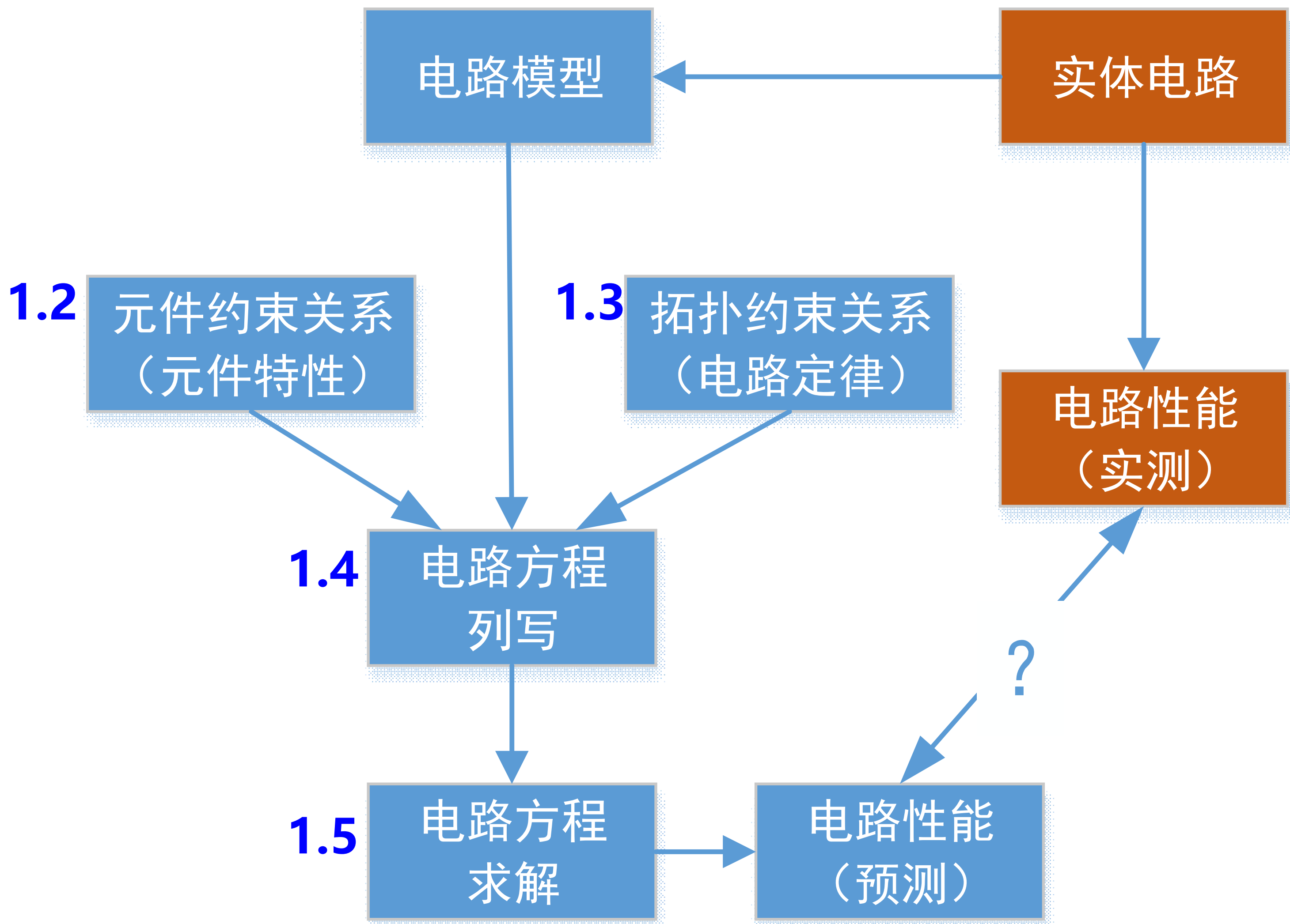
第一章 电路分析方法

1.3 电路定律

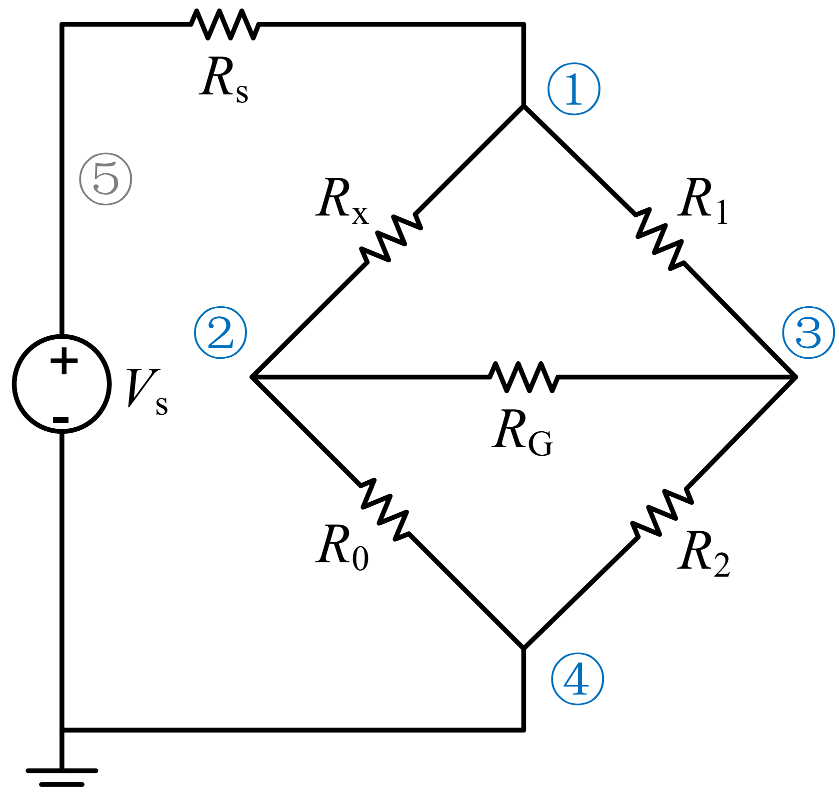
电路定律

- 基尔霍夫定理
- 叠加原理
- 戴维宁定理与诺顿定理


电路模型
实体电路
1.2
元件约束关系
（元件特性）
1.3
拓扑约束关系
（电路定律）
电路性能
（实测）
1.4
电路方程
列写
?
1.5
电路方程
求解
电路性能
（预测）

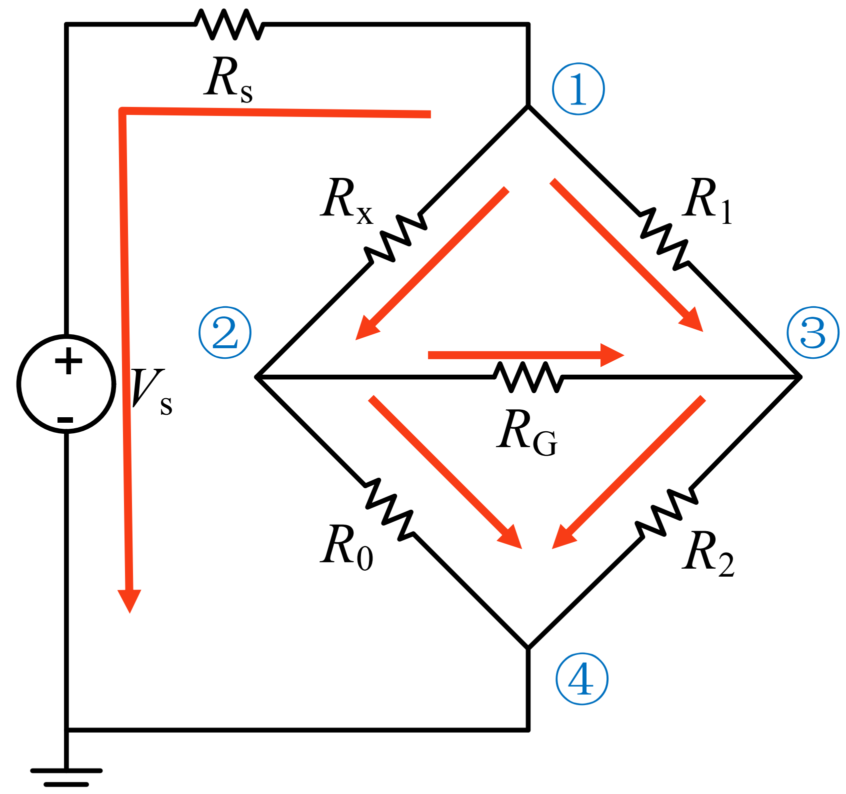
若干名词

- 节点
  - 2个或更多元件的连接点
  - ①②③④⑤
- 基本节点
  - 3个或更多元件的连接点
  - ①②③④
- 4个（基本）节点
  - “节点”一般就指基本节点



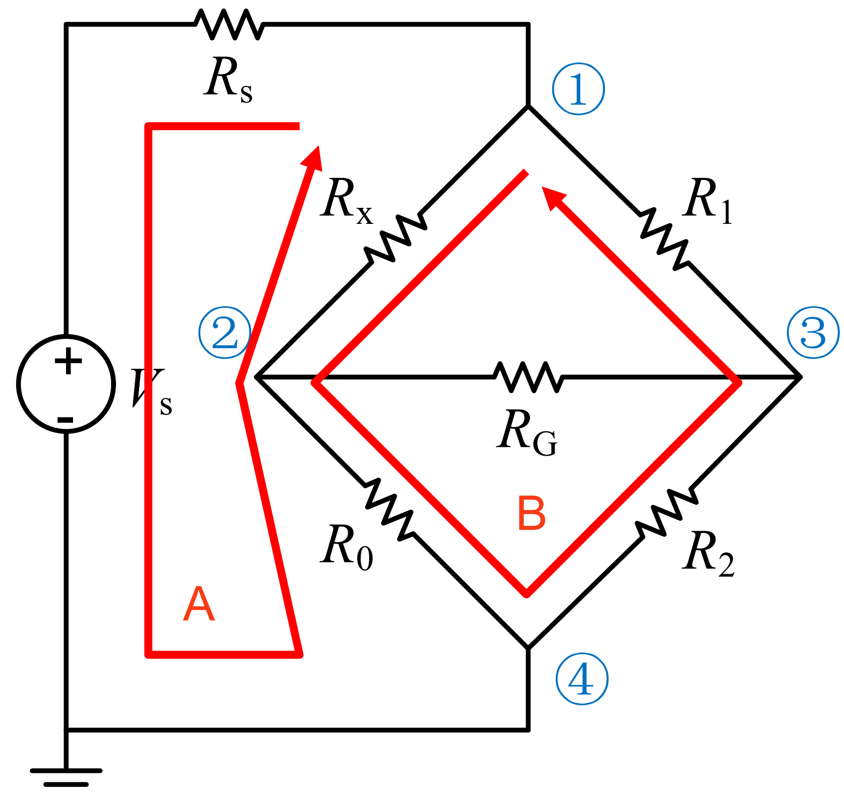
若干名词

- 支路
  - 1个或更多元件串联形成的分支
- 电阻R_s与电压源V_s串联支路
- 电阻R_x支路
- 6条支路



若干名词

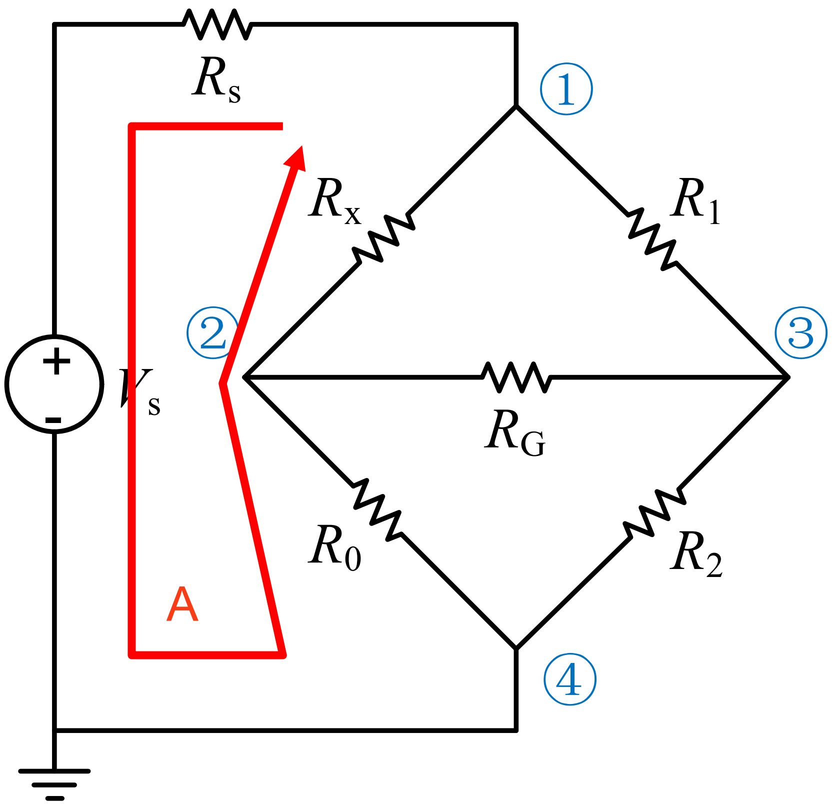
- 回路
  - 若干支路形成的闭合路径
- 回路A：包含R_s、V_s、R_0、R_x
- 回路B：包含R_x、R_0、R_2、R_1



若干名词

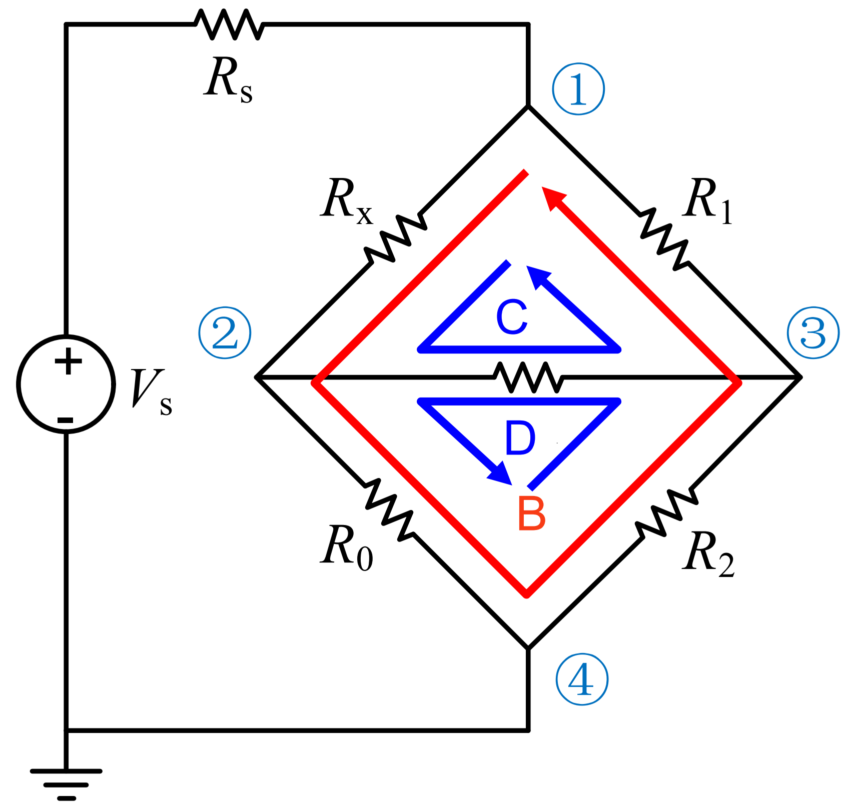
- 网孔
  - 平面结构电路中，
    没有包围其它回路的回路

- 回路A，是网孔



若干名词

- 网孔
  - 平面结构电路中，
    没有包围其它回路的回路
- 回路B，不是网孔
  - 包围了回路C和回路D
- 回路C和回路D，是网孔
- 3个网孔
  - 支路数-（节点数-1）

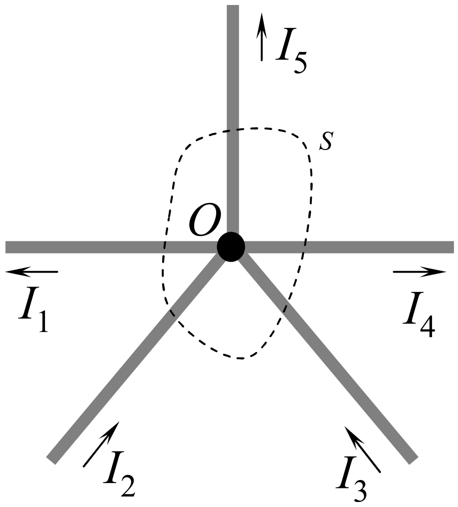


基尔霍夫电流定律KCL

对于电路节点O

$$\sum_{i=1}^{N} I_i = 0$$

$$I_1 - I_2 - I_3 + I_4 + I_5 = 0$$



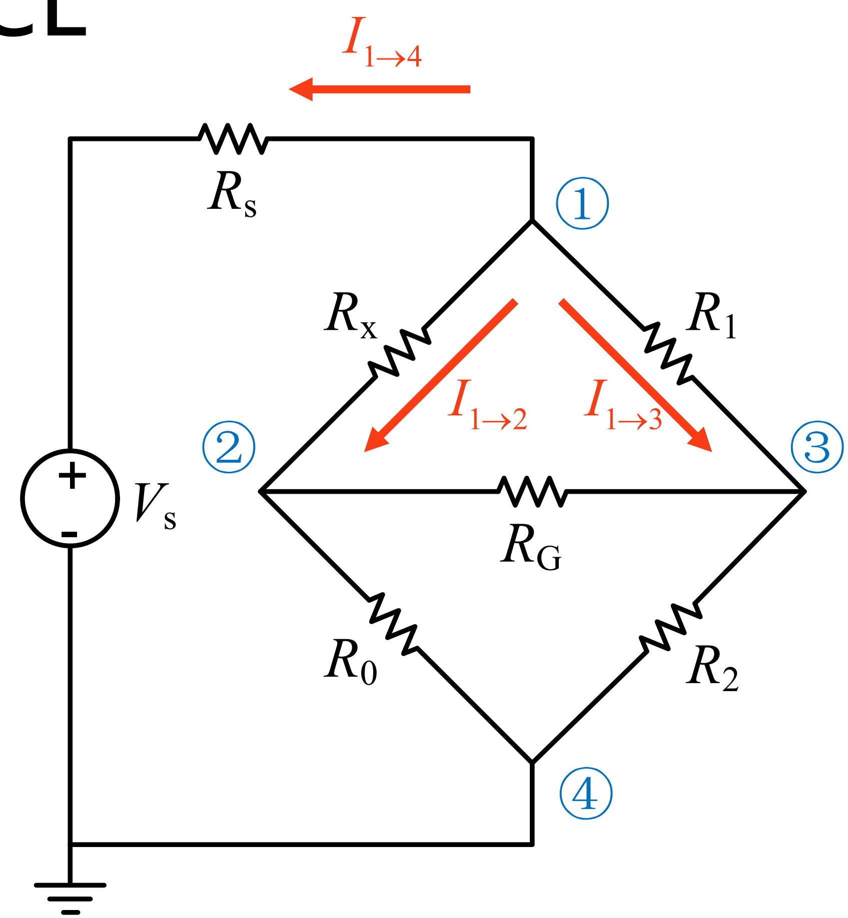
KCL: 流出任一节点的所有支路电流的代数和为零

体积V内包含电荷数不随时间变化时，流出曲面S的净电流为零

基尔霍夫电流定律KCL

- 对于节点①

$$I_{1\to4}+I_{1\to2}+I_{1\to3}=0$$

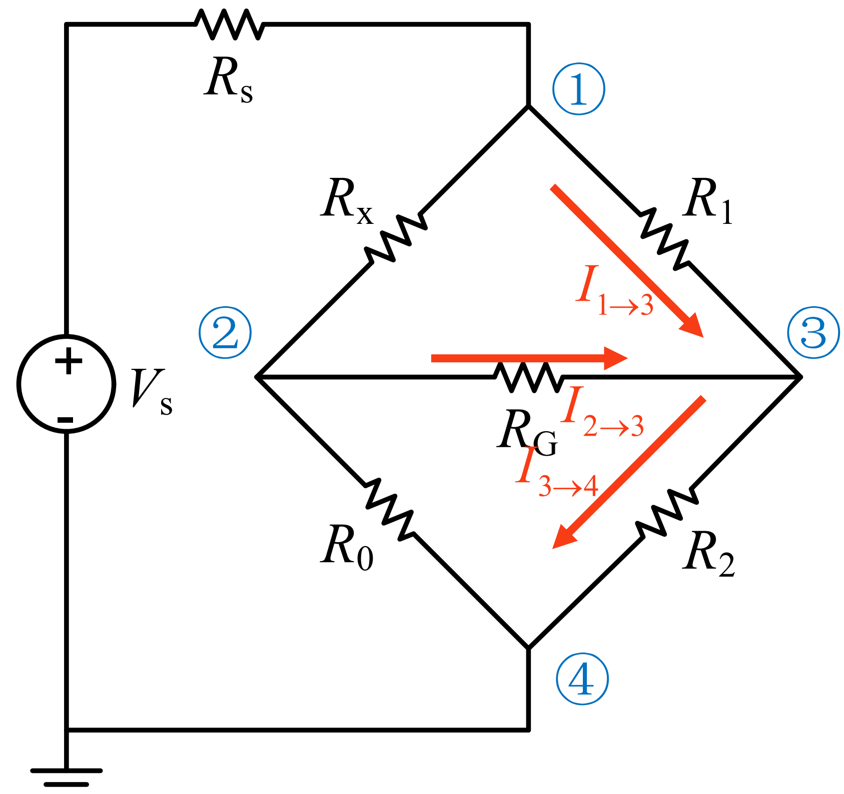


基尔霍夫电流定律KCL

- 对于节点③

$$-I_{1\to3} - I_{2\to3} + I_{3\to4} = 0$$

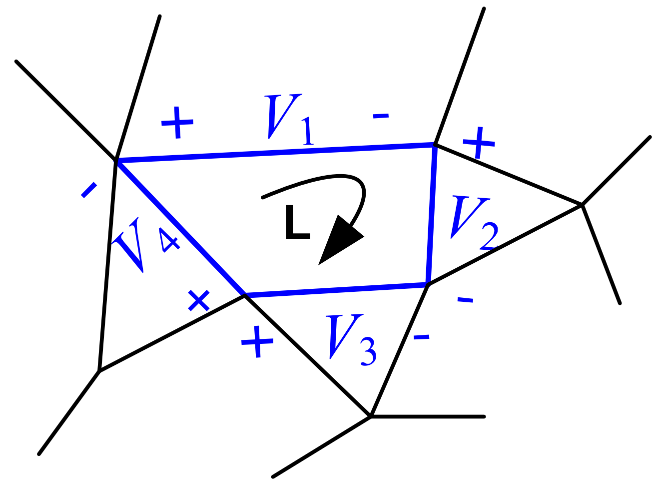
$$I_{1\to3} + I_{2\to3} - I_{3\to4} = 0$$



对于具有n个节点的电路：

围绕n-1个节点，可以写出n-1个独立的KCL方程

基尔霍夫电压定律KVL



对于电路回路L

$$\sum_{i=1}^{N} V_i = 0$$

沿任一回路一周的电压降总和为零

当各元件电压、各电压源电动势的参考方向与回路绕行方向一致时取正号，相反时取负号

电荷沿回路一周作功等于零

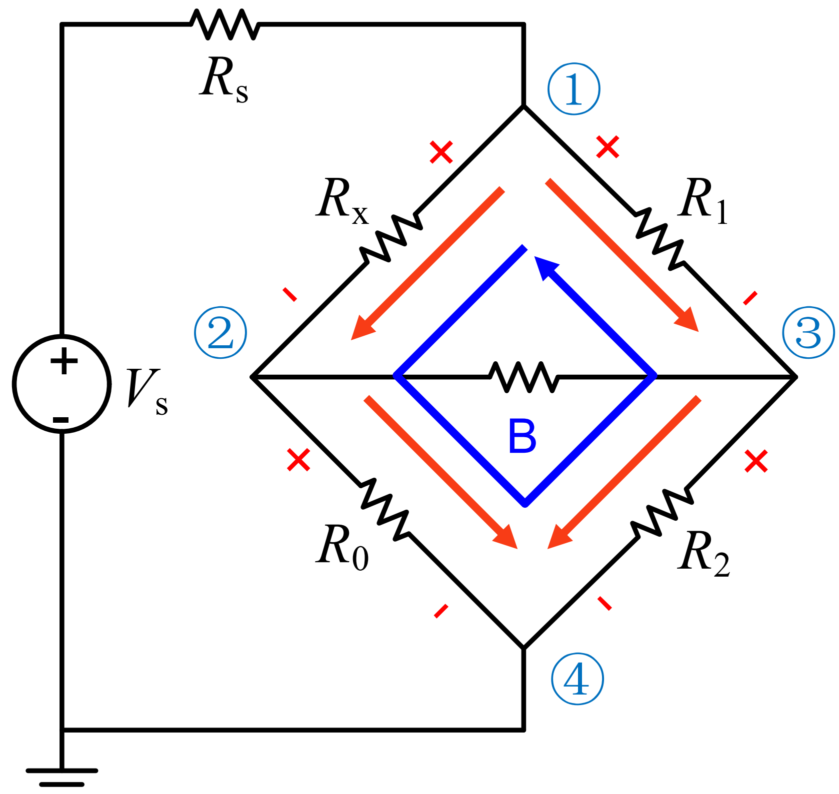
$$\sum qV_i = 0 \rightarrow \sum V_i = 0$$

基尔霍夫电压定律KVL

- 对于回路B

$$V_{R_x} + V_{R_0} - V_{R_2} - V_{R_1} = 0$$

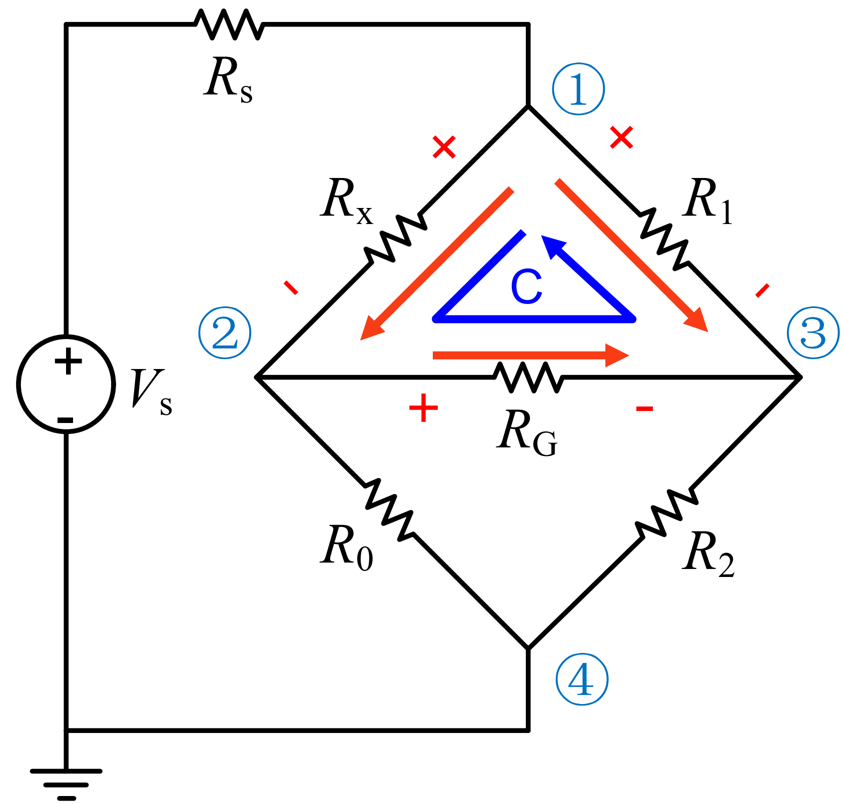
$$-V_{R_x} - V_{R_0} + V_{R_2} + V_{R_1} = 0$$



基尔霍夫电压定律KVL

- 对于回路C

$$V_{R_x}+V_{R_G}-V_{R_1}=0$$



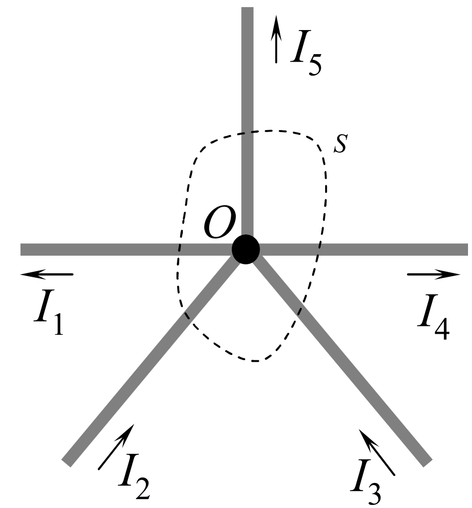
对于具有n个节点、b条支路的电路：

存在b-(n-1)个网孔，可以写出b-(n-1)个独立的KVL方程

电路拓扑约束关系

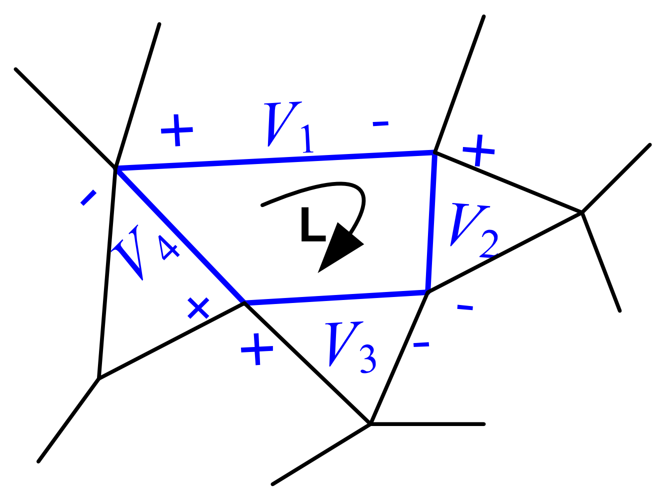
- 基尔霍夫电流定律KCL

$$\sum_{i=1}^{N} I_i = 0$$



- 基尔霍夫电压定律KVL

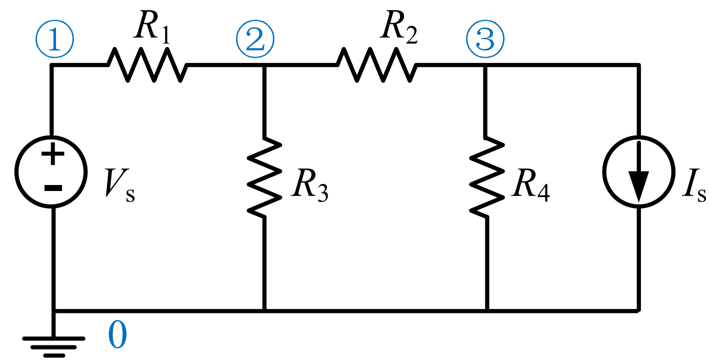
$$\sum_{i=1}^{N} V_i = 0$$



线性电路的叠加原理

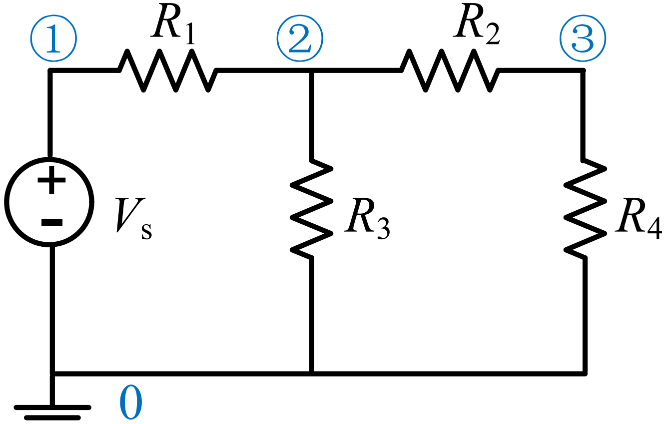
在一个具有唯一解的线性电路中，各独立电源共同作用时，在任一支路中产生的电流（任意两节点的电压差）等于各独立电源单独作用时在该支路中产生的电流（该两节点的电压差）的代数和。

线性电路的叠加原理

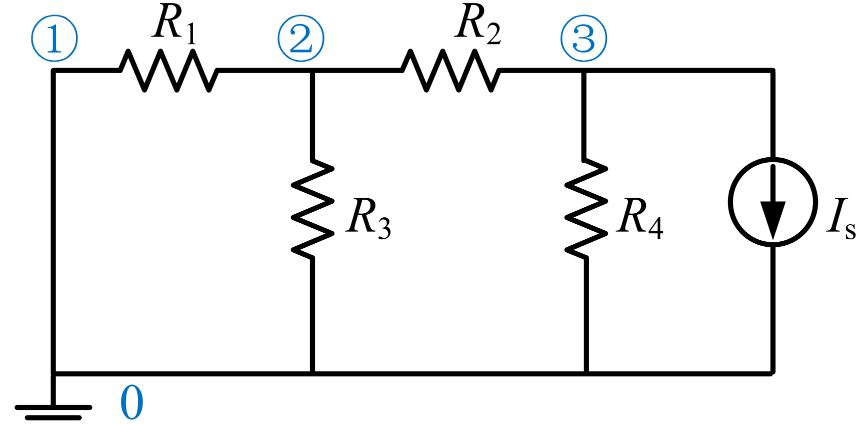


按叠加定理，上述电路的解等于：

V_s电压源单独作用(I_s=0电流源开路)的解与I_s电流源单独作用(V_s=0电压源短路)的解的和。

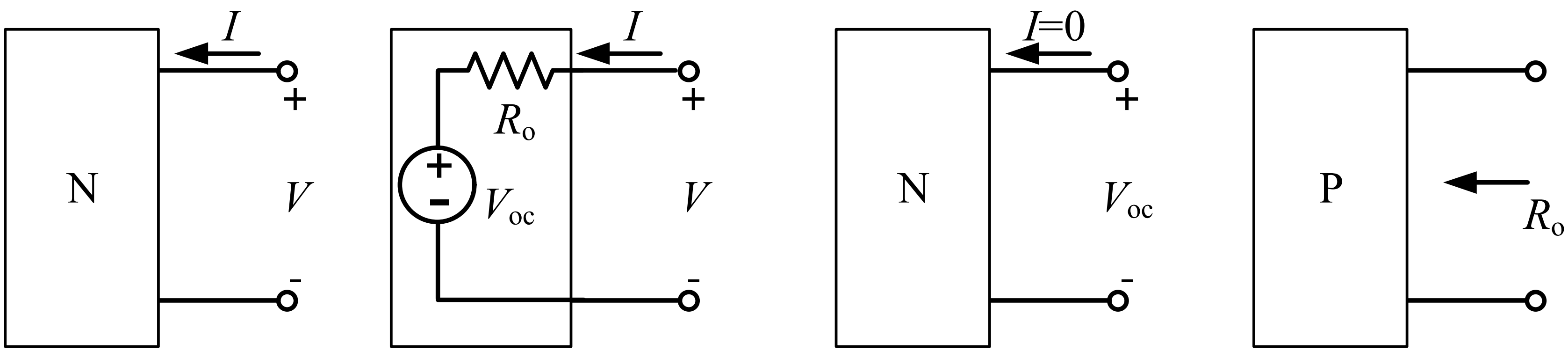


+



$V_1=V_s$	+	$V_1=0$	=	$V_1=V_s$

戴维宁等效电压源定理



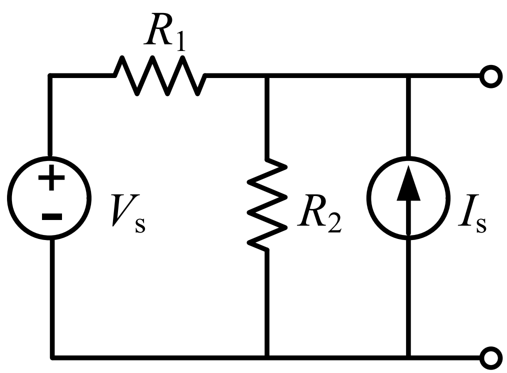
戴维宁定理：

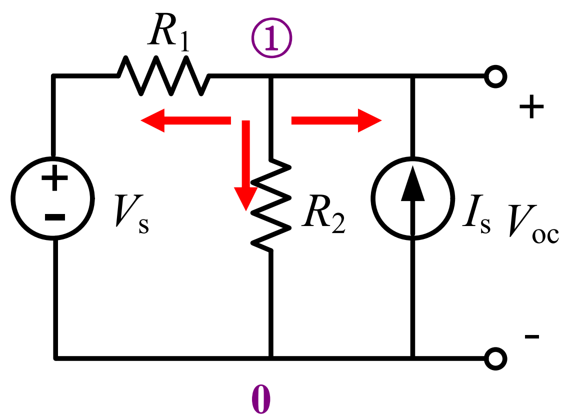
任意一个由线性电阻、线性受控源和独立电源组成的一端口电路，都可以用一个理想电压源V_{oc} 与电阻 R_o的串联电路来等效

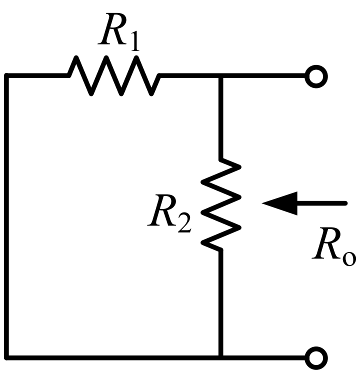
V_{oc}等于一端口电路在端口处的开路电压

R_o等于内部所有独立电源不起作用时端口处的等效电阻

求戴维宁等效电路参数举例







$$V_s = 10V, I_s = 0.5A, R_1 = 5\Omega, R_2 = 10\Omega$$

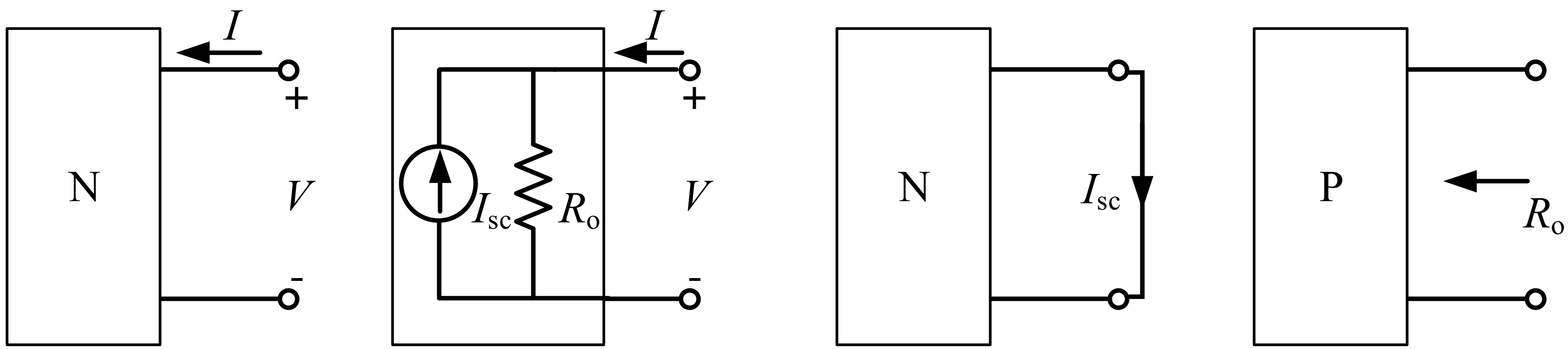
解：节点①KCL方程，求得端口开路电压

$$\frac{V_{oc} - V_s}{R_1} + \frac{V_{oc}}{R_2} - I_s = 0 \qquad \to V_{oc} = 25/3V$$

将电压源、电流源失效：

端口等效电阻两个电阻的并联 $$R_o = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \times 5}{10 + 5} = 10/3\Omega$$

诺顿等效电流源定理



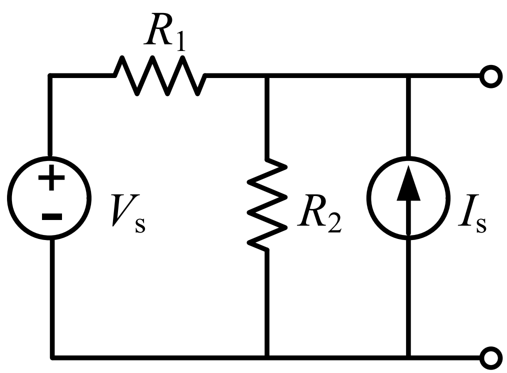
诺顿定理：

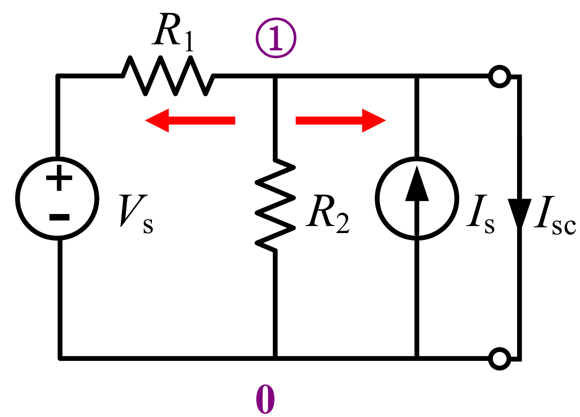
任意一个由线性电阻、线性受控源和独立电源组成的一端口电路，都可以用一个理想电流源I_{sc} 与电阻 R_o的并联电路来等效

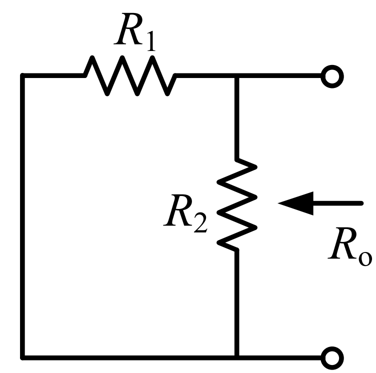
I_{sc}等于一端口电路在端口处的短路电流

R_o等于内部所有独立电源不起作用时端口处的等效电阻

求诺顿等效电路参数举例







$$V_s = 10V, I_s = 0.5A, R_1 = 5\Omega, R_2 = 10\Omega$$

解：节点①KCL方程，求得端口短路电流

$$-\frac{V_s}{R_1} - I_s + I_{sc} = 0 \qquad \rightarrow I_{sc} = 2.5A$$

$$\boxed{I_{sc} = \frac{V_{oc}}{R_o}}$$

将电压源、电流源失效：

同戴维宁等效

端口等效电阻两个电阻的并联

$$R_o = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \times 5}{10 + 5} = 10/3\Omega$$

小结

- 基尔霍夫定理
- 叠加原理
- 戴维宁定理与诺顿定理