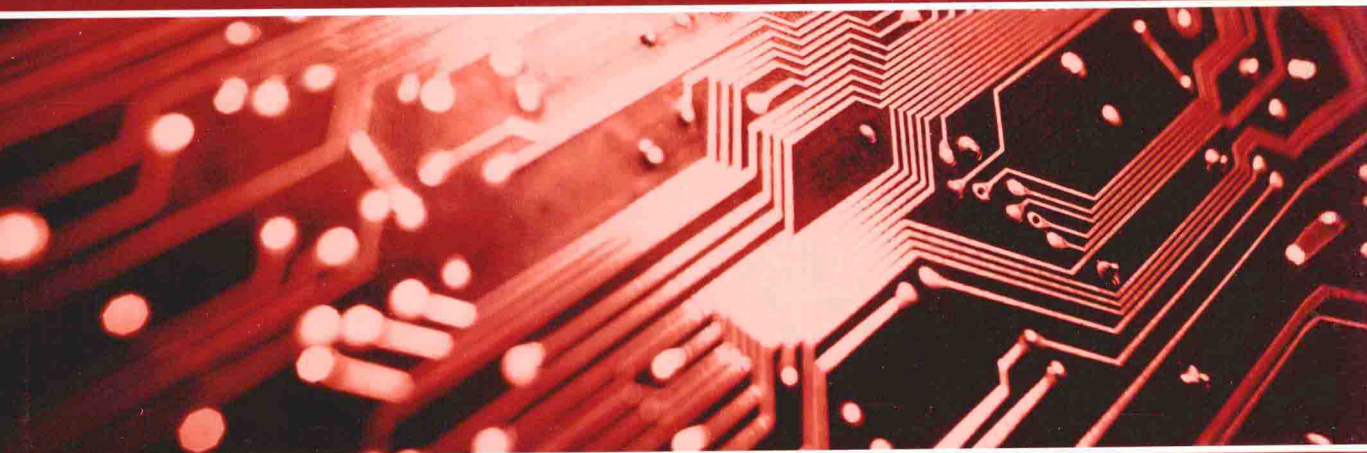




简明电路分析

钟洪声 吴涛 孙利佳 编著

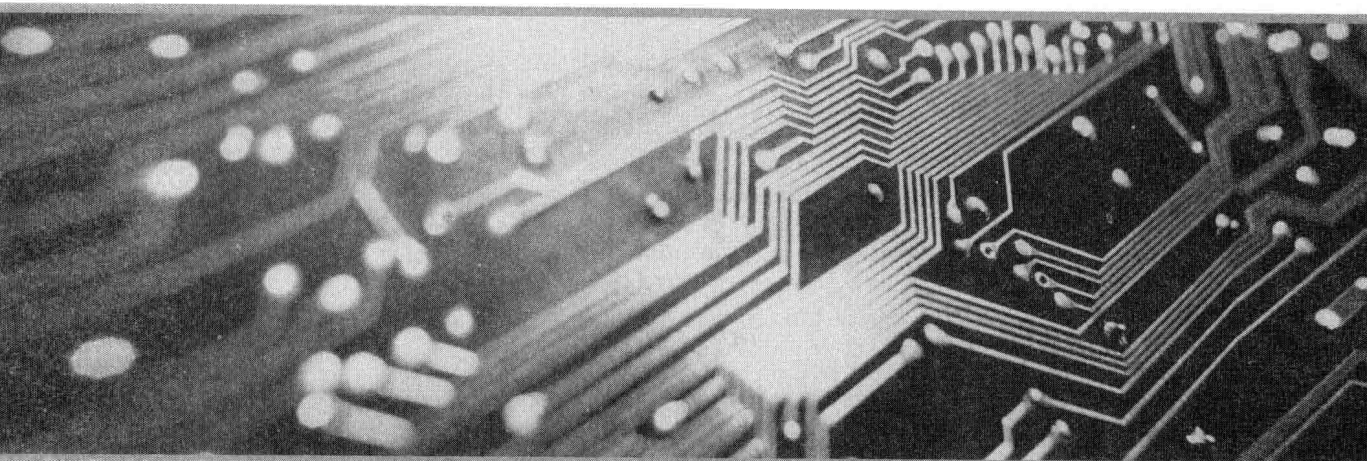
Fundamentals of
Circuit Analysis



机械工业出版社
China Machine Press

高等院校电子信息与电气学科系列规划教材

简明电路分析



钟洪声 吴涛 孙利佳 编著



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

简明电路分析 / 钟洪声等编著. —北京: 机械工业出版社, 2014.7
(高等院校电子信息与电气学科系列规划教材)

ISBN 978-7-111-47105-9

I. 简… II. 钟… III. 电路分析—高等学校—教材 IV. TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 132801 号

本书是一本简明的电路分析教材, 以简洁易懂的方式介绍电路的基本理论和分析方法。全书共分三部分, 分别介绍电阻电路、动态电路和正弦稳态电路的分析方法。本书采用由简单到复杂的思路进行讲解, 为了增强读者的阅读兴趣, 在相应知识点中穿插了该领域的科学家故事。本书还简要介绍了利用计算机软件分析电路的实例, 每章配有练习题和设计题, 可满足不同读者的需要。

本书可作为电气与电子信息专业的电路基础课程教材, 也可供技术人员阅读参考。

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 曲 熠

责任校对: 董纪丽

印 刷: 北京诚信伟业印刷有限公司

版 次: 2014 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 185mm×260mm 1/16

印 张: 21.5

书 号: ISBN 978-7-111-47105-9

定 价: 49.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光/邹晓东

前 言

电路分析课程是电气和电子信息类专业学生入门的专业基础课。本书主要介绍在集总假设条件下,电路的基本规律、基本定理以及基本的分析计算方法。该课程的先修课程为《微积分》、《线性代数》、《大学物理》等,同时为后续课程《模拟电路基础》、《数字电路》等提供基础理论和分析方法。因此,学好本课程的内容对于学好后续专业课有重要意义。

19 世纪 40 年代以来,人类逐步了解电的运动规律,由麦克斯韦总结并用数学公式予以表达,其数学描述对理论要求比较高,在工程上难以分析计算。后来人们发现金属导线的导电特性,在电流波动频率相对比较低的情况下,99.9%以上的电能集中在金属导体中传播。在这种条件下,麦克斯韦的数学模型大幅度简化,这就是集总假设条件。在此条件下,导出基尔霍夫电流、电压定律(第 1 类约束),以及元件的电压、电流约束关系(第 2 类约束)。利用这两类约束,建立电路模型及方程,其入门理论要求相对不高,理解相对容易,且分析结论可满足工程设计需要。经过 100 多年的探索和实践,最终形成了经典的电路分析理论。

电路分析经典理论促进了电子技术的广泛应用,由于数学模型的简化,带来的最大优点是让越来越多的人了解电的特性,并能够参与电子技术的设计,不断利用电的特性设计出各种工具、设备,为人类所用。人类利用电子技术创造了前所未有的奇迹,包括计算机、通信系统、探测与检测系统、互联网等。这些大型系统无一不是利用电路基本模块构建的,所以基本电路(包括基本元件)是电子信息系统的单元,或者称为大系统的“细胞”。而电路分析课程则是成为电子设计工程师的入门必修课。

本书正是基于这种思路,为培养应用型电子工程技术人员设计的教学用书,力求简洁实用、容易理解。本书分三部分,第一部分介绍电阻电路分析,第二部分介绍动态电路分析,第三部分介绍正弦稳态电路分析及功率分析和网络函数。由于后两部分涉及内容较多,本书作了一定的简化处理,通过简洁的介绍,让读者尽可能容易地理解电路的基本特性。

为了便于读者学习,本书配有习题(包括答案),还给出了思考题和设计题,供不同需求的读者参考。

为了增加学习的趣味性,本书还穿插介绍了与本课程内容相关的科学家的故事。

由于编者的学术水平有限,所以书中肯定存在不足与错误,敬请读者不吝指出,谢谢!

钟洪声

2014 年 5 月

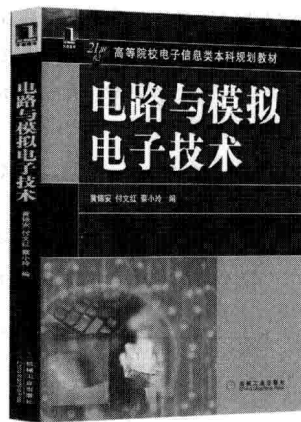
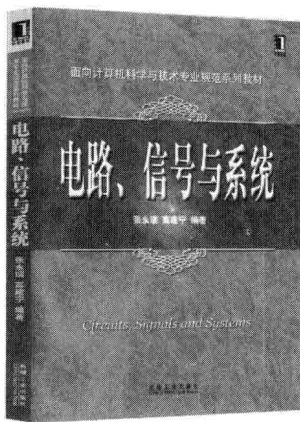
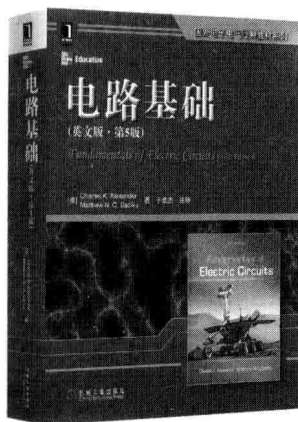
教学建议

教学内容	教学要点	课时安排	
		多学时	少学时
第 1 章 电路基本约束关系	电路与电路模型 独立电源 电阻与电阻器 基尔霍夫电流定律(KCL) 基尔霍夫电压定律(KVL) 功率守恒定理	5	4
第 2 章 单口网络	等效变换的概念 单口网络的 VCR 单口网络的等效变换 线性含源单口网络	4	3
第 3 章 含受控源电路分析	受控源 运算放大器模型 含受控源电路分析 开关模式电路	4	3
第 4 章 电路网络分析方法	电路方程 2b 法 支路电流法 支路电压法 网孔分析法 节点分析法 计算机辅助分析	6	5
第 5 章 电路基本定理	叠加定理 戴维南定理 诺顿定理 最大功率传输定理 替代定理	5	4
第 6 章 双口网络与双口元件	双口网络电路模型 Z 参数 Y 参数 H 参数 双口元件模型 理想变压器	4	3
第 7 章 非线性电路分析简介	简单非线性电路分析 开关器件模型 分段线性工作模式	4	3

(续)

教学内容	教学要点	课时安排	
		多学时	少学时
第 8 章 电容与电感	电容的伏安关系 电容储能 电容电压特性 纯电容单口网络的简化 电感的伏安关系 电感储能 纯电感单口网络的简化 动态电路方程 初始条件的求取	5	4
第 9 章 一阶电路	RC 电路 RL 电路 三要素法 脉冲信号时的 RC 电路响应 阶跃响应	6	5
第 10 章 二阶电路	RLC 串联二阶电路 过阻尼情况 临界阻尼情况 欠阻尼情况 LC 振荡电路 无阻尼电路	3	3
第 11 章 正弦稳态电路分析	正弦信号 阻抗定义 KCL 与 KVL 的相量形式 电路相量模型 正弦稳态电路分析 有效值 双频和多频信号的电路分析	8	7
第 12 章 耦合电感	电感与耦合电感 含耦合电感电路分析 耦合电感的相量模型 含耦合电感正弦稳态电路分析 耦合系数 耦合电感的等效模型	5	4
第 13 章 交流功率	瞬时功率 平均功率 功率因数定义 视在功率与无功功率定义 复功率守恒 功率因数 最大平均功率传输 不同频率平均功率叠加	6	5
第 14 章 电路网络函数与滤波器	网络函数 滤波器 RLC 串联谐振电路特性 谐振频率与品质因数 带通滤波器特性 RLC 带通滤波器简要设计方法	4	4
教学总学时		机动 3 学时, 共 72	57

推荐阅读



电路基础（英文版·第5版）

作者：（美）Charles K. Alexander 等 于敬杰 注释 ISBN：978-7-111-41184-0 定价：129.00元
中文版 5/e 预计出版时间：2013年8月

本书是一本电类各专业“电路”课程的经典教材，被美国众多名校采用，是美国最有影响力的“电路”课程教材之一。本书每章开始增加了中文“导读”，适合用做高校“电路”课程双语授课或英文授课的教材。本书前4版获得了极大的成功，第5版以更清晰、更容易理解的方式阐述了电路的基础知识和电路分析方法，并反映了电路领域的最新技术进展。全书总共包括2447道例题和各类习题，并在书后给出了部分习题答案。

电路、信号与系统

作者：张永瑞 高建宁 ISBN：978-7-111-28824-4 定价：35.00元

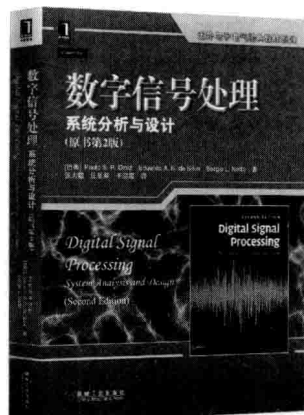
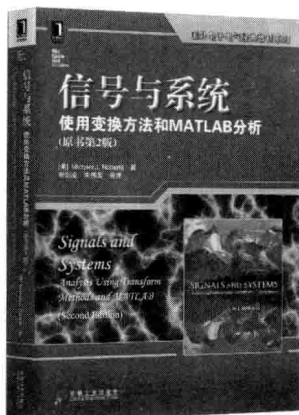
内容选材合理、取舍恰当，新器件、新方法介绍适度，符合教指委制定的专业规范要求。基本概念讲授准确、透彻，注重物理概念阐述，必要的定理推导简明扼要，思路清晰、严谨，结论明确；常用的分析方法讲述步骤清楚有条理，举例类型多，结合工程实际，具有启发性；电路定理阐述简练，应用范围、条件明确，使用中应注意的问题归纳详尽。适合作为计算机专业“电路”课程教材。

电路与模拟电子技术

作者：黄锦安 付文红 ISBN：978-7-111-25228-3 定价：38.00元

本书根据高等学校电子与电气信息类基础课程教学指导分委员会关于“电路分析基础”和“模拟电子技术”课程教学的基本要求，结合计算机及其他少学时专业的教学特点，统筹安排了电路理论与模拟电子技术的基本知识。尤其适合作为普通高等院校计算机、电子信息工程等专业的本科生教材，也可作为相关工程技术人员的学习参考用书。

推荐阅读



模拟电子技术基础 (第2版)

作者: 黄丽亚 杨恒新 ISBN: 978-7-111-38699-5 出版时间: 2012年8月 定价: 39.00元

本书精选内容,突出重点,强化三基。以分立元件电路为基础,以集成电路为重点,强调概念的物理本质和含义。注重培养电路设计能力。注重模拟电路与数字电路教学内容的衔接,将集成门电路内容纳入模拟电路部分。第2版在第1版的基础上,增加有源滤波器设计举例、滤波器设计软件FilterPro简介;更新Multisim 8至Multisim 11,增加Multisim 11应用举例;删除了IspPAC芯片相关内容。可作为电子信息、电气、自动化、控制类专业“模拟电子技术”课程教材。

信号与系统: 使用变换方法和MATLAB分析 (原书第2版)

作者: (美) M. J. Roberts 译者: 胡剑凌 ISBN: 978-7-111-42188-7 出版时间: 2013年6月 定价: 89.00

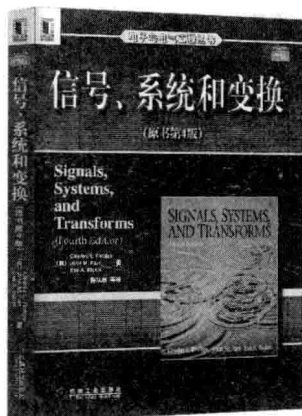
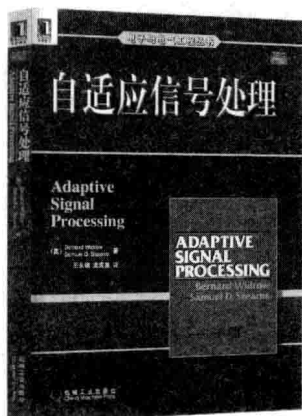
信号与系统课程是数字信号处理和控制理论等课程的基础课程,本书以主要涵盖傅里叶变换、傅里变换分析、拉普拉斯变换、拉普拉斯变换分析、离散时间系统的z变换、z变换分析等。书中给出了大量的例子,并介绍实现分析方法的MATLAB函数和运算。可作为电子信息类相关专业的本科生教材。

数字信号处理: 系统分析与设计 (原书第2版)

作者: (巴西) Paulo S. R. Diniz 等 译者: 张太镒 等 ISBN: 978-7-111-41475-9 出版时间: 2013年4月 定价: 85.00元
英文版 ISBN: 978-7-111-38253-9 出版时间: 2012年6月 定价: 79.00元

本书全面、系统地阐述了数字信号处理的基本理论和分析方法,详细介绍了离散时间信号及系统、傅里叶变换、z变换、小波分析和数字滤波器设计的确定性数字信号处理,以及多重速率数字信号处理系统、线性预测、时频分析和谱估计等随机数字信号处理,使读者深刻理解数字信号处理的理论和设计方法。本书不仅可以作为高等院校电子、通信、电气工程与自动化、机械电子工程和机电一体化等专业本科生或研究生教材,还可作为工程技术人员DSP设计方面的参考书。

推荐阅读



自适应信号处理

作者: Bernard Widrow 等 译者: 王永德 等 ISBN: 978-7-111-22792-2 定价: 45.00元
英文版 ISBN: 978-7-111-23918-5 定价: 56.00元

本书是一本有关自适应信号处理的专业性教科书,也是自适应信号处理方面的一部经典著作。本书主要内容包括自适应信号处理的原理、算法和结构以及在各种领域的应用。全书在理论方面侧重讨论线性组合器这种基本的自适应结构形式,以及LMS(最小均方)算法这种重要且基本的自适应算法;在应用方面,重点讨论自适应信号处理在系统辨识、解卷积、信道均衡、自动控制、干扰对消及空间阵列处理等方面的应用。

信号与系统：使用变换方法和MATLAB分析（原书第2版）

作者: M. J. Roberts 译者: 胡剑凌 预计出版时间: 2013年6月

本书在第1版的基础上进行了广泛更新,包含系统的时域分析、傅里叶方法、傅里叶变换、拉普拉斯变换、z变换、采样和信号处理等信号与系统的基本理论和应用。新增频率响应分析、通信系统分析、滤波器的分析与设计、状态空间分析4章内容。全书给出了大量的例子,并介绍实现上述方法的MATLAB函数和运算。

信号、系统和变换（原书第4版）

作者: Charles L. Philips 等 译者: 陈从颜 ISBN: 978-7-111-26047-9 定价: 78.00元
英文版 ISBN: 978-7-111-26894-9 定价: 55.00元

本书清晰而全面地叙述了关于信号、系统和变换的理论与应用。介绍了信号与系统的数学背景,主要包括:傅里叶变换、傅里叶级数、拉普拉斯变换、离散时间傅里叶变换与离散傅里叶变换,z变换。本版在课程体系的组织上为读者不同的侧重需求提供了极大的灵活性。MATLAB示例贯穿于书中各章,同时也将MATLAB学生版本的先进特征体现于例题和习题的应用之中。

目 录

前 言

教学建议

第一部分 电阻电路分析 1

第 1 章 电路基本约束关系 2

1.1 电路与电路模型 2

1.1.1 电路模型 4

1.1.2 集总假设 5

1.1.3 导体及电阻特性 5

1.2 电学主要参数 6

1.2.1 电荷 6

1.2.2 电流 7

1.2.3 电压 9

1.2.4 电功率与能量 11

1.2.5 磁场 12

1.3 电源 13

1.3.1 电源简介 13

1.3.2 独立电压源 13

1.3.3 独立电流源 14

1.4 电阻与电阻器 16

1.4.1 电阻器 16

1.4.2 电阻与欧姆定律 17

1.4.3 电阻的伏安关系 17

1.4.4 电位器 19

1.4.5 分压和分流公式 20

1.4.6 非线性电阻简介 22

1.5 电路网络的约束关系 23

1.5.1 电路网络基本术语 23

1.5.2 基尔霍夫电流定律 23

1.5.3 基尔霍夫电压定律 26

1.5.4 功率守恒定理 28

1.6 简单电路分析实例 30

1.7 本章小结 31

习题 1 32

第 2 章 单口网络 37

2.1 单口网络与单口网络等效 37

2.1.1 单口网络特性 37

2.1.2 等效概念 37

2.1.3 线性单口网络的 VCR 38

2.1.4 单口网络的应用 40

2.2 纯电阻单口网络 40

2.2.1 纯电阻单口网络特性 40

2.2.2 纯电阻单口网络的 等效电路 40

2.2.3 单口网络电路 分析实例 42

2.3 含源单口网络 43

2.3.1 实际电源的等效模型 43

2.3.2 线性含源单口网络 特性 45

2.3.3 含源单口网络的等效与 简化 46

2.4 单口网络简化分析实例 48

2.5 本章小结 49

习题 2 50

第 3 章 含受控源电路分析 53

3.1 受控源 53

3.1.1 受控源简介 53

3.1.2 晶体管简化参数简介	55	4.5.4 含受控源的节点 方程规则	89
3.1.3 放大器简化模型	55	4.6 综合分析实例	91
3.2 运算放大器模型	56	4.7 计算机辅助分析	94
3.2.1 运算放大器简介	57	4.7.1 电路分析软件	95
3.2.2 理想运算放大器	58	4.7.2 电路分析实例	95
3.2.3 基于运算放大器的 放大电路	58	4.8 本章小结	97
3.2.4 基于运算放大器的 加法电路	60	习题4	98
3.3 含受控源电路分析	61	第5章 电路基本定理	102
3.3.1 电路分析实例	62	5.1 叠加定理	102
3.3.2 受控源功率分析	64	5.1.1 线性电路定义	102
3.4 开关模式电路	65	5.1.2 线性电路特性	102
3.4.1 开关器件模型	65	5.1.3 线性特性分析实例	103
3.4.2 信号赋值	65	5.1.4 叠加定理分析实例	103
3.5 本章小结	67	5.2 含源单口网络等效定理	106
习题3	67	5.2.1 线性含源单口网络 特性分析	106
第4章 电路网络分析方法	69	5.2.2 戴维南定理	106
4.1 线性方程复习	69	5.2.3 诺顿定理	108
4.1.1 线性方程组表达	69	5.2.4 含源单口网络的简化 等效参数提取	111
4.1.2 线性方程组独立性	70	5.2.5 分析实例	112
4.1.3 线性方程组求解	71	5.3 最大功率传输定理	114
4.2 电路求解问题	71	5.3.1 最大功率传输问题	114
4.2.1 电路方程独立性	72	5.3.2 最大功率传输 定理证明	114
4.2.2 电路方程2b法	73	5.3.3 简单电路功率传输 问题讨论	115
4.2.3 电路方程稀疏性	75	5.3.4 实例分析	115
4.3 1b法	76	5.4 替代定理	116
4.3.1 支路电流法	76	5.4.1 替代定理	116
4.3.2 支路电压法	76	5.4.2 替代定理证明	118
4.4 网孔分析法	78	5.4.3 替代定理应用实例	119
4.4.1 网孔电流	79	5.5 本章小结	120
4.4.2 网孔方程规则	80	习题5	121
4.4.3 含电流源的网孔 方程规则	81	第6章 双口网络与双口元件	125
4.4.4 含受控源的网孔 方程规则	83	6.1 双口网络电路模型	125
4.5 节点分析法	85	6.1.1 双口网络特性	125
4.5.1 节点电压	85	6.1.2 双口网络电路实例	126
4.5.2 节点方程规则	86	6.2 Z参数	126
4.5.3 含电压源的节点 方程规则	87	6.2.1 Z参数表达	126

6.2.2	Z 参数求取	126
6.2.3	利用 Z 参数分析电路 实例	129
6.2.4	Z 参数标准模型	129
6.3	Y 参数	130
6.3.1	Y 参数表达	130
6.3.2	Y 参数求取	130
6.3.3	利用 Y 参数分析 电路实例	133
6.3.4	Y 参数标准模型	133
6.4	H 参数	134
6.4.1	H 参数表达	134
6.4.2	H 参数求取	135
6.4.3	利用 H 参数分析 电路实例	136
6.4.4	H 参数标准模型	137
6.5	其他参数简介	138
6.5.1	G 参数	138
6.5.2	T 参数	138
6.5.3	T^{-1} 参数	139
6.5.4	双口网络参数关系	139
6.6	理想变压器	139
6.6.1	变压器	139
6.6.2	理想变压器模型	140
6.6.3	含理想变压器 电路分析	141
6.6.4	变压器的电阻变换 特性	144
6.6.5	负载匹配问题	144
6.6.6	理想变压器双口参数 表达	146
6.7	综合分析实例	147
6.8	本章小结	149
	习题 6	149
第 7 章	非线性电路分析简介	153
7.1	简单非线性电路分析	153
7.1.1	解析法	153
7.1.2	图解法	155
7.2	开关器件模型	157
7.2.1	二极管	157
7.2.2	理想二极管	158

7.2.3	开关模式实例分析	159
7.3	分段线性工作模式	161
7.4	本章小结	163
	习题	163

第二部分 动态电路分析 165

第 8 章 电容与电感 166

8.1	电容	166
8.1.1	电容效应	166
8.1.2	电容的伏安关系	167
8.1.3	电容电压特性	168
8.1.4	电容的储能	169
8.1.5	电荷守恒	170
8.1.6	纯电容单口网络的 简化	170
8.1.7	可变电容	171
8.1.8	非线性电容	172
8.2	电感	172
8.2.1	电感效应	172
8.2.2	电感的伏安关系	173
8.2.3	电感储能	174
8.2.4	纯电感单口网络的 简化	175
8.2.5	非线性电感	176
8.3	动态电路方程	176
8.3.1	动态电路数学描述	177
8.3.2	微分方程	177
8.3.3	初始条件	178
8.3.4	初始条件的求取	179
8.4	本章小结	181
	习题 8	182

第 9 章 一阶电路 186

9.1	RC 电路	186
9.1.1	RC 放电过程描述	186
9.1.2	RC 充电过程描述	188
9.1.3	时间常数	189
9.1.4	RC 电路的全响应	190
9.1.5	实例分析	191
9.2	RL 电路	192
9.2.1	RL 放电过程描述	192
9.2.2	RL 充电过程描述	193

9.2.3 全响应	195	11.3.3 简单电路分析	251
9.3 三要素法	196	11.3.4 节点分析法和网孔 分析法	253
9.4 脉冲信号的 RC 电路响应 ..	200	11.3.5 含源单口网络分析	255
9.5 阶跃响应	202	11.4 有效值	256
9.6 本章小结	205	11.4.1 有效值的定义	256
习题 9	206	11.4.2 正弦信号有效值	257
第 10 章 二阶电路	210	11.5 双频和多频信号的 电路分析	258
10.1 RLC 串联电路分析	210	11.5.1 正弦稳态响应的 叠加	258
10.1.1 二阶微分方程特 征根问题	210	11.5.2 实例分析	258
10.1.2 过阻尼情况	211	11.6 本章小结	260
10.1.3 临界阻尼情况	214	习题 11	262
10.1.4 欠阻尼情况	215	第 12 章 耦合电感	265
10.1.5 三种情况对比分析	218	12.1 磁路简介	265
10.1.6 RLC 串联电路的 全响应	219	12.2 电感与耦合电感	266
10.2 RLC 并联电路分析	221	12.2.1 电感元件结构与 原理	266
10.3 LC 振荡电路	222	12.2.2 耦合电感结构与 原理	267
10.3.1 无阻尼电路	222	12.2.3 耦合电感的等效 模型	269
10.3.2 LC 振荡电路工作 原理	223	12.2.4 含耦合电感电路 分析	270
10.3.3 固有频率	224	12.3 耦合系数	272
10.4 本章小结	225	12.3.1 耦合电感的串联	272
习题 10	226	12.3.2 耦合电感的并联	273
第三部分 正弦稳态电路分析 ..	231	12.3.3 耦合系数 k	275
第 11 章 正弦稳态电路分析	232	12.3.4 实例分析	275
11.1 正弦信号	232	12.4 耦合电感的等效模型	276
11.1.1 正弦信号时域描述	232	12.4.1 去耦等效	276
11.1.2 正弦交流电的相量 表示法	234	12.4.2 理想变压器模型 等效	278
11.1.3 利用相量求微分方程 特解	238	12.4.3 实例分析	279
11.2 阻抗	241	12.5 本章小结	281
11.2.1 两类约束的相量形式 ..	241	习题 12	281
11.2.2 阻抗定义	242	第 13 章 交流功率	284
11.2.3 电路相量模型	247	13.1 功率与功率因数	284
11.3 正弦稳态电路分析	249	13.1.1 瞬时功率	284
11.3.1 相量分析法简介	249	13.1.2 平均功率	285
11.3.2 无源单口网络 模型简化	250		

13.1.3 功率因数	285	13.6 本章小结	300
13.1.4 无功功率和视在 功率	285	习题 13	301
13.1.5 实例分析	286	第 14 章 电路网络函数与滤波器	305
13.2 复功率	287	14.1 网络函数	305
13.2.1 复功率定义	287	14.1.1 正弦稳态下网络函数的 基本概念	305
13.2.2 复功率守恒	288	14.1.2 网络函数的幅频特性与 相频特性	307
13.2.3 功率守恒实例分析	288	14.2 滤波器	310
13.2.4 功率因数及其提高	290	14.2.1 低通滤波器	310
13.3 共轭匹配问题	293	14.2.2 高通滤波器	312
13.3.1 最大传输功率	293	14.3 <i>RLC</i> 谐振电路	314
13.3.2 匹配问题	293	14.3.1 串联谐振电路特性	314
13.3.3 阻抗变换方法	294	14.3.2 谐振频率与品质 因数	316
13.3.4 匹配电路实例分析	296	14.4 本章小结	320
13.4 非单一频率电路功率 问题	297	习题 14	321
13.5 非正弦周期信号电路的 平均功率	298	练习题答案	324

电路分析基础

第一部分 电阻电路分析

- ◎ 第 1 章 电路基本约束关系
- ◎ 第 2 章 单口网络
- ◎ 第 3 章 含受控源电路分析
- ◎ 第 4 章 电路网络分析方法
- ◎ 第 5 章 电路基本定理
- ◎ 第 6 章 双口网络与双口元件
- ◎ 第 7 章 非线性电路分析简介

第 1 章

电路基本约束关系

本章的主要内容包括：电路分析的基本对象——电路与电路模型，电路分析的基本变量——电学的主要参数，电阻电路的基本构成单元——电源与电阻，以及组成电阻电路网络需满足的基本约束关系——两类约束，最后给出简单电路的分析实例。

1.1 电路与电路模型

电路(electronic circuit)是将元件按一定方式连接起来，为电荷的有序运动提供路径的一个总体，也称电子回路、电子线路、电气回路等。电路可以完成很多功能，如传递信息、传输能量、供电等。实际电路可以是具有某一特定功能的单元，如图 1-1 所示的放大电路，该类电路的组成相对简单；也可以是由多种不同功能的单元所组成的更大的电路，如图 1-2 所示的电力系统和图 1-3 所示的卫星导航系统，这类电路较为复杂，通常也称为系统(system)或网络(network)。

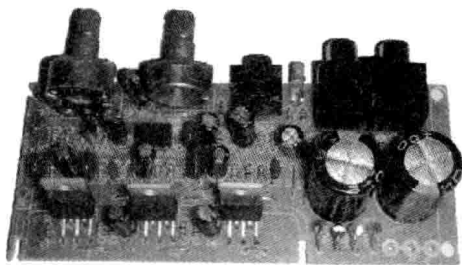


图 1-1 电脑音箱功率放大电路

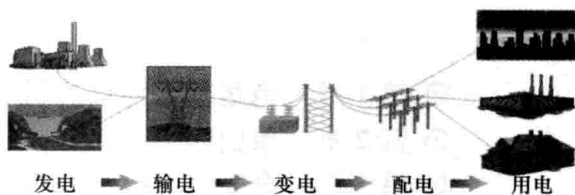


图 1-2 电力系统

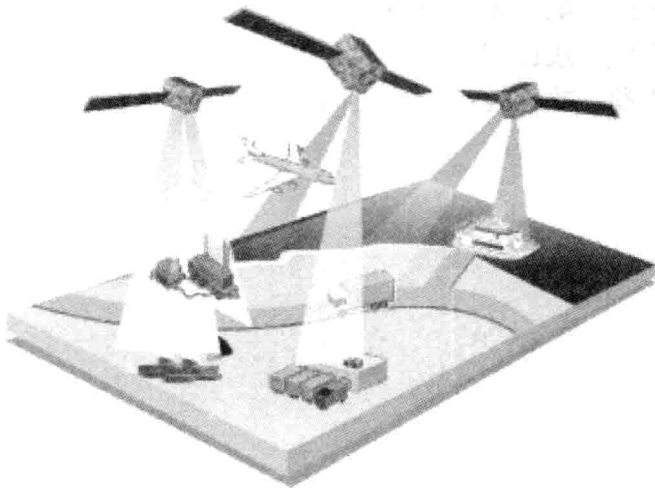


图 1-3 卫星导航系统

最简单的实际电路可能要算是手电筒电路了，它由三个部分组成：为灯泡提供能量的电池，将电能转换为其他形式而消耗电能的灯泡，以及在中间起控制作用的开关。这三个部分要么直接金属接触，要么通过金属外壳实现连接。

如果想要知道手电筒中流经灯泡的电流是多少，该怎么做呢？一种方式是测量，即利用合适的测量仪器(如万用表)，选择适当的测量手段(如将万用表串联入电路，用电流挡位测量电流)，得到所关心的参数。另一种方式是分析，即将实际电路用数学方式进行描述，再通过数学运算得到电气参数，其过程简化如下。

首先将实际电路中与电气特性有关的元件和连接抽象出来，得到简化的实际电路。例如手电筒电路中，影响流经灯泡电流的因素主要是电池、灯泡和开关，用导线代替元件之间的金属连接，得到简化电路如图 1-4 所示。

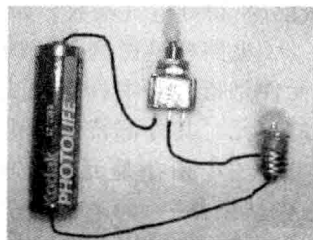


图 1-4 简化的手电筒电路

简化电路体现出了电路中的元件与连接关系(连接关系又称拓扑关系)，在此基础上可简化出电气原理图。电气原理图中的电池、灯泡和开关用的是约定俗成的符号表示，方便工程师识别，如图 1-5 所示。

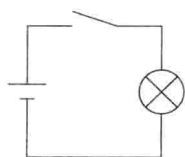


图 1-5 电气原理图

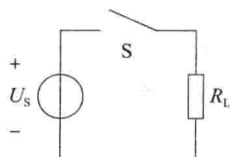


图 1-6 电路模型

在图 1.6 的手电筒电路模型中，用左边的图形符号(独立电压源)来表示电池，该理想元件上的电压 U 满足的数学关系为 $U=U_s$ ；用右边的图形符号来表示灯泡上的电阻，该理想元件上的电压 U 、电流 I 之间满足欧姆定律，即 $U=I \times R_L$ ；用上边的图形符号来表示开关控制电路的通与断。注意：电路中常以下标“S”表示能源，即 source(源)的意思；用下标“L”表示消耗能量的负载，即 load(负载)的意思。

通过电路模型就可以对电路进行分析。假设导线的电阻为 0，从电路的连接关系可以看出，电阻 R_L 的电压和电池上的电压是相等的，如果 $U_s=1.5\text{V}$ ， $R_L=3\Omega$ ，通过计算可以得到电流 $I=0.5\text{A}$ 。这就是电路分析的基本过程。

需要说明的是，从实际电路到电路模型，这种“建模”或者“抽象”的过程，根据分析问题的精度或者实际情况的不同往往会得到不同的电路模型，例如，要分析手电筒的电池因老化后内阻增大对电路造成的影响，就需要用图 1-7 所示的电路模型，该模型中，电池的电路模型用独立电压源 U_s 和串联电阻 R_s 来描述。

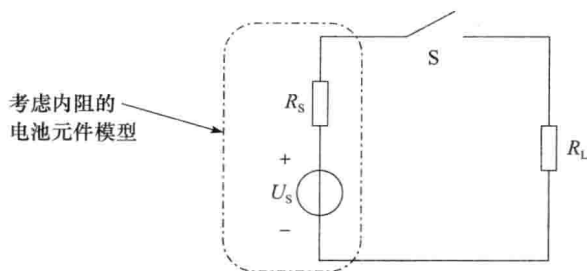


图 1-7 不同分析对象的不同电路模型