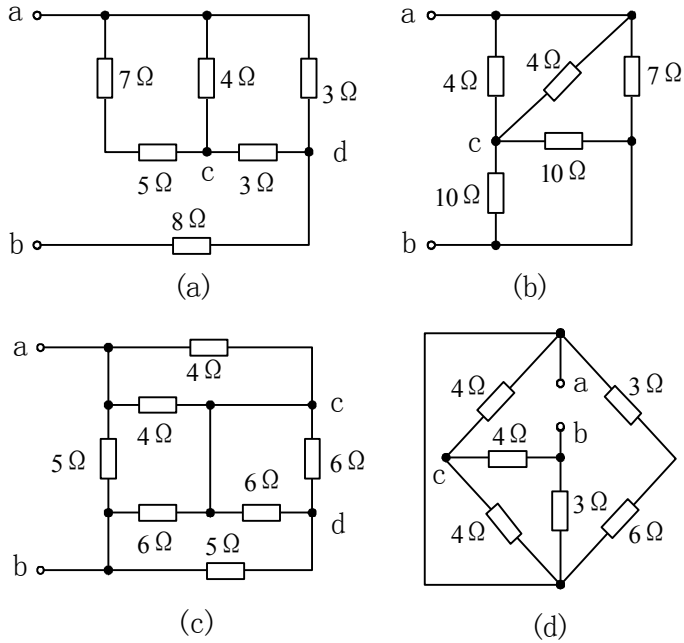
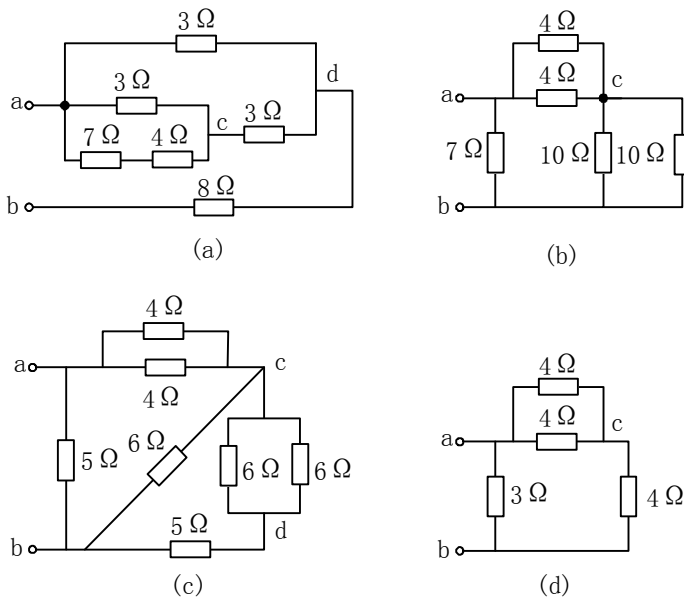


第二章 电路的基本分析方法

2.1 求题2.1图所示电路的等效电阻。

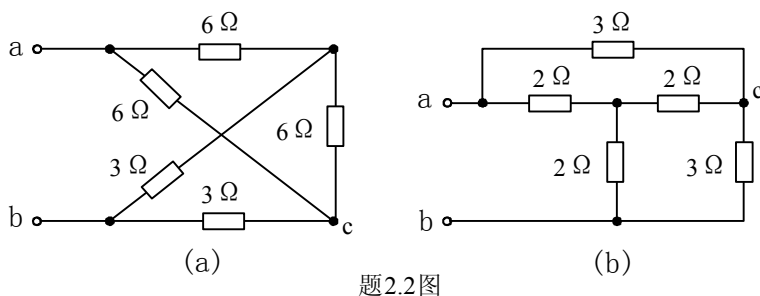


解：标出电路中的各结点，电路可重画如下：

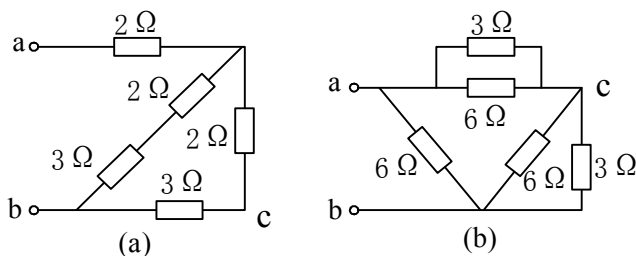


- (a) 图 $R_{ab}=8+3\parallel[3+4\parallel(7+5)]=8+3\parallel(3+3)=8+2=10\ \Omega$
- (b) 图 $R_{ab}=7\parallel(4\parallel4+10\parallel10)=7\parallel7=3.5\ \Omega$
- (c) 图 $R_{ab}=5\parallel[4\parallel4+6\parallel(6\parallel6+5)]=5\parallel(2+6\parallel8)=5\parallel(2+3.43)=2.6\ \Omega$
- (d) 图 $R_{ab}=3\parallel(4\parallel4+4)=3\parallel6=2\ \Omega$ (串联的 $3\ \Omega$ 与 $6\ \Omega$ 电阻被导线短路)

2.2 用电阻的 γ - Δ 的等效变换求题2.2图所示电路的等效电阻。

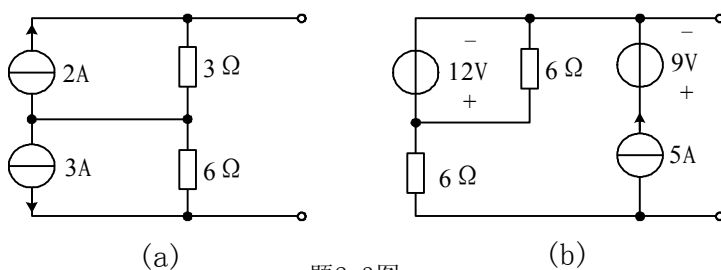


解：为方便求解，将 a 图中 3 个 $6\ \Omega$ 电阻和 b 图中 3 个 $2\ \Omega$ 电阻进行等效变换，3 个三角形连接的 $6\ \Omega$ 电阻与 3 个星形连接的 $2\ \Omega$ 电阻之间可进行等效变换，变换后电路如图所示。

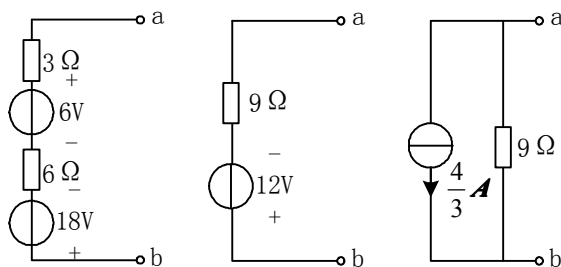


- (a) $R_{ab}=2+(2+3)\parallel(2+3)=4.5\ \Omega$
- (b) $R_{ab}=6\parallel(3\parallel6+3\parallel6)=6\parallel4=2.4\ \Omega$

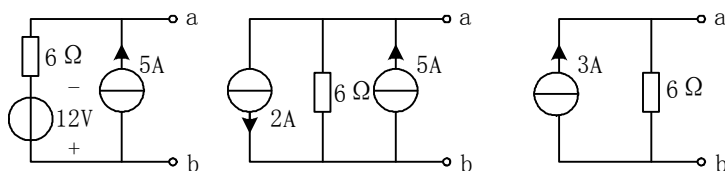
2.3 将题2.3图所示电路化成等效电流源电路。



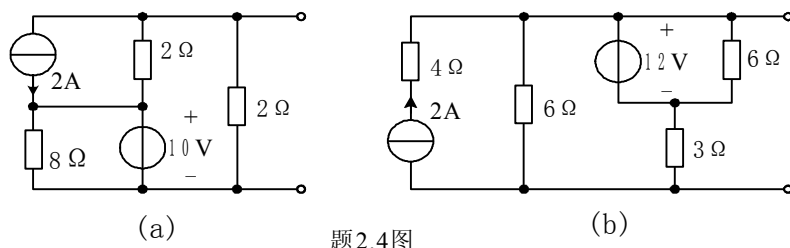
解：(a) 两电源相串联，先将电流源变换成电压源，再将两串联的电压源变换成一个电压源，最后再变换成电流源；等效电路为



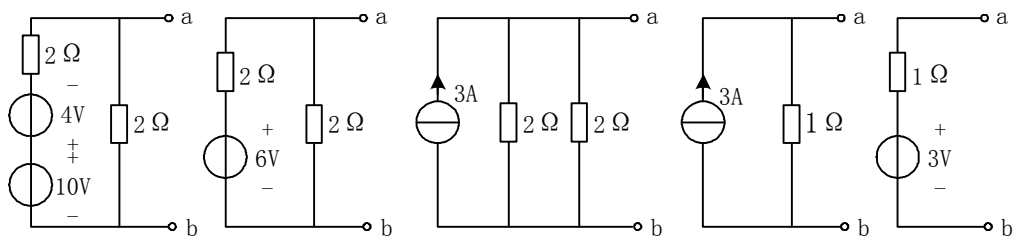
(b) 图中与 12V 恒压源并联的 6Ω 电阻可除去（断开），与 5A 恒流源串联的 9V 电压源亦可除去（短接）。两电源相并联，先将电压源变换成电流源，再将两并联的电流源变换成一个电流源，等效电路如下：



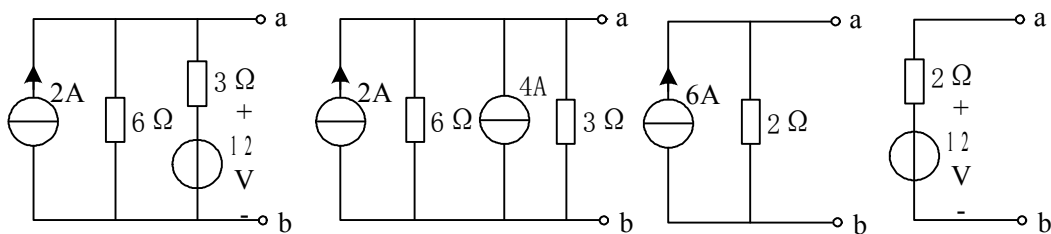
2.4 将题2.4图所示电路化成等效电压源电路。



解：(a) 与10V电压源并联的 8Ω 电阻除去（断开），将电流源变换成电压源，再将两串联的电压源变换成一个电压源，再变换成电流源，最后变换成电压源，等效电路如下：



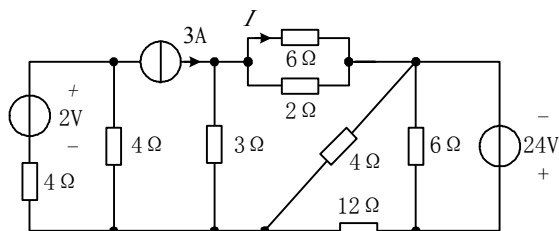
(b) 图中与12V恒压源并联的 6Ω 电阻可除去（断开），与2A恒流源串联的 4Ω 亦可除去（短接），等效电路如下：



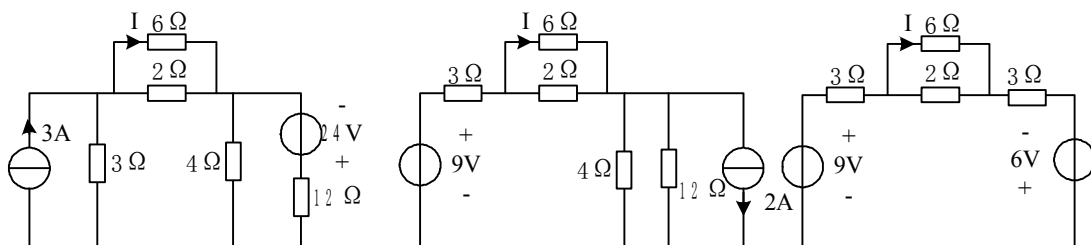
2.5 用电源等效变换的方法，求题2.5图中的电流 I 。

解：求电流 I 时，与 $3A$ 电流源串联的最左边一部分电路可除去（短接），与 $24V$ 电压源并联的 6Ω 电阻可除去（断开），等效电路如下，电路中总电流为 $\frac{9+6}{3+3+6\parallel 2}$ ，故

$$I = \frac{15}{6+6\parallel 2} \times \frac{2}{6+2} = 0.5A$$

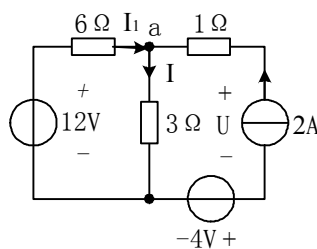


题2.5图



2.6 用支路电流法求题2.6图中的 I 和 U 。

解：对结点 a ，由KCL得， $I_1+2-I=0$
对左边一个网孔，由KVL得 $6I_1+3I=12$
对右边一个网孔，由KVL得 $U+4-3I-2\times 1=0$
解方程得 $I=2.67A$ ， $U=6V$



题2.6图

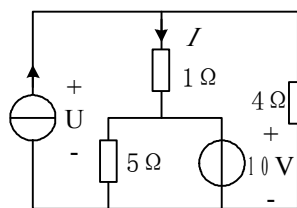
2.7 用支路电流法求题 2.7 图中的电流 I 和 U 。

解：与 $10V$ 电压源并联的电阻可不考虑。设流过 4Ω 电阻的电流为 I_1 ，则有

$$I+I_1=10$$

$$U=1\times I+10=4I_1$$

$$\text{解得 } I=6A, I_1=4A, U=16V$$



题2.7图

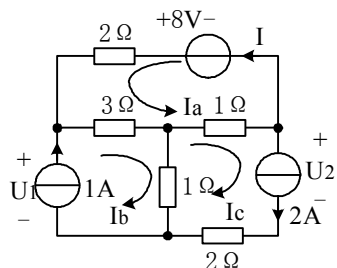
2.8 用网孔电流法求题2.8图中的电流 I 。

解：设1A电流源上电压为 U_1 ，2A电流源上电压为 U_2 ，网孔a中电流为逆时针方向， $I_a=I$ ，网孔b、c中电流均为顺时针方向，且 $I_b=1A$ ， $I_c=2A$ ，网孔a的方程为：

$$6I+3I_b+I_c=8$$

即 $6I+3\times 1+1\times 2=8$

解得 $I=0.5A$



题2.8图

2.9 用网孔电流法求题2.9图中的电流 I 和电压 U 。

解：设网孔电流如图所示，则 $I_a=3A$ ， $I_b=I$ ， $I_c=2A$ ，网孔b的方程为

$$-8I_a+15I+4I_c=-15$$

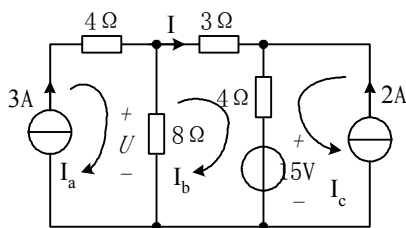
即 $-8\times 3+15I+4\times 2=-15$,

解得 $I=\frac{1}{15}A$

8Ω 电阻上的电流为

$$I_a - I_b = 3 - \frac{1}{15} = \frac{44}{15}A,$$

$$U = 8 \times \frac{44}{15} = \frac{352}{15}V$$



题2.9图

2.10 用结点电压法求题2.10图中各支路电流。

解：以结点C为参考点，结点方程为

$$\left(\frac{1}{1} + \frac{1}{4}\right)U_a - \frac{1}{4}U_b = 3 + 5,$$

$$-\frac{1}{4}U_a + \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4}\right)U_b = -5 + 2$$

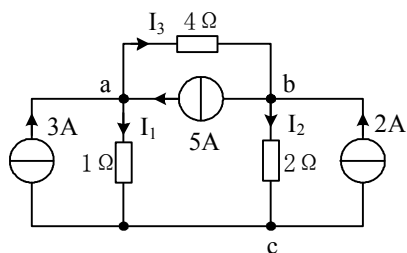
解方程得

$$U_a=6V, \quad U_b=-2V$$

$$I_1 = \frac{U_a}{1} = 6A, \quad I_2 = \frac{U_b}{2} = -1A$$

$$I_3 = \frac{U_a - U_b}{4} = \frac{6 - (-2)}{4} = 2A$$

验算： I_1 、 I_2 、 I_3 满足结点a、b的KCL方程



题2.10图

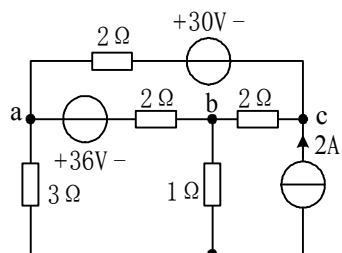
2.11 用结点电压法求题2.11图所示电路各结点电压。

解：以结点 a, b, c 为独立结点，将电压源变换为电流源，结点方程为

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\right)U_a - \frac{1}{2}U_b - \frac{1}{2}U_c &= \frac{30}{2} + \frac{36}{2} \\ -\frac{1}{2}U_a + \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + 1\right)U_b - \frac{1}{2}U_c &= -\frac{36}{2} \\ -\frac{1}{2}U_a - \frac{1}{2}U_b + \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\right)U_c &= 2 - \frac{30}{2} \end{aligned}$$

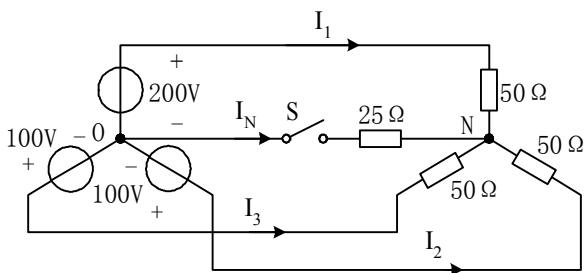
解方程得

$$U_a = 21V, \quad U_b = -5V, \quad U_c = -5V$$



题2.11图

2.12 用弥尔曼定理求题2.12图所示电路中开关S断开和闭合时的各支路电流。



题2.12图

解：以 0 点为参考点，S 断开时，

$$U_N = \frac{\sum \frac{U_i}{R_i}}{\sum \frac{1}{R_i}} = \frac{\frac{200}{50} + \frac{100}{50} + \frac{100}{50}}{\frac{1}{50} + \frac{1}{50} + \frac{1}{50}} = \frac{400}{3} V$$

$$I_1 = \frac{200 - U_N}{50} = \frac{4}{3} A, \quad I_2 = \frac{100 - U_N}{50} = -\frac{2}{3} A,$$

$$I_3 = \frac{100 - U_N}{50} = -\frac{2}{3} A, \quad I_N = 0,$$

S 合上时

$$U_N = \frac{\frac{200}{50} + \frac{100}{50} + \frac{100}{50}}{\frac{1}{50} + \frac{1}{50} + \frac{1}{50} + \frac{1}{25}} = 80V$$

$$I_1 = \frac{200 - U_N}{50} = 2.4 A, \quad I_2 = \frac{100 - U_N}{50} = 0.4 A,$$

$$I_3 = \frac{100 - U_N}{50} = 0.4 A, \quad I_N = -\frac{U_N}{25} = -3.2 A$$

2.13 在题2.13图所示的加法电路中，A为集成运算放大器，流入运算放大器的电流 $I_N=I_P=0$ ，且 $U_N=U_P$ ，证明：

$$U_0 = -\left(\frac{U_{i1}}{R_1} + \frac{U_{i2}}{R_2} + \frac{U_{i3}}{R_3}\right)R_f$$

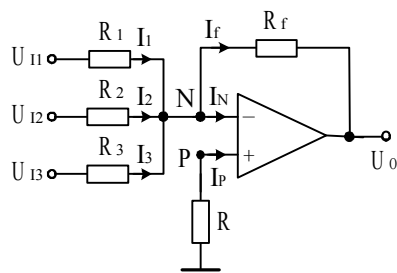
解：由于 $I_P=0$ ，所以 $U_P=I_P R=0$ ， $U_N=U_P=0$ ，

$$I_1 = \frac{U_{i1}}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U_{i2}}{R_2}, \quad I_3 = \frac{U_{i3}}{R_3}, \quad I_f = \frac{-U_0}{R_f},$$

由于 $I_N=0$ ，对结点 N，应用 KCL 得： $I_f=I_1+I_2+I_3$ ，即

$$-\frac{U_0}{R_f} = \frac{U_{i1}}{R_1} + \frac{U_{i2}}{R_2} + \frac{U_{i3}}{R_3}$$

$$U_0 = -\left(\frac{U_{i1}}{R_1} + \frac{U_{i2}}{R_2} + \frac{U_{i3}}{R_3}\right)R_f$$



题2.13图

2.14 利用叠加定理求题2.14图所示电路中电流源上的电压 U 。

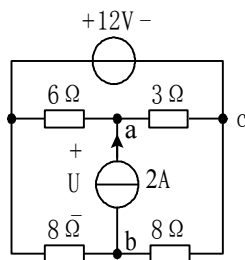
解：12V 电压源单独作用时电路如图 a 所示

$$U' = U_{ac} - U_{bc} = \frac{3}{6+3} \times 12 - \frac{8}{8+8} \times 12 = -2V$$

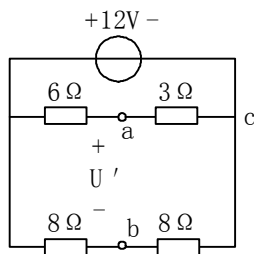
2A 电流源单独作用时电路如图 b、c 所示

$$U'' = 2 \times (6 \parallel 3 + 8 \parallel 8) = 2 \times (2 + 4) = 12V$$

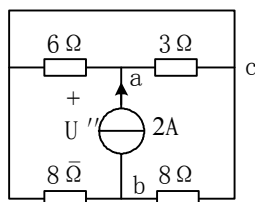
$$U = U' + U'' = -2 + 12 = 10V$$



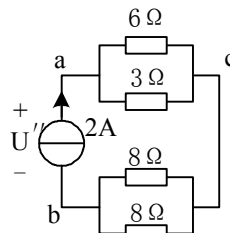
题2.14图



(a)



(b)



(c)

2.15 在题2.15图所示电路中，两电源 U_{S1} 和 U_{S2} 对负载 R_L 供电，已知当 $U_{S2}=0$ 时， $I=20\text{mA}$ ，当 $U_{S2}=-6\text{V}$ 时， $I=-40\text{mA}$ ，求

(1) 若此时令 $U_{S1}=0$ ， I 为多少？

(2) 若将 U_{S2} 改为 8V ， I 又为多少？

解：此题用叠加定理和齐性原理求解

(1) U_{S1} 单独作用即 $U_{S2}=0$ 时, $I' = 20\text{mA}$ 。

设 U_{S2} 单独作用即 $U_{S1}=0$ 时, 负载电流为 I'' , 两电源共同作用时, $I=-40\text{mA}$ 。

由叠加定理得

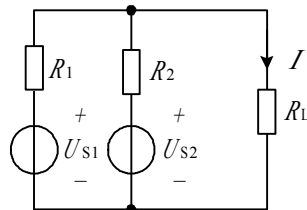
$$I' + I'' = -40,$$

$$I'' = -40 - I' = -40 - 20 = -60\text{mA}$$

(2) 由齐性原理, U_{S2} 改为 8V 单独作用时的负载电流为

$$I'' = \frac{-60}{-6} \times 8 = 80\text{mA}$$

$$I = I' + I'' = 20 + 80 = 100\text{mA}$$



题2.15图

2.16 在题2.16图所示电路中, 当 2A 电流源没接入时, 3A 电流源对无源电阻网络 N 提供 54W 功率, $U_1=12\text{V}$; 当 3A 电流源没接入时, 2A 电流源对网络提供 28W 功率, $U_2=8\text{V}$, 求两个电流源同时接入时, 各电源的功率。

解: 由题意知, 3A 电流源单独作用时,

$$U_1' = 12\text{V}, \quad U_2' = \frac{54}{3} = 18\text{V},$$

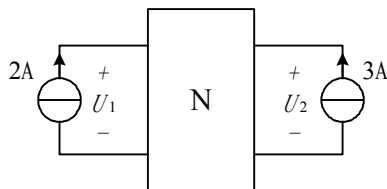
2A 电流源单独作用时,

$$U_1'' = \frac{28}{2} = 14\text{V}, \quad U_2'' = 8\text{V},$$

两电源同时接入时,

$$U_1 = U_1' + U_1'' = 26\text{V}, \quad U_2 = U_2' + U_2'' = 26\text{V},$$

故 $P_{2A} = 2U_1 = 52\text{W}, \quad P_{3A} = 3U_2 = 78\text{W}$



题2.16图

2.17 用戴维宁定理求题2.17图所示电路中的 I 。

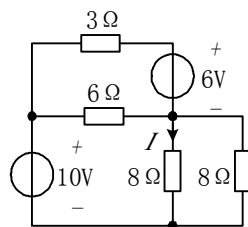
解: 断开一条 8Ω 支路后, 并不能直接求出端口开路电压, 如将两条 8Ω 支路同时断开, 如图 a 所示, 则问题要简便得多,

$$U_{oc} = U_{ac} + U_{cb} = -\frac{6}{6+3} \times 6 + 10 = 6\text{V},$$

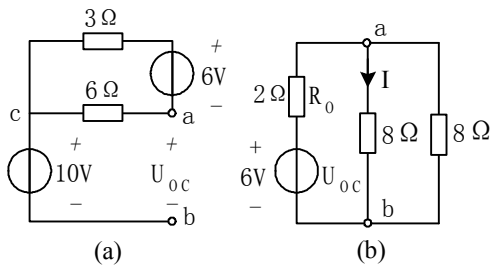
$$R_0 = 3\Omega \parallel 6\Omega = 2\Omega,$$

戴维宁等效电路如图 b 所示,

$$I = \frac{1}{2} \cdot \frac{6}{2+8\parallel 8} = 0.5\text{A}$$



题2.17图

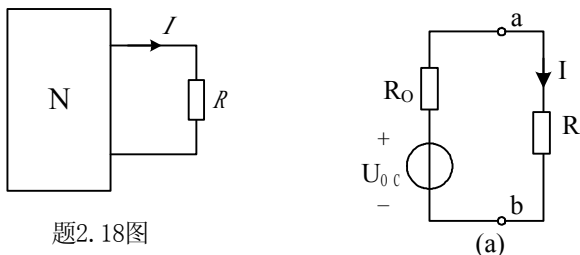


2.18 在题2.18图所示电路中, N 为含源二端电路, 现测得 R 短路时, $I=10\text{A}$; $R=8\Omega$ 时, $I=2\text{A}$, 求当 $R=4\Omega$ 时, I 为多少?

解: 设有源二端电路 N 的端口开路电压为 U_{oc} , 端口等效电阻为 R_0 , 则等效电路如图

(a)所示, 由已知条件可得:

$$U_{oc}=10R_0, \quad U_{oc}=2(R_0+8)$$



题2.18图

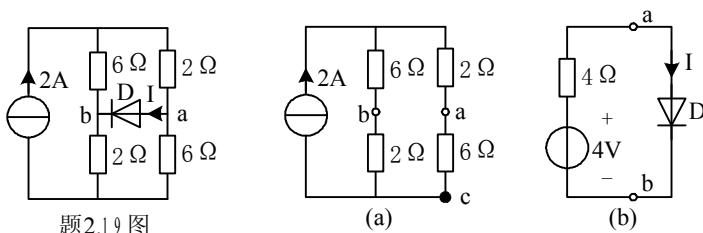
解得

$$U_{oc}=20V, R_0=2\Omega,$$

因此, 当 $R=4\Omega$ 时,

$$I = \frac{U_{oc}}{R_0 + R} = \frac{20}{2+4} = \frac{10}{3} A$$

2.19 题2.19图所示电路中D为二极管, 当 $U_{ab}>0$ 时, 二极管导通, 当 $U_{ab}<0$ 时, 二极管截止(相当于开路)。设二极管导通时的压降为 $0.6V$, 试利用戴维宁定理计算电流 I 。



题2.19图

解: 将二极管断开, 求端口 a、b 间的开路电压和等效电阻, 电路如图 a 所示,

$$U_{oc}=U_{ac}-U_{bc}=6-2=4V,$$

$$R_o=(6+2)\|(2+6)=4\Omega,$$

等效电路如图 b 所示, 二极管 D 导通, 导通后, $U_{ab}=0.6V$

$$I = \frac{4-0.6}{4} = 0.85A$$

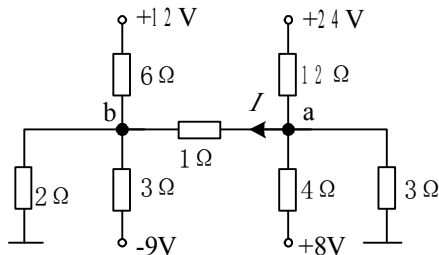
2.20 用戴维宁定理求题 2.20 图所示电路中的电流 I 。

解: 将待求支路 1Ω 电阻断开后, 由弥尔曼定理可得:

$$V_a = \frac{\frac{24}{12} + \frac{8}{4}}{\frac{1}{12} + \frac{1}{4} + \frac{1}{3}} = 6V, \quad V_b = \frac{\frac{12}{6} + \frac{-9}{3}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6}} = -1V$$

故 $U_{oc}=V_a-V_b=7V,$

$$R_o=R_{ab}=2\|3\|6+12\|4\|3=2\|2=2.5\Omega,$$

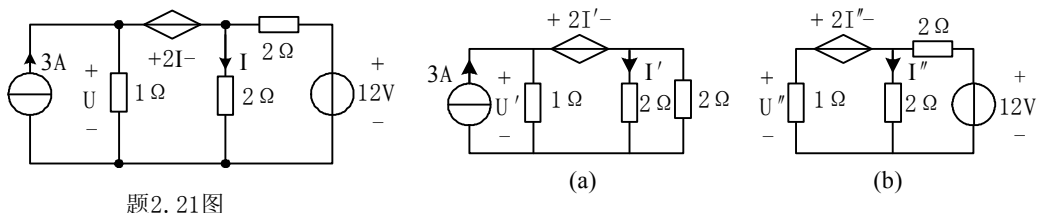


题2.20图

由戴维宁等效电路可得

$$I = \frac{U_{oc}}{R_o + 1} = \frac{7}{2.5 + 1} = 2A$$

2.21 用叠加定理求题2.21图所示电路中的 U 。



题2.21图

解：3A 电流源单独作用时，电路如图 a 所示，1Ω 电阻上电流为 U'

$$U' = 2I' + 2I', \quad 3 = \frac{U'}{1} + 2I'$$

解得 $U' = 2V, I' = 0.5A$

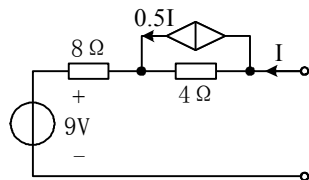
12V 电压源单独作用时电路如图 b 所示，1Ω 电阻上电流为 U''

对左边一个网孔有： $U'' = 2I'' + 2I''$

对右边一个网孔有： $2I'' = -2 \times (I'' + U'') + 12$

解得 $U'' = 4V, I'' = 1A$

故 $U = U' + U'' = 6V$



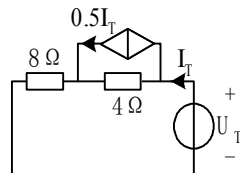
题2.22图

2.22 求题2.22图所示电路的戴维南等效电路。

解：端口开路时， $I = 0$ ，受控电流源电流等于零，故 $U_{oc} = 9V$ ，用外加电源法求等效电阻，电路如图所示。

$$U_T = 4 \times (I_T - 0.5I_T) + 8I_T$$

$$R_o = \frac{U_T}{I_T} = 10\Omega$$



2.23 求题2.23图所示电路的戴维南等效电路。

解：端口开路时，流过2Ω电阻的电流为 $3U_{oc}$ ，流过6Ω电阻的为 $\frac{6}{3+6}A$ ，故

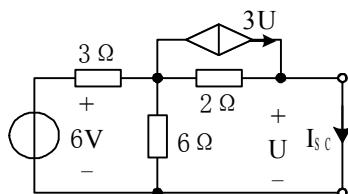
$$U_{oc} = 2 \times 3U_{oc} + \frac{6}{6+3} \times 6$$

解得： $U_{oc} = -0.8V$

用短路电流法求等效电阻，电路如下图所示。

$$I_{sc} = \frac{6}{3+2 \parallel 6} \times \frac{6}{6+2} = 1A$$

$$R_o = \frac{U_{oc}}{I_{sc}} = -0.8\Omega$$



题2.23图

2.24 求题2.24图所示电路从ab端看入的等效电阻。

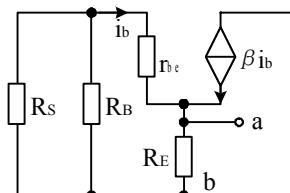
解：用外加电源法求等效电阻，电路如图(a)所示，设 $R'_s = R_s \parallel R_B$ ，流过 R_E 的电流为 $i_T + i_b + \beta i_b$ ，故有

$$u_T = R_E (i_T + i_b + \beta i_b)$$

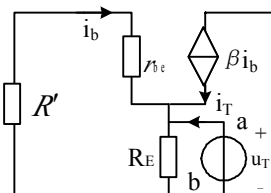
$$(R'_s + r_{be})i_b + u_T = 0$$

$$u_T = \frac{(R'_s + r_{be})R_E}{R'_s + r_{be} + (1 + \beta)R_E} i_T$$

$$r_{ab} = \frac{u_T}{i_T} = \frac{(R'_s + r_{be})R_E}{R'_s + r_{be} + (1 + \beta)R_E}$$

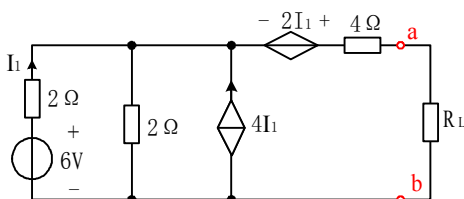


题2.24 图



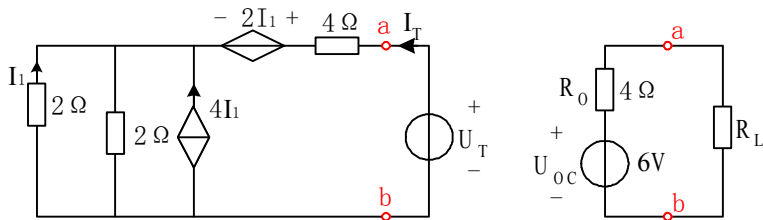
(a)

2.25 题2.25图所示电路中， R_L 为何值时，它吸收的功率最大？此最大功率等于多少？



题2.25图

解：将 R_L 断开，则端口开路电压 $U_{OC} = 2I_1 - 2I_1 + 6 = 6V$ ，用外加电源法求等效电阻，电路如下图所示，对大回路有



$$U_T = 4I_T + 2I_1 - 2I_1 = 4I_T$$

$$R_O = \frac{U_T}{I_T} = 4\Omega$$

因此，当 $R_L = R_O = 4\Omega$ 时，它吸收的功率最大，最大功率为

$$P_{\max} = \frac{U_{OC}^2}{4R_O} = \frac{6^2}{4 \times 4} = 2.25W$$