

# 第 1 章 直流电路

1.1 电路的作用和组成

1.2 电路的基本物理量

1.3 电路的状态

1.4 电路中的参考方向

1.5 理想电路元件

1.6 基尔霍夫定律

1.7 支路电流法

1.8 叠加定理

1.9 等效电源定理

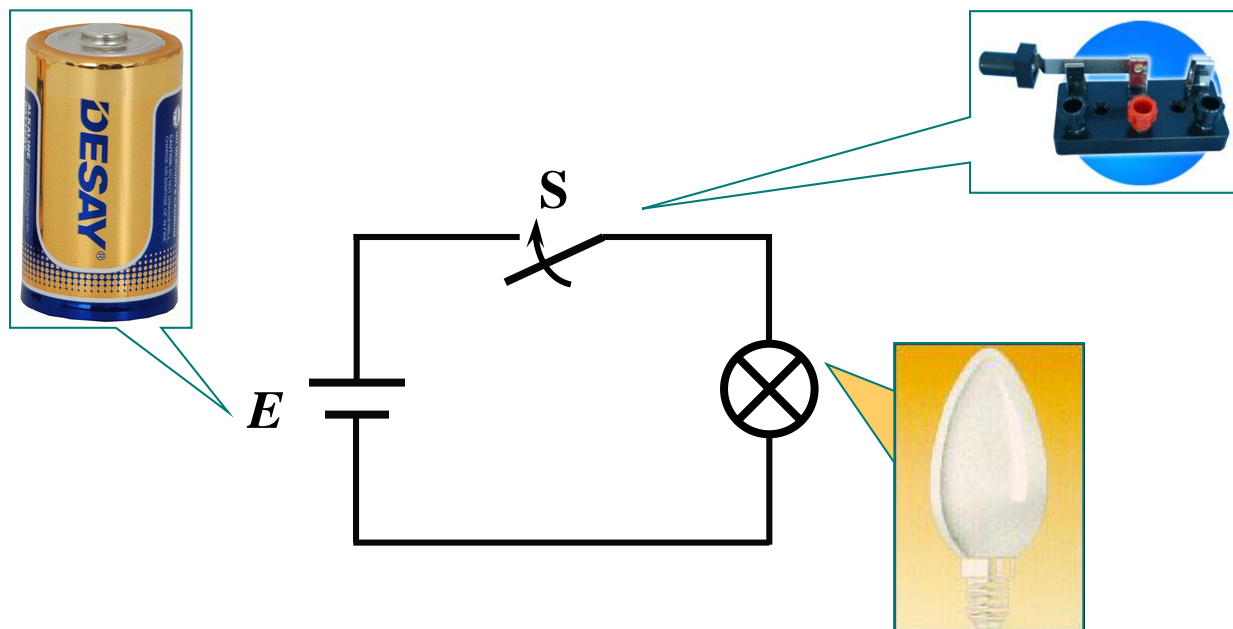
1.10 非线性电阻电路

1.11 应用实例

# 1.1 电路的作用和组成

## 一、什么是电路

● 电路就是电流流通的路径。



● 是由某些元、器件为完成一定功能、按一定方式组合后的总称。

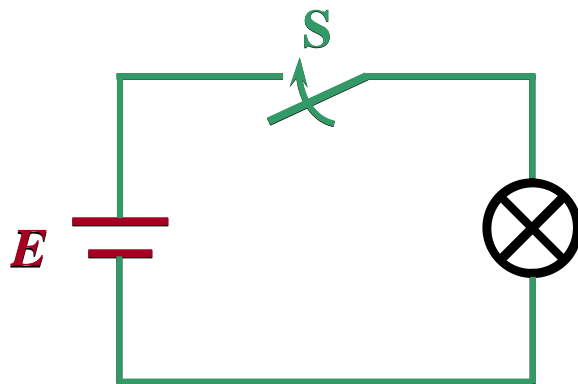
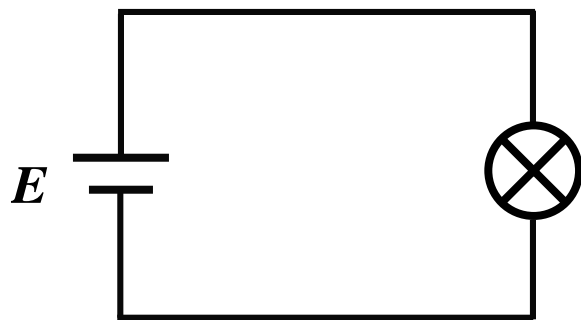


## 二、电路的作用

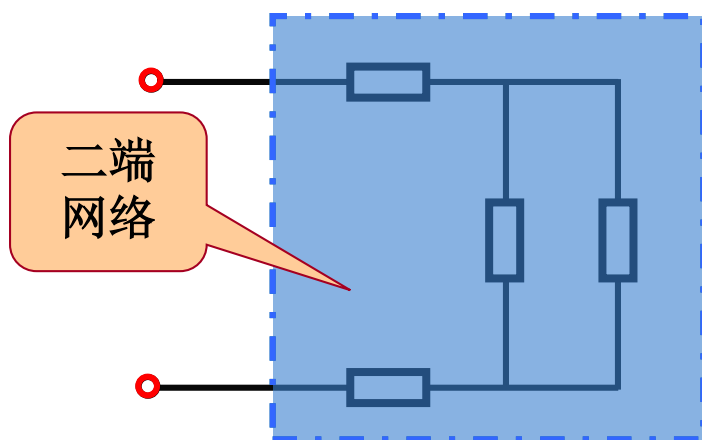
- 一是实现能量的输送和转换。
- 二是实现信号的传递和处理。

## 三、电路的组成

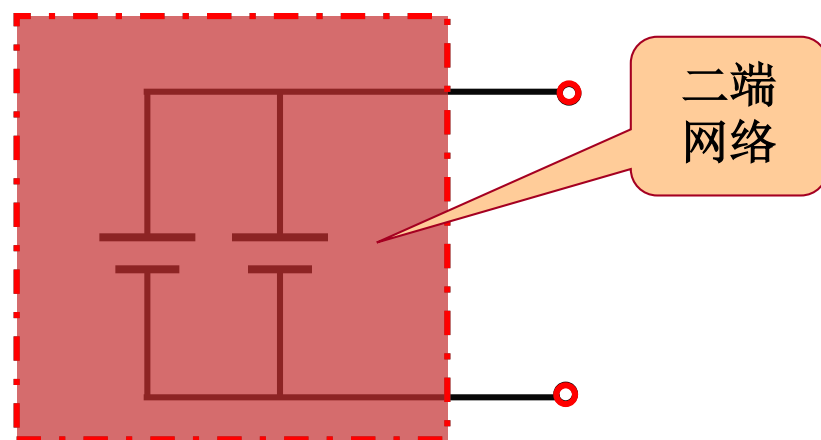
- **电源：**将非电形态的能量转换为电能。
- **负载：**将电能转换为非电形态的能量。
- **导线等：**起沟通电路和输送电能的作用。



- 从电源来看，电源本身的电流通路称为**内电路**，电源以外的电流通路称为**外电路**。
- 当电路中的电流是不随时间变化的直流电流时，这种电路称为**直流电路**。
- 当电路中的电流是随时间按正弦规律变化的交流电流时，这种电路称为**交流电路**。



无源网络



有源网络



## 1.2 电路的基本物理量

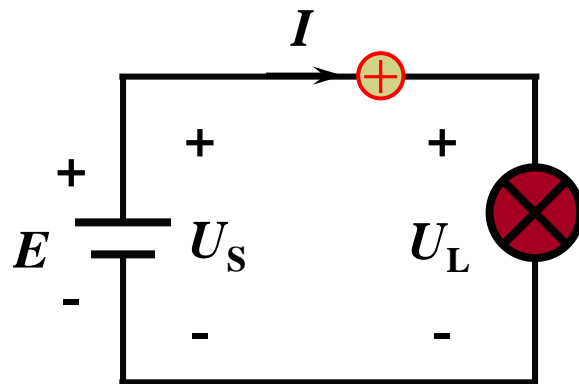
### 1. 电流

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (\text{A})$$

直流电路中：

$$I = \frac{Q}{t}$$

电流的实际方向：规定为正电荷运动的方向。



## 2. 电位

电场力将单位正电荷从电路的某一点移至参考点时所消耗的电能。

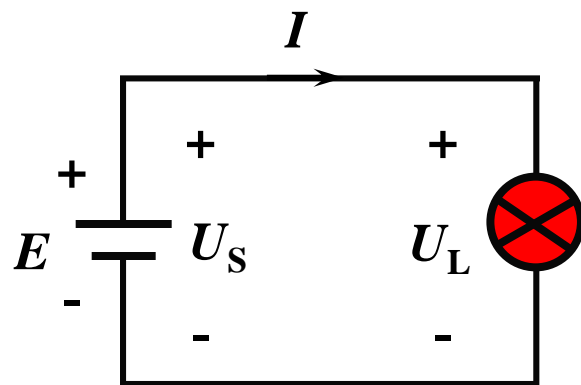
参考点的电位为零。

直流电路中电位用  $V$  表示，单位为伏[特] (V)。

参考点的选择：

① 选大地为参考点：  $\perp$

② 选元件汇集的公共端或公共线为参考点：  $\perp$



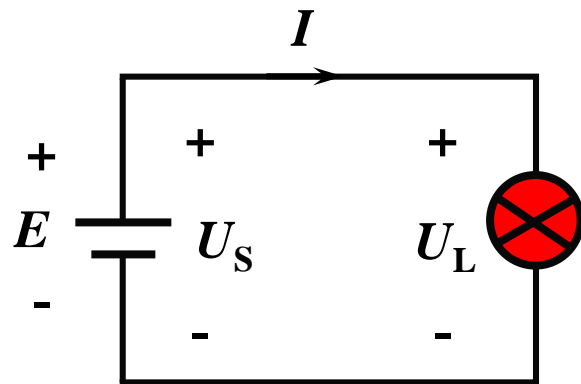
### 3. 电压

电场力将单位正电荷从电路的某一点移至另一点时所消耗的电能。

电压就是电位差。

直流电路中电压用  $U$  表示，单位为伏[特] (V)。

$U_S$  是电源两端的电压， $U_L$  是负载两端的电压。



### 4. 电动势

电源中的局外力（非电场力）将单位正电荷从电源负极移至电源正极时所转换而来的电能称为电源的**电动势**。

符号： $E$  或  $e$ ，单位：V。

电动势的实际方向：由低电位指向高电位。



## 5. 电功率

定义：单位时间内所转换的电能。

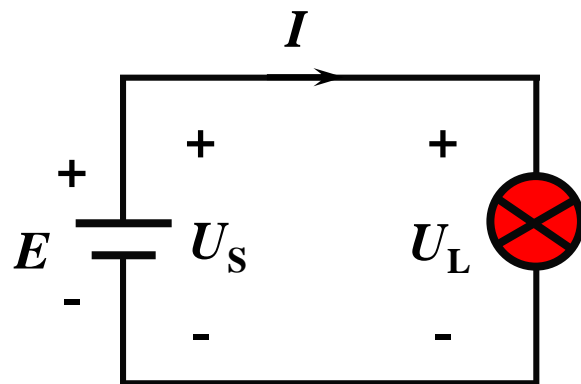
符号： $P$ （直流电路）。

单位：W。

电源产生的功率： $P_E = EI$

电源输出的功率： $P_{U_S} = U_S I$

负载取用的功率： $P_L = U_L I$



## 6. 电能

定义：在时间  $t$  内转换的电功率称为**电能**： $W = Pt$

符号： $W$ （直流电路）。

单位：J。

单位转换：千瓦时 (kW·h)

1 千瓦时为 1 度电， $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$ 。

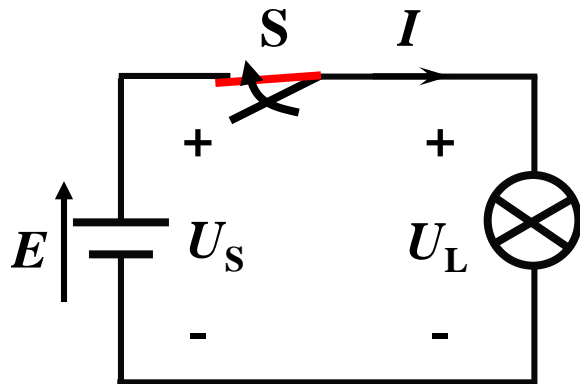




## 1.3 电路的状态

### 一、通路

当电源与负载接通，电路中有电流及能量的输送和转换。电路的这一状态称为**通路**。

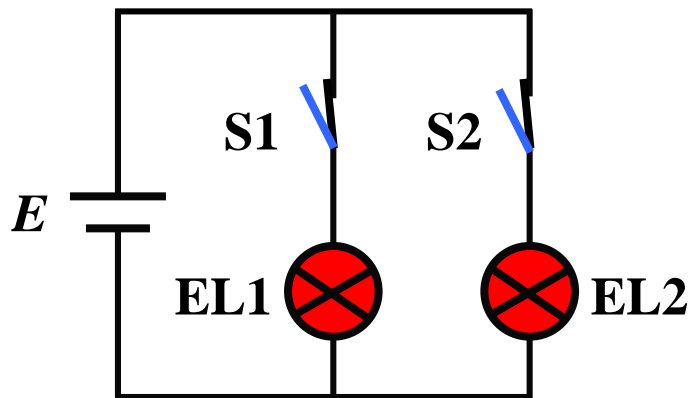


通路时，电源向负载输出电功率，电源这时的状态称为**有载**或称电源处于负载状态。

各种电气设备在工作时，其电压、电流和功率都有一定的限额，这些限额是用来表示它们的正常工作条件和工作能力的，称为电气设备的**额定值**。

## 二、开路

当某一部分电路与电源断开，该部分电路中没有电流，亦无能量的输送和转换，这部分电路所处的状态称为**开路**。

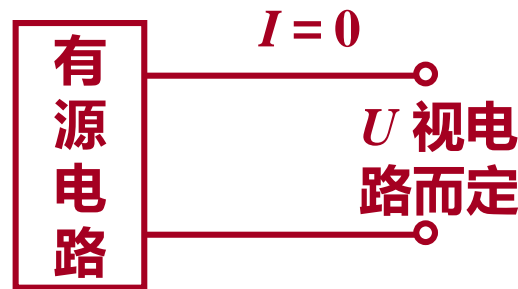


电源既不产生也不输出电功率，电源这时的状态称为**空载**。

### ● 开路的特点：

开路处的电流等于零

开路处的电压应视电路情况而定



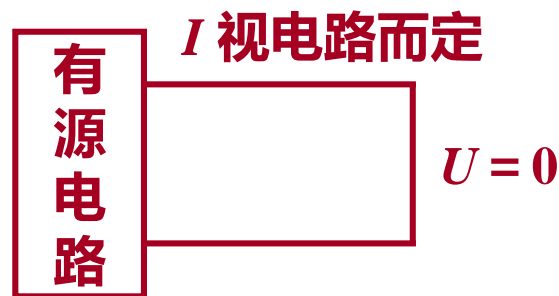
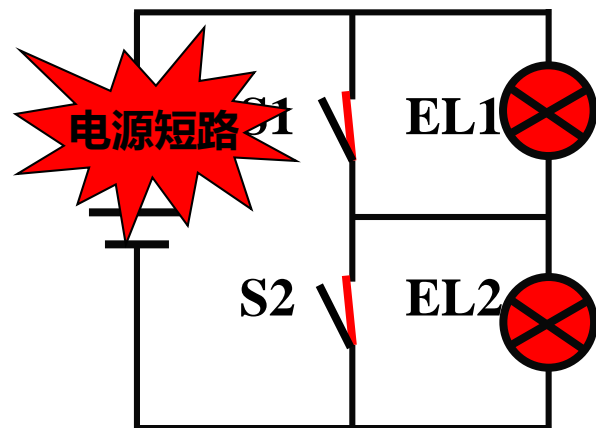
### 三、短路

当某一部分电路的两端用电阻可以忽略不计的导线或开关连接起来，使得该部分电路中的电流全部被导线或开关所旁路，这一部分电路所处的状态称为**短路**或**短接**。

#### ● 短路的特点：

短路处的电压等于零

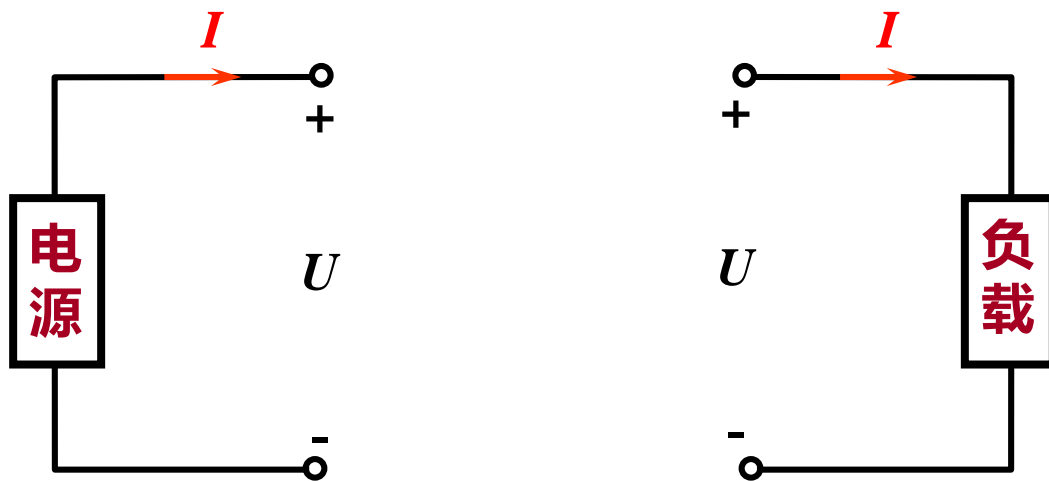
短路处的电流应视电路情况而定



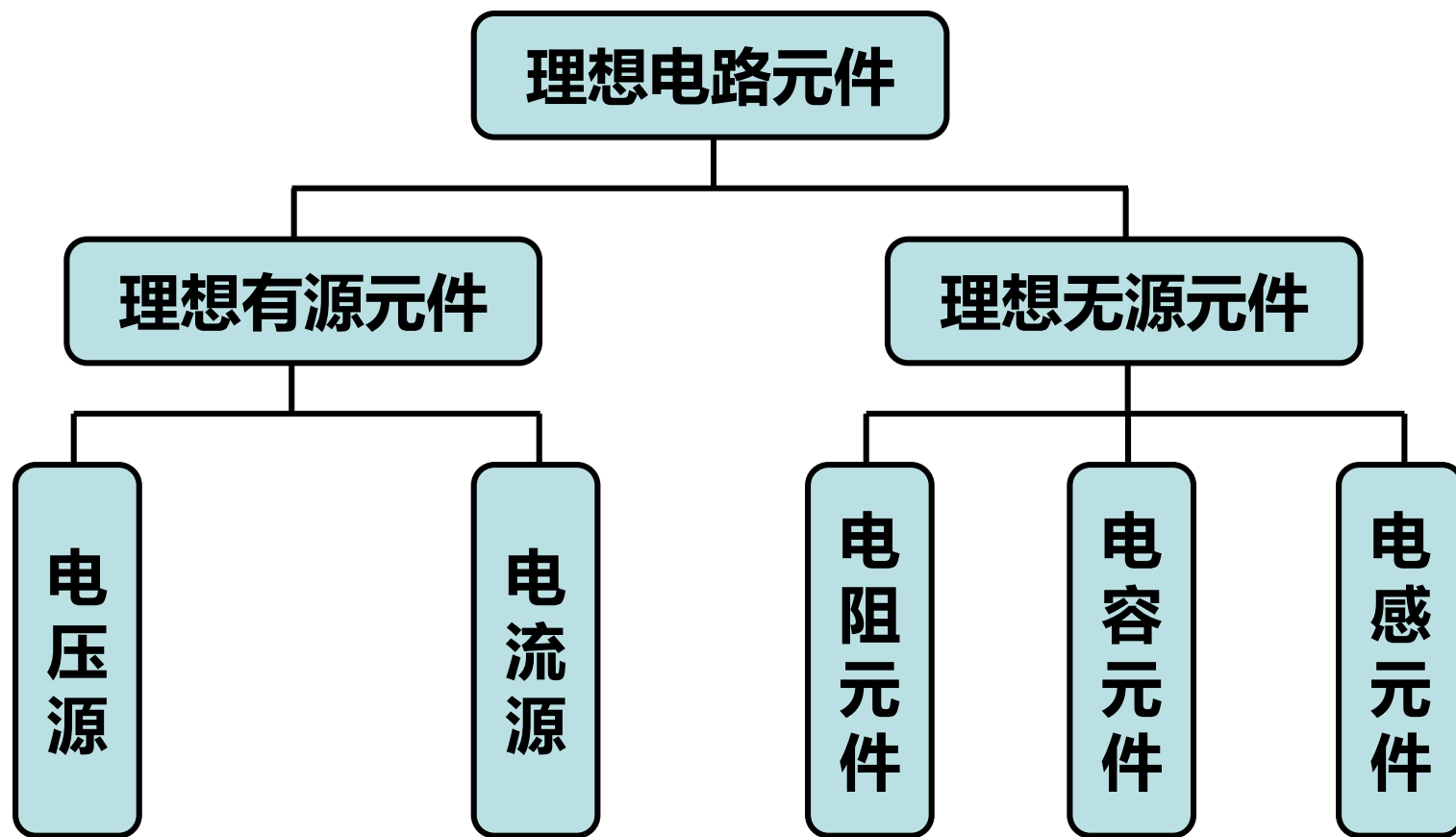
## 1.4 电路中的参考方向

原则上参考方向可任意选择。

在分析某一个电路元件的电压与电流的关系时，需要将它们联系起来选择，这样设定的参考方向称为**关联参考方向**。

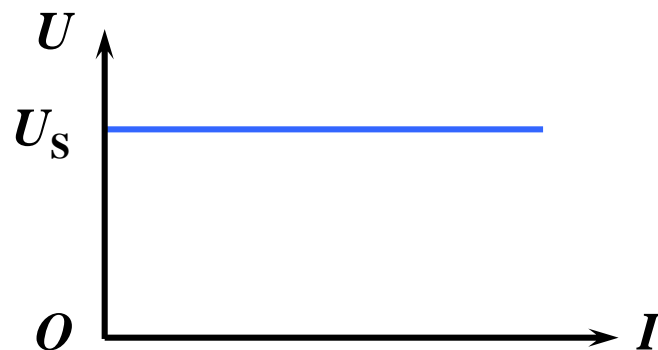
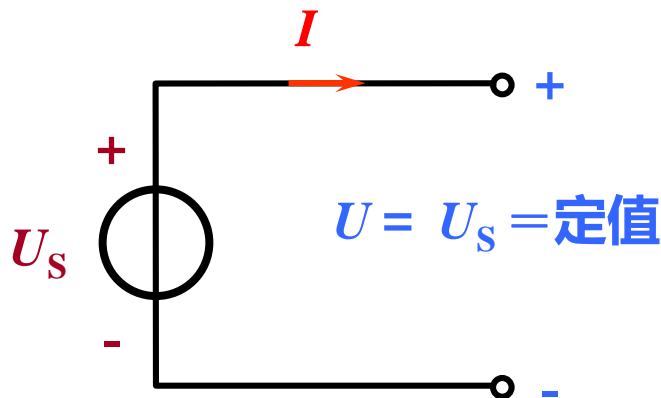


## 1.5 理想电路元件



# 一、理想有源元件

**1. 电压源** 可提供一个固定的电压  $U_S$ ，称为**源电压**。



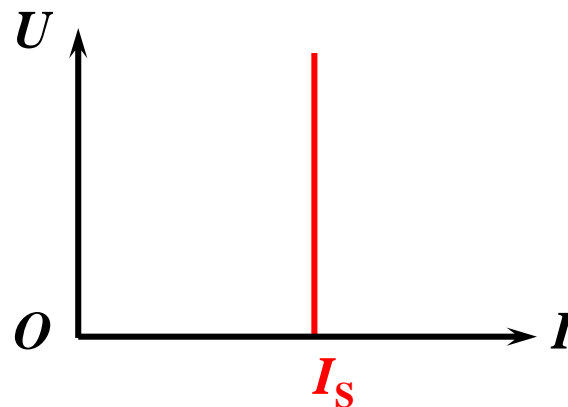
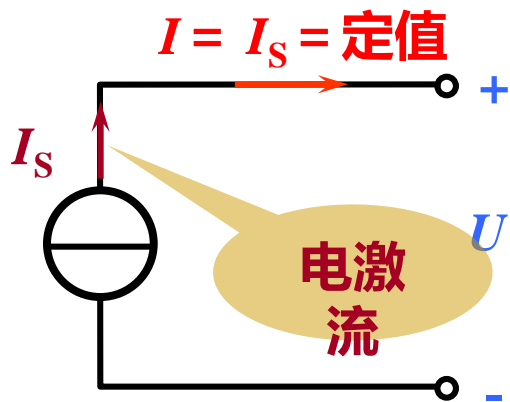
## ● 电压源的特点：

输出电压  $U$  等于源电压  $U_S$ ，是由其本身所确定的定值，与输出电流和外电路的情况无关。

输出电流  $I$  不是定值，与输出电压和外电路的情况有关。



## 2. 电流源 可提供一个固定的电流 $I_S$ ，称为源电流。

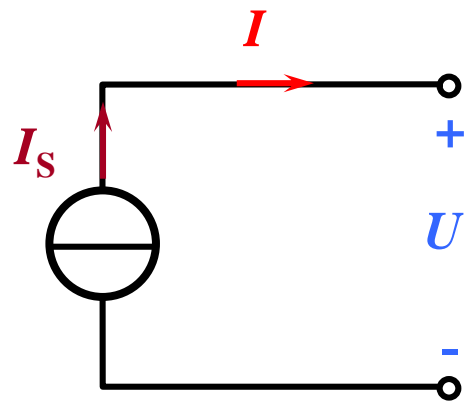
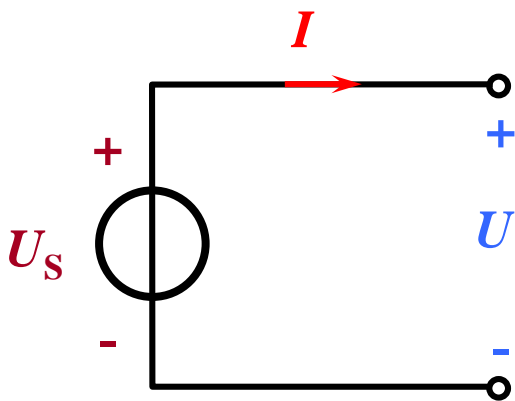


### ● 电流源的特点：

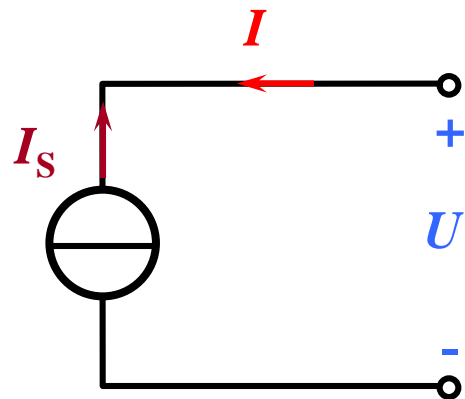
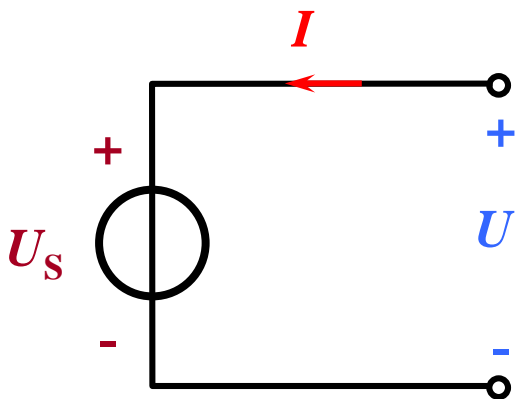
输出电流  $I$  等于源电流  $I_S$ ，是由其本身所确定的定值，与输出电压和外电路的情况无关。

输出电压  $U$  不是定值，与输出电流和外电路的情况有关。





- 当电压源和电流源的电压和电流实际方向如上图时，它们输出（产生）电功率，起**电源**作用。



- 当电压源和电流源的电压和电流实际方向如上图时，它们取用（消耗）电功率，起**负载**作用。





## 二、理想无源元件

### ● 电阻元件

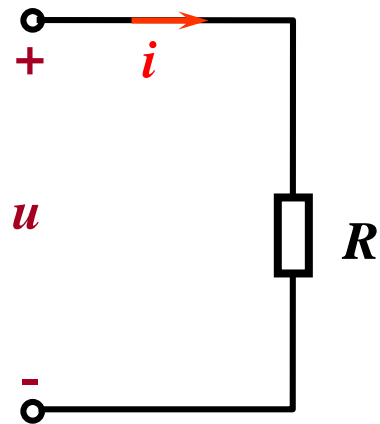
当电路的某一部分只存在电能的消耗而没有电场能和磁场能的储存，这一部分电路可用**电阻元件**来代替。

$$R = \frac{u}{i} \quad (\Omega)$$

### ● 线性电阻与非线性电阻

### ● 电阻消耗的功率

$$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$$



# ● 电阻图片



碳膜电阻



线绕电阻



水泥电阻



可变电阻



压敏电阻



功率电阻



**【例1.5.1】** 在图示直流电路中，已知  $U_S = 3\text{ V}$ ， $I_S = 3\text{ A}$ ， $R = 1\ \Omega$ 。求：(1) 电压源的电流和电流源的电压；  
(2) 讨论电路的功率平衡关系。

**【解】** (1) 由于电压源与电流源串联

$$I = I_S = 3\text{ A}$$

根据电流的方向可知

$$\begin{aligned} U &= U_S + RI_S \\ &= (3 + 1 \times 3)\text{ V} = 6\text{ V} \end{aligned}$$

**(2) 功率平衡关系**

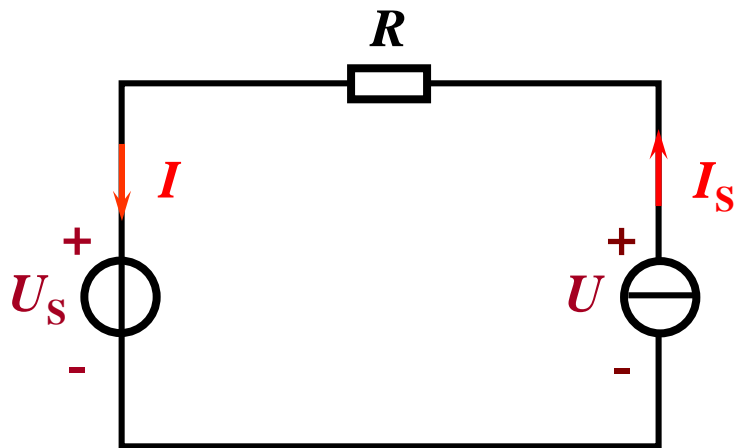
电压源吸收电功率： $P_L = U_S I = (3 \times 3)\text{ W} = 9\text{ W}$

电流源发出电功率： $P_O = UI_S = (6 \times 3)\text{ W} = 18\text{ W}$

电阻  $R$  消耗的电功率： $P_R = RI_S = (1 \times 3^2)\text{ W} = 9\text{ W}$

功率平衡：

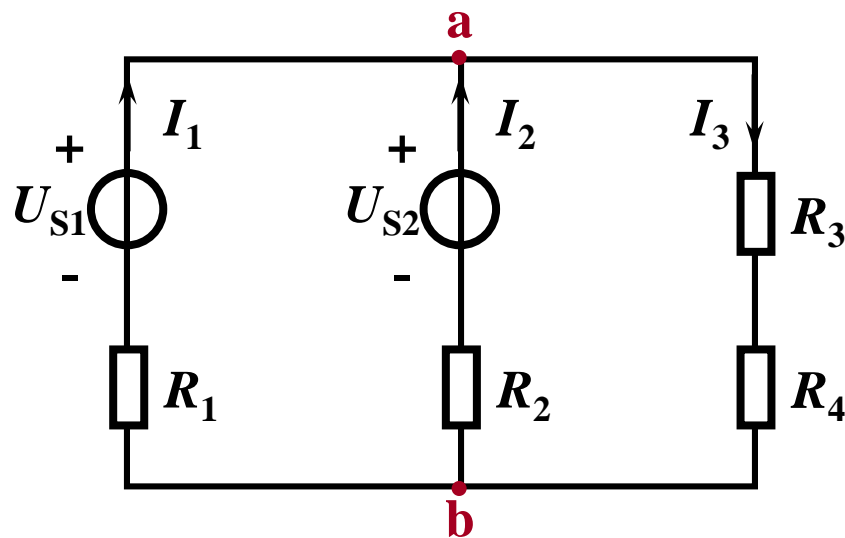
$$P_O = P_L + P_R$$



## 1.6 基尔霍夫定律

### 一、基尔霍夫电流定律 (KCL)

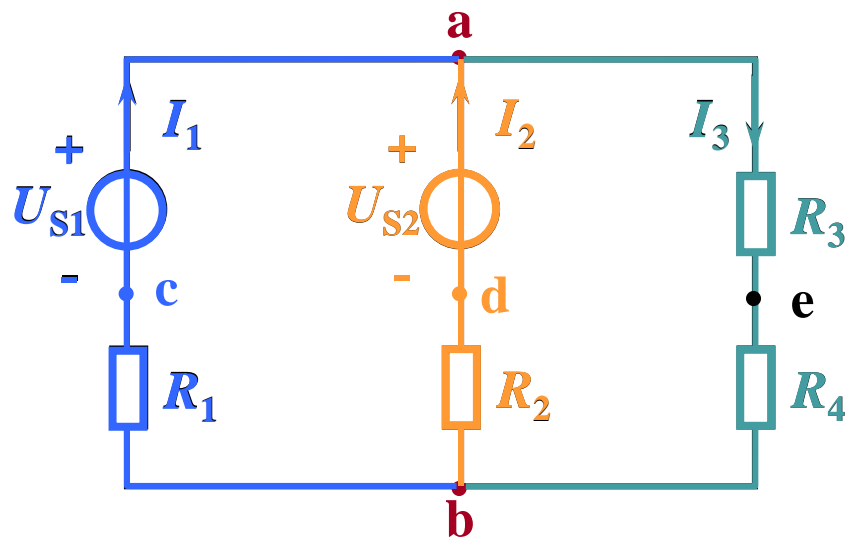
电路中 3 个或 3 个以上电路元件的连接点称为**结点**。



有 **a**、**b** 两个结点。



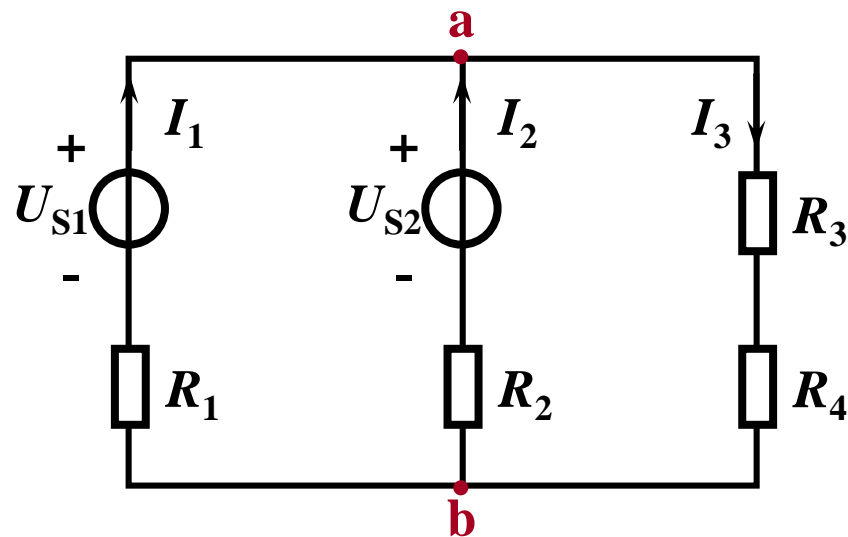
两结点之间的每一条  
分支电路称为**支路**。



有  $acb$ 、 $adb$ 、 $aeb$  三条支路。



由于电流的连续性，  
流入任一结点的电流  
之和等于流出该结点  
的电流之和。



对结点 a

$$I_1 + I_2 = I_3$$

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

流入结点的电流前取正号，  
流出结点的电流前取负号。



在电路的任何一个  
结点上，同一瞬间  
电流的代数和为零。

对任意波形的电流：

$$\sum i = 0$$

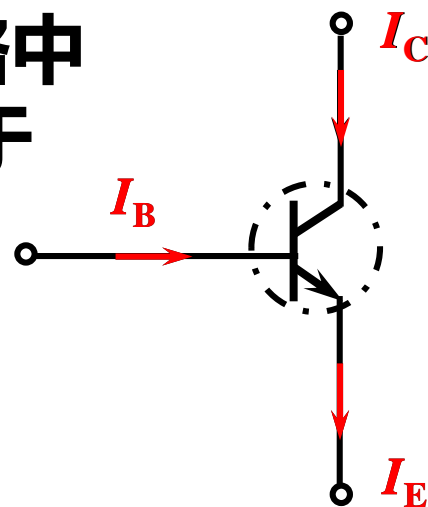
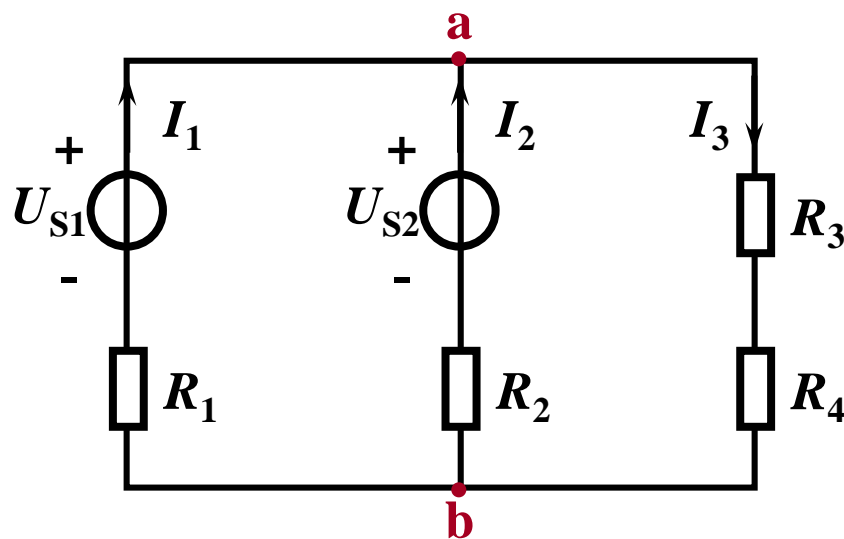
在直流电路中：

$$\sum I = 0$$

- 基尔霍夫电流定律不仅适用于电路中任意结点，而且还可以推广应用于电路中任何一个假定的闭合面

—— 广义结点。

$$I_C + I_B - I_E = 0$$



**[例1.6.1]** 在图示部分电路中, 已知  $I_1 = 3 \text{ A}$ ,  $I_4 = -5 \text{ A}$ ,  $I_5 = 8 \text{ A}$ 。试求  $I_2$ ,  $I_3$  和  $I_6$ 。

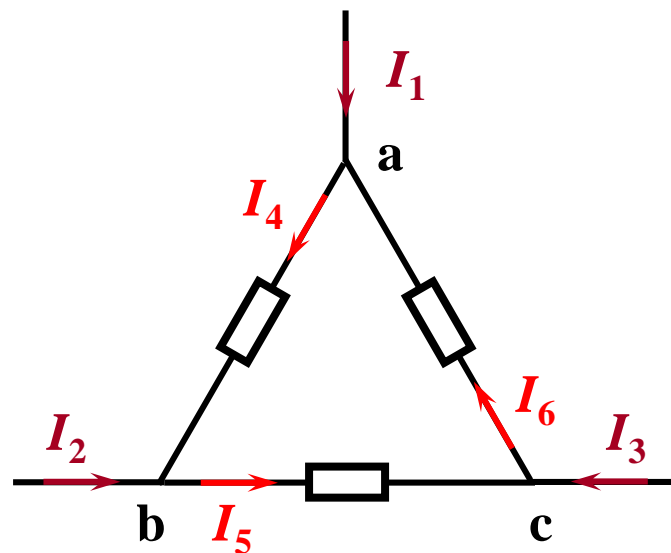
**[解]** 由图中所示电流的参考方向, 应用基尔霍夫电流定律, 分别由结点 a、b、c 求得

$$\begin{aligned} I_6 &= I_4 - I_1 \\ &= (-5 - 3) \text{ A} = -8 \text{ A} \end{aligned}$$

$$I_2 = I_5 - I_4 = [8 - (-5)] \text{ A} = 13 \text{ A}$$

$$I_3 = I_6 - I_5 = (-8 - 8) \text{ A} = -16 \text{ A}$$

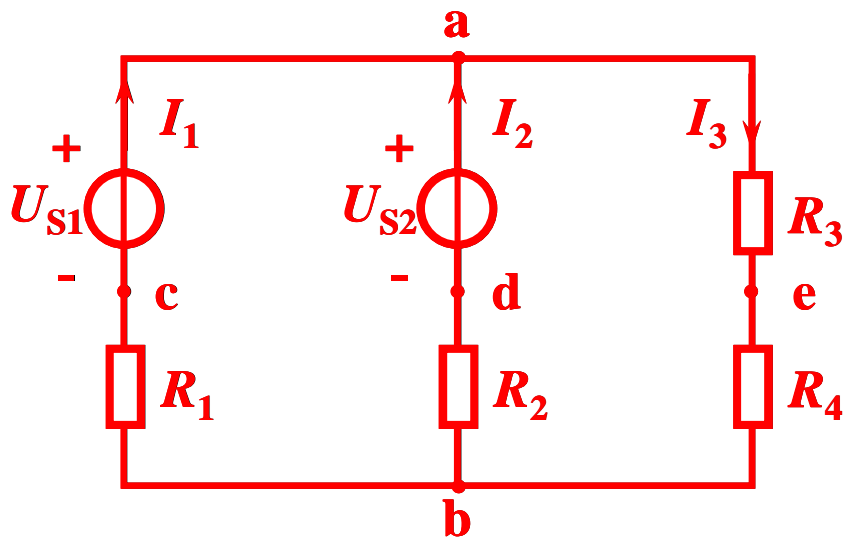
或由广义结点得  $I_3 = -I_1 - I_2 = (-3 - 13) \text{ A} = -16 \text{ A}$





## 二、基尔霍夫电压定律 (KVL)

由电路元件组成的闭合路径称为**回路**。



有 **adbca**、**aebda** 和 **aebca** 三个回路。

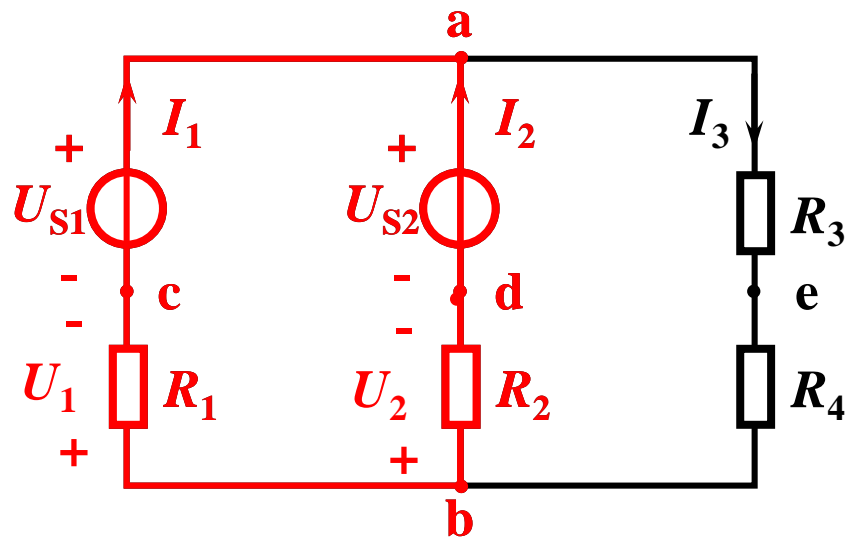
未被其他支路分割的单孔回路称为网孔。

有 **adbca**、**aebda** 两个网孔。



## 对回路 adbca

由于电位的单值性，  
从 a 点出发沿回路环  
行一周又回到 a 点，  
电位的变化应为零。



$$U_{S2} + U_1 = U_{S1} + U_2$$

$$U_{S2} + U_1 - U_{S1} - U_2 = 0$$

与回路环行方向一致的电压前取正号，  
与回路环行方向相反的电压前取负号。

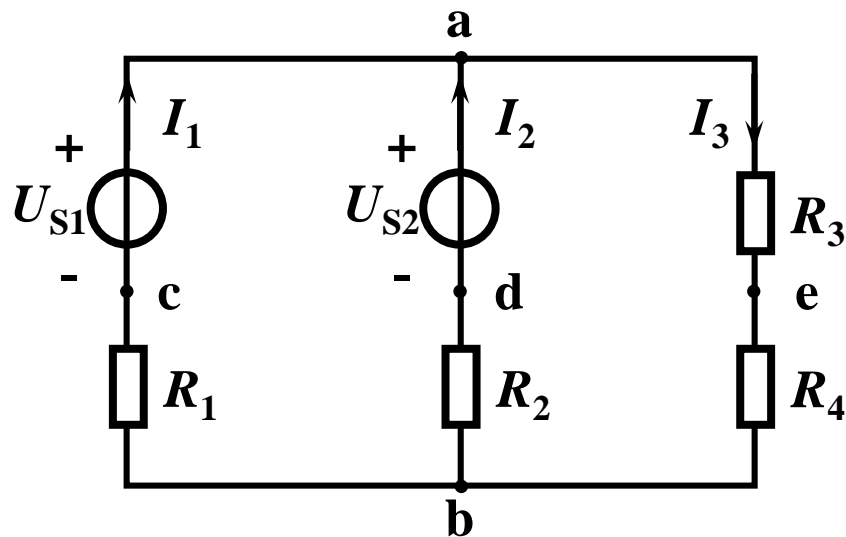


在电路的任何一个回路中，沿同一方向循行，同一瞬间电压的代数和为零。

对任意波形的电压

$$\sum u = 0$$

在直流电路中： $\sum U = 0$



如果回路中理想电压源两端的电压改用电动势表示，电阻元件两端的电压改用电阻与电流的乘积来表示，则

$$\Sigma RI = \Sigma E$$

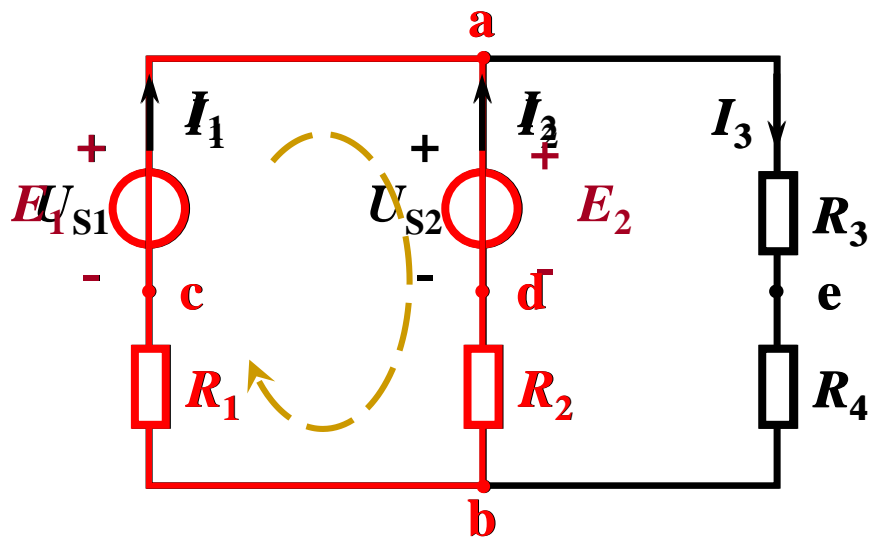
$$\text{或} \Sigma U = \Sigma E$$

$$\Sigma U + \Sigma RI = \Sigma E$$

与回路环行方向一致的电流、电压和电动势前面取正号，不一致的前面取负号。

对回路 adbca

$$R_1 I_1 - R_2 I_2 = E_1 - E_2$$

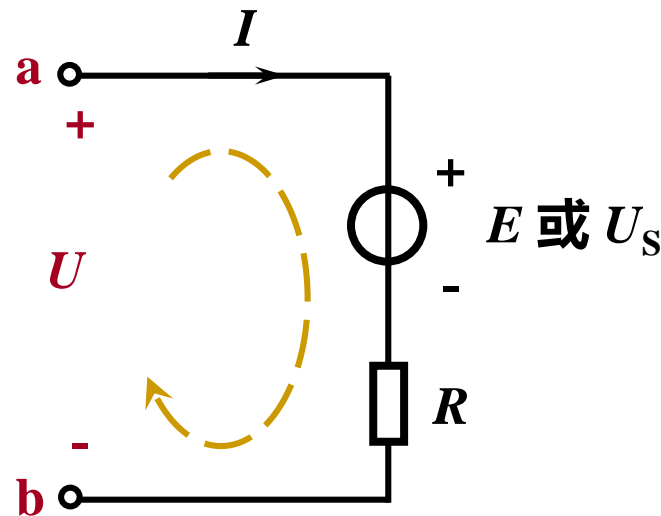


- 基尔霍夫电压定律不仅适用于电路中任一闭合的回路，而且还可以推广应用于任何一个假想闭合的一段电路。

将 a、b 两点间的电压作为电阻电压降一样考虑进去。

$$RI - U = -E$$

或  $RI - U + U_S = 0$



**[例1.6.2]** 在图示回路中, 已知  $E_1 = 20 \text{ V}$ ,  $E_2 = 10 \text{ V}$ ,  $U_{ab} = 4 \text{ V}$ ,  $U_{cd} = -6 \text{ V}$ ,  $U_{ef} = 5 \text{ V}$ 。试求  $U_{ed}$  和  $U_{ad}$ 。

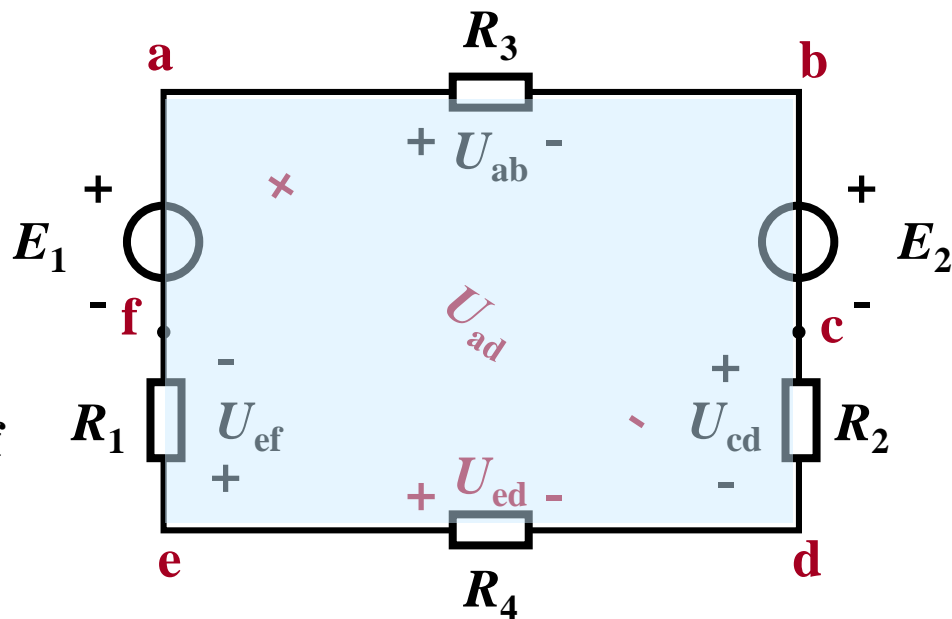
**[解]**

由回路 abcdefa

$$U_{ab} + U_{cd} - U_{ed} + U_{ef} = E_1 - E_2$$

求得

$$\begin{aligned} U_{ed} &= U_{ab} + U_{cd} + U_{ef} - E_1 + E_2 \\ &= [4 + (-6) + 5 - 20 + 10] \text{ V} = -7 \text{ V} \end{aligned}$$



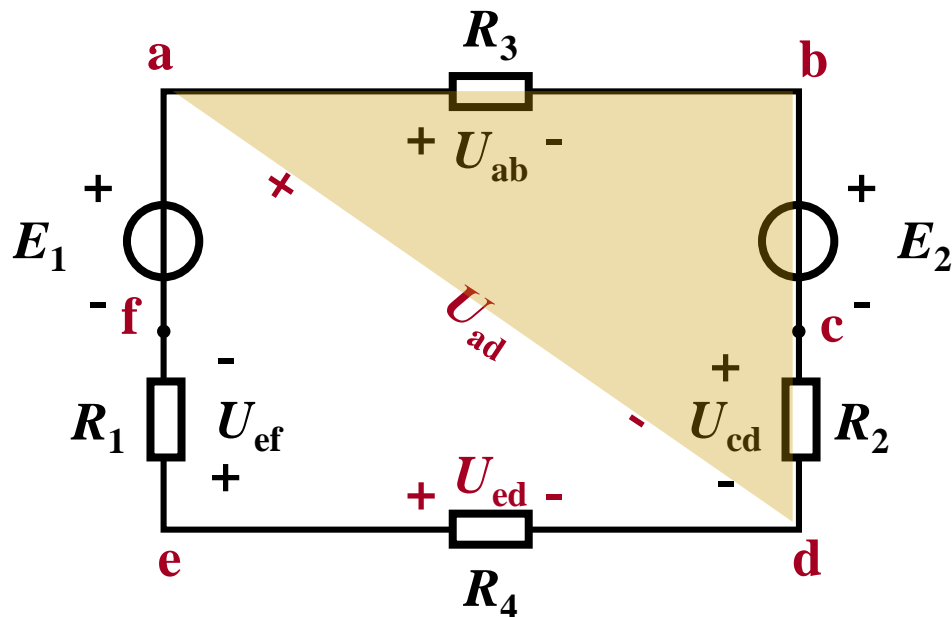
## 由假想的回路

abcda

$$U_{ab} + U_{cd} - U_{ad} = -E_2$$

求得

$$\begin{aligned} U_{ad} &= U_{ab} + U_{cd} + E_2 \\ &= [4 + (-6) + 10] \text{ V} = 8 \text{ V} \end{aligned}$$

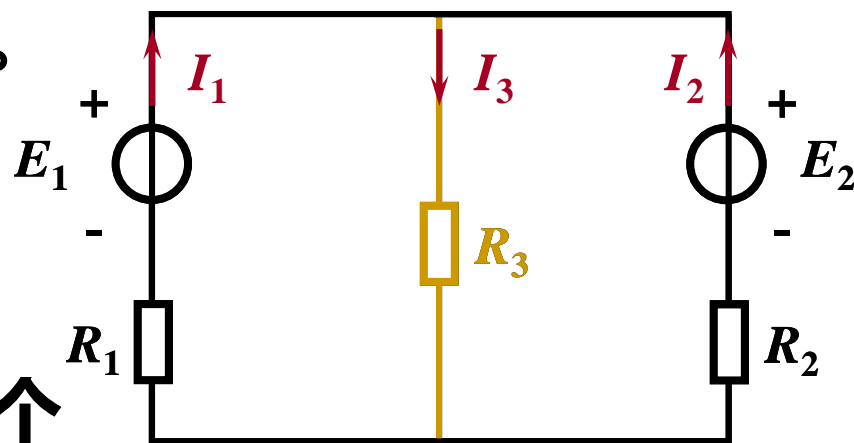


## 1.7 支路电流法

### 支路电流法解题的一般步骤

- (1) 确定支路数，选择各支路电流的参考方向。
- (2) 确定结点数，列出独立的结点电流方程式。

$n$  个结点只能列出  $n - 1$  个独立的结点方程式。



结点 a :  $I_1 + I_2 - I_3 = 0$

结点 b :  $-I_1 - I_2 + I_3 = 0$

只有1个方程是独立的



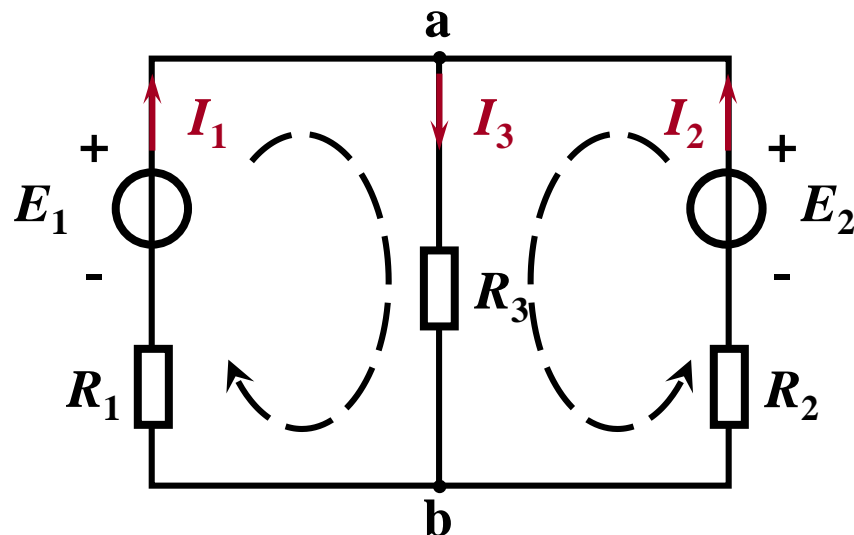
(3) 确定余下所需的方程式数，列出独立的回路电压方程式。

左网孔：

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 = E_1$$

右网孔：

$$R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2$$



(4) 解联立方程式，求出各支路电流的数值。

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ R_1 I_1 + R_3 I_3 = E_1 \\ R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2 \end{cases}$$

求出： $I_1$ 、 $I_2$  和  $I_3$ 。

**[例1.7.1]** 在图示电路中, 已知  $U_{S1} = 12\text{ V}$ ,  $U_{S2} = 12\text{ V}$ ,  $R_1 = 1\ \Omega$ ,  $R_2 = 2\ \Omega$ ,  $R_3 = 2\ \Omega$ ,  $R_4 = 4\ \Omega$ 。求各支路电流。

**[解]** 选择各支路电流的参考方向和回路方向如图

上结点

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

左网孔

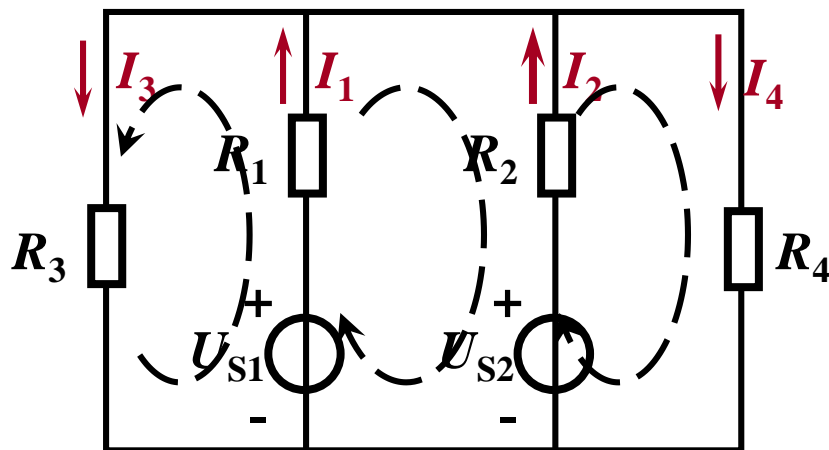
$$R_1 I_1 + R_3 I_3 - U_{S1} = 0$$

中网孔

$$R_1 I_1 - R_2 I_2 - U_{S1} + U_{S2} = 0$$

右网孔

$$R_2 I_2 + R_4 I_4 - U_{S2} = 0$$



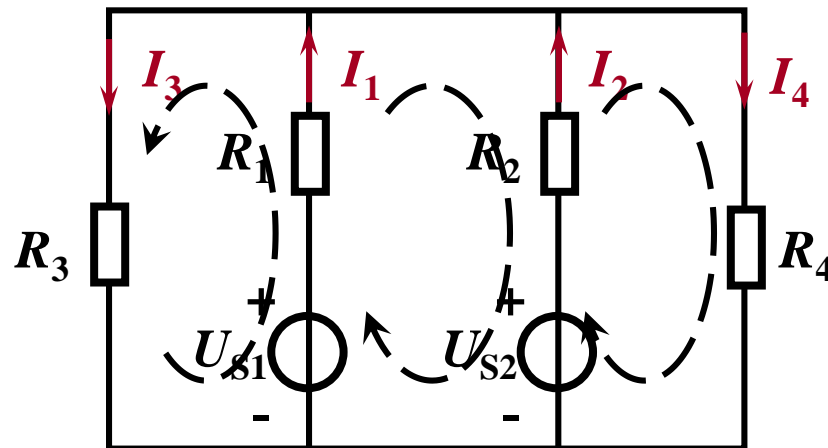
代入数据

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

$$I_1 + 2I_3 - 12 = 0$$

$$I_1 - 2I_2 - 12 + 12 = 0$$

$$2I_2 + 4I_4 - 12 = 0$$



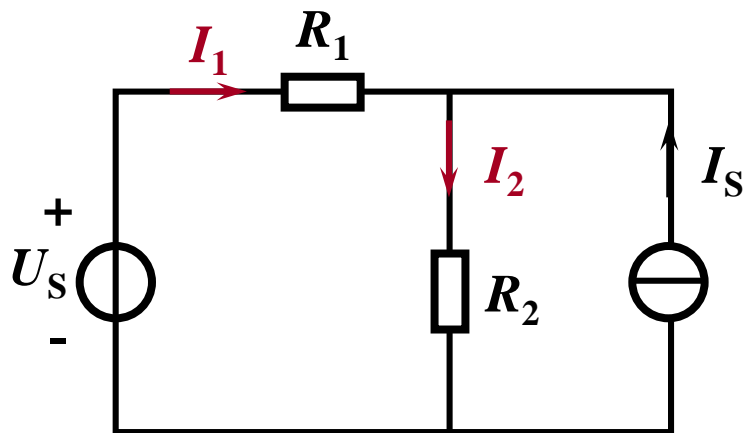
$$I_1 = 4 \text{ A}, \quad I_2 = 2 \text{ A}, \quad I_3 = 4 \text{ A}, \quad I_4 = 2 \text{ A}$$

## 1.8 叠加定理

- **叠加定理**是分析线性电路最基本的方法之一。

在含有多个有源元件的线性电路中，任一支路的电流和电压等于电路中各个有源元件分别单独作用时在该支路产生的电流和电压的代数和。

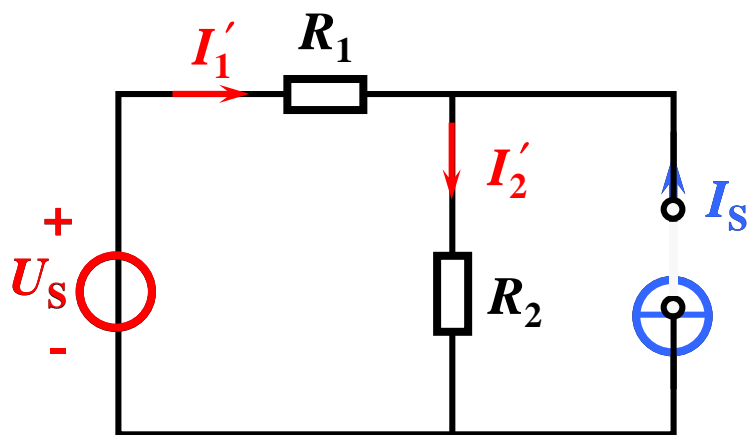




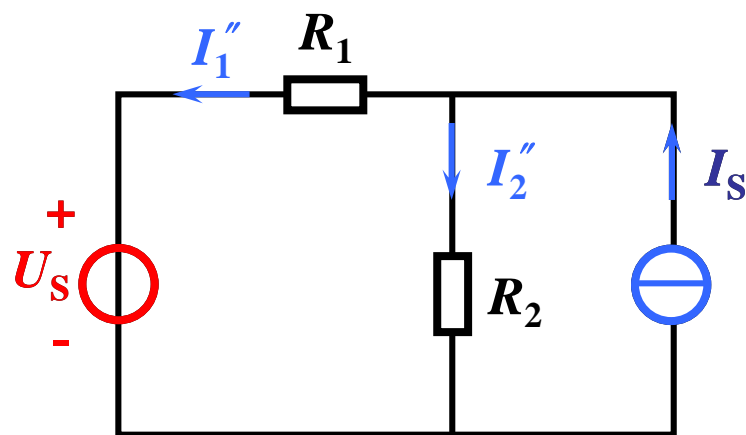
由支路电流法可得

$$I_1 = \frac{U_S}{R_1 + R_2} - \frac{R_2 I_S}{R_1 + R_2}$$

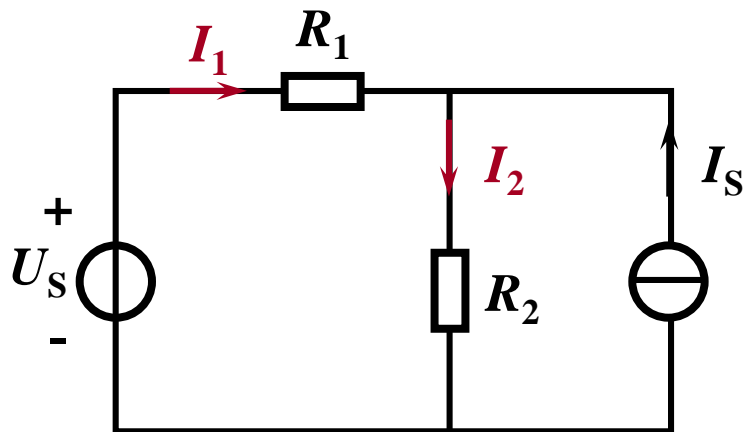
$$= I_1' - I_1''$$



$$I_1' = \frac{U_S}{R_1 + R_2}$$



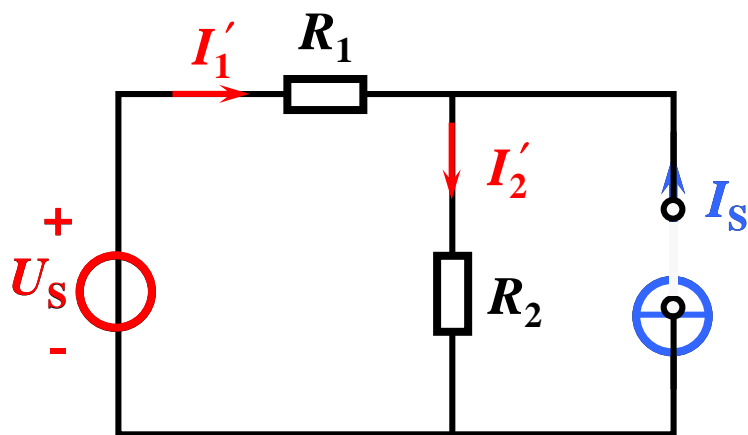
$$I_1'' = \frac{R_2 I_S}{R_1 + R_2}$$



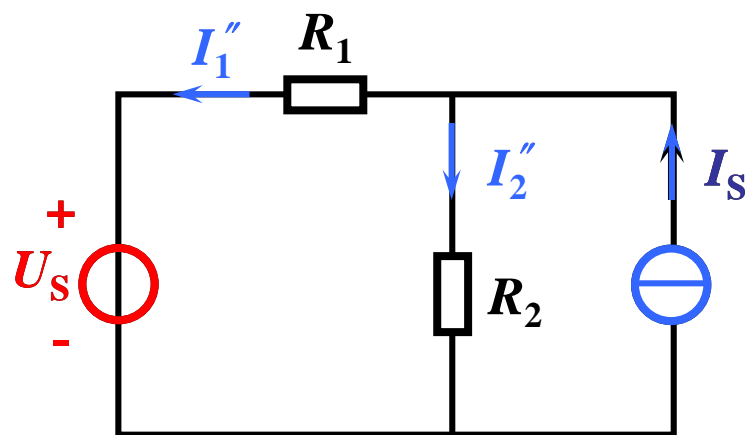
由支路电流法可得

$$I_2 = \frac{U_s}{R_1 + R_2} + \frac{R_1 I_s}{R_1 + R_2}$$

$$= I_2' + I_2''$$



$$I_2' = \frac{U_s}{R_1 + R_2}$$



$$I_2'' = \frac{R_1 I_s}{R_1 + R_2}$$

## ● 应用叠加定理时要注意：

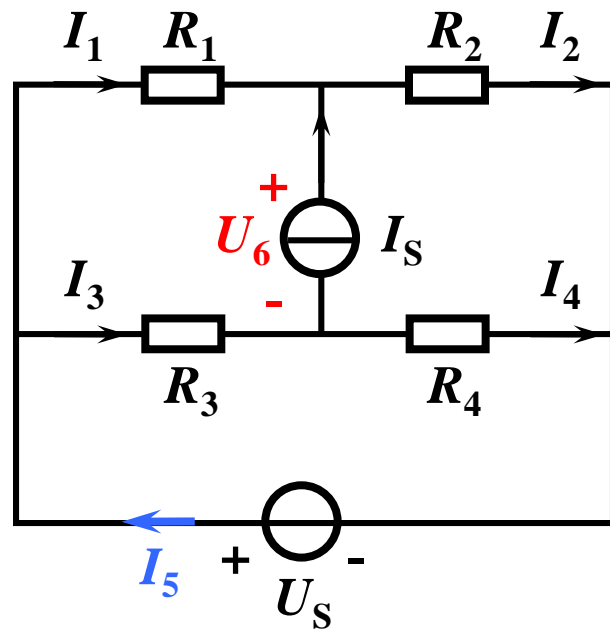
(1) 在考虑某一有源元件单独作用时，应令其他有源元件中的  $U_S = 0$ ， $I_S = 0$ 。即应将其他电压源代之以短路，将其他电流源代之以开路。

(2) 最后叠加时，一定要注意各个有源元件单独作用时的电流和电压分量的参考方向是否与总电流和电压的参考方向一致，一致时前面取正号，不一致时前面取负号。

(3) 叠加定理只适用于线性电路。

(4) 叠加定理只能用来分析和计算电流和电压，不能用来计算功率。

**[例1.8.1]** 在图示电路中，已知  $U_S = 10\text{ V}$ ， $I_S = 2\text{ A}$ ， $R_1 = 4\ \Omega$ ， $R_2 = 1\ \Omega$ ， $R_3 = 5\ \Omega$ ， $R_4 = 3\ \Omega$ 。试用叠加定理求通过电压源的电流  $I_5$  和电流源两端的电压  $U_6$ 。

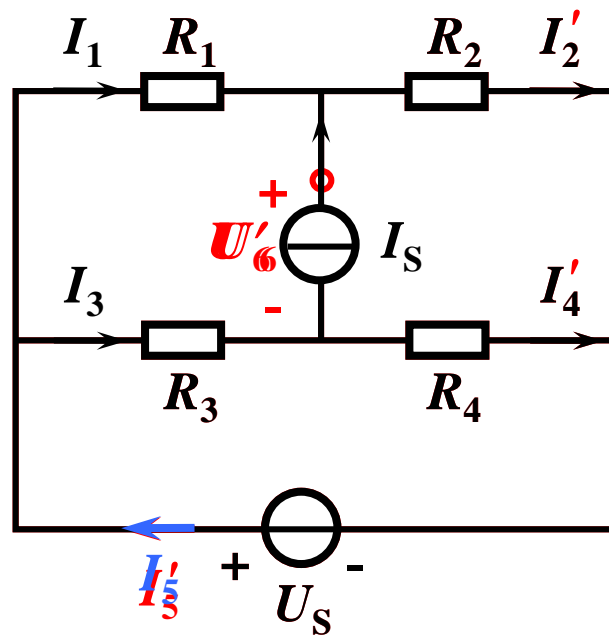




**[解] 电压源单独作用时**

$$\begin{aligned}
 I_5' &= I_2' + I_4' \\
 &= \frac{U_S}{R_1 + R_2} + \frac{U_S}{R_3 + R_4} \\
 &= \left( \frac{10}{4 + 1} + \frac{10}{5 + 3} \right) \text{ A} = 3.25 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_6' &= R_2 I_2' - R_4 I_4' = \left( 1 \times \frac{10}{4 + 1} - 3 \times \frac{10}{5 + 3} \right) \text{ V} \\
 &= -1.75 \text{ V}
 \end{aligned}$$



### 电流源单独作用时

$$I_5'' = I_2'' - I_4''$$

$$= \frac{R_1}{R_1 + R_2} I_S - \frac{R_3}{R_3 + R_4} I_S$$

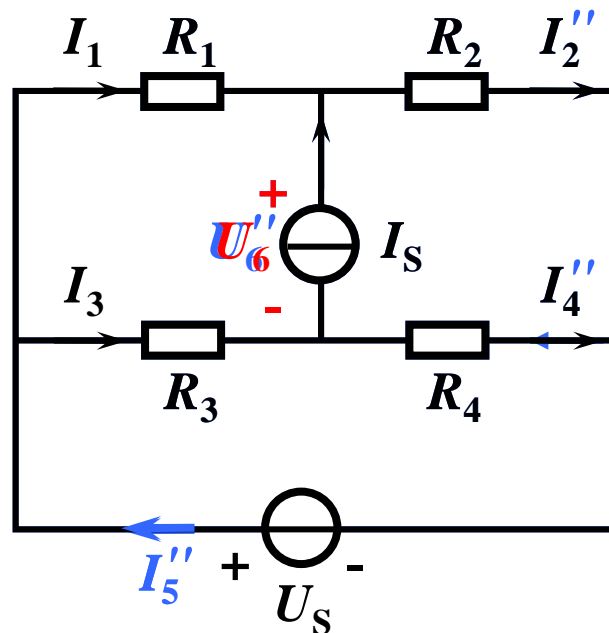
$$= \left( \frac{4}{4+1} \times 2 - \frac{5}{5+3} \times 2 \right) \text{ A} = (1.6 - 1.25) \text{ A} = 0.35 \text{ A}$$

$$U_6'' = R_2 I_2'' + R_4 I_4'' = (1 \times 1.6 + 3 \times 1.25) \text{ V} = 5.35 \text{ V}$$

### 最后求得

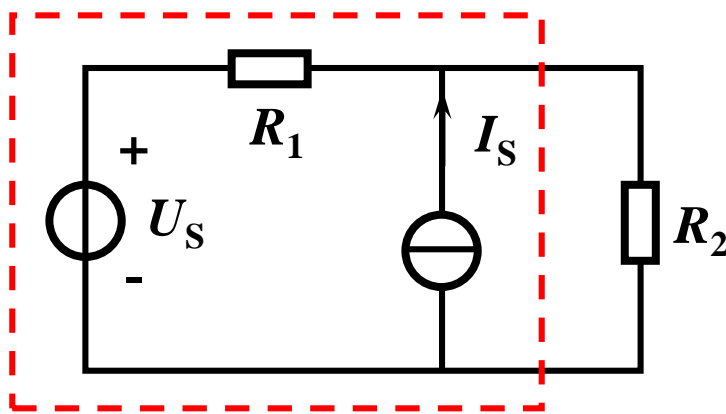
$$I_5 = I_5' + I_5'' = (3.25 + 0.35) \text{ A} = 3.6 \text{ A}$$

$$U_6 = U_6' + U_6'' = (-1.75 + 5.35) \text{ V} = 3.6 \text{ V}$$

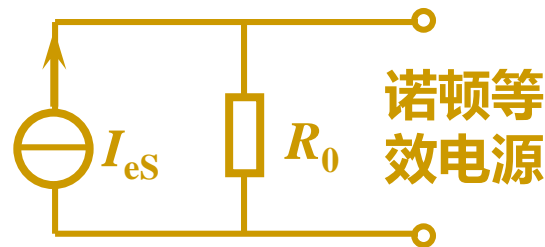
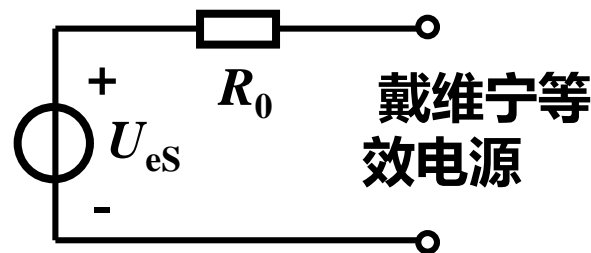


## 1.9 等效电源定理

- **等效电源定理**是将有源二端网络用一个等效电源代替的定理。

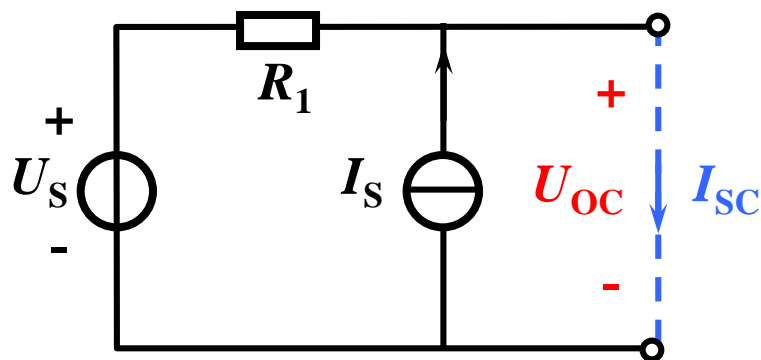


有源二端网络

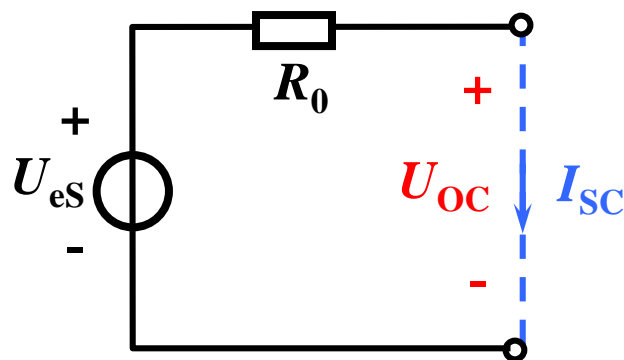


对  $R_2$  而言，有源二端网络相当于其电源。在对外部等效的条件下可用一个等效电源来代替。

# 一、戴维宁定理



(a)有源二端网络



(b)戴维宁等效电源

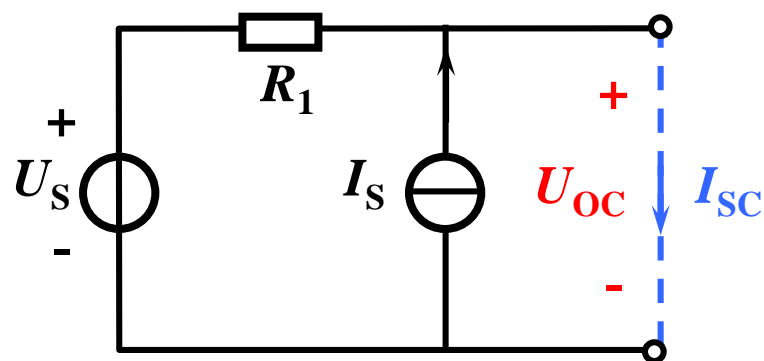
输出端开路时，二者的开路电压  $U_{OC}$  应相等。

由图(b)  $U_{eS} = U_{OC}$

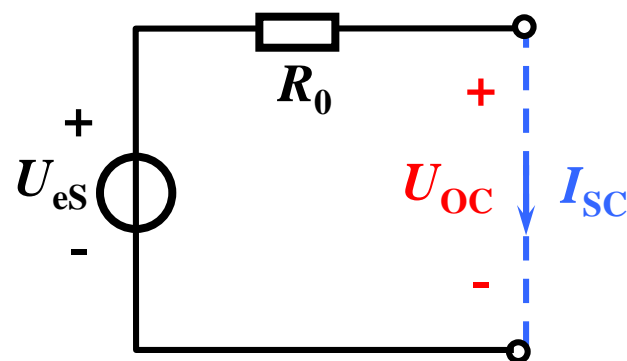
输出端短路时，二者的短路电流  $I_{SC}$  应相等。

由图(b)  $R_0 = \frac{U_{eS}}{I_{SC}} = \frac{U_{OC}}{I_{SC}}$





(a) 有源二端网络



(b) 戴维宁等效电源

对于图(a)

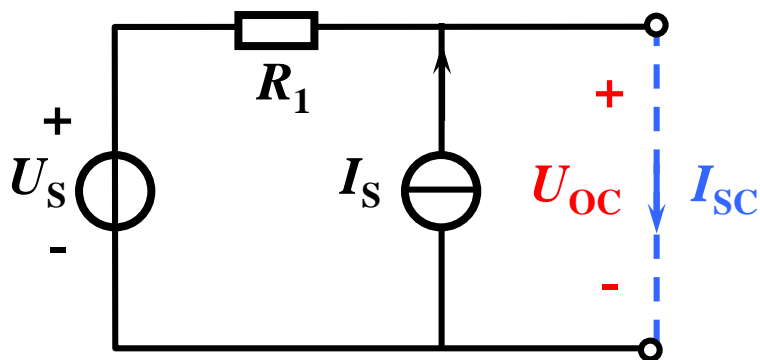
$$U_{OC} = U_S + R_1 I_S$$

$$I_{SC} = \frac{U_S}{R_1} + I_S$$

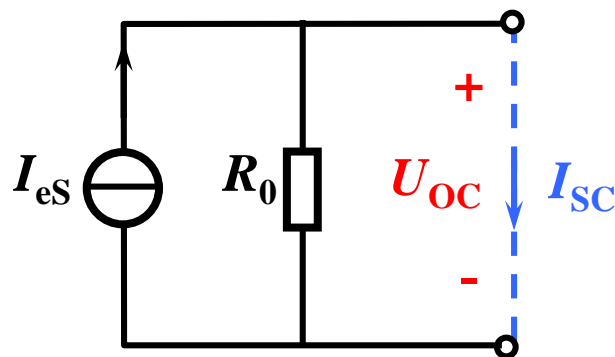
因此

$$R_0 = \frac{U_{OC}}{I_{SC}} = \frac{U_S + R_1 I_S}{\frac{U_S}{R_1} + I_S} = R_1$$

## 二、诺顿定理



(a) 有源二端网络



(b) 诺顿等效电源

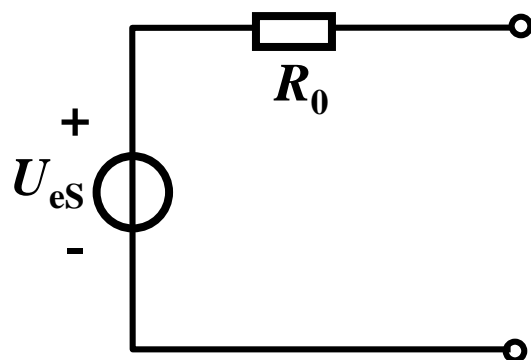
输出端短路时，二者的短路电流  $I_{SC}$  应相等。

由图(b)  $I_{eS} = I_{SC}$

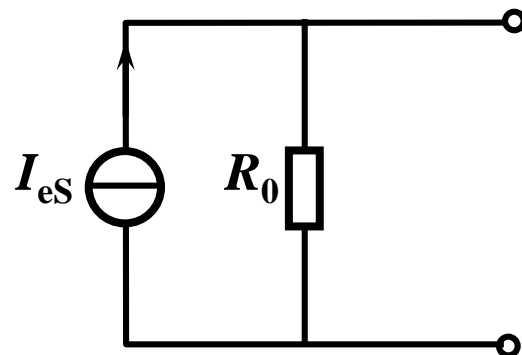
输出端开路时，二者的开路电压  $U_{OC}$  应相等。

由图(b)  $R_0 = \frac{U_{OC}}{I_{eS}} = \frac{U_{OC}}{I_{SC}}$

$R_0$  求法与戴维宁定理中相同



戴维宁等效电源



诺顿等效电源

戴维宁等效电源和诺顿等效电源既然都可以用来等效代替同一个有源二端网络，因而在对外等效的条件下，相互之间可以**等效变换**。

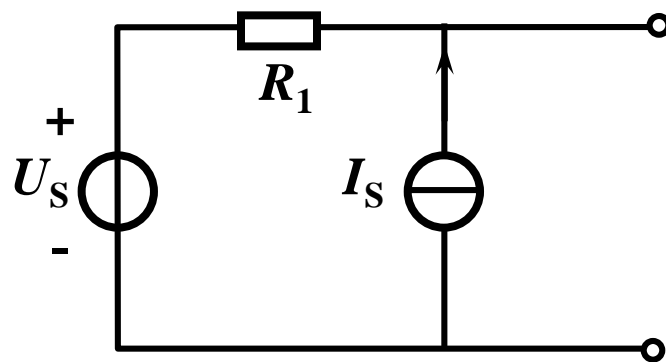
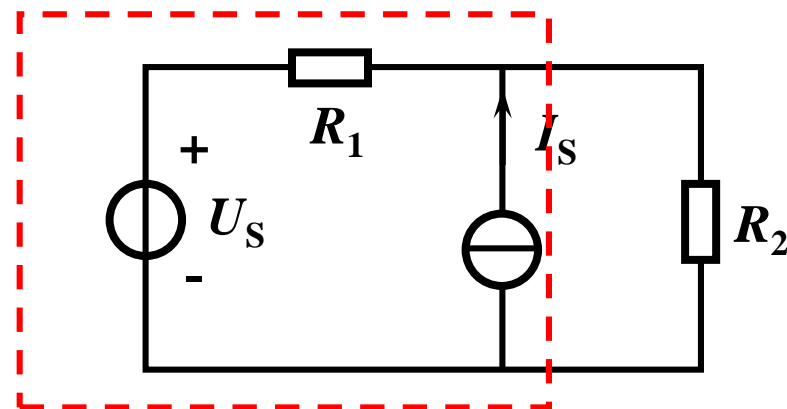
等效变换的公式为 
$$I_{eS} = \frac{U_{eS}}{R_0}$$

变换时内电阻  $R_0$  不变，  
 $I_{eS}$  方向应由  $U_{eS}$  的负极流向正极。

**[例1.9.1]** 图示电路中，已知  $U_S = 6\text{ V}$ ， $I_S = 3\text{ A}$ ， $R_1 = 1\ \Omega$ ， $R_2 = 2\ \Omega$ 。试用等效电源定理求通过  $R_2$  的电流。

**[解]** 利用等效电源定理  
解题的一般步骤如下：

(1) 将待求支路提出，使剩下的电路成为有源二端网络。



**有源二端网络**



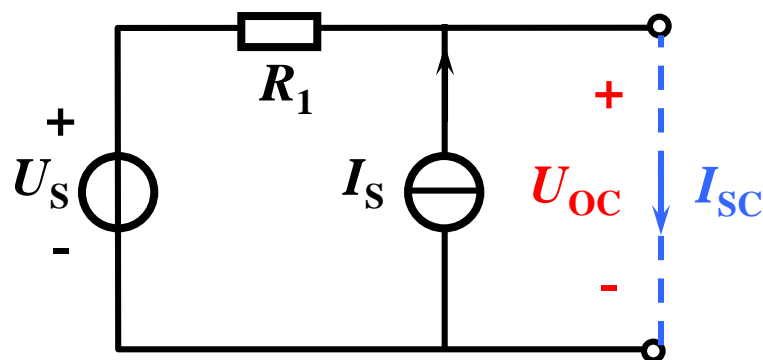
(2) 求出有源二端网络的  
开路电压  $U_{OC}$  和短路电流  $I_{SC}$ 。

根据 KVL 求得

$$\begin{aligned} U_{OC} &= U_S + R_1 I_S \\ &= (6 + 1 \times 3) \text{ V} = 9 \text{ V} \end{aligned}$$

根据 KCL 求得

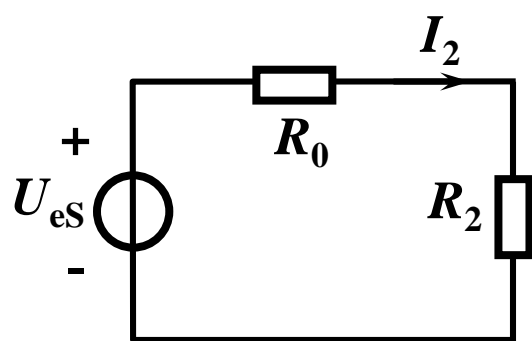
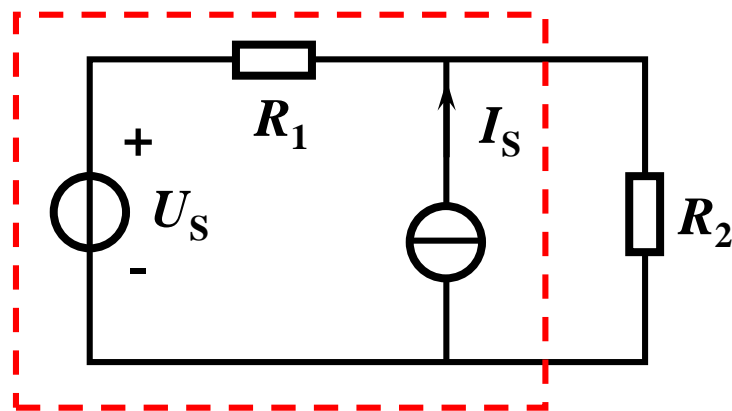
$$I_{SC} = \frac{U_S}{R_1} + I_S = \left( \frac{6}{1} + 3 \right) \text{ A} = 9 \text{ A}$$



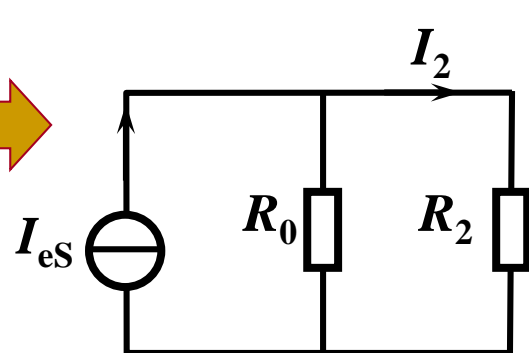
有源二端网络



(3) 用戴维宁等效电源或诺顿等效电源代替有源二端网络,简化原电路。

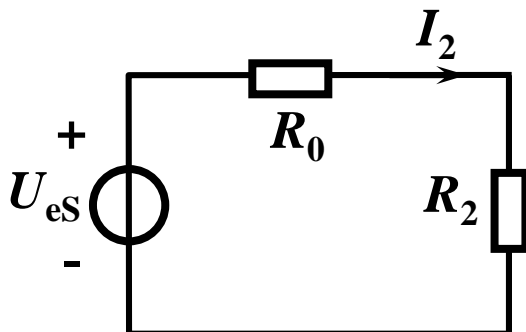


用戴维宁定理  
简化的电路

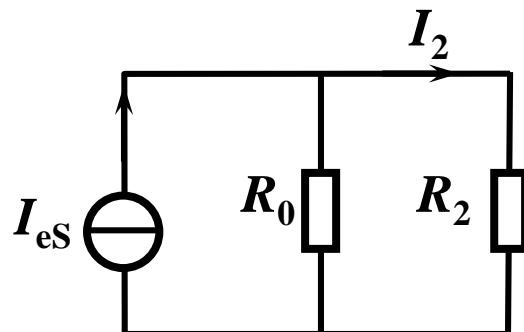


用诺顿定理  
简化的电路

高等教育出版社



用戴维宁定理  
简化的电路



用诺顿定理  
简化的电路

$$U_{eS} = U_{OC} = 9 \text{ V}$$

$$I_{eS} = I_{SC} = 9 \text{ A}$$

$$R_0 = \frac{U_{OC}}{I_{SC}} = \frac{9}{9} \Omega = 1 \Omega$$

或用除源等效法求得

$$R_0 = R_1 = 1 \Omega$$

(4) 求待求电流

① 若用戴维宁定理

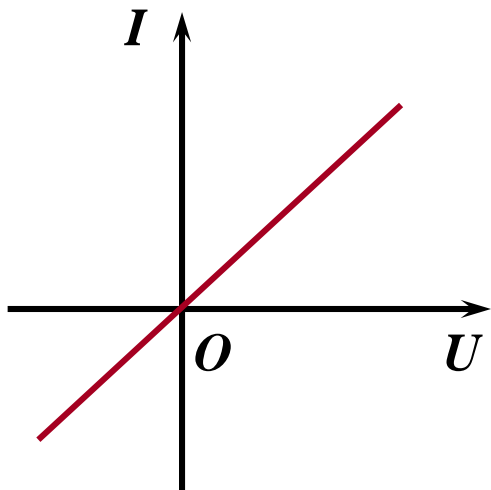
$$I_2 = \frac{U_{eS}}{R_0 + R_2} = \frac{9}{1 + 2} \text{ A} = 3 \text{ A}$$

② 若用诺顿定理

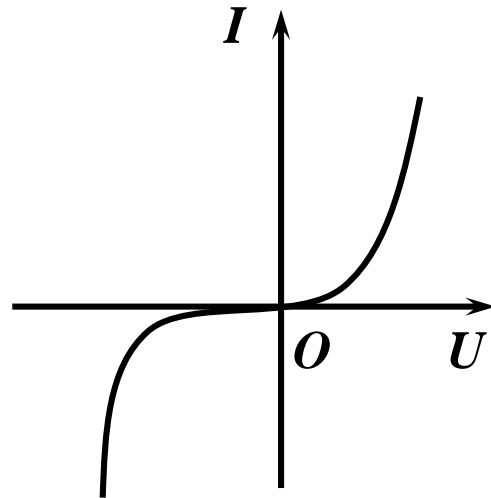
$$I_2 = \frac{R_0}{R_0 + R_2} I_{eS} = \frac{1}{1 + 2} \times 9 \text{ A} = 3 \text{ A}$$

## 1.10 非线性电阻电路

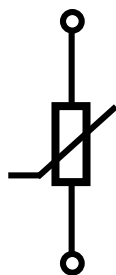
● **线性电阻**的电阻值是一常数，线性电阻两端的电压和通过它的电流成正比。



● **非线性电阻**的电阻值不是常数，随电压或电流值的变化而变化，电压与电流不成正比。



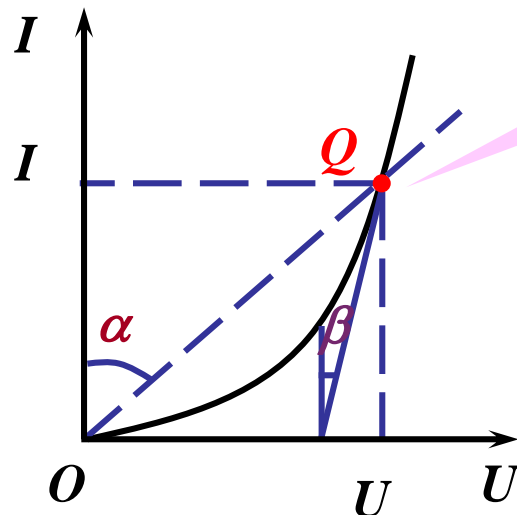
## 非线性电阻的图形符号



工作点处的电压电流之比称为**静态电阻**。

$Q$  点附近的电压的微小增量与电流的微小增量之比称为**动态电阻**。

## 非线性电阻的伏安特性

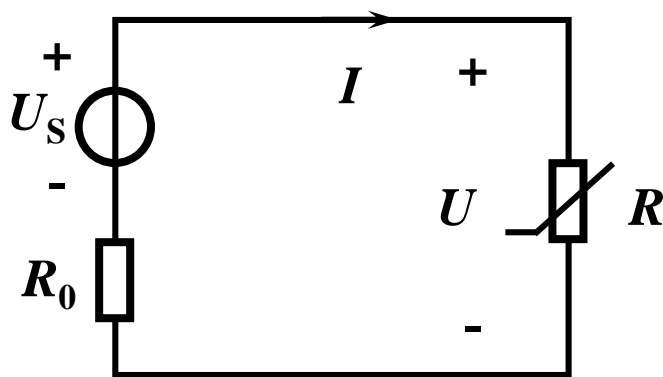


$$R = \frac{U}{I} = \tan \alpha$$

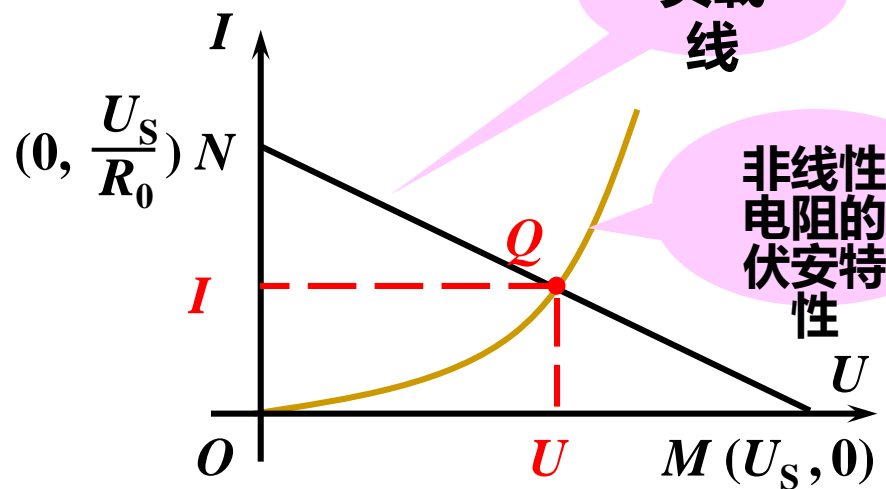
$$r = \frac{dU}{dI} = \tan \beta$$

## ● 求解含有非线性电阻的电路时，常采用图解分析法。

当电路中只含有一个非线性电阻时，可将它单独从电路中提出，剩下的电路为一个线性有源二端网络。利用戴维宁定理，用一个戴维宁等效电源来代替这个线性有源二端网络，由此可化简电路。

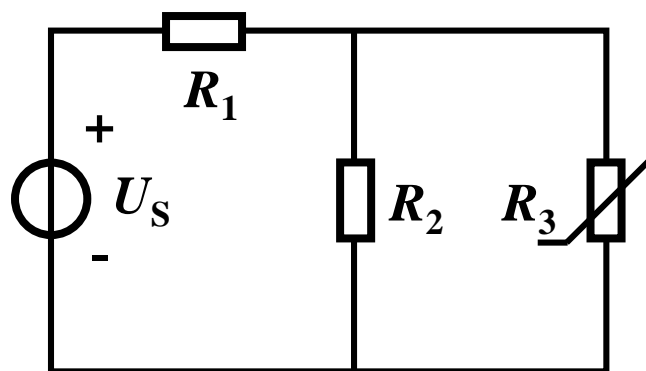


$$U = U_S - R_0 I$$

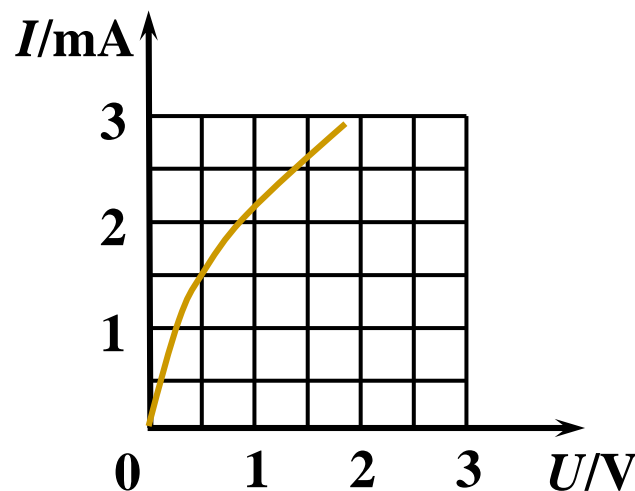


从图中查得  $U$  和  $I$

**[例1.10.1]** 图 (a) 电路中, 已知  $U_S = 6\text{ V}$ ,  $R_1 = R_2 = 2\text{ k}\Omega$ ,  $R_3$  的伏安特性如图 (b) 所示。求非线性电阻  $R_3$  上的电压和电流及在工作点处的静态电阻和动态电阻。

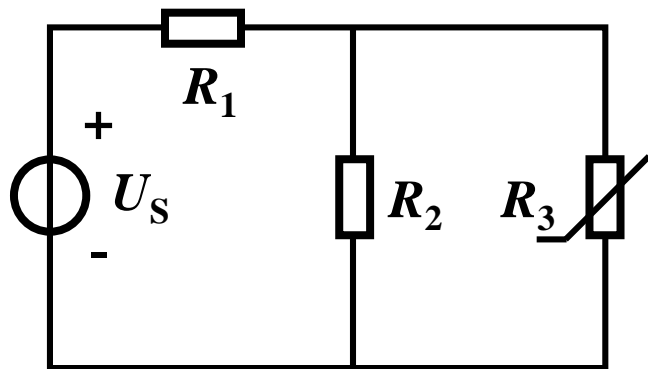


(a)

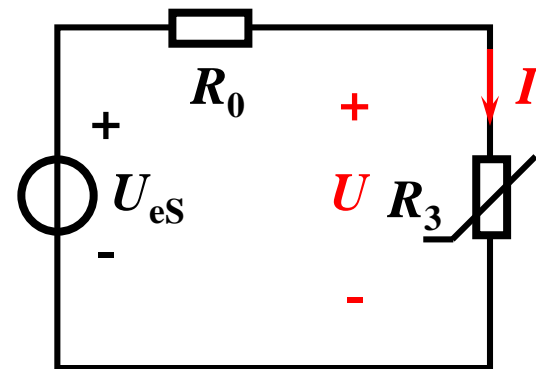


(b)

**[解]** 利用戴维宁定理将电路 (a) 化简为电路 (c)



(a)



(c)

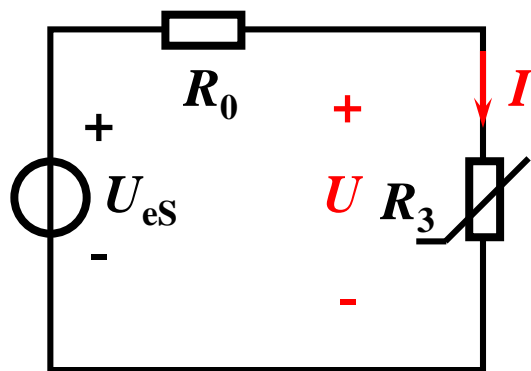
$$U_{eS} = U_{OC} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_S = \frac{2 \times 10^3}{(2 + 2) \times 10^3} \times 6 \text{ V} = 3 \text{ V}$$

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(2 \times 2) \times 10^6}{(2 + 2) \times 10^3} \Omega = 1 \times 10^3 \Omega = 1 \text{ k}\Omega$$

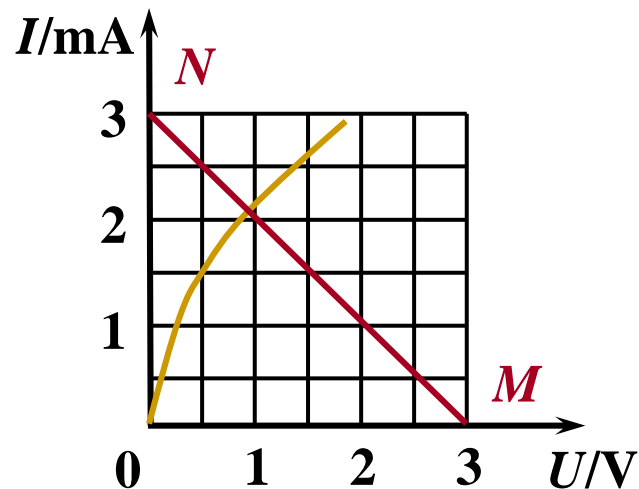




根据图 (c) 作出负载线



(c)



$$I = 0 \text{ 时 } U = U_{eS} = 3 \text{ V}$$

$$U = 0 \text{ 时 } I = \frac{U_{eS}}{R_0} = \frac{3}{1 \times 10^3} \text{ A} = 3 \text{ mA}$$

## 由负载线和伏安特性的交点 $Q$

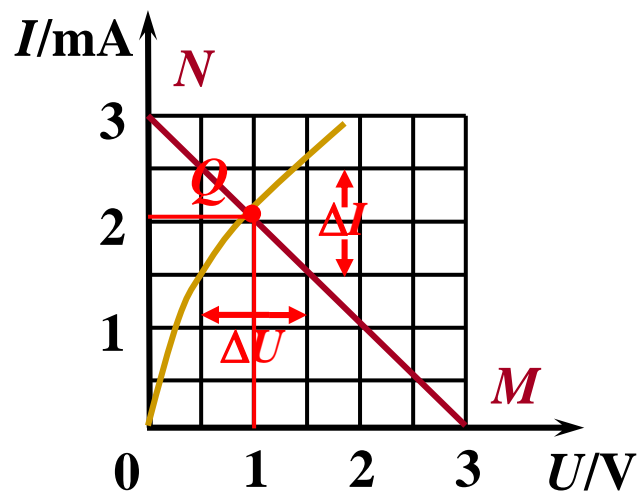
$$U = 1 \text{ V}, I = 2 \text{ mA}$$

### 静态电阻

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1}{2 \times 10^{-3}} \Omega = 0.5 \times 10^3 \Omega = 0.5 \text{ k}\Omega$$

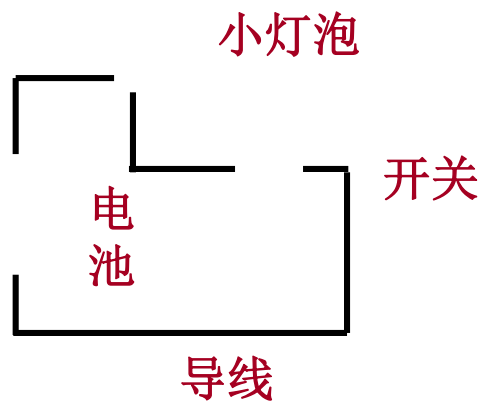
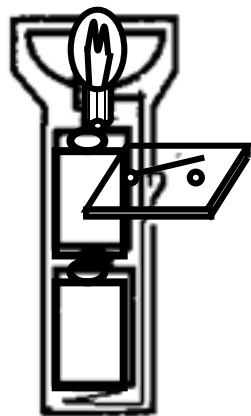
### 动态电阻

$$r = \frac{dU}{dI} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{1}{1 \times 10^{-3}} \Omega = 1 \text{ k}\Omega$$



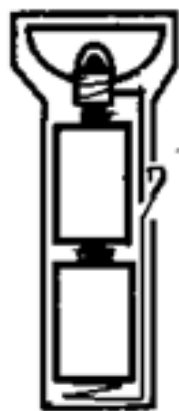
## 1.11 应用实例

### 一、手电筒电路

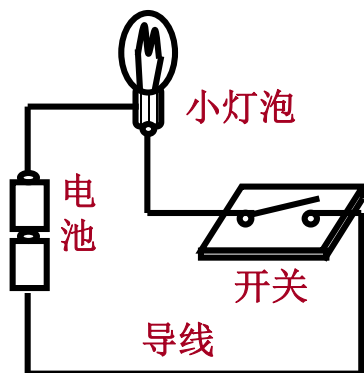


- 电池是电源，灯泡是负载，开关是控制元件，金属筒壁或连接导体是导线。
- 当开关接通后，电路中有了电流，开始了能量的传输和转换，小灯泡发光，将电能转换为光能和少量的热能。

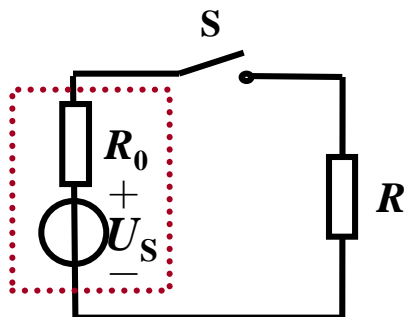




(a)



(b)



(c)

- 电池是实际电源，可用戴维宁等效电源代替。即可用电压源  $U_S$  和其内电阻  $R_0$  来代替。灯泡用电阻  $R$  表示。
- 该电路模型可用(c)图所示的电路来表示。



## 二、汽车发电机电路



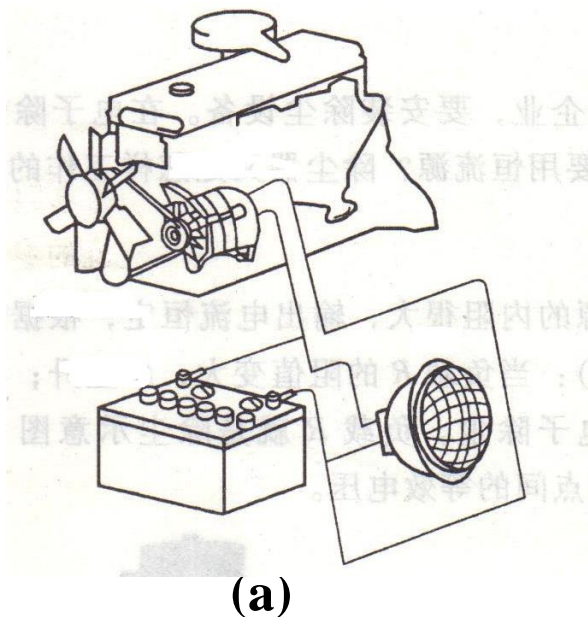
发电机

蓄电池

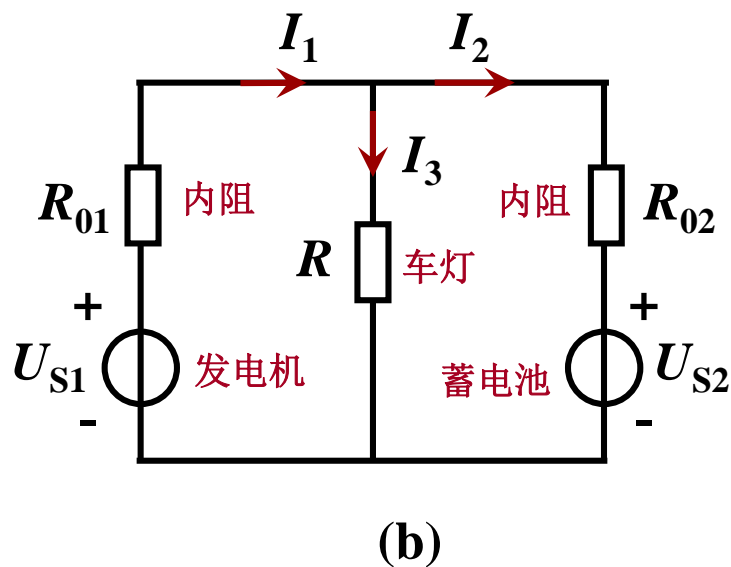
车灯



## 二、汽车发电机电路



(a)



(b)

**工作原理：**图 (a) 为汽车运行时，发电机给蓄电池充电同时又给车灯供电的电路。其中的发电机和蓄电池相当于两个实际电源，分别用电压源  $U_{S1}$ ， $U_{S2}$  来表示，电压源的内阻分别为  $R_{01}$  和  $R_{02}$ ，车灯用电阻  $R$  来表示。因此，该电路的电路模型可以用图 (b) 中的电路来表示。

# 第 1 章

# 结 束

[返回主页](#)

[上一章](#)

[下一章](#)