

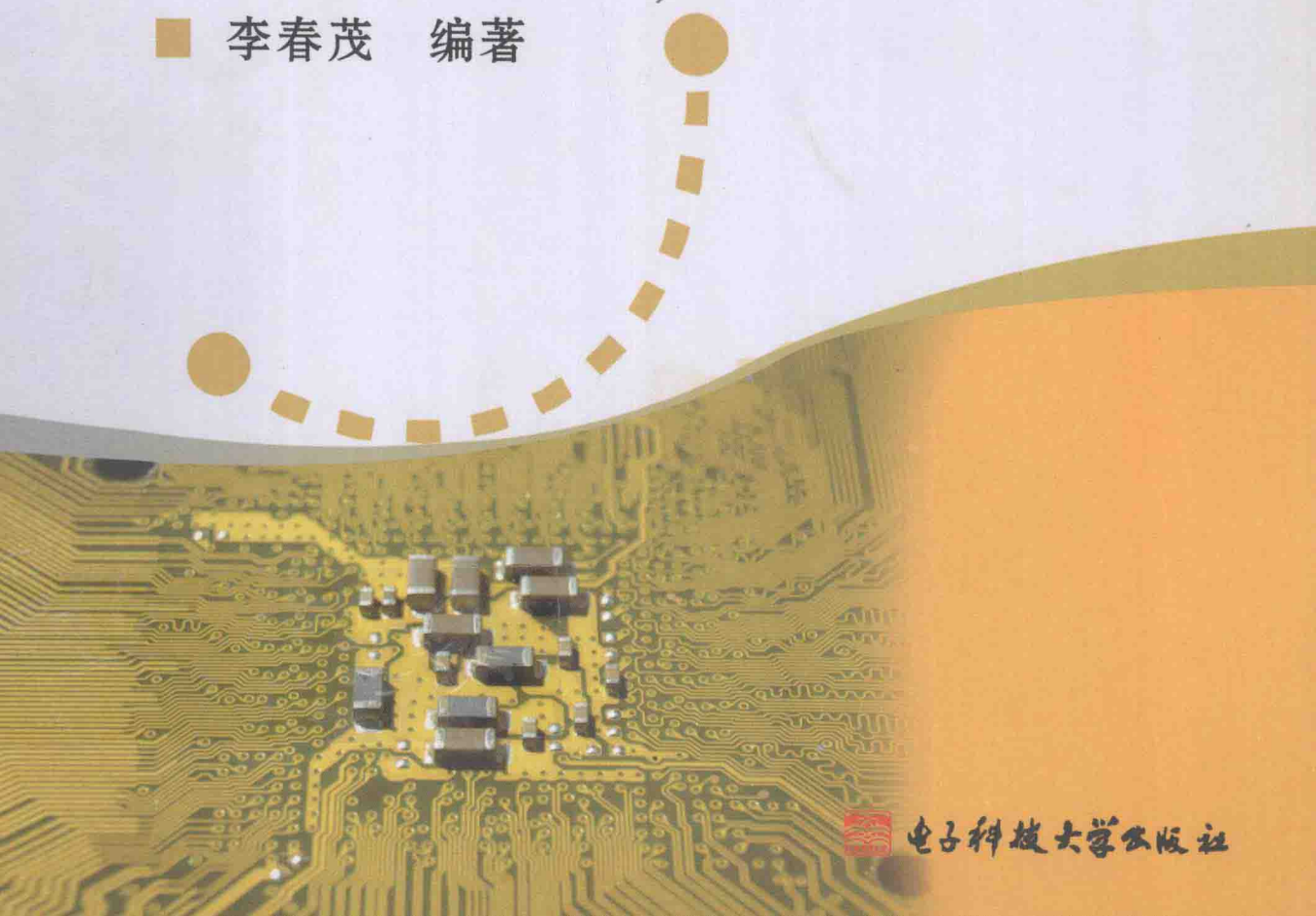
面向“十二五”高等教育规划教材

DIANLU JICHU

DIANLU JICHU

电路基础

■ 李春茂 编著



 电子科技大学出版社

面向“十二五”高等教育规划教材

电路基础

李春茂 编著

电子科技大学出版社

内 容 提 要

本书内容包括电路的基本元件和基本概念、电压和电流定律、节点分析和网孔分析方法、常用电路分析方法、电容与电感电路、基本 RL 和 RC 动态电路分析、正弦稳态电路分析、交流电路功率分析及测量、多相电路分析、磁耦合电路、双端口网络、傅里叶电路分析等。经审定,本书可作为高等学校各工科专业“电路分析”课程教材或教学参考书,也可供相关人员业务学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路基础 / 李春茂编著. — 成都: 电子科技大学出版社, 2011. 5
ISBN 978-7-5647-0787-3

I. ①电… II. ①李… III. ①电路理论 IV.
①TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 033473 号

面向“十二五”高等教育规划教材

电路基础

李春茂 编著

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

责任编辑: 罗 雅

主 页: www.uestp.com.cn

电子邮箱: uestp@uestp.com.cn

发 行: 新华书店

印 刷: 北京广达印刷有限公司

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张 22.75 字数 568 千字

版 次: 2011 年 5 月第一版

印 次: 2011 年 5 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-0787-3

定 价: 36.80 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

前 言

“电路基础”与“模拟电子技术”和“数字电子技术”共同构成高等学校各理工科专业学科基础课程,这些课程的有机融合将为学生各专业后续课程的学习奠定坚实的基础。

作为面向“十二五”高等教育规划教材之一,本书在编写过程中充分吸收国内外权威教材精华,结合作者多年教学科研实践,充分考虑各高校不同层次、不同专业对电路课程的教学需要,注意贯彻理论联系实际、循序渐进和少而精的原则,在阐明物理概念和基本定律的前提下,略去某些不必要的证明,使其具有知识新颖、涉及面广、通俗精练、应用性强的突出特点。

本书主要包括:电路的基本元件和基本概念,电路基本定律,电路分析方法,电容和电感电路, RL 和 RC 动态电路,单相正弦交流稳态电路,三相正弦交流电路,交流电路的功率计算与测量,磁路与铁芯线圈电路,双端口网络,傅里叶电路分析等。本书通过精选内容,以有限的篇幅取得较大的覆盖面,力求阐述准确、通俗精练、言简意明。经审定,本书适合于高等学校电力、电气、计算机、机电一体化、自动控制、仪器仪表、信息工程、通讯、航天、化工、轻工、动力类、管理类及环境保护类专业本(专)科教学用书(参考学时40~60),也可供高等职业技术学院师生、工程技术人员及自学者参考阅读。

本书编写分工如下:李春茂编写第1、2、3、4、5、6、7、8、9、10章,并负责全书统稿工作;朱苗、孙永霞、何荣、周大瑞、王鹏、邱亚君共同编写第11、12章。在本书编写过程中,作者参考了国内外教材、著作及其他文献资料,在此谨对原著者和出版者表示衷心的感谢。

感谢广东省绿色能源技术重点实验室在本书编写与出版过程中给予的大力支持!

由于编者水平所限,书中疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

(作者联系方式:lcm0421@126.com)

李春茂

2011年4月21日 于华南理工大学

目 录

第 1 章 基本元件和电路	(1)
1.1 电荷、电流、电压和功率	(1)
1.2 电压源和电流源	(8)
1.3 欧姆定律.....	(11)
本章小结	(12)
习 题	(13)
第 2 章 电压和电流定律	(17)
2.1 节点、路径、回路和支路.....	(17)
2.2 基尔霍夫电流定律.....	(18)
2.3 基尔霍夫电压定律.....	(20)
2.4 单回路电路.....	(24)
2.5 单节点对电路.....	(26)
2.6 独立电源的串联和并联.....	(27)
2.7 电阻的串联和并联.....	(29)
2.8 分压和分流.....	(34)
本章小结	(35)
习 题	(35)
第 3 章 基本节点和网孔分析	(49)
3.1 节点分析.....	(49)
3.2 超节点.....	(53)
3.3 网孔分析.....	(56)
3.4 超网孔.....	(61)
3.5 节点分析和网孔分析的比较.....	(65)
本章小结	(67)
习 题	(67)
第 4 章 常用电路分析方法	(80)
4.1 线性和叠加.....	(80)
4.2 电源变换.....	(86)
4.3 戴维南等效电路和诺顿等效电路.....	(92)
4.4 最大功率传输	(100)
本章小结.....	(100)

习 题	(101)
第 5 章 电容和电感	(116)
5.1 电 容	(116)
5.2 电 感	(121)
5.3 电感和电容的组合	(125)
本章小结	(130)
习 题	(130)
第 6 章 基本 RL 和 RC 电路	(138)
6.1 无源 RL 电路	(138)
6.2 指数响应的性质	(142)
6.3 无源 RC 电路	(144)
6.4 更一般的观点	(146)
6.5 单位阶跃函数	(150)
6.6 电源作用于 RL 电路	(154)
6.7 自由响应和受迫响应	(156)
本章小结	(160)
习 题	(161)
第 7 章 正弦稳态分析	(177)
7.1 正弦波特性	(177)
7.2 正弦函数激励下的受迫响应	(180)
7.3 复激励函数	(183)
7.4 相 量	(186)
7.5 R, L, C 的相量关系	(188)
7.6 阻 抗	(193)
7.7 导 纳	(197)
7.8 节点分析和网孔分析	(198)
7.9 相量图	(200)
7.10 并联谐振	(204)
7.11 串联谐振	(205)
本章小结	(206)
习 题	(206)
第 8 章 交流电路的功率分析	(214)
8.1 瞬时功率	(214)
8.2 平均功率	(217)
8.3 电流和电压的有效值	(225)
8.4 视在功率和功率因数	(228)
* 8.5 复功率	(230)
8.6 功率测量	(232)
本章小结	(233)

习 题	(233)
第 9 章 多相电路	(243)
9.1 多相系统	(243)
9.2 单相三线系统	(246)
9.3 三相 Y—Y 形接法	(249)
9.4 $\triangle$ 形接法	(254)
9.5 三相系统的功率测量	(257)
本章小结	(260)
练 习	(261)
第 10 章 磁耦合电路	(265)
10.1 互 感	(265)
10.2 能量考虑	(271)
10.3 线性变压器	(274)
10.4 理想变压器	(279)
本章小结	(287)
习 题	(287)
第 11 章 双端口网络	(298)
11.1 单端口网络	(298)
11.2 导纳参数	(303)
11.3 几个等效网络	(308)
11.4 阻抗参数	(310)
本章小结	(311)
练 习	(312)
第 12 章 傅里叶电路分析	(314)
12.1 傅里叶级数的三角形式	(314)
12.2 对称性的应用	(321)
12.3 周期激励函数的完全响应	(325)
本章小结	(327)
习 题	(328)
习题参考答案	(332)
附录 A 积分速查表	(344)
附录 B 戴维南定理的证明	(345)
附录 C 复 数	(347)
参考文献	(355)

第1章 基本元件和电路

本章要点

- 基本电量的定义和有关单位;
- 对电荷、电流、电压和功率之间关系的理解;
- 运用无源符号规则的能力;
- 受控及独立电压源和电流源的介绍;
- 电阻的详细性质和欧姆定律。

引言

首先考虑单位制及几个基本定义和规则。为研究电路的工作过程,先了解几个不同的电路元件:电压源、电流源、电池和电阻。然后了解电压、电流和功率的概念,因为这些是经常要求的物理量。在开始讲解之前简单提醒大家,标注电压时,请仔细注意“+”号和“-”号,定义电流时要注意箭头的意义,这往往是产生错误的原因。

1.1 电荷、电流、电压和功率

1.1.1 电荷

电路分析中的一个最基本规律就是电荷守恒。从物理学知道,电路中存在两种电荷:正电荷(对应质子)和负电荷(对应电子)。在本书的大部分电路场合下,电子流动占主导地位。有许多器件(如电池、半导体二极管和晶体管),正电荷的运动对于理解器件内部的工作原理是很重要的,但是在器件外部,一般关心电子在连接导线上的流动。尽管电荷在电路的不同部分之间不断地转换,但电荷总量不受影响。换句话说,当电路工作时,电子(或质子)既没有被产生,也没有被消灭。流动的电荷表现为电流。

在国际单位制中,电荷的基本单位是库仑(C)。库仑是借助于电流单位(A)来定义的,电流是指在1 s内通过任意截面导线的电荷量;1 C规定为运载1 A电流的导线每秒钟流过的电荷量(见图1-1)。在这种单位制里,单个电子的电荷量为 -1.602×10^{-19} C,单个质子的电荷量为 $+1.602 \times 10^{-19}$ C。

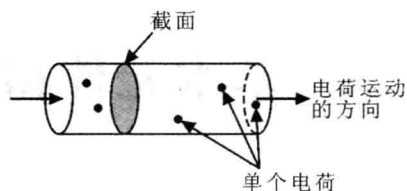
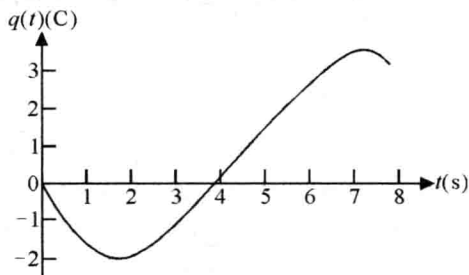


图 1-1 流过导线的电荷和库仑定义的图解

不随时间变化的电荷量一般用 Q 表示。瞬时电荷量(可能随时间,也可能不随时间变化)通常用 $q(t)$ 来表示,或简记为 q 。本书以下所有部分都遵从这个约定:大写字母表示常(时间不变)量,而小写字母表示一般的量。这样,常量电荷可以表示为 Q 或 q ,但是随时间变化的电荷必须用小写字母 q 表示。

1.1.2 电流

“电荷传输”或“电荷运动”的概念对于学习电路的人来说是至关重要的,因为电荷从一处移动到另一处,就伴随着能量从一处移动到另一处。人们熟悉的跨越区域的电力输送就是传递能量的一个实例。同样重要的是改变电荷传输速率的可能性,而电荷是用来传递信息的。这个过程是无线电广播、电视和遥测技术的基础。在一定的路径上呈现的电流,如金属线,不仅有数值,还有方向。电流是以特定方向流经指定参考点的电荷运动速率的量度。一旦规定了参考方向,可以让 $q(t)$ 等于从任意时刻($t=0$),按规定方向通过参考点的总电荷量。负电荷按规定方向运动,则形成负电流;正电荷按相反方向运动也形成负电流。图 1-2 表示流经一段导线(如图 1-1 中那样的导线)中给定参考点的电荷总量 $q(t)$ 随时间变化的情况。

图 1-2 $t=0$ 之后通过给定参考点的总电荷 $q(t)$ 的瞬时值

某点在指定方向上的电流定义为正电荷流经该点的瞬时速率。遗憾的是,直到后来才意识到这个被广泛使用的定义是不正确的,实际上电流是负电荷的流动产生的。电流用 I 或 i 来表示,所以

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

电流的单位是以法国物理学家安培 A. M. Ampere 命名的。安培(A)常常缩写为“amp”,不过这种写法并不正式。利用式(1-1)计算瞬时电流,可得到图 1-3。使用小写字母 i 是因为它是瞬时值;大写字母 I 表示常(时间不变)量。

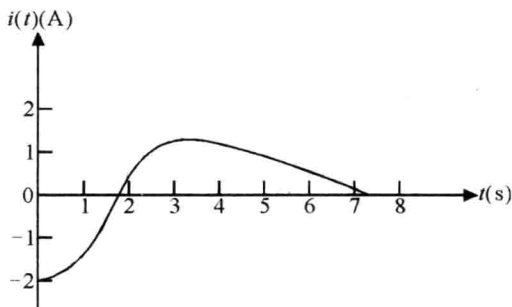


图 1-3 瞬时电流曲线

从 $t_0 \sim t$ 传输的电荷可以表示为定积分

$$\int_{q(t_0)}^{q(t)} dq = \int_{t_0}^t i dt$$

在上式中加上 t_0 时刻所传输的电荷 $q(t_0)$ 就得到 t 时刻的总电荷

$$q(t) = \int_{t_0}^t i dt + q(t_0) \quad (1-2)$$

图 1-4 中显示了常见的几种不同类型的电流。不随时间变化的电流称为直流电流,简称为 DC,如图 1-4(a)所示。将会发现许多随时间按正弦变化的电流的实例(见图 1-4(b)),普通民用电路中的电流就是这种类型,这种电流通常称为交流电流或 AC。以后还将遇到指数电流和衰减的正弦电流(见图 1-4(c)和图 1-4(d))。

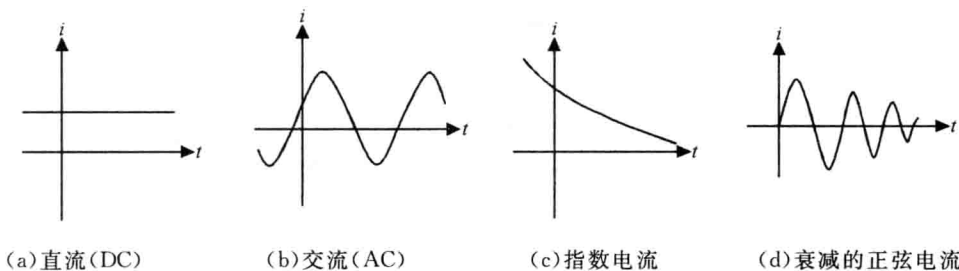


图 1-4 常见的几种电流类型

可以用导体附近的箭头来表示电流的方向。图 1-5(a)中的箭头和数值 3 A 表示正电荷以 3 C/s 的大小向右移动,或者负电荷以 -3 C/s 的大小向左移动。图 1-5(b)中也是两种可能,要么 -3 C/s 流向左边,要么 +3 C/s 流向右边。上述四句话和两张图表示的电流在电效应上是等效的,称它们相等。一个更容易想像的非电类的分析是将电流设想为个人储存账户:一笔存款可以认为是负的现金流出你的账户,或者是正的现金流入你的账户。

尽管金属导体中的电流源于电子运动,但把电流看做正电荷的运动很方便。在电离化气体、电解质及某些半导体材料中,正电荷的运动构成部分或全部的电流。所以,电流的两种定义都只能部分地符合电流的物理性质。我们应该采用电流的标准定义和符号。



图 1-5 相同电流的两种表示法

必须认识到电流箭头并不表示实际的电流方向,它不过是一个约定,以免在讨论“导线中的电流”时产生歧义。箭头是电流定义中的一个基本方面,讨论电流 $i_1(t)$ 的数值而没有规定方向就等于讨论没有定义的东西。例如图 1-6(a)和图 1-6(b)表示的 $i_1(t)$ 是无意义的,而图 1-6(c)是 $i_1(t)$ 的确切表示。



(a)不完全、不适当的电流定义 (b)不确定的电流定义 (c) $i_1(t)$ 的正确定义

图 1-6

练习

1.1 在图 1-7 的导线中,电子从左向右移动产生 1 mA 的电流,请确定 I_1 和 I_2 。

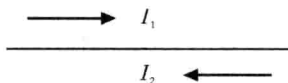


图 1-7 练习 1.1 的图

(答案: $I_1 = -1 \text{ mA}$; $I_2 = +1 \text{ mA}$)

1.1.3 电压

下面将讨论电路元件如保险丝、灯泡、电阻、电池、电容、发电机和火花线圈,都可以表示为简单电路元件的组合。用一个无定形物体表示一般的电路元件,它有两个可以连接其他元件的端点(见图 1-8)。

元件有两条供电流流进和流出的通路。在讨论具体电路元件时,其特性可以通过观测端点上的电流特性来描述。

在图 1-8 中,假定直流电流从端点 A 流进,通过整个元件,又从端点 B 流出。同时假定,推动电荷流过元件需要消耗能量,所以在两个端点之间存在电压(或电势差),即电压跨接在元件上。这样,跨接在一对端点上的电压是推动电荷流过元件所需做功的度量。电压的单位是伏特(V),1 V 就是 1 J/C,电压用 U 或 u 表示。

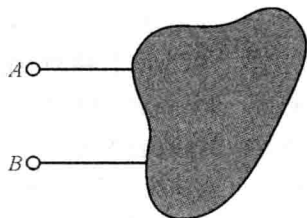


图 1-8 一般两端电路元件

电压可以存在于—对电极之间,电极之间可以有电流,也可以没有电流流过。例如,无论有没有东西接到电极上,汽车电池的两极之间都有 12 V 的电压。

按照能量守恒原理,迫使电荷穿过元件所消耗的能量必定在其他地方出现。在以后遇到电路元件时要注意到,那些能量或是以某种形式储存起来并可以方便地以电的形式获得,或是以不可逆形式转变为热、声或其他非电形式。

现在建立一种约定,通过选择电极 A 相对于电极 B 的电压符号,以区分提供给元件的能量和元件所提供的能量。如果正电流流进元件电极 A ,外加电源肯定要消耗能量以产生这一电流,那么电极 A 相对于电极 B 的电压为正,或者说电极 B 相对于电极 A 的电压为负。

电压的意义由一对正负代数符号来表示。例如,在图 1-9(a)中,将电极 A 标为正号(+),表示电极 A 相对于电极 B 的电压为正。如果后来发现 u 的数值正好是 -5 V ,则说明 A 相对于 B 是 -5 V ,或者说 B 相对于 A 是 $+5\text{ V}$ 。其他情况分别如图 1-9(b)、图 1-9(c)和图 1-9(d)所示。

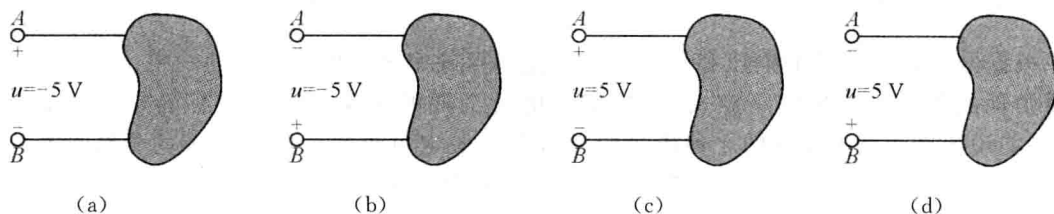


图 1-9 电压极性

正像在定义电流时注意到的,必须认识到“+”或“-”号并不表明电压的实际电极极性,这不过是一种约定,使得讨论“加载电极两端的电压”时不至于产生混淆。注意,任何电压的定义必须包含一对正负号。如果只给出变量 $u_1(t)$ 的大小而未标出正负号的位置,就如同使用未定义的量。图 1-10(a)和图 1-10(b)不能用做 $u_1(t)$ 的定义;图 1-10(c)是正确的(不仅包含变量符号,还包含一对正负号)。

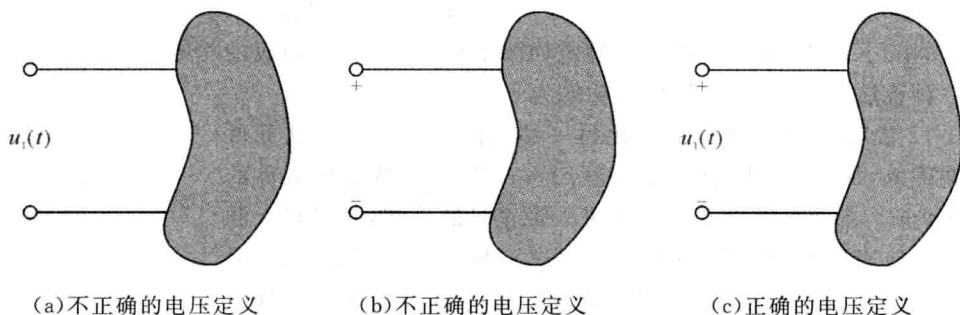


图 1-10 电压定义

练习

1.2 对于图 1-11 中的元件, $u_1 = 17\text{ V}$ 。求 u_2 。

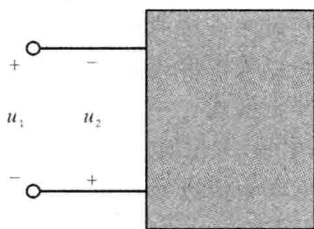


图 1-11 练习 1.2 的图

(答案: $u_2 = -17 \text{ V}$)

1.1.4 功率

根据电路元件两端的电压和流过它的电流即可确定该元件所吸收的功率。我们已经从能量消耗的角度对电压作了定义,则功率是能量消耗的速率。因此只有确定了电流的方向,才能说出图 1-9 中发生的 4 种能量传递过程。假定每个元件的上半部的导线都存在指向右边的电流,标为“+2 A”。因为在图 1-9(b)和图 1-9(c)中都是 A 端的电压高于 B 端 5 V,还因为正电流从 A 端进入,所以有能量提供给元件。在余下的两种情况中,元件提供能量给外部元件。

功率用 P 或 p 表示,单位是瓦特(W)。假定在 1 s 内 1 J 能量通过某个元件被传递,那么该能量传递的速率就是 1 W。所吸收的能量必正比于每秒钟传递的电荷量(电流),而且也正比于传递 1 C 电荷所需的能量(电压)。因而

$$p = ui \quad (1-3)$$

若在图 1-9 四个图中的 A 端分别标出向右的电流箭头,大小为 2 A,则图 1-9(b)和图 1-9(c)中元件吸收的功率为 10 W;而图 1-9(a)和图 1-9(d)中吸收的功率为 -10 W(或产生了 10 W 的功率)。电流、电压和功率的约定如图 1-12 所示,元件吸收的功率由乘积 $p = ui$ 给出,或者换一种说法,元件产生或提供的功率为 $-ui$ 。

图 1-12 说明,如果元件的一端比另一端电位高 u ,电流 i 从元件的第一端进入,那么元件吸收的功率为 $p = ui$,或者说,提供给元件的功率为 $p = ui$ 。如果电流的正方向为进入带正号的一端,就满足无源符号规则。应当仔细地研究、理解和记住这一规则。换句话说,如果这样安排电流方向和电压极性,即电流进入标有正号电压的元件一端,那么元件吸收的功率可以表示为给定电压和电流变量的乘积。如果乘积的数值为负,那么说明元件吸收负功率,或者说实际上元件产生功率,并且将功率提供给其他外部元件。例如,假设在图 1-12 中,设 $u = 5 \text{ V}$, $i = -4 \text{ A}$,则元件可以被描述为吸收功率为 -20 W,或产生功率为 20 W。

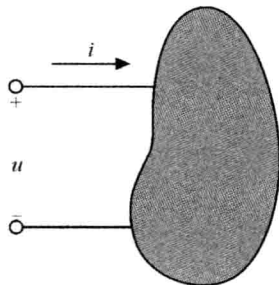


图 1-12 功率计算

注意:无论元件是提供还是吸收功率,总是将电流的方向画为指向进入正电压一端。这一规则并不错,但是有时会导致电路图中的电流与直觉相反。更一般的方法是将正电流标成流出一个电压源或电流源,给一个或多个电路元件提供正功率。

【例题 1.1】 计算图 1-13 中每一部分的吸收功率。

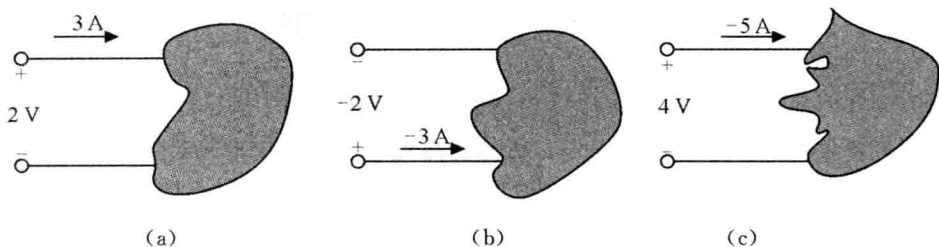


图 1-13 双端元件的 3 个例子

在图 1-13(a)中,参考电流的定义与无源符号规则一致,它假定元件吸收功率。给定 +3 A 电流流入正参考端,求得

$$P = (2 \text{ V}) \times (3 \text{ A}) = 6 \text{ W}$$

因此,元件吸收功率。

在图 1-13(b)中,示出了稍微不同的情况,现在电流是 -3 A 流入正参考端。可是电压定义为负。由此得出吸收功率为

$$P = (-2 \text{ V}) \times (-3 \text{ A}) = 6 \text{ W}$$

因此,元件吸收功率。

可见,这两种情况实际上是等效的。在改变了某一端为正之后,必须将原来的电压乘以 -1。+3 A 电流从上端流入等同于 -3 A 电流从下端流入。

在图 1-13(c)中,再次应用无源符号规则,求得吸收功率为

$$P = (4 \text{ V}) \times (-5 \text{ A}) = -20 \text{ W}$$

因为得到的吸收功率为负,这说明图 1-13(c)的元件实际上提供了 +20 W 功率(即它是能量源)。

练习

1.3 求图 1-14(a)中电路元件吸收的功率。

(答案:1.012 W)

1.4 求图 1-14(b)中电路元件产生的功率。

(答案:6.65 W)

1.5 求图 1-14(c)中,在 $t = 5 \text{ ms}$ 时提供给电路元件的功率。

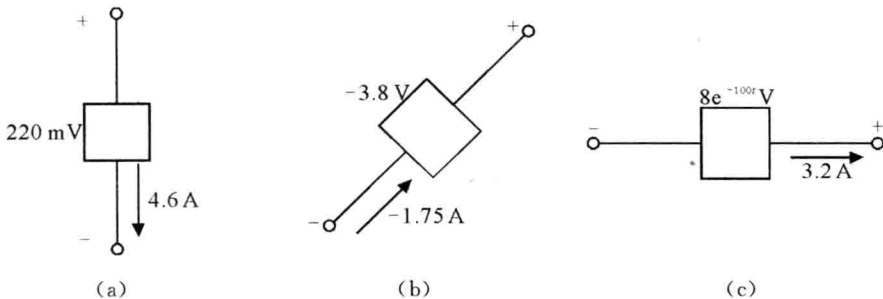


图 1-14 练习 1.3~1.5 的图

(答案: -15.53 W)

1.2 电压源和电流源

利用电流和电压的概念,现在可以更确切地定义“电路元件”了。

重要的是区分物理器件本身和用来分析其电路特性的数学模型。模型只是一种近似。

下面用电路元件来表示元件的数学模型。给实际器件选择某种模型,必须根据实验数据或经验,这里假定已经选出了模型。为简单起见,在初始阶段先考虑由简单模型表示的理想元件组成的电路。

所有简单电路元件可以按照流经元件的电流与元件两端电压之间的关系来分类:如果元件两端电压线性正比于流经元件的电流,这种元件称为电阻;另一种类型的简单电路元件是,两端电压正比于电流对时间的导数(电感),或正比于电流对时间的积分(电容)。有的元件其电压完全独立于电流,或者其电流完全独立于电压,这些元件称为独立源。还有,需要定义一种特殊电源,它们的源电压或源电流取决于电路中另一处的电流或电压,这种电源称为受控源。受控源广泛用于电子学中以模拟晶体管的直流或交流特性,尤其是在放大器电路中。

1.2.1 独立电压源

独立电压源的电路符号如图 1-15(a)所示。下标 s 仅仅表示电压为“源”电压,这种方法是常见的,但不是必需的。独立电压源的特点是端电压完全独立于流过它的电流。因此,如果给定一个电压源的端电压为 12 V,那么无论流经的电流是多大,端电压永远是 12 V。

独立电压源是一种理想电源,不能严格表示任何实际物理器件,因为理想电源理论上可以提供无限大的能量。可是理想电压源确实提供了几种实际电压源合理的近似。例如,汽车蓄电池有 12 V 端电压,只要流过的电流不超过几个安培,其端电压基本上保持为常数。小电流可以从两个方向流过电池。如果电流为正,且流出电池正端,那么电池为汽车前灯提供功率;如果电流为正,且流进电池正端,那么电池从发电机吸收能量而充电。平常家用电插座也近似于一个独立电压源,提供 $u_s = 115\sqrt{2}\cos(2\pi) \cdot 60t$ V 的电压(北美),这一近似对小于 20 A 的电流是有效的。

值得注意的是,在图 1-15(a)中,独立电压源符号上端标注的正号并不一定表示上端电压的数值真的相对于下端为正,它只表示上端电压比下端电压高 u_s 。在某些场合, u_s 可能为负,这时上端电压相对于下端实际上为负。

设想在图 1-15(b)的电源上端附近标出电流 i ,其方向为进入电源正端,满足无源符号规则,这样电源吸收功率 $p = u_s i$ 。常见的是电源给电网络提供功率而不是吸收功率。因此选择图 1-15(c)中的箭头方向,使 $u_s i$ 表示电源提供的功率。这两种箭头方向都可以采用,在本书中采用图 1-15(c)中的规则来表示电压源和电流源,它们不是无源元件。

具有常数端电压的独立电压源通常称为独立直流电压源,可以用图 1-16(a)或图 1-16(b)来表示。注意在图 1-16(b)中示出了电池的物理结构,长条板放在正端(这样正负号标注显得多余,但通常都是这样标注的)。出于完整性的考虑,图 1-16(c)给出了独立交流电压源的符号。

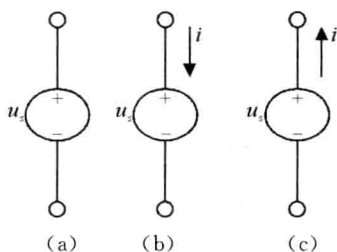


图 1-15 独立电压源的电路符号

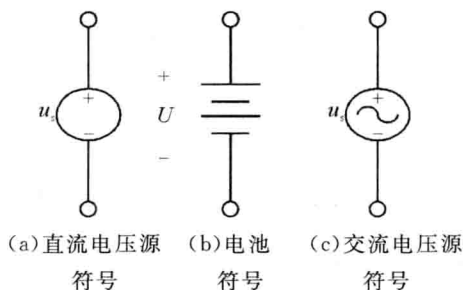


图 1-16 独立直流电压源

1.2.2 独立电流源

独立电流源,是指流过元件的电流完全独立于元件两端的电压。图 1-17 给出了电流源的符号,我们称这种电源为独立直流电流源。

与独立电压源相似,独立电流源也是一种物理元件的合理近似。理论上,它可以提供无限大的功率,因为它在任何端电压下产生相同的有限电流,但事实上,它确实是实际电源的近似,尤其是在电子电路中。

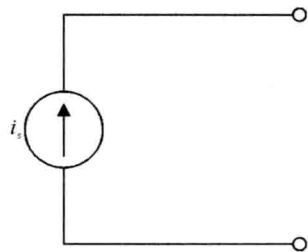


图 1-17 独立电流源的电路符号

1.2.3 受控电源

类电源出现在许多等效电路模型中,比如晶体管、运算放大器和集成电路。为区分独立源与受控源,引入图 1-18 中的菱形符号。在图 1-18(a)和图 1-18(c)中, K 是无量纲的标量。在图 1-18(b)中, g 是具有 A/V 单位的标量系数。在图 1-18(d)中, r 是具有 V/A 单位的标量系数。控制电流 i_x 和控制电压 u_x 必须在电路中定义。

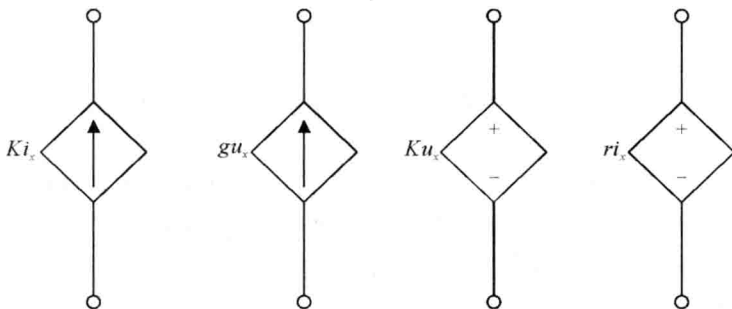


图 1-18 4 种受控源类型

【例题 1.2】 在图 1-19(a)电路中,已知 u_2 为 3 V,求 u_L 。

仔细阅读题目之后,问题的目标是求得 u_L 。

所给电路只标出了一部分,附加信息为 $u_2 = 3\text{ V}$ 。将它加入电路中,得到图 1-19(b)。

下一步,回头看看收集的信息。在检查电路过程中,注意到所求电压 u_L 与受控源的端电压相同。因此

$$u_L = 5u_2$$

此时,只要知道 u_2 就可完成问题解答。

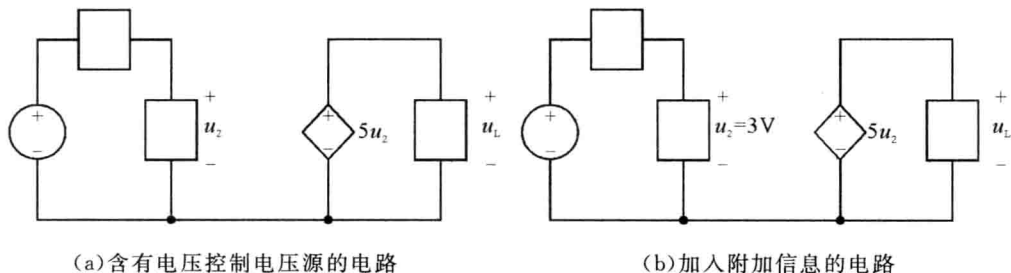


图 1-19 例题 1.2 的图

回到电路中,已知 $u_2 = 3\text{ V}$ 。如果事先已经将图 1-19(b)中的受控源的值更新,即可得到 $u_L = 15\text{ V}$ 。因此,事先完成电路图的标注有助于解题。通过快速验证可以确信答案是正确的。

练习

1.6 求图 1-20 的电路中每个元件所吸收的功率。

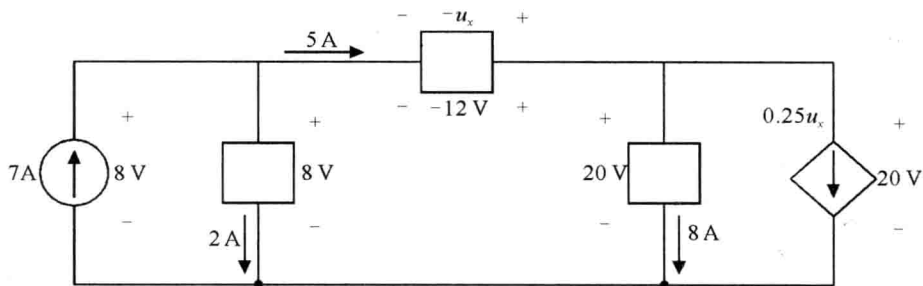


图 1-20 练习 1.6 的图

(答案:(从左至右) -56 W ; 16 W ; -60 W ; 160 W ; -60 W)

受控源和独立电压源、电流源都是有源元件,它们有能力对外部器件提供功率。目前暂且认为无源元件是一种只能接受功率的元件。以后将会看到,有些无源元件还能够储存有限的能量,然后将能量返回给其他外部器件。因为仍然希望称它们为无源元件,所以必须在以后将原先的两个定义做一些修改。

1.2.4 网络和电路

由两个或更多的简单电路元件互相连接就形成了电网络。如果网络包含至少一个闭合回路,那它也是一个电路。注意:任何电路都是网络,但不是所有网络都是电路(见图 1-21)。

含有至少一个有源元件的网络(如独立电压源或电流源)称为有源网络,不含任何有源元件的网络称为无源网络。