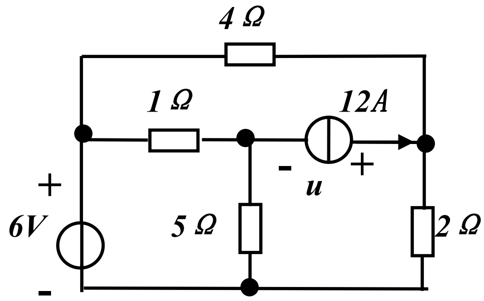
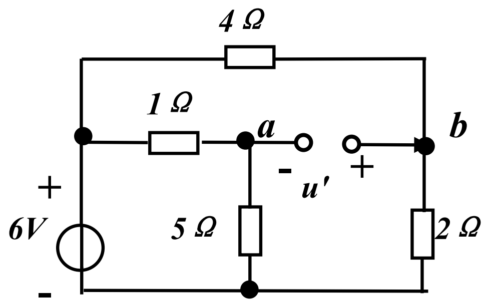
习题四

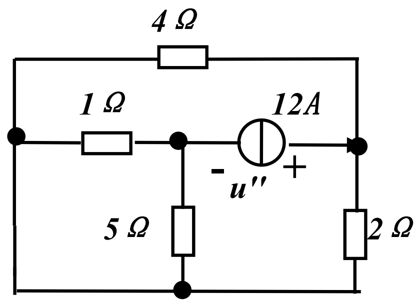
4－1 用叠加定理求题 4－1 图示电流源两端的电压u。



(a)



(b)



(c)

题 4－1 图

解：电压源单独作用时如图(b)所示，则

$$u_a = \frac{6}{1+5}\times 5 = 5V \qquad\qquad u_b = \frac{6}{4+2}\times 2 = 2V$$

而 $$u' = u_b - u_a = 2-5 = -3V$$

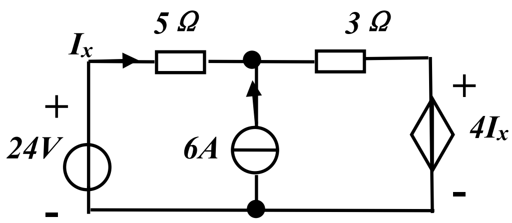
当电流源单独工作时，如图(c)所示，则 4Ω 与 2Ω 并联，1Ω 与 5Ω 并联然后两并联电路再串联，所以

$$u'' = \left(\frac{5}{6}+\frac{8}{6}\right)\times 12 = 26V$$

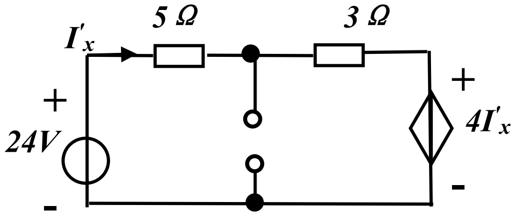
所以由叠加定理

$$u = u' + u'' = -3+26 = 23V$$

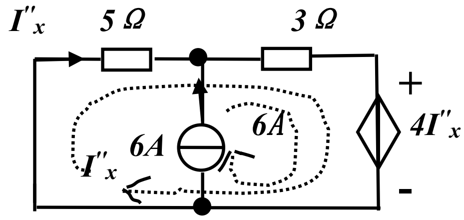
4－2 用叠加定理求题 4－2 图示电路中的I_X。



(a)



(b)



(c)

题 4－2 图

解：电压源单独作用时的电路如图(b) 所示，则

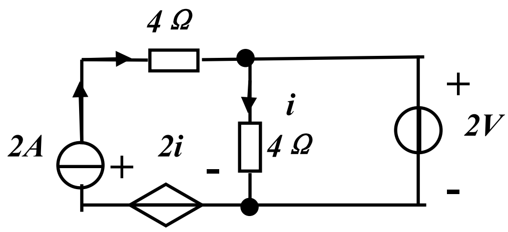
$$(5+3)I_x^{'}+4I_x^{'}=24 \qquad \text{解得} \quad I_x^{'}=2A$$

电流源单独作用时的电路如图(c)所示，图中虚线为网孔电流，则

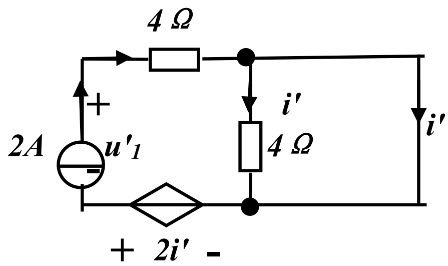
$$5I''_x+3(6+I''_x)+4I''_x=0 \qquad \text{解得} \quad I''_x=-1.5A$$

所以 $\quad I_x=I'_x+I''_x=2-1.5=0.5A$

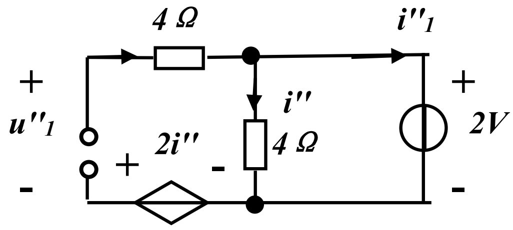
4－3 用叠加定理求题 4－3 图示电路中的独立电压源和独立电流源发出的功率。



(a)



(b)



(c)

题 4－3 图

解：电流源单独作用时的电路如图(b) 所示，则

$$i_1^{'} = 2A \qquad i^{'} = 0$$

则 $$u_1^{'} = 4i_1^{'} - 2i^{'} = 8V$$

电压源单独作用时的电路如图(b) 所示，则

$$i_1^{''} = -\frac{2}{4} = -0.5A \qquad i^{''} = -i_1^{''} = 0.5A$$

则 $$u_1^{''} = 2 - 2i^{''} = 1V$$

所以由叠加定理 $$i_1 = i_1^{'} + i_1^{''} = 2 - 0.5 = 1.5A$$

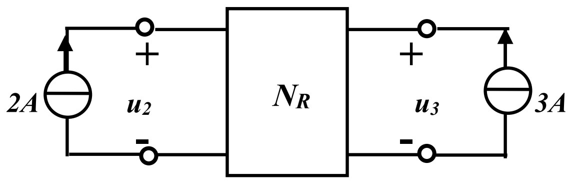
$$u_1 = u_1^{'} + u_1^{''} = 8 + 1 = 9V$$

可得电压源和电流源的功率分别为

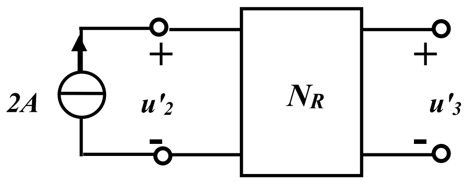
$$P_{2V} = -2i_1 = -3W$$

$$P_{2A} = 2u_1 = 18W$$

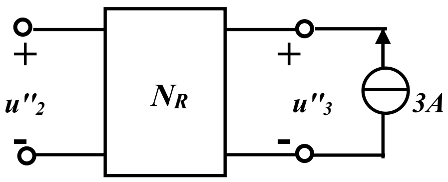
4－4 题 4－4 图示电路中，N_R 为电阻网络，由两个电流源供电。当断开 3 A 电流源时，2A 电流源对网络输出的功率为 28 W，端电压 u_3 为 8 V；当断开 2A 电流源时，3 A 电流源输出的功率为 54 W，端电压 u_2 为 12 V，试求两电流源同时作用时的端电压 u_2 和 u_3，并计算此时两电流源输出的功率。



(a)



(b)



(c)

题 4－4 图

解：2A 电流源单独作用时的电路如图(b) 所示，则

$$u_3^{'} = 8V \qquad u_2^{'} = \frac{28}{2} = 14V$$

3A 电流源单独作用时的电路如图(c) 所示，则

$$u_2^{''} = 12V \qquad u_3^{''} = \frac{54}{3} = 18V$$

所以由叠加定理 $u_2 = u_2^{'} + u_2^{''} = 14 + 12 = 26V$

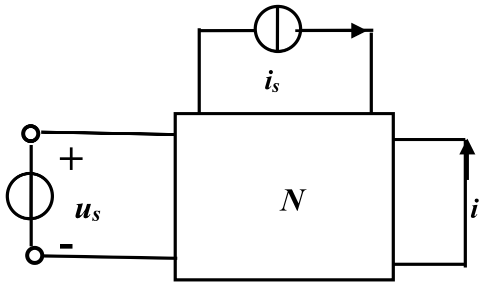
$$u_3 = u_3^{'} + u_3^{''} = 8 + 18 = 26V$$

则两电流源输出的功率分别为

$$P_{2A} = 2u_2 = 52W$$

$$P_{3A} = 3u_3 = 78W$$

4－5 题 4－5 图示电路中，网络 N 中没有独立电源，当 $u_S = 8V$、$i_S = 12$ A 时，测得 $i = 8A$；当 $u_S = -8V$、$i_S = 4$ A 时，测得 $i = 0$。问 $u_S = 9V$、$i_S = 10$ A 时，电流 i 的值是多少？



(a)

解：由线性电路的齐次性可设

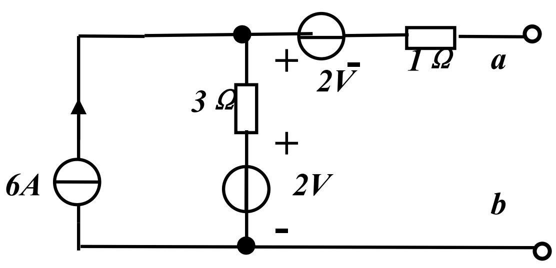
$$i = k_1 u_s + k_2 i_s$$

由已知条件可得 $\begin{cases} 8 = 8k_1 + 12k_2 \\ 0 = -8k_1 + 4k_2 \end{cases}$ 解得 $\begin{cases} k_2 = 0.5 \\ k_1 = 0.25 \end{cases}$

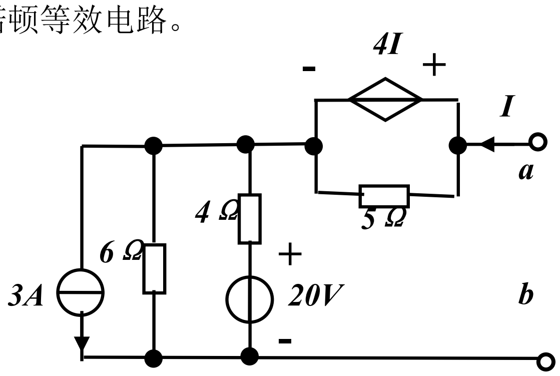
则当 $u_S = 9V$、$i_S = 10$ A 时有：

$$i = 9k_1 + 10k_2 = 9 \times 0.25 + 10 \times 0.5 = 7.25A$$

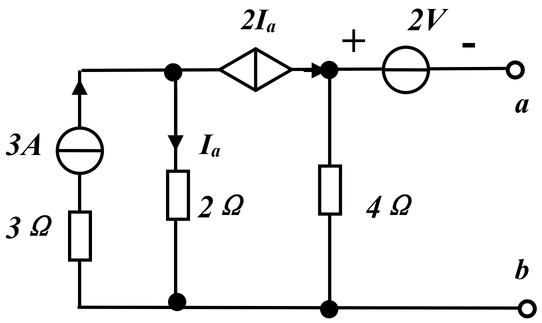
4－6 求题 4－6 图示电路的戴维南和诺顿等效电路。



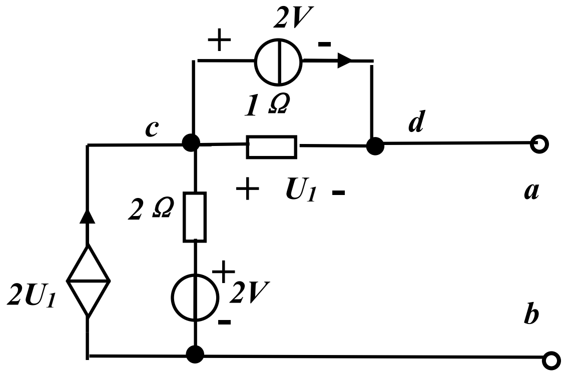
(a)



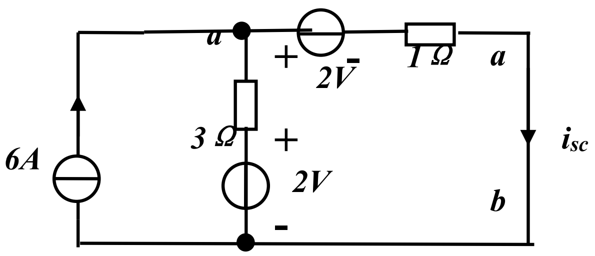
(b)



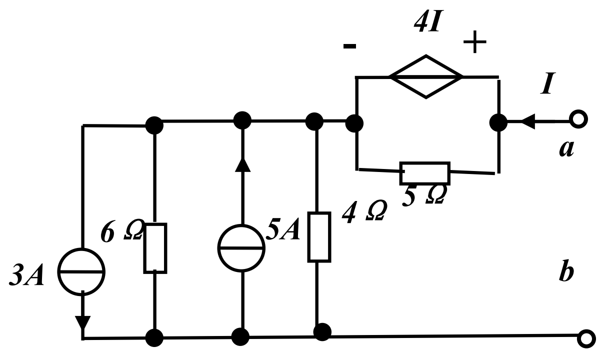
(c)



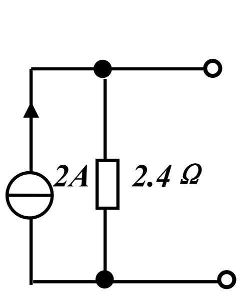
(d)



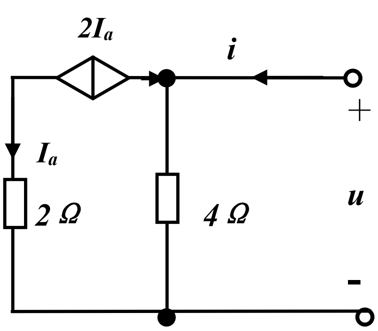
(e)



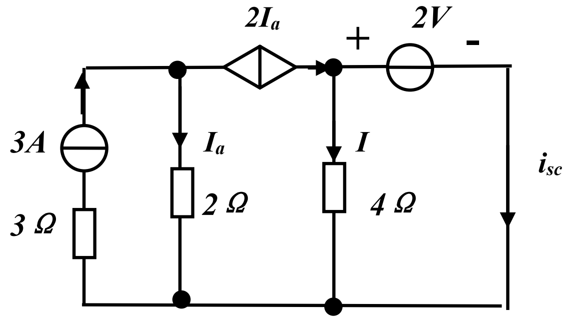
(f)



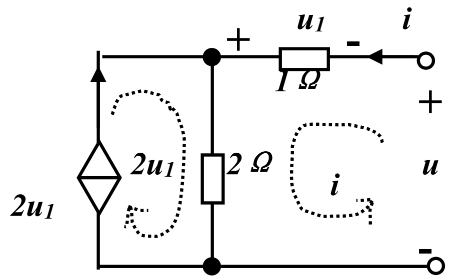
(g)



(h)



(i)



(j)

题 4－6 图

解：*(a)*

(1) 求戴维南等效电路

开路电压 $u_{oc}=u_{ab}$ ＝ 3×3＋2－2＝9V

等效电阻 R_o＝ 1＋3 ＝4Ω

(2)求诺顿等效电路

求短路电流的电路如图(e)所示，对节点 a 列节点 KCL 方程可得

$$\left(\frac{1}{3}+\frac{1}{1}\right)u_a=\frac{2}{3}+\frac{2}{1}+3$$

解得 $$u_a=\frac{17}{4}V$$

所以短路电流 $$\mathrm{i}_{sc}=\frac{\left(\frac{17}{4}-2\right)}{1}=\frac{9}{4}A$$

等效电阻的求法同上 R_o＝ 1＋3 ＝4Ω

（b）

(1) 求戴维南等效电路

题 4－6 图(b)可以等效为图(f)，

因为开路电压 $u_{oc}=u_{ab}$

显然 $I=0$

所以电路又可等效为图(g), 而图(g)即为诺顿等效电路

i_{sc} ＝2A R_o＝2.4Ω

则 $u_{oc}=2\times2.4=4.8$V

(2)求诺顿等效电路

由上面已求出 i_{sc} ＝2A R_o＝2.4Ω

（c）

(1) 求戴维南等效电路

求开路电压 u_{oc}： u_{oc} ＝ u_{ab}

显然　　　　　　$I_a+2I_a=3A$

即　　　　　　　$I_a=1A$

则　　　　　　　$u_{ab}=2\times4I_a-2=6V$

$u_{oc}=6V$

求等效电阻 R_o：

用外加电压源法如图(h)所示，则

$2I_a=-I_a$　即　$I_a=0A$

所以　　　　　　$R_o=4V$

(2)求诺顿等效电路

求短路电流 i_{sc}：如图(i)所示

显然仍有　　　　$I_a=1A$　且　$I=\frac{2}{4}=0.5A$

所以　　　　　　$i_{sc}=2I_a-I=2-0.5=1.5A$

等效电阻的解法同上，　$R_o=4V$

(d)

(1)求戴维南等效电路：

求开路电压 u_{oc}：　　$u_{oc}=u_{ab}$

对节点 c 列节点 KCL 方程可得

$$\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{1}\right)u_c=2u_1+\frac{2}{2}+\frac{u_{oc}}{1}-3 \qquad ①$$

对节点 d 列节点 KCL 方程可得

$$\left(\frac{1}{1}\right)u_{oc}=\frac{u_c}{1}+3 \qquad ②$$

又　　　　$$u_1=u_c-u_{oc} \qquad ③$$

由①、②、③ 式可得

$u_{oc}=-7V$

求等效电阻 R_o：

用外加电压源法如图(j)，虚线为网孔电流的方向，则

$$1\times i+2(2u_1+i)=u$$

而　$u_1=-i$　代入上式

$$u=i-2i=-i$$

所以　　　　$R_0=\frac{u}{i}=-1\Omega$

(2) 求诺顿等效电路

求短路电流 i_{sc}：

将 a、b 端点短路，则 i_{ab} 即为 i_{sc}，

对 c 点列节点方程，有

$$\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{1}\right)u_c = 2u_1 + \frac{2}{2} - 3$$

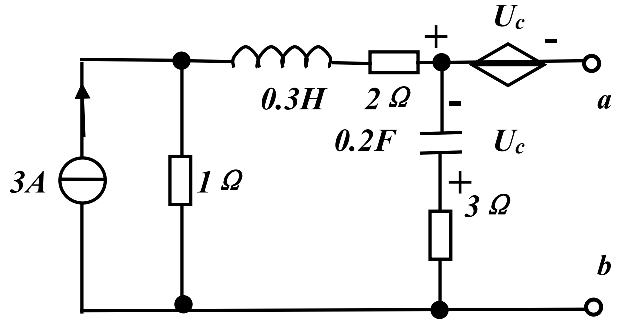
又 $u_1 = u_c$ 则

$$\frac{3}{2}u_c = 2u_c - 2 \quad 即 \quad u_c = 4V$$

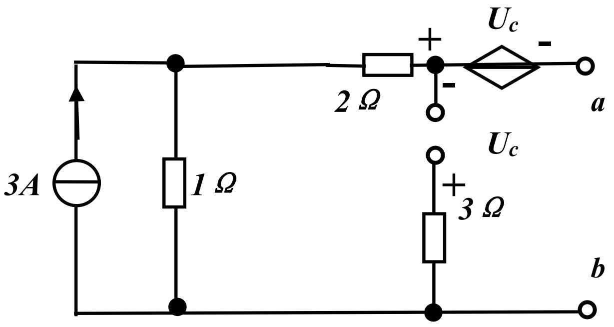
所以 $$i_{sc} = \frac{u_c}{1} + 3 = 7A$$

等效电阻的求法同上，$R_0 = -1\Omega$

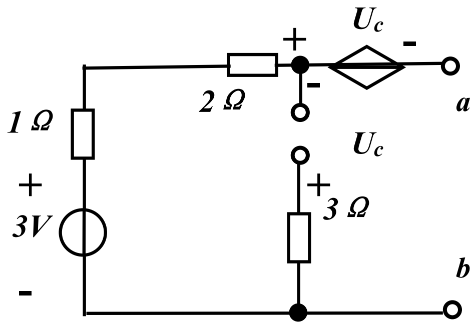
4－7 题 4－7 图示电路工作在直流稳态状态下求 *ab* 端的戴维南等效电路。



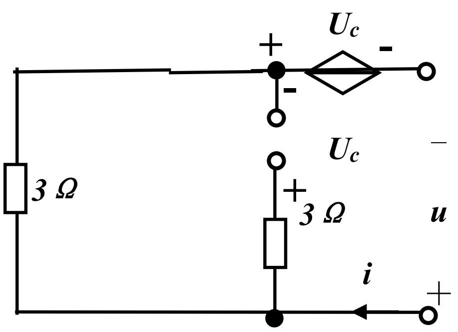
(a)



(b)



(c)



(d)

题 4－7 图

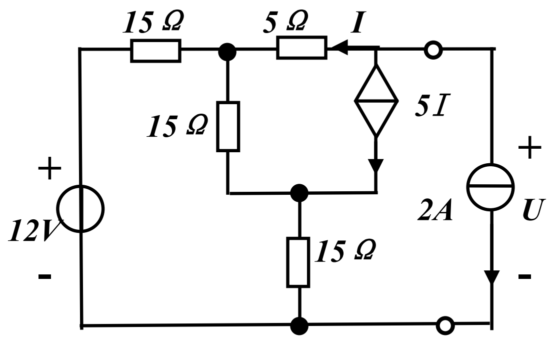
解：稳态时的等效电路如图(b) 所示，
求开路电压 u_{oc}：　　$u_{oc} = u_{ab}$
将电路化为图(c) 所示的等效电路，则
$$u_c = -3\text{V}$$
因此　　$u_{oc} = -2u_c = 6\text{V}$

求等效电阻 R_o：
用外加电压源法如图(d)，则
$$u = 3i + u_c$$
而　$u_c = 3i$

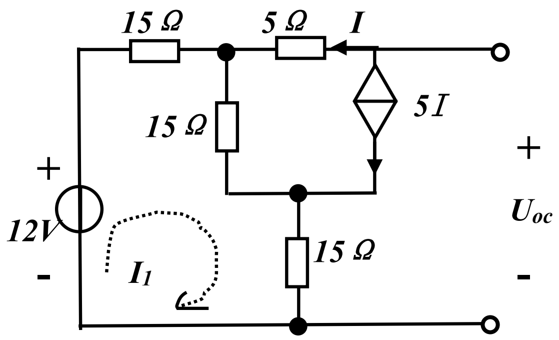
所以　　$u = 6i$

即　　$R_o = \dfrac{u}{i} = 6\Omega$

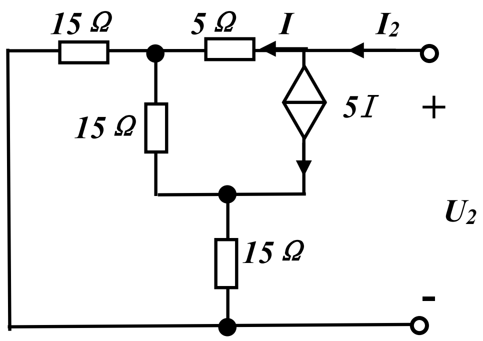
4－8 用戴维南定理求题 4－8 图示电路中 2 A 电流源上的电压 U。



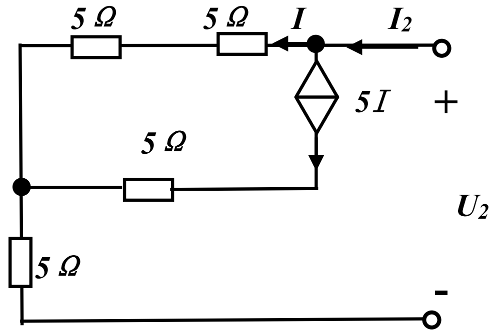
(a)



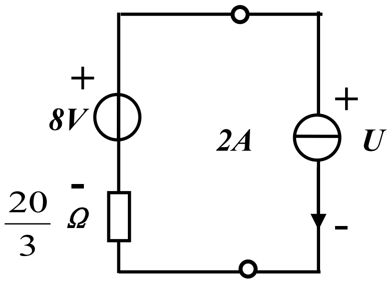
(b)



(c)



(d)



(e)

题 4－8 图

解：先求开路电压 u_{oc} ：如图(b)所示，I_1 为网孔电流，则

$$5I=-I \quad 故\ I=0$$

$$(15+15+15)I_1=12$$

解得 $$I_1=\frac{12}{15+15+15}=\frac{4}{15}$$

所以 $$u_{oc}=12-15I_1=12-4=8V$$

再求等效电阻 R_o：

用外加电压源法如图(c)所示，而图(c)可以等效为图(d)，则

$$U_2=(5+5)I+5I_2 \quad 且\ I_2=I+5I$$

所以 $$I=\frac{1}{6}I_2$$

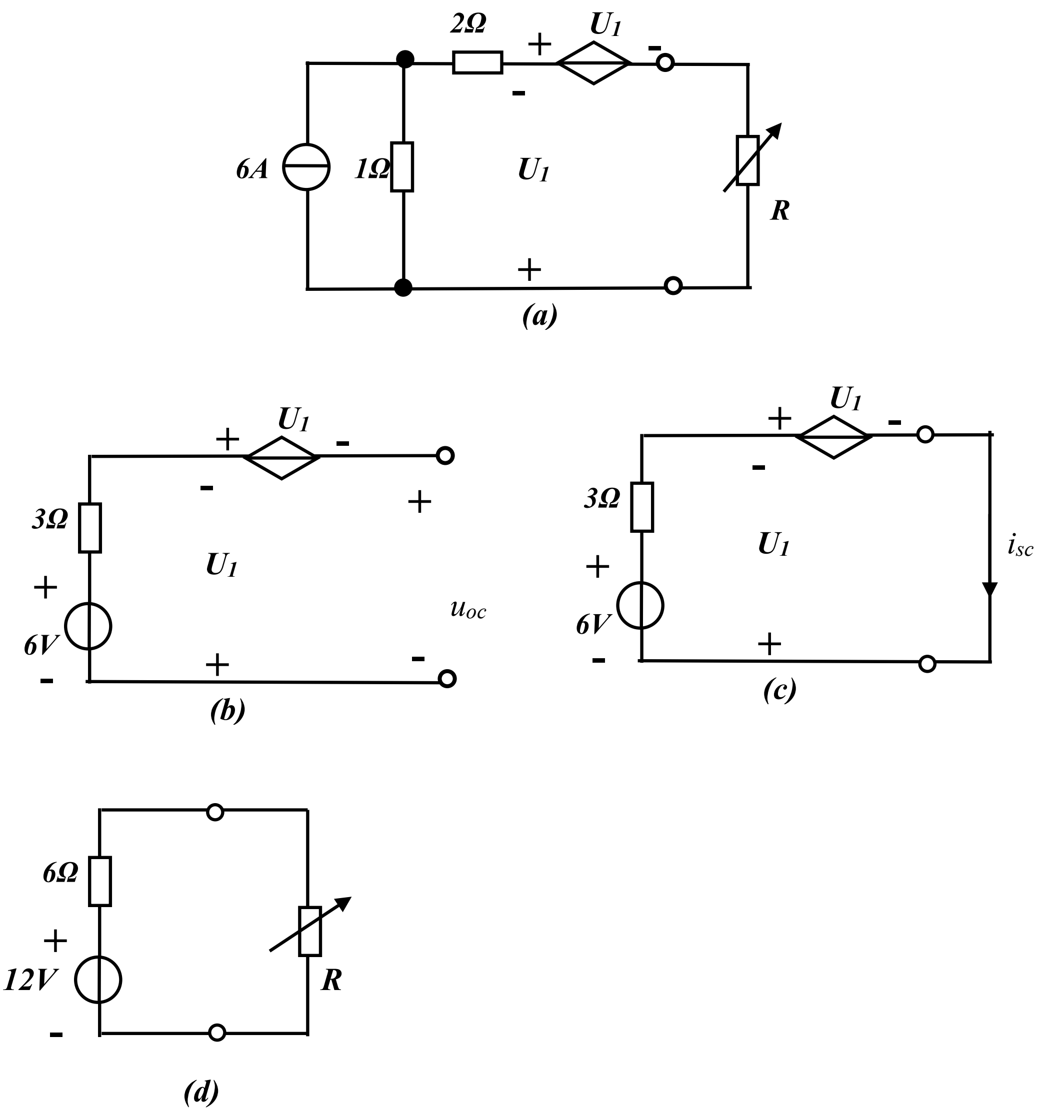
故 $$U_2=10\times\frac{I_2}{6}+5I_2=\frac{20}{3}I_2$$

所以 $$R_0=\frac{U_2}{I_2}=\frac{20}{3}\Omega$$

利用戴维南等效电路可将图(a)化为图(e)，则

$$U=8-2\times\frac{20}{3}=-\frac{16}{3}V$$

4－9 题 4－9 图示电路中负载 R 的阻值可调，当 R 取何值可获得最大功率 $P_{\max}$？



题 4－9 图

解：求电路的戴维南等效电路

先求开路电压 u_{oc}：图(a)可以等效为如图(b)所示，则

$$U_1 = -6\text{V}$$

由 KVL 定理

$$u_{oc} = -2U_1 \quad \text{所以} \quad u_{oc} = 12\text{V}$$

再求短路电流 i_{sc}：图(a)可以等效为如图(c)所示，则

$$-2U_1 = 0 \quad \text{即} \quad U_1 = 0$$

而由 KVL 定理

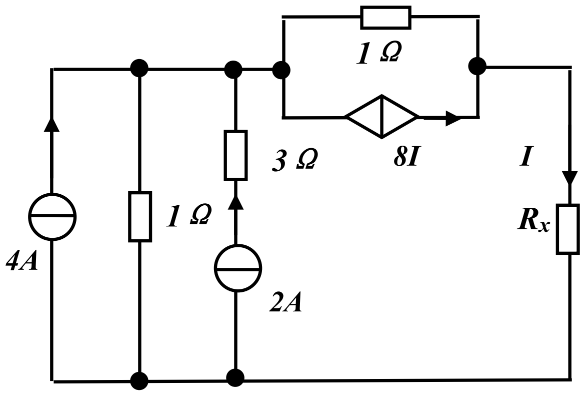
$$U_1 = -6 + 3i_{sc}$$

所以 $i_{sc} = 2\text{A}$ 故 $R_0 = \dfrac{u_{oc}}{i_{sc}} = 6\Omega$

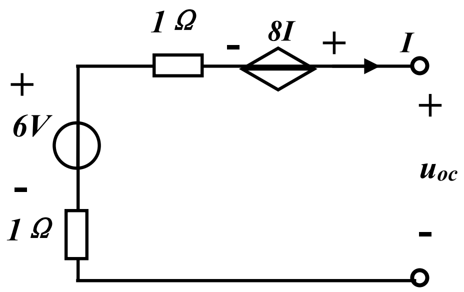
求最大功率：当 R＝6Ω 时可获最大功率，则

$$P_{\max} = \left(\frac{12}{6+6} \right)^2 \times 6 = 6W$$

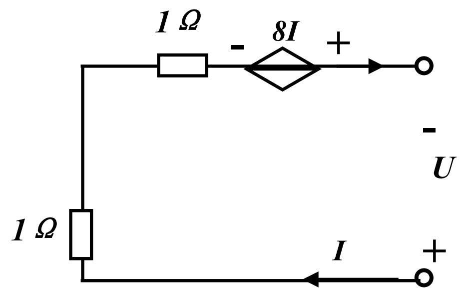
4－10 题 4－10 图示电路中，若流过电阻 R_X 的电流 I 为－1.5 A，用戴维南定理确定电阻 R_X 的数值。



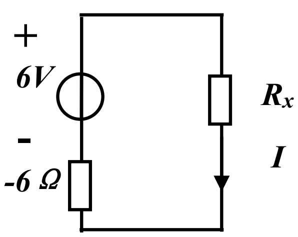
(a)



(b)



(c)



(d)

题 4－10 图

解：先求 R_x 左侧的戴维南等效电路

在图(b)中，显然开路电压　u_{oc}＝6V

求等效电阻 R_o：如图(c)所示，

$$U=-8I+2I=-6I$$

所以 $$R_0=\frac{U}{I}=-6\Omega$$

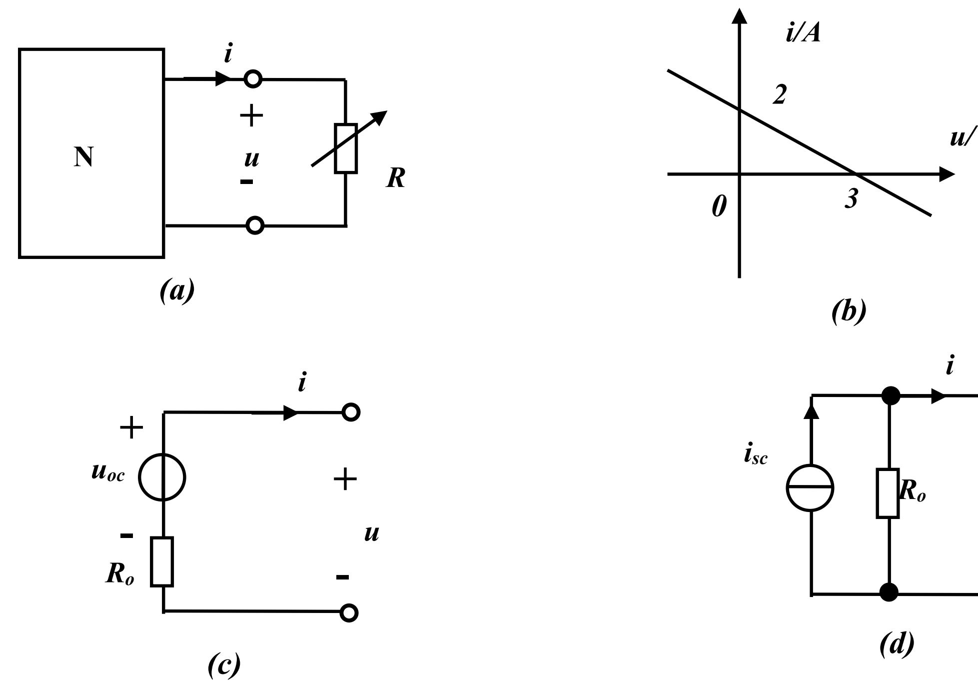
求 R_x：如图(d)所示

由已知条件 $I=-1.5\,\text{A}$

所以 $I=\dfrac{6}{-6+R_x}=-1.5$ 解得

$R_x=2\,\Omega$

4－11 题 4－11 图示电路中，外接电阻可调，由此测得端口电压 u 和电流 i 的关系曲线如图(b)所示，求网络 N 的戴维南和诺顿等效电路。



题 4－11 图

解：由曲线易得： $u=3-\dfrac{3}{2}i$

将网络 N 设为戴维南电路如图(c)所示，则

$$u=u_{oc}-R_0 i$$

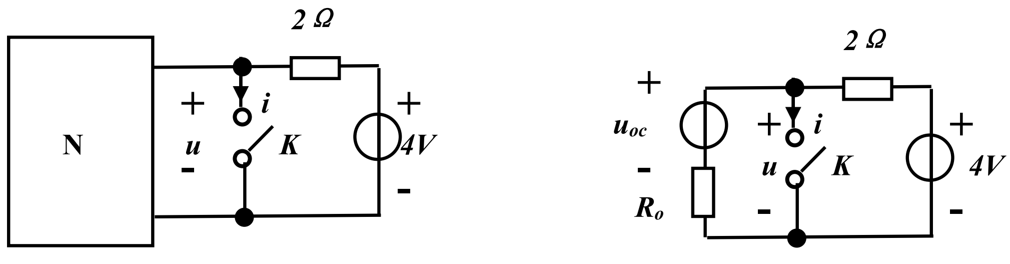
所以 $u_{oc}=3\text{V}$ $R_o=1.5\,\Omega$

将网络 N 设为戴维南电路如图(c)所示，则

$$u=(i_{sc}-i)R_0 \quad \text{即} \quad u=i_{sc}R_0-iR_0$$

所以 $i_{sc}=2\text{A}$ $R_o=1.5\,\Omega$

4－12 题 4－12 图示电路中，当开关 K 打开时，开关两端的电压 u 为 8V；当开关 K 闭合时，流过开关的电流 i 为 6A，求网络 N 的戴维南等效电路。



(a) (b)

题 4－12 图

解：当 K 打开时： $u=\dfrac{u_{oc}-4}{2+R_0}\times 2+4=8$ ①式

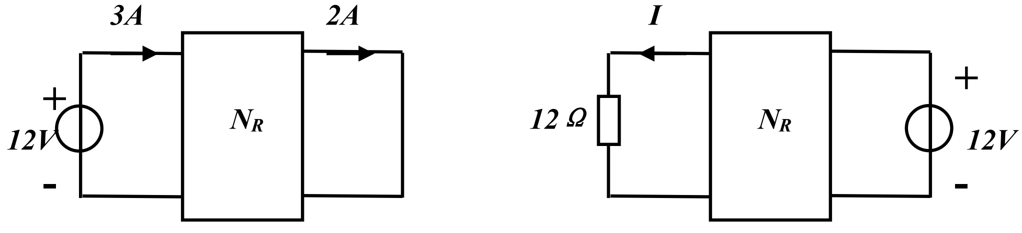
当 K 闭合时： $i=\dfrac{u_{oc}}{R_0}+\dfrac{4}{2}=6$ ②式

由②式 $u_{oc}=4R_0$ 代入①式，得

$u=\dfrac{4R_0-4}{2+R_0}=2$ 即 $4R_0-4=4+2R_0$

所以 $R_0=4\,\Omega$ $u_{oc}=16\text{V}$

4－13 题 4－13 图示电路中，N_R 为纯电阻网络，电路如图(a)连接时，支路电流如图所标，当电路如图(b)方式连接时，求电流 I。



(a) (b)

题4－13图

解：将图(a)看作电路在 t 时刻的情况，而图(b)看作电路在 t'时刻的情况，则由特勒根定理有：

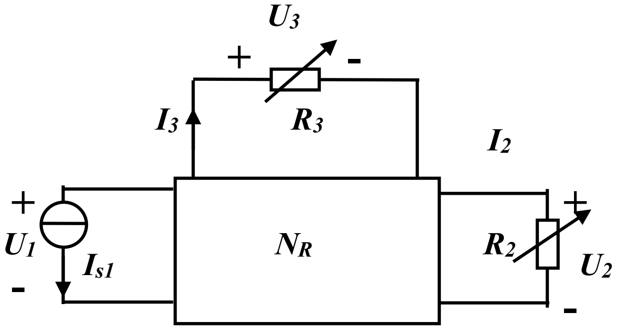
$$12I + 0I' + \sum U_k I_k' = 12I \times (-3) + 12 \times 2 + \sum U_k' I_k$$

又因为 $\sum U_k I_k' = \sum U_k' I_k$

所以 $12I = -36I + 24$ 解得

$I = 0.5\text{A}$

4－14 题 4－14 图示电路中，N_R 为仅由电阻元件构成，外接电阻 R_2、R_3 可调，当 $R_2 = 10\,\Omega$、$R_3 = 5\,\Omega$、$I_{S1} = 0.5\,\text{A}$ 时，$U_1 = 2\,\text{V}$、$U_2 = 1\,\text{V}$、$I_3 = 0.5\,\text{A}$；当 $R_2 = 5\,\Omega$、$R_3 = 10\,\Omega$、$I_{S1} = 1\,\text{A}$ 时，$U_1 = 3\,\text{V}$、$U_3 = 1\,\text{V}$，用特勒根定理求此时 I_2 的数值。



(a)

题 4－14 图

解：由已知条件，有

$U_1' = 2\,\text{V}$ 、 $I_{s1}' = 0.5\,\text{A}$ 、 $U_3' = 0.5 \times 5 = 2.5\,\text{V}$ 、 $I_3' = 0.5\,\text{A}$ 、 $U_2' = 1V$ 、

$I_2' = \dfrac{1}{10} = 0.1\,\text{A}$ 、

$U_1 = 3\,\text{V}$ 、$I_{S1} = 1\,\text{A}$ 、$U_3 = 1\,\text{V}$ 、$I_3 = \dfrac{1}{10} = 0.1A$ 、$U_2 = 5I_2$

则由特勒根定理，

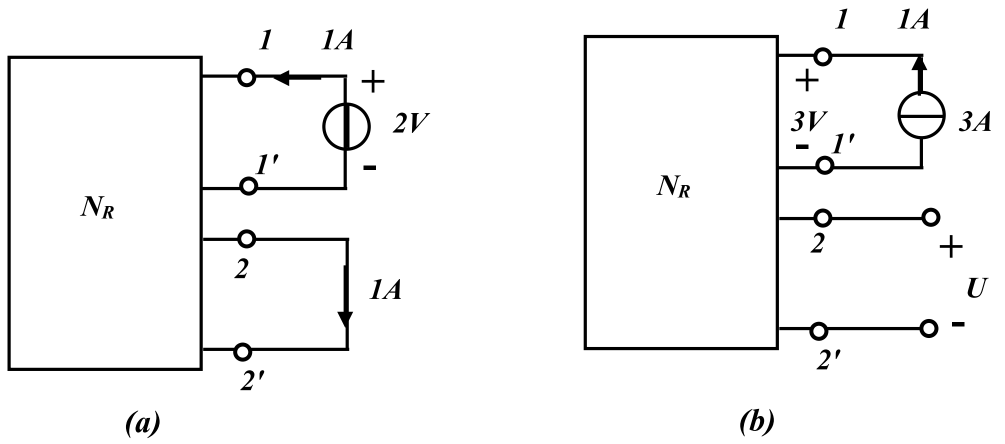
$$2 \times 1 + 2.5 \times 0.1 + 1 \times I_2 + \sum U_k' I_k = 3 \times 0.5 + 1 \times 0.5 + 5I_2 \times 0.1 + \sum U_k I_k'$$

因为 $\sum U_k^{'} I_k = \sum U_k I_k^{'}$

所以 $2＋0.25＋I_2 = 1.5 + 0.5 + 0.5I_2$

解得 $I_2＝－0.5\text{A}$

4－15 题 4－15 图示电路中，N_R为线性无源电阻网络，两次接线分别如图(a)、图(b)所示，求图(b)电路中的电压 U。



题 4－15 图

解：设 $U_1^{'} = 2\text{V}$、$I_1^{'} = -1\text{A}$、$U_2^{'} = 0$、$I_2^{'} = 1\text{A}$

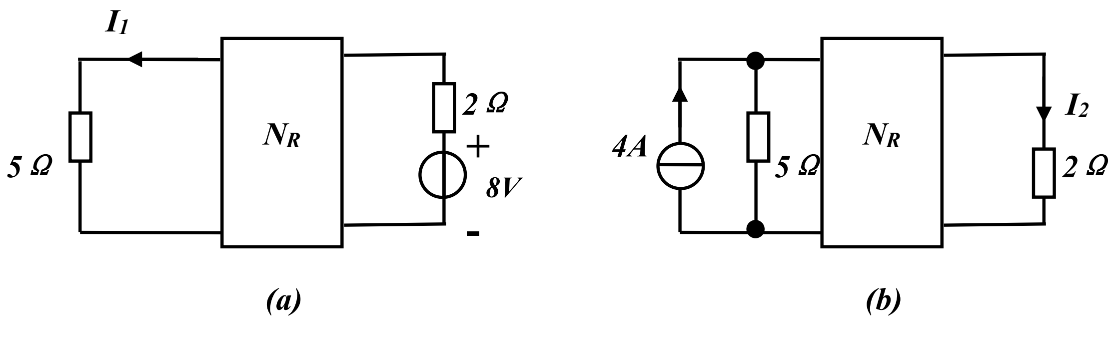
$U_1 = 3\text{V}$、$I_1 = -3\text{A}$、$U_2 = U$、$I_2 = 0$

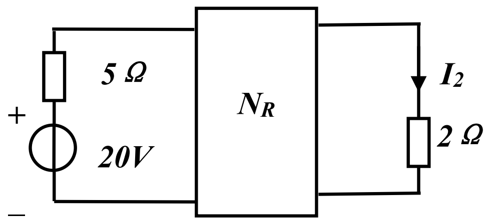
由特勒根定理可得到

$$2 \times (-3) + 0 \times 0 = 3 \times (-1) + U \times 1$$

解得 $U＝－3\text{V}$

4－16 题 4－16 图示电路中，N_R有电阻构成，图(a)电路中 $I_1 = 2\text{A}$，求图(b)电路中的电流 I_2。





(c)

题 4－16 图

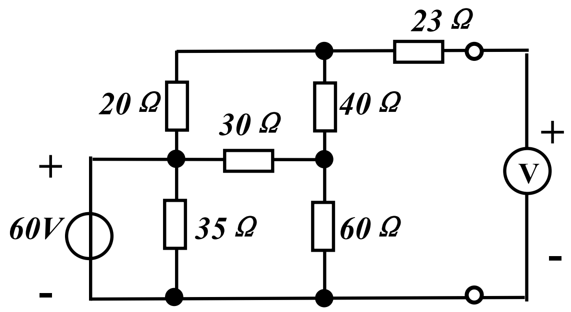
解：将图(b)化为图(c)的等效电路

将网络N_R 及 5Ω、2Ω的电阻看作一个新的双端口网络，则由互易定理形式一有

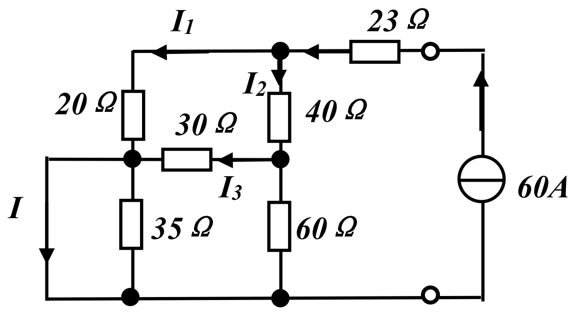
$$\frac{8}{I_1}=\frac{20}{I_2}$$

即 $$I_2=\frac{20}{8}I_1=\frac{20\times 2}{8}=5\text{A}$$

4－17 试确定题 4－17 图示电路中电压表的读数。



(a)



(b)

题 4－17 图

解：设图(a) 所示电路的外电源按如图(b)方式连接，

则在图(b)所示电路中有

$$\begin{cases}20I_1=40I_2+30I_3\\ I_1+I_2=60\\ I_3=\dfrac{60}{30+60}I_2\end{cases}$$

化简方程组得 $\begin{cases} I_1 = 3I_2 \\ I_1 + I_2 = 60 \\ I_3 = \dfrac{2}{3} I_2 \end{cases}$

解方程组可得 $\begin{cases} I_1 = 45A \\ I_2 = 15A \\ I_3 = 10A \end{cases}$

所以 $I = I_1 + I_3 = 45 + 10 = 55A$

由互易定理 3 可知电压表的读数为 55V