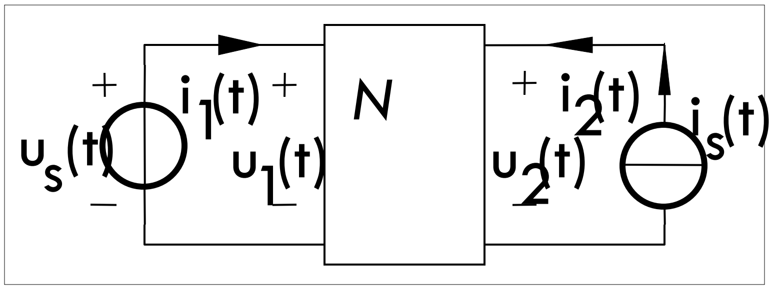
§2-6 线性电路的性质：叠加定理

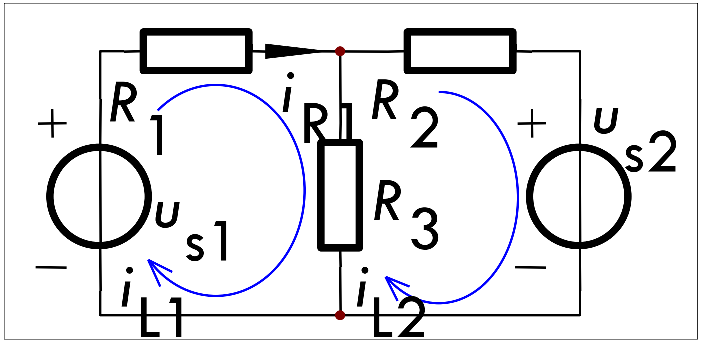
1.线性电路—— 由线性元件（如线性电阻、线性受控源）和独立源构成的电路



线性电路

2.叠加定理—— 在线性电路中，所有独立源共同作用时产生的任一响应（电压or电流），等于它们单独作用时产生的相应响应的叠加。

例： 求i_{R1}



两个独立回路的电流方程为：

$$(R_1+R_3)i_{l1}-R_3 i_{l2}=u_{S1}$$

$$-R_3 i_{l1}+(R_2+R_3)i_{l2}=-u_{S2}$$

$$i_{R1}=i_{l1}=\frac{(R_2+R_3)u_{S1}-R_3 u_{S2}}{R_1+R_2+R_2R_3+R_3R_1}$$

$$=\frac{R_2+R_3}{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}u_{S1}+\frac{-R_3}{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}u_{S2}$$

上式可以理解为：

$i_{R1}=$ 由u_{S1}产生的分量 + 由u_{S2}产生的分量

$$=i_{R1}'+i_{R1}''$$

$$i_{R1} = i_{l1} = \frac{R_2 + R_3}{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1} u_{S1} + \frac{-R_3}{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1} u_{S2}$$

$$= i_{R1}{'} + i_{R1}{''}$$

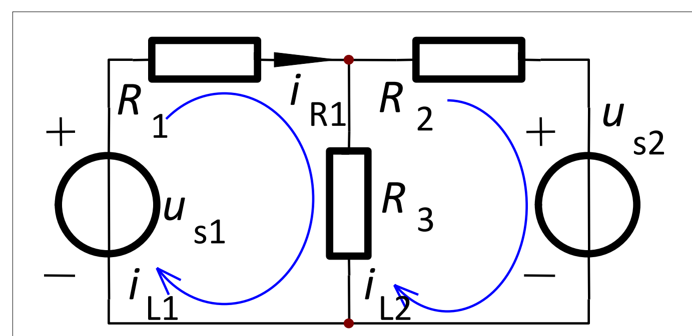
如果使$u_{S2} = 0$，则$i_{R1}{''} = 0$，$i_{R1} = i_{R1}{'}$

即$i_{R1}{'}$是u_{S1}单独作用时在R_1中产生的电流

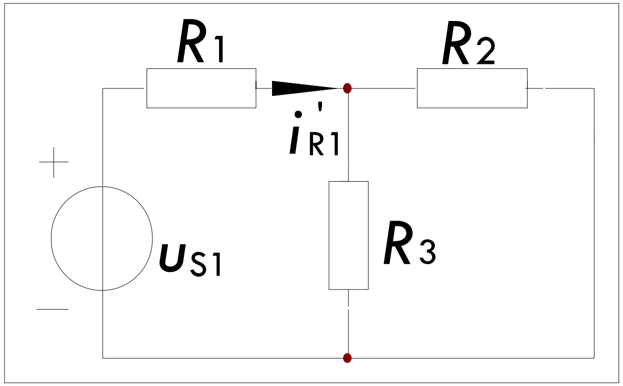
如果使$u_{S1} = 0$，则$i_{R1}{'} = 0$，$i_{R1} = i_{R1}{''}$

即$i_{R1}{''}$是u_{S2}单独作用时在R_1中产生的电流

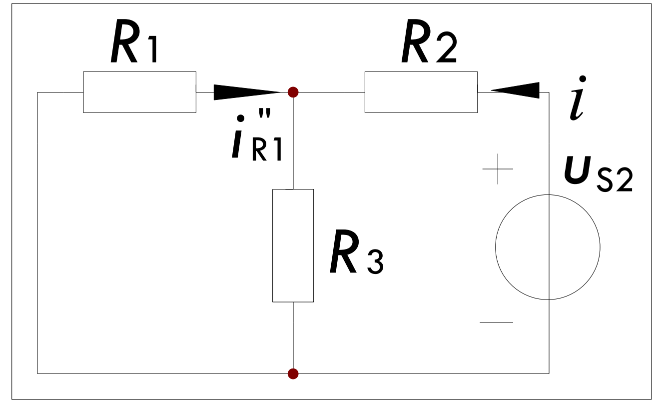
由此可见，i_{R1}是每个电压源单独作用时分别在R_1中所产生的电流的叠加



电压源等于零，就是将电压源处用短路线代替！



(a)



(b)

$$i_{R1}' = \frac{u_{S1}}{R_1 + \dfrac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} = \frac{R_2 + R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} u_{S1}$$

$$i = \frac{u_{s2}}{\dfrac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3} + R_2} = \frac{u_{s2}}{\dfrac{R_1 R_3 + R_1 R_2 + R_2 R_3}{R_1 + R_3}} = \frac{R_1 + R_3}{R_1 R_3 + R_1 R_2 + R_2 R_3} u_{s2}$$

$$i_{R1}'' = -\frac{R_1 + R_3}{R_1 R_3 + R_1 R_2 + R_2 R_3} u_{s2} \cdot \frac{R_3}{R_1 + R_3} = -\frac{R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} u_{S2}$$

这一结果可以推广到含有若干个独立源的任一线性网络。

$$\boxed{I = \sum_{p=1}^{P} g_p U_{sp} + \sum_{q=1}^{Q} \beta_q I_{sq}}$$

$$\boxed{U = \sum_{p=1}^{P} \partial_p U_{sp} + \sum_{q=1}^{Q} r_q I_{sq}}$$

3. 线性电路叠加定理的重要性

- 是分析线性电路（黑箱）的基础
- 线性电路中的很多定理可以由叠加定理导出
- 工程具体应用——数模转换器（DAC）

4. 叠加定理使用时的注意事项：

(1) 只适用于线性电路；

(2) 叠加时要注意电流、电压的方向；

(3) 叠加时，电路的联接，电路中所有电阻都不能更动；

电压源不作用时，将其短路；

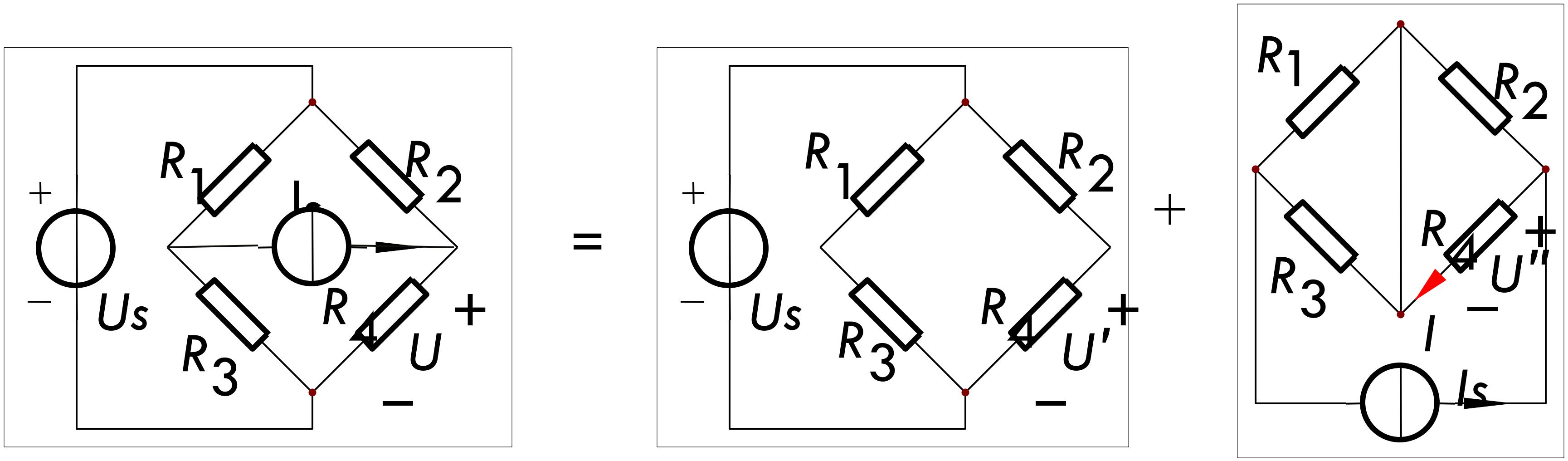
电流源不作用时，将其开路；

(4) 功率计算不能用叠加原理；

例： $P=i^2R=(i'+i'')^2R \quad \neq i'^2R+i''^2R=P'+P''$

(5) 独立源参与叠加，受控源不参与叠加。

例：　用叠加定理求图示电路中R_4的电压U



解：

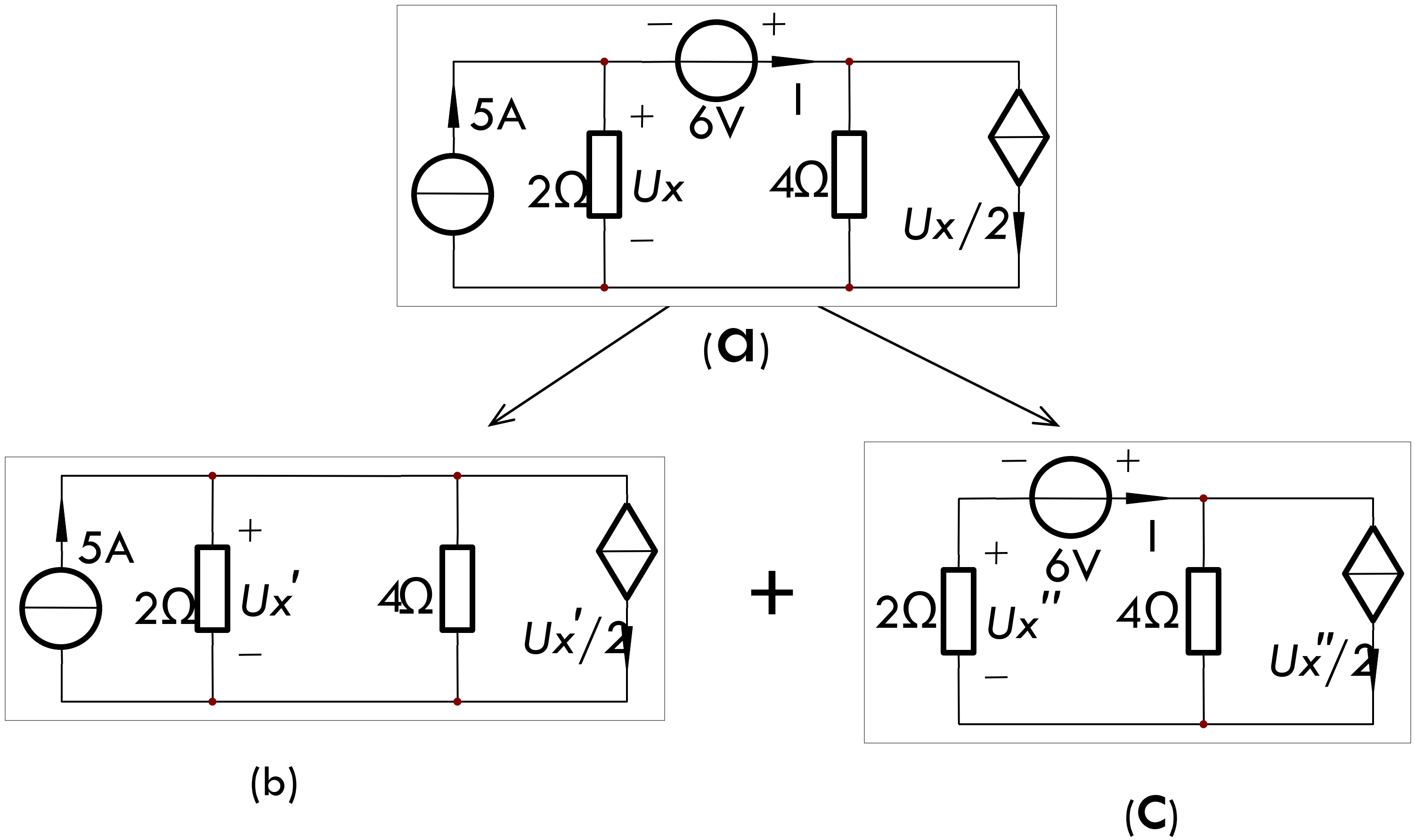
$$U' = U_S \frac{R_4}{R_2 + R_4}$$

$$I = I_S \frac{R_2}{R_2 + R_4}$$

$$U'' = I \cdot R_4 = I_S \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4}$$

$$\therefore U = U' + U'' = \frac{R_4}{R_2 + R_4}(U_S + I_S R_2)$$

例：用叠加定理求图中所示电路的电压U_X，并计算两独立源和受控源分别产生的功率



解：

(b) 图：$(\frac{1}{2}+\frac{1}{4})U_X{}' = 5-\frac{U_X{}'}{2} \therefore U_X{}' = 4V$

(c) 图：$(\frac{1}{2}+\frac{1}{4})(6+U_X{}'') = \frac{6}{2}-\frac{U_X{}''}{2}$

$\therefore U_X{}'' = -1.2V$

$U_X = U_X{}' + U_X{}'' = 4-1.2 = 2.8V$

$I = 5 - U_X/2 = 3.6A$

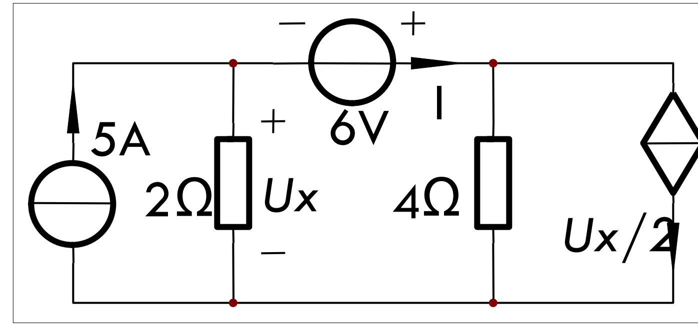
通过2Ω上的电流

$P_{I_S} = -5U_X = -(5\times 2.8)W = -14W$ （发出）

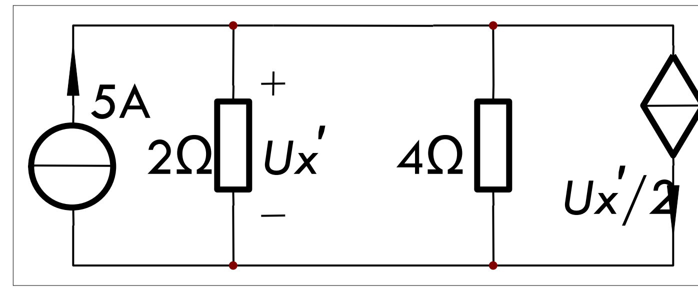
$P_{U_S} = -6I = -(6\times 3.6)W = -21.6W$ （发出）

$P_{I_c} = (6+U_X)\frac{U_X}{2} = \left[(6+2.8)\times\frac{2.8}{2}\right]W$

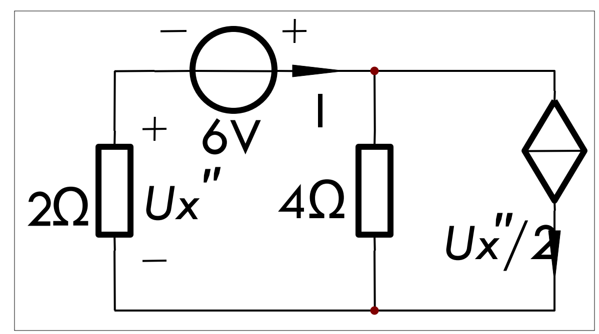
$= 12.32W$ （吸收）



(a)



(b)

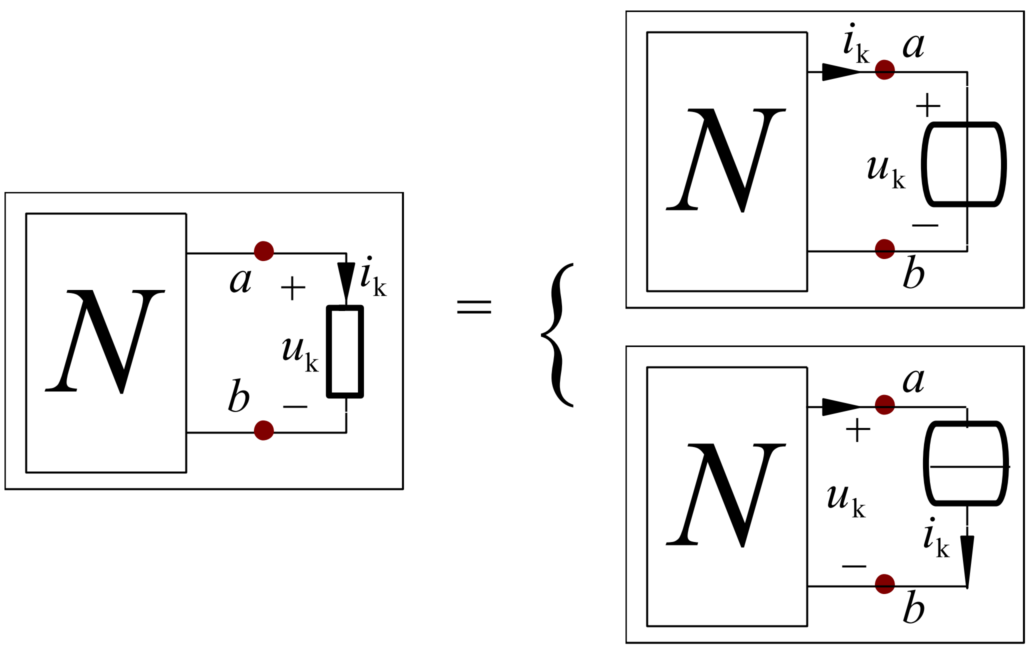


(c)

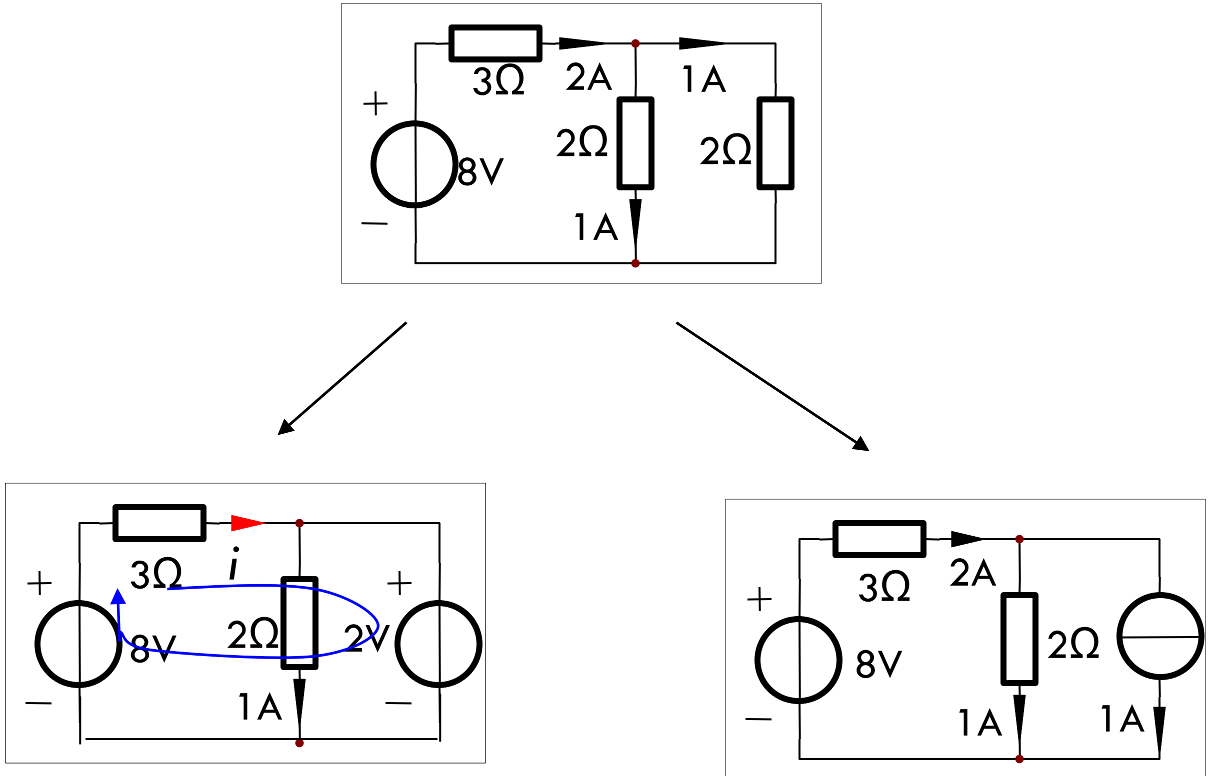
§2-7 替代定理

1. 定理描述

电路中任一支路的电压U_k,电流i_k ,可以用一个电压等于U_k的电压源(极性与原支路的电压极性相同)，或者用一个电流等于i_k 的电流源(方向与原支路电流方向相同)替代该支路，而不影响电路中其它的电压和电流。



例：



3i=-2V+8V

i=2A

替代定理也可推广到非线性电路。

习题（叠加、替代）

2-1

2-3

2-5

2-2-1

2-2-2

2-2-3