

一、(11 分) 判断下列说法的正误, 在括号内画√表示正确, 画×表示错误。

1. P 型半导体带正电, N 型半导体带负电。 ( × )
2. 温度升高时, 晶体管的输出特性上移 ( √ )
3. 放大电路的特征是放大电压 ( × )
4. 当信号频率很低时, PN 结将失去单向导电性 ( × )
5. 直接耦合多级放大电路的  $Q$  点相互影响 ( √ ), 它只能放大直流信号 ( × )
6. 互补输出级电路采用一对互补管子是为了增大最大不失真输出电压幅值 ( √ )
7. 仿真测量电压放大倍数时, 不需要用示波器监测输出电压波形, 直接用万用表的交流电压档测量输入输出电压的有效值即可 ( × )
8. 不能用万用表的欧姆档测量晶体管的动态电阻  $r_{be}$  ( √ )
9. 仿真测量集成运放的转换速率  $SR$  时, 应加入小幅值的阶跃信号 ( × )
10. 测量放大电路带宽时, 应加入幅值固定、频率变化的输入信号 ( × )

二、(18 分) 选择填空 (可为单选或多选)

1. 图 1 电路中二极管导通电压  $U_D=0.7V$ , 则  $U_O=$  A V。  
A. 0      B. 1.4      C. 3

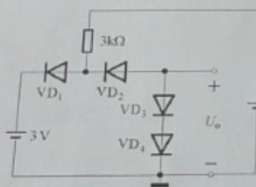


图 1

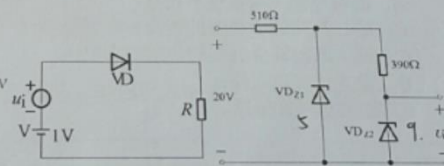


图 2

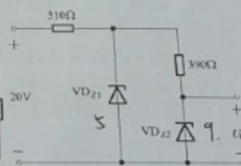


图 3

2. 电路如图 2 所示,  $u_1=0.01\sin\omega t(V)$ , 当直流电源电压  $V$  增大时, 流过二极管  $VD$  的直流电流将 A, 动态电阻  $r_d$  将 B。  
A. 增大      B. 减小      C. 保持不变
3. 已知图 3 电路中稳压管  $VD_{Z1}$  和  $VD_{Z2}$  的稳定电压分别为 5V 和 9V, 则  $U_O$  为 B。  
A. 9V      B. 5V      C. 4V
4. 有两个电压放大倍数相同、输入和输出电阻不同的放大电路 1 和 2, 对同一个具有内阻的信号源电压进行放大, 在负载开路的条件下测得电路 1 的输出电压幅值比电路 2 的

小, 这说明电路 1 的 A (A. 输入电阻, B. 输出电阻) 比电路 2 的 D (C. 大, D. 小)。

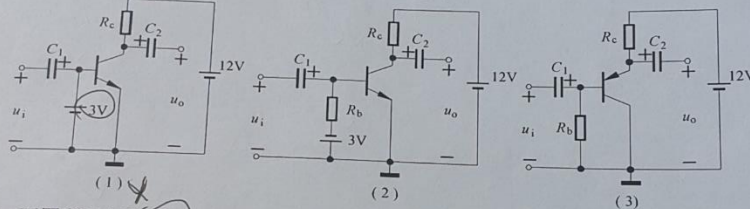
5. 下图所示电路不能正常放大输入信号的有图 (1)(2), 并选择不能正常放大的原因 (A、B、C、D 或 E) 填入以下空中。

若图 (1) 不能正常放大, 则原因是 E;

若图 (2) 不能正常放大, 则原因是 B;

若图 (3) 不能正常放大, 则原因是       。

- A. 集电极电源  $V_{CC}$  极性不正确;
- B. 输入回路偏置不正确;
- C. 输入信号被短路;
- D. 输出信号被短路;
- E. 通电后, 晶体管将因过流而损坏。



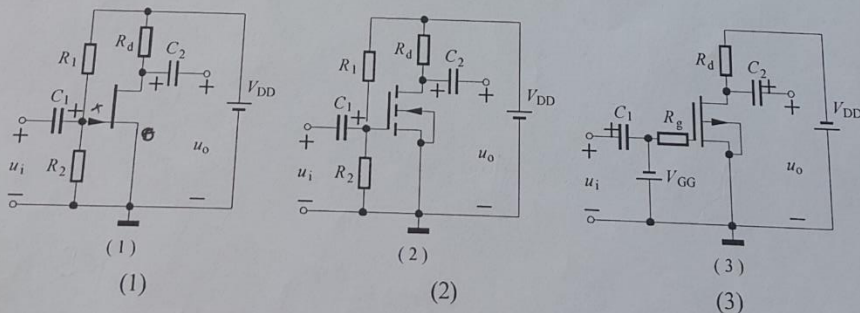
6. 下图所示电路不能正常放大输入信号的有图 (1)(3), 并选择不能正常放大的原因 (A、B、C、D 或 E) 填入以下空中。

若图 (1) 不能正常放大, 则原因是 C;

若图 (2) 不能正常放大, 则原因是       ;

若图 (3) 不能正常放大, 则原因是 D。

- A. 漏极电源  $V_{DD}$  极性不正确;
- B. 栅、源间缺少必要的正向静态电压;
- C. 栅、源间缺少必要的负向静态电压;
- D. 输入信号被短路;
- E. 输出信号被短路。



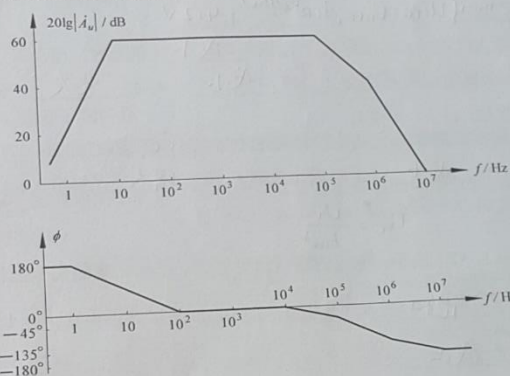
7. 放大直流电压小信号时, 应选择 D 小的运放; 放大交流电压小信号时, 应选择 C 小的运放; 放大高频小信号时, 应选择 A 大的运放; 放大频

率较高的交流大信号时, 应选择 B 大的运放。

- A. 带宽      B. 转换速率      C. 噪声和谐波失真      D. 输入失调电压

### 三、填空 (30 分)

1. 某放大电路频率响应波特图如下图所示。

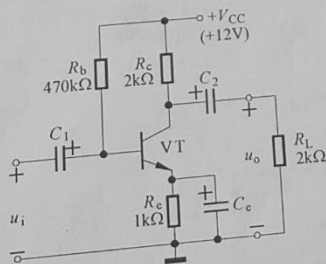


回答下列问题:

- (1) 电路的中频电压放大倍数  $\dot{A}_{um} = 1000$ 。
- (2) 下限截止频率  $f_L \approx 10 \text{ Hz}$ , 上限截止频率  $f_H \approx 10^5 \text{ Hz}$ 。
- (3) 电路的电压放大倍数的表达式为

$$\dot{A}_u = \frac{1000}{(1 + j\frac{f}{10})(1 + j\frac{f}{10^5})(1 + j\frac{f}{10^6})}$$

2. 电路如下图所示, 已知晶体管的  $U_{BEQ} = 0.6\text{V}$ ,  $\beta = 100$ , 电容的容值均为  $10\mu\text{F}$ 。



- (1) 估算电路静态工作点 (先填符号表达式, 再填数值计算结果)

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_b + (1 + \beta)R_e} \approx 0.020 \text{ mA}$$



$$I_{CQ} = \frac{\beta I_{BQ}}{\beta + 1} \approx 1.997 \text{ mA}$$

$$U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}(R_C + R_E) \approx 6.011 \text{ V}$$

(2) 估算最大不失真输出电压有效值 (先填符号表达式, 再填数值计算结果)

$$U_{om} = \frac{1}{\sqrt{2}} \min \{ U_{CEQ} - U_{BEQ}, I_{CQ} R_E / (R_E) \} = 1.412 \text{ V}$$

(3) 为获得尽可能大的不失真输出电压,  $R_b$  应 减小 (填增大、减小);

(4) 若  $C_e$  开路, 中频电压放大倍数  $|A_{um}|$  将 减小,  $R_i$  将 变大,  $R_o$  将 不变 (填增大、减小、不变);

(5) 对放大电路下限截止频率  $f_L$  起决定性作用的电容为  $C_e$  (填  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_e$ );

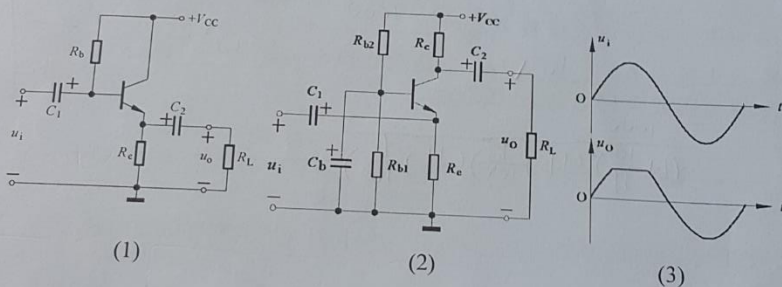
(6)  $R_b$  增大,  $|A_{um}|$  将 减小, 上限截止频率  $f_H$  将 增大 (填增大、减小、不变)。

$$r_{be} = \frac{U_T}{I_{BQ}}$$

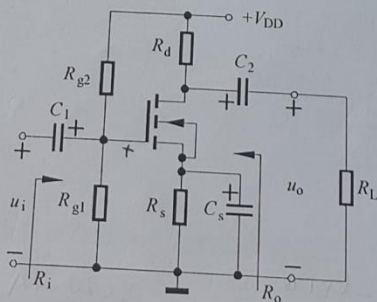
3. 放大电路如下图 (1)、(2) 所示, 电容的容量均足够大。已知测得的信号电压波形如图 (3) 所示, 出现了顶部失真。

图 (1) 电路产生了 饱和 失真 (填截止、饱和), 为了减小失真, 应 增大 (填增大、减小)  $R_b$ 。

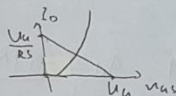
图 (2) 电路产生了 截止 失真 (填截止、饱和), 为了减小失真, 应 减小 (填增大、减小)  $R_{b2}$ 。



4. 在线性放大条件下, 调整图示电路有关参数, 分析电路性能指标的变化用 A、B、C 填空 (A. 增大 B. 减小 C. 基本不变)。



1. 当减小  $R_{s1}$  时, 静态电流  $I_{DQ}$  将 B, 电压放大倍数  $|A_v|$  将 B, 输入电阻  $R_i$  将 B, 输出电阻  $R_o$  将 C;
2. 当减小  $R_{s2}$  时,  $|A_v|$  将 A,  $R_i$  将 C;
3. 当减小  $R_{s3}$  时,  $I_{DQ}$  将 C,  $R_o$  将 B.



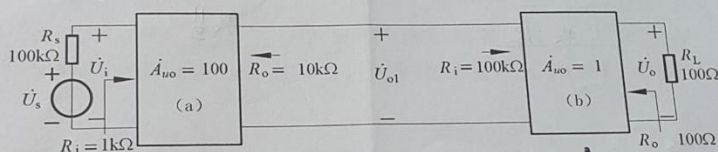
#### 四、(7分) 解答下列各题

两级放大电路的构成框图及每一级的输入电阻  $R_i$ 、输出电阻  $R_o$ 、负载开路时的电压

放大倍数  $A_{vo}$  的值如图中所示。分别计算两级放大电路的电压放大倍数 (先填符号表达式再填计算结果):

$$A_v = \frac{U_o}{U_i} = \frac{R_{i2}}{R_{o1} + R_{i2}} \cdot \frac{R_L}{R_{o2} + R_L} \cdot A_{vo1} \cdot A_{vo2} = 45.45$$

$$A_{us} = \frac{U_o}{U_s} = \frac{R_{i1}}{R_{i1} + R_s} \cdot \frac{R_{i2}}{R_{o1} + R_{i2}} \cdot \frac{R_L}{R_{o2} + R_L} \cdot A_{vo1} \cdot A_{vo2} = 0.45$$



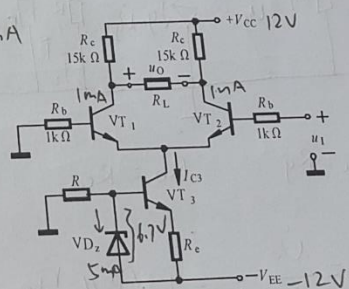
五、(8分) 放大电路如下图所示。  $V_{CC} = V_{EE} = 12V$ , 各晶体管参数均相同,  $\beta = 50$ ,  $r_{bb'} = 300\Omega$ ,  $U_{BE} = 0.7V$ , 稳压管  $VD_Z$  的稳压值  $U_Z = 6.7V$ , 工作电流  $I_Z = 5mA$ ,  $VT_1$ 、 $VT_2$  静态集电极电流  $I_{C1} = I_{C2} = 1mA$ 。试问:

1.  $VT_3$  发射极电阻  $R_e$  应选多大?

$$I_{E3} \approx I_{C3} = I_{E1} + I_{E2} \approx I_{C1} + I_{C2} = 2mA$$

$$I_{E3} = \frac{U_Z - U_{BE}}{R_e}$$

$$\text{得 } R_e = 3k\Omega$$



2. 稳压管限流电阻  $R$  应选多大?

$$I_{B3} = \frac{I_{E3}}{1 + \beta} = 0.039mA$$

$$I_R = I_{C3} + I_{B3} = 5.039mA$$

$$R = \frac{V_{EE} - U_Z}{I_R} \approx 1.05k\Omega$$

3. 当输出端接上负载电阻  $R_L = 15k\Omega$  时, 为使输出电压  $u_o = 0.5V$ , 输入电压  $u_i$  应是多大?

解:  $A_d = \frac{\beta(R_L // \frac{R_c}{2})}{R_b + r_{be}}$

而  $r_{be} = r_{bb'} + \beta \frac{U_T}{I_c} = 300 + 50 \times \frac{26}{I_c} = 1.6k\Omega$

得  $A_d = -96.15$

得  $u_i = \frac{u_o}{|A_d|} = 5.2mV$

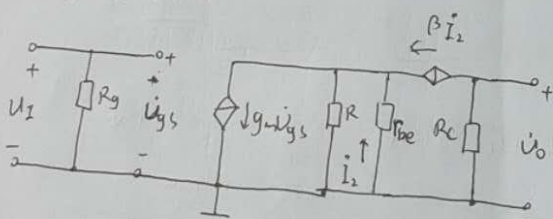
六、(10分) 组合放大电路如下图所示。

1. 填空: 试判断各个管子构成的基本放大电路组态

$V_{T1}$  组成 共源 基本放大电路,  $V_{T2}$  组成 共基 基本放大电路。

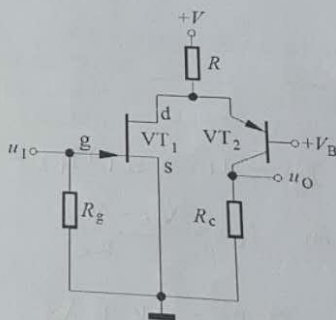
2. 当晶体管参数  $\beta$ 、 $r_{be}$  和场效应管参数  $g_m$  已知时, 画出电路的交流等效电路, 写出  $\dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i}$ ,  $R_i$  和  $R_o$  的近似表达式。

交流等效电路:



$R_i = R_g$

$R_o = R_c$

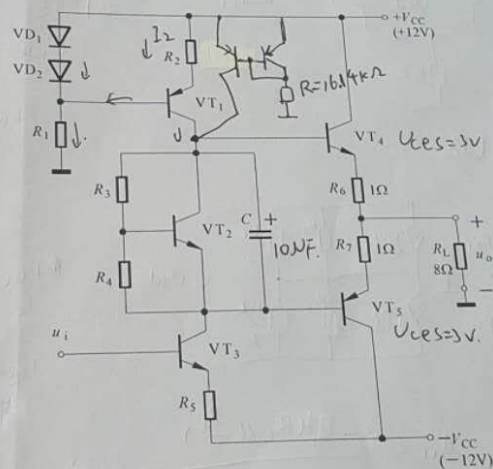


$$\begin{aligned} \dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} &= -g_m \left( R // \frac{r_{be}}{1+\beta} \right) \cdot \beta \frac{R_c}{r_{be}} \\ &= -\beta g_m \left( R // \frac{r_{be}}{1+\beta} \right) \cdot \frac{R_c}{r_{be}} \end{aligned}$$

七、(11 分) 已知电路如图所示,  $VT_3$  的偏置电路未画出,  $VT_4$ 、 $VT_5$  的饱和管压降  $|U_{CES}|=3V$ , 电容  $C$  为  $10\mu F$ , 输入电压  $u_i$  为正弦波。

1. 选择填空:

- (1)  $R_3$ 、 $R_4$ 、 $VT_2$  所组成电路的作用是为了消除 ( C );  
A. 饱和失真 B. 截止失真 C. 交越失真
- (2)  $C$  的作用是 ( B );  
A. 消除交越失真 B. 使  $VT_4$ 、 $VT_5$  基极动态电位相等 C. 滤波
- (3)  $VT_1$  是 ( B );  
A. 共射放大电路的放大管 B.  $VT_3$  的有源负载 C. 与  $VT_4$  构成复合管
- (4)  $VT_3$  是 ( A );  
A. 共射放大电路的放大管 B.  $VT_3$  的有源负载 C. 与  $VT_4$  构成复合管
- (5) 电路的最大不失真输出电压幅值约为 ( C )。  
A. 12V B. 9V C. 8V



2. 已知所有晶体管的输出端动态电阻均为  $r_{ce}$ , 发射结动态电阻均为  $r_{be}$ ,  $\beta$  均相等。计算电压放大倍数近似表达式  $\dot{A}_u = \dot{U}_o / \dot{U}_i$

$\approx -4$ 。(只填表达式, 不需要化简)



3. 已知二极管导通电压  $U_D=0.7V$ ,  $R_2=1k\Omega$ , 请设计一个尽可能简单的电路代替  $VT_1$ ,  $VD_1$ ,  $VD_2$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  组成的电路, 在图中画出来, 标出电阻参数值。

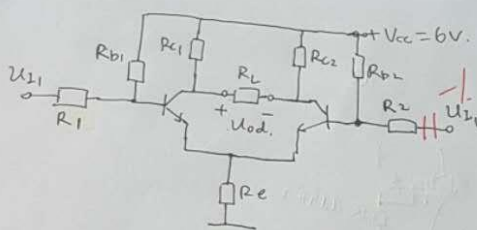
$$I_2 = \frac{U_D}{R_2} = 0.7mA, \text{需设计一个大小为 } 0.7mA \text{ 的电流源。}$$

$$R_1 = \frac{V_{CC} - U_D}{I_2} = 16.14k\Omega$$

八、(5分) 已知心电信号为一对幅值为  $\pm 5mV$  的低频信号 (小于  $200Hz$ )。为了放大该信号, 请设计一个单电源供电的放大电路将信号放大为幅值大于等于  $0.5V$  的信号, 可选择的元件为 NPN 晶体管 ( $\beta=200$ ,  $U_{BE}=0.7V$ ,  $r_{be}=0.5\Omega$ )、电阻、电容、 $+6V$  电源, 电阻和电容值可选。

1. 请画出具体电路, 标明元件参数;
2. 计算并说明电路如何实现所需功能。

用双入双出的差分放大电路实现信号的放大:



各电阻参数对称

$$\text{取 } R_{b1} = R_{b2} = 20k\Omega$$

$$R_1 = R_2 = 5k\Omega$$

$$R_e = 50k\Omega$$

列静态:

$$U_{BQ} = \frac{R_1}{R_1 + R_{b1}} V_{CC} = 2V$$

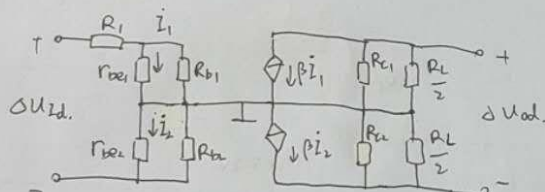
$$I_{BQ} = \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_e} = \frac{2 - 0.7}{50} = 0.01mA$$

$$r_{be} = r_{bb'} + \frac{U_T}{I_{BQ}} = 2.6k\Omega$$

$$I_{CQ} = I_{BQ} \beta = 2mA$$

$$\text{取 } R_{C1} = R_{C2} = 2.3k\Omega$$

交流等效电路:



放大倍数:

$$A_u = \frac{-\beta(R_{C1} // \frac{R_L}{2})}{(1 + \frac{r_{be1}}{R_{b1}}) R_1 + r_{be1}} > \frac{0.5}{10 \times 10^{-3}} = 50$$

满足要求

可满足

$$U_{CEQ} > U_{BEQ}$$

为使  $A_u$  尽量大, 取  $R_L = 10k\Omega$