（注解版）

期末考试复习

（2023）

注意：
该版本由 @BlockLune 提供
请自行鉴别注解内容正确与否

注解内容授权方式：

考试内容

考点详解： CH1：

CH1 ：

1、会计算基本电路的电压、电流、功率。
2、熟悉关联和非关联参考方向，会用KVL,KCL。
3、掌握第一章中所有例题的解法。

关联参考方向：电流参考方向与电压参考“+”极到“-”极的方向选取一致。

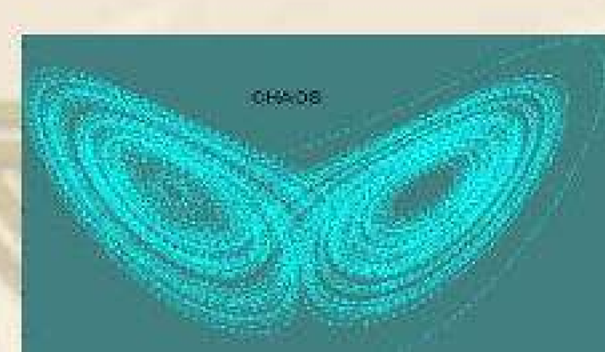
关联参考时，吸收功率 $p=ui$；非关联时，吸收功率 $p=-ui$。

供出功率（产生功率）为吸收功率的相反数。

电阻 R，关联参考时 $R=\frac{u}{i}$，非关联参考时 $R=-\frac{u}{i}$。

电导 $G=\frac{1}{R}$，单位为西门子，简称西，符号为 S。

建立 KVL 方程时，应首先选定一个回路的绕行方向，绕行方向与支路电压的参考方向（电压降的方向）一致时取正号，否则取负号。



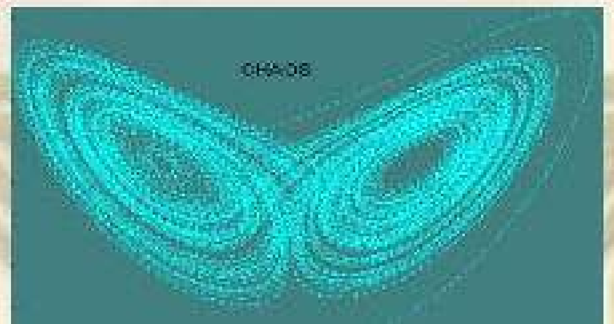
CH2：

1、掌握例2-3，例2-4。

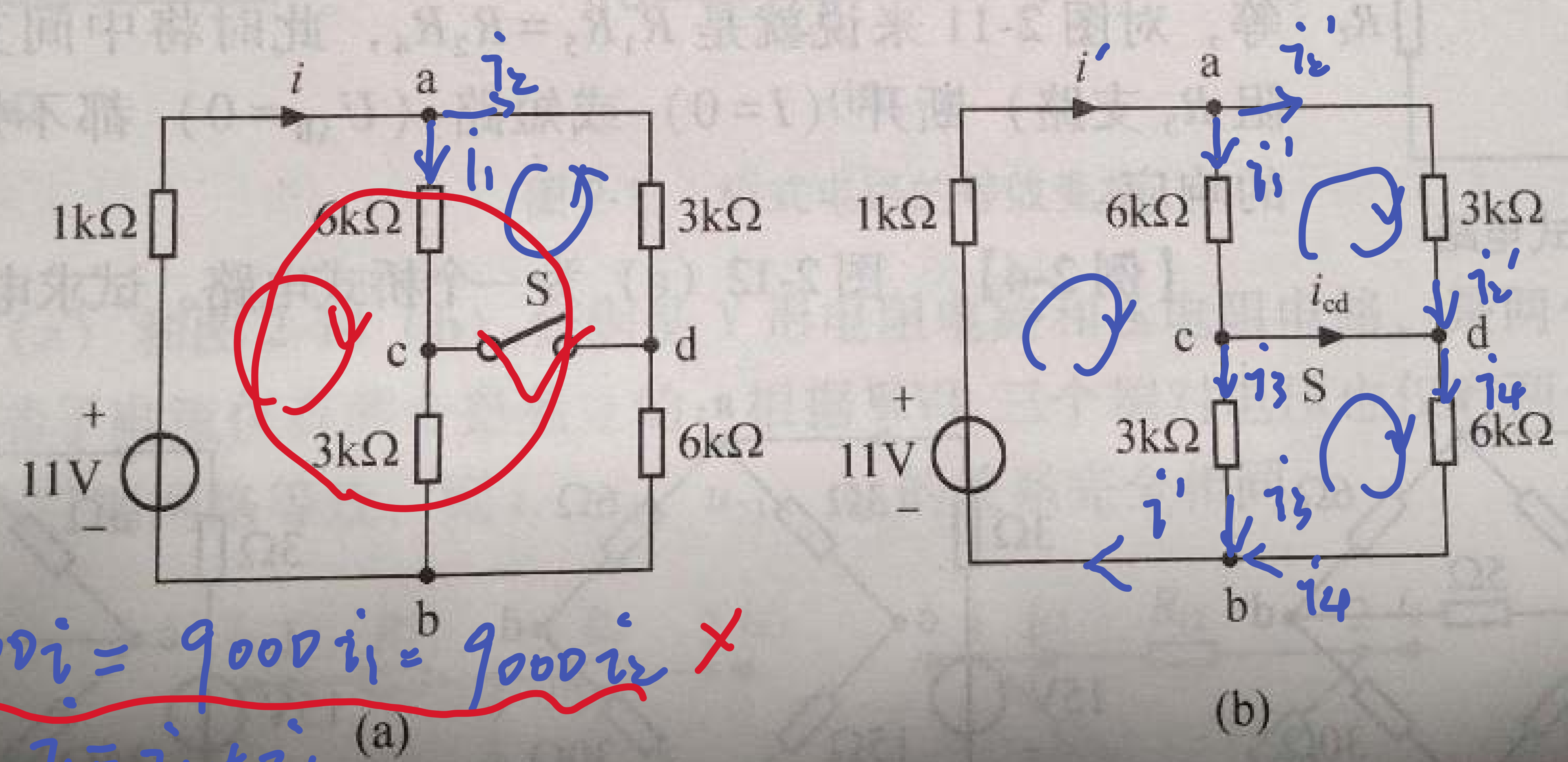
2、掌握图2-21，图2-22，图2-23，图2-24，图2-25，掌握例2-6，例2-7，

3、掌握例2-9。

会利用上面几个例题的方法，求解不含受控源电路的化简方法。



【例 2-3】 图 2-10（a）为一个实际电压源给混联电阻电路供电的电路。试求（1）开关 S 打开时的开路电压 u_{cd}；（2）开关 S 闭合时的短路电流 i_{cd}。



$$\begin{cases} 11+1000i = 9000 i_1 = 9000 i_2 \\ i = i_1 + i_2 \end{cases} \times$$

图 2-10 例 2-3 图

$-6000 i_1' + 3000 i_2' = 0.$

$2 i_1' = i_2'$

$6000 i_4 - 3000 i_3 = 0.$

$2 i_4 = i_3$

(1) $i_1 = i_2 = \frac{1}{2} i$

~~$11+1000i = 4500i$~~ ×

$3500 i = 11$

$i = \frac{11}{3500}$

$i_1 = i_2 = \frac{11}{7000}$

KVL: $6000 i_1 + U_{cd} - 3000 i_2 = 0.$

$U_{cd} = -1500 i$

$= -\frac{1500 \times 11}{3500} = -\frac{33}{7} V$

$-11 + 1000 i + 4500 i = 0.$

$5500 i = 11$

$i = \frac{11}{5500} = \frac{1}{500} A$

$i_1 = i_2 = \frac{1}{1000} A$

$-1500 \times \frac{1}{500} = -3V.$

(2) $i_1' = i_3 + i_{cd} \rightarrow 2 i_1' = 2 i_3 + 2 i_{cd}$

$i_2' + i_{cd} = i_4 \rightarrow 2 i_1' = \frac{1}{2} i_3 - i_{cd}$

$i' = i_1' + i_2' = i_3 + i_4 \Rightarrow 3 i_1' = 3 i_4$

$-11 + 1000 i' + 6000 i_1' + 3000 i_3 = 0.$

$-11 + \underbrace{1000}_{1000} i' + \underbrace{6000 \cdot \frac{1}{3}}_{2000} i' + \underbrace{3000 \cdot 2 \cdot \frac{1}{3}}_{2000} i' = 0$

$-11 + \cancel{7000}\,5000\, i' = 0$

$i' = \frac{11}{\cancel{7000}\,5000}$

$3 i_{cd} + \frac{3}{2} i_3 = 0.$

$i_{cd} = -\frac{1}{2} i_3 = -i_4 = -\frac{1}{3} i'$

$i_{cd} = -\frac{1}{3} i' = \cancel{-\frac{11}{21000} A} \quad -\frac{11}{15000} A.$

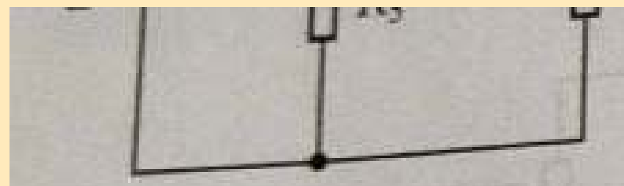


图 2-11　桥式电路

阻 R_3 支路）断开（……

的响应。

【例 2-4】　图 2-12（a）为一个桥式电路。试求电路中的电流 i。

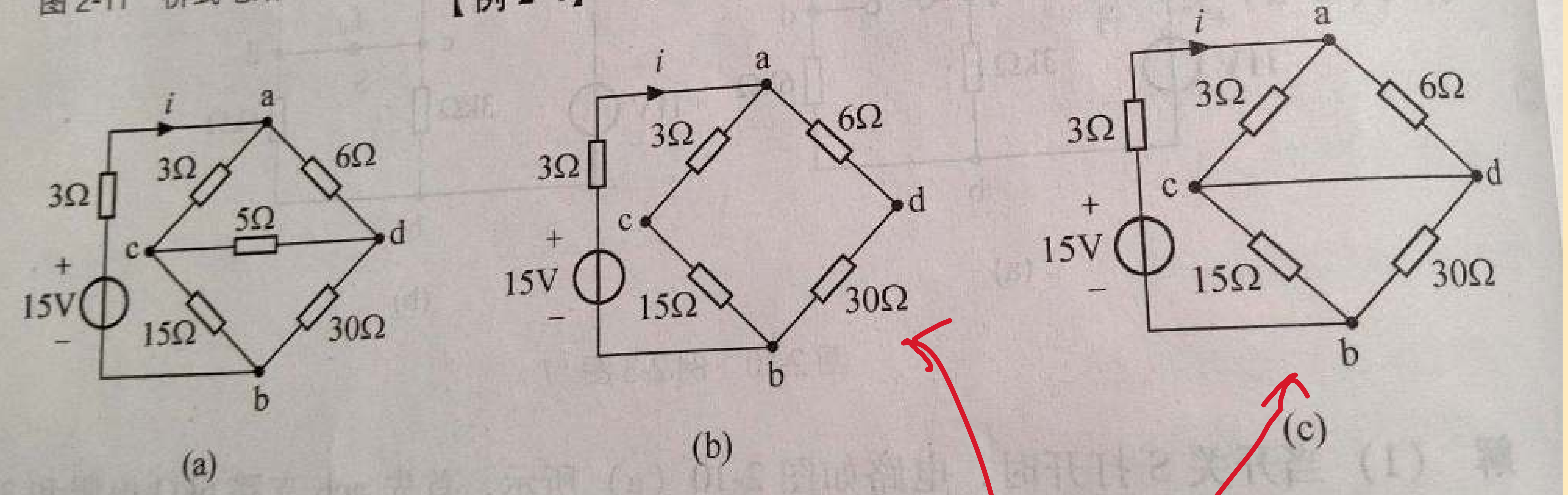


图 2-12　例 2-4 图

因为对边桥臂电阻乘积相等（$3\times30=15\times6$），桥式电路平衡

所以 5Ω 支路可以断开（$i_{cd}=0$）　　$R_{ab}=(3+15)\,//\,(6+30)=12\Omega$

或短路　　$R_{ab}=(3\,//\,6)+(15\,//\,30)=12\Omega$

$i=\dfrac{15}{3+12}=1A$.

2.4.2 电流源的串联和并联

设有 n 个电流源并联，如图 2-21（a）所示，根据 KCL 可得

$$i = i_{S1} + i_{S2} - i_{S3} + \cdots + i_{Sn} = \sum_{k=1}^{n} i_{Sk}$$

$$i_{Seq} = \sum_{k=1}^{n} i_{Sk} \tag{2-27}$$

即 n 个电流源并联，可以用一个等效替代，如图 2-21（b）所示。

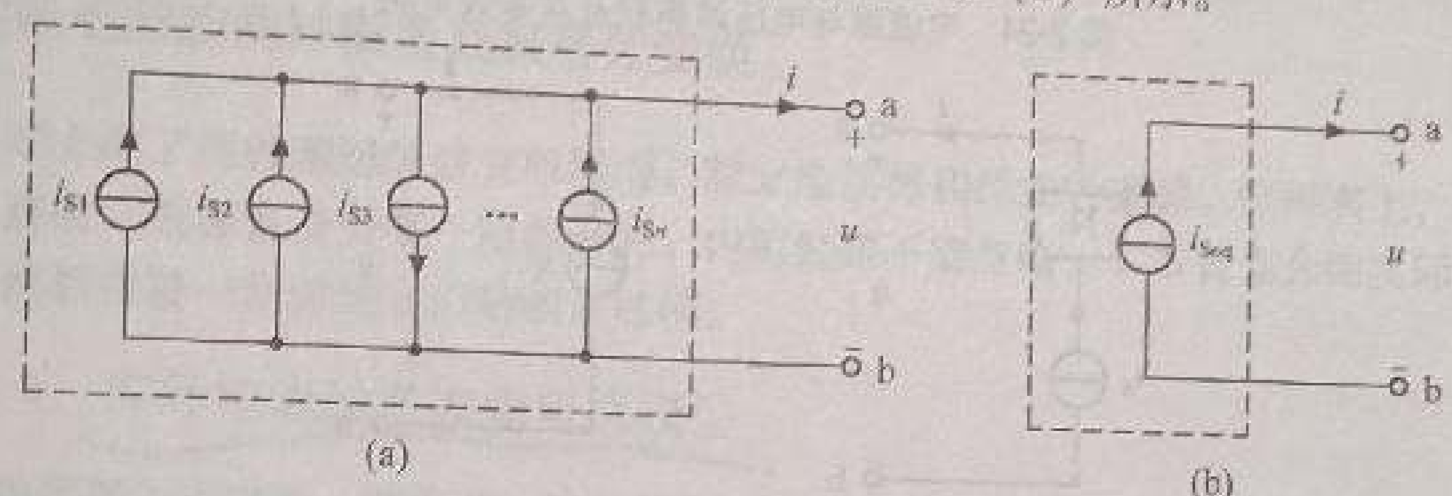


图 2-21 电流源的并联等效

只有电流相等且电流方向一致的电流源才允许串联，否则将违反 KCL。此时，等效电流源即串联电流源中的一个，如图 2-22 所示。推广，一个电流源 i_S 与电阻、电压源或者任意一个二端网络相串联，其等效电路均为电流源 i_S，如图 2-23～图 2-25 所示。

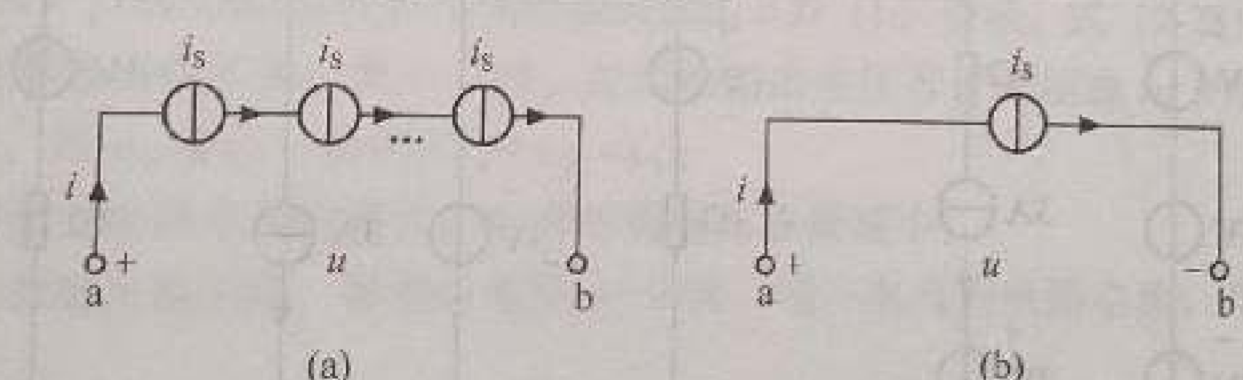


图 2-22 电流源的串联等效

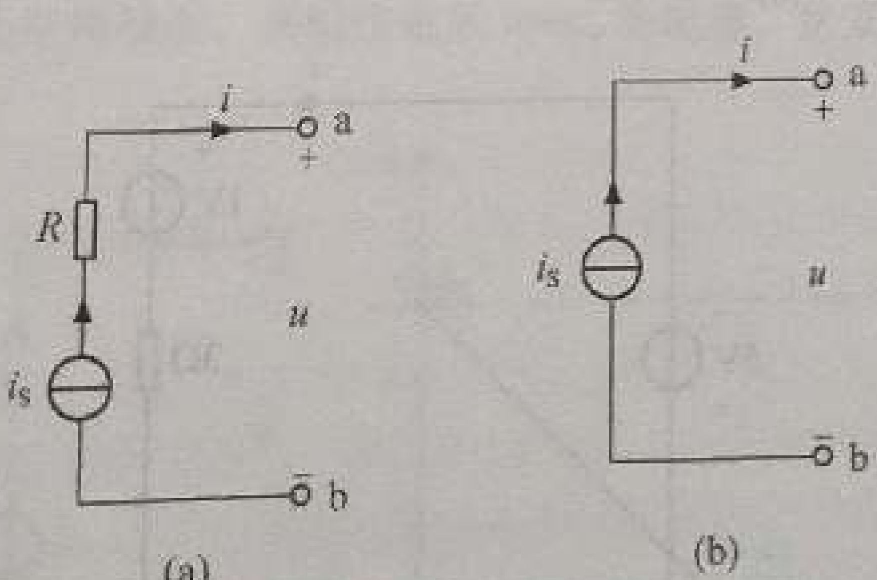


图 2-23 电流源与电阻串联及其等效电路

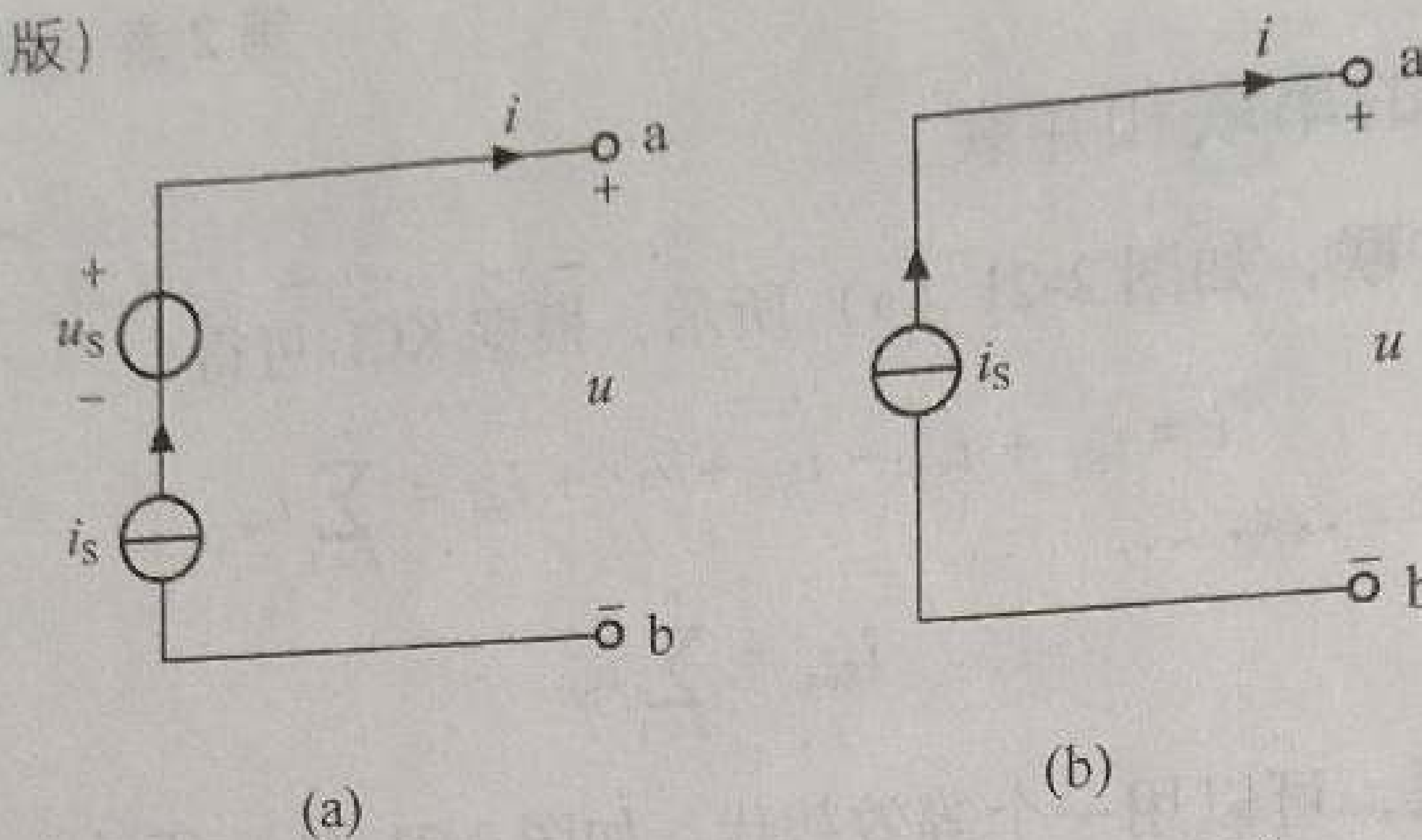


图 2-24 电流源与电压源串联及其等效电路

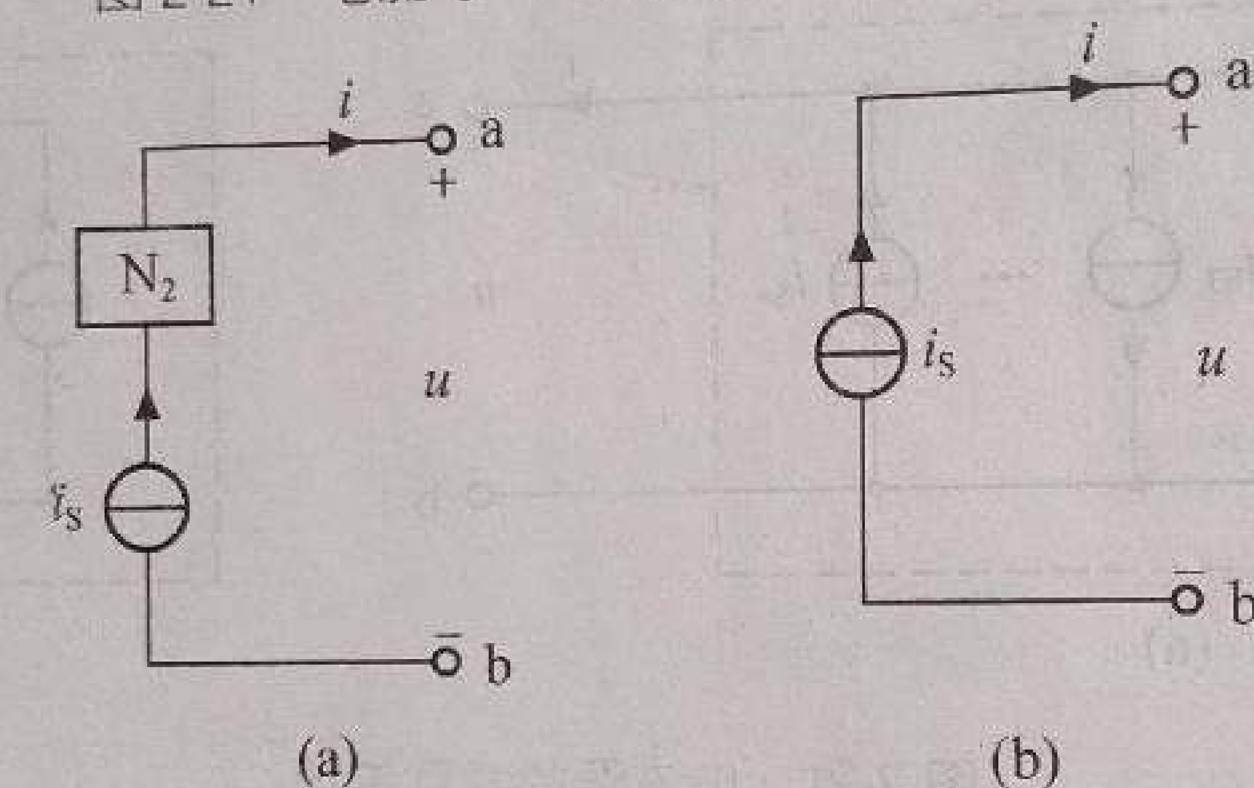


图 2-25 电流源与任意二端网络串联及其等效电路

(a)

图 2-25 电流源与任意二端网络串联及其等效电路

【例 2-6】 电路如图 2-26（a）所示，求电流 i。

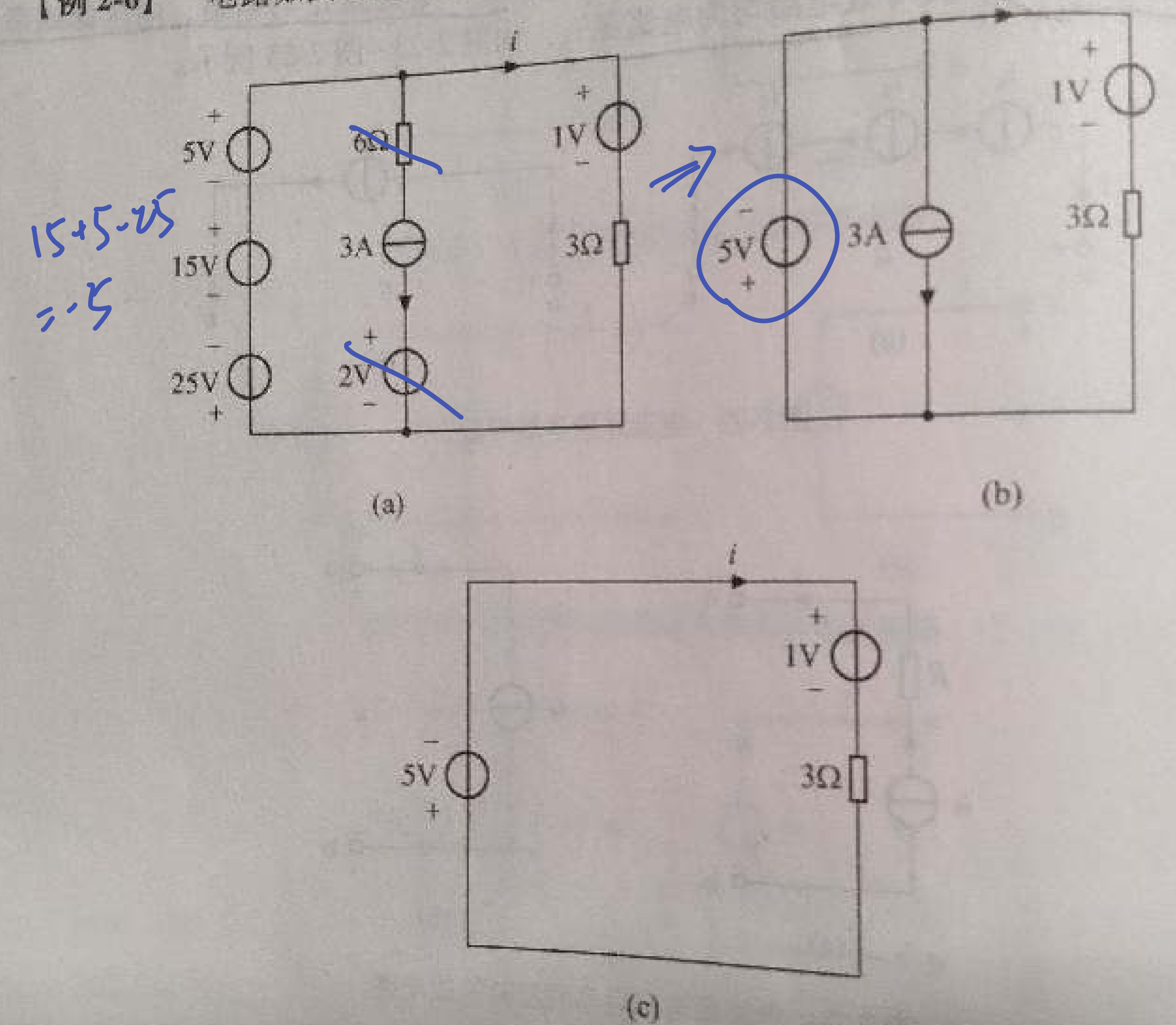


图 2-26 例 2-6 图

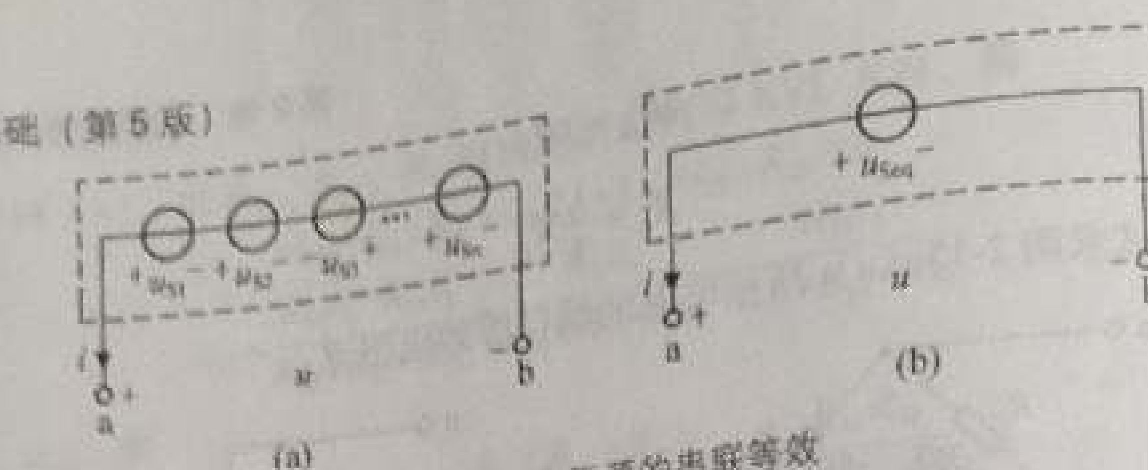


图 2-16 电压源的串联等效

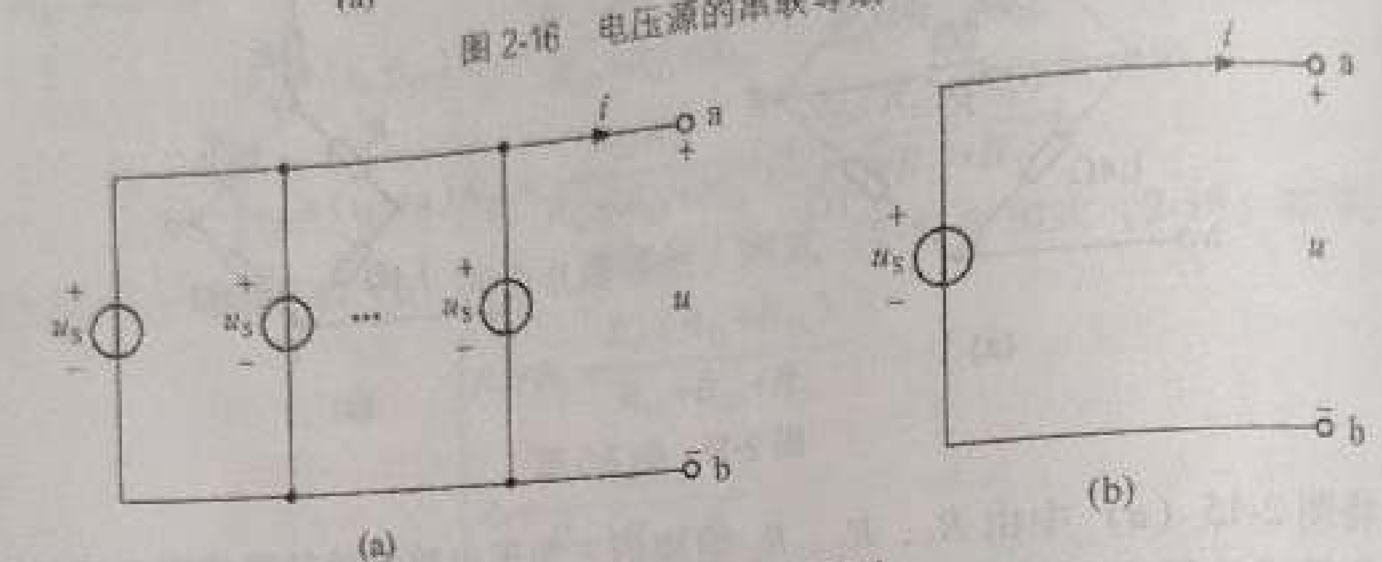


图 2-17 电压源的并联等效

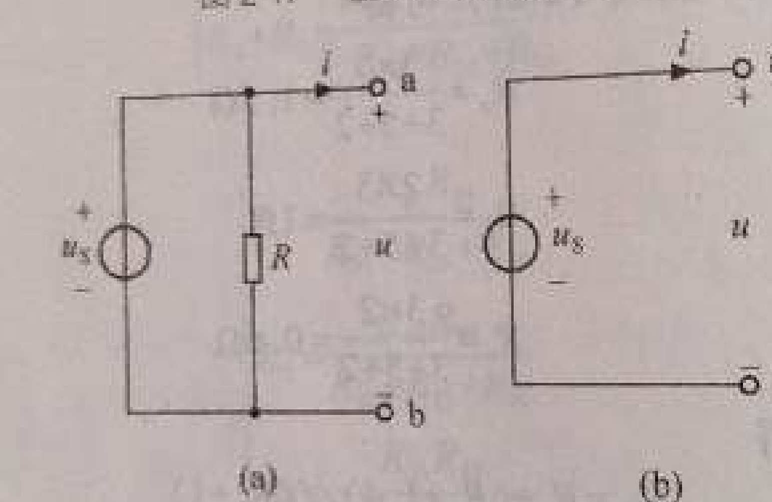


图 2-18 电压源与电阻并联及其等效电路

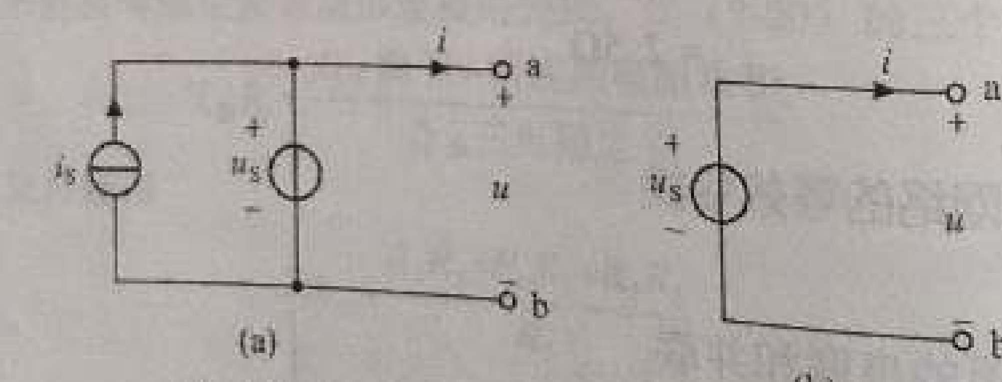


图 2-19 电压源与电流源并联及其等效电路

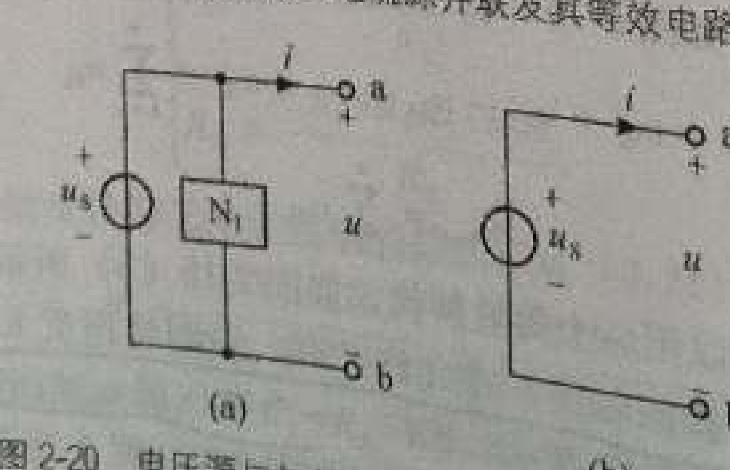


图 2-20 电压源与与任意二端网络并联及其等效电路

【例 2-7】 电路如图 2-30（a）所示，求电流 i。

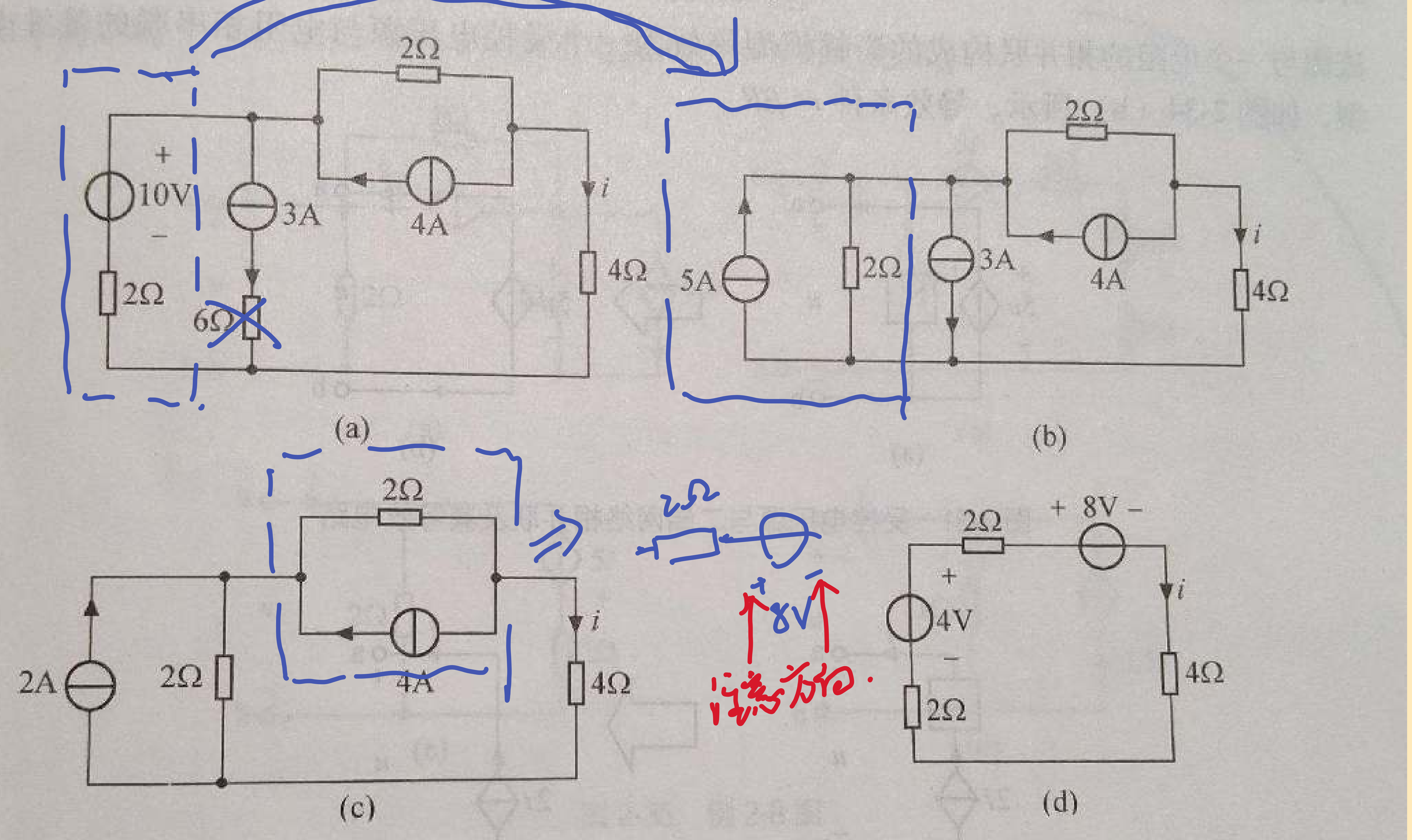


图 2-30 例 2-7 图

【例 2-9】 试化简图 2-36（a）所示的电路。

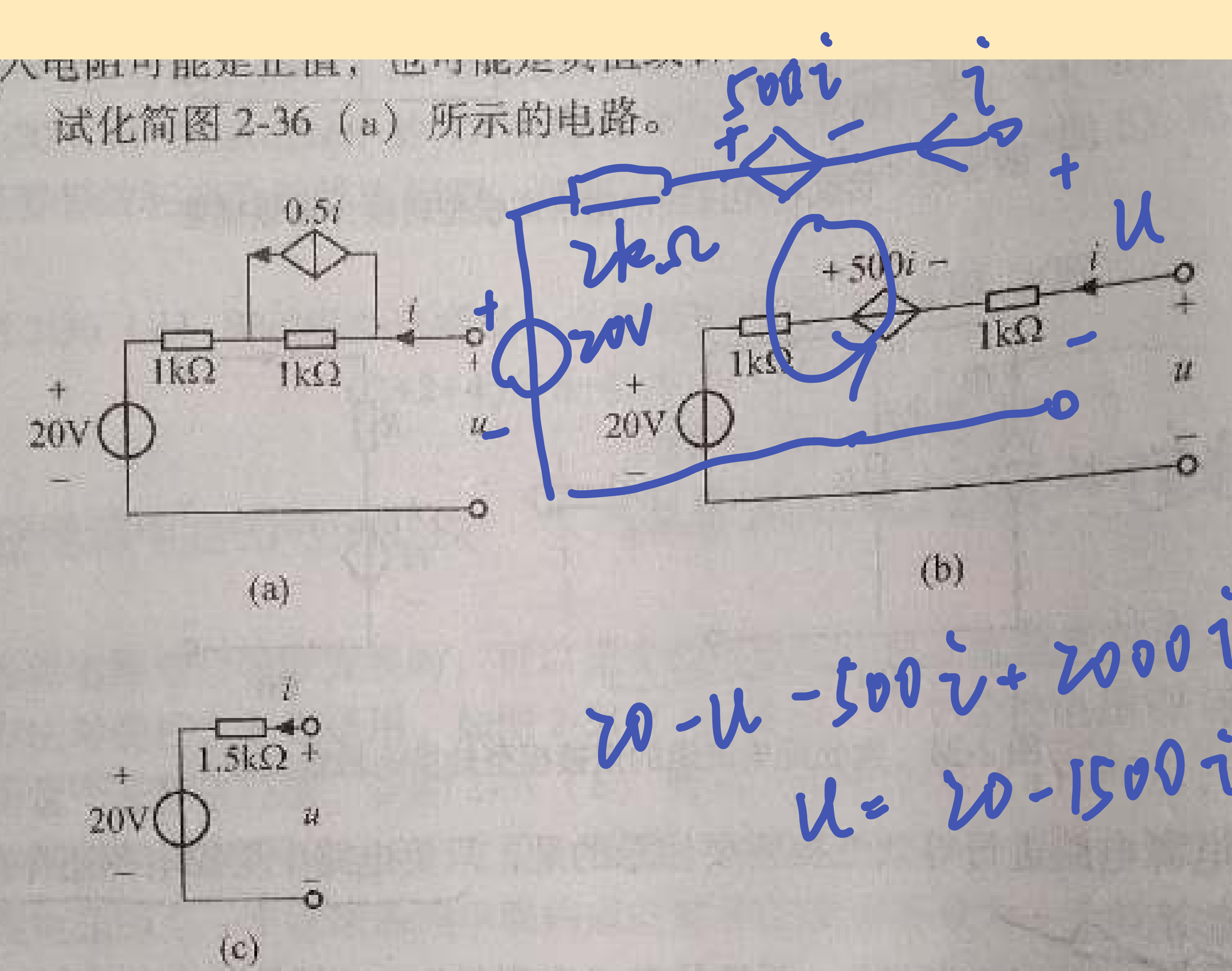


图 2-36 例 2-9 图

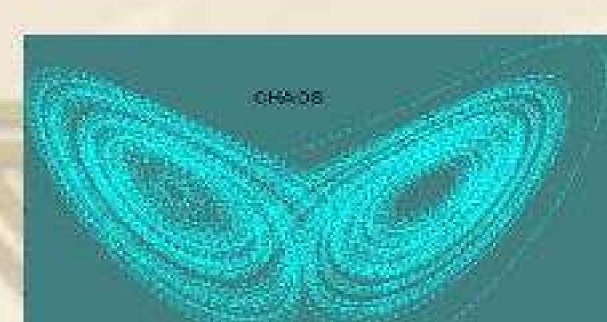
$20 - u - 500i + 2000i = 0.$

$u = 20 - 1500i$

CH3：

1、掌握节点法，会做例3-5.会列写此类不含受控源的节点电压方程。（10分）

2、掌握网孔分析法。会做例题3-3.（10分）



式（3-6）中，方程左边主对角线上各项的系数

$$R_{11}=R_1+R_4+R_5,\quad R_{22}=R_2+R_5+R_6,\quad R_{33}=R_3+R_4+R_6$$

分别称为网孔Ⅰ、网孔Ⅱ和网孔Ⅲ的自电阻，其值分别为各网孔所含支路的电阻之和；方程左边非主对角线上各项的系数

$$R_{12}=R_{21}=-R_5,\quad R_{13}=R_{31}=-R_4,\quad R_{23}=R_{32}=-R_6$$

分别称为网孔Ⅰ与网孔Ⅱ、网孔Ⅰ与网孔Ⅲ和网孔Ⅱ与网孔Ⅲ的互电阻，当各网孔电流一律取顺时针方向或一律取逆时针方向时，其值为对应两网孔公共支路电阻的负值。方程右边各项

$$u_{Sm1}=u_{S1}-u_{S4},\quad u_{Sm2}=-u_{S2},\quad u_{Sm3}=u_{S3}+u_{S4}$$

分别为各网孔中沿网孔电流方向电压源电压升的代数和。

由以上可得，从网络直接列写网孔方程的规则为

自电阻 × 本网孔的网孔电流 + Σ 互电阻 × 相邻网孔的网孔电流
= 本网孔中沿网孔电流方向所含电压源电压升的代数和

只有电压源的电压要算

电流源要转化为电压源、若无件则"加压求流"。

对于具有 m 个网孔的网络，网孔方程可一般表示为

$$\left.\begin{aligned}
R_{11}i_{m1}+R_{12}i_{m2}+\cdots+R_{1m}i_{mm}&=u_{Sm1}\\
R_{21}i_{m1}+R_{22}i_{m2}+\cdots+R_{2m}i_{mm}&=u_{Sm2}\\
&\cdots\cdots\\
R_{m1}i_{m1}+R_{m2}i_{m2}+\cdots+R_{mm}i_{mm}&=u_{Smm}
\end{aligned}\right\}\qquad(3\text{-}7)$$

如果看到等号左侧就说为"降"，与KVL一致。

综上所述，用网孔分析法分析网络的步骤可归纳为：

（1）设定网孔电流的参考方向（通常各网孔电流都取顺时针方向或都取逆时针方向）；

（2）列网孔方程组，并联立求解解出网孔电流；

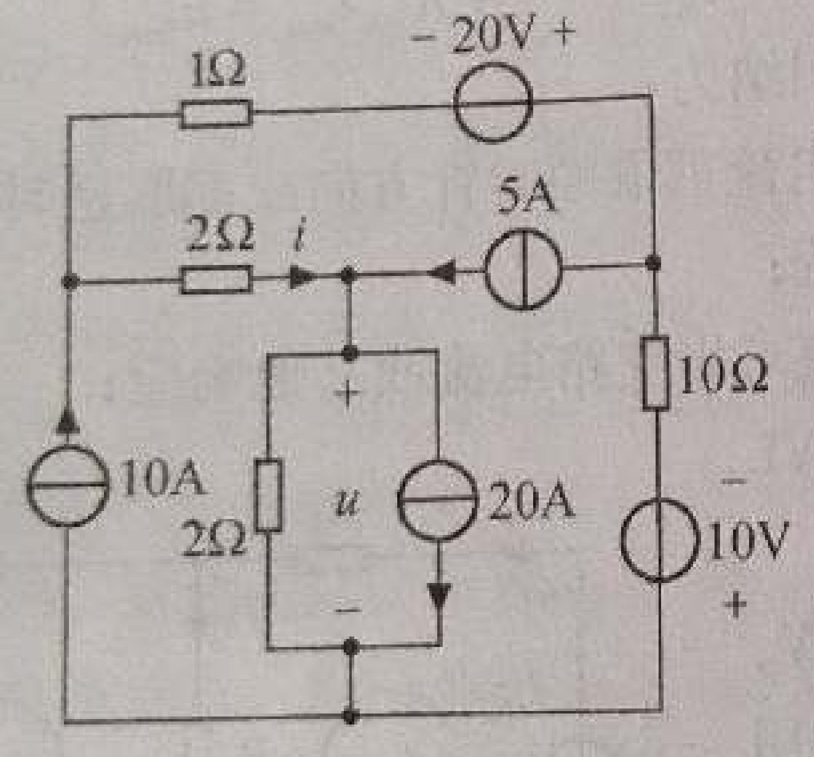
（3）选定各支路电流的参考方向，由网孔电流求出支路电流或其他响应；

（4）由于网孔电流自动满足 KCL，故应用 KVL 来校验。

网孔法

方法先列网孔方程，再用辅助方程将该电流源的电流用网孔电流表示，试用网孔分析法求电流 i 和电压 u。

【例 3-3】 电路如图 3-6（a）所示，试用网孔分析法求电流 i 和电压 u。



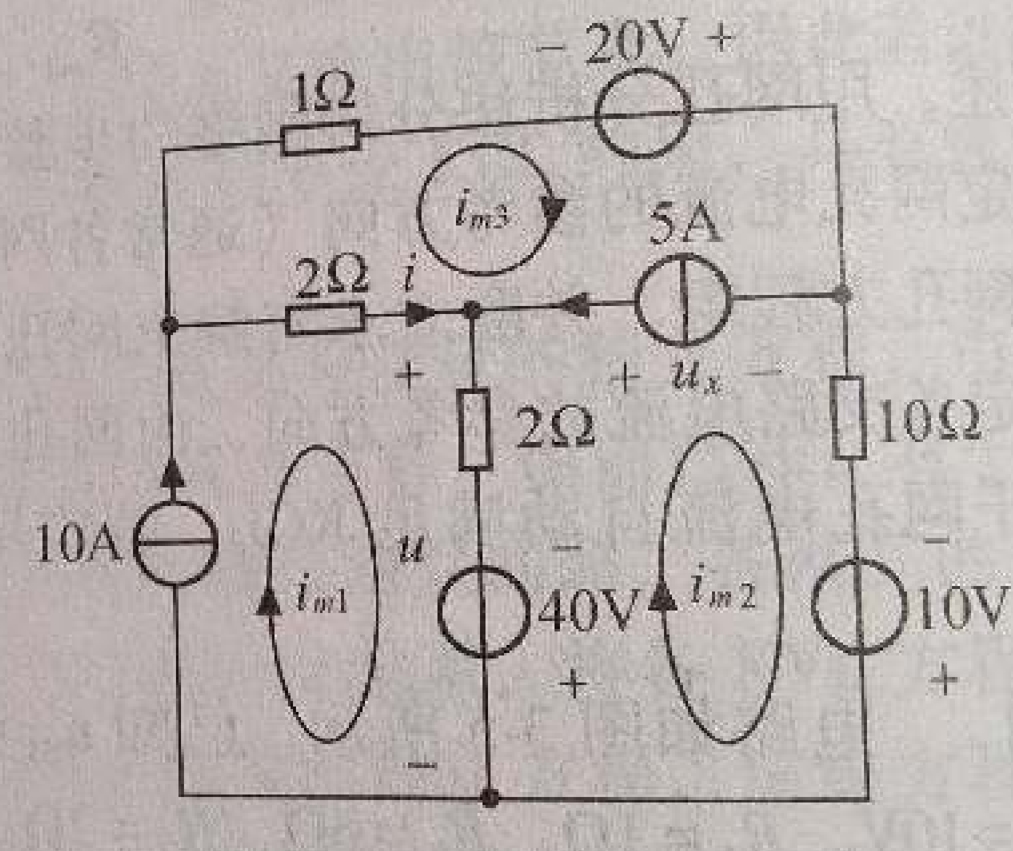
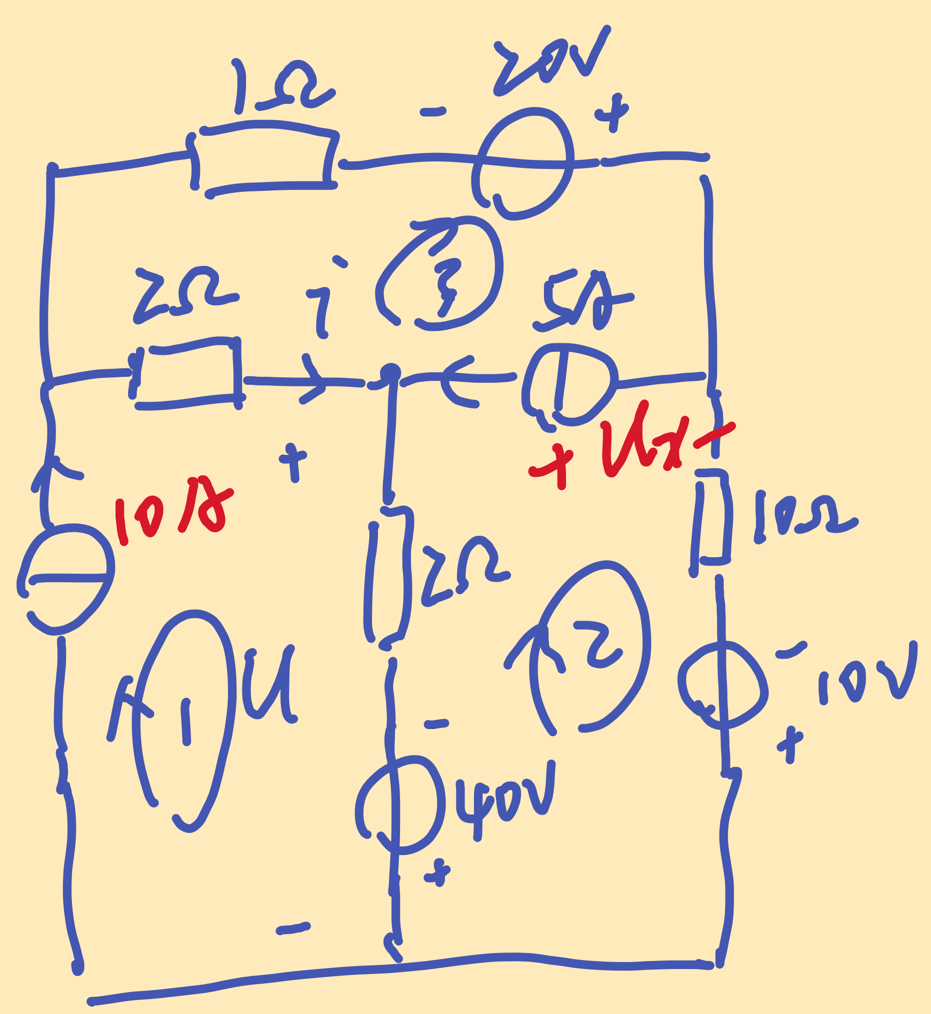


图 3-6 例 3-3 图



$$\begin{cases} 4i_{m1} - 2i_{m2} - 2i_{m3} = -40 \\ \cancel{10i_{m2} - 2i_{m1} = -40+10} \\ (10+2)i_{m2} - 2i_{m1} = -40 - u_x + 10 \\ \cancel{3i_{m3} - 2i_{m1} = 20} \end{cases}$$

$$3i_{m3} - 2i_{m1} = 20 + u_x$$

$i_{m1} = 10A$ → 辅助方程：$i_{m3} - i_{m2} = 5A$

$$\Rightarrow \begin{cases} i_{m2} = 1A \\ i_{m3} = 6A \\ i = i_{m1} - i_{m3} = 4A. \end{cases}$$

和 u_{n3}。

为了找出系统化地列写节点方程的方法，将式（3-9）改写为一般形式。

$$\left.\begin{aligned} G_{11}u_{n1}+G_{12}u_{n2}+G_{13}u_{n3}&=i_{Sn1}\\ G_{21}u_{n1}+G_{22}u_{n2}+G_{23}u_{n3}&=i_{Sn2}\\ G_{31}u_{n1}+G_{32}u_{n2}+G_{33}u_{n3}&=i_{Sn3}\end{aligned}\right\} \quad (3\text{-}10)$$

式（3-10）中，方程左边主对角线上各项的系数

$$G_{11}=G_1+G_3+G_4,\qquad G_{22}=G_4+G_5+G_6,\qquad G_{33}=G_2+G_3+G_6$$

分别称为节点 1、节点 2 和节点 3 的自电导，其值分别为与各节点相连的所有支路的电导之和；方程左边非主对角线上各项的系数

$$G_{12}=G_{21}=-G_4,\qquad G_{13}=G_{31}=-G_3,\qquad G_{23}=G_{32}=-G_6$$

分别称为节点 1 与节点 2、节点 1 与节点 3 和节点 2 与节点 3 的互电导，其值为对应两节点间的公共支路电导之和的负值。方程右边各项

$$i_{Sn1}=i_{S1}-i_{S3},\qquad i_{Sn2}=0,\qquad i_{Sn3}=i_{S2}+i_{S3}$$

分别为流入各节点的各电流源电流的代数和。

由上可得，从网络直接列写节点方程的规则为

自电导 × 本节点的节点电压 + Σ 互电导 × 相邻节点的节点电压
= 流入本节点电流源电流的代数和

对于具有 n 个节点的网络，若以节点 n 为参考节点，则节点方程可一般表示为

$$\left.\begin{aligned} G_{11}u_{n1}+G_{12}u_{n2}+\cdots+G_{1(n-1)}u_{n(n-1)}&=i_{Sn1}\\ G_{21}u_{n1}+G_{22}u_{n2}+\cdots+G_{2(n-1)}u_{n(n-1)}&=i_{Sn2}\\ \cdots\cdots&\\ G_{(n-1)1}u_{n1}+G_{(n-1)2}u_{n2}+\cdots+G_{(n-1)(n-1)}u_{n(n-1)}&=i_{Sn(n-1)}\end{aligned}\right\} \quad (3\text{-}11)$$

综上所述，用节点分析法分析网络的步骤可归纳为：

（1）选定参考节点；

（2）列节点方程，并联立求解出节点电压；

（3）选定各支路电压的参考极性，由节点电压求出支路电压或其他响应；

（4）由于节点电压不受 KVL 约束，故应用 KCL 来校验。

节点法

（4）由于节点电压不受 KVL 约束，故应用 KCL 来校验。

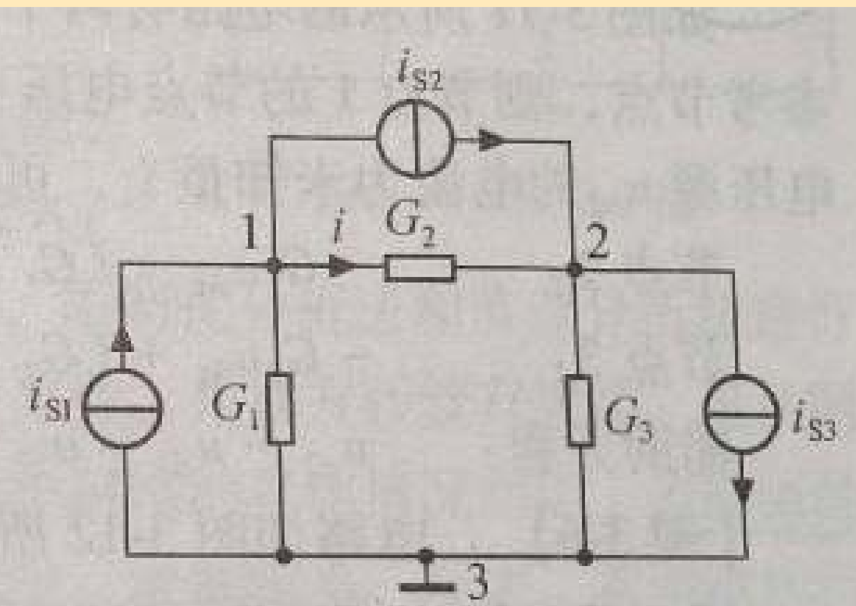


图 3-9 例 3-5 图

【例 3-5】 电路如图 3-9 所示，已知 $i_{S1}=9A$，$i_{S2}=5A$，$i_{S3}=6A$，$G_1=1S$，$G_2=2S$，$G_3=1S$。试用节点分析法求电路中的电流 i。

解：选节点 3 为参考节点，则可列节点方程为

节点 1：$(G_1+G_2)u_{n1}-G_2u_{n2}=i_{S1}-i_{S2}$

节点 2：$-G_2u_{n1}+(G_2+G_3)u_{n2}=i_{S2}-i_{S3}$

代入数据，整理可得

$$3u_{n1}-2u_{n2}=\boxed{4}$$
$$-2u_{n1}+3u_{n2}=\boxed{-1}$$

由克莱姆法则可得

$$D=\begin{vmatrix}3 & -2\\ -2 & 3\end{vmatrix}=5,\quad D_1=\begin{vmatrix}4 & -2\\ -1 & 3\end{vmatrix}=10,\quad D_2=\begin{vmatrix}3 & 4\\ -2 & -1\end{vmatrix}=5$$

$$u_{n1}=\frac{D_1}{D}=\frac{10}{5}=2V,\quad u_{n2}=\frac{D_2}{D}=\frac{5}{5}=1V$$

故
$$i=G_2(u_{n1}-u_{n2})=2\times(2-1)=2A$$

从式（3-9）和例 3-5 可看出，如果网络由电流源和电阻组成，其节点方程左边系数行列式关于主对角线对称。利用这个特点，可检查所列节点方程的正确性。

$(G_1+G_2)\cdot U_{n1}-G_2U_{n2}=i_{s1}-i_{s2}$

$(G_2+G_3)U_{n2}-G_1U_{n1}=i_{s2}-i_{s3}$

置零操作
电压源短路
电流源开路。

CH4：

1、掌握叠加定理，会做例4-1，例4-2.（10分），会做作业4-5

2、掌握戴维南定理，会做例4-5。（10分）

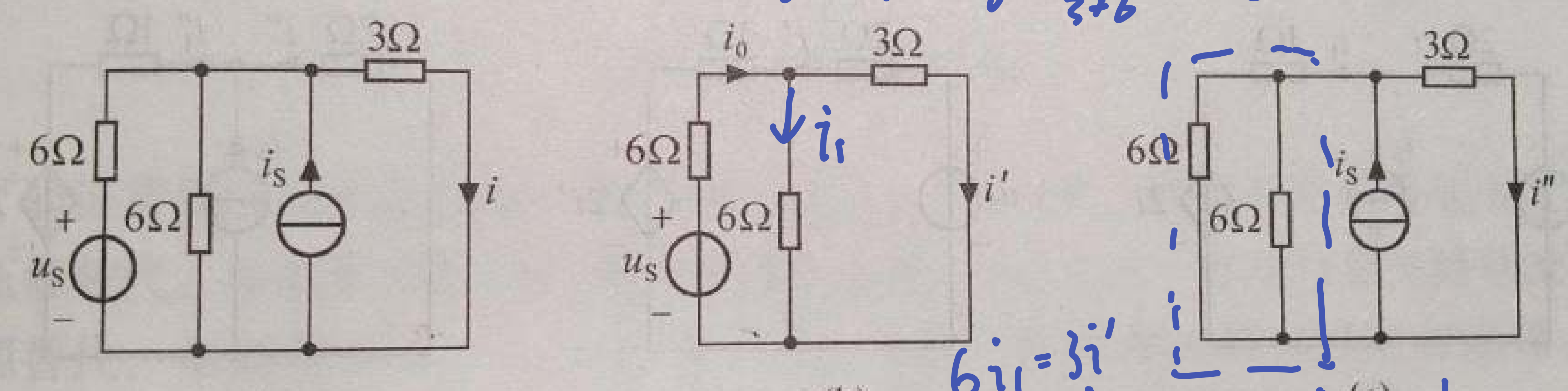
本卷受控源考12分。

会求不含受控源的戴维南等效电路。（加压求流法求含受控源等效电阻，并会结合一阶电路求时间常数）

详细分析见本PPT后面题目。

【例 4-1】 在图 4-1（a）所示的电路中，已知 $u_S=12V$，$i_S=6A$，试用叠加定理求支路电流 i。

$i_0 = \frac{12}{6+3\|6} = \frac{12}{6+\frac{3\times6}{3+6}} = \frac{12}{8} = \frac{3}{2}A$



$i'' = \frac{1}{2} i_s = 3A$

$6i_1 = 3i'$

$i' = 2i_1$

$i' + i_1 = i_0 = \frac{3}{2}A$

3Ω

图 4-1 例 4-1 图

$3i_1 = \frac{3}{2}A$

$i = i' + i'' = 4A.$

$i_1 = \frac{1}{2}A$

$i' = 1A.$

【例 4-2】 在图 4-2 所示网络中，N_0 为内部结构未知的线性无源网络。已知：当 $u_S=1V$，$i_S=1A$ 时，$u=0$；当 $u_S=10V$，$i_S=0$ 时，$u=1V$。试求当 $u_S=20V$，$i_S=10A$ 时，电压 u 为多少？

解 由线性网络的线性，响应 u 可表示为

$$u = k_1 u_S + k_2 i_S$$

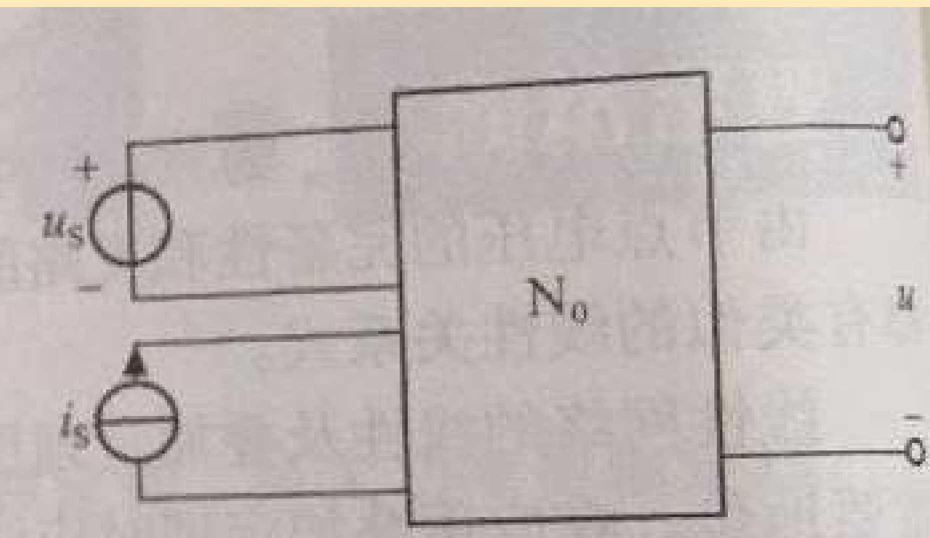


图 4-2 例 4-2 图

【例 4-5】 在图 4-8（a）所示的电路中，已知：$u_S = 12V$，$i_S = 4A$，$R_1 = 6\Omega$，$R_2 = 3\Omega$，$R_3 = 6\Omega$；试求电路 a、b 端的戴维南等效电路。

因此，可得所求戴维南等效电路如图 4-8（e）所示。

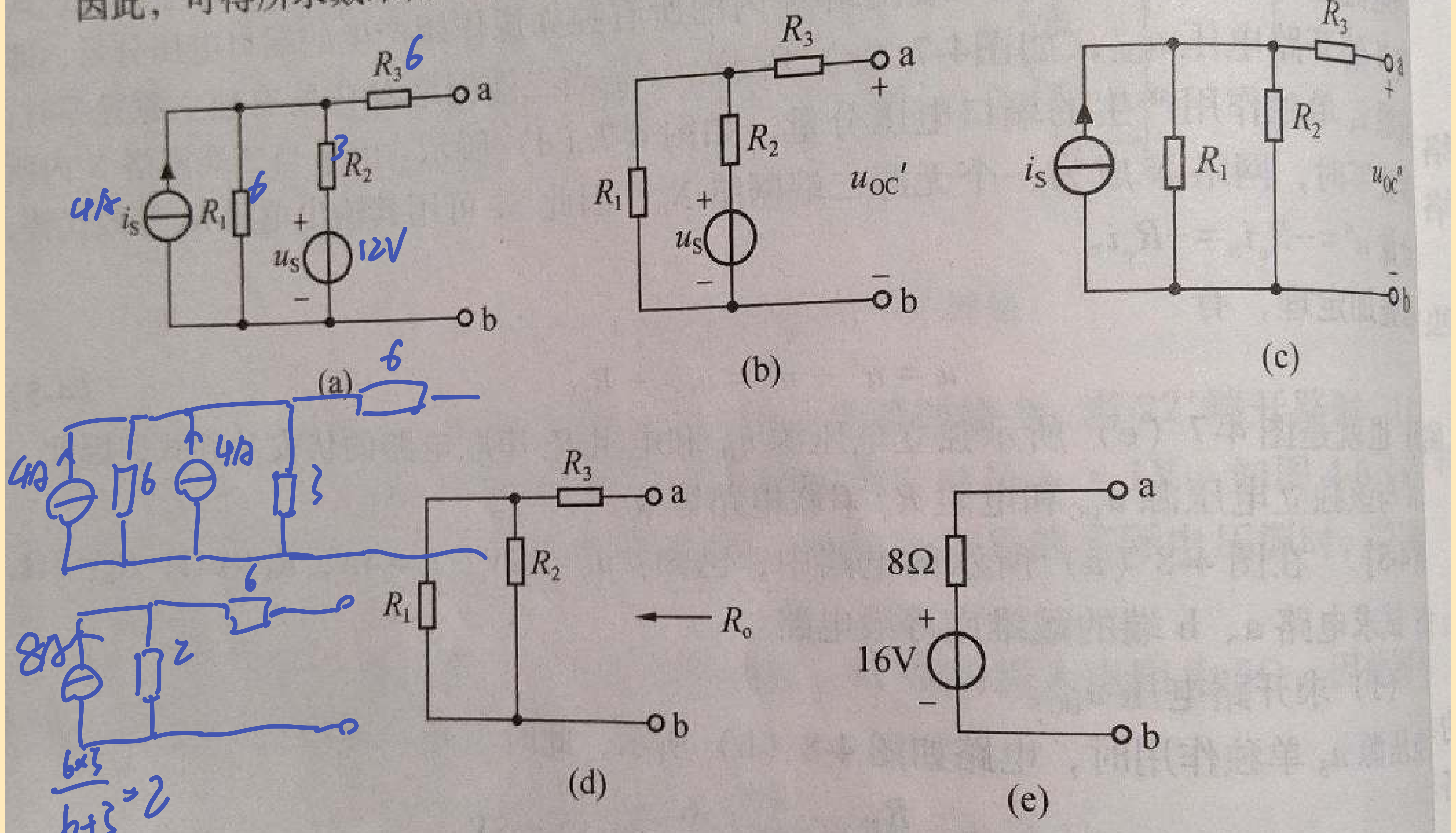
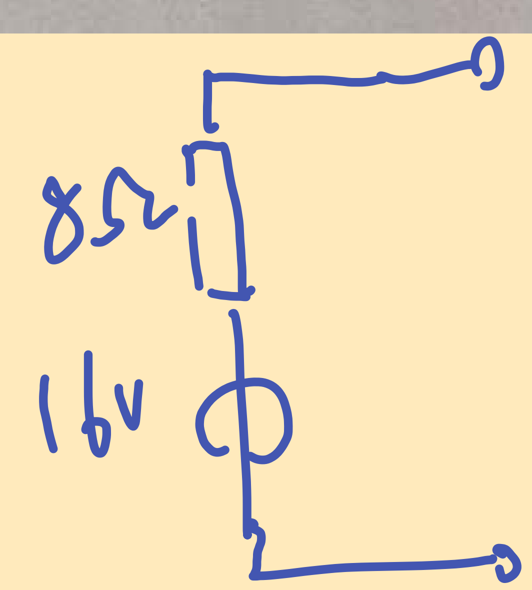


图 4-8 例 4-5 图



$u_x=k_1 i_{S1}+k_2 i_{S2}+\beta$

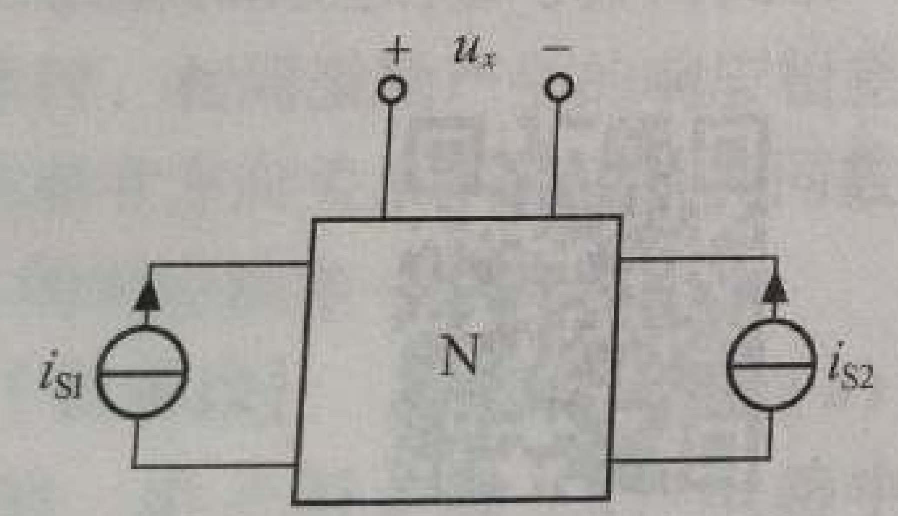
80V

4-5 （1）题图 4-5 所示的线性网络 N 只含电阻。若 $i_{S1}=8\text{A}$，$i_{S2}=12\text{A}$ 时，u_x =
若 $i_{S1}=-8\text{A}$，$i_{S2}=4\text{A}$ 时，$u_x=0\text{V}$。当 $i_{S1}=i_{S2}=20\text{A}$ 时，u_x 为多少？（2）若所示网络 N 含
立源，当 $i_{S1}=i_{S2}=0$ 时，$u_x=-40\text{V}$；所有（1）中的数据仍有效。当 $i_{S1}=i_{S2}=20\text{A}$ 时，电
为多少？

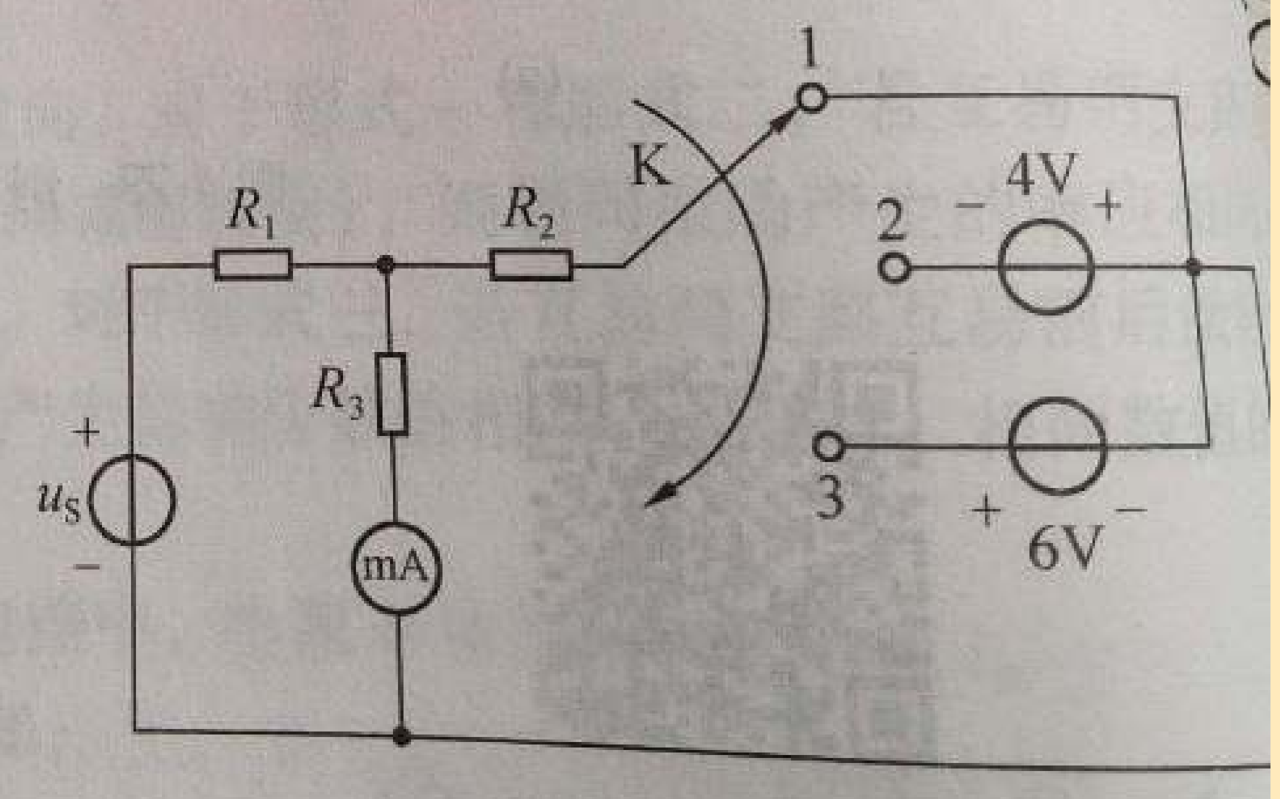
4-6 电路如题图 4-6 所示，当开关 K 合在位置 1 时，电流表读数为 40mA，当 K 合
置 2 时，电流表读数为 -60mA。试求 K 合在位置 3 时电流表的读数。

(1) $u_x=k_1 i_{s1}+k_2 i_{s2}$

(2) $u_x=k_1' i_{s1}+k_2' i_{s2}+\beta$.



题图 4-5



题图 4-6

(1) $u_x=k_1 i_{s1}+k_2 i_{s2}$

$$\begin{cases} 8k_1+12k_2=80 \\ -8k_1+4k_2=0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} k_1=\frac{5}{2} \\ k_2=5 \end{cases}$$

$$u_x\Big|_{i_{s1}=i_{s2}=20}=\frac{5}{2}\times 20+5\times 20 = 50+100=150\text{V}.$$

(2) $u_x=k_1 i_{s1}+k_2 i_{s2}+\beta$

$$\begin{cases} -40=\beta \\ 8k_1+12k_2+\beta=80 \\ -8k_1+4k_2+\beta=0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} k_1=0 \\ k_2=10 \end{cases}$$

$$u_x\Big|_{i_{s1}=i_{s2}=20}=20\times 10-40=160\text{V}.$$

CH6： 掌握三要素法

1、知道电容和电感的伏安关系。

电容 $\begin{cases} 关联 & i = C\dfrac{du}{dt} \\ 非关联 & i = -C\dfrac{du}{dt} \end{cases}$

电感 $\begin{cases} 关联 & u = L\dfrac{di}{dt} \\ 非关联 & u = -L\dfrac{di}{dt} \end{cases}$

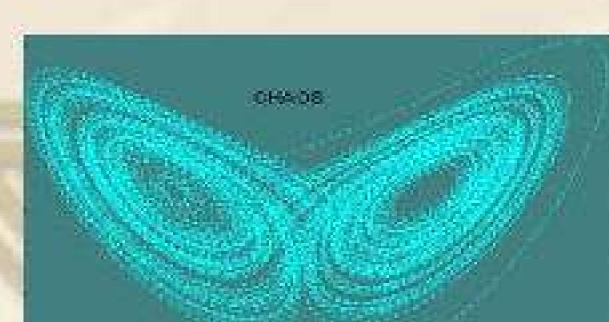
2、会用三要素法求解不含受控源电路的电压、电流,会用三要素法解例题6-8，作业6-20。（10分）

$$r(t) = r(\infty) + [r(t_0^+) - r(\infty)]e^{-\frac{1}{\tau}(t-t_0)},\quad t > t_0.$$

若换路时刻 $t_0 = 0$，则：

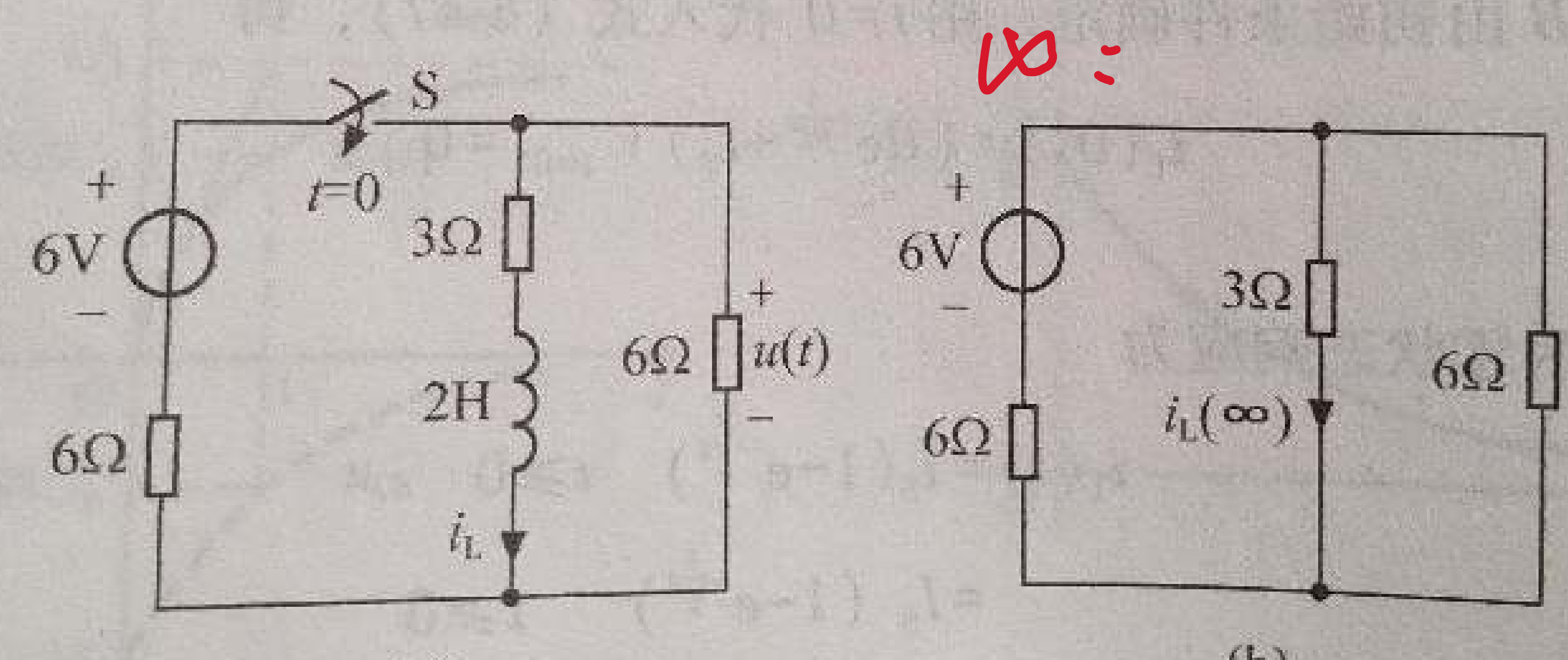
$$r(t) = r(\infty) + [r(0^+) - r(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}},\quad t > 0.$$

$$\tau = \frac{L}{R} = RC$$



【例 6-8】 电路如图 6-28（a）所示，电路原已处于稳态，$t=0$ 时开关 S 闭合，试求 $t\geq$ 0 时的 $i_L(t)$。

∞：



(a) (b)

图 6-28 例 6-8 图

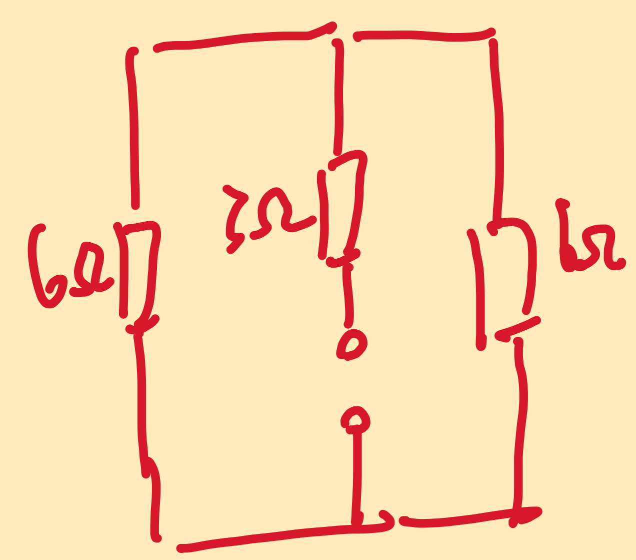
$t<0$ 时，$i_L(0^-)=0$

由换路定则，$i_L(0^+)=i_L(0^-)=0$

$t\to\infty$，电感相当于短路

$$i_L(\infty)=\frac{6}{6+3//6}\cdot\frac{6}{3+6}=0.5A.$$

电感所接电阻网络等效电阻为：



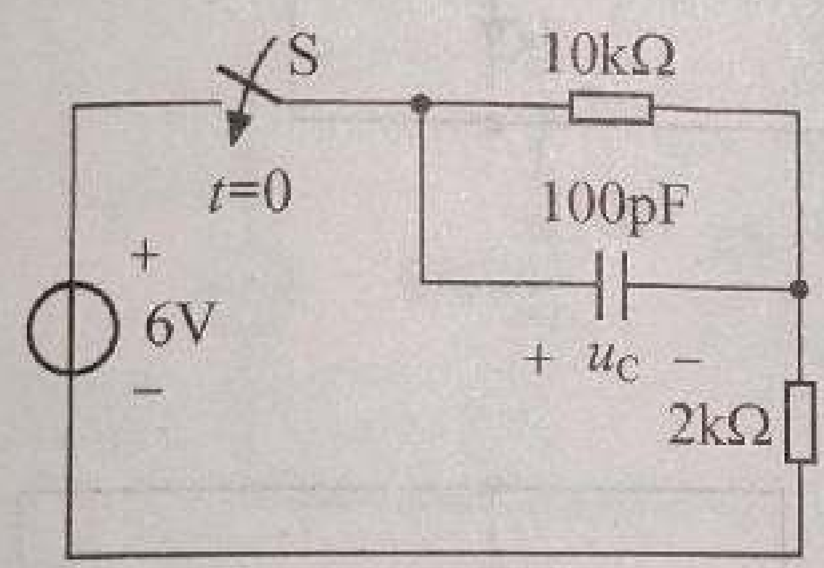
$$R=3+6//6=6\Omega$$

时间常数 $\tau=\frac{L}{R}=\frac{1}{3}s$

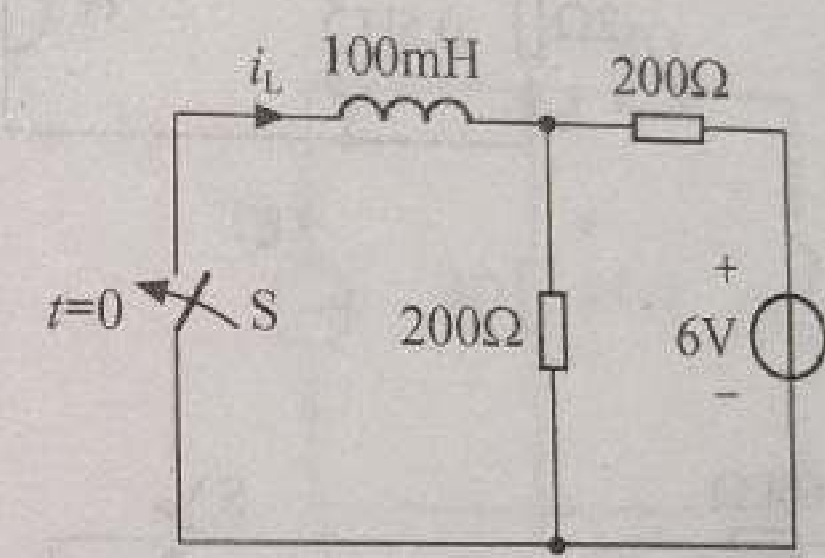
$$i_L(t)=0.5(1-e^{-3t})A,\ t\geq0.$$

……合上。试求 $t>0$ 时的电容电压 $u_C(t)$。

6-20 电路如图 6-20 所示，$t=0$ 时开关 S 闭合，若开关动作前电路已经稳定，试求 $t>0$ 时的 $i_L(t)$。

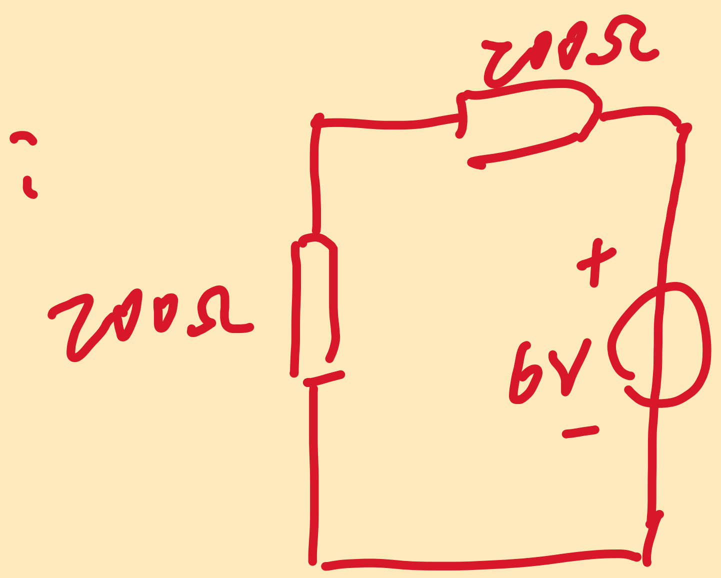


题图 6-19



题图 6-20

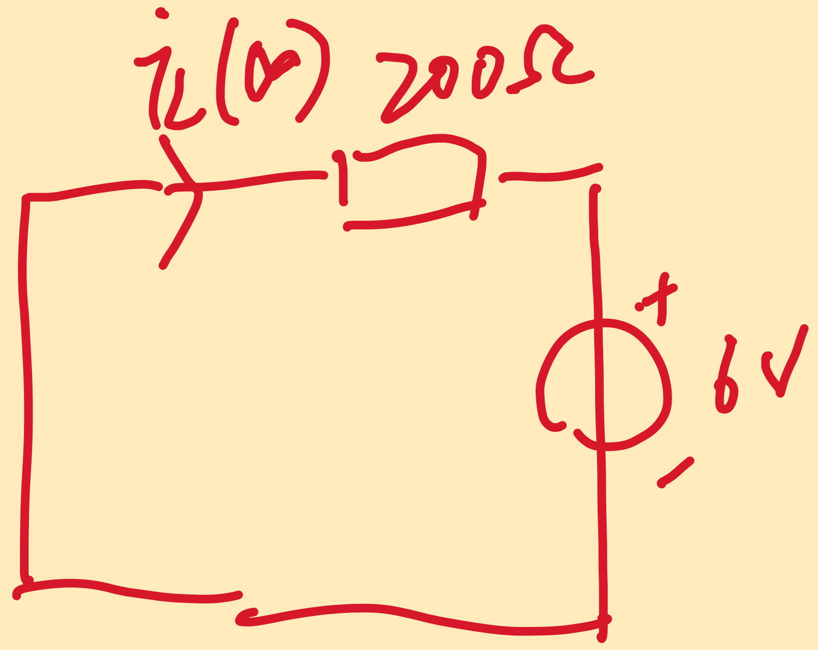
0^-:



$i_L(0^-)=0$

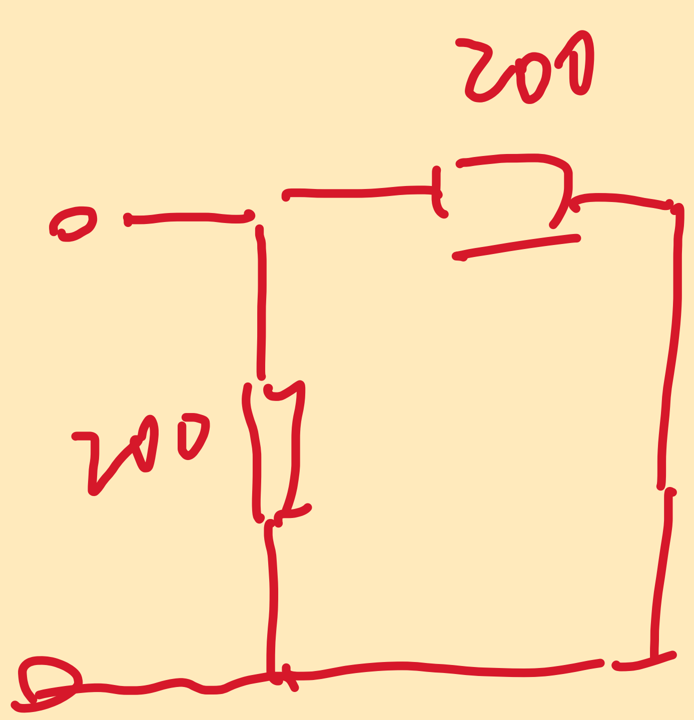
$i_L(0^+)=i_L(0^-)=0$.

∞:



$i_L(\infty)=\frac{6}{200}=0.03A$.

$\tau=\frac{L}{R}=\frac{0.1}{100}=0.001s$



$R=100\Omega$

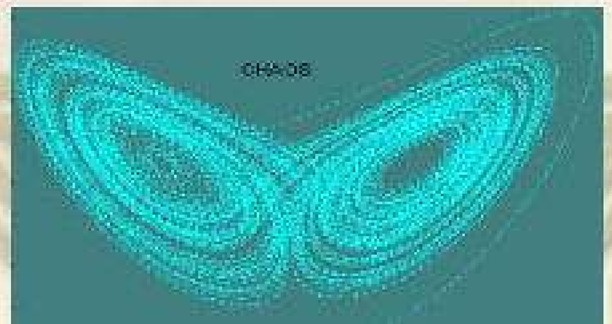
$i_L(t)=0.03+[0-0.03]e^{-1000t}$

CH8：相量法

1、会写出一个正弦函数的振幅相量、有效值相量形式，含极坐标形式、直角坐标形式，三角函数形式、指数函数形式。会做例8-5.

2、会做例题8-9，例8-10，例8-11，例8-12，例8-13

3、熟记有功功率公式当给定电压和电流时，会计算P,会做作业8-25.



它们的相量图如图 8-6 所示。　　图 8-6

【例 8-5】　已知同频正弦电压相量为

$$\dot{U}_1 = 3 + j4\text{V}, \quad \dot{U}_2 = -3 + j4\text{V}, \quad \dot{U}_3 = 3 - j4\text{V}$$

频率 $f = 50\text{Hz}$ 。试写出它们对应的函数表达式。

$= 2\pi f = 100\pi \text{rad/s} \approx 314\text{rad/s}$

$f = 50\text{Hz}$, $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50}$

$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = 100\pi \text{ rad/s}$

$u_1 = 5\sqrt{2}\cos(100\pi t + 53.1^\circ)$

$u_2 = 5\sqrt{2}\cos(100\pi t + 126.9^\circ)$

$u_3 = 5\sqrt{2}\cos(100\pi t - 53.1^\circ)$.

【例 8-9】 在图8-13所示的正弦稳态电路中，已知 $u(t)=60\sqrt{2}\cos 10^3 t\,\mathrm{V}$，$R=15\Omega$，$L=10\mathrm{mH}$，$C=50\mu\mathrm{F}$。试求电流 $i(t)$。

解 由题可知

$$\dot U = 60\angle 0°\,\mathrm{V}$$

$$X_L=\omega L = 10^3\times10\times10^{-3}=10\Omega$$

$$X_C=\frac{1}{\omega C}=\frac{1}{10^3\times50\times10^{-6}}=20\Omega$$

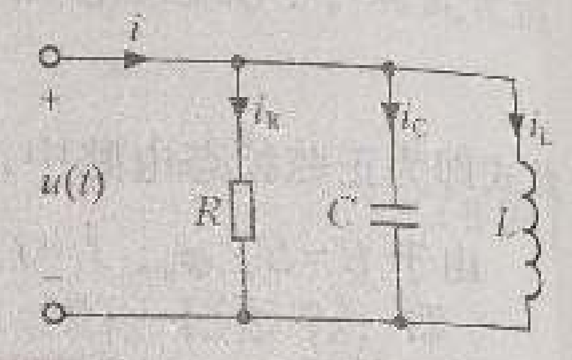


图 8-13 例 8-9 图

利用 R、L 和 C 元件伏安关系的相量形式，可得各支路电流为

$$\dot I_R=\frac{\dot U}{R}=\frac{60\angle 0°}{15}=4\angle 0°\,\mathrm{A}$$

$$\dot I_C=\frac{\dot U}{-\mathrm{j}X_C}=\frac{60\angle 0°}{-\mathrm{j}20}=\mathrm{j}3\,\mathrm{A}$$

$$\dot I_L=\frac{\dot U}{\mathrm{j}X_L}=\frac{60\angle 0°}{\mathrm{j}10}=-\mathrm{j}6\,\mathrm{A}$$

由 KCL 的相量形式，可得电流 $i(t)$ 的相量为

$$\dot I=\dot I_R+\dot I_C+\dot I_L=4+\mathrm{j}3-\mathrm{j}6=4-\mathrm{j}3=5\angle -36.9°\,\mathrm{A}$$

故 $$i(t)=5\sqrt{2}\cos(10^3 t-36.9°)\,\mathrm{A}$$

$u(t)=U_m\cos(\omega t+\varphi_0)$

$U_m=60\sqrt{2}\,V$, $U=60V$

$\omega=10^3\ rad/s.$ $\varphi_0=0$

$\dot U=60\angle 0°\,V$

$Z_L=j\omega L=j10^3\times10\times10^{-3}\,\Omega$

$=j10\Omega=10\angle 90°\,\Omega$

$Z_C=\frac{1}{j\omega C}=\frac{1}{j10^3\times50\times10^{-6}}$

$=\frac{1}{j5\times10^{-2}}=-j20\Omega=-20\angle 90°$

$\dot I_R=\frac{\dot U}{R}=\frac{60\angle 0°}{15}=4\angle 0°A.=4A$

$\dot I_C=\frac{\dot U}{Z_C}=\frac{60\angle 0°}{-20\angle 90°}=-3\angle -90°A.$

$=3\angle 90°A$

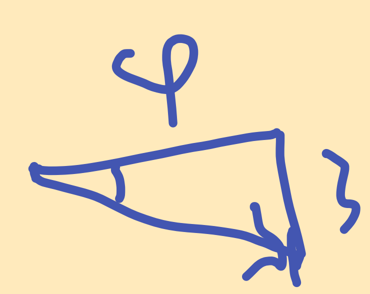
$=j3A.$

$\dot I_L=\frac{\dot U}{Z_L}=\frac{60\angle 0°}{10\angle 90°}=6\angle -90°A$

$=-j6A.$

$\dot I=\dot I_R+\dot I_C+\dot I_L=4-j3=5\angle -36.9°A.$

$i(t)=5\sqrt{2}\cos(10^3t-36.9°)A.$



【例 8-10】 在图8-15（a）所示的无源二端网络中，已知端口电压和电流分别为

$$u(t) = 10\sqrt{2}\cos(100t + 36.9°)\,\mathrm{V},\quad i(t) = 2\sqrt{2}\cos 100t\,\mathrm{A}$$

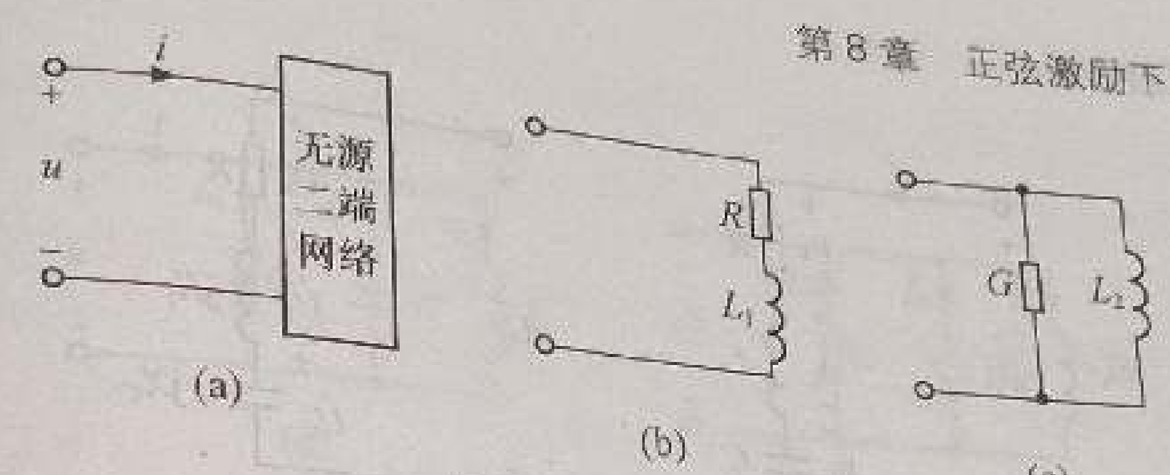


图 8-15 例 8-10 图

试求该二端网络的输入阻抗、导纳及其等效电路。

解 由题可得电压和电流相量为

$$\dot{U} = 10\angle 36.9°\,\mathrm{V},\quad \dot{I} = 2\angle 0°\,\mathrm{A}$$

由阻抗的定义

模相除，幅角相减。

$$Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = R + \mathrm{j}X = \frac{10\angle 36.9°}{2\angle 0°} = 5\angle 36.9° = 4 + \mathrm{j}3\,\Omega$$

$X = 3\Omega > 0$，电路呈感性，故等效电路为一个 $R = 4\Omega$ 的电阻与一个感抗 $X_L = 3\Omega$ 的电感元件的串联，其中等效电感为

$$L_1 = \frac{X_L}{\omega} = \frac{3}{100} = 0.03\,\mathrm{H}$$

由于 $Y = G + \mathrm{j}B = \frac{1}{Z} = \frac{1}{5\angle 36.9°} = 0.2\angle -36.9° = 0.16 - \mathrm{j}0.12\,\mathrm{S}$，$B = -0.12\,\mathrm{S} < 0$，电路呈感性，故电路可等效为一个 $G = 0.16\,\mathrm{S}$ 的电导与一个感纳 $B_L = 0.12\,\mathrm{S}$ 的电感元件的并联，其中等效电感为

$$L_2 = \frac{1}{\omega B_L} = \frac{1}{100 \times 0.12} = \frac{1}{12}\,\mathrm{H}$$

上述两种等效电路分别如图 8-15（b）和图 8-15（c）所示。

>0 感性，<0 容性

阻抗 $Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{U}{I}\angle(\psi_u - \psi_i)$

$= R + \mathrm{j}X$ 电阻 电抗

导纳 $Y = \frac{1}{Z} = G + \mathrm{j}B$ 电导 电纳 $(B = \frac{1}{X})$

电抗 X { 容抗 $X_C = \frac{1}{\omega C}$；感抗 $X_L = \omega L$

电纳 B { 容纳 $B_C = \frac{1}{X_C} = \omega C$；感纳 $B_L = \frac{1}{X_L} = \frac{1}{\omega L}$

R和G不一定为倒数关系。

$Z_L = \mathrm{j}\omega L = \mathrm{j}X_L$

$Z_C = \frac{1}{\mathrm{j}\omega C} = \frac{1}{\mathrm{j}}X_C$

$u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi_u)$

$= 10\sqrt{2} \cos(100t + 36.9°)$ V.

$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 10$ V, $\omega = 100$ rad/s

$\dot{U} = U\angle\varphi_u = 10\angle 36.9°$

$i(t) = I_m \cos(\omega t + \varphi_i)$

$= 2\sqrt{2}\cos(100t + \varphi_i)$

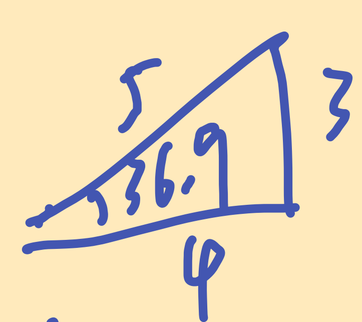
$I_m = 2\sqrt{2}$ A

$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 2$ A, $\varphi_i = 0°$

$\dot{I} = I\angle\varphi_i = 2\angle 0°$ A

$Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{10\angle 36.9°}{2\angle 0°} = 5\angle 36.9° = 4 + j3\ \Omega$

呈感性



$Z = R + jX_L = R + j\omega L$

$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{3}{100} = 0.03$ H, $R = 4\Omega$

等效电路为一个 4Ω 的电阻

和一个 0.03H 的电感串联

$Y = \frac{1}{Z} = \frac{1}{4+j3}$

$= \frac{4-j3}{25}$

$= \frac{4}{25} - j\frac{3}{25}$ S

$B_L = \frac{1}{X_L} = \frac{1}{\omega L}$

$Y = G + jB = G + j\frac{1}{\omega L}$

$I_B = I \mid \sin\theta_Y \mid$]

$C = 1\times10^{-6}F$

【例 8-11】 在图 8-18（a）所示 RLC 串联电路中，已知 $R=100\Omega$，$L=20mH$，$C=1\mu F$，

$L = 2\times10^{-2}H$

$U=100$ $\varphi_{u0}=30^\circ$ $\omega=10^4$

端电压 $u(t) = 100\sqrt{2}\cos(10^4 t + 30°)$ V，试求电路中的电流和各元件上的电压。

$\dot{U} = 100\angle30^\circ V$

解 由题可得

$$\dot{U} = 100\angle30°\text{V}$$

$$X_L = \omega L = 10^4 \times 20 \times 10^{-3} = 200\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{10^4 \times 1 \times 10^{-6}} = 100\Omega$$

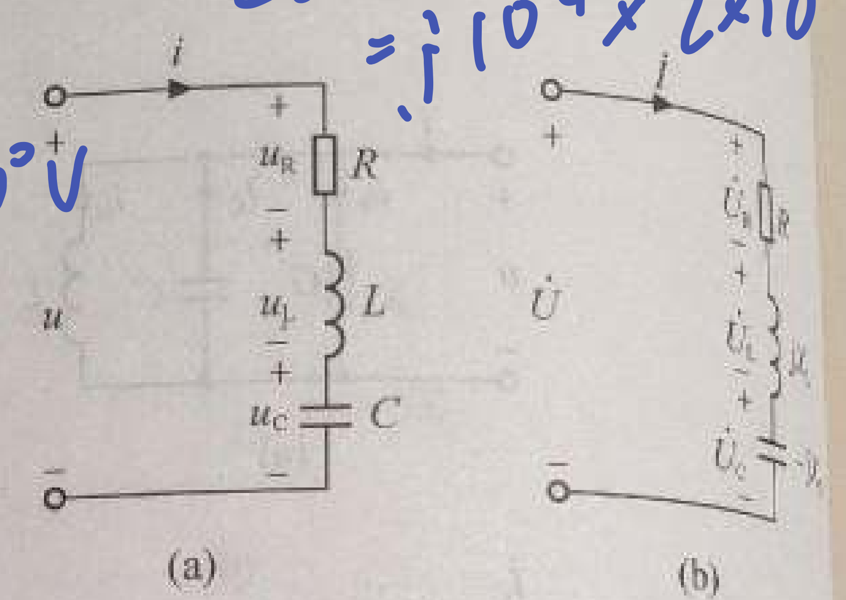


图 8-18 例 8-11 图

可作出电路的相量模型如图 8-18（b）所示。其输入阻抗为

$$Z = R + j(X_L - X_C) = 100 + j(200 - 100) = 100 + j100\Omega$$

因此

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{Z} = \frac{100\angle30°}{100 + j100} = \frac{100\angle30°}{100\sqrt{2}\angle45°} = \frac{1}{\sqrt{2}}\angle -15°\text{A}$$

$$\dot{U}_R = R\dot{I} = \frac{100}{\sqrt{2}}\angle -15°\text{V}$$

$$\dot{U}_L = jX_L\dot{I} = j200 \times \frac{1}{\sqrt{2}}\angle -15° = \frac{200}{\sqrt{2}}\angle 75°\text{V}$$

$$\dot{U}_C = -jX_C\dot{I} = -j100 \times \frac{1}{\sqrt{2}}\angle -15° = \frac{100}{\sqrt{2}}\angle -105°\text{V}$$

电流和电压的瞬时表达式为

$$i(t) = \cos(10^4 t - 15°)\text{A}$$
$$u_R(t) = 100\cos(10^4 t - 15°)\text{V}$$
$$u_L(t) = 200\cos(10^4 t + 75°)\text{V}$$
$$u_C(t) = 100\cos(10^4 t - 105°)\text{V}$$

记得转化为这个形式

$$Z_L = j\omega L = j10^4 \times 2\times10^{-2} = j200\Omega = 200\angle90^\circ\Omega$$

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j10^4\times10^{-6}} = -j100\Omega = \cancel{-100\angle90^\circ}\Omega$$

$100\angle-90^\circ\Omega$ ← 有效值非负

$$Z = R + Z_L + Z_C = 100 + j100\Omega = 100\sqrt{2}\angle45^\circ\Omega$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{Z} = \frac{100\angle30^\circ}{100\sqrt{2}\angle45^\circ}\Omega = \frac{\sqrt{2}}{2}\angle-15^\circ\Omega$$

$$\dot{U}_R = R\dot{I} = 50\sqrt{2}\angle-15^\circ V$$

$$\dot{U}_L = Z_L\dot{I} = 200\angle90^\circ\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}\angle-15^\circ = 100\sqrt{2}\angle75^\circ V$$

$$\dot{U}_C = Z_C\dot{I} = \cancel{-100\angle90^\circ}\ 100\angle-90^\circ\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}\angle-15^\circ = 50\sqrt{2}\angle-105^\circ V.$$

$$u_C(t)=100\cos(10^4t-105°)\text{V}$$

【例 8-12】 GCL 并联电路中，已知端口电流及流过电感和电容上电流的有效值分别为 $I=5\text{A}$，$I_C=9\text{A}$，$I_L=6\text{A}$，试求电导上电流的有效值 I_G。

解 在 GCL 并联电路中，$\dot{I}$、$\dot{I}_G$ 和 $\dot{I}_B$ 构成电流直角三角形，它们的有效值 I、I_G 和 I_B 之间关系为

$$I=\sqrt{I_G^{\ 2}+I_B^{\ 2}}$$

由于 $\dot{I}_C$ 与 $\dot{I}_L$ 的相位相差 180°，故 $I_B=|I_C-I_L|=|9-6|=3\text{A}$，因此

$$I_G=\sqrt{I^2-I_B^{\ 2}}=\sqrt{5^2-3^2}=4\text{A}$$

……，其等效阻抗或导纳的计算，与电阻……方法在形式上完全相同。

【例 8-13】 在如图8-19 所示正弦稳态电路的相量模型中，已知 $R_1 = 8\Omega$，$X_{C1} = 6\Omega$，$R_2 = 3\Omega$，$X_{L2} = 4\Omega$；$R_3 = 5\Omega$，$X_{L3} = 10\Omega$。试求电路的输入阻抗 Z_{ab}。

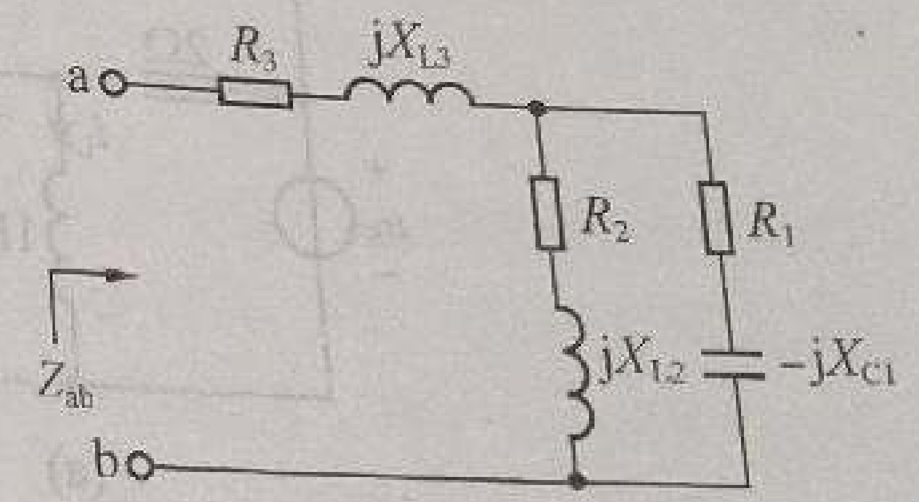


图 8-19 例 8-13 图

解 首先求出各支路的阻抗

$$Z_1 = R_1 - jX_{C1} = 8 - j6\Omega$$

$$Z_2 = R_2 + jX_{L2} = 3 + j4\Omega$$

$$Z_3 = R_3 + jX_{L3} = 5 + j10\Omega$$

利用阻抗的串、并联关系可得输入阻抗

$$Z_{ab} = Z_3 + \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$= 5 + j10 + \frac{(8 - j6)(3 + j4)}{(8 - j6) + (3 + j4)}$$

$$= 5 + j10 + 4 + j2 = 9 + j12\Omega$$

8-25 已知关联参考方向下的无源二端网络的端口电压 $u(t)$，电流 $i(t)$ 分别为

(1) $u(t) = 20\cos 314t\,\mathrm{V}$，$i(t) = 0.3\cos 314t\,\mathrm{A}$；

(2) $u(t) = 10\cos(100t + 70°)\,\mathrm{V}$，$i(t) = 2\cos(100t + 40°)\,\mathrm{A}$。

(3) $u(t) = 10\cos(100t + 20°)\,\mathrm{V}$，$i(t) = 2\cos(100t + 50°)\,\mathrm{A}$。

试求各种情况下的 P、Q 和 S。

平均功率/有功功率/功率

$$P = UI\cos\theta_z = I^2R \quad (\theta_z = \psi_u - \psi_i) \longrightarrow W$$

无功功率

$$Q = UI\sin\theta_z \longrightarrow Var$$

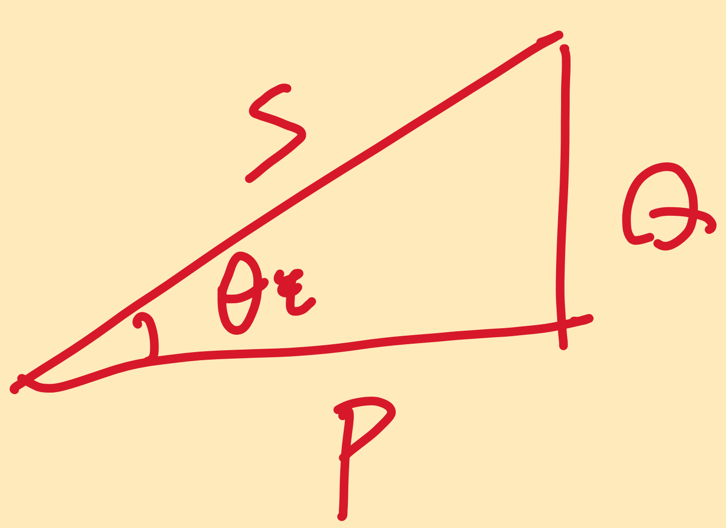
视在功率

$$S = UI \longrightarrow VA$$

功率因数

$$pf = \frac{P}{S} = \cos\theta_z$$

功率三角形：



(1) $u(t) = 20\cos 314t\ V$

$= 10\sqrt{2}\cdot\sqrt{2}\cos 314t\ V.$

$\dot{U} = 10\sqrt{2}\angle 0°\ V$

$i(t) = \frac{3}{10\sqrt{2}}\cdot\sqrt{2}\cos 314t\ A$

$= \frac{3\sqrt{2}}{20}\cdot\sqrt{2}\cos 314t\ A$

$\dot{I} = \frac{3\sqrt{2}}{20}\angle 0°\ A.$

$\theta_z = 0°$

$P = UI\cos\theta_z \longrightarrow W$

$Q = UI\sin\theta_z \longrightarrow Var$

$S = UI \longrightarrow VA$

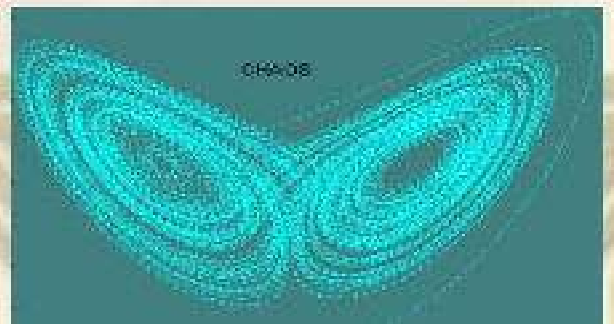
CH10: 谐振电路（10分）

$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

1、知道串联谐振概念，掌握书中10.3.1小节，10.4.1小节，并联谐振

理解公式(10-29)，(10-30)，(10-31)，(10-32)

给定R、L、C三个原件数值，会计算谐振频率和阻抗，会求电感和电容电压。不需要掌握其中的频率特性。



1. 谐振电路的特性阻抗和品质因数

RLC 串联谐振时的感抗等于容抗，称为串联谐振电路的特性阻抗，并用字母 ρ 表示。

$$\rho=\omega_0L=\frac{1}{\omega_0C}=\sqrt{\frac{L}{C}} \tag{10-25}$$

式（10-25）表明，特性阻抗 ρ 仅由电路的元件参数 L 和 C 决定，其单位为 Ω。

在工程中，通常用电路的特性阻抗与电路的电阻值之比来表征谐振电路的性质，此比值称为串联谐振电路的品质因数，记作 Q。

$$Q=\frac{\omega_0L}{R}=\frac{1}{\omega_0CR}=\frac{\rho}{R}=\frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} \tag{10-26}$$

可以看出，品质因数 Q 是仅由元件参数 R、L 和 C 决定的无量纲的常数。电路的元件值常称为一次参数，由元件值约束的参数习惯上称为二次参数。谐振角频率 ω_0、特性阻抗 ρ、品质因数 Q 是电路重要的二次参数。

RLC 电路发生串联谐振时，阻抗的电抗分量 $X=\omega_0L-\dfrac{1}{\omega_0C}=0$，故

$$Z_0=R+\mathrm{j}X=R=|Z|_{\min} \tag{10-27}$$

$$Y_0=\frac{1}{Z_0}=|Y|_{\max} \tag{10-28}$$

式（10-27）和式（10-28）表明，谐振时的阻抗和导纳为纯电阻性，且为阻抗模的最小值、导纳模的最大值。

特性阻抗

$\rho=\omega_0 L$

品质因数

$Q=\dfrac{\omega_0 L}{R}$

$\omega_0=\dfrac{1}{\sqrt{LC}}$

$\Rightarrow Q=\dfrac{1}{R}\sqrt{\dfrac{L}{C}}$.

2. 谐振时的电流和电压

RLC 串联谐振时的电流为

$$\dot{I}_0=\frac{\dot{U}_S}{Z_0}=\frac{\dot{U}_S}{R} \tag{10-29}$$

不仅电流与激励电压同相，而且电流达到最大值 I_0。

串联谐振时各元件上的电压分别为

$$\dot{U}_{R0}=R\dot{I}_0=R\frac{\dot{U}_S}{R}=\dot{U}_S \tag{10-30}$$

$$\dot{U}_{L0}=\mathrm{j}\omega_0L\dot{I}_0=\mathrm{j}\frac{\omega_0L}{R}\dot{U}_S=\mathrm{j}Q\dot{U}_S \tag{10-31}$$

$$\dot{U}_{C0}=\frac{1}{\mathrm{j}\omega_0C}\dot{I}_0=\frac{1}{\mathrm{j}\omega_0CR}\dot{U}_S=-\mathrm{j}Q\dot{U}_S \tag{10-32}$$

式（10-30）表明，谐振时，激励电压全部加在电阻两端。式（10-31）和式（10-32）表明，谐振时，电感和电容电压的相位相反、大小相同，均为激励的 Q 倍，即 $U_{L0}=U_{C0}=QU_S$。通信与无线技术中的串联谐振电路，一般 $R\ll\rho$，Q 值可达几十到几百。因此谐振时电感或电容上的电压可达激励电压的几十到几百倍，所以串联谐振有称电压谐振。

U_s：激励电压.

$\dot{U}_{L0}=jQ\dot{U}_s$

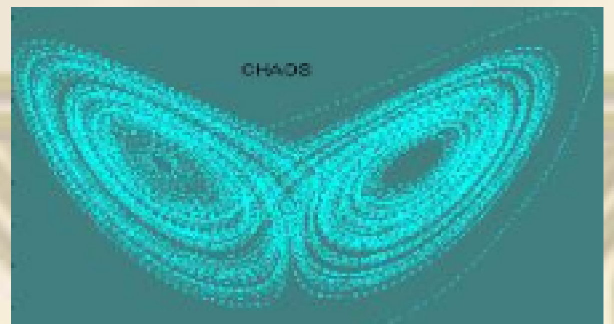
$\dot{U}_{C0}=\frac{1}{j}Q\dot{U}_s$

$U_{L0}=U_{C0}=QU_s$

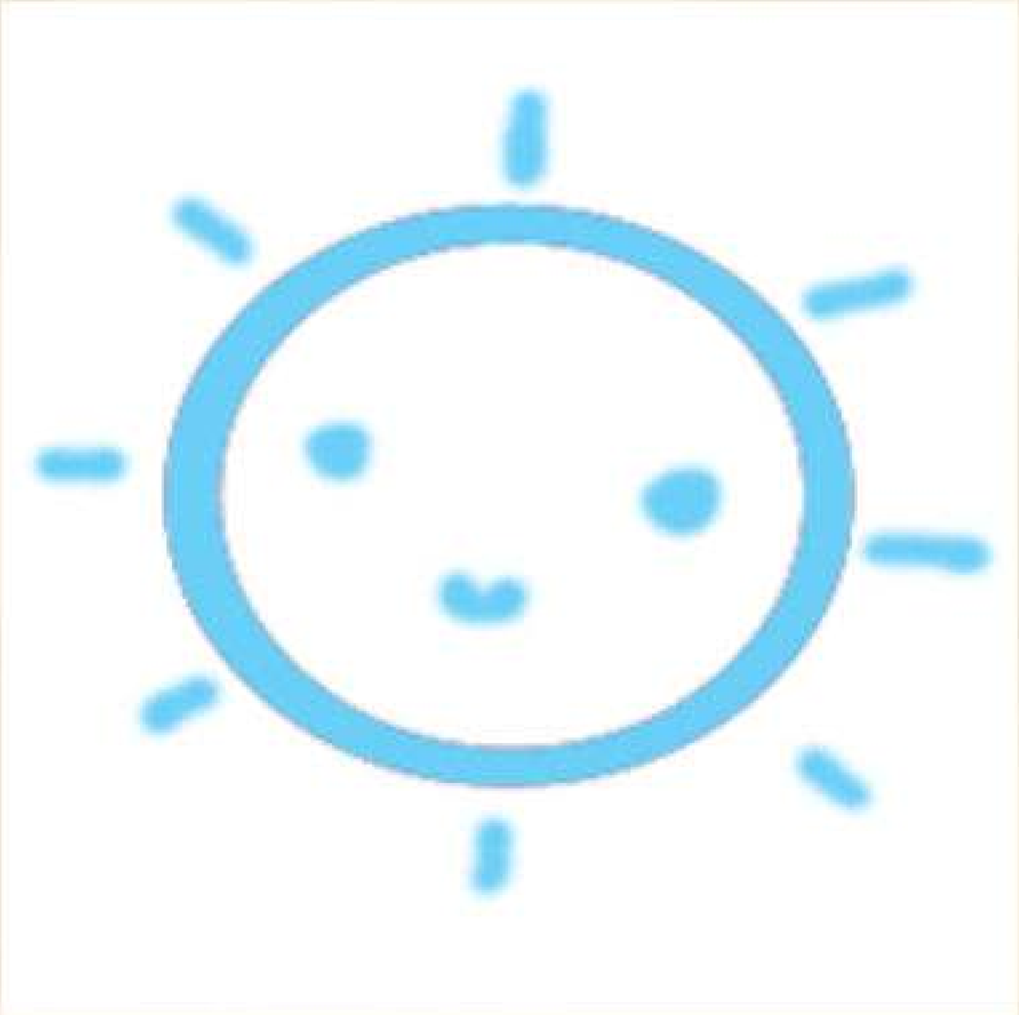
【注】1、以上内容包含了绝大部分考点很多题目都是其简单变形或具体应用，需要仔细理解，不能背题。

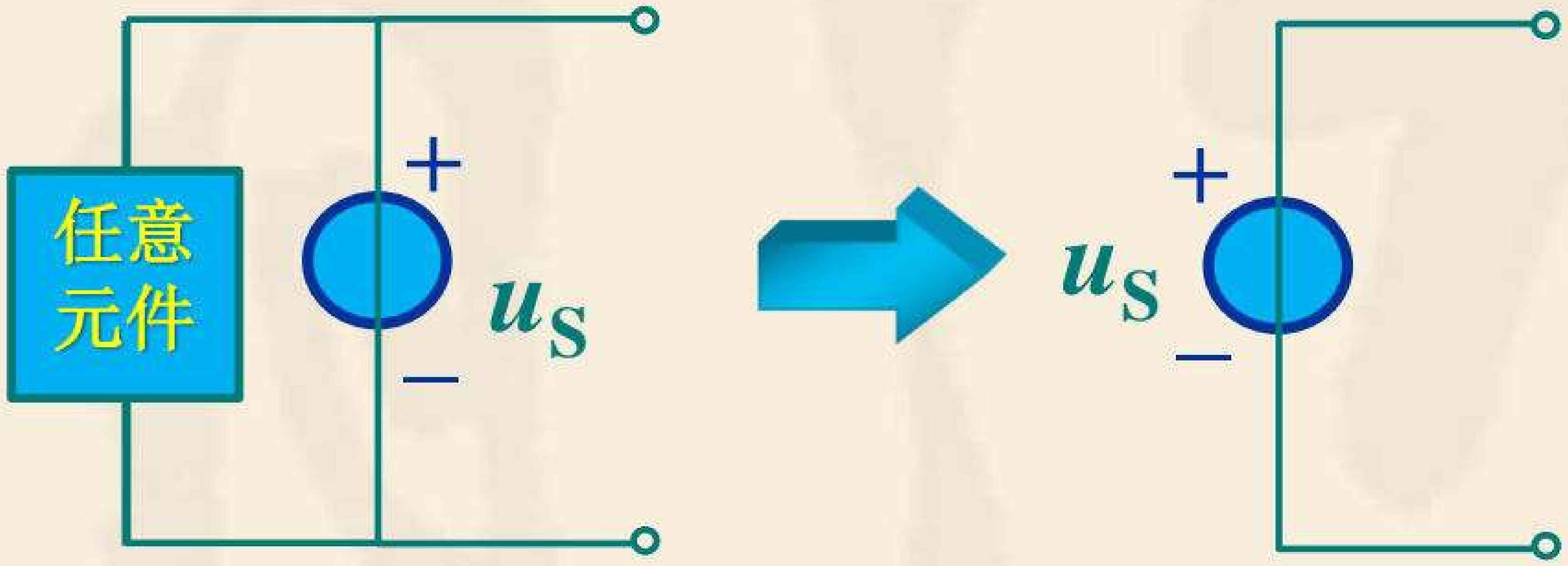
2、书上例题原题的简单变形题，和本PPT给的示范题的简单变形题约占80-90%。

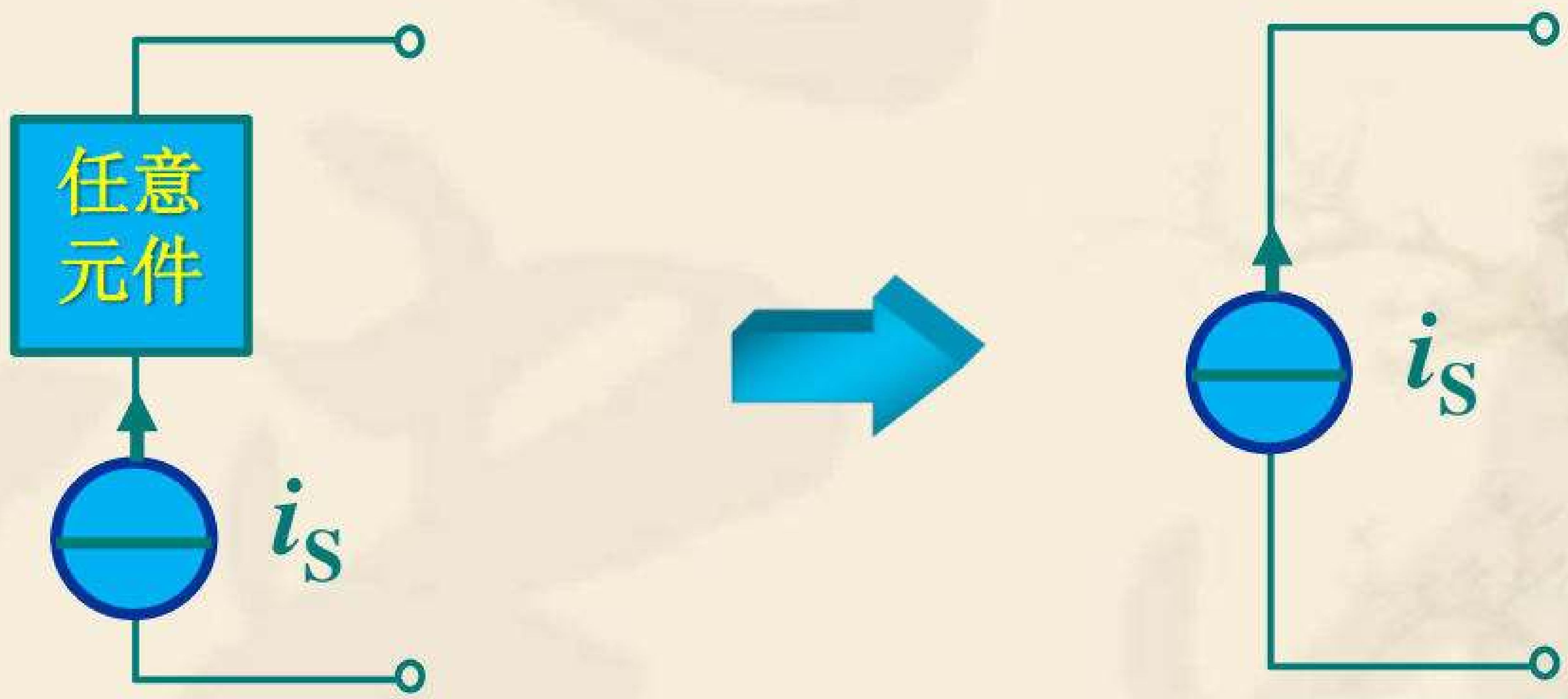
3.考试可带计算器。



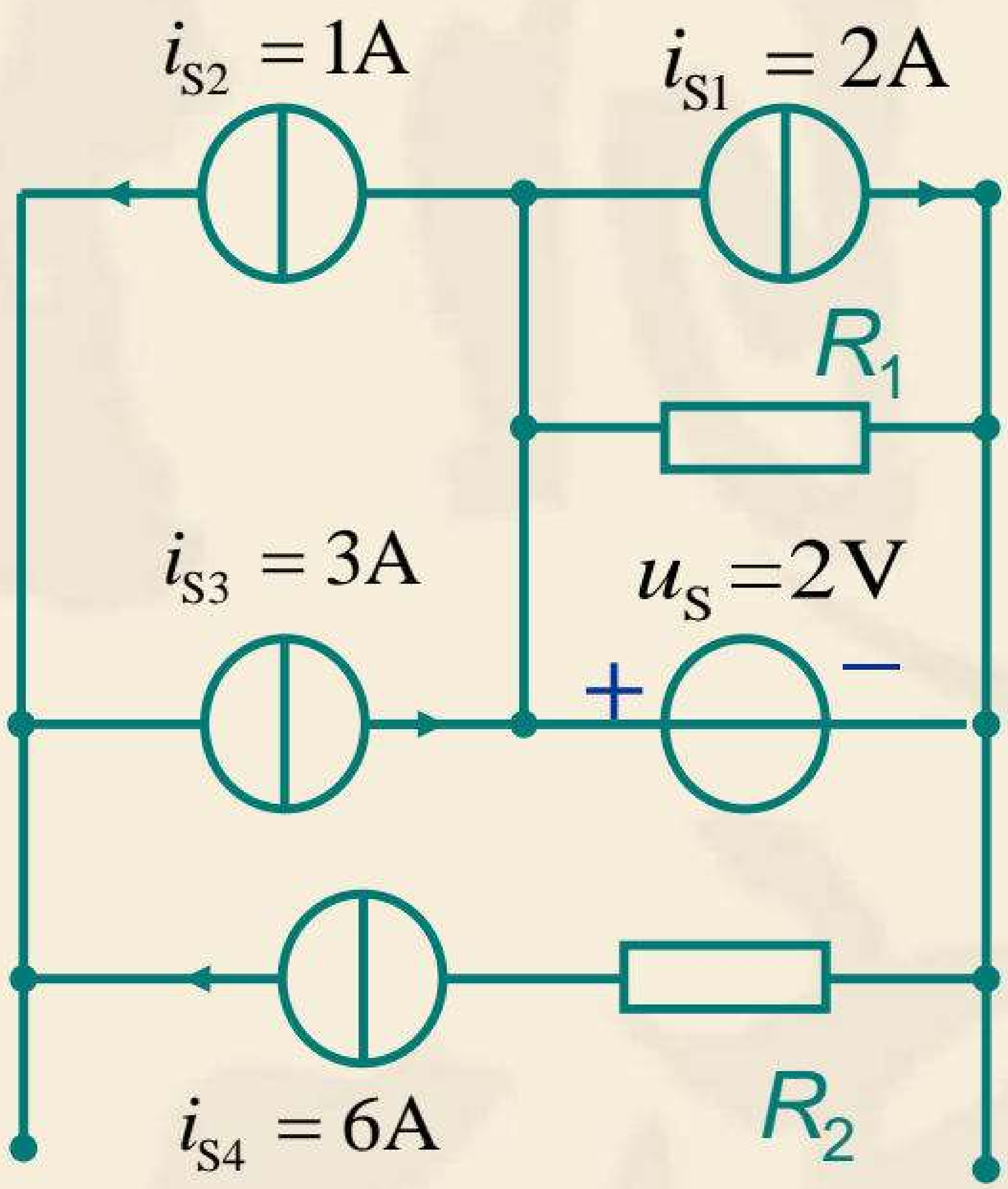
含独立源网络的等效变换

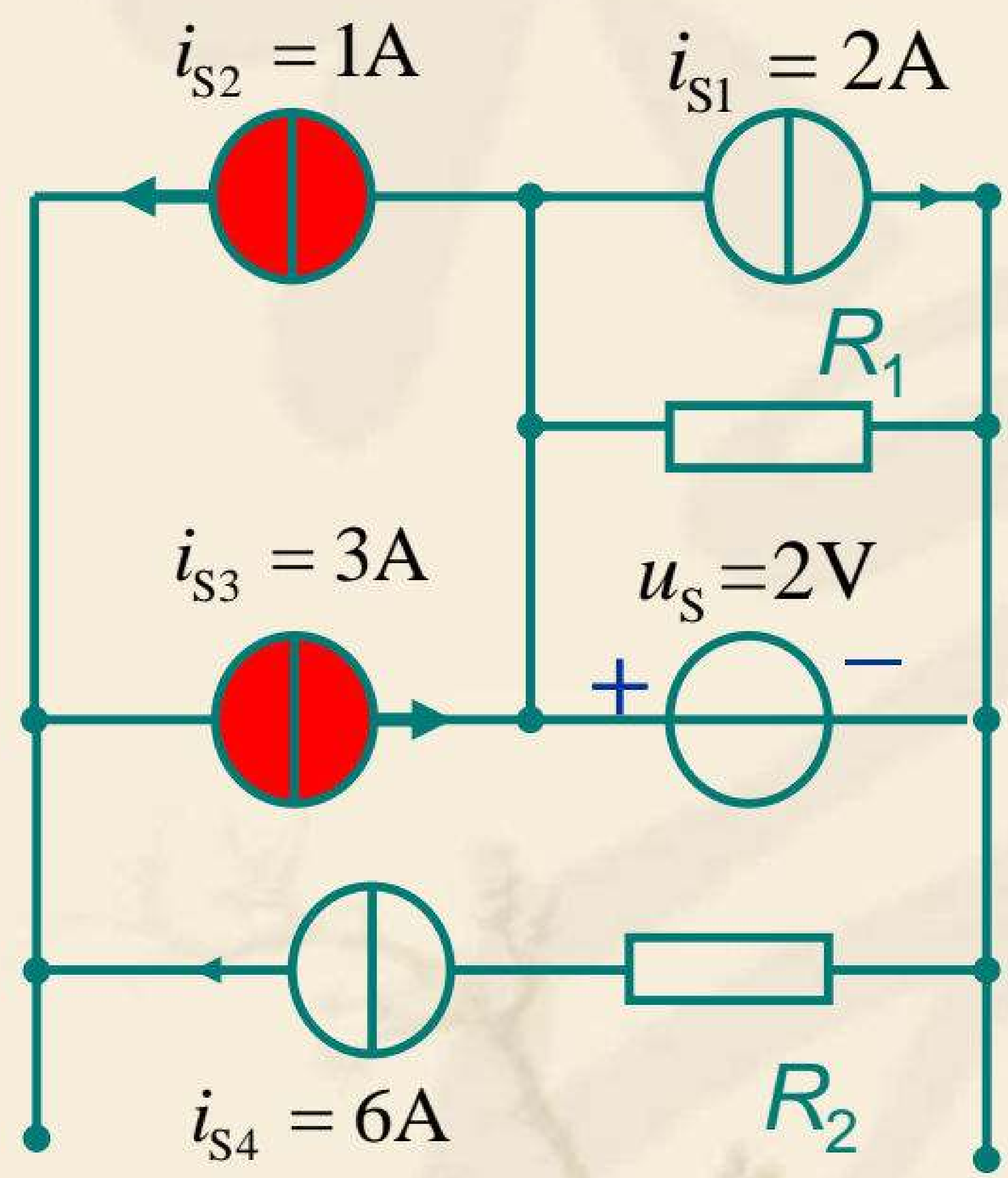




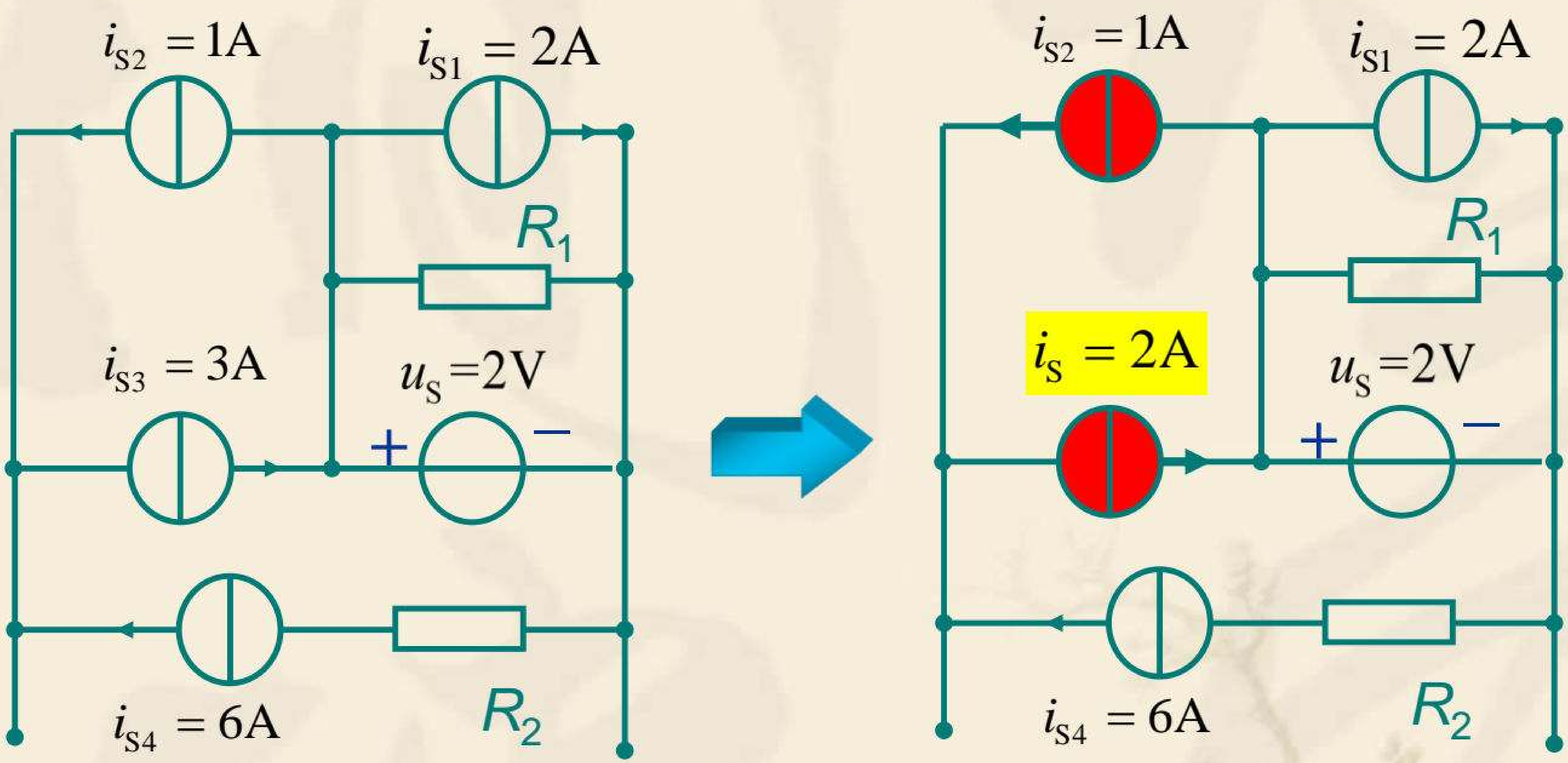


【例】将下图等效简化为一个电压源或者电流源。

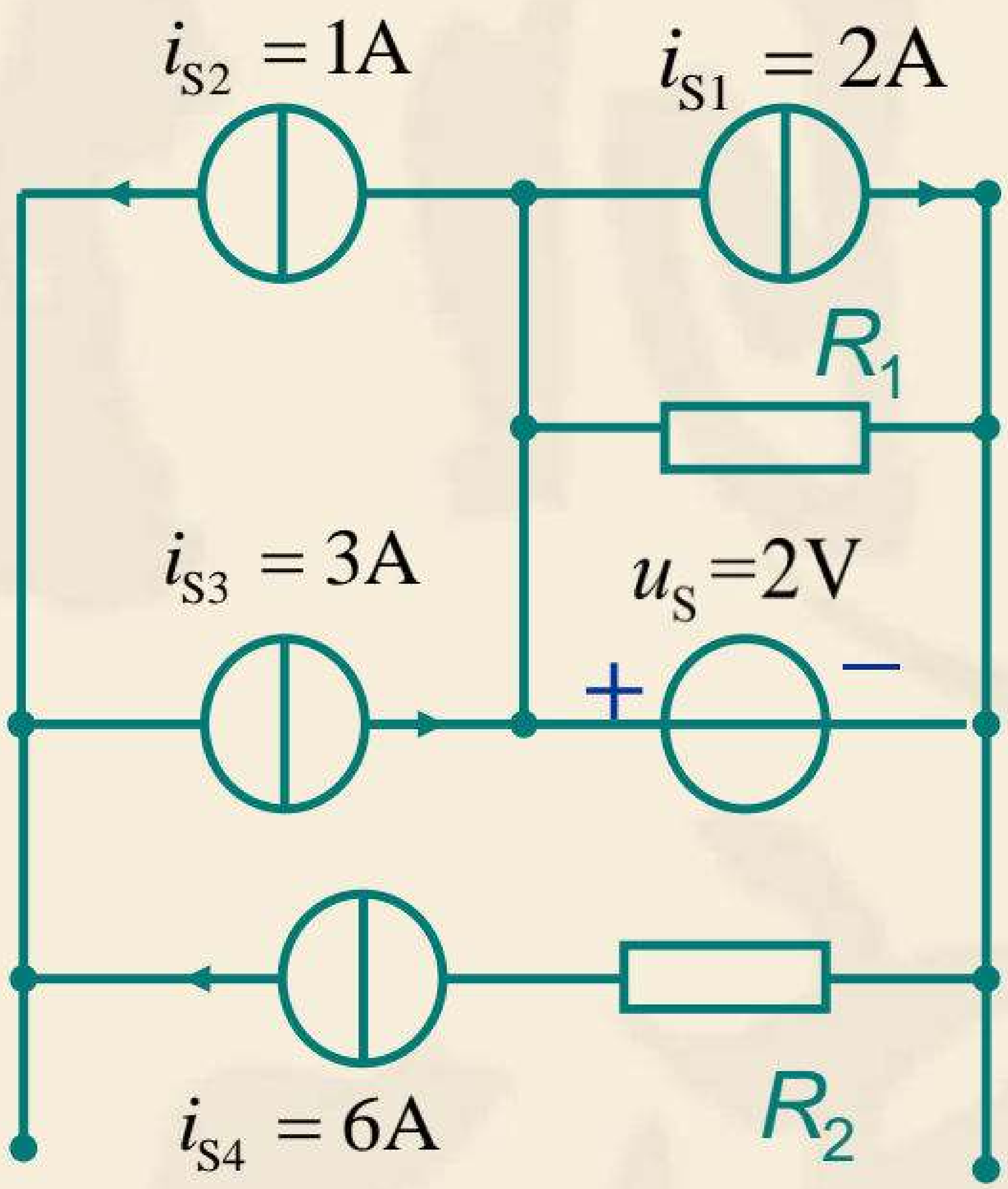


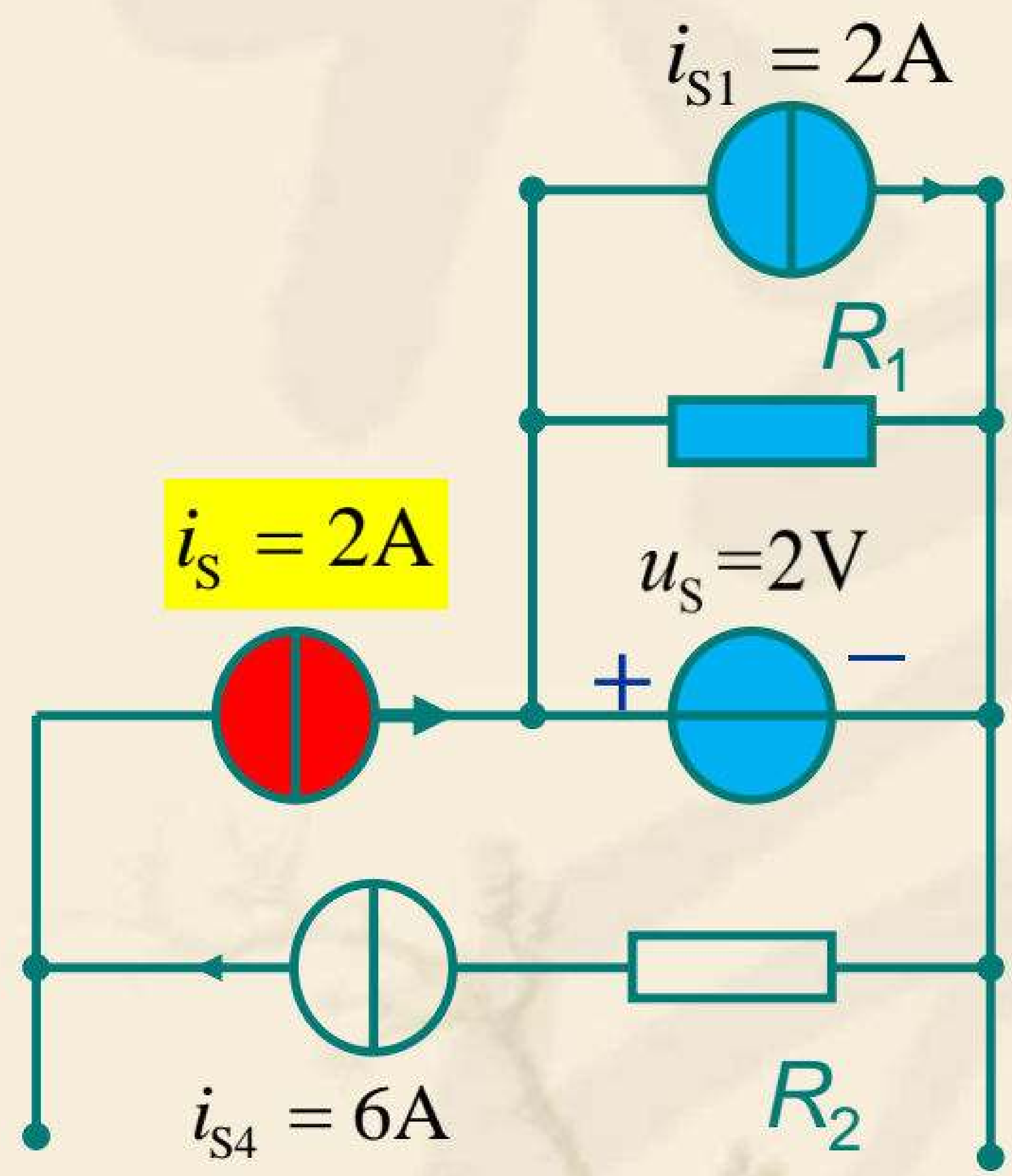


【例】将下图等效简化为一个电压源或者电流源。

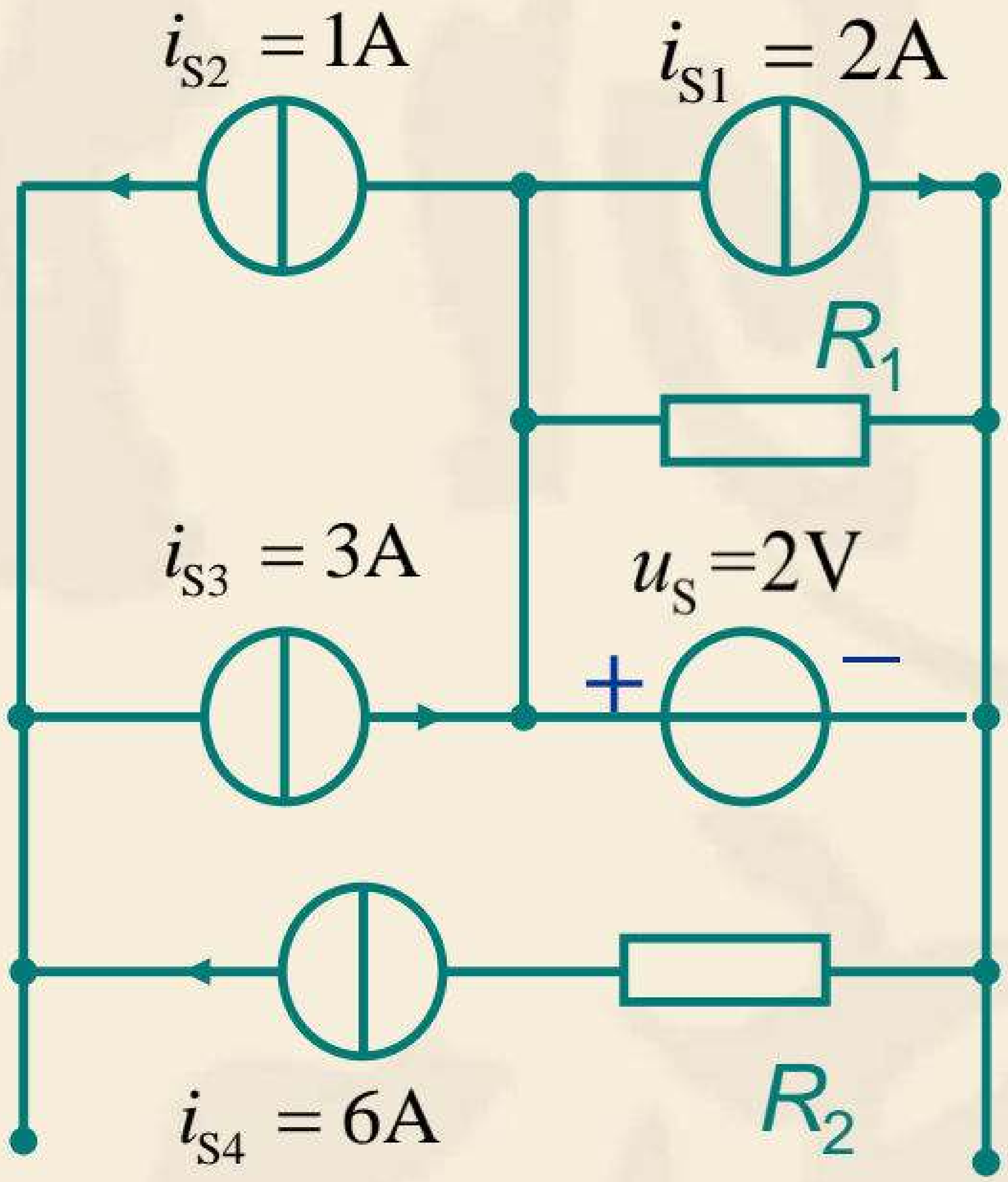


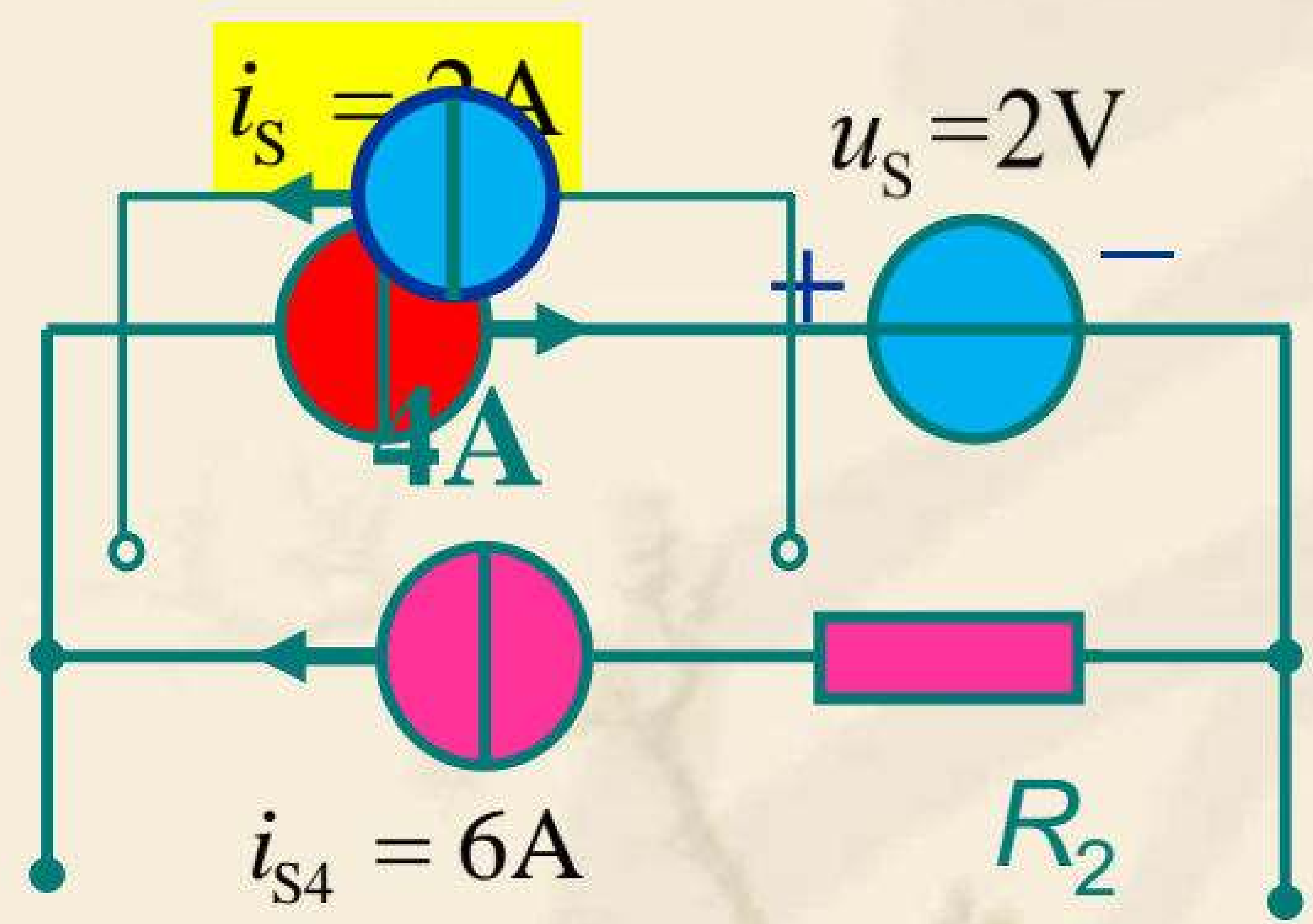
【例】将下图等效简化为一个电压源或者电流源。

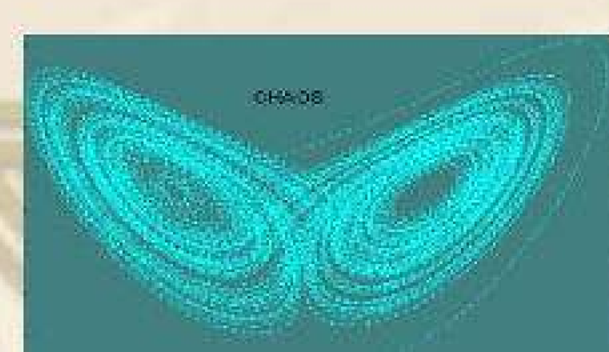




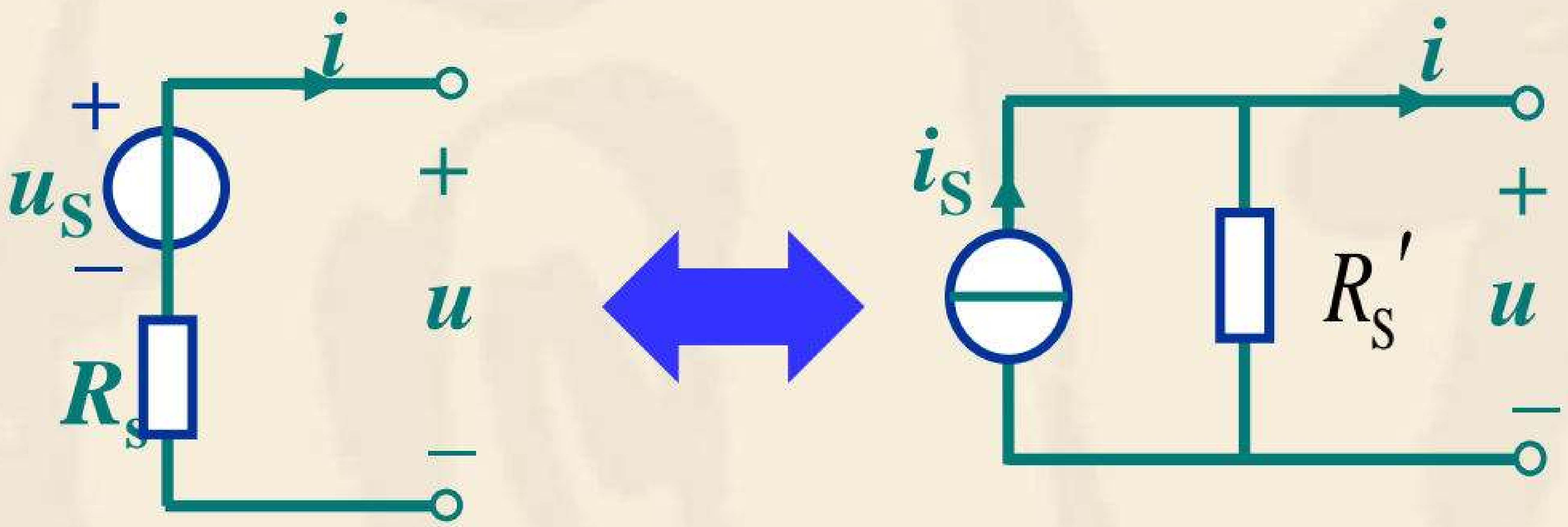
【例】将下图等效简化为一个电压源或者电流源。

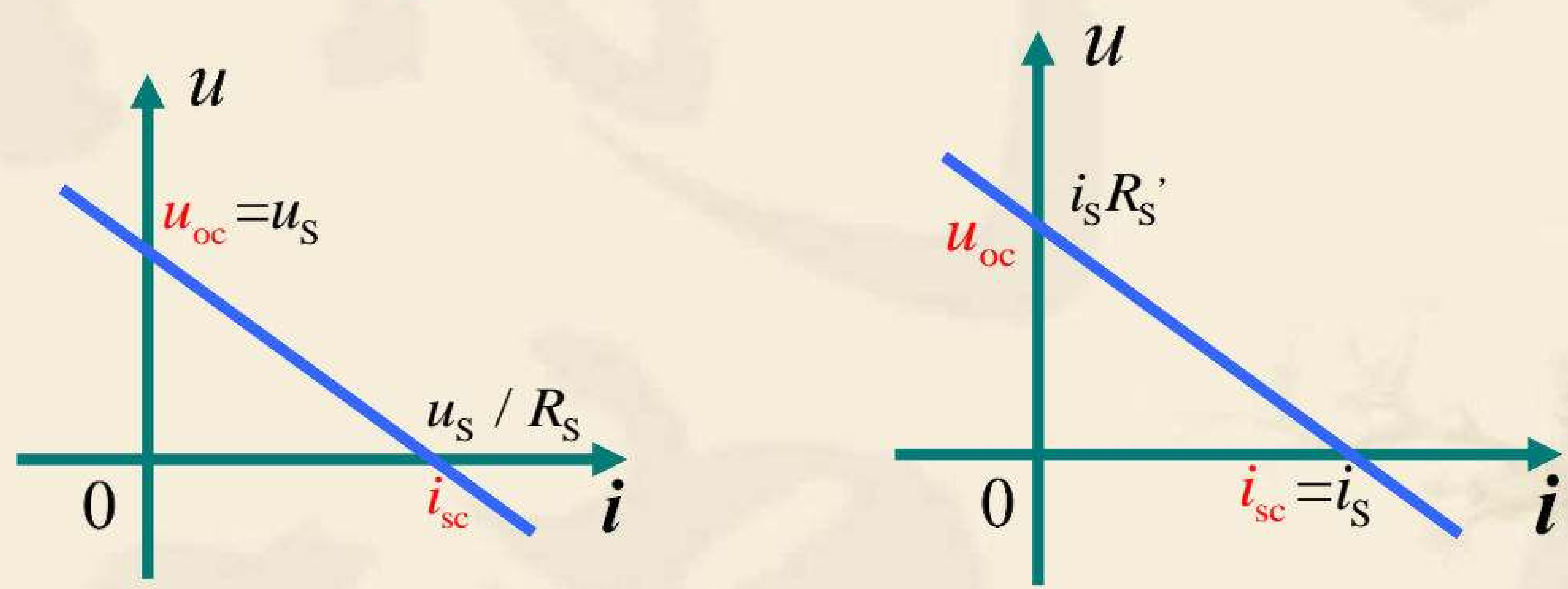






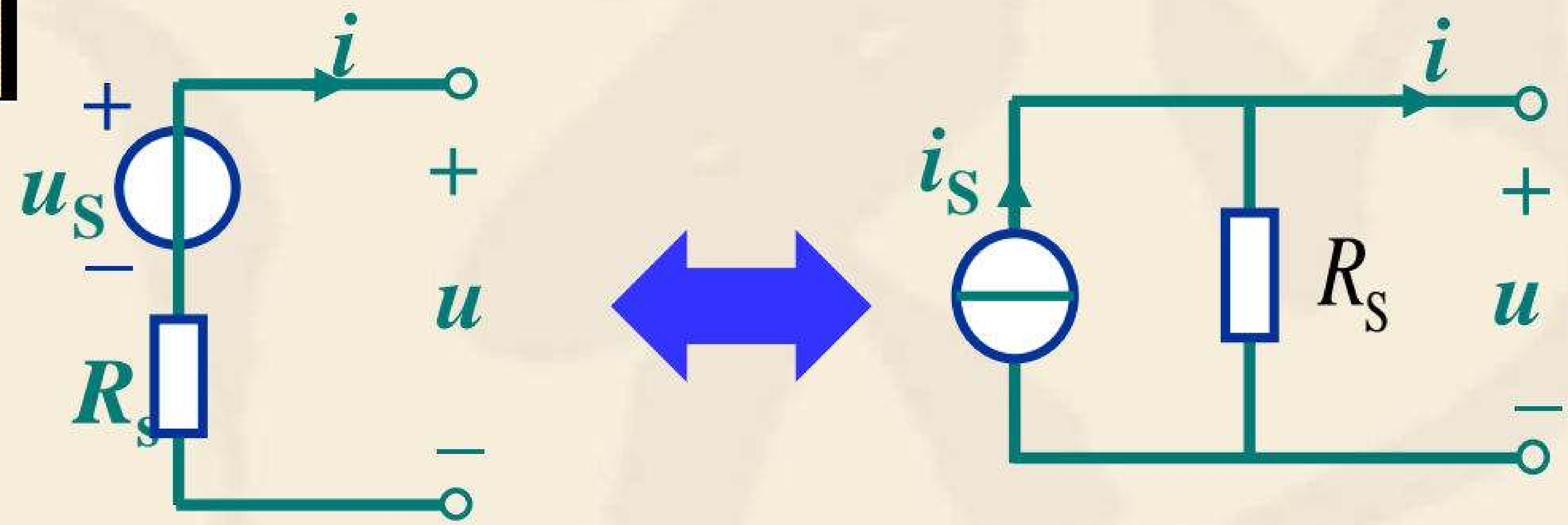
3 两种实际电源模型的等效变换





$$i_S = u_S / R_s \quad , R_s = R_S'$$

变换方法

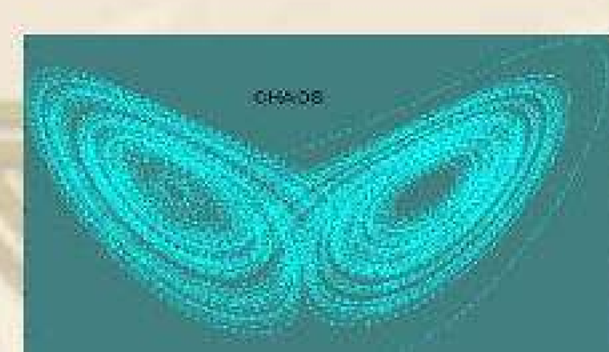


- 转换结构，串联 ⟺ 并联

- 内阻R_s保持不变，$i_S = \dfrac{u_S}{R_S}$，$u_S = R_S \cdot i_S$

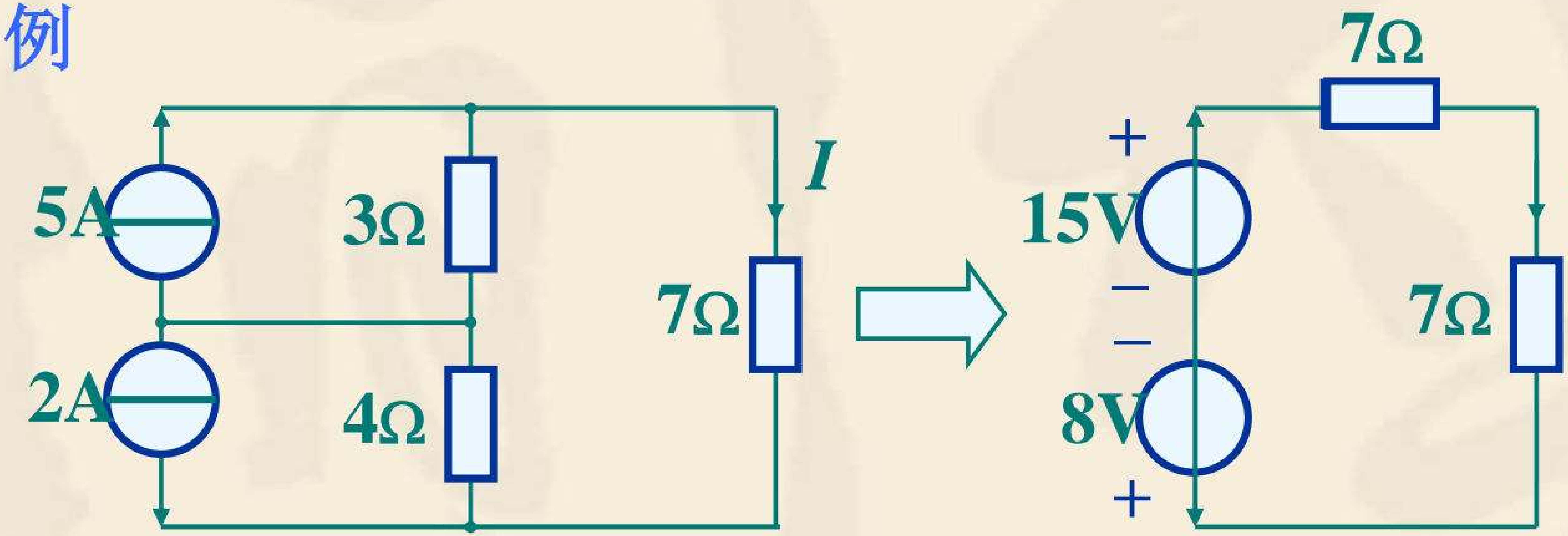
- 电压源的极性与相应的电流源的方向关系：

电流源的方向是电压源“-”指向“+”

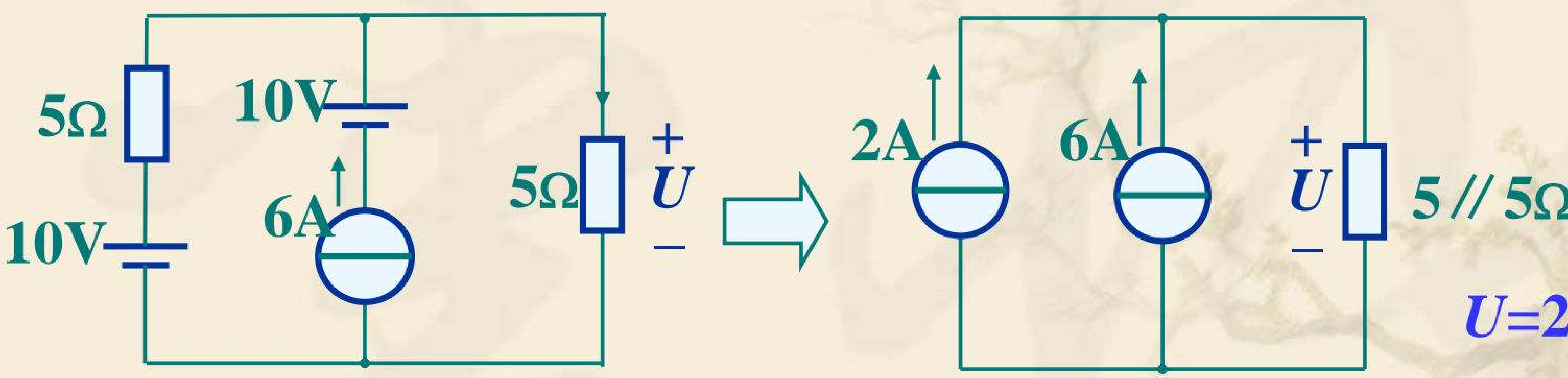
应用　利用电源转换可以简化电路计算。

例



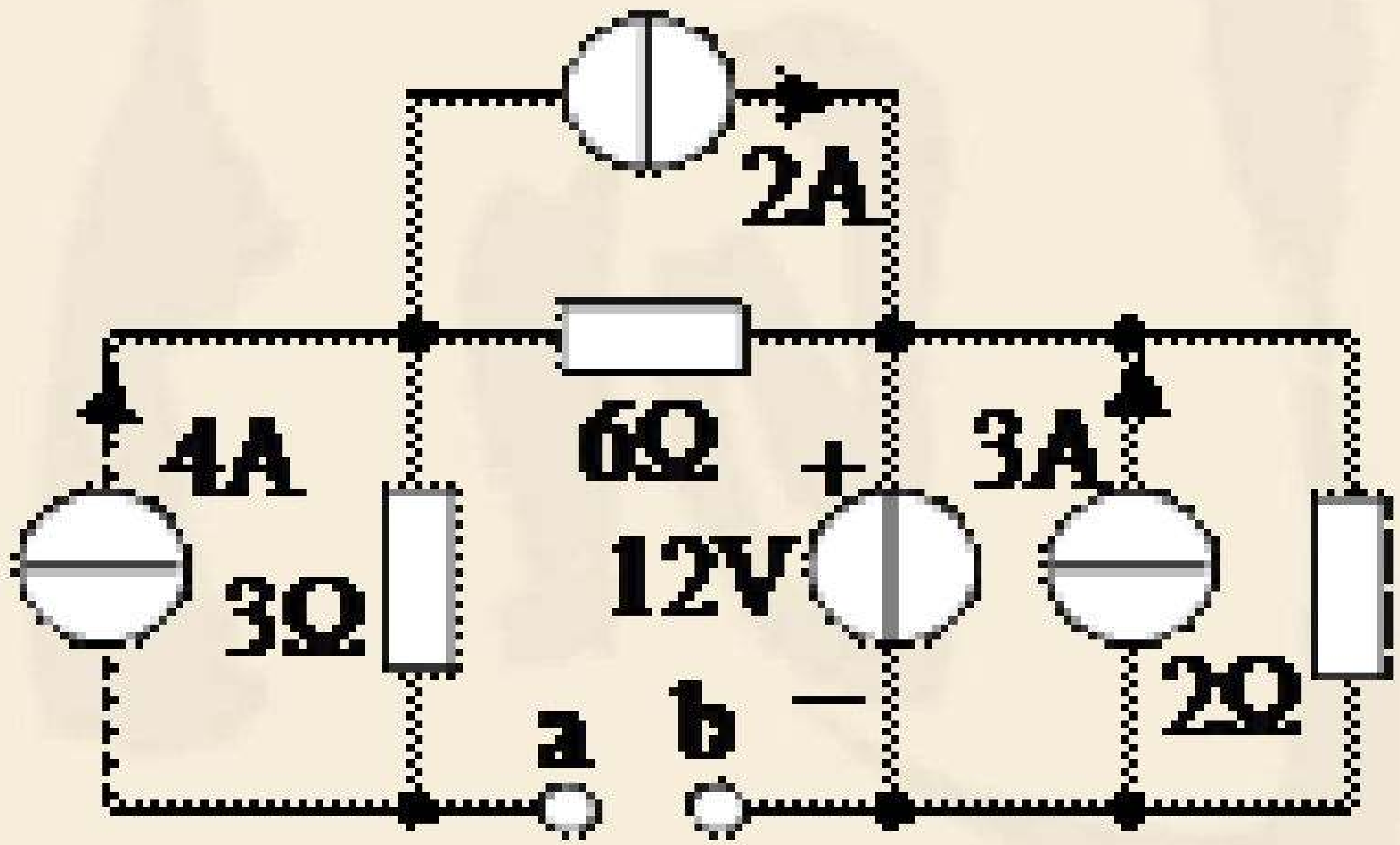
I=0.5A

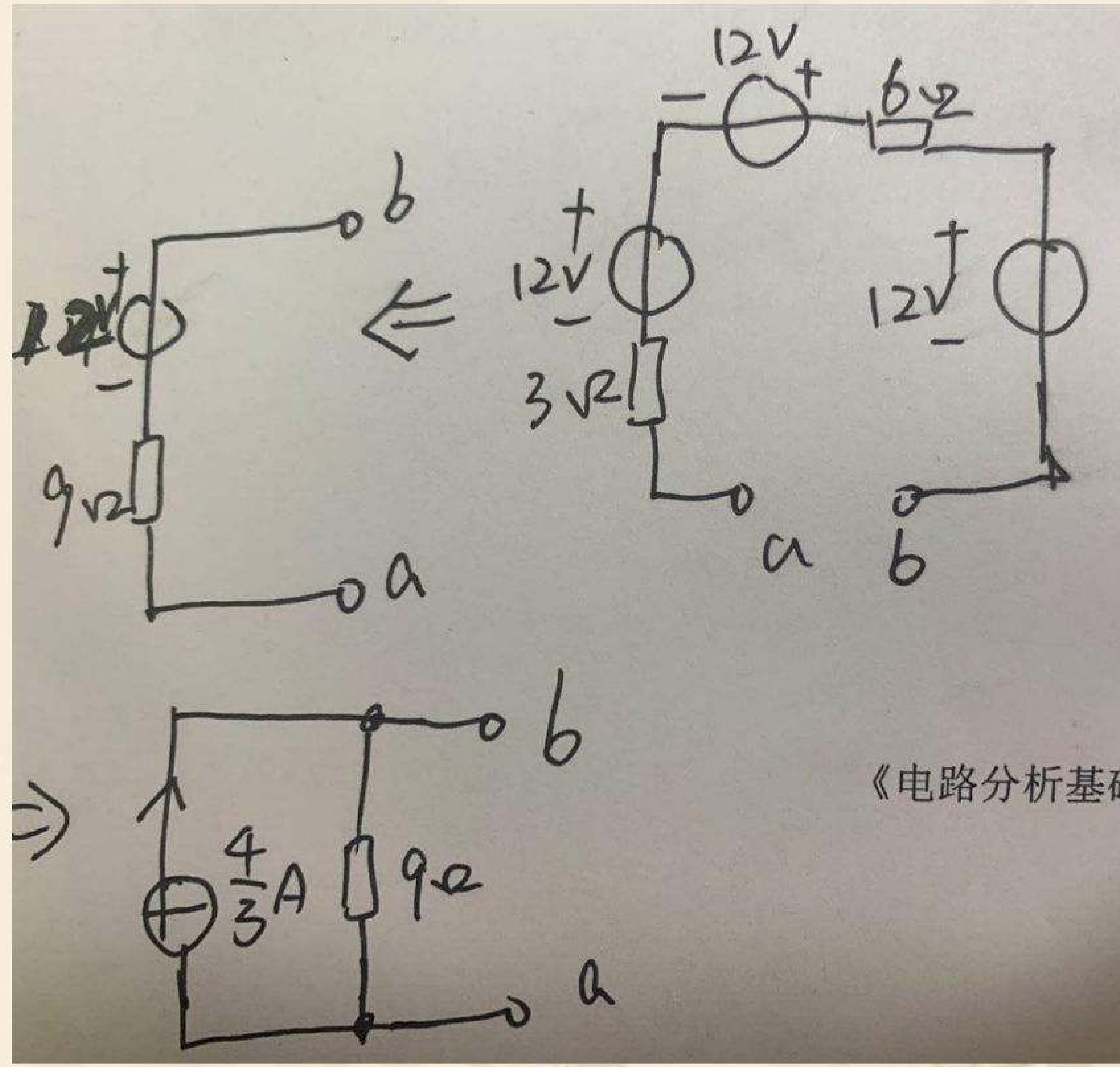
例5



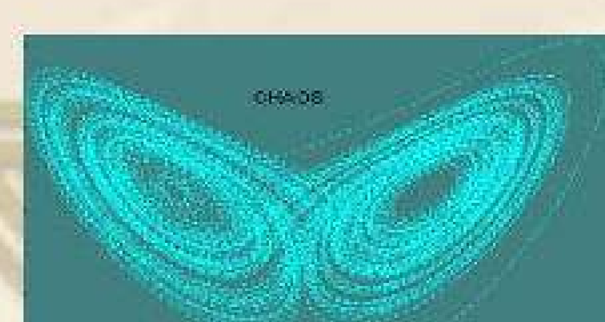
U=20V

用等效变换法将题图所示二端网络化简为实际电流源电路。

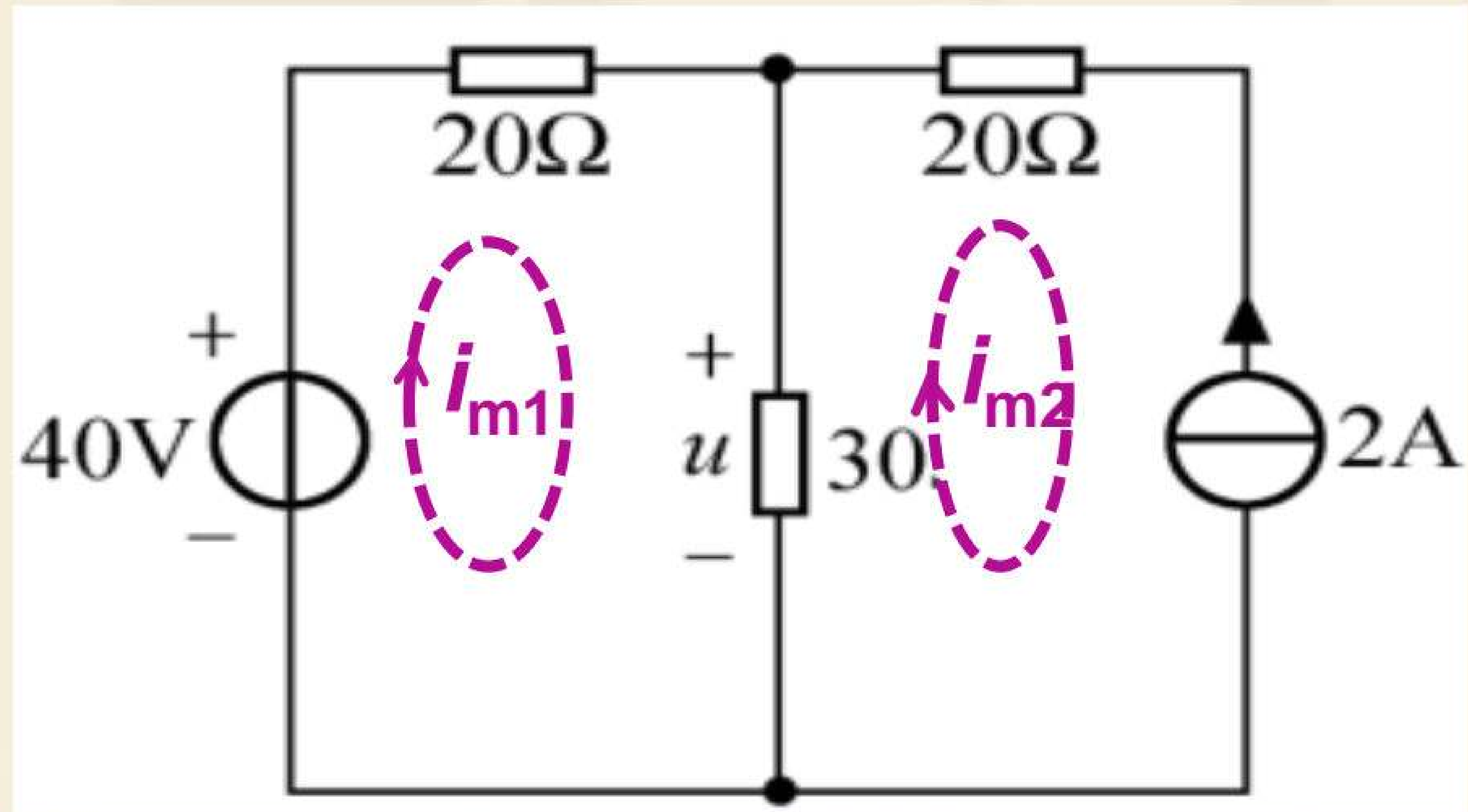




4/3A和9Ω电阻并联，电流源方向从a指向b

【例1】电路如图所示，试用网孔分析法求电压u。



解：设网孔电流i_{m1}和i_{m2}

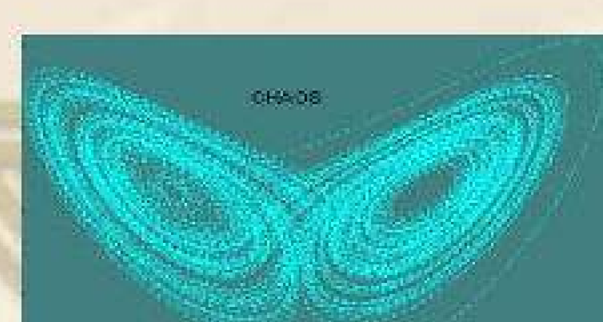
直接列写网孔方程

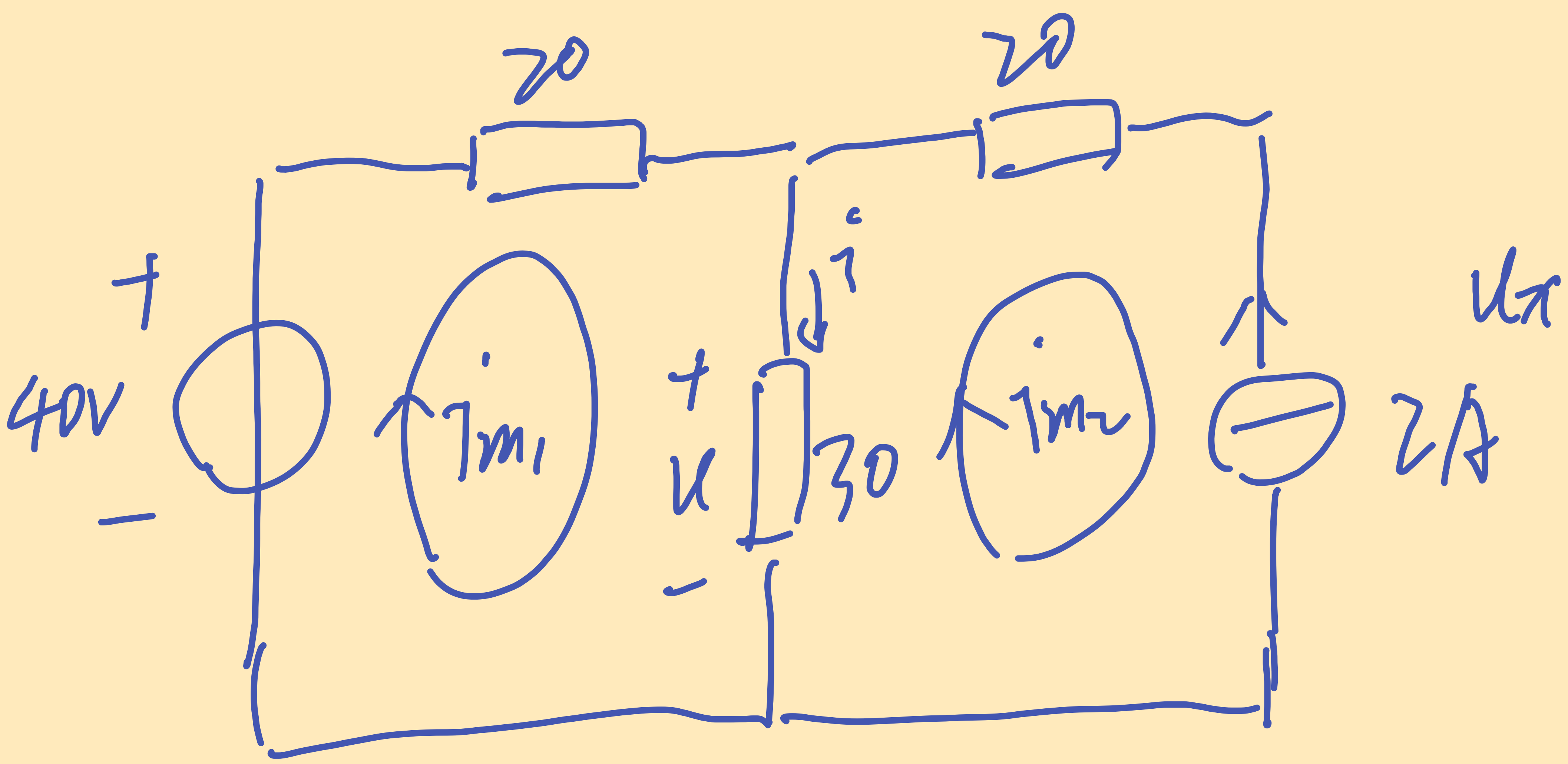
$$\begin{cases}(20+30)\,i_{m1}-30i_{m2}=40\\ i_{m2}=-2\text{A}\end{cases}$$

联立解得　$i_{m1}=-0.4\text{A}$

则　$u=30(i_{m1}-i_{m2})=30\times1.6=48\text{V}$

（考试考三个网孔电路，无受控源，边界有电流源）





$$\begin{cases} 50 i_{m1} - 30 i_{m2} = 40 \\ i_{m2} = -2A \end{cases}$$

$\Rightarrow \quad 50 i_{m1}\ 60 = 40$

$50 i_{m1} = -20$

$i_{m1} = -\frac{2}{5} A.$

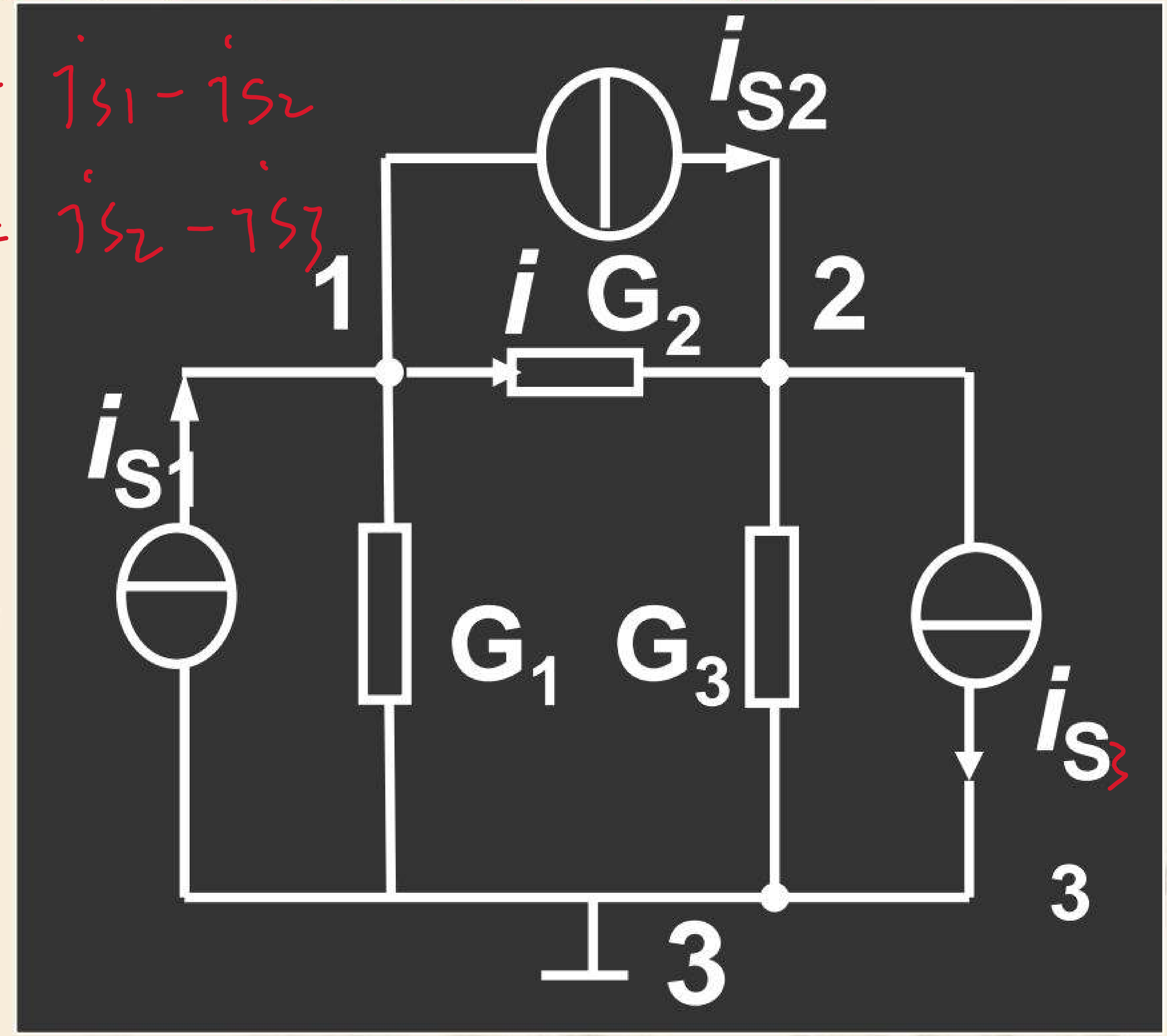
$i = i_{m1} - i_{m2} = \frac{8}{5} A$

$u = iR = \frac{8}{5} \times 30 = 48V.$

例 $i_{s1}=9A$， $i_{s2}=5A$， $i_{s3}=6A$，$G_1=1S$，$G_2=2S$，$G_3=1S$，用节点法求电流i

$(G_1+G_2)\cdot U_{n1} - G_2U_{n2} = i_{s1} - i_{s2}$

$(G_2+G_3)U_{n2} - G_2U_{n1} = i_{s2} - i_{s3}$



解：1）选3为参考节点

2）列节点方程

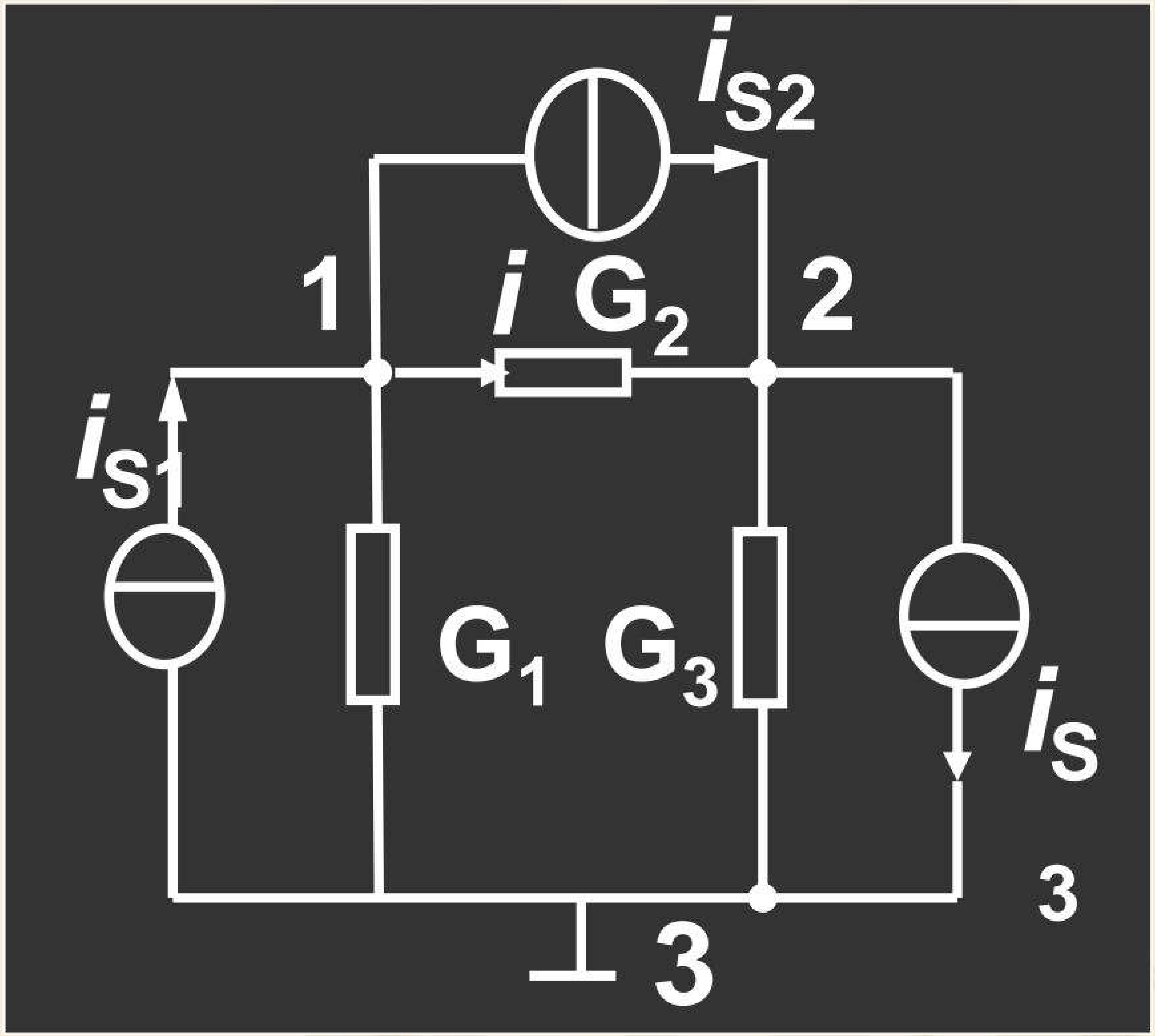
$$(G_1+G_2)u_{n1} - G_2u_{n2} = i_{S1} - i_{S2}$$

$$-G_2u_{n1} + (G_2+G_3)u_{n2} = i_{S2} - i_{S3}$$

整理，得

$$3u_{n1} - 2u_{n2} = 4$$

$$-2u_{n1} + 3u_{n2} = -1$$



解得

$$u_{n1} = 2V$$

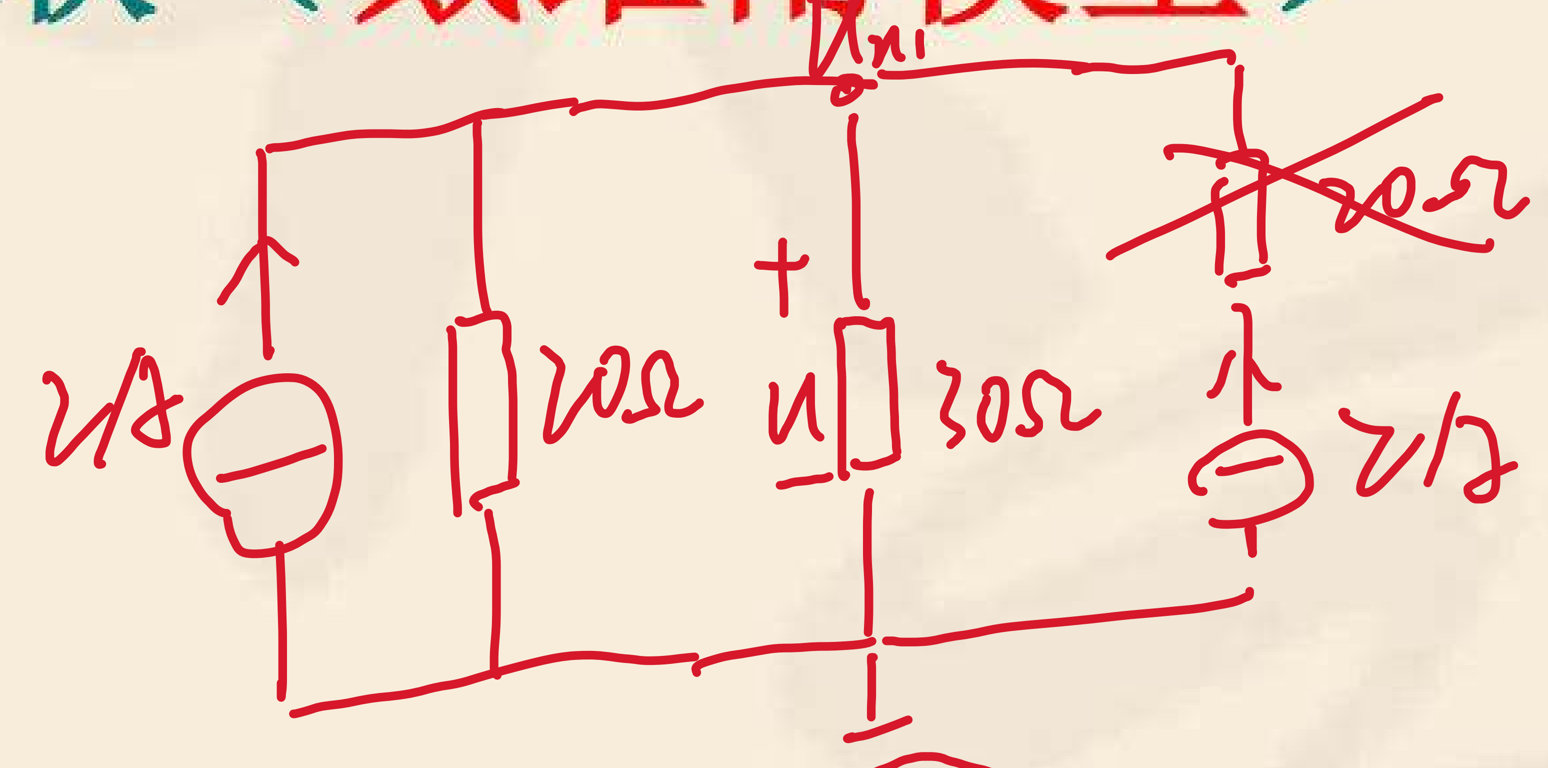
$$u_{n2} = 1V$$

3）求电流

$$i = G_2(u_{n1} - u_{n2}) = 2 \times (2 - 1) = 2A$$

思考：某支路有电压源和电阻的串联（戴维南模型）

1 支路中电压源与电阻相串联（戴维南模型）

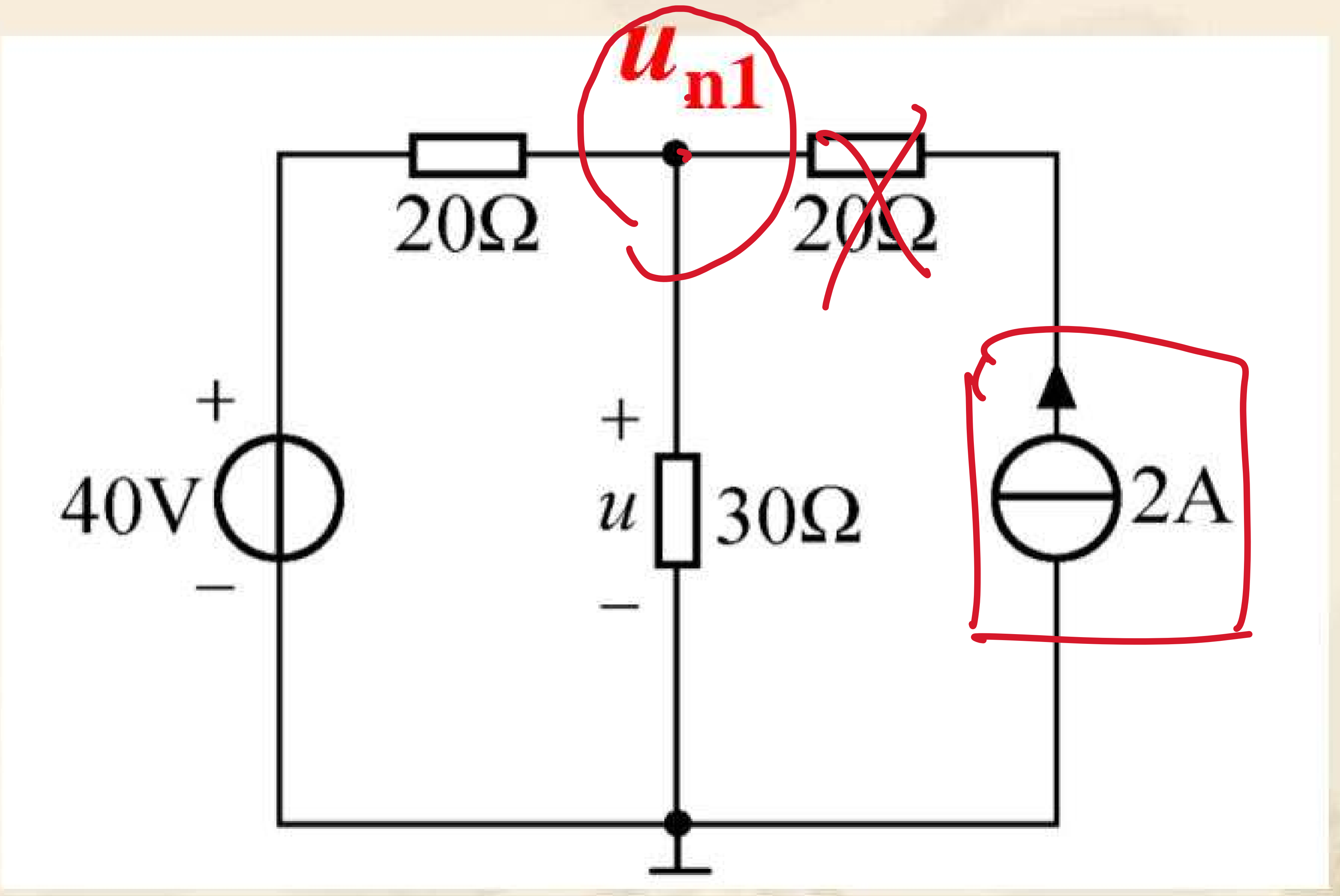


处理方法：

戴维南模型 ⇨ 诺顿模型

节点法

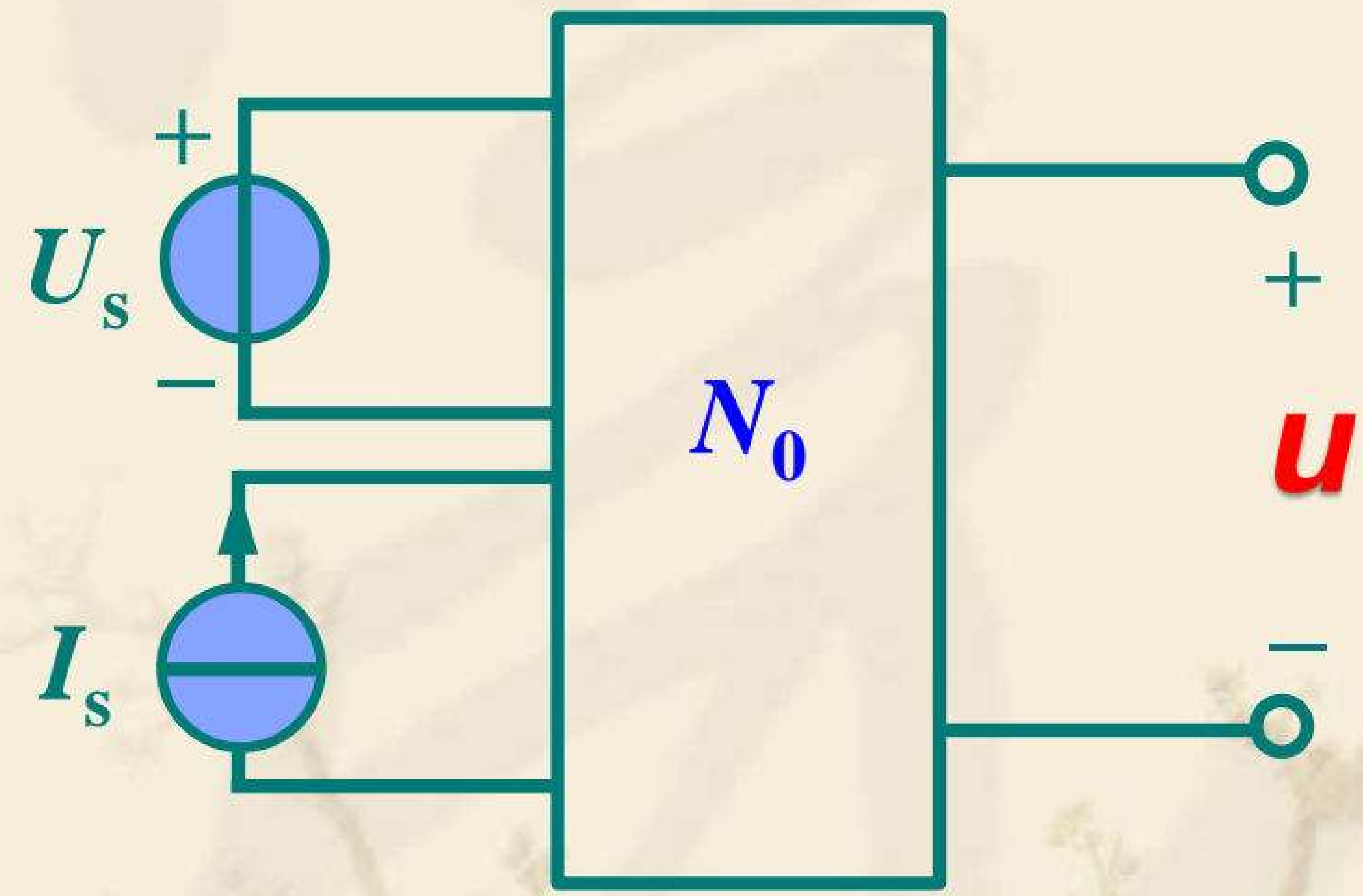
$$\left(\frac{1}{20}+\frac{1}{30}\right)u_{n1}=\frac{40}{20}+2$$



【例】 N_0为线性无源网络，当U_s＝1V，I_s＝1A时，u＝0；当U_s＝10V，I_s＝0A时，u＝1V；

求:当U_s＝20V，I_s＝10A时，u＝？

解：$u = k_1 U_S + k_2 I_S$



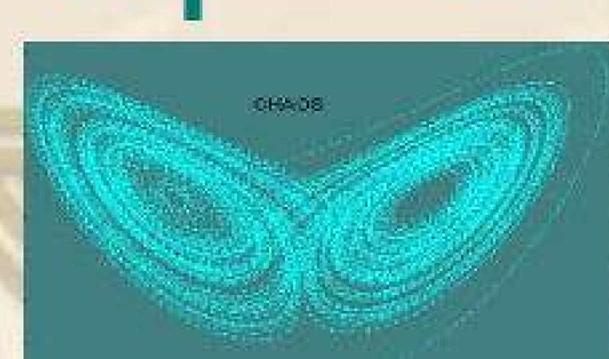
$$\begin{cases} k_1 \times 1 + k_2 \times 1 = 0 \\ k_1 \times 10 + k_2 \times 0 = 1 \end{cases}$$

$k_1 = 0.1$，$k_2 = -0.1$

当 U_s＝20V，I_s＝10A时，

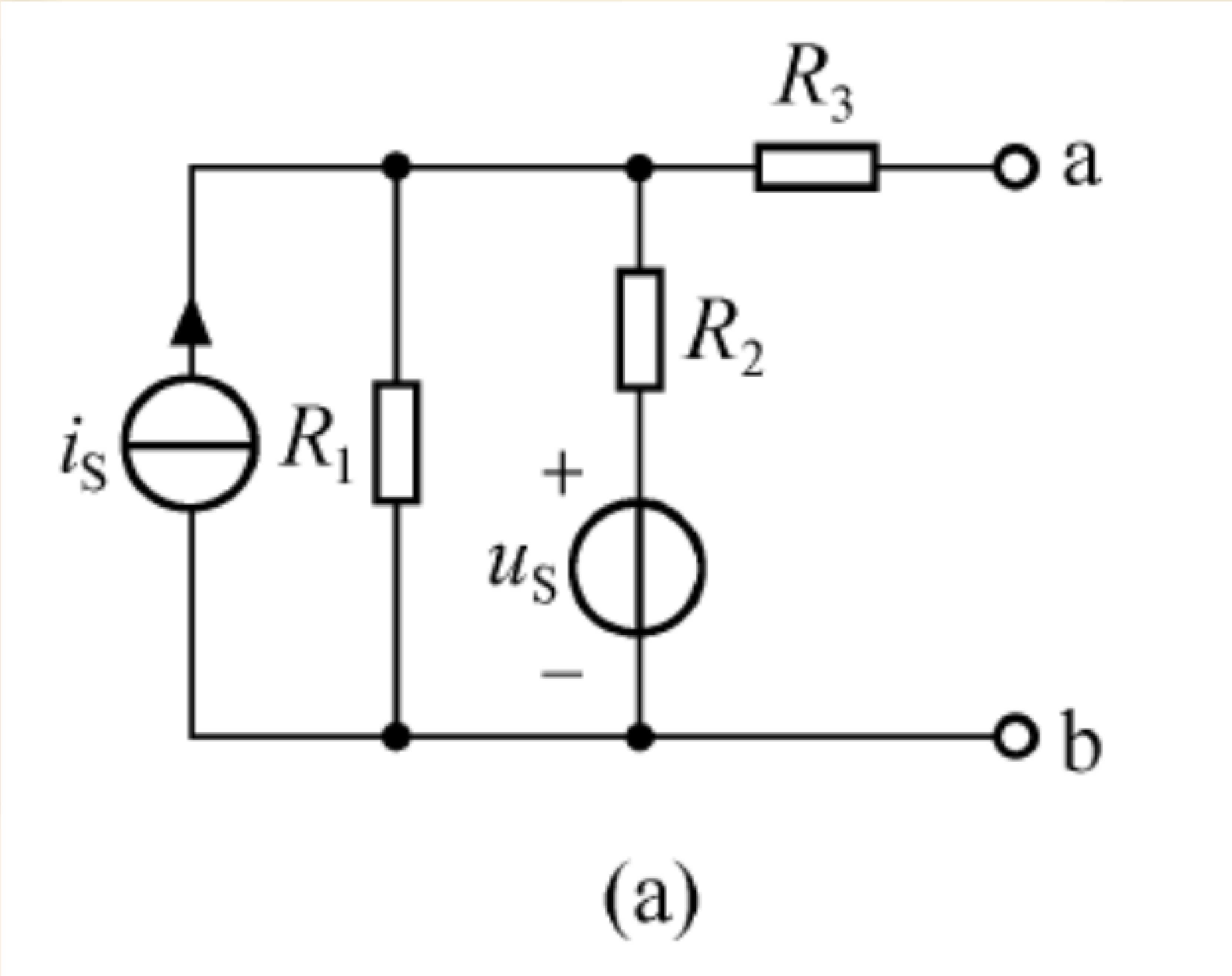
思考：三个电源怎么做？

$u = k_1 \times 20 + k_2 \times 10 = 1\text{V}$

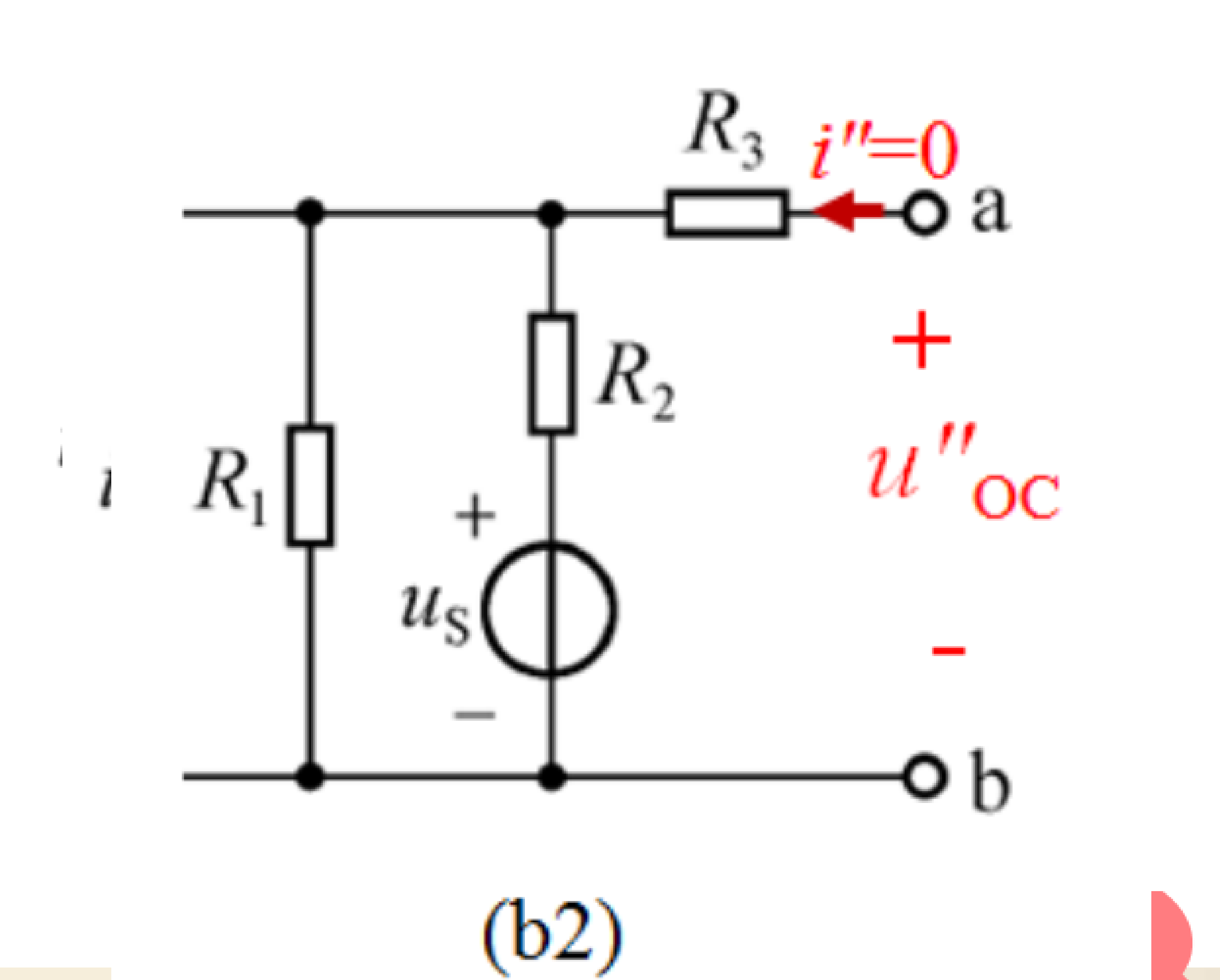


*7020

【例1】试求例1图(a)所示电路a、b端的戴维南等效电路。已知：u_S=12V，i_S=4A，R_1=6Ω， R_2=3Ω， R_3=6Ω。



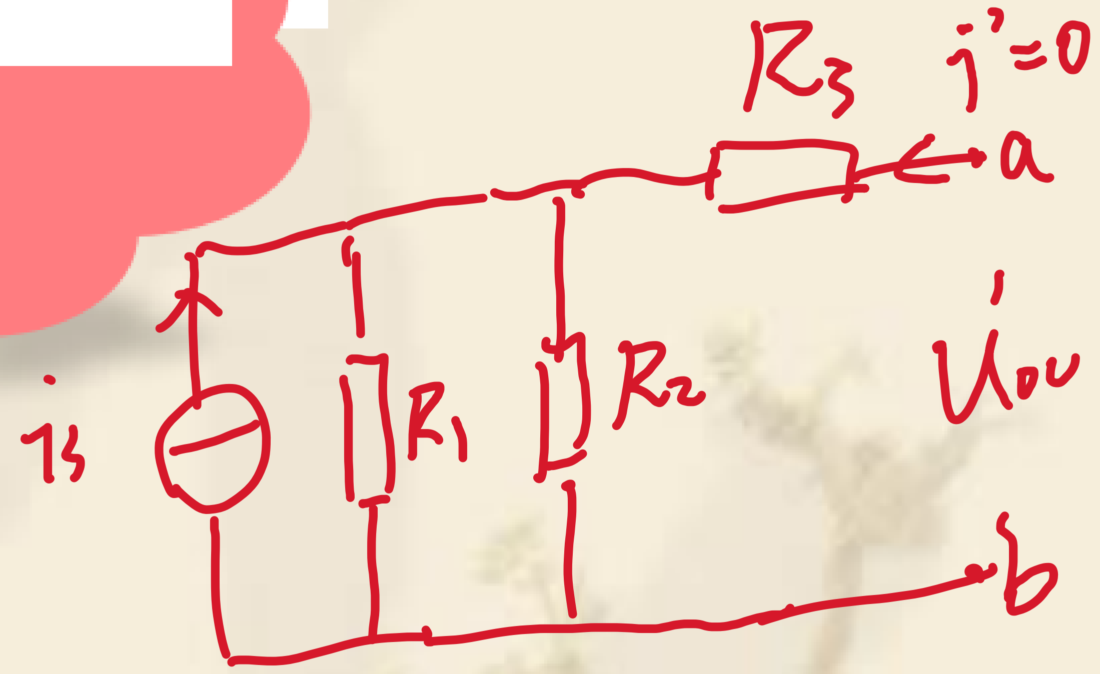
(a)



(b2)

求解

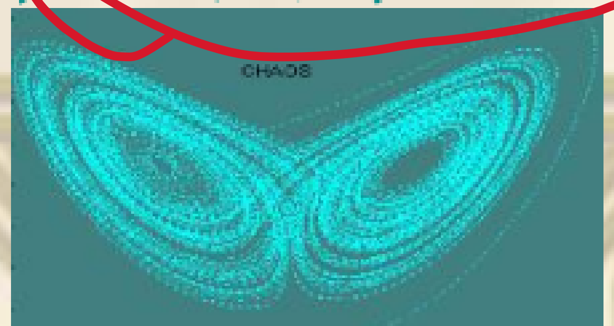
解： （1）求开路电压u_{OC}。



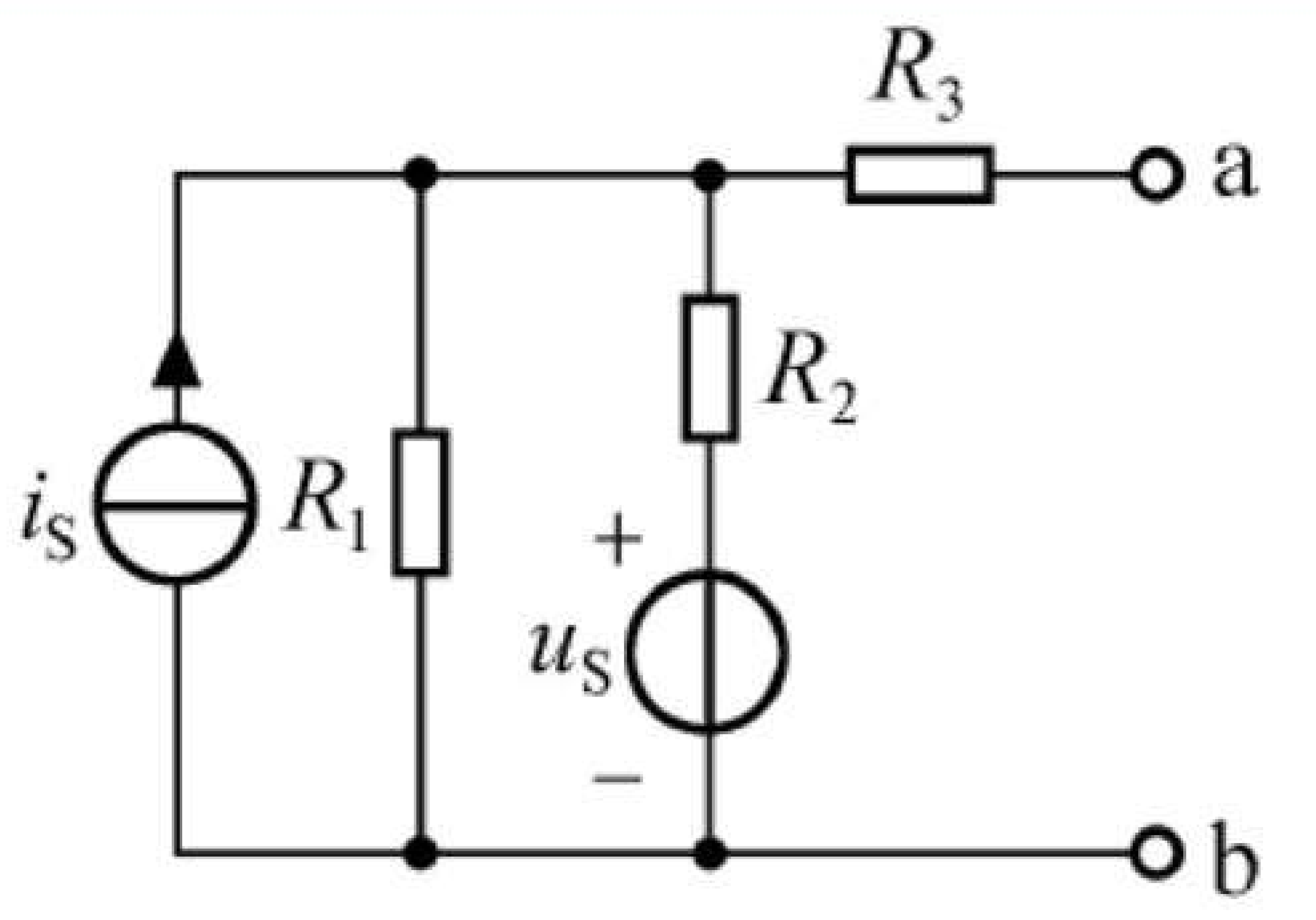
电流源单独作用 $$u'_{OC}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}i_S=8\text{V}$$

电压源单独作用 $$u''_{OC}=\frac{R_1}{R_1+R_2}u_S=8\text{V}$$

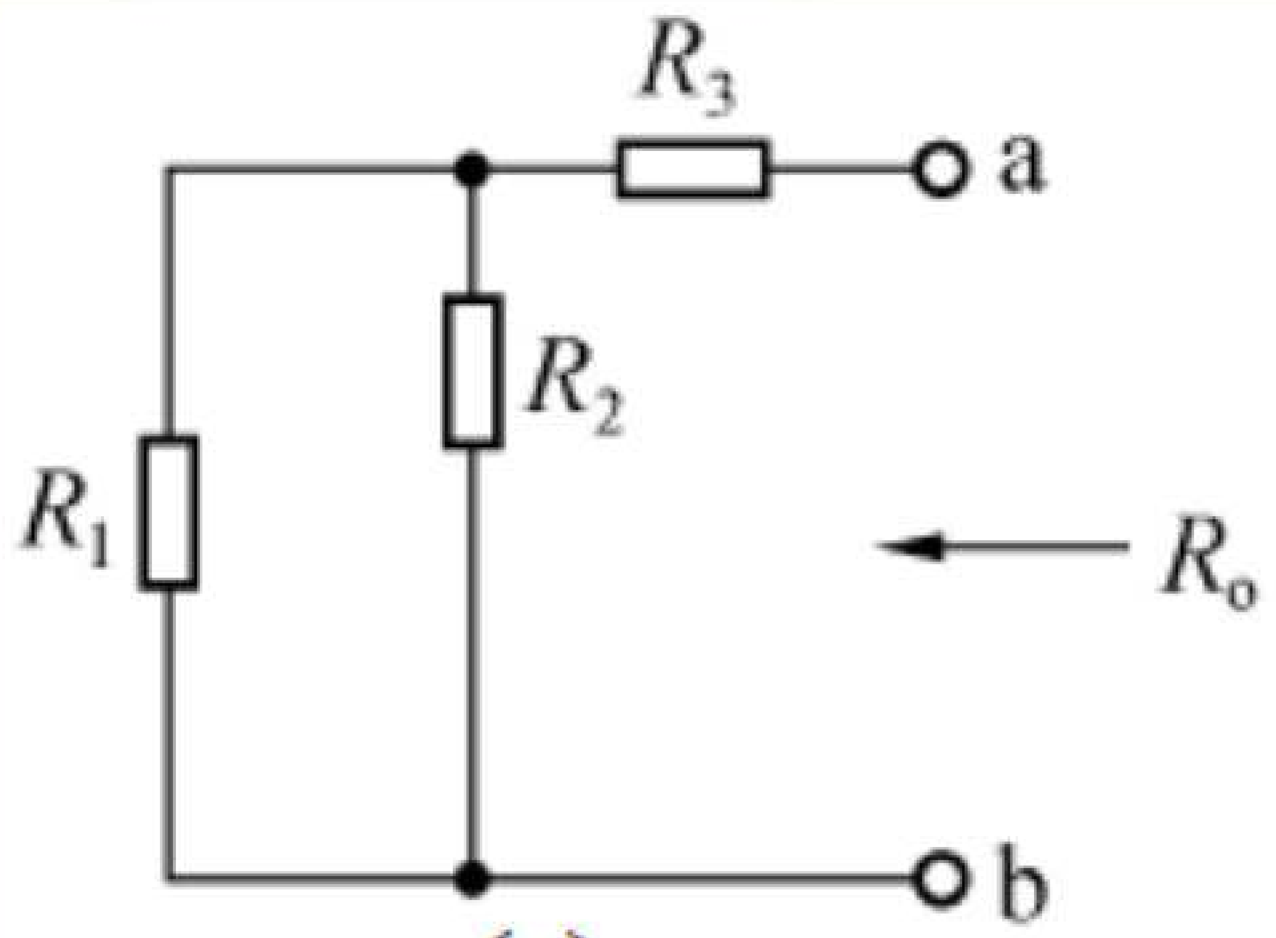
根据叠加定理 $$u_{OC}=u'_{OC}+u''_{OC}=8+8=16\text{V}$$



【例1】试求例1图(a)所示电路a、b端的戴维南等效电路。已知：u_S=12V，i_S=4A，R_1=6Ω， R_2=3Ω， R_3=6Ω。



(a)

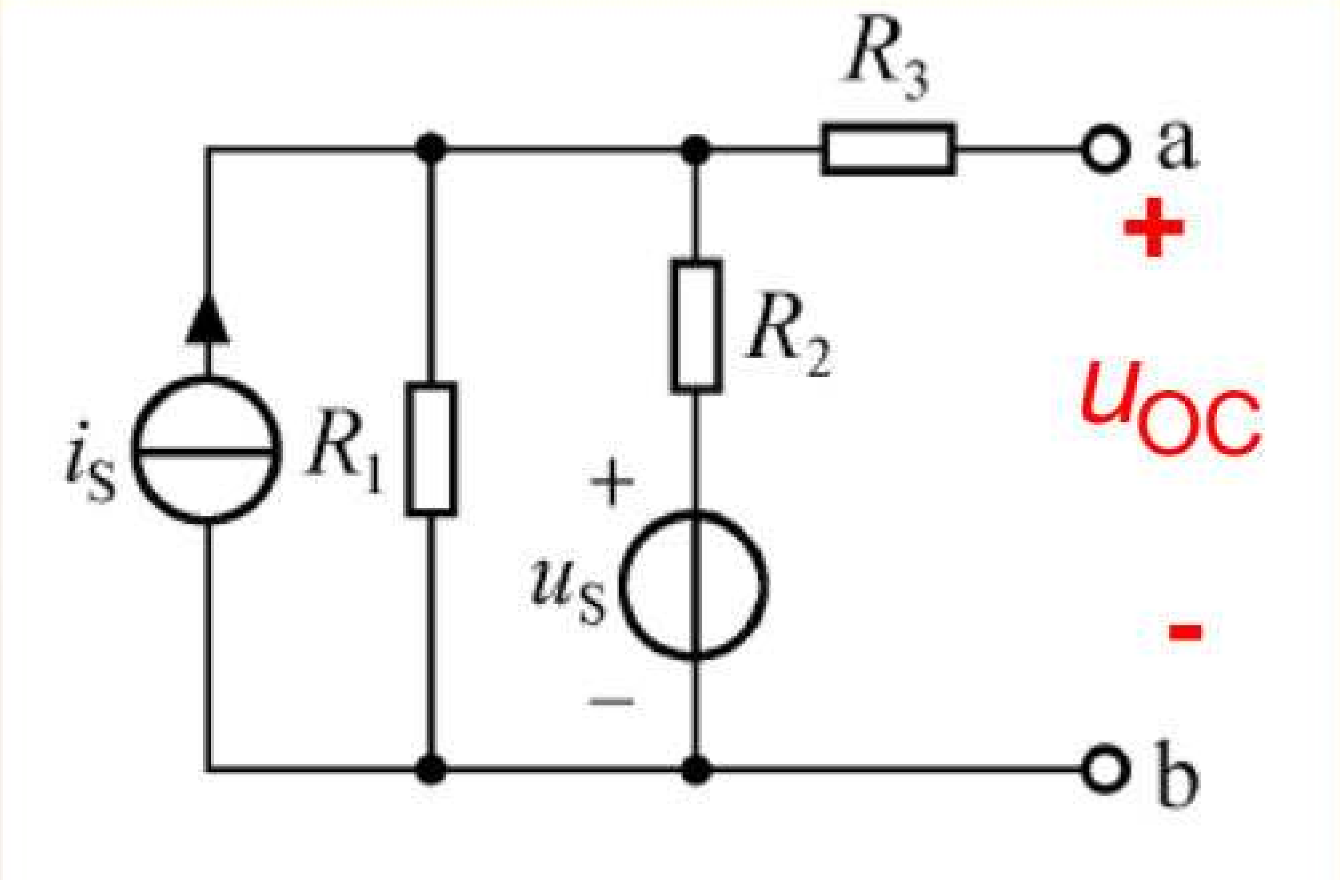


(c)

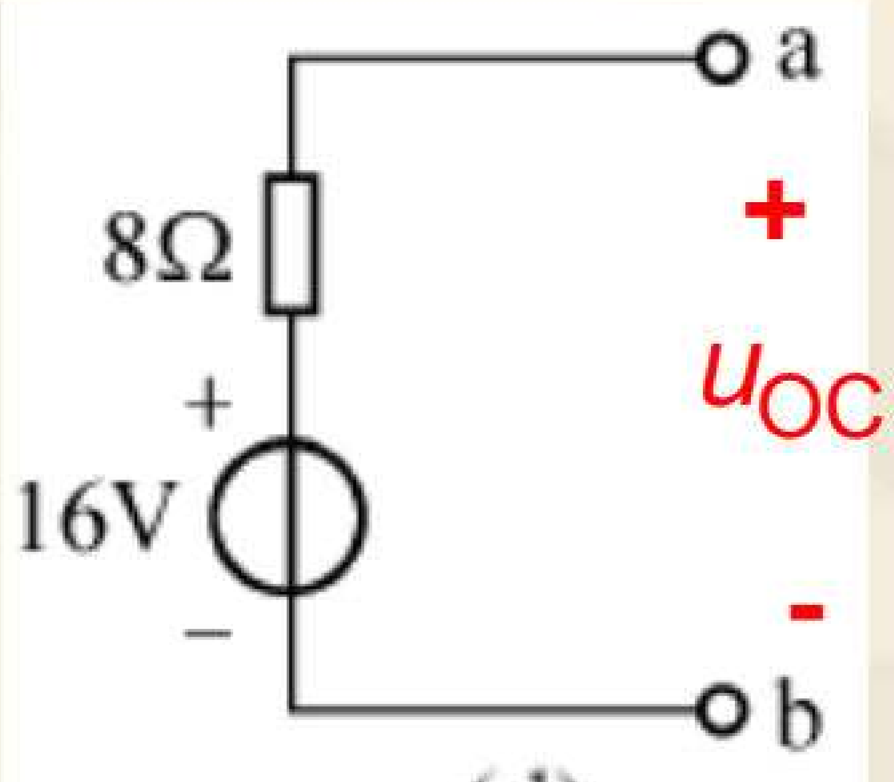
（2）求等效电阻R_0。

$$R_0 = R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 6 + \frac{6\times 3}{6+3} = 8\Omega$$

【例1】试求例1图(a)所示电路a、b端的戴维南等效电路。已知：u_S=12V，i_S=4A，R_1=6Ω， R_2=3Ω， R_3=6Ω。



(a)



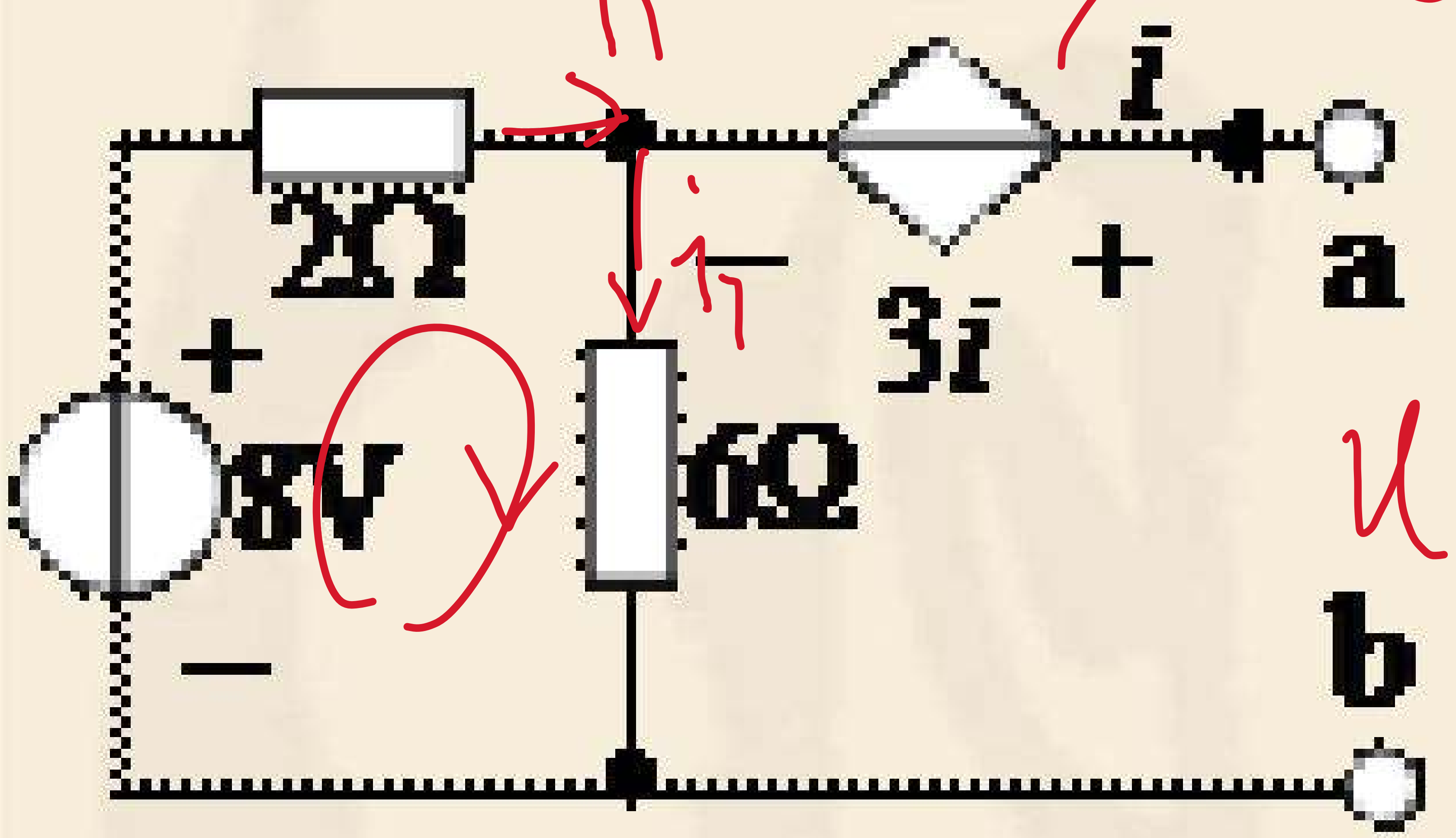
(d)

（3）画出所求戴维南等效电路。

求题图所示电路的戴维南等效电路。

加压求流

$2//6=\frac{2\times6}{2+6}=\frac{3}{2}\,\Omega$.



$-8+8i_1=0$.

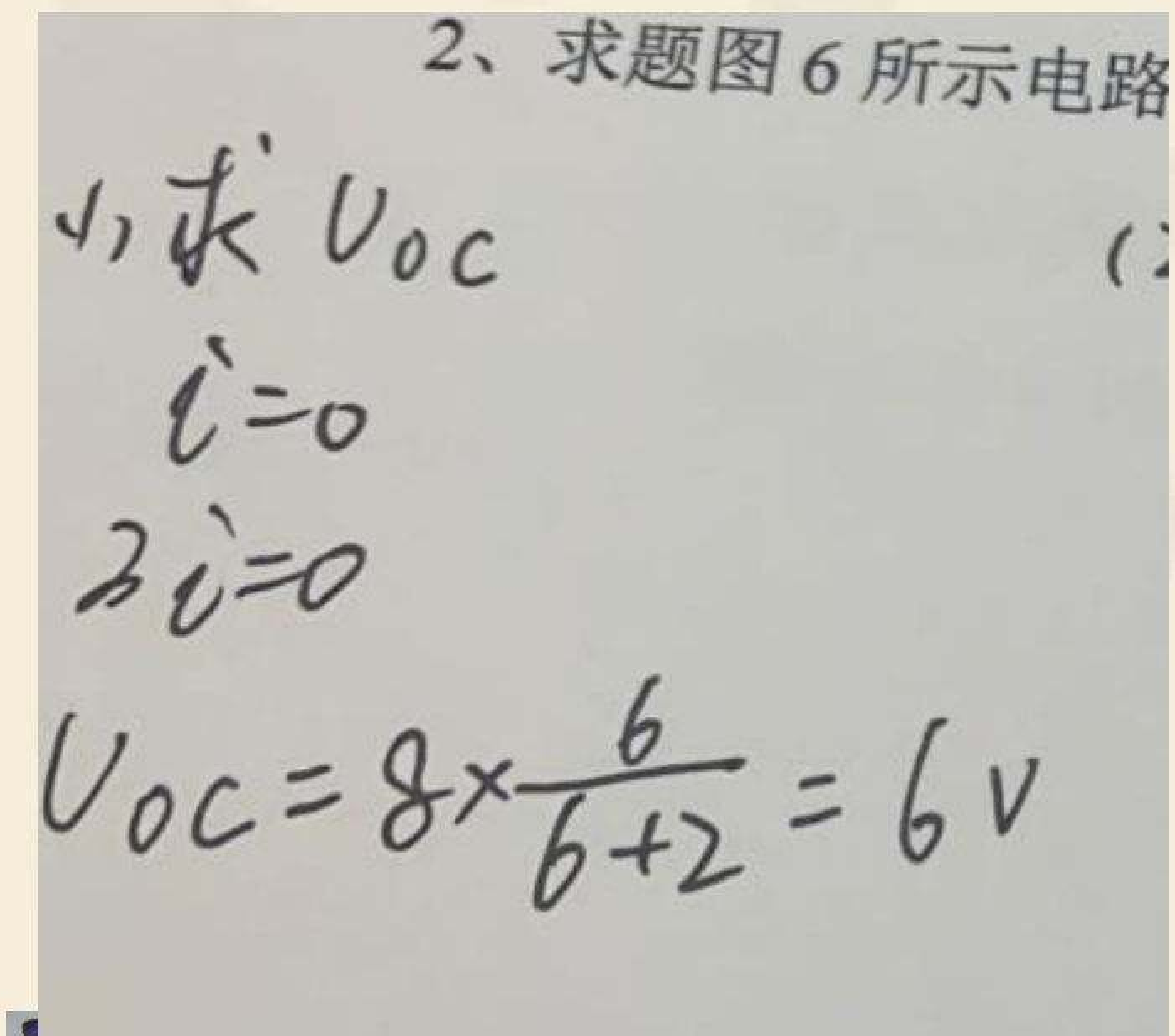
$i_1=1A$.

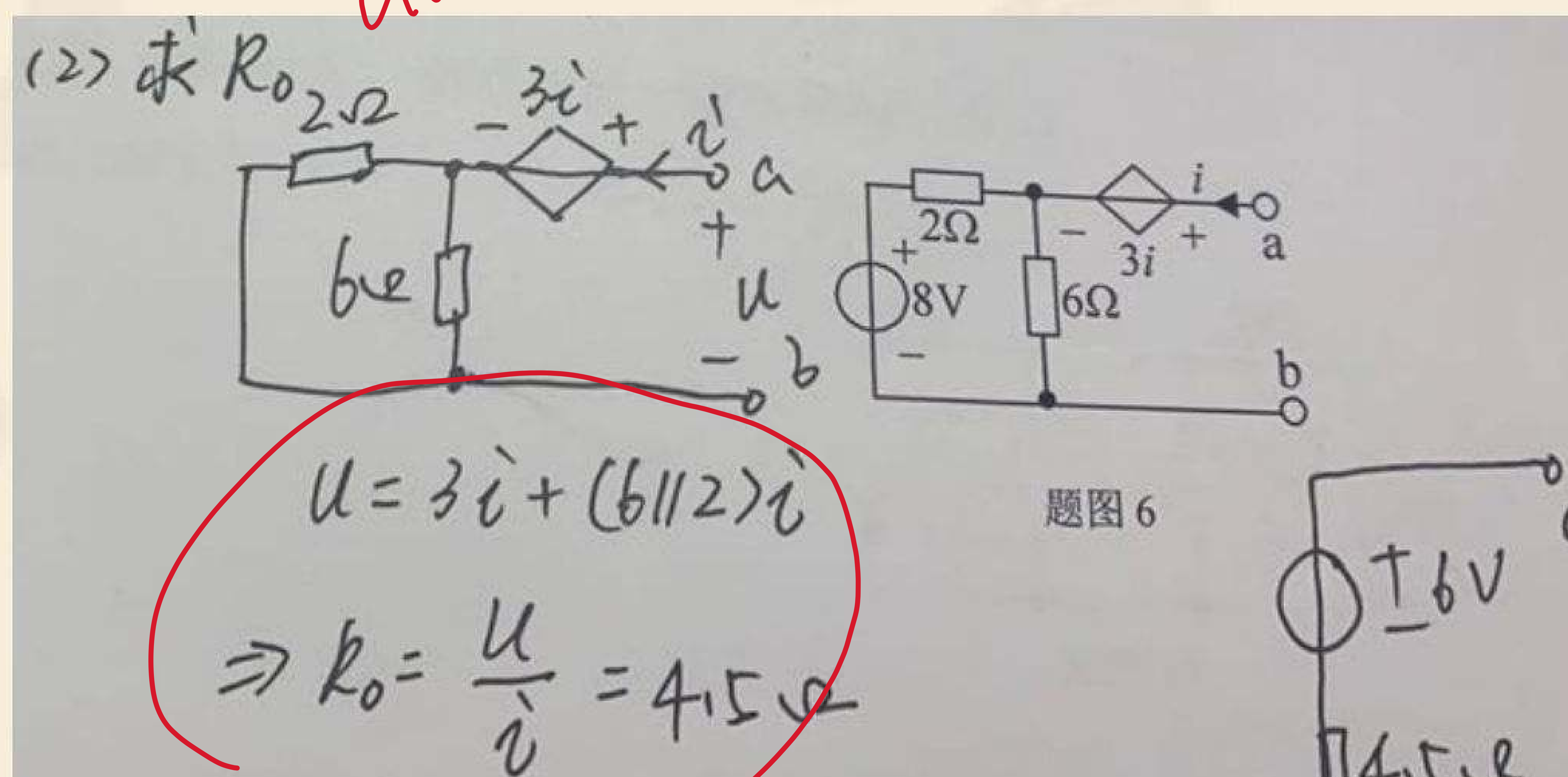
$-8+2i_1-3i+U_{ab}=0$.

$i=0$

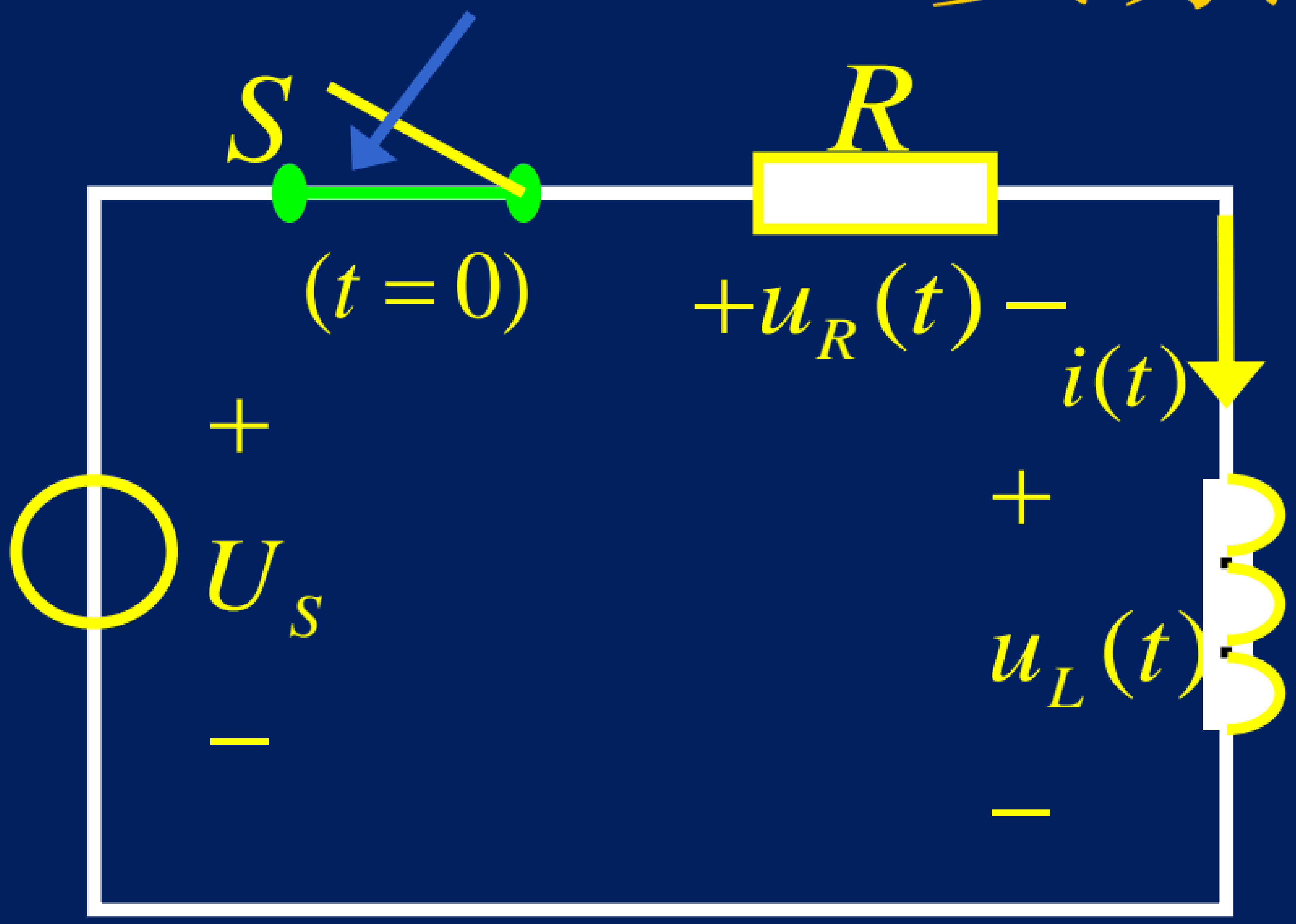
$U_{ab}=-6V$.

6V电压源和4.5Ω电阻串联





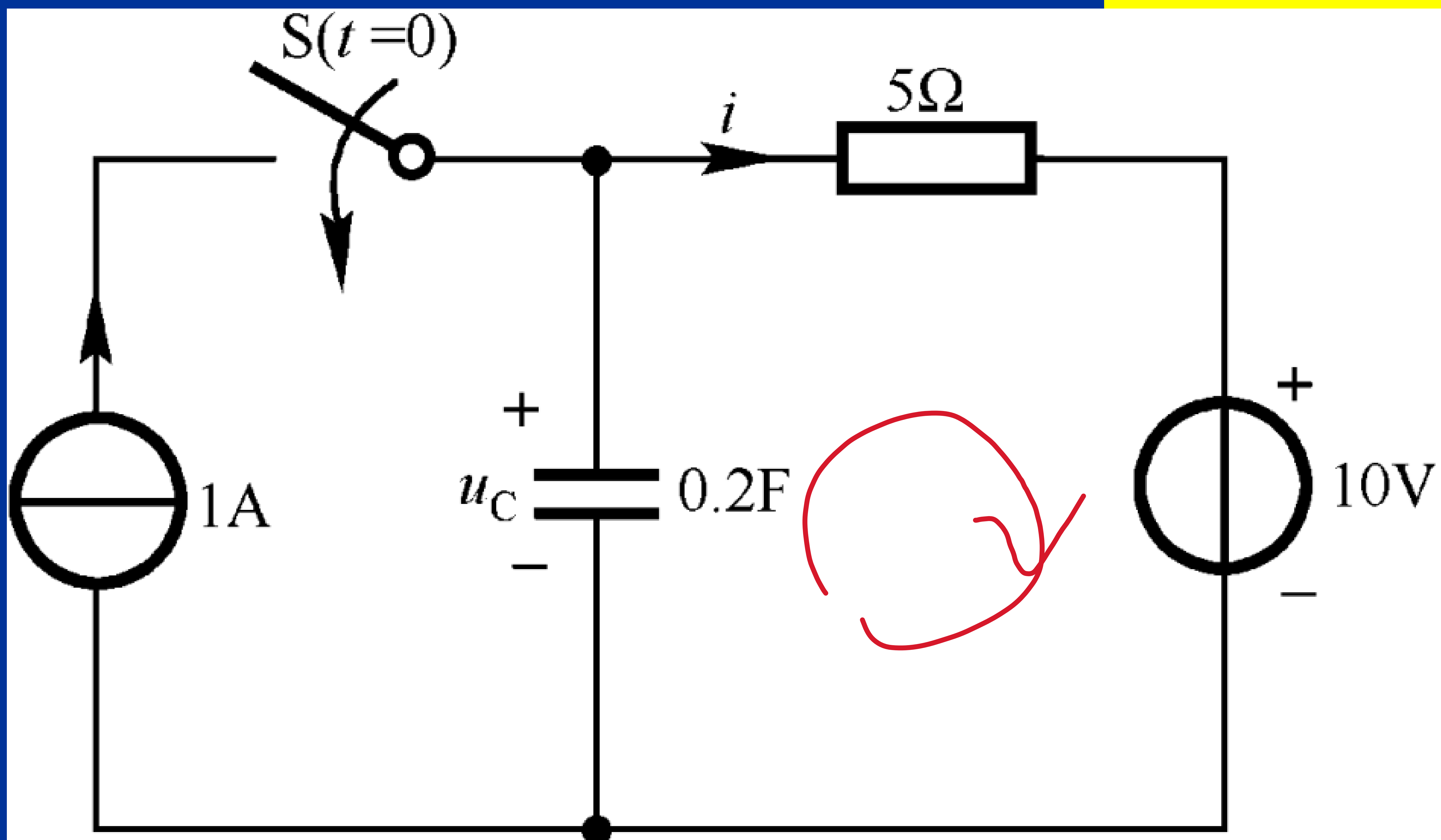
三要素



会做左图的响应

$$f(t) = f(\infty) + [f(0^+) - f(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}, t > 0$$

【例】 如图所示电路在t=0时闭合，求t>0时的u_C及i。（期末考电感电路）



解 初始值

$$u_C(0_+) = u_C(0_-) = 10(\mathrm{V})$$

稳态值

$$u_c(\infty) = 5 \times 1 + 10 = 15（\mathrm{V}）$$

时间常数 $\tau = 0.2 \times 5 = 1(\mathrm{s})$

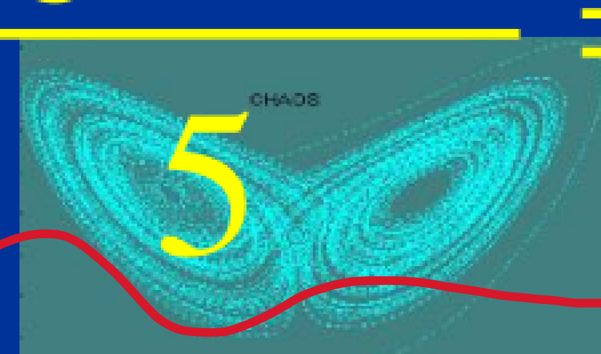
利用三要素法公式得

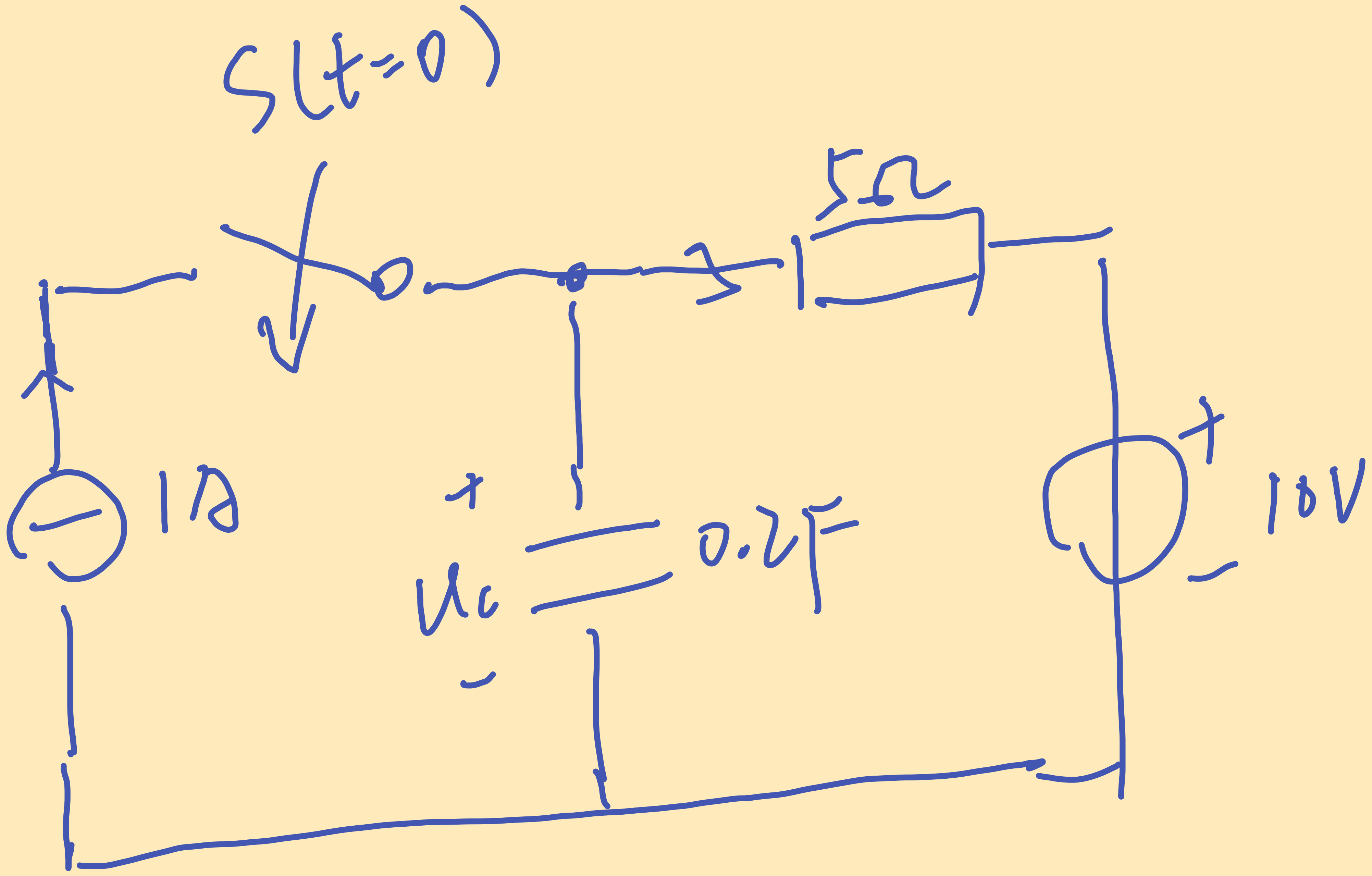
$$u_C(t) = u_C(\infty) + [u_C(0_+) - u_C(\infty)]\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}} = 15 - 5\mathrm{e}^{-t}(\mathrm{V})$$

$$i(t) = \frac{u_C - 10}{5} = 1 - \mathrm{e}^{-t}(\mathrm{A})$$

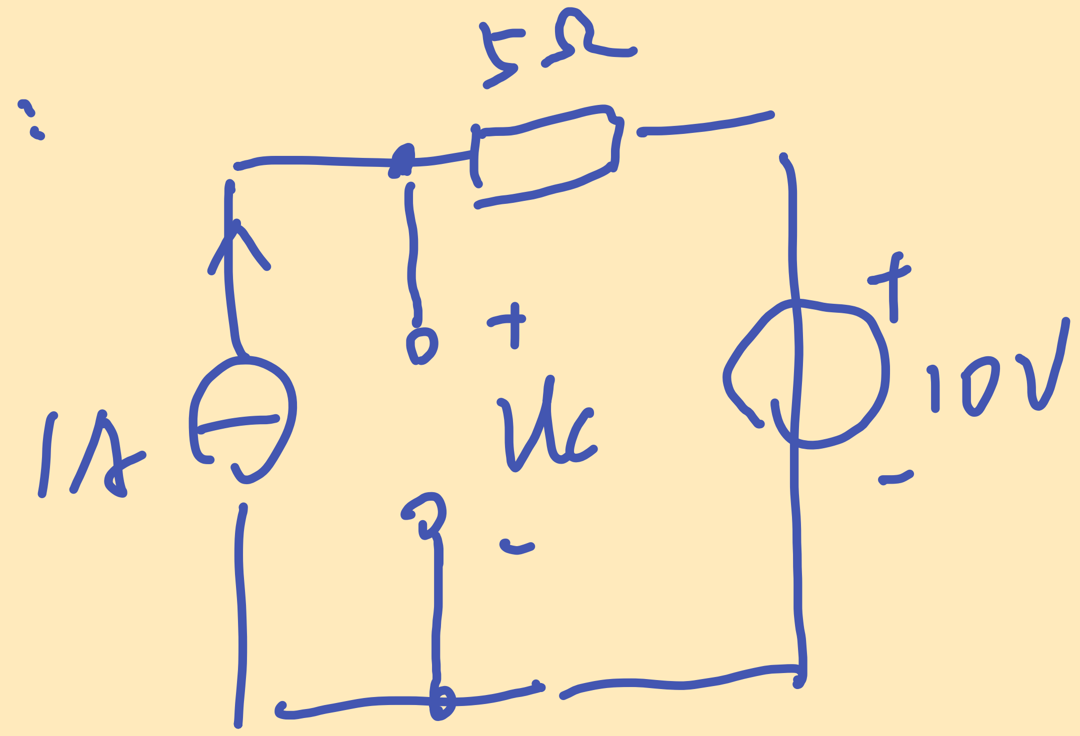
???

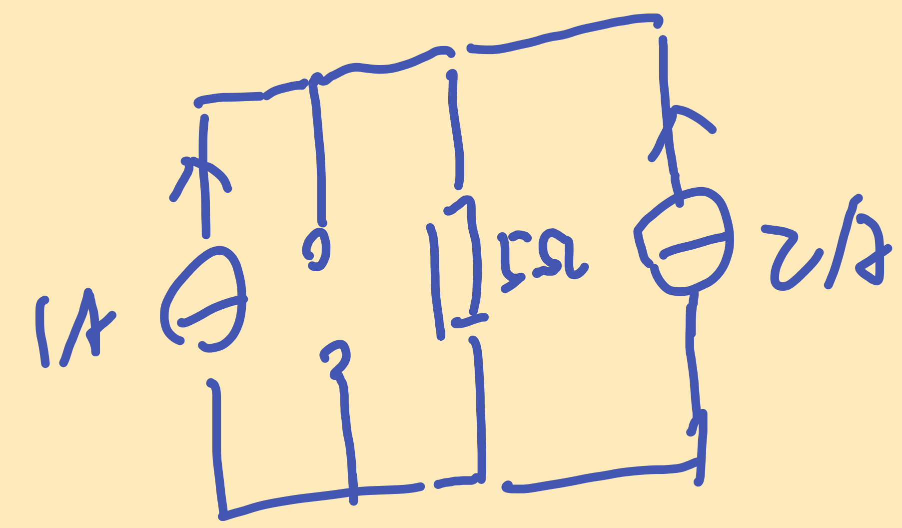
$5i + 10 - u_c(t) = 0$.

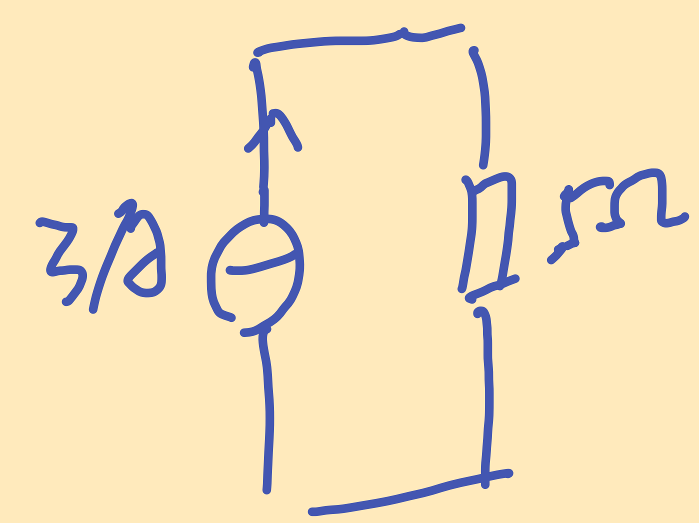


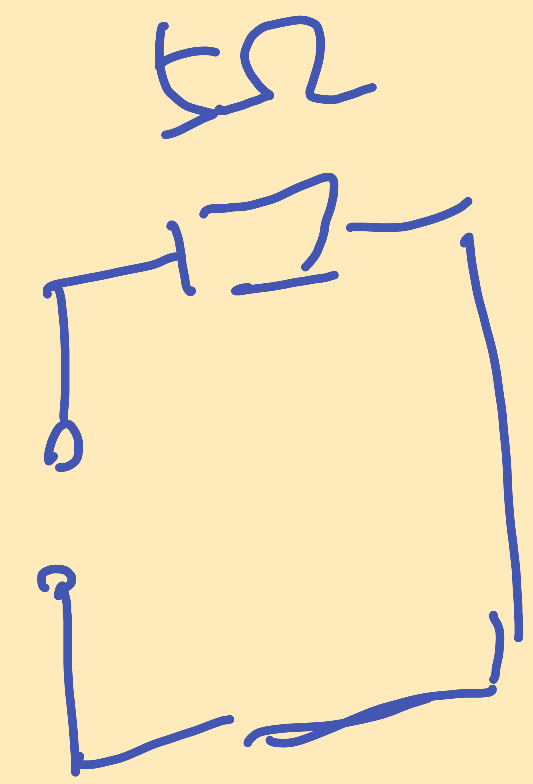


∞:





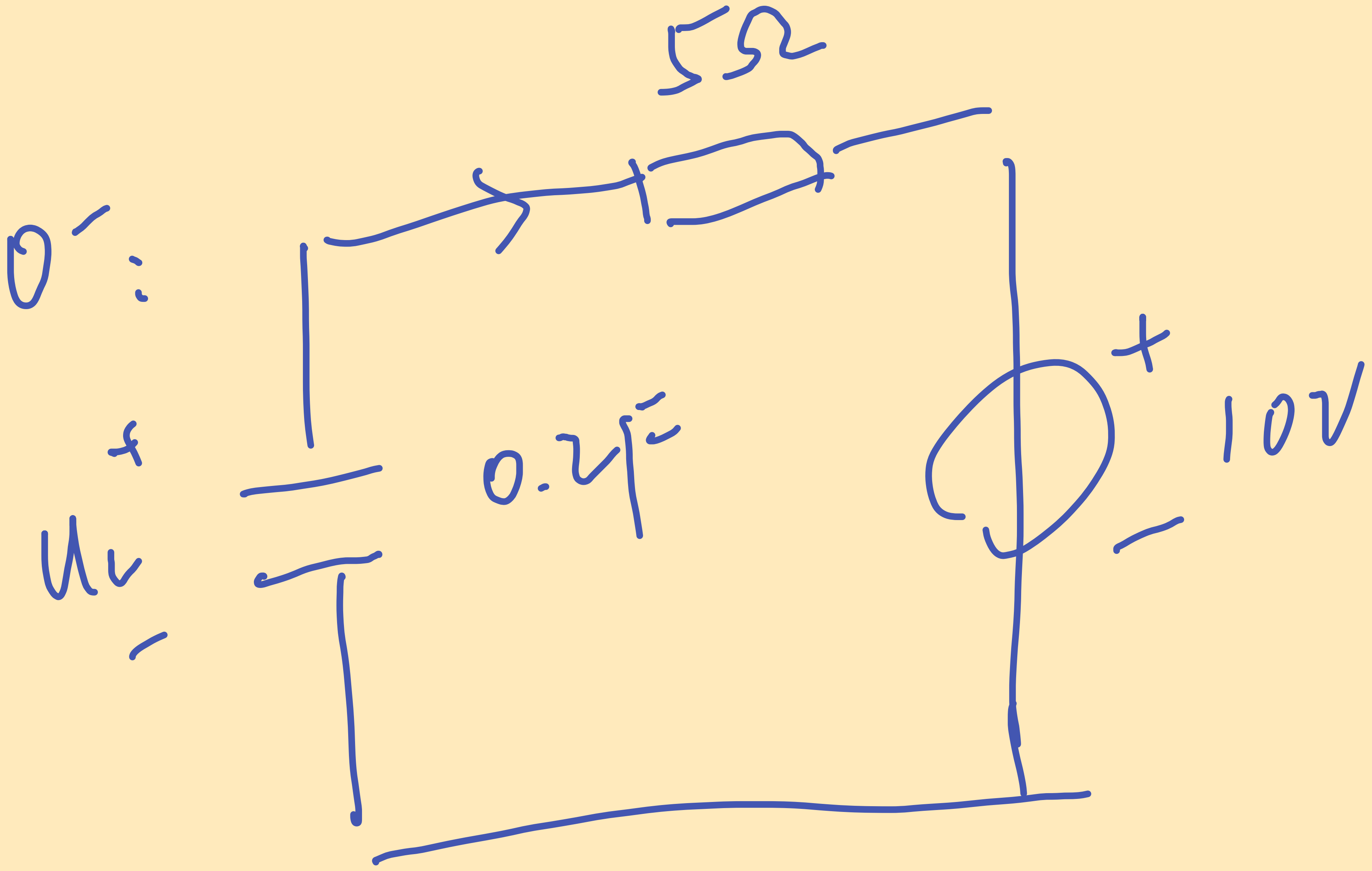




$\tau = RC = 1s$

$u_c(\infty) = 15V.$

0^-:



$u_c(0^+) = u_c(0^-) = 10V.$

$$u_c(t) = u_c(\infty) + [u_c(0^+) - u_c(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$= 15 + (10 - 15)e^{-t}$$

$$= 15 - 5e^{-t}\ V.$$

有效值相量和振幅相量

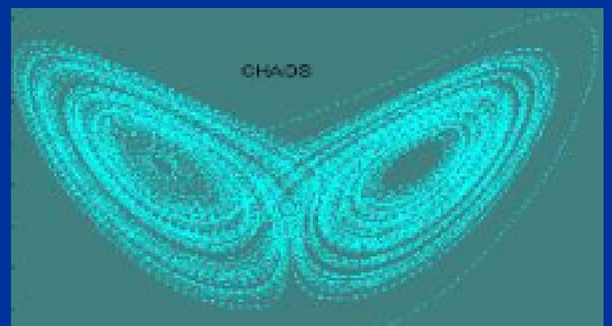
$$u(t)=U_{\mathrm{m}}cos(\omega t+\varphi_{\mathrm{u}})=\sqrt{2}U\cos(\omega t+\varphi_{\mathrm{u}})$$

$$\leftrightarrow \dot{U}=U\angle\varphi_{\mathrm{u}}$$

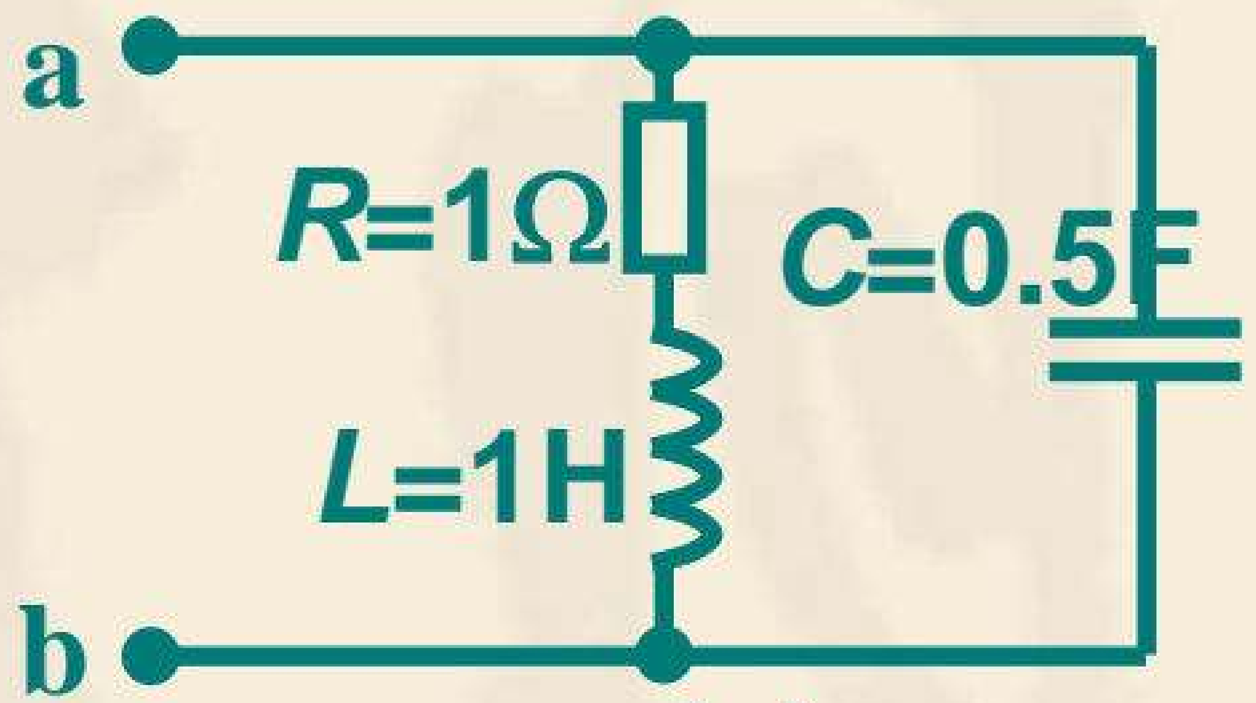
$$i(t)=I_{\mathrm{m}}\cos(\omega t+\varphi_{\mathrm{i}})=\sqrt{2}I\cos(\omega t+\varphi_{\mathrm{i}})$$

$$\leftrightarrow \dot{I}=I\angle\varphi_{\mathrm{i}}$$

显然，有 $\dot{U}_{\mathrm{m}}=\sqrt{2}\dot{U}$， $\dot{I}_{\mathrm{m}}=\sqrt{2}\dot{I}$



【例】求图(a)网络在ω=1rad/s和ω=2rad/s时的等效阻抗和等效电路。



(a)

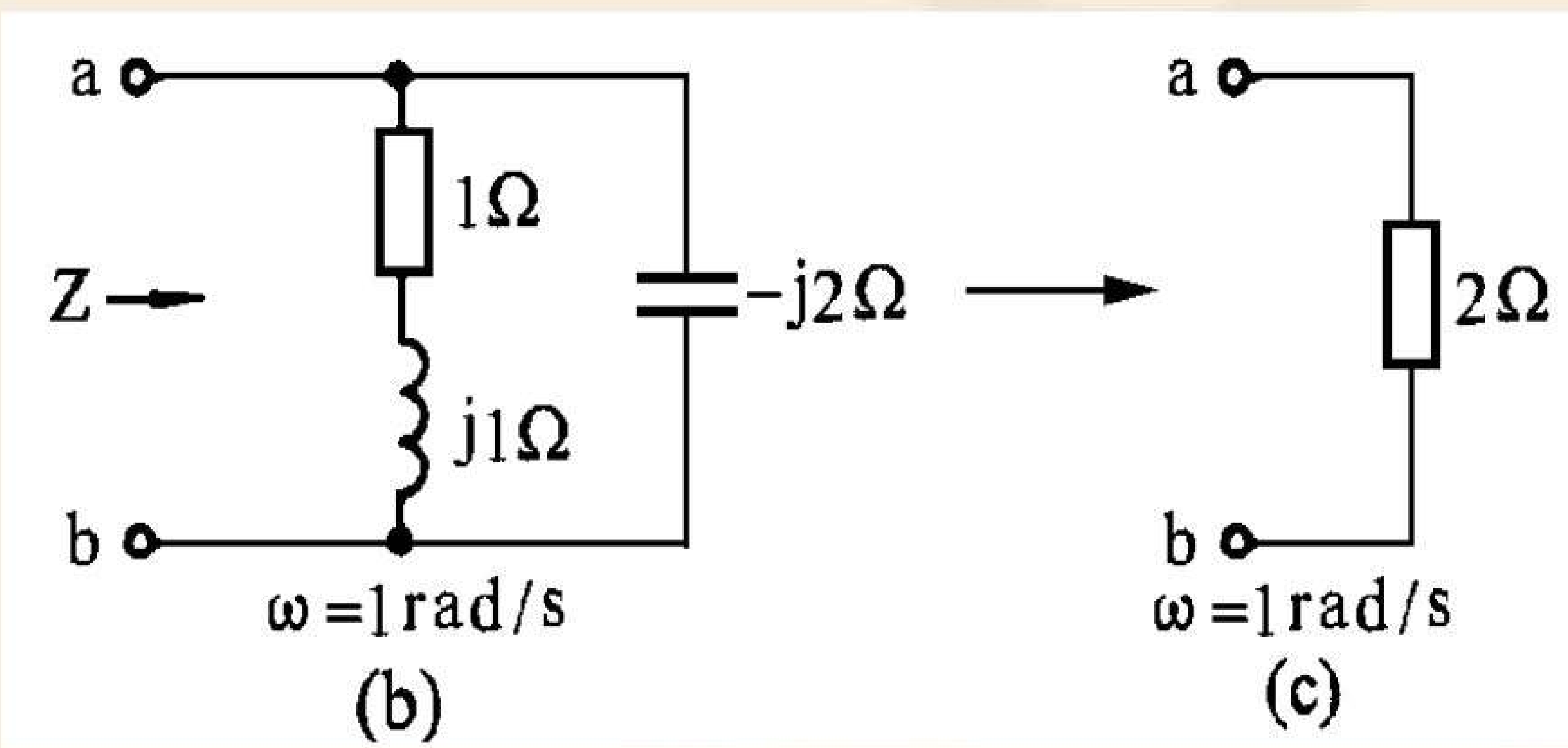
$Z_L = j\omega L$

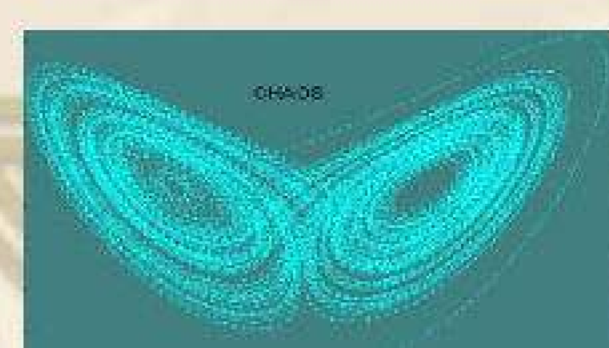
$Z_C = \frac{1}{j\omega C}$

$Z = (R + Z_L) // Z_C$

解： $\omega = 1\text{rad/s}$

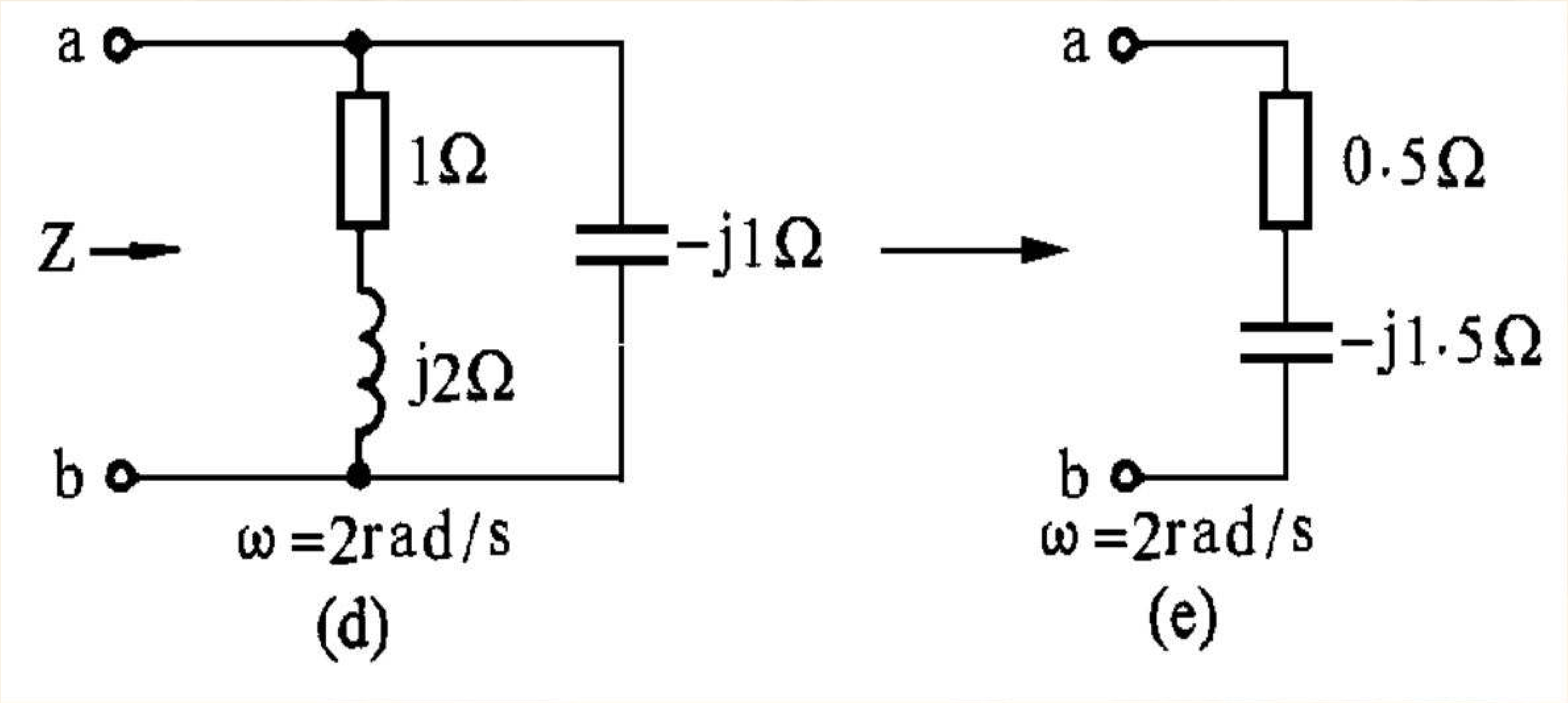
$$Z(j1) = \frac{(1 + j1)(-j2)}{1 + j1 - j2} = \frac{2 - j2}{1 - j} = 2\Omega$$





同理，ω=2rad/s时

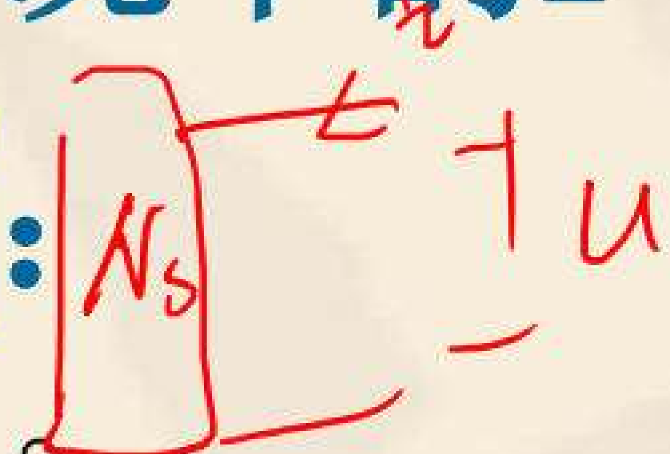
$$Z(j2)=\frac{(1+j2)(-j1)}{1+j2-j1}=0.5-j1.5\ \Omega$$



相应的时域等效电路为一个0.5Ω的电阻与1/3F电容的串联。

8-20 (2)已知关联参考方向下的无源二端网络的端口电压**u(t)**和电流**i(t)**分别为 $u(t)=10\cos(100t+70°)\text{V}$ 和 $i(t)=2\cos(100t+40°)A$，试求各种情况下的P、Q和S。

解：先将各量写成相量极坐标形式：



$p = \cancel{UI}\cos\theta_z$

$$\dot{U}=5\sqrt{2}\angle 70^{\circ}V,\quad \dot{I}=\sqrt{2}\angle 40^{\circ}A$$

P = UI cos

Q = UI sin θ

S = UI

$$P=UI\cos\theta_z=5\sqrt{2}\times\sqrt{2}\cos 30^{\circ}=5\sqrt{3}W$$

$$Q=UI\sin\theta_z=5\sqrt{2}\times\sqrt{2}\sin 30^{\circ}=5Var$$

$$S=UI=10VA$$

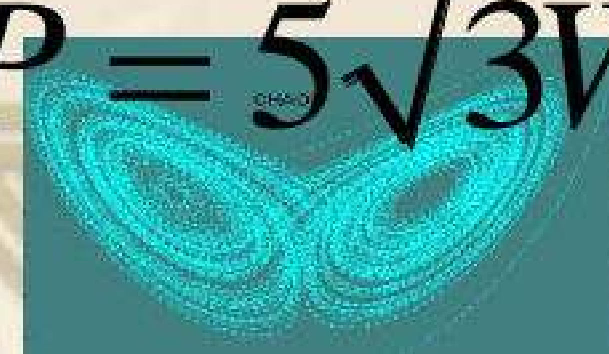
另解：

$$\tilde{S}=\dot{U}\overset{*}{I}=5\sqrt{2}\angle 70^{\circ}\times\sqrt{2}\angle -40^{\circ}$$

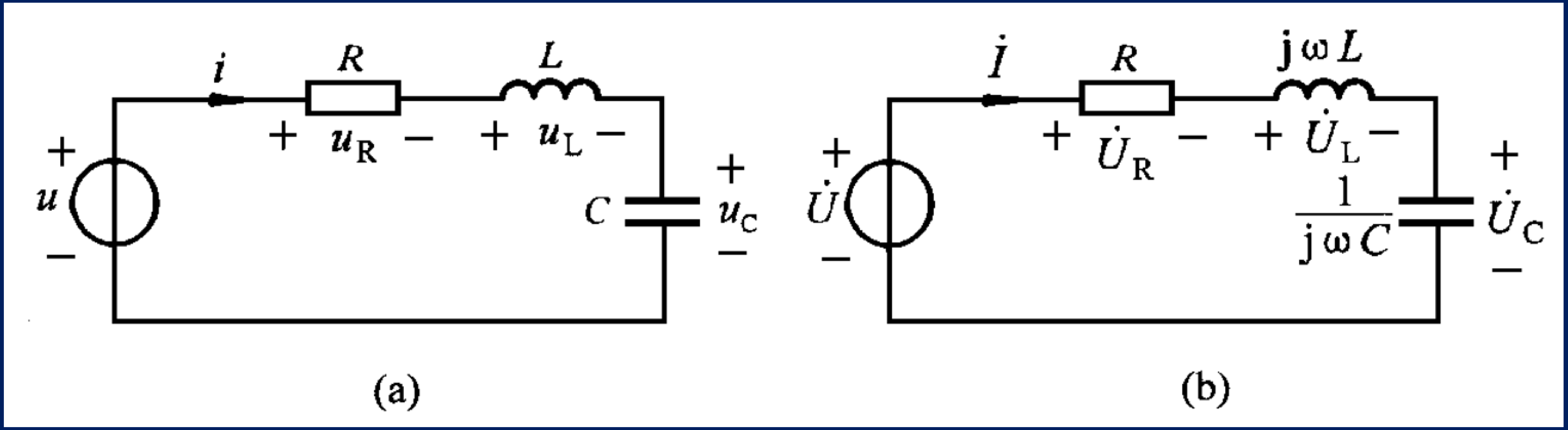
??

$$=10\angle 30^{\circ}=5\sqrt{3}+j5 \text{ (VA)}$$

$$\therefore P=5\sqrt{3}W,\ Q=5Var,\ S=10VA$$



分析RLC串联电路

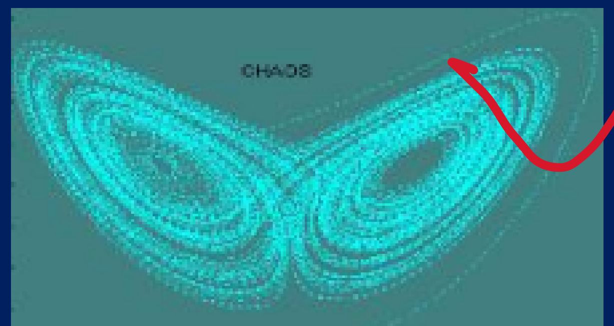


相量模型如图(b)所示。等效阻抗

$$Z=\frac{\dot{U}}{\dot{I}}=R+j\omega L+\frac{1}{j\omega C}=R+j(\omega L-\frac{1}{\omega C})$$

$$=R+jX$$

其中： $X=(\omega L-\dfrac{1}{\omega C})$

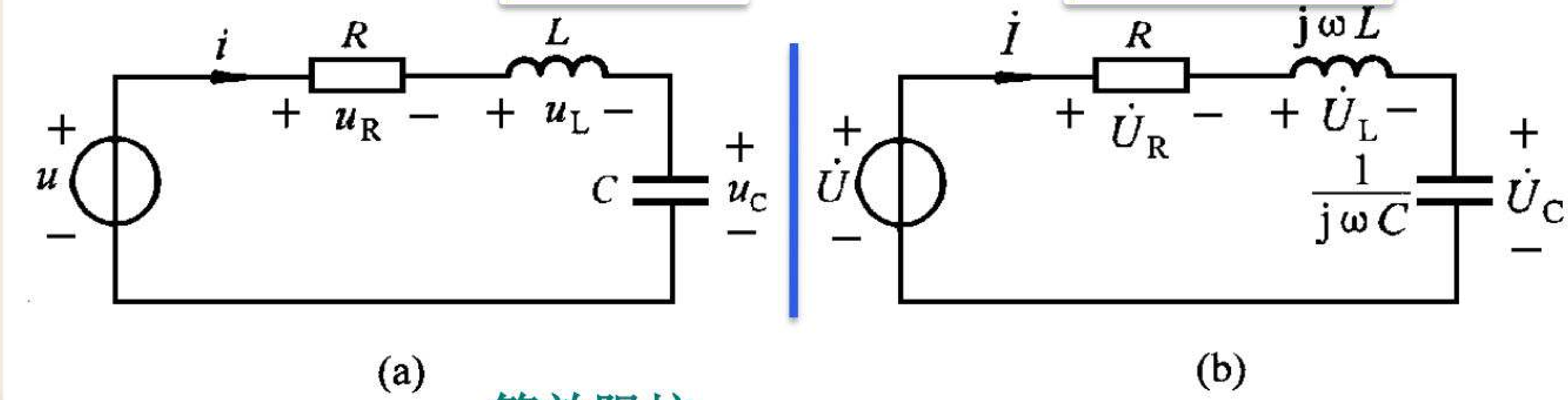


分析RLC串联电路

阻抗串联等效

1. 阻抗串联　　　　RLC串联电路

时域　　复数域



等效阻抗

$$Z=\frac{\dot{U}}{\dot{I}}=R+\mathrm{j}\omega L+\frac{1}{\mathrm{j}\omega C}=R+\mathrm{j}(\omega L-\frac{1}{\omega C})=\boxed{R+\mathrm{j}X}$$

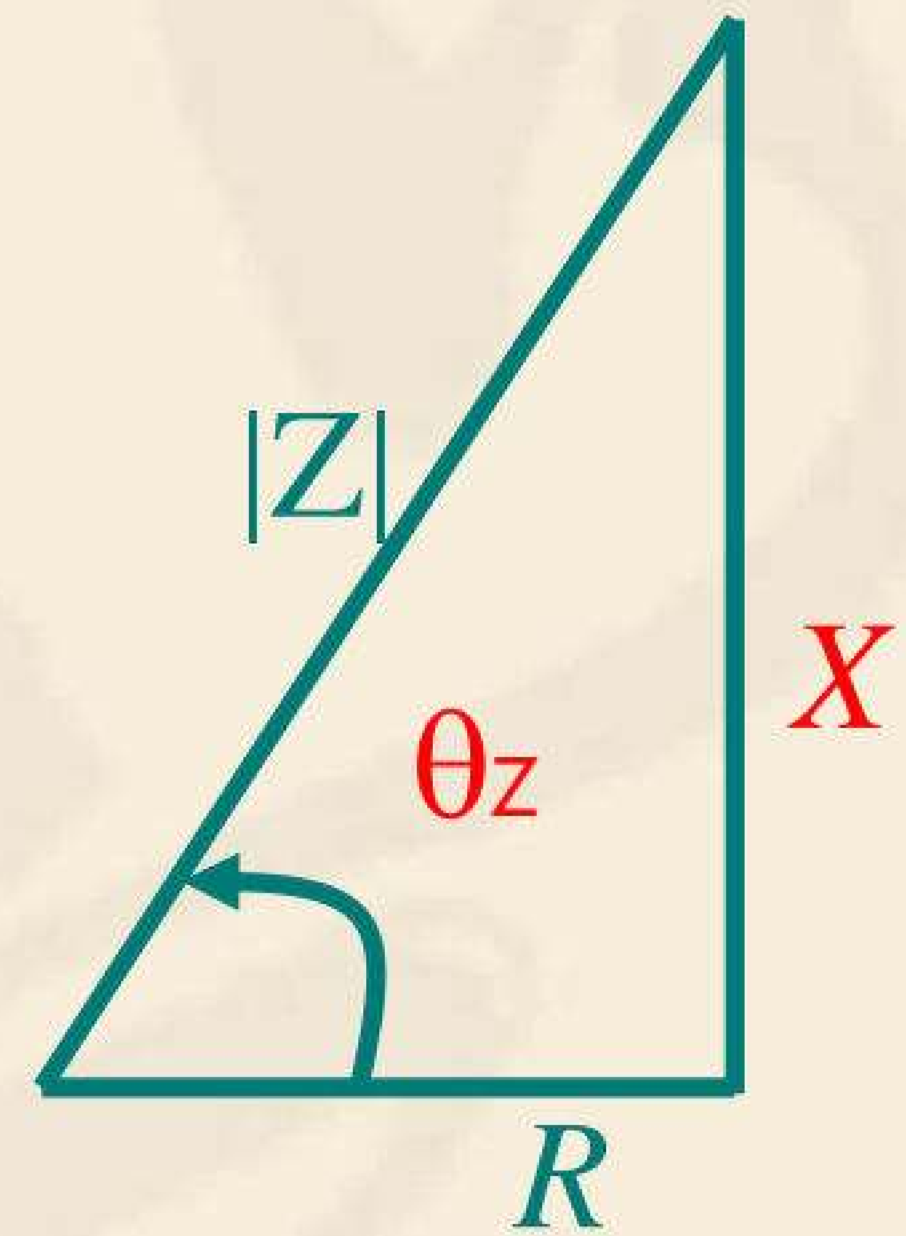
其中 $X=(\omega L-\frac{1}{\omega C})$

阻抗　电阻　电抗

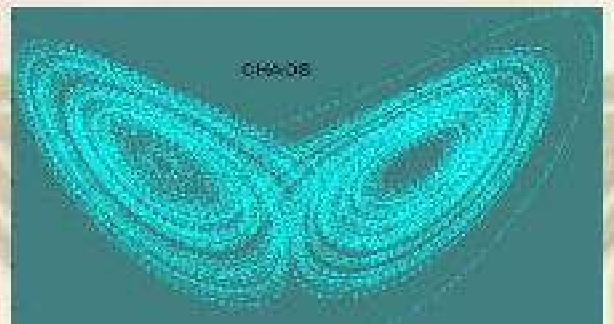
$$\boxed{Z = R + \mathrm{j}X}$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\theta_Z = \arctan\frac{X}{R} = \arctan\frac{X_L - X_C}{R}$$



- 当$X=X_L-X_C>0$时，$\theta_Z>0$，电压超前于电流，电路呈感性；
- 当$X=X_L-X_C<0$时，$\theta_Z<0$，电流超前于电压，电路呈容性；
- 当$X=X_L-X_C=0$时，$\theta_Z=0$，电压与电流同相，电路呈阻性。



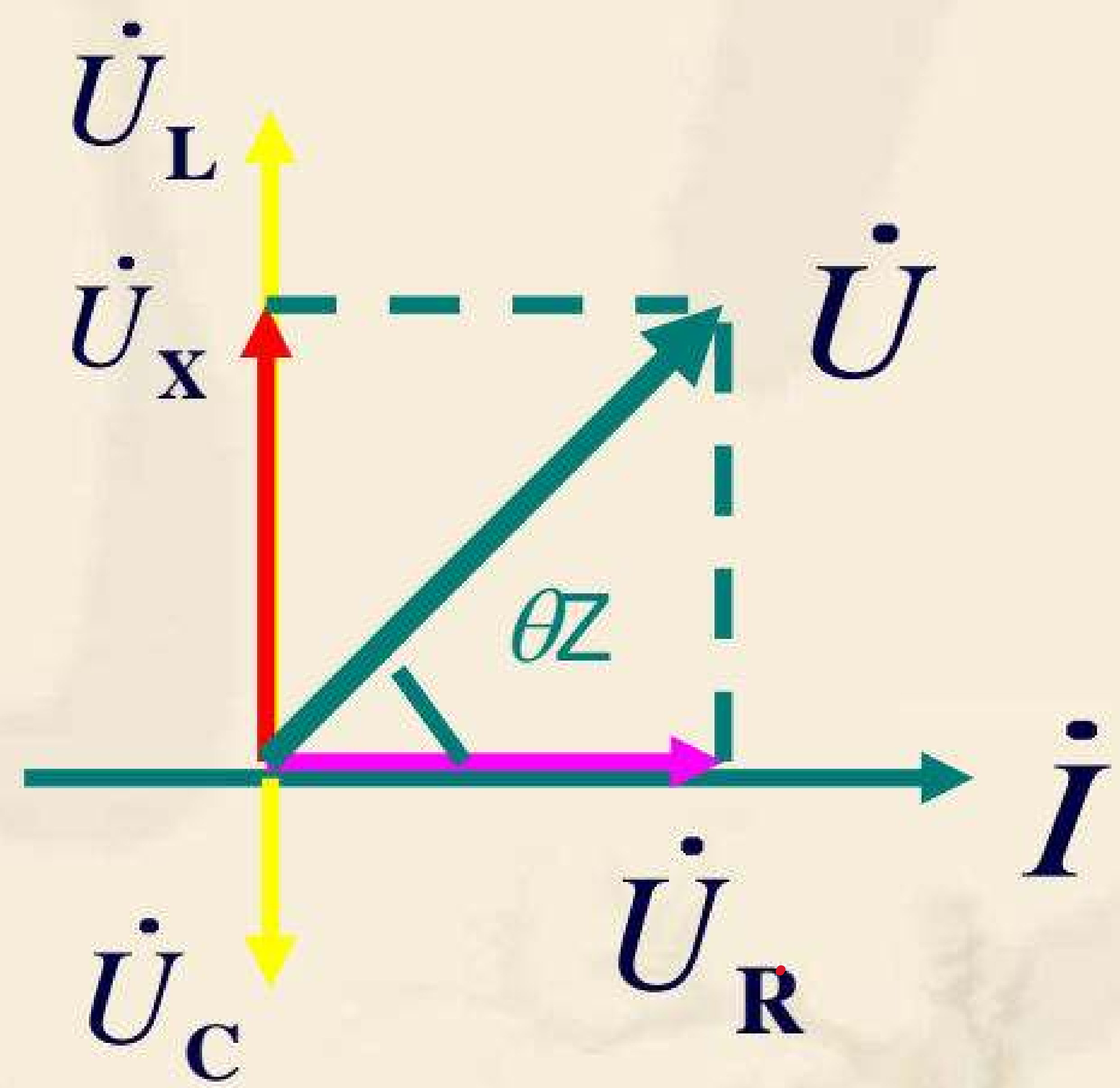
$$\dot{U} = Z\dot{I} = R\dot{I} + \mathrm{j}(X_L - X_C)\dot{I} = R\dot{I} + \mathrm{j}X\dot{I} = \boxed{\dot{U}_R + \dot{U}_X}$$

$$= \dot{U}_R + (\dot{U}_L + \dot{U}_C)$$

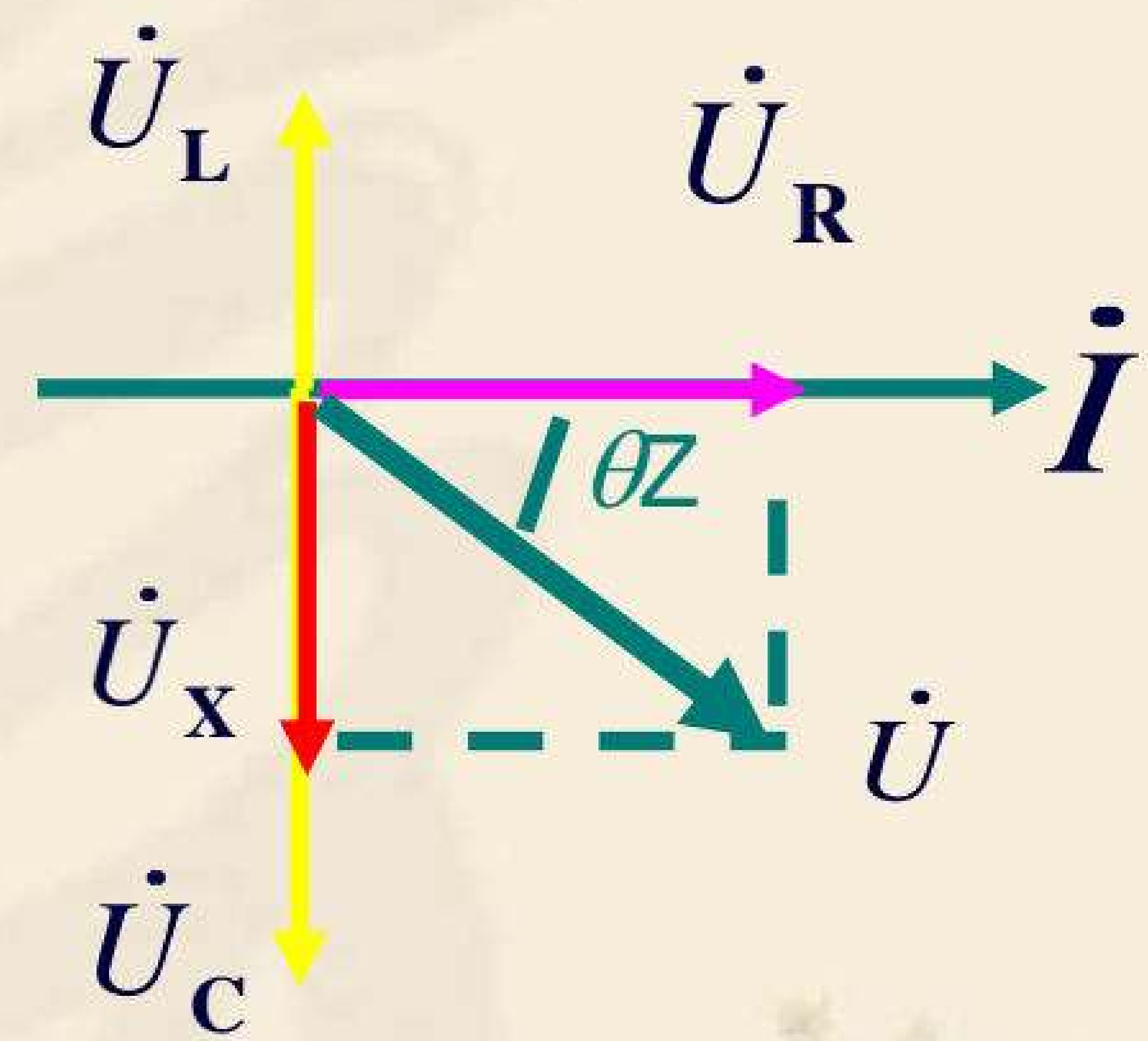
$$|U| = \sqrt{U_R^2 + U_X^2}$$

$$U_R = U\cos\theta_Z$$

$$U_X = U|\sin\theta_Z| = |U_L - U_C|$$



感性XL>XC



容性XL<XC

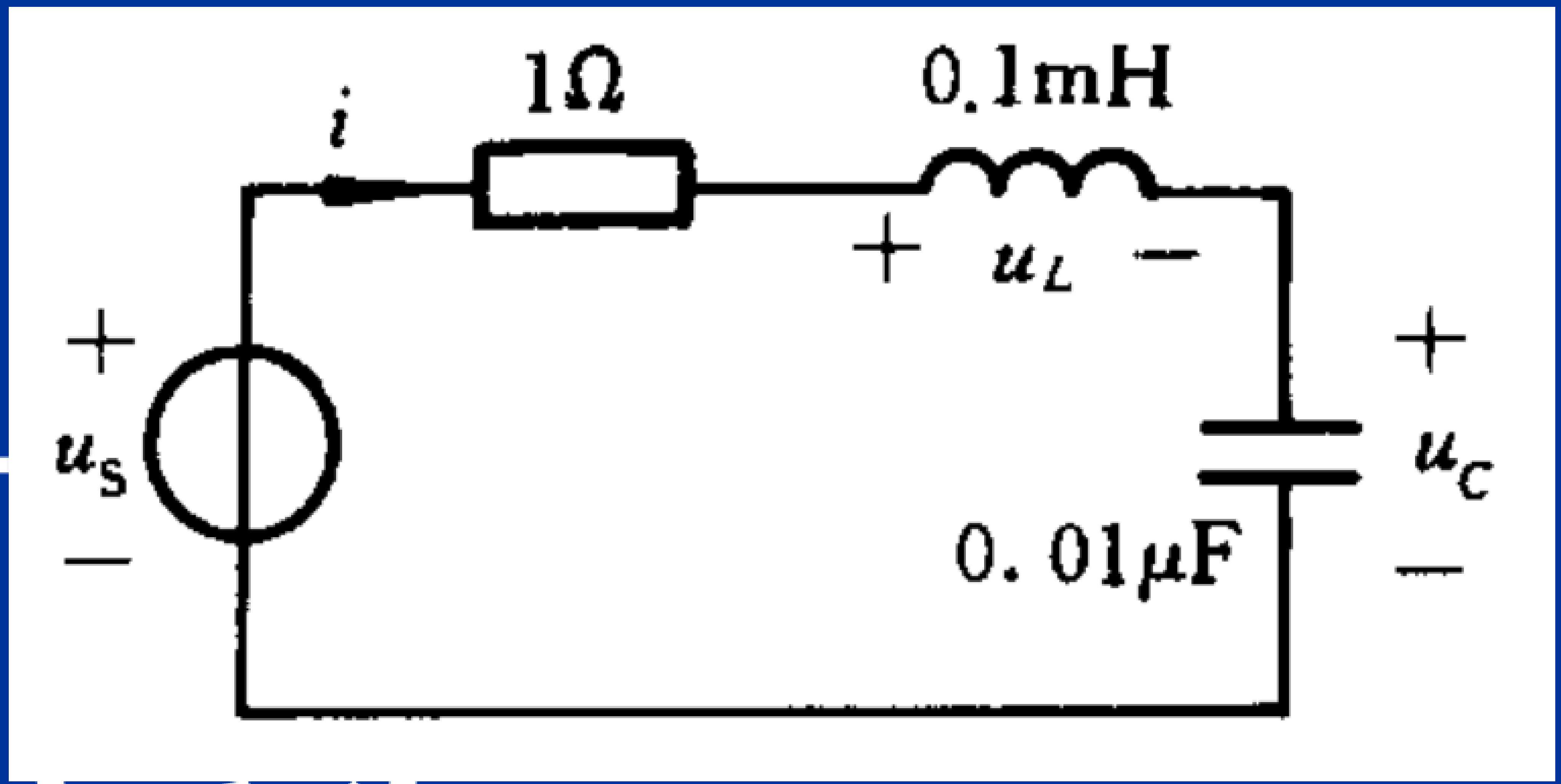
电压三角形

思考：电阻电压有效值为3V，电感和电容总电压的有效值为4V，为什么电源电压有效值为5V？

例 电路如图,已知 $u_S(t)=\sqrt{2}\cos\omega t\ \mathrm{V}$

求:(l)频率ω为何值时,电路发生谐振。

(2)电路谐振时, U_L和U_{C0}为何值。



解:(l)电压源的角频率应为

$$\omega=\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}=\frac{1}{\sqrt{10^{-4}\times10^{-8}}}=10^6\,\mathrm{rad/s}$$

(2)电路的品质因数: $Q=\dfrac{\omega_0 L}{R}=100$

$Q=\dfrac{\omega_0 L}{R}$

$U_{L0}=U_{C0}=QU_S$

则 $U_{L0}=U_{C0}=QU_S=100\times1=100\mathrm{V}$

所示的电路中， $u_s = 10\sqrt{2}\cos t\text{V}$ $\omega=1$ $\dot{U}_s$ 为 u_s 的有效值相量，$\dot{U}_R = \dot{U}_S$ ，求(1)L大小,(2) $\dot{U}_C = ?$

$\dot{U}_S = 10\angle 0^\circ V.$ $\dot{U}_R = \dot{U}_S$

$-\dot{U}_S + \dot{U}_C + \dot{U}_L + \dot{U}_R = 0.$

$\Rightarrow \dot{U}_C + \dot{U}_L = 0.$

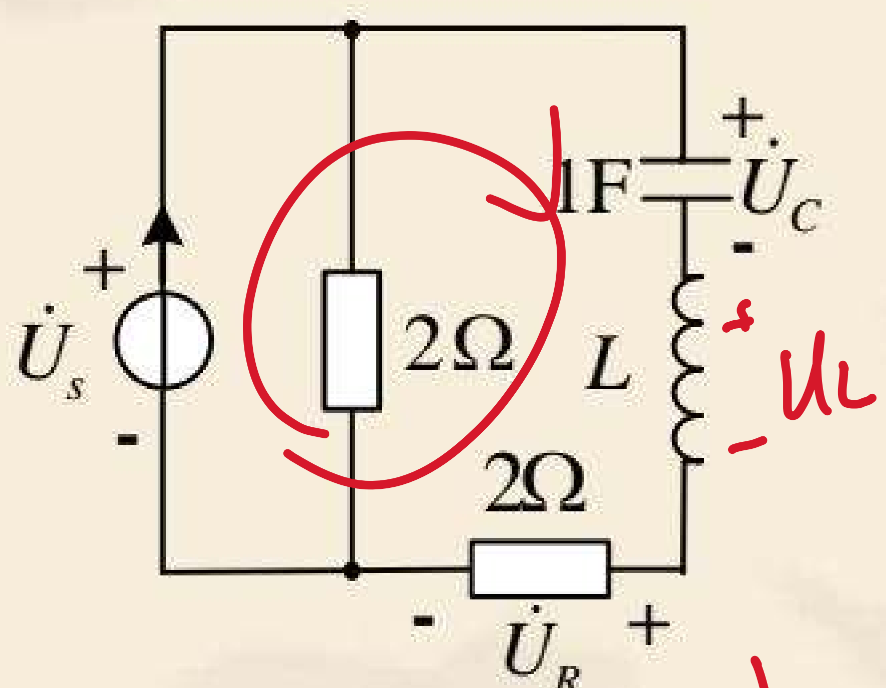
$\dot{U}_C = Z_C \cdot \dot{I} = \frac{1}{j\omega C} \cdot \dot{I}$

$\dot{U}_L = Z_L \cdot \dot{I} = j\omega L \cdot \dot{I}$

$\frac{1}{j\omega C} + j\omega L = 0.$

$-\frac{1}{C} + L = 0.$

$L = \frac{1}{C} = 1H$



分析：电路发生串联谐振

$\sqrt{\frac{1}{LC}} = 1$ 解出L=1H

$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = -j\Omega$

$Z_L = j\omega L = j\Omega$

$$\dot{U}_C = \frac{1}{j\omega_0 CR}\dot{U}_S = -j5V$$

$\dot{I} = \frac{\dot{U}_S}{Z_C + Z_L + R} = 5A$

$\dot{U}_C = -j \cdot 5 = -j5V.$