

高等学校教学参考书

电路原理(第2版) 教学指导书

彭扬烈 主编



高等教育出版社

电 路 原 理

(第2版)

教学指导书

彭扬烈 主编

高等教育出版社

内 容 提 要

本书是与周守昌主编的《电路原理》(第2版)配套的教学指导书,各章的排列次序、标题均与教材相同。每章均由三部分组成,第一部分为重点、难点及学习指导,其中概括性地叙述了各章的基本内容和解题方法,并根据教学实践指出了学习中应注意的问题,帮助读者掌握重点、理解难点、系统深入地掌握教材内容。第二部分内容为节后练习题解答,第三部分内容为章后习题解答,全书共有532题(含教材全部练习题和习题),每一个习题解答都有解题过程、解题思路、依据和结果,少数题还给出了不同的解法,有利于读者掌握电路的基本理论、基本概念和解题方法。书末附有模拟试题及答案。

本书可供讲授、学习电路课程的师生作为教学参考书使用,也可供准备硕士研究生入学考试的考生作为辅导书使用。

图书在版编目(CIP)数据

电路原理(第2版)教学指导书/彭扬烈主编. —北京:高等教育出版社,2004.7
ISBN 7-04-014533-2

I.电... II.彭... 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(2004)第053373号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-82028899		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	国防工业出版社印刷厂		
开 本	787×960 1/16	版 次	2004年7月 第1版
印 张	31	印 次	2004年7月 第1次印刷
字 数	580 000	定 价	38.30元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

序 言

本书是周守昌教授主编的《电路原理》(第2版)的辅助教材,各章的排列次序、标题均与教材相同。每章均由三部分组成,第一部分为重点、难点及学习指导,其中概括性地叙述了各章的基本内容和解题方法,并根据教学实践指出了学习中应注意的问题,希望能帮助读者掌握重点、理解难点、系统深入地掌握教材内容。第二部分内容为节后练习题解答,第三部分内容为章后习题解答,全书共有532题(含教材全部练习题和习题),每一个习题解答都有解题过程、解题思路、依据和结果,少数题还给出了不同的解法,有利于读者掌握电路的基本理论、基本概念和解题方法。

本书末的附录A为六套模拟试题,其中模拟试题一、三是教材上册学完后,本科生期末考试的模拟试题;模拟试题二、四是教材下册学完后本科生考试的模拟试题;模拟试题五、六是硕士研究生入学考试模拟试题。附录B为模拟试题答案。

本书对从事电路原理课程教学的有关人员、自学该课程的读者及报考电气、信息类专业研究生的人员都具有重要的参考价值。对于正在学习电路原理课程的在校学生,在独立完成作业的基础上,参照本书对照检查可提高学习效果。本书也可作为学习其他版本的电路理论教材的参考书。

本书上册第一、二、八章和附录由李新执笔,第三、四章由谢品芳执笔,第五、六、七、九、十章由李盛才执笔,下册第一、二、四章和附录A、附录B由彭扬烈执笔,第三、五、六章由谢品芳执笔。全书由彭扬烈统稿、修改定稿,谢品芳负责大部分书稿的绘图和打印工作。

本书由重庆大学周守昌教授仔细审阅,并提出了许多宝贵的意见,谨在此表示衷心的感谢。

本书的立项、编写和出版都得到重庆大学电气工程学院、电工理论与新技术系及周守昌教授的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

本书受编者水平限制,加之时间仓促,难免有不妥之处,欢迎读者批评指正。

彭扬烈

2004年3月

目 录

上 册

第一章 基尔霍夫定律和电阻元件	1
第一部分 重点、难点及学习指导	1
第二部分 练习题解答	5
第三部分 习题解答	12
第二章 电阻电路的分析	30
第一部分 重点、难点及学习指导	30
第二部分 练习题解答	38
第三部分 习题解答	54
第三章 动态元件和动态电路导论	88
第一部分 重点、难点及学习指导	88
第二部分 练习题解答	90
第三部分 习题解答	96
第四章 一阶电路和二阶电路	113
第一部分 重点、难点及学习指导	113
第二部分 练习题解答	115
第三部分 习题解答	121
第五章 正弦电流电路导论	155
第一部分 重点、难点及学习指导	155
第二部分 练习题解答	161
第三部分 习题解答	173
第六章 正弦电流电路的分析	189
第一部分 重点、难点及学习指导	189

第二部分	练习题解答	195
第三部分	习题解答	208
第七章	三相电路的分析	230
第一部分	重点、难点及学习指导	230
第二部分	练习题解答	232
第三部分	习题解答	236
第八章	非正弦周期电流电路的分析	245
第一部分	重点、难点及学习指导	245
第二部分	练习题解答	247
第三部分	习题解答	257
第九章	拉普拉斯变换	273
第一部分	重点、难点及学习指导	273
第二部分	练习题解答	276
第三部分	习题解答	281
第十章	电路的复频域分析	290
第一部分	重点、难点及学习指导	290
第二部分	练习题解答	294
第三部分	习题解答	301
附录	非线性电阻电路	323
第一部分	重点、难点及学习指导	323
第二部分	练习题解答	323
第三部分	习题解答	326

下 册

第一章	网络图论	329
第一部分	重点、难点及学习指导	329
第二部分	练习题解答	331
第三部分	习题解答	336

第二章 网络方程的矩阵形式	342
第一部分 重点、难点及学习指导	342
第二部分 练习题解答.....	345
第三部分 习题解答.....	352
第三章 网络的状态方程	378
第一部分 重点、难点及学习指导	378
第二部分 练习题解答.....	379
第三部分 习题解答.....	380
第四章 二端口网络	397
第一部分 重点、难点及学习指导	397
第二部分 练习题解答.....	402
第三部分 习题解答.....	412
第五章 均匀传输线的正弦稳态响应	440
第一部分 重点、难点及学习指导	440
第二部分 练习题解答.....	445
第三部分 习题解答.....	449
第六章 无损耗均匀传输线的波过程	460
第一部分 重点、难点及学习指导	460
第二部分 练习题解答.....	462
第三部分 习题解答.....	466
附录 A 模拟试题	472
附录 B 模拟试题答案	482

上

册

第一章 基尔霍夫定律和电阻元件

第一部分 重点、难点及学习指导

1-1 电流与电压的参考方向

电流的实际方向是正电荷运动的方向,电流的参考方向则是任意假设的。当假设的参考方向与实际方向相同时,电流数值为正;相反时,电流数值为负。

电压的实际方向是由高电位点指向低电位点,电压的参考方向则是任意假设的。当假设的电压参考方向与实际方向相同时,电压的数值为正;相反时,电压数值为负。

在电路分析中,一般讲电流、电压的方向都是指参考方向,在解电路时必须先假设支路电流(或电压)参考方向,且参考方向一经设定,在计算过程中不得任意改变。

当一条支路的电流 i 和电压 u 的参考方向一致时,则 $p = u \cdot i$ 为支路吸收功率,当 p 值为正时,支路实际吸收功率;当 p 值为负时,支路吸收负功率,即实际

是发出功率。

当一条支路的电流 i 和电压 u 的参考方向相反时, 则 $p = u \cdot i$ 为支路发出功率, 当 p 值为正时, 支路实际发出功率; 当 p 值为负时, 支路发出负功率, 即实际是吸收功率。

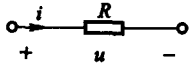
1-2 两类约束关系

分析电路必须遵循两类约束关系, 即基尔霍夫定律和电路元件方程。

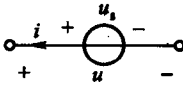
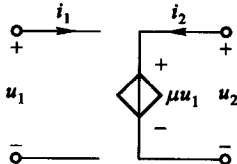
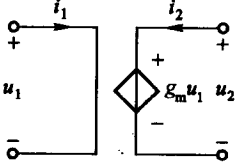
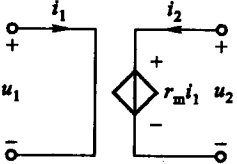
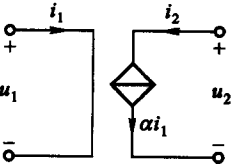
1. 基尔霍夫定律

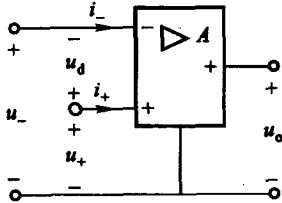
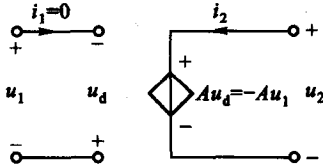
名 称	文字表达	数学式表达	注意事项	使用范围	物理实质
基尔霍夫定律	基尔霍夫电流定律 KCL 对于集中参数电路中的任何一个节点而言, 在任一瞬时, 流出(或流入)此节点的电流的代数和恒等于零	$\sum i(t) = 0$	如果从某节点流出的支路电流为正, 则流入的电流为负	集中参数电路中任一节点或广义节点	电流连续性或电荷守恒性的体现
	基尔霍夫电压定律 KVL 在集中参数电路的任何一个回路中, 任一瞬时, 沿着任意选定的回路参考方向计算, 各支路电压的代数和恒等于零	$\sum u(t) = 0$	支路电压参考方向与回路参考方向一致时电压为正, 否则为负	集中参数电路中任一回路或假想回路	电位单值性的体现

2. 电路元件方程

元件名称	元件符号	元件方程	功 率	特 例	备 注
电阻元件		$u = Ri$ $i = Gu$	吸收功率为 $p = u \cdot i = Ri^2$ $= Gu^2$ (u, i 参考方向一致)	① $R \rightarrow 0$ 时为短路元件; ② $R \rightarrow \infty$ 时为开路元件	若电阻元件的 u 和 i 的参考方向相反, 则元件方程为 $u = -Ri$ $i = -Gu$, 吸收功率为 $p = -u \cdot i$

续表

元件名称	元件符号	元件方程	功率	特例	备注
电压源		$u = u_s$, u 与电流 i 无关; 电流 i 由 u_s 与外电路共同决定	发出功率为 $p = u_s \cdot i$ (u_s 、 i 参考方向相反)	$u_s = 0$ 时相当于一个短路元件	电压源和电流源均是独立源, 又称激励源
电流源		$i = i_s$, i 与电压 u 无关; 电压 u 由 i_s 与外电路共同决定	发出功率为 $p = u \cdot i_s$ (u 、 i 参考方向相反)	$i_s = 0$ 时相当于一个开路元件	
电压控电压源 VCVS		$i_1 = 0$ $u_2 = \mu u_1$	吸收功率为 $p = u_2 \cdot i_2$ $= \mu u_1 i_2$ (u_2 、 i_2 参考方向一致)	控制变量为零时, 受控电压源则相当于一个短路元件	受控源与独立源的区别在于: 受控电压源的电压和受控电流源的电流均受另一支路的电压或电流 (即控制变量) 的控制
电压控电流源 VCCS		$i_1 = 0$ $i_2 = g_m u_1$	吸收功率为 $p = u_2 \cdot i_2$ $= g_m u_2 u_1$ (u_2 、 i_2 参考方向一致)	受控电流源则相当于一个开路元件	
电流控电压源 CCCS		$u_1 = 0$ $u_2 = r_m i_1$	吸收功率为 $p = u_2 \cdot i_2$ $= r_m i_1 i_2$ (u_2 、 i_2 参考方向一致)		
电流控电流源 CCCS		$u_1 = 0$ $i_2 = \alpha i_1$	吸收功率为 $p = u_2 \cdot i_2$ $= \alpha u_2 i_1$ (u_2 、 i_2 参考方向一致)		

元件名称	元件符号	元件方程	功率	特例	备注
运算放大器		有限增益运算放大器 $i_- = 0, i_+ = 0$ (称为虚断路) $u_d \neq 0$ $u_o = Au_d$ A 为有限值	在电路分析中,有限增益运算放大器常用下图 VCVS 作为模型:  吸收功率为 $p = u_2 \cdot i_2$ (u_2, i_2 参考方向一致)		
		理想运算放大器 $i_- = 0, i_+ = 0$ (称为虚断路); $u_d = 0$ (称为虚短路), $A = \infty$, u_o 由外电路确定			

1-3 支路分析法

支路分析法又分支路电流法和支路电压法,这两种方法都是直接应用 KCL、KVL 和电路元件方程建立方程求解。支路电流法的基本变量是电路中各支路的电流,支路电压法的基本变量则是电路中各支路的电压,由于支路电流法应用更为普遍,下面以 b 条支路, $n+1$ 个节点的电路为例,说明用支路电流法解题的步骤:

- (1) 设定各支路电流及其参考方向;
- (2) 对 n 个独立节点,以支路电流为变量列写 n 个 KCL 方程;
- (3) 选取 $(b - n)$ 个独立回路并规定每个回路的参考方向,应用 KVL 和元件方程建立以支路电流为变量的 $(b - n)$ 个回路方程;
- (4) 联立求解以上 b 个方程,即可得到电路中的各支路电流。

必须指出:① 如果电路中有电流源(含受控电流源),则应假设电流源(含

受控电流源)的端电压及其参考方向,在建立 KVL 方程时,此端电压必须作为未知量列入。② 电路中的受控源在列写方程时与独立源一样对待,如果控制变量不是支路电流,还应增加用支路电流表示控制变量的补充方程。

第二部分 练习题解答

1-3-1 设题 1-3-1 图中的各电压、电流分别按以下四种情况给定,试问能否满足 KCL 和 KVL?

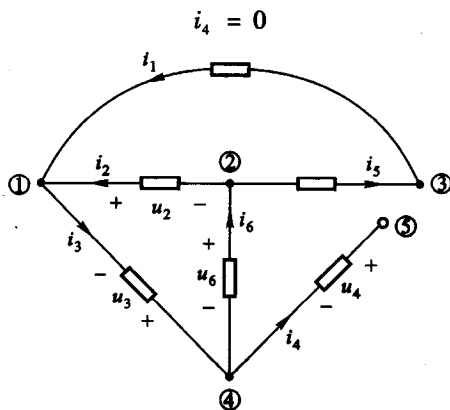
(a) $i_1 = 2 \text{ A}, i_2 = 5 \text{ A}, i_3 = -7 \text{ A}, i_4 = 10 \text{ A}, i_5 = -2 \text{ A}$

(b) $i_1 = 2\cos 3t \text{ A}, i_2 = 5\cos 3t \text{ A}, i_3 = -7\cos 3t \text{ A}, i_4 = 0 \text{ A}, i_5 = 2\cos 3t \text{ A}$

(c) $u_2 = 5 \text{ V}, u_3 = 7 \text{ V}, u_4 = 2 \text{ V}, u_6 = 2 \text{ V}$

(d) $u_2 = 5\cos 3t \text{ V}, u_3 = -7\cos 3t \text{ V}, u_6 = 2\cos\left(3t + \frac{\pi}{3}\right) \text{ V}$

解: (a) 题 1-3-1 图所示电路中节点⑤的 KCL 方程为



题 1-3-1 图

故所给数据不满足 KCL。

(b) 图示电路中节点①的 KCL 方程为

$$-i_1 - i_2 + i_3 = 0$$

可知所给数据不满足 KCL。

(c) 图示电路中回路①②④①的 KVL 方程为

$$u_2 + u_6 + u_3 = 0$$

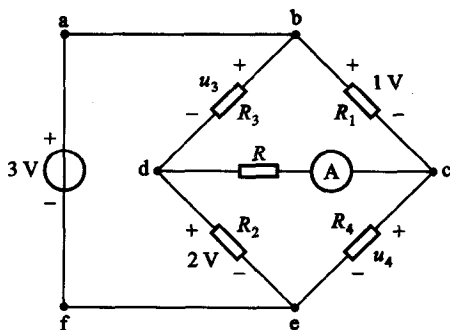
可知所给数据不满足 KVL。

(d) 所给数据不满足方程

$$u_2 + u_6 + u_3 = 0$$

故不满足 KVL。

1-3-2 题 1-3-2 图为由电阻构成的直流电桥。已知电阻 R_1 和 R_2 上的电压分别为 1 V 和 2 V, 问电阻 R 中有无电流? 并求电阻 R_3 和 R_4 上的电压 u_3 和 u_4 。



题 1-3-2 图

解: 由回路 abcefa 的 KVL 方程得

$$u_4 = (3 - 1) \text{ V} = 2 \text{ V}$$

由回路 abdefa 的 KVL 方程得

$$u_3 = (3 - 2) \text{ V} = 1 \text{ V}$$

由回路 dced 的 KVL 方程得

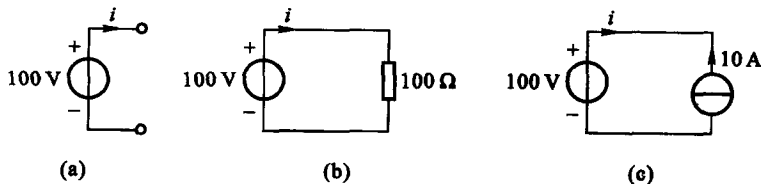
$$u_{dc} = 2 \text{ V} - u_4 = 0 \text{ V}$$

故电阻 R 中无电流流过。

1-5-1 一个 100 V 的电压源, 在开路、接上一个 100Ω 的电阻以及并联一个 10 A 的电流源(假定电流由电压源的正极性端流进)三种情况下, 将分别输出多大的电流?

解: (a) 在开路时(如解题 1-5-1 图(a)所示), 输出电流为零。

(b) 电压源接上一个 100Ω 的电阻后如解题 1-5-1 图(b)所示, 输出电流 $i = 100/100 \text{ A} = 1 \text{ A}$ 。



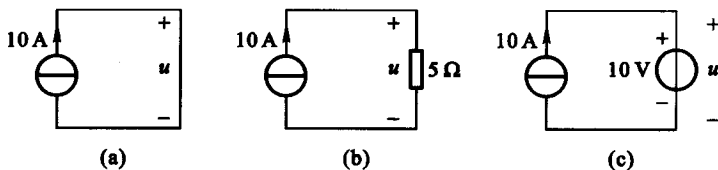
解题 1-5-1 图

(c) 电压源并联一个 10 A 的电流源后如解题 1-5-1 图(c)所示, 输出电流 $i = -10\text{ A}$ 。

1-5-2 一个 10 A 的电流源, 在短路、接上一个 $5\ \Omega$ 的电阻以及并联一个 10 V 的电压源(假定电流由电压源的正极性端流进)三种情况下, 其端电压各为多少?

解: (a) 电流源短路时如解题 1-5-2 图(a)所示, 端电压为零。

(b) 电流源接上一个 $5\ \Omega$ 的电阻后如解题 1-5-2 图(b)所示, 端电压 $u = 5 \times 10\text{ V} = 50\text{ V}$ 。



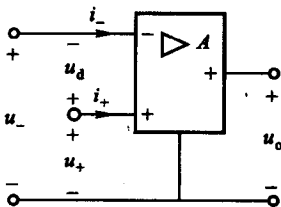
解题 1-5-2 图

(c) 电流源并联一个 10 V 电压源后如解题 1-5-2 图(c)所示, 其端电压 $u = 10\text{ V}$ 。

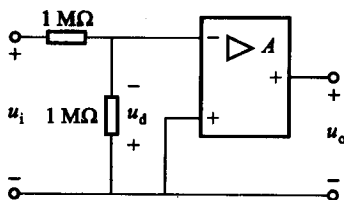
1-7-1 题 1-7-1 图所示有限增益运算放大器模型的开环电压增益 $A = 20\ 000$, 倒向输入端对地电压 $u_- = 9.1\text{ mV}$, 非倒向输入端对地电压 $u_+ = 9\text{ mV}$, 求输出电压 u_o 。

解: 输入电压为 $u_d = u_+ - u_- = -0.1 \times 10^{-3}\text{ V}$, 故输出电压 $u_o = Au_d = -2\text{ V}$ 。

1-7-2 题 1-7-2 图所示有限增益运算放大器模型的开环电压增益 $A = 10^5$, 输入电压 $u_i = 1\text{ mV}$, 求输出电压 u_o 。



题 1-7-1 图



题 1-7-2 图

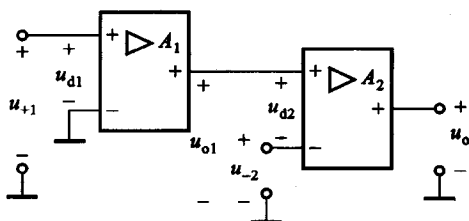
解: 考虑到有限增益运算放大器中 $i_- = 0$, u_d 可由分压求得

$$u_d = -\frac{1}{2}u_i = -0.5\text{ mV}$$

于是有输出电压 $u_o = Au_d = -50\text{ V}$ 。

1-7-3 在题 1-7-3 图所示电路中, 若 $u_{+1} = 1\text{ mV}$, $u_{-2} = 5\text{ V}$, $A_1 =$

$5\,000, A_2 = 10^4$, 试求输出电压 u_o 。设 $A_1 = 5\,001$, 其余条件不变, 重算输出电压 u_o 。



题 1-7-3 图

解: 第一个运算放大器输入电压 $u_{d1} = u_{+1} = 1\text{ mV}$, 其输出电压 $u_{o1} = A_1 \cdot u_{d1} = 5\text{ V}$ 。

第二个运算放大器输入电压 $u_{d2} = u_{o1} - u_{-2} = 0$, 故输出电压 $u_o = 0$ 。

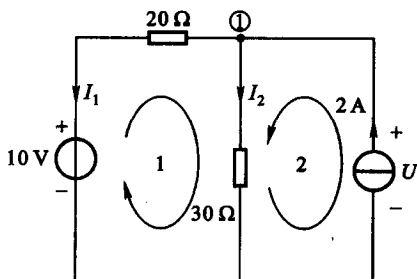
当 $A_1 = 5\,001$, 其余条件不变时, 有

$$u_{o1} = A_1 u_{d1} = 5.001\text{ V}$$

$$u_{d2} = u_{o1} - u_{-2} = 0.001\text{ V}$$

$$u_o = A_2 u_{d2} = 10\text{ V}$$

1-8-1 用支路分析法求题 1-8-1 图所示电路中的电流 I_1 和 I_2 , 并计算两电阻吸收的功率和两独立源发出的功率。



题 1-8-1 图

解: 列出节点①的电流方程和回路 1、2 的电压方程为

$$I_1 + I_2 = 2$$

$$20I_1 + 10 = 30I_2$$

$$U = 30I_2$$

解得: $I_1 = I_2 = 1\text{ A}$ $U = 30\text{ V}$

由此求得:

$$20\ \Omega \text{ 吸收功率 } P_1 = 20I_1^2 = 20\text{ W}$$

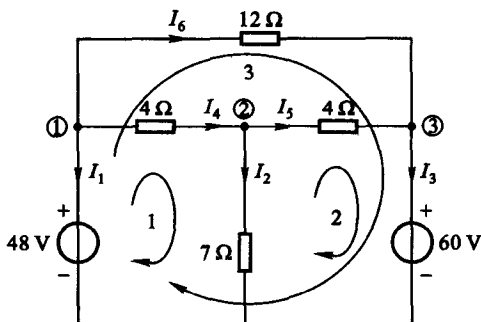
$$30\ \Omega \text{ 吸收功率 } P_2 = 30I_2^2 = 30\text{ W}$$

电压源发出功率 $P_3 = -10I_1 = -10 \text{ W}$

电流源发出功率 $P_4 = U \times 2 = 60 \text{ W}$

显然,该电路功率平衡。

1-8-2 用支路分析法列出题 1-8-2 图所示电路的独立方程组,并求出流经 12Ω 电阻支路的电流 I_6 。



题 1-8-2 图

解: 分析该电路可列出①、②、③三个节点电流方程和 1、2、3 三个回路电压方程为

$$I_1 + I_4 + I_6 = 0$$

$$I_2 - I_4 + I_5 = 0$$

$$I_3 - I_5 - I_6 = 0$$

$$4I_4 + 7I_2 = 48$$

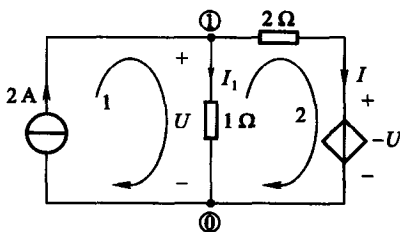
$$-7I_2 + 4I_5 = -60$$

$$12I_6 = 48 - 60$$

故

$$I_6 = \frac{-12}{12} = -1 \text{ A}$$

1-8-3 用支路分析法求题 1-8-3 图所示电路中受控电压源支路的电流 I 。



题 1-8-3 图

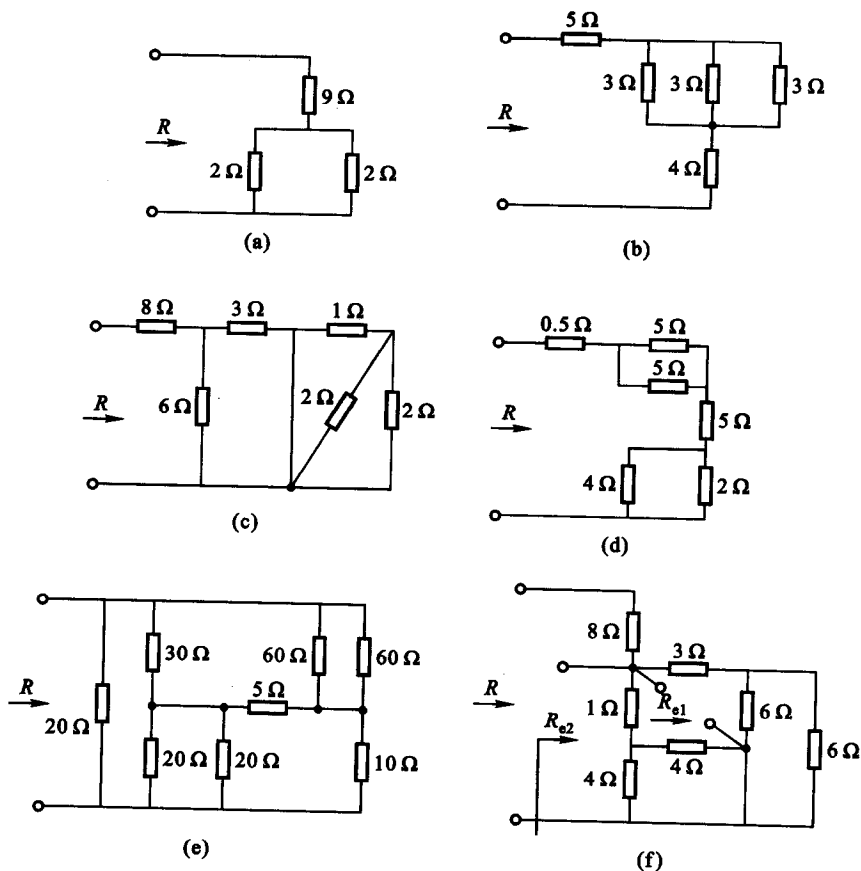
解：节点①的电流方程和回路1的电压方程分别为

$$I_1 + I = 2$$

$$-I_1 + 2I - U = 0$$

控制变量 $U = I_1$ ，解得 $I = 1 \text{ A}$ 。

1-8-4 试求题1-8-4图所示各电路的等效电阻 R 。



题1-8-4图

解：(a) $R = \left(9 + \frac{2}{2}\right) \Omega = 10 \Omega$

(b) $R = \left(5 + \frac{3}{3} + 4\right) \Omega = 10 \Omega$

(c) $R = \left(8 + \frac{3 \times 6}{3 + 6}\right) \Omega = 10 \Omega$

(d) $R = \left(0.5 + \frac{5}{2} + 5 + \frac{2 \times 4}{2 + 4}\right) \Omega = 9.33 \Omega$