

小, 高频特性好, 适用于宽频带放大电路。

2. 场效应管放大电路的共源接法、共漏接法与晶体管放大电路的共射、共集接法相对应, 但比晶体管电路输入电阻高、噪声系数低、抗辐射能力强, 适用于做电压放大电路的输入级。

六、基本放大电路的派生电路

在基本放大电路不能满足性能要求时, 可将放大管采用复合管结构或两种接法组合的方式构成放大电路, 前者可提高等效管的电流放大能力, 后者可集中两种接法的优点于一个电路。

学完本章希望能够达到以下要求:

一、掌握基本概念和定义: 放大, 静态工作点, 饱和失真与截止失真, 直流通路与交流通路, 直流负载线与交流负载线, h 参数等效模型, 放大倍数, 输入电阻和输出电阻, 最大不失真输出电压, 静态工作点的稳定。

二、掌握组成放大电路的原则和各种基本放大电路的工作原理及特点, 能够根据需求选择电路的类型。

三、掌握放大电路的分析方法, 能够正确估算基本放大电路的静态工作点和动态参数 \dot{A}_u 、 R_i 和 R_o , 正确分析电路的输出波形和产生截止失真、饱和失真的原因。

四、了解确定静态工作点的必要性及稳定方法。

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分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。()

二、试分析图 T 2.2 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。

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。

- (1) 当 $U_i = 0\text{ V}$ 时, 测得 $I_{BQ} = 0.7\text{ V}$, 若要基极电流 $I_{BQ} = 20\text{ }\mu\text{A}$, 则 R'_B 和 R_w 之和 R_{Σ}

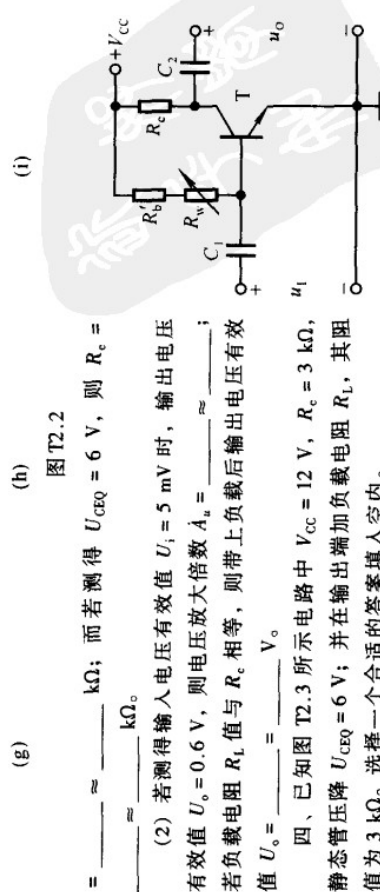
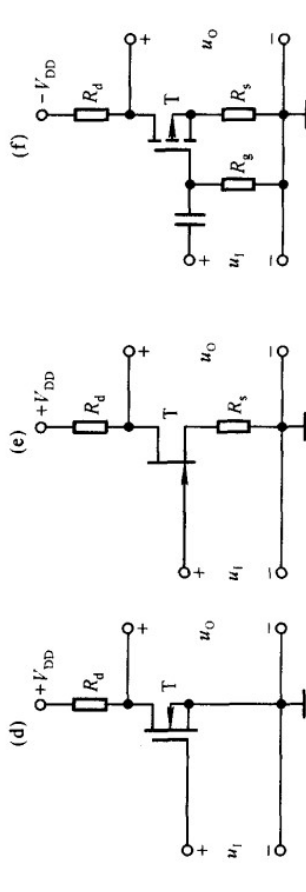
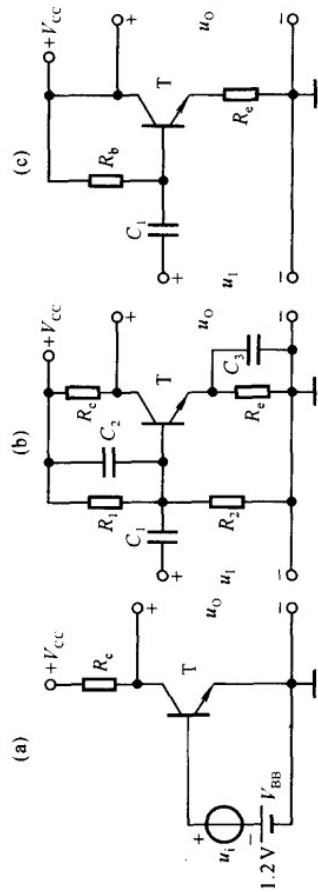
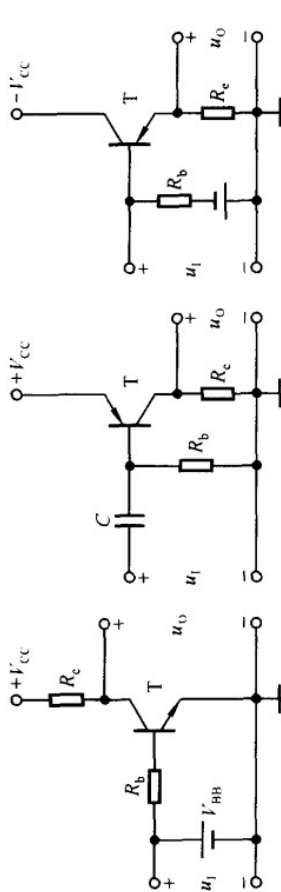


图 T2.3

$=$ \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 $\dot{A}_u =$ \approx \approx ; 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 $U_o =$ \approx V 。

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 $U_{om} \approx$

- ____; A. 2 V B. 3 V C. 6 V
- (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 ____;
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 ____;

- 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 ____。

- A. R_w 减小 B. R_c 减小 C. V_{CC} 减小

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_{BQ} 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 ____。

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。

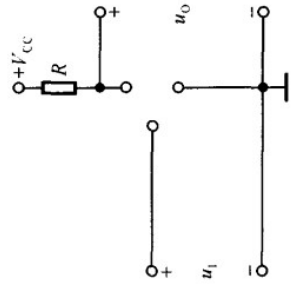


图 T2.6

习题

2.1 分别改正图 P2.1 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。

2.2 画出图 P2.2 所示各电路的直流通路和交流通路。设图中所有电容对交流信号均可视为短路。

2.3 分别判断图 P2.2(a)、(b) 所示两电路各是共射、共集、共基放大电路中的哪一种, 并写出 Q 、 A_u 、 R_i 和 R_o 的表达式。

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 $U_{BEQ} = 0.7 \text{ V}$ 。利用图解法分别求出 $R_L = \infty$ 和 $R_L = 3 \text{ k}\Omega$ 时的静态工作点和最大不失真输出电压 U_{om} (有效值)。

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“√”,

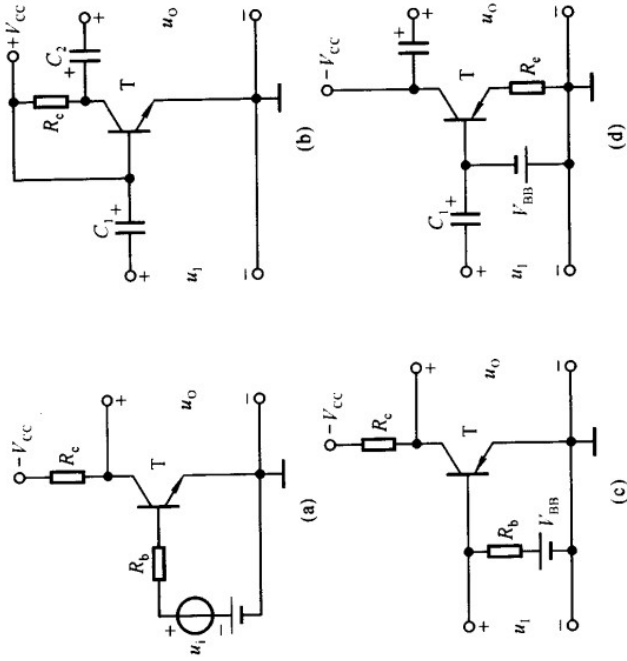


图 P2.1

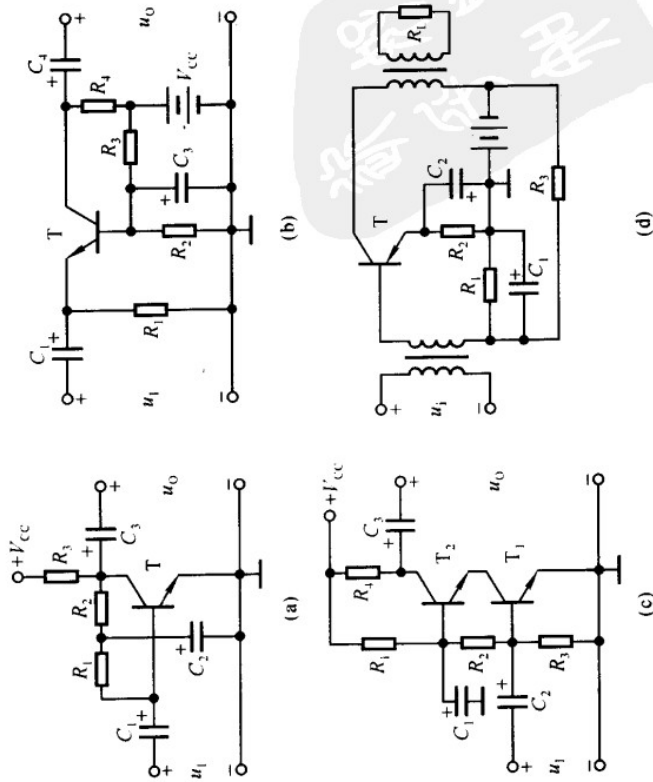


图 P2.2

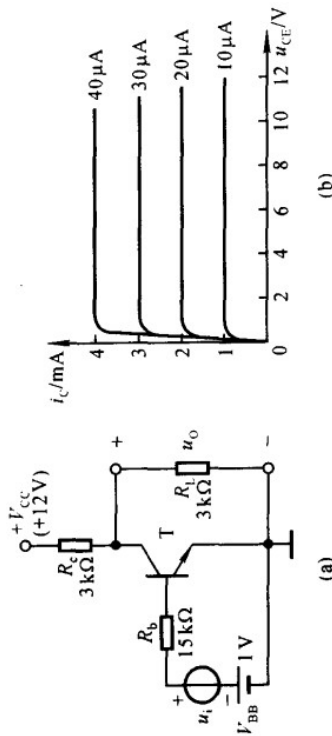


图 P2.4

否则打“x”。

- (1) $A_u = -\frac{4}{20 \times 10^{-3}} = -200$ () (2) $A_u = -\frac{4}{0.7} \approx -5.71$ ()
 (3) $A_u = -\frac{80 \times 5}{1} = -400$ () (4) $A_u = -\frac{80 \times 2.5}{1} \approx -200$ ()
 (5) $R_i = \frac{20}{20} \text{ k}\Omega = 1 \text{ k}\Omega$ () (6) $R_i = \frac{0.7}{0.02} \text{ k}\Omega = 35 \text{ k}\Omega$ ()
 (7) $R_i \approx 3 \text{ k}\Omega$ () (8) $R_i \approx 1 \text{ k}\Omega$ ()
 (9) $R_o = 5 \text{ k}\Omega$ () (10) $R_o = 2.5 \text{ k}\Omega$ ()
 (11) $U_s \approx 20 \text{ mV}$ () (12) $U_s \approx 60 \text{ mV}$ ()

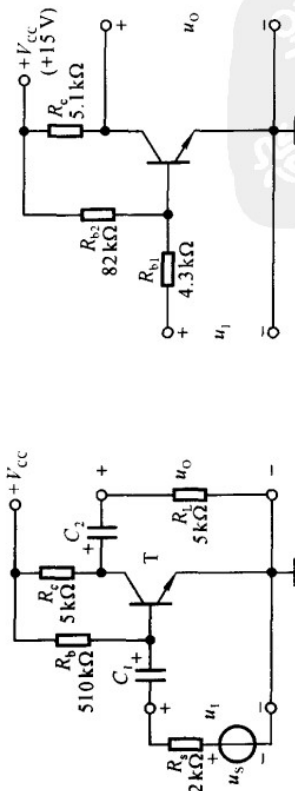


图 P2.5

2.6 电路如图 P2.6 所示, 已知晶体管 $\beta = 120$, $U_{BE} = 0.7 \text{ V}$, 饱和管压降 $U_{CES} = 0.5 \text{ V}$ 。

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?

- (1) 正常情况; (2) R_{b1} 短路; (3) R_{b1} 开路;
 (4) R_{b2} 开路; (5) R_{b2} 短路; (6) R_c 短路。

2.7 电路如图 P2.7 所示, 晶体管的 $\beta = 80$, $r_{be} = 100 \Omega$ 。分别计算 $R_i = \infty$ 和 $R_L = 3 \text{ k}\Omega$ 时的 Q 点、 A_u 、 R_i 和 R_o 。

2.8 若将图 P2.7 所示电路中的 NPN 型管换成 PNP 型管, 其它参数不变, 则为使电路

正常放大电源应作何变化? Q 点、 A_u 、 R_i 和 R_o 变化吗? 如变化, 则如何变化? 若输出电压波形底部失真, 则说明电路产生了什么失真, 如何消除?

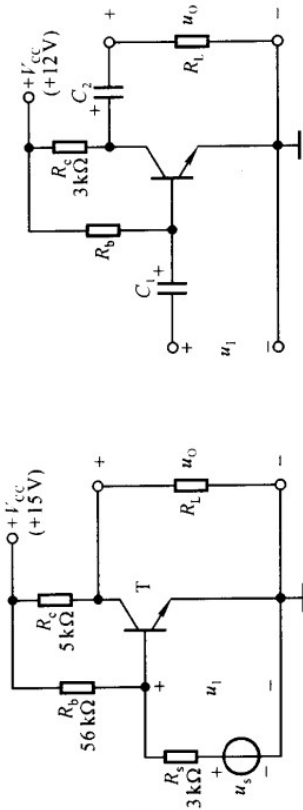
2.9 已知图 P2.9 所示电路中晶体管的 $\beta = 100$, $r_{be} = 1.4 \text{ k}\Omega$ 。

图 P2.7

图 P2.9

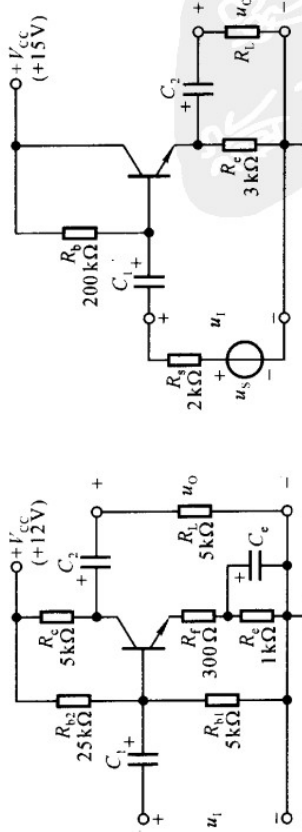
(1) 现已测得静态管压降 $U_{CEQ} = 6 \text{ V}$, 估算 R_b 约为多少千欧?(2) 若测得 U_i 和 U_o 的有效值分别为 1 mV 和 100 mV , 则负载电阻 R_L 约为多少千欧?2.10 在图 P2.9 所示电路中, 设静态时 $I_{CQ} = 2 \text{ mA}$, 晶体管饱和管压降 $U_{CES} = 0.6 \text{ V}$ 。试问: 当负载电阻 $R_L = \infty$ 和 $R_L = 3 \text{ k}\Omega$ 时电路的最大不失真输出电压各为多少伏?2.11 电路如图 P2.11 所示, 晶体管的 $\beta = 100$, $r_{be} = 100 \Omega$ 。(1) 求电路的 Q 点、 A_u 、 R_i 和 R_o ;(2) 若改用 $\beta = 200$ 的晶体管, 则 Q 点如何变化?(3) 若电容 C_e 开路, 则引起电路的哪些动态参数发生变化? 如何变化?

图 P2.11

图 P2.12

2.12 电路如图 P2.12 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 、 R_i 和 R_o 。2.13 电路如图 P2.13 所示, 晶体管的 $\beta = 60$, $r_{be} = 100 \Omega$ 。(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 $U_i = ?$ $U_o = ?$

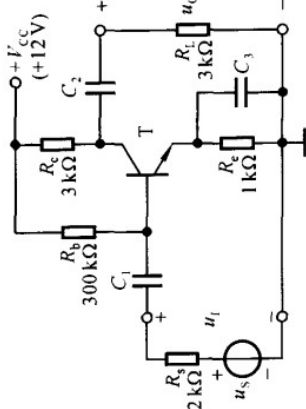


图 P2.13

2.14 改正图 P2.14 所示各电路中的错误, 使它们有可能放大正弦波电压。要求保留电路的共源接法。

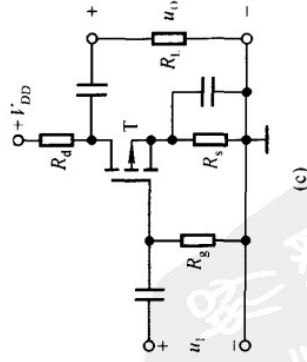
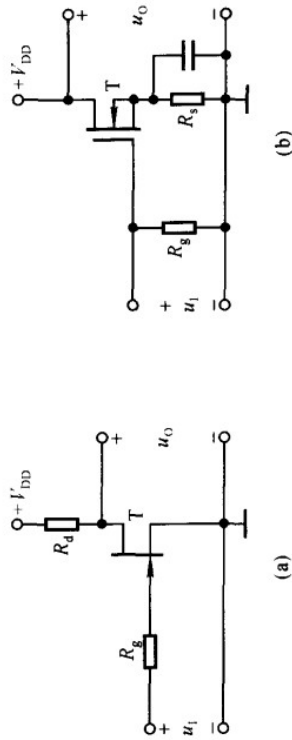


图 P2.14

2.15 已知图 P2.15 (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 。

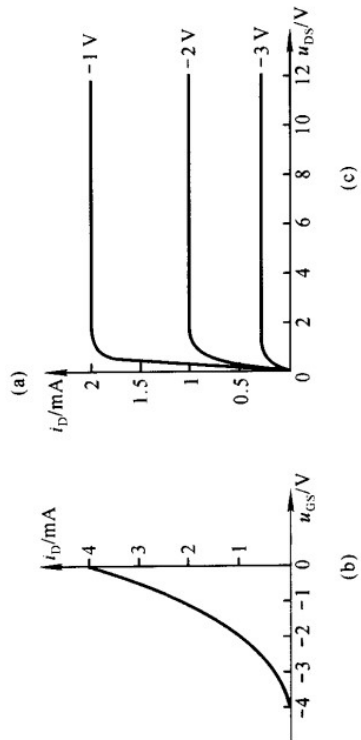
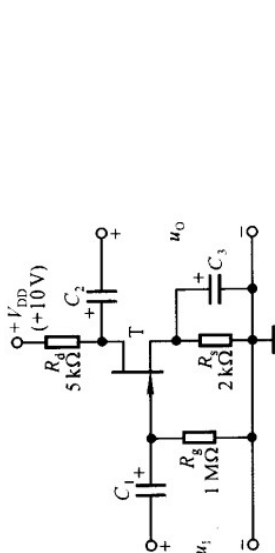


图 P2.15

2.16 已知图 P2.16 (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 。

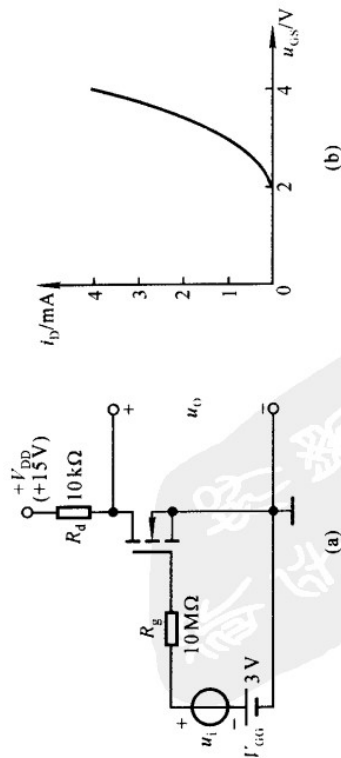


图 P2.16

2.17 电路如图 P2.17 所示。

- (1) 若输出电压波形底部失真, 则可采取哪些措施? 若输出电压波形顶部失真, 则可采取哪些措施?

(2) 若想增大 $|A_u|$, 则可采取哪些措施?

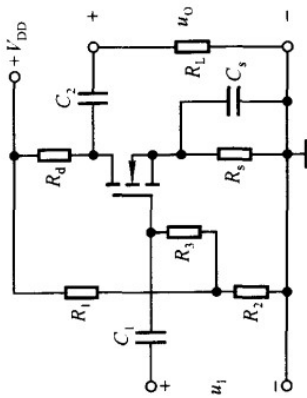


图 P2.17

2.18 图 P2.18 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)。

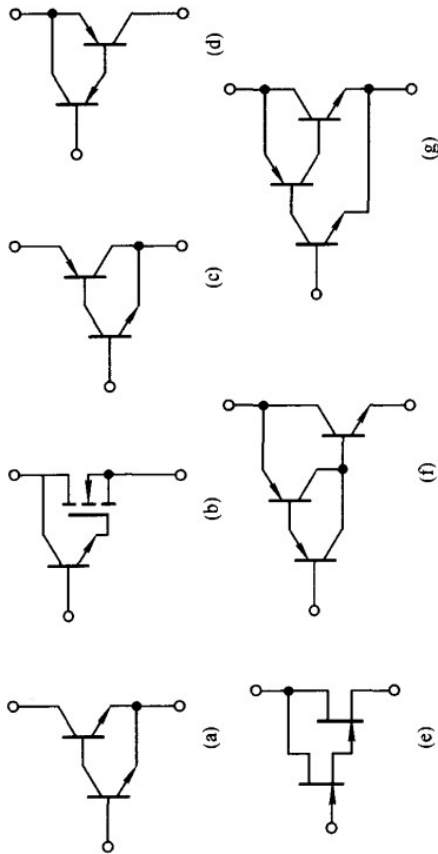


图 P2.18

2.19 利用 Multisim 分析图 P2.5 所示电路中 R_b 、 R_c 和晶体管参数变化对 Q 点、 A_u 、 R_i 、 R_o 和 U_{om} 的影响。

出题目的:

- (1) 学习在 Multisim 环境下搭建电路的方法;
- (2) 学习静态工作点与动态参数的测试方法和分析方法;
- (3) 进一步理解放大电路的组成原则、各元件的作用及其对动态参数的影响。

提示:

- (1) 为便于设置和修改电路参数, 以及研究参数对性能的影响, 全部元件均可采用虚拟元件。

(2) 在研究某一电路参数变化对电路的影响时, 应假设其它参数均保持不变。

(3) 测量 Q 点时, 应令 $u_s = 0$ 。测量 A_u 、 R_i 、 R_o 时, u_s 应为中频小信号电压, 即耦合电容容抗可忽略不计, 结电容电流可忽略不计。测量 U_{om} 时, u_s 应为中频大信号电压。

实际上, 在单管放大电路中, 若输入电压幅值较大, 则即使晶体管未饱和或截止, 由于晶体管特性的非线性, 输出电压波形也会产生失真, 造成 U_{om} 的值难以确定。因而, 可采用将测量值与估算值相比较的方法来测定 U_{om} ; 也可设定若输出电压波形正半周峰值与负半周峰值相差 10%, 则认为产生失真, 来确定 U_{om} 。在用常用电子仪器测量时, 可用失真度仪来判断输出电压是否失真。

2.20 电路如图 P2.17 所示。利用 Multisim 研究下列问题:

- (1) 确定一组电路参数, 使电路的 Q 点合适。
- (2) 若输出电压波形底部失真, 则可采取哪些措施? 若输出电压波形顶部失真, 则可采取哪些措施? 调整 Q 点约在交流负载线的中点。
- (3) 要想提高电路的电压放大能力, 可采用哪些措施?

提示: 为便于设置和修改电路参数, 全部元件均可采用虚拟元件。