

全国医学高等职业院校规划教材
供高职高专医学影像技术专业用

主 编 / 沙宪政 尹 勇

医学影像 电子学

YIXUE YINGXIANG
DIANZIXUE

 人民军医出版社
PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

全国医学高等职业院校规划教材
供高职高专医学影像技术专业用

医学影像电子学

YIXUE YINGXIANG DIANZIXUE

主 编 沙宪政 尹 勇

编 委 (以姓氏笔画为序)

丁晓东 马 彦 王亚平 王红军
尹 勇 龙 哲 付志然 苏 克
沙宪政 陈艳霞



人 民 军 医 出 版 社

Peoples Military Medical Press

北 京

图书在版编目(CIP)数据

医学影像电子学/沙宪政,尹 勇主编. —北京:人民军医出版社,2006.8

全国医学高等职业技术院校规划教材

ISBN 7-5091-0434-3

I. 医… II. ①沙…②尹… III. 影像诊断-医用电子学 IV. R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 075013 号

策划编辑:郭 威 文字编辑:路 弘 责任审读:余满松

出 版 人:齐学进

出版发行:人民军医出版社 经销:新华书店

通信地址:北京市 100036 信箱 188 分箱 邮编:100036

电话:(010)66882586(发行部)、51927290(总编室)

传真:(010)68222916(发行部)、66882583(办公室)

网址:www. pmmp. com. cn

印刷:京南印刷厂 装订:桃园装订有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:19.75 字数:476 千字

版、印次:2006 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印数:0001~4000

定价:38.00 元

版权所有 侵权必究

购买本社图书,凡有缺、倒、脱页者,本社负责调换

电话:(010)66882585、51927252

出版说明

为了贯彻国家教育部关于发展高等职业教育的政策精神,为我国高等医学职业教育事业及其教材建设作出贡献,人民军医出版社在大连医科大学、中国医科大学、山东大学和山东省医学影像学研究所等 30 余所医学院所诸位教授的大力支持下,组织编写出版了“全国医学高等职业技术学院规划教材”。

“淡化学科意识,强调培养目标”是高等职业教育的核心。为能把学生培养成有“一技之长”的实用型人才,提高学生的“动手能力”,教材在学时分配、理论与实践的比例方面做了悉心编排。

教材由在“高职高专”教学第一线、具有丰富教学经验的教师参与编写,由该专业有较高学术造诣的教授审稿“把关”,从而使教材内容达到了“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性、适用性)和“三基”(基础理论、基本知识、基本技能)的要求。

人民军医出版社

全国医学高等职业技术学院规划教材(医学影像技术专业,共 7 本)

人体断层解剖学	主编	刘树伟
医学影像技术学	主编	赵 斌 李 萌
医学影像设备学	主编	秦维昌
医学影像诊断学	主编	柳 澄 王兴武
放射治疗技术学	主编	胡立宽
医学影像电子学	主编	沙宪政 尹 勇
放射物理与防护学	主编	洪 洋

全国医学高等职业技术学院配套教材(医学影像技术专业,共 5 本)

医学影像技术学学习指导和习题集	主编	张晓康 沈秀明
医学影像设备学学习指导和习题集	主编	张佐成
医学影像诊断学学习指导和习题集	主编	伍建林 王兴武
放射治疗技术学学习指导和习题集	主编	姜玉华 李海鹰
医学影像电子学学习指导和习题集	主编	苏 克

前 言

为满足医学影像学专业不同层次的教学需要,由大连医科大学、锦州医学院、辽宁中医学院和中国医科大学联合组成的教材编委会,充分考虑到医学院校学生的实际水平和医学影像专业的特点,认真分析现行电子学教材内容,以理论够用、注重应用为原则,精选内容,加强针对性和实用性,并综合总结了该四所院校及其他兄弟院校多年的教学实践和经验,联合编写完成本《医学影像电子学》教材。

《医学影像电子学》教材编写按循序渐进原则,在讲清概念、介绍基本分析方法的基础上,结合《医学影像设备学》等专业课内容,在保证基本知识、基本技能学习的基础上,对内容结构进行了较大幅度的调整,较大程度地简化了部分理论推导过程,以降低理论教学难度。本书在选材及内容安排上,以分立元件单元电路为基础,着重介绍集成电路的特性和应用方面的内容。单元电路加强对各种集成电路的应用及使用方法的介绍。增加对各种实用器件的介绍。本教材分为14章,阐述了电路基础、模拟电子技术、数字电子技术中必要的基础理论、基本知识和基本分析方法。根据专业需要特别加强了常用控制电器与电动机以及逆变电源等内容。

本书编写过程中,得到编者所在单位的大力支持与关怀,在此,我们表示衷心的感谢。中国医科大学刘艳老师为本书绘制了大量插图,一并表示诚挚的谢意。

本书编委会集体研究定纲、分头编写、相互协调、有机整合,历时3个月,终于定稿出版,其中辛苦,自不待言,谨向各位编委表示谢忱。

由于编者水平有限,如有错误,恳请读者给予批评指正,以便改进和提高。

编 者

目 录

第 1 章 直流电路	(1)
第一节 电路的基本概念	(1)
一、电路和电路模型	(1)
二、电路基本变量	(2)
第二节 电路基本元件	(5)
一、无源元件	(5)
二、有源元件	(8)
第三节 电路基本定律	(11)
一、欧姆定律	(11)
二、节点、支路、回路	(12)
三、基尔霍夫定律	(12)
四、电阻的等效变换	(13)
五、电源的等效变换	(17)
第四节 电路基本分析方法	(18)
一、支路电流法	(18)
二、节点电压法	(18)
第五节 电路基本定理	(21)
一、叠加定理	(21)
二、戴维南定理	(22)
三、诺顿定理	(23)
四、最大功率传输定理	(24)
第六节 一阶电路	(25)
一、换路定律与初始值的计算	(25)
二、RC 电路	(26)
三、一阶电路响应的三要素法	(29)
四、RL 电路的响应	(30)
第 2 章 正弦交流电路	(33)
第一节 正弦交流电及其表示	(33)
一、正弦交流的基本概念	(33)
二、正弦量的相量表示法	(35)
三、电路定律的相量形式	(37)
第二节 正弦稳态电路分析	(40)
一、阻抗和导纳	(40)
二、正弦稳态电路分析	(43)

三、正弦稳态电路的功率·····	(44)
第三节 交流电路的频率特性·····	(48)
一、RC 串联电路的频率特性·····	(48)
二、串联谐振·····	(50)
三、并联谐振·····	(52)
第四节 变压器·····	(53)
一、互感·····	(53)
二、空芯变压器·····	(54)
三、理想变压器·····	(55)
四、自耦变压器·····	(57)
第五节 三相正弦交流电路·····	(57)
一、三相电源·····	(57)
二、负载 Y 形连接的三相电路·····	(59)
三、负载 Δ 形连接的三相电路·····	(60)
第 3 章 常用低压电器与电动机 ·····	(62)
第一节 常用低压电器·····	(62)
一、开关·····	(62)
二、保护电器·····	(65)
三、继电器与接触器·····	(68)
第二节 直流电动机·····	(69)
一、直流电动机的结构与工作原理·····	(69)
二、直流电动机的启动与调速·····	(73)
第三节 交流电动机·····	(74)
一、三相异步电动机的结构与工作原理·····	(74)
二、三相异步电动机的启动与调速·····	(79)
第 4 章 半导体器件 ·····	(83)
第一节 半导体材料及 PN 结·····	(83)
一、半导体材料·····	(83)
二、PN 结的形成及特性·····	(85)
第二节 半导体二极管及应用·····	(86)
一、半导体二极管·····	(86)
二、二极管的特性·····	(87)
三、二极管的主要参数·····	(89)
四、二极管的基本应用·····	(89)
五、其他类型二极管·····	(90)
第三节 双极型三极管·····	(91)
一、双极型三极管的结构·····	(91)
二、三极管的电流放大作用·····	(92)
三、三极管的特性曲线·····	(93)

四、三极管的主要参数·····	(95)
五、三极管的基本应用·····	(95)
六、光电三极管及其应用·····	(96)
第四节 场效应管·····	(96)
一、结型场效应管·····	(97)
二、绝缘栅型场效应管·····	(99)
三、FET 与 BJT 的比较·····	(102)
第五节 晶闸管·····	(103)
一、晶闸管的结构·····	(103)
二、晶闸管的伏安特性·····	(104)
三、晶闸管的应用·····	(105)
第 5 章 放大电路基础 ·····	(108)
第一节 放大电路的基本概念·····	(108)
一、放大电路的组成·····	(108)
二、放大电路的性能指标·····	(109)
第二节 放大电路的基本分析方法·····	(111)
第三节 双极型三极管放大电路·····	(113)
一、共发射极放大电路·····	(113)
二、稳定工作点的放大电路·····	(122)
三、共集电极放大电路·····	(124)
四、共基极放大电路·····	(125)
第四节 场效应管放大电路·····	(126)
一、直流偏置电路·····	(127)
二、动态分析·····	(127)
第五节 差分放大电路·····	(129)
一、差分放大电路的基本概念·····	(129)
二、基本差分放大电路·····	(130)
三、差分放大电路分析·····	(131)
四、改进型差分放大电路·····	(133)
五、差分放大电路的特点·····	(134)
第五节 功率放大电路·····	(134)
一、功率放大电路特点及分类·····	(134)
二、乙类与甲乙类互补对称功率放大电路·····	(135)
三、单电源互补对称功率放大电路·····	(137)
四、集成功率放大器及其应用·····	(138)
第 6 章 多级放大电路与负反馈放大电路 ·····	(140)
第一节 多级放大电路·····	(140)
一、多级放大电路的组成·····	(140)
二、放大电路的级间耦合方式·····	(141)

三、多级放大电路分析	(142)
第二节 反馈的基本概念	(143)
一、反馈的概念及作用	(143)
二、反馈的分类及其判别	(143)
第三节 负反馈放大电路	(144)
一、负反馈放大电路的框图	(144)
二、负反馈放大器的基本关系	(145)
三、负反馈放大电路的四种组态	(145)
第四节 负反馈对放大电路的影响	(151)
一、稳定放大倍数	(151)
二、负反馈对输入电阻和输出电阻的影响	(152)
三、负反馈对频率特性的影响	(152)
四、负反馈对非线性失真的影响	(153)
第7章 集成运算放大器及应用	(155)
第一节 集成运算放大器基础	(155)
一、集成运算放大电路的结构特点	(155)
二、集成运算放大电路的组成及各部分的作用	(155)
三、集成运算放大器的主要性能指标	(156)
四、集成运算放大电路简介	(157)
第二节 基本运算电路	(158)
一、理想集成运放	(158)
二、比例运算电路	(159)
三、差分运算电路	(161)
第三节 集成运算放大器的应用	(162)
一、加减法运算电路	(162)
二、积分和微分运算电路	(164)
三、有源滤波电路	(165)
四、电压比较电路	(166)
五、集成运算放大器应用实例	(169)
第8章 信号的产生与调制	(172)
第一节 振荡的基本概念	(172)
一、正弦波自激振荡原理	(172)
二、产生正弦波自激振荡的条件	(173)
三、一般正弦波振荡器的工作原理	(174)
四、正弦波振荡电路的分析步骤	(175)
第二节 正弦波振荡电路	(175)
一、RC 正弦波振荡电路	(175)
二、LC 正弦波谐振回路	(179)
三、石英晶体振荡电路	(182)

第三节 非正弦信号产生电路	(186)
一、矩形波发生电路	(186)
二、三角波和锯齿波发生器	(188)
第四节 调制与解调	(190)
一、振幅调制与解调	(191)
二、调频与解调	(193)
第9章 直流电源	(198)
第一节 直流稳压电源的组成及各部分作用	(198)
一、直流稳压电源的组成	(198)
二、各部分作用	(198)
第二节 整流电路	(199)
一、半波整流电路	(199)
二、全波整流电路	(200)
三、桥式整流电路	(201)
四、倍压整流电路	(202)
五、可控硅整流电路	(204)
六、三相整流电路	(205)
第三节 滤波电路	(206)
一、电容滤波电路	(206)
二、电感滤波电路	(208)
第四节 稳压电路	(208)
一、稳压管稳压电路	(209)
二、串联型稳压电路	(210)
三、集成稳压器电源	(212)
第五节 开关电源和逆变电源	(214)
一、开关电源的工作原理	(215)
二、串联开关式稳压电路	(216)
三、逆变电源的工作原理	(216)
四、晶闸管桥式逆变电路	(217)
第10章 数字电路基础	(219)
第一节 数字信号和数字电路	(219)
一、数字信号	(219)
二、数字电路	(219)
第二节 数制	(220)
一、基本概念	(220)
二、十进制	(220)
三、二进制数	(221)
四、十六进制	(221)
五、几种常用数制之间的转换	(221)

第三节 逻辑代数与逻辑问题的描述	(222)
一、逻辑代数	(222)
二、逻辑问题的描述	(230)
第四节 逻辑门电路	(231)
一、二极管、三极管的开关特性	(231)
二、分立元件门电路	(233)
三、TTL 集成门电路	(235)
四、CMOS 门电路	(239)
第 11 章 组合逻辑电路	(244)
第一节 组合逻辑电路的分析	(244)
第二节 组合逻辑电路的设计	(245)
第三节 常用组合逻辑电路	(246)
一、编码器	(246)
二、译码器	(249)
三、数值比较器	(253)
四、加法器	(256)
第 12 章 触发器与时序逻辑电路	(258)
第一节 触发器的电路结构与工作原理	(258)
一、基本 RS 触发器	(258)
二、同步 RS 触发器	(259)
三、主从触发器	(260)
四、边沿触发器	(262)
五、各种触发器之间的转换	(263)
第二节 时序逻辑电路的基本概念	(264)
一、时序逻辑电路的基本结构及特点	(264)
二、时序逻辑电路的分类	(264)
三、时序逻辑电路功能的描述方法	(265)
第三节 时序逻辑电路的分析	(265)
一、同步时序电路的分析	(265)
二、异步时序电路的分析	(267)
第四节 常用时序逻辑电路	(268)
一、寄存器	(268)
二、计数器	(270)
第 13 章 半导体存储器和可编程逻辑器件	(275)
第一节 半导体存储器的分类	(275)
第二节 半导体存储器的组成	(276)
第三节 半导体存储器的结构及原理	(277)
一、只读存储器	(277)
二、随机存取存储器	(280)

第四节 可编程逻辑器件.....	(281)
一、PLD 的基本原理	(282)
二、PLD 的逻辑表示法	(283)
三、可编程阵列逻辑 PAL 简介	(283)
四、可编程通用阵列逻辑器件	(284)
第 14 章 信号的数字化处理	(286)
第一节 用数字方法处理模拟信号的过程.....	(286)
一、模拟信号转换为数字信号的过程	(286)
二、数字信号转换为模拟信号的过程	(288)
第二节 D/A 转换器	(289)
一、D/A 转换器的结构和分类	(289)
二、T 形电阻网络 D/A 转换器	(290)
三、D/A 转换器的主要技术指标	(291)
四、集成 D/A 转换器及其应用	(292)
第三节 A/ D 转换器	(293)
一、A/D 转换电路的结构和分类	(293)
二、逐次逼近型 A/D 转换器	(295)
三、A/D 转换器主要技术指标	(296)
四、集成 A/D 转换器及其应用	(297)
第四节 A/D,D/A 应用实例	(298)
参考文献.....	(300)
索引.....	(301)

第1章 直流电路

电路理论是从物理学中的电磁学发展起来的,它的基本概念和基本定律是电子技术的基础。直流电路是指电路中电压与电流的大小和方向都不随时间改变的电路。本章将从电路的基本变量和基本元件出发,以基尔霍夫定律为依据,分别讲述线性电路基本分析方法、电路基本定理,为学习电子线路打下基础。

第一节 电路的基本概念

一、电路和电路模型

(一) 电路

人们在日常生活中或在生产和科研中广泛地使用着种类繁多的实际电路(实际电路是为完成某种预定目的而设计运行的)。例如,在电视机、音响设备、计算机、通信系统和电力网络中可以看到各种各样的电路。这些电路的形式、特性和功能各不相同。

所谓电路就是由各种电子器件通过导线按一定方式连接起来,具有一定实用功能。图 1-1(a)为一手电筒实际电路,它由电池、开关、灯泡和导线组成。总的来说,任何一种电路都是由电源、中间环节和负载这三部分组成的。电源是电路中电能或电信号的发生器;负载即电路中的用电电器;中间环节的作用是将电源和负载连接起来,并实现对整个电路的控制和保护,主要包括:连接导线、控制电器(如开关、继电器、接触器等)和保护电器(如熔断器)。电源又称为激励源。由激励而在电路中产生的电压和电流称为响应。有时,根据激励与响应之间的因果关系,也将激励称为输入,响应称为输出。

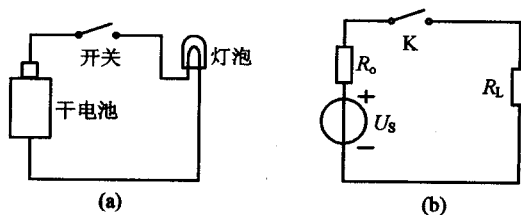


图 1-1 手电筒电路

(a) 实际电路; (b) 电路模型

(二) 电路模型

电路理论的主要任务是研究电路中所发生的电磁现象,而了解电路中各元器件的物理特性是研究电路的基本前提。电路中实际元器件的应用一般都和三种电磁现象有关:①电能的消耗;②磁场能量的储存;③电场能量的储存。一般这些现象同时存在,且又发生在整个电路

元器件之中,交织在一起。若同时考虑它们的电磁性能,将使得电路的分析难以进行。为便于对电路进行分析,将组成电路的实际元器件加以近似化、理想化,用一个足以反映主要性质的模型——理想电路元件(简称理想元件)来表示电路中的实际元器件。每一种模型只反映一种电磁性质,且可用数学方法精确定义。例如用电阻元件来反映元件消耗电能特征;用电感元件来反映元件的贮存磁场能量的特征;用电容元件来反映元件贮存电场能量的特征。在构成电路模型时我们还需要两种理想电源元件——电压源和电流源。上述的元件都具有两个端钮,称为二端元件。这样任何实际电器的全部作用就可用这些理想电路元件通过一定的连接来表征。在一定的条件下有些实际元器件的模型较简单,只需涉及一种理想电路元件,例如,在低频时实际电阻器往往可用一个电阻元件作为它的模型。有些元器件的模型可能是要由几种理想电路元件构成,例如像干电池这样的直流电源,它既有一定的电动势,又有一定的内阻,故可用理想电源元件 U_s 和电阻元件 R 的串联电路模型来表示,这样图 1-1(a)所示的手电筒电路就可以用图 1-1(b)所示的电路模型来表示。

用各种理想电路元件组成的电路称为实际电路的电路模型。各种电器可以用图形符号来表示。用各种理想电路元件的图形符号画出的图称为电路图,在电路的分析中使用的都是电路模型,简称电路。本章课程的主要任务是研究电路模型的各种分析计算方法。

二、电路基本变量

在电路基本理论中,描述电路状态或电路元件的电学特性一般选用电流和电压等参数作为电路基本变量。利用电路基本变量可以表示出电路中各种物理量间关系。

(一) 电流

电荷的定向移动形成了电流,电流的实际方向规定为正电荷的流动方向,电流主要分为两种,一种为大小和方向都不随时间而改变的电流称为恒定电流,简称直流(DC 或 dc),用符号 I 表示。另一种为大小和方向都随时间而改变的电流称为交流(AC 或 ac),一般用符号 i 表示。

电流的大小用电流强度来表示,它定义为单位时间内通过导体横截面的电荷量。

$$I = \frac{Q}{t} \text{ (直流)} \quad (1-1)$$

$$i = \frac{dq}{dt} \text{ (交流)} \quad (1-2)$$

电流的单位为安培(A),也可用毫安(mA)、微安(μ A)等表示。

在进行电路分析时,对复杂电路中某一段电路电流的实际方向往往很难判定,而且电流为变动电流时,方向还在不断地变化,因此在电路中很难明确电流的实际方向。为此,我们引进电流的“参考方向”这一概念。

任意选定一段电路或一个元件中电流的方向,用带箭头的实线段表示,这个任意选定的电流方向称为电流的参考方向。以直流电路为例,规定:若电流的实际方向与假定的参考方向一致,则电流值为正值,即 $I > 0$;若电流的实际方向与假定参考方向相反,则电流值为负值,即 $I < 0$ 。如图 1-2 所示,电流的参考方向用带箭头的实线段表示,电流的实际方向用带箭头的虚线段表示。

这样,我们可以在选定的参考方向下,根据电流值的正负来确定出电流的实际方向。电流的参考方向是有关电路分析计算的一个重要概念。不规定参考方向的前提下而谈论一个电流

的正负是没有物理意义的。

如图 1-3 所示,电路上电流的参考方向已选定。如 $I_a = 10\text{A}$,表示 I_a 的实际方向与参考方向相同,电流 I_a 由 A 流向 B。如 $I_b = -10\text{A}$,表示 I_b 的实际方向与参考方向相反,电流 I_b 由 B 流向 A。

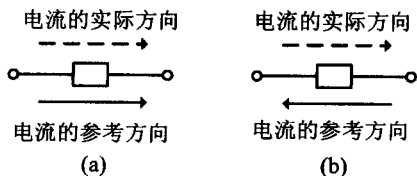


图 1-2 电流的实际方向与参考方向

(a) $I > 0$; (b) $I < 0$

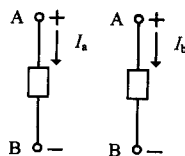


图 1-3 电流方向说明图

电流的大小可用电流表来测量,测量时,应将电流表串入被测电路中,并要保证电流从电流表的正端流入,负端流出。

(二) 电压

单位正电荷在电路中由 a 点移到 b 点所得到或失去的能量,定义为 ab 两点间的电压。记为:

$$U = \frac{W}{Q} \text{ (直流电压)} \quad (1-3)$$

$$\text{或 } u = \frac{dw}{dq} \text{ (交流电压)} \quad (1-4)$$

电压的单位用伏特(V)或毫伏(mV)等表示。

在电路中任选一点为参考点,则某点到参考点的电压称为这一点(相对于参考点)的电位。以直流电路为例,电位用符号 U 表示,当选择电路中某点 O 为参考点时,如 a 点电位记作 U_a ,即 $U_a = U_{a0}$,如电路中另有一个 b 点, $U_b = U_{b0}$,则:

$$U_{ab} = U_a - U_b \quad (1-5)$$

这样,两点间的电压就是该两点的电位之差。电位差与路径无关,只与起点和终点位置有关。电压的实际方向是由高电位点指向低电位点,通常将电压称为电压降。

对电路中两点间的电压也可任意选取一个方向作为电压的参考方向(参考方向用实线箭头表示,也可用极性表示,还可用于双下标表示),如图 1-4 所示。

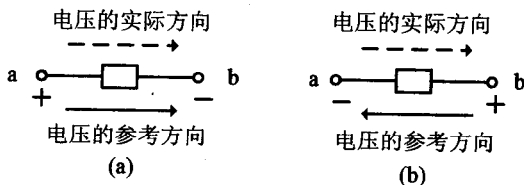


图 1-4 电压的实际方向与参考方向

(a) $U_{ab} > 0$; (b) $U_{ab} < 0$

规定:若计算出的电压值为正值,则电压的实际方向与参考方向相同;若计算出的电压值为负值,则电压的实际方向与参考方向相反。以后若无特殊说明,电路图上的“+”和“-”标注,或 U_{ab} 都表示电压的参考极性(参考方向)。

尽管在电路分析中,电压、电流的参考方向可以任意选取,但为了方便起见,一般都将电压的参考方向与电流的参考方向选为一致,即电流的参考方向从标有电压“+”端流向“-”端,如图 1-5(a)所示,通常将这种参考方向称为关联参考方向。反之为非关联参考方向,如图 1-5(b)所示。

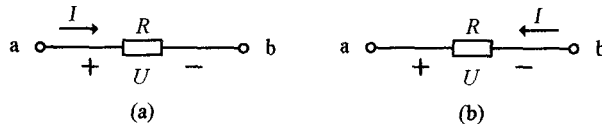


图 1-5 电压、电流的参考方向

(a)关联参考方向;(b)非关联参考方向

直流电路中,测量电压用电压表并联接入电路,注意电压表的“+”极接高电位或电流流入点,“-”极接低电位或电流流出点。

(三)功率和电能

功率和电能是两个电路复合变量。在电路的分析和计算中,能量和功率的计算是十分重要的。

1. 功率 电场力在单位时间内所作的功,称为功率,用 p 表示,则:

$$p = \frac{dw}{dt} \quad (1-6)$$

功率的单位用瓦特(W)或用千瓦(kW)、毫瓦(mW)等表示。

对于二端元件或二端网络,当电压、电流采用关联参考方向时,根据定义,电路的吸收功率

$$\text{为: } p = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \frac{dq}{dt} = ui \quad (\text{交流}) \quad (1-7a)$$

$$P = UI \quad (\text{直流}) \quad (1-7b)$$

当电压、电流采用非关联参考方向时,电路的吸收功率为:

$$p = -\frac{dw}{dt} = -\frac{dw}{dq} \frac{dq}{dt} = -ui \quad (\text{交流}) \quad (1-8a)$$

$$P = -UI \quad (\text{直流}) \quad (1-8b)$$

当 $P > 0$ 时表明此二端元件或二端网络吸收(或消耗)功率,当 $P < 0$ 时表明此二端元件或二端网络产生(或发出)功率。

根据能量守恒原理,整个电路的功率是平衡的。即:一个电路中,一部分元件发出的功率一定等于其他部分元件吸收的功率。

2. 电能 除了功率之外,有时还需要计算一段时间内电路所消耗(或产生)的电能。

将式(1-6)写为: $dw = p dt$

则一个二端元件或二端网络从 t_0 到 t 时间内吸收的电能为:

$$W(t_0, t) = \int_{t_0}^t p dt = \int_{t_0}^t ui dt \quad (\text{交流}) \quad (1-9a)$$

$$W = Pt \quad (\text{直流}) \quad (1-9b)$$

电能的单位为焦耳(J),通常用千瓦小时(kW·h)或用度表示。

$$1 \text{ 度} = 1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

例 1-1 图 1-6 所示电路中,每个二端元件的电压及电流参考方向均已标出。已知: $U_1 = 10\text{V}$ 、 $U_2 = 3\text{V}$ 、 $U_3 = 4\text{V}$ 、 $U_4 = 3\text{V}$ 、 $I = 2\text{A}$,求各二端元件的功率,并判断它们是产生功率还是吸收功率以及整个回路的功率是否平衡?

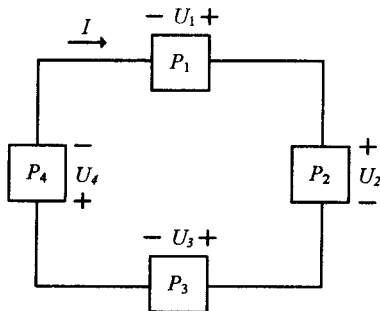


图 1-6 例 1-1 电路图

解: 因为元件 1 的电压与电流的方向为非关联参考方向,所以:

$$P_1 = -U_1 I = -10 \times 2 = -20 \text{ W} \quad (\text{产生功率})$$

元件 2、3、4 的电压与电流的方向为关联参考方向,所以

$$P_2 = U_2 I = 3 \times 2 = 6 \text{ W} \quad (\text{吸收功率})$$

$$P_3 = U_3 I = 4 \times 2 = 8 \text{ W} \quad (\text{吸收功率})$$

$$P_4 = U_4 I = 3 \times 2 = 6 \text{ W} \quad (\text{吸收功率})$$

因为 $20 \text{ W} = 6 \text{ W} + 8 \text{ W} + 6 \text{ W}$,所以整个回路的功率是平衡的。

第二节 电路基本元件

一、无源元件

(一)电阻元件

电阻元件是从实际电阻器抽象出来的理想等效模型,它是一种对电流呈现阻碍作用的耗能元件。电阻器、灯泡、电烙铁和电炉等在一定的条件下都可以用电阻元件作为其理想等效模型。

当电阻元件上的电压和电流取关联参考方向时,如图 1-7(a)所示,电阻元件上的电压 u (t)和电流 i (t)的比例系数定义为电阻元件的电阻 R 。以下将电阻元件简称为电阻。其数学表达式为:

$$u(t) = R \cdot i(t) \quad (1-10)$$

上式称为电阻的伏安特性。将伏安特性描述在以电压和电流为直角坐标的平面上,即称为伏安特性曲线,如图 1-7(b)所示。电阻的单位为欧姆(Ω),简称欧。