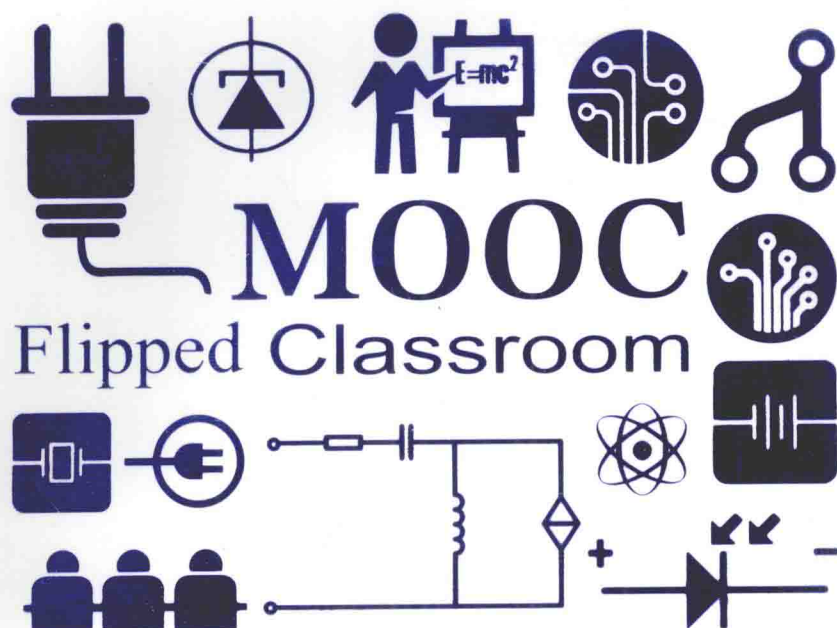


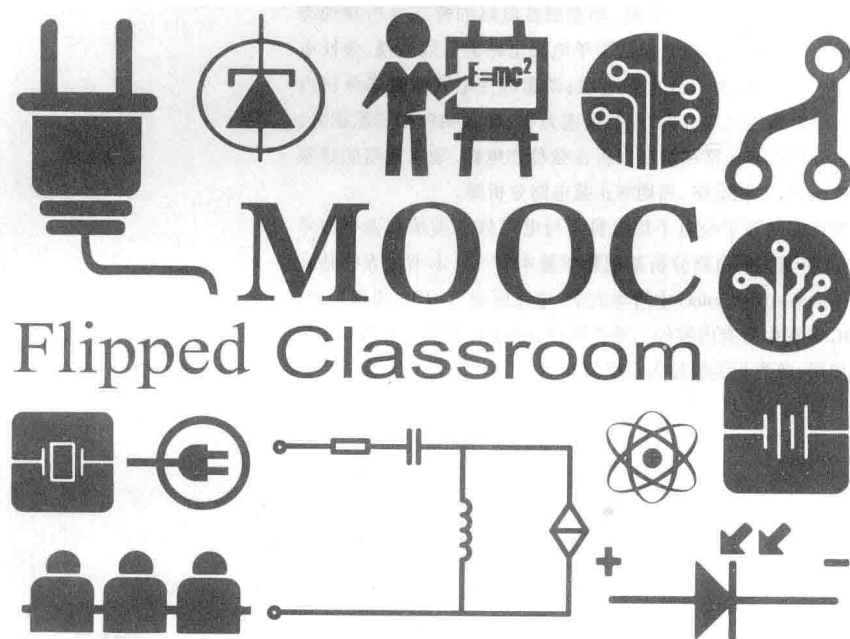


“电路原理”MOOC 配套用书

电路原理

朱桂萍 于歆杰 陆文娟 编著

高等教育出版社



“电路原理”MOOC 配套用书

电路原理

Dianlu Yuanli

朱桂萍 于歆杰 陆文娟 编著

高等教育出版社·北京

内容简介

本书主要内容包括三大部分:电阻电路、动态线性电路的暂态分析和动态线性电路的稳态分析。电阻电路的内容包括简单电阻电路的等效变换、线性电阻电路的分析方法和电路定理、非线性电阻电路;动态线性电路的暂态分析内容包括一阶电路及二阶电路的经典分析方法、状态方程、冲激响应和卷积积分;动态线性电路的稳态分析内容包括相量法分析正弦稳态电路、动态电路的频率响应、谐振、互感与变压器、三相电路、周期非正弦电路分析等。

本书内容符合教育部高等学校电子信息科学与工程类基础课程教学指导分委员会于2004年制定的电路分析基础教学基本要求。本书最大的特点是与“学堂在线”(www.xuetangx.com)中清华大学“电路原理”MOOC课程配套,书中提供了该MOOC课程中所有内容的二维码链接;同时也适合普通高等学校电气电子专业师生使用,或为相关科技人员提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路原理/朱桂萍,于歆杰,陆文娟编著.--北京:

高等教育出版社,2016.7

ISBN 978-7-04-045484-0

I. ①电… II. ①朱… ②于… ③陆… III. ①电路理论-高等学校-教材 IV. ①TM13

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第102240号

策划编辑	王勇莉	责任编辑	王勇莉	封面设计	李树龙	版式设计	马敬茹
插图绘制	杜晓丹	责任校对	李大鹏	责任印制	朱学忠		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 北京信彩瑞禾印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 24
字 数 430千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2016年7月第1版
印 次 2016年7月第1次印刷
定 价 37.30元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 45484-00

序

互联网技术的蓬勃发展,引发了电路原理这样一门古老且成熟的电类基础课程的讲授和学习方式的巨大变革。尤其是2012年以来,以MOOC为代表的在线教育资源的飞速发展,更使得兼顾线上学习、线下讨论的混合式教学模式很快受到国内外高等教育界的关注甚至推崇。教育部高教司2016年初确立的我国“高等教育改革发展下一步工作思路”中明确指出,要“扩大在线开放课程应用,推广翻转课堂、混合式教学等新型教学模式,建立线上教学与线下教学有机结合、有利于教学方法创新和学生自主学习的教学运行机制”。

然而相对于在线教育资源的快速发展,与之相配套的教材建设却显得迟缓。而传统教材直接应用于MOOC学习、翻转课堂或混合式教学,主要存在以下问题:

(1) 知识点提炼不突出。传统教材中教学内容均以章节形式编写,强调学科知识的整体性和逻辑性,而并不渲染、强化一个个具体的知识点。但MOOC教学资源为了与其服务对象的学习方式相对应,具有鲜明的碎片化特点。显然传统教材不便于MOOC平台上的学习者快速找到所需知识,并进行深入学习。

(2) 知识的难度梯度阐述不明显。从已有的MOOC课程运行经验看,任何一门MOOC课程的选学者,其年龄、职业、学历背景以及国籍等的分布均非常分散,差异化特征十分明显。传统教材在知识阐述上,往往是将所有内容和盘托出,在相关知识的论述和说明上几乎没有明显的梯度安排。如此,若仅有传统教材可供参考的话,既会使有不同学历、职业、年龄背景的MOOC课程选学者难以选用,也不利于不同高校基于相同的MOOC资源在课堂上做不同深度的知识拓展。

本教材正是在这种背景下应运而生的。教材作者亲自策划、设计并制作了清华大学电路原理MOOC课程,且利用该MOOC课程资源,已在清华大学进行了三年基于翻转课堂的混合式教学实践。基于创建电路原理MOOC课程资源的心得以及开展混合式教学取得的经验,作者精心编写了本教材。教材的最大特点是以知识点的形式组织编排教学内容,在相应知识点处都给出了MOOC课程资源的二维码;并在每一章的最后对本章涉及的主要知识点加以汇总、梳理,以图的形式表示出各主要知识点相互间的逻辑关系。通过这种方式尽可能地兼顾了各个知识点的独立性与电路原理知识体系的完整性。另外,本教材在阐述每个知识点的过程中提炼、设计了难度等级不同的多道思考题,便于读者根据自己的现有知识水平和实际学习需求进行有针对性的渐进性学习。

与传统的电路原理教材相比,本教材无论在知识内容的组织还是编写形式上都有了很大变化,是国内第一部与电路原理MOOC课程相配套的专用教材。教材形式新颖,特征鲜明,但也难免存在这样或那样的不足,肯定还有改进、完善、提高的空间。但几位作者潜心于电路原理课程教学方式、方法的改革探索,以及愿与所有电路原理课程教师以及电路原

II 序

理 MOOC 平台上的学习者共同探究并成长的真挚意愿,就是非常值得赞许和充分肯定的。愿此书的出版,对推动电路原理 MOOC 资源利用以及混合式教学改革等产生积极的促进作用。

赵 伟

2016. 01. 13

前言

清华大学“电路原理”MOOC 课程自 2013 年 10 月在“学堂在线”和 edx 平台上线以来,短短两年的时间里,全球已经有超过 6 万名学习者参与了本课程学习,其人数远远超过了该课程在清华大学校内开设近 80 年以来所有选课学生的人数总和。对于这一结果,作为清华大学电路原理课程的授课教师,同时也是电路原理 MOOC 课程的制作人,我们一方面深感欣慰,我们的教学理念可以在更大的平台上、更广的范围内被越来越多的人接受,这大大提升了教师、课程和学校在国内外同行中的影响力;另一方面,我们感到压力很大,毕竟这是一种全新的学习模式,由于其受众的巨大分散性(包括年龄、地域、学历背景、职业等),其学习效果一时尚无法准确评估,我们只能根据自己的教学经验、学习者的线上反馈以及对 MOOC 平台后台数据的分析来找出问题,并加以改进。下面就从读者定位、内容定位和教材特色三个方面来说一下我们编写这本教材的初衷。

1. 读者定位

缺乏与 MOOC 课程配套的教材是 MOOC 学习者普遍反映的问题之一,也是我们觉得急需解决的问题。现有的各种教材无一例外都是按照知识点的内在逻辑来组织内容的,知识体系完整而严谨,这对于传统的课堂教学模式是适合的。教师可以有相对比较完整的一段时间来讲清楚某个知识点的前因后果,并且带领学生发现它与其他知识点之间的内在联系,而在教材里这种联系可能并不需要明确写出来,也非常有可能是分散在几章里的。但对于知识充分“碎片化”的 MOOC 课程来说,一个知识点对应的视频可能只有三五分钟,而且为了照顾不同层次学习者的需要,知识点本身的讲解深度也会有所权衡。因此对于那些想要深入了解该知识点的学习者来说,要想从传统教材中获得对该知识点的深刻讨论就有点无从下手,不知道哪些内容是相关的,即使知道了,在没有教师指导的情况下可能也看不出什么门道来。为此,我们编写本书的目的之一就是为电路原理 MOOC 课程的社会学习者提供一本纸质参考书。我们按照知识点来组织内容,把传统教材中隐藏在普通文字描述中的知识点明确提取出来,除了给出 MOOC 课程中对该知识点已有的基本讲解外,还给出了不同难度层次的思考题,供那些想要深入了解的学习者使用,并且以图的形式给出主要知识点之间的内在联系,帮助学习者重构完整的知识体系。

MOOC 课程还为大学校园的课堂教学改革提供了很好的基础资源。越来越多的学校开始尝试基于 MOOC 课程资源的翻转课堂教学改革,而面对面富有成效的课堂讨论是翻转课堂教学模式的核心价值。本书中给出的不同难度层次的思考题为实施翻转课堂教学的师生提供了参考,换言之,本书的另一部分读者可以是高等院校中基于电路原理 MOOC 课程实施翻转课堂教学的师生,可以作为他们的导学导教教材。当然,对于传统课堂的师生来说,本书同样也可以作为参考,其中对于知识点的提炼及其相互之间的逻辑关系都可以为他们的课外学习提供一定的指导。

2. 内容定位

与传统教材相比,MOOC 教材的内容定位要困难得多。前者有非常明确的读者群体,甚至会细分到不同层次的高等院校。但 MOOC 的读者个体差异非常大。清华大学电路原理 MOOC 课程

的平台数据统计结果显示,参与本课程的学习者地域上遍布全球 150 多个国家和地区,年龄分布从十几岁的高中生到 60 多岁的社会学习者,职业、学历背景、学习目的更是五花八门。要针对这样一个群体编写一本适合他们大多数人的教材其难度可想而知。为此,作者在编写本书时秉持“简单而深刻”的写作理念。一方面,我们尽量用通俗的语言把电路原理最重要的一些基本概念讲得浅显易懂;另一方面,我们还力争在对概念和结论的讨论中用语言(而非公式)表达出深刻的道理。力争做到让不同基础的学生阅读本教材都有所收获。在此基础上,我们还给出了大量思考题。这些思考题既有对基本概念的理论拓展,也有基本概念的实际应用。思考题分为两个难度等级,读者可以根据自己的学习能力和需要去研究这些思考题。本书中并未给出这些思考题的答案,对于社会学习者来讲,可以在 MOOC 平台的讨论区中和其他同学进行讨论,而对于高校实施翻转课堂的师生来说,这些思考题则给课堂讨论留下了充分的发挥空间。搞清楚这些思考题将会加深对相关知识点的理解,但搞不清楚也不妨碍读者应用本知识点的结论和对其他知识点的学习。

另外,本书中还提供了大量针对相关知识点的仿真与实验,具体实验过程要求读者自己去设计。这些实验会使得读者对相关知识点的理解更上一个层次,大家可以根据自己的学习需要进行选择。

3. 教材特色

与目前已有的电路原理教材相比,本书的主要特色有以下 5 点:

- 以知识点的形式组织内容,便于读者快速找到相关内容。
- 内容的难易层次明显,便于读者按需学习。本书所有思考题按难易程度分成了三档,难度从 Level 1 到 Level 3 逐渐增加,读者可根据自己的实际需要进行学习。
- 与电路原理 MOOC 课程既紧密结合,又相对独立。本书在相应位置给出了对应 MOOC 课程的二维码,可以轻松链接到相应的 MOOC 视频进行观看,但不看 MOOC 视频也可以对相关知识点建立比较完整的认识。
- 语言风格轻松自然,除基本概念、定理定律严谨表述外,其他叙述性内容尽量通俗易懂,便于不同年龄、不同文化背景的读者接受。
- 提供了相当多的仿真和实验设计,为读者学以致用提供了有效指导。需要说明的是,本书中提出的实验要求都是基于 NI myDAQ 设备的,读者也可以有其他选择,如 Digilent 的 Analog Discovery 2(采样率更高)或其他实验室设备(价格可能更低)等。

总之,本书是作者的一次用心尝试,希望能够给广大的电路原理 MOOC 课程学习者以及高校实施翻转课堂教学的师生们提供一些帮助。由于作者水平有限,在对 MOOC 的社会化学习者和校园学习者以及教师需求的把握方面经验还不足,简单而深刻的教材撰写理念也是作者首次尝试,错漏之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

联系人:清华大学电机系朱桂萍, gpzhu@tsinghua.edu.cn。

编者
2016 年 1 月
清华园

目 录

第 1 章 基本概念	1
1.1 电路	1
1 什么是电路?	1
2 电路的作用?	1
3 什么是电路模型? 它与实际电路的区别是什么?	2
4 电路分析的基本流程	3
5 什么是集总参数电路? 什么是分布参数电路?	3
6 什么是动态电路?	4
7 什么是线性元件? 什么是线性电路?	4
8 线性电路的两个性质	5
9 什么是时变电路? 什么是非时变电路?	6
10 什么是无源电路? 什么是有源电路?	6
1.2 电压、电流及其参考方向	9
1 电流是如何定义的?	9
2 电压、电位、电动势的概念及相互关系是怎样的?	11
3 为什么要设参考方向?	12
4 如何表示电压和电流的参考方向?	13
5 什么是关联参考方向和非关联参考方向?	14
1.3 功率	15
1 如何用电压电流表示一个二端元件(网络)吸收的功率?	15
2 从功率的角度,电阻和电源的电压电流参考方向的选取方法有什么不同?	17
本章主要知识点汇总	18
仿真与实验	18
习题	19
参考文献	19
第 2 章 元件与基尔霍夫定律	20
2.1 电阻	20
1 电阻元件的电气性能	20
2 任意阻值的电阻都能买到吗?	21
3 购买电阻至少要提供哪些参数?	22
4 电阻元件是电阻器的一个电气模型	23
2.2 独立电源	23

1 独立电压源是实际电压源的一个电气模型	23
2 独立电压源和独立电流源的特性	24
3 独立源是线性元件吗?	25
4 实际电压源和实际电流源的模型	26
2.3 受控元件	26
1 端口和端口特性	27
2 受控电阻和受控电源	27
3 线性受控源有哪些类型?	28
4 线性受控源是二端口网络	29
5 线性受控源不是源	30
2.4 基尔霍夫定律	31
1 什么叫支路? 什么叫节点? 什么叫回路?	31
2 什么是平面电路? 什么叫网孔? 什么叫路径?	32
3 KCL 和广义 KCL	33
4 KVL 和广义 KVL	34
2.5 2b 法	35
1 电路的两类约束	35
2 2b 法	35
3 什么是独立节点? 什么是独立回路?	36
本章主要知识点汇总	38
习题	38
参考文献	40
第 3 章 电阻和电源的等效变换	41
3.1 电阻的串联与并联	41
1 何谓等效?	41
2 什么是串联? 电阻的串联分压是怎么回事?	42
3 什么是并联? 电阻/电导的并联分流是怎么回事?	43
3.2 平衡电桥	45
1 什么是电桥?	45
2 什么是平衡电桥?	46
3 平衡电桥具有怎样的特性? 如何用其化简电路?	47
3.3 Y- Δ 变换	48
1 什么是 Y- Δ 变换?	48
2 如何用 Y- Δ 变换化简非简单串并联电路?	49
3 包含电阻和受控源的一端口网络可以等效为什么?	50
4 如何求不含独立源的一端口网络的等效电阻?	53
3.4 电源的等效变换	54
1 如何对独立源的串联和并联连接进行等效变换?	54

2 实际电压源电路模型和实际电流源电路模型的等效变换	57
3 含独立源一端口网络的几个参数	59
4 最大功率传输	60
本章主要知识点汇总	61
习题	62
参考文献	63
第 4 章 运算放大器	64
4.1 运算放大器的主要参数	64
1 为什么需要能量/信号处理子电路?	64
2 能量/信号处理为什么需要多级电路?	65
3 能量/信号处理子电路需要用几个方程来描述其端口 $u-i$ 特性?	65
4 能量/信号处理子电路的几个参数	66
5 运算放大器的电路符号和几个关键参数	67
4.2 运算放大器的电路模型	70
1 运算放大器有几个工作区?	70
2 运算放大器在不同工作区的电路模型各是什么?	71
3 运算放大器为什么有两个输入端?	72
4 直接应用运算放大器不好使	72
5 负反馈	73
6 理想运算放大器模型	76
4.3 由理想运算放大器构成的负反馈电路分析	78
1 含运算放大器电路的分析过程	78
2 含负反馈理想运算放大器电路的分析举例	79
本章主要知识点汇总	83
仿真与实验	84
习题	85
参考文献	87
第 5 章 MOSFET	88
5.1 MOSFET 的电路模型	88
1 什么是 MOSFET?	88
2 MOSFET 的电路符号和 $u-i$ 特性是怎样的?	89
3 MOSFET 的简化 $u-i$ 特性和对应的电路模型是怎样的?	92
5.2 用 MOSFET 构成逻辑门电路	93
1 都有哪些逻辑门电路,它们的逻辑功能是什么?	93
2 如何用 MOSFET 构成反相器和缓冲器?	94
3 如何用 MOSFET 构成与非门和与门?	96
4 如何用 MOSFET 构成或非门和或门?	98
5 为什么需要 CMOS? 如何构成 CMOS?	98

本章主要知识点汇总	100
仿真与实验	100
习题	101
参考文献	101
第 6 章 二端口网络	102
6.1 二端口网络的基本概念	102
1 什么是二端口网络?	102
2 在端口节点间额外连接支路有可能破坏端口条件	103
6.2 描述线性二端口网络的参数	103
1 描述二端口网络的参数有多少种?	103
2 所有的二端口网络都具有上述 6 种参数吗?	105
3 如何求给定二端口的参数?	105
4 什么是互易二端口? 什么是对称二端口? 它们的参数有何特点?	109
6.3 二端口网络的等效电路	112
1 为什么要研究二端口的等效电路?	112
2 如何便捷地得到互易二端口的等效电路?	112
3 如何得到一般二端口的等效电路?	113
6.4 二端口网络的连接	114
1 二端口网络的级联	115
2 二端口网络的并联	115
3 二端口网络的串联	117
4 为什么要研究那么多二端口参数?	118
本章主要知识点汇总	119
习题	119
参考文献	121
第 7 章 电路的一般分析方法	122
7.1 节点电压法	122
1 关于减少方程数量的思考	122
2 节点电压法的核心是什么?	123
3 节点电压法的标准形式是什么?	124
4 节点电压法如何处理无伴电压源支路?	127
5 节点电压法如何处理受控源?	129
7.2 回路电流法	130
1 什么是回路电流?	131
2 回路电流法的核心是什么?	132
3 回路电流法的标准形式是什么?	133
4 回路电流法如何处理电流源?	135
5 回路电流法如何处理受控源?	138

6 节点电压法和回路电流法如何选择?	139
本章主要知识点汇总	140
习题	140
参考文献	142
第8章 电路定理	143
8.1 叠加定理	143
1 什么是线性系统?线性系统的两个基本性质是什么?	143
2 叠加定理的内容及适用范围	143
3 独立源不作用在电路中表现为什么形式?	143
4 在应用叠加定理时受控源应该如何处理?	144
5 由叠加定理推导出的齐性定理	146
8.2 戴维南定理和诺顿定理	146
1 戴维南定理的内容及适用范围	146
2 如何求一个含源一端口电路的戴维南等效电路?	147
3 诺顿定理的内容及适用范围	148
4 戴维南定理的应用注意事项和典型应用场合	150
8.3 替代定理	151
1 替代定理的内容及适用范围	152
2 替代与等效的区别	152
3 应用替代定理的注意事项	152
* 8.4 特勒根定理	153
1 特勒根定理的内容及适用范围	153
2 特勒根定理的证明	154
* 8.5 互易定理	155
* 8.6 对偶原理	158
1 什么是对偶?	158
2 对偶原理的内容及适用范围	158
3 如何画出一个电路的对偶电路?	159
本章主要知识点汇总	159
仿真与实验	159
习题	160
参考文献	162
第9章 非线性电阻电路	163
9.1 非线性电阻	163
1 什么是非线性电阻?	163
2 非线性电阻电路与线性电阻电路的区别	164
3 非线性电阻的静态电阻和动态电阻	165
4 非线性电路存在唯一解的条件	166

9.2 非线性电阻电路的解析解法和图解法	167
1 非线性电阻电路的解析解法	167
2 非线性电阻电路的图解法	168
9.3 非线性电阻电路的分段线性解法	168
1 什么是分段线性解法?	168
2 分段线性解法的步骤	171
9.4 非线性电阻电路的小信号分析法	173
1 什么是非线性电路的小信号分析法?	173
2 典型元件的小信号模型	174
3 放大器	175
本章主要知识点汇总	178
仿真与实验	178
习题	178
参考文献	180
第 10 章 一阶电路	181
10.1 电容元件	181
1 电容元件的定义	181
2 线性电容的电压电流关系	182
3 电容中储存的能量	182
4 电容的串联和并联	182
10.2 电感元件	183
1 电感元件的定义	183
2 电感的电压电流关系	184
3 电感的储能	184
4 电感的串联和并联	185
10.3 动态电路的基本概念	185
1 动态电路与电阻电路的区别	185
2 动态电路的过渡过程	186
10.4 动态电路的初值	187
1 换路定律	187
2 求动态电路的初值	189
10.5 一阶动态电路的经典解法	191
1 强制响应与自由响应	191
2 一阶 RC 电路的时间常数	194
3 一阶 RL 电路的时间常数	195
10.6 一阶动态电路的直觉解法——三要素法	196
1 三要素法求解一阶电路	196
2 用三要素法分析脉冲激励下的一阶 RC 电路	199

10.7 零输入响应和零状态响应	201
1 零输入响应	201
2 零状态响应	202
10.8 一阶动态电路的应用	203
1 由 MOSFET 构成的逻辑门的传输延迟	204
2 微分器和积分器	208
3 滞回比较器	209
4 脉冲发生器	212
5 利用电容平滑整流电路的输出	214
6 降压斩波电路——Buck 电路	216
10.9 单位阶跃函数和单位阶跃响应	218
1 单位阶跃函数及其延迟	218
2 单位阶跃响应	220
10.10 单位冲激函数和单位冲激响应	221
1 单位冲激函数及其延迟	221
2 单位冲激函数的性质	222
3 单位冲激响应的解法 1:对单位阶跃响应求导	223
4 如何求单位冲激响应的初值?	224
5 单位冲激响应的解法 2:分时间段法	225
10.11 卷积积分	226
1 卷积积分的定义和性质	227
2 利用卷积积分求任意激励作用下电路的零状态响应的物理解释	227
3 卷积积分的图形解法	229
本章主要知识点汇总	232
仿真与实验	233
习题	234
参考文献	238
第 11 章 二阶电路	239
11.1 二阶电路的经典解法	239
1 列写描述二阶电路的微分方程	239
2 二阶电路的过阻尼响应	240
3 二阶电路的临界阻尼响应	242
4 二阶电路的欠阻尼响应	243
5 二阶电路的零阻尼响应	244
*6 定性画二阶电路响应曲线的方法	246
11.2 二阶电路的直觉解法	247
11.3 二阶电路的应用	249
1 汽车点火电路	250

2 用于电磁轨道炮的脉冲电源	250
3 升压斩波器——Boost 电路	253
本章主要知识点汇总	255
仿真与实验	255
习题	255
第 12 章 状态方程	258
12.1 状态变量和状态方程	258
1 什么是状态变量?	258
2 什么是状态方程?	258
3 什么是输出方程?	259
12.2 状态方程的列写	259
1 直观法	259
2 替代法	260
本章主要知识点汇总	262
习题	263
参考文献	264
第 13 章 相量法分析正弦稳态电路	265
13.1 正弦量与相量	265
1 正弦量的三要素	265
2 两个正弦量的相位关系	265
3 周期信号的有效值和平均值定义	266
4 正弦量的有效值和幅值关系	267
5 相量有几个要素?	267
6 相量与正弦量及其运算的对应关系	267
7 为什么可以用相量表示正弦量?	269
8 相量的两种表示形式及相互转换	269
9 相量图的两种画法	270
13.2 欧姆定律与基尔霍夫定律的相量形式	271
1 RLC 元件特性的相量形式	271
2 如何从时域电路模型得到相量形式的电路模型?	272
3 相量形式的基尔霍夫定律	272
4 复阻抗和复导纳	272
5 RLC 串联时电压三角形与阻抗三角形的关系	275
6 相量形式的二端口参数	276
13.3 相量法分析正弦稳态电路	277
13.4 正弦稳态电路的功率	279
1 瞬时功率	280
2 平均功率	281

3 有功功率的测量	282
4 无功功率	283
5 复功率	285
6 视在功率	285
7 正弦稳态电路中的最大(有功)功率传输	286
本章主要知识点汇总	289
仿真与实验	289
习题	289
第 14 章 动态电路的频率特性及其应用	293
14.1 动态电路的频率特性	293
1 什么是动态电路的频率特性?	293
2 网络函数	295
14.2 动态电路频率特性的应用	295
1 低通滤波器的幅频特性	295
2 截止频率	296
3 低通滤波器与积分器的关系	296
4 高通滤波器的幅频特性	297
5 高通滤波器与微分器的关系	298
6 带通和带阻滤波器	298
7 全通滤波器——移相电路	299
8 动态电路频响特性对小信号放大器放大性能的影响	300
本章主要知识点汇总	302
仿真与实验	302
习题	302
参考文献	303
第 15 章 谐振	304
15.1 RLC 谐振	304
1 什么是谐振? 电路谐振的定义是什么?	304
2 RLC 串联的谐振频率和入端阻抗的频率特性	304
3 RLC 串联电路端口电流的幅频特性	305
4 RLC 串联电路谐振时各元件上的电压关系	306
5 RLC 串联电路中电感电压和电容电压的幅频特性	306
6 RLC 串联电路谐振时电路中的能量关系	308
7 RLC 并联谐振	308
8 如何求任意电路的谐振频率?	309
15.2 谐振电路的品质因数	310
1 品质因数和特性阻抗	310
2 从信号放大的角度理解品质因数	311

3 从能量效率的角度理解品质因数	311
4 从电路选择性的角度理解品质因数	312
5 通用谐振曲线	313
6 实际电感线圈和电容器的品质因数	314
15.3 纯电抗电路的谐振	315
1 串联 LC 的电抗频率特性	315
2 并联 LC 的电抗频率特性	316
3 如何定性画出纯 LC 混联电路的电抗频率特性?	316
15.4 谐振电路的应用	318
本章主要知识点汇总	319
习题	320
参考文献	321
第 16 章 互感与变压器	322
16.1 互感和互感电压	322
1 互感的定义及性质	322
2 耦合系数	323
3 如何判断互感电压的正方向?	323
16.2 同名端	323
16.3 互感的去耦等效	325
1 串联的互感线圈如何去耦?	325
2 并联的互感线圈如何去耦?	326
3 有一个公共端的两个互感线圈如何去耦?	327
4 含互感电路的一般分析方法	328
16.4 三种变压器	330
1 什么叫原边? 什么是副边?	330
2 变压器变压的原理	330
3 空心变压器的电路模型	331
4 空心变压器的原边等效电路和副边等效电路	331
5 全耦合变压器及其电路模型	332
6 理想变压器	334
7 用理想变压器表示的全耦合变压器的电路模型	335
16.5 变压器的应用	336
1 用中间抽头变压器构成全波整流电路	336
2 用中间抽头变压器实现电话线路中的二-四线转换	337
本章主要知识点汇总	338
仿真与实验	339
习题	339
参考文献	341