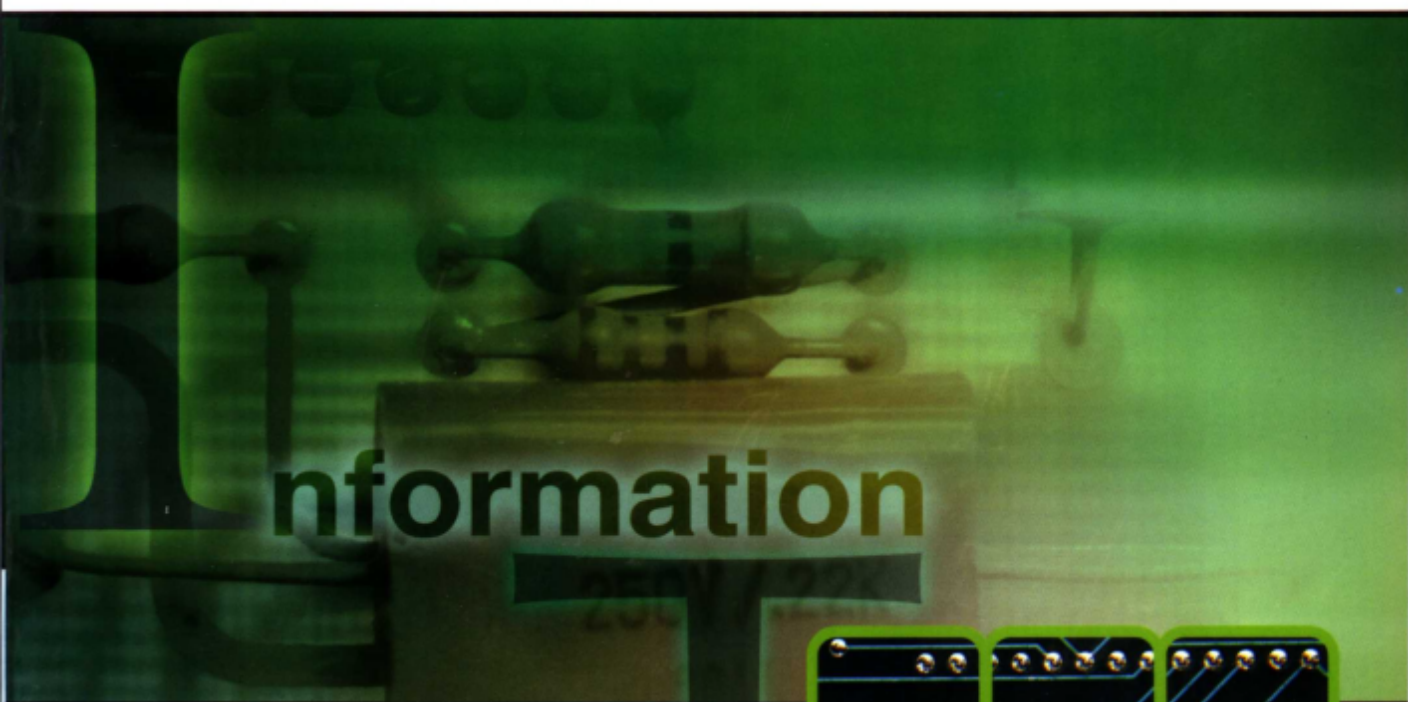


高职高专

现代信息技术系列教材

电路分析基础

曾令琴 主编



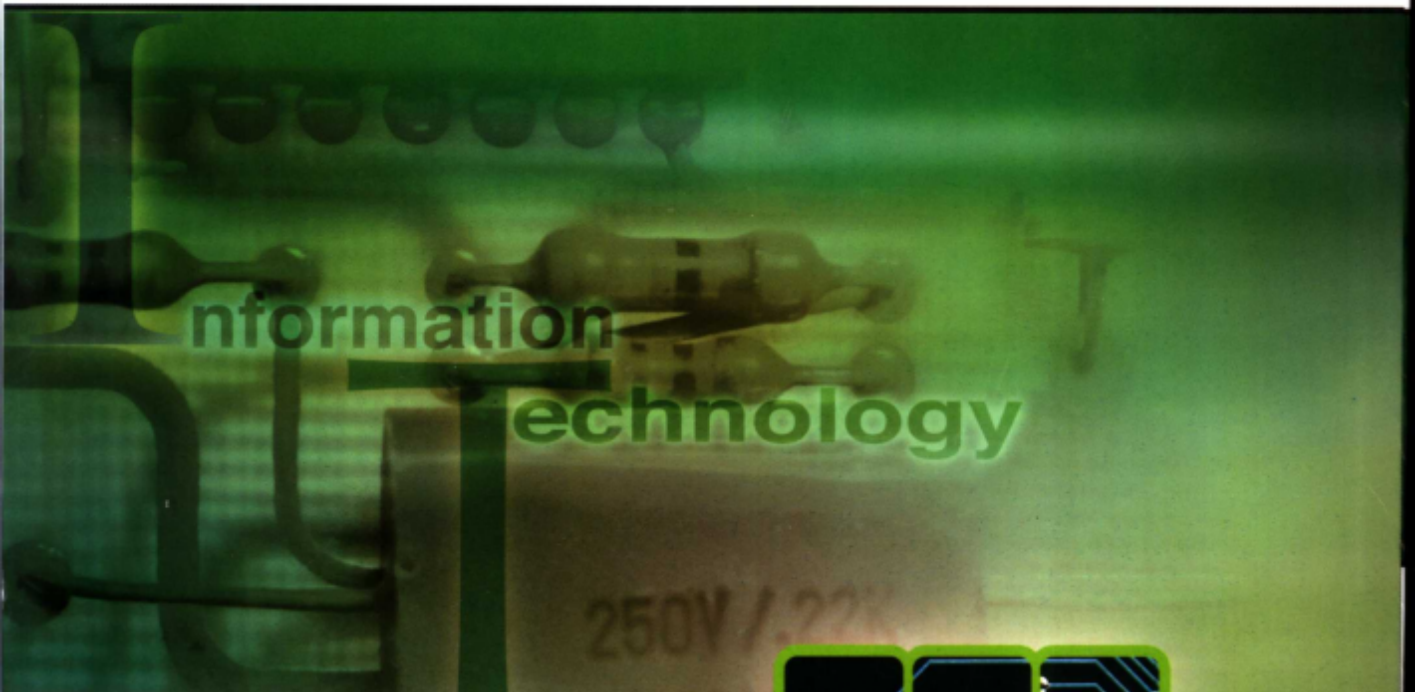
Technology



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

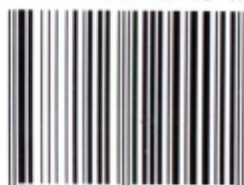
- ◆《C 语言程序设计》
- ◆《数据结构》
- ◆《计算机文化基础》
- ◆《计算机文化基础上机指导与习题集》
- ◆《数据库技术与应用——Visual FoxPro 6.0 篇》
- ◆《AutoCAD 实用教程》
- ◆《Internet 实用教程》
- ◆《计算机网络技术教程》
- ◆《操作系统》
- ◆《计算机维护与维修教程》
- ◆《Delphi 程序设计教程》
- ◆《图形图像实用教程》
- ◆《单片机原理与接口技术》
- ◆《数据库技术与应用——Access 6.0 篇》
- ◆《Visual Basic 6.0 程序设计》
- ◆《办公自动化实用教程》
- ◆《C/C++ 程序设计基础》
- ◆《计算机应用基础实训教程》

- ◆《网页制作技术——Dreamweaver Flash Fireworks》
- ◆《Java 程序设计基础》
- ◆《微型计算机原理与组成》
- ◆《软件工程》
- ◆《计算机网络工程》
- ◆《计算机英语教程》
- ◆《现代通信网络技术》
- ◆《数据通信技术》
- ◆《Visual FoxPro 实训与习题解答》
- ◆《实用电子商务概论》
- ◆《汇编语言程序设计》
- ◆《Photoshop 上机实训教程》
- ◆《Protel 99 SE 教程》
- ◆《计算机文化基础 (Windows XP 版)》
- ◆《计算机信息安全》
- ◆《Photoshop 实用教程》
- ◆《Visual Basic 程序设计学习辅导和典型习题解析》
- ◆《C 语言程序设计教程》
- ◆《数据库技术与应用——SQL Server 2000 篇》
- ◆《计算机组装与维护》
- ◆《操作系统习题解答》
- ◆《计算机文化基础上机指导与习题集》
- ◆《电路分析基础》



Information Technology

ISBN 7-115-12440-X



9 787115 124401 >

ISBN7-115-12440-X/TN·2308

定价:17.00 元

高职高专现代信息技术系列教材

电路分析基础

曾令琴 主编

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电路分析基础/曾令琴主编. —北京:人民邮电出版社, 2004. 8

(高职高专现代信息技术系列教材)

ISBN 7-115-12440-X

I. 电... II. 曾... III. 电路分析—高等学校:技术学校—教材 IV. TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 068066 号

内 容 提 要

本书是依据高职教育的特点进行编写的,主要内容有电路的基本概念和基本定律、电路原理及基本分析方法、单相正弦交流电路的基本知识、相量分析法、谐振、互感耦合电路和变压器、三相电路、电路的暂态分析、非正弦周期电流电路、二端口网络、均匀传输线和拉普拉斯变换等。每章前均有学习目的与要求,每章后有小结和习题;每节前设定学习目标,每节后附有检验学习结果。本书在编写过程中力求文字简明、概念正确,前后内容衔接流畅。

为了配合本书的教学,还编写了《电路分析基础学习辅导与习题解析》一书。本书可作为高职高专院校电子、通信、自动化和计算机等专业的教材,也可供有关科技人员参考学习。

高职高专现代信息技术系列教材

电路分析基础

- ◆ 主 编 曾令琴
责任编辑 赵慧君
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67129259
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京朝阳展望印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 12.25
字数: 287 千字
印数: 1-5 000 册
- 2004 年 8 月第 1 版
2004 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-12440-X/TN · 2308

定价: 17.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话: (010) 67129223

高职高专现代信息技术系列教材

编委会名单

主 编 高 林

执行主编 张强华

委 员 (以姓氏笔画为序)

吕新平 林全新 郭力平 程时兴

丛 书 前 言

江泽民总书记早在十五大报告中提出了培养数以亿计高素质的劳动者和数以千万计专门人才的要求,指明了高等教育的发展方向。只有培养出大量高素质的劳动者,才能把我国的人数优势转化为人才优势,提高全民族的竞争力。因此,我国近年来十分重视高等职业教育,把高等职业教育作为高等教育的重要组成部分,并以法律形式加以约束与保证。高等职业教育由此进入了蓬勃发展时期,驶入了高速发展的快车道。

高等职业教育有其自身的特点。正如教育部“面向 21 世纪教育振兴行动计划”所指出的那样,“高等职业教育必须面向地区经济建设和社会发展,适应就业市场的实际需要,培养生产、管理、服务第一线需要的实用人才,真正办出特色。”因此,不能以本科压缩和变形的形式组织高等职业教育,必须按照高等职业教育的自身规律组织教学体系。为此,我们根据高等职业教育的特点及社会对教材的普遍需求,组织高等职业学校有丰富教学经验的老师,编写了这套《高职高专现代信息技术系列教材》。

本套教材充分考虑了高等职业教育的培养目标、教学现状和发展方向,在编写中突出了实用性。本套教材重点讲述目前在信息技术行业实践中不可缺少的、广泛使用的、从业人员必须掌握的实用技术。即便是必要的理论基础,也从实用的角度、结合具体实践加以讲述。大量具体的操作步骤、许多实践应用技巧、接近实际的实训材料保证了本套教材的实用性。

在本套教材编写大纲的制定过程中,广泛收集了高等职业学院的教学计划,调研了多个省市高等职业教育的实际,反复讨论和修改,使得编写大纲能最大限度地符合我国高等职业教育的要求,切合高等职业教育实际。

在选择作者时,我们特意挑选了在高等职业教育一线的优秀骨干教师。他们熟悉高等职业教育的教学实际,并有多年的教学经验;其中许多是“双师型”教师,既是教授、副教授,同时又是高级工程师、认证高级设计师;他们既有坚实的理论知识,很强的实践能力,又有较多的写作经验及较好的文字水平。

目前我国许多行业开始实行劳动准入制度和职业资格制度,为此,本套教材也兼顾了一些证书考试(如计算机等级考试),并提供了一些具有较强针对性的训练题目。

对于本套教材我们将提供教学支持(如提供电子教案等),同时注意收集本套教材的使用情况,不断修改和完善。

本套教材是高等职业学院、高等技术学院、高等专科学院教材。适用于信息技术的相关专业,如计算机应用、计算机网络、信息管理、电子商务、计算机科学技术、会计电算化等。也可供优秀职高学校选作教材。对于那些要提高自己的应用技能或参加一些证书考试的读者,本套教材也不失为一套较好的参考书。

最后,恳请广大读者将本套教材的使用情况及各种意见、建议及时反馈给我们,以便我们在今后的工作中,不断改进和完善。

编者的话

近几年来,教育部启动了一系列教育改革研究项目和计划,教学内容和课程体系的改革是其中的重点和难点。“教书育人,教材先行”,高质量的教材是提高教学水平和教学效果的基本保证,教学内容和课程体系的改革无疑应体现在教材的改革和编写上。20 世纪的教材显然已跟不上当今 21 世纪“知识爆炸”时代的步伐,为使高职教育适应时代要求,与时俱进,我们围绕“重在技术应用能力培养”的基本点,把握“必须、实用、够用”、“厚基础、宽专业”的原则,融入国外发达国家高职教育的先进经验,突出与社会生产实际紧密相联和及时反映高新技术的特点,对本书进行了整合编写工作。

职业技术教育是国家工业化和现代化的重要支柱。职业技术教育相关教材的优劣直接影响职业技术教育的质量。在教材编写的过程中,我们十分注重教学实际中教材的可操作性和适用性。教材内容采用了模块式编排方式,以便不同专业根据本专业需求选择适合本专业的模块。教材编写中,我们一方面力求基本概念的阐述清楚、准确,理论问题的研究通俗易懂,实际应用部分体现先进性和前瞻性,另一方面也注意避开“烫剩饭”式的低层次徘徊;我们还注意到了本教材与普通高等教育理论体系的区别,坚持以实用为本,联系实际,避开高深的理论推导和元器件内部电路的过细研究,注重与实际紧密相关的电路整体特性及元器件的外部特性,充分突出高职教育的“实用性”特点。本书每章前有学习“目的与要求”,章后设置小结、技能训练项目以及习题;每一节前面有“学习目标”,节后有“检验学习结果”,以便使学习者了解各模块要求掌握的主要内容、知识要点,以及应具备的能力。

全书共分 12 章,第 1、2 章是全书的理论基础,建议课时为 24 课时(包括实验学时);第 3、第 4 章建议课时为 20 课时(包括实验学时);第 5 章建议课时为 8 课时(包括实验学时);第 6 章建议课时为 10 课时;第 7 章建议课时为 8 课时(包括实验学时);第 9 章建议课时为 10 课时;第 10 章建议课时为 8 课时;第 11 章建议课时为 6 课时;第 12 章建议课时为 8 课时,全部教学模块教学建议课时数为 102 课时。

本教材由曾令琴任主编,李炎、万书栋和吴丽参编。第 1、第 2、第 8、第 9 章由曾令琴编写;第 5、第 6、第 10、第 11 章由李炎编写;第 3、第 4、第 7、第 12 章由万书栋、吴丽编写。在教材编写过程中,得到了不少同行们关心、支持和帮助,在此我们表示衷心的感谢。对于书中存在的不足之处,请读者给予批评指正。

编者

2004 年 6 月

目 录

第 1 章 电路的基本概念和基本定律	1
1.1 电路	1
1.1.1 电路的组成及功能	1
1.1.2 电路模型	2
1.2 电路的基本物理量	3
1.2.1 电流	4
1.2.2 电压、电位和电动势	4
1.2.3 电功和电功率	5
1.2.4 参考方向	6
1.3 基尔霍夫定律	7
1.3.1 几个常用的电路名词	7
1.3.2 结点电流定律	8
1.3.3 回路电压定律	8
1.4 电压源和电流源	10
1.4.1 理想电压源	10
1.4.2 理想电流源	11
1.4.3 实际电源的两种电路模型	11
1.5 电路的等效变换	12
1.5.1 电阻之间的等效变换	12
1.5.2 电源之间的等效变换	14
1.6 直流电路中的几个问题	15
1.6.1 电路中各点电位的计算	16
1.6.2 电桥电路	17
1.6.3 负载获得最大功率的条件	17
1.6.4 受控源	18
小结	19
习题	20
第 2 章 电路的基本分析方法	24
2.1 支路电流法	24
2.2 回路电流法	26
2.3 结点电压法	27
2.3.1 结点电压法	27
2.3.2 弥尔曼定理	29
2.4 叠加定理	30
2.5 戴维南定理	31

小结	33
习题	34
第3章 单相正弦交流电路的基本知识	36
3.1 正弦交流电路的基本概念	36
3.1.1 正弦量的三要素	36
3.1.2 相位差	38
3.2 正弦量的有效值	39
3.2.1 有效值的概念	39
3.2.2 有效值和最大值的关系	39
3.3 交流电路中的常用元件	40
3.3.1 电阻元件	40
3.3.2 电感元件	41
3.3.3 电容元件	44
小结	48
习题	48
第4章 相量分析法	51
4.1 复数及其运算	51
4.1.1 复数及其表示方法	51
4.1.2 复数运算法则	52
4.2 相量和复阻抗	53
4.2.1 相量	53
4.2.2 复阻抗	53
4.3 相量分析法	54
4.3.1 RLC 串联电路的相量模型分析	54
4.3.2 RLC 并联电路的相量模型分析	56
4.3.3 应用实例	57
4.4 复功率	62
4.4.1 正弦交流电路中的功率	62
4.4.2 复功率	63
4.4.3 功率因数的提高	65
小结	67
习题	68
第5章 谐振电路	71
5.1 串联谐振	71
5.1.1 RLC 串联电路的基本关系	71
5.1.2 串联谐振的条件	71
5.1.3 串联谐振电路的基本特性	72
* 5.1.4 串联谐振回路的能量特性	73
5.1.5 串联谐振电路的频率特性	74

5.2 并联谐振	76
5.2.1 并联谐振电路的谐振条件	76
5.2.2 并联谐振电路的基本特性	77
5.2.3 并联电路的频率特性	78
5.2.4 并联谐振电路的一般分析方法	79
5.2.5 电源内阻对并联谐振电路的影响	79
5.3 正弦交流电路的最大功率传输	81
5.4 谐振电路的应用	82
小结	83
习题	83
第6章 互感耦合电路与变压器	85
6.1 互感的概念	85
6.1.1 互感现象	85
6.1.2 互感电压	86
6.1.3 耦合系数和同名端	86
6.2 互感电路的分析方法	87
6.2.1 互感线圈的串联	87
6.2.2 互感线圈的并联	88
6.2.3 互感线圈的T型等效	89
6.3 空芯变压器	90
6.4 理想变压器	91
6.4.1 理想变压器的条件	91
6.4.2 理想变压器的主要性能	92
6.5 全耦合变压器	93
6.5.1 全耦合变压器的定义	93
6.5.2 全耦合变压器的等效电路	93
6.5.3 全耦合变压器的变换系数	94
小结	95
习题	95
第7章 三相电路	97
7.1 三相交流电的基本概念	97
7.2 三相电源的连接	99
7.2.1 三相电源的Y形连接	99
7.2.2 三相电源的 Δ 形连接	100
7.3 三相负载的连接	101
7.3.1 三相负载的Y形连接	101
7.3.2 三相负载的 Δ 形连接	105
7.4 三相电路的功率	107
小结	109

习题	110
第 8 章 电路的暂态分析	112
8.1 换路定律	112
8.1.1 基本概念	112
8.1.2 换路定律	113
8.2 一阶电路的暂态分析	115
8.2.1 一阶电路的零输入响应	115
8.2.2 一阶电路的零状态响应	117
8.2.3 一阶电路的全响应	119
8.2.4 一阶电路暂态分析的三要素法	120
8.3 一阶电路的阶跃响应	122
8.3.1 单位阶跃函数	122
8.3.2 单位阶跃响应	123
8.4 二阶电路的零输入响应	124
小结	126
习题	127
第 9 章 非正弦周期电流电路	130
9.1 非正弦周期信号	130
9.1.1 非正弦周期信号的产生	130
9.1.2 非正弦周期信号	131
9.2 谐波分析和频谱	132
9.2.1 非正弦周期信号的傅里叶级数表达式	132
9.2.2 非正弦周期信号的频谱	133
9.2.3 波形的对称性与谐波成分的关系	134
9.2.4 波形的平滑性与谐波成分的关系	134
9.3 非正弦周期信号的有效值、平均值和平均功率	135
9.3.1 非正弦周期量的有效值和平均值	136
9.3.2 非正弦周期量的平均功率	136
9.4 非正弦周期信号作用下的线性电路分析	137
小结	139
习题	141
第 10 章 二端口网络	143
10.1 二端口网络的一般概念	143
10.2 二端口网络的基本方程和参数	144
10.2.1 阻抗方程和 Z 参数	144
10.2.2 导纳方程和 Y 参数	146
10.2.3 传输方程和 A 参数	147
10.2.4 混合方程和 h 参数	147
10.2.5 二端口网络参数之间的关系	148

10.2.6 实验参数	148
10.3 二端口网络的输入阻抗、输出阻抗和传输函数	149
10.3.1 输入阻抗和输出阻抗	149
10.3.2 传输函数	150
10.4 线性二端口网络的等效电路	151
10.4.1 无源线性二端口网络的 T 形等效电路	152
10.4.2 无源线性二端口网络的 Π 形等效电路	153
10.4.3 T 形网络和 Π 形网络的等效变换	153
10.4.4 多个简单二端口网络的连接	153
10.5 二端口网络的特性阻抗和传输常数	155
10.5.1 二端口网络的特性阻抗	155
10.5.2 二端口网络的传输常数	156
10.6 二端口网络应用简介	156
10.6.1 相移器	156
10.6.2 衰减器	157
10.6.3 滤波器	157
小结	158
习题	159
第 11 章 均匀传输线	161
11.1 分布参数电路的概念	161
11.1.1 分布参数电路	161
11.1.2 分布参数电路的分析方法	161
11.2 均匀传输线的正弦稳态响应方程式	162
11.2.1 均匀传输线的微分方程	162
11.2.2 均匀传输线方程的稳态解	163
11.3 均匀传输线上的波和传播特性	164
11.3.1 行波	164
11.3.2 特性阻抗	165
11.3.3 传播常数	165
11.4 终端接有负载的传输线	166
11.4.1 反射系数	166
11.4.2 终端阻抗匹配的均匀传输线	167
11.4.3 终端不匹配的均匀传输线	167
小结	168
习题	169
第 12 章 拉普拉斯变换	170
12.1 拉普拉斯变换的定义	170
12.2 拉普拉斯变换的基本性质	171
12.3 拉普拉斯反变换	173

12.4 应用拉氏变换分析线性电路·····	176
12.4.1 单一参数的运算电路·····	176
12.4.2 耦合电感的运算电路·····	178
12.4.3 应用拉氏变换分析线性电路·····	178
小结·····	182
习题·····	183

第 1 章 电路的基本概念和基本定律

电路分析是电类专业的重要基础课程,其任务是使学生掌握电路基础理论及分析计算的基本方法,为学习后续专业课程及从事实际工作打下良好的基础。

随着科学技术的飞速发展,现代电工电子设备不但种类繁多,而且日新月异、层出不穷,但无论怎样设计和制造,这些设备绝大多数仍是由各式各样的电路所组成的。电路的结构不论多么复杂,它们和最简单的电路之间还是有许多基本的共性,遵循着相同的规律。本章的重点就是要阐明这些共性及其规律。

本章内容分为 3 部分:电路的基本概念及电路物理量、基尔霍夫定律及电源模型、电路等效。

教学目的及要求

本章介绍的内容是贯穿全书的重要理论基础,要求在学习中给予足够的重视。对电路的基本概念和基本定律应深刻理解、牢固掌握,并能够熟练运用这些基本概念和基本定律分析电路问题。通过本章的学习,学习者应了解理想电路元件和电路模型的概念;理解电压、电流、电动势和电功率的概念;深刻理解和掌握参考方向在电路分析中的作用;牢固掌握基尔霍夫定律及其应用;深刻领会电路等效和掌握电路等效的基本方法。

1.1 电 路

学习目标

理解电路模型的概念,明确本书中研究的电路都是由实际电路抽象出来的、由理想电路元件构成的电路模型。熟悉理想电路元件与实际电路元件的区别,了解电路的基本组成及其作用。

1.1.1 电路的组成及功能

电路就是电流所流经的路径。实际电路是由各种电路实体元部件(如电阻器、电感线圈、电容器、二极管、三极管、变压器、仪表及电源等)组成的总体。各种电路实体元部件具有各自不同的电磁特性和功能,将它们按照人们所需要的方式组合起来,就构成了电流通过的途径——电路。通常人们还把较为复杂的电路称为电网络。

实际中的电路,如电动机、雷达导航设备、计算机和电视机等,常常是很复杂的,但不

管怎样复杂，都离不开 3 个基本组成部分：电源、负载和中间环节。

(1) 电源是向电路提供电能的装置，它可以将其他形式的能量，如化学能、热能、机械能及原子能等转变为电能。在电路中，电源是维持电路中电流流动的源动力。

(2) 负载是电路中接收电能并进行能量转换的装置，通常把负载称为用电器。根据用电设备性质的不同，各种负载进行能量转换的形式也各不相同，如电灯可以将电能转变成光能和热能，电动机可以将电能转换为机械能，充电的蓄电池可以将电能转换为化学能等。

(3) 中间环节包括导线（将电源和负载连通）、开关（控制电路的通、断）及一些保护设备（如熔断器、热继电器及空气开关等），它们是电源和负载之间不可缺少的连接和控制部件，起着传输和分配能量、控制和保护电气设备的作用。

实际电路的形式多种多样，就其主要功能而言，可概括为两大类：一是电力系统中的电路，其主要功能是对发电厂发出的电能进行传输、分配和转换；二是电子技术中的电路，其主要功能是实现电信号的传递、变换、储存和处理。

1.1.2 电路模型

人们设计和制作各种电路部件，是为了利用它们的主要物理特性。例如，制作一个滑线变阻器，主要是利用它对电流呈现阻力的性质；制作一个电压源，主要是利用其能在正负极间保持一定电压的性质。但实际上滑线变阻器不仅具有对电流呈现阻力的性质，同时电流通过它时还会在其周围产生磁场；实际的电压源也总是存在内阻的，因此使用时不可能保持定值的端电压。对电路进行分析和计算时，如果对实际电气部件的全部电磁特性都加以考虑，势必使问题复杂化，造成分析和计算上的困难。

在电路理论中，为了便于对实际电路的分析和计算，通常在一定条件下对实际电路进行理想化处理。例如，电阻器、灯泡及电炉等电气设备的主要电磁特性是耗能，可用一个只具有耗能特性的理想化“电阻元件”作为它们的电路模型；一个实际的电感器，通常是在一个骨架上用漆包线绕制而成，在直流电路中，它所表现出的电磁特性主要是耗能，储存的磁能与储存的电能与耗能的因素相比可以忽略，因此直流下可用一个“电阻元件”来作为这个实际电感器的电路模型；该实际电感器在低频电路中，主要电磁特性不仅有耗能的因素，还具有储存磁场能量的重要因素，这时可用一个理想化的电阻元件和一个只具有储存磁能性质的理想化“电感元件”的串联组合作为它的电路模型；当同一个实际的电感器应用在较高频率的电路时，不仅要考虑上述两种因素，同时还要考虑导体表面的电容效应，因此其电路模型又应是电阻元件和电感元件串联后再与一个只具有储存电能性质的理想化“电容元件”并联的组合。

由此可知，同一实体电路部件，在不同的条件下所呈现的实际电磁特性是各不相同的。因此，忽略实际电路的次要因素，抓住足以反映其主要功能的主要电磁特性，抽象出实际电路的“电路模型”，是电路分析中通常采用的简化问题的有效方法。

“电路模型”中的所有元件都是理想化电路元件。图 1.1 所示为电路模型中经常遇到的部分有源和无源的理想电路元件。

理想电路元件简称为电路元件，是实际中并不存在的假想元件，理想电路元件有精确的数学定义，是实际元器件的理想化电路模型。电路元件可分为有源（理想电压源元件 U_s 和理想电流源元件 I_s ）和无源（电阻元件 R 、电感元件 L 和电容元件 C ）两大类，所谓“源”

是指能否提供电能。

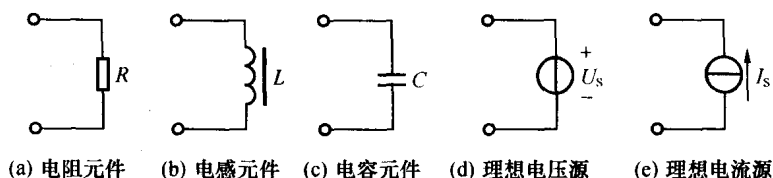


图 1.1 无源和有源的理想电路元件的电路模型

对实际元器件的理想化处理，给分析和计算电路带来了极大的方便。不同的实体电路部件，只要有相同的电磁性能，在一定条件下就可以用同一个电路模型来表示；同一个实体电路部件在不同应用条件和环境下，其电路模型可有不同的形式。即各种实际的电路及电路部件在一定的条件下都可以找出与它们对应的电路模型，有的模型比较简单，仅由一种元件构成；有的比较复杂，可由几种理想元件的不同组合构成。例如，图 1.2 所示是一个最简单的手电筒电路及其电路模型。

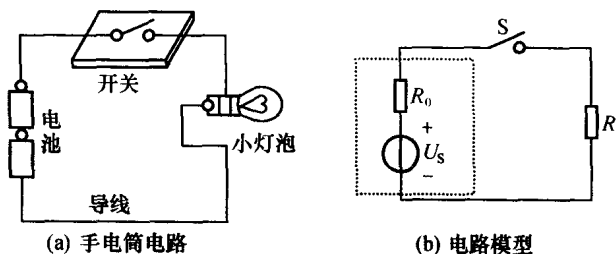


图 1.2 手电筒电路及其电路模型

电路分析基本理论的主要任务是寻求实际电路共有的一般规律，电路模型就是用来探讨存在于具有不同特性的各种真实电路中共同规律的工具。电路模型具有两大特点：一是它里面的任何一个元件都是只具有单一电特性的理想电路元件，因此反映出的电现象都可以用数学方式来精确地分析和计算；二是对各种电路模型的深入研究实质上就是探讨各种实际电路共同遵循的基本规律。

需要指出的是，上面所讲到的各种电路模型，只适用于低、中频电路的分析，在这种电路中，各电路元件基本上都是集总参数元件（即次要因素可以忽略的元件），集总参数元件的电磁过程都分别集中在各元件内部进行。而在高频和超高频电路中，将要用“分布电路模型”来抽象和描述电路。

检验学习结果

1. 电路由哪几部分组成，各部分的作用是什么？
2. 试述电路的功能。
3. 什么是理想电路元件？如何理解“理想”二字在实际电路中的含义？什么是电路模型？
4. 说明集总参数元件的特征，如何在电路中区分电源和负载？

1.2 电路的基本物理量

学习目标

理解电路中电流、电压及电功率等几个常见物理量的概念，熟悉它们的国际单位制，理解电位的相对性及电压、电动势在电路中的作用以及深刻领会参考方向的意义。

1.2.1 电流

电荷有规则的定向移动形成电流。在稳恒直流电路中，电流的大小和方向不随时间变化；在正弦交流电路中，电流的大小和电荷移动的方向按正弦规律变化。

在金属导体内部，自由电子可以在原子间作无规则的运动；在电解液中，正负离子可以在溶液中自由运动。如果在金属导体或电解液两端加上电压，在金属导体内部或电解液中就会形成电场，自由电子或正负离子就会在电场力的作用下，作定向移动从而形成电流。

电流的大小是用单位时间内通过导体横截面的电量进行衡量的，称为电流强度，即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

在稳恒直流电路中，电流的大小及方向都不随时间变化时，其电流强度可表示为

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-2)$$

电流强度简称电流。因此电流这一名词不仅说明一种物理现象，同时也代表一个物理量。

电路分析中电流作为一个代数量，它的大小可定量地反映电流的强弱，它的“+”“-”则表征了电流的方向。在电路分析中，习惯上将正电荷移动的方向作为电流的正方向。

在式(1-1)和(1-2)中，电量 q 的国际单位制是库仑(C)、时间 t 是秒(s)，电流 I 是安培(A)。电流还有较小的单位毫安(mA)、微安(μ A)和纳安(nA)，它们之间的换算关系为

$$1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A} = 10^9\text{nA}$$

1.2.2 电压、电位和电动势

1. 电压

根据中学物理学中学过的欧姆定律，将电压加在负载两端就能在负载中产生一定的电流；而当电流流经负载时，必定会在负载两端产生电压降，即发生能量转换的过程。显然，电压是电路中产生电流的根本原因。从电场力做功来定义电压，就是将单位正电荷从电路中一点移至电路中另一点电场力做功的大小。用数学式可表达为

$$U_{ab} = \frac{W_a - W_b}{q} \quad (1-3)$$

式中电功的单位是焦耳(J)，电量的单位是库仑(C)时，电压的单位是伏特(V)。电压的单位还有千伏(kV)和毫伏(mV)，各种单位之间的换算关系为

$$1\text{V} = 10^{-3}\text{kV} = 10^3\text{mV}$$

电压在电路分析中也是一个代数量，因而也有方向问题。一般规定电压的正方向是由高电位“+”指向低电位“-”，所以通常也把电压称为电压降。

2. 电位

电位是一种由电路中的位置所确定的势能，它具有明显的相对性。在电路分析中，若涉及到电位的概念时，一般都要先指定一个计算电位的起点——电路参考点，并把电路参考点的电位定为零值。理论上参考点的选取是任意的，但实际应用中经常以大地作为零电位点。有些设备和仪器的底盘或机壳是需要与接地极相连的，这时可选取与接地极相连的底盘或机壳作为参考点；电子技术中的大多数设备，很多元件常常汇集到一个公共点，为方便分析和