

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书



《电路基础（第三版）》 教学指导书

王松林 王 辉 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

《电路基础(第三版)》 教学指导书

王松林 王 辉 编著

西安电子科技大学出版社

2009

内 容 简 介

本书是与王松林、吴大正等编著的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《电路基础(第三版)》(简称主教材)配套的教学指导书。全书共8章,前7章针对主教材所讲述的对应章内容,每章均包含教学基本要求、教学知识点归纳、习题解答等三部分内容。教学基本要求部分阐明了对每章教学内容的基本要求。教学知识点归纳部分尽可能地以表格的形式叙述每章的基本内容。习题解答部分为读者提供了主教材中全部习题的解题过程,尽可能帮助读者深化对基本概念的理解,提高分析问题的能力。本书最后一章给出西安电子科技大学2006年以来“电路”课程各种类型(期中考试、期末考试、硕士研究生入学考试)的考试真题,并给出了参考答案。

本书可作为高等学校电气信息类各专业的教师讲授和学生“电路分析基础”课程的教学参考书和学习指导书,也可供准备参加硕士研究生入学考试的学生作为考前辅导书使用。

图书在版编目(CIP)数据

《电路基础(第三版)》教学指导书/王松林,王辉编著. —西安:西安电子科技大学出版社,2009.10
普通高等教育“十五”国家级规划教材配套参考书

ISBN 978-7-5606-2334-4

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 131408 号

策 划 云立实

责任编辑 夏太平 云立实

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

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2009年10月第1版 2009年10月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 15.75

字 数 371千字

印 数 1~4000册

定 价 23.00元

ISBN 978-7-5606-2334-4/TM·0060

XDUP 2626001-1

*** 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

为了配合王松林、吴大正等编著的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《电路基础(第三版)》(简称主教材)实施教学,我们根据西安电子科技大学电路分析基础课程组在教学过程中积累的资料,编写了这本教学指导书。

本书内容共分八章。前七章针对主教材所讲述的对应章内容,对每章都编写了教学基本要求、教学知识点归纳、习题解答等三部分内容。其中,教学基本要求部分主要依据教育部高等学校电子信息科学与工程类基础课程教学指导分委员会所制定的“电路分析基础”教学基本要求,结合编者的教学实践,阐明了对每章内容要求掌握的程度,指出了教学重点。教学知识点归纳部分针对电路课程具有概念多、分析方法灵活、教学内容丰富的特点,对教学内容进行提炼和归纳,尽可能以表格的形式列出知识点。习题解答部分对教材中的全部习题进行了详尽解答,引导读者深入理解基本概念和掌握解题方法。第8章给出西安电子科技大学2006年以来“电路”课程各种类型(期中考试、期末考试、硕士研究生入学考试)的考试真题,并给出了参考答案,以便于读者检验学习效果。

衷心感谢吴大正教授对本书编写的指导,感谢在本书编写过程中给予许多帮助的各位同事。感谢本书所选用考试真题的各位命题老师。

本书的编写是电路基础精品课程建设的一部分,不足之处在所难免,恳请广大读者批评赐教。

编 者

2009年5月

于西安电子科技大学

目 录

第 1 章 电路的基本规律	1
1.1 教学基本要求	1
1.2 教学知识点归纳	1
1.2.1 电路变量	1
1.2.2 基尔霍夫定律(KL)	2
1.2.3 电阻电路元件	2
1.2.4 电路等效	4
1.3 习题 1 解答	6
第 2 章 电阻电路分析	32
2.1 教学基本要求	32
2.2 教学知识点归纳	32
2.2.1 电路方程分析法	32
2.2.2 电路定理	33
2.3 习题 2 解答	35
第 3 章 动态电路	64
3.1 教学基本要求	64
3.2 教学知识点归纳	64
3.2.1 基本动态元件	64
3.2.2 一阶动态电路分析	65
3.2.3 全响应的分解	65
3.2.4 阶跃函数与阶跃响应	66
3.2.5 二阶电路的零输入响应	66
3.3 习题 3 解答	66
第 4 章 正弦稳态分析	103
4.1 教学基本要求	103
4.2 教学知识点归纳	103
4.2.1 正弦量与相量	103
4.2.2 电路定律的相量形式	104
4.2.3 阻抗与导纳	104
4.2.4 正弦稳态电路的计算	105
4.2.5 正弦稳态电路的功率	105
4.2.6 功率因数的提高	107
4.2.7 多频电路的平均功率与有效值	107
4.2.8 耦合电感与理想变压器	107

4.2.9 对称三相电路	108
4.3 习题4解答	109
第5章 电路的频率响应和谐振现象	147
5.1 教学基本要求	147
5.2 教学知识点归纳	147
5.2.1 网络函数与频率响应	147
5.2.2 RLC 电路的谐振	148
5.3 习题5解答	149
第6章 二端口电路	170
6.1 教学基本要求	170
6.2 教学知识点归纳	170
6.2.1 二端口电路的参数方程	170
6.2.2 二端口电路的连接	171
6.2.3 端接二端口电路的网络函数	171
6.3 习题6解答	172
第7章 非线性电路	192
7.1 教学基本要求	192
7.2 教学知识点归纳	192
7.2.1 非线性元件	192
7.2.2 非线性电路的分析方法	192
7.3 习题7解答	193
第8章 “电路”课程各类考试真题及参考答案	208
8.1 期中考试试题	208
8.1.1 2008 年电路期中考试试题	208
8.1.2 2008 年电路期中考试试题参考答案	210
8.1.3 2007 年电路期中考试试题	211
8.1.4 2007 年电路期中考试试题参考答案	214
8.1.5 2006 年电路期中考试试题	215
8.1.6 2006 年电路期中考试试题参考答案	217
8.2 期末考试试题	218
8.2.1 2008 年电路期末考试试题	218
8.2.2 2008 年电路期末考试试题参考答案	222
8.2.3 2007 年电路期末考试试题	223
8.2.4 2007 年电路期末考试试题参考答案	227
8.2.5 2006 年电路期末考试试题	227
8.2.6 2006 年电路期末考试试题参考答案	231
8.3 硕士研究生入学考试试题	232
8.3.1 2009 年硕士研究生入学电路部分考试试题	232
8.3.2 2009 年硕士研究生入学电路部分考试试题参考答案	234
8.3.3 2008 年硕士研究生入学电路部分考试试题	235
8.3.4 2008 年硕士研究生入学电路部分考试试题参考答案	237
8.3.5 2007 年硕士研究生入学电路部分考试试题	238

8.3.6	2007 年硕士研究生入学电路部分考试试题参考答案	240
8.3.7	2009 年工程硕士研究生入学电路部分考试试题	240
8.3.8	2009 年工程硕士研究生入学电路部分考试试题参考答案	243
参考文献		244

第 1 章 电路的基本规律

1.1 教学基本要求

- (1) 建立电路模型的概念，了解集中化假设条件。
- (2) 掌握电压、电流、功率和能量的概念，深刻理解电压、电流参考方向的含义。
- (3) 熟练掌握和灵活运用基尔霍夫定律和欧姆定律。
- (4) 理解电压源、电流源及受控源的概念。
- (5) 深刻理解电路等效的概念。熟练掌握串、并联电阻电路的计算，以及含源电阻电路的等效变换。了解 Y 形电路与△形电路的等效变换。
- (6) 掌握含理想运算放大器电路的分析。
- (7) 理解线性和非线性概念，了解时变与非时变、有源与无源的概念。

1.2 教学知识点归纳

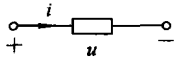
1.2.1 电路变量

电压和电流是电路中的两个基本变量，功率和能量是两个辅助变量。其定义和关系如表 1-1 所示。

表 1-1 电 路 变 量

	电 压	电 流	功 率	能 量
定义	$u = \frac{dw}{dq}$	$i = \frac{dq}{dt}$	$p = \frac{dw}{dt}$	$w = \int_{-\infty}^t p(\tau) d\tau$
单位	V(伏)	A(安)	W(瓦)	J(焦)
实际 方向	高电位为“+”极， 低电位为“-”极	正电荷运动的方向		

续表

	电 压	电 流	功 率	能 量
参考方向	预先假定的电位降方向	预先假定的正电荷运动的方向		
关联参考方向	参考方向可任意假定。一般电压与电流取关联参考方向，如下图所示： 		电压与电流参考方向关联时，元件吸收功率为 $p=ui$ ；取非关联参考方向时，元件吸收功率为 $p=-ui$	

1.2.2 基尔霍夫定律(KL)

基尔霍夫定律是分析一切集中参数电路的根本依据。一些重要的电路定理和电路分析方法都是由其推导归纳出来的。判断一个电路是否为集中参数电路可运用集中化假设条件：对实际电路，当其各向尺寸 l 远小于电路工作波长 λ 时，即可认为电路中的电磁现象集中到空间的一点，该电路可按集中参数电路处理。表 1-2 给出了基尔霍夫定律的内容和应用范围。

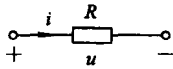
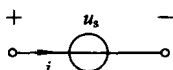
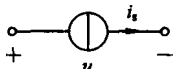
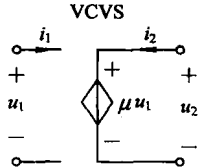
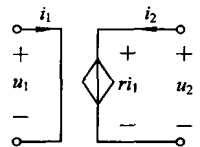
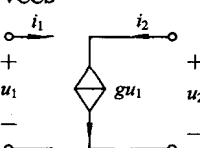
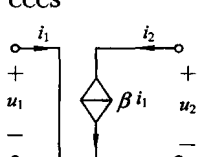
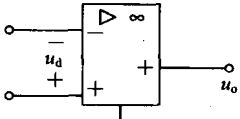
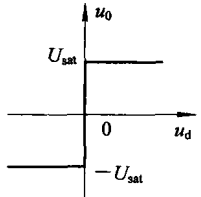
表 1-2 基尔霍夫定律

	基尔霍夫电流定律(KCL)	基尔霍夫电压定律(KVL)
内容	对于集中参数电路中的任一节点，在任一时刻，流出(或流入)该节点的所有支路电流的代数和等于零	对于集中参数电路中的任一回路，在任一时刻，沿回路指定的绕行方向，所有支路电压的代数和等于零
方程	KCL 方程： $\sum i_k = 0$	KVL 方程： $\sum u_k = 0$
物理基础	电荷守恒原理	能量守恒原理
应用范围	既可用于集中参数电路中的一个节点，也可用于一个闭合曲面(广义节点)	可用于集中参数电路中的任意闭合路径

1.2.3 电阻电路元件

电阻电路元件一般包括电阻元件、独立电源、受控电源、运算放大器等等。表 1-3 归纳出元件的定义和特性。

表 1-3 电阻电路元件的定义和特性

	定 义	图形符号	伏安关系 (VAR)	备 注
(线 性 非 时 变) 电 阻	伏安特性曲线是一 条通过坐标原点的直 线, 且直线斜率为 常量		欧姆定律 $u = Ri$ 或 $i = Gu$ R 的单位: Ω (欧) G 的单位: S (西)	消耗功率 $p = Ri^2 = Gu^2$ 特例: 短路 $R = 0$; 开路 $G = 0$
电压源	能独立对外电路提 供指定的电压, 而与 流过的电流无关		$u = u_s$ $i = \text{任意值}$	当 $u_s = 0$ 时, 电压 源等效为短路
电流源	能独立对外电路提 供指定的电流, 而与 其端电压无关		$i = i_s$ $u = \text{任意值}$	当 $i_s = 0$ 时, 电流 源等效为开路
受控电压 源 (电压 控制电压 源 VCVS 和电流控 制电压源 CCVS)	其电压受其它电压 或电流控制的电压源	VCVS 	$i_1 = 0$ $u_2 = \mu u_1$ $i_2 = \text{任意值}$	(1) 受控源与独立 源有着本质的区别, 本身不能独立对外电 路提供能量。 (2) 受控电压源被 控支路的电压不受该 支路电流的影响, 这 点与电压源相同。受 控电流源被控支路的 电流不受该支路端电 压的影响, 这点与电 流源相同。 (3) 受控源通常用 来描述电子器件中受 控的物理现象
		CCVS 	$u_1 = 0$ $u_2 = r i_1$ $i_2 = \text{任意值}$	
受控电流 源 (电压 控制电流 源 VCCS 和电流控 制电流源 CCCS)	其电流受其它电压 或电流控制的电流源	VCCS 	$i_1 = 0$ $i_2 = g u_1$ $u_2 = \text{任意值}$	
		CCCS 	$u_1 = 0$ $i_2 = \beta i_1$ $u_2 = \text{任意值}$	
理想 运放	输入电阻为 ∞ , 输 出电阻为 0, 开环增 益为 ∞ 的运算放大器			工作在线性区的理 想运放, 其输出电压 不能超出饱和电压 U_{sat} , 即 $ u_o \leq U_{sat}$ 。 此时, 理想运放具有 两个重要特性: 虚断 和虚短。运用这种特 性可大大简化含运放 电路的分析

重点提示

(1) 掌握电流、电压变量,重点是参考方向。分析电路时用到的电流和电压,一定要在电路图上设出参考方向,否则将无法列出 KCL、KVL 方程。列写 KVL 方程时,注意回路绕行方向与电压参考方向之间的关系。

(2) 准确判断二端电路上电压、电流参考方向是否关联,对列写元件伏安关系及功率计算至关重要。

(3) 正确判断有源元件和无源元件。一个二端元件(或电路),如果在任意时刻,元件(或电路)吸收的能量 $w(t) \geq 0$,则称该元件(或电路)是无源的,否则称其为有源的。电阻是无源元件,而电源(包括独立源和受控源)是有源元件。

1.2.4 电路等效

电路等效的概念在电路理论中极其重要。对结构、元件参数完全不同的两部分电路 B 和 C,如图 1-1 所示。

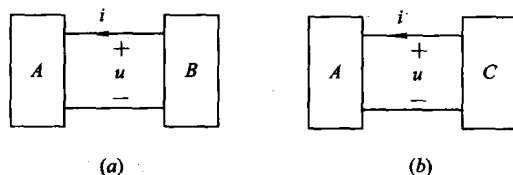
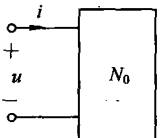


图 1-1 电路等效的概念

若 B 和 C 具有完全相同的端口电压电流关系(VCR),则称 B 和 C 是端口等效的,或称 B 和 C 互为等效电路。

相等效的电路 B 和 C 在电路中可相互替换,替换前后,对任意外电路 A 中电压、电流、功率是等效的(保持不变)。等效的目的是简化电路的分析和计算。表 1-4 列出了电阻的一些常用等效变换关系,表 1-5 列出了电源的一些常用等效变换关系。受控源也可以用这些电源等效关系。

表 1-4 电阻的等效

	形 式	特点与等效条件
等效电阻定义	对不含独立源的二端电路 N_0, 如图所示, 其等效电阻为 $R_{eq} = \frac{u}{i}$ 	(1) 当 N_0 中仅含电阻时, 等效电阻 R_{eq} 可用电阻串联、并联或 Y-Δ 变换等化简的方法求得。 (2) 当 N_0 中含有受控源时, 需采用外施电源法。此时, 等效电阻 R_{eq} 可能为正值, 也可能为负值, 也可能为零

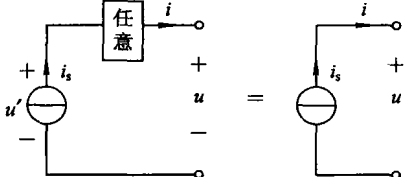
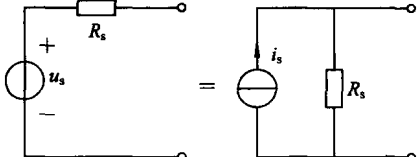
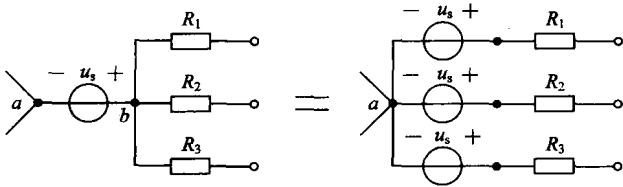
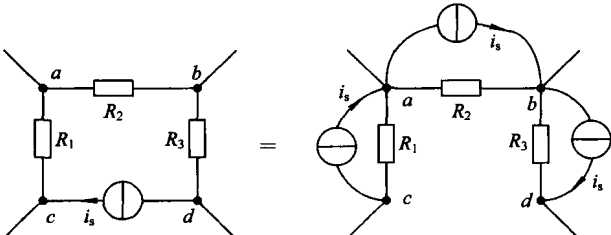
续表

	形 式	特点与等效条件
电阻串联		(1) 流经各电阻的电流相同； (2) 等效电阻：$R_{eq} = R_1 + R_2$ (3) 分压公式： $u_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u, u_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} u$ (4) 功率关系：$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1}{R_2}$
电阻并联		(1) 各电阻的端电压相同； (2) 等效电阻：$R_{eq} = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ (3) 分流公式： $i_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} i, i_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} i$ (4) 功率关系：$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_2}{R_1}$
Y形与△形等效		$R_i = \frac{\triangle \text{形中与节点 } i \text{ 相连两电阻之积}}{\triangle \text{形中三电阻之和}}$ $R_{ij} = \frac{\text{Y形中两两电阻乘积之和}}{\text{Y形中节点 } i、j \text{ 不连的电阻}}$ 当 $R_1 = R_2 = R_3 = R_Y$ 时，$R_{12} = R_{13} = R_{23} = R_\Delta$，且 $R_\Delta = 3R_Y$

表 1-5 电源的等效

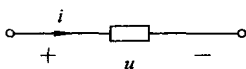
	形 式	等效条件
电压源串联		$u_s = u_{s1} + u_{s2}$
电流源并联		$i_s = i_{s1} + i_{s2}$
电压源并联任意元件		$u = u_s$ $i \neq i'$

续表

	形 式	等效条件
电流源 串联任意 元件		$i = i_s$ $u \neq u'$
电源模 型互换		$u_s = R_s i_s$ 注意电压源和电流源的方向
无伴电 压源转移		
无伴电 流源转移		

1.3 习题 1 解答

1-1 题 1-1 图是电路中的一条支路，其电流、电压参考方向如图所示。



题 1-1 图

- (1) 如 $i = 2 \text{ A}$, $u = 4 \text{ V}$, 求元件吸收的功率;
- (2) 如 $i = 2 \text{ mA}$, $u = -5 \text{ mV}$, 求元件吸收的功率;
- (3) 如 $i = 2.5 \text{ mA}$, 元件吸收的功率 $P = 10 \text{ mW}$, 求电压 u ;
- (4) 如 $u = -200 \text{ V}$, 元件吸收的功率 $P = 12 \text{ kW}$, 求电流 i 。

解 由于 u 与 i 参考方向关联, 故元件吸收的功率 $P = ui$ 。

- (1) 元件吸收的功率

$$P=ui=8\text{ W}$$

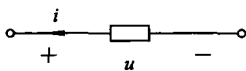
(2) 元件吸收的功率

$$P=ui=-10\text{ }\mu\text{W}$$

$$(3) \quad u=\frac{P}{i}=4\text{ V}$$

$$(4) \quad i=\frac{P}{u}=-60\text{ A}$$

1-2 题 1-2 图是电路中的一条支路，其电流、电压参考方向如图所示。



题 1-2 图

(1) 如 $i=2\text{ A}$, $u=3\text{ V}$, 求元件发出的功率;

(2) 如 $i=2\text{ mA}$, $u=5\text{ V}$, 求元件发出的功率;

(3) 如 $i=-4\text{ A}$, 元件发出的功率为 20 W , 求电压 u ;

(4) 如 $u=400\text{ V}$, 元件发出的功率为 -8 kW , 求电流 i 。

解 由于 u 与 i 参考方向关联, 故元件发出的功率 $P_{\text{发}}=ui$ 。

$$(1) P_{\text{发}}=ui=6\text{ W}$$

$$(2) P_{\text{发}}=ui=10\text{ mW}$$

$$(3) u=\frac{P_{\text{发}}}{i}=-5\text{ V}$$

$$(4) i=\frac{P_{\text{发}}}{u}=-20\text{ A}$$

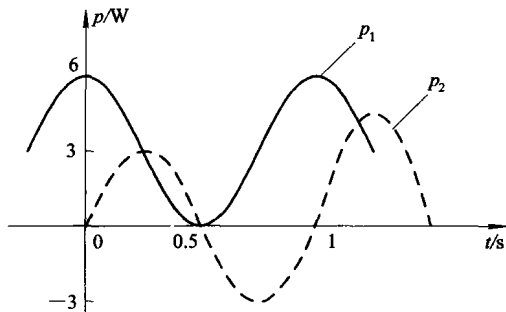
1-3 如某支路的电流、电压为关联参考方向, 分别求下列情况的功率, 并画出功率与时间关系的波形;

(1) 如 $u=3\cos\pi t\text{ V}$, $i=2\cos\pi t\text{ A}$;

(2) 如 $u=3\cos\pi t\text{ V}$, $i=2\sin\pi t\text{ A}$ 。

解 由于 u 与 i 参考方向关联, 故元件吸收功率 $p=ui$ 。

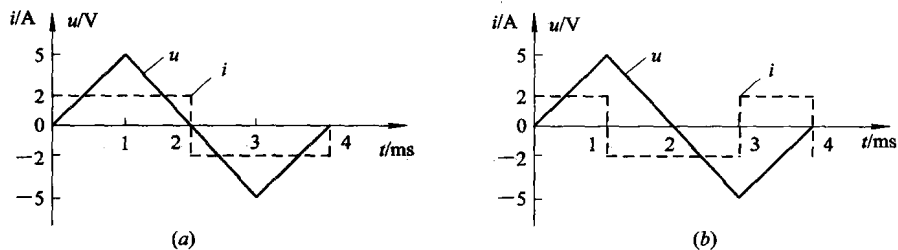
(1) $p_1=ui=6(\cos\pi t)^2=3+3\cos 2\pi t\text{ W}$, 波形如题 1-3 解图实线所示;



题 1-3 解图

(2) $p_2 = ui = 6 \cos \pi t \sin \pi t = 3 \sin 2\pi t \text{ W}$, 波形如题 1-3 解图虚线所示。

1-4 某支路电流、电压为关联参考方向, 其波形如题 1-4 图(a)和(b)所示。分别画出其功率和能量的波形(设 $t=0$ 时, 能量 $w(0)=0$)。



题 1-4 图

解 下面求解中, 时间 t 的单位为 ms, 未标示时间区间 u 、 i 、 p 、 w 的取值均为 0。

图(a): 由图(a)可写出 u 与 i 的表达式为

$$u = \begin{cases} 5t \text{ V} & 0 < t \leq 1 \\ -5t + 10 \text{ V} & 1 < t \leq 3, \\ 5t - 20 \text{ V} & 3 < t \leq 4 \end{cases}$$

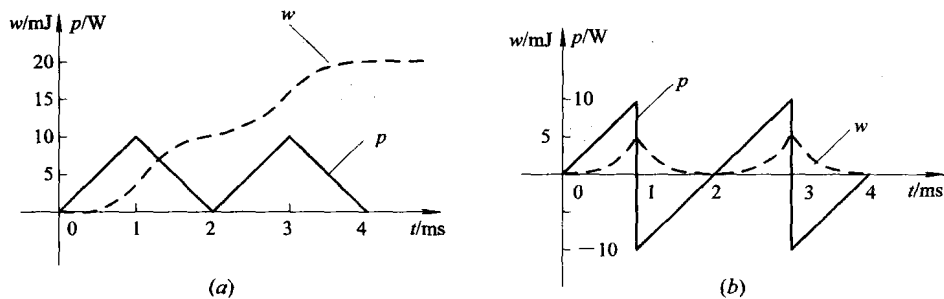
$$i = \begin{cases} 2 \text{ A} & 0 < t < 2 \\ -2 \text{ A} & 2 < t < 4 \end{cases}$$

故该支路的功率与能量为

$$p = \begin{cases} 10t \text{ W} & 0 < t \leq 1 \\ -10t + 20 \text{ W} & 1 < t \leq 2 \\ 10t - 20 \text{ W} & 2 < t \leq 3 \\ -10t + 40 \text{ W} & 3 < t \leq 4 \end{cases}$$

$$w = \int_{-\infty}^t p(\tau) d\tau = \begin{cases} 5t^2 \text{ mJ} & 0 < t \leq 1 \\ -5t^2 + 20t - 10 \text{ mJ} & 1 < t \leq 2 \\ 5t^2 - 20t + 30 \text{ mJ} & 2 < t \leq 3 \\ -5t^2 + 40t - 60 \text{ mJ} & 3 < t \leq 4 \\ 20 \text{ mJ} & t > 4 \end{cases}$$

功率和能量的波形如题 1-4 解图(a)所示。



题 1-4 解图

图(b): 由图(b)可写出 u 与 i 的表达式为

$$u = \begin{cases} 5t \text{ V} & 0 < t \leq 1 \\ -5t + 10 \text{ V} & 1 < t \leq 3 \\ 5t - 20 \text{ V} & 3 < t \leq 4 \end{cases}$$

$$i = \begin{cases} 2 \text{ A} & 0 < t < 1 \\ -2 \text{ A} & 1 < t < 3 \\ 2 \text{ A} & 3 < t < 4 \end{cases}$$

故该支路的功率与能量为

$$p = \begin{cases} 10t \text{ W} & 0 < t \leq 1 \\ 10t - 20 \text{ W} & 1 < t \leq 3 \\ 10t - 40 \text{ W} & 3 < t \leq 4 \end{cases}$$

$$w = \int_{-\infty}^t p(\tau) d\tau = \begin{cases} 5t^2 \text{ mJ} & 0 < t \leq 1 \\ 5t^2 - 20t + 20 \text{ mJ} & 1 < t \leq 3 \\ 5t^2 - 40t + 80 \text{ mJ} & 3 < t \leq 4 \end{cases}$$

功率和能量的波形如题 1-4 解图(b)所示。

1-5 如题 1-5 图所示的电路, 若已知元件 C 发出功率为 20 W, 求元件 A 和 B 吸收的功率。

解 设电压 U_A 和电流 I 如题 1-5 解图所示, 则有

$$P_{C\text{发}} = 10I = 20 \text{ W}$$

解得

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

故

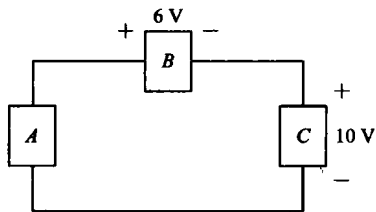
$$P_{B\text{吸}} = -6I = -12 \text{ W}$$

由于

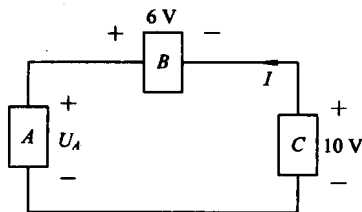
$$U_A = 6 + 10 = 16 \text{ V}$$

所以

$$P_{A\text{吸}} = U_A I = 16 \times 2 = 32 \text{ W}$$



题 1-5 图



题 1-5 解图

1-6 如题 1-6 图所示的电路, 若已知元件 A 吸收功率为 20 W, 求元件 B 和 C 吸收的功率。

解 $P_{C\text{吸}} = -5 \times (-3) = 15 \text{ W}$

设电压 U_A 和 U_B 如题 1-6 解图所示, 则有

$$P_{A\text{吸}} = 2U_A = 20 \text{ W}$$

解得

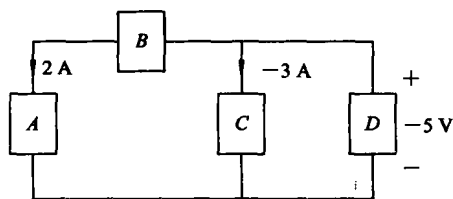
$$U_A = 10 \text{ V}$$

由于

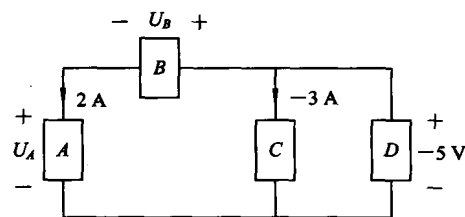
$$U_B = -5 - U_A = -15 \text{ V}$$

故

$$P_{B\text{吸}} = 2U_B = 2 \times (-15) = -30 \text{ W}$$

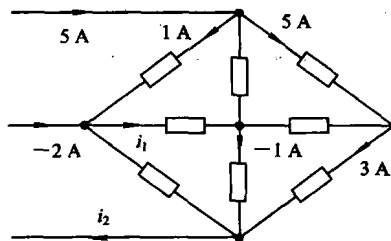


题 1-6 图



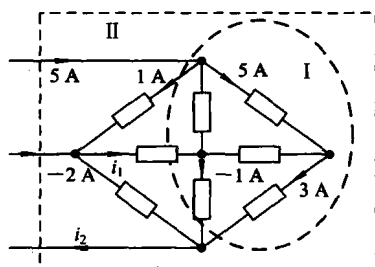
题 1-6 解图

1-7 如题 1-7 图所示的电路, 求电流 i_1 和 i_2 。



题 1-7 图

解 对题 1-7 图加虚线方框和圆形框, 并设它们分别为广义节点 II 和 I, 如题 1-7 解图所示。



题 1-7 解图

对广义节点 I, 利用 KCL 有

$$5 + i_1 = 1 + (-1) + 3$$