

21

高等学校信息工程类“十三五”规划教材

《电路理论基础(第三版)》 学习指导

李晓滨 卢元元 主编◎

DIANLU LILUN JICHU DI SAN
BAN XUEXI ZHIDAO



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校信息工程类“十三五”规划教材

《电路理论基础(第三版)》 学习指导

李晓滨 卢元元 主编

王 晖 何业军 参编

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书是卢元元、王晖主编的《电路理论基础(第三版)》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,帮助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(第三版)》学习指导/李晓滨,卢元元主编. —西安:西安电子科技大学出版社, 2017.5

ISBN 978-7-5606-4493-6

I. ① 电… II. ① 李… ② 卢… III. ① 电路理论—高等学校—教学参考资料 IV. ① TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 090814 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 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2017年5月第1版 2017年5月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 19.5

字 数 465千字

印 数 1~3000册

定 价 37.00元

ISBN 978-7-5606-4493-6/TM

XDUP 4785001-1

*** 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

本书是卢元元、王晖教授主编的《电路理论基础(第三版)》(西安电子科技大学出版社, 2015年)的辅助教材, 编者基于《〈电路理论基础(第二版)〉学习指导》一书, 对书中的内容进行了修订, 增加了一些习题, 以期与《电路理论基础(第三版)》一书的内容同步、知识配套。

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、难点分析; 通过典型例题使学生掌握每章的重要知识点及重点、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。

全书共包括四个方面内容:

1. 内容提要, 简要概括了本章基本概念、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, 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, 本部分是卢元元、王晖教授主编的《电路理论基础(第三版)》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(第三版)》教材一起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。

编者

2017年4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	37
第 3 章 线性电阻电路的一般分析法	47
3.1 内容提要	47
3.2 重点、难点	47
3.3 典型例题	48
3.4 习题解答	57
第 4 章 电路定理	70
4.1 内容提要	70
4.2 重点、难点	73
4.3 典型例题	74
4.4 习题解答	82
第 5 章 动态原件及动态电路导论	96
5.1 内容提要	96
5.2 重点、难点	99
5.3 典型例题	100
5.4 习题解答	105
第 6 章 一阶电路	114
6.1 内容提要	114
6.2 重点、难点	116
6.3 典型例题	118
6.4 习题解答	127
第 7 章 二阶电路	139
7.1 内容提要	139
7.2 重点、难点	140
7.3 典型例题	141
7.4 习题解答	144

第 8 章 相量法基础	148
8.1 内容提要	148
8.2 重点、难点	150
8.3 典型例题	151
8.4 习题解答	154
第 9 章 正弦电流电路的分析	160
9.1 内容提要	160
9.2 重点、难点	165
9.3 典型例题	166
9.4 习题解答	178
第 10 章 电路的频率响应	204
10.1 内容提要	204
10.2 重点、难点	205
10.3 典型例题	206
10.4 习题解答	216
第 11 章 耦合电感和理想变压器	232
11.1 内容提要	232
11.2 重点、难点	235
11.3 典型例题	237
11.4 习题解答	242
第 12 章 二端口网络	258
12.1 内容提要	258
12.2 重点、难点	260
12.3 典型例题	261
12.4 习题解答	266
第 13 章 非线性电阻电路简介	282
13.1 内容提要	282
13.2 重点、难点	284
13.3 典型例题	286
13.4 习题解答	288
第 14 章 网络方程的矩阵形式	291
14.1 内容提要	291
14.2 重点、难点	293
14.3 典型例题	294
14.4 习题解答	298
参考文献	306

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：不含储能元件(如电感、电容等)的电路。

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)。

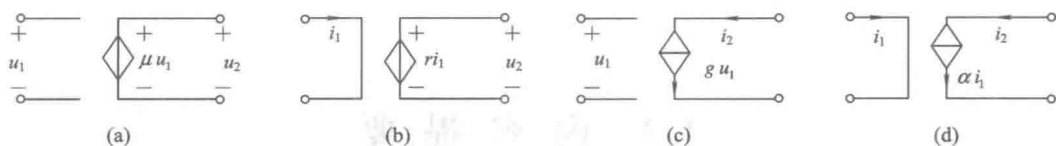


图 1-1

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:

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

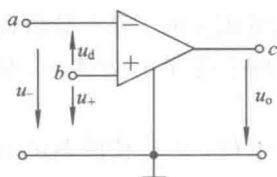


图 1-2

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。

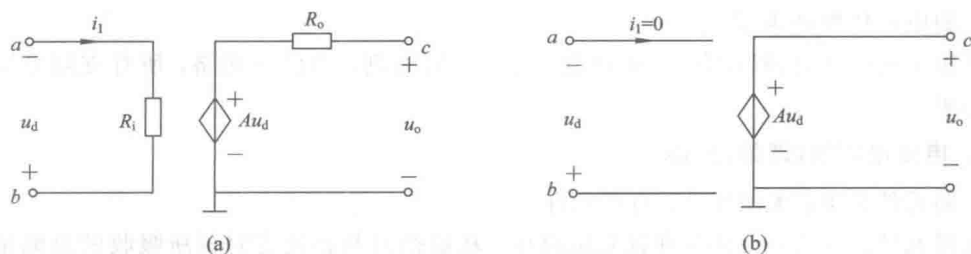


图 1-3

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 $u_o = Au_d$, 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”。理想运算放大器及电压跟随器的电路模型分别如图 1-4(a)、(b) 所示。

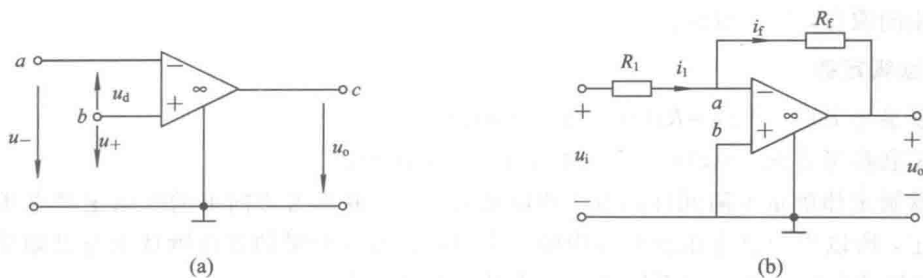


图 1-4

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 $P(t) < 0$ ，则实际发出(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 $P(t) > 0$ ，则实际发出(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数和为零。

基尔霍夫电流定律中的符号有两套：一套是列节点方程时的符号，流进、流出的电流要用不同的符号；另一套是电流本身的符号，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

$$\sum u = 0$$

代数和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：一套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；另一套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：.

电流源符号：.

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的还是吸收的？



(a)



(b)

图 1-5

解 (1) 图 1-5(a) 中， u 与 i 的参考方向关联；图 1-1(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 1-1(b) 中， ui 表示发出功率。

(3) 图 1-5(a) 中， $u > 0$, $i < 0$ ，则 $P = ui < 0$ ，实际功率是吸收的；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。

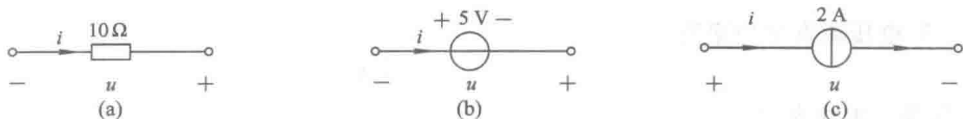


图 1-6

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）。

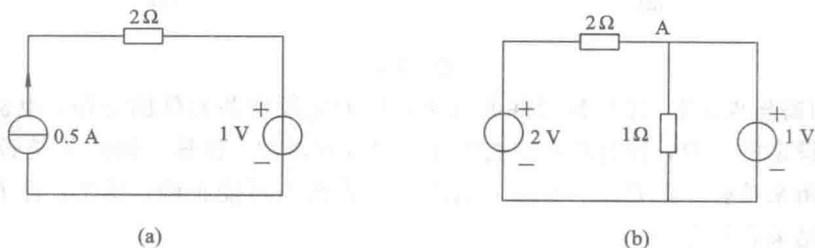


图 1-7

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

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

1 V 电压源发出功率为

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

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

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

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

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

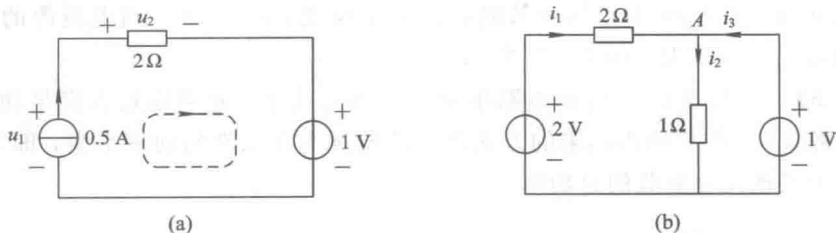


图 1-8

【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 。

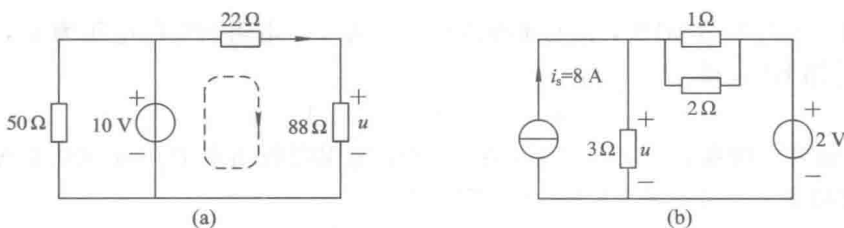


图 1-9

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

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

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

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

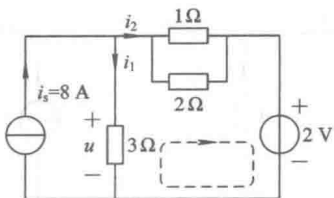


图 1-10

【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 。

解 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：

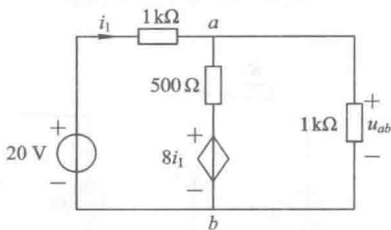


图 1-11

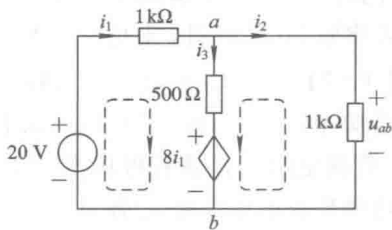


图 1-12

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

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就都要以此为依据。

【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？

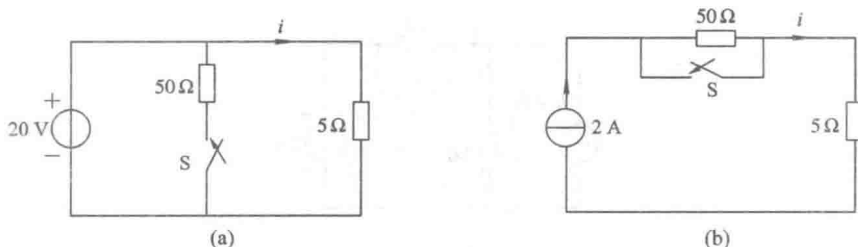


图 1-13

解 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。

根据电流源的外特性，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：

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

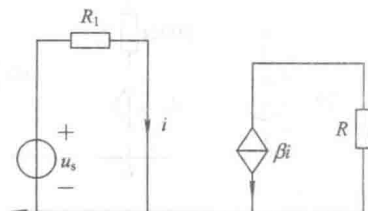


图 1-14

(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。

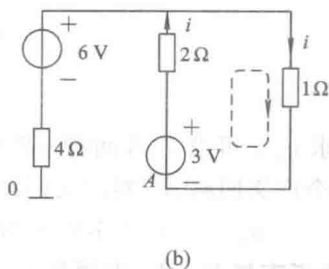
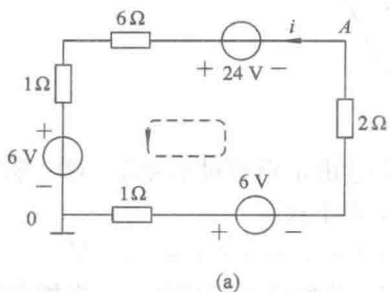


图 1-15

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

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

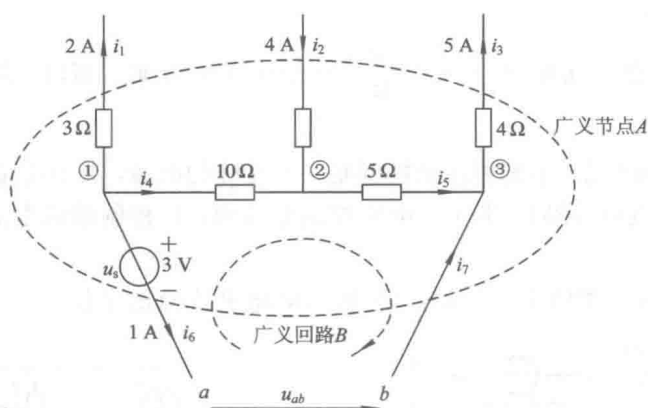


图 1-16

(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。

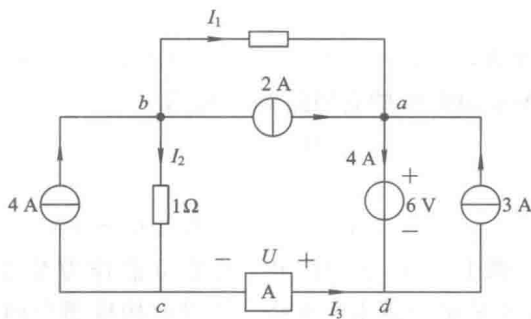


图 1-17

解 先用 KCL 求电流：

$$\left. \begin{array}{l} \text{节点 } a \quad I_1 + 2 + 3 = 4, \quad I_1 = -1 \text{ A} \\ \text{节点 } b \quad I_1 + I_2 + 2 = 4, \quad I_2 = 3 \text{ A} \\ \text{节点 } c \quad I_2 = 4 + I_3, \quad I_3 = -1 \text{ A (后面要用到)} \end{array} \right\}$$

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 $R = |U/I|$,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。

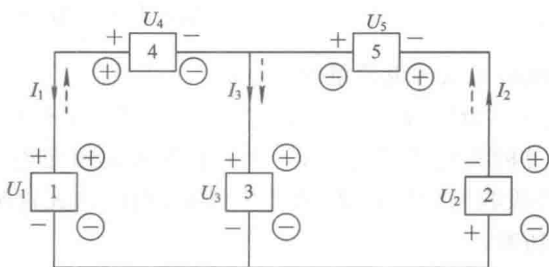


图 1-18

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; 又因为 $P_3 > 0$ 、 $P_4 > 0$ 、 $P_5 > 0$, 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,

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