

6.002

电路与
电子学

受控电源和放大器

复习

- 非线性电路——可以使用节点方法
- 小信号分析利用线性响应

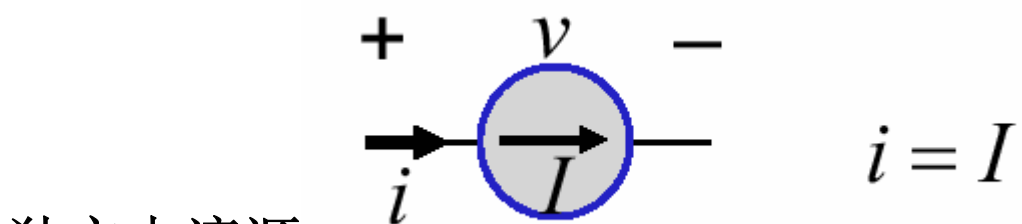
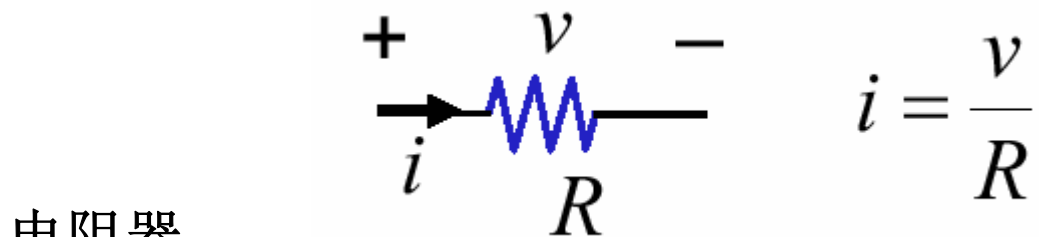
今天要讲的是：

- 受控电源
- 放大器

请看：第七章 7.1 7.2

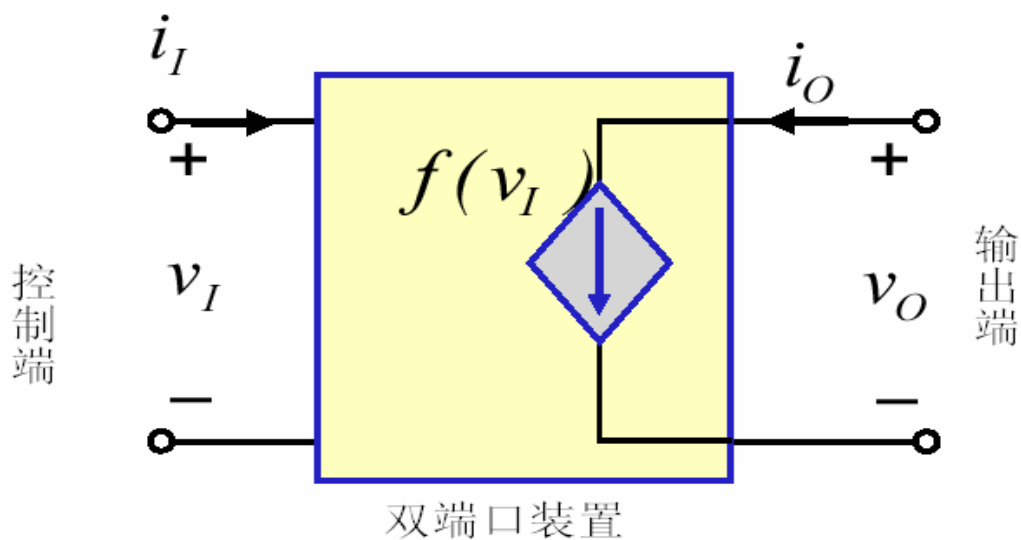
受控电源

以前看到的有：



2-端 一端口器件

新型器件：受控电源



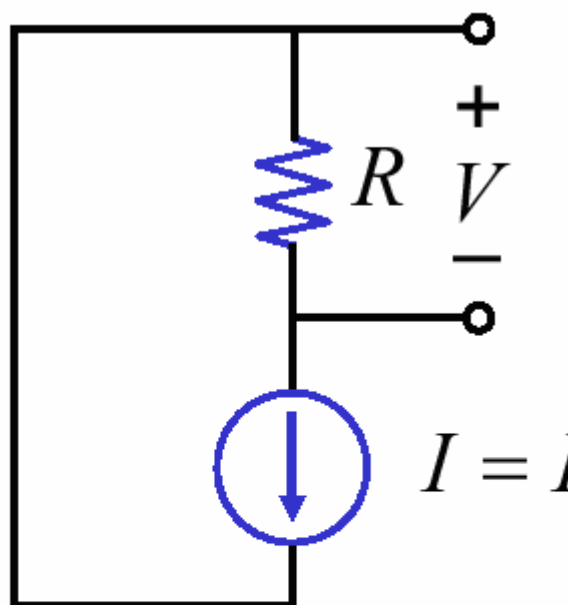
例：电压控制电流源

输出电流受输入电压的控制。

受控电源：例

例 1：求出下图中的 V

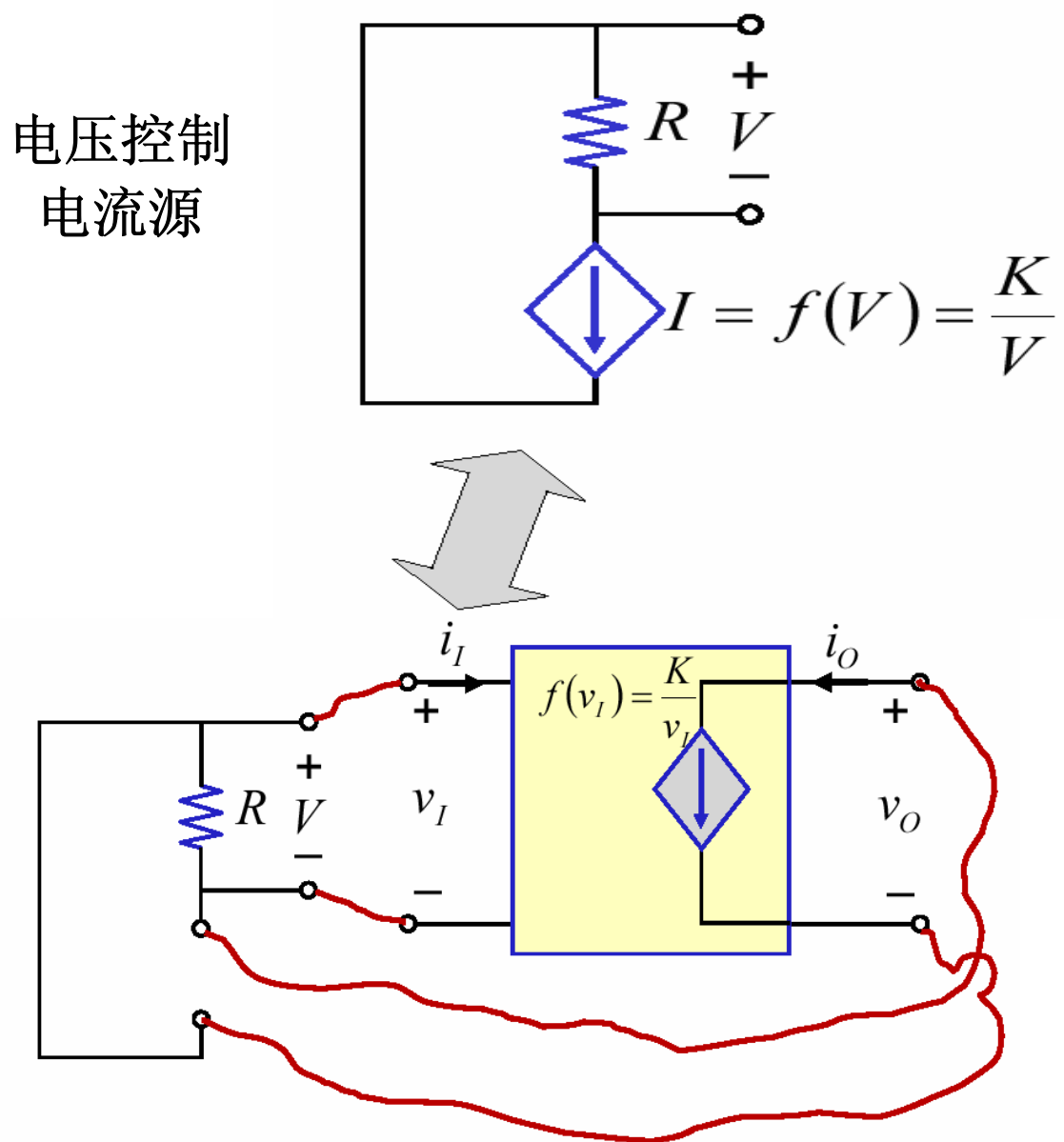
独立电
流源



$$V = I_0 R$$

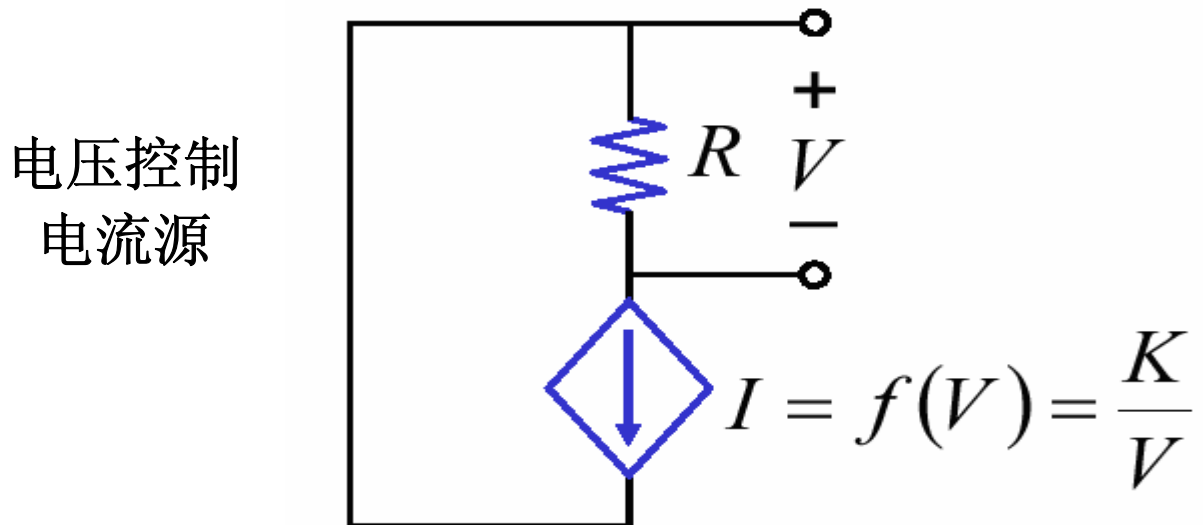
受控电源：例

例 2：求出下图中的 V



受控电源：例

例 2：求出下图中的 V



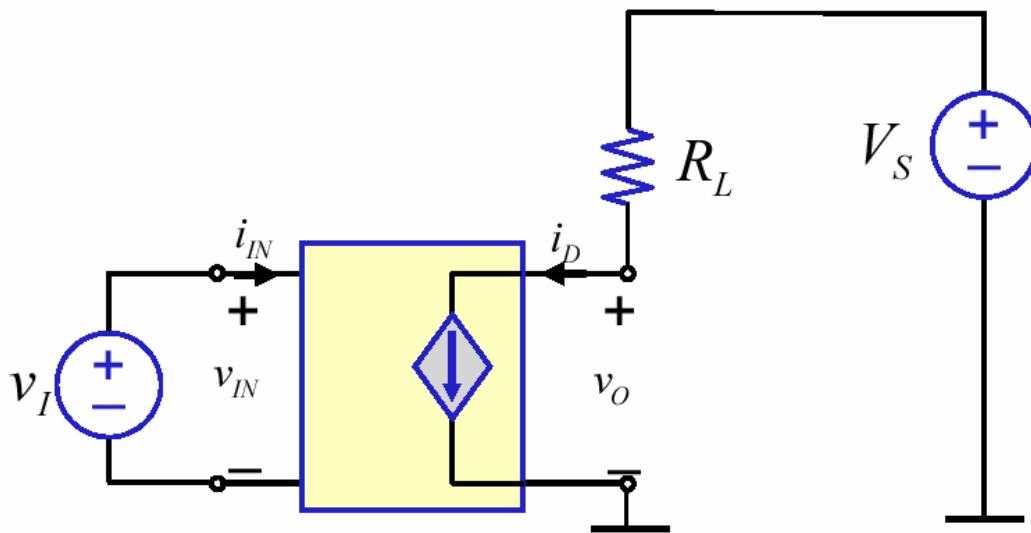
例 $K = 10^{-3} \text{ Amp} \cdot \text{Volt}$
 $R = 1k\Omega$

$$V = IR = \frac{K}{V} R$$

或 $V^2 = KR$

或 $V = \sqrt{KR}$
 $= \sqrt{10^{-3} \cdot 10^3}$
 $= 1 \text{ Volt}$

另一受控电源：例



$$i_D = f(v_{IN})$$

例

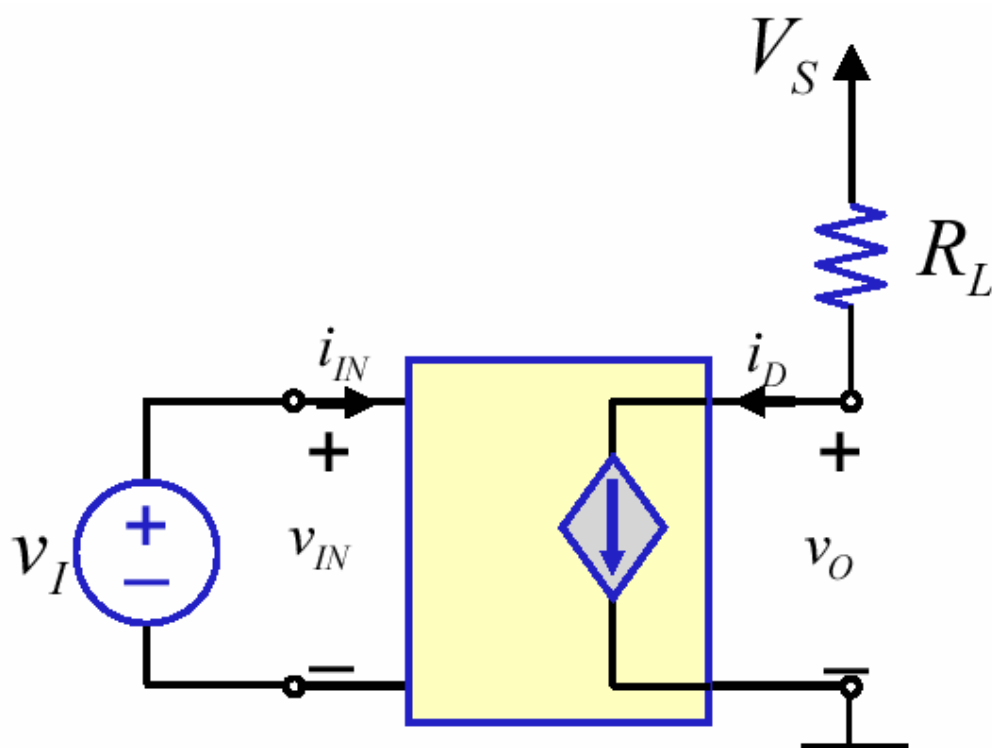
$$i_D = f(v_{IN})$$

$$= \frac{K}{2}(v_{IN} - 1)^2 \quad \text{当 } v_{IN} \geq 1 \text{ 时}$$

$$i_D = 0 \quad \text{其他}$$

可以发现输出电压 v_O 是 v_I 的函数。

另一受控电源：例



$$i_D = f(v_{IN})$$

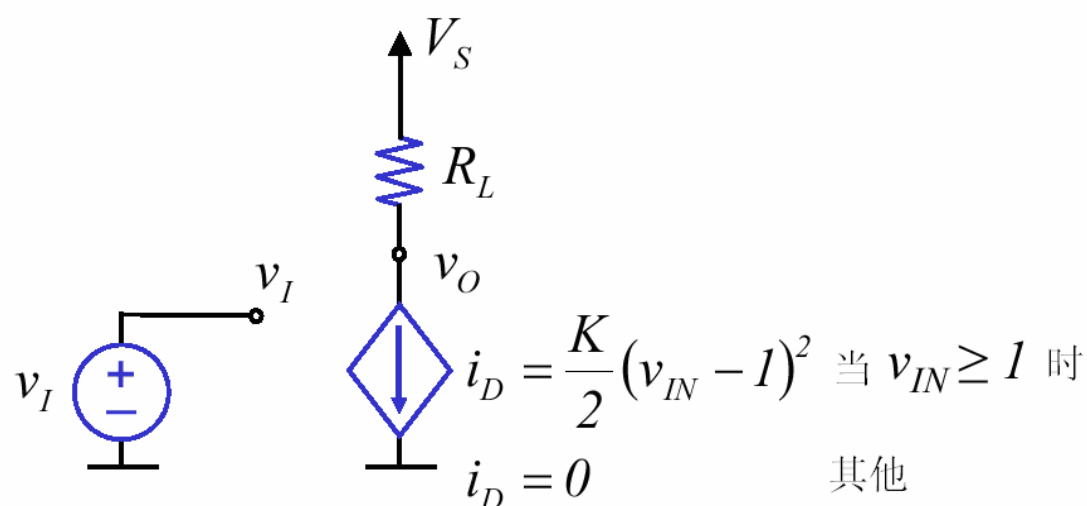
例

$$i_D = f(v_{IN}) = \frac{K}{2}(v_{IN} - 1)^2 \quad \text{当 } v_{IN} \geq 1 \text{ 时}$$

$$i_D = 0 \quad \text{其他}$$

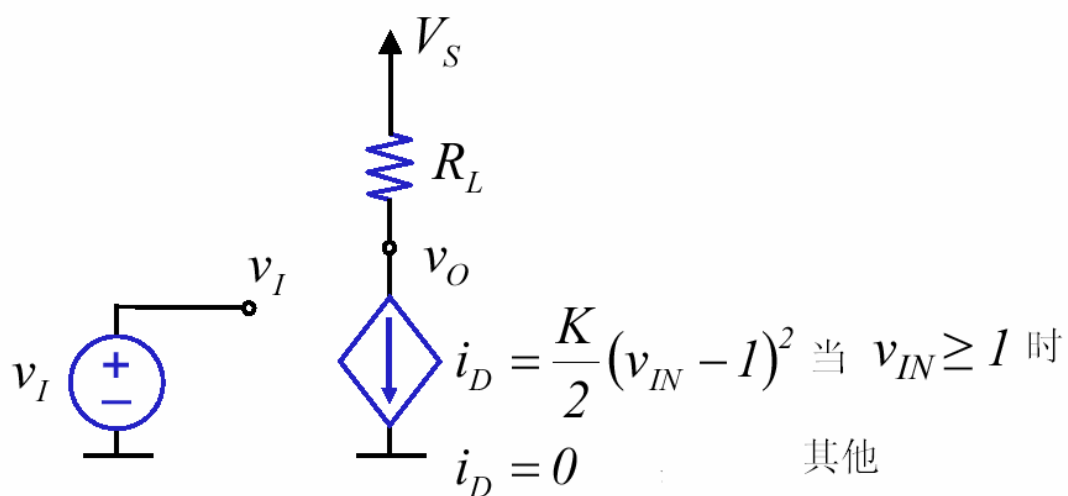
同样可以发现输出电压 v_O 由输入电压 v_I 控制。

另一受控电源：例



同样可以发现输出电压 v_O 由输入电压 v_I 控制。

受控电源：例



KVL

$$-V_S + i_D R_L + v_O = 0$$

$$v_O = V_S - i_D R_L$$



$$v_O = V_S - \frac{K}{2}(v_I - 1)^2 R_L \quad \text{当 } v_I \geq 1 \text{ 时}$$

$$v_O = V_S \quad \text{当 } v_I < 1 \text{ 时}$$

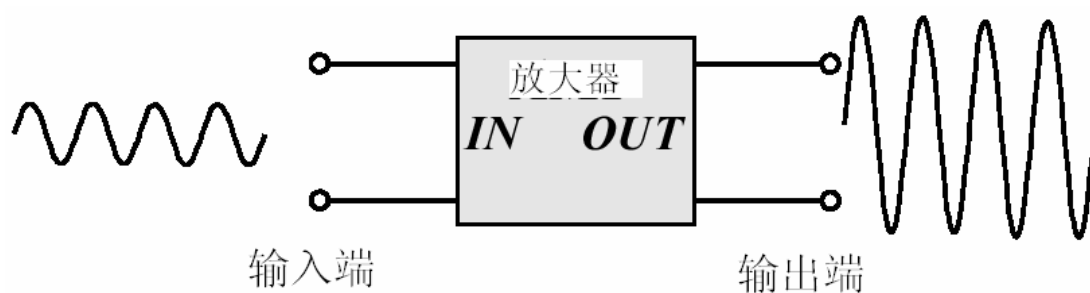
保留这种思想

下一个，放大器

放大原理？

信号放大是模拟和数字处理的关键

模拟信号：

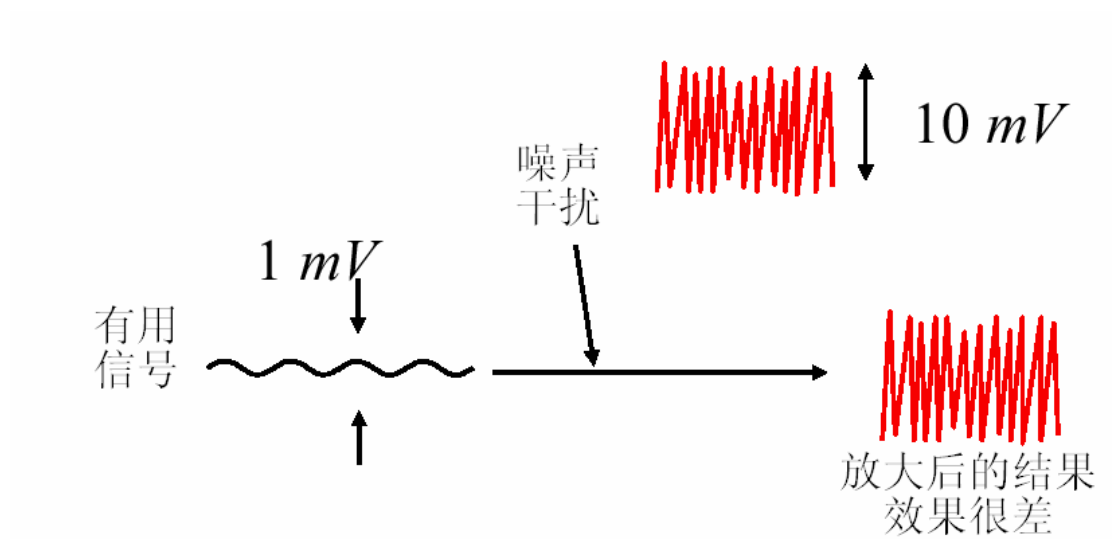


除了我们所知的显而易见的放大作用外，放大也是信号传输过程中噪声容限的关键。

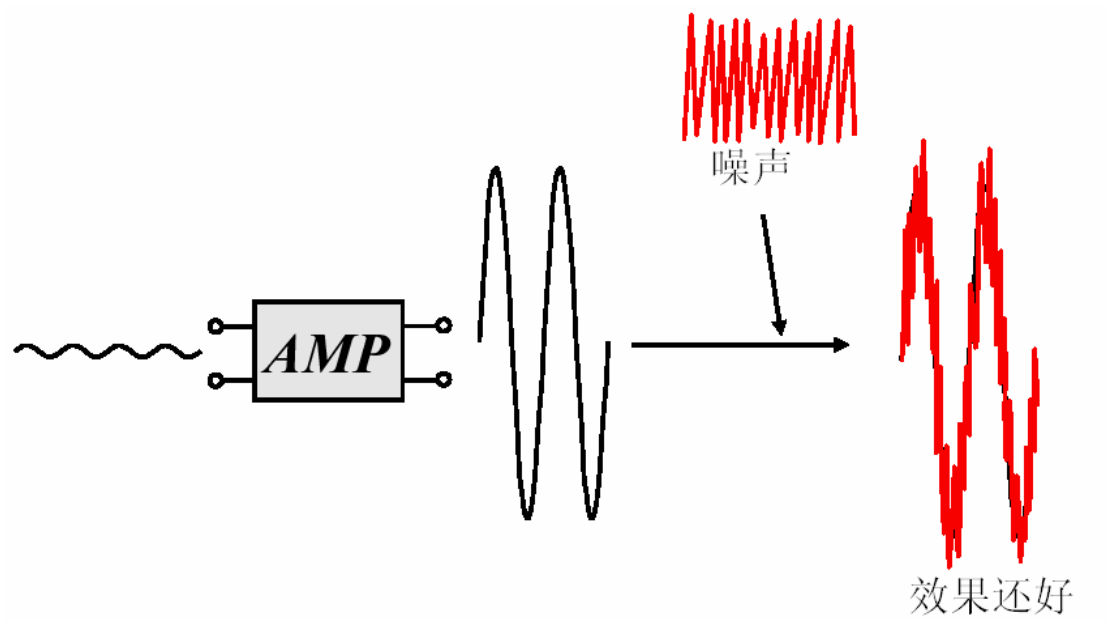
放大原理？

放大作用是信号传输过程中噪声容限的关键：

在没有放大时：

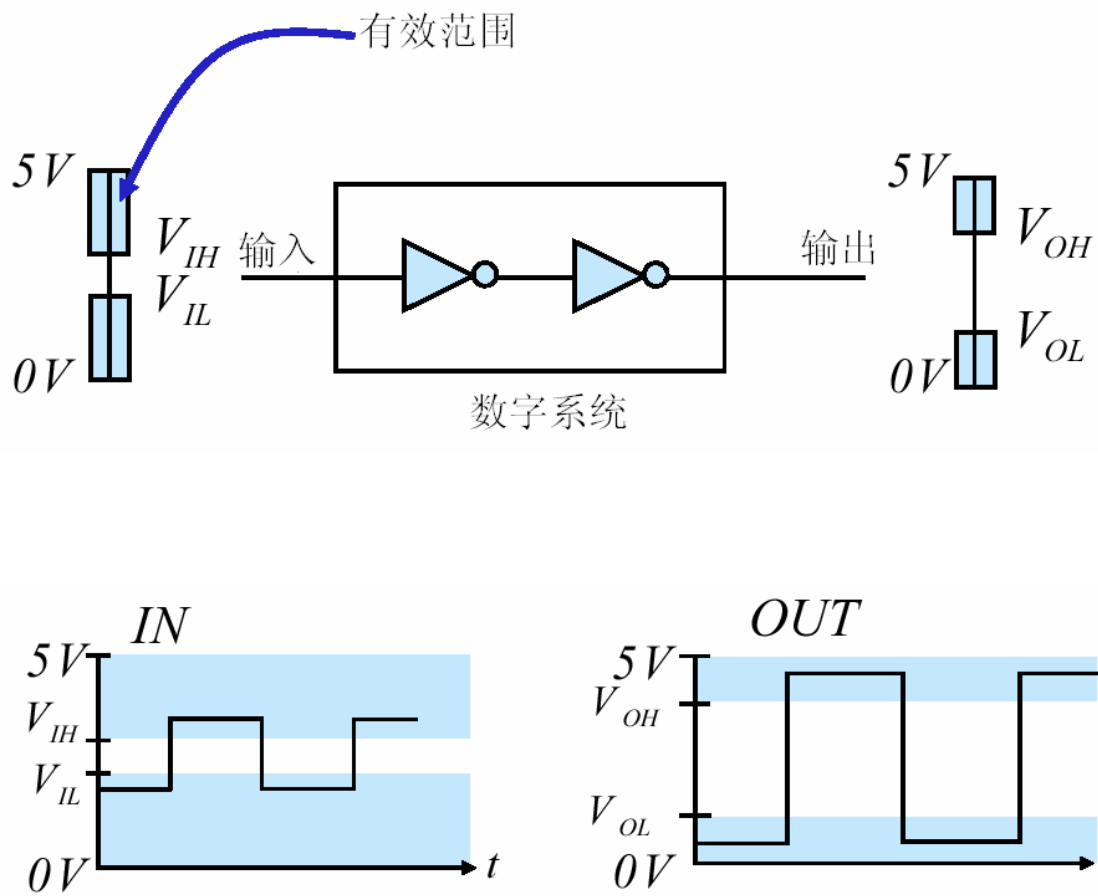


有放大过程时：



放大原理？

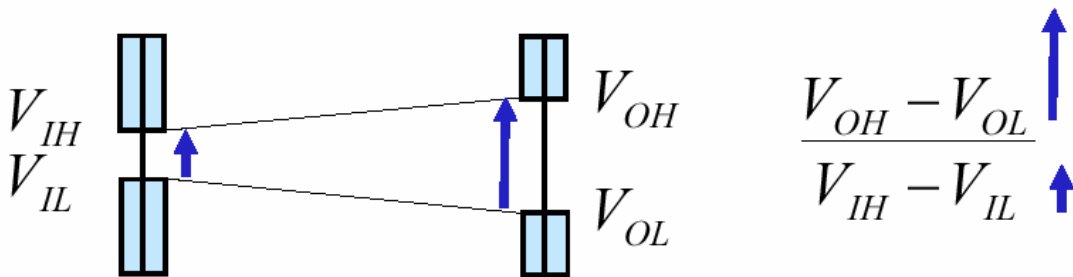
数字信号：



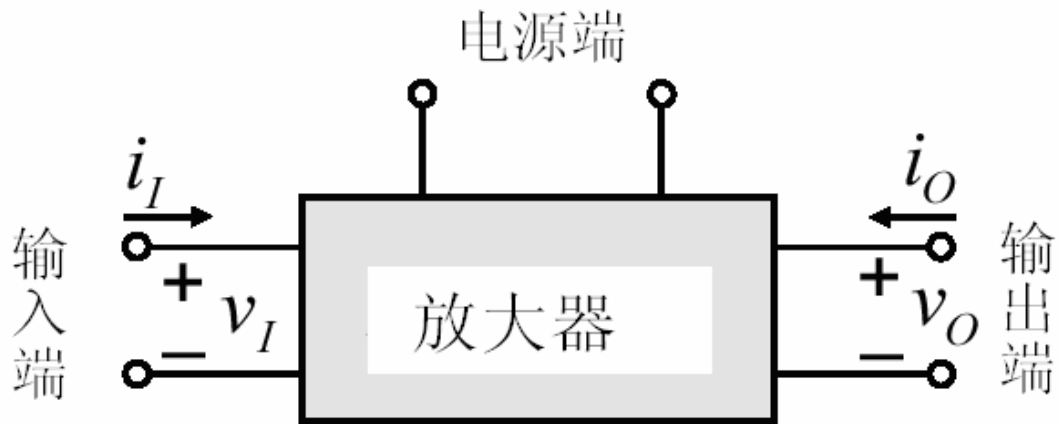
放大原理？

数字信号：

静态规则需要放大。
所需的最小放大要求：

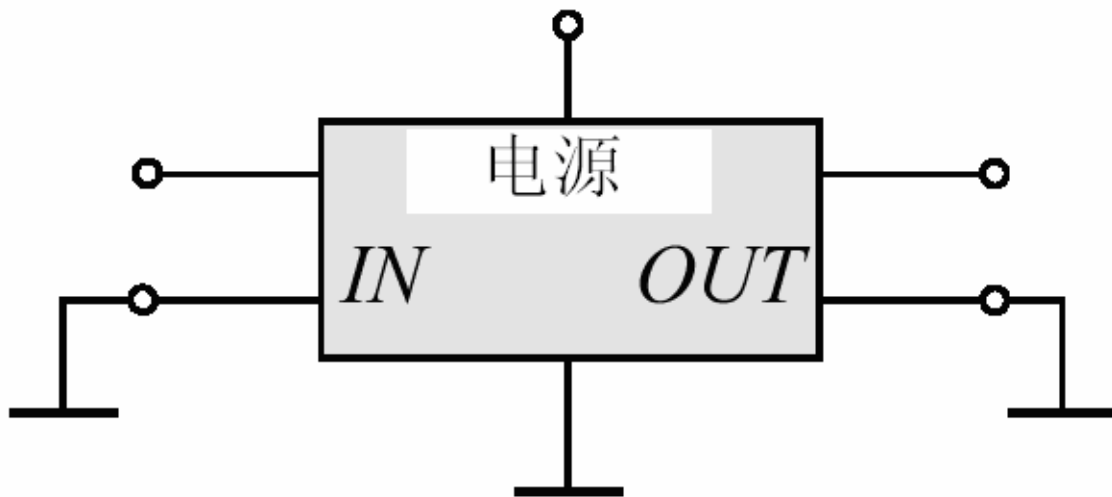


放大器是一个三端口网络，实际上



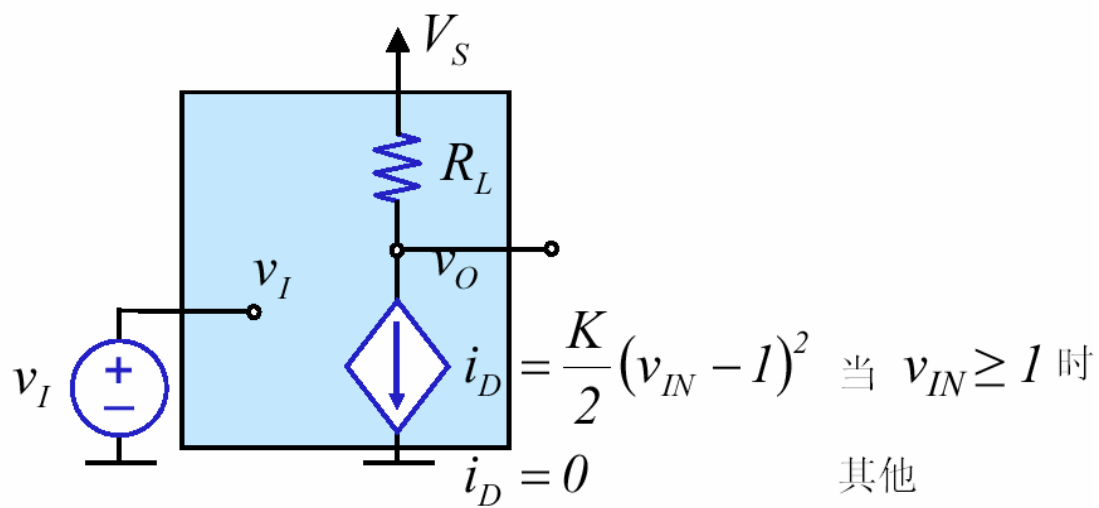
我们一般不在图中画出电源端。

也为了方便起见，我们要观察“公共地”。
也就是说，所有的端口一般都有一个共同的参考点，这个参考点叫做“地”。



我们这样建立系统

还记得以上讲的：



KVL

$$-V_S + i_D R_L + v_O = 0$$

$$v_O = V_S - i_D R_L$$



$$v_O = V_S - \frac{K}{2}(v_I - 1)^2 R_L \quad \text{当 } v_I \geq 1 \text{ 时}$$

$$v_O = V_S \quad \text{当 } v_I < 1 \text{ 时}$$

注意：这是一个放大器

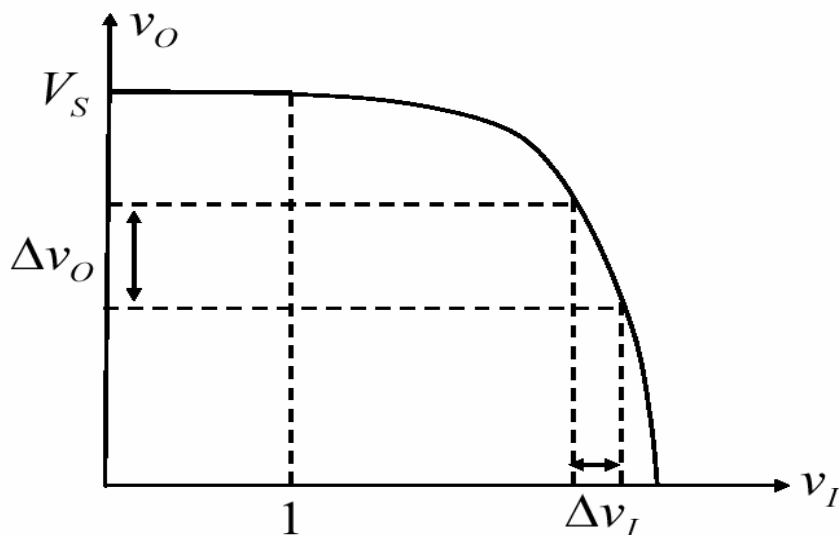
现在让我们看它的放大作用：

让我们来看 v_O 关于 v_I 的曲线。

例 $V_S = 10V, \quad K = 2 \frac{mA}{V^2}, \quad R_L = 5k\Omega$

$$v_O = V_S - \frac{K}{2} R_L (v_I - 1)^2$$
$$= 10 - \frac{\cancel{2}}{\cancel{2}} \cdot \cancel{10}^{-3} \cdot 5 \cdot \cancel{10}^3 (v_I - 1)^2$$

$$v_O = 10 - 5 (v_I - 1)^2$$



$$\frac{\Delta v_O}{\Delta v_I} > 1 \quad \longrightarrow \quad \text{放大}$$

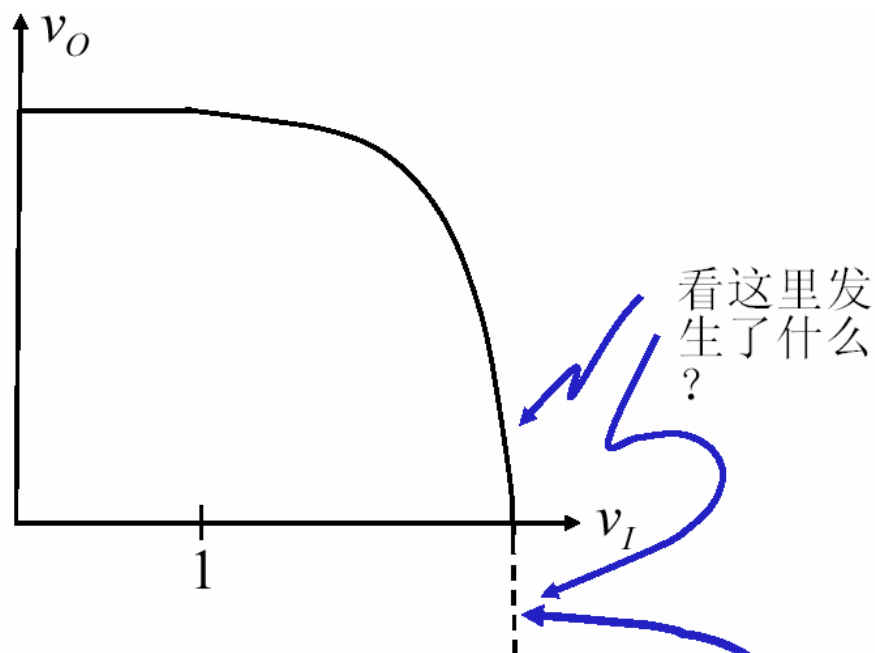
绘制 v_O 和 v_I 的关系图表

$$v_O = 10 - 5(v_I - 1)^2$$

	v_I	v_O	
	0.0	10.00	
	1.0	10.00	
	1.5	8.75	
v_I 改变 0.1v	2.0	5.00	v_O 改变 1v
	2.1	4.00	
	2.2	2.80	
	2.3	1.50	获得增益
	2.4	~ 0.00	



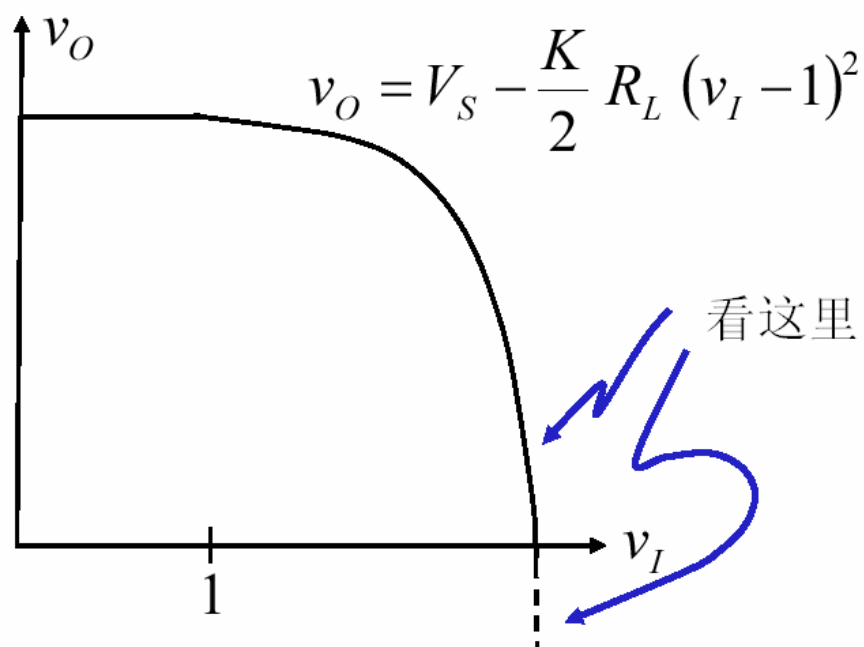
测量得到 v_O 。



数学角度看,

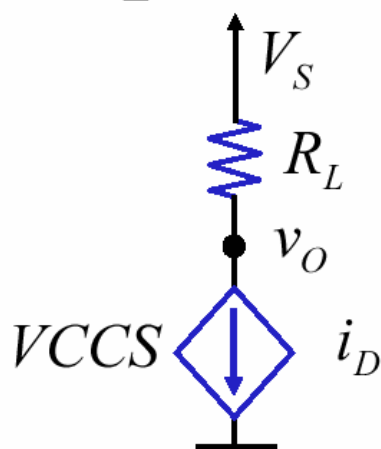
$$v_O = V_S - \frac{K}{2} R_L (v_I - 1)^2$$

可以利用数学推测出其变化归律



然而，由公式

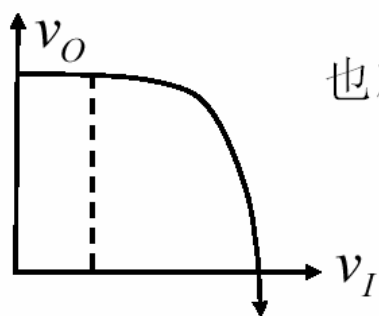
$$i_D = \frac{K}{2} (v_I - 1)^2 \quad \text{当 } v_I \geq 1 \text{ 时}$$



当 $v_O > 0$ 时， $VCCS$ 消耗电能： $v_O i_D$

当 $v_O < 0$ 时， $VCCS$ 必须提供电能！

如果 VCCS 是可以提供电源的装置，利用数学可知其特性曲线变为：



也就是
$$v_O = V_S - \frac{K}{2} R_L (v_I - 1)^2$$

v_O 可以为负

如果 VCCS 是一个无源器件，
也就是说它不能提供电能，这时 v_O 不能为
负，
所以这时候要注意！
容易知道，我们的模型失效。

$$i_D = \frac{K}{2} (v_I - 1)^2$$

通常，

当 $v_O \leq 0$ 时，将不在有效。

也就是说 i_D 饱和（停止增加）。

我们可以看到：

