

参考答案

一、填空题

- 1、JFET(结型场效应管)、MOSFET(金属-氧化物-半导体场效应管)、电压
- 2、场效应管、场效应管
- 3、E-NMOSFET(增强型 N 沟道)、D-NMOSFET (耗尽型 N 沟道)、
E-PMOSFET(增强型 P 沟道)、D-PMOSFET (耗尽型 P 沟道)、
- 4、B(基极)、C(集电极)、E (发射极)。
- 5、共源极、共漏极、共栅极
- 6、N 沟道增强型 MOSFET, 1V, P 沟道结型场效应晶体管 JFET, 2mA

二、计算题

- 1、解：图略。

$$\text{输入阻抗: } R_i = R_{GG} = 10M\Omega$$

$$\text{输出阻抗: } R_o = R_D = 10K\Omega$$

$$v_o = -g_m v_{gs} (R_D // R_L) = -g_m (R_D // R_L) \frac{R_i}{R_i + R} v_s$$

放大器的电压增益:

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_o}{v_s} = -g_m (R_D // R_L) \frac{R_i}{R_i + R} \\ &= -10 \times 10^{-3} \times (10K // 10K) \frac{10M}{10M + 10M} \\ &= -25(V/V) \end{aligned}$$

- 2、解：根据题意， T_1 、 T_2 两管的 μ_n 、 C_{ox} 相同， $V_{GS(th)} = 2V$ ，忽略沟道长度调制

$$\text{效应, } I_{D2} = 1mA, \left(\frac{W}{L}\right)_1 = 2\left(\frac{W}{L}\right)_2$$

由于 $V_{DS1} > V_{GS1} - V_{GS(th)}$, T_1 工作于饱和区，设 T_2 也工作于饱和区，则

$$I_{D1} = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L}\right)_1 [V_{GS} - V_{GS(th)}]^2 = I_R$$

$$I_{D2} = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L}\right)_2 [V_{GS} - V_{GS(th)}]^2$$

$$\text{则 } \frac{I_R}{I_{D2}} = \frac{\left(\frac{W}{L}\right)_1}{\left(\frac{W}{L}\right)_2} = 2$$

$$\therefore I_R = 2I_{D2} = 2mA$$

3、解：电路中管子为 P 沟道增强型 MOS 管， $V_{DS} = V_{GS} < 0$ ，

故 $V_S = V_O > -5V$ ，且 $V_{GS(th)} = -1.5V$ ， $V_{DS} = V_{GS} < V_{GS} - V_{GS(th)}$ ，管子工作在饱和区。

$$I_D = \frac{1}{2} \mu_p C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right) [V_{GS} - V_{GS(th)}]^2 = 20(-5 - V_O + 1.5)^2 = -10^3 * V_O / 10$$

可算出 $V_O = -1.1V$ 或 $-10.9V$ ，

显然 V_O 为 $-10.9V$ 不满足管子工作要求，故 V_O 为 $-1.1V$ 。

4、解：

$$V_{DS} = V_D - V_S = 1 - V_S$$

$$V_{GS} - V_{GS(th)} = -2 - V_S$$

由于 $V_{DS1} > V_{GS1} - V_{GS(th)}$ ，管子工作在饱和状态，

$$I_D = \frac{1}{2} \mu_p C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right) [V_{GS} - V_{GS(th)}]^2 = 100(-2 - V_S)^2 = 10^3 * 0.2$$

可算出 $V_S = -0.6V$ 或 $-3.4V$ ，

显然， V_S 为 $-0.6V$ 时， V_{GS} 小于 $V_{GS(th)}$ ，管子工作在截止状态，不合题意，舍弃。

$$R_D = \frac{5 - V_D}{I_D} = \frac{5 - 1}{0.2} = 20K\Omega$$

$$\text{故 } R_S = \frac{V_S - (-5)}{I_D} = 8K\Omega$$

5、解：（1）由题意，

$$0 > V_{GSQ} > V_{GS(off)}$$

管子导通，设工作在饱和状态，则

$$I_{DQ} = I_{DSS} \left[1 - \frac{U_{GSQ}}{U_{GS(OFF)}} \right]^2 = 4 \left[1 - \frac{(-2)}{(-4)} \right]^2 = 1mA$$

$$V_{GSQ} = -I_{DQ} * R_1 = -2V$$

$$\text{故 } R_1 = 2K\Omega$$

$$V_{DS} = 10 - 4 = 6V >$$

$$V_{GS} - V_{GS(OFF)} = 2V$$

故管子确实工作在饱和区。

(2) 图略。

$$g_m = \frac{2\sqrt{I_{DQ} * I_{DSS}}}{|V_{GS(off)}|} = 1mA/V$$

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{g_m R_D}{1 + g_m(R_1 + R_2)} = -2$$

$$R_i = \frac{v_i}{i_i} = \frac{v_{gs}(1 + g_m R_1 + g_m R_2)}{v_{gs}(g_m R_1 + 1)/R_G} = 1.7M\Omega$$

$$R_o = R_D = 10K\Omega$$

6、解：

$$(1)V_G = V_{DD} * \frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} = 12 * 1/4 = 3V$$

$$V_S = I_{DQ} * (R_{S1} + R_{S2}) = 2I_{DQ} (I_{DQ} \text{单位为} mA)$$

设管子工作在饱和区，则

$$I_D = I_{DSS} [1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}}]^2 = 5 [1 - \frac{(3 - 2I_{DQ})}{(-4)}]^2,$$

计算得 $I_D = 5.62$ 或 $2.18mA$,

$I_D = 5.62mA$ 超过 I_{DSS} 舍弃,

故 $I_{DQ} = 2.18mA$ 。

$$V_{DSQ} = V_{DD} - I_{DQ}(R_D + R_{S1} + R_{S2}) = 3.28V$$

$$V_{GSQ} = 3 - 2I_{DQ} = -1.36V$$

(2) 小信号模型参数为

$$g_m = \frac{2\sqrt{I_{DQ} I_{DSS}}}{|V_{GS(off)}|} = 1.65mA/V, r_{ds} \rightarrow \infty,$$

可画出电路交流小信号等效图形，略，

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{-g_m v_{gs} * R_D}{v_{gs} + g_m v_{gs} * R_{S1}} \approx -1.25$$

$$R_i = R_{G3} + R_{G1} // R_{G2} = 1.075M\Omega$$

$$R_o = R_D = 2K\Omega$$

7、解：图略。

$$A_{v_i} = \frac{v_o}{v_i} = \frac{-g_m v_{gs} R'_L}{-v_{gs}} = g_m R'_L = 10$$

$$R_i = \frac{R_G R'_i}{R_G + R'_i}, (R'_i \text{ 为从 } R_G \text{ 后向右看等效输入阻抗})$$

$$R'_i = \frac{-v_{gs}}{-g_m v_{gs}} = \frac{1}{g_m} = 0.5 k\Omega,$$

$$R_i = 0.33 K\Omega$$

$$R_o = R_D = 10 K\Omega$$

8、解：

$$R'_L = \frac{R_S R_L}{R_S + R_L} = 10 K\Omega$$

$$A_{v_i} = \frac{v_o}{v_i} = \frac{g_m v_{gs} R'_L}{v_{gs} + g_m v_{gs} R'_L} = \frac{g_m R'_L}{1 + g_m R'_L} = \frac{20}{21} = 0.95$$

$$R'_i = \frac{R_{G1} R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} = 50 K\Omega$$

$$R_i = R_G + R'_i = 250 K\Omega$$

$$R_o = \frac{R_S * 1/g_m}{R_S + 1/g_m} \approx 0.5 K\Omega$$

9、解：

$$(1) A_{v_i} = \frac{v_o}{v_i} = \frac{-g_m v_{gs} * R_D}{v_{gs}} = -g_m R_D = -40$$

$$(2) R_i = R_G + R_{G1} // R_{G2} \approx 10 M\Omega$$

$$R_o = R_D = 20 K\Omega$$

(3) *N*沟道耗尽型FET管跨导

$$g_m = \frac{2\sqrt{I_{DSS} I_{DQ}}}{|V_{GS(off)}|}$$

当增大 R_S ，由于 V_G 不变，故 V_{GS} 减小， I_D 也减小，故 g_m 减小。

由于 R_i 、 R_o 表达式与 R_S 无关，故不会变化。

10、解：

$$(1) R'_L = R_D // R_L = \frac{R_D R_L}{R_D + R_L} = 10K\Omega$$

$$(2) A_{v_i} = \frac{v_o}{v_i} = \frac{-g_m v_{gs} * R'_L}{v_{gs} + g_m v_{gs} * R_{S1}} = -\frac{g_m R'_L}{1 + g_m R_{S1}} = -6.7$$

$$(3) R_i = R_G + R_{G1} // R_{G2} \approx 10M\Omega$$

$$R_o = R_D = 20K\Omega$$