

4 场效应管放大电路

4.1.1 试从图 4.1.5b 的输出特性中,作出 $v_{DS} = 4\text{ V}$ 时的转移特性。

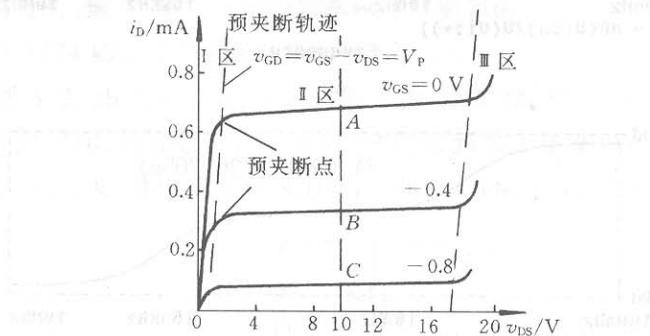
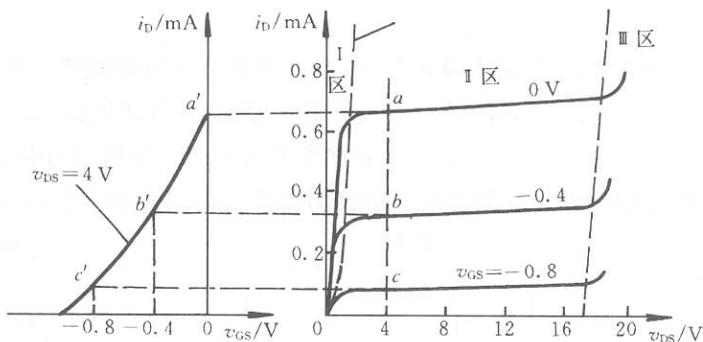


图 4.1.5(b)

解 在输出特性中作 $v_{DS} = 4\text{ V}$ 的一条垂线,此垂线与各条输出特性曲线的交点分别为 a 、 b 、 c ,将 a 、 b 、 c 各点所对应的 i_D 及 v_{GS} 值画在 $i_D - v_{GS}$ 的直角坐标系中,得转移特性 $i_D = f(v_{GS})|_{v_{DS}=4\text{ V}}$,如图解 4.1.1 所示。



图解 4.1.1

4.1.2 考虑 P 沟道 FET 对电源极性的要求,试画出由这种类型管子组成的共源放大电路。

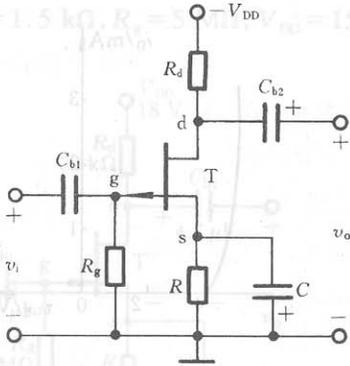
解 P 沟道 JFET 与 N 沟道对电源极性要求相反,因此,可画出 P 沟道 JFET 共源放大电路如图解 4.1.2 所示。

4.1.3 一个 JFET 的转移特性曲线如图题 4.1.3 所示,试问:

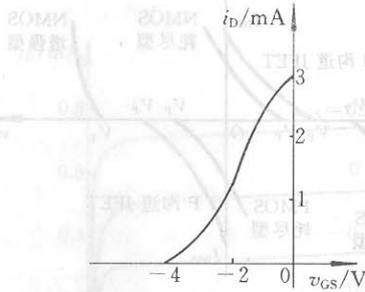
- (1) 它是 N 沟道还是 P 沟道 FET?
- (2) 它的夹断电压 V_p 和饱和漏极电流 I_{DSS} 各是多少?

解 由图题 4.1.3 可见,它是 N 沟道 JFET,其 $V_p = -4\text{ V}$, $I_{DSS} = 3\text{ mA}$ 。

4.4.2 已知电路形式如图 4.4.1a 所示,其中管子输出特性如图题 4.4.2 所示,电路参数为 $R_g = 25\text{ k}\Omega$, $R = 1.5\text{ k}\Omega$, $R_d = 5\text{ k}\Omega$, $V_{DD} = 15\text{ V}$ 。试用图解法和计算法求静态工作点 Q。

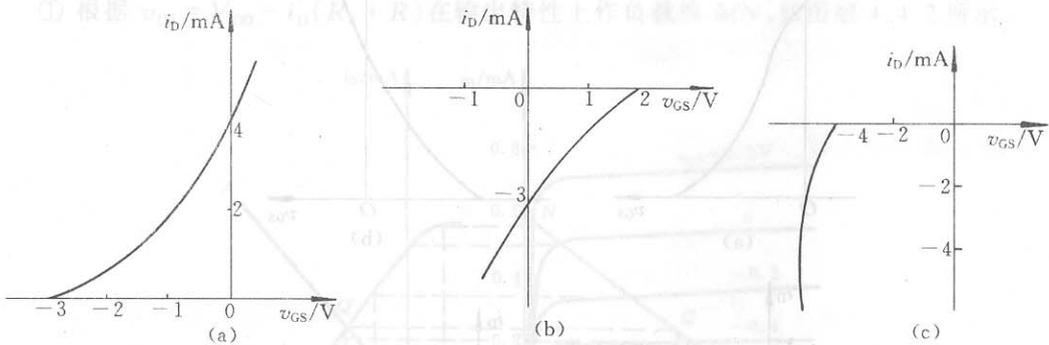


图题 4.1.2



图题 4.1.3

4.3.1 图题 4.3.1 所示为 MOSFET 的转移特性,请分别说明各属于何沟道? 如是增强型,说明它的开启电压 $V_T = ?$ 如是耗尽型,说明它的夹断电压 $V_p = ?$ (图中 i_D 的假定正向为流进漏极)



图题 4.3.1

解 由图题 4.3.1 可见图 a 为 N 沟道耗尽型 MOSFET,其 $V_p = -3\text{ V}$;图 b 为 P 沟道耗尽型 MOSFET,其 $V_p = 2\text{ V}$;图 c 为 P 沟道增强型 MOSFET,其 $V_T = -4\text{ V}$ 。

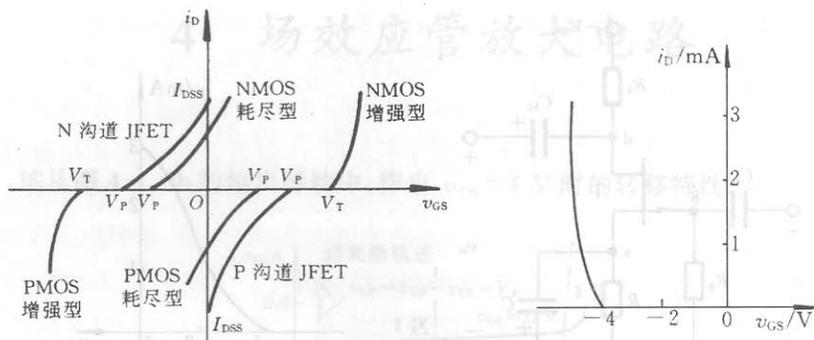
4.3.2 试在具有四象限的直角坐标上分别画出各种类型 FET(包括 N 沟道、P 沟道 MOS 增强型和耗尽型, JFET P 沟道、N 沟道耗尽型)的转移特性示意图,并标出各自的开启电压或夹断电压。

解 各类场效应管转移特性的示意图如图解 4.3.2 所示。

4.3.3 一个 MOSFET 的转移特性如图题 4.3.3 所示(其中漏极电流 i_D 的方向是它的实际方向)。试问:

- (1) 该管是耗尽型还是增强型?
- (2) 是 N 沟道还是 P 沟道 FET?
- (3) 从这个转移特性上可求出该 FET 的夹断电压 V_p 还是开启电压 V_T ? 其值等于多少?

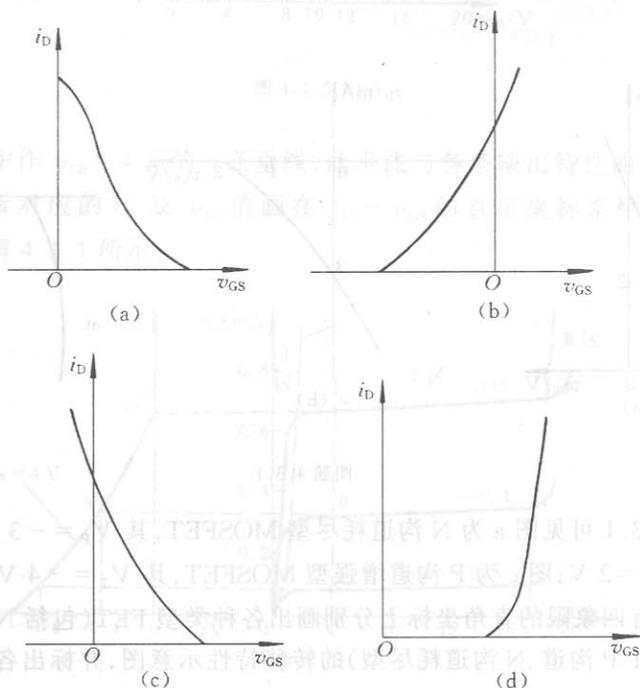
解 由图题 4.3.3 可见,它是 P 沟道增强型 MOSFET,其 $V_T = -4 \text{ V}$ 。



图解 4.3.2

图题 4.3.3

4.3.4 四个 FET 的转移特性分别如图题 4.3.4a、b、c、d 所示,其中漏极电流 i_D 的方向是它的实际方向。试问它们各是哪种类型的 FET?



图题 4.3.4

解 由图题 4.3.4 可见:图 a 为 P 沟道 JFET;图 b 为 N 沟道耗尽型 MOSFET;图 c 为 P 沟道耗尽型 MOSFET;图 d 为 N 沟道增强型 MOSFET。

4.4.1 增强型 FET 能否用自偏压的方法来设置静态工作点? 试说明理由。

解 由于增强型 MOS 管在 $v_{GS} = 0$ 时, $i_D = 0$ (无导电沟道), 必须在 $|v_{GS}| > |V_T|$ (V_T 为开

启电压)时才有 i_D , 因此, 增强型的 MOS 管不能用自偏压的方法来设置静态工作点。

4.4.2 已知电路形式如图 4.4.1a 所示, 其中管子输出特性如图题 4.4.2 所示, 电路参数为 $R_d = 25 \text{ k}\Omega$, $R = 1.5 \text{ k}\Omega$, $R_g = 5 \text{ M}\Omega$, $V_{DD} = 15 \text{ V}$ 。试用图解法和计算法求静态工作点 Q 。

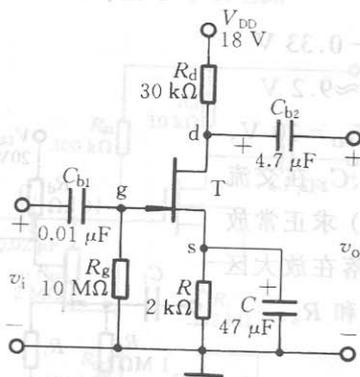
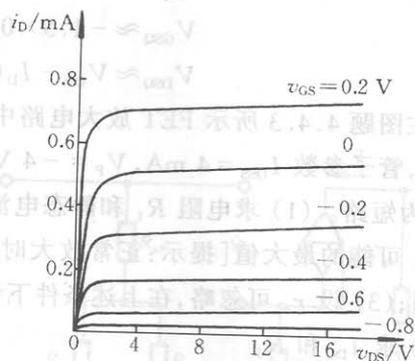


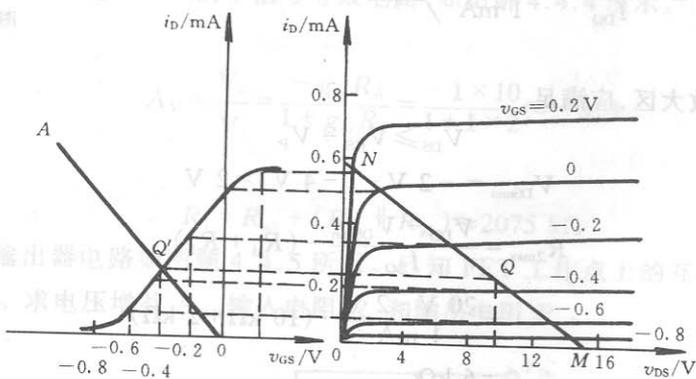
图 4.4.1(a)



图题 4.4.2

解 (1) 图解法

① 根据 $v_{DS} = V_{DD} - i_D(R_d + R)$ 在输出特性上作负载线 MN , 如图解 4.4.2 所示。



图解 4.4.2

② 作负载转移特性。

③ 根据 $v_{GS} = -i_D R$ 作源极负载线 $0A$, 此负载线与负载转移特性曲线的交点 Q' 即静态工作点。在负载转移特性和输出特性上可找到静态工作点的数值为 $V_{GSQ} \approx -0.35 \text{ V}$, $I_{DQ} \approx 0.22 \text{ mA}$, $V_{DSQ} \approx 9.5 \text{ V}$ 。

(2) 计算法

由输出特性可知, $V_P = -1 \text{ V}$, $I_{DSS} = 0.5 \text{ mA}$ 。根据

$$\begin{cases} i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{v_{GS}}{V_P} \right)^2 \\ v_{GS} = -i_D R \end{cases} \quad (4.4.2-1)$$

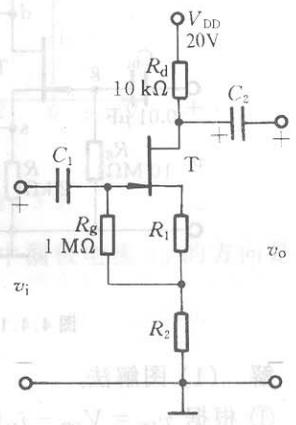
有

$$\begin{cases} i_D = 0.5(1 + v_{GS})^2 \text{ mA} \\ v_{GS} = -1.5 i_D \text{ V} \end{cases} \quad (4.4.2-2)$$

解方程组(4.4.2-2)得

$$\begin{aligned} I_{DQ} &\approx 0.22 \text{ mA} \\ V_{GSQ} &\approx -1.5 \times 0.22 \text{ V} = -0.33 \text{ V} \\ V_{DSQ} &\approx V_{DD} - I_D(R_d + R) \approx 9.2 \text{ V} \end{aligned}$$

4.4.3 在图题 4.4.3 所示 FET 放大电路中,已知 $V_{DD} = 20 \text{ V}$, $V_{GS} = -2 \text{ V}$,管子参数 $I_{DSS} = 4 \text{ mA}$, $V_P = -4 \text{ V}$ 。设 C_1 、 C_2 在交流通路中可视为短路。(1) 求电阻 R_1 和静态电流 I_{DQ} ; (2) 求正常放大条件下 R_2 可能的最大值[提示:正常放大时,工作点落在放大区(即恒流区)]; (3) 设 r_d 可忽略,在上述条件下计算 \dot{A}_{VM} 和 R_o 。



图题 4.4.3

解 (1) 求 I_{DQ} 和 R_1

$$\begin{aligned} I_{DQ} &= I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 \\ &= 4 \text{ mA} \left(1 - \frac{-2}{-4}\right)^2 = 1 \text{ mA} \\ R_1 &= -\frac{V_{GS}}{I_{DQ}} = -\frac{-2 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 2 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

(2) 求 R_{2max}

为使 Q 点落在放大区,应满足

即

$$V_{DS} \geq V_{GS} - V_P$$

故有

$$\begin{aligned} V_{DSmin} &= -2 \text{ V} - (-4 \text{ V}) = 2 \text{ V} \\ R_{2max} &= \frac{V_{DD} - V_{DSmin}}{I_{DQ}} - (R_d + R_1) \\ &= \frac{20 \text{ V} - 2 \text{ V}}{1 \text{ mA}} - (10 \text{ k}\Omega + 2 \text{ k}\Omega) \\ &= 6 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

(3) 计算 \dot{A}_{VM} 和 R_o 。

由

$$g_m = \frac{2I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)}{V_P} \quad (\text{当 } V_P \leq v_{GS} \leq 0 \text{ 时})$$

有

$$g_m = \frac{2 \times 4 \text{ mA} \left(1 - \frac{-2}{-4}\right)}{-4 \text{ V}} = 1 \text{ mS}$$

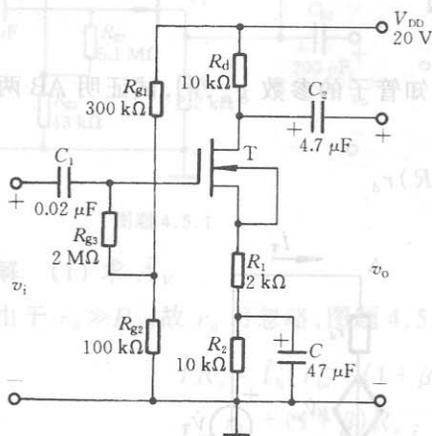
忽略 R_g 的影响,可得

$$\begin{aligned} \dot{A}_{VM} &\approx -\frac{g_m R_d}{1 + g_m (R_1 + R_{2max})} \\ &= -\frac{1 \text{ mS} \times 10 \text{ k}\Omega}{1 + 1 \text{ mS} (2 + 6) \text{ k}\Omega} \approx -1.1 \end{aligned}$$

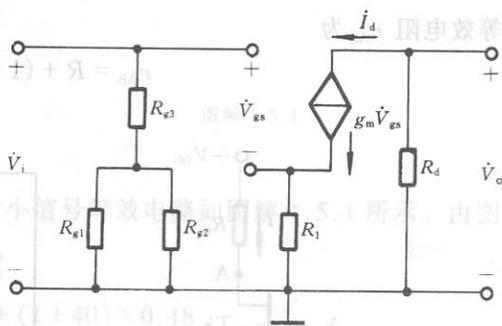
$$R_o \approx R_d = 10 \text{ k}\Omega$$

4.4.4 已知电路参数如图题 4.4.4 所示, FET 工作点上的互导 $g_m = 1 \text{ mS}$, 设 $r_d \gg R_d$ 。(1) 画出小信号等效电路;(2) 求电压增益 \dot{A}_v ; (3) 求放大电路的输入电阻 R_i 。

解 (1) 画小信号等效电路



图题 4.4.4



图解 4.4.4

忽略 r_d , 可画出图题 4.4.4 的小信号等效电路, 如图解 4.4.4 所示。

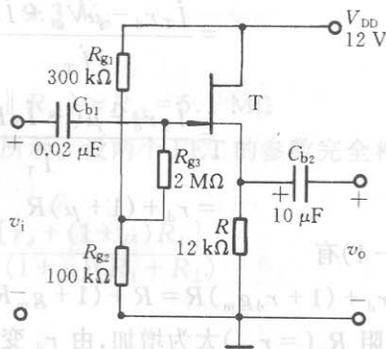
(2) 求 \dot{A}_v

$$\dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = \frac{-g_m R_d}{1 + g_m R_s} = \frac{-1 \times 10}{1 + 1 \times 2} \approx -3.3$$

(3) 求 R_i

$$R_i = R_{g3} + (R_{g1} \parallel R_{g2}) \approx 2075 \text{ k}\Omega$$

4.4.5 源极输出器电路如图题 4.4.5 所示。已知 FET 工作点上的互导 $g_m = 0.9 \text{ mS}$, 其他参数如图中所示。求电压增益 \dot{A}_v 、输入电阻 R_i 和输出电阻 R_o 。



图题 4.4.5

解 (1) 求 \dot{A}_v

$$\dot{A}_V = \frac{g_m R}{1 + g_m R} = \frac{0.9 \times 12}{1 + 0.9 \times 12} \approx 0.92$$

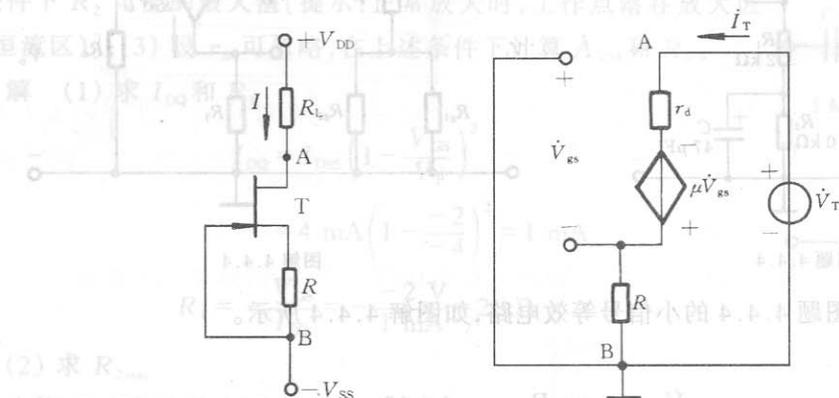
(2) 求 R_i 和 R_o 。

$$R_i = R_{g3} + (R_{g1} + R_{g2}) \approx 2075 \text{ k}\Omega$$

$$R_o = \frac{1}{\frac{1}{R} + g_m} \approx 1.02 \text{ k}\Omega$$

4.4.6 FET 恒流源电路如图题 4.4.6 所示。设已知管子的参数 g_m 、 r_d ，试证明 AB 两端的小信号等效电阻 r_{AB} 为

$$r_{AB} = R + (1 + g_m R) r_d$$



图题 4.4.6

图解 4.4.6

解 求 AB 两端的小信号等效电阻 r_{AB} 的等效电路如图解 4.4.6 所示。由图可得

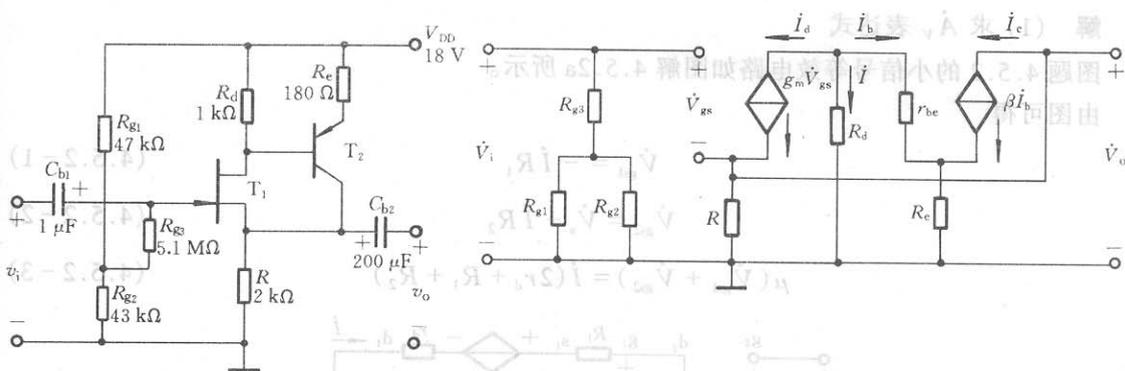
$$\begin{aligned} r_{AB} &= \frac{\dot{V}_T}{\dot{I}_T} \\ &= \frac{\dot{I}_T r_d - \mu \dot{V}_{gs} + \dot{I}_T R}{\dot{I}_T} \\ &= \frac{\dot{I}_T r_d - \mu (-\dot{I}_T R) + \dot{I}_T R}{\dot{I}_T} \\ &= r_d + (1 + \mu) R \end{aligned} \quad (4.4.6-1)$$

考虑到 $\mu = g_m r_d$ ，则由式(4.4.6-1)有

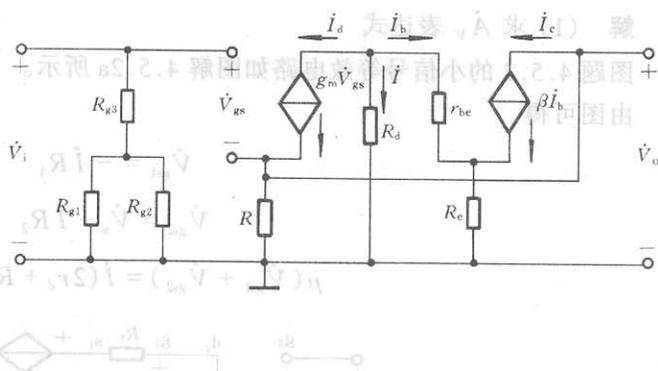
$$r_{AB} = r_d + (1 + r_d g_m) R = R + (1 + g_m R) r_d$$

可见管子漏极对地的输出电阻 $R_o (= r_{AB})$ 大为增加，由 r_d 变为 $R + (1 + g_m R) r_d$ ，因此这一电路可作为电流源用。

4.5.1 电路参数如图题 4.5.1 所示。设 FET 的参数为 $g_m = 0.8 \text{ mS}$ ， $r_d = 200 \text{ k}\Omega$ ；3AG29(T_2)的 $\beta = 40$ ， $r_{be} = 1 \text{ k}\Omega$ 。试求放大电路的电压增益 \dot{A}_V 和输入电阻 R_i 。



图题 4.5.1



图解 4.5.1

解 (1) 求 \dot{A}_v

由于 $r_d \gg R_d$, 故 r_d 可忽略, 图题 4.5.1 的小信号等效电路如图解 4.5.1 所示。由图有

$$\dot{I}R_d = \dot{I}_b[r_{be} + (1 + \beta)R_e]$$

$$\dot{I} = \frac{r_{be} + (1 + \beta)R_e}{R_d} \dot{I}_b = \frac{1 + (1 + 40) \times 0.18}{1} \dot{I}_b = 8.38 \dot{I}_b$$

$$\dot{I}_d = -(\dot{I}_b + \dot{I}) = -9.38 \dot{I}_b = g_m \dot{V}_{gs}$$

$$\dot{I}_b = \frac{-g_m \dot{V}_{gs}}{9.38}$$

$$\dot{V}_o = g_m \dot{V}_{gs} R - \beta \dot{I}_b R = -9.38 \dot{I}_b R - 40 \dot{I}_b R = -49.38 \dot{I}_b R$$

$$= -49.38 \frac{-g_m \dot{V}_{gs}}{9.38} R = 49.38 \times \frac{0.8 \dot{V}_{gs}}{9.38} \times 2 \approx 8.3 \dot{V}_{gs}$$

$$\dot{V}_i = \dot{V}_{gs} + \dot{V}_o = 9.3 \dot{V}_{gs}$$

$$\dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = \frac{8.3 \dot{V}_{gs}}{9.3 \dot{V}_{gs}} \approx 0.89$$

(2) 求 R_i

$$R_i = R_{g3} + (R_{g1} \parallel R_{g2}) \approx R_{g3} = 5.1 \text{ M}\Omega$$

4.5.2 电路如图题 4.5.2 所示。设两个 FET 的参数完全相同。

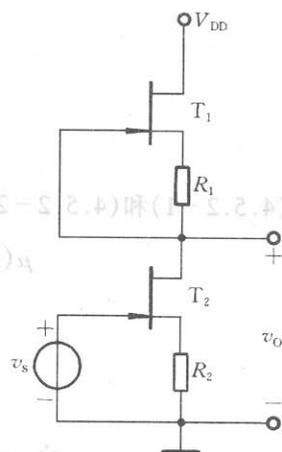
试证明: (1) 电压增益为

$$\dot{A}_v = \frac{-\mu[r_d + (1 + \mu)R_1]}{2r_d + (1 + \mu)(R_1 + R_2)}$$

(2) 输出电导为

$$G_o = \frac{1}{R_o} = \frac{1}{r_d + (1 + \mu)R_1} + \frac{1}{r_d + (1 + \mu)R_2}$$

(3) 如果 $R_1 = R_2 = R$, 试求 \dot{A}_v 和 R_o 。



图题 4.5.2

解 (1) 求 \dot{A}_v 表达式

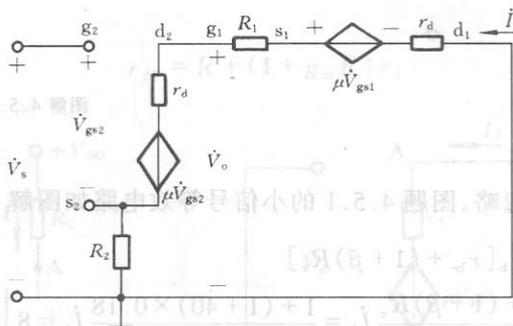
图题 4.5.2 的小信号等效电路如图解 4.5.2a 所示。

由图可得

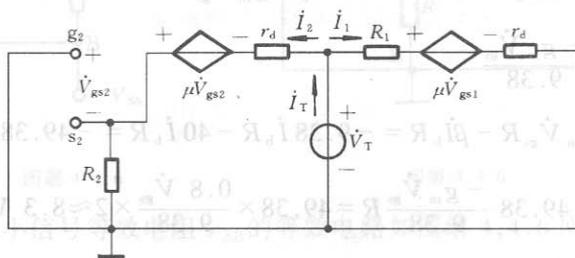
$$\dot{V}_{gs1} = -\dot{I}R_1 \quad (4.5.2-1)$$

$$\dot{V}_{gs2} = \dot{V}_s - \dot{I}R_2 \quad (4.5.2-2)$$

$$\mu(\dot{V}_{gs1} + \dot{V}_{gs2}) = \dot{I}(2r_d + R_1 + R_2) \quad (4.5.2-3)$$



(a)



(b)

图解 4.5.2

将式(4.5.2-1)和(4.5.2-2)代入式(4.5.2-3),得

$$\mu(-\dot{I}R_1 + \dot{V}_s - \dot{I}R_2) = \dot{I}(2r_d + R_2 + R_1)$$

$$\mu\dot{V}_s = \dot{I}[2r_d + (1 + \mu)(R_1 + R_2)]$$

即

$$\dot{V}_s = \frac{\dot{I}[2r_d + (1 + \mu)(R_1 + R_2)]}{\mu}$$

而

$$\begin{aligned} \dot{V}_o &= \mu\dot{V}_{gs1} - \dot{I}(R_1 + r_d) = -\mu\dot{I}R_1 - \dot{I}(R_1 + r_d) \\ &= -\dot{I}[r_d + (1 + \mu)R_1] \end{aligned}$$

故 $\dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_s} = \frac{-\mu[r_d + (1+\mu)R_1]}{2r_d + (1+\mu)(R_1 + R_2)}$

(2) 求 G_o 表达式

求 G_o 的等效电路如图解 4.5.2b 所示。由图有

$$\begin{cases} \dot{V}_{gs1} = \dot{I}_1 R_1 \\ \dot{V}_{gs2} = -\dot{I}_2 R_2 \\ \dot{I}_1 = \frac{\dot{V}_T - \mu \dot{V}_{gs1}}{R_1 + r_d} = \frac{\dot{V}_T - \mu \dot{I}_1 R_1}{R_1 + r_d} \end{cases}$$

解得 $\dot{I}_1 = \frac{\dot{V}_T}{r_d + (1+\mu)R_1}$

又 $\dot{I}_2 = \frac{\dot{V}_T + \mu \dot{V}_{gs2}}{r_d + R_2} = \frac{\dot{V}_T + \mu \dot{I}_2 R_2}{r_d + R_2}$

故有 $\dot{I}_2 = \frac{\dot{V}_T}{r_d + (1+\mu)R_2}$

$$\dot{I}_T = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = \dot{V}_T \left[\frac{1}{r_d + (1+\mu)R_1} + \frac{1}{r_d + (1+\mu)R_2} \right]$$

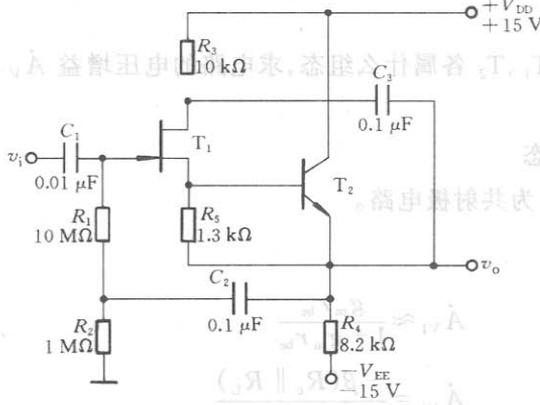
$$G_o = \frac{\dot{I}_T}{\dot{V}_T} = \frac{1}{r_d + (1+\mu)R_1} + \frac{1}{r_d + (1+\mu)R_2}$$

(3) 当 $R_1 = R_2 = R$ 时

$$\dot{A}_v = \frac{-\mu[r_d + (1+\mu)R]}{2r_d + (1+\mu) \cdot 2R} = -\frac{\mu}{2}$$

$$R_o = \frac{1}{G_o} = \frac{r_d + (1+\mu)R}{2}$$

4.5.3 图题 4.5.3 为一带自举电路的高输入阻抗射极跟随器。试定性说明:(1) 电压增益接



图题 4.5.3

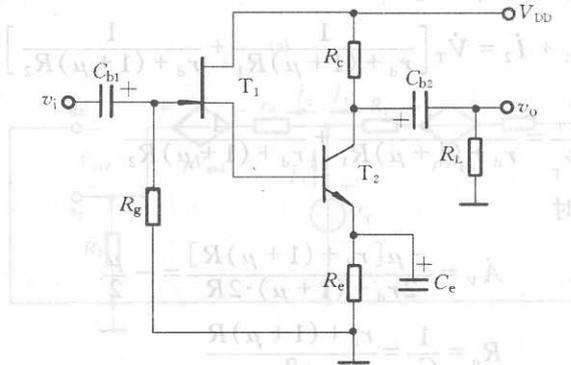
近 1; (2) 如图所示, 通过 C_3 引入自举可减少栅漏极电容对输入阻抗的影响; (3) 通过 C_2 引入自举大大提高了放大器的输入电阻。

解 (1) T_1 组成源极跟随器, $\dot{A}_{V1} \approx 1$ 。 T_2 组成射极跟随器, $\dot{A}_{V2} \approx 1$, 故整个放大器的电压放大倍数 $\dot{A}_V = \dot{A}_{V1} \dot{A}_{V2} \approx 1$ 。

(2) 设场效应管栅漏极间电容为 C_{gd} 。 接入电容 C_3 后, 在一定的频率范围内, C_3 可视为短路, 这时 C_{gd} 的一端相当于接到电路的输出端, C_{gd} 的另一端接输入端 (栅极), 由于电路的 $\dot{A}_V \approx 1$, 所以当 \dot{V}_i 发生变化时, C_{gd} 两端的电位作相同的变化, 相当于没有交流信号电流通过 C_{gd} , 即 C_{gd} 相当于开路, 故接入 C_3 可减少 C_{gd} 对输入阻抗的影响。

(3) 接入 C_2 后, 在一定的频率范围内, C_2 可视为短路, 这时 R_1 的下端相当于接到电路的输出端, R_1 的上端接电路的输入端, 由于电路的 $\dot{A}_V \approx 1$, 所以当 R_1 上端的电位发生变化时, 其下端电位也跟着作同样的变化, R_1 (及 R_2 上) 几乎不取交流信号电流, 故引入 C_2 可克服栅极偏置电路对降低输入电阻的影响, 即大大提高了输入电阻。

4.5.4 电路如图题 4.5.4 所示, 设 FET 的互导为 g_m , r_d 很大; BJT 的电流放大系数为 β ,



图题 4.5.4

输入电阻为 r_{be} 。 试说明 T_1 、 T_2 各属什么组态, 求电路的电压增益 \dot{A}_V 、输入电阻 R_i 及输出电阻 R_o 的表达式。

解 (1) T_1 、 T_2 的组态

T_1 为源极输出器, T_2 为共射极电路。

(2) 求 \dot{A}_V

$$\dot{A}_{V1} \approx \frac{g_m r_{be}}{1 + g_m r_{be}}$$

$$\dot{A}_{V2} = \frac{-\beta(R_c \parallel R_L)}{r_{be}}$$

为 10.467 MHz 和 1.456 Hz。

$$\dot{A}_v = \dot{A}_{v1} \cdot \dot{A}_{v2} = -\frac{g_m \beta (R_c \parallel R_L)}{1 + g_m r_{be}}$$

(5) 电路输入阻抗和输出阻抗的频率响应如图解 PS4.1d 所示。由图可看出，中频区的输入、输出阻抗与手工计算的结果完全相同。

PS4.2 用 JFET 2N3819 组成的共源电路如图 4.4.4 所示。其他参数为： $V_{DD} = 20 \text{ V}$ 。

$$R_i \approx R_g$$

$$R_o \approx R_c$$

PSPICE 习题解答

PS4.1 FET 共源电路如图 4.4.3a 所示，其中 FET 用 JFET 2N4393， $V_{DD} = 20 \text{ V}$ ， $R_{g1} = 300 \text{ k}\Omega$ ， $R_{g2} = 15 \text{ k}\Omega$ ， $R_{g3} = 2 \text{ M}\Omega$ ， $R_d = 10 \text{ k}\Omega$ ， $R = 2 \text{ k}\Omega$ ， $C_{b1} = 1 \mu\text{F}$ ， $C_{b2} = 1 \mu\text{F}$ ，且外接负载 $R_L = 100 \text{ k}\Omega$ (图中未画出)。试运用 PSPICE 软件进行如下分析计算：

- (1) 求电路的静态工作点；
- (2) 输入 v_i 为 1 kHz、幅值为 10 mV 的正弦信号，观察 v_i 及 v_o 的波形；
- (3) 求中频区电压增益 \dot{A}_v 、输入电阻 R_i 和输出电阻 R_o ；
- (4) 观察 \dot{A}_v 的频率响应，求出上、下限截止频率；
- (5) 观察电路输入阻抗和输出阻抗的频率响应，并与(3)的结果进行比较。

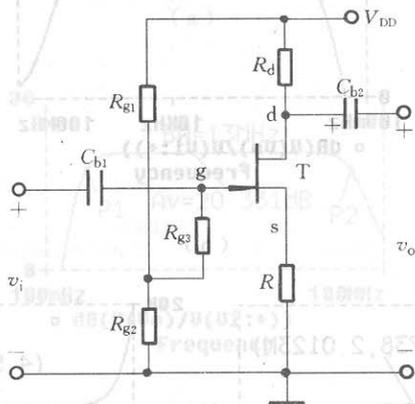


图 4.4.3(a)

解 (1) 设置静态工作点分析，得 $I_D = 1.02 \text{ mA}$ ， $V_{GS} = -1.09 \text{ V}$ ， $V_{DS} = 7.73 \text{ V}$ 。

(2) 瞬态分析得 v_i 、 v_o 波形，如图解 PS4.1a 所示。

(3) 作小信号传递函数值分析 (提示：由于传递函数分析属于直流分析，信号传输通路有隔直电容将无法得到分析结果。分析时应将 C_{b1} 、 C_{b2} 短路，且负载开路，信号源 V_i 的 DC 值为场效应管栅极静态电压值)，结果如下：

$$\dot{A}_v = -4.603 \text{ 倍}$$

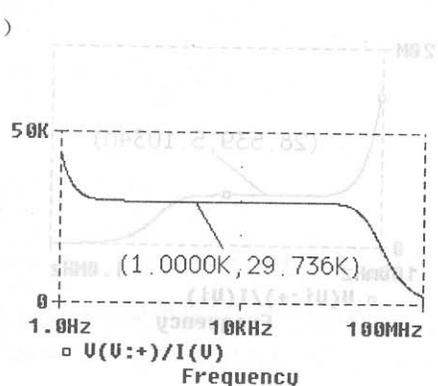
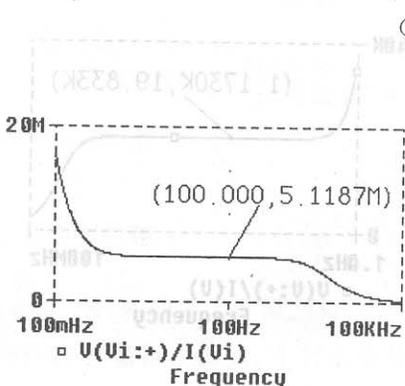
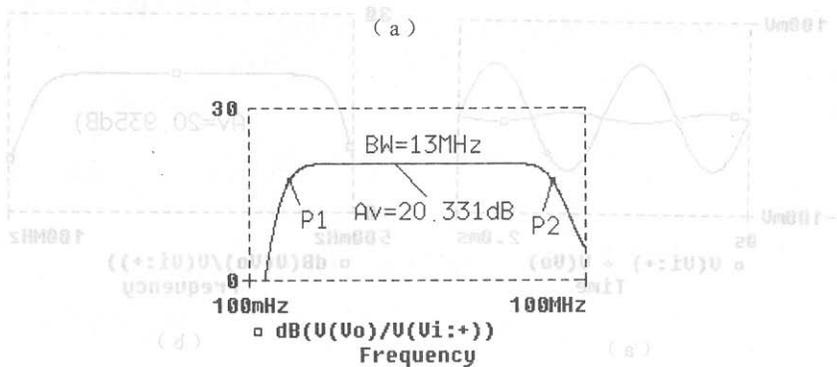
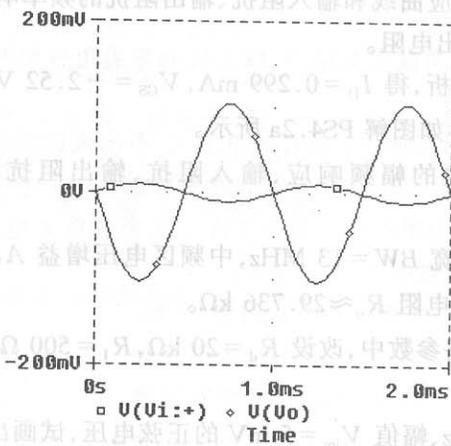
$$R_i = 2.0123 \text{ M}\Omega$$

$$R_o = 9.957 \text{ k}\Omega$$

为 10.467 MHz 和 1.456 Hz。

(5) 电路输入阻抗和输出阻抗的频率响应如图解 PS4.1c,d 所示。由图可看出,中频区的输入、输出阻抗与(3)计算的结果完全相同。

PS4.2 用 JFET 2N3819 组成的共源电路如图题 4.4.4 所示。其他参数为: $V_{DD} = 20\text{ V}$,



图解 PS4.2

$R_{g1} = 500 \text{ k}\Omega$, $R_{g2} = 20 \text{ k}\Omega$, $R_{g3} = 5.1 \text{ M}\Omega$, $R_d = 30 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, $C_1 = 0.1 \text{ }\mu\text{F}$, $C_2 = 4.7 \text{ }\mu\text{F}$, $C = 100 \text{ }\mu\text{F}$, 且外接负载电阻 $R_L = 50 \text{ k}\Omega$ (图中未画出)。

- (1) 求静态工作点；
- (2) 设输入信号 v_i 为 $f = 1 \text{ kHz}$ 、幅值 $V_{im} = 10 \text{ mV}$ 的正弦电压, 试观测 v_i 、 v_o 波形；
- (3) 画出电压增益的幅频响应曲线和输入阻抗、输出阻抗的频率响应曲线, 求频带宽度及中频区的电压增益、输入电阻和输出电阻。

解 (1) 设置静态工作点分析, 得 $I_D = 0.299 \text{ mA}$, $V_{GS} = -2.52 \text{ V}$, $V_{DS} = 7.72 \text{ V}$ 。

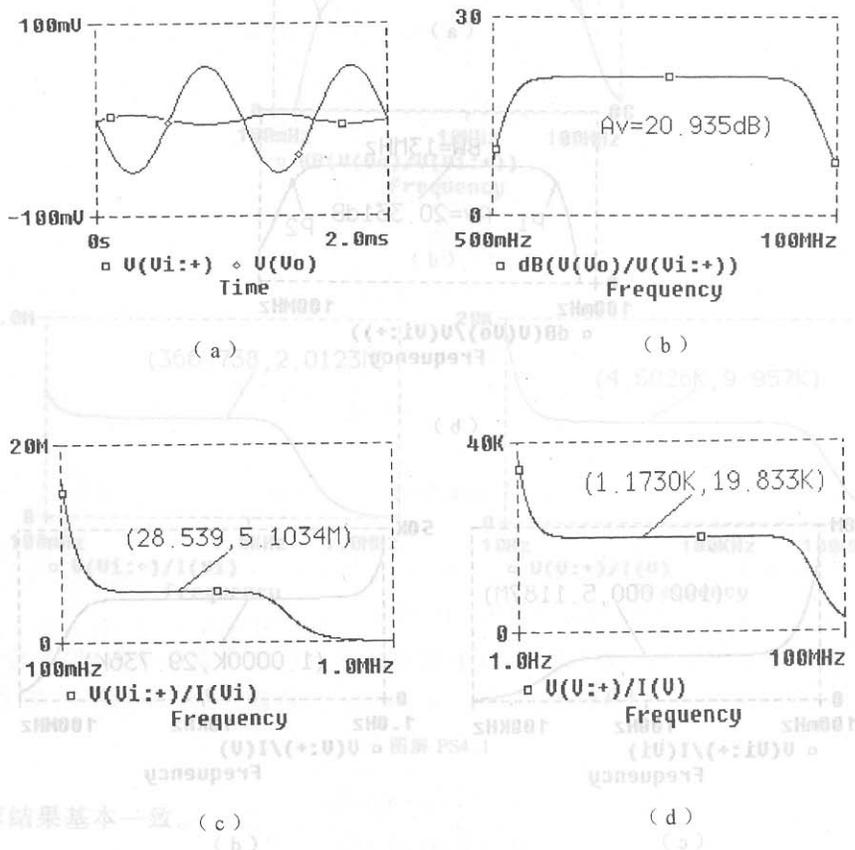
(2) 作瞬态分析, v_i 、 v_o 波形如图解 PS4.2a 所示。

(3) 作交流分析, 电压增益的幅频响应、输入阻抗、输出阻抗的频率响应分别如图解 PS4.2b、c、d 所示。

由图解 PS4.2 可看出, 其带宽 $BW = 13 \text{ MHz}$, 中频区电压增益 $A_v = 20.331 \text{ dB}$ 。放大器的输入电阻 $R_i \approx 5.1187 \text{ M}\Omega$, 输出电阻 $R_o \approx 29.736 \text{ k}\Omega$ 。

PS4.3 在题 PS4.2 所述电路参数中, 改设 $R_d = 20 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 500 \text{ }\Omega$, 其他参数不变。

- (1) 求静态工作点；
- (2) 设输入信号 v_i 为 1 kHz 、幅值 $V_{im} = 5 \text{ mV}$ 的正弦电压, 试画出 v_i 、 v_o 波形；



与手算结果基本一致。(c)

(d)

(4) 作交流分析, A_v 的幅频响应如图解 PS4.1b 所示, 由图中看出上、下限截止频率分别约

图解 PS4.3

(3) 求中频区电压增益、输入电阻和输出电阻。

解 (1) 设置静态工作点分析, 得 $I_D = 0.313 \text{ mA}$, $V_{GS} = -2.52 \text{ V}$, $V_{DS} = 10.05 \text{ V}$ 。

(2) 作瞬态分析, v_i 、 v_o 波形如图解 PS4.3a 所示。

(3) 作交流分析, 电压增益的幅频响应、输入阻抗、输出阻抗的频率响应分别如图解 PS 4.3b、c、d 所示。由图可知, 其中频区电压增益 $A_V = 20.935 \text{ dB}$, 输入电阻 $R_i = 5.1034 \text{ M}\Omega$, 输出电阻 $R_o = 19.833 \text{ k}\Omega$ 。