



中国计算机学会教育专业委员会 推荐
全国高等学校计算机教育研究会 出版
高等学校规划教材

电路与电子学

王文辉 刘淑英 主编

计算机学科教学计划1993



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

URL: <http://www.phei.co.cn>

N701
V41

434972

高等学校规划教材

电路与电子学

王文辉 刘淑英主编



00434972



电子工业出版社

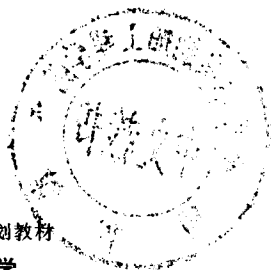
Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是根据“计算机学科教学计划 1993”编写的。它是计算机学科一门技术基础课,使学生初步掌握基本电路与电子学方面的知识。全书分为上、下两篇。上篇包括:简单电路的分析、线性网络分析的一般方法和定理、一阶网络分析、正弦交流电路的分析基本知识。下篇为电子学方面知识,包括:放大电路基础、频率特性与多级放大器、功放、运算放大器等,突出集成电路并适当扩展新知识,简要介绍了集成模拟乘法器、压控振荡器等。本书选材原则是:保证基础、突出集成,立足应用。在讲授方法上,精简繁琐的公式推导,着重基本概念的正确理解和运用。

本书是为计算机专业本科生编写的教材,也适合于电子、电气、自动化、机电一体化专业本科生及自学考试、成人教育和电类工程技术人员自学用书。



从 书 名:高等学校规划教材

书 名:电路与电子学

主 编:王文辉 刘淑英

责任编辑:张凤鹏

特约编辑:袁 英

排版制作:北京万华龙电子技术公司

印 刷 者:北京京安达明印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036 发行部电话 68279077

URL:<http://www.phei.com.cn>

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:21 字数:537.6 千字

版 次:1997 年 5 月第 1 版 1999 年 7 月第 4 次印刷

书 号:ISBN 7-5053-3846-3
G·286

定 价:23.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

版权所有·翻印必究

出版说明

中国计算机学会教育专业委员会和全国高等学校计算机教育研究会(以下简称“两会”),为了适应培养我国 21 世纪计算机各类人材的需要,根据学科技术发展的总趋势,结合我国高等学校教育工作的现状,立足培养的学生能跟上国际计算机科学技术发展水平,于 1993 年 5 月参照 ACM 和 IEEE/CS 联合教程专题组 1990 年 12 月发表的《Computing Curricula 1991》,制定了《计算机学科教学计划 1993》,并组织编写与其配套的 18 种教材。现推荐给国内有关院校,作为组织教学的参考。

《计算机学科教学计划 1993》是从计算机学科的发展和社会需要出发提出的最基本的公共要求,不是针对某一具体专业(如计算机软件或计算机及应用专业),因此它适用于不同类型的学校(理科、工科及其它学科)、不同专业(计算机各专业)的本科教学。各校可以根据自己的培养目标和教学条件有选择地组织制定不同的教学计划,设置不同的课程。本教学计划的思想是将计算机学科领域的知识,分解为九个主科目(算法与数据结构、计算机体系结构、人工智能与机器人学、数据学与信息检索、人-机通信、数值与符号计算、操作系统、程序设计语言、软件方法学与工程)作为学科的公共要求;对计算机学科的教学归结为理论(数学)、抽象(实验)和设计(工程)三个过程,并强调专业教学一定要与社会需要相结合。另外,还提出了贯穿于计算机学科重复出现的十二个基本概念,在深层次上统一了计算机学科,对这些概念的理解和应用能力,是本科毕业生成为成熟计算机学科工作者的重要标志。

为了保证这套教材的编审和出版质量,两会成立了教材编委会,制定了编写要求和编审程序。编委会对编者提出的编写大纲进行了讨论,其中一些关键性和难度较大的教材还进行了多次讨论。并且组织了部分编委对教材的质量和进度分片落实,有的教材在编审过程中召开了部分讲课教师座谈会,广泛听取意见。参加这套教材的编审者都是在该领域第一线从事教学和科研工作多年,学术水平较高,教学经验丰富,治学态度严谨的教师。这套教材的出版得到了电子工业出版社的积极支持。他们把这套教材列为出版社的重点图书出版,并制定了专门的编审出版暂行规定和出版流程,组织了专门的编辑和协调机构。

这套教材的编审出版凝聚了参加这套教材编审教师和关心这套教材的教师、参与编辑和出版工作者、以及编委会成员的汗水,他们为此作出了努力。

这套教材还得到电子工业部计算机专业教学指导委员会的支持,其中 11 本被选入 1996~2000 年全国工科电子类专业规划教材。

限于水平和经验,这套教材肯定还会有缺点和不足,希望使用教材的单位、教师和同学积极提出批评建议,共同为提高教学质量而努力。

**中国计算机学会教育专业委员会
全国高等学校计算机教育研究会**

DV53/33
教材编审委员会成员名单

- 主任:王义和 哈尔滨工业大学计算机系
副主任:杨文龙 北京航空航天大学计算机系(兼北京片负责人)
委员:朱家铿 东北大学计算机系(兼东北片负责人)
 龚天富 电子科技大学计算机系(兼成都片负责人)
 邵军力 南京通信工程学院计算机系(兼南京片负责人)
 张吉峰 上海大学计算机学院(兼上海福州片负责人)
 李大友 北京工业大学计算机系
 袁开榜 重庆大学计算机系
 王明君 电子工业出版社
 朱毅 电子工业出版社(特聘)

前 言

本书是根据《计算机学科教学计划 1993》编写的。这份教学计划是中国计算机学会教育委员会和全国高等院校计算机教育研究会,在研究、学习、借鉴了 1990 年 12 月 ACM 和 IEEE/CS 联合专题组发表的《Computing Curricula 1991》报告,并结合我国高等院校计算机本科教学的实际情况而制定的。教学计划明确规定《电路与电子学》是计算机专业的一门技术基础课,本课应使学生初步掌握基本电路与电子学方面的知识,其内容包括:简单电路的分析,线性网络分析的一般方法和定理,一阶网络分析,三相电路的基本知识,放大电路基础,频率特性与多级放大器,功率放大器,运算放大器及其应用,稳压电源。把电子学中的数字电路基础,逻辑门电路等有关内容放到另一本教材《数字逻辑与数字系统》中去讲授。本书内容仅包括两方面:一是电路基础;二是模拟电子技术基础。

在编写过程中,我们注意了以下几个问题。

一、总结汲取了多年为计算机专业讲授电子技术课的经验。

多年来尚无一本计算机专业使用的全国统编的电路与电子学方面的教材。担任计算机专业电子技术课的老师往往根据专业的需要,从多本教材中选择内容讲授。为了进一步适应计算机专业电子技术课的教学需要,东北大学电子技术教研室的同志曾于 1989 年 8 月会同几所兄弟院校的同行编写了《计算机电子线路与逻辑设计基础》,经过几届本科生的使用,积累了一定的经验。我们正是在前面工作的基础上,进一步充实了内容。使之更加适应计算机专业的需要,编写出这本《电路与电子学》。

二、保证基础,突出集成。

本书上篇为电路基础,下篇为模拟电子技术基础。上篇是下篇的基础,我们根据计算机学科各专业的需要,认真汲取了电路课的教学经验,筛选出最基本的内容进行重点阐述,以保证基础。在下篇中删除了大量陈旧的分立元件电路,而以集成运放为主线进行讨论。这样既节约了篇幅,又可与目前电子技术飞速发展的现状相适应。作为电子技术的基础知识,必不可少地要介绍元器件知识及基本放大电路,本书在这部分内容处理上,保留了必要的基础知识,以免在内容叙述上出现割裂和跳跃,并采用了以直接耦合放大电路为主的分析方法,这样既保证了基础,又为集成运放的讨论做了准备。

三、讲清概念,立足应用。

全书授课总学时为 60,其中上篇 20 学时,下篇 40 学时。篇幅有限,但涉及内容很多。因此,本书在论述方法上强调对基本概念、基本原理的理解和应用,而舍弃了很多繁琐的推导过程,尽量简化定量分析。本书作为技术基础课的教学用书,重点放在讲解基本知识方面,但从应用角度,对于新知识、新器件我们也给以应有的注意,并进行了概要的介绍,用以扩展读者的眼界。

本书在内容讲述过程中精选了大量例题,每章后面附有习题,这些例题和习题与教材内容紧密配合,深浅适当。书末附有部分习题参考答案,以供校核。

全书含上下两篇共十章,其中第一、二、三章由刘淑英编写,第四、五章由蔡胜乐编写,第

六、七章由李晶皎编写,第八、九章由王文辉编写,第十章由王永军编写。全书由王文辉、刘淑英主编。

本书由东北大学田志芬教授主审,田老师仔细审阅了书稿,写出了详细的评审和修改意见。中国计算机学会教育委员会和全国高等院校计算机教育研究会的教材编委会编委、东北大学教授朱家铨对本书做了全面细致的审阅,东北大学电路教研室副教授陈绍林、孙玉琴对本书的上篇也进行了审阅,他们都提出了很多宝贵意见和建议。本书正是遵照这些评审意见修改而成。在此谨向他们表示衷心的感谢。

按照《计算机学科教学计划 1993》的要求,为计算机学科各专业编写电路与电子学教材,应该说这还是一种尝试,由于我们水平有限,经验不足,不当之处在所难免,恳望得到读者的批评指正。

编者

1994. 8

目 录

上篇 电路基础

第一章 直流电路	(1)
第一节 电路与电路模型	(1)
第二节 电流、电压、电位	(2)
一、电流和电流的参考方向	(2)
二、电压和电压的参考方向	(2)
三、电位	(3)
第三节 电功率	(3)
第四节 电阻元件	(4)
第五节 电压源与电流源	(6)
一、电压源	(6)
二、电流源	(6)
三、电压源与电流源的等效变换	(7)
第六节 基尔霍夫定律	(10)
一、基尔霍夫电流定律	(10)
二、基尔霍夫电压定律	(11)
第七节 简单的电阻电路	(12)
一、电阻的串联	(12)
二、电阻的并联	(14)
三、简单电阻电路的计算	(15)
第八节 支路电流分析法	(17)
第九节 节点电位分析法	(19)
第十节 叠加原理	(21)
第十一节 等效电源定理	(23)
一、戴维南定理	(23)
二、诺顿定理	(25)
第十二节 含受控电源的电阻电路	(26)
一、受控电源	(26)
二、含受控源电阻电路的分析	(27)
习题 1	(31)
第二章 电路的过渡过程	(36)

第一节	电容元件与电感元件	(36)
一、	电容元件	(36)
二、	电感元件	(37)
第二节	动态电路的过渡过程和初始条件	(38)
第三节	一阶电路的零输入响应	(40)
一、	RC 电路的零输入响应	(40)
二、	RL 电路的零输入响应	(43)
第四节	一阶电路的零状态响应	(44)
一、	RC 电路的零状态响应	(44)
二、	RL 电路的零状态响应	(47)
第五节	一阶电路的全响应	(49)
一、	RC 电路的全响应	(49)
二、	RL 电路的全响应	(52)
	习题 2	(54)
第三章	交流电路	(57)
第一节	正弦交流电的基本概念	(57)
一、	周期电流	(57)
二、	正弦交流电	(57)
三、	交流电的有效值	(59)
第二节	正弦量的相量表示法	(60)
一、	正弦量的矢量表示法	(60)
二、	正弦量的相量表示法	(61)
三、	复数	(62)
四、	基尔霍夫定律的相量形式	(64)
第三节	单一元件参数电路	(64)
一、	电阻电路	(64)
二、	电感电路	(66)
三、	电容电路	(67)
第四节	简单的正弦交流电路	(69)
一、	RLC 串联交流电路	(69)
二、	阻抗的串联和并联	(72)
第五节	复杂交流电路的分析和计算	(74)
第六节	正弦交流电路的功率	(77)
一、	瞬时功率	(77)
二、	有功功率	(77)
三、	视在功率和无功功率	(78)
第七节	正弦交流电路中的谐振	(80)
一、	串联谐振	(80)
二、	并联谐振	(82)
第八节	非正弦周期电流电路	(84)

一、非正弦量的谐波分析	(84)
二、非正弦周期量的平均值、有效值和功率	(85)
三、非正弦周期电流电路的计算	(85)
第九节 三相交流电路	(87)
一、三相电源	(87)
二、三相电源的联接方式	(88)
三、三相负载的联接方式	(90)
习题 3	(93)

下篇 模拟电子技术基础

第四章 半导体二极管、三极管和场效应管	(95)
第一节 PN 结	(95)
一、半导体	(95)
二、半导体的导电原理	(95)
三、PN 结的形成	(98)
四、PN 结的特性	(99)
第二节 半导体二极管	(102)
一、半导体二极管的结构和类型	(102)
二、二极管的伏安特性	(103)
三、二极管的主要参数	(104)
四、二极管的等效电路及应用	(105)
五、稳压二极管	(107)
第三节 双极型晶体管	(110)
一、晶体管的结构和类型	(110)
二、晶体管的电流分配关系和放大作用	(110)
三、晶体管的特性曲线	(114)
四、晶体管的主要参数	(117)
五、温度对晶体管参数的影响	(120)
第四节 场效应晶体管	(121)
一、绝缘栅场效应管	(121)
二、结型场效应管	(127)
三、场效应管的特点	(129)
习题 4	(134)
第五章 放大电路基础	(137)
第一节 放大电路的组成及工作原理	(137)
一、放大电路的功能及性能指标	(137)
二、共发射极放大电路的组成	(138)
三、放大电路的工作原理	(139)
第二节 图解分析法	(142)
一、用图解法分析静态工作情况	(142)

二、用图解法分析动态工作情况	(143)
三、电路参数对静态工作点的影响	(145)
四、非线性失真	(146)
五、最大输出电压幅值	(147)
第三节 计算分析法	(148)
一、静态工作点的计算	(148)
二、晶体管的 h 参数微变等效电路	(149)
三、用计算分析法计算主要性能指标	(153)
第四节 放大电路的三种接法	(158)
一、共集电极放大电路	(159)
二、共基极放大电路	(164)
三、三种基本放大电路的比较	(166)
第五节 阻容耦合放大电路	(166)
一、阻容耦合基本共射极放大电路	(166)
二、稳定工作点的放大电路	(170)
第六节 多级放大电路	(179)
一、多级放大电路的组成	(179)
二、多级放大电路的耦合方式	(179)
三、多级放大电路的分析计算	(183)
四、放大器的通频带	(188)
习题 5	(192)
第六章 功率放大电路	(201)
第一节 功率放大电路的特殊问题	(201)
第二节 互补对称功率放大电路	(202)
一、双电源互补对称电路	(202)
二、复合互补对称电路	(206)
三、单电源互补对称电路	(207)
第三节 集成功率放大电路简介	(208)
习题 6	(210)
第七章 集成运算放大器	(211)
第一节 概述	(211)
一、集成电路简介	(211)
二、集成电路中的元件	(211)
三、模拟集成电路的结构特点	(213)
第二节 差动式放大电路	(213)
一、基本差动放大电路	(214)
二、具有射极公共电阻的差放电路	(216)
三、具有恒流源的差放电路	(218)
四、共模抑制比和共模输入电压范围	(220)
五、失调和调零	(221)

六、差分放大电路的四种接法	(221)
第三节 电流源电路	(225)
一、镜像电流源电路	(225)
二、微电流源电路(Small Value Current Source)	(225)
三、多路电流源电路(Multiple Current Source)	(226)
四、有源负载电路	(226)
第四节 集成运算放大器	(227)
一、集成运放电路简介	(227)
二、集成运算放大器的技术指标	(229)
三、集成运放的低频等效电路	(231)
四、集成运放使用注意事项	(232)
习题7	(235)
第八章 集成运放组成的负反馈放大电路	(238)
第一节 反馈的基本概念	(238)
一、什么叫反馈	(238)
二、反馈放大电路的分类	(238)
第二节 负反馈放大器的基本关系式	(241)
一、负反馈放大器的方块图	(241)
二、负反馈放大器的基本关系式	(242)
第三节 负反馈对放大电路性能的影响	(243)
一、提高放大倍数的稳定性	(243)
二、扩展放大器的通频带	(244)
三、减小放大器非线性和内部噪声的影响	(245)
四、对输入电阻和输出电阻的影响	(246)
第四节 集成运放构成的基本负反馈电路	(247)
一、集成运放构成负反馈放大电路的特点	(247)
二、比例电路	(248)
三、加减运算电路	(249)
四、积分运算电路和微分运算电路	(251)
五、对数和反对数运算电路	(252)
六、电压、电流变换电路	(254)
第五节 负反馈放大器的自激问题	(255)
一、集成运算放大器的频率特性	(255)
二、产生自激振荡的原因和条件	(255)
三、消除自激振荡的方法	(258)
习题8	(261)
第九章 集成运算放大器的应用	(269)
第一节 模拟乘法器	(269)
一、变跨导式乘法运算电路	(269)
二、四象限模拟乘法器	(270)

第二节 有源滤波电路	(272)
一、低通滤波器	(273)
二、高通滤波器	(275)
三、带通滤波器	(275)
四、带阻滤波器	(276)
第三节 电压比较器	(277)
一、简单电压比较器	(277)
二、具有滞回特性的比较器	(278)
第四节 采样-保持电路	(280)
第五节 正弦波振荡电路	(281)
一、正弦振荡的平衡条件	(281)
二、RC 正弦波振荡电路	(282)
三、石英晶体振荡器	(284)
第六节 非正弦波发生电路	(286)
一、方波发生器	(286)
二、方波-三角波发生器	(287)
三、锯齿波发生器	(289)
四、压控振荡器	(289)
习题 9	(292)
第十章 计算机电源	(296)
第一节 交流电源	(296)
一、交流稳压电源	(296)
二、不停电电源(UPS)	(297)
第二节 直流稳压电源	(299)
一、串联型线性调整式直流稳压电源	(299)
二、线性集成稳压器	(302)
三、无工频变压器开关稳压电源	(304)
四、IBM-PC 微机中的直流稳压电源	(307)
习题 10	(313)
习题参考答案	(315)
参考文献	(322)

上篇 电路基础

第一章 直流电路

本章结合直流电路介绍一般电路的基本物理量;介绍电压源、电流源和电阻元件的伏安关系;讨论电路的基本定律、基本定理和电路的基本分析方法。

第一节 电路与电路模型

电路(Circuit)就是电流(Current)所通过的路径。实际电路是由一些电路器件用导线联接起来组成的。所谓电路器件是指电阻器、电感器、电容器、变压器、开关、晶体管和电池等。为了便于对实际电路进行分析,将实际电路器件理想化(或称模型化),即在一定条件下突出其主要的电磁性质,忽略其次要因素,将其近似地看作理想电路元件,由一些理想化元件组成的电路,就是实际电路的电路模型。一般将理想电路元件简称为元件(Element),将电路模型简称为电路。

电路中所应用的各种元件,按其工作时表现出的电特性可分作两类:一类元件工作时可以向电路提供电能,称之为电源(Electric Source);另一类元件工作时吸收电能并将电能转化为其他形式的能量,如转化为热能、光能、机械能等,这类元件称为负载(Load)。负载主要有三种:电阻(Resistance)、电容(Capacitance)和电感(Inductance)。实际的某个器件在工作时的特征可以用一种理想元件或几种理想元件的组合来反映。

将一个小灯泡用导线与电池联接起来就组成了一个简单的电路,其电路模型如图 1-1 所示,电阻元件 R 表示小灯泡,理想电压源 U_s 表示电池。在这里忽略导线的电阻和电池的内阻。

同一个实际器件在不同的条件下可能要用不同的理想元件来表示。比如前面例子中的电池,在电流比较大或使用时间比较长时,因内部损耗较大则需用一个理想电压源和一个电阻元件相串联来表示。

比较复杂的电路又称电网络,简称网络(Network)。元件通过端子与外电路相联,按端子的数目可将元件分为二端元件、三端元件、四端元件等。比如,电阻元件、电感元件是二端元件,晶体三极管是三端元件。

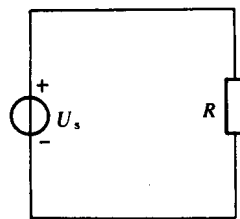


图 1-1 电路模型示例

第二节 电流、电压、电位

一、电流和电流的参考方向

电流是由电荷有规则的定向流动形成的。电流的大小用电流强度来衡量。电流强度等于单位时间内通过导体某横截面的电量。电流强度也简称电流,用字母 i 表示,若在 dt 时间内通过导体某横截面的电量为 dq ,则有

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

在国际单位制中,电流 i 的单位是安培(A),简称安;电量 q 的单位是库仑(C);时间 t 的单位是秒(s)。

大小和方向都不随时间变化的电流称为恒定电流,或者称为直流电流(Direct Current),用大写字母 I 表示。

习惯上把正电荷流动的方向作为电流的实际方向。在电路分析中有时不容易判断出电流的实际方向,在有些情况下电流的实际方向还是变化的,为此,我们可以任意选定一个方向作为电流的参考方向。当电流的实际方向与参考方向相同时,为 $i > 0$;当电流的实际方向与参考方向相反时,为 $i < 0$;这样电流 i 的值就有正有负,是个代数量。本书电路图上所标出的电流方向都是参考方向。在选定的电流参考方向下,根据电流的正负,就可确定电流的实际方向,如图 1-2 所示。

电流的参考方向在电路图中用箭头表示出来,可以画在线外,也可以画在线上,见图 1-3。电流的参考方向也可以用双下标表示,比如 i_{ab} 表示电流由 a 点流向 b 点,即电流的参考方向是由 a 指向 b 点。

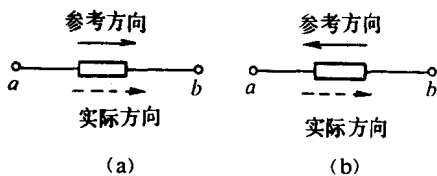


图 1-2 电流的参考方向
(a) $i > 0$ (b) $i < 0$

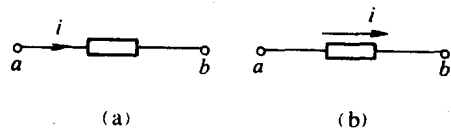


图 1-3 电路中电流参考方向的表示方法

二、电压和电压的参考方向

电场力把单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功(Work)称为 a 、 b 两点之间的电压(Voltage),即

$$u = \frac{dw}{dq}$$

在国际单位制中,功 w 的单位是焦耳(J),电压 u 的单位是伏特(Volt),简称伏(V)。

在电场内两点间的电压也称为两点间的电位差,即

$$u_{ab} = V_a - V_b$$

式中 V_a 为 a 点的电位(Electric Potential), V_b 为 b 点的电位。电压和能量的关系密切,如果正电

荷由 a 点移动到 b 点是失去能量,则 a 点为高电位, b 点为低电位。电压是标量,但在分析电路时,和电流一样,我们也说它具有方向,也可用箭头表示。电压的实际方向规定为由高电位端指向低电位端。

与电流的参考方向类似,可以任意选取电压的参考方向。当实际方向与参考方向相同时,电压为正值;当实际方向与参考方向相反时,电压为负值,如图 1-4 所示。

电压的方向还可以用极性表示。若 a 点电位高于 b 点电位,则 a 点为正极(Positive Pole),用“+”号表示, b 点为负极(Negative Pole),用“-”号表示。于是,在分析电路时电压的参考方向也可以用参考极性表示。参考极性也可任意假定,如果电压的真实极性与假定的参考极性相同,则电压为正值;如果电压的真实极性与参考极性相反,则电压为负值。

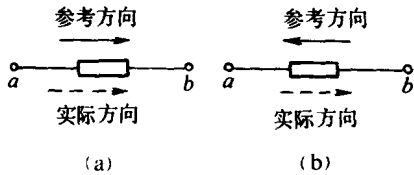


图 1-4 电压的参考方向

(a) $u > 0$ (b) $u < 0$

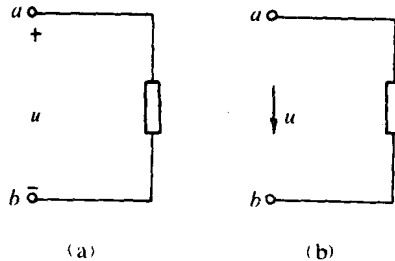


图 1-5 相同电压参考方向的两种表示方法

图 1-5 所示为同一电路中电压 u_{ab} 参考方向的两种等效(Equivalent)的表示方法。

一个元件或者一段电路中电流和电压的参考方向均可任意假定,二者可以一致,也可以不一致,如果一致,称之为关联参考方向;如果不一致,则称之为非关联参考方向,见图 1-6,图中(a)、(b)为关联参考方向,(c)、(d)为非关联参考方向。

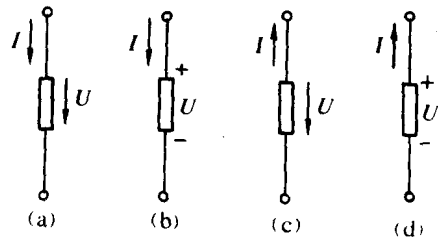


图 1-6 关联参考方向与非关联参考方向

大小和方向不随时间变化的电压称为恒定电压,或者称为直流电压(Direct Voltage),用大写字母 U 表示。

三、电位

在电路分析中,电路中某点电位值采用这样的方法来确定,即在电路中选定一点作为参考点,并将参考点的电位规定为零,则某点与参考点之间的电压就作为该点的电位。显然,同一点的电位值是随着参考点的不同而变化的,而任意两点之间的电压却与参考点的选取无关。

第三节 电 功 率

在电路中,有的元件吸收电能,并将电能转换成其他形式的能量,有的元件是将其他形式的能转换成电能,即元件向电路提供电能。电功率是指单位时间内元件所吸收或发出的电能,在电路中,电功率常简称为功率(Power)。功率的定义可推广到任何一段电路,而不局限于一个元件,当然,一个元件可看作是一段电路的特例。

图 1-7 中的方框表示一段电路,电流 i 和电压 u 的参考方向如图所示。由电压的定义可知,

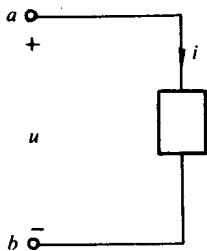


图 1-7 电功率

当正电荷 dq 由 a 点流动到 b 点时,这部分电路吸收的电能为

$$dw = udq$$

再由
得

$$dq = idt$$

$$dw = uidt$$

用字母 p 表示这部分电路所吸收的功率,则

$$p = \frac{dw}{dt} \quad (1-1)$$

在直流情况下为

$$P = UI$$

在国际单位制中,电功率的单位是瓦特(Watt),简称瓦(W),电能的单位是焦耳(J)。

在电压和电流的关联参考方向下,如图 1-7 所示,功率 $p = ui$ 中的 p 代表这段电路吸收的功率。当实际计算的结果是 $p > 0$ 时,表明这段电路的确是吸收功率;而当 $p < 0$ 时,则说明这段电路实际上是发出功率。

如果电压和电流二者的参考方向相反,如图 1-8 所示,则 $p = ui$ 中的 p 代表元件发出的功率。在这种情况下,若 $p > 0$,这段电路发出功率; $p < 0$,说明这段电路实际是吸收功率。

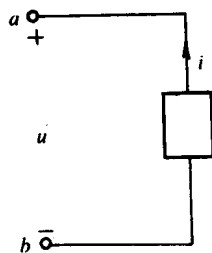


图 1-8 发出功率

国际单位制中的一些单位,如伏特、安培、瓦特等,在实际应用中有时感到太大,有时又感到太小,这时,可以在单位前面加上词头构成辅助单位。这里仅列出电压的一些辅助单位,其他单位的辅助单位可以依此类推。

$$1 \text{ 兆伏特(MV)} = 10^6 \text{ 伏特(V)}$$

$$1 \text{ 千伏特(kV)} = 10^3 \text{ 伏特(V)}$$

$$1 \text{ 毫伏特(mV)} = 10^{-3} \text{ 伏特(V)}$$

$$1 \text{ 微伏特}(\mu\text{V}) = 10^{-6} \text{ 伏特(V)}$$

$$1 \text{ 纳伏特(nV)} = 10^{-9} \text{ 伏特(V)}$$

$$1 \text{ 皮伏特(pV)} = 10^{-12} \text{ 伏特(V)}$$

第四节 电阻元件

有些实际部件如电阻器、电灯、电炉等在电路中工作时要消耗电能,并且将电能不可逆地转换成热能、光能、机械能等。反映电能消耗的电路参数叫电阻。实际部件的电阻特性在电路中用电阻元件来模拟,电阻元件也常常简称为电阻。通常,“电阻”一词及字母 R 既表示电阻元件,也表示该元件的参数。

电阻元件有线性电阻元件和非线性电阻元件之分,它们在电路中的符号如图 1-9 所示,其中图(a)表示线性电阻,图(b)表示非线性电阻。在电阻两端加电压后,元件中有电流流过,电阻元件上的电压与电流之间的关系曲线称为电阻元件的伏安特性曲线,简称为伏安特性。如果一个电阻元件的伏安特性是

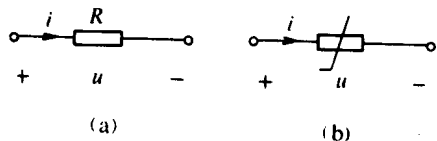


图 1-9 电阻元件的符号

通过坐标原点的一条直线如图 1-10(a)所示,就叫做线性电阻;如果一个电阻的伏安特性不是