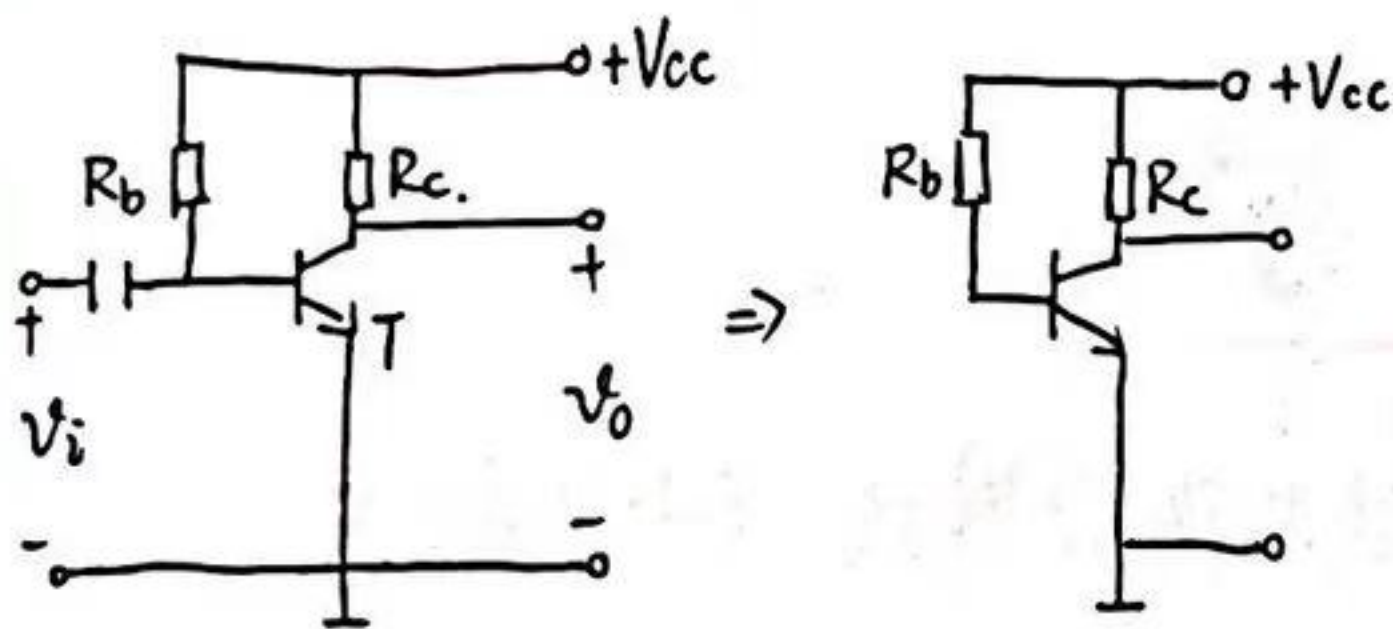


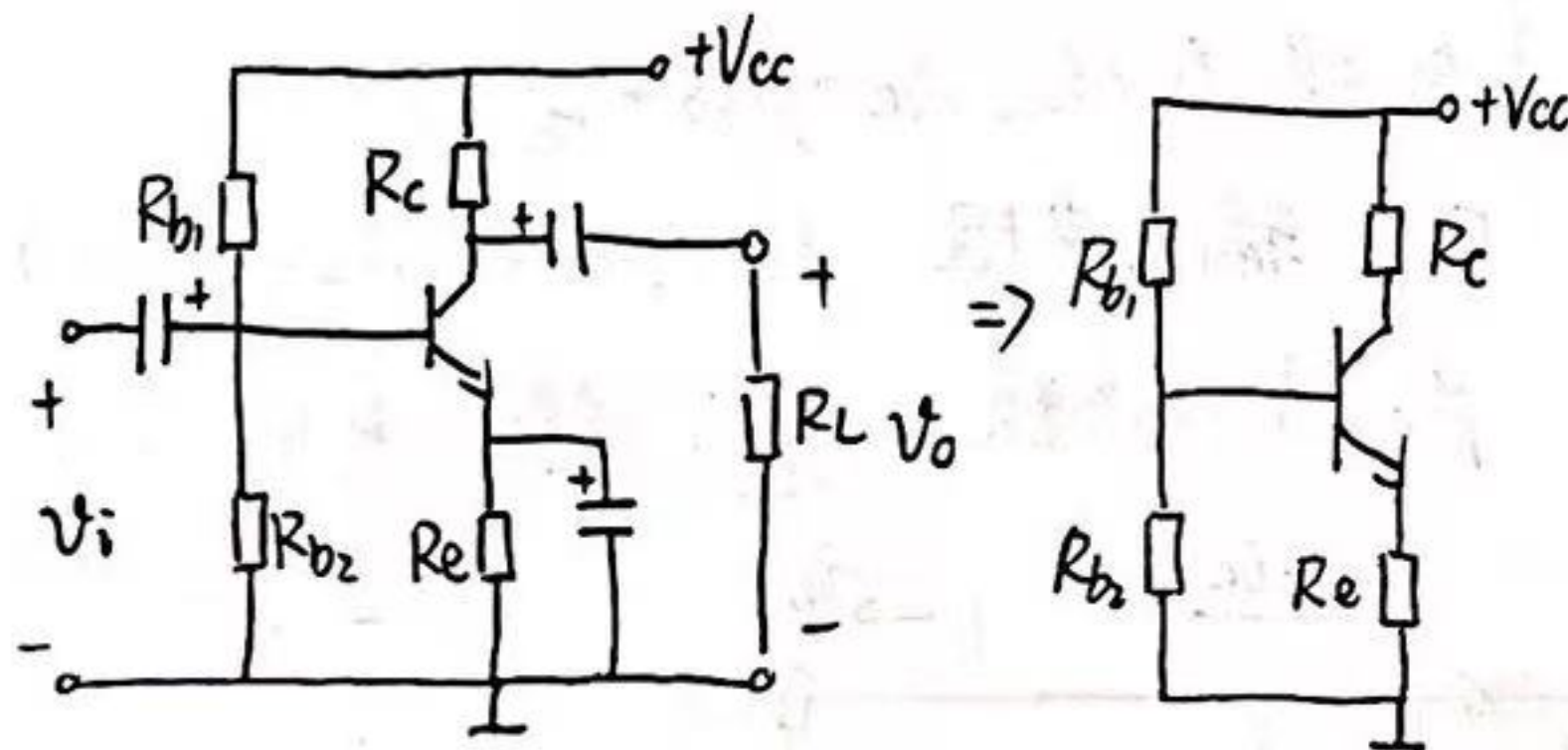
## # BJT 放大电路的直流偏置电路

### a) 基极固定偏置电路 (基区无下拉R)



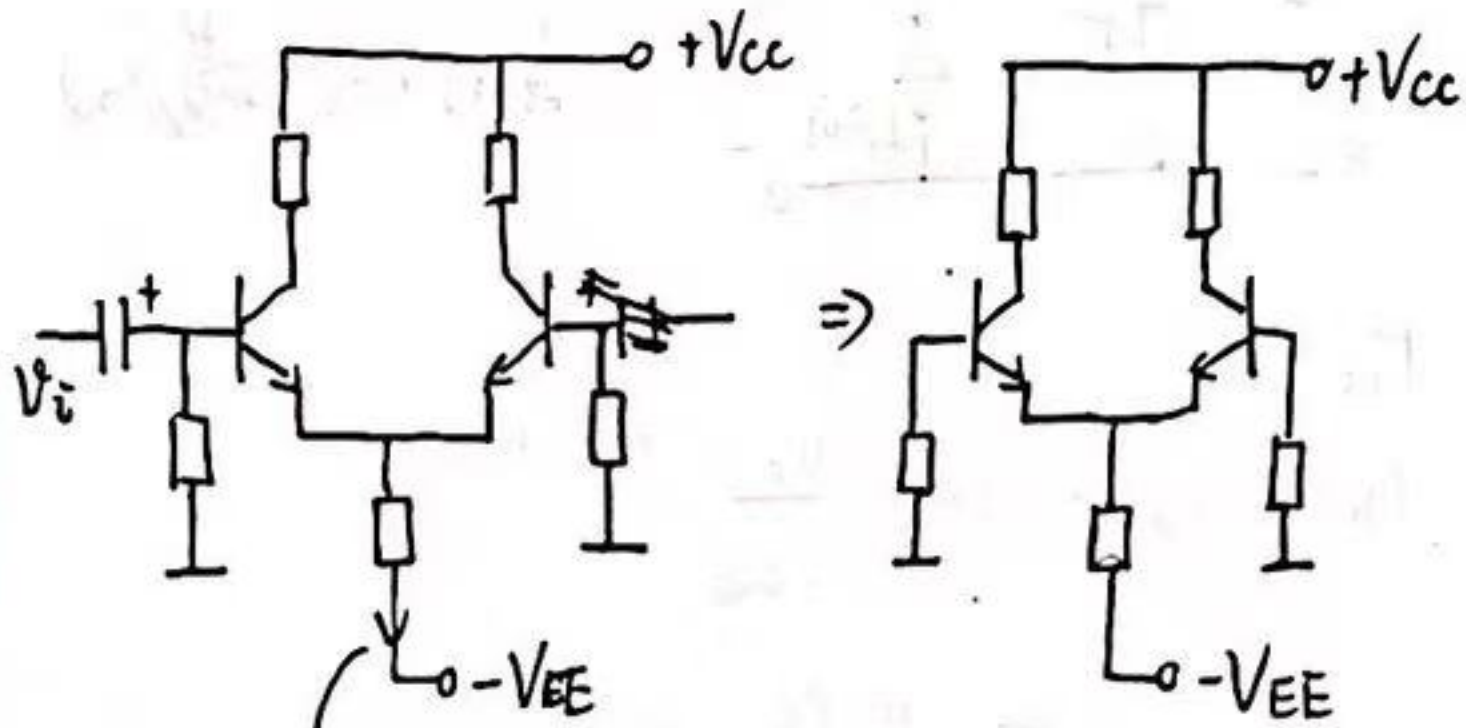
配置好  $R_b$  与  $R_c$  (临界  $\beta \approx V_B = V_C$ )  
Q 可能随  $T$  变化

### b) 具有稳定工作点的基极偏置电路



$T \uparrow \rightarrow I_C \uparrow \rightarrow I_E \uparrow \rightarrow V_E \uparrow$   
负反馈  $I_B \downarrow \leftarrow V_{CE} \downarrow$

### c) 射极偏置电路



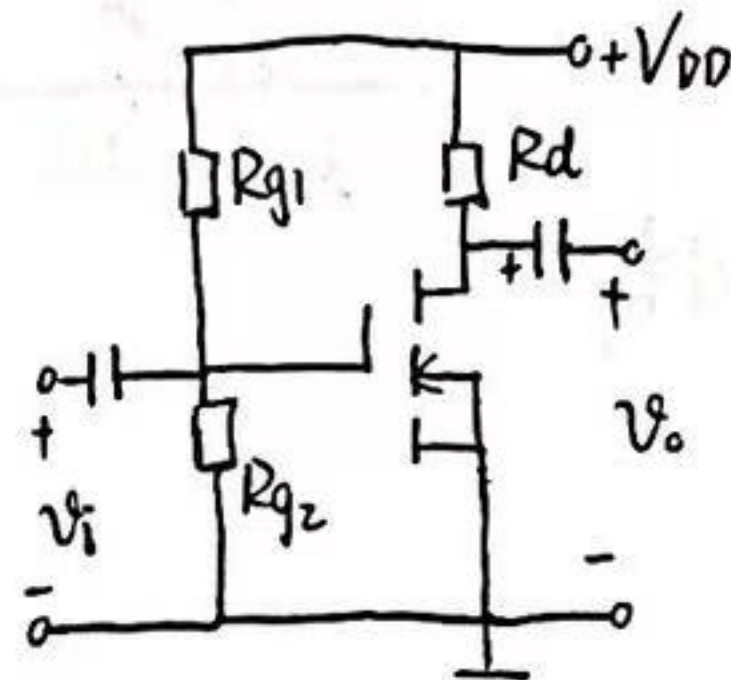
注意计算时这里是  $2(1+\beta)I_B$

$I_B$  控制  $I_C, I_E$

## # FET 放大电路的直流偏置电路

首先回忆六管放大时  $V_{GS}$  与  $V_{DS}$  的正负要求和对应符号

### a) 固定偏压偏置电路



配置好  $R_{g1}, R_{g2}, R_d$

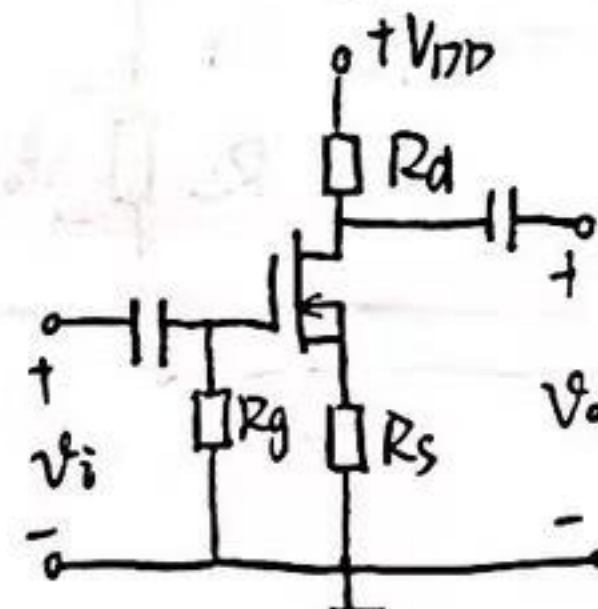
$$\begin{cases} V_{GS} > V_T \\ V_{DS} > V_{GS} - V_T \end{cases}$$

$$V_{GS} = \frac{R_{g2}}{R_{g1} + R_{g2}} V_{DD}$$

$$I_D = I_{D0} \left( \frac{V_{GS}}{V_T} - 1 \right)^2$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D R_d > V_{GS} - V_T$$

### b) 自给偏压偏置电路 (栅无上拉)



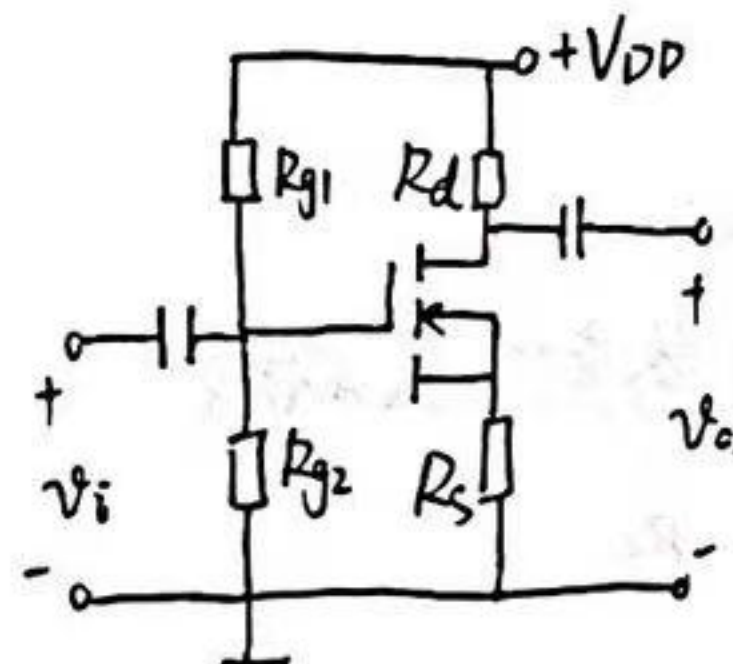
因有  $R_s$ , 自建  $V_{GS}$

耗尽型  $V_{GS}$  可负可正.

$$V_{GS} = -I_D R_s$$

$$I_D V_{DS} \downarrow \checkmark$$

### c) 混合偏置电路



$R_s$  - 自偏压

$R_{g1}, R_{g2}$  - 固定偏压

$$V_{GS} = V_{DD} \frac{R_{g2}}{R_{g1} + R_{g2}} - I_D R_s$$

$$I_D \checkmark$$

$$V_{DS} \checkmark$$

$\Delta$ : b) c) 常用于 JFET (因为 2 个偏置要求不同)

$V_{GS}$  控制  $I_D$

注:  $V_L$  也分为  $V_S$  与  $R_S$ , 图中未画出

画直流通路时, 不要忘了  $R_S$  (小)



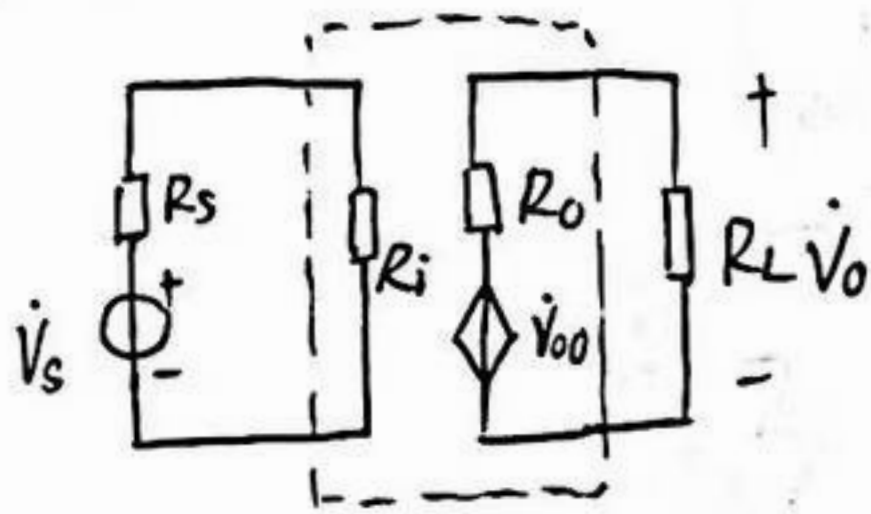


浙江大学

ZHEJIANG UNIVERSITY

# 单管放大电路性能指标

## ① 电压增益



$$\dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i}$$

开路电压增益  $\dot{A}_{vo} = \frac{\dot{V}_{o0}}{\dot{V}_i} = \frac{R_L}{R_o + R_L} \dot{A}_v$

源电压增益  $\dot{A}_{vs} = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_s} = \frac{R_i}{R_i + R_s} \dot{A}_v$

dB  $A_v(\text{dB}) = 20 \lg(V_o/V_i)$

## ② 输入电阻 $R_i$

越大越好

输入端看进去的电阻 ( $V_{cc} \rightarrow 0$ )

## ③ 输出电阻 $R_o$

越小越好

输出端看进去的电阻 ( $V_{cc} \rightarrow 0$ ,  $V_s \rightarrow 0$ )

怎么算?

① 加压法

② 取2个  $R_L$  (实验)

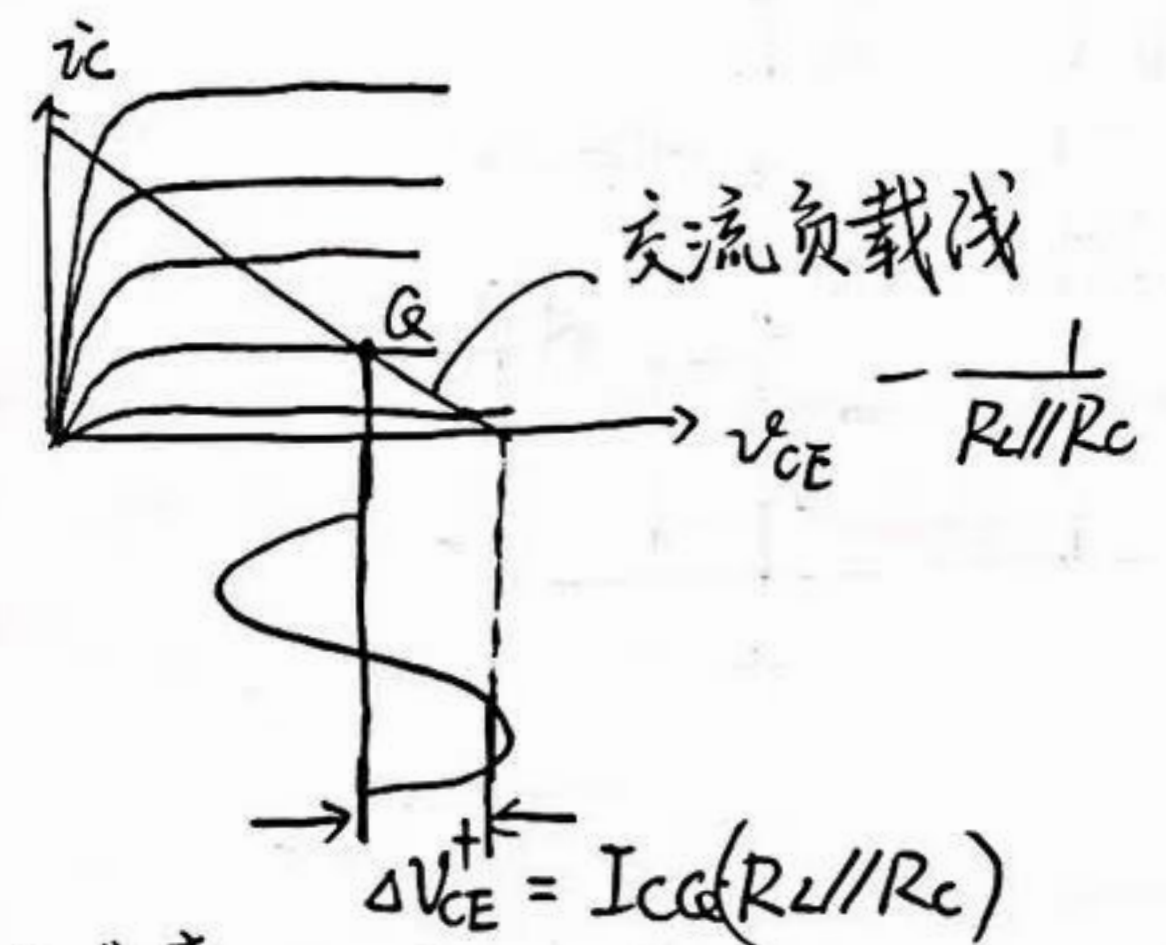
## ④ 通频带

耦合电容、结电容

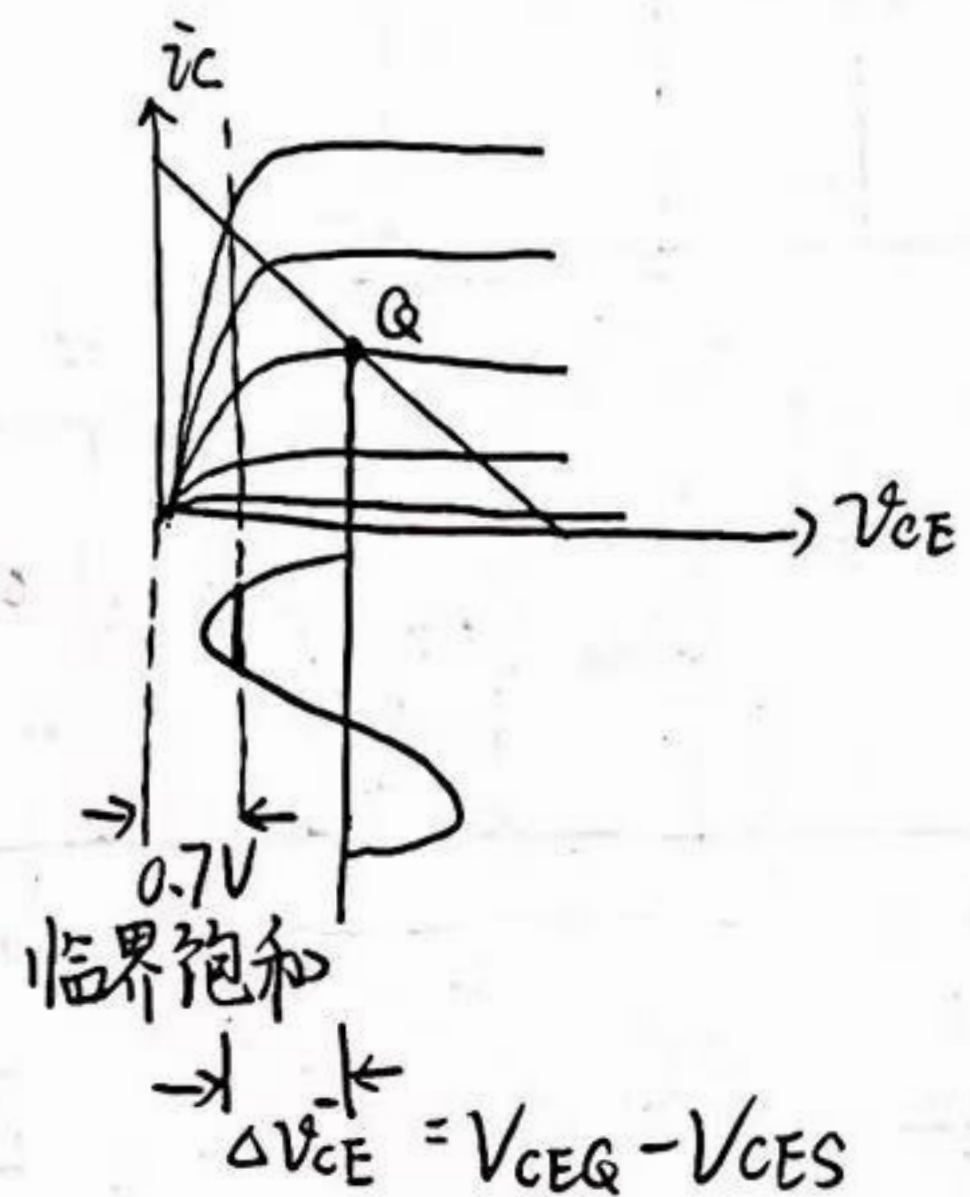
中频段好

## ⑤ 最大不失真输出幅度

1) 截止失真



2) 饱和失真



$$V_{om} = \min \{ \Delta V_{ce}^-, \Delta V_{ce}^+ \}$$





# 浙江大学

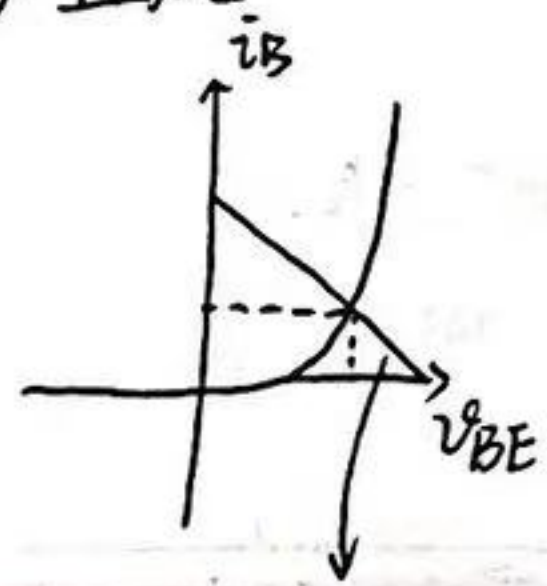
ZHEJIANG UNIVERSITY

# 放大电路的交直流分析  
 { 图解法  
 等效电路估算法

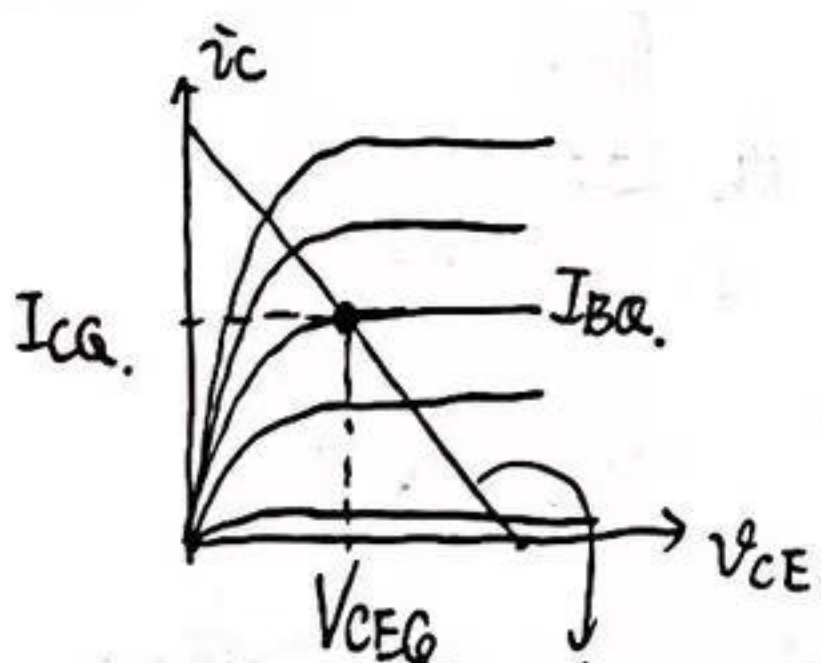
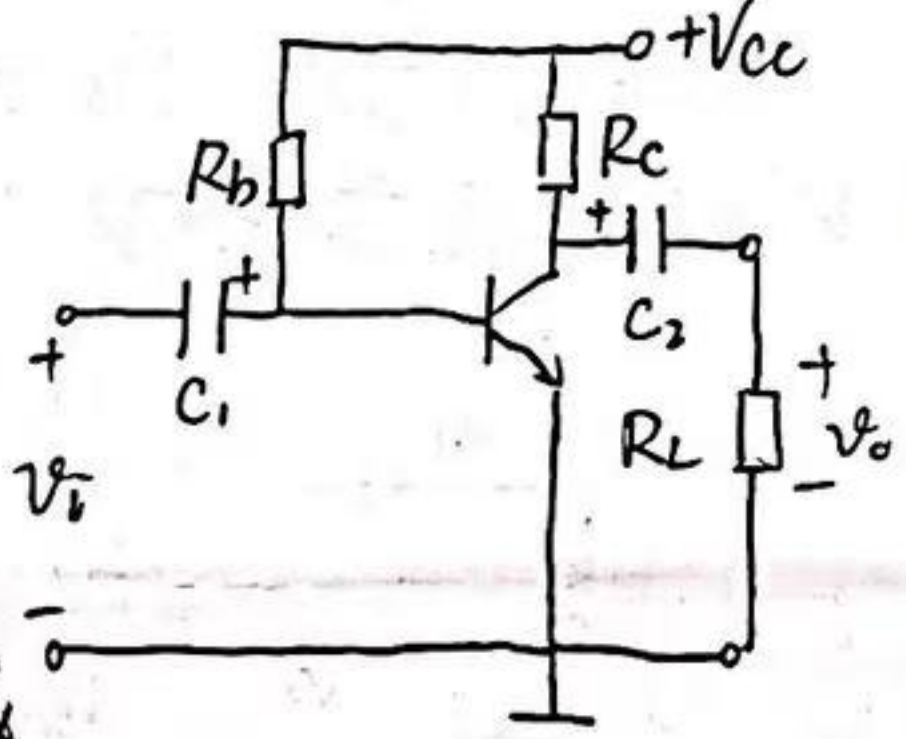
## ① 图解法

已知输入输出特性曲线

### 1) 直流

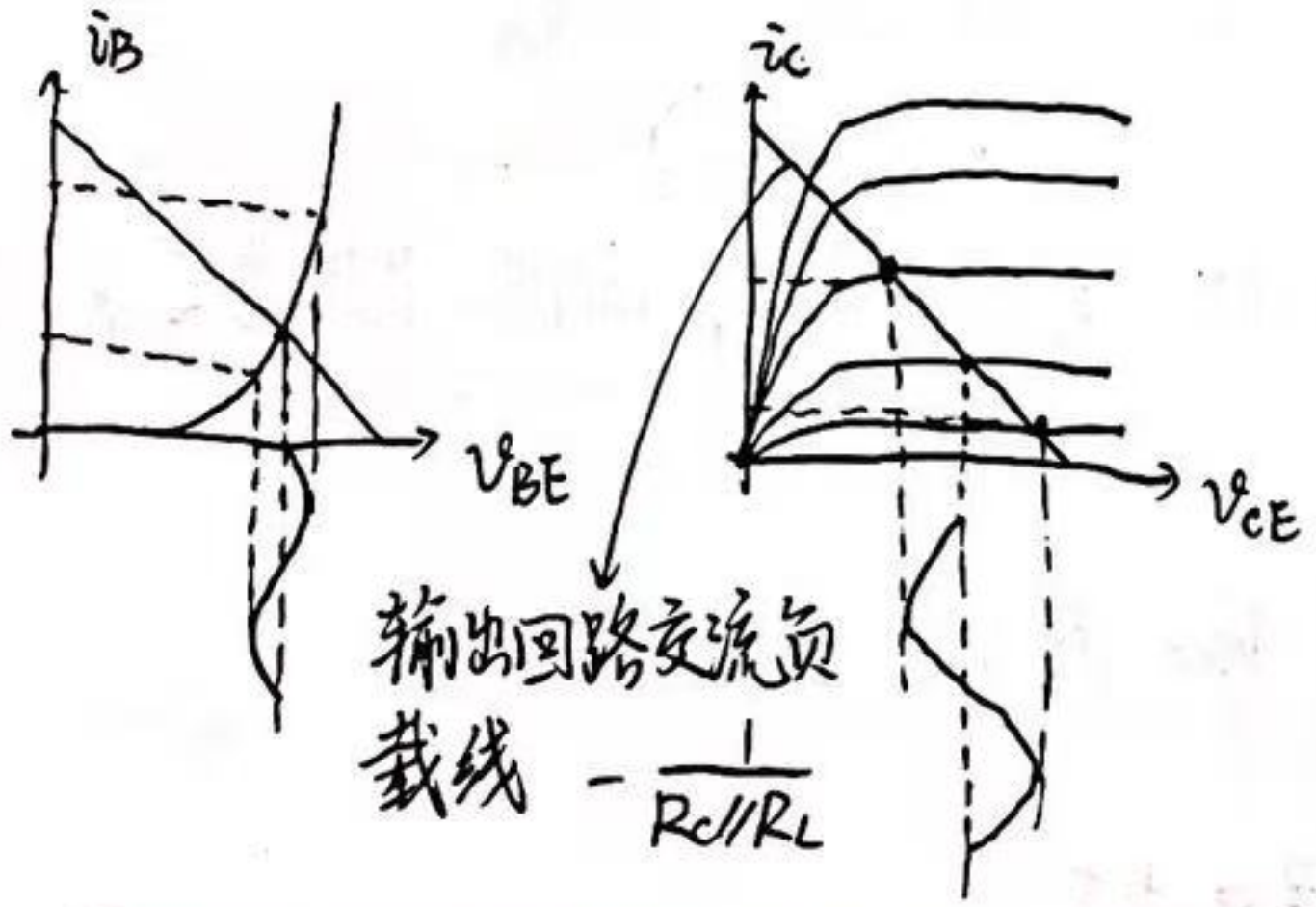


输入回路直流负载线



输出回路直流负载线  
 斜率  $-\frac{1}{R_c}$

### 2) 交流叠加在Q上



输出回路交流负载线  $-\frac{1}{R_c || R_L}$

## ② 等效电路估算法 (小信号!)

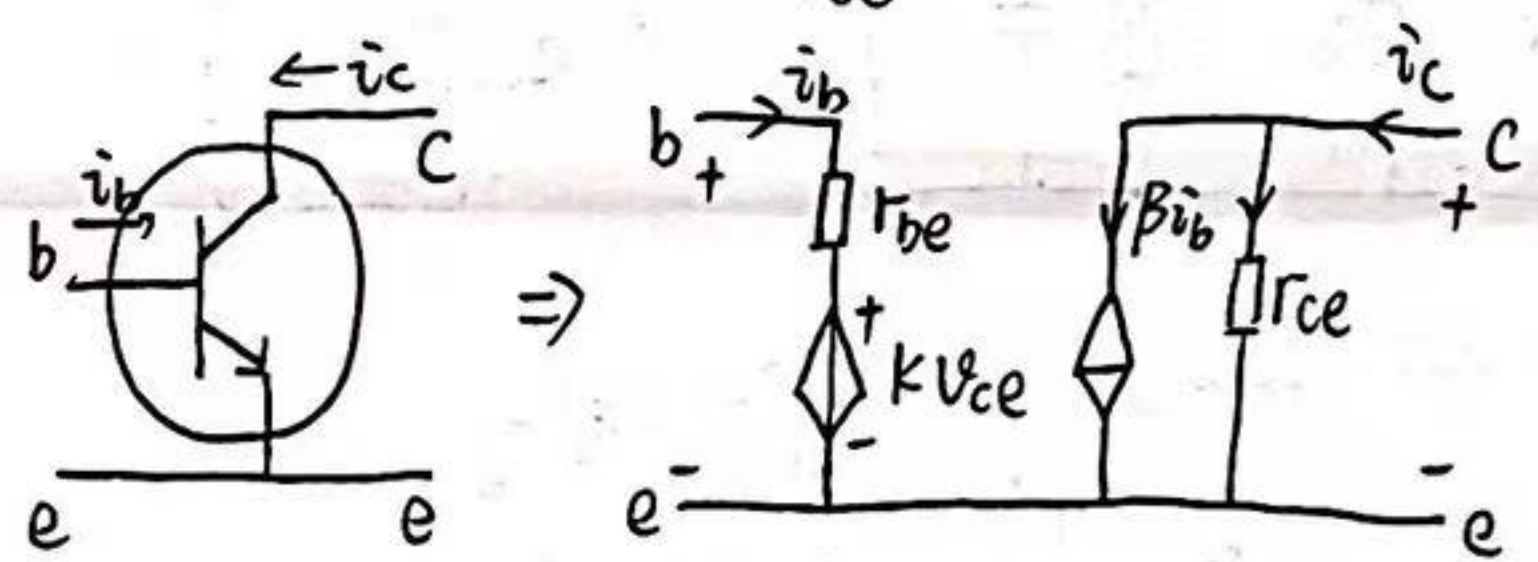
### a) BJT

$$\begin{cases} V_{BE} = f(i_B, V_{CE}) \\ i_C = f(i_B, V_{CE}) \end{cases} \xrightarrow[\text{小信号-线性化}]{\text{求微}}$$

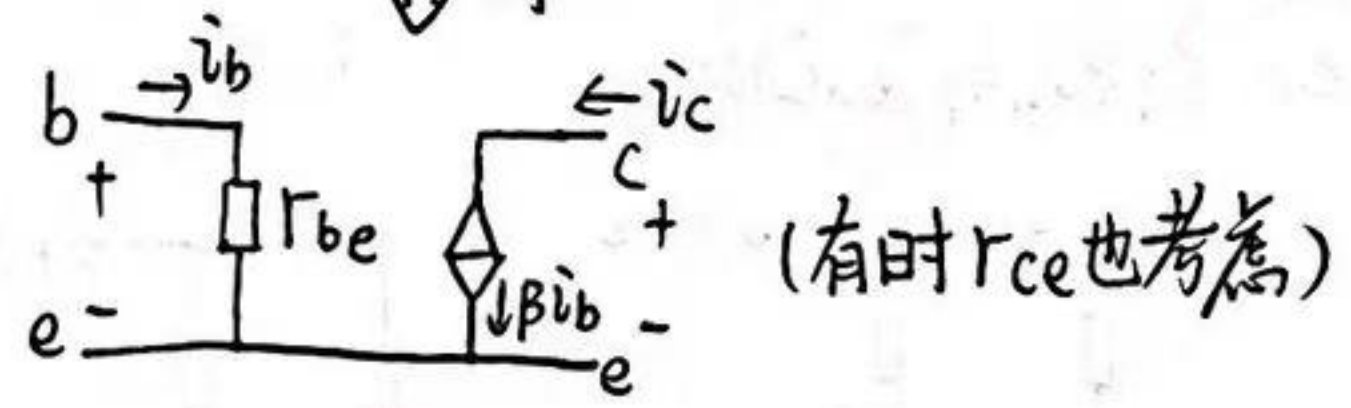
$$\begin{cases} v_{be} = h_{11} i_b + h_{12} v_{ce} = r_{be} i_b + k v_{ce} \\ i_c = h_{21} i_b + h_{22} v_{ce} = \beta i_b + \frac{1}{r_{ce}} v_{ce} \end{cases}$$

$r_{be}$ : 输入电阻  $k$ : 内电压反馈系数(小)

$\beta$ : 放大倍数  $\frac{1}{r_{ce}}$ : 输出电导(小)



简化



附:  $r_{be}$  测定:

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{V_T}{I_{EQ}} \rightarrow 26 \text{ mV}$$

基区体电阻  $100 \sim 300 \Omega$

由内部结构导出的公式(略)

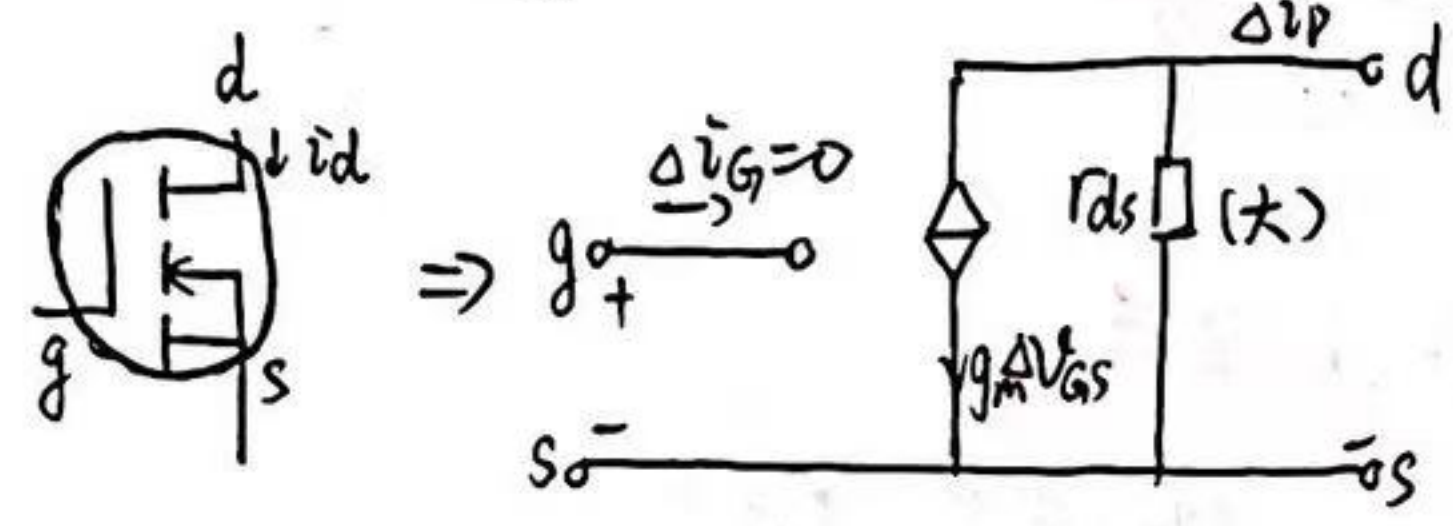
上述说明均针对交流!



b) FET

$i_D = f(V_{GS}, V_{DS})$  求微  
小信号-线性化

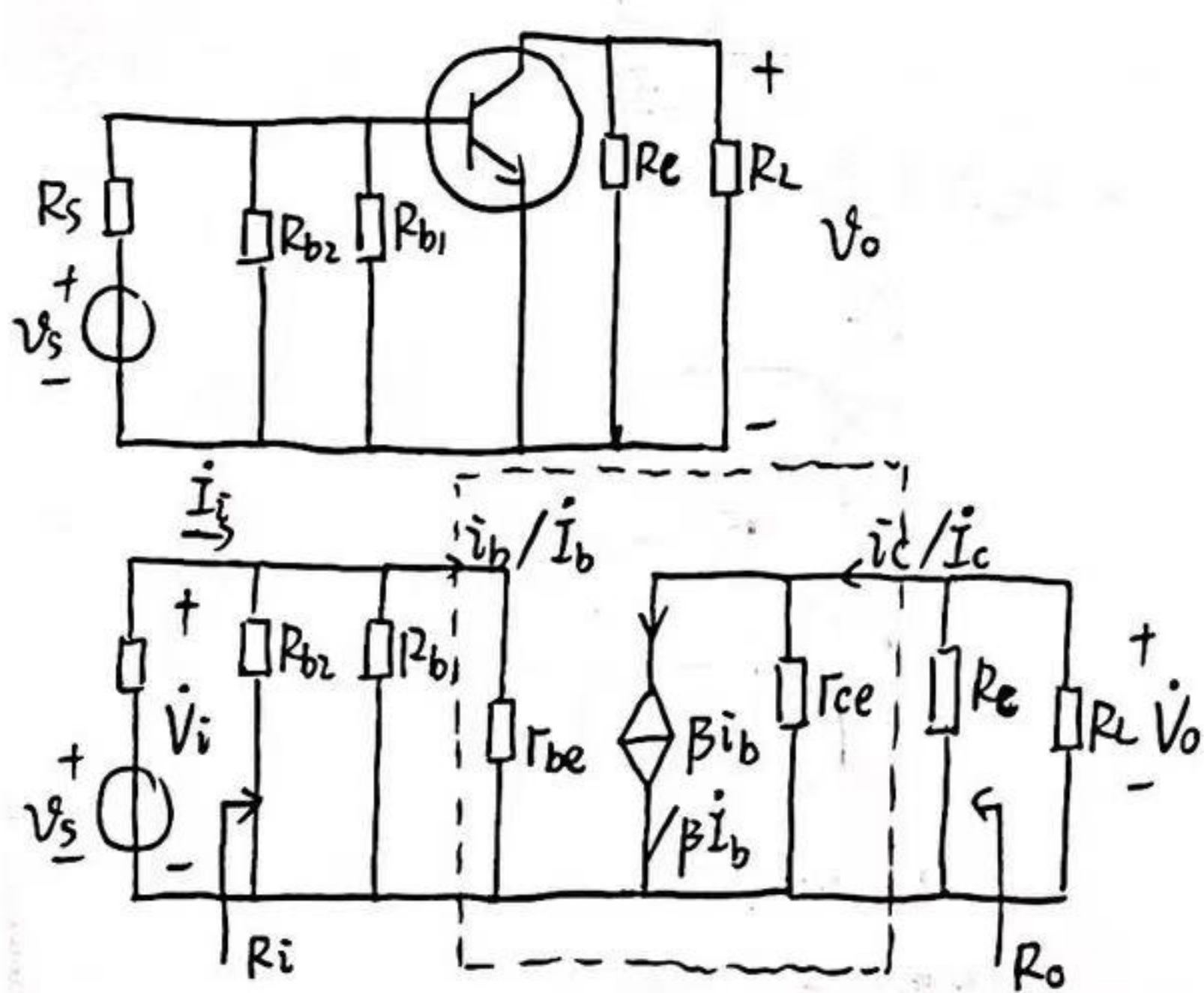
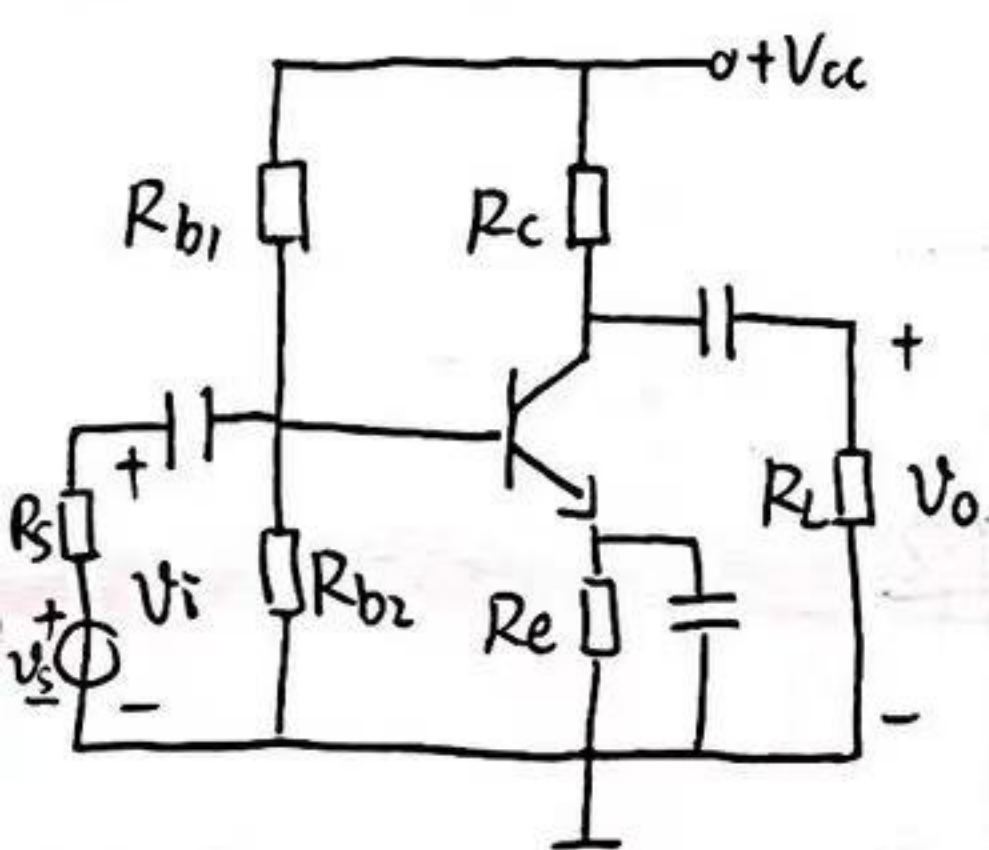
$i_D = g_m V_{GS} + \frac{1}{r_{ds}} V_{DS}$



# 三组态放大电路动态分析(BJT)

TODO: 静态求参数, 微变求性能

① 共射 CE



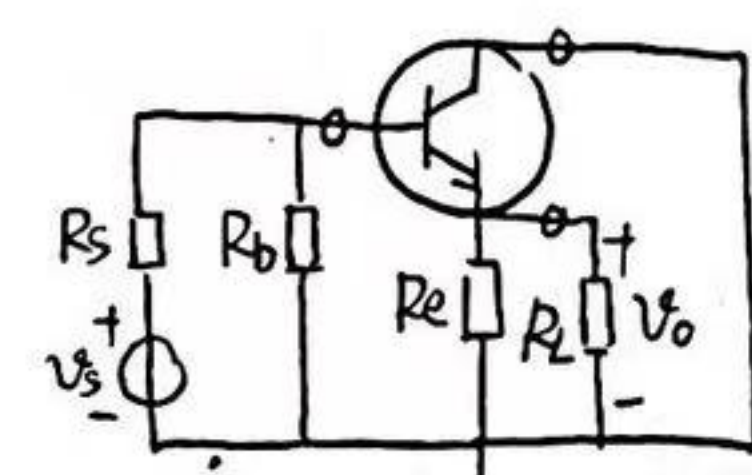
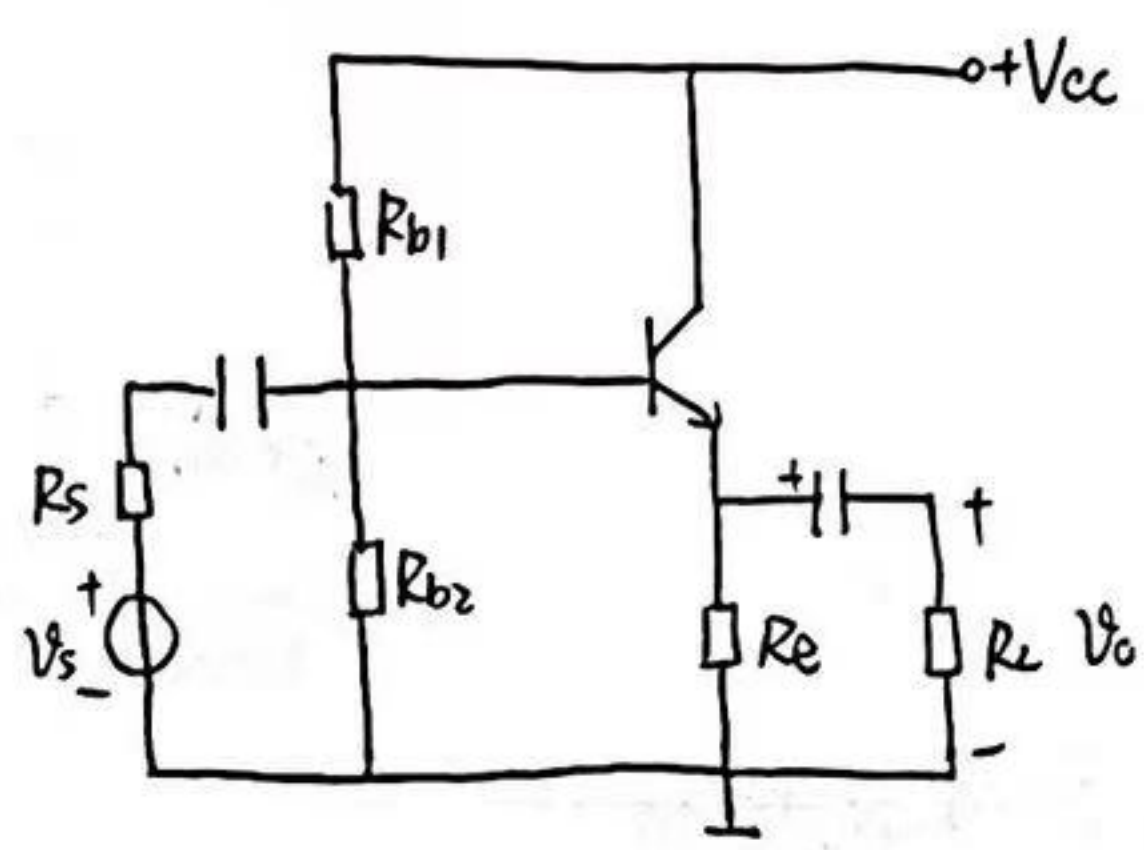
a)  $\dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = \frac{-\beta \dot{I}_b \frac{r_{ce}}{r_{ce} + R_L} R_L}{\dot{I}_b r_{be}} \approx \frac{\beta R_L}{r_{be}}$

b)  $R_i = R_{b1} // R_{b2} // r_{be} = R_b // r_{be}$

c)  $R_o = r_{ce} // R_c \approx R_c$  ( $I_b \rightarrow 0$ )

② 共集 CC

④

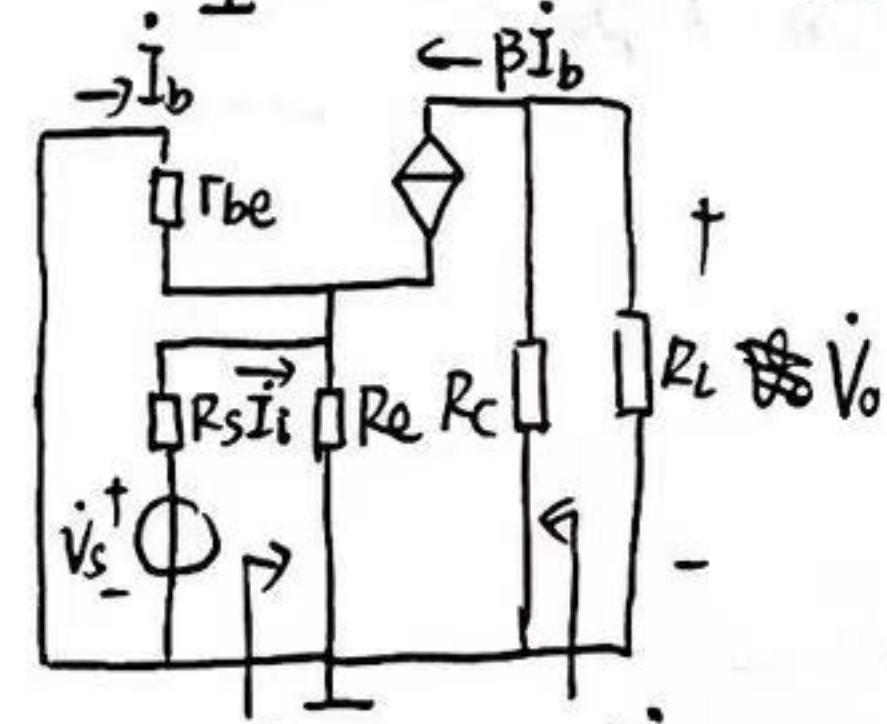
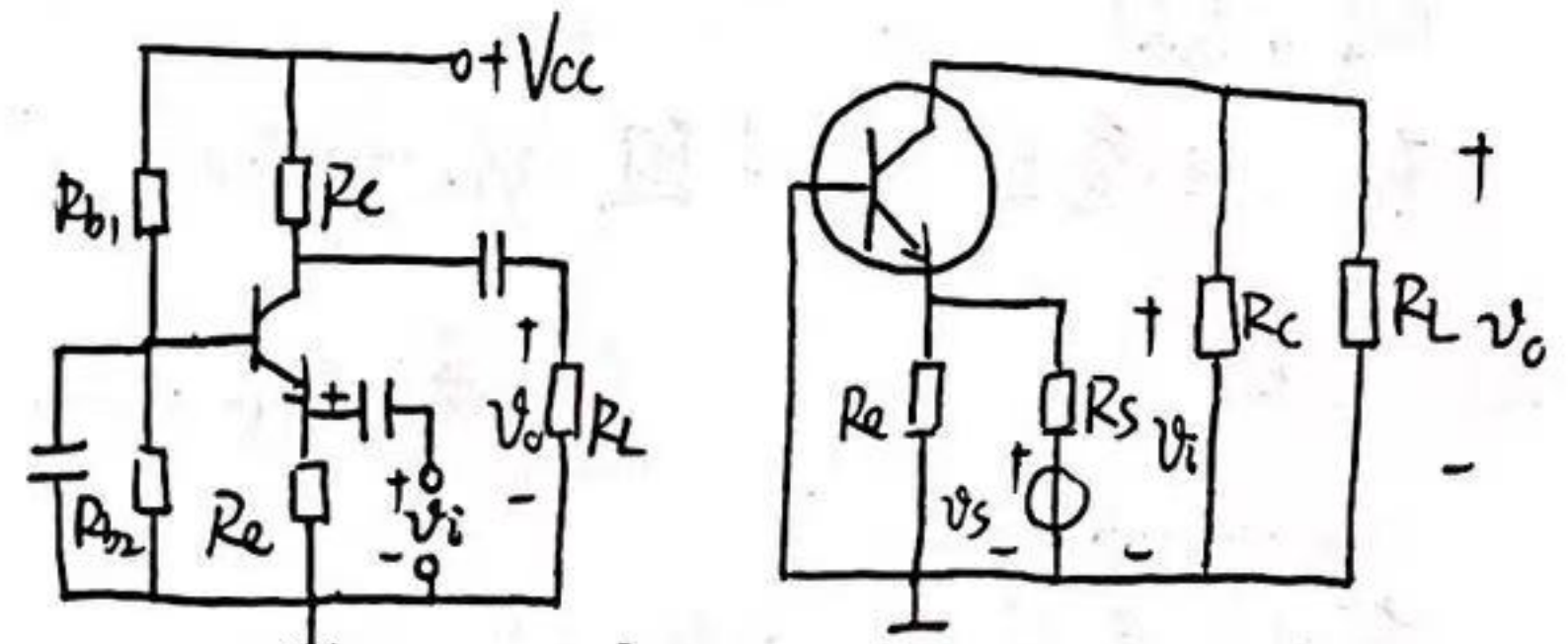


a)  $\dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = \frac{\dot{V}_{eL}}{\dot{I}_b r_{be} + \dot{V}_{eL}} = \frac{(1+\beta) R_L}{r_{be} + (1+\beta) R_L} \approx 1$  (射极跟随器)

b)  $R_i = R_b // (r_{be} + (1+\beta) R_L)$

c)  $R_o = R_e // \frac{R_s // R_b + r_{be}}{1+\beta}$

③ 共基 CB



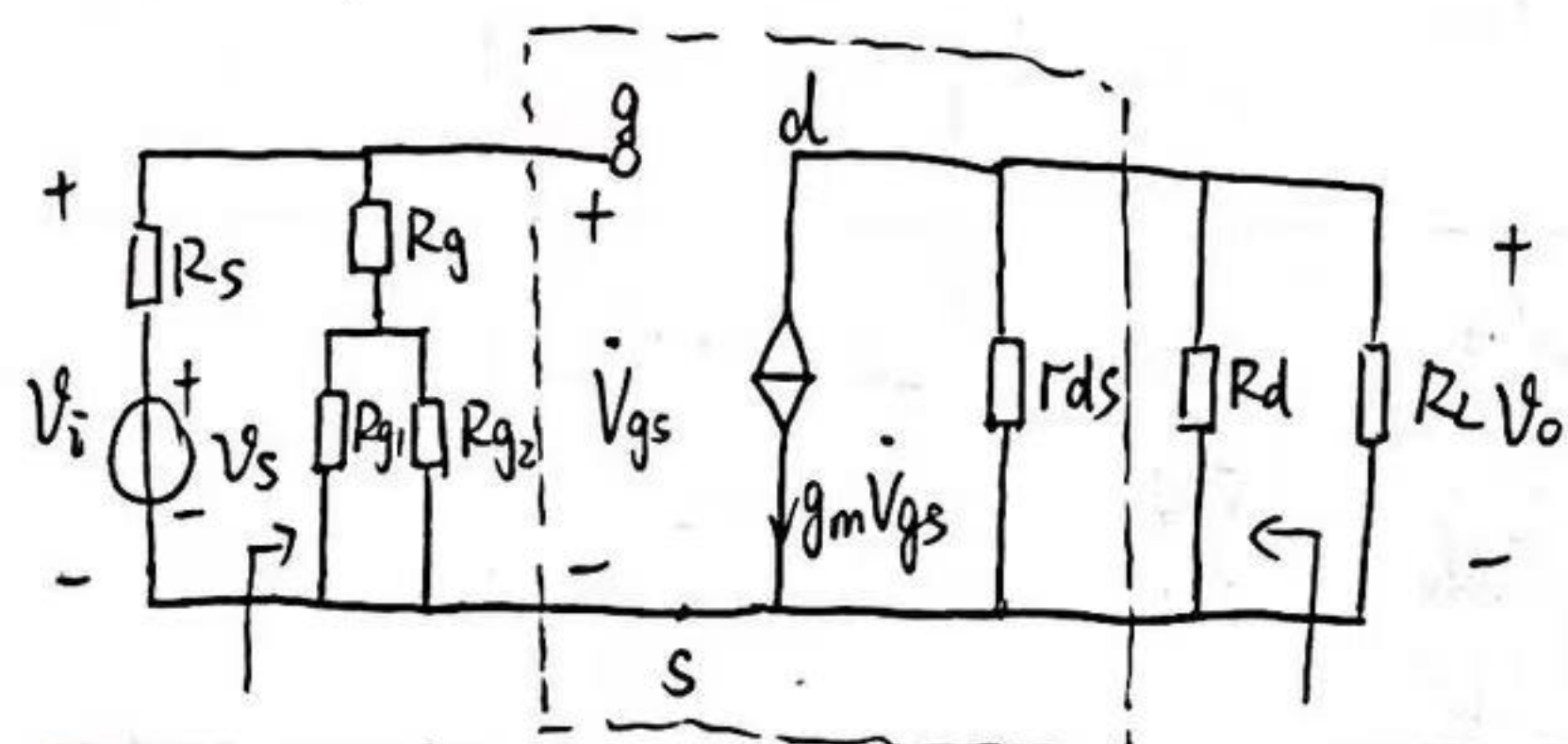
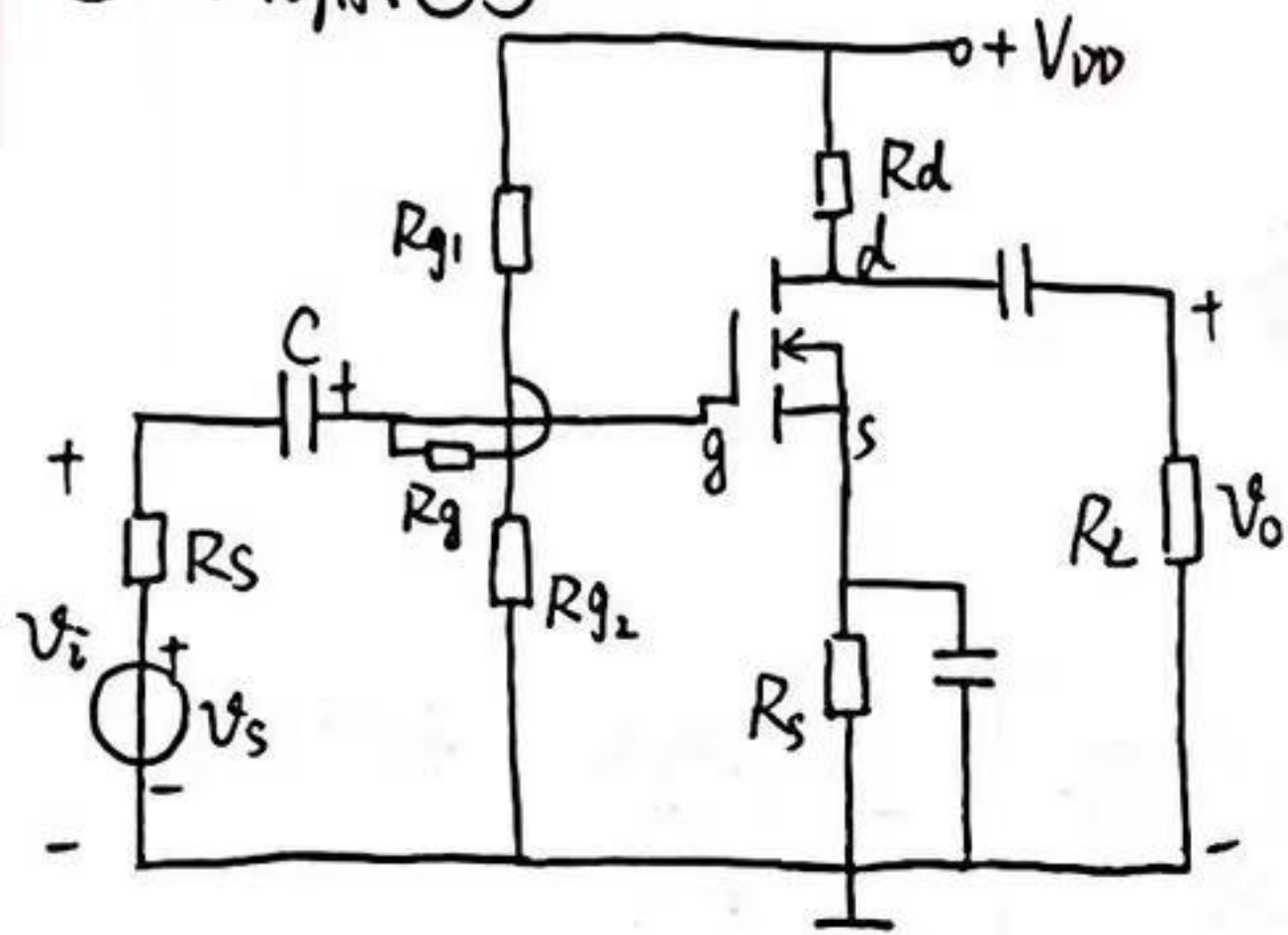
a)  $\dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = \frac{-\beta R_L \dot{I}_b}{-r_{be} \dot{I}_b} = \frac{\beta R_L}{r_{be}}$

b)  $R_i = R_e // \frac{r_{be}}{1+\beta}$  c)  $R_o \approx R_c$



# # 三组态放大电路的动态分析 (FET)

## ① 共源CS

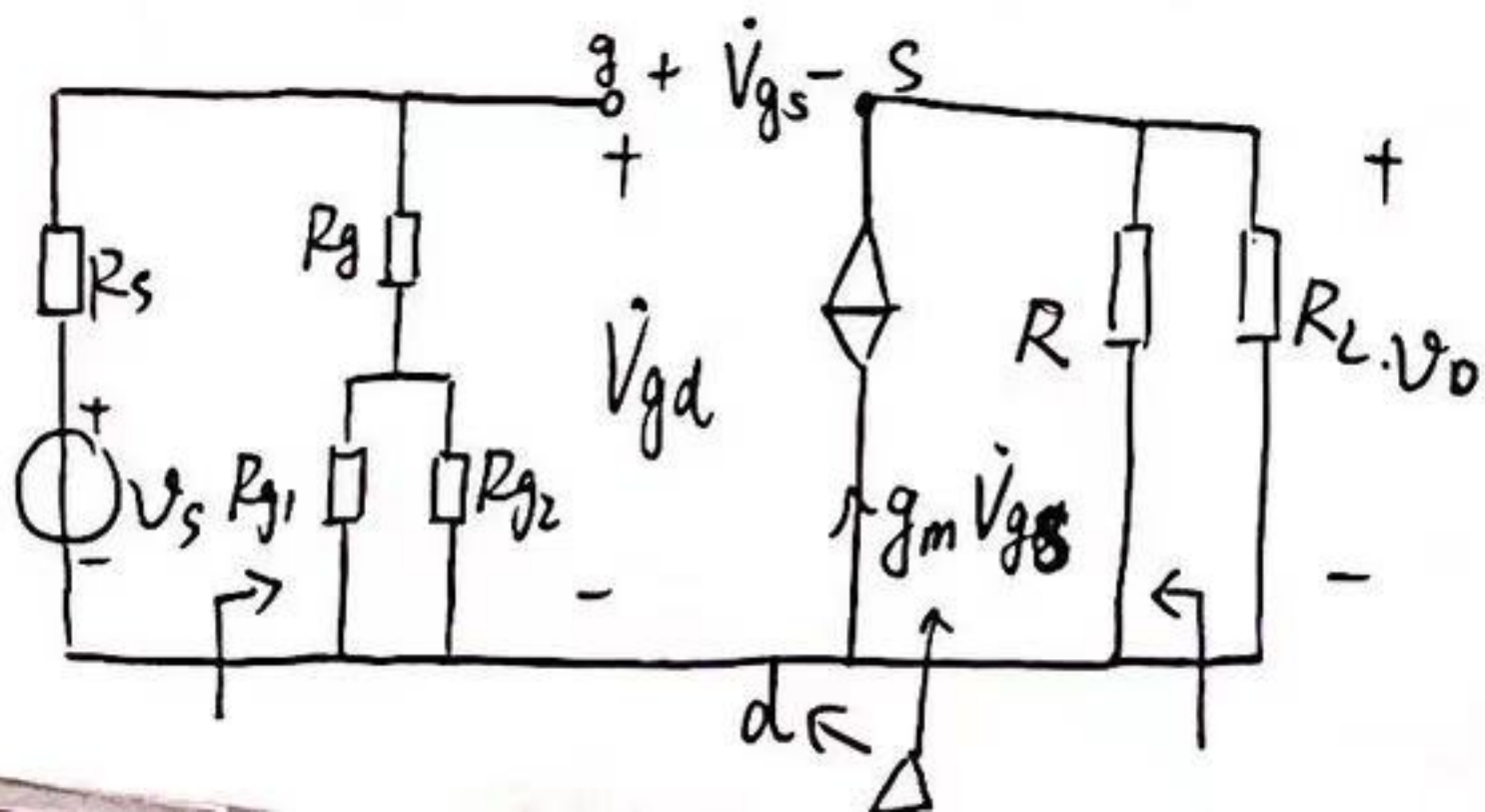
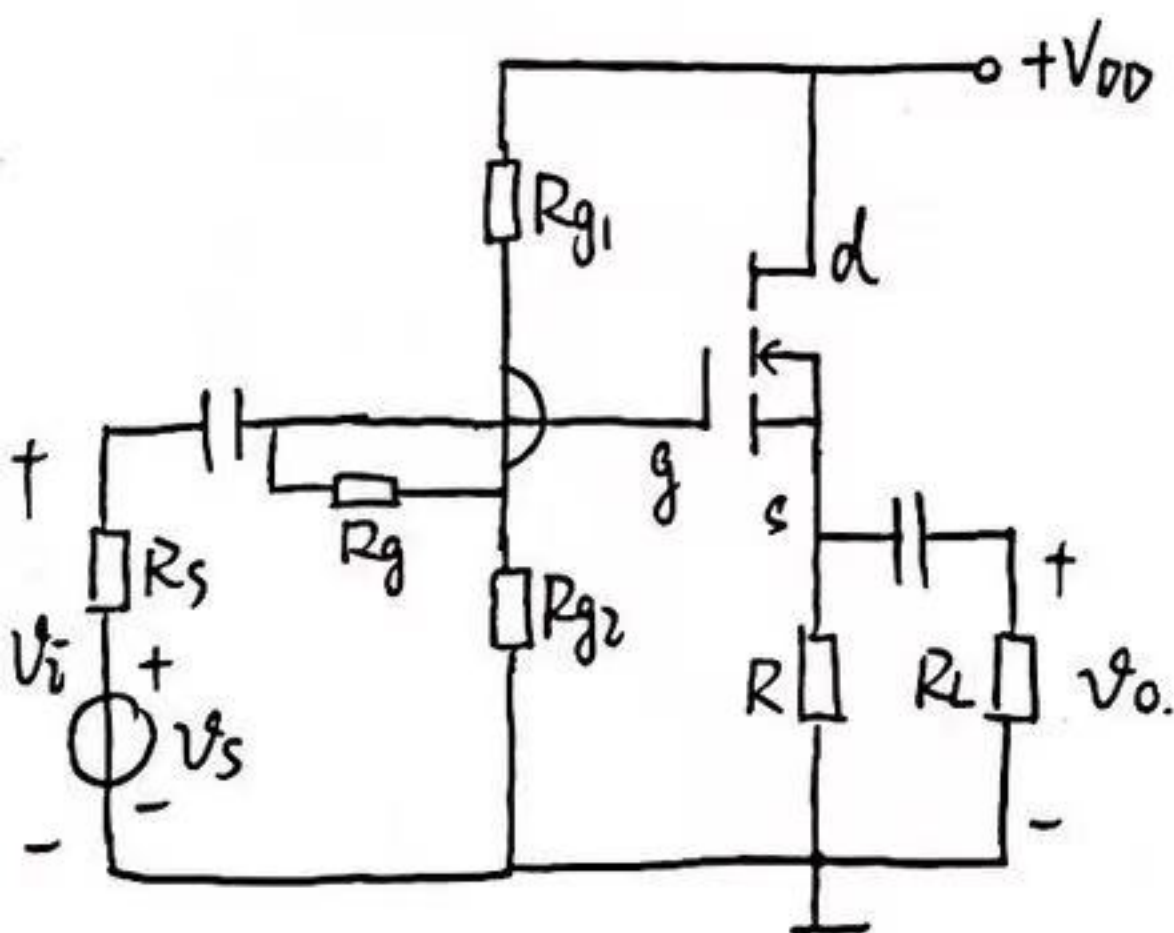


$$a) \dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = \frac{-g_m \dot{V}_{gs} (r_{ds} // R_d // R_L)}{\dot{V}_{gs}} \approx -g_m R_L // R_d$$

$$b) R_i = R_g + R_{g1} // R_{g2}$$

$$c) R_o = R_d // r_{ds} \approx R_d$$

## ② 共漏CD

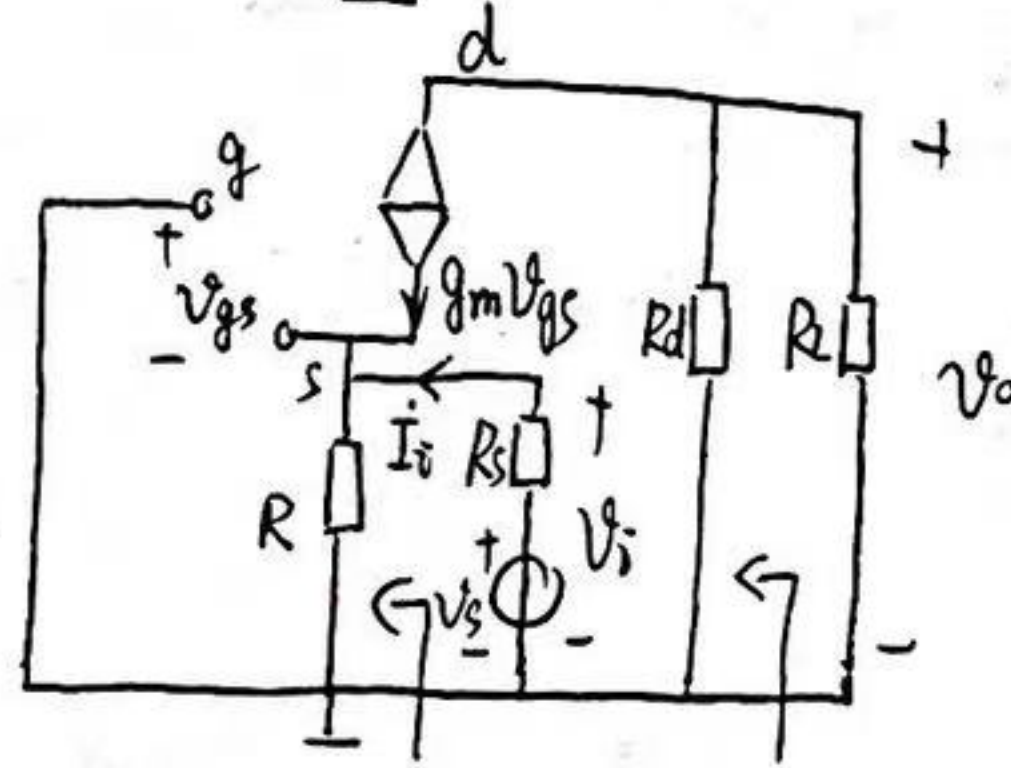
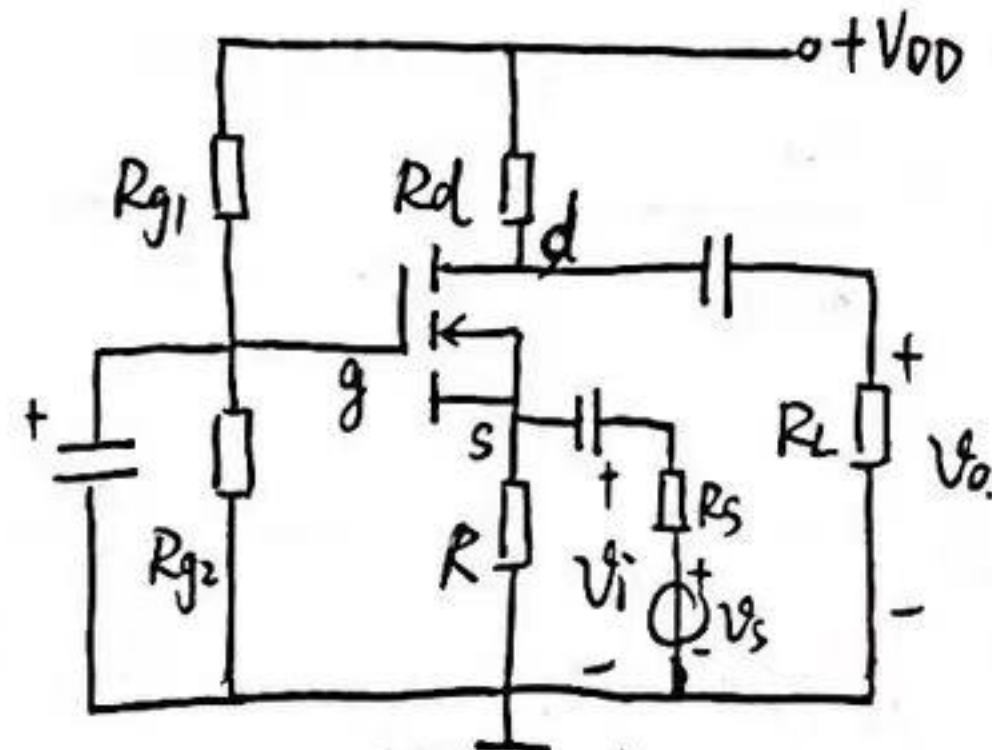


$$a) \dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = \frac{g_m \dot{V}_{gs} R_L'}{\dot{V}_{gs} + g_m \dot{V}_{gs} R_L'} = \frac{g_m R_L'}{1 + g_m R_L'} \approx 1 \quad \textcircled{5}$$

$$b) R_i = R_g + R_{g1} // R_{g2}$$

$$c) R_o = R_s // \frac{1}{g_m}$$

## ③ 共栅CG



$$a) \dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = -g_m R_L'$$

$$b) R_i = R_s // \frac{1}{g_m}$$

$$c) R_o = R_d$$





# 浙江大学

ZHEJIANG UNIVERSITY

To Sum Up

	$A_v$	$R_i$	$R_o$	
共射 CE	大 反相	较大	较大	中间级
共集 CC	$\leq 1$ 同相	Max	Min	最后一级
共基 CB	大 同相	Min	较大	高频

	共射 CE	共集 CC	共基 CB
$A_v$	$-\beta R_L' / r_{be}$	$\frac{(1+\beta) R_L'}{r_{be} + (1+\beta) R_L'}$	$\frac{\beta R_L'}{r_{be}}$
$R_i$	$R_b // r_{be}$	$R_b // [r_{be} + (1+\beta) R_L']$	$R_e // \frac{r_{be}}{1+\beta}$
$R_o$	$\approx R_c$	$R_e // \frac{r_{be} + R_b // R_s}{1+\beta}$	$\approx R_c$

	电压增益	输入电阻	输出电阻
共射 CE 共源 CS	反相 CE: $> 100$ CS: $\sim 10^4$	CE: 百 $\rightarrow$ 千 CS: 兆	CE: 百 $\rightarrow$ 千 CS: 百 $\rightarrow$ 千
共集 CC 共漏 CD	同相 $\approx 1$	CC: 十 $\rightarrow$ 百千 CD: 兆	CC: 小到十 CD: 百
共基 CB 共栅 CG	同相 CB: $> 100$ CG: $\sim 10^4$	CB: 小到十 CG: 百	CB: 百 $\rightarrow$ 千 CG: 百 $\rightarrow$ 千