中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

第 3 章　电路定理

本章目录

1 置换定理

2 齐性与叠加定理

3 等效电源定理

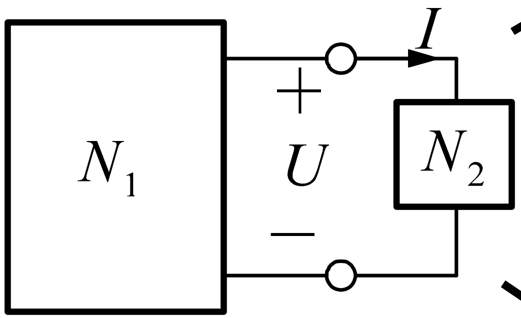
4 特勒根定理

5 互易定理

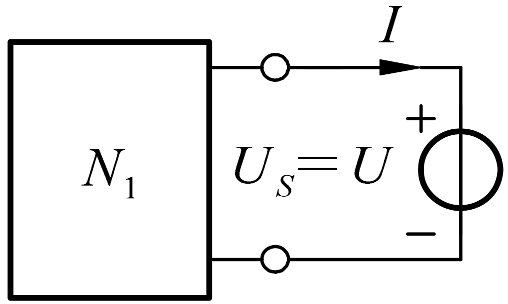
6 对偶原理

§ 3.1 置换定理

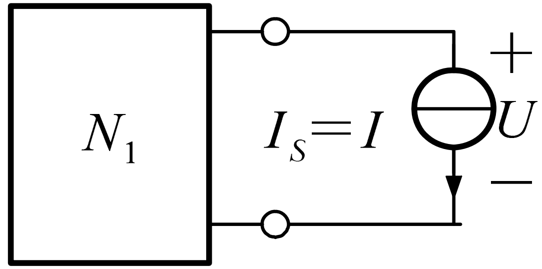
1 置换定理内容： 在任意线性和非线性电路中，若某一端口的电压和电流为$\boldsymbol{U}$和$\boldsymbol{I}$，则可用$\boldsymbol{U_S}=\boldsymbol{U}$的电压源或$\boldsymbol{I_S}=\boldsymbol{I}$的电流源来置换此一端口，而不影响电路中其它部分的电流和电压。



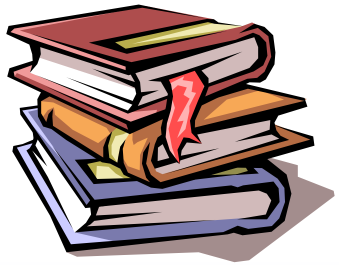
（a） 置换定理图示



（b） 置换定理图示

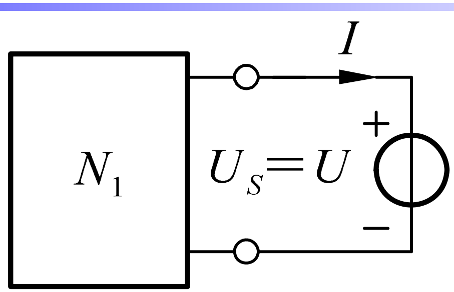


（c） 置换定理图示

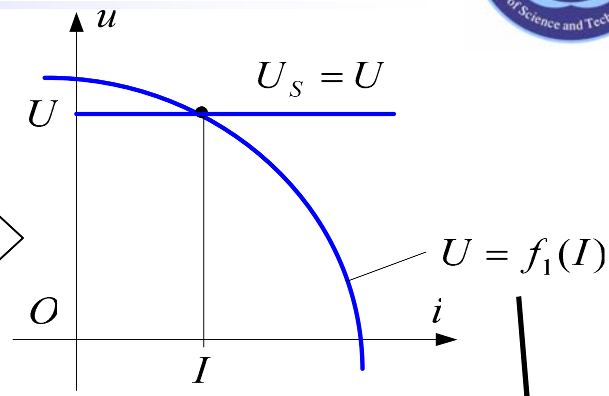


§ 3.1 置换定理

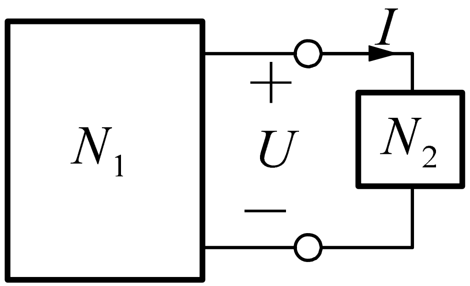
2 定理证明：



（b）置换定理图示



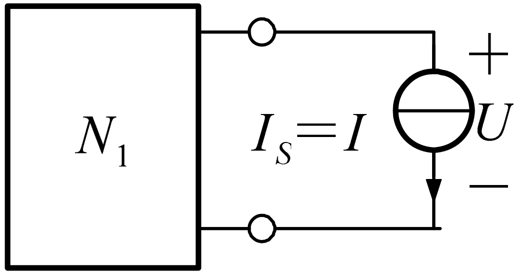
置换定理的证明



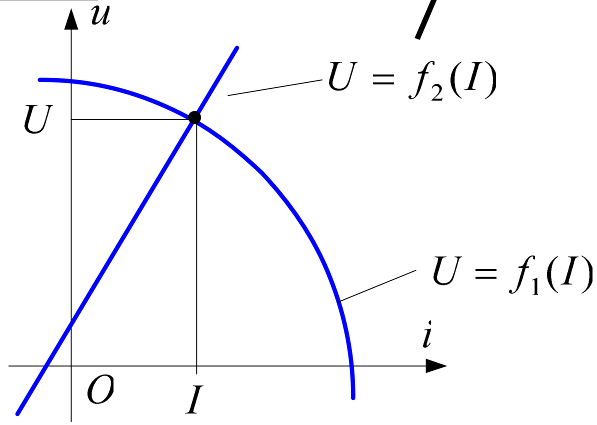
（a） 置换定理图示

设***N*1**和***N*2**的端口电压、电流关系分别为$\boldsymbol{U=f_1(I)}$和$\boldsymbol{U=f_2(I)}$,则此时电路的解为

解不变



（c） 置换定理图示



置换定理的证明

§3.1 置换定理

说明：

(1)置换定理既适用于线性电路，也适用于非线性电路；

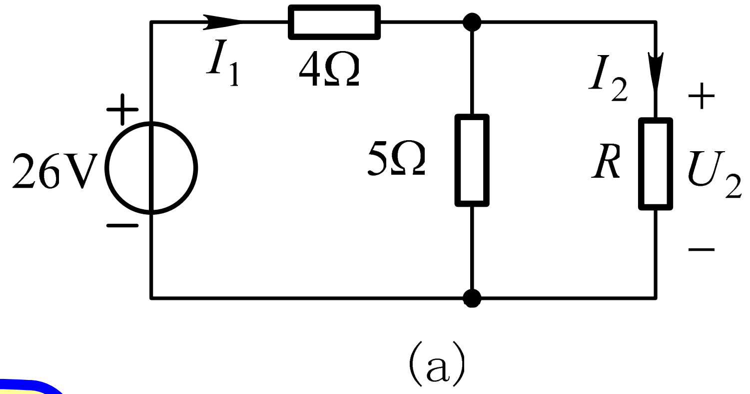
(2)置换定理要求置换后的电路有惟一解；

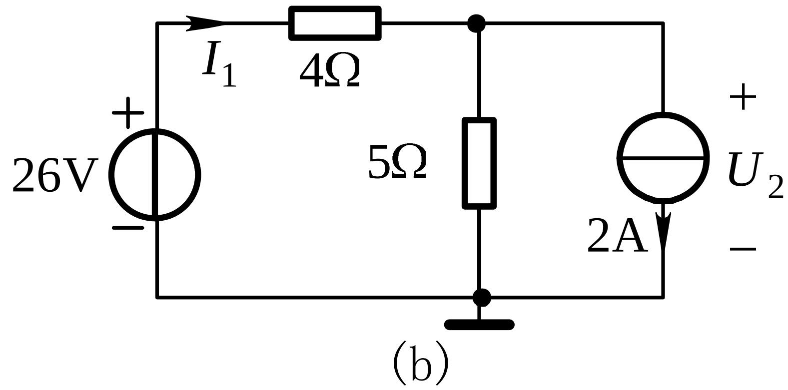
(3)除被置换部分发生变化外，其余部分在置换前后必须保持完全相同；

(4) 被置换的支路和电路其它部分应无耦合关系。

§ 3.1 置换定理

例3.1 图(a)所示电路，已知I_2=2A，求电阻R和电流I_1。





解 根据置换定理，用**2A**电流源置换电阻 ***R*** 得图**(b)**所示电路。列节点电压方程：

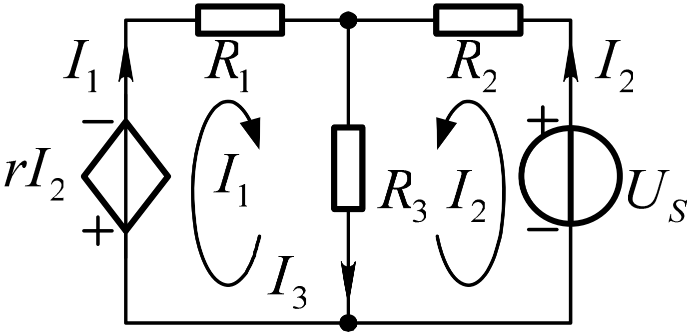
$$(\frac{1}{4\Omega}+\frac{1}{5\Omega})U_2=\frac{26\text{V}}{4\Omega}-2\text{A} \quad \Rightarrow \quad U_2=10\text{V}$$

$$\Rightarrow \quad R=\frac{U_2}{I_2}=5\Omega \quad \Rightarrow \quad I_1=\frac{26\text{V}-U_2}{4\Omega}=4\text{A}$$

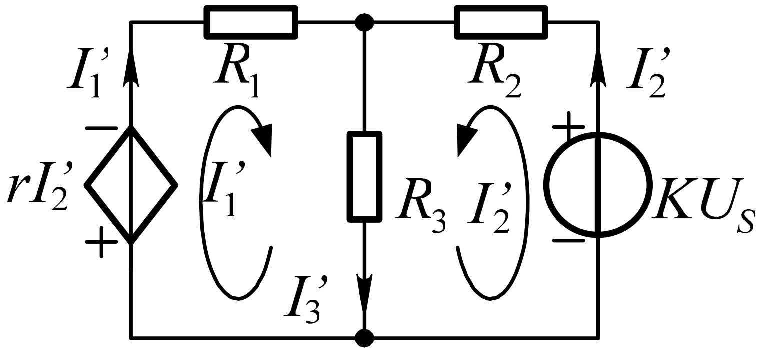
§ 3.2 齐性定理与叠加定理

一、 齐性定理

1引例



齐性定理示例



齐性定理示例

$$\left.\begin{aligned}(R_1+R_3)I_1+(R_3+r)I_2&=0\\ R_3I_1+(R_2+R_3)I_2&=U_S\end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned}(R_1+R_3)I_1^{'}+(R_3+r)I_2^{'}&=0\\ R_3I_1^{'}+(R_2+R_3)I_2^{'}&=KU_S\end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned}(R_1+R_3)(KI_1)+(R_3+r)(KI_2)&=0\\ R_3(KI_1)+(R_2+R_3)(KI_2)&=KU_S\end{aligned}\right\}$$

$$I_1^{'}=KI_1 \qquad I_2^{'}=KI_2$$

§ 3.2 齐性定理与叠加定理

2 齐性定理内容（homogeneity theorem）：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)=Kf(X)=KY***。

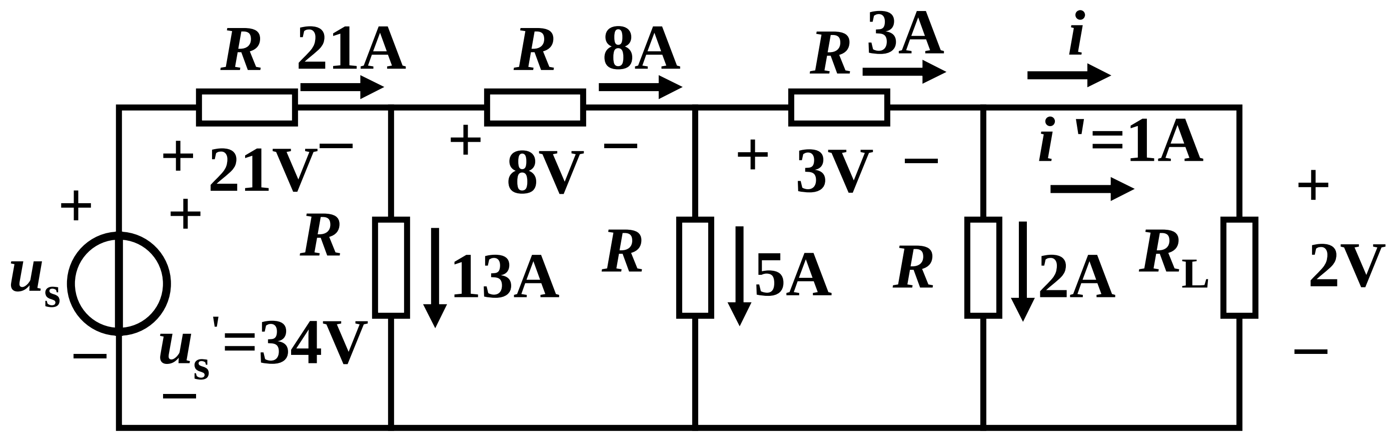
若电路中只有一个激励，则响应与激励成正比。

$$I_1 = -\frac{R_3 + r}{R_1 R_2 + R_3(R_1 + R_2 - r)} U_S = A_1 U_S$$

$$I_2 = \frac{R_1 + R_3}{R_1 R_2 + R_3(R_1 + R_2 - r)} U_S = A_2 U_S$$

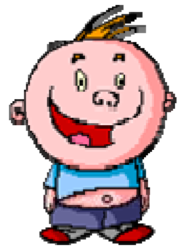
A_1 、A_2与电源无关，由电路的结构和参数决定

例. 已知：R_L=2Ω，R =1 Ω，u_s=51V， 求电流 i 。



解 采用倒推法：设i'=1A。

由于 $$\frac{i}{i'}=\frac{u_s}{u_s'}$$ 即 $$i=\frac{u_s}{u_s'}i'=\frac{51}{34}\times1=1.5\text{A}$$

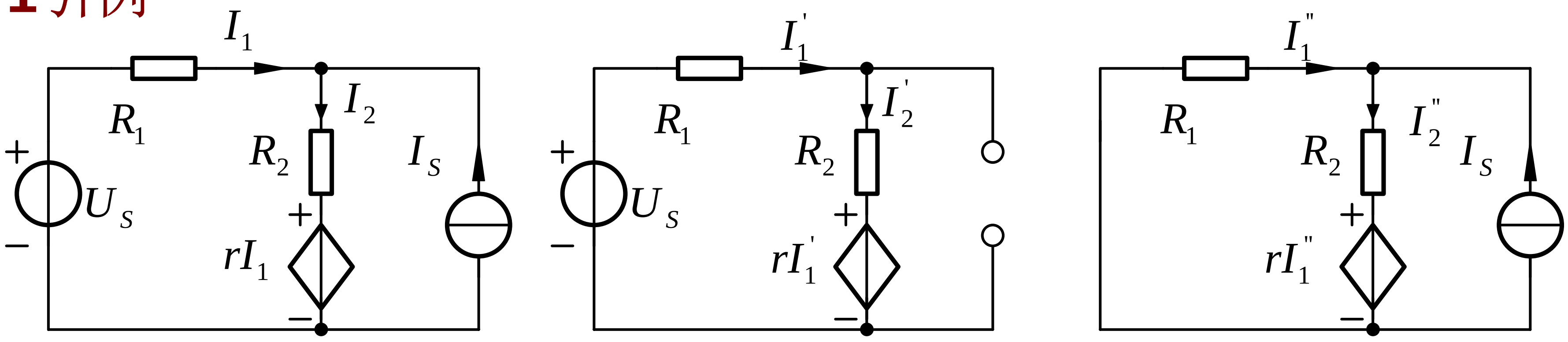


注：用齐性定理分析梯形电路特别有效。

§ 3.2 齐性定理与叠加定理

二、 叠加定理

1引例



(a) (b) (c)

$$\begin{cases} -I_1 + I_2 = I_S \\ (R_1 + r)I_1 + R_2 I_2 = U_S \end{cases} \qquad \begin{cases} -I_1' + I_2' = 0 \\ (R_1 + r)I_1' + R_2 I_2' = U_S \end{cases} \qquad \begin{cases} -I_1'' + I_2'' = I_S \\ (R_1 + r)I_1'' + R_2 I_2'' = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 = \dfrac{-R_2}{R_1 + R_2 + r} I_S + \dfrac{1}{R_1 + R_2 + r} U_S \\ I_2 = \dfrac{R_1 + r}{R_1 + R_2 + r} I_S + \dfrac{1}{R_1 + R_2 + r} U_S \end{cases} \qquad \begin{cases} I_1' = \dfrac{1}{R_1 + R_2 + r} U_S \\ I_2' = \dfrac{1}{R_1 + R_2 + r} U_S \end{cases} \qquad \begin{cases} I_1'' = \dfrac{-R_2}{R_1 + R_2 + r} I_S \\ I_2'' = \dfrac{R_1 + r}{R_1 + R_2 + r} I_S \end{cases}$$

§ 3.2 齐性定理与叠加定理

2 叠加定理内容：在线性电路中，由几个独立电源共同作用产生的响应等于各个独立电源单独作用时产生相应响应的代数叠加。

注：

（1）叠加定理只适用于线性电路，不适用于非线性电路；

（2）在各分电路中，不作用的电压源置零，相当于短路；不作用的电流源置零，相当于开路；

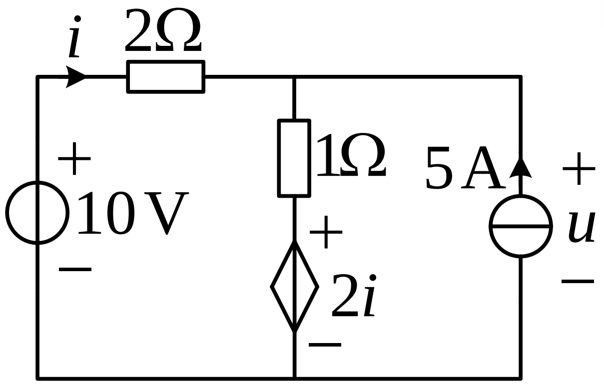
（3）电路中所有电阻和受控源保留不动；

（4）各响应分量叠加时，其参考方向与原电路响应参考方向一致时取正，否则取负；

（5）功率不满足叠加定理。

$$p = ui = (u' + u'')(i' + i'') \neq u'i' + u''i''$$

例 计算电压u和电流i。



解:**10V**电压源作用:

$$(2+1)i'+2i'=10 \qquad i'=2\text{A}$$

$$u'=1\times i'+2i'=3i'=6\text{V}$$

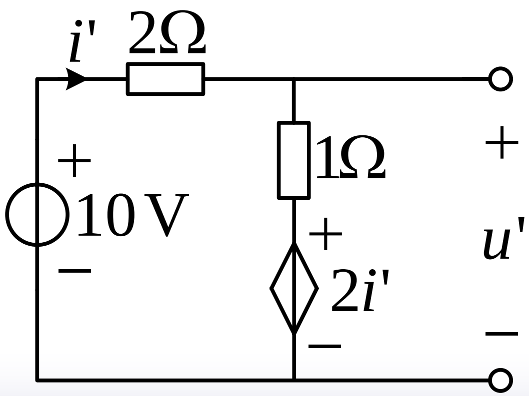
5A电流源作用: $2i''+1\times(5+i'')+2i''=0 \qquad i''=-1\text{A}$

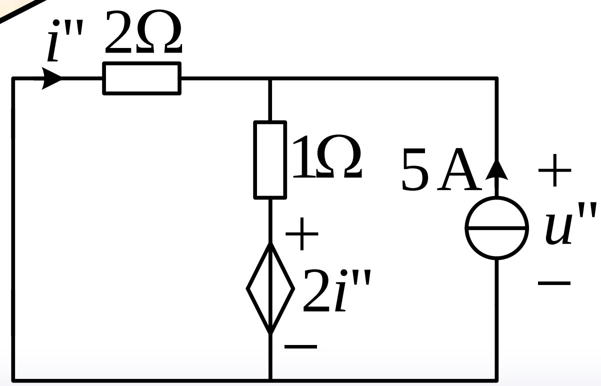
$$u''=-2i''=-2\times(-1)=2\text{V}$$

$$u=6+2=8\text{V} \qquad i=2+(-1)=1\text{A}$$

受控源始终保留

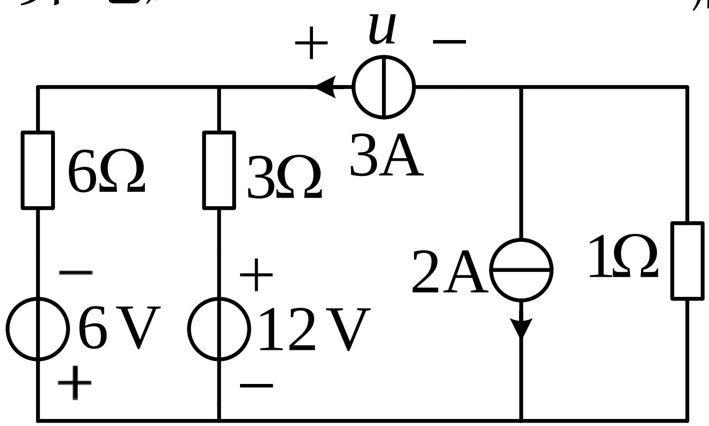
画出分电路图





§ 3.2 齐性定理与叠加定理

例 计算电压$\boldsymbol{u}$。



解：**3A**电流源作用：

$$u' = (6/\!/3 + 1)\times 3 = 9\text{V}$$

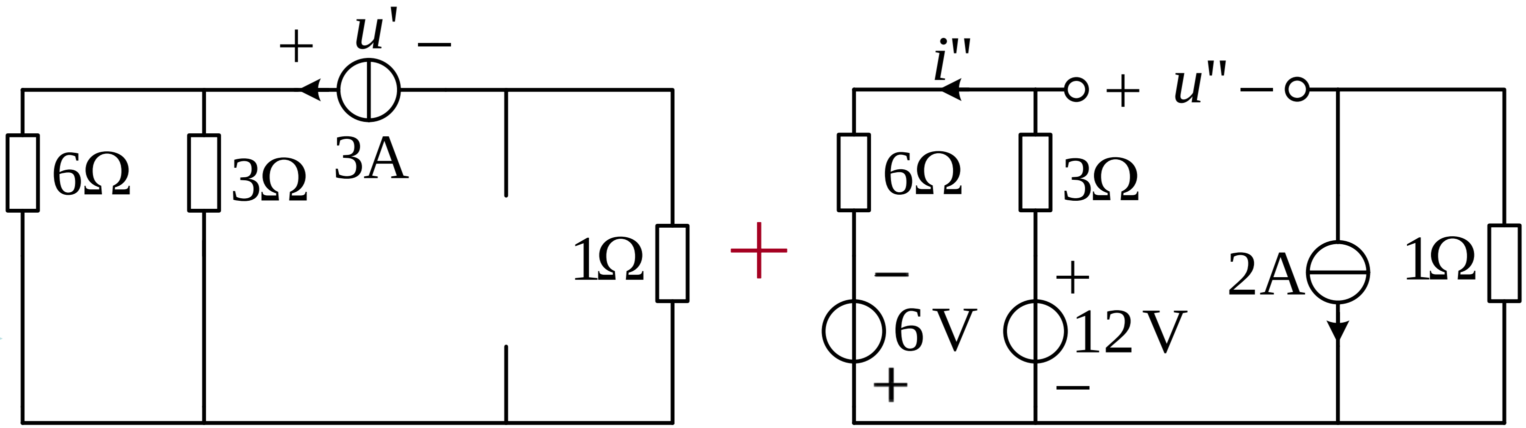
其余电源作用：

$$i'' = (6+12)/(6+3) = 2\text{A}$$

$$u'' = 6i'' - 6 + 2\times 1 = 8\text{V}$$

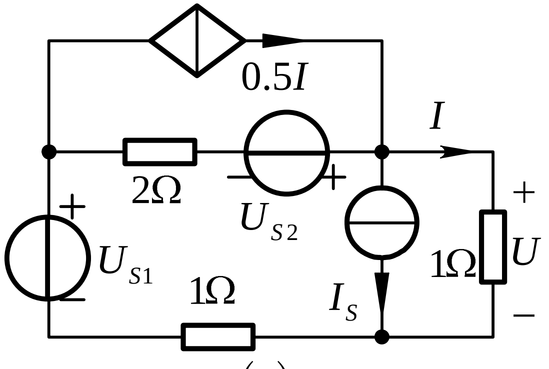
$$u = u' + u'' = 9 + 8 = 17\text{V}$$

画出分电路图



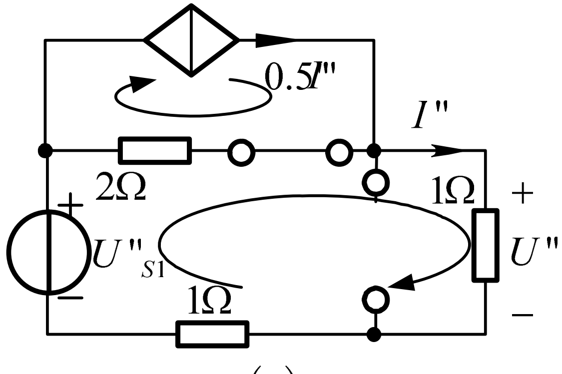
说明：叠加方式是任意的，可以一次一个独立源单独作用，也可以一次几个独立源同时作用，取决于分析计算方便。

例3.5 已知当U_{S1}=3V时，电压U=4V。求当U_{S1}=3.6V，其它条件不变时电压 U 的值。



(a)

解



(c)

0.6V

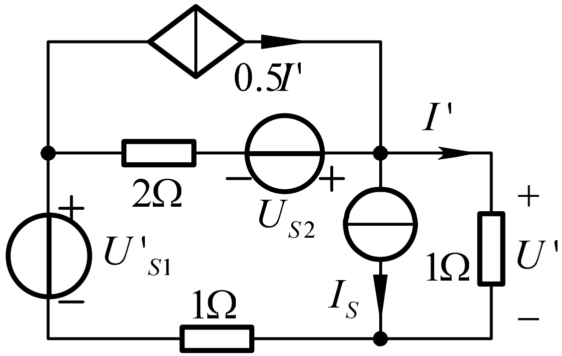
$$(1+2+1)\Omega\times I'' - 2\Omega\times 0.5I'' = 0.6\,\text{V}$$

$$I'' = 0.2\,\text{A}$$

$$U'' = 1\Omega\times I'' = 0.2\,\text{V}$$

$$U = U' + U'' = 4.2\,\text{V}$$

3V



(b)

$$U' = 4\text{V}$$

叠加作用可以是一个电源被分成几个子电源作用，但作用总和应和原电源的值保持一致

§3.2 齐性定理与叠加定理

3 线性直流电路的任一响应可表示为该电路中独立源的线性组合，即：

$$Y=K_1X_1+K_2X_2+\ldots+K_mX_m$$

注：系数K_i与独立电源无关，由电路的结构和电阻以及受控源参数决定。

§ 3.2 齐性定理与叠加定理

证明：对于一个具有**b**条支路，***n***个节点的电路，可用回路电流或节点电压作为变量列写电路方程。方程具有以下形式：

$$
\left.\begin{aligned}
a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1N}x_N &= b_{11} \\
a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2N}x_N &= b_{22} \\
\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots&\cdots\cdots \\
a_{N1}x_1 + a_{N2}x_2 + \cdots + a_{NN}x_N &= b_{NN}
\end{aligned}\right\}
$$

方程组解的一般形式为： $x_k = \frac{\Delta_{1k}}{\Delta}b_{11} + \frac{\Delta_{2k}}{\Delta}b_{22} + \cdots + \frac{\Delta_{Nk}}{\Delta}b_{NN}$

Δ是a系数构成的行列式，Δ_{jk}是Δ的第j行第k列的余因式。

当电路中有 ***g*** 个电压源和 ***h*** 个电流源时，任意一处电压或电流都可以写为以下形式：

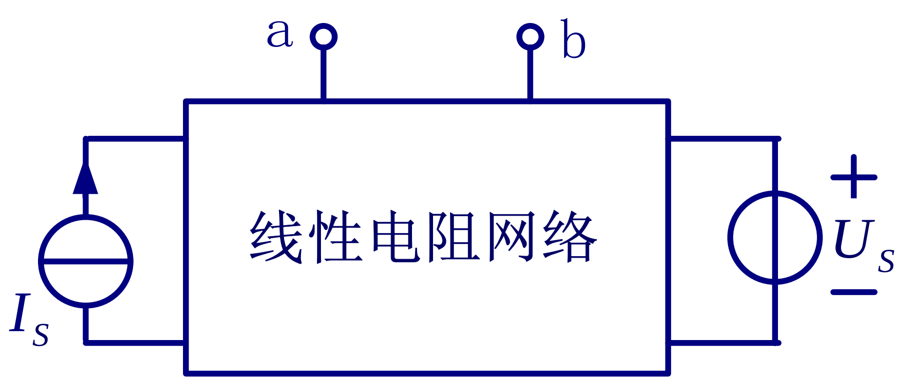
$$y_k = A_{k1}u_{S1} + A_{k2}u_{S2} + \cdots + A_{kg}u_{Sg} + B_{k1}i_{S1} + B_{k2}i_{S2} + \cdots + B_{kh}i_{Sh}$$

例 有一线性电阻网络。

当U_S=12V，I_S=2A时，U_{ab}=0；

当U_S=24V, I_S=10A时,U_{ab}=18V；

求U_S=10V，I_S=3A时的U_{ab}。



解：由叠加定理与齐性定理，响应$U_{ab}= aU_S+bI_S$

根据已知条件：
$$\begin{cases} 12a+2b=0 \\ 24a+10b=18 \end{cases}$$

解得$a=-0.5$，$b=3\,\Omega$

$$\therefore U_{ab}=-0.5U_S+3I_S=-0.5\times10+3\times3=4\text{V}$$

§ 3.3 等效电源定理

戴维南定理是由法国电信工程师 **M.Leon Thevenin**（戴维宁）于**1883**年提出的。

诺顿定理则是由在贝尔电话实验室工作的美国工程师 **E.L.Norton**（诺顿）于**1926**年提出的。

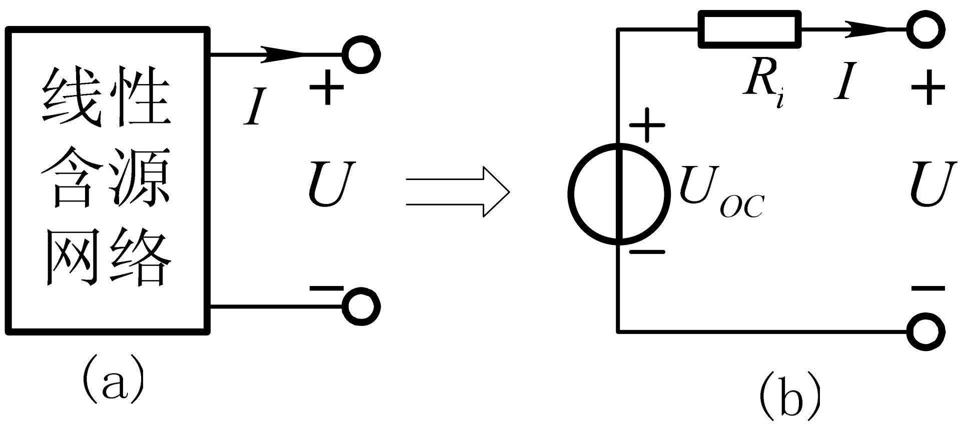
戴维南定理和诺顿定理对简化电路的分析和计算十分有用，是分析电路的有力工具，应用广泛。

这两个定理是本章学习的重点！

§ 3.3 等效电源定理

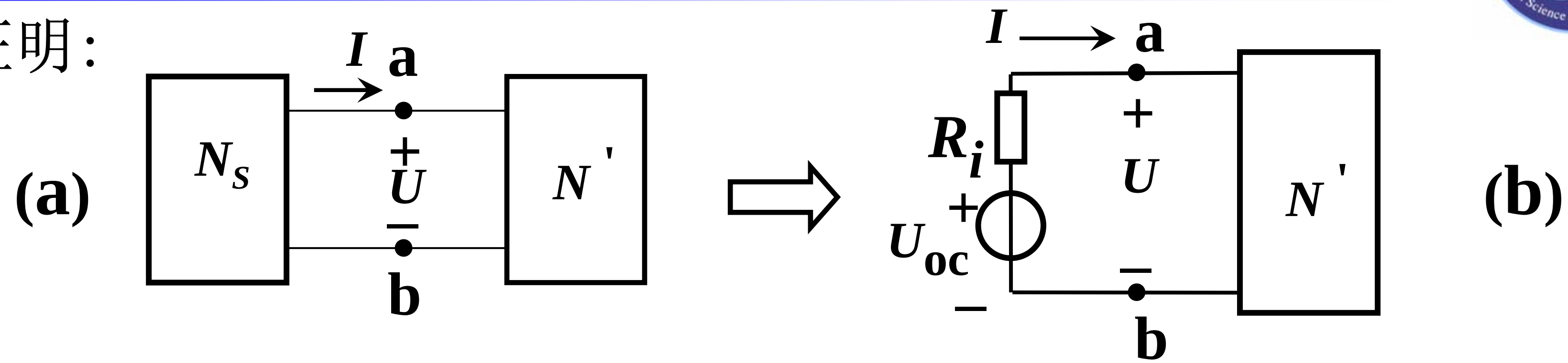
一、 戴维南定理

1 定理内容：线性含源一端口网络的对外作用可以用一个**电压源串联电阻**的电路来等效代替。其中电压源的源电压等于此一端口网络的开路电压，而电阻等于此一端口网络内部各独立电源置零后所得无独立源一端口网络的等效电阻。

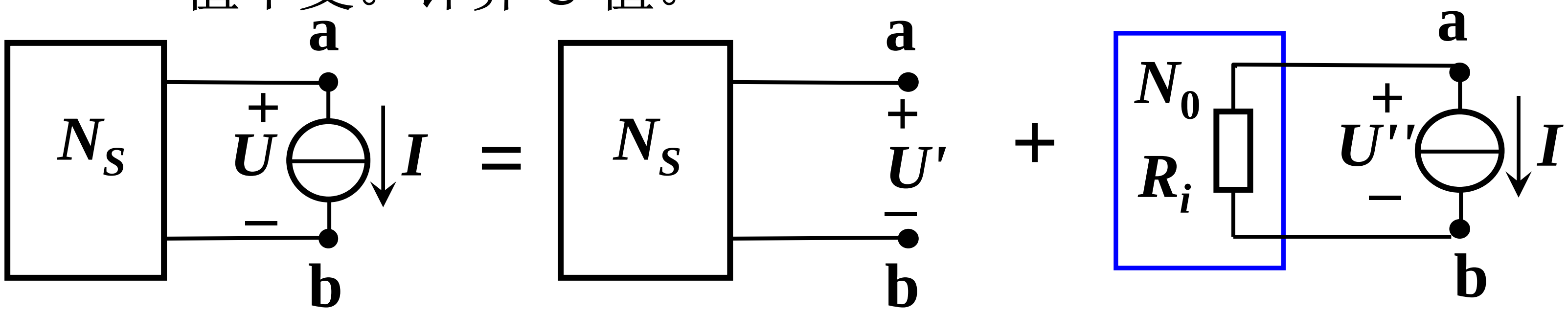


戴维南定理图示

2 证明：



(对图a)　利用置换定理，将外部电路用电流源置换，此时U和 I 值不变。计算 U 值。



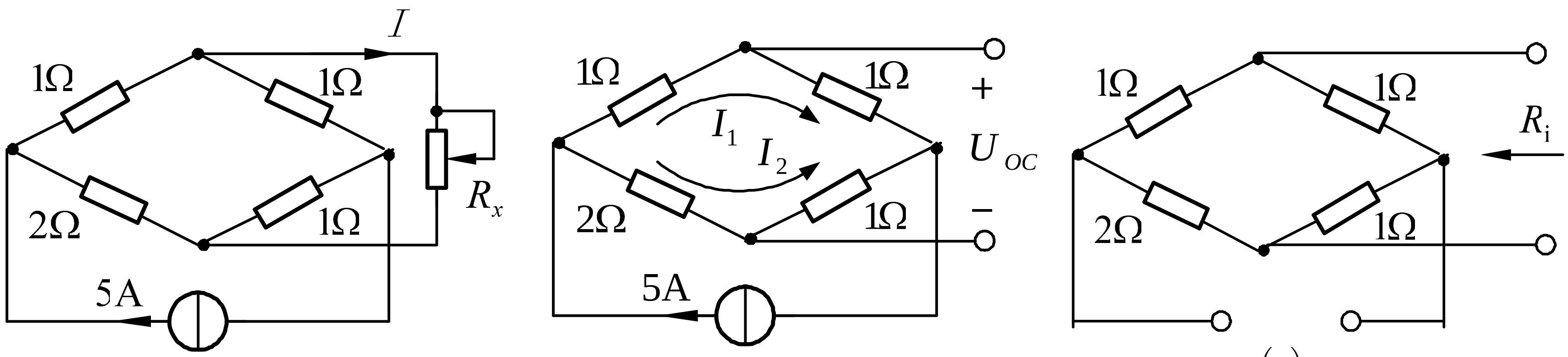
电流源I置零　　网络N_S中独立源全部置零

$$\begin{cases} U' = U_{oc} & \text{(电路开路时a、b间开路电压)} \\ U'' = -R_i I \end{cases}$$

根据叠加定理，可得：$U = U' + U'' = U_{oc} - R_i I$

§ 3.3 等效电源定理

例3.6 计算电桥中R_x分别等于0 Ω、0.4 Ω、0.8 Ω、 1.2 Ω、1.6 Ω、2.0 Ω 、2.4 Ω 时，该支路的电流和功率。



(b) (c)

解 用戴维南定理化简电路中的不变部分。

(1) 求开路电压U_{OC}。将R_x支路断开时，电路如图(b)所示。

$$I_1 = 3\text{A}, I_2 = 2\text{A}$$

$$U_{OC} = 1\Omega \times I_1 - 1\Omega \times I_2 = 1\text{V}$$

(2) 求等效电阻R_i。将电流源用开路代替，电路如图(c)所示。

$$R_i = [(1+2) \,||\, (1+1)]\Omega = 1.2\Omega$$

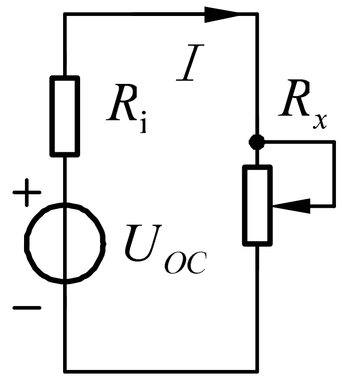
(3) 根据(1)、(2)求得戴维南等效电路如图(d)所示。

$$U_{OC}=1\mathrm{V}, R_i=1.2\Omega$$

(4) 根据图(d)求得R_X相应的电流和功率。

$$I=\frac{U_{OC}}{R_i+R_x}=\frac{1\mathrm{V}}{1.2\Omega+R_x}$$

$$P=I^2R_x$$



(d)

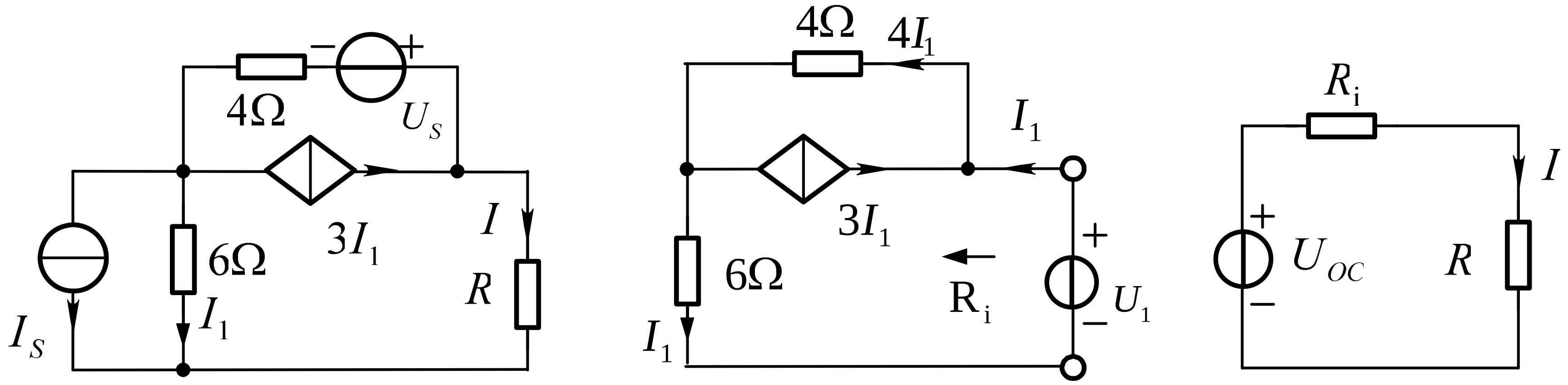
将R_x的值分别代入上式，列表：

R_x/Ω	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4
I/A	0.833	0.625	0.500	0.417	0.357	0.313	0.278
P/W	0	0.156	0.200	0.208	0.204	0.195	0.185

思考：当R_x的值逐渐增大时，电流与功率的变化有什么规律？

§ 3.3 等效电源定理

例3.7 图示电路。已知R=8 Ω 时，I=1A。 求R为何值时I=0.5A?



解 （1）首先求该电路的戴维南等效电阻；

$$(4+6)\Omega\times I_1+4\Omega\times 3I_1=U_1 \Rightarrow R_i=\frac{U_1}{I_1}=22\Omega$$

（2）根据已知条件求开路电压；

$$U_{OC}=(R_i+R)I=(22+8)\Omega\times 1\text{A}=30\text{V}$$

（3）求改变后的R。

$$I=\frac{U_{OC}}{R_i+R}=\frac{30\text{V}}{22\Omega+R}=0.5\text{A}\Rightarrow R=38\Omega$$

§ 3.3 等效电源定理

3 小结：

(1) 戴维南等效电路中电压源电压等于将外电路断开时的开路电压 U_{oc}，电压源方向与所求开路电压方向有关。

(2) 串联电阻为将一端口网络内部独立电源全部置零(电压源短路，电流源开路)后，所得一端口网络的等效电阻。

等效电阻的计算方法：

①当网络内部不含有受控源时可采用电阻串并联的方法计算；

②加压求流法或加流求压法

③开路电压、短路电流法

②③方法更有一般性(下一页将具体介绍）。

(3) 外电路发生改变时，含源一端口网络的等效电路不变。

(4) 当一端口内部含有受控源时，其控制支路也必须包含在被化简的一端口中。

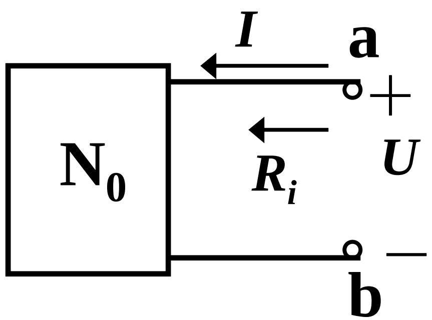
§ 3.3 等效电源定理

等效电阻除了串并联公式计算外，还有以下两种计算方法：

（1）加压求流法或加流求压法：

将原有的含源一端口网络N_S内所有独立源均置零，化为无独立源一端口网络N_0后，在其端口a，b处施加一个电压U，求其端口电流I（或者在端口处引入一个电流I，求端口两端电压U），则端口处的输入电阻（等效电阻）为：

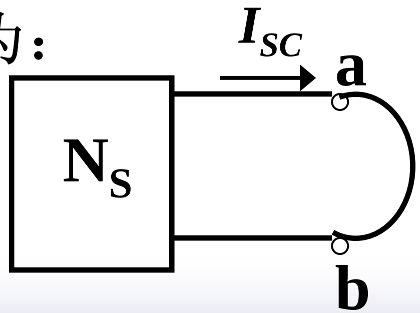
$$R_i = \frac{U}{I}$$



（2）开路电压、短路电流法：

分别求出含源一端口网络的开路电压U_{oc}和短路电流I_{sc}，则含源一端口网络等效电阻为：

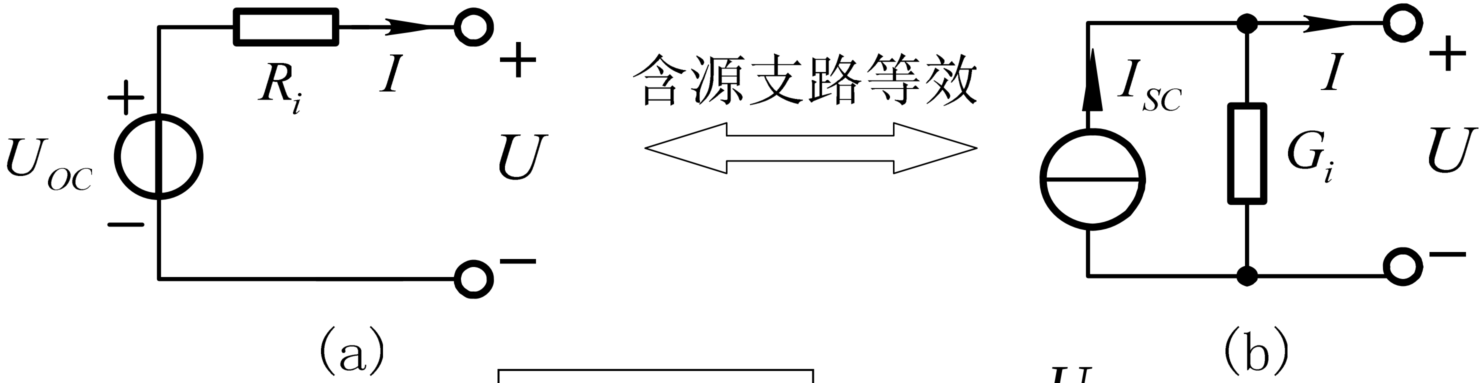
$$R_i = \frac{U_{OC}}{I_{SC}}$$



注意这两种方法中的电流的参考方向是不同的。

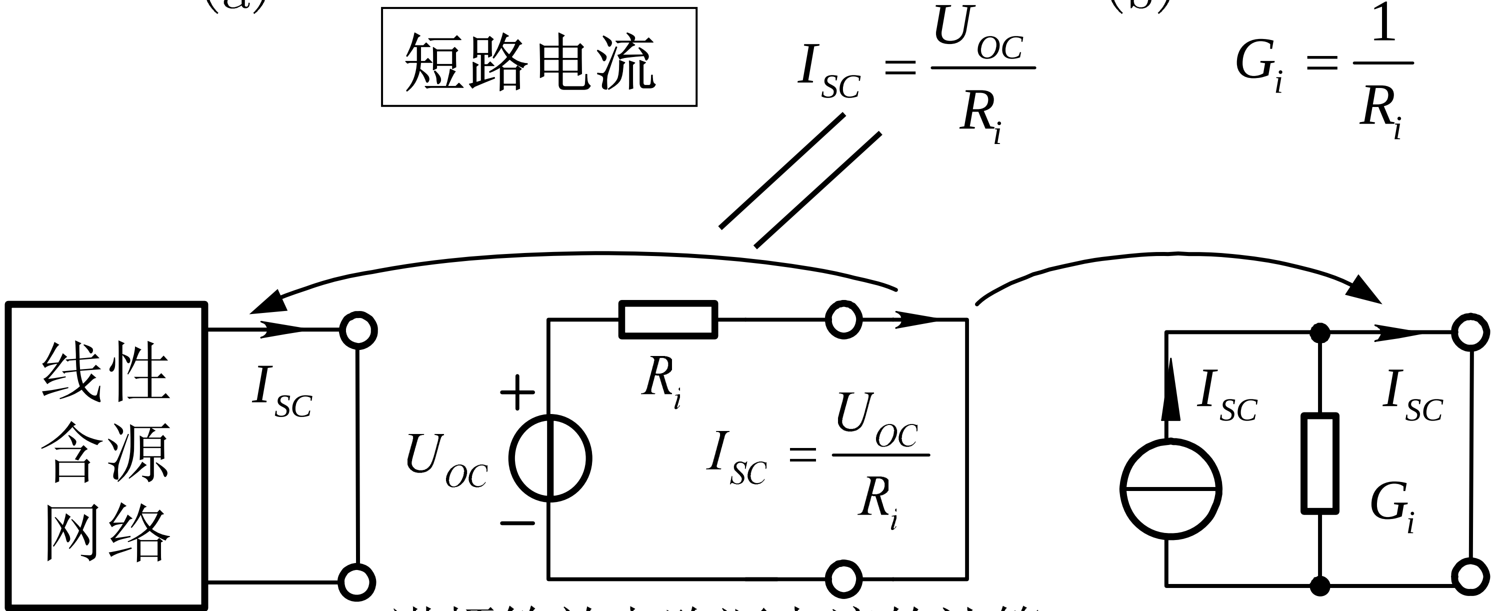
§ 3.3 等效电源定理

二、 诺顿定理



$$I_{SC} = \frac{U_{OC}}{R_i}$$

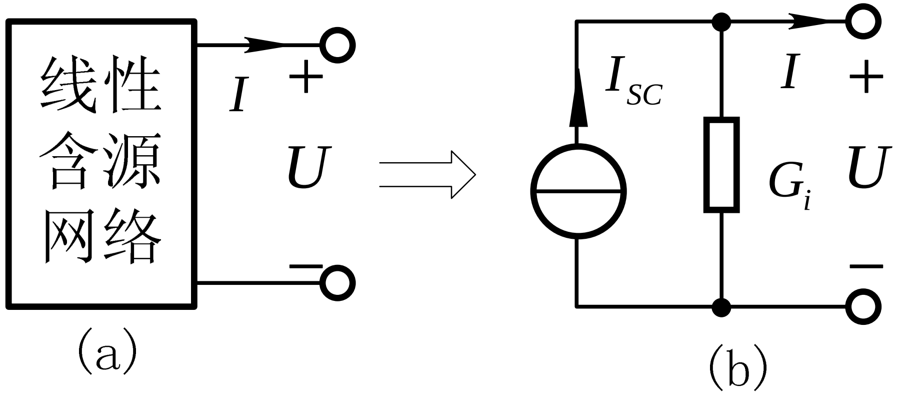
$$G_i = \frac{1}{R_i}$$



诺顿等效电路源电流的计算

§3.3 等效电源定理

定理内容：线性含源一端口网络的对外作用可以用一个电流源并联电导的电路来等效代替。其中电流源的源电流等于此一端口网络的短路电流，而电导等于此一端口网络内部各独立源置零后所得无独立源一端口网络的等效电导。这一定理称为诺顿定理，所得电路称为诺顿等效电路。

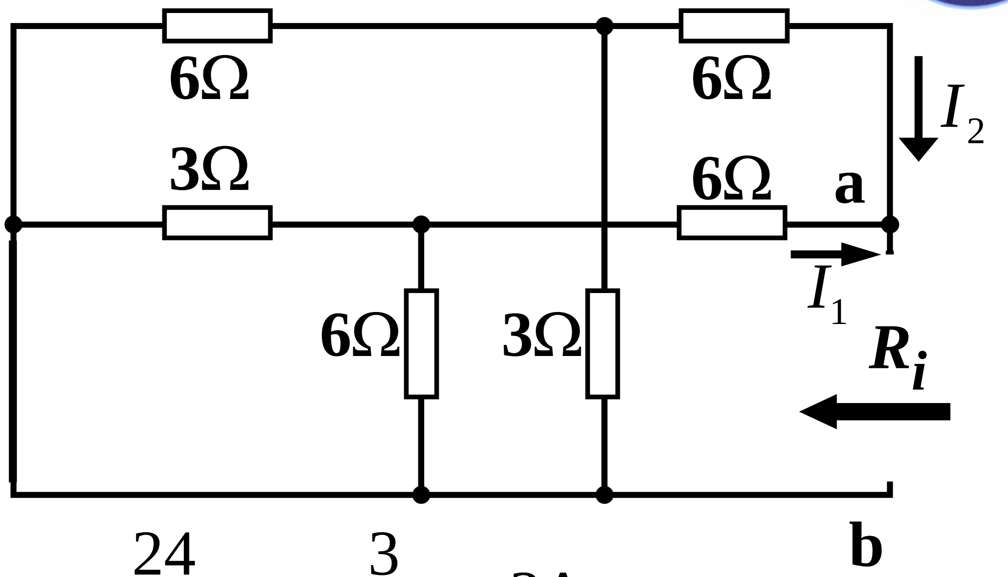


诺顿定理图示

注： G_i=0时只存在诺顿等效电路；R_i=0时只存在戴维南等效电路。

§ 3.3 等效电源定理

例 求电压U。



解 本题用诺顿定理求比较方便。因a、b处的短路电流比开路电压容易求。

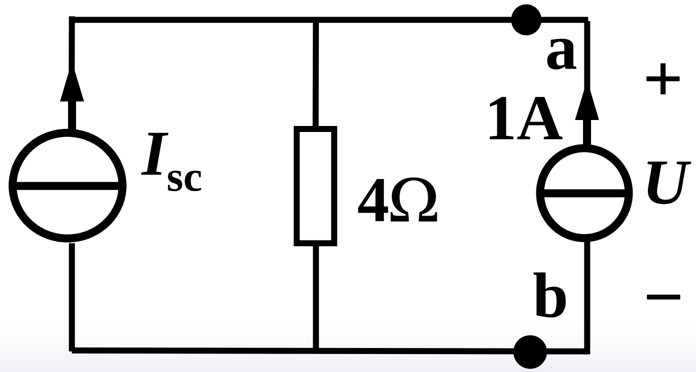
(1) 求短路电流I_{sc}

$$I_{SC}=I_1+I_2=\frac{24}{6//6+3}\times\frac{1}{2}+\frac{24}{3//6+6}\times\frac{3}{3+6}=3\text{A}$$

(2) 求等效电阻R_i

$$R_i=(6//3+6)//(3//6+6)=4\Omega$$

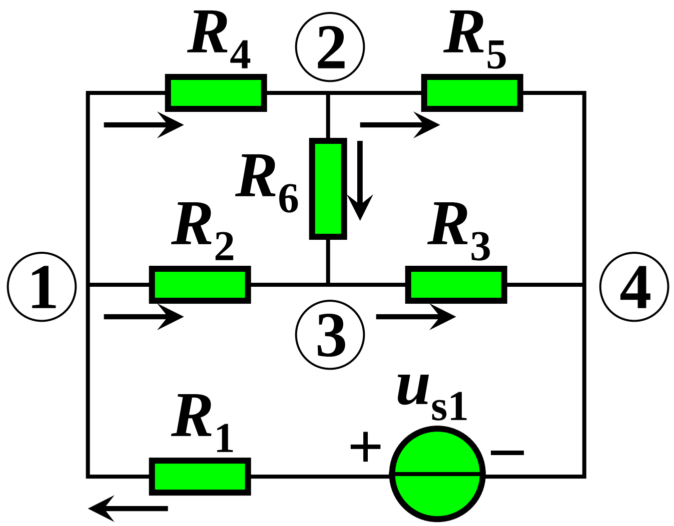
(3) 诺顿等效电路:



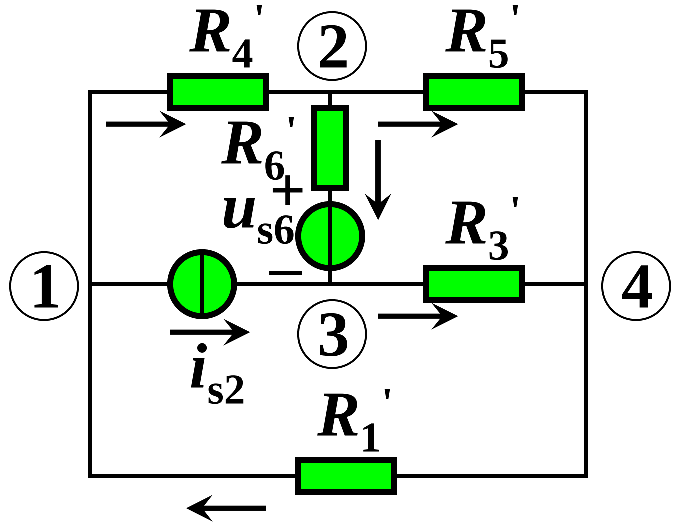
$$U=(3+1)\times4=16\text{V}$$

§ 3.4 特勒根定理

1 引例：



N

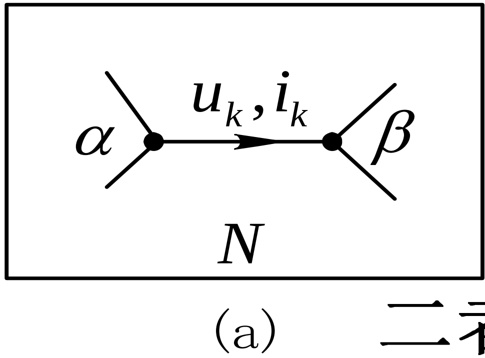


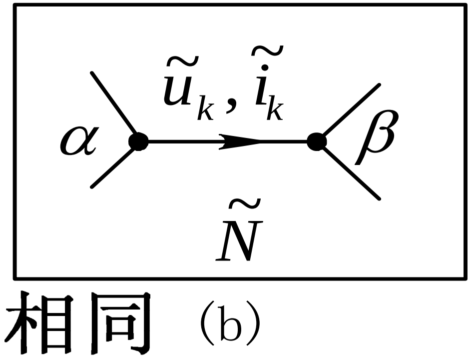
$\tilde{N}$

两个电路，支路数和节点数都相同，而且对应支路与节点的联接关系也相同；具有相同拓扑结构。

$$\sum_{k=1}^{6} u_k \tilde{i}_k = u_1 \tilde{i}_1 + u_2 \tilde{i}_2 + u_3 \tilde{i}_3 + u_4 \tilde{i}_4 + u_5 \tilde{i}_5 + u_6 \tilde{i}_6 = ?$$

§ 3.4 特勒根定理



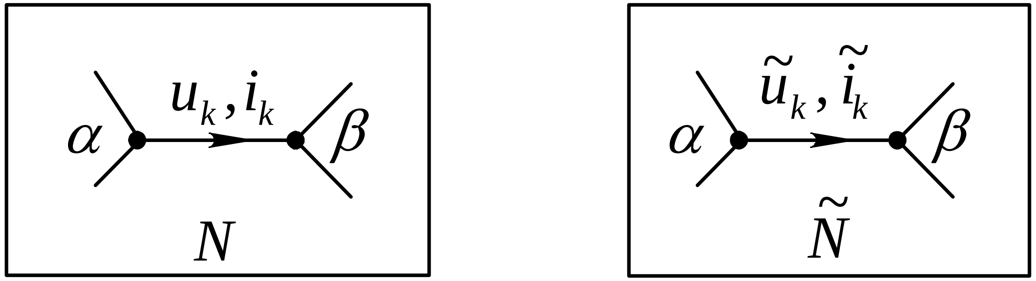


二者结构相同

2 特勒根定理：电路N中各支路电压u_k与电路$\tilde{N}$中对应支路电流$\tilde{i}_k$的乘积之和等于零，即

$$\sum_{k=1}^{b} u_k \tilde{i}_k = 0 \qquad \sum_{k=1}^{b} \tilde{u}_k i_k = 0$$

§ 3.4 特勒根定理



(a) 二者结构相同 (b)

$$\sum_{k=1}^{b} u_k \tilde{i}_k = 0$$

$$\sum_{k=1}^{b} \tilde{u}_k i_k = 0$$

证明： 根据图示电路： $u_k \tilde{i}_k = (u_{n\alpha} - u_{n\beta}) \tilde{i}_{\alpha\beta} = u_{n\alpha} \tilde{i}_{\alpha\beta} + u_{n\beta} \tilde{i}_{\beta\alpha}$

$$\Rightarrow \sum_{k=1}^{b} u_k \tilde{i}_k = \sum_{\text{所有支路}} (u_{n\alpha} \tilde{i}_{\alpha\beta} + u_{n\beta} \tilde{i}_{\beta\alpha})$$

对于整个电路存在 $u_{n\alpha} \sum_{\alpha} \tilde{i}$

$\sum_{\alpha} \tilde{i}$ 为流出节点 α 的各支路电流之和

$$\sum_{\alpha} \tilde{i} = 0 \Rightarrow \sum_{k=1}^{b} u_k \tilde{i}_k = 0$$

3 功率守恒定理

在任一瞬间，一个电路中各支路吸收功率的代数和等于零。

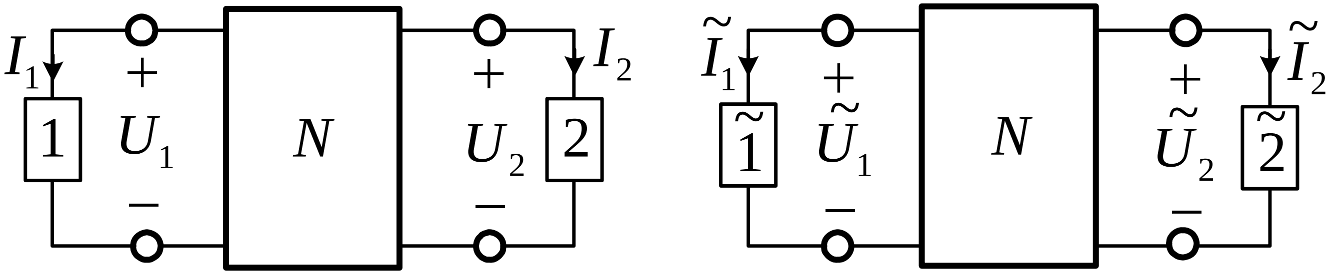
若两个电路完全相同则

$$\sum_{k=1}^{b} u_k i_k = 0 \Rightarrow \sum_{k=1}^{b} p_k = 0$$

不同电路中虽具有相同的形式但却不具备任何物理意义，所以称为似功率守恒定理。

§3.4 特勒根定理

4 特勒根定理的应用（网络N内仅含线性二端电阻元件）



(a) (b)

分析：由特勒根定理

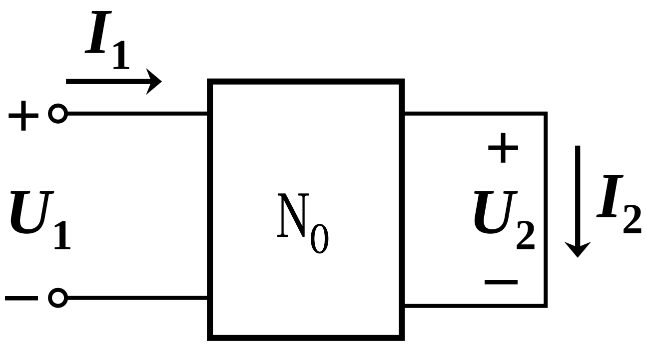
$$\begin{cases} U_1\tilde{I}_1 + U_2\tilde{I}_2 + \sum_{k=3}^{b} U_k\tilde{I}_k = 0 \\ \tilde{U}_1 I_1 + \tilde{U}_2 I_2 + \sum_{k=3}^{b} \tilde{U}_k I_k = 0 \end{cases}$$

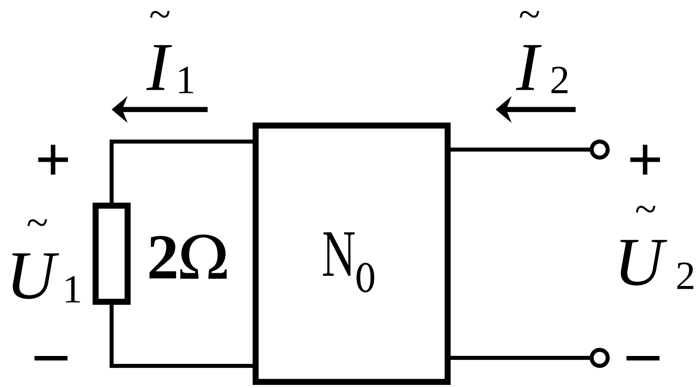
又 $\begin{cases} U_k = R_k I_k \\ \tilde{U}_k = R_k \tilde{I}_k \end{cases}$ ⇒ $\begin{cases} U_1\tilde{I}_1 + U_2\tilde{I}_2 + \sum_{k=3}^{b} R_k I_k \tilde{I}_k = 0 \\ \tilde{U}_1 I_1 + \tilde{U}_2 I_2 + \sum_{k=3}^{b} R_k \tilde{I}_k I_k = 0 \end{cases}$

⇒ $U_1\tilde{I}_1 + U_2\tilde{I}_2 = \tilde{U}_1 I_1 + \tilde{U}_2 I_2$

例:网络N_0为线性电阻网络,

已知:$\boldsymbol{U_1}$**=10V,** $\boldsymbol{I_1}$**=5A,** $\boldsymbol{I_2}$**=1A** ;$\tilde{U}_2=10\text{V}$,求$\tilde{U}_1$.

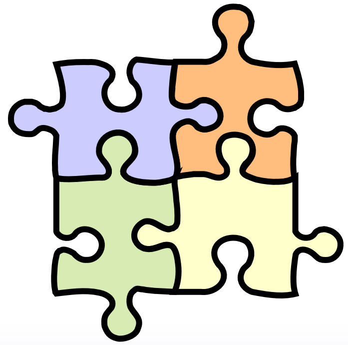




解:

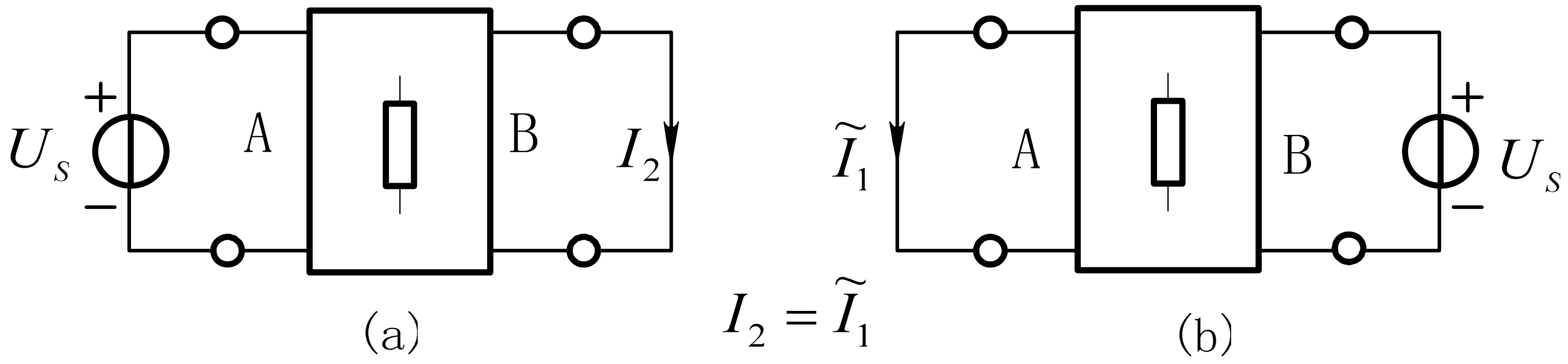
$$\begin{cases} U_1\tilde{I}_1+U_2(-\tilde{I}_2)=\tilde{U}_1(-I_1)+\tilde{U}_2I_2 \\ \tilde{U}_1=2\tilde{I}_1 \end{cases}$$

➡ $\tilde{U}_1=1\text{V}$



§ 3.5 互易定理

1 互易定理形式一：

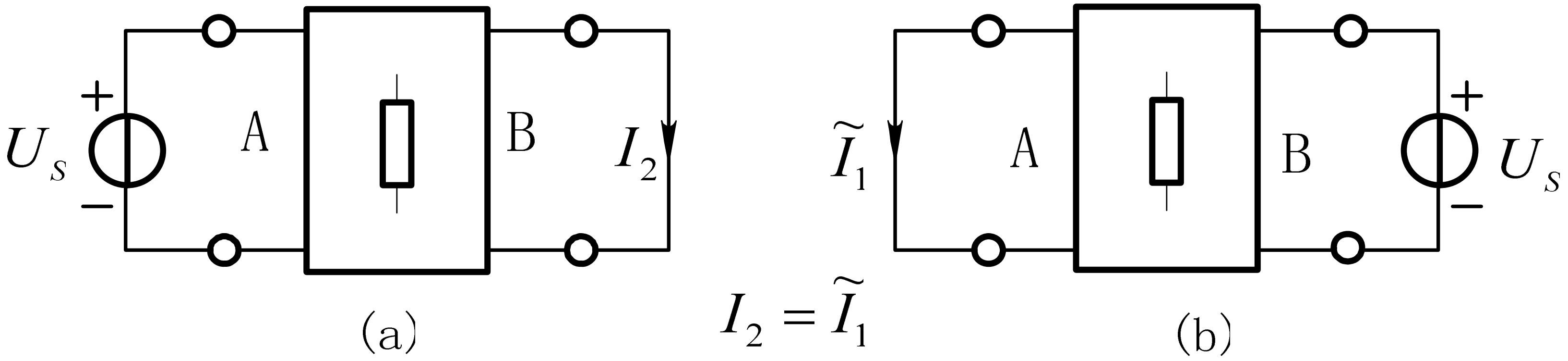


$$I_2 = \tilde{I}_1$$

互易定理的第一种形式

定理(第一种形式)： 对于含有一个独立电压源和若干线性二端电阻的电路，当此电压源在某一端口**A**作用时，在另一端口**B**产生的短路电流等于把此电压源移到端口**B**作用而在端口**A**所产生的短路电流。

§ 3.5 互易定理



互易定理的第一种形式

证明：根据特勒根定理可以写出：

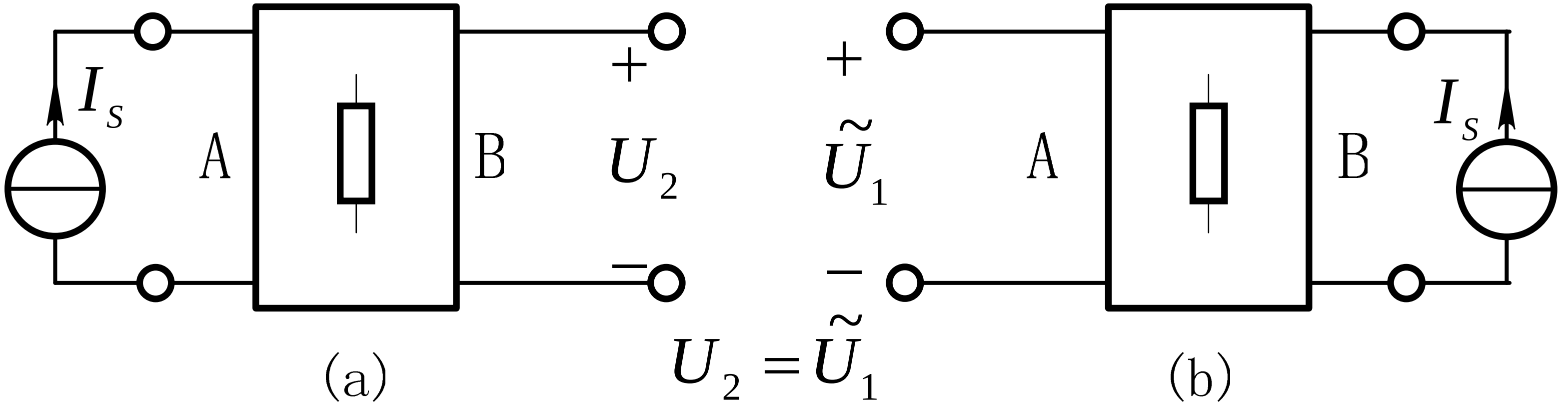
$$U_1\tilde{I}_1 + U_2\tilde{I}_2 = \tilde{U}_1 I_1 + \tilde{U}_2 I_2$$

$$\text{而} U_1 = U_S, U_2 = 0, \tilde{U}_1 = 0, \tilde{U}_2 = U_S$$

$$\therefore U_S\tilde{I}_1 = U_S I_2 \qquad \therefore I_2 = \tilde{I}_1$$

§ 3.5 互易定理

2 互易定理形式二：



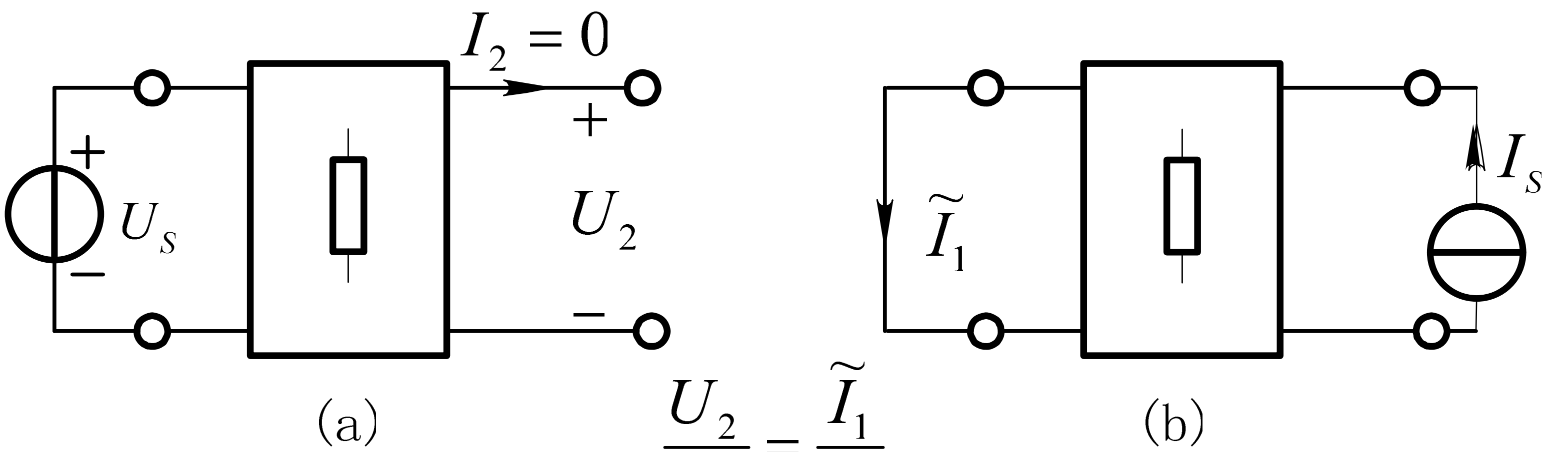
$$U_2 = \tilde{U}_1$$

互易定理的第二种形式

定理(第二种形式)： 对于含有一个独立电流源和若干线性二端电阻的电路，当此电流源在某一端口**A**作用时，在另一端口**B**产生的开路电压等于把此电流源移到端口**B**作用而在端口**A**所产生的开路电压。

§3.5 互易定理

3 互易定理形式三：



$$\frac{U_2}{U_S}=\frac{\tilde{I}_1}{I_S}$$

互易定理的第三种形式

定理(第三种形式)：对于图示电路,如果在数值上I_S与U_S相等,则U_2与$\tilde{I}_1$在数值上也相等。其中I_S与$\tilde{I}_1$、U_S与U_2分别取同样单位。

§3.5 互易定理

应用互易定理时应注意：

(1) 互易定理适用于线性网络在单一电源激励下，两个支路的电压电流关系。

(2) 形式一：激励为电压源，响应为电流

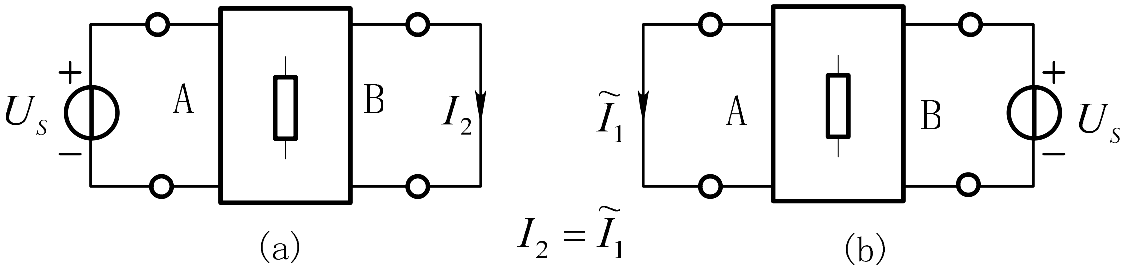
形式二：激励为电流源，响应为电压

形式三：电压源激励、电压响应与电流源激励、电流响应

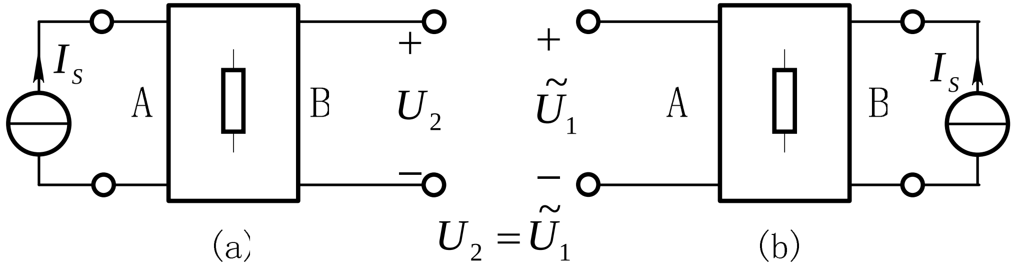
(3) 要注意电源与电压(电流)的方向。

(4) 含有受控源的网络，互易定理一般不成立。

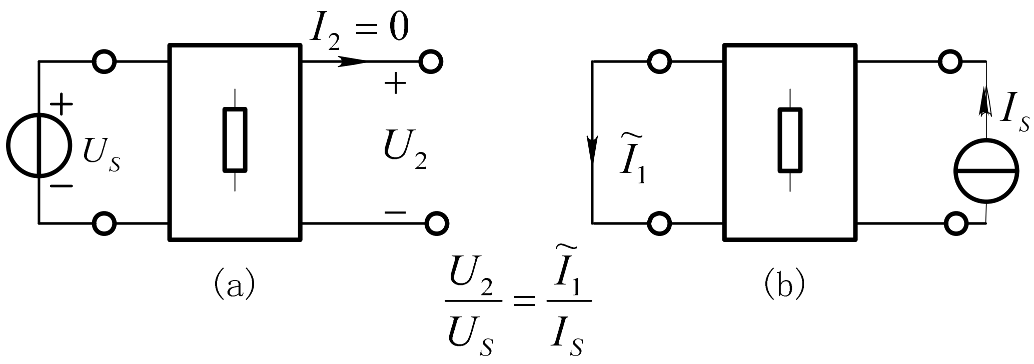
§ 3.5 互易定理



互易定理的第一种形式



互易定理的第二种形式

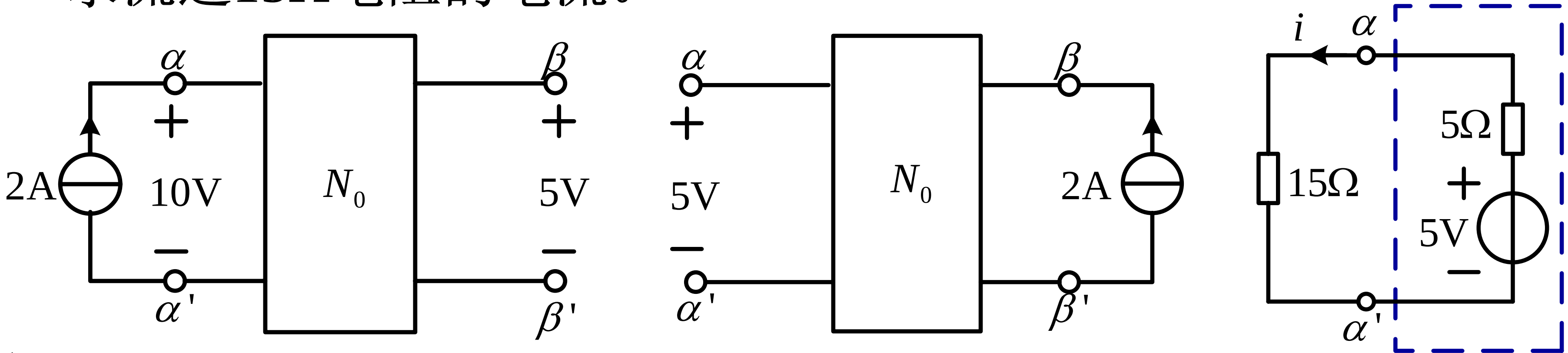


互易定理的第三种形式

互易定理的三种不同形式，其中激励和响应可能是电压或电流而有所不同，但在它们互换位置前后，若假设把电压源和电流源置零，则电路保持不变。

§ 3.5 互易定理

例：一纯电阻网络N_0，引出两对端子测量。当输入端接2A电流源时，输入端电压为10V，输出端开路电压为5V；若把电流源接在输出端，同时在输入端接一个15Ω的电阻，求流过15Ω电阻的电流。



解：

电流源变换位置后电路改变（接入**15Ω**的电阻），故不能直接用互易定理。

由互易定理**2**，**αα'**的开路电压$\boldsymbol{U_{OC}}$**=5V**；

由已知，$\boldsymbol{N_0}$的等效电阻$\boldsymbol{R_{eq}}$**=5Ω**；用戴维南定理求得$\boldsymbol{i}$**=0.25A**。

§ 3.6 对偶原理

1 对偶原理

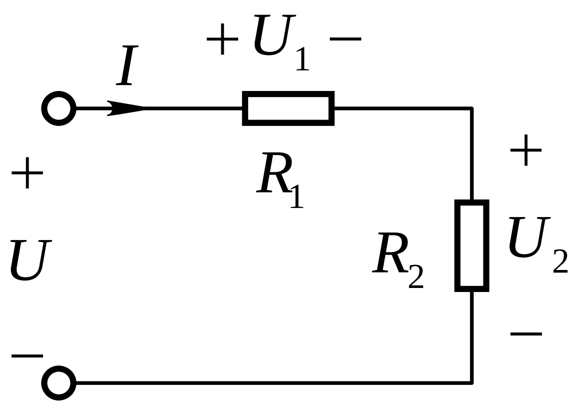
如果电路中某一定理(或方程、关系式等)的表述是成立的，则将其中的概念(变量、参数、元件、结构等)用其对偶因素置换所得的对偶表述也一定是成立的。

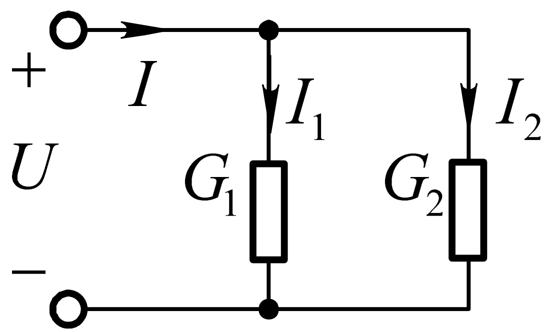
2 部分对偶因素

对偶因素		对偶因素	
电压	电流	星形联结	三角形联结
基尔霍夫电压定律	基尔霍夫电流定律	开路	短路
电阻	电导	自阻	自导
电压源	电流源	互阻	互导
电压控制电流源	电流控制电压源	戴维南定理	诺顿定理
电压控制电压源	电流控制电流源	互易定理表述一	互易定理表述二
节点	网孔	电容	电感
串联	并联		

§ 3.6 对偶原理

3 电阻的串联分压公式和电导的并联分流公式





$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U \qquad I_1 = \frac{G_1}{G_1 + G_2} I$$

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U \qquad I_2 = \frac{G_2}{G_1 + G_2} I$$

小结 本章介绍电路理论中的几个常用定理。

首先介绍置换定理；

然后介绍齐性定理和叠加定理；它们是体现线性电路特点的重要定理，是线性方程的齐次性和可加性在电路中的体现；

其次介绍戴维南定理和诺顿定理，它们是化简线性一端口电路的有效方法；

最后介绍与基尔霍夫定律同样适用的特勒根定理，并以此证明互易定理。