

对偶电路（教材2.7）



电路 N 的结点电压方程与电路 \hat{N} 的网孔电流方程相同（方程形式相同、参数相同），则 N 与 \hat{N} 为对偶电路

求已知电路的对偶电路的步骤：

- ①画出已知电路的有向图，作出对偶电路的有向图（即对偶图）——这一步也可跳过
- ② N 与 \hat{N} 对应支路互为对偶元件，故根据已知电路的支路确定对偶电路的对应支路
- ③遇到不易确定的支路（如电源方向），可根据结点电压方程与网孔电流方程相同确定

求对偶电路的两种情况：

- ①已知电路的网孔电流方程 \Leftrightarrow 对偶电路的结点电压方程
- ②已知电路的结点电压方程 \Leftrightarrow 对偶电路的网孔电流方程

对偶元件：

电阻 \Leftrightarrow 电导

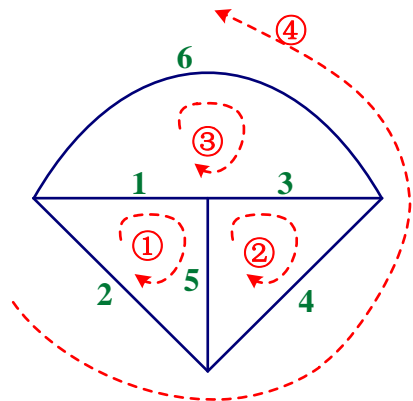
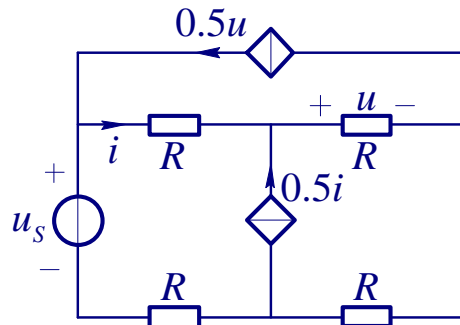
电压源 \Leftrightarrow 电流源

受控电压源 \Leftrightarrow 受控电流源

控制量：电流 \Leftrightarrow 电压

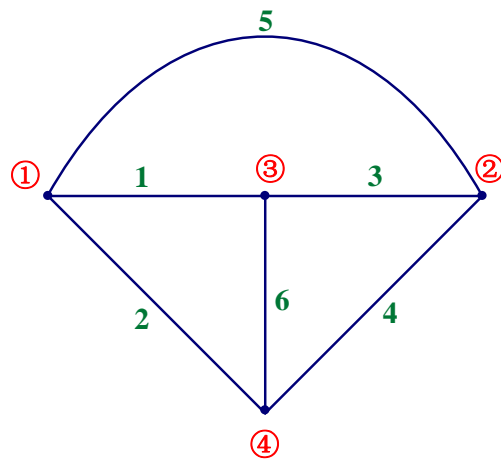
情况一：已知电路的网孔电流方程 \Leftrightarrow 对偶电路的结点电压方程

例：做出下图的对偶电路

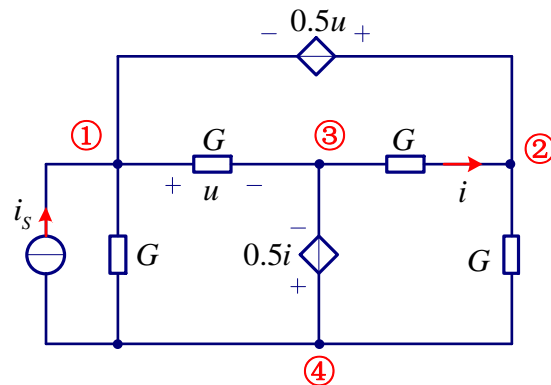


(1) 画出原电路的线图（有向图非必须），对网孔和支路进行编号，并选定网孔电流方向

(2) 根据原电路的线图，画出其对偶图

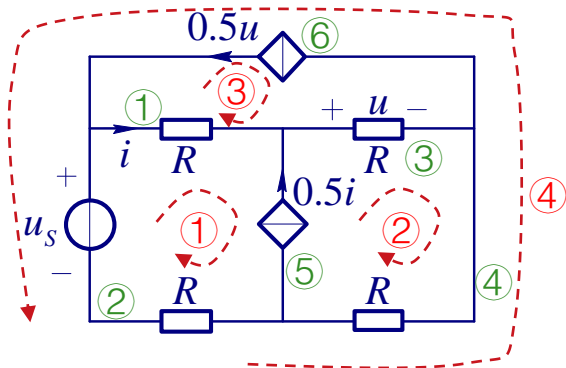


(3) 根据原电路支路，确定对偶图中对应支路的元件（对偶元件）



也可以跳过线图这一步骤

例：做出下图的对偶电路

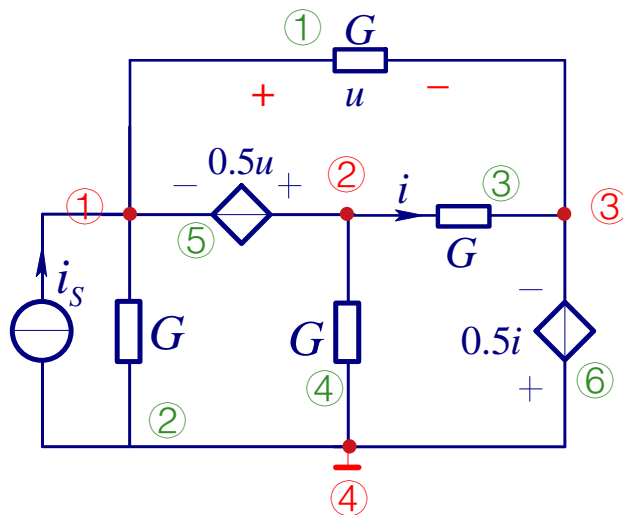


$$i = i_{m1} - i_{m3} \quad 0.5i = i_{m2} - i_{m1}$$

$$u = u_{n1} - u_{n3} \quad 0.5u = u_{n2} - u_{n1}$$

(1) 对原电路的网孔和支路进行编号，并选定网孔电流方向

(2) 网孔编号就是对偶电路的结点编号，原电路两网孔之间的公共支路编号就是对偶电路中相应两结点之间的支路编号，并根据原电路的支路元件确定对偶支路相应支路的对偶元件。



$$u = R(i_{m2} - i_{m3})$$

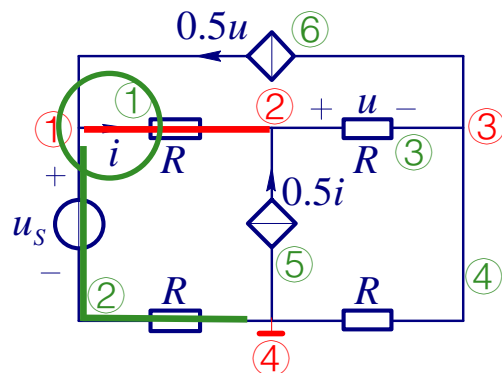
$$i = G(u_{n2} - u_{n3})$$

$$0.5u = -i_{m3}$$

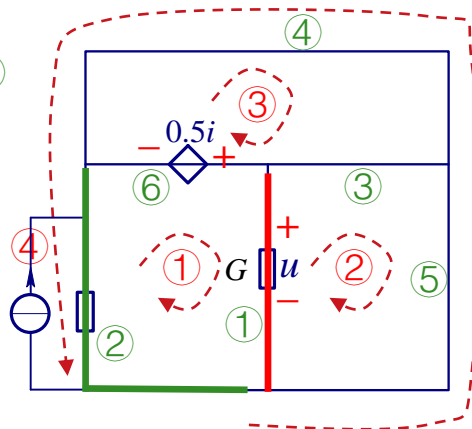
$$0.5i = -u_{n3}$$

情况二：已知电路的结点电压方程 \Leftrightarrow 对偶电路的网孔电流方程

例：做出下图的对偶电路



编号对应：结点 \rightarrow 网孔



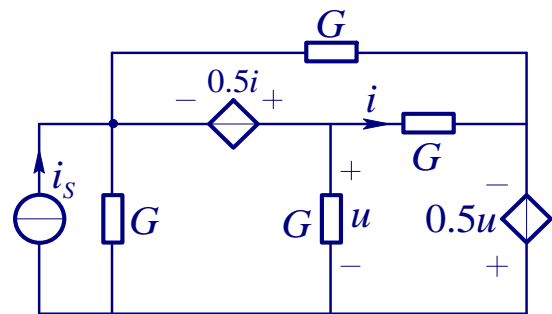
(1) 对原电路的结点和支路进行编号，并选定参考结点

(2) 确定对偶电路的网孔，并按对偶关系标注支路编号（简图）

(3) 确定支路元件并标注电量及其参考方向

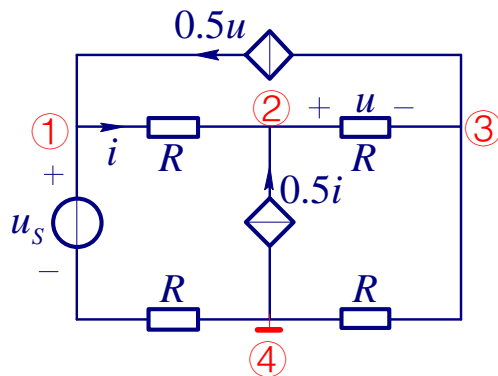
$$i = \frac{u_{n1} - u_{n2}}{R}$$

$$u = \frac{i_{m1} - i_{m2}}{G}$$



秘诀：打蛇打七寸，挖树先挖根！

(4) 列写方程检验一下



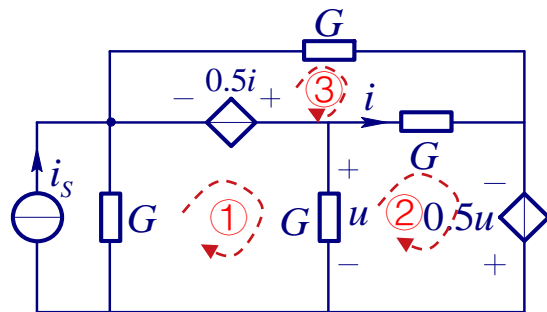
原电路的结点电压方程（未整理）

$$\begin{bmatrix} \frac{2}{R} & -\frac{1}{R} & 0 \\ -\frac{1}{R} & \frac{2}{R} & -\frac{1}{R} \\ 0 & -\frac{1}{R} & \frac{2}{R} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{n1} \\ u_{n2} \\ u_{n3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{u_s}{R} + 0.5u \\ 0.5i \\ -0.5u \end{bmatrix}$$

控制量

$$u = u_{n2} - u_{n3}$$

$$i = \frac{u_{n1} - u_{n2}}{R}$$



对偶电路的网孔电流方程（未整理）

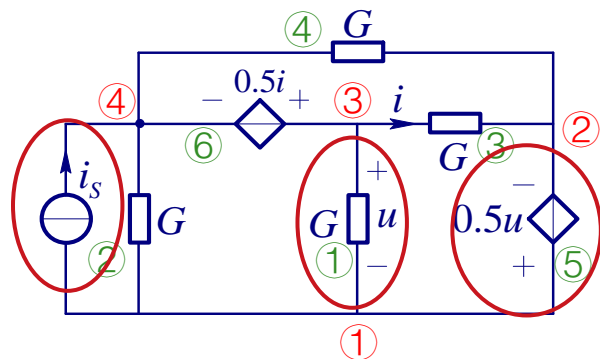
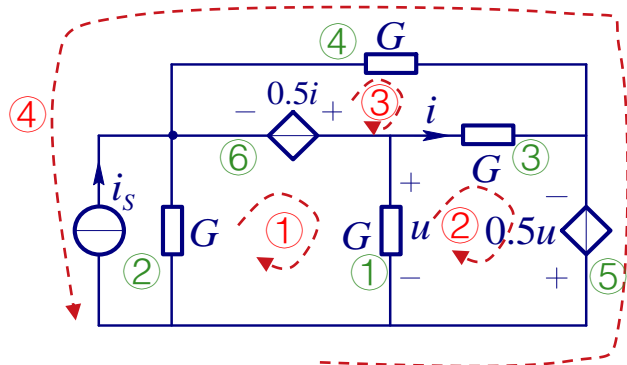
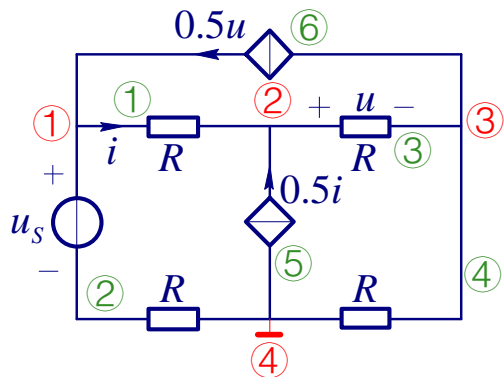
$$\begin{bmatrix} \frac{2}{G} & -\frac{1}{G} & 0 \\ -\frac{1}{G} & \frac{2}{G} & -\frac{1}{G} \\ 0 & -\frac{1}{G} & \frac{2}{G} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{m1} \\ i_{m2} \\ i_{m3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{i_s}{G} + 0.5i \\ 0.5u \\ -0.5i \end{bmatrix}$$

控制量

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

$$u = \frac{i_{m1} - i_{m2}}{G}$$

例：做出下图的对偶电路



思考：你认为导致电量方向相反的原因是什么？

