

电路与电子学 解题指导

刘淑英 李晶姣 主编

(a)



NEUPRESS
东北大学出版社

电路与电子学解题指导

刘淑英 李晶姣 主编

东北大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电路与电子学解题指导/刘淑英,李晶姣主编. —沈阳:东北大学出版社,2000.12
ISBN 7-81054-496-9

I. 电… II. ①刘… ②李… III. 电子电路-高等学校-解题 IV. TN710-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 87000 号

内 容 简 介

本书是作者在电子工业出版社出版的《电路与电子学》的配套用书,内容包括各章的内容提要、教学要求、解题指导及部分习题解答。书中的重点是解题指导,通过对典型例题的解析,可以帮助读者更深刻地理解课程内容,提高解题能力。

书中还采用 PSPICE 软件,对部分习题进行了分析求解。

本书可作为计算机、自动化、信息管理以及仪表等专业学生学习电路及模拟电子技术课程的参考用书。

©东北大学出版社出版

(沈阳市文化路3号巷11号 邮政编码 110006)

电话:(024)23890881

传真:(024)23892538

网址:<http://www.neupress.com> E-mail:neuph@neupress.com

沈阳农业大学印刷厂印刷

东北大学出版社发行

开本:787mm×1092mm 1/16

字数:262千字

印张:10.5

印数:3000册

2000年12月第1版

2000年12月第1次印刷

责任编辑:李毓兴

责任校对:冯伟

封面设计:唐敏智

责任出版:杨华宁

定价:15.00元

前 言

《电路与电子学解题指导》一书是学习电路与模拟电子学课程的辅导用书。电路与模拟电子学一直是被广大师生视为难教难学的课程，尤其是近年来我国高等教育迅猛发展，形成了自学考试，学历文凭考试、夜大，函大等多方位、多层次的办学形式，亟需一种与这种办学形式相适应的学习参考书，本书就是为此而编写的。

本书力求对读者具有很强的指导性。编者选择了一些反映课程主要内容的典型题目进行解析，很多题目进行了一题多解，力求帮助读者更深刻地理解课程中的基本理论、基本知识及基本方法，增强其灵活运用所学知识，提高其分析问题解决问题的能力。

本书以作者在电子工业出版社出版的《电路与电子学》一书为依托，给出各章的内容提要、教学要求（实际教学中，教学要求应由主讲教师根据相应的教学大纲要求确定）、解题指导及书中的部分习题解答。考虑到 CAI（计算机辅助教学）的需要，编者采用 PSPICE 软件，对部分习题进行了分析求解。

本书可作为计算机、自动化、信息管理以及仪表等专业学生学习电路及模拟电子学课程的参考用书。

全书由刘淑英、李晶姣主编。第一、三章由刘淑英编写，第二章由恩丽编写，第四、五章由李景宏编写，第六、七章由杜玉远编写，第八、九章及附录一、附录二由李晶姣编写，第十章由王永军编写。

本书由东北大学王文辉教授主审，在编写过程中得到东北大学其他一些电子学任课教师的支持和帮助。在此向他们致以衷心的感谢。

限于编者的水平，书中一定存在不当之处，恳请读者批评指正。

编 者

2000 年 12 月

目 录

上篇 电路基础

第一章 直流电路	1
一、内容提要.....	1
二、教学要求.....	2
三、解题指导.....	3
四、部分习题解答或提示	12
第二章 电路的过渡过程	24
一、内容提要	24
二、教学要求	25
三、解题指导	25
四、部分习题解答或提示	31
第三章 交流电路	35
一、内容提要	35
二、教学要求	36
三、解题指导	37
四、部分习题解答或提示	46

下篇 模拟电子技术基础

第四章 半导体二极管、三极管和场效应管	54
一、内容提要	54
二、教学要求	54
三、解题指导	54
四、部分习题解答或提示	58
第五章 放大电路基础	61
一、内容提要	61
二、教学要求	62
三、解题指导	62
四、部分习题解答或提示	75
第六章 功率放大电路	85
一、内容提要	85

二、教学要求	85
三、解题指导	85
四、部分习题解答或提示	86
第七章 集成运算放大器	88
一、内容提要	88
二、教学要求	88
三、解题指导	88
四、部分习题解答或提示	90
第八章 集成运放组成的负反馈放大电路	96
一、内容提要	96
二、教学要求	97
三、解题指导	97
四、部分习题解答或提示	99
第九章 集成运算放大器的应用	118
一、内容提要	118
二、教学要求	118
三、解题指导	118
四、部分习题解答或提示	121
第十章 计算机电源	132
一、内容提要	132
二、教学要求	132
三、解题指导	132
四、部分习题解答或提示	133
附录一 PSPICE 简介	136
附录二 PSPICE 解题指导	143

上篇 电路基础

第一章 直流电路

一、内容提要

1. 电路分析中通常首先确定各电压和电流的参考方向。电压、电流为正值表明实际方向与参考方向一致,负值表明实际方向与参考方向相反。电压的参考方向也可以用参考极性表示,参考方向由参考极性的正极指向负极。电压与电流的参考方向一致时称为关联参考方向,相反时称为非关联参考方向。

在电路中选定一点作为参考点,某点与参考点之间的电压称为该点的电位。电路中两点之间的电压等于两点之间的电位差。电压值与参考点的选取无关。

2. 一个元件或一条支路在关联参考方向时 $P = UI$ 表示的是吸收的电功率;非关联参考方向时 $P = -UI$ 表示的是发出的电功率。

3. 基尔霍夫电流定律——KCL:对于任一节点(或闭合面),流出(或流入)电流的代数和为零。即

$$\sum_k I_k = 0$$

也可以表述为:对于任一节点(或闭合面),流出电流之和等于流入电流之和。

基尔霍夫电压定律——KVL:沿任一闭合路径,各支路(或各元件)电压降的代数和为零。即

$$\sum_k U_k = 0$$

KCL、KVL 的成立与电路中元件的性质无关。

4. 元件或支路电压与电流之间的约束关系称为伏安特性——VCR(电压电流关系)。

电阻元件的 VCR 在关联参考方向时为 $U = RI$,即欧姆定律。电阻元件电阻 R 的倒数 G 称为电阻元件的电导。

两个电阻元件 R_1 与 R_2 串联时,等效电阻为 $R = R_1 + R_2$ 。各电阻元件的电压与总电压之间的关系为 $U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$, $U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$ 。

两个电阻元件 R_1 与 R_2 并联时,其等效电阻为 $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$;用电导表示时为 $G = G_1 + G_2$ 。各电阻元件的电流与总电流之间的关系为 $I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I$, $I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$;用电导表示时为 $I_1 = \frac{G_1}{G_1 + G_2} I$, $I_2 = \frac{G_2}{G_1 + G_2} I$ 。

5. 电压源的电压与电流无关,其电流由外电路决定。电流源的电流与电压无关,其电压由外电路决定。电压为零的电压源相当于短路线;电流为零的电流源相当于断路。

电压源 U_s 与电阻 R_s 串联, 其 VCR 为 $U = U_s - R_s I$ 。电流源 I_s 与电导 G_s 并联, 其 VCR 为 $I = I_s - G_s U$ 。二者可以互相等效变换, 条件是: $I_s = \frac{U_s}{R_s}$, $U_s = \frac{I_s}{G_s}$, $G_s = \frac{1}{R_s}$ 。

6. 支路电流分析法。由 m 条支路、 n 个节点组成的电路, 选择支路电流作为变量, 根据 KCL, KVL 列出 m 个独立方程, 解出各支路电流。其他响应可以由支路电流求得。

几个节点中选择一个作为参考节点, 其余 $n - 1$ 个称为独立节点。对于每个独立节点列出 KCL 方程, 还有 $m - (n - 1)$ 个方程根据 KVL 列出。选择回路列 KVL 方程时, 因为电流源两端电压无法写出, 所选回路不要经过电流源; 列 KVL 方程要注意各方程相互之间的独立。

7. 节点电位分析法。以独立节点的电位作为变量, 用节点电位表示出各支路电流, 对各独立节点列 KCL 方程。 n 个节点的电路有 $n - 1$ 个变量, 列出 $n - 1$ 个方程。解得节点电位以后, 其他响应可以由节点电位求得。

8. 叠加原理。线性电路中有多个独立电源共同作用时产生的响应等于每个电源单独作用时产生响应的代数和。

某个电源单独作用是指将其他的电源置为零, 即电压源用短路线替代, 电流源处断开。

9. 等效电源定理。代维南定理: 一个线性有源二端网络对外可以用一个电压源与一个电阻的串联来等效替代。其电压源的电压等于有源二端网络的开路电压 U_{oc} , 电阻等于将二端网络内部电源置零后的等效电阻 R_o 。

诺顿定理: 一个线性含源二端网络对外可以用一个电流源 I_s 与一个电导 G_o 的并联等效替代。电流源的电流等于含源二端网络的短路电流 I_{sc} , 电导等于将含源二端网络内部的电源置为零时的等效电导。

由电压源与电流源相互之间的等效变换可知

$$G_o = \frac{1}{R_o} \quad U_{oc} = R_o I_{sc} \quad I_{sc} = \frac{U_{oc}}{R_o}$$

10. 受控源。受控源是非独立电源, 它的电压或电流受其他电压或电流的控制。由控制量与受控量的不同, 分为电压控制电压源、电流控制电压源、电压控制电流源及电流控制电流源四种类型的受控源。

受控电压源与受控电流源可以互相等效变换, 在变换过程中要注意保留控制量。

用支路电流法、节点电位法分析含受控源电路时, 可将受控源与独立源同样看待列电路方程, 然后将控制量用支路电流或节点电位表示出来。

应用叠加原理分析电路时, 总的响应等于每个独立源单独作用时响应的代数和。计算每个独立源单独作用的响应时都要保留受控源。

当控制量在有源二端网络内时, 含受控源的有源二端网络可以用代维南定理或诺顿定理求出它的等效电路。在求等效电阻时只令独立源为零而保留受控源, 在端口处外加电压, 端口处电压 U_o 与电流 I_o 的比即为等效电阻。也可以用开路电压与短路电流之比作为等效电阻, 即 $R_o = U_{oc} / I_{sc}$ 。

二、教学要求

1. 电流的参考方向、电压的参考方向、电压的参考极性是电路理论中的基本概念, 必须深刻理解。

2. 基尔霍夫电流定律(KCL)和基尔霍夫电压定律(KVL)是电路分析的基础, 要熟练掌握

握、灵活运用。

3. 元件及支路的伏安特性(VCR)是电路分析计算的重要依据。要能够熟练运用电阻元件、电压源、电流源的伏安特性。要能够熟练地写出有源支路的伏安特性。

4. 深刻理解等效电路、等效变换的概念。电压源与电阻的串联、电流源与电阻的并联二者之间的相互等效变换是十分重要的,要能够熟练运用。电压源、电流源、电阻元件的串并联及相互之间的串并联要能够熟练地找到最简的等效电路。

5. 直接运用 KCL, KVL, VCR, 简单的等效变换及串并联电阻的分压、分流关系熟练计算简单的直流电路。

6. 牢固掌握、熟练运用支路电流法。支路电流法列出的方程比较多,求解计算量大。但它容易理解,便于记忆,并能够用来计算各种类型的电路问题。

7. 节点电位法是以独立节点的电位为变量列方程,方程数量少便于求解。应用节点电位法对每个独立节点列 KCL 方程时,要能够对照电路图直接用节点电位写出电流代数和为零的方程。

8. 深刻理解叠加原理,掌握用叠加原理计算电压、电流的方法。

9. 深刻理解、灵活运用等效电源定理。

10. 充分理解受控源的概念。掌握用支路电流法、节点电位法、叠加原理、等效电源定理分析计算含受控源电路的方法。

三、解题指导

【例 1-1】 图 E1-1-1 中以 c 作为电位参考点, $V_a = 9\text{V}$, $V_b = 12\text{V}$, $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 15\Omega$ 。求 U_{s1} , U_{s2} , U_{ab} , U_{ba} , I_1 及 I_2 。

解:分析计算任何电路问题都必须充分注意电流和电压的参考方向,图中电流与电压的方向均为参考方向。

电路中各点电位与参考点的选取有关。而两点之间的电压等于这两点之间的电位差,所以电压与参考点的选取无关。

$$U_{s1} = U_{ac} = V_a = 9(\text{V})$$

$$U_{s2} = U_{bc} = V_b = 12(\text{V})$$

$$U_{ab} = V_a - V_b = 9 - 12 = -3(\text{V})$$

$$U_{ba} = V_b - V_a = -U_{ab} = 3(\text{V})$$

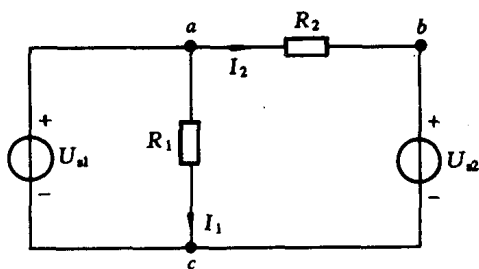


图 E1-1-1

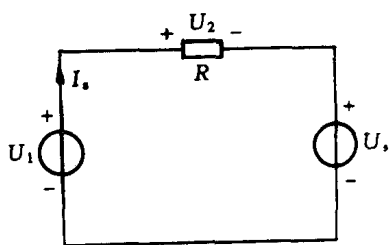


图 E1-2-1

【例 1-2】 图 E1-2-1 中, $U_s = 12\text{V}$, $I_s = 2\text{A}$, $R = 8\Omega$ 。求 U_1 , U_2 , 电压源发出的电功率 P_e 、电流源发出的电功率 P_j 及电阻元件吸收的电功率 P_r 。

解:各电压与电流的参考方向可以任意选取。电压与电流为关联参考方向时 $P = UI$ 表示元

件或支路吸收的电功率,非关联参考方向时 $P = UI$ 表示的是元件或支路发出的电功率。欧姆定律 $U = RI$ 是电压与电流为关联参考方向时电阻元件的伏安特性。电阻元件吸收的电功率不会出现负值;电压源或电流源发出的电功率有可能出现负值,表明实际上是在吸收电功率。

$$U_2 = RI_s = 8 \times 12 = 16(\text{V})$$

$$U_1 = U_2 + U_s = 16 + 12 = 28(\text{V})$$

$$P_r = U_2 I_s = 16 \times 2 = 32(\text{W})$$

U_2 与 I_s 为关联参考方向,电阻吸收电功率 32W。

$$P_i = U_1 I_s = 28 \times 2 = 56(\text{W})$$

U_1 与 I_s 为非关联参考方向,电流源发出电功率 56W。

$$P_e = -U_s I_s = -12 \times 2 = -24(\text{W})$$

U_s 与 I_s 为关联参考方向,直接相乘得到的是吸收电功率的值。为了计算发出的电功率 P_e ,在 U_s 与 I_s 相乘前加负号。发出 -24W 表明实际是吸收了电功率 24W。

【例 1-3】 计算图 E1-3-1 中电流 I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 及 I_6 。

解:对比较简单的电路可以直接用 KCL, KVL, VCR 求解。图中各电流的参考方向已经标出,电路

中各电阻的参数为已知,两端的电压可以求得,故可以计算出各电阻的电流,再在节点处应用 KCL 求得另外三条支路的电流。

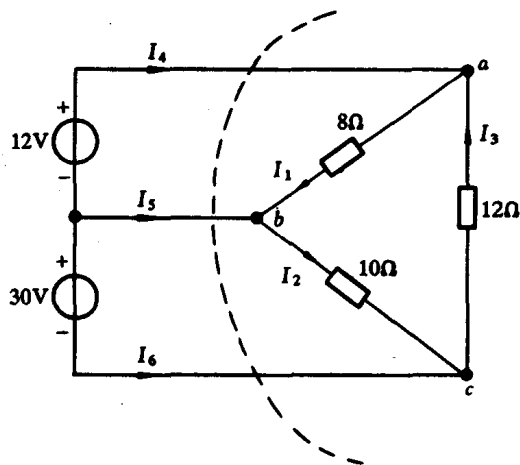


图 E1-3-1

$$I_1 = \frac{U_{ab}}{8} = \frac{12}{8} = 1.5(\text{A})$$

$$I_2 = \frac{U_{ba}}{10} = \frac{30}{10} = 3(\text{A})$$

$$I_3 = \frac{U_{ca}}{12} = \frac{U_{cb} + U_{ba}}{12} = \frac{-U_{bc} - U_{ab}}{12} = \frac{-30 - 12}{12} = -3.5(\text{A})$$

在 a 点,由 KCL 得

$$I_1 = I_4 + I_3$$

故

$$I_4 = I_1 - I_3 = 1.5 - (-3.5) = 5(\text{A})$$

在 b 点得到

$$I_5 = I_2 - I_1 = 3 - 1.5 = 1.5(\text{A})$$

在 c 点得到

$$I_6 = I_3 - I_2 = -3.5 - 3 = -6.5(\text{A})$$

验算:做一闭合面包围三个电阻,如图中虚线所示。穿过闭合面的电流为

$$-I_4 - I_5 - I_6 = -5 - 1.5 - (-6.5) = 0$$

【例 1-4】 试计算图 E1-4-1 所示电路中的电压(U)。

解:适当的等效电路可以使电路的计算得到简化。等效变换的条件是电路中被变换的部分变换前后的伏安特性(VCR)相同。本题元件虽然比较多,却都是简单的串并联,可以通过几次等效变换容易地求解。

(1)将 15V 电压源与 2Ω 电阻的串联等效变换成 7.5A 电流源与 2Ω 电阻的并联。将 5A 电

流源与 6Ω 电阻的串联等效变换成 5A 电流源, 如图 E1-4-2(a) 所示。

(2) 将 7.5A 电流源与 5A 电流源的并联等效变换成 12.5A 的电流源, 如图 E1-4-2(b) 所示。再将 12.5A 电流源与 2Ω 电阻的并联等效变换成 25V 电压源与 2Ω 电阻的串联, 如图 E1-4-2(c) 所示。

(3) 将 2Ω 电阻与 3Ω 电阻的串联等效变换成 5Ω 电阻, 将 25V 电压源与 20V 电压源的串联等效变换成 45V 电压源, 如图 E1-4-2(d) 所示。利用电阻串联时的分压关系可以得到

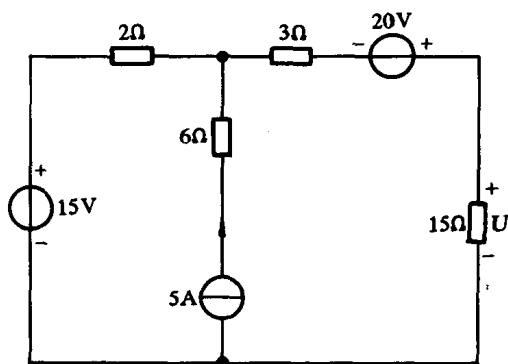


图 E1-4-1

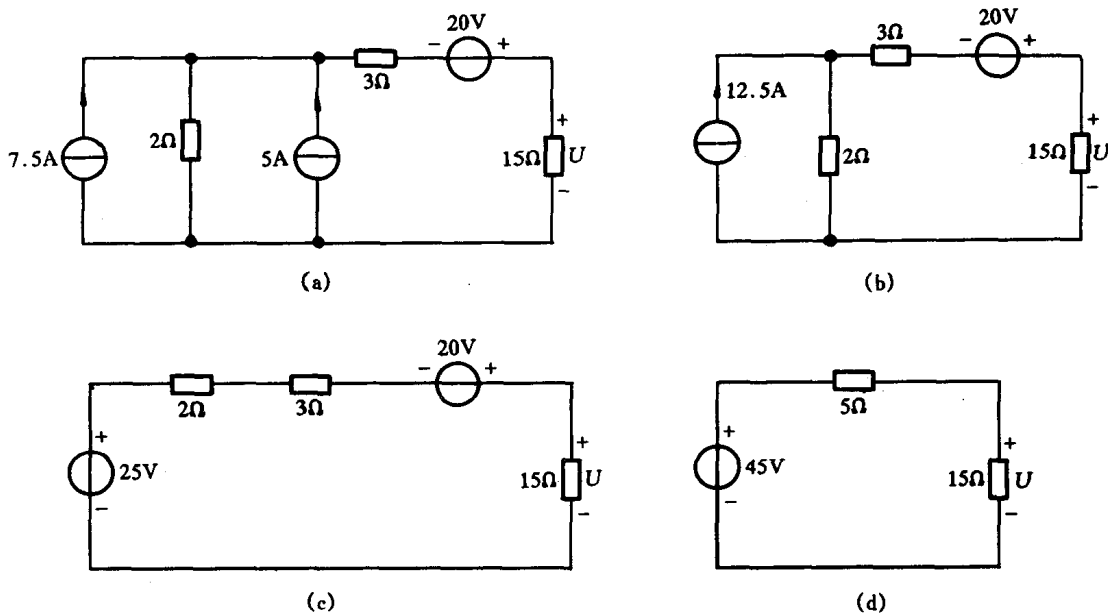


图 E1-4-2

$$U = 45 \times \frac{15}{5 + 15} = 33.75(\text{V})$$

讨论: 本题还可以用支路电流法、节点电位法、叠加原理、代维南定理求解。

【例 1-5】 计算图 E1-5-1 中 U 与 I 。

解: 图中电路有 5 条支路, 其中 2 条支路的电流为已知, 等于电流源的电流。用支路电流法求解, 需要列解 3 个方程, 其中 2 个对独立节点列 KCL 方程, 另一个 KCL 方程所选的回路不经过电流源, 就只有 54V 电压源与 36A 电流源相串联的支路对外等效为 36A 电流源, 见图 E1-5-2。

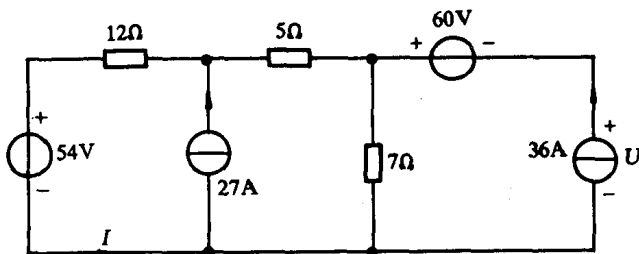


图 E1-5-1

在图 E1-5-2 上标出支路电流 I, I_1, I_2 , 标出参考节点 c 、独立节点 a, b 。

a 节点

$$I + I_1 - 27 = 0$$

(1)

$$b \text{ 节点 } -I_1 + I_2 - 36 = 0 \quad (2)$$

54V 电压源及 12Ω, 5Ω, 7Ω 电阻回路, 沿顺时针方向。

$$5I_1 + 7I_2 - 12I - 54 = 0 \quad (3)$$

由(1)、(2)、(3)式解得

$$I = 23(\text{A}) \quad I_1 = 4(\text{A}) \quad I_2 = 40(\text{A})$$

再由图 E1-5-1 得

$$U = -60 + 7I_2 = -60 + 7 \times 40 = 220(\text{V})$$

讨论: 本题可以通过等效变换直接求解, 也可以用节点电位法、叠加原理、等效电源定理求解。

【例 1-6】 计算图 E1-6-1 中的 U 。

解: 本题电路有两个独立节点, 可以用节点电位法求解。节点电位法是对独立节点列 KCL 方程, 所以关键是用节点电位正确地写出流出节点的各支路电流。可以有两种写法:

(1) 依次按下列步骤进行: 标出各支路电流; 用节点电位写出各支路电流; 对各节点用支路电流写出 KCL 方程; 将用节点表示的支路电流代入 KCL 方程。这样一步一步地写出比较麻烦但不易出错。

(2) 对照电路图直接用节点电位写各支路流出电流之和为零的方程。在图 E1-6-1 中, 节点 a 经过 12Ω, 6Ω, 3Ω, 2Ω 四个电阻共有四个支路电流, 12Ω 电阻流出的电流为 $\frac{V_a}{12}$, 6Ω 电阻流出的电流为 $\frac{V_a - 45}{6}$, 3Ω 电阻流出的电流为 $\frac{V_a - V_b}{3}$, 2Ω 电阻流出的电流为 $\frac{V_a - V_b - 58}{2}$ 。这里要特别注意电阻与电压源串联支路的电流。这样, 对节点 a 可列出方程

$$\frac{V_a}{12} + \frac{V_a - 45}{6} + \frac{V_a - V_b}{3} + \frac{V_a - V_b - 58}{2} = 0$$

对节点 b 列出方程

$$\frac{V_b - V_a}{3} + \frac{V_b - V_a + 58}{2} + \frac{V_b}{4} + 15 = 0$$

经整理得

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{6} + \frac{1}{3} + \frac{1}{2} \right) V_a - \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{2} \right) V_b = \frac{45}{6} + \frac{58}{2} \\ -\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{2} \right) V_a + \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} \right) V_b = -\frac{58}{2} - 15 \end{cases}$$

解得

$$V_a = 6(\text{V}) \quad V_b = -36(\text{V})$$

再由

$$V_a - V_b = U + 58$$

得

$$U = V_a - V_b - 58 = 6 - (-36) - 58 = -16(\text{V})$$

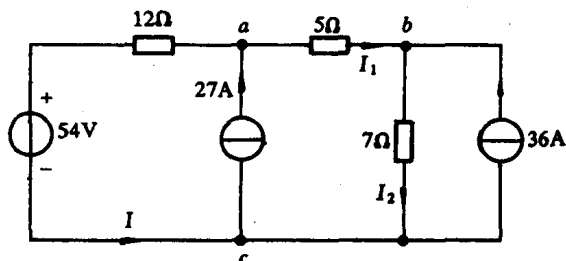


图 E1-5-2

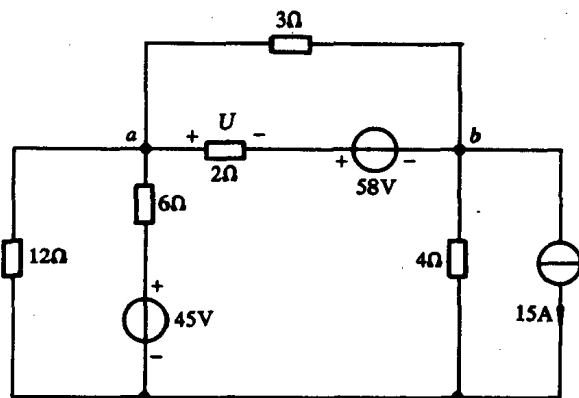


图 E1-6-1

【例 1-7】 图 E1-7-1 中 $U_s = 500\text{V}$, $I_{s1} = 5\text{A}$, $I_{s2} = 8\text{A}$, $R_3 = 120\Omega$, $R_4 = 50\Omega$, $R_5 = 30\Omega$ 。用叠加原理计算 I_3 。

解: 本题要求用叠加原理求解。应用叠加原理时要注意: (1) 某个电源单独作用时, 要将其他的电源置为零, 即对电压源来说用短路线替代, 对电流源来说要断开。(2) 叠加原理只适用于线性电路。(3) 不能直接用叠加的方法计算功率, 可以先用叠加方法求出电压与电流, 再由电压与电流计算功率。

用叠加原理计算电流 I_3 , 三个电源单独作用时的电路图分别如图 E1-7-2(a)、(b)、(c) 所示。

5A 电流源单独作用, 按电阻并联时的分流关系得

$$I_3' = 5 \times \frac{50 + 30}{120 + (50 + 30)} = 6(\text{A})$$

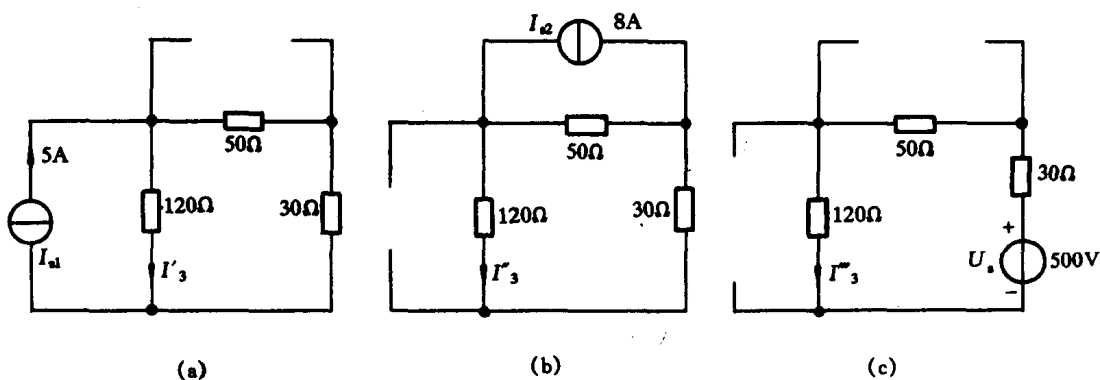


图 E1-7-2

8A 电流源单独作用时, 按电阻并联的分流关系得

$$I_3'' = -8 \times \frac{50}{50 + (120 + 30)} = -2(\text{A})$$

500V 电压源单独作用时得

$$I_3''' = \frac{500}{30 + 50 + 120} = 2.5(\text{A})$$

叠加得

$$I_3 = I_3' + I_3'' + I_3''' = 6 + (-2) + 2.5 = 6.5(\text{A})$$

【例 1-8】 计算图 E1-8-1 中 I 。

解: 本题不能直接应用 KCL、KVL、VAR 及简单的等效变换求解。支路数较多不宜用支路电流法求解。如果用叠加方法求解, 每个电源单独作用时的响应不易求出。下面分别用节点电位法和等效电源定理求解。

解法一: 用节点电位法求解。

以 d 点为参考点 V_a 与 V_b 为变量, 不用设各支路电流的符号和参考方向, 而对每个节点直接用节点电位写出电流之和为零的方程。这里容易写错的是 30V 电压源与 15Ω 电阻串联

的支路, $U_{ab} = V_a - V_b = 15I - 30$, 即该支

路 a 节点流出的电流为 $I = \frac{V_a - V_b + 30}{15}$,

该支路 b 节点流出的电流为 $\frac{V_b - V_a - 30}{15}$ 。

对节点 a 、节点 b 列出方程:

$$\begin{cases} \frac{V_a}{30} + \frac{V_a - 60}{10} + \frac{V_a - V_b + 30}{15} = 0 \\ \frac{V_b}{6} + \frac{V_b - 60}{24} + \frac{V_b - V_a - 30}{15} = 0 \end{cases}$$

整理得

$$\begin{cases} 3V_a - V_b = 60 \\ -8V_a + 33V_b = 540 \end{cases}$$

解得

$$\begin{cases} V_a = \frac{2520}{91} (\text{V}) \\ V_b = \frac{2100}{91} (\text{V}) \end{cases}$$

用 V_a 与 V_b 表示出待求电流 I :

$$I = \frac{V_a - V_b + 30}{15} = \frac{\frac{2520}{91} - \frac{2100}{91} + 30}{15} \approx 2.308 (\text{A})$$

解法二: 用代维南定理求解。

首先去掉电流 I 所在支路, 如图 E1-8-2 所示, 然后求其代维南等效电路。

利用图 E1-8-2 计算开路电压, 利用分压关系得

$$U_{\infty} = V_a - V_b = 60 \times \frac{30}{10 + 30} - 60 \times \frac{6}{24 + 6} = 33 (\text{V})$$

利用图 E1-8-3 求等效电阻。图中 10Ω 与 30Ω 并联, 24Ω 与 6Ω 关联。

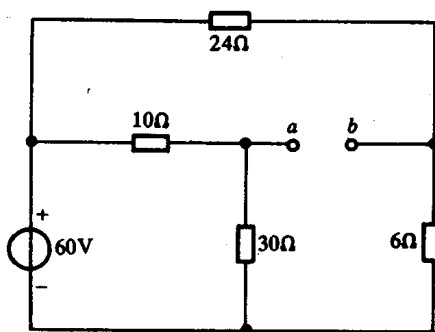


图 E1-8-2

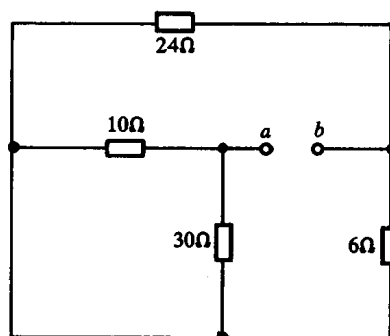


图 E1-8-3

$$R_o = \frac{10 \times 30}{10 + 30} + \frac{24 \times 6}{24 + 6} = 12.3 (\Omega)$$

利用图 E1-8-4 计算电流 I :

$$I = \frac{33 + 30}{12.3 + 15} = \frac{63}{27.3} \approx 2.308 (\text{A})$$

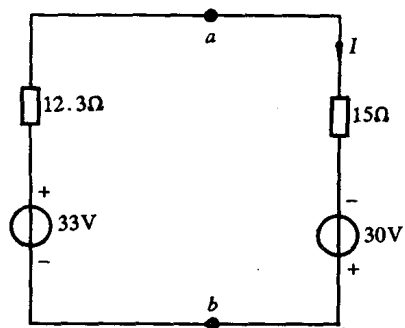


图 E1-8-4

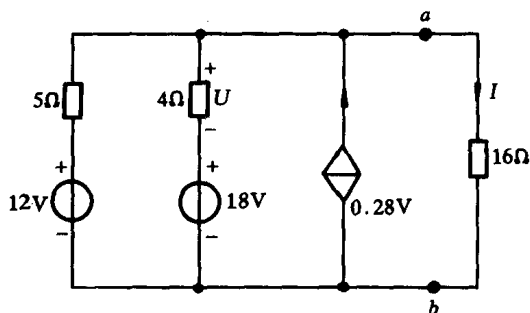


图 E1-9-1

【例 1-9】 计算图 E1-9-1 中 I 。

解:图中的受控源为电压控制电流源。

可以用支路电流法求解,除受控电流源支路外还有三条支路,列解三个方程。

可以用节点电位法求解,只有一个独立节点,列解一个方程。

可以用等效电源定理求解,注意等效电阻的求法。

图中有两个独立源,每个独立源单独作用时的响应计算并不简单,因此不宜用叠加原理求解。

解法一:用支路电流法计算。按图 E1-9-2 选择支路电流及回路。

$$\begin{aligned} I_1 + I_2 + I - 0.28U &= 0 \\ -5I_1 + 4I_2 + 18 - 12 &= 0 \\ -4I_2 + 16I - 18 &= 0 \end{aligned}$$

补充一个方程 $U = 4I_2$ 用支路电流表示控制量。

解得 $I = 0.5(\text{A})$

解法二:用节点电位法求解。

图 E1-9-1 中由节点 a 列方程

$$\frac{V_a - 12}{5} + \frac{V_a - 18}{4} + \frac{V_a}{16} - 0.28U = 0$$

用节点电位表示控制量

$$U = V_a - 18$$

解得

$$V_a = 8(\text{V})$$

$$I = \frac{V}{16} = \frac{8}{16} = 0.5(\text{A})$$

解法三:用等效电源定理求解。

先求 a, b 间的短路电流,见图 E1-9-3。图中短路电流 I_{sc} 对节点 a 来说是流出电流,等于另外三个流入电流之和。注意 $U_{ab} = 0$ 。

$$\begin{aligned} I_{sc} &= \frac{12}{5} + \frac{18}{4} + 0.28U \\ U + 18 &= 0 \end{aligned}$$

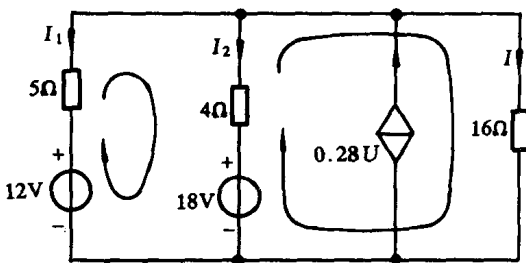


图 E1-9-2

解得

$$I_{sc} = 1.86(\text{A})$$

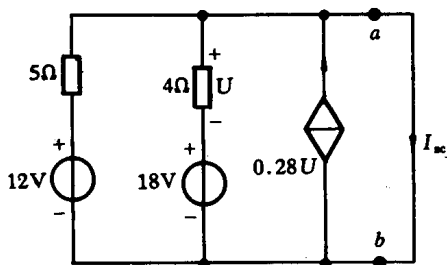


图 E1-9-3

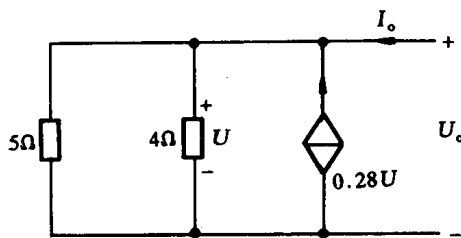


图 E1-9-4

再求等效内阻, 去掉独立电源, 外加电源, 见图 E1-9-4, 求得 VAR。

$$\begin{cases} I_o = \frac{U_o}{5} + \frac{U_o}{4} - 0.28U \\ U = U_o \end{cases}$$

解得

$$I_o = \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{4} - 0.28 \right) U_o = 0.17U_o$$

等效内阻

$$R_o = \frac{U_o}{I_o} = \frac{U_o}{0.17U_o} = \frac{1}{0.17}(\Omega)$$

诺顿等效电路见图 E1-9-5, 应用电阻并联的分流关系得

$$I = 1.86 \times \frac{\frac{1}{0.17}}{16 + \frac{1}{0.17}} = 0.5(\text{A})$$

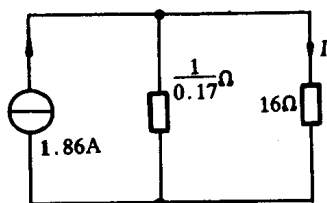


图 E1-9-5

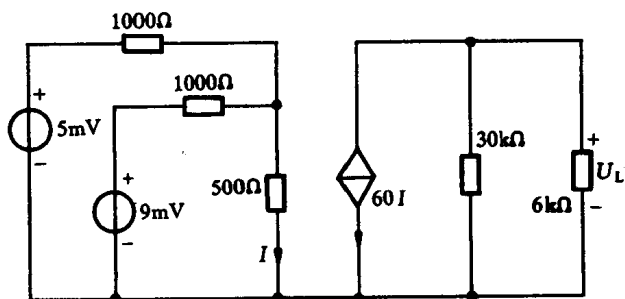


图 E1-10-1

【例 1-10】 试求图 E1-10-1 中 U_L 。

解法一: 将电路依次等效变换为图 E1-10-2 与图 E1-10-3 的形式。

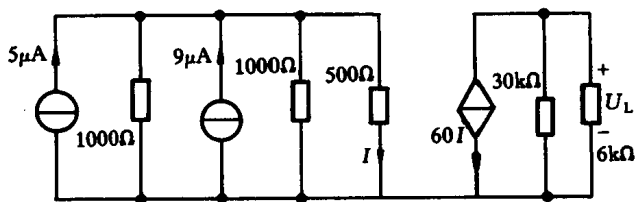


图 E1-10-2

由图 E1-10-3 可求出

$$I = 14 \times 10^{-6} \times \frac{500}{500 + 500} = 7 \times 10^{-6}(\text{A})$$

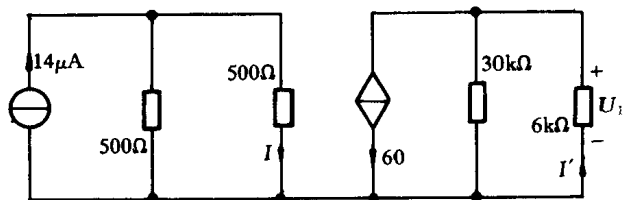


图 E1-10-3

$$I' = 60 \times 7 \times 10^{-6} \times \frac{30 \times 10^3}{30 \times 10^3 + 6 \times 10^3} = 350 \times 10^{-6} (\text{A})$$

I' 与 U_L 为非关联参考方向, 于是

$$U_L = -6000 I' = -6000 \times 350 \times 10^{-6} = 2.1 (\text{V})$$

解法二: 用节点电位法求解。图 E1-10-1 中, 左侧节点的电位 $V_1 = 500I$, 右侧节点电位 $V_2 = U_L$ 。

$$\begin{cases} \frac{V_1 - 5 \times 10^{-3}}{1000} + \frac{V_1 - 9 \times 10^{-3}}{1000} + \frac{V_1}{500} = 0 \\ \frac{V_2}{30 \times 10^3} + \frac{V_2}{6 \times 10^3} + 60I = 0 \\ I = \frac{V_1}{500} \end{cases}$$

解得

$$V_1 = 0.0035 (\text{V})$$

$$V_2 = 2.1 (\text{V})$$

即

$$U_L = V_2 = 2.1 (\text{V})$$

【例 1-11】 试计算图 E1-11-1 中 I_{ab} 。

解法一: 图中只有一个独立节点, 容易用节点电位法求解。

$$\begin{cases} \frac{V}{50} + \frac{V - 6I - 42}{100} - 3 = 0 \\ I = \frac{V}{50} \end{cases}$$

解得

$$V = \frac{19}{16} (\text{V})$$

$$I = \frac{19}{800} (\text{A})$$

于是

$$I_{ab} = \frac{V - 6I - 42}{100} = \frac{\frac{19}{16} - 6 \times \frac{19}{800} - 42}{100} = 0.625 (\text{A})$$

解法二: 用支路电流法求解, 以 I 和 I_{ab} 作为变量。

$$\begin{cases} I + I_{ab} - 3 = 0 \\ 6I + 100I_{ab} + 42 - 50I = 0 \end{cases}$$

解得

$$I_{ab} = 0.625 (\text{A})$$

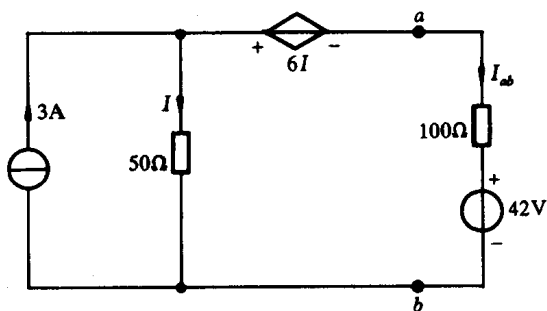


图 E1-11-1