



计算机 电路基础

秦学礼 主编



增值回报
电子教案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高职高专规划教材系列

计 算 机 电 路 基 础

秦学礼 主编

管瑞霞 朱卫华 副主编

叶晓菡 孔欣 刘凯 编著



机 械 工 业 出 版 社

计算机电路基础是高职专科计算机、信息技术等相关专业必修的技术基础课。通过本课程的学习,可以掌握基本电路、模拟电子技术和数字电子技术的基础知识,为学习计算机组成原理、微机接口技术等后续课程准备必要的知识,也是为以后从事计算机硬件系统的应用和维护等实际工作打下基础。

本书内容包括:电路和电路元件、基本电路分析、常用晶体管、基本放大电路、集成运算放大器、直流稳压电源、数字电路基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路、数/模与模/数转换和安全用电知识等共 11 章,书后配有习题答案。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、成人高校的教材,也可供相关技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机电路基础/秦学礼主编. —北京:机械工业出版社, 2006.8

(21 世纪高职高专规划教材系列)

ISBN 7-111-19605-8

I. 计… II. 秦… III. 电子计算机—电子电路—高等学校:技术学校—教材 IV. TP331

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 081489 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:胡毓坚

责任编辑:王颖 版式设计:冉晓华 责任校对:张莉娟

责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2006 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·11.75 印张·287 千字

0 001—5 000 册

定价:18.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

编辑热线电话 (010) 88379739

封面无防伪标均为盗版

出版说明

为了贯彻国务院发〔2002〕16号文件《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》的精神，进一步落实《中华人民共和国职业教育法》和《中华人民共和国劳动法》，实施科教兴国战略，大力推进高等职业教育改革与发展，我们组织力量，对实现高等职业教育培养目标和保证基本教学规格的文化基础课程、专业技术基础课程和重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写。

本套教材包含了高职高专院校计算机类、电子信息类、通信类、自动化类、市场营销类专业的专业基础课、专业课及选修课。为配合高职教育关于“培养21世纪与我国现代化建设要求相适应的一线科技实用型人才”的最新理念，我们特为本系列教材配备了实践指导丛书，以利于老师的教学和学生的学习。

本套教材将理论教学和实践教学紧密结合，图文并茂、内容实用、层次分明、讲解透彻，其中融入了作者长期的教学经验和丰富的实践经验。可作为各类高职高专院校的教材，也可作为各类培训班的教材。

机械工业出版社

前 言

电路基础是高职专科计算机、信息技术等相关专业必修的技术基础课。在开设计算机相关专业课程的高等院校中,电路基础是计算机应用技术、计算机网络技术等专业的一门重要的基础课程。尤其在以实践能力培养为主的高职类院校里,让学生掌握基本的电路分析并能简单的设计电路,更是学习硬件知识的基础。

如今,高校电路基础课程的教材主要分为3部分,一是电路分析部分,主要讲述电路的基本概念与定律、独立电路变量与方程分析法、动态电路时域分析、正弦稳态电路相量分析法等,重点对各种直交流电路进行分析。二是模拟电子电路部分,主要讲述半导体元器件、放大器基础、模拟集成电路、功率放大器、正弦波振荡器等,重点讲述模拟电子电路的基本原理、分析方法及工程计算。三是数字电子电路部分,主要讲述数字与逻辑设计的基础知识,逻辑门电路和不同类型触发器的工作原理等,重点介绍数字电路及数字逻辑设计的基本理论、基本电路和基本分析、设计方法。

教学经验告诉我们,对于高职信息技术类专业的教学要突出实用性和针对性,要符合高职、高专教育的特点,理论知识的学习要以应用为目的,以必需、够用为度。通过近5年的高职教学研究,对高职信息技术类专业,我们的教学思路是围绕专业培养目标,科学制订教学计划,正确确立课程体系,合理构建知识、能力和素质结构,不断优化理论教学体系和实践教学体系。在这样的基础上我们经过了3年时间的策划,决定编写这本教材。

本教材在编写设计上,充分考虑了高职教学的特点,目标是要让学生掌握基本的电路理论,注重电路理论的实际应用,理论部分以电路和电路元件、基本电路分析、放大电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路、安全用电知识等与实际应用联系紧密的内容为重点。内容选取贴近实际应用,内容整合后避免了教学中重复教授的弊端,强调基本理论以“必须够用”为度,贯彻少而精的原则。

本教材注重基本理论的讲解,降低了对电工学、高等数学等基础理论学科的依赖,突出了应用环节,便于高职院校教师教学与学生自学之用。主要让学生掌握直流电路、交流电路、模拟电子电路、数字电子电路的基本分析方法,了解常用电子元件的使用和简单的电子电路的分析。

本教材共11章,由秦学礼策划、组织编写和统稿,参加编写的都是担任这门课的教师。其中,第1章和第6章由秦学礼编写,第2章和第10章由叶晓菡编写,第3章和第4章由朱卫华编写,第5章和第9章由管瑞霞编写,第7章和第8章由孔欣编写,第11章由刘凯编写。在编写过程参考过许多作者的教材,在这里表示深深的感谢。

由于作者水平有限,书中错误在所难免,希望读者批评指正。e-mail: qin@zj.com, qinxueli@126.com。

本书配套电子教案可到机械工业出版社网站(www.cmpbook.com)上下载。

编 者

目 录

出版说明

前言

第 1 章 电路和电路元件	1
1.1 电路	1
1.1.1 电路的组成	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	3
1.1.4 电路功率	5
1.2 电阻、电感和电容元件	6
1.2.1 电阻元件	6
1.2.2 电感元件	7
1.2.3 电容元件	8
1.2.4 元件参数	8
1.3 独立电源和电路模型	12
1.3.1 实际电源的模型	12
1.3.2 电压源和电流源	13
1.4 习题	16
第 2 章 基本电路分析	17
2.1 电路的基本定律	17
2.1.1 基尔霍夫定律	17
2.1.2 电阻电路的一般分析	19
2.1.3 叠加定理	23
2.1.4 戴维南定理	24
2.1.5 等效电源定理	26
2.2 正弦交流电路	28
2.2.1 正弦量的三要素	28
2.2.2 正弦量的相量表示法	31
2.2.3 电阻、电感、电容元件的特性	32
2.2.4 交流电路的功率	38
2.3 习题	42
第 3 章 常用晶体管	44
3.1 晶体二极管	44
3.1.1 半导体基本知识	44
3.1.2 PN 结和二极管	46
3.1.3 二极管的主要参数	49
3.1.4 稳压二极管	49

3.2 晶体三极管	50
3.2.1 三极管的结构与符号	50
3.2.2 三极管的放大作用	51
3.2.3 三极管的特性曲线	52
3.2.4 三极管的主要参数	53
3.3 场效应管	55
3.3.1 N 沟道增强型 MOS 管	55
3.3.2 N 沟道耗尽型 MOS 管	56
3.4 习题	56
第 4 章 基本放大电路	58
4.1 放大器的概念	58
4.2 放大电路的主要性能指标	58
4.3 共发射极放大电路	59
4.3.1 放大电路的组成及工作原理	60
4.3.2 放大电路的静态分析	60
4.3.3 放大电路的动态分析	61
4.4 放大电路静态工作点的稳定	64
4.4.1 温度对静态工作点的影响	64
4.4.2 分压式偏置电路	65
4.5 多级放大电路	66
4.5.1 多级放大电路的耦合方式	66
4.5.2 多级放大电路的指标计算	67
4.6 习题	67
第 5 章 集成运算放大器	69
5.1 集成运算放大器的基本组成	69
5.1.1 运算放大器的电路符号与基本结构	69
5.1.2 运算放大器的理想特性	70
5.1.3 运算放大器的主要性能参数	70
5.2 放大电路中的负反馈	71
5.2.1 负反馈的基本概念	71
5.2.2 负反馈的基本组态与判别	72
5.2.3 负反馈对放大器性能的影响	74
5.3 集成运算放大器的应用	76
5.3.1 比例运算电路	76
5.3.2 减法运算电路	77
5.3.3 加法运算电路	78
5.3.4 积分运算电路	78
5.3.5 微分运算电路	78
5.4 习题	79
第 6 章 直流稳压电源	81
6.1 直流稳压电源的组成	81

6.1.1 直流稳压电源的组成及作用	81
6.1.2 直流稳压电源的主要技术指标	82
6.2 单相整流电路	83
6.2.1 整流电路的工作原理	83
6.2.2 整流电路的性能指标	84
6.2.3 整流元件参数的计算	85
6.2.4 单相桥式整流电路	85
6.3 滤波电路	88
6.3.1 滤波电路的工作原理	88
6.3.2 滤波电路的定量分析	89
6.4 稳压电路	91
6.4.1 硅稳压管稳压电路	91
6.4.2 串联型稳压电路	92
6.4.3 集成稳压电路	93
6.4.4 开关型稳压电路	94
6.5 习题	96
第7章 数字电路基础	97
7.1 数制与编码	97
7.1.1 数制	97
7.1.2 数的表示方法	99
7.1.3 计算机中的编码	100
7.2 逻辑代数基础	100
7.2.1 逻辑变量	100
7.2.2 基本公式和定律	103
7.2.3 常用公式	104
7.2.4 运算规则	104
7.3 逻辑函数及其表示方法	105
7.3.1 逻辑函数	105
7.3.2 逻辑函数的表示方法	105
7.3.3 逻辑函数表示方法的相互转换	106
7.4 逻辑函数的化简法	108
7.4.1 最小项	108
7.4.2 逻辑函数的公式化简法	108
7.4.3 逻辑函数的卡诺图化简法	110
7.4.4 具有无关项的逻辑函数化简	112
7.5 习题	113
第8章 组合逻辑电路	115
8.1 逻辑门电路	115
8.1.1 基本逻辑门电路	115
8.1.2 TTL 门电路	116
8.1.3 其他类型的 TTL 门电路	120
8.2 组合逻辑电路分析	122

8.2.1 组合逻辑电路的特点	122
8.2.2 组合逻辑电路的分析方法	123
8.3 组合逻辑电路的设计	124
8.4 组合逻辑电路的应用	125
8.4.1 编码器	125
8.4.2 译码器	127
8.4.3 加法器	130
8.5 习题	132
第9章 时序逻辑电路	134
9.1 触发器	134
9.1.1 基本 RS 触发器	134
9.1.2 RS 触发器	136
9.1.3 JK 触发器	139
9.1.4 D 触发器	140
9.1.5 T 触发器和 T' 触发器	140
9.1.6 触发器逻辑功能的转换	141
9.2 时序逻辑电路的分析	142
9.2.1 时序逻辑电路的特点	142
9.2.2 时序逻辑电路的分析方法	143
9.3 时序逻辑电路的应用	146
9.3.1 寄存器	146
9.3.2 计数器	148
9.4 习题	150
第10章 数/模与模/数转换	152
10.1 数/模转换器	152
10.1.1 电阻网络 D/A 转换器	152
10.1.2 D/A 转换器的主要技术指标	154
10.1.3 八位 D/A 转换器 DAC0808	154
10.2 模/数转换器	155
10.2.1 A/D 转换器的基本原理	155
10.2.2 逐次逼近型 A/D 模数转换器	157
10.3 习题	159
第11章 安全用电知识	161
11.1 电流对人体的作用	161
11.1.1 电流对人体的伤害	161
11.1.2 安全电流及有关因素	161
11.1.3 安全电压和人体电阻	161
11.2 触电形式与触电急救	162
11.2.1 触电形式	162
11.2.2 触电急救	164
11.3 保护接地和保护接零	164

11.3.1 工作接地	164
11.3.2 保护接地	164
11.3.3 保护接零	165
11.3.4 重复接地	166
11.4 电气防雷、防火和防爆	166
11.4.1 雷电的防护	166
11.4.2 电气防火和防爆	167
11.5 静电的防护	168
11.5.1 静电感应	168
11.5.2 静电屏蔽	168
11.5.3 防止静电危害的措施	168
11.6 习题	169
部分习题答案	170
参考文献	177

第 1 章 电路和电路元件

本章要点

- 组成电路的基本部件和基本作用
- 构成电路的电子元器件和电路模型
- 电流、电压及参考方向
- 电阻、电感和电容元件
- 独立电源和电路模型

1.1 电路

电路是电工和电子技术的基础，学好电路，掌握电路的分析方法，可以为学习电子技术、计算机电路和电工基础等打下坚实的基础。本章主要介绍电路模型和各种电路元件，电压和电流参考方向等。

1.1.1 电路的组成

图 1-1 是一个典型的手电筒供电电路，由电池供电，经过导线、开关连接到灯泡，当开关闭合时，在电路里有电流流过，灯泡亮。

电路是电流的通路，是为了一定的需要由若干电气元件按一定方式组合起来的，主要用来实现能量的传输和转换，或实现信号的传递和处理。要用电，就离不开电路。要使电灯发光照明，要使电热器发热，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。电的应用十分广泛，电路的形成也多种多样。

电路按所实现的任务不同而多种多样，不管具体形式如何变化，电路都具有电源、负载和必要的中间环节这 3 个最基本的组成部分。

组成电路的基本部件是：

1. 电源

常见的电源有两大类，一类是发电机，它是利用电磁感应原理，把机械能转换为电能；另一类是电池，它把化学能、光能等转换为电能。

电源的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。

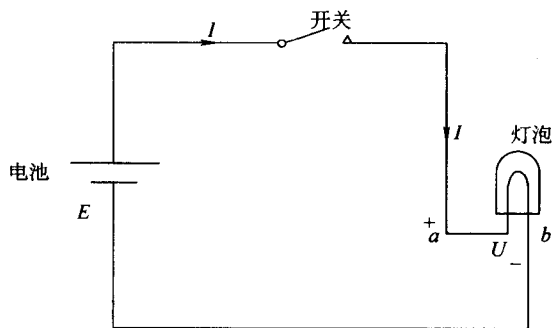


图 1-1 手电筒供电电路

2. 负载

负载的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。

3. 中间环节

中间环节的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 3 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。

电路的两个基本作用：

(1) 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。

(2) 传递和处理信号

如扩音机把由话筒输入的语言或音乐转换为相应的电压和电流（电信号）。然后通过放大电路将信号放大后传递到扬声器，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

构成电路的电子元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示其特征，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。

用统一的符号代替各电路元件，这样画出的图就是电路图。电路图是人们为了研究和工程的需要，用约定的符号绘制的一种表示电路结构的图形。例如图 1-2 是一个收音机的电路原理图。

电路图主要由元件符号、连线、结点、注释 4 大部分组成。

1. 元件符号

表示实际电路中的元件，它的形状与实际元件不一定相似，甚至完全不一样。但是它一般都表示出了元件的特点，而且引脚的数目都和实际元件保持一致。

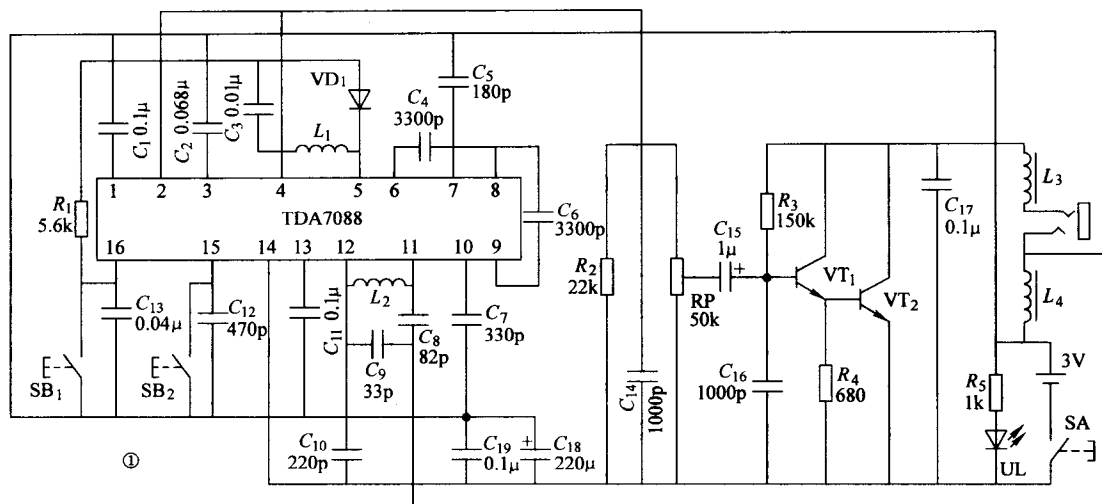


图 1-2 一个收音机的电路原理图

2. 连线

表示的是实际电路中的导线，在原理图中虽然是一根线，但在常用的印刷电路板中往往不是线而是各种形状的铜箔块，就像收音机原理图中的许多连线在印刷电路板图中并不一定都是线形的，也可以是一定形状的铜膜。

3. 结点

表示几个元件引脚或几条导线之间相互的连接关系。所有和结点相连的元件引脚、导线，不论数目多少，都是导通的。

4. 注释

电路图的所有文字都可以归入注释一类，它们被用来说明元件的型号、名称等。

1.1.3 电流、电压及参考方向

1. 基本物理量

电压、电流是电路分析的基本物理量。对于储能元件电感和电容，有时也用磁链和电荷来描述。功率和能量也是电路中的重要物理量。

2. 参考方向

为了用数学表达式来描述电路元件特性、电路方程，首先要指定电压、电流的参考方向。对一个二端元件或支路，电压 u 、电流 i 的参考方向有两种选择，即关联参考方向和非关联参考方向，如图 1-3 所示。

3. 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

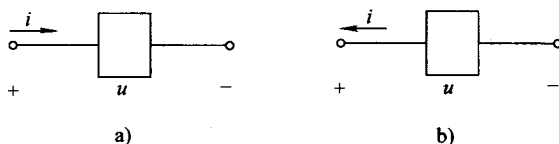


图 1-3 电压、电流的参考方向

a) u, i 为关联参考方向 b) u, i 为非关联参考方向

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：

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

在式 1-1 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电流方向，称为电流的参考方向（也称为正方向），并在电路中用箭头标出。然后根据假定的电流参考方向编写电路方程求解。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，参看图 1-4。

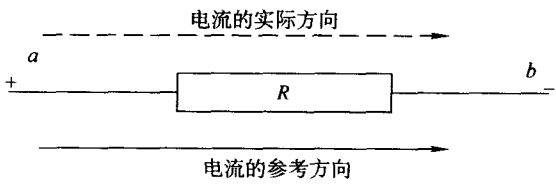


图 1-4 电流的实际方向和参考方向

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。

4. 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)。在图 1-1 的电路中，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从 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)。

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。电压的参考方向采用“+”、“-”极性表示，从“+”端指向“-”端。如果电压、电动势或电流实际方向为已知，就常以实际方向作为参考方向，参看图 1-5。图 1-1 中所标的电动势、电压和电流的参考方向和实际方向相同。

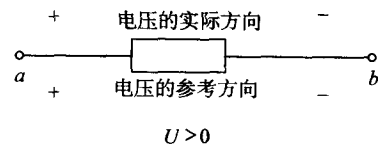


图 1-5 电压参考方向

电压参考方向和电流参考方向可以分别假定。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，如果标出了某个电路元件的电流或电压参考方向，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。

在分析电子电路中，常选取电路的某一点（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。

电压的参考方向除可以用“+”、“-”极性表示外，还可以用双下标表示。如 a 、 b 两点间的电压可以表示为 U_{ab} ，它的参考方向是由 a 指向 b ，即 a 点的参考极性为“+”， b 点的参考极性为“-”；若参考方向选为 b 指向 a ，则电压可以表示为 U_{ba} ， $U_{ba} = -U_{ab}$ 。

电流的参考方向用箭头标注，也可用双下标表示。如 I_{ab} 表示电流的参考方向是由 a 点流向 b 点。

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

交流时

$$p = ui \quad (1-2)$$

直流时

$$P = UI \quad (1-3)$$

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（即输出电能）。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。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。

值得注意的是，如果元件的电压和电流为非关联参考方向，功率计算公式应为

$$P = -UI \quad (1-4)$$

用式 (1-3) 或式 (1-4) 算得的 $P > 0$ 表示元件吸收功率，起负载作用， $P < 0$ 表示元件放功率，起电源作用。

【例 1-1】 计算图 1-6 所示各元件的功率，并指出该元件是作为电源还是作为负载。

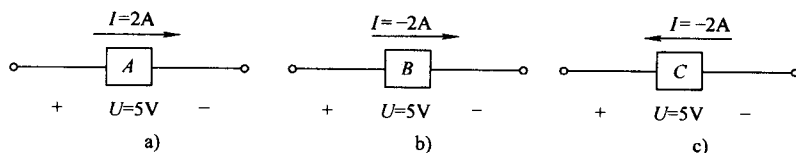


图 1-6 元件的电压和电流的关联参考方向

- a) 电流 I 与电压 U 是关联参考方向 b) 电流 I 与电压 U 是关联参考方向
c) 电流 I 与电压 U 是非关联参考方向

解：图 1-6a 中电流 I 与电压 U 是关联参考方向，所以

$$P = UI = 5 \times 2\text{W} = 10\text{W}$$

$P > 0$ ，说明元件 A 吸收功率，为负载。

图 1-6b 中电流 I 与电压 U 是关联参考方向，所以

$$P = UI = 5 \times (-2)\text{W} = -10\text{W}$$

$P < 0$ ，说明元件 B 产生功率，为电源。

图 1-6c 中电流 I 与电压 U 是非关联参考方向, 所以

$$P = -UI = -5 \times (-2) \text{ W} = 10 \text{ W}$$

$P > 0$, 说明元件 C 吸收功率, 为负载。

【例 1-2】 在图 1-7 所示电路中, 已知 $I = 1 \text{ A}$, $U_1 = 10 \text{ V}$, $U_2 = 6 \text{ V}$, $U_3 = 4 \text{ V}$ 。求各元件的功率, 并分析电路的功率平衡关系。

解: 由于元件 A 的电流与电压是非关联参考方向, 所以

$$P_1 = -U_1 \times I = -(10 \times 1) \text{ W} = -10 \text{ W}$$

$P_1 < 0$, 说明元件 A 产生功率, 为电源。

由于元件 B 、 C 的电流与电压是关联参考方向, 所以

$$P_2 = U_2 \times I = 6 \times 1 \text{ W} = 6 \text{ W}$$

$$P_3 = U_3 \times I = 4 \times 1 \text{ W} = 4 \text{ W}$$

P_2 和 P_3 均为正值, 说明元件 B 、 C 均吸收功率, 为负载。

各元件的功率之和为

$$P_1 + P_2 + P_3 = -10 + 6 + 4 = 0$$

计算结果表明, 该电路中产生的功率与吸收的功率相等, 符合功率平衡关系。

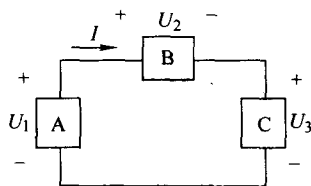


图 1-7 具有 3 个元件的电路图

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。

1.2.1 电阻元件

电阻元件是消耗电能的电路元件, 如电灯、电热器、电阻器等, 符号如图 1-8 所示。电阻元件简称为电阻, 电阻元件上的电压和电流之间的关系称为伏安特性。

在电压和电流为关联参考方向时, 线性电阻元件的电压与电流成正比, 即

$$u = Ri \quad (1-5)$$

这就是电阻元件的伏安关系, 称为欧姆定律, 比例常数 R 称为电阻, 是表征电阻元件特性的参数。当电压的单位为 V , 电流的单位为 A 时, 电阻的单位为欧 (Ω)。

当电阻元件的电压和电流为非关联参考方向时, 欧姆定律改写为

$$u = -Ri \quad (1-6)$$

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。式中 R 为元件的电阻, 是一个与电压、电流无关的常数。

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:

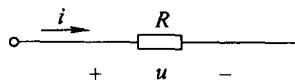


图 1-8 电阻元件

(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

$$u = R(i_1 + i_2) = u_1 + u_2 \quad (1-7)$$

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。非线性电阻的伏安特性曲线可以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。

电阻元件的功率为

$$p = ui = Ri^2 = \frac{u^2}{R} \quad (1-8)$$

可见电阻元件要消耗电能, 是一个耗能元件。

1.2.2 电感元件

电感器是将导线绕成螺旋状或绕在铁心或磁心上构成的。当线圈中有电流流过时, 会在线圈内部产生磁场。电感元件是反映电流产生磁场、存储磁场能量这一物理现象的电路元件, 符号如图 1-9 所示。电感元件简称为电感。

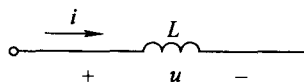


图 1-9 电感元件

当电流 i 变化时, 磁场也随之变化, 并在线圈中产生自感电动势 e_L 。根据法拉第电磁感应定律, 当电压和电流为关联参考方向时, 如图 1-9 所示, 自感电动势为

$$e_L = -L \frac{di}{dt} \quad (1-9)$$

电感两端的电压为

$$u = -e_L = L \frac{di}{dt} \quad (1-10)$$

这就是电感元件的伏安关系, 比例常数 L 称为电感, 是表征电感元件特性的参数。当电压的单位为 V, 电流的单位为 A 时, 电感的单位为 H (亨)。

式 (1-10) 表明, 电感两端的电压与流过电感的电流对时间的变化率成正比。也就是说, 电感元件任一瞬间电压的大小并不取决于这一瞬间电流的大小, 而是取决于这一瞬间电流变化率的大小。电感电流变化越快, 电压越大; 电感电流变化越慢, 电压越小。

直流电路中虽有电流流过电感元件, 但因电流不变, 故电感两端的电压为零, 这时电感元件相当于短路。

由于电感两端的电压取决于流过电感电流的变化率, 即电流只有在动态情况下才能在电感两端产生电压, 故电感元件称为动态元件。

如果电感元件的电压和电流为非关联参考方向, 其伏安关系为

$$u = -L \frac{di}{dt} \quad (1-11)$$