

(3)

Transconductance(gm)	互导（场效应管的低频跨导）
Subthreshold	亚阈值
Transition Frequency	fT 转移频率
triode region	三极区
saturation region	饱和区
Modulation	调制；调节
Finite	有限的
Pinch off	夹断
intrinsic gain	本质增益
Linearized	线性的
Basic analog blocks	基础的类比模块
source is AC ground	源极为交流接地（只让交流信号流到地线，不让直流电流通过）
PMOS load	PMOS 负荷
Implement	实施，生效
Cascode load	共源共栅负载

(4)

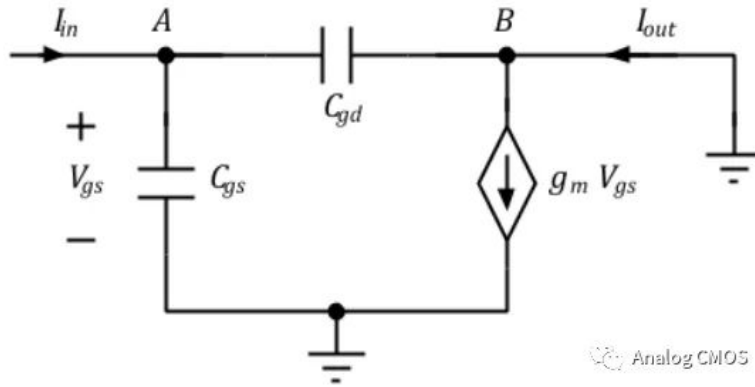
Intuition	直觉
Swing	摆动
Upper	上面的
Cascode	共源共栅
Source Degeneration	源极退化
Kichhoff	基尔霍夫
Impedance	阻抗
Buffer	缓冲
self biase load	自偏置电路负载

(3)

$gm = \Delta I_d / \Delta V_{gs}$ ，微小电流与电压的比值

在 MOS 源极和漏极接交流地时，器件的小信号电流增益降至 1 的频率称为：“transit frequency” (fT)

**FT 计算：**MOS 的小信号模型如下：



输入电流  $I_{in}(\omega)$  :

$$I_{in}(\omega) = j\omega(C_{gs} + C_{gd})V_{gs}(\omega)$$

(1) 输出电流  $I_{out}(\omega)$  :

$$I_{out}(\omega) = (g_m - j\omega C_{gd})V_{gs}(\omega)$$

(2) 电流增益:

$$\left| \frac{I_{out}(\omega)}{I_{in}(\omega)} \right| = \left| \frac{g_m - j\omega C_{gd}}{j\omega(C_{gs} + C_{gd})} \right| = \frac{\sqrt{g_m^2 + \omega^2 C_{gd}^2}}{\omega(C_{gs} + C_{gd})}$$

(3) 低频时,  $g_m \gg \omega C_{gs}$

$$\left| \frac{I_{out}(\omega)}{I_{in}(\omega)} \right| \approx \frac{g_m}{\omega(C_{gs} + C_{gd})}$$

(4) 高频时,  $g_m \ll \omega C_{gs}$

$$\left| \frac{I_{out}(\omega)}{I_{in}(\omega)} \right| \approx \frac{C_{gs}}{(C_{gs} + C_{gd})}$$

(5)我们让(4)式等于 1, 可以求出  $\omega t$  (注:  $FT = \omega t / 2\pi$ )

$$\omega_T = 2\pi f_T = \frac{g_m}{C_{gs} + C_{gd}} \approx \frac{g_m}{C_{gs}}$$

(6)然后  $g_m$  表达式 (7), 用  $V_{gs}$  替换掉式(6)中的  $g_m$

$$g_m = \mu C_{ox} \frac{W}{L} (V_{gs} - V_T)$$

(7)把(7)带入(6)得到:

$$\omega_T \approx \frac{g_m}{C_{gs}} = \frac{3\mu(V_{gs} - V_T)}{2L^2}$$

#### (8)影响因素

根据式(8), 可以知道

- 增大  $V_{gs}$  可以增大  $FT$
- 减小沟道  $L$  会增大  $FT$

进一步说: 根据式(6)

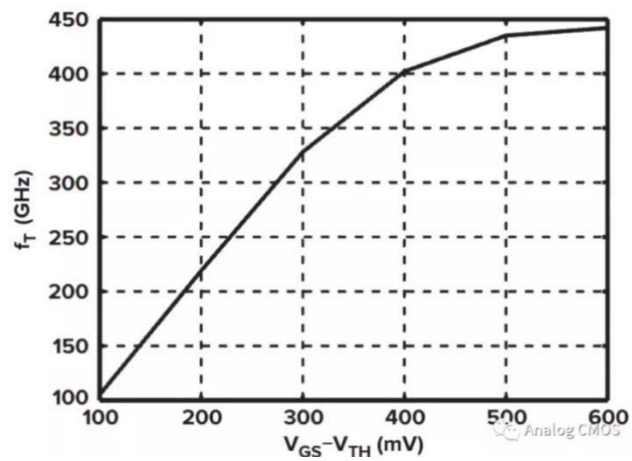
- 增大偏置电流可以增大  $FT$  ( $FT \propto \text{电流的平方根}$ )
- 当偏置电流恒定, 减小沟道的  $L$  可以增大  $FT$  [ $FT \propto L^{-3/2}$ ]

#### 注意

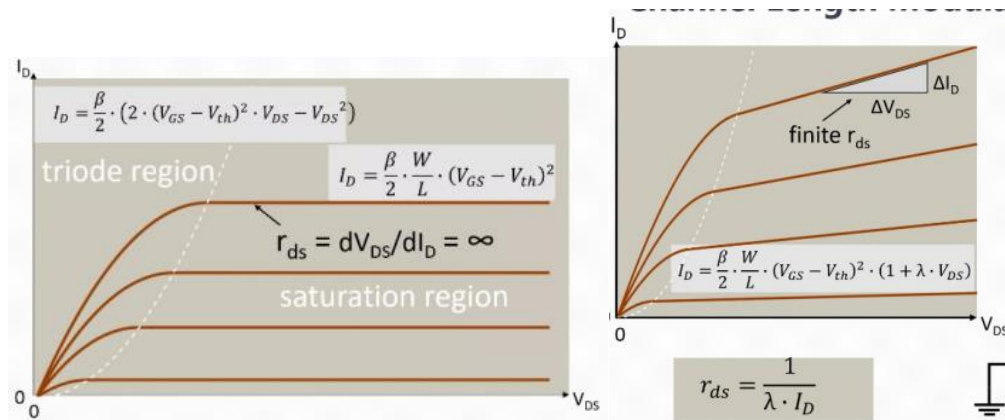
- $FT$  不受  $S$  端和  $D$  端结电容的影响。
- $FT$  不受  $R_G$  的影响, 且仍等于上面(6)给出的值。

#### PS: 小尺寸 MOS 管 $FT$ 笔记

$FT$  随过驱动而增加, 但随着垂直电场减小了迁移率变而平。下面绘制的是 NMOS 器件的  $f_T$ , 其中  $W / L = 5 \mu m / 40 \text{ nm}$   $V_{DS} = 0.8 \text{ V}$ .



$R_{ds}$ :



共源放大电路的本质增益:

$A = -g_m \cdot R_{out}$