

6.002

电路与
电子学

小 信 号 电 路

复习

■ 小信号符号

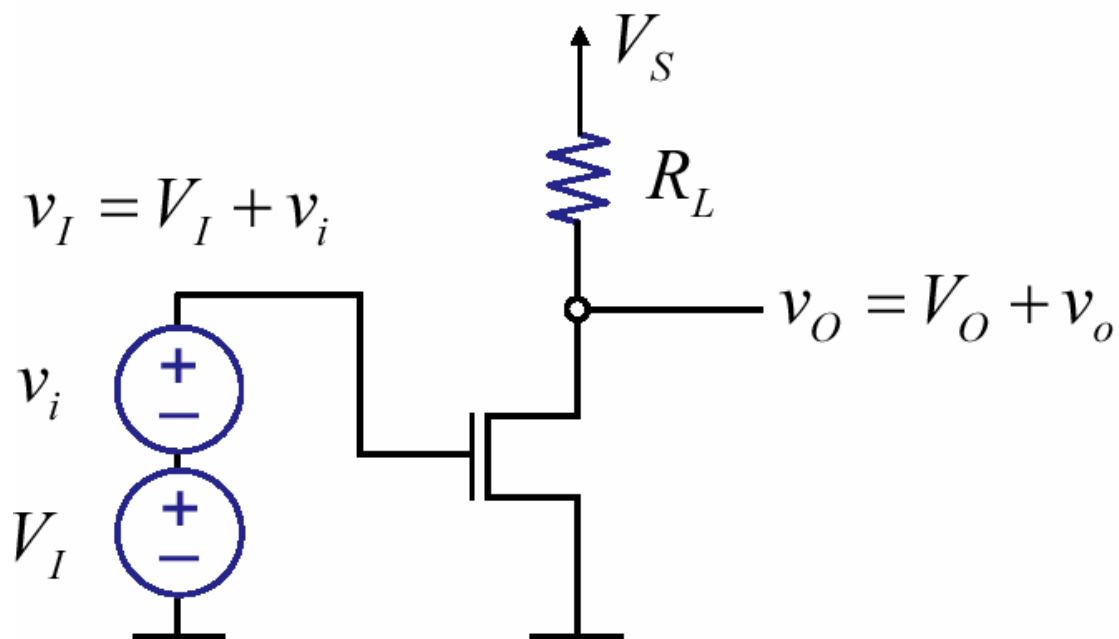
$$\underset{\substack{\nearrow \\ \text{总的}}}{v_A} = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{工作点}}}{V_A} + \underset{\substack{\uparrow \\ \text{小信号}}}{v_a}$$

■

$$v_{OUT} = f(v_I)$$

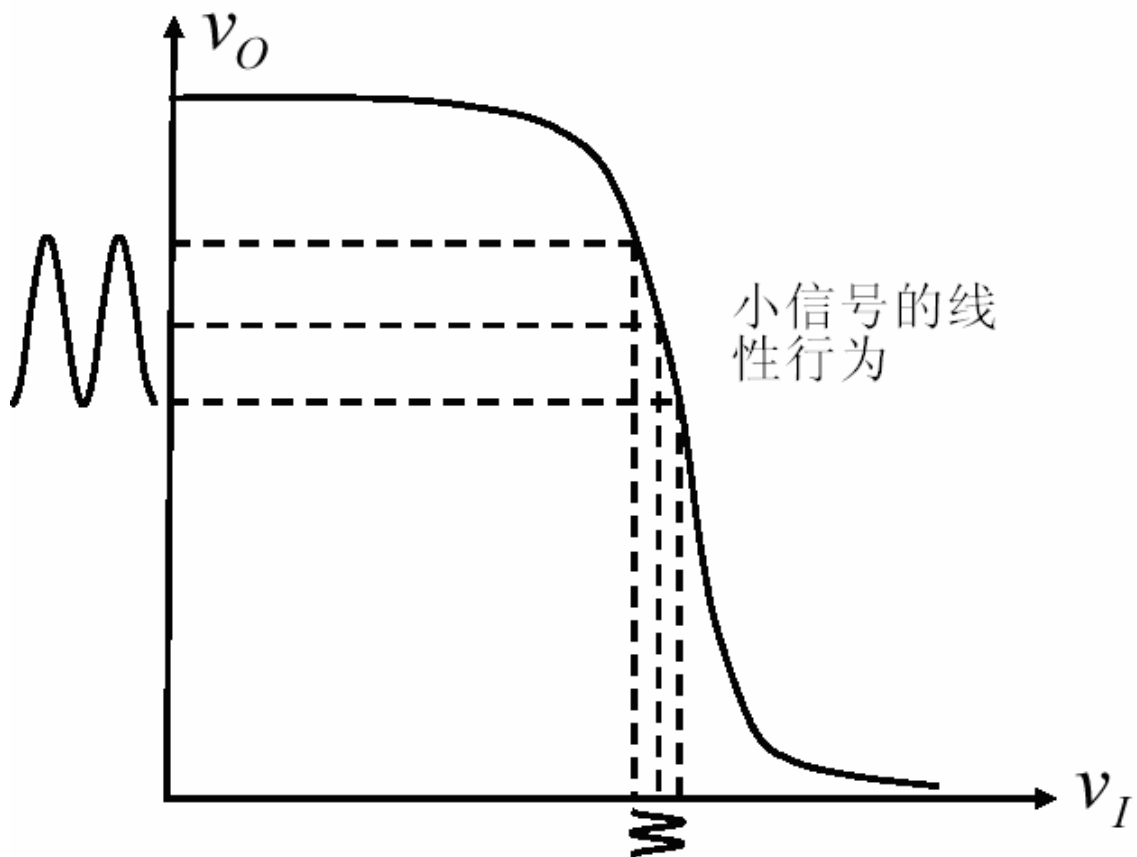
$$v_{out} = \left. \frac{d}{dv_I} f(v_I) \right|_{v_I=V_I} \cdot v_i$$

■



复习

I 观察图象（用转移特性）



复习

II 数学推导

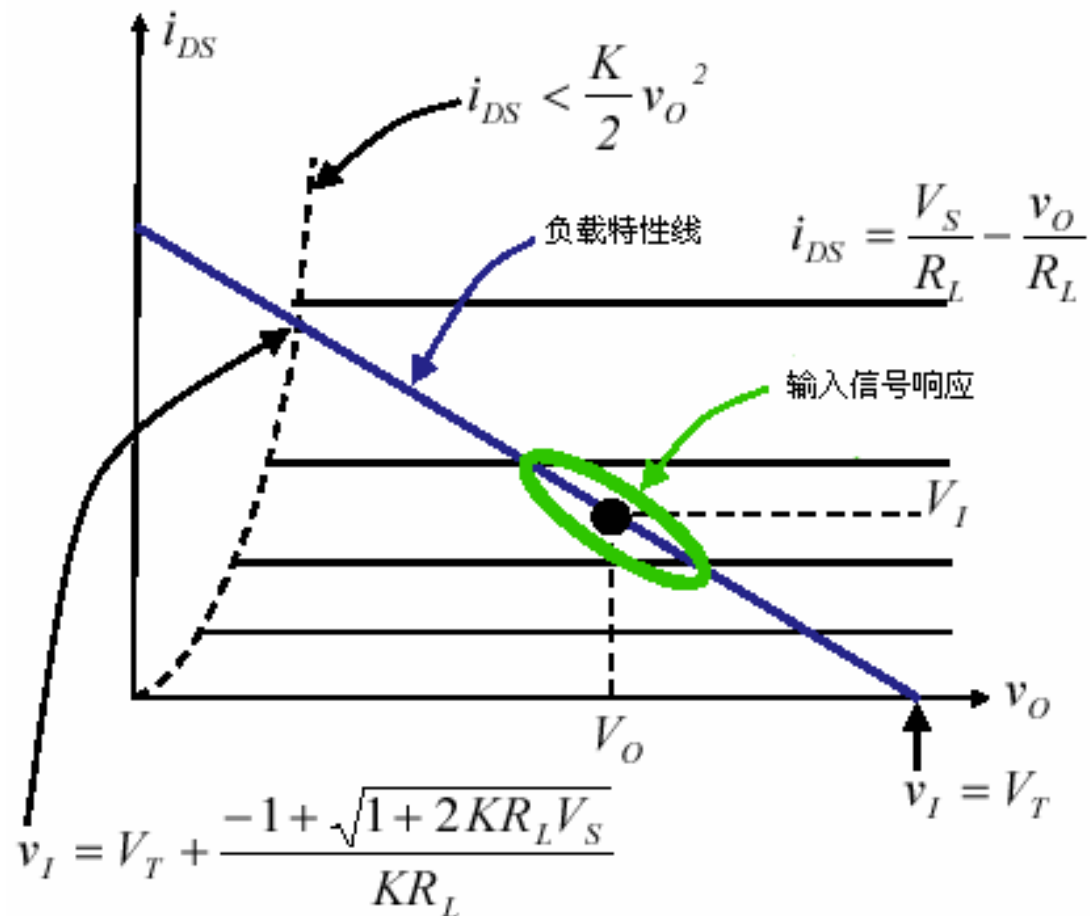
$$v_o = V_s - \frac{K(v_I - V_T)^2}{2} R_L$$

$$v_o = \frac{d}{dv_I} \left[V_s - \frac{K}{2} (v_I - V_T)^2 R_L \right] \bigg|_{v_I = V_I} \cdot v_i$$

$$v_o = - \underbrace{K(V_I - V_T)}_{g_m} R_L \cdot v_i$$

与 V_I 有关当直流偏置固定时为常数

如何运用另一种方法即图解法在负载线上选择静态工作点



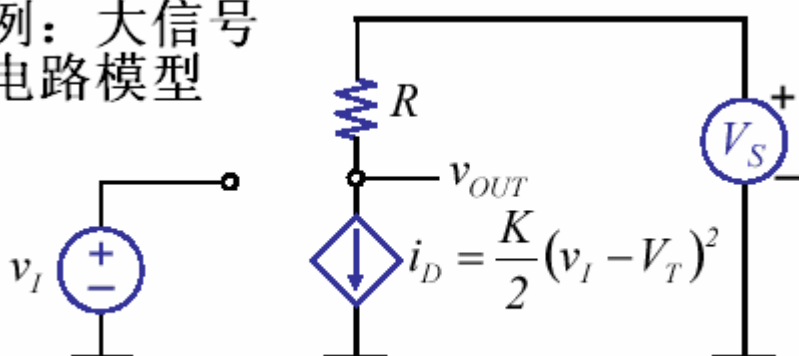
选择一个静态工作点：

1. 增益 $g_m R_L \propto V_I$
2. 在放大器的有效工作范围内输入信号。
3. 静态工作点取决于所选的增益和输入的摆动幅度。

III 小信号电路分析

我们能够将实际的器件等价成一个小信号模型电路, 因此我们可以直接在电路上进行小信号分析。

例: 大信号
电路模型



我们也可以用小信号模型代替大信号模型。
理论依据: 在 8.2.1 节和这个讲座的最后一张幻灯片中可以找到。

小信号电路分析

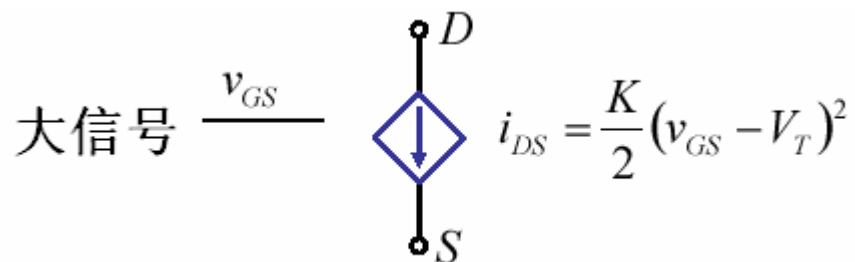
- ① 用大信号模型根据直流偏置输入找出工作点。
- ② 推出小信号线形模型。
- ③ 用小信号模型替代原电路中的器件。

线性电路的分析结果……

提示：可以用叠加原理和其他的一些线性电路分析工具进行分析。

小信号模型

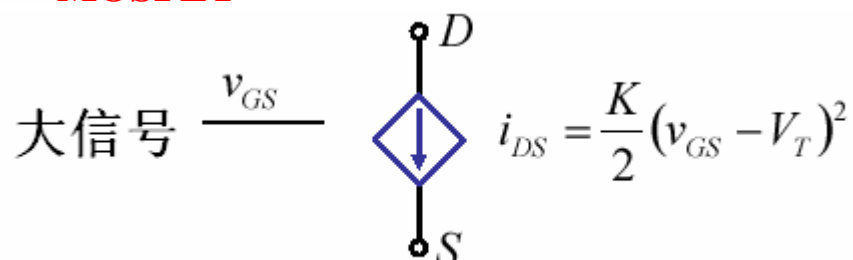
① MOSFET



小信号呢？

小信号模型

① MOSFET

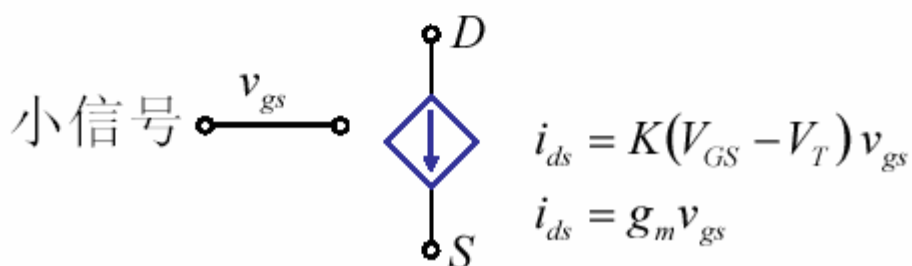


小信号呢：

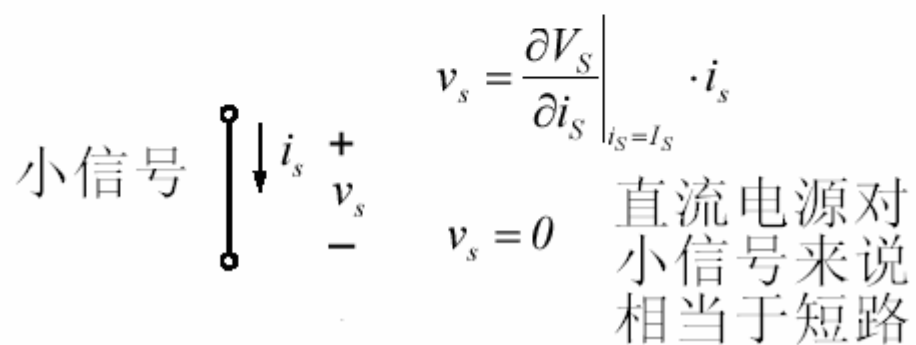
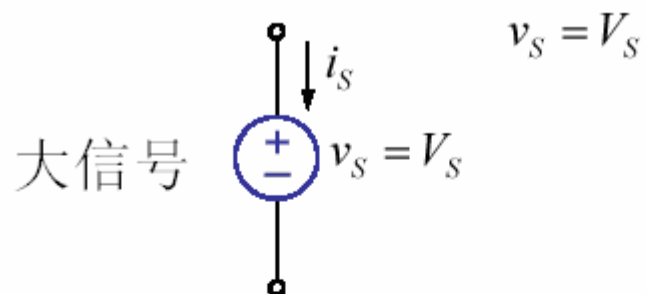
$$i_{DS} = \frac{K}{2}(v_{GS} - V_T)^2$$

$$i_{ds} = \frac{\partial}{\partial v_{GS}} \left[\frac{K}{2}(v_{GS} - V_T)^2 \right] \bigg|_{v_{GS}=V_{GS}} \cdot v_{gs}$$

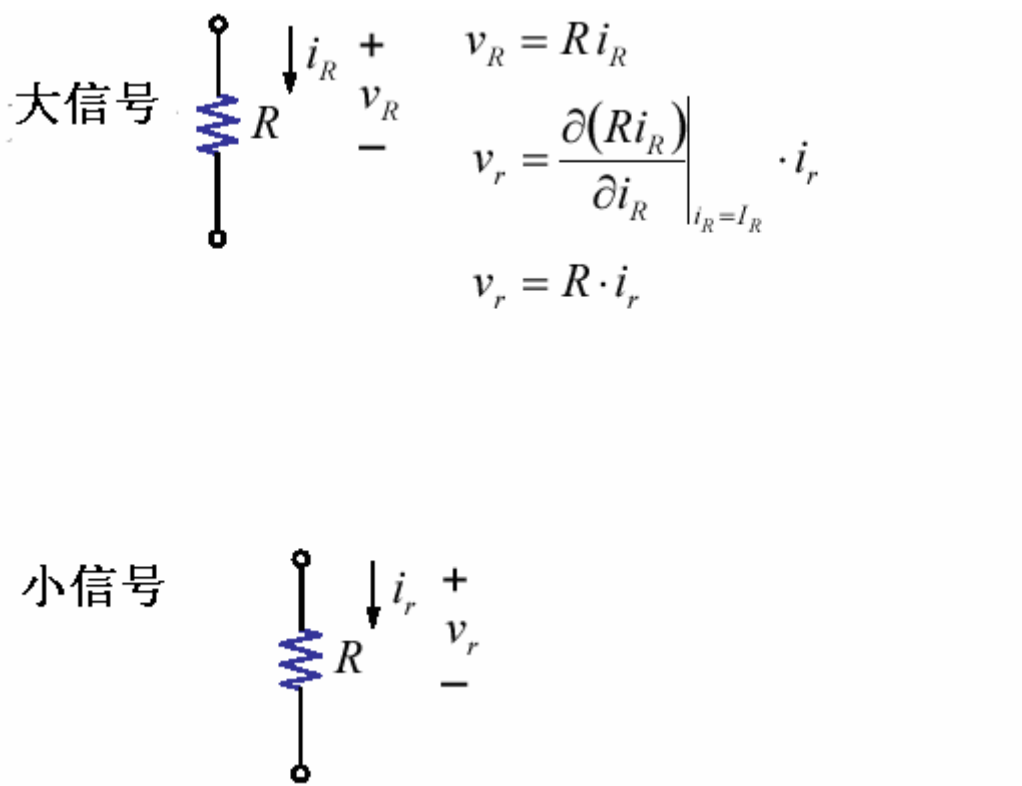
$$i_{ds} = \underbrace{K(V_{GS} - V_T)}_{g_m} \cdot v_{gs} \quad \Rightarrow \quad i_{ds} \text{ 正比于 } v_{gs}!$$



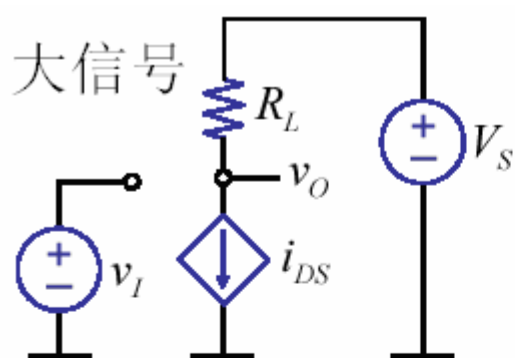
② 直流电源 V_s



③ 同理，对电阻 R



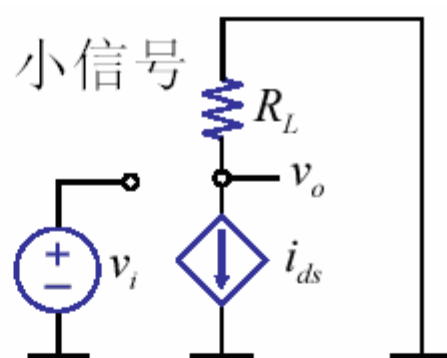
放大器示例：



$$i_{DS} = \frac{K}{2}(v_I - V_T)^2$$

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

注意，首先
我们需要找出
出工作点（
电压/电流）
。从大信号
分析获得这
些。



$$i_{ds} = K(V_I - V_T) \cdot v_i$$

$$i_{ds} R_L + v_o = 0$$

$$v_o = -i_{ds} R_L$$

$$v_o = -K(V_I - V_T) R_L \cdot v_i$$

$$= -g_m R_L \cdot v_i$$

III 小信号电路分析

为了找到小信号电路中各量之间的关系,我们可以用相应的器件小信号模型替换大信号模型,然后分析小信号电路的结果。

原理:(也见8.2.1节中的A&L)

根据 **KCL**, **KVL** 有

$$\cdots + v_A + \cdots + v_{OUT} + \cdots + v_B + \cdots \quad (1)$$

用工作点的各变量加上小信号变量替换总的变量

$$\cdots + \cancel{V_A} + v_a \cdots + \cancel{V_{OUT}} + v_{out} \cdots + \cancel{V_B} + v_b + \cdots$$

工作点的各变量之间同样满足KCL、KVL

$$\cdots + V_A \cdots + V_{OUT} \cdots + V_B \cdots + \cdots$$

因此我们可以把它们去掉

留下:

$$\cdots + v_a \cdots + v_{out} \cdots + v_b + \cdots \quad (2)$$

但是用小信号变量取代(1)中的总的变量之后,(2)和(1)是相等的。因此,除了用的是小信号模型以外(2)和(1)反映的是同样的电路布局(即电路中个参量之间的关系)。由于小信号模型是线性的,所以我们的所有分析线性电路的工具都适用...