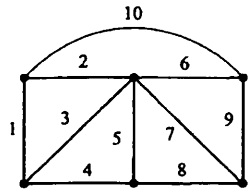
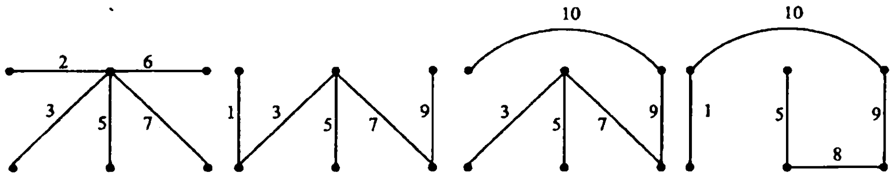
2－1　如题 2－1 图的拓扑图，画出 4 种不同的树。其树支数是多少？连支数是多少？



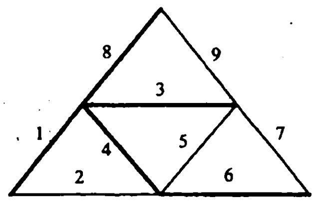
题 2－1 图

解　节点数 $n=6$，支路数 $b=10$，故树支数 $T=n-1$，连支数为 $b-T=5$，画出 4 种不同的树如题 2－1 解图所示。



题 2－1 解图

2-2　如题 2-2 图的拓扑图，图中粗线表示树，试列出其全部基本回路和基本割集。该图的独立节点数、独立回路数和网孔数各为多少？



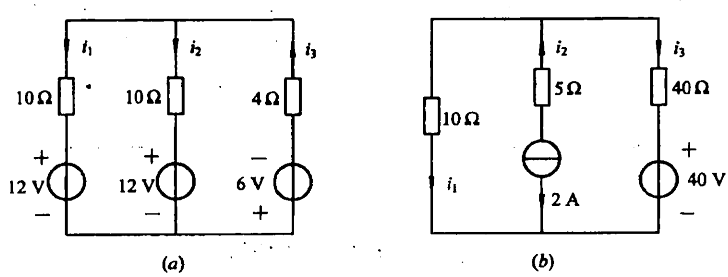
题 2-2 图

解　节点数 $n=6$，支路数 $b=9$，故独立节点数 $n-1=5$，独立回路数和网孔数为 $b-n+1=4$。

基本回路：(8，9，3)，(3，4，5)，(3，4，6，7)，(1，4，2)；

基本割集：(1，2)，(8，9)，(6，7)，(9，3，5，7)，(2，4，5，7)。

2-3　如题 2-3 图所示的电路，试用支路电流法求各支路电流。



题 2-3 图

解　图(a)：列出独立的 KCL 和 KVL 方程为

$$i_3 = i_1 + i_2$$

$$10i_2 + 12 - 12 - 10i_1 = 0$$

$$-4i_3 - 6 - 12 - 10i_2 = 0$$

解得

$$i_1 = i_2 = -1\ \text{A},\quad i_3 = -2\ \text{A}$$

图(b)：支路电流 $i_2=-2$ A。

利用 KCL 有，

$$i_2 = i_1 + i_3 = -2$$

利用 KVL 有，

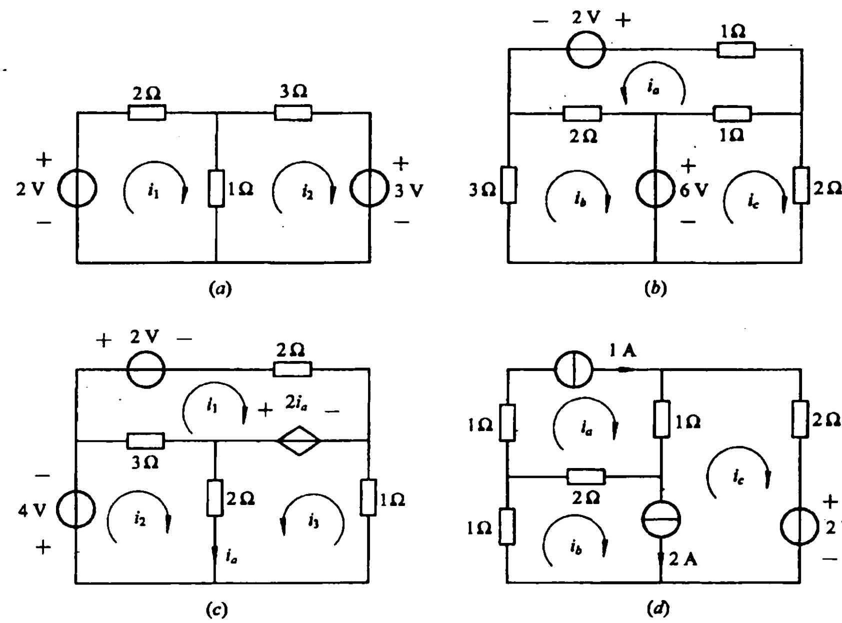
$$40i_3 + 40 - 10i_1 = 0$$

解得

$$i_1 = -0.8\ \text{A}$$

$$i_3 = -1.2\ \text{A}$$

2-4　如题 2-4 图的电路，试分别列出网孔方程。



题 2-4 图

解　网孔电流如图所示，按照网孔方程的列写规律，可列出

图(a)：

$$\begin{cases}3i_1-i_2=2\\4i_2-i_1=-3\end{cases}$$

图(b)：

$$\begin{cases}4i_a+2i_b+i_c=-2\\2i_a+5i_b=-6\\3i_c+i_a=6\end{cases}$$

图(c)：

$$\begin{cases}5i_1-3i_2=-2+2i_u\\5i_2-3i_1+2i_3=-4\\3i_3+2i_2=2i_u\end{cases}$$

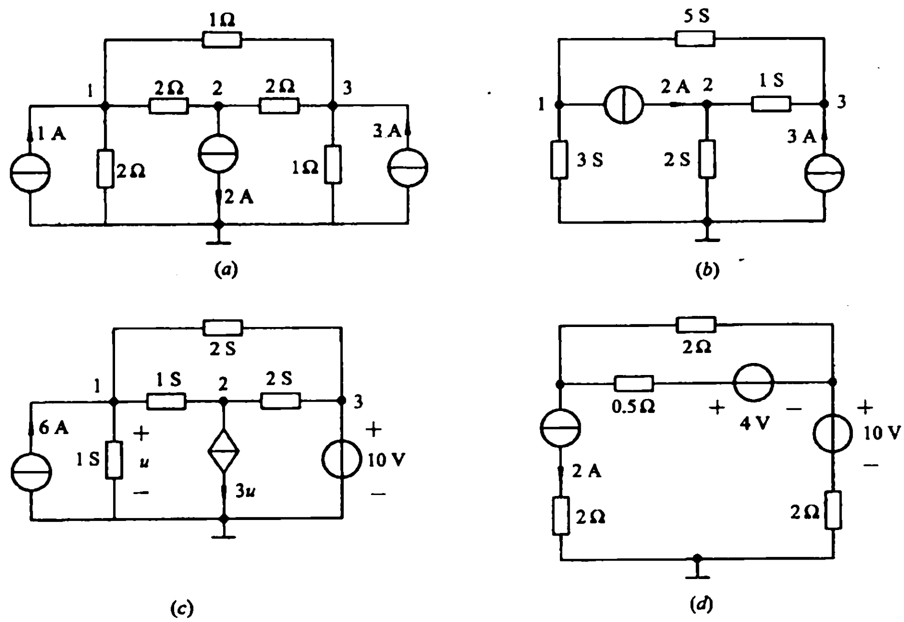
控制量用网孔电流表示，有 $i_u=i_2+i_3$。

图(d)：先将 2 A 电流源看作是电压为 u(其参考方向为上“+”)的电压源，则有

$$\begin{cases}i_a=1\\3i_b-2i_a=-u\\3i_c-i_a=-2+u\end{cases}$$

2 A 电流源支路用网孔电流表示有，$i_b-i_c=2$。

2－5　如题 2－5 图所示的电路，参考点如图所示，试分别列出节点方程。



题 2－5 图

解　节点电压分别记为 u_1、u_2、u_3 等，可列出节点方程为

图(a)：

$$\begin{cases}(1+0.5+0.5)u_1-0.5u_2-u_3=1\\(0.5+0.5)u_2-0.5u_1-0.5u_3=-2\\(1+1+0.5)u_3-0.5u_2-u_1=3\end{cases}$$

图(b)：

$$\begin{cases}(3+5)u_1-5u_3=-2\\(1+2)u_2-u_3=2\\(1+5)u_3-5u_1-u_2=3\end{cases}$$

图(c)：

$$\begin{cases}(1+1+2)u_1-u_2-2u_3=6\\(1+2)u_2-u_1-2u_3=-3u\\u=u_1,\ u_3=10\end{cases}$$

图(d)：

$$\begin{cases}(0.5+2)u_1-(0.5+2)u_2=\dfrac{4}{0.5}-2\\(0.5+0.5+2)u_2-(0.5+2)u_1=-\dfrac{4}{0.5}+\dfrac{6}{2}\end{cases}$$

2－6　如题 2－6 图的电路，求电压 u、电流 i 和电压源产生的功率。

解　设中间网孔的电流为 i_A，如题 2－6 解图所示，而其它网孔的电流均已知，则网孔

电流方程为

$$(3+1+2)i_A-3\times2+1\times2+2\times3=-4$$

解得 $i_A=-1$ A。因此

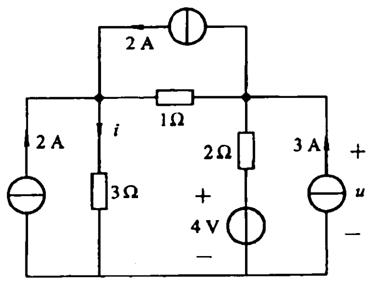
$$i=2-i_A=3\ \text{A},$$

$$i_1=-i_A-3=-2\ \text{A},$$

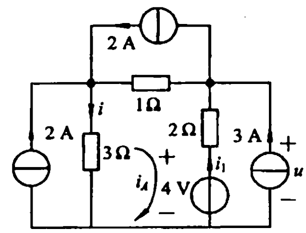
$$u=-2i_1+4=8\ \text{V}$$

电压源产生的功率为

$$P_{4\,\text{V产生}}=4i_1=4\times(-2)=-8\ \text{W}$$



题 2-6 图



题 2-6 解图

2-7　如题 2-7 图所示的电路，求电压 u、电流 i 和电流源产生的功率。

解　如题 2-7 解图所示，选节点 3 为参考点，节点 1、2 的节点电压记为 u_1、u_2，显然，$u_2=15$ V，则节点 1 的节点方程为

$$\left(1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}\right)u_1-\frac{1}{3}u_2=\frac{4}{1}+\frac{8}{2}-2$$

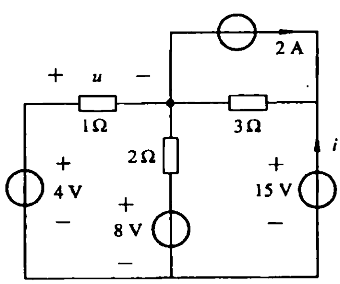
解得 $u_1=6$ V，因此

$$u=4-u_1=-2\ \text{V}$$

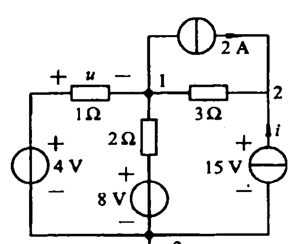
$$i=\frac{u_2-u_1}{3}-2=1\ \text{A}$$

电流源产生的功率为

$$P_{2\,\text{A产生}}=2\times(u_2-u_1)=2\times9=18\ \text{W}$$



题 2-7 图



题 2-7 解图

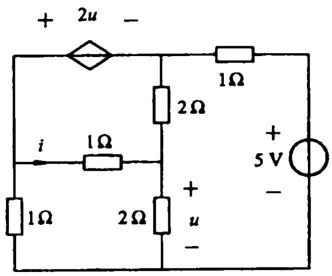
2-8　如题 2-8 图所示的电路，求电压 u、电流 i 和独立电压源产生的功率。

解　设网孔电流 i_1，i_2，i_3，如题 2-8 解图所标，则网孔方程为

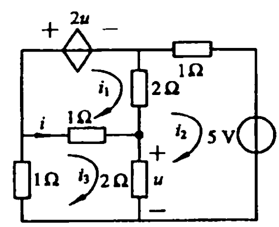
$$3i_1-2i_2-i_3=-2u$$
$$5i_2-2i_1-2i_3=-5$$
$$4i_3-i_1-2i_2=0$$
$$u=2(i_3-i_2)$$

解得：$i_1=-6$ A，$i_2=-5$ A，$i_3=-4$ A，$u=2$ V，因此

$$i=i_3-i_1=2\ \text{A}$$
$$P_{5\ \text{V产生}}=-5i_2=-5\times(-5)=25\ \text{W}$$



题 2-8 图



题 2-8 解图

2-9　如题 2-9 图所示的电路，求电压 u 和电流 i。

解　如题 2-9 解图所示，选节点 4 为参考点，节点 1、2、3 的节点电压记为 u_1、u_2、u_3，显然，$u_2=4$ V，则节点 1、2 的节点方程为

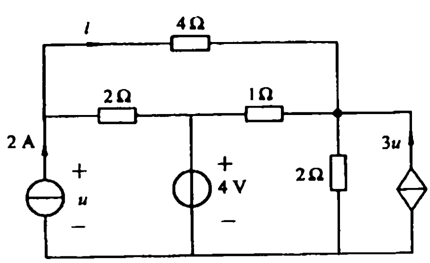
$$\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{4}\right)u_1-\frac{1}{2}u_2-\frac{1}{4}u_3=2$$
$$\left(\frac{1}{2}+1+\frac{1}{4}\right)u_3-\frac{1}{4}u_1-u_2=3u$$
$$u=u_1$$

解得

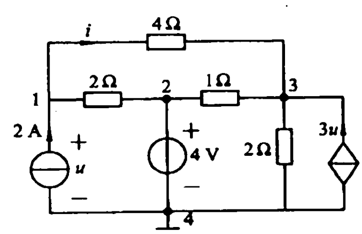
$$u_1=16\ \text{V},\quad u_3=32\ \text{V},\quad u=16\ \text{V}$$

因此

$$i=\frac{u_1-u_2}{4}=-4\ \text{A}$$

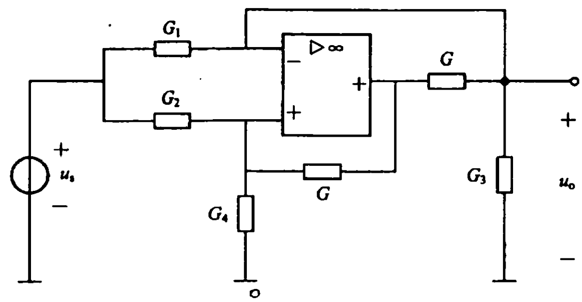


题 2-9 图



题 2-9 解图

2 - 10　如题 2 - 10 图所示的运放电路，试求电压增益 u_o/u_s。



题 2 - 10 图

解　设运放输入端的电压分别为 u_- 和 u_+，输出端的电压为 u_{o1}，考虑运放的虚断特性，在运放的输入端列出节点方程有

$$(G_1+G+G_3)u_- - Gu_{o1} = G_1u_s$$

$$(G_2+G+G_4)u_+ - Gu_{o1} = G_2u_s$$

根据运放的虚短特性，有 $u_-=u_+=u_o$，代入上两式，得

$$(G_1+G+G_3)u_o - Gu_{o1} = G_1u_s \qquad ①$$

$$(G_2+G+G_4)u_o - Gu_{o1} = G_2u_s \qquad ②$$

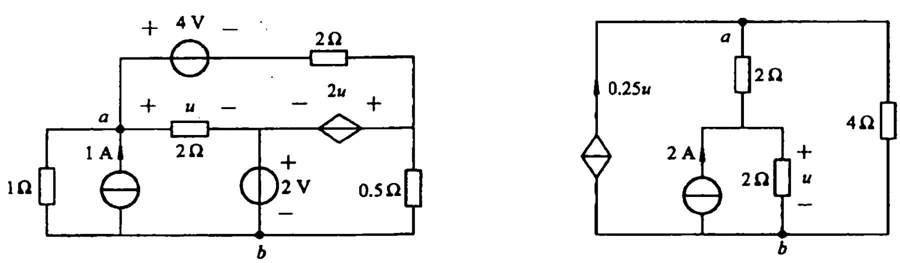
式①减式②，得

$$(G_1+G_3-G_2-G_4)u_o = (G_1-G_2)u_s$$

故

$$\frac{u_o}{u_s}=\frac{G_1-G_2}{G_1+G_3-G_2-G_4}$$

2 - 11　选择方程数较少的方法，求题 2 - 11 图示电路中的 u_{ab}。



(a)　　(b)

题 2 - 11 图

解　图(a)：选节点 b 为参考点，如题 2 - 11 解图(a)所示，则列出节点 a 的节点电压方程为

$$\left(1+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\right)u_a-\frac{1}{2}u_d-\frac{1}{2}u_c=1+\frac{4}{2}$$

由题 2 - 11 解图(a)容易得到，$u_c=2$ V，$u_a=u+2$，$u_d=2u+2$，代入上式可解得，$u=1$ V，故

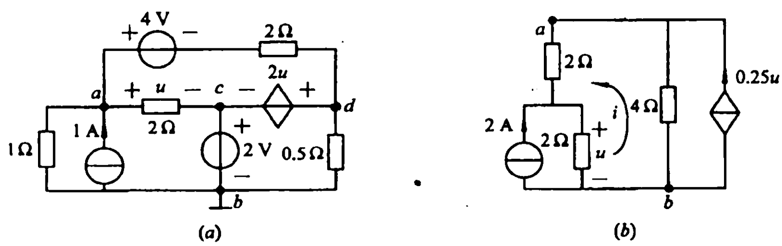
$$u_{ab}=u+2=3\text{ V}$$

图(b)：将题 2-11 图(b)中的受控电流源由左边移到右边，如题 2-11 解图(b)所示，列出中间网孔的网孔电流方程为

$$(2+2+4)i+2\times2-4\times0.25u=0$$

控制量 u 用网孔电流表示，有 $u=2\times(2+i)$，代入上式，可解得 $i=0$，$u=4$ V，故

$$u_{ab}=2i+u=4\ \text{V}$$



题 2-11 解图

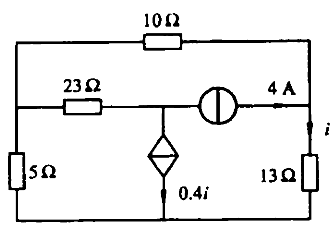
2-12　仅用一个方程，求题 2-12 图示电路中的电流 i。

解　利用回路法。选 5 Ω、23 Ω、10 Ω 电阻支路为树支，形成一组基本回路，如题 2-12 解图所示。显然，回路Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ的回路电流分别为 i、4 A、$0.4i$，对回路Ⅰ，列出回路电流方程为

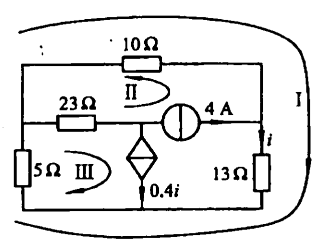
$$(5+10+13)i-10\times4+5\times0.4i=0$$

解得

$$i=\frac{4}{3}\ \text{A}$$

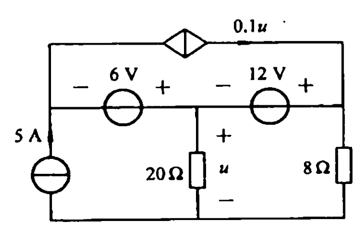


题 2-12 图



题 2-12 解图

2-13　仅用一个方程，求题 2-13 图示电路中的电压 u。

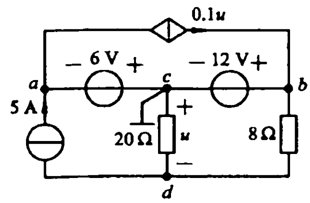


题 2-13 图

解 选节点 c 为参考点，如题 2-13 解图所示，则 $u_a=-6$ V，$u_b=12$ V，$u_d=-u$。故可列出节点 d 的节点电压方程为

$$\left(\frac{1}{20}+\frac{1}{8}\right)(-u)-\frac{1}{8}\times 12=-5$$

解得
$$u=20\ \text{V}$$



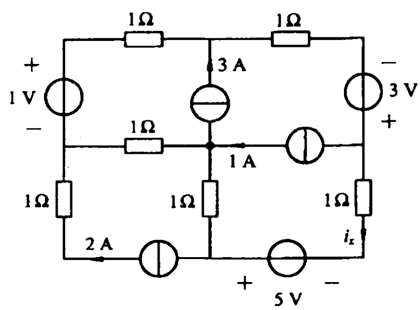
题 2-13 解图

2-14 求题 2-14 图示电路中的 i_x。

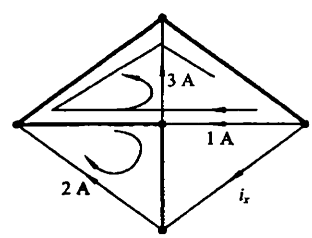
解 利用回路法。画出题 2-14 图示电路的拓扑图，如题 2-14 解图所示。选取电流源所在支路和所求电流 i_x 所在支路均为连支，其余为树支(如题 2-14 解图中粗线所示)。从而形成四个基本回路，其中的 3 个基本回路已在题 2-14 解图中标出，且其回路电流均已知。现对 i_x 所在支路与全部树支所构成的基本回路列出回路方程，有

$$(1+1+1+1+1)i_x+(1+1+1)\times 1-(1+1)\times 2-(1+1)\times 3=5+1+3$$

解得
$$i_x=3.2\ \text{A}$$

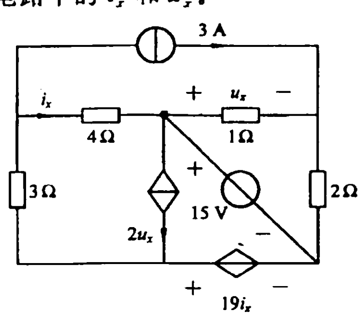


题 2-14 图



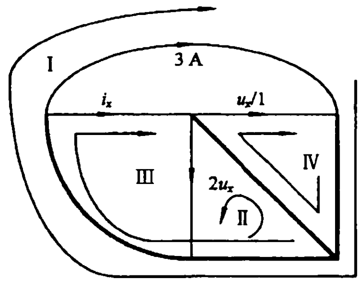
题 2-14 解图

2-15 求题 2-15 图示电路中的 i_x 和 u_x。



题 2-15 图

解　利用回路法。画出题 2-15 图示电路的拓扑图，如题 2-15 解图所示。



题 2-15 解图

选取电流源所在支路和所求电流电压 i_x、u_x 所在支路均选为连支，其余为树支(如题 2-15 解图中粗线所示)。从而形成四个基本回路，其中回路Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ的依次为 3 A、$2u_x$、i_x、$u_x/1$，列出回路Ⅲ、Ⅳ的回路方程为

$$(3+4)i_x+3\times 3=-15+19i_x$$

$$(1+2)\left(\frac{u_x}{1}\right)+2\times 3=15$$

解得

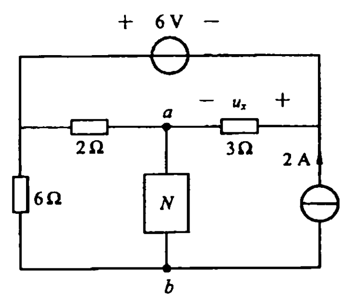
$$i_x=2\ \text{A},\quad u_x=3\ \text{V}$$

2-16　用最少的方程求解题 2-16 图示电路的 u_x。

(1) N 为 12 V 的独立电压源，正极在 a 端；

(2) N 为 0.5 A 的独立电流源，箭头指向 b；

(3) N 为 $6u_x$ 受控电压源，正极在 a 端。



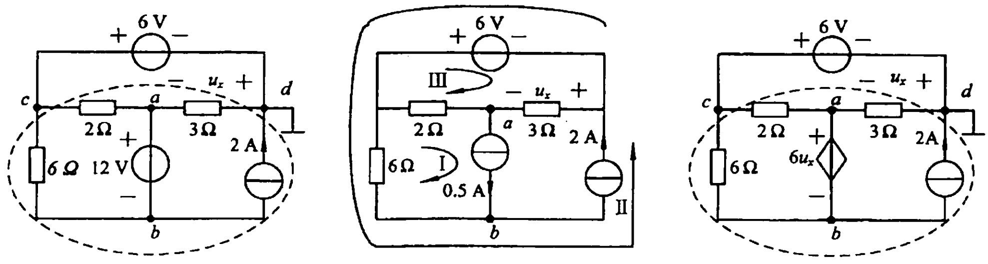
题 2-16 图

解　(1) 若 N 为 12 V 的独立电压源，其电路如题 2-16 解图(c)所示。选节点 d 为参考点，则节点电压 $u_a=-u_x$，$u_b=-12-u_x$，$u_c=6$ V，对图中虚线所示的闭合曲面，利用 KCL 和欧姆定律，有

$$\frac{u_c-u_a}{2}+\frac{u_x}{3}+\frac{u_c-u_b}{6}=2$$

即
$$\frac{6+u_x}{2}+\frac{u_x}{3}+\frac{6+12+u_x}{6}=2$$

解得
$$u_x=-4\ \text{V}$$



(a)　　(b)　　(c)

题 2 - 16 解图

(2) 若 N 为 0.5 A 的独立电流源，其电路如题 2 - 16 解图(b)所示。用回路法，选基本回路Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ，其中回路Ⅰ、Ⅱ的回路电流已知，分别为 0.5 A、2 A，而回路Ⅲ的回路电流可写为 $u_x/3$，列出回路Ⅲ的回路电流方程，有

$$(2+3)\left(\frac{u_x}{3}\right)-2\times0.5=-6$$

解得
$$u_x=-3\ \text{V}$$

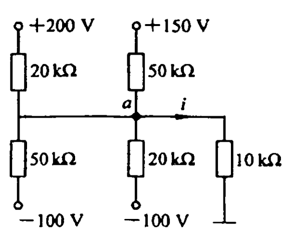
(3) 若 N 为 $6u_x$ 受控电压源，其电路如题 2 - 16 解图(c)所示。选节点 d 为参考点，则节点电压 $u_a=-u_x$，$u_b=-6u_x-u_x=-7u_x$，$u_c=6$ V，对图中虚线所示的闭合曲面，利用 KCL 和欧姆定律，有

$$\frac{u_c-u_a}{2}+\frac{u_x}{3}+\frac{u_c-u_b}{6}=2$$

即
$$\frac{6+u_x}{2}+\frac{u_x}{3}+\frac{6+7u_x}{6}=2$$

解得
$$u_x=-1\ \text{V}$$

2 - 17　如题 2 - 17 图所示的电路，求电流 i。



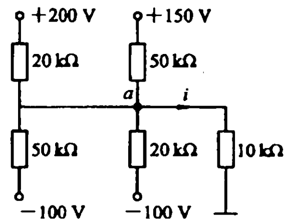
题 2 - 17 图

解　用节点法求解。如题 2 - 17 解图所示，设节点 a，且其电压为 u_a，可列出其节点方程为

$$\left(\frac{1}{20\times10^3}+\frac{1}{50\times10^3}+\frac{1}{20\times10^3}+\frac{1}{50\times10^3}+\frac{1}{10\times10^3}\right)u_a$$
$$=\frac{200}{20\times10^3}+\frac{150}{50\times10^3}-\frac{100}{50\times10^3}-\frac{100}{20\times10^3}$$

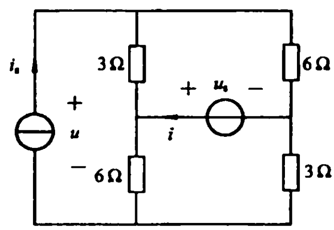
解得 $u_a=25$ V，故

$$i=\frac{u_a}{10\times10^3}=2.5\ \mathrm{mA}$$



题 2-17 解图

2-18　如题 2-18 图所示的电路，已知 $u_s=9$ V，$i_s=3$ A，用叠加定理求电流源端电压 u 和电压源的电流 i。



题 2-18 图

解　(1) 当电流源 i_s 单独作用时，电压源短路，原电路可化为如题 2-18 解图(a)所示电路。利用分流公式有

$$i_1'=\frac{6}{3+6}i_s=\frac{6}{3+6}\times3=2\ \mathrm{A}$$

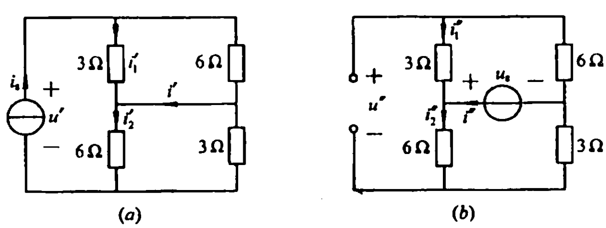
$$i_2'=\frac{3}{3+6}i_s=\frac{3}{3+6}\times3=1\ \mathrm{A}$$

故由 KCL 得

$$i'=i_2'-i_1'=-1\ \mathrm{A}。$$

根据 KVL 和欧姆定律，得

$$u'=3i_1'+6i_2'=3\times2+6\times1=12\ \mathrm{V}$$



题 2-18 解图

(2) 当电压源 u_s 单独作用时，电流源断开，原电路可化为如题 2-18 解图(b)所示电路。

由欧姆定律，得

$$i_1'' = -\frac{u_s}{3+6} = -\frac{9}{3+6} = -1\ \text{A}$$

$$i_2'' = \frac{u_s}{3+6} = \frac{9}{3+6} = 1\ \text{A}$$

故由 KCL 得 $i'' = i_2'' - i_1'' = 2$ A。

根据 KVL 和欧姆定律，得 $u'' = 3i_1'' + 6i_2'' = 3$ V。

(3) 电压源 u_s 和电流源 i_s 共同作用时，利用叠加定理得

$$i = i' + i'' = -1 + 2 = 1\ \text{A}$$

$$u = u' + u'' = 12 + 3 = 15\ \text{V}$$

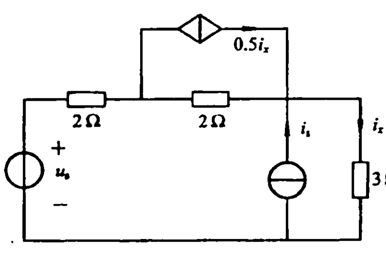
2-19　如题 2-19 图所示的电路，已知 $u_s(t) = 6e^{-t}$ V，$i_s(t) = 3 - 6\cos 2t$ A，求电流 $i_x(t)$。

解　利用回路法。选基本回路，如题 2-19 解图所示。对回路Ⅲ，列出回路电流方程，有

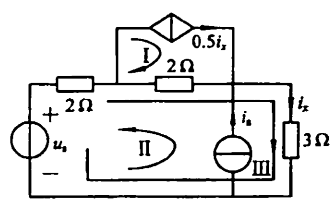
$$(2+2+3)i_x(t) - 2\times 0.5 i_x(t) - (2+2)i_s(t) = u_s(t)$$

解得

$$i_x(t) = 2 - 4\cos 2t + e^{-t}\ \text{A}$$



题 2-19 图



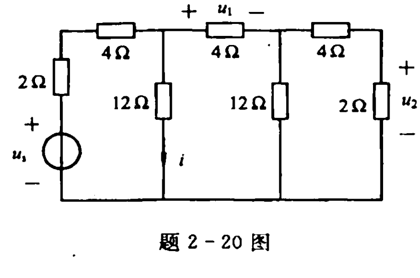
题 2-19 解图

2-20　如题 2-20 图所示的梯形电路。

(1) 如 $u_2 = 4$ V，求 u_1、i 和 u_s；

(2) 如 $u_s = 10$ V，求 u_1、u_2 和 i；

(3) 如 $i = 1.5$ A，求 u_1 和 u_2。



题 2-20 图

解 标出各支路电流、电压，如题 2-20 解图所示。

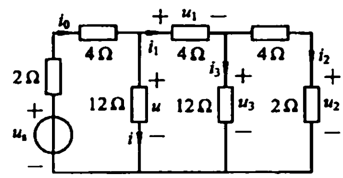
(1) 当 $u_2=4$ V 时，

$$i_2=\frac{u_2}{2}=\frac{4}{2}=2\ \text{A}$$

$$u_3=(4+2)i_2=12\ \text{V}$$

$$i_3=\frac{u_3}{12}=1\ \text{A}$$

$$i_1=i_2+i_3=3\ \text{A}$$



题 2-20 解图

故

$$u_1=4i_1=4\times3=12\ \text{V}$$

利用 KVL，得

$$u=u_1+u_3=12+12=24\ \text{V}$$

因此
$$i=\frac{u}{12}=\frac{24}{12}=2\ \text{A}$$

利用 KCL，得 $i_0=i+i_1=2+3=5$ A，故根据 KVL 可得

$$u_s=(2+4)i_0+u=6\times5+24=54\ \text{V}$$

(2) 当 $u_s=10$ V 时，电压源的电压是第(1)问的$\frac{10}{54}$，根据齐次定理，各处的电流电压也降为原来值[第(1)问的值]的$\frac{10}{54}$，故

$$u_1=\frac{10}{54}\times12=2.22\ \text{V}$$

$$u_2=\frac{10}{54}\times4=0.74\ \text{V}$$

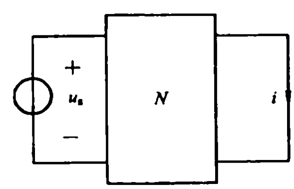
$$i=\frac{10}{54}\times2=0.37\ \text{A}$$

(3) 当 $i=1.5$ A 时，电流 i 的值是第(1)问的$\frac{1.5}{2}=\frac{3}{4}$，根据齐次定理，电压源 u_s 的电压值也是原来值的$\frac{3}{4}$，各处的电流电压也为原来值的$\frac{3}{4}$，故

$$u_1=\frac{3}{4}\times12=9\ \text{V}$$

$$u_2=\frac{3}{4}\times4=3\ \text{V}$$

2-21 如题 2-21 图所示电路，N 为含有独立源的线性电路。如已知：当 $u_s=0$ 时，电流 $i=4$ mA。当 $u_s=10$ V 时，电流 $i=-2$ mA。求当 $u_s=-15$ V 时的电流 i。



题 2-21 图

解 利用叠加定理和齐次定理，有

$$i=Ku_s+i_N$$

式中，K 为待定常数，i_N 为仅由 N 中的所有独立源所产生的响应。

将题中条件代入上式，有

$$i = i_N = 4\ \text{mA}$$

$$i = K \times 10 + i_N = -2\ \text{mA}$$

解得

$$i_N = 4\ \text{mA}$$

$$K = -0.6 \times 10^{-3}\ \text{S}$$

故有

$$i = -0.6 \times 10^{-3} u_s + 4 \times 10^{-3}$$

因此，当 $u_s = -15$ V 时的电流 i 为

$$i = -0.6 \times 10^{-3} \times (-15) + 4 \times 10^{-3} = 13\ \text{mA}$$

2-22　如题 2-22 图所示电路，N 为不含独立源的线性电路。已知：当 $u_s = 12$ V，$i_s = 4$ A 时，$u = 0$；当 $u_s = -12$ V，$i_s = -2$ A 时，$u = -1$ V。求当 $u_s = 9$ V，$i_s = -1$ A 时的电压 u。

解　利用叠加定理和齐次定理，有

$$u = K_1 u_s + K_2 i_s$$

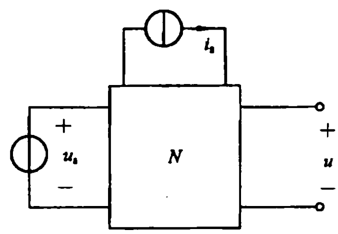
将题中条件代入上式，有

$$12K_1 + 4K_2 = 0$$

$$-12K_1 - 2K_2 = -1$$

解得

$$K_1 = \frac{1}{6},\quad K_2 = 0.5$$

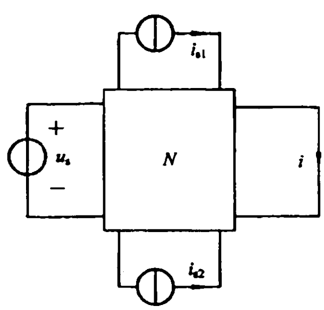


题 2-22 图

故当 $u_s = 9$ V，$i_s = -1$ A 时，

$$u = \frac{1}{6} \times 9 + 0.5 \times (-1) = 2\ \text{V}$$

2-23　如题 2-23 图所示的电路，N 中不含独立源，独立源 u_s、i_{s1}、i_{s2} 的数值一定。当电压源 u_s 和电流源 i_{s1} 反向时（i_{s2} 不变），电流 i 是原来的 0.5 倍；当 u_s 和 i_{s2} 反向时（i_{s1} 不变），电流 i 是原来的 0.3 倍；如果仅 u_s 反向而 i_{s1}、i_{s2} 均不变，电流 i 是原来的多少倍？



题 2-23 图

解　利用叠加定理和齐次定理，有

$$i = K_1 u_s + K_2 i_{s1} + K_3 i_{s2}$$

将题中条件代入上式(设独立源 u_s、i_{s1}、i_{s2} 的数值一定时，其电流 $i=i_0$)，有

$$K_1u_s+K_2i_{s1}+K_3i_{s2}=i_0$$
$$-K_1u_s-K_2i_{s1}+K_3i_{s2}=0.5i_0$$
$$-K_1u_s+K_2i_{s1}-K_3i_{s2}=0.3i_0$$

解得

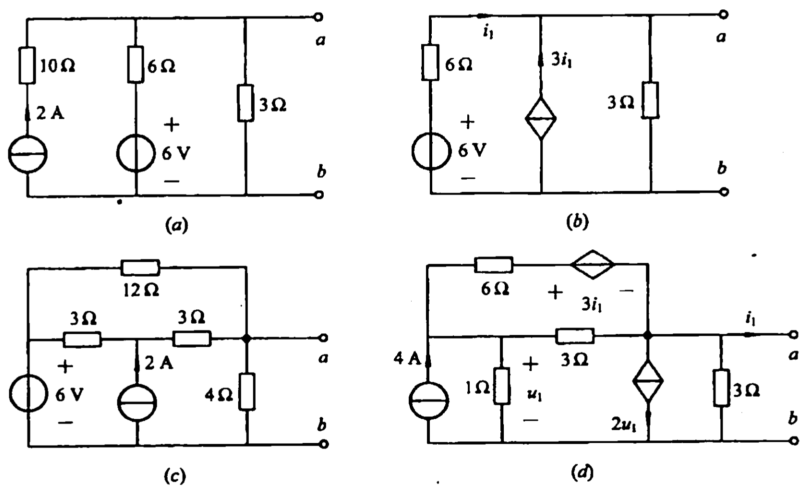
$$K_1=-0.4\frac{i_0}{u_s},\quad K_2=0.65\frac{i_0}{i_{s1}},\quad K_3=0.75\frac{i_0}{i_{s2}}$$

故当仅 u_s 反向而 i_{s1}、i_{s2} 均不变时，有

$$i=-K_1u_s+K_2i_{s1}+K_3i_{s2}=0.4i_0+0.65i_0+0.75i_0=1.8i_0$$

故电流 i 是原来的 1.8 倍。

2-24　求题 2-24 图示各电路 ab 端的戴维南等效电路或诺顿等效电路。



题 2-24 图

解　设 ab 端开路电压为 U_{OC}，a 端为“+”极；戴维南等效电阻为 R_0。下面仅求出 U_{OC} 和 R_0，戴维南等效电路或诺顿等效电路自行画出。

图(a)：以 U_{OC} 为变量列出 KCL 方程为

$$\frac{U_{OC}-6}{6}+\frac{U_{OC}}{3}=2$$

解得

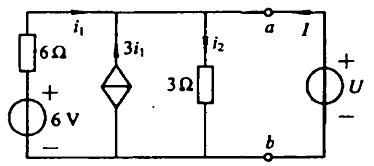
$$U_{OC}=6\ \text{V}$$

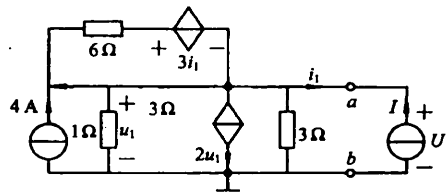
将电路内部所有独立源置零(电压源短路，电流源断开)，利用电阻串并联关系容易求出

$$R_0=6\,/\!/\,3=2\ \Omega$$

图(b)：对题 2-24 图(b)所示电路，外加电压源 U，如题 2-24 解图(a)所示，则支路电流可用 U 表示为

$$i_1=\frac{6-U}{6},\quad i_2=\frac{U}{3}$$





题 2-24 解图

由 KCL，有

$$i = i_2 - i_1 - 3i_1$$

即

$$I = \frac{U}{3} - 4 \times \frac{6-U}{6}$$

整理得

$$U = 4 + I$$

由此得

$$U_{OC} = 4\ \text{V},\ R_0 = 1\ \Omega$$

图(c)：将电路内部所有独立源置零，利用电阻串并联关系容易求出

$$R_0 = (3+3)\ /\!/\ 12\ /\!/\ 4 = 2\ \Omega$$

利用叠加定理可求出 U_{OC} 为

$$U_{OC} = \frac{4}{4+12\ /\!/\ (3+3)} \times 6 + \frac{3}{(3+4\ /\!/\ 12)+3} \times (4\ /\!/\ 12) \times 2 = 3+2 = 5\ \text{V}$$

图(d)：对题 2-24 图(d)所示电路，外加电流源 I，如题 2-24 解图(b)所示，列出节点电压方程为

$$\left(1+\frac{1}{3}+\frac{1}{6}\right)u_1 - \left(\frac{1}{3}+\frac{1}{6}\right)U = 4 + \frac{3i_1}{6}$$

$$-\left(\frac{1}{3}+\frac{1}{6}\right)u_1 + \left(\frac{1}{3}+\frac{1}{3}+\frac{1}{6}\right)U = I - \frac{3i_1}{6} - 2u_1$$

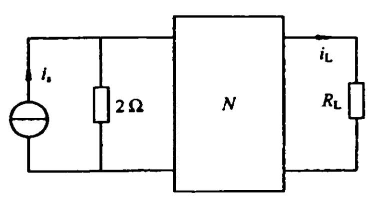
考虑到 $i_1 = -I$，由上两式消去变量 u_1，并整理可得

$$U = -3 + 1.5I$$

由此得

$$U_{OC} = -3\ \text{V},\ R_0 = 1.5\ \Omega$$

2-25　题 2-25 图示线性非时变电阻电路，已知，当 $i_s = 2\cos 10t$ A，$R_L = 2\ \Omega$ 时，电流 $i_L = 4\cos 10t + 2$ A；当 $i_s = 4$ A，$R_L = 4\ \Omega$ 时，电流 $i_L = 8$ A；问：当 $i_s = 5$ A，$R_L = 10\ \Omega$ 时，电流 i_L 为多少？

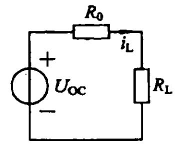


题 2-25 图

解　将电阻R_L之外的电路进行戴维南等效，等效电路如题2-25解图所示。根据叠加定理和齐次定理，有

$$U_{OC}=Ki_s+U_N$$

式中，K为待定常数，U_N为i_N仅由N中的所有独立源所产生的开路电压。



题2-25解图

由题2-25解图所示电路，有

$$i_L=\frac{U_{OC}}{R_0+R_L}=\frac{Ki_s+U_N}{R_0+R_L}$$

将题中已知条件代入上式，有

$$8=\frac{4K+U_N}{R_0+4}$$

$$4\cos 10t+2=\frac{2K\cos 10t+U_N}{R_0+2}=\frac{2K}{R_0+2}\cos 10t+\frac{U_N}{R_0+2}$$

比较系数，有

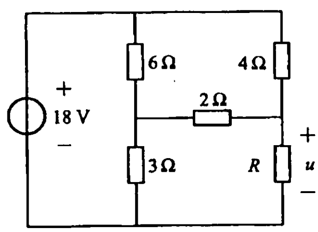
$$4=\frac{2K}{R_0+2}$$

$$2=\frac{U_N}{R_0+2}$$

由上述关系式可解得$R_L=6\ \Omega$，$K=16$，$U_N=16$ V，故当$i_s=5$ A，$R_L=10\ \Omega$时，

$$i_L=\frac{16i_s+16}{6+R_L}=\frac{16\times 5+16}{6+10}=6\text{ A}$$

2-26　题2-26图示电路，已知$u=8$ V，求电阻R。



题2-26图

解法一：用戴维南定理求解。将电阻R之外的电路进行戴维南等效，其戴维南等效电阻为

$$R_0=(6/\!/3+2)/\!/4=2\ \Omega$$

参考题2-26解图(a)所示电路，

$$i_0=\frac{18}{(2+4)/\!/6+3}=3\text{ A}$$

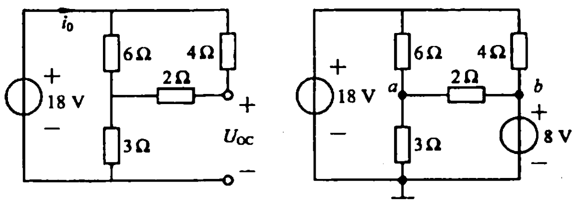
$$U_{OC}=3i_0+\frac{6}{4+2+6}i_0\times 2=4i_0=12\text{ V}$$

所以有

$$u=\frac{R}{R_0+R}U_{OC}=\frac{R}{2+R}\times 12=8\text{ V}$$

解得

$$R=4\ \Omega$$



(a)　　　　(b)

题 2-26 解图

解法二：用置换定理，将电阻 R 用电压为 8 V 的电压源替代，如题 2-26 解图(b)所示。列出节点 a 的节点电压方程，有

$$\left(\frac{1}{6}+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}\right)u_a-\frac{1}{6}\times 18-\frac{1}{2}\times 8=0$$

解得

$$U_a=7\ \text{V}$$

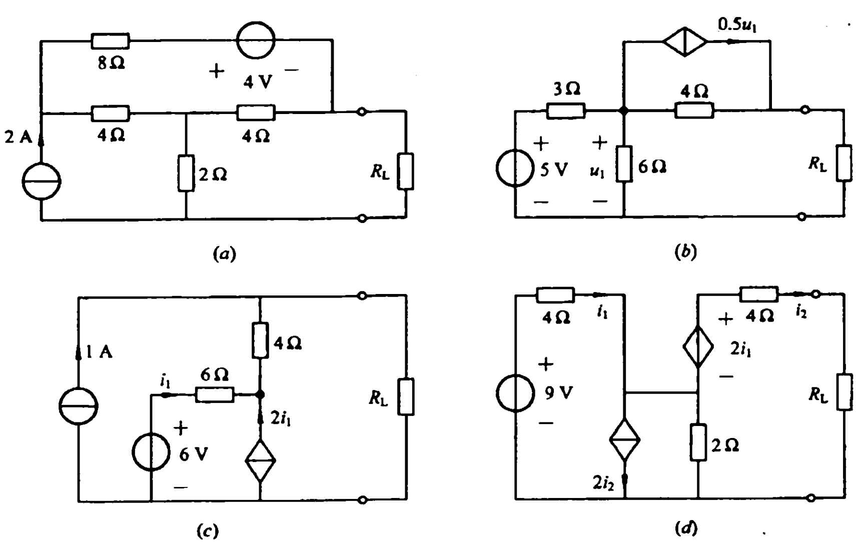
在节点 b，由 KCL 可得

$$i=\frac{u_a-8}{2}+\frac{18-8}{4}=2\ \text{A}$$

故

$$R=\frac{u}{i}=\frac{8}{2}=4\ \Omega$$

2-27　题 2-27 图示各电路，负载 R_L 为何值时能获得最大功率，此最大功率是多少？

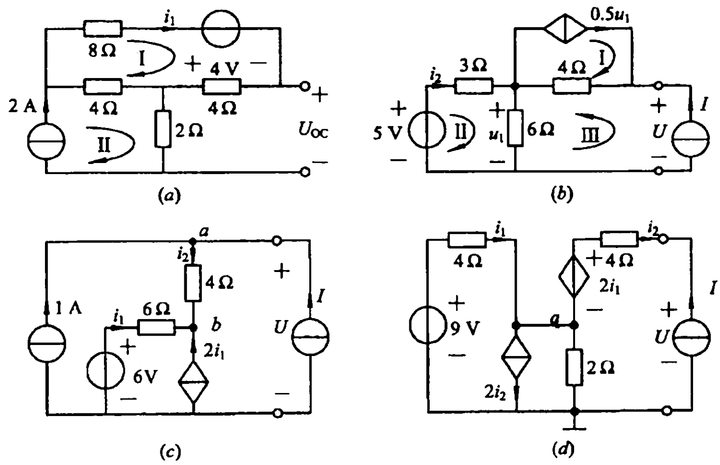


题 2-27 图

解　将电阻 R_L 之外的电路进行戴维南等效，开路电压记为 U_{OC}，等效内阻记为 R_0。

图(a)：由题 2-27 图(a)电路，容易得到 R_0 为

$$R_0=(4+8)/\!/4+2=5\ \Omega$$



题 2-27 解图

开路电压 U_{OC} 的计算参见题 2-27 解图(a)电路，对网孔 I 列出网孔电流方程为

$$(8+4+4)i_1-4\times2=-4$$

解得 $i_1=\dfrac{1}{4}$ A。故由 KVL 得

$$U_{OC}=4i_1+2\times2=5\ \text{V}$$

因此，当 $R_L=R_0=5\ \Omega$ 时，R_L 上获得的最大功率为

$$P_{L\max}=\frac{U_{OC}^2}{4R_0}=\frac{5^2}{4\times5}=1.25\ \text{W}$$

图(b)：用外加电流源法求戴维南等效电路。在端口加电流源 I，如题 2-27 解图(b)所示。

列出网孔 II 的网孔电流方程，有

$$(3+6)i_2+6I=5$$

即

$$i_2=\frac{5}{9}-\frac{2}{3}I$$

利用 KCL 和欧姆定律，有

$$u_1=6(i_2+I)=6\left(\frac{5}{9}-\frac{2}{3}I+I\right)=\frac{10}{3}+2I$$

利用 KVL，有

$$u=4(0.5u_1+I)+u_1=3u_1+4I=10+10I$$

故 $U_{OC}=10$ V，$R_0=10\ \Omega$，因此，当 $R_L=R_0=10\ \Omega$ 时，R_L 上获得的最大功率为

$$P_{L\max}=\frac{U_{OC}^2}{4R_0}=\frac{10^2}{4\times10}=2.5\ \text{W}$$

图(c)：用外加电流源法求戴维南等效电路。在端口加电流源 I，如题 2-27 解图(c)所示。

在节点 a 由 KCL 得

$$i_2=I+1$$

在节点 b 由 KCL 得

$$i_1+2i_1+i_2=0$$

即

$$i_1=-\frac{1}{3}i_2=-\frac{1}{3}(I+1)$$

利用 KVL 和欧姆定律，得

$$U=4i_2-6i_1+12=4(I+1)+2(I+1)+6=12+6I$$

故 $U_{OC}=12$ V，$R_0=6$ Ω，因此，当 $R_L=R_0=6$ Ω 时，R_L 上获得的最大功率为

$$P_{Lmax}=\frac{U_{OC}^2}{4R_0}=\frac{12^2}{4\times 6}=6\ \text{W}$$

图(d)：用外加电流源法求戴维南等效电路。在端口加电流源 I，如题 2-27 解图(d)所示。显然，$i_2=-I$，列出节点 a 的节点电压方程，有

$$\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{4}\right)u_a=\frac{9}{4}-2i_2+I=\frac{9}{4}+2I+I$$

解得 $u_a=3+4I$，故

$$i_1=\frac{9-u_a}{4}=\frac{3}{2}-I$$

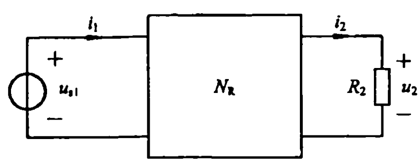
由 KVL，有

$$U=4I+2i_1+u_a=4I+3-2I+3+4I=6+6I$$

故 $U_{OC}=6$ V，$R_0=6$ Ω，因此，当 $R_L=R_0=6$ Ω 时，R_L 上获得的最大功率为

$$P_{Lmax}=\frac{U_{OC}^2}{4R_0}=\frac{6^2}{4\times 6}=1.5\ \text{W}$$

2-28　题 2-28 图示电路中 N_R 仅由线性电阻组成。已知当 $R_2=2$ Ω，$u_{s1}=6$ V 时，$i_1=2$ A，$u_2=2$ V；当 $R_2=4$ Ω，$u_{s1}=10$ V 时，$i_1=3$ A，求这时的 u_2。



题 2-28 图

解　利用特勒根定理比较方便。当 $R_2=2$ Ω 时，各处电流电压加一撇，即

$$u_{s1}'=6\ \text{V},\quad i_1'=2\ \text{A},\quad u_2'=2\ \text{V}$$

由特勒根定理，有

$$-u_{s1}'i_1+u_2'i_2+\sum u_{Rk}'i_{Rk}=0$$

$$-u_{s1}i_1'+u_2i_2'+\sum u_{Rk}i_{Rk}'=0$$

上两式中 $i_2=\frac{u_2}{4}$，$i_2'=\frac{u_2'}{2}$，$\sum u_{Rk}'i_{Rk}=\sum u_{Rk}i_{Rk}'$，代入以上两式，并相减得

$$-u_{s1}'i_1+u_{s1}i_1'+u_2'\frac{u_2}{4}-u_2\frac{u_2'}{2}=0$$

将 $u_{s1}'=6$ V，$i_1'=2$ A，$u_2'=2$ V，$u_{s1}=10$ V，$i_1=3$ A 代入上式，可得 $u_2'=4$ V。

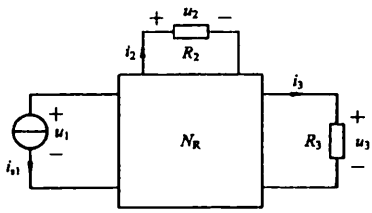
2-29　题 2-29 图示电路中 N_R 仅由线性电阻组成，当 i_{s1}、R_2、R_3 为不同数值时，分

别测得的结果如下：

(1) 当 $i_{s1}=1.2$ A，$R_2=20\ \Omega$，$R_3=5\ \Omega$ 时，$u_1=3$ V，$u_2=2$ V，$i_3=0.2$ A；

(2) 当 $i_{s1}=2$ A，$R_2=10\ \Omega$，$R_3=10\ \Omega$ 时，$u_1=5$ V，$u_3=2$ V。

求第二种条件下的 i_2。



题 2-29 图

解　利用特勒根定理，有

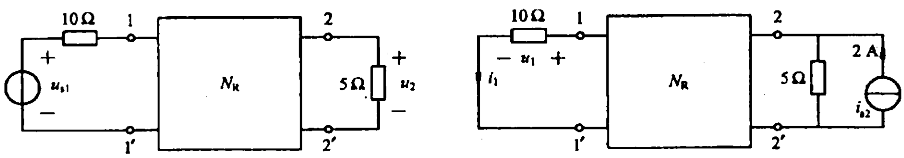
$$u_1 i_{s1}' + u_2 i_2' + u_3 i_3' = u_1' i_{s1} + u_2' i_2 + u_3' i_3$$

即

$$3\times 2 + 2\times i_2' + 0.2\times 5\times\left(\frac{2}{10}\right) = 5\times 1.2 + 10 i_2'\left(\frac{2}{20}\right) + 2\times 0.2$$

解得 $i_2'=0.2$ A，即为第二种条件下的 $i_2=0.2$ A。

2-30　题 2-30 图示电路中 N_R 仅由线性电阻组成，当 11′端接以 10 Ω 与 $u_{s1}=10$ V 的串联组合时，测得 $u_2=2$ V（如图(a)所示）。求电路接成如图(b)时的电压 u_1。



(a)　　(b)

题 2-30

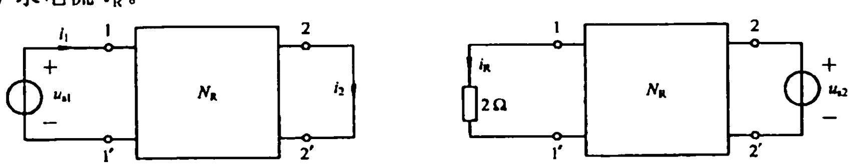
解　对题 2-30 图(a)、(b)，由互易定理形式三有

$$\frac{u_2}{u_{s1}} = \frac{i_1}{i_{s2}}$$

将 $u_{s1}=10$ V，$u_2=2$ V，$i_{s2}=2$ A 代入上式，可得 $i_1=0.4$ A。故由欧姆定理，得

$$u_1 = 10 i_1 = 10\times 0.4 = 4\ \text{V}$$

2-31　题 2-31 图示电路中 N_R 仅由线性电阻组成，当 11′端接 $u_{s1}=20$ V 时（如图(a)所示），测得 $i_1=5$ A，$i_2=2$ A。若 11′端接 2 Ω 电阻，22′端接电压源 $u_{s2}=30$ V，如图(b)所示，求电流 i_R。



(a)　　(b)

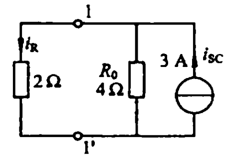
题 2-31 图

解　对题 2－31 图(b)，求 11′端以右电路的诺顿等效电路。首先将 11′端短路(设短路电流为 i_{SC})并结合图(a)，利用互易定理，得短路电流

$$i_{SC}=\frac{u_{s2}}{u_{s1}}\times i_2=\frac{30}{20}\times 2=3\ \text{A}$$

由图(a)易得其诺顿等效内阻为

$$R_0=\frac{u_{s1}}{i_1}=\frac{20}{5}=4\ \Omega$$



题 2－31 解图

故由诺顿定理可画出图(b)的等效电路，如题 2－31 解图所示。由此利用分流公式可解得

$$i_R=\frac{R_0}{2+R_0}\times i_{SC}=\frac{4}{2+4}\times 3=2\ \text{A}$$

2－32　一些电子线路的等效电源参数(开路电压 u_{OC}，等效内阻 R_0)可用题 2－32 图示方法测量。设开关 S 置“1”时，电压表读数为 U_1；当开关置“2”时，电压表读数为 U_2(图中 R 的值为已知)。

(1) 如电压表内阻为无限大，试证

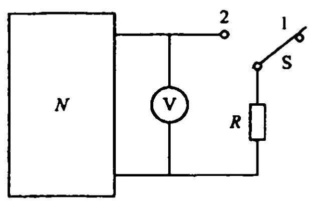
$$u_{OC}=U_1$$

$$R_0=\left(\frac{U_1}{U_2}-1\right)R$$

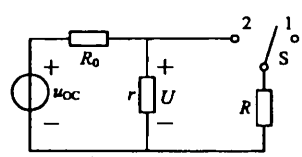
(2) 如电压表内阻为 r，试证

$$u_{OC}=\frac{U_1}{1-\left(\frac{U_1}{U_2}-1\right)\frac{R}{r}}$$

$$R_0=\frac{\left(\frac{U_1}{U_2}-1\right)R}{1-\left(\frac{U_1}{U_2}-1\right)\frac{R}{r}}$$



题 2－32 图



题 2－32 解图

证明：将电路 N 用戴维南等效电路替代，电压表用电阻 r 等效，得到题 2－32 图的等效电路，如题 2－32 解图所示，其中电压 U 就是电压表的读数。

当开关 S 置“1”时，电压表读数 U 为 U_1，由分压公式，有

$$\frac{r}{R_0+r}u_{OC}=U_1 \qquad ①$$

当开关 S 置“2”时，电压表读数 U 为 U_2，由分压公式，有

$$\frac{R\,/\!/\,r}{R_0+R\,/\!/\,r}u_{OC}=U_2 \qquad ②$$

故由式①和式②联立可解得

$$u_{OC}=\frac{U_1}{1-\left(\frac{U_1}{U_2}-1\right)\frac{R}{r}}$$

$$R_0=\frac{\left(\frac{U_1}{U_2}-1\right)R}{1-\left(\frac{U_1}{U_2}-1\right)\frac{R}{r}}$$

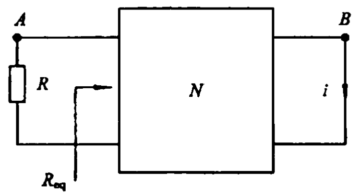
从而问(2)得证。令 $r\to\infty$，即可证得问(1)。

2-33　如题 2-33 图示某电路的支路 A 中接有电阻 R。当 $R=\infty$时，另一支路 B 的电流 $i=i_\infty$；当 $R=0$ 时，支路 B 中的电流为 i_0。设对支路 A 来说，其等效内阻为 R_{eq}。试证，当 R 为任一值时，支路 B 中的电流

$$i=i_0+\frac{R}{R+R_{eq}}(i_\infty-i_0)$$

或

$$i=i_\infty+\frac{R_{eq}}{R+R_{eq}}(i_0-i_\infty)$$

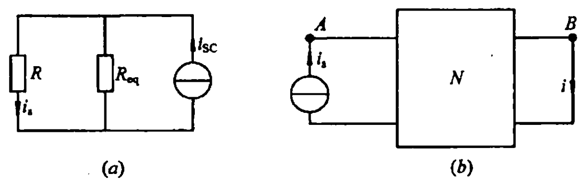


题 2-33 图

证明　利用诺顿定理，可将题 2-33 图等效为题 2-33 解图(a)所示电路。利用分流公式得电阻 R 上的电流

$$i_s=\frac{R_{eq}}{R_{eq}+R}i_{SC}$$

当 $R=\infty$时，$i_s=0$；当 $R=0$ 时，$i_s=i_{SC}$。



题 2-33 解图

对题 2-33 图利用替代定理，将电阻 R 用电流源 i_s 替代，得到题 2-33 解图(b)所示电路。对该电路利用叠加定理和齐次定理，有

$$i=ai_s+b$$

利用题中条件，当 $R=\infty$时($i_s=0$)，$i=i_\infty$；当 $R=0$ 时($i_s=i_{SC}$)，$i=i_0$。因此有

$$i_\infty=b,\ i_0=ai_{SC}+b$$

解得 $a=\frac{i_0-i_\infty}{i_{SC}}$，$b=i_\infty$。故当 R 为任一值时，支路 B 中的电流

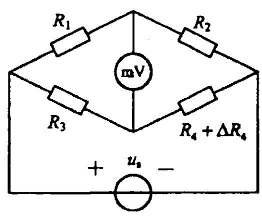
$$i=ai_s+b=\frac{i_0-i_\infty}{i_{SC}}\times\frac{R_{eq}}{R_{eq}+R}i_{SC}+i_\infty$$

$$=i_\infty+\frac{R_{eq}}{R+R_{eq}}(i_0-i_\infty)=i_0+\frac{R}{R+R_{eq}}(i_\infty-i_0)$$

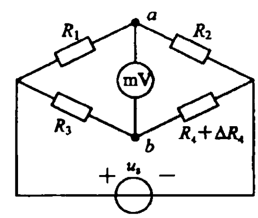
2-34　如题 2-34 图之电桥电路，当电桥平衡时毫伏计 mV 指示为零。设 $u_s=10$ V，$R_1=R_2=R_3=R_4=100\ \Omega$，求当 R_4 增加 1 Ω 时，毫伏计的指示(设毫伏计内阻为无限大)。

解　设节点 a、b，如题 2-34 解图所示。根据题意，利用 KVL 和分压公式可得

$$u_{ab}=\frac{R_3}{R_3+R_4+\Delta R_4}u_s-\frac{R_1}{R_1+R_2}u_s=\left(\frac{100}{201}-\frac{100}{200}\right)\times 10\approx -25\ \text{mV}$$



题 2-34 图



题 2-34 解图

2-35　如题 2-35 图是电阻应变仪中的电桥电路。R_1 是电阻丝，粘附在被测零件上。当零件发生变形时，R_1 的阻值将发生变化，于是毫伏计给出指示。在测量前将各电阻值调节到 $R_1=R_2=100\ \Omega$，$R_3=R_4=200\ \Omega$，电源电压 $u_s=2$ V，这时电桥平衡，毫伏计指示为零(设毫伏计内阻为无限大)。

在进行测量时，如毫伏计指示在 $-1\sim1$ mV 区间，求电阻 $R1$ 的变化量 ΔR_1(已知 $\Delta R_1 \ll R_1$)。

解　设节点 a、b，如题 2-35 解图所示。根据题意，利用 KVL 和分压公式可得

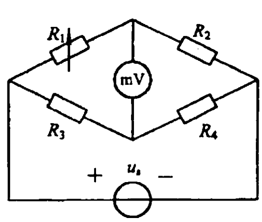
$$\begin{aligned}u_{ab}&=\frac{R_3}{R_3+R_4}u_s-\frac{R_1+\Delta R_1}{R_1+\Delta R_1+R_2}u_s\\&=\left(\frac{200}{400}-\frac{100+\Delta R_1}{200+\Delta R_1}\right)\times 2=\frac{-\Delta R_1}{200+\Delta R_1}\end{aligned}$$

已知 $\Delta R_1 \ll R_1$，上式近似为

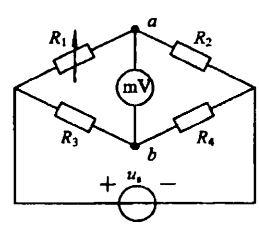
$$u_{ab}=\frac{-\Delta R_1}{200+\Delta R_1}\approx\frac{-\Delta R_1}{200}$$

所以，当毫伏计指示在 $-1\sim1$ mV 区间，电阻 R_1 的变化量 ΔR_1 为

$$-0.2\ \Omega \leqslant \Delta R_1 \leqslant 0.2\ \Omega$$



题 2-35 图



题 2-35 解图

2-36　题 2-36 图所示是一个 3 位 D/A 转换电路。试利用节点电压法推导其输出电压

$$-u_o=R_f\left(\frac{u_1}{2R}+\frac{u_2}{4R}+\frac{u_3}{8R}\right)$$

解　设节点 a、b、c，如题 2－36 解图所示。对三个节点 a、b、c，考虑虚断，列节点电压方程为

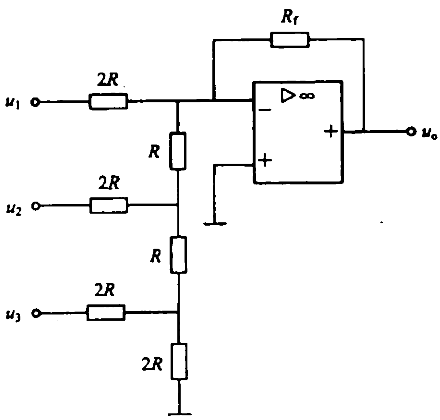
$$\left(\frac{1}{2R}+\frac{1}{R}+\frac{1}{R_f}\right)u_a-\frac{1}{R}u_b-\frac{1}{R_f}u_o=\frac{u_1}{2R}$$

$$\left(\frac{1}{2R}+\frac{1}{R}+\frac{1}{R}\right)u_b-\frac{1}{R}u_a-\frac{1}{R}u_c=\frac{u_2}{2R}$$

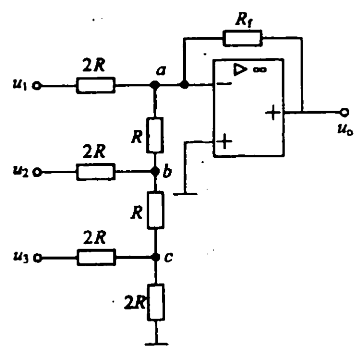
$$\left(\frac{1}{2R}+\frac{1}{2R}+\frac{1}{R}\right)u_c-\frac{1}{R}u_b=\frac{u_3}{2R}$$

由运放的虚短特性，有 $u_a=0$，结合以上三式，可得

$$-u_o=R_f\left(\frac{u_1}{2R}+\frac{u_2}{4R}+\frac{u_3}{8R}\right)$$

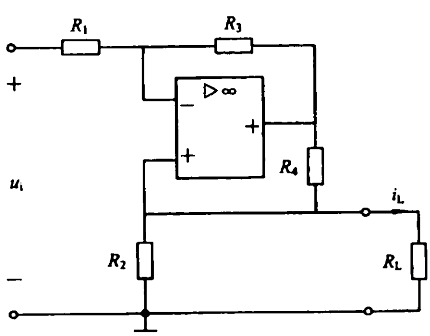


题 2－36 图

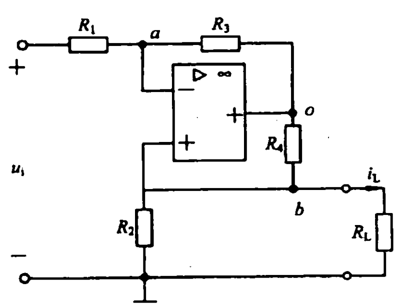


题 2－36 解图

2－37　如题 2－37 图所示电压/电流转换电路，若 $R_1/R_2=R_3/R_4$，试证输出电流 i_L 与负载电阻 R_L 的数值无关。



题 2－37 图



题 2－37 解图

解　设节点 a、b、o，如题 2－37 解图所示。

设 a、b、o 三个节点的电压分别为 U_a、U_b、U_o。考虑运放的虚断特性，列出节点 a、b 的节点电压方程为

$$\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_3}\right)U_a-\frac{1}{R_3}U_o=\frac{u_i}{R_1}$$

$$\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_L}\right)U_b-\frac{1}{R_4}U_o=0$$

利用运放的虚短特性有 $U_a=U_b$，代入上式，并利用题中条件 $R_1/R_2=R_3/R_4$，解得

$$U_b=-\frac{R_LR_3}{R_1R_4}u_i$$

故

$$i_L=\frac{U_b}{R_L}=-\frac{R_3}{R_1R_4}u_i=-\frac{1}{R_2}u_i$$

2-38　如题 2-38 图所示电路，求输出电压与输入电压之比 u_o/u_i。

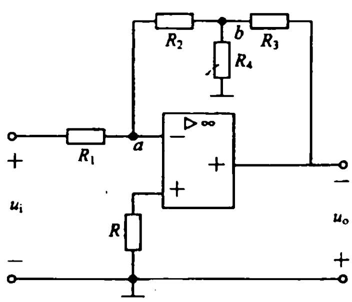
解　设节点 a、b，如题 2-38 解图所示。设 a、b 两个节点的电压分别为 u_a、u_b。考虑运放的虚断特性，列出节点 a、b 的节点电压方程为

$$\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)u_a-\frac{1}{R_2}u_b=\frac{u_i}{R_1}$$

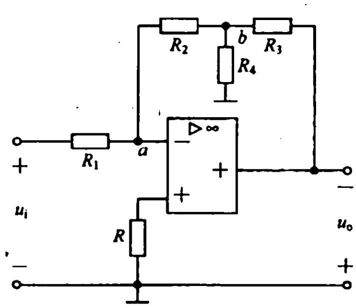
$$\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}\right)u_b-\frac{1}{R_2}u_a-\frac{1}{R_3}u_o=0$$

利用运放的虚短特性有 $u_a=0$，由上两式消去中间变量 u_b，可解得

$$\frac{u_o}{u_i}=-\frac{R_2}{R_1}\left(1+\frac{R_3}{R_2}+\frac{R_3}{R_4}\right)$$



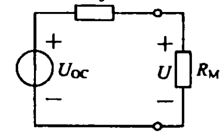
题 2-38 图



题 2-38 解图

2-39　用电压表测量直流电路中某条支路的电压。当电压表的内电阻为 20 kΩ 时，电压表的读数为 5 V；当电压表的内电阻为 50 kΩ 时，电压表的读数为 10 V；问该支路的实际电压为多少？

解　若电压表用电阻 R_M 等效，从电压表看进去的被测电路用戴维南等效电路替代，测量等效电路如题 2-39 解图所示，则开路电压 U_{OC} 就是实际电压。



题 2-39 解图

根据题中条件，当 $R_M=20$ kΩ 时，电压表的读数 $U=5$ V；当 $R_M=50$ kΩ 时，电压表的读数 $U=10$ V，从而得到

$$\frac{20\times10^3}{20\times10^3+R_0}U_{OC}=5$$

$$\frac{50\times10^3}{50\times10^3+R_0}U_{OC}=10$$

由以上两式可解得 $U_{OC}=30$ V。

2-40　设有一个代数方程组

$$\begin{cases}5x_1 & -2x_2 & =2\\ -2x_1 & +4x_2 & =-1\end{cases}$$

(1) 试设计一电阻电路，使其节点方程与给定的方程相同；若给定方程中第二式 x_1 的系数改为+2，电路又是怎样？

(2) 试设计一电阻电路，使其网孔方程与给定的方程相同；若给定方程中第一式 x_2 的系数改为+2，电路又是怎样？

解　对于电路设计问题，答案通常并不唯一。下面仅给出其中一种解答。

(1) x_1、x_2 表示节点 1、2 的节点电压。当节点方程为

$$\begin{cases}5x_1 & -2x_2 & =2\\ -2x_1 & +4x_2 & =-1\end{cases}$$

时，所设计的电路如题 2-40 解图(a)所示。

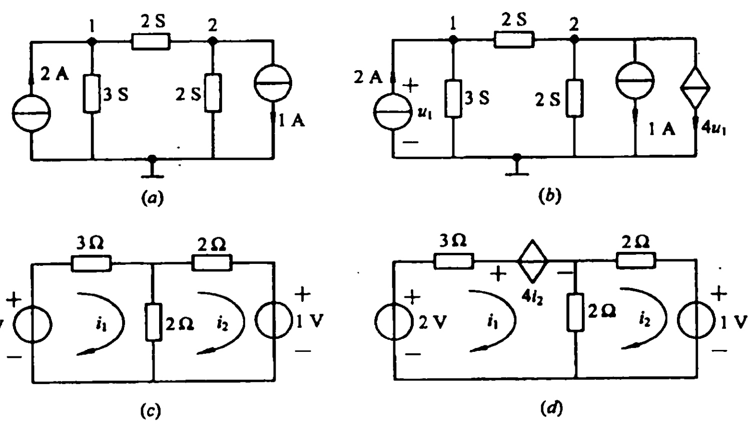
若给定方程中第二式 x_1 的系数改为+2，即

$$\begin{cases}5x_1 & -2x_2 & =2\\ 2x_1 & +4x_2 & =-1\end{cases}$$

可改写为

$$\begin{cases}5x_1 & -2x_2 & =2\\ -2x_1 & +4x_2 & =-1-4x_1\end{cases}$$

所设计的电路如题 2-40 解图(b)所示。



题 2-40 解图

(2) x_1、x_2 表示网孔电流。当网孔方程为

$$\begin{cases}5x_1 & -2x_2 & =2\\ -2x_1 & +4x_2 & =-1\end{cases}$$

时，所设计的电路如题 2-40 解图(c)所示。

若给定方程中第一式 x_2 的系数改为+2，即

$$\begin{cases}5x_1 & +2x_2 & =2\\ -2x_1 & +4x_2 & =-1\end{cases}$$

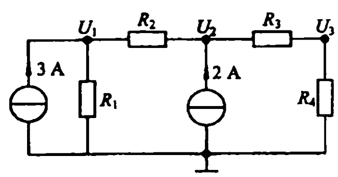
可改写为

$$\begin{cases}5x_1 & -2x_2 & =2-4x_2\\ -2x_1 & +4x_2 & =-1\end{cases}$$

所设计的电路如题 2-40 解图(d)所示。

2-41　用一个 3 A 的电流源和一个 2 A 的电流源(两个电流源不允许并联使用)以及若干个电阻构造一个电路，使得该电路的各独立节点电压分别为 4 V、3 V、2 V。

解　由题可知，所要构造的电路有三个独立节点，节点电压分别为 $U_1=4$ V，$U_2=4$ V，$U_3=2$ V。根据所学电路知识，选择一种如题 2-41 解图所示的较简单电路结构。



题 2-41 解图

列出节点方程

$$\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)U_1-\frac{1}{R_2}U_2=3$$

$$-\frac{1}{R_2}U_1+\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)U_2-\frac{1}{R_3}U_3=2$$

$$-\frac{1}{R_3}U_2+\left(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}\right)U_3=0$$

将节点电压代入上式，有

$$\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)\times 4-\frac{1}{R_2}\times 3=3 \qquad ①$$

$$-\frac{1}{R_2}\times 4+\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)\times 3-\frac{1}{R_3}\times 2=2 \qquad ②$$

$$-\frac{1}{R_3}\times 3+\left(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}\right)\times 2=0 \qquad ③$$

上述三个方程中有 4 个未知电阻，设电阻 R_4 一定，其它电阻用 R_4 表示，由式①、②、③可得

$$R_3=\frac{R_4}{2},\ R_2=\frac{0.5R_4}{1-R_4},\ R_1=\frac{2R_4}{2.5R_4-1}$$

由此可见，0.4 Ω$<R_4<$1 Ω，故现选 $R_4=0.5$ Ω，由上述关系可得

$$R_3=0.25\ \Omega,\quad R_2=0.5\ \Omega,\quad R_1=4\ \Omega$$