

清华大学硕士研究生入学考试

# 电路原理试题选编

(第二版) 王树民 刘秀成 陆文娟 徐福媛 编著



清华大学出版社

清华大学硕士研究生入学考试

---

# 电路原理试题选编（第二版）

---

王树民 刘秀成 陆文娟 徐福媛 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书是《电路原理试题汇编》(王树民等,清华大学出版社,2001)的修订版,主要补充了近几年清华大学硕士研究生入学考试电路原理试题。全书分为8章,包括电阻电路、正弦电流电路的稳态分析、三相电路、非正弦周期电流电路的稳态分析、动态电路的时域分析、动态电路的复频域分析、二端口网络、网络图论和状态方程。本书对选编的所有试题都给出了解题思路和较为详细的解答。书后附有2005—2007年清华大学硕士研究生入学考试电路原理试题。

本书可供报考电力和自动化等专业硕士研究生的人员参考,对正在学习电路原理课程的学生也有很大的帮助。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

## 图书在版编目(CIP)数据

电路原理试题选编/王树民等编著.—2版.—北京:清华大学出版社,2008.8

ISBN 978-7-302-16796-9

I. 电… II. 王… III. 电路理论—研究生—入学考试—试题 IV. TM13-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 005357 号

责任编辑:王一玲

责任校对:梁毅

责任印制:杨艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者:山东新华印刷厂临沂厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:14 字 数:294 千字

版 次:2008 年 8 月第 2 版 印 次:2008 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:23.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:027292-01

# 第二版前言

《电路原理试题汇编》(王树民等,清华大学出版社,2001)自2001年出版以来受到了广大考生和学生的欢迎,对提高考生和学生电路原理课程内容的理解和掌握起到了一定的积极作用。本次修订主要做了以下几方面的工作:

1. 增加了2002—2007年的清华大学硕士研究生入学考试试题。
2. 将三相电路单独编为一章。全书分为8章,包括电阻电路、正弦电流电路的稳态分析、三相电路、非正弦周期电流电路的稳态分析、动态电路的时域分析、动态电路的复频域分析、二端口网络、网络图论和状态方程。
3. 对原书部分题目的分析和解题过程进行了必要的补充和修改,读者更易于理解和掌握。
4. 书后附录给出了2005—2007年清华大学硕士研究生入学考试电路原理试题。

本次修订的第1章和第4章由王树民负责;第6章和第7章由刘秀成负责;第2章和第3章由陆文娟负责;第5章和第8章由徐福媛负责。王树民和刘秀成对全书进行了统编。

本次修订纠正了第一版中的一些错误并进行了多次校核,但仍难免有错误和不当之处,敬请读者批评指正。

编者

2007年10月

# 第一版前言

电路原理课程是电力、通信、自动化、计算机等专业的一门重要的专业基础课。编者在多年的电路原理课程的教学实践和硕士研究生入学考试试卷的批阅过程中,深感有些学生和考生对电路的基本概念、基本方法的深入理解和灵活应用上还存在一些问题。为此,我们将清华大学历年来硕士研究生电路原理课程入学考试试题分类选编成此书,以期对相关人士能有所帮助。

全书分为7章和附录:电阻电路;正弦电流电路的稳态分析;非正弦周期电流电路稳态分析;动态电路的时域分析;动态电路的复频域分析;二端口网络;网络图论和状态方程;附录包括近三年的硕士研究生入学考试电路原理试卷。所有试题都给出了较为详细的解答,对一些较为复杂和综合性题目的解题思路做了必要的说明,对可用多种方法求解的题目则给出了不同方法的解答或最简单方法的解答。

本书第1章由徐福媛编写;第2,3章由刘秀成编写;第4章由陆文娟编写;第5章由徐福媛、陆文娟共同编写;第6,7章由王树民编写。由王树民、刘秀成对全书进行了统编。

教研室的多位教师参加过本书试题的命题工作,在此表示衷心感谢。

本书试题的解答虽经编者反复校核,仍难免有错误和不妥之处,敬请读者批评和指正。

编 者

2001年9月

# 目录

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第 1 章 电阻电路              | 1   |
| 第 2 章 正弦激励下电路的稳态分析      | 27  |
| 第 3 章 三相电路              | 49  |
| 第 4 章 非正弦周期电流电路的稳态分析    | 71  |
| 第 5 章 动态电路的时域分析         | 92  |
| 第 6 章 动态电路的复频域分析        | 128 |
| 第 7 章 二端口网络             | 162 |
| 第 8 章 网络图论与状态方程         | 184 |
| 附录                      | 202 |
| 2005 年清华大学硕士生入学考试电路原理试题 | 202 |
| 2006 年清华大学硕士生入学考试电路原理试题 | 205 |
| 2007 年清华大学硕士生入学考试电路原理试题 | 208 |

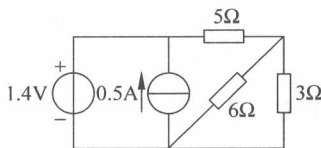


## 电阻电路

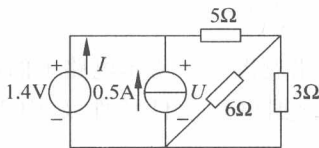
**1-1** 求题图 1-1 所示电路中 1.4V 电压源发出的功率  $P_1$  和 0.5A 电流源发出的功率  $P_2$ 。

**解** 设电压源中的电流和电流源两端的电压参考方向如题图 1-1(a) 所示。由题图 1-1(a) 可得

$$I = -0.5 + \frac{1.4}{5 + 6 \parallel 3} = -0.3\text{A}, \quad U = 1.4\text{V}$$



题图 1-1



题图 1-1(a)

则 1.4V 电压源发出的功率为

$$P_1 = 1.4 \times (-0.3) = -0.42\text{W}$$

0.5A 电流源发出的功率为

$$P_2 = 1.4 \times 0.5 = 0.7\text{W}$$

**1-2** 电路如题图 1-2 所示,求:

(1) a, b 两点间开路电压  $U_{ab}$ ;

(2) a, b 两点间短路电流  $I_{ab}$ 。

**解** (1) 当 a, b 两端开路时,由 KCL 有  $I + 3I = 1$ ,解得  $I = 0.25\text{A}$ 。由此可得开路电压

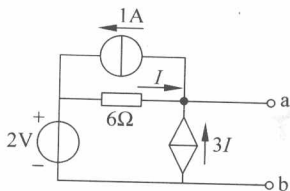
$$U_{ab} = -6I + 2 = -0.25 \times 6 + 2 = 0.5\text{V}$$

(2) 设短路电流方向如题图 1-2(a) 所示。由 KCL 有

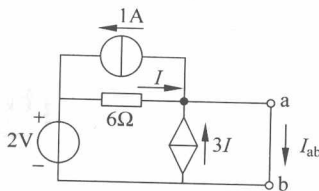
则

$$I + 3I = 1 + I_{ab}$$

$$I = \frac{1 + I_{ab}}{4}$$



题图 1-2



题图 1-2(a)

由 KVL 有  $6I = 2$ , 即

$$6 \times \frac{(1 + I_{ab})}{4} = 2$$

解得  $I_{ab} = \frac{1}{3} \text{ A}$ 。

**1-3** 求题图 1-3 所示电路中的电流  $I_x$ 。

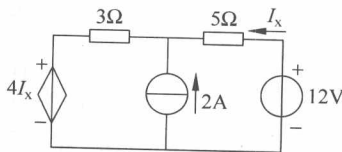
解 由 KCL 及 KVL, 有

$$5I_x + (2 + I_x) \times 3 + 4I_x = 12$$

解得  $I_x = 0.5 \text{ A}$ 。

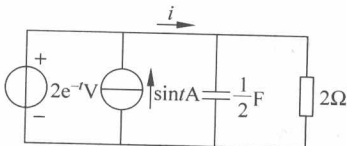
**1-4** 求题图 1-4 所示电路中的电流  $i$ 。

解 根据电路元件特性及 KCL (题图 1-4(a) 所示电路), 可得

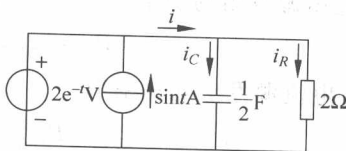


题图 1-3

$$i = i_C + i_R = \frac{1}{2} \times \frac{d}{dt}(2e^{-t}) + \frac{2e^{-t}}{2} = -e^{-t} + e^{-t} = 0$$



题图 1-4



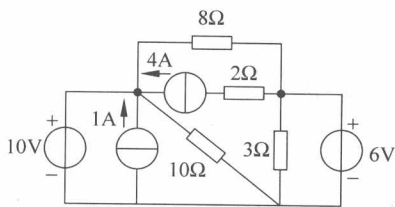
题图 1-4(a)

**1-5** 电路如题图 1-5 所示, 求 10V 电压源发出的功率。

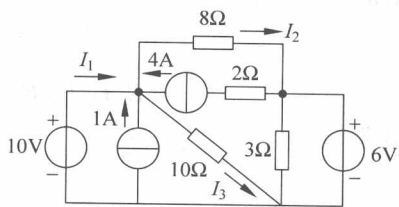
解 设所需支路电流如题图 1-5(a) 所示。由题图 1-5(a) 得

$$I_2 = \frac{10 - 6}{8} = 0.5 \text{ A}, \quad I_3 = \frac{10}{10} = 1 \text{ A}$$





题图 1-5



题图 1-5(a)

由 KCL 可得 10V 电压源中的电流为

$$I_1 = -1 - 4 + I_2 + I_3 = -1 - 4 + 0.5 + 1 = -3.5 \text{ A}$$

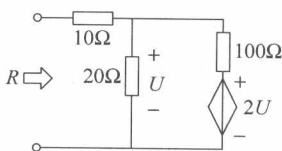
所以, 10V 电压源发出的功率为

$$P = 10I_1 = 10 \times (-3.5) = -35 \text{ W}$$

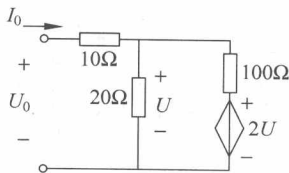
**1-6** 求题图 1-6 所示电路的入端电阻  $R$ 。

**解** 采用加压求流法(见题图 1-6(a)), 有

$$\begin{cases} U_0 = 10I_0 + U & (1) \\ U = 100 \times \left(I_0 - \frac{U}{20}\right) + 2U & (2) \end{cases}$$



题图 1-6



题图 1-6(a)

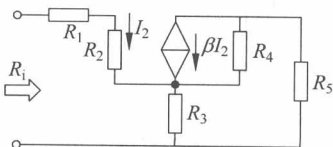
由(2)式得  $U = 25I_0$ , 代入(1)式得

$$U_0 = 10I_0 + 25I_0 = 35I_0$$

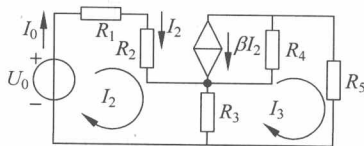
$$\text{则 } R = \frac{U_0}{I_0} = 35\Omega.$$

**1-7** 求题图 1-7 所示电路的入端电阻  $R_i$ , 图中受控源是电流控制的电流源。

**解** 用加压求流法求  $R_i$ 。电路如题图 1-7(a) 所示。



题图 1-7



题图 1-7(a)

回路方程为

$$\begin{cases} (R_1 + R_2 + R_3)I_2 - R_3I_3 = U_0 & (1) \\ -R_3I_2 + (R_3 + R_4 + R_5)I_3 + \beta I_2 R_4 = 0 & (2) \end{cases}$$

由(2)式得

$$I_3 = \frac{R_3 - \beta R_4}{R_3 + R_4 + R_5} I_2 \quad (3)$$

将(3)式代入(1)式,得

$$U_0 = \left[ (R_1 + R_2 + R_3) - \frac{R_3 - \beta R_4}{R_3 + R_4 + R_5} R_3 \right] I_2$$

则入端电阻为

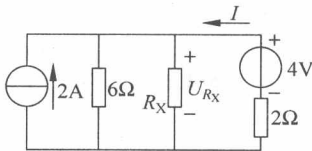
$$R_i = \frac{U_0}{I_0} = \frac{U_0}{I_2} = \frac{(R_1 + R_2 + R_3)(R_3 + R_4 + R_5) - R_3(R_3 - \beta R_4)}{R_3 + R_4 + R_5}$$

**1-8** 电路如题图 1-8 所示。问  $R_x$  为何值时电流  $I$  为零?

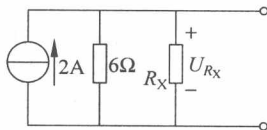
**解** 当  $U_{R_x} = 4V$  时,  $I = 0$ 。 $I = 0$  时电路如题图 1-8(a)所示。由题图 1-8(a)有

$$U_{R_x} = \frac{6R_x}{6 + R_x} \times 2 = 4$$

解得  $R_x = 3\Omega$ 。



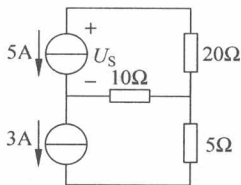
题图 1-8



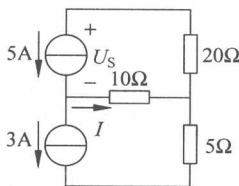
题图 1-8(a)

**1-9** 求题图 1-9 所示电路中 5A 电流源两端的电压  $U_s$ 。

**解** 设电流  $I$  如题图 1-9(a)所示。由 KCL, 有  $I = 2A$ 。再由 KVL 有



题图 1-9



题图 1-9(a)

$$U_s = 20 \times (-5) - 10I = -100 - 20 = -120V$$

**1-10** 题图 1-10 所示四端网络外部若干电压为  $U_{12} = 10V$ ,  $U_{14} = 20V$ ,  $U_{32} = 5V$ 。电流如图中所注明(电压、电流均为直流), 求这个四端网络所吸收的总功率。

解 由 KVL 有  $U_{34} = U_{14} - U_{12} + U_{32} = 20 - 10 + 5 = 15\text{V}$ 。

设四端为参考点, 该四端网络对外等效为三个端口, 分别为 1-4、2-4、3-4 端口, 则四端网络吸收的总功率为

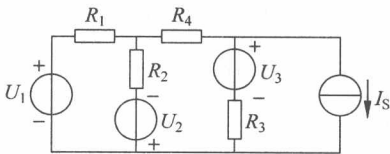
$$P = I_1 U_{14} - I_2 U_{24} - I_3 U_{34} \\ = 5 \times 20 - (-10 + 20) \times 1 - 2 \times 15 = 60\text{W}$$

1-11 写出用节点电压法求解题图 1-11 所示电路中各节点电压、各支路电流所需的方程式(不必求解, 只写方程)。

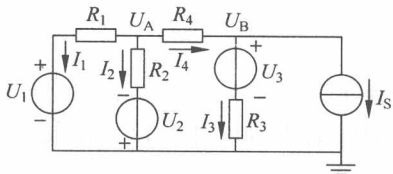
解 设节点电压和各支路电流如题图 1-11(a) 所示。

节点电压方程为

$$\begin{cases} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} \right) U_A - \frac{1}{R_4} U_B = \frac{U_1}{R_1} - \frac{U_2}{R_2} \\ -\frac{1}{R_4} U_A + \left( \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_3} \right) U_B = -I_s + \frac{U_3}{R_3} \end{cases}$$



题图 1-11



题图 1-11(a)

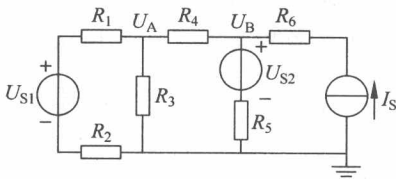
各支路电流为

$$I_1 = \frac{U_A - U_1}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U_A + U_2}{R_2}, \quad I_3 = \frac{U_B - U_3}{R_3}, \quad I_4 = \frac{U_A - U_B}{R_4}$$

1-12 写出用节点电压法求题图 1-12 所示电路中节点电压  $U_A$  和  $U_B$  所需的方程(只列方程, 不必求解)。

解 节点电压方程为

$$\begin{cases} \left( \frac{1}{R_2 + R_1} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) U_A - \frac{1}{R_4} U_B = \frac{U_{S1}}{R_1 + R_2} \\ -\frac{1}{R_4} U_A + \left( \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) U_B = I_s + \frac{U_{S2}}{R_5} \end{cases}$$

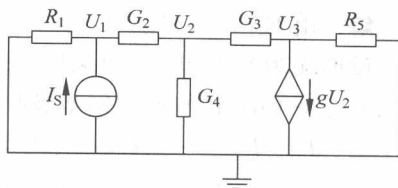


题图 1-12

1-13 一个网络的节点电压方程组可用下列矩阵方程来表示, 试说明该网络中有无受控电源, 并画出其具体电路图。

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{R_1} + G_2 & -G_2 & 0 \\ -G_2 & G_2 + G_3 + G_4 & -G_3 \\ 0 & g - G_3 & G_3 + \frac{1}{R_5} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_s \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

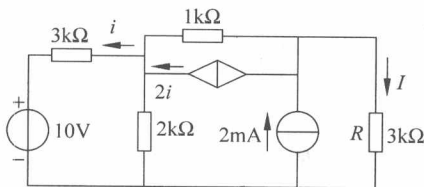
解 因系数行列式不对称,所以电路中有受控源(压控电流源)。受控源接在节点3上,控制量为节点2的电压。此方程对应电路如题图1-13所示(对应的电路不唯一)。



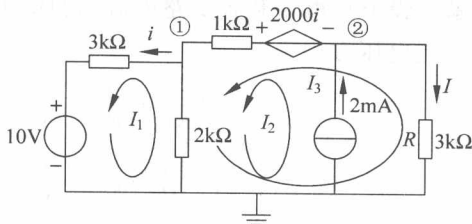
题图 1-13

1-14 求题图1-14所示电路中流过电阻 $R$ 的电流 $I$ 。

解 将题图1-14中受控电流源转换成受控电压源(题图1-14(a)所示电路)。



题图 1-14



题图 1-14(a)

解法1: 回路法(电阻单位为 $k\Omega$ ,电流单位为 $mA$ ,电压单位为 $V$ )

设回路电流如题图1-14(a)所示,则回路电流方程为

$$\begin{cases} 5I_1 - 2I_2 - 2I_3 = -10 & (1) \\ -2I_1 + 3I_2 + 6I_3 = 2i & (2) \\ I_2 = 2 \\ i = I_1 \end{cases}$$

解得  $I_3 = -2.45mA$ , 则流过电阻 $R$ 的电流  $I = -I_3 = 2.45mA$ 。

解法2: 节点法

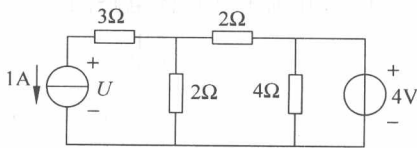
选参考节点如题图1-14(a)所示,节点电压方程为

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{3} + 1 + \frac{1}{2}\right)U_1 - U_2 = \frac{10}{3} + 2i \\ -U_1 + \left(1 + \frac{1}{3}\right)U_2 = 2 - 2i \\ i = \frac{U_1 - 10}{3} \end{cases}$$

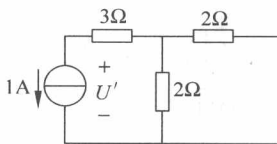
以上3式联立求解,得  $U_2 = 7.36V$ , 则  $I = \frac{7.36}{3} = 2.45mA$ 。

1-15 电路如题图1-15所示。求图中1A电流源两端的电压 $U$ 。

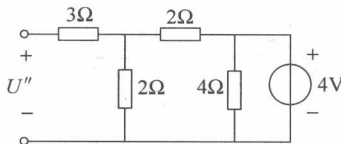
解 按叠加定理将原电路分解为2个电路,如题图1-15(a)和题图1-15(b)所示。



题图 1-15



题图 1-15(a)



题图 1-15(b)

由题图 1-15(a)得

$$U' = -(3 + 2 // 2) \times 1 = -4\text{V}$$

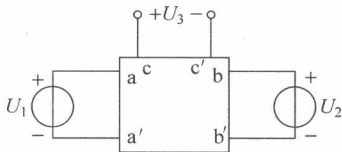
由题图 1-15(b)得

$$U'' = \frac{2}{2+2} \times 4 = 2\text{V}$$

则

$$U = U' + U'' = -2\text{V}$$

**1-16** 题图 1-16 所示电路方框内是不含有独立电源的线性电阻网络。 $aa'$ 接直流电压  $U_1$ ,  $bb'$ 接直流电压  $U_2$ ,  $cc'$ 两端的开路电压为  $U_3$ 。已知  $U_1=2\text{V}$ 、 $U_2=3\text{V}$  时,  $U_3=1\text{V}$ ;  $U_1=3\text{V}$ 、 $U_2=2\text{V}$  时,  $U_3=2\text{V}$ 。当  $U_1=10\text{V}$ 、 $U_2=10\text{V}$  时,  $U_3$  应是多少?



题图 1-16

**解** 由叠加定理,可设  $U_3 = K_1 U_1 + K_2 U_2$ , 代入已知条件有

$$\begin{cases} 1 = K_1 \times 2 + K_2 \times 3 \\ 2 = K_1 \times 3 + K_2 \times 2 \end{cases}$$

解得  $K_1 = \frac{4}{5}$ ,  $K_2 = -\frac{1}{5}$ 。则当  $U_1=10\text{V}$ 、 $U_2=10\text{V}$  时, 得

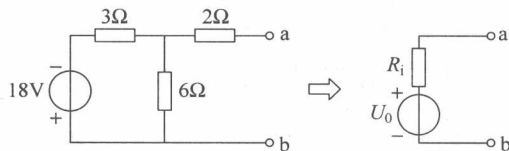
$$U_3 = \frac{4}{5} \times 10 - \frac{1}{5} \times 10 = 6\text{V}$$

**1-17** 求题图 1-17 所示电路的等效二端网络电路中的  $U_0$  和  $R_i$ 。

**解**

$$U_0 = -\frac{18}{3+6} \times 6 = -12\text{V}$$

$$R_i = 2 + \frac{3 \times 6}{3+6} = 4\Omega$$

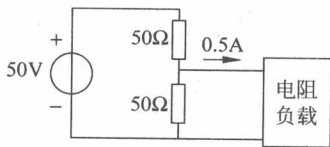


题图 1-17

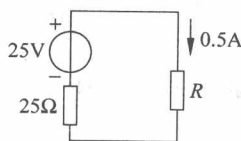
**1-18** 求题图 1-18 所示电路中电阻负载吸收的功率。

**解** 电阻负载左侧电路的戴维南等效电路如题图 1-18(a)所示。由题图 1-18(a)有

$$0.5 = \frac{25}{25+R}$$



题图 1-18



题图 1-18(a)

解得  $R = 25\Omega$ 。

电阻吸收的功率为

$$P = 0.5^2 \times 25 = 6.25\text{W}$$

**1-19** 用戴维南定理求题图 1-19 所示电路中的电流  $I$ 。

解 (1) 求开路电压  $U_0$  的电路如题图 1-19(a) 所示。  
列写回路方程

$$\begin{cases} I_1 = 1\text{A} \\ 9I_2 - 3I_1 = 6 \end{cases}$$

解得  $I_2 = 1\text{A}$ ,  $I_1 = 1\text{A}$ 。

由题图 1-19(a) 中外电路的 KVL 方程得

$$U_0 = -8I_1 + 6 - 3I_2 = -8 + 6 - 3 = -5\text{V}$$

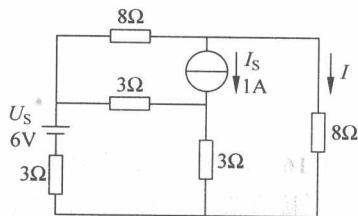
(2) 求等效内阻  $R_i$  的电路如题图 1-19(b) 所示。

可求得

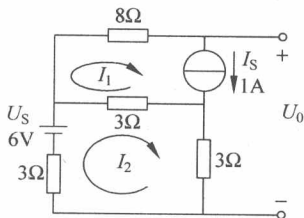
$$R_i = 8 + \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 10\Omega$$

(3) 戴维南等效电路如题图 1-19(c) 所示, 并由此求得

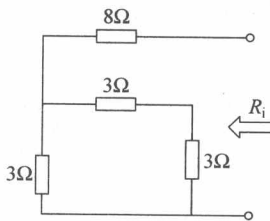
$$I = -\frac{5}{18} = -0.278\text{A}$$



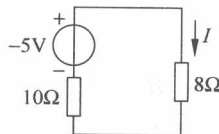
题图 1-19



题图 1-19(a)



题图 1-19(b)



题图 1-19(c)

**1-20** 电路如题图 1-20 所示。

(1) 求  $a, b$  端口的戴维南等效电路;

(2) 若  $a, b$  两端接  $5\Omega$  电阻, 求该电阻吸收的功率。

解 题图 1-20 所示电路中

$$I = \frac{9}{6+3} = 1\text{A}$$

$$U_0 = -6I + 3I = -3I = -3\text{V}$$

求内阻电路如题图 1-20(a)所示, 图中

$$I = \frac{6I_1}{3+6} = \frac{2}{3}I_1$$

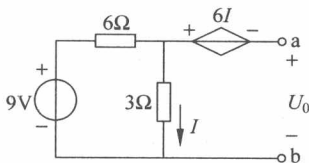
$$U = -6I + 3I = -6 \times \frac{2I_1}{3} + 3 \times \frac{2I_1}{3} = -2I_1$$

则

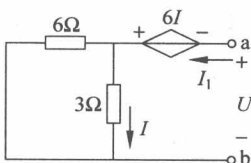
$$R_i = \frac{U}{I_1} = -2\Omega$$

其戴维南等效电路如题图 1-20(b)所示。由题图 1-20(b)可得  $I = -1\text{A}$ , 则电阻吸收的功率为

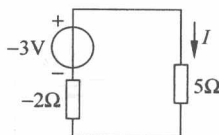
$$P = I^2 R = 5\text{W}$$



题图 1-20



题图 1-20(a)



题图 1-20(b)

1-21 电路如题图 1-21 所示, 试用戴维南定理求流过  $5\Omega$  电阻的电流  $I$ 。

解 求开路电压  $U_0$  和等效电阻  $R_i$  的电路如题图 1-21(a)和题图 1-21(b)所示。

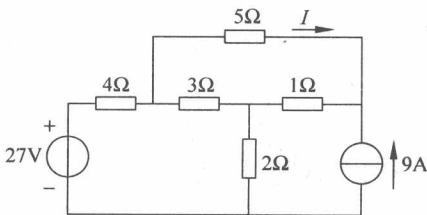
由题图 1-21(a)得回路电流方程为

$$\begin{cases} 9I_1 - 2I_2 = -27 \\ I_2 = 9 \end{cases}$$

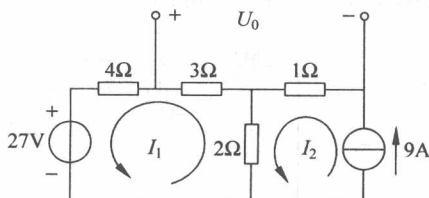
解得  $I_1 = -1\text{A}$ , 则

$$U_0 = -3I_1 - I_2 = 3 - 9 = -6\text{V}$$

由题图 1-21(b)得入端电阻



题图 1-21

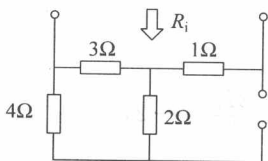


题图 1-21(a)

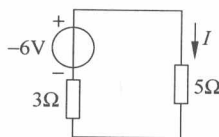
$$R_i = \frac{6 \times 3}{6 + 3} + 1 = 3 \Omega$$

其戴维南等效电路如题图 1-21(c)所示,则

$$I = \frac{-6}{3 + 5} = -0.75 \text{ A}$$



题图 1-21(b)



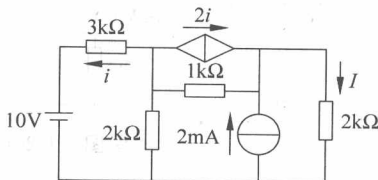
题图 1-21(c)

**1-22** 用戴维南定理求题图 1-22 所示电路中的电流  $I$ 。

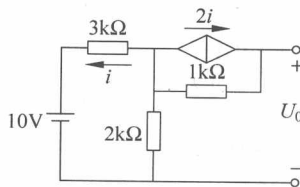
**解** 电流源左侧开路时的电路如题图 1-22(a)所示,图中

$$i = \frac{-10}{5 \times 10^3} = -2 \text{ mA}$$

$$U_0 = 2i \times 1 - i \times 2 = 0 \text{ V}$$



题图 1-22



题图 1-22(a)

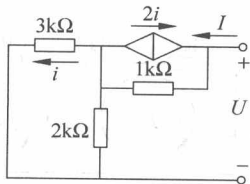
加压求流法求内阻  $R_i$  的电路如题图 1-22(b)所示,图中

$$i = \frac{2}{5} I$$

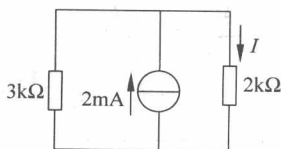
由 KVL 可得

$$U = (I + 2i) \times 1 + 3i = 3I$$

则等效内阻  $R_i = \frac{U}{I} = 3 \text{ k}\Omega$ 。其戴维南等效电路为一个  $3 \text{ k}\Omega$  的电阻。题图 1-22 电路可等效为题图 1-22(c)所示的电路。



题图 1-22(b)



题图 1-22(c)



由题图 1-22(c)所示电路,可求得

$$I = \frac{3}{3+2} \times 2 = 1.2 \text{ mA}$$

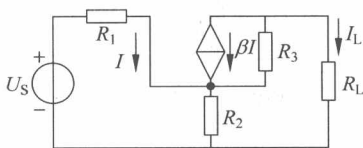
**1-23** 用戴维南定理求题图 1-23 所示电路中的电流  $I_L$ 。

**解** 求开路电压  $U_0$  和求短路电流  $I_d$  的电路分别如题图 1-23(a)和题图 1-23(b)所示。

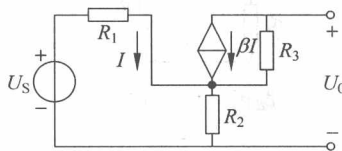
题图 1-23(a)中,有

$$I = \frac{U_s}{R_1 + R_2}$$

$$U_0 = -\beta R_3 I + R_2 I = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_s + \frac{-\beta R_3}{R_1 + R_2} U_s = \frac{R_2 - \beta R_3}{R_1 + R_2} U_s$$



题图 1-23

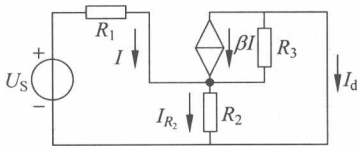


题图 1-23(a)

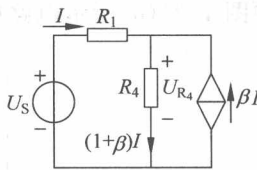
题图 1-23(b)中,  $I_d = I - I_{R_2}$ 。

将题图 1-23(b)所示电路化简为题图 1-23(c)所示电路。图中,

$$R_4 = \frac{R_3 R_2}{R_3 + R_2}, \quad U_{R_4} = (1 + \beta) R_4$$



题图 1-23(b)



题图 1-23(c)

可求得电流

$$I = \frac{U_s}{R_1 + (1 + \beta) R_4}$$

由题图 1-23(b)有

$$I_{R_2} = \frac{U_{R_4}}{R_2} = \frac{(1 + \beta) R_4 U_s}{R_2 [R_1 + (1 + \beta) R_4]}$$

$$I_d = I - I_{R_2} = \frac{U_s}{R_1 + (1 + \beta) R_4} - \frac{(1 + \beta) R_4 U_s}{R_2 [R_1 + (1 + \beta) R_4]} = \frac{[R_2 - (1 + \beta) R_4] U_s}{R_2 [R_1 + (1 + \beta) R_4]}$$

从而得内阻

$$R_i = \frac{U_0}{I_d} = \frac{(R_2 - \beta R_3) [R_1 + (1 + \beta) R_4] R_2}{(R_1 + R_2) [R_2 - (1 + \beta) R_4]} = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + (1 + \beta) R_2 R_3}{R_1 + R_2}$$