

第一部分 常用半导体器件

一、选择题

1、BCA 2、A 3、B 4、C 5、B 6、AD 7、A 8、A 9、B 10、C 11、C

二、填空题

1. 自由电子, 高, 空穴, 低 2. 扩散运动, 漂移运动, 浓度差, 内电场

3. 高, 低 4. 单向导电性, 导通, 截止

5. 势垒电容, 扩散电容 6. 齐纳, 雪崩

7. 单向导电性, 最大整流电流, 最高反向工作电压

8. 零, 无穷大 9. 少数, 温度, 无关

10. 反向, 正向 11. 13Ω 。 (因为 $r_D = \frac{\Delta u_D}{\Delta i_D} \approx \frac{U_T}{I_{DQ}} = \frac{26mV}{I_{DQ}}$)

12. 0.5V, 0.7V, 0.1V, 0.2V

13. $U_O = 7.7V$

14. $i_c = \beta i_B$, 电流

15. 增大, 增大

16. 基极、集电极和发射极, PNP, 锗

17. $U_C < U_B < U_E$ 。

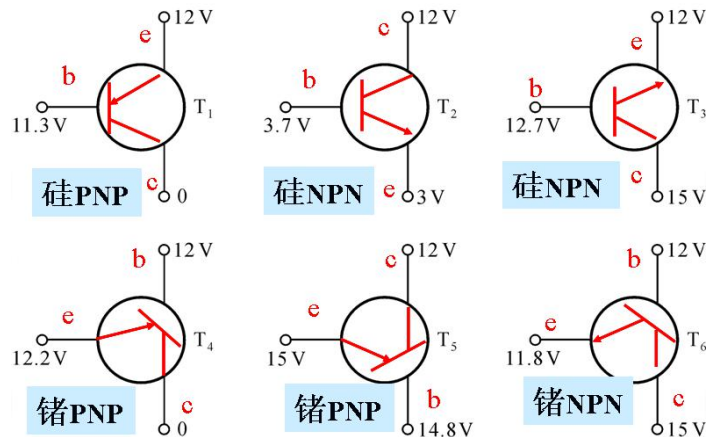
18. 饱和状态

19. 截止, 导通, -5V ; 20. 减小 21. 输入电阻高

22. $u_{GS}, u_{DS}, i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{u_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2, i_D = K(u_{GS} - U_{GS(th)})^2$

23. 右移

三、测得放大电路中六只晶体管的直流电位如下图所示。在圆圈中画出管子, 并分别说明它们是硅管还是锗管。



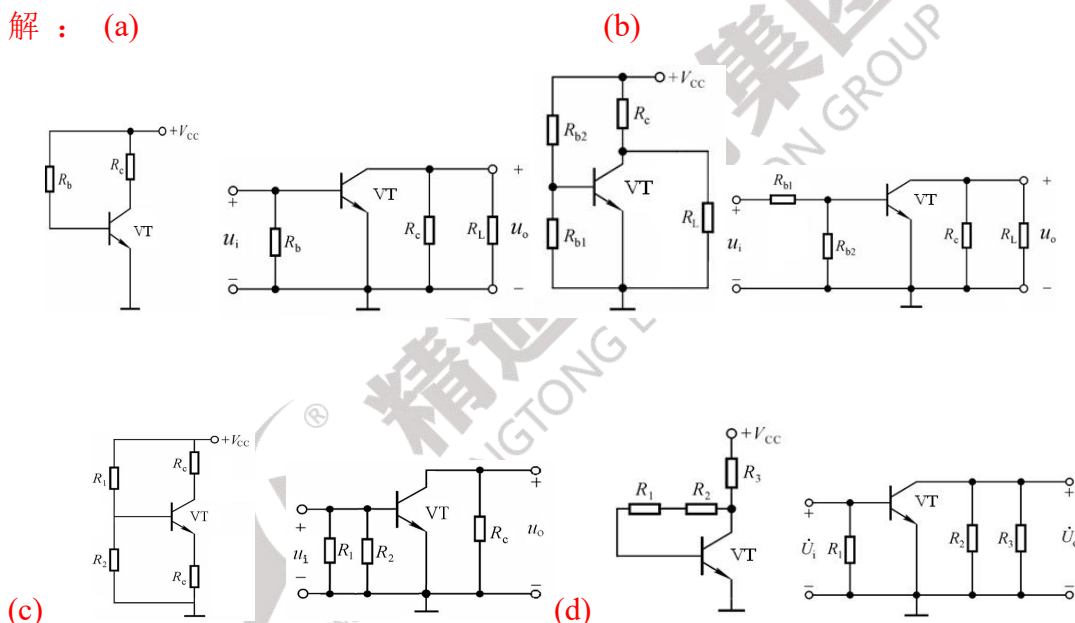
第二部分 基本放大电路

一、填空题

1. 共射，共集，共基 2. 共射，共集，共集 3. 截止，减小
4. 小于等于1，大，小 5. 共集放大电路，共射放大电路，共基放大电路
6. 降低，好 7. 共射，共集，共集 8. 4kΩ 9. 截止，饱和 10. 恒流
11. 共源，共漏，共栅； 12. 电压 13. 温度变化引起元器件参数变化，直流负反馈；

二、画出下图所示放大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。

解：(a)



三、解：(1) 由电路的直流通路（省略）计算静态工作点，并代入数值，得：

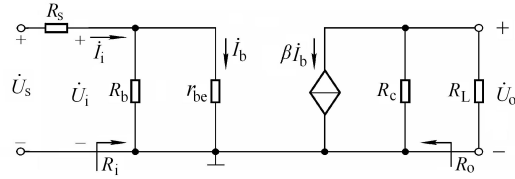
$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_b} = \frac{12 - 0.7}{510} \approx 0.0222\text{mA} = 22.2\mu\text{A}$$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} = 80 \times 0.0222 = 1.77\text{mA}$$

$$U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_c = 12 - 1.77 \times 3 = 6.69\text{V}$$

由以上计算结果可知， $U_{CEQ} > U_{BEQ}$ ，说明晶体管工作在放大状态。

(2) 画出电路的交流等效电路。



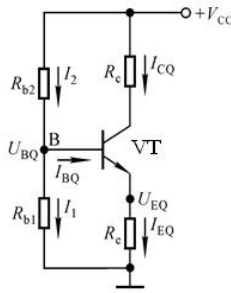
(3) 电路的 \dot{A}_u , R_i , R_o 和 \dot{A}_{us} 。

$$r_{be} = r_{bb'} + \beta \frac{U_T}{I_{CQ}} = 150 + 80 \times \frac{26}{1.77} \approx 1325\Omega \approx 1.33\text{k}\Omega$$

$$\dot{A}_u = -\frac{\beta(R_c // R_L)}{r_{be}} = -\frac{80 \times \frac{3 \times 3}{3+3}}{1.33} \approx -90, \quad R_i = R_b // r_{be} \approx 1.33\text{k}\Omega, \quad R_o = R_c = 3\text{k}\Omega$$

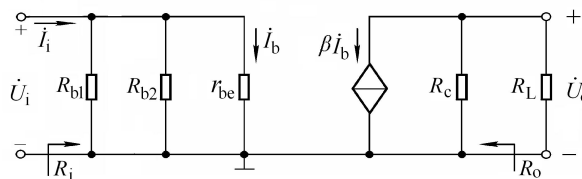
$$\dot{A}_{us} = \dot{A}_u \frac{R_i}{R_s + R_i} = (-90) \times \frac{1.33}{2 + 1.33} \approx -36$$

四、解：(1) 静态分析



$$U_{BQ} = \frac{R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}} V_{CC}, \quad I_{CQ} \approx I_{EQ} = \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_e}$$

$$I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta}, \quad U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}(R_c + R_e)$$

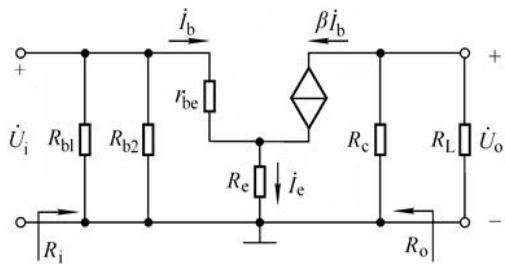


(2) 交流等效电路

(3) 动态分析

$$\dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{-\beta \dot{I}_b (R_c // R_L)}{\dot{I}_b r_{be}} = \frac{-\beta (R_c // R_L)}{r_{be}}, \quad R_i = R_{b1} // R_{b2} // r_{be}, \quad R_o = R_c$$

(4) 去掉旁路电容 C 后



$$A_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = -\frac{\beta(R_c // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)R_e}$$

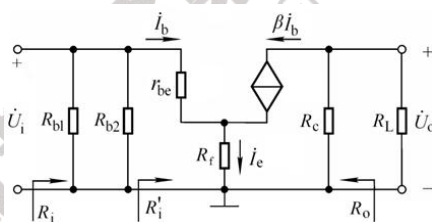
$$R_i = R_{b1} // R_{b2} // [r_{be} + (1 + \beta)R_e] \quad R_o = R_c$$

五、

解：（1）静态分析：

$$U_{BQ} \approx \frac{R_{b1}}{R_{b1} + R_{b2}} \cdot V_{CC} = 2V, \quad I_{EQ} = \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_f + R_e} \approx 1mA, \quad I_{BQ} = \frac{I_{EQ}}{1 + \beta} \approx 10 \mu A,$$

$$U_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{EQ}(R_c + R_f + R_e) = 5.7V$$



动态分析：其交流等效电路如图所示。

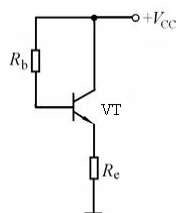
$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26mV}{I_{EQ}} \approx 2.73k\Omega, \quad \dot{A}_u = -\frac{\beta(R_c // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)R_f} \approx -7.7$$

$$R_i = R_{b1} // R_{b2} // R'_i = R_{b1} // R_{b2} // [r_{be} + (1 + \beta)R_f] \approx 3.7k\Omega, \quad R_o = R_c = 5k\Omega$$

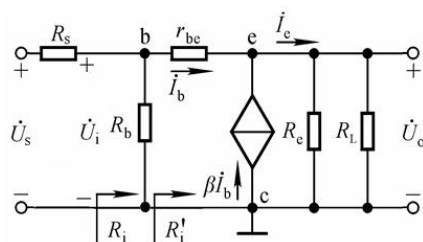
（2）若 C_e 开路， R_i 增大， $R_i \approx 4.1k\Omega$ ； $|\dot{A}_u|$ 减小， $\dot{A}_u \approx -\frac{R'_L}{R_f + R_e} \approx -1.92$ 。

六、

解：



直流通路



交流等效电路

（1）静态分析

电路的直流通路如图所示。由静态工作点的估算法可得：

$$V_{CC} = I_{BQ}R_b + U_{BEQ} + I_{EQ}R_c \quad I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_b + (1 + \beta)R_c} \quad I_{EQ} = (1 + \beta)I_{BQ}$$

$$U_{CEQ} = V_{CC} - I_{EQ}R_c$$

(2) 动态分析

电路的交流等效电路如图所示。

1) 电压放大倍数

$$A_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{(1 + \beta)I_b(R_c // R_L)}{I_b r_{be} + (1 + \beta)I_b(R_c // R_L)} = \frac{(1 + \beta)(R_c // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)(R_c // R_L)}$$

2) 输入电阻

$$R_i = R_b // R'_i = R_b // [r_{be} + (1 + \beta)(R_c // R_L)]$$

输出电阻 :

$$R_o = R_c // \frac{r_{be} + R_b // R_s}{1 + \beta}$$

第三部分 多级放大电路

一、填空题

1. $\beta \times \beta$
2. 相同, 相反
3. 负载电阻, 信号源内阻
4. 小于
5. 输入级
6. $f_H - f_L$, 窄
7. 提高
8. 输入级, 输出级
9. 直接耦合, 阻容耦合, 变压器耦合

二、

解: 第一级放大电路为静态工作点稳定电路, 在其直流通路中利用估算法, 则有:

$$U_{BQ1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} \quad I_{CQ1} \approx I_{EQ1} = \frac{U_{BQ1} - U_{BEQ1}}{R_4}$$

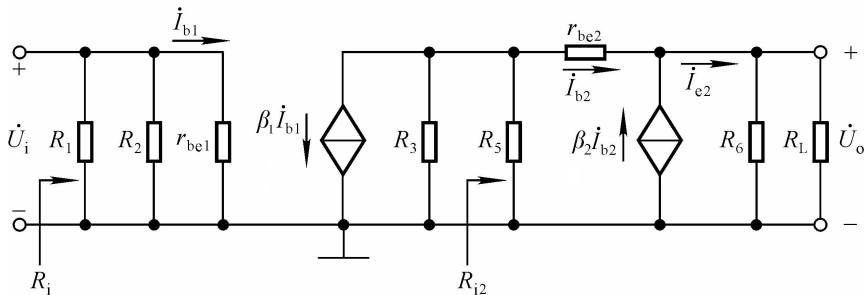
$$I_{BQ1} = \frac{I_{EQ1}}{1 + \beta_1} \quad U_{CEQ1} = V_{CC} - I_{EQ1}(R_3 + R_4)$$

第二级放大电路为共集电极放大电路，在其直流通路中，可求得：

$$I_{BQ2} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ2}}{R_5 + (1 + \beta_2)R_6} \quad I_{EQ2} = (1 + \beta_2)I_{BQ2} \quad U_{CEQ2} = V_{CC} - I_{EQ2}R_6$$

(2) 动态分析

画出下图所示两级放大电路的交流等效电路。



电路的交流等效电路

1) 求解电压放大倍数

第二级放大电路的输入电阻 $R_{i2} = R_5 // [r_{be2} + (1 + \beta_2)(R_6 // R_L)]$

$$\dot{A}_{u1} = -\frac{\beta_1(R_3 // R_{i2})}{r_{be1}}, \quad \dot{A}_{u2} = \frac{(1 + \beta_2)(R_6 // R_L)}{r_{be2} + (1 + \beta_2)(R_6 // R_L)}, \quad \dot{A}_u = \dot{A}_{u1} \cdot \dot{A}_{u2}$$

2) 求解输入电阻

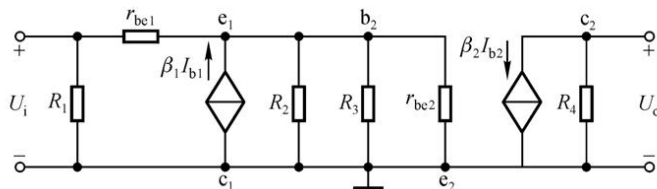
$$R_i = R_{i1} = R_1 // R_2 // r_{be1}$$

3) 求解输出电阻

$$R_o = R_{o2} = R_6 // \frac{r_{be2} + R_3 // R_5}{1 + \beta_2}$$

三、

分析：(1) 中频等效电路（微变等效电路或交流等效电路）



(2) 计算 Au

$$A_1 = \frac{(1 + \beta_1)(R_2 // R_3 // r_{be2})}{r_{be1} + (1 + \beta_1)(R_2 // R_3 // r_{be2})} \quad \text{或者} \quad A_1 = 1 \quad A_2 = -\frac{\beta_2 R_4}{r_{be2}}$$

$$A_u = A_1 \cdot A_2$$

(3) 计算 R_i $R_i = R_1 // [r_{be1} + (1 + \beta_1)(R_2 // R_3 // r_{be2})]$

(4) 计算 R_o $R_o = R_4$

四、其输入电阻 R_i 等于 ($8k\Omega$)，输出电阻 R_o 等于 ($20 k\Omega$)，差模放大倍数 $A_d = (-250)$ ，共模放大倍数 $A_c = (0)$ 。

五、解：(1) 恒流源差分放大电路，抑制零漂（温漂）

(2) $I_{CQ} \approx I_{EQ} = \frac{I}{2} = 1mA$

$U_{C1} = V_{CC} - I_{CQ}R_C = 5V$ ， $U_{C2} = V_{CC} = 15V$

(3) $A_d = -\beta \frac{R_C}{2r_{be}} = -75$ ， $R_i = 2r_{be} = 8K\Omega$ ， $R_o = R_C = 10K\Omega$

第四、五部分 集成运算、放大电路的频率响应

一、 填空题

1. 输入级，中间级，输出级，偏执电路
2. 线性，非线性。线性
3. 虚短，虚断
4. 20db/十倍频， -20db/十倍频， -45度/十倍频， -45度/十倍频，
5. 虚短，虚断，虚地
6. 3, 0.707

二、 选择题

- 1、 C 2、 A 3、 C

二、(1) 60, ± 1000 , (2) 10, 10 (3) $A_u = \frac{100jf}{\left(1 + j\frac{f}{10}\right) \cdot \left(1 + j\frac{f}{10^4}\right)}$

第六部分 放大电路中反馈

一、选择题

1、 B 2、 B 3、 D 4、 C 5、 C

二、填空题

- 1、 直流， 直流， 交流， 交流， 交流
- 2、 电压， 电流， 串联， 并联， 电流， 电压
- 3、 电压串联负反馈
- 4、 电流并联负反馈
- 5、 电压并联负反馈
- 6、 电流串联负反馈
- 7、 该题删除

三、(a) 交流负反馈 (b) 交直流负反馈

- 四、(a) 电路引入交、直流负反馈，反馈组态为电压串联负反馈。
- (b) 电路引入交、直流负反馈，反馈组态为电流串联负反馈。
- (c) 电路引入交、直流负反馈，反馈组态为电压并联负反馈。
- (d) 电路引入交、直流负反馈，反馈组态为电流并联负反馈。

五、判断反馈组态并计算深度负反馈放大电路的电压放大倍数

计算下图中电路的电压放大倍数

$$1、 A_{uf} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad 2、 A_{uf} = \frac{R_L}{R} \quad 3、 A_{uf} = 1 + \frac{R_f}{R_{e1}} \quad 4、 A_{uf} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$5、 A_{usf} = \frac{u_O}{u_S} \approx \frac{-i_O R_L}{i_F R_S} = -\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \frac{R_L}{R_S}$$

六、解：(1) 电压串联负反馈，⑧与⑩、⑨与③、④与⑥连接。

(2) 电流并联负反馈，⑦与⑩、⑨与②、④与⑥连接。

(3) 电压并联负反馈，⑧与⑩、⑨与②、⑤与⑥连接。

第七部分 信号的运算和处理

一、填空题

1. 反相 2. 同相, 反相 3. 积分, 微分

二、电路如图所示, 写出输出电压与输入电压之间的运算关系式。

$$1、u_o = -\frac{R_2}{R_1}u_i = -20u_i \quad 2、u_o = -\frac{R_f}{R_1}(u_{i2} - u_{i1}) = -8(u_{i2} - u_{i1})$$

$$3、u_o = \left(\frac{R_f}{R_4}u_{i4} + \frac{R_f}{R_3}u_{i3} - \frac{R_f}{R_2}u_{i2} - \frac{R_f}{R_1}u_{i1} \right) = u_{i4} + 40u_{i3} - 20u_{i2} - 20u_{i1}$$

4、解: A1 组成同相比例运算电路, A2 组成反相比例运算电路。

$$u_{o1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)u_i = 11u_i, \quad u_o = \frac{R_4}{R_3}u_{o1} = -11u_i$$

三、(1) A1 反相比例运算电路, A2 同相比例运算电路, A3 加减求和比例运算电路。

$$(2) u_{o1} = -\frac{20}{10}u_2 = -2u_2 = -0.2V, \quad u_{o2} = \left(1 + \frac{20}{10}\right)u_1 = 3u_1 = 1.8V,$$

$$u_{o3} = \frac{20}{10}(u_{o2} - u_{o1}) = 4V$$

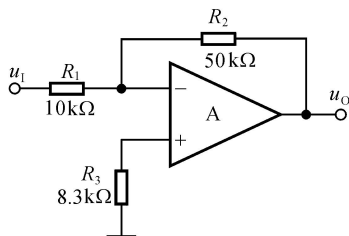
四、设计题

1、设计一个运算电路实现以下运算关系

$$u_o = -5u_1$$

要求画出电路原理图, 估算电路中各电阻的数值 (电阻值 $\leq 100k\Omega$)。

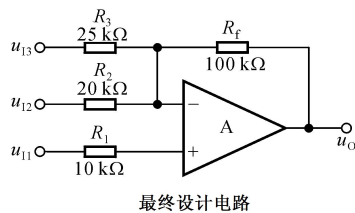
解:



2、设计一个运算电路, 要求输出电压和输入电压的运算关系式为

$$u_o = 10u_{i1} - 5u_{i2} - 4u_{i3},$$

解: 根据题意设计的电路为一个实现加减运算的电路, 则可以 u_{i1} 作用于同相输入端, u_{i2} 和 u_{i3} 作用于反相输入端。



最终设计电路

第八部分 波形的发生和信号的转换

一、填空题

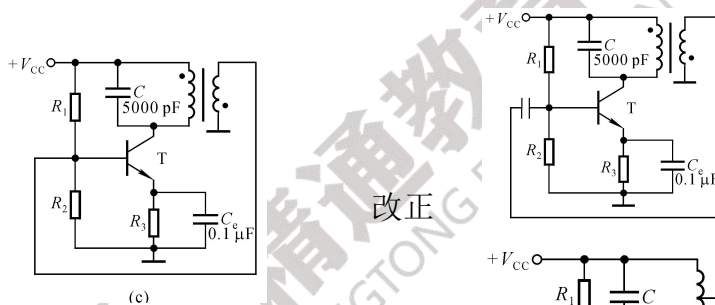
1. 放大电路, 选频网络, 正反馈网络, 稳幅环节 2. $|AF| \geq 1, \theta_A + \theta_F = 2n\pi$ 3.

正弦波

4. 放大倍数 A; 5. 石英晶体振荡电路 6. RC, LC;

二、分别判断图所示各电路是否可能产生正弦波振荡; 如果不能, 请改正错误 (不能改变放大电路的基本连接方式: 共射、共集、共基)。

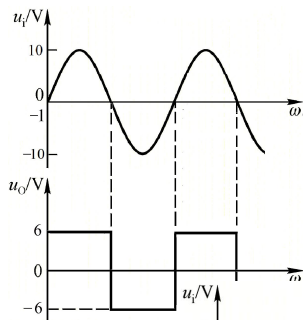
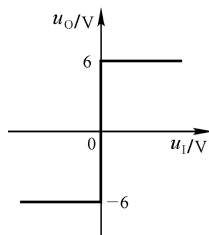
1、



2

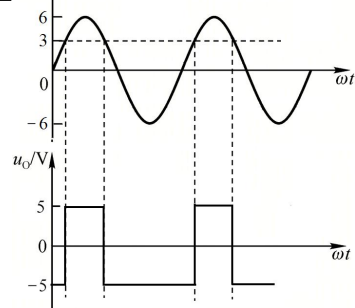


三、解: $U_{OH}=6V, U_{OL}=-6V, U_T=0V$ 。



四、解: (1) 上“+”下“-”。

(2) 根据起振条件, $R_W + R_2 > 2R_1$, $R_W + R_2$ 应大于



10.2kΩ。

(3) 电路的振荡频率

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \approx 1.6\text{kHz}$$

五、解：1、A1（线性） A2（非线性） 2、 $R_f \geq 20\text{k}\Omega$

$$3、f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \quad 4、$$

六、解：(1) 根据起振条件

$$R_f + R_w' > 2R, R_w' > 2\text{k}\Omega。$$

故 R_w 的下限值为 $2\text{k}\Omega$ 。

(2) 振荡频率的最大值和最小值分别为

$$f_{0\max} = \frac{1}{2\pi R_1 C} \approx 1.6\text{kHz}$$

$$f_{0\min} = \frac{1}{2\pi (R_1 + R_2) C} \approx 145\text{Hz}$$

七、解： $U_o = \frac{1.5U_s}{\sqrt{2}} \approx 5.3\text{V}, \quad f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \approx 7.96\text{Hz}$

第九部分 功率放大电路

一、填空题

1. 最大输出功率，电源提供的功率； 2. 交越失真，乙，甲乙； 3. 甲乙； 4. 0.2W；

5. $I_{CM}, P_{CM}, U_{(BR)CEO}$ ； 6. 静态功耗；

二、(1) $P_{om} = \frac{(V_{CC} - |U_{CES}|)^2}{2R_L} = 18\text{W}, \quad \eta = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{V_{CC} - |U_{CES}|}{V_{CC}} \approx 62.8\%$

(2) $P_{om} = \frac{U_{om}^2}{R_L} = 8\text{W}$

三、(1) 因为 $P_{om} = \frac{(V_{CC} - |U_{CES}|)^2}{2R_L} = 16\text{W}$ ，所以 $V_{CC} \geq 18\text{V}$

(2) $I_{CM} = \frac{V_{CC} - |U_{CES}|}{R_L} = \frac{20 - 2}{8} = 2.25\text{mA}$

最大管压降 $U_{CE\max} = 2V_{CC} - U_{CE} = (2 \times 20 - 2)\text{V} = 38\text{V}$

集电极最大功耗： $P_{T\max} \approx 0.2P_{om} = 0.2 \cdot \frac{V_{CC}^2}{2R_L} = 5\text{W}$ （忽略晶体管饱和压降）

四、解：（1）最大不失真输出电压有效值为

$$U_{om} = \frac{V_{CC} - U_{CES}}{\sqrt{2}} \approx 7.78V$$

故在不失真的情况下，输入电压最大有效值 U_{imax}

$$U_{imax} = \frac{U_{om}}{|A_u|} \approx 77.8mV$$

（2）若 $U_i = 10mV$ ，则 $U_o = 1V$ （有效值）。

若 R_3 开路，则 T_1 和 T_3 组成复合管，等效 $\beta \approx \beta_1 \beta_3$ ， T_3 可能饱和，使得 $u_o \approx -11V$ （直流）。

若 R_3 短路，则 $u_o \approx 11.3V$ （直流）。

