



新世纪高职高专实用规划教材

• 计算机系列

电路与模拟电子技术

DIANLU YU MONI DIANZI JISHU

张立生 危水根 主 编
舒为清 张宇燕 副主编



清华大学出版社

新世纪高职高专实用规划教材 计算机系列

电路与模拟电子技术

张立生 危水根 主 编
舒为清 张宇燕 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

全书共 10 章, 内容包括: 电路的基本概念与基本定律、电路的分析方法、单相正弦交流电路、三相正弦交流电路、电路的暂态分析、半导体二极管和三极管、基本放大电路、集成运算放大器、正弦波自激振荡器、直流稳压电路。

本书注重基础性和应用性, 理论联系实际, 培养学生的应用能力。

本教材主要适用于高职、高专计算机类各专业及电气、自动化、电子类等相关专业。

版权所有, 翻印必究。举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术, 用户可通过在图案表面涂抹清水, 图案消失, 水干后图案复现; 或将表面膜揭下, 放在白纸上用彩笔涂抹, 图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

电路与模拟电子技术/张立生, 危水根主编; 舒为清, 张宇燕副主编. —北京: 清华大学出版社, 2006.7
(新世纪高职高专实用规划教材 计算机系列)

ISBN 7-302-13164-3

I. 电… II. ①张… ②危… ③舒… ④张… III. ①电路理论—高等学校: 技术学校—教材②模拟电路—电子技术—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TM13②TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 059686 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 张 瑜

文稿编辑: 刘 颖

排版人员: 房书萍

印 刷 者: 北京嘉实印刷有限公司

装 订 者: 三河市化甲屯小学装订二厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 14.25 字数: 333 千字

版 次: 2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-13164-3/TN·329

印 数: 1~4000

定 价: 21.00 元

《新世纪高职高专实用规划教材》序

编写目的

目前,随着教育的不断深入,高等职业教育发展迅速,进入到一个新的历史阶段。学校规模之大,数量之众,专业设置之广,办学条件之好和招生人数之多,都大大超过了历史上任何一个时期。然而,作为高职院校核心建设项目之一的教材建设,却远远滞后于高等职业教育发展的步伐,以至于许多高职院校的学生缺乏适用的教材,这势必影响高职院校的教育质量,也不利于高职教育的进一步发展。

目前,高职教材建设面临着新的契机和挑战:

(1) 高等职业教育发展迅猛,相应教材在编写、出版等环节需要在保证质量的前提下加快步伐,跟上节奏。

(2) 新型人才的需求,对教材提出了更高的要求,即教材要充分体现科学性、先进性和实用性。

(3) 高职高专教育自身的特点是强调学生的实践能力和动手能力,教材的取材和内容设置必须满足不断发展的教学需求,突出理论和实践的紧密结合。

有鉴于此,清华大学出版社在相关主管部门的大力支持下,组织部分高等职业技术学院的优秀教师以及相关行业的工程师,推出了一系列切合当前教育改革需要的高质量的面向就业的职业技术实用型教材。

系列教材

本系列教材主要涵盖以下领域:

- 计算机基础及其应用
- 计算机网络
- 计算机图形图像处理与多媒体
- 电子商务
- 计算机编程
- 电子与电工
- 机械
- 数控技术及模具设计
- 土木建筑
- 经济与管理
- 金融与保险

另外,系列教材还包括大学英语、大学语文、高等数学、大学物理、大学生心理健康等基础教材。所有教材都有相关的配套用书,如实训教材、辅导教材、习题集等。

教材特点

为了完善高等职业技术教育的教材体系,全面提高学生的动手能力、实践能力和职业技术素质,特意聘请有实践经验的高级工程师参与系列教材的编写,采用了一线工程技术人员与在校教师联合编写的模式,使课堂教学与实际操作紧密结合。本系列丛书的特点如下:

- (1) 打破以往教科书的编写套路,在兼顾基础知识的同时,强调实用性和可操作性。
- (2) 突出概念和应用,相关课程配有上机指导及习题,帮助读者对所学内容进行总结和提高。
- (3) 设计了“注意”、“提示”、“技巧”等带有醒目标记的特色段落,使读者更容易得到有益的提示与应用技巧。
- (4) 增加了全新的、实用的内容和知识点,并采取由浅入深、循序渐进、层次清楚、步骤详尽的写作方式,突出实践技能和动手能力。

读者定位

本系列教材针对职业教育,主要面向高职高专院校,同时也适用于同等学力的职业教育和继续教育。本丛书以三年制高职为主,同时也适用于两年制高职。

本系列教材的编写和出版是高职教育办学体制和运作机制改革的产物,在后期的推广使用过程中将紧紧跟随职业技术教育发展的步伐,不断吸取新型办学模式、课程改革的思路和方法,为促进职业培训和继续教育的社会需求奉献我们的力量。

我们希望,通过本系列教材的编写和推广应用,不仅有利于提高职业技术教育的整体水平,而且有助于加快改进职业技术教育的办学模式、课程体系和教学培训方法,形成具有特色的职业技术教育的新体系。

新世纪高职高专实用规划教材编委会

前 言

本书是根据教育部针对高等职业教育提出的致力于培养应用型人才的任务而编写的,突出了高等职业教育注重实际技术和能力培养的特点,培养既能动脑又能动手的高素质应用型人才。

本书首先介绍电路与模拟电子技术的基础理论,重点强调基本理论、基本知识和基本技能,然后介绍常用分立元件电路和集成电路等工业生产和日常生活中的实用电子技术,为学生学习后续专业课程打下基础,也为从事有关工作和继续深造做好准备。

为突出高等职业教育的要求,本书有以下特点:保证基础性——保证基础理论以够用为度,强调方法应用,培养学生分析、解决问题的能力;突出应用性——培养学生将电子技术应用于本专业并促进本专业发展的能力。因此,本书主要作为高等职业技术学院、高等专科学校及成人和民办高校计算机、电子、电气、自动化等专业学生的教材,也可供本科生选用。

本书在内容安排上注重先介绍电路中普遍适用的规律,再介绍不同类型电路的特殊规律;先讲述单元电路,后讲述复杂电路;先一般后特殊,先简单后复杂。循序渐进,利于教学。内容简练、重点突出、层次分明,还特意安插了诸如注意、提示之类的段落,有利于学生深刻理解内容。每章安排了一定数量的例题和习题,并附有部分参考答案,便于学生自学。

在编写中注重启发式教学方法,引入了对偶原理,教师在讲清某些元件或电路的特性和关系式后,可启发学生根据对偶原理自己推出与之对偶的元件或电路的特性和关系式,发挥学生学习的主动性,培养学生自学的能力,从而提高教学效果。

参加本书编写的有南昌航空工业学院张立生教授(第1章),浙江大学张宇燕工程师(第2、3章),南昌航空工业学院危水根副教授(第4、5、7、8章),洪都航空集团黄捷工程师(第6章),江西工业工程职业技术学院工程师舒为清副教授(第9、10章)。全书由张立生教授、危水根副教授负责统稿,最后由张立生教授负责审稿和定稿。

南昌理工学院邱小林院长、苑鸿骥副院长对本书的出版给予了大力支持,在此深表谢意。

由于作者水平有限,加之时间比较仓促,误漏之处在所难免,请广大师生和其他读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 电路的基本概念与基本定律	1	3.3 单一参数的正弦交流电路	38
1.1 电路与电路模型	1	3.3.1 纯电阻电路	38
1.2 电路中的基本物理量		3.3.2 纯电感电路	40
及其参考方向	2	3.3.3 纯电容电路	42
1.2.1 电流	2	3.4 R 、 L 、 C 串联的正弦交流电路	44
1.2.2 电压	2	3.5 R 、 L 、 C 并联的正弦交流电路	48
1.2.3 功率	3	3.6 阻抗的串联和并联	51
1.3 电路的工作状态	4	3.6.1 阻抗的串联	51
1.3.1 电源有载工作状态	4	3.6.2 阻抗的并联	52
1.3.2 电源开路	5	3.7 交流电路中的谐振	54
1.3.3 电源短路	5	3.7.1 串联谐振	55
1.4 电路元件	5	3.7.2 并联谐振	56
1.4.1 电阻	5	3.8 功率因数的提高	58
1.4.2 电感	7	习题	59
1.4.3 电容	8	第4章 三相正弦交流电路	64
1.4.4 电源	9	4.1 三相电源	64
1.5 电路的对偶原理	12	4.1.1 三相对称电动势	64
1.6 基尔霍夫定律	14	4.1.2 三相电源的星形连接	65
1.6.1 基尔霍夫电流定律	14	4.2 三相负载的星形连接	67
1.6.2 基尔霍夫电压定律	16	4.2.1 三相负载不对称的情况	67
1.7 电路中电位的计算	17	4.2.2 三相负载对称的情况	68
习题	18	4.3 三相负载的三角形连接	71
第2章 电路分析方法	22	4.3.1 三相负载不对称的情况	72
2.1 支路电流法	22	4.3.2 三相负载对称的情况	72
2.2 叠加原理	23	4.4 三相功率	74
2.3 结点电压法	25	习题	76
2.4 戴维南定理与诺顿定理	27	第5章 电路的暂态分析	78
2.4.1 戴维南定理	27	5.1 电路的过渡过程与换路定则	78
2.4.2 诺顿定理	29	5.1.1 过渡过程的概述	78
习题	30	5.1.2 换路定则	78
第3章 单相正弦交流电路	33	5.2 RC 电路的过渡过程	82
3.1 正弦交流电的基本概念	33	5.2.1 RC 电路的暂态响应	82
3.2 正弦量的相量表示法	35	5.2.2 RC 电路的充电过程	87

5.2.3	RC 电路的放电过程	89	7.3	射极输出器	131
5.3	微分电路和积分电路	90	7.3.1	静态分析	131
5.3.1	微分电路	90	7.3.2	动态分析	132
5.3.2	积分电路	91	7.4	功率放大电路	133
5.4	RL 电路的过渡过程	92	7.4.1	功率放大器的特殊要求	133
习题		96	7.4.2	互补对称功率放大电路	134
第 6 章	半导体二极管和三极管	98	7.4.3	集成功率放大器	135
6.1	半导体基本知识	98	7.5	差动放大电路	136
6.1.1	本征半导体	98	7.5.1	多级放大器的耦合方式	136
6.1.2	杂质半导体	99	7.5.2	差动放大器	137
6.2	PN 结	100	习题		141
6.2.1	PN 结的形成	100	第 8 章	集成运算放大器	143
6.2.2	PN 结的单向导电性	101	8.1	集成运算放大器简介	143
6.3	半导体二极管	102	8.1.1	集成运放的组成	143
6.3.1	基本结构	102	8.1.2	集成运放的主要参数	144
6.3.2	伏安特性	103	8.1.3	集成运放的电压传输特性	144
6.3.3	主要参数	103	8.1.4	理想运放的特点	145
6.3.4	特殊二极管	105	8.2	负反馈放大器	146
6.4	半导体三极管	107	8.2.1	反馈的基本概念	146
6.4.1	基本结构	107	8.2.2	反馈放大器的类型 及其判别	147
6.4.2	放大原理	107	8.2.3	负反馈对放大器 性能的影响	152
6.4.3	特性曲线	109	8.3	集成运算放大器的应用	154
6.4.4	主要参数	111	8.3.1	基本运算电路	154
6.5	绝缘栅型场效应管	113	8.3.2	电压比较器	160
6.5.1	N 沟道增强型 MOS 管	113	习题		160
6.5.2	N 沟道耗尽型 MOS 管	115	第 9 章	正弦波自激振荡电路	164
6.5.3	P 沟道 MOS 管	116	9.1	自激振荡	164
习题		117	9.1.1	自激振荡及条件	164
第 7 章	基本放大电路	120	9.1.2	起振和稳幅	165
7.1	共发射极放大电路	120	9.1.3	正弦波振荡电路的 基本组成	166
7.1.1	共发射极放大电路的组成	120	9.1.4	正弦波振荡分析	167
7.1.2	放大电路的静态分析	121	9.2	RC 正弦波振荡电路	167
7.1.3	放大电路的动态分析	123	9.2.1	RC 正弦波振荡电路分析	167
7.1.4	非线性失真	126	9.2.2	RC 串并联网络的选频特性	169
7.2	分压式偏置共发射极放大电路	127			
7.2.1	静态工作点的稳定	127			
7.2.2	分压式偏置共发射极 放大电路分析	128			

9.2.3 RC 电路的振荡频率及 起振条件.....	170	10.2.1 电容滤波电路.....	185
9.3 LC 振荡电路.....	172	10.2.2 电感滤波电路.....	187
9.3.1 变压器反馈式 LC 正弦 波振荡电路.....	172	10.2.3 复式滤波电路.....	188
9.3.2 电感三点式 LC 正弦 波振荡电路.....	174	10.3 稳压电路.....	190
9.3.3 电容三点式正弦波 振荡电路.....	174	10.3.1 稳压管稳压电路.....	190
习题	176	10.3.2 串联型稳压电路.....	191
第 10 章 直流稳压电路.....	178	10.3.3 集成稳压电路.....	194
10.1 整流电路.....	178	10.3.4 开关型稳压电路.....	198
10.1.1 单相半波整流电路.....	178	习题	200
10.1.2 单相桥式整流电路.....	180	附录 A 电阻器标称阻值系列.....	204
10.1.3 三相整流电路.....	181	附录 B 常用半导体分立器件的参数.....	205
10.2 滤波电路.....	185	附录 C 常用半导体集成电路 的参数和符号.....	208
		附录 D 参考答案.....	210
		主要参考文献.....	214

第1章 电路的基本概念与基本定律

本章主要介绍电路和电路模型，电路中电压、电流的正方向，电路元件和电路的基本定律。这些内容是进一步学习电路分析和电子技术的基础。

1.1 电路与电路模型

若干电器设备按照一定的方式组合起来，构成电流的通路，称为电路。

电路的作用是实现电能的输送与转换，如供电系统；或是信号的传递和处理，如收音机、电视机电路等。电路的形式多种多样，有的可以延伸到几百公里以外，有的可以集成在几平方厘米以内，但是通常都由电源(或信号源)、负载和中间环节三部分组成。

电源是为电路提供电能的装置，可以将化学能、机械能转换为电能或者把电能转换为另一种形式的电能或者电信号，如电池、发电机、信号源等。

负载是取用电能的装置或者器件，可将电能转换为其他形式的能量，如电炉、电动机、电灯、扬声器等。

中间环节是连接电源和负载的部分，它起到传输、分配和控制电路的作用，如变压器、电线、放大器、开关等。

如图 1.1(a)所示的手电筒电路是最简单的电路。其中，干电池是电源，灯泡是负载，开关和导线是中间环节。由发电机、变压器、电动机、电池、电灯、电容、电感线圈、二极管、三极管等功能不同的实际元件或器件组成的电路称为实际电路。

由于实际电路器件电磁关系比较复杂，为了便于对实际电路进行分析计算，必须在一定的条件下，将实际元件加以近似化、理想化，忽略其次要特性，用一个或多个足以表征其主要特性的理想化电路元件代替。而由理想元件组成的电路，称为实际电路的电路模型(简称电路)。

图 1.1(b)为图 1.1(a)所示实际的手电筒电路的电路模型。其中，灯泡为理想电阻元件，干电池(忽略其内阻)为理想电源 U_S ，导线和开关认为是无电阻的理想导线。

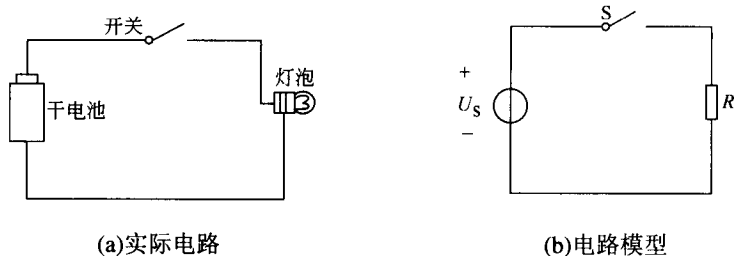


图 1.1 手电筒电路

理想电路元件主要有理想电阻元件(简称电阻)、理想电感元件(简称电感)、理想电容

元件(简称电容)、理想电压源和理想电流源等。

此后, 所分析研究的电路都是指电路模型。

1.2 电路中的基本物理量及其参考方向

1.2.1 电流

电流是由电荷(带电粒子)有规则的定向运动形成的, 在单位时间内通过某一导体横截面的电荷量, 定义为电流强度, 简称电流, 即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.1)$$

式中: dq 为微小的电荷量, dt 表示微小的时间。上式表示电流为时间的函数, 是随时间而变化的, 用小写字母 i 表示(国标规定, 随时间变化的物理量用小写字母表示, 不随时间变化的物理量用大写字母表示)。若 $\frac{dq}{dt}$ 等于常数, 则该电流称为恒定电流, 简称直流,

用大写字母 I 表示。

习惯上把正电荷移动的方向, 规定为电流的实际方向。

在分析计算电路前, 往往很难事先断定电路中电流的实际方向, 为此, 在分析计算电路前, 可先任意选定某一方向作为电流的参考方向(又称正方向)。如图 1.2 中所示箭头方向, 表示选定的电流正方向是从 a 端流向 b 端, 又可用 i_{ab} 来表示该电流的正方向, 且 $i_{ab} = -i_{ba}$ 。

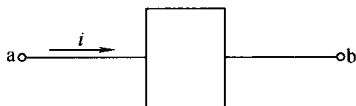


图 1.2 电流的参考方向

若计算结果 i 为正值, 则表示电流的实际方向与参考方向相同; 若 i 为负值, 则表示其实际方向与参考方向相反。

图 1.2 中的方框, 表示一个二端元件或二端网络(与外部只有两个端钮相连的元件或网络称为二端元件或二端网络)。

1.2.2 电压

电场力将单位正电荷从 a 点沿任意路径移动到 b 点所做的功定义为 a、b 两点之间的电压, 即

$$u_{ab} = \frac{dw}{dq} \quad (1.2)$$

式中: dw 是电场力在时间 dt 内将电荷 dq 从 a 点移动到 b 点所做的功。

电场力对正电荷做功的方向, 就是电位降低的方向, 故规定电压的实际方向(极性)为由高电位指向低电位。

同样, 在分析计算电路中的电压前, 先任意选定电路中两点间电压的参考方向(极性), 用“+”代表高电位, “-”代表低电位。如图 1.3 所示, 电压 u 的参考方向(极性)是 a 点为高电位端 b 点为低电位端, 也可用双下标 u_{ab} 来表示该参考方向, 且 $u_{ab} = -u_{ba}$ 。

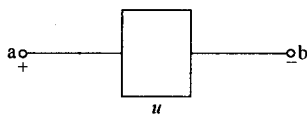


图 1.3 电压的参考方向

若电流和电压选取的参考方向相同则称为关联参考方向, 如图 1.4(a)所示; 若电流和电压选取的参考方向相反, 则称为非关联参考方向, 如图 1.4(b)所示。

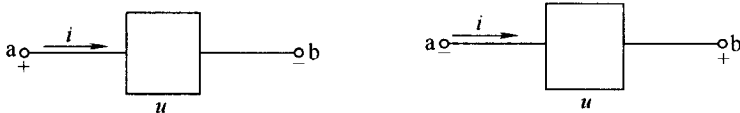
当采用关联参考方向时, 电路中只要标出电流或电压中的一个参考方向即可。本书在分析计算电路时, 如未作特殊说明, 均采用关联参考方向。

要特别指出的是, 欧姆定律在关联参考方向下才可写为

$$u = Ri \quad (1.3)$$

在非关联参考方向下, 则写为

$$u = -Ri \quad (1.4)$$



(a) 关联参考方向

(b) 非关联参考方向

图 1.4 关联参考方向与非关联参考方向

1.2.3 功率

在单位时间内电路吸收或释放的电能定义为该电路的功率, 即

$$p = \frac{dw}{dt} \quad (1.5)$$

一个二端元件或二端网络, 当电压、电流采用如图 1.4(a)所示的关联参考方向时, 其吸收(或消耗)的功率由式(1.1)和式(1.2)可得

$$p = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \frac{dq}{dt} = ui \quad (1.6)$$

采用图 1.4(b)所示非关联方向, 则其吸收(或消耗)的功率为

$$p = -ui \quad (1.7)$$

若 $p > 0$ 表示该二端元件(或网络)吸收功率, 为负载; 若 $p < 0$ 表示该二端元件(或网络)发出(或产生)功率, 为电源。

例 1.1 求如图 1.5(a)、(b)、(c)所示二端网络的功率, 并说明是吸收功率还是发出功率。

解: 在图 1.5(a)中, u 与 i 为关联参考方向, 故

$$p = ui = 6 \times 1 = 6(\text{W}) > 0$$

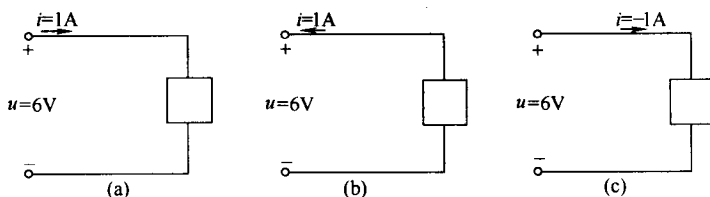


图 1.5 例 1.1 的图

该二端网络吸收功率。

在图 1.5(b)中, u 与 i 为非关联参考方向, 故

$$p = -ui = -6 \times 1 = -6(\text{W}) < 0$$

该二端网络发出功率。

在图 1.5(c)中, u 与 i 为关联参考方向, 故

$$p = ui = 6 \times (-1) = -6(\text{W}) < 0$$

该二端网络发出功率。

1.3 电路的工作状态

电源有开路、有载和短路三种工作状态, 现以直流电路为例进行讨论。

1.3.1 电源有载工作状态

如图 1.6(a)所示 E 为电源的电动势, R_0 为电源的内阻, 当电源与负载 R_L 接通时, 电路中

$$I = \frac{E}{R_0 + R_L}$$

$$U = IR_L = E - IR_0$$

电源输出的功率, 即负载获得的功率为

$$P = UI$$

若电源额定输出功率 $P_N = U_N I_N$, 当电源输出功率 $P = P_N$ 时称满载, 当 $P < P_N$ 时称为轻载, 当 $P > P_N$ 时称为过载, 过载会导致电气设备的损坏, 应注意防止。

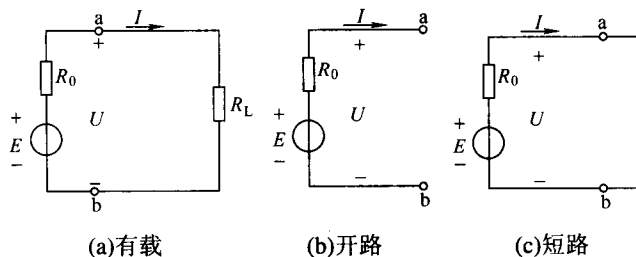


图 1.6 电源的三种工作状态

1.3.2 电源开路

当图1.6(a)中, a、b 两点断开时($R_L=\infty$), 电源处于开路(空载)状态, 如图1.6(b)所示。开路的特点是开路处电流为零, 故图1.6(b)中电源电流 $I=0$, 其端电压(称开路电压 U_0) $U=U_0=E$, 电源输出功率 $P=0$ 。

1.3.3 电源短路

当图1.6(a)中 a、b 两点间由于某种原因被短接($R_L=0$)时, 电源处于短路状态, 如图1.6(c)所示。短路的特点是短路处电压为零。故图1.6(c)中电源的端电压 $U=0$, 此时电源的电流(称为短路电流 I_S) $I=I_S=E/R_0$ 很大, 电源的输出功率 $P=0$, 电源产生的功率全部消耗在内阻上, 而造成电源过热而损伤或毁坏, 故应尽量防止或采用保护措施。

开路和短路也可以发生在电路的任意两点之间, 其特点是开路处电流为零, 短路处电压为零。

1.4 电路元件

理想电路元件(简称元件)是组成电路的基本单元, 本节主要讨论电阻、电感、电容和电源等二端元件的概念及其电压、电流间的关系。

1.4.1 电阻

电阻器、电灯、电炉、扬声器等是消耗电能的器件, 反映其主要特性的电路模型是理想电阻元件(简称电阻)。

1. 定义

一个二端元件, 当任一瞬间, 其电压 u 和流过它的电流 i 两者之间的关系是由 $u-i$ 平面上的特性曲线来决定的, 此二端元件就称为电阻。如图1.7所示, 其中图1.7(a)为电阻的图形符号。

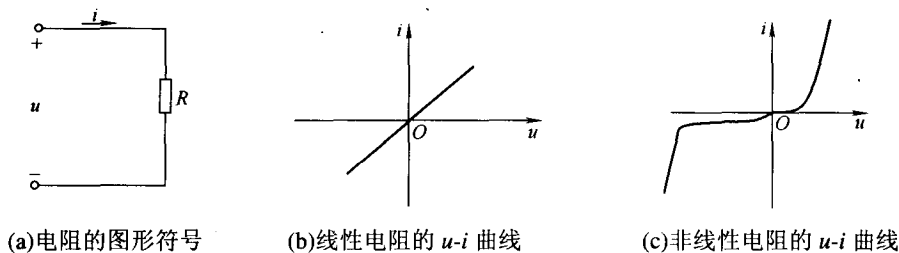


图 1.7 电阻元件

如果该曲线是过原点的直线, 即 $\frac{u}{i}=R=\text{常数}$, 则称该电阻为线性电阻, 如图1.7(b)所

示; 否则称为非线性电阻, 如图1.7(c)所示。

本书除特别说明外, 电阻均指线性电阻。

2. 电压与电流关系

对于线性电阻, 电压、电流间的关系符合欧姆定律, 即

$$u = Ri$$

或

$$i = \frac{u}{R} = Gu \quad (1.8)$$

式中: $G = \frac{1}{R}$ 称为电导, 单位为西门子(S)。

3. 电阻串联与电阻并联

(1) 电阻串联

如图 1.8 所示为电阻串联及其等效电阻电路。电阻串联的特点是各电阻流过同一电流, 其关系式如表 1.1 所示。

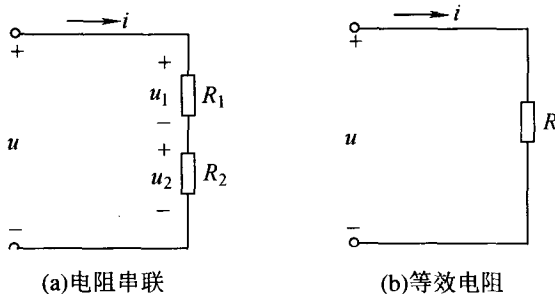


图 1.8 电阻串联及其等效电阻

表 1.1 电阻串联与电阻并联电路的关系式

项 目 \ 连接方式	串 联	并 联
等效电阻或等效电导	$R = R_1 + R_2$	$G = G_1 + G_2$
电压与电流关系	$i = \frac{u}{R}$	$u = \frac{i}{G}$
分压或分流公式	$u_1 = \frac{R_1}{R} u$ $u_2 = \frac{R_2}{R} u$	$i_1 = \frac{G_1}{G} i$ $i_2 = \frac{G_2}{G} i$
功率比	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1}{R_2}$	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{G_1}{G_2}$

(2) 电阻并联

如图 1.9 所示为两个电阻并联及其等效电阻电路。电阻并联的特点是各电阻两端加的是同一电压, 其关系式如表 1.1 所示。

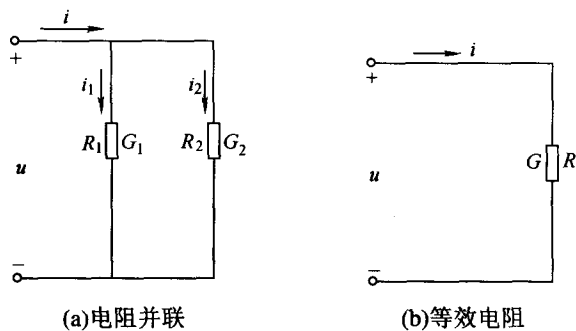


图 1.9 电阻并联及其等效电阻

1.4.2 电感

用导线绕制的线圈(有空芯线圈和铁芯线圈等)通过电流时将产生磁通 Φ , 因此它是储存磁通的元件。其主要特点是储存磁场能量。它的近似化电路模型为理想电感元件(简称电感)。

1. 定义

一个二端元件, 在任一瞬间, 它所流经的电流 i 和它的磁通链 ψ 两者之间的关系是由 i - ψ 平面的一条曲线决定的, 此二端元件称为电感, 其图形符号如图 1.10 所示。

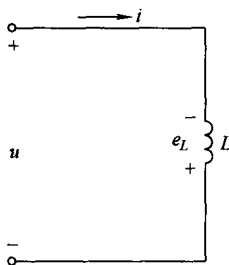


图 1.10 电感元件

若该曲线为过原点的直线, 即 $\frac{\psi}{i} = L = \text{常数}$, 则该电感称为线性电感; 否则, 称为非线性电感。本书除特别说明, 电感均指线性电感。

2. 电压与电流关系

对于线性电感有

$$\psi = N\Phi = Li$$

当电感中的磁通 Φ 或电流 i 发生变化时, 则电感中产生感应电动势 e_L 。当电感中的电压与电流和电动势采用如图 1.10 所示的参考方向时,

$$e_L = -N \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\psi}{dt} = -L \frac{di}{dt} \quad (1.9)$$

$$e_L = -N \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\psi}{dt} = -L \frac{di}{dt} \quad (1.9)$$

$$u = -e_L = L \frac{di}{dt} \quad (1.10)$$

由上式可见, 电感的端电压与电流的变化率成正比。当流过电感的电流为恒定的直流电流时, 其端电压 $U=0$, 故在直流电路中电感可视为短路。

在关联方向下电感的电压和电流关系可表示为

$$i = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^t u dt = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^0 u dt + \frac{1}{L} \int_0^t u dt = i_0 + \frac{1}{L} \int_0^t u dt \quad (1.11)$$

式中: i_0 为电流的初始值, 即 $t=0$ 时, 通过电感的电流。式(1.11)表明电感的电流具有记忆功能。若 $i_0=0$, 则

$$i = \frac{1}{L} \int_0^t u dt \quad (1.12)$$

3. 磁场能量

当 $i_0=0$ 时, 电感在 t 时刻存储的磁场能量为

$$W_L = \int_0^t P dt = \int_0^t u i dt = \int_0^t L i di = \frac{1}{2} L i^2 \quad (1.13)$$

式(1.13)表明, 当流过电感的电流增大时, 磁场能量增大, 电感从电源吸收电能转换为磁能; 当电流减小时, 磁场能量减小, 电感释放出能量, 磁能转换为电能还给电源。

1.4.3 电容

两块金属极板间介以绝缘材料组成的电容器, 加上电压后, 两极板上能存储电荷, 在介质中建立电场, 因此电容器是能存储电场能量的元件。其近似化电路模型为理想电容元件(简称电容)。

1. 定义

一个二端元件, 在任一瞬间, 它所存储的电荷 q 和端电压 u 两者之间的关系是由 $q-u$ 平面上的一条曲线来决定的, 此二端元件称为电容, 其图形符号如图 1.11 所示。

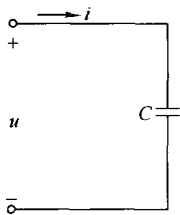


图 1.11 电容元件

如果电容的 $q-u$ 曲线为通过原点的直线, 即 $\frac{q}{u}=C=\text{常数}$, 则该电容称为线性电容; 否则称为非线性电容, 本书除特别说明外, 电容均指线性电容。