



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 电路原理

于歆杰 朱桂萍 陆文娟 编著  
郑君里 龚绍文 审

清华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 电路原理

于歆杰 朱桂萍 陆文娟 编著  
郑君里 龚绍文 审

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书主要包括:简单电阻电路,线性电阻电路的分析方法和电路定理,非线性电阻电路,一阶电路,二阶电路,阶跃响应,冲激响应,卷积积分,相量法,阻抗与导纳,频率响应,滤波器,谐振,有互感的电路,变压器和三相电路等。另有5个附录,分别介绍电路基本概念的介绍,电路图论的基础知识,常系数线性常微分方程的求解,复数和正弦量以及傅里叶级数。

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,内容符合教育部高等学校电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导委员会于2004年制定的电路分析基础教学基本要求。本书适合普通高等学校电类专业师生使用,也可供科技人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

### 图书在版编目(CIP)数据

电路原理/于歆杰,朱桂萍,陆文娟编著. —北京:清华大学出版社,2007.3  
ISBN 978-7-302-14677-3

I. 电… II. ①于… ②朱… ③陆… III. 电路理论 IV. TM13

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第021284号

责任编辑:邹开颜

责任校对:刘玉霞

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

[c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

社总机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印刷者:北京四季青印刷厂

装订者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:26.75 字 数:548千字

版 次:2007年3月第1版 印 次:2007年3月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:36.00元

---

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:019638-01

# 序

PREFACE

目前,多数高校电路原理教材的主要内容是依据 20 多年前拟定的电路原理教学大纲安排的。这个大纲纳入了近代电路理论的某些内容,对电路原理课程教学起到了促进作用,得到广大教师和学生的欢迎。

时代在前进,电路原理课程势必随着科学技术的发展有所更新,以适应对人才培养的需求。清华大学电路原理教学组经过调查研究,集思广益,拟定了教学改革方案,在清华大学信息科学技术学院经三届试用,总结为这本教材出版。

实践证明,此书是行之有效的。它是电路原理教材百花园里一朵报春小花。由于新,它的某些地方可能会显得有些粗糙,还有改进的余地。但是它的出版总是一件可喜的事,而且无疑会对电路原理课程改革起一定的促进和借鉴作用。

是为序。

肖达川

2007 年 1 月

# 前 言

FOREWORD

本书是近三年来清华大学对电路原理课程进行教学改革成果之一。作者在三届授课讲稿的基础上,经整理补充,写成这本教材。

电路原理(或电路、电路分析基础)课程的形成源于电气工程与信息科学技术的研究和应用。

半个多世纪以来,为了使这门课程能够适应科学技术发展的需要,人们进行了多方面的探索,努力拓展和深化电路理论。例如,引入图论知识,加强状态变量分析,更新并扩充非线性电路理论的研究内容,增加计算机辅助分析的应用等。也有人提出将此课程与其他课程重新整合。实践表明,多种类型的尝试都对本课程的教学改革产生了很好的促进作用,使电路原理课程不断更新,与时俱进。

进入 20 世纪中后期,超大规模集成电路(VLSI)技术日趋成熟,并在科研、生产以至日常生活的各个层面起到越来越重要的作用。与此同时,数字系统的应用已明显超过模拟系统,数字与模拟混合系统也得到了非常广泛的应用。然而,这些重大变革却很少触动电路原理课程的教学内容,该课程的主要选材和基本框架依然保持着固有的稳定与成熟,主要表现在以下两方面:一是只研究基于电路模型的分析,不讨论实际电路的元件建模背景;另一是只讨论模拟电路,不讲授数字电路与系统的知识。这就使得本课程与后续课程之间好像有一条明显的鸿沟,不可逾越。

这种形势使电路原理课程的改革面临困境。首先,它与科研生产的实际状况明显脱节,课程内容失去活力,学生感觉所讲授的内容与现实生活中的电气电子设备不相适应。学完这门课之后,往往还不知道受控源究竟为何物,未能认识实际电路中广泛应用的开关元件,更不理解电阻与电容充放电过程产生的真实背景等。其次,电路类课程的总体学时偏多,相当一部分内容还有待更新。

我们不会忘记,电阻(R)、电感(L)、电容(C)元件在相当长一段时间内都是组成电路最主要的基本单元,但随着集成电路技术的飞速发展,这种简单的局面已不复存在。为了适应芯片制作工艺特点,减少芯片面积和改善电路参数精度与稳定性等一系列实际要求,电路设计的理念产生了根本性变化。一方面力求远离电感,同时要谨慎选用电阻和电容;另一方面则大量启用有源器件——晶体管,特别是金属氧化物半导体场效应管(MOSFET)。由于 MOSFET 具有集成工艺便于实现和低功耗等众多优点,扮演了当代集成电路基本单元中最重要的角色。

当然还应当看到,仍有一些电路很难全部进入芯片以实现集成化。这主要表现在大功率和高频率两个方面。在电力电子技术中,较大功率运行的电路仍然需要分立器件来实现;在无线通信靠近射频前端以及频率较高的电子仪器设备中,也保留有一些分立电路。

面对实际情况,应当重新考虑电路原理课程的主要选材和体系结构。

人们构成电路的目的是为了进行能量处理和信号处理,因此在电路原理课程中应体现这两方面的应用。当代电气工程与信息科学的发展和趋势表明,在电路原理课程中,尽管 R、L、C 元件模型仍占据重要地位,但 MOSFET 元件模型的引入已经成为必然趋势。在实践中,我们还注意到,引入 MOSFET 不仅可以让学生认识实际电路中的受控源特性,而且有助于理解 MOSFET 在具有放大特性的同时可作开关应用,这样就为初步建立数字系统的概念开创了条件。将电阻、电容、电感、MOSFET、运算放大器作为电路基本元件,既可兼顾模拟与数字两种类型电路的统一要求,更可体现电路进行能量处理和信号处理的双重作用。

作为电类专业第一门技术基础课程,电路原理需要培养学生扎实的电路分析能力,但切切不可忽视对实际元件建模背景的讨论,即不能将课程只局限在针对理想模型的分析中。电路原理课程需要适度体现工程性,即适度讨论抽象模型的物理背景、抽象过程、不同模型之间的区别与联系、如何针对不同需求选择不同模型……

随着系统集成技术的广泛应用,把电路设计过程进行分层次处理就显得非常必要。人们力求借助抽象化和模块化的思想依次完成复杂电路的设计,这是构成复杂系统的前提。在电路原理这门课程中,有责任为学生建立端口特性以及子电路(子系统)抽象的初步概念。

为了体现上述 3 点指导思想,在本书中采取了以下具体措施。

(1) 含 MOSFET 电路分析贯穿全书。第 2 章以 MOSFET 压控电流源特性为例讲授了建立受控源模型的实际背景。按照外界条件的不同,MOSFET 也可工作于开关状态,依此讨论了数字电路与系统的基本单元——逻辑门电路。在第 4 章中利用非线性电阻电路的小信号法分析了 MOSFET 构成的模拟电路与系统的基本单元——小信号放大电路。第 5 章在引出电容元件之后介绍 MOSFET 的寄生电容特性,研究反相器输出信号的充放电波形,建立了数字系统传输延迟的概念。最后,在第 6 章讨论 MOSFET 放大器的频率响应特性,分析了寄生电容对实际放大电路的影响。第 5 章和第 6 章分别从时域和频域两个角度全面考察动态元件对实际电路性能产生的影响。

(2) 含运算放大器电路的分析也渗透于全书许多章节。在第 2 章中讨论运算放大器的模型,运用 KCL、KVL 研究一些简单运放电路。此后逐步深入,不仅讲授负反馈运放构成的多种实际电路,还讨论了一些正反馈运放的应用实例。第 6 章结合频率特性初步引出了有源滤波器。

(3) 紧接线性电阻电路分析之后,第4章介绍非线性电阻电路。讨论了4种基本分析方法:列方程求解法、图解法、分段线性法和小信号分析法。着重运用后三种方法分析二极管和MOSFET放大电路的工作原理,给出了灵活、生动的应用实例。

(4) 注意到本课程具有从数学、物理向工程实践过渡的特点,努力引导学生树立和训练工程观点。以Y- $\Delta$ 变换、电源等效变换以及互感去耦等问题为载体,加强等效观点的训练;以二极管多种分段线性模型和各类变压器模型为例,介绍近似简化的分析方法;从MOSFET到运算放大器以及二端口网络的讨论充分体现了模块化的抽象观点。

(5) 认识到构成电路的目的是解决信号处理与能量处理中的大量实际问题,努力加强应用实例分析。选择以通信、信号处理、电力系统等领域为背景的应用例子展开讨论,激发读者的学习兴趣和热情。

概括地讲,我们兼顾分立与集成、模拟与数字、无源与有源元件、二端与多端元件、受控源与开关、线性与非线性、能量处理与信号处理等多种矛盾,试图从对比中认识事物的规律,以统一的理念来全面观察问题,从而适应当代电气工程与信息科学技术发展的最新需要。

2004年秋、2005年春和2006年春,作者按此教学模式授课,进行了3届改革试点,涉及的专业包括电子信息工程、自动化、计算机、生物医学工程等,学生人数累计约340人,讲课学时(含习题课和讨论课)均为64学时。学生和听课教师的反馈说明教学改革初见成效。

全书共6章。第1章为绪论,介绍基本名词术语、本课程的研究内容和主要方法,为后续章节的学习做好准备。第2~4章以电阻电路为对象讨论电路分析的一般方法和定理。具体内容包括:简单电阻电路分析,线性电阻电路的分析方法和电路定理,非线性电阻电路分析。第5章为动态电路的时域分析,重点研究一阶电路的工作原理、性能和应用,讨论二阶电路、阶跃响应、冲激响应和卷积积分等概念。第6章为正弦激励下动态电路的稳态分析,包括相量法、阻抗与导纳、频率响应、滤波器、谐振、互感电路、变压器和三相电路等内容。

在正文的6章之后,安排了5个附录。附录A从电磁学理论出发,建立电路基本参数的概念,引出电路元件的定义,使本课程与大学物理、电磁场等课程相互沟通与配合。附录B介绍电路图论的基础知识,引导对此感兴趣的读者初步认识这一研究领域。附录C和D分别为学习动态电路的时域分析和正弦稳态分析提供了必要的数学基础——常系数线性常微分方程的求解以及复数和正弦量的三要素。附录E讨论傅里叶级数,为本课程与数学和信号与系统的衔接做好准备。

教育部高等学校电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导委员会于2004年制定了电路分析基础课程的教学基本要求,本书内容完全覆盖了这些基本要求,即可作为高校64~90学时电路原理课程的教材或参考书。

在使用本书作教材时,授课教师可根据学生能力、培养计划和学时等因素灵活选取素材,切忌照本宣科。在选择授课素材时首先要保证满足上述基本要求,同时适当兼顾前文所述改革指导思想。为此,建议按以下原则组织讲授内容。

(1) 本书中不作为基本要求,同时也未涉及改革特色的一些深入内容可以不讲,如 3.7~3.9 节,5.7.2 小节,5.8~5.9 节等。

(2) 对于改革思想不一定要求立即全面实施到位。改革初期可结合实际情况有所侧重,待条件成熟后逐步推进。例如,可以跳过 2.8~2.9 节,对于第 4 章只着重介绍 4.5 和 4.6 节,适当缩减该章学时等。

(3) 本书特点之一是背景鲜明、形象生动的应用实例相当丰富。对此,课上可以选择重点内容讲授,把较多的实例留作课外阅读。这样做不仅可以节省课内学时,也有利于培养学生的自学能力,并推动同学之间交流讨论,取得事半功倍的成效。

按以上 3 点建议略去一些小节或段落不会影响后续部分的继续学习,同时也可满足基本要求的规定,并按不同程度体现改革思想,展示新意。

这里提供我们在清华大学 2006 年教学实践中安排的课内学时供参考(下列学时数含大课、习题课和讨论课,不包括实验):第 1 章 2 学时,第 2 章 13 学时(其中电阻、电源、KCL 和 KVL 2 学时、等效变换 2 学时、运放 2 学时、二端口 2 学时、数字系统讨论课 2 学时、习题课 3 学时),第 3 章 6 学时(其中节点法回路法 2 学时,叠加定理、戴维南定理 2 学时,习题课 2 学时),第 4 章 4 学时,第 5 章 13 学时(其中动态元件 1 学时,一阶电路 2 学时,二阶电路和状态方程列写 2 学时,冲激响应与卷积 2 学时,动态电路讨论课 2 学时,习题课 4 学时),第 6 章 22 学时(其中相量与阻抗 4 学时,频响与滤波器 2 学时,谐振 2 学时,互感与变压器 2 学时,功率 2 学时,三相 2 学时,非正弦周期激励电路 2 学时,习题课 6 学时),机动 4 学时,共计 64 学时。

本书各章末都附有习题,可配合授课选用。全书最后给出了部分习题答案,可供参考。如果需更多练习,可参考清华大学电路原理教学组编写的《电路原理学习指导与习题集》(徐福媛、刘秀成、朱桂萍编著,清华大学出版社,2005 年)。

在改革实践过程中,曾经遇到一些困难或疑惑,值得认真总结的议题有以下几点。

(1) 课程学时未变,增加许多新内容,是否会削弱对电路基本概念和基本分析方法的掌握?

首先,几代教育工作者的辛勤努力使得电路基本概念和基本分析方法能够以更简明、更易接受的方式进行讲授,从而为进一步拓展电路应用奠定了牢固的基础。其次,恰当引入新内容能够加深学生对电路基本概念的理解。例如引入 MOSFET 以后,学生对受控源、开关和寄生电容等概念的理解大大深入,从而激发起浓厚的学习兴趣,能够主动应用课余时间进行钻研。从无记名调查问卷反馈的意见来看,大多数学生最感兴趣的教学内容就是将电路基本概念、基本分析方法和基本元件进行实际应用的内容,如运算放大器、



门电路、信号发生器电路等。第三,一个概念、一个方法和一个理论能够解释和解决的问题越多,它的意义就越大,人们对它的理解就越深刻,对它的掌握才越牢固。如果增加的新内容、新问题都能用基本概念和基本分析方法加以解释和解决,这无疑对基本概念的理解和基本分析方法的掌握都大有好处。此外,多媒体课件、Flash 动画、数值仿真软件和现场实验装置等教学手段的逐渐丰富也为电路原理课程在有限授课时间内讲授尽可能丰富的内容提供了技术保障。我们在改革试点班曾用以前的电路试题对新模式授课的学生进行了测试。结果表明,这些学生在理解电路基本概念和掌握基本分析方法方面与以前的学生相当。

### (2) 这种改革与电工学课程有什么区别?

当前电工学课程的授课对象为非电类专业本科生,目的是用较少的时间传授给学生电路分析和电子学的知识。因此授课内容基本上是电路和电子学的依次组合,可能还涉及部分电力电子及电力拖动的知识。而我们的电路原理课程改革特别强调有源与无源器件的融合与相互渗透、相互支撑,使电路和电子学的内容密不可分。或许这种新举措对电工学课程改革有一定的参考价值。

### (3) 如何处理好与后续课程的联系和分工?

本课程与大量的后续课程有着密不可分的联系,是学习多种专业课的公共基础。正是为了适应当代电气工程与信息科学技术发展的需要,我们对课程进行了改革。实践表明,改革不仅使学生加深了对基本概念和基本分析方法的理解与应用,而且强烈激发起学生对后续课程的学习兴趣。此外,学生对重要知识点的透彻认识和充分掌握是需要有一个过程的,从不同角度进行讲授有利于学生全面深入地掌握基础知识。本书第1章图1.1.1给出了本课程与后续多种课程的联系,从中可以初步了解它们之间的相互关系。

本书的编写工作由于歆杰、朱桂萍和陆文娟完成。于歆杰编写了第1、2、4章,朱桂萍编写了第5、6章,陆文娟编写了第3章,全书由于歆杰统稿。清华大学电路原理教学组常年坚持的教学讨论对本书框架的形成有很重要的作用,学生的积极反馈也是作者编写工作中宝贵的信息来源。

本书承清华大学肖达川教授作序,在此对肖老师多年来对电路原理课程教师的谆谆教诲和对课程改革的大力支持深致谢意。

全书承清华大学郑君里教授和北京理工大学龚绍文教授审阅,对本书初稿提出了许多重要的修改意见。从这次课程改革的准备阶段至今,他们与作者密切沟通,给予热情帮助和支持,共同克服困难。在此向他们深致谢忱与敬意。

2002年秋清华大学电路原理教学组于歆杰和王树民曾对美国耶鲁大学(Yale)、卡耐基梅隆大学(CMU)和麻省理工学院(MIT)等校进行教学考察。2003年秋于歆杰作为访问学者再次到MIT考察并参加了部分教学工作。2004年朱桂萍到英国曼彻斯特大学访问进修。这些交流对于本课程教学改革的成功产生了重要影响,在此谨向以上各校老师

深表谢意,特别要感谢 MIT 电路课程负责人 A. Agarwal 教授和 J. Lang 教授。

清华大学教务处、信息科学技术学院以及清华大学出版社对作者的教学考察、教学改革和撰写教材提供了帮助,在此一并致谢。其中特别要感谢汪蕙教授、邓丽曼副教授和邹开颜编辑。在新模式教学实施阶段和本书的编写过程中得到了教学组全体同仁的帮助,博士生唱亮、许军、杨钰和邵冲对书稿进行了认真的校读,在此深表致谢。感谢作者家人的支持和帮助。

由于作者水平有限,难免存在错漏之处,恳切地希望读者对教材体系、内容和实施方案提出宝贵意见。联系方式如下:

于歆杰,北京市清华大学电机系,100084,010-62780250,yuxj@tsinghua.edu.cn

朱桂萍,北京市清华大学电机系,100084,010-62794878,gpzhu@tsinghua.edu.cn

陆文娟,北京市清华大学电机系,100084,010-62795891,luwj@tsinghua.edu.cn

作 者

2007 年 1 月于清华大学

# 如何学好电路原理

## ——致使用本书的学生

这本书也许是你的教材,也许是你的参考书,也许你就是随手翻翻,但希望你起码能够看完这个简短的介绍。

相信你一定在某种程度上接触过电路。也许你对求解中学阶段的电路题非常在行,或者对此力不从心。事实上,这本书不仅仅是告诉你如何求解电路题的。

电路原理课程是若干电类专业后续课程的公共基础,其中所介绍的概念和方法将在后续的课程中反复出现和使用。学好了电路原理,就打开了通向精彩纷呈的电气工程、电子工程、自动化、计算机等学科的大门。因此这门课程是非常重要的。

电路原理是你接触到的第一门介于科学类和工程类之间的课程。在这门课程中不仅要学习知识,还要接触到非常重要的工程观点、抽象观点和等效观点。

那么如何学好这门课程呢?

你以前学习过的数学、物理、化学等课程基本上都是科学类课程。在科学教育中,教师提出的问题一般来说是能够用方程表示的,是有确定解的。学生需要完成的就是综合利用各种已经掌握的知识和方法求解方程,将这个解用高效率的方法求出来。而工程实际中面对的却是海量的数据和各种性能指标。在这种环境中许多性能指标无法用方程来表示,而且问题通常存在多个可行的解。好的工程技术人员能够从众多可行解中快速寻找到成本与质量的最佳折中点,而好的工程教育则需要培养处理复杂局面和发现最佳折中点的能力。确定方案的过程可以看作通过工程实践创造新事物的过程。显然,工程教育更强调对创造新事物的能力的培养。在电路原理课程中将通过讨论不同模型的特点并适当布置设计型作业以培养工程观点。

你从普通物理的电磁学部分或高中的电学部分就已经知道,电路理论是电磁理论的特殊情况。换句话说,电路是从电磁场中抽象出来的。这种抽象的观点是解决实际问题的法宝之一。从电磁场中抽象出电路元件,就不再关心具体元件内部的电磁关系,而只对元件接线端上的电压和电流感兴趣。进一步也可以将部分电路(也称作子电路)抽象出来,不关心其内部各元件上的电压电流,而只对这部分电路与电路的其他部分(也称作外电路)联接的接线端上的电压和电流感兴趣。如果以一定的技术手段把那部分电路密封在一个盒子里(术语叫“封装”),就构成了一个集成电路。如果把由一个或若干集成电路和其他电路元件构成的子电路焊接在一块电路板上,人们就只关心这块电路板与其他电路板相联接线端上的电压和电流,这样就可以构成一块计算机的板卡。若干计算机板卡结合起来构成了计算机,若干计算机结合起来构成了 Internet 网络。当分析 Internet 网

络的时候只需要在感兴趣的层面上进行研究,而无需深入分析其中每个元件内部的电磁关系。只有这样,人们才能够构建越来越大的人造系统。在电路原理课程中,运算放大器 and 二端口网络都是成功应用抽象观点的例子。

在建立了抽象的观点以后,往往可以将主要的注意力放在子电路接线端的电压和电流上。于是产生了另一个问题:如果两个子电路在接线端上的电压电流关系是一样的,那么这两个子电路对于外电路来说效果是否是相同的?答案是肯定的。在电路里称这种情况为两个子电路等效。等效的观点有时可以大大简化电路的分析和设计。如果待分析的子电路内部结构比较复杂,但其接线端上电压电流关系是简单的,就可以用比较简单的子电路来等效那个复杂的子电路。这样分析出来的结果对于外电路来说是一样的。当然如果对复杂子电路内部的电压电流也感兴趣,就需要根据求解出的子电路接线端电压电流反推其内部关系。能否及时建立等效观点往往会影响到你能否顺利地掌握电路基本分析方法。

基于上述这些特点,你应该及时转变学习方法。具体来说,有以下几个值得注意的地方。

#### (1) 充分重视基本概念

电路原理的教材和教学过程中会出现比较多的公式,应主动地思索这些公式中的变量和公式本身代表的物理意义是什么。越善于抓住物理本质,电路原理课程就可能学得越好。

#### (2) 重视基本分析方法的同时重视方法的由来

当前,我国研究型大学的本科教育正逐渐从传授知识向培养创新意识和创新能力过渡。你不仅仅应该是分析方法的熟练使用者,更应该是分析方法的提出者。要做到这一点,就必须熟悉分析方法的由来。

#### (3) 注重电路原理的应用实例

电路原理课程中介绍的概念和方法绝不仅仅在本课程中适用。在你日常学习和生活中可以发现大量电路应用的实例,应主动寻找这些实例并积极将电路分析方法应用于这些实例。

#### (4) 认真完成适量的练习

这里既要强调认真,也要强调适量。做对答案只达到了完成练习的一小部分目的。完成练习时更应思索这道题可用哪些方法求解?各种方法的利弊在哪里?为什么我选择某种特定的方法?经常性地问自己上述3个问题对于熟练掌握电路分析方法是很有好处的。此外,掌握电路基本概念和基本分析方法需要一定数量的练习,但练习的量并不是越多越好。中学里的题海战术在大学不适用。只要认真完成教师布置的作业和习题课练习就可以达到教学要求了。

希望这个简短的介绍能够让你觉得电路原理是一门有意思的、重要的而且能学好的课程。

作者

2007.1 于清华园

# 目 录

## CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 电路	1
1.2 电流和电压	4
1.2.1 电流	4
1.2.2 电压	5
1.2.3 端口	7
1.3 电路模型的建立和电路分析的基本观点	8
1.4 电路用于信号处理	12
1.4.1 信号	12
1.4.2 利用电路处理信号的实例	15
1.5 电路用于能量处理	16
1.5.1 功率	16
1.5.2 电压和电流的有效值	18
1.5.3 利用电路处理能量的实例	19
1.6 电路的分类	20
习题	24
参考文献	25
第 2 章 简单电阻电路分析	27
2.1 电阻	27
2.1.1 电路中的电阻模型	27
2.1.2 分立与集成电路中的电阻元件	29
2.2 电源	31
2.2.1 独立电源	31
2.2.2 受控电源	33
2.3 金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)	34
2.4 基尔霍夫定律	36
2.4.1 基尔霍夫电流定律(KCL)	37
2.4.2 基尔霍夫电压定律(KVL)	38

2.4.3	用 KCL、KVL 和元件约束来求解电路 .....	39
2.5	电路的等效变换 .....	44
2.5.1	电阻等效变换 .....	44
2.5.2	电源等效变换 .....	50
2.6	运算放大器 .....	55
2.6.1	运算放大器及其电气特性 .....	56
2.6.2	含负反馈理想运算放大器电路的分析 .....	60
2.6.3	其他含理想运算放大器电路的分析 .....	64
2.7	二端口网络 .....	67
2.7.1	二端口网络的参数和方程 .....	67
2.7.2	二端口网络的等效电路 .....	78
2.7.3	二端口网络的联接 .....	80
2.8	数字系统的基本概念 .....	83
2.9	用 MOSFET 构成数字系统的基本单元——门电路 .....	87
	习题 .....	91
	参考文献 .....	99
<b>第 3 章</b>	<b>线性电阻电路的分析方法和电路定理</b> .....	<b>100</b>
3.1	支路电流法 .....	100
3.2	节点电压法 .....	101
3.3	回路电流法 .....	109
3.4	叠加定理和齐性定理 .....	116
3.4.1	叠加定理 .....	116
3.4.2	齐性定理 .....	122
3.5	替代定理 .....	124
3.6	戴维南定理和诺顿定理 .....	127
3.6.1	戴维南定理 .....	127
3.6.2	诺顿定理 .....	135
3.7	特勒根定理 .....	137
3.7.1	具有相同拓扑结构的电路 .....	137
3.7.2	特勒根定理 .....	138
3.8	互易定理 .....	140
3.9	对偶电路和对偶原理 .....	146
	习题 .....	149
	参考文献 .....	154

<b>第 4 章 非线性电阻电路分析</b> .....	155
4.1 非线性电阻和非线性电阻电路 .....	155
4.1.1 非线性电阻 .....	155
4.1.2 非线性电阻电路及其解存在唯一性 .....	158
4.2 直接列方程求解非线性电阻电路 .....	159
4.3 非线性电阻电路的图解法 .....	160
4.4 非线性电阻电路的分段线性法 .....	161
4.5 非线性电阻电路的小信号法 .....	168
4.6 用 MOSFET 构成模拟系统的基本单元——放大器 .....	173
4.7 非线性电阻应用举例 .....	176
4.7.1 利用二极管的单向开关性质 .....	176
4.7.2 利用稳压二极管的稳压性质 .....	180
4.7.3 利用非线性电阻产生新的频率成分 .....	181
习题 .....	183
参考文献 .....	186
<b>第 5 章 动态电路的时域分析</b> .....	187
5.1 电容和电感 .....	187
5.1.1 电容 .....	187
5.1.2 电感 .....	190
5.1.3 电容、电感的串并联 .....	193
5.2 动态电路方程的列写 .....	194
5.3 动态电路方程的初始条件 .....	196
5.4 一阶动态电路 .....	200
5.4.1 一阶动态电路的经典解法 .....	201
5.4.2 求解一阶动态电路的直觉方法——三要素法 .....	206
5.4.3 几个应用实例 .....	215
5.5 二阶动态电路 .....	224
5.5.1 二阶动态电路的经典解法 .....	224
5.5.2 求解二阶动态电路的直觉方法 .....	230
5.6 全响应的分解 .....	234
5.6.1 电路的零输入响应 .....	234
5.6.2 电路的零状态响应 .....	235
5.6.3 电路的全响应 .....	236

5.7	单位阶跃响应和单位冲激响应 .....	238
5.7.1	电路的单位阶跃响应 .....	238
5.7.2	电路的单位冲激响应 .....	240
5.8	卷积积分 .....	247
5.9	状态变量法 .....	251
	习题 .....	259
	参考文献 .....	267
<b>第 6 章</b>	<b>正弦激励下动态电路的稳态分析</b> .....	<b>268</b>
6.1	概述 .....	268
6.2	用相量法分析正弦稳态电路 .....	270
6.2.1	相量 .....	270
6.2.2	元件约束与 KCL、KVL 的相量形式 .....	274
6.2.3	阻抗与导纳 .....	279
6.2.4	相量法分析举例 .....	283
6.3	频率响应与滤波器 .....	288
6.3.1	一阶 RC 电路的频率响应 .....	289
6.3.2	低通滤波和高通滤波 .....	293
6.3.3	带通滤波和全通滤波 .....	297
6.4	LC 谐振电路 .....	300
6.4.1	LC 谐振电路的频率响应 .....	300
6.4.2	品质因数 .....	307
6.5	互感和变压器 .....	312
6.5.1	互感和互感电压 .....	312
6.5.2	有互感的电路分析 .....	315
6.5.3	变压器 .....	320
6.6	正弦稳态电路的功率 .....	328
6.6.1	正弦稳态电路的功率 .....	328
6.6.2	最大功率传输 .....	334
6.7	三相电路 .....	336
6.7.1	对称三相电路分析 .....	337
6.7.2	不对称三相电路分析 .....	344
6.7.3	三相电路的功率及其测量 .....	346
6.8	周期性非正弦激励下电路的稳态分析 .....	348
6.8.1	周期性非正弦信号的傅里叶级数分解 .....	348



---

6.8.2 周期电压、电流的有效值和平均功率 .....	349
6.8.3 周期性非正弦激励下电路的稳态响应 .....	350
习题 .....	353
参考文献 .....	359
<b>附录 A 电路基本概念的引入 .....</b>	<b>360</b>
<b>附录 B 电路图论的基础知识及其在电路分析中的应用 .....</b>	<b>372</b>
<b>附录 C 常系数线性常微分方程的求解 .....</b>	<b>386</b>
<b>附录 D 复数和正弦量 .....</b>	<b>390</b>
<b>附录 E 傅里叶级数 .....</b>	<b>394</b>
部分习题答案 .....	396
索引 .....	402