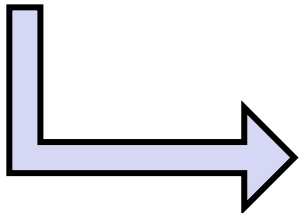


第三章

基本放大电路

熟练掌握各单级放大电路的分析方法
(先静态后动态)



§ 1 基本共发射极放大电路

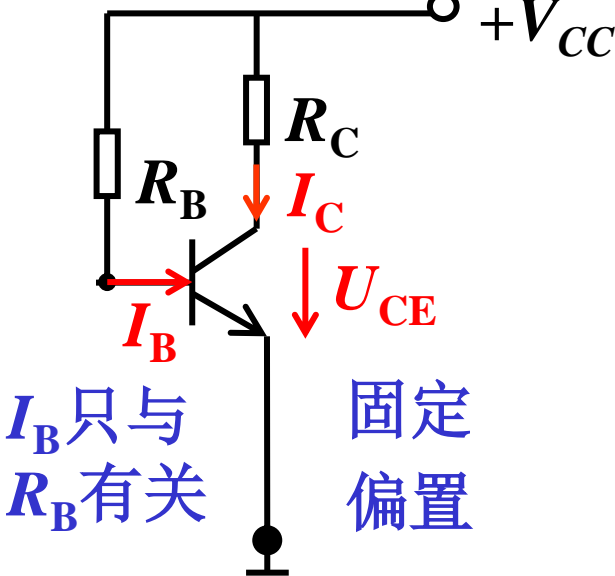
§ 2 共集电极放大电路

§ 3 分压偏置共射放大电路

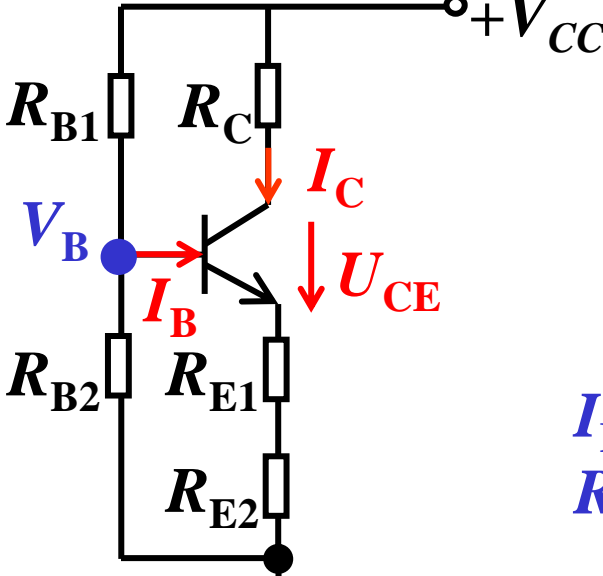
§ 4 多级放大电路

	基本共发射极放大电路（固定偏置）	分压偏置共发射极放大电路	共集电极放大电路（射极偏置）
电路图			
静态工作点 Q	$I_B = \frac{V_{CC} - 0.7}{R_B} \quad I_C = \beta I_B$ $U_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$	$V_B = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} \times V_{CC} \quad I_E = \frac{V_B - 0.7}{R_{E1} + R_{E2}}$ $I_B = I_E / (1 + \beta) \quad I_C = \beta I_B$ $U_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E (R_{E1} + R_{E2})$	$I_B = \frac{V_{CC} - 0.7}{R_B + (1 + \beta) R_E} \quad I_C = \beta I_B$ $U_{CE} = V_{CC} - I_E R_E$

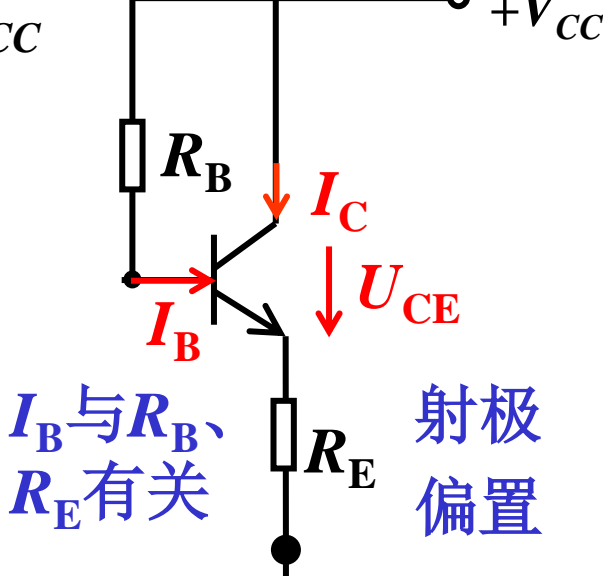
Q易受T影响



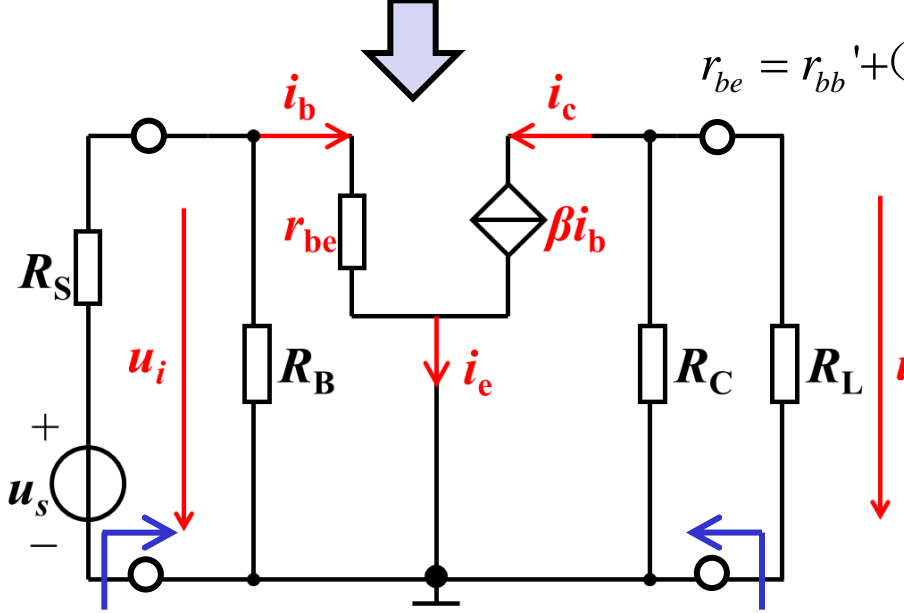
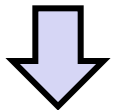
R_{B1} 和 R_{B2} 近似串联



$$V_{CC} = I_B R_B + U_{BE} + I_E R_E$$



	基本共发射极放大电路（固定偏置）	分压偏置共发射极放大电路	共集电极放大电路（射极偏置）
电路图			
静态工作点 Q	$I_B = \frac{V_{CC} - 0.7}{R_B} \quad I_C = \beta I_B$ $U_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$	$V_B = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} \times V_{CC} \quad I_E = \frac{V_B - 0.7}{R_{E1} + R_{E2}}$ $I_B = I_E / (1 + \beta) \quad I_C = \beta I_B$ $U_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E (R_{E1} + R_{E2})$	$I_B = \frac{V_{CC} - 0.7}{R_B + (1 + \beta) R_E} \quad I_C = \beta I_B$ $U_{CE} = V_{CC} - I_E R_E$



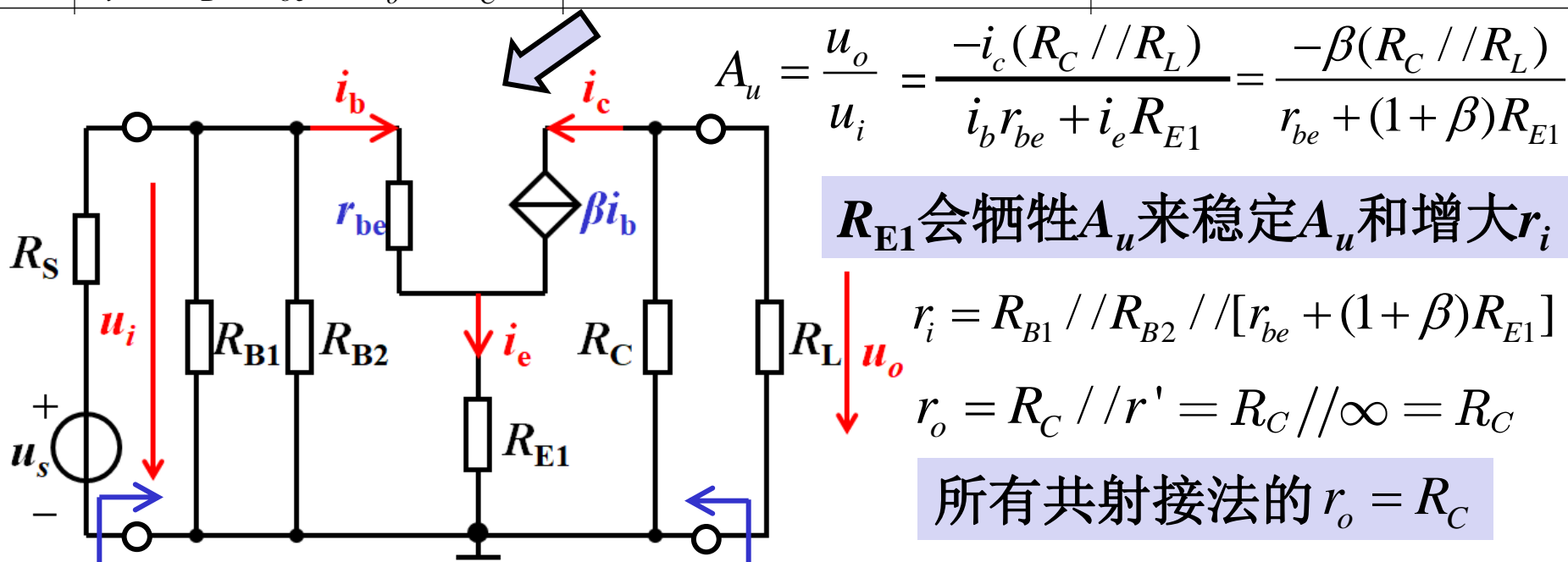
$$r_{be} = r_{bb}' + (1 + \beta) \frac{26(mV)}{I_E(mA)} = r_{bb}' + \frac{26(mV)}{I_B(mA)} \rightarrow \text{1k}\Omega \text{左右}$$

$$A_u = \frac{u_o}{u_i} = \frac{-\cancel{\beta i_b} (R_C // R_L)}{\cancel{i_b} r_{be}} = \frac{-\beta (R_C // R_L)}{r_{be}}$$

$$A_{us} = \frac{u_o}{u_s} = \frac{u_o}{u_i} \times \frac{u_i}{u_s} = A_u \times \frac{r_i}{r_i + R_S}$$

$$r_i = R_B // r_{be} \approx r_{be} \quad \text{太小} \quad r_o = R_C \quad \text{太大}$$

	基本共发射极放大电路（固定偏置）	分压偏置共发射极放大电路	共集电极放大电路（射极偏置）
电路图			
动态参数	$A_u = \frac{-\beta(R_C // R_L)}{r_{be}}$ $r_i = R_B // r_{be} \quad r_o = R_C$	$A_u = \frac{-\beta(R_C // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)R_{E1}} \quad r_o = R_C$ $r_i = R_{B1} // R_{B2} // [r_{be} + (1 + \beta)R_{E1}]$	



	基本共发射极放大电路（固定偏置）	分压偏置共发射极放大电路	共集电极放大电路（射极偏置）
电路图			
动态参数	$A_u = \frac{-\beta(R_C // R_L)}{r_{be}}$ $r_i = R_B // r_{be} \quad r_o = R_C$	$A_u = \frac{-\beta(R_C // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)R_{E1}} \quad r_o = R_C$ $r_i = R_{B1} // R_{B2} // [r_{be} + (1 + \beta)R_{E1}]$	$A_u = \frac{(1 + \beta)(R_E // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)(R_E // R_L)}$ <p>r_i很大且与R_L有关</p> <p>r_o很小且与R_S有关</p>

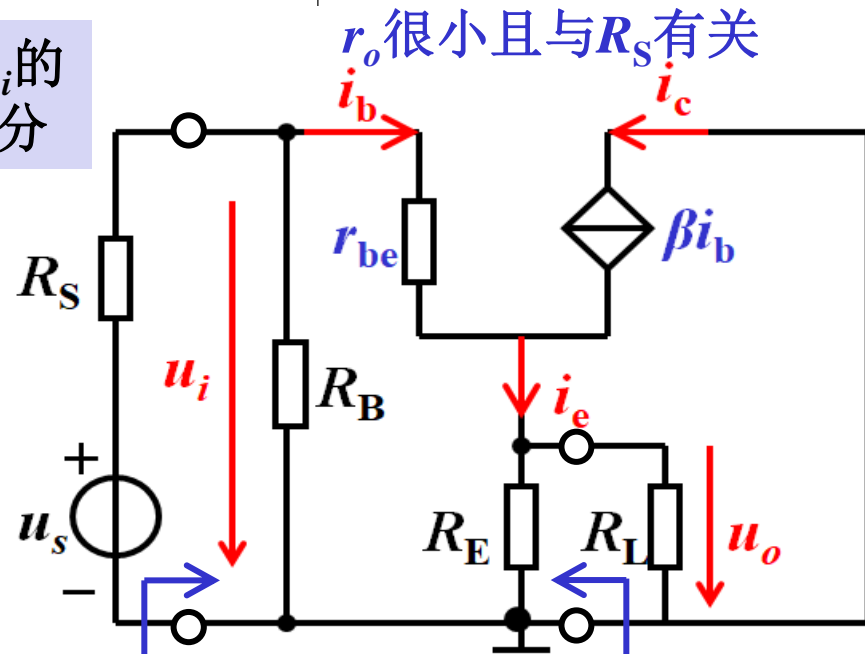
$$A_u = \frac{u_o}{u_i} = \frac{i_e (R_E // R_L)}{i_b r_{be} + i_e (R_E // R_L)}$$

u_o 是 u_i 的一部分

$0 < A_u \approx 1 < 1$ ；电压同相跟随

$$r_i = R_B // [r_{be} + (1 + \beta)(R_E // R_L)]$$

$$r_o = R_E // \frac{r_{be} + (R_B // R_S)}{1 + \beta} \approx \frac{r_{be} + R_S}{1 + \beta}$$



	基本共发射极放大电路（固定偏置）	分压偏置共发射极放大电路	共集电极放大电路（射极偏置）
电路图			
静态工作点 Q	$I_B = \frac{V_{CC} - 0.7}{R_B} \quad I_C = \beta I_B$ $U_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$	$V_B = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC} \quad I_E = \frac{V_B - 0.7}{R_{E1} + R_{E2}} \quad I_B = \frac{I_E}{1 + \beta}$ $I_C = \beta I_B \quad U_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E (R_{E1} + R_{E2})$	$I_B = \frac{V_{CC} - 0.7}{R_B + (1 + \beta) R_E} \quad I_C = \beta I_B$ $I_E = (1 + \beta) I_B \quad U_{CE} = V_{CC} - I_E R_E$
微变等效电路			
电压放大倍数	$A_u = \frac{-\beta(R_C // R_L)}{r_{be}}$	$A_u = \frac{-\beta(R_C // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)R_{E1}}$	$A_u = \frac{(1 + \beta)(R_E // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)(R_E // R_L)}$
输入电阻	$r_i = R_B // r_{be}$	$r_i = R_{B1} // R_{B2} // [r_{be} + (1 + \beta)R_{E1}]$	$r_i = R_B // [r_{be} + (1 + \beta)(R_E // R_L)]$
输出电阻	$r_o = R_C$	$r_o = R_C // \infty = R_C$	$r_o = R_E // \frac{r_{be} + (R_B // R_S)}{1 + \beta}$

作业1：分析实验五的电路图

电路如右图所示，请写出详细的解题步骤。

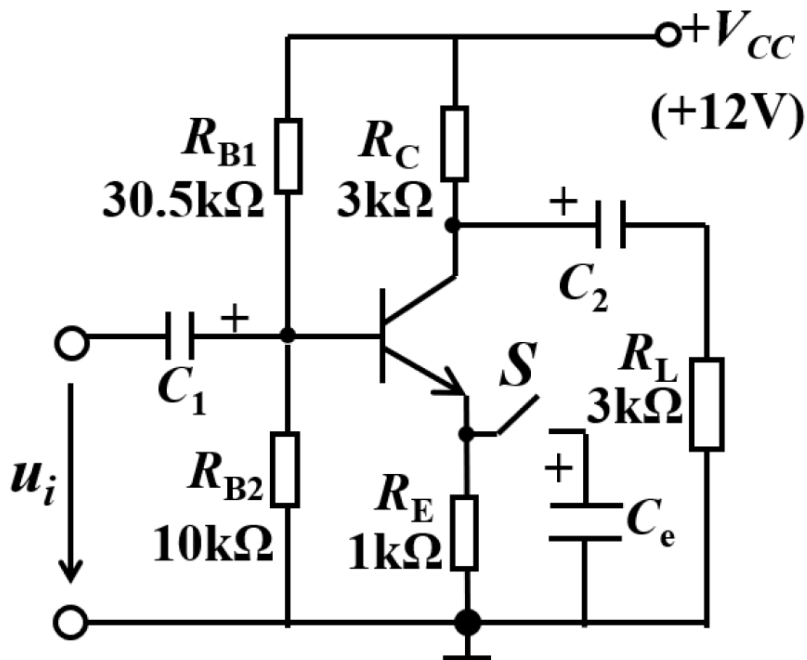
本次实验采用**虚拟三极管**，其参数如下：

$U_{BE}=U_{CES}=0.8V$ ， $r_{bb}'=40\Omega$ ， $\beta=100$

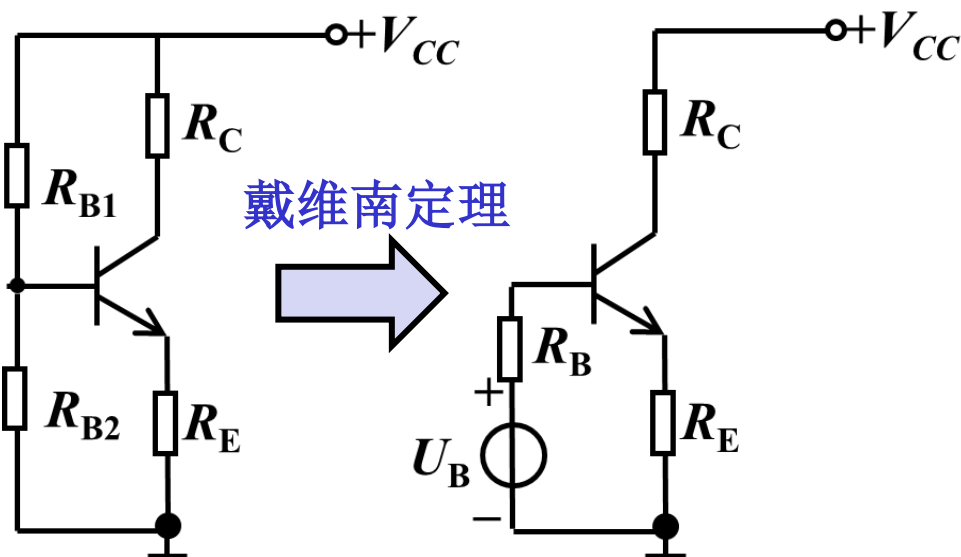
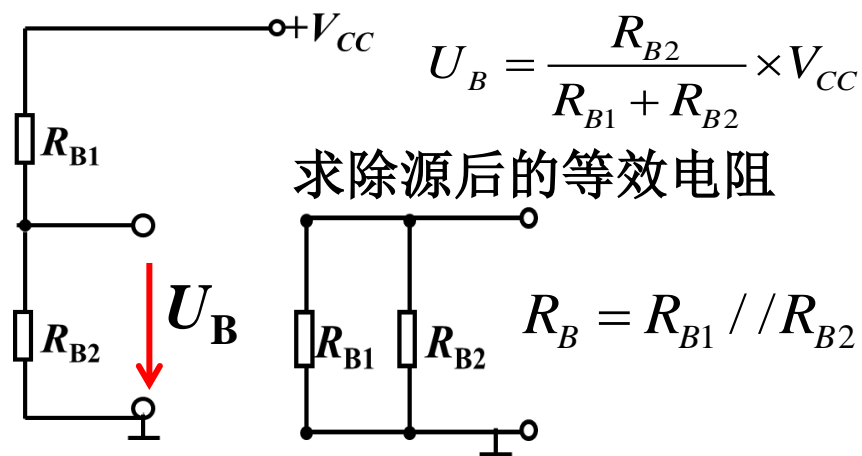
1. 该电路采用什么接法？共发射极 or 共集电极
2. 该电路的直流通路有什么特点和好处？
3. 请用**精算法**求解静态工作点 Q 的相关参数。
4. 当 S 打开时画出微变等效电路，求 A_u ， r_i 和 r_o

其中 $r_{be} = r_{bb}' + (1 + \beta) \frac{26(mV)}{I_E(mA)} = 40 + \frac{26(mV)}{I_B(mA)}$ 。

5. 当 S 闭合时请重新求解此时的 A_u' ， r_i' 和 r_o' 。

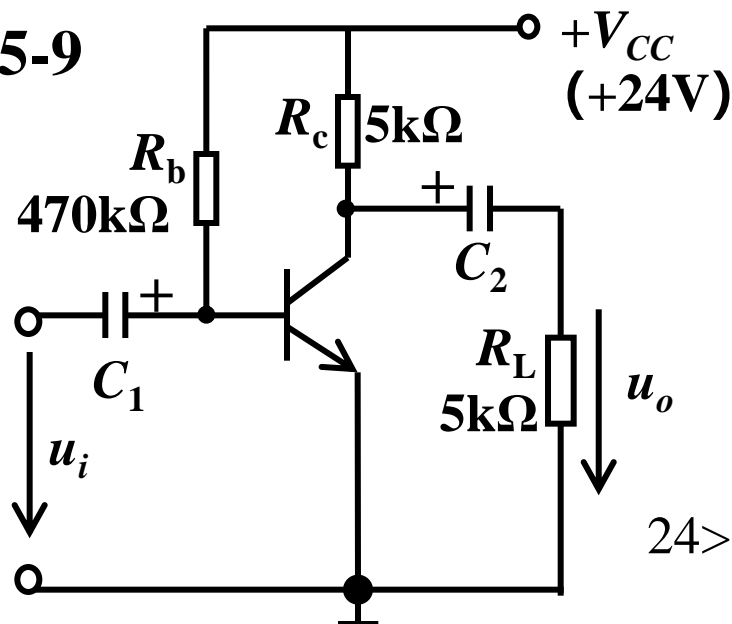


要求用精算法求解静态工作点



作业2: P183

5-9

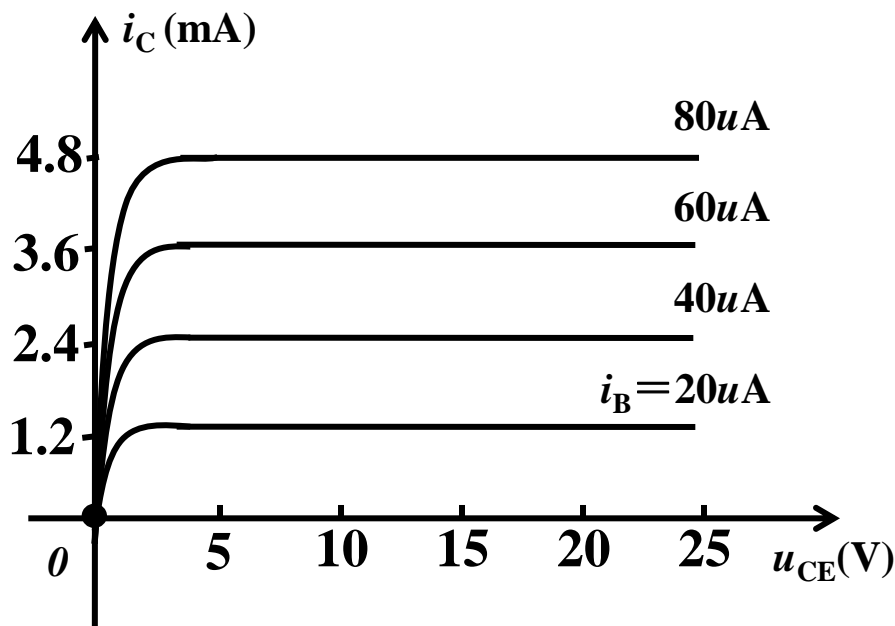


$$24 \gg 0.7$$

$$\because R_b > \beta R_c \therefore I_C = \beta I_B$$

$$I_B \approx \frac{V_{CC}}{R_b} \approx 50 \mu A$$

$$\beta = i_C / i_B = 1.2 \text{ mA} / 20 \mu A = 60$$



(1) 估算静态工作点 \rightarrow 已知 $U_{BE} = 0.7V$, 估算 I_B 、 I_C 、 U_{CE}

(2) 计算 A_u , r_i 和 r_o \rightarrow 先画微变等效电路再求解 $r_{bb}' = 300\Omega$

(3) 当有效值 $U_i = ?$, 输出电压将出现失真? 首先出现什么失真?

说明1: 题目没有给出 β , 需要从图b中读取

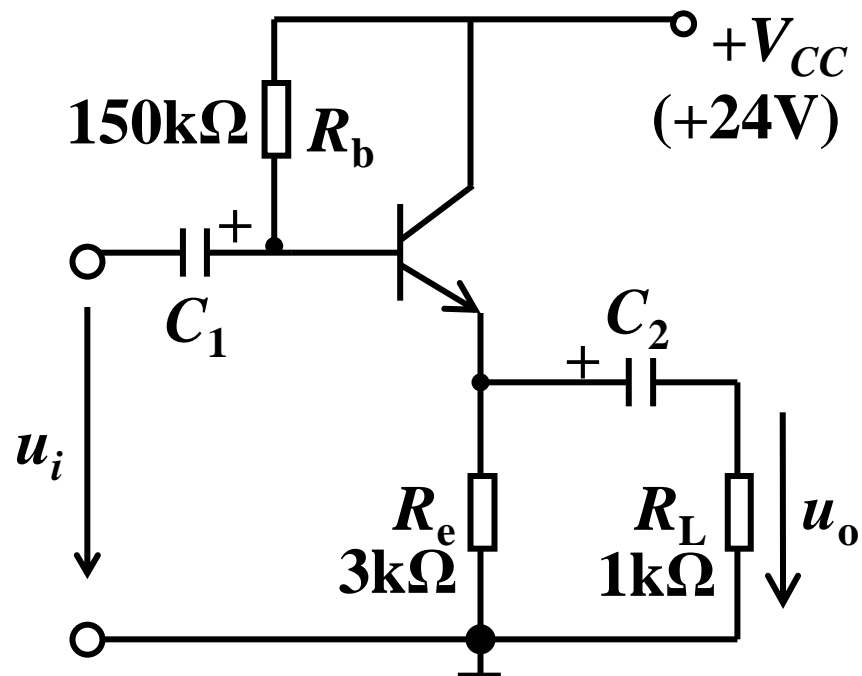
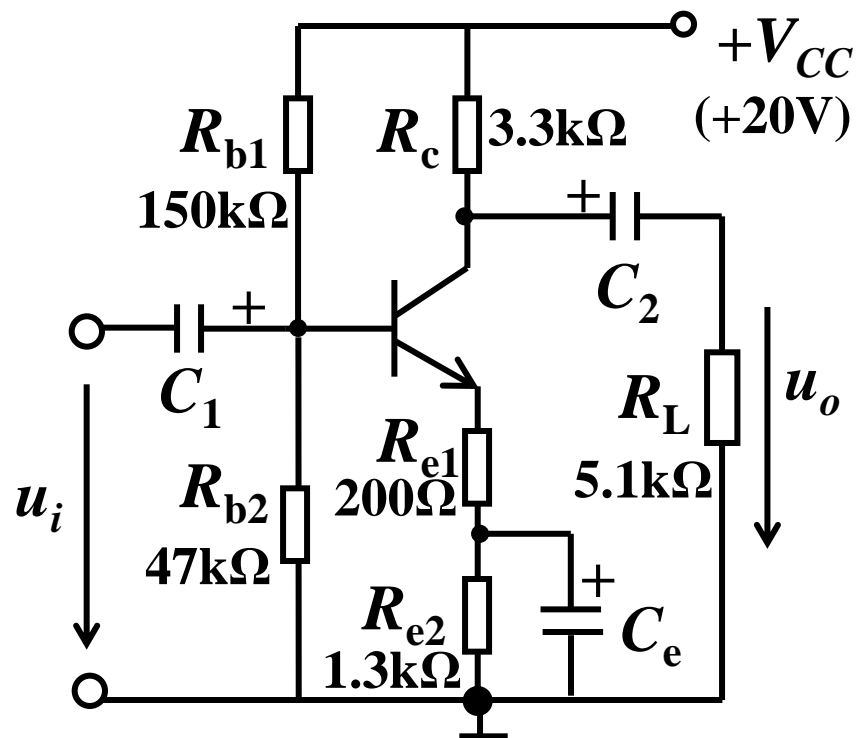
说明2: 先算出 $U_{o\max}$ (U_{CES} 取 $0.7V$) $\rightarrow U_{i\max} = \frac{U_{o\max}}{|A_u|}$ $U_i = \frac{U_{i\max}}{\sqrt{2}}$

P185 5-18 已知 $U_{BE}=0.7V$, $\beta=50$

(1) 求解静态工作点

(2) 求解 A_u , r_i 和 r_o $r_{bb}' = 300\Omega$

$24 \gg 0.7 \rightarrow$ 计算 I_B 时忽略 U_{BE}



P184 5-14 已知 $\beta=80$, $U_{BE}=0.7V$

(1) 估算法求解静态工作点

(2) 画微变等效电路求 A_u , r_i 和 r_o

$$r_{bb}' = 300\Omega$$

§ 1 基本共发射极放大电路

第三章

§ 2 共集电极放大电路

基本放大电路

§ 3 分压偏置共射放大电路

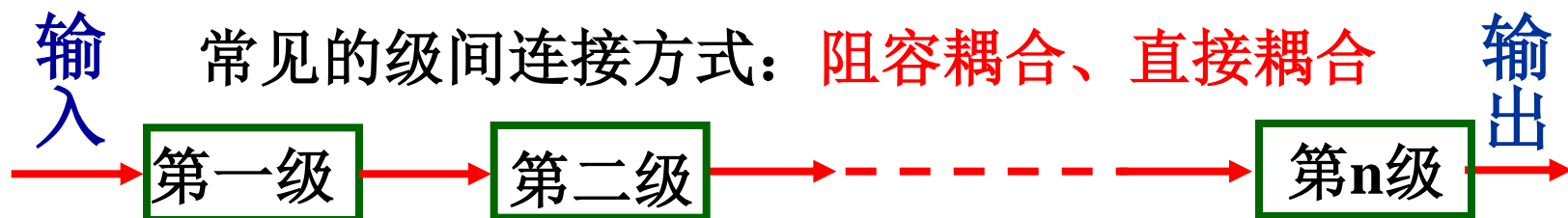
目的1: 获得更高的电压放大倍数

目的2: 进一步优化放大器的性能

用某种耦合方式把多个单级电路连接起来

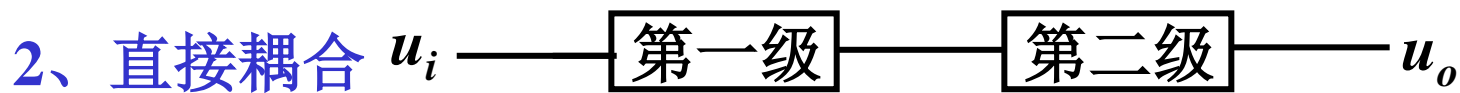
§ 4 多级放大电路

§ 4 多级放大电路



优点：各级静态工作点 “ Q ” 相互独立，互不影响；

缺点：无法放大直流和变化缓慢的信号且难以集成化；



优点：能放大交、直流信号；集成度好，多用于集成电路

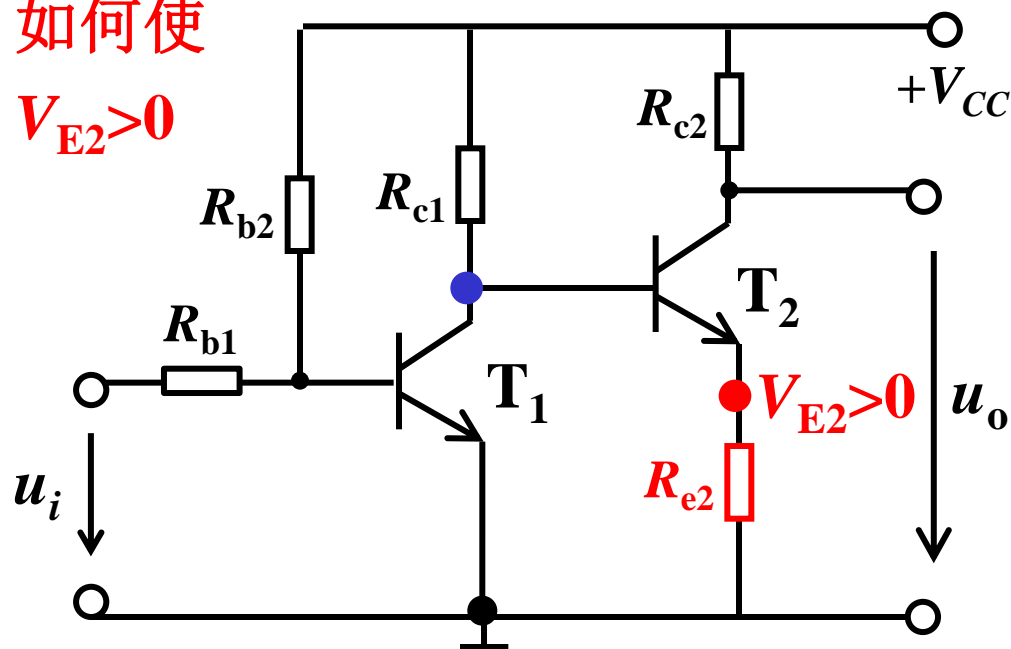
缺点：各级的 “ Q ” 互相影响；→ 问题1：严重的零点漂移
温度造成第一级的 Q 改变，逐级影响各级 Q ，造成较大干扰

问题2：Q调试困难，易造成电路的动态放大范围越来越小。

思考：
如何使
 $V_{E2} > 0$

§ 4 多级放大电路

T_2 发射结正偏



思考： $V_{B2} = ?$

$$V_{C1} = V_{B2} = U_{BE2} = 0.7V$$

后果： T_1 无法正常工作

T_1 发射结正偏 $\rightarrow V_{B1} = 0.7V$

$\because V_{C1} = V_{B1} \therefore T_1$ 临界饱和

$$V_{C1} = V_{B2} = U_{BE2} + V_{E2} > 0.7V$$

直接耦合两级共射电路

做法(1)：在 T_2 的E极加入 R_{e2}

$$V_{C1} = V_{B2} = U_{BE2} + I_{E2}R_{e2} > 0.7V$$

缺点：加入 R_{e2} 会降低 $|A_{u2}|$

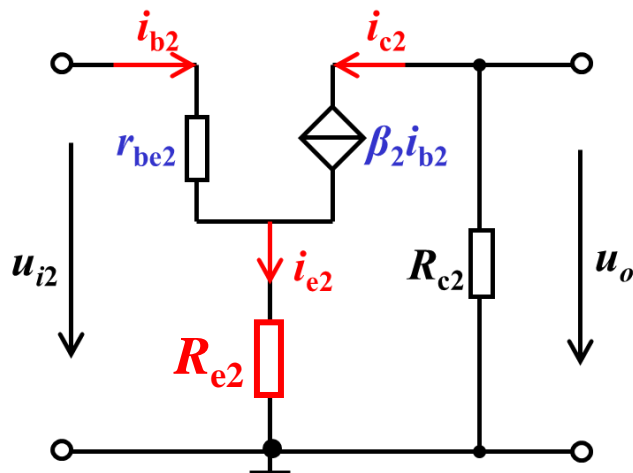
直接耦合
不能用电容

无 R_{e2} 时

$$A_{u2} = \frac{-\beta_2 R_{c2}}{r_{be2}}$$

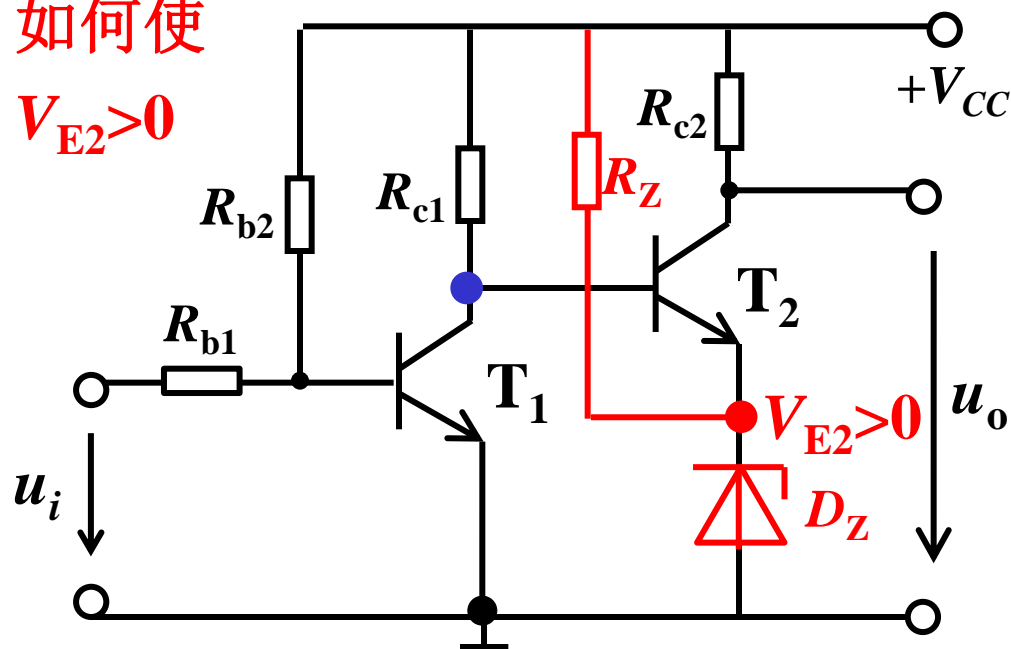
有 R_{e2} 时

$$A_{u2} = \frac{-\beta_2 R_{c2}}{r_{be2} + (1 + \beta_2)R_{e2}}$$



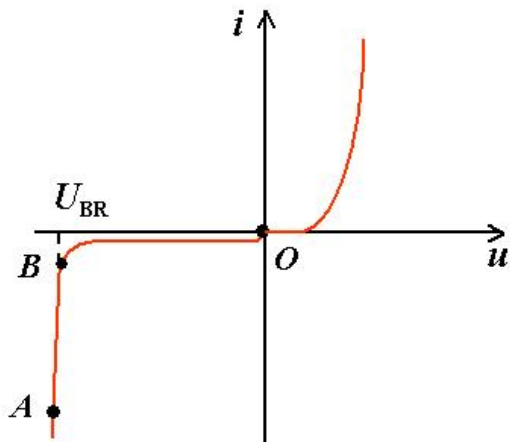
思考：
如何使
 $V_{E2} > 0$

§ 4 多级放大电路



$$r_z = \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z}$$

小
大
非常小



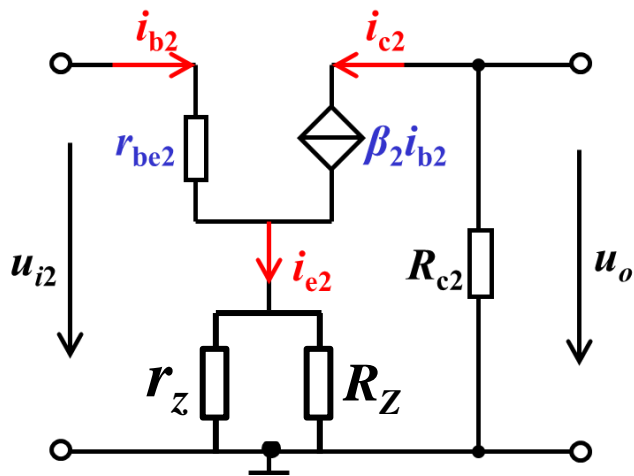
击穿后 D_Z 的微变等效模型？

AB段可等效成一个动态电阻

$$R_{e2}' = r_z // R_Z < r_z \rightarrow |A_{u2}| \text{下降小}$$

$$V_{C1} = V_{B2} = U_{BE2} + U_Z > 0.7V$$

微变等效电路



做法（1）：在 T_2 的E极加入 R_{e2}

做法（2）：用稳压管代替 R_{e2}

D_Z 被反向击穿后具有稳压特性

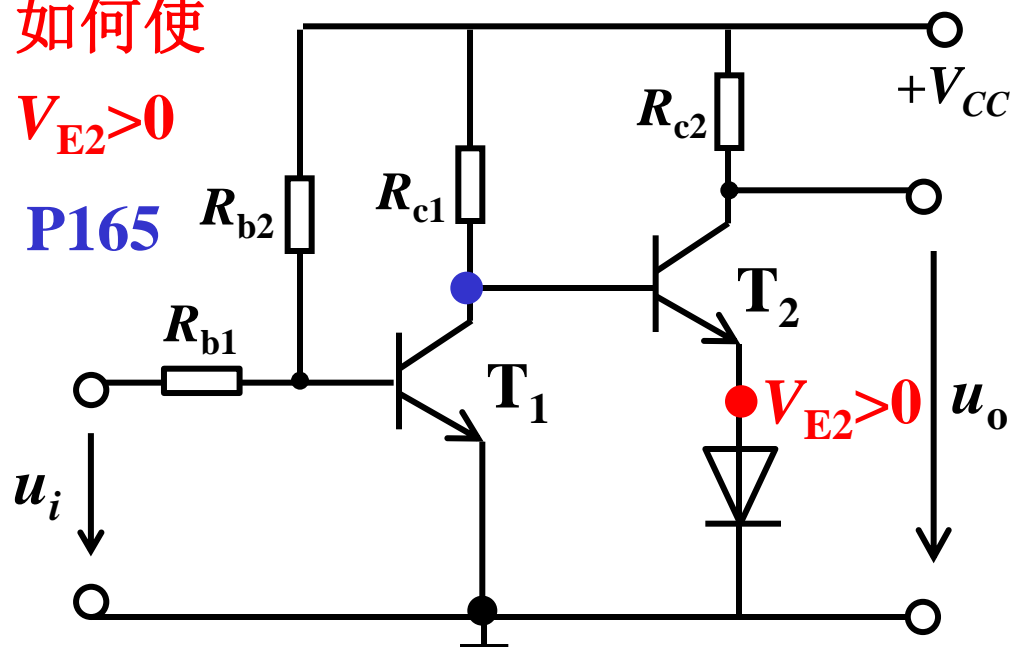
让 V_{CC} 直接作用于稳压管

限流电阻 R_Z ：先分压后限流

思考：
如何使

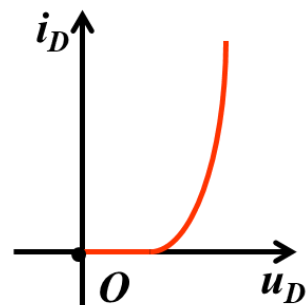
$$V_{E2} > 0$$

P165



§ 4 多级放大电路

导通后 D 的微变等效模型同样是一个很小的动态电阻 r_D



电压变化小
电流变化大

不会引起 A_{u2} 显著下降

问题2: 若 V_C 逐级抬高, 电路的动态放大范围会越来越小。

I_C 变小 \rightarrow 降低 U_{Fm} \rightarrow 降低 U_{omax}

直接耦合会造成 V_C 逐级抬高

T_1 正常工作 $\leftarrow V_{C1} \nearrow \leftarrow$ 提高 V_{E2}

$V_{C1} = V_{B2} \nearrow \rightarrow$ 为了 T_2 正常工作

$V_{C2} > V_{C1} \leftarrow$ 就必须提高 V_{C2}

做法(1): 在 T_2 的E极加入 R_{e2}

做法(2): 用稳压管代替 R_{e2}

D_Z 被反向击穿后具有稳压特性

做法(3): 用二极管代替 R_{e2}

正向导通的 D 具有恒定管压降