

3.3 场效应管的参数和小信号模型

3.3.1 结型场效应管的主要电参数

1. 直流参数

(1) 夹断电压 $U_{GS(off)}$
$$U_{GS(off)} = u_{GS} \left| \begin{array}{l} U_{DS} = \text{常数}(10V) \\ I_D < \text{测试值}(50\mu A) \end{array} \right.$$

(2) 零偏漏极电流 I_{DSS} (也称为漏极饱和电流)

$$I_{DSS} = i_D \left| \begin{array}{l} U_{DS} = \text{常数}(>|U_{GS(off)}|) \\ U_{GS} = 0 \end{array} \right.$$

(3) 直流输入电阻 R_{GS}
$$R_{GS} = \frac{U_{GS}}{I_G} \left| \begin{array}{l} U_{DS} = \text{常数}(0V) \\ |U_{GS}| = \text{常数}(10V) \end{array} \right.$$

2. 交流参数

(1) 跨导 g_m 也称为互导。其定义为：

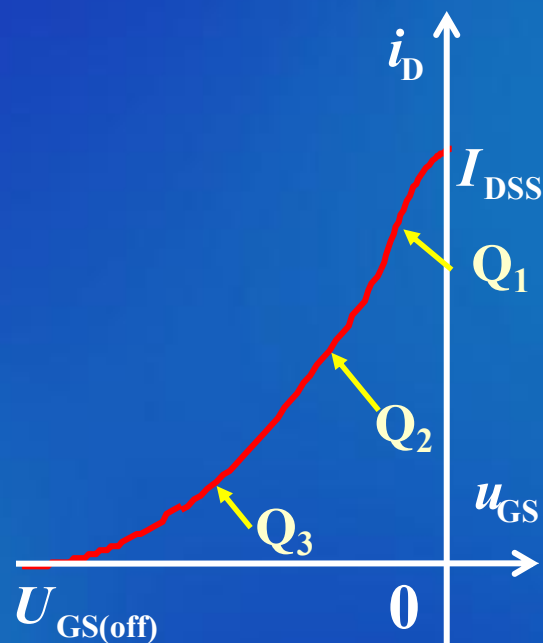
$$g_m = \left. \frac{di_D}{du_{GS}} \right|_{U_{DS} = \text{常数}}$$

当管子工作在放大区时

由
$$i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{u_{GS}}{U_{GS(off)}} \right)^2$$

得管子的跨导

$$\begin{aligned} g_m &= \frac{di_D}{du_{GS}} \\ &= \frac{d}{du_{GS}} \left[I_{DSS} \left(1 - \frac{u_{GS}}{U_{GS(off)}} \right)^2 \right] \\ &= -\frac{2I_{DSS}}{U_{GS(off)}} \left(1 - \frac{U_{GSQ}}{U_{GS(off)}} \right) \\ &= -\frac{2}{U_{GS(off)}} \sqrt{I_{DSS} I_{DQ}} \end{aligned}$$



可见， g_m 与 I_{DQ} 有关。 I_{DQ} 越大， g_m 也就越大。

(2) 极间电容



栅源电容 C_{gs}
栅漏电容 C_{gd}
漏源电容 C_{ds}

3. 极限参数

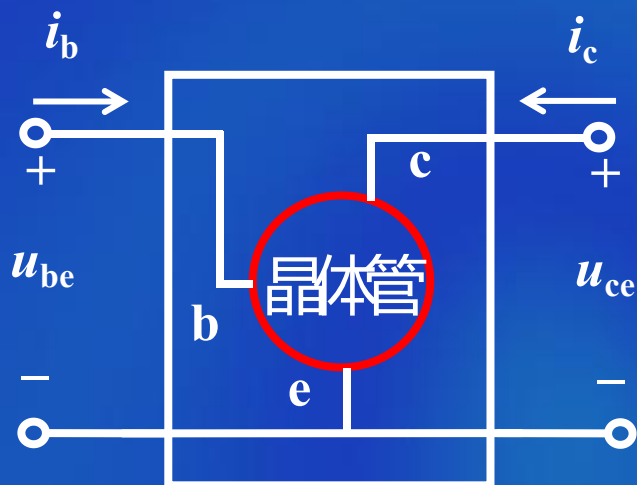
- (1) 漏极最大允许耗散功率 P_{DSM}
- (2) 最大漏极电流 I_{DSM}
- (3) 栅源击穿电压 $U_{(BR)GS}$
- (4) 漏源击穿电压 $U_{(BR)DS}$

3.3.2 场效应管的小信号模型

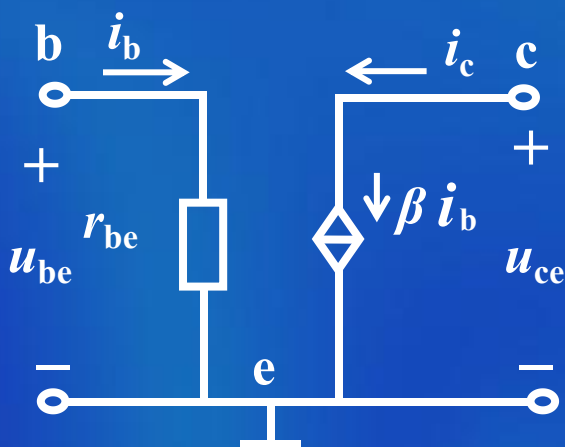
复习：双极型晶体管模型

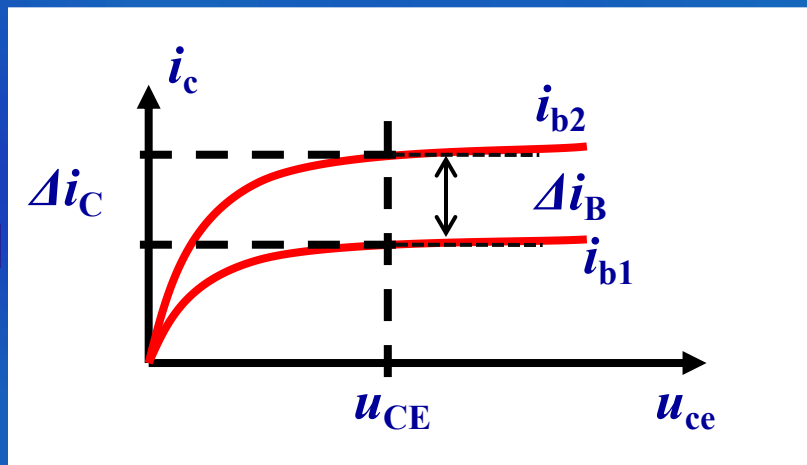
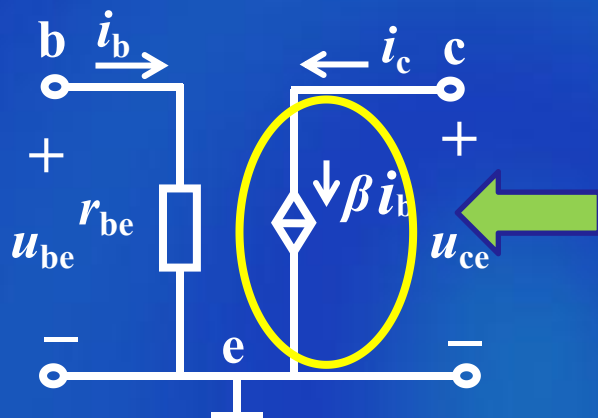
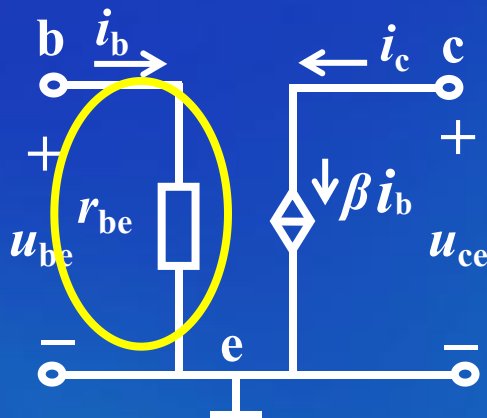
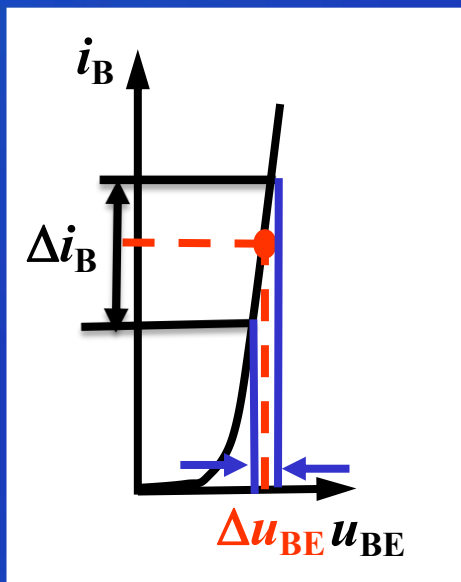
电路工作在小信号状态。

NPN 型 或 PNP 型



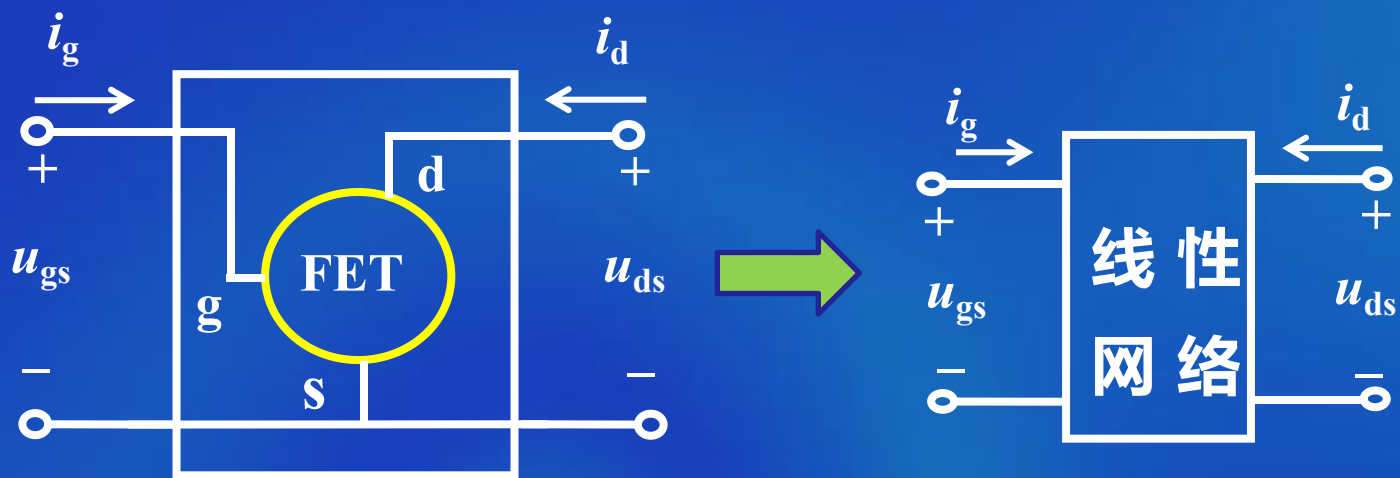
晶体管微变等效简化电路



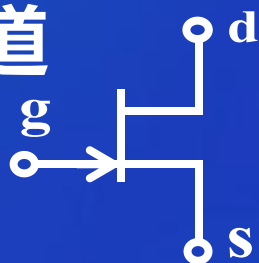


类似，场效应管工作在小信号时也可以建立线性小信号模型

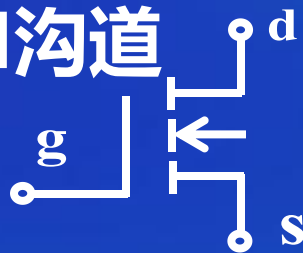
场效应管



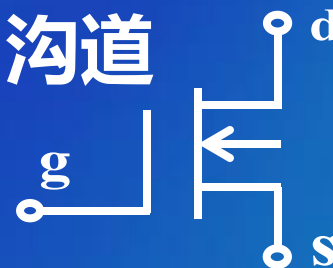
N沟道



N沟道



N沟道

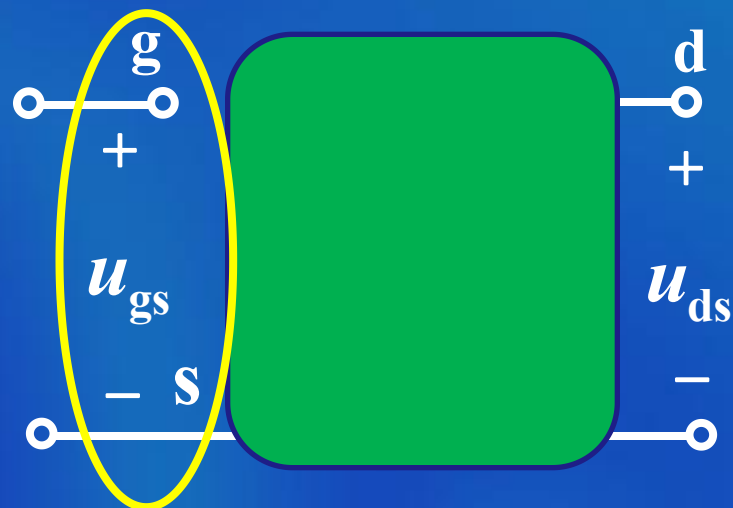


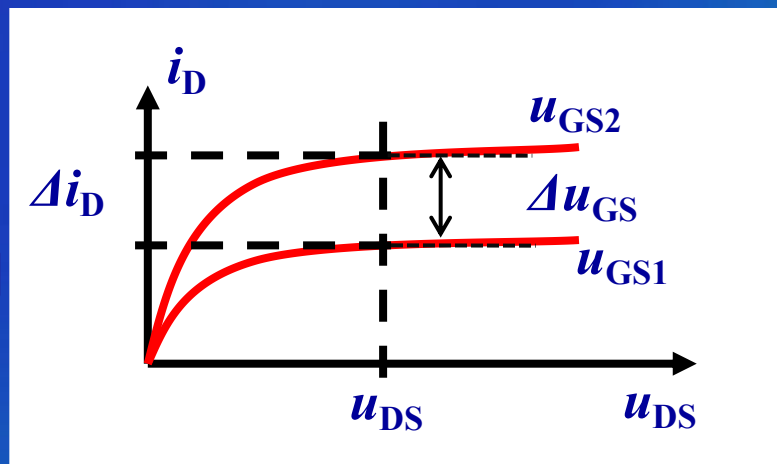
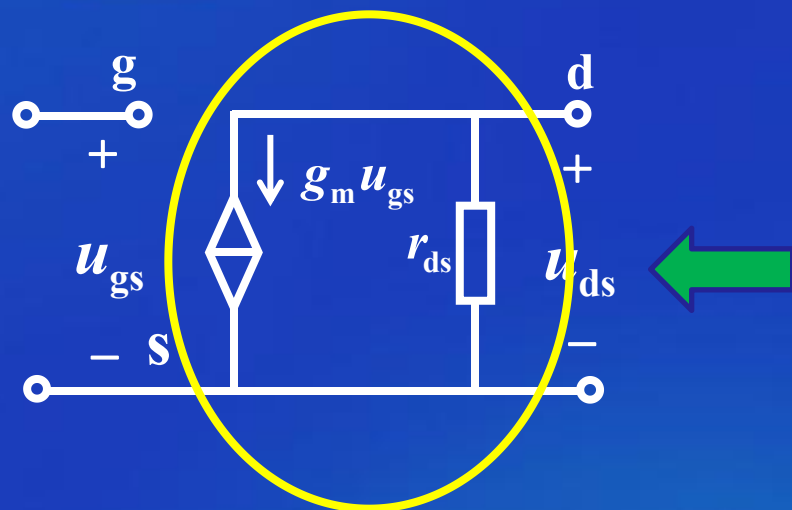
u_{GS} 反偏 或者 栅极绝缘

因此

$$i_G = 0$$

u_{gs} 之间相当于开路





$i_d = g_m u_{gs}$ 代表场效应管的电压控制作用

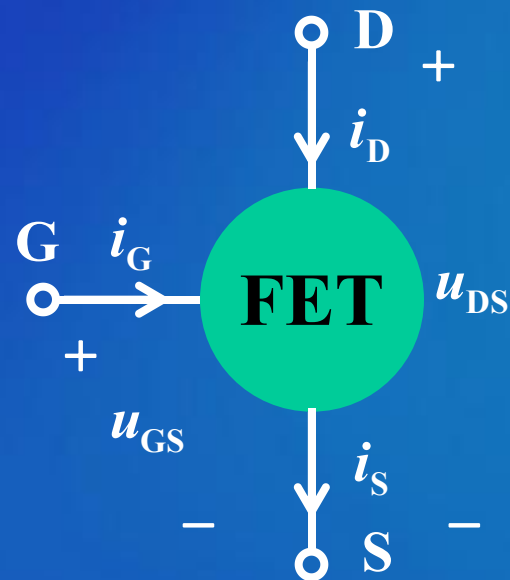
相当于一个电压控制电流源

r_{ds} 相当于受控源的内阻

由场效应管工作原理知：

$$i_G = 0$$

$$i_D = f(u_{GS}, u_{DS})$$



对 i_D 全微分

$$di_D = \left. \frac{\partial i_D}{\partial u_{GS}} \right|_{\Delta u_{DS}=0} du_{GS} + \left. \frac{\partial i_D}{\partial u_{DS}} \right|_{\Delta u_{GS}=0} du_{DS}$$

$$di_D = \left. \frac{\partial i_D}{\partial u_{GS}} \right|_{\Delta u_{DS}=0} du_{GS} + \left. \frac{\partial i_D}{\partial u_{DS}} \right|_{\Delta u_{GS}=0} du_{DS}$$

式中 $g_m = \left. \frac{\partial i_D}{\partial u_{GS}} \right|_{\Delta u_{DS}=0}$ 为跨导

$$g_{ds} = \frac{1}{r_{ds}} = \left. \frac{\partial i_D}{\partial u_{DS}} \right|_{\Delta u_{GS}=0}$$

r_{ds} 为FET共源极输出电阻

故 $di_D = g_m du_{GS} + \frac{1}{r_{ds}} du_{DS}$

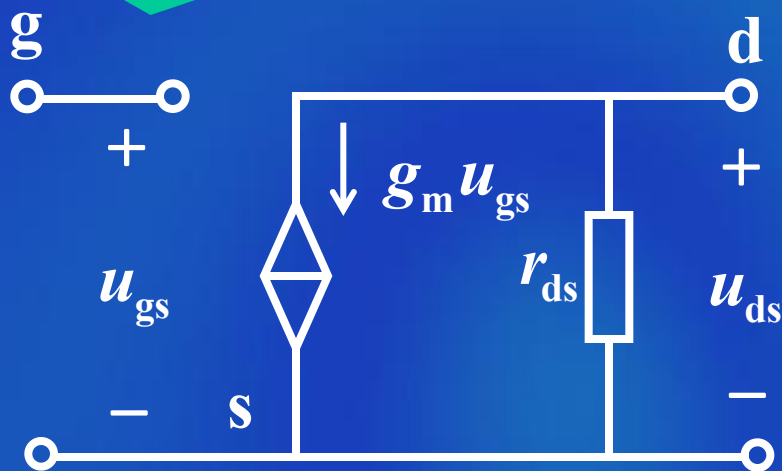
$$di_D = g_m du_{GS} + \frac{1}{r_{ds}} du_{DS}$$

或者

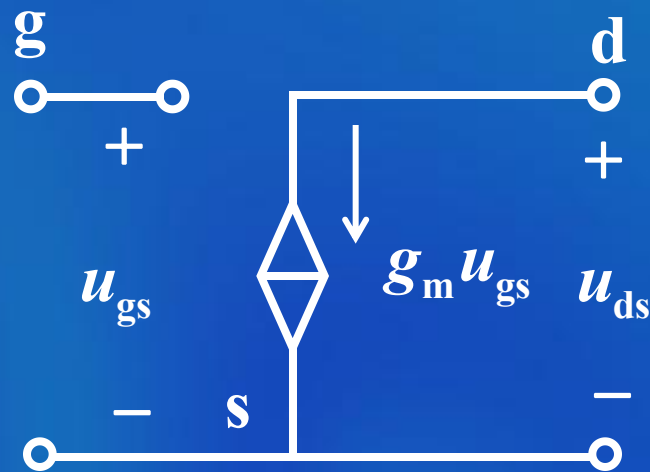
$$i_d = g_m u_{gs} + \frac{1}{r_{ds}} u_{ds}$$

r_{ds} 很大，通常数值在几十千欧，可以忽略

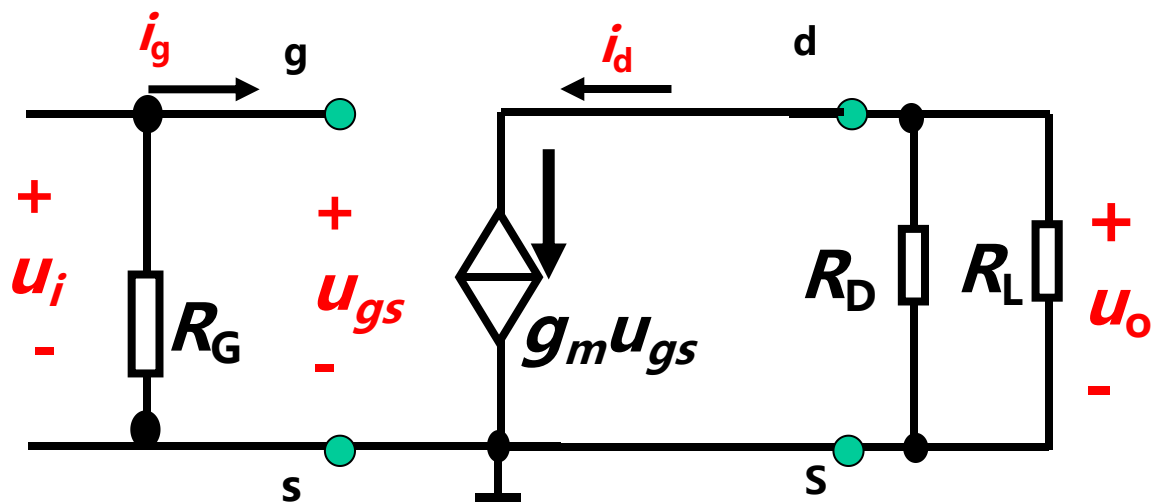
微变等效电路



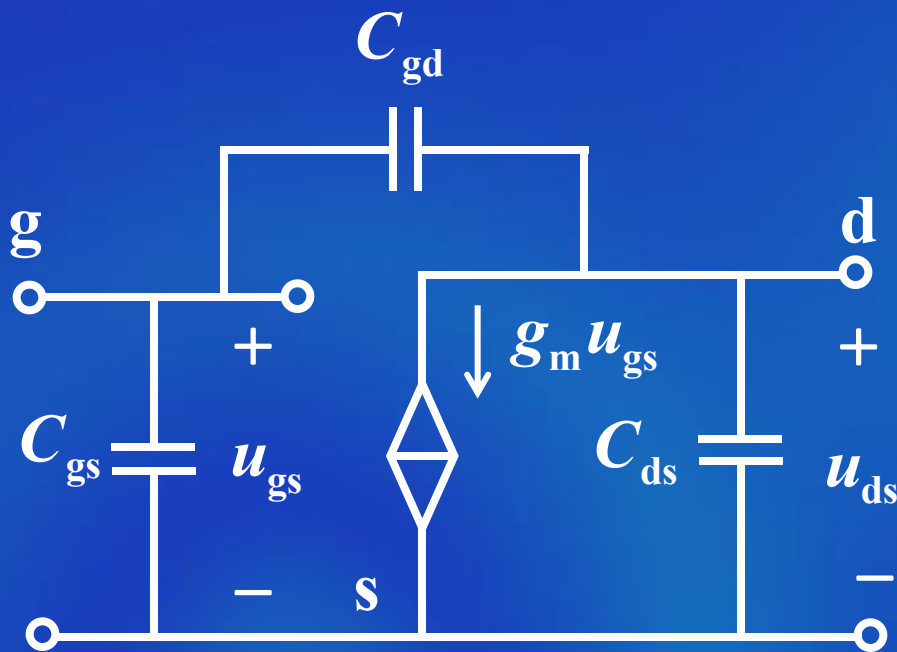
简化的微变等效电路



场效应管微变等效电路画法：

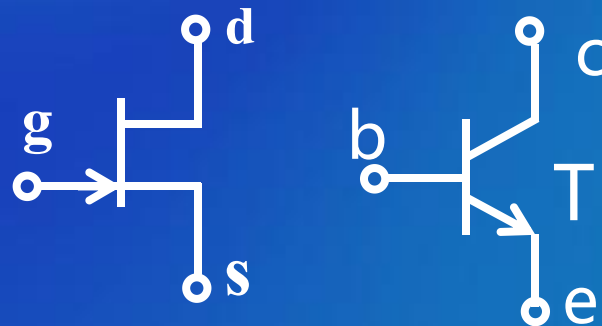


FET的高频模型



3.3.3 场效应管与晶体管的比较

(1) 导电机理



场效应管是利用一种极性载流子导电的。

在双极型晶体管中两种极性的载流子（电子和空穴）同时参与了导电。

(2) 结构对称性

场效应管的结构对称，漏极和源极可以互换使用。

（除了源极和衬底在制造时已连在一起的MOS管）

在双极型晶体管的射极与集电极不能互换。

(3) 控制方式

场效应管是一种电压控制器件，即通过 u_{GS} 来控制 i_D ；

双极型晶体管是一种电流控制器件，即通过 i_B 来控制 i_C

(4) 放大能力

场效应管跨导 g_m 较小，放大能力弱；

双极型晶体管电流放大系数 β 大，放大能力强。

(5) 直流输入电阻

场效应管的输入端电流几乎为零，输入电阻非常高。

输入电阻达几兆欧以上。

双极型晶体管的发射结始终处于正向偏置，有一定的输入电流，基极与发射极间的输入电阻较小，几十欧到几千欧。

(6) 稳定性及噪声

场效应管有较好的温度稳定性、抗辐射性及低噪声特性；
双极型晶体管受温度和辐射的影响较大

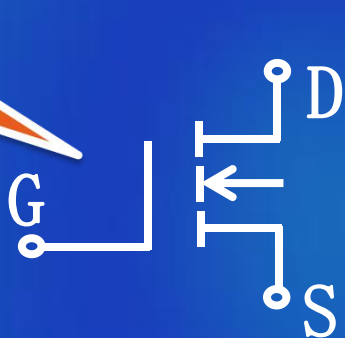
(7) 场效应管的其它特点

a. **场效应管制造工艺简单，有利于大规模集成。**

每个MOS场效应管在硅片上所占的面积只有双极性晶体管的5%。

b. MOS管的栅极不得开路
由于MOS管的输入电阻高，由外界感应产生的电荷不易泄露，
而栅极上的绝缘层又很薄，这将在栅极上产生很高的电场强度，
以致引起绝缘层的击穿而损坏管子。

增强型



耗尽型

