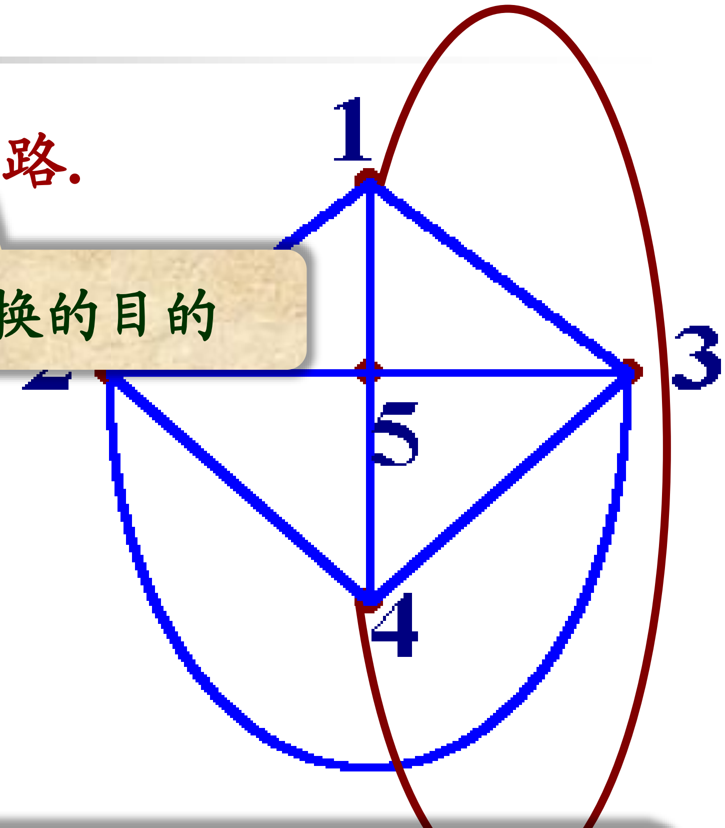
第三章　线性电路分析方法

简单电路：仅有一个独立节点或一个回路.

复杂电路：含有多个节点或回路

等效变换的目的



平面电路：可画在一个平面上，且使各条支路除连接点外不再有交叉支路的电路。

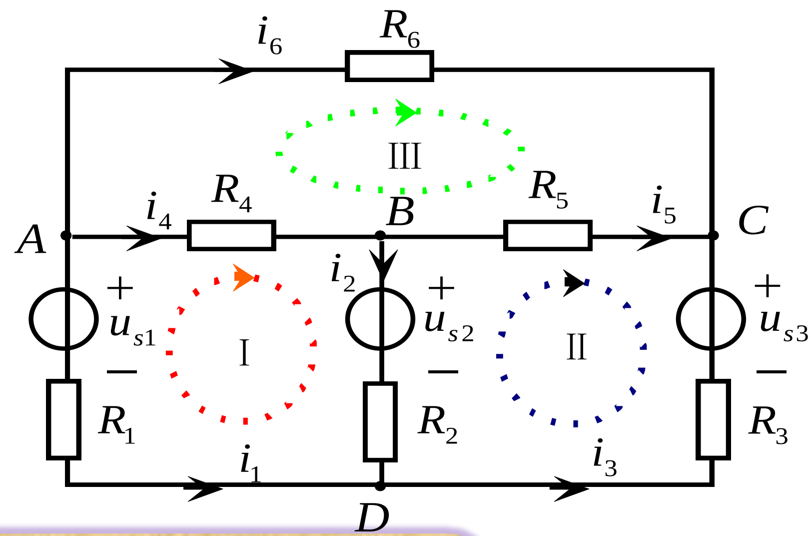
对于平面电路，可以引入网孔的概念。

1、内网孔：仅定义在平面电路中，回路内无任何其它节点和支路。是回路的一种；

2、外网孔：回路外无任何其它节点和支路，即，最外面的回路。

3-1 支路电流法

对于具有n个节点，b条支路的电路，以支路电流为待求量，以KCL、KVL 、 VAR为依据，列方程求解电路分析方法。



KCL方程列写：

节点A： $i_1+i_4+i_6=0$

节点B： $i_2-i_4+i_5=0$

节点C： $-i_3-i_5-i_6=0$

三个式子相加，有：$-i_3+i_1+i_2=0$

即，节点D的KCL方程。因此，独立的KCL方程个数为（n-1）个。

KVL方程列写：

利用支路VAR以

表示支路电压

回路Ⅰ： $-R_1i_1+R_2i_2+R_4i_4=u_{s1}-u_{s2}$

回路Ⅱ： $-R_2i_2-R_3i_3+R_5i_5=u_{s2}-u_{s3}$

回路Ⅲ： $-R_4i_4-R_5i_5+R_6i_6=0$

独立KCL方程：（n-1）个

独立KVL方程： b-(n-1) 个

即，网孔数

方程总数： b个

支路电流法的步骤（对于具有 n个节点，b条支路的电路图）：

（1）设定各支路电流和参考方向。

（2）写出 n-1个独立KCL方程。

（3）写出 b-(n-1) 个回路的独立KVL方程（一般选网孔回路）。

（4）联立求解所列出的 b个独立方程，即得 b条支路电流。

（5）根据支路电流，进而可以求出支路电压、支路功率等变量。

支路电流法 小结:

1、优点：利用实际存在的物理量（支路电流i）列写方程，物理意义直观明确;

2、缺点：方程数目多，不便于求解（方程数目为b个）

→ 网孔电流法、节点电位法

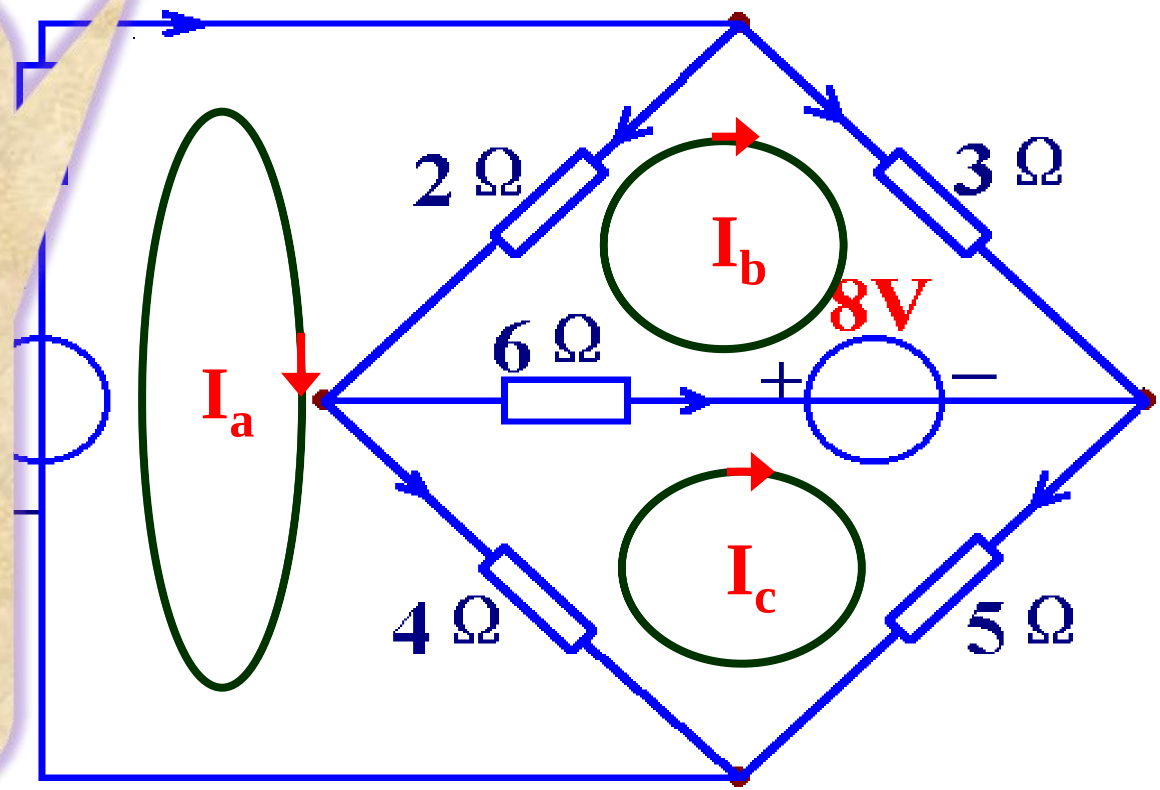
3-2 网孔电流法

网孔电流：主观设想在网孔回路中流动的电流。

一、定义：以网孔电流为待求量求解电路的方法。

1、Ia、Ib、Ic共3个网孔电流，因此对应3个方程，求解简单；

2、网孔电流为主观设想，与实际存在的物理量u、i不同（支路法中所使用的待求量），因此，能否作为求解电路的变量？（完备性、独立性）



二、网孔电流变量的完备性和独立性

完备性：可由网孔电流求得任一条支路电流。

$i_1 = I_a$

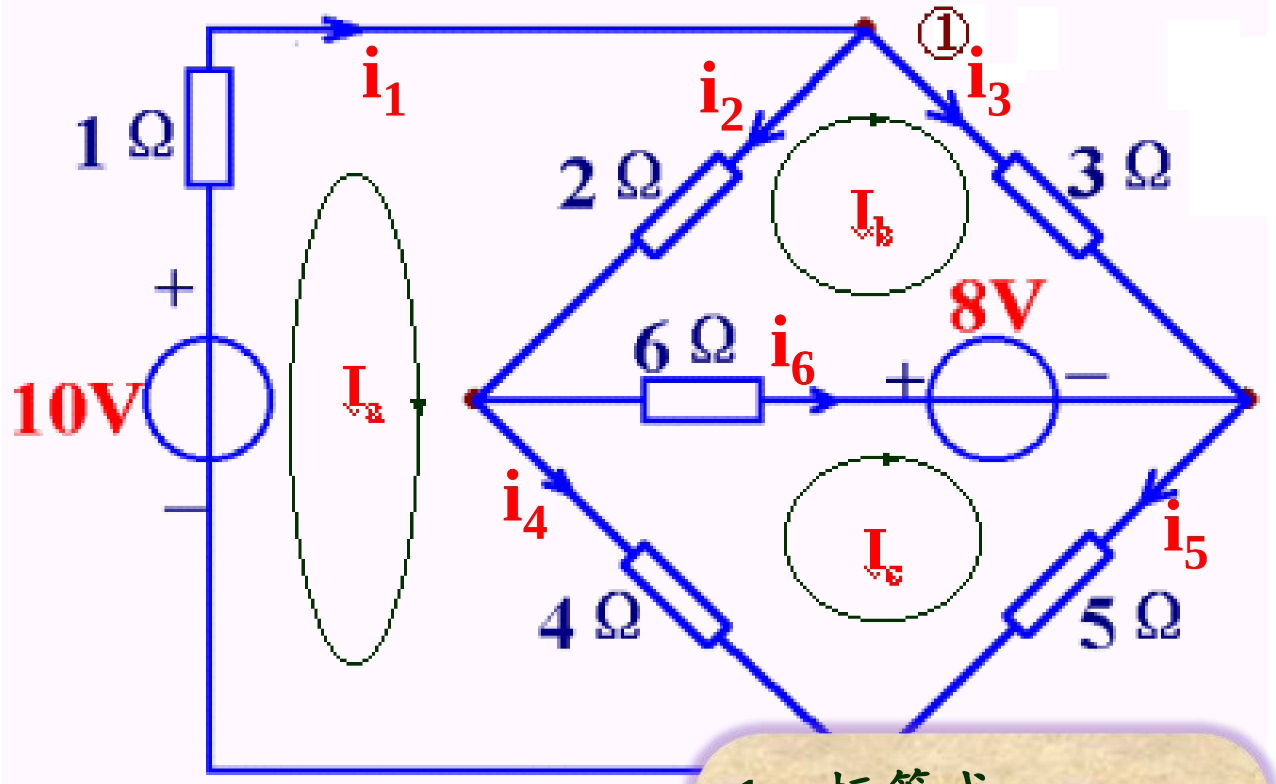
$i_2 = I_a - I_b$

$i_3 = I_b$

$i_4 = I_a - I_c$

$i_5 = I_c$

$i_6 = I_c - I_b$



独立性：

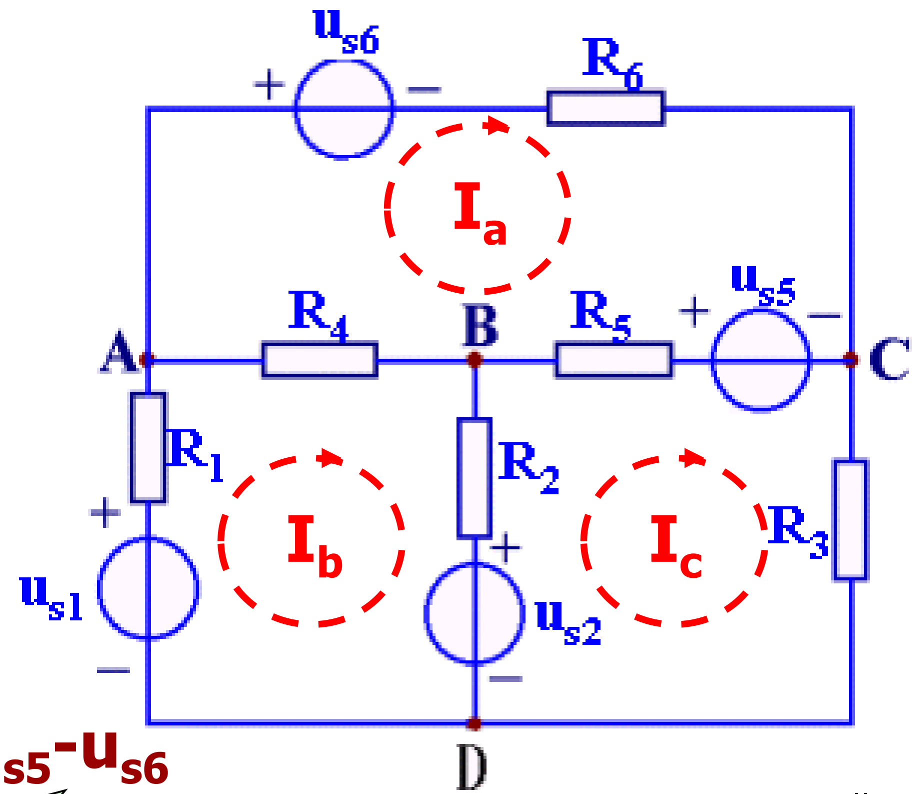
网孔电流变量彼此独立，不能互求。

节点1：$-i_1 + i_2 + i_3 = 0$

用网孔电流表示：$-I_a + (I_a - I_b) + I_b = 0$

1、恒等式；
2、网孔电流自身都满足KCL约束；
3、网孔电流之间不能用KCL约束。

三、网孔电流法：$u_{s6}+I_aR_6-u_{s5}+(I_a-I_c)R_5+(I_a-I_b)R_4=0$



依据：(1) KVL

(2) 支路VAR

步骤：

1、选择网孔电流及参考方向，一般取顺时针方向；

2、列写网孔电流方程：

$$(R_4+R_5+R_6)I_a-R_4I_b-R_5I_c=u_{s5}-u_{s6}$$

自电阻　互电阻　互电阻　回路电压源电压升代数和

$$-R_4I_a+(R_4+R_1+R_2)I_b-R_2I_c=u_{s1}-u_{s2}$$

$$-R_5I_a-R_2I_b+(R_5+R_3+R_2)I_c=u_{s2}-u_{s5}$$

方程数 = 网孔数；

3、解网孔电流；

4、求其它响应

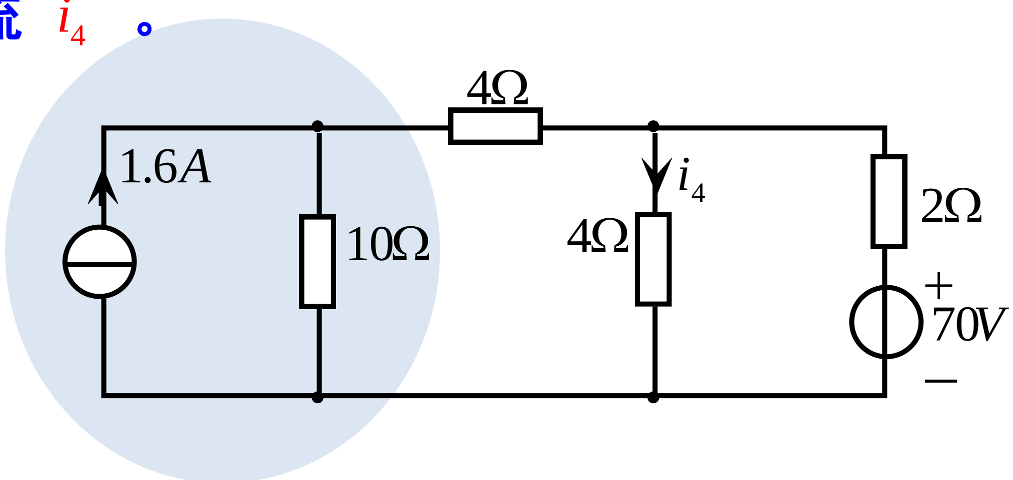
(如，支路电流等)

四、理想电流源的处理

例1 图示电路。试用网孔法求电流 i_4 。

方法1:

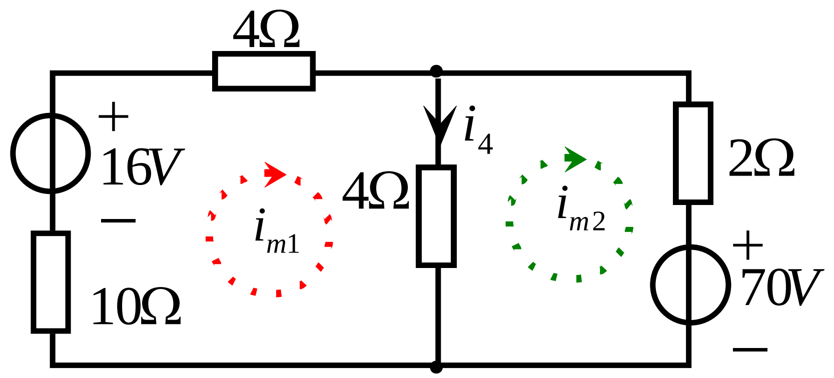
利用等效变换，使得理想电流源有并联电阻，利用电源等效变换，使之变换为实际电压源模型。



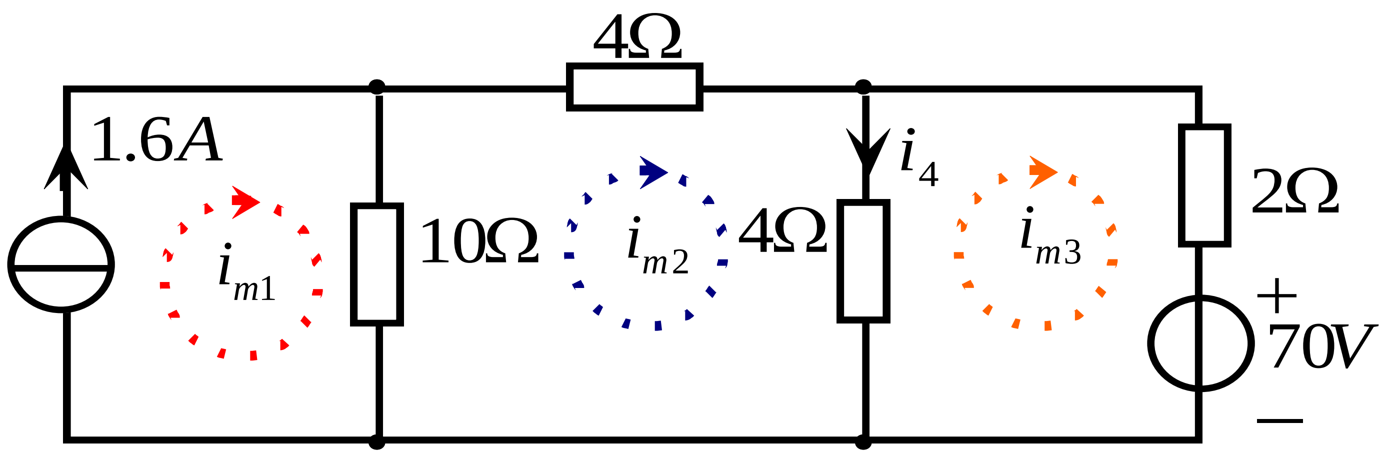
网孔方程为 ：

$$\left.\begin{aligned} 18i_{m1} - 4i_{m2} &= 16 \\ -4i_{m1} + 6i_{m2} &= -70 \end{aligned}\right\}$$

$$i_4 = i_{m1} - i_{m2} = 11A$$



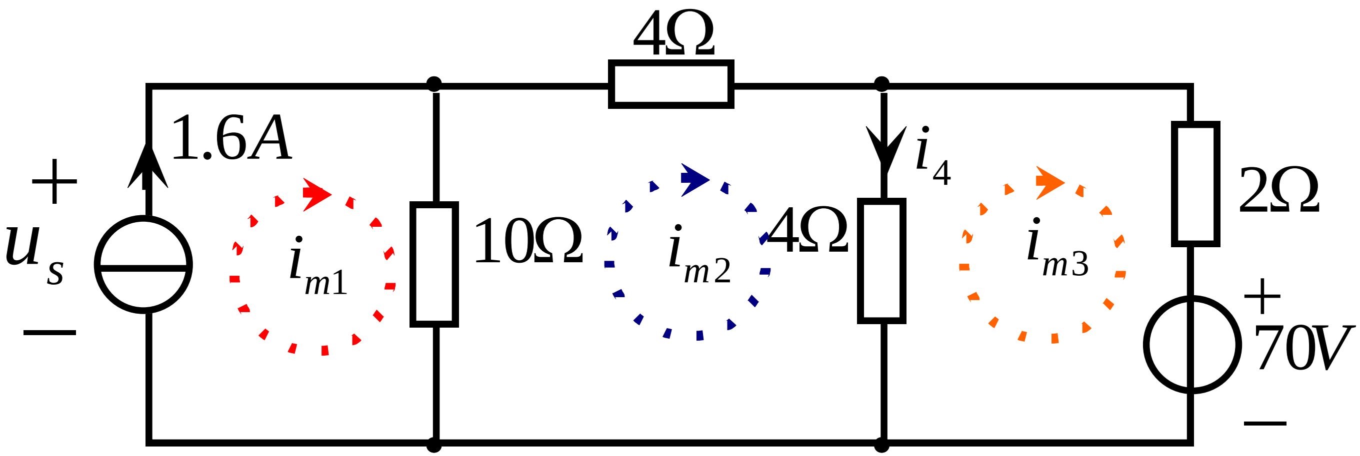
方法 2： 不进行电源变换时，可将理想电流源选为一个已知网孔电流，列写其余方程时避开该理想电流源支路。



$$\left.\begin{aligned} &i_{m1}=1.6 \\ &-10i_{m1}+18i_{m2}-4i_{m3}=0 \\ &-4i_{m2}+6i_{m3}=-70 \end{aligned}\right\} \left.\begin{aligned} &i_{m1}=1.6A \\ &i_{m2}=-2A \\ &i_{m3}=-13A \end{aligned}\right\} \quad i_4=i_{m2}-i_{m3}=-2-(-13)=11A$$

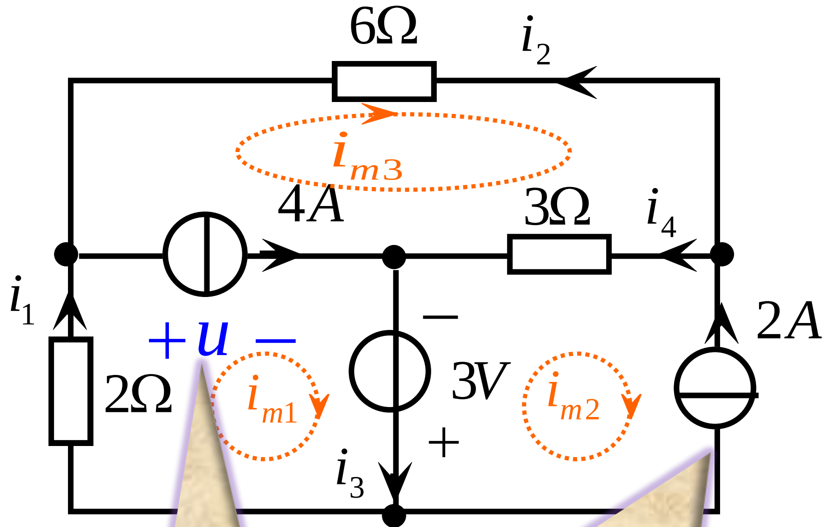
方法3： 设理想电流源端电压，将此电压暂当作电压源电压列写方程，并利用理想电流源与相应网孔电流关系补充方程（补充方程的思路：电流源为两个网孔的公共支路）。

（也称：一般方法，或者，通用方法）



$$\left.\begin{aligned}&10i_{m1}-10i_{m2}=u_s\\&-10i_{m1}+18i_{m2}-4i_{m3}=0\\&-4i_{m1}+6i_{m3}=-70\\&i_{m1}=1.6\end{aligned}\right\}$$

例2 求支路电流 i_1, i_2, i_3, i_4 。



解：由“网孔电流法”

$$\left.\begin{aligned} 2i_{m1} &= -u+3 \\ i_{m2} &= -2A \\ -3i_{m2}+(6+3)i_{m3} &= u \\ i_{m1}-i_{m3} &= 4A \end{aligned}\right\}$$

$$i_1 = i_{m1}, i_2 = -i_{m3}$$

$$i_3 = i_{m1} - i_{m2}$$

$$i_4 = i_{m3} - i_{m2}$$

“理想电流源的处理”方法2:

将理想电流源选为一个已知网孔电流。

“理想电流源的处理”方法3:

设理想电流源端电压。

$i_1 = 3A, \quad i_2 = 1A, \quad i_3 = 5A, \quad i_4 = 1A$

五、受控源的处理

基本步骤：

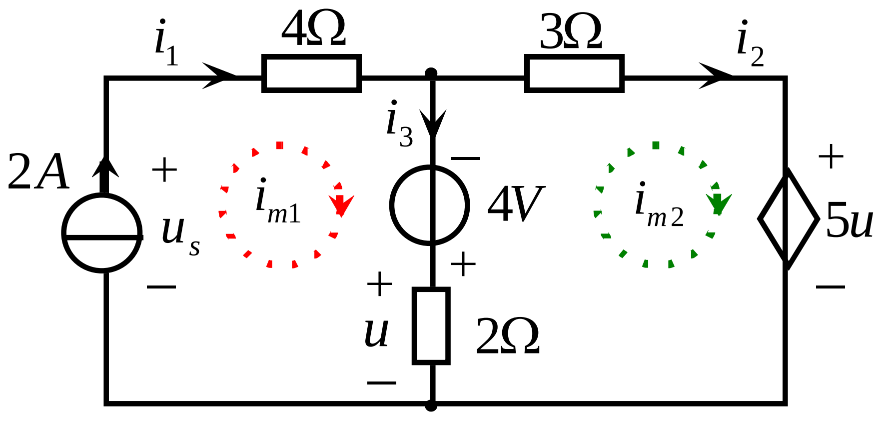
1）先将受控源暂当独立电源列方程;

2） 将控制量用网孔电流表示;

3）整理、化简方程，并求解。

注意：若需进行等效变换，切记：控制支路保留。

例3 图示电路，用网孔法求各支路电流，并求受控源 5u 所吸收的功率P 。



解：

$$\begin{cases} i_{m1} = 2 \\ -2i_{m1} + (3+2)i_{m2} = -4 - 5u \\ u = 2(i_{m1} - i_{m2}) \text{（补充方程）} \end{cases}$$

$$i_{m1} = 2A, \quad i_{m2} = 4A, \quad u = -4V$$

各支路电流的参考方向如图示，有：

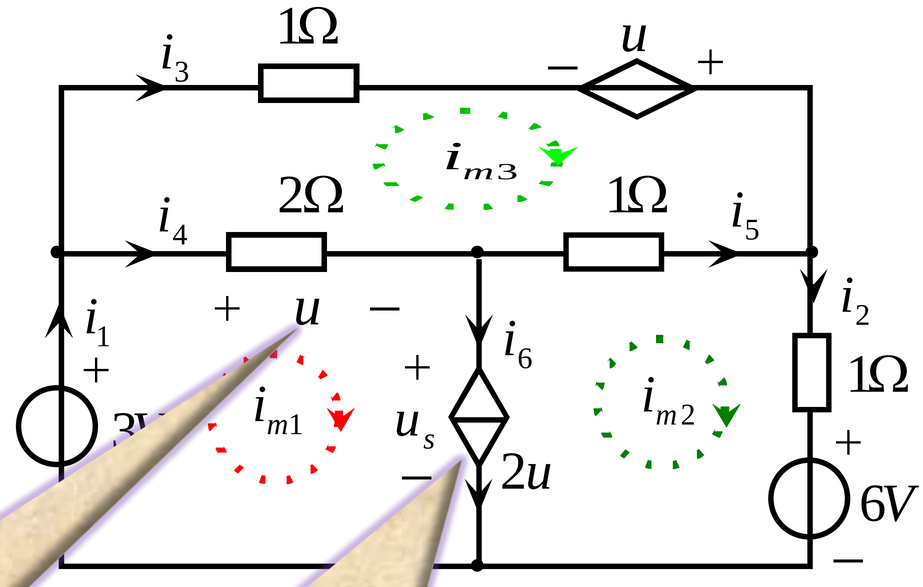
$$i_1 = 2A,$$

$$i_2 = i_{m2} = 4A,$$

$$i_3 = i_{m1} - i_{m2} = -2A$$

$$P = 5ui_2 = -80V$$

例4 图示电路，用网孔电流法求各支路电流，并求受控源发出的功率。



解：

$$\begin{cases} 2i_{m1} - 2i_{m3} = 3 - u_s \\ 2i_{m2} - i_{m3} = u_s - 6 \\ -2i_{m1} - i_{m2} + 4i_{m3} = u \\ i_{m1} - i_{m2} = 2u \text{（补充方} \\ u = 2(i_{m1} - i_{m3}) \text{（} \quad \text{程）} \end{cases}$$

“受控源的处理”方法:

控制变量用网孔电流表示。

“理想电流源的处理”方法3:

设理想电流源的端电压。

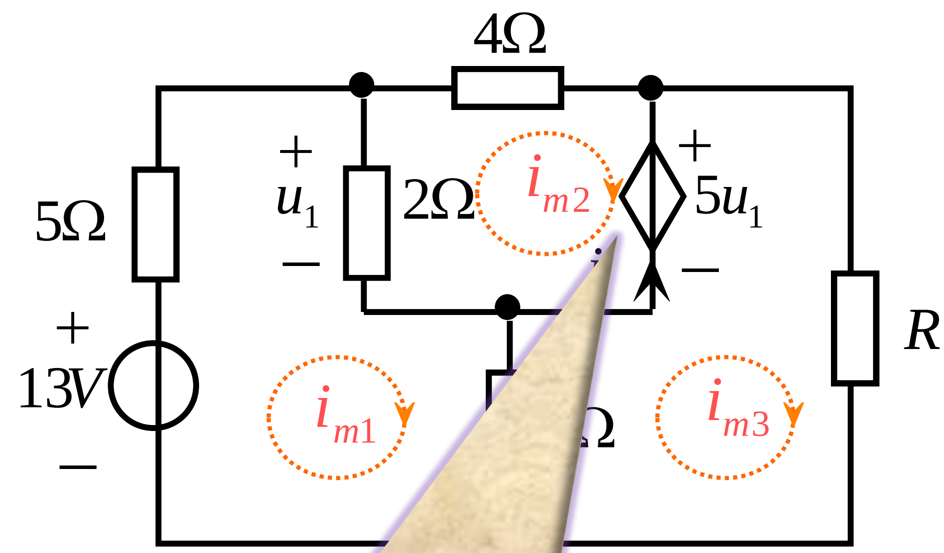
$i_{m3} = 1A,$

$u = 2V,$

$u_s = 1V$

$$\begin{cases} i_4 = 1A \\ i_5 = -3A \\ i_6 = 4A \end{cases}$$

例5 图示电路，$u_1 = 2V$ ，求电阻R和电流 i 的值。



解：

“受控源的处理”方法：

控制变量用网孔电流表示。

$$(5+2+5)i_{m1} - 2i_{m2} - 5i_{m3} = 1$$

$$-2i_{m1} + 6i_{m2} = -5u_1$$

$$-5i_{m1} + (5+R)i_{m3} = 5u_1$$

$u_1 = 2(i_{m1} - i_{m2}) = 2$ （补充方程）

$$i_{m2} = -2A$$

$$i_{m3} = 1A$$

$$R = 0$$

$$i = i_{m3} - i_{m2} = 3A$$

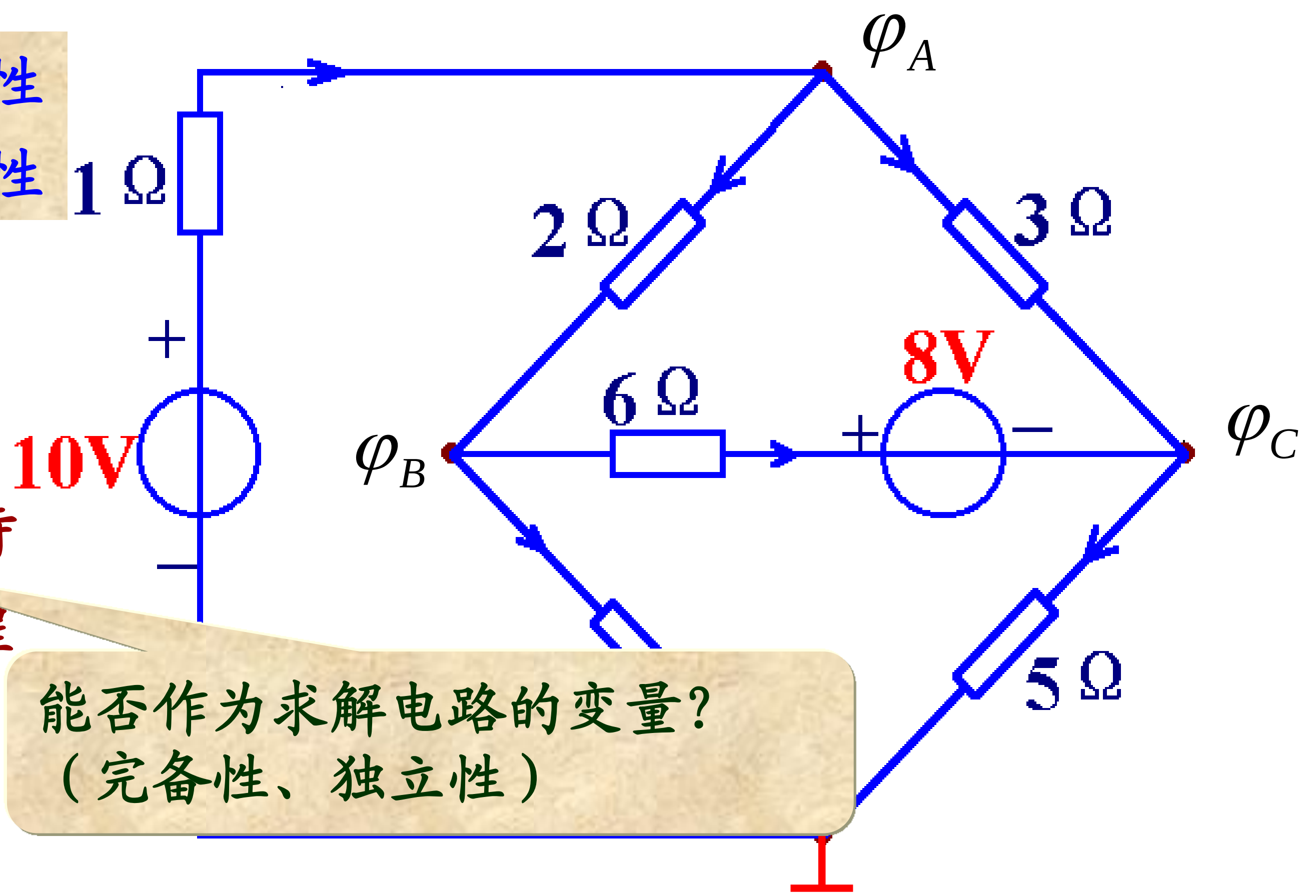
3-3 节点电位法

节点电位： 选择电路中的某个节点作为参考节点，其余节点相对参考节点的电压（独立节点电位）。

节点电位具有相对性
支路电压具有绝对性

一、定义：

以节点电位为待求量，列写电路方程求解电路的方法。



能否作为求解电路的变量？
（完备性、独立性）

二、节点电位变量的完备性和独立性

完备性: 可由节点电位求得任一条支路电压。

$u_1 = \varphi_A$

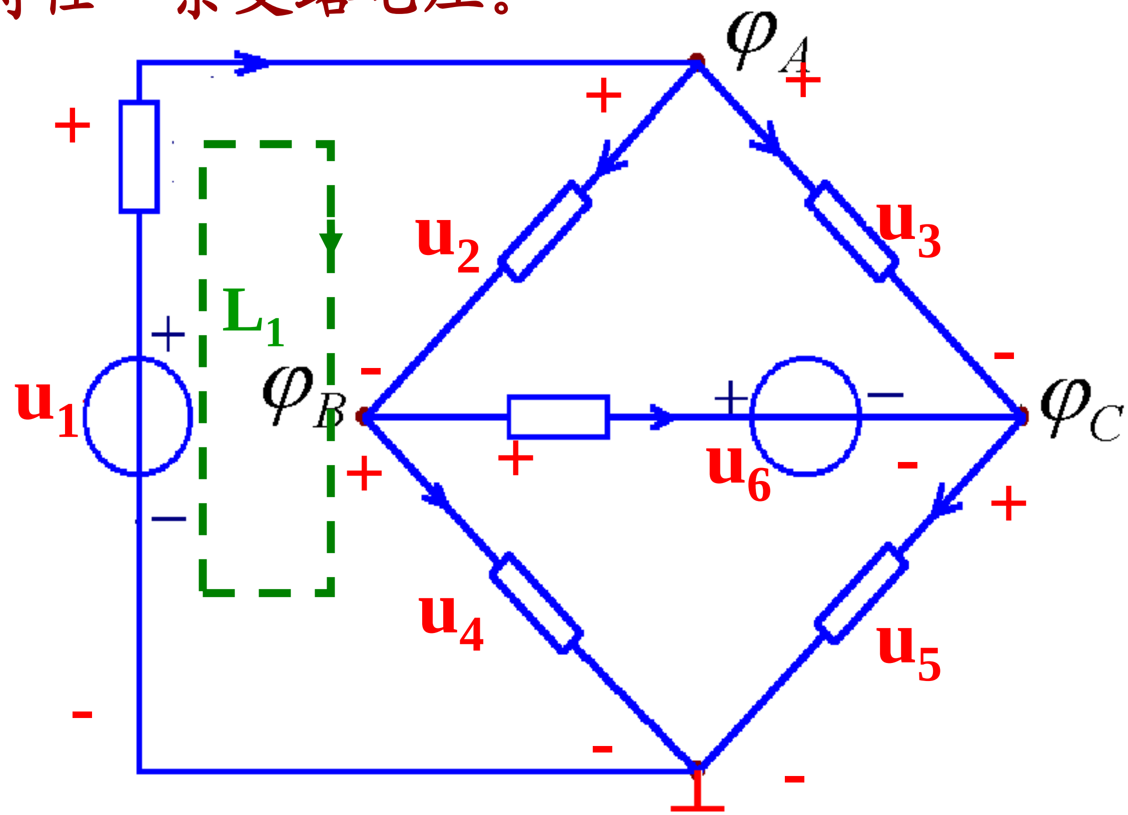
$u_2 = \varphi_A - \varphi_B$

$u_3 = \varphi_A - \varphi_C$

$u_4 = \varphi_B$

$u_5 = \varphi_C$

$u_6 = \varphi_B - \varphi_C$



独立性: 指节点电位变量之间彼此独立，不

对回路1: $-u_1 + u_2 + u_4 = 0$

用节点电位表示: $-\varphi_A + (\varphi_A - \varphi_B) + \varphi_B = 0$

1、恒等式;
2、节点电位不能用KVL约束;
3、节点电位自身都满足KVL。

三、节点电位法:

依据: (1) KCL (2) 支路VAR

步骤:

1、选择参考节点，标出其余节点电位变量;

2、列写节点电位方程:

方程数 = 独立节点数;

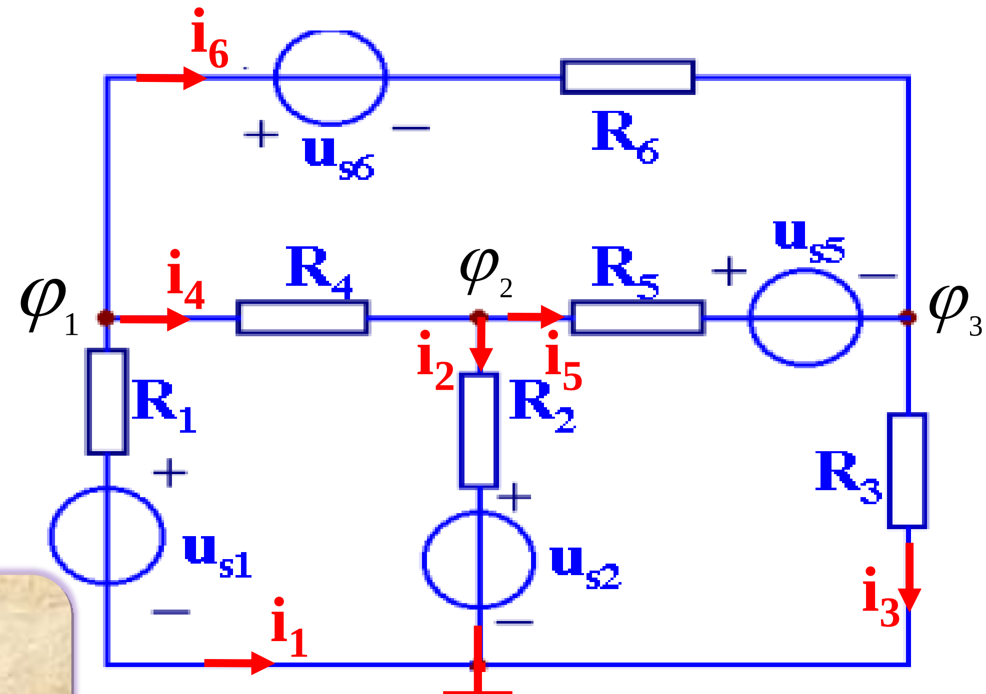
对比:

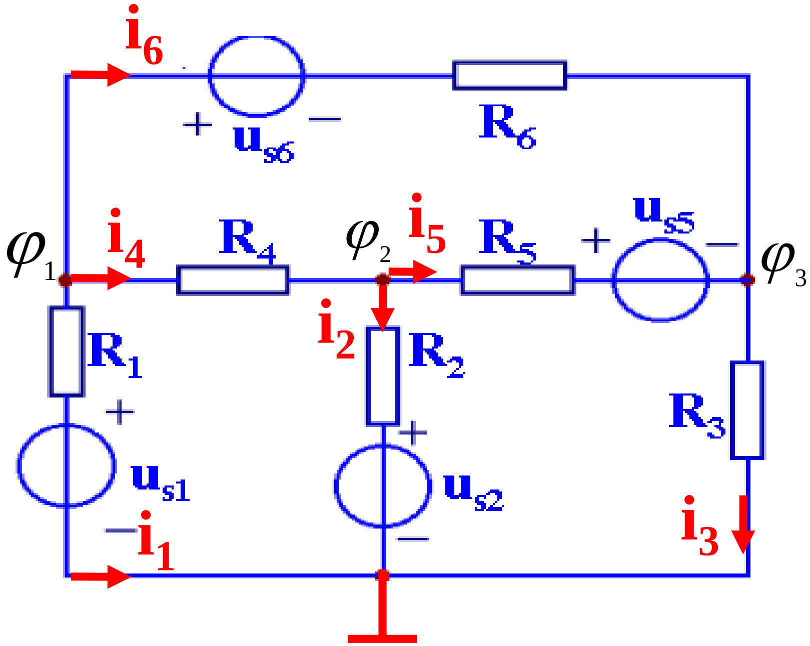
网孔电流方程数=网孔数

节点电位方程数=独立节点数

节点3: $i_3-i_5-i_6=0$

将支路电流 i_1-i_6 用节点电位表示





节点1： $i_1+i_4+i_6=0$

$$\frac{\varphi_1-u_{s1}}{R_1}+\frac{\varphi_1-\varphi_2}{R_4}+\frac{\varphi_1-\varphi_3-u_{s6}}{R_6}=0$$

自电导永远为正

互电导永远为负

节点1： $$(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_6})\varphi_1-\frac{1}{R_4}\varphi_2-\frac{1}{R_6}\varphi_3=\frac{u_{s1}}{R_1}+\frac{u_{s6}}{R_6}$$

自电导　　互电导　　互电导　　流入节点的电流源电流的代数和

节点2： $$-\frac{1}{R_4}\varphi_1+(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5})\varphi_2-\frac{1}{R_5}\varphi_3 \quad u_{s2}$$

实际电源的等效变换

节点3： $$-\frac{1}{R_6}\varphi_1-\frac{1}{R_5}\varphi_2+(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_5}+\frac{1}{R_6})\varphi_3=-\frac{u_{s6}}{R_6}-\frac{u_{s5}}{R_5}$$

步骤:

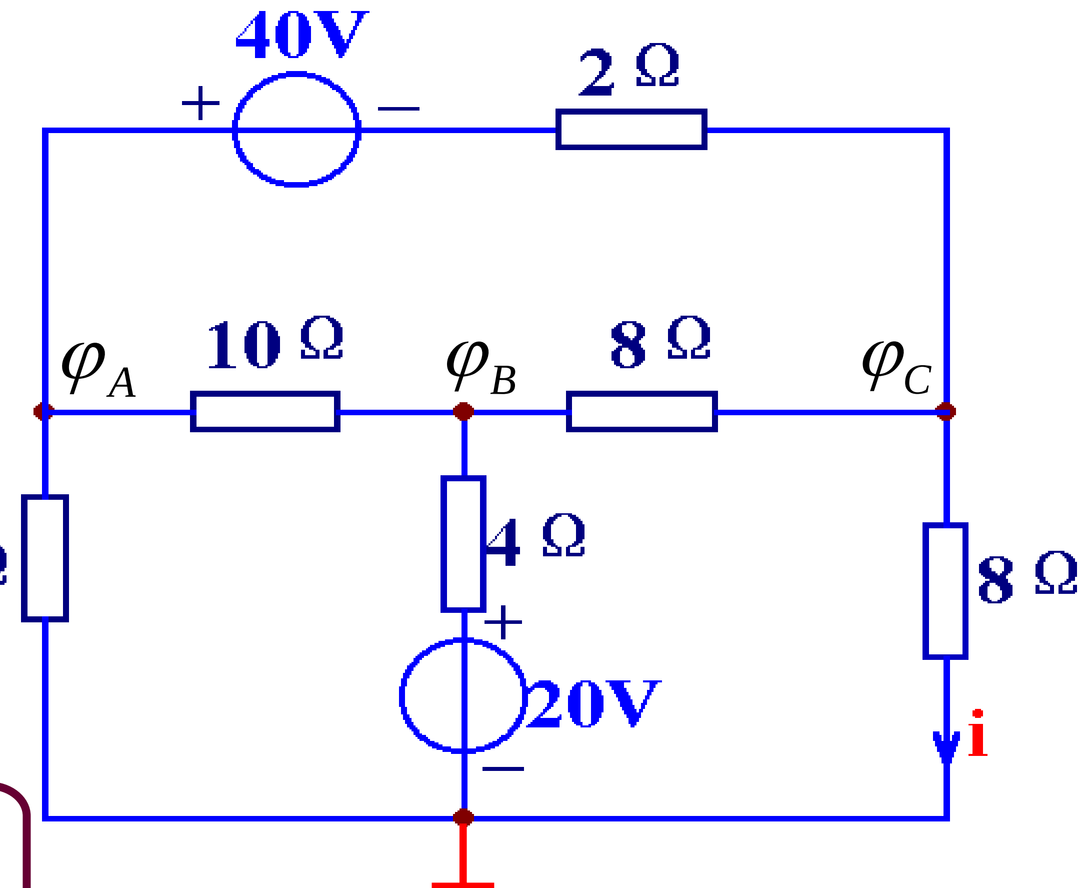
1 选择参考节点，标出其余节点电位变量;

2 列写节点电位方程：方程数 = 独立节点数;

3、求解节点方程;

4、求其它响应。

例1、图示电路求电流 i 。



思考:
1、网孔法求解步骤?
2、节点法求解步骤?
3、那种方法计算简洁?

（2）列写节点电位方程:

$$\left\{\begin{aligned}
&(\frac{1}{10}+\frac{1}{10}+\frac{1}{2})\varphi_A-\frac{1}{10}\varphi_B-\frac{1}{2}\varphi_C=\frac{40}{2}\\
&-\frac{1}{10}\varphi_A+(\frac{1}{10}+\frac{1}{4}+\frac{1}{8})\varphi_B-\frac{1}{8}\varphi_C=\frac{20}{4}\\
&-\frac{1}{2}\varphi_A-\frac{1}{8}\varphi_B+(\frac{1}{2}+\frac{1}{8}+\frac{1}{8})\varphi_C=-\frac{40}{2}
\end{aligned}\right.$$

整理节点电位方程，得:

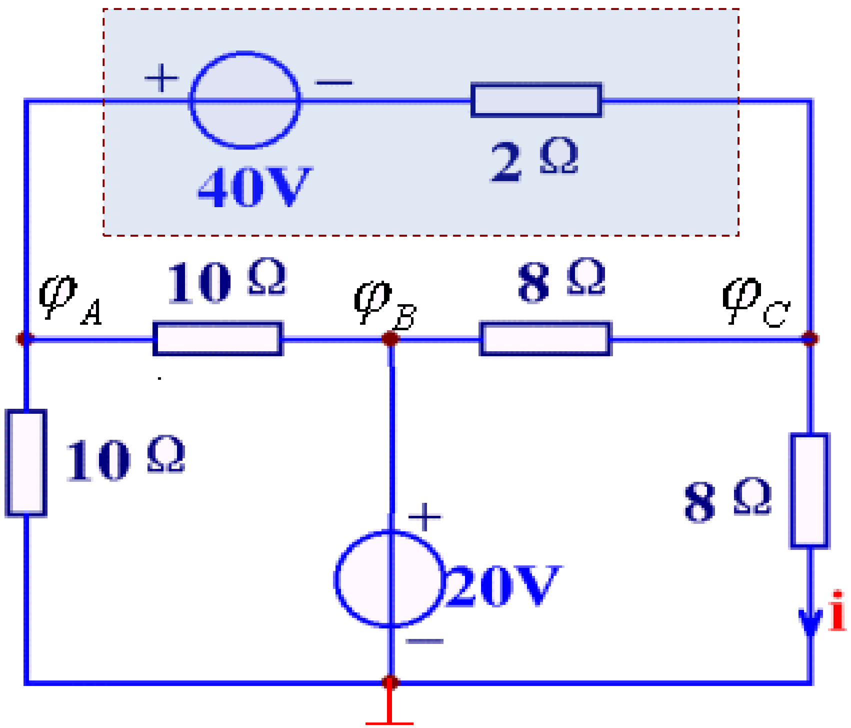
$$0.7\varphi_A-0.1\varphi_B-0.5\varphi_C=20$$
$$-0.1\varphi_A+0.475\varphi_B-0.125\varphi_C=5$$
$$-0.5\varphi_A-0.125\varphi_B+0.75\varphi_C=-20$$

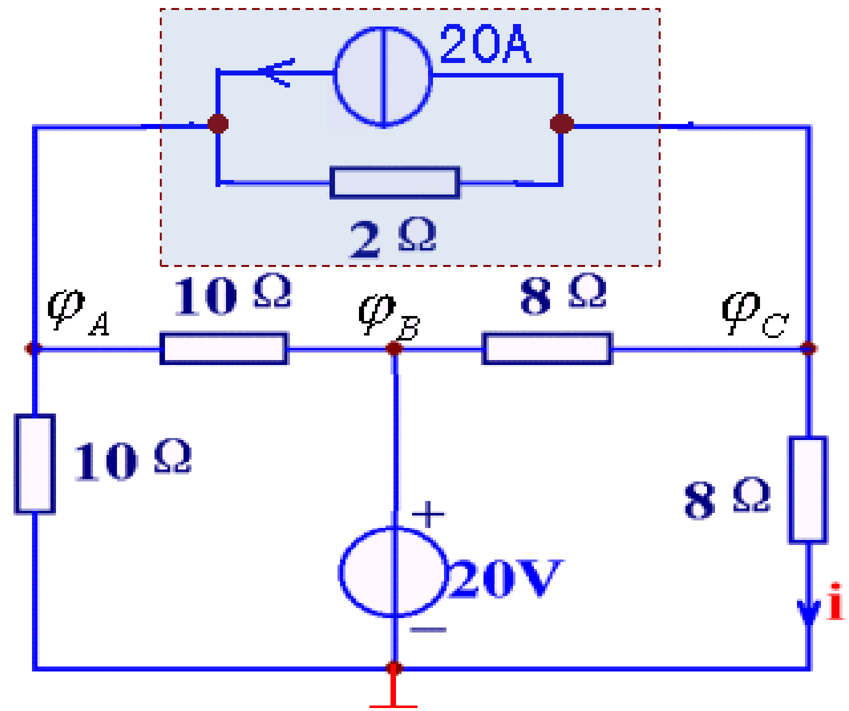
（3）解节点电位: φ_C＝－7.649V

（4）所求电流: i ＝－ 0.956A

四、理想电压源的处理

方法1： 利用等效变换，使得理想电压源有串联电阻，利用电源等效变换，使之变换为实际电流源模型。



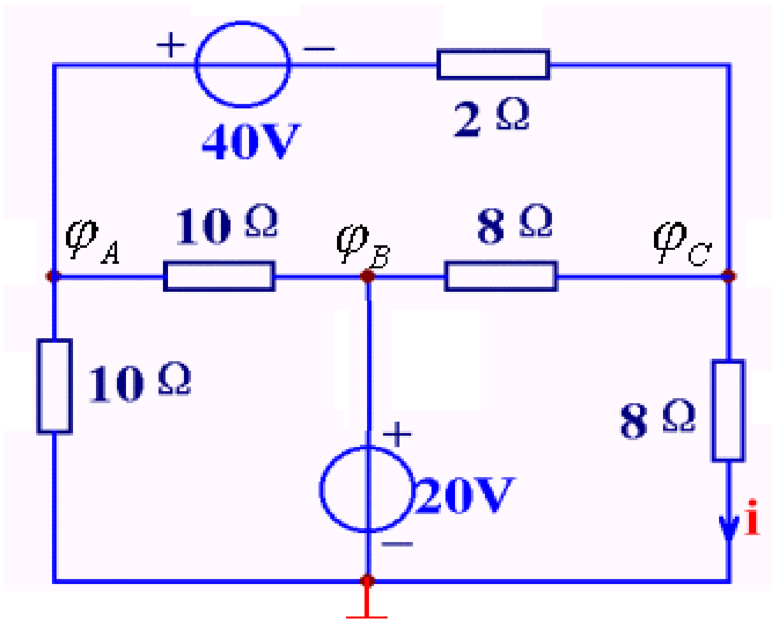


方法2：不进行电源变换时，可选合适的参考节点使理想电压源成为一个已知节点电位，列写其余节点电位方程。

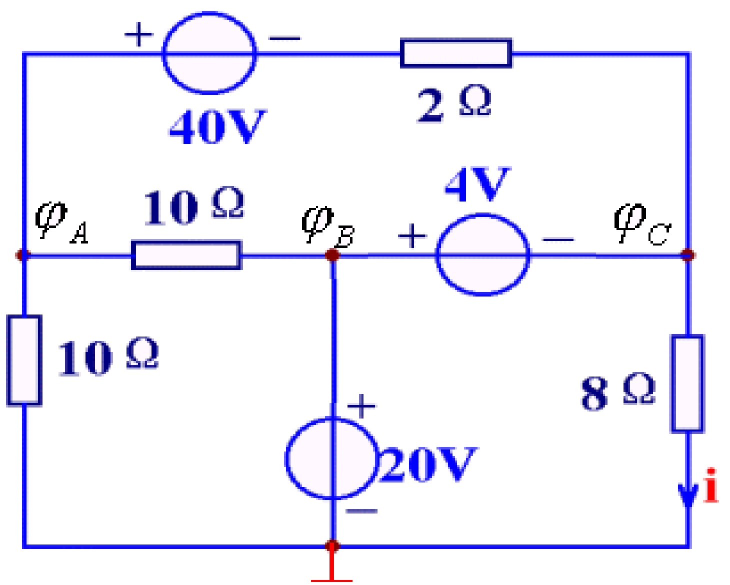
$$\left(\frac{1}{10}+\frac{1}{10}+\frac{1}{2}\right)\varphi_A-\frac{1}{10}\varphi_B-\frac{1}{2}\varphi_C=\frac{40}{2}$$

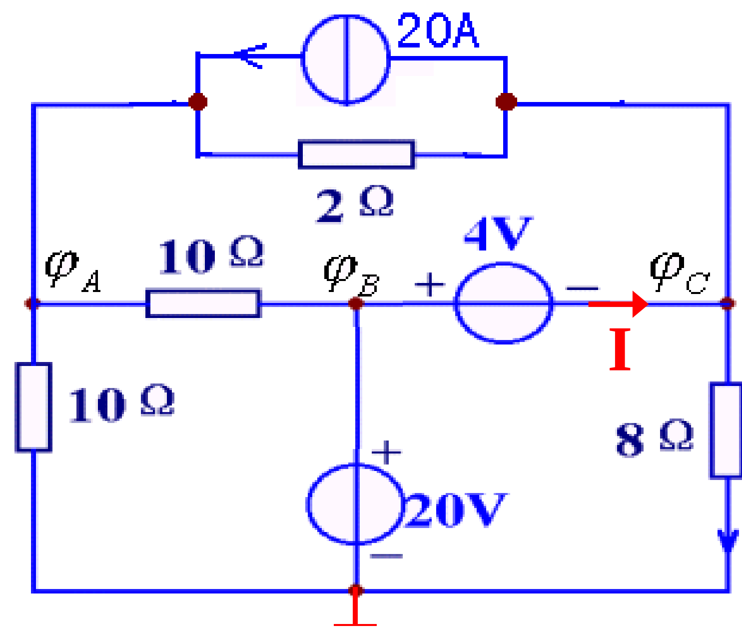
$$\varphi_B=20$$

$$-\frac{1}{2}\varphi_A-\frac{1}{8}\varphi_B+\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{8}+\frac{1}{8}\right)\varphi_C=-\frac{40}{2}$$



方法3： 设理想电压源中的电流，将此电流暂当作电流源电流列写方程，并利用理想电压源与相应节点电位的关系补充方程。





$$0.7\varphi_A - 0.1\varphi_B - 0.5\varphi_C = 20$$

$$\varphi_B = 20$$

$$-0.5\varphi_A + 0.625\varphi_C = I - 20$$

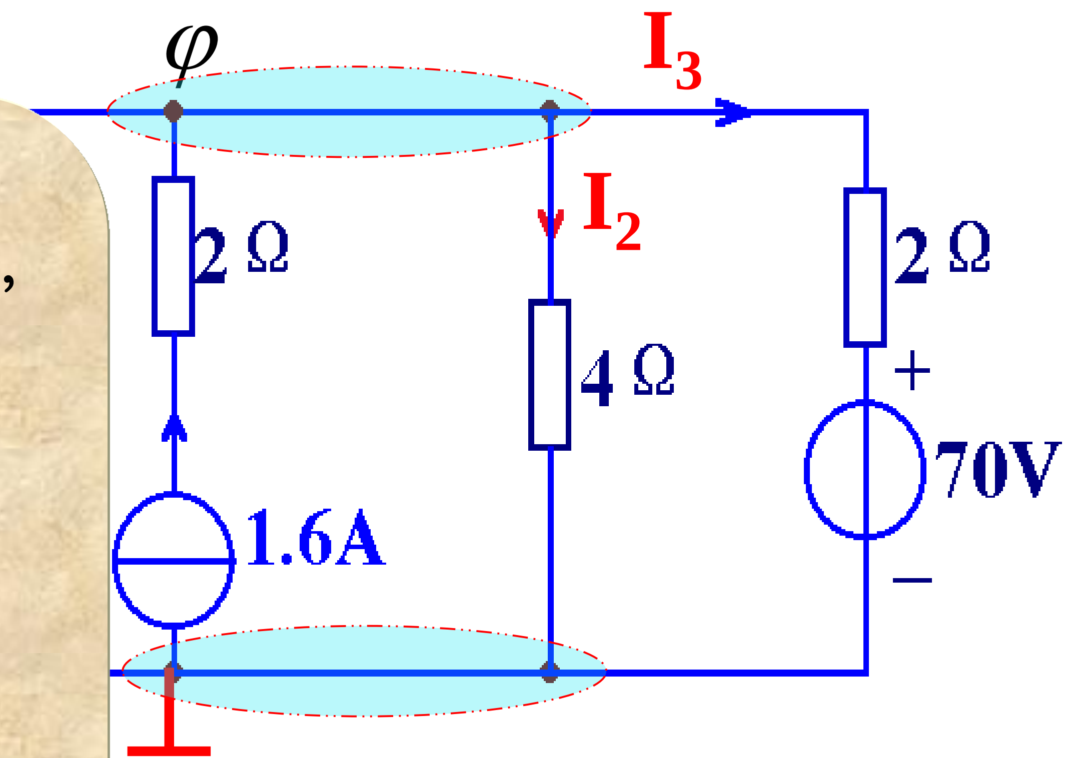
$$\varphi_B - \varphi_C = 4 \quad \text{(补充方程)}$$

$$\varphi_A = \frac{300}{7}V$$

$$\varphi_B = 20V$$

$$\varphi_C = 16V$$

举例：求图示电路中各支路电流。



总结：

1、若电路只有一个独立节点，则采用节点法较网孔法简单；

2、2Ω电阻与电流源串联；

3、推广：若电路只有一个独立节点，其节点电位方程为

$$\varphi=\frac{\sum I_{sk}}{\sum G_k}$$ （弥尔曼定理）

$=43.059V$

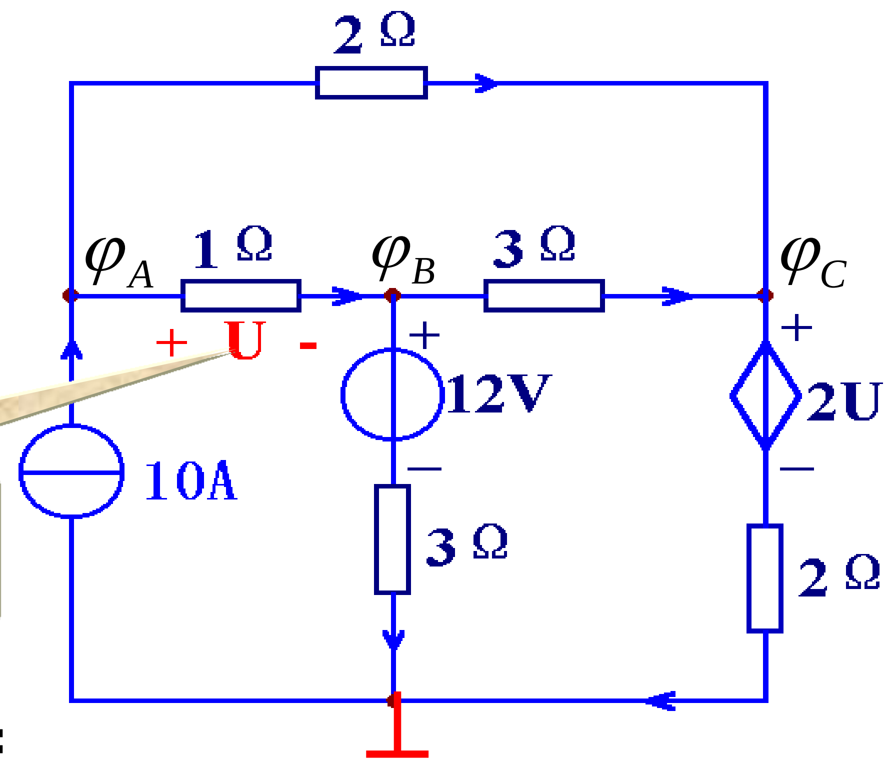
（4）求解各支路电流：

$I_1 = -4.306\ A$

$I_2 = 10.765A$

$I_3 = -13.471\ A$

五、受控源的处理



基本步骤：

1）先将受控源暂当独立电源列方程；

2）将控制量用节点电位表示；

3）整理、

注意：若需进

切记~控制支路要保留。

受控源的处理：
控制量用节点电位表示

例1：

$$(1+\frac{1}{2})\varphi_A-\varphi_B-\frac{1}{2}\varphi_C=10$$

$$-\varphi_A+(1+\frac{1}{3}+\frac{1}{3})\varphi_B-\frac{1}{3}\varphi_C=\frac{12}{3}$$

$$-\frac{1}{2}\varphi_A-\frac{1}{3}\varphi_B+(\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+\frac{1}{3})\varphi_C=\frac{2U}{2}$$

$$U=\varphi_A-\varphi_B$$

整理、化简方程：

$$3\varphi_A-2\varphi_B-\varphi_C=20$$

$$-3\varphi_A+5\varphi_B-\varphi_C=12$$

$$-9\varphi_A+4\varphi_B+8\varphi_C=0$$

解得：

$$\varphi_A=31.3V \qquad \varphi_B=25.45V$$

例2：用节点法求电压U。

解：选参考节点，列方程：

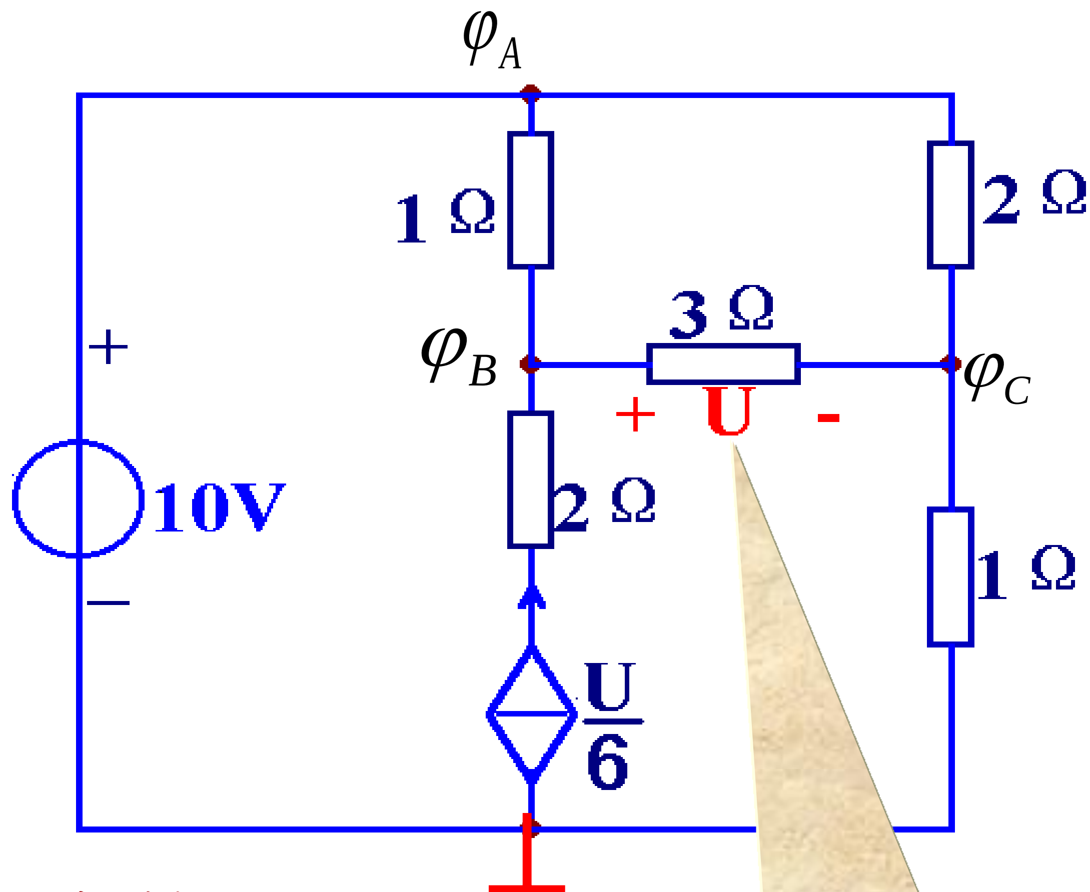
$$\varphi_A = 10$$

$$-\varphi_A + (1 \boxed{+\frac{1}{2}} + \frac{1}{3})\varphi_B - \frac{1}{3}\varphi_C = \frac{U}{6}$$

$$-\frac{1}{2}\varphi_A - \frac{1}{3}\varphi_B + (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3})\varphi_C = 0$$

（检查方程正确与否）

$$U = \varphi_B - \varphi_C$$



整理、化简方程：

$$7\varphi_B - \varphi_C = 60$$

$$-2\varphi_B + 11\varphi_C = 30$$

解得：

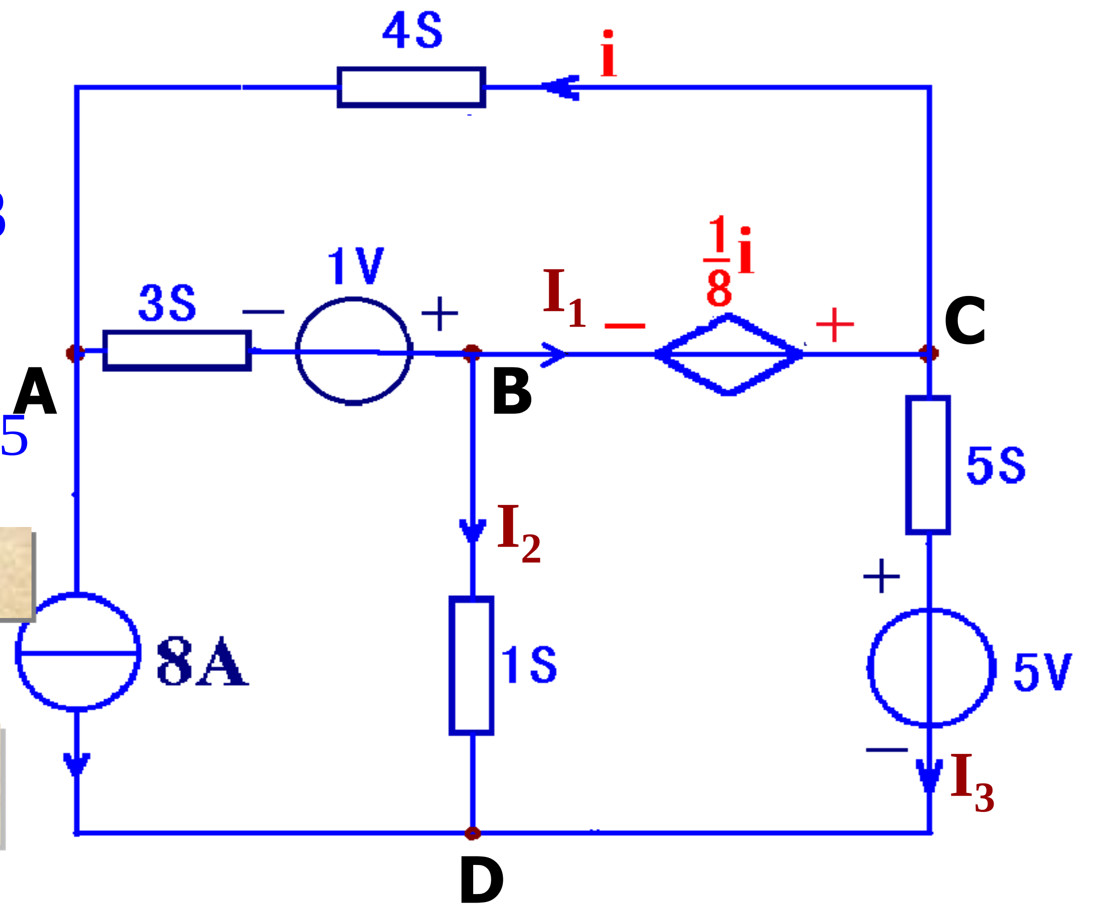
$$\varphi_A = 10V$$

$$U = \varphi_B - \varphi_C = 4.8V$$

受控源的处理：
控制量用节点电位表示

例3:　用节点法求电流 I_1、I_2和 I_3。

解: 选节点D为参考节点



$$(4+3)\varphi_A - 3\varphi_B - 4\varphi_C = \boxed{i} - 8 - 3$$

$$-3\varphi_A + (3+1)\varphi_B = 3 - I_1$$

(检查方程正确与否)

$$-4\varphi_A \qquad + (5+4)\varphi_C = I_1 + 25$$

受控源的处理：控制量用节点电位表示

$$i = 4(\varphi_C - \varphi_A)$$

电压源的处理之方法3：利用理想电压源与相应节点电位关系补充方程

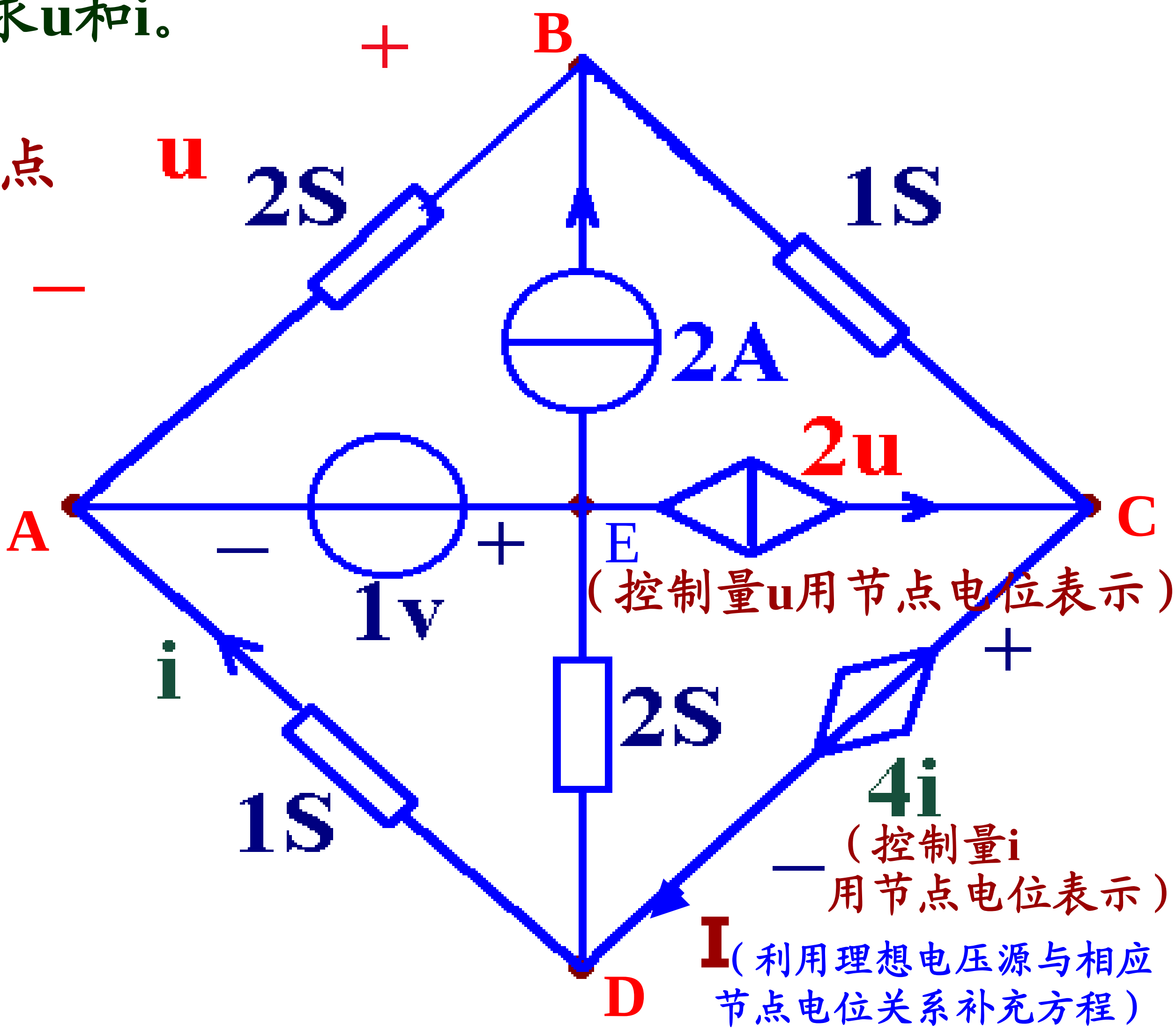
$$\varphi_B - \varphi_C = -\frac{1}{8} i$$

联立方程，得：$\varphi_A = 1V$　　$\varphi_B = 2V$　　$\varphi_C = 3V$　　$i = 8A$　　$I_1 = -2A$

所求响应为：　I_3=-10A　　I_2=2A　　I_1=-2A

例4： 图示电路，求u和i。

解：选节点E为参考节点



$$\varphi_A = -1$$

$$-2\varphi_A + 3\varphi_B - \varphi_C = 2$$

$$-\varphi_B + \varphi_C = 2u - I$$

$$-\varphi_A + 3\varphi_D = I$$

$$u = \varphi_B - \varphi_A$$

$$i = \varphi_D - \varphi_A$$

$$\varphi_C - \varphi_D = 4i$$

联立方程，可解得： $\varphi_A = -1V \quad \varphi_B = \dfrac{17}{9}V \quad \varphi_C = \dfrac{17}{3}V \quad \varphi_D = \dfrac{1}{3}V$

本章小结:

二、网孔法（重点）：

待求量: 网孔回路电流

依　据: KVL、VAR

适　用: 线性平面电路

特　点: 方程数目较少:

方程数=内网孔数

三、节点法（重点）：

待求量: 节点电位

依　据: KCL、VAR

适　用: 线性电路

特　点: 方程数目较少:

方程数=独立节点数

一、支路电流法:

i_b法(b个方程)

依据：KCL、KVL、VAR

适用: 集中参数电路

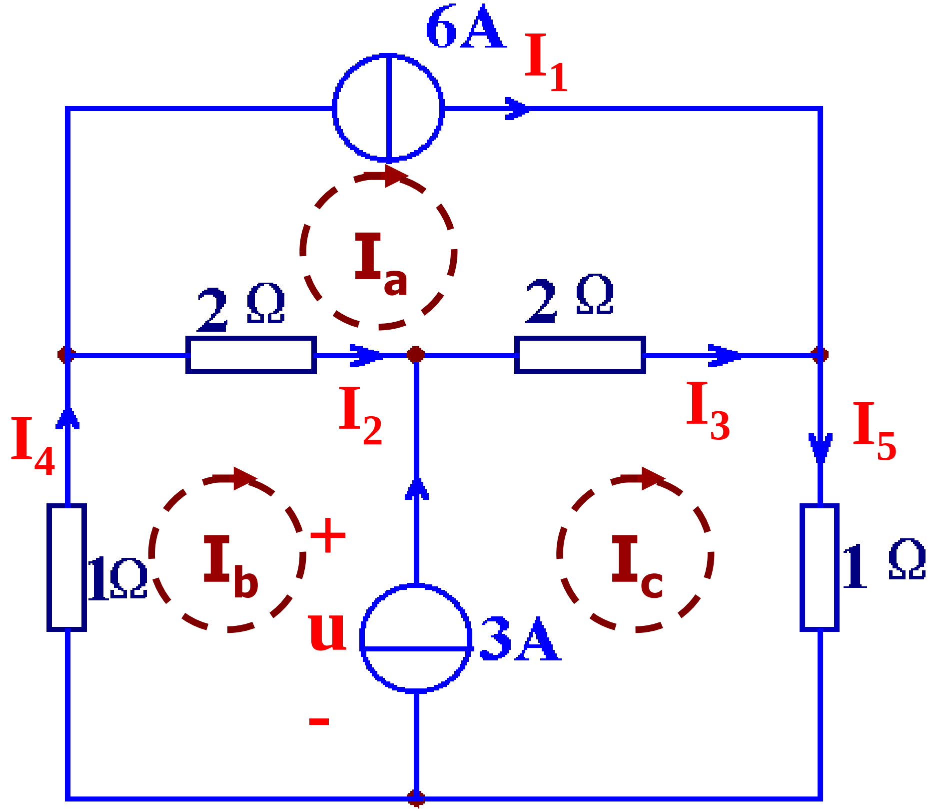
（线性、非线性；时变、时不变；具有耦合元件电路等）。

特点：待求量物理意义清楚、概念明确；方程数目多。

适宜计算机辅助分析求解。

导学复习：典型例题与强化练习

例1：求图示电路各支路电流。



解:

1、选网孔电流

2、列网孔电流方程

$I_a=6$

$-2I_a+3I_b = -u$

$-2I_a+3I_c= u$

$-I_b+I_c=3$

3、解回路电流

$I_b=2.5A$

$I_c=5.5A$

4、求支路电流

$I_1=I_a=6A$

$I_2=I_b-I_a=-3.5A$

$I_3=I_c-I_a=-0.5A$

$I_4=I_b=2.5A$

$I_5=I_c=5.5A$

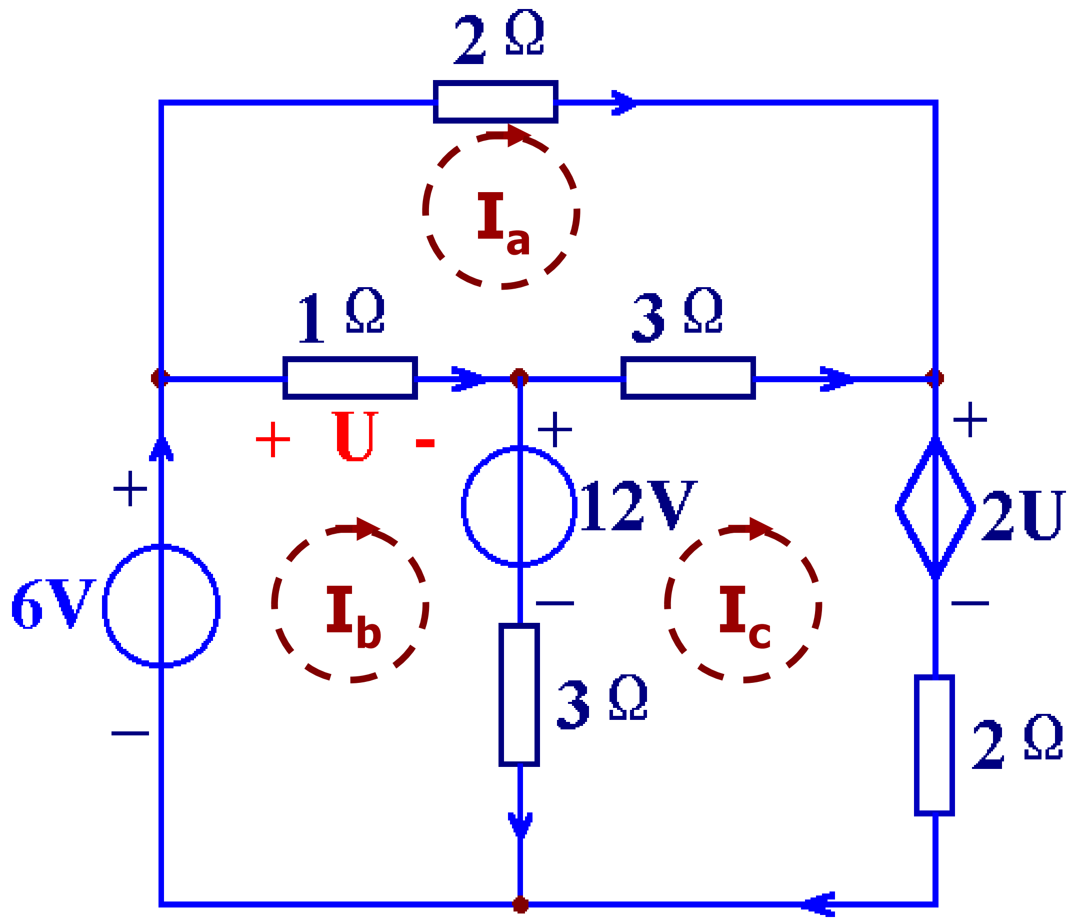
例2：求图示电路网孔电流.

$$6I_a - I_b - 3I_c = 0$$

$$-I_a + 4I_b - 3I_c = -6$$

$$-3I_a - 3I_b + 8I_c = 12 - 2U$$

$$U = 1\,(I_b - I_a)$$



$I_a = 1.29A$

$I_b = 0.61A$

$I_c = 2.38A$

$U = -0.68V$

例3：求图示电路网孔电流.（拓展复习：与PPT 27页 例2 对比）

解： 设受控电流源端电压为u，则

$3I_a - I_b - 2I_c = 10 - u$

$-I_a + 6I_b - 3I_c =$ (

$-2I_a - 3I_b + 6I_c$

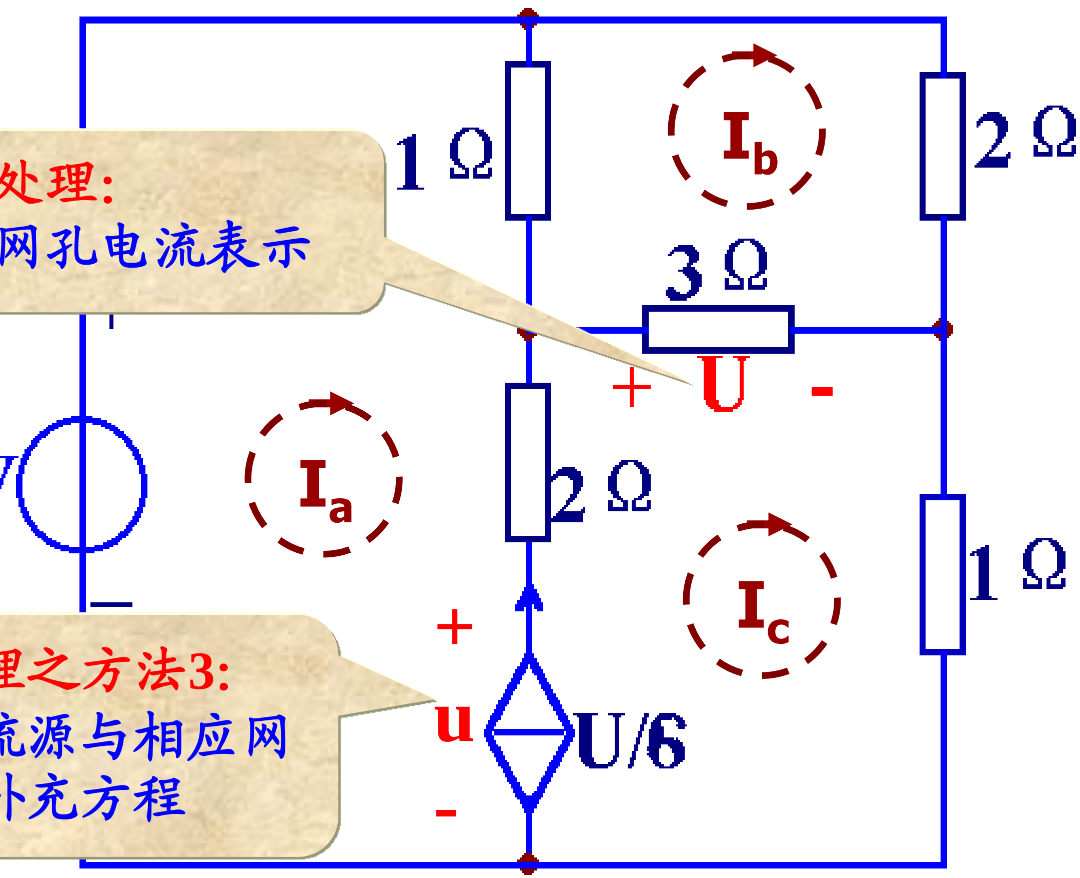
（检查第2、3个方程正确与否）

$I_c - I_a = U/6$

$U = 3(I_c - I$

受控源的处理：
控制量用网孔电流表示

电流源的处理之方法3：
利用理想电流源与相应网孔电流关系补充方程



$I_a = 3.6A$

$I_c = 4.4A$ $U = 4.8V$

例4：列出网孔电流方程，求各个网孔电流。

解：设8A理想电流源端电压为U，则

$I_a - I_b = 8i - U$

$I_b = -2$

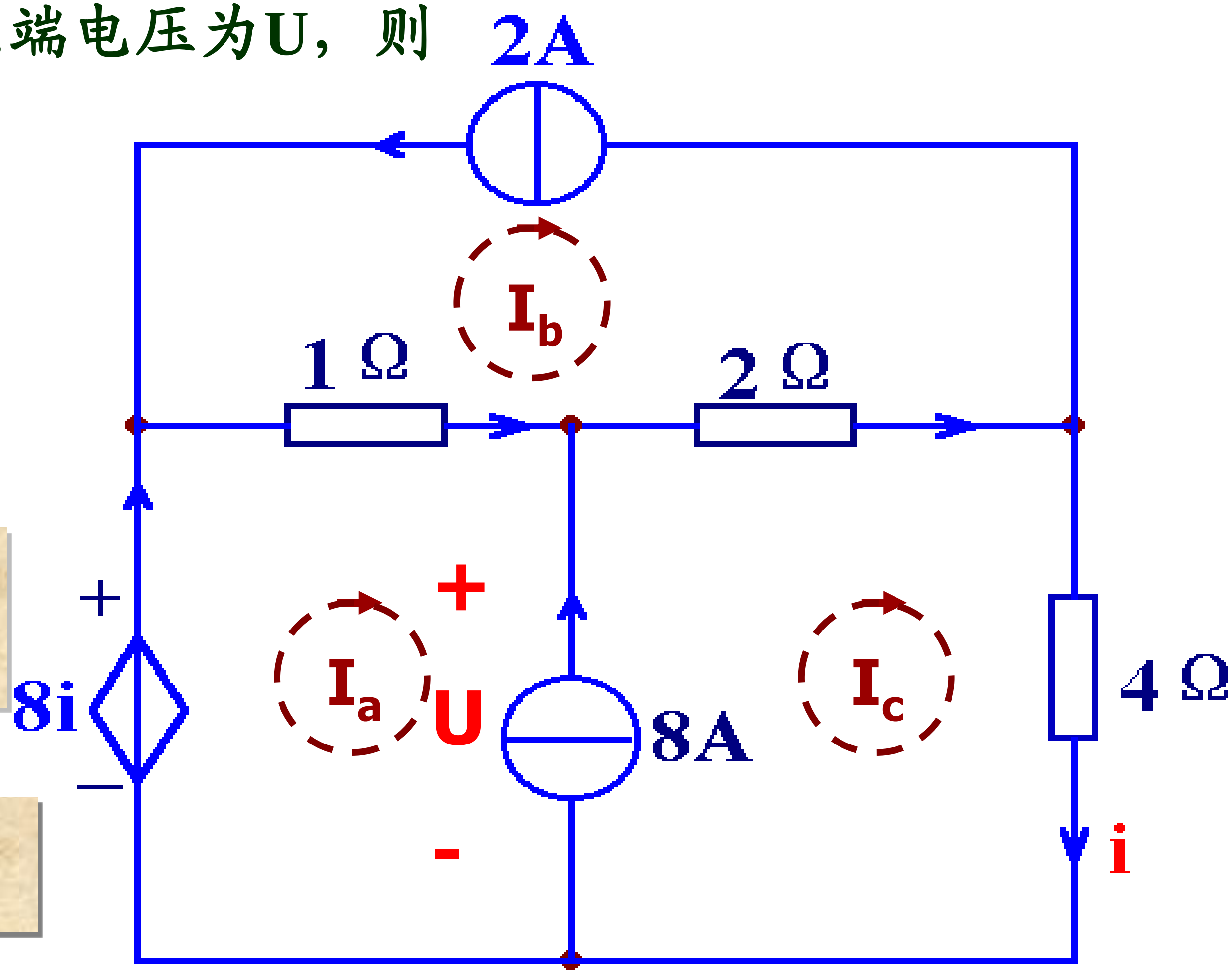
$-2I_b + 6I_c = U$

$I_c - I_a = 8$

电流源的处理之方法3：利用理想电流源与相应网孔电流关系补充方程

$i = I_c$

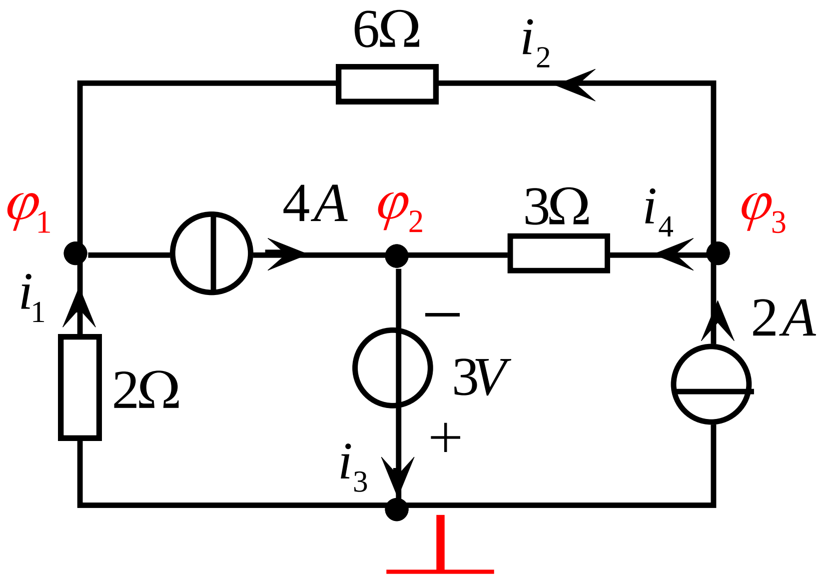
受控源的处理：控制量用网孔电流表示



联立求得各网孔电流：

$I_a = -10A$ $I_b = -2A$ $I_c = -2A$

例5　求支路电流 i_1, i_2, i_3, i_4。



解：由"节点电位法"

$$\left.\begin{aligned}&\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{6}\right)\phi_1-\frac{1}{6}\phi_3=-4\\&\varphi_2=-3V\\&-\frac{1}{6}\varphi_1--\frac{1}{3}\varphi_2+\left(\frac{1}{3}+\frac{1}{6}\right)\varphi_3=2\end{aligned}\right\}$$

$$i_1=-\frac{\varphi_1}{2},\ i_2=\frac{\varphi_3-\varphi_1}{6}$$

$$i_4=\frac{\varphi_3-\varphi_2}{3}$$

$$i_3=i_4+4$$

$$i_1=3A, i_2=1A, i_3=5A, i_4=1A$$

例 6 求图示电路中电流I1、I2、I3。

（1）选择参 节点，标出

其余节

（2）

$$(\frac{1}{2}+\cdots$$

$$-\frac{1}{2}\varphi_A+(\frac{1}{2}+\cdots$$

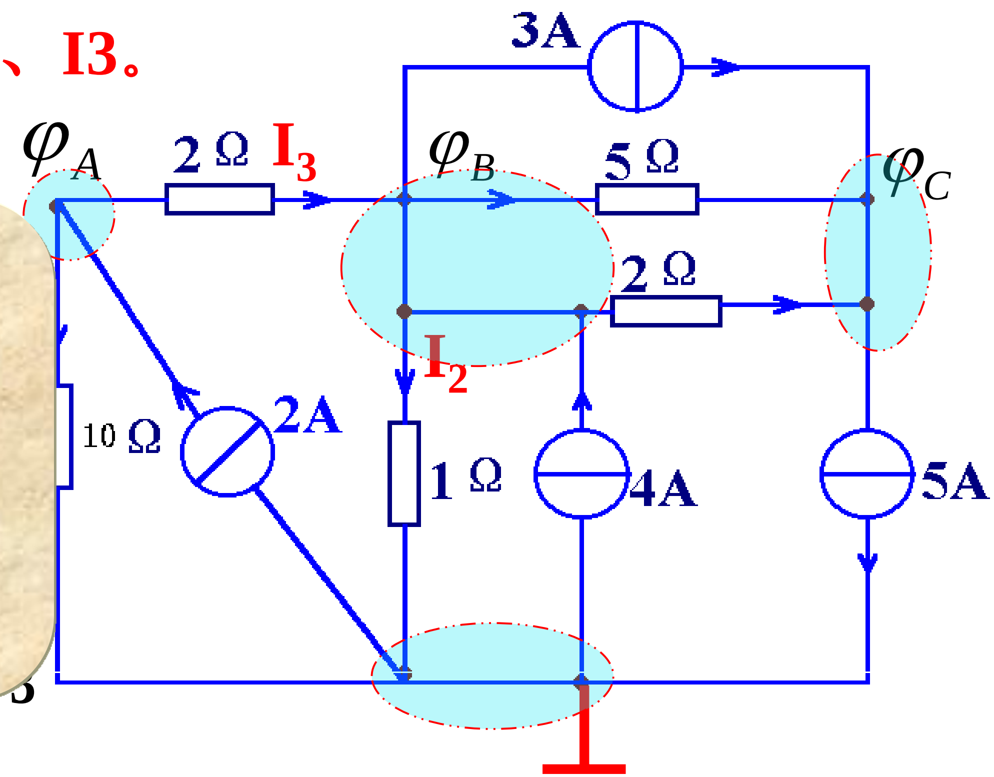
$$-(\frac{1}{2}+\frac{1}{5})\varphi_B+(\frac{1}{2}+\frac{1}{5})\varphi_C=3-5$$

注意:

1、正确找出节点数?

2、节点法如何进行结果检验?

3、本题节点法较网孔法求解简单?



（3）解得节点电位：$\varphi_A=3.864V$

$\varphi_B=0.615V$ $\varphi_C=-2.242V$

（4）所求电流:

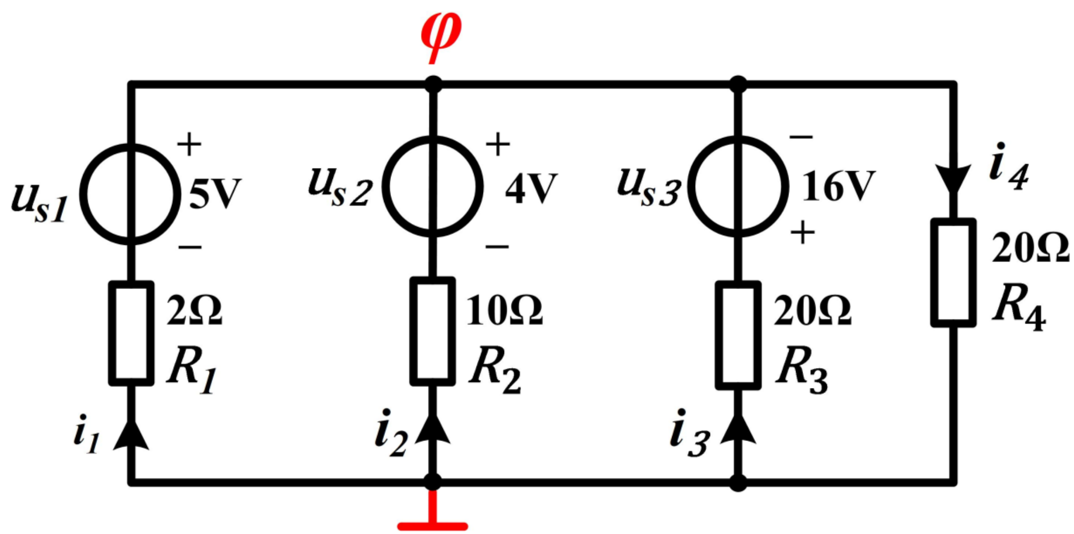
$I_1=0.3864\text{ A}$

$I_2=0.6150\text{ A}$

$I_3=1.6245\text{ A}$

检验：可选择参考节点,列写KCL方程：$-I_1+2-I_2+4-5=0$

例7　求图示电路的各支路电流。（教材 例3.5）



解：

该电路的特点是只有两个节点，用节点法求解最为方便，设独立节点的电位

$$\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}\right)\varphi=\frac{u_{s1}}{R_1}+\frac{u_{s2}}{R_2}-\frac{u_{s3}}{R_3}+\frac{0}{R_4}$$

$$\varphi=3V$$

$$\varphi=\frac{\sum_{k=1}^{4}\frac{u_{sk}}{R_k}}{\sum_{k=1}^{4}\frac{1}{R_k}}$$

（弥尔曼定理）

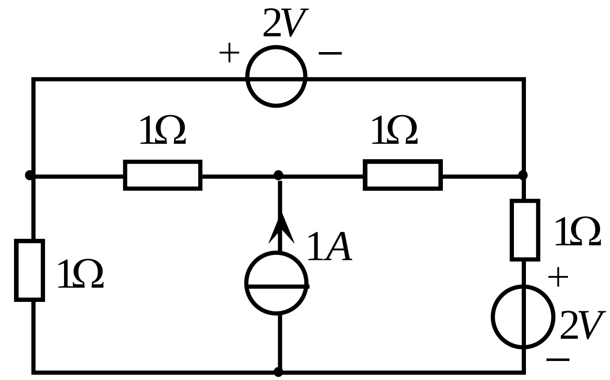
$$i_1=\frac{u_{s1}-\varphi}{R_1}=\frac{5-3}{2}=1A$$

$$i_2=\frac{u_{s2}-\varphi}{R_2}=\frac{4-3}{10}=0.1A$$

$$i_3=\frac{-u_{s3}-\varphi}{R_3}=\frac{-16-3}{20}=-\frac{19}{20}A$$

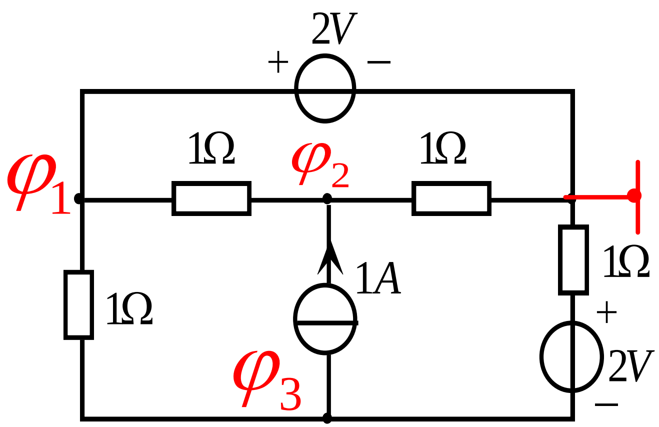
$$i_4=\frac{\varphi}{R_4}=\frac{3}{20}A$$

例8： 图示电路，用节点法求各独立节点电位。



解法1：（根据“理想电压源的处理”方法2）

选择理想电压源的一端为参考节点。

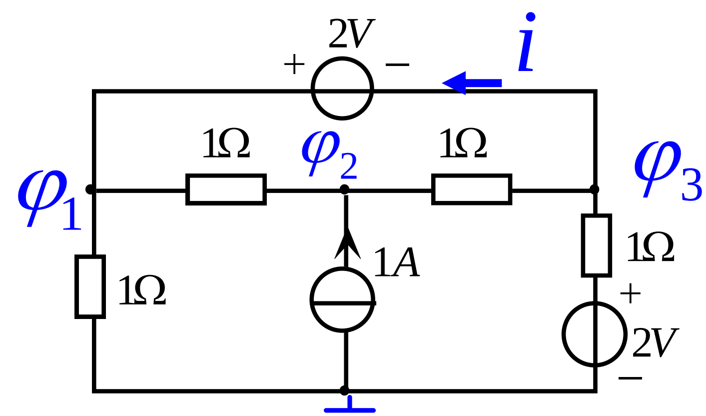


$$\begin{cases} \varphi_1 = 2V \\ -\varphi_1 + 2\varphi_2 = 1 \\ -\varphi_1 + 2\varphi_3 = -1-2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \varphi_1 = 2V \\ \varphi_2 = 1.5V \\ \varphi_3 = -0.5V \end{cases}$$

解法2：（根据“理想电压源的处理”方法3）

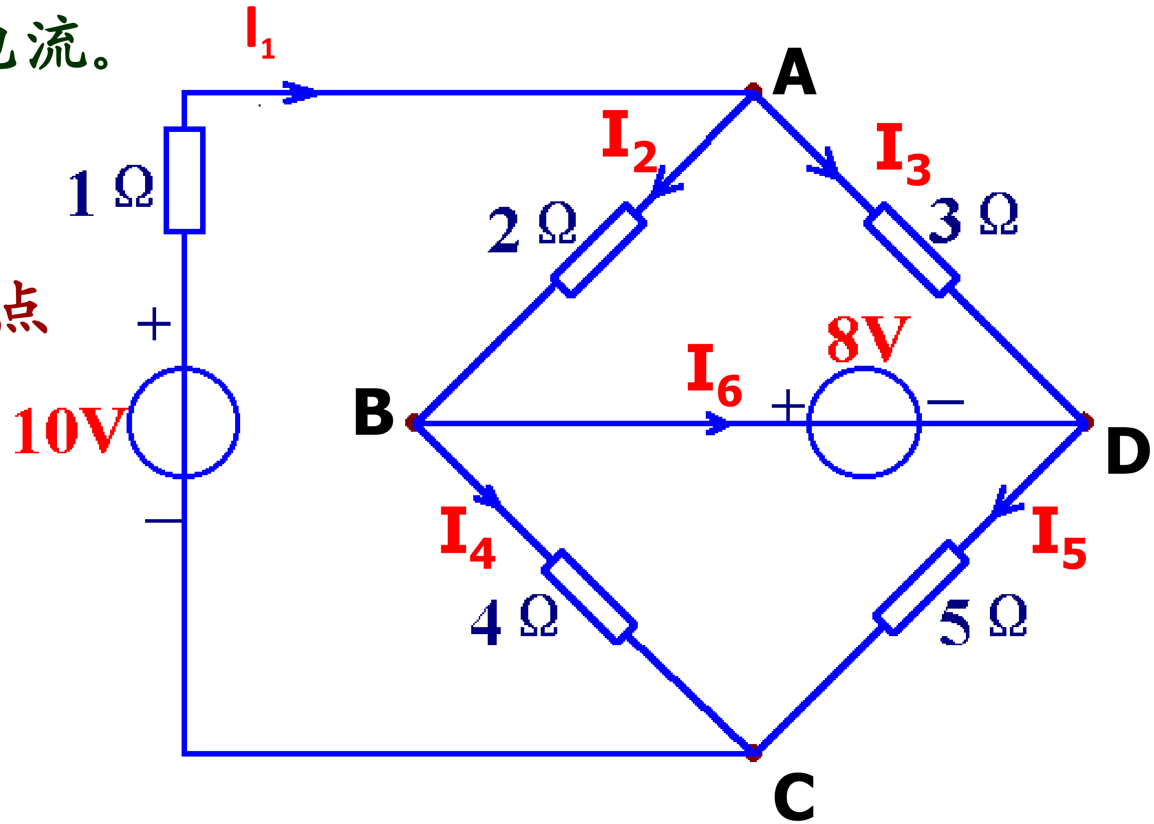
设流过理想电压源的电流



$$\begin{cases} 2\varphi_1 - \varphi_2 = i \\ -\varphi_1 + 2\varphi_2 - \varphi_3 = 1 \\ -\varphi_2 + 2\varphi_3 = 2 - i \\ \varphi_1 - \varphi_3 = 2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \varphi_1 = 2.5V \\ \varphi_2 = 2V \\ \varphi_3 = 0.5V \\ i = 3A \end{cases}$$

例9：求图示电路各支路电流。



解：（两种思路）

思路1、选节点C为参考节点

$$\left(1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}\right)\varphi_A-\frac{1}{2}\varphi_B-\frac{1}{3}\varphi_D=\frac{10}{1}$$

$$-\frac{1}{2}\varphi_A+\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{4}\right)\varphi_B=-I_6$$

$$-\frac{1}{3}\varphi_A+\left(\frac{1}{3}+\frac{1}{5}\right)\varphi_D=I_6$$

利用理想电压源与节点电位的关系补充方程：

$$\varphi_B-\varphi_D=8$$

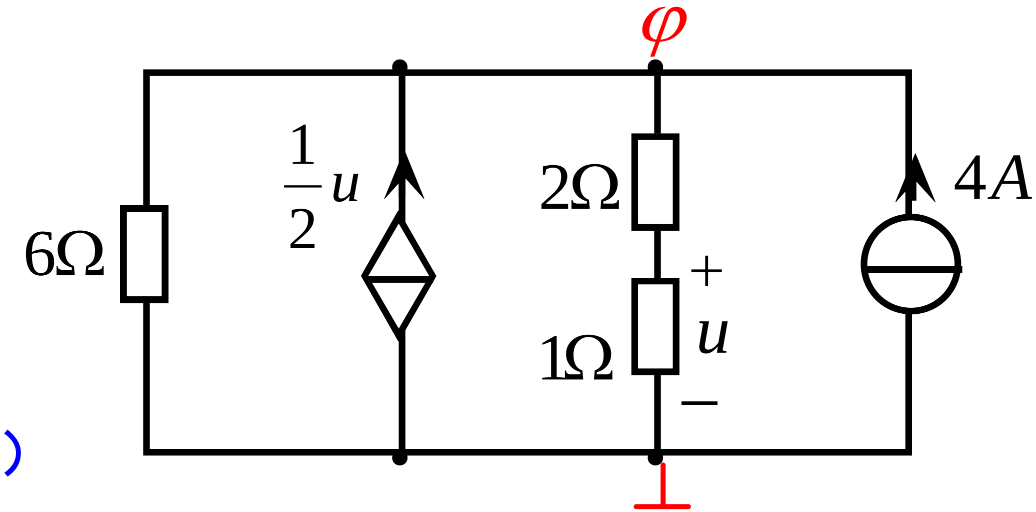
思路2、选节点D为参考节点，则

$$\left(1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}\right)\varphi_A-\frac{1}{2}\varphi_B-\varphi_C=\frac{10}{1}$$

$$\varphi_B=8$$

$$-\varphi_A-\frac{1}{4}\varphi_B+\left(1+\frac{1}{4}+\frac{1}{5}\right)\varphi_c=-\frac{10}{1}$$

例10　图示电路，用节点法求受控源发出的功率。



解：

$$\left(\frac{1}{6}+\frac{1}{3}\right)\varphi = 4+\frac{1}{2}u$$

$$u=\frac{1}{1+2}\varphi$$ （补充方程）

联立求解，有：

$$\varphi=12V, u=4V$$

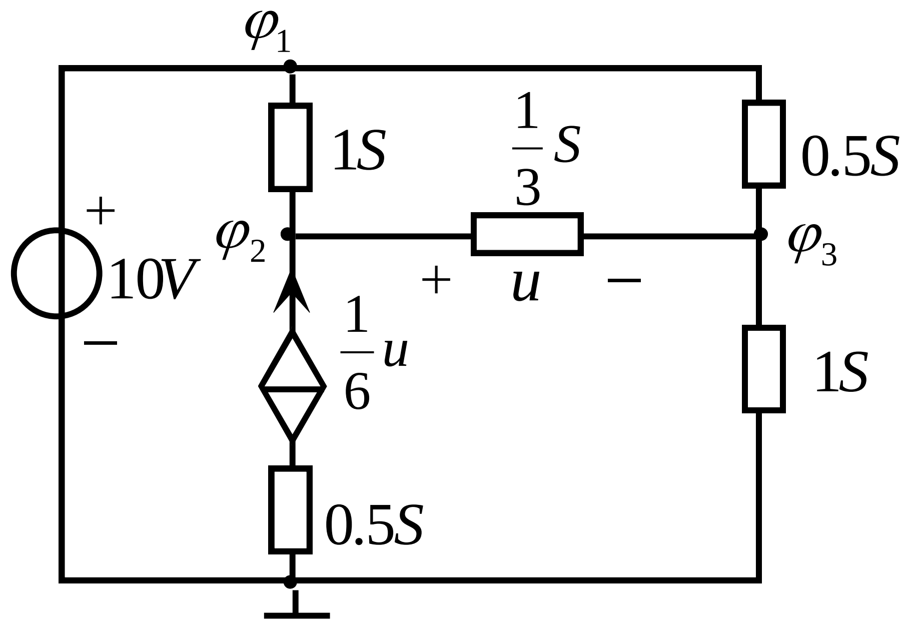
故受控源发出的功率：

$$P=\frac{1}{2}u\varphi=24W$$

例11 求图示电路的节点电位。

（拓展复习：与PPT27页例2对比，与PPT34页例3对比）

解：



本题的特点或者特殊问题有两个：

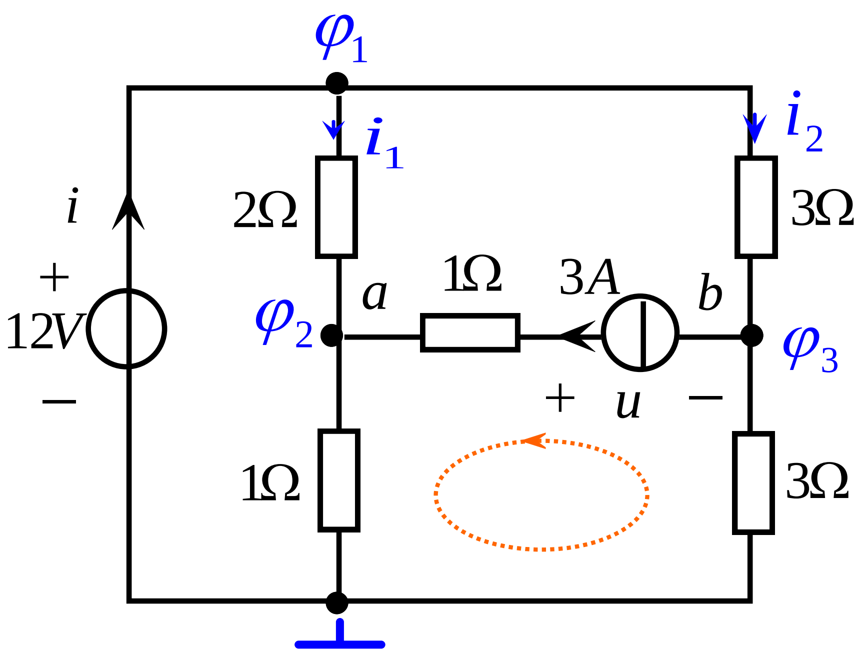
1、含有理想电压源支路；

2、含有受控的电流源支路。

$$
\begin{cases}
\varphi_1 = 10V \\
-\varphi_1 + (1+\frac{1}{3})\varphi_2 - \frac{1}{3}\varphi_3 = \frac{1}{6}u \\
-0.5\varphi_1 - \frac{1}{3}\varphi_2 + (0.5+\frac{1}{3}+1)\varphi_3 = 0 \\
\varphi_2 - \varphi_3 = u
\end{cases}
$$

$$
\begin{cases}
\varphi_1 = 10V \\
\varphi_2 = 9.2V \\
\varphi_3 = 4.4V \\
u = 4.8V
\end{cases}
$$

例12 求图示电路中电流i，电压u及ab支路吸收的功率P。



解：

$$\left.\begin{aligned} &\varphi_1 = 12V \\ &-\frac{1}{2}\varphi_1 + \left(\frac{1}{2}+1\right)\varphi_2 = 3 \\ &-\frac{1}{3}\varphi_1 + \left(\frac{1}{3}+\frac{1}{3}\right)\varphi_3 = -3 \end{aligned}\right\}$$

$$\varphi_1 = 12V$$
$$\varphi_2 = 6V$$
$$\varphi_3 = 1.5V$$

$$i_1 = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} = 3A$$

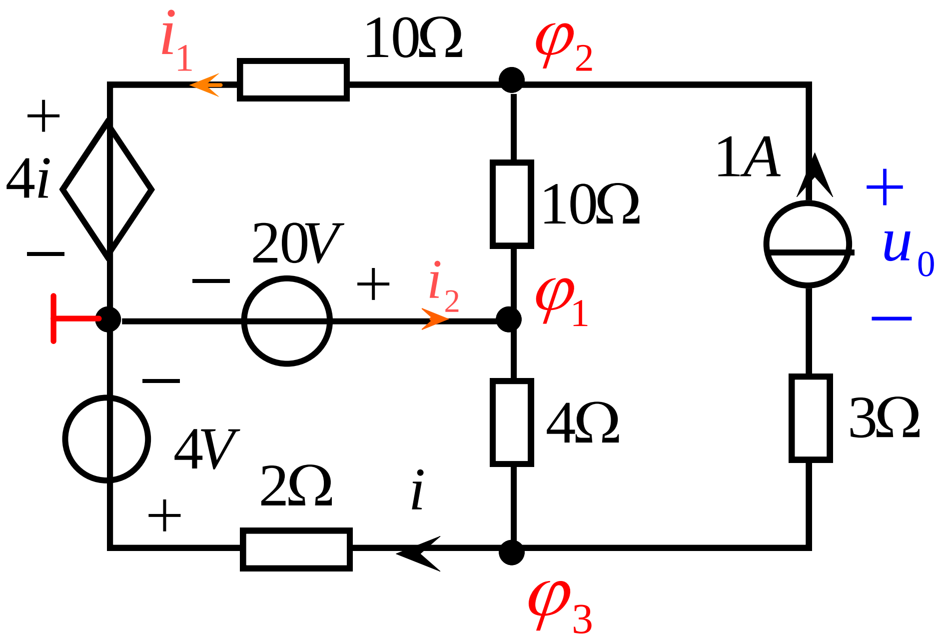
$$i_2 = \frac{\varphi_1 - \varphi_3}{3} = 3.5A$$

$$i = i_1 + i_2 = 6.5A$$

$$u = 3\times 1 + \phi_2 - \phi_3 = 7.5V$$

$$P_{ab} = -3u_{ab} = -3(\varphi_2 - \varphi_3) = -13.5W$$

例13 求图示电路中各个独立源发出的功率及受控源吸收的功率。



$$\left.\begin{aligned} &\varphi_1 = 20V \\ &-\frac{1}{10}\varphi_1 + \left(\frac{1}{10}+\frac{1}{10}\right)\varphi_2 = 1 + \frac{4i}{10} \\ &-\frac{1}{4}\varphi_1 + \left(\frac{1}{2}+\frac{1}{4}\right)\varphi_3 = -1 + \frac{4}{2} \\ &\varphi_3 = 2i + 4 \end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned} &\varphi_1 = 20V \\ &\varphi_2 = 19V \\ &\varphi_3 = 8V \\ &i = 2A \end{aligned}\right\}$$

$$i_1 = \frac{\varphi_2 - 4i}{10} = 1.1A$$

$$i_2 = i + i_1 = 3.1A$$

$$u_0 = \varphi_2 - \varphi_3 + 3\times 1 = 14V$$

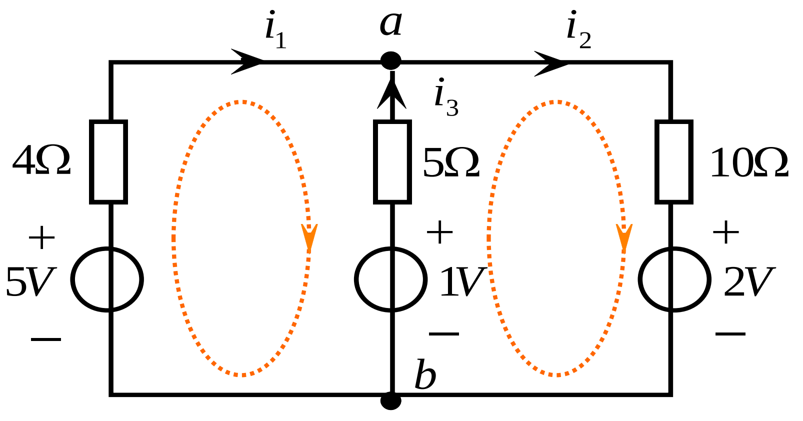
$$P_{4V} = -4i = -8W$$

$$P_{20V} = 20i_2 = 62W$$

$$P_{1A} = 1\times u_0 = 14W$$

$$\boldsymbol{P_{4i} = 4i\times i_1 = 8.8W}$$

例14 用支路电流法求图示电路各支路电流，并求中间支路吸收的功率。



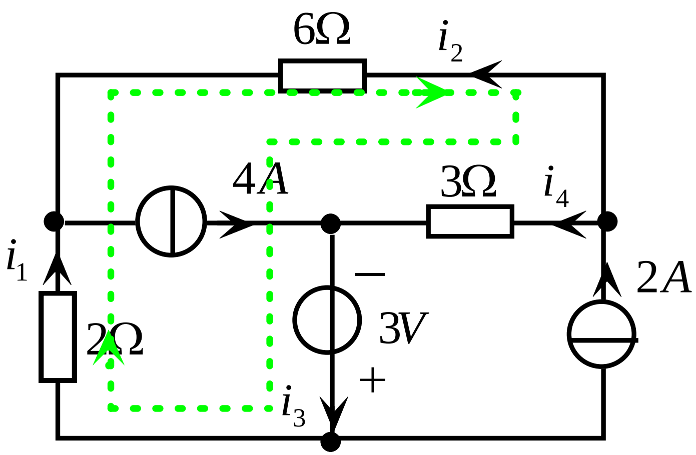
解：

$$\left.\begin{aligned} -i_1+i_2-i_3&=0 \\ 4i_1-5i_3&=5-1 \\ 5i_3+10i_2&=1-2 \end{aligned}\right\} \quad \begin{aligned} i_1&=0.5A \\ i_2&=0.1A \\ i_3&=-0.4A \end{aligned}$$

$$u_{ab}=-5i_3+1=3V$$

$$P_{ab}=-u_{ab}i_3=1.2W$$

例15 求支路电流 i_1, i_2, i_3, i_4 。



$$\left.\begin{aligned} -i_1 - i_2 + 4 &= 0 \\ -4 + i_3 - i_4 &= 0 \\ i_2 + i_4 - 2 &= 0 \\ 2i_1 - 6i_2 + 3i_4 - 3 &= 0 \end{aligned}\right\}$$

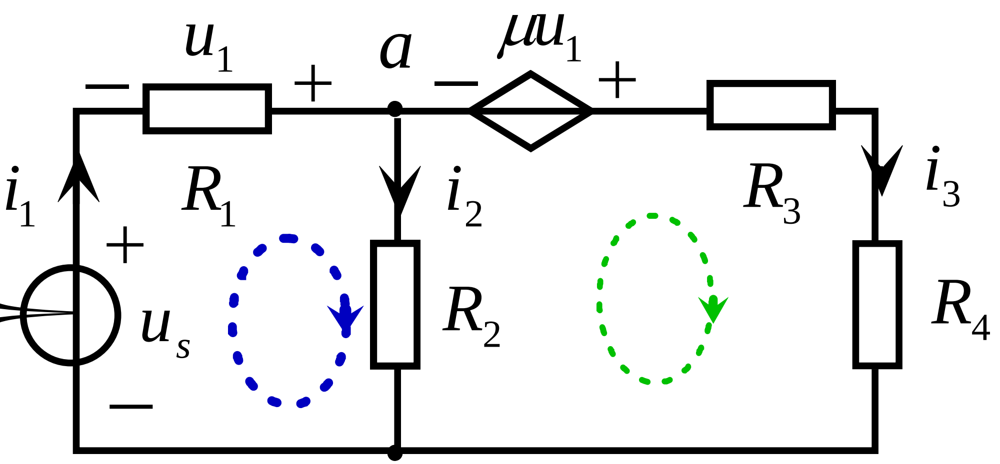
支路电流法

$$i_1 = 3A, \quad i_2 = 1A, \quad i_3 = 5A, \quad i_4 = 1A$$

例16　图示电路，写出求解支路电流的独立方程组。

解：

$$\begin{cases} -i_1+i_2+i_3=0 \\ R_1 i_1+R_2 i_2=u_s \\ -R_2 i_2+(R_3+R_4)i_3=\mu u_1 \\ u_1=-R_1 i_1 \text{（补充方程）} \end{cases}$$



利用控制变量和支路电流之间的关系补充方程。