

# 电 路 原 理

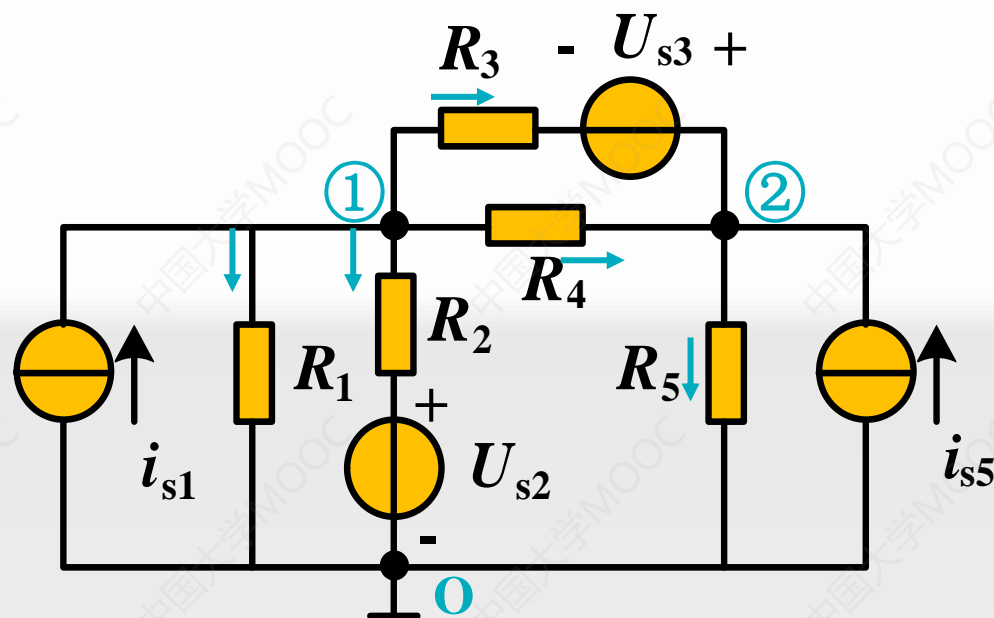
## 节点电压法

2.2节用回路电流作为未知量列方程，与支路电流法相比，省去了按KCL列写的方程，使方程的个数减少了 $(n-1)$ 个。依此类推，还可以找到一种方法，省去按KVL列写的方程。本节提出的节点电压(位)法就是这样的方法。

在电路中任取一个节点为参考节点，参考节点电位为零。其余节点为独立节点，独立节点到参考节点间的电压为该节点的节点电压(位)。

节点电压法以 $(n-1)$ 个独立节点电压为未知量，根据KCL列出方程求解。

图示电路有3个节点，设节点O为参考节点，节点①、节点②的节点电压为 $u_1$ 、 $u_2$ ，对节点①与节点②分别列出KCL方程：



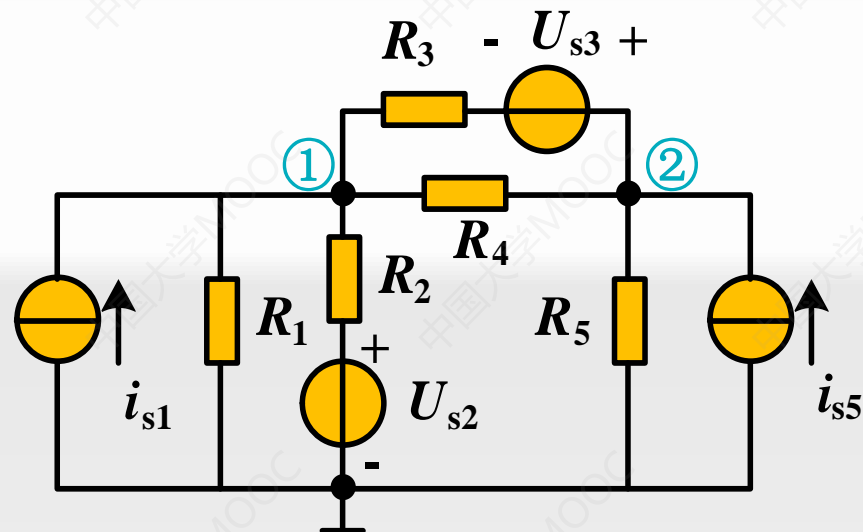
对节点①：

$$-i_{s1} + \frac{u_1}{R_1} + \frac{u_1 - U_{s2}}{R_2} + \frac{u_1 - u_2}{R_4} + \frac{u_1 - u_2 + U_{s3}}{R_3} = 0$$

对节点②：

$$-i_{s5} + \frac{u_2}{R_5} - \frac{u_1 - u_2}{R_4} - \frac{u_1 - u_2 + U_{s3}}{R_3} = 0$$

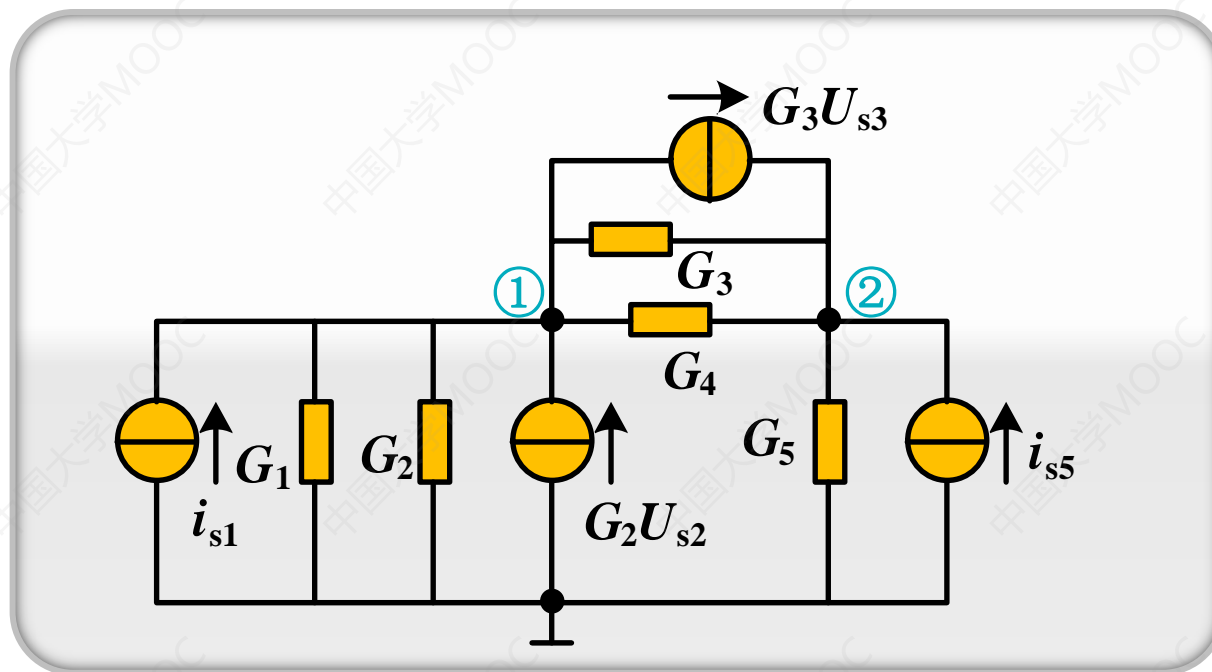
对上述方程进行整理，则有：



$$\begin{cases} u_1 \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) - u_2 \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) = i_{s1} + \frac{U_{s2}}{R_2} + \frac{-U_{s3}}{R_3} \\ u_2 \left( \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_3} \right) - u_1 \left( \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_3} \right) = i_{s5} + \frac{U_{s3}}{R_3} \end{cases}$$

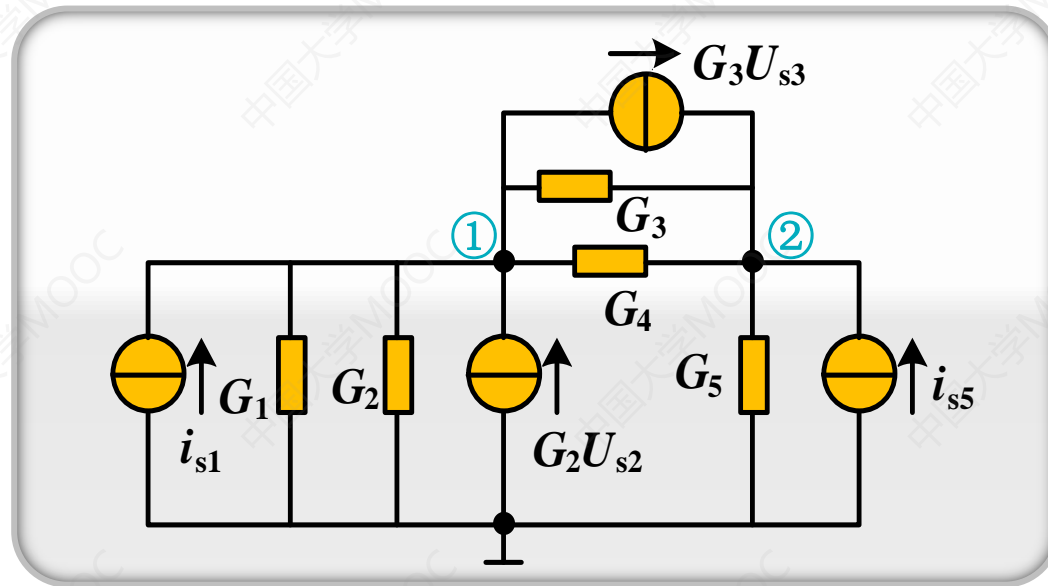
该方程是以节点电压 $u_1$ 、 $u_2$ 为变量的KCL方程，称为节点电压方程。由此可解出各节点电压，并由各节点电压求解出各支路电流。

把上述电路中电阻用电导表示，把实际电压源等效变换为实际电流源，电路图变为：



节点电压方程为：

$$\begin{cases} (G_1 + G_2 + G_3 + G_4)u_1 - (G_3 + G_4)u_2 = i_{s1} + G_2U_{s2} - G_3U_{s3} \\ -(G_3 + G_4)u_1 + (G_3 + G_4 + G_5)u_2 = i_{s5} + G_3U_{s3} \end{cases}$$



$$\begin{aligned}(G_1 + G_2 + G_3 + G_4)u_1 - (G_3 + G_4)u_2 &= i_{s1} + G_2U_{s2} - G_3U_{s3} \\ -(G_3 + G_4)u_1 + (G_3 + G_4 + G_5)u_2 &= i_{s5} + G_3U_{s3}\end{aligned}$$

自导

令:

$$\begin{cases} G_{11} = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 \\ G_{22} = G_3 + G_4 + G_5 \\ G_{12} = G_{21} = -(G_3 + G_4) \end{cases}$$

互导

有:

$$\begin{cases} G_{11}u_1 + G_{12}u_2 = \sum i_{s11} + \sum_1 G_i U_{s11} \\ G_{21}u_1 + G_{22}u_2 = \sum i_{s22} + \sum_2 G_i U_{s22} \end{cases}$$

$$\text{式中: } G_{11} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

它等于图示电路中与节点①相连的各支路电导之和，称为节点①的自电导。

$$G_{22} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}$$

它等于图示电路中与节点②相连的各支路电导之和，称为节点②的自电导。

自导总为正。

$$G_{12} = G_{21} = -\left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)$$

等于连接在节点①、②间的各支路电导之和，称为节点①与节点②之间的互电导，互电导总为负。

$i_{s11}$ 表示流入节点①的电流源电流代数和， $i_{s22}$ 表示流入节点②的电流源电流代数和。电流源电流流入节点时取正号，流出取负号。

$G_i u_{s11}$ 表示与节点①相连的各电压源和与其串联的电导乘积代数和，电压源的正极与该节点①相连时取正号，否则取负号。 $G_i u_{s22}$ 表示与节点②相连的各电压源和与其串联的电导乘积代数和。电压源的正极与该节点②相连时取正号，否则取负号。



## 节点法的解题步骤和注意事项归纳如下：

- (1) 指定参考节点(参考节点电位为零)，其余节点与参考节点之间的电压就是该节点的节点电压(位)；
- (2) 列出独立节点电压(位)方程，自导总是正的，互导总是负的；
- (3) 联接到本节点的电流源，当其电流方向指向节点时前面取正号，反之取负号；
- (4) 联接到本节点的电压源，当其电压正极性端与节点相联时前面取正号，反之取负号；
- (5) 由节点电压方程解出各节点电压，便可求出各支路电流。

