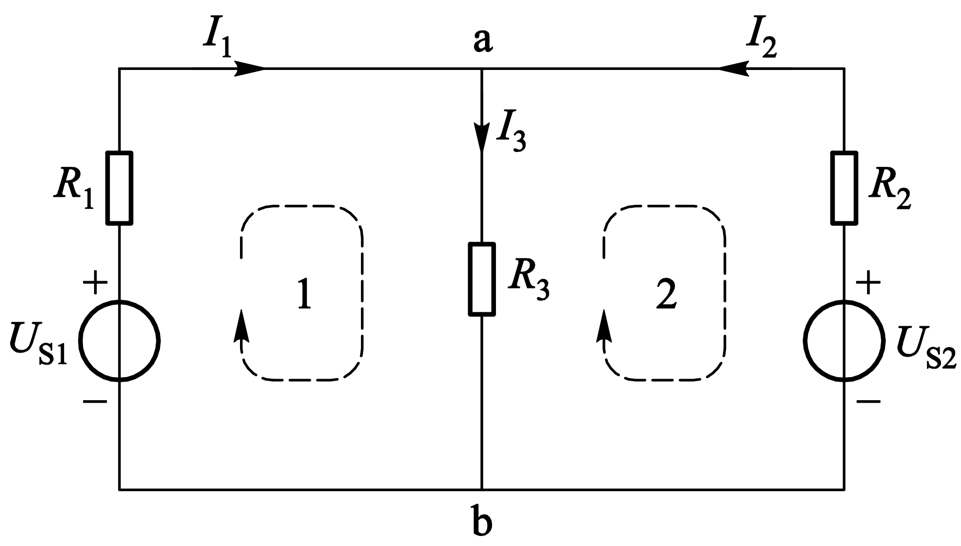
2.3 支路电流法

未知数：各支路电流

解题思路：根据基尔霍夫定律，列**KCL**和**KVL**独立方程，然后联立求解。

一般情况下，对于含有**n**个结点、**b**条支路的电路，未知数为**b**个，因此需要列出**b**个独立的电路方程进行求解。

(1) 标出各支路电流的参考方向（I_1、I_2、I_3）。



(2) 列出独立的KCL方程，方程数为n-1。

$$I_1 + I_2 = I_3$$

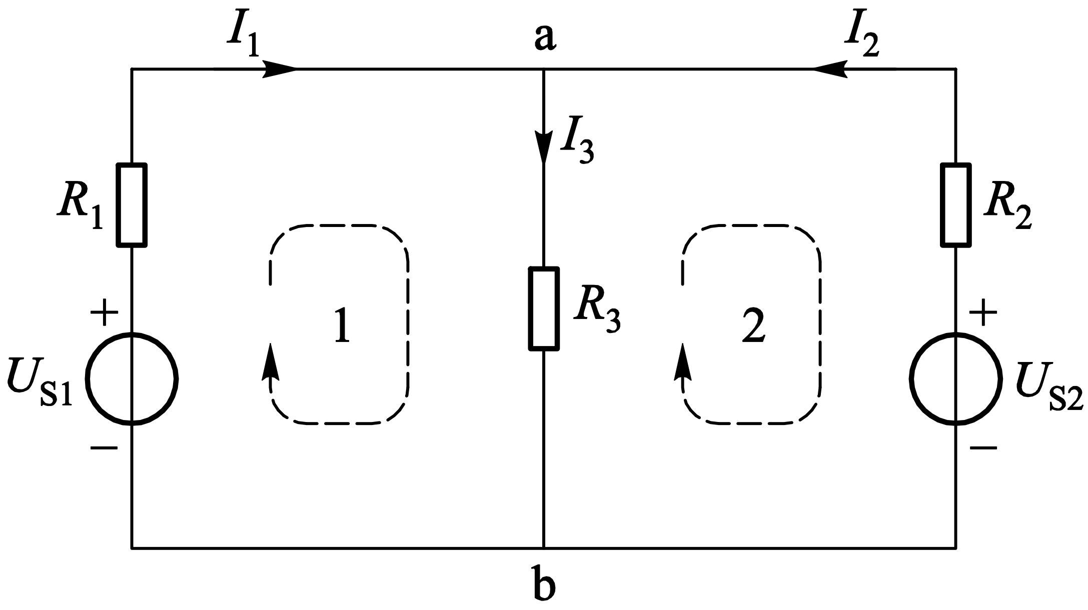
(3) 列出独立的KVL方程，方程数为b-(n-1)。

网孔1： $I_1R_1 + I_3R_3 - U_{S1} = 0$

网孔2： $-I_2R_2 + U_{S2} - I_3R_3 = 0$

(4) 解联立方程组。

【例 2.3.1】在图示电路中，若U_{S1}=70V，U_{S2}=120V，R_1=10Ω，R_2=15Ω，R_3=12Ω。求各支路电流。

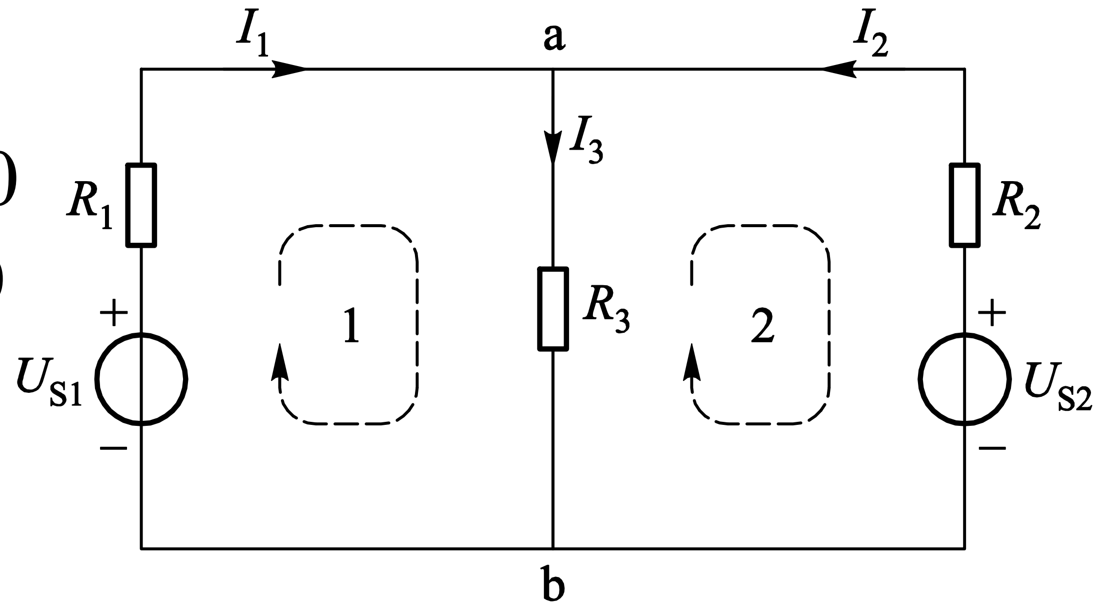


【解】根据**KCL**和**KVL**列出的方程组为

$$I_1 + I_2 = I_3$$

$$I_1R_1 + I_3R_3 - U_{S1} = 0$$

$$-I_2R_2 + U_{S2} - I_3R_3 = 0$$



$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 \\ 10I_1 + 12I_3 - 70 = 0 \\ -15I_2 + 120 - 12I_3 = 0 \end{cases}$$

U_{S1}=70V，U_{S2}=120V，

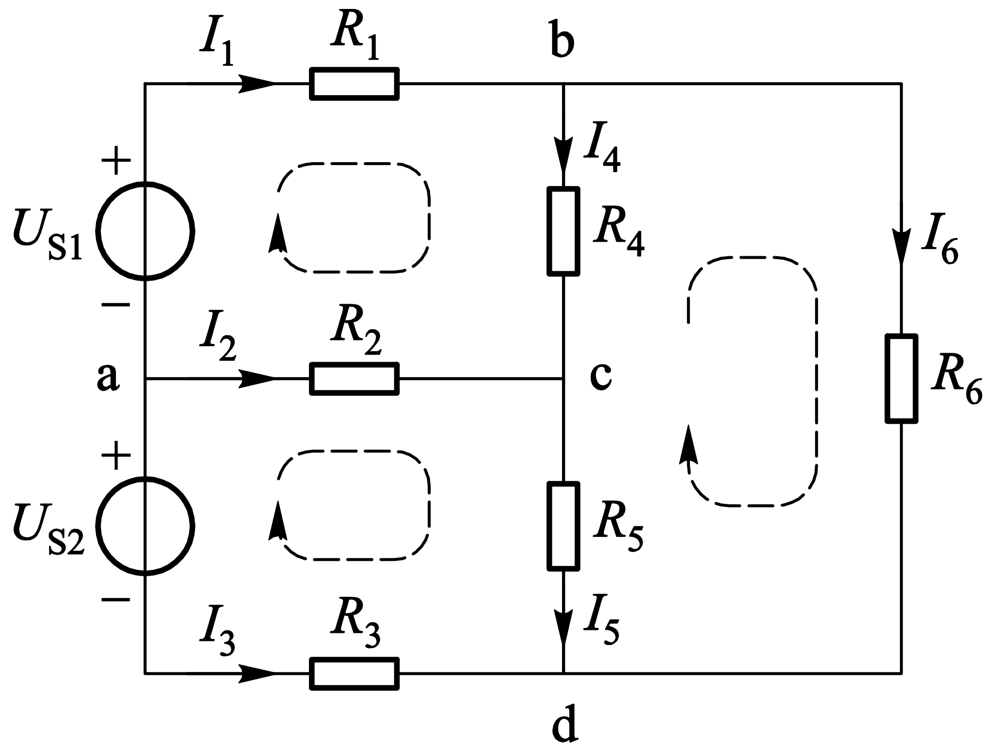
R_1=10Ω，R_2=15Ω，

R_3=12Ω。

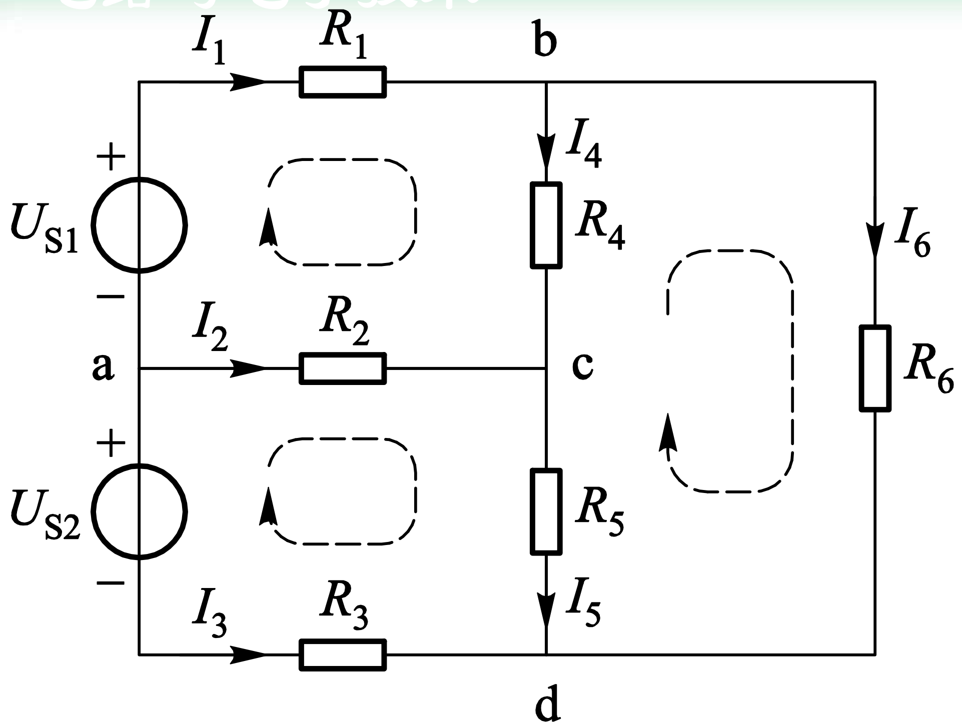
解方程组得

$$I_1 = 1\text{A} \quad I_2 = 4\text{A} \quad I_3 = 5\text{A}$$

【例 2.3.2】用支路电流法求图示电路的各支路电流。只需列出电路方程即可。



【解】（1）电路中有六条支路，标出I_1至I_6的参考方向。



（2）对4个结点中的任意3个，选结点a、b、c应用KCL，即

$$-I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

$$I_1 = I_4 + I_6$$

$$I_2 + I_4 = I_5$$

（3）对3个网孔应用KVL，即

$$I_1R_1 + I_4R_4 - I_2R_2 - U_{S1} = 0$$

$$I_2R_2 + I_5R_5 - I_3R_3 - U_{S2} = 0$$

$$I_6R_6 - I_5R_5 - I_4R_4 = 0$$

联立以上6个独立方程，可以求解出I_1至I_6。

2.4 结点电压法

未知数：结点电压

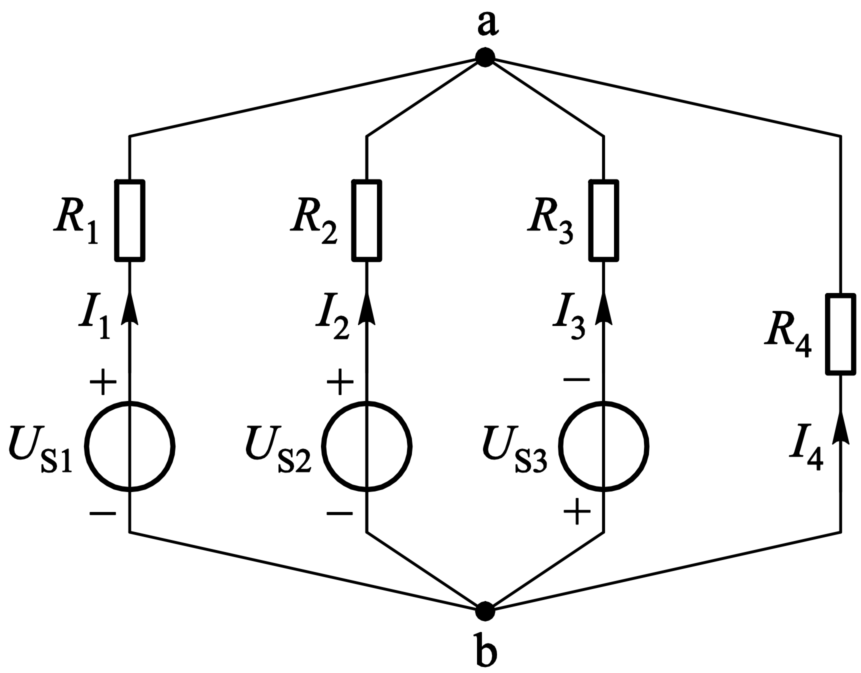
在电路中设一个参考点，令其电位为零。

⇨ 列出其它结点的结点电流方程，

⇨ 求出其它各结点的电位，

⇨ 再求出各支路电流。

下面推导结点电压方程。



（1）设b结点为参考点，即

$$V_b = 0\text{V}$$

（2）由**KCL**有

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$$

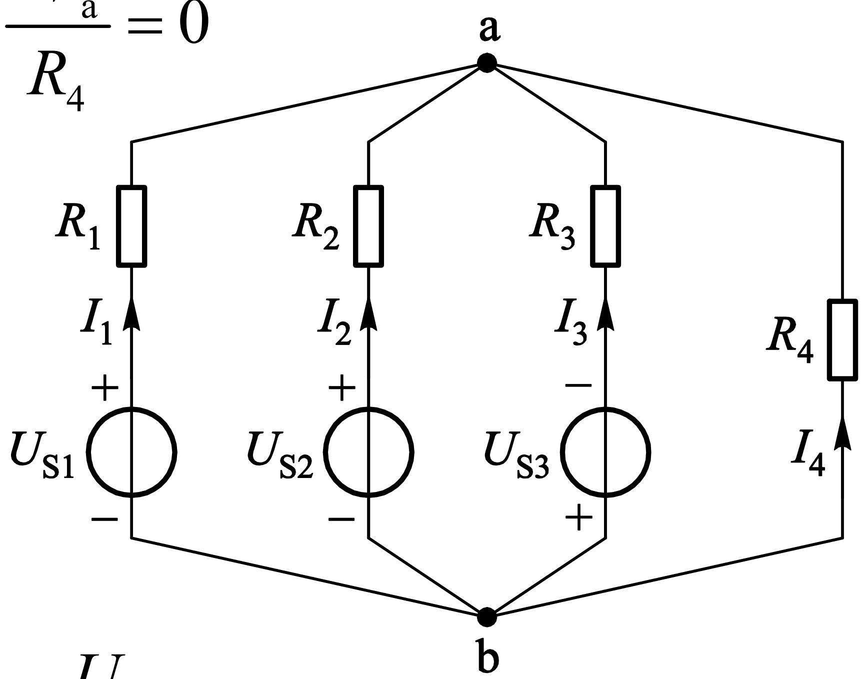
（**3**）用电位表示各电流，即

$$I_1 = \frac{U_{S1} - V_a}{R_1} \quad I_2 = \frac{U_{S2} - V_a}{R_2} \quad I_3 = \frac{-U_{S3} - V_a}{R_3} \quad I_4 = \frac{-V_a}{R_4}$$

代入支路电流方程，即

$$\frac{U_{S1} - V_a}{R_1} + \frac{U_{S2} - V_a}{R_2} + \frac{-U_{S3} - V_a}{R_3} + \frac{-V_a}{R_4} = 0$$

$$\frac{U_{S1}-V_a}{R_1}+\frac{U_{S2}-V_a}{R_2}+\frac{-U_{S3}-V_a}{R_3}+\frac{-V_a}{R_4}=0$$



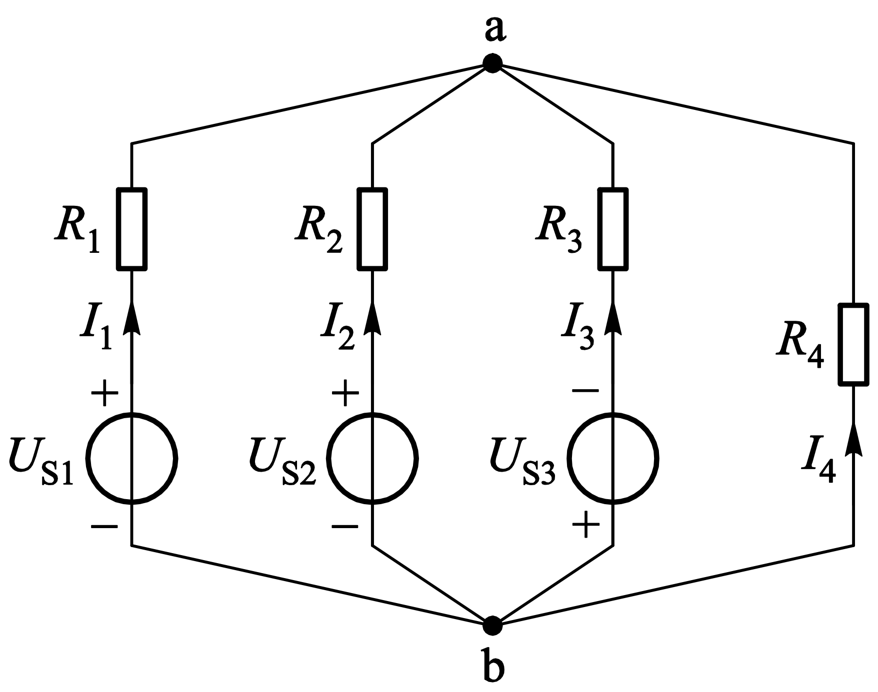
短路电流流入结点则取正号，流出结点取负号

整理得

$$V_a\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}\right)=\frac{U_{S1}}{R_1}+\frac{U_{S2}}{R_2}-\frac{U_{S3}}{R_3}$$

左边是各支路电阻的倒数之和乘以该点的电位。

方程右边是各支路的短路电流的代数和。



（4）未知的结点电压为

$$V_a = \frac{\dfrac{U_{S1}}{R_1} + \dfrac{U_{S2}}{R_2} - \dfrac{U_{S3}}{R_3}}{\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_3} + \dfrac{1}{R_4}}$$

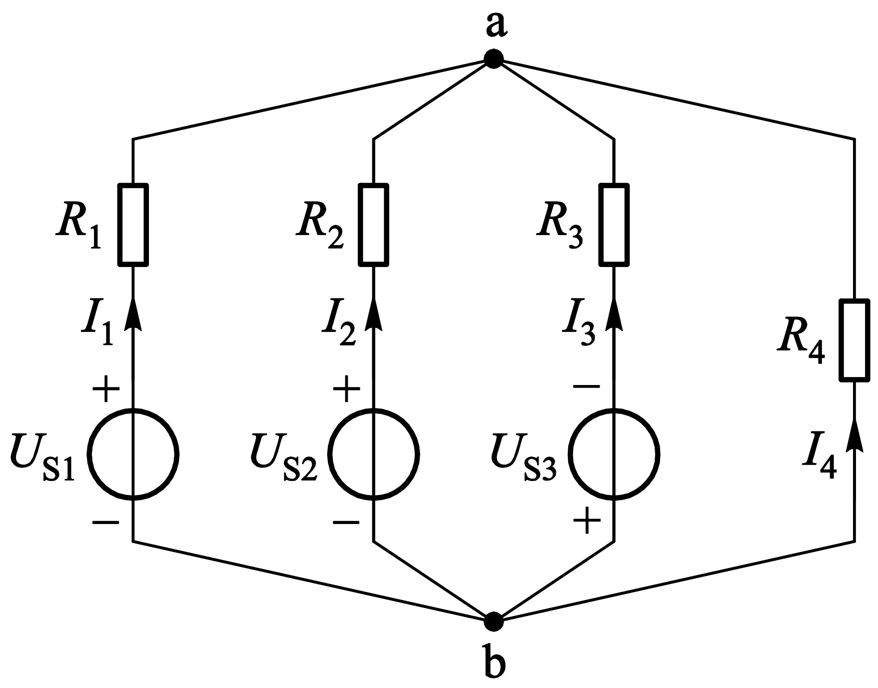
两个结点的结点电压公式：

$$U = \frac{\sum I_S}{\sum \dfrac{1}{R}}$$

其中，$\boxed{I_S = \dfrac{U_S}{R}}$

分子是各支路的短路电流的代数和，

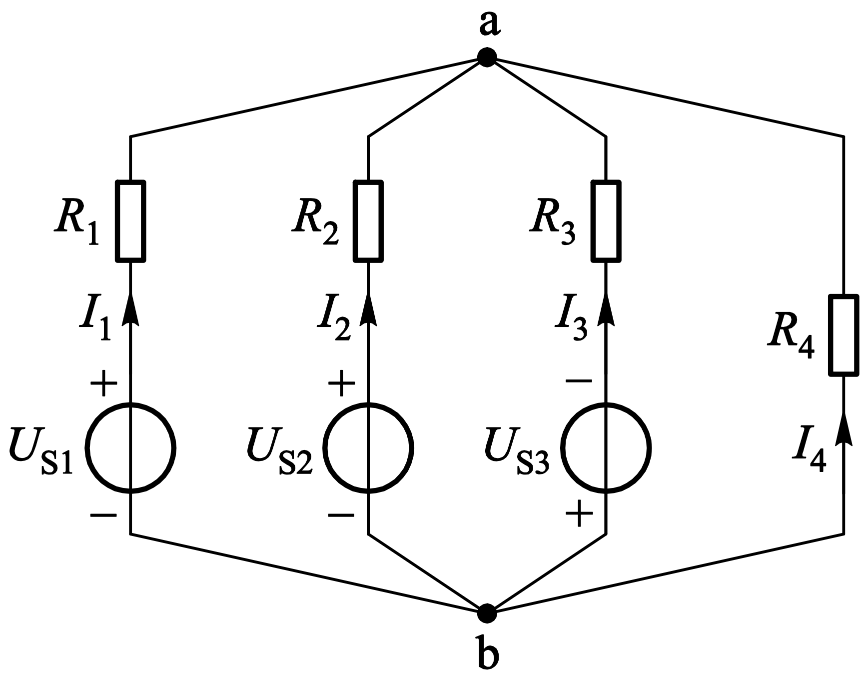
分母是各支路电阻的倒数之和。



$$V_a = \frac{\frac{U_{S1}}{R_1} + \frac{U_{S2}}{R_2} - \frac{U_{S3}}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

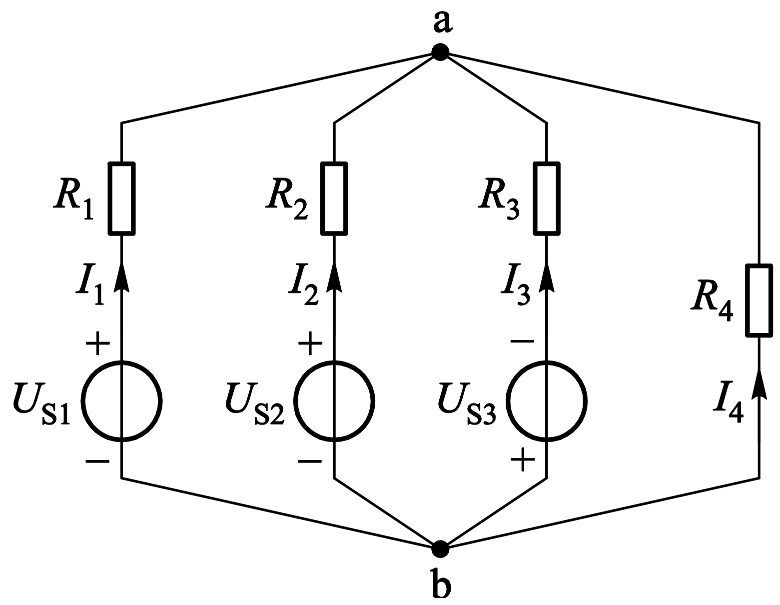
$$I_1 = \frac{U_{S1} - V_a}{R_1} \qquad I_2 = \frac{U_{S2} - V_a}{R_2} \qquad I_3 = \frac{-U_{S3} - V_a}{R_3} \qquad I_4 = \frac{-V_a}{R_4}$$

【例 2.4.1】在图示电路中，已知U_{S1}=240V，U_{S2}=100V，U_{S3}=30V，R_1=12Ω，R_2=2Ω，R_3=3Ω，R_4=12Ω。求支路电流I_1、I_2、I_3、I_4。



【解】

$$V_a=\frac{\frac{U_{S1}}{R_1}+\frac{U_{S2}}{R_2}-\frac{U_{S3}}{R_3}}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}}=\frac{\frac{240}{12}+\frac{100}{2}-\frac{30}{3}}{\frac{1}{12}+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{12}}=60\text{V}$$



各支路电流为

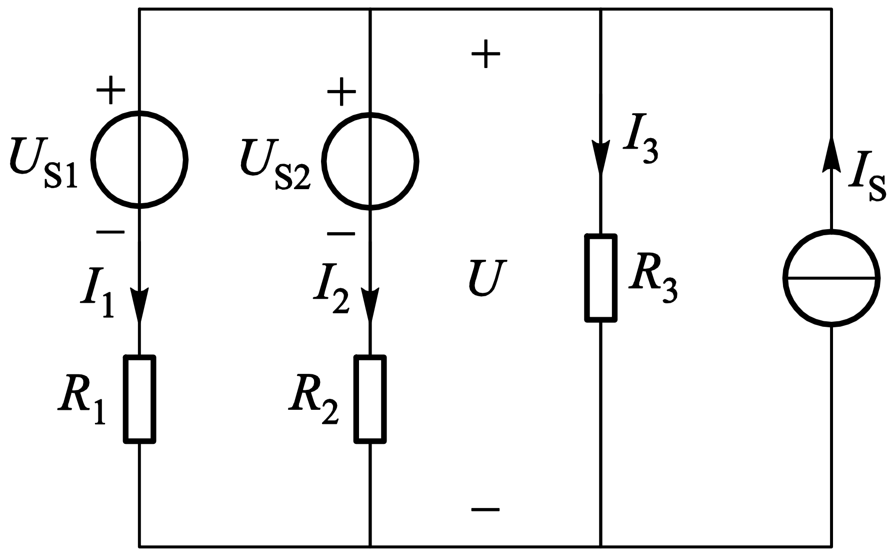
$$I_1=\frac{U_{S1}-V_a}{R_1}=\frac{240-60}{12}=15\text{A}$$

$$I_2=\frac{U_{S2}-V_a}{R_2}=\frac{100-60}{2}=20\text{A}$$

$$I_3=\frac{-U_{S3}-V_a}{R_3}=\frac{-30-60}{3}=-30\text{ A}$$

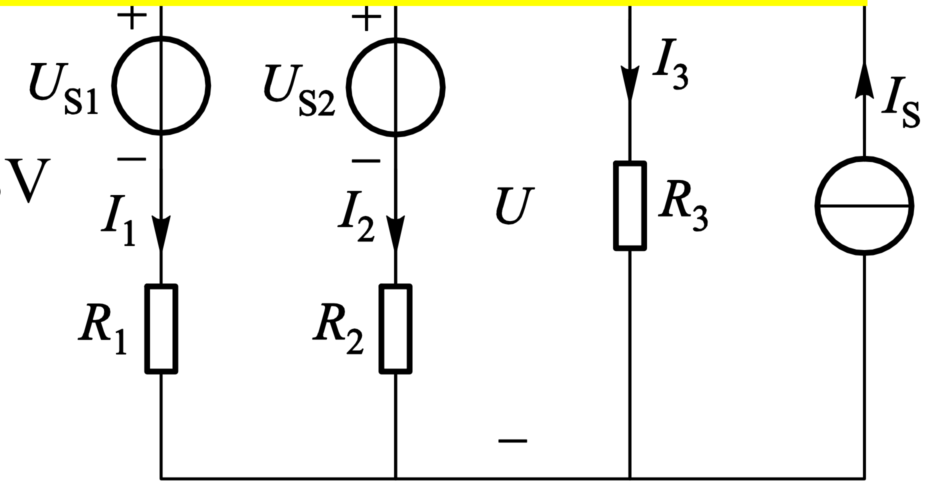
$$I_4=\frac{-V_a}{R_4}=\frac{-60}{12}=-5\text{ A}$$

【例 2.4.2】电路如图所示，已知U_{S1}=40V，U_{S2}=15V，I_S=5A，R_1=2Ω，R_2=3Ω，R_3=1.2Ω。求未知的支路电流I_1、I_2、I_3。



公式中的I_S和$\dfrac{U_S}{R}$在概念上是相同的，都是支路的短路电流。

$$U=\frac{\dfrac{U_{S1}}{R_1}+\dfrac{U_{S2}}{R_2}+I_S}{\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2}+\dfrac{1}{R_3}}=\frac{\dfrac{40}{2}+\dfrac{15}{3}+5}{\dfrac{1}{2}+\dfrac{1}{3}+\dfrac{1}{1.2}}=18\text{V}$$



（2）计算各支路电流。

$$I_1=\frac{U-U_{S1}}{R_1}=\frac{18-40}{2}=-11\text{A}$$

$$I_2=\frac{U-U_{S2}}{R_2}=\frac{18-15}{3}=1\text{A}$$

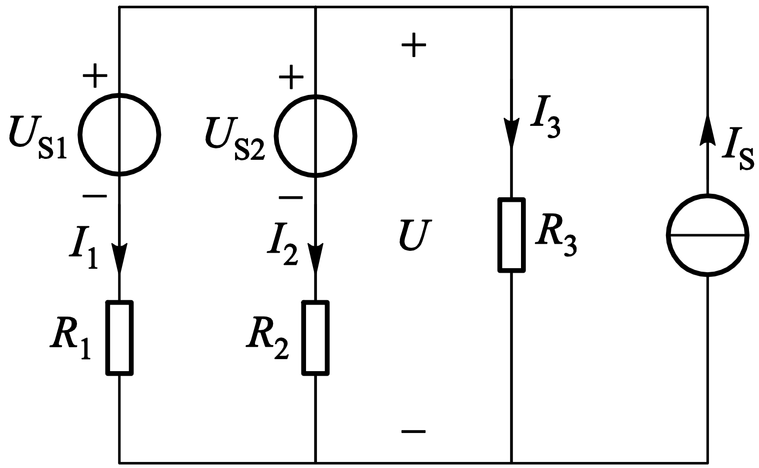
$$I_3=\frac{U}{R_3}=\frac{18}{1.2}=15\text{A}$$

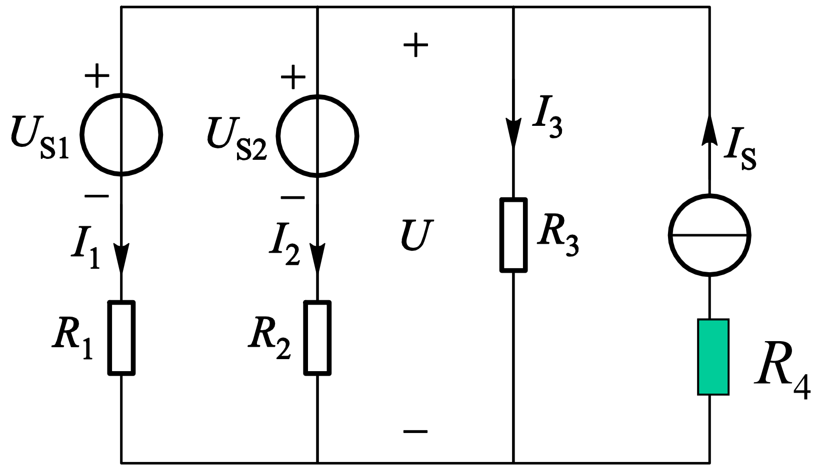
U_{S1}=40V，
U_{S2}=15V，

I_S=5A，R_1=2Ω，

R_2=3Ω，R_3=1.2Ω

思考：



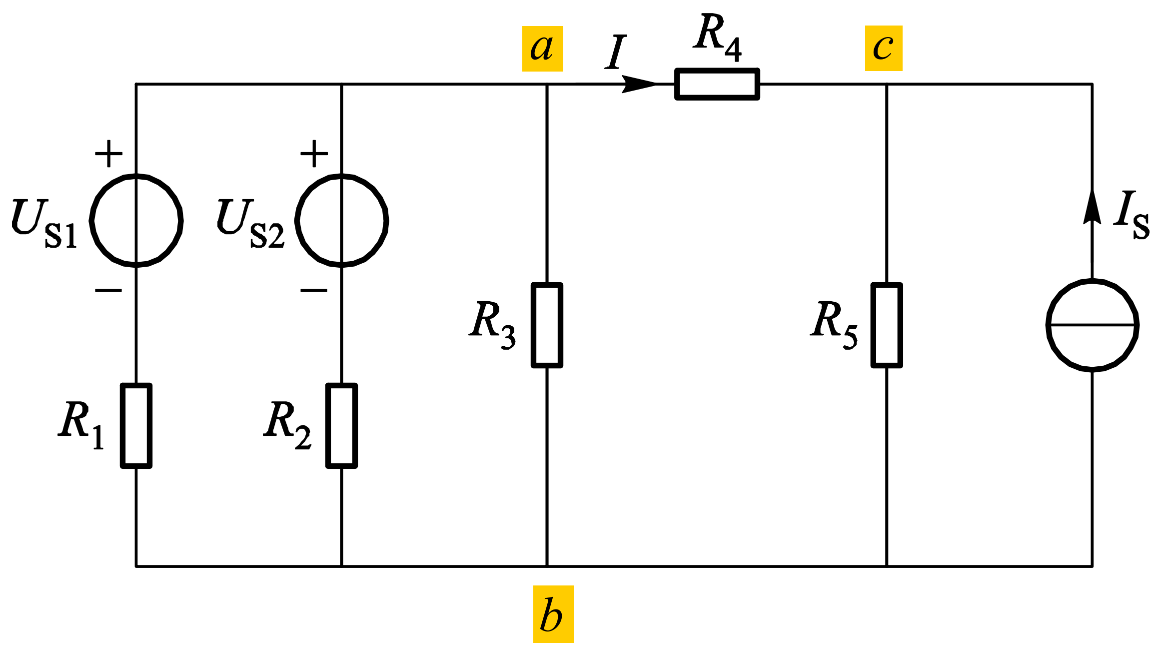


$$U=\frac{\dfrac{U_{S1}}{R_1}+\dfrac{U_{S2}}{R_2}+I_S}{\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2}+\dfrac{1}{R_3}}$$

$$U=\frac{\dfrac{U_{S1}}{R_1}+\dfrac{U_{S2}}{R_2}+I_S}{\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2}+\dfrac{1}{R_3}}$$

分子是各支路的短路电流的代数和；分母是各支路电阻的倒数之和（电流源支路的电阻除外）。

【例 2.4.3】试用结点电压法求***I***。

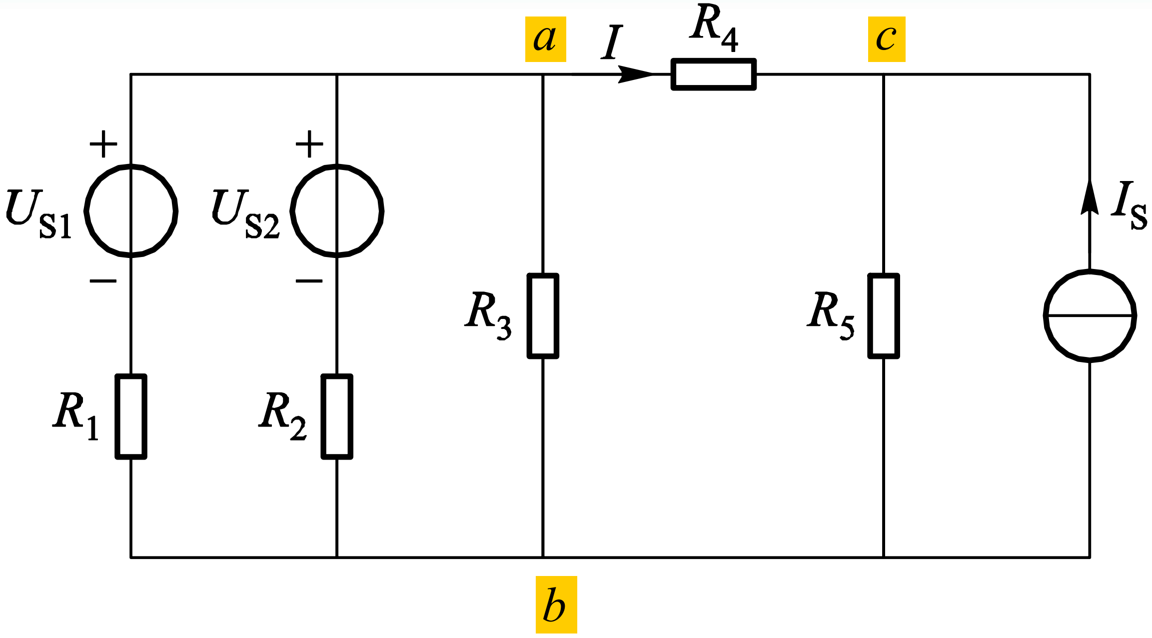


U_{S1}=4V，U_{S2}=3V、I_S=1A、

R_1=2Ω、R_2=3Ω、R_3=1.2Ω、

R_4=2.4Ω、R_5=2Ω

【解】图示电路中有3个结点，先用电压源与电流源的等效变换将3个结点的电路变成2个结点的电路，再用两个结点电压公式计算***I***。



(a) 原图

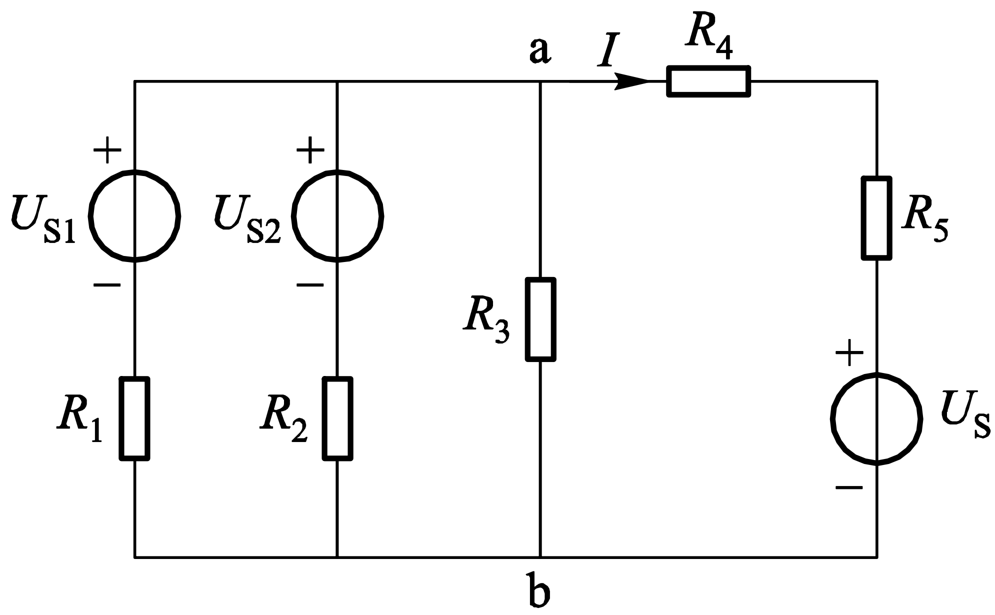
U_{S1}=4V，U_{S2}=3V、I_S=1A、

R_1=2Ω、R_2=3Ω、R_3=1.2Ω、

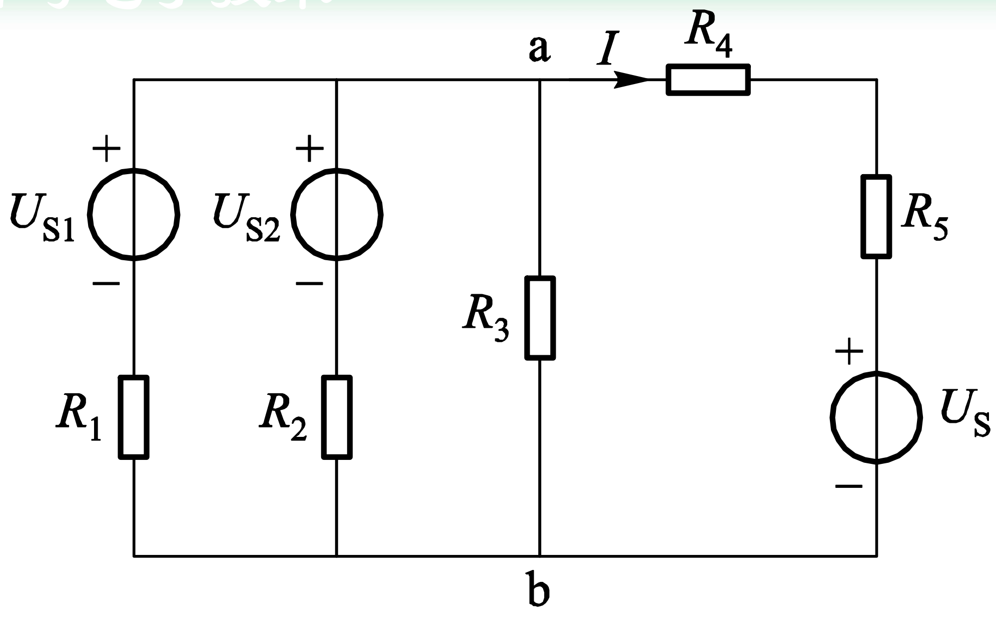
R_4=2.4Ω、R_5=2Ω

【解】（1）利用电源的等效变换可得电路(b)，其中，

$$U_S = I_S R_5 = 1 \times 2 = 2\text{V}$$



(b) 两个结点电路



(b) 两个结点电路

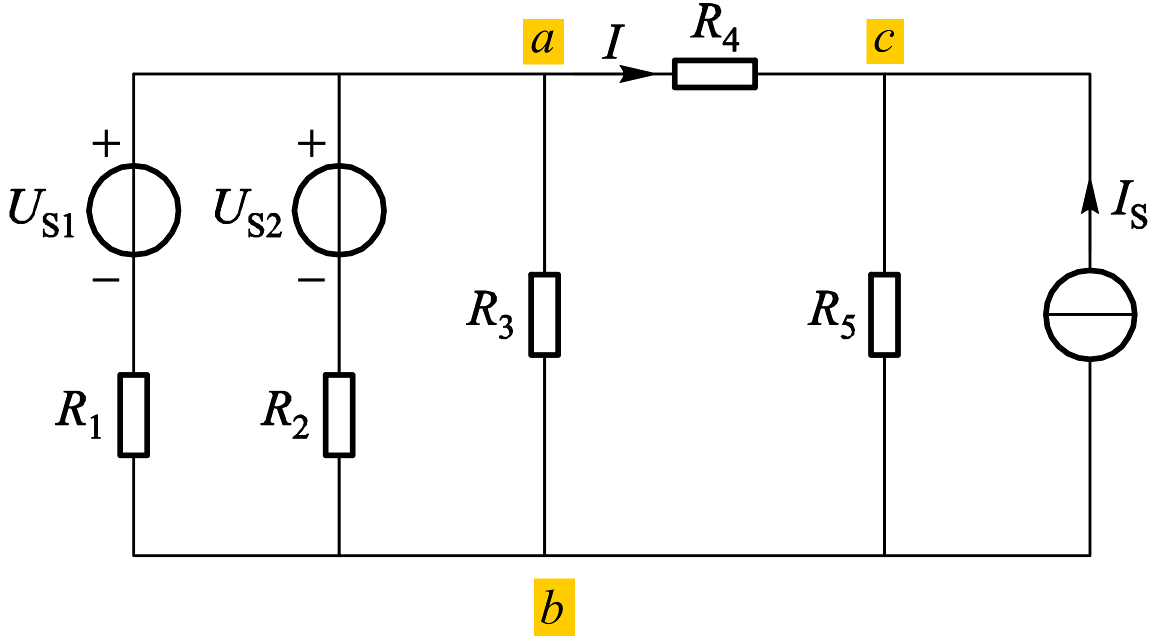
U_{S1}=4V，U_{S2}=3V、I_S=1A、R_1=2Ω、R_2=3Ω、R_3=1.2Ω、R_4=2.4Ω、R_5=2Ω

（2）以b点作为参考点，运用结点电压公式得

$$V_a = \frac{\frac{U_{S1}}{R_1} + \frac{U_{S2}}{R_2} + \frac{U_S}{R_4 + R_5}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5}} = \frac{\frac{4}{2} + \frac{3}{3} + \frac{2}{2+2.4}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{1.2} + \frac{1}{2+2.4}} = 1.824\text{V}$$

（3）由欧姆定律得 $I = \frac{V_a - U_S}{R_4 + R_5} = \frac{1.824 - 2}{2 + 2.4} = -0.04\text{A}$

思考：不通过实际电源两种模型的等效变换，能否按照本节推导两个结点的结点电压法的步骤，直接利用结点电压法分析含有**3**个结点的电路？

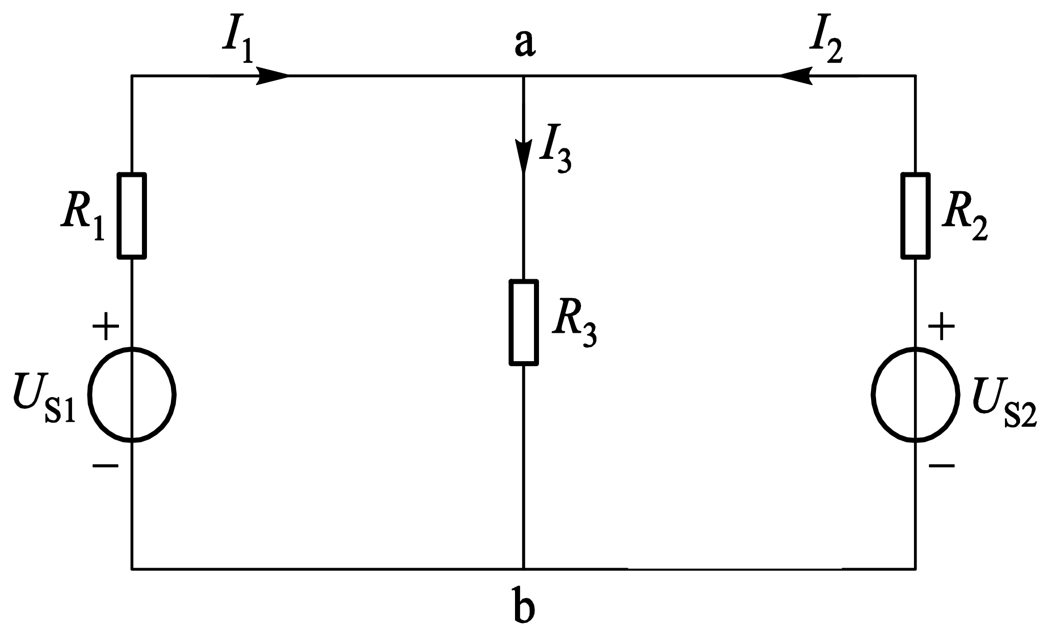


$$\begin{cases} \dfrac{U_a - U_{s1}}{R_1} + \dfrac{U_a - U_{s2}}{R_2} + \dfrac{U_a}{R_3} + \dfrac{U_a - U_c}{R_4} = 0 \\ \dfrac{U_a - U_c}{R_4} + I_s = \dfrac{U_c}{R_5} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \left(\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_3} + \dfrac{1}{R_4}\right) U_a + \left(-\dfrac{1}{R_4}\right) U_c = \dfrac{U_{s1}}{R_1} + \dfrac{U_{s2}}{R_2} \\ -\dfrac{1}{R_4} U_a + \left(\dfrac{1}{R_4} + \dfrac{1}{R_5}\right) U_c = I_s \end{cases}$$

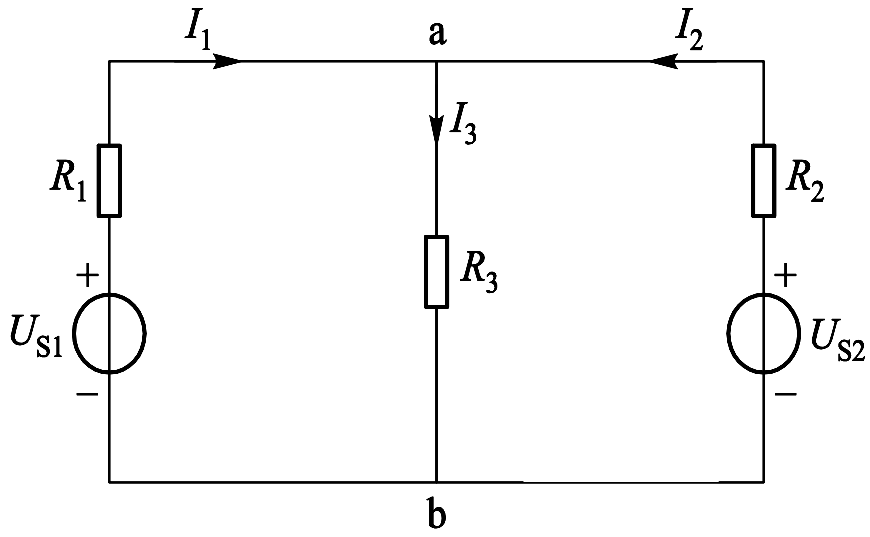
2.5 叠加原理

对于多个电源同时作用的线性电路，电路中的任何一条支路的电流或任意两点之间的电压，等于单个电源单独作用的结果的代数和。

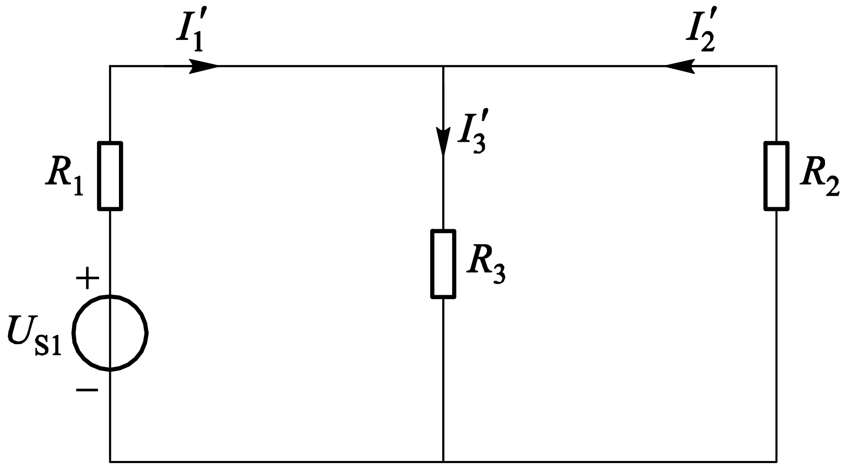


原电路

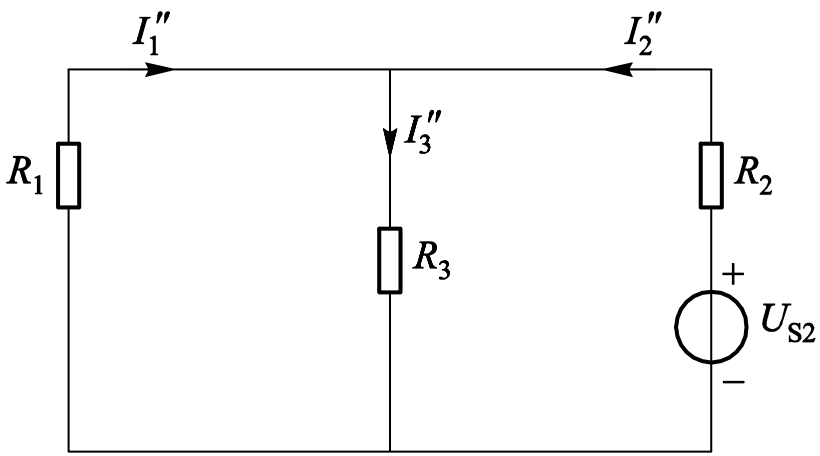
（1）画出单个电源单独作用时的分电路，在分电路中标出各电源单独作用时支路电流参考方向。



原电路

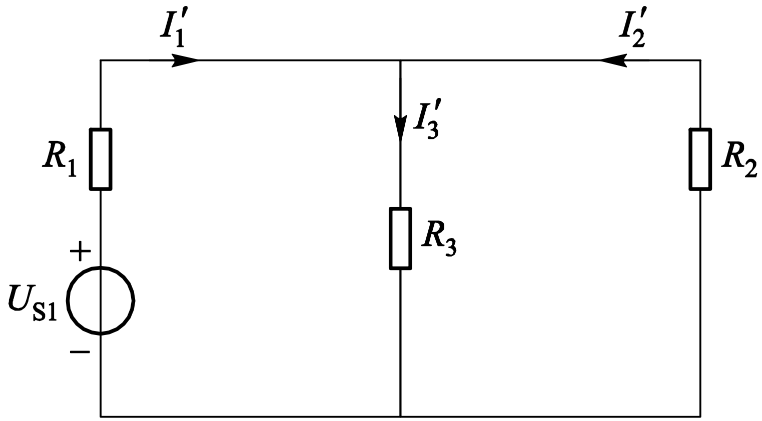


(a) 分电路一

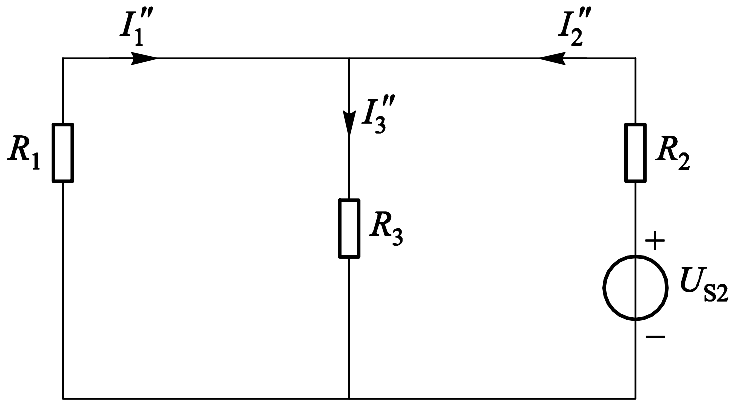


(b) 分电路二

（2）求解各分电路中的电流分量。



(a) 分电路一



(b) 分电路二

$$I_1'=\frac{U_{S1}}{R_1+\dfrac{R_2R_3}{R_2+R_3}}$$

$$I_2''=\frac{U_{S2}}{R_2+\dfrac{R_1R_3}{R_1+R_3}}$$

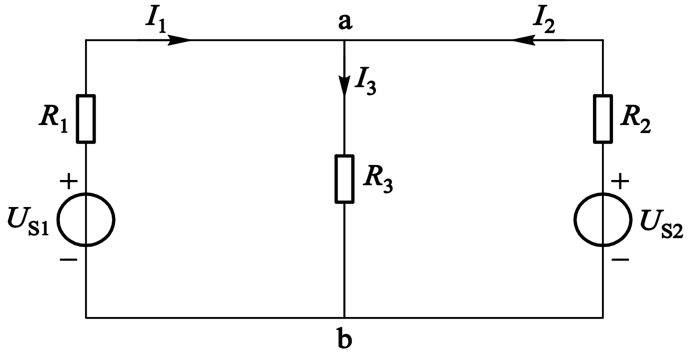
$$I_3'=\frac{R_2}{R_2+R_3}I_1'$$

$$I_3''=\frac{R_1}{R_1+R_3}I_2''$$

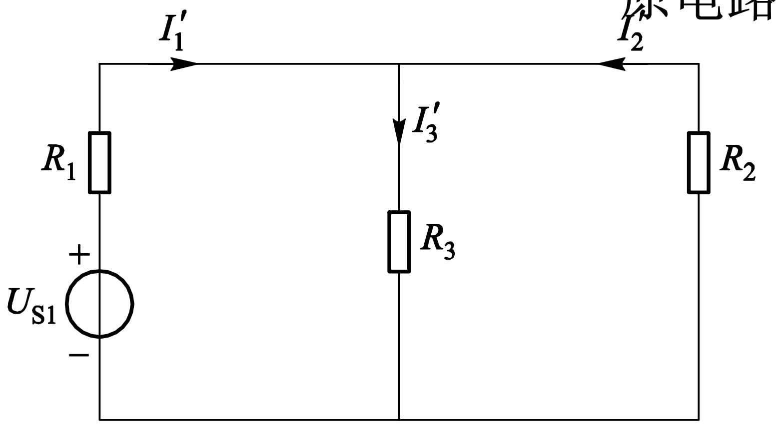
$$I_2'=I_3'-I_1'$$

$$I_1''=I_3''-I_2''$$

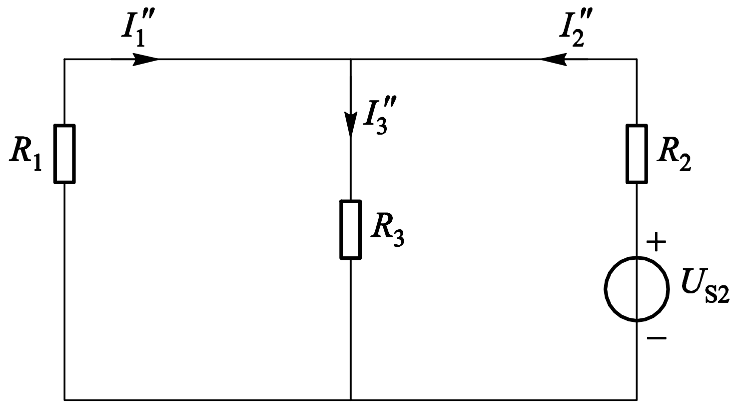
（3）将各分电路中的电流分量进行叠加。



原电路



(a) 分电路一



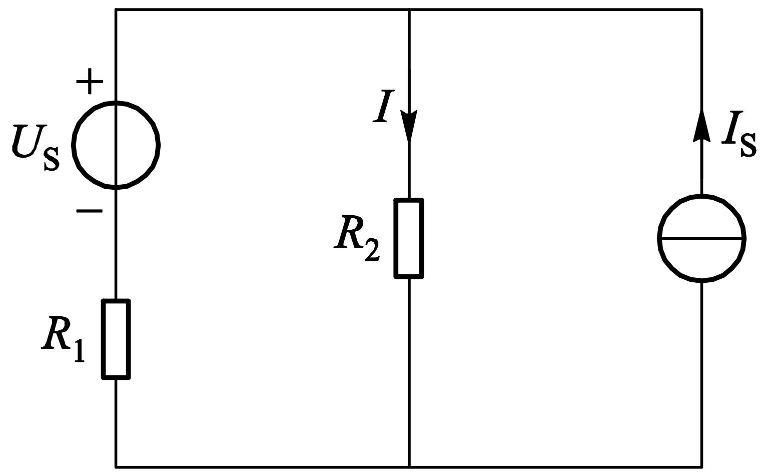
(b) 分电路二

$$I_1 = I_1' + I_1'' \qquad I_2 = I_2' + I_2'' \qquad I_3 = I_3' + I_3''$$

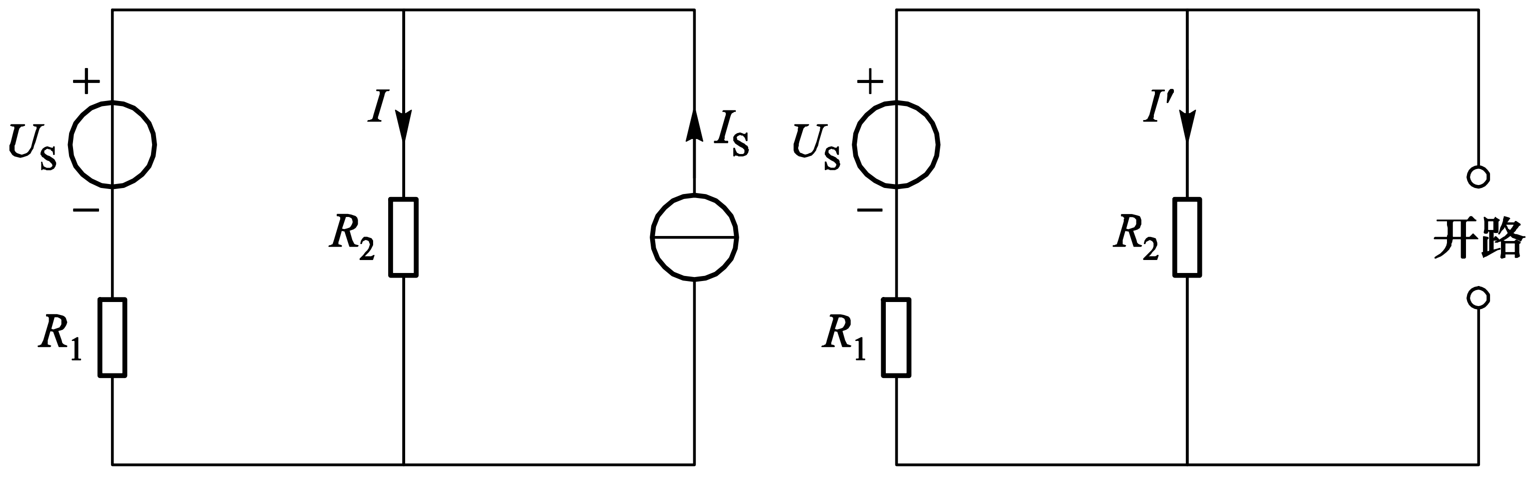
注意事项：

- 叠加原理只适用于线性电路。
- 某个电源单独作用时，其他电源置零，即理想电压源短路处理，理想电流源开路处理。电路中的其他结构和参数不变。
- 叠加原理不适用于计算功率。
- 当电路中有三个或三个以上电源同时作用时，可把电源分成两组，再用叠加原理求解。

【例 2.5.1】电路如图所示，已知U_S=12V，I_S=3A，R_1=2Ω，R_2=10Ω。求电阻R_2的电流I和电源发出或吸收的功率。



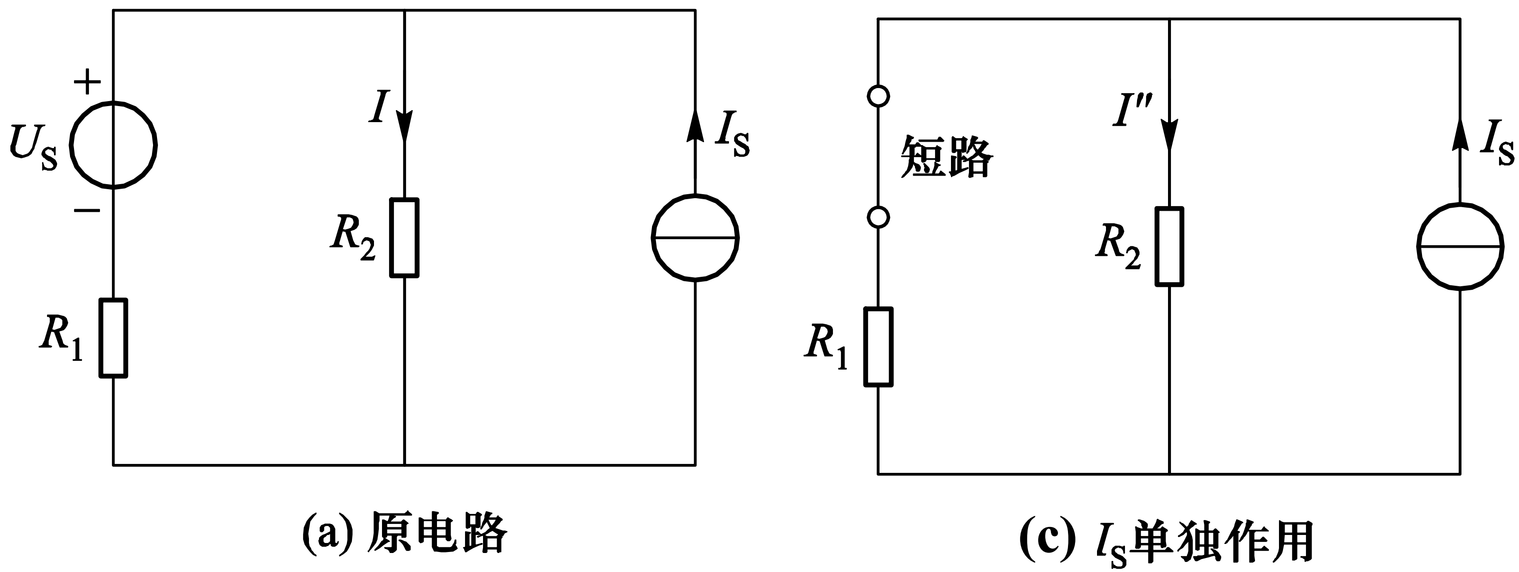
U_S=12V，I_S=3A，R_1=2Ω，R_2=10Ω



(a) 原电路　　**(b) U_S单独作用**

【解】（1）电压源U_S单独作用时的分电路如图 **(b)** 所示。

$$I' = \frac{U_S}{R_1 + R_2} = \frac{12}{2+10} = 1\text{A}$$



（**2**）电流源$\boldsymbol{I_S}$单独作用时的分电路如图 **(c)**所示。

$$I''=\frac{R_1}{R_1+R_2}I_S=\frac{2}{2+10}\times 3=0.5\text{A}$$

（**3**）两个电源同时作用时：

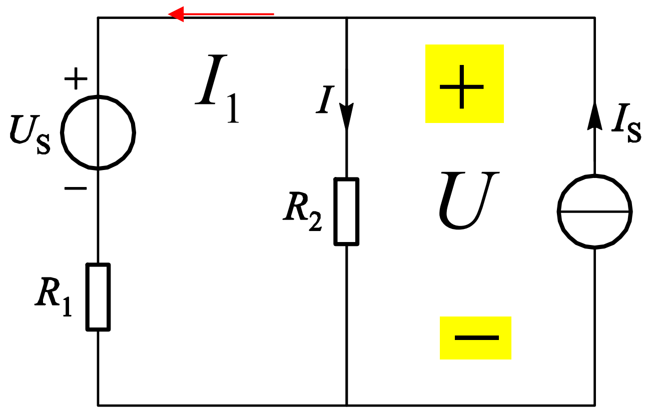
$$I=I'+I''=1+0.5=1.5\text{A}$$

$I'=1\text{A}$

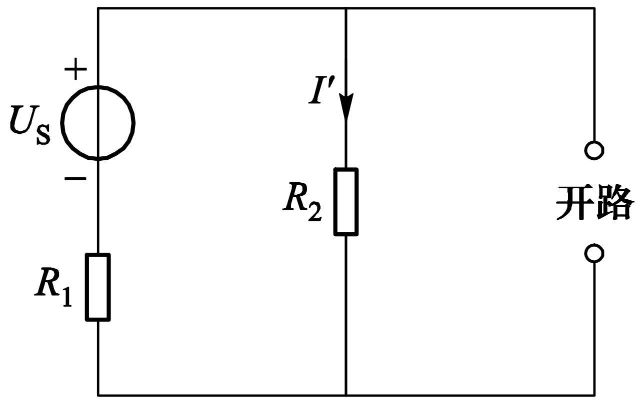
$I''=0.5\text{A}$

U_S=12V，

I_S=3A，R_1=2Ω，R_2=10Ω



(a) 原电路



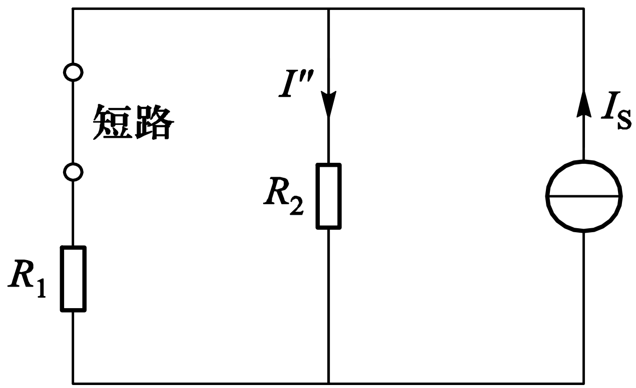
(b) U_S单独作用

（3）两个电源同时作用时：

$$I=I'+I''=1+0.5=1.5\text{A}$$

$$U=IR_2=1.5\times10=15\text{V}$$

$$I_1=I_S-I=3-1.5=1.5\text{A}$$

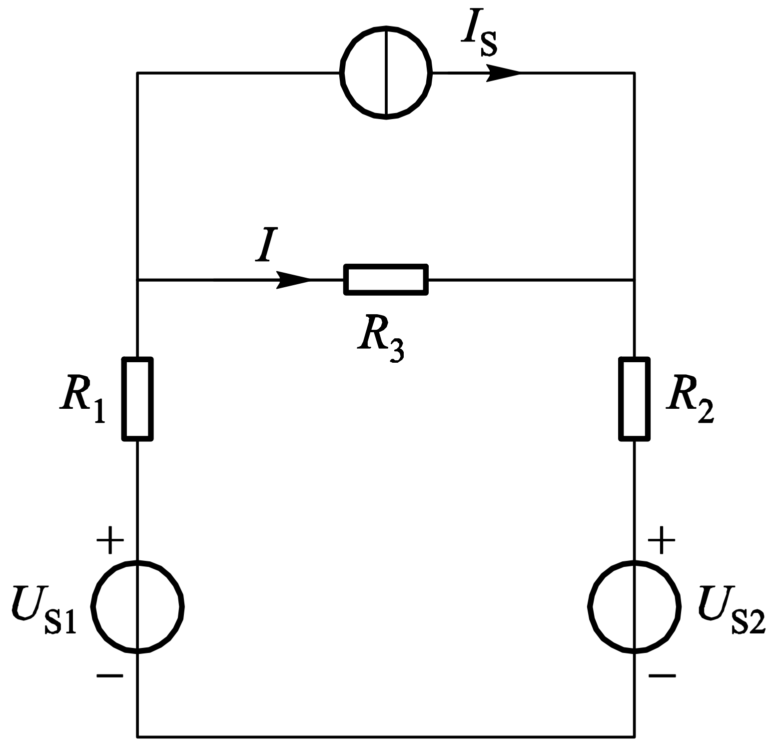


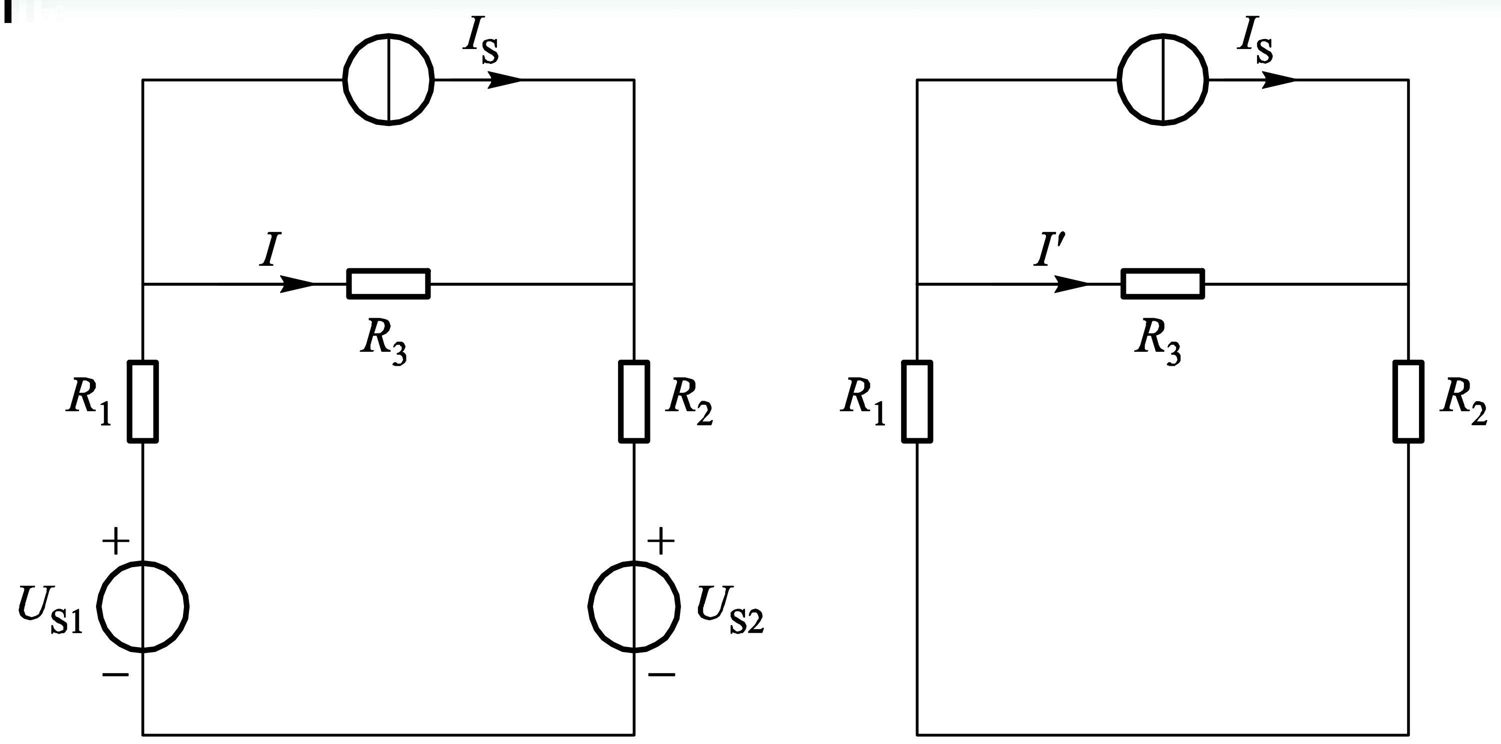
(c) I_S单独作用

$$P_{US}=I_1U_S=1.5\times12=18\text{W}$$

$$P_{IS}=-I_SU=-3\times15=-45\text{W}$$

【例 2.5.2】电路如图所示，已知U_{S1}=4V，U_{S2}=12V，I_S=8A，R_1=10Ω，R_2=12Ω，R_3=10Ω。用叠加原理计算R_3支路的电流I。



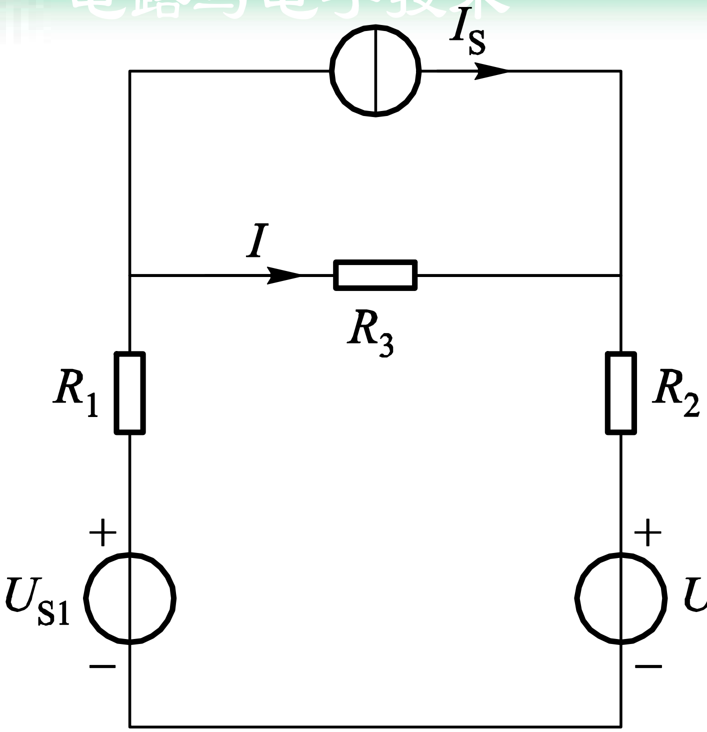


(a) 原电路　　(b) 分电路一

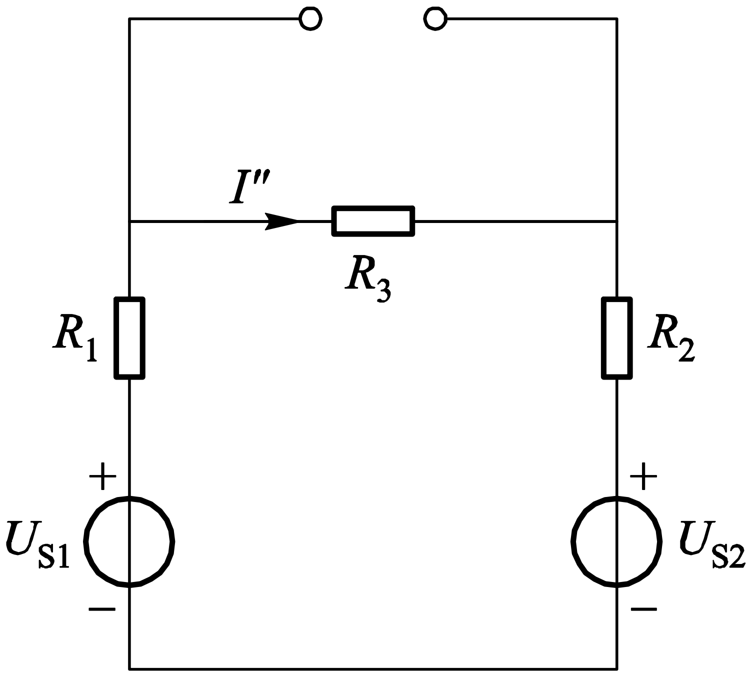
U_{S1}=4V，
U_{S2}=12V，
I_S=8A，
R_1=10Ω，
R_2=12Ω，
R_3=10Ω。

【解】将电流源I_S作为一组，电压源U_{S1}和U_{S2}作为一组，电流源I_S单独作用的分电路如图（b）所示。

$$I' = -\frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_3} I_S = -\frac{10+12}{10+12+10} \times 8 = -5.5\text{A}$$



(a) 原电路



(c) 分电路二

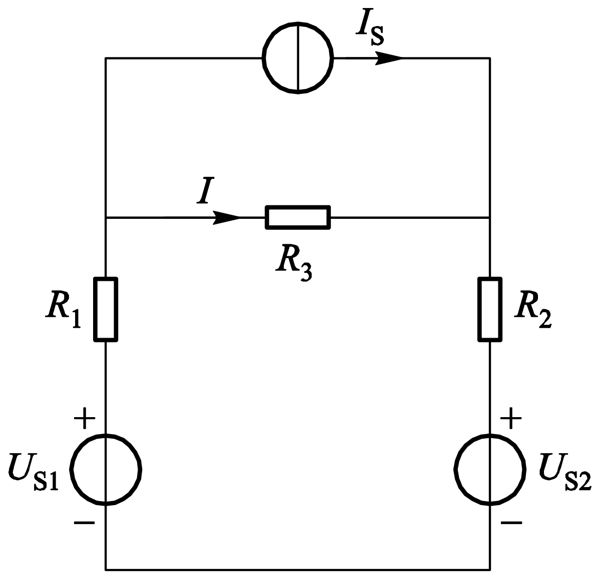
U_{S1}=4V，
U_{S2}=12V，
I_S=8A，
R_1=10Ω，
R_2=12Ω，
R_3=10Ω。

电压源U_{S1}和U_{S2}作用的分电路如图（c）所示。

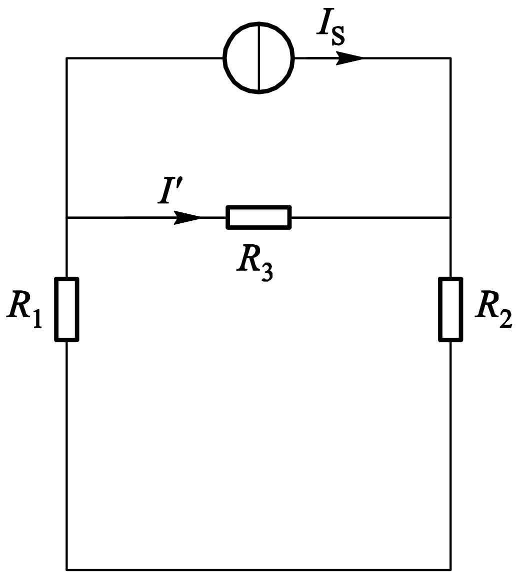
$$I''=\frac{U_{S1}-U_{S2}}{R_1+R_2+R_3}=\frac{4-12}{10+12+10}=-0.25\text{A}$$

$$I' = -5.5\text{A}$$

$$I'' = -0.25\text{A}$$



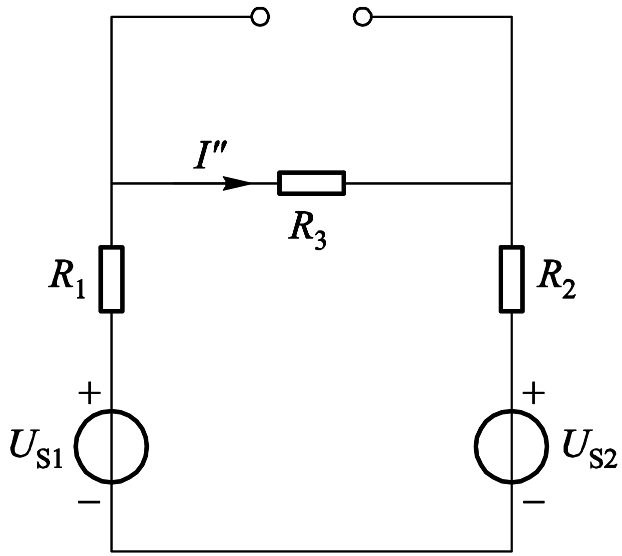
(a) 原电路



(b) 分电路一

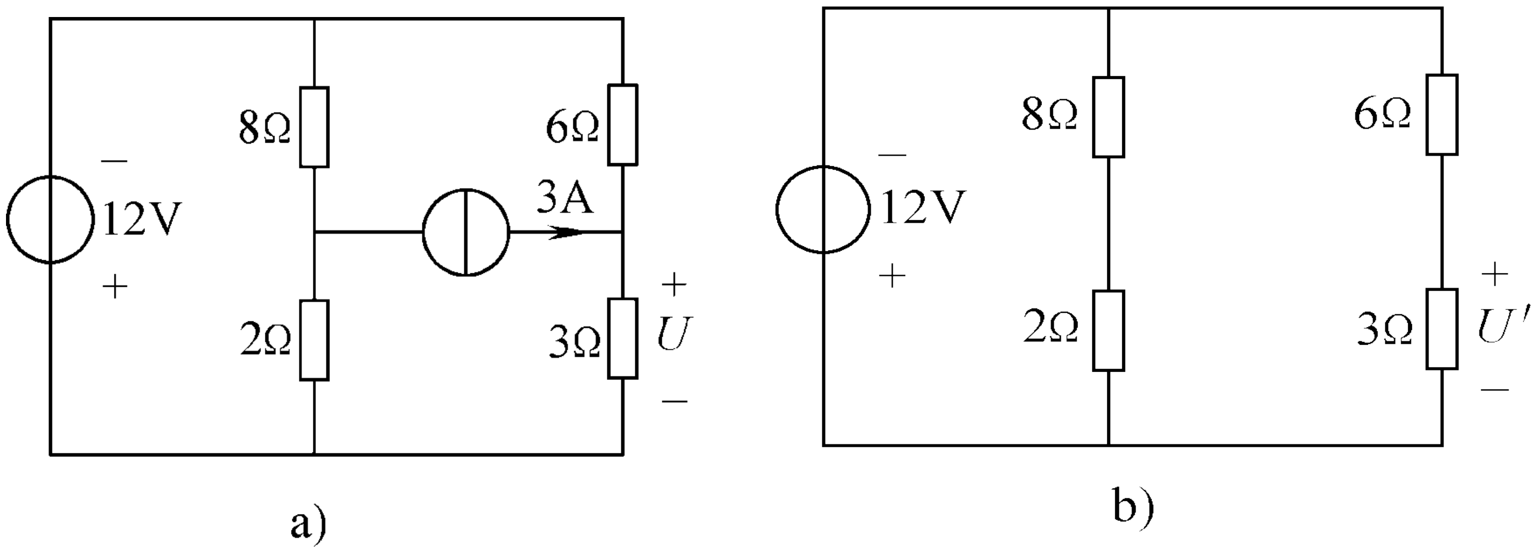
两个电源同时作用时

$$I = I' + I'' = -5.5 - 0.25 = -5.75\text{A}$$



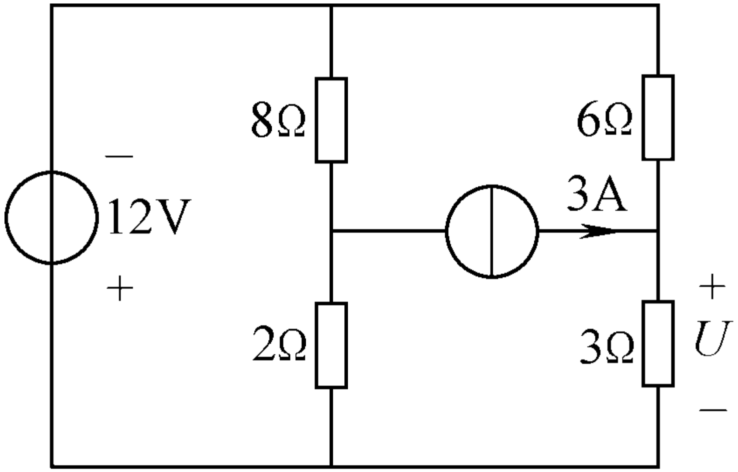
(c) 分电路二

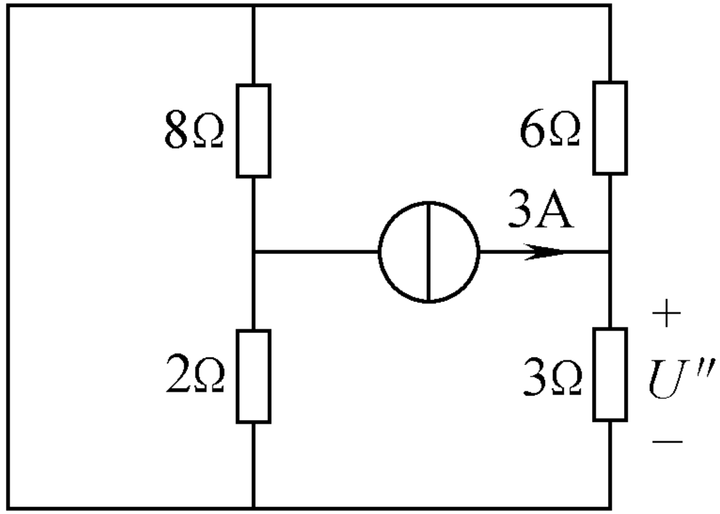
【例2.5.3】 如图a所示的电路，试用叠加定理求电压U。



【解】 (1)计算12V电压源单独作用于电路时产生的电压 U' 如图b所示。

$$U' = -\frac{12}{6+3} \times 3\text{V} = -4\text{V}$$





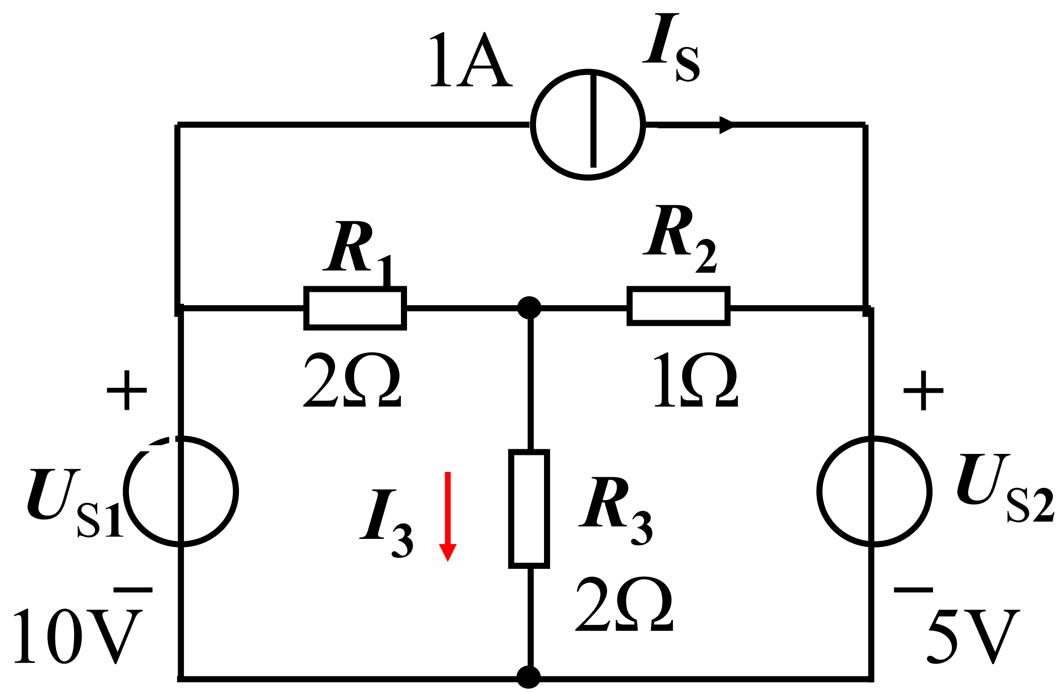
(2) 计算**3A**电流源单独作用于电路时产生的电压U''，如图**c**所示。

$$U'' = 3\times\frac{6\times 3}{6+3}\text{V} = 6\text{V}$$

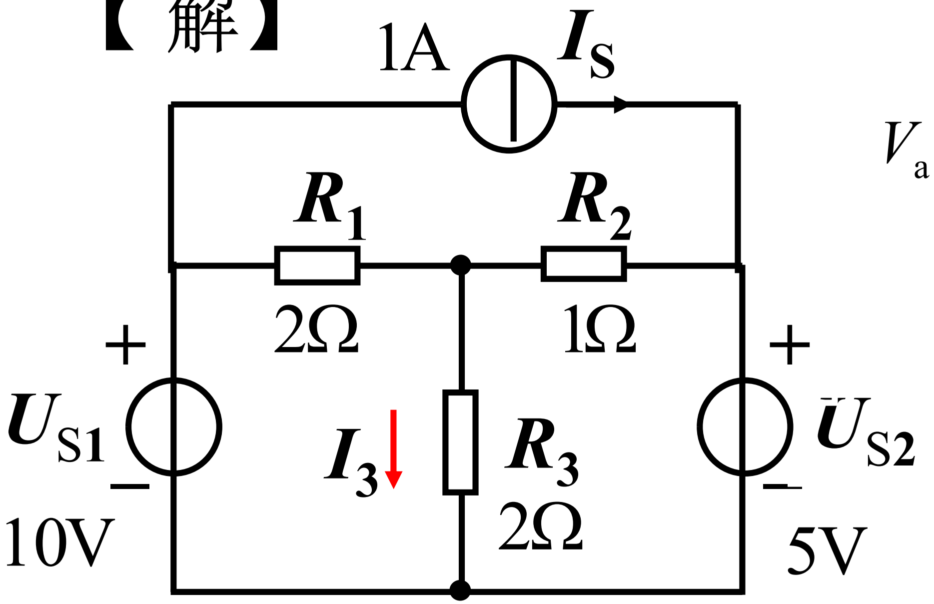
(3) 计算两个电源共同作用于电路时产生的电压U。

$$U = U' + U'' = (-4+6)\text{V} = 2\text{V}$$

【2.5.4】在图示电路中，试用叠加原理求电流 I_3 。



【解】

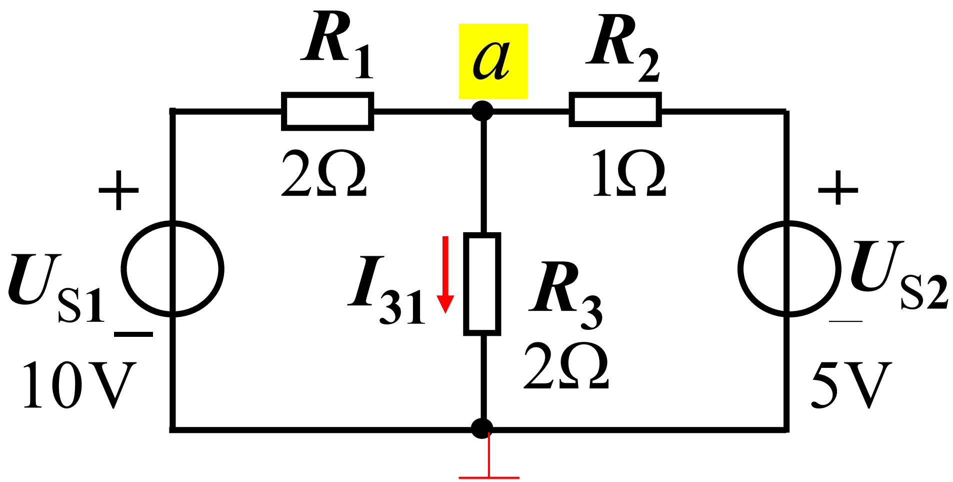


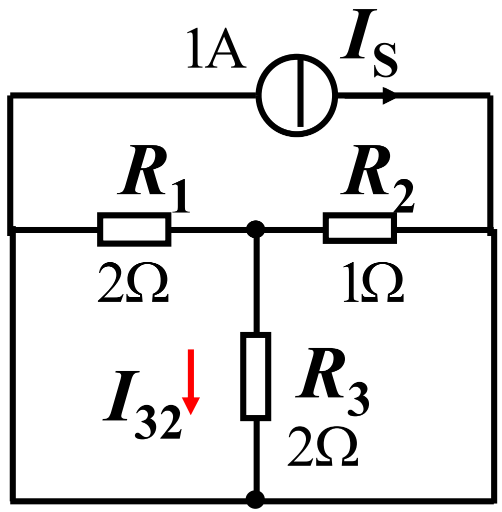
$$V_a = \frac{\frac{U_{S1}}{R_1}+\frac{U_{S2}}{R_2}}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}} = \frac{\frac{10}{2}+\frac{5}{1}}{\frac{1}{2}+\frac{1}{1}+\frac{1}{2}} = \frac{10}{2} = 5\text{V}$$

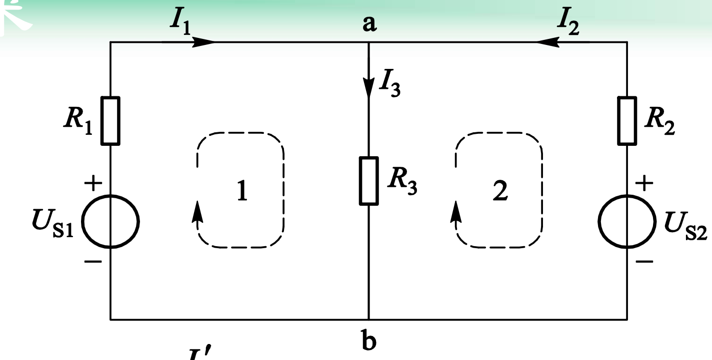
$$I_{31} = \frac{V_a}{R_3} = \frac{5}{2} = 2.5\text{A}$$

$$I_{32} = 0$$

$$\boxed{I = I_{31} = 2.5\text{A}}$$

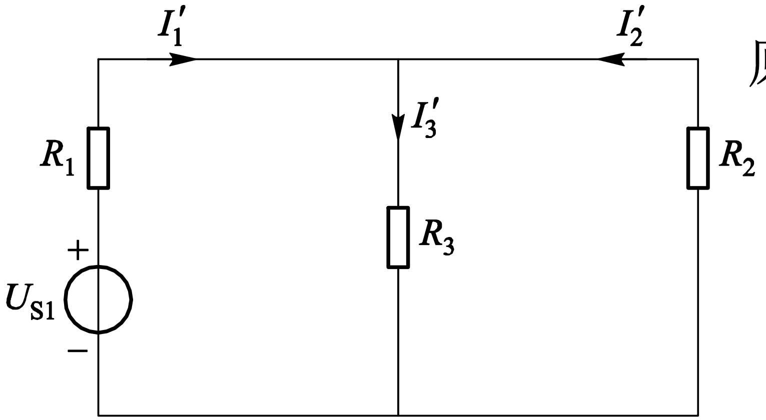




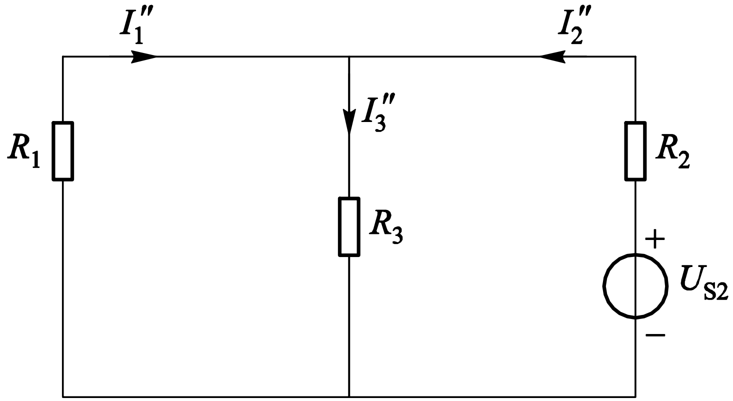


原电路

$$-I_2R_2+U_{s2}-U_{s1}+I_1R_1=0$$



(a) 分电路一



(b) 分电路二

$$-I_2'R_2-U_{s1}+I_1'R_1=0 \quad (1)$$

$$-I_2''R_2+U_{s2}+I_1''R_1=0 \quad (2)$$

$$(1)+(2) \qquad -\left(I_2'+I_2''\right)R_2+U_{s2}-U_{s1}+\left(I_1'+I_1''\right)R_1=0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} I_2=I_2'+I_2'' \\ I_1=I_1'+I_1'' \end{cases}$$

从数学上看，叠加定理的本质是线性方程的可加性。

齐性原理

在只有一个激励X作用的线性电路中，设任一响应为Y，记作$Y=f(X)$,若将该激励乘以常数K，则对应的响应Y'也等于原来响应乘以同一常数，即

$$Y' = f(kX) = kY$$

从数学上看，齐性定理的本质是线性方程的齐次性。

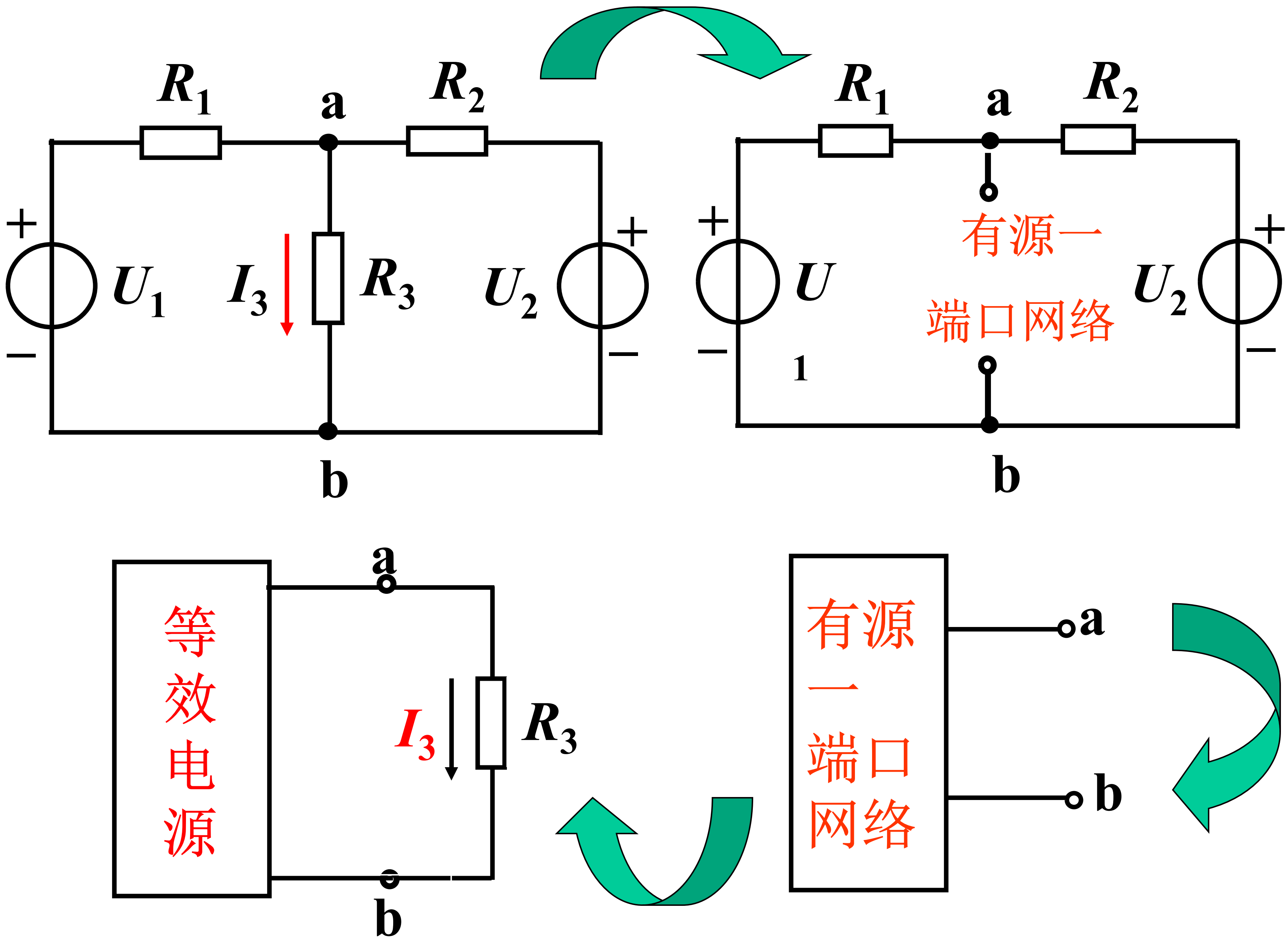
对于线性直流电路，其方程为线性代数方程，其解都具有齐次性和可加性。

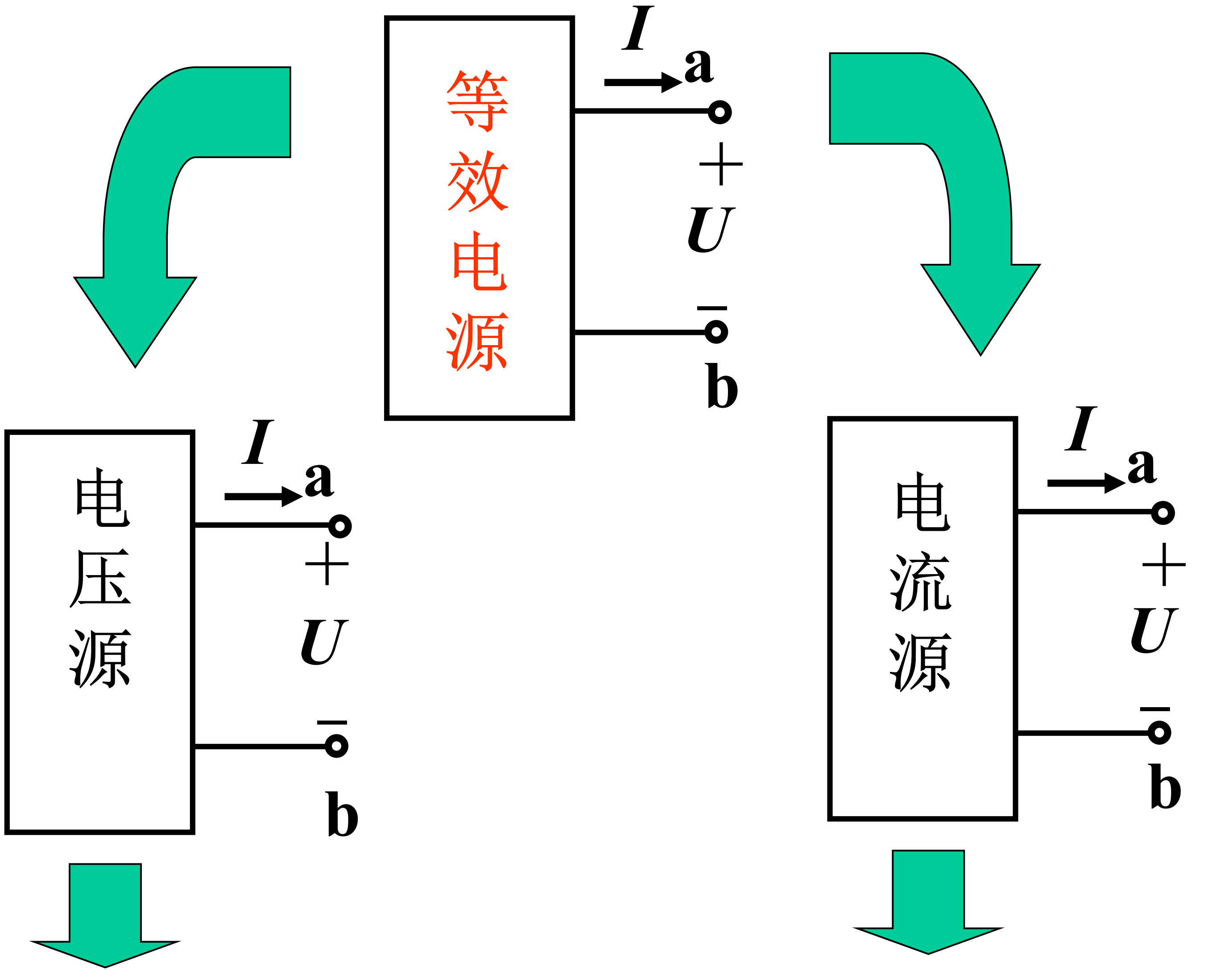
2.6 戴维宁定理

当只需要计算电路中的一个支路电流时，常采用等效电源的方法。

等效电源：如果只需要计算电路中的一个支路电流时，可将这个支路划出，把其余的部分看作是一个有源一端口网络。这个有源一端口网络对被求支路来说相当是一个电源；所以，这个有源一端口网络可以简化为一个等效电源。

上述内容可用如下各图表示。


R1
a
R2
+
U1
I3
R3
U2
−
b
有源一
端口网络
U
1
等
效
电
源
有源
一
端口
网络

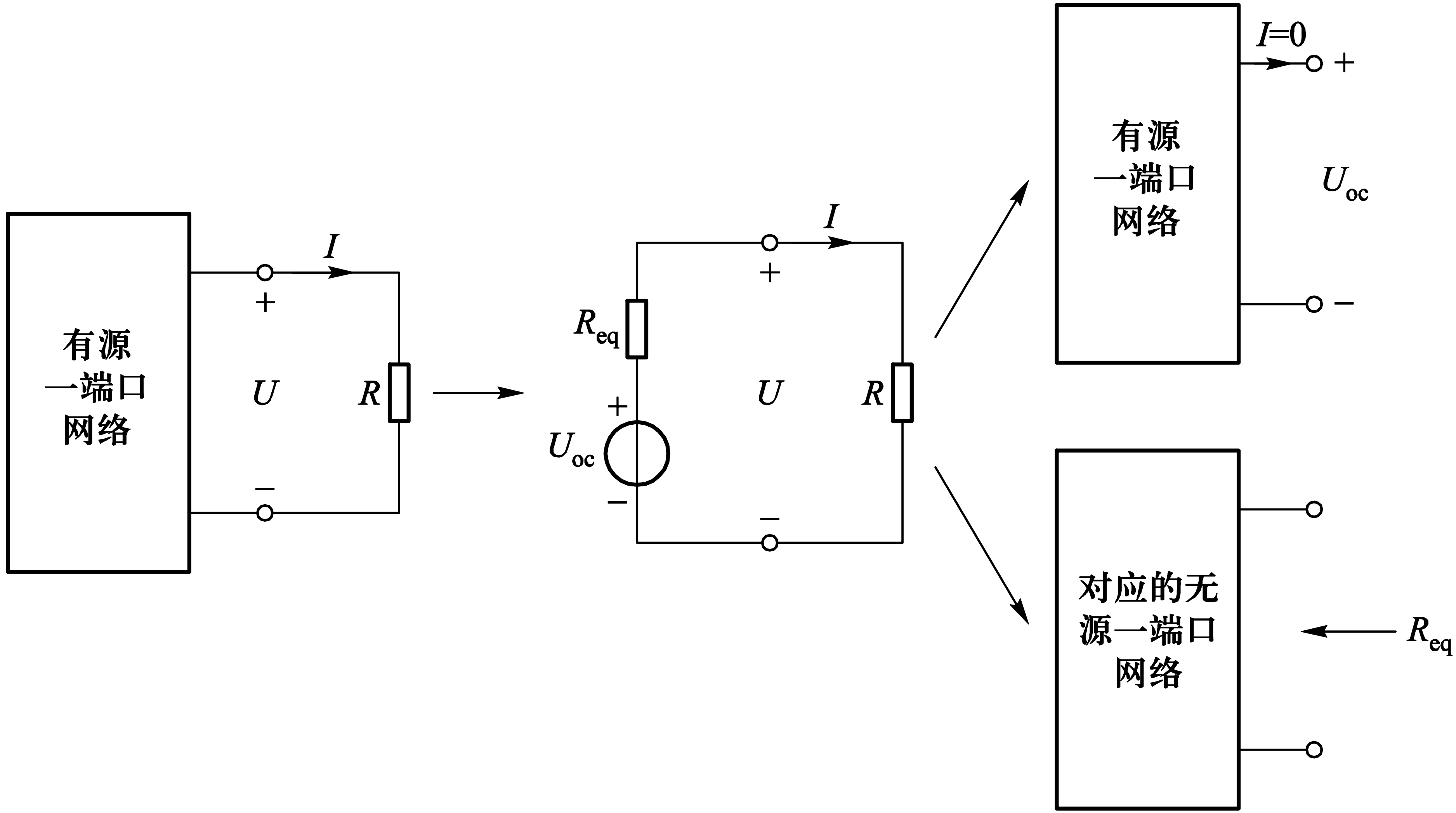


戴维宁定理
(Thevenin’s theorem)

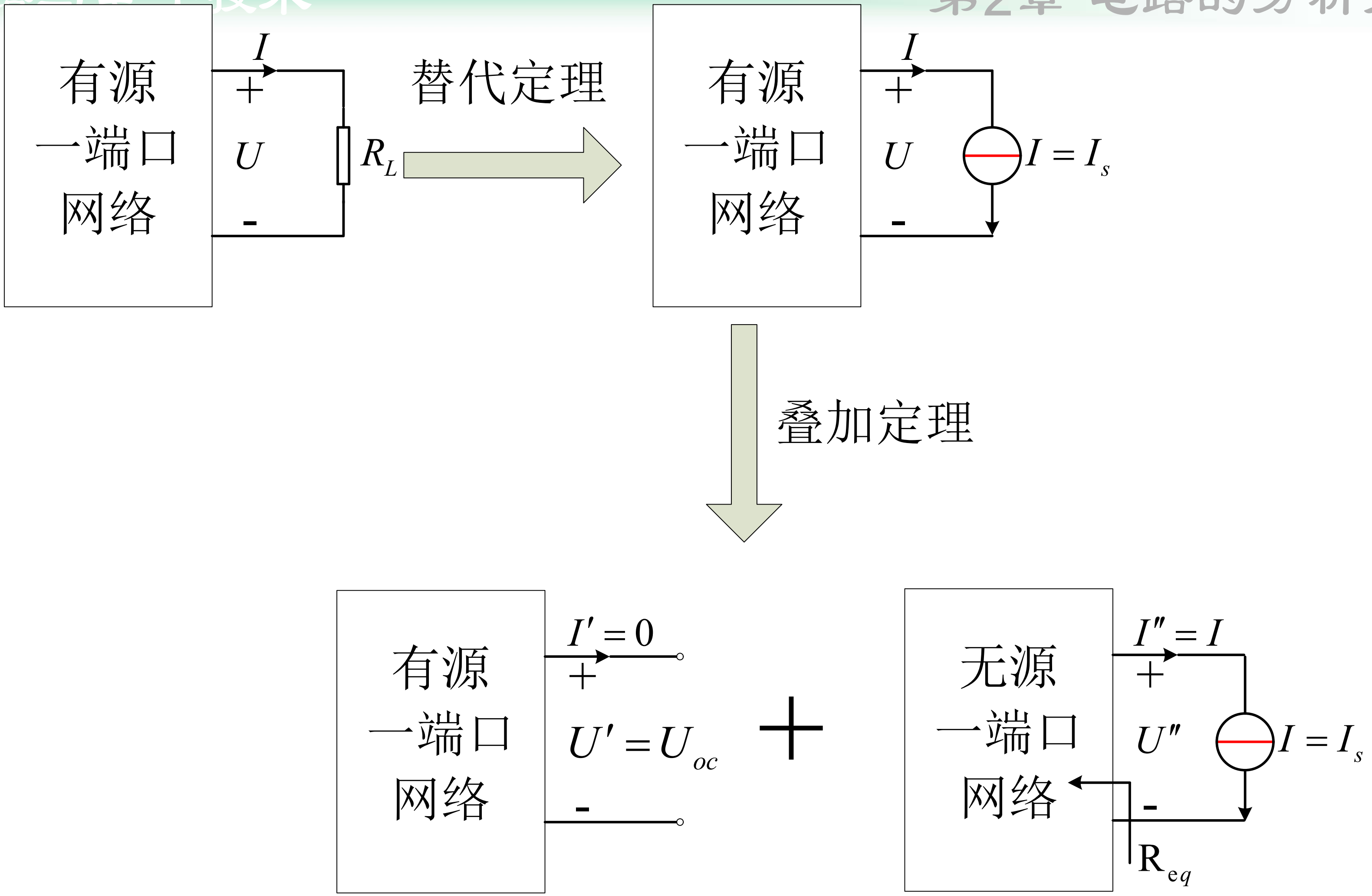
诺顿定理
(Norton’s theorem)

戴维宁定理

任何线性有源一端口网络，都可以用理想电压源和电阻串联的电路模型进行等效，其中理想电压源的电压U_S等于该有源一端口网络的开路电压U_{oc}，电阻等于从有源一端口网络看进去，所有独立电源置零的等效电阻R_{eq}。



有源
一端口
网络
I
+
U
R
−
I
+
R_{eq}
U
R
+
U_{oc}
−
−
有源
一端口
网络
I=0
+
U_{oc}
−
对应的无
源一端口
网络
R_{eq}

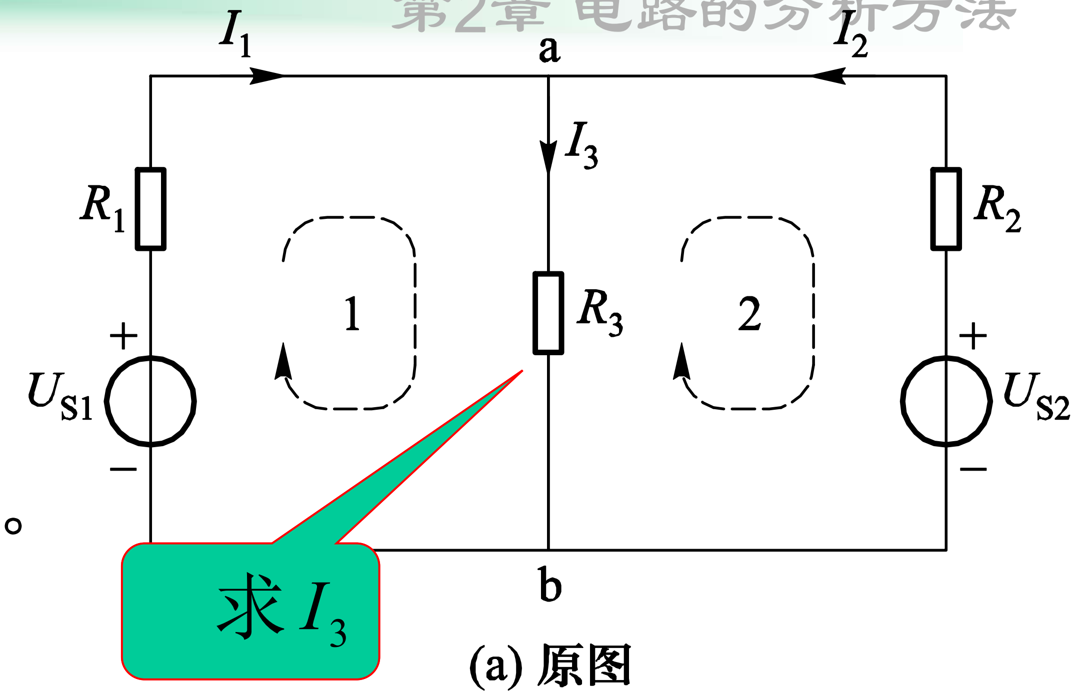


$$U'' = -R_{eq} I$$

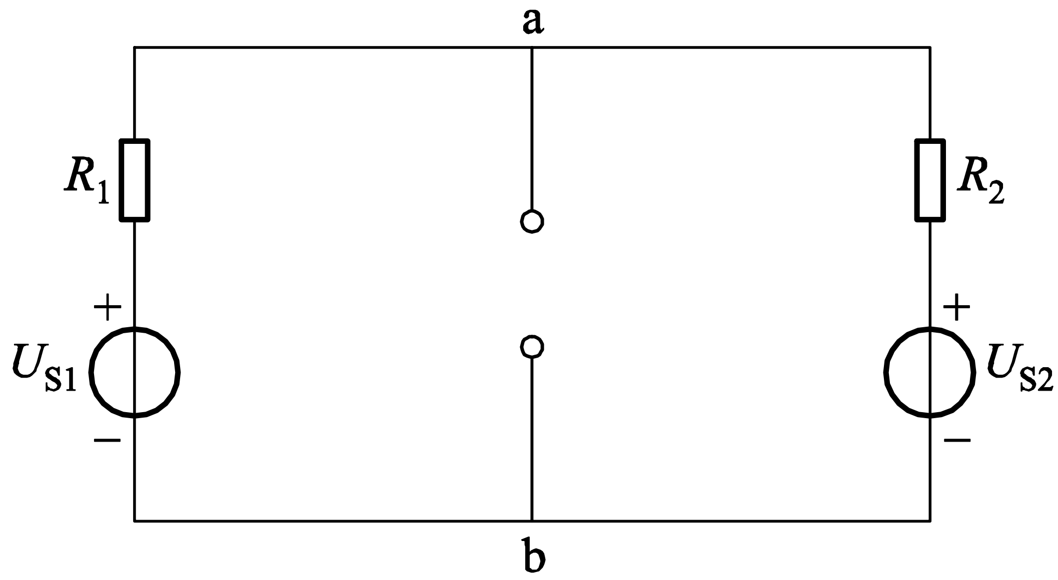
$$U = U' + U'' = U_{oc} - R_{eq} I$$

应用戴维宁定理分析电路的步骤为：

（1）断开被求支路，获得有源一端口网络。



(a) 原图

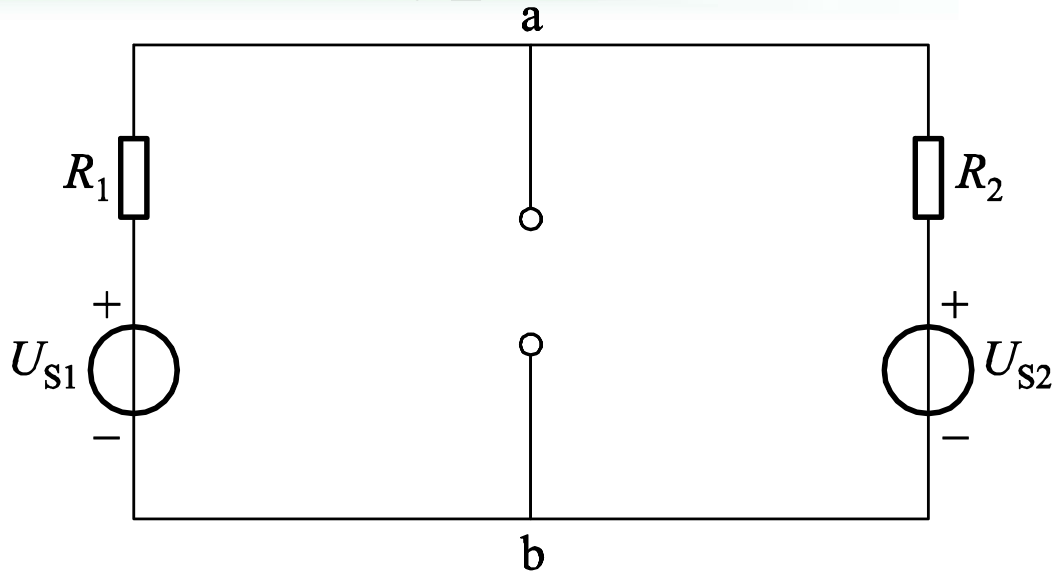


(b) 移除被求支路

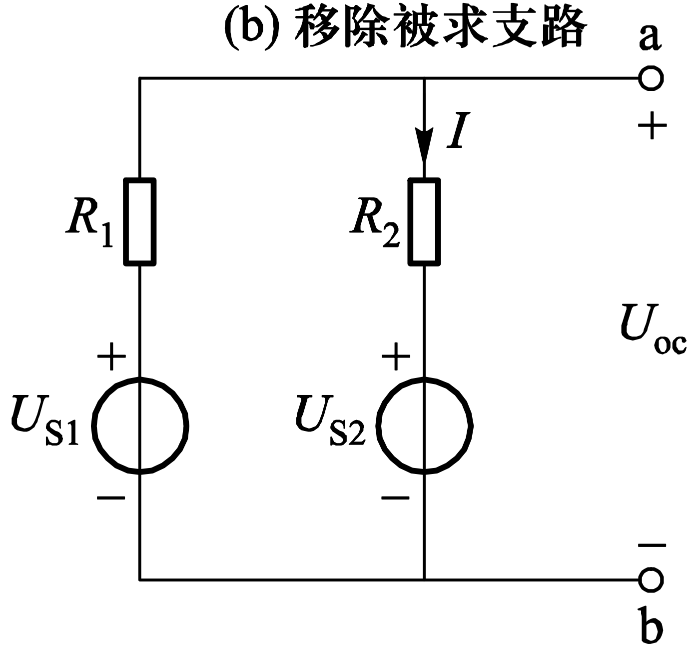
（2）求有源一端口网络的开路电压U_{oc}。

$$U_{oc} = U_{S2} + IR_2$$

$$= U_{S2} + \frac{U_{S1} - U_{S2}}{R_1 + R_2} R_2$$

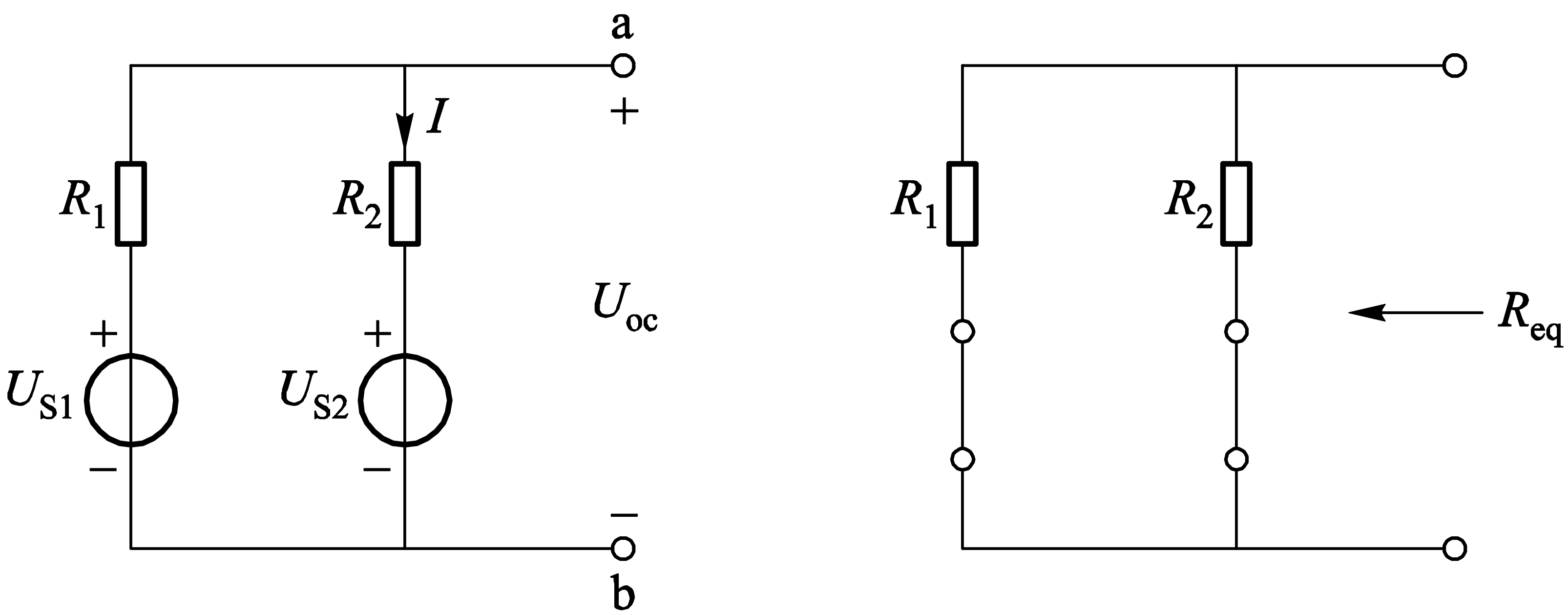


(b) 移除被求支路



(c) 求开路电压

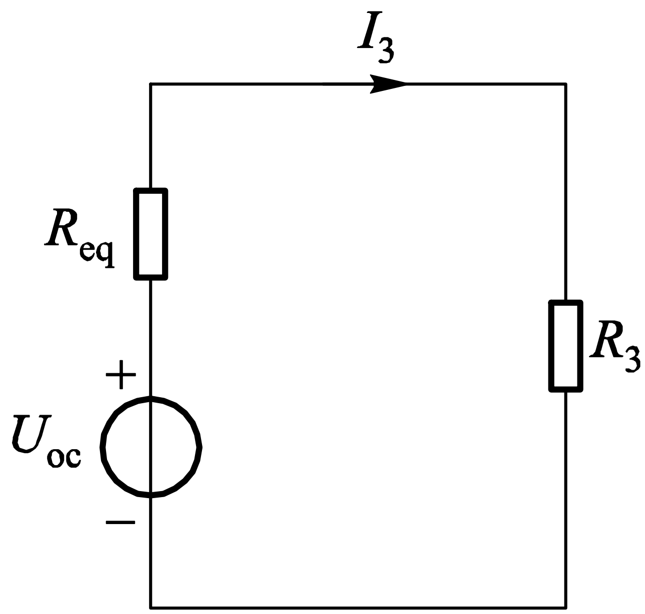
（3）将有源一端口网络中所有独立电源置零，得到对应的无源一端口网络的等效电阻$\boldsymbol{R}_{\mathbf{eq}}$。



(c) 求开路电压　　(d) 求等效电阻

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

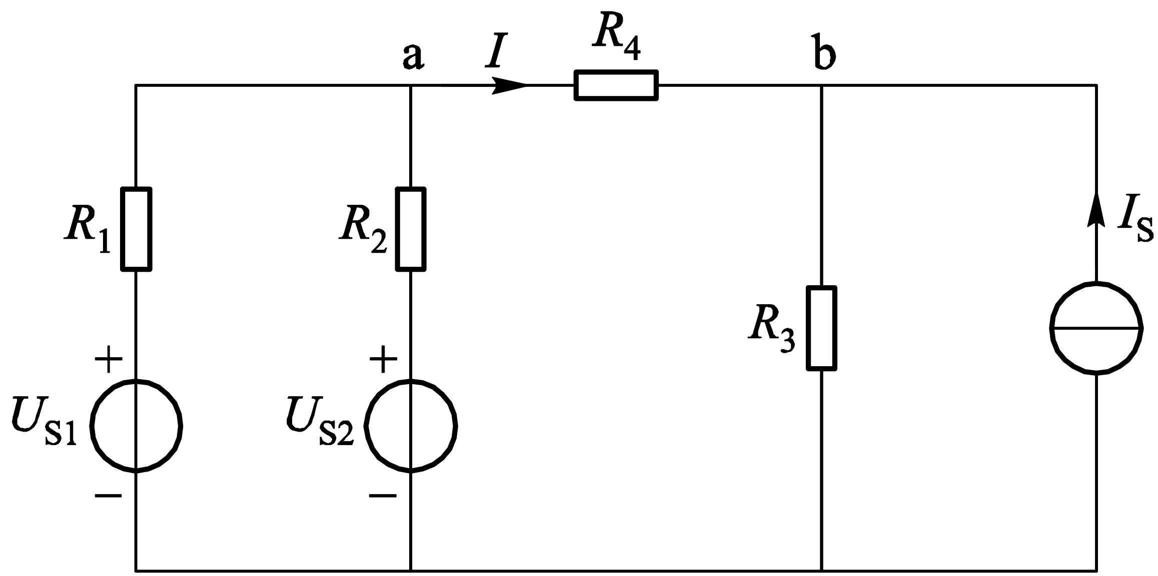
（4）画出戴维宁等效电路图，求I_3

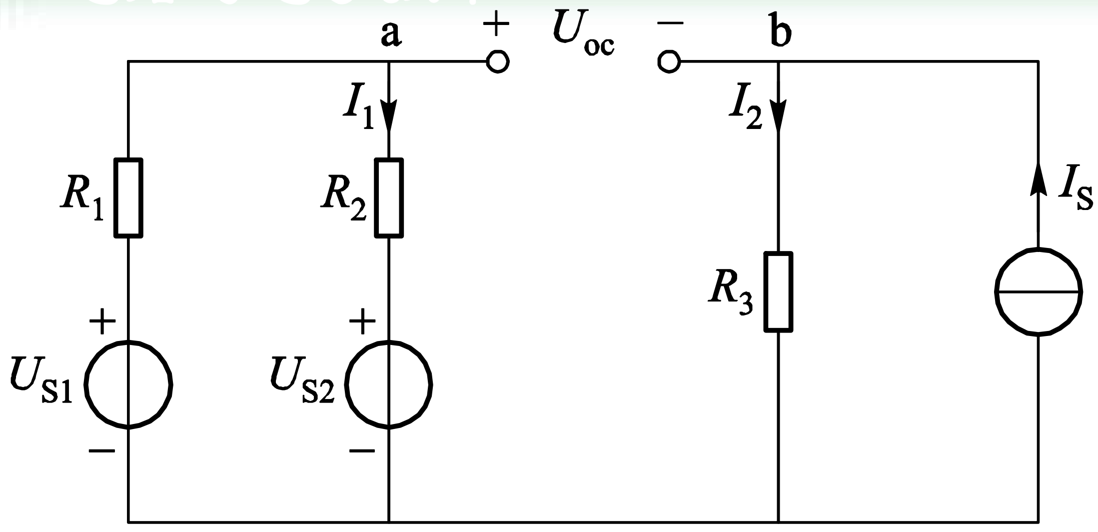


(e) 求未知电流

$$I_3 = \frac{U_{oc}}{R_{eq} + R_3}$$

【例 2.6.1】电路如图所示，U_{S1}=12V，U_{S2}=7V，I_S=3A，R_1=2Ω，R_2=3Ω，R_3=1Ω，R_4=1.8Ω。求电流I。





(b) 移除被求支路

U_{S1}=12V，U_{S2}=7V，I_S=3A，R_1=2Ω，R_2=3Ω，R_3=1Ω，R_4=1.8Ω。

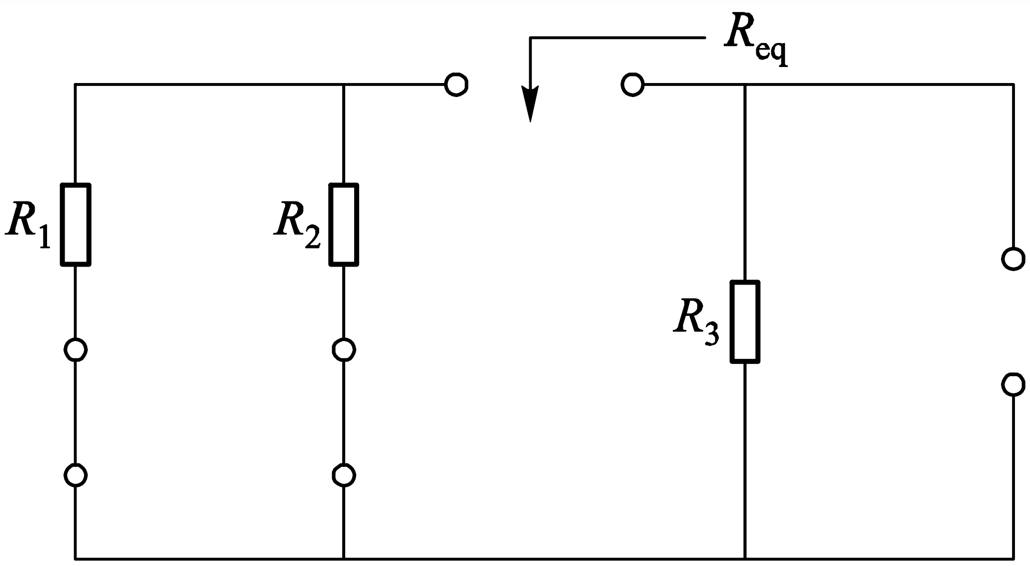
【解】（1）断开被求支路，获得有源一端口网络如图（b）所示。

（2）求有源一端口网络的开路电压U_{oc}。

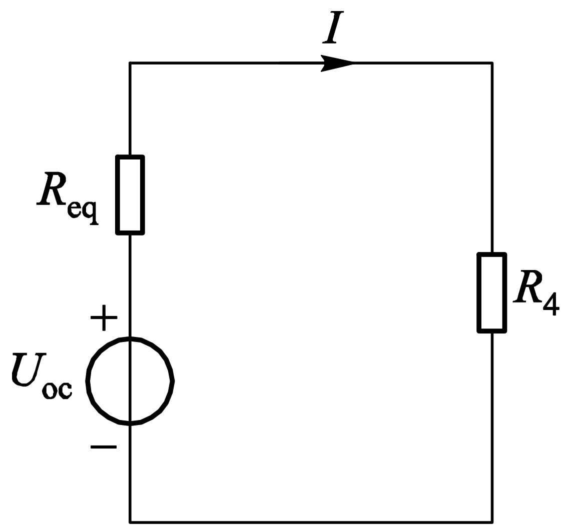
$$I_1=\frac{U_{S1}-U_{S2}}{R_1+R_2}=\frac{12-7}{2+3}=1\text{A}$$

$$U_{oc}=U_{S2}+I_1R_2-I_2R_3=U_{S2}+I_1R_2-I_SR_3=7+1\times3-3\times1=7\text{V}$$

$$\boxed{U_{oc}=V_a-V_b=I_1R_2+U_{S2}-I_SR_3=10-3=7\text{V}}$$



(c) 求等效电阻



(d) 求未知电流

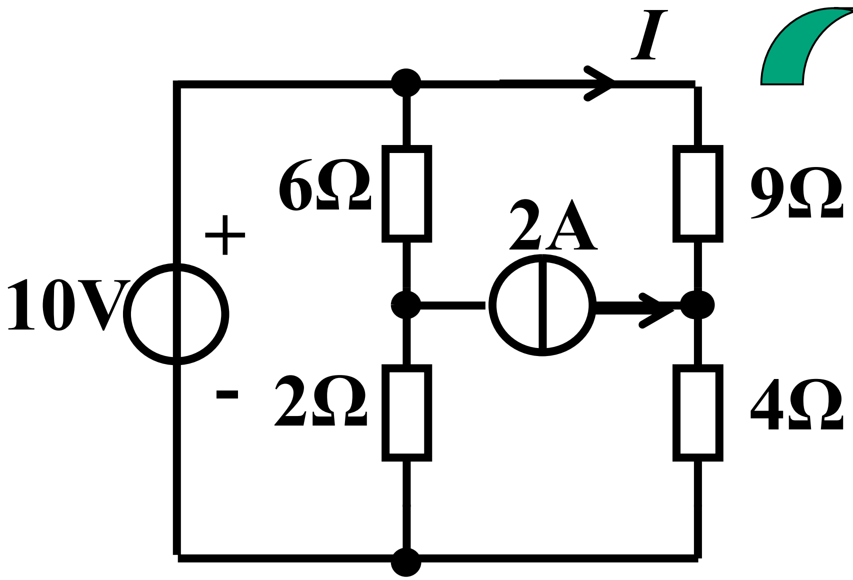
（3）求等效电阻。

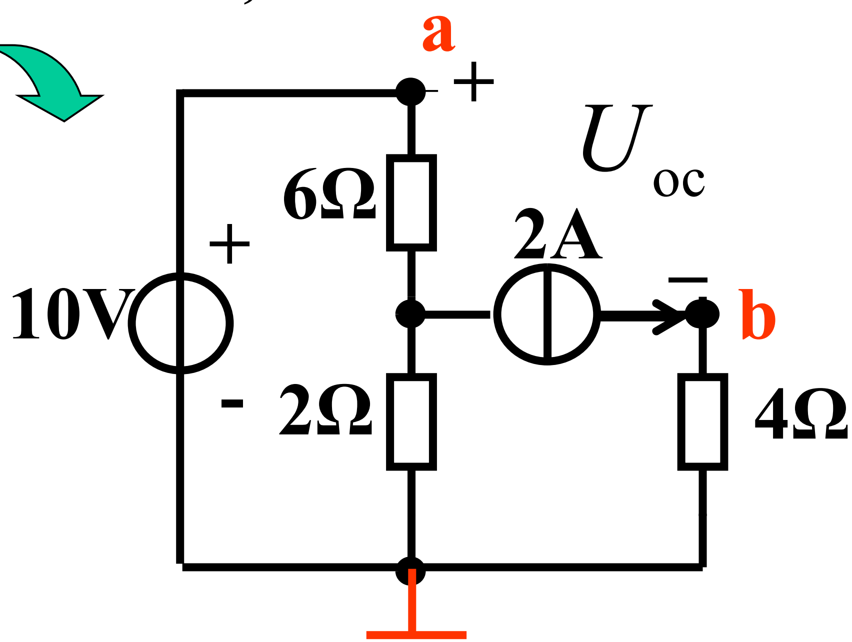
$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = \frac{2\times 3}{2+3} + 1 = 2.2\Omega$$

（4）画出戴维宁等效电路图，求 I

$$I = \frac{U_{oc}}{R_{eq} + R_4} = \frac{7}{2.2+1.8} = 1.75\text{A}$$

【例 2.6.3】 已知电路如图所示,试求 I。





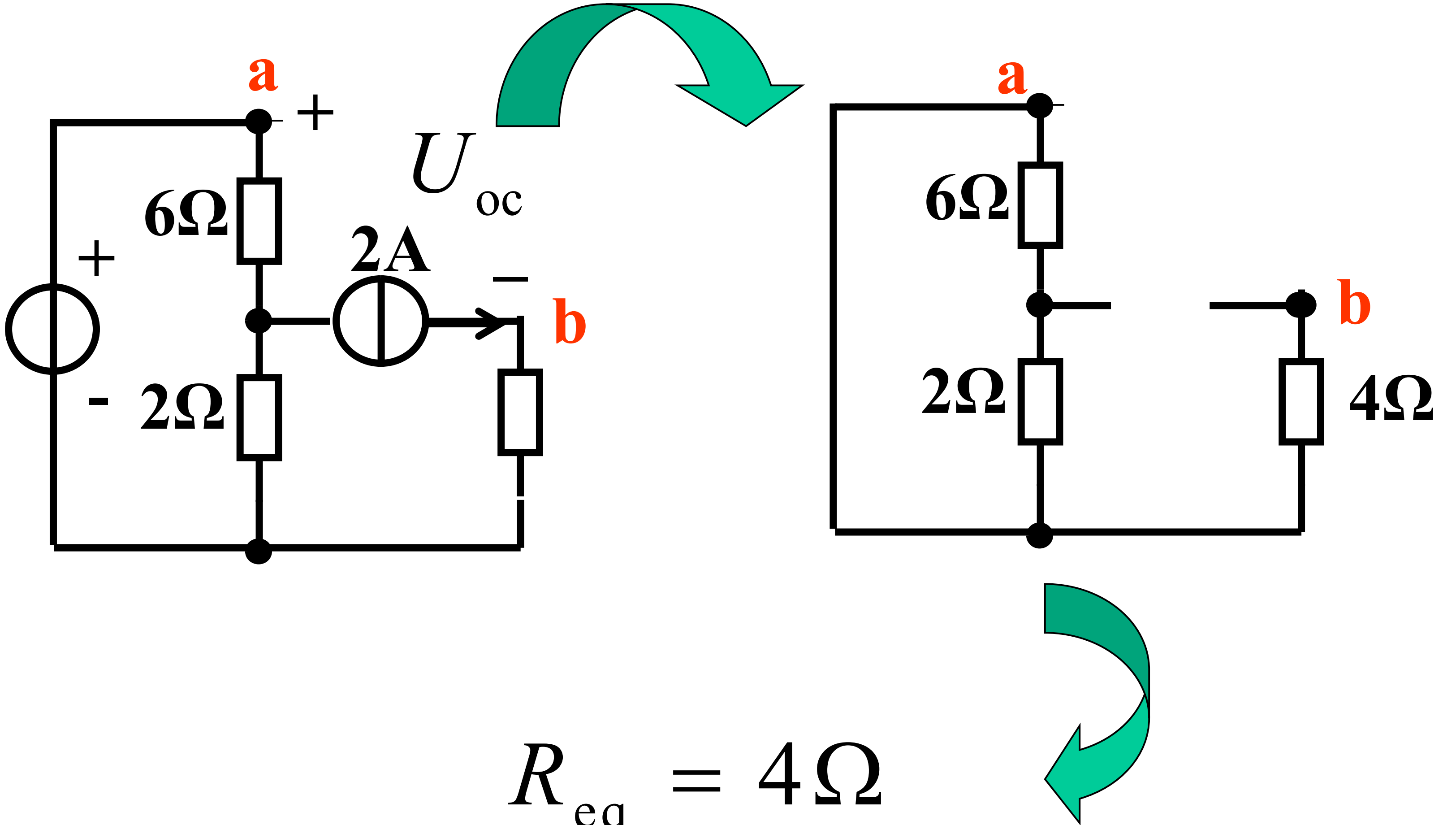
【解】 将被求的支路断开，求开路电压U_{oc}。

设参考点如图所示， 则 $V_a = 10\text{V}$

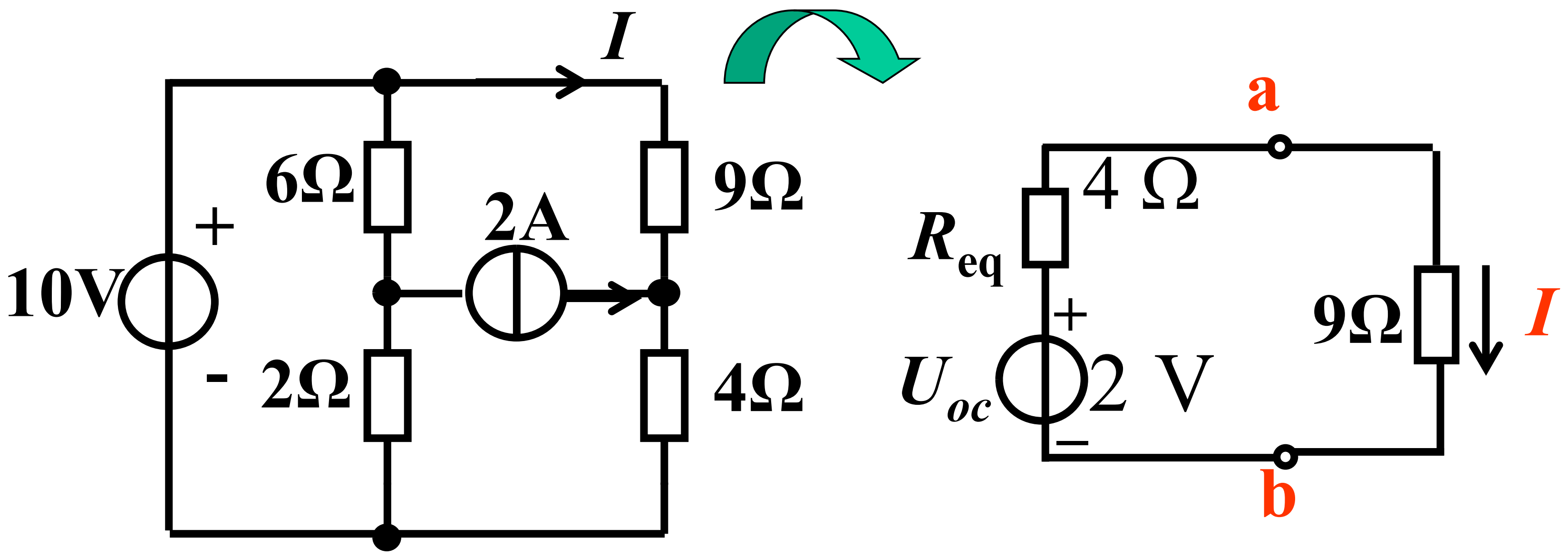
所以 $V_b = 2 \times 4 = 8\text{V}$

$$U_{oc} = V_a - V_b = 10 - 8 = 2\text{V}$$

求等效电阻 R_{eq}



$$R_{eq} = 4\Omega$$

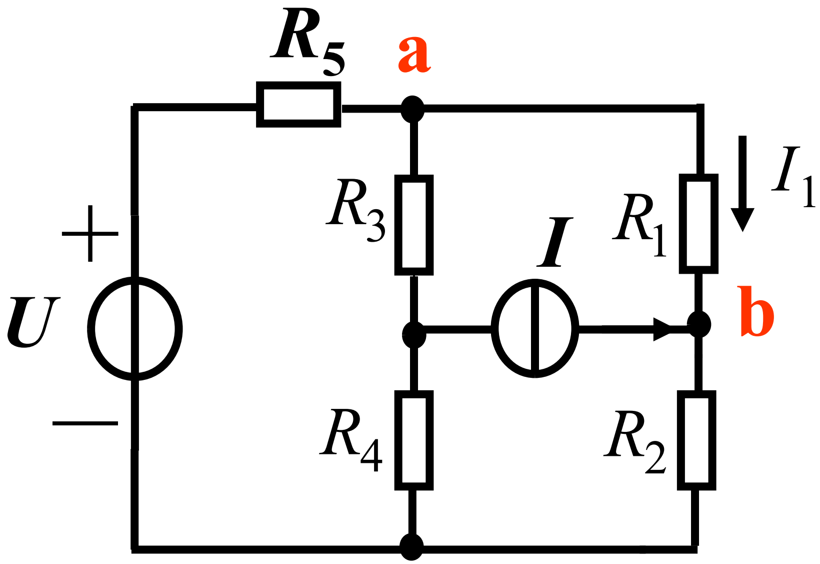


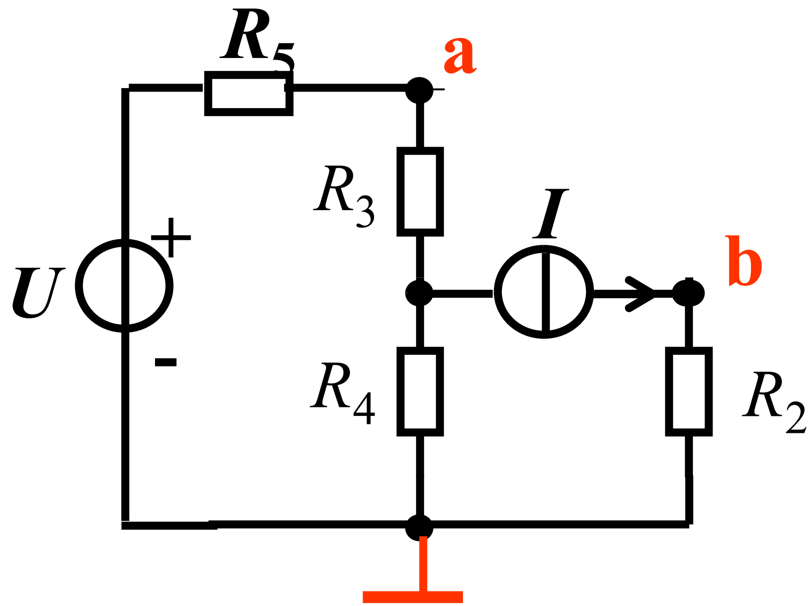
$$I=\frac{U_{oc}}{R_{eq}+9}=\frac{2}{4+9}=\frac{2}{13}\mathrm{A}$$

【例 2.6.4】在图示电路中，$U = 16\text{V}$，$I = 1\text{A}$，$R_1 = R_2 = 3\Omega$，$R_3 = 4\Omega$，$R_4 = 20\Omega$，$R_5 = 8\Omega$.

试求电流I_1。

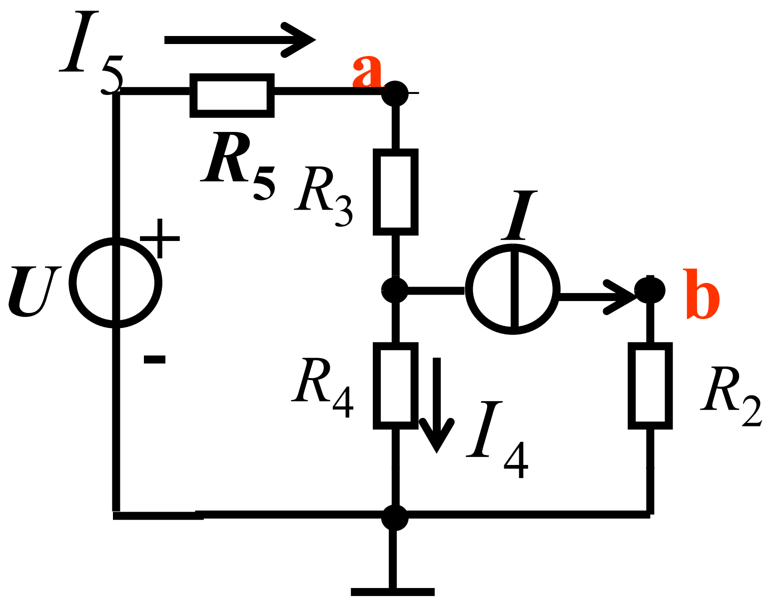
【解】用戴维宁定理





1. 求开路电压U_{oc}:

设参考点如图所示。



$$V_b = IR_2 = 1\times 3 = 3V$$

$$V_a = U - I_5 R_5$$

求出 $I_5 = \frac{9}{8}A$

$$V_a = 16 - \frac{9}{8}\times 8 = 7V$$

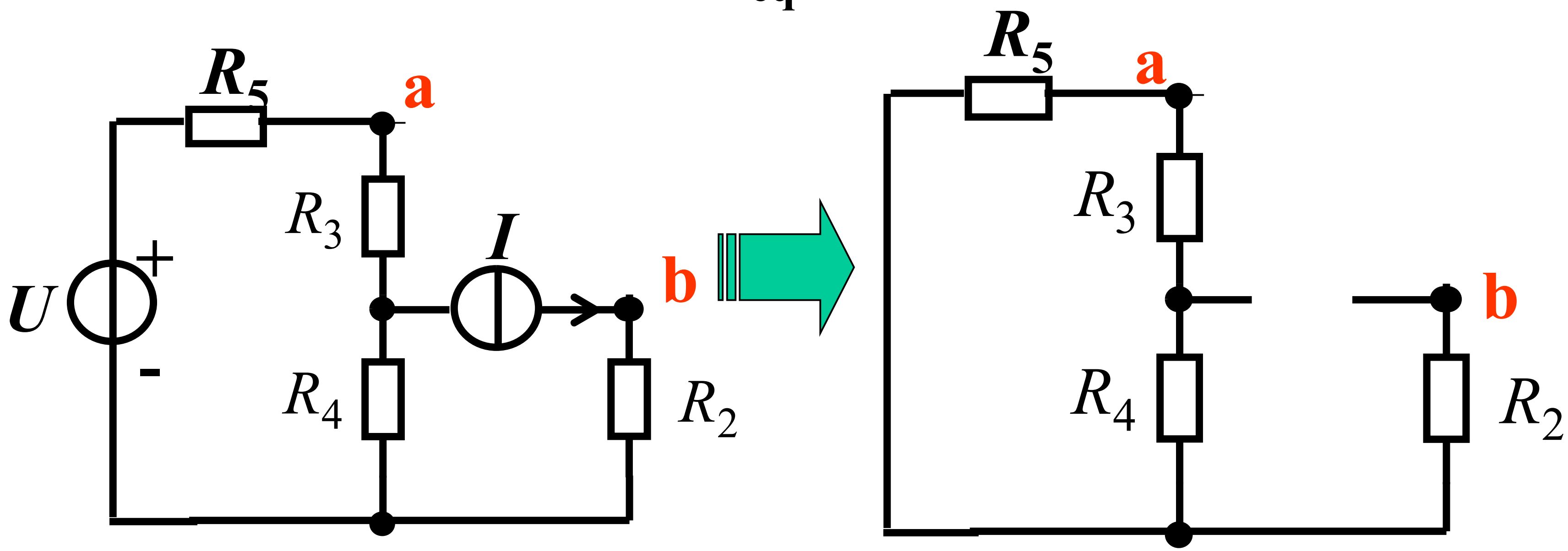
$$\boxed{U_{oc} = 7 - 3 = 4V}$$

求 I_5需要列出如下方程

$$\begin{cases} I_5 = I + I_4 \\ I_5(R_5 + R_3) + I_4 R_4 = U \end{cases}$$

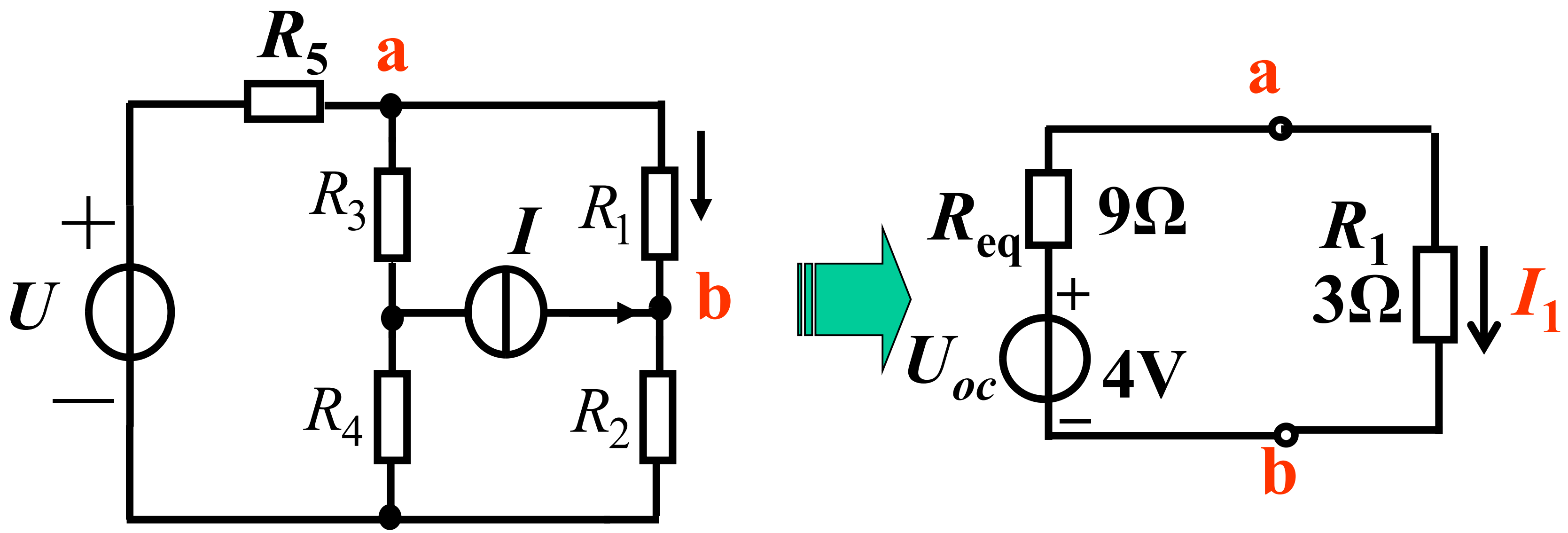
$$\begin{cases} I_5 = 1 + I_4 \\ 12 I_5 + 20 I_4 = 16 \end{cases}$$

2. 求原电路的等效电阻R_{eq}



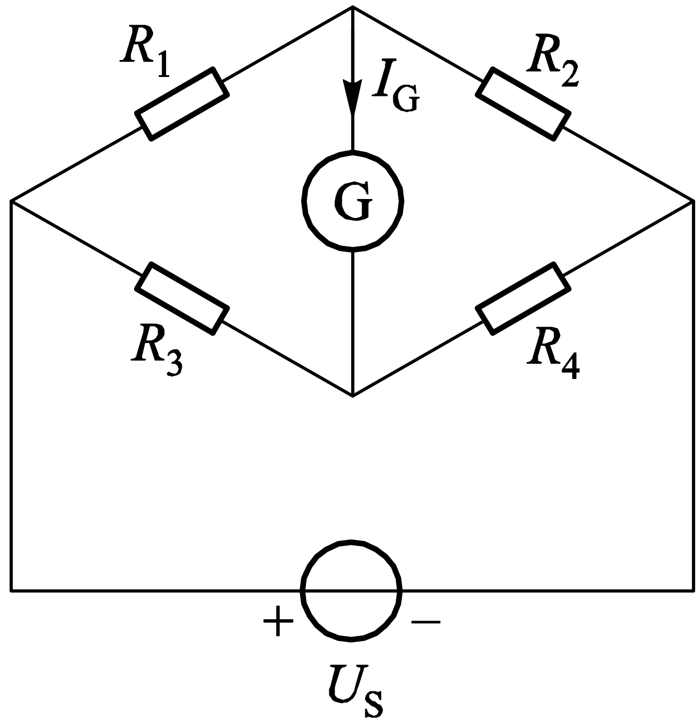
$$R_{eq}=[(R_3+R_4)//R_5]+R_2$$
$$=[(4+20)//8]+3$$
$$=6+3$$
$$=9\Omega$$

3. 求I_1



$$I_1=\frac{U_{oc}}{R_{eq}+R_1}=\frac{4}{9+3}=\frac{4}{12}=\frac{1}{3}\mathrm{A}$$

【引例分析】在图示的电桥电路中，若U_S=12V，R_1=12Ω，R_2=18Ω，R_3=R_4=3Ω，检流计I_G的电阻R_G=1.3Ω。试求流过检流计的电流I_G。



U_S=12V，
R_1=12Ω，
R_2=18Ω，
R_3=3Ω，
R_4=4Ω。

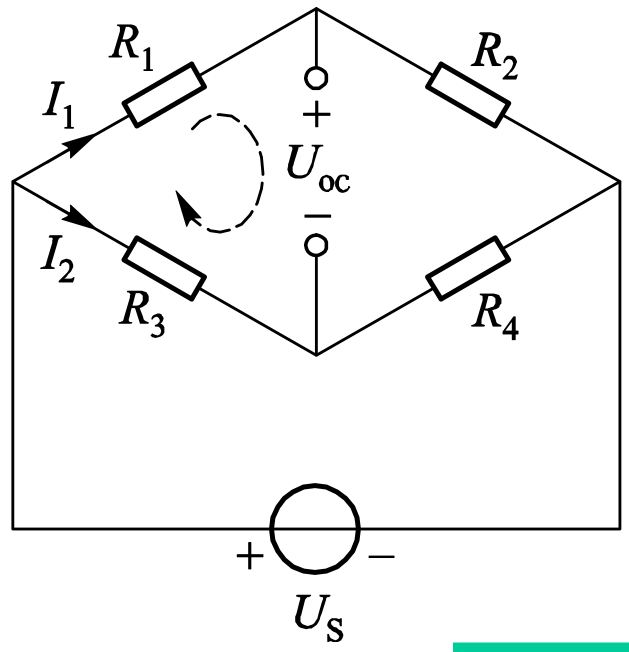
【解】（1）断开被求支路，获得有源一端口网络如图（b）所示。

（2）求有源一端口网络的开路电压U_{oc}。

$$I_1=\frac{U_S}{R_1+R_2}=\frac{12}{12+18}=0.4\text{A}$$

$$I_2=\frac{U_S}{R_3+R_4}=\frac{12}{3+3}=2\text{A}$$

$$U_{oc}=I_2R_3-I_1R_1=2\times3-0.4\times12=1.2\text{V}$$



(b) 移除被求支

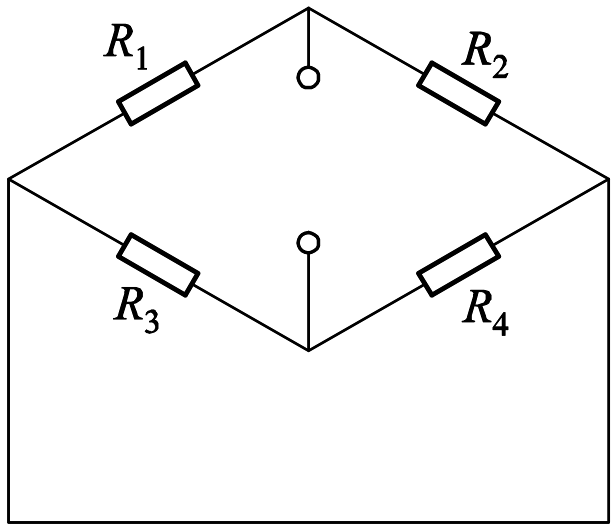
U_{S1}=12V

R_1=12Ω

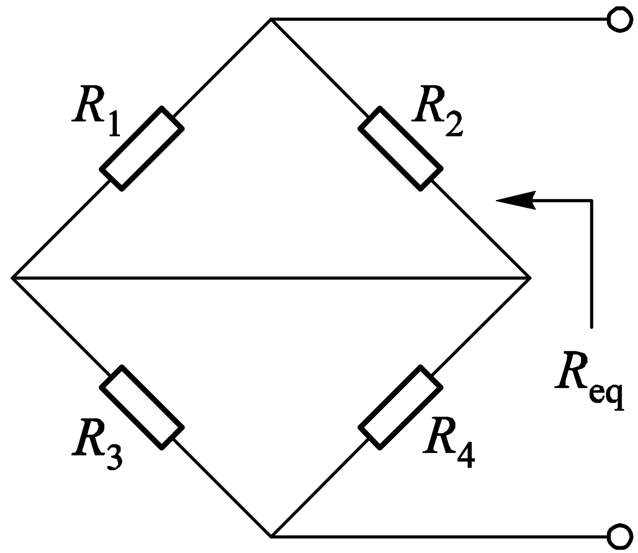
R_2=18Ω

R_3=3Ω

R_4=3Ω



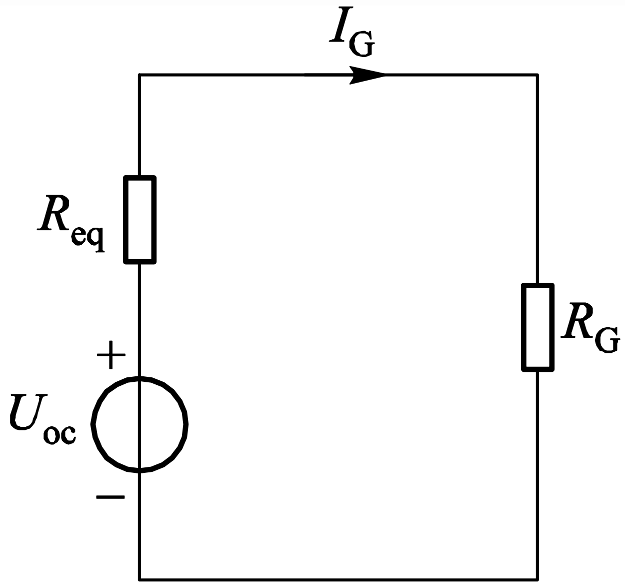
(c) 对应无源一端口网络



(d) 无源一端口网络等效电路

（3）求等效电阻。

$$R_{eq}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}+\frac{R_3R_4}{R_3+R_4}=7.2+1.5=8.7\Omega$$



(e) 求未知电流

（4）画出戴维宁等效电路图，求被求电流。

$$I_G = \frac{U_{oc}}{R_{eq} + R_P} = \frac{1.2}{8.7 + 1.3} = 0.12\text{A}$$

第 2 章

结 束