



21st CENTURY
规划教材

面向21世纪高职高专电子通信系列规划教材

COURSES FOR VOCATIONAL HIGHER EDUCATION: ELECTRONICS AND COMMUNICATION

电工电子学

ELECTROTECHNICS AND ELECTRONICS

宋锦河 主编



科学出版社
www.sciencep.com



面向21世纪高职高专电子通信系列规划教材
COURSES FOR VOCATIONAL HIGHER EDUCATION: ELECTRONICS AND COMMUNICATION

电工电子学

宋锦河 主编

郝梅 郑敏 副主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书按电子信息类专业教学大纲要求,结合作者多年从事教学的实践经验,并参考国内外相关教材编写而成。全书共分8章,主要内容包括电路和电路元件、基本电路分析、分立元件放大电路、放大电路的负反馈、集成运算放大器、波形产生电路、功率放大电路、直流电源。每章均配有适量的例题和习题,便于学生自学。

本书可作为高职高专及成人教育计算机、电力、电子、通信及自动化等专业的教材,也可供有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子学/宋锦河主编. --北京:科学出版社, 2004
(面向21世纪高职高专电子通信系列规划教材)

ISBN 7-03-014262-4

I. 电… II. 宋… III. ①电工学-高等学校:技术学校-教材②电子学-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TM1②TN01

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第087648号

责任编辑:李昱颀/责任校对:耿 耘

责任印制:吕春珉/封面设计:飞天创意

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

世界知识印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年9月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2004年9月第一次印刷 印张:14 1/4

印数:1—3 000 字数:317 000

定价:19.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈世知〉)

面向 21 世纪高职高专规划教材专家委员会

主 任 李宗尧

副主任 (按姓氏笔画排序)

丁桂芝 叶小明 张和平 林 鹏

黄 藤 谢培苏

委 员 (略)

信息技术系列教材编委会

主 任 丁桂芝

副主任 (按姓氏笔画排序)

万金保 方风波 徐 红 鲍 泓

委 员 (按姓氏笔画排序)

于晓平	马国光	仁英才	王东红	王正洪
王 玉	王兴宝	王金库	王海春	王爱梅
邓 凯	付百文	史宝会	本柏忠	田 原
申 勇	任益夫	刘成章	刘克敏	刘甫迎
刘经玮	刘海军	刘敏涵	安志远	许殿生
何瑞麟	余少华	吴春英	吴家碚	吴瑞萍
宋士银	宋锦河	张红斌	张环中	张海鹏
张蒲生	张德实	李云程	李文森	李 洛
李德家	杨永生	杨 闯	杨得新	肖石明
肖洪生	陈 愚	周子亮	周云静	胡秀琴
赵从军	赵长旭	赵动庆	郝 梅	唐铸文
徐洪祥	徐晓明	袁德明	郭庚麒	高延武
高爱国	康桂花	戚长政	曹文济	黄小鸥
彭丽英	董振珂	蒋金丹	韩银峰	魏雪英

出版前言

随着世界经济的发展,人们越来越深刻地认识到经济发展需要的人才多元化、多层次的,既需要大批优秀的理论性、研究性的人才,也需要大批应用性人才。然而,我国传统的教育模式主要是培养理论性、研究性的人才。教育界在社会对应用性人才需求的推动下,专门研究了国外应用性人才教育的成功经验,结合国情大力度地改革我国的“高等职业教育”,制定了一系列的方针政策。联合国教科文组织1997年公布的教育分类中将这种教育称之为“高等技术与职业教育”,也就是我们通常所说的“高职高专”教育。

我国经济建设需要大批应用性人才,呼唤高职高专教育的崛起和成熟,寄希望于高职高专教育尽快向国家输送高质量的紧缺人才。近几年,高职高专教育发展迅速。目前,各类高职高专学校已占全国高等院校的近1/2,约有600所之多。教育部针对高职高专教育出台的一系列政策和改革方案主要体现在以下几个方面:

- “就业导向”成为高职高专教育的共识。高职高专院校在办学过程中充分考虑市场需求,用“就业导向”的思想制定招生和培养计划。
- 加快“双师型”教师队伍建设。已建立12个国家高职高专学生和教师的实训基地。
- 对学生实行“双认证”教育。学历文凭和职业资格“双认证”教育是高职高专教育特色之一。
- 高职高专教育以2年学制为主。从学制入手,加快高职高专教学方向的改革,充分办出高职高专教育特色,尽快完成紧缺人才的培养。
- 开展精品专业和精品教材建设。已建立科学的高职高专教育评估体系和评估专家队伍,指导、敦促不同层次、不同类型的学校办出一流的教育。

在教育部关于“高职高专”教育思想和方针指导下,科学出版社积极参与到高职高专教材的建设中去。在组织教材过程中采取了“请进来,走出去”的工作方法,即由教育界的专家、领导和一线的教师,以及企事业从事人力资源工作的人员组成顾问班子,充分分析我国各地区的经济发展、产业结构以及人才需求现状,研究培养国家紧缺人才的关键要素,寻求切实可行的教学方法、手段和途径。

通过研讨认识到,我国幅员辽阔,各地区的产业结构有明显的差异,经济发展也不平衡,各地区对人才的实际需求也有所不同。相应地,对相同专业和相近专业,不同地区的教学单位在培养目标和培养内容上也各有自己的定位。鉴于此,适应教育现状的教材建设应该具有多层次的设计。

为了使教材的编写能针对受教育者的培养目标,出版社的编辑分不同地区逐所学校拜访校长、系主任和老师,深入到高职高专学校及相关企事业,广泛、深入地教学和第

一线的老师、用人单位交流,掌握了不同地区、不同类型的高职高专院校的师生、学生和教学设施情况,清楚了各学校所设专业的培养目标和办学特点,明确了用人单位的需求条件。各区域编辑对采集的数据进行统计分析,在相互交流的基础上找出各地区、各学校之间的共性和个性,有的放矢地制定选题项目,并进一步向老师、教育管理者征询意见,在获得明确指导性意见后完成“高职高专规划教材”策划及教材的组织工作:

- 第一批“高职高专规划教材”包括三个学科大系:经济管理、信息技术、建筑。
- 第一批“高职高专规划教材”在注意学科建设完整性的同时,十分关注具有区域人才培养特色的教材。
- 第一批“高职高专规划教材”组织过程正值高职高专学制从3年制向2年制转轨,教材编写将其作为考虑因素,要求提示不同学制的讲授内容。
- 第一批“高职高专规划教材”编写强调
 - ◆ 以就业岗位对知识和技能需求下的教材体系的系统性、科学性和实用性。
 - ◆ 教材以实例为先,应用为目的,围绕应用讲理论,取舍适度,不追求理论的完整性。
 - ◆ 提出问题→解决问题→归纳问题的教、学法,培养学生触类旁通的实际工作能力。
 - ◆ 课后作业和练习(或实训)真正具有培养学生实践能力的作用。

在“高职高专规划教材”编委的总体指导下,第一批各科教材基本是由系主任,或从教学一线中遴选的骨干教师执笔撰写。在每本书主编的严格审读及监控下,在各位老师的辛勤编撰下,这套凝聚了所有作者及参与研讨的老师们的经验、智慧和资源,涉及三个大的学科近200种的高职高专教材即将面世。我们希望经过近一年的努力,奉献给读者的这套书是他们渴望已久的适用教材。同时,我们也清醒地认识到,“高职高专”是正在探索中的教育,加之我们的水平和经验有限,教材的选题和编辑出版会存在一些不尽人意的地方,真诚地希望得到老师和学生的批评、建议,以利今后改进,为繁荣我国的高职高专教育不懈努力。

科学出版社

2004年6月1日

前 言

“电工电子学”是计算机、电力、电子、通信及自动化等专业的主要技术基础课，是学习专业课及从事计算机、通信、信息技术及电气工程技术等专业的一门必修课。

本书按电子信息类及相关专业教学大纲要求，结合作者多年从事教学的实践经验，并参考国内外相关教材编写而成。全书共8章，第1章为电路和电路元件，主要讲述了电路和电路物理量，电阻、电感和电容元件，独立电源元件，晶体二极管、晶体三极管，结型场效应管。第2章为基本电路分析，讲述了直流电路分析、单相交流电路、三相交流电路、电路的过渡过程。第3章为分立元件放大电路，讲述了放大器的概念、单管共发射极基本放大电路、放大器的主要性能指标、放大电路的基本分析方法、放大电路工作点的稳定、共集电极放大电路和共基极放大电路、场效应管放大电路、多级放大电路。第4章为放大电路的负反馈，介绍了反馈的基本概念、负反馈的四种组态、负反馈对放大电路性能的影响、负反馈放大电路的自激振荡。第5章为集成运算放大器，讲述了集成运放的组成、集成运放的基本特性、集成运放的应用。第6章为波形产生电路，介绍了正弦波振荡电路、非正弦波振荡电路、压控振荡器。第7章为功率放大电路，介绍了功率放大电路的主要特点、互补对称式功率放大电路、实际的功率放大电路、集成功率放大器。第8章为直流电源，介绍了直流电源的组成、单相整流电路、滤波电路、倍压整流电路、硅稳压管稳压电路、串联型直流稳压电路、集成稳压器、开关型稳压电路。

宋锦河任本书主编，负责全书统稿，并编写了第1、2、4、6章，郝梅、郑敏任副主编，郝梅编写了第5、7、8章，郑敏编写了第3章。

由于作者水平有限，书中不妥之处在所难免，欢迎读者批评指正。

编 者

2004年6月

目 录

第 1 章 电路和电路元件	1
1.1 电路和电路物理量	1
1.1.1 电路作用及电路组成	1
1.1.2 电路元件和电路模型	2
1.1.3 电流、电压及参考方向	2
1.1.4 电路功率	4
1.2 电阻、电感和电容元件	4
1.2.1 电阻元件	5
1.2.2 电感元件	5
1.2.3 电容元件	6
1.2.4 元件参数及电路模型	6
1.3 独立电源元件	7
1.3.1 电压源和电流源	7
1.3.2 实际电源的模型	8
1.4 晶体二极管	10
1.4.1 半导体基本知识	10
1.4.2 PN 结及其单向导电性	11
1.4.3 二极管的特性和主要参数	13
1.4.4 稳压管的特性和主要参数	15
1.5 晶体三极管	17
1.5.1 三极管的放大原理	18
1.5.2 三极管的特性曲线	20
1.5.3 三极管的三个工作区域	22
1.5.4 三极管的主要参数	24
1.6 结型场效应管	25
习题	27
第 2 章 基本电路分析	33
2.1 直流电路分析	33
2.1.1 基尔霍夫定律	33
2.1.2 支路电流法	36
2.1.3 叠加原理	37
2.1.4 等效电源定理	39
2.2 单相交流电路	42
2.2.1 正弦量的三要素	42

2.2.2	正弦量的相量表示法	44
2.2.3	电阻、电感、电容元件相量形式	46
2.2.4	单相交流电路的计算	50
2.2.5	交流电路功率	53
2.2.6	R、L、C 电路谐振	56
2.3	三相交流电路	58
2.3.1	三相交流电源	58
2.3.2	三相电路的计算	59
2.4	电路的过渡过程	62
2.4.1	换路定律	63
2.4.2	RC 电路的瞬态分析	64
	习题	66
第 3 章	分立元件放大电路	73
3.1	放大器的概念	73
3.1.1	放大器电路符号说明	74
3.1.2	放大器的概念	74
3.2	单管共发射极基本放大电路	75
3.2.1	放大电路的组成与结构	75
3.2.2	放大电路的两种工作状态	76
3.3	放大器的主要性能指标	77
3.4	放大电路的基本分析方法	80
3.4.1	图解法	80
3.4.2	微变等效电路法	83
3.5	放大电路工作点的稳定	87
3.5.1	温度对工作点的影响	87
*3.5.2	基极分压式射极偏置电路	88
3.6	共集电极放大电路和共基极放大电路	89
3.6.1	共集电极放大电路	89
3.6.2	共基极放大电路	91
3.7	场效应管放大电路	92
3.7.1	场效应管放大电路的组成	93
3.7.2	场效应管放大电路的分析	93
3.8	多级放大电路	94
	习题	96
第 4 章	放大电路的负反馈	101
4.1	反馈的基本概念	101
4.1.1	反馈的定义	101
4.1.2	反馈的分类	102

4.2 负反馈的四种组态	104
4.2.1 反馈的一般表达式	104
4.2.2 串联电压负反馈	104
4.2.3 串联电流负反馈	105
4.2.4 并联电压负反馈	107
4.2.5 并联电流负反馈	107
4.3 负反馈对放大电路性能的影响	108
4.3.1 提高放大倍数的稳定性	108
4.3.2 减小非线性失真	110
4.3.3 扩展频带	110
4.3.4 负反馈对输入电阻的影响	110
4.3.5 负反馈对输出电阻的影响	113
4.4 负反馈放大电路的自激振荡	114
4.4.1 产生自激振荡的原因	114
4.4.2 消除自激振荡的方法	115
习题	115
第5章 集成运算放大器	120
5.1 集成运算放大器的组成	121
5.1.1 电流源电路	122
5.1.2 典型差分放大电路	125
5.1.3 改进型差分放大电路	132
5.2 集成运算放大器的基本特性	135
5.3 集成运算放大器的应用	136
习题	140
第6章 波形产生电路	143
6.1 正弦波振荡电路	143
6.1.1 自激振荡的概念	143
6.1.2 RC 正弦波振荡电路	145
6.1.3 LC 振荡电路	149
6.1.4 石英晶体振荡电路	152
6.2 非正弦波振荡电路	155
6.2.1 矩形波发生器	155
6.2.2 三角波发生器	156
6.2.3 锯齿波发生器	157
6.3 压控振荡器	158
习题	161
第7章 功率放大电路	166
7.1 功率放大电路的主要特点	167

7.2 互补对称式功率放大电路	168
7.2.1 电路组成及工作原理	169
7.2.2 分析计算	169
7.3 实际的功率放大电路	173
7.4 集成功率放大器	178
习题	181
第8章 直流电源	184
8.1 直流电源的组成	185
8.2 单相整流电路	185
8.3 滤波电路	191
8.4 倍压整流电路	194
8.5 硅稳压管稳压电路	195
8.6 串联型直流稳压电路	196
8.7 集成稳压器	200
8.7.1 集成稳压器的外型、符号及主要参数	200
8.7.2 集成稳压电路的组成及工作原理	201
8.7.3 集成稳压器的应用电路	202
8.8 开关型稳压电路	205
8.8.1 开关型稳压电源的稳压原理	205
8.8.2 脉宽调制型开关稳压电源	207
习题	209
主要参考文献	213

第 1 章 电路和电路元件



知识点

- 电路的基本物理量
- 晶体二极管原理及性能
- 晶体三极管原理及性能
- 场效应管原理及性能



难点

- 电流源及电压源
- 二极管、三极管、场效应管原理
- 三极管电流放大作用



要求

掌握：

- 电阻、电感、电容元件及电压源和电流源
- 二极管单向导电性
- 三极管输出特性

了解：

- 电路元件模型
- 二极管、三极管的主要参数

1.1 电路和电路物理量

1.1.1 电路作用及电路组成

电路是电流的通路，是为了某种需要由电工设备或元件按一定方式组合起来的。要用电就离不开电路。要使电灯发光明亮，要使电流发热，要使电动机转动……都必须用导线将电源与用电设备连接起来组成电路。随着科学技术的发展，电的应用越来越广泛，电路的形成也多种多样。但是，不管电路的具体形式如何变化，电路都是由一些基本的部件组成。

组成电路的基本部件是：

- 电源：它是电路中电能的来源，是供应电能的设备。其主要作用是将其他形式的能量转换成电能，如发电机将机械能转换成电能；干电池将化学能转换成电

能等。

- 负载：它是电路的用电设备，是消耗电能的设备。其主要作用是将电能转换为其他形式的能量。如：电动机将电能转换为机械能；电灯泡将电能转换为光能和热能等。
- 中间环节：它是连接电源和负载的部分，其主要作用是传输和控制电能。最简单的中间环节是导线和开关，较为复杂的可由多种元件或电气设备组成。此外，中间环节还包括有关保障安全用电的保护电气设备，如熔断器等。

虽然电路的结构形式和所完成任务多种多样，但从本质上说，都由以上三个部分组成。因此，电路是由电源、负载及中间环节等电气设备组成的总体，是电流流通的闭合路径。

电路的基本作用有两个。第一，实现电能的传输和转换。如电厂的发电机发出的电能，通过升压变压器、输电线、变配电所等送到用电单位，通过用电设备把电能转换成其他形式的能量。第二，传递和处理信号。例如：扩音机，由话筒把语言或音乐转换为相应的电压和电流，它们就是电信号。然后通过放大电路传递到扬声器，扬声器把电信号还原为语言或音乐。由于话筒输出的电信号比较微弱，不足以推动扬声器发音，因此，要用放大器来放大。信号的这种转换和放大，称为信号的处理。

1.1.2 电路元件和电路模型

构成电路的电工、电子元器件或设备统称为实际电路元件，简称为实际元件。用实际元件构成的电路称为实际电路。实际元件种类繁多，各具其特性和用途。

一个实际元件往往呈现多种物理性质。例如一个用导线绕成的线圈，当有电流通过时既会产生磁通、形成磁场，还会消耗电能。也就是说，线圈不仅具有电感性质，而且具有电阻性质。为了便于对各种实际元件进行分析和数学描述，常采用一些理想电路元件来表现其特征，称为实际元件的模型。理想电路元件是对实际元件在一定条件下进行科学抽象而得到的，实际上是一种数学模型。例如上述的线圈，如果忽略其电阻和电容性质，可以用一个理想元件来近似，或用几个理想元件的组合来表示。

将实际电路的各种实际元件由其相应的模型表示后，就构成实际电路的电路模型。也就是说，电路模型是由一些理想电路元件相互连接而构成的整体，是实际电路的一种等效表示，故也称等效电路。

1.1.3 电流、电压及参考方向

1. 电流及参考方向

电路中带电粒子在电源作用下的有规则移动形成电流。金属导体中的带电粒子是自由电子，半导体中的带电粒子是自由电子和空穴，电解液中的带电粒子是正、负离子，因此电流是带电粒子有规律的定向运动而形成的。习惯上规定正电荷移动的方向为电流的实际方向。

电荷对时间的变化率称为电流强度，简称电流，即

$$i = \frac{dq}{dt}$$

式中电荷 q 的单位为库 (C)，时间 t 的单位为秒 (s)，电流 I 的单位为安 (A)。

电流的大小和方向都不随时间变化，称为直流电流 (DC)，用大写字母 I 表示。电流的大小和方向都随时间变化，称为交流电流 (AC)，用小写字母 i 表示。

在电路分析计算时，电流的实际方向有时难以确定，为此可以预先假定一个 i 电流方向，称为电流的参考方向（也称为正方向），并在电路图中用箭头标出。然后根据假定的电流参考方向列写电路方程求解。如果计算结果为正，表示电流的实际方向与参考方向相同；如果计算结果为负，电流的实际方向和参考方向相反。交流电流的实际方向随时间而变，因此也必须规定电流的参考方向。如果在某一时刻电流为正值，表示该时刻电流的实际方向和参考方向相同；如为负值，则相反。因此，电流参考方向在电路分析时必不可少。

2. 电压及参考方向

图 1.1 是由电池和灯泡组成的一个简单电路。电池电动势为 E ，电动势是外力在电源内部将单位正电荷从负极移至正极所做的功，单位为伏 (V)。图 1.1 电路中，在电动势 E 的作用下，灯泡两端得到电压 U ，并有电流 I 流过。 a 点与 b 点间的电压在数值上等于电场力驱使单位正电荷 a 点移至 b 点所做的功。 a 、 b 两点之间的电压也就是 a 、 b 两点之间的电位差，单位为伏 (V)。

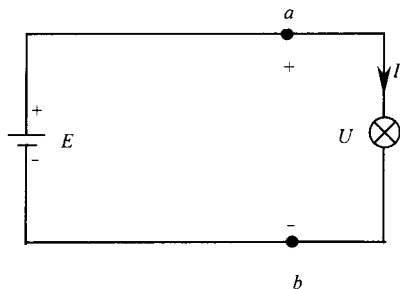


图 1.1 电压、电流的参与方向

电压是由于两点间电位的高低差别而形成的，它的方向是从高电位指向低电位，是电压降低的方向。而电动势的方向则是从低电位指向高电位，是电位升高的方向。图 1.1 所示电路中，在忽略电池的内阻和导线的电阻时， a 点和 b 点间的电压 U 和电池的电动势 E 相等，即 $U = E$ 。

同样，对于电压或电动势也必须先假定参考方向。电压参考方向采用“+”、“-”极性表示，从“+”端指向“-”端。如果电压、电动势或电流的实际方向为已知，就常以实际方向作为参考方向。图 1.1 中所标的电动势、电压和电流的参考方向就和实际方向相同。

电压参考方向和电流参考方向可以分别加以假定。但在电路分析时常假定电压参考方向与电流参考方向一致，称为关联参考方向。如在图 1.1 中，流过灯泡的电流参考方

向假定从上到下, 灯泡两端的电压参考方向也假定从上到下, 两者相关联。在采用关联参考方向时, 如果标出某个电路元件的电流或电压参考方向, 则该元件的电压或电流参考方向就随之关联地确定, 可以不再标出。

在电路分析特别是在电子电路中, 常选取电路的某一点(例如接地点)作为电位的参考点, 用符号“ $\perp$ ”表示。如设参考点的电位为零, 则电路中任一点的电位就等于该点到参考点的电压。

1.1.4 电路功率

功率是电路分析中常用到的另一个物理量。如果某个元件的电流和电压分别为 i 和 u , 而且电流和电压的参考方向相关联, 则功率

$$P = ui$$

直流时

$$P = UI$$

单位为瓦(W)。

在电压和电流参考方向关联时, 计算的功率为正值, 表示该元件(或该段电路)吸收功率(即消耗电能或吸收电能); 若为负值则表示输出功率(即送出电能)。习惯上对电源的端电压和流过电源的电流采用非关联参考方向。如在图 1.1 中, 按所示电流参考方向, 电流从电池的“-”端流向“+”端, 此时电池的端电压 $U=E$, 乘积 UI 表示电源向外电路提供的功率大小。

1.2 电阻、电感和电容元件

电路中普遍存在着电能的消耗、磁场能的储存和电场能的储存这三种基本的能量转换过程。描述这三种物理性质的电路参数是电阻、电感和电容。只含有一个电路参数的元件分别称为理想电阻元件、理想电感元件和理想电容元件, 简称电阻元件、电感元件和电容元件, 其图形符号分别如图 1.2(a)、图 1.2(b)、图 1.2(c)所示。

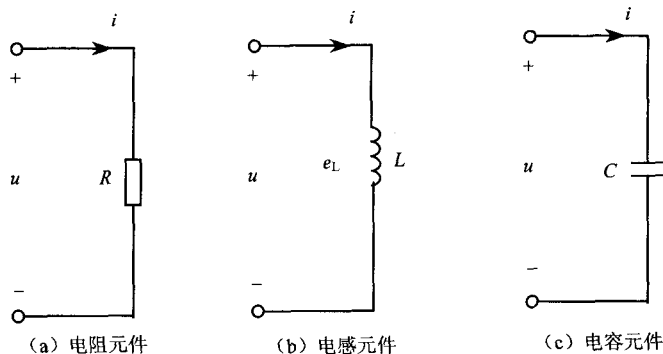


图 1.2 电阻、电感和电容元件

1.2.1 电阻元件

电阻元件简称为电阻。电阻元件上电压和电流之间的关系称为伏安特性。如果电阻元件的伏安特性曲线是一条通过坐标原点的直线,则称为线性电阻。线性电阻两端的电压 u 和流过的电流 i 之间的关系服从欧姆定律,则当 u 、 i 的参考方向如图 1.2 (a) 所示时

$$u = Ri$$

式中 R 为元件的电阻,是一个与电压、电流无关的常数,单位为欧 (Ω)。

上式表明,线性电阻的电压与电流之间成线性函数关系。所谓线性函数关系指具有以下性质:① 比例性。若电流增减 k 倍,则电压亦增减 k 倍;② 可加性。若电流 i_1 、 i_2 在电阻 R 上分别产生的电压为 $u_1 = Ri_1$, $u_2 = Ri_2$, 则电流之和 $(i_1 + i_2)$ 产生的电压为

$$u = R(i_1 + i_2) = u_1 + u_2$$

电阻元件要消耗电能,是一个耗能元件。电阻吸收的功率为

$$P = ui = Ri^2 = \frac{u^2}{R}$$

从 t_1 到 t_2 的时间内,电阻元件吸收的能量为

$$W = \int_{t_1}^{t_2} Ri^2 dt$$

W 的单位为焦 (J)。电阻吸收的电能全部转化为热能,是不可逆的能量转换过程。

若电阻元件的电压与电流之间不是线性函数关系,则称为非线性电阻。非线性电阻伏安特性曲线可以是通过坐标原点或不通过坐标原点的曲线,也可以是不通过坐标原点的直线。二极管就是一个典型的非线性电阻元件。

1.2.2 电感元件

电感元件简称为电感。当有电流 i 流过电感元件时,其周围将产生磁场。若电感线圈 N 匝,通过每匝线圈的磁通为 Φ ,则线圈的匝数与穿过线圈的磁通的乘积为 $N\Phi$ 。如果电感元件中的磁通和电流 i 之间是线性函数关系,则称为线性电感。若电感元件中的磁通与电流之间不是线性函数关系,则称为非线性电感。在线性电感的情况下,电感元件的特性方程为

$$N\Phi = Li$$

式中 L 为元件的电感,是一个与磁通、电流无关的常数,单位为亨 (H)。磁通 Φ 的单位为韦 (Wb)。

当流过电感元件的电流 i 随时间变化时,产生自感电动势 e_L ,元件两端有电压 u 。若电感元件 i 、 e_L 、 u 的参考方向按图 1.2 (b) 规定,则

$$e_L = \frac{dN\Phi}{dt} = -L \frac{di}{dt}$$

$$u = -e_L = L \frac{di}{dt}$$

上式表明,线性电感的端电压 u 与电流 i 对时间的变化率 $\frac{di}{dt}$ 成正比。对于恒定电流电感元件的端电压为零,故电感元件对直流电路来说相当于短路。

电感是一个储存磁场能的元件。当流过电感的电流增大时,磁通增大,它所储存的磁场能也变大。但如果电流减小到零,则所储存的磁场能将全部释放出来。故电感元件本身并不消耗能,是一个储能元件。当流过电感元件的电流为 i 时,它所储存的磁场能

$$W_L = \frac{1}{2} Li^2$$

上式表明,电感元件在某一时刻的储能只决定于该时刻的电流值,而与电流的过去状态无关。

1.2.3 电容元件

电容元件简称为电容。当电容元件两端加有电压 u 时,它的极板上就会储存电荷 q 。如果电荷 q 和电压 u 之间是线性函数关系,则称为线性电容。若电容元件的电荷与电压之间不是线性函数关系,则称为非线性电容。

在线性电容的情况下,电容的特性方程为

$$q = Cu$$

式中, C 为元件的电容,是一个与电荷、电压无关的常数,单位为法拉 (F)。由于法拉的单位太大,实用中常采用微法 (μF) 或皮法 (pF), $1\text{F} = 10^6 \mu\text{F} = 10^{12} \text{pF}$ 。

当电容元件两端的电压 u 随时间变化时,极板上储存的电荷就随之变化,和极板连接的导线中就有电流 i 。若 u 、 i 的参考方向按图 1.2(c) 规定,则

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt}$$

上式表明,线性电容的电流 i 与端电压 u 对时间的变化率 $\frac{du}{dt}$ 成正比。对于恒定电压,电容的电流为零,故电容元件对直流电路来说相当于开路。

和电感类似,电容也是一个储能元件——能量储存于电容的电场之中。当电容的端电压为 u 时,它所储存的电场能为

$$W_C = \frac{1}{2} Cu^2$$

上式表明,电容元件在某一时刻的储能只决定于该时刻的电压值,而与电压的过去状态无关。

1.2.4 元件参数及电路模型

电阻器、电感器和电容器在电工和电子电路中应用十分广泛。

电阻器种类很多,如铸铁电阻、绕线电阻、碳膜电阻、金属膜电阻等。电阻器的主要参数为标称阻值、允许偏差和额定功率。如 RJ-2 型金属膜电阻器,标称阻值为 820Ω ,允许偏差为 $\pm 5\%$ 、额定功率为 2W 。

电感器通常是用导线绕制而成的线圈。有的电感线圈含有铁心,称为铁心线圈。线