

 高等学校教材

电路原理导论

DIANLU YUANLI DAOLUN

刘朝阳 张丽红 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

电路原理导论

刘朝阳 张丽红 主编

严利芳 郎文杰 参编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本教材是以教育部颁发的电路课程教学基本要求为依据,综合考虑到不同专业和不同教学层次的需求,并且遵照因材施教的原则编写而成的。本教材突出了以学生为本的原则,力求做到深入浅出,学生好学易懂,教师好用,以及便于教师组织教学。

本教材在体系结构上分基础理论篇、工程电路篇、近代电路理论篇和附录。第1~4章为基础理论篇,第5~10章为工程电路篇,第11~16章为近代电路理论篇。附录包括磁路和铁芯线圈电路、PSpice 软件简介。本教材配有一定数量的练习与思考题,大量的习题及答案。

本教材具有广泛的适用性,特别适合高等院校理工科电类专业的师生使用和供学生考研参考之用,也可作为工程技术人员参考之用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电路原理导论/刘朝阳,张丽红主编. —北京:电子工业出版社,2008.6
ISBN 978-7-121-06651-1

I. 电… II. ①刘…②张… III. 电路理论—高等学校—教材 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 065830 号

策划编辑:徐 静

责任编辑:宋兆武

印 刷:北京市李史山胶印厂
装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:23.5 字数:602 千字

印 次:2008 年 6 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

本书是作者退休返聘任教期间组织弟子们编写的，目的是把教学经验传承给年轻一代，同时也期望写出一部别具风格和特色的教材。

作者认为：教材是写给学生和教师看的，但归根结底是写给学生看的。所以编写教材要以学生为本，力求做到深入浅出，学生好学易懂，教师好用，特别要注重教材要适合学生自学。本教材以教育部颁发的电路课程教学基本要求为依据，同时注意到不同专业的需求，遵照因材施教的原则编写而成。

本教材具有一定的思想性，所以命名为《电路原理导论》。本书在编写中力求做到有导有论。“导”是为了培养学生的逻辑思维能力，这突出体现在了每章的引言和正文中；“论”是把基本知识引深，让学生深刻领悟教学内容的精髓。教材的内容体系注重了提炼经典内容，并且适当反映了现代内容，以及对传统的内容进行了科学的分析、综合和创新。本教材体系的建立，及内容的组织安排最直观地体现在章节的命题中，力求做到把习惯采用的命题，转化成最能揭示事物本质、特性的命题。本教材在体系结构上有如下的变更。

1. 网路分析中，不再出现“支路电流法”，而是在第1章中加一节《基尔霍夫定律的重要意义》，把支路电流法作为一个例子引出。这里不再就事论事地讲述分析方法，而是突出了理性思维，即当电路复杂而不能直接求解时，可用KCL、KVL列方程联立求解。

2. 在第2章中，不再出现“电源组合的等效变换”，不再把它作为一个专题突出讨论，而是把它放在第1章电源的端口特性中，作为深刻理解电源特性的一个例子，这已经足够了。本章还增加一节《移源等效变换法》，以加深对基尔霍夫定律应用的理解。

3. 第3章命名为《网路的初步分析》，其中只涉及节点法和回路法的介绍，因为在第14章将要进一步引申，故该章命名为《网路的矩阵分析》。有关网路图论的概念集中在第14章介绍，免得整体的概念变得支离破碎。这样安排也有利于不同层次教学需求的取舍。

4. 把“正弦传递函数”、“滤波”、“谐振”、“非正弦电路的谐波分析”等纳入《电路的频域分析》一章。

5. 把第12章命名为《系统函数》而不用现有某些教材中的“网络函数”一词，因为“网络”一词用意太广，有人不主张在电路理论中引用此名。另外，该函数是在单输入、零状态条件下定义的响应与激励的象函数之比，而响应与激励是从系统理论中引入的名词，所以命名为“系统函数”是很恰当的。

6. 单独设立《现代电路理论中的新器件》一章，其内容包括了运算放大器、回转器、负阻抗变换器等，初步体现了电路理论的新发展。把这一章放在最后，其目的在于避免出现电路课替代模拟电子技术课的现象，以体现出电路课讲述内容的侧重点。

7. 从电路理论发展的阶段性特征看，“电路的暂态过程”一般应放在前面，而本书放得靠后。这样处理是为了体现出本书从基础理论到解决分析方法，再到网路特性分析的这样一个整体设计思想。这样将连续出现：《电路的频域分析》、《电路的时域分析》和《电路的复频域分析》。这种处理本身就是一个有机的整合，它是立足于工程的需要而编排的，更能体现出复频域分析的重要意义。

8. 对含受控源电路的节点矩阵分析提出更一般化的方法。

本书由中北大学刘朝阳教授拟订编写大纲，基础理论篇（另含第8章）由中北大学严利芳老师执笔编写；工程电路分析篇（不含第8章）由中北大学郎文杰老师执笔编写；近代电路理论篇和附录由山西大学张丽红副教授执笔编写，最终由中北大学刘朝阳教授统稿。书中不免存在错误和缺点，敬请批评指正。

联系方式： zbdxly@163.com。

刘朝阳
2008年6月
于中北大学

目 录

绪论	(1)
----------	-----

第 1 篇 基础理论篇

第 1 章 从物理学向电路理论的过渡	(5)
1.1 电路、系统及其模型	(5)
1.1.1 电路与系统的概念	(5)
1.1.2 电路模型	(6)
1.2 电路分析中的若干规则	(7)
1.2.1 变量与参数的概念	(7)
1.2.2 电流、电压的参考方向	(8)
1.2.3 功率计算的规范化方法	(9)
1.3 电路中电位的计算	(11)
1.4 线性电阻的端口特性	(13)
1.5 (线性) 电感的端口特性	(14)
1.5.1 电感中物理现象的回顾	(14)
1.5.2 电感上电压与电流的关系	(15)
1.5.3 电感中的储能	(17)
1.6 电容器的端口特性	(17)
1.6.1 电容器上的端口特性	(17)
1.6.2 电容、电感特性的对偶性	(18)
1.7 电源	(19)
1.7.1 电源的工作状态	(19)
1.7.2 电压源	(20)
1.7.3 电流源	(21)
1.7.4 电源的工作点	(22)
1.7.5 电源与负载相匹配	(22)
1.7.6 电源的组合特性	(23)
1.8 基尔霍夫定律 ^⑧	(24)
1.8.1 基本名词	(24)
1.8.2 基尔霍夫电流定律 (KCL)	(25)
1.8.3 将基尔霍夫电流定律推广到多端网路	(25)
1.8.4 基尔霍夫电压定律 (KVL)	(25)
1.8.5 将基尔霍夫电压定律推广到开口电路	(26)
1.8.6 导出电压与路径无关的概念	(27)
1.8.7 导出一段含源电路的欧姆定律	(27)

1.9 基尔霍夫定律的重要意义	(28)
1.9.1 求解复杂网路的基本思想	(28)
1.9.2 节点方程的独立性	(28)
1.9.3 回路方程的独立性	(28)
1.10 受控电源	(29)
1.10.1 四种理想的受控源模型	(29)
1.10.2 含受控源电路的分析计算特点	(30)
习 题 1:	(30)
第 2 章 电路结构的等效变换	(35)
2.1 无独立源单口网路的输入电阻和等效电阻	(35)
2.1.1 输入电阻和等效电阻的概念	(35)
2.1.2 电阻串联时的等效电阻和电压分配	(35)
2.1.3 电阻并联时的等效电阻及电流分配	(36)
2.1.4 含受控源的单口网路的输入电阻	(36)
2.2 星形网路与三角形网路的等效变换	(37)
2.2.1 问题的提出	(37)
2.2.2 等效变换的条件及公式推导	(38)
2.3 实际电源模型的等效变换	(40)
2.3.1 等效变换可能性的逻辑思维	(40)
2.3.2 变换关系	(41)
2.4 移源等效变换法	(42)
2.4.1 电流源的重新配置法	(42)
2.4.2 电压源的重新配置	(43)
习 题 2	(44)
第 3 章 网路的初步分析	(46)
3.1 回路分析法	(46)
3.1.1 回路法的基本概念	(46)
3.1.2 含电流源电路的回路选择	(48)
3.1.3 含受控电压源电路的回路方程	(48)
3.2 节点分析法	(49)
3.2.1 方法的导出	(49)
3.2.2 弥尔曼定理——节点法的特例	(51)
3.2.3 如何处理与电流源串联的电阻及对地有理想电压源的节点	(51)
3.2.4 含受控源电路的节点方程	(52)
习 题 3	(53)
第 4 章 电路定理	(56)
4.1 叠加定理	(56)
4.1.1 叠加定理的表述	(56)
4.1.2 叠加定理的证明	(58)

4.1.3	齐性定理	(59)
4.2	替代定理	(60)
4.2.1	定理表述	(60)
4.2.2	定理证明	(60)
4.3	戴维南定理和诺顿定理	(61)
4.3.1	用逻辑推理得到戴维南定理	(62)
4.3.2	戴维南定理	(62)
4.3.3	戴维南定理的证明	(62)
4.3.4	应用戴维南定理应注意的问题	(64)
4.3.5	戴维南定理的推论——诺顿定理	(67)
4.4	特勒根定理	(67)
4.4.1	特勒根第一定理	(67)
4.4.2	特勒根第二定理	(68)
4.4.3	特勒根第二定理的证明	(69)
4.5	互易定理	(70)
4.5.1	互易定理一	(70)
4.5.2	互易定理二	(71)
4.5.3	互易定理三	(71)
4.5.4	应用互易定理时应注意的几个问题	(72)
习 题 4		(73)

第 2 篇 工程电路篇

第 5 章	正弦交流电路的稳态分析	(77)
5.1	正弦交流电路的基本概念	(77)
5.1.1	周期、频率、角频率	(78)
5.1.2	瞬时值、幅值、有效值	(78)
5.1.3	相位、初相位、相位差	(79)
5.2	正弦量的相量表示法	(79)
5.2.1	用逻辑思维引出相量法	(80)
5.2.2	相量的定义	(80)
5.2.3	基尔霍夫定律的相量形式	(81)
5.2.4	正弦量的相量图	(82)
5.2.5	正弦量的一阶导数的相量	(82)
5.3	不同性质元件上的正弦稳态响应	(83)
5.3.1	电阻元件在正弦激励下的端口特性	(83)
5.3.2	理想电感元件上正弦响应的特殊性	(84)
5.3.3	理想电容元件上正弦响应的特殊性	(86)
5.4	RLC 串、并联组合时的端口特性	(88)

5.4.1	KVL 的相量形式在 RLC 串联电路中的体现	(89)
5.4.2	RLC 串联组合时端口上电压与电流的关系	(89)
5.4.3	KCL 的相量形式在 RLC 并联电路中的体现	(91)
5.4.4	RLC 并联组合时端口上电压与电流的关系	(91)
5.5	复阻抗运算	(93)
5.5.1	复阻抗的串联	(93)
5.5.2	复阻抗的并联	(94)
5.5.3	复阻抗与复导纳的转换	(95)
5.6	无源单口网路中的功率	(96)
5.6.1	瞬时功率	(96)
5.6.2	视在功率、有功功率、无功功率之间的关系	(96)
5.6.3	功率因数的提高	(98)
5.7	复功率	(99)
5.7.1	复功率的定义	(100)
5.7.2	复功率的其他关系式	(100)
5.7.3	单口网路的复功率	(100)
5.8	复杂交流网路的代数方程求解	(101)
5.9	相量图在电路分析中的应用	(103)
5.10	正弦交流电路中的共轭匹配	(106)
	习 题 5	(106)
第 6 章	三相正弦交流电路	(111)
6.1	三相正弦交流电的基本概念	(111)
6.1.1	三相电源	(111)
6.1.2	三相绕组的连接和供电方式	(112)
6.1.3	三相四线制供电时相电压与线电压的关系	(113)
6.2	三相负载的星形连接运行	(113)
6.2.1	各电流的计算	(113)
6.2.2	对称负载运行时的特殊情况	(114)
6.2.3	三相星形不对称负载的运行	(114)
6.2.4	三相四线制终端不接地系统的中性点位移	(114)
6.3	三相负载的三角形连接运行	(116)
6.3.1	各电流的计算	(116)
6.3.2	对称负载运行时的特殊情况	(116)
6.4	三相负载的总功率	(117)
6.4.1	有功功率和无功功率	(118)
6.4.2	瞬时功率	(118)
6.4.3	三相负载功率的测量	(119)
	习 题 6	(120)

第7章 互感电路	(123)
7.1 互感的基本概念	(123)
7.1.1 互感现象的基本关系	(123)
7.1.2 互感的电磁关系和互感系数的定义	(124)
7.1.3 两电流同时存在时的电磁关系	(124)
7.1.4 耦合系数	(124)
7.1.5 同极性端	(125)
7.2 互感串、并联组合时的计算	(126)
7.2.1 互感的串联	(126)
7.2.2 互感的并联	(128)
7.3 互感电路的去耦等效变换	(130)
7.3.1 星结互感电路的去耦变换	(130)
7.3.2 互感电路的受控源等效电路	(131)
7.4 单纯磁耦合电路的计算	(132)
7.4.1 电流的求解	(133)
7.4.2 输入阻抗及等效电路	(133)
7.4.3 副边的等效电路、输出阻抗	(134)
7.5 理想变压器	(137)
7.5.1 理想变压器的定义条件	(137)
7.5.2 相量运算	(138)
7.5.3 理想变压器的受控源模型	(138)
7.5.4 理想变压器的阻抗变换作用	(138)
习 题 7	(140)
第8章 电路的频域分析	(143)
8.1 正弦传递函数	(143)
8.2 滤波器	(143)
8.2.1 RC 低通滤波器	(144)
8.2.2 RC 高通滤波器	(145)
8.2.3 RC 带通滤波器	(146)
8.3 电路中的串联谐振——电压谐振	(147)
8.3.1 串联谐振条件	(147)
8.3.2 谐振及失谐状态下的频域分析	(148)
8.3.3 标准的谐振曲线及其方程式	(149)
8.3.4 通频带	(150)
8.4 电路中的并联谐振——电流谐振	(150)
8.4.1 并联谐振条件	(150)
8.4.2 并联谐振电路的频域分析	(151)
8.4.3 电流源激励下的并联谐振	(152)
8.5 非正弦电路的谐波分析法	(152)

8.5.1	非正弦量的谐波分析	(153)
8.5.2	傅里叶级数展开式与原函数类型的关系	(155)
8.5.3	频谱线图	(156)
8.5.4	线性电路在非正弦激励下的计算	(156)
8.5.5	非正弦电流、电压的有效值	(158)
8.6	电路在非周期性激励下的频谱分析	(158)
8.6.1	傅里叶级数的指数形式	(158)
8.6.2	傅里叶积分变换的初步概念	(162)
8.6.3	非周期激励下的频谱分析	(163)
8.7	对称三相电路中的高次谐波	(164)
习 题 8		(165)
第 9 章	电路的时域分析	(168)
9.1	时域分析的基础知识	(168)
9.1.1	电路的动态方程	(168)
9.1.2	电路中的过渡过程与换路定律	(169)
9.2	一阶电路的零输入响应	(171)
9.2.1	一阶 RC 电路的零输入响应	(171)
9.2.2	一阶 RL 电路的零输入响应	(173)
9.3	一阶电路的全响应和零状态响应	(175)
9.3.1	一阶 RC 电路的全响应	(175)
9.3.2	一阶 RC 电路的零状态响应	(177)
9.3.3	时间常数	(177)
9.4	一阶电路求解方法的再认识	(179)
9.4.1	一阶电路求解方法的归纳	(179)
9.4.2	三要素表达式的证明	(181)
9.4.3	一阶电路在非直流激励下的求解	(182)
9.5	一阶电路的阶跃响应	(183)
9.5.1	单位阶跃函数的定义	(184)
9.5.2	阶跃函数的性质	(184)
9.5.3	阶跃响应	(185)
9.6	一阶电路的矩形脉冲响应	(186)
9.6.1	寄生参数对矩形脉冲激励下响应的影响	(186)
9.6.2	RC 微分电路	(187)
9.6.3	RC 积分电路	(188)
9.7	一阶电路的冲激响应	(188)
9.7.1	冲击函数	(188)
9.7.2	求解冲激响应的方法	(192)
9.7.3	冲激响应与阶跃响应的关系	(193)
9.8	一阶电路的正弦响应	(194)

9.9 二阶电路的零输入响应	(195)
9.9.1 约束方程及其通解	(196)
9.9.2 二阶电路的过阻尼情况分析	(197)
9.9.3 二阶电路的欠阻尼情况分析	(198)
9.9.4 二阶电路的临界阻尼状态分析	(200)
9.10 用卷积积分求任意激励下的时域响应	(201)
9.10.1 方法导出	(201)
9.10.2 进一步认识卷积	(202)
习 题 9	(204)

第 3 篇 近代电路理论篇

第 10 章 非线性电路简介	(209)
10.1 非线性电路分析的特殊性	(209)
10.1.1 非线性元件的特性表示法	(209)
10.1.2 非线性电路分析计算中的特殊性	(210)
10.2 非线性电路的图解分析	(212)
10.2.1 非线性电路的静态图解分析	(212)
10.2.2 非线性电路的动态图解分析	(212)
10.3 非线性电路的小信号模型	(213)
10.4 非线性特性的分段线性化处理	(214)
习 题 10	(215)
第 11 章 电路的复频域分析	(218)
11.1 拉普拉斯变换法的概述	(218)
11.2 拉普拉斯变换的定义及其主要性质	(219)
11.2.1 拉普拉斯变换的定义	(219)
11.2.2 拉普拉斯变换的主要性质	(220)
11.3 拉普拉斯反变换	(222)
11.4 电路的复频域模型	(227)
R、L、C 元件的复频域模型	(228)
11.5 复频域分析——线性电路代数方程解法的同一性	(231)
习 题 11	(238)
第 12 章 系统函数	(243)
12.1 系统函数的主观定义与客观必然性	(243)
12.1.1 简单系统函数的定义	(243)
12.1.2 系统函数的客观必然性	(244)
12.1.3 系统函数的类型	(244)
12.1.4 系统函数的建立	(245)
12.2 用系统函数研究时域响应	(246)

12.2.1	系统函数与冲激响应的关系	(246)
12.2.2	系统函数与时域响应的一般关系	(247)
12.3	系统函数的零点和极点	(247)
12.4	系统函数与频域响应的关系	(250)
12.4.1	拉普拉斯变换实现了时域分析与频域分析的统一	(250)
12.4.2	从系统函数的零极点分布求取网路的频率响应	(250)
习 题 12		(253)
第 13 章	双 口 网 路	(256)
13.1	双口网路及其方程	(256)
13.1.1	双口网路的 Y 参数方程式	(256)
13.1.2	双口网路的 Z 参数方程式	(258)
13.1.3	双口网路的 T 参数 (传输参数) 方程式	(260)
13.1.4	双口网路的 H 参数 (混合参数) 方程式	(262)
13.2	双口网路的等效电路	(264)
13.2.1	双口网路不含受控源时的等效电路	(264)
13.2.2	双口网路含有受控源时的等效电路	(265)
13.3	双口网路的组合与分解	(266)
13.3.1	双口网路的链联	(266)
13.3.2	双口网路的并联	(268)
13.3.3	双口网路的串联	(269)
13.4	双口网路的特性阻抗	(270)
习 题 13		(271)
第 14 章	网路的矩阵分析	(275)
14.1	图论简介	(275)
14.1.1	拓扑学的直观理解	(275)
14.1.2	图论中的图	(276)
14.1.3	图中的回路、树和割集	(277)
14.2	图的矩阵表示	(279)
14.2.1	点与边的关联性——关联矩阵	(279)
14.2.2	回路与边的关联性——回路矩阵	(280)
14.2.3	割集与边的关联性——割集矩阵	(280)
14.2.4	矩阵 A 、 B_r 、 Q_r 之间的关系	(281)
14.3	再论基尔霍夫定律	(282)
14.3.1	用关联矩阵表示基尔霍夫电流定律	(282)
14.3.2	用关联矩阵表示基尔霍夫电压定律	(283)
14.3.3	用回路矩阵表示基尔霍夫电压定律	(283)
14.3.4	用回路矩阵表示基尔霍夫电流定律	(284)
14.3.5	用割集矩阵表示基尔霍夫电流定律	(284)
14.3.6	用割集矩阵表示基尔霍夫电压定律	(284)

14.4	网路的节点矩阵分析	(285)
14.4.1	形式支路的定义	(285)
14.4.2	用抽象化方法建立节点方程	(285)
14.4.3	节点方程剖析	(286)
14.5	含受控源网路的节点矩阵分析	(288)
14.5.1	形式支路的扩充	(288)
14.5.2	节点方程的建立	(288)
14.6	含理想电压源网路的节点矩阵分析	(292)
14.7	含互感网路的节点矩阵分析	(293)
14.8	网路的回路矩阵分析	(296)
14.8.1	回路矩阵方程的一般形式	(296)
14.8.2	含互感网路的回路矩阵方程	(298)
14.8.3	含受控电压源的回路矩阵方程	(300)
14.9	网路的割集矩阵分析	(300)
习 题 14		(302)
第 15 章	状态变量分析法	(307)
15.1	状态、状态变量及状态方程	(307)
15.2	状态方程的直观编写方法	(309)
15.2.1	状态变量的选择	(309)
15.2.2	状态方程的直观编写	(309)
15.2.3	输出方程	(310)
15.3	状态方程的系统化编写方法	(311)
15.3.1	系统化编写状态方程的一般步骤	(311)
15.3.2	构不成有条件树情况的处理	(313)
*15.4	状态方程的复频域求解	(314)
习 题 15		(316)
第 16 章	现代电路理论中的新器件	(319)
16.1	集成运算放大器	(319)
16.1.1	运算放大器的理想化模型	(319)
16.1.2	运算放大电路的分析方法要点	(320)
16.1.3	如何应用虚短、虚断特性对运算放大电路进行节点分析	(321)
16.2	回转器	(322)
16.2.1	回转器的特性方程	(322)
16.2.2	回转器的基本性质	(323)
16.2.3	回转器电路实例	(323)
16.2.4	含回转器电路的分析	(324)
16.3	负阻抗变换器	(325)
习 题 16		(327)

附录 A 磁路和铁芯线圈电路	(330)
A.1 磁路的基本概念	(330)
A.1.1 磁路及其基本物理量	(330)
A.1.2 磁性材料的磁性能	(331)
A.1.3 磁路的基本定律	(332)
A.2 直流磁路简介	(333)
A.3 交流铁芯线圈电路	(335)
A.3.1 交流铁芯线圈中的电磁关系	(335)
A.3.2 交流铁芯线圈中电压与电流的关系	(336)
A.3.3 交流铁芯线圈电路的线性化处理	(336)
A.3.4 交流铁芯线圈中的功率损耗	(337)
A.3.5 交流铁芯线圈的等效电路及相量图	(337)
练习题	(338)
附录 B PSpice 软件简介	(340)
B.1 PSpice 功能预览	(340)
B.2 PSpice 的基本操作	(342)
B.2.1 在 Schematics 中建立电路模型	(342)
B.2.2 电路的模拟分析	(344)
B.2.3 图形后处理程序 Probe	(346)
B.2.4 交流分析示例	(347)
部分习题答案	(349)
参考文献	(359)

绪 论

绪论是学习本课程的指导性文件，以下讲四方面的问题。

1. 本课程的性质和地位

众所周知，电的应用极其广泛，它已渗透到各种技术领域。它带给人类以现代文明，它与国民经济和人民生活有着极为密切的关系。现代经济和科学技术的三大支柱是能源、材料和信息工程。这三大支柱无不与电有着极为密切的关系。在能源日趋短缺的今天，开发水力、风力、太阳能，将其转换为电能是今后国民经济的能源发展趋势。

电是一种最好的中间形式的能量，因为它便于转换、输送、控制。这是其他形式的能量所无法比拟的。

电路原理课程是电类各专业共同开设的一门很重要的技术基础课。电工原理应包括电路理论和电磁场理论。电路理论应涵盖“电路分析”和“电路综合”。“电路分析”是研究电路的分析计算方法；而“电路综合”是指电路功能的综合设计，当然电路综合是以电路分析为基础的。本教材着重于电路分析。

电路理论课是跨入电专业的第一门技术基础课，以后还要学习电子技术及其他的电类课程，在学习这些课程时，需要有良好的电路理论基础。可以说电路理论是学习一切电气、电子工程的理论基础。本教材力求通过理论与实践教学，使读者掌握电路的分析计算方法，并受到一定的操作技能训练，获得解决实际问题的理论基础和基本能力素养。本课程学得好坏，会严重影响今后的学习和工作，所以这是一门非常重要的基础课程。

2. 电路分析的研究对象

电路分析的研究对象是实践中应用的各种工程电路的抽象化，它是以能量转换和传输为核心去研究电路的基本规律和分析计算方法。实际的工程电路千差万别，并不涉及太多的应用电路，而是抽象化地讨论电路中具有共性的内在规律和分析计算方法。抽象化的方法就是为电路建立电路模型。建立电路模型，首先应以能量转换的特征建立电路的基本模型。比如凡是能向外电路提供能量或电信号的装置都抽象成电源；凡是把电能转换成热能的元件都抽象成电阻元件。可见理想电源、电阻、电感、电容都是抽象出的电路基本模型。再由这些基本模型组成各种各样的复合电路模型，进而讨论其分析方法。

电路中的内在规律，一是指与电能相关的基本能量转换规律；二是指电路分析计算的最基本的理论依据，这些将在第1章讨论。第2章以后将从不同的目的和技术范畴方面来讨论不同的电路分析计算方法。

3. 电路理论的发展概要与前景

电路理论是在物理学的研究和工程应用技术的需求相结合的情况下产生发展起来的。20世纪初，电路理论已经形成了一门独立的学科。

1800年意大利的物理学家伏特发明了伏打电池，这一发明具有划时代的意义，开创了电能的实际应用时代。19世纪出现了几个重要的物理学定律和定理。这个时期，德国科学家欧姆（G.S. Ohm）在做了大量的实验之后，于1826年发表了一本小册子《伽伏尼电路的数学

研究》。里面论述了今天称为欧姆定律的内容。这本小册子在发表后的几年间，曾遭到不应有的嘲笑和批评，但是实践证明欧姆定律是一个很有实用价值的实验定律。

电磁学研究的先驱者应该是丹麦的科学家 H.C.奥斯特 (H.C.Oersted) 和法国的 A.M 安培 (A.M.Ampere)，他们在 1825 年发表了著名的安培环路定律。1831 年英国科学家迈克尔·法拉第 (M.Faraday) 发现了电磁感应现象，揭示出了电与磁的动态关系。

1844 年具有实际使用意义的电报问世，随后在其设计和运行中需要计算的矛盾就突显出来了。1845 年德国科学家基尔霍夫提出了基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律，这是电路中电压、电流必然依从的规律。从此，物理学的研究从个别物理现象的研究转向电路中整体规律的研究。1847 年基尔霍夫发表了一篇题为《研究电流线性分布所得方程的解》的文章，进一步证明了独立节点方程数和独立回路方程数之和恰等于电路的支路数。基尔霍夫定律在电路理论上具有划时代的意义，它奠定了电网络的理论基础。

实际电路的分析计算需要抛开器件内部的物理细节进行抽象的近似计算，这就是所谓的电路模型。欧姆已经解决了电阻的概念；1832 年 J.亨利提出了自感系数的概念；早在 1778 年，A.伏打就提出了电容的概念。1853 年英国的 W.汤姆逊 (W.Thomson) 创造性地提出了 RLC 的串联电路模型，从此电路的概念就产生了。他分析了充有电荷的莱顿瓶放电过程，写出了著名的文章《瞬变电流》。他又在 1885 年用电阻和电容构成的梯形电路分析了信号在电缆中的传输过程，分析了信号的衰减、延迟和失真的问题。1857 年基尔霍夫分析了架空线与电缆中传输问题的差异，得到了完整的传输线电流、电压方程式。之后 W.韦伯进行了类似的分析和实验验证，从此形成了包括传输线分析在内的电路理论。

19 世纪末还发生过一场用直流电还是用交流电的争议，随后由于交流发电机、电动机和变压器的发明，交流电的优越性凸显出来，这才使交流电的应用很快发展开来。

从整个发展进程来看，起初人们着重研究线性电路，从 20 世纪 60 年代起，人们开始转向非线性电路的研究。从研究方法上讲，经典电路理论是用代数方程研究线性电路，又逐步发展到用微分方程对动态电路进行研究。由于电子技术的发展，后来研究重点又转向频域分析。运算法思想虽然出现较早，但直到 20 世纪 50 年代，拉普拉斯变换法才在电路分析中凸显出来，并占据了统治地位，因为它实现了电路的时域分析和频域分析的统一。由于非线性电路的大量出现，拉普拉斯变换法的统治地位有所动摇，但它仍然处于重要的地位，是分析线性电路的有力数学工具。

网络的拓扑分析由基尔霍夫和麦克斯维尔所开创，但是它直到 20 世纪 50 年代才重新活跃起来。计算机的出现很快地应用到了电路分析中来。大规模复杂网络的分析计算单靠人工去做是非常困难的，所以计算机辅助电路分析很快成为电路理论的一个重要分支，那么网络的拓扑分析便是有力的数学工具。

由上可见，电路理论具有科学技术发展的阶段性特征。到现在，它已成为一门比较成熟但是又在不断发展的学科。进入 20 世纪后，由于科学技术的迅猛发展，生产力极度提高，信息论、控制论和系统论等三个横向学科出现了，它们都与电路理论交织在一起，不断给电路理论提出了新的课题。比如电路的故障诊断、模糊控制、神经网络都是现在的热门课题，所以说电路理论仍然是一个生机勃勃的学科。

4. 本课程的特点及学习方法

为了学好电路理论，首先要建立本课程的思想体系，要有正确的思维方法。物理学已经学过三轮，已经自然形成了一种思想体系和学习方法。如果在学习电路理论时还是用旧的思