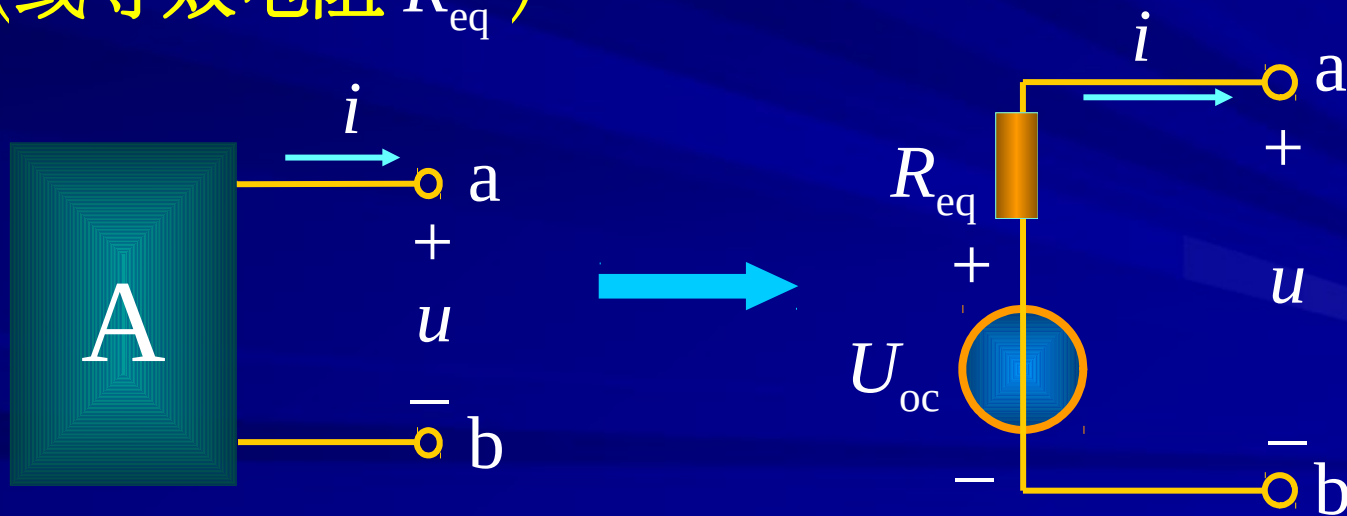


4.3 戴维宁定理和诺顿定

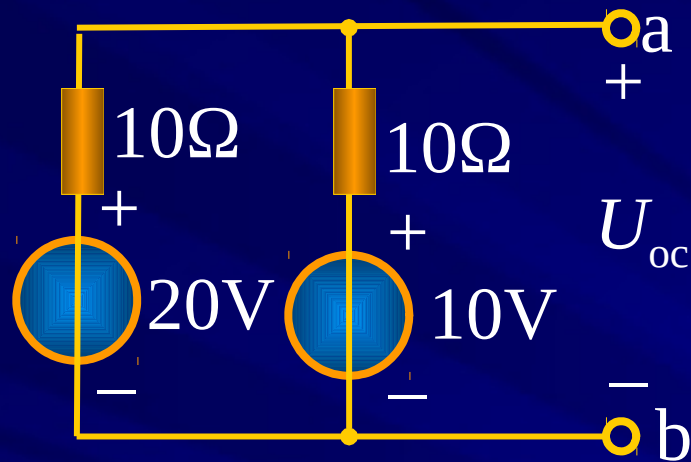
理工程实际中，常常碰到只需研究某一支路的电压、电流或功率的问题。对所研究的支路来说，电路的其余部分就成为一个有源二端网络，可等效变换为较简单的含源支路（电压源与电阻串联或电流源与电阻并联支路），使分析和计算简化。戴维宁定理和诺顿定理正是给出了等效含源支路及其计算方法。

1. 戴维宁定理

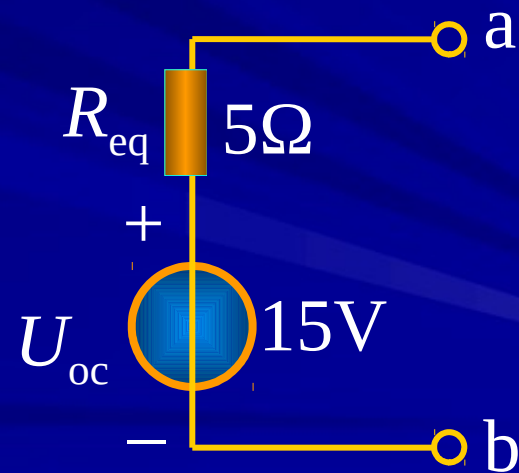
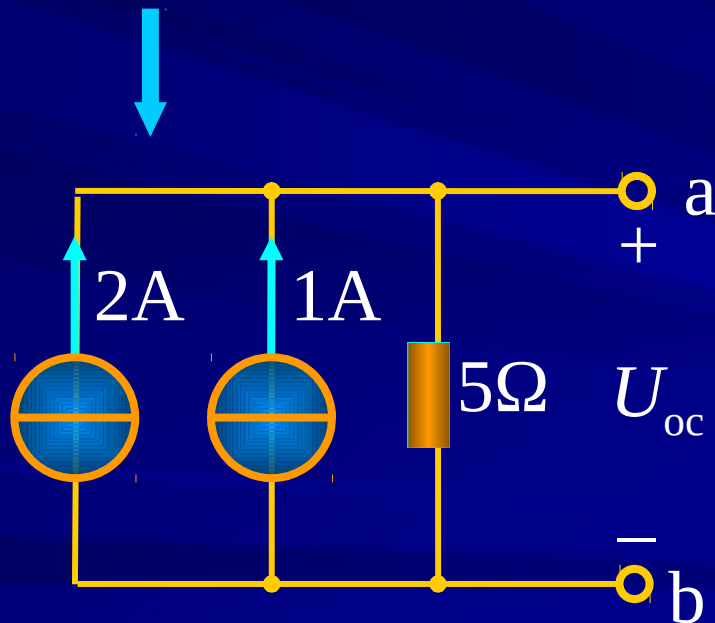
任何一个线性含源一端口网络，对外电路来说，总可以用一个电压源和电阻的串联组合来等效置换；此电压源的电压等于外电路断开时端口处的开路电压 u_{oc} ，而电阻等于一端口的输入电阻（或等效电阻 R_{eq} ）。



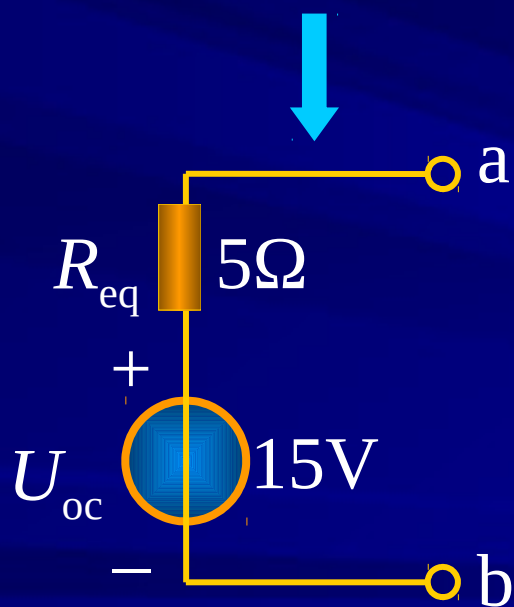
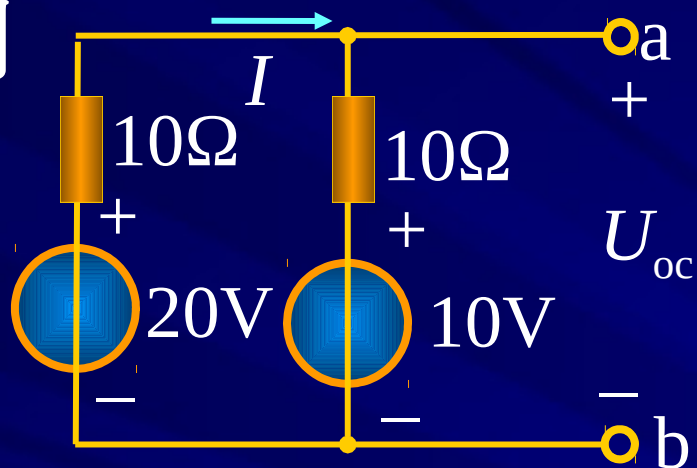
例



应用电源等效变换



例



应用戴维宁定理

(1) 求开路电压 U_{oc}

$$I = \frac{20 - 10}{20} = 0.5\text{A}$$

$$U_{oc} = 0.5 \times 10 + 10 = 15\text{V}$$

(2) 求输入电阻 R_{eq}

$$R_{eq} = 10 // 10 = 5\Omega$$

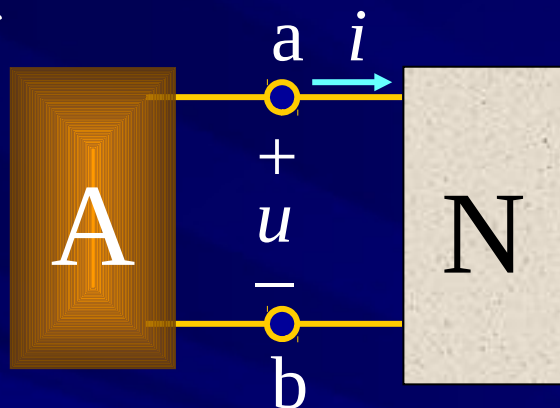


注意

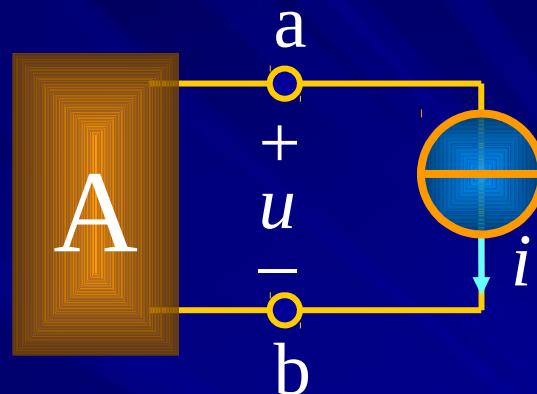
两种解法结果一致，戴维宁定理更具普遍性。

2. 定理的证明

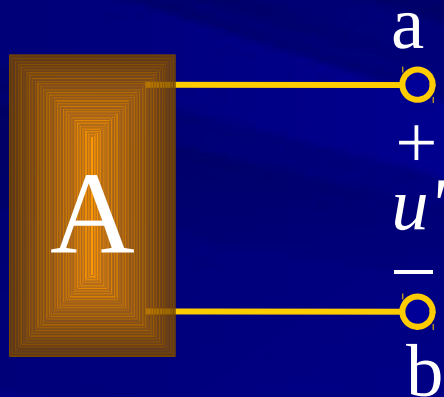
明



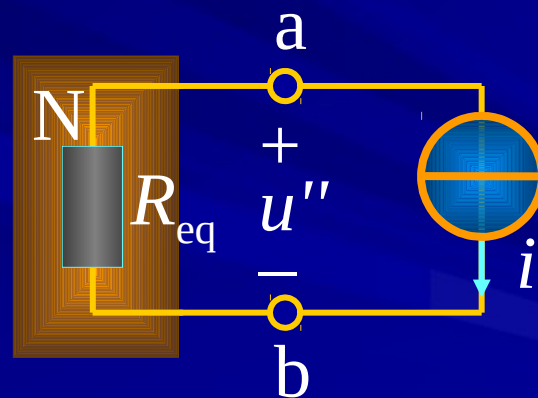
替代



叠加



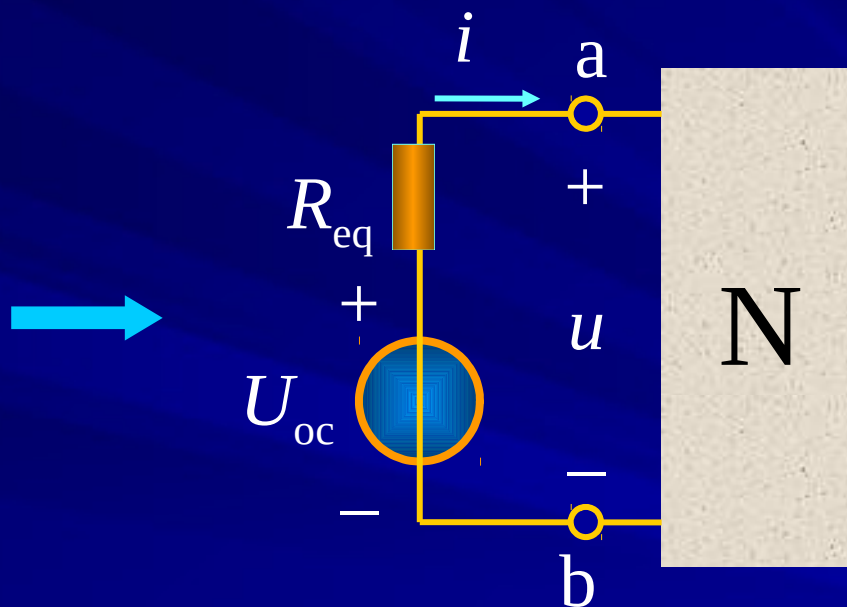
+



$$u' = u_{oc}$$

$$u'' = -R_{eq}i$$

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



3. 定理的应用

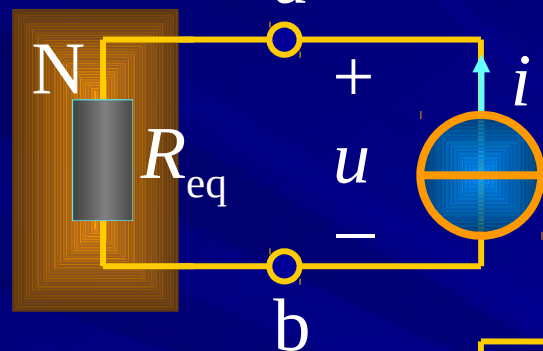
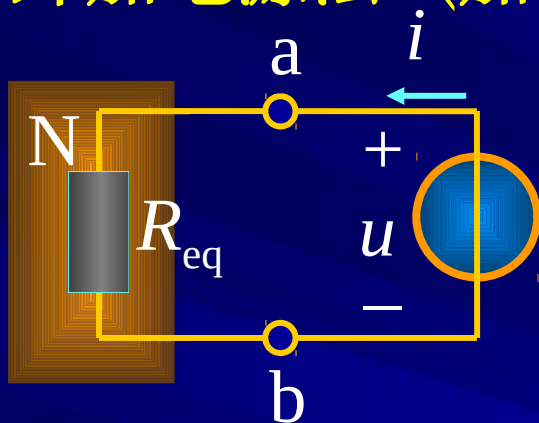
(1) 开路电压 U_{oc} 的计算

戴维宁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。计算 U_{oc} 的方法视电路形式选择前面学过的任意方法，使易于计算。

(2) 等效电阻的计算

等效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，所得无源一端口网络的输入电阻。常用下列方法计算：

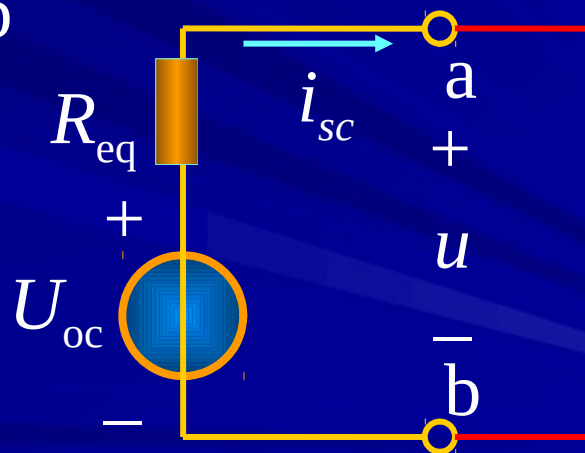
- ① 当网络内部不含有受控源时可采用电阻串并联和 $\triangle - Y$ 互换的方法计算等效电阻；
- ② 外加电源法（加电压求电流或加电流求电压）；



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

- ③ 开路电压，短路电流法。

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



② ③

方法更有一般性

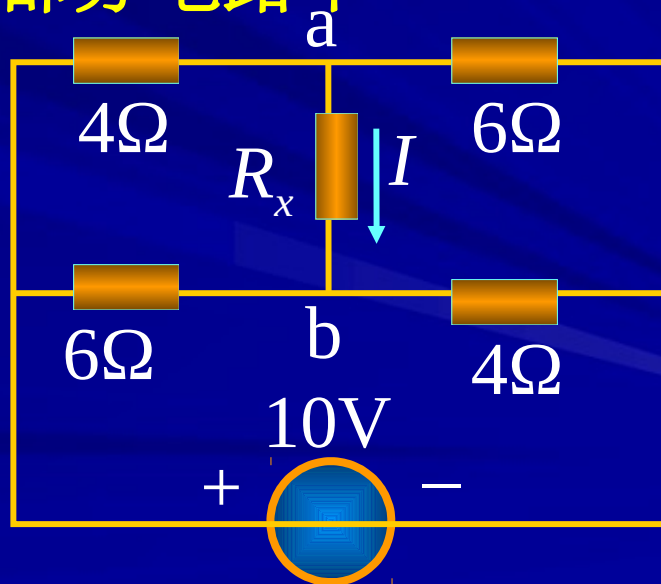


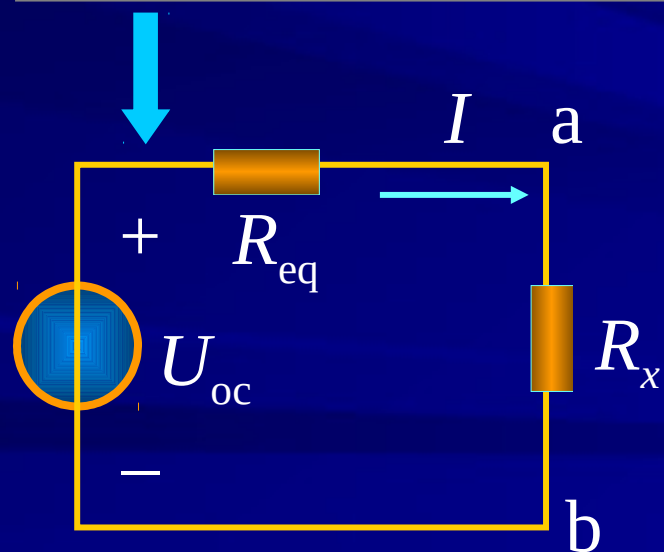
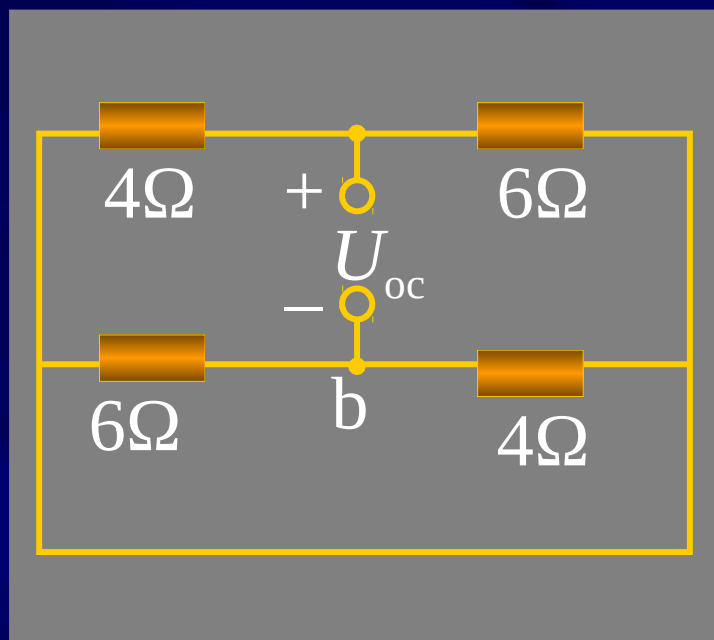
注意

- ① 外电路可以是任意的线性或非线性电路，外电路发生改变时，含源一端口网络的等效电路不变（伏 - 安特性等效）。
- ② 当一端口内部含有受控源时，控制电路与受控源必须包含在被化简的同一部分电路中。

例 计算 R_x 分别为
1 1.2Ω 、 5.2Ω 时的电流 I

解 断开 R_x 支路，将剩余一端口网络化为戴维宁等效电路：





① 求开路电压

$$\begin{aligned}
 U_{oc} &= U_1 - U_2 \\
 &= 10 \square 6 / (4 + 6) - 10 \square 4 / (4 + 6) \\
 &= 6 - 4 = 2V
 \end{aligned}$$

② 求等效电阻 R_{eq}

$$R_{eq} = 4 // 6 + 6 // 4 = 4.8\Omega$$

③ $R_x = 1.2\Omega$ 时,

$$I = U_{oc} / (R_{eq} + R_x) = 0.333A$$

$R_x = 5.2\Omega$ 时,

$$I = U_{oc} / (R_{eq} + R_x) = 0.2A$$

例 求电压 U_o

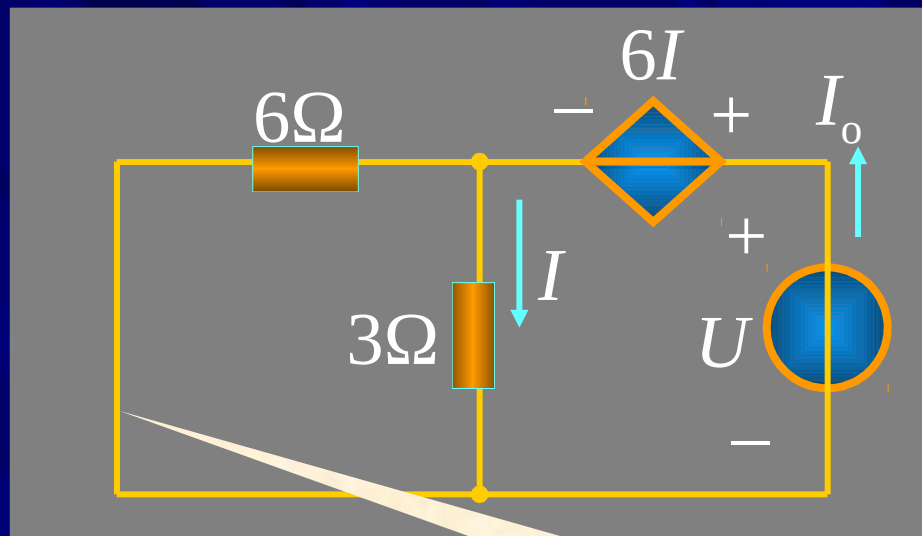
解 ① 求开路电压 U_{oc}

$$\begin{cases} U_{oc} = 6I + 3I \\ I = 9/9 = 1A \end{cases}$$

→ $U_{oc} = 9V$

② 求等效电阻 R_{eq} 方法 1: 加压求流

$$\begin{cases} U = 6I + 3I = 9I & \rightarrow U = 9 \times (2/3)I_o = 6I_o \\ I = I_o \times 6/(6+3) = (2/3)I_o & R_{eq} = U/I_o = 6\Omega \end{cases}$$



独立源置零

方法 2：开路电压、短路电
流 ($U_{oc}=9V$)

$$6I_1 + 3I = 9$$

$$6I + 3I = 0$$

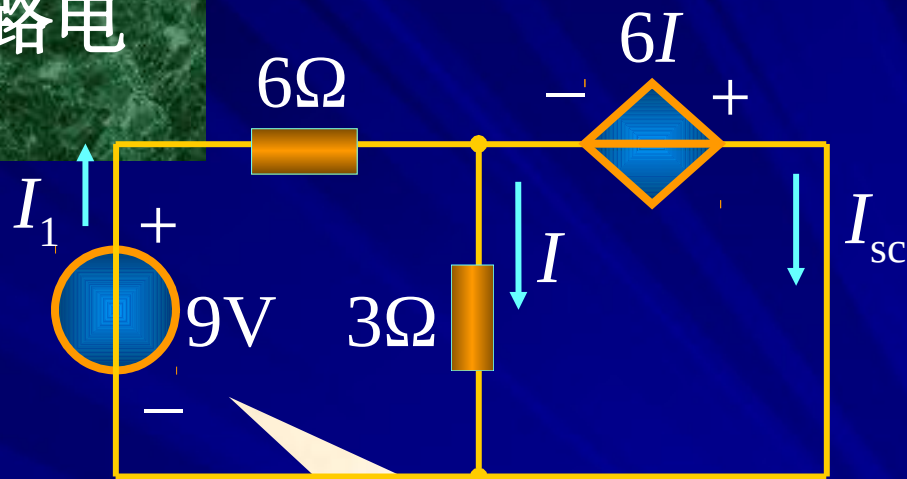
$$\rightarrow I = 0$$

$$I_{sc} = I_1 = 9/6 = 1.5A$$

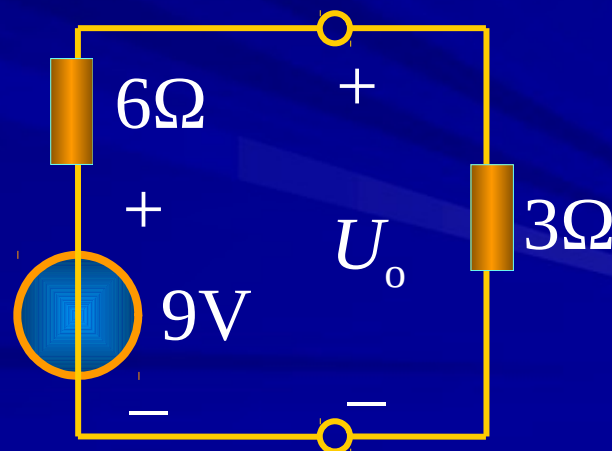
$$R_{eq} = U_{oc} / I_{sc} = 9/1.5 = 6 \Omega$$

③ 等效电路

$$U_0 = \frac{9}{6+3} \times 3 = 3V$$



独立源保留



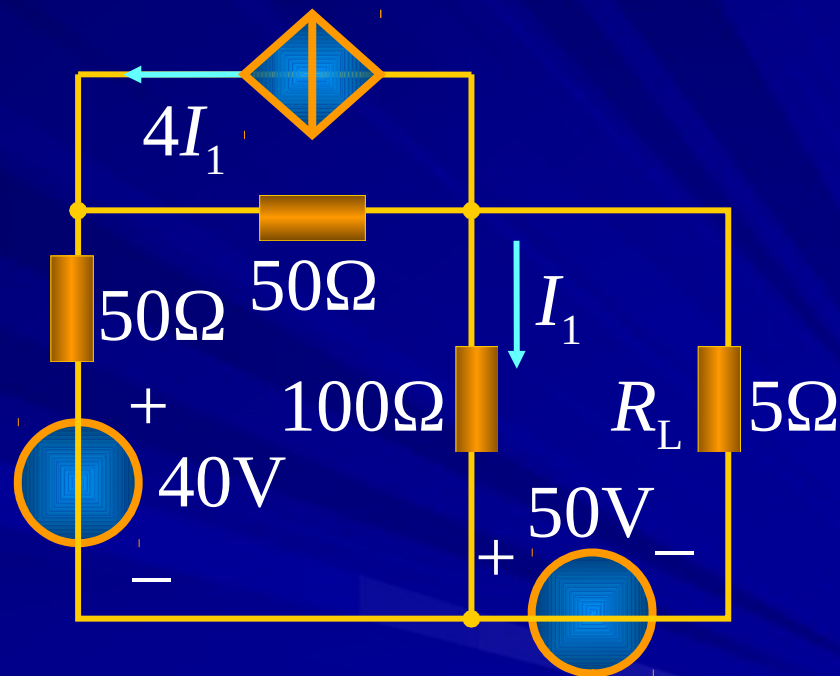
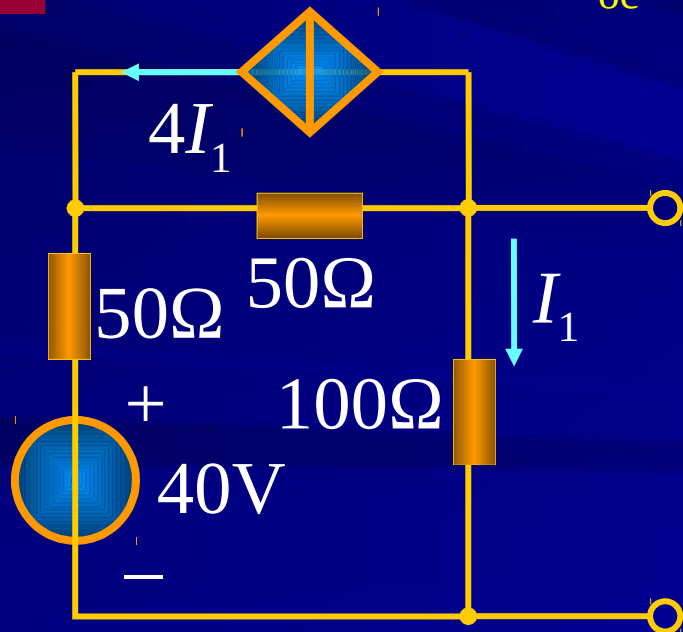


注意 计算含受控源电路的等效电阻是用外加电源法还是开路、短路法，要具体问题具体分析，以计算简便为好。

例 求负载 R_L 消耗的功率

解

① 求开路电压 U_{oc}



$$100I_1 + 200I_1 + 100I_1 = 40$$

$$\rightarrow I_1 = 0.1\text{A}$$

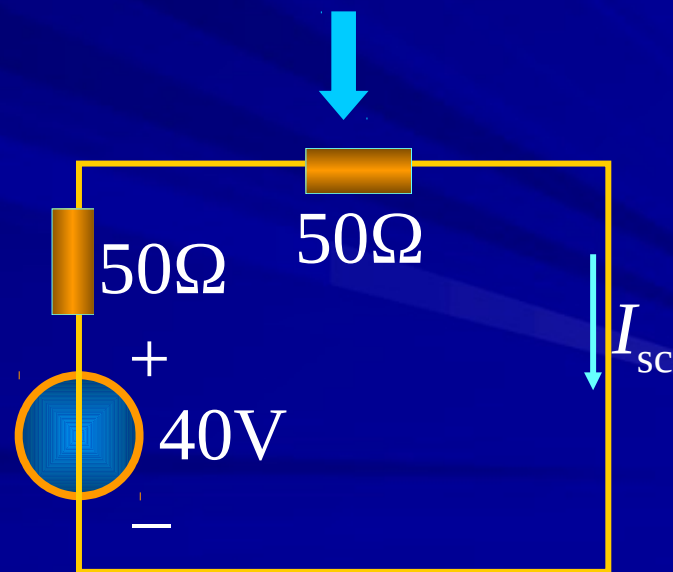
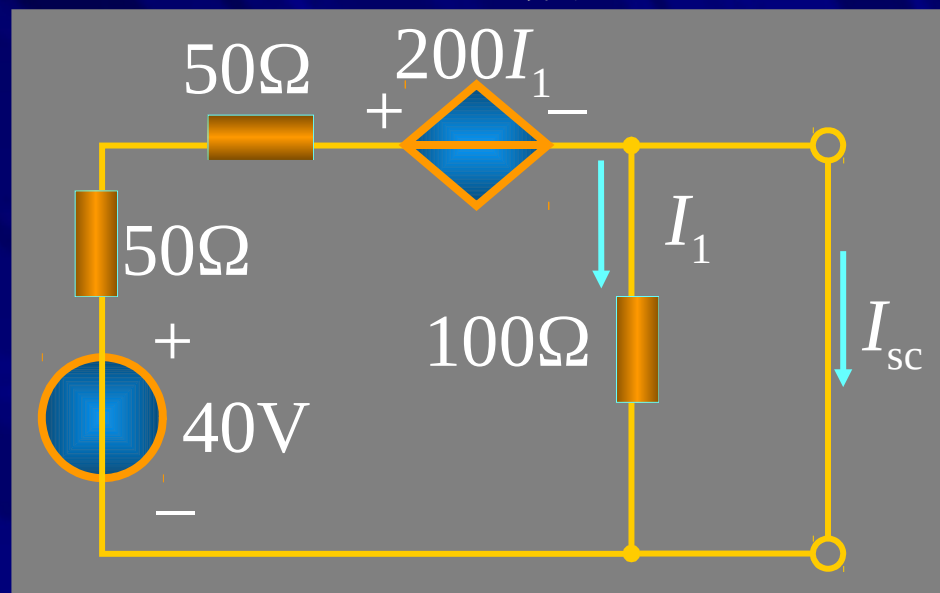
$$U_{oc} = 100I_1 = 10\text{V}$$

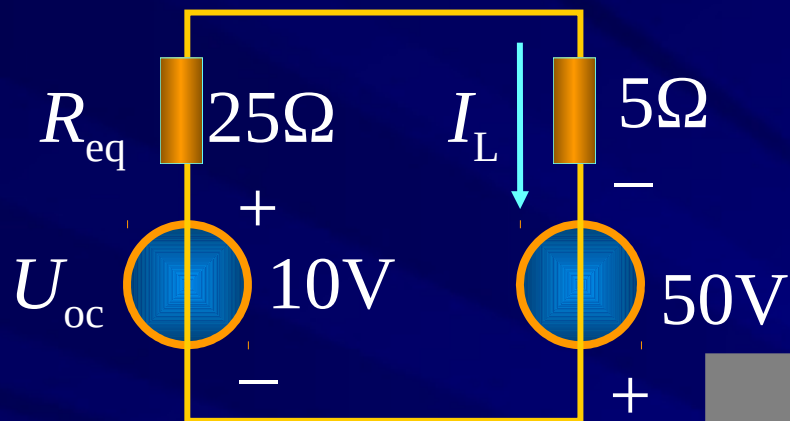
② 求等效电阻 R_{eq}

用开路电压、短路电流法

$$I_{sc} = 40 / 100 = 0.4\text{A}$$

$$R_{eq} = \frac{U_{oc}}{I_{sc}} = 10 / 0.4 = 25\Omega$$





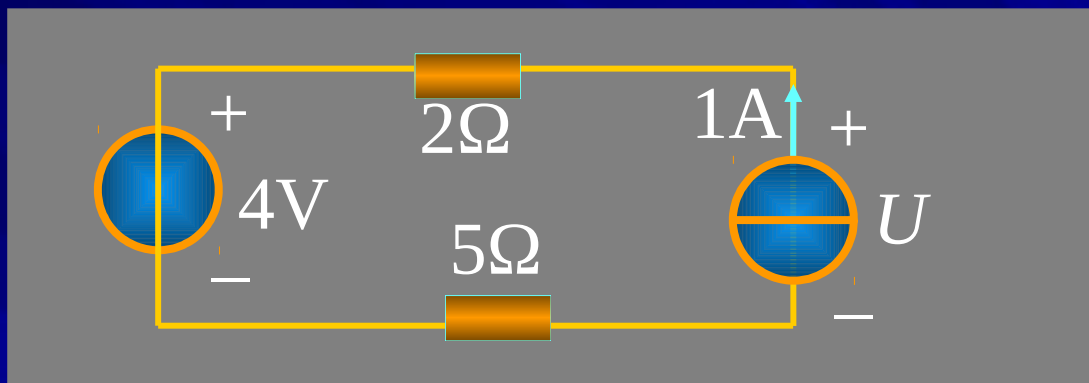
$$I_L = \frac{U_{oc} + 50}{25 + 5} = \frac{60}{30} = 2A$$

$$P_L = 5I_L^2 = 5 \times 4 = 20W$$

例 已知开关 S

4 \rightarrow 1 $\textcircled{A} = 2A$

\rightarrow 2 $\textcircled{V} = 4V$ 求开关 S 打向 3, 电压 U 等于多少



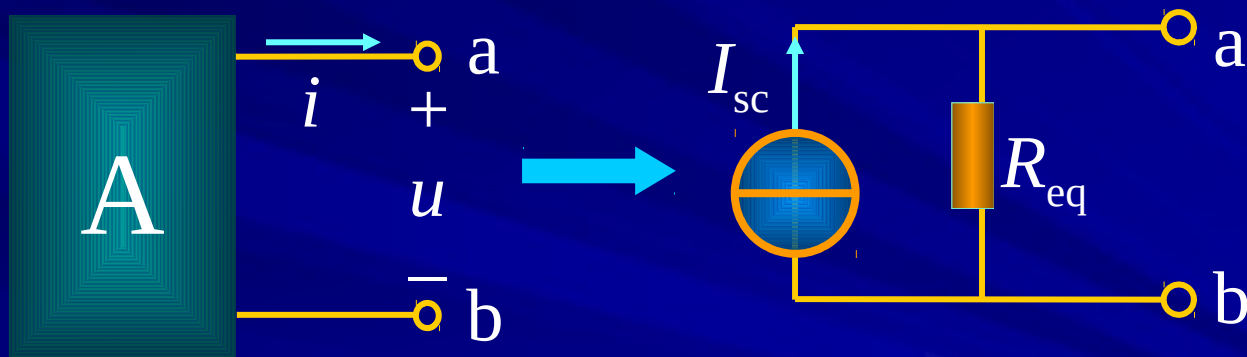
解

$$i_{sc} = 2A \quad U_{oc} = 4V \quad \rightarrow \quad R_{eq} = 2\Omega$$

$$U = (2 + 5) \times 1 + 4 = 11V$$

4. 诺顿定理

任何一个含源线性一端口电路，对外电路来说，可以用一个电流源和电阻的并联组合来等效置换；电流源的电流等于该一端口的短路电流，电阻等于该一端口的输入电阻。



注意 一般情况，诺顿等效电路可由戴维宁等效电路经电源等效变换得到。诺顿等效电路可采用与戴维宁定理类似的方法证明。

例

1

求电流 I

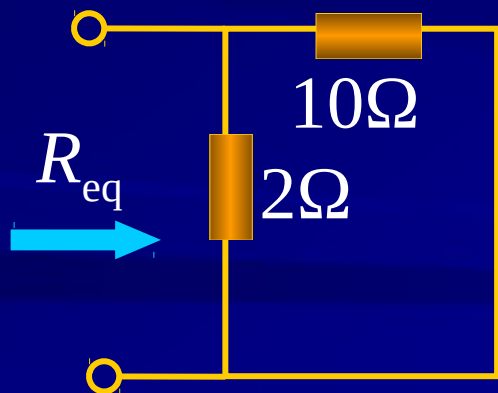
解

① 求短路电流 I_{sc}

$$I_1 = 12/2 = 6A$$

$$I_2 = (24 + 12)/10 = 3.6A$$

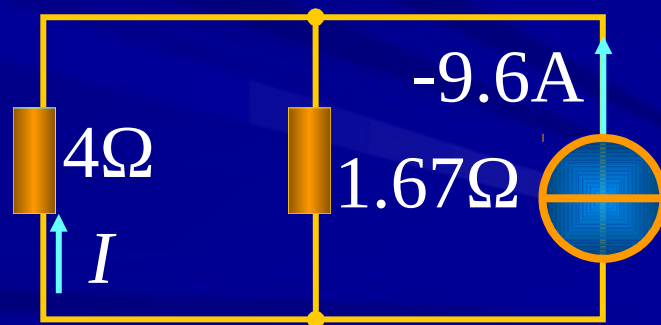
$$I_{sc} = -I_1 - I_2 = -3.6 - 6 = -9.6A$$

② 求等效电阻 R_{eq} 

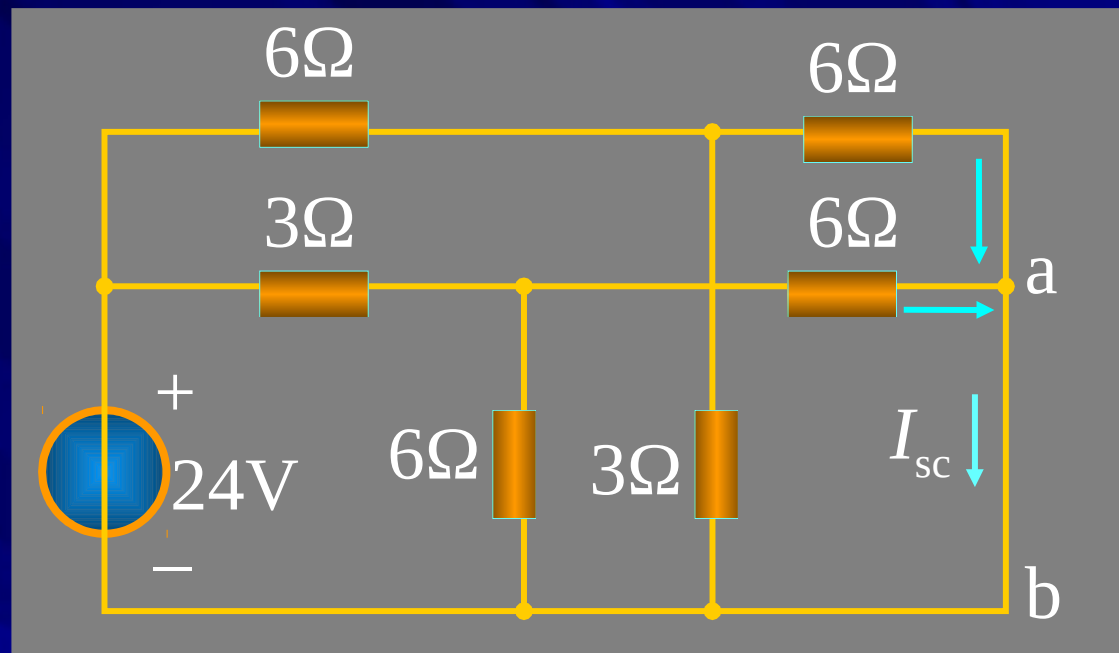
$$R_{eq} = 10 // 2 = 1.67 \Omega$$

应用分
流公式

③ 诺顿等效电路：



$$I = 2.83A$$

例
2求电压 U 

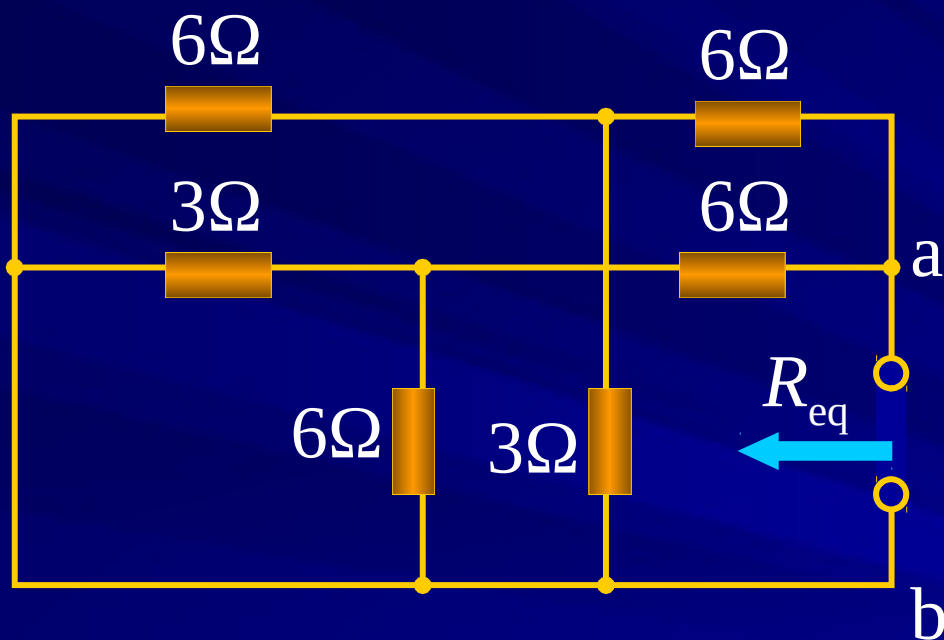
解

本题用诺顿定理求比较方便。因为 a、b 处的短路电流比开路电压容易求。

① 求短路电流 I_{sc}

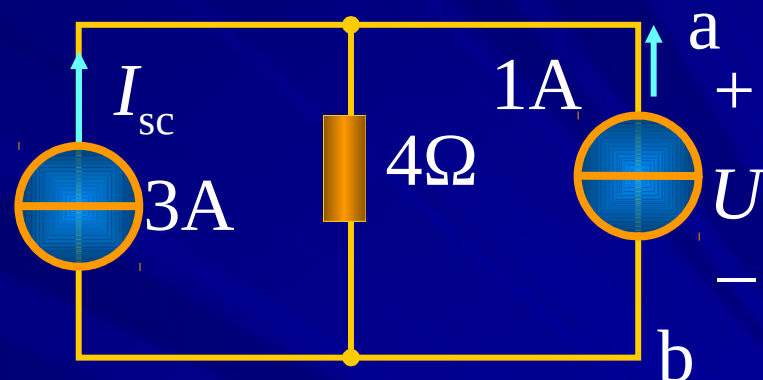
$$I_{sc} = \frac{24}{6 // 6 + 3} \times \frac{1}{2} + \frac{24}{3 // 6 + 6} \times \frac{3}{3 + 6} = 3A$$

② 求等效电阻 R_{eq}



$$R_{eq} = [6 // 3 + 6] // [3 // 6 + 6] = 4\Omega$$

③ 诺顿等效电路：



$$U = (3 + 1) \times 4 = 16V$$



注意

- ① 若一端口网络的等效电阻 $R_{eq} = 0$ ，该一端口网络只有戴维宁等效电路，无诺顿等效电路。
- ② 若一端口网络的等效电阻 $R_{eq} = \infty$ ，该一端口网络只有诺顿等效电路，无戴维宁等效电路。

