4. 注意事项

（1）叠加定理只适用于**线性电路**；

（2）应用叠加定理时，除独立源外，电路中其它元件及电路结构保持不变；

（3）独立电源的**置零处理**；

电压源用短路代替，电流源用开路代替

（4）叠加时要注意响应的**各分量**和**总响应**的**参考方向**；

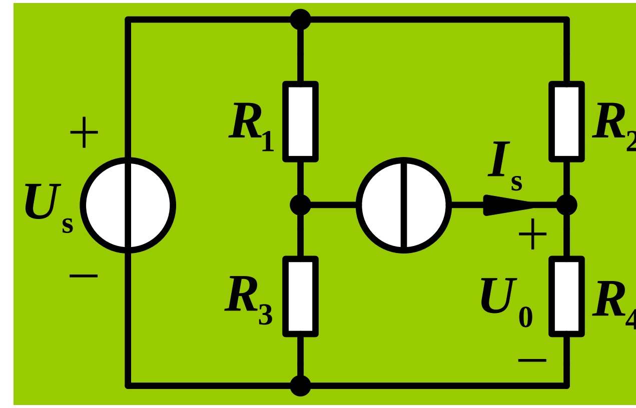
（5）含受控源(线性)电路亦可用叠加，但受控源应始终保留，**控制量随独立电源的不同而相应改变**；

（6）一般情况下功率**不能**采用叠加定理求取；

（7）应用叠加定理时，独立电源可**“分组作用”**。

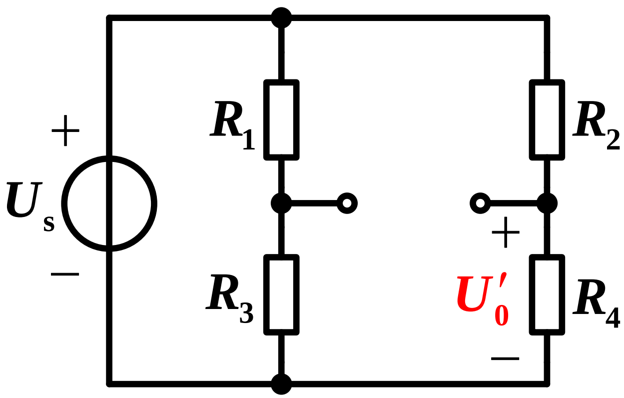
§ 4.1 叠加定理和齐性定理—叠加定理

【例】用叠加定理求图所示电路中的电压U_0。



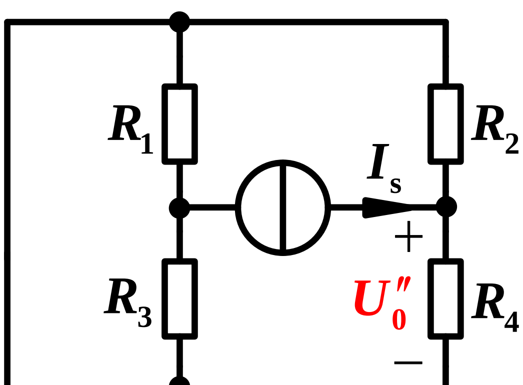
解：

1）电压源单独作用



$$U_0' = \frac{R_4}{R_2 + R_4} U_s$$

2）电流源单独作用



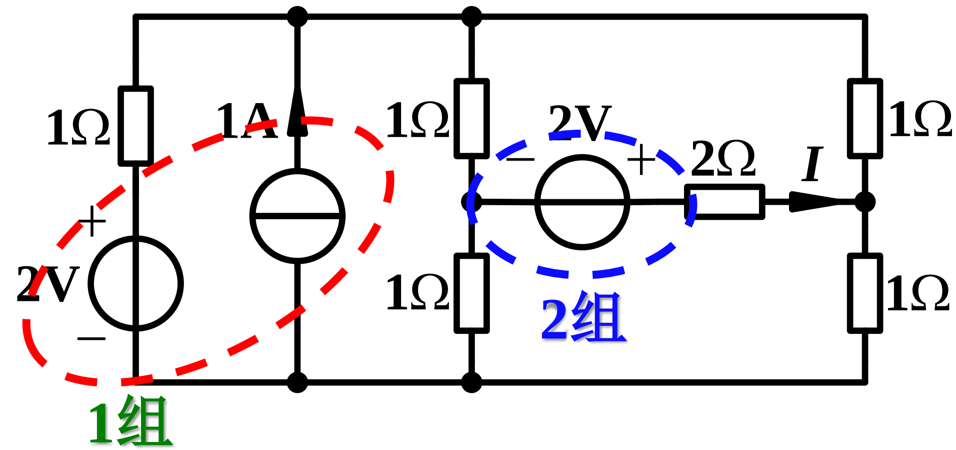
$$U_0'' = \frac{R_2 R_4}{R_4 + R_2} I_s$$

3）应用叠加定理

$$U_0 = U_0' + U_0''$$

$$= \frac{R_4}{R_2 + R_4} U_s + \frac{R_2 R_4}{R_4 + R_2} I_s$$

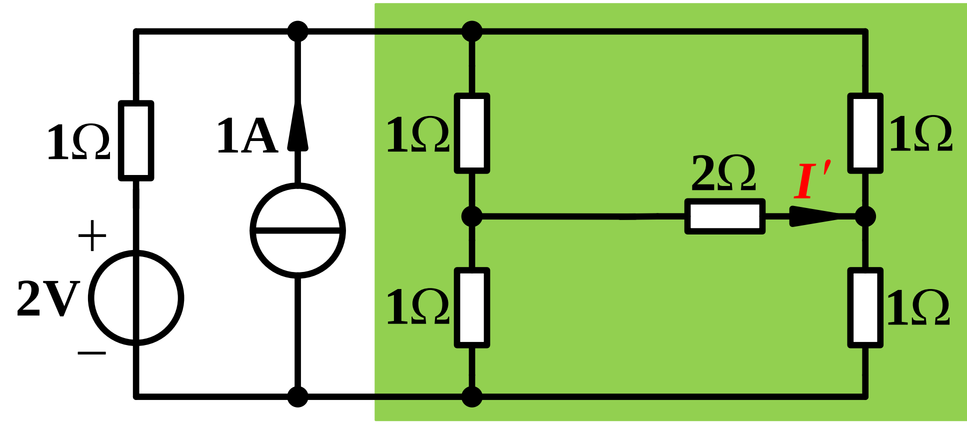
【例】用叠加定理求图所示电路中的电流I。



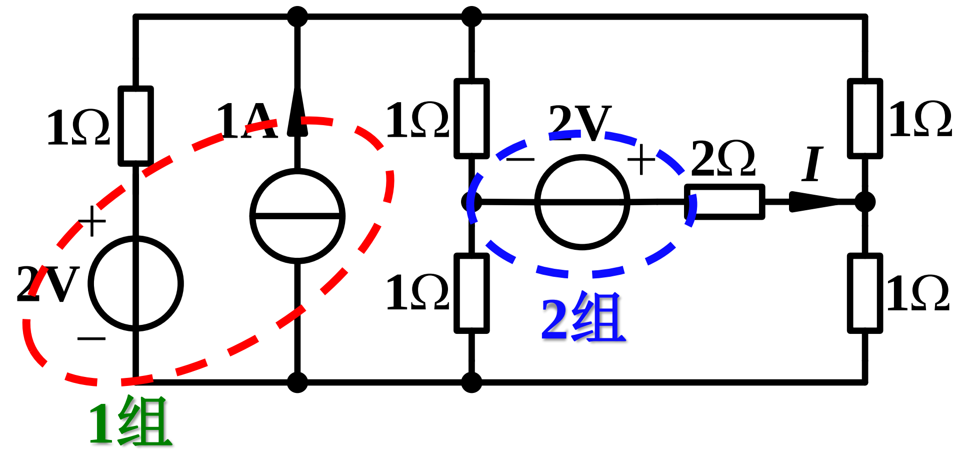
解：1）1组电源单独作用

由电桥平衡可知

$I' = 0\ \text{A}$



【例】用叠加定理求图所示电路中的电流I。



解：

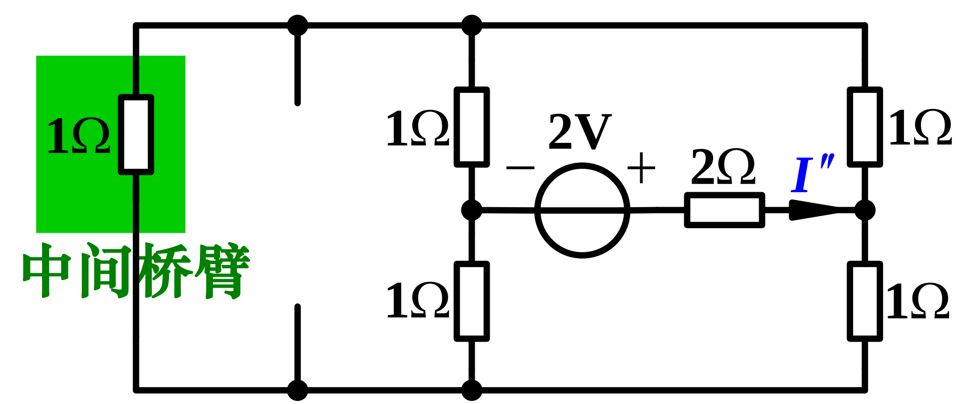
1）1组电源单独作用

由电桥平衡可知

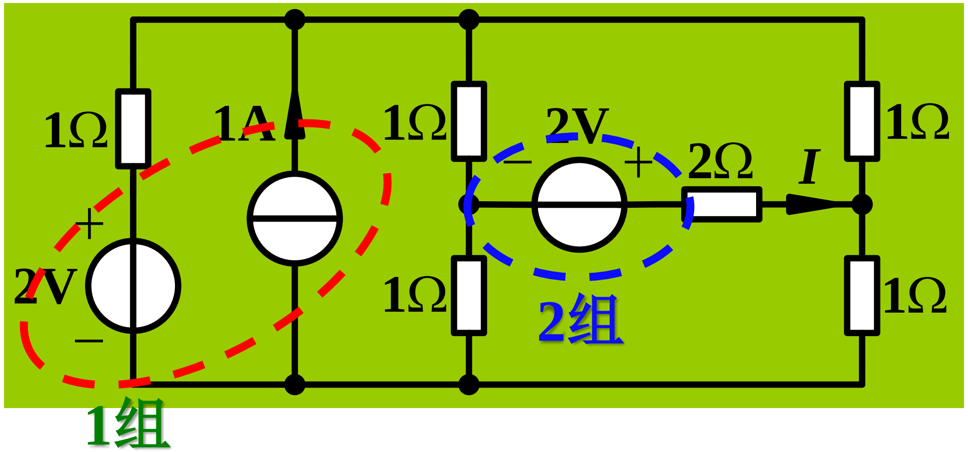
$I' = 0$ A

2）2组电源单独作用

由于电桥平衡



【例】用叠加定理求图所示电路中的电流I。



解：1）1组电源单独作用

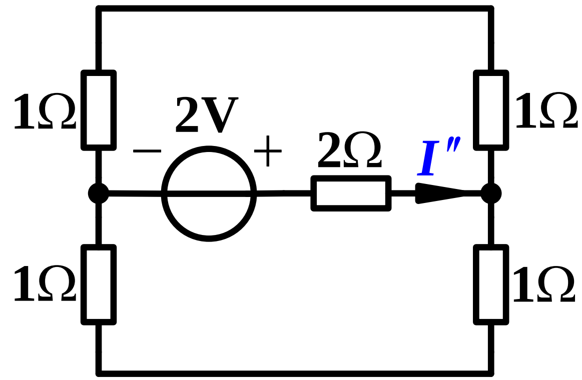
由电桥平衡可知

$$I' = 0\ \text{A}$$

2）2组电源单独作用

由于电桥平衡

$$I'' = \frac{2}{2+(1+1)//(1+1)} = \frac{2}{3}\ \text{A}$$



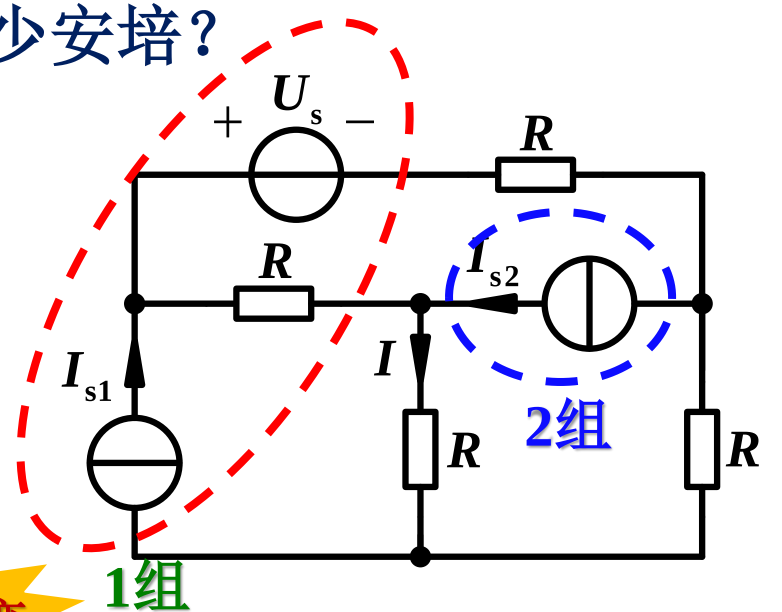
3）由叠加定理可得

$$I = I' + I'' = 0 + \frac{2}{3} = \frac{2}{3}\ \text{A}$$

对于包含多个电源的电路，应用叠加定理时注意考虑分组。

§ 4.1 叠加定理和齐性定理—叠加定理

【例】如图所示电路中，U_s和I_{s1}保持不变。当I_{s2}=4A时，I=6A。若I=0A时，I_{s2}应为多少安培？



解：

1） 2组电源单独作用

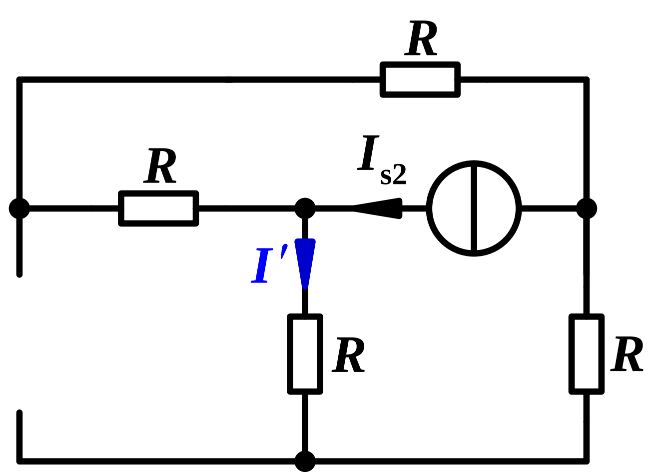
$$I' = \frac{1}{2} I_{s2} = \frac{1}{2} \times 4 = 2\ \text{A}$$

2） 1组和2组电源共同作用

$$I = I' + I'' = 6\ \text{A}$$

$$\boxed{I'' = I - I' = 6 - 2 = 4\ \text{A}}$$

保持不变



3）若I=0A，可得

$$I = I' + I'' = 0\text{A}$$

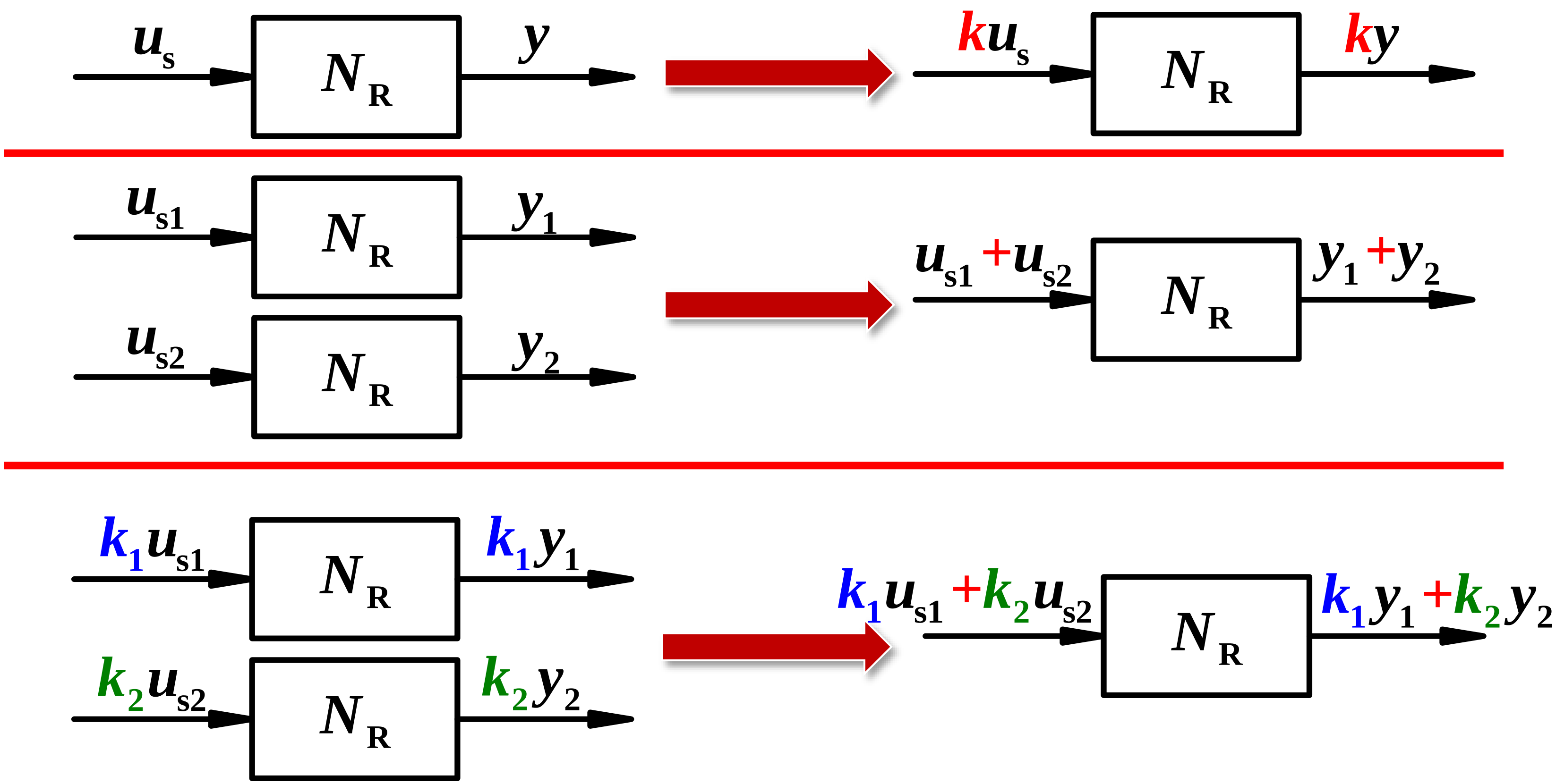
$$I' = \frac{1}{2} I_{s2} = I - I'' = 0 - 4 = -4\ \text{A}$$

$$I_{s2} = 2I' = -8\text{A}$$

§ 4.1 叠加定理和齐性定理—齐性定理

二、 齐性定理（Homogeneity Theorem）

线性电阻电路中，当所有激励都增大或都缩小λ倍时，响应也将同样增大或缩小λ倍。（λ 为实常数）



线性特性

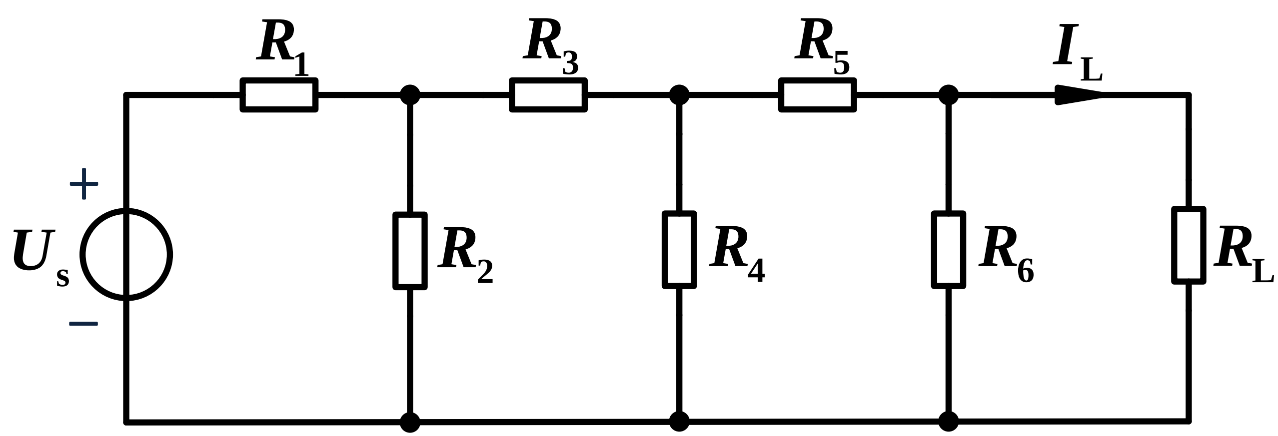
§ 4.1 叠加定理和齐性定理—齐性定理

二、 齐性定理（Homogeneity Theorem）

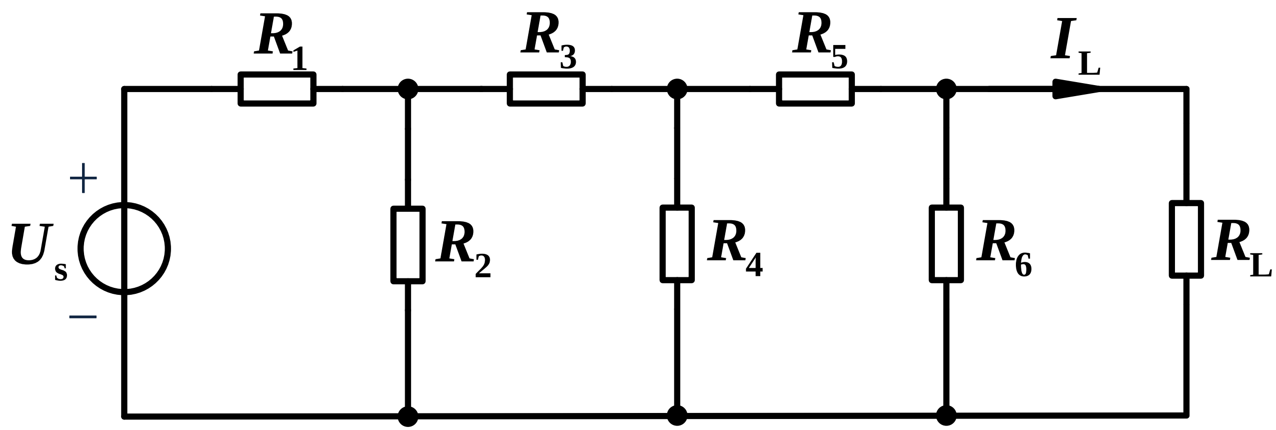
线性电阻电路中，当所有激励都增大或都缩小λ倍时，响应也将同样增大或缩小λ倍。（λ为实常数）

★ 对于单一激励的线性电阻电路，响应与激励成正比。

【例】求图所示电路中的电流 I_L。



【例】求图所示电路中的电流 I_L。



思路： 法一：分压、分流

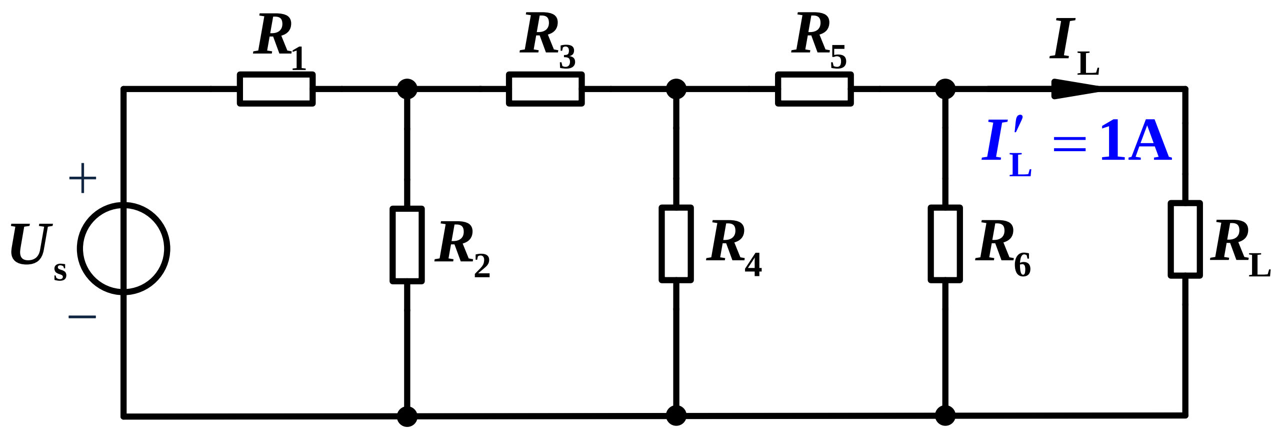
法二：电源等效变换

法三：节点法/网孔法

法四：齐性定理（单位电流法）

假设 $I'_L = 1\text{A}$

【例】求图所示电路中的电流 I_L。



思路： 法一：分压、分流

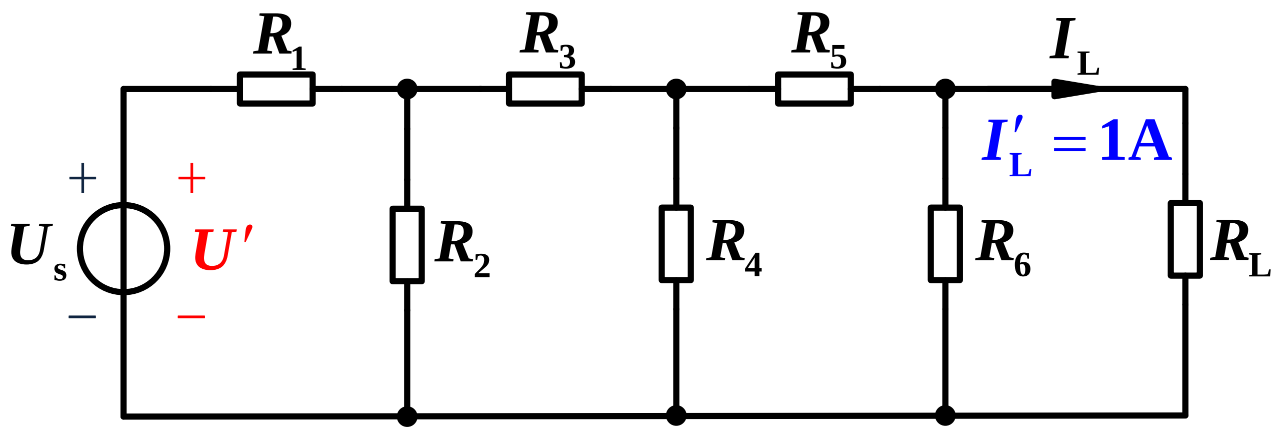
法二：电源等效变换

法三：节点法/网孔法

法四：齐性定理（单位电流法）

假设 $I'_L = 1\text{A}$ ⟶ U'

【例】求图所示电路中的电流 I_L。



思路： 法一：分压、分流

法二：电源等效变换

法三：节点法/网孔法

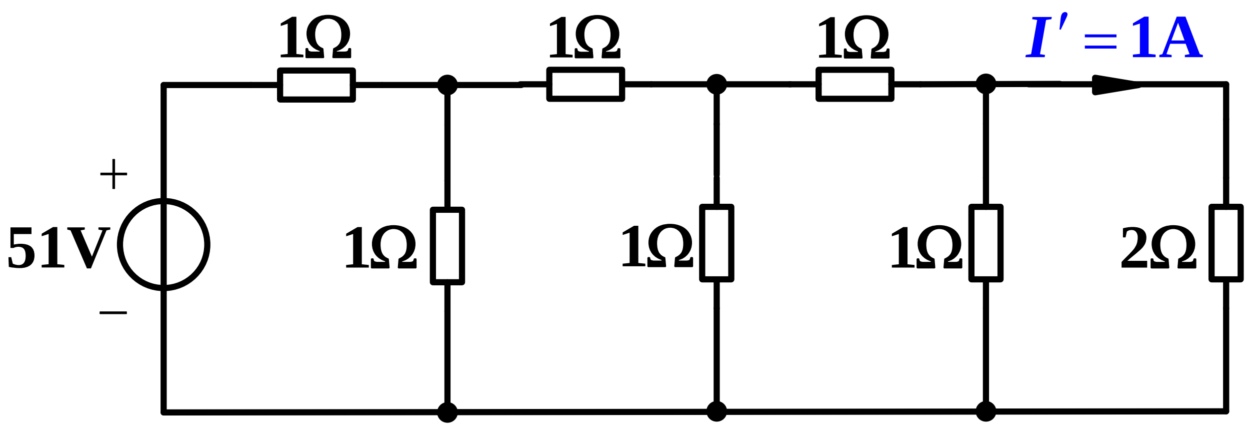
法四：齐性定理（单位电流法）

假设 $I'_L = 1A \longrightarrow U'$

$I_L \longrightarrow U_s$

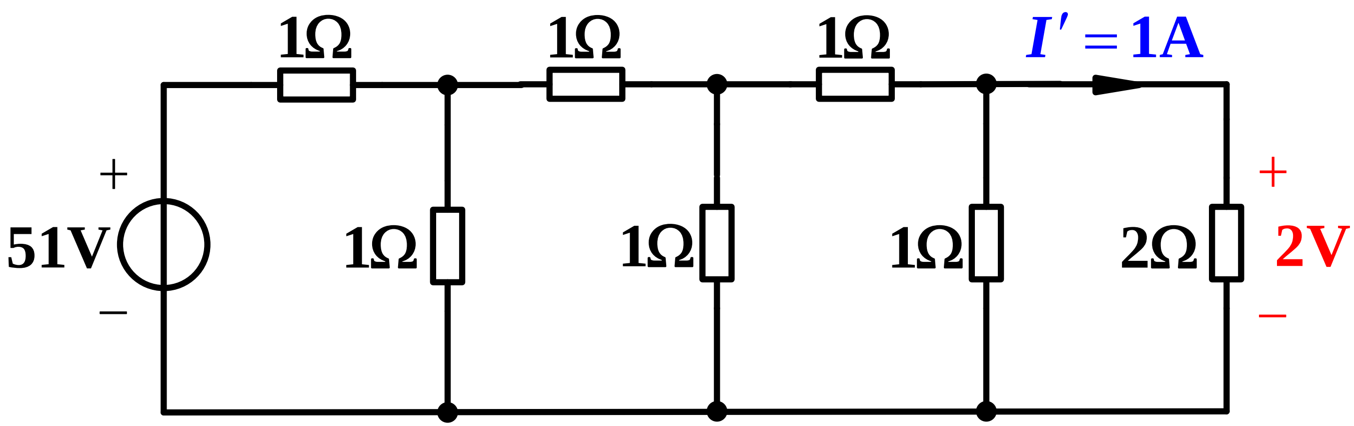
$$\frac{I_L}{1A} = \frac{U_s}{U'}$$

【例】求图所示电路中的电流 I_L。



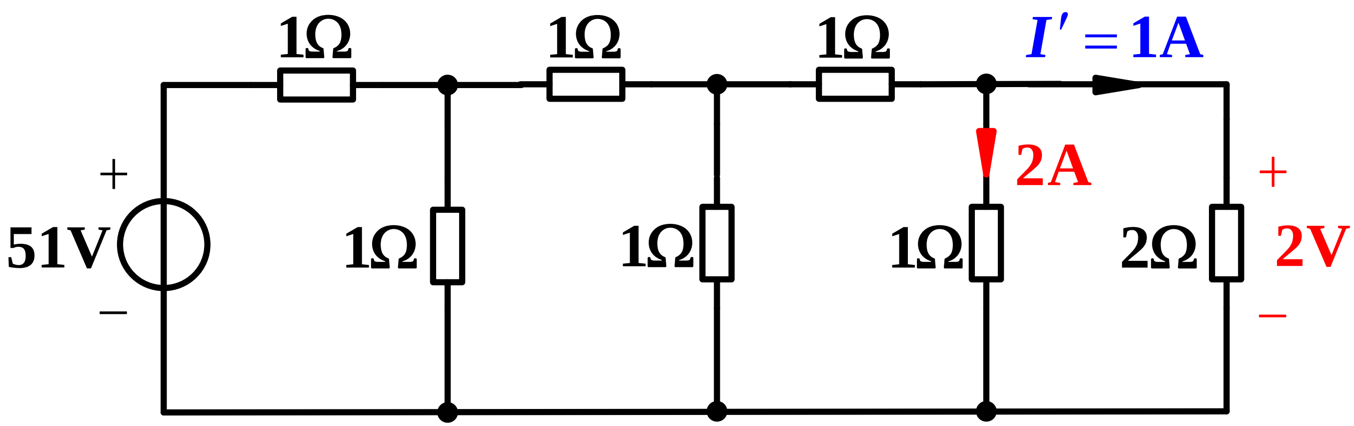
设 $I' = 1A$

【例】求图所示电路中的电流 I_L。



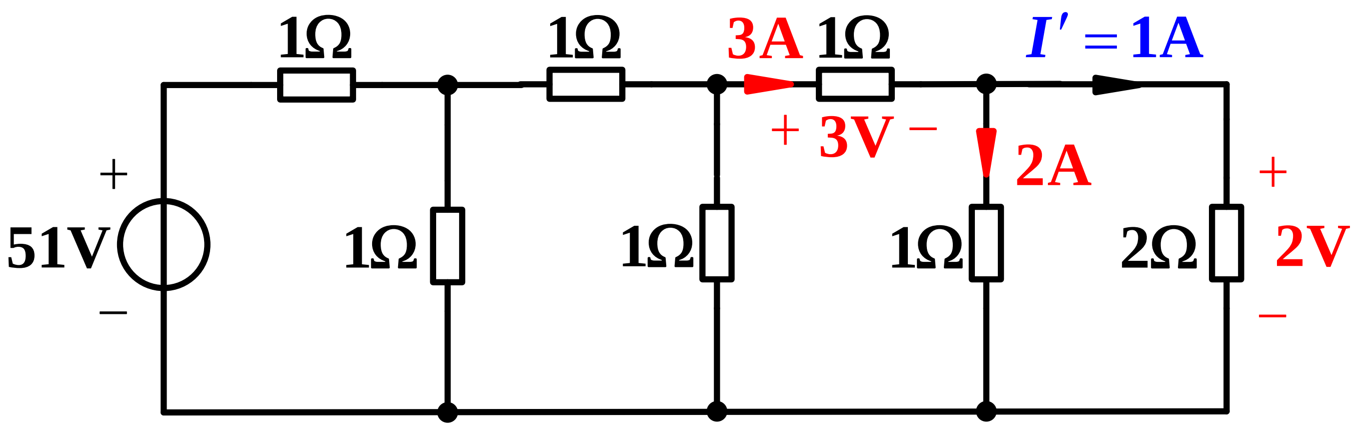
设 $I' = 1A$

【例】求图所示电路中的电流 I_L。



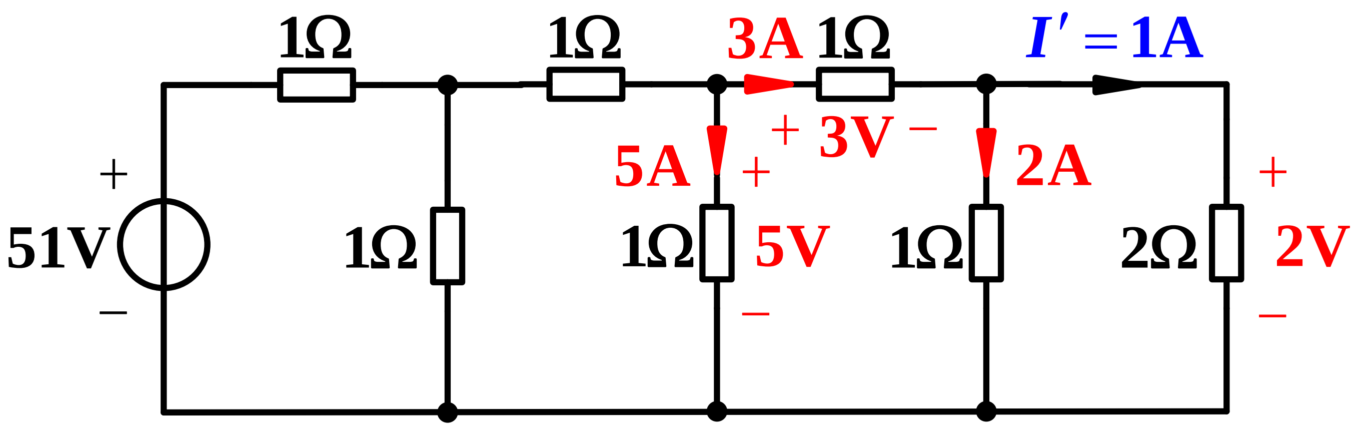
设 $I' = 1A$

【例】求图所示电路中的电流 I_L。



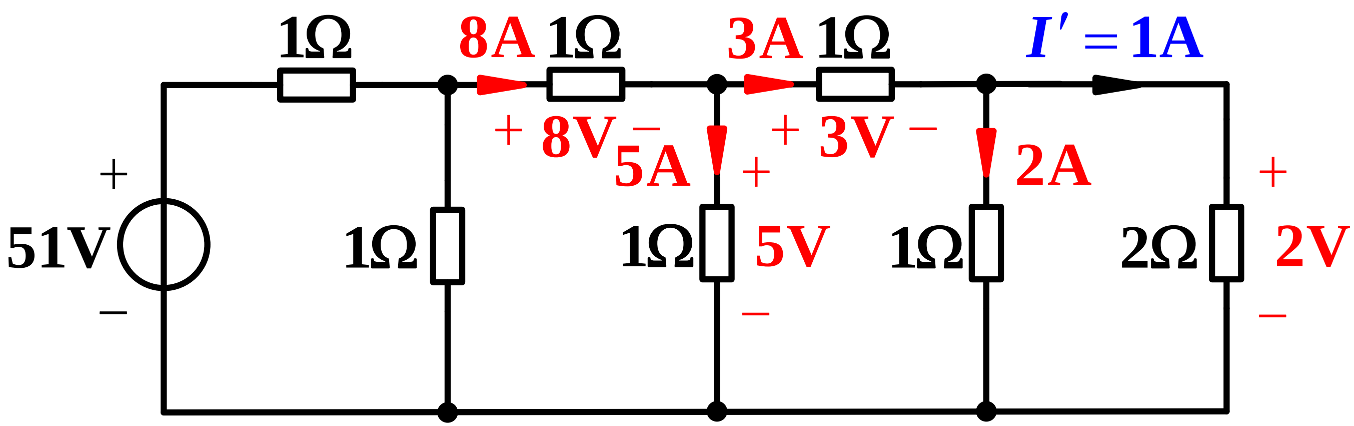
设 $I'= 1A$

【例】求图所示电路中的电流 I_L。



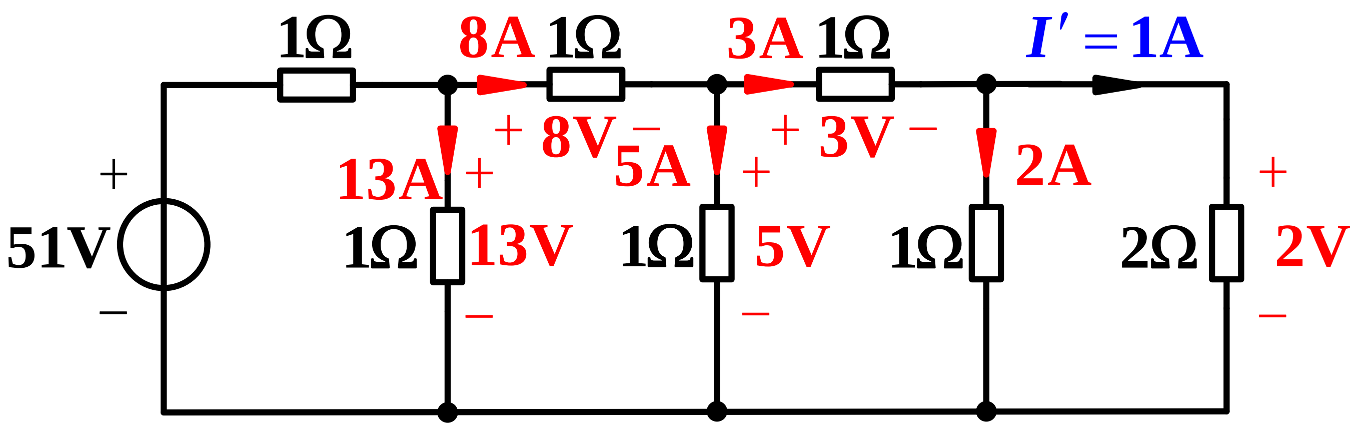
设 $I'= 1\text{A}$

【例】求图所示电路中的电流 I_L。



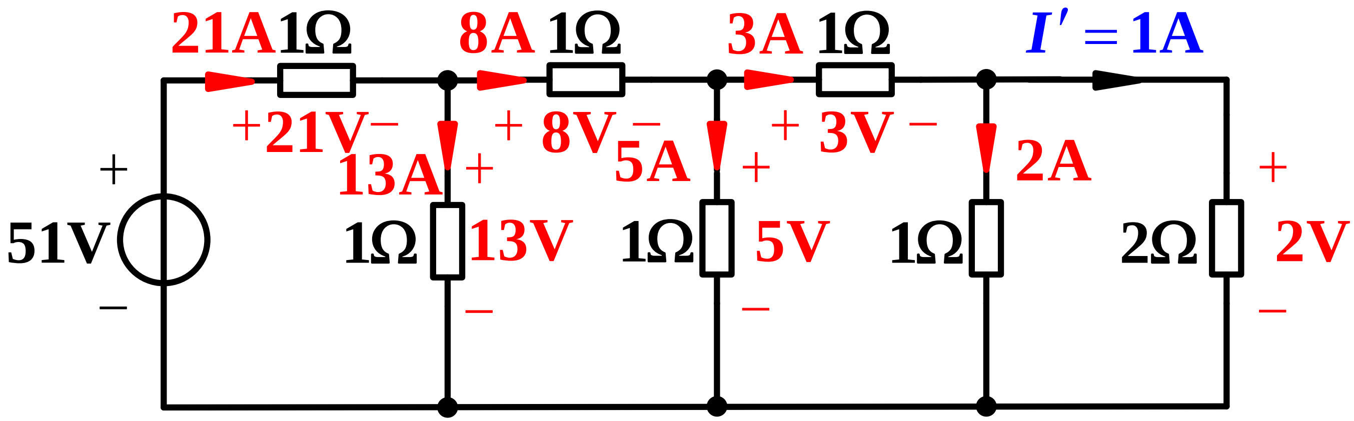
设 $I'= 1\text{A}$

【例】求图所示电路中的电流 I_L。



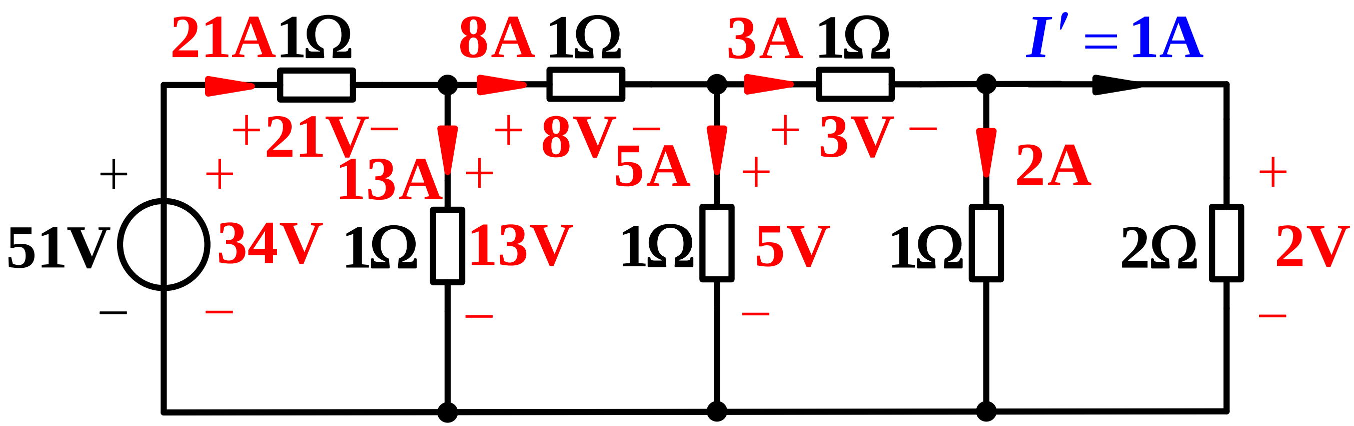
设 $I' = 1A$

【例】求图所示电路中的电流 I_L。



设 $I'= 1A$

【例】求图所示电路中的电流 I_L。



设 $I'=1A$

$$\frac{I_L}{I'}=\frac{U_s}{U'} \quad \Longrightarrow \quad I_L=\frac{U_s}{U'}\times 1=\frac{51}{34}\text{A}$$

二、 齐性定理（Homogeneity Theorem）

线性电阻电路中，当所有激励都增大或都缩小λ倍时，响应也将同样增大或缩小λ倍。（λ为实常数）

★ 对于单一激励的线性电阻电路，响应与激励成正比。

三、 叠加定理和齐性定理的综合应用

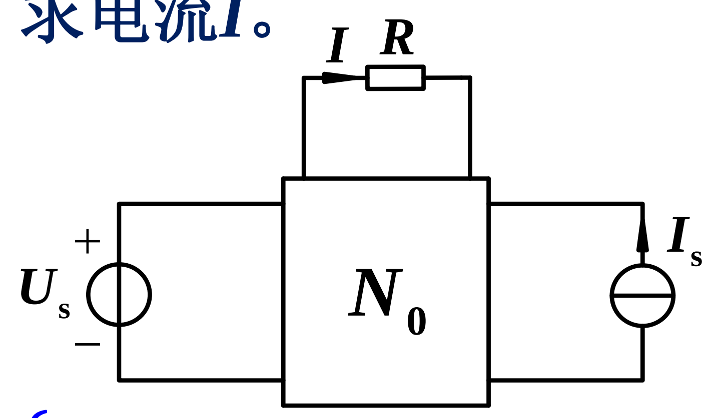
对于m个电压源和n个电流源的线性电阻电路

$$y = k_1 u_{s1} + k_2 u_{s2} + \cdots + k_m u_{sm} + h_1 i_{s1} + h_2 i_{s2} + \cdots + h_n i_{sn}$$

$$= k_1 u_{s1} + y_{01} + h_1 i_{s1} + y_{02}$$

特别注意： 除了u_{s1}和i_{s1}参数可变以外，电路中其它元件及电路结构不能改变

【例】电路如图所示，N_0为无源线性电阻网络。已知当U_s=12V，I_s=4A时，I=0A。当 U_s=−12V，I_s=−2A时，I=−1A； 当U_s=24V，I_s=4A时，求电流I。



解：

1）电路中含有两个独立电源

根据叠加定理和齐性定理：

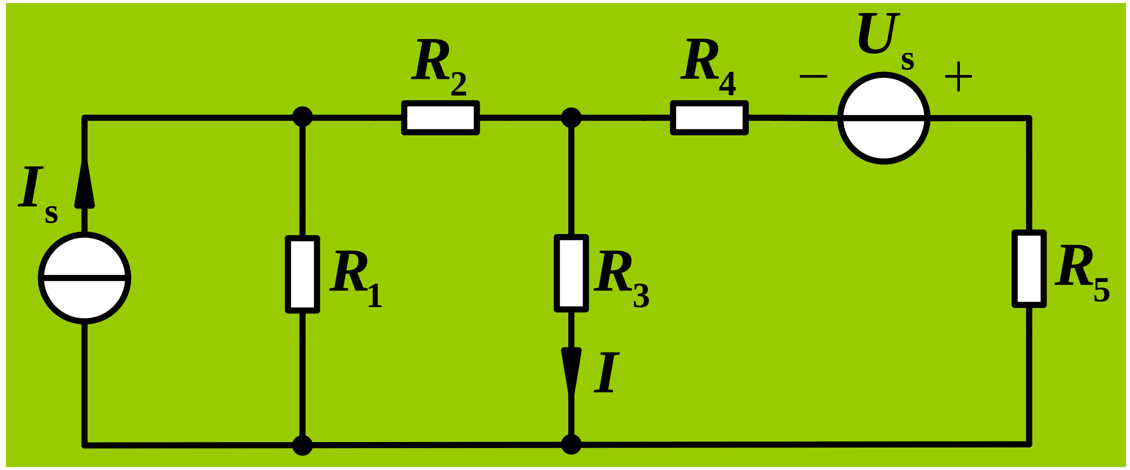
$$\boxed{I = k_1 U_s + k_2 I_s}$$

$$\begin{cases} 0 = k_1 \cdot 12 + k_2 \cdot 4 \\ -1 = k_1(-12) + k_2(-2) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} k_1 = \dfrac{1}{6} \\ k_2 = -\dfrac{1}{2} \end{cases}$$

2）根据叠加定理

$$I = \frac{1}{6}U_s - \frac{1}{2}I_s = \frac{1}{6} \times 24 - 0.5 \times 4 = 2\text{A}$$

【例】电路如图所示， 当U_s=0V时，I=40mA； 当 U_s=4V时，I=−60mA。求U_s=6V时的电流I。



解：

由叠加定理和齐性定理

$$I = \alpha + \beta U_s$$

代入已知条件

$$\begin{cases} 40 = \alpha + \beta \cdot 0 \\ -60 = \alpha + \beta \cdot 4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \alpha = 40 \\ \beta = -25 \end{cases}$$

则：$I = 40 - 25U_s$

当U_s=6V时

$$I = 40 - 25 \times 6 = -110\text{mA}$$

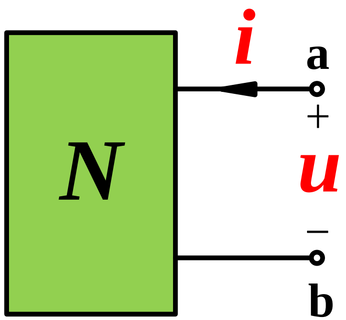
电 路 理 论
Principles of Electric Circuits

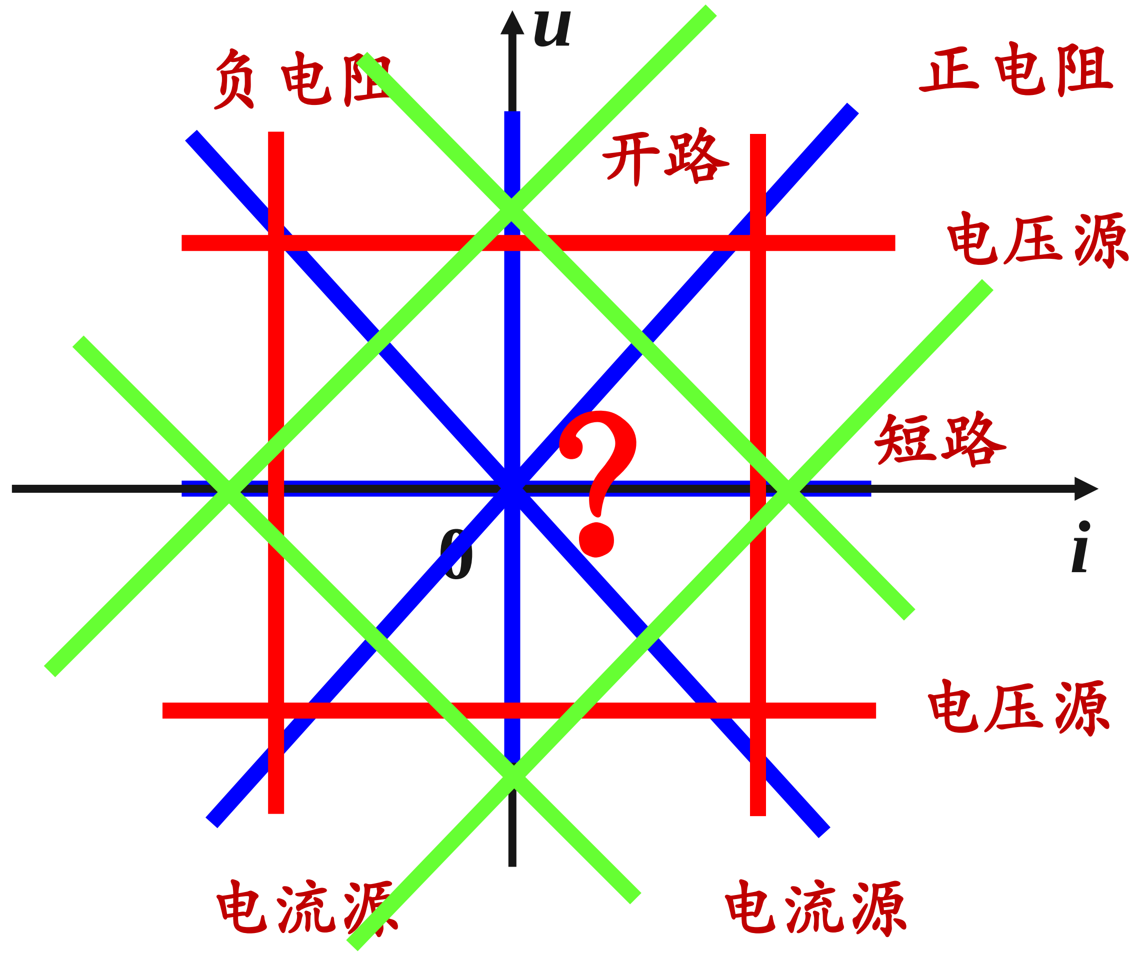
第四章　电路定理

§ 4.2 等效电源定理

§ 4.2 等效电源定理

请思考一个问题





§ 4.2 等效电源定理

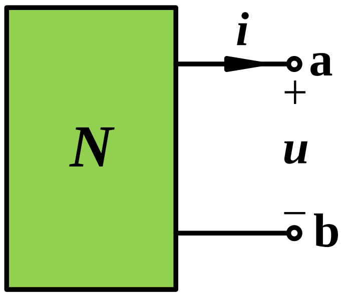
一、戴维南定理（Thevenin's Theorem）

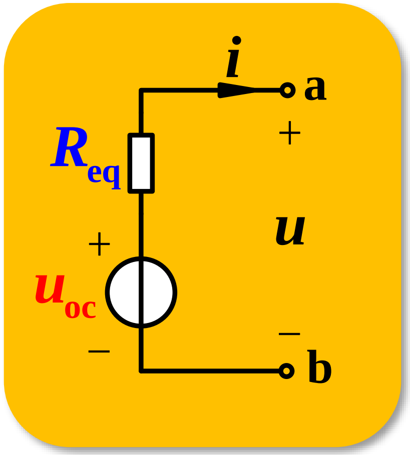
戴维南(Thevenin)
法国电信工程师
（1858-1926）

与外电路无耦合关系的线性含源电阻性二端网络N（包含独立源、受控源、电阻），对外电路而言，可以用**一个电压源**和**一个电阻**的串联组合来等效。

a. 电压源的电压等于网络N端口的开路电压u_{oc}。

b. 串联电阻等于网络N中全部独立电源置零后所得二端网络N_0的输入电阻，记为R_{eq}。

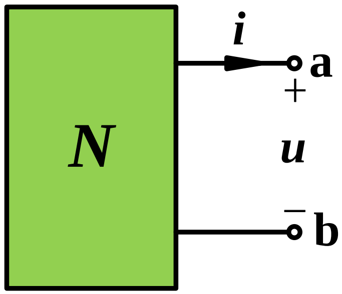




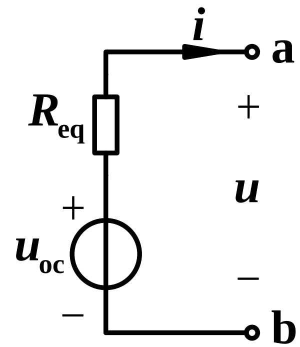
戴维南
等效电路

亥姆霍兹(Helmholtz)
德国物理学家
（1821-1894）

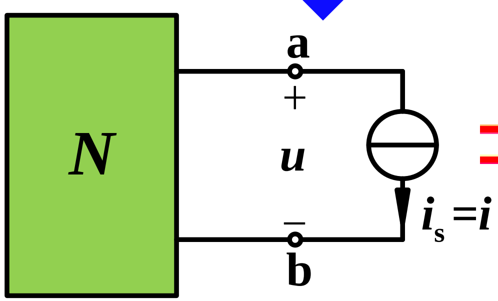
1. 定理证明



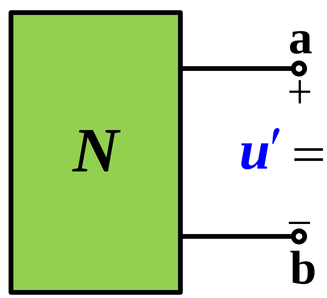
得证



$$u = u_{oc} - R_{eq}i$$

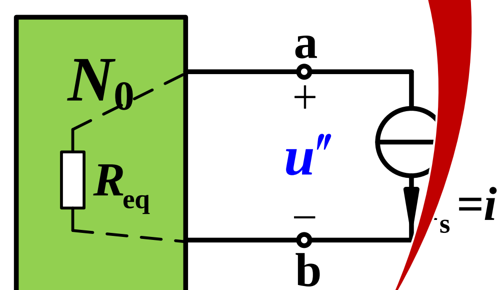


=



$u' = u_{oc}$

+



二端网络的VAR与外电路无关

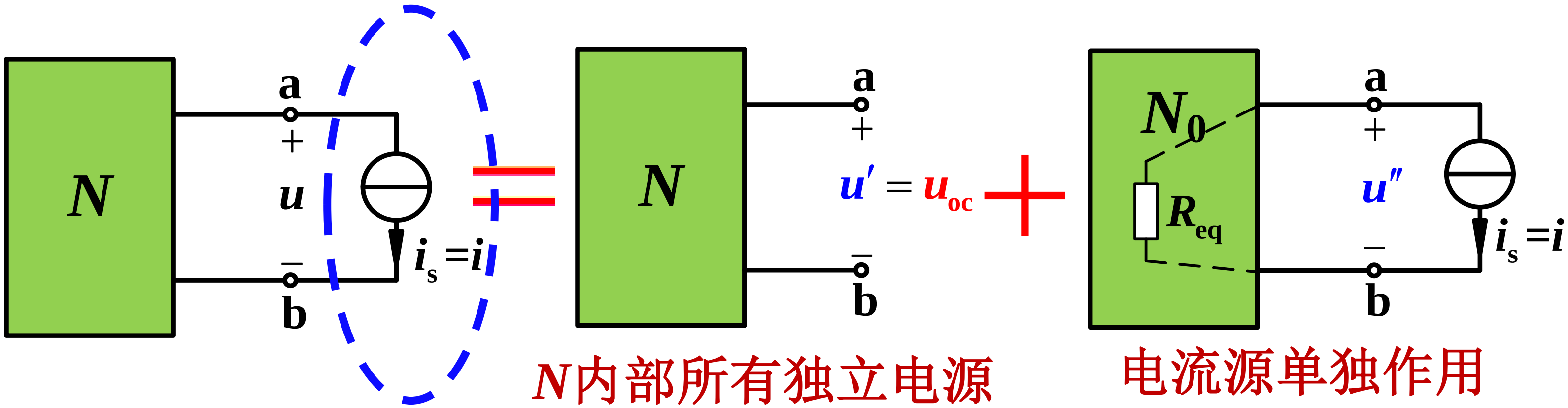
*N*内部所有独立电源单独作用 $u' = u_{oc}$

电流源单独作用 $u'' = -R_{eq}i$

共同作用： $u = u' + u'' = u_{oc} - R_{eq}i$

§ 4.2 等效电源定理—*戴维南定理*

1. 定理证明



*N*内部所有独立电源单独作用　$u'=u_{oc}$

电流源单独作用　$u''=-R_{eq}i$

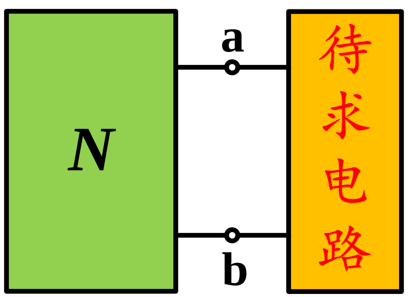
共同作用：　$u=u'+u''=u_{oc}-R_{eq}i$

请思考：

如果端口处施加一个任意电压源，那又会是什么情况？？

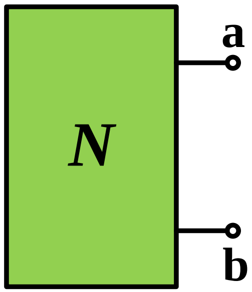
2. 解题步骤

1）将待求电路断开，形成二端网络N，



2. 解题步骤

1）将待求电路断开，形成二端网络*N*，求其端口**开路电压**U_{oc}；



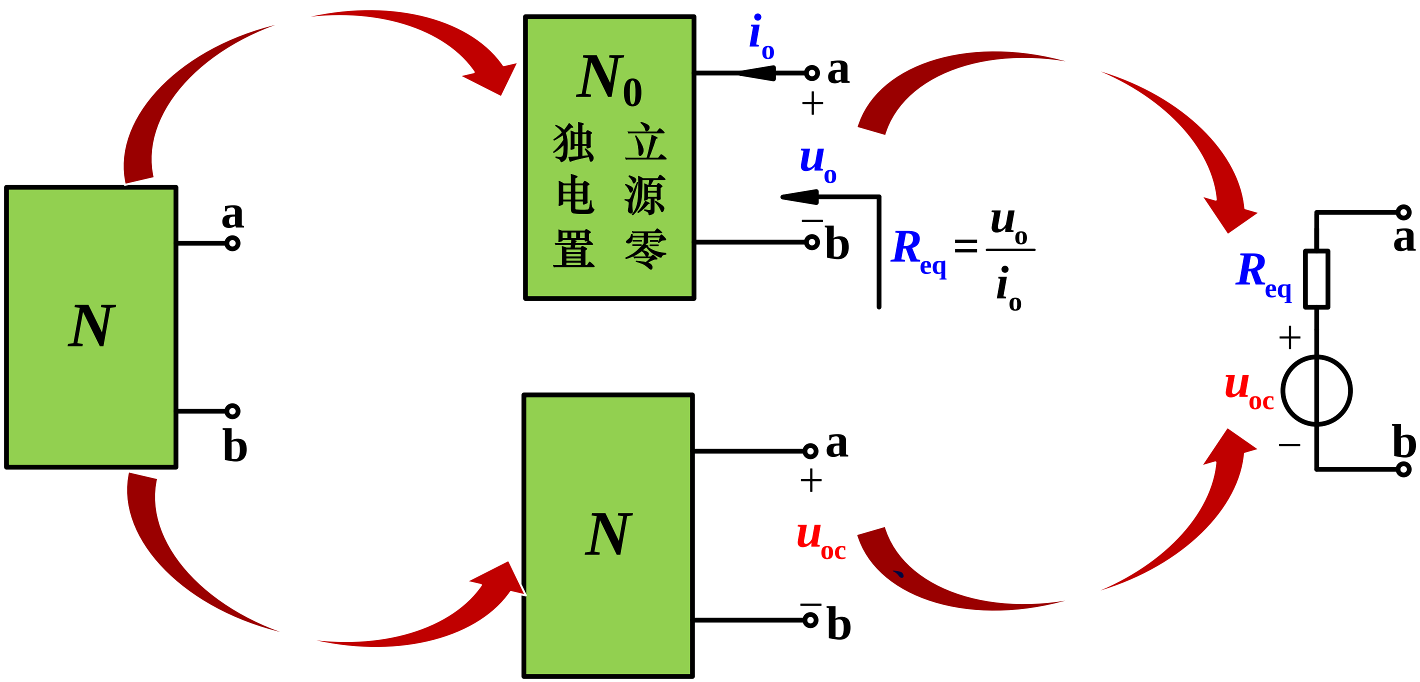
§ 4.2 等效电源定理—戴维南定理

2. 解题步骤

1）将待求电路断开，形成二端网络N，求其端口**开路电压**U_{oc}；

2）将网络N中所有独立电源置零，求二端网络的**输入电阻**R_{eq}；

3）画**戴维南等效电路**



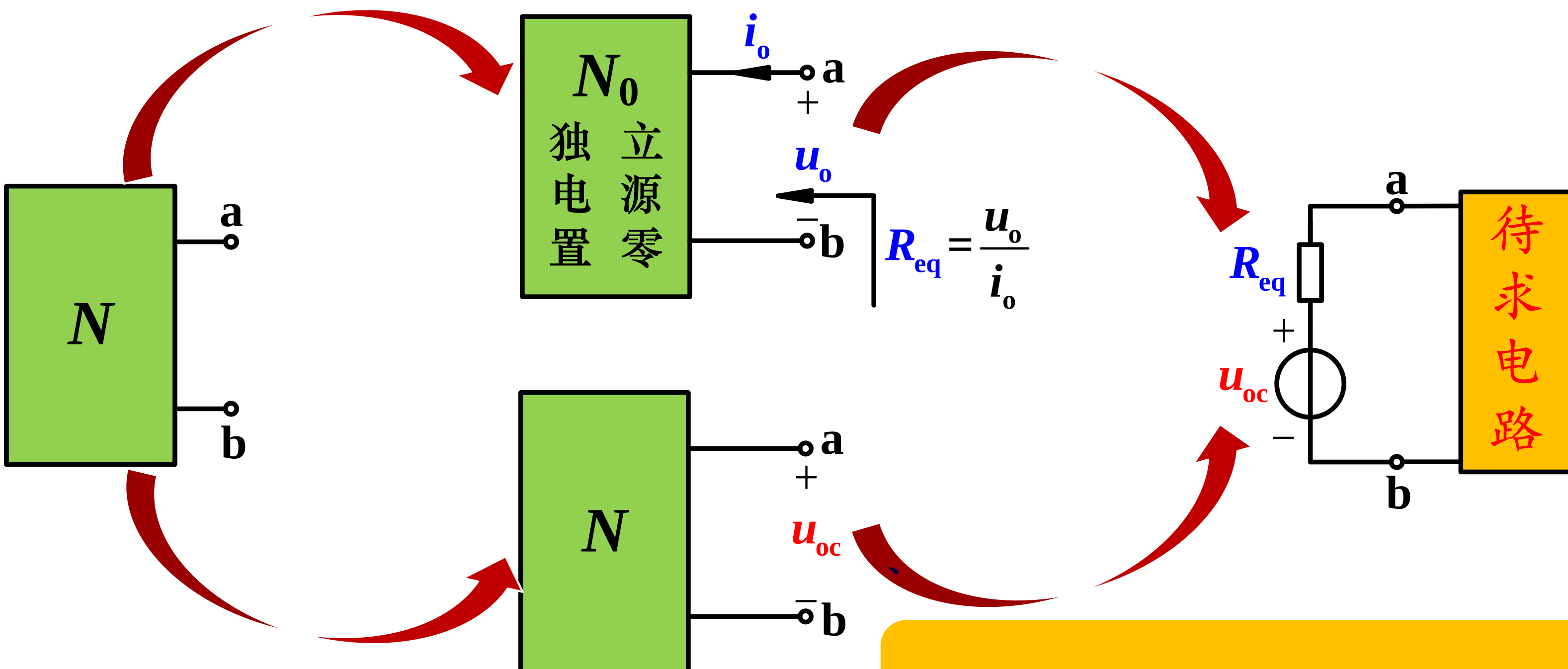
§ 4.2 等效电源定理—戴维南定理

2. 解题步骤

1）将待求电路断开，形成二端网络N，求其端口**开路电压U_{oc}**；

2）将网络N中所有独立电源置零，求二端网络的**输入电阻R_{eq}**；

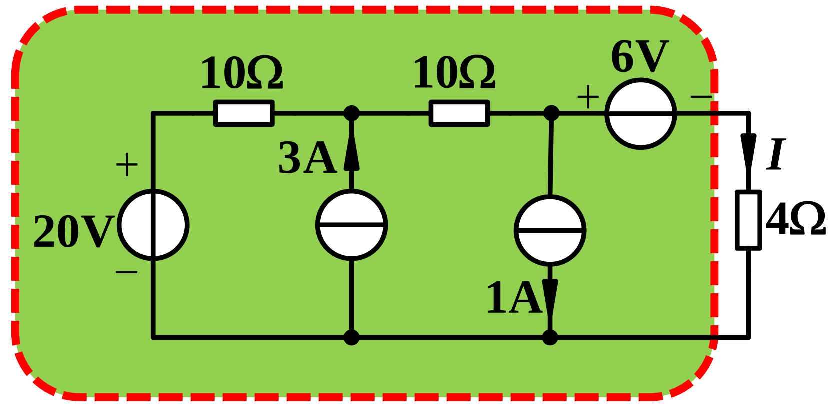
3）画**戴维南等效电路**，接入待求电路后再进行求解。



关键问题：u_{oc}和R_{eq}的确定

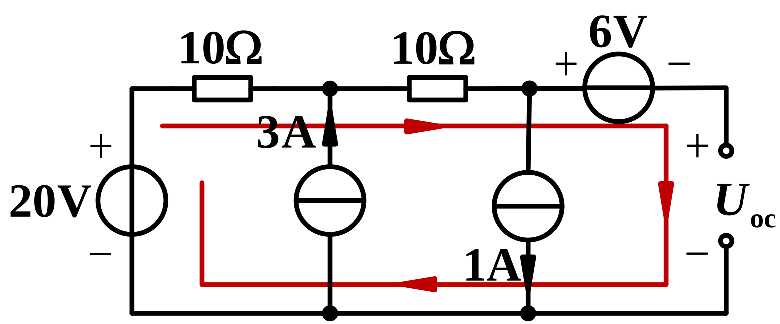
3. 定理应用—*常规应用*

【例】用戴维南定理求图示电路中电流 *I*。



解:

1）断开待求支路4 Ω电阻，求开路电压U_{oc}

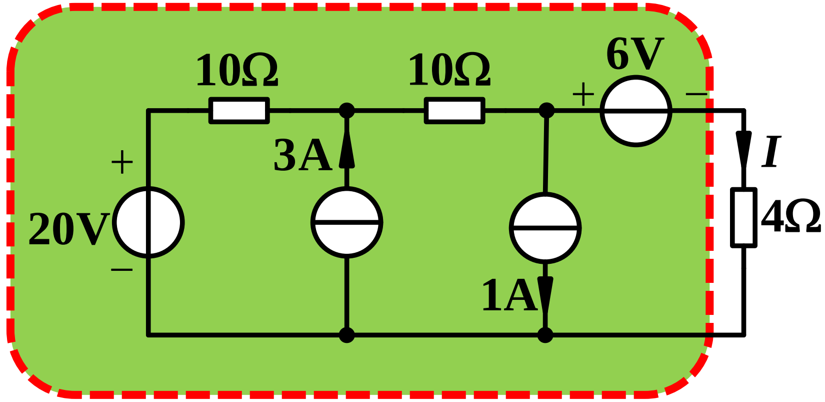


$$U_{oc}-20-10\times(3-1)+10\times1+6=0$$

$$U_{oc}=20+20-10\times1-6=24\text{V}$$

3. 定理应用—常规应用

【例】用戴维南定理求图示电路中电流 I。

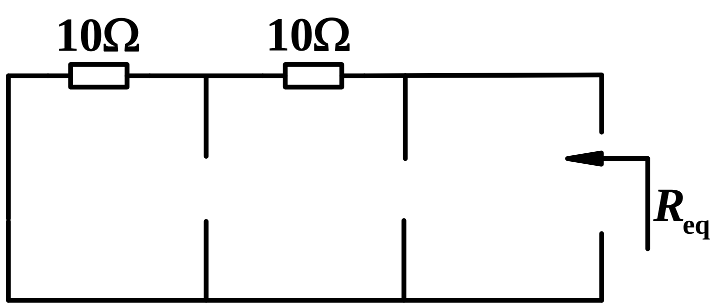


解:

1）断开待求支路4 Ω电阻，求开路电压U_{oc}

$$U_{oc}=24\text{V}$$

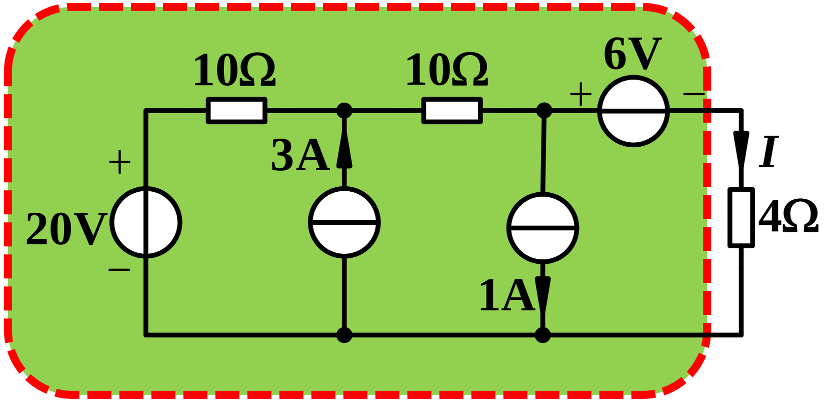
2）将独立电压源、电流源置零，求等效电阻R_{eq}



$$R_{eq}=10+10=20\Omega$$

3. 定理应用—常规应用

【例】用戴维南定理求图示电路中电流 I。



解:

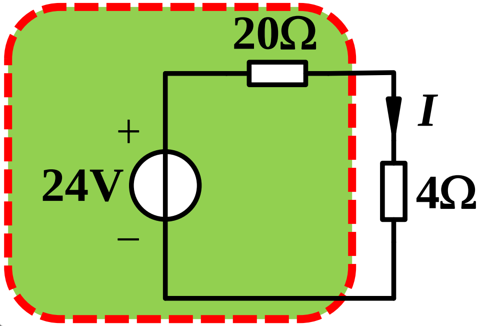
1）断开待求支路4 Ω电阻，求开路电压U_{oc}

$$U_{oc} = 24\text{V}$$

2）将独立电压源、电流源置零，求等效电阻R_{eq}

$$R_{eq} = 10 + 10 = 20\Omega$$

3）画戴维南等效电路,求解电流 I



$$I = \frac{24}{20+4} = 1\text{A}$$