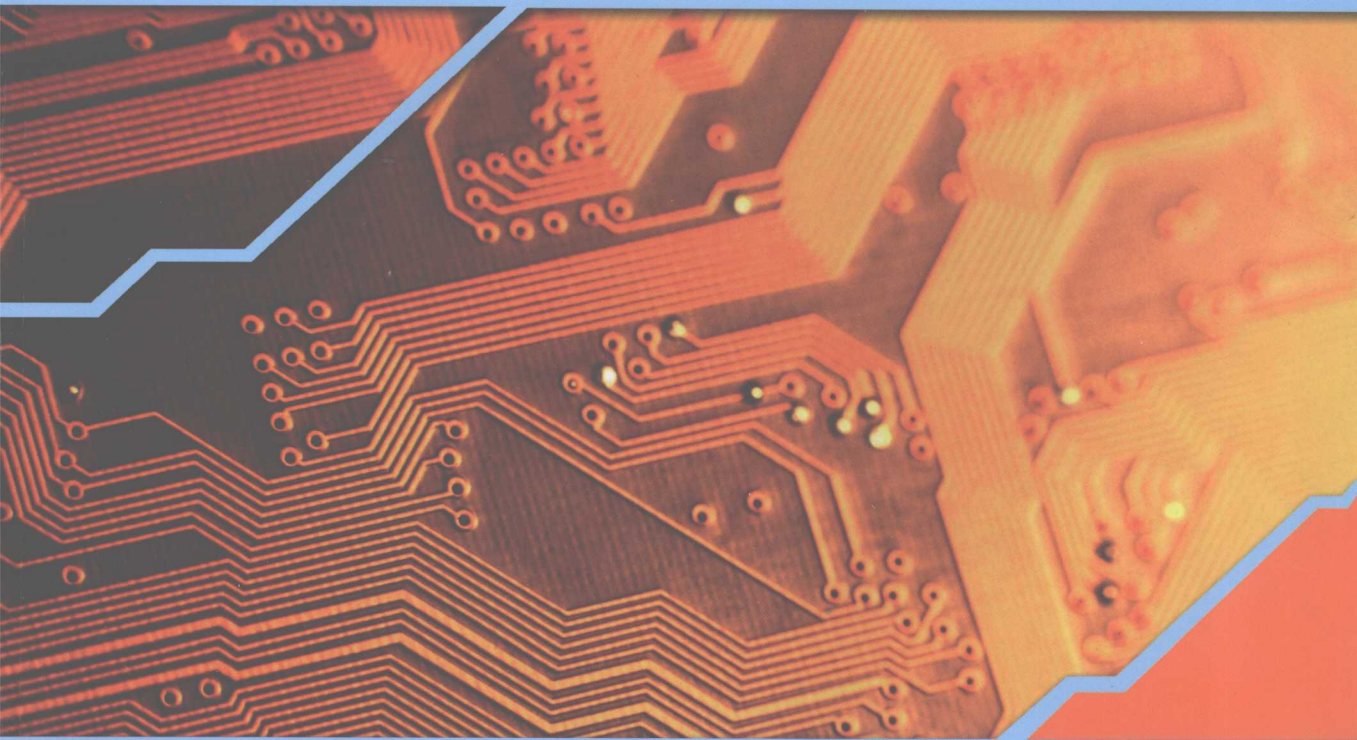




21世纪电气信息学科立体化系列教材 辅导书

电路理论 学习与考研指导

● 主编 邹玲 刘松龄



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

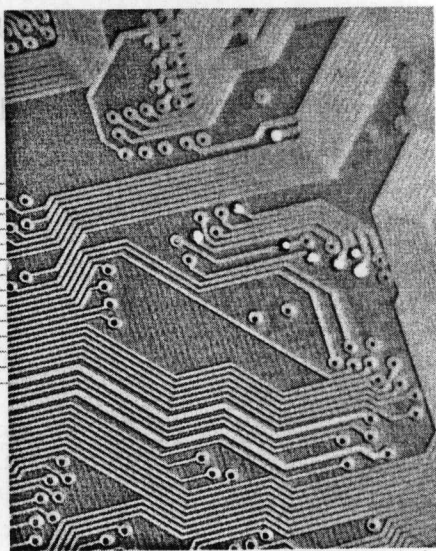


21世纪电气信息学科立体化系列教材辅导书

内容简介

电路理论学习与考研指导

主 编 邹 玲 刘松龄
副主编 金 波 姚齐国
张志俊 罗 明



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

图书在版编目(CIP)数据

电路理论学习与考研指导/邹玲 刘松龄 主编. —武汉:华中科技大学出版社, 2007年6月

ISBN 978-7-5609-4089-2

I. 电… II. ①邹… ②刘… III. 电路理论-研究生-入学考试-自学参考资料
IV. TM13

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第092936号

电路理论学习与考研指导 邹玲 刘松龄 主编

责任编辑:王红梅

封面设计:潘群

责任校对:陈骏

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山

邮编:430074

电话:(027)87557437

录排:华中科技大学惠友文印中心

印刷:华中科技大学印刷厂

开本:787mm×960mm 1/16

印张:16

字数:320 000

版次:2007年6月第1版

印次:2007年6月第1次印刷

定价:25.80元

ISBN 978-7-5609-4089-2/TM·88

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内容简介

本书是根据教育部高等院校电路理论课程教学及研究生入学考试的基本要求而编写的,全书对电路的基本定律和电路元件,电路分析方法——等效变换法、电路方程法、运用电路定理法,正弦稳态电路分析,谐振电路与互感耦合电路,非正弦周期性稳态电路分析,二端口网络,暂态分析方法——经典分析法、复频域分析法、状态变量分析法等系统知识的重点内容进行了概括和总结。本书前 13 章都包含了每章的重点要求、难点释疑、教材习题解答和阶段自测及详解四部分的内容,第 14 章汇编了近年来各高校研究生入学考试的试题精解。本书的编写突出了基本概念、基本理论、基本方法和重要结论,同时注意了电路理论的整体知识结构及解题的思路和技巧。

本书可作为高等院校《电路理论》课程教学的辅导用书、本科生学习的辅导教材和报考电子、信息、通信等学科专业硕士研究生考试的复习参考用书,还可以作为本专业工程技术人员参考用书。

前 言

本书是以教育部制定的高等工科院校“电路、电路分析课程教学基本要求”为依据,为配合华中科技大学出版社出版的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《电路理论》的使用而编写的学习与考研指导书。编写本书的目的是既可使读者在本书的指导下独立、顺利地学习本课程,同时又能指导教师贯彻《电路理论》教材的教学要求、组织辅导习题课提供依据。本书在最后一章提供了近年来部分高校研究生入学试题精解,因此也可作为电类各专业研究生考试复习用书。

本书按配套教材的章节顺序,将基本内容分为13章,包括电路元件和电路定律、电路的一般分析方法、电路定理、正弦交流电路、三相电路、含耦合电感电路、非正弦周期电流电路、一阶电路、二阶电路、动态电路的复频域分析、二端口网络、网络图论与状态方程、磁路与铁芯线圈电路。各章从以下四个方面提供学习指导。

1. 重点要求:重点要求的内容与教学基本要求一样,均对课程内容提出内容要点。
2. 难点释疑:本书在基本概念、基本定理及基本分析方法上,对读者加以引导,力求使学习者顺利完成重难点内容的学习,并提高他们分析和解决问题的能力。
3. 教材习题解答:为配合《电路理论》教材的教学及满足学习者学习技术基础课程的阶段复习要求,对该教材后的所有习题进行了精解。
4. 阶段自测及详解:本书为每章内容提供了一套自我检测试题及其详解,意在提供考题的模式,学生在完成阶段测试后,对基本教学要求能做到心中有数。

在完成上述学习后,通过最后一章的研究生入学试题的练习,自我验证,也提高了学习者的应试能力。

全书由湖北工业大学邹玲策划和主编。中南民族大学张志俊、刘松龄,湖北工业大学邹玲、韦琳、周冬婉、童静和王超,武汉工程大学罗明和姚齐国,长江大学金波提供了各章的习题解答及重点要求、难点释疑等内容。另外,研究生入学试题精解、部分章节重点要求和难点释疑,以及阶段自测及详解内容由湖北工业大学的王慧、王远、史琼芳和张冉提供。

在本书编写过程中参阅了大量的著作、文献和资料,在此一并表示真诚的谢意。

由于编者水平有限,书中有不妥或错误之处,恳请读者批评指正。

编 者
2007年3月

6.4 阶段自测及详解	(101)
第7章 非正弦周期电流电路	(107)
7.1 重点要求	(107)
7.2 难点释疑	(107)
7.3 教材习题解答	(110)
7.4 阶段自测及详解	(119)
第8章 一阶电路	(123)
8.1 重点要求	(123)
8.2 难点释疑	(123)
8.3 教材习题解答	(126)
8.4 阶段自测及详解	(139)
第9章 二阶电路	(143)
9.1 重点要求	(143)
9.2 难点释疑	(143)
9.3 教材习题解答	(146)
9.4 阶段自测及详解	(154)
第10章 动态电路的复频域分析	(159)
10.1 重点要求	(159)
10.2 难点释疑	(159)
10.3 教材习题解答	(164)
10.4 阶段自测及详解	(173)
第11章 二端口网络	(177)
11.1 重点要求	(177)
11.2 难点释疑	(177)
11.3 教材习题解答	(180)
11.4 阶段自测及详解	(189)
第12章 网络图论与状态方程	(193)
12.1 重点要求	(193)
12.2 难点释疑	(193)
12.3 教材习题解答	(195)
12.4 阶段自测及详解	(200)
第13章 磁路与铁芯线圈电路	(205)
13.1 重点要求	(205)
13.2 难点释疑	(205)
13.3 教材习题解答	(206)
13.4 阶段自测及详解	(207)
第14章 硕士生入学试题精解	(211)
参考文献	(249)

第1章

电路元件和电路定律

电路的基本概念和基本物理量、电路的基本定律、电路的基本元件、电路的工作状态等知识点,不仅是分析及计算电路的基础,也贯穿电路理论这门课程的始终。为了加强电路理论学习的系统性,对已在物理课中学习过的知识点,在本章会进一步巩固和加深,以达到循序渐进,充分应用知识的目的。

1.1 重点要求

1. 深刻理解和熟练掌握电路的理想元件、电路模型、参考方向及关联参考方向等概念。
2. 深刻理解电压、电流、功率等物理量的意义和各物理量之间的关系。
3. 牢固掌握并熟练应用元件(电阻、电容、电感、电压源、电流源、受控源)的伏安关系。
4. 建立等效概念,掌握运用电源及电阻的等效变换。
5. 牢固掌握并熟练应用 KCL 定律和 KVL 定律,要能正确确定这两个定律式子中各项的正、负号。

1.2 难点释疑

1. 假定正方向有什么规则可循?

参考方向又称为假定正方向。电流的参考方向:任意选定电流的一个流动方向作为电流的参考方向,当电流流动的实际方向与选定的参考方向相同时,电流 i 是正值;当电流流动的实际方向与选定的参考方向相反时,电流 i 是负值。

电压的参考方向:一般规定,电压的实际方向由高电位指向低电位,当电压的实际方向与假定的电压参考方向相同时,电压为正值;相反时,则电压为负值。

2. 电位和电压有什么异同?

某点的电位就是单位正电荷在该点所具有的电能。电位是一个相对物理量,它与参考点的选取有关。同一个电路中,选定的参考点不同时,同一点的电位就有可能不同。

电路中某两点的电位差即为两点间的电压。参考点的选定,不会影响两点间的电压值,即电压与参考点的选择无关。

3. 理想电源的性质是什么?

在任何时刻,理想电压源的端电压不随通过电流的改变而改变,理想电流源的电流不随端电压的改变而改变。

4. KCL 和 KVL 方程的应用范围。

KCL 和 KVL 方程均与组成支路的元件性质无关,因此无论是线性电路还是非线性电路都适用。

5. 列写 KCL 和 KVL 方程的要点。

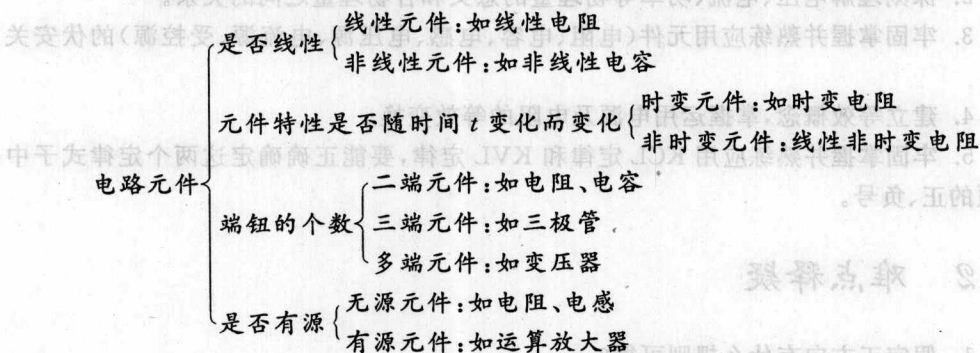
列写 KCL 方程应保证

$$\sum I_{\text{流入}} = \sum I_{\text{流出}}$$

列写 KVL 方程应保证

$$\sum U_R = \sum U_S \quad (\text{即电阻的压降等于电源的压升})$$

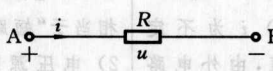
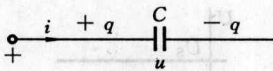
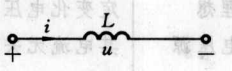
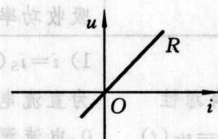
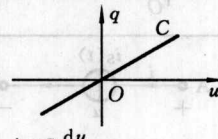
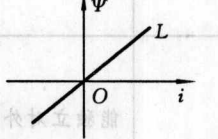
6. 电路元件的分类。



7. 各二端钮元件的伏安特性。

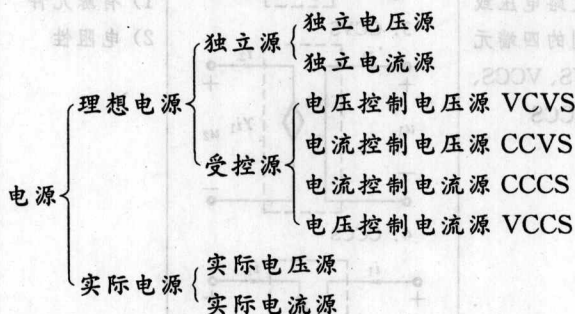
元件的伏安特性:元件两端电压和流过元件的电流之间的关系,是元件本身的约束。线性电阻、电容、电感元件的伏安特性如表 1-1 所示。

表 1-1 线性电阻、电容、电感元件的伏安特性

元件	线性电阻	线性电容	线性电感
定义	电压和电流呈线性函数关系的二端元件	电压和电流呈微分关系的二端元件	电压和电流呈微分关系的二端元件
电路模型			
伏安特性	 $u = Ri$ $i = Gu$ $G = \frac{1}{R}$	 $i = C \frac{du}{dt}$ $u(t) = u(0) + \frac{1}{C} \int_0^t i(\xi) d\xi$	 $u = L \frac{di}{dt}$ $i(t) = i(0) + \frac{1}{L} \int_0^t u(\xi) d\xi$
元件性质	耗能, 无记忆元件	储能, 记忆元件	储能, 记忆元件
功率	$P = ui = i^2 R = \frac{u^2}{R}$	$P = ui = Cu \frac{du}{dt}$	$P = ui = Li \frac{di}{dt}$
能量	$w_R(t) = \int_0^t Ri^2(\xi) d\xi$	$w_C(t) = \frac{1}{2} Cu^2(t)$	$w_L(t) = \frac{1}{2} Li^2(t)$

8. 电源的分类及其特性。

1) 电源的分类

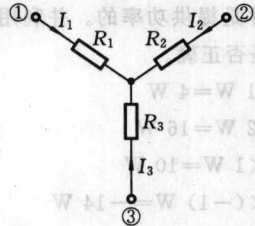
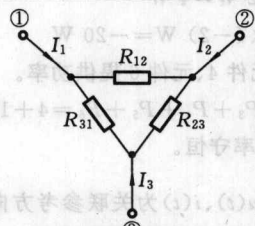


2) 理想电源的伏安特性如表 1-2 所示。

表 1-2 理想电源的伏安特性

元件名称	定义	电路符号与特性曲线	主要特性	备 注
理想电压源	能独立对外提供恒定变化电压与通过其电流无关的二端元件		1) 有源性 2) $u = u_s(t)$ 3) i 为不定值, 由外电路确定	1) $u = u_s$ (常数) 时, 为直流电压源, $u = 0$, 电压源支路相当于“短路” 2) 电压源既可以产生功率, 也可以吸收功率
理想电流源	能独立对外提供恒定变化电流, 但其值与通过其两端电压无关的二端元件		1) 有源性 2) $u = u_s(t)$ 3) i 为不定值, 由外电路确定	1) $i = i_s$ (常数) 时, 为直流电流源, $i = 0$, 电流源支路相当于“开路” 2) 电流源既可以产生功率, 也可以吸收功率
线性受控源	向外提供恒定变化电压或电流, 但其值受外支路电压或电流控制的四端元件: VCVS、VCCS、CCVS、CCCS	1. VCVS	1) 有源元件 2) 电阻性	1) 在各端电压、电流取关联参考方向时, 受控源吸收功率 $p = u_2 i_2$ 2) 线性受控源 μ 、 g 、 β 、 γ 是常量
		2. VCCS		
线性受控源		3. CCVS		
线性受控源		4. CCCS		

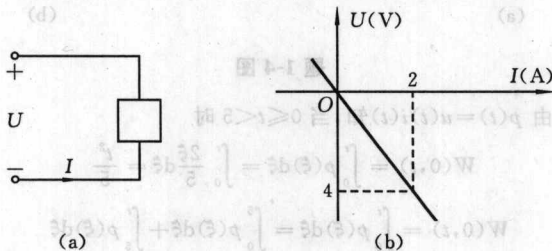
9. 电阻的 Y- Δ 变换。电阻的 Y- Δ 变换公式如表 1-3 所示。表 1-3 电阻的 Y- Δ 变换

连接方式	连接图	$\Delta \rightarrow Y$	$Y \rightarrow \Delta$
Y		$R_1 = \frac{R_{12}R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_2 = \frac{R_{12}R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_3 = \frac{R_{23}R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$	$G_{12} = \frac{G_1 G_2}{G_1 + G_2 + G_3}$ $G_{23} = \frac{G_2 G_3}{G_1 + G_2 + G_3}$ $G_{31} = \frac{G_1 G_3}{G_1 + G_2 + G_3}$
Δ		$\text{当 } R = R_{12} = R_{23} = R_{31} \text{ 时,}$ $R_1 = R_2 = R_3 = \frac{1}{3}R$	$\text{当 } G = G_1 = G_2 = G_3 \text{ 时,}$ $G_{12} = G_{23} = G_{31} = \frac{1}{3}G$

1.3 教材习题解答

1-1 已知电路元件的参考方向和伏安特性如题 1-1 图所示,则元件的电阻为 Ω 。

- A. 0.5 B. -0.5 C. 2 D. -2

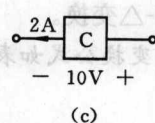
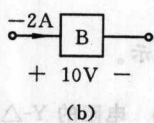
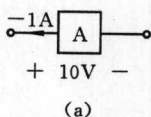


题 1-1 图

解 答案为 C。

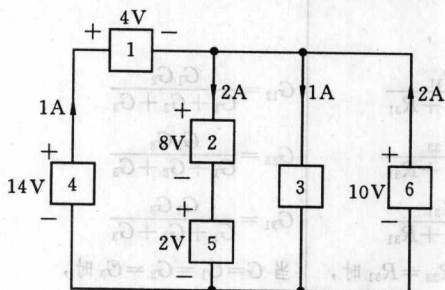
1-2 计算题 1-2 图所示各元件所吸收的功率。

- 解 (a) $P = -(-1) \times 10 \text{ W} = 10 \text{ W}$
- (b) $P = (-2) \times 10 \text{ W} = -20 \text{ W}$
- (c) $P = 2 \times 10 \text{ W} = 20 \text{ W}$



题 1-2 图

1-3 计算题 1-3 图所示各元件所吸收的功率,指出哪些元件是提供功率的。并利用功率平衡关系来校核答案是否正确。



题 1-3 图

解 $P_1 = 4 \times 1 \text{ W} = 4 \text{ W}$

$P_2 = 8 \times 2 \text{ W} = 16 \text{ W}$

$P_3 = 10 \times 1 \text{ W} = 10 \text{ W}$

$P_4 = 14 \times (-1) \text{ W} = -14 \text{ W}$

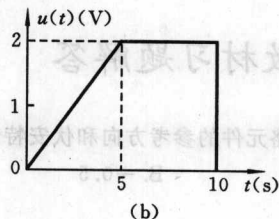
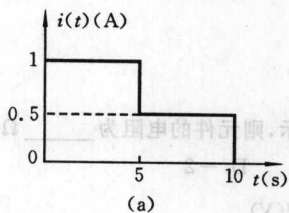
$P_5 = 2 \times 2 \text{ W} = 4 \text{ W}$

$P_6 = 10 \times (-2) \text{ W} = -20 \text{ W}$

由计算可知元件 4、元件 6 提供功率。

由 $P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 = 4 + 16 + 10 - 14 + 4 - 20 = 0$ 知功率守恒。

1-4 某元件电压 $u(t)$ 和电流 $i(t)$ 的波形如题 1-4 图所示。 $u(t)$ 、 $i(t)$ 为关联参考方向,试绘出该元件吸收功率 $p(t)$ 的波形,并分别计算当 $0 \leq t < 5$ 、 $t \geq 5$ 时该元件所消耗的能量。



题 1-4 图

解 $p(t)$ 的波形图略。由 $p(t) = u(t)i(t)$ 知,当 $0 \leq t < 5$ 时

$$W(0, t) = \int_0^t p(\xi) d\xi = \int_0^t \frac{2\xi}{5} d\xi = \frac{t^2}{5}$$

当 $t \geq 5$ 时

$$\begin{aligned} W(0, t) &= \int_0^t p(\xi) d\xi = \int_0^5 p(\xi) d\xi + \int_5^t p(\xi) d\xi \\ &= 5 + \int_5^t d\xi = 5 + (t - 5) = t \end{aligned}$$

1-5 电路如题 1-5 图所示,试根据下列数值,计算 A、B 连接后的功率,并说明功率是由 A 流向 B,还是由 B 流向 A?

(a) $i = 15 \text{ A}$, $u = 20 \text{ V}$

(b) $i = -5 \text{ A}$, $u = 100 \text{ V}$

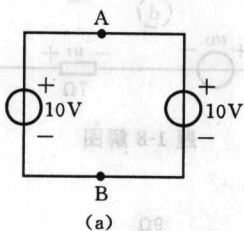
(c) $i = 4 \text{ A}$, $u = -50 \text{ V}$

(d) $i = -16 \text{ A}$, $u = -20 \text{ V}$

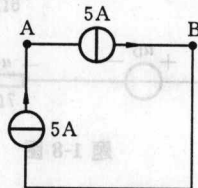
- 解 (a) $p=ui=300\text{ W}$, B 吸收功率, 由 A 到 B。
 (b) $p=ui=-500\text{ W}$, B 提供功率, 由 B 到 A。
 (c) $p=ui=-200\text{ W}$, B 提供功率, 由 B 到 A。
 (d) $p=ui=320\text{ W}$, B 吸收功率, 由 A 到 B。

1-6 利用理想独立源和电流源的定义, 说明题 1-6 图所示电路中哪些互连是允许的, 哪些由于理想电源的特性而违反了约束条件。

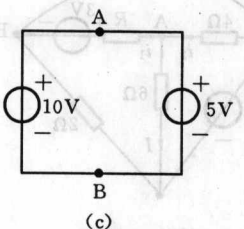
题 1-5 图



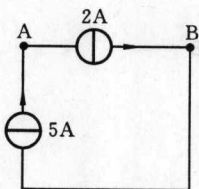
(a)



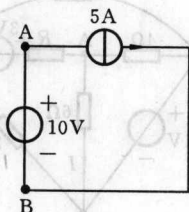
(b)



(c)



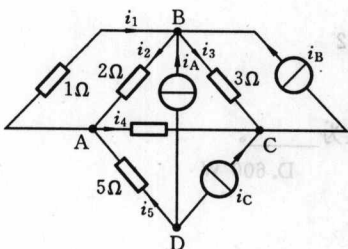
(d)



(e)

题 1-6 图

- 解 (a) $\checkmark$; (b) $\checkmark$; (c) $\times$; (d) $\times$; (e) $\checkmark$ 。



题 1-7 图

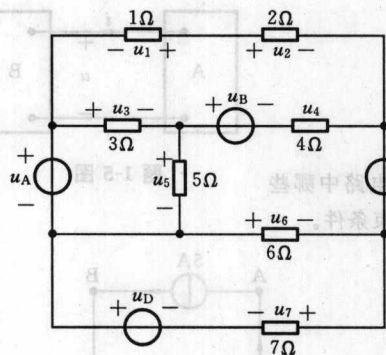
1-7 电路如题 1-7 图所示, 请分别列写节点 A、B、C、D 的 KCL 方程。

- 解 节点 A $i_1 + i_4 - i_2 - i_5 = 0$
 节点 B $i_2 + i_3 - i_1 - i_B - i_A = 0$
 节点 C $i_B - i_3 - i_4 - i_C = 0$
 节点 D $i_5 + i_A + i_C = 0$

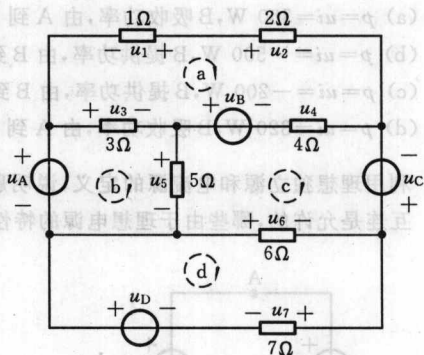
1-8 电路如题 1-8 图所示, 请列写各网孔的 KVL 方程。

解 分析如题 1-8 解图所示, 各网孔 KVL 方程列写如下。

- 回路 a $-u_1 + u_2 + u_4 - u_B - u_3 = 0$
 回路 b $-u_A + u_3 + u_5 = 0$
 回路 c $u_B - u_4 - u_C - u_6 - u_5 = 0$
 回路 d $u_6 + u_7 - u_D = 0$

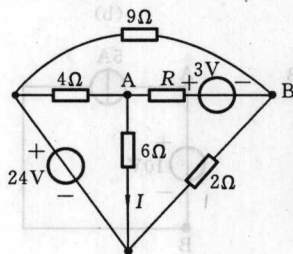


题 1-8 图

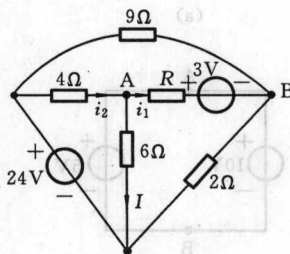


题 1-8 解图

1-9 如题 1-9 图所示, 已知 $I=1\text{ A}$, $U_{AB}=6\text{ V}$, 求电阻 R 。



题 1-9 图



题 1-9 解图

解 设两支路电流分别为 i_1, i_2 , 如题 1-9 解图所示, 由已知条件得

$$i_1 = (U_{AB} - 3)/R = (6 - 3)/R = 3/R$$

由 KCL 方程得

$$i_2 = i_1 + I = (3/R) + 1$$

又由 KVL 方程得

$$24 = 4 \times i_2 + 6I = 4(3/R + 1) + 6 \times 2$$

故

$$R = 6/7\ \Omega$$

1-10 把 100 V , 600 W 的电热器用于 90 V 的电压时, 其功率读数为_____。

A. 420 W

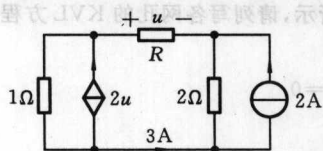
B. 486 W

C. 540 W

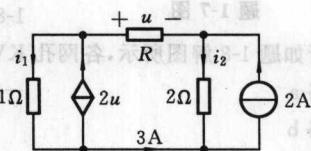
D. 600 W

解 答案为 B。

1-11 电路如题 1-11 图所示, 求其电压 u 。



题 1-11 图



题 1-11 解图

解 设两支路电流 i_1, i_2 参考方向如题 1-11 解图所示, 由 KCL 方程得

$$u/R = -3$$

且

$$i_1 = 2u - u/R = 2u + 3, \quad i_2 = u/R + 2 = -1 \text{ A}$$

又由 KVL 方程得

$$i_1 \times 1 = u + 2 \times i_2$$

故

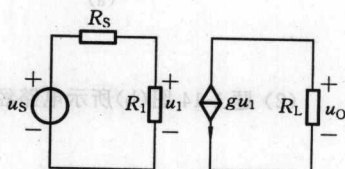
$$2u + 3 = u + 2 \times (-1)$$

$$u = -5 \text{ V}$$

1-12 求题 1-12 图所示电路的 u_O/u_S 。

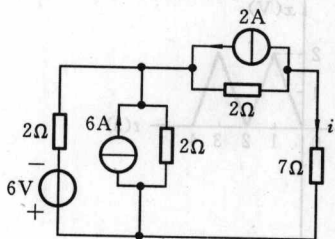
解 由题可知

$$\begin{cases} gu_1 = -\frac{u_O}{R_L} \\ u_S = \frac{R_S u_S}{R_S + R_1} + u_1 \end{cases} \Rightarrow \frac{u_O}{u_S} = -\frac{gR_1 R_L}{R_S + R_1}$$

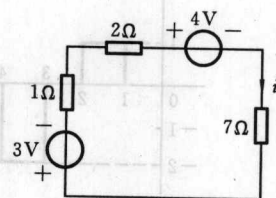


题 1-12 图

1-13 求题 1-13 图所示电路中的电流 i 。



题 1-13 图

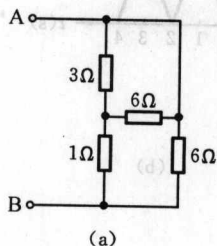


题 1-13 解图

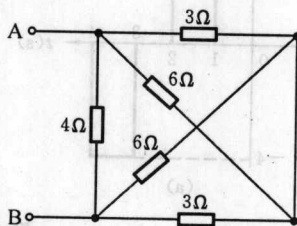
解 题 1-13 图经化简如题 1-13 解图所示, 可得

$$i = (9 - 4) / (1 + 2 + 7) \text{ A} = 0.5 \text{ A}$$

1-14 求如题 1-14 图所示下列各电路 AB 端的等效电阻 R_{AB} 。



(a)

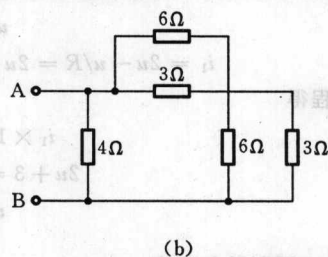
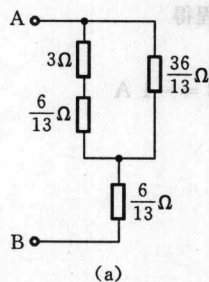


(b)

题 1-14 图

解 (1) 题 1-14 图(a)所示电路经等效变换为题 1-14 解图(a)所示, 则

$$R_{AB} = \left[\left(3 + \frac{6}{13} \right) // \frac{36}{13} + \frac{6}{13} \right] \Omega = 2 \Omega$$

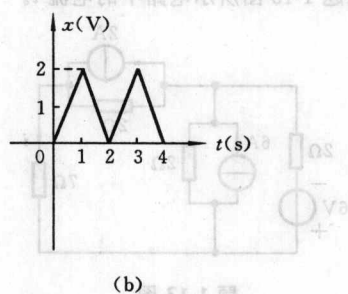
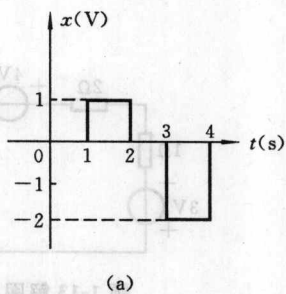


题 1-14 解图

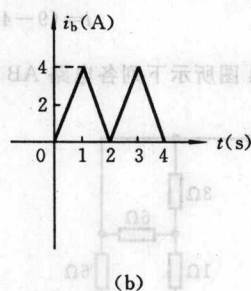
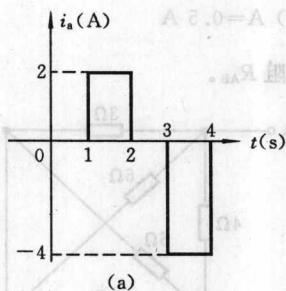
(2) 题 1-14 图(b)所示电路经等效变换为题 1-14 解图(b)所示,则

$$R_{AB} = (6/3 + 6/3) // 4 \Omega = 2 \Omega$$

1-15 在指定的电压 u 和电流 i 参考方向下, x 的波形如题 1-15 图的(a)、(b)所示, $x = u$, 试作出电流 i 的波形。



题 1-15 图



题 1-15 解图

解 电流 i 的波形分别如题 1-15 解图的(a)、(b)所示。

1-16 如题 1-16 图所示电路为计算机加法原理电路, 已知 $u_{S1} = 12 \text{ V}$, $u_{S2} = 6 \text{ V}$, $R_1 = 9 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 4 \text{ k}\Omega$, 求 AB 两端的开路电压 u_{AB} 。

解 由题意得