

## 习 题 7

7.1 图 7.1 所示为场效应管的转移特性，请分别说明场效应管各属于何种类型。说明它的开启电压  $U_{th}$ （或夹断电压  $U_p$ ）约是多少。

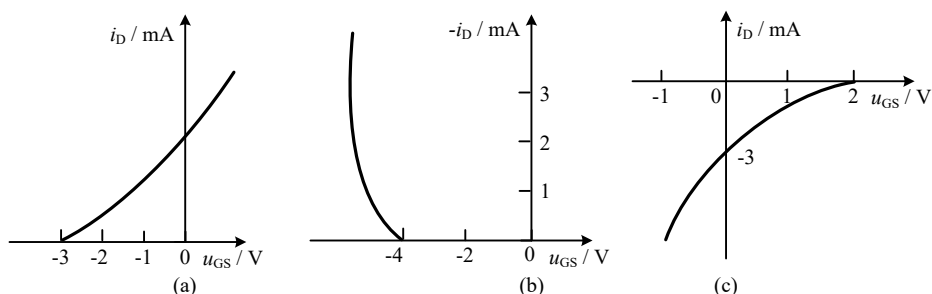


图 7.1 习题 7.1 图

**解：**(a) N 沟道 耗尽型 FET  $U_p = -3V$ ；

(b) P 沟道 增强型 FET  $U_T = -4V$ ；

(c) P 沟道 耗尽型 FET  $U_p = 2V$ 。

7.2 图 7.2 所示为场效应管的输出特性曲线，分别判断各场效应管属于何种类型（结型、绝缘栅型、增强型、耗尽型、N 沟道或 P 沟道），说明它的夹断电压  $U_p$ （或开启电压  $U_{th}$ ）为多少。

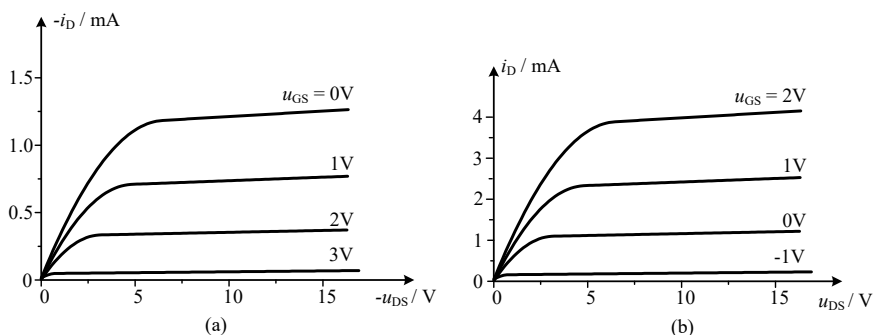


图 7.2 习题 7.2 图

**解：**(a) JFET P 沟道  $U_p = 3V$ ；(b) 耗尽型 N 沟道 FET  $U_p = -1.0V$

7.3 某 MOSFET 的  $I_{DSS} = 10mA$  且  $U_p = -8V$ 。(1) 此元件是 P 沟道还是 N 沟道？(2) 计算  $U_{GS} = -3V$  时的  $I_D$ ；(3) 计算  $U_{GS} = 3V$  时的  $I_D$ 。

**解：**(1) N 沟道；

$$(2) \quad I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_P}\right) = 10 \times \left(1 - \frac{3}{8}\right) = 3.9(\text{mA})$$

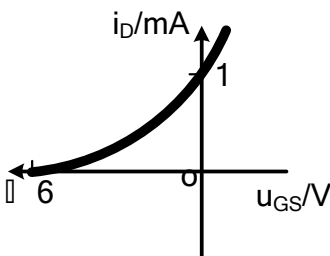
$$(3) \quad I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_P}\right) = 10 \times \left(1 + \frac{3}{8}\right) = 18.9(\text{mA})$$

7.4 画出下列 FET 的转移特性曲线。

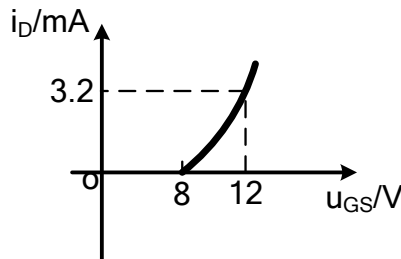
(1)  $U_P = -6\text{V}$ ,  $I_{DSS} = 1\text{mA}$  的 MOSFET;

(2)  $U_T = 8\text{V}$ ,  $K = 0.2\text{mA/V}^2$  的 MOSFET。

解:



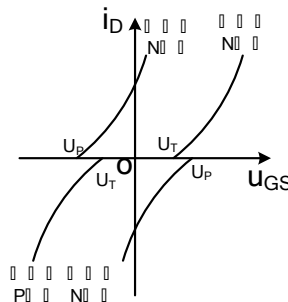
(1)



(2)

7.5 试在具有四象限的直角坐标上分别画出各种类型场效应管的转移特性示意图，并标明各自的开启电压或夹断电压。

解:



7.6 判断图 7.6 所示各电路是否有可能正常放大正弦信号。

解: (a) 能放大

(b) 不能放大, 增强型不能用自给偏压

(c) 能放大

(d) 不能放大, 增强型不能用自给偏压, 改为耗尽型管子, 共漏  $\dot{A}_u < 1$ , 可增加  $R_d$ , 并改为共源放大, 修改电源极性。

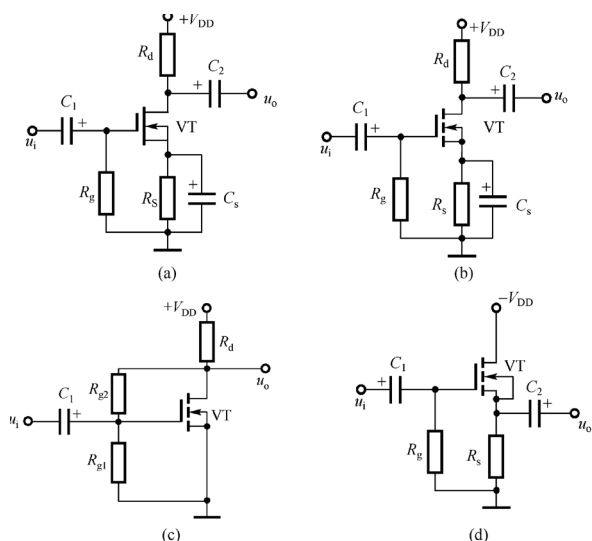


图 7.3 习题 7.6 电路图

7.7 电路如图 7.4 所示，MOSFET 的  $U_{th} = 2V$ ， $K_n = 50mA/V^2$ ，确定电路 Q 点的  $I_{DQ}$  和  $U_{DSQ}$  值。

解： 
$$U_{GSQ} = \frac{R_{g2}}{R_{g1} + R_{g2}} \times V_{DD} = \frac{15}{100 + 15} \times 24 = 3.13(V)$$

$$I_{DQ} = K_n (U_{GSQ} - U_{th})^2 = 50 \times (3.13 - 2)^2 = 63.9(mA)$$

$$U_{DSQ} = V_{DD} - I_{DQ} R_d = 24 - 63.9 \times 0.2 = 11.2(V)$$

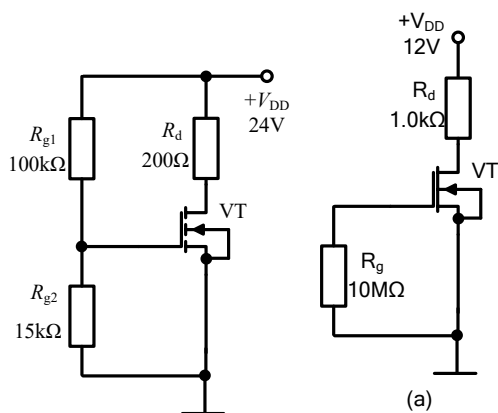


图 7.4 习题 7.7 电路图

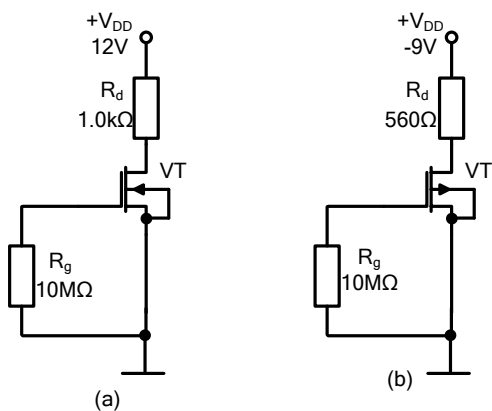


图 7.5 习题 7.8 电路图

7.8 试求图 7.5 所示每个电路的  $U_{DS}$ ，已知  $|I_{DSS}| = 8mA$ 。

解: (a)  $U_{GSQ}=0(\text{V})$        $I_{DQ}=I_{DSS}=8(\text{mA})$        $U_{DSQ}=V_{DD}-I_{DQ}R_d=12-8\times 1=4(\text{V})$

(b)  $U_{GSQ}=0(\text{V})$        $I_{DQ}=I_{DSS}=-8(\text{mA})$

$U_{DSQ}=V_{DD}-I_{DQ}R_d=-9+8\times 0.56=-4.52(\text{V})$

7.9 电路如图 7.6 所示, 已知 VT 在  $U_{GS}=5\text{V}$  时的  $I_D=2.25\text{mA}$ , 在  $U_{GS}=3\text{V}$  时的  $I_D=0.25\text{mA}$ 。现要求该电路中 FET 的  $V_{DQ}=2.4\text{V}$ 、 $I_{DQ}=0.64\text{mA}$ , 试求:

(1) 管子的  $K_n$  和  $U_{th}$  的值;

(2)  $R_d$  和  $R_s$  的值应各取多大?

解: (1)  $I_D=K_n(U_{GS}-U_{th})^2$

$2.25=K_n(5-U_{th})^2$      $0.25=K_n(3-U_{th})^2 \rightarrow U_{th1}=3.5(\text{V})$  (不合理, 舍去),  $U_{th2}=2(\text{V})$

求得:  $K_n=0.25\text{mA/V}^2$ ,  $U_{th}=2\text{V}$

(2)  $V_{DQ}=V_{DD}-I_{DQ}\cdot R_d$      $2.4=12-0.64R_d \rightarrow R_d=15\text{k}\Omega$

$0.64=0.25(U_{GSQ}-2)^2 \rightarrow U_{GSQ1}=0.4(\text{V})$  (不合理, 舍去)     $U_{GSQ2}=3.6(\text{V})$

$U_{GSQ}=10-0.64\cdot R_s \therefore R_s=10\text{k}\Omega$

7.10 电路如图 7.7 所示, 已知 FET 的  $U_{th}=3\text{V}$ 、 $K_n=0.1\text{mA/V}^2$ 。现要求该电路中 FET 的  $I_{DQ}=1.6\text{mA}$ , 试求  $R_d$  的值应为多大?

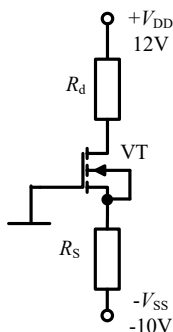


图 7.6 习题 7.9 图

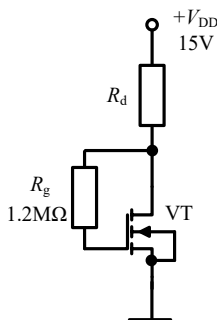


图 7.7 习题 7.10 图

解:  $1.6=0.1(U_{GSQ}-3)^2 \therefore U_{GSQ1}=7(\text{V})$      $U_{GSQ2}=-1(\text{V})$  (不合理, 舍去)

$U_{DSQ}=U_{GSQ}=7(\text{V})$      $U_{DSQ}=15-1.6\times R_d \therefore R_d=5\text{k}\Omega$

7.11 电路如图 7.8 所示, 已知场效应管 VT 的  $U_{th}=2\text{V}$ ,  $U_{(BR)DS}=16\text{V}$ 、 $U_{(BR)GS}=30\text{V}$ , 当  $U_{GS}=4\text{V}$ 、 $U_{DS}=5\text{V}$  时的  $I_D=9\text{mA}$ 。请分析这四个电路中的场效应管各工作在什么状态(截止、恒流、可变电阻、击穿)?

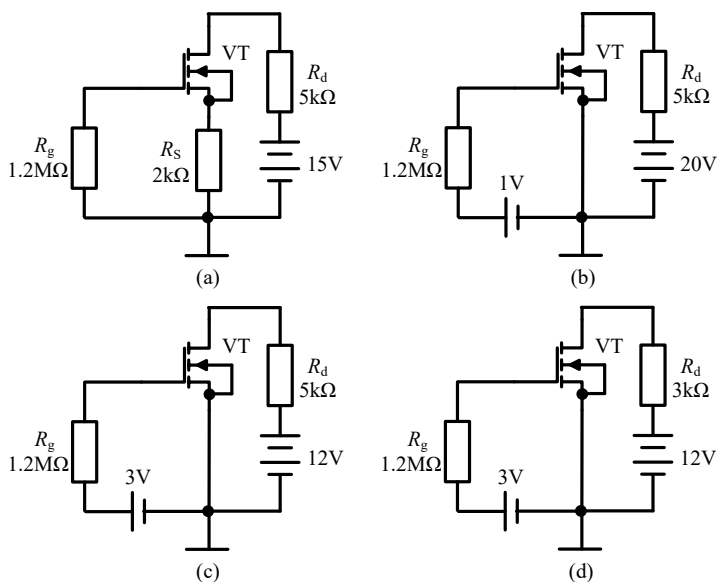


图 7.8 习题 7.11 图

解: (a) 截止

(b)  $U_{DSQ}=20V > U_{(BR)DS}$ , 击穿

(c)  $I_D = K_n(U_{GS} - U_{th})^2 \quad 9 = K_n(4 - 2)^2 \quad \therefore K_n = 2.25\text{mA/V}^2$

$U_{GSQ}=3V \quad I_{DQ}=2.25(3-2)^2 \quad \therefore I_{DQ}=2.25\text{mA}$

$\rightarrow U_{DSQ}=12 - 2.25 \times 5 = 0.75(V) < U_{GSQ} - U_{th} = 1V$

$\therefore$  处于可变电阻区

(d)  $U_{DSQ}=12 - 2.25 \times 3 = 5.25(V) > U_{GSQ} - U_{th} = 1V$

$\therefore$  处于恒流区

7.12 图 7.9 所示场效应管工作于放大状态,  $r_{ds}$  忽略不计, 电容对交流视为短路。跨导为  $g_m = 1\text{ms}$ 。(1) 画出电路的交流小信号等效电路; (2) 求电压放大倍数  $A_u$  和源电压放大倍数  $A_{us}$ ; (3) 求输入电阻  $R_i$  和输出电阻  $R_o$ 。

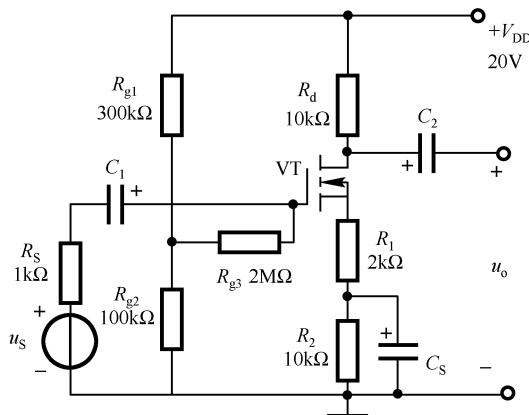
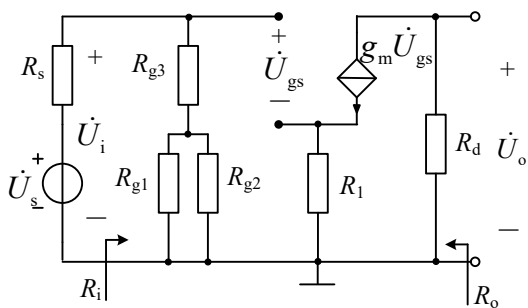


图 7.9 习题 7.12 电路图

解:



$$(2) R_i = R_{g3} + R_{g2} // R_{g1} = 2 + 0.3 // 0.1 = 2.075 (\text{M}\Omega)$$

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

$$(3) \dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{-g_m R_d}{1 + g_m R_1} = -\frac{1 \times 10}{1 + 1 \times 2} = -3.3$$

$$\dot{A}_{us} = \frac{R_i}{R_i + R_s} \dot{A}_u = -\frac{2.075}{2.075 + 0.001} \times 3.3 \approx -3.3$$

7.13 电路如图 7.10 所示, 已知 FET 在  $Q$  点处的跨导  $g_m = 2\text{mS}$ ,  $\lambda = 0$ , 试求该电路的  $\dot{A}_u$ 、 $R_i$ 、 $R_o$  的值。

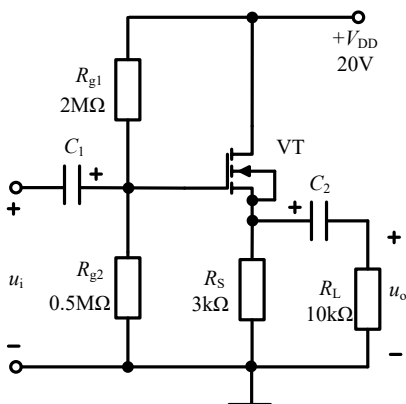
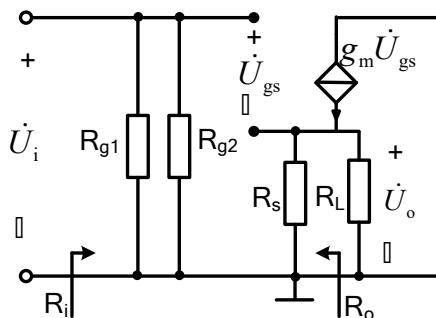


图 7.10 习题 7.13 电路图

解:  $R_i = R_{g2} // R_{g1} = 2 // 0.5 = 0.4 (\text{M}\Omega)$

$$R_o = R_s // \frac{1}{g_m} = 3 // \frac{1}{2} = 429 (\Omega)$$

$$\dot{A}_u = \frac{g_m R_s // R_L}{1 + g_m R_s // R_L} = \frac{2 \times 3 // 10}{1 + 2 \times 3 // 10} = 0.822$$



7.14 电路如图 7.11 所示，场效应管的  $g_m = 11.3 \text{ ms}$ ， $r_{ds}$  忽略不计。试求共漏放大电路的源电压增益  $\dot{A}_{us}$ 、输入电阻  $R_i$  和输出电阻  $R_o$ 。

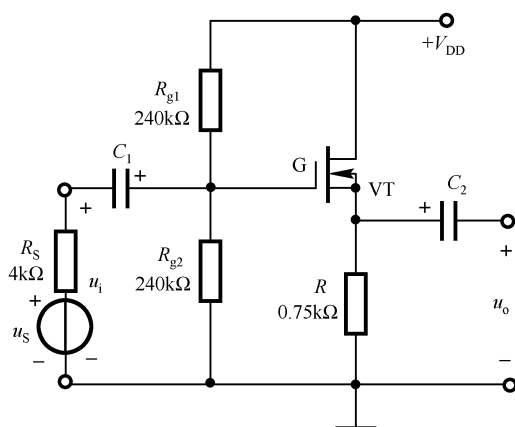
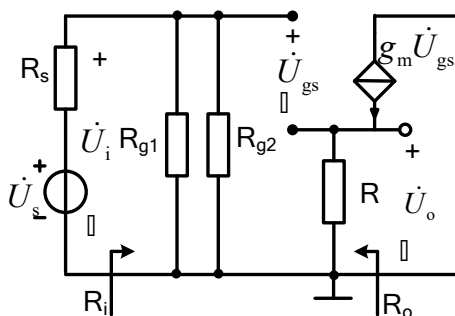


图 7.11 习题 7.14 电路图

解：



$$R_i = R_{g2} // R_{g1} = 240 // 240 = 120 (\text{k}\Omega)$$

$$R_o = R // \frac{1}{g_m} = 0.75 // \frac{1}{11.3} = 79.2 \Omega$$

$$\dot{A}_u = \frac{g_m R}{1 + g_m R} = \frac{11.3 \times 0.75}{1 + 11.3 \times 0.75} = 0.894$$

$$\dot{A}_{us} = \frac{R_i}{R_i + R_s} \dot{A}_u = \frac{120}{120 + 4} \times 0.894 = 0.866$$

7.15 放大电路如图 7.12 所示，已知场效应管的  $I_{DSS} = 1.6\text{mA}$ ， $U_p = -4\text{V}$ ， $r_{ds}$  忽略不计，若要求场效应管静态时的  $U_{GSQ} = -1\text{V}$ ，各电容均足够大。试求：（1） $R_{g1}$  的阻值；（2） $\dot{A}_u$ 、 $R_i$  及  $R_o$  的值。

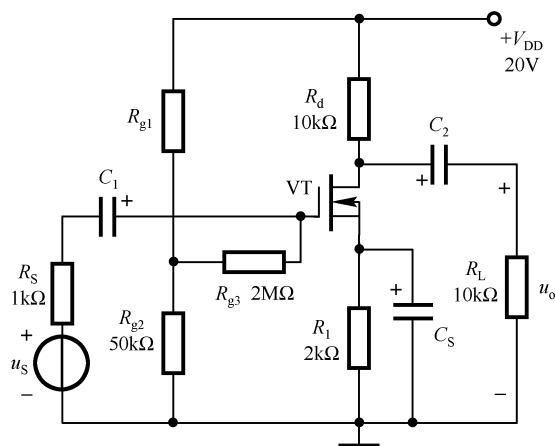


图 7.12 习题 7.15 电路图

解：  $I_{DQ} = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GSQ}}{U_p}\right)^2 = 1.6 \times \left(1 - \frac{1}{4}\right)^2 = 0.9\text{mA}$

$$U_{GSQ} = \frac{R_{g2}}{R_{g1} + R_{g2}} V_{DD} - I_{DQ} R_1$$

$$\therefore R_{g1} = 1.2(\text{M}\Omega)$$

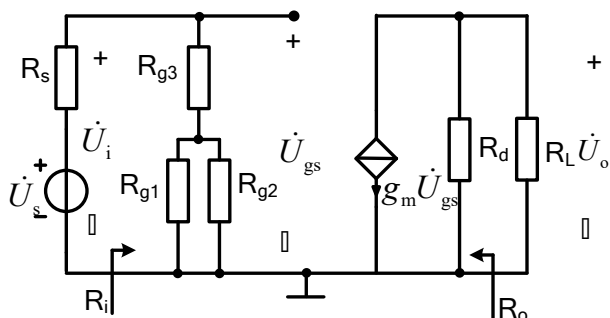
$$g_m = -\frac{2\sqrt{I_{DSS} I_{DQ}}}{U_p} = -\frac{2\sqrt{1.6 \times 0.9}}{-4} = 0.6\text{ms}$$

$$R_i = R_{g3} + R_{g2} // R_{g1} = 2 + 0.05 // 1.2 = 2.048(\text{M}\Omega)$$

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

$$\dot{A}_u = -g_m R_d // R_L = -0.6 \times 10 // 10 = -3.0$$





7.16 电路如图 7.13 所示，已知 FET 的  $I_{DSS} = 3\text{mA}$ 、 $U_P = -3\text{V}$ 、 $U_{(BR)DS} = 10\text{V}$ 。试问在下列三种条件下，FET 各处于哪种状态？

- (1)  $R_d = 3.9\text{k}\Omega$ ; (2)  $R_d = 10\text{k}\Omega$ ; (3)  $R_d = 1\text{k}\Omega$ 。

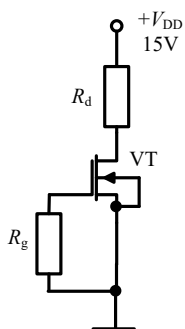


图 7.13 习题 7.16 图

**解：**  $U_{GSQ} = 0(\text{V}) \quad \therefore I_{DQ} = I_{DSS} = 3\text{mA}$

- (1)  $U_{DSQ} = 15 - 3 \times 3.9 = 3.3(\text{V}) \quad \therefore$  处于恒流区；  
 (2)  $U_{DSQ} = 15 - 3 \times 10 = -15(\text{V}) \quad \therefore$  处于可变电阻区；  
 (3)  $U_{DSQ} = 15 - 3 \times 1 = 12(\text{V}) \quad \therefore$  处于击穿区。

图 7.16 习题 7.19 图

7.17 源极输出器电路如图 7.14 所示，已知场效应管在工作点上的互导  $g_m = 0.9\text{ms}$ ， $r_{ds}$  忽略不计，其他参数如图中所示。求电压增益  $A_u$ 、输入电阻  $R_i$  和输出电阻  $R_o$ 。

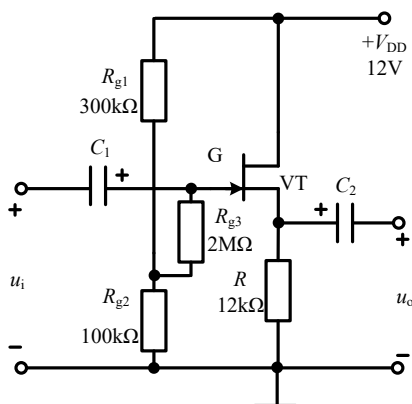
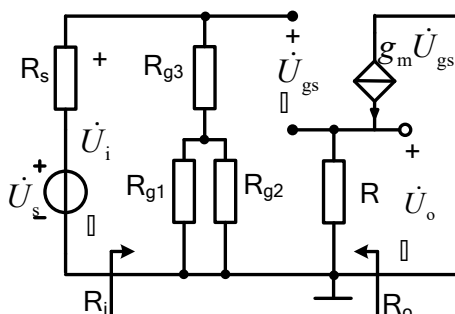


图 7.14 习题 7.17 电路图

解:



$$R_i = R_{g3} + R_{g2} // R_{g1} = 2 + 0.3 // 0.1 = 2.075 (\text{M}\Omega)$$

$$R_o = R // \frac{1}{g_m} = 12 // \frac{1}{0.9} = 1.02 \text{k}\Omega$$

$$\dot{A}_u = \frac{g_m R}{1 + g_m R} = \frac{0.9 \times 12}{1 + 0.9 \times 12} = 0.915$$

7.18 在低频段的小信号等效电路中, 要考虑哪些电容, 不需要考虑哪些电容? 在高频段呢?

解: 在低频段的小信号等效电路中要考虑耦合电容及旁路电容, 不需要考虑晶体管的结电容; 在高频段要考虑结电容, 不需要考虑耦合电容和旁路电容。

7.19 什么是晶体三极管的共射极截止频率? 什么是晶体三极管的共基极截止频率? 什么是晶体三极管的特征频率? 三者之间的关系是什么样的?

解:  $f_\beta$  称为三极管的共射极截止频率, 是使  $|\beta|$  下降为  $0.707 \beta_0$  时的信号频率;  $f_\alpha$  是  $\alpha$

下降为  $0.707\alpha_0$  时的频率，即三极管的共基极截止频率； $f_T$  是使  $|\dot{\beta}|$  下降到 1（即 0dB）时的频率，称为三极管的特征频率。

三者之间的关系为： $f_T \approx \beta_0 f_\beta$ ， $f_\alpha = (1 + \beta_0) f_\beta \approx f_\beta + f_T$ ， $f_\beta \ll f_T < f_\alpha$

7.20 放大电路频率响应的分析为什么可以分频段来进行？

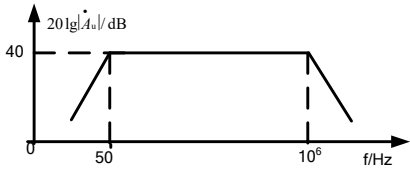
**解：**由于影响放大电路频率响应的耦合电容、旁路电容以及晶体管的结电容在不同频段的影响不同，在中频段这些电容的影响都可以忽略；在低频时耦合电容和旁路电容的影响不能不考虑，结电容不起作用；而在高频区耦合电容和旁路电容的影响可以不计，但结电容的影响却要考虑，所以在分析放大电路的频率响应时可以分频段来进行。

7.21 已知某放大电路的电压放大倍数为  $\dot{A}_u = \frac{2jf}{(1 + j\frac{f}{50})(1 + j\frac{f}{10^6})}$ 。

(1) 求解  $\dot{A}_{um}, f_L, f_H$ ；

(2) 画出波特图。

**解：**  
 $\dot{A}_u = \frac{2jf}{(1 + j\frac{f}{50})(1 + j\frac{f}{10^6})} = \frac{100}{(1 + \frac{50}{jf})(1 + j\frac{f}{10^6})}$   
 $\dot{A}_{um} = 100, f_L = 50\text{Hz}, f_H = 10^6\text{Hz}, 20\lg|\dot{A}_{um}| = 40\text{dB}$



7.22 知某放大电路的波特图如图 7.4 所示，试写出电压放大倍数  $\dot{A}_u$  的表达式。

**解：**

$A_{um} = -100, f_L = 20\text{Hz}, f_H = 120 \times 10^3\text{Hz}$   
 $\dot{A}_u = \frac{\dot{A}_{um}}{(1 + j\frac{f}{f_H})(1 - j\frac{f_L}{f})} = -\frac{100}{(1 + j\frac{f}{120 \times 10^3})(1 + \frac{20}{jf})}$

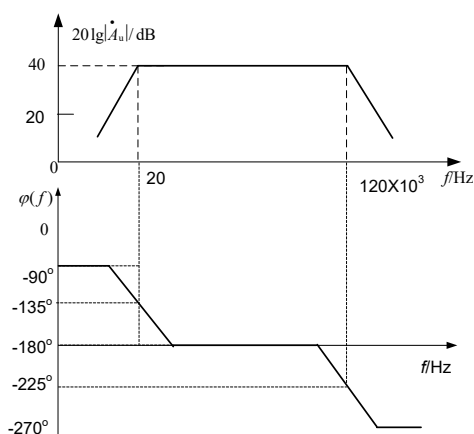


图 7.15 题 7.22 电路图

7.23 阻容耦合放大器幅频特性如图 7.5 所示，问：

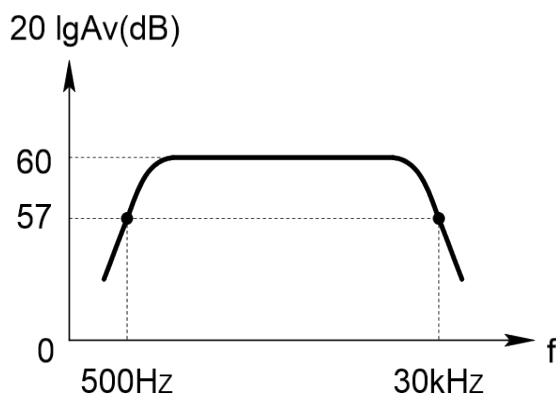


图 7.16 题 7.23 电路图

- (1) 给放大器输入  $U_i = 5\text{mV}$ ， $f = 5\text{kHz}$  的正弦信号时，输出电压  $U_o$  为多少？
- (2) 给放大器输入  $U_i = 3\text{mV}$ ， $f = 30\text{kHz}$  的正弦信号时，输出电压  $U_o$  为多少？
- (3) 求该放大器的通频带  $f_{\text{BW}}$ 。

解：(1)  $20\lg A_u = 60\text{dB}$   $A_{\text{um}} = 1000$   $U_o = A_{\text{um}} U_i = 1000 \times 5\text{mV} = 5\text{V}$

(2)  $f = 30\text{kHz}$ ， $20\lg A_u = 57\text{dB}$   $A_u = \frac{A_{\text{um}}}{\sqrt{2}} = 707$

$$U_o = A_u U_i = 707 \times 3\text{mV} = 2.121\text{V}$$

$$(3) f_{BW} = 30\text{kHz} - 500\text{Hz} = 29.5\text{kHz}$$

7.24 在手册上查得某晶体管在  $I_{CQ} = 4\text{mA}$  ,  $U_{CEQ} = 6\text{V}$  时的参数为  $\beta = 150$  ,

$r_{be} = 1\text{k}\Omega$  ,  $f_T = 350\text{MHz}$  ,  $C_{b'c} = 4\text{pF}$  , 试求其混合  $\pi$  型等效电路中的  $g_m$  、  $r_{bb'}$  、  $r_{b'e}$  、

$C_{b'e}$  、及  $f_\beta$  、  $f_\alpha$  。

解:  $g_m = \frac{\beta}{r_{b'e}} = \frac{I_{CQ}}{U_T} = \frac{4}{26} = 153.85(\text{ms})$  ,  $r_{b'e} = \beta \frac{U_T}{I_{CQ}} = 150 \times \frac{26}{4} = 975(\Omega)$

$$r_{bb'} = r_{be} - r_{b'e} = 25(\Omega) ,$$

$$f_\beta = \frac{1}{2\pi r_{b'e} C} , C = \frac{1}{2\pi r_{b'e} f_\beta} = 70(\text{pF}) \text{ 所以 } C_{b'e} = C - C_{b'c} = 70 - 4 = 66(\text{pF}) ,$$

$$f_\beta = \frac{f_T}{\beta} = 2.33(\text{MHz}) , f_\alpha = f_\beta + f_T = 351.8(\text{MHz})$$

7.25 在图 7.6 所示电路中, 已知  $V_{CC} = 12\text{V}$  ,  $R_s = 1\text{k}\Omega$  ,  $R_b = 910\text{k}\Omega$  ,  $R_c = 5\text{k}\Omega$  ,

$C_b = 5\mu\text{F}$  , 三极管的  $\beta = 100$  ,  $r_{bb'} = 100\Omega$  ,  $U_{BEQ} = 0.7\text{V}$  ,  $f_\beta = 0.5\text{MHz}$  ,  $C_{b'c} = 5\text{pF}$  ,

试估算该电路下限截止频率  $f_L$  和上限截止频率  $f_H$  , 并写出  $\dot{A}_{us}$  的表达式。

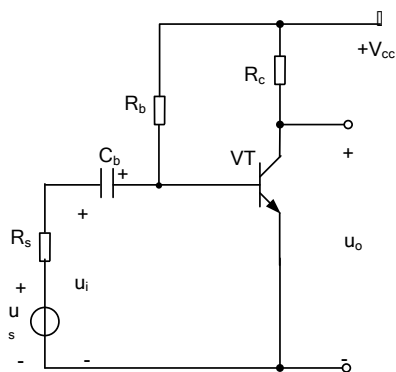


图 7.17 习题 7.25 电路图

解:  $I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_b} = \frac{12 - 0.7}{910} = 12.4(\mu\text{A}) ,$

$$I_{CQ} \approx I_{EQ} = \beta I_{BQ} = 100 \times 12.4 \mu A = 1.24 (mA)$$

$$r_{b'e} = (1 + \beta) \frac{U_T}{I_{EQ}} \approx \beta \frac{U_T}{I_{CQ}} = 100 \times \frac{26}{1.24} = 2100 \Omega$$

$$C_{b'e} = \frac{1}{2\pi r_{b'e} f_\beta} - C_{b'c} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 2100 \times 0.5 \times 10^6} - 5 = 145 (pF),$$

$$g_m = \frac{\beta}{r_{b'e}} = \frac{100}{2100} = 0.0477 (S)$$

$$\dot{K} = -g_m R_c = -0.0477 S \times 5 = -239,$$

$$C_{M1} = (1 - \dot{K}) C_{b'c} = (1 + 239) \times 5 = 1200 (pF)$$

$$C = C_{b'e} + C_{M1} = (145 + 1200) = 1345 (pF)$$

$$R_i = R_b // (r_{bb'} + r_{b'e}) = 910 // (0.1 + 2.1) \approx 2.2 (k\Omega)$$

$$\dot{A}_{usm} = -\frac{R_i}{R_s + R_i} \cdot \frac{\beta_0 R'_L}{r_{b'e}} = -\frac{2.2}{1 + 2.2} \times \frac{100 \times 5}{2.2} \approx -156,$$

$$R'_s = r_{b'e} // [r_{bb'} + (R_s // R_b)] = 2.1 // [0.1 + 1 // 910] = 0.721 (k\Omega)$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi R'_s C} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 721 \times 1345 \times 10^{-12}} = 164 (kHz),$$

$$R_{C_b} = R_s + R_b // r_{b'e} = 1 + 910 // 2.2 \approx 3.2 (k\Omega),$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi \tau_{C_b}} = \frac{1}{2\pi R_{C_b} C_b} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 3.2 \times 10^3 \times 5 \times 10^{-6}} = 10 Hz。$$

$$\dot{A}_{us} = \dot{A}_{usm} \cdot \frac{j \frac{f}{f_L}}{(1 + j \frac{f}{f_L})(1 + j \frac{f}{f_H})} = \frac{-156 \cdot (j \frac{f}{10})}{(1 + j \frac{f}{10})(1 + j \frac{f}{164 \times 10^3})}$$

7.26 已知电路如图 7.18 所示。已知  $R_s = 50 \Omega$ ， $R_{b1} // R_{b2} = 10 k\Omega$ ， $R_c = 2 k\Omega$ ，

$R_c = R_L = 1\text{k}\Omega$  ,  $C_{b1} = 5\mu\text{F}$  ,  $C_{b2} = 10\mu\text{F}$  ,  $C_e = 100\mu\text{F}$  , 三极管的  $g_m = 80\text{mA/V}$  ,  
 $r_{bb'} = 200\Omega$  ,  $r_{b'e} = 0.8\text{k}\Omega$  ,  $C_{b'e} = 100\text{pF}$  ,  $C_{b'c} = 1\text{pF}$  , 试估算该放大电路的通频带。

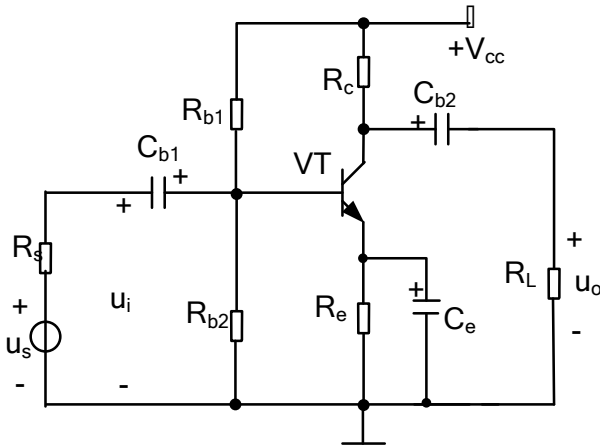


图 7.18 习题 7.26 电路图

**解：** (1) 根据低频等效电路，采用短路时间常数法求下限截止频率

$$g_m = \frac{\beta}{r_{b'e}}, \beta = g_m r_{b'e} = 80 \times 0.8 = 64, \quad r_{be} = r_{bb'} + r_{b'e} = 0.2 + 0.8 = 1\text{k}\Omega,$$

$$\tau_{C_{b1}} = R_{C_{b1}} C_{b1} = 1 \times 5 = 5(\text{ms}), \quad \tau_{C_{b2}} = R_{C_{b2}} C_{b2} = 3 \times 10 = 30(\text{ms}),$$

$$\tau_{C_e} = R_{C_e} C_e = 0.015 \times 100 = 1.5(\text{ms}),$$

$$\omega_L \approx \sqrt{\omega_{C_{b1}}^2 + \omega_{C_{b2}}^2 + \omega_{C_e}^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{5}\right)^2 + \left(\frac{1}{30}\right)^2 + \left(\frac{1}{1.5}\right)^2} = 0.697(\text{Krad/s}),$$

$$f_L = \frac{\omega_L}{2\pi} = \frac{697}{2 \times 3.14} = 111\text{Hz}$$

(2) 采用晶体三极管高频简化模型求上限截止频率

$$\dot{K} = -g_m R'_L = -0.08\text{S} \times 2\text{k}\Omega // 1\text{k}\Omega = -53.3$$

$$C_{M1} = (1 - \dot{K}) C_{b'c} \approx (1 + 53.3) \times 1\text{pF} \approx 54\text{pF},$$

$$R'_s = r_{b'e} // [r_{bb'} + (R_s // R_{b1} // R_{b2})] \approx 0.19\text{k}\Omega,$$

$$C = C_{b'e} + C_{M1} = (100 + 54) = 154\text{pF}$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi R'_s C} \approx 5.4\text{MHz}。$$

7.27 场效应管放大电路如图 7.19 所示，管子的参数为  $K_n = 1\text{mA/V}^2$ ， $U_{th} = 2\text{V}$ ，

$\lambda = 0$ ， $C_{gs} = 5\text{pF}$ ， $C_{gd} = 1\text{pF}$ 。

(1) 画出简化的高频等效电路；

(2) 求出小信号电压增益的上限频率  $f_H$  及中频电压增益  $A_{um}$ 。

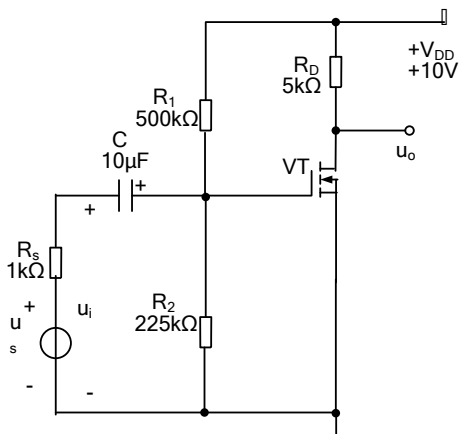
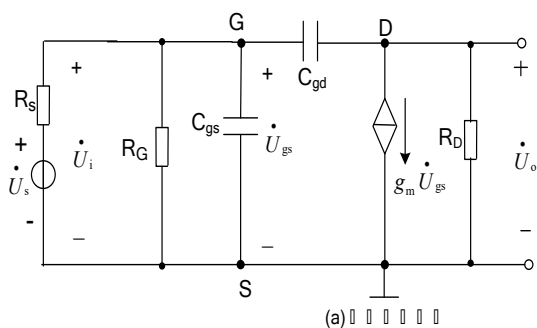


图 7.19 习题 7.27 电路图

解：(1)  $r_{ds} = \infty$ ，图中  $R_G = R_1 // R_2 = 500 // 225 = 155(\text{k}\Omega)$ ，



$$U_{GSQ} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD} = \frac{225}{500 + 225} \times 10 = 3.1(\text{V})$$

$$I_{DQ} = K_n (U_{GSQ} - U_{th})^2 = 1 \times (3.1 - 2)^2 = 1.21(\text{mA})$$

$$U_{DSQ} = V_{DD} - I_{DQ} R_D = 10 - 1.21 \times 5 = 3.95(\text{V}) > (U_{GSQ} - U_{th})，\text{所以工作在饱和区}$$



$$g_m = 2K_n(U_{GSQ} - U_{th}) = 2 \times 1 \times (3.1 - 2) = 2.2(\text{mS})$$

$$C_{M1} = C_{gd}(1 + g_m R_D) = 1 \times (1 + 2.2 \times 5) = 12(\text{pF})$$

$$C'_{gs} = C_{gs} + C_{M1} = 5 + 12 = 17(\text{pF})$$

$$\tau_{gs} = (R_s // R_G)C'_{gs} \approx R_s C'_{gs} = 1 \times 10^3 \times 17 \times 10^{-12} = 17 \times 10^{-9}(\text{s})$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi\tau_{gs}} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 17 \times 10^{-9}} = 9.36(\text{MHz})$$

$$A_{um} = -g_m R_D = -2.2 \times 5 = -11$$

7.28 设某三级放大器，各级放大电路的上限截止频率分别为  $f_{H1} = 6\text{KHz}$ ，

$f_{H2} = 25\text{KHz}$ ， $f_{H3} = 50\text{KHz}$ ，中频增益为 100，试求该放大器的上限频率。

**解：**  $f_H \approx f_{H1} = 6\text{KHz}$  （ $f_{H1}$  小于其他的 1/4）。