

# 基础电路与电子学

主讲：陈开志

办公室：学院 2 号楼 304

Email: [ckz@fzu.edu.cn](mailto:ckz@fzu.edu.cn)

# 第 1 章 直流电路

1.1 电路与电路模型

1.2 电流, 电压, 电位

1.3 电功率

1.4 电阻元件

1.5 电压源与电流源

1.6 基尔霍夫定律

1.7 简单的电阻电路

1.8 支路电流分析法

1.9 节点电位分析法

1.10 叠加原理

1.11 等效电源定理

1.12 含受控电源的电阻电路

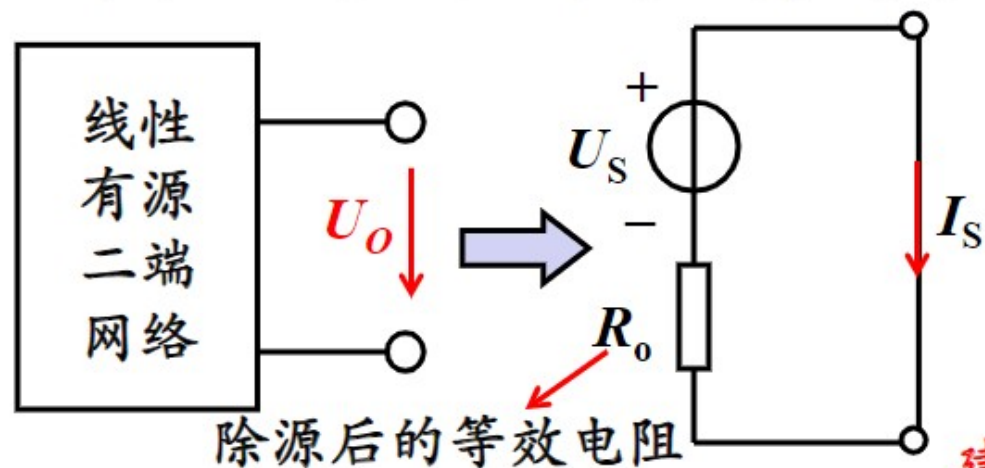
电路的基本概念

电路的基本  
分析方法

### 3、戴维南定理的注意事项：

需要利用特殊方法求 $R_o$

若有源二端网络内含有受控源，则受控源不能除源，**必须保留**。



方法一：开路短路法

① 求开路电压  $U_o = U_s$

② 求短路电流  $I_s$

③  $R_o = \pm U_o / I_s$

建议： $I_s$ 和 $U_o$ 参方设置相同

适合于独立电源较多或者短路电流难求的情况

加压求流法

方法二：外加电源法

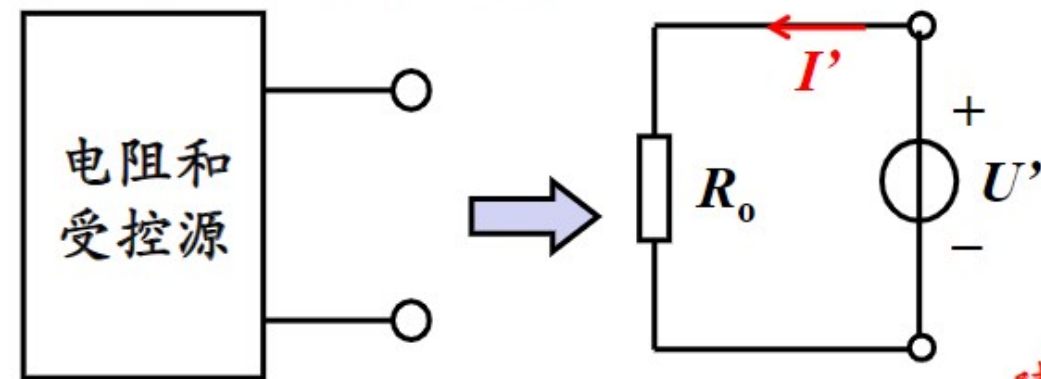
① 先消除独立电源

保留电阻和受控源

② 外加电压  $U'$  求  $I' = ?$

③  $R_o = \pm U' / I'$

建议： $I'$ 从 $U'$ 的正极流出



**[例 1-18]：**试求图 1-46 (a) 所示二端电路的戴维南等效电

**路。**  
**解：**1、计算开路电压。开路时  $I=0$ ，受控量  $3I$

$I=0$ 。等效电路图见图 1-46 (b) 所示。用叠加原理求  
开路电压

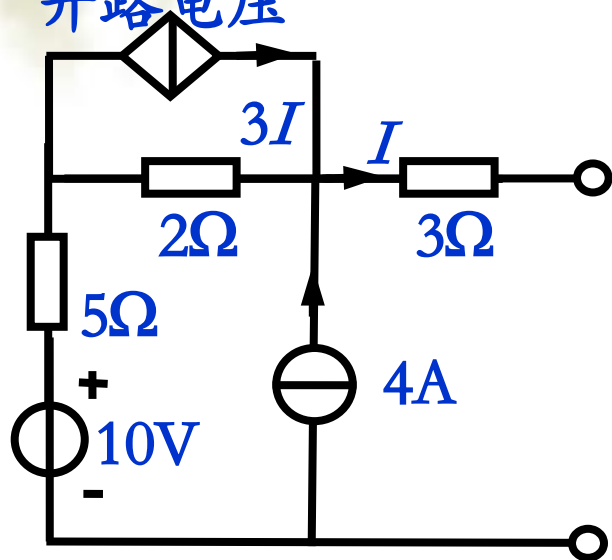
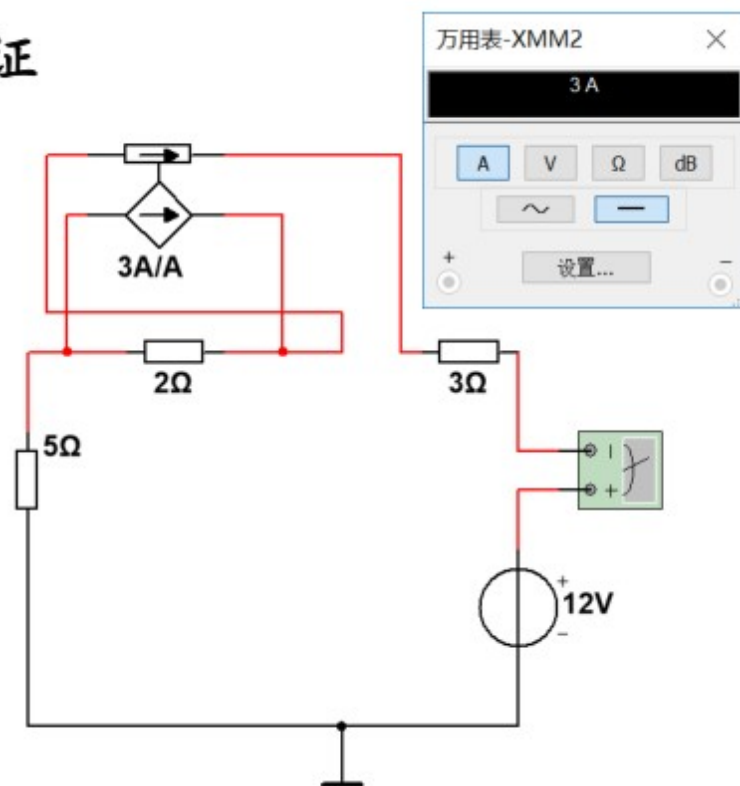
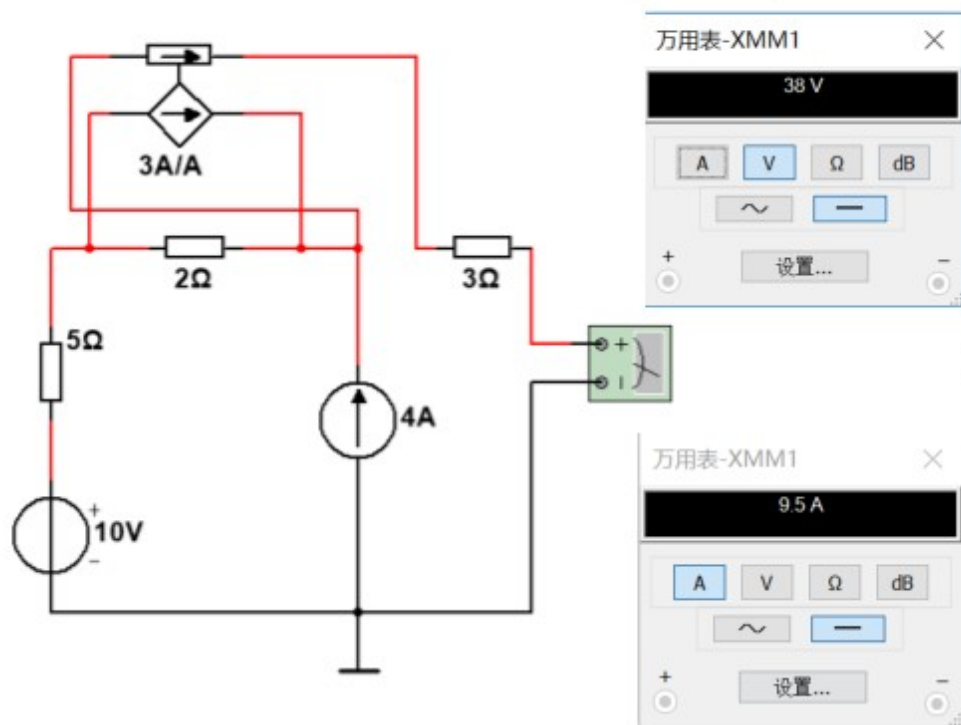


图 1-46 (a)

受控源依附于控制量的存在而存在  
当控制量为零时，受控源可以除源  
当控制量恢复时，受控源必须恢复



## 例1-18：用Multisim仿真软件进行验证



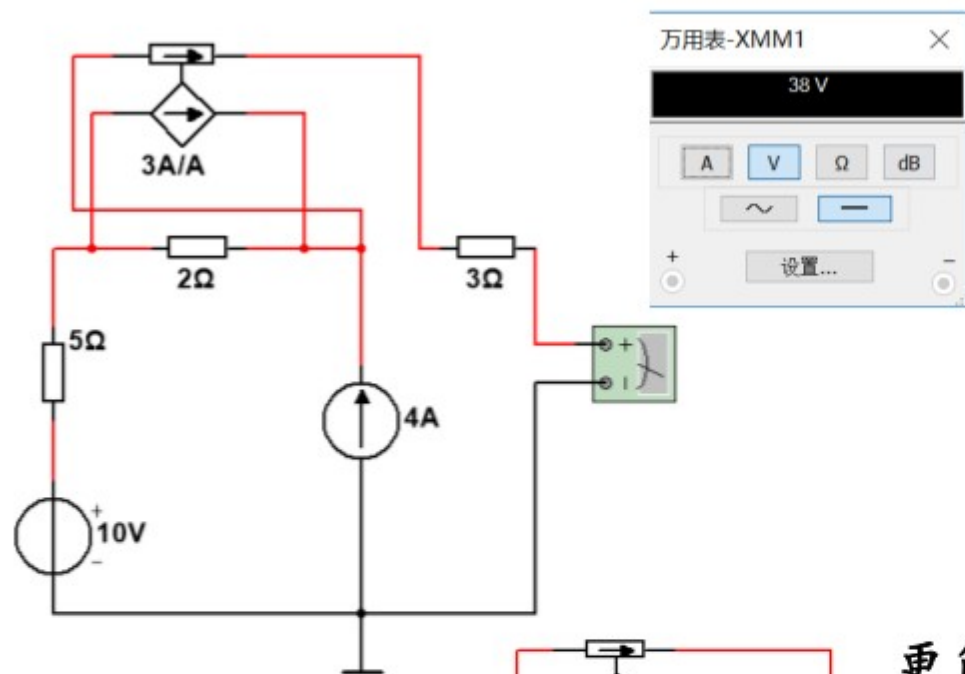
### 方法一：开路短路法

- ① 求开路电压  $U_o$
- ② 求短路电流  $I_s$
- ③  $R_o = U_o / I_s = 38 / 9.5 = 4\Omega$

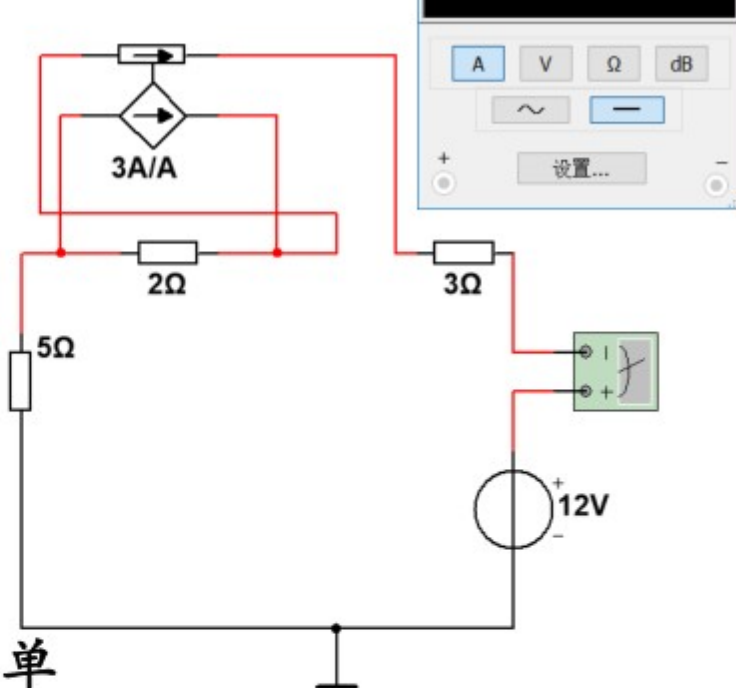
### 方法二：外加电源法

- ① 先消除独立电源
- ② 外加电压  $U'$  求  $I'=?$
- ③  $R_o = U' / I' = 12 / 3 = 4\Omega$

# 例1-18：用Multisim仿真软件进行验证



把万用表设置为欧姆档



更简单的做法

方法二：外加电源法

- ① 先消除独立电源
- ② 外加电压  $U'$  求  $I'=?$
- ③  $R_o = U'/I' = 12/3 = 4\Omega$

电路  
分析  
方法

电源等效变换定理  $\longrightarrow$  站在待求元件角度选择简化原则

$\downarrow \longrightarrow$  每一次等效变换都 **不允许动** 到待求元件

对受控源而言, 当 **控制量** 属于内电路时, 应 **把它转换为与之等价的外电路物理量**。

支路电流法  $\longrightarrow$  特别适合 **无从入手** 的电路

节点电位法  $\longrightarrow$  适合于(广义) **两节点电路**

$$V_a = \frac{\sum \frac{U_s}{R} + \sum I_s}{\sum \frac{1}{R}}$$

注意1: 分子部分关于 **代数和** 的定义

注意2: 与恒流源 **串联** 的元件 **不能出现** 在展开公式中

叠加原理  $\longrightarrow$  仅适用于独立电源的拆分  $\longrightarrow$  不能用于功率直接叠加  
受控源不能 **除源**, 应 **保留在分图中**

等效电源定理  $\longrightarrow$  戴维南定理  $\longrightarrow$  5个解题步骤

含有受控源的有源二端网络的等效电阻需使用特殊方法求解

开路短 路法 不除源	{	① 求开路电压 $U_o$	外加电 源法 有除源	{	① <u>除去独立源</u> 、保留受控源
		② 求短路电流 $I_s$			② 外加电压 $U'$ 、求 $I'$
		③ $R_o = \pm U_o / I_s$			③ $R_o = \pm U' / I'$

# 第 1 章 直流电路

1.1 电路与电路模型

1.2 电流, 电压, 电位

1.3 电功率

1.4 电阻元件

1.5 电压源与电流源

1.6 基尔霍夫定律

1.7 简单的电阻电路

1.8 支路电流分析法

1.9 节点电位分析法

1.10 叠加原理

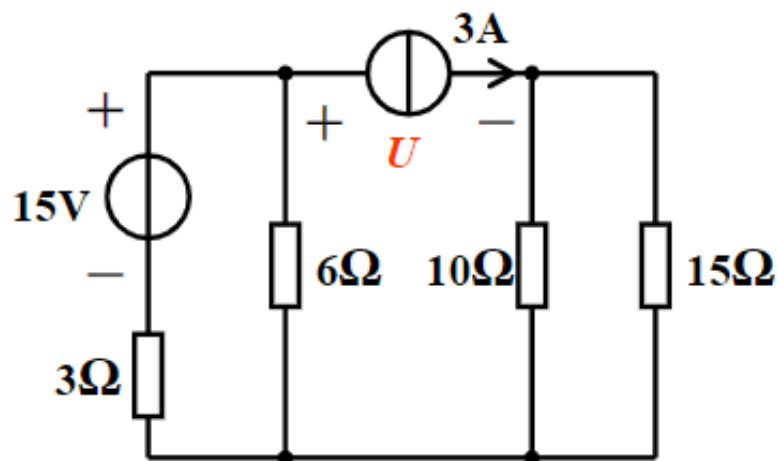
1.11 等效电源定理

1.12 含受控电源的电阻电路

电路的基本概念

电路的基本  
分析方法



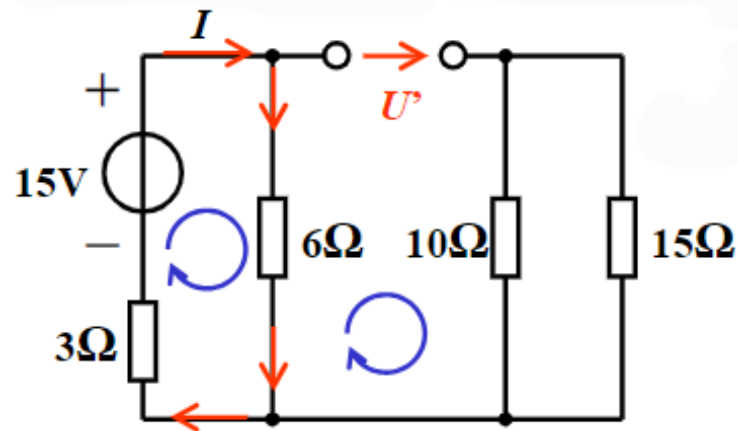


1-16: 利用叠加原理求  $U=?$

① 画出各个独立电源单独作用时的分图;

② 根据分图求分量;

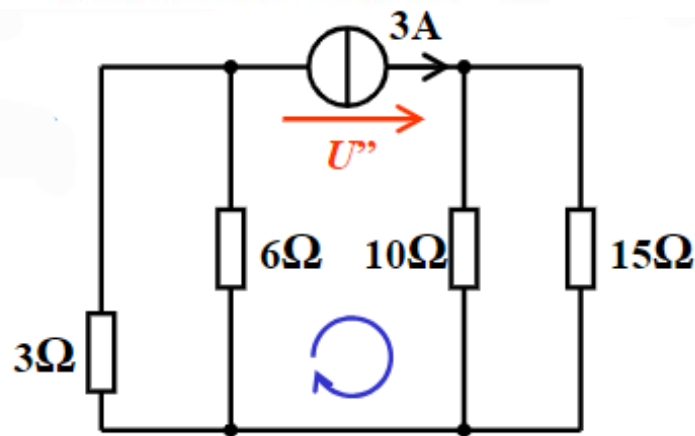
③ 叠加求出总量  $U = -14V$



$$6I + 3I - 15 = 0 \longrightarrow I = \frac{5}{3} \text{ A}$$

$$U' + 0 - 6I = 0 \longrightarrow U' = 10V = \frac{6}{3+6} \times 15$$

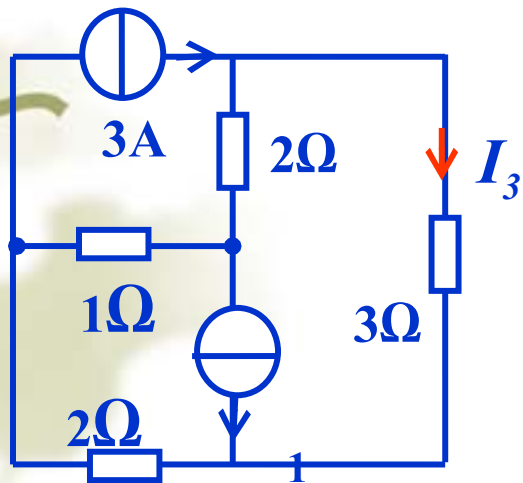
分压公式



$$U'' + 3 \times (10 // 15) + 3 \times (3 // 6) = 0$$

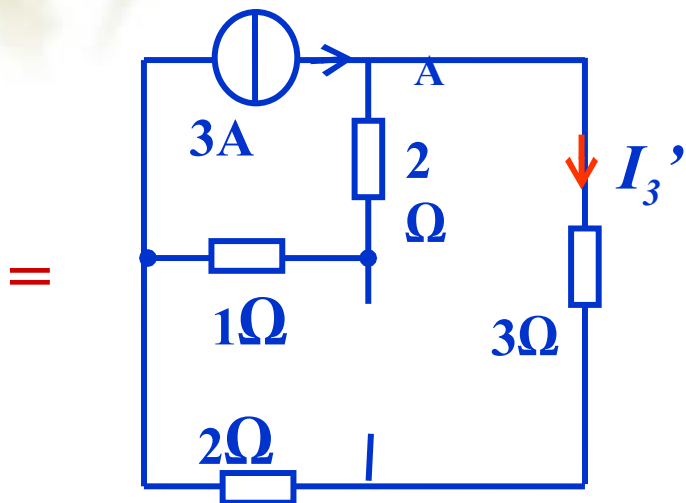
$$U'' = -24V$$

1-17:

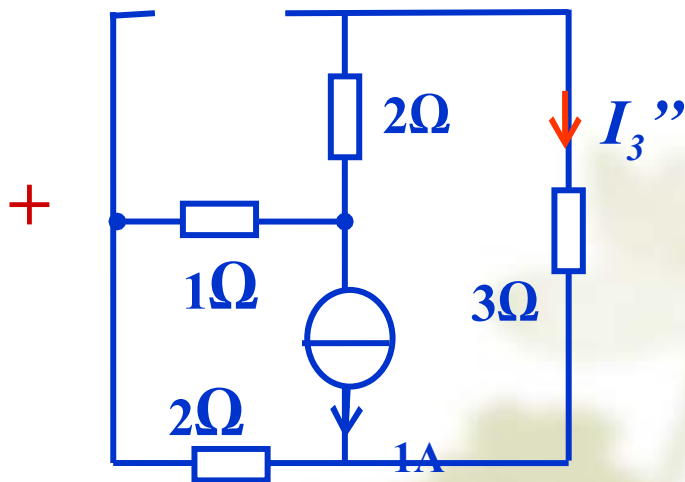


叠加原理求  $I_3$

- ① 判断电路是否为线性电路
- ② 画出各个独立电源单独作用时的分图；
- ③ 根据分图求分量；



$$I_3' = 3 \times \frac{3}{3+5} = \frac{9}{8} A$$

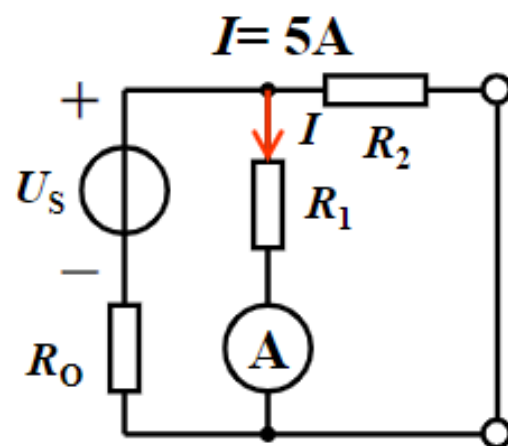
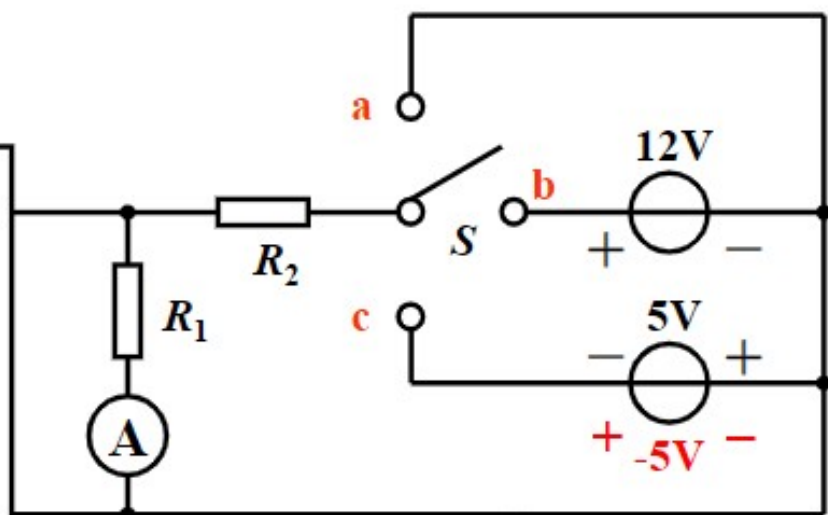


$$I_3'' = -1 \times \frac{3}{5+3} = -\frac{3}{8}$$

$$I_3 = I_3' + I_3'' = \frac{6}{8} A$$

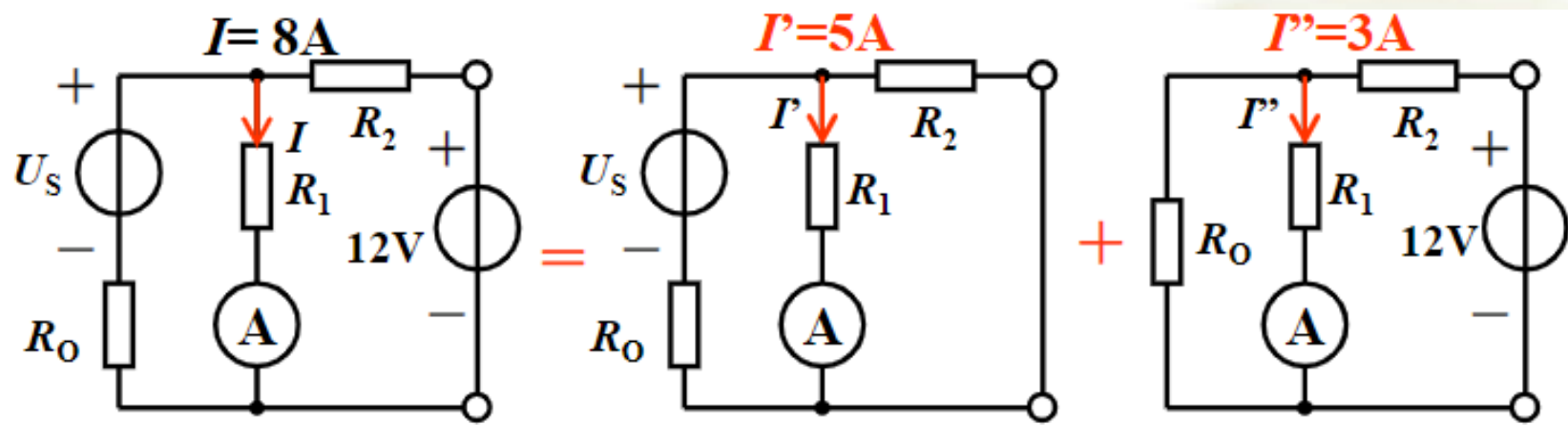
1-18:

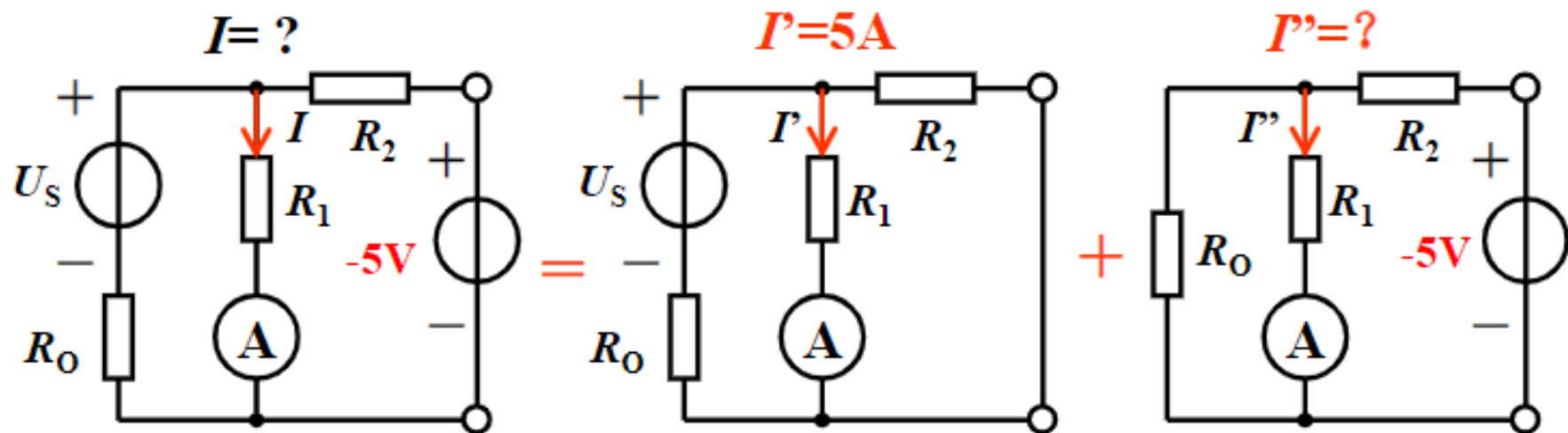
线性  
有源  
二端  
网络



已知:  $S$  置于  $a$  时,  $(A) = 5A$ ;  $S$  置于  $b$  时,  $(A) = 8A$ ;

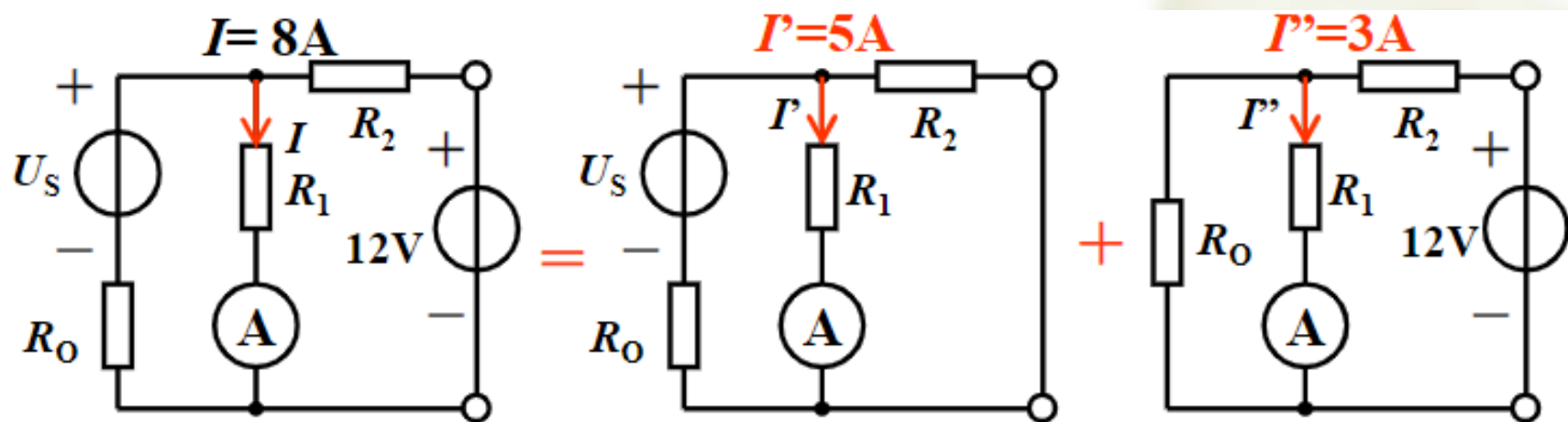
求:  $S$  置于  $c$  时,  $(A) = ?$





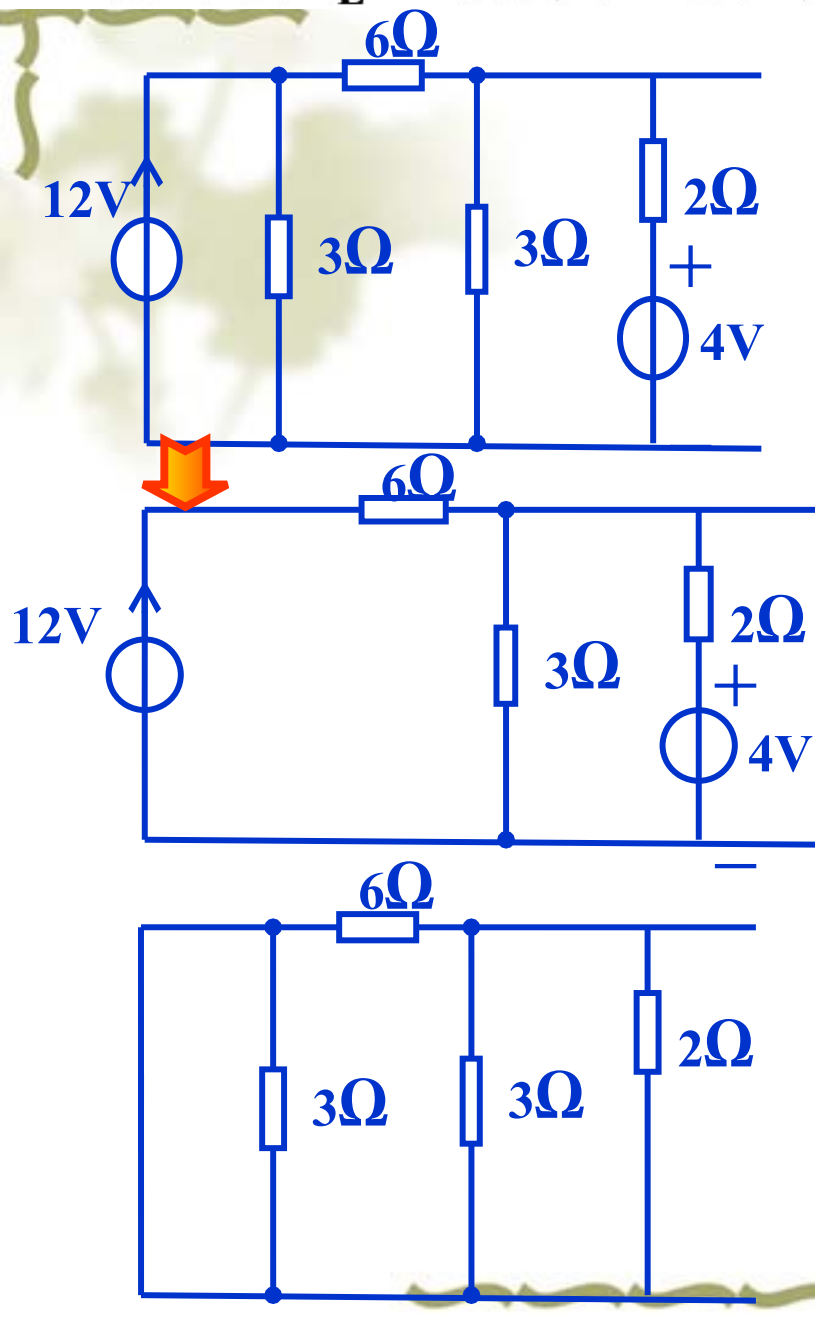
$I = I' + I'' = 3.75A$ 
 $I'' = -1.25A$ 
 $\left\{ \begin{array}{l} I'' = \frac{R_0}{R_0 + R_1} \times \frac{-5}{R_2 + R_1 // R_0} \\ 3 = \frac{R_0}{R_0 + R_1} \times \frac{12}{R_2 + R_1 // R_0} \end{array} \right.$

比例关系:





1-19 当外接  $R_L = ?$  获得最大功率,  $P_{L\max} = ?$



① 求开路电压  $U_o = ?$

节点电位法:

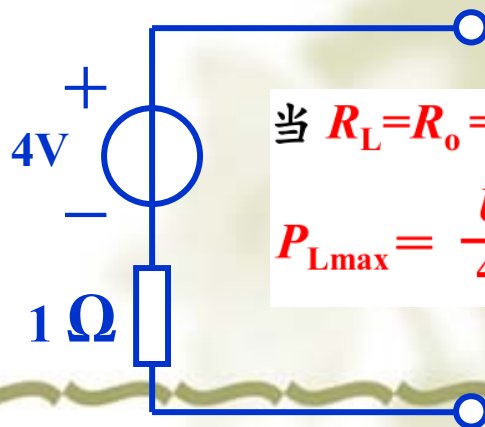
$$\frac{V_o - 12}{6} + \frac{V_o}{3} + \frac{V_o - 4}{2} = 0$$

$$\text{得 } V_o = 4V$$

$$U_o = V_a = \frac{\sum \frac{U_s}{R}}{\sum \frac{1}{R}} = \frac{\frac{12}{6} + \frac{4}{2}}{\frac{1}{6} + \frac{1}{3} + \frac{1}{2}} = 4V$$

2 求等效电阻  $R_o = ?$

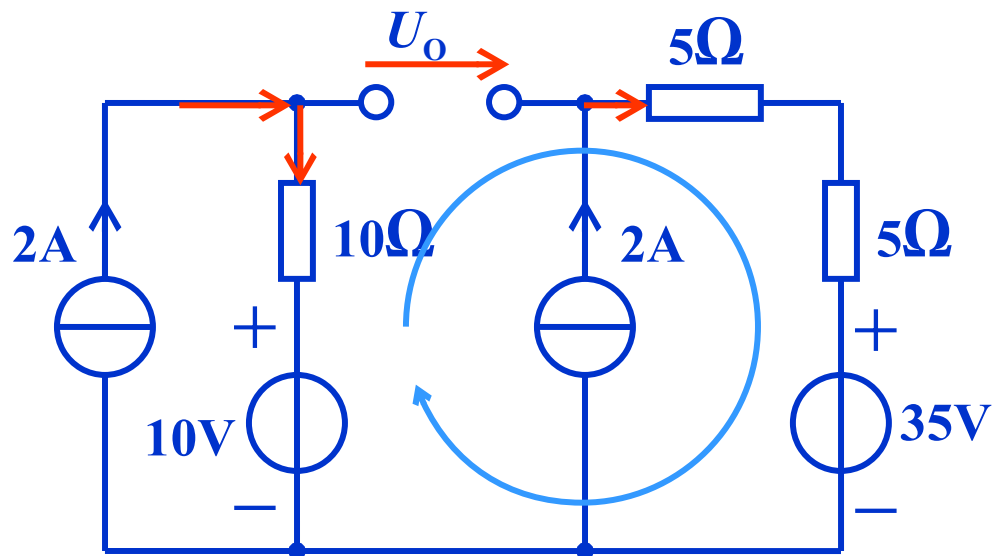
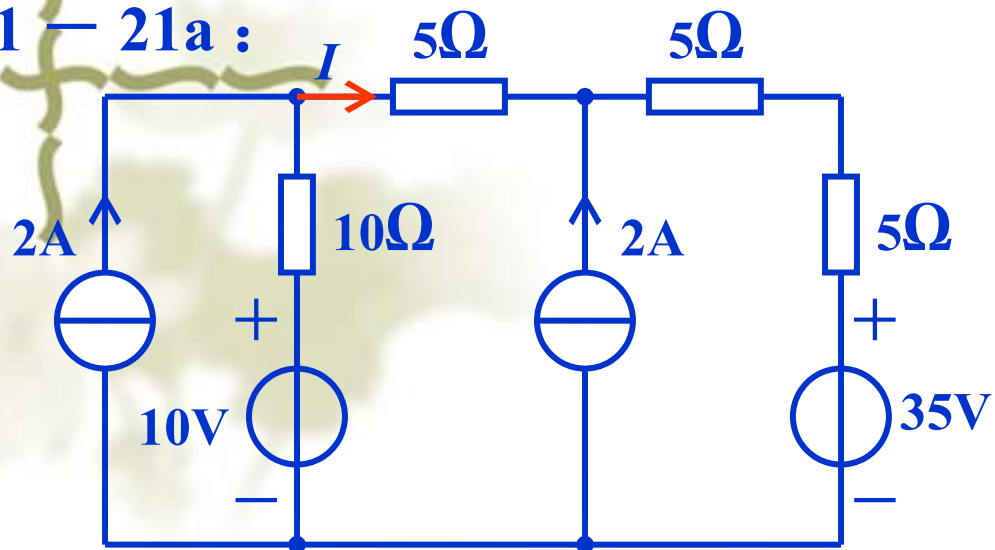
$$R_o = 2 // 3 // 6 = 1\Omega$$



当  $R_L = R_o = 1\Omega$  时获得最大功率

$$P_{L\max} = \frac{U_o^2}{4R_o} = \frac{U_o^2}{4R_L} = 4W$$

1 - 21a :



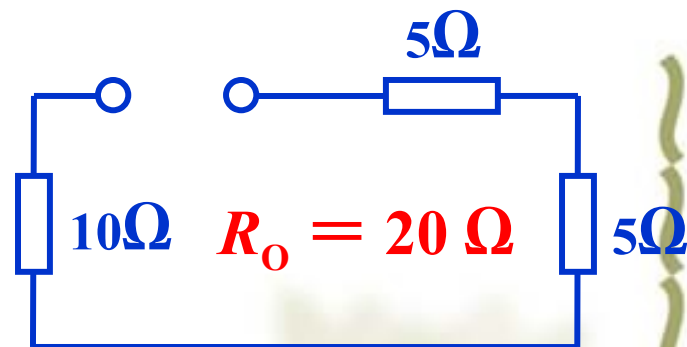
$$U_o + 2 \times (5 + 5) + 35 - 10 - 2 \times 10 = 0$$

$$U_o = -25V \quad I = -1A$$

① 取出待求支路

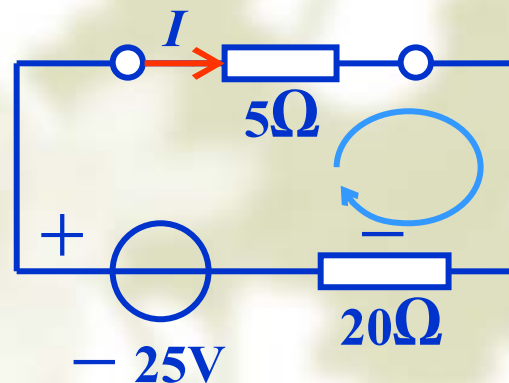
② 求开路电压  $U_o = ?$

③ 求等效电阻  $R_o = ?$

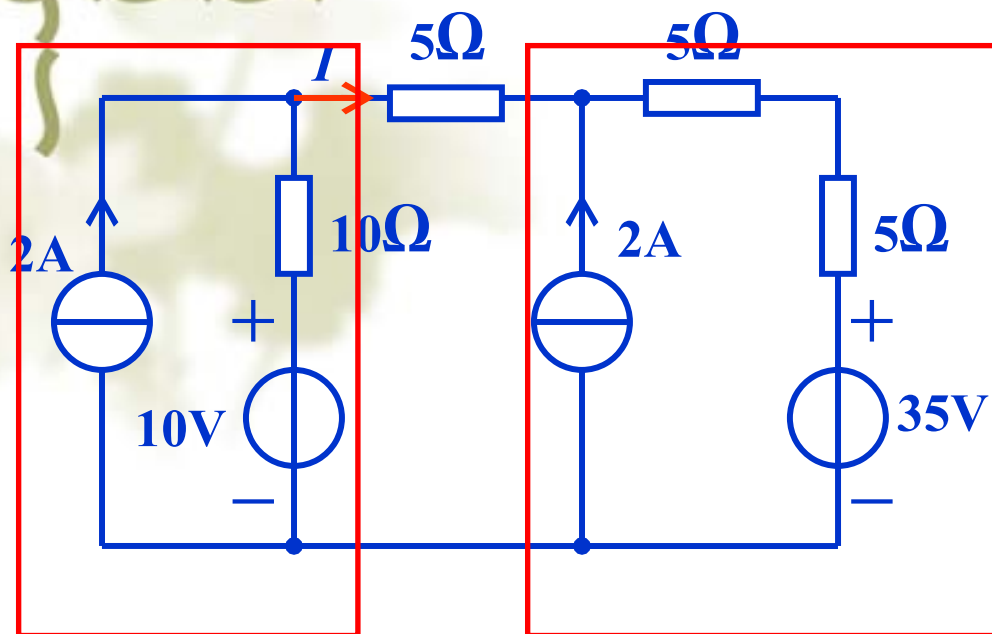


④ 画出等效电压源模型

⑤ 放入待求支路

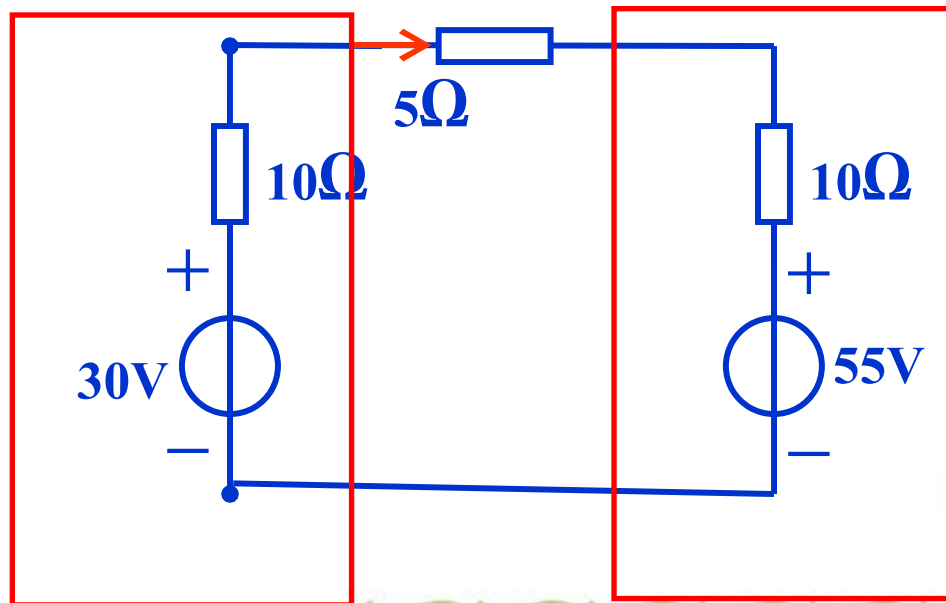


## 1 - 21a: 解法二

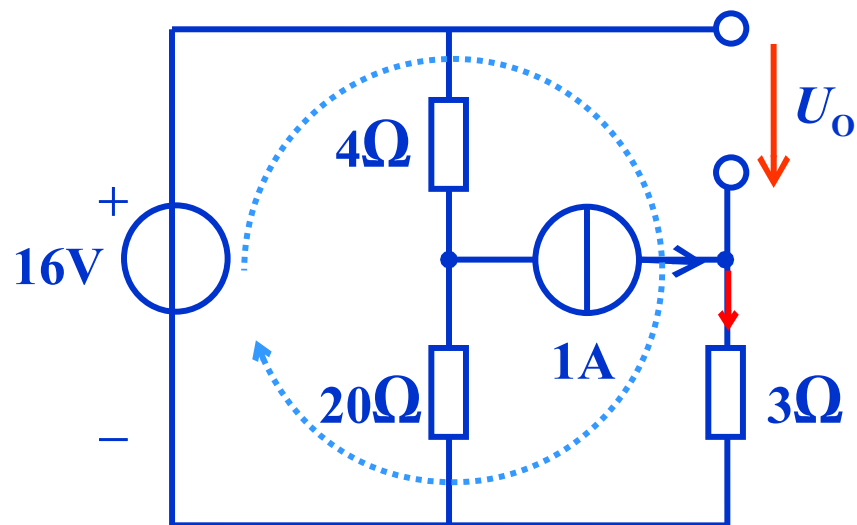
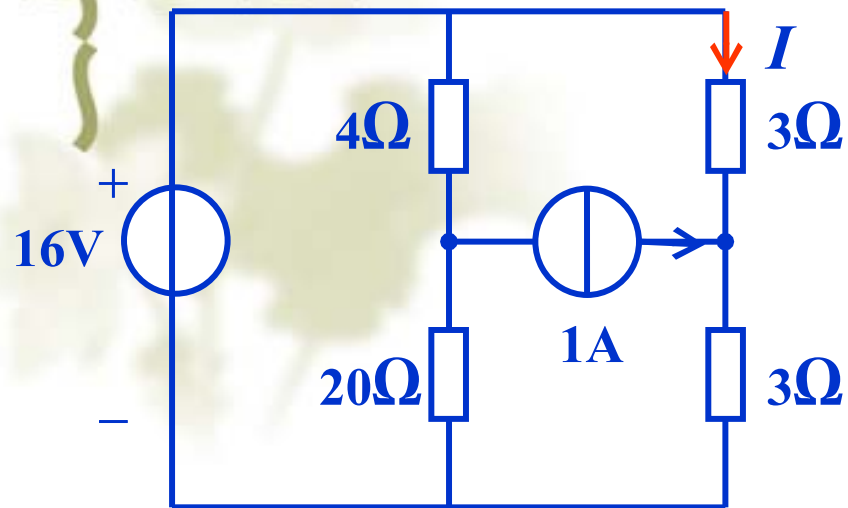


左右两边都进行  
两次戴维南等效

$$I = -1A$$



1—21b :



① 取出待求支路

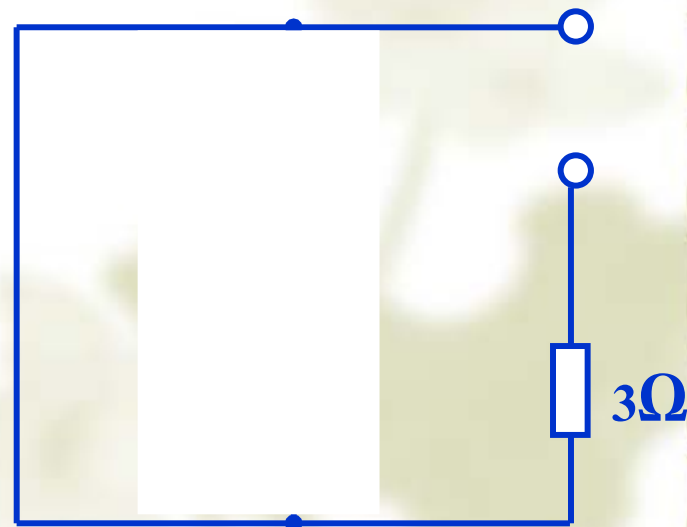
② 求开路电压  $U_o = ?$

$$\text{KVL: } U_o + 1 \times 3 - 16 = 0$$

$$\longrightarrow U_o = 13V$$

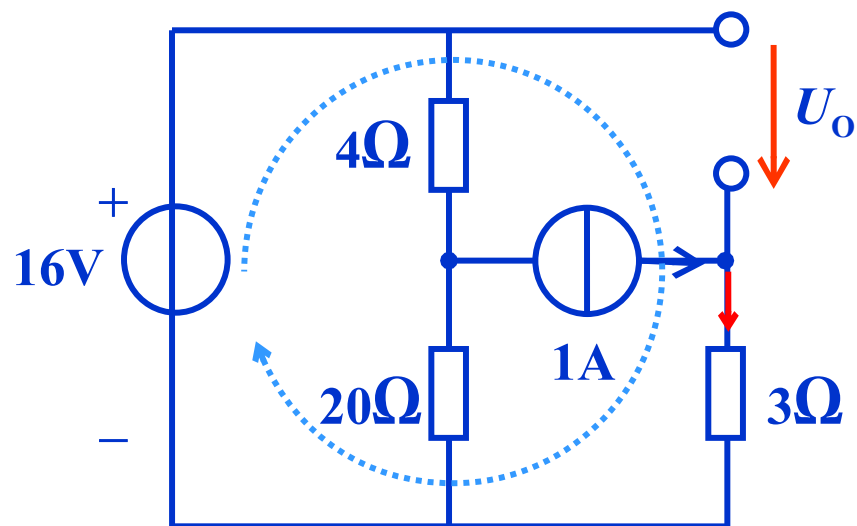
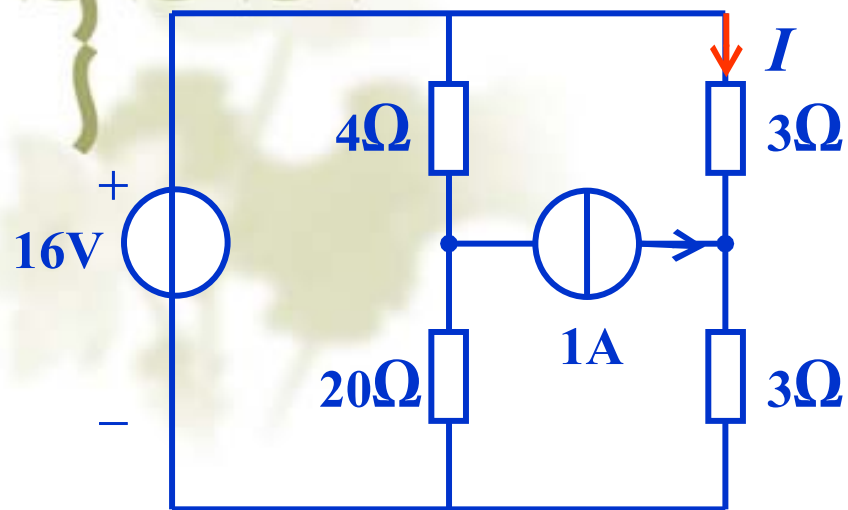
③ 求等效电阻  $R_o = ?$

$$R_o = 3\Omega$$





1—21b :



① 取出待求支路

② 求开路电压  $U_o = ?$

$$\text{KVL: } U_o + 1 \times 3 - 16 = 0$$

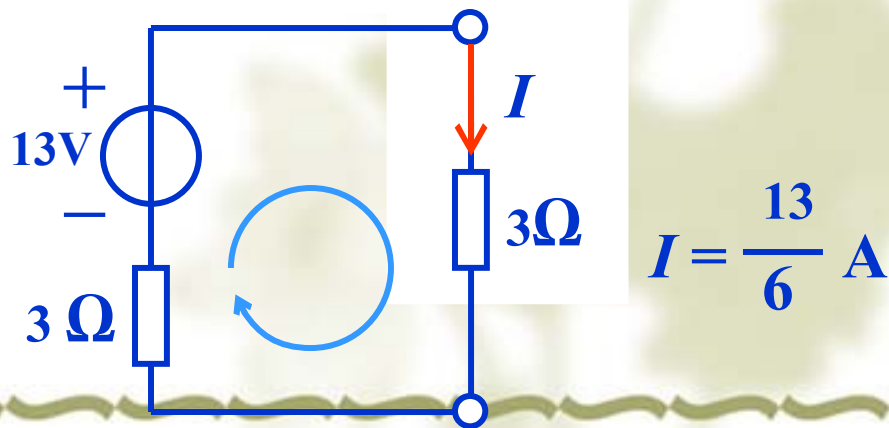
$$\longrightarrow U_o = 13\text{V}$$

③ 求等效电阻  $R_o = ?$

$$R_o = 3\Omega$$

④ 画出等效电压源模型

⑤ 放入待求支路



1-22: 利用支路电流法求 $I_1$ 和 $I_2$ 。

注意1:  $0.5U$ 是受电压控制的电流源

注意2: 应选择没有恒流源的回路

列KVL方程

$$KCL: I_1 + 0.5U = I_2$$

$$KVL: 3I_1 + 10I_2 - 9 = 0$$

$$\text{补充方程: } U = 10I_2$$

$$\left. \begin{array}{l} KCL: I_1 + 0.5U = I_2 \\ KVL: 3I_1 + 10I_2 - 9 = 0 \\ \text{补充方程: } U = 10I_2 \end{array} \right\} I_2 = -4.5A \quad I_1 = 18A \quad \text{如何检查?}$$

利用两节点电压公式

$$V_a = \frac{\sum \frac{U_s}{R} + \sum I_s}{\sum \frac{1}{R}} = \frac{\frac{9}{3} + 0.5U}{\frac{1}{3} + \frac{1}{10}} = U \Rightarrow U = -45V$$

$$I_2 = \frac{U}{10} = -4.5A$$

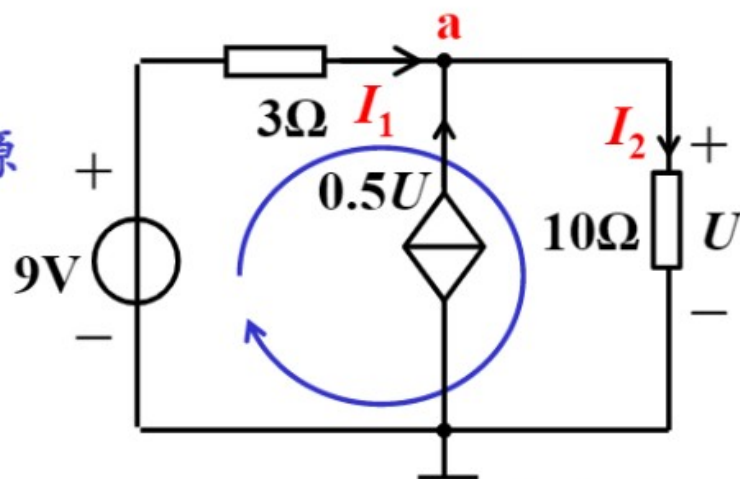
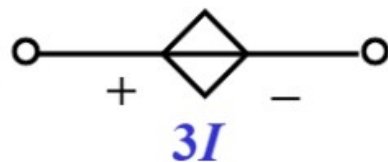
$$I_1 = I_2 - 0.5U = 18A$$

$$I_1 = \frac{9-U}{3} = 18A$$

分析受控源电路时一定要区分清楚其类型

区分方法: 先看符号再看控制量

受电流控制的  
电压源



1-23: 利用节点电位法求 $V_1$ 和 $V_2$ 。

注意: 这是一个三节点电路

方法一: 利用基尔霍夫定律

$$KCL: 6 = 5I + \frac{V_1}{8} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} I = 0.5A$$

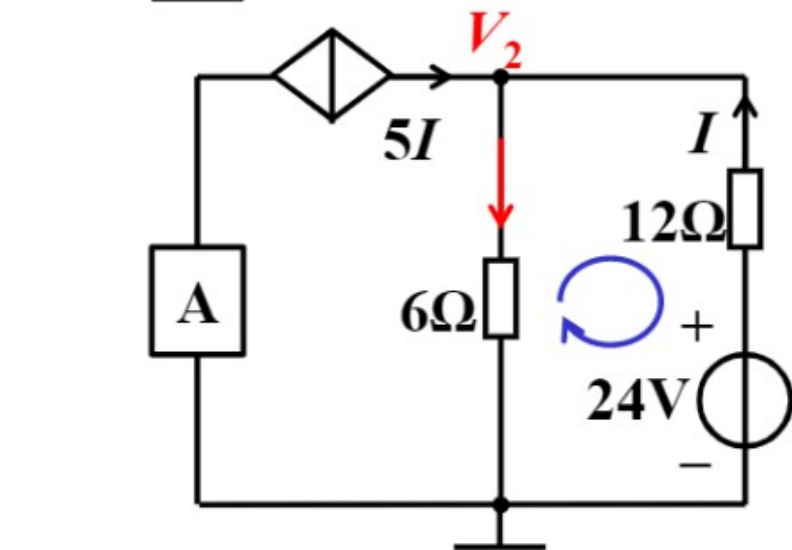
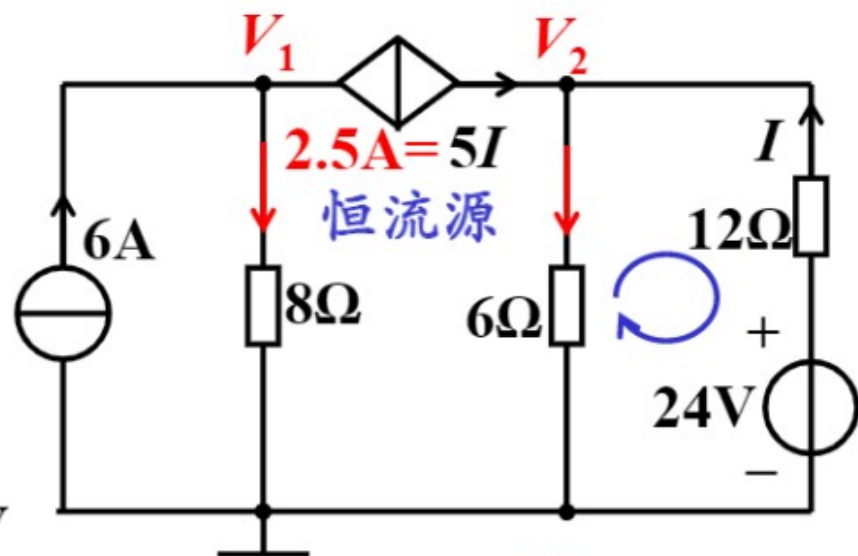
$$KCL: 5I + I = \frac{V_2}{6} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} V_2 = 18V$$

$$KVL: -12I + 24 - V_2 = 0 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} V_1 = 28V$$

方法二: 利用恒流源的恒流特性  
来间接使用两节点电压公式求 $V_2$

$$V_2 = \frac{\sum \frac{U_s}{R} + \sum I_s}{\sum \frac{1}{R}} = \frac{\frac{24}{12} + 5I}{\frac{1}{6} + \frac{1}{12}} = -12I + 24$$

$\Rightarrow I = 0.5A \quad V_2 = 18V$  回原图求 $V_1$



$$V_1 = \frac{\sum I_s}{\sum \frac{1}{R}} = \frac{6 - 2.5}{\frac{1}{8}} = 28V$$

1-24: 利用叠加求  $U$  和  $I$

① 判断电路是否为线性电路

② 画出各个独立电源单独作用时的分图;

③ 根据分图求分量;

$$2I' + I' + 2I' - 10 = 0 \rightarrow I' = 2A$$

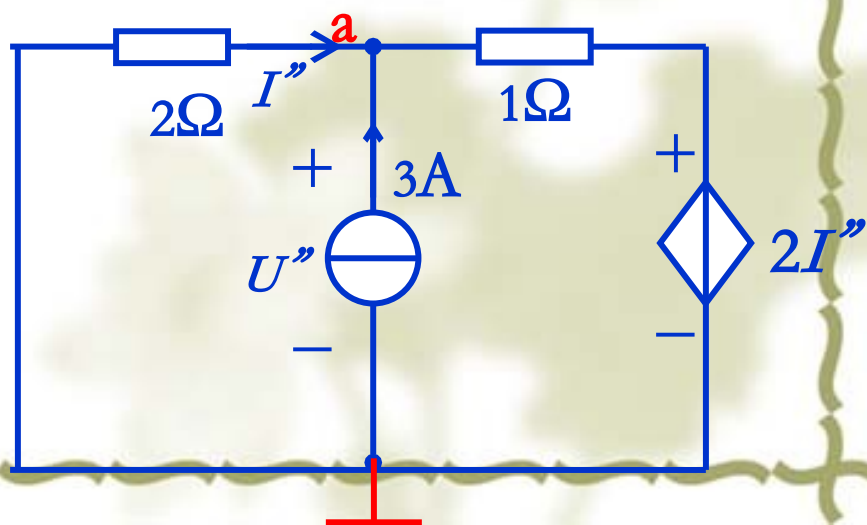
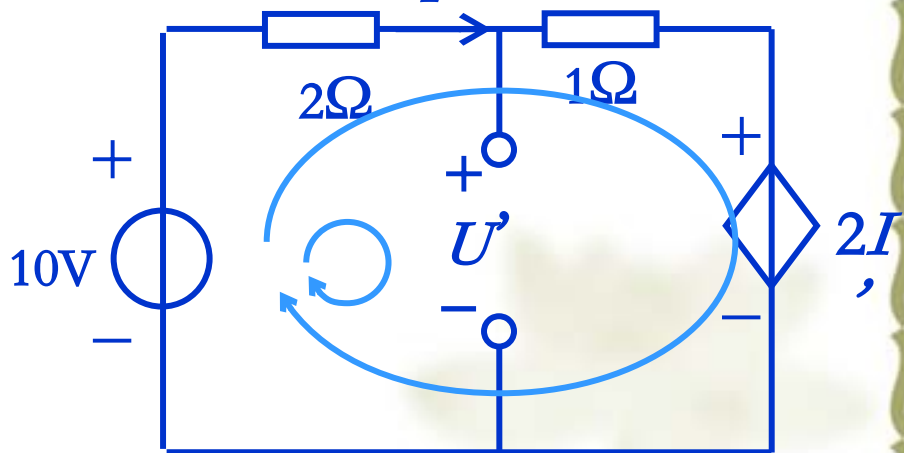
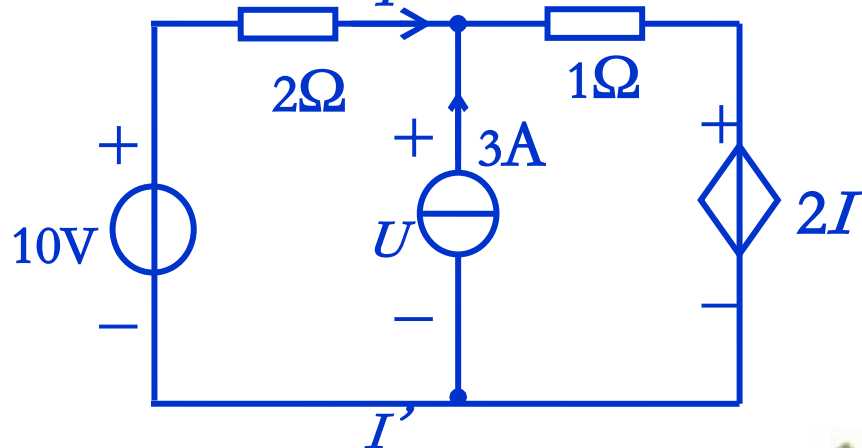
$$I' + 2I' - U' = 0 \rightarrow U' = 6V$$

$$\frac{V_a}{2} - 3 + \frac{V_a - 2I''}{1} = 0 \quad I'' = -\frac{V_a}{2}$$

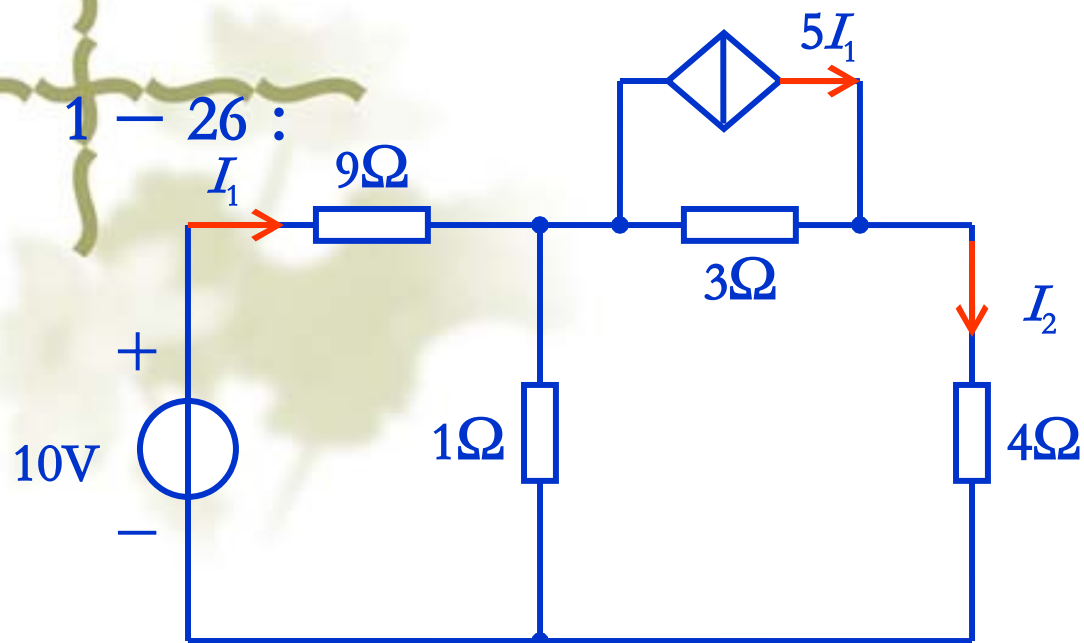
联立求解得

$$I'' = -0.6A \quad U'' = V_a = 1.2V$$

$$I = I' + I'' = 1.4A \quad U = U' + U'' = 7.2V$$







① 取出待求支路

② 求开路电压  $U_O = ?$

$$\text{KVL: } 9I_1 + I_1 - 10 = 0$$

$$\rightarrow I_1 = 1\text{A}$$

$$\text{KVL: } -5I_1 \times 3 + U_O - I_1 = 0$$

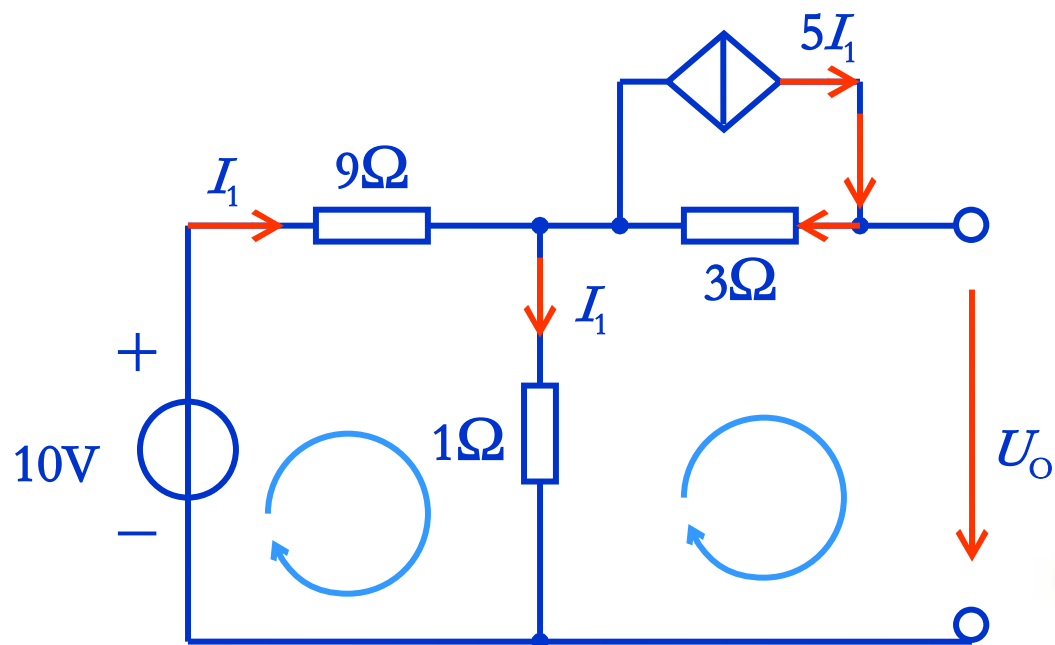
$$\rightarrow U_O = 16\text{V}$$

③ 求等效电阻  $R_O = ?$

注意点：受控源不能除源

方法一：开路短路法

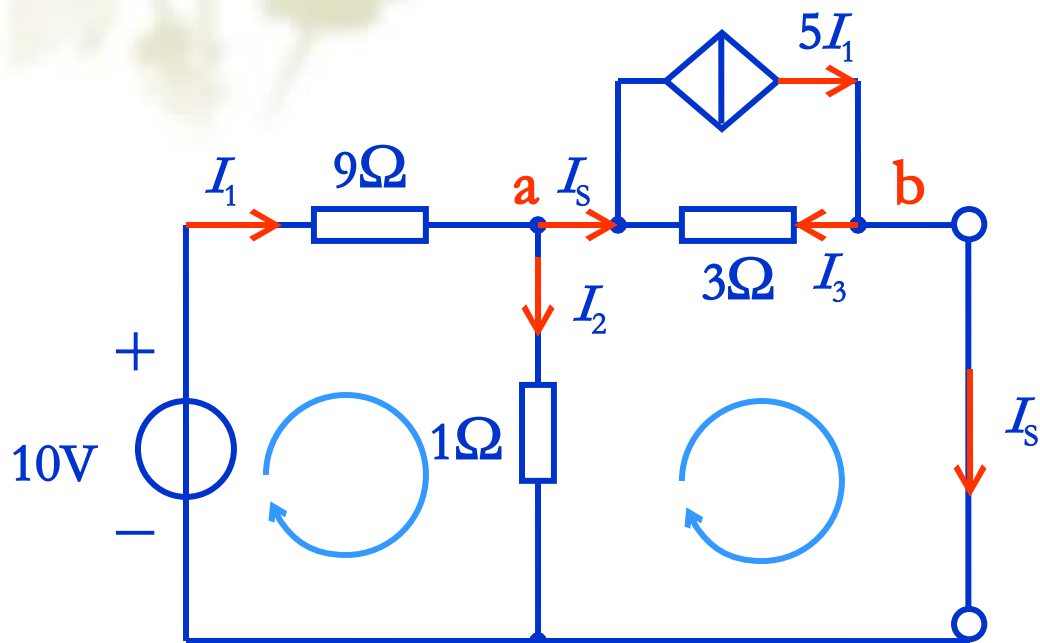
方法二：加压求流法



## 方法一：开路短路法

① 求开路电压  $U_O$   $U_O = 16V$

② 求短路电流  $I_S$  注意：  $I_S$  的参考方向须和  $U_O$  一致



支路电流法：

$$a \rightarrow \text{KCL: } I_1 = I_2 + I_S$$

$$b \rightarrow \text{KCL: } 5I_1 = I_3 + I_S$$

$$\text{KVL: } 9I_1 + I_2 - 10 = 0$$

$$\text{KVL: } -3I_3 - I_2 = 0$$

联立方程组可求解出：

$$I_S = \frac{20}{3} \text{ A}$$

$$\textcircled{3} R_O = \frac{U_O}{I_S} = 2.4 \Omega$$

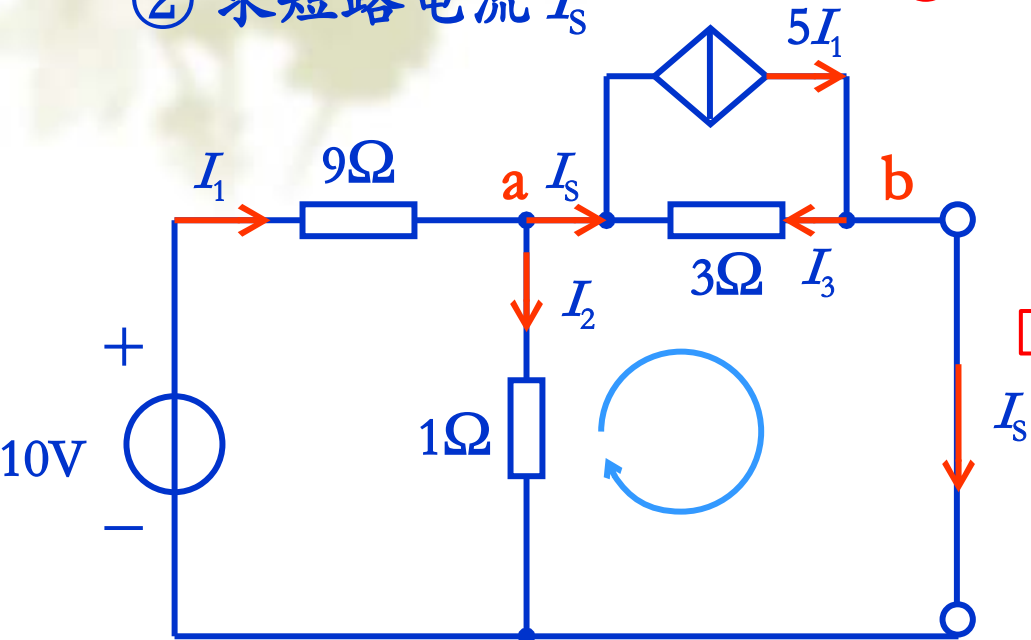
# 方法一：开路短路法

① 求开路电压  $U_O$

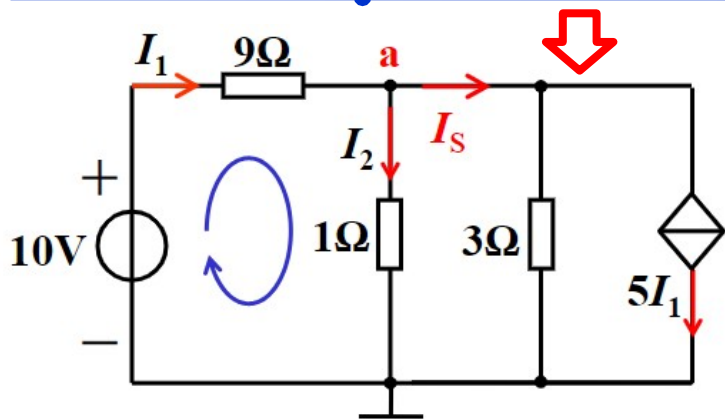
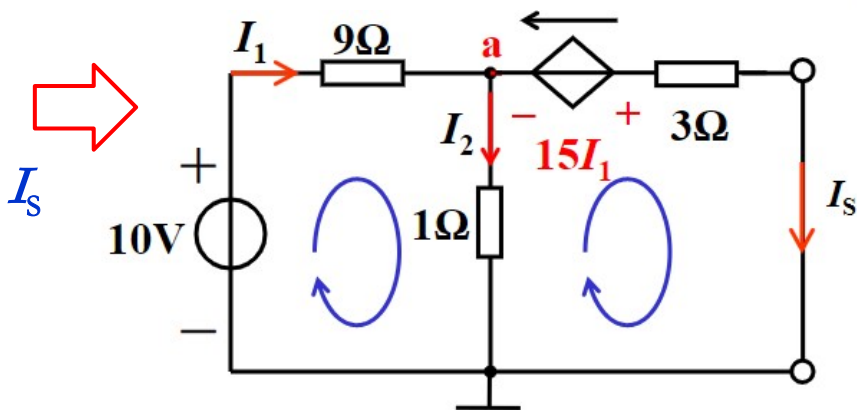
$$U_O = 16V$$

② 求短路电流  $I_S$

注意：  $I_S$  的参考方向须和  $U_O$  一致



快速法：节点电位法



$$V_a = \frac{\sum \frac{U_s}{R}}{\sum \frac{1}{R}} = \frac{\frac{10}{9} - \frac{15I_1}{3}}{\frac{1}{9} + \frac{1}{1} + \frac{1}{3}}$$

KVL:  $9I_1 + V_a - 10 = 0$

$$I_1 = \frac{5}{3}A \quad V_a = -5V \quad I_2 = \frac{V_a}{1\Omega} = -5A$$

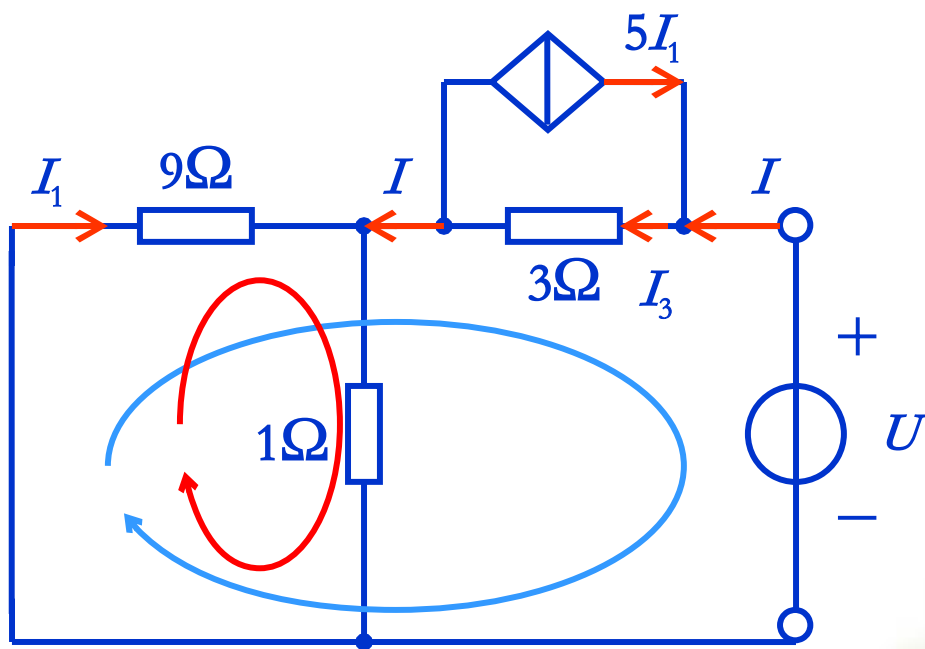
$$I_S = I_1 - I_2 = \frac{20}{3}A$$

## 方法二：加压求流法

① 除去独立源、保留受控源

② 外加电压  $U$ 、求  $I$  注意：  $I$  的流向须从正极出发

③  $R_o = \frac{U}{I} = 2.4 \Omega$



$$\text{KCL: } 5I_1 + I = I_3$$

$$\text{KVL: } 9I_1 - 3I_3 + U = 0$$

$$9I_1 - 3 \times (5I_1 + I) + U = 0$$

$$9I_1 + 1 \times (I_1 + I) = 0$$

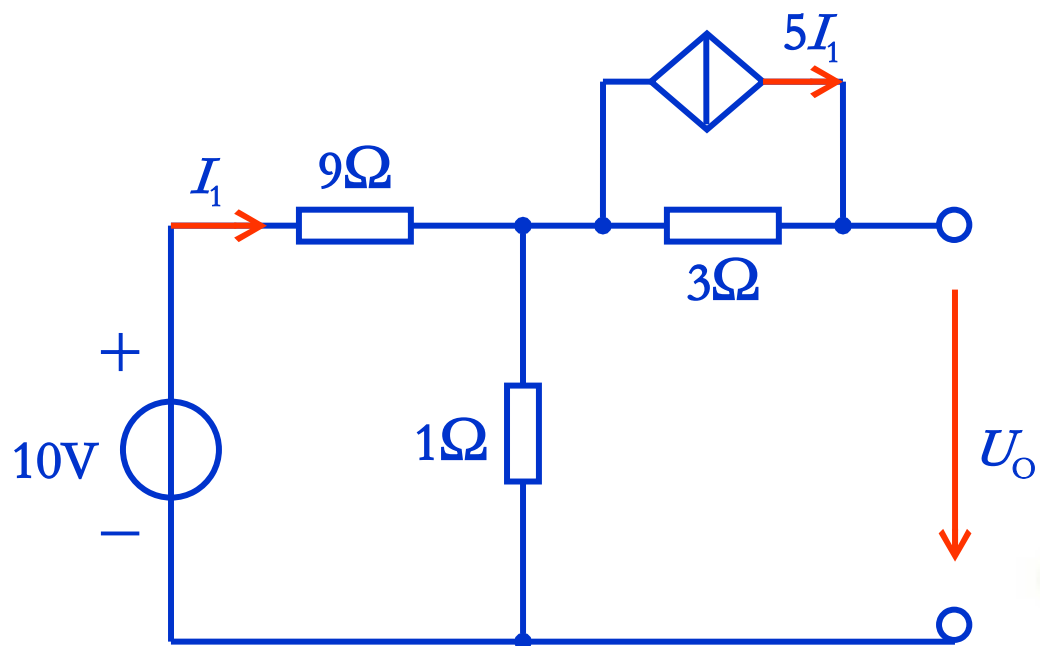
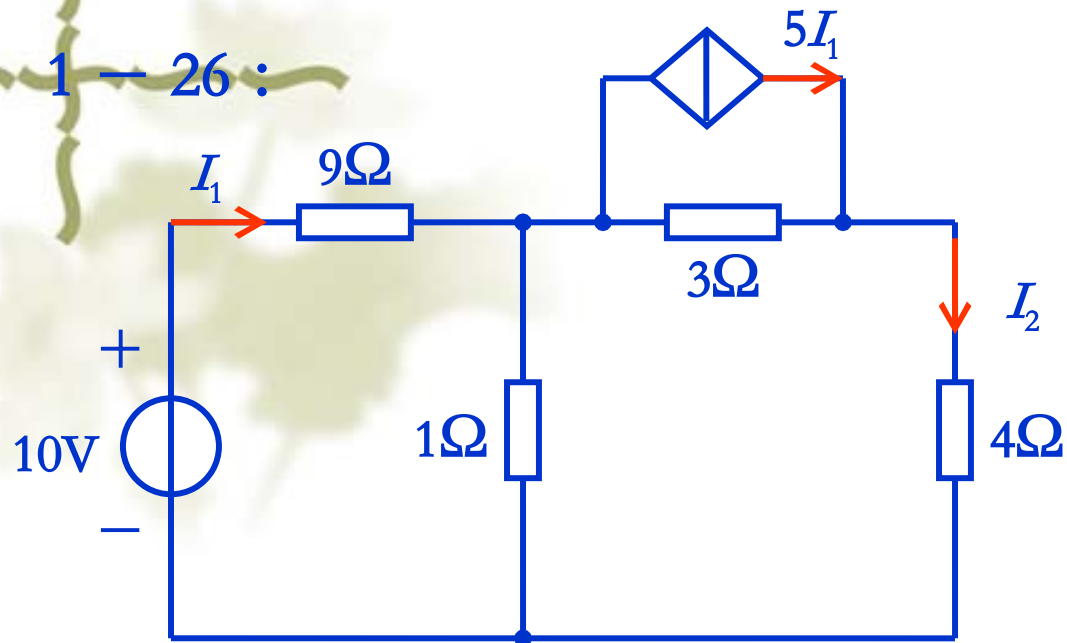
$$I_1 = -\frac{1}{9+1} \times I = -\frac{1}{10} I$$

$$U = 2.4$$

$$I$$



1 - 26 :



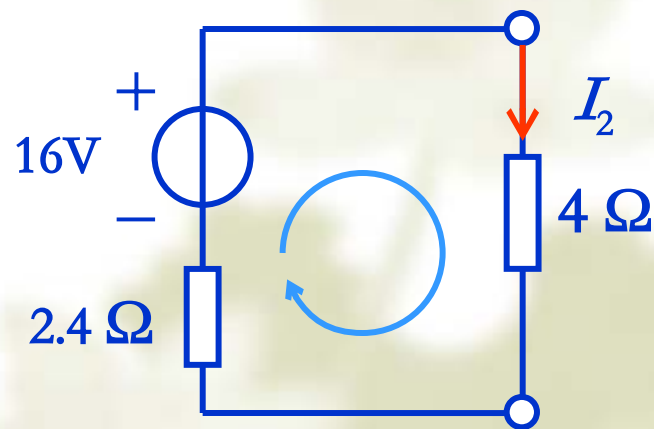
① 取出待求支路

② 求开路电压  $U_o = 16V$

③ 求等效电阻  $R_o = 2.4 \Omega$

④ 画出等效电压源模型

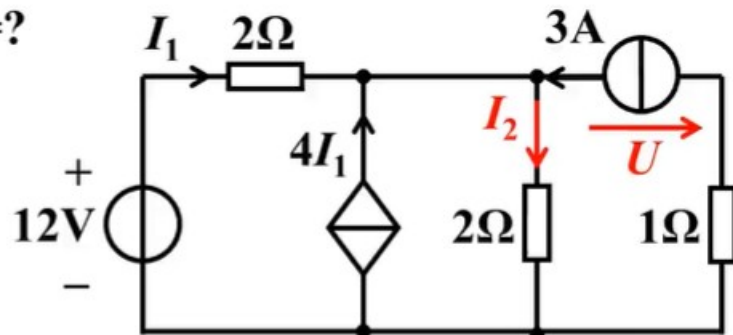
⑤ 放入待求支路



$$I_2 = 2.5A$$

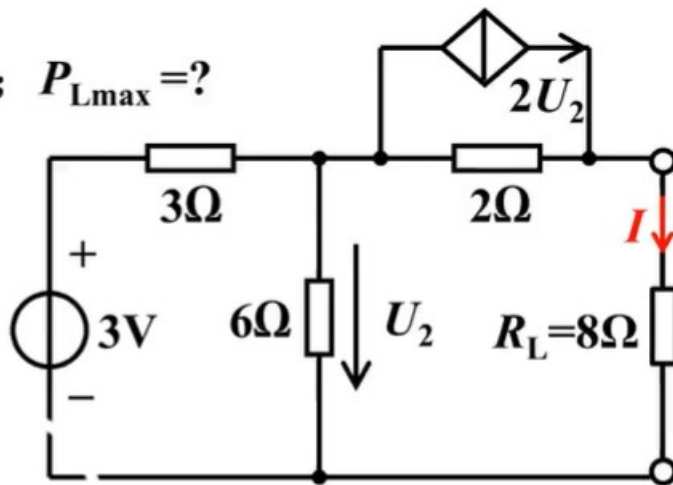
实验一原理分析：（带回去做，黄老师课程 11 次课有讲解视频）

请利用叠加原理求解  $I_2$  和  $U=?$



1、请利用戴维南定理求解  $I=?$

2、当  $R_L=?$  时可获得最大功率； $P_{Lmax}=?$



# 第 2 章 电路的过渡过程

电路主要元件两大类：

1 电源：电压源、电流源

2 负载：电阻，电感、电容

交流电路中经常出现

## 2.1 电容元件与电感元件

介绍电感电容的基本概念

## 2.1.1 电容元件

$$C = \frac{q}{u} \quad u = \frac{q}{C}$$

电压与电流取关联参考方向

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = \frac{d[Cu(t)]}{dt} = C \frac{d[u(t)]}{dt}$$

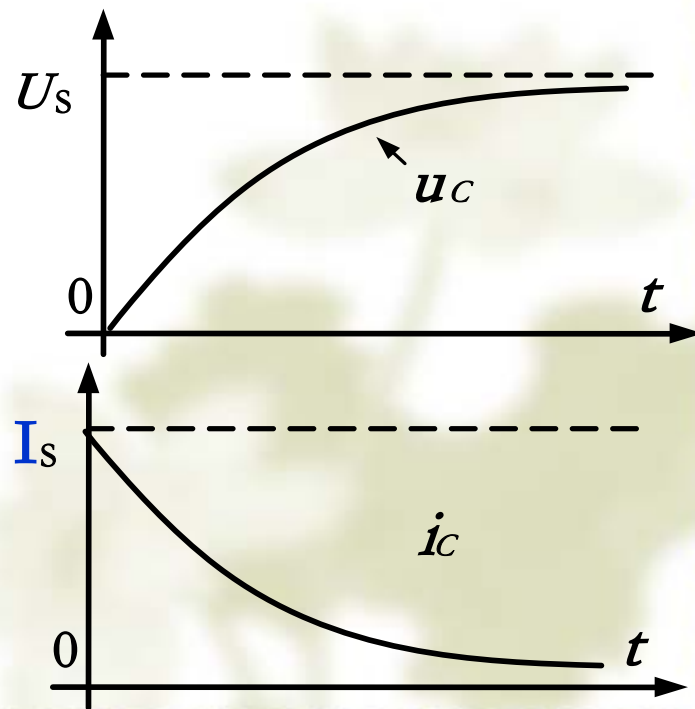
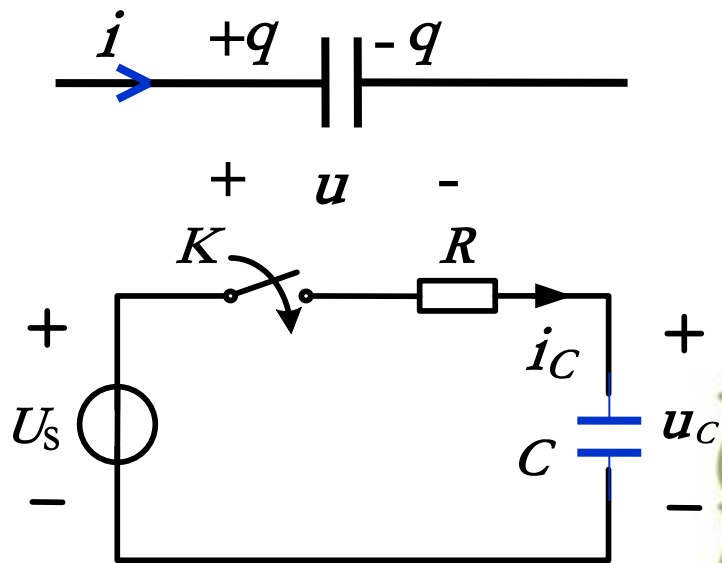
另外一种表示

$$u(t) = \frac{q(t)}{C} = \frac{q(t_0) + \int_{t_0}^t i(\xi) d\xi}{C}$$

$$= u(t_0) + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(\xi) d\xi$$

电容元件存储的能量为

$$\begin{aligned} w_C(t) &= \int dw_C(t) = \int p dt = \int u i dt \\ &= \int u \left[ C \frac{du}{dt} \right] dt = \int C u du = \frac{1}{2} C u^2(t) \end{aligned}$$



## 2.1.2 电感元件

磁通量  $\Psi$  与电流  $i$  取右螺旋方向

$$L = \frac{\Psi(t)}{i}, \quad \Psi(t) = Li(t)$$

电压与电流取关联参考方向

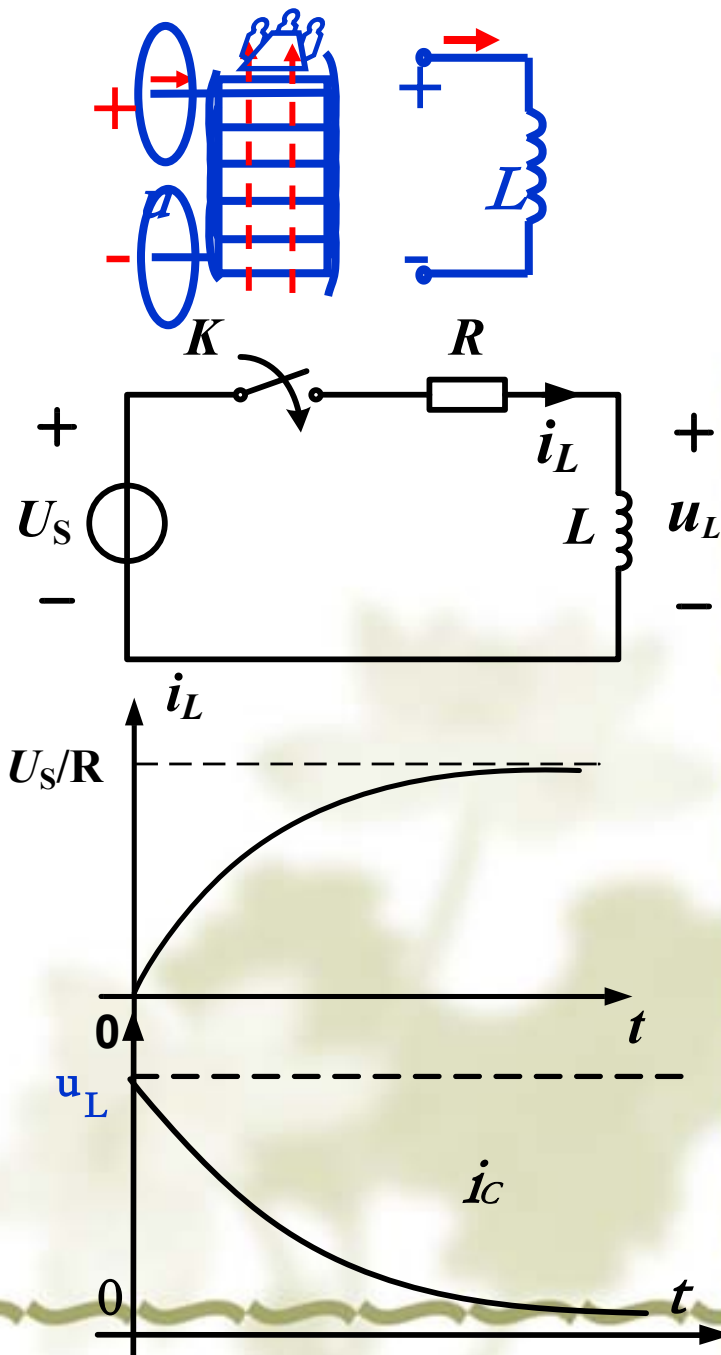
$$u = \frac{d\Psi(t)}{dt} = \frac{d[Li(t)]}{dt} = L \frac{di(t)}{dt}$$

另外一种表示

$$i(t) = i(t_0) + \frac{1}{L} \int_{t_0}^t u(\xi) d(\xi)$$

电感元件存储的能量为

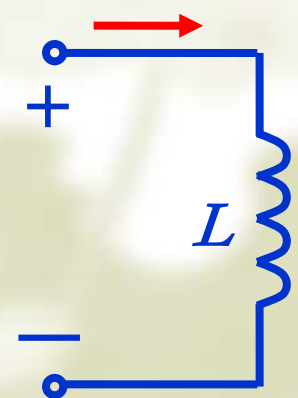
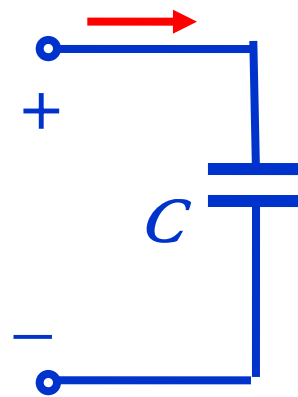
$$\begin{aligned} w_L(t) &= \int u i d(t) = \int Li \frac{di(t)}{dt} d(t) \\ &= \frac{1}{2} L i^2(t) \end{aligned}$$



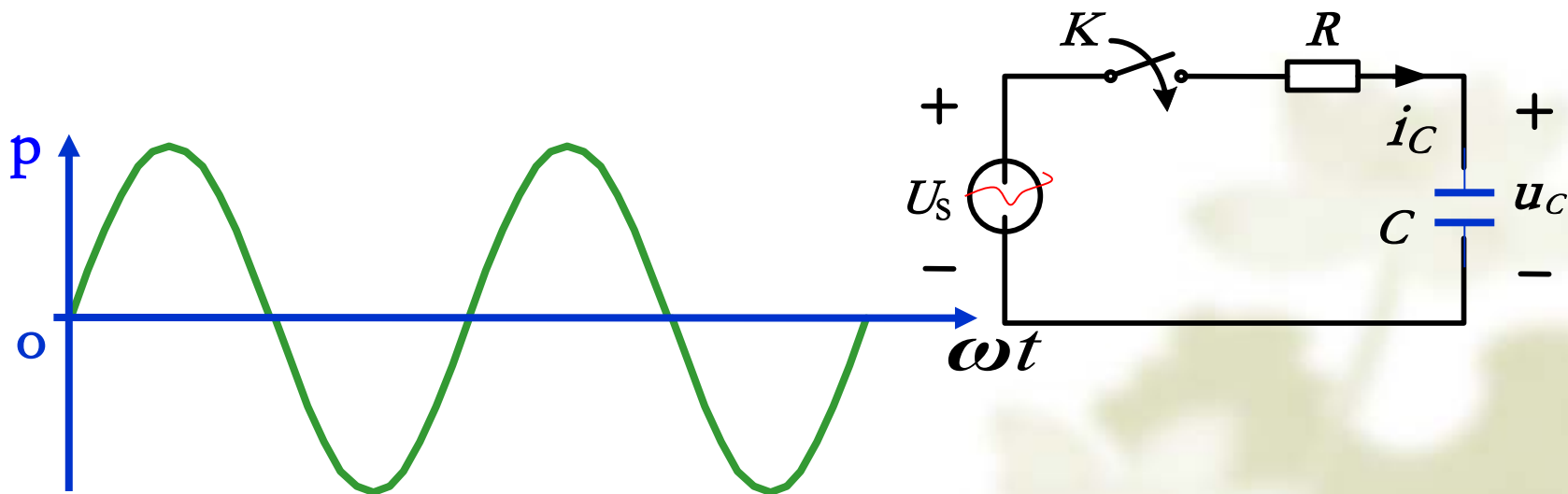


## 对照电容元件与电感元件，结论：

- 1, 电容的**电压**随着充放电慢慢变化，不能突变。两端**电流**可以突变。
- 2, 电感的**电流**随着充放电慢慢变化，不能突变。两端**电压**可以突变。



思考：输入  $U_s$  是正弦信号的时候， $U_c$  输出什么样的。R 值大小对电路有什么影响。电容 C 值大小对电路有什么影响



# 第 3 章 交流电路

3.1 正弦交流电的基本概念

3.2 正弦量的相量表示法

3.3 单一元件参数电路

3.4 简单的正弦交流电路分析

3.6 正弦交流电路的功率