

已知 MOSFET 的参数如下:

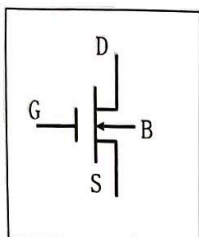
表 1 通用 0.25μm CMOS 工艺场效应管手工分析模型参数 (典型工作电压 VDD=2.5V)

	V_{T0} (V)	γ ($V^{0.5}$)	ϕ_F (V)	V_{DSAT} (V)	K' (A/V^2)	λ (V^{-1})
NMOS	0.43	0.4	-0.3	0.63	115×10^{-6}	0.06
PMOS	-0.4	-0.4	0.3	-1	-30×10^{-6}	-0.1

作业 1 (第二讲 基本器件和模型) 5 分

$W = 0.5 \mu m$

1. 如下图的 NMOS FET, 晶体管尺寸 $L=0.25 \mu m$, $W/L=2$, 场效应管参数如表 1 所示。试根据如下情况分别判断晶体管工作在哪个区, 并根据用于手工分析的通用 MOS 模型 (教材 pp.73) 计算 I_{DS} 电流 (60%)



- (1) $V_{GS}=2.5V$, $V_{DS}=2.5V$, $V_{SB}=0V$;
 (2) $V_{GS}=2.5V$, $V_{DS}=2.5V$, $V_{SB}=1V$;
 (3) $V_{GS}=2.5V$, $V_{DS}=0.5V$, $V_{SB}=0V$;

(1) $V_{DS} > V_{DSAT}$ 速度饱和区

$$V_T = V_{T0} = 0.43V$$

$$V_{GT} = V_{GS} - V_T = 2.07V$$

$$I_{DS} = K' \frac{W}{L} (V_{GT} \cdot V_{DSAT} - \frac{V_{DSAT}^2}{2}) (1 + \lambda V_{DS})$$

$$= 2.92 \times 10^{-4} A$$

(2) $V_{DS} > V_{DSAT}$ 速度饱和区

$$V_T = V_{T0} + \gamma (\sqrt{1 - 2\phi_F + V_{SB}} - \sqrt{1 - 2\phi_F})$$

$$= 0.43 + 0.5 \times (\sqrt{1.6} - \sqrt{0.6}) = 0.63V$$

$$V_{GT} = V_{GS} - V_T = 1.87V$$

$$I_{DS} = K' \frac{W}{L} (V_{GT} \cdot V_{DSAT} - \frac{V_{DSAT}^2}{2}) (1 + \lambda V_{DS})$$

$$= 2.59 \times 10^{-4} A$$

$$V_T = V_{T0} = 0.43V$$

(3) $V_{DS} < V_{DSAT}$ 线性区

$$V_{GS} < V_T$$

$$V_{GT} = V_{GS} - V_T = 2.07V$$

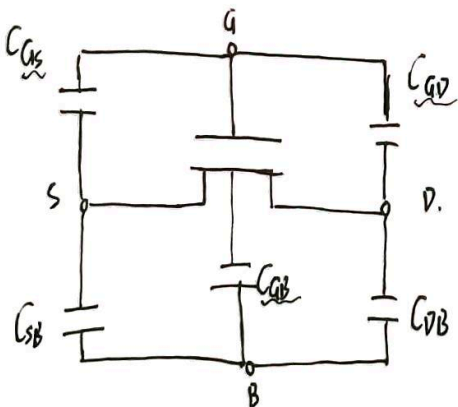
$$I_{DS} = K' \frac{W}{L} (V_{GT} \cdot V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2}) (1 + \lambda V_{DS})$$

$$= 2.16 \times 10^{-4} A$$

2. 请画出 MOSFET 电容模型。说明 MOSFET 沟道电容 C_g 的构成, 并推导 MOSFET 在不同工作区 (截止区、电阻区和饱和区) 其沟道电容 C_g 计算公式。(40%)

$$\text{沟道电容: } C_g = C_{GB} + C_{GS} + C_{GD}$$

MOSFET 电容模型.



① 截止区:

$$C_{GB} = C_{ox} W L_{eff} \quad C_{GS} = C_{GD} = 0$$

$$C_g = C_{ox} W L_{eff}$$

② 电阻区:

$$C_{GB} = 0 \quad C_{GS} = C_{GD} = \frac{1}{2} C_{ox} L_{eff}$$

$$C_g = C_{ox} L_{eff}$$

③ 饱和区:

$$C_{GB} = 0 \quad C_{GS} = \frac{2}{3} C_{ox} L_{eff} \quad C_{GD} = 0$$

$$C_g = \frac{2}{3} C_{ox} L_{eff}$$