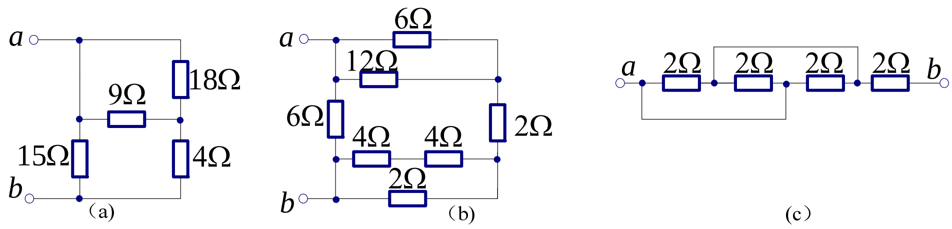
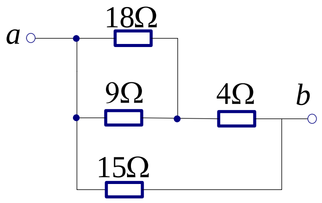
第二章 电阻电路的基本分析方法与定理

2-1 求题图 2-1 所示电路 ab 端的等效电阻。



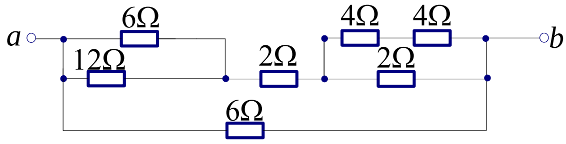
题图 2-1

解：（a）



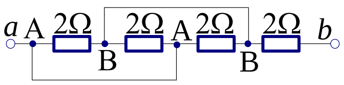
$$
\begin{aligned}
R_{ab} &= ((18//9)+4)//15 \\
&= (6+4)//15 \\
&= 6\Omega
\end{aligned}
$$

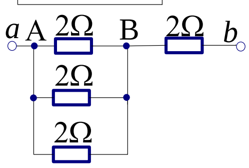
（b）



$$
\begin{aligned}
R_{ab} &= ((6//12)+2+(4+4)//2)//6 \\
&= (4+2+1.6)//6 \\
&= \frac{7.6\times 6}{7.6+6}\Omega = \frac{57}{17}\Omega
\end{aligned}
$$

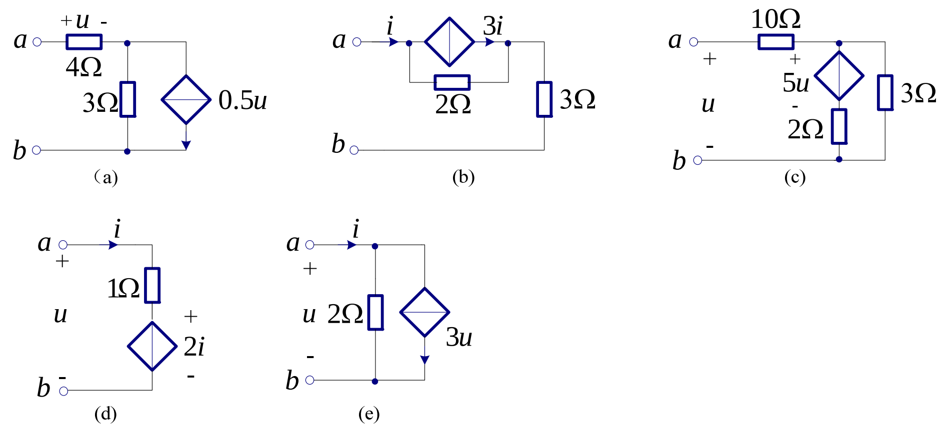
（c）



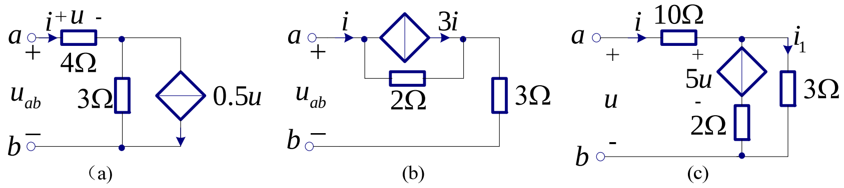


$$R_{ab} = (2//2//2)+2 = \frac{2}{3}+2 = \frac{8}{3}\Omega$$

2-2 求题图 2-2 所示含受控源电路 ab 端的输入电阻。



题图 2-2



解：(a) 列 KCL 方程，有：$i=\dfrac{u_{ab}-u}{3}+0.5u$，又因为 $u=4i$，所以有：$u_{ab}=i$。

所以输入电阻 $R_i=\dfrac{u_{ab}}{i}=1\Omega$。

(b) 列 KVL 方程，有：$u_{ab}=2\times(i-3i)+3i=-i$。

所以输入电阻 $R_i=\dfrac{u_{ab}}{i}=-1\Omega$。

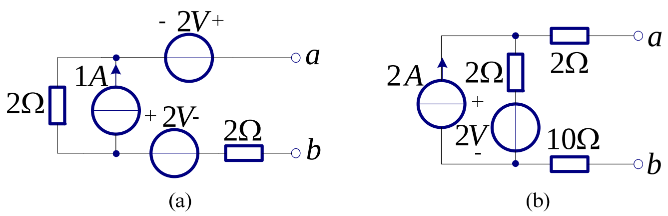
(c)列 KVL 方程，有：$u=10i+3i_1$，$u=10i+5u+2(i-i_1)$，整理得到：$-10u=56i$。

所以输入电阻 $R_i=\dfrac{u}{i}=-5.6\Omega$。

(d) 列 KVL 方程，有：$u=i+2i=3i$。所以输入电阻 $R_i=\dfrac{u}{i}=3\Omega$。

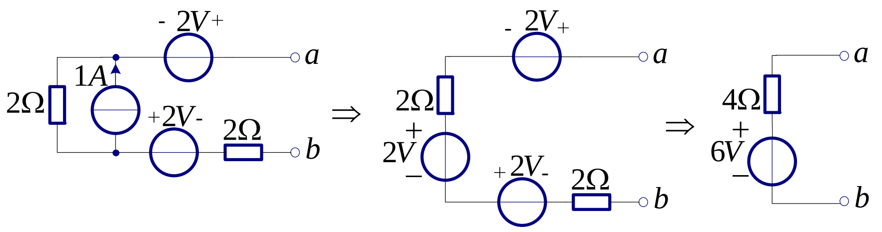
(e) 列 KCL 方程，有：$i=\dfrac{u}{2}+3u=\dfrac{7}{2}u$。所以输入电阻 $R_i=\dfrac{u}{i}=\dfrac{2}{7}\Omega$。

2-3 将题图 2-3 电路化简为最简形式。

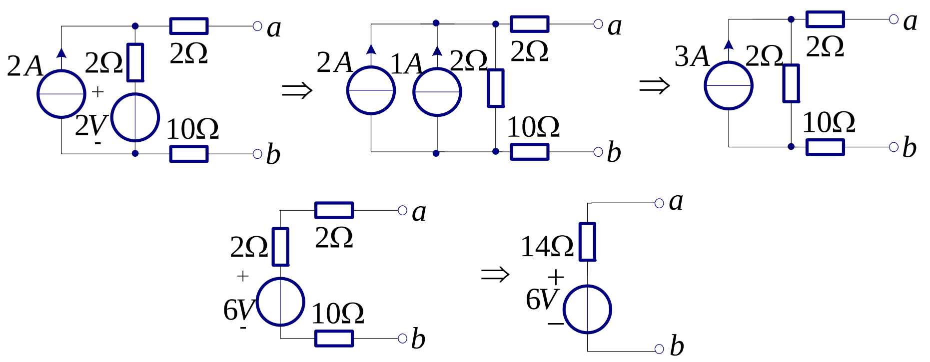


题图 2-3

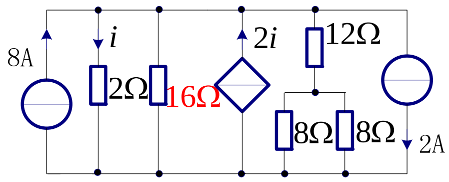
解：（a）



（b）



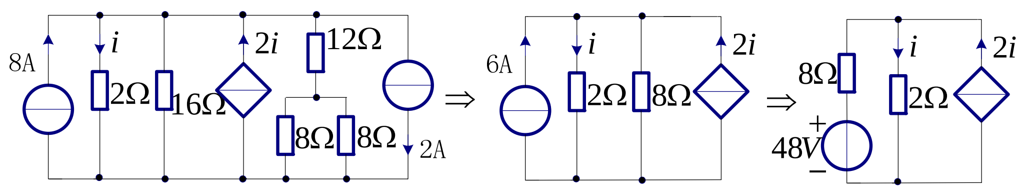
2-4 利用电阻的等效变化和电源的等效变换，求题图 2-4 中的i。（建议把题目中的 6 欧姆改为 16 欧姆）



题图 2-4

解：由电阻的串并联等效，可以得到$(8//8+12)//16=16//16=8\Omega$

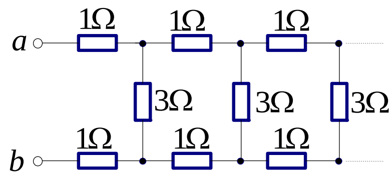
并由电源的等效变换可以得到如图（a）所示的电路图。由实际电流源与实际电压源的等效，可得如图（b）所示的电路图。



(a) (b)

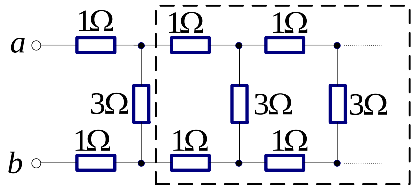
列写 KVL 方程：$48=8\times(i+2i)+2\times i=26i \;\Rightarrow\; i=\dfrac{24}{13}A$

2-5 题图 2-4 电路是一个无限梯形网络，试求出其端口的等效电阻 R_{ab}。



题图 2-5

解：图所示，虚线框所包含的电路，电阻与所求 ab 端电阻相等。

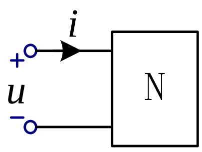


所以有 $R_{ab}=R_{ab}//3+1+1=\dfrac{3R_{ab}}{3+R_{ab}}+2$，整理得到：

$R_{ab}{}^{2}-2R_{ab}-6=0$，$R_{ab}=(1\pm\sqrt{5})\Omega$，考虑电阻为正值，所以有

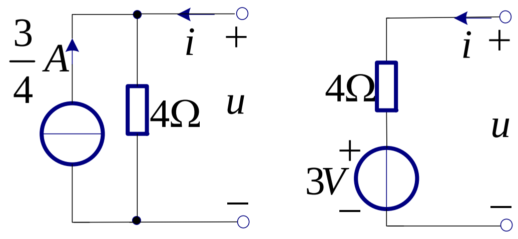
$R_{ab}=(1+\sqrt{5})\Omega$

2-6 已知题图 2-5 所示二端网络的 VCR 为 $u=3+4i$，试画出该网络的最简等效形式。



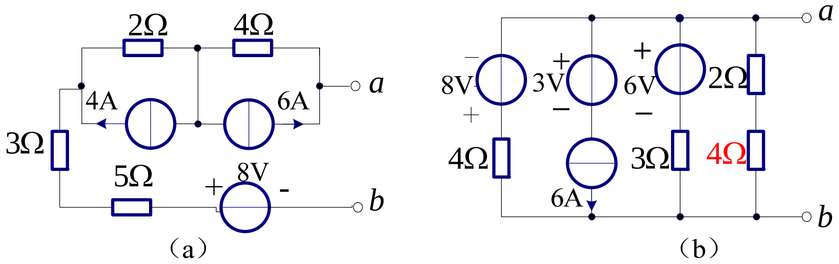
题图 2-6

解：



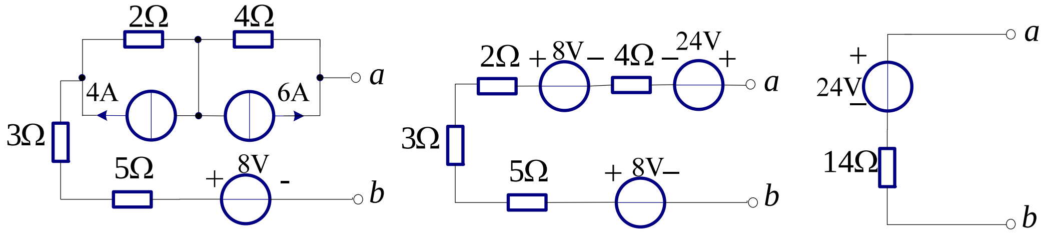
2-7 利用实际电压源与电流源的等效特性，将题图 2-7 化简成简单的电源电

路。（把 b 中的 6 欧姆电阻改成 4 欧姆电阻）

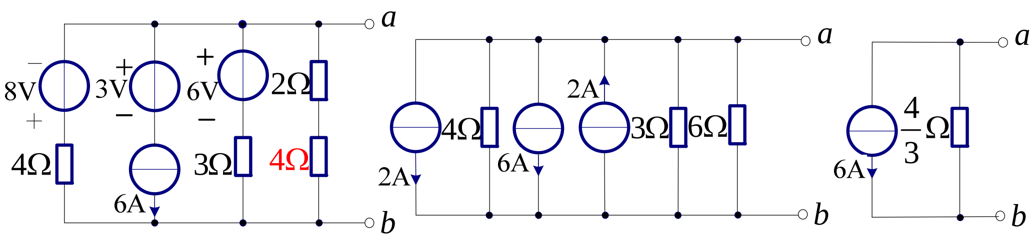


题图 2-7

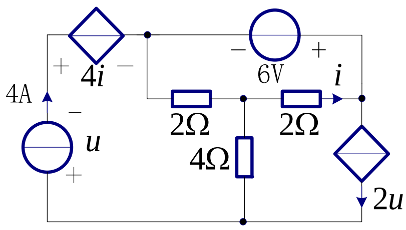
解：（a）



（b）

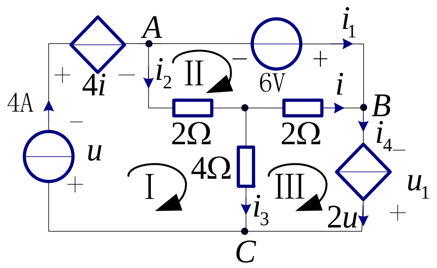


2-8 电路如题图 2-8 所示，列出求解方程的支路电流方程，并计算各支路电流。



题图 2-8

解：



电路具有 4 个节点，6 条支路。首先标出个支路电流及参考方向。由此电路可以列出 3 个独立的节点电流方程和 3 个独立的回路电压方程：

由节点 A 有：$i_1+i_2-4=0$

由节点 B 有：$i_4-i_1-i=0$

由节点 C 有：$-i_4-i_3+4=0$

按照图中所示列写回路Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ的 KVL 方程，有：

回路Ⅰ：$4i+2i_2+4i_3+u=0$

回路Ⅱ：$-6-2i-2i_2=0$

回路Ⅲ：$2i-u_1-4i_3=0$

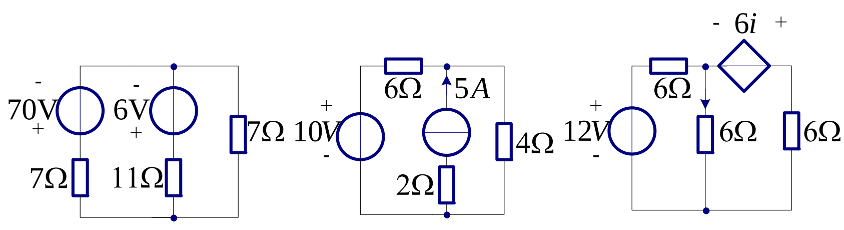
又由于 $i_4=2u$

由于有一条支路的电流已知，所以将上述方程组整理可得到：

$$\begin{cases} i_1+i_2-4=0 \\ i_4-i_1-i=0 \\ -i_4-i_3+4=0 \\ 4i+2i_2+4i_3+0.5i_4=0 \\ -6-2i-2i_2=0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} i_1=4.1A \\ i_2=-0.1A \\ i_3=2.8A \\ i_4=1.2A \\ i=-2.9A \end{cases}$$

并可以得到：$u=0.6V$，$u_1=17V$。

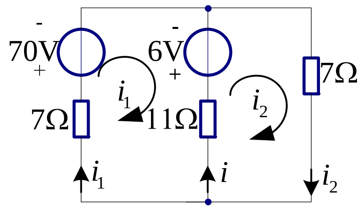
2-9 用网孔电流法求题图 2-9 电路中的每条支路电流。



（a） (b) (c)

题图 2-9

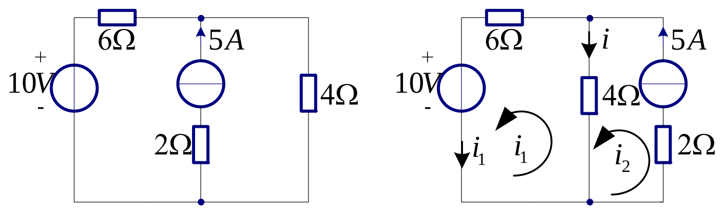
解：（a）



选取网孔电流方向如图所示，则网孔电流方程为：

$$\begin{cases}(7+11)i_1-11i_2=-70+6\\-11i_1+(11+7)i_2=-6\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}i_1=-6A\\i_2=-4A\end{cases}$$即求出了两条支路的电流，另一条支路的电流$i=i_2-i_1=2A$

（b）

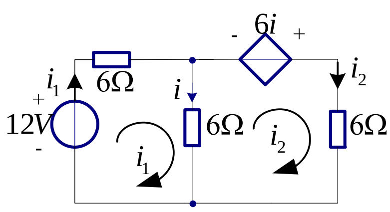


将右边两条之路更换位置，得到上图右边所示。然后选取网孔电流方向如图所示，则网孔电流方程为：

$$\begin{cases}(6+4)i_1-4i_2=-10\\i_2=5A\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}i_1=1A\\i_2=5A\end{cases}$$即求出了两条支路的电流，另一条支路的电流

$i=i_2-i_1=4A$

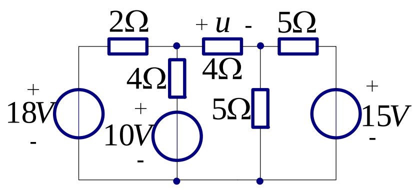
（c）



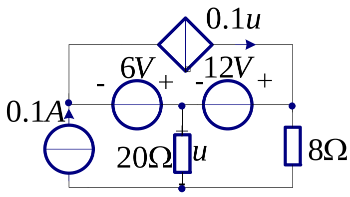
选取网孔电流方向如图所示，则网孔电流方程为：

$$\begin{cases}(6+6)i_1-6i_2=12\\-6i_1+(6+6)i_2=6i\\i=i_1-i_2\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}i_1=1.5A\\i_2=1A\\i=0.5A\end{cases}$$即求出了三条支路的电流。

2-10 已知电路如题图 2-10 所示，用网孔电流法求电压 u。



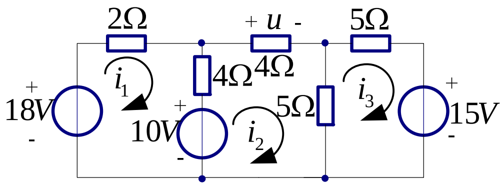
(a)



(b)

题图 2-10

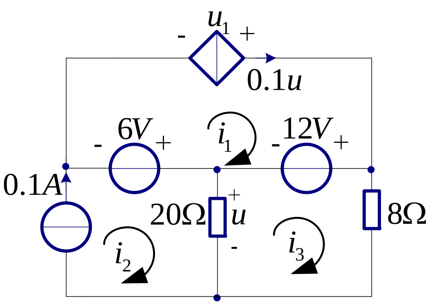
解：（a）



选取网孔电流方向如图所示，则网孔电流方程为：

$$\begin{cases}(2+4)i_1-4i_2=18-10\\ -4i_1+(4+4+5)i_2-5i_3=10\\ -5i_2+(5+5)i_3=-15\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}i_1=2A\\ i_2=1A\\ i_3=-1A\end{cases}$$，则电压 $u=4i_2=4V$。

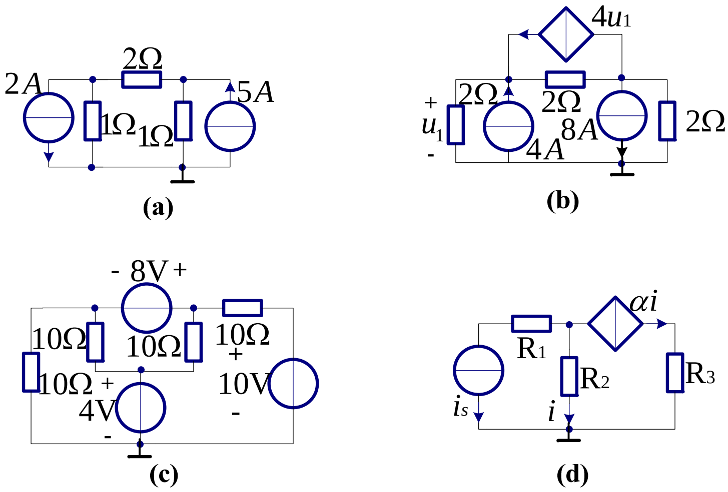
（b）



选取网孔电流方向如图所示，则网孔电流方程为：

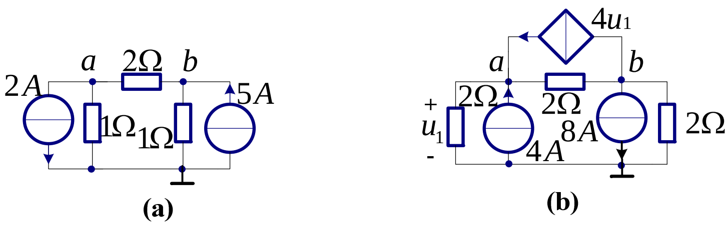
$$\begin{cases}i_1=0.1u\\ i_2=0.1A\\ -20i_2+(20+8)i_3=12\\ u=20\left(i_2-i_3\right)\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}i_1=-0.8A\\ i_2=0.1A\\ i_3=0.5A\\ u=-8V\end{cases}$$，则电压 $u=-8V$。

2-11 用节点电压法求解题图 2-11 各电路的每一条支路电压。



题图 2-11

解：

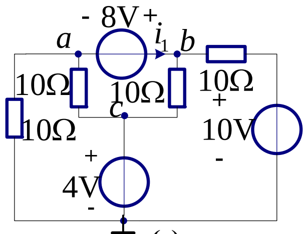


（a）参考节点是地，节点 a、b 对地的电压即为独立的节点电压，设为为u_a和u_b。则节点电压方程为：

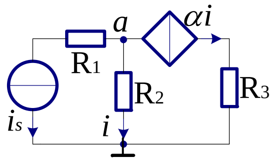
$$\begin{cases}(1+\frac{1}{2})u_a-\frac{1}{2}u_b=-2\\ -\frac{1}{2}u_a+(1+\frac{1}{2})u_b=5\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}u_a=-\frac{1}{4}V\\ u_a=\frac{13}{4}V\end{cases}，\text{则 } u_{ab}=u_a-u_b=-\frac{7}{2}V。$$

（b）参考节点是地，节点 a、b 对地的电压即为独立的节点电压，设为为u_a和u_b。则节点电压方程为：

$$\begin{cases}(\frac{1}{2}+\frac{1}{2})u_a-\frac{1}{2}u_b=4u_1+4\\ -\frac{1}{2}u_a+(\frac{1}{2}+\frac{1}{2})u_b=-4u_1-8\\ u_1=u_a\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}u_a=0V\\ u_b=-8V\end{cases}，\text{则 } u_{ab}=u_a-u_b=8V。$$



(c)



(d)

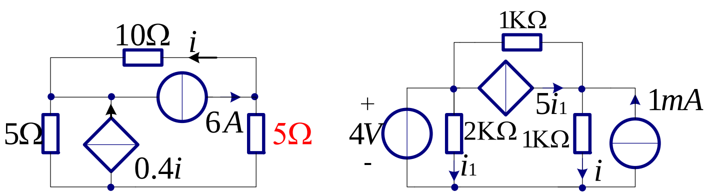
（c）参考节点是地，节点 a、b、c 对地的电压即为独立的节点电压，设为为u_a、u_b和u_c。则节点电压方程为：

$$\begin{cases}(\frac{1}{10}+\frac{1}{10})u_a-\frac{1}{10}u_c=-i_1\\(\frac{1}{10}+\frac{1}{10})u_b-\frac{1}{10}u_c=i_1+\frac{10}{10}\\u_c=4V\\u_b-u_a=8\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}u_a=\frac{1}{2}V\\u_b=\frac{17}{2}V\\u_c=4V\\i_1=\frac{3}{10}A\end{cases}，则\begin{cases}u_{ab}=-8V\\u_{ac}=-\frac{7}{2}V\\u_{bc}=\frac{9}{2}V\end{cases}。$$

（d）参考节点是地，节点 a 对地的电压即为独立的节点电压，设为为u_a。则节点电压方程为：

$$\begin{cases}\frac{1}{R_2}u_a=-i_s-\alpha i\\i=\frac{1}{R_2}u_a\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}u_a=-\frac{R_2 i_s}{\alpha+1}\\i=-\frac{i_s}{\alpha+1}\end{cases}。$$

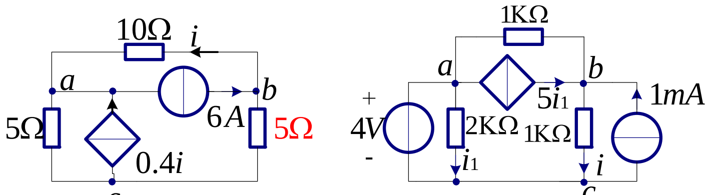
2-12 用节点电压法求解题图 2-12 中电流i。（修改 13 欧姆电阻为 5 欧姆）



(a) (b)

题图 2-12

解：



(a) (b)

（a）参考节点是 c，节点 a、b 对节点 c 的电压即为独立的节点电压，设为为u_a和u_b。则节点电压方程为：

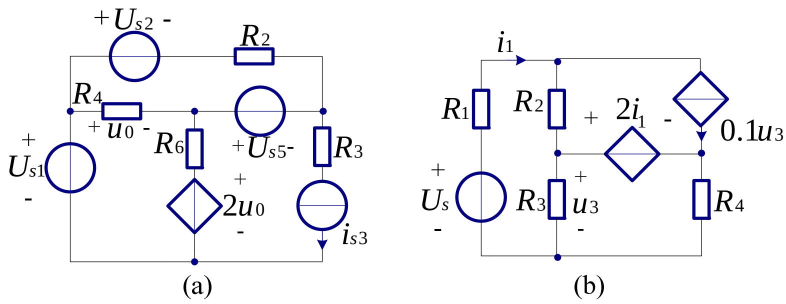
$$\begin{cases} (\frac{1}{5}+\frac{1}{10})u_a-\frac{1}{10}u_b=0.4i-6 \\ -\frac{1}{10}u_a+(\frac{1}{5}+\frac{1}{10})u_b=6 \\ i=\frac{u_b-u_a}{10} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u_a=-\frac{120}{11}V \\ u_b=\frac{180}{11}V \\ i=\frac{30}{11}A \end{cases}$$ 。

（b）参考节点是 c，节点 a、b 对节点 c 的电压即为独立的节点电压，设为为u_a和u_b。则节点电压方程为：

$$\begin{cases} u_a=4V \\ -\frac{1}{1000}u_a+(\frac{1}{1000}+\frac{1}{1000})u_b=5i_1+0.001 \\ i_1=\frac{u_a}{2000}=0.002A \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u_a=4V \\ u_b=7.5V \\ i_1=0.002A \end{cases}$$ 。

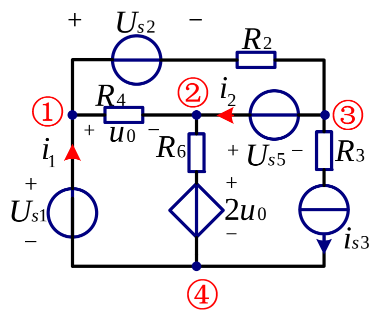
所以$i=\frac{u_b}{1000}=0.0075A=7.5mA$。

2-13 列出题图 2-13 电路的节点电压方程和网孔电流方程。



题图 2-13

解：（a）



设节点④为参考节点，节点①②③的节点电压为u_1', u_2', u_3'，节点电压方程为：

$$(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_4})u_1'+(-\frac{1}{R_4})u_2'+(-\frac{1}{R_2})u_3'=\frac{U_{s2}}{R_2}+i_1$$

$$(-\frac{1}{R_4})u_1'+(\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_6})u_2'=\frac{2u_0}{R_6}+i_2$$

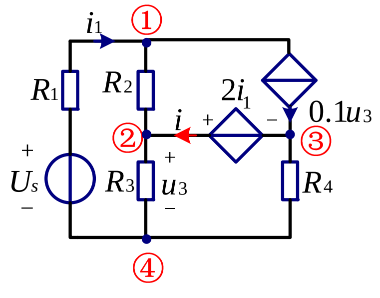
$$(-\frac{1}{R_2})u_1'+\frac{1}{R_2}u_3'=-\frac{U_{s2}}{R_2}-i_2-i_{s3}$$

$$u_1'=U_{s1}$$

$$u_2'-u_3'=U_{s5}$$

$$u_1'-u_2'=u_0$$

（b）



设节点④为参考节点，节点①②③的节点电压为u_1', u_2', u_3'，节点电压方程为：

$$(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2})u_1'+(-\frac{1}{R_2})u_2'=\frac{U_s}{R_1}-0.3u_3$$

$$(-\frac{1}{R_2})u_1'+(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3})u_2'=i$$

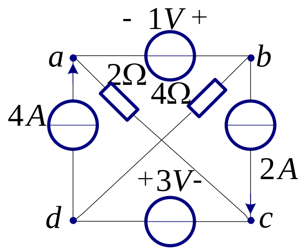
$$\frac{1}{R_4}u_3' = 0.3u_3 - i$$

$$u_2' - u_3' = 2i_1$$

$$\frac{U_s - u_1'}{R_1} = i_1$$

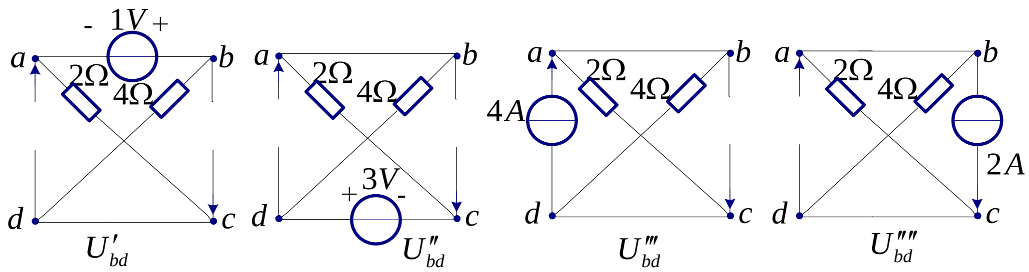
$$u_2' = u_3$$

2-14 利用叠加定理求解电压U_{bd}。电路如题图 2-14 所示



题图 2-14

解：由叠加定理，电压U_{bd}可以看作是各独立源单独作用所产生的电压的代数和，如下图所示。



当 3V 电压源单独作用时，如图所示，两电阻串联分压，可得：

$$U'_{bd} = \frac{4}{4+2}\times 1 = \frac{2}{3}V$$。

当 1V 电压源单独作用时，如图所示，两电阻串联分压，可得：

$$U''_{bd} = -\frac{4}{4+2}\times 3 = -2V$$。

当 4A 电流源单独作用时，如图所示，两电阻并联分流，可得：

$$U'''_{bd}=4\times\frac{2\times4}{2+4}=\frac{16}{3}V$$ 。

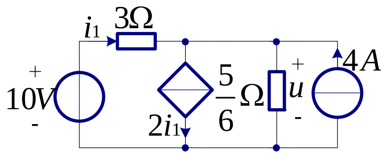
当 2A 电流源单独作用时，如图所示，两电阻并联分流，可得：

$$U''''_{bd}=-2\times\frac{2\times4}{2+4}=-\frac{8}{3}V$$ 。

所以所有独立源共同作用时，有

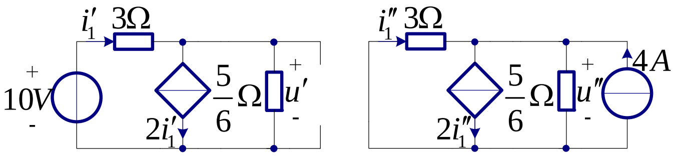
$$U_{bd}=U'_{bd}+U''_{bd}+U'''_{bd}+U''''_{bd}=\frac{2}{3}-2+\frac{16}{3}-\frac{8}{3}=\frac{4}{3}V$$

2-15 电路如题图 2-15 所示，利用叠加定理求解电压 u



题图 2-15

解：由叠加定理，电压 u 可以看作是各独立源单独作用所产生的电压的代数和，如下图所示。



当 10V 电压源单独作用时，如图所示可得：

$$\begin{cases} i_1'=2i_1'+\dfrac{u'}{5/6} \\ u'=10-3i_1' \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} i_1'=\dfrac{60}{13}A \\ u'=-\dfrac{50}{13}V \end{cases}$$

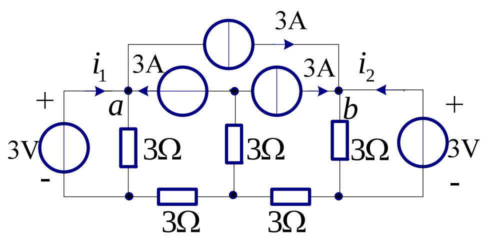
当 4A 电流源单独作用时，如图所示可得：

$$\begin{cases} i_1''+4=2i_1''+\dfrac{u''}{5/6} \\ u''=-3i_1'' \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} i_1''=-\dfrac{20}{13}A \\ u''=\dfrac{60}{13}V \end{cases}$$

所以所有独立源共同作用时，有：

$$u = u' + u'' = -\frac{50}{13} + \frac{60}{13} = \frac{10}{13}V$$ 。

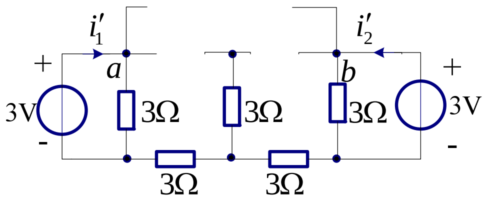
2-16 电路题图 2-16 所示，利用叠加定理求解电路中的 u_{ab} ，i_1 和 i_2 。



题图 2-16

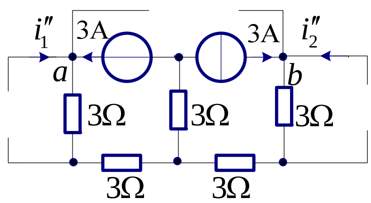
解：由叠加定理，电压/电流可以看作是各独立源单独作用所产生的电压/电流的代数和，如下图所示。

当两个 3V 电压源单独作用时，如图所示可得：



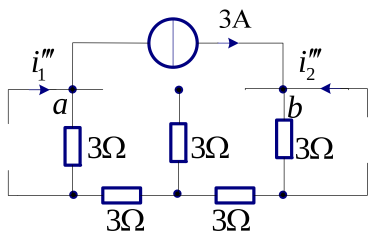
$$i_1' = \frac{3}{3} = 1A;\quad i_2' = \frac{3}{3} = 1A;\quad u_{ab}' = 0V$$

当两个并排的 3A 电流源单独作用时，如图所示可得：



$$i_1'' = 0A;\quad i_2'' = 0A;\quad u_{ab}'' = 3\times3 + 3\times3 - 3\times3 - 3\times3 = 0V$$

当最上面的 3A 电流源单独作用时，如图所示可得：

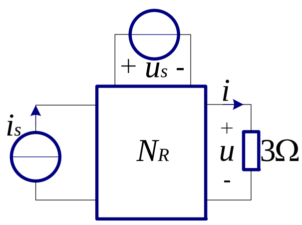


$i_1'''=0A$; $i_2'''=0A$; $u_{ab}'''=-3\times3-3\times3-3\times3-3\times3=-36V$

所以所有独立源共同作用时，有：

$i_1=i_1'+i_1''+i_1'''=1A$; $i_2=i_2'+i_2''+i_2'''=1A$; $u_{ab}=u_{ab}'+u_{ab}''+u_{ab}'''=-36V$

2-17 题图 2-17 所示，网络 N_R 为线性无源电阻网络，当 $i_s=1A,u_s=2V$ 时，$i=5A$；当 $i_s=-2A,u_s=4V$ 时，$u=24V$。试求当 $i_s=2A,u_s=6V$ 时的电压 u。



题图 2-17

解法一：设 $i_s=1A,u_s=0V$ 时，即 $i_s=1A$ 单独作用于网络时，$u=u_x$。

设 $i_s=0A,u_s=1V$ 时，即 $u_s=1V$ 单独作用于网络时，$u=u_y$。

根据题目，可以得到

$$\begin{cases}u_x+2u_y=3\times5\\-2u_x+4u_y=24\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}u_x=\dfrac{3}{2}V\\u_y=\dfrac{27}{4}V\end{cases}$$

所以当 $i_s=2A,u_s=6V$ 时，有：

$$u=2u_x+6u_y=2\times\frac{3}{2}+6\times\frac{27}{4}=\frac{87}{2}V$$

解法二：利用线性电路中响应与激励之间存在着线性关系，设该电路中激励 i_s,u_s 和响应 u 之间存在线性关系：$K_1i_s+K_2u_s=u$。

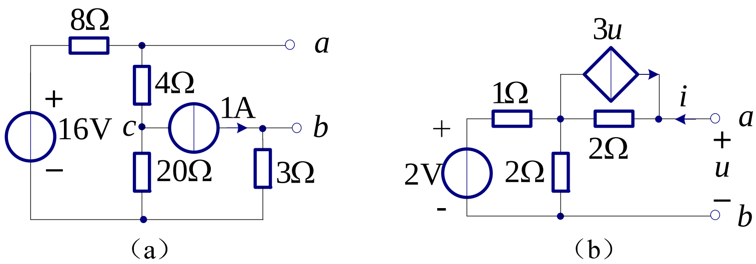
根据题目，可得：

$$\begin{cases}K_1\times 1+K_2\times 2=3\times 5\\K_1\times(-2)+K_2\times 4=24\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}K_1=\dfrac{3}{2}\\K_2=\dfrac{27}{4}\end{cases}$$

所以当$i_s=2A,u_s=6V$时，有：

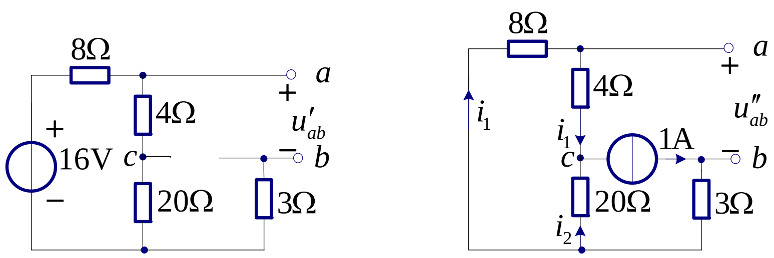
$$u=\frac{3}{2}i_s+\frac{27}{4}u_s=\frac{3}{2}\times 2+\frac{27}{4}\times 6=\frac{87}{2}V$$

2-18 求题图 2-18 所示电路的开路电压u_{ab}。



题图 2-18

解：（a）



如左图所示，当 16V 电压源单独作用时，$u'_{ab}=\dfrac{4+20}{8+4+20}\times 16=12V$。

如右图所示，当 1A 电流源单独作用时，$i_1=\dfrac{20}{8+4+20}\times 1=\dfrac{5}{8}A$

$u''_{ab}=-8i_1-3\times 1=-8V$。

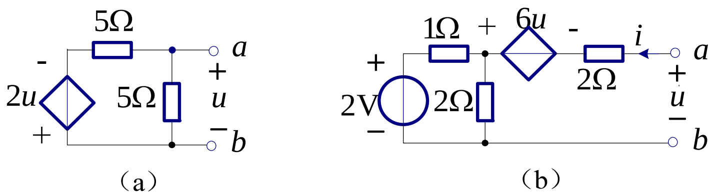
所以独立源共同作用时，有：$u_{ab}=u'_{ab}+u''_{ab}=12-8=4V$

（b）$u_{ab}=3u_{ab}\times 2+\dfrac{2}{2+1}\times 2$

$$-5u_{ab}=\frac{4}{3}$$

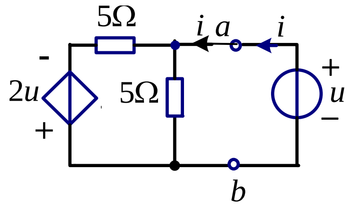
$$u_{ab}=-\frac{4}{15}\text{V}$$

2-19 求题图 2-19 所示电路的等效内阻 R_{ab}。



题图 2-19

解：（a）外加电源法：

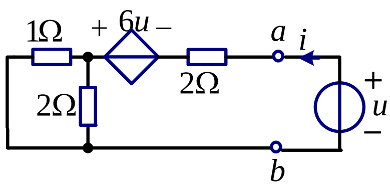


$$\frac{u}{5}+\frac{u-(-2u)}{5}=i$$

$$\frac{4}{5}u=i$$

$$R_{ab}=\frac{u}{i}=\frac{5}{4}\Omega$$

（b）外加电源法：

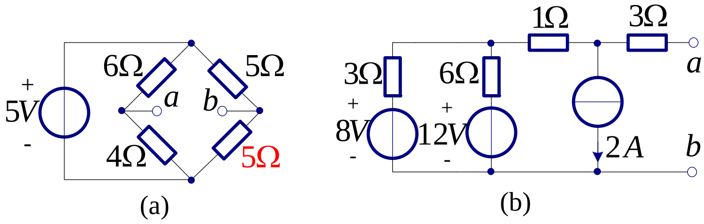


$$u=2i-6u+\frac{2\times 1}{2+1}\times i$$

$$7u=\frac{8}{3}i$$

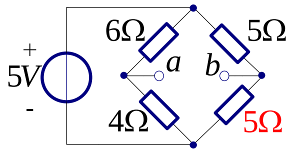
$$R_{ab}=\frac{u}{i}=\frac{8}{21}\Omega$$

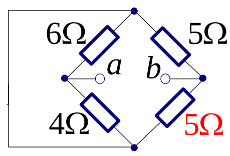
2-20 求题图 2-20 所示电路 ab 端的戴维南等效电路。



题图 2-20

解：（a）

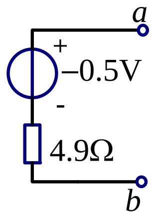




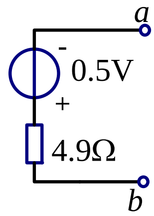
首先求开路电压：$u_{ab}=\dfrac{4}{4+6}\times 5-\dfrac{5}{5+5}\times 5=-0.5V$

然后求等效电阻：$R_{ab}=\dfrac{4\times 6}{4+6}+\dfrac{5\times 5}{5+5}=4.9\Omega$

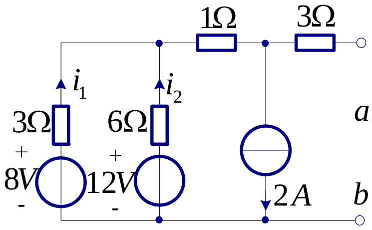
所以戴维南电路为：



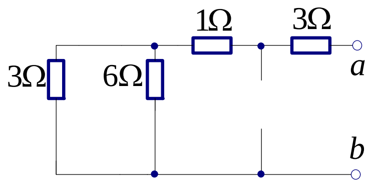
或



（b）首先求开路电压：

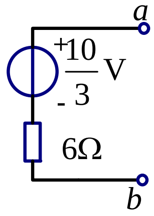


$$\left.\begin{array}{l} i_1+i_2=2 \\ -8+3i_1-6i_2+12=0 \end{array}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} i_1=\dfrac{8}{9}A \\ i_2=\dfrac{10}{9}A \end{array}\right., \quad u_{ab}=-1\times 2-6i_2+12=\frac{10}{3}V$$

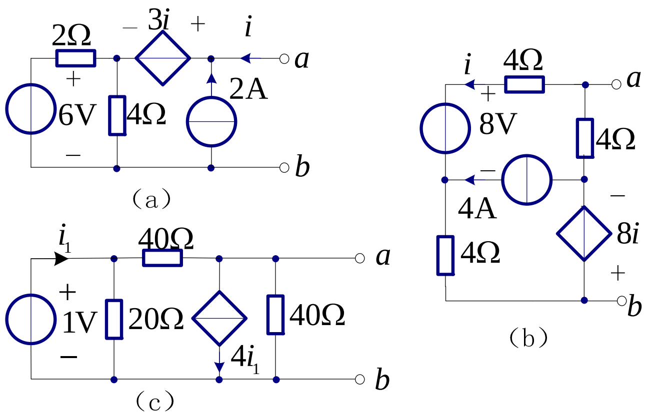


然后求等效电阻：$R_{ab}=\dfrac{3\times6}{3+6}+1+3=6\Omega$

所以戴维南电路为：

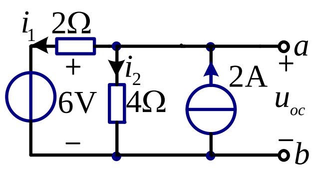


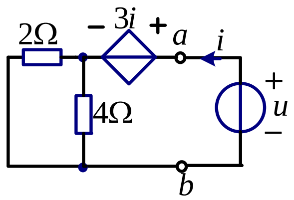
2-21 求题图 2-21 所示电路中 ab 端的戴维南等效电路。



题图 2-21

解：（a）首先求开路电压

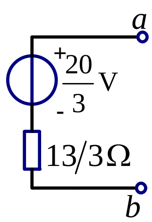




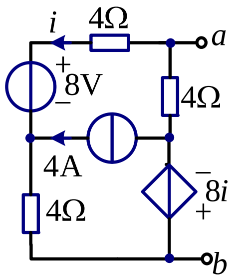
如左图所示：$i_1+i_2=2,\quad 2i_1+6=4i_2\Rightarrow i_2=\dfrac{5}{3}\mathrm{A}\Rightarrow u_{oc}=4i_2=\dfrac{20}{3}\mathrm{V}$

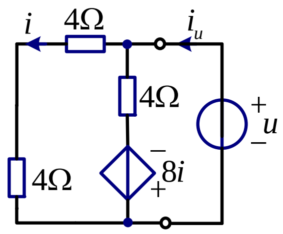
然后求等效电阻，如右图所示：$u=3i+\dfrac{2\times4}{2+4}\times i=\dfrac{13}{3}i\Rightarrow R_{eq}=\dfrac{u}{i}=\dfrac{13}{3}\Omega$

所以戴维南等效电路为：



（b）首先求开路电压





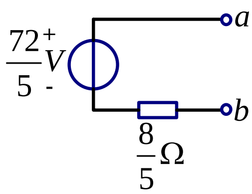
如左图所示：$4i+4i+8+4\times(4+i)+8i=0 \quad \Rightarrow i=-\dfrac{6}{5}\text{A}$

所以 $u_{oc}=-4i-8i=\dfrac{72}{5}\text{V}$

然后求等效电阻，如右图所示：$i=\dfrac{u}{4+4}=\dfrac{u}{8}$

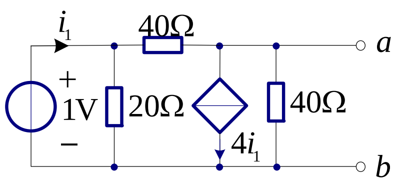
$u=4\times(i_u-i)-8i=4i_u-12i=4i_u-12\times\dfrac{u}{8}$

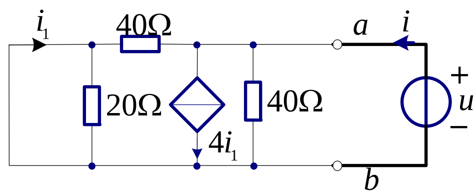
$\dfrac{5}{2}u=4i_u \Rightarrow R_{eq}=\dfrac{u}{i_u}=\dfrac{8}{5}\Omega$



所以戴维南等效电路为：

（c）首先求开路电压

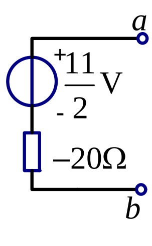




如左图所示：$i_1-\dfrac{1}{20}-4i_1-\dfrac{u_{oc}}{40}=0,\quad u_{oc}=1-(i_1-\dfrac{1}{20})\times 40 \quad \Rightarrow u_{oc}=\dfrac{11}{2}\text{V}$

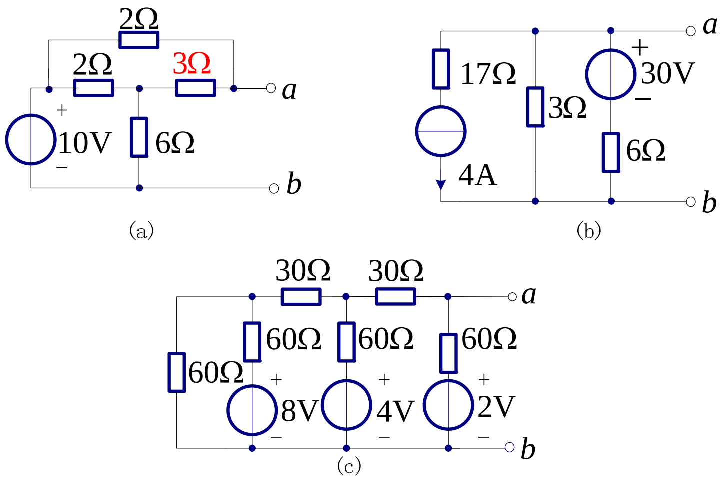
然后求等效电阻，如右图所示：$u=-40i_1,\qquad i-\dfrac{u}{40}-4i_1+i_1=0,$

$\Rightarrow i+\dfrac{1}{20}u=0,\qquad \Rightarrow R_{eq}=\dfrac{u}{i}=-20\Omega$



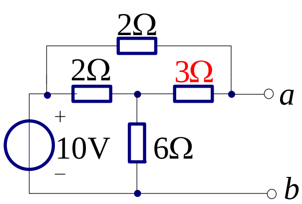
所以戴维南等效电路为：

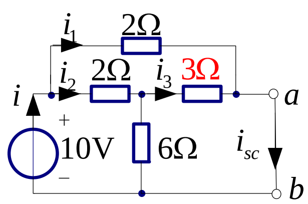
2-22 求题图 2-22 所示电路中 ab 端的诺顿等效电路。



题图 2-22

解：（a）首先求短路电流

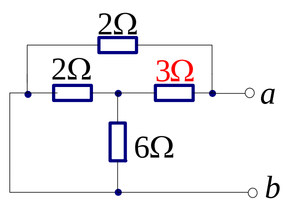




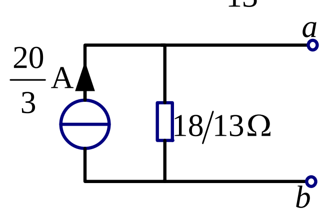
如右图所示：$i=\dfrac{10}{2//(2+3//6)}=\dfrac{15}{2}A$

$$i_1=\frac{(2+3//6)}{2+(2+3//6)}i=\frac{4}{6}\times\frac{15}{2}A=5A,\quad i_2=\frac{2}{2+(2+3//6)}i=\frac{2}{6}\times\frac{15}{2}A=\frac{5}{2}A$$

$$i_3=\frac{6}{3+6}i_2=\frac{6}{9}\times\frac{5}{2}A=\frac{5}{3}A,\quad i_{sc}=i_1+i_3=\frac{20}{3}A$$

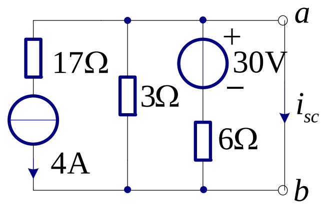


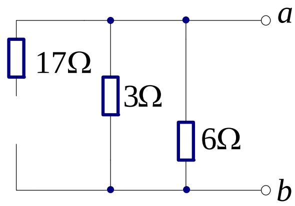
然后求等效电阻： $R_{eq}=2//(3+2//6)=\dfrac{18}{13}\Omega$



所以诺顿等效电路为：

（b）



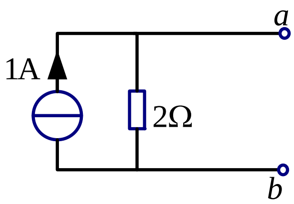


首先求短路电流，如左图所示：

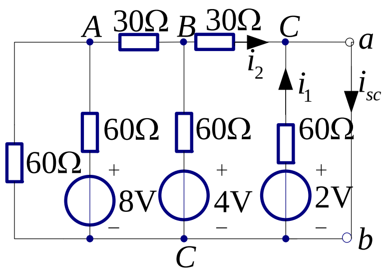
$$i_{sc}=\frac{30}{6}-4=1A$$

然后求等效电阻，如右图所示： $R_{eq}=3//6=2\Omega$

所以诺顿等效电路为：



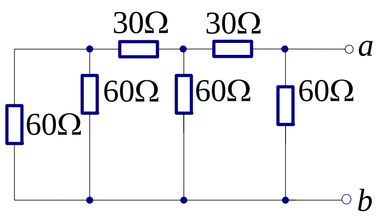
（c）



首先求短路电流，如左图所示，有三个节点，设节点 C 为参考节点，节点 A 和 B 的节点电压为u_A,u_{B3}，节点电压方程为:：

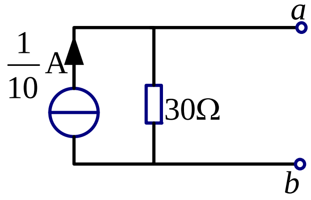
$$\begin{cases}(\frac{1}{60}+\frac{1}{60}+\frac{1}{30})u_A-\frac{1}{30}u_B=\frac{8}{60}\\ -\frac{1}{30}u_A+(\frac{1}{60}+\frac{1}{30}+\frac{1}{30})u_B=\frac{4}{60}\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}u_A=3V\\ u_B=2V\end{cases}，$$

$$\begin{cases}i_2=\frac{1}{30}u_B\\ 60i_1-2=0\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}i_1=\frac{1}{30}A\\ i_2=\frac{1}{15}A\end{cases}，\text{所以有}\ i_{sc}=i_2+i_1=\frac{1}{30}+\frac{1}{15}=\frac{1}{10}A$$

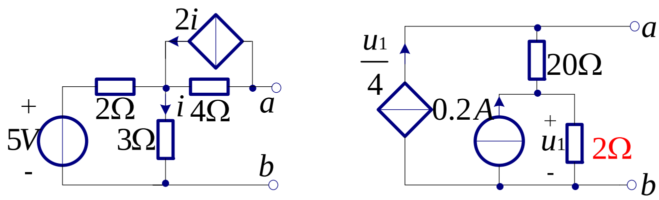


然后求等效电阻，如右图所示： $R_{eq}=(((60//60)+30)//60+30)//60=30\Omega$

所以诺顿等效电路为：



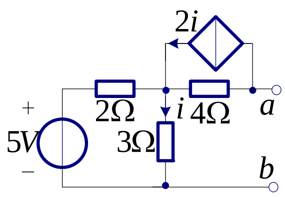
2-23 求题图 2-23 所示电路 ab 端的戴维南和诺顿等效电路，若 ab 端接入 10Ω 电阻，求电流 i_{ab}。

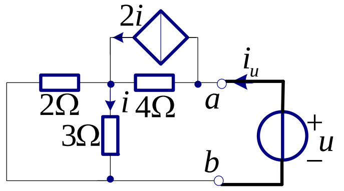


(a)　　　　(b)

题图 2-23

解：（a）首先求开路电压

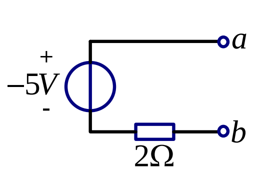


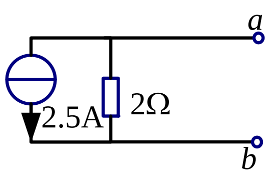


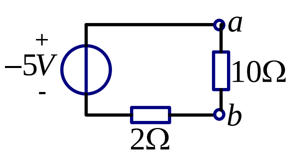
如左图所示：$i=\dfrac{5}{3+2}=1A\ \Rightarrow u_{ab}=-2i\times4+3i=-5V$

然后求等效电阻，如右图所示：$\begin{cases}u=4\times(i_u-2i)+3i\\ i=\dfrac{2}{3+2}i_u\end{cases}$，$u=2i_u\Rightarrow R_{eq}=\dfrac{u}{i_u}=2\Omega$

所以戴维南等效电路和诺顿等效电路为：

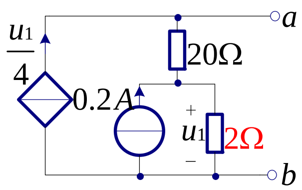


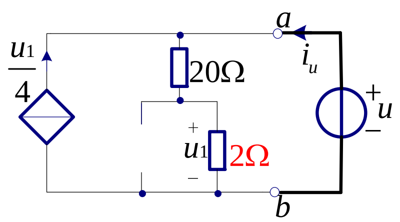




$i_{ab}=-\dfrac{5}{12}A$

（b）首先求开路电压

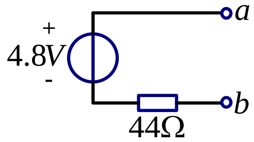


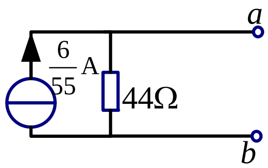


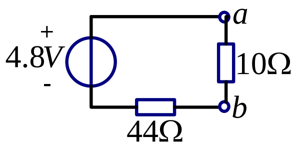
如左图所示：$\dfrac{u_1}{4}+0.2=\dfrac{u_1}{2}$， $u_1=0.8V$ $\Rightarrow u_{ab}=\dfrac{u_1}{4}\times 20+u_1=6u_1=4.8V$

然后求等效电阻，如右图所示：$\begin{cases} u=11u_1 \\ i_u+\dfrac{u_1}{4}=\dfrac{u_1}{2} \end{cases}$， $u=44i_u \Rightarrow R_{eq}=\dfrac{u}{i_u}=44\Omega$

所以戴维南等效电路和诺顿等效电路为：

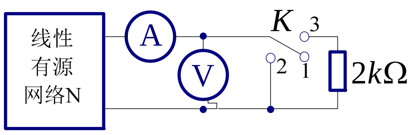






$i_{ab}=\dfrac{4}{45}A$

2-24 电路如题图 2-24 所示，当开关在 1 的位置，电压表读数为$50V$，K在位置 2，电流表读数为$20mA$，K若打向位置 3，电压表和电流表读数为多少？



题图 2-24

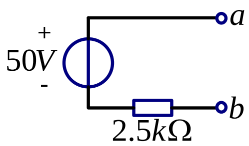
解：当开关在 1 的位置，电压表读数为$50V$，说明开路电压$u_{oc}=50V$

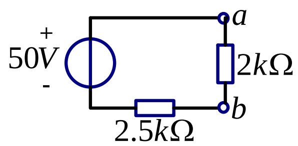
K在位置 2，电流表读数为$20mA$，说明短路电流$i_{sc}=20mA$

则线性由源网络 N 的等效电阻为

$$R_{eq}=\frac{u_{oc}}{i_{sc}}=\frac{50}{0.02}=2.5k\Omega$$

所以戴维南等效电路为：

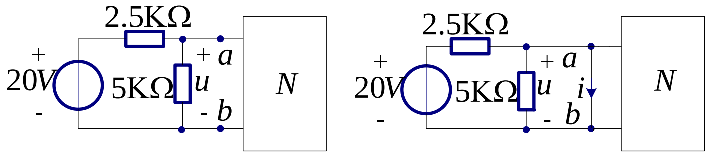




$$i_{ab}=\frac{50}{2.5+2}mA=\frac{100}{9}mA\text{，}\quad u_{ab}=2i_{ab}=\frac{200}{9}V$$

所以K若打向位置 3，电压表读数为$\frac{200}{9}V$，电流表读数为$\frac{100}{9}mA$。

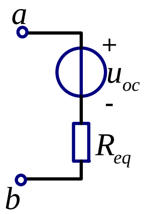
2-25 已知如题图 2-25（a）所示电路中，电压$u=12.5V$；当ab间短路，如题图 2-25（b）所示电流$i=10mA$。求网络 N 的戴维南等效电路。



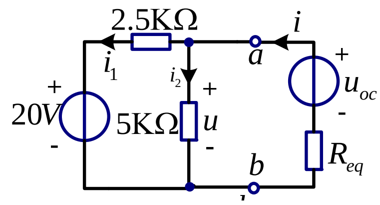
（a）　　　　(b)

题图 2-25

解：设网络 N 的戴维南等效电路为：



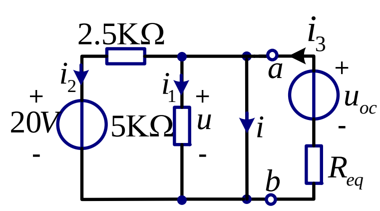
如题图 2-25（a）所示电路，电压$u=12.5V$，即：



$$i_2=\frac{u}{5}=\frac{12.5}{5}=2.5\text{mA}，\quad i_1=\frac{u-20}{2.5}=\frac{12.5-20}{2.5}=-3mA，\quad i=i_1+i_2=-0.5\text{mA}，$$

所以有：$u_{oc}+0.5R_{eq}=12.5$

当ab间短路，如题图 2-25（b）所示电流$i=10mA$，即：

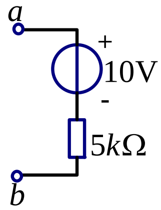


$i_1 = 0$， $i_2 = \frac{-20}{2.5} = -8\text{mA}$， $i_3 = i_1 + i_2 + i = 0 - 8 + 10 = 2\text{mA}$，

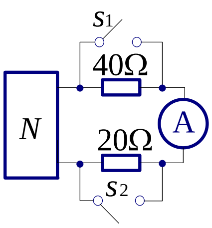
所以有： $u_{oc} - 2R_{eq} = 0$

$$\begin{cases} u_{oc} + 0.5R_{eq} = 12.5 \\ u_{oc} - 2R_{eq} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u_{oc} = 10V \\ R_{eq} = 5k\Omega \end{cases}$$

所以网络 N 的戴维南等效电路为：

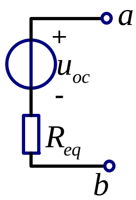


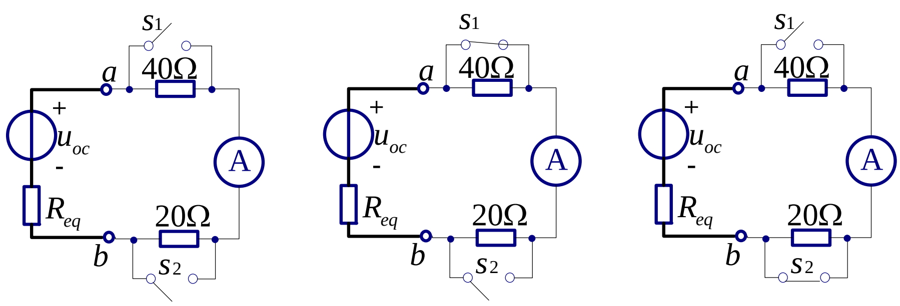
2-26 如题图 2-26 所示，N 为线性含源网络，已知开关 S_1S_2 断开电流表读数为 $1.2A$，当 S_1 闭合 S_2 断开，电流表为 3A，求 S_1 断开 S_2 闭合时电流表读数。



题图 2-26

解：设网络 N 的戴维南等效电路为：





开关 S_1S_2 断开时，电流表读数为 $1.2A$，如上图的左图所示，有：

$u_{oc} = (R_{eq} + 40 + 20) \times 1.2$

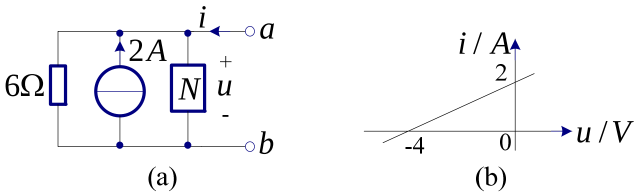
当 S_1 闭合 S_2 断开，电流表为 3A，如上图的中间的图所示，有：

$u_{oc} = (R_{eq} + 20) \times 3$

所以可以得到：$R_{eq} = \dfrac{20}{3}\Omega$，$u_{oc} = 80V$

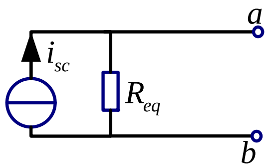
当 S_1 断开 S_2 闭合时，如上图的右图所示，电流表读数为 $\dfrac{u_{oc}}{R_{eq} + 40} = \dfrac{12}{7}A$。

2-27 电路如题图 2-27（a）所示，其 ab 端的 VCR 如图（b）所示，求网络 N 的戴维南等效电路。

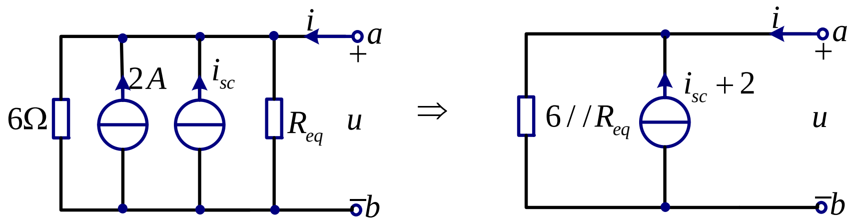


题图 2-27

解： 设网络 N 的诺顿等效电路为：



，所以电路为：

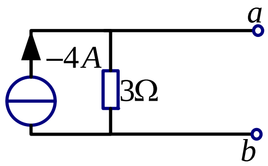


所以有：$u = \dfrac{6R_{eq}}{6+R_{eq}} \times (i + i_{sc} + 2) = \dfrac{6R_{eq}}{6+R_{eq}} \times i + \dfrac{6R_{eq}}{6+R_{eq}} \times (i_{sc} + 2)$

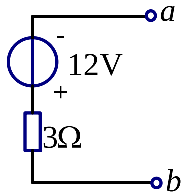
由其 ab 端的 VCR，可以得到：$u = 2i - 4$

$$\begin{cases} \dfrac{6R_{eq}}{6+R_{eq}} = 2 \\ \dfrac{6R_{eq}}{6+R_{eq}} \times (i_{sc} + 2) = -4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_{eq} = 3\Omega \\ i_{sc} = -4A \end{cases}$$

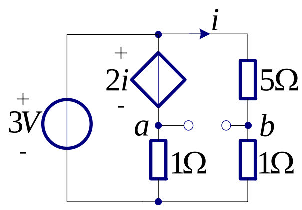
设网络 N 的诺顿等效电路为：



所以网络 N 的戴维南等效电路为：

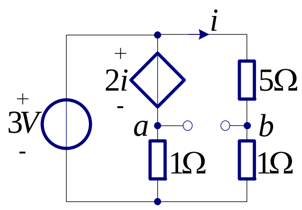


2-28 题图 2-28 所示电路中，ab 之间需接入多大电阻 R，才能使电阻电流为 ab 的短路电流 i_{ab} 的一半？此时 R 获得多大功率？



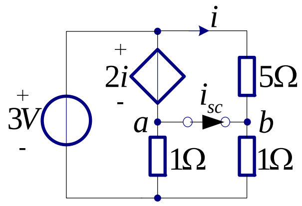
题图 2-28

解：先求 ab 端电路的戴维南等效电路。先求开路电压，如下图所示：

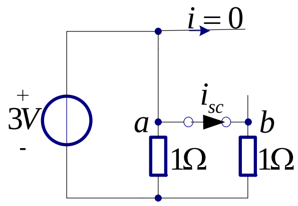


$i = \dfrac{3}{5+1} = 0.5A$，所以有 $u_{oc} = u_{ab} = -2i + 5i = 3i = 1.5V$ 。

然后求等效电阻，采用短路电流法，如下图所示：

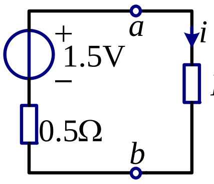


，$2i = 5i \Rightarrow i = 0$，所以有



$i_{sc}=\frac{3}{1}=3A\ \Rightarrow R_{eq}=\frac{u_{oc}}{i_{sc}}=\frac{1.5}{3}=0.5\Omega$

所以本题电路可以等效为：

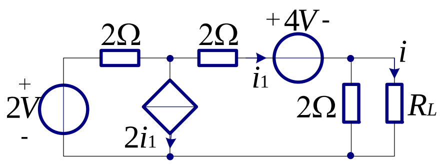


若 R 的电阻电流为 ab 的短路电流 i_{ab} 的一半，即：$i=\frac{1.5}{0.5+R}=\frac{i_{sc}}{2}=1.5A$

$\Rightarrow R=0.5\Omega$

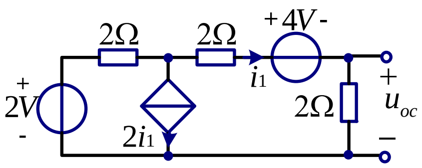
当 $R=R_{eq}=0.5\Omega$ 时，功率为：$P_{\max}=\frac{{u_{oc}}^2}{4R_{eq}}=\frac{(1.5)^2}{4\times0.5}=\frac{9}{8}\text{W}$。

2-29 题图 2-29 所示电路中 $R_L=0,\infty$ 时，分别求电流 i；R_L 为何值时可获得最大功率，此时功率为多少。



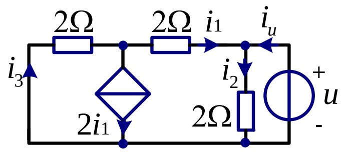
题图 2-29

解：先求除了 R_L 的左边电路的戴维南等效电路。先求开路电压，如下图所示：



$2i_1+4+2i_1+2\times(i_1+2i_1)=2$，$i_1=-\frac{1}{5}\text{A}$，所以有 $u_{oc}=2i_1=-\frac{2}{5}\text{V}$。

然后求等效电阻，采用外加电源法，如下图所示：

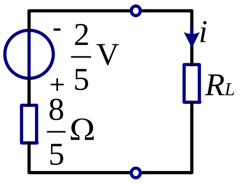


$i_2=\dfrac{u}{2}$， $i_1=i_2-i_u=\dfrac{u}{2}-i_u$， $i_3=3i_1=\dfrac{3u}{2}-3i_u$

$2i_3+2i_1+u=0$，所以有 $2i_3+2i_1+u=3u-6i_u+u-2i_u+u=5u-8i_u=0$，

$\Rightarrow R_{eq}=\dfrac{u}{i_u}=\dfrac{8}{5}\Omega$

所以本题电路可以等效为：

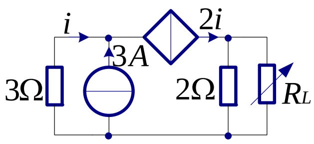


$R_L=0\Rightarrow i=-\dfrac{2}{5}\Big/\dfrac{8}{5}=-\dfrac{1}{4}\text{A}$

$R_L=\infty\Rightarrow i=0$

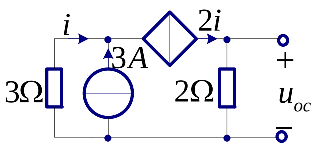
当 $R_L=R_{eq}=\dfrac{8}{5}\Omega$ 时可获得最大功率，此时功率为：$P_{\max}=\dfrac{u_{oc}{}^2}{4R_{eq}}=\dfrac{\left(-\dfrac{2}{5}\right)^2}{4\times\dfrac{8}{5}}=\dfrac{1}{40}\text{W}$。

2-30 题图 2-30 所示电路中，求 $R_L=?$ 时获得最大功率，并求功率值为多少？



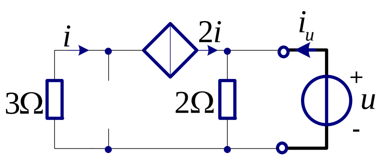
题图 2-30

解：先求除了 R_L 的左边电路的戴维南等效电路。先求开路电压，如下图所示：



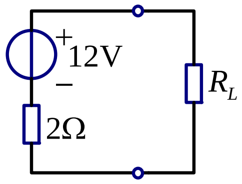
$i+3=2i\Rightarrow i=3A$，所以有 $u_{oc}=2\times2i=12\text{V}$。

然后求等效电阻，采用外加电源法，如下图所示：



$i = 2i \Rightarrow i = 0$，$\therefore R_{eq} = \dfrac{u}{i_u} = 2\Omega$

所以本题电路可以等效为：



当 $R_L = R_{eq} = 2\Omega$ 时可获得最大功率，此时功率为：$P_{\max} = \dfrac{{u_{oc}}^2}{4R_{eq}} = \dfrac{(12)^2}{4\times 2} = 18\text{W}$。