

# 中国科学技术大学信息科学技术学院

## 考试试卷参考答案

☐A 卷      ☐B 卷

课程名称: 线性电子线路      课程代码: \_\_\_\_\_

开课院系: 信息科学技术学院      考试形式: 闭卷

姓 名: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 专 业: \_\_\_\_\_

题 号									总 分
得 分									

一、(每小题 3 分共 21 分) 填空: (答案全部写在答题纸上)

1. 某放大器的电压增益函数为  $A_v(S) = \frac{10^{15} S(S+15)}{(S+150)(S+200)(S+10^6)^2}$ , 该放大器的中频增益  $A_v$  为 1000 或 60dB, 低频截止频率  $\omega_l$  为 250 rad/s。

2. 室温下, 实际二极管加正向偏置电压 0.65V 时, 流过二极管的直流电流为 1mA, 若正向偏置电压增加到 0.71V 时, 此时流过二极管的直流电流为 10mA。

3. 在三极管共发射放大器中, 如果输出电流  $I_c$  波形只有正半周产生了失真, 则该管的直流工作点偏向了 饱和 区, 而  $I_c$  波形只有负半周失真则工作点偏向了 截止 区。

4. 在三极管放大器中, 测得三个电极的对地电压分别为 -2V、-2.6V 和 -5V, 则该三极管电压为 -5V 的电极为 集电 极, 该管为 PNP 管 (PNP 或 NPN)。

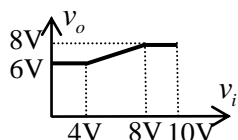
5. 增强型 MOSFET 的开启电压  $V_T$  为 2V, 耗尽型 MOSFET 的夹断电压  $V_{P0}$  也为 2V, 两种管子均工作在饱和电流区, 增强型 MOSFET 管  $V_{GS}$  的取值范围为  $V_{GS} > 2V$ , 耗尽型为  $V_{GS} > -2V$ 。

6. 设计电流源电路时, 除了考虑合适的输出电流大小外, 还需要考虑的主要设计指标有 输出电流的稳定性、提升等效输出交流阻抗 (至少回答 2 个指标)。

7. 电压并联负反馈放大器中, 闭环增益  $A_{vf}$  为  $20k\Omega$ , 反馈系数  $F_g$  为电阻网络, 当放大器开环增益  $A_v$  变为原来的 2 倍时,  $A_{vf}$  增大到  $22k\Omega$ , 则反馈系数  $F_g$  的值为 0.041mS。

二、(10 分) 电路如图 1 所示, 已知  $D_1$  和  $D_2$  为理想二极管, 画出  $0 \leq V_i \leq 10V$  时,  $V_o$  关于  $V_i$  的电压传输特性曲线。

四个点 (0V, 6V) 2 分, (4V, 6V) 3 分, (8V, 8V) 3 分, (10V, 8V) 2 分



三、(14 分) 结型场效应管构成的放大电路如图 2 所示, 所有电容均可认为交流短路。已知管子参数:  $I_{DSS} = 5mA$ ,  $V_{P0} = 2.5V$ ,  $r_{ds} = \infty$ 。电路中  $R_D = R_L = 8.2k\Omega$ ,  $R_1 = 0.1k\Omega$ ,  $R_2 = 0.9k\Omega$ 。

(1) 求静态时的电压  $V_{DS}$  和该直流工作点处的跨导  $g_m$ ;

(2) 求交流电压增益  $A_v$ 、输入阻抗  $R_i$  和输出阻抗  $R_o$ 。

$$\begin{cases} I_D = I_{DSS} \left(1 + \frac{V_{GS}}{V_{P0}}\right)^2 \\ V_{GS} = V_G - V_S = -V_S = -I_D(R_1 + R_2) \end{cases}$$

可解得,  $V_{GS} = -1.25V$  或  $-5V$ 。根据 JFET 转移特性,  $V_{GS} > -V_{P0} = -2.5V$ , 因此,

$$\text{取 } V_{GS} = -1.25V, \quad I_D = 1.25mA$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = 18 - 8.2I_D + V_{GS} = 6.5V \quad (4 \text{ 分})$$

$$g_m = \frac{2}{V_{P0}} \sqrt{I_{DSS} I_D} = 2mS \quad (2 \text{ 分})$$

(2)

$$A_v = \frac{-g_m(R_D // R_L)}{1 + g_m R_1} = -6.83 \quad (4 \text{ 分})$$

$$R_i = 2M\Omega, \quad R_o = R_D = 8.2k\Omega \quad (4 \text{ 分})$$

四、(12 分) 差分放大电路如图 3 所示, 晶体管的参数相同为  $V_{BE} = 0.7V$ ,  $\beta = 50$ ,  $r_b = 115\Omega$ 。

(1) 若  $V_i = 0V$ , 求输出电压  $V_o$ ;

(2) 若  $V_i = -20mV$ , 求输出电压  $V_o$ 。

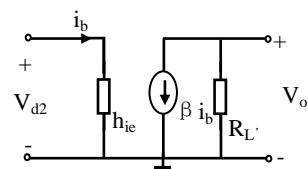
$$I_{E1} = I_{E2} = 1.5(mA), \quad V_o = 3.75(V) \quad (4 \text{ 分})$$

$$h_{ie} = r_b + (1 + \beta)r_e = 115 + 51 \times \frac{26}{1.5} = 1k\Omega,$$

$$A_d = \frac{-50 \times 1.5}{1} = -75, \quad (3 \text{ 分})$$

$$A_c = 0 \quad (2 \text{ 分})$$

$$V_o = 3.75 + (0.01) * (-75) = 3(V) \quad (3 \text{ 分})$$



五、(12 分) 晶体三极管组成的电路如图 4 所示, 所有三极管均工作于线性区。

(1) 若  $R_f$  构成的反馈是负反馈, 判断开关  $K$  是连接  $K_1$  点还是连接  $K_2$ , 并用瞬时极性法简要说明。

(2) 满足负反馈条件开关  $K$  和  $K_1$  或  $K_2$  连接后, 判断由  $R_f$  和其他电阻构成的反馈是四种

反馈类型中的哪一种？若该反馈满足深度负反馈条件，求出电路的电压增益。

**K 接 K<sub>2</sub>**

接 K<sub>2</sub> 满足负反馈， 2 分，

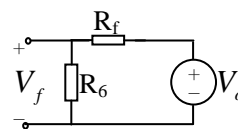
瞬时极性法， 2 分

为电压采样电压相加型，或电压串联负反馈，

满足基本反馈方程式的函数为  $A_v$ 、 $F_v$ 。 (2 分)

$$F_v = \frac{R_6}{R_f + R_6}, \quad 3 \text{ 分}$$

$$A_{vf} = 1 + \frac{R_f}{R_6}。 \quad (3 \text{ 分})$$



六、(16 分) 理想运放组成的电路如图 5 所示，运放工作于线性区，已知  $D_1$  和  $D_2$  为理想二极管，试分别推导出图 5 (a) 和图 5 (b) 中  $V_o$  和  $V_i$  的关系式。

(1) (8 分)

$$V_- = V_+ = 0, \quad I_- = I_+ = 0,$$

$$V_{o1} = (1 + \frac{R_2}{R_1}) V_{i1}$$

$$V_o = (1 + \frac{R_4}{R_3}) V_{i2} - \frac{R_4}{R_3} (1 + \frac{R_2}{R_1}) V_{i1}$$

(2) (8 分)

当  $V_i$  为正时， $D_2$  导通， $D_1$  截止，

$$V_o = -V_i \times (-2) = V_i$$

当  $V_i$  为负时， $D_1$  导通  $D_2$  截止， $A_1$  输出为 0

$$V_o = -V_i$$

$$\text{所以 } V_o = |V_i|$$

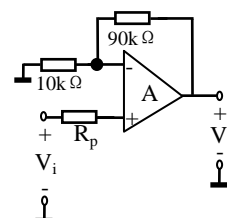
七、(15 分) 已知运放内部电路共有三个极点，转角频率分别为  $f_1 = 0.5\text{MHz}$ 、 $f_2 = 10\text{MHz}$  和  $f_3 = 100\text{MHz}$ ，其中  $f_1$  由运放内部 R、C 电路确定， $R = 30\text{k}\Omega$ 。有频率补偿端。运放的中频开环电压增益为 80dB。

(1) 写出该运放的电压传递函数  $A_v(jf)$  的表达式；

(2) 运放加纯阻反馈网络，求相位裕量为 45° 时的反馈系数；

(3) 运放接成右图所示电路，该电路是否可以稳定工作？

若要求电路仍有 45° 的相位裕量，问此时补偿电容为多大？



$$(1) A_v(jf) = \frac{10^4}{(1 + \frac{jf}{0.5 \times 10^6})(1 + \frac{jf}{10^7})(1 + \frac{jf}{10^8})} \quad (2 \text{ 分})$$

(2) 若相位裕量为  $45^\circ$ ，则附加相移为  $135^\circ$ 。

$$f_g = 10\text{MHz}, \quad (2 \text{ 分})$$

$$A_v(jf_g) = 80 - 20\lg \frac{10}{0.5} - 3 = 51(\text{dB}) \text{ 或 } 54\text{dB}$$

$$F_0 = 0.00282 \text{ 或 } 0.002 \quad (3 \text{ 分})$$

(3) 此为电压串联型负反馈，满足基本反馈方程式的函数为  $A_v$  和  $F_v$ ，

$$F_v = \frac{R_1}{R_1 + R_f} = \frac{10}{10 + 90} = 0.1,$$

$$\text{令 } A_v(jf_{g2})F_v = 1 \text{ 得 } f_{g2} = 22.36\text{MHz}, \quad (2 \text{ 分})$$

$$\phi_{AF}(jf_{g2}) = -90 - 45\lg \frac{22.36}{1} - 45\lg \frac{22.36}{10} = -90 - 60.7 - 15.7 = -166.4 > -180 \text{ 电路稳定}$$

(2 分)

若相位裕量仍为  $45^\circ$  则  $f_g = 10\text{MHz}$ ，设加补偿后第一个极点变为  $f_1'$ ，

$$\text{令 } A_v(jw_g) = 80 - 20\lg \frac{10}{f_1'} - 3 = 20 \text{ 或 } 17 \text{ 得 } f_1' = 0.01\text{MHz} \text{ 或 } 0.014\text{MHz}, \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{由 } f_1' = \frac{1}{2\pi R(C_1 + C_p)} = 0.01 \times 10^6 \text{ 或 } 0.014 \times 10^6 \text{ 和 } f_1 = \frac{1}{2\pi RC_1} = 0.5 \times 10^6 \text{Hz} \text{ 得}$$

$$C_p = 520\text{pF} \text{ 或 } 368\text{pF}. \quad (2 \text{ 分})$$