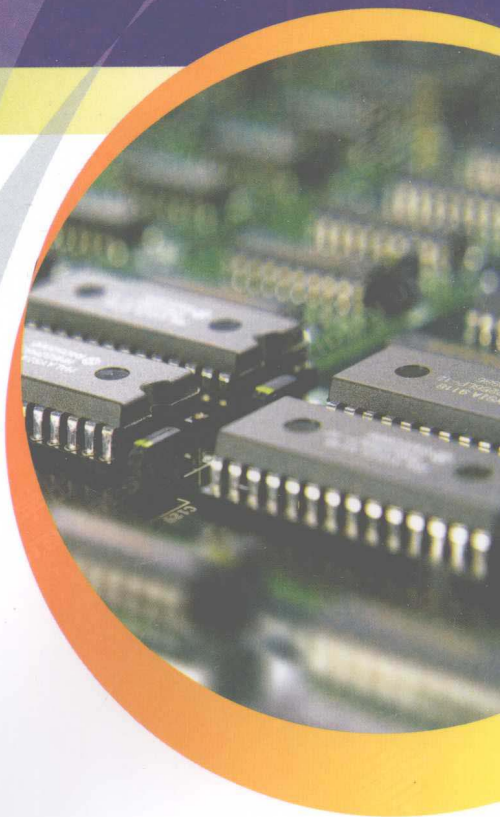




高等学校信息工程类专业规划教材

《电路理论基础》学习指导

李晓滨 卢元元 编著
王 晖 何业军



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

TM13/77C

2008

面向 21 世纪高等学校信息工程类专业规划教材

《电路理论基础》学习指导

李晓滨 卢元元
王 晖 何业军 编著

西安电子科技大学出版社

2008

内 容 简 介

本书是卢元元、王晖主编的《电路理论基础》一书的配套学习指导书。

本书特别突出了对电路理论的基本概念、基本原理等重点内容的分类小结；强调了各章的重点、难点；例举了许多典型例题，使学生掌握每章的基本知识点及重点、难点内容，拓宽解题思路和方法，提高运用知识的能力，使学生所学的知识具有连贯性、系统性，并形成一种系统的解题思路；给出了习题的详细解题过程、解题思路、依据和结果，以备学生参考。

本书可作为高等学校信息工程类有关专业的辅导教材，也可供考研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

《电路理论基础》学习指导/李晓滨等编著. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2008. 8

面向 21 世纪高等学校信息工程类专业规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2069 - 5

I. 电… II. 李… III. 电路理论—高等学校—教学参考资料 IV. TN13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 084286 号

策 划 马晓娟

责任编辑 马晓娟

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http: //www. xduph. com E-mail: xdupfxb001@163. com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 18.75

字 数 446 千字

印 数 1~4000 册

定 价 26.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2069 - 5/TN · 0438

XDUP 2361001 - 1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

本书是根据编者多年的电路课程教学实践,针对学生在电路学习中对基本概念、基本方法的深入理解和灵活应用上存在的一些问题所编写的学习指导书,是卢元元、王晖教授主编的《电路理论基础》一书的辅助教材。

全书共包括四方面内容:

1. 内容提要:简要概括了本章的基本概念、基本原理,总结本章知识点与前面知识点的联系,使学生对本章的知识点有一个总的了解,同时将前、后章知识点联系起来。

2. 重点、难点:指出本章的重点、难点内容并进行详细分析,加强学生对重点、难点内容的理解。

3. 典型例题:帮助学生深入理解本章的知识点,使学生能够掌握重点,理解难点,学会解题技巧,提高分析问题、解决问题的能力。

4. 习题解答:本部分是《电路理论基础》教材的习题解答,每个习题解答都有详细的解题过程、解题思路、依据和结果,旨在使学生通过解题学会解题方法,掌握基本知识点、重点和难点,达到举一反三、触类旁通的效果。

本书与《电路理论基础》教材形成了一个完整的体系。学生通过该辅助教材,既可以学习基本知识,又可以学会基本知识的应用,提高分析问题和解决问题的能力。

编著者

2008年6月

目 录

第 1 章 电路模型和基尔霍夫定律	1
1.1 内容提要	1
1.2 重点、难点	3
1.3 典型例题	4
1.4 习题解答	11
第 2 章 电阻电路的等效变换	24
2.1 内容提要	24
2.2 重点、难点	26
2.3 典型例题	27
2.4 习题解答	38
第 3 章 线性电阻电路的一般分析法	46
3.1 内容提要	46
3.2 重点、难点	46
3.3 典型例题	47
3.4 习题解答	56
第 4 章 电路定理	68
4.1 内容提要	68
4.2 重点、难点	71
4.3 典型例题	72
4.4 习题解答	80
第 5 章 电容元件与电感元件	93
5.1 内容提要	93
5.2 重点、难点	96
5.3 典型例题	96
5.4 习题解答	98
第 6 章 一阶电路	107
6.1 内容提要	107
6.2 重点、难点	109
6.3 典型例题	110
6.4 习题解答	118
第 7 章 二阶电路	128
7.1 内容提要	128
7.2 重点、难点	129
7.3 典型例题	130
7.4 习题解答	133

第 8 章 相量法基础	137
8.1 内容提要	137
8.2 重点、难点	139
8.3 典型例题	140
8.4 习题解答	143
第 9 章 正弦电流电路的分析	149
9.1 内容提要	149
9.2 重点、难点	154
9.3 典型例题	155
9.4 习题解答	167
第 10 章 电路的频率响应	193
10.1 内容提要	193
10.2 重点、难点	194
10.3 典型例题	195
10.4 习题解答	205
第 11 章 耦合电感和理想变压器	221
11.1 内容提要	221
11.2 重点、难点	224
11.3 典型例题	226
11.4 习题解答	231
第 12 章 二端口网络	247
12.1 内容提要	247
12.2 重点、难点	249
12.3 典型例题	250
12.4 习题解答	255
第 13 章 非线性电阻电路简介	270
13.1 内容提要	270
13.2 重点、难点	272
13.3 典型例题	274
13.4 习题解答	276
第 14 章 网络方程的矩阵形式	279
14.1 内容提要	279
14.2 重点、难点	281
14.3 典型例题	282
14.4 习题解答	286
参考文献	293

第 1 章 电路模型和基尔霍夫定律

1.1 内 容 提 要

1. 电路与电路模型

电路：由各种电气设备或器件连接而成的电流的通路。电路有时又称为网络。

电路模型：用理想元件的组合取代实际电路元器件和设备所得的理想电路。

理想元件：具有严格数学定义，用来模拟某一电磁现象的元件。它是集总(集中)参数元件。

常用理想元件：电阻、电感、电容、电压源、电流源、受控源等。

2. 电路变量

电流：带电粒子的定向移动形成电流。电流的大小用电流强度来衡量。

电流强度：单位时间内通过导体横截面的电荷量。

电流方向：正电荷移动的方向。

电流参考方向：人为假定的电流正方向。只有数值而无参考方向的电流是无意义的。

电压：电荷在电路中的流动伴随着能量的交换，单位正电荷由 a 点移动到 b 点所发生的能量的变化称为两点间的电压。

电压的正极性：高电位指向低电位，即电位降落的方向。

电压的参考极性：人为假定的电压正极性。

功率：某二端电路的电功率(简称功率)是该二端电路吸收或产生电能的速率。

3. 基尔霍夫定律

基尔霍夫电流定律(KCL)：集总电路中，任何时刻，对任一节点，连接到该节点的所有支路的电流代数和为零。

基尔霍夫电压定律(KVL)：集总电路中，任何时刻，沿任一回路，所有支路电压的代数和为零。

4. 电阻电路的(理想)元件

电路元件分类：无源元件、有源元件。

无源元件：若某一元件接在任意电路中，从最初时刻到任意时刻所吸收的总能量不为负，或者说不对外提供能量，就称为无源元件。

电阻(性)电路：电路中不含储能元件，如电感、电容等。

构成电阻(性)电路的元件：电阻元件、独立源、受控源及理想运算放大器。

电阻：其电压和电流满足欧姆定律的二端元件。

伏安特性：端电压与端电流之间的关系。

电压控制电压源(VCVS): 特性方程为 $u_2 = \mu u_1$, 见图 1-1(a)。

电流控制电压源(CCVS): 特性方程为 $u_2 = r i_1$, 见图 1-1(b)。

电压控制电流源(VCCS): 特性方程为 $i_2 = g u_1$, 见图 1-1(c)。

电流控制电流源(CCCS): 特性方程为 $i_2 = \alpha i_1$, 见图 1-1(d)。

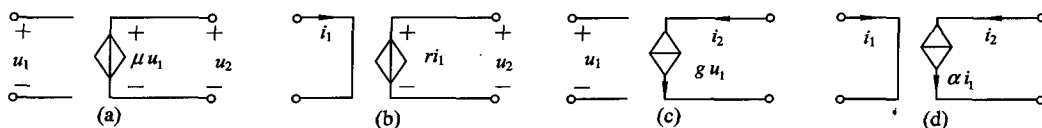


图 1-1

5. 运算放大器

实际运算放大器模型是一个四端元件, 如图 1-2 所示。图中, 放大器的两个输入端(左边)用“-”、“+”号标注, 分别称为反向输入端和同向输入端。此外, 还有一个输出端(右边)和接地端(公共端)。

差动输入电压:

$$u_d \stackrel{\text{def}}{=} u_+ - u_-$$

开环电压增益:

$$A \stackrel{\text{def}}{=} \frac{u_o}{u_d}$$

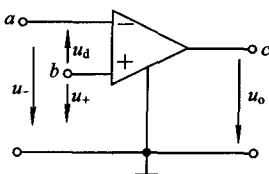


图 1-2

运算放大器相当于一个电压控制电压源, 如图 1-3(a)所示, 若近似认为 $R_i = \infty$, $R_o = 0$, 则电路模型如图 1-3(b)所示。

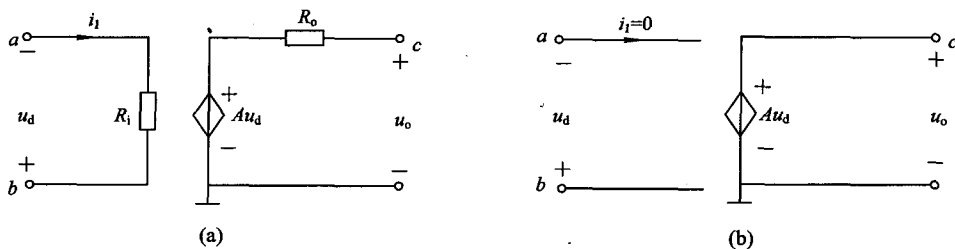


图 1-3

理想运算放大器模型具有以下条件:

(1) $i_- = 0$ 、 $i_+ = 0$, 即从输入端看进去元件相当于开路, 称为“虚断”。

(2) 开环电压增益 $A = \infty$ (模型中的 A 改为 ∞), 因为 $u_o = A u_d$, 且 u_o 有限, 所以 $u_d = 0$, 即两输入端之间相当于“短路”, 称为“虚短”。

“虚断”和“虚短”是分析含理想运算放大器电路的基本依据。应用电路的最简单的例子是所谓的“电压跟随器”。理想运算放大器及射随器的电路模型分别如图 1-4(a)、(b) 所示。

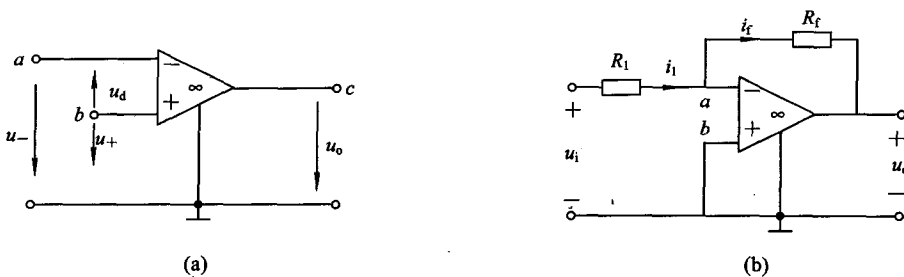


图 1-4

1.2 重点、难点

1. 吸收功率、产生功率

根据关联参考方向计算功率的公式为

$$P(t) = u(t)i(t)$$

若 $P(t) > 0$ 则真正吸收功率；若 $P(t) < 0$ 则实际放出(产生)功率。

根据非关联参考方向计算功率的公式为

$$P(t) = u(t)i(t)$$

若 $P(t) < 0$ 则真正吸收功率；若 $P(t) > 0$ 则实际放出(产生)功率。

关联参考方向：关联参考方向是相对于具体元件而言的。

2. 元件伏安关系

关联参考方向： $u(t) = Ri(t)$, $i(t) = Gu(t)$

非关联参考方向： $u(t) = -Ri(t)$, $i(t) = -Gu(t)$ 。

3. 基尔霍夫电流定律(KCL)

基尔霍夫电流定律可表示为

$$\sum i = 0$$

代数和是指流入、流出某节点的电流取不同的符号。

KCL 推广至闭合面：集总电路中，任何时刻，连接到任一闭合面的所有支路的电流代数和为零。

基尔霍夫电流定律中的符号：有两套符号，一个是列节点方程时的符号，流进、流出的电流要用不同的符号；另一个是电流本身的符号，与参考方向相同为正，与参考方向相反为负。

4. 基尔霍夫电压定律及其应用

基尔霍夫电压定律对于任意回路可表示为

$$\sum u = 0$$

代数是指与回路绕行方向一致的支路电压取正号，相反的取负号。

基尔霍夫电压定律中的符号：有两套符号，一是列回路方程时回路绕行方向，绕行方向只是为了作为参考，与绕行方向相同取正，相反取负；另一个符号是电压本身的符号，与参考方向相同取正，相反取负。

5. 欧姆定律

关联参考方向： $u(t) = Ri(t)$, $i(t) = Gu(t)$

非关联参考方向： $u(t) = -Ri(t)$, $i(t) = -Gu(t)$

用欧姆定律确定电阻元件的电压或电流方向：关联参考方向下的欧姆定律电压与电流之比为正，所以当知道电压或电流中的一个量时，另一个量的方向默认取与已知量相同的方向；使用非关联参考方向下的欧姆定律时，正好相反。

6. 两点间电压的计算

方法 1：任取电路中某点为零电位点，则其余各点与该点的电压称为各点的电位。电路中任两点的电压等于这两点的电位之差。

方法 2：电路中 a 、 b 两点间的电压 u_{ab} 等于从 a 至 b 任一路径上所有支路电压的代数和。若支路电压参考方向与路径方向一致，则取正号；否则取负号。

7. 电压源、电流源

电压源符号： $\ominus$

电流源符号： $\oplus$

电压源与电流源符号的区别是：电压源圆圈内的线与外部端线在同一条直线上；电流源圆圈内的线与外部端线垂直。

1.3 典型例题

【例 1-1】 试说明图 1-5 中：(1) u 与 i 的参考方向是否关联？(2) u 与 i 的乘积表示什么功率？(3) 如果在图 1-5(a) 中， $u > 0$, $i < 0$ ；在图 1-5(b) 中， $u > 0$, $i > 0$ ，则元件实际功率是发出还是吸收？



图 1-5

解 (1) 图 1-5(a) 中， u 与 i 的参考方向关联；图 1-5(b) 中， u 与 i 的参考方向不关联。

(2) 图 1-5(a) 中， ui 表示吸收功率；图 1-5(b) 中， ui 表示发出功率。

(3) 图 1-5(a) 中， $u > 0$, $i < 0$ ，则 $P = ui < 0$ ，实际功率是发出的；图 1-5(b) 中， $u > 0$, $i > 0$ ，则 $P = ui > 0$ ，实际功率是发出的。

【解题指南与点评】 本题的考点是电压、电流参考方向的关联与否及有关吸收与发出功率的判断，当电压与电流的参考方向关联时，其乘积为正表示吸收功率，为负表示发出功率；当电压与电流的参考方向不关联时，其乘积为正表示发出功率，为负表示吸收功率。

【例 1-2】 在图 1-6 指定的电压 u 和电流 i 参考方向下，写出各元件 u 和 i 的约束方程。

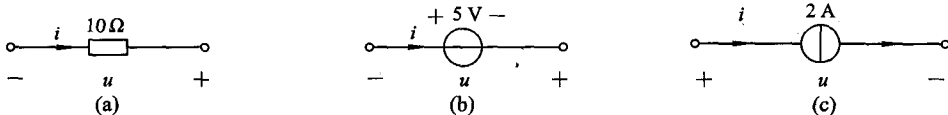


图 1-6

解：根据元件的伏安特性及电压、电流的参考方向，可以列出各元件 u 和 i 的约束方程如下。

(1) 图 1-6(a) 所示元件的约束方程为： $u = -10i$ 。

(2) 图 1-6(b) 所示元件的约束方程为： $u = -5 \text{ V}$ 。

(3) 图 1-6(c) 所示元件的约束方程为： $i = 2 \text{ A}$ 。

【解题指南与点评】 元件的约束方程式与电压、电流的参考方向有关。对于电阻、电感及电容等元件，一般电压、电流的参考方向选择关联。在关联情况下，其 VCR 中的系数为正；反之，若电压与电流的参考方向为非关联，其 VCR 中的系数前须加负号。当电压源的端口电压 u 的参考方向与 u_s 的一致时， $u = u_s$ ；反之， $u = -u_s$ 。当电流源的端子电流 i 的参考方向与 i_s 的一致时， $i = i_s$ ；反之， $i = -i_s$ 。

【例 1-3】 试求图 1-7 所示电路中每个元件的功率，并判断是否满足功率平衡（提示：求解电路以后，校核所得结果的方法之一是核对所有元件的功率平衡，即元件发出的总功率应等于其他元件吸收的总功率）。

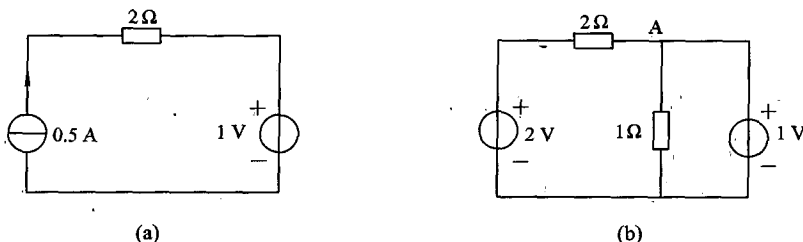


图 1-7

解 (1) 在图 1-7(a) 中，设电流源两端电压为 u_1 ，电阻两端的电压为 u_2 ，如图 1-8(a) 所示。应用 KVL 得

$$u_1 = u_2 + 1 = 2 \times 0.5 + 1 = 2 \text{ V}$$

所以，电流源发出功率 $P_1 = 2 \text{ V} \times 0.5 \text{ A} = 1 \text{ W}$ ，电阻吸收功率 $P_2 = u_2 \times 0.5 \text{ A} = 0.5 \text{ W}$ ，电压源吸收功率 $P_3 = 0.5 \text{ A} \times 1 \text{ V} = 0.5 \text{ W}$ ，则

$$P_{\text{发出}} = P_1 = 1 \text{ W}$$

$$P_{\text{吸收}} = P_2 + P_3 = 1 \text{ W}$$

可见， $P_{\text{发出}} = P_{\text{吸收}}$ ，满足功率平衡。

(2) 在图 1-7(b) 中, 设各支路电流分别为 i_1, i_2, i_3 , 其参考方向如图 1-8(b) 所示。由元件约束关系有

$$i_1 = \frac{2-1}{2} = 0.5 \text{ A}, \quad i_2 = \frac{1}{1} = 1 \text{ A}$$

节点 A 的 KCL 方程:

$$i_3 = i_2 - i_1 = 1 - 0.5 = 0.5 \text{ A}$$

所以, 2 V 电压源发出功率为

$$P_{2V} = 2 \times 0.5 = 1 \text{ W}$$

1 V 电压源发出功率为

$$P_{1V} = 1 \times 0.5 = 0.5 \text{ W}$$

1 Ω 电阻吸收功率为

$$P_{1\Omega} = 1 \times 1 = 1 \text{ W}$$

2 Ω 电阻吸收功率为

$$P_{2\Omega} = (2-1) \times 0.5 = 0.5 \text{ W}$$

则

$$P_{\text{发出}} = P_{1V} + P_{2V} = 1.5 \text{ W}$$

$$P_{\text{吸收}} = P_{1\Omega} + P_{2\Omega} = 1.5 \text{ W}$$

可见, $P_{\text{发出}} = P_{\text{吸收}}$, 验证了功率平衡。

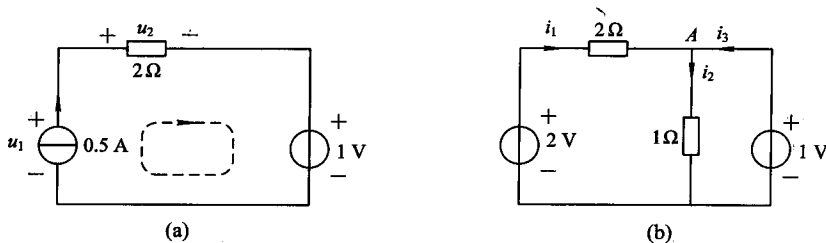


图 1-8

【解题指南与点评】 计算各元件的功率, 必须先设定各元件的电压、电流参考方向, 然后根据所设定的方向, 利用基尔霍夫定律, 列方程求解。校核求解结果是否正确, 可以利用功率平衡来检验, 若 $P_{\text{发出}} = P_{\text{吸收}}$, 则说明计算结果可能正确; 反之, 若 $P_{\text{发出}} \neq P_{\text{吸收}}$, 则说明计算结果有问题。

【例 1-4】 利用 KCL 和 KVL 分别求解图 1-9(a)、(b) 所示电路中的电压 u 。

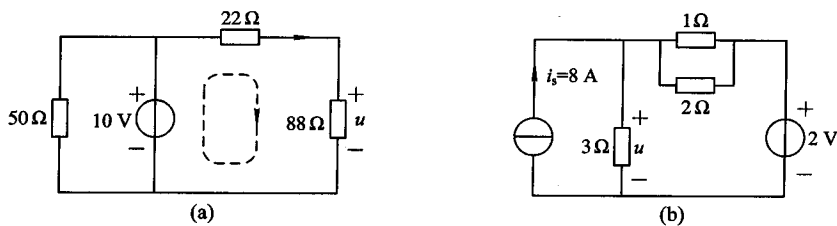


图 1-9

解 (1) 按图 1-9(a) 的右回路所示绕向列出 KVL 方程:

$$(22 + 88)i_1 - 10 = 0$$

即

$$i_1 = \frac{10}{110} \text{ A} = \frac{1}{11} \text{ A}$$

可得

$$u = 88i_1 = 8 \text{ V}$$

(2) 在图 1-9(b) 中加上电流参考方向 i_1 、 i_2 , 如图 1-10 所示, 列出 KVL、KCL 方程:

$$\begin{cases} \frac{1 \times 2}{1 + 2} \times i_2 + 2 \text{ V} - 3i_1 = 0 \\ i_s = i_1 + i_2 \end{cases}$$

可得

$$i_2 = 6 \text{ A}$$

$$i_1 = 2 \text{ A}$$

$$u = 3 \times i_1 = 6 \text{ V}$$

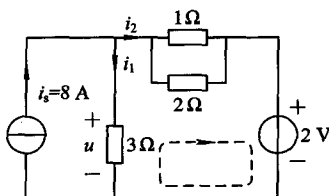


图 1-10

【解题指南与点评】 在图 1-9(a) 中, i_1 的值只与 10 V 电压源有关, 而与 50 Ω 电阻无关, 所以对该题的右回路来说, 50 Ω 电阻与 10 V 电压源的并联部分可以等效为 10 V 电压源。图 1-9(b) 的解题步骤: 首先设定电流 i_1 与 i_2 的参考方向, 然后在所设的参考方向基础上, 列出 KCL、KVL 与 VCR 方程式求解。

【例 1-5】 试求图 1-11 所示电路中的电压 u_{ab} 及控制量 i_1 。

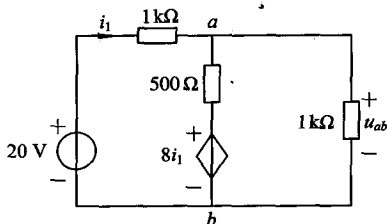


图 1-11

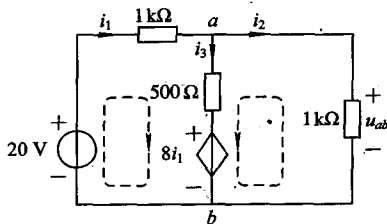


图 1-12

在图 1-11 所示电路中, 注明支路电流 i_2 、 i_3 , 如图 1-12 所示。列出图 1-12 所示电路的 KCL、KVL 及 VCR 方程:

$$\begin{cases} 10^3 i_1 + 500 i_3 + 8 i_1 - 20 = 0 \\ 500 i_3 + 8 i_1 - 10^3 i_2 = 0 \\ i_1 = i_2 + i_3 \\ u_{ab} = 10^3 i_2 \end{cases}$$

可得

$$i_1 = \frac{60}{3 \times 1508 - 508} \text{ A} = 15 \text{ mA}$$

$$i_2 = \frac{508}{1500} i_1 = 5.08 \text{ mA}$$

$$u_{ab} = 5.08 \text{ V}$$

【解题指南与点评】 本题含有受控电压源，在建立电路方程时，先将受控源当作独立源处理，方程中会多出一个变量，然后再补充一个独立方程，如图 1-12 所示把受控源当作独立电压源后，引入一个变量 i_1 。支路电流的参考方向可随意选取，但是一旦标注后，接下来所列出的方程式都要以此为依据。

【例 1-6】 试讨论图 1-13(a)、(b) 中，开关 S 处于断开和闭合位置时，对 5Ω 电阻中的电流及其两端的电压有无影响？

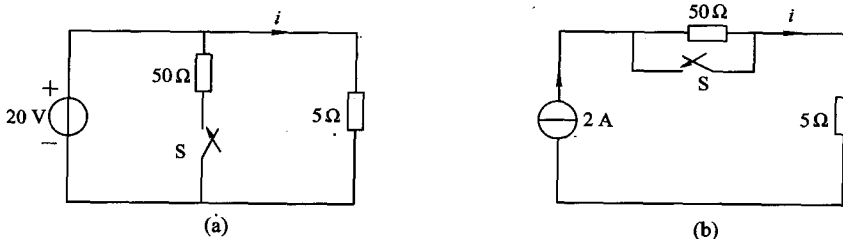


图 1-13

点评：根据电压源的外特性，图 1-13(a) 的电路无论 S 处于断开还是闭合位置， 5Ω 电阻两端的电压总是 20 V ，流过的电流 $I = 20/5 = 4 \text{ A}$ ，并保持不变。

根据电流的外特性，图 1-13(b) 的电路无论 S 处于断开还是闭合位置，流过 5Ω 电阻的电流 $i = 2 \text{ A}$ ，且保持不变，其两端的电压保持 10 V 不变。

【解题指南与点评】 本题主要考点是：任何与电压源并联的元件或支路对外电路都不起作用，如图 1-13(a) 中，与电压源并联的 50Ω 电阻支路，不管开关是否合上，都不影响电流 i 。同理，任何与电流源串联的元件或支路对外电路都不起作用，所以图 1-13(b) 中不管是否串联 50Ω 电阻，对电流 i 无影响。

【例 1-7】 求图 1-14 所示电路中负载电阻 R 所吸收的功率，并讨论：(1) 如果没有独立源（即 $u_s = 0$ ），负载电阻 R 能否获得功率？(2) 负载电阻 R 获得的功率是否由独立源 u_s 提供？

解 电阻 R 吸收的功率：

$$P_R = R(\beta)^2 = R\beta^2 \left(\frac{u_s}{R_1} \right)^2$$

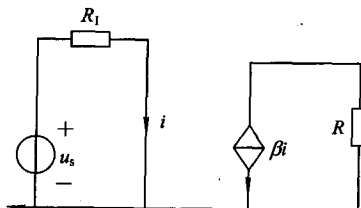


图 1-14

点评: (1) 若 $u_s=0$, 则 $P_R=0$ 。

(2) 独立源提供的功率 $P_{u_s}=u_s i=\frac{u_s^2}{R_1}$, 它全部被 R_1 吸收。所以, 负载 R 的功率全部由受控电流源提供。

【解题指南与点评】 本题说明受控源是一种特殊的电源, 其电源端的电压(或电流)受控制端的电压(或电流)控制。本题是电流控制电流源, 当控制端的电流 i 为零时, 电源端的 $\beta i=0$ 。

【例 1-8】 分别求图 1-15(a)、(b)所示电路中 A 点的电位。

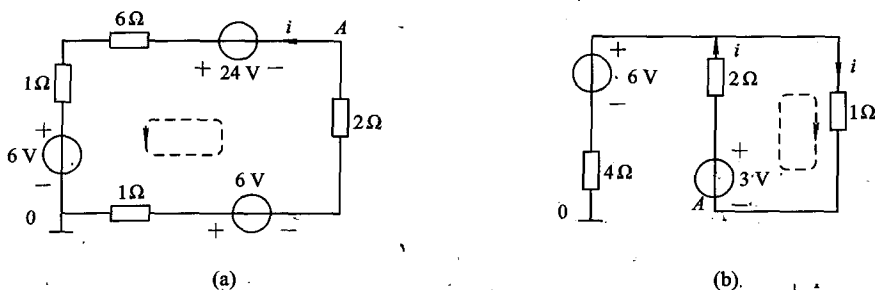


图 1-15

解 (1) 对图 1-15(a)所示电路应用 KVL:

$$(1+1+2+6)i-24+6+6=0$$

可得

$$i=1.2\text{ A}, \quad u_{A0}=-24+6\times i+1\times i+6=-9.6\text{ V}$$

(2) 对图 1-15(b)所示电路中的右回路应用 KVL:

$$(1+2)\times i-3=0$$

可得

$$i=1\text{ A}, \quad u_{A0}=-3+2i+6=5\text{ V}$$

【解题指南与点评】 图 1-15(a)、(b)中, 选定 0 点作为参考节点, 其电位为零。图 1-15(b)中, 4Ω 电阻与 6 V 电压源串联支路由于没有构成闭合回路, 因而该支路上没有电流, 则 4Ω 电阻两端的电压降为零。

【例 1-9】 图 1-16 为某电路中的一部分, 试确定其中的 i_7 和 u_{ab} 。

解 (1) 求 i_7 , 由 KCL, 按如下步骤求解:

节点①:

$$i_4=-i_1-i_6=-2-1=-3\text{ A}$$

节点②:

$$i_5=i_2+i_4=4+(-3)=1\text{ A}$$

节点③:

$$i_7=i_3-i_5=5-1=4\text{ A}$$

若用广义节点, 则可直接求解。取广义节点 A, 由 KCL 得

$$i_7=i_1-i_2+i_3+i_6=2-4+5+1=4\text{ A}$$

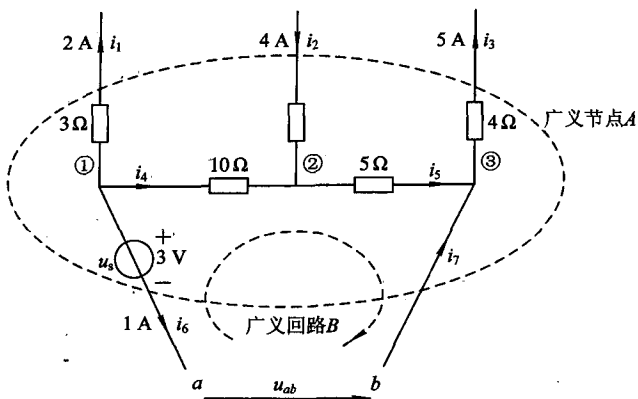


图 1-16

(2) 求 u_{ab} 。可设 a 、 b 间有一假想支路 u_{ab} ，则 u_{ab} 由 a 点经过节点①、②、③到 b 点就构成了一个广义回路 B ，对广义回路 B 应用 KVL，得下式：

$$u_{ab} = -u_s + 10i_4 + 5i_5 = -3 + 10 \times (-3) + 5 \times 1 = -28 \text{ V}$$

【解题指南与点评】 本题是考查对 KCL、KVL 及推广的应用情况。当把虚线部分作为广义节点、广义回路时，本题的求解就简单得多了。

【例 1-10】 电路如图 1-17 所示，已知 6 V 电压源中的电流为 4 A，电压 U ，电流 I_1 及 I_2 的方向如图所示。如 A 为单个元件，请说明其可能为何种元件。

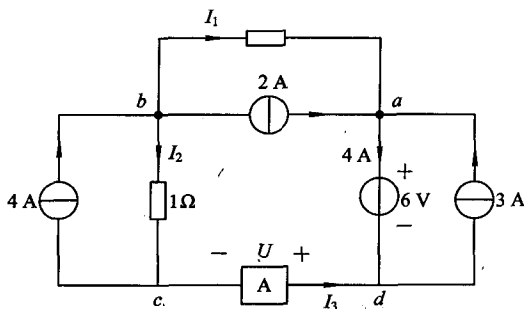


图 1-17

解 先用 KCL 求电流。

$$\text{节点 } a: I_1 + 2 + 3 = 4, \quad I_1 = -1 \text{ A}$$

$$\text{节点 } b: I_1 + I_2 + 2 = 4, \quad I_2 = 3 \text{ A}$$

$$\text{节点 } c: I_2 = 4 + I_3, \quad I_3 = -1 \text{ A (后面要用到)}$$

再用 KVL 求电压 U 。

$$2I_1 + 6 + U - I_2 = 0$$

即

$$U = -2 \times (-1) - 6 + 3 = -1 \text{ V}$$

由于 $UI_3 = (-1) \times (-1) = 1 \text{ W} > 0$ ，且 U 与 I_3 为非关联方向，所以元件 A 实际发出功率，故元件 A 可能为电流源或电压源。

【解题指南与点评】 要判断直流电路中某个元件的类型及其参数值，可先求出该元件的电压值 U 和电流值 I ，再根据 U 、 I 的参考方向决定其是吸收功率还是发出功率。若元件吸收功率，则可以是一个电阻元件，且 $R = \left| \frac{U}{I} \right|$ ，也可以是电压或电流源；若元件发出功率，则可以是一个电压源或电流源。

【例 1-11】 在图 1-18 所示电路中，5 个元件代表电源或负载。通过实验测量得知： $I_1 = -2 \text{ A}$ ， $I_2 = 3 \text{ A}$ ， $I_3 = 5 \text{ A}$ ； $U_1 = 70 \text{ V}$ ， $U_2 = -45 \text{ V}$ ， $U_3 = 30 \text{ V}$ ， $U_4 = -40 \text{ V}$ ， $U_5 = -15 \text{ V}$ 。(1) 试指出各电流的实际方向和各电压的实际极性；(2) 判断哪些元件是电源，哪些元件是负载；(3) 计算各元件的功率，验证功率平衡。

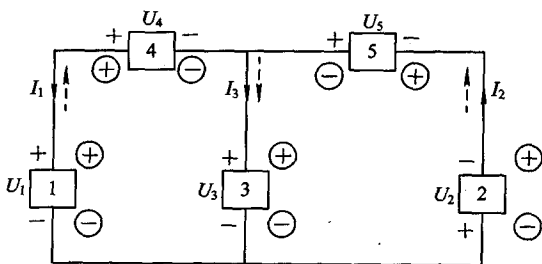


图 1-18

解 (1) 图中虚线箭头为各支路电流的实际方向，极性为各元件电压的实际极性。

(2) 按实际方向判断元件的状态： U 、 I 关联者为负载， U 、 I 非关联者为电源。据此可判断元件 1、2 为电源，元件 3、4、5 为负载。也可按教材上的方法判断如下：

$$P_1 = U_1 I_1 = 70 \times (-2) = -140 \text{ W}$$

$$P_2 = U_2 I_2 = -45 \times 3 = -135 \text{ W}$$

$$P_3 = U_3 I_3 = 30 \times 5 = 150 \text{ W}$$

$$P_4 = U_4 I_1 = -40 \times (-2) = 80 \text{ W}$$

$$P_5 = U_5 I_2 = -(-15) \times 3 = 45 \text{ W}$$

因为 $P_1 < 0$ 、 $P_2 < 0$ ，故元件 1、2 为电源； $P_3 > 0$ 、 $P_4 > 0$ 、 $P_5 > 0$ ，故元件 3、4、5 为负载。

(3) 各元件的功率见(2)，据此有

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = -140 - 135 + 150 + 80 + 45 = 0$$

可见功率平衡。

1.4 习题解答

1-1 由某元件一端流入该元件的电荷量为 $q = (6t^2 - 12t) \text{ mC}$ ，求在 $t=0$ 和 $t=3 \text{ s}$ 时由该端流入的电流 i 。

解 因为

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{d(6t^2 - 12t)}{dt} = 12t - 12 \text{ mA}$$

所以 $t=0$ 时

$$i(t) \big|_{t=0} = -12 \text{ mA}$$