

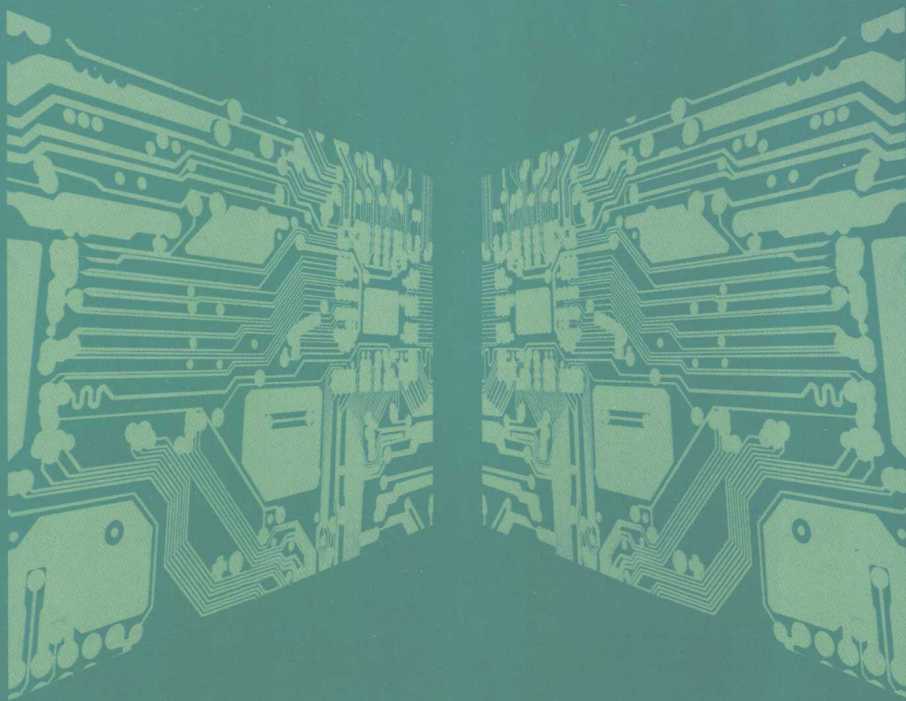


精品课程教材

电路分析基础

DIANLU FENXI JICHU

吴晓娟 王书鹤 王德强 许宏吉 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

21 世纪精品课程教材

电路分析基础

吴晓娟 王书鹤 王德强 许宏吉 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

全书共十章,内容涉及电路的基本概念与基本定律、线性电阻电路的分析方法、电路基本定理、动态元件和动态电路方程、一阶电路与二阶电路、正弦交流电路、交流电路的频率特性、含有耦合电感的电路、三相电路、非正弦周期电流电路的分析以及电路的计算机辅助分析。每章的开始都有本章所讨论的内容提要、重点和难点的说明,在一些传统内容的讲述上有独到之处。

本书适合后续课程开设“信号与系统”的电路、电子信息科学与技术、通信、计算机、自动化等电子与电气高等学校理工科信息类专业师生。可作为高等学校理工科电气信息类专业的教材,也可供有关学科的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路分析基础 / 吴晓娟等编著. —北京:国防工业出版社, 2009.3

21 世纪精品课程教材

ISBN 978 - 7 - 118 - 06181 - 9

I. 电... II. 吴... III. 电路分析 - 高等学校 - 教材
IV. TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 012495 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 960 1/16 印张 21 1/4 字数 450 千字

2009 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 36.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422

发行邮购: (010) 68414474

发行传真: (010) 68411535

发行业务: (010) 68472764

序

作为电子与电气信息类所有专业最重要的技术基础课之一——“电路分析基础”课程在整个电子与电气信息类专业的人才培养和课程体系中起着承前启后的重要作用,同时,该课程也是学生从科学训练转向工程设计的过渡课程。因此,为这样一门课程编写一本既传承传统理论,又结合实际工程需求并反映最新技术进步的教材就成为课程建设的一项首要任务。

《电路分析基础》是全国高校精品课程建设工作和构建 21 世纪高等教育立体化精品教材体系工作的成果之一。编者根据二十余年的教学研究和教学实践,结合各类教学改革项目,针对电气信息类各专业教学内容的交叉和渗透、专业界限的淡化、弱电向强电渗透的发展趋势,优化了课程的教学内容,使之更加符合电子与电气信息类专业的人才培养方案和教学内容体系。

编者在编写过程中还根据教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会已基本完成的相关基础课程教学基本要求,本着深入浅出、力求简洁的原则,进行了内容整合,重点突出,概念清晰,简明扼要,深入浅出,便于自学。在结构上,编者对传统教学内容进行了优化和精选,合理划分了各章节的前后顺序和内涵,纳入了一些近代电路理论内容,增添了部分用计算机求解的习题和练习。并增加了有关后续课程应用和拓宽思路的例子。

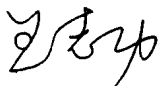
该教材立意新颖、内容全面、深度适中,反映了学科发展前沿和教学改革成果,体现了教育创新和立体化精品教材体系的精神,值得推荐为电子与电气信息类各专业相关课程的教材。通过对该教材的学习,可以使学生掌握电路的基本理论、电路的基本分析方法和初步的实验技能,为进一步学习后续课程准备必要的基础知识。

目前,为了推动工程教育改革,提高教学质量,电子电气基础课程教学领域有一批新的、有特色的教材正在推出。本书内容符合新的教学体系和教学改革方向,希望在今后的教学实践中继续完善。

教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会主任委员

东南大学信息科学与工程学院教授

2009 年元月于南京



前 言

“电路分析基础”课程是电子与电气信息类专业的技术基础课,也是电子与电气信息类所有专业的必修课。它既是电子与电气信息类专业课程体系中数学、物理学等基础课的后续课程,又是后续技术基础课和专业课的基础。在整个电子与电气信息类专业的人才培养和课程体系中起着承前启后的重要作用。“电路分析基础”课程理论严密,逻辑性强,有广阔的工程背景。通过对本课程的学习,要使学生掌握电路的基本理论、电路的基本分析方法和初步的实验技能,对培养学生严肃认真的科学作风和理论联系实际的工程观点,以及科学的思维能力、归纳能力、分析计算能力、实验研究能力都有重要的作用。

我们依据原国家教委颁发的《高等工业学校电路分析基础课程教学基本要求》,并根据二十余年来的教学实践编成本书。

本书在编写过程中始终坚持“保证基础、加强概念、精选内容、推陈出新”的原则。采用国内外同类教材最新编写原则——按照知识结构、单元结构、题材结构方法编写。力求重点突出,概念清晰,简明扼要,深入浅出,便于自学。

书中对电路分析基础课程的结构进行了优化和精选,合理划分了各章节的前后顺序和内涵,尽量避免了同一内容在后续章节中不必要的重复,合并了一些重复较多、内容联系较密切的内容,删去了一些陈旧的内容,纳入了少量近代电路理论内容,适当采用现代的示例和拓宽思路的例子去讲授经典内容,反映近代电子技术的发展,尽量与后续课程相联系;增加了电阻电路计算机辅助分析,用计算机求解的习题和练习,以使學生能够更好地与后续课程衔接,掌握计算机分析和设计电路的基本方法。

每章的开头都有本章所讨论的知识要点、重点和难点的说明,便于学生掌握。在每节结束都配有思考与练习,每章后面安排有习题,便于学生复习。

本书共分为10章以及一个附录,适用于54~72学时的授课内容。

第1章至第3章由吴晓娟编写,第4章、第5章由王德强编写,第6章、第7章、第9章由王书鹤编写,第8章、第10章和附录由许宏吉编写。吴晓娟、王书鹤负责起草编写大纲和定稿,王德强、许宏吉负责全书的统稿工作,张小燕、黄慧娟、李秀媛、王磊在编写本教材过程中提出许多宝贵意见。

本书在撰写过程中得到很多专家、学者、朋友的支持和帮助,在此一并表示感谢。由于我们水平有限,加上时间仓促,书中难免存在不妥之处,殷切希望广大读者和同行批评指正。

编 者

2008.12. 于泉城

目 录

第 1 章 电路的基本概念和基本定律	1
1.1 电路和电路模型	1
1.1.1 电路	1
1.1.2 理想元件与电路模型	2
1.2 电流、电压的参考方向及功率	3
1.2.1 电流	3
1.2.2 电压	4
1.2.3 功率	4
1.3 基尔霍夫定律	6
1.3.1 名词简介	6
1.3.2 基尔霍夫电流定律	7
1.3.3 基尔霍夫电压定律	8
1.4 电阻元件	10
1.5 独立电源	11
1.5.1 电压源	11
1.5.2 电流源	12
1.6 受控源	14
1.7 运算放大器	16
1.7.1 运算放大器简介	16
1.7.2 集成运算放大器的电压传输特性和电路模型	17
1.7.3 理想集成运算放大器	18
习题	19
第 2 章 线性电阻电路的分析方法	24
2.1 电路的等效变换	24
2.2 星形电阻网络与三角形网络的等效变换	25
2.2.1 由三角形电阻网络变为等效星形电阻网络	26
2.2.2 由星形电阻网络变为等效三角形电阻网络	27
2.2.3 对称三端网络	27
2.3 实际电源的等效变换	28

2.3.1 实际电源的两种模型	28
2.3.2 两种模型的等效变换	29
2.4 电路的“图”及 KCL、KVL 的独立方程数	31
2.4.1 电路的“图”	31
2.4.2 KCL、KVL 的独立方程数	32
2.5 支路分析法	34
2.5.1 2b 法	34
2.5.2 支路电流法	34
2.5.3 支路电压法	36
2.6 回路分析法及网孔分析法	37
2.6.1 回路分析法	37
2.6.2 网孔分析法	39
2.6.3 应用实例	39
2.6.4 几个特殊问题的处理	40
2.7 节点分析法	42
2.8 简单非线性电阻电路分析	47
2.8.1 非线性电阻元件	47
2.8.2 非线性电阻元件的串联与并联	49
2.8.3 简单非线性电阻电路的计算	51
习题	55
第3章 电路基本定理	62
3.1 线性电路的比例性	62
3.2 线性电路的叠加性及叠加定理	64
3.2.1 叠加性	64
3.2.2 叠加定理	66
3.3 替代定理	69
3.4 戴维宁定理和诺顿定理	71
3.4.1 戴维宁定理	71
3.4.2 诺顿定理	74
3.4.3 戴维宁定理和诺顿定理的转换	75
3.5 最大功率传输定理	78
3.6 特勒根定理	82
3.6.1 特勒根定理内容	82
3.6.2 特勒根定理的证明	83
3.7 互易定理	85

3.7.1 互易定理的第一种形式	85
3.7.2 互易定理的第二种形式	86
3.7.3 互易定理的第三种形式	87
3.8 对偶原理	89
习题	90
第4章 动态元件与动态电路方程	97
4.1 电容元件	97
4.1.1 电容器概述	97
4.1.2 电容元件	98
4.1.3 电容的串联和并联	101
4.2 电感元件	102
4.2.1 电感线圈概述	102
4.2.2 电感元件	104
4.2.3 电感的串联和并联	106
4.3 动态电路及其电路方程	107
4.4 动态电路的初始状态与初始条件	110
4.5 动态电路的零输入响应	113
4.6 动态电路的零状态响应	115
4.7 动态电路的全响应	118
4.8 单位阶跃函数与单位冲激函数	119
4.8.1 单位阶跃函数	119
4.8.2 单位冲激函数	121
4.8.3 单位阶跃函数与单位冲激函数的关系	122
习题	123
第5章 一阶电路与二阶电路	129
5.1 一阶电路及其特征	129
5.2 一阶电路的零输入响应	129
5.2.1 RC 电路的零输入响应	130
5.2.2 RL 电路的零输入响应	131
5.2.3 一阶电路零输入响应的简化分析方法	133
5.3 一阶电路零状态响应	134
5.3.1 RC 电路的零状态响应	134
5.3.2 RL 电路的零状态响应	136
5.4 一阶电路全响应	137
5.5 一阶电路分析的三要素法	139

5.5.1 适用于直流激励一阶电路的三要素法	139
5.5.2 推广的三要素法	139
5.5.3 “三要素”的计算与应用	140
5.6 一阶电路的阶跃响应和冲激响应	143
5.6.1 一阶电路的阶跃响应	144
5.6.2 一阶电路阶跃响应的一般分析方法与应用	147
5.6.3 一阶电路的冲激响应	149
5.6.4 电路冲激响应的应用	153
5.7 二阶电路	154
5.7.1 二阶电路及其特征	154
5.7.2 二阶电路零输入响应	155
5.7.3 二阶电路的冲激响应	163
习题	166
第6章 正弦交流电路	174
6.1 正弦交流电压与电流	174
6.1.1 正弦量的三要素	175
6.1.2 有效值	176
6.1.3 相位差	177
6.2 正弦量的相量表示法	178
6.2.1 复数及其运算	178
6.2.2 正弦量的相量	180
6.3 电路基本定律的相量形式	182
6.3.1 电路元件欧姆定律的相量形式	182
6.3.2 基尔霍夫定律的相量形式	185
6.4 阻抗和导纳	188
6.4.1 阻抗	188
6.4.2 导纳	190
6.5 阻抗的串联和并联	191
6.5.1 阻抗的串联	192
6.5.2 阻抗的并联	193
6.6 正弦稳态电路的分析	195
6.7 正弦稳态电路的功率	200
6.7.1 瞬时功率和平均功率(有功功率)	201
6.7.2 无功功率	201
6.7.3 视在功率	202
6.8 功率因数的提高	204

6.8.1 提高功率因数的意义	204
6.8.2 提高功率因数的方法	204
6.9 负载获得最大功率的条件	206
习题	209
第7章 交流电路的频率特性	216
7.1 RC 电路的频率特性	216
7.1.1 RC 低通网络	217
7.1.2 RC 高通网络	218
7.1.3 RC 带通网络	220
7.1.4 RC 带阻网络	220
7.1.5 RC 全通网络	221
7.2 串联谐振电路	221
7.2.1 串联谐振的条件和谐振频率	222
7.2.2 串联谐振的特征	222
7.2.3 串联谐振电路的特殊物理量	223
7.2.4 串联谐振的应用	224
7.3 并联谐振电路	226
7.3.1 并联谐振的条件和谐振频率	226
7.3.2 并联谐振的特征及应用	227
习题	229
第8章 含耦合电感的电路	232
8.1 耦合电感元件	232
8.2 含耦合电感电路的计算	237
8.2.1 耦合电感元件的串联	238
8.2.2 耦合电感元件的并联	240
8.2.3 耦合电感的去耦等效电路(互感消去法)	241
8.3 理想变压器	246
8.3.1 理想变压器的电路模型	246
8.3.2 理想变压器的特性	247
习题	254
第9章 三相电路	258
9.1 三相电源	258
9.1.1 三相对称电动势	258
9.1.2 三相四线制电源	259
9.2 负载星形连接的三相电路	261

9.2.1 负载对称的星形连接	261
9.2.2 负载不对称的星形连接	263
9.3 负载三角形连接的三相电路	266
9.3.1 负载对称的三角形连接	267
9.3.2 负载不对称的三角形连接	268
9.4 三相电路的功率	268
习题	271
第 10 章 非正弦周期电流电路的分析	275
10.1 非正弦周期信号	275
10.2 非正弦周期信号的分解	276
10.3 非正弦周期函数的有效值、平均值和平均功率	282
10.3.1 有效值	282
10.3.2 平均值	283
10.3.3 平均功率	284
10.4 非正弦周期电流电路的计算	286
10.5 周期信号的频谱	291
习题	294
附录 电路的计算机辅助分析	297
1 Multisim 概述	297
1.1 Multisim 与 EWB	297
1.2 Multisim 9 的基本界面	299
1.3 Multisim 9 电路设计与编辑的基本方法	302
2 Multisim 电路设计与仿真实例	310
部分习题参考答案	327
参考文献	338

第 1 章 电路的基本概念和基本定律

内容提要：本章主要讨论电路的基本物理量,电路模型,电压和电流的参考方向以及独立电源、受控源等电路元件的基本概念。着重阐述集总电路中电压和电流间的约束关系,这是分析集总参数电路的基本依据。

重点：电路模型,电压、电流的参考方向,元件的特性,基尔霍夫定律。

难点：电压、电流的实际方向与参考方向的联系和差别,独立电源与受控电源的联系和差别,运算放大器。

1.1 电路和电路模型

1.1.1 电路

电流的通路叫做电路。它是由若干电气设备或器件按一定方式组合起来的,图 1-1-1 是人们非常熟悉的荧光灯电路。

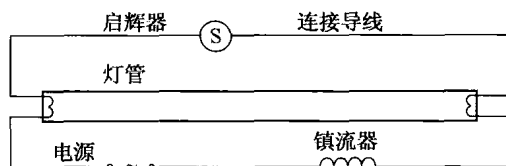


图 1-1-1 荧光灯电路

大至电力系统,小到芯片上的集成电路,它们都是由电源、负载和中间连接部分组成的。负载是用电设备(如电动机、荧光灯等)和电路器件(如电容器、电阻器、晶体管等)。将电源和负载连接起来的设备(如变压器、输电线、导线等)称为中间连接部分。电源是产生电压和电流的原因,称为激励;由激励引起的而在电路中产生的电压和电流称为响应。激励和响应是一对因果关系。电路分析是在已知电路结构和元件参数的条件下讨论电路的激励与响应之间关系的科学。

电路的作用:一是实现电能的传输和转换,例如电力系统,通过发电设备将其他形式的能量转换为电能,再通过变电和输电设备将电能传输至用电设备,用电设备又将电能转换成机械能、热能、光能、化学能量等;二是传递和处理信息,例如,打电话是将一个用户的信息传送给另一个用户的过程,它是通过通信系统利用电信号完成了信息的传递和转换,

如图 1-1-2 所示。此外,还有收音机、电视、自动控制等。

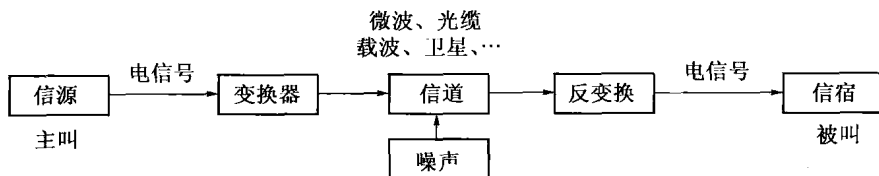


图 1-1-2 通信系统示例

1.1.2 理想元件与电路模型

实际的电路都是由电源、电阻器、电容器、线圈等电气设备和晶体管、运算放大器等器件相互连接而成的,然而,同一元件在不同条件下就会表现出不同的性质。例如,一个线圈,在直流条件下它主要表现出电阻性;在较低频率下可能反映出电阻性和电感性;而在较高频率下,还应计及导体表面的电荷作用,又要考虑其电容性。可见,在不同条件下,同一实际元件要用不同模型来表示。为便于对实际电路进行分析和研究,将实际元件理想化,在一定条件下,即实际电路的尺寸(d)远小于其工作信号波长(λ)时,即 $d \ll \lambda$ 时,可以用其主要电磁性质来表示。例如,电阻元件用 R 表示;电容元件用 C 表示;电感元件用 L 表示。将实际元件理想化,忽略其次要因素,称之为理想元件或集总参数元件。由一些理想元件构成的电路被称为实际电路的电路模型或集总参数元件电路,简称集总电路。

表 1-1-1 列举了我国国家标准中的部分电气图形符号。

表 1-1-1 部分电气图形符号

名称	符号	名称	符号	名称	符号
导线	—	传声器		可变电阻器	
连接的导线		扬声器		电容器	
接地		二极管		电感器、绕组	
接机壳		稳压二极管		变压器	
开关		隧道二极管		铁芯变压器	
熔断器		晶体管		直流发电机	
灯		电池		直流电动机	
电压表		电阻器			

由这些电气图形符号可绘出表明实际电路中各器件相互连接关系的电气图。根据工作条件,将实际器件以理想元件取代,则得到对应的电路模型(或称电路图)。例如,图 1-1-3 就是人们所熟知的手电筒电路图。

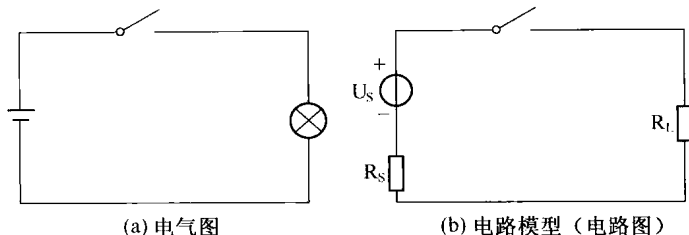


图 1-1-3 手电筒电路

今后所分析的电路都是指电路模型。

【思考与练习】

1-1-1 试列举出常用的元器件并用电路符号表示。

1-1-2 晶体管收音机最高工作频率约为 108MHz,问该收音机的电路是集总参数电路,还是分布参数电路?

1.2 电流、电压的参考方向及功率

电路的基本物理量是电流、电压和功率。电路分析的基本任务是计算电路中的电流、电压和功率。通常它们都是时间的函数,一般用小写字母 i, u, p 表示。

1.2.1 电流

电流是带电粒子(电子、离子)的定向移动形成的。正电荷运动的方向规定为电流的方向。

在复杂的直流电路中有时某一支路电流的实际方向很难确定,例如图 1-2-1 中右边支路电流的实际方向就难于确定。而时变电流的实际方向又随时间不断变化,无法用一个固定的箭头表示,为此推出参考方向的概念。

参考方向就是在分析和计算电路时事先选定某一方向为电流正方向,参考方向选定后在整个计算过程中不得任意改动。当计算结果为“正”时,表示其实际方向与参考方向相同;当计算结果为“负”时,表示其实际方向与参考方向相反。

在上例中如果规定 I_2 的参考方向是由左指向右,当计算结果为“正”时,表示电流的实际方向是从左到右;当计算结果为“负”时,表示电流的实际方向是从右指向左。

电流参考方向一般用箭头表示,也可用双下标表示,显然 $i_{ab} = -i_{ba}$ 。今后,如果没有

特别说明,电路图中所标的电流方向都是指参考方向。

1.2.2 电压

对电路中两点间的电压也可以指定参考方向。

电压和电动势都是标量,但在分析电路时,和电流一样,也说它们具有方向。规定电压的方向是由高电位指向低电位,而电源电动势的方向在电源内部是由低电位指向高电位(即电位升的方向)。电压的参考方向是指电位降落的方向。两点间电压的参考方向可用“+”、“-”极性表示。“+”极表示高电位,“-”极表示低电位,如图1-2-2所示。

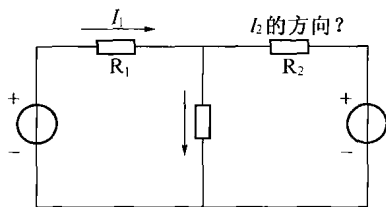


图1-2-1 电流参考方向示例

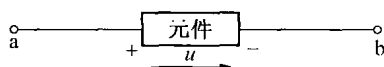


图1-2-2 电压参考方向示例

指定电压的参考方向后电压 u 本身就成为一个代数量。图1-2-2中若电压的实际方向 a 点的电位高于 b 点的电位,即与参考方向一致,则 $u > 0$;若电压的实际方向与参考方向相反,即 b 点的电位高于 a 点的电位,则 $u < 0$ 。

为方便起见,常用箭头表示电压的参考方向。电压的参考方向也可用双下标表示,例如, u_{ab} 表示电压的参考方向是由 a 指向 b 的,也就是说 a 点的参考极性为“+”,b 点的参考极性为“-”;参考方向也可以由 b 指向 a,则为 u_{ba} ,显然 $u_{ab} = -u_{ba}$ 。同样,电压的参考方向与电流一样,一经选定不得任意改动。

同一个元件的电流或电压的参考方向可以独立的任意选定,二者可以一致,也可以不一致。如果电流和电压的参考方向一致,称它们为关联参考方向,如图1-2-3(a)所示;当二者不一致时,称它们为非关联参考方向,如图1-2-3(b)所示。本书在未作特殊说明时,均采用关联参考方向。

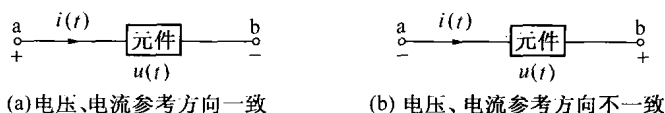


图1-2-3 电压、电流的参考方向

1.2.3 功率

电路在工作状态下总伴随有能量的流动。电路中某一段吸收或提供能量的速率即为功率,采用符号 P 表示。如图1-2-4所示的方框,它可能是一个元件、一个电源,或是电

路中的某一部分,可能发出功率也可能吸收功率。

根据电压的定义,a、b 两点间的电压在量值上等于电场力将单位正电荷由 a 点移动到 b 点时所做的功,即 $u(t) = \frac{dW}{dq}$ 。电流为单位时间内通过导体横截面的电荷量,即

$$i(t) = \frac{dq}{dt}。$$

为此,当指定电压和电流为关联参考方向时,元件所吸收的瞬时功率为

$$P(t) = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = u(t) \cdot i(t) \quad (1-2-1)$$

与电压、电流是代数量一样,功率 P 也是一个代数量。

当 $P(t) > 0$ 时,表明该时刻该部分吸收功率,消耗能量;当 $P(t) < 0$ 时,表示该时刻该部分发出功率,提供能量。由 u 和 i 的实际方向也可以判定某一元件是发出功率(电源)还是吸收功率(负载)。当 u 和 i 的实际方向相反,电流从“+”极流出,则该元件发出功率,起电源的作用;当 u 和 i 的实际方向相同,电流从“+”端流入,则该元件吸收功率,起负载的作用,如图 1-2-5 所示,左端方框表示电源,右端方框表示负载。

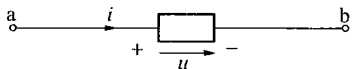


图 1-2-4 方框示例图

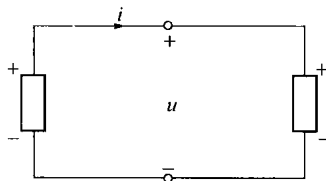


图 1-2-5 示例图

根据能量守恒定律,一个完整的电路在任意时刻,所有元件吸收的功率总和必然为零。当电压和电流为关联参考方向时,从 t_0 到 t 时刻,任意部分电路吸收的能量为

$$W(t_0, t) = \int_{t_0}^t p(\zeta) d\zeta = \int_{t_0}^t u(\zeta) i(\zeta) d\zeta \quad (1-2-2)$$

表 1-2-1 部分 SI 词头

量的名称	单位名词	单位符号	量的名称	单位名词	单位符号
长度	米	m	电荷[量]	库[仑]	C
时间	秒	s	电位、电压	伏[特]	V
电流	安[培]	A	电容	法[拉]	F
频率	赫[兹]	Hz	电阻	欧[姆]	Ω
能量、功	焦[耳]	J	电导	西[门子]	S
功率	瓦[特]	W	电感	亨[利]	H

表 1-2-1 中列出了部分 SI 单位。表 1-2-2 中列出了部分 SI 单位。例如, $1\text{mA} = 1 \times 10^{-3}\text{A}$, $2\mu\text{s} = 2 \times 10^{-6}\text{s}$, $3\text{kW} = 3 \times 10^3\text{W}$ 。

表 1-2-2 部分 SI 词头

因数		10^9	10^6	10^3	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}
名称	原文	giga	mega	kilo	milli	micro	nano	pico
	中文	吉	兆	千	毫	微	纳	皮
符号		G	M	k	m	μ	n	p

【思考与练习】

1-2-1 为什么在分析电路时,需要规定电压和电流的参考方向? 参考方向与实际方向有什么关系?

1-2-2 某元器件是吸收功率还是发出功率与其电压及电流的参考方向有什么关系?

1.3 基尔霍夫定律

元件的电压和电流间的约束关系以及基尔霍夫定律构成了集总电路分析的基础。基尔霍夫定律描述元件在连接时支路电压和支路电流所满足的约束关系,与元件本身无关。基尔霍夫定律包括电流定律和电压定律。

1.3.1 名词简介

在介绍基尔霍夫定律之前先介绍几个名词。

1. 支路

支路的含义有 2 种:

(1) 一个二端元件视为一条支路,例如,图 1-3-1 有 5 条支路,即 ab、ac、ad、bd、cd。此种定义非常适合于电路的计算机辅助分析。

(2) 电路中的每一个分支为支路,一条支路流过同一个电流,按此种定义,图 1-3-1 有 3 条支路,即 abd、ad、acd。以后所学到的电路分析方法和各种定理在用人工计算时,不特别说明,往往采用此种定义。

2. 节点

按支路的第一种含义有:支路的联结点叫做节点或两个及两个以上支路的联结点叫做节点。图 1-3-1 有 4

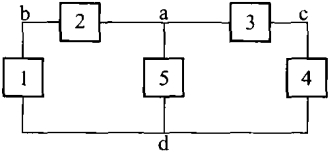


图 1-3-1 电路中的支路