

# 广东工业大学考试试卷 ( )

课程名称: 模拟电子技术 (A) 试卷满分 100 分

考试时间: 2008 年 10 月 12 日 (第 6 周 星期日)

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
评卷得分											

1、(4分) (1) 测得工作在放大电路中几个半导体三极管三个电极电位  $U_1$ 、 $U_2$ 、 $U_3$  分别为下列各组数值, 试判断它们是 NPN 型还是 PNP 型? 是硅管还是锗管? 并确定 e、b、c。

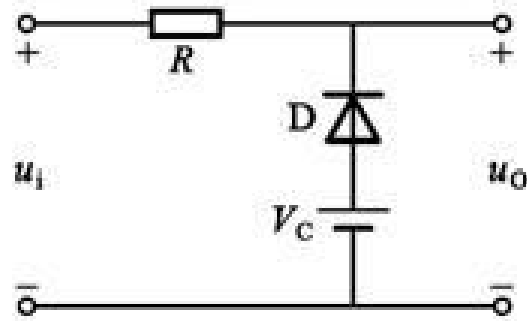
①  $U_1 = 3.5V, U_2 = 2.8V, U_3 = 12V;$

②  $U_1 = 3V, U_2 = 2.8V, U_3 = 12V;$

③  $U_1 = 6V, U_2 = 11.3V, U_3 = 12V;$

④  $U_1 = 6V, U_2 = 11.8V, U_3 = 12V$

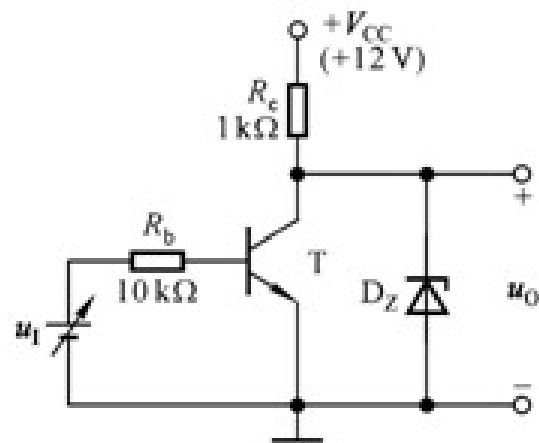
(4分) (2) 电路如图所示。设输入信号  $u_i = 10 \sin \omega t V$ ,  $V_C = 5V$ , 二极管导通压降可以忽略不计, 试画出输出电压  $u_o$  的波形。



2、(10分) 电路如图所示, 晶体管的  $\beta = 100$ ,  $U_{BE} = 0.7V$ , 饱和管压降  $U_{CE(sat)} = 0.4V$ ; 稳压管的稳定电压  $U_Z = 4V$ , 正向导通电压  $U_D = 0.7V$ , 稳定电流  $I_Z = 5mA$ , 最大稳定电流  $I_{ZM} = 25mA$ 。试问:

(1) 当  $u_i$  为  $0V$ 、 $1.5V$ 、 $25V$  时  $u_o$  各为多少?

(2) 若  $R_c$  短路, 将产生什么现象?



: 名 姓

: 号 学

: 业 专

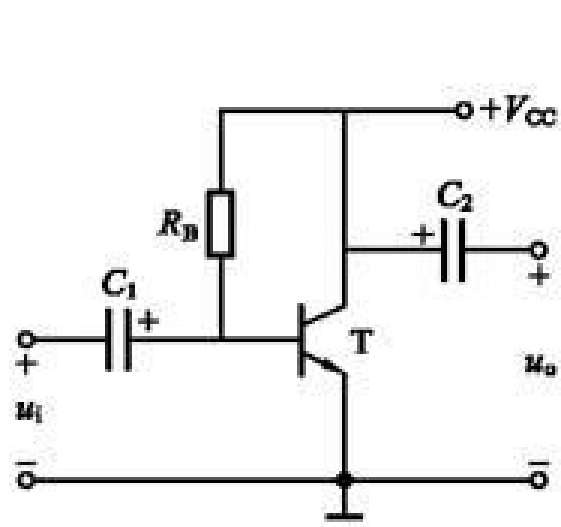
: 院 学

线

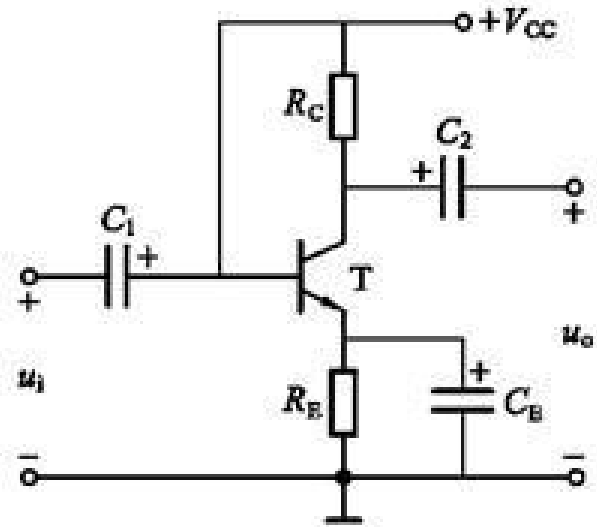
订

装

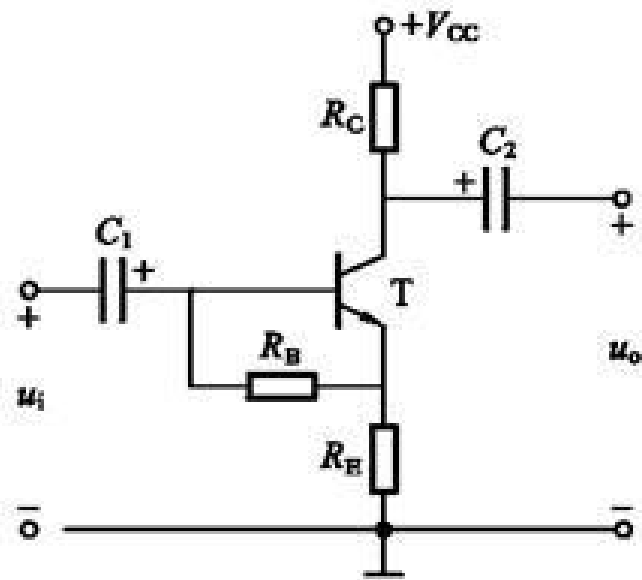
3、(8分) 试问图示各电路能否实现电压放大? 若不能, 请指出电路中的错误。图中各电容对交流可视为短路。



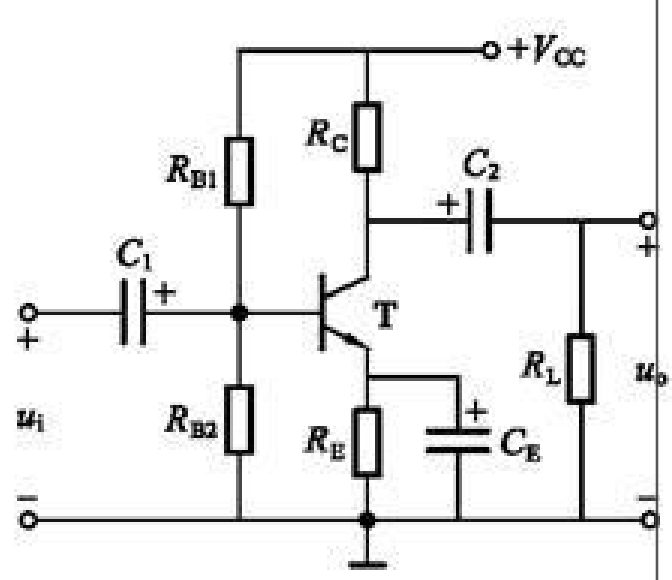
图(a)



图(b)



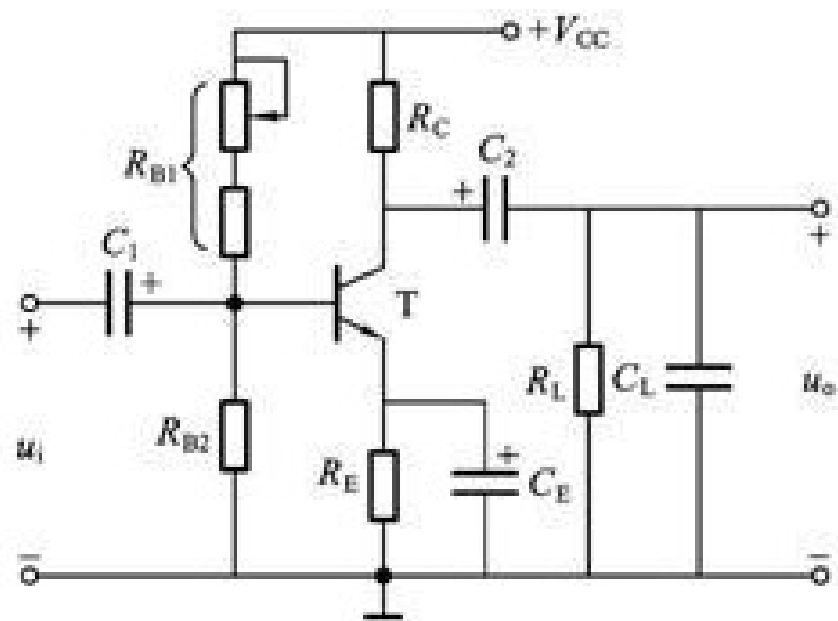
图(c)



图(d)

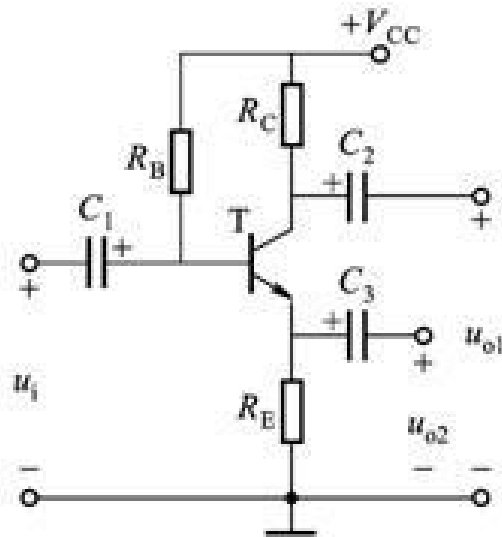
4、(10分) 单级放大电路如图所示, 已知  $V_{CC} = 15V$ ,  $r_{bb'} = 300\Omega$ ,  $\beta = 100$ ,  $U_{BE} = 0.7V$ ,  $R_{B1}$  此时调到  $49k\Omega$ ,  $R_{B2} = 30k\Omega$ ,  $R_E = R_C = R_L = 2k\Omega$ ,  $C_1 = C_2 = 10\mu F$ ,  $C_E = 47\mu F$ ,  $C_L = 1600pF$ , 晶体管饱和压降  $U_{CES}$  为  $1V$ , 晶体管的结电容可以忽略。试求:

- (1) 静态工作点  $I_{CQ}$ ,  $U_{CEQ}$ ;
- (2) 中频电压放大倍数  $\dot{A}_{um}$ 、输出电阻  $R_o$ 、输入电阻  $R_i$ ;
- (3) 动态范围  $U_{opp} = ?$  输入电压最大值  $U_{ip} = ?$
- (4) 当输入电压  $u_i$  的最大值大于  $U_{ip}$  时将首先出现什么失真?



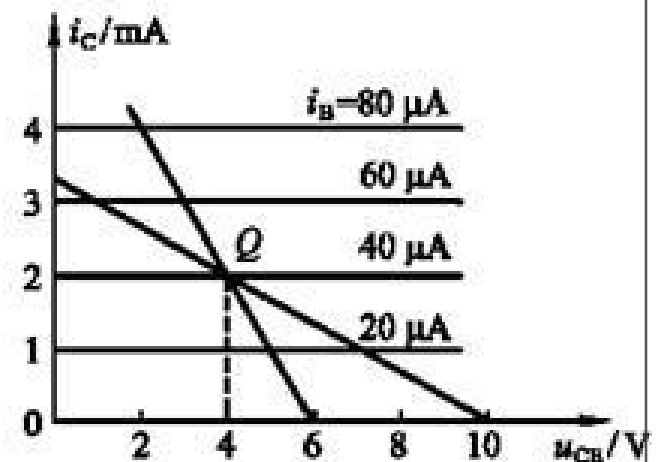
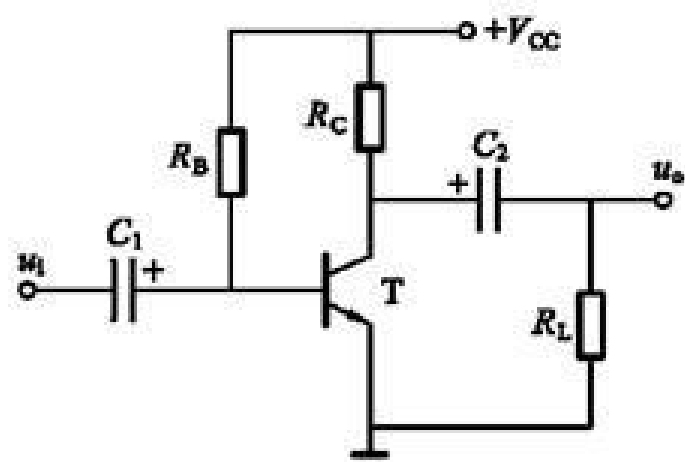
5、(8分) 电路如图所示。晶体管T为3DG4A型硅管, 其  $\bar{\beta} = \beta = 20$ 、 $r_{bb'} = 80\Omega$ 。电路中的  $V_{CC} = 24V$ 、 $R_B = 96k\Omega$ 、 $R_C = R_E = 2.4k\Omega$ 、电容器  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  的电容量均足够大、正弦波输入信号的电压有效值  $U_i = 1V$ 。试求:

- (1) 输出电压  $U_{o1}$ 、 $U_{o2}$  的有效值;
- (2) 用内阻为  $10k\Omega$  的交流电压表分别测量  $u_{o1}$ 、 $u_{o2}$  时, 交流电压表的读数各为多少?



6、(6分) 放大电路如图(a)所示, 晶体管的输出特性和交、直流负载线如图(b)所示。已知  $U_{BE} = 0.6V$ ,  $r_{bb'} = 300\Omega$ 。试求:

- (1) 电路参数  $R_B$ 、 $R_C$ 、 $R_L$  的数值。
- (2) 在输出电压不产生失真的条件下, 最大输入电压的峰值。

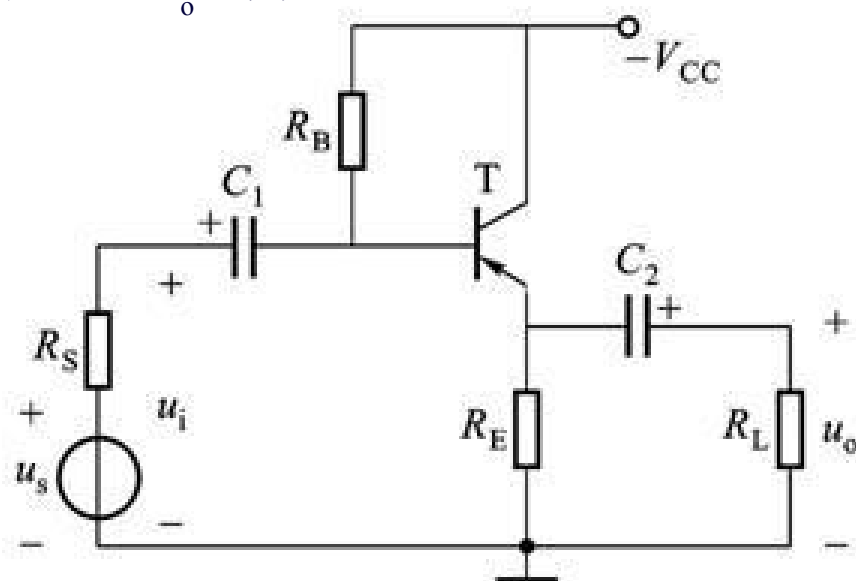


图(a)

图(b)

7、(10分) 电路如图(a)所示。已知:  $R_B = 300k\Omega$ 、 $R_E = 5.1k\Omega$ 、负载电阻  $R_L = 5.1k\Omega$ 、信号源内阻  $R_S = 10k\Omega$ 、 $-V_{CC} = -12V$ 、 $C_1$ 、 $C_2$  足够大, T为硅管, 其  $r_{bb'} = 100\Omega$ 、 $\bar{\beta} = \beta = 50$ 。试求:

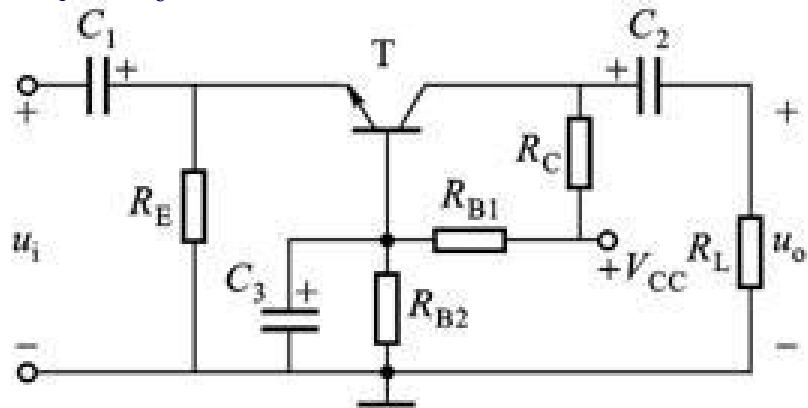
- (1) 电路静态工作点的数值;
- (2) 电路动态指标  $A_u$ 、 $R_i$ 、 $A_{us} (=U_o/U_s)$  的数值;
- (3) 电路输出电阻  $R_o$  的数值。



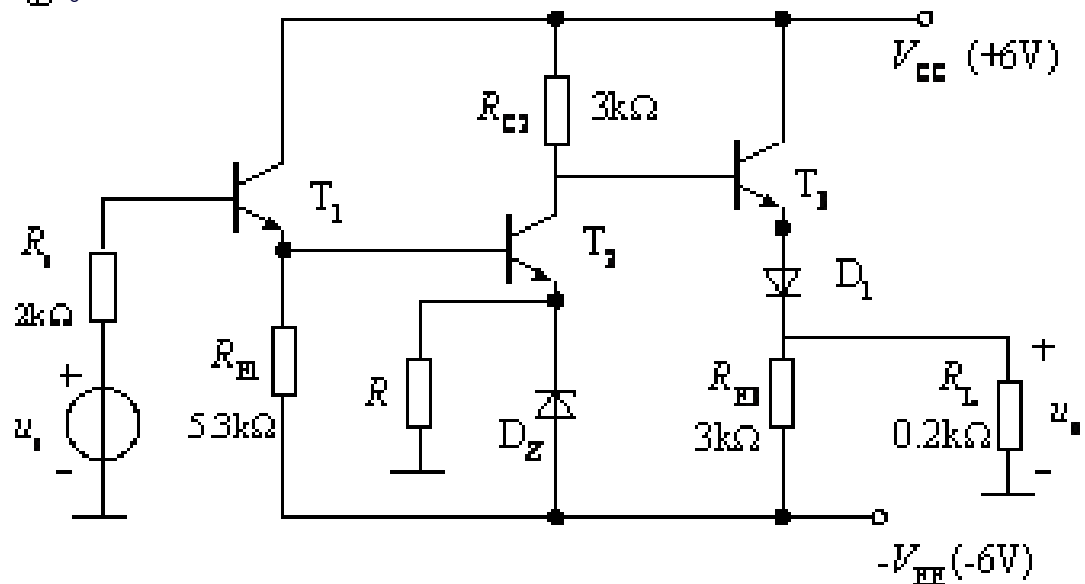
图(a)

8、(10分) 有一共基极放大电路如图所示。其中  $V_{CC} = 24V$ 、 $R_{B1} = 90k\Omega$ 、 $R_{B2} = 48k\Omega$ 、 $R_E = R_C = 2.4k\Omega$ 、负载电阻  $R_L = 2.2k\Omega$ ，电容器  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  的容量均足够大。晶体管 T 为 3DG4A 型硅管，其  $r_{bb'} = 80\Omega$ 、 $\beta_1 = \beta_2 = 20$ 。

- (1) 试估算静态工作点  $I_{CQ}$ 、 $U_{CEQ}$  值；
- (2) 计算  $\dot{A}_u$ 、 $R_i$  及  $R_o$  值。

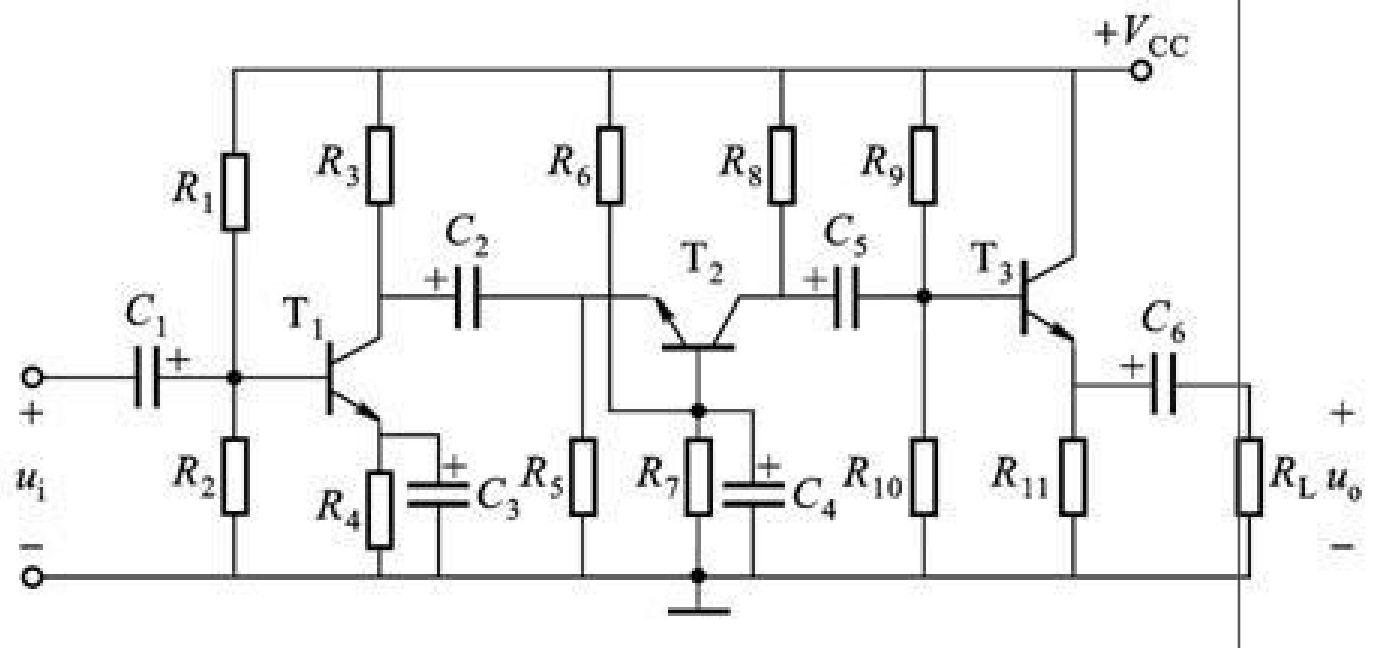


9、(14分) 放大电路如图所示，已知晶体管  $\beta = 100$ ， $r_{be1} = 3k\Omega$ ， $r_{be2} = 2k\Omega$ ， $r_{be3} = 1.5k\Omega$ 。试求放大电路的输入电阻、输出电阻及电压放大倍数  $A_{us}$ 。



10、(15分) 电路如图所示。已知晶体管  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$  为特性相同的同型号硅管，它们的  $U_{BEQ}$  均为  $0.7V$ ， $r_{bb'}$  均为  $80\Omega$ ， $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 50$ ；电路中的  $V_{CC} = 12V$ ， $R_1 = 10k\Omega$ 、 $R_2 = 5.1k\Omega$ 、 $R_3 = 1k\Omega$ 、 $R_4 = 1.2k\Omega$ 、 $R_5 = 3k\Omega$ 、 $R_6 = 12k\Omega$ 、 $R_7 = 20k\Omega$ 、 $R_8 = 1.2k\Omega$ 、 $R_9 = 12k\Omega$ 、 $R_{10} = 5k\Omega$ 、 $R_{11} = 1.2k\Omega$ 、 $R_L = 10k\Omega$ ；各电容器的容量均足够大。试求该多级放大电路的

- (1) 电压放大倍数  $\dot{A}_u$ ；
- (2) 输入电阻  $R_i$  及输出电阻  $R_o$  值。



1 (2) 电路如图 (a) 所示。设输入信号  $u_i = 10 \sin \omega t \text{ V}$ ， $V_c = 5\text{V}$ ，二极管导通压降可以忽略不计，试分别画出输出电压  $u_o$  的波形。

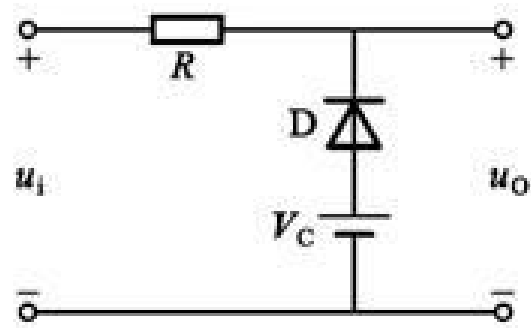


图 (a)

**【解题过程】**

在图 (a) 所示电路中，当二极管断开时，二极管两端的电压等于  $u_i - V_c$ 。所以

当  $u_i \geq V_c$  时，二极管截止， $u_o = u_i$

当  $u_i < V_c$  时，二极管导通， $u_o = V_c = 5\text{V}$

由此画出输出电压  $u_o$  的波形如图 (b) 所示。

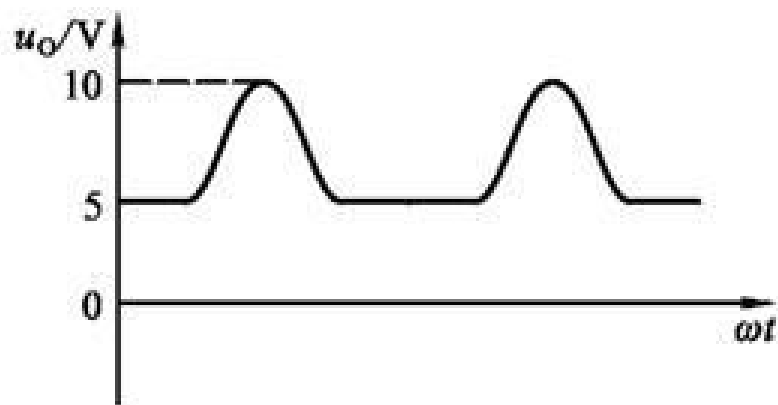
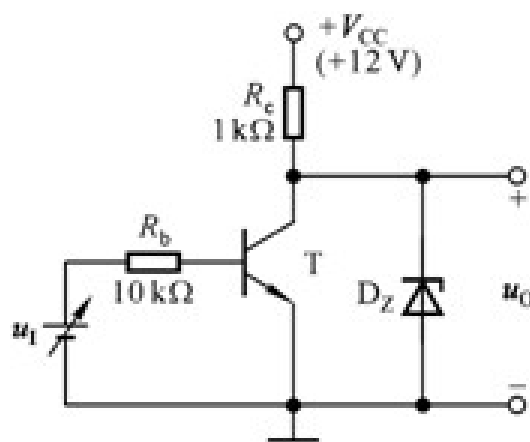


图 (b)

2 电路如图所示，晶体管的  $\beta = 100$ ， $U_{BE} = 0.7\text{V}$ ，饱和管压降  $U_{CES} = 0.4\text{V}$ ；稳压管的稳定电压  $U_Z = 4\text{V}$ ，正向导通电压  $U_D = 0.7\text{V}$ ，稳定电流  $I_Z^{CES} = 5\text{mA}$ ，最大稳定电流  $I_Z = 25\text{mA}$ 。试问：

(1) 当  $u_i$  为  $0\text{V}$ 、 $1.5\text{V}$ 、 $2.5\text{V}$  时  $u_o$  各为多少？

(2) 若  $R_c$  短路，将产生什么现象？



**【相关知识】**

晶体管工作状态的判断，稳压管是否工作在稳压状态的判断以及限流电阻的作用。

**【解题思路】**

(1) 根据  $u_i$  的值判断晶体管的工作状态。

(2) 根据稳压管的工作状态判断  $u_o$  的值。

**【解题过程】**

(1) 当  $u_i = 0$  时，晶体管截止；稳压管的电流

$$I_{D_z} = \frac{V_{CC} - U_Z}{R_c} = \left( \frac{12 - 4}{1} \right) \text{mA} = 8 \text{mA}$$

在  $I_Z$  和  $I_{ZM}$  之间, 故  $u_o = U_Z = 4 \text{V}$ 。

当  $u_i = 1.5 \text{V}$  时, 晶体管导通, 基极电流

$$I_B = \frac{u_i - U_{BE}}{R_b} = \left( \frac{1.5 - 0.7}{10} \right) \text{mA} = 0.08 \text{mA}$$

假设晶体管工作在放大状态, 则集电极电流

$$I_c = \beta I_B = (100 \times 0.08) \text{mA} = 8 \text{mA}$$

由于  $u_o > U_{CES} = 0.4 \text{V}$ , 说明假设成立, 即晶体管工作在放大状态。

值得指出的是, 虽然当  $u_i$  为  $0 \text{V}$  和  $1.5 \text{V}$  时  $u_o$  均为  $4 \text{V}$ , 但是原因不同; 前者因晶体管截止、稳压管工作在稳压区, 且稳定电压为  $4 \text{V}$ , 使  $u_o = 4 \text{V}$ ; 后者因晶体管工作在放大区使  $u_o = 4 \text{V}$ , 此时稳压管因电流为零而截止。

当  $u_i = 2.5 \text{V}$  时, 晶体管导通, 基极电流

$$I_B = \frac{u_i - U_{BE}}{R_b} = \left( \frac{2.5 - 0.7}{10} \right) \text{mA} = 0.18 \text{mA}$$

假设晶体管工作在放大状态, 则集电极电流

$$I_c = \beta I_B = (100 \times 0.18) \text{mA} = 18 \text{mA}$$

$$u_o = V_{CC} - I_c R_c = (12 - 18 \times 1) \text{V} = -6 \text{V}$$

在正电源供电的情况下,  $u_o$  不可能小于零, 故假设不成立, 说明晶体管工作在饱和状态。

实际上, 也可以假设晶体管工作在饱和状态, 求出临界饱和时的基极电流为

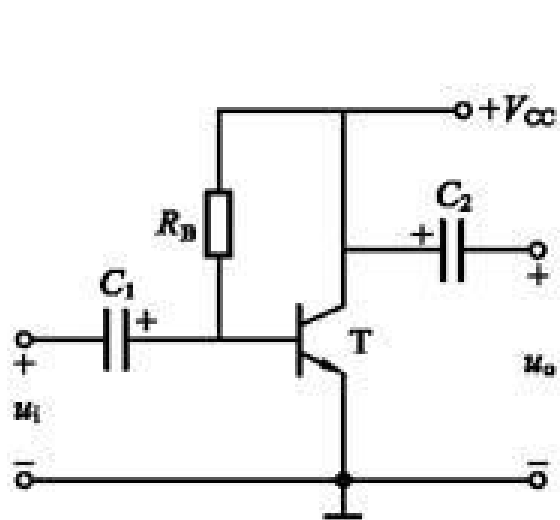
$$I_{BS} = \frac{V_{CC} - U_{CES}}{\beta R_c} = \left( \frac{12 - 0.4}{100 \times 1} \right) \text{mA} = 0.116 \text{mA}$$

$I_B = 0.18 \text{mA} > I_{BS}$ , 说明假设成立, 即晶体管工作在饱和状态。

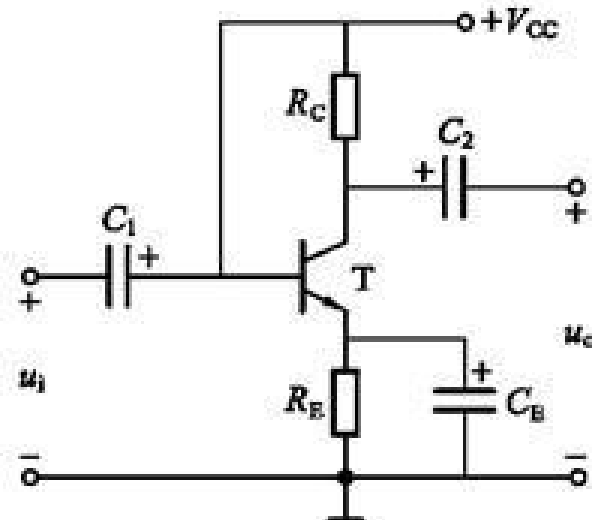
(2) 若  $R_c$  短路, 电源电压将加在稳压管两端, 使稳压管损坏。若稳压管烧断, 则  $u_o = V_{CC} = 12 \text{V}$ 。

若稳压管烧成短路, 则将电源短路; 如果电源没有短路保护措施, 则也将因输出电流过大而损坏

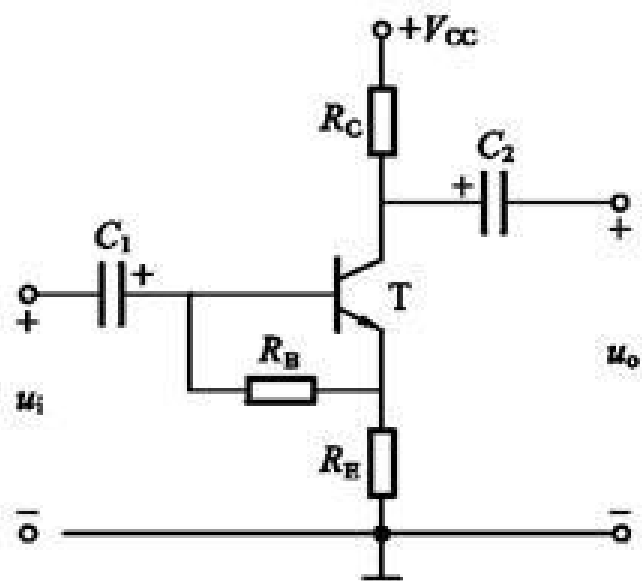
3 试问图示各电路能否实现电压放大? 若不能, 请指出电路中的错误。图中各电容对交流可视为短路。



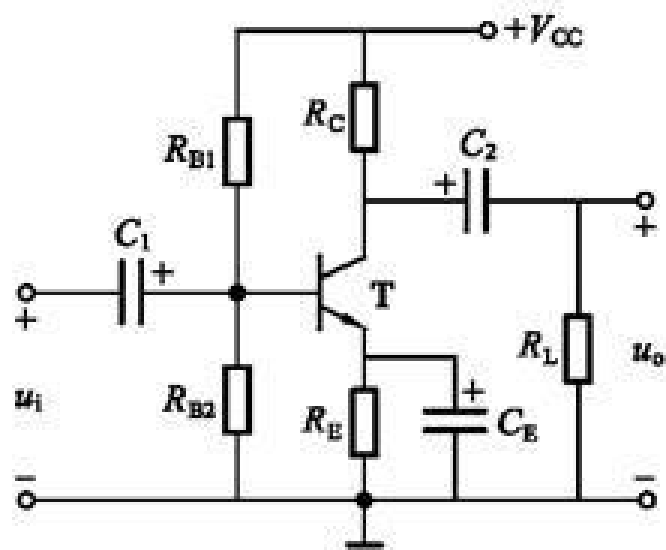
图(a)



图(b)



图(c)



图(d)

### 【相关知识】

放大电路的组成原理。

### 【解题思路】

放大电路的作用是把微弱的电信号不失真地放大到负载所需要的数值。即要求放大电路既要有一定的放大能力，又要不产生失真。因此，首先要检查电路中的晶体管（非线性器件）是否有合适的直流偏置，是否工作在放大状态（线性状态），其次检查信号源、放大器和负载之间的信号传递通道是否畅通，并具有电压放大的能力。

### 【解题过程】

图(a)电路不能实现电压放大。电路缺少集电极电阻  $R_C$ ，动态时电源  $V_{CC}$  相当于短路，输出端没有交流电压信号。

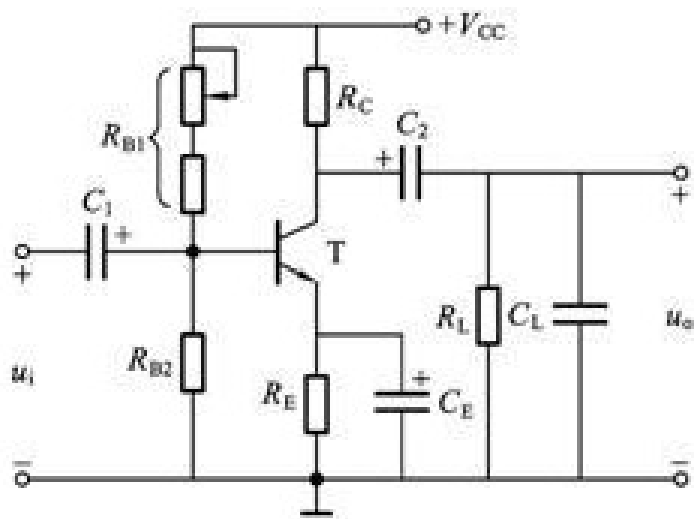
图(b)电路不能实现电压放大。电路中缺少基极偏置电阻  $R_B$ ，动态时电源  $V_{CC}$  相当于短路，输入交流电压信号也被短路。

图(c) 电路也不能实现电压放大。电路中晶体管发射结没有直流偏置电压，静态电流  $I_{BQ} = 0$ ，放大电路工作在截止状态。

图(d)电路能实现小信号电压放大。为了保证输出信号不失真（截止、饱和），当输入信号  $u_i$  为正时，应不足以使三极管饱和；当输入信号  $u_i$  为负时，应不会使三极管截止。

4 单级放大电路如图所示，已知  $V_{CC} = 15V$ ， $r_{bb'} = 300\Omega$ ， $\beta = 100$ ， $U_{BE} = 0.7V$ ， $R_{B1}$  此时调到  $49k\Omega$ ， $R_{B2} = 30k\Omega$ ， $R_E = R_C = R_L = 2k\Omega$ ， $C_1 = C_2 = 10\mu F$ ， $C_E = 47\mu F$ ， $C_L = 1600pF$ ，晶体管饱和压降  $U_{CES}$  为  $1V$ ，晶体管的结电容可以忽略。试求：

- (1) 静态工作点  $I_{CQ}$ ， $U_{CEQ}$ ；
- (2) 中频电压放大倍数  $\dot{A}_{um}$ 、输出电阻  $R_o$ 、输入电阻  $R_i$ ；
- (3) 动态范围  $U_{opp} = ?$  输入电压最大值  $U_{ip} = ?$
- (4) 当输入电压  $u_i$  的最大值大于  $U_{ip}$  时将首先出现什么失真？



**【解题思路】**

- (1) 根据直流通路可求得放大电路的静态工作点。
- (2) 根据交流通路可求得放大电路的  $\dot{A}_{um}$ 、 $R_o$ 、 $R_i$ 。
- (3) 根据静态工作点及交流负载线的斜率可求得动态范围  $U_{opp}$ ，同时可判断电路出现失真的状况
- (4) 根据电压放大倍数  $\dot{A}_{um}$  和动态范围  $U_{opp}$  可求出  $U_{ip}$ 。

**【解题过程】**

- (1) 采用估算法求解静态工作点。由图可知

$$U_{BQ} \approx \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC} = \frac{30}{49 + 30} \times 15 \approx 5.7V$$

故

$$I_{CQ} \approx I_{EQ} = \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_E} = \frac{5.7 - 0.7}{2} = 2.5mA$$

$$U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}R_C - I_{EQ}R_E \approx 15 - 2.5 \times (2 + 2) = 5V$$

- (2) 利用微变等效电路法，求解放大电路的动态指标。

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26}{I_{EQ}} = 300 + 101 \times \frac{26}{2.5} \approx 1.35k\Omega$$

$$\dot{A}_{um} = -\beta \frac{R_L // R_C}{r_{be}} = -100 \times \frac{2 // 2}{1.35} \approx -74$$

$$R_i = R_{B1} // R_{B2} // r_{be} = 49 // 30 // 1.35 \approx 1.35k\Omega$$

$$R_o = R_C = 2k\Omega$$

- (3) 由于  $I_{CQ}R'_L \approx 2.5 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^3 = 2.5V < U_{CEQ} - U_{CES} = 5 - 1 = 4V$ ，即电路的最大不失真输出电压受截止失真的限制，故电路的动态范围

$$U_{opp} = 2 \times I_{CQ}R'_L = 2 \times 2.5 = 5V$$

输入电压最大值

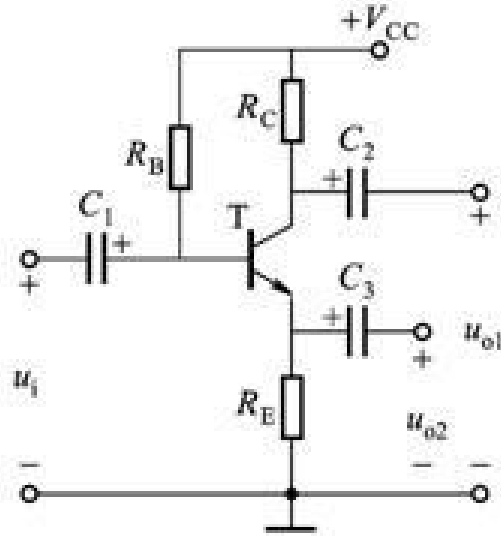
$$U_{ip} = \frac{U_{op}}{|\dot{A}_{u}|} = \frac{U_{opp}}{2|\dot{A}_{u}|} = \frac{5}{2 \times 74} \approx 34mV$$

- (4) 由上述分析可知，当输入电压  $u_i$  的最大值大于  $U_{ip}$  时，电路将首先出现截止失真。



5 电路如图所示。晶体管T为3DG4A型硅管，其 $\bar{\beta} = \beta = 20$ 、 $r_{bb'} = 80\Omega$ 。电路中的 $V_{CC} = 24V$ 、 $R_B = 96k\Omega$ 、 $R_C = R_E = 2.4k\Omega$ 、电容器 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 的电容量均足够大、正弦波输入信号的电压有效值 $U_i = 1V$ 。试求：

- (1) 输出电压 $U_{o1}$ 、 $U_{o2}$ 的有效值；
- (2) 用内阻为 $10k\Omega$ 的交流电压表分别测量 $u_{o1}$ 、 $u_{o2}$ 时，交流电压表的读数各为多少？



### 【解题思路】

- (1) 根据共射极、共集电极放大电路的开路电压放大倍数求 $u_o = A_u u_i$ 。
- (2) 根据 $R_L = 10k\Omega$ 时共射极、共集电极放大电路的电压放大倍数求 $u_o = A_u u_i$ 。

### 【解题过程】

$$(1) \quad I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_B + (1 + \beta)R_E} = \frac{24 - 0.7}{96 + (1 + 20) \times 2.4} = 0.16 \text{mA}$$

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{U_T}{I_{EQ}} = r_{bb'} + \frac{U_T}{I_{BQ}} = 80 + \frac{26}{0.16} = 0.24 \text{k}\Omega$$

$$U_{o1} = |A_{u_{o1}}| U_i = \frac{\beta R_C}{r_{be} + (1 + \beta)R_E} U_i = \frac{20 \times 2.4}{0.24 + (1 + 20) \times 2.4} = 0.95 \text{V}$$

$$U_{o2} = |A_{u_{o2}}| U_i = \frac{(1 + \beta)R_E}{r_{be} + (1 + \beta)R_E} U_i = \frac{(1 + 20) \times 2.4}{0.24 + (1 + 20) \times 2.4} = 0.995 \text{V}$$

(2) 设表内阻为 $R_L$ ，则

$$U_{o1} = |A_{u1}| U_i = \frac{\beta(R_C // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)R_E} U_i = \frac{20 \times (2.4 // 10)}{0.24 + (1 + 20) \times 2.4} = 0.76 \text{V}$$

$$U_{o2} = |A_{u2}| U_i = \frac{(1 + \beta)(R_E // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)(R_E // R_L)} U_i = \frac{(1 + 20) \times (2.4 // 10)}{0.24 + (1 + 20) \times (2.4 // 10)} = 0.994 \text{V}$$

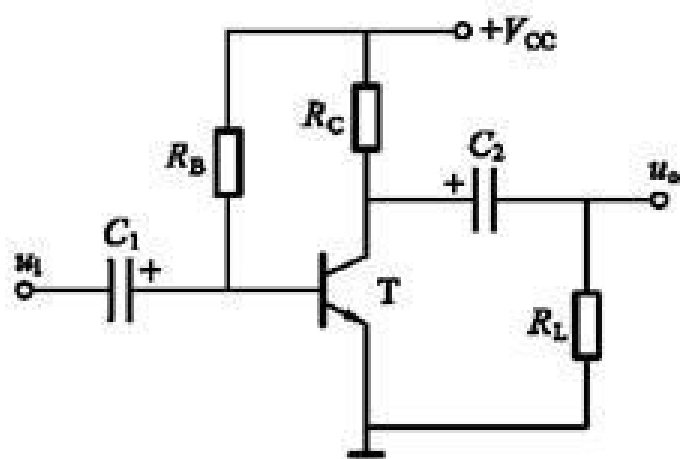
由以上计算结果可见，信号由发射极输出时，因电路输出电阻小而带负载能力强。

### 【常见错误】

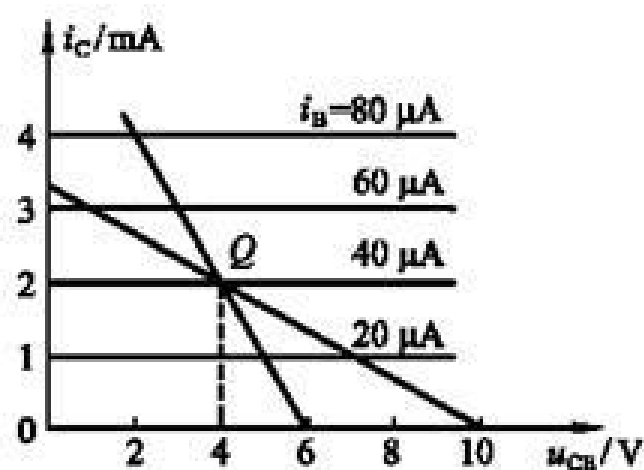
容易忽视电压表内阻对被测电路的负载效应。

6 放大电路如图(a)所示，晶体管的输出特性和交、直流负载线如图(b)所示。已知 $U_{BE} = 0.6V$ ， $r_{bb'} = 300\Omega$ 。试求：

- (1) 电路参数 $R_B$ 、 $R_C$ 、 $R_L$ 的数值。
- (2) 在输出电压不产生失真的条件下，最大输入电压的峰值。



图(a)



图(b)

**【解题思路】**

- (1) 由直流负载线可获得放大电路的静态工作点；
- (2) 由交流负载线可获得放大电路的一些动态参数及输出电压不失真时最大的输入电压。

**【解题过程】**

(1) 从输出特性和直流负载线可以看出， $V_{CC} = 10V$ ， $I_{BQ} = 40\mu A$ ， $I_{CQ} = 2mA$ ， $U_{CEQ} = 4V$ 。由交流负载线可看出最大不失真输出电压幅值受截止失真的限制，输出电压幅值的最大值

$$U_{op} = I_{CQ} R'_L = 6 - 4 = 2V$$

由  $I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_B} = 40\mu A$  可以算出

$$R_B = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{I_{BQ}} = \frac{10 - 0.6}{40 \times 10^{-6}} = 235k\Omega$$

由  $U_{CEQ} = 4V = V_{CC} - I_{CQ} R_C$  可以算出

$$R_C = \frac{V_{CC} - U_{CEQ}}{I_{CQ}} = \frac{10 - 4}{2 \times 10^{-3}} = 3k\Omega$$

由  $R'_L = \frac{U_{op}}{I_{CQ}} = R_L // R_C = \frac{6 - 4}{2 \times 10^{-3}} = 1k\Omega$  可以算出

$$R_L = \frac{R_C}{R_C - 1} = 1.5k\Omega$$

(2) 由图 (b) 看出

$$U_{op} = 2V, \quad I_{CQ} = 2mA, \quad \beta = \frac{\Delta i_c}{\Delta i_B} = \frac{2 - 1}{(40 - 20) \times 10^{-3}} = 50$$

则  $r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26}{I_{EQ}} = 0.95k\Omega$

$$\dot{A}_u = -\beta \frac{R'_L}{r_{be}} = -50 \times \frac{1}{0.95} \approx -52.63$$

所以 输出电压不产生失真时的最大输入电压的峰值  $U_{\Phi}$

$$U_{\Phi} = \frac{U_{op}}{|\dot{A}_u|} = \frac{2}{52.63} \approx 38mV$$

**【另一种解法】**

在计算最大不失真输入电压峰值  $U_{ip}$  时，还可通过计算  $I_{BQ}$  确定  $I_{bP}$ ，然后利用  $U_{ip} = I_{bP}r_{be}$  的关系求解  $U_{ip}$ 。

由图 (b) 可知，当输入信号增大时，放大电路将首先产生截止失真。而电路不产生截止失真的临界条件是：

$$i_B = I_{BQ} + i_b = 0$$

即  $I_{bP} = I_{BQ}$

而

$$I_{bP} = \frac{U_{ip}}{r_{be}}$$

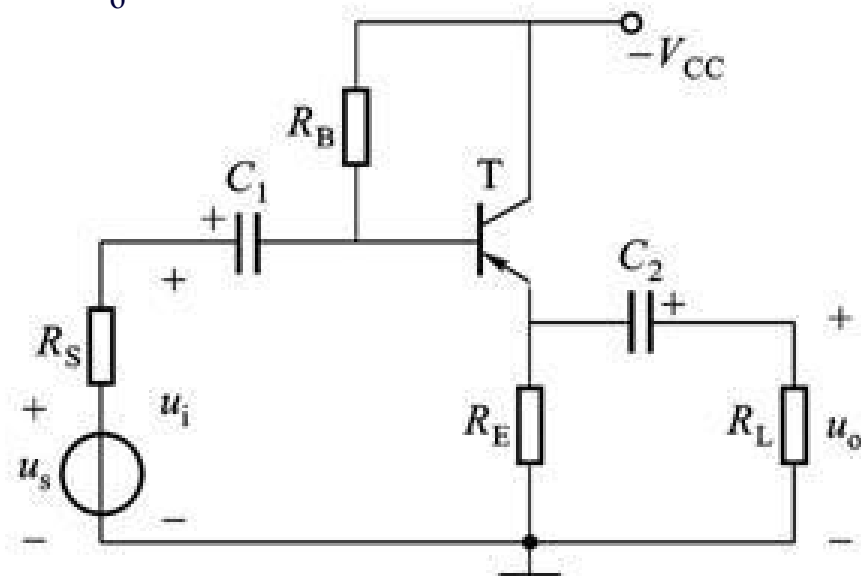
故

$$\begin{aligned} U_{ip} &= I_{bP}r_{be} && R_L = 5.1k\Omega, \text{ 信号} \\ &= I_{BQ}r_{be} && \bar{\beta} \\ &= 40 \times 10^{-6} \times 0.95 \times 10^3 \\ &= 38mV \end{aligned}$$

7 电路如图(a)所示。已知： $R_B = 300k\Omega$ ， $R_E = 5.1k\Omega$ ，负载电阻  $R_L$  源内阻  $R_S = 10k\Omega$ ， $-V_{CC} = -12V$ ， $C_1$ 、 $C_2$  足够大，T 为硅管，其  $r_{bb'} = 100\Omega$ 、 $\beta = 50$ 。

试求：

- (1) 电路静态工作点的数值；
- (2) 电路动态指标  $A_u$ 、 $R_i$ 、 $A_{us}$  ( $=U_o/U_s$ ) 的数值；
- (3) 电路输出电阻  $R_o$  的数值。



图(a)

**【相关知识】**

共集电极电路的静、动态分析方法。

**【解题思路】**

- (1) 根据放大电路的直流通路求静态工作点的数值。
- (2) 根据放大电路的微变等效电路求  $A_u$ 、 $R_i$ 、 $R_o$ 。

**【解题过程】**

- (1) 求静态工作点。画出直流通路如图 (b)所示。