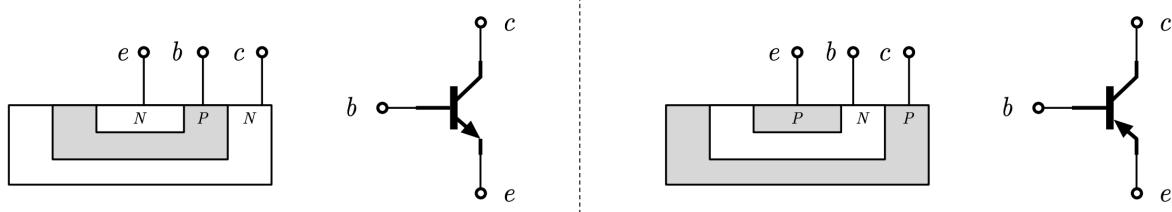


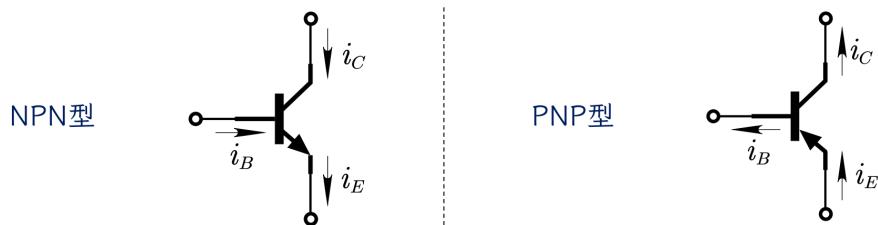
## Part 1 晶体

### • 原理

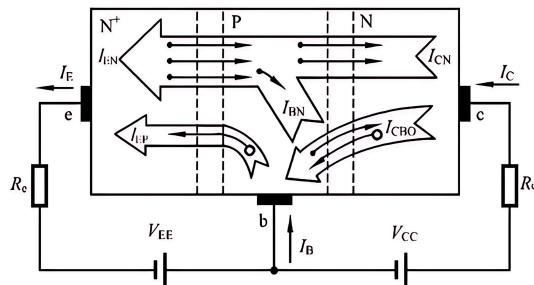
体 原



三 大作 在一 外 件 制下 子传 体 出 。  
外 件 发 偏 反偏.



BTJ 内 原 如下



$I_{EN}$

$I_{BN}$

$I_{CN}$

$V_{BE}$

$I_B$

$I_{CN}$

$I_{EP}$

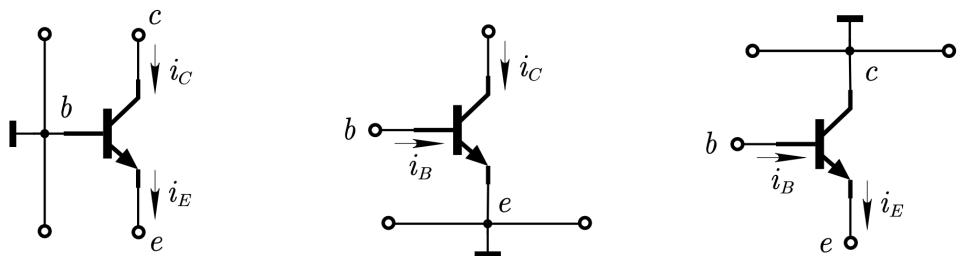
$I_{CBO}$

内 子 向 如下 (以NPN为例)

发射区

集电区

基区



共基极 (CF)      共发射极 (CE)      共集电极 (CC)

上三件大工作为主，依据发射够基区传到后到。一  
传两个件

### 体基关（大）

$$i_E = i_B + i_C$$

$$i_C = \beta i_B$$

$$i_B : i_C : i_E = 1 : \beta : (1 + \beta)$$

$\beta$

#### Important

关于大  $\beta$

共基大  $\alpha$  前下体大代  $\beta$

大义中“——”可以代也可以代交

$$i_C = \beta i_B \quad \begin{cases} I_C = \bar{\beta} I_B \\ i_c = \beta i_b \quad (\Delta i_c = \beta \Delta i_b) \end{cases}$$

为大于交大一以  $\beta$

大交大会减与大偏加剧

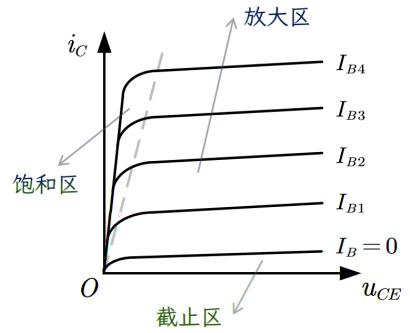
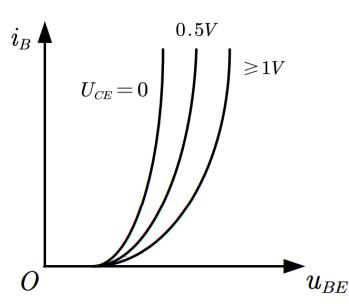
一况体均  $\beta \gg 1$

## • 伏安特性

体作两个伏——入伏与出伏

入伏——基  $i_B$  和发压  $u_{BE}$  关

出伏——  $i_C$  和压  $u_{CE}$  关



体入伏  $i_B - u_{BE}$  (以NPN型 体为例)

$$i_B = f(v_{BE}) \Big|_{v_{CE}=\text{const}}$$

$$v_{CE} = 0 \text{ V}$$

$$\begin{array}{ll} v_{CE} \geq 1 \text{ V} & v_{CB} = v_{CE} - v_{BE} > 0 \\ v_{BE} & I_B \end{array}$$

体出伏  $i_C - u_{CE}$  (以NPN型 体为例)

$$i_C = f(v_{CE}) \Big|_{I_B=\text{const}}$$

$$i_C \quad i_B = 0$$

$$v_{BE}$$

$$i_C \quad v_{CE}$$

$$i_C \quad v_{CE}$$

$$v_{CE} < 0.7 \text{ V}$$

### ① Caution

分 只 于填 和 在 决 分 不严

不同工作区 电位特点

放大区 点位特点

$$u_C \geq u_B > u_E, \quad u_{BE} = 0.7V / 0.2V$$



## • 工作状态判断

根据电流判断

NPN

Step 1

$u_{BE}$

$|U_{BEQ}|$

$$u_{BE} < |U_{BEQ}|$$

截止区

$$u_{BE} \geq |U_{BEQ}|$$

放大区或饱和区

Step 2

$I_{BS}$

$$u_{CE} = |U_{CES}|$$

$|U_{CES}|$

$$u_C = u_B$$

$$u_{CE} = u_{BE} = |U_{BEQ}|$$

$I_{CS}$

$$I_{BS} = \frac{I_{CS}}{\beta}$$

- $i_B > I_{BS}$  饱和区
- $i_B \leq I_{BS}$  放大区

PNP

根据电位判断

NPN

Step 1

$u_{BE}$

$|U_{BEQ}|$

- $u_{BE} < |U_{BEQ}|$  截止区
- $u_{BE} \geq |U_{BEQ}|$  放大区或饱和区

Step 2

$$i_B : i_C : i_E = 1 : \beta : 1 + \beta$$

$$u_{CE}$$

- $u_{CE} \geq |U_{CES}|$  放大区
- $u_{CE} < |U_{CES}|$  饱和区

$$u_{CE} = |U_{CES}|$$

$$|U_{CES}| \quad u_{CE} \quad u_{BE} \quad u_{CE} \quad |U_{BEQ}|$$

PNP

## • 主要 数

$\beta$

$f_T$

$P_{CM}$

$I_{CM}$

$U_{(BR)CEO}$

些参 做

## 电流放大系数

$$\bar{\beta}$$

$$\bar{\beta} = \frac{I_C - I_{CEO}}{I_B} \approx \left. \frac{I_C}{I_B} \right|_{v_{CE}=\text{const}}$$

$$\beta$$

$$\beta = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right|_{v_{CE}=\text{const}}$$

$$\bar{\alpha}$$

$$\bar{\alpha} = \frac{I_C - I_{CBO}}{I_E} \approx \frac{I_C}{I_E}$$

$$\alpha$$

$$\alpha = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \right|_{v_{CB}=\text{const}}$$

$$I_{CBO}$$

$$I_{CEO}$$

$$\bar{\alpha} \approx \alpha \quad \bar{\beta} \approx \beta$$

## 极限参数 (NPN为例)

$$I_{CBO}$$

$$I_{CEO}$$

$$I_{CEO} = (1 + \bar{\beta})I_{CBO}$$

$$I_B = 0$$

$$I_{CEO}$$

## 极限 参数

$$I_{CM}$$

$$P_{CM}$$

$$P_{CM} = I_C V_{CE}$$

- $V_{(BR)CBO}$
- $V_{(BR)EBO}$
- $V_{(BR)CEO}$

## Part 2

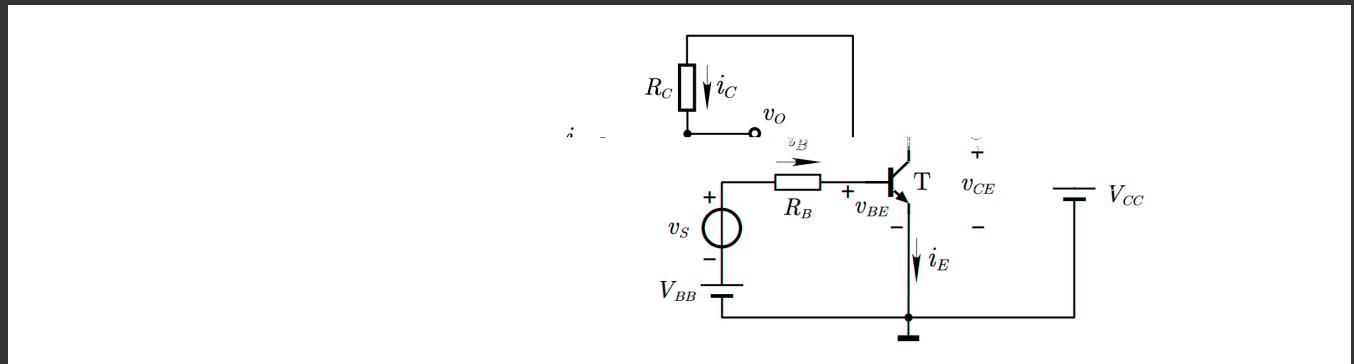
名称

总电压或总电流

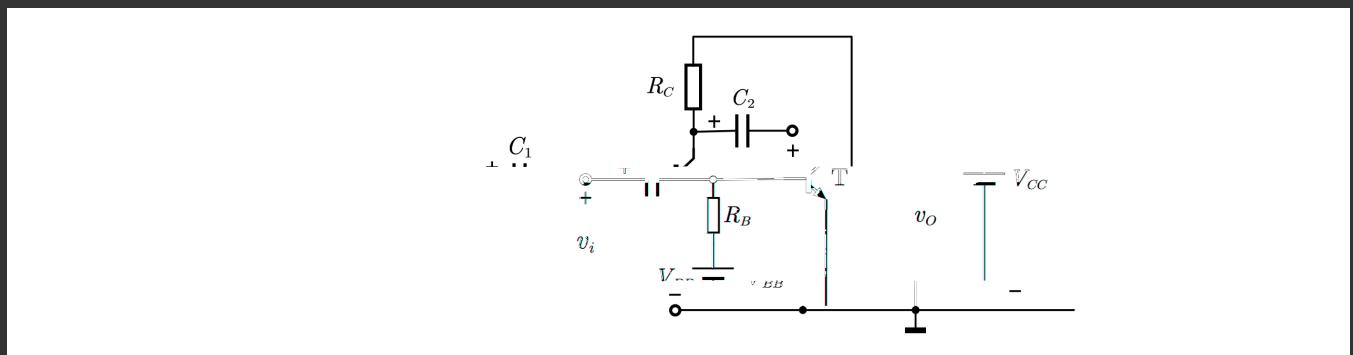
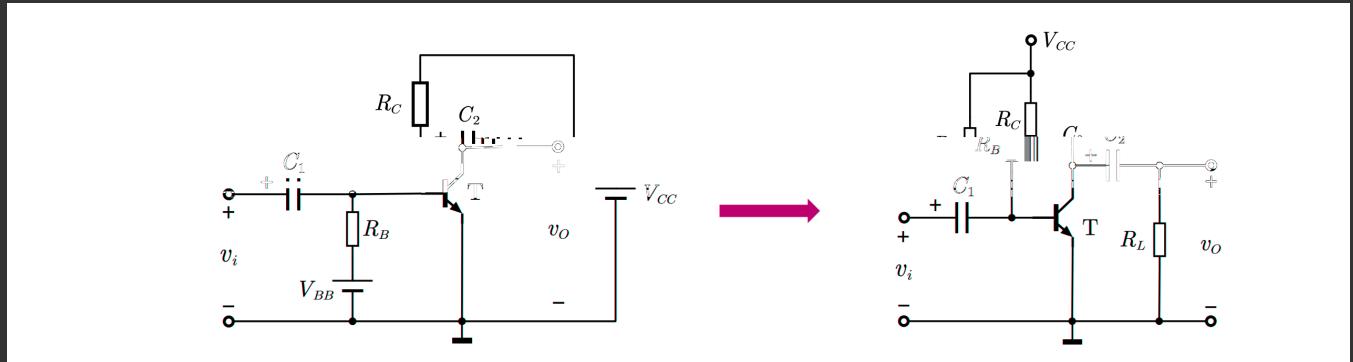
直流

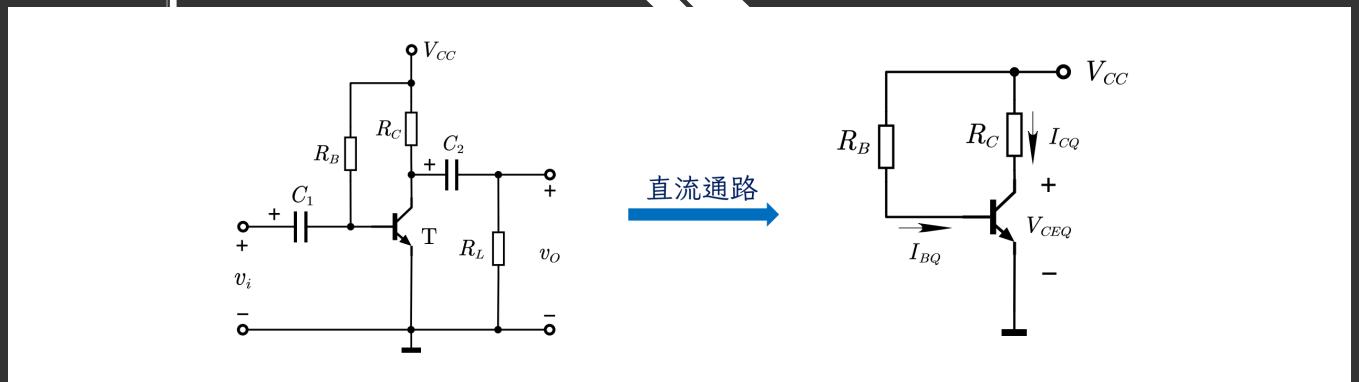
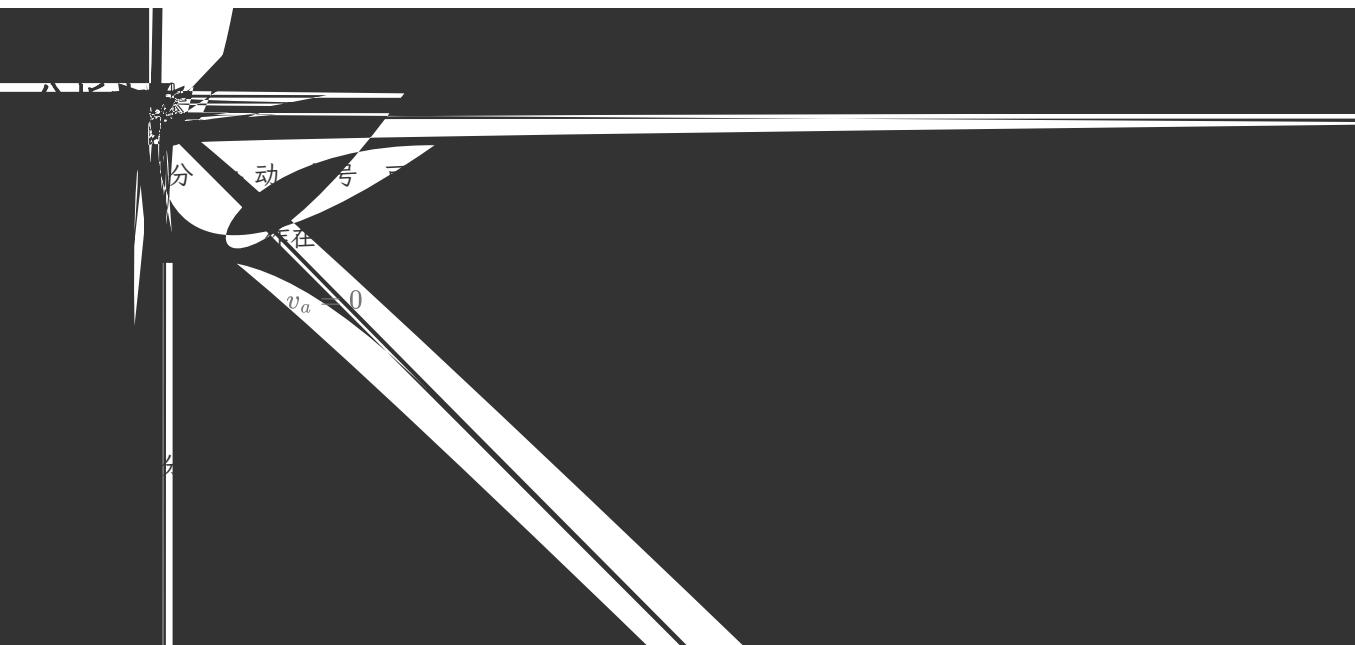
交流 时值

交流有效值



$$i_C = \beta i_B$$

 $v_S$  $V_{BB}$  $C_1 \quad C_2$ 

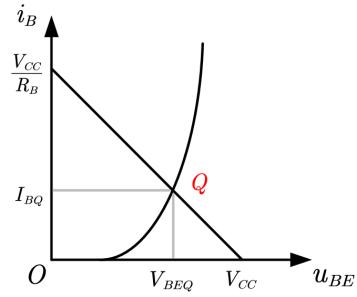
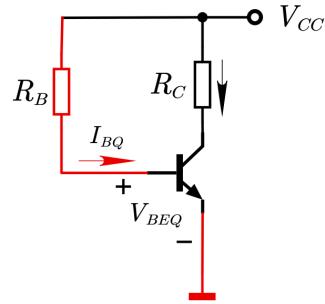


- $R_B$
- $I_{BQ}$

$$i_B \sim V_{BE}$$

$R_B$

$$V_{BE} = V_{CC} - i_B R_B$$

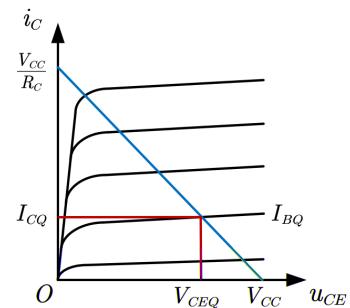
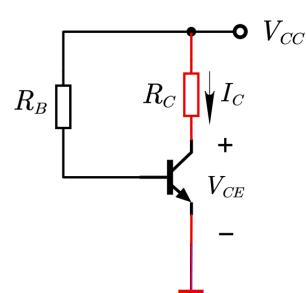


$$i_C \sim V_{CE}$$

$R_C$

$$V_{CE} = V_{CC} - i_C R_C$$

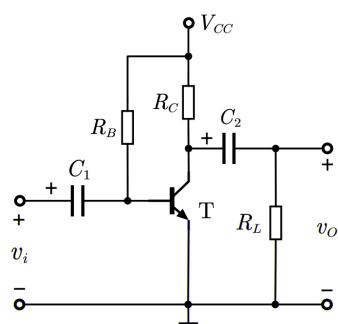
$I_{BQ}$



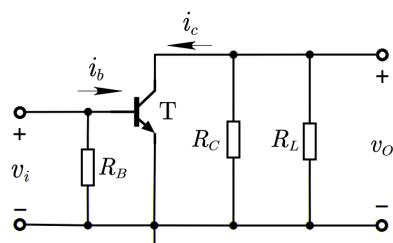
## • 动态分析

动 分 两 图 分 信号 型分 变  
分 为交 分 如下

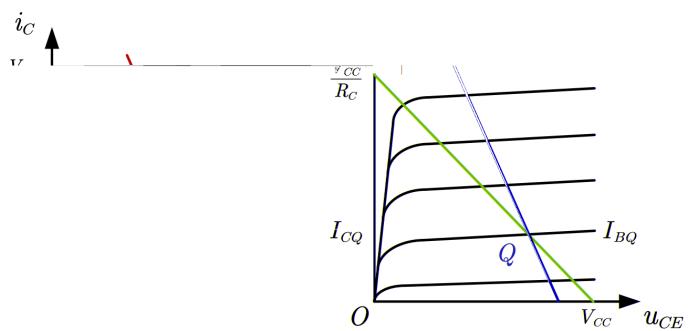
$$\dot{A}_V \quad R_i \quad R_O$$



交流通路



交 下 、 体 不 变 、 合 压



为交

$$v_o = v_{ce} = -i_c R'_L$$

$$R'_L = R_C \parallel R_L$$

Q 作交

为

$$-\frac{1}{R'_L}$$

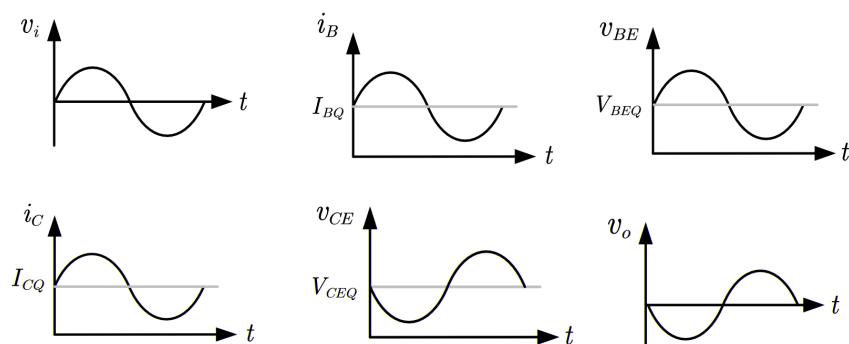
$$-\frac{1}{R_C}$$

假  $v_{BE}$  一 变化

$v_o = v_{ce}$  如何变化

$$v_o = v_{ce} = -i_c R'_L$$

可  $v_{CE}$  反 们可以 出以下 关



## • 失真分析

### ① Caution

作 失 响

在大中出信号例地大入信号即大如两不例则出信号不反入信号况大产失。为了到大出信号作Q在交中分。如Q不合信号入区和区失。

Q低入信号入区入 $i_b$ 失 $v_{ce}$ 失共大出信号 $v_o$ 失。

$$i_b \quad v_{BE}$$

$$i_C \quad v_o \quad V_{CC}$$

Q出信号入和区出和失共大器出信号失

$$\sim \sim V_{CC}/R_C \quad v_{CE} \quad V_{CES}$$

为了充分利体大区使出动围大作在交中处。

于受体和和制大器不失出压一围其大值为大器出动围。

- 作偏低因受失制其大不失出压为

$$V_{om} \approx R'_L$$

- 作偏因和失制大不失为 $V_{CES}$ 临和压—1V右

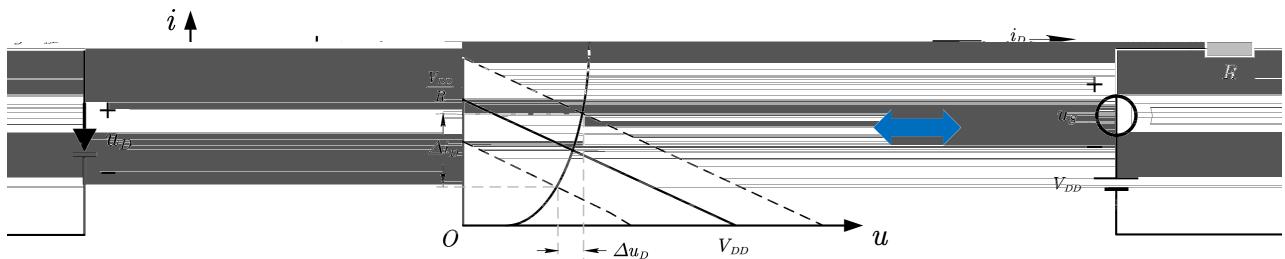
$$V_{om} = V_{CES}$$

- 出动围大值—值

$$V_{OP-}$$

- 大不失出压

$$U_{om} = \min \left\{ R'_c, \dots \right\}$$



$U - I$

于 信号分 们 使 叠加

信号分 基 信号 入单 作 信号 入 作 作 动 信号响 化  
处 可以 到 作 处 动 / 到 信号  
全响 即为 作 与 信号响 叠加 信号分 —— 叠加动  
在二 中 们 出了如下关

$$R = \frac{U}{I}$$

$$r = \left. \frac{\Delta u}{\Delta i} \right|_{u=U, i=I}$$

下 们 会 其 在三 中。

(1). H 数 引出 从 △ 型

围 低 交 信号分 基 为 围内 可以 化处 。 信  
号分 △ 在 作 处 偏 。

BJT双口 以共发 为例

$$v_{BE} = f_1(i_B, v_{CE})$$

$$i_c = f_2(i_B, v_{CE})$$

信号 信号交 分

$$\begin{cases} v_{be} = h_{ie}i_b + h_{re}v_{ce} \\ i_c = h_{fe}i_b + h_{oe}v_{ce} \end{cases}$$

*i*

*o*

*r*

*f*

*e*

$h_{ie}$

$v_{ce} = 0$

$v_{CE} = V_{CEQ}$

$$h_{ie} = \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_B} \Big|_{v_{CEQ}}$$

$h_{fe}$

$\beta$

$$h_{fe} = \frac{\partial i_c}{\partial i_B} \Big|_{v_{CEQ}}$$

$h_{re}$

$i_B = 0 \quad i_B = I_{BQ}$

$\mu_r$

$$h_{re} = \frac{\partial \alpha}{\partial i_B}$$

$$r_{be}$$

$$\Omega \sim \Omega$$

$$v_{CE} \quad i_B$$

$$\mu_r = 10^{-3} \sim 10^{-4}$$

$$v_{CE} \quad i_c$$

$$i_b \qquad \qquad i_c = \beta i_b$$

$$r_{ce}$$

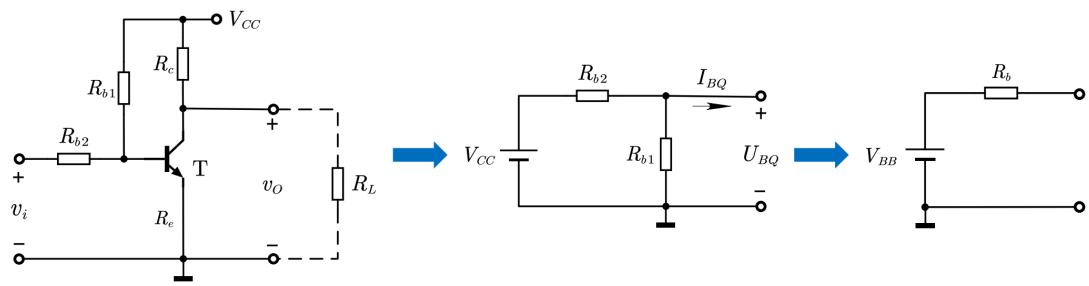
$$r_{ce} = \frac{\partial v_{CE}}{\partial i_c} \Big|_{I_{BQ}} \approx \frac{\Delta}{I_{BQ}}$$

$$i_c$$

$$r_{ce}$$

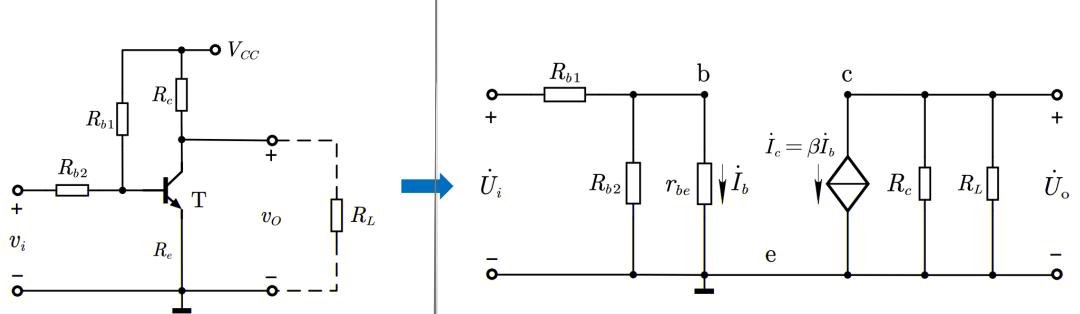
$$M\Omega$$

$$i_{be} = r_{bb'} + (1+\beta) V_{bb'}$$



薛定公长

$$V_{CC} - U$$

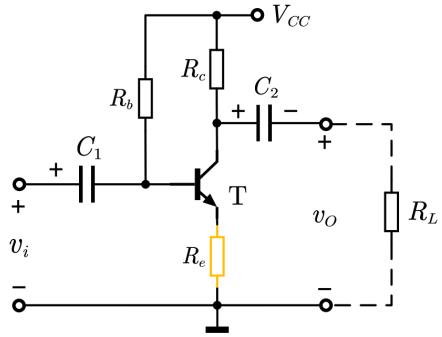


动态分析

$$A_u = \frac{U_o}{U_i} = -\beta r_o$$

动本分析

port



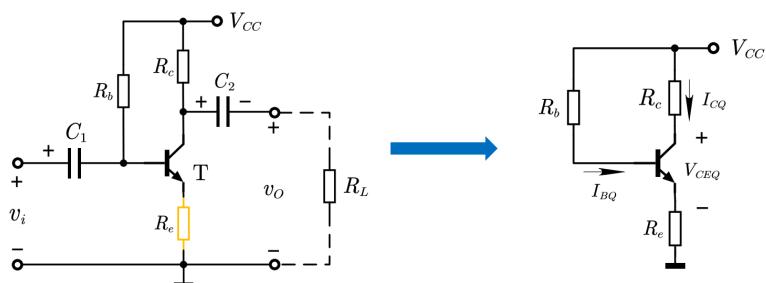
$V_{BE}, \beta, I_{CBO}$

$$T \uparrow \rightarrow \begin{array}{l} V_{BE} \downarrow \\ \beta \uparrow \end{array} \quad \begin{array}{l} I_{BQ} \uparrow = (V_{CC} - V_{BE}) / R_B \\ I_{CBO}, I_{CEO} \uparrow \end{array} \quad \rightarrow \quad \begin{array}{l} I_{CQ} \uparrow = \beta I_{BQ} + I_{CEO} \end{array}$$

$R_e$

$U_{BE}$

$R_e$



静态分析