

第二章 基本放大电路

自 测 题

一、在括号内用“√”或“×”表明下列说法是否正确。

(1) 只有电路既放大电流又放大电压，才称其有放大作用；() (2)

可以说任何放大电路都有功率放大作用；()

(3) 放大电路中输出的电流和电压都是由有源元件提供的；() (4)

电路中各电量的交流成份是交流信号源提供的；()

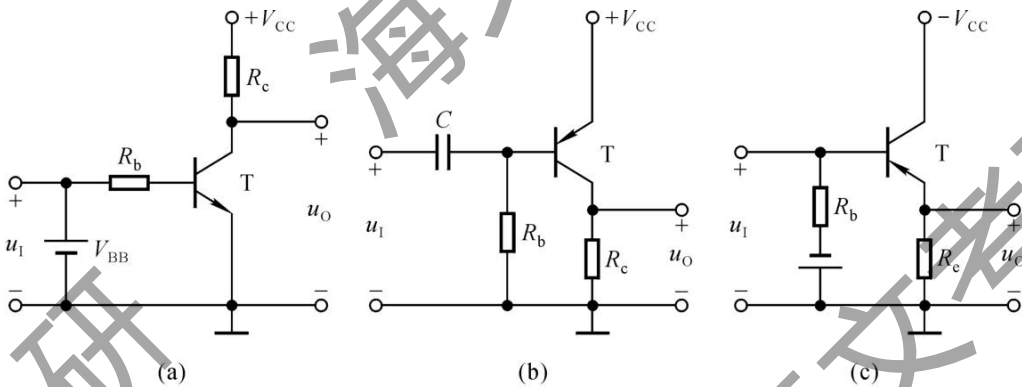
(5) 放大电路必须加上合适的直流电源才能正常工作；()

(6) 由于放大的对象是变化量，所以当输入信号为直流信号时，任何放大电路的输出都毫无变化；()

(7) 只要是共射放大电路，输出电压的底部失真都是饱和失真。()

解：(1) × (2) √ (3) × (4) × (5) √ (6) ×
(7) ×

二、试分析图 T2.2 所示各电路是否能够放大正弦交流信号，简述理由。
设图中所有电容对交流信号均可视为短路。



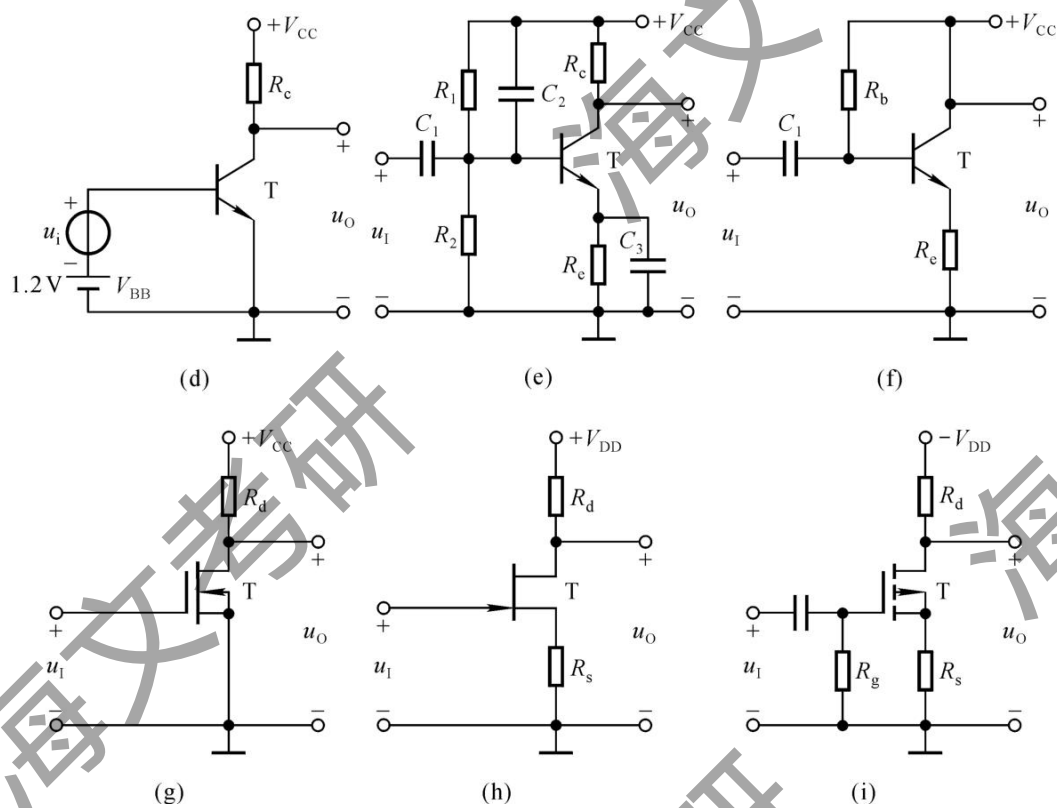


图 T2.2

解：(a) 不能。因为输入信号被 V_{BB} 短路。

(b) 可能。

(c) 不能。因为输入信号作用于基极与地之间，不能驮载在静态电压之上，必然失真。

(d) 不能。晶体管将因发射结电压过大而损坏。

(e) 不能。因为输入信号被 C_2 短路。

(f) 不能。因为输出信号被 V_{CC} 短路，恒为零。

(g) 可能。

(h) 不合理。因为 G-S 间电压将大于零。

(i) 不能。因为 T 截止。

三、在图 T2.3 所示电路中，已知 $V_{CC}=12\text{V}$ ，晶体管的 $\beta=100$ ， $R'_b=100\text{k}\Omega$ 。填空：要求先填文字表达式后填得数。

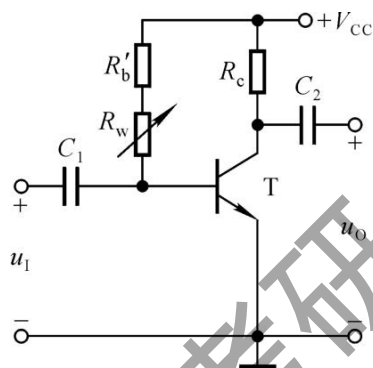


图 T2.3

(1) 当 $U_i=0\text{V}$ 时，测得 $U_{BEQ}=0.7\text{V}$ ，若要基极电流 $I_{BQ}=20\mu\text{A}$ ，则 R'_b 和 R_w 之和 $R_b=$ \approx $\text{k}\Omega$ ；而若测得 $U_{CEQ}=6\text{V}$ ，则 $R_c=$ \approx $\text{k}\Omega$ 。

(2) 若测得输入电压有效值 $U_i=5\text{mV}$ 时，输出电压有效值 $U'_o=0.6\text{V}$ ，则电压放大倍数

$$A_u = \frac{U'_o}{U_i} \approx \text{ }。$$

若负载电阻 R_L 值与 R_c 相等，则带上负载后输出电压有效值 $U_o=$ $=$ V 。

解：(1) $(V_{CC}-U_{BEQ})/I_{BQ}$ ，565； $(V_{CC}-U_{CEQ})/\beta I_{BQ}$ ，3。

(2) $-U_o/U_i$ ，-120； $\frac{R_L}{R_c+R_L} \cdot U'_o$ ，0.3。

四、已知图 T2.3 所示电路中 $V_{CC}=12\text{V}$ ， $R_c=3\text{k}\Omega$ ，静态管压降 $U_{CEQ}=6\text{V}$ ；并在输出端加负载电阻 R_L ，其阻值为 $3\text{k}\Omega$ 。选择一个合适的答案填入空内。

(1) 该电路的最大不失真输出电压有效值 $U_{om} \approx$ $\text{ }；$

A. 2V B. 3V C. 6V

(2) 当 $U_i=1\text{mV}$ 时，若在不失真的条件下，减小 R_w ，则输出电压的幅值将 $\text{ }；$

A. 减小 B. 不变 C. 增大

(3) 在 $U_i=1\text{mV}$ 时，将 R_w 调到输出电压最大且刚好不失真，若此时增大输入电压，则输出电压波形将 $\text{ }；$

A. 顶部失真 B. 底部失真 C. 为正弦波

(4) 若发现电路出现饱和失真，则为消除失真，可将 $\text{ }。$

A. R_w 减小 B. R_c 减小 C. V_{CC} 减小

解：(1) A (2) C (3) B (4) B

五、现有直接耦合基本放大电路如下：

- A.共射电路 B.共集电路 C.共基电路
D.共源电路 E.共漏电路

它们的电路分别如图 2.2.1、2.5.1(a)、2.5.4(a)、2.7.2 和 2.7.9(a)所示；
设图中 $R_e < R_b$ ，且 I_{CQ} 、 I_{DQ} 均相等。

选择正确答案填入空内，只需填 A、B、……

- (1) 输入电阻最小的电路是 _____，最大的是 _____；
(2) 输出电阻最小的电路是 _____；
(3) 有电压放大作用的电路是 _____；
(4) 有电流放大作用的电路是 _____；
(5) 高频特性最好的电路是 _____；
(6) 输入电压与输出电压同相的电路是 _____；反相的电路是 _____。

解：(1) C, D E (2) B (3) A C D
(4) A B D E (5) C (6) B C E, A D

六、未画完的场效应管放大电路如图 T2.6 所示，试将合适的场效应管接入电路，使之能够正常放大。要求给出两种方案。

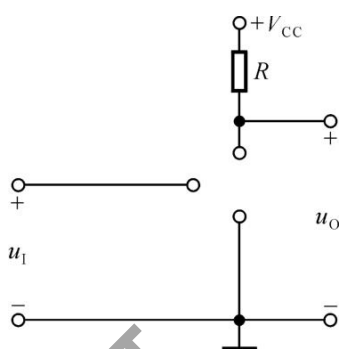
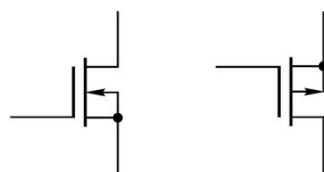


图 T2.6

解：根据电路接法，可分别采用耗尽型 N 沟道和 P 沟道 MOS 管，如解图 T2.6 所示。



解图 T2.6

习 题

2.1 按要求填写下表。

电路名称	连接方式 (e、c、b)			性能比较 (大、中、小)				
	公共极	输入极	输出极	$ A_u $	A_i	R_i	R_o	其它
共射电路								
共集电路								
共基电路								

解：答案如表所示。

电路名称	连接方式			性能比较 (大、中、小)				
	公共端	输入端	输出端	$ A_u $	A_i	R_i	R_o	其它
共射电路	e	b	c	大	大	小	大	
共集电路	c	b	e	小	大	大	小	
共基电路	b	e	c	大	小	小	大	频带宽

2.2 分别改正图 P2.2 所示各电路中的错误，使它们有可能放大正弦波信号。要求保留电路原来的共射接法和耦合方式。

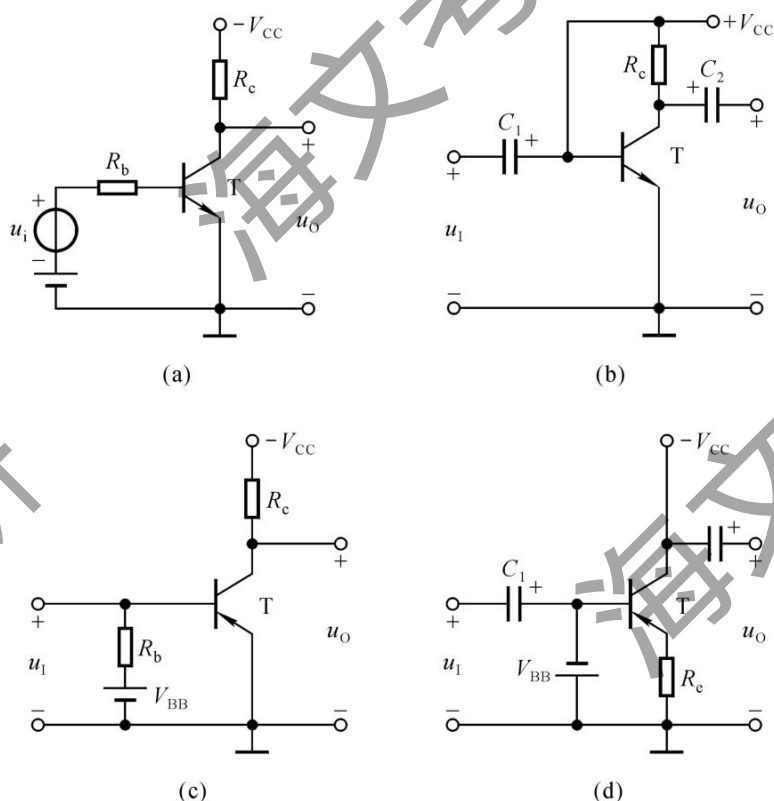


图 P2.2

解：(a) 将 $-V_{CC}$ 改为 $+V_{CC}$ 。

(b) 在 $+V_{CC}$ 与基极之间加 R_b 。

(c) 将 V_{BB} 反接，且在输入端串联一个电阻。

(d) 在 V_{BB} 支路加 R_b ，在 $-V_{CC}$ 与集电极之间加 R_c 。

2.3 画出图 P2.3 所示各电路的直流通路和交流通路。设所有电容对交流信号均可视为短路。

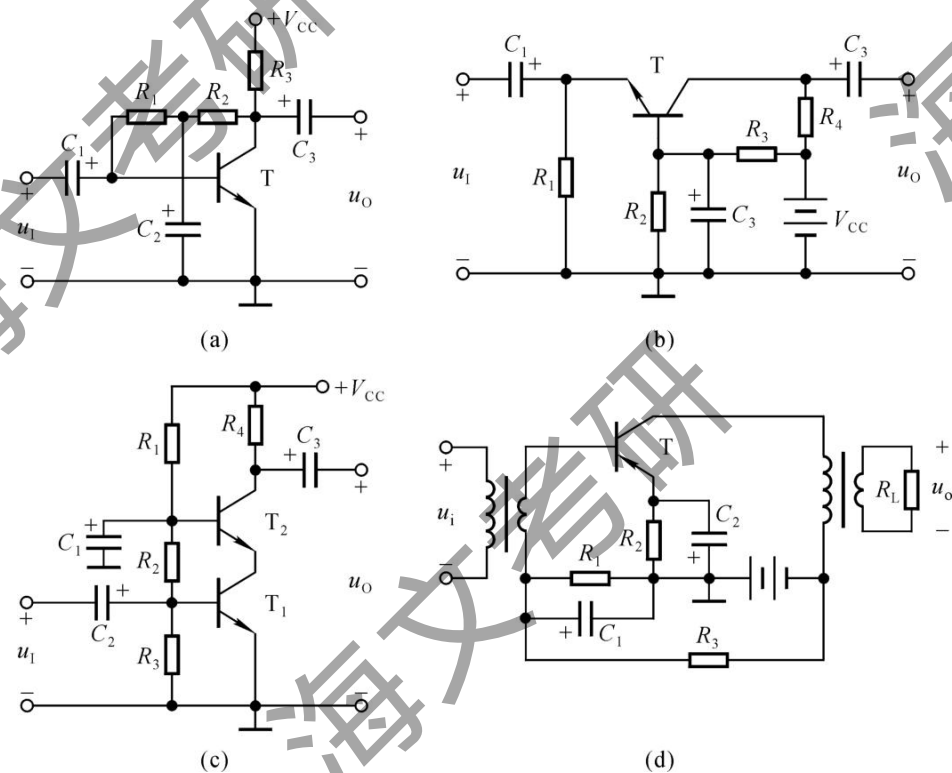
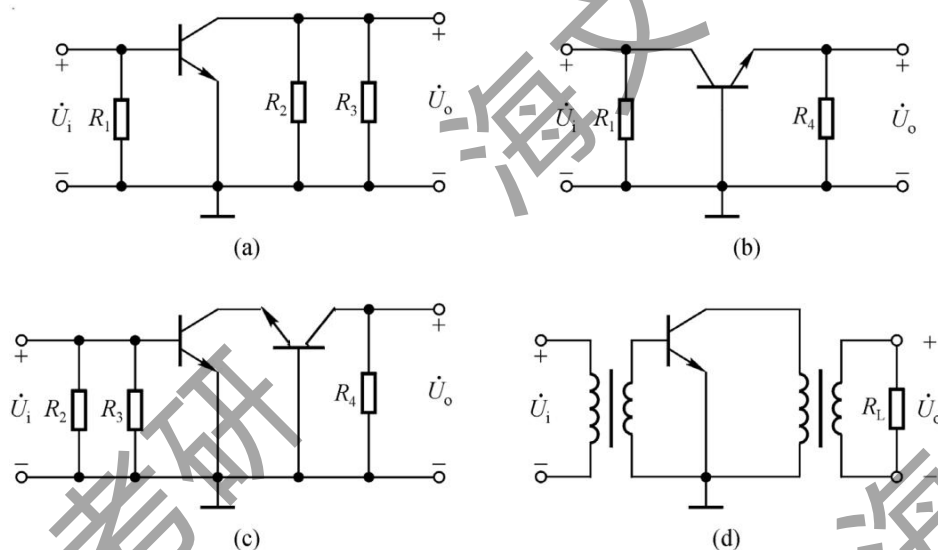


图 P2.3

解：将电容开路、变压器线圈短路即为直流通路，图略。

图 P2.3 所示各电路的交流通路如解图 P2.3 所示；



解图 P2.3

2.4 电路如图 P2.4 (a) 所示, 图 (b) 是晶体管的输出特性, 静态时 $U_{BEQ} = 0.7V$ 。利用图解法分别求出 $R_L = \infty$ 和 $R_L = 3k\Omega$ 时的静态工作点和最大不失真输出电压 U_{om} (有效值)。

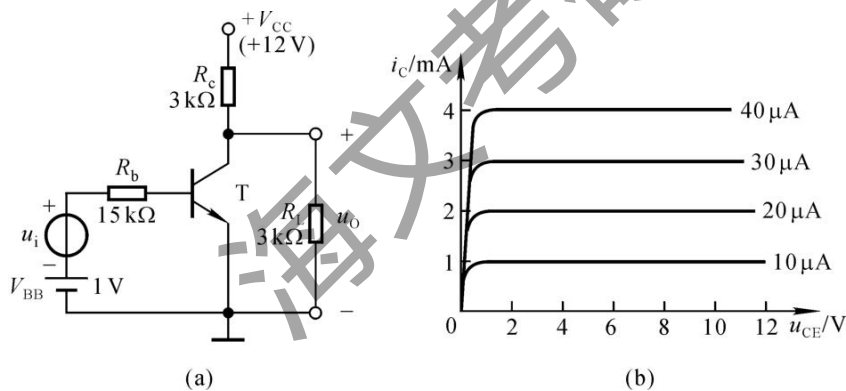
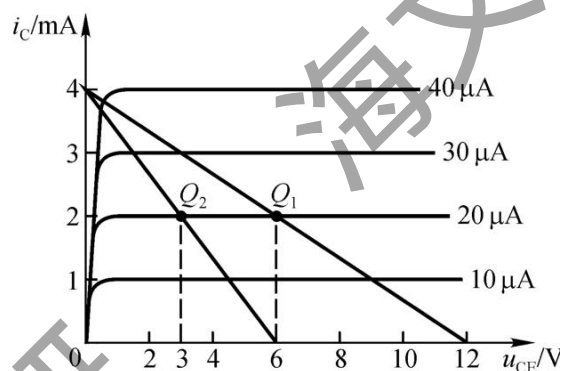


图 P2.4

解: 空载时: $I_{BQ} = 20\mu A$, $I_{CQ} = 2mA$, $U_{CEQ} = 6V$; 最大不失真输出电压峰值约为 $5.3V$, 有效值约为 $3.75V$ 。

带载时: $I_{BQ} = 20\mu A$, $I_{CQ} = 2mA$, $U_{CEQ} = 3V$; 最大不失真输出电压峰值约为 $2.3V$, 有效值约为 $1.63V$ 。

如解图 P2.4 所示。



解图 P2.4

2.5 在图 P2.5 所示电路中, 已知晶体管的 $\beta = 80$, $r_{be} = 1\text{k}\Omega$, $U_i = 20\text{mV}$; 静态时 $U_{BEQ} = 0.7\text{V}$, $U_{CEQ} = 4\text{V}$, $I_{BQ} = 20\mu\text{A}$ 。判断下列结论是否正确, 凡对的在括号内打“√”, 否则打“×”。

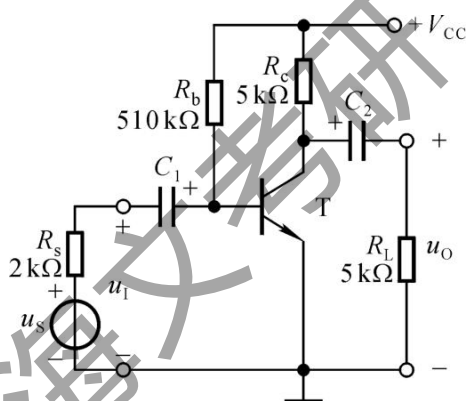


图 P2.5

- | | |
|---|---|
| (1) $A_u = -\frac{4}{20 \times 10^{-3}} = -200$ () | (2) $A_u = \frac{4}{0} \approx -571$ () |
| (3) $A_u = \frac{80 \times 5}{1} = -400$ () | (4) $A_u = \frac{80 \times 2}{1} = -200$ () |
| (5) $R_i = (\frac{20}{20})\text{k}\Omega \parallel 1\text{k}\Omega$ () | (6) $R_i = (\frac{0}{0.02})\text{k}\Omega \parallel 35\text{k}\Omega$ () |
| (7) $R_i \approx$ () | (8) $R_i \approx$ () |
| (9) $R_o \approx 1\text{k}\Omega$ () | (10) $R_o \approx 2\text{k}\Omega$ () |
| (11) $U_i \approx 20\text{mV}$ () | $U_s \approx 60\text{mV}$ () |

解：(1) × (2) × (3) × (4) √ (5) × (6) ×
 (7) × (8) √ (9) √ (10) × (11) × (12) √

2.6 电路如图 P2.6 所示，已知晶体管 $\beta = 50$ ，在下列情况下，用直流电压表测晶体管的集电极电位，应分别为多少？设 $V_{CC} = 12V$ ，晶体管饱和管压降 $U_{CES} = 0.5V$ 。

- (1) 正常情况 (2) R_{b1} 短路 (3) R_{b1} 开路
 (4) R_{b2} 开路 (5) R_c 短路

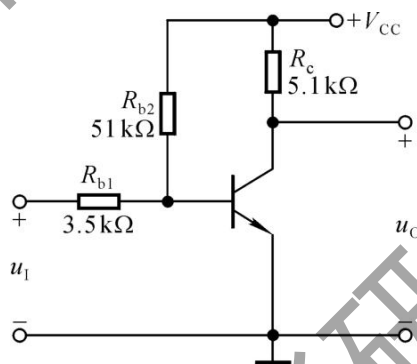


图 P2.6

解：设 $U_{BE} = 0.7V$ 。则

- (1) 基极静态电流

$$I_B = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_{b2}} - \frac{U_{BE}}{R_{b1}} \approx 0.022mA$$

$$U_C = V_{CC} - I_C R_c \approx 4V$$

- (2) 由于 $U_{BE} = 0V$ ，T 截止， $U_C = 12V$ 。

- (3) 临界饱和基极电流

$$I_{BS} = \frac{V_{CC} - U_{CES}}{\beta R_c} \approx 0.045mA$$

实际基极电流

$$I_B = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_{b2}} \approx 0.22mA$$

由于 $I_B > I_{BS}$ ，故 T 饱和， $U_C = U_{CES} = 0.5V$ 。

- (4) T 截止， $U_C = 12V$ 。

- (5) 由于集电极直接接直流电源， $U_C = V_{CC} = 12V$

2.7 电路如图 P2.7 所示，晶体管的 $\beta = 100$ 。分别计算 $R_L = \infty$ 和 $R_L = 3\text{k}\Omega$ 时的 Q 点、 A_u 、 R_i 和 R_o 。

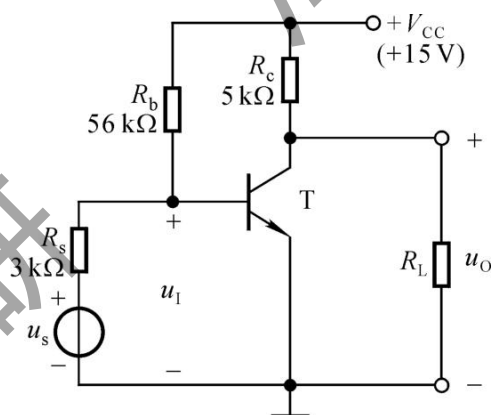


图 P2.7

解 2.7 在空载和带负载情况下，电路的静态电流、 r_{be} 均相等，它们分别为

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_b} \approx \frac{15\text{V} - 0.7\text{V}}{56\text{k}\Omega} \approx 22\mu\text{A}$$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} \approx 1.76\text{mA}$$

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{V_T}{I_{EQ}} \approx 200\Omega + (1 + 100) \frac{26\text{mV}}{1.76\text{mA}} \approx 1.7\text{k}\Omega$$

空载时，静态管压降、电压放大倍数、输入电阻和输出电阻分别为

$$U_{CE} = V_{CC} - I_{CQ} R_c \approx 15\text{V} - 1.76\text{mA} \times 5\text{k}\Omega \approx 6.2\text{V}$$

$$A_u = -\frac{\beta R_c}{r_{be}} \approx -\frac{100 \times 5\text{k}\Omega}{1.7\text{k}\Omega} \approx -294$$

$$R_i = R_b // r_{be} \approx r_{be} \approx 1.7\text{k}\Omega$$

$$A_{us} \approx \frac{r_{be}}{R_s + r_{be}} A_u \approx \frac{1.7\text{k}\Omega}{3\text{k}\Omega + 1.7\text{k}\Omega} \times (-294) \approx -93$$

$$R_o = R_c = 5\text{k}\Omega$$

$R_L = 5\text{k}\Omega$ 时，静态管压降、电压放大倍数分别为

$$U_{CEQ} = \frac{R_L}{R_c + R_L} - I_{CQ}(R_c // R_L) \approx 3 \text{ V}$$

$$A_u = -\frac{\beta R'_L}{r_{be}} \approx -115$$

$$A_{us} \approx \frac{r_{be}}{R_s + r_{be}} \cdot A_u \approx -47$$

$$R_i = R_b // r_{be} \approx r_{be} \approx 3 \text{ k}$$

$$R_o = R_c = 5 \text{ k}\Omega$$

2.8 在图 P2.7 所示电路中，由于电路参数不同，在信号源电压为正弦波时，测得输出波形如图 P2.8 (a) (b) (c) 所示，试说明电路分别产生了什么失真，如何消除。

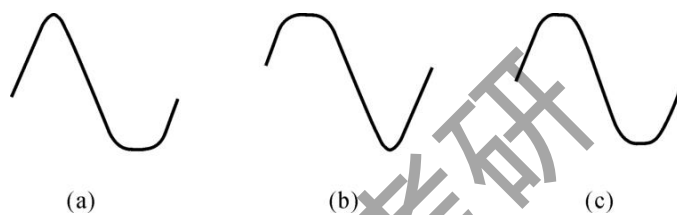


图 P2.8

解：(a) 饱和失真，增大 R_b ，减小 R_c 。

(b) 截止失真，减小 R_b 。

(c) 同时出现饱和失真和截止失真，应增大 V_{CC} 。

2.9 若由 PNP 型管组成的共射电路中，输出电压波形如图 P2.8 (a) (b) (c) 所示，则分别产生了什么失真？

解：(a) 截止失真；(b) 饱和失真；(c) 同时出现饱和失真和截止失真。

2.10 已知图 P2.10 所示电路中晶体管的 $\beta = 100$, $r_{be} = 1 \text{ k}\Omega$ 。

(1) 现已测得静态管压降 $U_{CEQ} = 6 \text{ V}$, 估算 R_b 约为多少千欧;

(2) 若测得 U_i 、 U_o 的有效值分别为 1 mV 和 100 mV , 则负载电阻 R_L 为多少千欧?

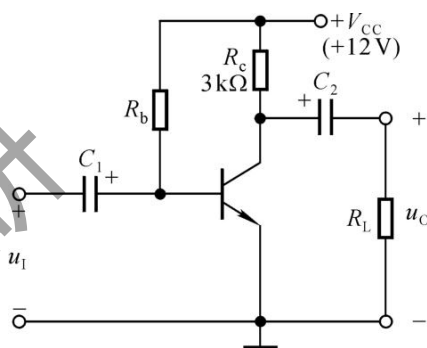


图 P2.10

解: (1) 求解 R_b

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC} - U_{CEQ}}{R_c} = 2 \text{ mA}$$

$$I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} = 20 \mu\text{A}$$

$$R_b = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{I_{BQ}} \approx 565 \text{ k}\Omega$$

(2) 求解 R_L :

$$A_u = -\frac{U_o}{U_i} = -100 \quad A_u = -\frac{\beta R'_L}{r_{be}} \quad R'_L = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_L} = 1 \quad R_L = 5 \text{ k}\Omega$$

2.11 在图 P2.10 所示电路中，设静态时 $I_{CQ}=2\text{mA}$ ，晶体管饱和管压降 $U_{CES}=0.6\text{V}$ 。试问：当负载电阻 $R_L=\infty$ 和 $R_L=3\text{k}\Omega$ 时电路的最大不失真输出电压各为多少伏？

解：由于 $I_{CQ}=2\text{mA}$ ，所以 $U_{CEQ}=V_{CC}-I_{CQ}R_c=6\text{V}$ 。

空载时，输入信号增大到一定幅值，电路首先出现饱和失真。故

$$U_{om}=\frac{U_{CE}-U_{CES}}{\sqrt{2}}\approx 3.82\text{V}$$

$R_L=\infty$ 时，当输入信号增大到一定幅值，电路首先出现截止失真。故

$$U_{om}=\frac{I_{CQ}R'_L}{\sqrt{2}}\approx 2.12\text{V}$$

2.12 在图 P2.10 所示电路中，设某一参数变化时其余参数不变，在表中填入①增大②减小或③基本不变。

参数变化	I_{BQ}	U_{CEQ}	A_u	R_i	R_o
R_b 增大					
R_c 增大					
R_L 增大					

解：答案如解表 P2.12 所示。

解表 P2.12 所示

参数变化	I_{BQ}	U_{CEQ}	A_u	R_i	R_o
R_b 增大	②	①	②	①	③
R_c 增大	③	②	①	③	①
R_L 增大	③	③	①	③	③

2.13 电路如图 P2.13 所示，晶体管的 $\beta = 100$ 。

- (1) 求电路的 Q 点、 A_u 、 R_i 和 R_o ；
- (2) 若电容 C_e 开路，则将引起电路的哪些动态参数发生变化？如何变化？

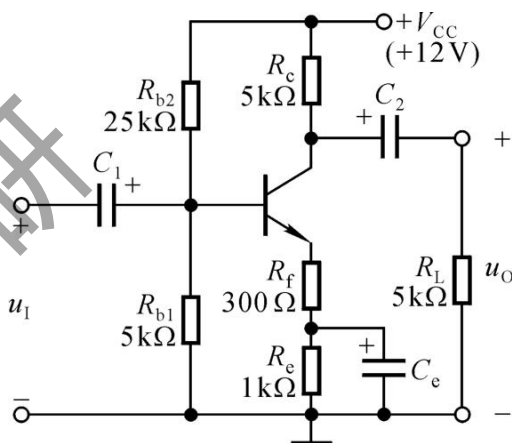


图 P2.13

解：(1) 静态分析：

$$\begin{aligned}
 U_{BQ} &\approx \frac{R_{b1}}{R_{b1} + R_{b2}} \cdot V_{CC} = 2 \text{ V} \\
 I_{EQ} &= \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_f + R_e} \approx 1 \text{ mA} \\
 I_{BQ} &= \frac{I_{EQ}}{1 + \beta} \approx 10 \mu \text{ A} \\
 U_{CEQ} &\approx V_{CC} - I_{EQ} (R_c + R_f + R_e) = 3 \text{ V}
 \end{aligned}$$

动态分析：

$$\begin{aligned}
 r_{be} &= r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26 \text{ mV}}{I_{EQ}} \approx 2.73 \text{ k}\Omega \\
 A_u &= -\frac{\beta (R_c // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta) R_f} \approx -7 \\
 R_i &= R_{b1} // R_{b2} // [r_{be} + (1 + \beta) R_f] \approx 3 \text{ k}\Omega \\
 R_o &= R_c = 5 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

- (2) R_i 增大， $R_i \approx 4.1 \text{ k}\Omega$ ； $|A|$ 减小， $A_u \approx -1.92$ 。

2.14 试求出图 P2.3 (a) 所示电路 Q 点、 A_u 、 R_i 和 R_o 的表达式。

解: Q 点为

$$\begin{aligned} I_{BQ} &= \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_1 + R_2 + (1 + \beta) R_c} \\ I_{CQ} &= \beta I_{BQ} \\ U_{CEQ} &= V_{CC} - (1 + \beta) I_{BQ} R_c \end{aligned}$$

A_u 、 R_i 和 R_o 的表达式分别为

$$A_u = -\beta \frac{R_2 // R_3}{r_{be}}, \quad R_i = r_{be} // R_1, \quad R_o = R_2 // R_3$$

2.15 试求出图 P2.3 (b) 所示电路 Q 点、 A_u 、 R_i 和 R_o 的表达式。设静态时 R_2 中的电流远大于 T 的基极电流。

解: Q 点:

$$\begin{aligned} I_{BQ} &= \left(\frac{R_2}{R_2 + R} V - U_{BEQ} \right) / \left[\frac{R_2 // R_3}{1} + \beta R_1 \right] \\ I_{CQ} &= \beta I_{BQ} \\ U_{CEQ} &= V_{CC} - I_{CQ} R_c + U_{BEQ} \end{aligned}$$

A_u 、 R_i 和 R_o 的表达式分别为

$$\begin{aligned} A_u &= \frac{\beta R_4}{r_{be}} \\ R_i &= R_1 // \frac{r_{be}}{1 + \beta} \\ R_o &= R_4 \end{aligned}$$

2.16 试求出图 P2.3 (c) 所示电路 A_u 、 R_i 和 R_o 的表达式。设静态时 R_2 中的电流远大于 T_2 管的基极电流且 R_3 中的电流远大于 T_1 管的基极电流。

解：两只晶体管的静态电流、管压降分析如下：

$$\begin{aligned} I_{BQ1} &\approx \frac{V_{CC} - U_{BEQ1}}{R_1 + R_2} - \frac{U_{BEQ1}}{R_3} \\ I_{CQ2} &\approx I_{CQ1} = \beta I_{BQ1} \\ U_{CQ2} &= V_{CC} - I_{CQ2} R_4 \\ U_{BQ2} &\approx \frac{R_2}{R_1 + R_2} (V_{CC} - U_{BEQ1}) + U_{BEQ1} \\ U_{CEQ1} &= U_{BQ2} - U_{BEQ2} \\ U_{CEQ2} &= U_{CQ2} - U_{BQ2} + U_{BEQ2} \end{aligned}$$

A_u 、 R_i 和 R_o 的表达式分析如下：

$$\begin{aligned} A_{u1} &= -\frac{\beta_1 \cdot \frac{r_{be2}}{\beta_2}}{r_{be1}} \\ A_{u2} &= \frac{\beta_2 R_4}{r_{be2}} \\ A_u &= A_{u1} A_{u2} \\ R_i &= R_2 // R_3 // r_{be1} \\ R_o &= R_4 \end{aligned}$$

2.17 设图 P2.17 所示电路所加输入电压为正弦波。试问：

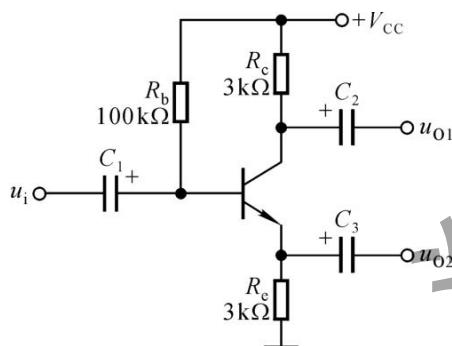


图 P2.17

(1) $A_u = U_o / U_i \approx ?$ $A_{u1} = U_{o1} / U_i \approx ?$

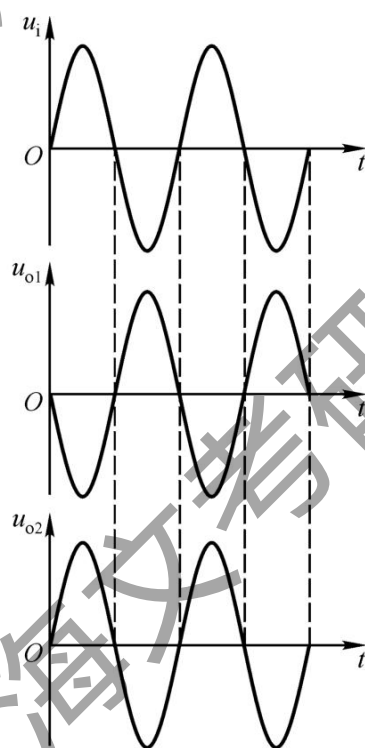
(2) 画出输入电压和输出电压 u_i 、 u_{o1} 、 u_{o2} 的波形；

解：(1) 因为通常 $\beta \gg 1$ ，所以电压放大倍数分别应为

$$A_{u1} = -\frac{\beta R_c}{r_{be} + (1 + \beta) R_e} \approx -\frac{R_c}{R_e} = -1$$

$$A_{u2} = \frac{(1 + \beta) R_e}{r_{be} + (1 + \beta) R_e} \approx +1$$

(2) 两个电压放大倍数说明 $u_{o1} \approx -u_i$ ， $u_{o2} \approx u_i$ 。波形如解图 P1.17 所示。



解图 P1.17

2.18 电路如图 P2.18 所示，晶体管的 $\beta = 80$ ， $r_{be} = 1\text{k}\Omega$ 。

- (1) 求出 Q 点；
- (2) 分别求出 $R_L = \infty$ 和 $R_L = 3\text{k}\Omega$ 时电路的 A_u 和 R_i ；
- (3) 求出 R_o 。

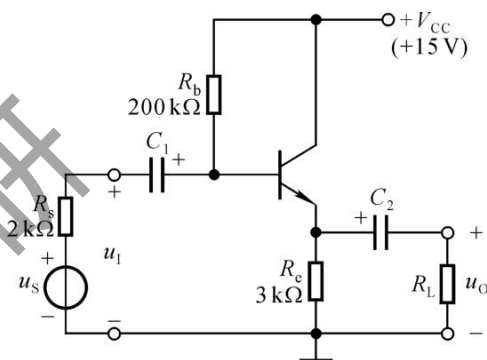


图 P2.18

解：(1) 求解 Q 点：

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_b + (1 + \beta) R_e} \approx 32 \mu\text{A}$$

$$I_{EQ} = (1 + \beta) I_{BQ} \approx 2.61\text{mA}$$

$$U_{CEQ} = V_{CC} - I_{EQ} R_e \approx 7.7\text{V}$$

(2) 求解输入电阻和电压放大倍数：

$R_L = \infty$ 时

$$R_i = R_b // [r_{be} + (1 + \beta) R_e] \approx 110\text{k}\Omega$$

$$A_u = \frac{(1 + \beta) R_e}{r_{be} + (1 + \beta) R_e} \approx 0.996$$

$R_L = 3\text{k}\Omega$ 时

$$R_i = R_b // [r_{be} + (1 + \beta) R_e // R_L] \approx 76\text{k}\Omega$$

$$A_u = \frac{(1 + \beta) R_e // R_L}{r_{be} + (1 + \beta) R_e // R_L} \approx 0.992$$

(3) 求解输出电阻：

$$R_o = R_e // \frac{R_s // R_b + r_{be}}{1 + \beta} \approx 37\Omega$$

2.19 电路如图 P2.19 所示，晶体管的 $\beta = 100$ ， $r_{bb'} = 100 \Omega$ 。

(1) 求解 Q 点、 A_u 、 R_i 和 R_o ；

(2) 设 $U_s = 10\text{mV}$ (有效值)，问 $U_i = ?$ $U_o = ?$ 若 C_3 开路，则 $U_i = ?$ $U_o = ?$

= ?

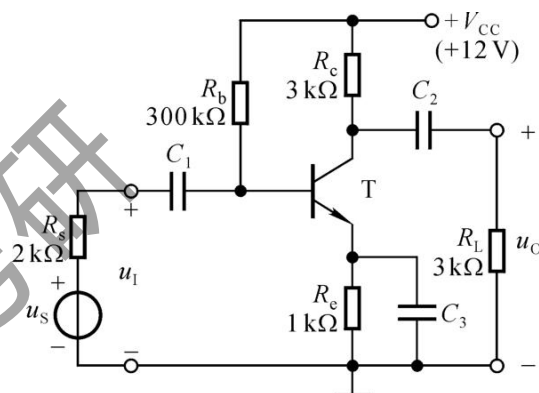


图 P2.19

解：(1) Q 点：

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_b + (1 + \beta) R_e} \approx 31 \mu\text{A}$$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} \approx 1.86 \text{mA}$$

$$U_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{EQ}(R_c + R_e) = 4.56 \text{V}$$

A_u 、 R_i 和 R_o 的分析：

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{U_T}{I_{EQ}} \approx 952 \Omega$$

$$R_i = R_b \parallel r_{be} \approx 952 \Omega$$

$$A_u = -\frac{\beta R_c \parallel R_L}{r_{be}} \approx -95$$

$$R_o = R_c = 3 \text{k}\Omega$$

(2) 设 $U_s = 10\text{mV}$ (有效值)，则

$$U_i = \frac{R_i}{R_s + R_i} U_s \approx 3 \text{mV}$$

$$U_o = |A| U_i \approx 304 \text{mV}$$

若 C_3 开路，则

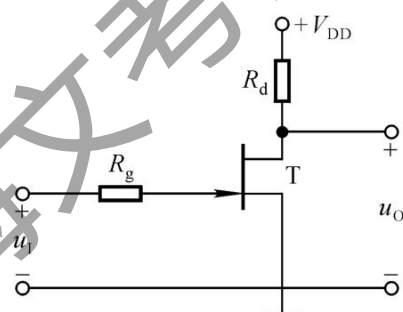
$$R_i = R_b // [r_{be} + (1 + \beta) R_c] \approx 51.3 \text{ k}\Omega$$

$$A_u \approx -\frac{R_c // R_L}{R_c} = -5$$

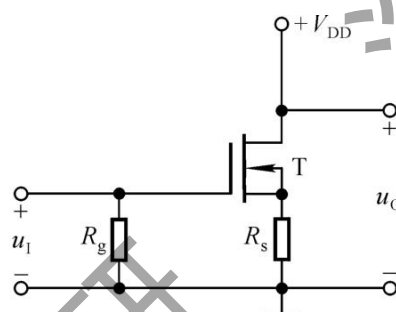
$$U_i = \frac{R_i}{R_s + R_i} U_s \approx 9 \text{ mV}$$

$$U_o = |A_u| U_i \approx 14.4 \text{ mV}$$

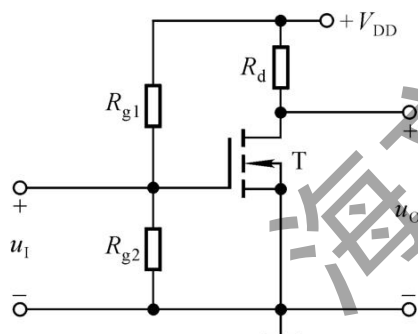
2.20 改正图 P2.20 所示各电路中的错误，使它们有可能放大正弦波电压。要求保留电路的共漏接法。



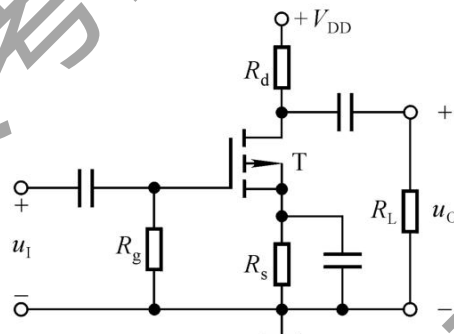
(a)



(b)



(c)



(d)

图 P2.20

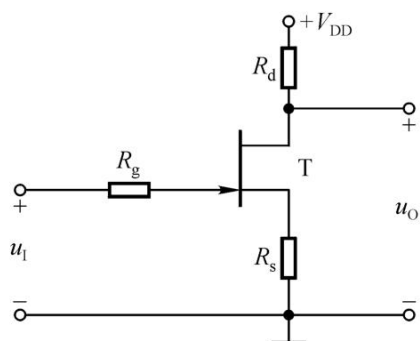
解：(a) 源极加电阻 R_s 。

(b) 漏极加电阻 R_D 。

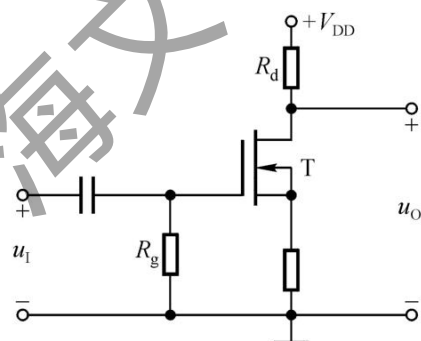
(c) 输入端加耦合电容。

(d) 在 R_g 支路加 $-V_{GG}$ ， $+V_{DD}$ 改为 $-V_{DD}$ 。

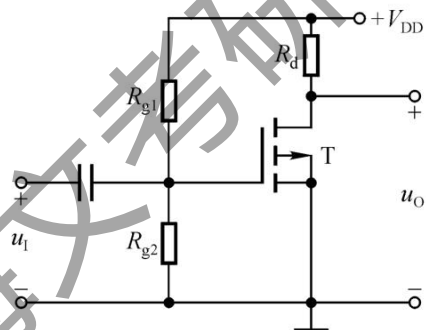
改正电路如解图 P2.20 所示。



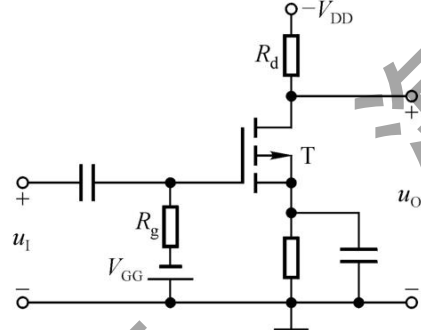
(a)



(b)



(c)



(d)

解图 P2.20

2.21 已知图 P2.21(a)所示电路中场效应管的转移特性和输出特性分别如图 (b) (c)所示。

- (1) 利用图解法求解 Q 点；
- (2) 利用等效电路法求解 A_u 、 R_i 和 R_o 。

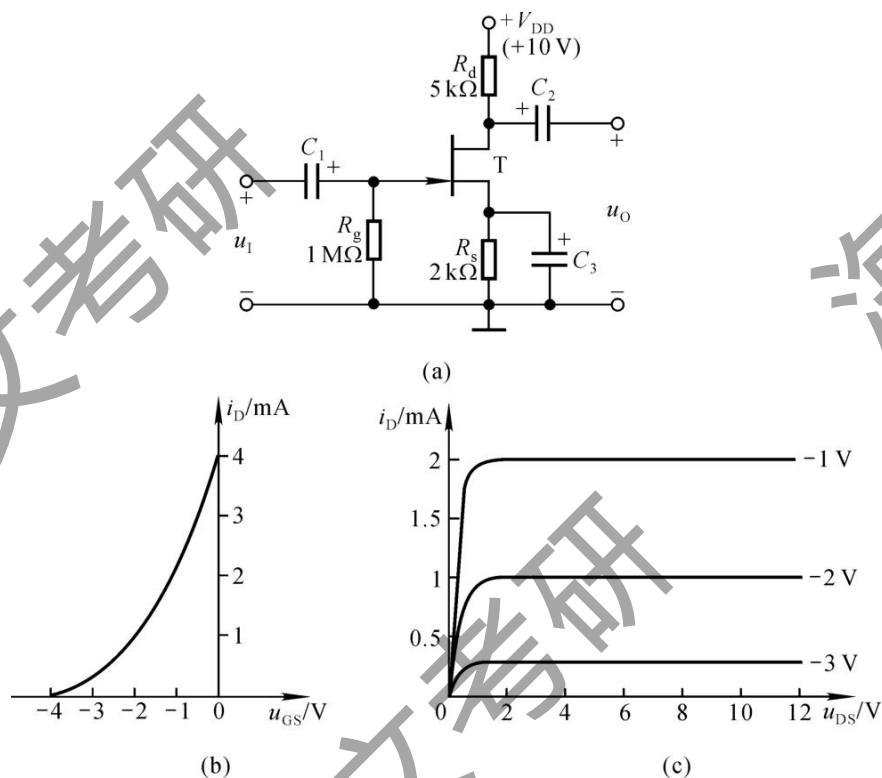
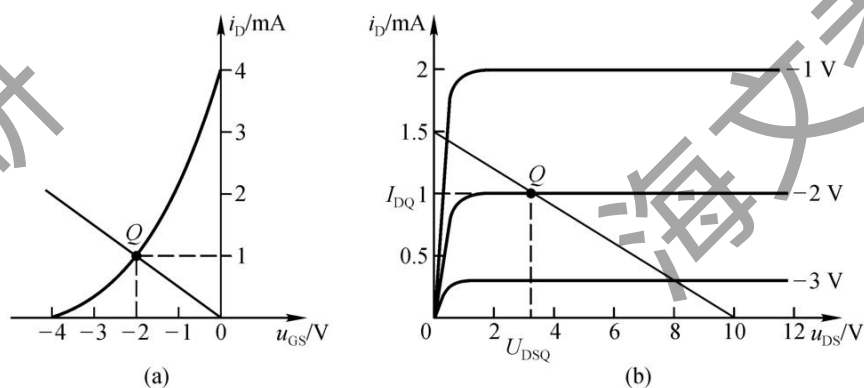


图 P2.21

解：(1) 在转移特性中作直线 $u_{GS} = -i_D R_s$ ，与转移特性的交点即为 Q 点；读出坐标值，得出 $I_{DQ} = 1\text{mA}$ ， $U_{GSQ} = -2\text{V}$ 。如解图 P2.21 (a) 所示。



解图 P2.21

在输出特性中作直流负载线 $u_{DS} = V_{DD} - i_D (R_D + R_S)$ 与 $U_{GSQ} = -2V$ 的那条输出特性曲线的交点为 Q 点, $U_{DSQ} \approx 3V$ 。如解图 P2.21 (b) 所示。

(2) 首先画出交流等效电路 (图略), 然后进行动态分析。

$$g_m = \left. \frac{\partial i_D}{\partial u_{GS}} \right|_{U_{DS}} = \frac{-2}{U_{GS(off)}} \sqrt{I_{DSS} I_{DQ}} = 1 \text{mA/V}$$

$$A_u = -g_m R_D = -5$$

$$R_i = R_g = 1 \text{M}\Omega$$

$$R_o = R_D = 5 \text{k}\Omega$$

2.22 已知图 P2.22 (a) 所示电路中场效应管的转移特性如图 (b) 所示。求解电路的 Q 点和 A_u 。

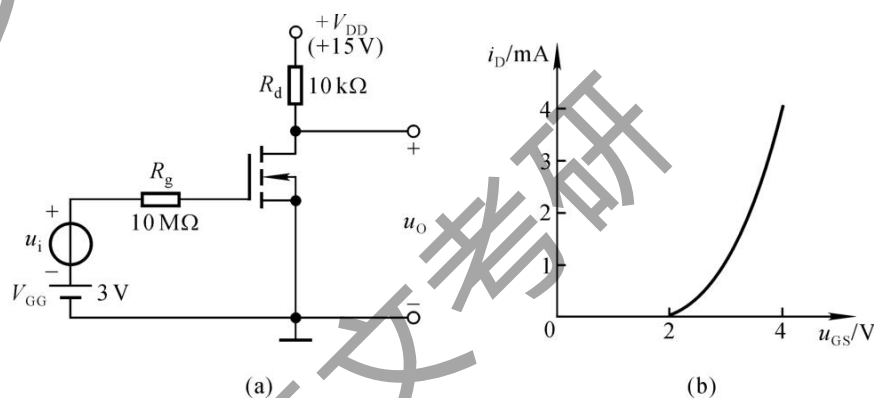


图 P2.22

解: (1) 求 Q 点:

根据电路图可知, $U_{GSQ} = V_{GG} = 3V$ 。

从转移特性查得, 当 $U_{GSQ} = 3V$ 时的漏极电流

$$I_{DQ} = 1 \text{mA}$$

因此管压降

$$U_{DSQ} = V_{DD} - I_{DQ} R_D = 5V。$$

(2) 求电压放大倍数:

$$g_m = \frac{2}{U_{GS(th)}} \sqrt{I_{DQ} I_{D0}} = 2 \text{mA/V}$$

$$A_u = -g_m R_D = -20$$

2.23 电路如图 P.23 所示，已知场效应管的低频跨导为 g_m ，试写 A_u 、 R_i 和 R_o 的表达式。

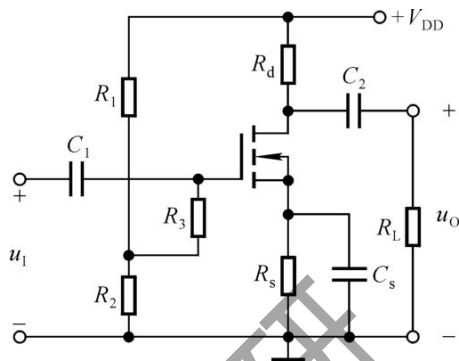


图 P2.23

解： A_u 、 R_i 和 R_o 的表达式分别为

$$A_u = -g_m(R_D // R_L)$$

$$R_i = R_3 + R_1 // R_2$$

$$R_o = R_D$$

2.24 图 P2.24 中的哪些接法可以构成复合管？标出它们等效管的类型（如 NPN 型、PNP 型、N 沟道结型……）及管脚（b、e、c、d、g、s）。

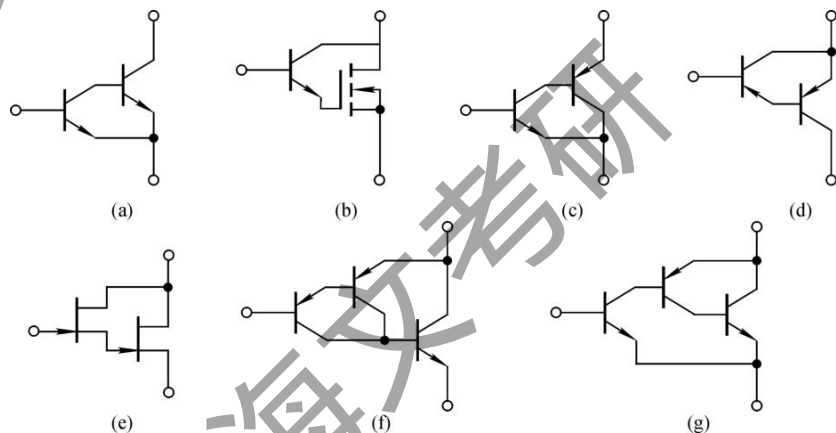


图 P2.24

解：(a) 不能。 (b) 不能。

(c) 构成 NPN 型管，上端为集电极，中端为基极，下端为发射极。

(d) 不能。 (e) 不能。

(f) PNP 型管，上端为发射极，中端为基极，下端为集电极。

(g) 构成 NPN 型管，上端为集电极，中端为基极，下端为发射极。