

电路基本理论

上册

C·A狄苏尔 葛守仁 著
林争辉 主译 王 茵 校

机械工业出版社

内 容 简 介

本书是近代电路理论方面的一部重要著作,书中由浅入深地系统地阐明了电路基本理论的全貌。全书共分十九章。第一章至第七章为第一部分,主要是阐述简单电路理论,内容有基尔霍夫定律、电路元件、简单电路连接、一阶电路、二阶电路、线性定常电路导论、正弦稳态分析。第八章至第十二章为第二部分,主要是论述复杂网络的分析,内容有耦合电路、网络图论与特勒根定理、节点分析与网孔分析、回路分析与割集分析、状态方程。第十三章至第十九章为第三部分,主要是叙述电路理论的基本成果,内容有拉氏变换、固有频率、网络函数、网络定理、双口网络、电阻性网络、能量与无源性。

本书可供高等工业学校电类各专业大学生与研究生作为教学参考书,也可供有关科技人员参考。

此译本暂分两册出版,上册包括第一章至第十二章,下册包括第十三章至第十九章及三个附录。

电路基本理论

下 册

C. A. 狄苏尔 葛守仁著

林争辉 主译 王 藻校

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 17.25 字数 390,000

1979年2月第1版 1979年9月第1次印刷

印数 00,001—36,000

书号 15012·0150 定价 1.45 元

电路基本理论

下 册

C. A. 狄苏尔 葛守仁著
林争辉 主译 王 蔼校

人 民 教 育 出 版 社

译 序

美国加州大学C. A. 狄苏尔教授和葛守仁教授所著《电路基本理论》一书，是近代电路理论方面的一部重要著作。本书的特点是内容新颖，立论严谨，体系完整，例题丰富。本书的内容反映了近十几年来电路理论和系统理论的新成就，例如关于零状态响应与零输入响应的概念，关于网络分析的系统步骤以及网络的拓扑分析与状态空间分析等等，这些内容在以往国内同类书籍中是没有介绍过的。在本书中，对于一些基本理论和方法的阐述是相当严谨的，例如关于冲激响应和卷积积分的推导，关于网络的四个基本定理的论证，关于固有频率和网络函数的论述等等，在立论和推断上都合乎严密的思维逻辑；书中既重视严格的数学推导和论证，又注意一般的数学结论与特殊的物理过程之统一。本书的取材具有完整的系统性，书中由简到繁，循序渐进，从起首几章的简单电路理论进而讲到后面几章的复杂网络理论；书中推陈出新，把六十年代以前的电路传统内容和六十年代以后的近代内容有机地结合起来，把线性与非线性电路、定常与时变电路以及含源与无源电路加以融会贯通；书中的体系，揭示了电路理论这一学科的内在发展规律。本书的再一个重要特点是抽象的理论与具体的例题相结合；书中通过大量的丰富的例题来阐明这一领域的基本理论，从而使整个教程显示出观点的鲜明性和材料的生动性；这些例题，在数据计算上并不烦琐，在形式类别上各具一格，既突出重要概念，又联系实际应用，这就更加增添了本书的学术价值。

电路理论是整个电气工程的重要理论基础之一。六十年代以来，由于电力系统、通信系统和控制系统特别是后两者经历了巨大的变革和发展，因而促使了电路理论的急剧进展。人们看到，六十年代以后的电路理论较之四十年代和五十年代的理论发生了深刻的变化，可以这样说，最近十几年的进展相当于过去的几十年。其所以如此迅速发展的根本原因，在于我们这个时代生产力的发展进程较之过去的时代来说是空前的，这种空前发展的重要标志是电气化和自动化水平的迅猛提高，而电路理论和系统理论乃是电气化和自动化技术的主要理论渊源。如所周知，在四十年代“控制论”和“信息论”基础上发展起来的控制技术和通信技术，到了六十年代发生了新的飞跃，现代控制理论和通信理论在其发展过程中一方面运用了电路理论和系统理论的新成就，另一方面又反过来推动了电路理论和系统理论的进展；七十年代以后发展起来的“大系统理论”更为我们这一领域开辟了新的前景。电子计算机的广泛使用不仅为电路理论和系统理论的研究提供了崭新的工具，而且在一定程度上改革了这一领域的分析和综合的方法；同时，电路理论和系统理论的新进展亦为计算机科学的进一步发展奠定了理论基础。新型电子器件特别是大规模集成电路和超大规模集成电路的研制，对于电路理论和系统理论也提出了一系列新的课题。所有这些情况雄辩地表明：电路理论和系统理论是一门重要的学科领域，是处于不断发展中的学科领域，是与国民经济密切相关的学科领域。当前，我国人民正在为实现四个现代化这一宏伟的目标而共同奋斗。为了适应四个现代化的需要，我们应当努力做好电路理论和系统理论的教学与

研究工作。《电路基本理论》是一部系统而全面地介绍电路理论的基本问题的著作，书中同时涉及到系统理论的一些基本问题，它是研究电路理论和系统理论的一本基础读物。因此，本书对于目前我国国内电路理论和系统理论的教学与研究具有一定的参考价值。我们相信，出版本书的中译本是符合国内广大读者的愿望的。

本书译稿请王蕩同志校阅。参加翻译工作的还有刘泉祺、蔡雪祥、孙文辉、潘祖善、成震国、沈汉昌、倪振群、柏志筠、罗秋裕、杨美伦等同志。在本书翻译过程中得到了赵元良教授的热忱关心，我们表示衷心的感谢。由于我们的水平有限，译文中难免有错误和不妥之处，敬希读者批评指正。

林争辉

一九七八年十二月

于上海交通大学

原著者为中译本所写的序

我们高兴地获悉我们的著作《电路基本理论》将译成中文(即本书作者之二的祖国语言)出版。我们希望本书中译本的出版,能对中华人民共和国——世界上人口最多的国家在电路理论方面的教学和研究工作起到一定的推动作用。虽然本书的原版是在十年以前问世的,但是我们深信,书中关于强调基础理论以及对传统电路理论加以扩展这两个基本宗旨,至今仍然是正确的。在我们的书中尽可能多地包含了非线性电路方面的材料,这一点现在看来尤为重要,因为在电气工程的领域内实质上几乎都是非线性的问题。我们的看法是,对电气工程方面的大学生来说,应该尽可能早地熟悉有关非线性方面的概念和推论,这样一来,线性电路和系统就可以作为一种特定的情况来加以考虑。

电路理论是一个极其美好的领域,在这一领域内,我们两人致力于学习、讲授和研究工作已经有整整半辈子了。电路理论的教学对于电气工程师来说是一种基本的训练。在电路理论这一领域内,电气工程、数学和物理找到了一个结合点。在本书的写作过程中,我们假定学生在数学和物理方面已经有了良好的基础。诚然,在学习本课程之前如果先有一门电气工程方面的导论课,将会有所裨益,但这并非必要。

在今天这个电子革命和计算机革命的时代,有人也许认为,自从本书问世以来电路基本理论作为一个研究领域已经有了一些重要的发展。幸好,在我们六十年代中期写作本书的时候,我们事先也多少预计到这一发展动向。虽然如此,目前在加州大学(伯克莱)的电路基本理论教学还是作了某些修改。学生现在已经有机会利用计算机程序来做课外作业。所以,稀疏法和修改的节点分析在现行的课程中就作了简短的阐述。运算放大器已经在模拟电路中用来作为标准的积木块(*building block*)。于是,就有必要在本课程的前面部分中对运算放大器作简要的论述,同时,还把运算放大器在整个课程中作为例子和练习贯彻始终。

著者之二有机会会见本书的主译者林争辉副教授。虽然中译本的稿件我们尚未读到,但是我们感到在本书的翻译中贯注着译者的精心。我们深深地感谢林争辉副教授对于本书所下的功夫,并且相信他的工作将在中国受到欢迎。

查理士·A·狄苏尔

葛守仁

一九七九年七月

于美国加州伯克莱

原 序

本书是为电气工程系高班学生开设的一门课程而编写的教材。此课程长达二十周，每周三次讲课和一次两小时的辅导。书中包含足够的补充材料，以供一学年的课程之用。我们假定学生已读完基础物理和数学，其中包括一般的微分方程导论以及矩阵和行列式的知识。如果学生过去已接触过一些电路理论和电子电路，那会有所裨益，但并非必要。

构思的根据

虽然本书包括通常电路课程中所讲授的大部分内容，但是在处理这些内容的观点上却有着重大的区别。本书最重要的特点是对集中参数电路理论作了新颖的系统的阐述，把线性和非线性电路、定常和时变电路以及含源和无源电路加以融会贯通。这样一来，电路理论的基本概念和主要结论便贯穿于整个教材的结构之中，从而在它们的适用范围和功能上显示出相当的普遍性。

我们希望培养学生具有列出任一相当复杂电路的微分方程的能力，其中包括含有非线性和时变元件的电路。我们的目的在于培养学生具有探讨任何一种集中参数电路的能力，使他们知道在一定的场合下电路理论的哪些结论可以应用，而另一些则不能应用，这样，他们就可以在设计和实验工作中有效地应用电路理论的知识作为推断的工具。

为了达到这些目的，需要对电路理论的传统讲授方法加以改革。这种改革之所以必要，主要是由于近年来科学和技术以令人难以置信的速度发展着，而新型电子器件的不断出现，又戏剧性地充当了这种发展的先驱。其结果，我们不但必须讲授当前合用的基本理论和方法，而且我们应当提出一系列为了理解和解决今后工程问题所必需的基本概念。

在过去十年中，随着通信和控制的进展，大型的复杂的系统工程也有着迅速的发展。因此，在现代的课目表中需要有一门电路基本理论的课程，用来向学生介绍有关系统理论的某些基本概念、稳定性的概念、器件的模拟以及电子电路的分析等等。在这样一门课程中，学生应当及早接触有关非线性和时变的电路元件，偏置电路以及小信号分析等问题。

计算机革命也对工科教育提出了强烈的要求。计算机要求我们着重于用系统的方法列出方程并考虑问题的算法解，而不是解题的特殊技巧或特殊图解方法。同时，计算机已经改变了“解”一词的含义。当非线性常微分方程组能在计算机上以几秒钟时间解出时，非线性电路不存在闭型解的问题就不再是一个障碍了。

另一个不能忽视的因素是，我们的学生的预备知识正在稳步地提高。这一情况一方面是由于高中采用了新的数学(SMSG)和物理(PSSC)教学大纲，另一方面是由于大学一年级和二年级开设了数学、物理和工程方面的新课程。这就使我们感到有责任向学习了这些新课程的学生们提供一门与其水平相适应的电路理论课程。

课本的组织

上述这些考虑使电路理论在本书中按照其自身的发展规律来加以叙述。本书可以认为有三

个组成部分。第一部分(第一章到第七章)阐述简单的电路。我们从基尔霍夫定律的确切陈述开始并指明其适用范围。然后介绍二端元件,并按它们是线性的还是非线性的,定常的还是时变的来予以分类。我们以隧道二极管和变容二极管作为简单非线性电路的例子。在第三章到第六章中,我们通过简单的电路来说明线性系统理论中的许多重要论据和方法,以及非线性电路的某些性质。线性和定常电路是我们研讨的重点;线性和定常性乃是导出卷积积分的基础,正是在这一基础上,我们确立了关于零状态响应是输入的一个线性函数这一结论。我们还介绍了状态空间法,并用线性和非线性电路来说明这个方法。最后在第七章中,我们对相量法作了简明而系统的论述,并以此法进行正弦稳态分析。

第二部分(第八章到第十二章)论述了复杂网络的分析。首先是介绍标准耦合元件——变压器、耦合电感器和受控电源。接着简明地阐述了图论的基本内容,介绍了特勒根定理并且用以导出阻抗函数的一般性质。这就使学生体验到一般化方法的功用。在以图论为基础,并考虑到用计算机解题的必要形式后,我们系统地提出了包括节点分析、网孔分析、回路分析和割集分析在内的网络一般分析方法。此外,我们还叙述了状态变量法,然后说明它是列出非线性和时变网络方程的有力工具。

第三部分(第十三章到第十七章)叙述了电路理论的主要成果。首先是由拉氏变换的概括性介绍引出线性定常网络的基本特性。接着叙述了固有频率、网络函数、四个基本的网络定理以及双口网络。在整个讨论中,我们经常考虑到非线性和时变网络的存在。例如在振荡器设计中,我们说明了网络函数的应用,同时还用鲜明的例子指出了网络定理的适用范围。在双口网络这一章中,我们仔细地讨论了小信号双口网络模型与器件特性之间的关系。在简短的电阻性网络这一章中,说明了甚至即使在不知道闭型解的情况下也可以列出非线性电阻性网络的共性方程式。最后一章是关于能量和无源性的问题,我们讨论了时变元件的能量平衡,参量放大器以及无源单口网络的特性。

书末附有基础数学问题的三个附录:函数概念,矩阵和行列式,微分方程。每个附录都是本书所使用的定义和论据的概括性提要。

如何使用本书进行教学

本课程在柏克莱加州大学是持续讲授两学期(二十周)的,其对象为开始读三年级的学生。本课程包括每周三次讲课和一次两小时的辅导。根据我们自己的经验以及教过这门课程的其他教师的经验,可以说前面十七章的基本内容能够很宽裕地安排在两个学期内。各章所花费的最少课时,列表如下:

章	讲一小时课的次数
1	1
2	3
3	2
4	6
5	4

6	4
7	6
8	2
9	2
10	5
11	2
12	2
13	4
14	1
15	4
16	4
17	4
	<u>4</u>
	56

必须指出，不是每一章所有小节都要在课堂上讲授。尤其是那些标题写在黑框白底中的小节可以略去。这些小节提供更深入的课题，略去后并不会影响课程的连贯性。

对于一个学期的课程来说，我们建议取消第十六、十七章。此外，其他各章如第十一、十二和十四章，可以稍微地涉及一下。这样的安排曾在别的大学按初版本尝试过。

对于两个学期的课程来说，我们建议前面整个十七章的进度可以从容些，进而约略地教过第十八章后详尽地讲授整个第十九章，因为后者提供了一个把时变元件、非线性元件、时域分析、频域分析、功率、能量和稳定性等等概念互相联系起来的极好机会。

感谢

虽然本书是电路理论的系统性导论，但也采用了人们在电路和系统理论方面进行研究所得到的许多概念和方法。事实上，如果没有我们自己专心致志的研究工作，这本书是写不出来的。我们乐于公开感谢加州大学、国家科学基金会、国防部，特别是海军研究局、科学研究所、陆军研究局等等对研究工作所给予的支持。

我们也感谢采用我们讲义和初版本(卷 1, 1966; 卷 2, 1967)来讲课和给我们各种宝贵建议的许多同人。……(以下人名从略)

查理士 A. 狄苏尔
葛守仁

告 读 者

我们力求让读者通过本书尽快地学到有关电路理论的主要规律。作为达到这个目的的工具，我们对于术语、惯用符号和记号给予足够的重视。自然，这个做法的本身不是目的，它不过仅仅是作为一些手段，使概念严密，从而有助于读者的理解。通常，当读者理解一个句子感到模糊时，说明在学习中已经忘记了前面的定义或结论的某些方面。发生了这种情况，读者就必须去复习前面的有关段落。为了帮助读者学习，在每一章末了都有一个提要，用来复述一下这一章的主要结论。当读者对提要中的每一项叙述都能解释并且能用例子加以说明时，他就真正地掌握了这一章。

为了使读者达到透彻理解，我们对每一个技术术语都认真地加以定义，在定义的字句中，这些术语都用**黑体字**印刷。在书末的索引里，凡属于定义的，其所在的页数也用黑体字印刷。正文中的斜体字^①用来加重某些字句。再者，所有关于参考方向和符号的规定也都作了详细的叙述。

我们在本书中所采用的符号都是标准符号，但是对于那些关系密切而又必须加以区别的概念，采用的符号就有所例外。例如，对于在规定时间内间隔内流过电阻器的电流，采用波形来定义，以便和在某一特定时刻的电流值相区别。当我们强调的是电流*i*的波形时，我们写成*i*(·)，当我们指的是在某一时刻*t*₀的电流值时，我们就写成*i*(*t*₀)。对物理量的单位，我们采用惯用的符号来表示。我们用记号 \triangleq 表示“定义为相等”，对于两个已经确定的对象使之相等所得到的方程，同定义一个新符号所得到的方程是有所区别的，这一点至为重要。最后，为了区别标量和向量(或矩阵)，我们采用黑体字来表示向量和矩阵。

为了读者方便，书末三个数学方面的附录简单地概述了本书所引用的数学方面的基本定义和定理。特别是，在深入钻研第二章之前，读者必须透彻地掌握附录 A，这里讲的是函数和线性函数的概念。在学习第四章之前，要复习一下附录 C，这里是关于微分方程的内容。学习第九章之前，要复习一下附录 B，这里是关于矩阵和行列式的内容。换句话说，为了彻底理解本书，读者应该掌握附录中的大部分材料。

查理士 A. 狄苏尔

葛守仁

^① 在译文中用着重号“·”表示原文中的黑体字，用波纹线表示原文中的斜体字。——译者注

内 容 简 介

本书是近代电路理论方面的一部重要著作,书中由浅入深地系统地阐明了电路基本理论的全貌。全书共分十九章。第一章至第七章为第一部分,主要是阐述简单电路理论,内容有基尔霍夫定律、电路元件、简单电路连接、一阶电路、二阶电路、线性定常电路导论、正弦稳态分析。第八章至第十二章为第二部分,主要是论述复杂网络的分析,内容有耦合电路、网络图论与特勒根定理、节点分析与网孔分析、回路分析与割集分析、状态方程。第十三章至第十九章为第三部分,主要是叙述电路理论的基本成果,内容有拉氏变换、固有频率、网络函数、网络定理、双口网络、电阻性网络、能量与无源性。

本书可供高等工业学校电类各专业大学生与研究生作为教学参考书,也可供有关科技人员参考。

此译本暂分两册出版,上册包括第一章至第十二章,下册包括第十三章至第十九章及三个附录。

电 路 基 本 理 论

上 册

C. A. 狄苏尔 葛守仁 著
林争辉 主译 王 蕺 校

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 25.25 字数 574,000

1979年1月第1版 1979年8月第1次印刷

印数 00,001—40,000

书号 15012·0108 定价 2.10 元

目 录

第一章 集中参数电路和基尔霍夫定律

第一节 集中参数电路	1	第五节 波长和电路的尺寸	5
第二节 参考方向	2	提要	7
第三节 基尔霍夫电流定律(KCL)	3	习题	7
第四节 基尔霍夫电压定律(KVL)	4		

第二章 电路元件

第一节 电阻器	9	第四节 电感器	31
1.1 线性定常电阻器	10	4.1 线性定常电感器	31
1.2 线性时变电阻器	11	4.2 线性时变电感器	34
1.3 非线性电阻器	12	4.3 非线性电感器	34
第二节 独立电源	16	4.4 磁滞现象	35
2.1 电压源	16	第五节 二端元件小结	36
2.2 电流源	18	第六节 功率和能量	38
2.3 戴维宁和诺顿等值电路	18	6.1 进入电阻器的功率·无源性	39
2.4 波形及其符号	19	6.2 定常电容器储存的能量	40
2.5 若干典型的波形	20	6.3 定常电感器储存的能量	41
第三节 电容器	24	第七节 实际的零件与电路元件	42
3.1 线性定常电容器	25	提要	44
3.2 线性时变电容器	28	习题	45
3.3 非线性电容器	29		

第三章 简单电路

第一节 电阻器的串联	52	5.2 电容器的并联	69
第二节 电阻器的并联	58	5.3 电感器的串联	70
第三节 电阻器的混联	60	5.4 电感器的并联	71
第四节 小信号分析	65	提要	72
第五节 具有电容器或电感器的电路	68	习题	73
5.1 电容器的串联	68		

第四章 一阶电路

第一节 线性定常一阶电路·零输入响应	78	2.1 恒定电流输入	85
1.1 RC(电阻-电容)电路	78	2.2 正弦输入	87
1.2 RL(电阻-电感)电路	81	第三节 全响应:瞬态和稳态	89
1.3 零输入响应作为初始状态的函数	83	3.1 全响应	89
1.4 力学上的例子	84	3.2 瞬态和稳态	91
第二节 零状态响应	85	3.3 具有两个时间常数的电路	92

第四节 零状态响应的直线性	93	第六节 冲激响应	103
第五节 线性和定常	96	第七节 简单电路的阶跃响应和冲激响应	109
5.1 阶跃响应	96	第八节 时变电路和非线性电路	112
5.2 定常特性	97	提要	120
5.3 延迟算子	99	习题	120

第五章 二阶电路

第一节 线性定常 RLC 电路·零输入响应	129	8.4 状态方程和全响应	150
第二节 线性定常 RLC 电路·零状态响应	135	第四节 振荡·负阻和稳定性	152
2.1 阶跃响应	136	第五节 非线性电路和时变电路	155
2.2 冲激响应	139	第六节 对偶电路与模拟电路	161
第三节 状态空间法	143	6.1 对偶性	161
3.1 状态方程和轨道	144	6.2 力学的和电学的模拟	165
3.2 矩阵表示法	147	提要	167
3.3 轨道计算的近似方法	148	习题	167

第六章 线性定常电路导论

第一节 一般的定义和特性	173	第四节 对任意输入的响应	182
第二节 节点分析与网孔分析	174	4.1 卷积积分的推导	183
2.1 节点分析	175	4.2 物理学中卷积积分的例子	186
2.2 网孔分析	177	4.3 关于线性时变电路的若干说明	187
第三节 输入-输出表示法(n 阶微分方程)	178	4.4 全响应	187
3.1 零输入响应	179	第五节 卷积积分的计算	188
3.2 零状态响应	179	提要	194
3.3 冲激响应	180	习题	194

第七章 正弦稳态分析

第一节 复数的复习	200	5.1 串联-并联电路	221
1.1 关于复数的说明	200	5.2 正弦稳态情况下的节点分析与网孔分析	224
1.2 复数的运算	201	第六节 谐振电路	228
第二节 相量和常微分方程	202	6.1 阻抗·导纳·相量	228
2.1 用相量表示正弦量的方法	202	6.2 网络函数·频率响应	232
2.2 相量法在微分方程中的应用	207	第七节 正弦稳态情况下的功率	237
第三节 全响应和正弦稳态响应	209	7.1 瞬时功率·平均功率和复功率	238
3.1 全响应	209	7.2 平均功率的可加性	239
3.2 正弦稳态响应	213	7.3 有效值或根均方值	241
3.3 在稳态情况下的迭加性	214	7.4 最大功率传输定理	242
第四节 阻抗和导纳的概念	216	7.5 谐振电路的 Q	243
4.1 电路元件上的相量关系	216	第八节 阻抗与频率的归一化	244
4.2 阻抗和导纳的定义	219	提要	247
第五节 简单电路的正弦稳态分析	221	习题	248

第八章 耦合元件和耦合电路

第一节 耦合电感器	256	2.2 阻抗变换特性	270
1.1 线性定常耦合电感器的表征特性	256	第三节 受控电源	271
1.2 耦合系数	259	3.1 四种受控电源的特性	271
1.3 多绕组电感器及其电感矩阵	260	3.2 电路分析举例	273
1.4 耦合电感器的串联和并联	262	3.3 受控电源的其它特性	275
1.5 双调谐电路	264	提要	277
第二节 理想变压器	267	习题	278
2.1 两绕组理想变压器	267		

第九章 网络图和特勒根定理

第一节 图的概念	284	5.2 复功率守恒	296
第二节 割集和基尔霍夫电流定律	287	5.3 驱动点阻抗的实部和相位	297
第三节 回路和基尔霍夫电压定律	290	5.4 驱动点阻抗·功率的消耗和能量的储存	299
第四节 特勒根定理	292	提要	300
第五节 应用	295	习题	301
5.1 能量守恒	295		

第十章 节点分析与网孔分析

第一节 电源变换	305	4.1 平面图·网孔·外网孔	330
第二节 节点分析的两个基本规律	308	4.2 对偶图	333
2.1 KCL的含意	308	4.3 对偶网络	337
2.2 KVL的含意	311	第五节 网孔分析的两个基本规律	340
2.3 特勒根定理的再讨论	313	5.1 KVL的含意	340
第三节 线性定常网络的节点分析	315	5.2 KCL的含意	342
3.1 电阻性网络的分析	315	第六节 线性定常网络的网孔分析	343
3.2 用视察法写出节点方程	319	6.1 正弦稳态分析	343
3.3 正弦稳态分析	321	6.2 积分微分方程	346
3.4 积分微分方程	325	提要	347
3.5 简捷法	328	习题	349
第四节 对偶性	330		

第十一章 回路分析与割集分析

第一节 图论的基本定理	356	3.2 线性定常网络的割集分析	366
第二节 回路分析	358	3.3 割集导纳矩阵的性质	366
2.1 回路分析的两个基本规律	358	第四节 回路分析和割集分析评述	367
2.2 线性定常网络的回路分析	361	第五节 \mathbf{B} 和 \mathbf{Q} 之间的关系	368
2.3 回路阻抗矩阵的性质	363	提要	370
第三节 割集分析	363	习题	371
3.1 割集分析的两个基本规律	363		

第十二章 状态方程

第一节 线性定常网络	374	3.2 非线性情况	383
第二节 状态的概念	379	第四节 线性定常网络的状态方程	385
第三节 非线性和时变网络	381	提要	390
3.1 线性时变情况	381	习题	390

目 录

第十三章 拉普拉斯变换

第一节 拉氏变换的定义	393
第二节 拉氏变换的基本性质	396
2.1 唯一性	396
2.2 直线性	397
2.3 微分规则	398
2.4 积分规则	402
第三节 简单电路的求解	402
3.1 冲激响应的计算	404
3.2 部分分式展开式	406
3.3 零状态响应	411
3.4 卷积定理	412

3.5 全响应	413
第四节 一般网络的求解	415
4.1 线性代数方程的建立	415
4.2 余因子法	416
4.3 网络函数与正弦稳态	418
第五节 线性定常网络的基本性质	420
第六节 状态方程	423
第七节 变异网络	425
第八节 唯一性的充分条件	427
提 要	428
习 题	429

第十四章 固有频率

第一节 网络变量的固有频率	435
第二节 消元法	438
2.1 概述	438
2.2 等效方程组	440
2.3 消元算法	445

第三节 网络的固有频率	448
第四节 固有频率与状态方程	450
提 要	452
习 题	453

第十五章 网络函数

第一节 定义·例子和一般性质	455
第二节 极点·零点和频率响应	459
第三节 极点·零点和冲激响应	466
第四节 极点和零点的物理解释	470
4.1 极点	470
4.2 网络的固有频率	474

4.3 零点	475
第五节 在振荡器设计中的应用	477
第六节 对称性质	480
提 要	481
习 题	481

第十六章 网络定理

第一节 替代定理	488
1.1 定理·例子和应用	488
1.2 替代定理的证明	491
第二节 迭加定理	491
2.1 定理·备考·例子和推理	492
2.2 迭加定理的证明	495
第三节 戴维宁-诺顿等效网络定理	499
3.1 定理·例子·备考和推理	499

3.2 特殊情况	501
3.3 戴维宁定理的证明	504
3.4 戴维宁等效网络定理的一种应用	506
第四节 互易定理	508
4.1 定理·例子和备考	509
4.2 互易定理的证明	518
提 要	521
习 题	522

第十七章 双口网络

第一节 单口复习	531
第二节 电阻性双口	534
2.1 各种双口的描述	535
2.2 具有端接的非线性双口	536

2.3 增量模拟与小信号分析	537
第三节 晶体管实例	540
3.1 共基极接法	540
3.2 共射极接法	543

第四节 耦合电感器.....	545	第六节 其他的双口参数矩阵.....	555
第五节 双口的阻抗矩阵和导纳矩阵.....	547	6.1 混合型矩阵.....	555
5.1 (开路)阻抗矩阵.....	548	6.2 传输矩阵.....	557
5.2 (短路)导纳矩阵.....	551	提 要	560
5.3 具有端接的双口.....	553	习 题	561

第十八章 电阻性网络

第一节 实际网络和网络模型.....	568	第三节 电阻性网络的电压增益和电流增益.....	580
第二节 从功率观点分析电阻性网络.....	571	3.1 电压增益.....	580
2.1 无源电阻器组成的线性网络.....	571	3.2 电流增益.....	582
2.2 损耗功率的最小特性.....	574	提 要	583
2.3 适当选择的网络的最小化问题.....	576	习 题	584
2.4 非线性电阻性网络.....	579		

第十九章 能量与无源性

第一节 线性时变电容器.....	587	3.3 无源单口.....	601
1.1 电路的描述.....	588	第四节 指数型的输入和指数型的响应.....	602
1.2 把能量泵入电路.....	589	第五节 由无源线性定常元件组成的单口.....	605
1.3 状态空间解释.....	591	第六节 无源网络的稳定性.....	608
1.4 能量平衡.....	591	6.1 无源网络和稳定网络.....	609
第二节 储存于非线性时变元件中的能量.....	593	6.2 无源性和稳定性.....	610
2.1 非线性时变电感器中储存的能量.....	595	6.3 无源性和网络函数.....	613
2.2 非线性时变电感器中能量的平衡.....	596	第七节 参量放大器.....	613
第三节 无源单口.....	597	提 要	616
3.1 电阻器.....	598	习 题	617
3.2 电感器和电容器.....	600		

附录 A 函数和线性

第一节 函数.....	620	第二节 线性函数.....	622
1.1 函数概念引论.....	620	2.1 数量.....	622
1.2 正式定义.....	621	2.2 线性空间.....	623
		2.3 线性函数.....	624

附录 B 矩阵和行列式

第一节 矩阵.....	628	2.3 克莱姆法则.....	633
1.1 定义.....	628	2.4 行列式不等式.....	634
1.2 运算.....	628	第三节 线性相关和秩.....	635
1.3 其他定义.....	629	3.1 线性无关向量.....	635
1.4 $n \times n$ 矩阵的代数.....	630	3.2 矩阵的秩.....	635
第二节 行列式.....	631	3.3 线性独立方程.....	636
2.1 定义.....	631	第四节 正定矩阵.....	637
2.2 行列式的性质.....	631		

附录 C 微分方程

第一节 n 阶线性微分方程.....	639	2.2 多重特征根.....	642
1.1 定义.....	639	第三节 $L(D)y(t)=b(t)$ 的特解.....	643
1.2 以线性为基础的一些性质.....	639	第四节 非线性微分方程.....	644
1.3 存在和唯一性.....	641	4.1 方程的解释.....	645
第二节 具有常系数的齐次线性微分方程.....	642	4.2 存在和唯一性.....	646
2.1 相异特征根.....	642	译名对照表	648

第一章 集中参数电路和基尔霍夫定律

读者对电路并不陌生。我们许多人在高中和大学的物理课程中，都曾经接触过电路，在一些工程课程中也可能接触过电路。但是，在那里对于电路的讨论往往是通过许多特殊的例子来加以说明，而缺乏系统的论述。在本书中，我们对于电路的基本理论系采用系统的叙述方法，这就使得读者在学完本书以后，能确信自己对于电路的理解，并具有正确地分析任一给定电路的能力。此外，在系统地阐明电路理论的过程中，也能使读者通晓许多工程领域(例如通信、控制和力学系统等等)中若干重要的基本概念。因此，电路理论的系统性课程就成为培养工程技术人员，特别是电气工程师的重要基础。

电路理论(以及任何工程学科)系建立在模拟概念的基础上。要分析任何一个复杂的物理系统，我们必须用理想化的模型来描述这个系统，而理想化的模型则由一些理想化的元件组合而成。所谓理想化的元件本身也是一些简单的模型，它用来表达或近似地表达一些简单的实际元件或简单的物理现象的性质。虽然理想化元件只是近似地描述实际的元件或物理现象，但是理想化元件本身是由定义来精确地加以表征的。在电路理论中，我们是研究由理想化元件所构成的电路，并且是研究它们的一般性质。在一个实际电路已经给定的情况下，我们就有可能不断地改进它的理想化模型，从而使理想化模型的性状和实际电路的性状愈益接近。通过分析电路模型，我们能够预测实际电路的性状，并设计出更好的电路。

在电路理论中的模型，是同经典力学中所熟知的质点和刚体相类似的。质点是小物体的模型。按照定义，质点是没有实际尺寸的。但是它的确具有肯定的质量，同时有完全确定的位置、速度和加速度。同样，刚体被认为具有一定的形状、质量和惯量等等，而且我们假定，不管刚体受到多大外力的作用，刚体中任何两点之间的距离是不变的。严格说来，在自然界中并不存在着质点和刚体这样的东西，然而，这些理想化的模型却能成功地用于设计机器、飞机、火箭等等。在下面第二章中所讨论的这些电路元件，都是一些具有精确的表征特性的模型。这些特性乃是实际使用的元件的物理特性之理想化。把这些电路元件相互连接起来，就成为电路。我们正是借助于这种理想化的模型来分析和设计实际的电路。

有两种类型的电路：集中参数电路和分布参数电路。在本书中，我们只研究集中参数电路。我们之所以这样做是由于两方面的原因：第一，集中参数电路较易于理解 and 设计，这种电路类似于由相互作用的质点集所构成的力学系统。第二，分布参数电路的理论系建立在集中参数电路理论的基础之上。其实，一个分布参数电路可以看成是一连串集中参数电路的序列的极限，正如在力学中弦和膜的方程可以看成是相互作用的质点系统当质点的数目趋于无穷大，且质点之间的距离趋于零时的极限情况。

第一节 集中参数电路

集中参数电路系由集中参数元件连结而成。典型的集中参数元件是电阻器、电容器、电感器和变压器等。这些元件我们在实验室里曾经接触过，在无线电收音机中也能见到它们。集中参数元件的一个主要特点是外形尺寸很小(同正常工作频率所对应的波长相比较而言)。如果从更一般的电磁场的观点来考察，集中参数元件相当于一个奇异的点，这就是说，它们的实际尺寸可略而不计。从这一意义上来说，它们和质点相似。集中参数元件有二个端点的，如电阻器，和多于二个端点的，如变压器或晶体管。对于二端的集中参数元件，根据电磁场的普遍定律并考虑到上述对元件尺寸的限制，可以证明在任何时刻从元件的一端流入的电流恒等于另一端流出的电流；