

# 第一章 基尔霍夫定律和电阻元件

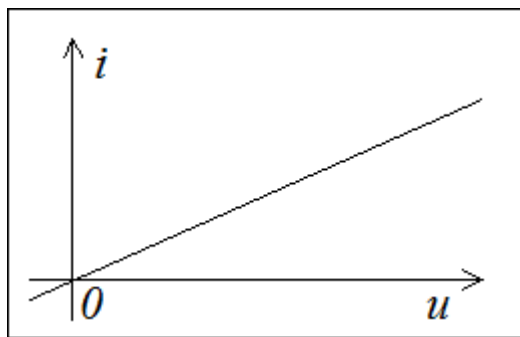
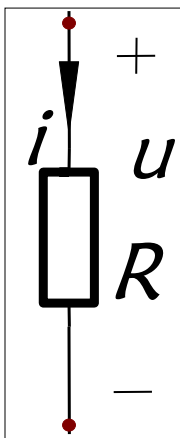
## § 1-4 电阻元件

1. 线性电阻——凡是服从欧姆定律的电阻

$$u = \pm R * i$$

$$i = \pm G * u \quad G - \text{电导} \quad \text{单位: } S \text{ (西门子)}$$

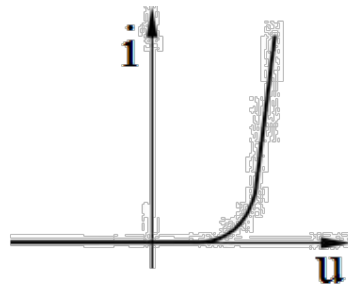
电阻的伏安特性——将电阻上电压和电流的关系画成曲线



线性电阻的伏安特性

2. 非线性电阻——不服从欧姆定律的电阻

$$I = I_s (e^{\lambda u} - 1)$$



### 3、复杂电路等效电阻的计算

例：图中的电桥电路，从U看进去，由2个并联分支组成，  
每个分支又由2个电阻串联而成。每个电阻叫做电桥的桥臂，A、B两点间加电压U，在电桥达到平衡时，求 $R_1 = ?$

解：由分压公式：

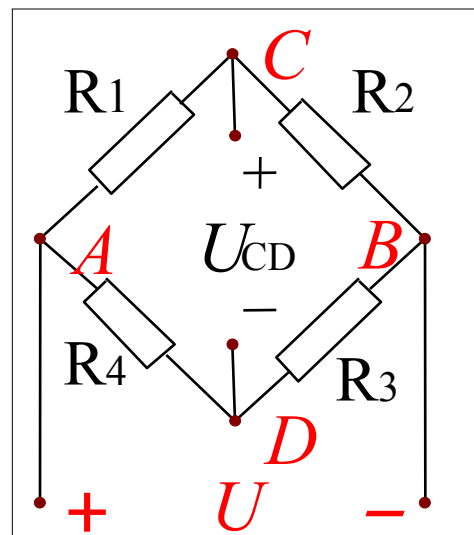
$$U_{CB} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$$

$$U_{DB} = \frac{R_3}{R_3 + R_4} U$$

$$U_{CD} = U_{CB} + U_{BD}$$

$$= U_{CB} - U_{DB}$$

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



直流电桥电路

如果  $\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_3}{R_3 + R_4}$  则  $U_{CD} = 0$

当CD间的电压为0时的电桥叫做平衡电桥  
整理得

$$R_2(R_3 + R_4) = R_3(R_1 + R_2)$$

$$R_2 R_3 + R_2 R_4 = R_1 R_3 + R_2 R_3$$

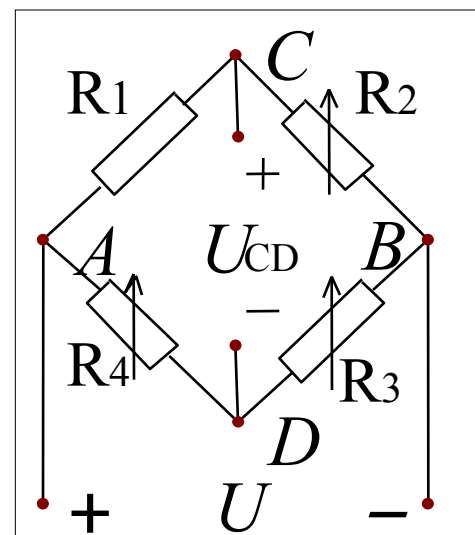
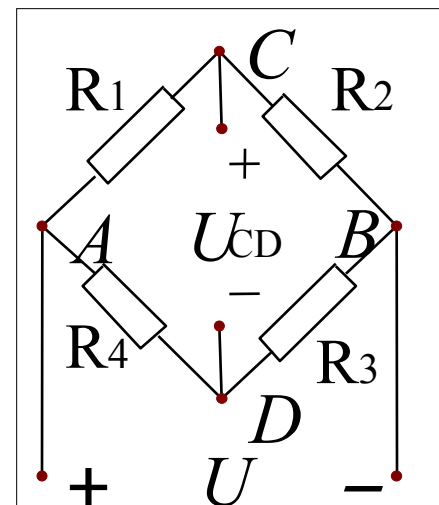
即  $R_1 R_3 = R_2 R_4$  —— 电桥的平衡条件

电桥平衡的主要作用是测量电阻

根据式  $R_1 = \frac{R_2 R_4}{R_3}$ ，即可求出  $R_1$

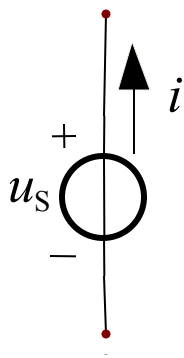
结论：(1) 电路中已知电位相等的节点  
可以短接；

(2) 电路中已知电流为零的  
支路（或导线）可以断开。

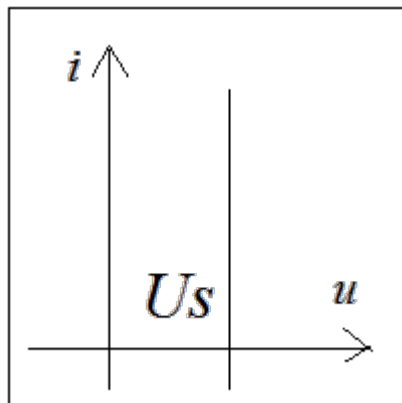


## § 1-5 独立源

### 1. 电压源 (理想电压源)



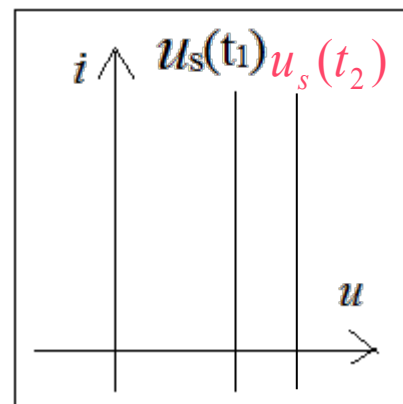
(a) 电压源



(b) 理想恒定电压源

(理想电压源)

的伏安特性



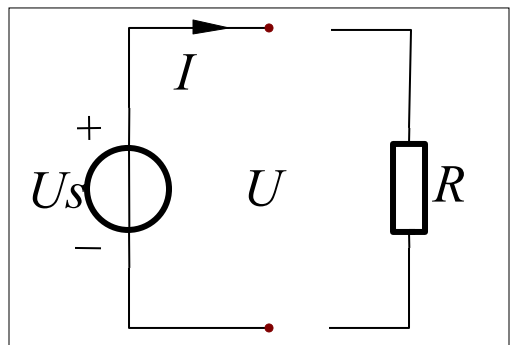
(c) 一般理想电压源  $u_s(t)$

在某个瞬间的伏安特性

电压源的重要性质：输出恒定电压（不随外电路改变）

- 电压源不能确定自身的电流，电压源中电流的大小由外电路决定

例：



$$U_s = 5V, \text{ 当 } R = 1\Omega,$$

$$I = \frac{U_s}{R} = \frac{5}{1} A = 5A$$

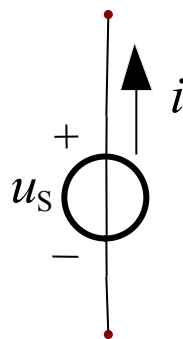
$$U = U_s = 5V;$$

当  $R = 2\Omega$  时，

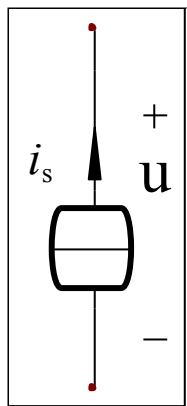
$$I = \frac{U_s}{R} = \frac{5}{2} A = 2.5A$$

电压源输出电压保持  $U = U_s = 5V$

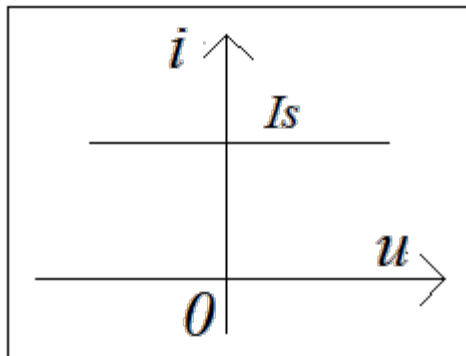
- 电压源可以发出( $i$ 为正)或吸收( $i$ 为负)任意大功率，具有无限大的承载能力。



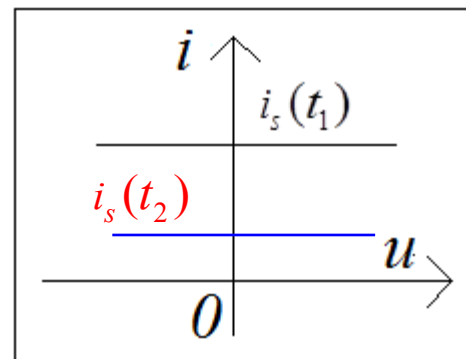
## 2. 电流源 (理想电流源)



(a) 电流源  
(理想电流源)



(b) 理想恒定电流源  
的伏安特性



(c) 一般理想电流源  $i_s(t)$   
在某一瞬间  $t_1$  的伏安特性

电流源的重要性质：输出恒定电流（不随外电路改变）

- 电流源本身不能确定自身的端电压，电流源的端电压由外电路决定

例：

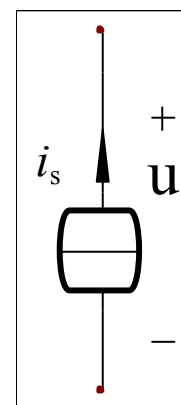
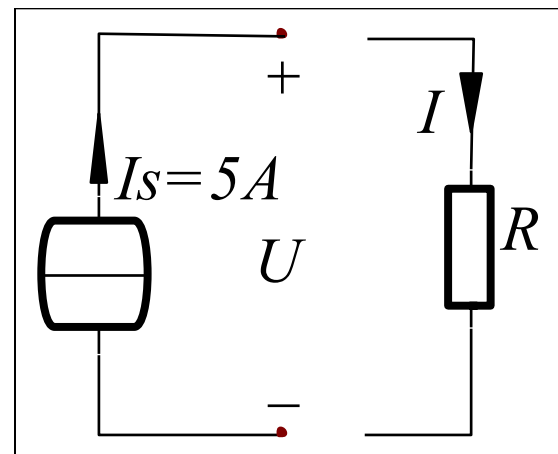
$$R = 1\Omega \quad I = 5A$$

$$U = 5V$$

$$R = 2\Omega \quad I = 5A$$

$$U = 10V$$

不管串联多少电阻，I总为5A



- 电流源可以发出(U为正)或吸收(U为负)任意大的功率，具有无限大的承载能力

例：求  $I, U_R, U, P_{1\Omega}, P_{I_S}, P_{U_S}$

解：  $I = I_S = 1A$

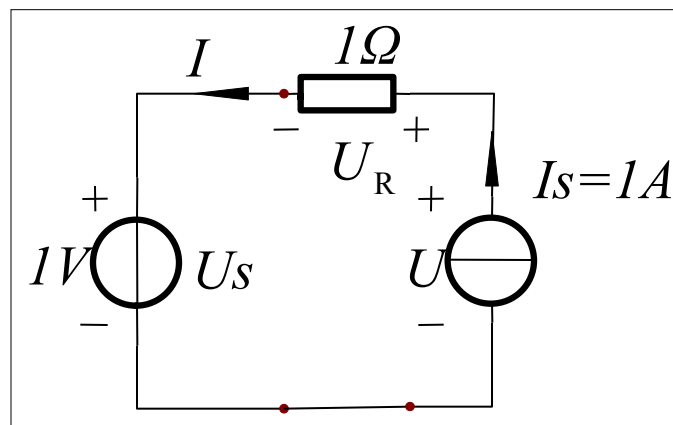
$$U_R = RI = 1 \times 1 = 1V$$

$$U = U_R + U_S = 2V$$

$$P_{1\Omega} = RI^2 = 1 \times 1 = 1W$$

$$P_{I_S} = -I_S U = -1 \times 2 = -2W \text{ (发出)}$$

$$P_{U_S} = U_S I = 1 \times 1 = 1W \text{ (吸收)}$$



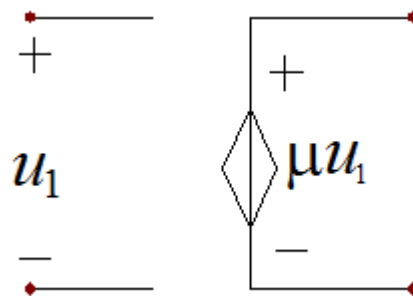


## § 1-6 受控源 — 受控源的电压或电流是电路中其它部分电压或电流的函数

受控源是构成晶体管和电子管等电子器件的基本元件，也是构成运算放大器等电路模型的基本元件

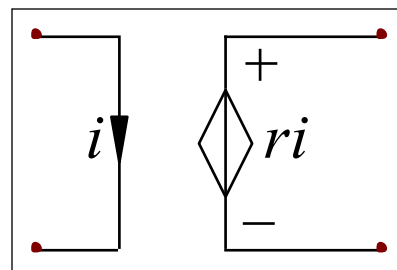
### 1. 电压控制电压源 (VCVS)

— 受控于电路中某一电压的电压源



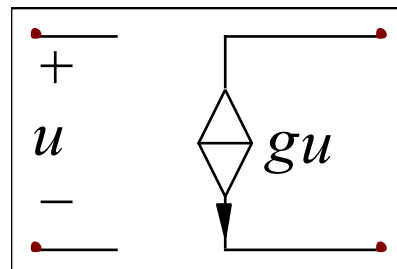
### 2. 电流控制电压源 (CCVS)

— 受控于电路中某一电流的电压源



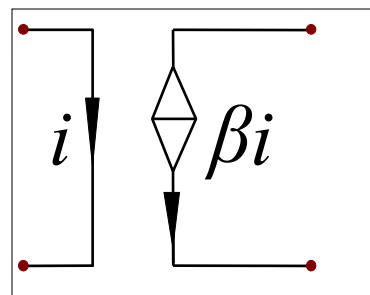
### 3. 电压控制电流源 (VCCS)

—— 受控于电路中某一电压  
的电流源



### 4. 电流控制电流源 (CCCS)

—— 受控于电路中某一电流  
的电流源

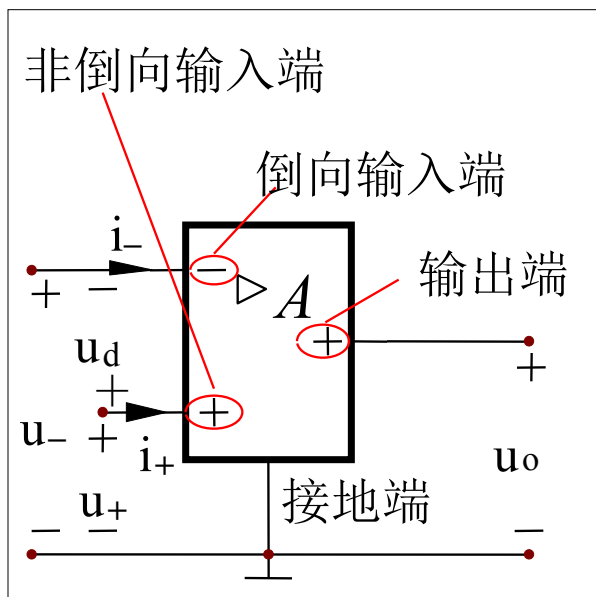


受控源是由控制支路的电压或电流的激励和控制的

只要控制支路存在，受控源就存在于电路中

如果控制支路不存在，受控源则不存在于电路中

## 1-7 运算放大器



$i_-$  : 进入倒向输入端的电流

$i_+$  : 进入非倒向输入端的电流

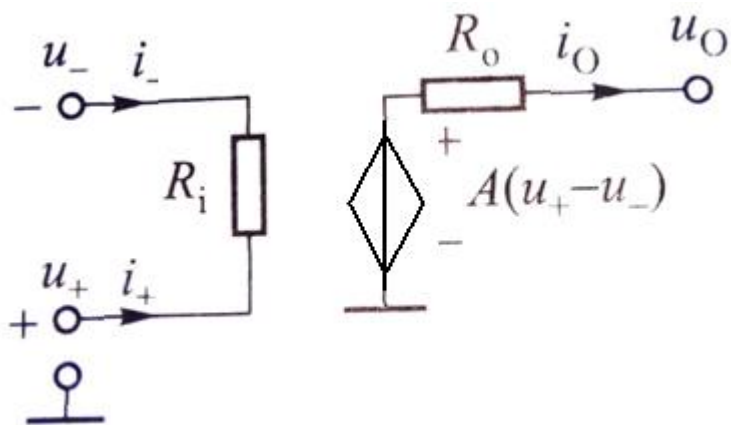
$u_-$  : 倒向输入端的对地电压

$u_+$  : 非倒向输入端的对地电压

$u_o$  : 输出端的对地电压

$u_d = u_+ - u_-$  : 差动输入电压

$A = u_o / u_d$  : 开环电压增益  
(放大倍数)



# 1. 理想运算放大器模型

条件: (1)  $R_i = \infty, i_- = i_+ = 0$  虚断路

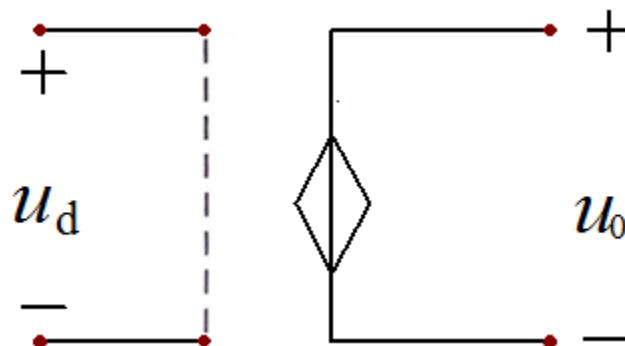
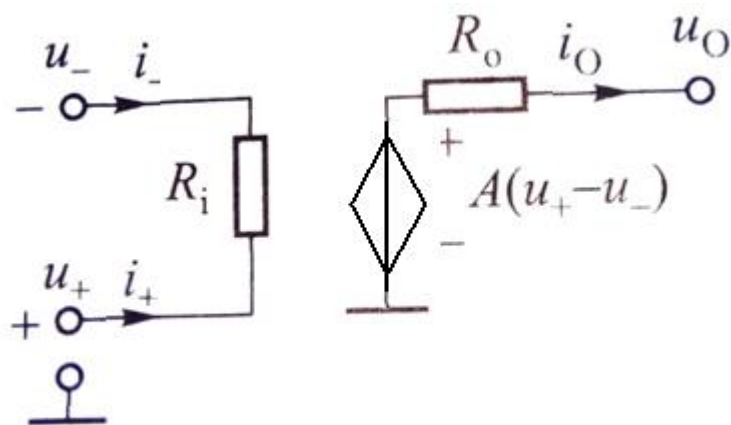
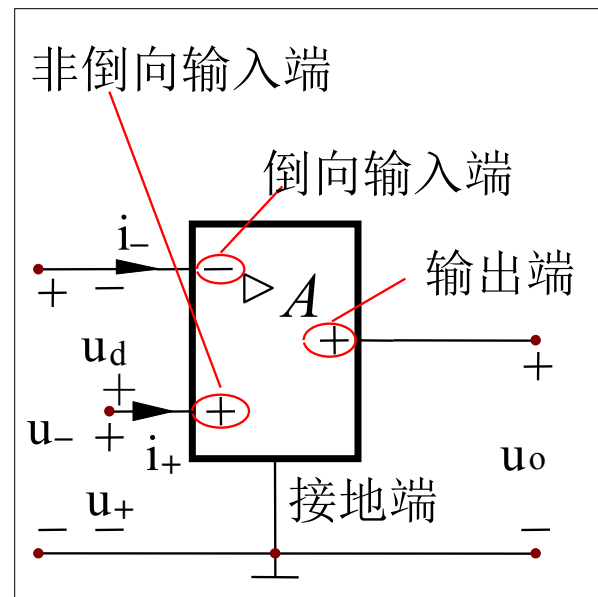
(2)  $A = u_o / u_d = \infty$

$\therefore u_o$  为有限值

$\therefore u_d \approx 0$

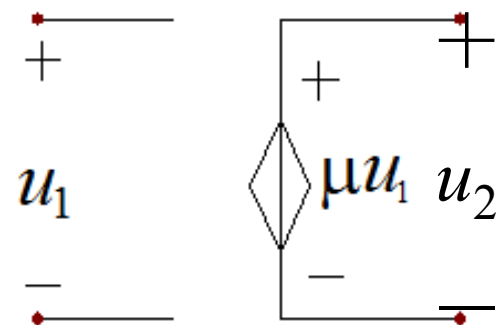
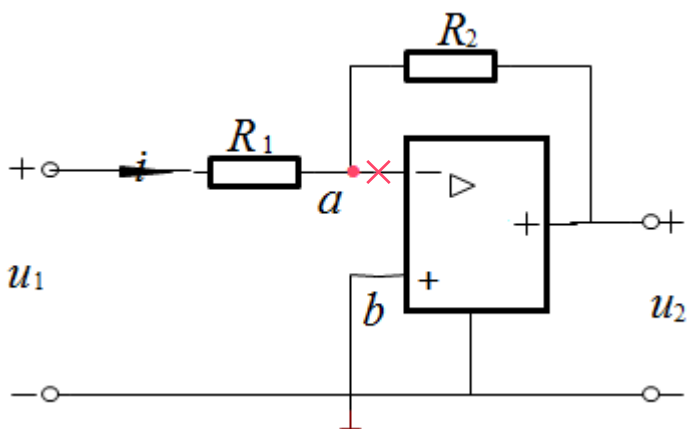
两输入端之间相当于短路, 称为虚短路

(3)  $R_o = 0$ , 输出电压由外部电路决定



## 2. 用运放实现受控源的例

### (1) 电压控制电压源VCVS



$$\mu = -(R_2/R_1)$$

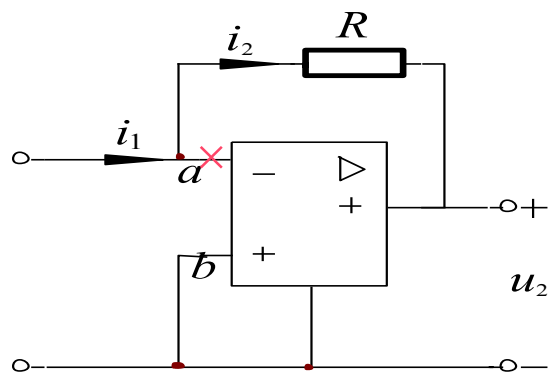
$\therefore$  理想运放, a点虚地

$$\therefore u_1 = R_1 \cdot i$$

$$u_2 = -R_2 \cdot i$$

$$= -R_2 (u_1/R_1) = -(R_2/R_1) u_1 = \mu \cdot u_1$$

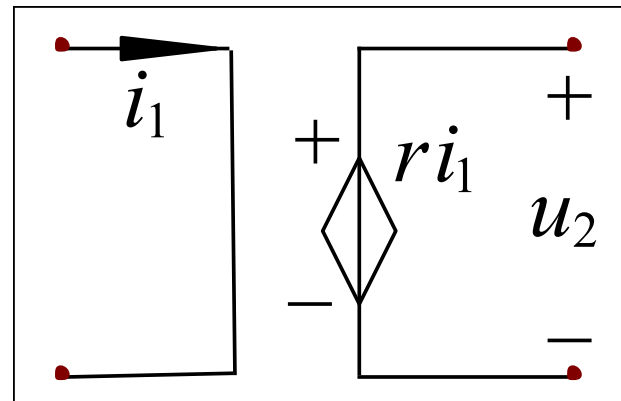
## (2) 电流控制电压源CCVS



$$\because u_2 = -R \cdot i_2$$

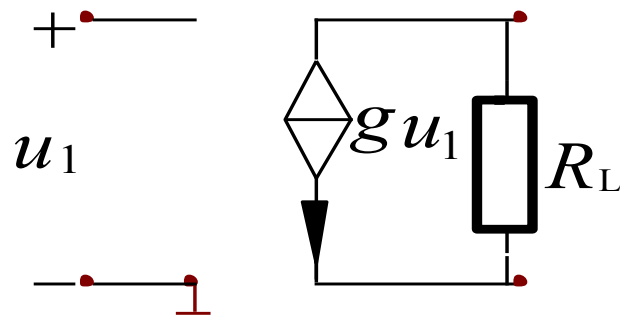
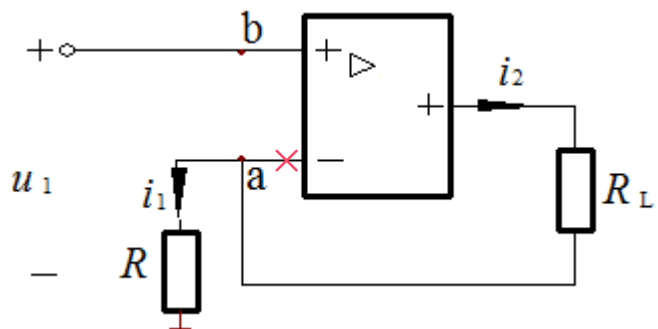
$$i_1 = i_2$$

$$\therefore u_2 = -R \cdot i_1$$



$$\text{CCVS} \quad r = -R$$

### (3) 电压控制电流源VCCS

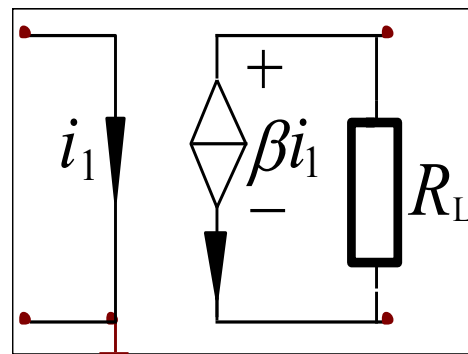
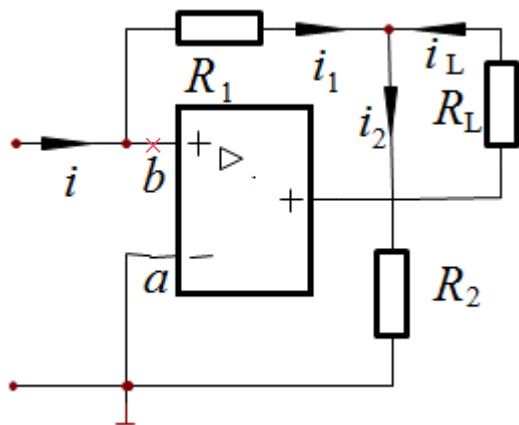


$$\therefore u_1 = R \cdot i_1 = R \cdot i_2$$

$$\therefore i_2 = u_1 / R$$

$$g = 1/R$$

#### (4) 电流控制电流源 CCCS



$$\beta = -(1 + \frac{R_1}{R_2})$$

$\therefore$  输入端相当于开路

$$\therefore i_1 = i$$

由  $u_{ba} = 0$  得

$$U_{R_1} = U_{R_2}$$

$$-R_1 i_1 = R_2 i_2 \quad \therefore i_2 = -\frac{R_1 i_1}{R_2}$$

$$i_L = i_2 - i_1 = -\frac{R_1 i_1}{R_2} - i_1$$

$$= i_1 \left( -\frac{R_1}{R_2} - 1 \right)$$

$$= -i_1 \left( \frac{R_1}{R_2} + 1 \right) \quad \text{得到一个 CCCS}$$



# 基本要求

1. 牢固掌握理想元件、电路模型、参考方向及关联参考方向等概念。
2. 深刻理解电压、电流、功率等物理量的意义和各量之间的关系。
3. 牢固掌握和熟练应用电阻、独立源和受控源等元件的伏安特性。
4. 牢固掌握和熟练应用基尔霍夫电压定律及电流定律。
5. 树立用电路基本定律分析电路的观念。

作业:

1-5 (a, c ), 1-7, 1-8,  
1-9 (a, d ), 1-10, 1-13,  
1-15, 1-17 (a, d )