

3-3 已知某 N 沟道结型场效应管的 $U_{GS(off)} = -5V$ 。下表给出四种状态下的 U_{GS} 和 U_{DS} 的值，判断各状态下的管子工作在什么区 (a. 恒流区 b. 可变电阻区 c. 截止区)。

表 3-5 题 3-3 表

	1	2	3	4
U_{GS}	-1	-2	-2	-6
U_{DS}	3	4	2	10
工作区				

解：N 沟道结型场效应管工作在夹断区（截止区）的条件： $U_{GS} < U_{GS(off)}$

工作在恒流区（饱和区）的条件： $U_{DS} \geq U_{GS} - U_{GS(off)}$

工作在可变电阻区的条件：

$U_{GS(off)} < U_{GS} < 0$ ，且 $U_{DS} \leq U_{GS} - U_{GS(off)}$ 或 $U_{GD} > U_{GS(off)}$

1. 当 $U_{GS} = -1V$, $U_{DS} = 3V$ 时 $U_{GS} > U_{GS(off)}$

$$U_{GS} - U_{GS(off)} = -1 + 5 = 4V > U_{DS}$$

管子工作在可变电阻区 (b)。

2. 当 $U_{GS} = -2V$, $U_{DS} = 4V$ 时

$$U_{GS} > U_{GS(off)}$$

$$U_{GS} - U_{GS(off)} = -2 + 5 = 3V < U_{DS}$$

管子工作在恒流区 (a)。

3. 当 $U_{GS} = -2V$, $U_{DS} = 2V$ 时

$$U_{GS} - U_{GS(off)} = -2 + 5 = 3V > U_{DS}$$

管子工作在可变电阻区 (b)。

4. 当 $U_{GS} = -6V$, $U_{DS} = 10V$ 时

$$U_{GS} < U_{GS(off)}$$

管子工作在截止区 (c)。

3-4 判断图 3-8 所示的电路能否正常放大，并说明原因。

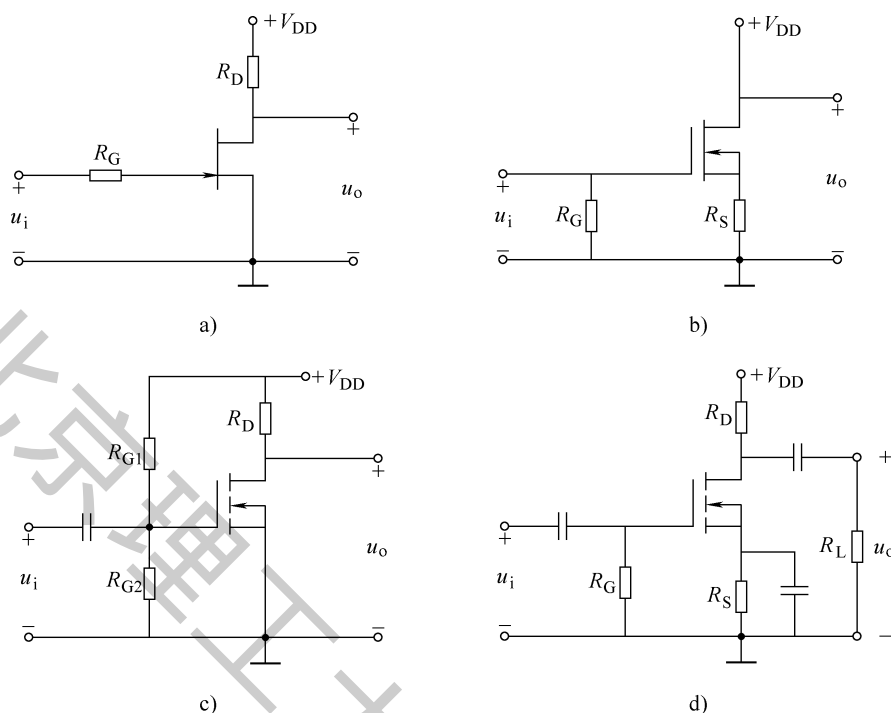


图 3-8 题 3-4 图

a) 结型 N 沟道场效应管应该满足 $U_{GS} < 0$ 。

但是在 a) 中源极缺少电阻提供负偏压， $U_{GS} = 0$ 。导致静态漏极电流过大，动态范围过小，所以不能正常放大。

b) 绝缘栅型 N 沟道耗尽型场效应管组成的电路，因为没有漏极电阻，使交流输出信号到地短路， u_o 无法取出，所以不能正常放大。

c) 绝缘栅型 N 沟道增强型场效应管组成的电路，满足正常放大条件。

d) 是一个自给偏压式共源放大电路，只适用于耗尽型和结型场效应管。图中是绝缘栅型 N 沟道增强型的场效应管，不能正常放大。

3-7 图 3-11 所示的电路中，已知 $U_{GS} = -2V$ ，场效应管的 $I_{DSS} = 2mA$ ， $U_{GS(off)} = -4V$ 。

1. 计算 I_D 和 R_{S1} 的值。
2. 为了保证电路的正常放大，求电阻 R_{S2} 可能的最大值。
3. 计算电压增益 A_u 。

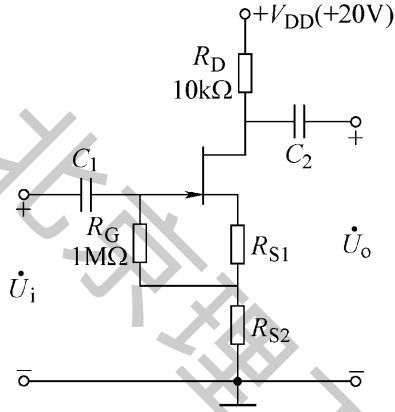


图 3-11 题 3-7 图

解：本题考察场效应管放大电路静态工作点的计算、工作在恒流区应满足的条件以及电压增益的分析。

1. 计算 I_D 和 R_{S1} 的值

将 $U_{GS} = -2V$ 代入电流方程，得到漏极电流

$$I_{DQ} = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GSQ}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 2 \times \left(1 - \frac{-2}{-4}\right)^2 = 0.5mA$$

因为 $U_{GSQ} = U_{GQ} - U_{SQ} \approx -I_D R_{S1}$

$$\text{所以 } R_{S1} = \frac{-U_{GSQ}}{I_D} = \frac{2V}{0.5mA} = 4K\Omega$$

2. 为了保证场效应管工作在恒流区，必须满足：

$$U_{DS} \geq U_{GS} - U_{GS(off)}$$

$$\text{即 } U_{DS\min} = (-2) - (-4) = 2V$$

$$I_D \times (R_{S1} + R_D + R_{S2\max}) = V_{DD} - U_{DS\min}$$

$$R_{S2\max} = \frac{V_{DD} - U_{DS\min} - I_D \times (R_{S1} + R_D)}{I_D} = \frac{20 - 2 - 0.5 \times 14}{0.5} = 22K\Omega$$

3. 画出电路的微变等效电路如图 3-12 所示，

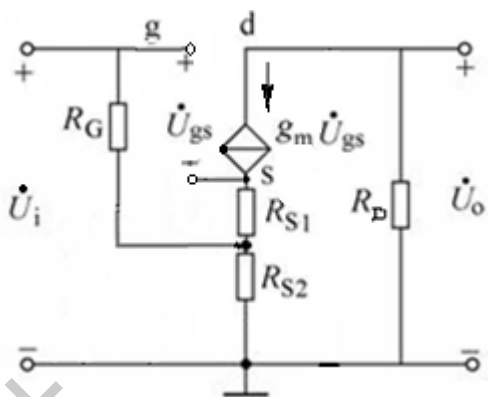


图 3-12 微变等效电路

场效应管的低频跨导为

$$g_m = -\frac{2I_{DSS}}{U_{GS(off)}} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right) = -\frac{2 \times 2}{-4} \left(1 - \frac{-2}{-4}\right) = 0.5 \text{ ms}$$

忽略 R_G 的影响，放大电路的电压增益为

$$A_u = \dot{U}_o / \dot{U}_i = \frac{-g_m \dot{U}_{gs} R_D}{\dot{U}_{gs} + g_m \dot{U}_{gs} (R_{S1} + R_{S2})} = \frac{-g_m R_D}{1 + g_m (R_{S1} + R_{S2})} = \frac{-\frac{1}{2} \times 10}{1 + \frac{1}{2} \times 26} = -0.36$$

3-11: 如图 3-17 所示的源极输出电路中，已知 $g_m=1\text{mS}$ 。画出其微变等效电路，并计算 A_u , R_i 和 R_o 的值。

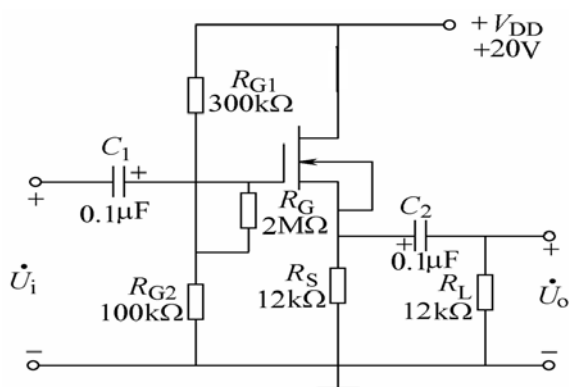


图 3-17 题 3-11 图

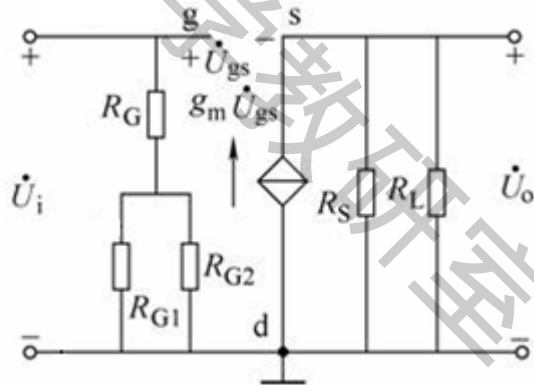


图 3-18 微变等效电路

解：微变等效电路如图 3-17 所示

$$\text{电压增益 } A_u = \dot{U}_o / \dot{U}_i = \frac{g_m \dot{U}_{gs} R'_L}{\dot{U}_{gs} + g_m \dot{U}_{gs} R'_L} \approx 0.857$$

$$R'_L = R_S // R_L$$

$$\text{输入电阻 } R_i = R_G + R_{G1} // R_{G2} = 2.075 M\Omega$$

$$\text{输出电阻 } R_o = R_S // \frac{1}{g_m} \approx 0.92 K\Omega$$

北京理工大学电子学教研室