

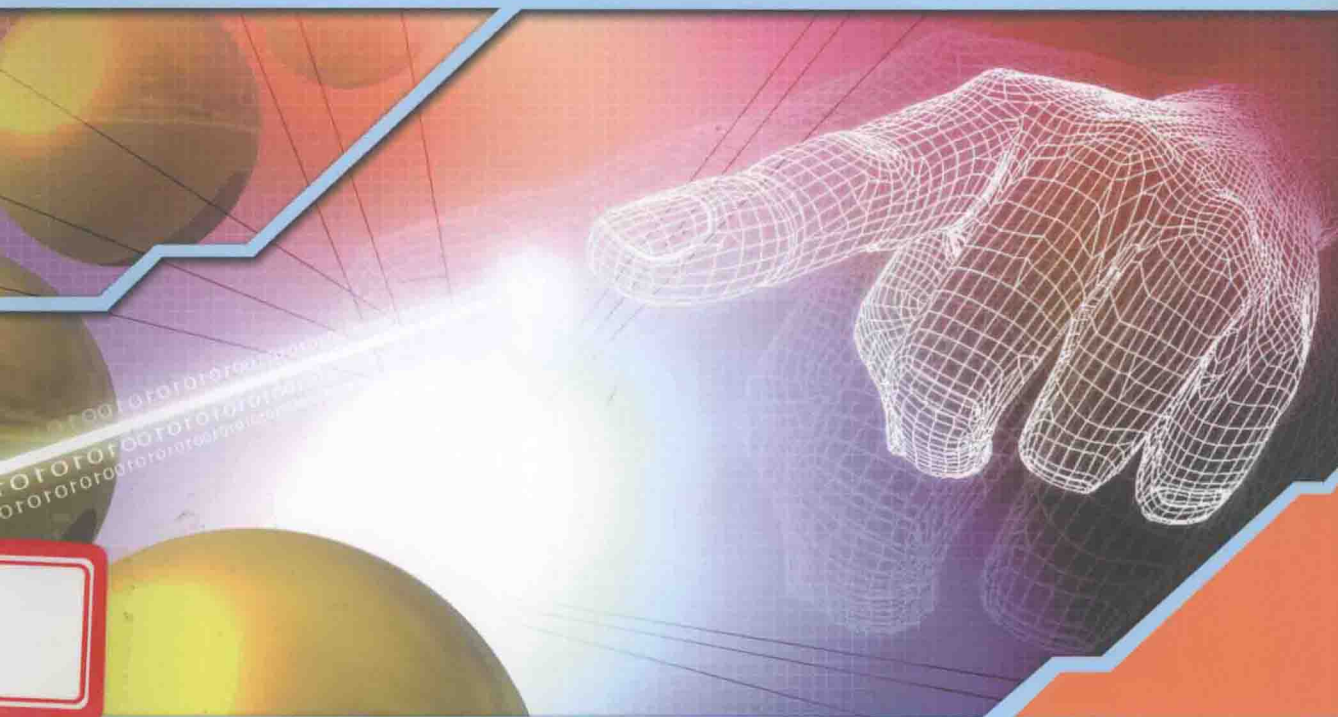


21世纪电气信息学科立体化系列教材

电路与电子学习指导

(第二版)

主编 王槐斌 吴建国 周国平



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

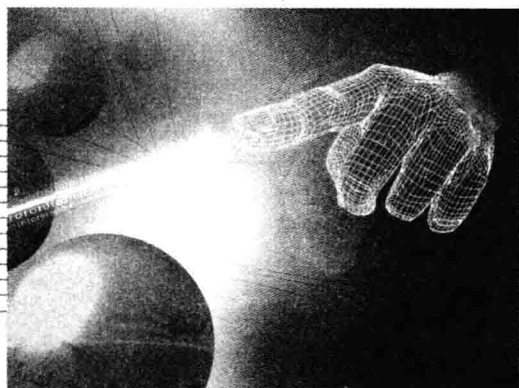


21世纪电气信息学科立体化系列教材

电路与电子学习指导

(第二版)

主 编 王槐斌 吴建国 周国平



华中科技大学出版社
(中国·武汉)

内 容 简 介

本书是和《电路与电子简明教程》(第二版)教材配套的学习指导用书。

本书的章节与教材一一对应,每章包括“重点内容提要”、“典型题详解”、“自测题”、“自测题答案”和“课后习题全解”五部分内容。对课程的知识要点和学生学习中感到困难的问题进行了系统的分析和解答。

本书可作为理工类高等院校非电类专业学生和广大自学者学习电路与电子技术类课程的辅助教材,也可作为教师备课的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电路与电子学习指导(第二版)/王槐斌 吴建国 周国平 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2010.9

ISBN 978-7-5609-4823-2

I. 电… II. ①王… ②吴… ③周… III. ①电路理论-高等学校-教学参考资料
②电子技术-高等学校-教学参考资料 IV. ①TM13 ②TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 121335 号

电路与电子学习指导(第二版)

王槐斌 吴建国 周国平 主编

策划编辑:王红梅

责任编辑:朱建丽

封面设计:秦 茹

责任校对:史燕丽

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉兴明图文信息技术有限公司

印 刷:华中科技大学印刷厂

开 本:787mm×960mm 1/16

印 张:15.75

字 数:330千字

版 次:2010年9月第2版第3次印刷

定 价:27.80元



华中师大

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

本书是和《电路与电子简明教程》(第二版)教材配套的学习指导用书,也可作为相关类课程的参考书。编写本书的目的是帮助学生掌握课程内容重点,学会分析方法,提高解题能力,检查学习效果。全书完全依照主教材的结构,以章为单位。每章设“重点内容提要”、“典型题详解”、“自测题”、“自测题答案”、“课后习题全解”五部分。其中,“重点内容提要”是对本章学习要点的归纳和总结,以帮助读者掌握教材的内容重点和知识体系;“典型题详解”深化了本章所介绍的知识和分析方法,有利于读者学习时把握重点、难点,提高解题能力;“自测题”突出了本章节的重点内容,检查读者对知识的掌握情况,读者面对自测题能做出与“自测题答案”相同的答案,证明基本掌握了相关的知识;“课后习题全解”是主教材中全部习题的解答(题号和图号与主教材完全一致),解答方法不见得是唯一的,读者也可用不同的方法求解。

本书共 12 章,张军颖、张彦、周国平、胡月华、刘琼、宋慧、吴建国、曹阳、柳利军依次编写第 1~9 章、王槐斌编写第 10~12 章。本书由王槐斌任主编,负责本书的组织和定稿。

本书在编写过程中得到了武汉科技大学电工电子基础课部的大力支持,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,书中若有错误和疏漏,恳请读者不吝指正。

编 者

2010 年 5 月



1 电路的基本定律与分析方法	(1)
1.1 重点内容提要	(1)
1.2 典型题详解	(4)
1.3 自测题	(9)
1.4 自测题答案	(10)
1.5 课后习题全解	(12)
2 电路的暂态分析	(23)
2.1 重点内容提要	(23)
2.2 典型题详解	(25)
2.3 自测题	(29)
2.4 自测题答案	(30)
2.5 课后习题全解	(32)
3 正弦交流电路	(41)
3.1 重点内容提要	(41)
3.2 典型题详解	(43)
3.3 自测题	(48)
3.4 自测题答案	(49)
3.5 课后习题全解	(51)
4 三相电路	(69)
4.1 重点内容提要	(69)
4.2 典型题详解	(70)
4.3 自测题	(73)
4.4 自测题答案	(74)
4.5 课后习题全解	(76)
5 变压器、三相异步电动机及其控制	(86)
5.1 重点内容提要	(86)

5.2	典型题详解	(89)
5.3	自测题	(94)
5.4	自测题答案	(95)
5.5	课后习题全解	(97)
6	二极管及直流稳压电路	(103)
6.1	重点内容提要	(103)
6.2	典型题详解	(107)
6.3	自测题	(112)
6.4	自测题答案	(115)
6.5	课后习题全解	(117)
7	晶体管及交流放大电路	(126)
7.1	重点内容提要	(126)
7.2	典型题详解	(137)
7.3	自测题	(141)
7.4	自测题答案	(144)
7.5	课后习题全解	(146)
8	集成运算放大器及其应用	(159)
8.1	重点内容提要	(159)
8.2	典型题详解	(164)
8.3	自测题	(168)
8.4	自测题答案	(171)
8.5	课后习题全解	(172)
9	自激振荡电路	(182)
9.1	重点内容提要	(182)
9.2	典型题详解	(184)
9.3	自测题	(187)
9.4	自测题答案	(188)
9.5	课后习题全解	(189)
10	数字电路基础	(192)
10.1	重点内容提要	(192)
10.2	典型题详解	(195)
10.3	自测题	(199)
10.4	自测题答案	(199)
10.5	课后习题全解	(201)

11 组合逻辑电路	(207)
11.1 重点内容提要	(207)
11.2 典型题详解	(209)
11.3 自测题	(212)
11.4 自测题答案	(213)
11.5 课后习题全解	(214)
12 触发器和时序逻辑电路	(221)
12.1 重点内容提要	(221)
12.2 典型题详解	(226)
12.3 自测题	(229)
12.4 自测题答案	(231)
12.5 课后习题全解	(233)
参考文献	(243)

1

电路的基本定律与分析方法

1.1 重点内容提要

1.1.1 电路的基本物理量

1. 电位

电位表示正电荷位于该点时所具有的电位能的大小。电位是一个相对的概念,是相对于参考点来说的。不确定参考点讨论电位是没有意义的。

2. 电压

电路中任意两点的电位之差就是这两点之间的电压,是表示单位正电荷从起点移到终点时电场力所做的功。某点的电位就是该点与参考点之间的电压。

3. 电动势

电动势是表示电源性质的物理量,表征电源中外力(又称为非静电力)做功的能力。

4. 电流

电流表示电荷的定向运动,习惯上把正电荷运动的方向规定为电流的(实际)正方向。

5. 电功率

电功率是单位时间内电场力所做的功。

1.1.2 电压、电动势和电流的实际方向、参考方向

1. 实际方向的规定

电压的实际方向规定为从高电位点指向低电位点,表示电位降低的方向。

电动势的实际方向规定为自电源的负极,经过电源内部指向正极,是电位升高的方向。

电流的实际方向规定为正电荷运动的方向。

2. 参考方向

参考方向又称为假定方向或正方向。分析与计算电路时,首先要标出电压、电流的参考方向。当参考方向和物理量的实际方向一致时,为正值;反之,则为负值。

3. 关联参考方向

通常对于电阻元件而言,其端电压和电流的实际方向是一致的。若设电流的参考方向与电压的参考方向一致则称为关联参考方向;若电流的参考方向与电压的参考方向不一致则称为非关联参考方向。

1.1.3 电路的基本定律

1. 欧姆定律

欧姆定律表示一段线性的纯电阻电路的端电压和电流的关系(伏安关系)。

在关联参考方向下: $U=IR$ 。

在非关联参考方向下: $U=-IR$ 。

注意:欧姆定律只适用于线性电路。

2. 基尔霍夫定律

(1) 基尔霍夫电流定律(KCL):适用于节点和任何封闭面。

$$\sum I = 0$$

(2) 基尔霍夫电压定律(KVL):适用于闭合回路和开口的回路。

$$\sum U = 0$$

注意:基尔霍夫定律不仅适用于线性电路,而且也适用于非线性电路。

1.1.4 电压源、电流源及其等效变换

(1) 多个理想电压源串联向外部电路供电时,可以用一个理想电压源等效代替。多个理想电流源并联向外部电路供电时,可以用一个理想电流源等效代替。

(2) 凡与理想电压源并联的元件(如电阻、电流源)和与理想电流源串联的元件(如电阻、电压源),对外部电路来说不起作用,均可取消。即与理想电压源并联的元件开路,与理想电流源串联的元件短路。

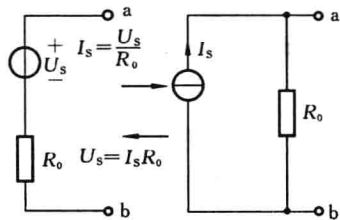


图 1.1 电压源与电流源的等效变换

(3) 电压源和电流源的等效变换如图 1.1 所示。

(4) 理想电压源和理想电流源之间不能等效变换。

1.1.5 支路电流法

支路电流法以各支路电流为求解对象,是分析计算复杂电路的基本方法。步骤如下:

- (1) 在电路中标出各支路电流和电压的参考方向;
- (2) 综观整个电路,找出节点数 n 和支路数 b ;
- (3) 根据基尔霍夫电流定律(KCL)列电流方程,方程数为 $(n-1)$;
- (4) 根据基尔霍夫电压定律(KVL)列回路电压方程,方程数为 $(b-n+1)$;
- (5) 求解联立方程组;
- (6) 用功率平衡关系验证计算结果。

1.1.6 节点电压法

节点电压法是以节点电压为未知量的电路分析方法。电路只有两个节点(a、b)时,节点电压公式为

$$U_{ab} = \frac{\sum I_s}{\sum (1/R)}$$

式中, $\sum I_s$ 为各支路电流源的代数和,流入节点 a 的电流源为正,流出节点 a 的电流源为负;分母 $\sum (1/R)$ 为与节点 a 相连的各支路电阻(含电源的内阻,但与理想电压源并联的电阻、与理想电流源串联的电阻除外)的倒数之和,各项恒为正。

注意:该节点电压公式仅适用于具有两个节点的电路。

1.1.7 叠加原理

在有多个独立电源共同作用的线性电路中,任一支路的电流(或电压)都可由电路中各个理想电源单独作用时在该支路中所产生的电流(或电压)的代数和。

一个理想电源单独作用,就是假设其他独立电源不作用,即理想电压源短路,电动势为零;理想电流源开路,电流为零。

注意:叠加原理只适用于计算线性电路,且只适用于计算电压和电流,不适用于计算功率。

1.1.8 戴维宁定理

任何一个线性有源二端网络(2个端点为 a、b),对外电路而言都可用一个等效电压源代替。等效电压源的电压 U_s 就是有源二端网络 a、b 间的开路电压 U_{ab0} ,等效电压源的内阻 R_0 等于将有源二端网络中所有电源均除去(将各个理想电压源短路、理想电流源开路)后所得到的无源二端网络 a、b 两端之间的等效电阻。

注意:戴维宁定理只适用于线性二端网络,在只需要计算复杂电路中某一支路的电

压或电流时,应用戴维宁定理十分简便。

1.2 典型题详解

例 1.1 电路如图 1.2 所示,已知 $U_{S1}=2\text{ V}$, $U_{S2}=6\text{ V}$, $I_S=2\text{ A}$, $R=R_1=R_2=R_5=1\ \Omega$, $R_3=R_4=2\ \Omega$,试用电源等效变换法求电流 I 和电压源 U_{S1} 输出的功率 P 。

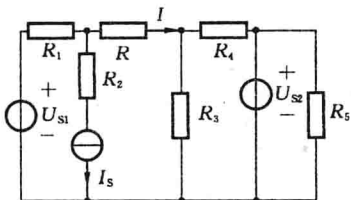


图 1.2 例 1.1 用图一

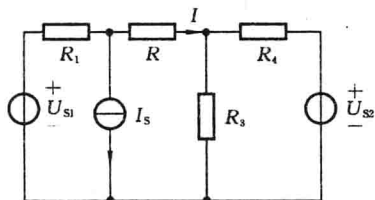
解 (1) 由电源等效变换法可知, R_2 和 R_5 可省略,故原电路可等效为图 1.3(a)所示的电路; R_1 、 R_4 分别视为 U_{S1} 、 U_{S2} 的内阻,有 $I_{S1}=U_{S1}/R_1=2\text{ A}$, $I_{S2}=U_{S2}/R_4=3\text{ A}$,可等效为图 1.3(b)所示的电路;由于 $I_{S1}=I_S=2\text{ A}$,又可等效为图 1.3(c)所示的电路;再将

电流源等效为电压源, $U_{S3}=I_{S2}(R_3//R_4)=3\text{ V}$,便等效为图 1.3(d)所示的电路,最后求得

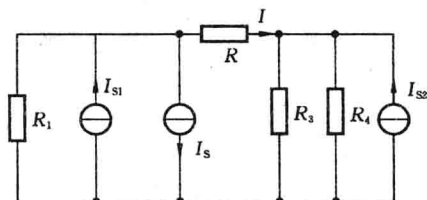
$$I = -\frac{U_{S3}}{R_1 + R + R_3 // R_4} = -1\text{ A}$$

(2) 电压源 U_{S1} 输出的功率为

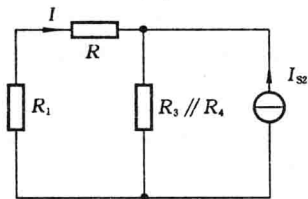
$$P = -U_{S1}(I + I_S) = -2\text{ W} \quad (\text{负值表示电源输出功率})$$



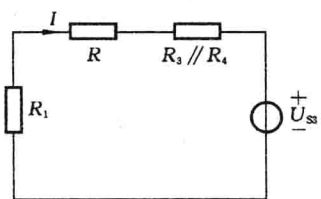
(a)



(b)



(c)



(d)

图 1.3 例 1.1 用图二

例 1.2 电路如图 1.4 所示,已知 $U_{S1}=10\text{ V}$, $U_{S2}=4\text{ V}$, $I_S=10\text{ A}$, $R_1=1\ \Omega$, $R_2=3\ \Omega$, $R_3=4\ \Omega$,试用支路电流法求各支路电流。

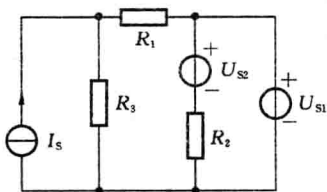


图1.4 例1.2用图一

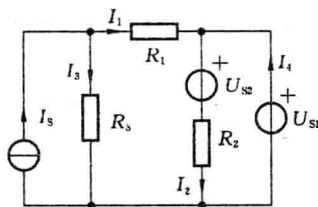


图1.5 例1.2用图二

解 设各支路电流的参考方向如图 1.5 所示。由基尔霍夫电流定律和电压定律列方程组为

$$\begin{cases} I_1 + I_3 = I_s \\ I_1 + I_4 = I_2 \\ U_{s1} - R_2 I_2 - U_{s2} = 0 \\ R_1 I_1 + U_{s1} - R_3 I_3 = 0 \end{cases}$$

代入数据,解方程组得

$$I_1 = 6 \text{ A}, \quad I_2 = 2 \text{ A}, \quad I_3 = 4 \text{ A}, \quad I_4 = -4 \text{ A}$$

例 1.3 求图 1.6 所示电路中电流 I 。

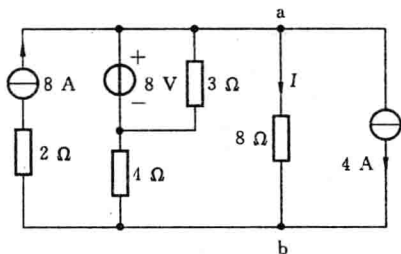


图1.6 例1.3用图一

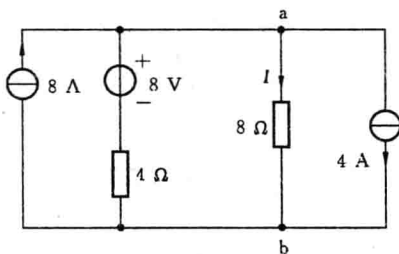


图1.7 例1.3用图二

解 因与理想电压源并联的电阻可除去(断开),与理想电流源串联的电阻可除去(短接),电路可简化为图 1.7 所示的电路。

利用节点电压公式,可得

$$U_{ab} = \frac{8 + 8/4 - 4}{1/4 + 1/8} \text{ V} = \frac{6}{3/8} \text{ V} = 16 \text{ V}$$

故有

$$I = \frac{U_{ab}}{8} = \frac{16}{8} \text{ A} = 2 \text{ A}$$

例 1.4 电路如图 1.8 所示,已知 $U_s = 24 \text{ V}$, $I_s = 2 \text{ A}$, $R_1 = R_2 = 4 \Omega$, $R_3 = R_4 = 3 \Omega$, $R_5 = 6 \Omega$,用叠加原理求电路中的电流 I 。

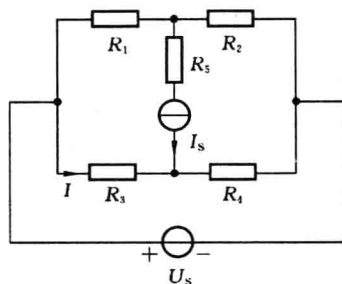


图1.8 例1.4用图一

解 当理想电压源 U_s 单独作用时, 电路如图 1.9(a) 所示, 电流

$$I' = \frac{U_s}{R_3 + R_4} = 4 \text{ A}$$

当理想电流源 I_s 单独作用时, 电路如图 1.9(b) 所示, 电流

$$I'' = I_s \times \frac{R_4}{R_3 + R_4} = 1 \text{ A}$$

由叠加原理可得

$$I = I' - I'' = 3 \text{ A}$$

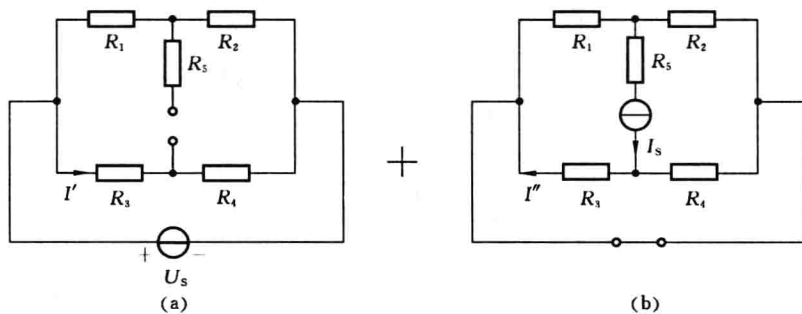


图1.9 例1.4用图二

例 1.5 电路如图 1.10 所示, 已知 $U_{s1} = 45 \text{ V}$, $I_s = 3 \text{ A}$, $R_1 = 4 \Omega$, $R_2 = 6 \Omega$, $R_3 = 12 \Omega$, $R = 4 \Omega$, 用戴维宁定理求电流 I 。

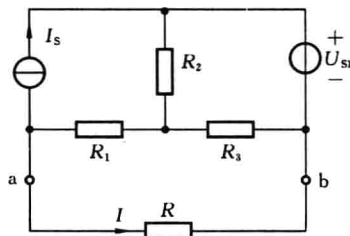


图1.10 例1.5用图一

解 等效电源的电压 U_s 可由图 1.11(a)求得

$$\begin{cases} I_2 = I_1 + I_3 = I_s + I_3 \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = U_{s1} \end{cases}$$

代入数据,解方程组得

$$I_3 = 1.5 \text{ A}$$

$$U_s = U_{s1} = -I_1 R_1 + I_3 R_3 = -I_s R_1 + I_3 R_3 = (-3 \times 4 + 1.5 \times 12) \text{ V} = 6 \text{ V}$$

等效电源的内阻 R_0 可由图 1.11(b)求得

$$R_0 = R_1 + R_2 // R_3 = (4 + 6 // 12) \Omega = 8 \Omega$$

图 1.11(c)为图 1.10 所示电路的等效电路,则

$$I = \frac{U_s}{R_0 + R} = \frac{6}{8 + 4} \text{ A} = 0.5 \text{ A}$$

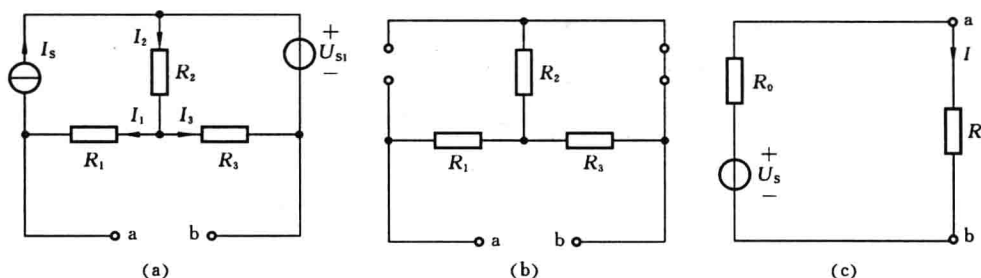


图1.11 例1.5用图二

例 1.6 电路如图 1.12 所示,已知 $I_s = 3 \text{ A}$, $U_{s1} = 6 \text{ V}$, $U_{s2} = 4 \text{ V}$, $R_1 = R_2 = 2 \Omega$, $R_3 = R_4 = 4 \Omega$,试求 I 。

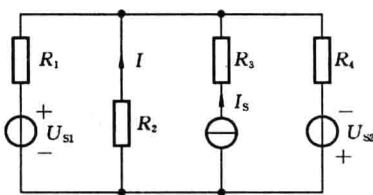


图1.12 例1.6用图一

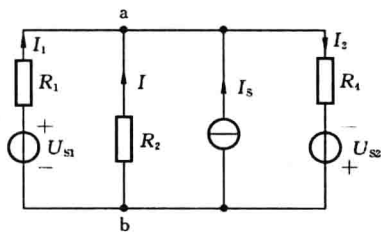


图1.13 例1.6用图二

解 解法一 支路电流法。

原电路的等效电路如图 1.13 所示,由基尔霍夫电流定律和电压定律可列如下方程组:

$$\begin{cases} I_1 + I + I_s = I_2 \\ R_2 I - R_1 I_1 + U_{s1} = 0 \\ R_2 I + R_4 I_2 - U_{s2} = 0 \end{cases}$$

代入数据,解方程组得

$$I_1 = 1 \text{ A}, \quad I_2 = 2 \text{ A}, \quad I = -2 \text{ A}$$

解法二 节点电压法。

如图 1.13 所示的等效电路,由节点电压公式可得

$$U_{ab} = \frac{U_{S1}/R_1 - U_{S2}/R_4 + I_S}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_4} = \frac{6/2 - 4/4 + 3}{1/2 + 1/2 + 1/4} \text{ V} = 4 \text{ V}$$

$$I = \frac{-U_{ab}}{R_2} = -2 \text{ A}$$

解法三 电源等效变换法。

原电路可等效为图 1.14(a)所示的电路,其中 $I_{S1} = U_{S1}/R_1 = 3 \text{ A}$, $I_{S2} = U_{S2}/R_4 = 1 \text{ A}$;再等效为图 1.14(b)所示的电路,其中 $I_{S3} = I_{S1} + I_S - I_{S2} = 5 \text{ A}$, $R = R_1 // R_4 = 4/3 \Omega$,最后求得

$$I = -I_{S3} \times \frac{R}{R_2 + R} = -2 \text{ A}$$

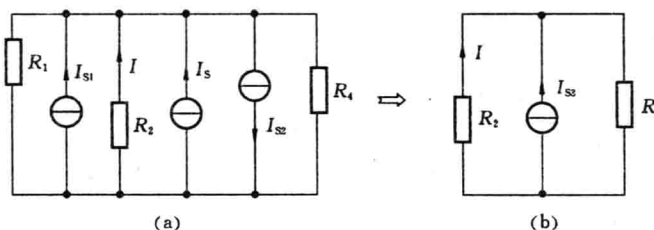


图 1.14 例 1.6 用图三

解法四 用叠加原理。

当理想电压源 U_{S1} 单独作用时,原电路可等效为图 1.15(a)所示的电路,则

$$I' = \frac{U_{S1}}{R_1 + R_2 // R_4} \times \frac{R_4}{R_2 + R_4} = 1.2 \text{ A}$$

当理想电流源 I_S 单独作用时,原电路可等效为图 1.15(b)所示的电路,则

$$I'' = I_S \times \frac{R_1 // R_4}{R_2 + R_1 // R_4} = 1.2 \text{ A}$$

当理想电压源 U_{S2} 单独作用时,原电路可等效为图 1.15(c)所示的电路,则

$$I''' = \frac{U_{S2}}{R_4 + R_1 // R_2} \times \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 0.4 \text{ A}$$

由叠加原理可得

$$I = -I' - I'' + I''' = -2 \text{ A}$$

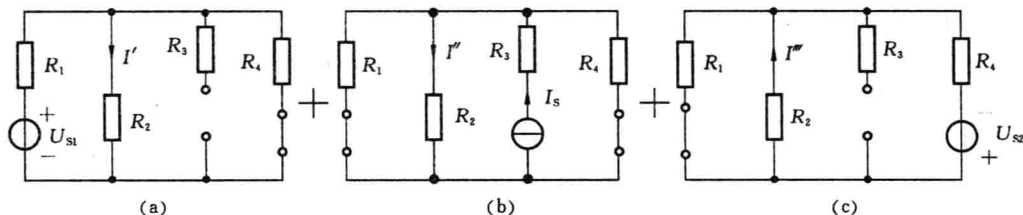


图 1.15 例 1.6 用图四

解法五 用戴维宁定理。

等效电源的电压 U_s 可由图 1.16(a)求得

$$U_s = U_{abo} = \frac{U_{s1}/R_1 - U_{s2}/R_4 + I_s}{1/R_1 + 1/R_4} = \frac{6/2 - 4/4 + 3}{1/2 + 1/4} \text{ V} = \frac{20}{3} \text{ V}$$

等效电源的内阻 R_0 可由图 1.16(b)求得

$$R_0 = R_1 // R_4 = 4/3 \Omega$$

图 1.16(c)为图 1.12 所示电路的等效电路,则

$$I = \frac{-U_s}{R_0 + R_2} = -2 \text{ A}$$

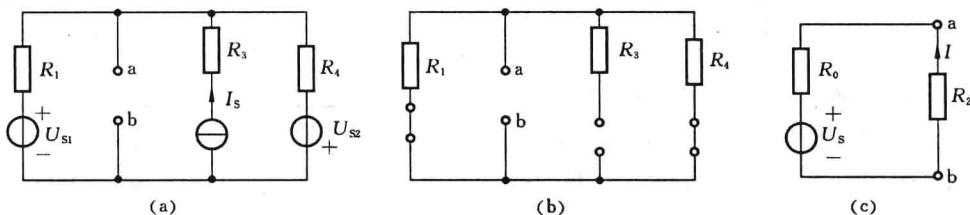


图 1.16 例 1.6 用图五

1.3 自测题

1.3.1 图 1.17 所示的电路中,已知 $U_s = 10 \text{ V}$, $I_{s1} = 2 \text{ A}$, $I_{s2} = 4 \text{ A}$, $R_1 = R_2 = 5 \Omega$, $R_3 = 1 \Omega$, $R_4 = 0.5 \Omega$,试用电源等效变换法求电流 I 。

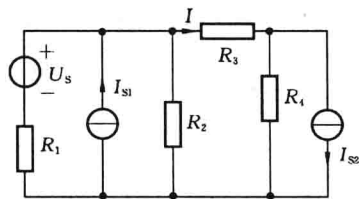


图 1.17 自测题 1.3.1 用图

1.3.2 图 1.18 所示的电路中,已知 $I_{s1} = 7 \text{ A}$, $U_{s2} = 90 \text{ V}$, $R_2 = 5 \Omega$, $R_3 = 6 \Omega$, $R_4 = 20 \Omega$,求电流 I_2 、 I_3 、 I_4 。

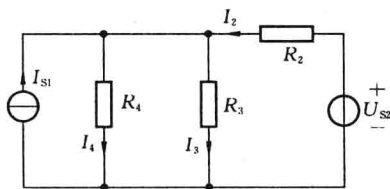


图 1.18 自测题 1.3.2 用图

1.3.3 图 1.19 所示的电路中,已知 $I_s = 1 \text{ A}$, $U_s = 4 \text{ V}$, $R_1 = R_3 = 2 \Omega$, $R_2 = 4 \Omega$ 。用节点电压法求电流 I 。

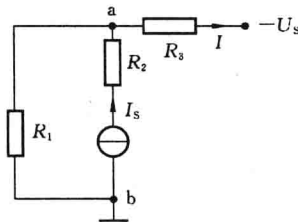


图 1.19 自测题 1.3.3 用图

1.3.4 图 1.20 所示的电路中, $R_1 = R_2 = 2.5 \Omega$, $R_3 = 10 \Omega$, $I_s = 5 \text{ A}$, $U_s = 100 \text{ V}$,试用叠加原理求电流 I_2 、 I_3 。

1.3.5 图 1.21 所示的电路中,已知 $U_{S1}=2\text{ V}$, $I_S=4\text{ A}$, $R_1=5\ \Omega$, $R_2=R_3=R_4=R_5=1\ \Omega$, $R=7\ \Omega$,用戴维宁定理求电流 I 。

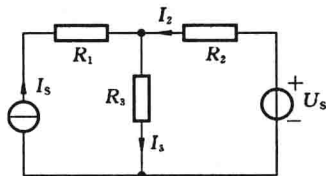


图 1.20 自测题 1.3.4 用图

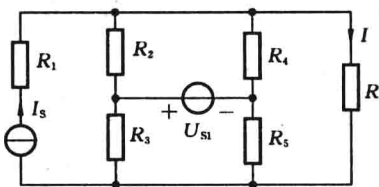


图 1.21 自测题 1.3.5 用图

1.4 自测题答案

1.3.1 题解 由电源等效变换法,原电路可等效为图 1.22(a)所示的电路,其中 $I_{S3}=U_S/R_1=2\text{ A}$, $U_{S2}=I_{S2}R_4=2\text{ V}$;再等效为图 1.22(b)所示的电路,其中 $I_S=I_{S1}+I_{S3}=4\text{ A}$;再等效为图 1.22(c)所示的电路,其中 $U_{S3}=I_S(R_1//R_2)=10\text{ V}$;最后求得 $I=\frac{U_{S2}+U_{S3}}{R_3+R_4+R_1//R_2}=3\text{ A}$ 。

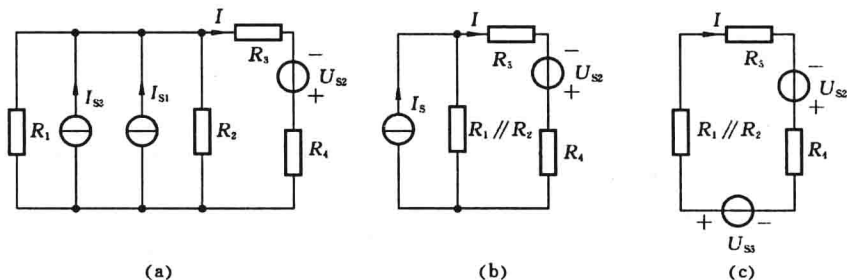


图 1.22 自测题 1.3.1 题解用图

1.3.2 题解 应用 KCL 和 KVL 列方程组

$$\begin{cases} I_{S1}+I_2-I_4-I_3=0 \\ R_4 I_4-R_3 I_3=0 \\ R_2 I_2+R_3 I_3-U_{S2}=0 \end{cases}$$

代入已知数据,解方程组,得

$$I_2=6\text{ A}, \quad I_3=10\text{ A}, \quad I_4=3\text{ A}$$

1.3.3 题解 节点电压为

$$U_{ab}=\frac{I_S-U_S/R_3}{1/R_1+1/R_3}=\frac{1-4/2}{1/2+1/2}\text{ V}=-1\text{ V}$$

电流

$$I=\frac{U_{ab}+U_S}{R_3}=\frac{-1+4}{2}\text{ A}=1.5\text{ A}$$