



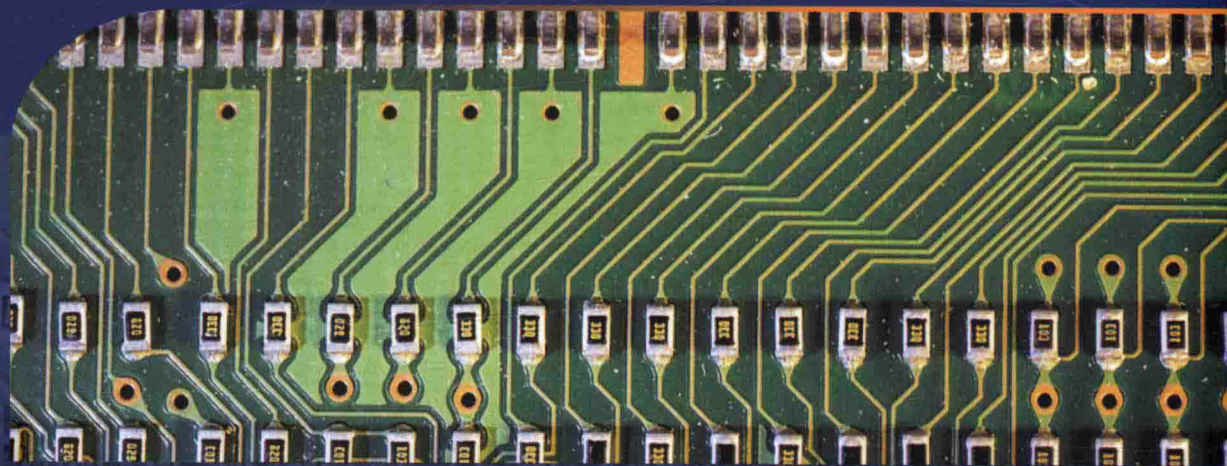
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新工科暨卓越工程师教育培养计划电子信息类专业系列教材

丛书顾问/ 郝 跃

DIANLU LILUN

电路理论 (第三版)

- 主 编/ 涂玲英 王东剑 贺章擎
- 副主编/ 郭星锋 黄元峰 周冬婉
- 主 审/ 付 波





普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新工科暨卓越工程师教育培养计划电子信息类专业系列教材

丛书顾问/ 郝 跃

DIANLU LILUN

电路理论 (第三版)

- 主 编/ 涂玲英 王东剑 贺章擎
- 副主编/ 郭星锋 黄元峰 周冬婉
- 主 审/ 付 波



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材《电路理论》(第二版)的再版。全书立足于高等教育对人才培养的新要求,以学生学习成果为导向,以教学效果持续改进为指导思想,在教材中引入 Matlab、Multisim 仿真软件,增加工程应用案例,融入大量的数字化教学资源,致力于培养学生创新意识及实际解决复杂工程问题的能力。

本书共分为 12 章,主要内容包括:电路模型及电路定律;电路等效变换;电路一般分析方法;电路定理;动态电路时域分析;正弦稳态电路分析;电路频率特性;含耦合电感电路;三相电路;非正弦周期电流电路分析;线性动态电路的复频域分析;二端口网络。学习难度从入门到提高,便于读者循序渐进地学习和掌握。

本书可作为高等学校自动化类、电气工程类、电子信息类等相关专业本科生教材,也可供相关工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

电路理论/涂玲英,王东剑,贺章擎主编.—3 版.—武汉:华中科技大学出版社,2021.11
ISBN 978-7-5680-7587-9

I. ①电… II. ①涂… ②王… ③贺… III. ①电路理论 IV. ①TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2021)第 199695 号

电路理论(第三版)

Dianlu Lilun (Di-san Ban)

涂玲英 王东剑 贺章擎 主编

策划编辑:王红梅

责任编辑:王红梅

封面设计:秦 茹

责任校对:刘 竣

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉) 电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园 邮编:430223

录 排:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:武汉开心印印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:20.25

字 数:490 千字

版 次:2021 年 11 月第 3 版第 1 次印刷

定 价:58.00 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

第三版前言

高校教材建设是专业课程建设的重要组成部分,2018年9月,全国教育大会上习近平主席就“培养什么人”“怎样培养人”“为谁培养人”的问题作了深刻指示,强调教育是民族振兴、社会进步的重要基石,是功在当代、利在千秋的德政工程,对提高人民综合素质、促进人的全面发展、增强中华民族创新创造活力、实现中华民族伟大复兴具有决定性意义。

随着新工科建设与推进,传统教材理论讲授多、应用动手实践少的单一模式已落后于新工科对于专业课程建设的要求。随着教学手段的多样化,教材建设也要适应新形势下的新目标、新要求。

目前,电路理论课程建设已取得很大发展,具有了慕课平台、省级金课、虚拟仿真实验、翻转课堂等多种形式,使得学生的学习形式、学习方式及效果发生了很大的变化。本书编写试图从课程性质与课程目标定位、课程内容与教学要求、基本概念、系统分析与综合等问题入手,合理设计各章节知识点,提升本书的科学性和前瞻性,结合线上线下教学,建设立体化教材。总之,希望通过本次再版,使教材的内容更有助于培养学生的创新意识、实践动手解决复杂工程问题的能力、自主学习的能力、团队协作与沟通的意识与能力。

“电路理论”是电气工程及其自动化、电子信息工程、通信工程以及电子科学与技术专业的一门重要的大类基础课程。“电路理论”课程理论严密、逻辑性强,有广阔的工程背景。它是以分析电路中的电磁现象,研究电路的基本原理及电路的分析方法为主要内容的课程。本课程的学习,对树立学生严肃认真的科学作风和理论联系实际的工程观点,培养学生的科学思维能力、分析计算能力、实验研究能力和科学归纳能力都有重要的作用。本课程要求学生掌握电路的基本理论知识、电路的基本分析方法和初步的实验技能,为学习后续课程准备必要的电路知识。

本书第二版出版已有十余年,此次再版基于2010年6月教育部试点实施的“卓越工程师教育培养计划”(简称卓越计划),卓越计划具有企业深度参与培养过程的要求,学校按照国家工程认证通用标准和行业标准培养工程人才,强化培养学生工程能力和创新能力的要求和特点;基于2016年6月在吉隆坡召开的国际工程联盟大会上,全票通过了我国加入《华盛顿协议》的转正申请,这标志着我国高等工程教育质量在国际上得到认可,加快了我国工程教育国际化步伐;基于2017年2月18日教育部在复旦大学召开“综合性高校工程教育发展战略研讨会”,第一次公开提出“新工科”概念,并发布了有关新工科的十点共识,即“复旦共识”,初步提出了新工科的内涵特征、新工科建设与发展的路径选择等内容;基于《教育部关于一流本科课程建设的实施意见》[教高(2019)

8号]推动教师精品在线开放课程,打造具有高阶性、创新性、挑战度的“金课”;基于2020年5月28号教育部关于印发《高等学校课程思政建设指导纲要》的通知,通过“课程思政”示范课程建设,全面提升教师育人意识,强化教师教书育人主体责任,推动教师在教学活动中坚持知识传授与价值引领相统一、显性教育与隐性教育相统一,充分发掘各类课程和教学方法中蕴涵的思想政治教育资源,进一步完善课程育人机制,构建课程育人新体系。本书的第三版是在这样的背景下编写的。

正是基于以上背景要求,此次教材改编我们将以学生学习成果为导向,持续改进为指导思想,贯穿于学生成长的各个环节,强调教育产出的质量。确定此次《电路理论(第三版)》改编的主要新增内容有:(1) 在每章后面增加了自测小练习,着力培养学生自主学习、团队协作与沟通的意识和能力等;(2) 在教材中引入 Matlab、Multisim 仿真软件知识,着力培养学生将数学和现代计算工具应用于解决复杂电路分析及设计的能力;(3) 章节后面增加工程案例,启发学生创新性思维,能识别和判断电子系统中的关键环节和参数,能对相关工程问题进行表达及系统分析运用工程知识解决复杂系统问题;(4) 章节后面增加课外资料阅读,介绍了电路领域具有代表性的科学家的典型事例,激励学生勤勉探究、发奋爱国的情怀,通过在教材中融入思政教育元素,全面提升教师育人意识,强化教师教书育人主体责任,构建课程育人新体系;(5) 构建立体化教学体系,充分利用网络教学,同步在超星学习通及中国大学慕课上建课,学生通过扫码进课程学习。

本书共分为12章,第1章重点讲电路的基本概念、基本元件及基尔霍夫定律,将第二版第1章入端电阻的求解及等效的概念内容放在第2章中,重点突出等效的概念,为后面戴维宁定理理解打基础。第3章电路的一般分析方法,是在第二版第2章的基础上增加了各种类型电路的回路法和节点分析方法,便于学生根据电路不同类型选择合适的分析方法。第5章动态电路时域分析是将第二版的第8章一阶电路和第9章二阶电路合并成动态电路重新编写并强调了冲激信号和阶跃信号的概念,为后面的复频域的分析打基础。第6章在第二版第4章正弦交流电路基础上删掉谐振内容重新编写,并将电路谐振内容划归到第7章电路频率特性并增补新的内容,有助于读者系统理解低通、高通及谐振的概念。第10章非正弦周期电流电路在第二版第7章基础上删掉了低通、高通滤波电路,以免和第7章内容重复。第11章线性动态电路复频域分析是在第二版第10章基础上增加部分内容进行了合理取舍,使内容逻辑性更强。删除了第二版的第12章电路方程的矩阵形式,删除第13章磁路与铁芯线圈电路。学习难度从入门到提高,便于读者循序渐进地学习和掌握。

本书第三版由湖北工业大学涂玲英任第一主编,负责制定编写提纲及全书修改、统稿工作,湖北工业大学付波教授主审,并在本书编写过程中提出不少建设性的意见。参与本次教材修订的还有湖北工业大学王东剑、贺章擎、周冬婉、张小华,武汉工程大学的黄元峰、郭星锋。具体分工为:第1章由涂玲英编写,第2章由王东剑编写,第3章由周冬婉编写,第4章由郭星锋、涂玲英编写,第5章由王东剑编写,第6章由郭星锋、王东剑编写,第7章由王东剑编写,第8章由黄元峰、王东剑编写,第9章由周冬婉、贺章擎编写,第10章由黄元峰、涂玲英编写,第11章由涂玲英编写,第12章由涂玲英、贺章擎

编写。全书数字教学资源由湖北工业大学张小华、王慧、童静、韦琳编写,湖北工业大学杨雪健、黄周、詹云峰、王超、鲁栋协助补充了部分文献查阅和应用分析案例内容。本书为读者提供全部习题解答,见正文末二维码中内容。需要特别指出的是,本书第三版内容中仍然包含第一版和第二版诸多参编者的辛勤劳动成果。本书编写再版过程中还得到湖北工业大学电气与电子工程学院领导和老师们的支持。在出版之际,请允许我向所有对于本书编写、修改、出版提供过帮助与支持的领导、老师们表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免有不足,恳请广大读者和师生进一步批评和建议。

编 者

2021年10月

第二版前言

“电路理论”课程是电气信息类学科的专业基础课,也是相关专业的硕士研究生入学考试科目,因此该课程在相关专业的本科教学中具有重要的地位。

本书初版于2006年,后重印了三次,并很快售罄。为了适应高等教育改革的需要,进一步提高本科教学质量,我们应华中科技大学出版社的要求对书稿做了修改。

与第一版相比较,第二版在内容上进行了扩充与调整,主要的变动如下。

(1) 对第3章“电路定理”进行了重新编写,具体修改的地方有:

① 结合具体事例引出叠加定理,使该定理更加容易理解与掌握,增加了叠加定理对含受控源电路的分析;

② 增加了替代定理的证明;

③ 增加了戴维宁和诺顿定理的证明,并对等效电阻的求法进行了详细说明;

④ 增加了最大功率传输定理,对负载获得最大功率的条件及最大功率的计算进行了详细的推导说明;

⑤ 对特勒根定理一节内容的部分例题进行了更换;

⑥ 增加了互易定理三种形式的典型算例。

(2) 将第12章“网络图论与状态方程”一章,更名为“电路方程的矩阵形式”,并进行了重新编写,具体修改的地方有:

① 以示例的形式对关联矩阵、回路矩阵、割集矩阵进行了详细描述;

② 对节点电压方程的矩阵形式增加了含受控源及互感情况的详细分析;

③ 对回路电流方程的矩阵形式增加了含受控源及互感情况的详细分析;

④ 对状态方程一节,增加了特有树列写状态方程的方法。

(3) 对全书符号进行了统一,如含源一端口表示为 N_s ,无源一端口表示为 N_o ,无源电阻网络表示为 N_R ,戴维宁等效电阻表示为 R_{eq} 等。

在第二版编写过程中,我们按照重基础、重思想方法、重结构和衔接、重实际应用、重利于教学的原则组织、编写教学内容,并注重各章节之间的联系;对论述的每一个问题都列举了典型例题,帮助读者深入掌握教学内容,以达到举一反三的目的。在例题分析中着重讲清解题思路、步骤和方法,注重读者知识面的扩展和能力培养。

第二版每章后习题与第一版相同,仍可与第一版《电路理论》的配套参考书《电路理论学习与考研指导》配套使用。同时,我们更新了与第二版相配套的教学光盘。

参加修改工作的有:湖北工业大学的邹玲老师和武汉工程大学的罗明、黄元峰老师。具体分工为:罗明编写第3章,黄元峰编写第12章,邹玲负责第3章和第12章的审稿。

本书在某些方面所做的变动,以及书中不尽如人意之处恳请读者批评指正。一些教师与学生对此书提出了若干修改意见,在此一并致谢!

编者

2009年5月

第一版前言

“电路理论”是各类高等学校电类专业的核心课程,是新世纪高等学校信息技术学科和电气工程学科学生必备的知识基础,是相关学科与工程的理论与应用基础,是新兴边缘学科的发展基础。电路理论既是电气信息学科专业基础课程平台中的一门重要课程,也是学习后续专业课程及今后开展工作的技术基础。

无论是强电专业还是弱电专业,大量问题都涉及电路知识,电路理论为研究和解决这些问题提供了重要的理论和方法。通过本课程的学习,学生可以掌握电路理论的基本定律(理)与各种分析、计算方法及初步的实验技能,增强应用基础知识解决工程实际问题的能力,并在今后工作中受益。

为了发展并完善教学体系与内容的改进,应用现代教育技术提升教学水平,拓宽电气信息学科学生的专业口径和培养需求,促进电路理论与相关学科交叉、融合并与工程实践的发展相结合,本教材以下七个方面作为教材编写的基础:

- (1) 基于“双网络大电路平台”系统的教学改革思想;
- (2) 基于获得湖北省优秀教学成果奖的“双网络大电路平台”系统;
- (3) 基于被评为 2005 年湖北省高等院校精品课程的电路理论课程;
- (4) 基于 20 多年的“电路理论”教学经验和讲义的良好使用和改进;
- (5) 基于建设立体化教材系统的思路;
- (6) 基于多所高校同类学科共同合作、整合优势、资源共享的理念;
- (7) 基于本教材成功申报普通高等院校“十一五”国家级规划教材。

为此,湖北工业大学、中南民族大学、长江大学及武汉工程大学等组建了本教材的编写团队。每位参编教师根据自己学校的实际教学改革经验,并参考了国内外相关资料,经过多次集体讨论,对本教材在内容上的立意和创新点达成以下共识:

- 建立本课程及平台网站与学生间的“亲和力”;
- 传承并拓展学生数学、物理的基本能力;
- 努力构建与学生主动学习相适应的教学体系,增强学生的自学能力;
- 突出全书基本定律(理)和基本分析方法主线,提高学生的分析能力;
- 增长学生知识面,激发学习兴趣,构建工程观点与知识的应用能力;
- 加强和充实学生分析、解决实际问题的综合能力。

随着教学工作由以教师为中心向以学生为中心转变,需要编写一种由主教材和各种辅助教材组成的全方位立体化教材系统以供学生使用。本教材以“双网络大电路平台”为基础,建设了“电路理论”网络课程及网站 <http://202.114.176.30/html/bkjjx/jp.htm> 以作为支撑平台。以人机交互方式实现的习题库集成在子系统“在线答疑”中。

教材配套光盘包含了学习指导、电子教案、典型例题精解、知识点、动画等几个部分,其中,学习指导包含了每章的教学目的、要求以及重难点提示,用于学生课前预习和教师在讲授每章知识点之前的系统介绍;电子教案包含每章的主要内容、全部电路图和公式,便于教师利用这些素材进行课堂教学和学生的课后自主学习;典型例题精解可帮助教师完成两个学时的课堂习题课;一些重要的和比较难以理解的知识点则制成了动画,让学生更加形象和深刻地理解所学知识。本教材提供的教学学时数为48~120学时,使用本教材的教师可自主选择章节及相关知识点进行讲授,标有“*”号的章节为选学内容,是为学有余力的学生编写的。本教材还将 Matlab 直接在相关章节进行了应用,这在国内教材上尚属首次,也算是一个初步的尝试。

本书由湖北工业大学邹玲和武汉工程大学姚齐国担任主编,分别负责全书上、下部的统稿和最后的校订工作。参加编写的有中南民族大学的刘松龄、张志俊,长江大学的金波,武汉工程大学的罗明,湖北工业大学的韦琳、王东剑、童静、周冬婉和黄石理工学院的邱霞。

具体分工为:邹玲编写第1、4章;张志俊编写第2、7章;邱霞编写第3、13章;罗明编写第5、6章;刘松龄编写第8、9章;金波编写第10章;韦琳编写第11章;姚齐国编写第12章;王东剑编写附录。周冬婉、童静参加了部分习题的编写工作。教材中的配套光盘由湖北工业大学童静、王东剑、周冬婉、刘琍、韦琳、王慧、王超制作完成。

本书在编写过程中,参阅了以往其他版本的同类教材和相关的文献资料等,在此对相关作者表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,书中有不妥或错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2006年6月

1	电路模型及电路定律	(1)
1.1	电路的基本概念	(1)
1.2	电阻元件	(5)
1.3	独立电源	(7)
1.4	受控源	(10)
1.5	基尔霍夫定律	(11)
	本章小结	(13)
	自测练习题	(14)
	习 题	(15)
	课外阅读资料	(18)
2	电路等效变换	(22)
2.1	电路的等效变换概念	(22)
2.2	无源一端口网络的等效变换	(23)
2.3	含源一端口网络的等效变换	(28)
2.4	含受控源一端口网络的等效	(31)
	本章小结	(32)
	自测练习题	(33)
	习 题	(34)
	应用分析案例	(35)
3	电路的一般分析法	(37)
3.1	电路的图	(37)
3.2	支路电流法	(39)
3.3	回路电流法	(42)
3.4	节点电压法	(48)
3.5	Matlab 计算	(55)
	本章小结	(57)
	自测练习题	(58)
	习 题	(58)
	应用分析案例	(60)
4	电路定理	(63)
4.1	叠加定理	(63)
4.2	替代定理	(68)
4.3	戴维宁定理和诺顿定理	(70)

4.4	最大功率传输定理	(76)
4.5	特勒根定理	(77)
4.6	互易定理	(79)
4.7	对偶原理	(82)
	本章小结	(83)
	自测练习题	(84)
	习 题	(85)
	应用分析案例	(89)
5	动态电路时域分析	(91)
5.1	储能元件	(91)
5.2	一阶电路的基本概念	(95)
5.3	一阶电路的初始条件	(98)
5.4	一阶电路零输入响应	(100)
5.5	一阶电路零状态与全响应	(102)
5.6	一阶电路的阶跃响应与冲激响应	(104)
5.7	二阶电路的基本概念	(106)
5.8	二阶电路的零输入响应	(107)
5.9	二阶电路的全响应	(112)
	本章小结	(116)
	自测练习题	(117)
	习 题	(117)
	应用分析案例	(120)
6	正弦稳态电路分析	(122)
6.1	正弦交流电路基本概念	(122)
6.2	正弦交流电路相量分析法	(125)
6.3	电阻、电感、电容元件的 VCR 相量形式	(131)
6.4	复阻抗与复导纳	(135)
6.5	正弦交流电路的计算	(142)
6.6	正弦交流电路的功率	(148)
6.7	正弦电路的 Matlab 仿真实验	(155)
	本章小结	(157)
	自测练习题	(158)
	习 题	(159)
	应用分析案例	(161)
7	电路频率特性	(164)
7.1	网络函数	(164)
7.2	RC 低通滤波器	(164)
7.3	RC 高通滤波器	(165)
7.4	RLC 串联谐振电路	(167)
7.5	并联谐振电路	(172)

7.6	Matlab 计算	(174)
	本章小结	(175)
	自测练习题	(176)
	习 题	(176)
	应用分析案例	(178)
8	含耦合电感电路	(180)
8.1	耦合电感的伏安关系与同名端	(180)
8.2	耦合电感的连接及去耦等效电路	(185)
8.3	含耦合电感器复杂电路的分析	(190)
8.4	空心变压器	(194)
8.5	理想变压器	(196)
	本章小结	(199)
	自测练习题	(199)
	习 题	(200)
	应用分析案例	(203)
9	三相电路	(205)
9.1	三相电路的基本概念	(205)
9.2	三相负载	(208)
9.3	对称三相电路的计算	(211)
9.4	非对称三相电路的计算	(215)
9.5	三相电路的功率计算	(217)
9.6	三相电路的功率测量	(218)
	本章小结	(221)
	自测练习题	(222)
	习 题	(223)
	应用分析案例	(226)
10	非正弦周期电流电路	(228)
10.1	非正弦周期电流电路的基本概念	(228)
10.2	周期信号的傅立叶级数展开	(232)
10.3	非正弦周期电压、电流信号的有效值、平均值	(238)
10.4	非正弦周期电流电路的平均功率(有功功率)	(239)
10.5	非正弦周期电流电路的分析	(241)
10.6	周期信号的频谱	(243)
	本章小结	(248)
	自测练习题	(248)
	习 题	(249)
	应用分析案例	(252)
11	线性动态电路复频域分析	(254)
11.1	拉普拉斯变换	(254)
11.2	拉氏反变换	(259)

11.3	运算电路与运算法	(265)
11.4	拉氏变换法分析动态电路	(269)
11.5	网络函数	(272)
	本章小结	(279)
	自测练习题	(279)
	习 题	(280)
	应用分析案例	(282)
12	二端口网络	(284)
12.1	二端口网络概述	(284)
12.2	二端口网络方程及参数	(285)
12.3	二端口网络的等效电路	(294)
12.4	二端口网络的连接	(298)
	本章小结	(304)
	自测练习题	(305)
	习 题	(305)
	应用分析案例	(308)
	参考文献	(310)

电路模型及电路定律



本章介绍电路的基本概念、电路模型、电压和电流的参考方向、线性电阻、独立电源和受控源等电路元件、电路的三种基本工作状态。电路中,电压、电流之间的关系受两类约束,一类是由元件自身特性形成的元件约束,即元件的伏安关系;一类是由元件间连接形成的不同电路结构的几何约束(或拓扑约束),这些约束由基尔霍夫电压定律(KVL)、基尔霍夫电流定律(KCL)来描述。基尔霍夫定律是电路分析的基本定律,这两类约束关系揭示了电路中电磁变化的基本规律,是分析电路的基本理论依据。本章学习可为后面各章电路分析奠定必要的基础。

1.1 电路的基本概念

电是一种广泛应用的能量形式及携带信息的载体,在日常生活、工农业生产及科技领域应用极为广泛,如在电力系统中,通过大规模发电、输电,将电能进行转换,保障工农业生产及日常生活需求;如在通信领域,通过对电信号进行分析加工处理,得到我们需要的各种信息。

1.1.1 电路的组成部分和作用

电路是为了某种需要,由电气器件按一定方式用导线连接起来的电流通路,由电源(或信号源)、负载和中间环节三部分组成,用来实现人们所需要的功能。电源是产生电能的装置,如蓄电池、发电机等。负载是取用电能并将电能转换成其他形式能量的装置,如电动机、照明灯、电扇等。中间环节是连接电源和负载的部分,包括连接导线、控制开关和保护装置等,主要起传输、控制和分配电能的作用。






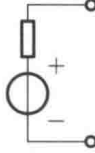
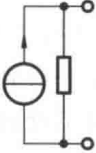


实际应用中,电路形式多种多样,有跨越几个城市的大型电路,有小到集成电路芯片上集成的成千上万的复杂电路。电路按其作用来分,可分为两类:一类是实现能量的传输与转换,如电力系统,这类电路电压较高,电流和功率较大,习惯上常称为“强电”电路;这类电路主要考虑在电能的输送和转换中,电路的能量损耗尽可能小、效率尽可能高。另一类是实现信号的传递和处理,如扩音机电路,天线接收从空中传来的载有声音信息的无线电波作为信号源,通过选频、放大、滤波等处理,最后由扬声器播出声音。这类电路由于电压低,电流和功率较小,习惯上常称为“弱电”电路;对这类电路主要考虑

信号在传递过程中保证信号失真尽可能地小。

1.1.2 电路模型

工程上运行的实际电路往往很复杂,构成实际电路的电气器件的电磁性也很复杂,如电阻器、电容器、电感线圈、电动机、运算放大器及电源设备等,在实际运行中其电磁性是复杂多变的,要在数学上精确描述这些现象是有一定困难的。为了便于对实际电路进行分析和用数学表达式进行描述,将实际电路的电气器件在一定条件下按其主要的电磁性质加以理想化,即在一定条件下抓住其主要的电磁性质,忽略次要因素,从而得到一系列理想元件。主要理想元件有电阻元件、电容元件、电感元件和电源元件等,表 1-1 中列出部分常用电路元件的符号。

表 1-1 部分常用电路元件符号

电阻元件符号 	电感元件符号 	电容元件符号 
理想电压源符号 	理想电流源符号 	实际电压源符号 
实际电流源符号 	受控电流源符号 	受控电压源符号 

需要注意的是:

(1) 不同的实际电路部件,只要具有相同的主要电磁性能,在一定条件下可用同一个模型表示。

(2) 同一个实际电路部件在不同的应用条件下,它的模型也可以有不同的形式。

如图 1-1 所示的是实际电感元件在不同应用条件下的三种模型。

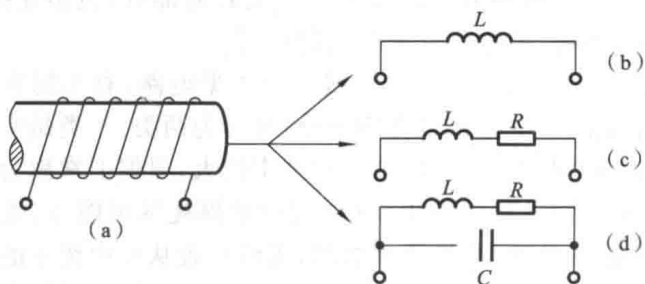


图 1-1 实际电感元件三种模型



由理想元件所组成的电路,称为实际电路的电路模型。也就是说,电路模型是为了某种需要由一些理想元件连接而构成的整体,是实际电路的一种近似,对一个实际电路建立电路模型可以给分析和研究电路问题带来很大方便。电路模型是判断实际电路电气性能和指导电路设计的重要依据。图 1-2(a)所示的简单实际电路,由电池、灯泡、开关和导线组成,其电路模型如图 1-2(b)所示。图中,电池为理想电压源 u_s 和电阻 R_s 串联而成的实际电压源模型,是提供电能的电源;灯泡是用电装置,也称为负载,用电阻元件 R 表示;连接的导线用线段表示,不计损耗,与开关一起构成连接电源与负载、传输电能的中间环节。

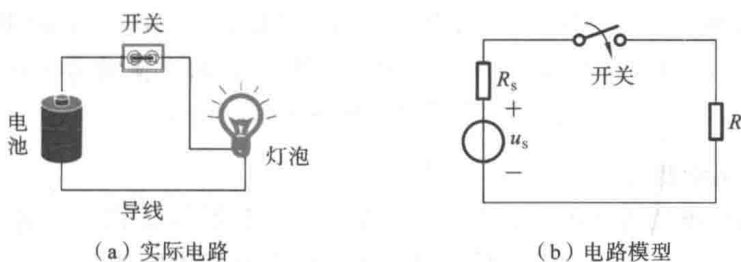


图 1-2 简单实际电路及模型

1.1.3 基本物理量及电压和电流的参考方向

电路的基本物理量有电流 i 、电压 u 、电动势 E 、电位 φ 、电荷 q 、磁通 Φ 、电功率 p 和电能 W 也是电路的重要物理量。在电路分析中,由于电压、电流的实际方向可能未知,因此有必要设置电压、电流的参考方向。注意:电压和电流的方向,有实际方向和参考方向之分,要加以区别。

1. 电流

电流:在电场力的作用下电路中带电粒子有规则的定向运动形成电流,用 i 表示,其大小等于单位时间内通过导体横截面的电荷量,即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

电流的实际方向:规定正电荷移动的方向或负电荷移动的反方向为电流实际方向。

电流的单位:单位是安培(库仑/秒),简称“安”,用符号“A”表示;另外,还有毫安(mA)、微安(μA)等单位,它们的换算关系如下:

$$1 \text{ A} = 10^3 \text{ mA} = 10^6 \mu\text{A}$$

若电流的大小和方向都不随时间的变化而变化,称为直流电流;若电流的大小和方向都随时间的变化而变化,则称为交流电流,习惯上规定正电荷移动的方向为电流的实际方向。

电流的参考方向:在分析简单电路时,实际方向很容易知道,但在分析复杂电路时很难确定电流的实际方向,这就要求事先假定一个电流方向,称为电流的参考方向(也有的称正方向),用带箭头的线段表示。可见,在参考方向选定后,电流就有正负之分了。如图 1-3 所示,选定了电流参考方向后,当电流的实际方向与所选定的电流参考方向一致时,则电流为正值($i > 0$) (图中实线箭头表示电流参考方向,虚线箭头表示电流实际方向),如图 1-3(a)所示;当电流的实际方向与所选定的电流参考方向相反时,则