

# CMOS 模拟集成电路原理 第二周作业

范云潜 18373486

微电子学院 184111 班

日期：2020 年 9 月 22 日

作业内容：作业 1：利用仿真结果，找到我们所使用工艺的  $\mu, C_{ox}, V_{th}$

作业 2：通过公式描述  $V_B$  的取值范围（提示：晶体管 M1-M4 均需要工作在饱和区）；在 Cascode 电流镜中，假设有寄生电容  $C_{par}$ ，利用公式估算并用仿真验证该电流镜的频率特性。（可以自由设置偏置、晶体管的尺寸以及寄生电容）

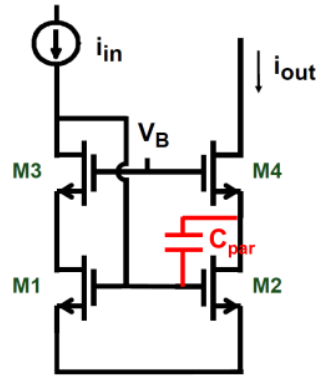


图 1: 题目 2

本次作业使用  $W/L = 1\mu m/0.18\mu m$

## Problem 作业 1

仿真的思路：

仿真，得到 nMOS  $V_{th} = 456.44mV$ ,  $C_{gs} = 1.32fF$ ，如图 2；得到 pMOS  $V_{th} = 319.17mV$ ,  $C_{gs} = 888.9aF$  如图 3。

为了得到  $C_{ox}$

$$C_{GS} \approx \frac{2}{3}WLC_{ox}$$

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

计算得到  $C_{ox,n} = 0.0110F/m^2$ ,  $C_{ox,p} = 0.0074F/m^2$

之后即可通过电流公式进行计算  $\mu$

$$I_d = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{gs} - V_{th})^2$$

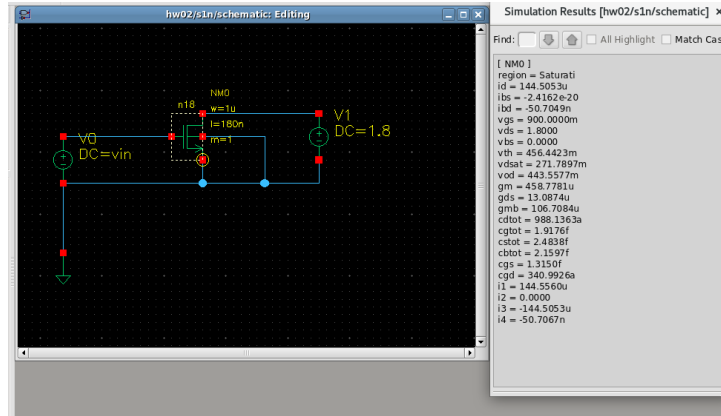


图 2: nMOS 参数

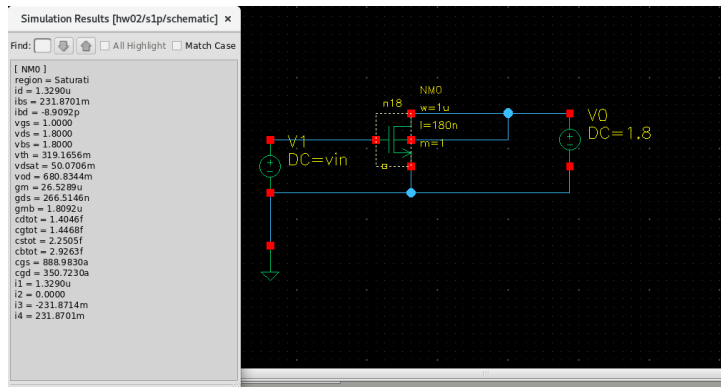


图 3: pMOS 参数

$$\mu_n = \frac{2I_d}{C_{ox} \frac{W}{L} (V_{od})^2}$$

计算得到  $\mu_n = 0.0240 m^2 V^{-1} s^{-1}$ ,  $\mu_p = 1.3934 e-04 V^{-1} s^{-1}$

## Problem 作业 2

### SubProblem 1

对 1, 3 管列式, 记  $V_x$  为 M3 漏极电压,  $V_y$  为 M3 源极电压:

$$V_B - V_x < V_{th}$$

$$V_B - V_y > V_{th}$$

$$V_x - V_y < V_{th}$$

$$V_x > V_{th}$$

那么

$$V_x < V_{th} + V_y < V_B < V_{th} + V_x < V_y + 2V_{th}$$

## SubProblem 2

设  $V_x = 1V$  以  $V_{th} = 0.5V$  预估，可以使  $V_y = 0.7V$   $V_B = 1.4V$ ，设置偏置电流为  $0.1mA$ 。  
据此计算得到： $(W/L)_3 = 7.2\mu/0.18\mu$   $(W/L)_1 = 0.56\mu/0.18\mu$

最终搭建电路如 图 4，频率响应如 图 5，特征频率为  $30MHz$

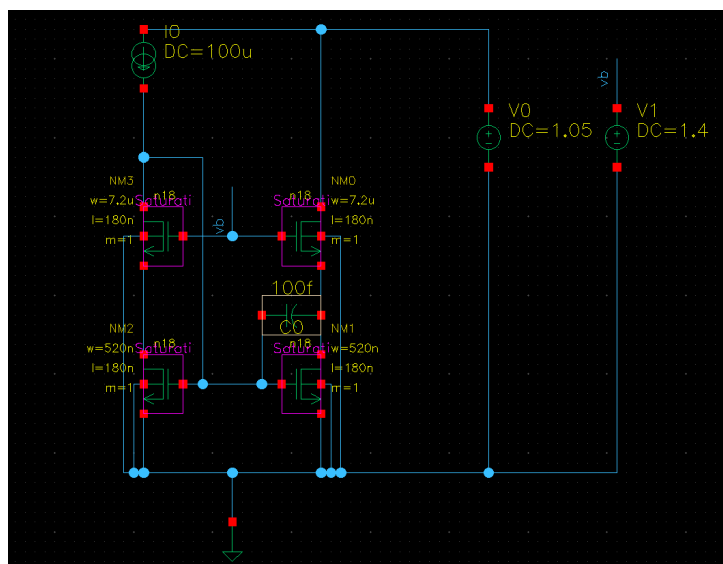


图 4: Cascode 电路

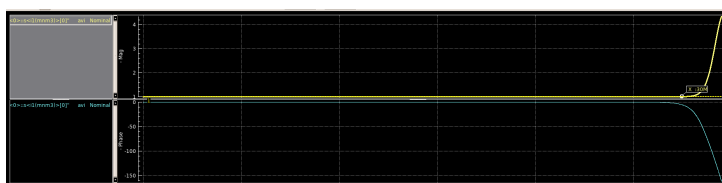


图 5: Cascode 电路频响

手工计算：

$$r_o \approx \frac{1}{\lambda I_D} \approx \frac{1}{0.1 \cdot 0.1/1000} = 1e6\Omega$$

那么特征频率为

$$f_t = \frac{1}{2\pi C r_{eq}} = \frac{1}{2\pi \cdot 100f \cdot 50k} = 31830988.61838Hz = 31.8MHz$$

## Problem 作业 3

### SubProblem 1

搭建电路，如图 6，对  $V_{in}$  扫描，结果如图 7。 $g_m = 1.2m$ ，得到  $0.99g_m = 1.188m$ ，图中结果为  $V_{in} = 2 * 16 = 32mV$ ，如图 8。

手工计算

$$g_m = \frac{\partial \Delta I_D}{\partial \Delta V_{in}} = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \frac{\frac{4I_{SS}}{\mu_n C_{ox} W/L} - 2(\Delta V_{in})^2}{\sqrt{\frac{4I_{SS}}{\mu_n C_{ox} W/L} - (\Delta V_{in})^2}}$$

仿真得到  $\mu_n C_{ox} = 2I_d/(V_{od}^2)/(W/L) = 0.00039157 = k$ ，带入得到

$$g_{m,max} \sqrt{I_{ss} \mu_n C_{ox} W/L} = 0.0017699$$

## SubProblem 2

$I = 198u$  时， $\Delta V_{in} = 2 * 0.14 = 0.28V$ 。如图 10

手工计算得到

$$V_{in} = \sqrt{2I_{SS}/(\mu_n C_{ox} W/L)} = 0.15981V$$

那么  $\Delta V_{in} = 0.32V$

## SubProblem 3

此时可以认为，几乎是  $\Delta V_{in}$  为最大值的时候，将其扩大为 2 倍，那么根据公式  $\Delta V_{in} = \sqrt{2I_{SS}/(\mu_n C_{ox} W/L)}$  得到， $W/L$  变为 1/4 倍，即  $W = 10\mu m$ 。

分别仿真出的电压是 0.15V 0.26V 如图 11 图 12

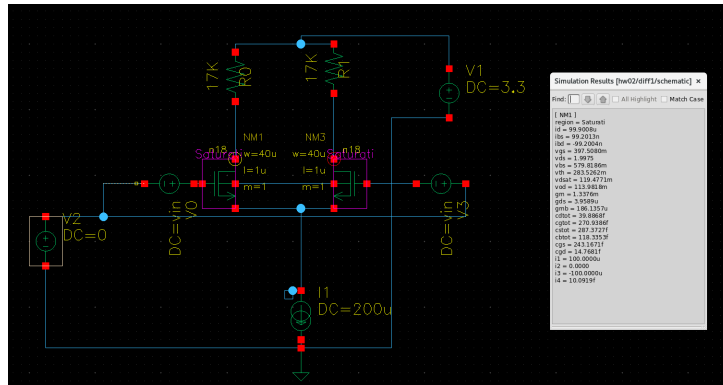


图 6: 差动电路

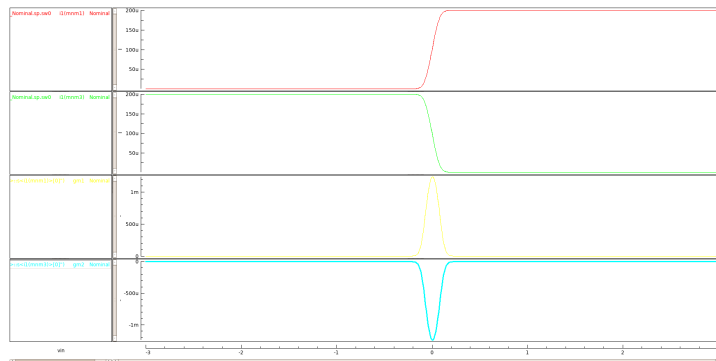


图 7: 差动电路结果

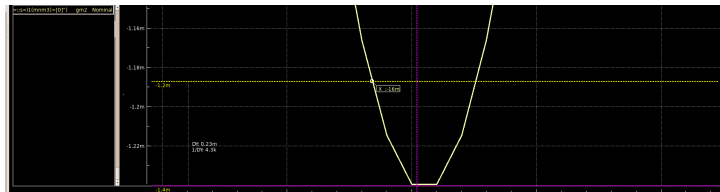


图 8: 差动电路区间

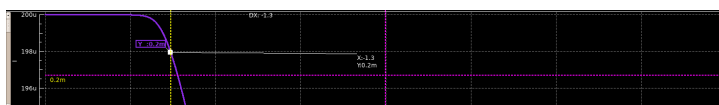


图 9: 差分电压

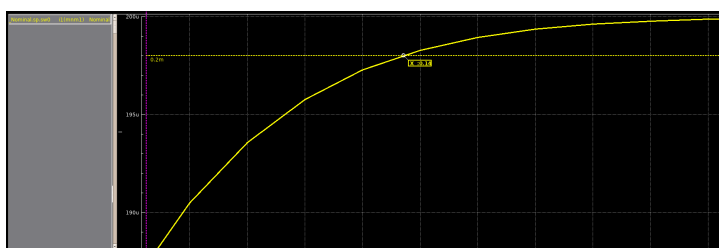


图 10: 198 uA 对应电压



图 11: 抽取电压



图 12: 抽取电压