

★ 高等学校教材

电路与电子技术

吴建强 张继红 主编

高等教育出版社

★ 高 等 学 校 教 材

电路与电子技术

Dianlu yu Dianzi Jishu

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 (慕课, 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 (C I P) 数据

电路与电子技术 / 吴建强, 张继红主编. — 北京: 高等教育出版社, 2015.9

ISBN 978-7-04-043278-7

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. ①TM13②TN

中国版本图书馆CIP数据核字 (2015) 第156396号

策划编辑 金春英
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 许海平
责任校对 窦丽娜

封面设计 于文燕
责任印制 尤 静

版式设计 马敬茹

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 大厂益利印刷有限公司
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 30
字 数 740 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.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2015年9月第1版
印 次 2015年9月第1次印刷
定 价 43.30 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 43278-00

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(慕课,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的理念。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

II 前 言

由衷心的感谢。

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

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进行严厉打击。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 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

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	52
本章知识要点	3	2.1 储能元件	52
1.1 电路的组成部分	3	2.1.1 电容元件	52
1.1.1 实际电路的分类和组成	3	2.1.2 电感元件	55
1.1.2 电路模型	4	2.2 换路定则及电压、电流	
1.2 电路的基本物理量	5	初始值的确定	58
1.2.1 电流及其参考方向	5	2.2.1 换路定则	58
1.2.2 电压和电动势及其参考方向	6	2.2.2 电压、电流初始值的确立	58
1.2.3 功率与能量	7	2.3 RC 电路的瞬态过程	62
1.2.4 额定值和实际值	10	2.3.1 RC 电路的零输入响应	62
1.3 电源及其模型	11	2.3.2 RC 电路的零状态响应	65
1.3.1 理想电压源	11	2.3.3 RC 电路的全响应	66
1.3.2 理想电流源	12	2.4 RL 电路的瞬态过程	68
1.4 电路的基本定律	14	2.4.1 RL 电路的零输入响应	68
1.4.1 欧姆定律	14	2.4.2 RL 电路的零状态响应	69
1.4.2 基尔霍夫定律	15	2.4.3 RL 电路的全响应	71
1.5 电位的概念及其计算	20	2.5 一阶电路瞬态分析的	
1.6 电路的基本连接及其等效变换	21	三要素法	72
1.6.1 电阻的串联	21	本章知识点概述	78
1.6.2 电阻的并联	22	习题	78
1.7 直流电路的基本分析方法	24	第3章 正弦交流电路	82
1.7.1 支路电流法	24	本章知识要点	82
1.7.2 电压源模型与电流源模型		3.1 正弦量的基本概念	82
等效变换	26	3.2 正弦量的相量表示法	86
1.7.3 结点电压法	29	3.2.1 相量与正弦量	86
1.7.4 叠加定理	32	3.2.2 正弦量的相量表示	86
1.7.5 等效电源定理	37	3.3 正弦交流电路中的功率	
1.8 非线性电阻电路	44	和能量	88
本章知识点概述	46	3.3.1 瞬时功率	89
习题	47	3.3.2 平均功率	89
第2章 电路的瞬态过程	52		

II 目 录

3.3.3 无功功率	90	4.3 三相负载的三角形联结	132
3.3.4 视在功率	91	4.4 三相功率	137
3.3.5 复功率	91	本章知识点概述	139
3.4 电阻、电感和电容元件的正弦 交流电路	92	习题	140
3.4.1 电阻元件的正弦交流电路	92	扩展内容 A——电路基础部分	142
3.4.2 电感元件的正弦交流电路	93	扩展内容 A 知识要点	142
3.4.3 电容元件的正弦交流电路	95	A.1 受控源电路	142
3.5 电阻、电感和电容元件串联的 正弦交流电路	97	A.1.1 受控源的类型	142
3.6 正弦交流电路的功率因数及 功率因数的提高	101	A.1.2 含受控源电路的分析方法	144
3.6.1 功率因数及其意义	101	A.2 正弦电路的滤波电路	148
3.6.2 功率因数的提高	102	A.2.1 RC 低通滤波电路	149
3.7 复数阻抗及复杂交流电路的 分析	103	A.2.2 RC 高通滤波电路	150
3.7.1 阻抗的串、并联	103	A.2.3 RC 带通滤波电路	151
3.7.2 复杂正弦交流电路的分析	107	A.3 非正弦周期电流电路	152
3.8 正弦交流电路中的谐振现象	111	A.3.1 非正弦周期信号的分解	153
3.8.1 串联谐振	111	A.3.2 非正弦周期量的有效值、平均值和 功率	155
3.8.2 并联谐振	115	A.4 三相负载不对称电路分析	157
本章知识点概述	117	A.4.1 三相负载不对称电路的计算	157
习题	118	A.4.2 三相负载不对称电路的应用	159
第 4 章 三相电路	122	A.5 安全用电	160
本章知识要点	122	A.5.1 触电时的人体电流和安全电压	160
4.1 三相电源	122	A.5.2 人体触电方式	160
4.1.1 三相交流电的产生	122	A.5.3 接地和接零	160
4.1.2 三相电源的连接	124	A.5.4 三相五线制及漏电保护	162
4.2 三相负载的星形联结	126	A.5.5 安全用电标志	163
4.2.1 三相四线制星形联结	126	扩展内容 A 知识点概述	164
4.2.2 三相三线制星形联结	129	习题	165
		电工科学技术发展史	167
		一、电学的早期发展	167
		二、19 世纪的电磁学	169

第二部分 模拟电路

第 5 章 常用电子元器件	177	5.1.4 PN 结	180
本章知识要点	177	5.2 半导体二极管	182
5.1 半导体的导电特性及 PN 结	177	5.2.1 二极管的基本结构	182
5.1.1 半导体及其特点	177	5.2.2 二极管的伏安特性	182
5.1.2 本征半导体	178	5.2.3 二极管的主要参数	183
5.1.3 N 型半导体和 P 型半导体	179	5.3 晶体管	185

5.3.1 晶体管的基本结构	185	7.2 负反馈的概念及其作用	228
5.3.2 晶体管的电流分配及电流 放大原理	186	7.2.1 反馈的基本概念	229
5.3.3 晶体管的特性曲线	187	7.2.2 负反馈的类型及判断	229
5.3.4 晶体管的主要参数	189	7.2.3 负反馈对放大电路性能的影响	233
5.4 其他半导体器件	190	7.3 集成运算放大器信号 运算电路	238
5.4.1 稳压二极管	191	7.3.1 比例运算	238
5.4.2 发光二极管	192	7.3.2 加法运算	240
本章知识点概述	194	7.3.3 减法运算	241
习题	195	7.3.4 积分运算	243
第6章 基本放大电路	198	7.3.5 微分运算	244
本章知识要点	198	7.4 集成运算放大器在信号处理 方面的应用	245
6.1 基本放大电路的性能指标	198	7.4.1 有源滤波器	245
6.1.1 基本放大电路的一般形式	198	7.4.2 电压比较器	249
6.1.2 基本放大电路的性能指标	199	7.5 波形发生电路	252
6.2 共射极接法基本放大电路	201	7.5.1 正弦波振荡电路	252
6.2.1 共发射极放大电路的组成	201	7.5.2 矩形波发生器	254
6.2.2 共发射极放大电路的放大原理	201	7.5.3 三角波发生器	256
6.2.3 静态工作点对放大电路的影响	207	本章知识点概述	258
6.2.4 放大电路的微变等效电路 分析法	208	习题	260
6.2.5 温度对放大电路的影响及其 应对措施	211	扩展内容 B——模拟电路部分	264
6.2.6 多级放大电路	212	扩展内容 B 知识要点	264
6.3 差分放大电路	214	B.1 场效晶体管	264
6.3.1 差分放大电路的组成和工作 原理	215	B.1.1 绝缘栅型场效晶体管	264
6.3.2 抑制零点漂移的作用	215	B.1.2 绝缘栅型场效晶体管的 特性曲线	266
6.3.3 信号电压输入和输出形式	216	B.1.3 绝缘栅型场效晶体管的 主要参数	268
本章知识点概述	220	B.1.4 绝缘栅型场效晶体管简化的 小信号模型	268
习题	221	B.1.5 结型场效晶体管	269
第7章 集成运算放大器	223	B.1.6 双极型和场效应型晶体管的 比较	270
本章知识要点	223	B.2 放大电路的微变等效电路	271
7.1 集成运算放大器	224	B.2.1 双极型晶体管电路分析	271
7.1.1 集成运算放大器的电路组成	224	B.2.2 共集电极放大电路	272
7.1.2 集成运算放大器的电压 传输特性	224	B.2.3 共基极放大电路	275
7.1.3 集成运算放大器的主要性能 参数	225	B.2.4 场效晶体管	277
7.1.4 理想运算放大器及其分析依据	227	B.3 功率放大电路	283

IV 目 录

B. 3.1 功率放大电路的功能和特点	284
B. 3.2 晶体管的工作状态	284
B. 3.3 互补对称功率放大电路	285
B. 3.4 集成功率放大电路	289
B. 4 直流电源电路	291
B. 4.1 直流电源电路的组成	291
B. 4.2 整流电路	291

B. 4.3 滤波电路	295
B. 4.4 直流稳压电路	299
扩展内容 B 知识点概述	303
习题	304
电子技术与信息时代 1	306
一、电子管、晶体管和集成电路	306
二、无线广播	309

第三部分 数字电路

第 8 章 数字逻辑基础知识	313
本章知识要点	313
8.1 数制和码制	313
8.1.1 数制	313
8.1.2 码制	315
8.2 逻辑代数的基础知识	318
8.2.1 基本逻辑运算	318
8.2.2 复合逻辑运算	321
8.2.3 逻辑代数的基本公式	322
8.2.4 逻辑函数式的化简	324
8.3 逻辑函数的表示方法及其相互转换	331
8.3.1 真值表转换成逻辑函数表达式和卡诺图	331
8.3.2 逻辑函数表达式转换成真值表、卡诺图和逻辑图	332
8.3.3 由逻辑图转换成逻辑函数表达式	334
本章知识点概述	335
习题	335
第 9 章 组合逻辑电路	339
本章知识要点	339
9.1 组合逻辑电路的分析	339
9.2 组合逻辑电路的设计	342
9.3 集成组合逻辑电路	347
9.3.1 加法器	347
9.3.2 编码器	350
9.3.3 译码器	354
9.3.4 数据选择器与数据分配器	360
本章知识点概述	363

习题	364
第 10 章 双稳态触发器	366
本章知识要点	366
10.1 RS 触发器	366
10.1.1 基本 RS 触发器	366
10.1.2 同步 RS 触发器	370
10.2 D 触发器	374
10.2.1 D 触发器的一般逻辑功能	374
10.2.2 同步 D 触发器和边沿型 D 触发器	375
10.2.3 集成 D 触发器简介	376
10.3 JK 触发器	377
10.3.1 JK 触发器的逻辑功能	377
10.3.2 主从 JK 触发器	378
10.3.3 边沿 JK 触发器	379
10.3.4 集成 JK 触发器简介	381
10.3.5 T 触发器	381
10.4 触发器逻辑功能的转换	383
10.4.1 D 触发器转换为其他逻辑功能触发器的方法	383
10.4.2 JK 触发器转换为其他逻辑功能触发器的方法	384
本章知识点概述	384
习题	385
第 11 章 时序逻辑电路	388
本章知识要点	388
11.1 寄存器	388
11.1.1 基本寄存电路	389
11.1.2 移位寄存电路	389
11.1.3 集成寄存器	392

11.2 计数器	394	C.3.2 由 555 定时器构成的单稳态 触发器	433
11.2.1 异步计数器	394	C.3.3 由 555 定时器构成的多谐 振荡器	435
11.2.2 同步计数器	399	C.3.4 由 555 定时器构成的施密特 触发器	437
11.2.3 移位寄存器型计数器	403	C.3.5 555 定时器应用举例	438
11.2.4 集成计数器	406	C.4 数模转换器	439
11.3 顺序脉冲分配器	412	C.4.1 D/A 转换器的转换特性	440
11.3.1 一般计数器译码器型分配器	413	C.4.2 权电阻求和网络 D/A 转换器	440
11.3.2 移位寄存器型脉冲分配器	413	C.4.3 $R-2R$ 梯形电阻网络 D/A 转换器	442
本章知识点概述	415	C.4.4 $R-2R$ 倒梯形电阻网络 D/A 转换器	443
习题	415	C.4.5 集成 D/A 转换器简介	444
扩展内容 C——数字电路部分	419	C.4.6 D/A 转换器的主要技术指标	445
扩展内容 C 知识要点	419	C.5 模数转换器	446
C.1 TTL 门电路	420	C.5.1 A/D 转换器的基本概念	446
C.1.1 TTL 反相器	420	C.5.2 A/D 转换器的工作原理	449
C.1.2 TTL 与非门电路	423	C.5.3 集成 A/D 转换器简介	452
C.1.3 TTL 集电极开路门电路	424	C.5.4 A/D 转换器的主要技术指标	453
C.1.4 TTL 三态输出与非门	425	扩展内容 C 知识点概述	453
C.2 CMOS 门电路	427	习题	454
C.2.1 CMOS 门电路简介	427	电子技术与信息时代 2	456
C.2.2 CMOS 反相器	428	一、电视的发明	456
C.2.3 CMOS 与非门电路	428	二、电子计算机	457
C.2.4 CMOS 或非门电路	429		
C.2.5 CMOS 传输门电路	429		
C.2.6 TTL 门电路与 CMOS 门 电路接口	429		
C.3 555 定时器及其应用	431		
C.3.1 555 定时器	431		
部分习题答案	460		
参考文献	469		

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。

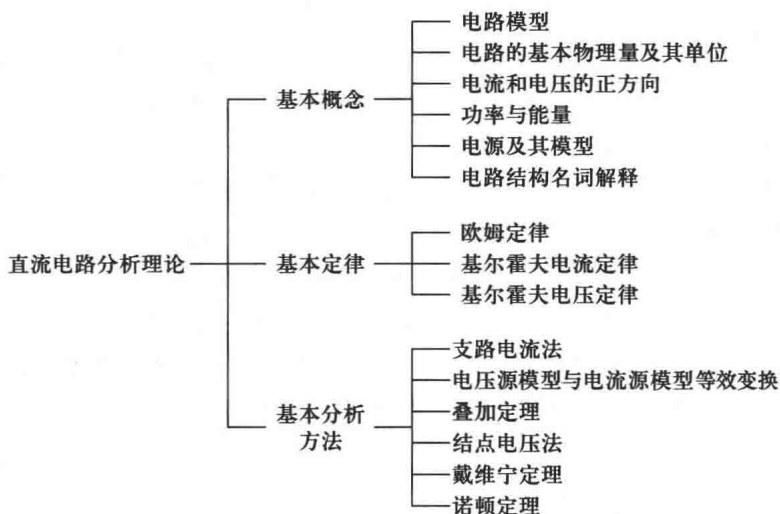


图 1.0.1 本章知识点分布结构图

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、传输电路、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、传递处理电路、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

实际的电路是由实际的电工、电子元器件或设备组成的。日常生活中应用的实际电路随处可见,例如常见的日光灯照明电路,它是由灯管、镇流器、启辉器和开关等通过导线连接交流电源构成的。任何一个实际电路在通电后内部将会呈现各种电磁关系,其表现都相当复杂。这是因为实际电路所使用的各种器件在不同电压、电流和环境下呈现的物理性能复杂多变,比如最常用的电阻器,当通过它的电流发生变化时,除了发热消耗电能之外,其周围也伴随着电磁场的变化;电容器除了储存电场能量,也会发热消耗电能。同时器件内部经常伴有化学效应、热效应和机械效应等,要用数学精确描述这些现象相当困难。因此为了便于对实际电路进行分析和数学描述,常将实际电路元器件理想化,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,把它们近似地看做是单一的理想电路元器件或由理想元器件组成。

如上述的电阻器,一般情况下只考虑其消耗电能的特性而忽略其储存磁场的性能,可把它近似地看成为理想的电阻元件。这种具有单一电磁性质的电路元件称为**理想电路元件**。理想元件称为实际器件的模型,它们都可以用精确的数学关系加以定义。

在电路中理想电路元件可分两类,电源元件和无源元件。电源元件有理想电压源和理想电流源,无源元件有电阻元件、电感元件和电容元件。这些元件可用相应参数和规定的图形符号来表示。如图 1.1.1 所示。

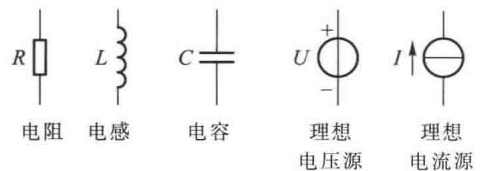


图 1.1.1 理想元件的电路符号

在不同条件下根据与实际器件特性的近似程度,一个实际器件可以建立不同形式的模型。有时可以用一个理想元件来表示,或用几个理想元件的组合来表示。如一个电感线圈,在直流电路中,可看做一个小电阻(理想情况下可视其电阻值为零);在低频交流情况下,可看做一个电感和这个电阻的串联;在高频交流情况下,还需要考虑线圈的匝间分布电容(由非电容形态形成的一种分布参数,容量很小)和层间分布电容,此时电感线圈可看做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。

由理想元件所组成的电路称为实际电路的**电路模型**,简称电路。例如前述的日光灯照明电

路,实际电路构成如图 1.1.2(a)所示。当接通交流电源的瞬间,日光灯不能立刻被点亮,电路需要一个较复杂的启辉过程后日光灯才能正常发光,发光后可把日光灯看成只消耗电能的电阻元件 R ,镇流器(起限流作用)可看成由一个电感元件 L 和一个小电阻 R_L 串联构成,220 V 交流电源可用交流电压源 u 表示,开关用符号 S 表示,这样就可建立起日光灯照明电路正常工作时的电路模型,如图 1.1.2(b)所示。电路模型建立后就可以通过它间接而较准确地分析实际电路的主要电气性能,这给实际电路的分析带来很大方便,是研究实际电路问题常用的方法。

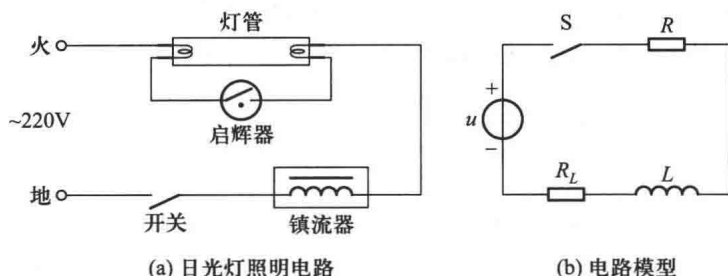


图 1.1.2 日光灯照明电路原理图

建立的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。电路模型的建立需要较丰富的电路理论和专业知识。本书所介绍的电路分析理论不是研究实际电路的理论,而是研究由理想元件构成的电路模型的分析方法的理论。虽然分析结果仅是实际电路的近似值,但它是判断实际电路电气性能和指导电路设计的重要理论依据。

1.2 电路的基本物理量

电路中常用的基本物理量有电流、电压、电位和电动势等。在分析计算电路之前需要设定电流和电压的参考方向(或极性),这样才能正确列出电路方程,求解未知量。本节简要介绍电流和电压的概念,着重介绍它们的参考方向。

1.2.1 电流及其参考方向

1. 电流

电路中带电粒子在电源作用下有规则的移动形成电流。电流是客观存在的物理现象,人们虽然无法看见它,但可以通过热效应、光效应等感受到它的存在。金属导体中的带电粒子是自由电子;电解液中的带电粒子是正、负离子;半导体中的带电粒子是自由电子和空穴;因此形成电流的带电粒子既可以是负电荷,也可以是正电荷或两者兼有(两者移动方向相反)。习惯上规定正电荷的移动方向为电流的实际方向。

在电路中电流用 i 表示,它与电荷[量] q 、时间 t 的关系为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.2.1)$$

式中 q 表示电荷量,国际单位制(SI)中,电荷量的单位为库仑(C),电流的单位为安培(A),规定

1 s 内通过某截面的电荷量为 1 C 时电流为 1 A。常用的电流单位还有千安(kA)、毫安(mA)和微安(μA)等。

如果电流的大小和方向都不随时间改变,称其为**直流电流**(简称为 DC 或 dc),简称直流,用大写字母 I 表示。若大小和方向随时间做周期性变化且平均值为零的电流称为**交变电流**(简称为 AC 或 ac),简称交流,用小写字母 i 表示。

2. 电流的参考方向

在分析简单电路时,可根据电源的极性直接判断出电路中电流的实际方向。但分析较为复杂电路时,往往难以判断出电流的实际方向,因此,在列写电路方程时可任意假定一个电流的方向,称为电流的**参考方向**(或正方向)。设定参考方向后,电流就成为有正、负之分的代数量。在参考方向下,如果所求得的电流为正值,表明电流的实际方向与参考方向相同,为负值则相反。

电流的参考方向在电路中通常用箭头表示。如图 1.2.1(a)所示,设流过元件 A 的电流为 I ,求得电流 I 为 2 A,说明参考方向与实际电流方向相同;若设流过元件 A 的电流 I 如图 1.2.1(b)所示,求得 I 为 -2 A,说明参考方向与实际电流方向相反。此外也可用双下标表示电流的参考方向,如 I_{ab} 表示电流方向由 a 到 b,则

$$I_{ab} = -I_{ba}$$

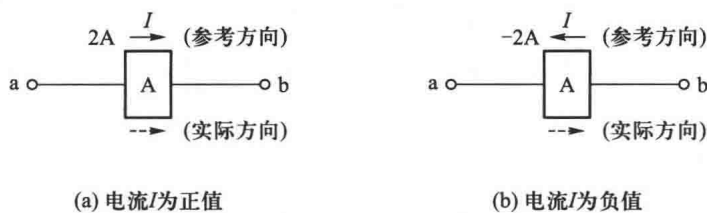


图 1.2.1 不同参考方向下的电流值

1.2.2 电压和电动势及其参考方向

1. 电压和电动势

为了衡量电场力对电荷做功的能力,引入电压这一物理量。把电场力移动单位正电荷由电场中的 a 点到 b 点所做的功称为 a、b 两点间的电压,用 u_{ab} 表示。电压也称电位差(或电势差)。电压 u_{ab} 在数值上等于电场力将单位正电荷由点 a 移动到点 b 所需要的能量,即

$$u_{ab} = v_a - v_b = \frac{dw}{dq} \quad (1.2.2)$$

式中 v_a 表示 a 点电位, v_b 表示 b 点电位,国际单位制(SI)中,电位和电压的单位为伏特(V)。 w 表示能量(或电能),单位为焦耳(J)。当电场力把 1 C 的正电荷从一点移到另一点所做的功为 1 J 时,则该两点间的电压为 1 V。常用的电压单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)和微伏(μV)等。

如果电压的大小和极性都不随时间改变,称其为**直流电压**(或**恒定电压**),通常用字母 U 表示。大小和极性作周期性变化且平均值为零的电压称为**交变电压**,用小写字母 u 表示。

为了维持电路中的电流和电压,且保持恒定,需要有一种电源力(电源就能产生这种力),通常用电动势这个物理量来衡量电源对电荷做功的能力。电源的电动势在数值上等于电源力(非