体要求如下:

- (1)认真、仔细地阅读实验教程和相关参考资料,熟悉与本次实验相关的理论知识。
- (2)明确实验目的、任务和方法,熟悉实验电路,清楚实验中要观察哪些现象、记录哪些数据及实验中要注意的事项。
- (3)根据所学理论知识初步估算实验结果,预测实验数据的取值范围及曲线的走势,或用仿真软件对实验内容进行分析,得出仿真结果。
- (4)熟悉实验中所用的各种仪器、设备的使用方法及注意事项。
- (5)预习完成后及时撰写实验预习报告。

1.1.2 实验操作过程

(1)认真听取指导教师对实验内容及注意事项的讲解。

(2)到指定实验台做实验。实验前对本次实验中要使用的仪器、仪表进行检查和调试,如有问题,及时向指导教师提出,以便处理。不得随便动用与本次实验无关的仪器设备。

(3)实验时认真接线,线路的连接、布线应简洁明了,尽量使用短线,防止短路。仪器、仪表应正确选择量程后再接入电路中。完成电路连接后,对照电路原理图认真、仔细地复查,确认无误后,方可通电进行实验。

(4)实验操作时同组同学要相互配合,尤其在通电前要通知同组同学,通电时要先观察现象,再读取数据。

(5)数据记录要完整、清晰,合理取舍有效数字。实验后不得涂改实验数据。

1.1.3 实验报告规范

实验完成后,应按照要求正确书写实验报告。

1. 实验报告的编写格式

①填写实验名称、日期、班级、实验者及学号。

②记录主要实验仪器、设备的名称及编号。

③简述实验原理。

④画出实验线路图。

⑤列出实验数据表格、主要计算公式及计算结果,用坐标纸绘制实验曲线图,分析观察到的现象,对测试结果进行理论分析,做出简明扼要的结论。

⑥完成实验习题。

2. 实验报告的编写要求

①实验报告要认真、独立地完成,要求文字简洁、文理通顺、字迹工整、曲线清晰、结论正确,不能随意修改实验数据,更不能抄袭他人的实验数据。

②实验后应对每一组实验数据进行整理、计算、分析,并得出结论。根据实验数据认真绘制实验曲线或波形图,标明曲线名称和坐标的分度及单位。

③回答思考题,用所学理论分析实验结果,并总结实验后的体会。

1.2 实验数据的处理

实验过程中要认真读取实验数据,根据所得数据绘制曲线,并分析实验结果。

1.2.1 有效数字

1. 有效数字的概念

有效数字是指在数据测量时用近似数恰当地表达测量结果,它通常由可靠数字和欠准数字两部分组成。例如,从电压表测得电压值为 11.28V,其中 11.2 是可靠数字,而未位上的 8 是欠准数字,则此数据为 4 位有效数字。

2. 有效数字的表示

表示有效数字的原则如下:

①第一个非“0”数字左边的“0”不是有效数字。例如,0.056V 左边的两个“0”不是有效数字,该数据有 2 位有效数字。

②有效数字中间的“0”是有效数字。例如,7.008V 中的两个“0”都是有效数字,该数据有 4 位有效数字。

③如果测量仪表的误差已知,则有效数字的最后一位数应与仪表误差所在位对齐。例如,仪表误差为 $\pm 0.02\text{V}$,测得数为 1.4870V,其结果应写为 1.48V。因为小数点后第二位“8”所在的位已经产生了误差,所以小数点后面的“70”已经没有意义了,填写结果时应舍去。

④有效数字的位数不能因更改单位而改变。例如,2.31V 不能写成 2310mV,这样有效数字就变成 4 位了,应写为 $2.31 \times 10^3 \text{mV}$,”10”的方幂前面的数字都是有效数字。

3. 数据的舍入规则

为了使正、负舍入误差出现的机会大致相等,工程中一般采用如下舍入规则:小于 5 舍;大于 5 入;等于 5 时,若 5 之前为奇数则入,若 5 之前为偶数则舍。

4. 有效数字的运算规则

对一些精度不等的测量数据进行运算时,为了保证数据处理的准确度,一般应遵守以下规则:

①加、减运算。对各数据进行比较,找出有效数字的小数位数最少的一个数据,对其余数据的小数位数先处理成与那个数据相同,然后再进行运算。

②乘、除运算。对各数据进行比较,找出有效数字的小数位数最少的一个数据,对其余数据的小数位数先处理成比那个数据的小数位数多一位,然后再进行运算,运算结果的有效数字位数也应处理成与测量值中有效数字位数最少的数据相同。

③乘方或开方运算。运算结果应比原数据多保留一位有效数字。

④对数运算。取对数前后的有效数字位数应相等。

1.2.2 曲线的绘制方法

根据实验数据用坐标纸认真绘制实验曲线,标明曲线名称和坐标的分度及单位,用

小圆点、十字叉等符号标出实验数据所对应的点。采用平滑法或分组平均法,将测量的离散实验数据绘制成一条连续光滑的曲线,并使其误差最小。应注意的是,绘制曲线前都要将整理好的实验数据按照坐标关系列表,适当选择横坐标与纵坐标的比例关系与分度,使得曲线的变化规律比较明显。

1. 平滑法

先将实验数据 (x_i, y_i) 用小圆点逐点描在直角坐标系上,再将各点 (x_i, y_i) 用折线相连,然后作一条平滑曲线,使其满足

$$\sum s_i = \sum s_i' \quad (1-1)$$

式中, $\sum s_i$ 是曲线以下的面积和, $\sum s_i'$ 是曲线以上的面积和,如图1-1所示。

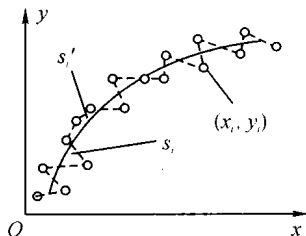


图 1-1 平滑法绘制的曲线

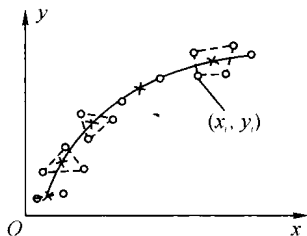


图 1-2 分组平均法绘制的曲线

2. 分组平均法

先将实验数据 (x_i, y_i) 用小圆点逐点描在直角坐标系上,将数据 (x_i, y_i) 分成若干组,每组取2~4个数据点;然后分别估取各组的几何重心,用十字叉符号标在图上;再将这十字叉符号连成一条光滑的曲线,如图1-2所示。由于取几何重心的过程就是取平均值的过程,所以减小了随机误差的影响。

1.3 实验的安全

为了顺利完成实验,确保实验时人身与设备的安全,要严格遵守安全操作规程。

1. 人身安全

人身安全包括:

①接线、拆线或改接电路时必须先断开电源开关,严禁带电操作。应养成先接线后通电、实验完毕先断电后拆线的良好操作习惯。

②对于强电电路,接通电源后,人体严禁直接接触电路中未绝缘的金属导线和连接点等带电部分。

③万一不小心发生触电事故,应立即切断电源。如果距离电源开关较远,可用绝缘器具将电源线断开,使触电者立即脱离电源并采取必要的急救措施。

2. 设备安全

设备安全包括：

①每次实验之前,都要检查测量仪表、测试线和附件是否异常或损伤。如果发现测试线断裂或磨损、仪器外观破裂、显示屏无读数等,请不要再使用。

②实验中要有目的地调节仪器设备的开关、旋钮,切忌心急用力过猛造成损坏。

③实验时,尤其是刚闭合电源,设备投入运行时,要随时注意仪器设备的运行情况。如果发现有过量程、过热、冒烟和火花、焦臭味或劈啪声及出现保险丝熔断等异常现象,应立即切断电源,查清问题并妥善处理故障后,才能继续进行实验。在故障未排除前不准再次闭合电源。

第2章

电路实验的基本方法和技能训练

本章通过几个具体的实验,讲解电路实验中常用仪器、仪表的正确使用方法及需注意的事项,使学生掌握实验电路的连接、电压和电流的测量、信号波形的观测等基本电路测试技术和实验技术,目的是为以后电路实验的开展奠定基础。

2.1 电位、电压的测定及电位图的绘制

1. 实验目的

- ①学会数字电压表的使用。
- ②学会电压源的使用。
- ③用实验方法证明电路中电位的相对性和电压的绝对性。
- ④掌握电路电位图的绘制方法。

2. 实验原理与说明

在一个具体电路中,各点电位的高低是由所选的电位参考点决定。但是任意两点间的电位差(即电压)则是绝对的,它不会因参考点的不同而不同。

电位图是表明电路中电位分布和变化情况的图形,横坐标为电阻值,纵坐标为电位值。从参考点出发绕电路一周,顺序测量各点电位,在坐标平面中标出,并把标出点按顺序用直线相连,就可得到电路的电位变化图。电位图中每一直线段表示该两点间电位的变化情况。由于电路中电位参考点可任意选定,所以对于不同的参考点,绘出的电位图是不同的,但其各点电位的变化规律却是一样的。

在制作电位图或实验测量时,必须正确区分电位的高低和电压的正负。用电压表测量时,若显示正值,则说明电压表正极(红表笔)的电位高于负极(黑表笔)的电位。

3. 实验仪器和器材

- ①直流电压源 0~30V 可调。
- ②固定值电压源 +12V。
- ③数字万用表 1 台。

④电阻 5 只。

⑤连接导线若干。

4. 实验内容及步骤

按图 2-1 所示连接实验电路,分别将两路直流稳压电源 U_1 和 U_2 接入电路,调节电源的电压,使 $U_1=6\text{V}$, $U_2=12\text{V}$ 。实验步骤如下。

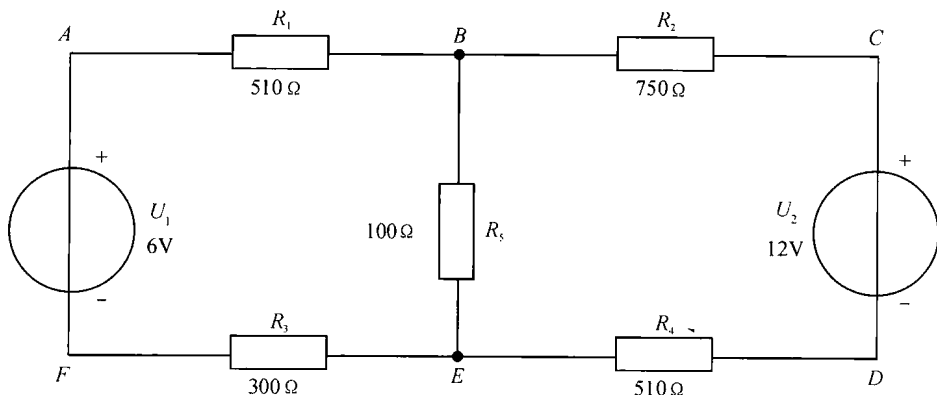


图 2-1 测量电位及电压的实验电路

①A 为参考点时电位和电压的测量。

在图 2-1 的电路中,以点 A 作为电位参考点,分别测量 B、C、D、E、F 各点的电位及相邻两点间的电压 U_{AB} 、 U_{BC} 、 U_{CD} 、 U_{DE} 、 U_{EF} 及 U_{FA} ,将数据记入表 2-1 中。

②D 为参考点时电位和电压的测量。

在图 2-1 的电路中,以点 D 为参考点,重复实验步骤①的测量,将测得数据记入表 2-1 中。

③将以上不同参考点测得电位和电压值作比较,得出结论。

表 2-1 电位及电压的测量

参考点	测量项目	U_A	U_B	U_C	U_D	U_E	U_F	U_{AB}	U_{BC}	U_{CD}	U_{DE}	U_{EF}	U_{FA}
	实验内容												
A	计算值												
	测量值												
	相对误差												
D	计算值												
	测量值												
	相对误差												

5. 注意事项

用指针式万用表的直流电压挡或数字直流电压表测量电位时,用负极(黑表笔)接参考电位点,用正极(红表笔)接被测点。若指针正向偏转或显示正值,则表明该点电位

为正(即高于参考点电位);若指针反向偏转或显示负值,则表明该点电位为负,对于指针式万用表,这时应立即调换红、黑表笔,然后再做测量,读出数值,并在电位值前加负号。

6. 思考题

在图 2-1 电路中,如果以点 E 作为参考点,已经测得各点的电位值,那么现以点 F 作为参考点,试问各点的电位值有何变化?

7. 实验报告要求

- ①完成数据表格中的计算,对误差作必要的分析。
- ②根据实验数据,分别绘制取两个不同参考点时的电位图。
- ③总结电位的相对性和电压的绝对性。

2.2 直流电压与直流电流的测量

1. 实验目的

- ①学会用万用表的直流电压挡和直流电流挡分别测量直流电压和电流。
- ②学会用直流电压表、直流电流表分别测量直流电压和电流。
- ③掌握串、并联电路的正确连接。
- ④学会电压源及电位器的正确使用。

2. 实验原理与说明

(1) 电流表的连接

测量电流时,电流表必须串接在电路中,当需要测量某一支路电流时,应先断开该支路的连线,再将电流表串入被测支路中。

(2) 电路的接线方法

按照实验原理图,在实验箱上连接电路。先连接串联元件,后连接并联元件。从电源一端开始,依次将元件、测量仪表和短接桥连接起来,最后终止于电源另一端。电流表应串联在被测支路中,电压表并联在被测支路的两端,并且注意它们的极性应与参考方向一致。要注意的是,连接电路时,应将电源关闭,待电路全部接好并检查无误后,才能打开电源开关。实验完毕拆除电路时,必须先关掉电源,再拆电路。

(3) UT52 型万用表直流电流挡的使用

万用表是电路测量与实验中一种常用的测量仪表,可测量电压、电流和电阻等。用万用表测量直流电流时,应正确选择量程开关的位置。UT52 型万用表的量程开关有直流毫安(mA)和安培(A)等几挡。其中毫安挡有 2、20 和 200 三挡;安培挡只有 20 一挡。测量未知电流时,应从最高挡逐次向低挡调节,直至调到合适挡位。需要注意的是,测量毫安级的电流时,应将万用表的红表笔插入带有“mA”标志的插孔中,黑表笔插入带有“COM”标志的插孔中;测量安培级电流时,黑表笔依然插入带有“COM”标志的插孔中,而红表笔改插在带有“A”标志的插孔中。