

教材

电路与电子技术

(第二版)

吴建强 张继红 主编

高等教育出版社

se·教材

电路与电子技术

(第二版)

吴建强 张继红 主编

高等教育出版社·北京

内容简介

本书是供学习 MOOC(massive open online courses, 大规模在线开放课程)使用的教材,其内容既突出了有关知识点的叙述,又兼顾了电工学课程内容的整体性。作者在书中对电工学内容的重点、难点及分析、求解问题有着非常详细的论述,特别适合于读者在自主学习模式下学习的需要。

全书按照教育部高等学校电工学课程教学基本要求组织编写,但特别突出了 MOOC 的特点,有关知识点的重要内容被编为书中的主要内容部分,其他内容则被编为扩展内容部分。这样不仅突出了学习的重点,而且对于知识的系统性和连贯性也有所照顾。同时也便于读者对学习内容的取舍,这样编写教材,也是一种新的尝试。

本书共分 11 章,三大部分:电路基础部分(第 1 章至第 4 章);模拟电路部分(第 5 章至第 7 章);数字电路部分(第 8 章至第 11 章)。为了加强人文素质教育,本书还在每部分的后面附有电工电子技术发展简史及科学家简介。

本书不仅可作为通过 MOOC 学习电工学、电工与电子技术各类人员的教材,也可作为高等学校非电类各专业人员学习电工学、电工与电子技术理论课的教材或教学参考书。

本书由大连理工大学唐介教授审阅。

图书在版编目(CIP)数据

电路与电子技术 / 吴建强, 张继红主编. --2 版

. -- 北京: 高等教育出版社, 2018.3

iCourse · 教材

ISBN 978-7-04-049020-6

I. ①电… II. ①吴… ②张… III. ①电路理论-高等学校-教材②电子技术-高等学校-教材 IV. ①TM13
②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 294720 号

策划编辑 金春英

责任编辑 孙琳

封面设计 于文燕

版式设计 马敬茹

责任校对 刘娟娟

责任印制 赵义民

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 北京中科印刷有限公司

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 30

字数 680 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 2015 年 9 月第 1 版

2018 年 3 月第 2 版

印 次 2018 年 3 月第 1 次印刷

定 价 60.00 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

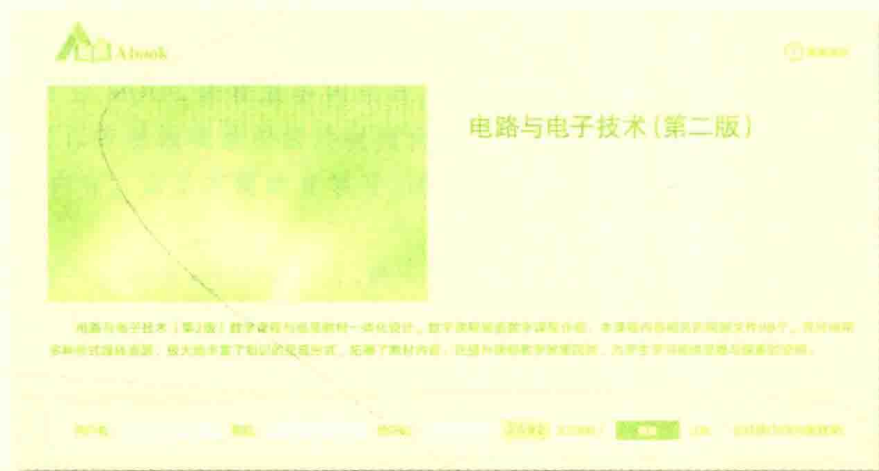
物料号 49020-00

电路与 电子技术

(第二版)

吴建强 张继红

- 1 电子计算机访问<http://abook.hep.com.cn/1249542>, 或手机扫描二维码、下载并安装 Abook 应用。
- 2 注册并登录, 进入“我的课程”。
- 3 输入封底数字课程账号(20 位密码, 刮开涂层可见), 或通过 Abook 应用扫描封底数字课程账号二维码, 完成课程绑定。
- 4 单击“进入课程”按钮, 开始本数字课程的学习。



课程绑定后一年为数字课程使用有效期。受硬件限制, 部分内容无法在手机端显示, 请按提示通过计算机访问学习。

如有使用问题, 请发邮件至 abook@hep.com.cn。



扫描二维码
下载 Abook 应用

<http://abook.hep.com.cn/1249542>

第2版前言

2017年6月,哈尔滨工业大学电工学教研室制作的“电路与电子技术”MOOC课程在教育部高等教育课程资源共享平台——爱课程(iCourse)的“中国大学MOOC”上正式上线了。为了使我们2015年出版的《电路与电子技术》教材更好地为已经上线的MOOC课程服务,使之更加贴近MOOC课程,方便广大“电路与电子技术”MOOC课程的学习者,我们对《电路与电子技术》一书进行了修订。

在修订的过程中,我们突出教材为MOOC课程服务的原则,在书中一些知识点旁边加入二维码,使读者在阅读教材时可以方便地观看相应的视频内容。对于书中一些重点内容,采用了双色印刷,突出了这些内容。为了方便读者学习,请登录本书配套课程网站<http://abook.hep.com.cn/1249542>。

另外,我们对第一版书中出现的一些错误,进行了更正,统一了一些图形和文字符号,对于一些器件型号也采用了工程上所流行的型号。

参加第二版教材修订工作的教师有:张继红(第1、2章);刘晓芳(第3、4章);郑雪梅(第5、6章);刘桂花(第7章);杨威(第8、9章);吴辉(第10、11章)。此外,郑雪梅、杨威、刘桂花老师还对教材中知识扩展章节的内容进行了修订。

哈尔滨工业大学的“电工学”课程现为国家级精品资源共享课程,2013年就已经在爱课程(iCourse)上线,建设了大量的数字化“电工学”课程资源,希望被广大学习“电路与电子技术”MOOC课程的朋友们广为利用。

MOOC课程是一种新的学习模式,面向MOOC课程编写教材也是一种新的尝试,希望读者能够喜欢这部教材,并对大家学习MOOC课程有所帮助,也希望读者多提意见,共同改进我们的MOOC课程和教材,谢谢大家!

编者

2017年11月哈尔滨工业大学



MOOC 宣传片

第1版前言

近些年网络信息技术的迅速发展,促进了教育教学的变革,MOOC(massive open online courses,大规模在线开放课程)等新型在线开放课程和学习平台在世界范围迅速兴起。MOOC拓展了教学时空,增强了教学吸引力,激发了学习者的学习积极性和自主性,扩大了优质教育资源受益面,在促进教学内容、方法、模式和教学管理体制机制的改革等方面起到了积极的作用。MOOC作为课堂教学的重要补充,使每个学生都能得到高质量的个性化教育成为可能,为高校学生学习各种课程提供了一种全新的教学模式。

哈尔滨工业大学电工学教研室于2014年开始建设“电工与电子技术”课程的MOOC。在MOOC建设期间,我们逐渐认识到,相对于传统的课堂教学模式,MOOC有可重复性好、可选择优势的教学资源、不受时空限制、自由开放等特点,适合现代教育鼓励学生自主学习理念。但MOOC同时具有学习时段短,学习内容碎片化的特点,致使学生在学习过程中感到学习过程不够连贯,学习的内容系统性较差。在实践过程中,我们认为若要弥补这方面的缺陷,首先需要建设一部适合MOOC教学模式要求的教材。学生通过对教材的学习,能够将MOOC讲述的各知识点的内容衔接起来,使对所学知识更为连贯,对知识内容的理解更为系统和全面。但我们现有的一些教材并不适合MOOC这样的学习模式。为此,我们为适应MOOC教学需要,特意编写了这本《电路与电子技术》教材。该教材有如下特点:

1. 对各章节的内容按知识点的顺序进行编排。这样既能满足对应MOOC对于知识点的讲解,又照顾到将其各知识点联系、贯通起来,把MOOC讲授的知识内容碎片进行系统化。
2. 在内容的叙述上尽量做到讲解生动详细,十分适合自学。力求学生在观看MOOC视频后没能理解的内容,能通过对教材的阅读和学习而能理解和弄懂。
3. 配以丰富的例题和习题,加深读者对课程内容的理解。
4. 把同知识点关联比较密切的内容,列为基本内容;其他内容则列为扩展内容,读者可以进行选择性的学习。
5. 在部分章节中,编写了一些关于电工、电子技术的发展史,以及电工电子领域内的一些著名科学家简介,多了一些人文相关内容,增加了读者的阅读兴趣。

本书在编写过程中,参照了教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会制定的“电工学”课程教学基本要求。该教材不但适用于MOOC,同时对传统方法讲述的课程也是一本可以使用的教材。

本教材由吴建强、张继红主编,负责全书编写策划和定稿;马秀娟、刘晓芳、吴辉、郑雪梅、杨威、刘桂花参编。第8、9章由吴建强编写,第1、2章由张继红编写,第5、6、7章由马秀娟编写,第3、4章由刘晓芳编写,第10、11章由吴辉编写,郑雪梅编写模拟电路部分的扩展内容,杨威编写数字电路部分的扩展内容,刘桂花编写电路基础部分的扩展内容。

全书承大连理工大学唐介教授审阅,唐教授对本书提出了许多宝贵意见和有益建议,谨此致以衷心的感谢。

MOOC 的学习模式,是一种全新的学习模式,发展时间不长,故学习经验和体会不是很深。其教材的建设更是没有更多的经验可以参照。本教材的编写,只是一种尝试,疏漏和错误在所难免,恳请使用本教材的教师和读者不吝指正,使我们不断改进教材,最终能够编写出一部真正适合 MOOC 的教材。

编者

2015 年 5 月于哈尔滨工业大学

目 录

第一部分 电路基础

第1章 直流电路分析理论	3	本章知识要点	51
本章知识要点	3	2.1 储能元件	51
1.1 电路的组成部分	3	2.1.1 电容元件	51
1.1.1 实际电路的分类和组成	3	2.1.2 电感元件	54
1.1.2 电路模型	4	2.2 换路定则及电压、电流 初始值的确定	56
1.2 电路的基本物理量	6	2.2.1 换路定则	56
1.2.1 电流及其参考方向	6	2.2.2 电压、电流初始值的确定	56
1.2.2 电压和电动势及其参考方向	6	2.3 RC 电路的瞬态过程	59
1.2.3 功率与能量	8	2.3.1 RC 电路的零输入响应	59
1.2.4 额定值和实际值	10	2.3.2 RC 电路的零状态响应	62
1.3 电源及其模型	12	2.3.3 RC 电路的全响应	64
1.3.1 理想电压源	12	2.4 RL 电路的瞬态过程	65
1.3.2 理想电流源	13	2.4.1 RL 电路的零输入响应	66
1.4 电路的基本定律	14	2.4.2 RL 电路的零状态响应	67
1.4.1 欧姆定律	14	2.4.3 RL 电路的全响应	68
1.4.2 基尔霍夫定律	16	2.5 一阶电路瞬态分析的 三要素法	70
1.5 电位的概念及其计算	21	本章知识点概述	75
1.6 电路的基本连接及其等效 变换	22	习题	76
1.6.1 电阻的串联	22	第3章 正弦交流电路	80
1.6.2 电阻的并联	23	本章知识要点	80
1.7 直流电路的基本分析方法	25	3.1 正弦量的基本概念	80
1.7.1 支路电流法	25	3.1.1 瞬时值、幅值和有效值	81
1.7.2 电压源模型与电流源模型的 等效变换	26	3.1.2 周期、频率和角频率	82
1.7.3 结点电压法	30	3.1.3 相位、初相位和相位差	83
1.7.4 叠加定理	33	3.2 正弦量的相量表示法	84
1.7.5 等效电源定理	37	3.2.1 相量与正弦量	84
1.8 非线性电阻电路	43	3.2.2 正弦量的相量表示	84
本章知识点概述	45	3.3 电阻、电感和电容元件的正弦 交流电路	86
习题	47		
第2章 电路的瞬态过程	51		

3.3.1 电阻元件的正弦交流电路	86	本章知识点概述	136
3.3.2 电感元件的正弦交流电路	88	习题	136
3.3.3 电容元件的正弦交流电路	89	扩展内容 A——电路基础部分	139
3.4 电阻、电感和电容元件串联的正弦交流电路	91	扩展内容 A 知识要点	139
3.5 复数阻抗及复杂交流电路的分析	97	A.1 受控源电路	139
3.5.1 阻抗的串联与并联	97	A.1.1 受控源的类型	139
3.5.2 复杂正弦交流电路的分析	100	A.1.2 含受控源电路的分析方法	141
3.6 正弦交流电路的功率因数及功率因数的提高	104	A.2 正弦电路的滤波电路	145
3.6.1 功率因数及其意义	104	A.2.1 RC 低通滤波电路	146
3.6.2 功率因数的提高	105	A.2.2 RC 高通滤波电路	147
3.7 正弦交流电路中的谐振现象	107	A.2.3 RC 带通滤波电路	148
3.7.1 串联谐振	107	A.3 非正弦周期电流电路	149
3.7.2 并联谐振	111	A.3.1 非正弦周期信号的分解	150
本章知识点概述	113	A.3.2 非正弦周期量的有效值、平均值和功率	152
习题	114	A.4 安全用电	154
第 4 章 三相电路	118	A.4.1 触电时的人体电流和安全电压	154
本章知识要点	118	A.4.2 人体触电方式	154
4.1 三相电源	118	A.4.3 接地和接零	155
4.1.1 三相交流电的产生	118	A.4.4 三相五线制及漏电保护	156
4.1.2 三相电源的连接	120	A.4.5 安全用电标志	157
4.2 三相负载的星形联结	122	扩展内容 A 知识点概述	158
4.2.1 三相四线制的星形联结	122	习题	159
4.2.2 三相三线制的星形联结	125	电工科学技术发展史	161
4.3 三相负载的三角形联结	129	一、电学的早期发展	161
4.4 三相功率	134	二、19 世纪的电磁学	164
		三、电力革命与电气时代(第二次工业技术革命)	168
		第二部分 模拟电路	
第 5 章 常用电子元器件	173	5.2.1 二极管的基本结构	178
本章知识要点	173	5.2.2 二极管的伏安特性	179
5.1 半导体的导电特性及 PN 结	173	5.2.3 二极管的主要参数	180
5.1.1 半导体及其特点	173	5.3 晶体管	181
5.1.2 本征半导体	174	5.3.1 晶体管的基本结构	182
5.1.3 N 型半导体和 P 型半导体	175	5.3.2 晶体管的电流分配及电流放大原理	182
5.1.4 PN 结	176	5.3.3 晶体管的特性曲线	184
5.2 半导体二极管	178	5.3.4 晶体管的主要参数	185

5.4 其他半导体器件	187	7.1.2 集成运算放大器的电压 传输特性	226
5.4.1 稳压二极管	187	7.1.3 集成运算放大器的主要性能 参数	227
5.4.2 发光二极管	189	7.1.4 理想运算放大器及其分析 依据	229
本章知识点概述	191	7.2 负反馈的概念及其作用	231
习题	192	7.2.1 反馈的基本概念	231
第6章 基本放大电路	195	7.2.2 负反馈的类型及判断	232
本章知识要点	195	7.2.3 负反馈对放大电路性能的 影响	235
6.1 基本放大电路的性能指标	195	7.3 集成运算放大器信号 运算电路	240
6.1.1 基本放大电路的一般形式	195	7.3.1 比例运算电路	240
6.1.2 基本放大电路的性能指标	196	7.3.2 加法运算电路	242
6.2 共射极接法基本放大电路	197	7.3.3 减法运算电路	244
6.2.1 共发射极放大电路的组成	197	7.3.4 积分运算电路	246
6.2.2 共发射极放大电路的放大 原理	198	7.3.5 微分运算电路	247
6.2.3 静态工作点对放大电路的 影响	204	7.4 集成运算放大器在信号处理 方面的应用	248
6.3 基本放大电路的动态分析	205	7.4.1 有源滤波器	248
6.3.1 双极型晶体管(BJT)简化的 小信号模型	205	7.4.2 电压比较器	251
6.3.2 放大电路的微变等效电路 分析	206	7.5 波形发生电路	255
6.4 温度对放大电路的影响及其 应对措施	210	7.5.1 正弦波振荡电路	255
6.4.1 温度对放大电路静态工作点的 影响	210	7.5.2 矩形波发生器	257
6.4.2 分压式偏置共发射极放大电 路的组成及工作原理	211	7.5.3 三角波发生器	259
6.5 多级放大电路	213	本章知识点概述	261
6.5.1 阻容耦合放大电路	213	习题	263
6.5.2 直接耦合放大电路	214	扩展内容 B——模拟电路部分	267
6.6 差分放大电路	216	扩展内容 B 知识要点	267
6.6.1 差分放大电路的组成和工作 原理	216	B.1 场效晶体管	267
6.6.2 抑制零点漂移的作用	217	B.1.1 绝缘栅型场效晶体管	267
6.6.3 信号电压输入和输出形式	218	B.1.2 绝缘栅型场效晶体管的 特性曲线	269
本章知识点概述	221	B.1.3 绝缘栅型场效晶体管的 主要参数	271
习题	223	B.1.4 绝缘栅型场效晶体管简化的 小信号模型	271
第7章 集成运算放大器	225	B.1.5 结型场效晶体管	272
本章知识要点	225	B.1.6 BJT 和 FET 的比较	273
7.1 集成运算放大器简介	226	B.2 放大电路的微变等效电路	274
7.1.1 集成运算放大器的电路组成	226	B.2.1 共集电极放大电路	274

B. 2. 2 共基极放大电路	277	B. 4. 1 直流电源电路的组成	293
B. 2. 3 场效晶体管	279	B. 4. 2 整流电路	294
B. 3 功率放大电路	285	B. 4. 3 滤波电路	297
B. 3. 1 功率放大电路的功能和 特点	286	B. 4. 4 直流稳压电路	301
B. 3. 2 晶体管的工作状态	286	扩展内容 B 知识点概述	305
B. 3. 3 互补对称功率放大电路	288	习题	307
B. 3. 4 集成功率放大电路	291	电子技术与信息时代 I	309
B. 4 直流电源电路	293	一、电子管、晶体管和集成电路	309
		二、无线广播	312

第三部分 数字电路

第 8 章 数字逻辑基础知识	315	本章知识点概述	367
本章知识要点	315	习题	368
8. 1 数制和码制	315	第 10 章 双稳态触发器	370
8. 1. 1 数制	316	本章知识要点	370
8. 1. 2 码制	317	10. 1 触发器概述	370
8. 2 逻辑代数的基础知识	321	10. 1. 1 触发器定义和特点	370
8. 2. 1 基本逻辑运算	321	10. 1. 2 触发器的分类	371
8. 2. 2 复合逻辑运算	324	10. 2 RS 触发器	371
8. 2. 3 逻辑代数的基本公式	325	10. 2. 1 基本 RS 触发器	371
8. 2. 4 逻辑函数式的化简	326	10. 2. 2 同步 RS 触发器	375
8. 3 逻辑函数的表示方法及其 相互转换	334	10. 3 主从 JK 触发器	378
8. 3. 1 真值表转换成逻辑函数表达式和 卡诺图	334	10. 3. 1 JK 触发器的一般逻辑 功能	378
8. 3. 2 逻辑函数表达式转换成真值表、 卡诺图和逻辑图	335	10. 3. 2 主从 JK 触发器	379
8. 3. 3 由逻辑图转换成逻辑函数 表达式	337	10. 4 D 触发器	382
本章知识点概述	338	10. 4. 1 D 触发器的一般逻辑功能	382
习题	339	10. 4. 2 维持阻塞 D 触发器	382
第 9 章 组合逻辑电路	343	10. 5 触发器逻辑功能的转换	384
本章知识要点	343	10. 5. 1 D 触发器转换为其他逻辑功能 触发器的方法	384
9. 1 组合逻辑电路的分析	343	10. 5. 2 JK 触发器转换为其他逻辑功能 触发器的方法	385
9. 2 组合逻辑电路的设计	346	本章知识点概述	386
9. 3 集成组合逻辑电路	351	习题	386
9. 3. 1 加法器	351	第 11 章 时序逻辑电路	390
9. 3. 2 编码器	354	本章知识要点	390
9. 3. 3 译码器	358	11. 1 寄存器	390
9. 3. 4 数据选择器与数据分配器	364	11. 1. 1 数码寄存器	390
		11. 1. 2 移位寄存器	391

11.1.3 集成寄存器	393	C.3.3 由 555 定时器构成的多谐 振荡器	430
11.2 计数器	395	C.3.4 由 555 定时器构成的施密特 触发器	432
11.2.1 二进制计数器	396	C.3.5 555 定时器应用举例	433
11.2.2 十进制计数器	399	C.4 数/模转换器	434
11.2.3 N 进制计数器	403	C.4.1 D/A 转换器的转换特性	435
11.2.4 集成计数器	403	C.4.2 权电阻求和网络 D/A 转 换器	435
本章知识点概述	409	C.4.3 $R-2R$ 梯形电阻网络 D/A 转换器	437
习题	410	C.4.4 $R-2R$ 倒梯形电阻网络 D/A 转换器	438
扩展内容 C——数字电路部分	413	C.4.5 集成 D/A 转换器简介	439
扩展内容 C 知识要点	413	C.4.6 D/A 转换器的主要技术 指标	440
C.1 TTL 门电路	414	C.5 模/数转换器	441
C.1.1 TTL 反相器	414	C.5.1 A/D 转换器的基本概念	441
C.1.2 TTL 与非门电路	417	C.5.2 A/D 转换器的工作原理	444
C.1.3 TTL 集电极开路门电路	418	C.5.3 集成 A/D 转换器简介	447
C.1.4 TTL 三态输出与非门	420	C.5.4 A/D 转换器的主要技术 指标	448
C.2 CMOS 门电路	421	扩展内容 C 知识点概述	448
C.2.1 CMOS 门电路简介	421	习题	450
C.2.2 CMOS 反相器	422	电子技术与信息时代 2	451
C.2.3 CMOS 与非门电路	422	一、电视的发明	451
C.2.4 CMOS 或非门电路	423	二、电子计算机	452
C.2.5 CMOS 传输门电路	423		
C.2.6 TTL 门电路与 CMOS 门 电路接口	424		
C.3 555 定时器及其应用	425		
C.3.1 555 定时器	425		
C.3.2 由 555 定时器构成的单稳态 触发器	427		
部分习题答案	455		
参考文献	464		

第一部分 电路基础

电路基础是指电路理论基础,电路理论是门独立的学科,是研究电路普遍规律的一门学问,通过学习电路基础,一方面掌握电路的基本理论、分析电路的基本方法和一些基本的用电知识;另一方面,为学习后续课程(如电子技术等)提供知识基础。

第 1 章

直流电路分析理论

直流电路分析理论是学习和掌握电技术的基本理论。本章首先介绍电路的基本概念和基本定律,如实际电路的分类和组成、电路的模型、电流和电压的参考方向、理想电压源与理想电流源、基尔霍夫定律、电位的概念及计算等。在此基础上将进一步学习直流电路的几种常用分析方法,如支路电流法、结点电压法、叠加定理和戴维宁定理,为后续研究瞬态过程、交流电路和电子电路等打下必要的基础。

本章知识要点

本章将围绕以下知识点详细展开论述,知识点分布结构图如图 1.0.1 所示。

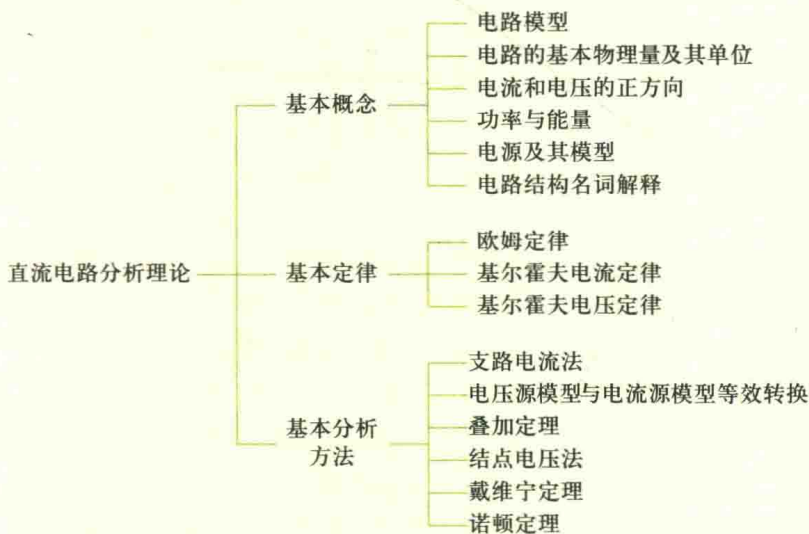


图 1.0.1 本章知识点分布结构图

1.1 电路的组成部分

1.1.1 实际电路的分类和组成

实际电路是由各种元器件为实现某种应用目的,按一定方式连接而成的整体。由于电的应用极其广泛,因此电路的具体形式多种多样,用途各异。根据实际电路的基本功能,可把电路分为两大类:第一类为实现能量的转换和传输。这类电路由于电压较高,电

流和功率较大,习惯上常称为“强电”电路。如电力系统,首先发电厂将热能、水能、风能、太阳能或核能等转换成电能,经变压器升压后传输到各变电站,再经变电站变压器降压后送到各用户负载,负载则将电能转换为其他形式的能量加以利用,如照明灯将电能转换为光能,电动机将电能转化为机械能,电炉将电能转化为热能等。电源、中间传输环节、负载是能量转换和传输电路的基本组成部分。

第二类为实现对信号的变换、传递和处理。这类电路通常电压较低,电流和功率较小,习惯上常称为“弱电”电路。如收音机电路,天线把接收到的载有语言、音乐信息的电磁波转换成相应的电信号,而后通过把电信号进行传递和处理(调谐、变频、放大等),送到扬声器重现原始信息。信号源、中间传递处理环节、负载是信号变换和处理电路的基本组成部分。

在电路理论中,通常把电源(或信号源)提供的电压或电流称为激励,它推动电路工作,由于激励的作用在电路各部分产生的电压和电流称为响应。分析电路的目的就是在已知电路的结构和元器件参数的条件下,讨论电路的激励与响应之间的各种关系问题。

1.1.2 电路模型

在我们的日常生活、工作和学习中,实际应用的电路随处可见。例如,大家每天都离不开的手机,它主要是由各种电子元器件和一些集成芯片构成;还有我们常见的照明电路,它是由交流电源、照明灯、开关还有导线构成。无论是手机电路还是照明电路,这些实际的电路都是由各种元器件或设备为实现某种应用目的,按一定方式连接而成的。

任何一种实际电路在通电后它的内部将会呈现各种电磁关系,表现出来的特征也都比较复杂。这是因为实际电路所使用的各种元器件在不同电压、电流和环境下呈现的物理性能复杂多变,比如电路中最常见的电阻、电容和电感元件。当电流通过电阻时,它会发热消耗电能。在一般情况下我们认为它只具有单一的电阻特性,但是实际上当通过它的电流发生变化时,它周围的电磁场也发生了微弱的变化,实际特性相当于一个电阻与一个小电感串联;当给电容两端加上电压时除了储存电场能量外,它还会发热消耗电能,实际特性相当于一个电容与一个小电阻串联;当电流通过电感线圈时除了储存磁场能量外,它也会发热消耗电能,实际特性相当于一个电感与一个小电阻串联。

实际电路的构成往往比较复杂,为了便于对实际电路进行分析和数学描述,人们常将实际的元器件理想化,即在一定条件下只考虑其主要呈现的电磁性质,忽略其次要特性,把它们近似地看作是单一的理想元件或由若干理想元件所组成的。

如电阻器,在通常情况下我们可只考虑其消耗电能的特性而忽略其储存磁场的性能,可以把它近似地看成理想的电阻元件,并用精确的数学关系加以定义。理想的电阻元件可用 R 表示。同样,理想的电容元件,通常考虑它的电场特性,忽略其消耗电能的性能,可用 C 表示;理想的电感元件,只考虑它的磁场特性,忽略其消耗电能的性能,可用 L 表示。我们把这种具有单一电磁性质的电路元件称为理想元件(也称实际元件的模型)。

在工程实践中,一个实际元件,在不同条件下根据与实际元件特性的近似程度,可以建立不同形式的模型。有时它能用一个理想元件来表示,有时可能需用几个理想元件的组合来表示。例如一个电感线圈,在直流电路中,可以把它看作是一个小电阻(理想情况下可视其电阻值为零);在低频交流电路中(如电源为50Hz的交流电),此时可以把它看



1.1 讲 电路
模型

作是一个电感和这个小电阻的串联;在高频交流电路中,因为需要考虑线圈的匝间分布电容和层间分布电容,此时电感线圈可以看作是一个电感元件和一个电阻元件串联,然后再和分布电容并联。

在电路中常出现的理想元件,除了理想电阻、电容和电感元件外(属于无源元件),还有电源元件。例如,我们经常使用的直流稳压电源,它可以输出稳定的直流电压,在分析电路时可以把它看作内阻为零的理想电压源。图 1.1.1 就是电路中常用的理想元件,可用相应参数和规定的图形符号来表示。

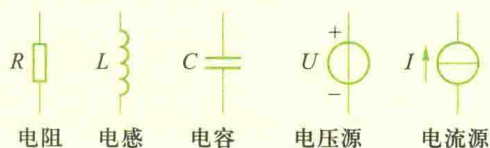


图 1.1.1 理想元件的电路符号

在分析研究一个实际电路时,通常需要先把实际的元件理想化,由理想元件代替所构成的电路称为实际电路的电路模型,简称电路。例如前述的白炽灯照明电路,实际电路构成如图 1.1.2(a)所示。图中 220 V 交流电源是为白炽灯提供电能的,可以用交流电压源 u 来表示;电路接通后白炽灯会发光、放热,具有消耗电能的性质,虽然通电时它也会产生磁场,具有电感性,但电感微弱,在此可以忽略不计,因此,白炽灯可以用电阻 R 来表示;开关起接通电源的作用,本身并不消耗电能,可以用开关符号 S 来表示;由导线将这些元件连接起来构成了电路,理想导线的电阻为零,这样就建立了白炽灯照明电路的电路模型,如图 1.1.2(b)所示。

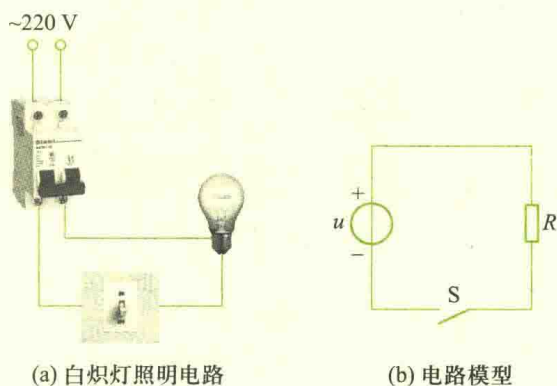


图 1.1.2 白炽灯照明电路

电路模型建立后我们就可以通过它比较准确地分析实际白炽灯照明电路的主要电气性能(例如白炽灯消耗的功率是多少?流过灯的电流是多少?等等)。电路模型的建立给我们分析研究实际电路带来了很大方便,但实际电路模型的建立需要较丰富的电路理论和专业知识,特别是复杂电路。

我们所建立的任何实际电路模型应能反映电路的真实情况,即采用电路模型分析计算的结果与实际电路的测量结果的误差应在允许范围之内。虽然利用电路模型分析计算的结果仅是实际电路的近似值,但它是我们判断实际电路电气性能和指导电路设计的重要理论依据。