



普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 电路

第5版

原著 邱关源  
修订 罗先觉



高等教育出版社



普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 电路

第5版

原著 邱关源  
修订 罗先觉



高等教育出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

电路/邱关源,罗先觉主编.—5版.—北京:高等教育出版社,2006.5

ISBN 7-04-019671-9

I. 电… II. ①邱…②罗… III. 电路-高等学校-教材 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 049675 号

策划编辑 刘激扬 责任编辑 曲文利 封面设计 李卫青  
责任绘图 朱 静 版式设计 陆瑞红 责任校对 王效珍  
责任印制 朱学忠

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010-58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
		网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
印 刷	河北新华印刷一厂	畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
		版 次	1979 年 7 月第 1 版
开 本	787×960 1/16		2006 年 5 月第 5 版
印 张	36.75	印 次	2006 年 5 月第 1 次印刷
字 数	690 000	定 价	37.90 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 19671-00

## 内 容 简 介

本书为普通高等教育“十五”国家级规划教材,是《电路》(第4版)(邱关源主编,高等教育出版社,1999)的修订版,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分委员会2004年颁布的《电路理论基础》和《电路分析基础》的教学基本要求。

全书共分18章,主要内容有:电路模型和电路定律、电阻电路的等效变换、电阻电路的一般分析、电路定理、含有运算放大器的电阻电路、储能元件、一阶电路和二阶电路的时域分析、相量法、正弦稳态电路的分析、含有耦合电感的电路、电路的频率响应、三相电路、非正弦周期电流电路和信号的频谱、线性动态电路的复频域分析、电路方程的矩阵形式、二端口网络、非线性电路、均匀传输线,另有磁路和铁心线圈、PSpice简介和MATLAB简介三个附录。书末附有部分习题答案。

本书可供高等学校电子与电气信息类专业师生作为电路课程的教材使用,也可供有关科技人员参考。

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

**反盗版举报电话：**(010) 58581897/58581896/58581879

**传 真：**(010) 82086060

**E - mail：**dd@hep.com.cn

**通信地址：**北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

**邮 编：**100011

**购书请拨打电话：**(010)58581118

## 第5版序言

本书的第4版于1999年出版,此次出版的为第5版,主要目标是适应电子与电气信息类专业人才培养方案和教学内容体系的改革以及高等教育迅速发展的形势。全书共有18章和3个附录。

新版继续保持过去重视基本内容、基本概念的特色,明确本课程的主要任务是为电子与电气信息类专业的后续课程和学生未来工作需要准备必要的基础知识;拓宽了适用面,使本教材更能兼顾强电专业和弱电专业的需要,也兼顾了各类高等学校的教学要求,有利于灵活、柔性地组织教学;考虑到现代教育技术的普及应用和读者使用的方便,虽然本课程的总学时有所减少,新版在教材内容上依然保持知识体系的完整性和系统性;另外,与新版配套,将出版《〈电路〉(第5版)学习指导与习题分析》和《〈电路〉(第5版)电子教案》,以方便广大学生学习和教师教学。

与第4版对比,新版在内容上作了一定的调整,进一步理顺了教学内容之间的关系,增加了一些新内容。具体的变动和调整主要有:(1)增加了绪论。(2)将第一章中关于电容元件和电感元件内容作为第六章,并补充了电容、电感的串联和并联的内容。(3)将第六章(一阶电路)和第七章(二阶电路)合并为第七章(一阶电路和二阶电路的时域分析)。(4)将第九章中的谐振部分单独作为第十一章(电路的频率响应),并补充了波特图等内容。(5)在第十章补充了耦合电感的功率的内容。(6)将第十三章(拉普拉斯变换)和第十四章(网络函数)合并为第十四章(线性动态电路的复频域分析)。(7)增加了附录C——MATLAB简介。另外,新版还在电路定理和相量法等内容的阐述上做了进一步优化,有利于学习和组织教学。

书中标有星号(\*)及排成小字的内容属于参考内容,可以取舍,不要求讲授。习题中也有少量是标有星号的。

新版保留了第4版的部分习题,补充了一些新习题,使习题类型有所增加,但总的习题数量基本不变。书后给出了部分习题的答案。全部答案和习题分析可参考与本书配套的《〈电路〉(第5版)学习指导与习题分析》。

书末附有索引和参考书目。

本教材的修订由罗先觉主持,参加修订工作的有罗先觉、江慰德、刘正兴、陈燕、刘崇新,全书经罗先觉修改、补充和定稿。本书承清华大学陆文娟教授、王树

民教授和于歆杰副教授仔细审阅并提出宝贵修改意见,谨致以衷心谢意。

这里特别要感谢《电路》(1~4版)的主编邱关源教授为本教材的建设所做出的巨大贡献。邱关源教授还对本次修订工作给予了热情的指导和帮助,在此向《电路》(1~4版)的所有编者,特别是主编邱关源教授,致以衷心的感谢。

最后,还要感谢为打印书稿和绘图付出辛勤劳动的同志们以及所有支持本书出版工作的其他同志。

书中不足和错误之处,希读者予以批评指正。意见请寄西安交通大学电气工程学院(邮编:710049),也可发送电子邮件至 [luoxj@mail.xjtu.edu.cn](mailto:luoxj@mail.xjtu.edu.cn)。

编者

2006年3月于西安

# 第 1 版序言

本书系根据 1977 年 11 月在合肥召开的全国高等学校工科基础课电工、无线电教材编写会议所通过的编写大纲编写的。

本书内容分为两大部分。第一部分(一至十一章、十八章)包括直流电路、正弦电流电路、非正弦周期电流电路、线性电路的过渡过程(经典法和运算法)、二端口网络以及磁路等,这部分属于电路理论的传统内容。第二部分(十二至十七章)包括多端元件和受控电源、网络图论、状态方程和计算非线性电阻电路的牛顿-拉夫逊法等,还有两章有关数学的内容即矩阵和计算方法,这部分反映了现代网络理论的某些新内容,以计算机辅助分析的基础知识和有源电路的初步分析为主。

书中对传统内容进行了精选,保证了必需的常用基础知识,删去了一些不常用的和陈旧的内容。在体系安排上,第二部分内容全部放在后面,可供选用,以便在使用时具有一定的灵活性。

本书只讨论集中参数电路,分布参数电路移至电磁场(电工原理 II)。

本书的基本部分为一至十一章,其中个别节如 § 10-9 网络函数和 § 10-10 复频率平面、极点和零点可作为参考内容。十二、十四两章也建议作为基本内容,但 § 12-6 密勒定理可以不讲。十五章一般作为参考内容。十八章带有附录性质,如这部分内容放在有关后续课程中进行较为合适,可以不讲。十三章属于数学内容,但为学习以后几章所必需。十六章的内容是电路的计算机辅助分析所必须具备的基础知识。这两章究竟在哪个课程中讲授为宜,以及如何处理,都尚待进一步研究,本书暂集中为两章且保留在正文中。十七章可灵活处理。

估计总的讲课学时(包括本书全部内容)约 110 学时。

本书的一至九章和十八章是以我校 1973 年在校内发行的《电工基础》上、下册的一至十一章为基础进行改写的,参加该书这些部分编写工作的有:邱关源、范丽娟、刘国柱、夏承铨、宁超、肖衍明、周佩白、黄东泉、刘正兴、潘经慧等同志。这些部分的改写以及本书其余部分均由邱关源负责执笔。书稿最后的文字润色工作由黄东泉负责。

本书承哈尔滨工业大学周长源和刘润两位同志初审,提出了宝贵的修改意见,谨致以衷心的感谢。书稿经 1978 年 2 月在西安召开的审稿会议讨论通过。参加会议的有二十余单位,其中有哈尔滨工业大学、清华大学、重庆大学、浙江大学、



南京工学院、中国科技大学、上海交通大学、北京工业大学、河北电力学院、成都工学院、吉林电力学院、河北水利水电学院以及其他(包括西安地区)十余所高等院校的代表。会上承兄弟院校的代表们提出宝贵修改意见,谨致以衷心的感谢。

限于我们的水平以及时间仓促,书中不妥和错误之处恐不在少数,希望读者予以批评指正。意见请寄西安交通大学电工原理教研室。

编 者

1978年3月

## 第2版序言

本书系《电路(电工原理 I)》的修订本。修订本的内容及其次序的安排,基本上符合电工教材编审委员会于1980年6月审订的高等工业学校四年制电类(不包括无线电技术类)各专业试用的《电路教学大纲(草案)》。全书共有十四章和一个附录,分上、下两册出版。

与原版本对比,修订本加强和充实了基本的和传统的内容,并调整了原版本后半部分的一些内容。变动较大的地方有:(1)电路元件的介绍集中在第一章。(2)受控源的概念提到前面,因此各种分析和计算方法中均包括具有受控源的电路。(3)过渡过程(时域分析)放在第三章,在正弦电流电路稳态分析的前面。但是,只要稍作一些补充,把第三章移到后面(即仍按原版本的次序)讲授也是可行的。有关部分的写法考虑了这种可能性。(4)原版本的第三章(正弦电流电路的基本概念)不再单独作为一章,其中部分内容删去,部分内容放在本书的第一章,而其主要内容则结合在本书的第四章中。(5)原版本的第十五章(状态方程)删去,部分内容分别放在本书的第十章和第十三章。(6)原版本的第十三章(矩阵),十六章(计算方法),十八章(磁路和铁心线圈)均删去;计算方法的某些内容则移在本书的第十四章。(7)非线性电路的大部分内容经过重写。(8)增加了有关均匀传输线的内容,放在附录中。实质上这部分是本书的一章,主要供不设《电磁场》课程的专业选用,也供愿意在《电路》课程中讲授具有分布参数的电路的教师选用。(9)增加了有关计算机辅助分析内容的一章,但全章作为参考内容处理。

本书保留了原版本的部分内容和例题。习题则全部重选,数量上略有减少,但类型则稍有增加。使用本书的教师可以适当自选一些习题作为补充。

书中排成小字的内容,包括标有星号(\*)的整节,以及排成大字的第十四章都属加深加宽的内容,供参考用。在使用本书教学时,这些内容均可根据实际需要和可能而有所取舍。

参加本书修订工作的有:邱关源、范丽娟、刘国柱、江慰德和刘正兴。本书初稿承哈尔滨工业大学周长源、高象贤和刘润同志仔细审阅,并提出宝贵的修改意见,谨致以衷心的感谢。书稿并经高等学校电工教材编审委员会电路理论及信号分析编审小组审查通过。

本书虽然在原版本的基础上,根据各方面的读者提出的建设性意见作了一

些改进,但缺点和错误之处在所难免,希望读者予以批评指正。意见请寄西安交通大学电工原理教研室。

编 者  
1982 年

## 第3版序言

本书的第1版《电路(电工原理I)》和第2版《电路(修订本)》先后于1978年和1982年出版。此次出版的为第3版。新版本内容满足工科电工课程教学指导委员会于1986年制订的高等工业学校电路课程(130~160学时)的教学基本要求。全书共有20章和两个附录,分上、下两册出版。

与第2版对比,主要的变动和调整有:(1)把图论的基本知识前移;补充了建立电路方程的 $2b$ 法。(2)把运算放大器前移,作为一种基本多端元件来处理,有关内容也随之而加强。(3)非线性电路的部分内容经过改写并稍有充实。这部分移到了上册,目的是为了有利于配合后续课程的需要,不过仍可放在线性电路部分的后面来讲授。(4)增加了电路设计的初步概念。除在个别章节中略有涉及外,专门增加了一章(第十九章),这可能有利于加强工程背景。(5)增加了有关开关电容网络的初步知识(第二十章)。这新增加的两章均作为参考内容列入。(6)个别图形符号和正弦电流电路部分的少量定义参照有关国家标准作了相应的变动。(7)删去了网络的计算机辅助分析的内容。

本版对基本内容、传统内容和新内容的协调予以充分的注意,而以前两者为主。由于电路课程的教学时数不可能增多,除考虑到各部分内容的分量恰当外,删简了一些较繁琐的或过分强调技巧的内容,而力图突出基本概念和基本原理,并采用比较有效和精练的方式把问题交代清楚。这样做可能更有利于培养学生 在教师指导下的自学能力。

考虑到一些专业的教学需要,书末增加了有关磁路的内容作为附录。本版保留了第2版的部分例题和习题,而总的习题数量则有所增加,并增加了少量需要用计算机求解的练习。

书中标有星(\*)号并排成小字的章节均属参考内容,可以根据实际需要和可能有所取舍,不一定都要讲授。

参加本版修订工作的有邱关源、刘正兴、叶金官。本书承哈尔滨工业大学周长源、刘润、高象贤同志仔细审阅并提出宝贵修改意见,谨致以衷心谢意。书稿经高等工业学校电路理论与信号分析课程教学指导小组同意作为教材出版。

本书在某些方面所作的变动和尝试,以及书中的不足和错误之处,均希读者予以批评指正。意见请寄西安交通大学电工原理教研室。

编者  
1988年

## 第 4 版序言

---

本书的第 3 版出版已 10 年。此次出版的为第 4 版,主要目标是适应教学内容和课程体系改革以及拓宽专业面的需求。

20 世纪 80 年代后,国内外的一致意见认为本科电路课程的基本内容和范围大体上已趋稳定。新版保持过去重视基本内容、基本概念和慎重处理传统内容的特色;明确本课程主要任务是为后续课程和学生将来工作需要准备必要的基础知识,不强调电路理论学科本身的要求;进一步删简了一些过深内容或过于严谨的叙述;拓宽了适用面,使本教材更能兼顾强电和弱电类专业的需要;作了适当删简以适应学时数的削减。另外,还适度地引入了为学习本书的学生能接受的少量新内容,以开拓他们的眼界和思路。

与第 3 版对比,具体的变动和调整主要有:(1)删去了“2b 法”,第十五章补充了列表法作为参考内容。(2)非线性电路部分移后并作了删简;作为参考内容增加了有关“混沌电路”和“人工神经元电路”的初步知识的内容。(3)删去了第 3 版第十九章(电路设计)和第二十章(开关电容网络简介)。(4)在附录中增加了“PSPICE 简介”,同时把分布参数电路改为本书中的第十八章。

本版保留了第 3 版的部分习题,补充了一些新习题,使总的习题数量和类型有所增加。书后给出了部分习题的答案。全部答案可参考与本书配套的《〈电路〉(第 4 版)学习指导书》,该书中还提供了一些解题的思路。

书中标有星(\*)号并排成小字的整节或其他排成小字的内容均属参考内容,可以取舍,不要求讲授。习题中也有少量是标有星号的。

书末附有索引。

参加本版修订工作的有江慰德、刘正兴、陈燕、罗先觉,全书经邱关源修改、补充和定稿。本书承天津大学杨山教授和孙雨耕教授仔细审阅并提出宝贵修改意见,谨致以衷心谢意。书稿经教育部“电路、信号系统和电磁场课程教学指导小组”审阅,同意作为教材出版。

书中不足和错误之处,希望读者予以批评指正。意见请寄西安交通大学电气工程学院。

编 者

1999 年

# 目 录

绪论 .....	1
<b>第一章 电路模型和电路定律 .....</b>	<b>7</b>
§ 1-1 电路和电路模型 .....	7
§ 1-2 电流和电压的参考方向 .....	9
§ 1-3 电功率和能量 .....	11
§ 1-4 电路元件 .....	12
§ 1-5 电阻元件 .....	13
§ 1-6 电压源和电流源 .....	16
§ 1-7 受控电源 .....	18
§ 1-8 基尔霍夫定律 .....	20
习题 .....	25
<b>第二章 电阻电路的等效变换 .....</b>	<b>32</b>
§ 2-1 引言 .....	32
§ 2-2 电路的等效变换 .....	32
§ 2-3 电阻的串联和并联 .....	33
§ 2-4 电阻的 Y 形联结和 $\Delta$ 形联结的等效变换 .....	37
§ 2-5 电压源、电流源的串联和并联 .....	41
§ 2-6 实际电源的两种模型及其等效变换 .....	42
§ 2-7 输入电阻 .....	45
习题 .....	46
<b>第三章 电阻电路的一般分析 .....</b>	<b>52</b>
§ 3-1 电路的图 .....	52
§ 3-2 KCL 和 KVL 的独立方程数 .....	54
§ 3-3 支路电流法 .....	58
§ 3-4 网孔电流法 .....	60
§ 3-5 回路电流法 .....	64
§ 3-6 结点电压法 .....	69

习题 .....	75
<b>第四章 电路定理</b> .....	82
§ 4-1 叠加定理 .....	82
§ 4-2 替代定理 .....	88
§ 4-3 戴维宁定理和诺顿定理 .....	90
§ 4-4 最大功率传输定理 .....	97
* § 4-5 特勒根定理 .....	99
* § 4-6 互易定理 .....	102
* § 4-7 对偶原理 .....	105
习题 .....	107
<b>第五章 含有运算放大器的电阻电路</b> .....	115
§ 5-1 运算放大器的电路模型 .....	115
§ 5-2 比例电路的分析 .....	118
§ 5-3 含有理想运算放大器的电路的分析 .....	120
习题 .....	123
<b>第六章 储能元件</b> .....	126
§ 6-1 电容元件 .....	126
§ 6-2 电感元件 .....	129
§ 6-3 电容、电感元件的串联与并联 .....	131
习题 .....	134
<b>第七章 一阶电路和二阶电路的时域分析</b> .....	137
§ 7-1 动态电路的方程及其初始条件 .....	137
§ 7-2 一阶电路的零输入响应 .....	140
§ 7-3 一阶电路的零状态响应 .....	147
§ 7-4 一阶电路的全响应 .....	152
§ 7-5 二阶电路的零输入响应 .....	156
§ 7-6 二阶电路的零状态响应和全响应 .....	164
§ 7-7 一阶电路和二阶电路的阶跃响应 .....	168
§ 7-8 一阶电路和二阶电路的冲激响应 .....	172
* § 7-9 卷积积分 .....	181
* § 7-10 状态方程 .....	184
* § 7-11 动态电路时域分析中的几个问题 .....	187
习题 .....	190
<b>第八章 相量法</b> .....	202

§ 8-1 复数 .....	202
§ 8-2 正弦量 .....	205
§ 8-3 相量法的基础 .....	208
§ 8-4 电路定律的相量形式 .....	211
习题 .....	217
<b>第九章 正弦稳态电路的分析</b> .....	<b>220</b>
§ 9-1 阻抗和导纳 .....	220
§ 9-2 电路的相量图 .....	226
§ 9-3 正弦稳态电路的分析 .....	227
§ 9-4 正弦稳态电路的功率 .....	233
§ 9-5 复功率 .....	238
§ 9-6 最大功率传输 .....	241
习题 .....	243
<b>第十章 含有耦合电感的电路</b> .....	<b>252</b>
§ 10-1 互感 .....	252
§ 10-2 含有耦合电感电路的计算 .....	257
§ 10-3 耦合电感的功率 .....	262
§ 10-4 变压器原理 .....	265
§ 10-5 理想变压器 .....	268
习题 .....	271
<b>第十一章 电路的频率响应</b> .....	<b>279</b>
§ 11-1 网络函数 .....	279
§ 11-2 $RLC$ 串联电路的谐振 .....	281
§ 11-3 $RLC$ 串联电路的频率响应 .....	285
§ 11-4 $RLC$ 并联谐振电路 .....	290
§ 11-5 波特图 .....	292
§ 11-6 滤波器简介 .....	295
习题 .....	296
<b>第十二章 三相电路</b> .....	<b>301</b>
§ 12-1 三相电路 .....	301
§ 12-2 线电压(电流)与相电压(电流)的关系 .....	303
§ 12-3 对称三相电路的计算 .....	306
§ 12-4 不对称三相电路的概念 .....	308
§ 12-5 三相电路的功率 .....	310



习题 .....	312
<b>第十三章 非正弦周期电流电路和信号的频谱</b> .....	317
§ 13-1 非正弦周期信号 .....	317
§ 13-2 非正弦周期函数分解为傅里叶级数 .....	318
§ 13-3 有效值、平均值和平均功率 .....	325
§ 13-4 非正弦周期电流电路的计算 .....	328
* § 13-5 对称三相电路中的高次谐波 .....	330
* § 13-6 傅里叶级数的指数形式 .....	333
* § 13-7 傅里叶积分简介 .....	336
习题 .....	340
<b>第十四章 线性动态电路的复频域分析</b> .....	344
§ 14-1 拉普拉斯变换的定义 .....	344
§ 14-2 拉普拉斯变换的基本性质 .....	346
§ 14-3 拉普拉斯反变换的部分分式展开 .....	351
§ 14-4 运算电路 .....	355
§ 14-5 应用拉普拉斯变换法分析线性电路 .....	359
§ 14-6 网络函数的定义 .....	365
§ 14-7 网络函数的极点和零点 .....	368
§ 14-8 极点、零点与冲激响应 .....	370
§ 14-9 极点、零点与频率响应 .....	372
习题 .....	377
<b>第十五章 电路方程的矩阵形式</b> .....	388
§ 15-1 割集 .....	388
§ 15-2 关联矩阵、回路矩阵、割集矩阵 .....	391
* § 15-3 矩阵 $A$ 、 $B_f$ 、 $Q_f$ 之间的关系 .....	397
§ 15-4 回路电流方程的矩阵形式 .....	398
§ 15-5 结点电压方程的矩阵形式 .....	402
* § 15-6 割集电压方程的矩阵形式 .....	407
* § 15-7 列表法 .....	409
习题 .....	413
<b>第十六章 二端口网络</b> .....	418
§ 16-1 二端口网络 .....	418
§ 16-2 二端口的方程和参数 .....	419
§ 16-3 二端口的等效电路 .....	427