

普通高等学校电气信息类专业基础课新编系列教材

电路分析

夏承铨 主 编

Electrical
Circuit
Analysis

武汉理工大学出版社

普通高等学校电气信息类专业基础课新编系列教材

Electrical Circuit Analysis

电 路 分 析

主 编	夏承铨	
副主编	程耕国	
参 编	李裕能	刘崇新
	王 姮	樊亚东

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 简 介

本书的主要内容有:电路的基本概念和基尔霍夫定律、电阻电路的化简方法和等效变换、一般电阻电路的分析方法、电路定理、一阶电路、二阶和高阶电路、正弦量与相量、正弦稳态电路分析、三相电路、含有磁耦合电感元件的电路、非正弦周期电流电路、拉普拉斯变换、网络函数、二端口网络、电路方程的矩阵形式和系统编列、非线性电路。

本书内容的深广度符合现阶段我国普通高校电气工程与自动化、通信、计算机、自控等专业的电路教学要求。本书立足于我国的教学实际,同时也注意跟先进国家大学的电路教学现状接轨。书中对一些重要内容的处理方法,都是经过分析比较和精心优化后才确定下来的,其目的在于追求推理上的简明易懂和论述上的规范化。本书在重要或难懂之处,皆辅之以适当的例题;其中有些例题还采用了一题多解的方法,并加以点评,以求读者能够融会贯通。书中每章都有内容提要和小结,并配有适当的课后思考题和习题,以利于自学,并使读者能够体验“在分析、求解电路问题的过程中,学会有关电路分析、求解方法”的真谛。为了引导和提倡学生的创新思维,本书还简要介绍了某些与电路课程内容有关的科学人文材料。此外,由于本书在论述上的提纲挈领和规范化,以及在分析问题时的思路清晰和重点突出,因而便于教师备课,能够较为顺利地编写出教案。

本书配套全程可用于教学和图文音视动俱全的全 Flash 交互式智能型多媒体课件。

本书可作为普通高校电气工程与自动化、通信、计算机、自控等专业的教科书使用,也可作为成人教育和继续教育的教材使用,还可供科技人员参考之用。

图书在版编目(CIP)数据

电路分析/夏承铨主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2006.1

ISBN 7-5629-2352-3

I. 电… II. 夏… III. 电路分析 IV. TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 157278 号

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070

<http://www.techbook.com.cn>

E-mail: wutpbook@sohu.com; huangchun@mail.whut.edu.cn

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:武汉理工大印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:33.25

字 数:851 千字

版 次:2006 年 1 月第 1 版

印 次:2006 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~5000 册

定 价:49.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换

本社购书热线电话:(027)87397097 87394412

普通高等学校电气信息类专业基础课新编系列教材

出版说明

世纪之交,我国高等学校的人才培养工作正处在一个关键的历史时期。为了适应我国改革开放和社会主义现代化建设特别是社会主义市场经济体制对高等教育人才培养工作的新要求,为了适应世界科学技术发展的新趋势和新特点,原国家教育委员会组织对普通高等学校本科专业目录进行了第四次全面修订,并于1998年7月由教育部正式颁布实施。修订后的专业目录中,自动化类专业的专业面大大拓宽,相应的专业培养目标、业务培养要求、主干学科、主要课程、主要实践性教学环节等都有了不同程度的变化。要适应新的专业培养目标和教学要求,组织一套新的自动化类专业系列教材就成了当务之急。为此,武汉理工大学出版社在广泛调研的基础上,组织国内近30所大学的近100位教授共同编写了《普通高等学校自动化类专业新编系列教材》。

经过了一轮的教学实践,许多学校的教授提出了一些修改和修订意见,并建议其中的《电路分析》、《电路实验指导书》、《模拟电子技术基础》、《数字电子技术基础》、《电子技术实验》等五本书组成“普通高等学校电气信息类专业基础课新编系列教材”。本套教材具有如下特点:

观念新——主动适应教学改革的需要和市场经济对人才培养的要求;

内容新——电气信息技术在近20年来进展巨大,这套教材尽可能反映了这些内容;

体系新——在以前的基础上重构和重组,而非重建。各门课程及内容的组成、顺序、比例更加优化,避免遗漏和不必要的重复;

与国际接轨——电气信息类专业教育要面向世界,面向未来,面向区域经济。在借鉴发达国家高等教育的专业模式和课程设置的同时,适当兼顾当前各地区经济文化发展不平衡的现状;

教学手段现代化——本套教材力求具有网络化、电子化、数字化的特色,大力推进电子讲稿和多媒体课件的出版工作。这也是近五年来我们受到困惑最多、难度最大的事情。近二年来我们取得了突破性的进展,无论是多媒体教学的理念还是精湛的制作技术,都赢得广泛关注和赞同。

“用信息化改造传统教学,让传统教学现代化”,“让教学中只有重点,没有难点”是我们的工作目标,近百所大学使用过的交互式智能型多媒体课件就是最好的证明。我们将高度重视,兢兢业业,保证质量,恳请选用本套教材的广大师生在使用过程中给我们多提意见和建议,以便我们不断修订、补充、完善全套教材。

21世纪已经到来,知识经济的曙光已经初现。面向新世纪的中国高等教育正在经历前所未有的变革和发展,人文与理工相通,科学与技术相融,教学与研究并重,知识与智慧同尊,以培养社会经济文化发展所需要的复合型人才,这是我国建立知识创新体系的重大挑战和空前机遇。我社愿与各位专家、读者真诚合作,共同努力,为新世纪的中国高等教育事业做出更大的贡献。

武汉理工大学出版社

2005年12月

**普通高等学校电气信息类专业基础课新编系列
编审委员会**

顾问：

郑大钟 熊有伦 戴冠中 萧德云 陈伯时 周祖德
项国波 席裕庚 褚 健

主任委员：

萧蕴诗 张崇巍 陈大钦 吴 坚 雷绍锋

委员(按姓氏笔画顺序)：

马建国	王 辉	王孝武	王明阳	王建华	王俊杰
王 姮	文 方	方康玲	片京潮	龙 伟	申功璋
叶春生	全书海	吕 锋	刘 泉	刘涤尘	刘京南
刘崇新	李汉强	李磊民	李裕能	宋靖雁	林 都
林 辉	林锦国	杨 波	杨天怡	杨家本	周泽义
胡 超	赵英凯	赵曾贻	侯朝桢	钟 珞	须文波
翁维勤	夏承铨	郭圣权	徐科军	黄席樾	章卫国
彭容修	程耕国	温阳东	曾庆军	谢克明	熊前兴
樊亚东	黎明森	戴文进			

编委会秘书：

黄 春

总责任编辑：

杨学忠 徐秋林

序 言

本书是一部电路教材,其内容的深广度符合现阶段我国普通高等学校电气工程与自动化、通信、计算机、自动控制等专业电路课程的教学要求。本书的取材和编排均立足于我国高等学校的教学实际,同时也注意跟世界发达国家大学的电路教学现状接轨。书中注重电路的基本概念和基本分析方法,对重要内容的阐述方法都经过反复斟酌,以求推理上的简明易懂和表达上的规范化、现代化。书中在重点和难点之处,皆辅之以适当的例题,全书共编入例题 125 道。电路课程是一门实践性很强的课程,要学好这门课程,就得做适量的电路习题和电路实验(含计算机的使用在内)。关于实验部分,读者可按照本系列教材中的《电路实验指导书》的要求进行。关于习题部分,本书在每章之后皆配有适量的课后习题;认真完成这些习题的求解任务,将会大有益处。经验证明,在分析、求解电路问题中学会电路分析、求解的方法,这是一条走向成功之路。

为了使学生对电路理论的形成和发展有一个初步的认识,同时也为了提倡创新精神,书中还特意在某些章节之后简要介绍了一些与电路课程内容有关的科学家的事迹。

本书共含 16 章正文和两个附录。第 1 章介绍一些基本概念,如电路模型、电压和电流的参考方向、功率、线性二端电路元件、独立电源和受控电源、基尔霍夫定律等。第 2、3、4 章介绍电阻电路的分析方法和电路定理。第 5、6 两章分别讨论一阶电路和二阶电路的暂态现象及其时域分析方法。第 7~10 章介绍正弦电流电路的基本性质和稳态分析方法。第 11 章介绍非正弦周期电流电路的谐波分析方法。第 12、13 章介绍拉普拉斯变换及其在电路分析中的应用。第 14 章讨论二端口网络的参数及方程。第 15 章介绍电路方程的矩阵形式和系统编写方法。最后,第 16 章简要介绍了非线性电路的主要性质和分析方法。附录 A 概括地介绍了 PSPICE 的应用。附录 B 给出了全书习题的答案。书中标有星号的内容为参考内容,可以自由取舍。

参加本书编写工作的有:夏承铨(1~5、16 章,科学家小传,附录 B,索引)、程耕国(14、15 章)、李裕能(7、8、9 章)、刘崇新(6、12 章)、王姮(13 章,附录 A)、樊亚东(10、11 章)。全书经夏承铨修改、定稿。

本书将配套出版完全与本书内容一致的,图文音视动俱全的,全 Flash 交互式智能型多媒体课件,欲知详情,请与武汉理工大学出版社黄春联系(wutpbook@sohu.com)。

本书虽几经修改,但不足和谬误之处恐在所难免,希望读者批评、指正。意见请寄武汉理工大学出版社编辑部转。

编 者

2005 年 3 月 18 日

目 录

1 电路的基本概念和基尔霍夫定律	(1)
1.1 单位制	(1)
1.2 实际电路和电路模型	(2)
1.3 电流和电压的参考方向	(4)
1.4 功率	(7)
1.5 线性电阻元件	(7)
1.6 线性电容元件	(9)
1.7 线性电感元件.....	(10)
1.8 电压源和电流源.....	(13)
1.8.1 电压源.....	(13)
1.8.2 电流源.....	(13)
1.9 受控源.....	(15)
1.10 基尔霍夫定律	(17)
1.10.1 几个电路术语	(17)
1.10.2 两类约束条件	(18)
1.10.3 基尔霍夫电流定律	(19)
1.10.4 KCL 的推广	(19)
1.10.5 基尔霍夫电压定律	(20)
1.10.6 KVL 的推广	(20)
1.10.7 对于 KCL 和 KVL 的几点注解	(22)
习题	(26)
2 电阻电路的化简和等效变换.....	(34)
2.1 电阻的串联、并联和串并联	(34)
2.1.1 电阻的串联.....	(34)
2.1.2 电阻的并联.....	(34)
2.1.3 电阻的串并联.....	(37)
2.2 单回路电路和单节点对电路.....	(38)
2.2.1 单回路电路.....	(38)
2.2.2 单节点对电路.....	(38)
2.3 电源的等效变换.....	(39)
2.3.1 独立电源的等效变换.....	(39)
2.3.2 受控源的等效变换.....	(41)
2.4 含有受控源的简单电路的分析.....	(43)
2.5 Y- Δ 等效变换	(44)

2.5.1	由 Δ 到Y的变换	(44)
2.5.2	由Y到 Δ 的变换	(46)
2.5.3	平衡电路的Y- Δ 等效变换	(46)
2.6	一端口电路的输入电阻和等效电阻	(47)
习题		(49)
3	电阻电路的一般分析方法	(53)
3.1	电路的图	(53)
3.2	KCL和KVL的独立方程数	(54)
3.2.1	线性独立	(54)
3.2.2	独立的KCL方程	(55)
3.2.3	独立的KVL方程	(56)
3.3	支路法	(62)
3.4	节点电压法	(65)
3.4.1	节点电压	(65)
3.4.2	节点电压方程	(66)
3.4.3	电路含有电压源支路时的节点分析	(70)
3.4.4	电路含有受控源时的节点分析	(71)
3.5	网孔电流法	(73)
3.5.1	网孔电流	(73)
3.5.2	网孔电流方程	(74)
3.5.3	电路含有电流源支路时的网孔电流分析	(77)
3.5.4	电路含有受控源时的网孔电流分析	(78)
3.6	回路电流法	(79)
3.6.1	回路电流	(80)
3.6.2	回路电流方程	(80)
3.6.3	电路含有电流源支路时的回路电流分析	(81)
3.6.4	电路含有受控源时的回路电流分析	(82)
3.6.5	回路电流法与节点电压法之比较	(83)
3.7	运算放大器及其电路模型	(83)
3.7.1	运算放大器	(83)
3.7.2	运放的电路模型	(85)
3.7.3	理想运放	(85)
3.7.4	运放的非理想模型与理想模型之对比	(86)
3.8	含有运算放大器的电阻电路的分析	(87)
3.8.1	非倒向放大器	(88)
3.8.2	电压跟随器	(89)
3.8.3	加法器	(89)
3.8.4	差值放大器	(90)
3.8.5	测量放大器	(91)

习题	(94)
4 电路定理	(102)
4.1 叠加定理	(102)
4.1.1 叠加定理的内容	(102)
4.1.2 一个示例	(102)
4.1.3 叠加定理的一般证明	(104)
4.1.4 叠加定理在含有受控电源的电阻电路中的应用	(105)
4.1.5 应用叠加定理分析电路时须注意之点	(108)
4.1.6 线性电阻电路的齐性性质和可加性性质	(108)
4.2 替代定理	(110)
4.3 戴维宁定理和诺顿定理	(111)
4.3.1 含源一端口电路	(111)
4.3.2 戴维宁定理	(112)
4.3.3 诺顿定理	(117)
4.4 最大功率传输	(119)
4.5 特勒根定理	(121)
4.6 互易定理	(123)
4.6.1 无源二端口电路的准功率关系	(123)
4.6.2 互易定理的第一种形式	(123)
4.6.3 互易定理的第二种形式	(124)
4.6.4 互易定理的第三种形式	(124)
4.7 对偶原理	(125)
习题	(128)
5 一阶电路	(134)
5.1 绪论	(134)
5.1.1 动态电路的方程	(134)
5.1.2 动态电路中的过渡过程	(135)
5.1.3 电容电压和电感电流在电路切换瞬间的连续性	(135)
5.2 一阶电路的零输入响应	(138)
5.2.1 $R-C$ 电路的零输入响应	(138)
5.2.2 时间常数	(139)
5.2.3 $R-L$ 电路的零输入响应	(141)
5.3 一阶电路的零状态响应	(143)
5.3.1 $R-C$ 电路的零状态响应	(143)
5.3.2 $R-L$ 电路的零状态响应	(145)
5.3.3 $R-L$ 电路在正弦电压源激励时的零状态响应	(146)
5.3.4 $R-L$ 电路在指数函数电压源激励下的零状态响应	(148)
5.4 一阶电路的全响应	(149)
5.5 用视察法求解一阶电路的全响应	(150)

5.5.1	一阶电路在直流电源激励下的全响应	(150)
5.5.2	一阶电路在正弦电源激励下的全响应	(155)
5.6	一阶电路的阶跃响应	(155)
5.6.1	单位阶跃函数	(155)
5.6.2	R - L 电路和 R - C 电路的阶跃响应	(157)
5.7	一阶电路的冲激响应	(159)
5.7.1	单位冲激函数	(159)
5.7.2	R - L 电路和 R - C 电路的冲激响应	(162)
5.8	一阶电路对于任意输入的零状态响应	(165)
5.8.1	卷积积分	(165)
5.8.2	冲激响应与电源输入的卷积等于零状态响应	(165)
5.8.3	式(5.64)的证明	(166)
5.8.4	卷积积分的作图解释	(167)
5.8.5	一条重要的注释	(169)
	习题	(172)
6	二阶电路	(181)
6.1	二阶电路的零输入响应	(181)
6.1.1	绪言	(181)
6.1.2	G - L - C 并联电路	(181)
6.1.3	$G > 2\sqrt{\frac{C}{L}}$, 非振荡暂态过程	(183)
6.1.4	$G < 2\sqrt{\frac{C}{L}}$, 振荡暂态过程	(185)
6.1.5	$G = 2\sqrt{\frac{C}{L}}$, 临界暂态过程	(188)
6.2	二阶电路的零状态响应和阶跃响应	(189)
6.2.1	绪言	(189)
6.2.2	$R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, 非振荡充电过程	(190)
6.2.3	$R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, 振荡充电过程	(192)
6.2.4	$R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, 临界充电过程	(192)
6.3	二阶电路的冲激响应	(195)
6.4	二阶电路对任意输入的零状态响应	(196)
	习题	(198)
7	正弦量与相量	(203)
7.1	正弦交流电的基本概念	(203)
7.1.1	正弦量的三要素	(203)

7.1.2 正弦量的频率、周期、相位差	(204)
7.2 正弦电流、电压的有效值	(205)
7.2.1 有效值	(205)
7.2.2 正弦量的有效值	(205)
7.3 电阻、电感和电容元件中的正弦电流	(206)
7.3.1 电阻中的正弦电流	(206)
7.3.2 电容中的正弦电流	(206)
7.3.3 电感中的正弦电流	(207)
7.4 正弦量的相量表示法	(208)
7.4.1 为什么要用相量表示正弦量	(208)
7.4.2 复数的四种形式与复数运算	(209)
7.4.3 正弦量的相量表示	(211)
7.5 电路定律的相量形式	(213)
7.5.1 基尔霍夫定律的相量形式	(213)
7.5.2 电阻元件的相量方程	(214)
7.5.3 电容元件的相量方程	(214)
7.5.4 电感元件的相量方程	(215)
习题	(217)
8 正弦电流电路的稳态分析	(219)
8.1 R 、 L 、 C 串联电路·复阻抗	(219)
8.1.1 R 、 L 、 C 串联电路的复阻抗	(219)
8.1.2 串联电路的计算	(220)
8.2 R 、 L 、 C 并联电路·复导纳	(222)
8.2.1 R 、 L 、 C 并联电路的复导纳	(222)
8.2.2 并联电路的计算	(223)
8.3 复阻抗和复导纳的等效变换	(224)
8.3.1 无源二端网络的等效电路	(224)
8.3.2 复阻抗和复导纳的等效变换	(224)
8.4 正弦交流电路的功率	(226)
8.4.1 瞬时功率	(227)
8.4.2 平均功率	(227)
8.4.3 无功功率	(228)
8.4.4 视在功率	(228)
8.4.5 复功率	(229)
8.5 功率因数的提高	(230)
8.5.1 用电设备在低功率因数状态下运行的缺点	(230)
8.5.2 功率因数的提高	(230)
8.6 正弦交流电路的稳态分析	(232)
8.7 串联谐振	(236)

8.7.1	发生串联谐振的条件	(236)
8.7.2	串联谐振的特点	(236)
8.7.3	特性阻抗和品质因数	(237)
8.7.4	谐振电路对信号的选择性	(238)
8.8	并联谐振	(241)
8.8.1	发生并联谐振的条件	(241)
8.8.2	并联谐振的特点	(242)
8.9	最大功率传输	(243)
8.9.1	最大功率传输的条件	(243)
8.9.2	传输效率	(244)
	习题	(246)
9	三相电路	(249)
9.1	三相电路的基本概念	(249)
9.1.1	三相电源	(249)
9.1.2	三相电源的连接方式	(250)
9.1.3	三相负载的连接方式	(252)
9.1.4	三相电路的连接方式	(253)
9.2	对称三相电路的分析计算	(255)
9.2.1	Y_0 - Y_0 电路的计算	(255)
9.2.2	Y - Y 电路的计算	(255)
9.2.3	Δ - Y 电路的计算	(256)
9.2.4	Δ - Δ 电路的计算	(257)
9.2.5	复杂三相电路计算	(258)
9.3	不对称三相电路及其分析计算	(259)
9.3.1	Y - Y 电路计算	(259)
9.3.2	Y_0 - Y_0 电路计算	(260)
9.4	三相电路的功率	(262)
9.4.1	三相电路的平均功率	(262)
9.4.2	三相电路的无功功率	(263)
9.4.3	三相电路的视在功率	(263)
9.4.4	对称三相电路的瞬时功率	(263)
9.4.5	三相功率的测量	(264)
9.5	多相制	(265)
9.6	对称分量法	(266)
	习题	(271)
10	磁耦合电路	(275)
10.1	磁耦合	(275)
10.1.1	磁耦合线圈	(275)
10.1.2	同名端	(277)

10.2 含有耦合电感元件电路的计算	(278)
10.2.1 两耦合线圈的串联	(278)
10.2.2 两耦合线圈的并联	(280)
10.2.3 具有磁耦合的两线圈当一端相连时的去耦等效电路	(280)
10.3 空心变压器	(284)
10.3.1 空心变压器电路	(284)
10.3.2 原边等效电路	(284)
10.3.3 副边等效电路	(285)
10.4 理想变压器	(287)
10.4.1 理想变压器的电压电流关系	(287)
10.4.2 理想变压器的作用	(288)
* 10.5 理想自耦变压器	(289)
* 10.6 三相变压器	(291)
习题	(293)
11 非正弦周期电流电路	(298)
11.1 非正弦周期信号	(298)
11.2 周期函数分解为傅里叶级数	(299)
11.3 有效值、平均值、有功功率和无功功率	(305)
11.3.1 有效值	(305)
11.3.2 平均值	(305)
11.3.3 有功功率	(306)
* 11.3.4 非正弦电流电路中的无功功率	(307)
11.4 非正弦周期电流电路的计算	(308)
* 11.5 对称三相电路中的高次谐波	(311)
11.5.1 三相发电机产生的高次谐波电压	(311)
11.5.2 不同连接方式下的三相非正弦电流电路	(312)
* 11.6 从傅里叶级数到傅里叶变换	(313)
11.6.1 傅里叶级数的指数形式	(313)
11.6.2 傅里叶指数形式的频谱	(314)
11.6.3 傅里叶变换	(315)
习题	(318)
12 拉普拉斯变换	(322)
12.1 引言	(322)
12.2 拉普拉斯变换的定义	(322)
12.3 拉普拉斯变换的基本性质	(324)
12.4 拉普拉斯逆变换	(332)
12.4.1 部分分式展开法	(332)
12.4.2 $F_2(s)=0$ 无重根的情况	(333)
12.4.3 $F_2(s)=0$ 含有共轭重根时的情况	(334)

12.4.4	$F_2(s)=0$ 含有 r 阶重根时的情况	(335)
12.5	复频域电路模型	(336)
12.5.1	绪论	(336)
12.5.2	复频域中的元件特性	(336)
12.5.3	R-L-C 串联电路	(338)
12.6	应用拉普拉斯变换分析线性电路	(339)
	习题	(344)
13	网络函数	(351)
13.1	网络函数的定义与零极点概念	(351)
13.1.1	网络函数	(351)
13.1.2	一般性质	(353)
13.1.3	网络函数的极点和零点	(354)
13.2	网络函数零、极点与冲激响应	(355)
13.3	极点、零点和频率响应	(358)
13.4	滤波器简介	(360)
	习题	(367)
14	二端口网络	(372)
14.1	概述	(372)
14.2	二端口网络的 Y 参数及方程	(372)
14.3	二端口网络的 Z 参数及方程	(375)
14.4	二端口网络的 A 参数及方程	(378)
14.5	二端口网络的 H 参数及方程	(380)
14.6	二端口网络的 G 参数及方程	(382)
14.7	二端口网络各参数之间的关系	(382)
14.8	二端口网络的连接	(383)
14.8.1	二端口网络的级联	(383)
14.8.2	二端口网络的串联	(384)
14.8.3	二端口网络的并联	(385)
14.8.4	二端口网络的串并联与并串联	(386)
14.9	二端口网络的网络函数	(388)
14.10	回转器	(390)
14.11	负阻抗变换器	(391)
	习题	(393)
15	电路方程的矩阵形式和系统编写	(396)
15.1	关联矩阵	(396)
15.2	回路矩阵	(397)
15.3	割集矩阵	(398)
15.4	矩阵 A 、 B_t 、 Q_t 之间的关系	(399)
15.5	矩阵 A 、 B_t 、 Q_t 在 KCL 和 KVL 中的体现	(401)

15.6	节点电压方程的矩阵形式	(402)
* 15.7	改进的节点分析法	(408)
* 15.8	回路电流方程的矩阵形式	(411)
* 15.9	割集电压方程的矩阵形式	(413)
* 15.10	2b 表格法	(414)
* 15.11	状态方程	(416)
	习题	(421)
16	非线性电路	(424)
16.1	非线性电路元件	(424)
16.1.1	引言	(424)
16.1.2	非线性电阻元件	(424)
16.1.3	非线性电容元件	(427)
16.1.4	非线性电感元件	(428)
16.2	非线性电路方程的编列方法	(431)
16.2.1	引言	(431)
16.2.2	非线性电阻电路方程的编列	(431)
16.2.3	非线性动态电路方程的编列	(433)
16.2.4	非线性电路方程的求解方法	(440)
16.3	非线性电阻电路的图解法	(440)
16.3.1	非线性电阻元件的串联	(440)
16.3.2	非线性电阻元件的并联	(441)
16.3.3	非线性电阻元件的混联	(442)
16.3.4	负载线法	(442)
16.4	非线性电阻电路的几个定理	(443)
16.4.1	集总参数电路普遍适用的定律和定理	(443)
16.4.2	非线性电阻电路解的唯一性定理	(444)
16.5	小信号分析法	(444)
16.6	分段线性的电阻电路	(446)
16.6.1	理想二极管	(446)
16.6.2	凹电阻与凸电阻	(447)
16.6.3	工作于非线性区域的运放电路	(449)
16.7	求解非线性电阻电路的分段线性化法	(452)
16.8	一阶非线性电路	(453)
16.8.1	引言	(453)
16.8.2	分段线性化法	(454)
* 16.8.3	一阶非线性自治电路的平衡状态及其稳定性	(456)
16.8.4	一阶非线性自治电路中的跳跃现象和张弛振荡	(458)
16.9	二阶非线性电路	(460)
16.9.1	引言	(460)

16.9.2 二阶非线性自治电路的平衡状态	(461)
16.9.3 相平面	(461)
16.9.4 等倾线法	(463)
16.10 奇点附近轨线的性质	(465)
16.10.1 在奇点附近的线性化	(465)
16.10.2 二阶线性系统的奇点分类	(465)
* 16.10.3 在 y_1 - y_2 平面内奇点附近的轨线的拓扑性质	(470)
16.10.4 二阶非线性自治系统的平衡点分类	(472)
16.10.5 绘制相图	(473)
* 16.11 高阶非线性电路	(475)
习题	(478)
参考文献	(482)
附录	(483)
附录 A	(483)
附录 B	(492)
索引	(512)
科学家小传	(32), (218), (274), (321), (350)

1 电路的基本概念和基尔霍夫定律

本章提要

本章首先复习国际单位制和电路理论中常用的一些导出单位。在讨论实际电路与电路模型之间的关系、集总电路的假设、电流和电压的参考方向、电能和电功率等概念后,依次介绍线性电阻元件、线性电容元件、线性电感元件、独立电压源、独立电流源、四种受控电源等理想电路元件的定义和特性。最后,本章深入讨论基尔霍夫定律及其等效的表达形式,指出该定律反映了电路的互联性质,对各支路电流和各支路电压规定了约束条件,它适用于一切集总参数电路,与构成电路的各元件的特性无关。元件特性和基尔霍夫定律是电路分析的依据。

1.1 单 位 制

本书采用国际单位制,它的基本单位有七个,即:长度的单位米、质量的单位千克、时间的单位秒、电流的单位安培、热力学温度的单位开尔文、发光强度的单位坎德拉、物质的量的单位摩尔,如表 1.1 所列。国际单位制的辅助单位有两个,即:平面角的单位弧度和立体角的单位球面度,如表 1.2 所列。这些内容都已在大学物理课程中学习过了,此处不再详述。此外,在电路理论中还要使用一些导出单位,如表 1.3 所列,其中有些单位的定义将会在本书的有关章节中加以阐释。在实际应用中,为了方便起见,还常常在某些单位前加上词头,形成十进倍数单位和分数单位。表 1.4 列出了各种词头的名称和符号。

表 1.1 国际单位制的基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长 度	米(meter)	m
质 量	千克(kilogram)	kg
时 间	秒(second)	s
电 流	安培(ampere)	A
热力学温度	开尔文(kelvin)	K
发光强度	坎德拉(candela)	cd
物质的量	摩尔(mole)	mol

表 1.2 国际单位制的辅助单位

量的名称	单位名称	单位符号
平面角	弧度(radian)	rad
立体角	球面度(steradian)	sr