

6.002

电路与
电子学

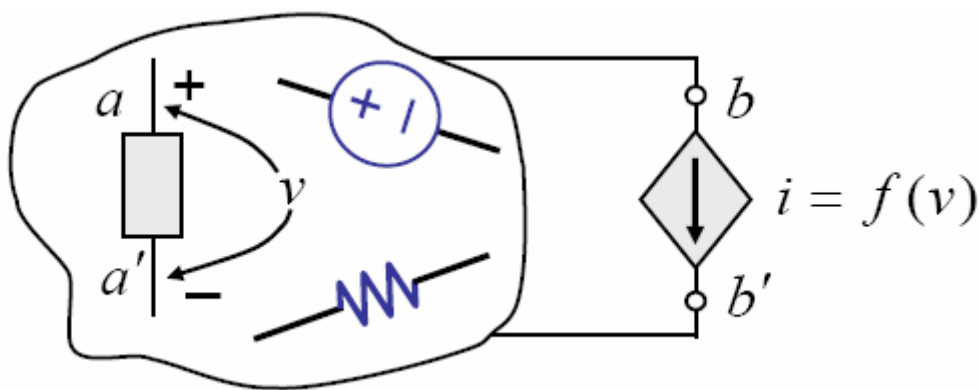
场效应管放大器 大信号分析

回顾：

■ 利用独立信号源构造放大器



■ 电路中的独立信号源



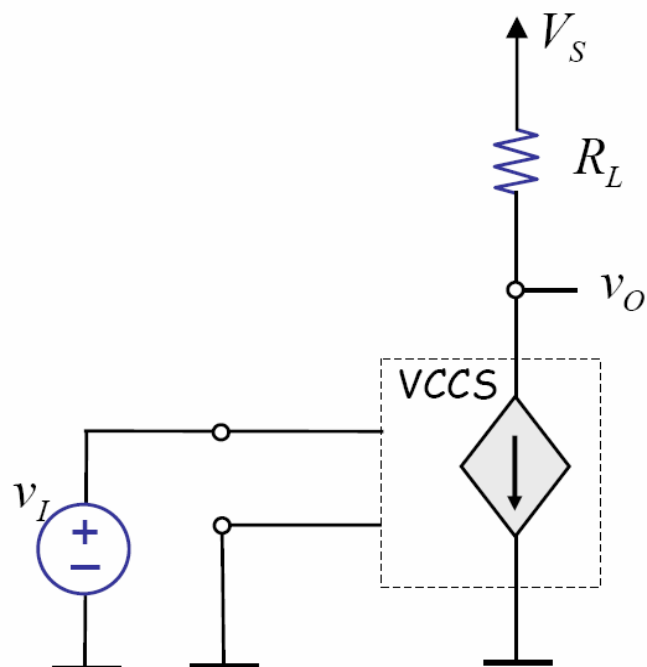
■ 独立信号源的叠加：

方法:留下所有独立信号源；一次求解一个受控信号源[文本中 3.5.1 部分]

■ 下面，快速回顾（一下）放大器……

阅读：7.3---7.7 节

放大器回顾:



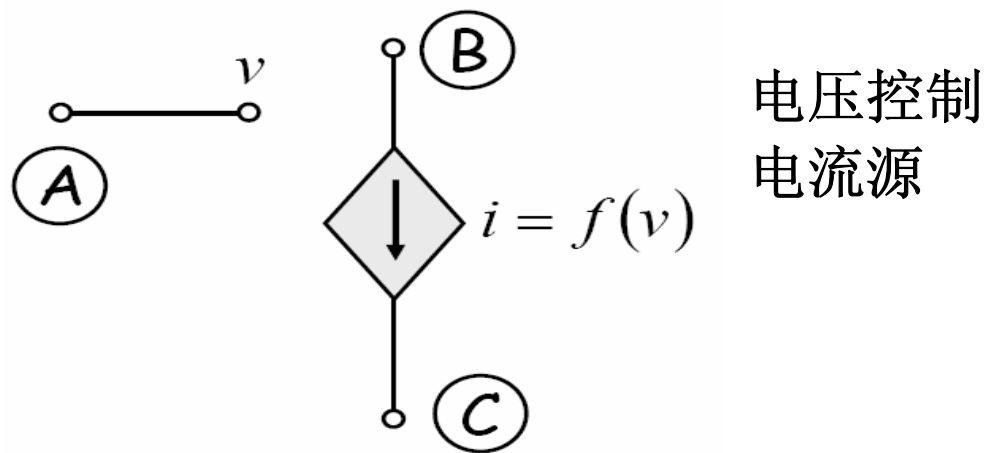
$$i_D = \frac{K}{2}(v_I - I)^2$$

因为 $v_I \geq IV = 0$ 否则

$$v_O = V_S - i_D R_L$$

$$\swarrow \frac{K}{2}(v_I - I)^2$$

所需关键装置：

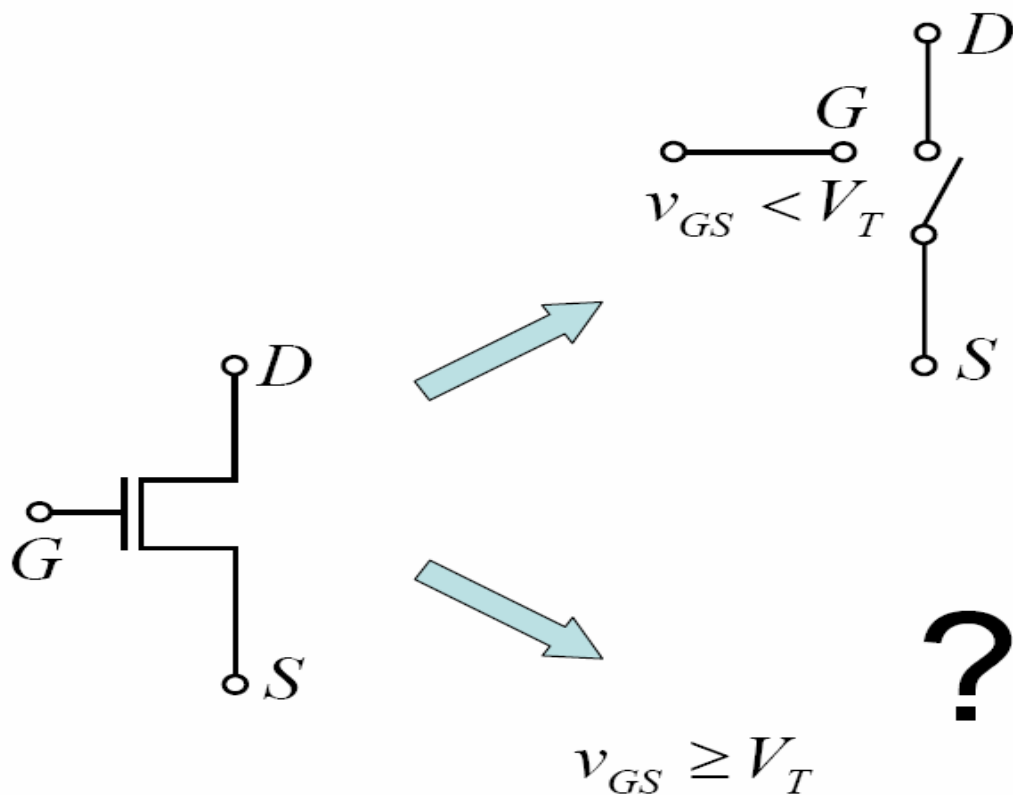


让我们回顾一下我们的老朋友：场效应管……

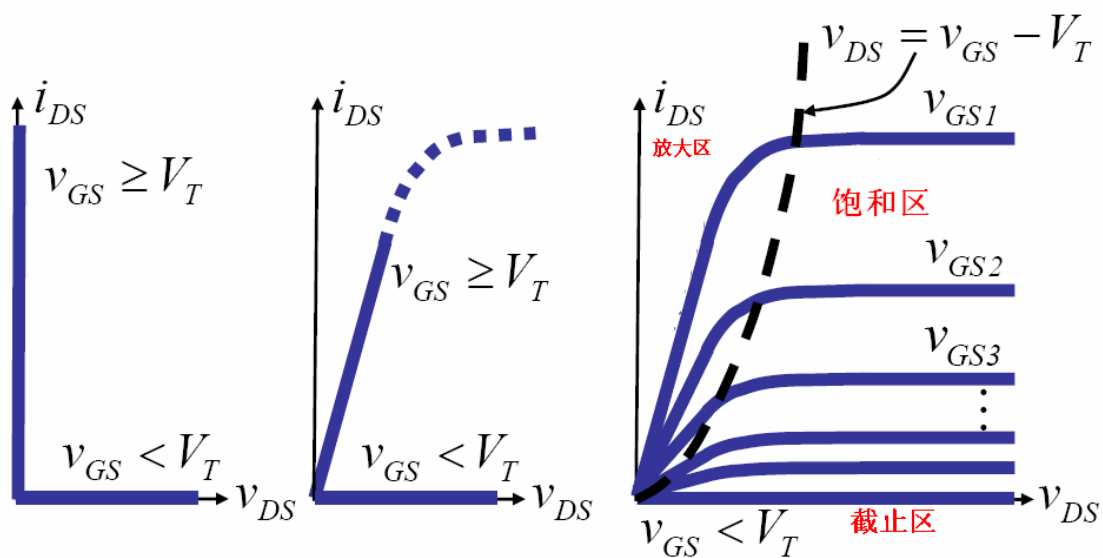
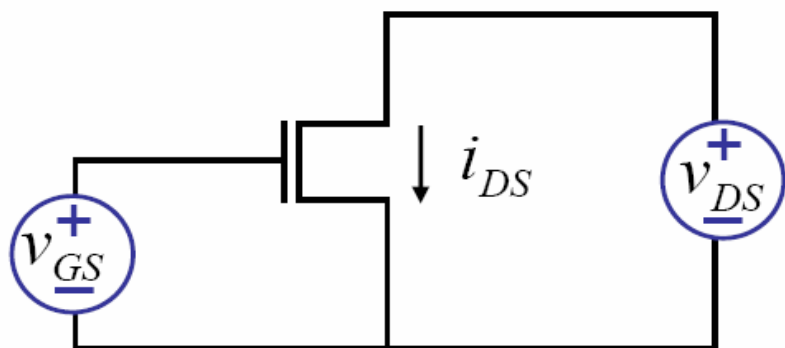
所需关键装置：

我们的老朋友：场效应管……

首先，我们分析其特性，场效应管的导通状态比你所想象的理想开关和电阻模型要复杂得多。



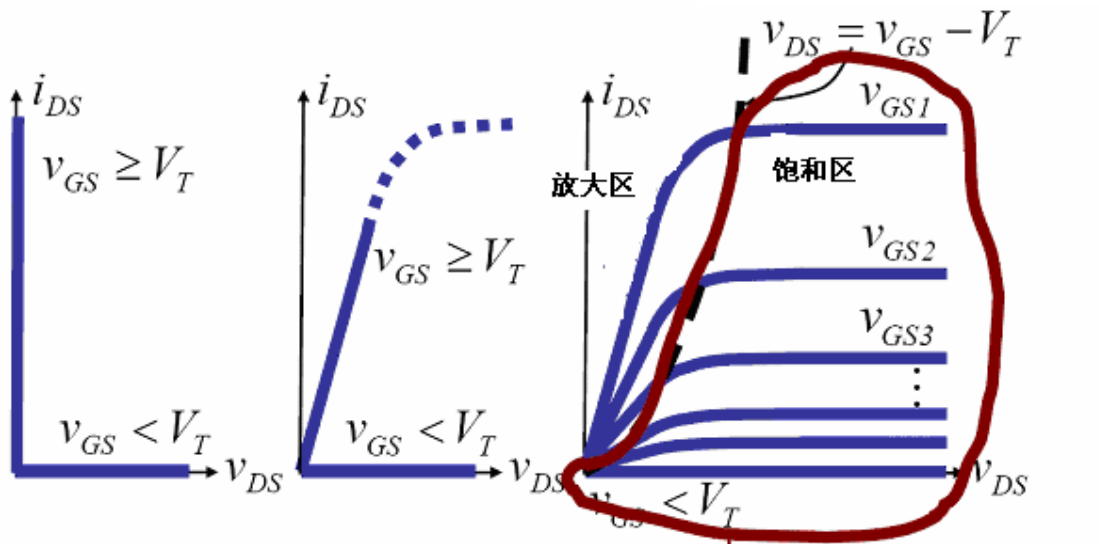
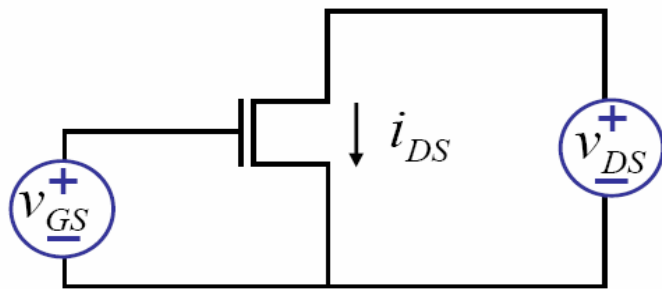
图解法：



S 模型

SR 模型

图解法：



S 模型

SR 模型

当：

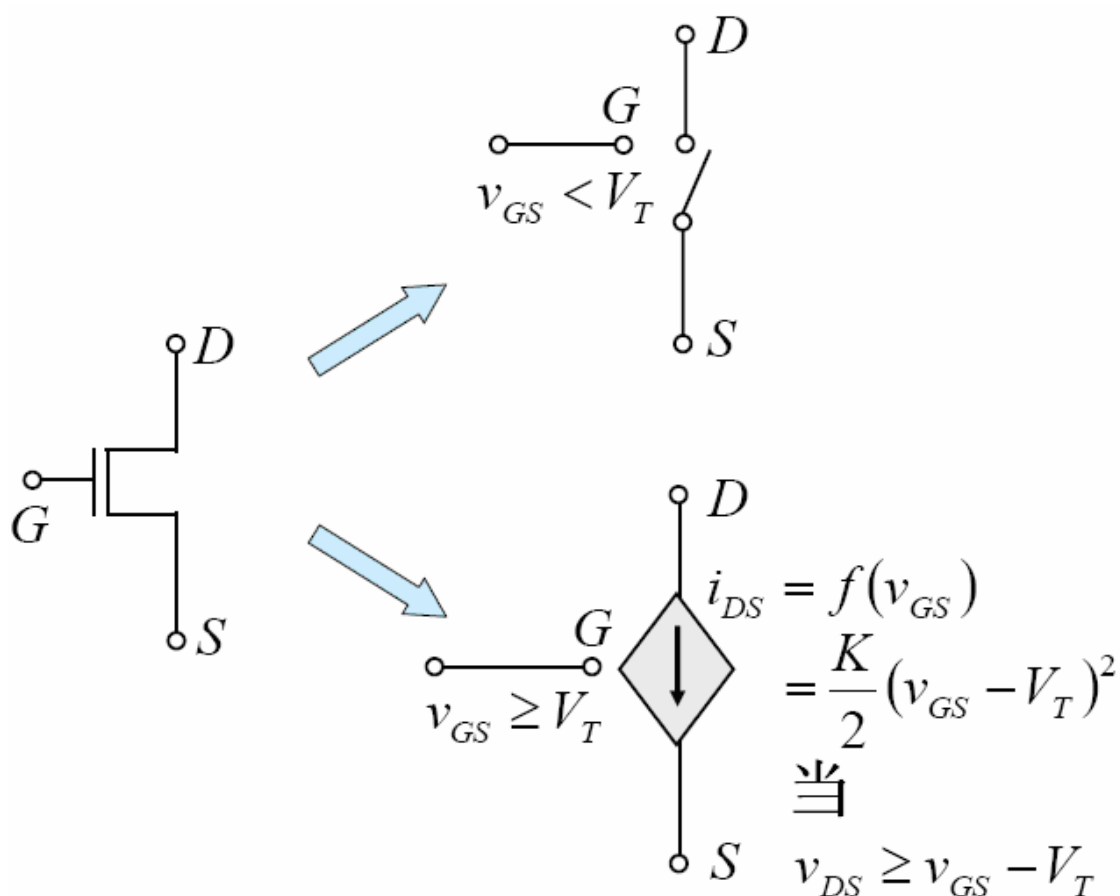
$$v_{DS} \geq v_{GS} - V_T$$

注意场效应管
相当于电流源

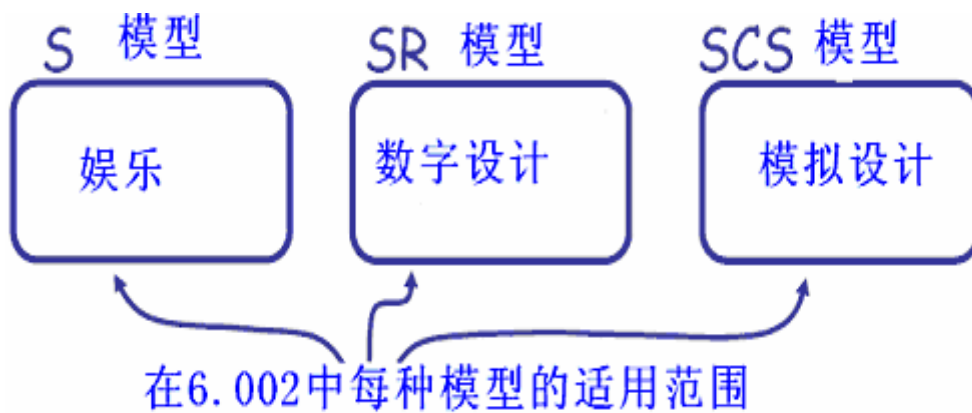
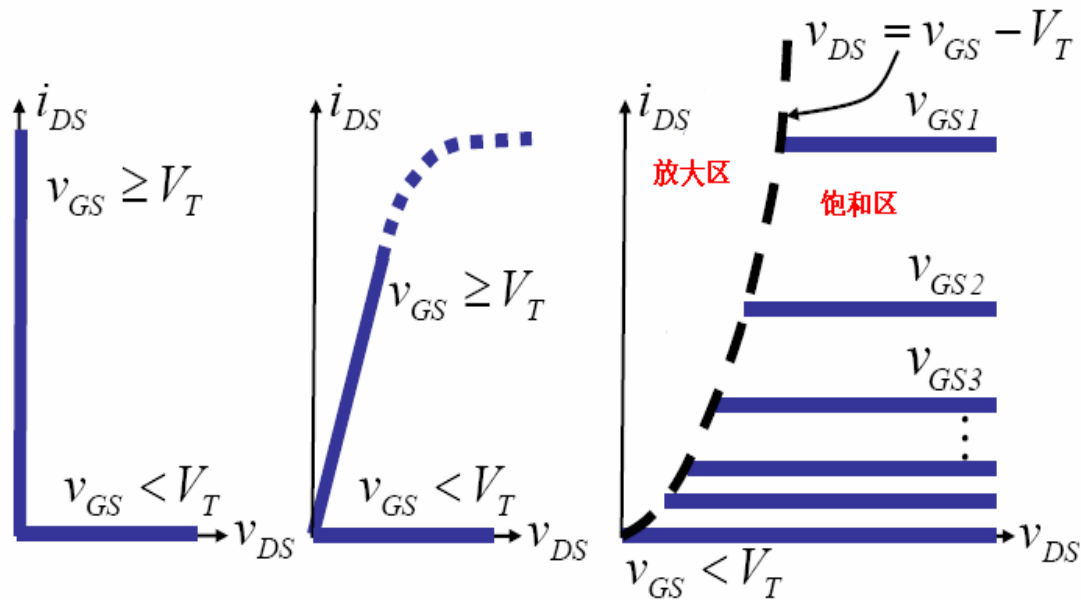
场效应管 SCS 模型

当: $v_{DS} \geq v_{GS} - V_T$

处于饱和状态的场效应管的开关电流源模型
要比 S 或 SR 模型更加精确。



模型总结.....



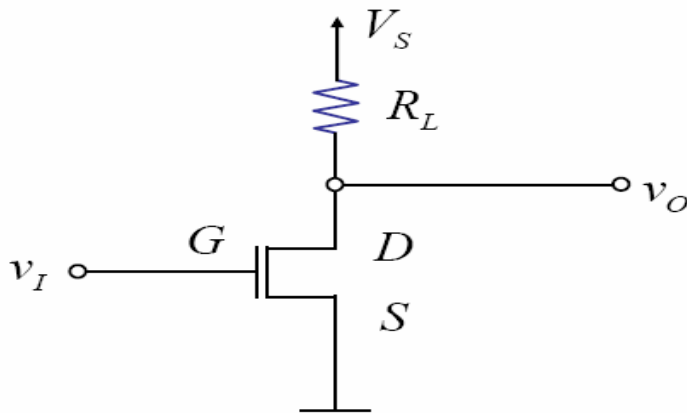
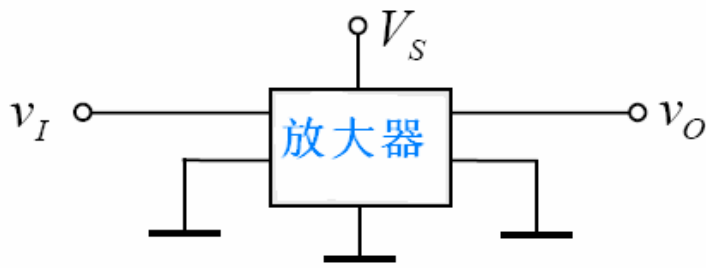
注释：二选一（在后续程度较高的课程中）

$v_{DS} \geq v_{GS} - V_T$ 用 SCS 模型

$v_{DS} < v_{GS} - V_T$ 用 SR 模型

或者用 SU 模型 (A&L中的7.8节)

回到放大器

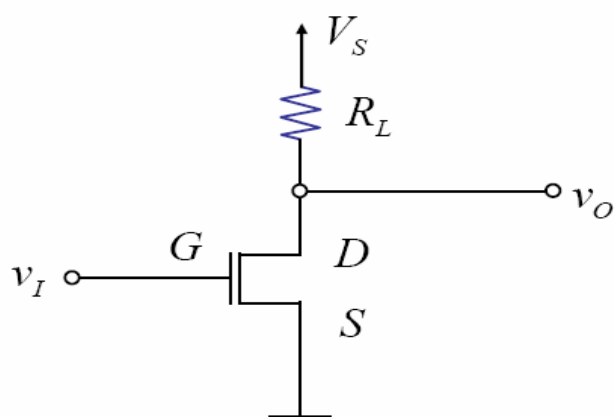


在饱和区：

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

为了确保场效应管作为电压控制电流源工作，我们让它仅在饱和区工作。为了做到这点，我们必须坚持“饱和定律”。

场效应管放大器



在饱和区：

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

为了确保场效应管作为电压控制电流源工作，我们让它仅在饱和区工作。为了做到这点，我们必须坚持“饱和定律”。

换句话说，就是让放大电路始终满足：

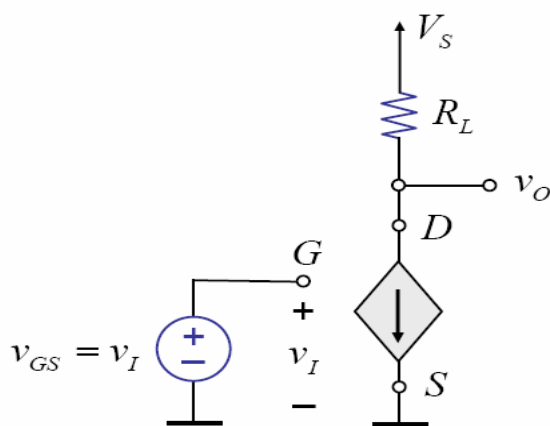
$$v_{GS} \geq V_T$$

并且

$$\begin{aligned} v_{DS} &\geq v_{GS} - V_T \\ v_O &\geq v_I - v_T \end{aligned}$$

让我们分析一下这个电路

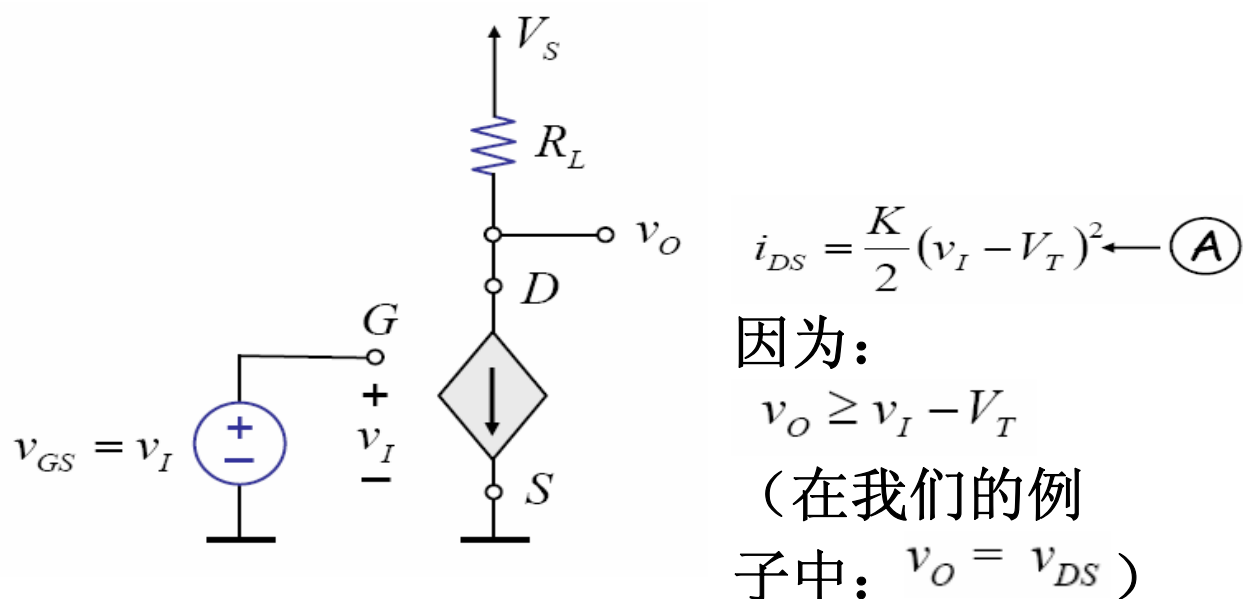
首先用电流控制电流源模型替换场效应管



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

因为: $v_O \geq v_I - V_T$

让我们分析一下这个电路



$$v_O = V_S - i_{DS} R_L \quad \leftarrow \textcircled{B}$$

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

因为： $v_I \geq V_T$ $v_O \geq v_I - V_T$

$v_O = V_S$ 因为 $v_I < V_T$

（场效应管关断）

②图解法： v_O v_S v_I

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

因为：

$$v_O \geq v_I - V_T$$

\Downarrow

$$v_O \geq \sqrt{\frac{2i_{DS}}{K}}$$

\Downarrow

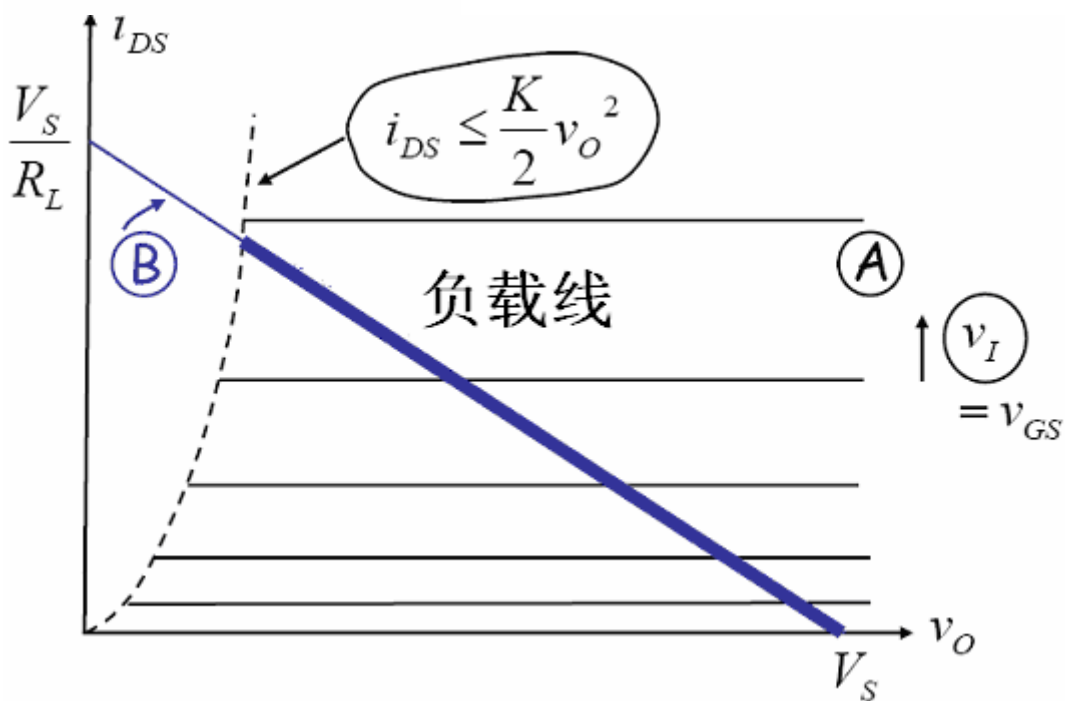
$$i_{DS} \leq \frac{K}{2}v_O^2$$

$$\textcircled{B} : i_{DS} = \frac{V_S}{R_L} - \frac{v_O}{R_L}$$

②图解法: v_O v_S v_I

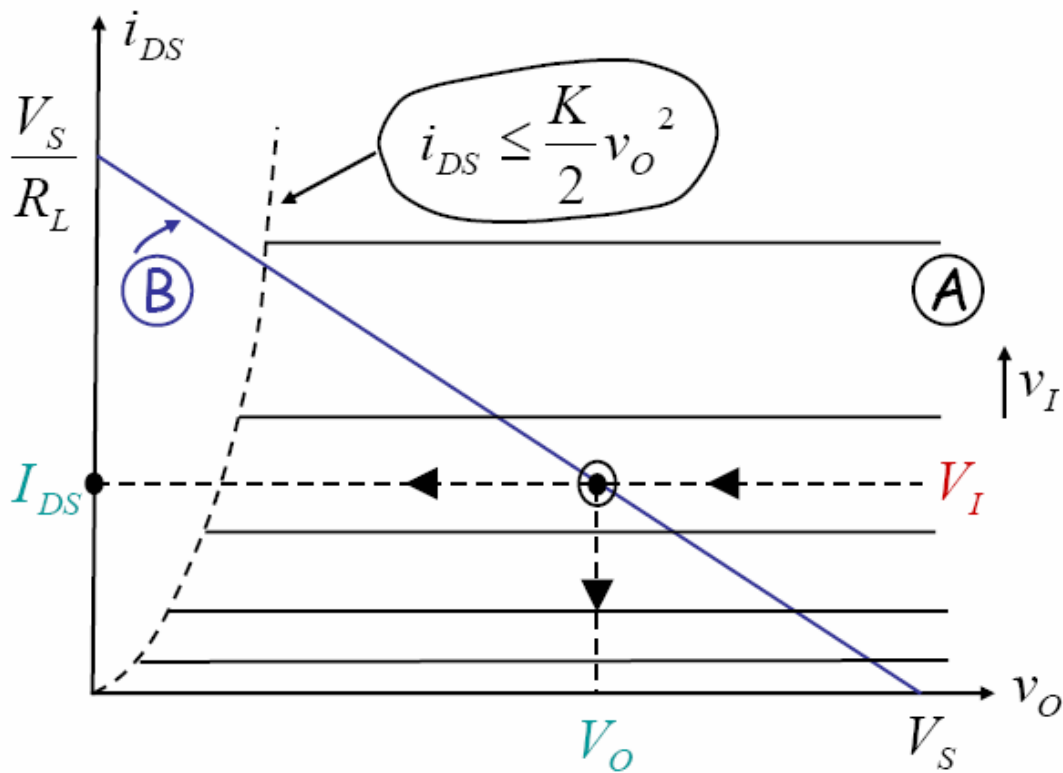
①: $i_{DS} = \frac{K}{2}(v_I - V_T)^2$, 因为 $i_{DS} \leq \frac{K}{2}v_O^2$

②: $i_{DS} = \frac{V_S - v_O}{R_L}$



使①与②相交

②图示法: v_O v_S v_I



使①与②相交

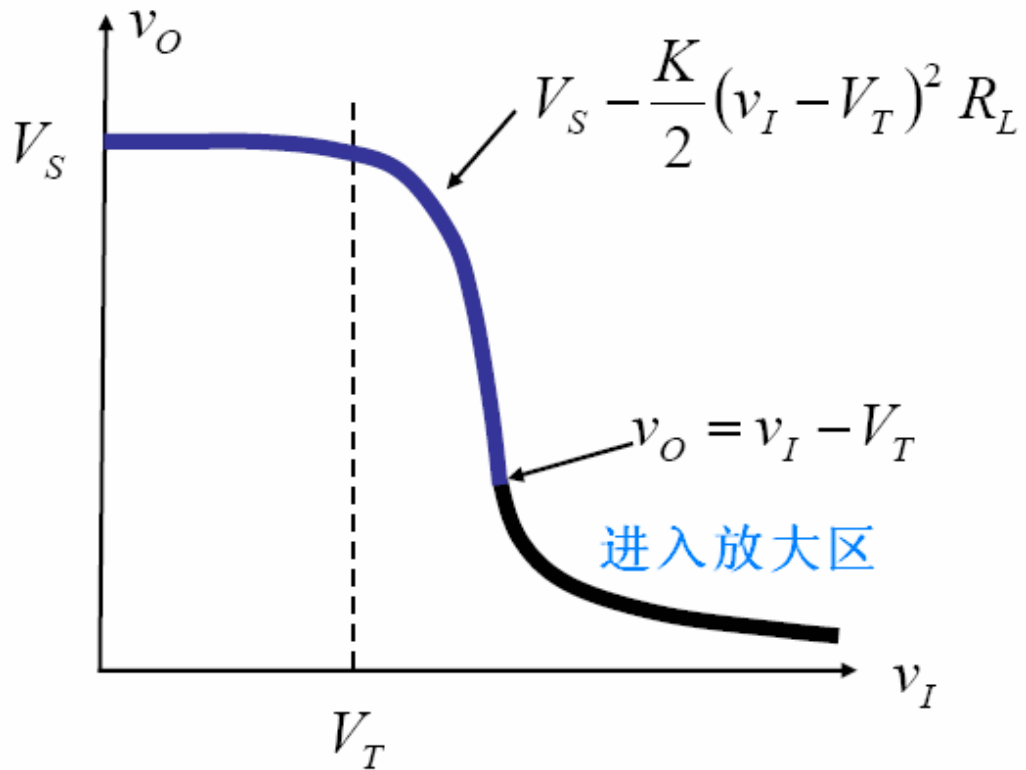
然后当 V_I 已知时, 我们即可得到 V_O , I_{DS}

大信号分析放大器 （“饱和状态下”）

- (1) v_O 与 v_I 之间的关系曲线
- (2) 输入输出的有效工作区

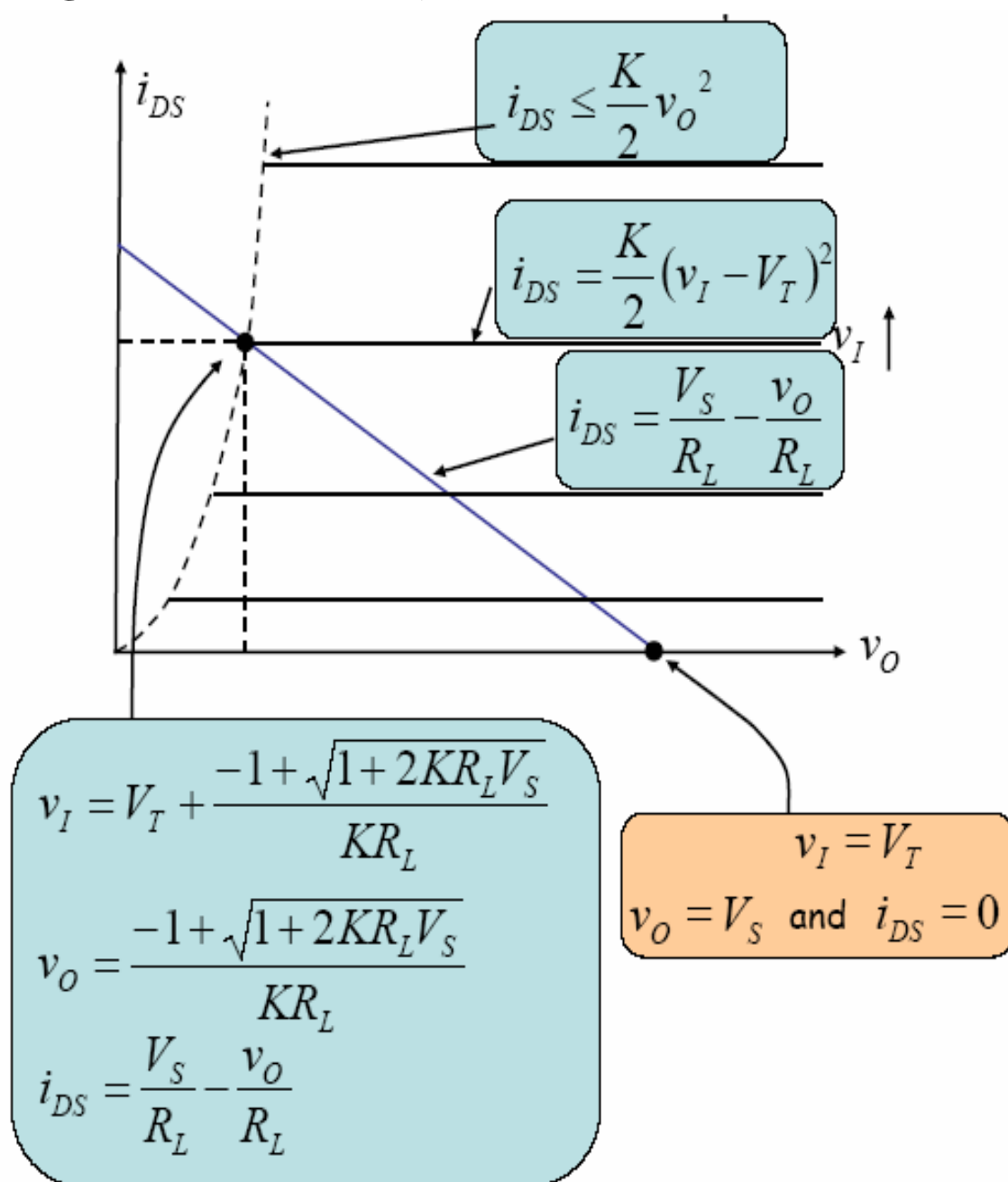
大信号分析:

(1) v_O 与 v_I 之间的关系曲线



大信号分析

②饱和区间的范围



大信号分析

概述:

① v_O 与 v_I :

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

②饱和规律下的有效运行区间?

有效输入范围:

$$v_I: V_T \text{ 到 } V_T + \frac{-1 + \sqrt{1 + 2KR_L V_S}}{KR_L}$$

相应的输出范围:

$$v_O: V_S \text{ 到 } \frac{-1 + \sqrt{1 + 2KR_L V_S}}{KR_L}$$