

目 录

4.1 叠加定理

4.2 替代定理

4.3 戴维南定理和诺顿定理

4.4 特勒根定理

4.5 互易定理

4.6 对偶定理

■ 线性函数 $f(x)$

■ 可加性: $f(x_1 + x_2) = f(x_1) + f(x_2)$

■ 齐次性: $f(ax) = af(x)$

■ 叠加性: $f(ax_1 + bx_2) = af(x_1) + bf(x_2)$

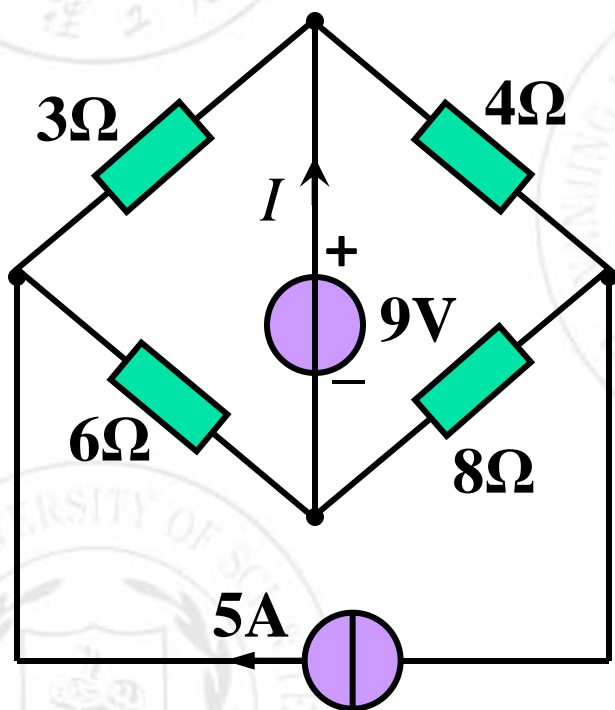
(a, b 为任意常数)

■ 叠加定理

对于任一线性网络，若同时受到多个独立电源的作用，
则这些共同作用的电源在某条支路上所产生的电压或
电流，等于每个独立电源各自单独作用时，在该支
路上所产生的电压或电流分量的代数和。

4.1 叠加定理

例：试用叠加定理计算电流 I



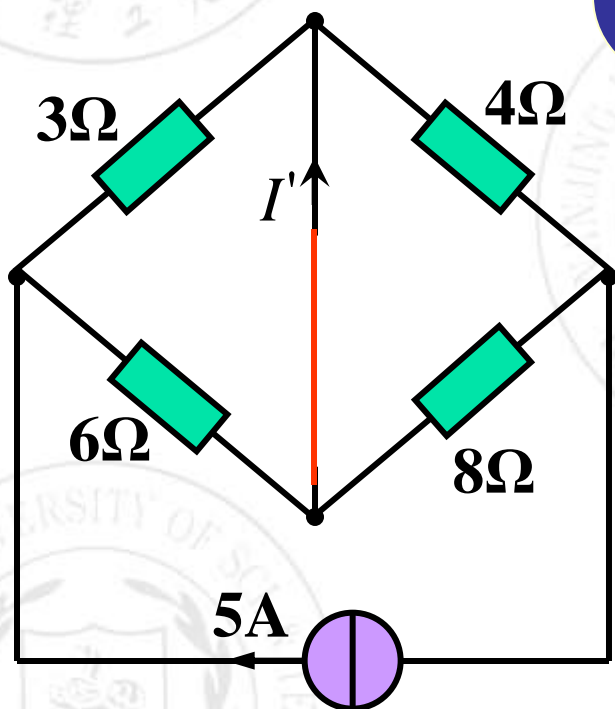
4.1 叠加定理

例：试用叠加定理计算电流 I

解

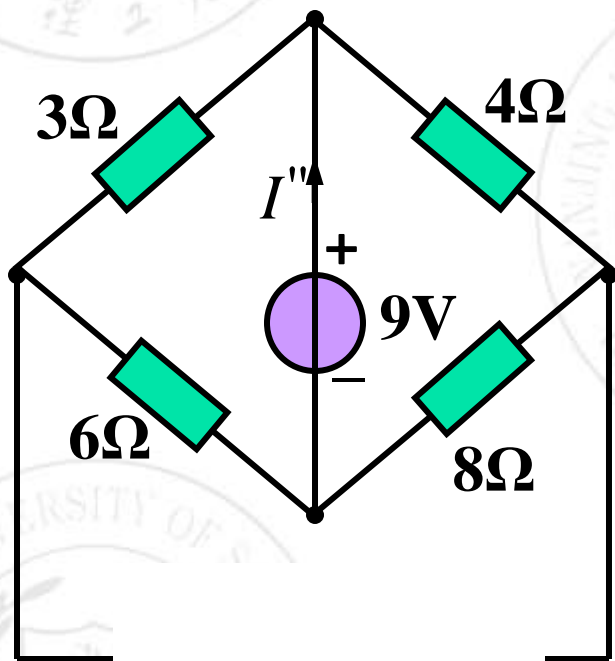
1、电流源单独作用时，
电压源短路处理。

此时，电流为 I' 。



4.1 叠加定理

例：试用叠加定理计算电流 I



2、电压源单独作用时，
电流源开路处理。

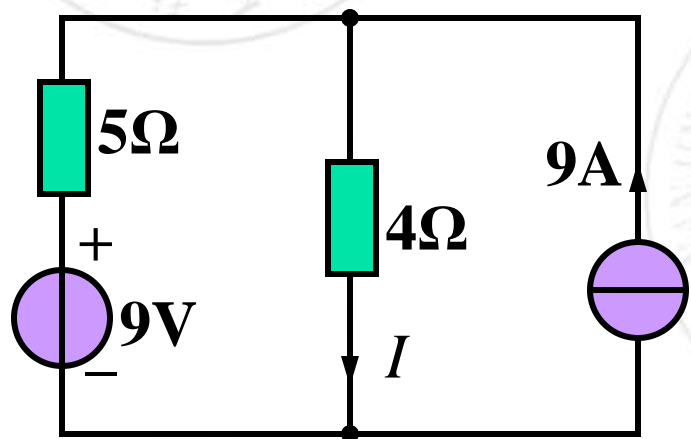
此时，电流为 I'' 。

■ 注意!

- 只适用于线性电路中求电压、电流，不适用于求功率；也不适用非线性电路
- 某个独立电源单独作用时，其余独立电源全为零值，电压源用“短路”替代，电流源用“断路”替代
- 受控源一般不单独作用，当每个独立源作用时均予以保留
- “代数求和”指分量参考方向与原方向一致取正，不一致取负

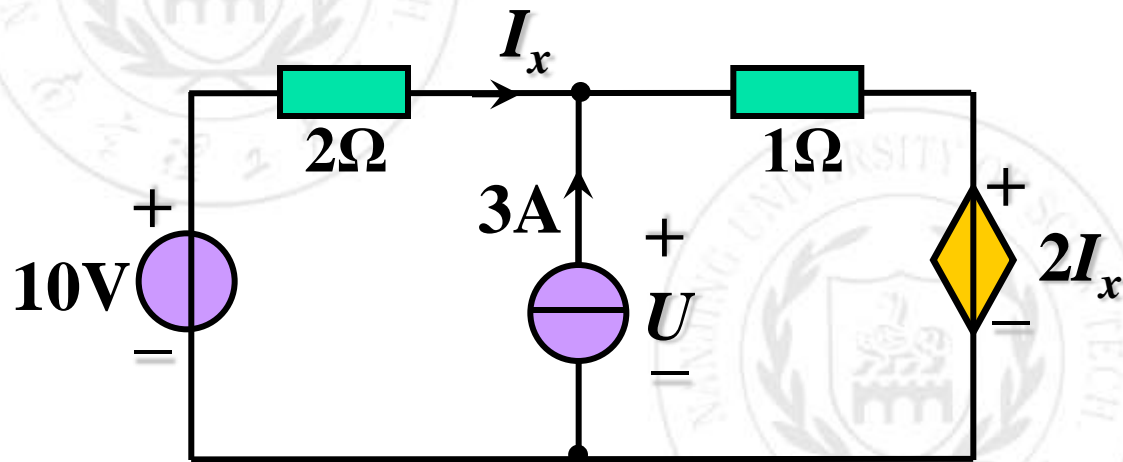
4.1 叠加定理

例：试用叠加定理求电阻 4Ω 上的电流。



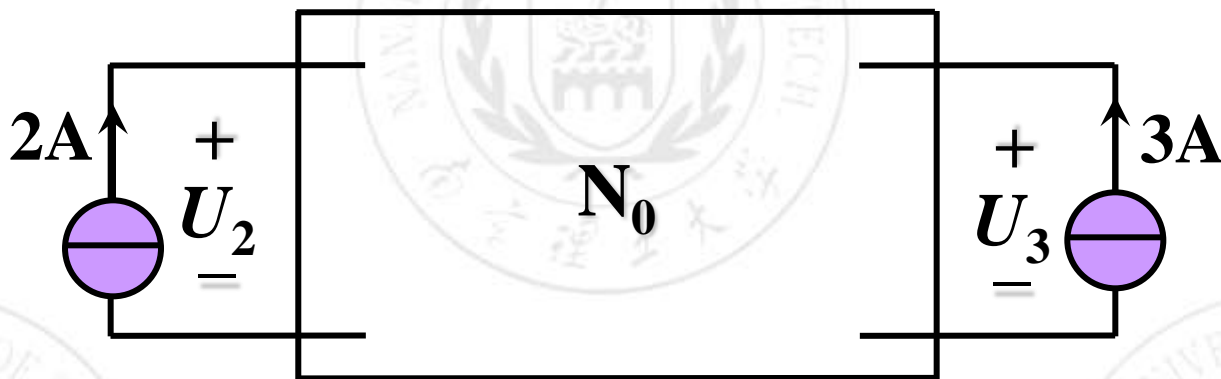
4.1 叠加定理

例：试用叠加定理求 U 和 I_x



2.4 叠加定理

例：已知 N_0 为线性电阻无源网络：当3A电流源移去时，2A电流源产生功率28W, $U_3 = 8V$ ；当2A电流源移去时，3A电流源产生功率54W, $U_2 = 12V$ 。
求当两个电流源共同作用时各自产生的功率。



在线性电路中，有：

$$y = \sum_{i=1}^m \alpha_i u_{Si} + \sum_{j=1}^n \beta_j i_{Sj}$$

y ——响应 (u 、 i)

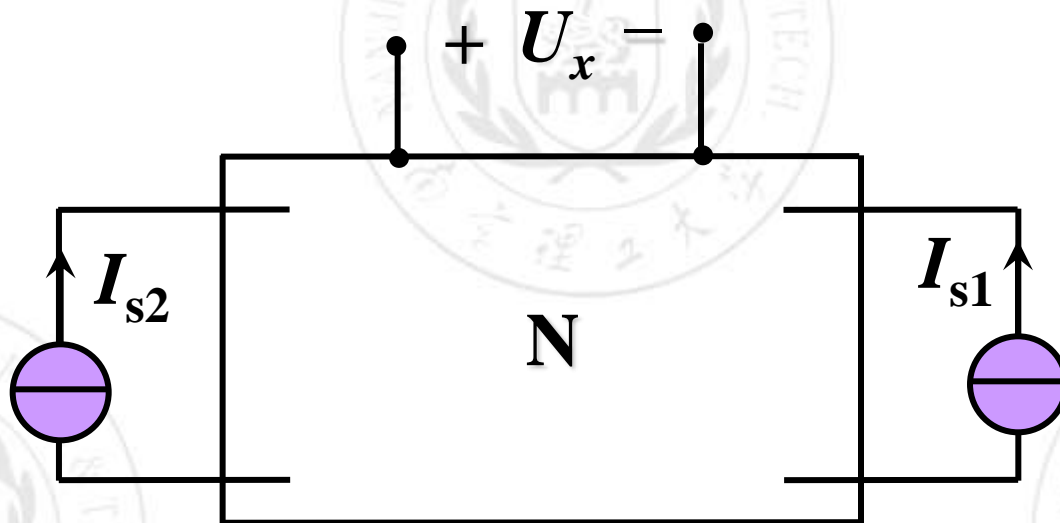
m ——独立电压源的个数

n ——独立电流源的个数

即：线性电路中的响应实质上是各个独立电源的线性组合。

4.1 叠加定理

例： 电路如图所示，若 $I_{s1}=8\text{A}$, $I_{s2}=12\text{A}$ 时， $U_x=80\text{V}$ ；
若 $I_{s1}=-8\text{A}$, $I_{s2}=4\text{A}$ 时， $U_x=0\text{V}$ ； $I_{s1}=I_{s1}=0\text{A}$ 时，
 $U_x=-40\text{V}$ ；求当 $I_{s1}=I_{s2}=20\text{A}$ 时， $U_x=?$



■ 替代定理

✚ 在任意的线性或非线性网络中，若已知第 k 条支路的电压和电流为 U_k 和 I_k ，则不论该支路是何元件组成的，总可以用下列的任何一个元件去替代：

即：✚ 电压值为 U_k 的理想电压源

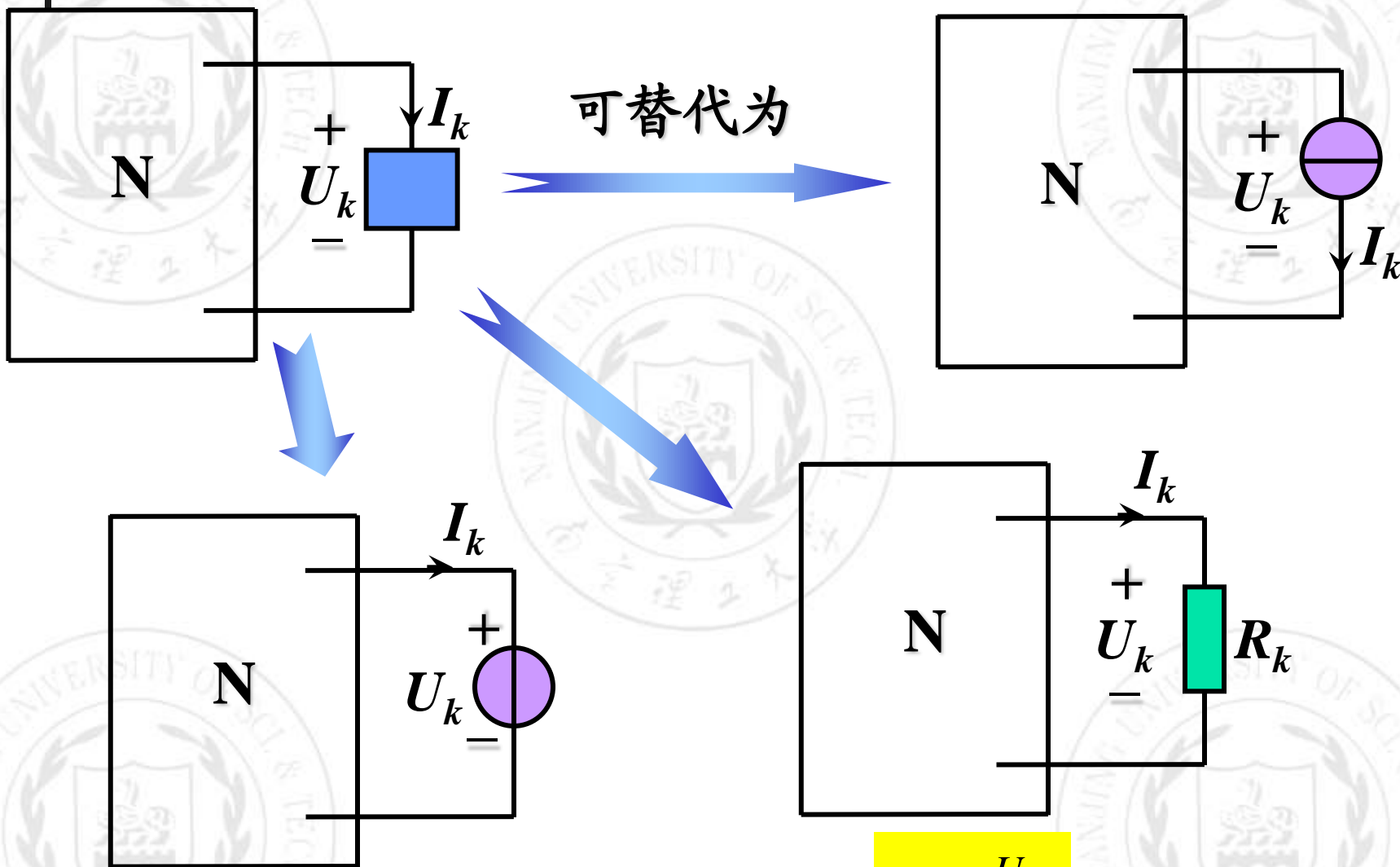
✚ 电流值为 I_k 的理想电流源

✚ 电阻值为 $\frac{U_k}{I_k}$ 的理想电阻元件 R_K

替代后电路中全部电压和电流都将保持原值不变

所代支路不应为受控源或控制量所在的支路

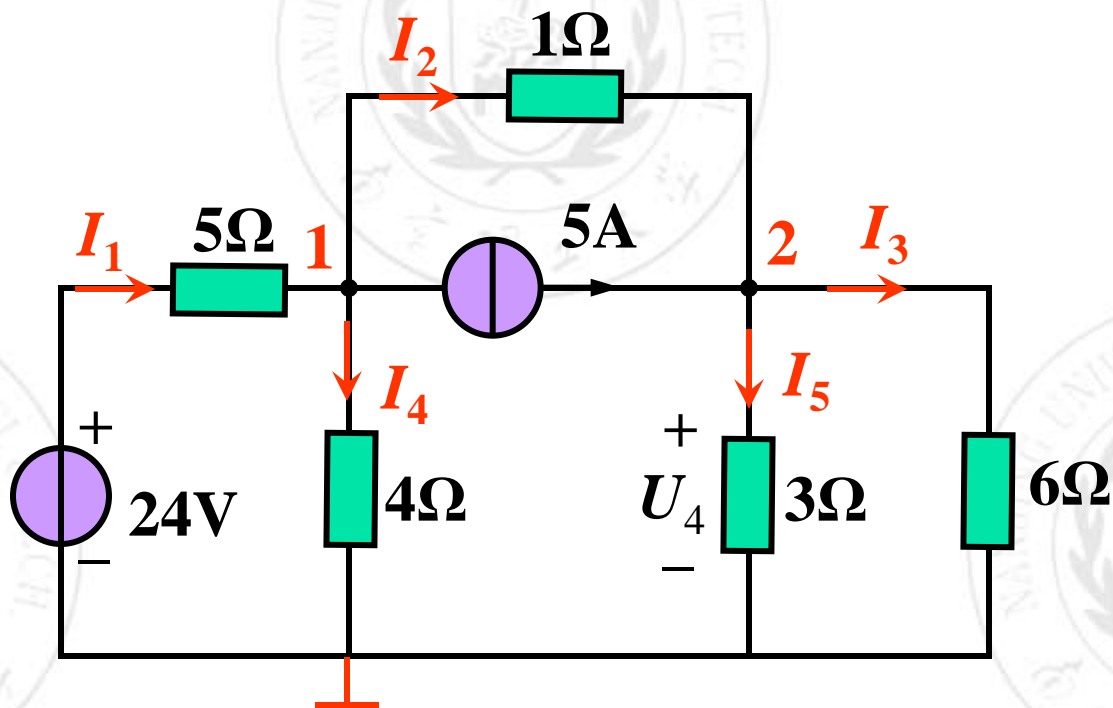
4.2 替代定理



$$R_k = \frac{U_k}{I_k}$$

例

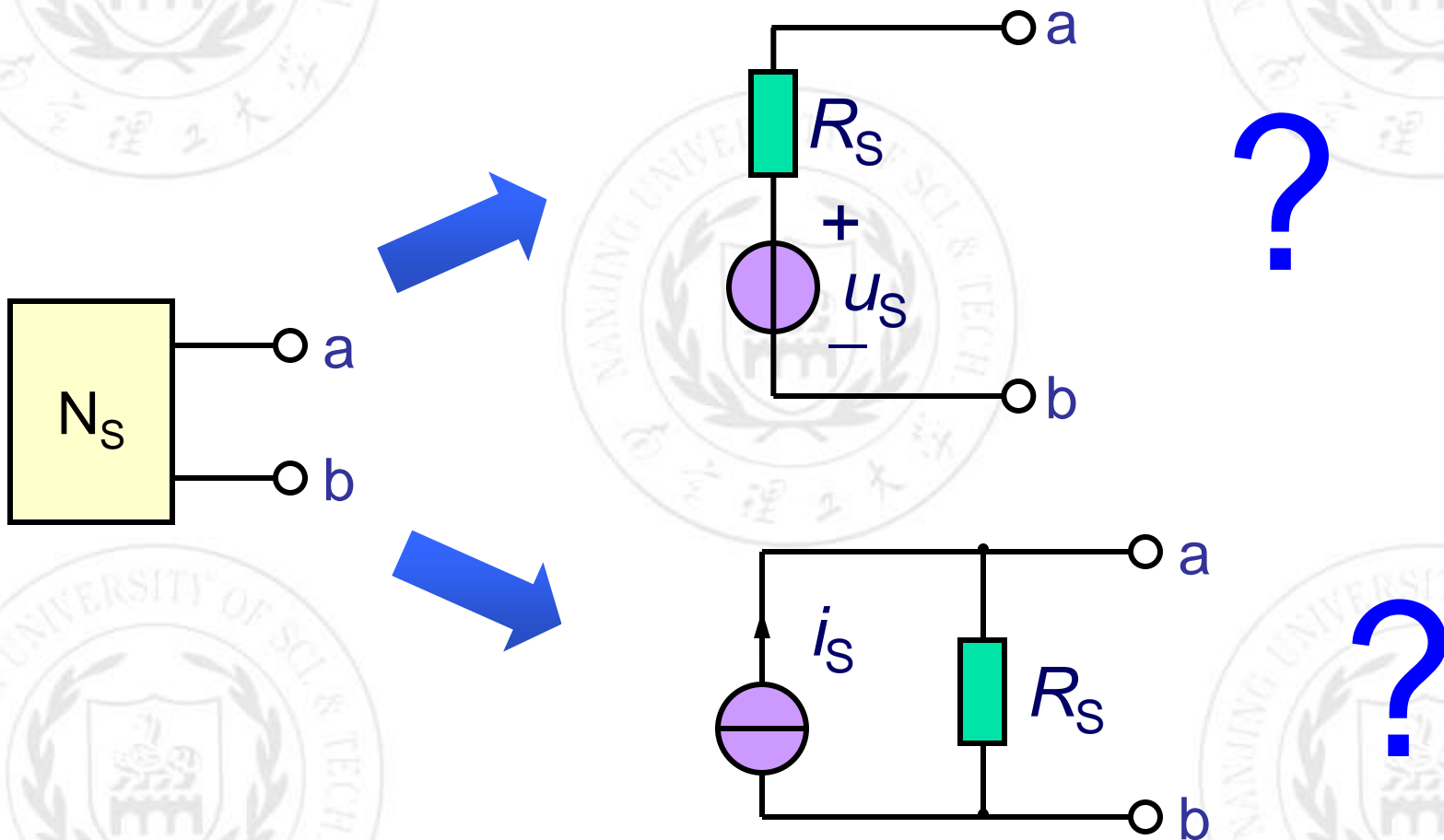
- (1) 试求各支路电流和 U_4 。
- (2) 用计算所得的 U_4 作为电压源电压替代 3Ω 支路，再求各支路电流。



4.3 戴维南定理和诺顿定理



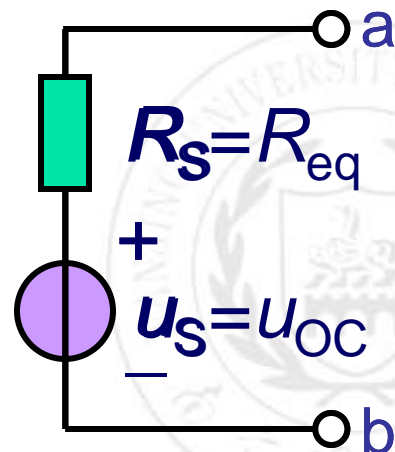
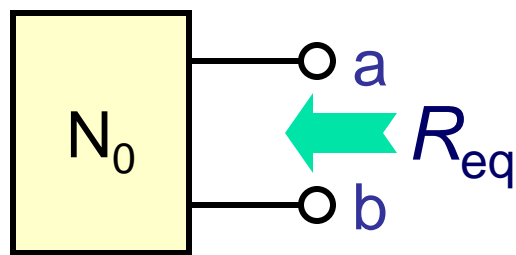
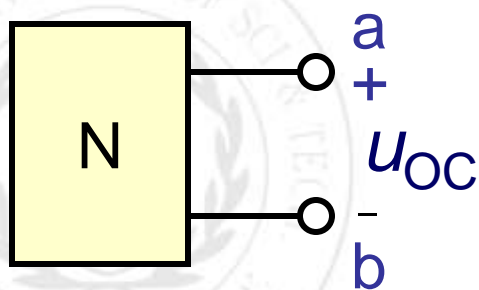
4.3 戴维南定理和诺顿定理



4.3 戴维南定理和诺顿定理

对于任意一个线性含源二端网络 N ，就其端口而言，可以用一条最简单的有源支路对外进行等效：

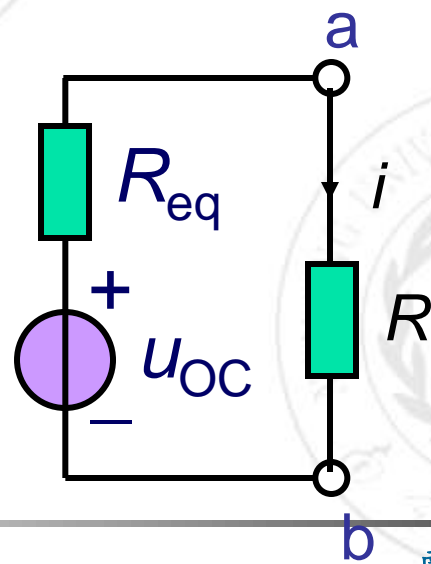
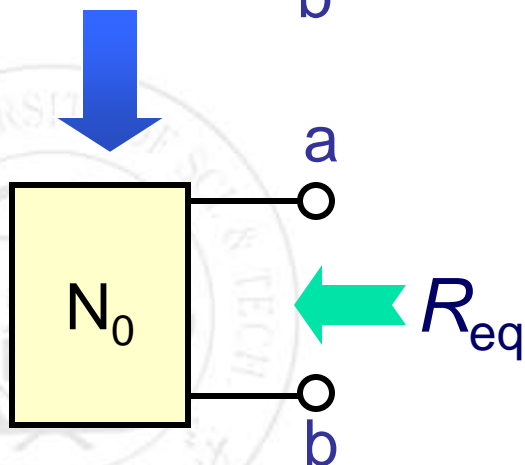
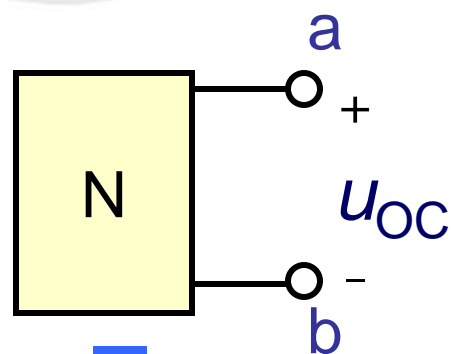
- 用一条实际电压源支路对外部进行等效，其中电压源的电压等于该含源二端网络在端钮处的开路电压 u_{OC} ；串联电阻等于该含源二端网络中所有独立源置零时，由端钮看进去的等效电阻 R_{eq} 。此即为戴维南定理。



戴维南等效电路

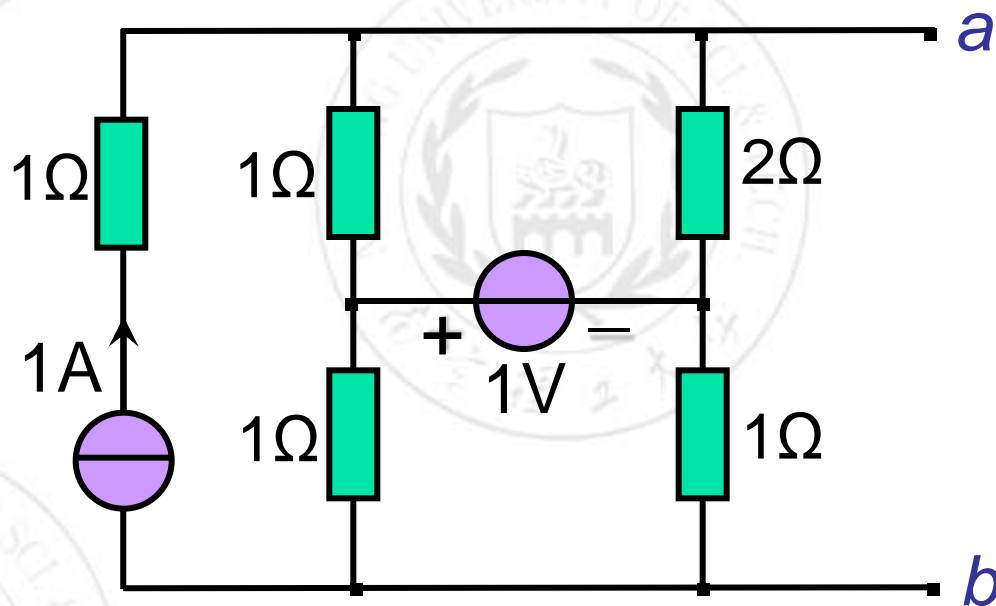
步骤:

- 1、断开待求支路，求开路电压 u_{OC} 。
- 2、令 N 中所有的独立源置零，求出等效电阻 R_{eq} 。
- 3、画出戴维南等效电路，接上待求支路，求出电流 i 。

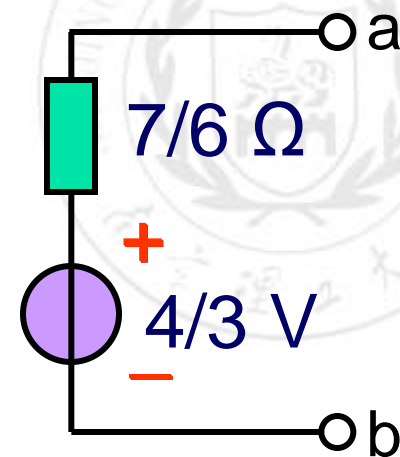
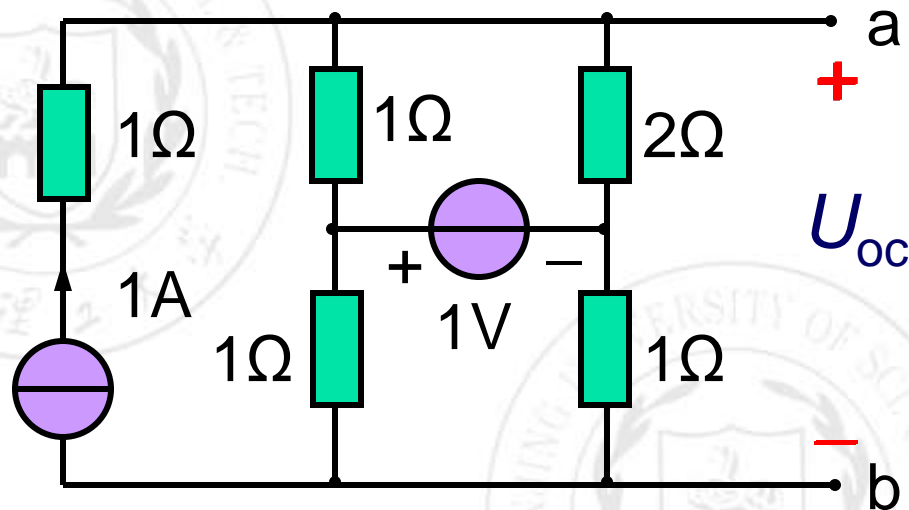


4.3 戴维南定理和诺顿定理

例: 求图所示电路的戴维南等效电路



4.3 戴维南定理和诺顿定理

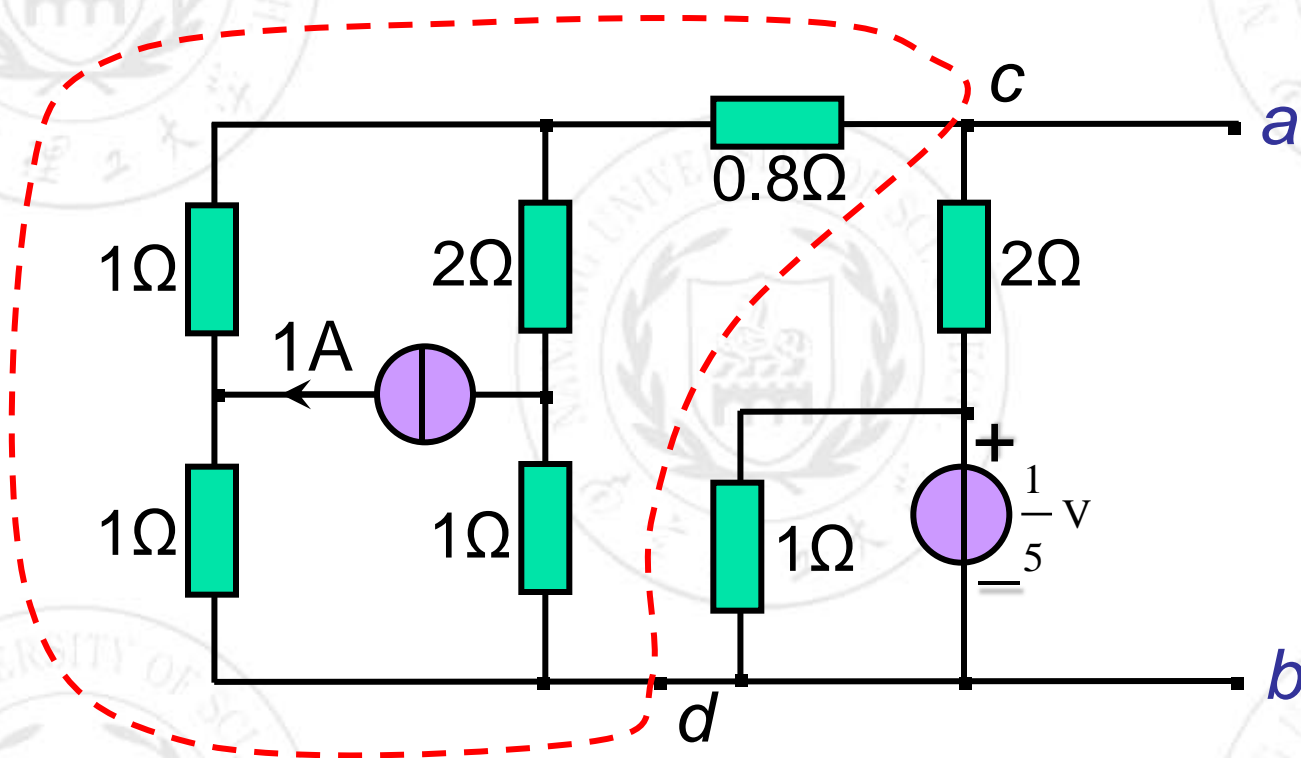


注意事项:

- 1、和电流源串联的电阻无论是在求开路电压，还是在求等效电阻时，均未起作用。
- 2、画戴维南等效电路时，注意等效电压源极性应和所求开路电压的极性保持一致。

4.3 戴维南定理和诺顿定理

例: 求图所示电路的戴维南等效电路



解: 本题可将原电路分成左右两部分, 先求出左面部分的戴维南等效电路, 然后求出整个电路的戴维南等效电路

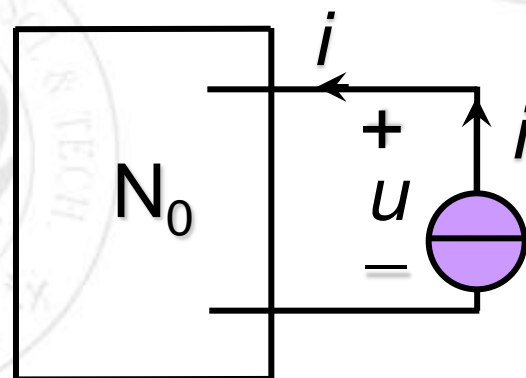
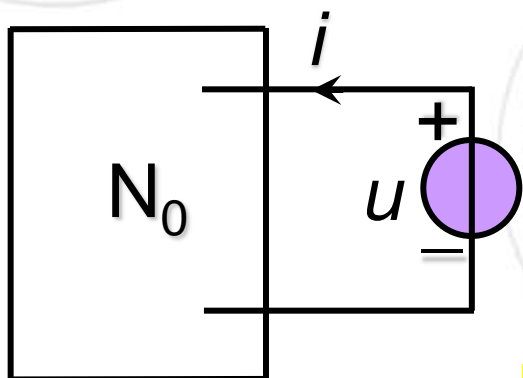
■ 说明

- ✚ 求等效电阻 R_{eq} 时，若电路为纯电阻网络，可以用串、并联化简时，直接用串、并联化简的方法求。
- ✚ 无法用串并联化简时，则用一般方法求。
- ✚ 当电路中含受控源时，则一定要用一般方法求其戴维南等效电阻。

4.3 戴维南定理和诺顿定理

■ 求等效电阻的一般方法

■ 外加激励法（原二端网络中独立源全为零值）



$$R_{eq} = \frac{u}{i}$$

■ 注意：u与i的方向向内部关联

4.3 戴维南定理和诺顿定理

■ 求等效电阻的一般方法

■ 开路短路法



$$R_{eq} = \frac{u_{oc}}{i_{sc}}$$

⚡ 注意: u_{oc} 与 i_{sc} 的方向在断路与短路支路上关联

■ 利用戴维南定理分析含受控源的电路

■ 原则：

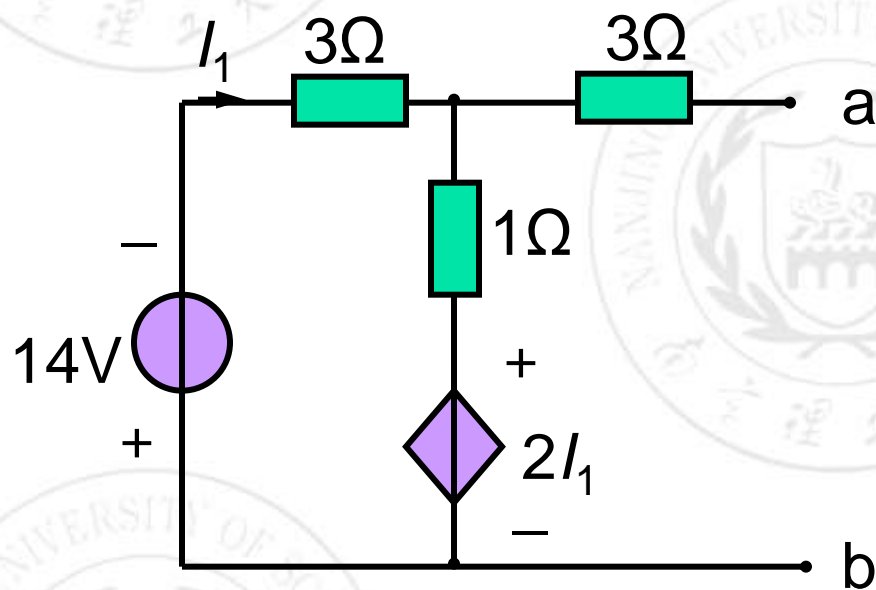
1. 被等效电路与负载不应有任何关联.

(控制量为端口 U 或 I 除外)

2. 求 R_{eq} 要用一般方法 (外加激励法、开路短路法)

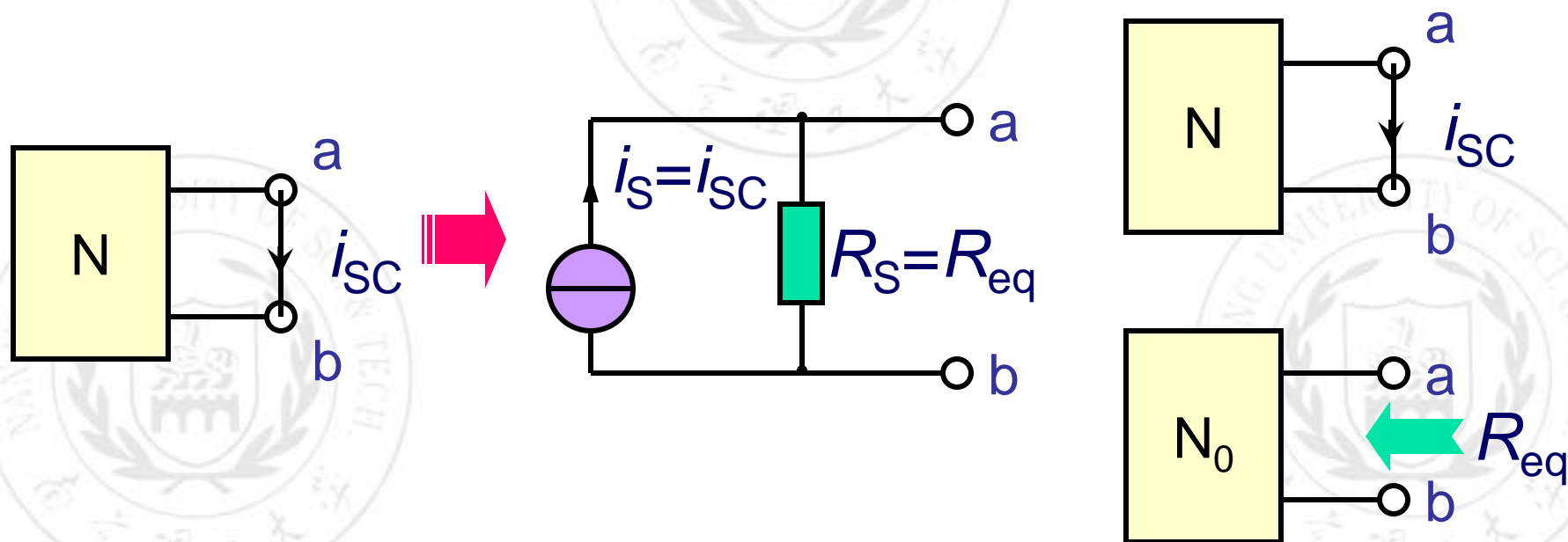
4.3 戴维南定理和诺顿定理

例 试求图示线性含源二端网络的戴维南等效电路。

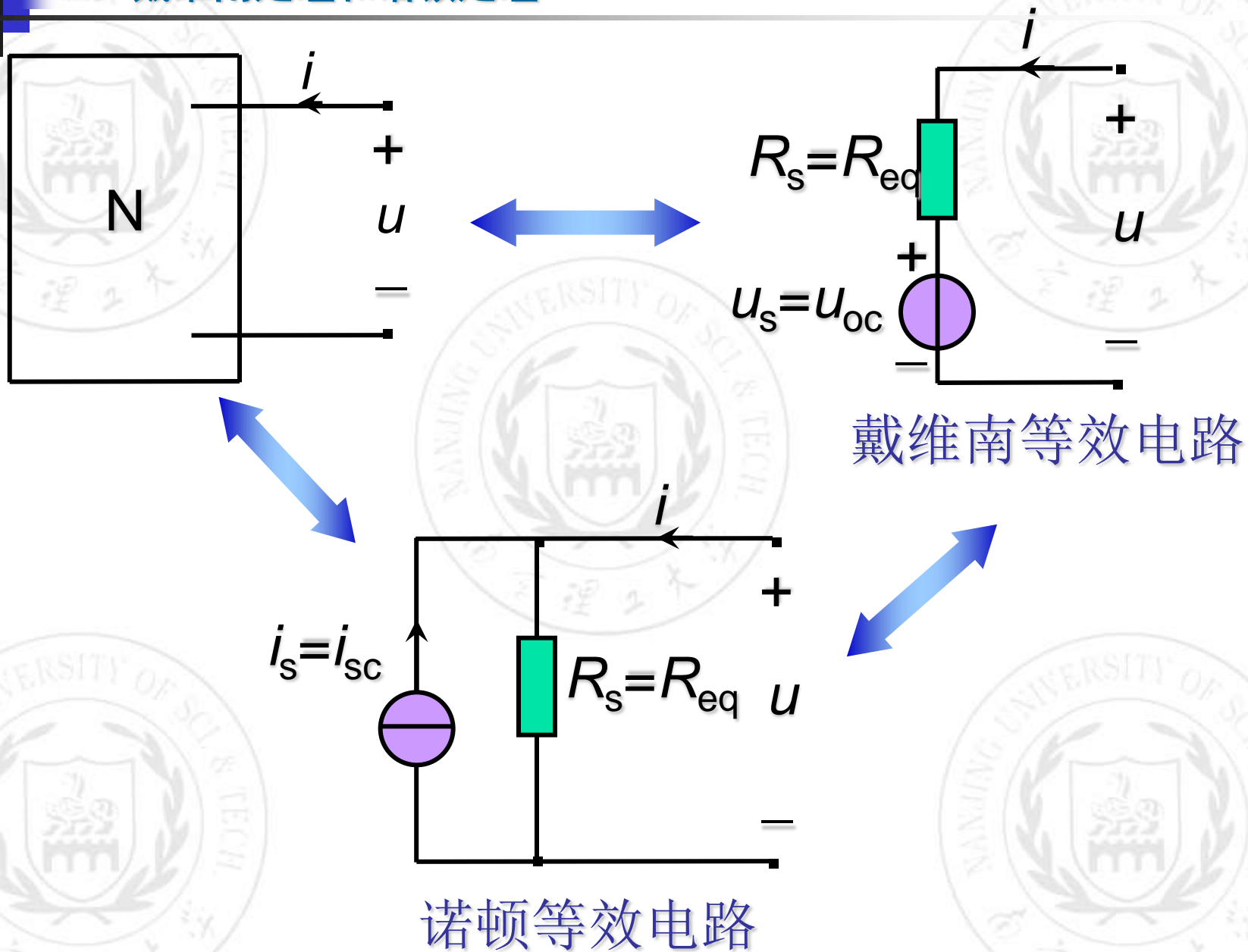


诺顿定理

对于任意一个线性含源二端网络 N ，就其两个端钮 a 、 b 而言，都可以用一条实际电流源支路对外部进行等效，其中电流源的电流等于该含源二端网络在端钮处的短路电流 i_{sc} ，其并联电阻等于该含源二端网络中所有独立源置零时，由端钮看进去的等效电阻 R_{eq} 。

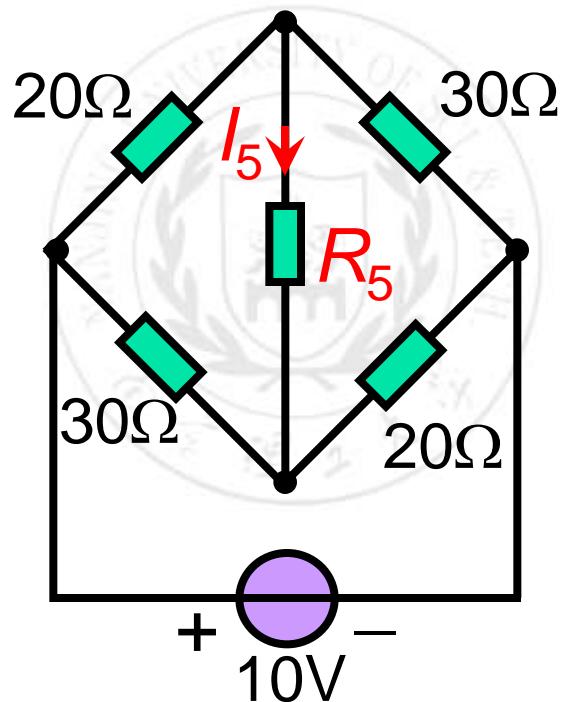


4.3 戴维南定理和诺顿定理



4.3 戴维南定理和诺顿定理

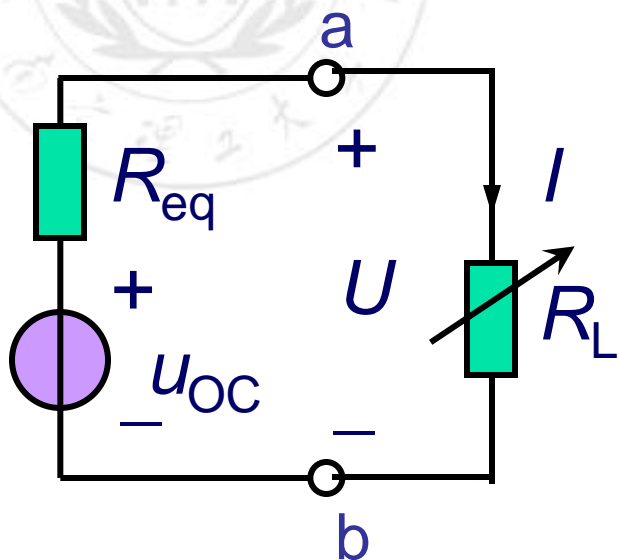
求：当 $R_5=10\ \Omega$ 时， $I_5=?$
当 $R_5=24\ \Omega$ 时， $I_5=?$



方法：利用诺顿等效电路。

4.3 戴维南定理和诺顿定理

■ 最大功率传输



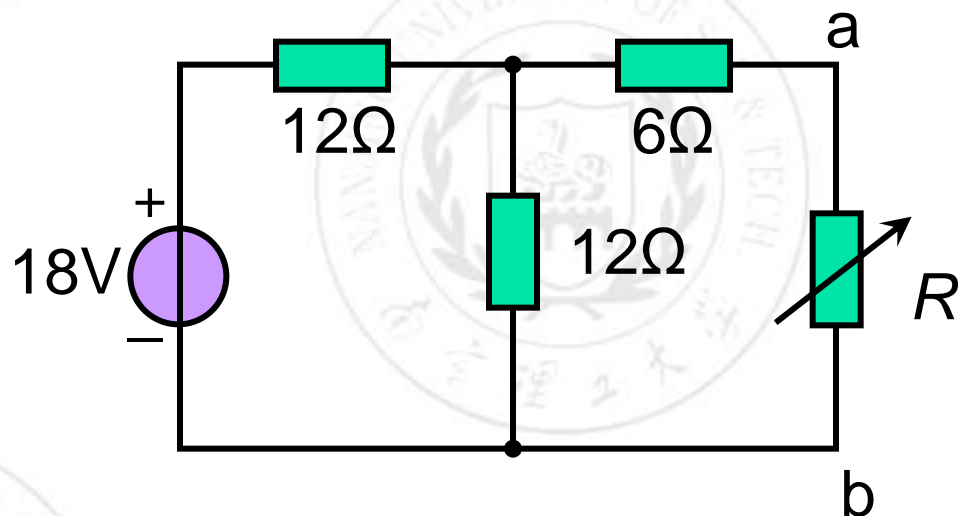
$$p = R_L I^2 = R_L \left(\frac{U_{oc}}{R_{eq} + R_L} \right)^2$$

$$\text{令: } \frac{dp}{dR_L} = 0 \text{ 得}$$

$$\text{当 } R_L = R_{eq} \text{ 时 } p = p_{\max} = \frac{U_{oc}^2}{4R_{eq}}$$

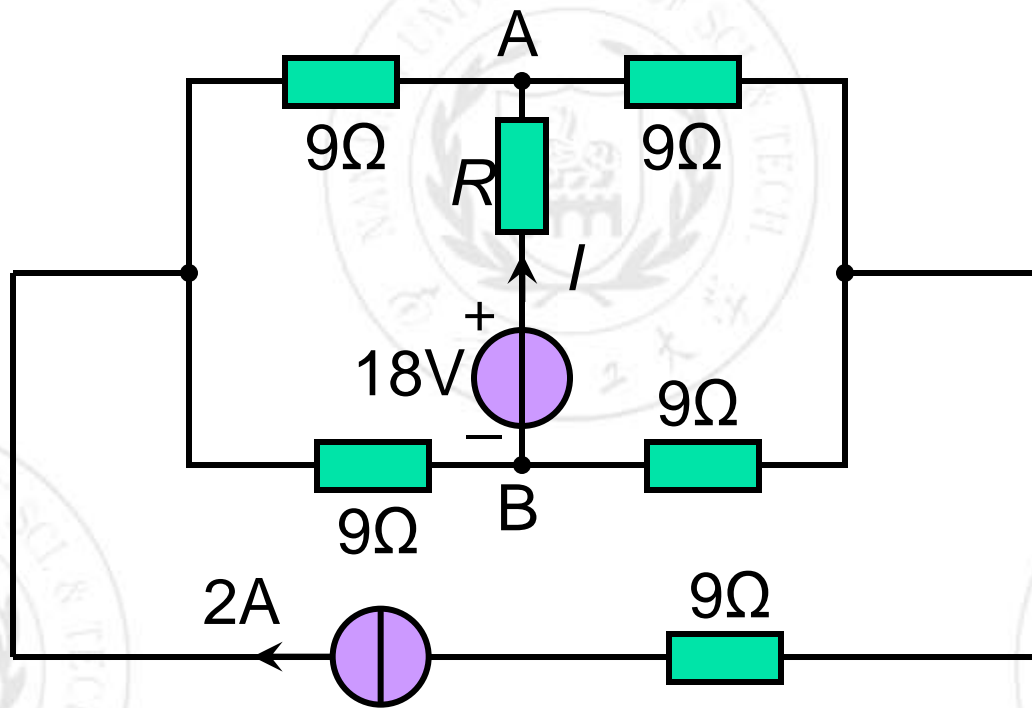
4.3 戴维南定理和诺顿定理

求：电路中的 R 为多大时，它吸收的功率最大，并求此最大功率。



4.3 戴维南定理和诺顿定理

求：电路中的 R 为多大时，它吸收的功率最大，并求此最大功率。



例：如图所示电路中，在 $R=10\Omega$ 时，有 $U=5V$ ， $U_2=3V$ ，在 $R=40\Omega$ 时，有 $U=8V$ ， $U_2=6V$ ，试问：

- (1) 当 $R=?$ 时， R 可获最大功率，并求此功率值；
(2) 当 $R=?$ 时， R_2 可获最小功率，并求此功率值；

