

《模拟电子技术》期中考试试卷（A 卷）参考答案及评分标准

一、 简答题（每题 6 分，共 30 分）

得 分	
-----	--

1. NPN 晶体管有几种工作状态？如何设置这几种工作状态。

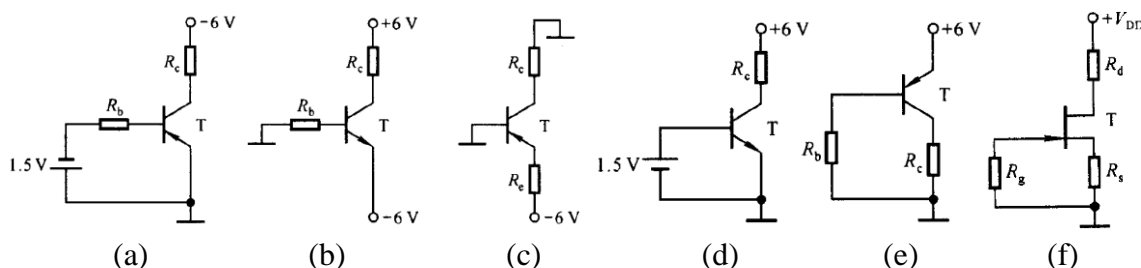
有三种工作状态：饱和状态、截止状态和放大状态。

饱和状态是指发射结和集电结均正偏，即  $U_{BE} > U_{on}$  和  $U_{CB} > U_{on}$ ；

截止状态是指发射结和集电结均反偏，即  $U_{BE} < 0$  和  $U_{CB} < 0$ ；

放大状态是指发射结正偏和集电结反偏，即  $U_{BE} > U_{on}$  和  $U_{CB} < 0$ 。

2. 分别判断下图所示各电路中晶体管是否有可能工作在放大状态。



(a) 可能 (b) 可能 (c) 不可能 (d) 不可能 (e) 可能 (f) 可能

3. 对于 n 沟道结型场效应晶体管，请定性解释当  $u_{GS}$  为  $U_{GS(off)} \sim 0V$  中某一确定值时， $u_{DS}$  对  $i_D$  的影响。

当  $u_{GS(off)} < u_{GS} < 0V$  时：

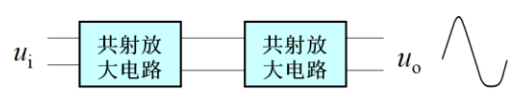
若  $u_{DS} = 0V$ ，则源极和漏极之间存在由  $u_{GS}$  控制的导电沟道。此时  $i_D$  为 0；

若  $0 < u_{DS} < u_{GS} - u_{GS(off)}$  时，则漏极处的导电沟道变窄，源极的导电沟道仍由  $u_{GS}$  控制。此时导电沟道可以看成是一个可变电阻。 $i_D$  随  $u_{DS}$  增大而增大，为可变电阻区；

若  $u_{DS} \geq u_{GS} - u_{GS(off)}$  时，则漏极处的导电沟道被夹断，源极的导电沟道仍由  $u_{GS}$  控制。此时导电沟道内电流可以看成是一个恒定的电流， $i_D$  不随  $u_{DS}$  变化，为恒流区；

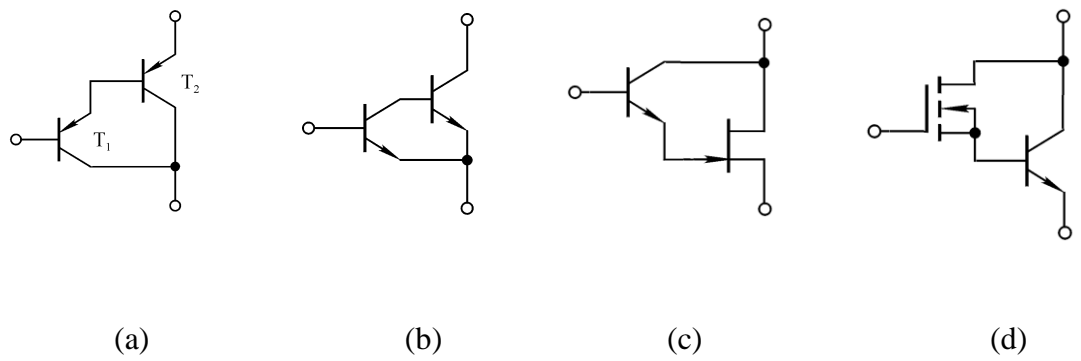
若继续增加  $u_{DS}$  时，则漏极处的导电沟道有可能被击穿， $i_D$  为反向击穿电流，此时为击穿区。

4. 已知两级共射放大电路由 NPN 管组成，其输出电压波形产生底部失真。试说明产生失真所有可能的原因。



- (1) 第一级截止失真，第二级没有失真；
- (2) 第一级没有失真，第二级饱和失真；
- (3) 第一级截止失真，第二级饱和失真。

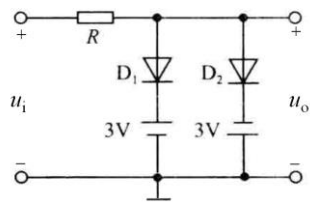
5. 判断下列各图能否组成复合管。如果能组成复合管，说明该复合管是什么类型的。

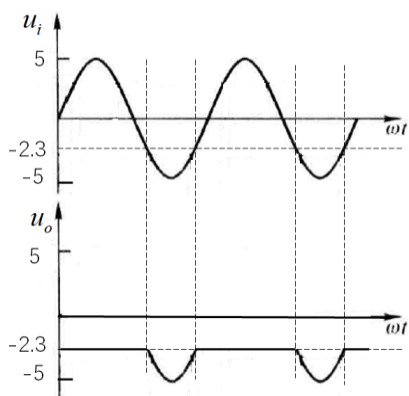


(a) 可以 PNP (b) 不可以 (c) 不可以 (d) 可以 n 沟道增强型绝缘栅场效应晶体管

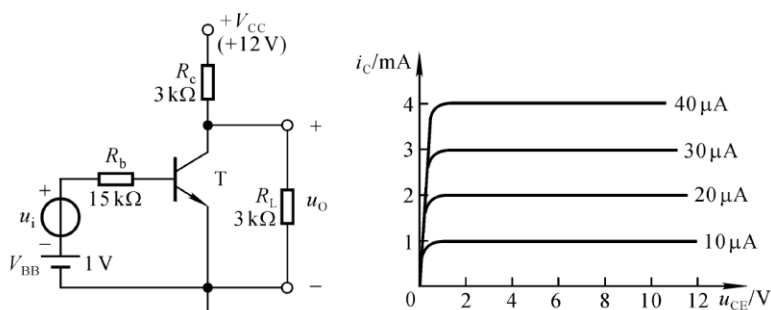
二、(8 分) 如图，已知  $u_i=5\sin \omega t(V)$ ，二极管导通电压  $U_D=0.7V$ 。画出  $u_i$  与  $u_o$  的波形，并标出幅值。

得分	
----	--





三、(12 分) 如图为基本共射放大电路及输出特性。已知静态时  $U_{BEQ}=0.7V$ ，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)。



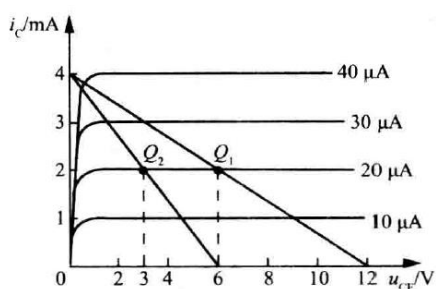
(1) 当  $R_L=\infty$  时，空载曲线为  $u_{CE} = V_{CC} - i_C R_C = 12 - 3i_C$ ，此时读图可知静态工作点：  $I_{BQ} = 20\mu A$ ， $I_{CQ} = 2mA$ ， $U_{BEQ} = 6V$ 。则此时饱和失真电压峰值为  $(6 - 0.7)V = 5.3V$ ，截止失真电压峰值为  $(12 - 6)V = 6V$ ，因此，最大不失真电压峰值为  $5.3V$ ，有效值为  $5.3/\sqrt{2} = 3.75V$ 。

(2) 当  $R_L=3k\Omega$  时，利用戴维南定理等效集电极电源和集电极等效电阻分别为：

$$V'_{CC} = \frac{R_L}{R_C + R_L} V_{CC} = 6V$$

$$R'_C = R_C // R_L = 1.5k\Omega$$

此时负载曲线为  $u_{CE} = V'_{CC} - i_C R'_C = 6 - 1.5i_C$ ，此时读图可知静态工作点：  $I_{BQ} = 20\mu A$ ， $I_{CQ} = 2mA$ ， $U_{BEQ} = 3V$ 。则此时饱和失真电压峰值为  $(3 - 0.7)V = 2.3V$ ，截止失真电压峰值为  $(6 - 3)V = 3V$ ，因此，最大不失真电压峰值为  $2.3V$ ，有效值为  $2.3/\sqrt{2} = 1.63V$ 。



四、(15 分) 如图所示电路参数理想对称，晶体管的  $\beta$  均为 50， $r_{bb'} = 100\Omega$ ， $U_{BEQ} \approx 0.7$ 。试计

算  $R_W$  滑动端在中点时  $T_1$  管和  $T_2$  管的发射极静态电流  $I_{EQ}$ ，以及动态参数  $A_d$  和  $R_i$ 。其中： $V_{CC}=12V$ ， $R_c=10k\Omega$ ， $R_W=100\Omega$ ， $R_e=5.1k\Omega$ ， $V_{EE}=-6V$ 。

解： $R_W$  滑动端在中点时  $T_1$  管和  $T_2$  管的发射极静态电流分析如下：

$$U_{BEQ} + I_{EQ} \cdot \frac{R_W}{2} + 2I_{EQ}R_e = V_{EE}$$

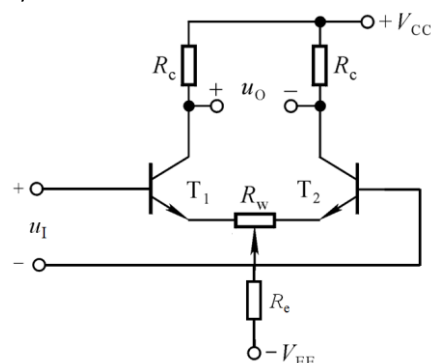
$$I_{EQ} = \frac{V_{EE} - U_{BEQ}}{\frac{R_W}{2} + 2R_e} = 0.517mA$$

$A_d$  和  $R_i$  分析如下：

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26mV}{I_{EQ}} \approx 2.66k\Omega$$

$$A_d = -\frac{\beta R_c}{r_{be} + (1 + \beta) \frac{R_W}{2}} \approx -96$$

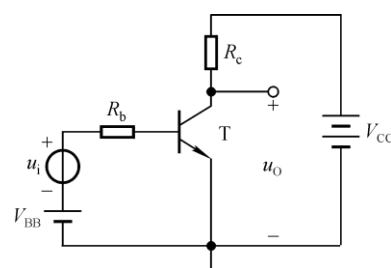
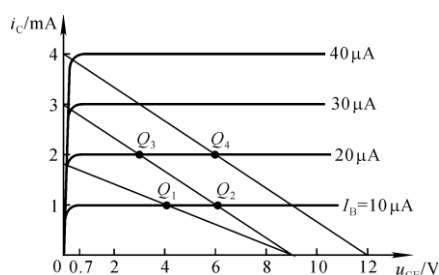
$$R_i = 2r_{be} + (1 + \beta)R_W \approx 10.4k\Omega$$



五、（15 分）如图所示的基本共射放大电路中，由于电路参数的改变使静态工作点产生如下变化。问：

得分	
----	--

- （1）当静态工作点从  $Q_1$  移动  $Q_2$ ， $Q_2$  移动  $Q_3$ ， $Q_3$  移动  $Q_4$ ，分别是哪些电路参数变化造成的？这些参数是如何变化的？
- （2）从输入电压角度看，哪一个静态工作点易产生饱和失真？哪一个静态工作点易产生截止失真？其值约为多少？
- （3）电路的静态工作点为  $Q_4$  时，集电极电源  $V_{CC}$  的值为多少伏？集电极电阻  $R_c$  为多少？



- （1）当静态工作点从  $Q_1$  移动  $Q_2$  时是由于  $R_c$  减小， $Q_2$  移动  $Q_3$  时是由于  $R_b$  减小或者  $V_{BB}$  增加， $Q_3$  移动  $Q_4$  时是由于  $V_{CC}$  增加。
- （2） $Q_3$  最靠近  $U_{CES}$ ，因此  $Q_3$  容易产生饱和失真，该峰值为 2.3V； $Q_2$  离集电极电源（X 轴交点）最近，因此  $Q_2$  易产生截止失真，该峰值为 3V。
- （3） $Q_4$  的集电极电源为 12V，集电极电阻  $R_c=12/4=3k\Omega$ 。

六、（20 分）电路如图所示，晶体管的  $\beta=60$ ， $r_{bb'}=100\Omega$ 。

(1) 求电路的  $Q$  点。

(2) 画出微变等效电路，并计算  $A_u$ 、 $R_i$ 、 $R_o$ 。

(3) 设  $U_s=10\text{mV}$ （有效值），问  $U_i=?$   $U_o=?$

(4) 若电容  $C_3$  开路，则将引起电路的哪些动态参数发生变化？如何变化？

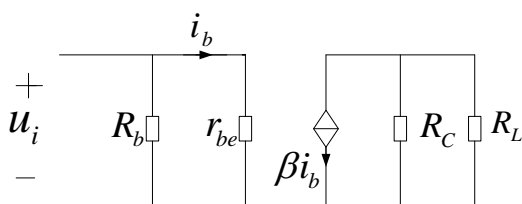
解：(1)  $Q$  点：

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_b + (1 + \beta)R_e} \approx 17\mu\text{A}$$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} \approx 1.02\text{mA}$$

$$U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}R_c - (1 + \beta)I_{BQ}R_e = 7.9\text{V}$$

(2) 画出微变等效电路



动态分析：

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta)\frac{U_T}{I_{EQ}} = 1.63\text{k}\Omega$$

$$R_i = R_b // r_{be} = 1.63\text{k}\Omega$$

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

$$\dot{A}_u = -\frac{\beta(R_c // R_L)}{r_{be}} = -55$$

(3) 设  $U_s=10\text{mV}$ （有效值），则

$$U_i = \frac{R_i}{R_s + R_i} U_s = 6.2\text{mV}$$

$$U_o = \dot{A}_u U_i = -341\text{mV}$$

(4) 若  $C_3$  开路，则

$$R_i = R_b // [r_{be} + (1 + \beta)R_e] = 57\text{k}\Omega \text{ 增大}$$

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

$$\dot{A}_u = -\frac{\beta(R_c // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)R_e} = -1.44 \text{ 下降}$$

$$U_i = \frac{R_i}{R_s + R_i} U_s = 9.8\text{mV} \text{ 增大}$$

$$U_o = \dot{A}_u U_i = -14.11\text{V} \text{ 下降}$$

