第三章

叠加方法与网络函数

第三章作业：

3–4　3–6，　3–7，　3–9，　3–10

第三章练习

3–1，　3–8,　3–11

§3-1 线性电路比例性和网络函数

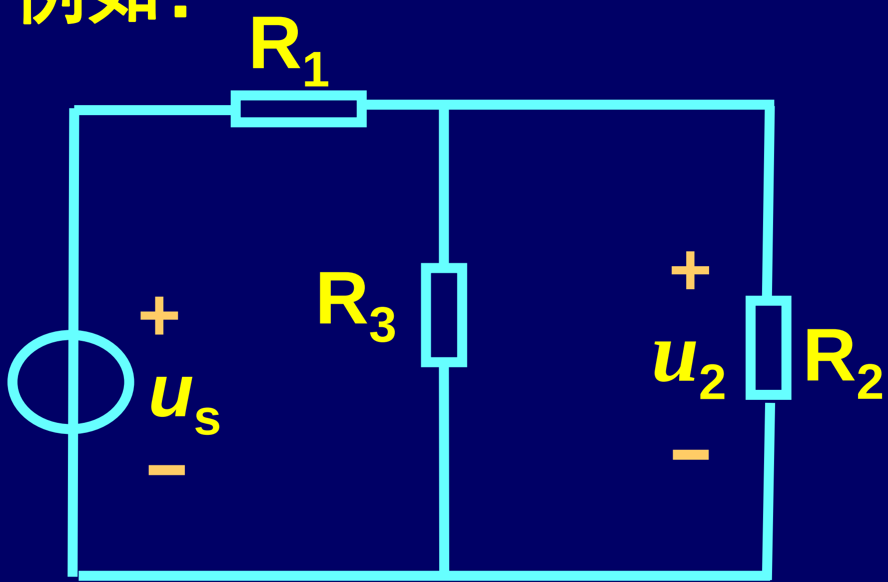
线性电路：包含线性元件和独立源的电路。

线性电路的性质：

性质一. 线性电路的比例性（单电源时）

在单激励的线性电路中，激励增大多少倍，响应也增大相同的倍数。

例如：



$$u_2 = \frac{R_2R_3}{R_1R_2+R_2R_3+R_1R_3}u_S$$

$$= k\,u_S$$

$K=u_2/u_s$ 称为转移电压比

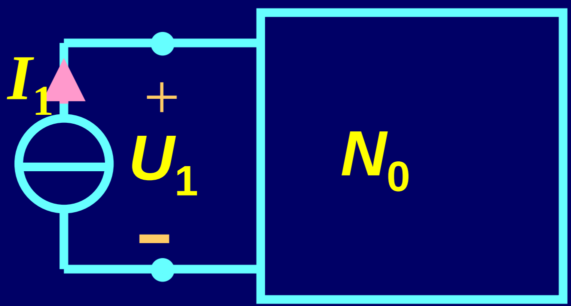
二. 网络函数：

1. 定义：单激励时响应与激励之比。

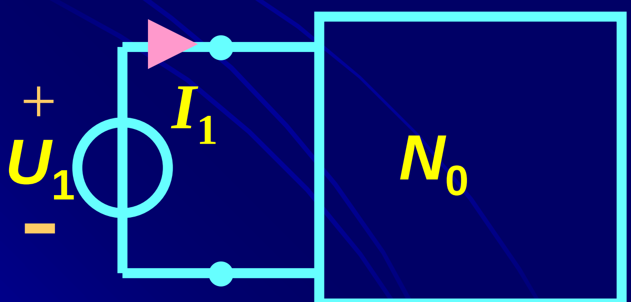
$$网络函数=\frac{响应}{激励}$$

$$\left.\begin{matrix}策动点函数\\转移函数\end{matrix}\right\rangle 网络函数$$

2. 策动点函数：同一对端钮上响应与激励的比叫策动点函数，或驱动点函数。



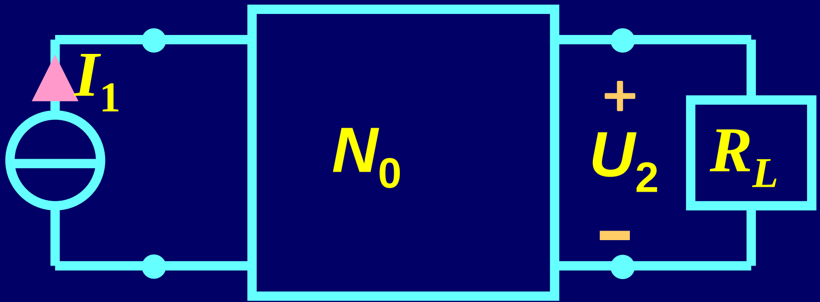
$$R_{11} = U_1 / I_1$$ 策动点电阻



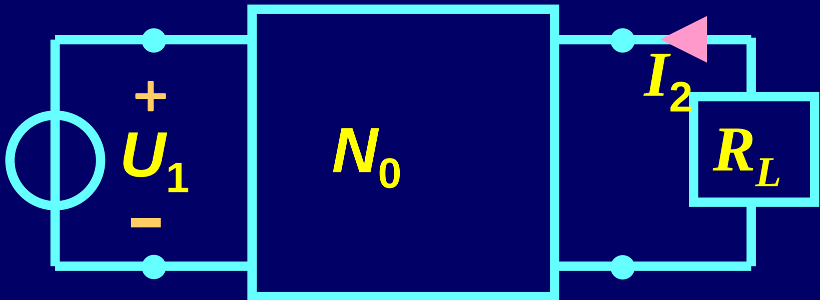
$$G_{11} = I_1 / U_1$$ 策动点电导

策动点函数

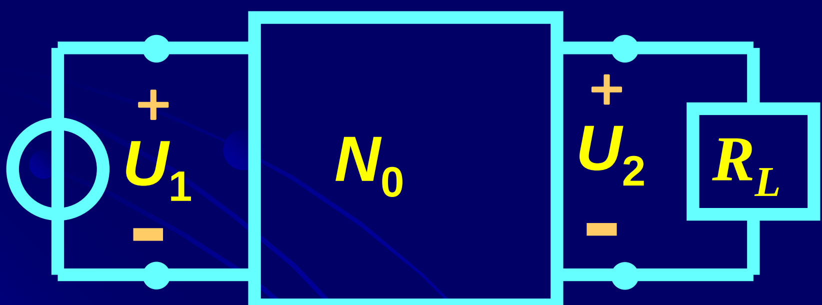
3. 转移函数：不同对端钮上响应与激励的比叫转移函数。



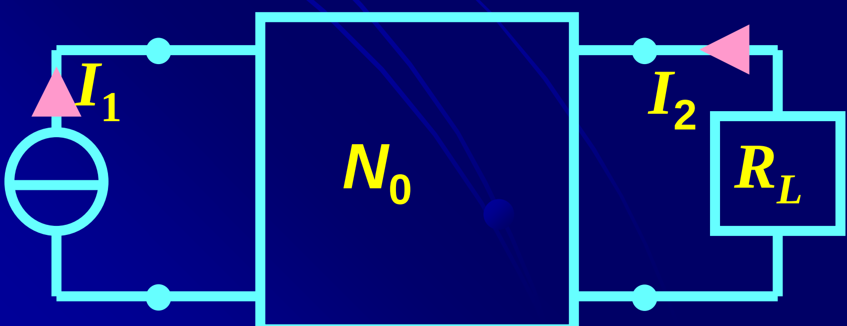
$$R_T = U_2 / I_1$$ 转移电阻



$$G_T = I_2 / U_1$$ 转移电导



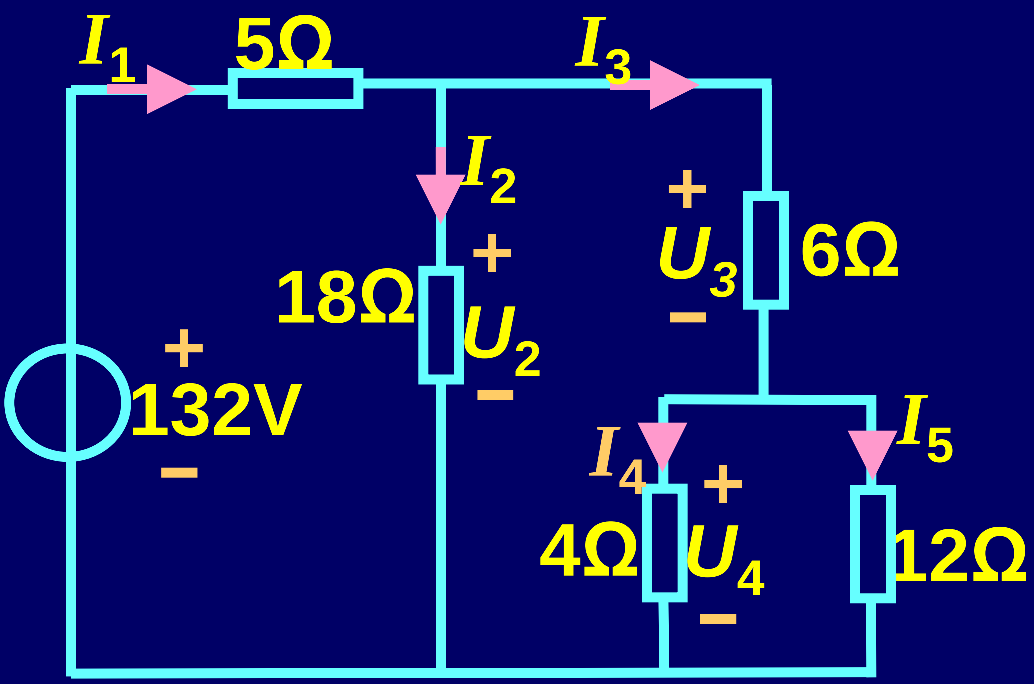
$$A_u = U_2 / U_1$$ 转移电压比



$$A_i = I_2 / I_1$$ 转移电流比

4. 网络函数的求法：节点，网孔，分压分流等等。

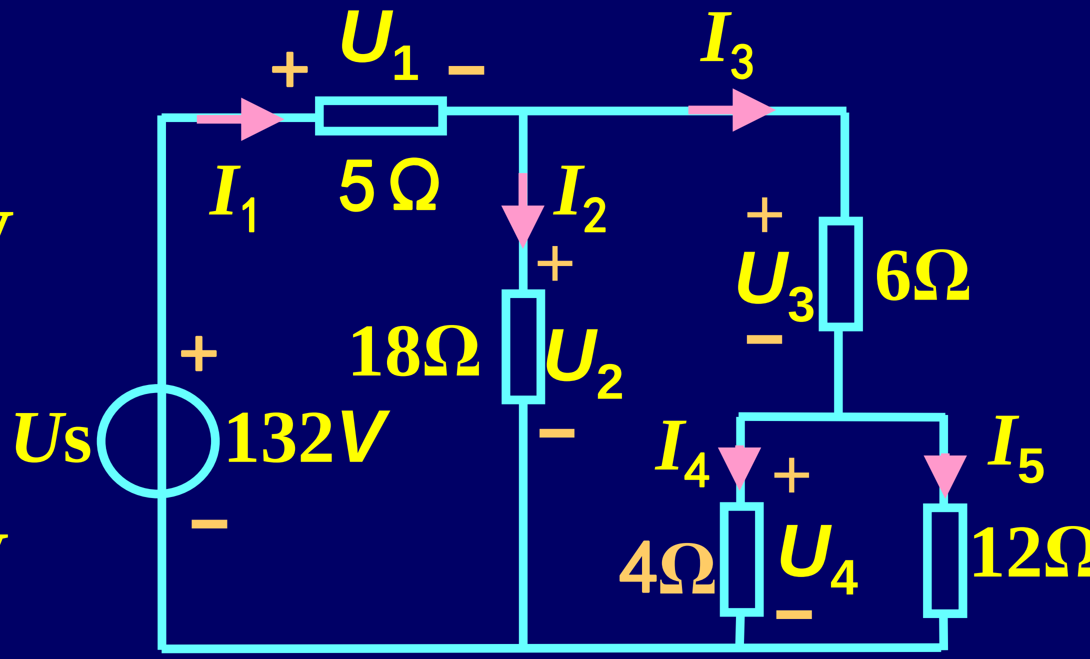
例：用比例性求左图示电路中标出的各电压、电流。



解：用比例性求解，

设：I_5=1A， U_4=12V

则：I_4=12/4=3A



$I_3=I_4+I_5$=4A U_3=24V

$U_2=U_3+U_4$=12+24=36V

I_2=36/18=2A

$I_1=I_2+I_3$=6A,

$U_1=5\times 6$=30V

而 $Us=U_1+U_2$=66V

K=132/66=2

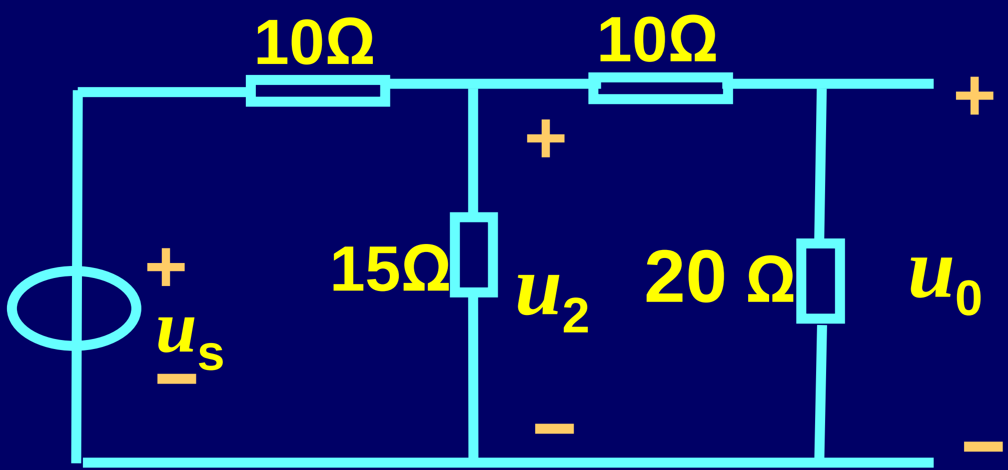
根据比例性，各电压、电流乘2即为所求。

I_1=12A I_2=4A I_3=8A

I_4=6A I_5=2A U_1=60V

U_2=72V U_3=48V U_4=24V

例3-1 求u_0对u_s的转移电压比



解：设电压u_2

$$(20+10)//15=10\Omega$$

$$u_2=0.5u_s$$

$$u_0=\frac{2}{3}u_2$$

$$u_0/u_s=0.5\times\frac{2}{3}=\frac{1}{3}$$

§3-2 叠加定理

性质二:线性电路的叠加性（两个以上电源时）

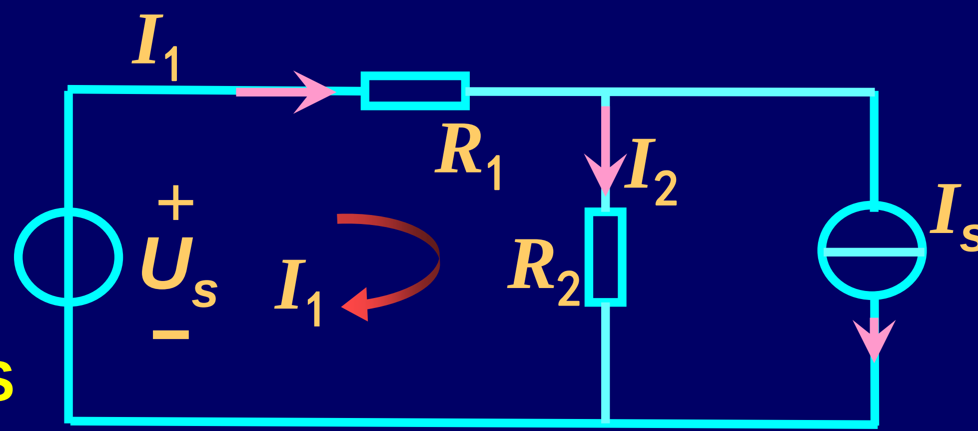
若 $x_1(t) \Rightarrow y_1(t)$, $x_2(t) \Rightarrow y_2(t)$

则 $x_1(t)+x_2(t) \Rightarrow y_1(t)+y_2(t)$

叠加定理:

在任何由线性电阻、线性受控源及独立源组成的电路中，每一元件的电流或电压可以看成各个独立源单独作用时，在该元件上产生的电流或电压的代数和。

例1：求电流I_2。



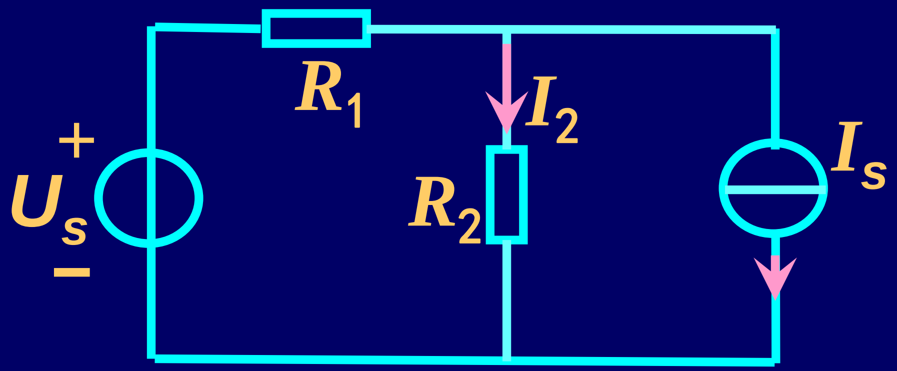
解：

$$(R_1+R_2)I_1-R_2I_S=U_S$$

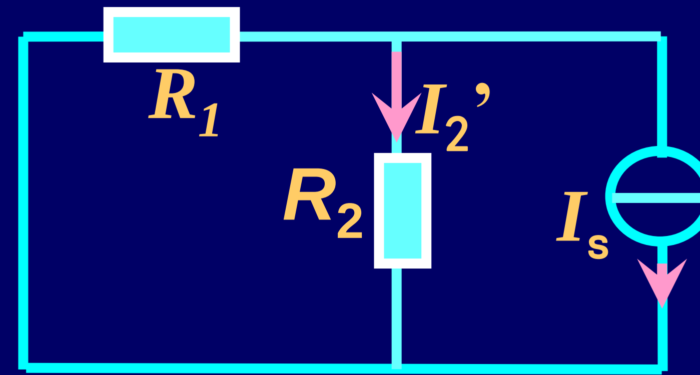
即：$(R_1+R_2)I_1=U_S+R_2I_S$

得：$I_1=\dfrac{U_S+R_2I_S}{R_1+R_2}$

$$I_2=I_1-I_S=\frac{U_S+R_2I_S}{R_1+R_2}-I_S=\frac{U_S}{R_1+R_2}-\frac{R_1I_S}{R_1+R_2}$$



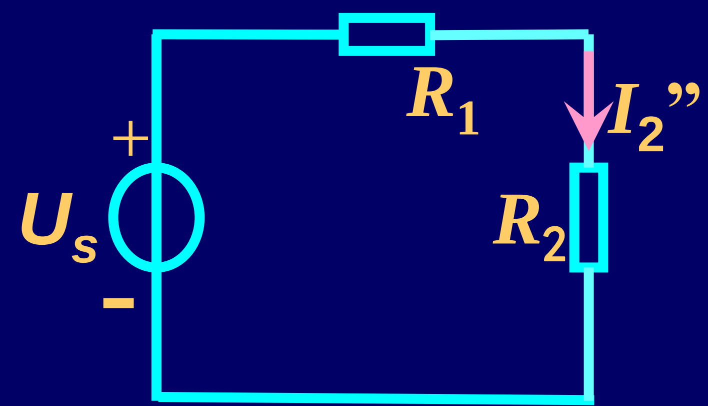
分析原图:



当 U_S= 0（U_S 短路）时,

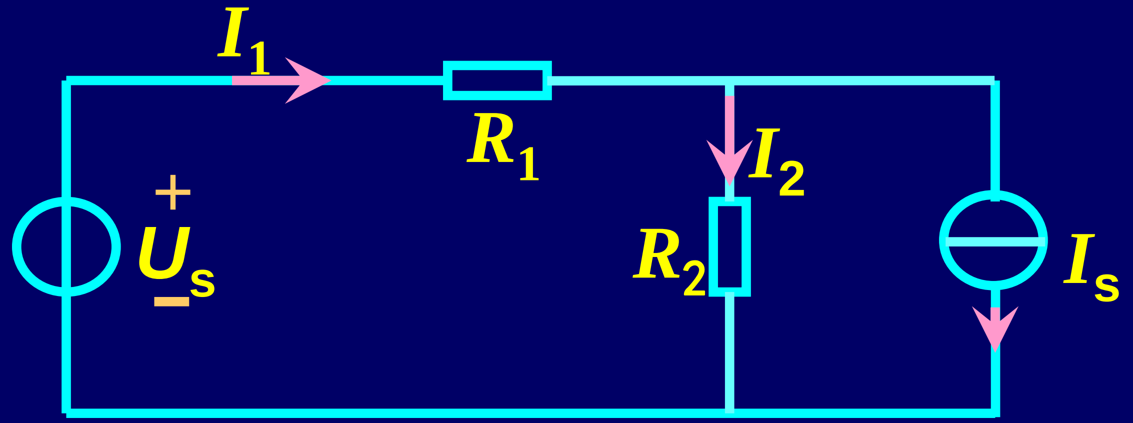
$$I_2' = \frac{-R_1 I_S}{R_1+R_2}$$

当 I_S= 0 (I_S开路) 时,



$$I_2'' = \frac{U_S}{R_1+R_2}$$

$$I_2 = I_2' + I_2'' = \frac{U_S}{R_1+R_2} - \frac{R_1 I_S}{R_1+R_2}$$



可见：R_2上的电流等于电压源和电流源单独作用时，在R_2上产生的电流之和（叠加）。

R_2上的功率：$P = I_2^{\,2} R_2$

$$= (I_2' + I_2'')^2 R_2$$

$$= (I_2'^{\,2} + 2 I_2' I_2'' + I_2''^{\,2}) R_2$$

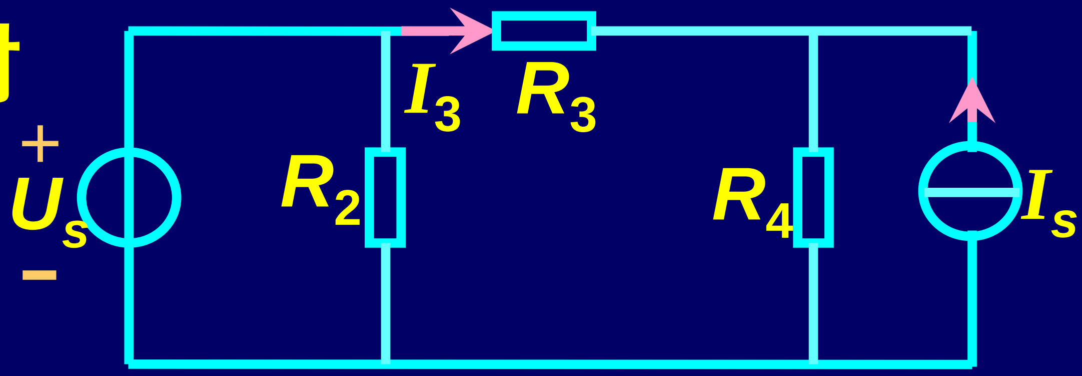
$$\neq I_2'^{\,2} R_2 + I_2''^{\,2} R_2 \neq P' + P''$$

求功率不能用叠加！

例2：在图示电路中，已知：U_s=100V，I_s = 1A，

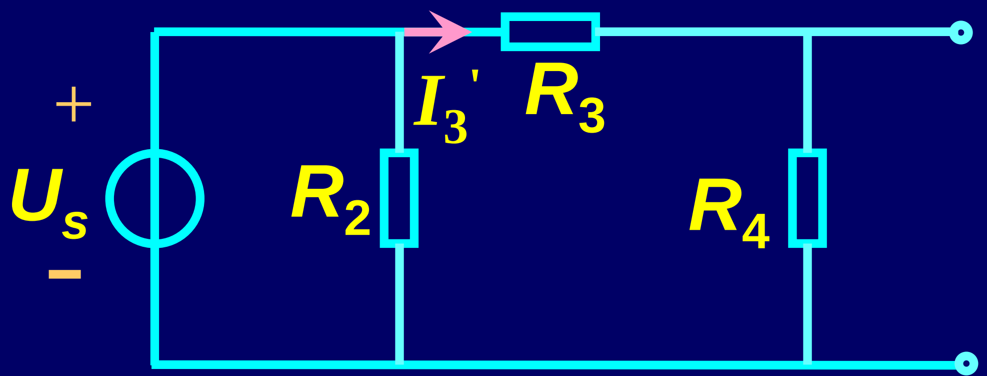
$R_2 = R_3 = R_4 = 50\Omega$

用叠加定理求流过R_3的电流及R_3上的功率。

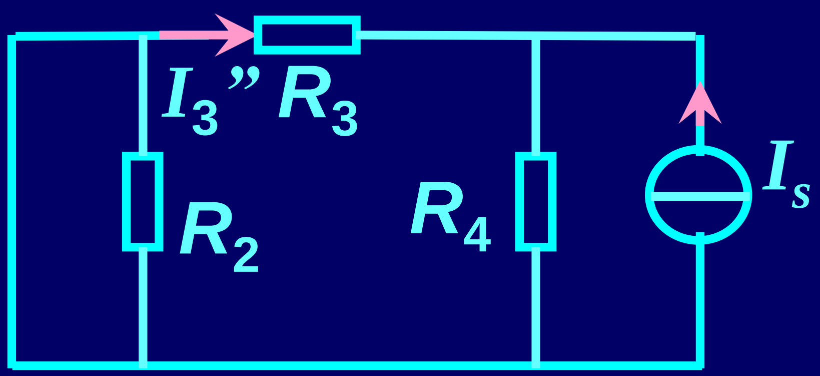


解：U_s单独作用时

$$I_3' = \frac{U_S}{R_3+R_4} = \frac{100}{50+50} = 1\text{A}$$



I_s单独作用时：



$I_s = 1A$，

$R_2 = R_3 = R_4 = 50\Omega$

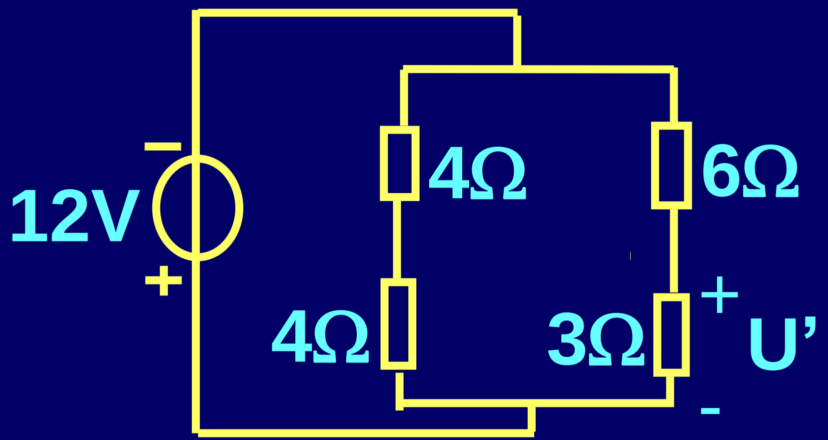
$$I_3'' = -\frac{R_4}{R_3 + R_4} I_s = -0.5\ A$$

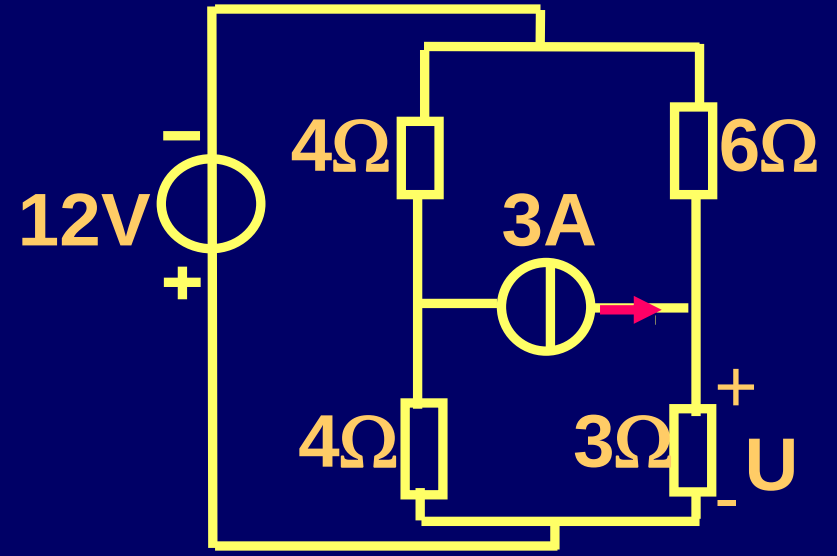
$$I_3 = I_3' + I_3'' = 1 - 0.5 = 0.5\ A$$

$P_3 = I_3^2 R_3 = 0.25 \times 50 = 12.5W$.不能用叠加来求。

例3：用叠加求U。

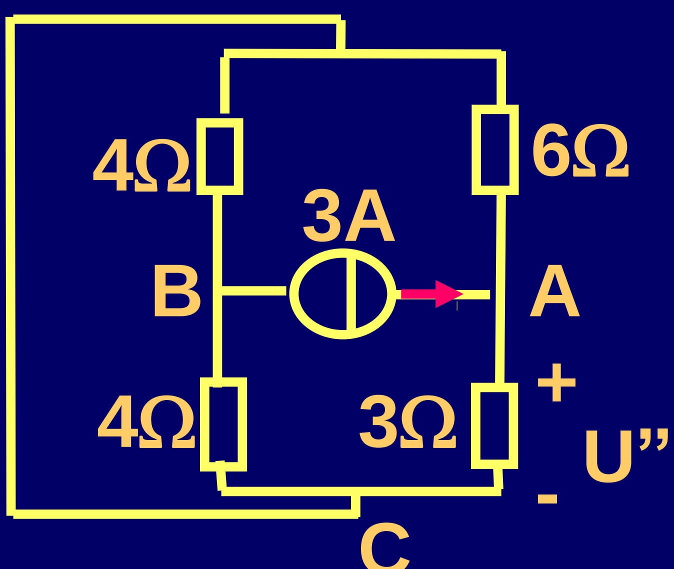
解：Us单独作用时，电路图为：



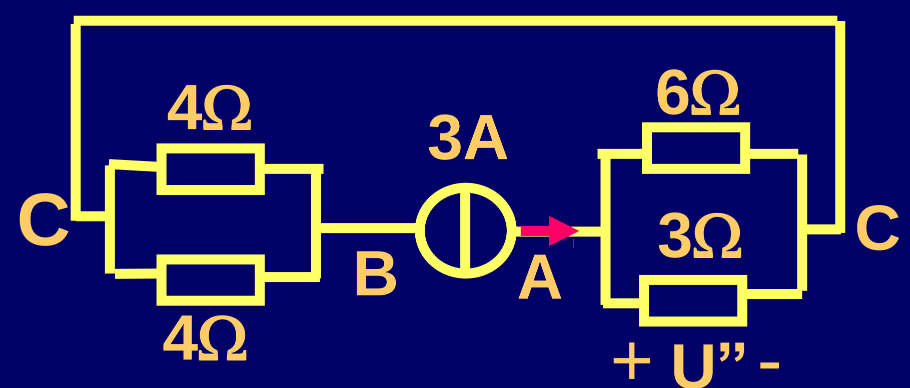


$$U' = -12\times 3/(6+3) = -4V$$

Is单独作用时，电路图为：



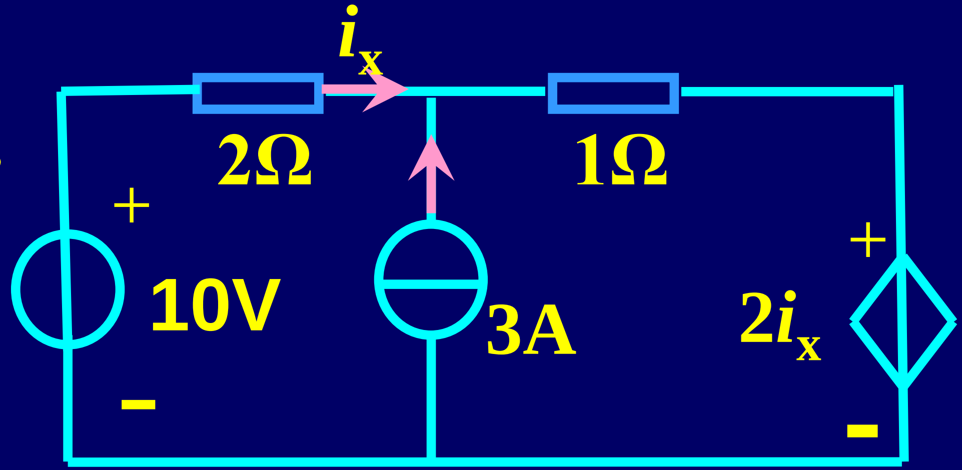
$\Rightarrow$



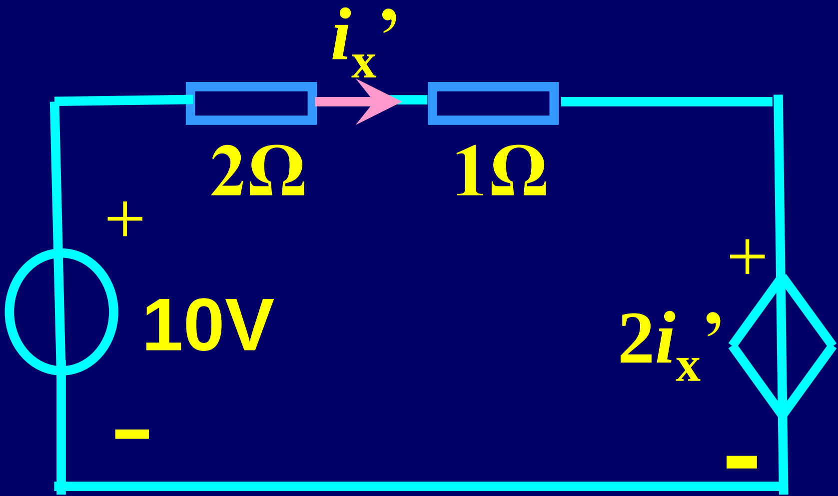
$$U'' = 3\times 3\times 6/(3+6) = 6V$$

$$U = U' + U'' = -4 + 6 = 2V$$

例3-4：求图示电路中i_x。



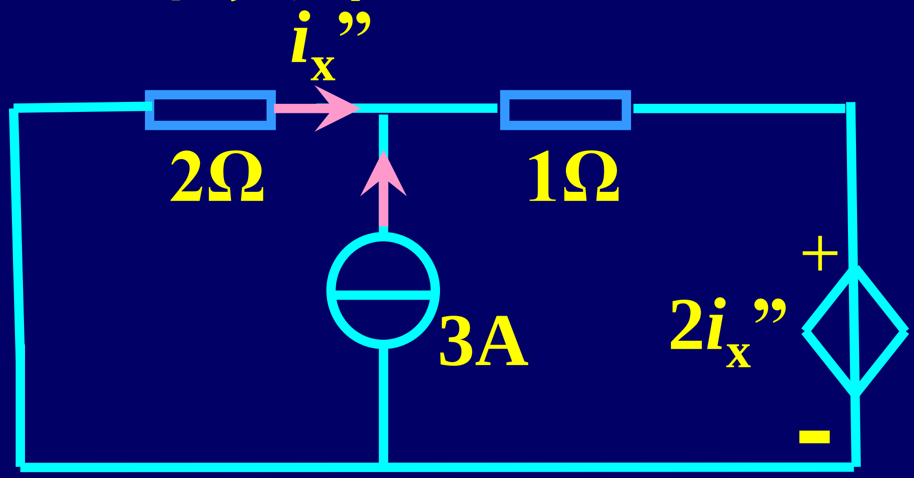
解：10V单独作用



$$(1+2)i_x'+2i_x'=10$$

$$i_x'=2A$$

3A单独作用

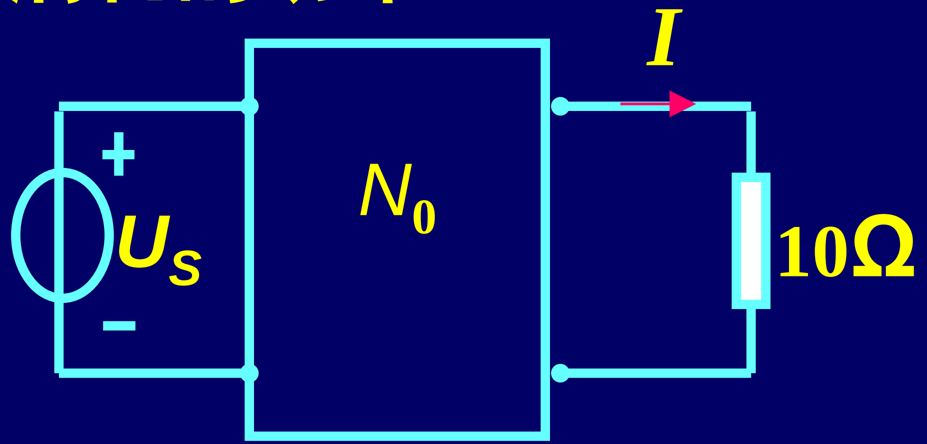


$$2i_x''+(3+i_x'')\times 1+2i_x''=0$$

$$i_x''=-0.6A$$

$$i_x=i_x'+i_x''=2A-0.6A=1.4A$$

补充题:下图所示电路中，N_0为无源线性网络，已知U_S=10V时，10Ω电阻所消耗的功率为250W，求当U_S=20V时，10Ω电阻消耗的功率。



解：利用线性电路的比例性求解。

当U_S=10V时，电阻上电流为I。

$$I^2 \times 10 = 250$$

$$I = \pm 5\text{A}$$

则：当U_S=20V时，电阻上电流大小为10A。

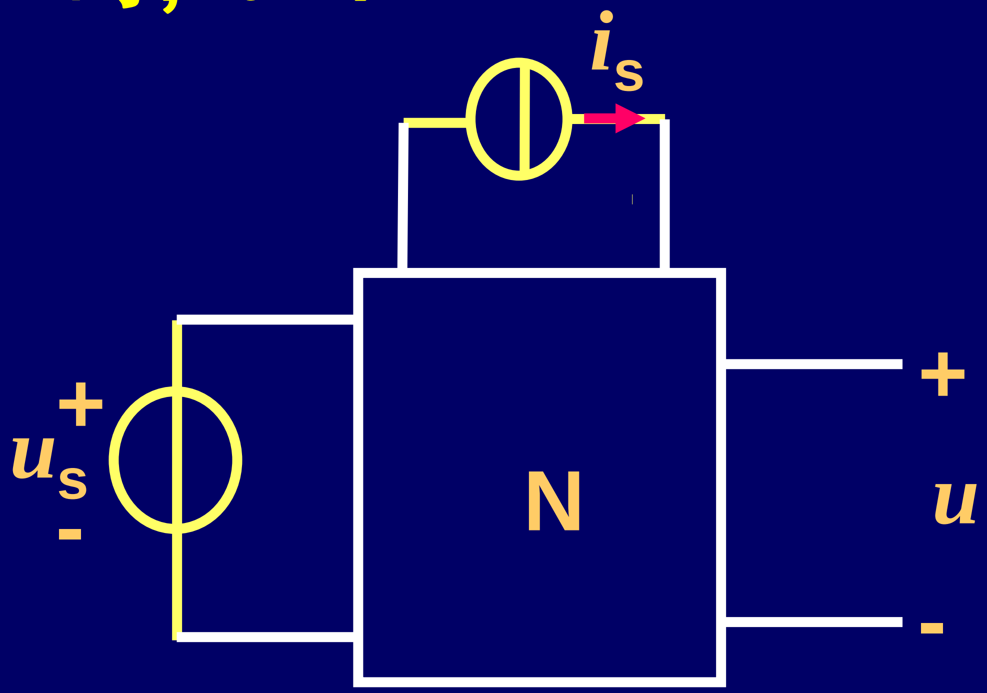
所以：电阻上消耗功率为1000W。

例3-6：N为线性电阻网络，

u_s =1V，i_s=1A时， u=0

u_s =10V，i_s=0 时， u=1V

求u_s =0，i_s=10A时，u=?



解： $u=k_1u_s+k_2i_s$

已知条件 $\begin{cases} 0=k_1+k_2 \\ 1=10k_1 \end{cases}$

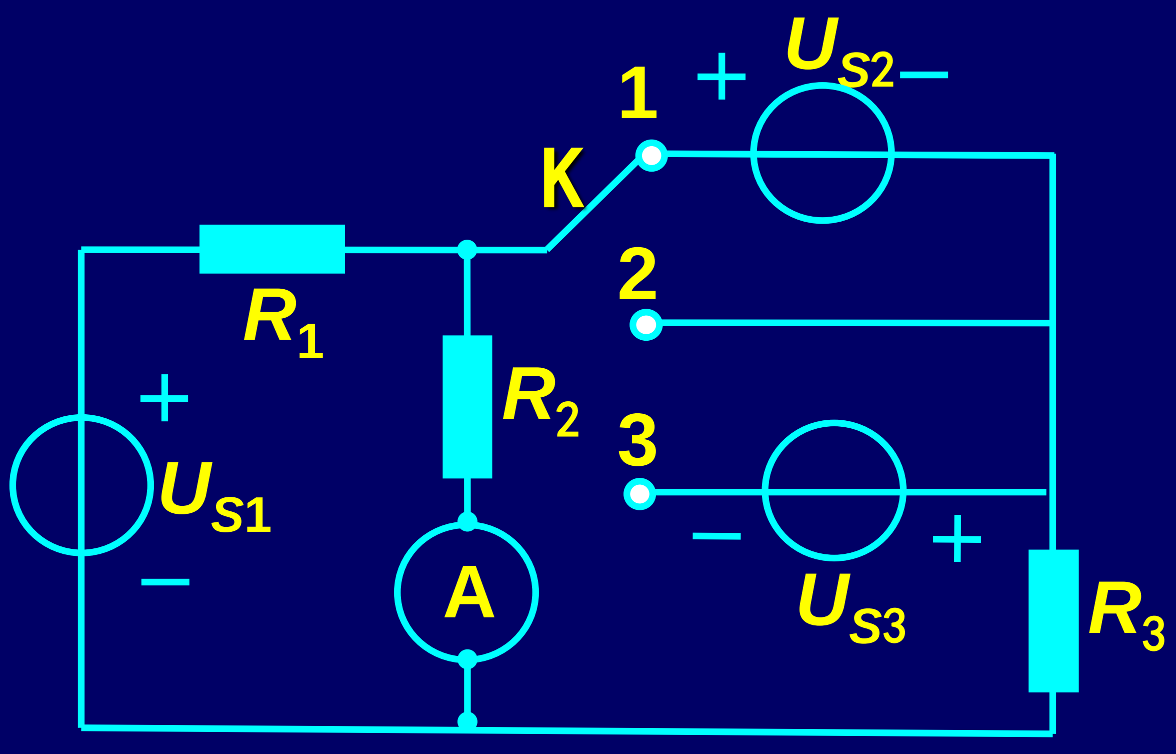
$\Rightarrow \begin{cases} k_1=0.1 \\ K_2=-0.1 \end{cases}$

当u_s =0，i_s=10A时，

$u=k_1u_s+k_2i_s= -0.1\times10= -1\text{V}$

补充题: 图示电路，U_{S2}=20V， U_{S3}=5V。开关K在位置1时， 电流表读数为6mA; 开关K在位置2时， 电流表读数为2mA;

求开关K在位置3时，电流表的读数。

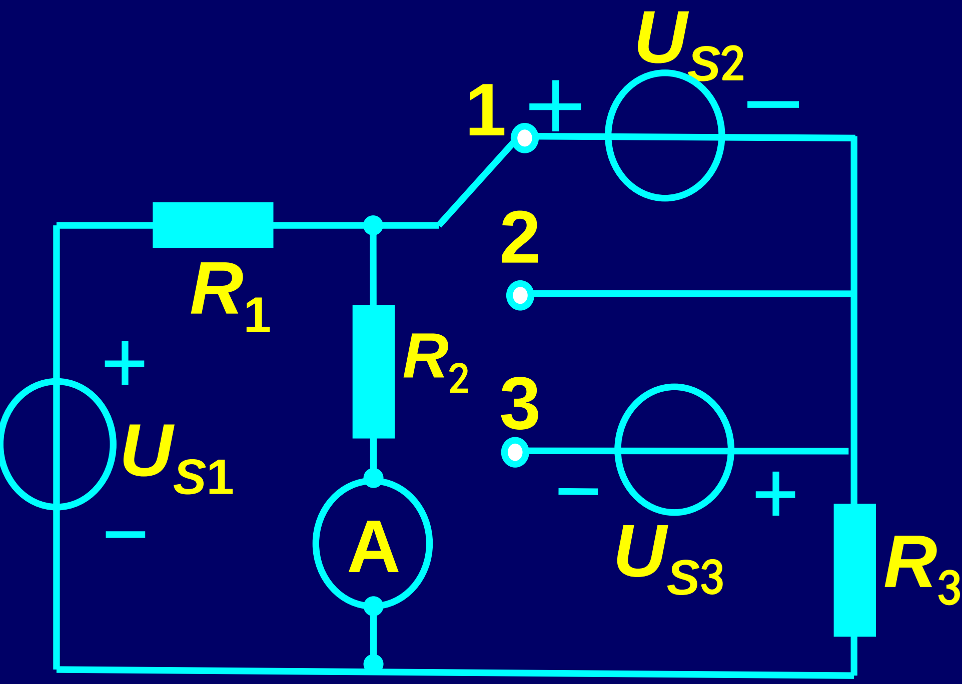


解

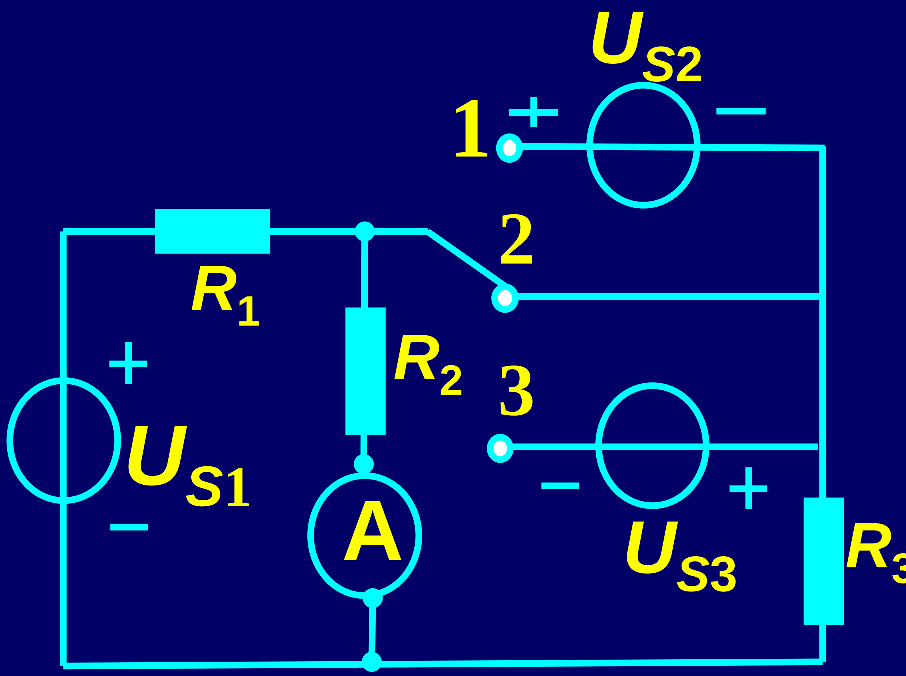
K ⟶ 1时:　U_{S1}、U_{S2}作用　电流表读数6mA

K ⟶ 2时:　U_{S1}单独作用　电流表读数2mA

U_{S2}单独作用时，电流表读数为：6-2=4mA

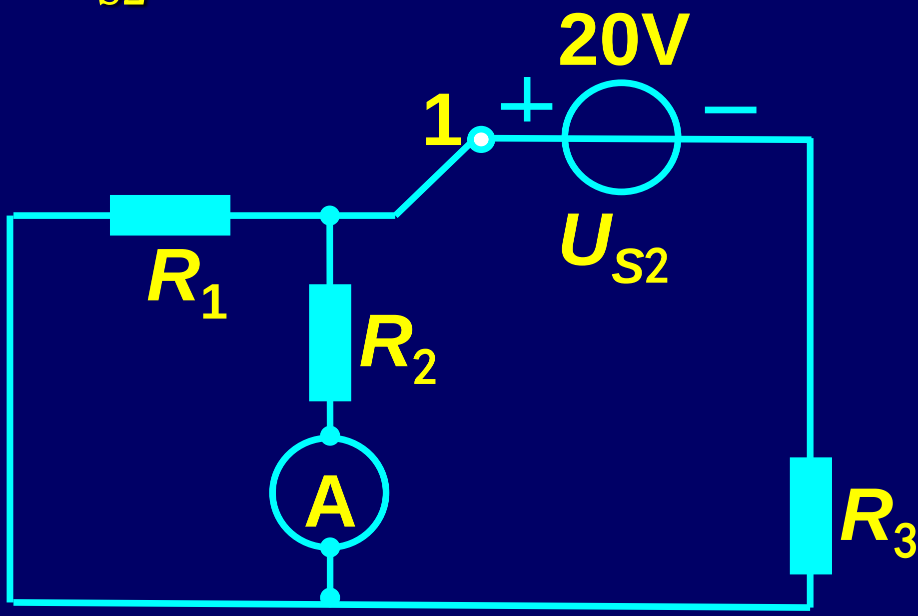


K ➔ 1

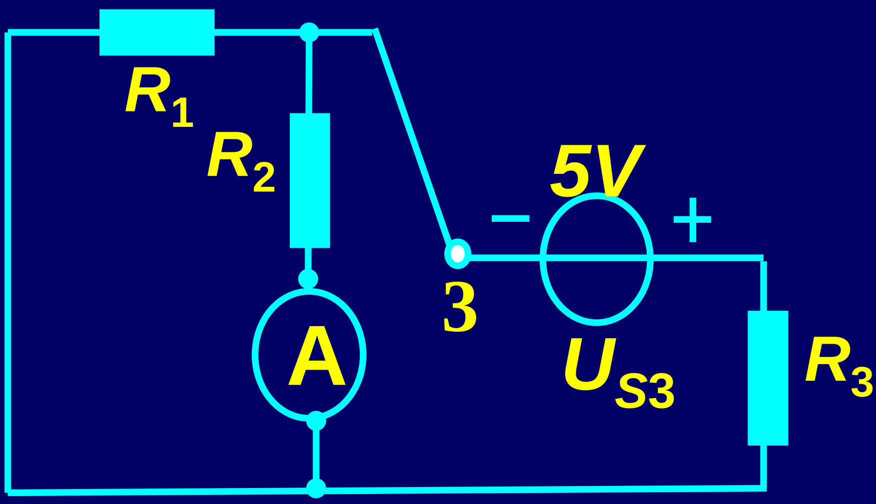


K➔2 U_{S1}单独作用

U_{S2}单独作用时，电流表读数为：4mA



Us2单独作用



U_{S3}单独作用

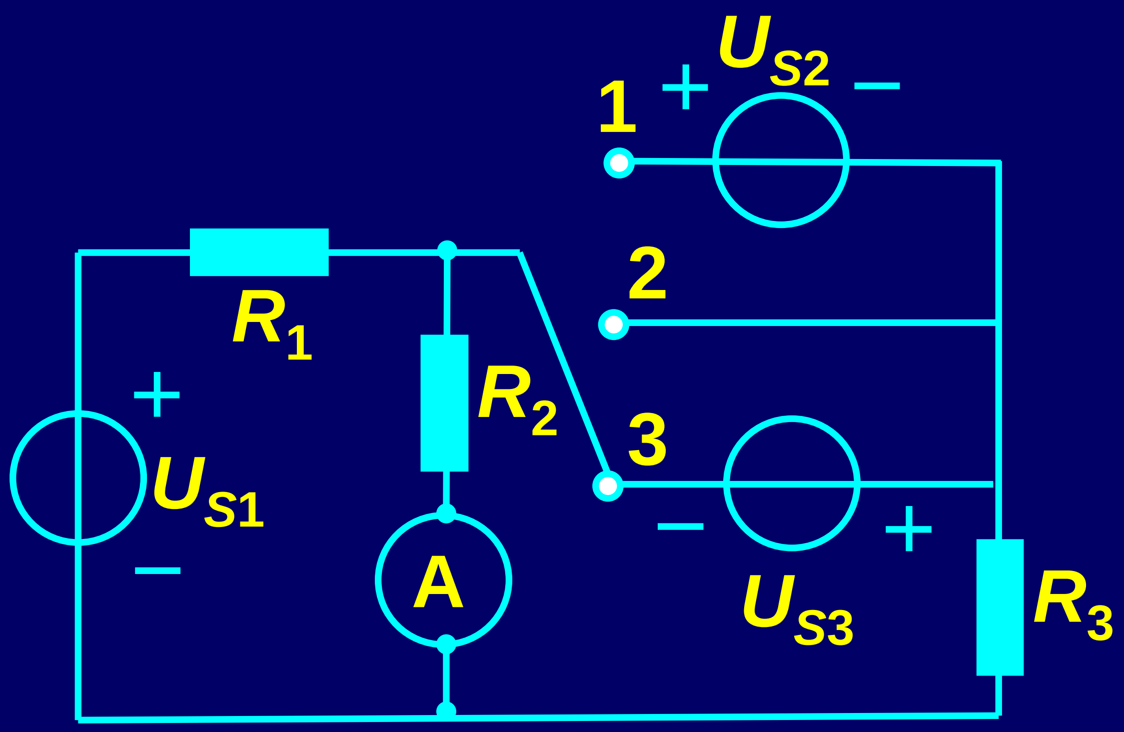
U_{S3}单独作用时，电流表读数多少？

根据U_{S2}单独作用的情况求U_{S3}单独作用时的电流表读数。

$$\frac{A_{US3单独}}{A_{US2单独}}=\frac{-U_{S3}}{U_{s2}}=\frac{-5}{20}$$

代入数据： $\dfrac{-5}{20} = \dfrac{A_{US3单独}}{4}$　　$A_{US3单独} = -1mA$

K→3时: U_{S1}、U_{S3}共同作用。



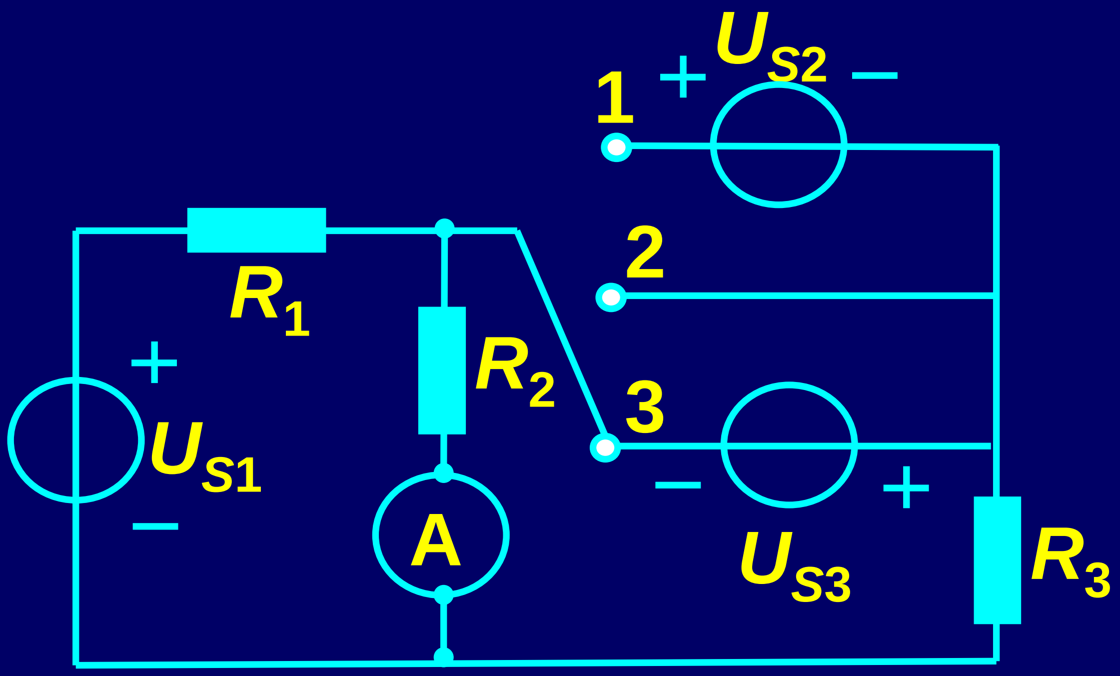
K→ 3　U_{S1}、U_{S3}作用

前面已求出：

U_{S1}单独作用时：电流表读数2mA

U_{S3}单独作用时：电流表读数为-1mA

K ⟶ 3时: U_{S1}、U_{S3}作用，电流表读数为:



2-1=1mA

K→ 3 U_{S1}、U_{S3}作用

小结

1. 叠加定理只适用于线性网络。
2. 网络中的响应是指每一个电源单独作用时响应的代数和，注意电流的方向和电压的极性。
3. 独立源可以单独作用，受控源不可以单独作用，独立源单独作用时受控源要保留。
4. 直流电路求功率不能用叠加定理，只能求出总电流和总电压，然后再进行功率的计算。

第四章

分解法及单口网络

第四章 作业

4-10 4-16 4-26 4-33 4-49 4-51

第四章 练习

4-1 4-2 4-3 4-14 4-24

4-25 4-26 4-30 4-32 4-50

做每一题时要求：

1. 画电路图；

2. 写清分析过程。

第四章　分解法及单口网络

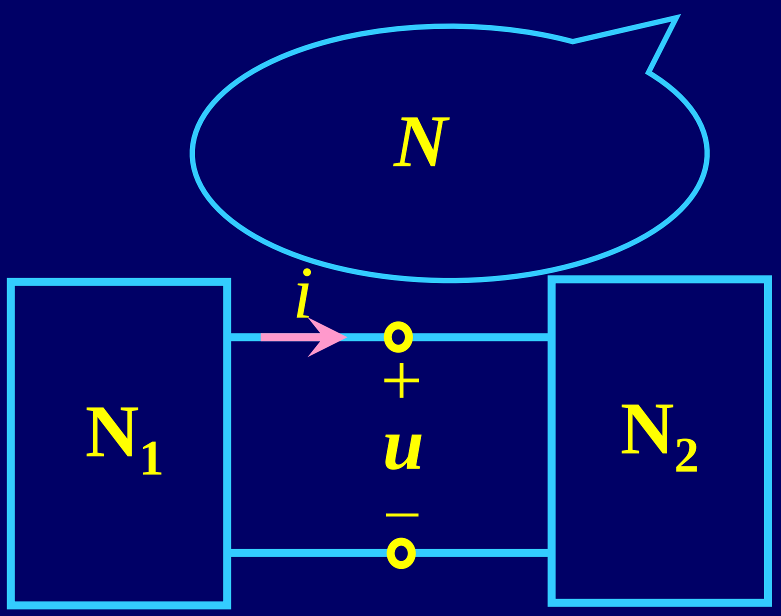
主要内容：

1. 分解的基本步骤
2. 单口网络的伏安关系
3. 单口网络的置换—置换定理
4. 单口网络的等效电路
5. 戴维南定理
6. 诺顿定理
7. 最大功率传递定理

§ 4-1 分解的基本步骤

分解法的基本步骤：

1. 把给定的网络N分为两个单口网络N_1、N_2。
2. 分别求N_1、N_2的VCR（需计算）。
3. 联立N_1、N_2的VCR，求单口网络端钮上的u、i
4. 根据u、i的值分别求单口网络N_1、N_2中的电压、电流。



§4-2　单口网络的VCR

单口网络的伏安关系是由单口本身的性质决定的，与外电路无关。可在外接任何电路的情况下求解。

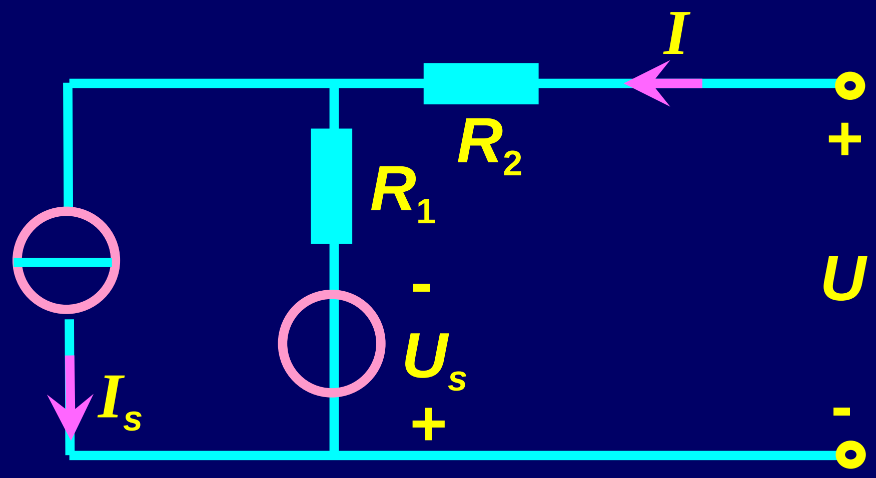
单口网络的伏安关系求解方法——即找u、i关系

法１．列电路的方程，求u、i 关系.

法２．端钮上加电流源，求入端电压，得到u、i 关系.

法３．端钮上加电压源，求入端电流，得到u、i 关系.

补充例：求图示电路的VCR。



解：

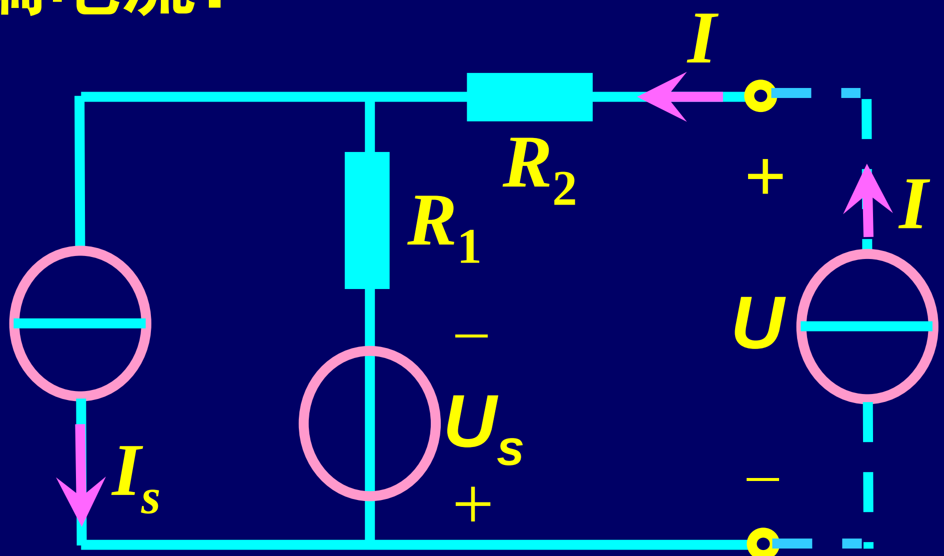
法（1）列电路方程：

$$U = R_2 I + (I - I_S)R_1 - U_S$$

$$= -R_1 I_S - U_S + (R_1 + R_2)I$$

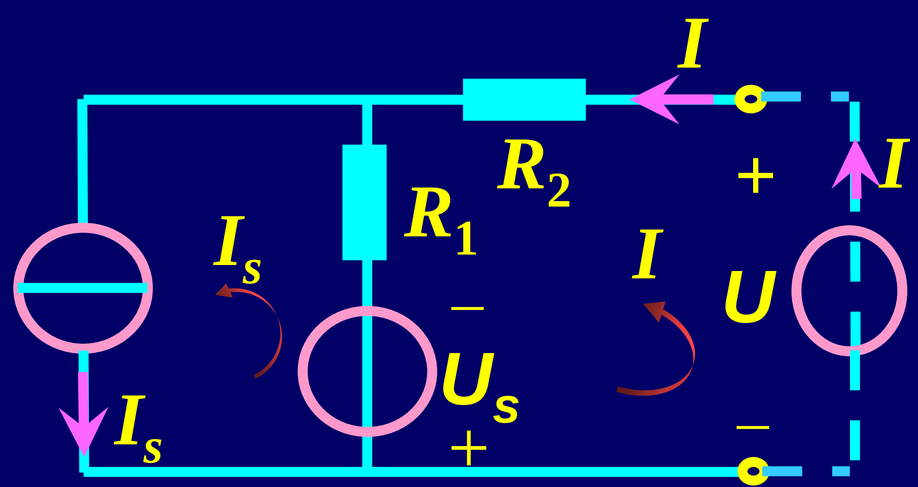
法（2）外加电流源，求入端电压：

法（3）外加电压源，求入端电流：



由 $(R_1+R_2)I-R_1I_S = U_S+U$

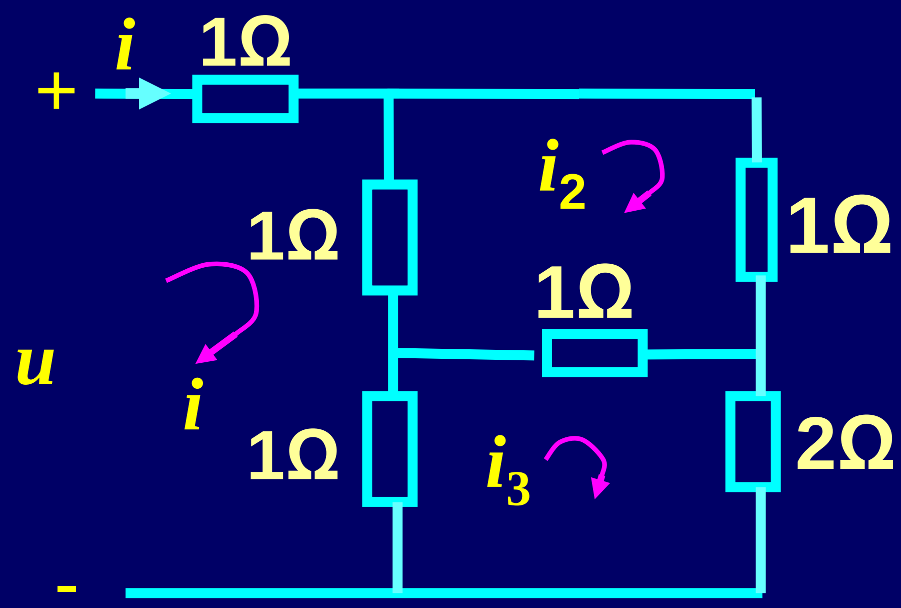
得：$U = (R_1+R_2)I-R_1I_S - U_S$



例4-3. 求图示电路的VCR。

解：网孔法求u、i的关系

$$\begin{cases} 3i-i_2-i_3=u \\ -i+3i_2-i_3=0 \\ -i-i_2+4i_3=0 \end{cases}$$



$\Rightarrow$ $i=\dfrac{11}{24}u$

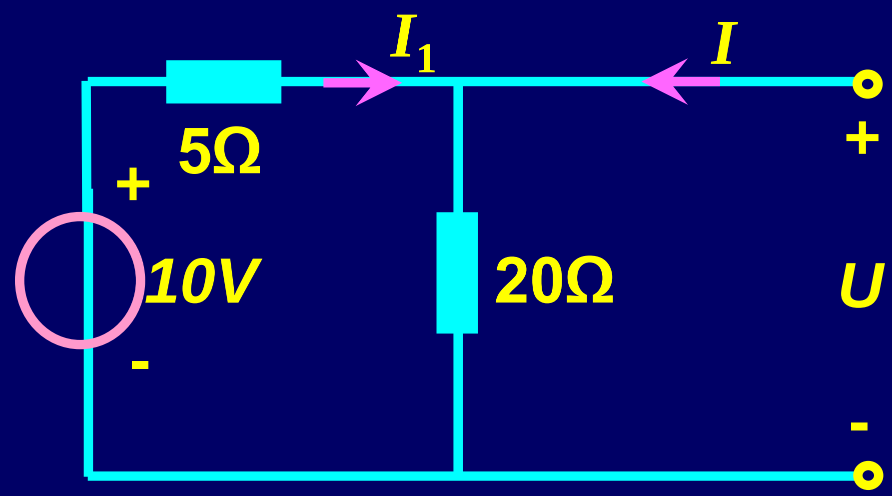
$u=\dfrac{24}{11}i$

结论：纯电阻网络的VCR为：

$u=Ai$， u和i关联参考方向时，A为正

例4-1. 求图示电路的VCR。

解：设电流I_1



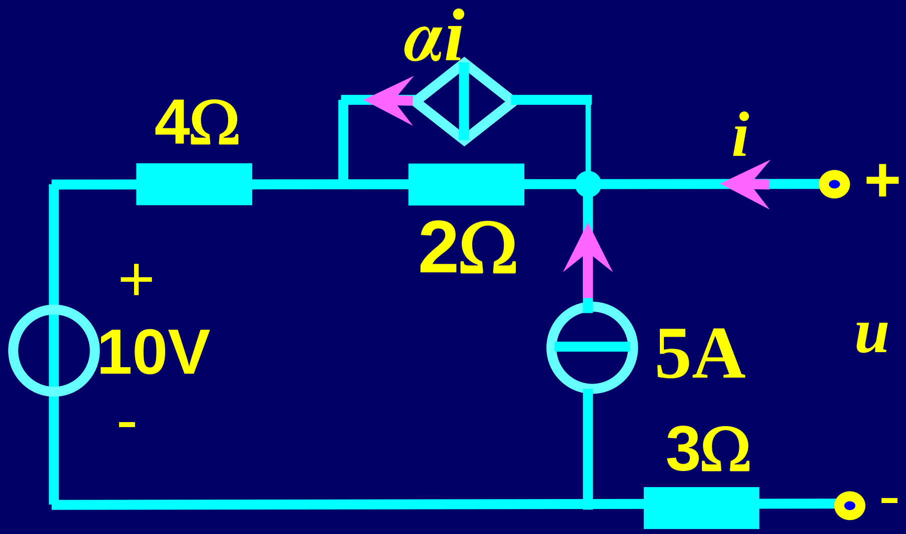
$$\begin{cases} U = 20(I_1+I) \\ 10 = 5I_1+U \end{cases}$$

$\Rightarrow$ $U=8+4I$

结论：含电源和纯电阻的网络其VCR为：

$u=Ai+B$，u和i关联参考方向时，A为正

例4-2. 求图示电路的VCR。



解：

$$u = 2(i+5-\alpha i)+4(i+5)+10+3i$$

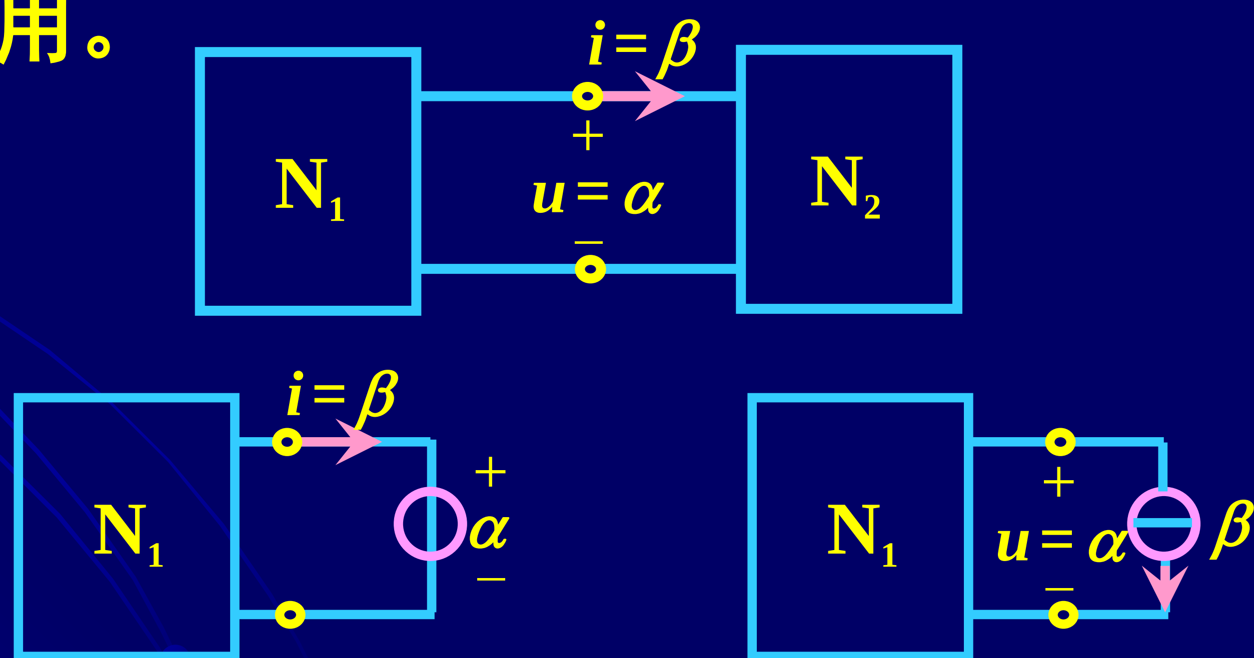
$$= (9-2\alpha)i+40$$

结论：含电源、纯电阻和受控源的的网络其VCR为：

u=A*i*+B，*u*、*i*关联参考方向时，A可正可负。

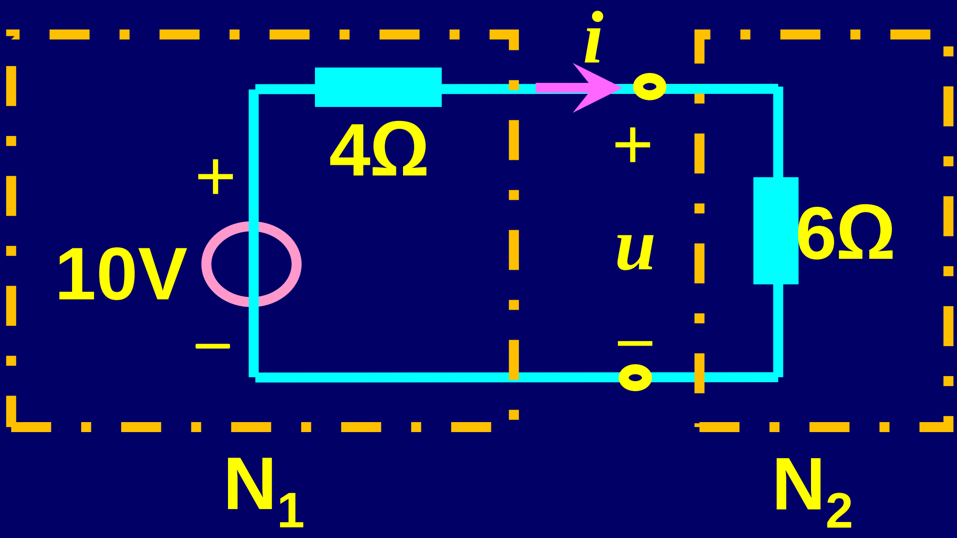
§4-3　单口网络的置换—置换定理

如果一个网络N由两个子网络组成，若已求得：$u=\alpha, i=\beta$, 则可用一个电压值为α的电压源或用一个电流值为β的电流源置换N_2（或N_1），置换后对N_1（或N_2）没有影响。对于线性及非线性均适用。



将N_2置换的图

例4-4：图示电路中，N_1能否用更简单结构代替而保持N_2的VAR不变？

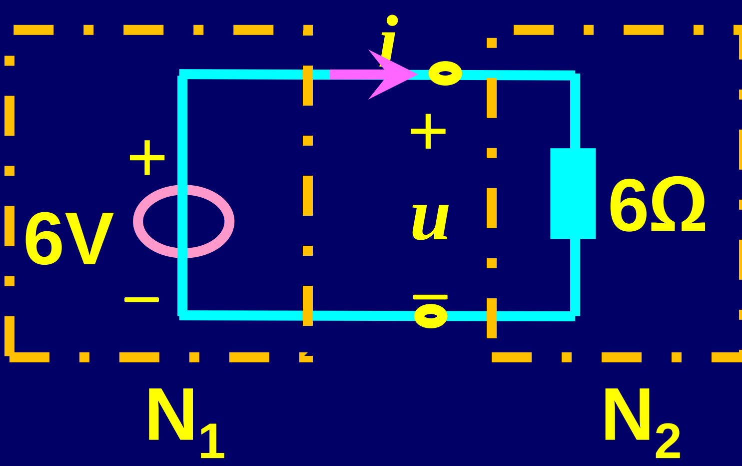


解：

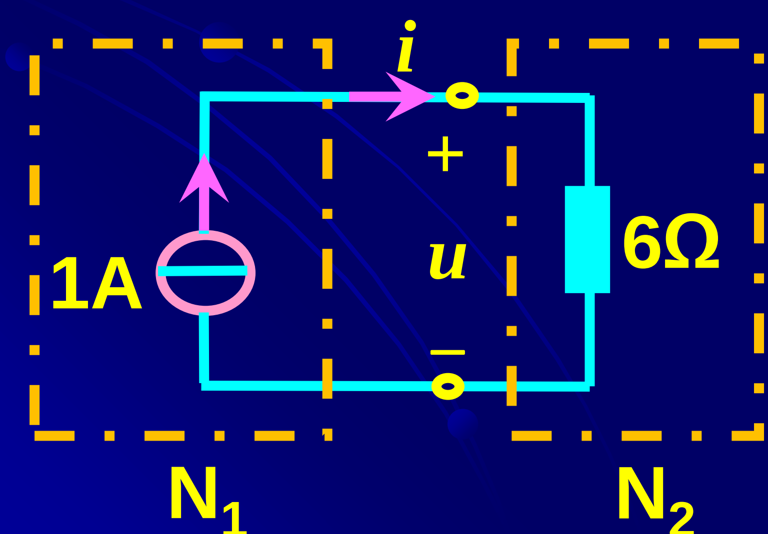
$u = 6V$

$i = 1A$

N_1可用6V电压源代替

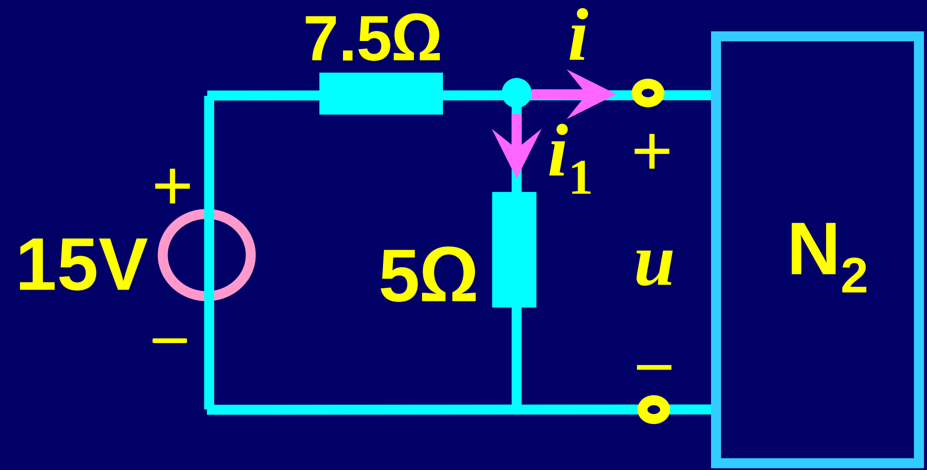


N_1也可用1A电流源代替



上述两种置换对求解N2上的电压电流都没有影响。

补充例2：图示电路中，已知N_2的VAR为$u = i+2$,试用置换定理求i_1。



解：求左边部分的VAR

由
$$\begin{cases} u = 7.5(-i_1-i)+15 \\ u=5i_1 \end{cases}$$

得N_1的VAR:

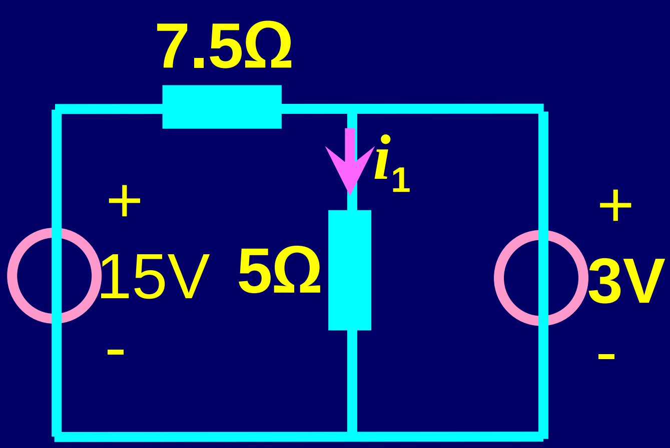
$$u = -3i+6$$

联立N_2的VAR:

$$u = i+2$$

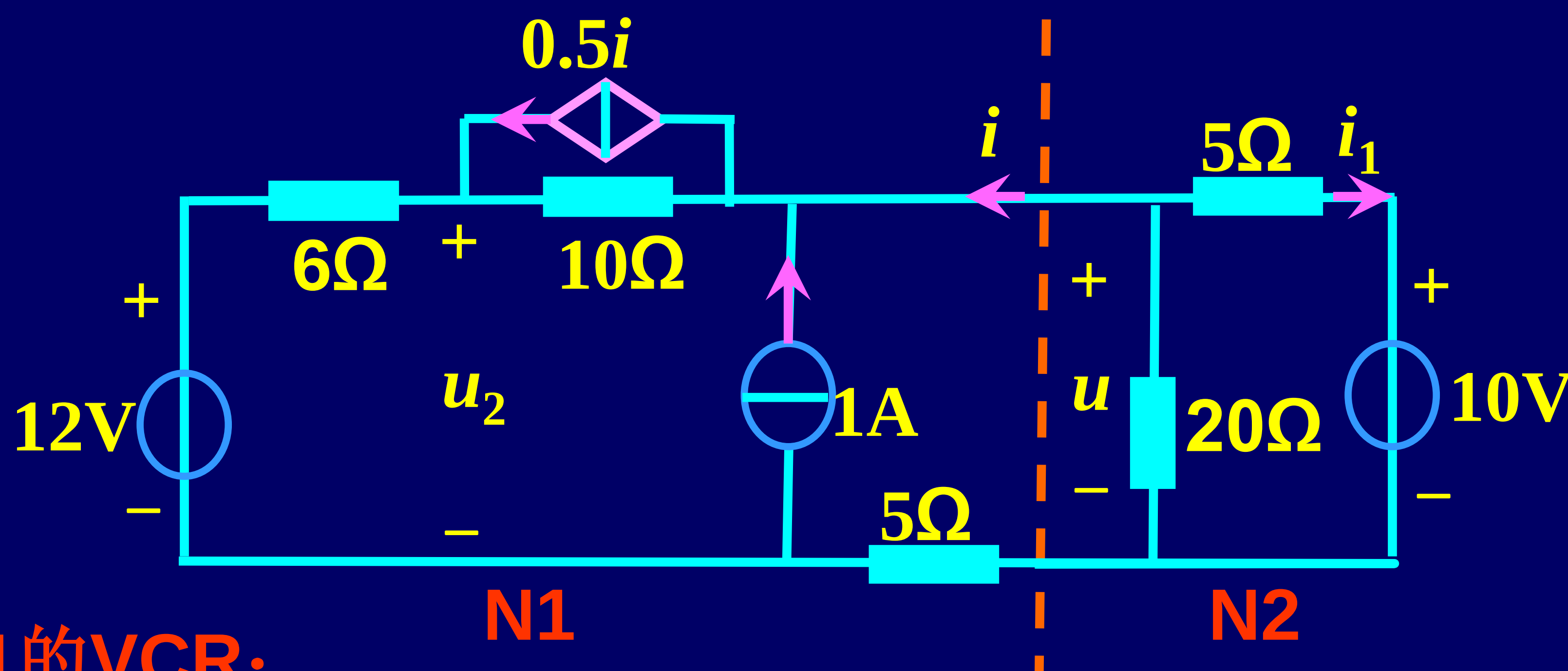
得: $i = 1$ A　　$u = 3$ V

N_2用3V电压源置换



$$i_1 = 0.6\text{A}$$

例4–5：用分解方法求i_1和u_2



解：N1的VCR：

$u = 10(i+1-0.5i) + 6(i+1) + 12 + 5i = 16i + 28$

N2的VCR：

$u = 5i_1 + 10 = 5(-i - u/20) + 10 \Rightarrow u = 8 - 4i$

二者联立得：$u = 12V \quad i = -1A$

N1用12V电压源置换得：$i_1 = (12-10)/5 = 0.4A$

N2用-1A电流源置换得：$u_2 = 12V$

§4-5　一些简单的等效规律和公式

1、等效的概念

如果两个单口网络N_1和N_2端口上电压、电流的关系完全相同，则 N_1 和N_2 等效。

线性单口网络N_1: $u = k_1 i + A_1$　　　N_2: $u = k_2 i + A_2$

等效的条件： $\boxed{k_1 = k_2 \quad A_1 = A_2}$

等效的特点：

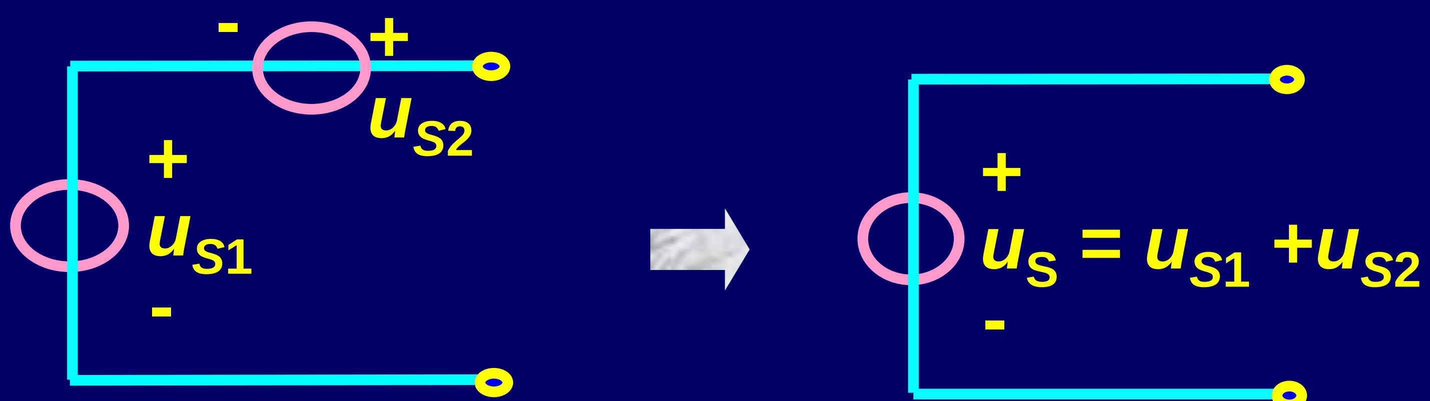
当两网络等效时，尽管其内部结构参数可能不同，但对任一外电路来讲，没有丝毫差别。

2、等效的规律

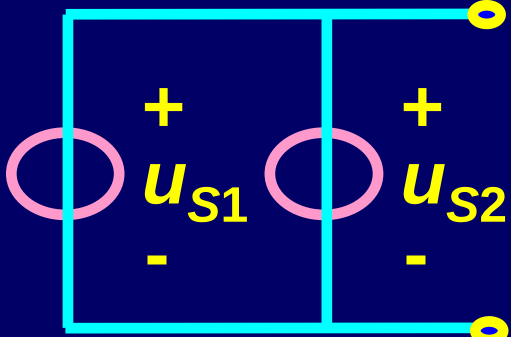
（1）多电阻串联可合成一个电阻，其值等于各电阻值和。

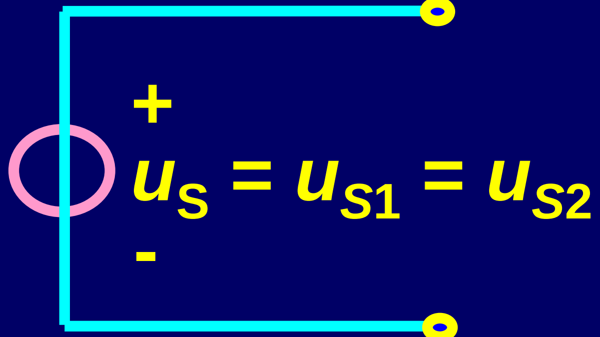
（2）多电导并联可合成一个电导，其值等于各电导之和。

（3）多电压源串联时，可合成一个电压源。



（4）两电压源并联时：



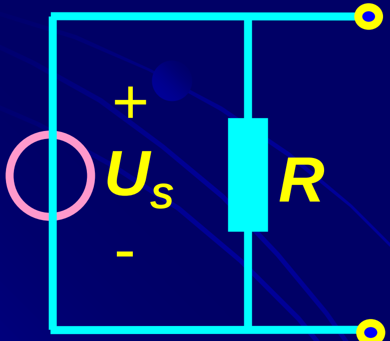


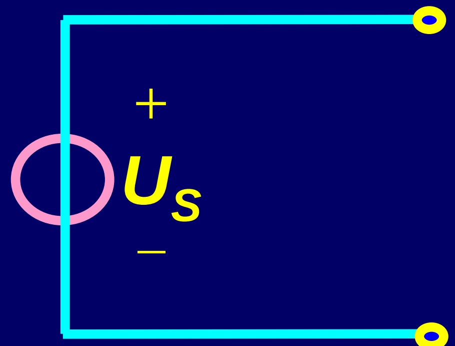
$u_{S1}= u_{S2}$

如果$u_{S1}\neq u_{S2}$

违背KVL，无解

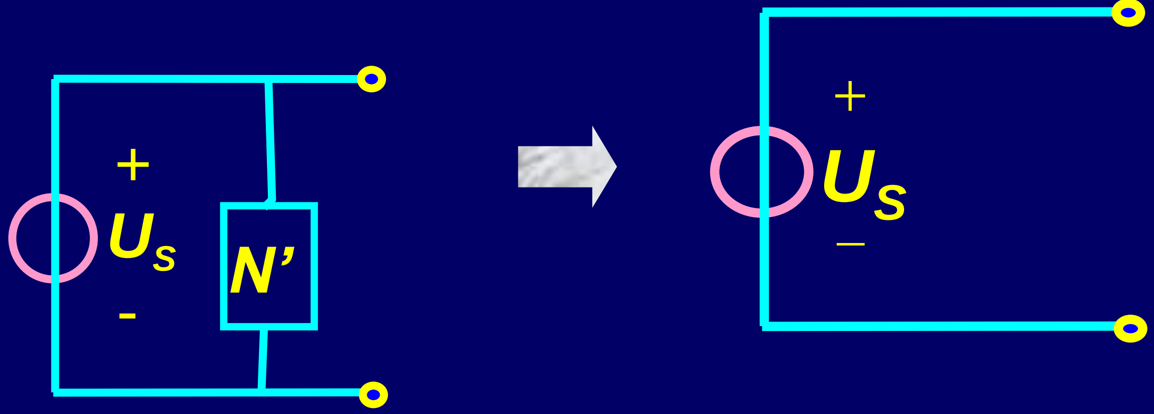
（5）与电压源并联时：





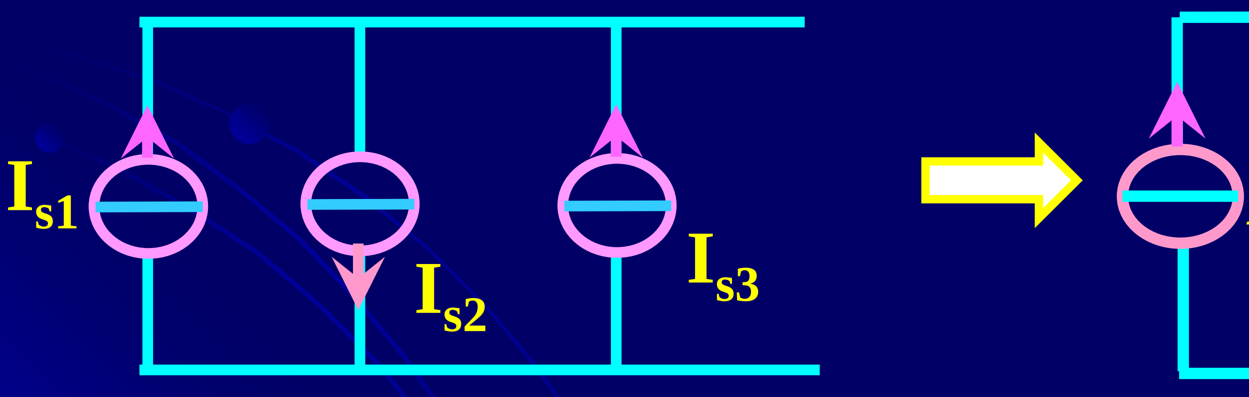
与电压源并联的元件称为多余元件，多余元件开路。

（6）



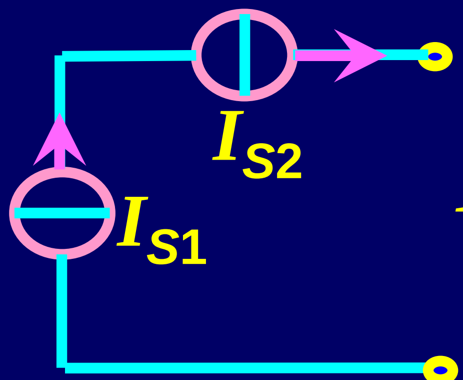
与电压源并联的网络称为多余网络，多余网络开路。

（7）多电流源并联时，可合成一个电流源。

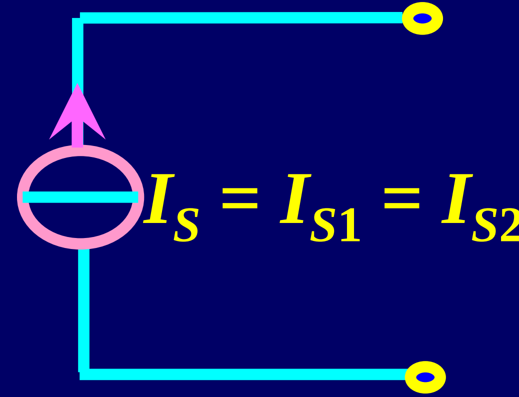


$I_S = I_{S1} - I_{S2} + I_{s3}$

（8）多电流源串联时：



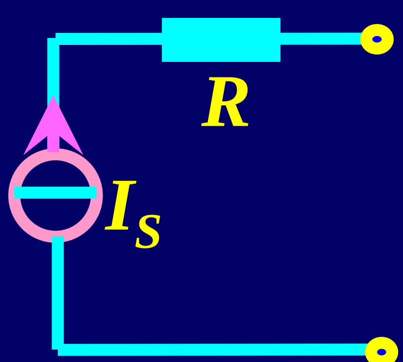
$$I_{S1} = I_{S2}$$

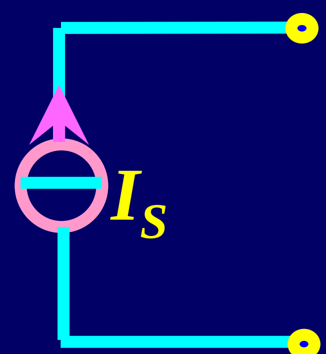


若$I_{S1} \neq I_{S2}$

违背KCL，无解

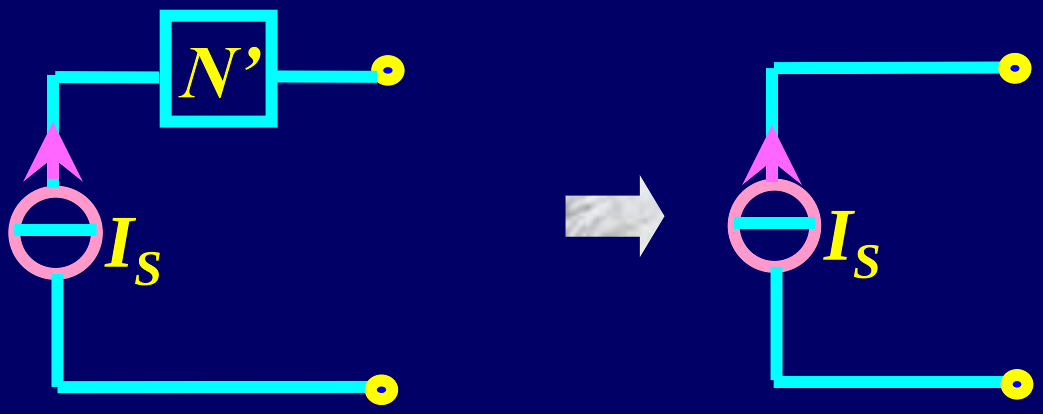
（9） 与电流源串联时：





与电流源串联的元件称为多余元件，多余元件短路。

（10）

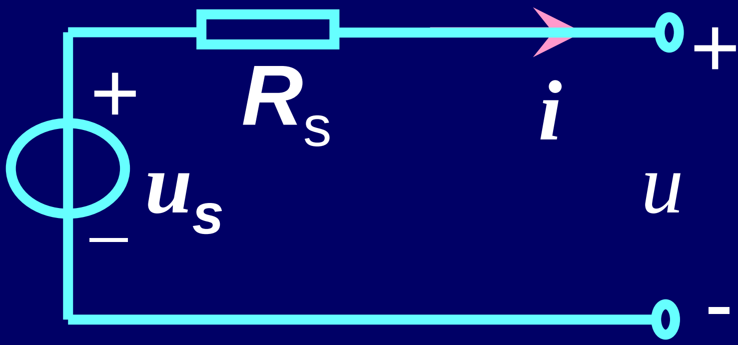


与电流源串联的网络称为多余网络，多余网络短路。

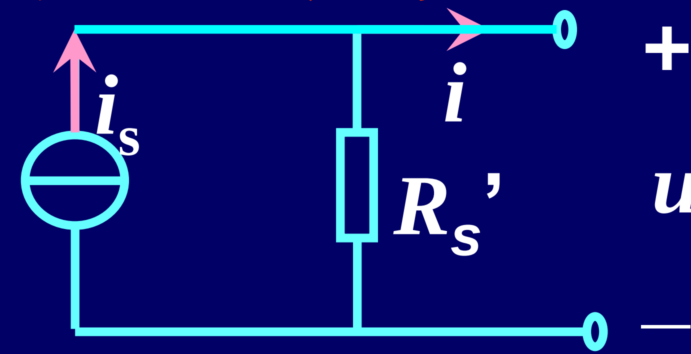
（11）电压源串电阻电路 ⟺ 电流源并电阻电路。

推导两种电源模型的等效变换

实际电压源模型



实际电流源模型



$u = u_s - R_s i$

$u = Rs'(i_s - i)$

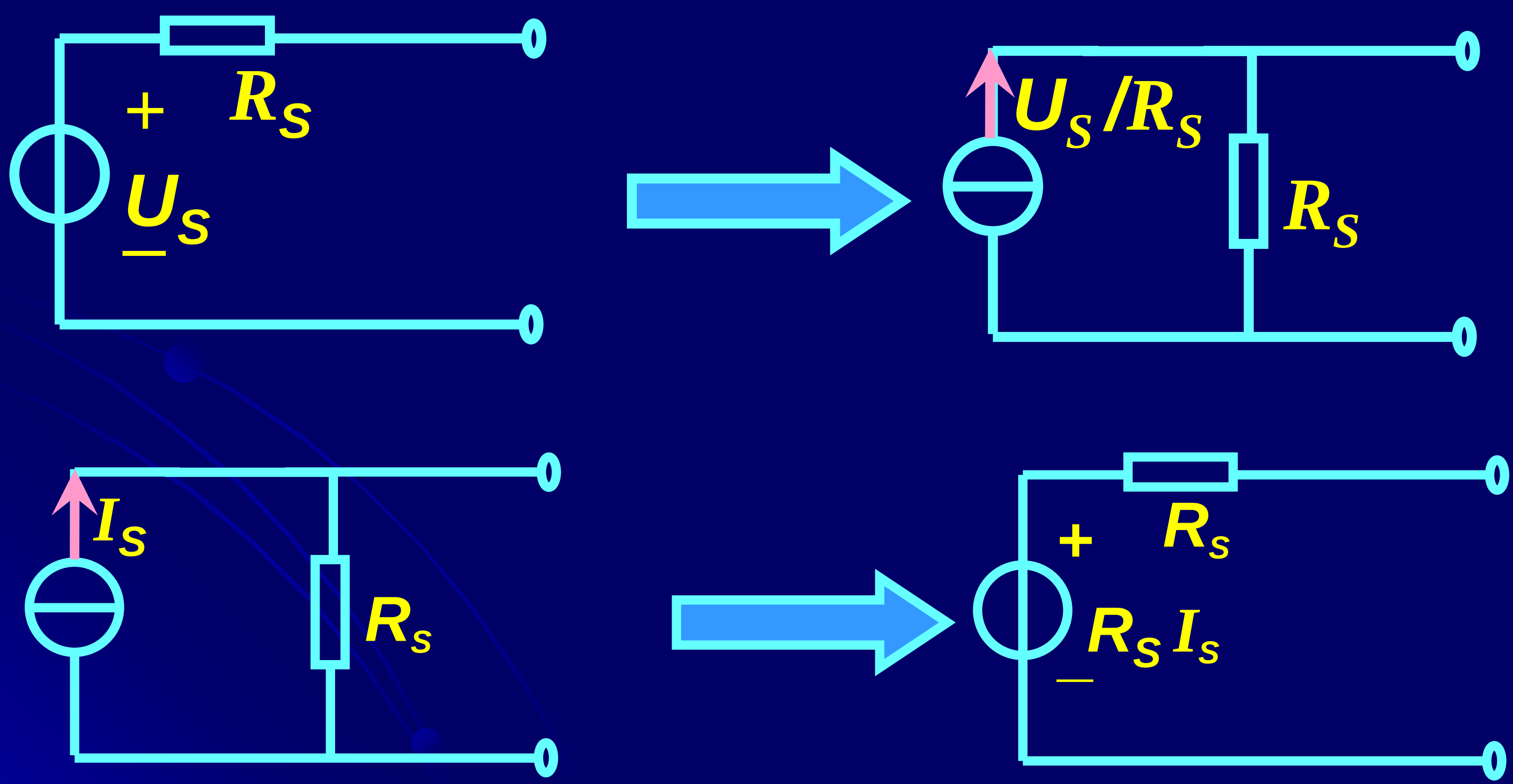
$= Rs' i_s - Rs' i$

若二者等效，则：

$R_s = R_s'$ 且 $u_s = i_s R_s'$

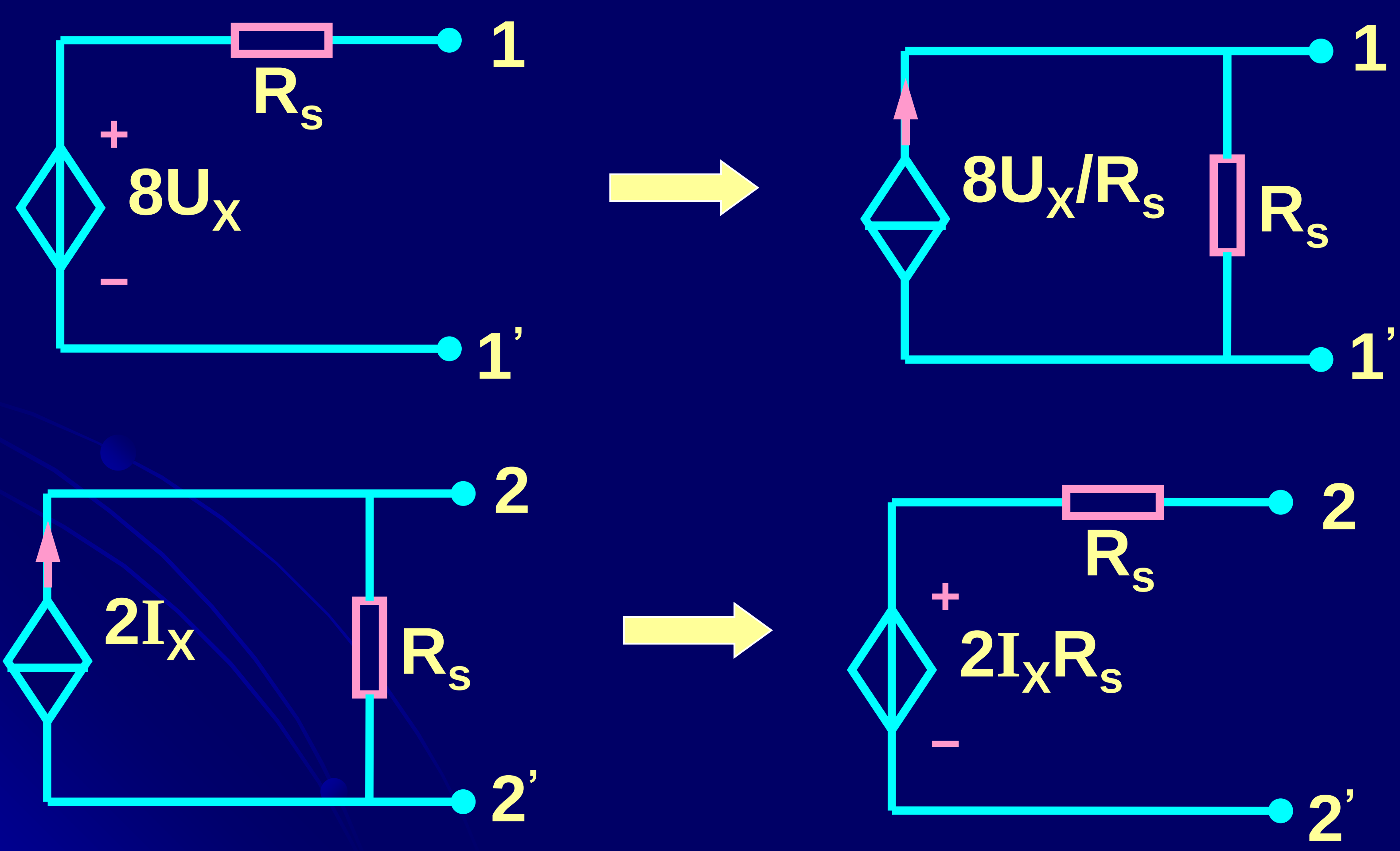
$$\left.\begin{aligned} R_S &= R_S' \\ u_S &= R_S' i_S \end{aligned}\right\} \text{等效条件}$$

电源等效变换方法：



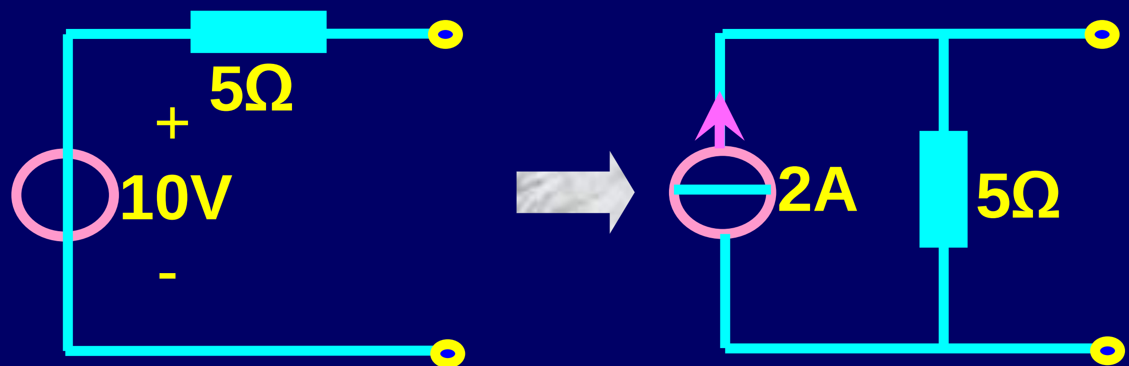
注意：电源变换对受控源同样适用。

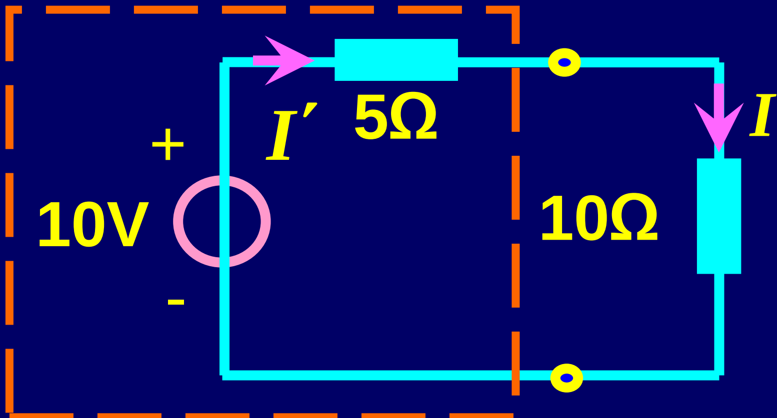
例：

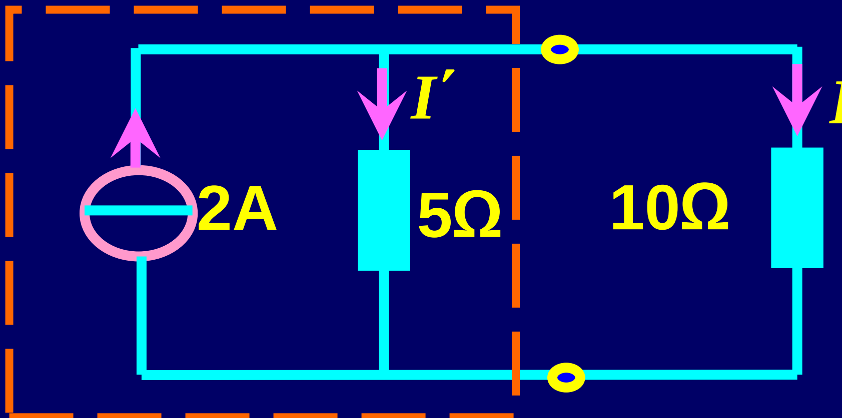


通过电源变换进一步理解等效的含义：

例：







I = 10/(5+10) = 2/3 A

I' = I = 2/3 A

$P_{源}$ = -10I = -20/3 W

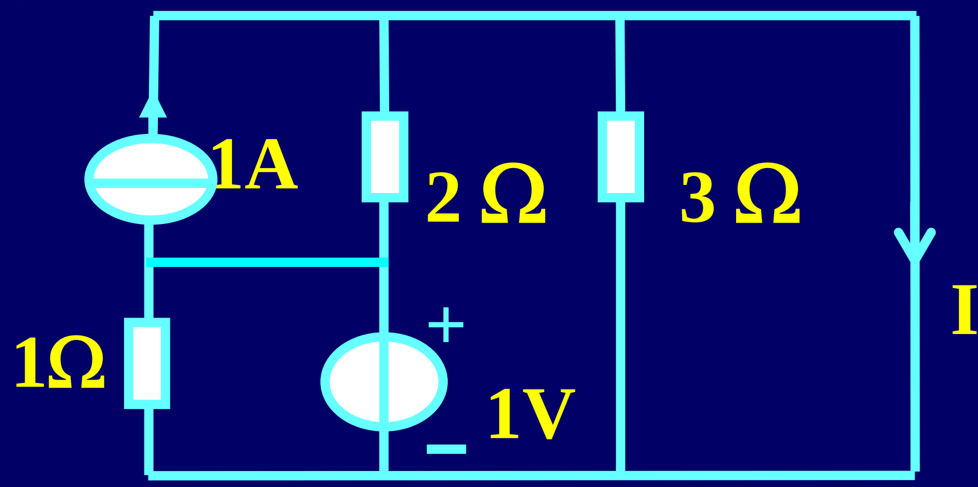
I = 5/(5+10)×2 = 2/3 A

I' = 2- 2/3 = 4/3 A

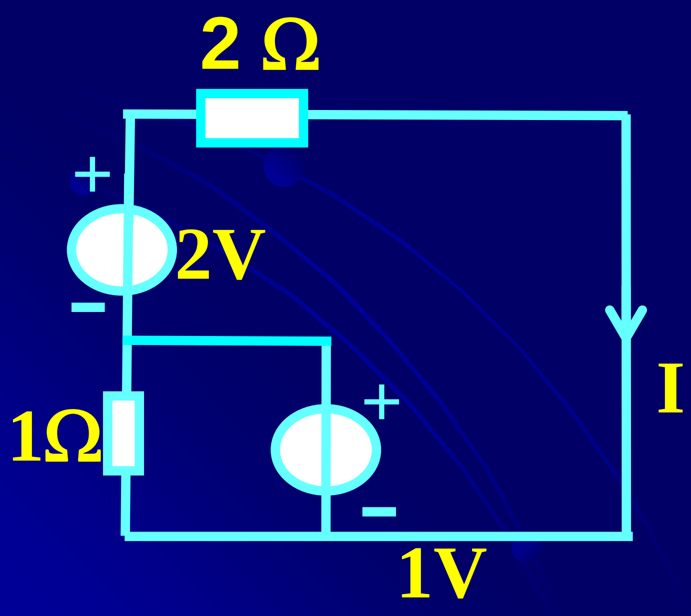
$P_{源}$ = −10I×2 = -40/3 W

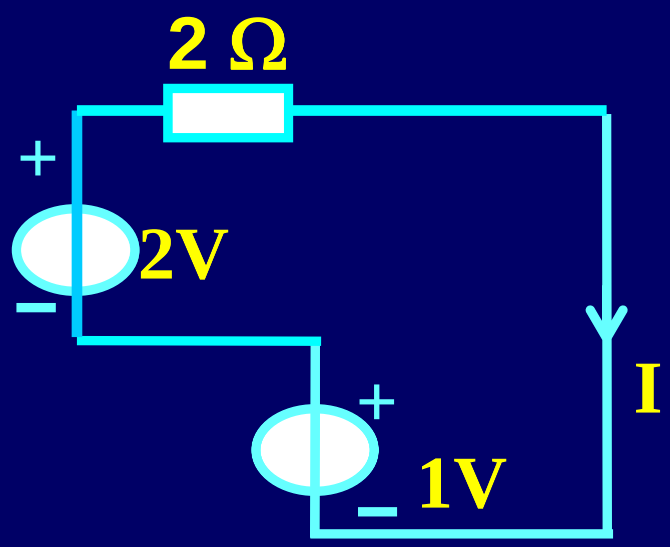
等效概念指对外电路等效，对内电路不等效。

例： 图示电路中，电流I=？



解：先变化电路。

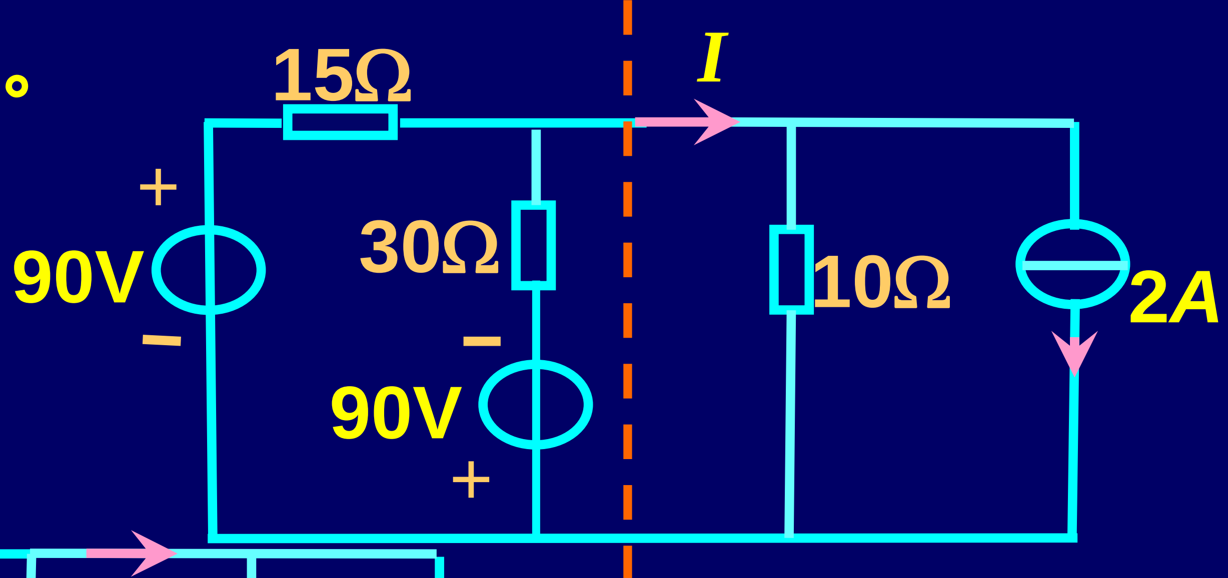


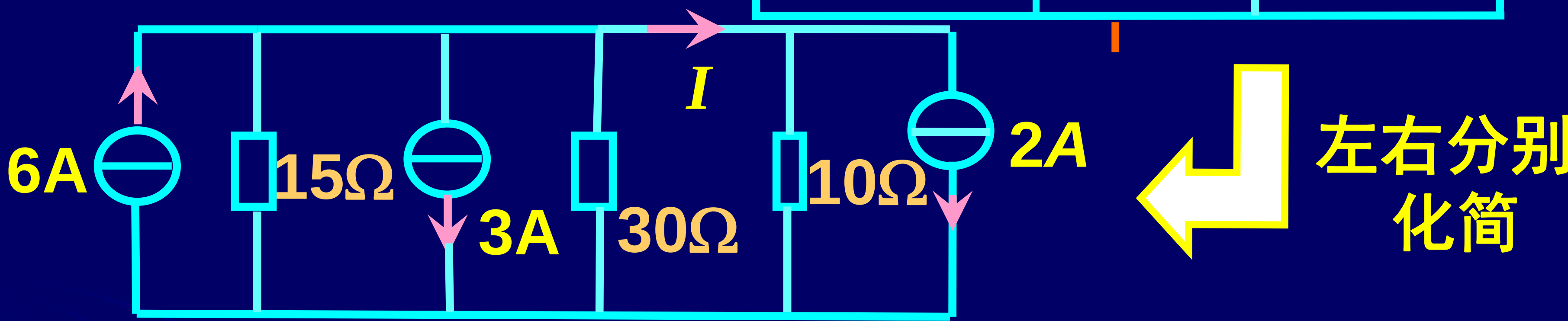


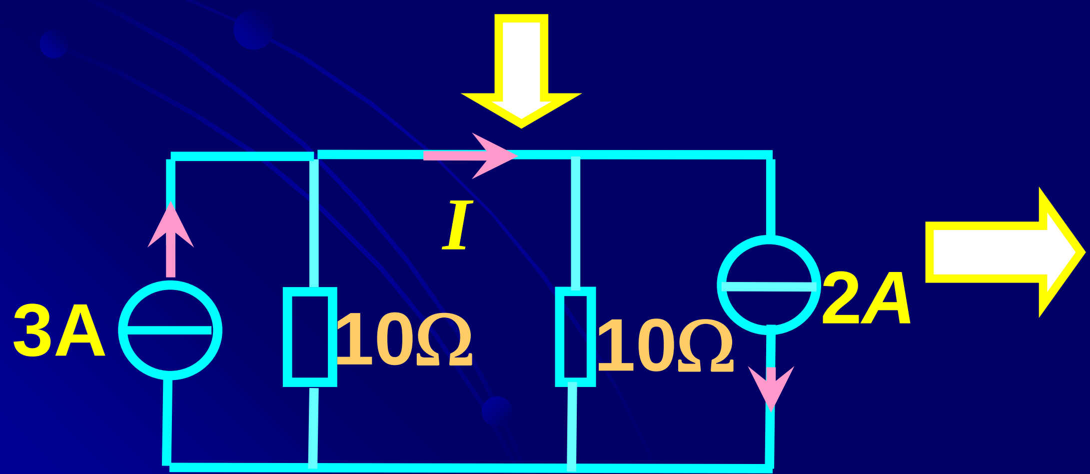
2I-1-2=0

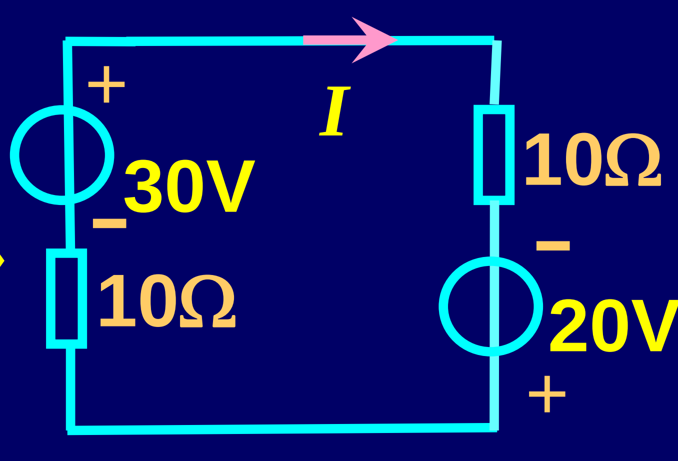
I=1.5A

练习题：求电流I。









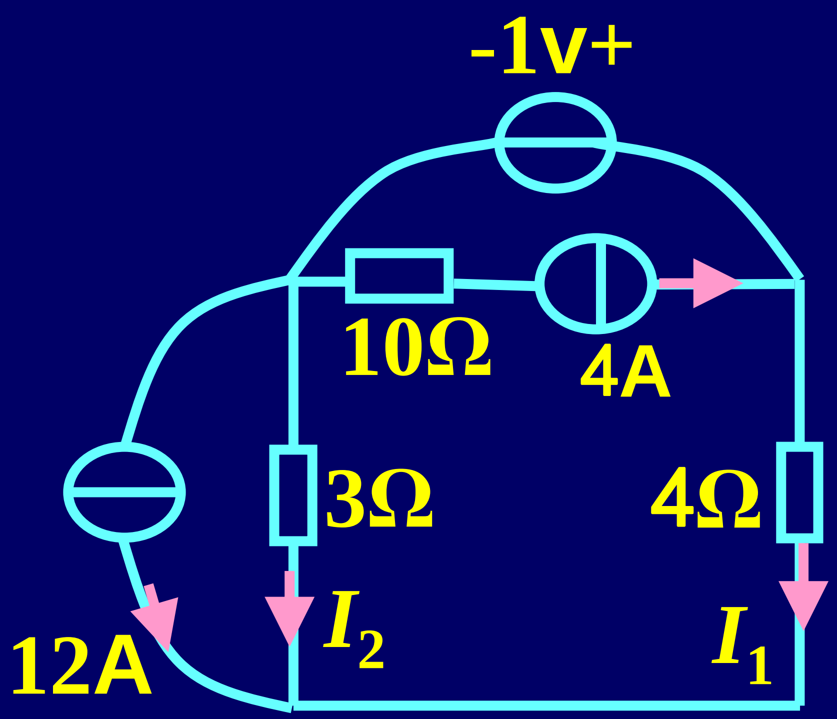
I=2.5A

补充、节点法的进一步应用

节点法解题前，应首先将电路化简

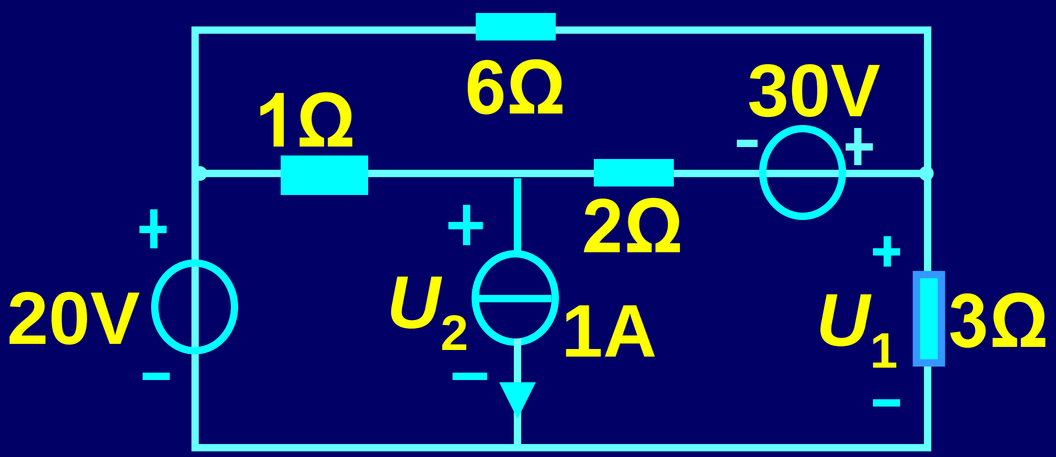
$\begin{cases} \text{和电流源串联的元件去掉} \\ \text{电压源串联电阻支路变为电流源并联电阻} \end{cases}$

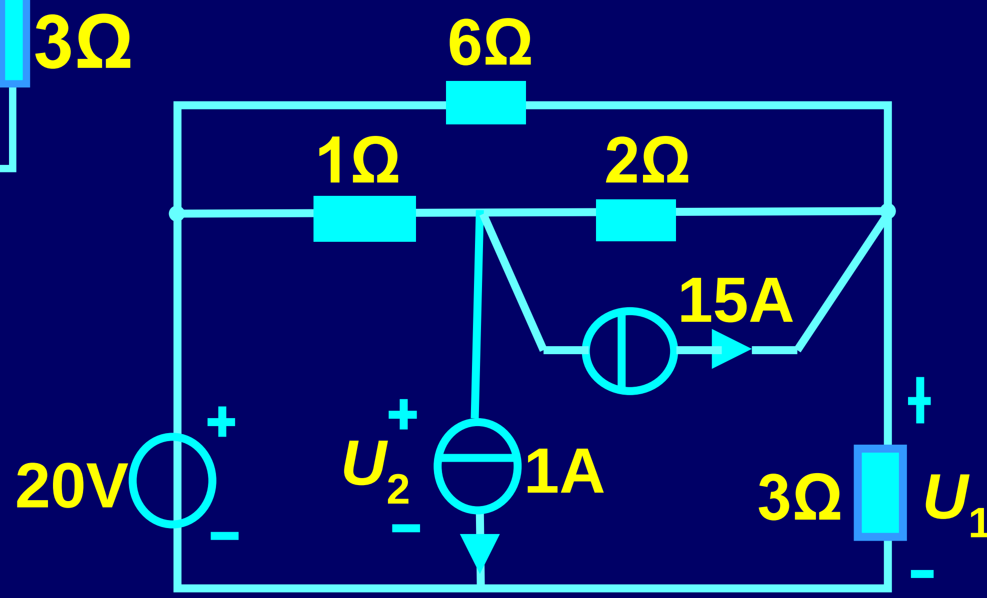
1题　　节点法求图示电路中I_1及I_2



此题和节点法中例1求解时有何不同？

2题：试用节点分析法求电路中U_1、U_2。





解题要点：

1 将电压源串电阻变为电流源并电阻

2 选一电压源的一端接地

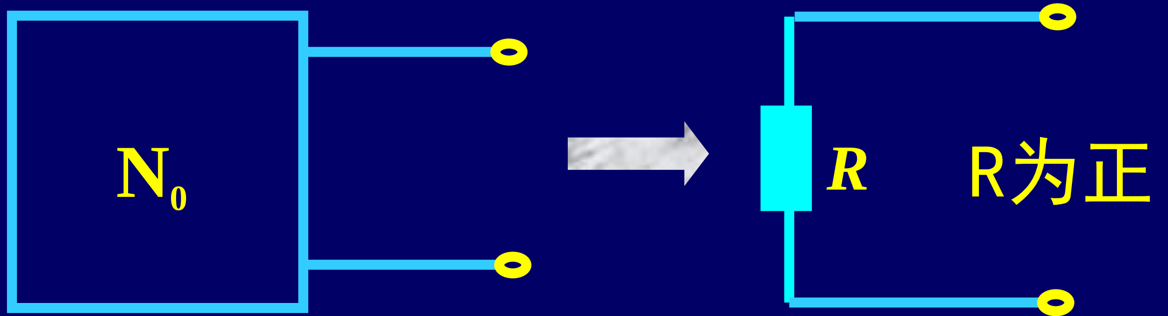
$$U_1 = 23.6\,\mathrm{V}$$

$$U_2 = 10.53\,\mathrm{V}$$

§4-4　单口网络的等效电路

一. 无独立源单口网络的等效电路:

（1）纯电阻网络



1. 电阻串联

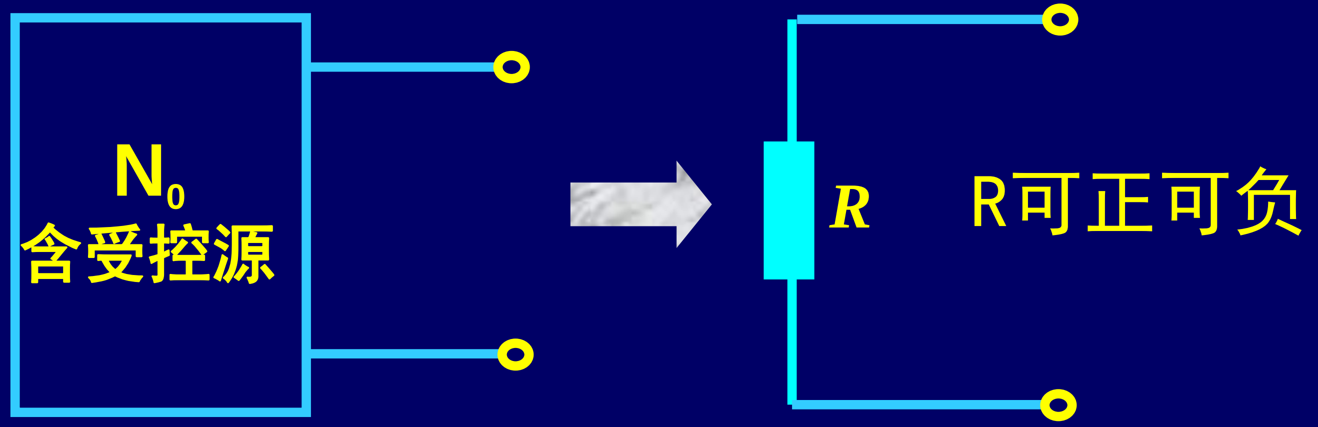
$$R=\sum_{k=1}^{n} R_k$$

2. 电阻并联

$$G=\sum_{k=1}^{n} G_k$$

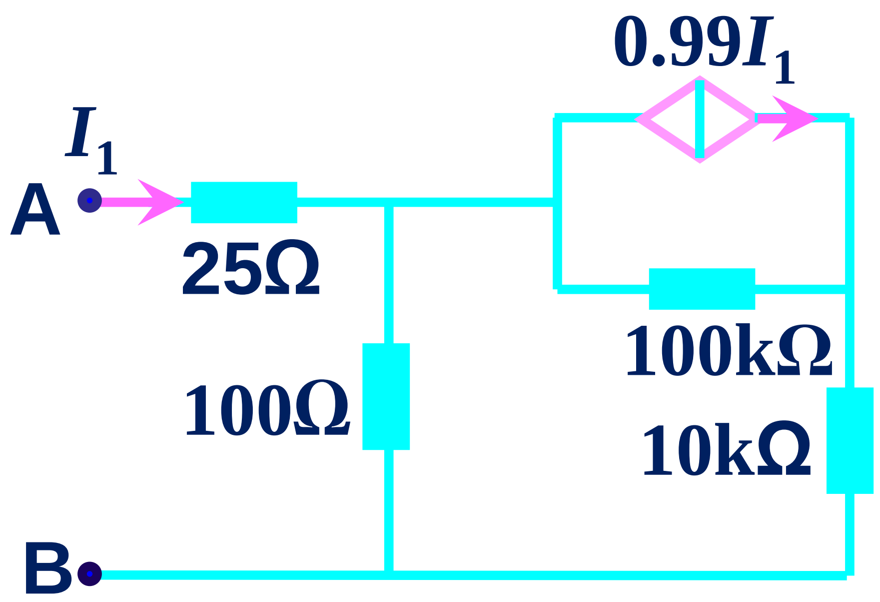
3. 电阻的混联利用串并联公式化简

（2）含受控源的无源单口网络的等效电路：

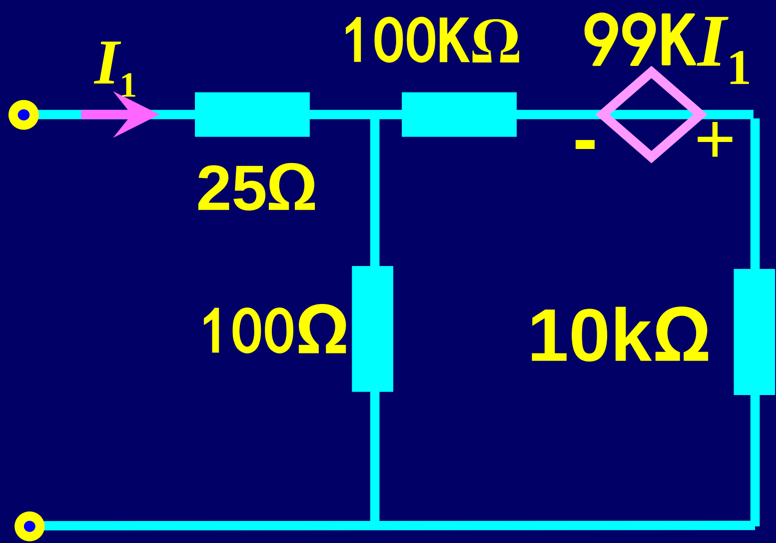


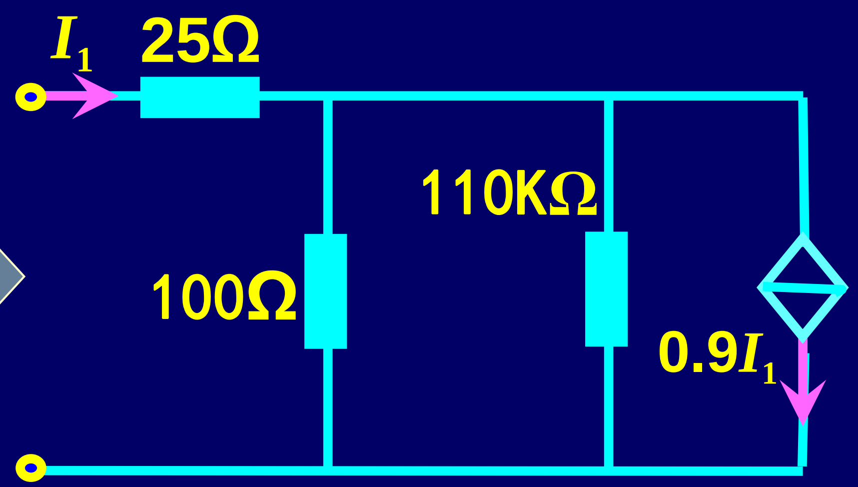
含受控源电路不能用电阻串、并联公式化简

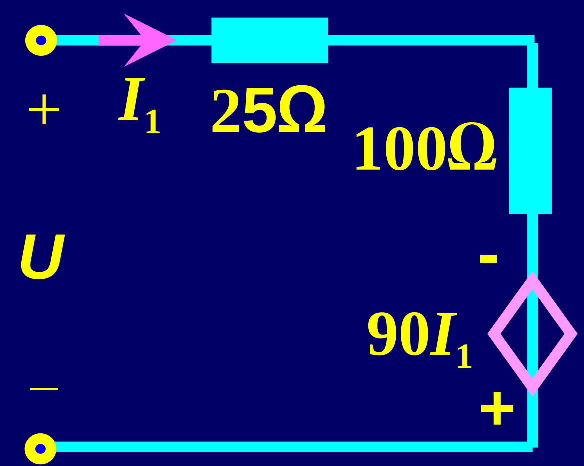
补充例1：求图示电路AB端电阻R_i



解：先进行电源变换，然后再写端钮上伏安关系。







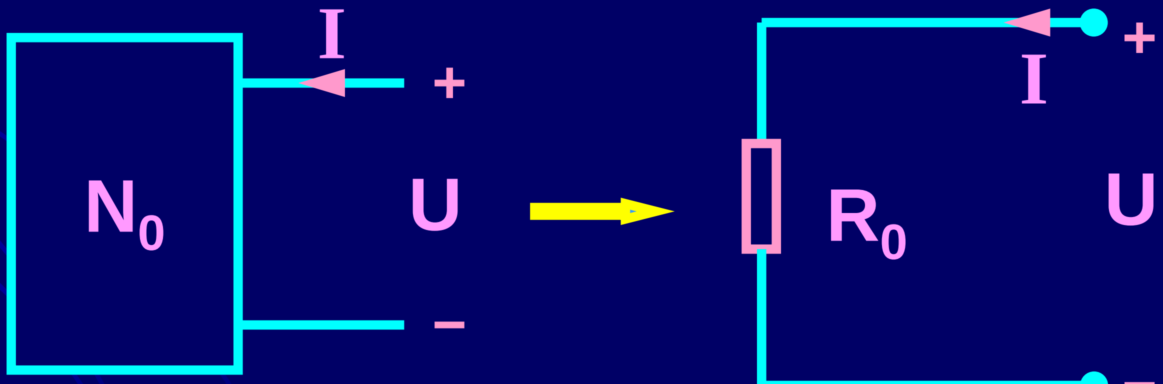
$$U = 125I_1 - 90I_1 = 35I_1$$

$$R_i = U/I_1 = 35\Omega$$

总结：无源单口网络的等效电路为一电阻：

（1）不含受控源时，等效电阻为正

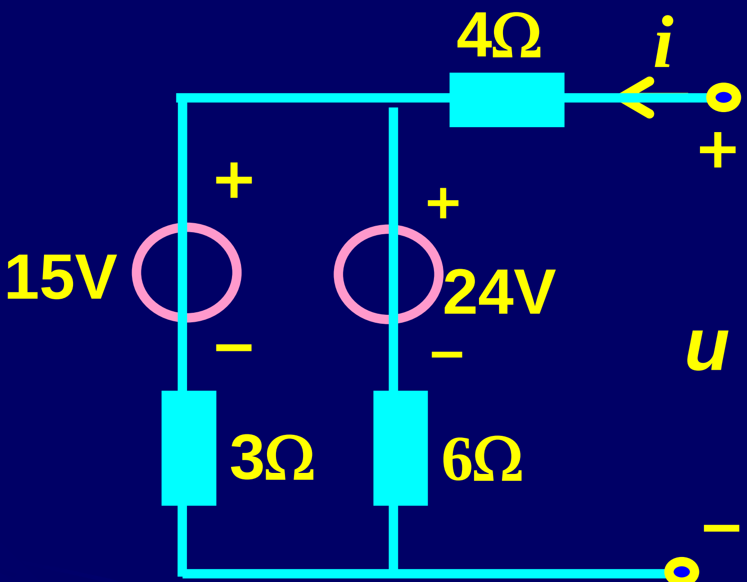
（2）含有受控源时，等效电阻可正可负

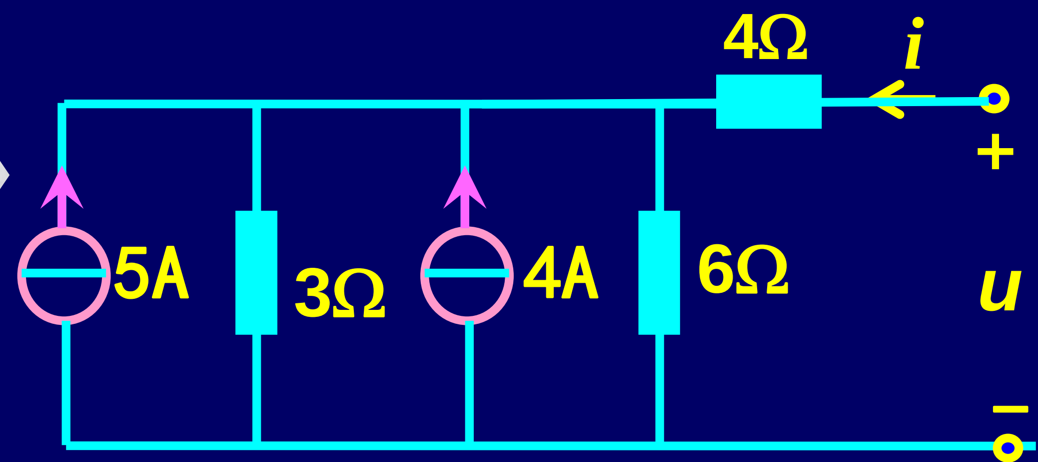


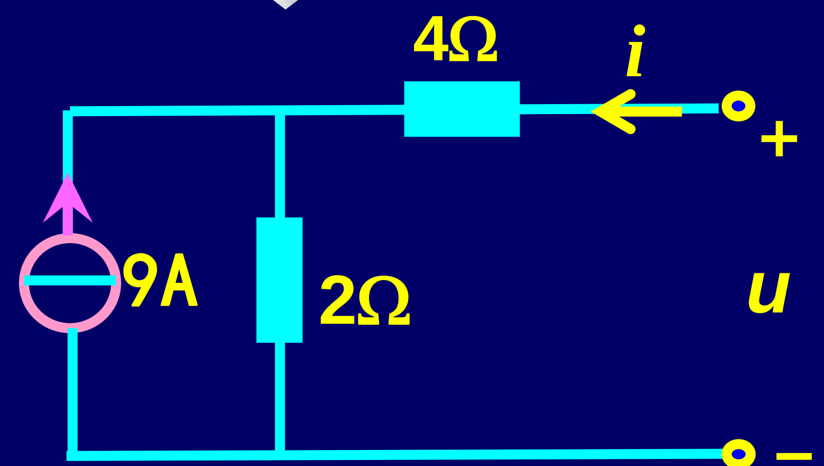
二、含独立源单口网络的等效电路

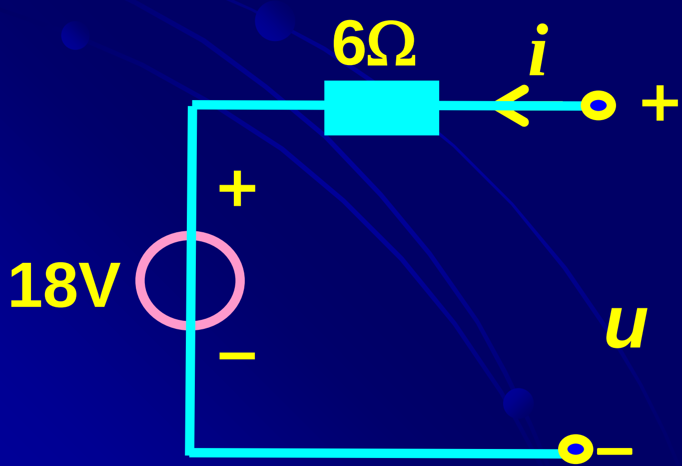
1、不含受控源时：

例如：







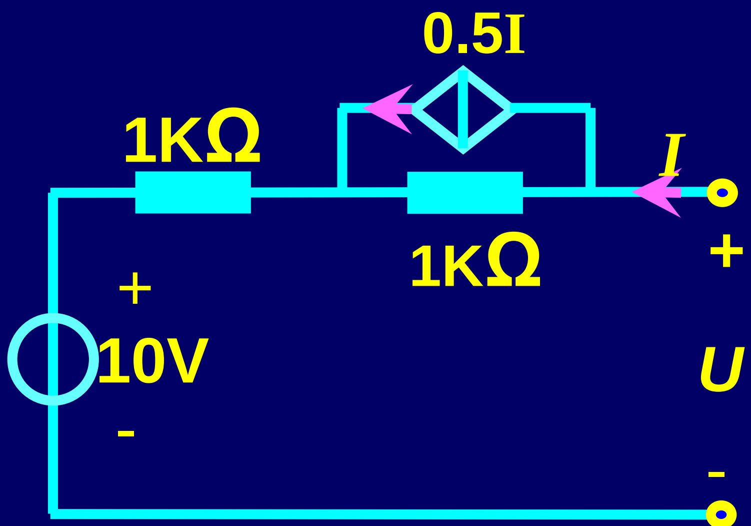


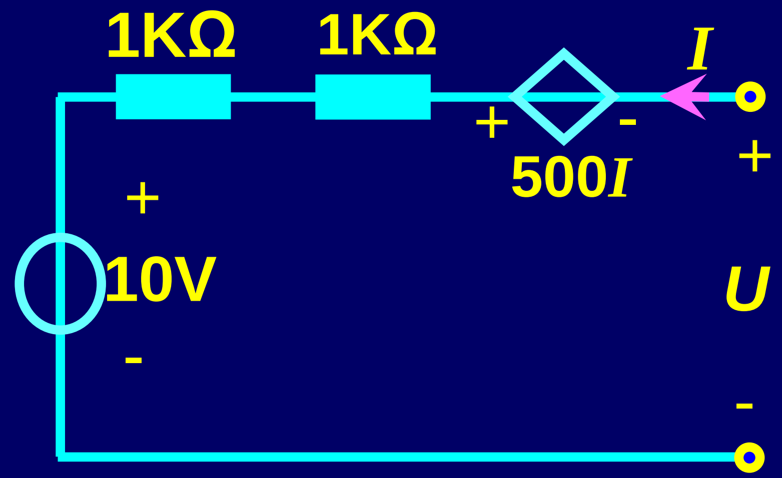
U=6I+18V

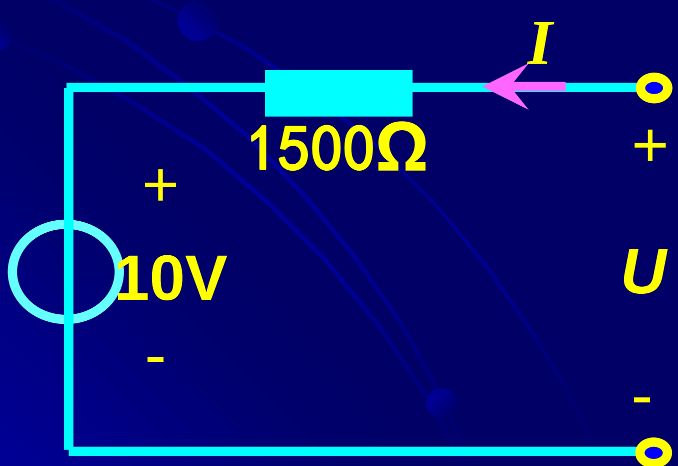
总结：含独立源、线性电阻的网络，其等效电路为一电压源串联一电阻构成，电阻为正。

2. 含受控源时：

例4-9. 化简单口网络





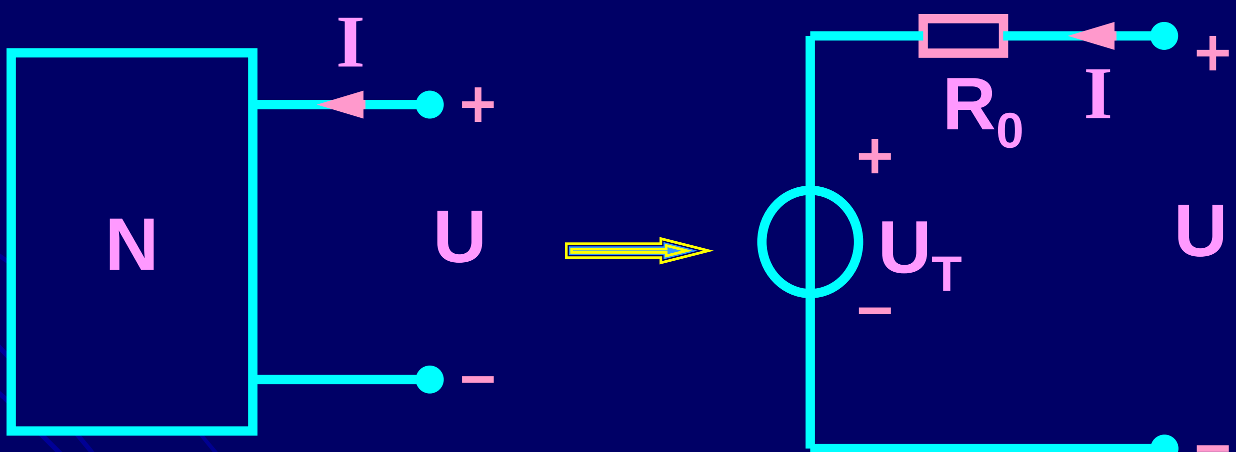


$$U = -500I + 2000I + 10$$

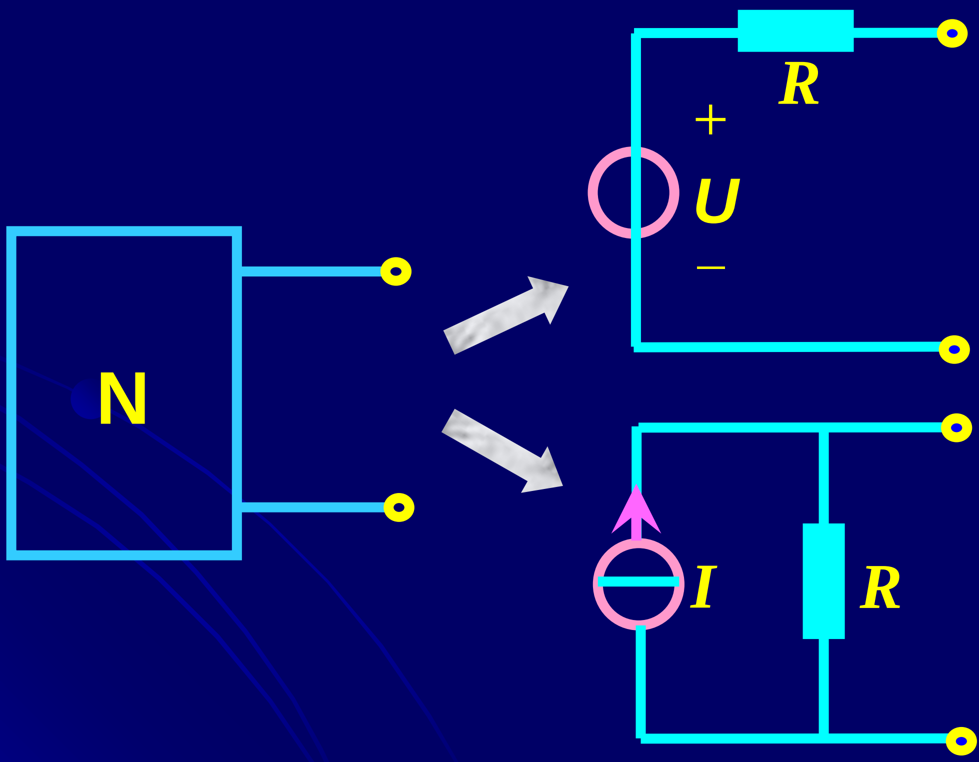
$$= 1500I + 10$$

假设受控源电流为2.5I，重新求解。

总结：含受控源、独立源、线性电阻的网络，其等效电路为一电压源串联一电阻构成，电阻可正可负。



线性含源支路的串、并、混联电路就其两端来说，总可以化简为一个电压源与电阻串联的组合或者是一个电流源与电阻并联的组合。



戴维南等效电路

诺顿等效电路

补充、等效电阻的概念及求法

一 等效电阻的含义：

网络中独立源置0后，端口上关联的电压/电流

二 等效电阻的求解方法：

1、利用定义

(1) 不含受控源网络: 电阻网络用串并联化简

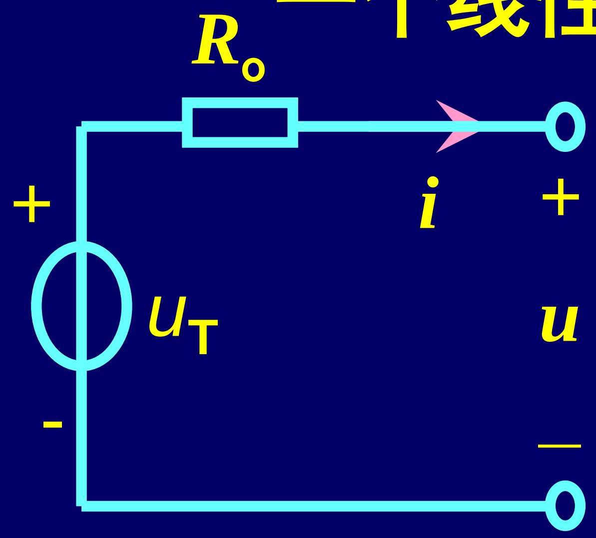
(2) 含受控源网络:

2、开路电压/短路电流

证明 **等效电阻 = 开路电压/短路电流**

证明如下：

一个线性含源网络总可等效为：



$$u=u_T-R_0 i$$

式中R_0为等效电阻

右端开路时 $i=0$ $u_{oc}=u_T$

右端短路时 $u=0$ $u_T=R_0 i_{sc}$

$$\Longrightarrow R_0=u_T/i_{SC}=u_{oC}/i_{SC}$$

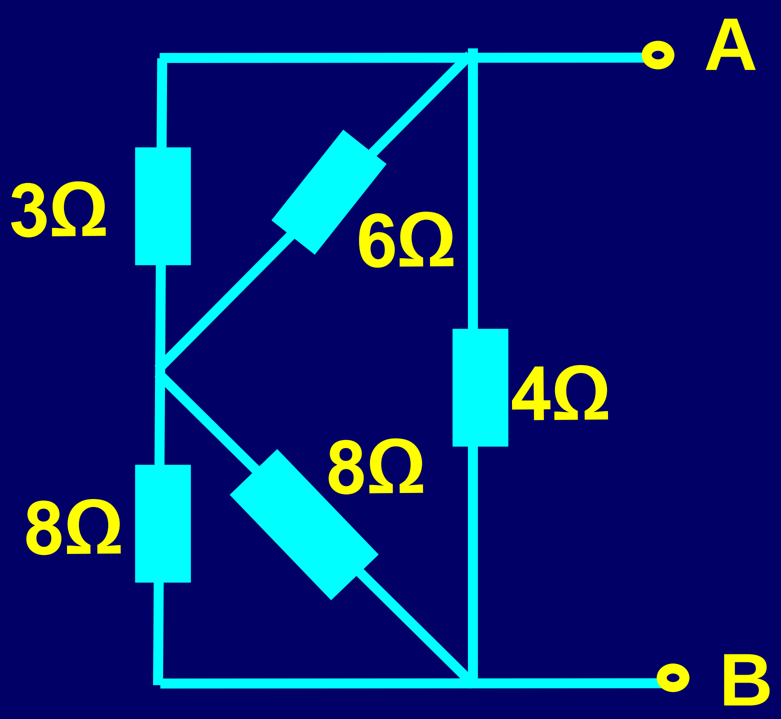
如已知开路电压和短路电流，可求等效电阻。

例1：求AB端等效电阻

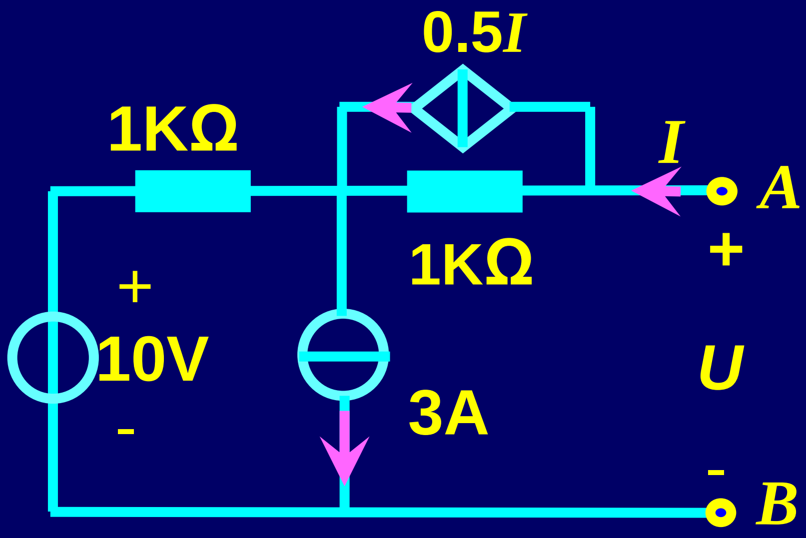
解：$R_0=[3//6+8//8]//4$

$=(2+4)//4$

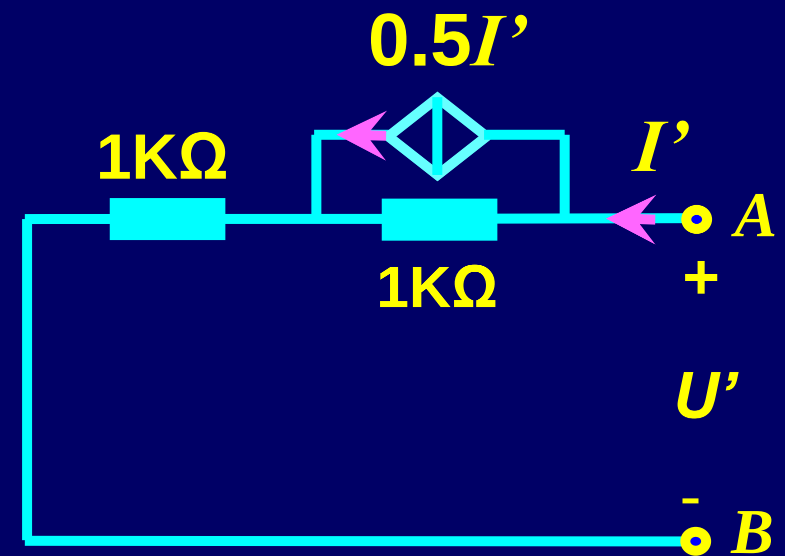
$=2.4\Omega$

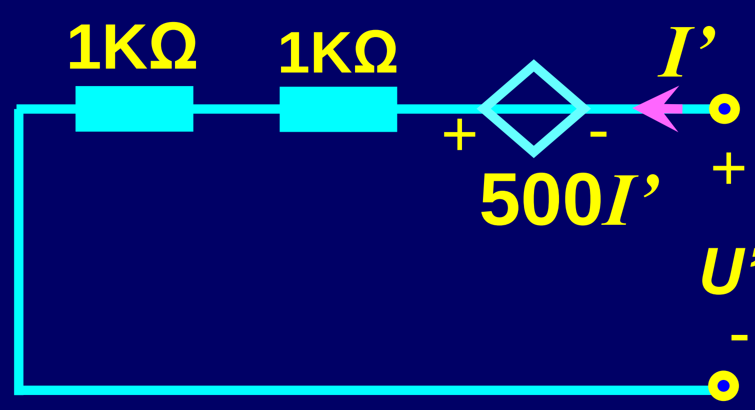


例2：用定义求AB端等效电阻



解：



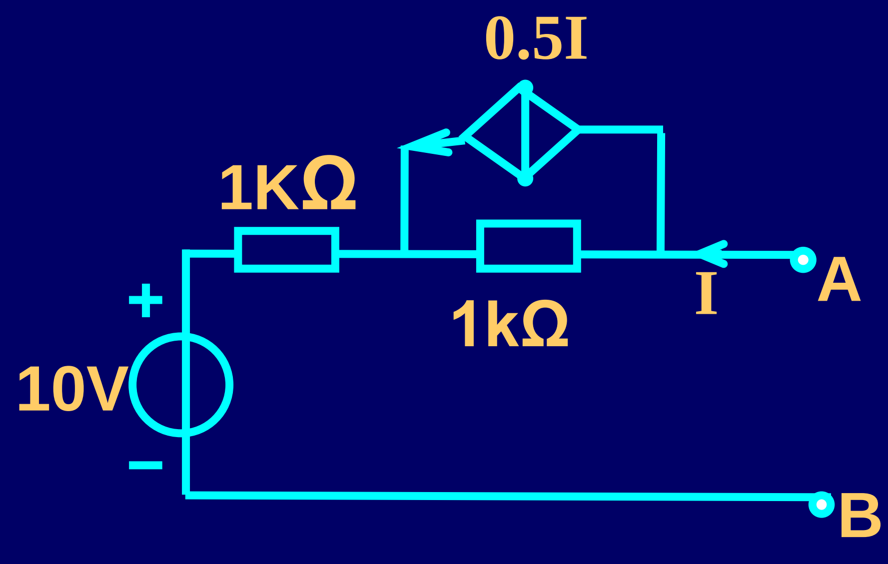


$U' = -500I' + 2000I'$

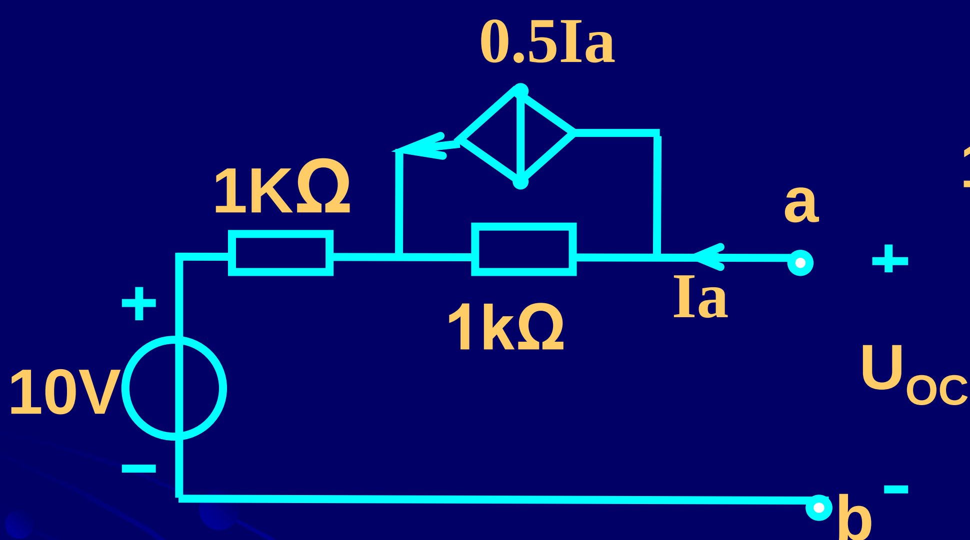
$= 1500I'$

$R_0 = 1500\Omega$

例3：用开路电压/短路电流法求上题AB端等效电阻



解：（1）求U_{OC}



求开路电压的等效电路

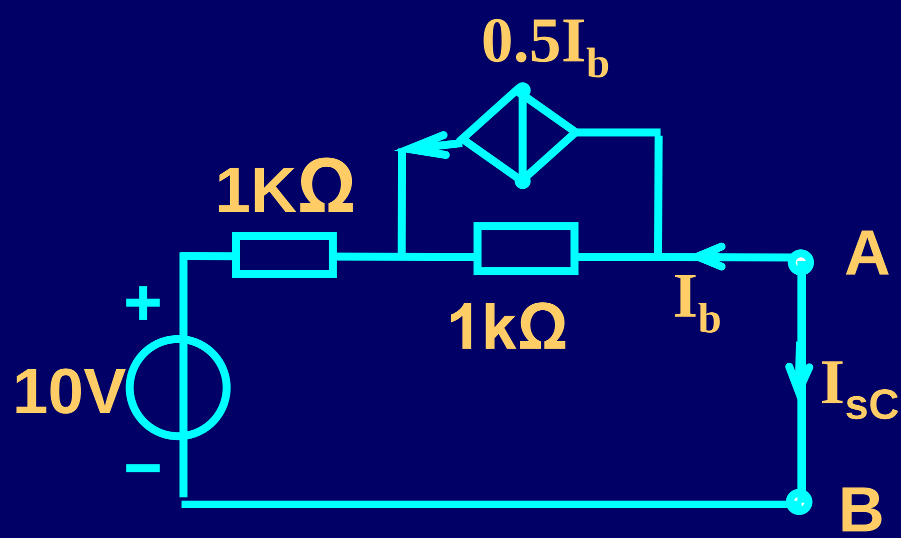
$Ia = 0$

$U_{OC} = 10V$

(2) 求I_{SC}

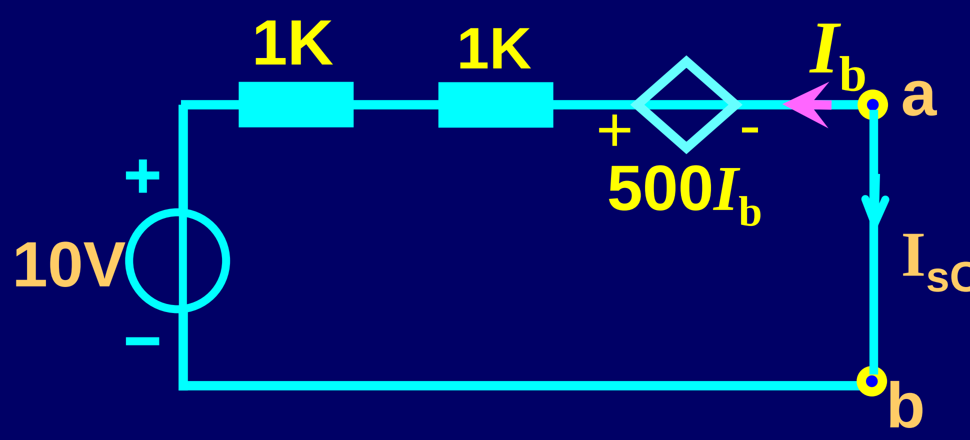
$$10-500I_b+2000I_b=0$$

$$I_b=-\frac{1}{150}\text{A}$$



求短路电流的等效电路

$$I_{SC}=-I_b=\frac{1}{150}\text{A}$$



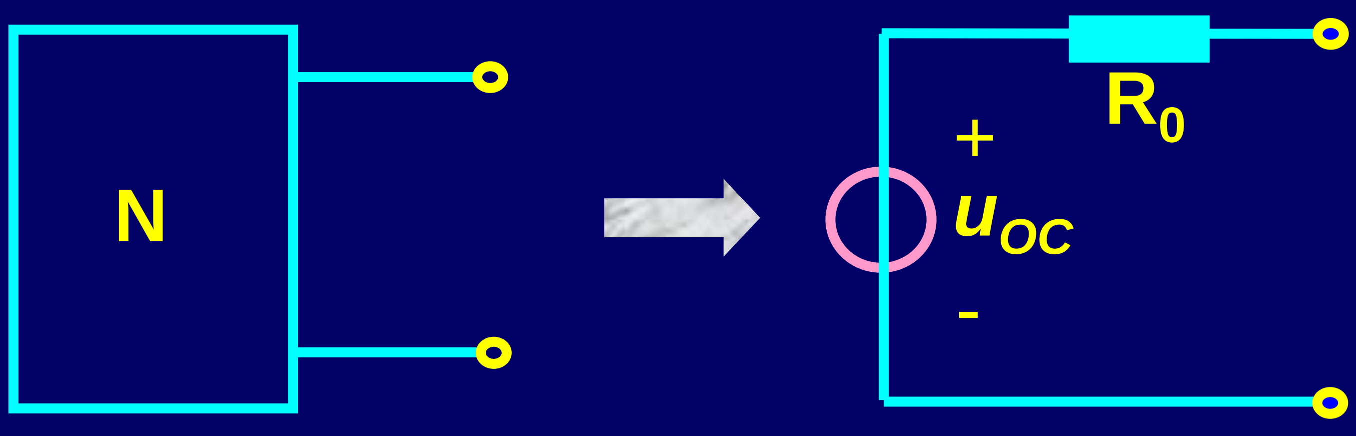
$$R_0=10\times150=1500\Omega$$

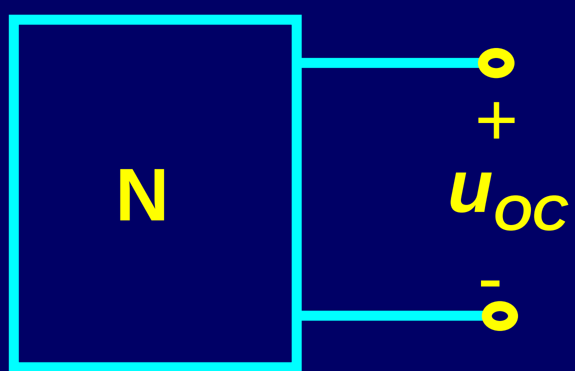
§ 4-6 戴维南定理

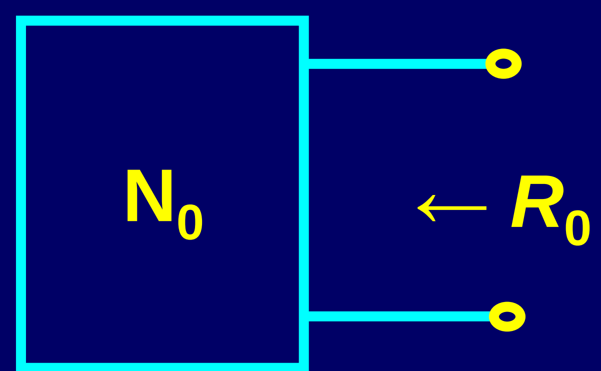
一. 戴维南定理:

由线性电阻，线性受控源和独立源组成的线性单口网络N，就其端口来看，可等效为一个电压源串联电阻。电压源的电压等于该网络N的开路电压，其串联电阻为该网络中所有独立源为零值时的入端等效电阻。

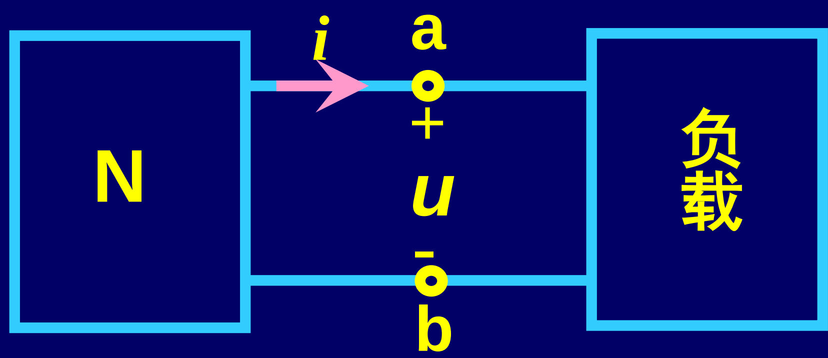
一. 戴维南定理:

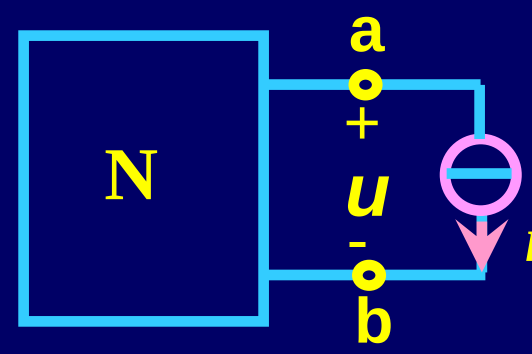




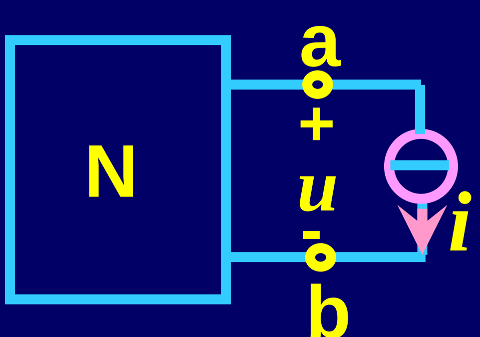


二. 戴维南定理证明：

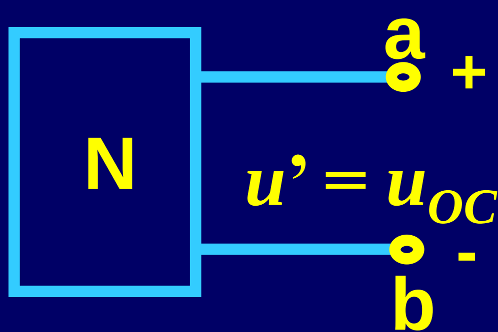




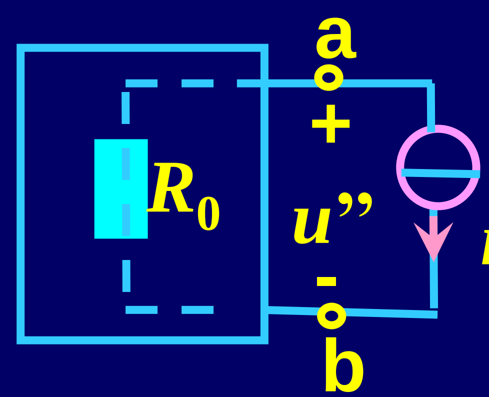
线性含源　　线性或非线性　　负载用电流源置换



=



+

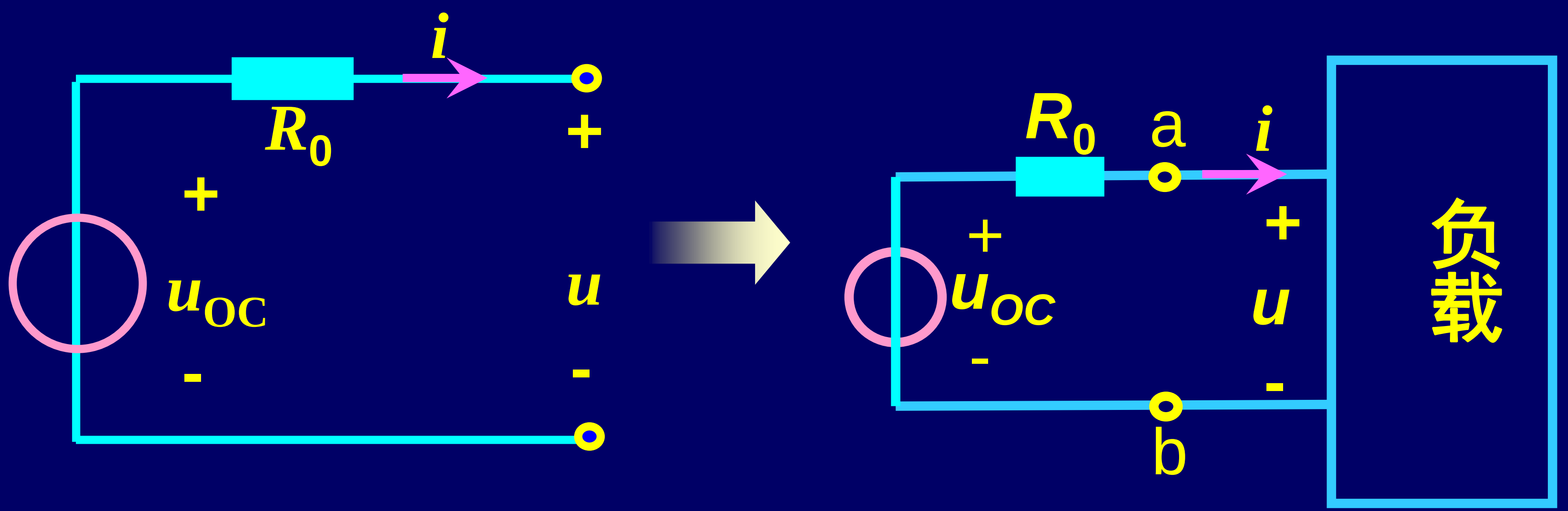


线性电路可用叠加求u

N中独立源作用

i 作用：$u'' = -R_0 i$

$$u=u'+u''=u_{oc}-R_0 i$$



$$u = u_{OC} - R_0 i$$

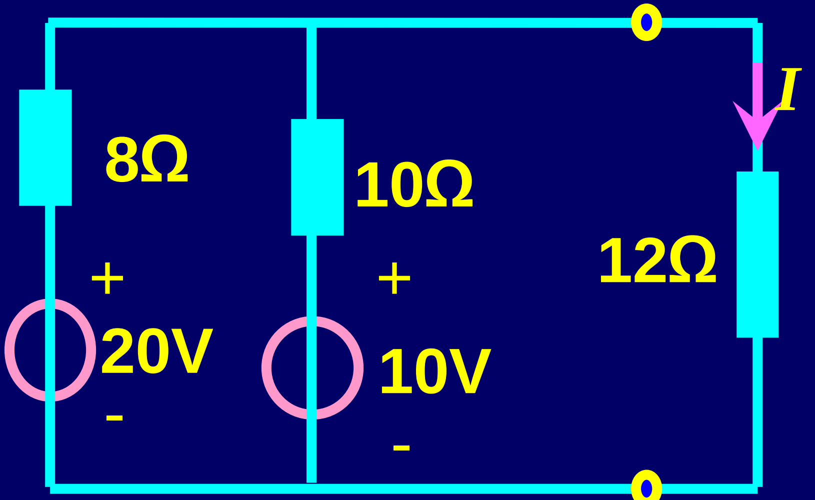
三．应用戴维南定理分析电路：

两类题型：

1．求某一负载支路的响应
2．求网络的戴维南等效电路

例4-13 用戴维南定理求图示电路中的I

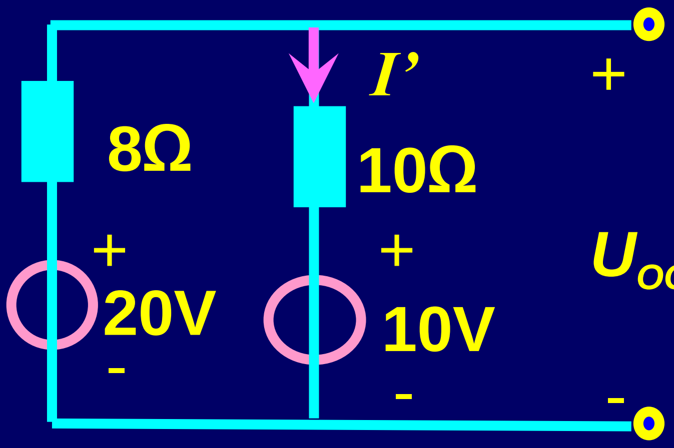
解：（1）求U_{OC}



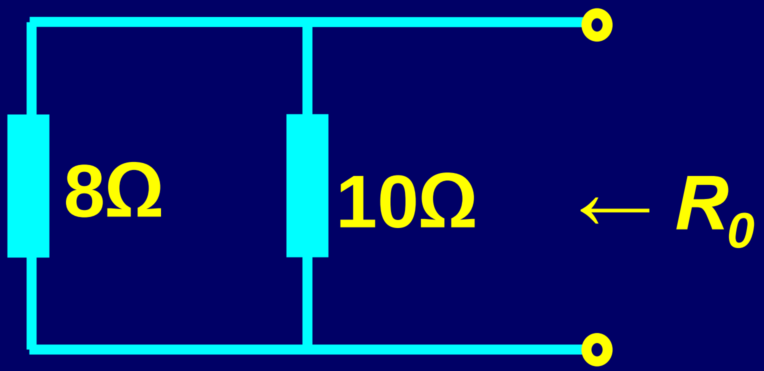
$I' = (20-10)/(8+10)$

$= 0.556\text{A}$

$U_{OC} = 10\times0.556+10=15.56\text{V}$

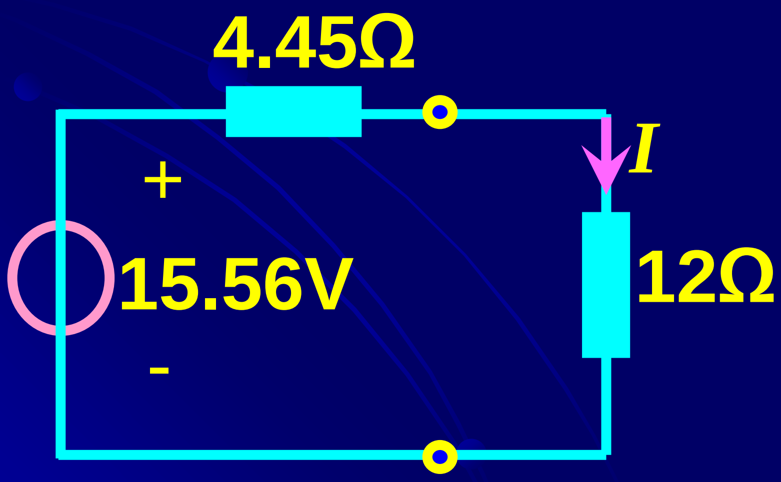


(2)求R_0



$$R_0 = 8\times10/(8+10)=4.45\Omega$$

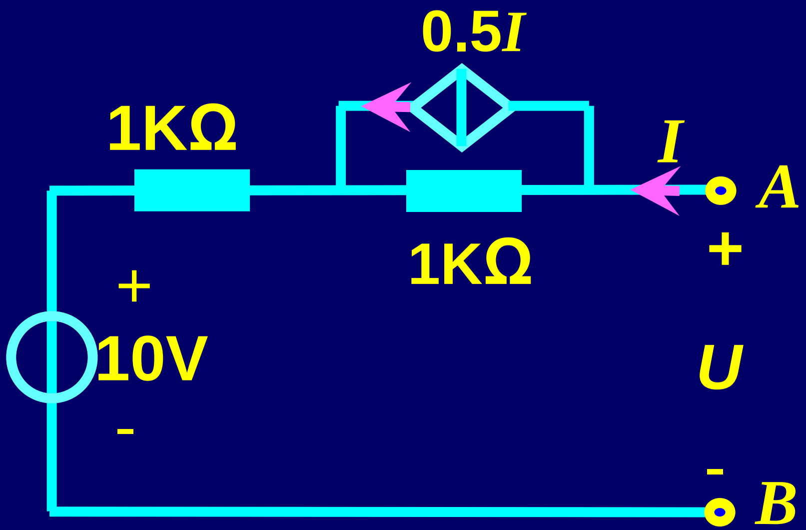
(3)求I



$$I = 15.56/(4.45+12)$$

$$= 0.946\text{A}$$

例4-16 求戴维南等效电路。

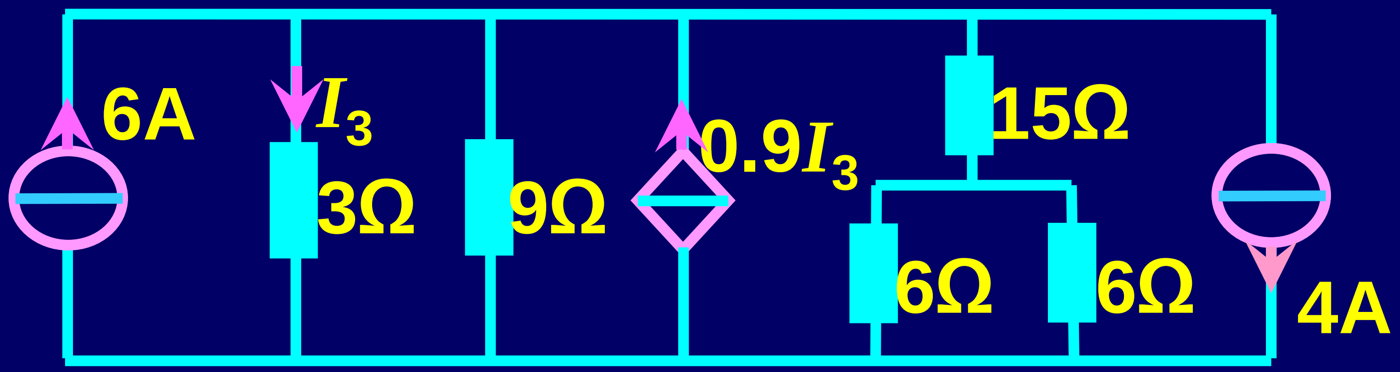


$U_{OC}=10V$

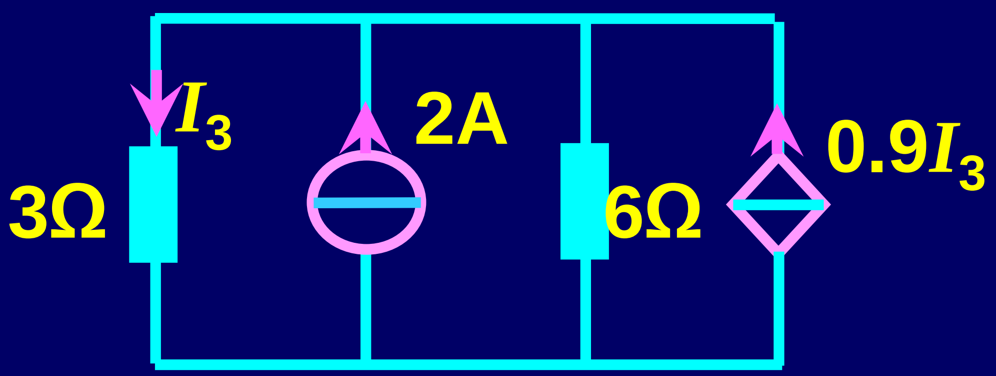
$R_0=1.5K\Omega$

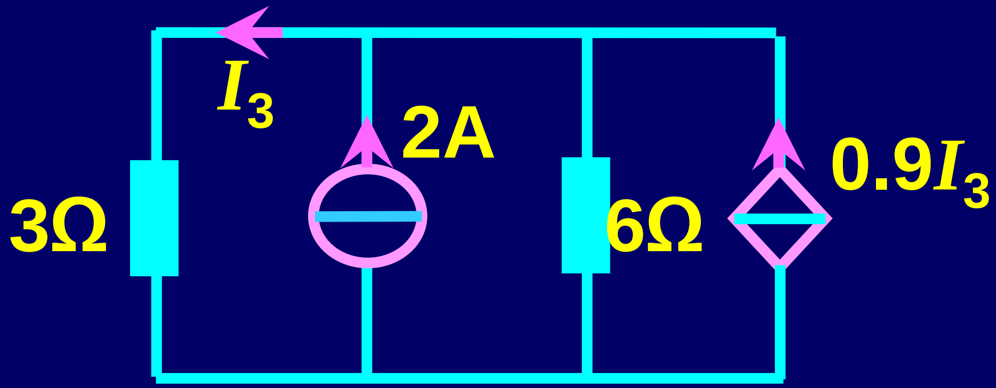
戴维南等效电路为:

补充例1　　求图示电路中的电流I_3

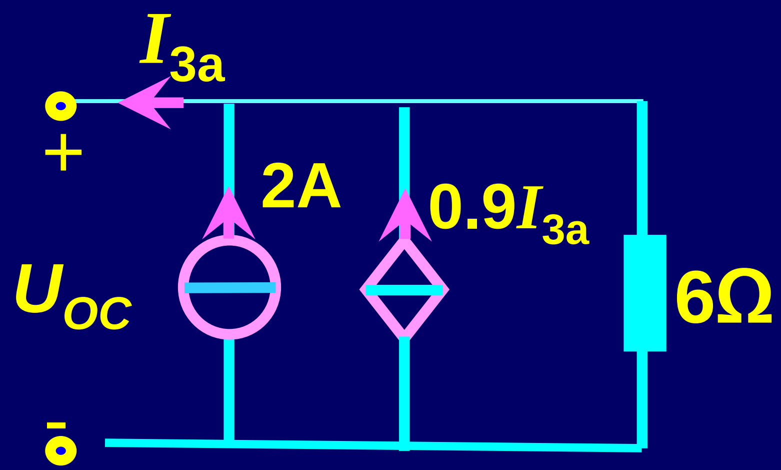


解： 将3Ω电阻、受控源$0.9I_3$外的部分化简





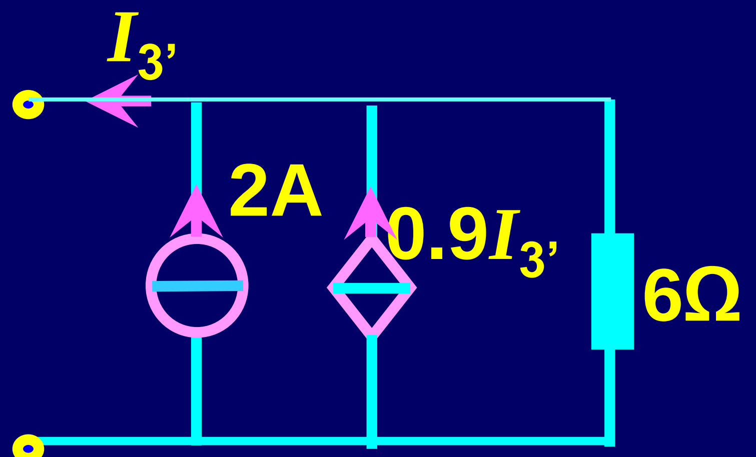
（1）将3Ω电阻断开, 求开路电压U_{OC}



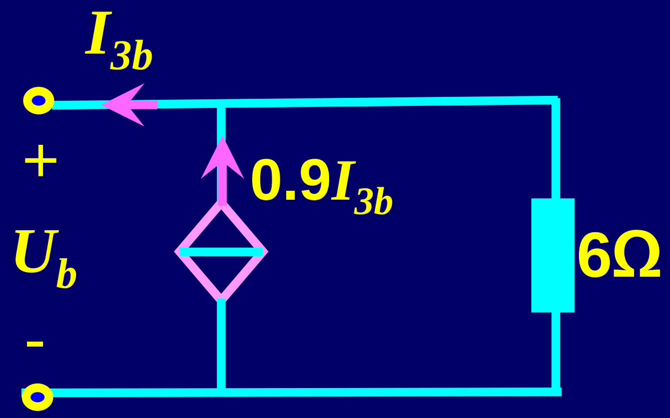
开路， $I_{3a}=0$， 受控源电流为零

$$U_{OC}=6\times 2=12V$$

（2）求R_0:



定义法：将独立源置零，利用端钮上的电压和电流关系。

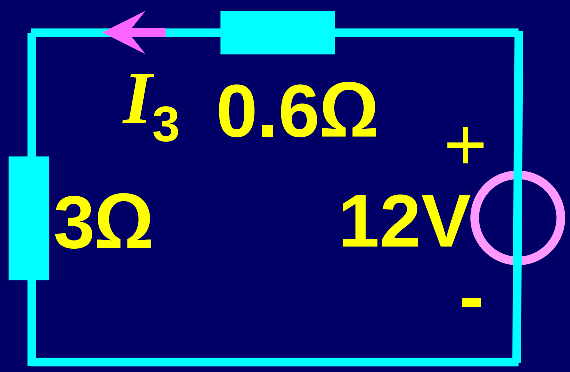


$$I_{3b} + U_b/6 = 0.9I_{3b}$$

$$U_b = -0.6I_{3b}$$

$$R_0 = -\frac{U_b}{I_{3b}} = 0.6\ \Omega$$

（2）戴维南等效电路：

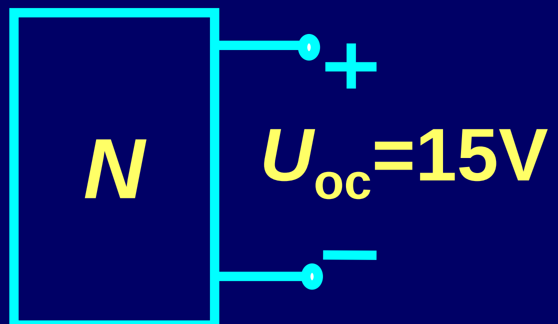


戴维南等效电路

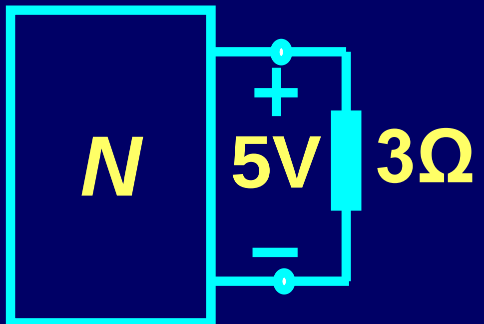
$$I_3 = 12/(3+0.6)$$

$$= 3.33\text{A}$$

补充例2. 如图所示单口网络*N*的开路电压为15V，如(a)所示，如在端口接3Ω的电阻，电阻上电压为5V，如(b)所示，求单口网络*N*的戴维南等效电路。



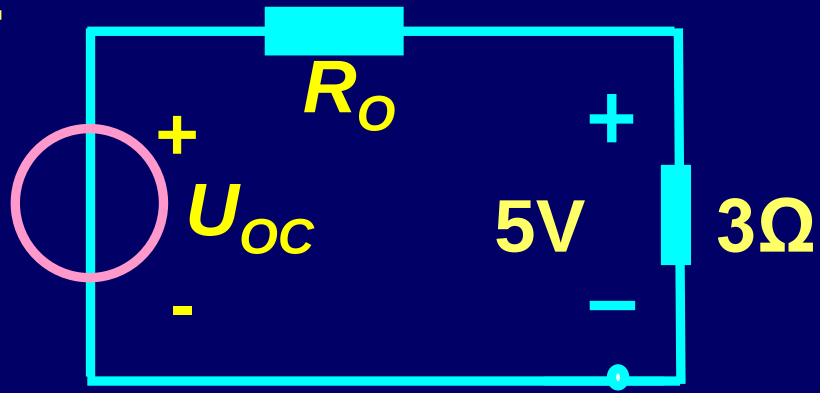
(a)



(b)

解：单口网络N的开路电压

$U_{OC}=15V$

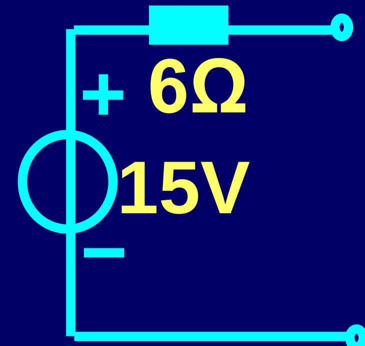


设单口网络*N*的等效电阻为R_0

$$\frac{3}{R_0+3}U_{OC}=5$$

$$\frac{3}{R_0+3}\times 15=5$$

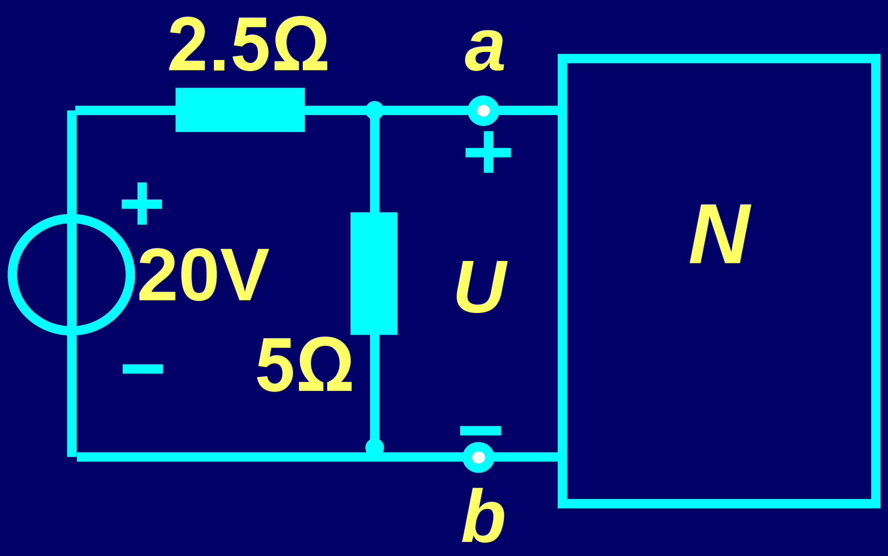
$R_0=6\Omega$



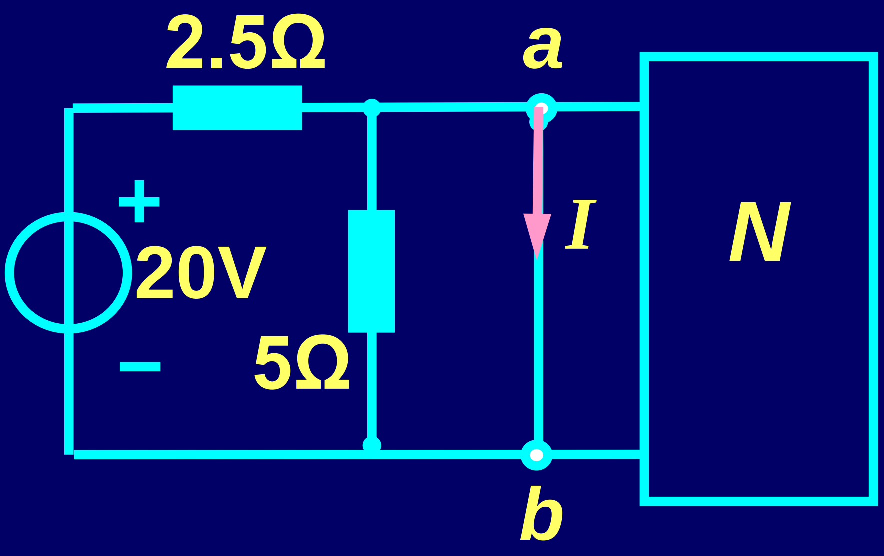
(c) 戴维南等效电路

单口网络*N*的戴维南等效电路为：

补充例3：图(a)所示电路，测得网络*N*的端口电压*U*=12.5V，若将网络*N*短路，如图(b)所示，测得*I*=10A，求从*ab*端看进去*N*的戴维南等效电路。

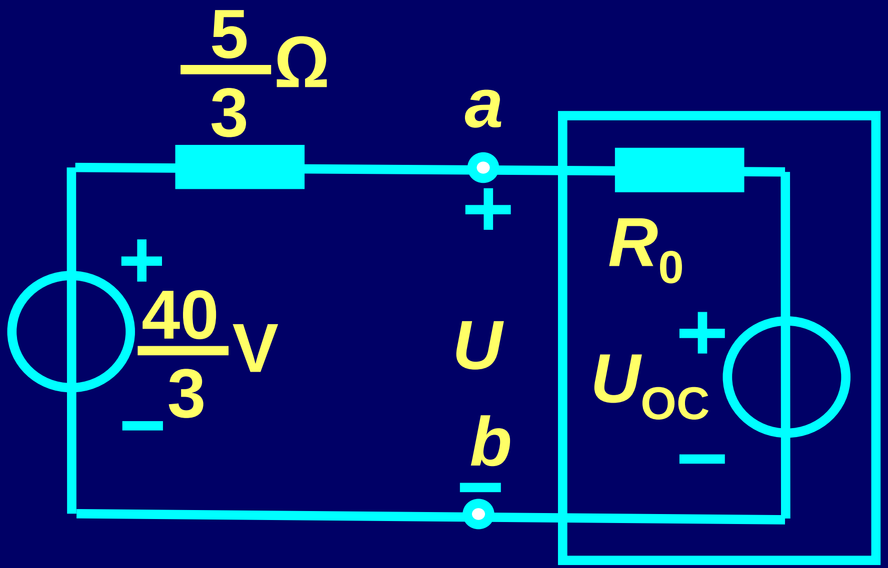


(a)

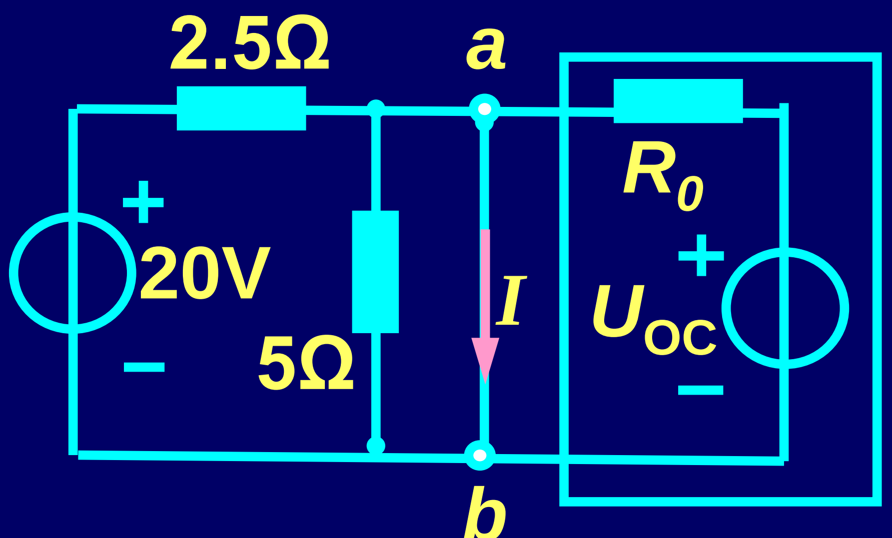


(b)

解：设从*ab*看进去*N*的开路电为压U_{OC},等效电阻为R_0.则网络(a)、(b)的等效电路如图(c)、(d)。



(c) 等效电路



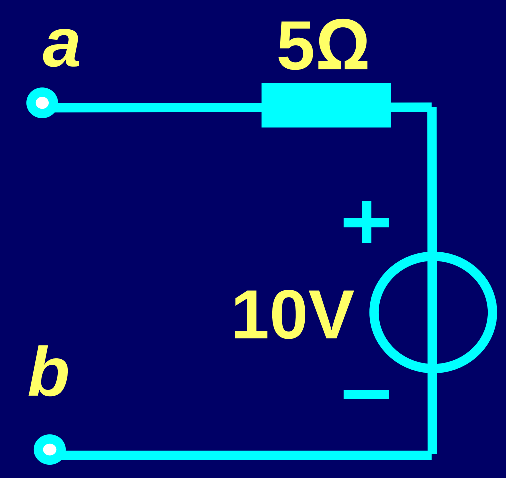
(d) 等效电路

$$\begin{cases} U=\dfrac{R_0}{R_0+\frac{5}{3}}\times\dfrac{40}{3}+\dfrac{\frac{5}{3}}{R_0+\frac{5}{3}}U_{OC}=12.5 & \cdots\cdots\cdots\cdots \text{图(c)} \\ I=\dfrac{20}{2.5}+\dfrac{U_{OC}}{R_0}=10 & \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{图(d)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} U=\dfrac{R_0}{R_0+\frac{5}{3}}\times\dfrac{40}{3}+\dfrac{\frac{5}{3}}{R_0+\frac{5}{3}}\times U_{OC}=12.5 \\ I=\dfrac{20}{2.5}+\dfrac{U_{OC}}{R_0}=10 \end{cases}$$

整理化简得

$$\begin{cases} R_0+2U_{OC}=25 \\ -5R_0+2.5U_{OC}=0 \end{cases}$$

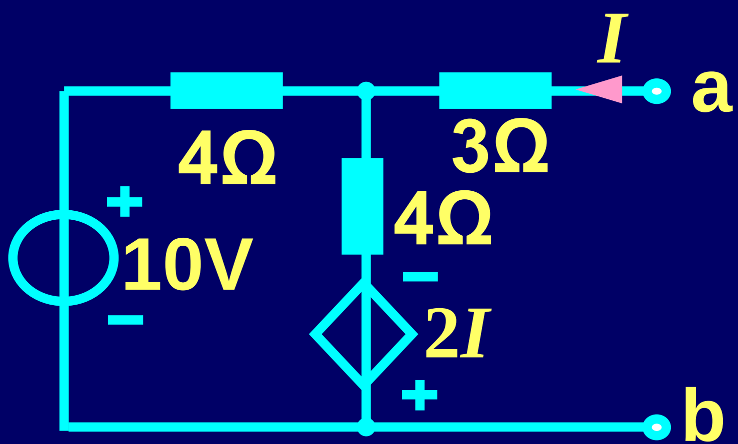


*N*的戴维南等效电路

解得 $R_0=5\Omega$ $U_{OC}=10V$

从*ab*端看进去*N*的戴维南等效电路

补充例4. 求单口网络*ab*端的戴维南等效电路。



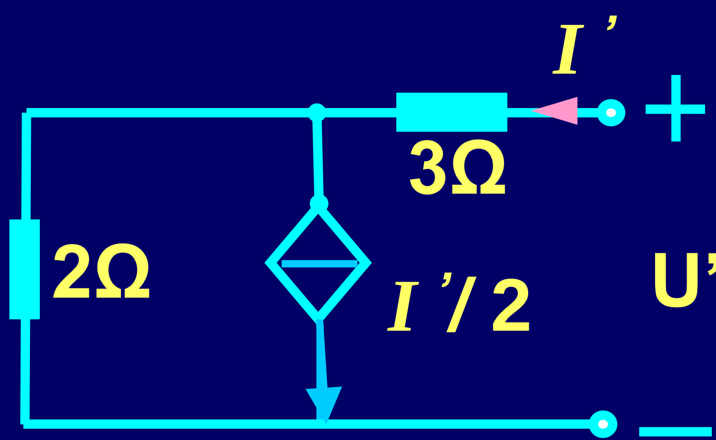
解：（1）求开路电压U_{oc}

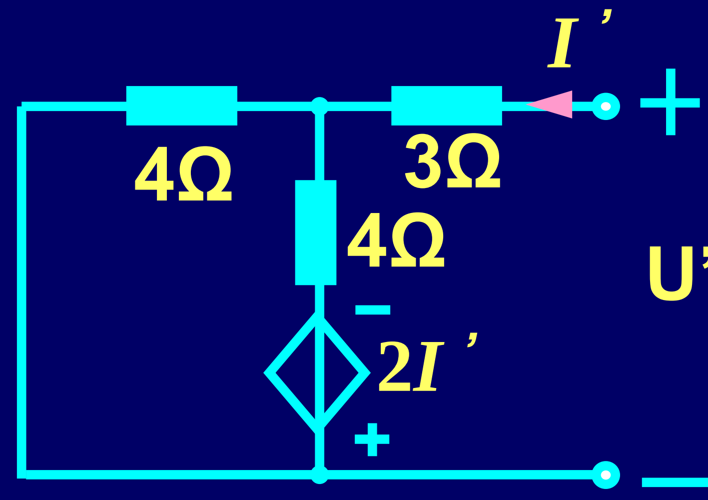
开路时I=0，受控源电压为零.

$$U_{oc}=\frac{4}{4+4}\times10=5\ V$$

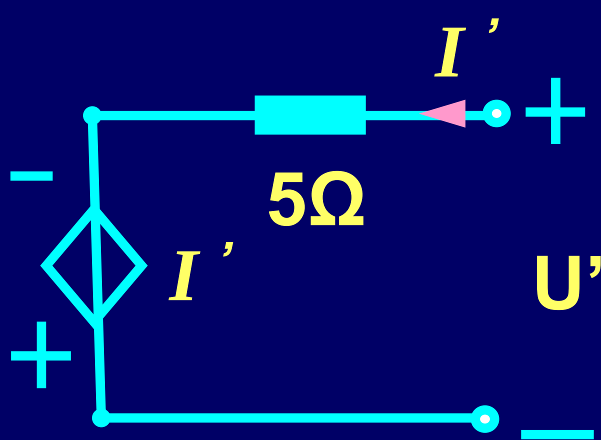
（2）求等效电阻R_0，独立源为零值，用定义求解。

化简电路：





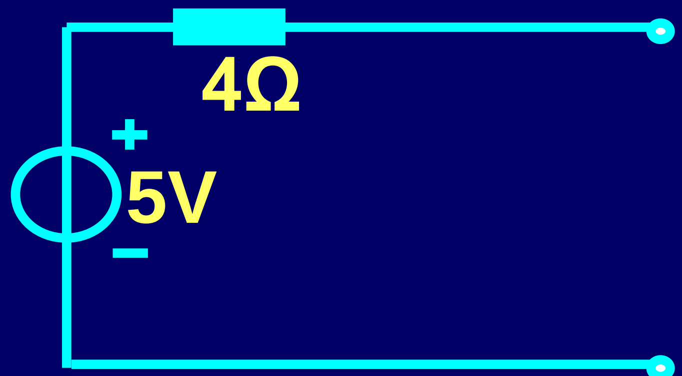
求等效电阻R_0的等效电路



$U= 5I' - I' = 4I'$

$R_0=4\Omega$

（3）戴维南等效电路

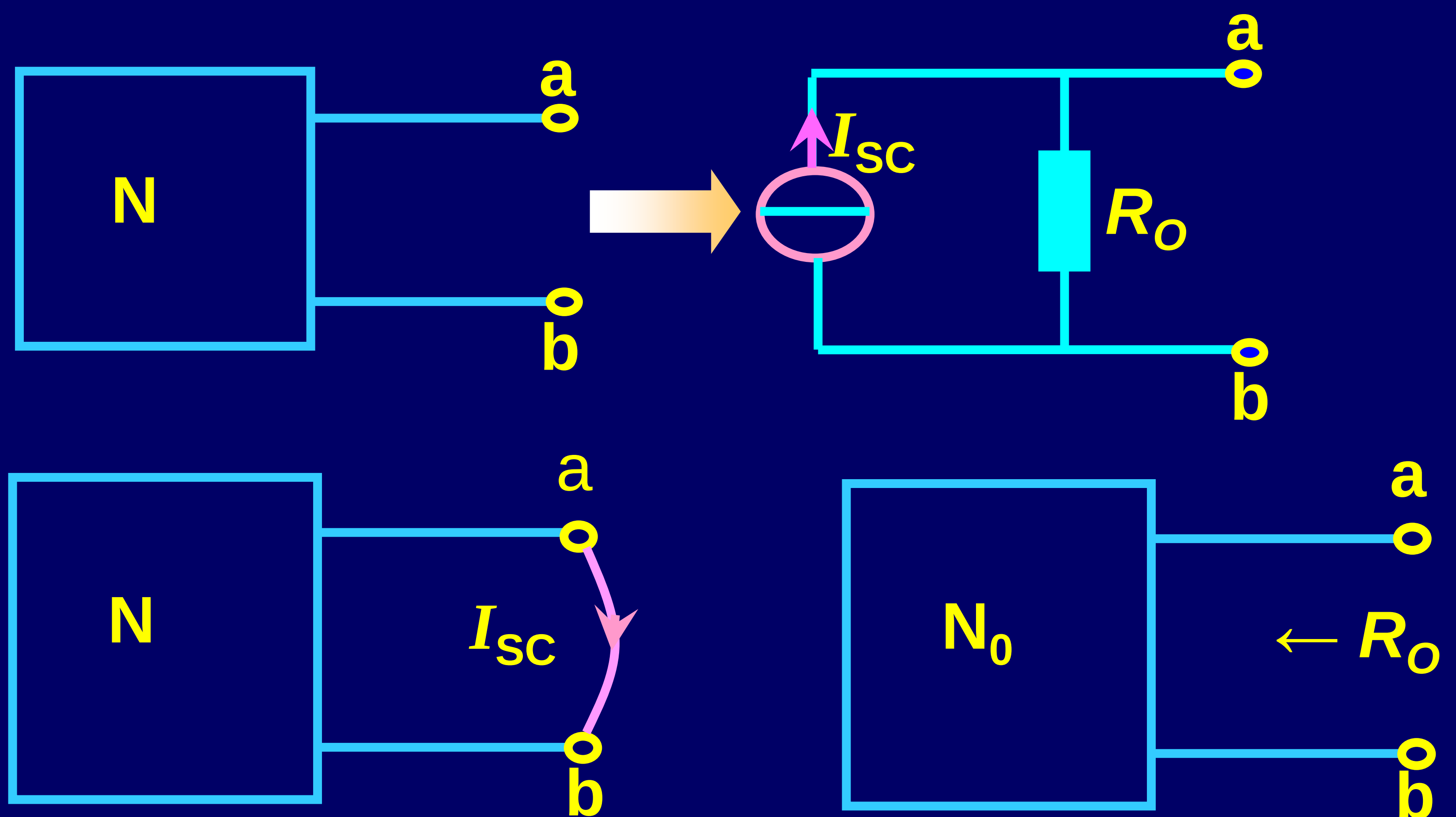


戴维南等效电路

§4-7　诺顿定理

一. 诺顿定理：

由线性电阻、线性受控源和独立源组成的线性单口网络N，就其端口来看，可以等效为一个电流源并联电阻组合。电流源电流等于网络N的短路电流i_{sc}；并联电阻等于网络中所有独立源为零值时的入端等效电阻R_0。

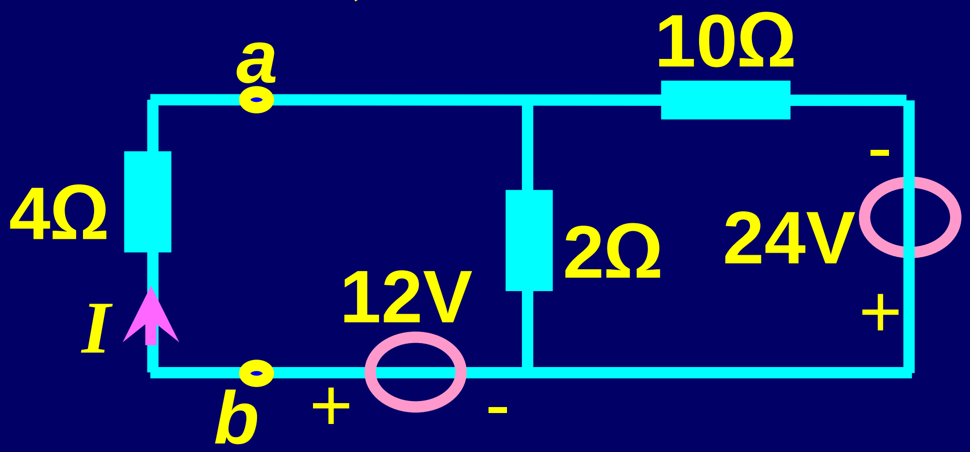


二. 诺顿定理证明：（自己看）

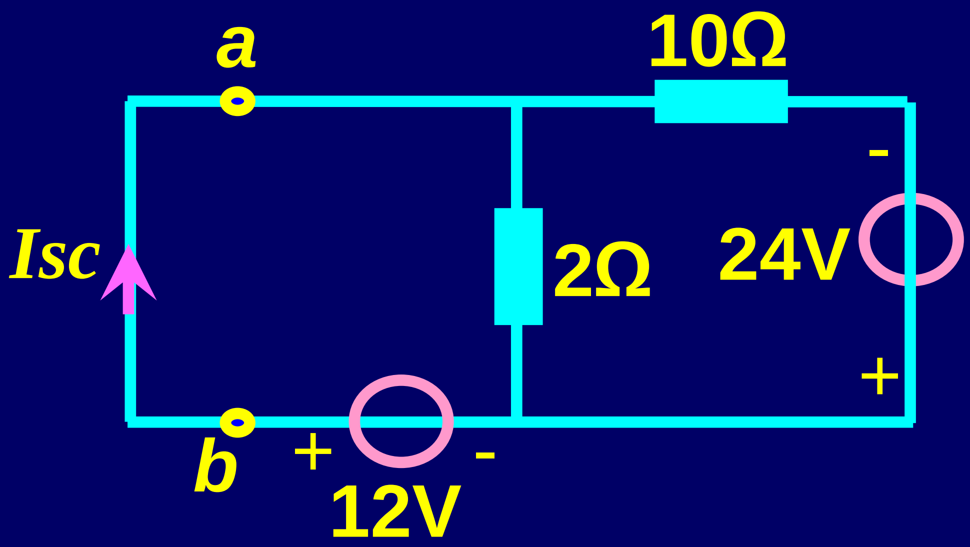
三. 诺顿定理的应用：

例4-17. 用诺顿定理求图示电路中电流I。

解:

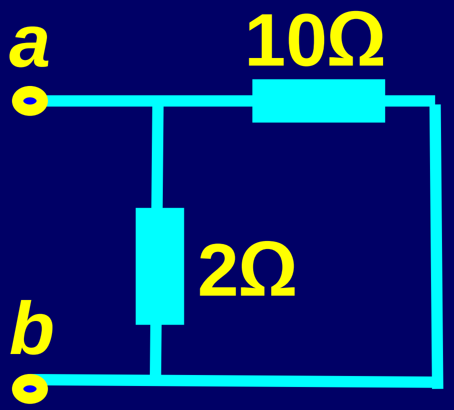


(1) 求短路电流I_{SC}



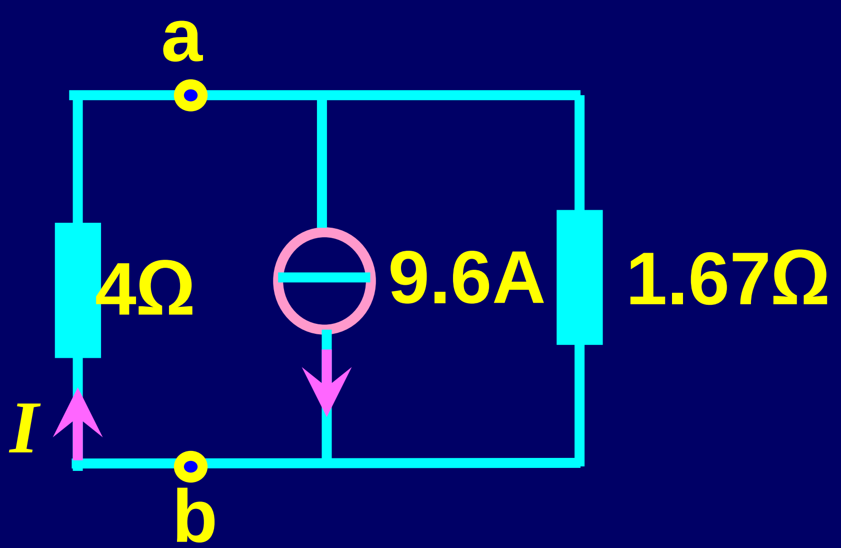
叠加法：I_{sc} = 12/(2//10）+24/10=9.6A

(2) 求R_0



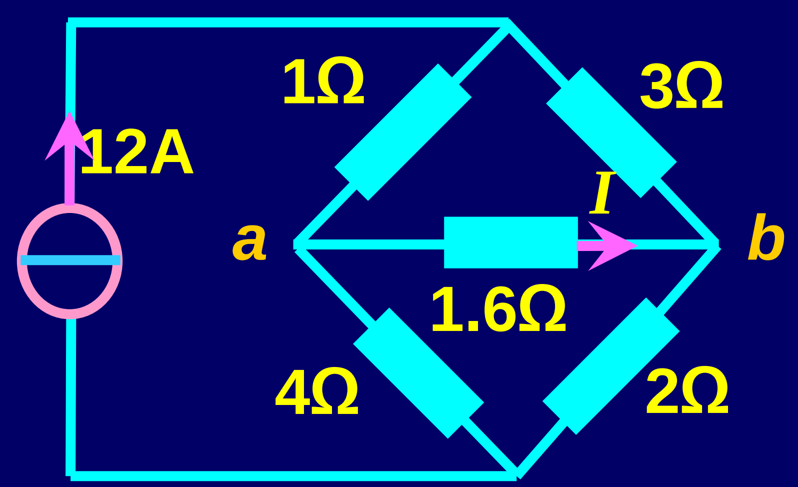
$R_0 = 2\times10/(2+10) = 1.67\ \Omega$

(3) 求电流I



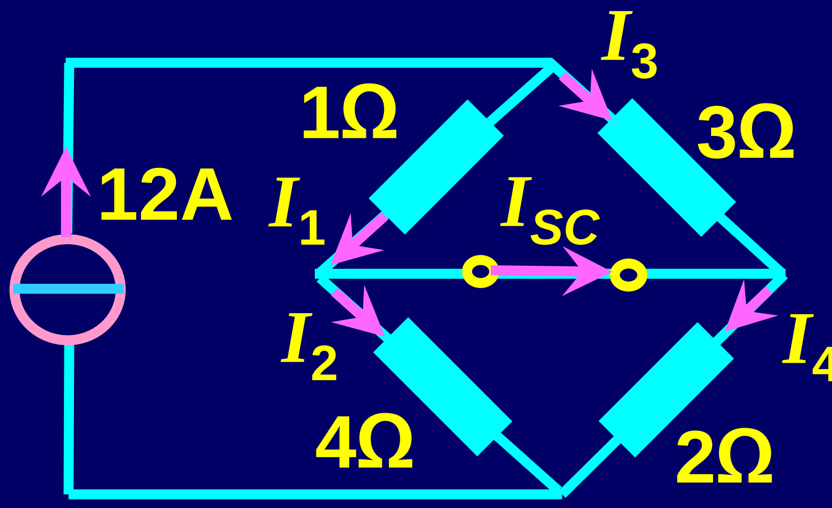
$I = 9.6 \times 1.67 /(4+1.67) = 2.83\ \text{A}$

补充例1. 用诺顿定理求图示电路中电流I



解:

(1) 求短路电流I_{SC}

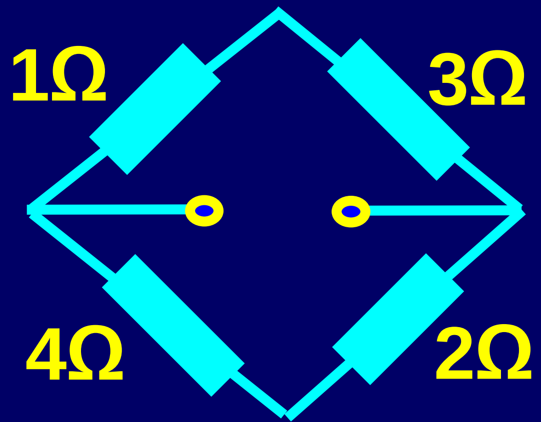


$$I_1 = 3/(1+3)\times 12 = 9\text{A}$$

$$I_2 = 2/(4+2)\times 12 = 4\ \text{A}$$

$$I_{SC} = I_1 - I_2 = 9\text{-}4 = 5\ \text{A}$$

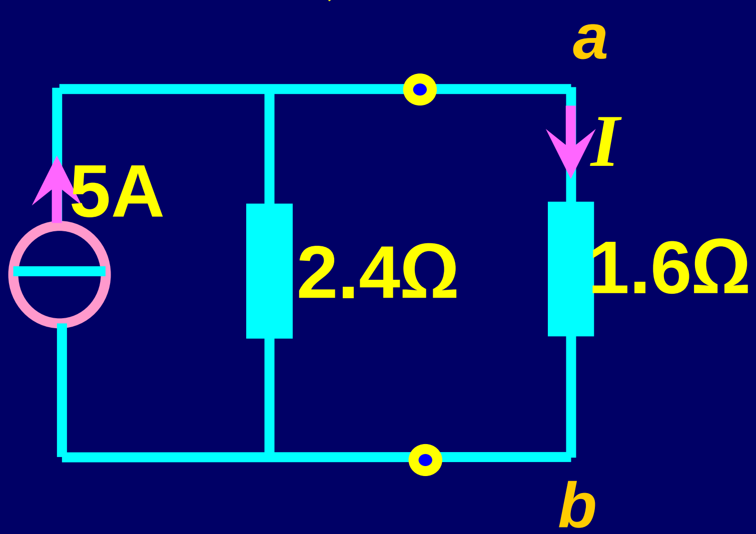
(2) 求R_O



$$R_0 = 4\times6/(4+6)$$

$$= 2.4\ \Omega$$

(3) 求电流I

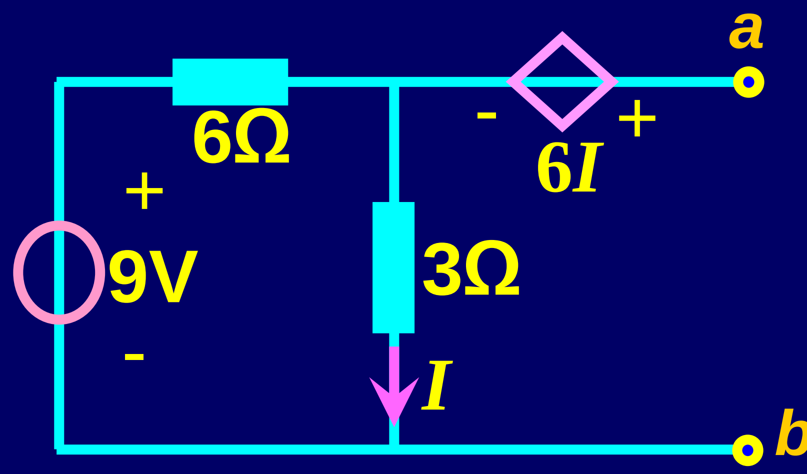


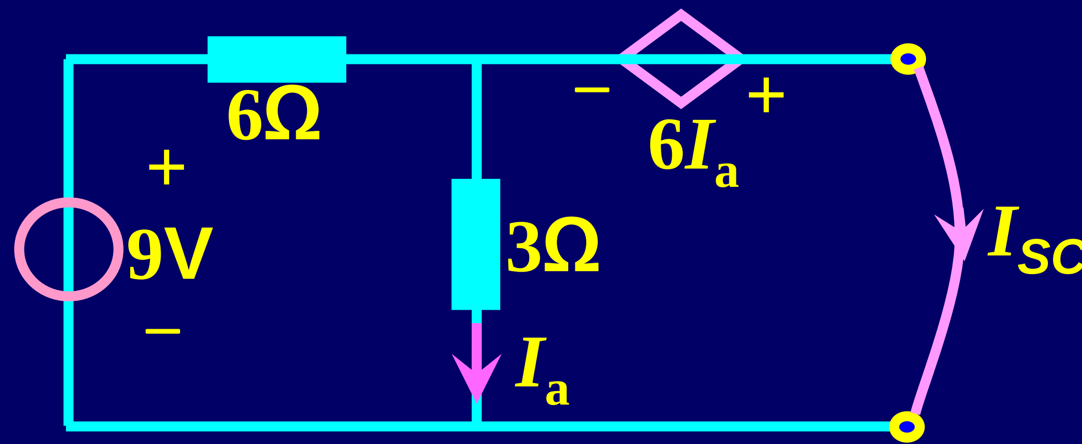
$$I=2.4/(2.4+1.6)\times5=3\ \text{A}$$

补充例2. 求图示电路的诺顿等效电路。

解:

1. 求短路电流I_{SC}





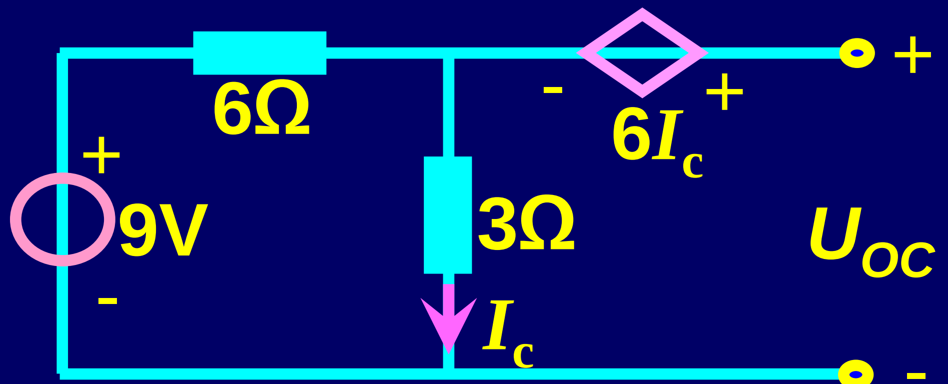
$$6I_a + 3I_a = 0$$

$$I_a = 0$$

$$I_{SC} = 9 \div 6 = 1.5\text{A}$$

2. 求R_0

开路电压比短路电流



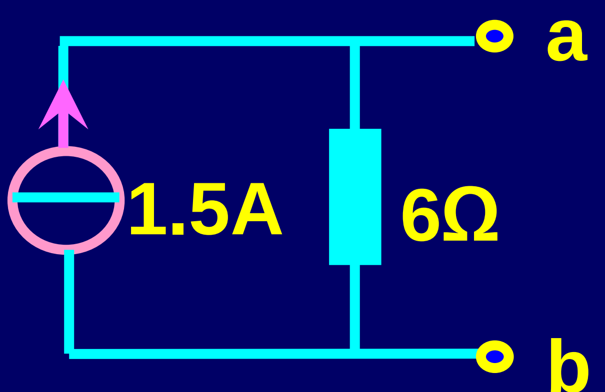
$$U_{OC} = 6I_c+3I_c = 9I_c$$

$$I_c = 9/(3+6) = 1\ \text{A}$$

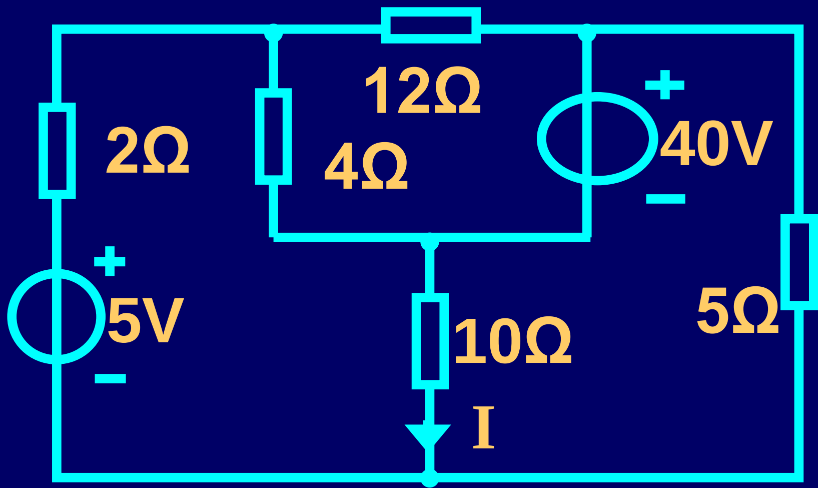
$$U_{OC} = 9\times1=9\text{V}$$

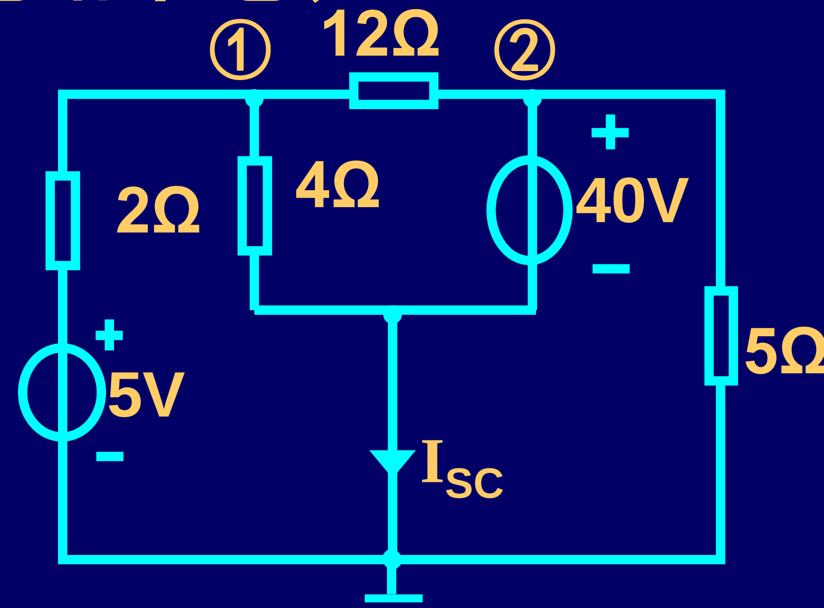
$$R_0 = U_{OC}/I_{SC} = 9/1.5 = 6\ \Omega$$

诺顿等效电路为：



补充例3．试用诺顿定理求电路中电流I。



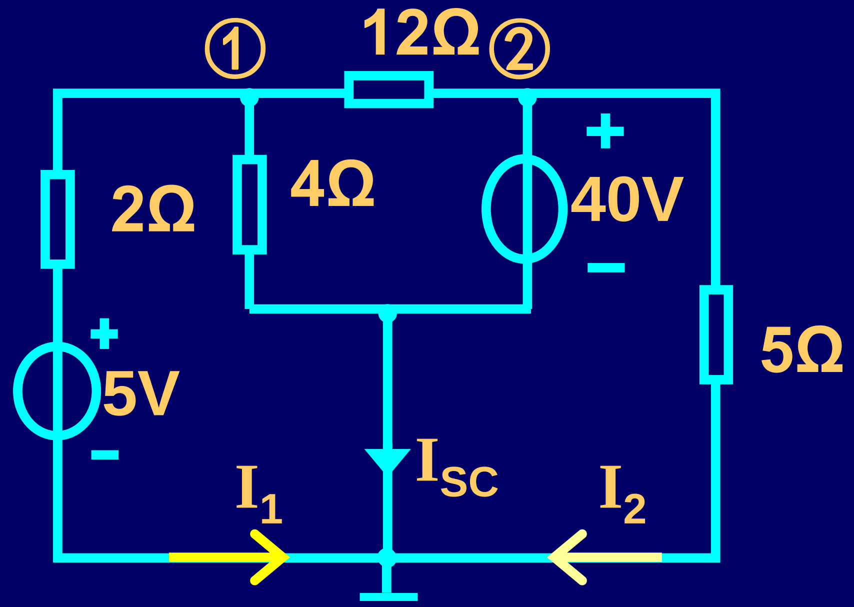


求短路电流等效电路

解：求10Ω两端的诺顿等效电路。

(1)求短路电流，用节点法。

$$\begin{cases}(1/2+1/4+1/12)U_1-U_2/12-5/2=0\\ U_2=40V\end{cases} \Rightarrow U_1=7V$$



求短路电流的等效电路

$$I_1=(U_1-5)/2=(7-5)/2=1A$$

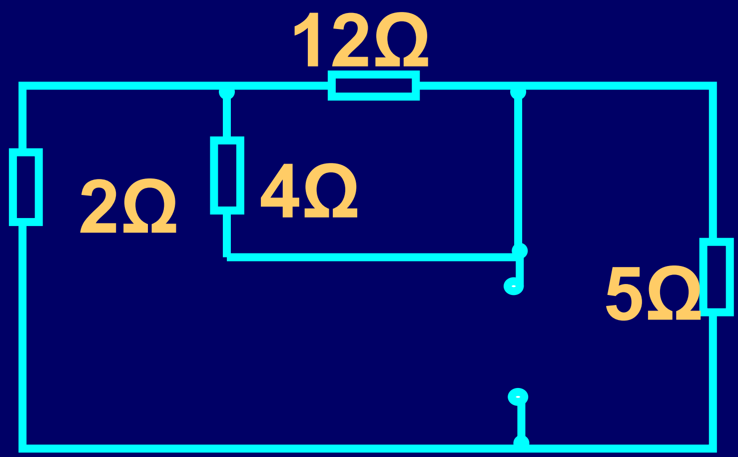
$$I_2=40/5=8A$$

$$I_{SC}=-I_1-I_2=-1-8=-9A$$

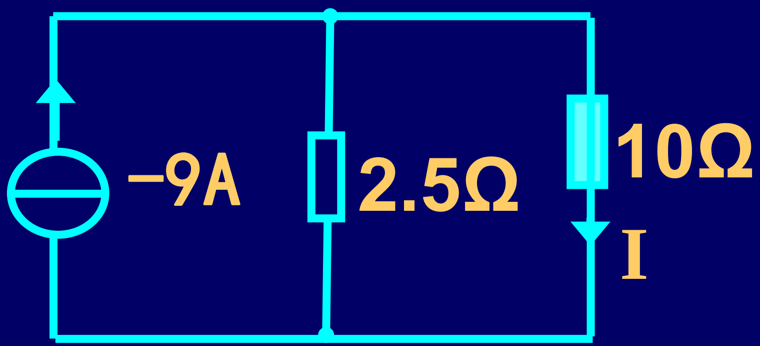
(2) 求等效电阻R_0

R_0=[2+(12//4]//5=2.5Ω

(3) 求电流I。



求等效电阻的等效电路



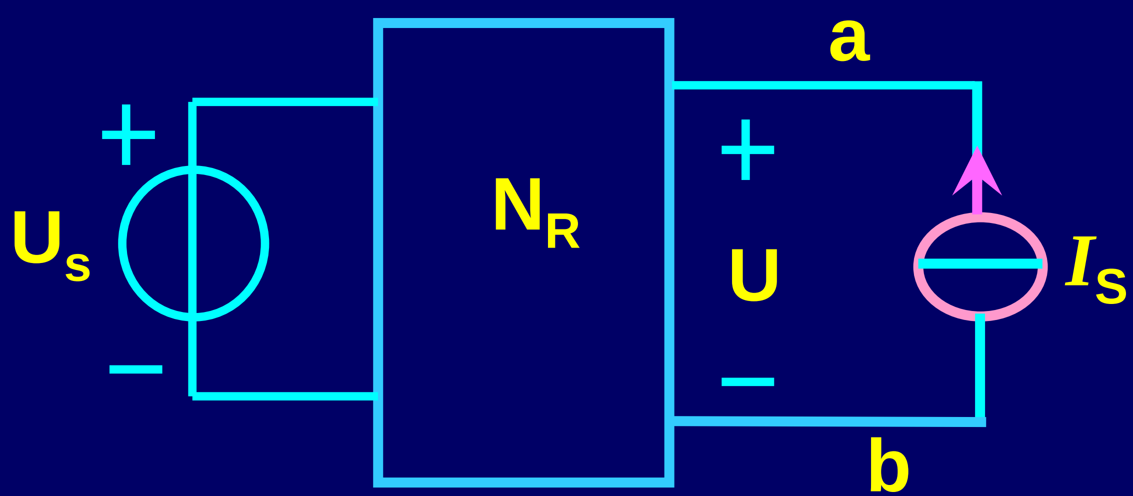
求I 的等效电路

I=2.5/(2.5+10)×(-9)= -1.8A

作业4-51 当：Us=4V，Is=0时，U=3V

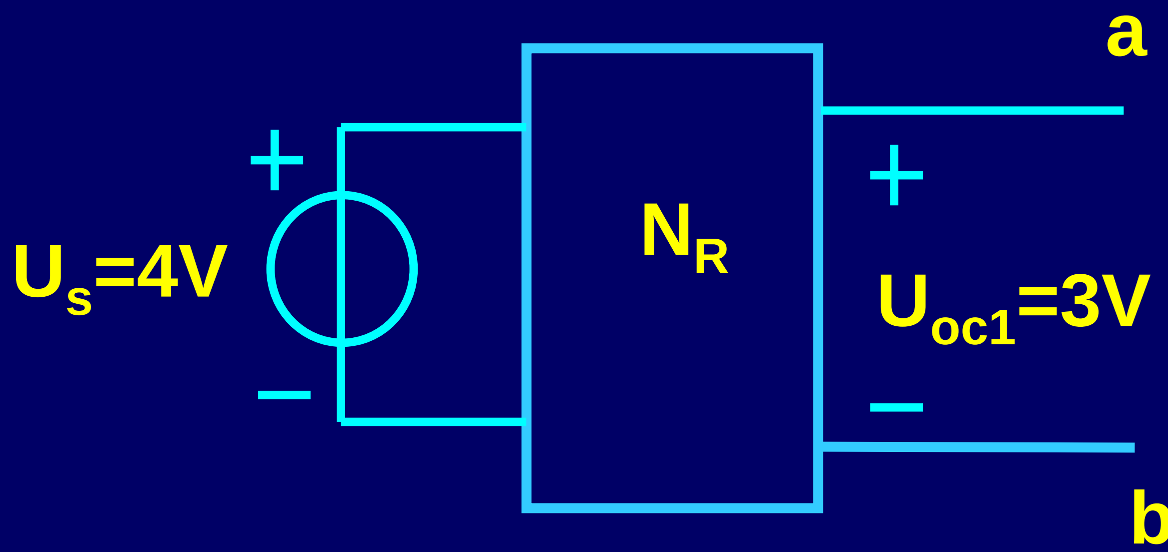
Us=0，Is=2A时，U=2V

求：Us=1V，电流源用2Ω代替时，U=?

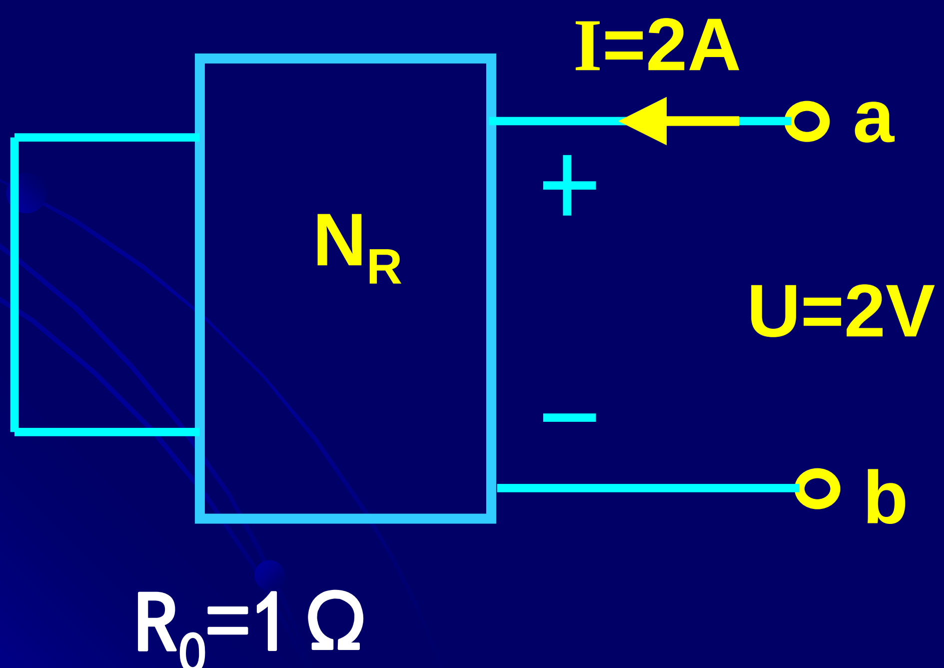


解法1：求ab以左的戴维南等效电路。

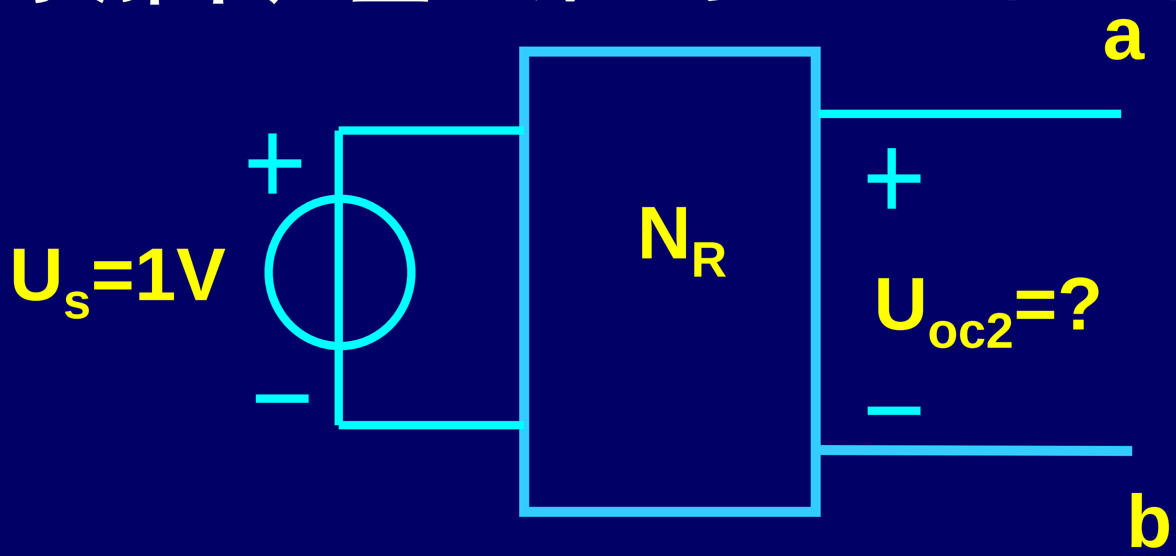
已知条件1：



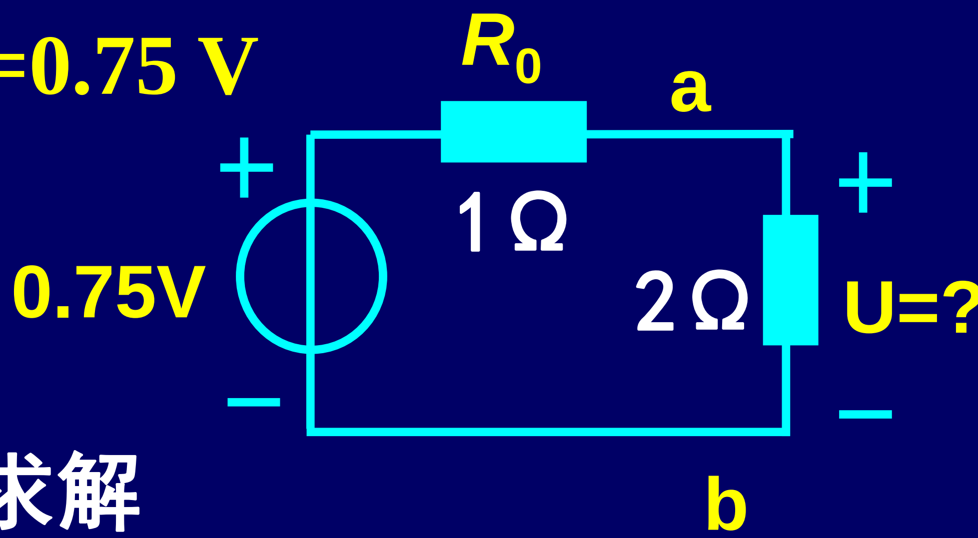
已知条件2：



求解未知量：第一步：求开路电压



$$U_{oc2}=U_{OC1}/4=3/4=0.75\ V$$



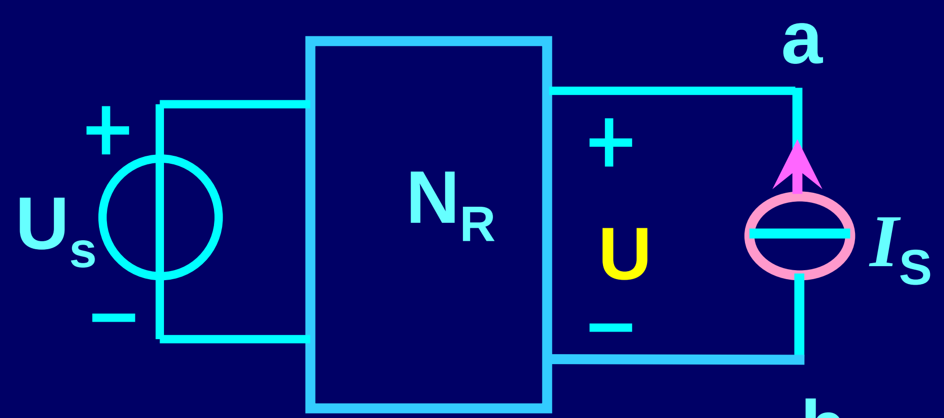
第二步：求R_0

R_0=1Ω

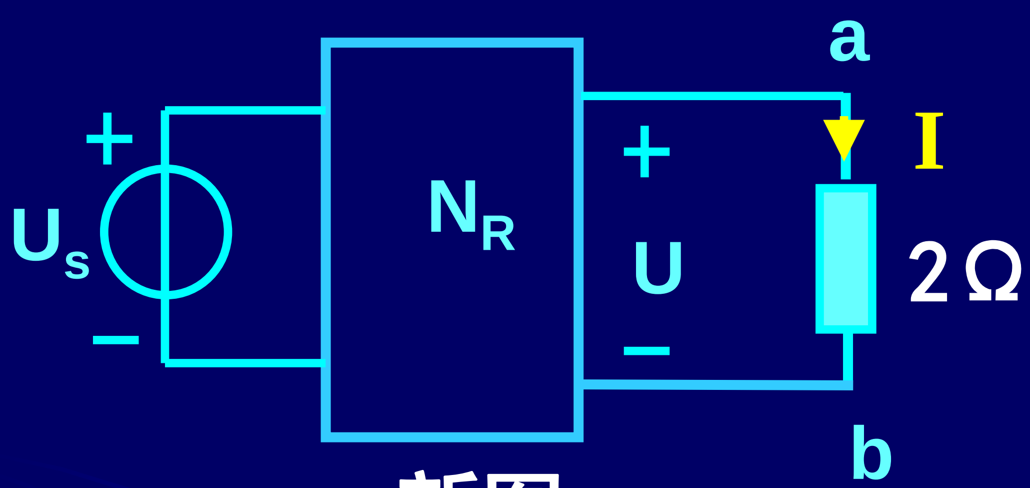
第三步：画最简电路求解

U=0.5V

解法2：用叠加

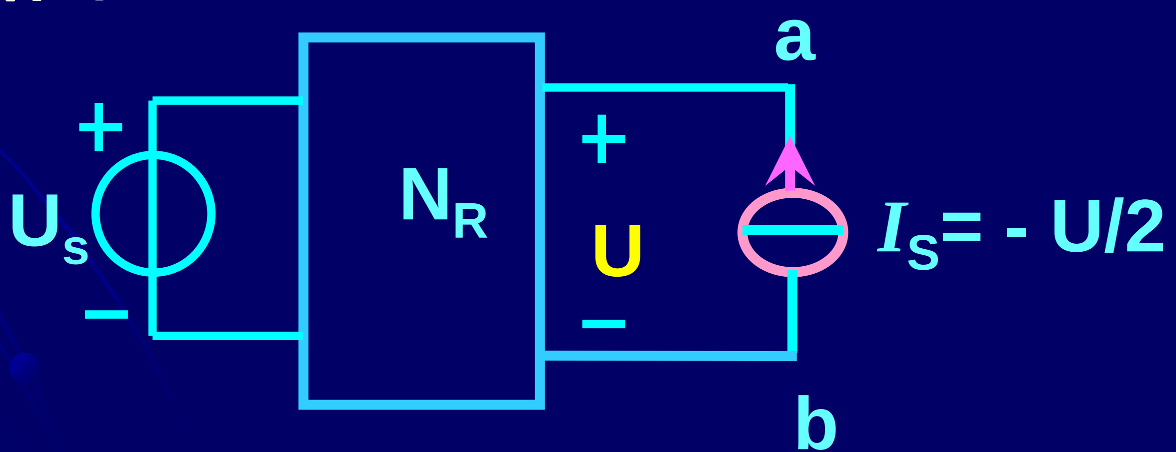


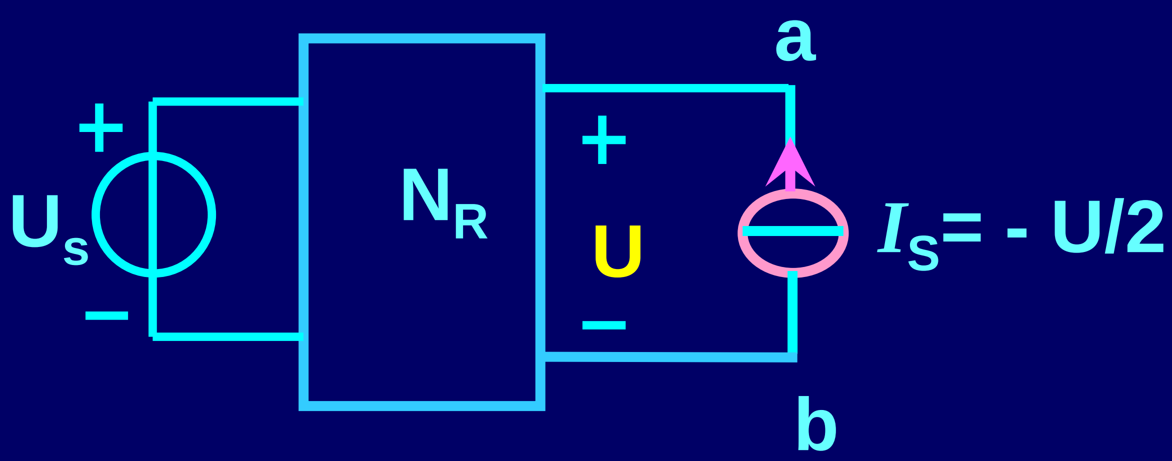
原图



新图

$I=U/2$





$U = K_1U_s + K_2I_s$

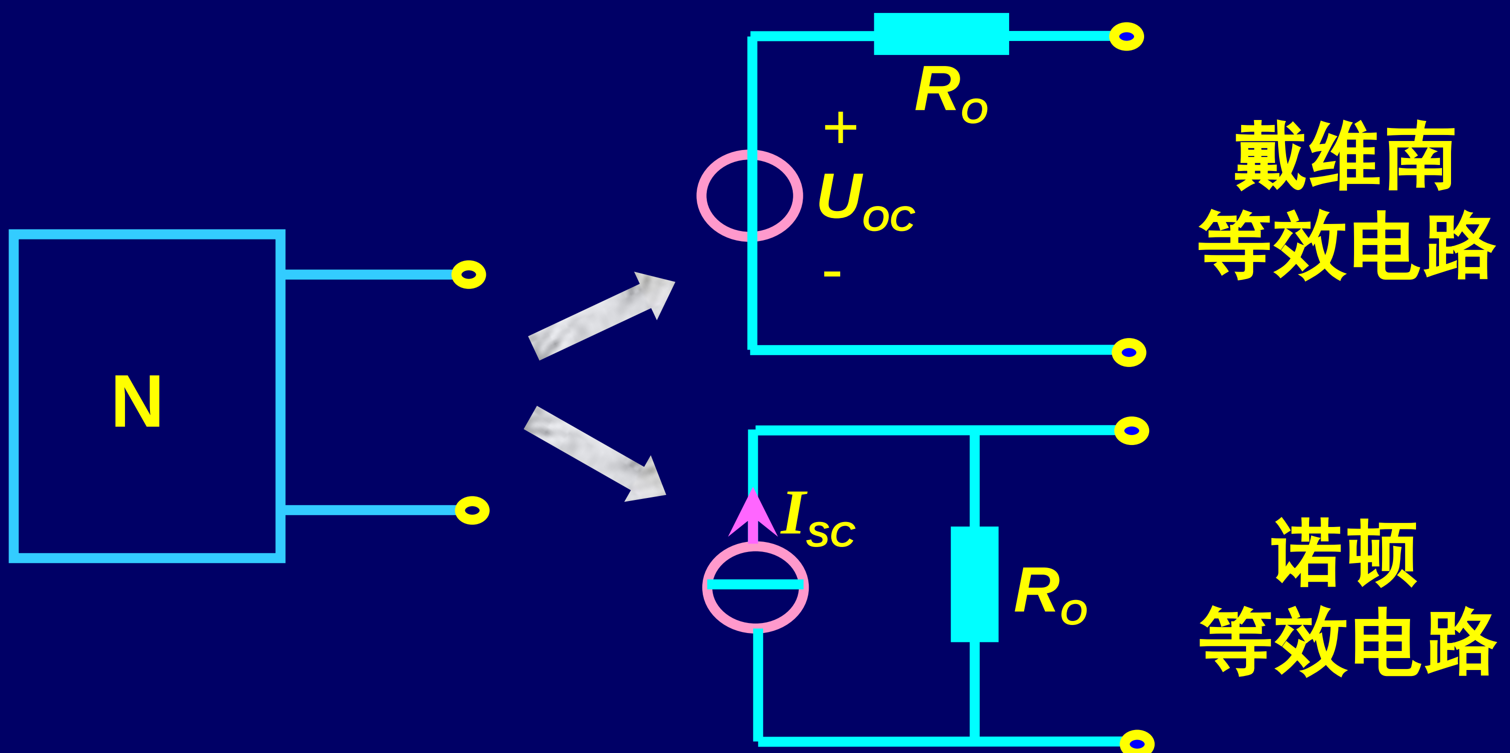
代入数据：

$$\begin{cases} 3=4K_1 \\ 2=2K_2 \end{cases} \qquad \begin{cases} K_1=3/4 \\ K_2=1 \end{cases}$$

$$U = 1\times3/4 + 1 \times (-U/2) \Rightarrow U = 0.5V$$

小结:

1.



2. 两类题型

（1）、从某端口看进去电路的戴维南等效电路；

（2）、求某支路上的响应。

3. 求U_{oc}、I_{sc}可用所学到的所有方法。

4. 求R_0的方法

（1）定义：

a） 二端网络中所有独立源置零，求端钮上电压u与电流i的关系。

u、i关联时 $R_0 = \dfrac{u}{i}$

b） 二端网络中所有独立源置零，用电阻的串并联公式化简------适于无受控源的电阻串并联网络。

（2）开路电压比短路电流-----保留独立源

$$R_0 = \frac{u_{oc}}{i_{sc}}$$

← →

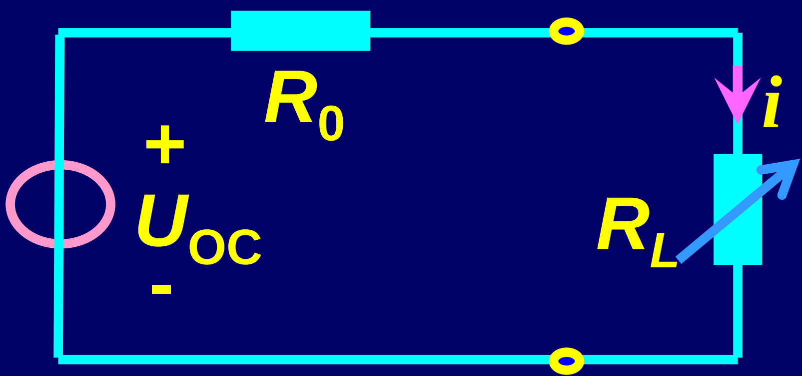
5. 含受控源电路

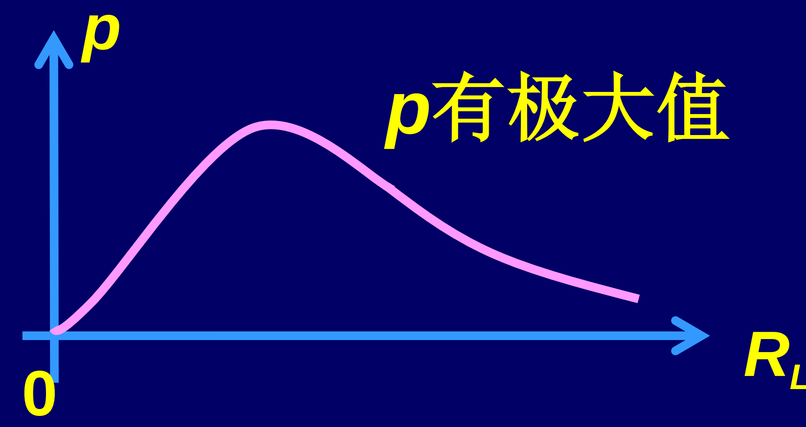
（1）控制量和受控量要在同一部分。

（2）求等效电阻时要计入受控源的作用，独立源为零值时，受控源要保留。

（3）求等效电阻时，不能用独立源置零后的电阻串并联公式化简。

§ 4-8 最大功率传输定理





U_{OC}、R_0不变，R_L可变

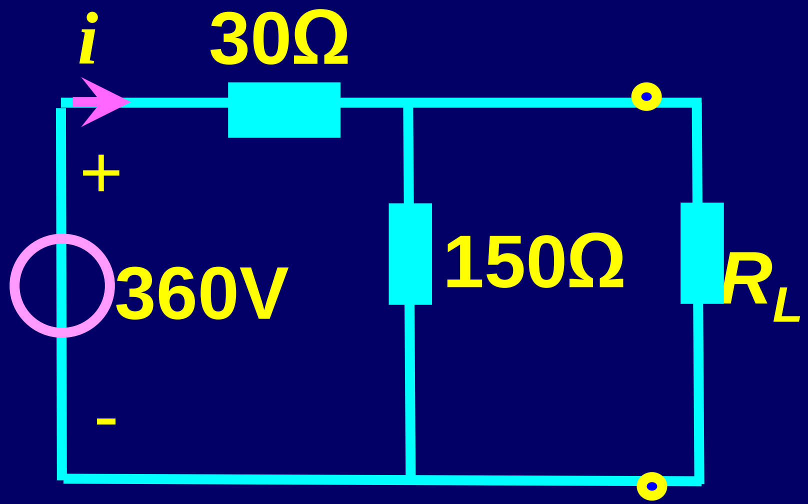
$$i = \frac{U_{oc}}{R_0+R_L} \qquad p = i^2 R_L = \frac{U_{OC}^2}{(R_0+R_L)^2} \times R_L$$

令 $$\frac{dp}{dR_L} = U_{OC}^2 \frac{(R_0+R_L)^2-2R_L(R_0+R_L)}{(R_0+R_L)^4} = 0$$ 得 $R_L = R_0$

此时获得最大功率 $$p_{Lmax} = \frac{U_{OC}^2}{4R_O}$$ ---- 戴维南等效电路

$$p_{Lmax} = \frac{I_{sc}^2}{4G_O}$$ ---------诺顿等效电路

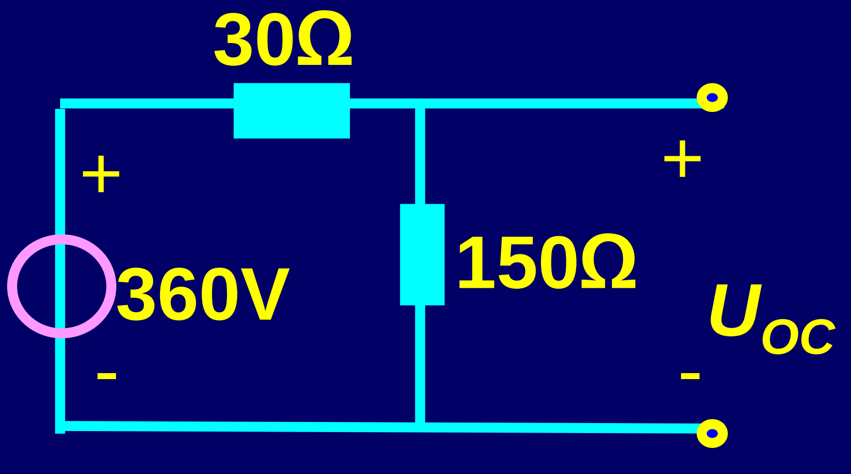
例4-18 求R_L = ？时，它获得最大功率，P_{Lmax} = ？求此时电源产生功率传递给负载的百分数



解:(1)求R_L以外网络的戴维南等效电路。

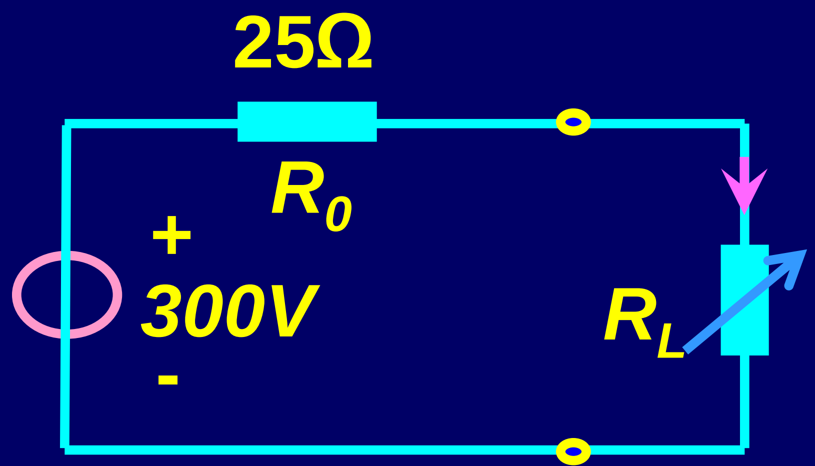
求U_{OC}

$$U_{OC} = 360 \times 150/180 = 300\text{V}$$



求R_0

$$R_0 = 30//150 = 25\Omega$$



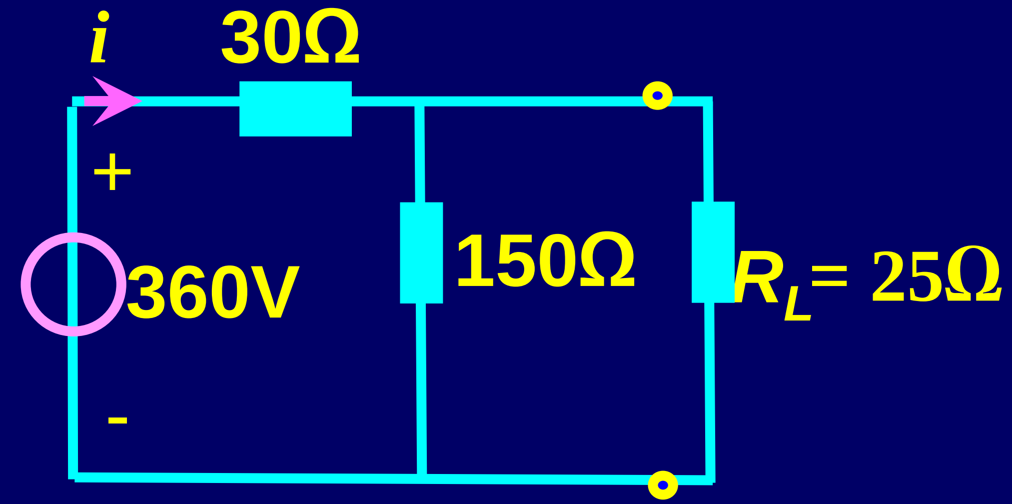
戴维南等效电路

$R_L = 25\Omega$时获得最大功率

(2) $P_{Lmax} = U_{OC}^2/4R_0 = 300^2/(4\times25) = 900$ W

在此简化的戴维南等效电路中，负载获得功率的百分数为：50%

（3）当 R_L = 25Ω时：



R_L 两端电压为：$360 \times \dfrac{150//25}{30+150//25} = 150\ \text{V}$

i =（360-150）/ 30= 7 A

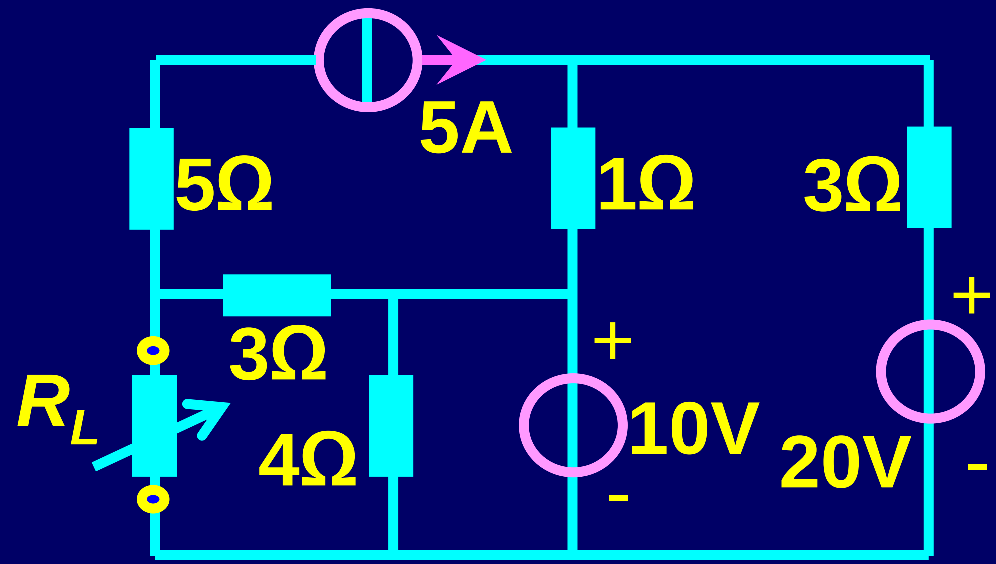
360V电源的功率为：

P_s = - 360×7 = -2520 W　　提供功率

负载所得功率的百分数为：

$$\frac{900}{2520} \times 100\% = 35.71\%$$

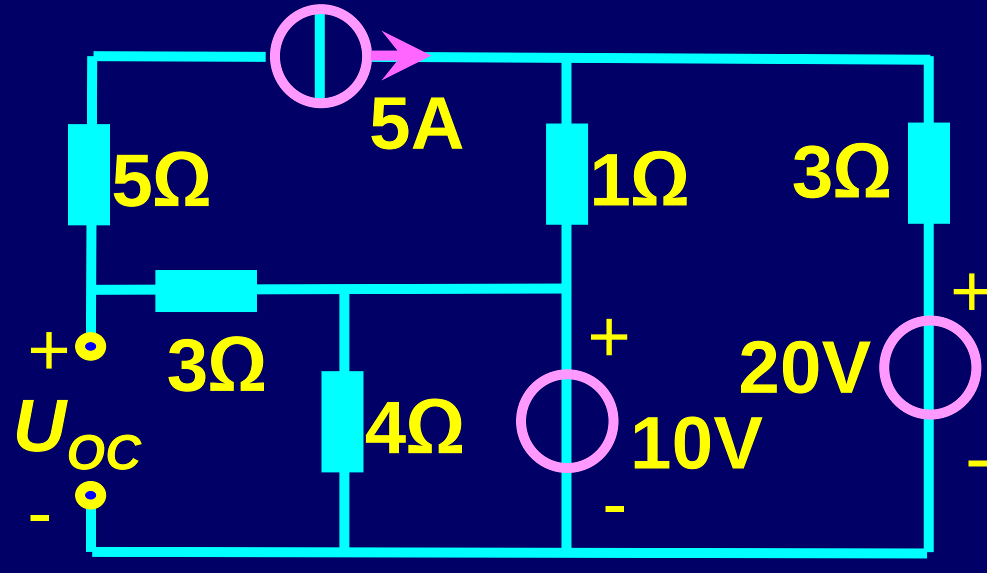
补充例1 求R_L = ? 时，它获得最大功率，P_{Lmax} = ?



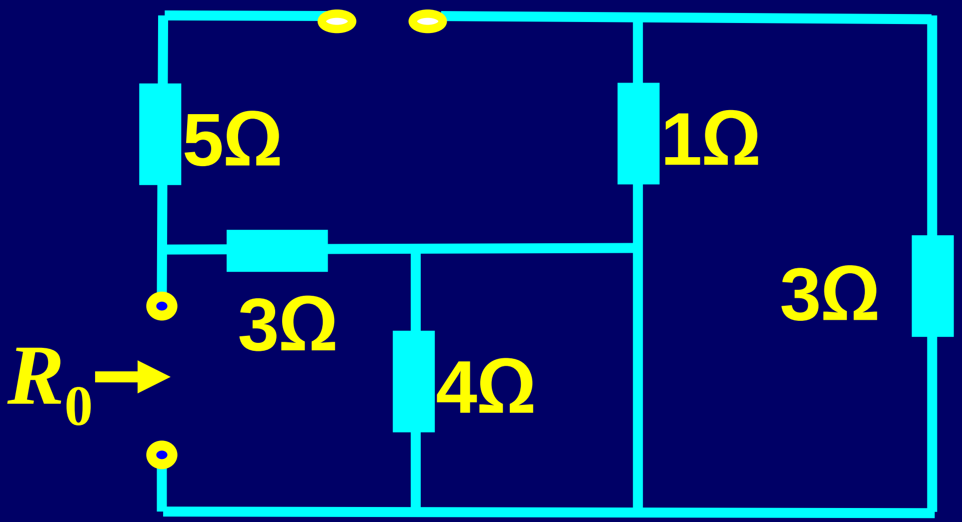
解： 求R_L以外网络的戴维南等效电路。

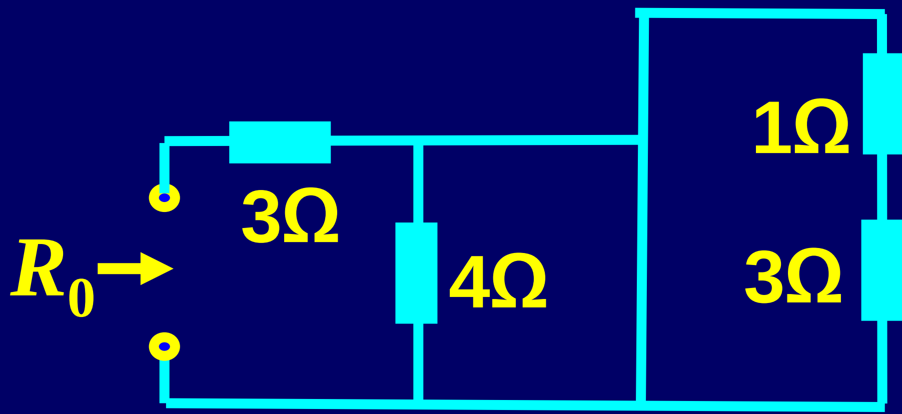
求U_{OC}

$$U_{OC} = -3\times5+10 = -5\ V$$



求R_O





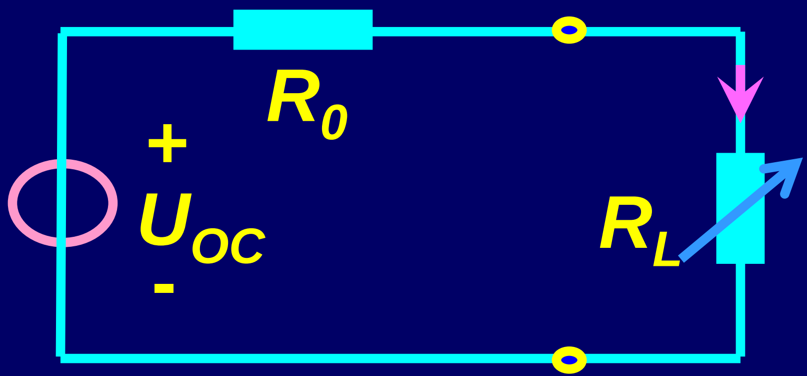
$R_0 = 3\Omega$

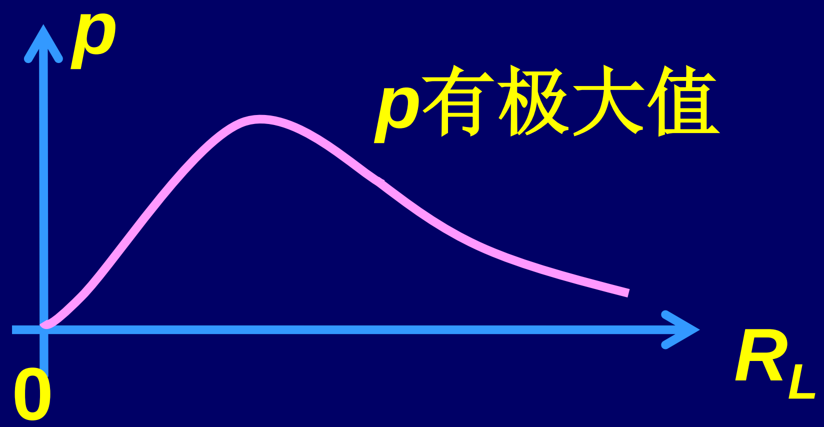
$R_L = 3\Omega$时获得最大功率

$P_{Lmax} = U_{OC}^2/4R_0 = (-5)^2/(4\times3) = 25/12\ \mathrm{W}$

有关功率内容补充

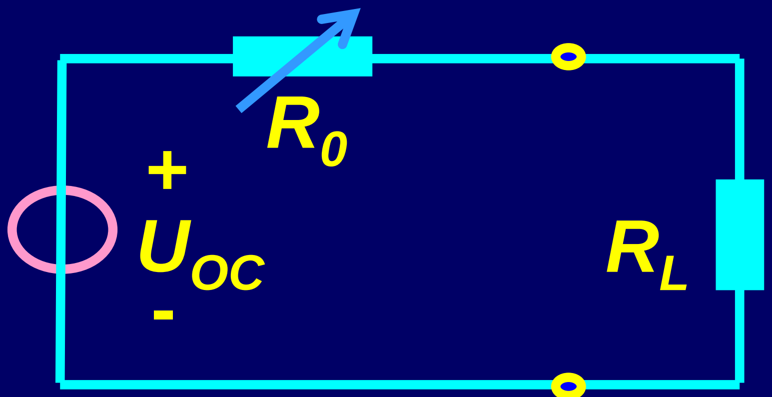
1、当内阻不变负载可变时：





则：　$R_L=R_0$ 时获得最大功率

2、 当负载不变内阻可变时：



则：　$R_0=0$ 时获得最大功率