

# CMOS 模拟集成电路原理 第一周作业

范云潜 18373486

微电子学院 184111 班

日期: 2020 年 9 月 15 日

作业内容: 1. 分别对于  $W/L=1\mu\text{m}/1\mu\text{m}$  的 NMOS 和 PMOS, 在 0-1.8V 的区域内, 扫描  $V_{GS}$ , 同时令  $V_{DS}=1.8\text{V}$ , 画出  $I_{DS}$ ,  $g_m$  和  $g_m/I_{DS}$  的曲线。(提示: 改变坐标的刻度表现形式, 以得到更直观的展示)

2. 估算  $V_{GS}=0.5\text{V}$ ,  $0.8\text{V}$  和  $1.1\text{V}$  且  $V_{DS}=1.8\text{V}$  时,  $W/L=1\mu\text{m}/0.18\mu\text{m}$  的 NMOS 的  $g_m$  和  $r_0$ 。

3. 估算  $V_{GS}=0.5\text{V}$ ,  $0.8\text{V}$  和  $1.1\text{V}$  且  $V_{DS}=1.8\text{V}$  时,  $W/L=1\mu\text{m}/0.18\mu\text{m}$  的 NMOS 的特征频率  $f_T$ , 并通过 AC 仿真得到所求的特征频率。

## Problem 1

如图 1, 图 2。

## Problem 2

由

$$KP_n = \mu_n \epsilon_{ox} / t_{ox} \text{ where } t_{ox} = L_{min}/50$$

$$KP_{n,180nm} = 300 \frac{0.35}{0.18} \approx 600 \mu\text{A}/\text{V}^2$$

$V_{gs} = 0.5\text{V}$  此时在弱反型区, 可以认为, 此时  $n \approx 1.5$  是合理的估算值,

$$I_{d0} = \mu_n C_{ox} (n-1) V_t^2 e^{-V_{th}/(nV_t)} = 600 \mu * 0.5 * (26\text{m})^2 e^{-0.7/(1.5*26\text{m})} = 3.25 * 10^{-15} \text{A}$$

$$I_d = I_{d0} W/L e^{V_{gs}/(nV_t)} * (1 - e^{-V_{ds}/(V_t)}) = 6.7 * 10^{-9} \text{A}$$

$$g_{m,wi} = \frac{I_{d,wi}}{n k T / q} = 60 \mu / 35 \text{m} \approx 0.19 \mu\text{G}$$

$V_{gs} = 0.8\text{V}$  此时进入强反型区

$$I_d = \frac{1}{2} KP_n \frac{W}{L} (V_{gs} - V_{th})^2 \approx 0.5 * 600 * 1/0.2 * 0.01 = 15 \mu\text{A}$$

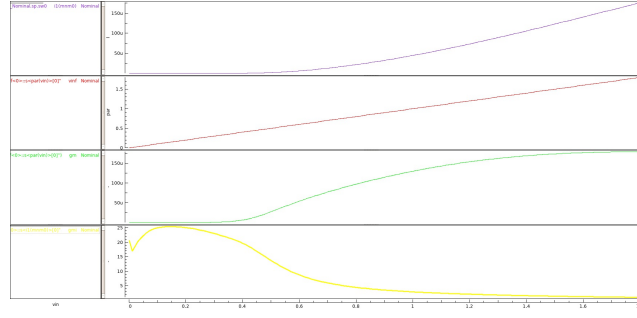


图 1: NMOS 结果绘图

$$g_m = KP_n \frac{W}{L} (V_{gs} - V_{th}) \approx 600 * 5 * 0.1 = 300 \mu G$$

$$r_0 = \frac{V_{EL}}{I_{ds}} \approx \frac{4 * 0.18}{15 * 10^{-6}} = 48 k\Omega$$

$V_{gs} = 1.1V$  此时强反型区:

$$I_d = \frac{1}{2} KP_n \frac{W}{L} (V_{gs} - V_{th})^2 \approx 0.5 * 600 * 1 / 0.2 * 0.16 = 240 \mu A$$

$$g_m = KP_n \frac{W}{L} (V_{gs} - V_{th}) \approx 600 * 5 * 0.4 = 1200 \mu G$$

$$r_0 = \frac{V_{EL}}{I_{ds}} \approx \frac{4 * 0.18}{240 * 10^{-6}} = 3 k\Omega$$

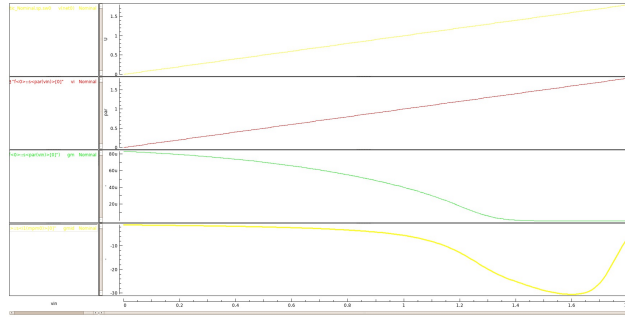


图 2: PMOS 结果绘图

### Problem 3

均属于反型区，使用

$$f_T = \frac{g_m}{2\pi C_{GS}}$$

其中

$$C_{GS} = \frac{2}{3}WL C_{ox}$$

对于  $0.35\mu m$  工艺：

$$C_{ox,0.35} = \frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox}} \approx 5 * 10^{-7} F/cm^2$$

而

$$t_{ox} = \frac{L_{min}}{50}$$

所以

$$C_{ox,0.18} = C_{ox,0.35} * 35/18 \approx 10^{-6} F/cm^2 = 10^{-2} F/m^2$$

那么

$$C_{GS} = \frac{2}{3} \mu * 0.18 \mu * 10^{-2} = 0.12 * 10^{-14} F$$

对  $0.5V$  ,

$$f_t = 2.5 * 10^7 Hz$$

对  $0.8V$  ,

$$f_t = 4 * 10^{10} Hz$$

对  $1.1V$  ,

$$f_t = 1.6 * 10^{11} Hz$$

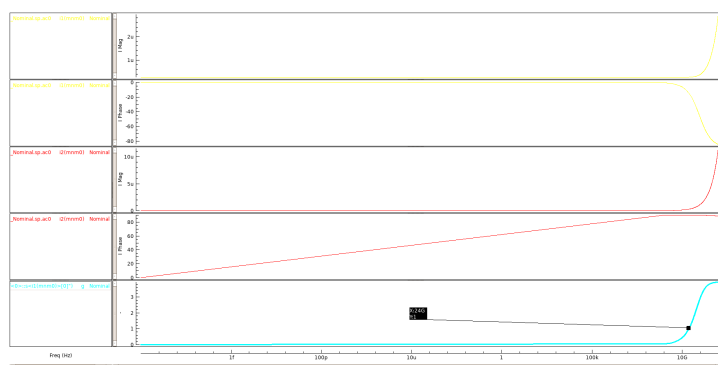


图 3: 0.5 V 特征频率

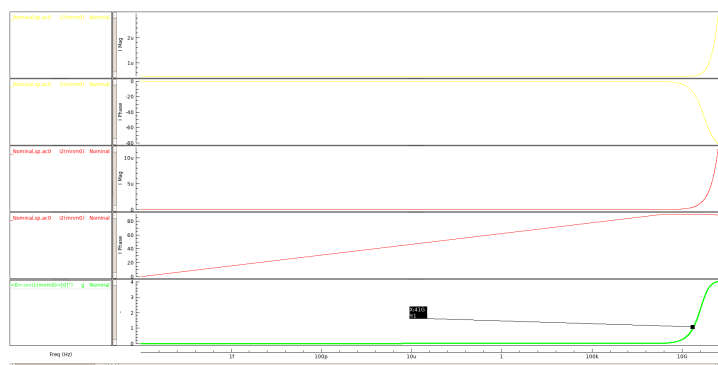


图 4: 0.8 V 特征频率

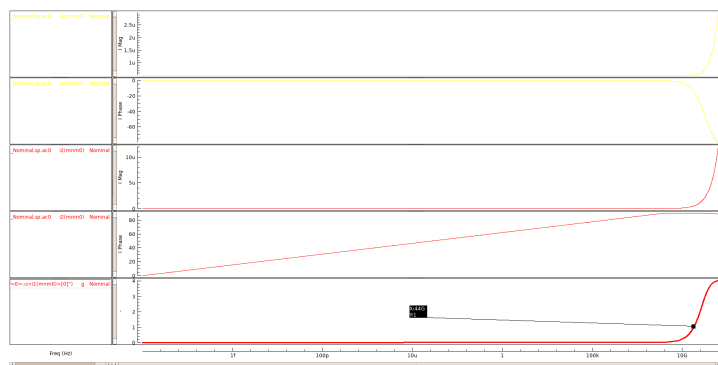


图 5: 1.1 V 特征频率