

截止区  $\left|V_{\mathrm{GS}}\right| < \left|V_{\mathrm{th}}\right|$   $I_{\mathrm{D}} = 0$ 

 $20\log |A_{vd}(f)|$ 

$$g_{\rm m} = \frac{\partial I_{\rm D}}{\partial V_{\rm GS}}$$
  $g_{\rm o} = \frac{\partial I_{\rm D}}{\partial V_{\rm DS}}$   $g_{m} \sim 0.0$ 

线性区 
$$|V_{\rm GS}| > |V_{\rm th}| |V_{\rm DS}| < |V_{\rm od}|$$
  $g_{\rm m} = \frac{\sigma V_{\rm D}}{\partial V_{\rm GS}} g_{\rm o} = \frac{\partial V_{\rm D}}{\partial V_{\rm DS}} g_{\rm m} \sim 0.013 \ r_0 \sim 10 M_{\odot}$   $I_{\rm D} = \pm \frac{1}{2} \mu_{\rm s} C_{\rm or} \frac{W}{L} \left[ 2 (V_{\rm GS} - V_{\rm th}) V_{\rm DS} - V_{\rm DS}^2 \right] g_{\rm m} = \mu_{\rm n} C_{\rm or} \frac{W}{L} V_{\rm DS}$  他和区  $|V_{\rm GS}| > |V_{\rm th}| |V_{\rm DS}| > |V_{\rm od}|$   $I_{\rm D} = \pm \frac{1}{2} \mu_{\rm s} C_{\rm or} \frac{W}{L} (V_{\rm GS} - V_{\rm th})^2 (1 \pm \lambda V_{\rm DS}) g_{\rm m} = \mu_{\rm n} C_{\rm or} \frac{W}{L} (V_{\rm GS} - V_{\rm th}) = \sqrt{2 \mu_{\rm n} C_{\rm or} \frac{W}{L} I_{\rm D}}$ 



开环差模电压增益A<sub>vd</sub>

 $v_{\rm O} = A_{vd}(v_{\rm P} - v_{\rm N})$ 差模输入电阻Rid

## 3dB带宽f<sub>H</sub>

>  $A_{vd}(f) = A_{vd}/(1 + jf/f_H)$ >  $\stackrel{\text{def}}{=} f_H B \dagger$ ,  $20 \log(A_{vd}(f_H)) - 20 \log(A_{vd}) = -3 \text{dB}$ 

单位增益带宽GBW

## ➤ A\_=1的频率

虚断: $I_N = I_P$ 

A<sub>vd</sub>、f<sub>H</sub>和GBW是运放的小信号频率参数

GBW是运放的最高工作频率 虚短: $V_N = V_P$ 



## $V_{12}$ $R_1$ $R_F$

 $g_{\rm m} = \frac{\partial I_{\rm D}}{\partial V_{\rm GS}} \quad g_{\rm o} = \frac{\partial I_{\rm D}}{\partial V_{\rm DS}} \quad g_{m} \sim 0.01S \quad r_{o} \sim 10 \, k\Omega$ 

**摆率(Slew Rate)** $S_R$  > 定义: 大信号阶跃输入时 $V_0$ 的最大变化率, $S_R$ =d  $V_0$ /dt  $\big|_{\max}$ 

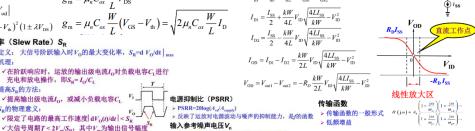
・ 在阶跃响应时,运放的输出级电流I<sub>O</sub>对负载电容C<sub>L</sub>进行充电和放电操作,即S<sub>R</sub>=I<sub>O</sub>/C<sub>L</sub>
 ・ 提高S<sub>R</sub>的方法:

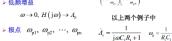
extstyle e> S<sub>B</sub>的物理意义:

**渝入参考晚声电压V<sub>n</sub>**→ 从运放射输入端看进去的输入等效噪声电压

→ 反映了由运放本身所引入的噪声的大小,是的函数

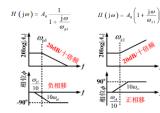
相位裕度(Phase Margin) > 运放增益为1(f=GBW)时,输出相位与180度之差 > 反映了运放的频率稳定性,是价函数

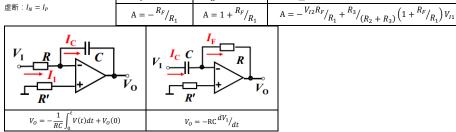




- » 👺 🛦 ω<sub>z1</sub>, ω<sub>z2</sub>, ···, ω<sub>zz</sub> 单极点系统
- √只有一个极点,该极点频率即为3dB带宽

## 单极点、单零点系统的波特图





$$\frac{I_{\text{copy}}}{I_{\text{REF}}} = \frac{\left(\frac{W}{L}\right)_{2} (1 + \lambda V_{\text{DS2}})}{\left(\frac{W}{L}\right)_{1} (1 + \lambda V_{\text{X}})} \quad r_{\text{o}} = \frac{1}{\lambda I_{\text{copy}}}$$