

第二章习题答案

王子康 2024.03.23

1

数据参考

表 2.1 一级 SPICE 模型(NMOS 和 PMOS 器件)						
NMOS 模型				VTO:	V_{th} 时的阈值电压	(单位: V)
LEVEL=1	VTO=0.7	GAMMA=0.45	PHI=0.9	GAMMA:	体效应系数	(单位: $V^{1/2}$)
PSUB=9e+14	LD=0.08e-6	UO=350	LAMBDA=0.1	PHI:	$2\Phi_F$	(单位: V)
TOX=9e-9	PB=0.9	CJ=0.56e-3	CJSW=0.35e-11	TOX:	栅氧厚度	(单位: m)
MJ=0.45	MJSW=0.2	CGDO=0.4e-9	JS=1.0e-8	NSUB:	衬底掺杂浓度	(单位: cm^{-3})
PMOS 模型				LD:	源/漏侧扩散长度	(单位: m)
LEVEL=1	VTO=-0.8	GAMMA=0.4	PHI=0.8	UO:	沟道迁移率	(单位: $cm^2/V\cdot s$)
NSUB=5e+14	LD=0.09e-6	UO=100	LAMBDA=0.2	LAMBDA:	沟道长度调制系数	(单位: V^{-1})
TOX=9e-9	PB=0.9	CJ=0.94e-3	CJSW=0.32e-11	CJ:	单位面积的源/漏结电容	(单位: F/m ²)
MJ=0.5	MJSW=0.3	CGDO=0.3e-9	JS=0.5e-8	CJSW:	单位长度的源/漏侧壁结电容	(单位: F/m)
				PB:	源/漏结内建电势	(单位: V)
				MJ:	CJ 公式中的幂指数	(无单位)
				MJSW:	CJSW 等式中的幂指数	(无单位)
				CGDO:	单位宽度的栅-漏覆盖电容	(单位: F/m)
				CGSO:	单位宽度的栅-源覆盖电容	(单位: F/m)
				JS:	源/漏结单位面积的漏电流	(单位: A/m ²)

$L = 0.5\mu m$

P11

硅的介电常数。由于 C_{ox} 在器件和电路计算中经常出现,所以记住它的值是有帮助的:当 $t_{ox} \approx 20\text{\AA}$ 时, $C_{ox} \approx 17.25\text{ fF}/\mu m^2$ 。这样,对于其它的氧化层厚度, C_{ox} 的值可以依比例确定。

2

习题2.2

2.2 $W/L=50/0.5, |I_D|=0.5 \text{ mA}$, 计算 NMOS 和 PMOS 的跨导和输出阻抗, 以及本征增益 $g_m r_o$ 。 According to the Graphic 2.1 & Page 11

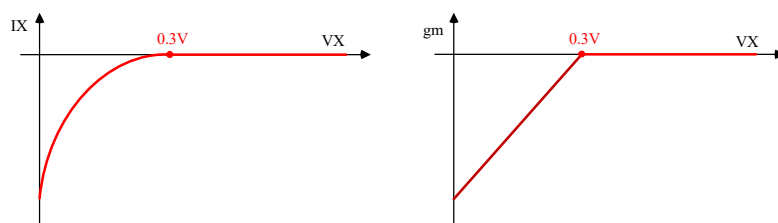
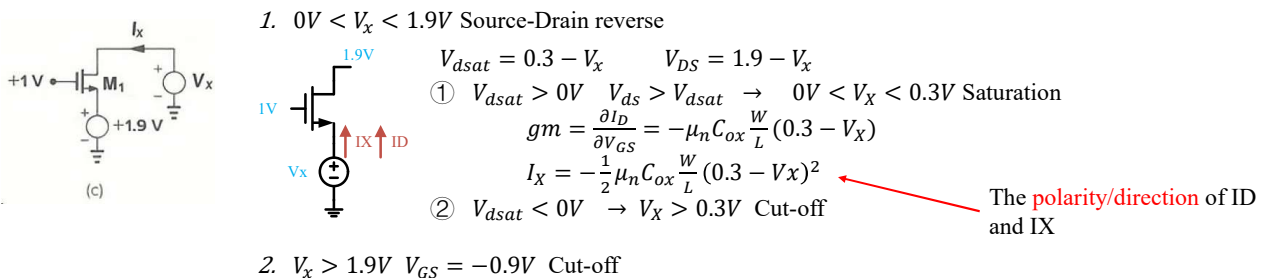
$$\begin{aligned} \mu_n &= 350 \text{ cm}^2/\text{V/s} & C_{ox}|_{t_{ox}} &= 90 \text{ \AA} = \frac{17.25}{90} \times 20 = 3.83 \text{ fF}/\mu\text{m}^2 & \lambda_n &= 0.1/\text{V} \\ g_{m_n} &= \sqrt{2\mu_n C_{ox} \frac{W}{L} I_D} = 3.66 \text{ mS} & r_o &= \frac{1}{\lambda I_D} = 20 \text{ k}\Omega & \text{Selfgain}_n &= g_{m_n} r_o = 73.6 = 37.3 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_p &= 100 \text{ cm}^2/\text{V/s} & \lambda_p &= 0.2/\text{V} \\ g_{m_p} &= \sqrt{2\mu_p C_{ox} \frac{W}{L} I_D} = 1.96 \text{ mS} & r_o &= \frac{1}{\lambda I_D} = 10 \text{ k}\Omega & \text{Selfgain}_p &= g_{m_p} r_o = 19.6 = 25.8 \text{ dB} \end{aligned}$$

3

习题2.5c

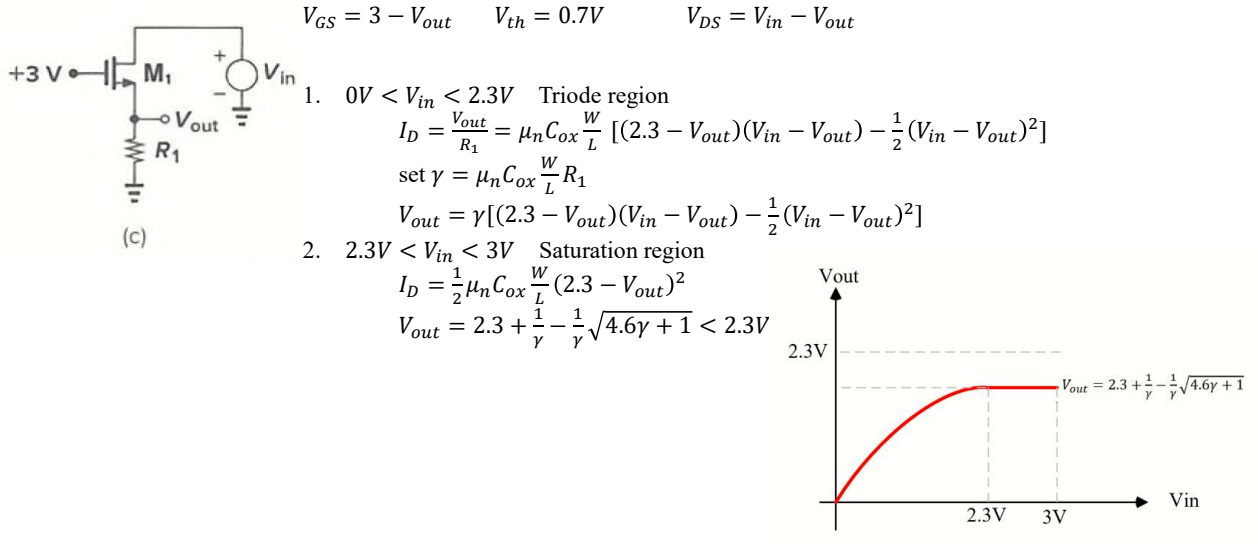
2.5 对于图 2.47 的每个电路, 画出 I_X 和晶体管跨导关于 V_X 的函数曲线草图, V_X 从 0 变化到 V_{DD} 。在(a)中, 假设 V_X 从 0 变化到 1.5 V。



4

习题2.7c

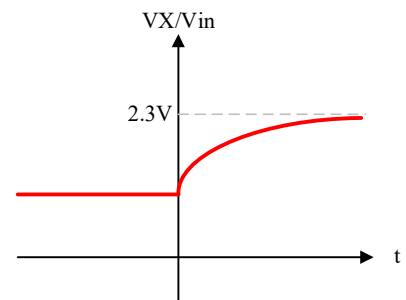
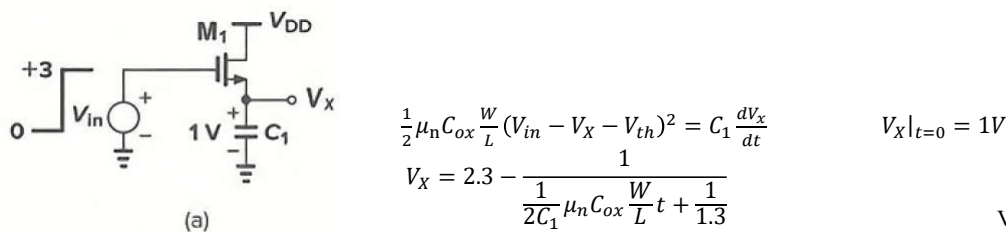
2.7 对于图 2.49 的每个电路,画出 V_{out} 关于 V_{in} 的函数曲线草图。 V_{in} 从 0 变化到 V_{DD} 。



5

习题2.11a

2.11 对于图 2.53 的每个电路,画出 V_X 关于时间的函数曲线草图。每个电容器的初始电压如图所示。



6

习题2.25

2.25 NMOS 电流源, $I_D = 0.5 \text{ mA}$, 工作时漏-源电压必须低至 0.4 V 。如果所需的最小输出阻抗为 $20 \text{ k}\Omega$, 计算器件的长度和宽度。~~如果器件是折叠结构, 如图 2.33 所示, 且 $L = 3 \mu\text{m}$, 计算其栅-源、栅-漏、源-衬底电容。~~

$$r_o = 20 \text{ k}\Omega = \frac{1}{\lambda I_D} \quad \& \quad \lambda \propto \frac{1}{L} \rightarrow L = 0.5 \mu\text{m}$$

$$V_{dsat} = V_{GS} - V_{th} = 0.4 \text{ V} \quad I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{th})^2 \rightarrow W/L \approx 46.6$$

The accurate value of W and L

$$\textcircled{1} \quad L = L_{eff} \quad W = 23.3 \mu\text{m}$$

$$\textcircled{2} \quad L \neq L_{eff} \quad \frac{W}{L_{eff}} = 46.6 \quad L_{eff} = L - 2L_D = 0.5 - 0.08 \times 2 = 0.34 \mu\text{m} \quad W = 15.8 \mu\text{m}$$