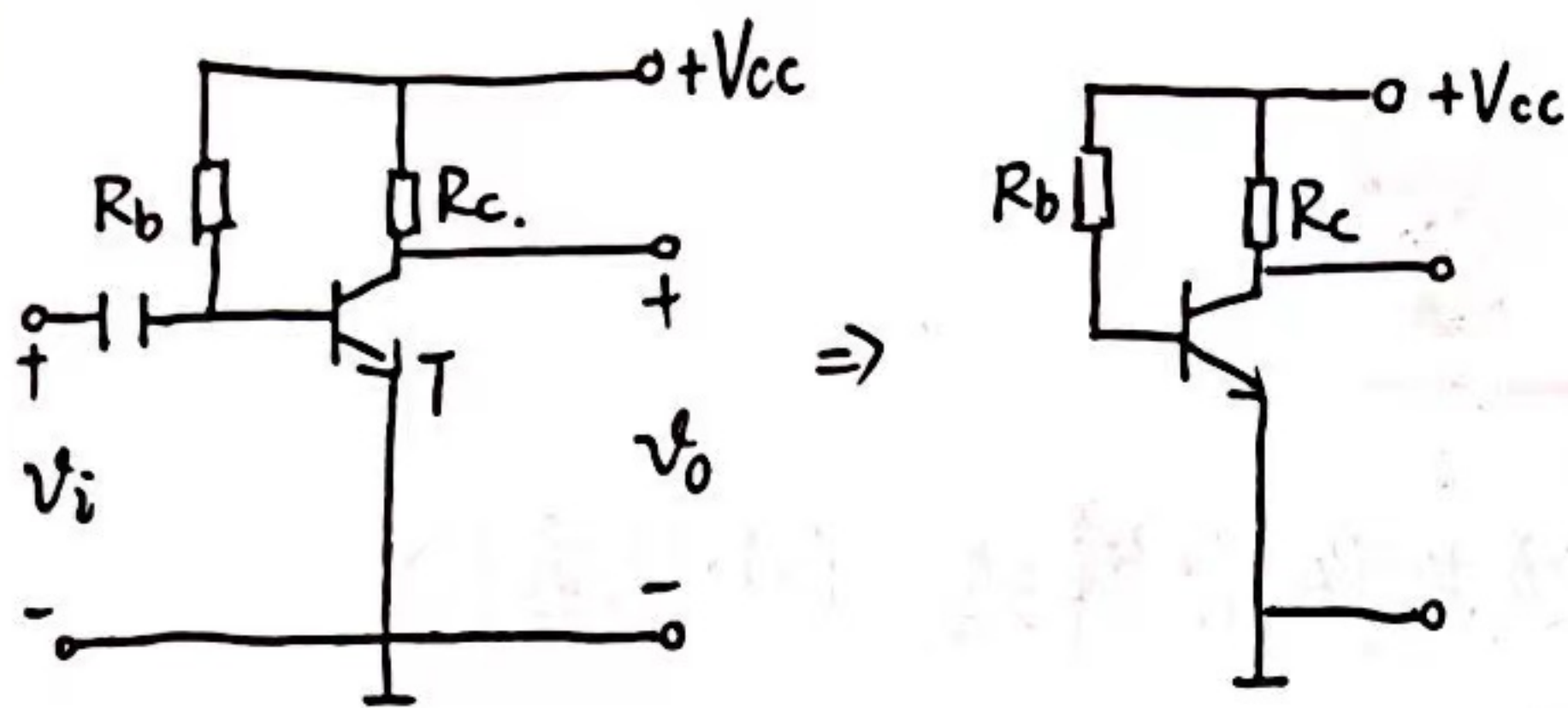


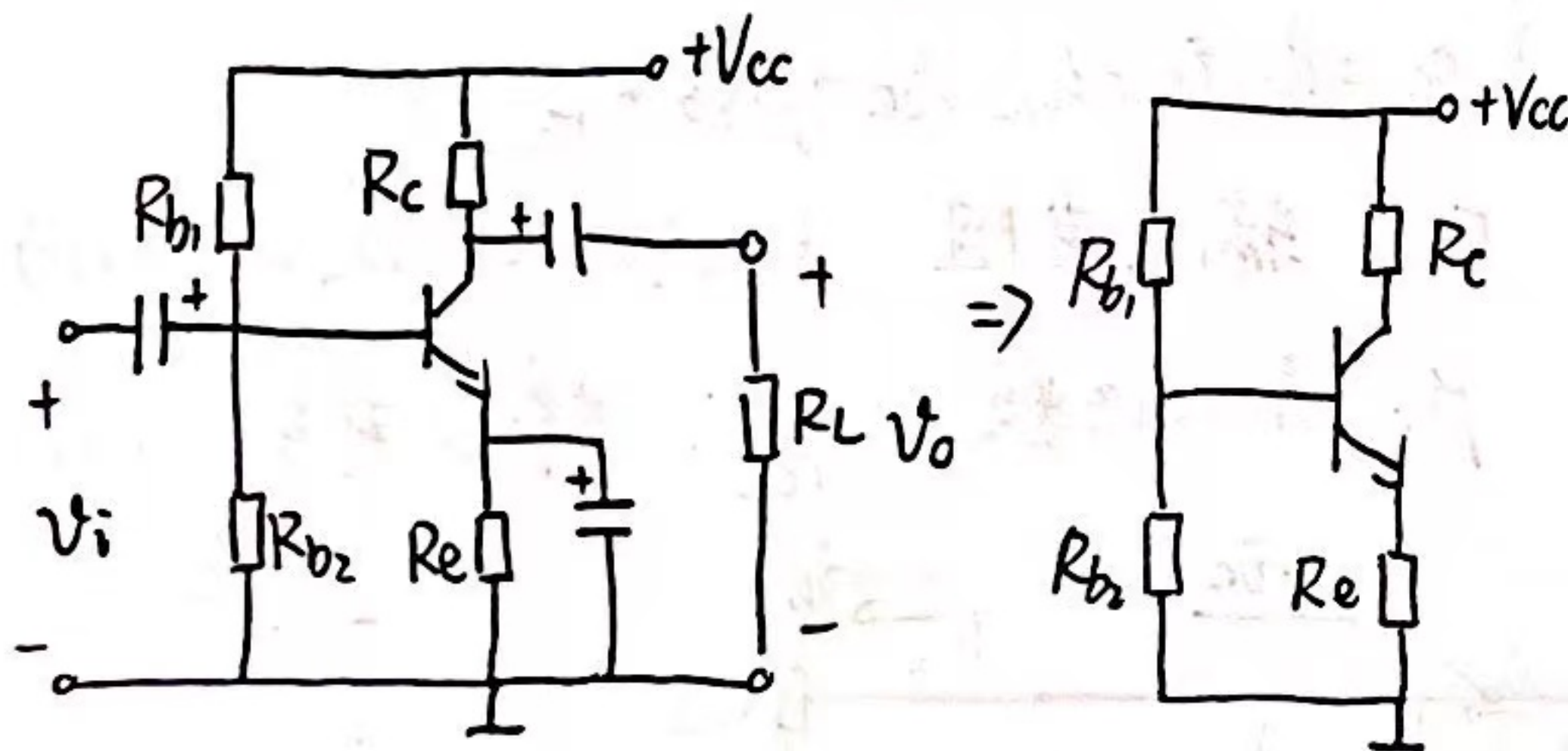
BJT 放大电路的直流偏置电路

a) 基极固定偏置电路 (基区无下拉R)



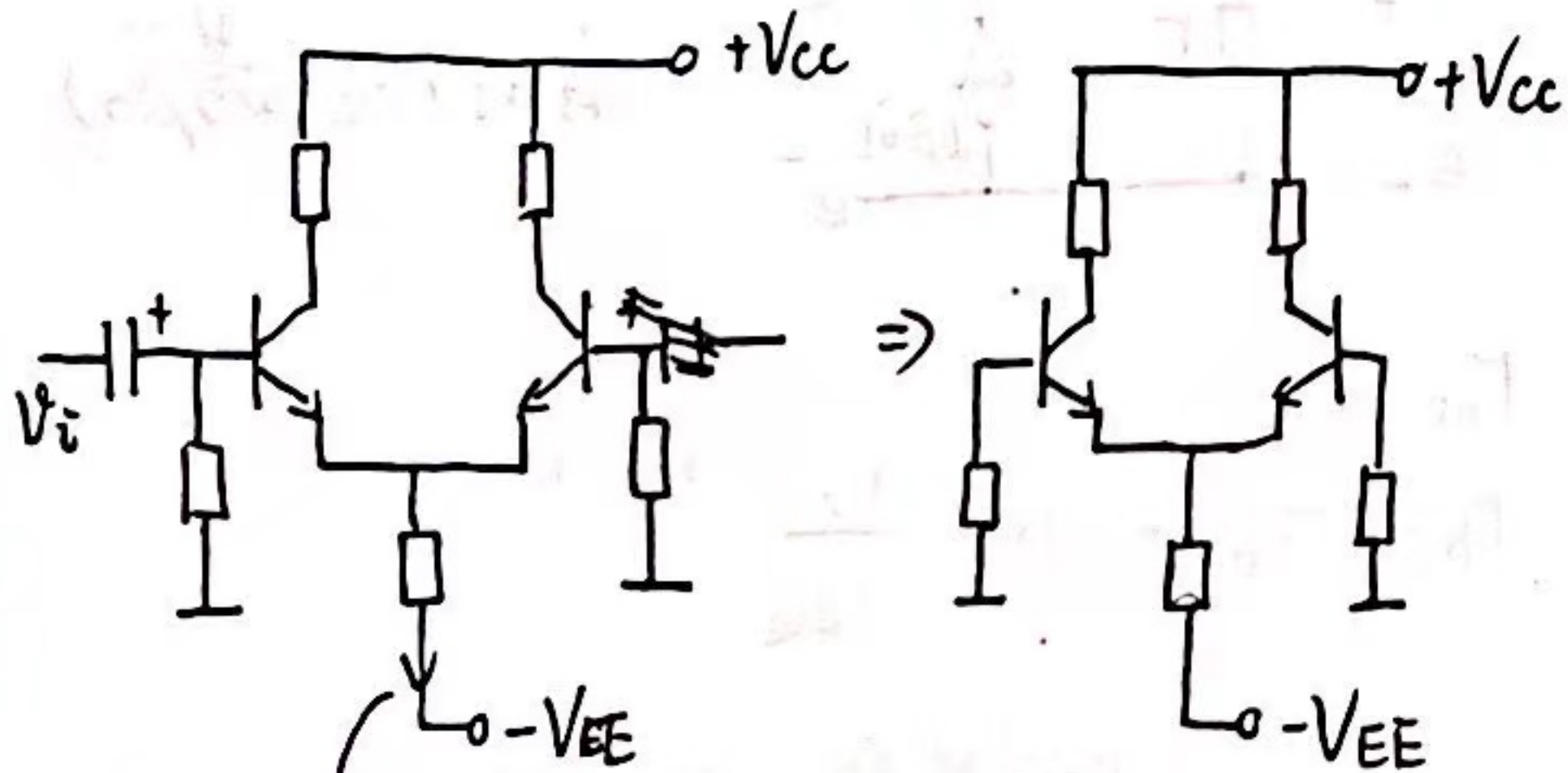
配置好 R_b 与 R_c (临界 $\beta \approx V_B = V_C$)
Q 可能随 T 变化

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



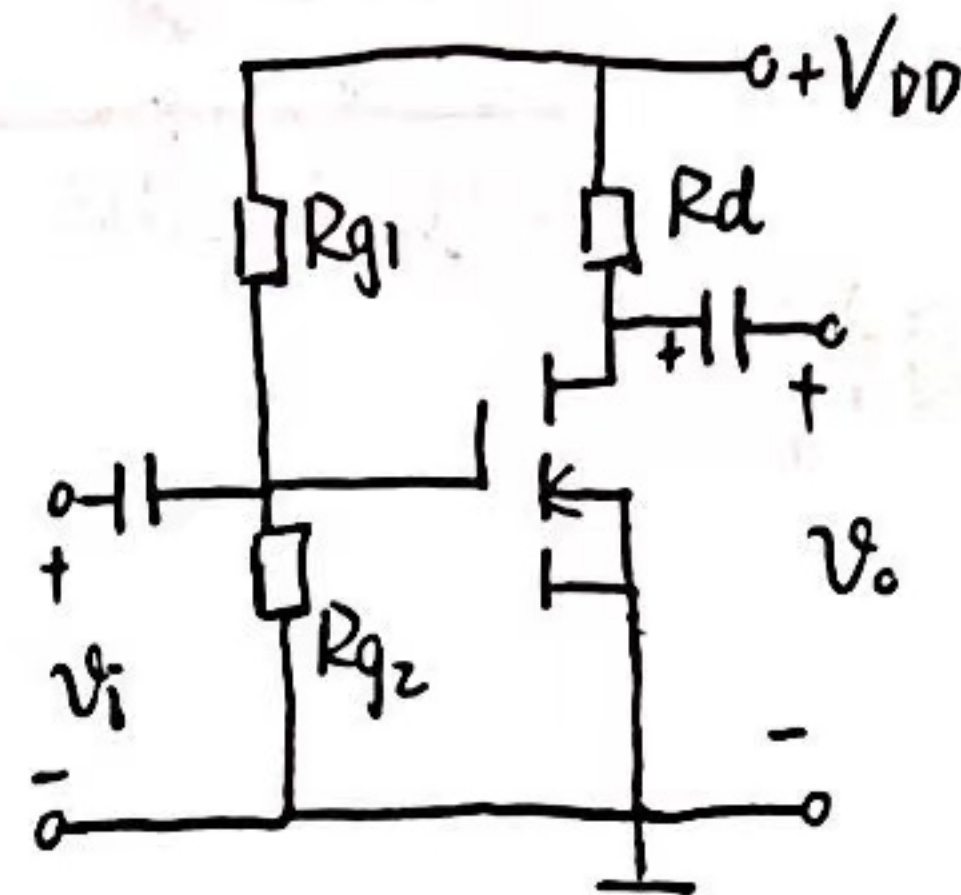
注意计算时这里是 $2(1+\beta)I_B$

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

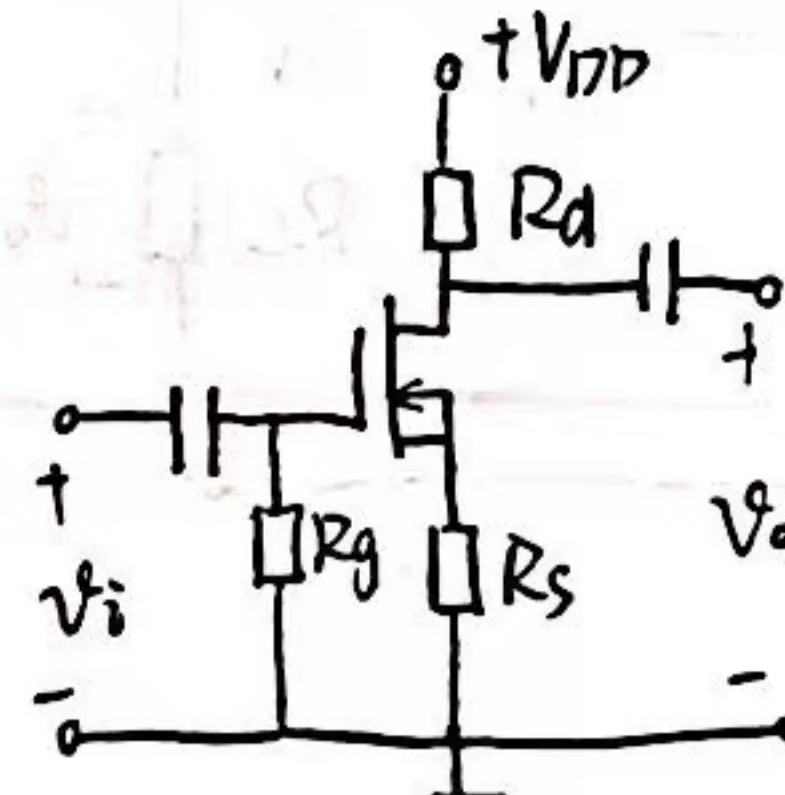
$$\begin{cases} V_{GS} > V_T \\ V_{DS} > V_{GS} - V_T \end{cases}$$

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

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

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

b) 自给偏压偏置电路 (栅无上拉)



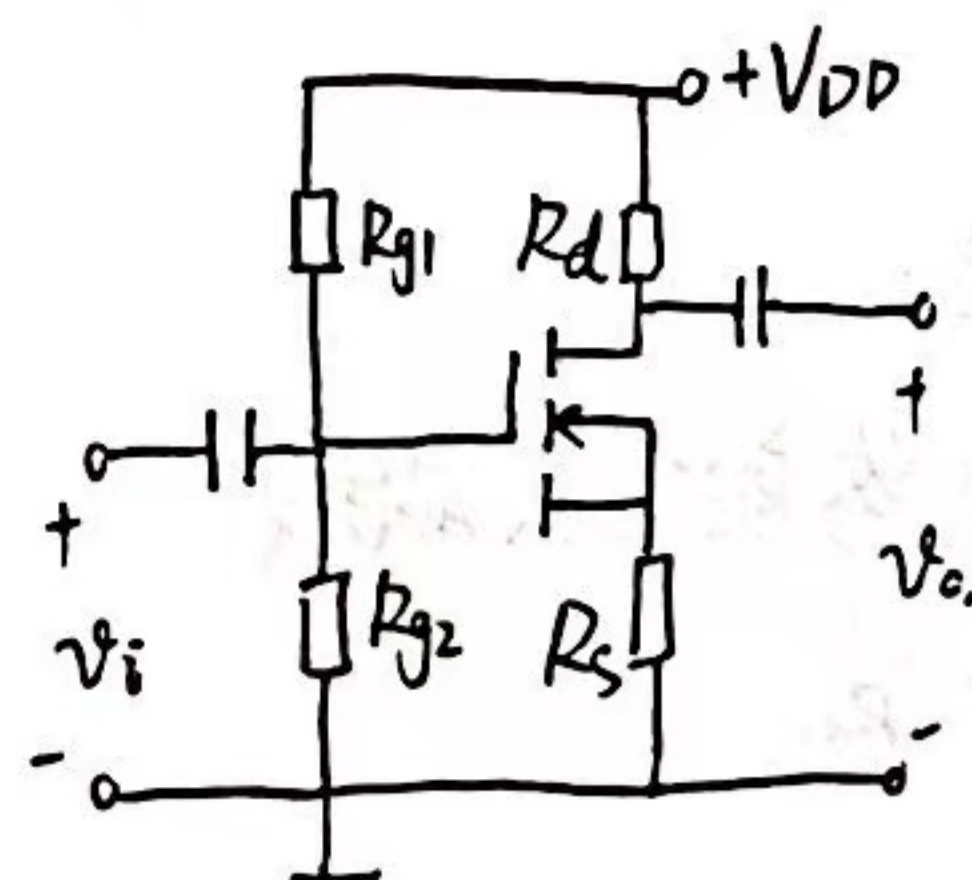
因有 R_s , 自建 V_{GS}

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

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

$$I_D \checkmark$$

$$V_{DS} \checkmark$$

Δ : b) c) 常用于 JFET (因为 2 个偏置要求不同)

V_{GS} 控制 i_D

注: v_G 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)

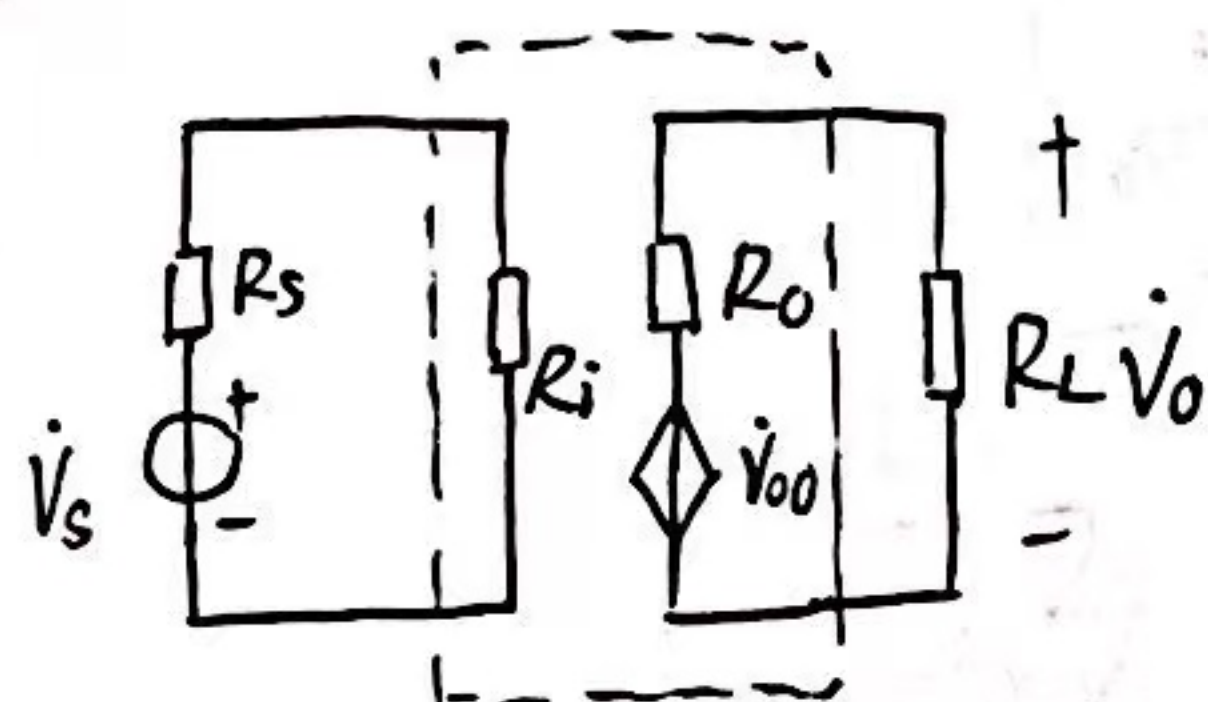


浙江大学

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)

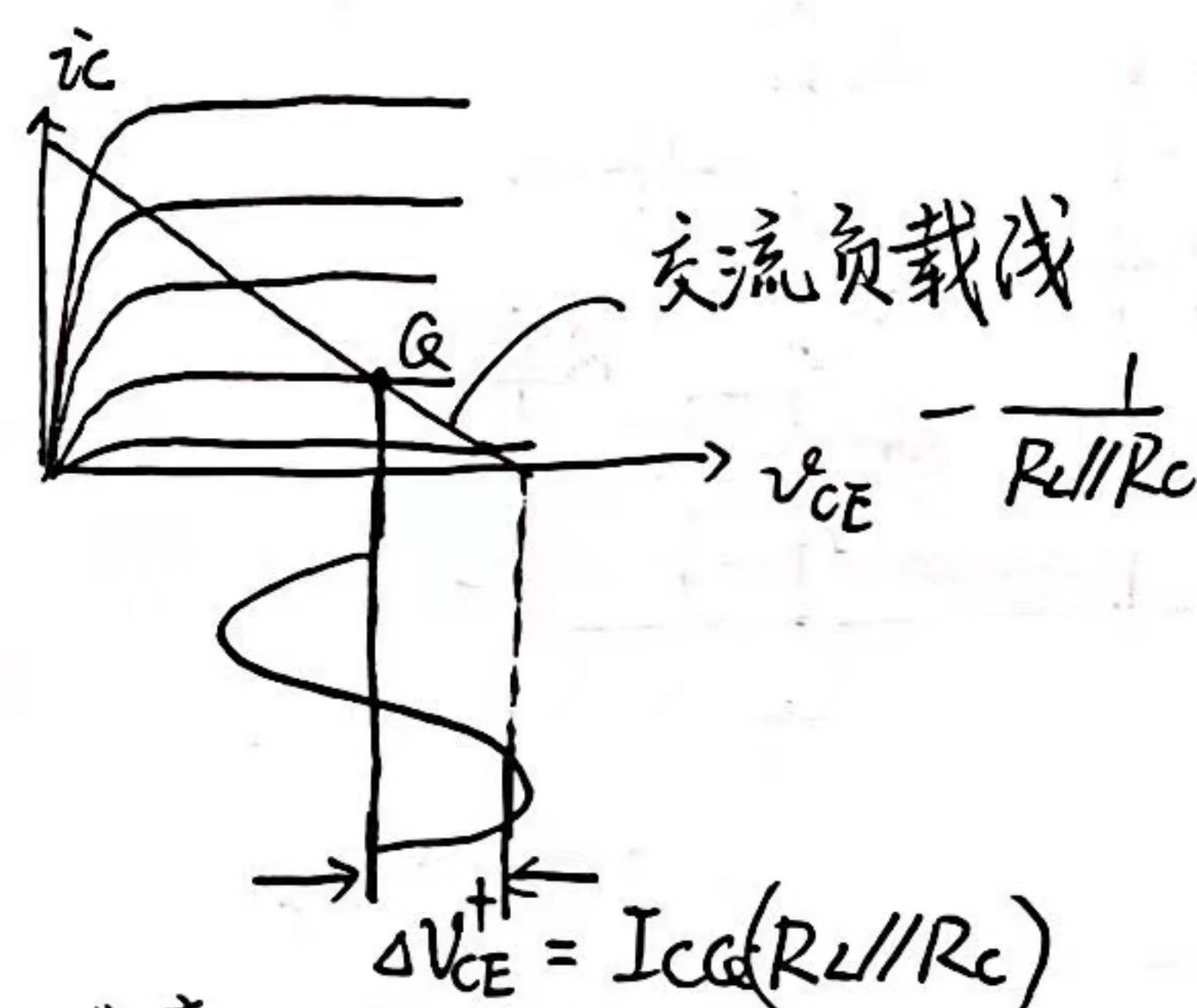
④ 通频带

耦合电容、结电容

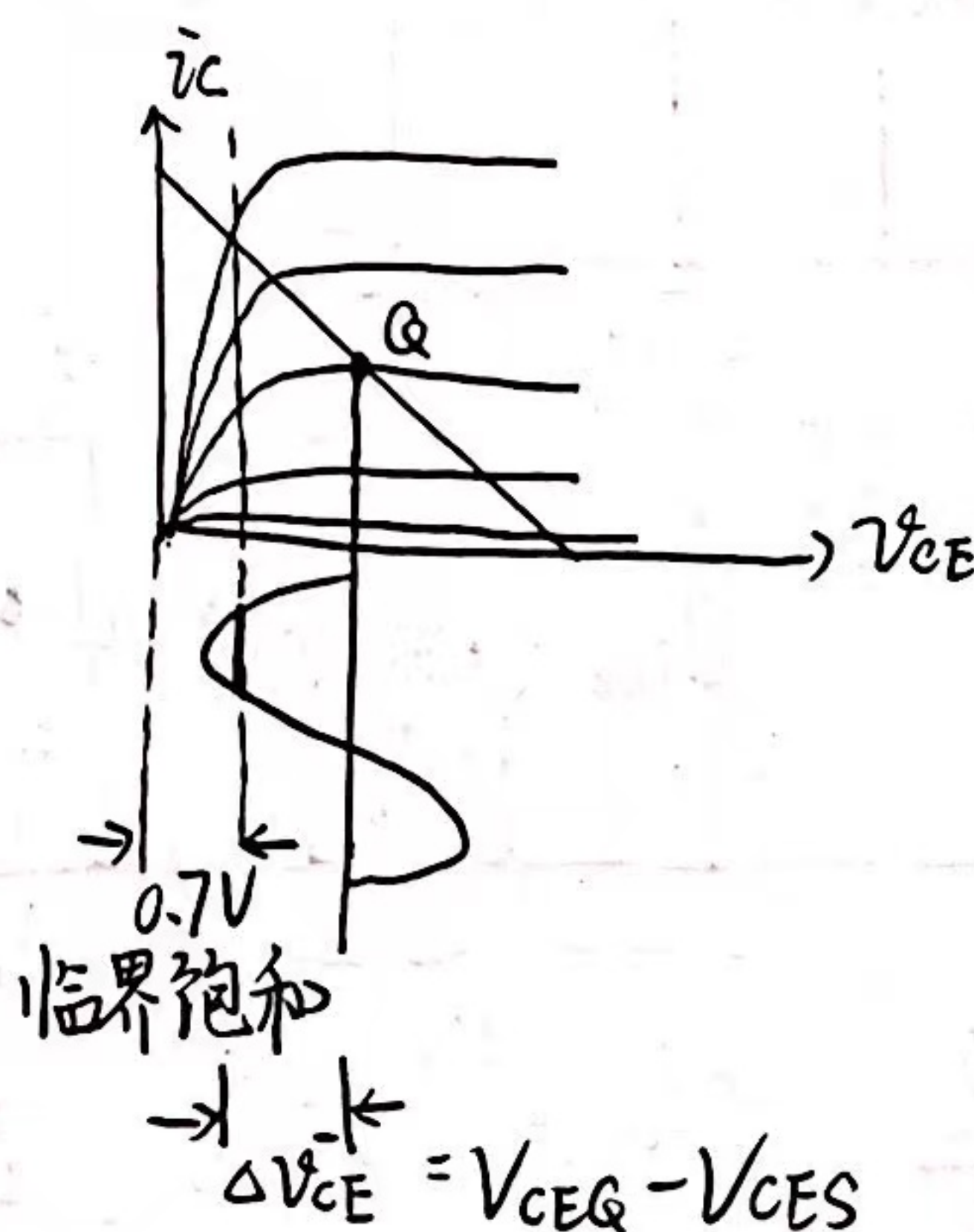
中频段好

⑤ 最大不失真输出幅度

1) 截止失真



2) 饱和失真



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

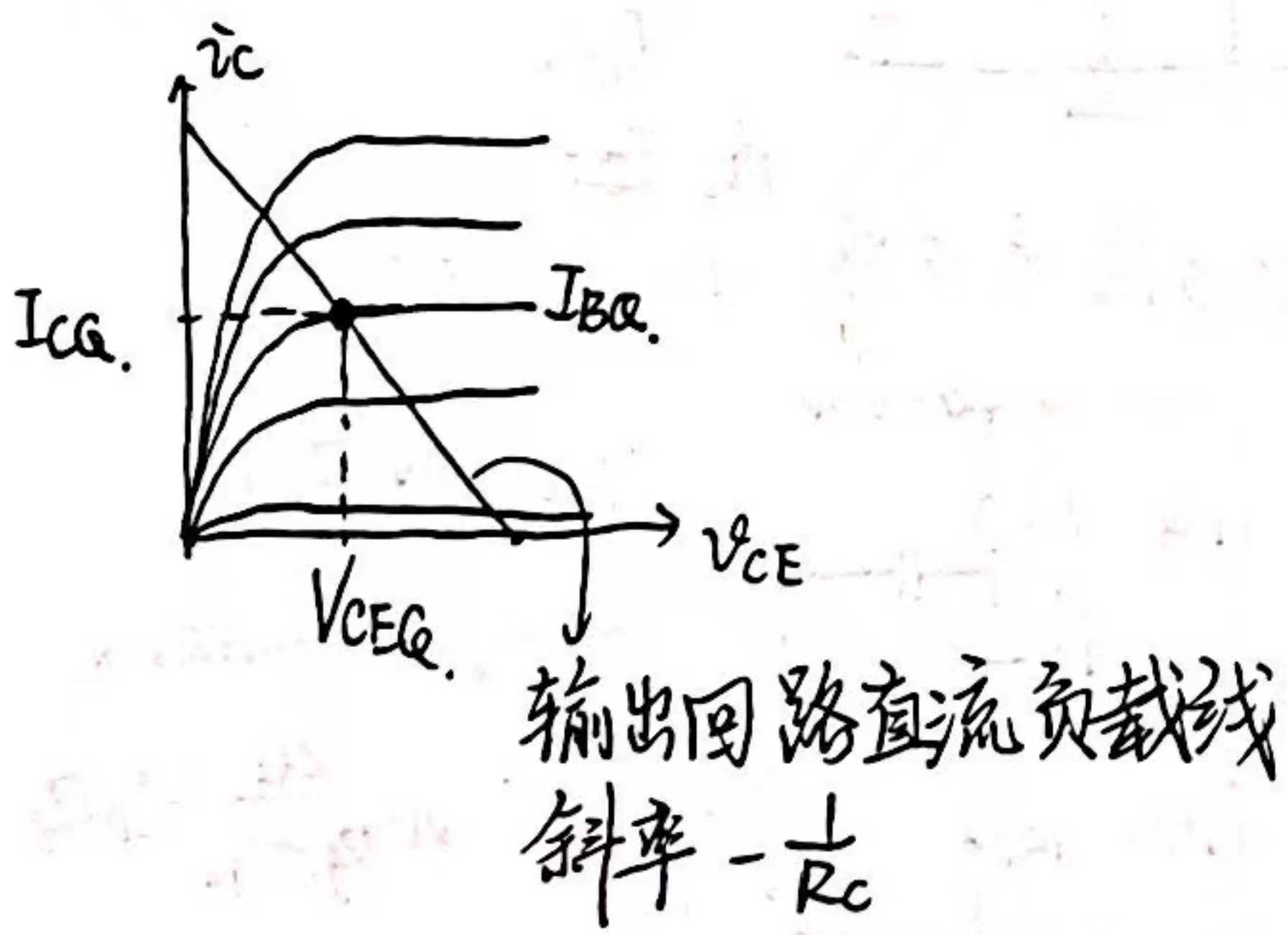
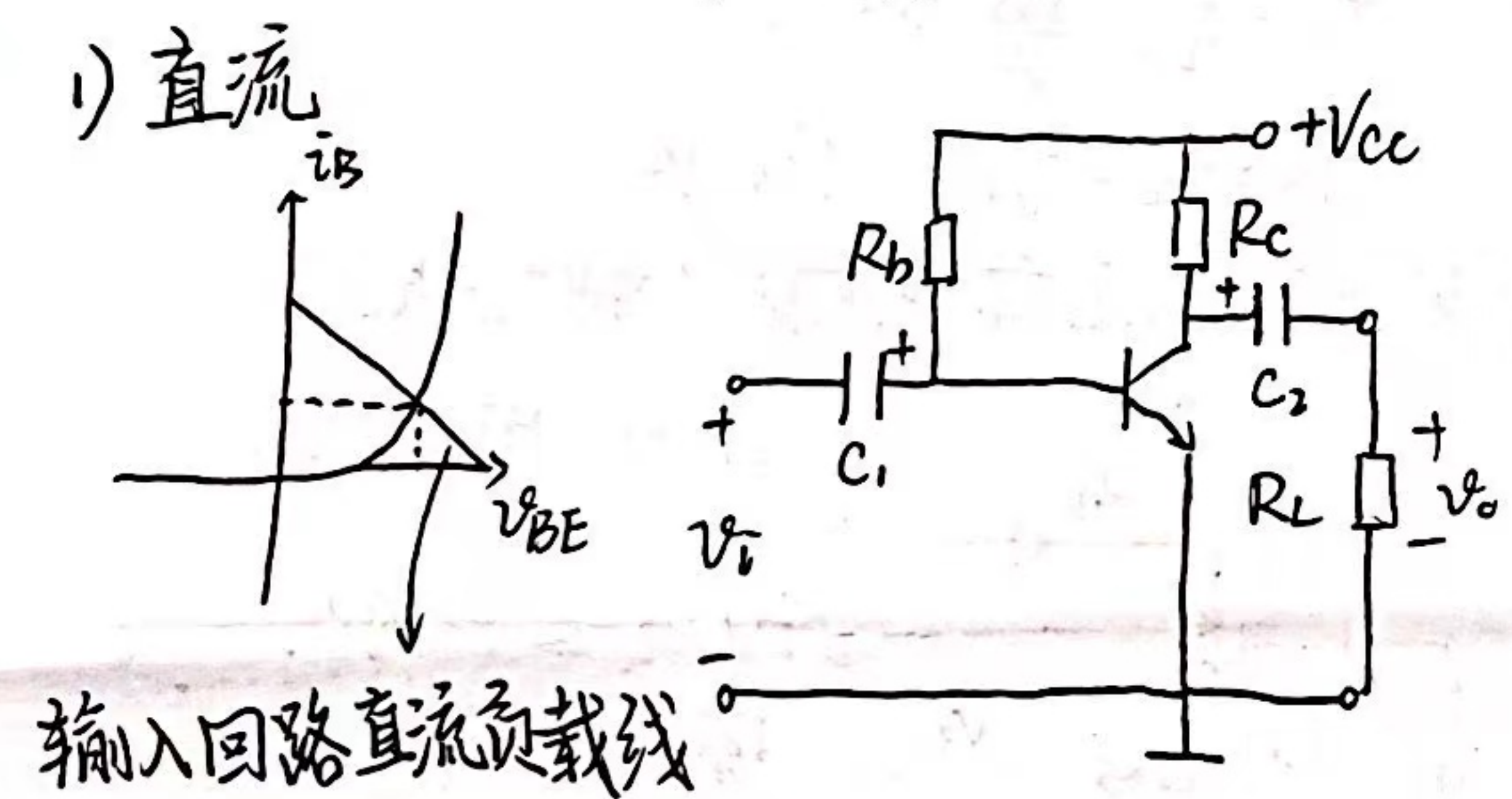


浙江大学

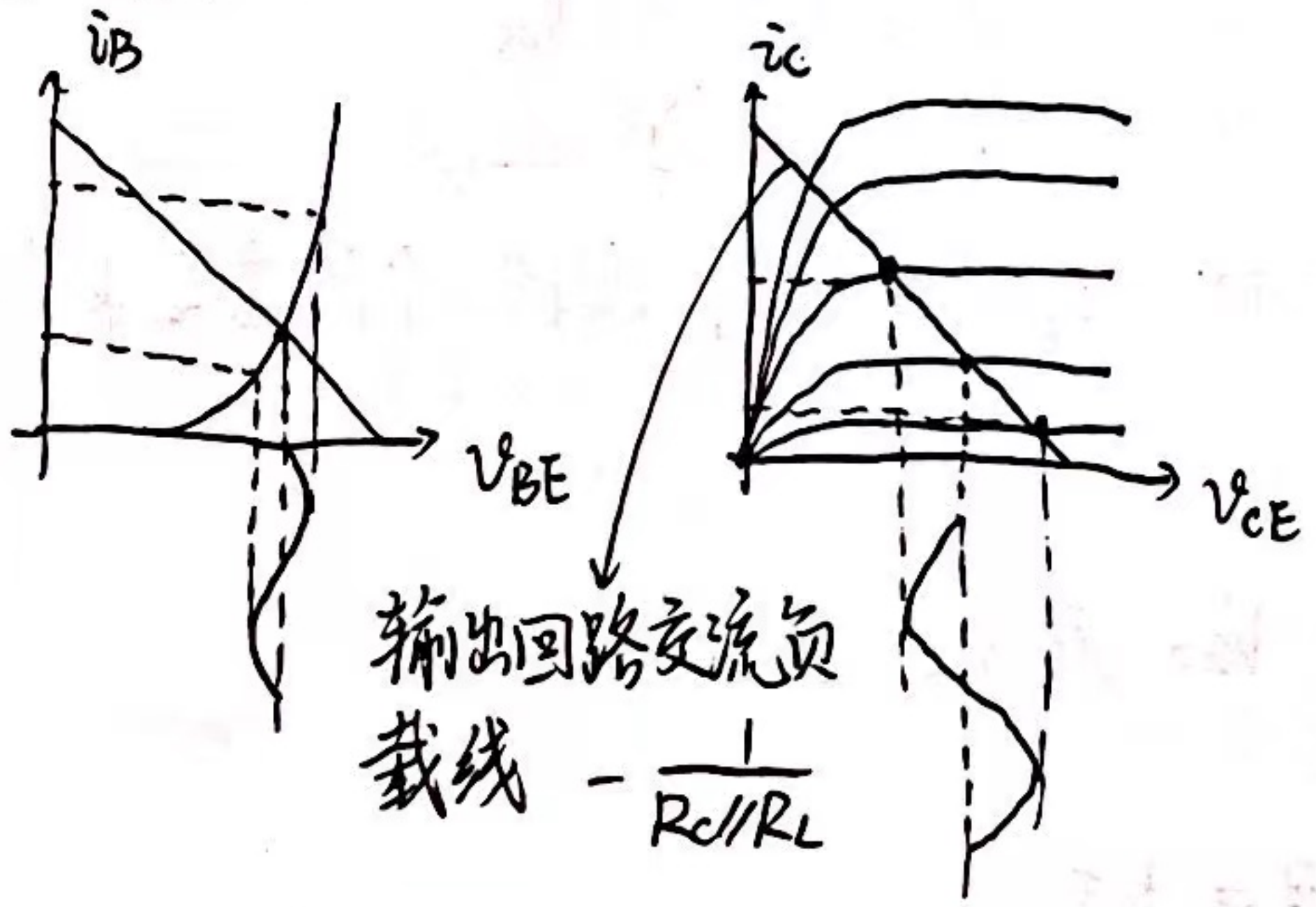
ZHEJIANG UNIVERSITY

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



2) 交流叠加在Q上



② 等效电路估算法 (小信号!)

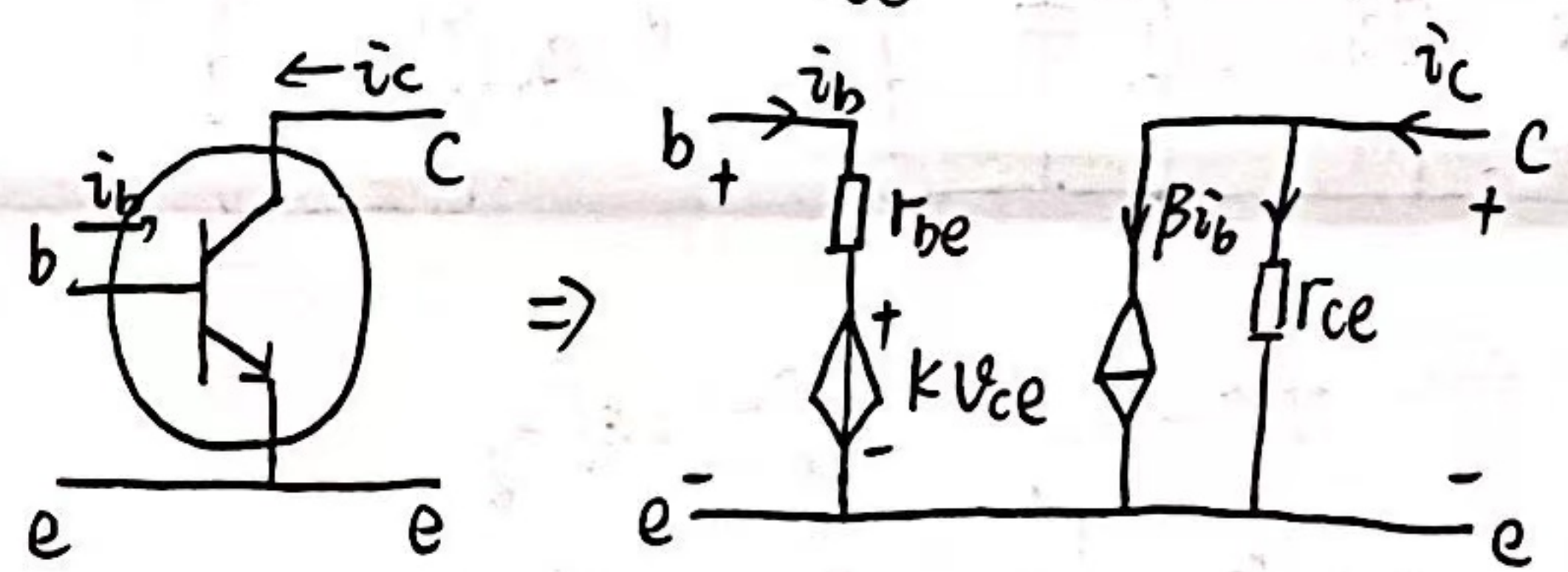
a) BJT

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

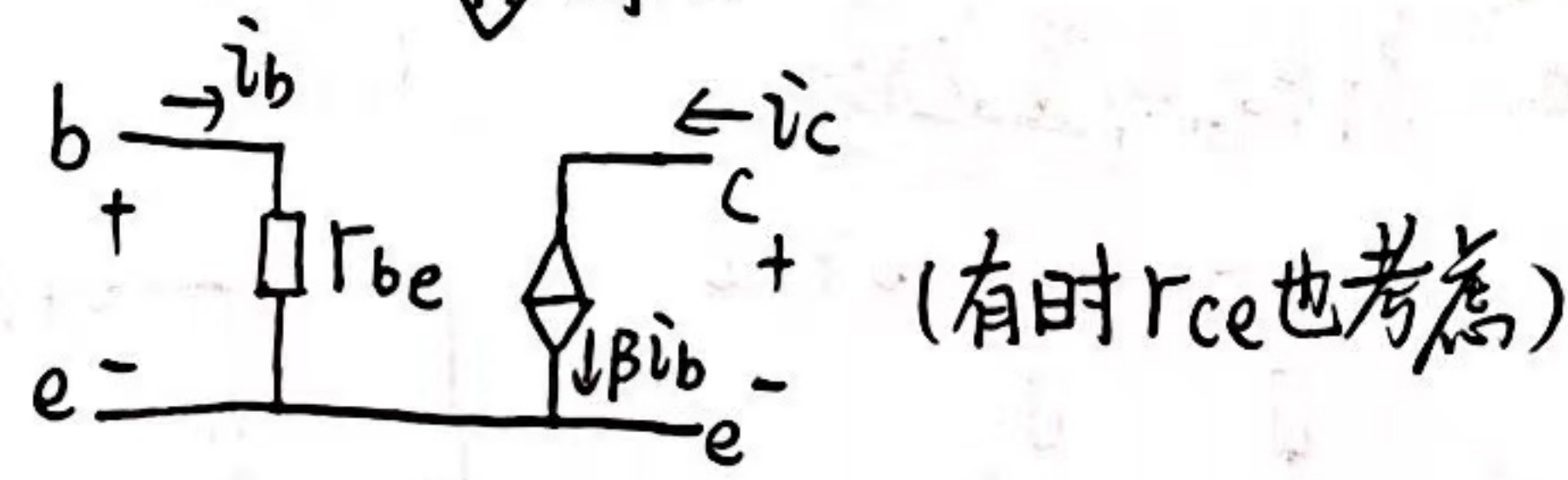
$$\begin{cases} v_{be} = h_{11} i_b + h_{12} v_{ce} = r_{be} i_b + k v_{ce} \\ i_c = h_{21} i_b + h_{22} v_{ce} = \beta i_b + \frac{1}{r_{ce}} v_{ce} \end{cases}$$

r_{be} : 输入电阻 k : 内电压反馈系数 (小)

β : 放大倍数 $\frac{1}{r_{ce}}$: 输出电导 (小)



简化



附: r_{be} 测定:

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

基区体电阻 $100 \sim 300 \Omega$

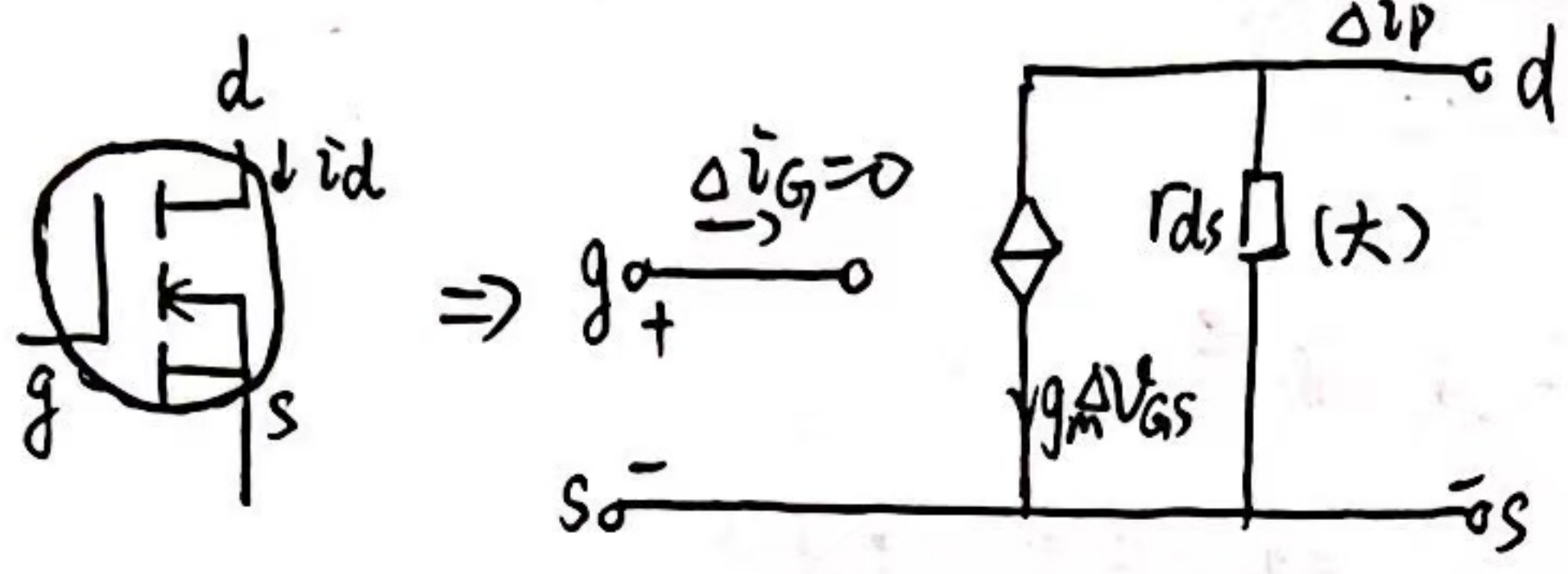
由内部结构导出的公式 (略)

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

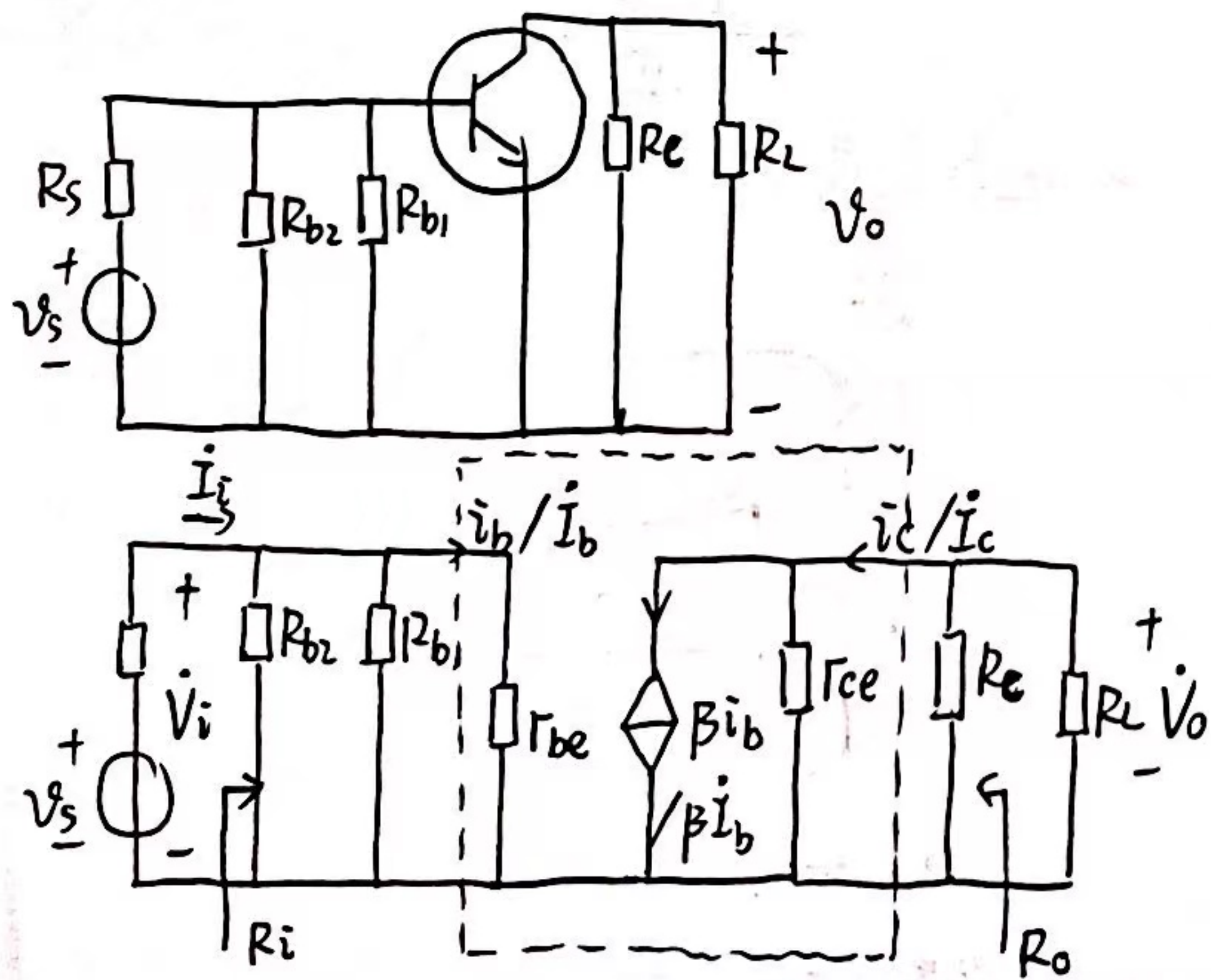
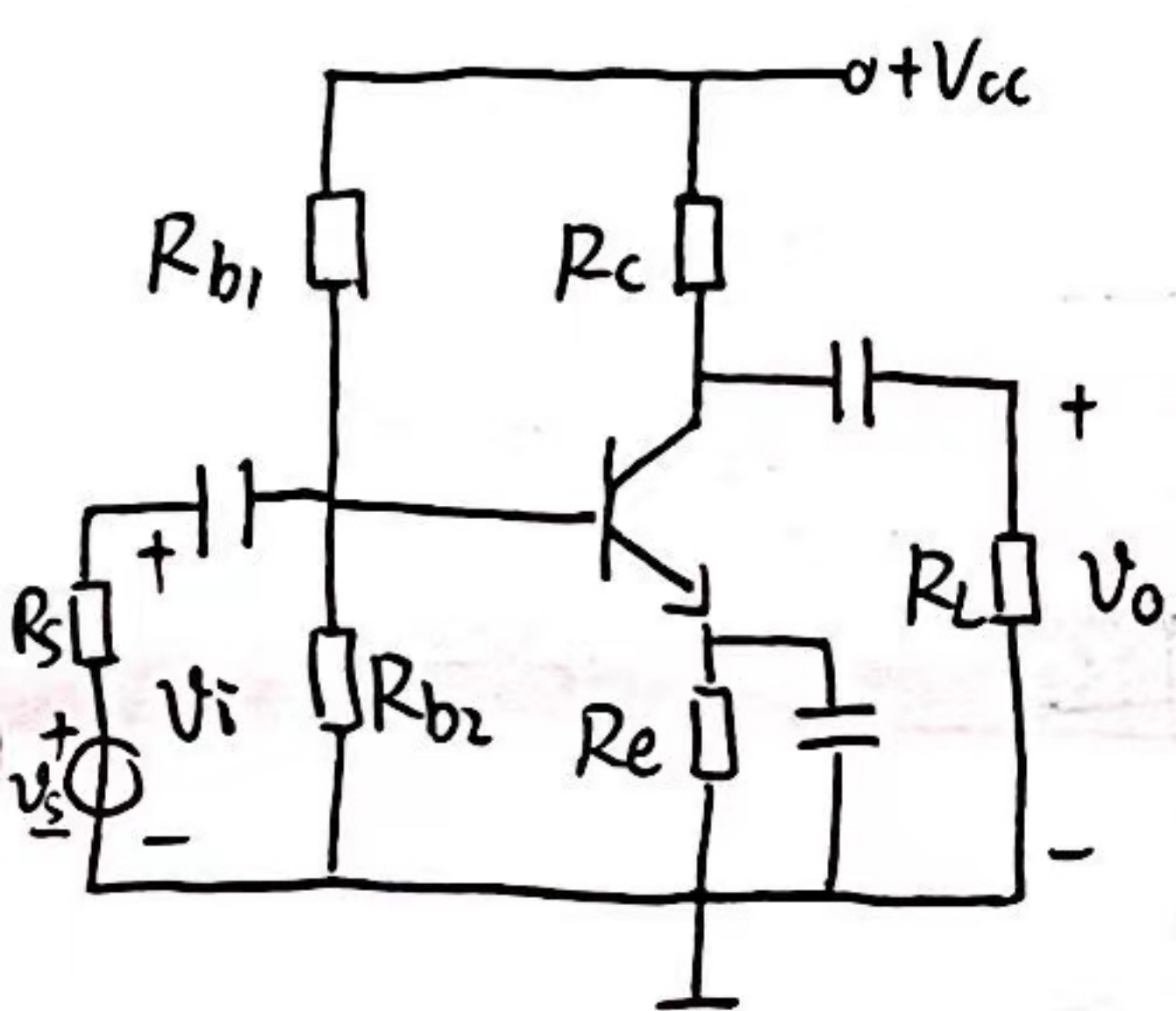
$i_D = g_m V_{GS} + \frac{1}{r_{ds}} V_{DS}$



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



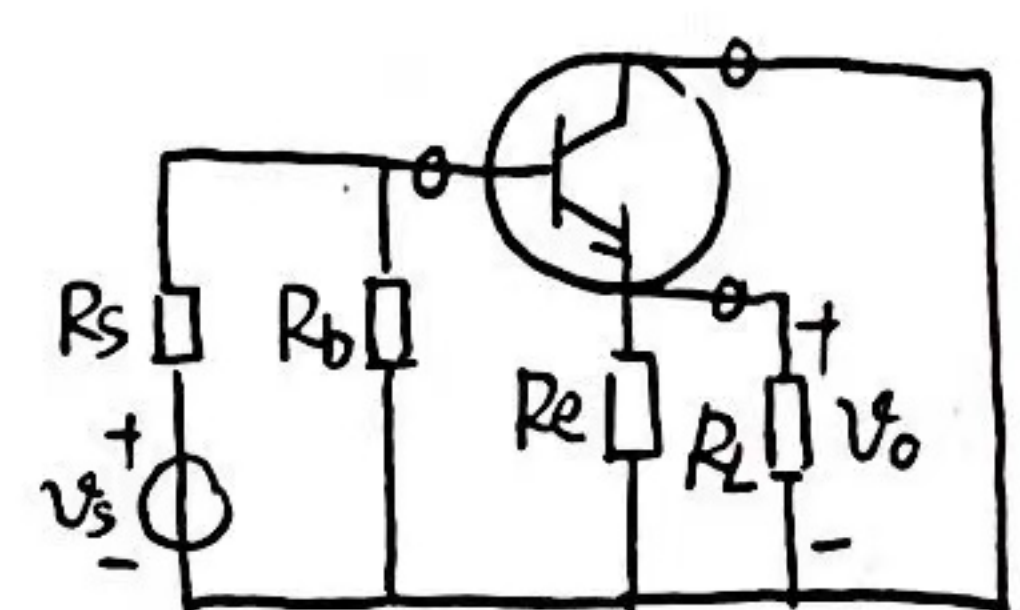
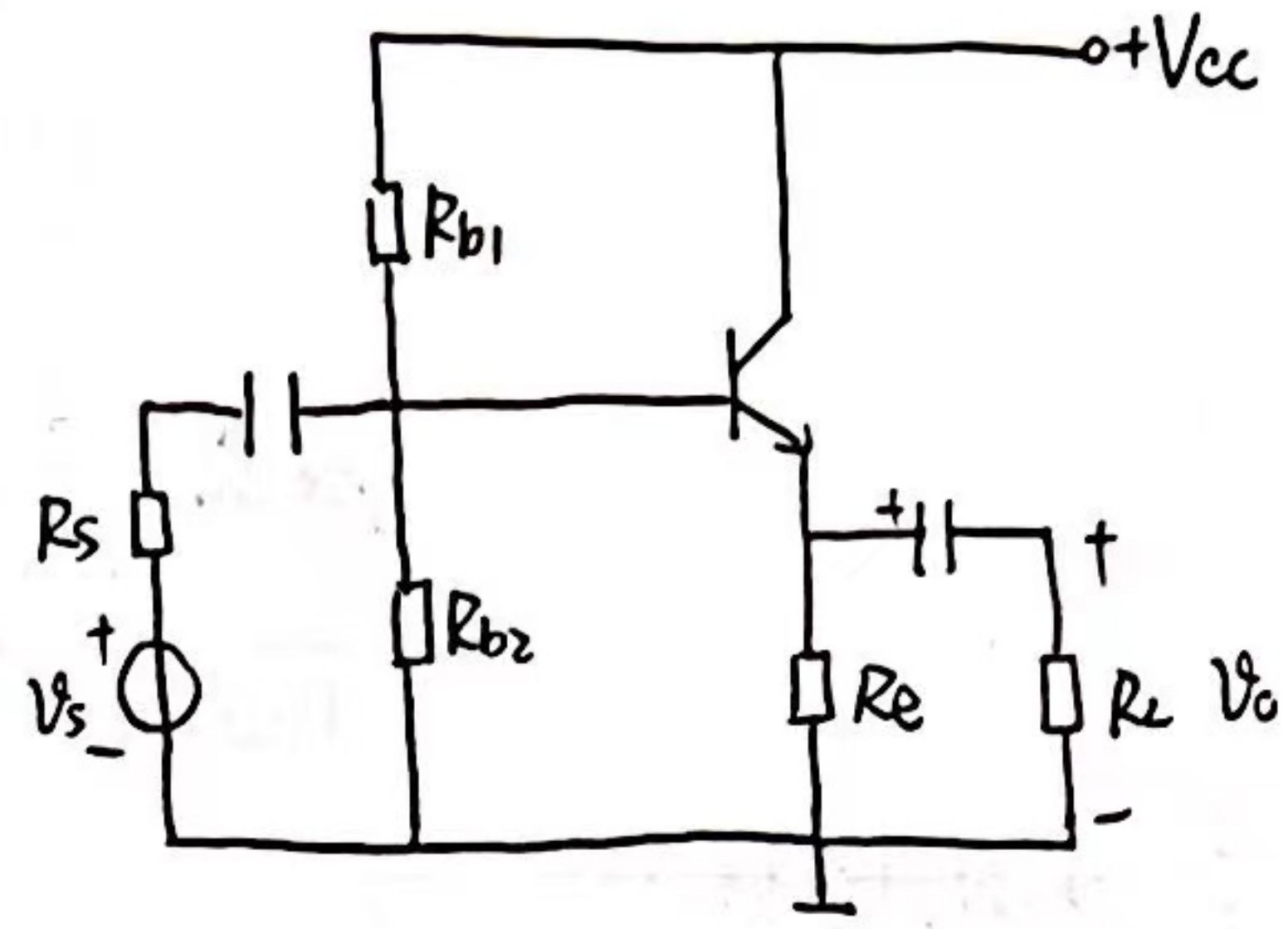
a) $\dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = \frac{-\beta \dot{I}_b \frac{r_{ce}}{r_{ce} + R_L} R_L}{\dot{I}_b r_{be}} \approx \frac{\beta R_L}{r_{be}}$

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

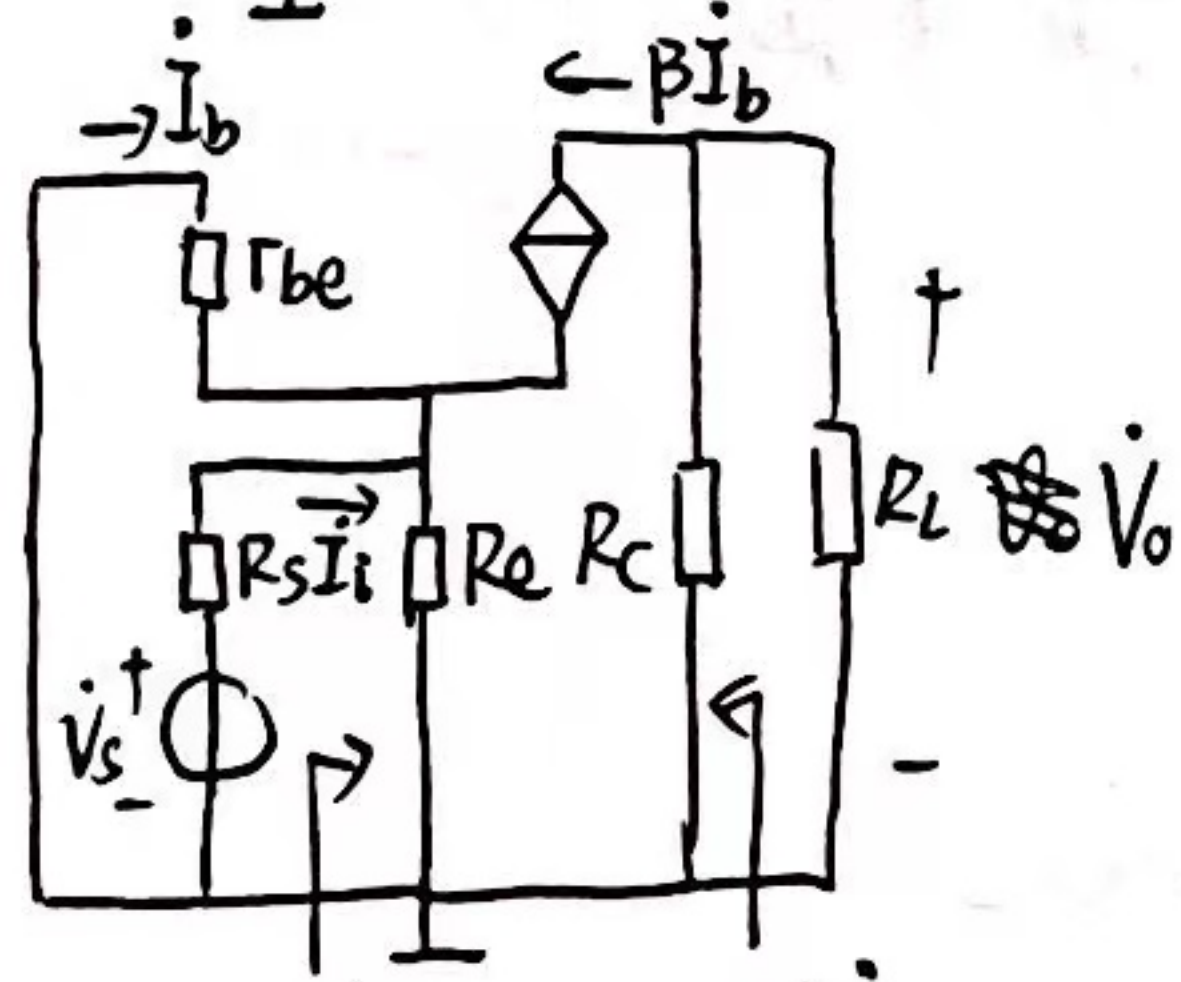
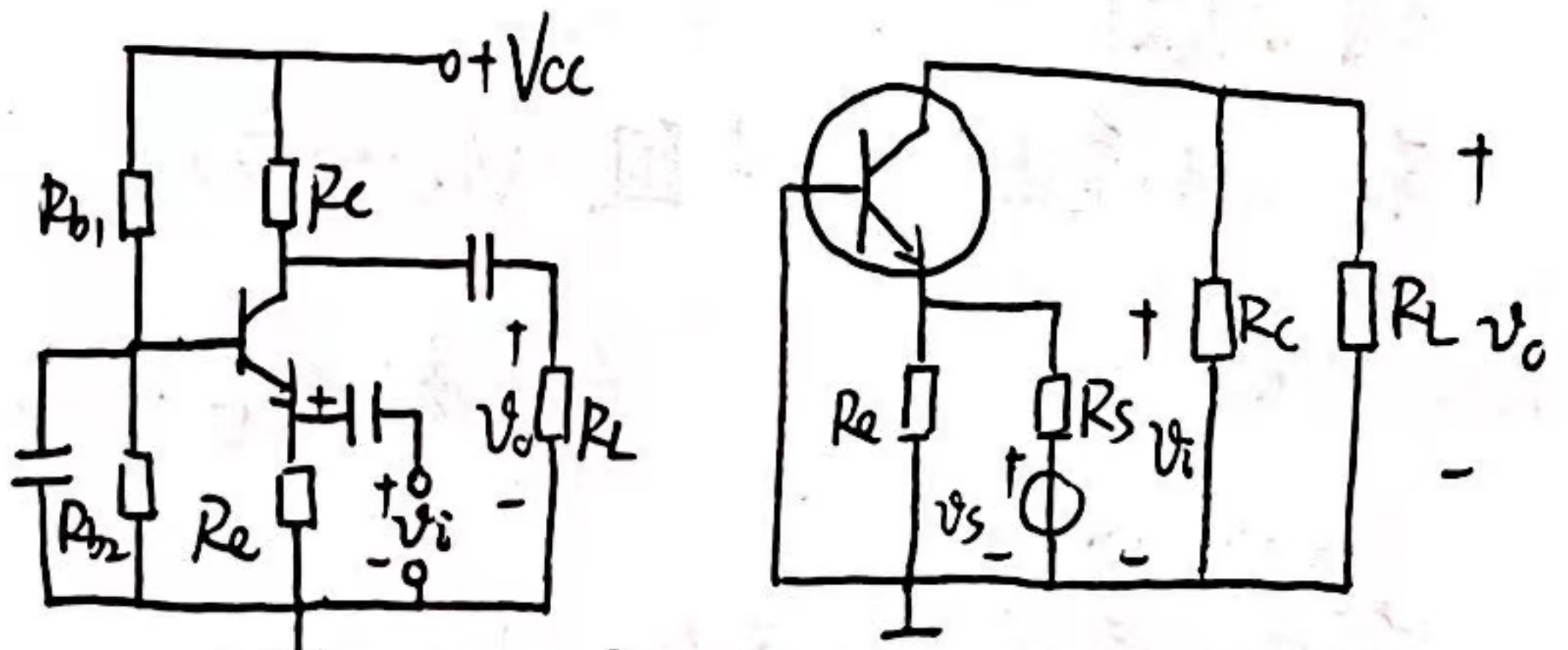


a) $\dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = \frac{\dot{V}_{eL}}{\dot{I}_b r_{be} + \dot{V}_{eL}} = \frac{(1+\beta) R_L'}{r_{be} + (1+\beta) R_L'} \approx 1$
(射极跟随器)

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

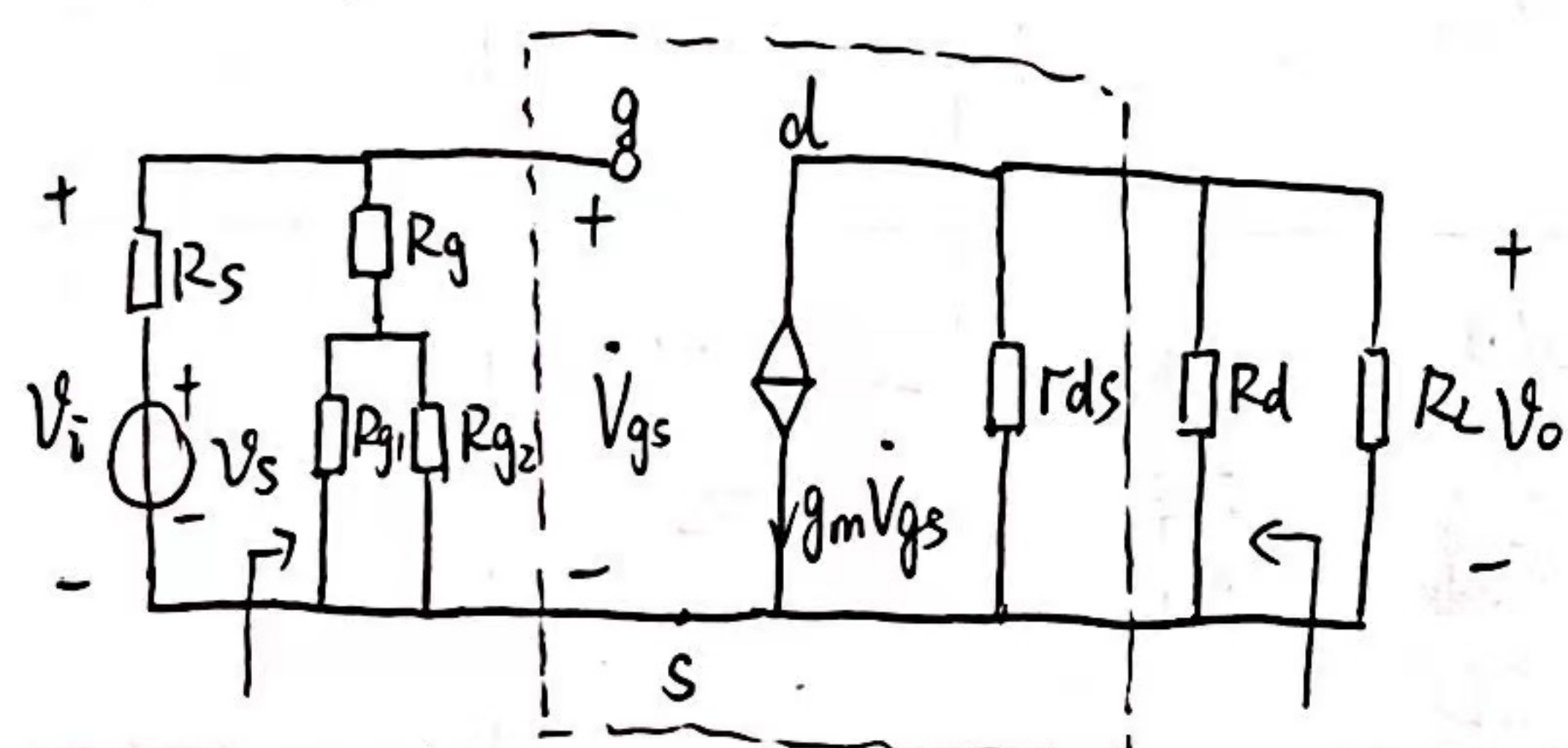
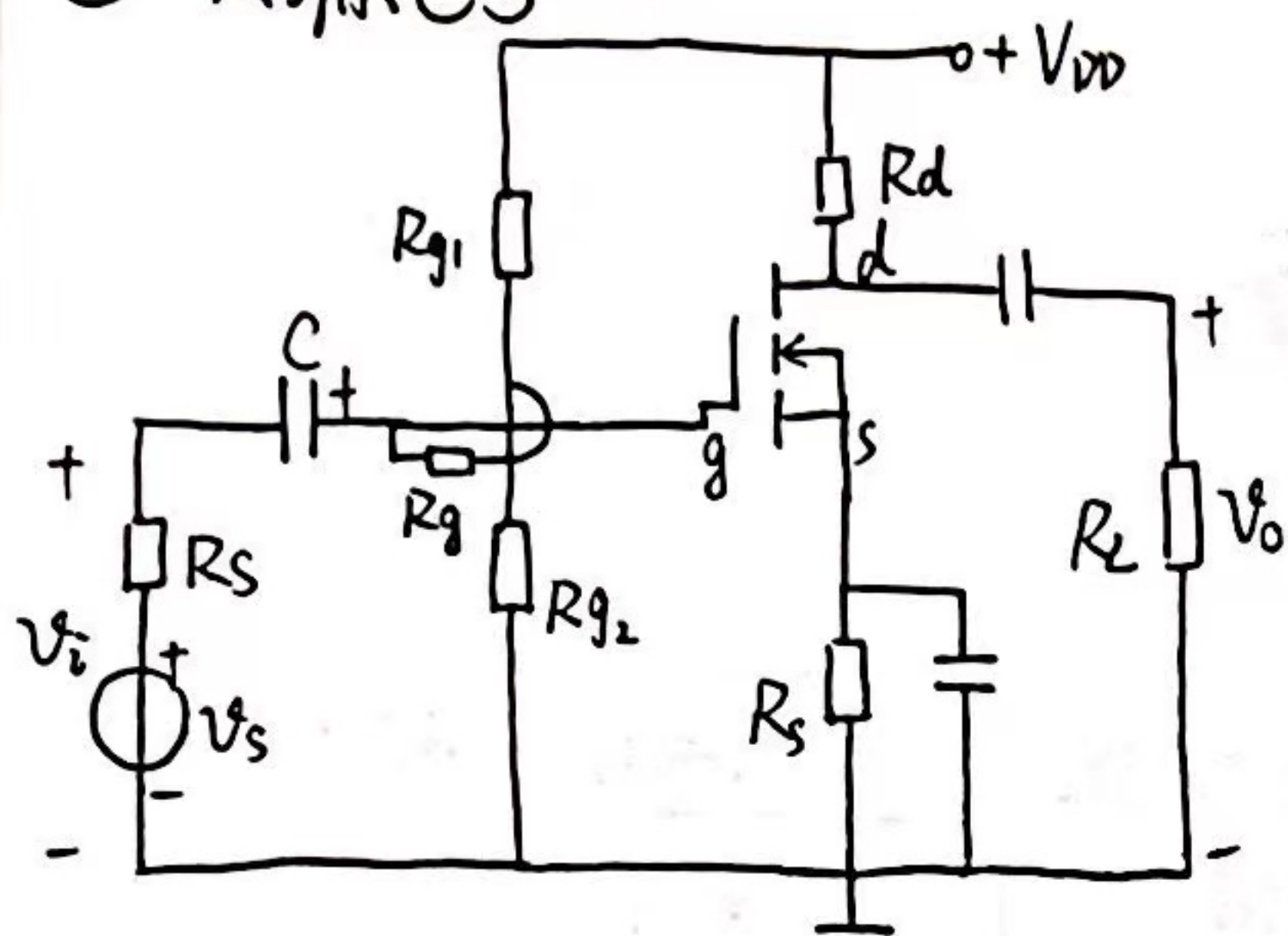


a) $\dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = \frac{-\beta R_L' \dot{I}_b}{-r_{be} \dot{I}_b} = \frac{\beta R_L'}{r_{be}}$

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

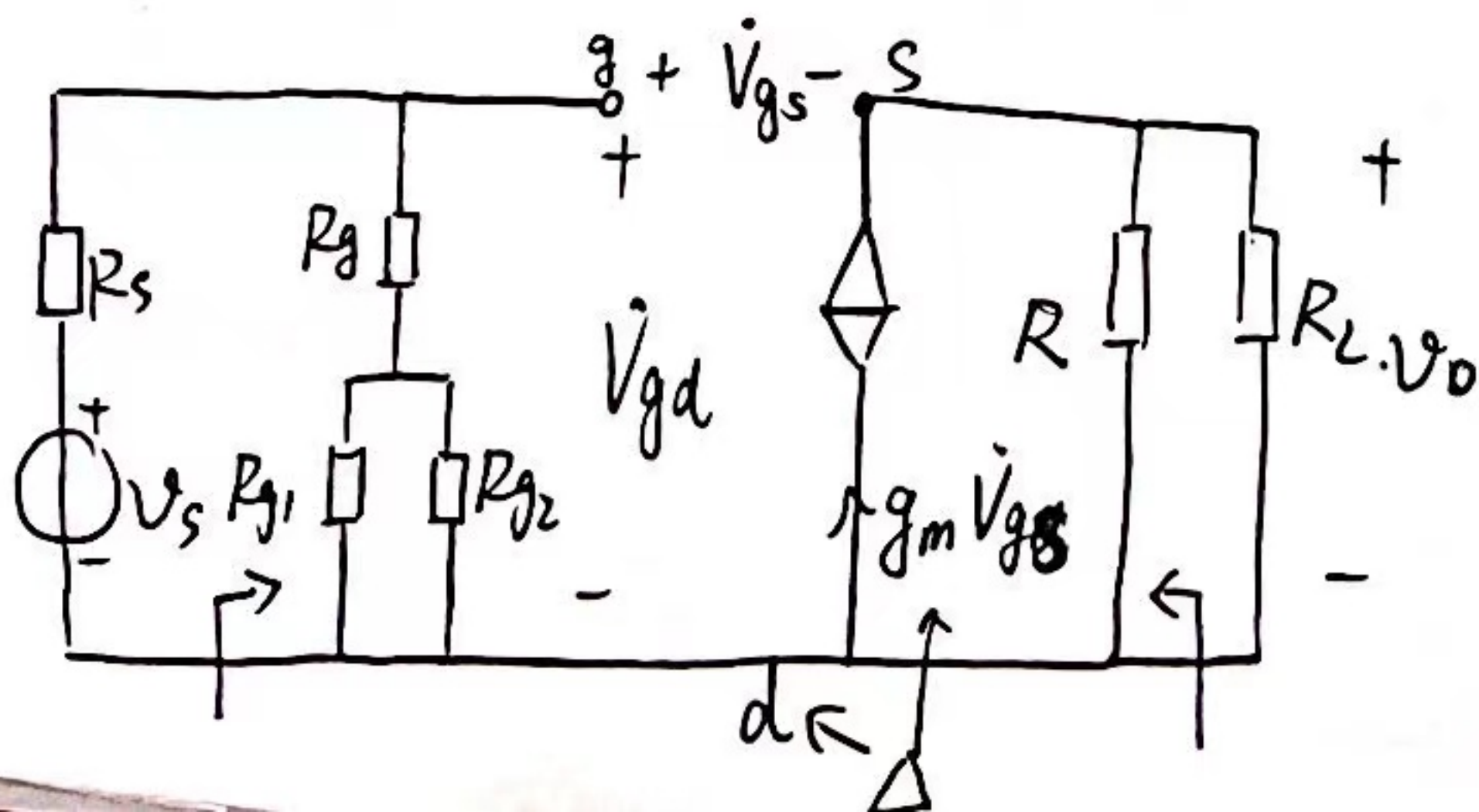
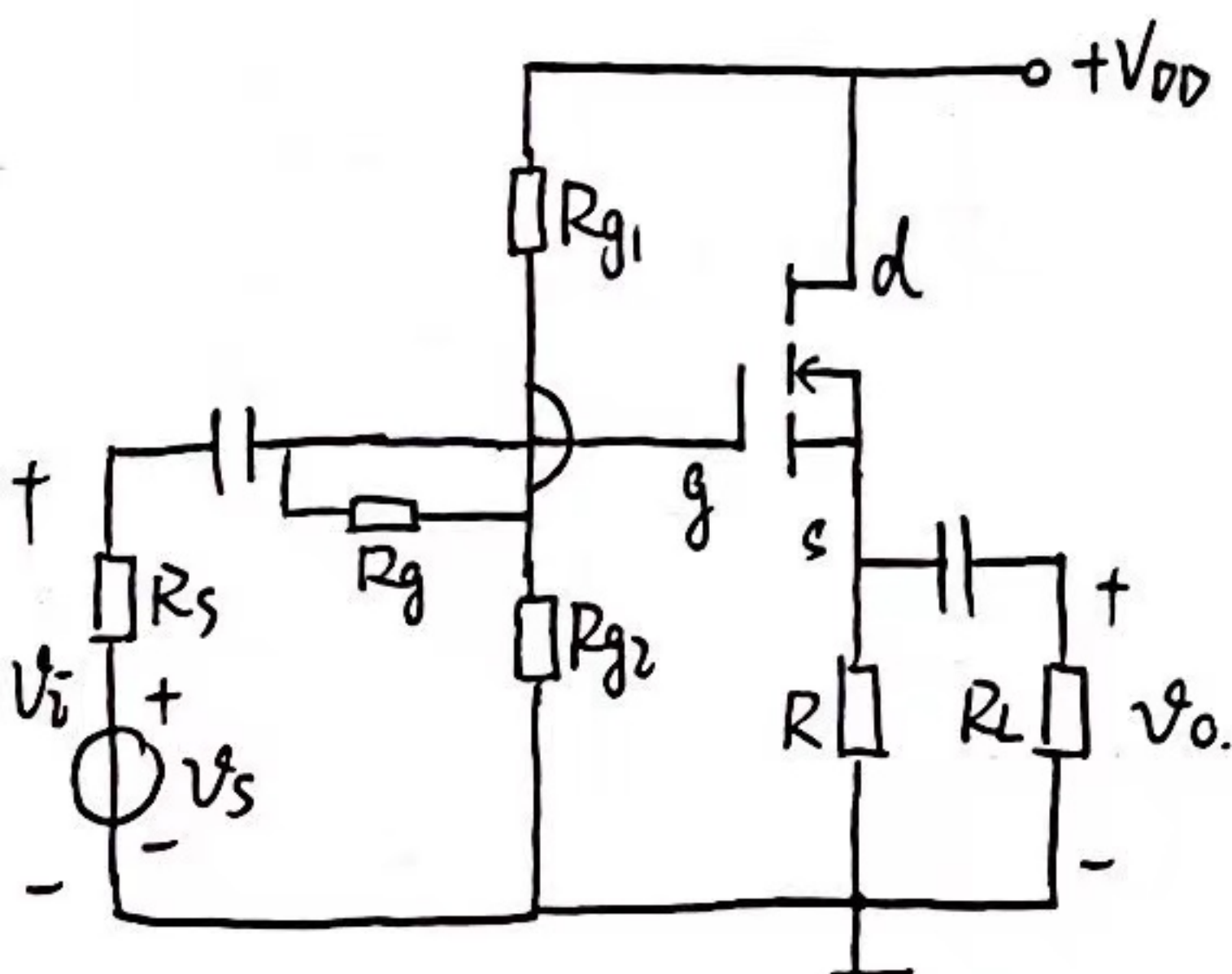


$$a) \dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = \frac{-g_m \dot{V}_{gs} (r_{ds} // R_D // R_L)}{\dot{V}_{gs}} \approx -g_m R_L // R_D$$

$$b) R_i = R_G + R_{G1} // R_{G2}$$

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

② 共漏CD

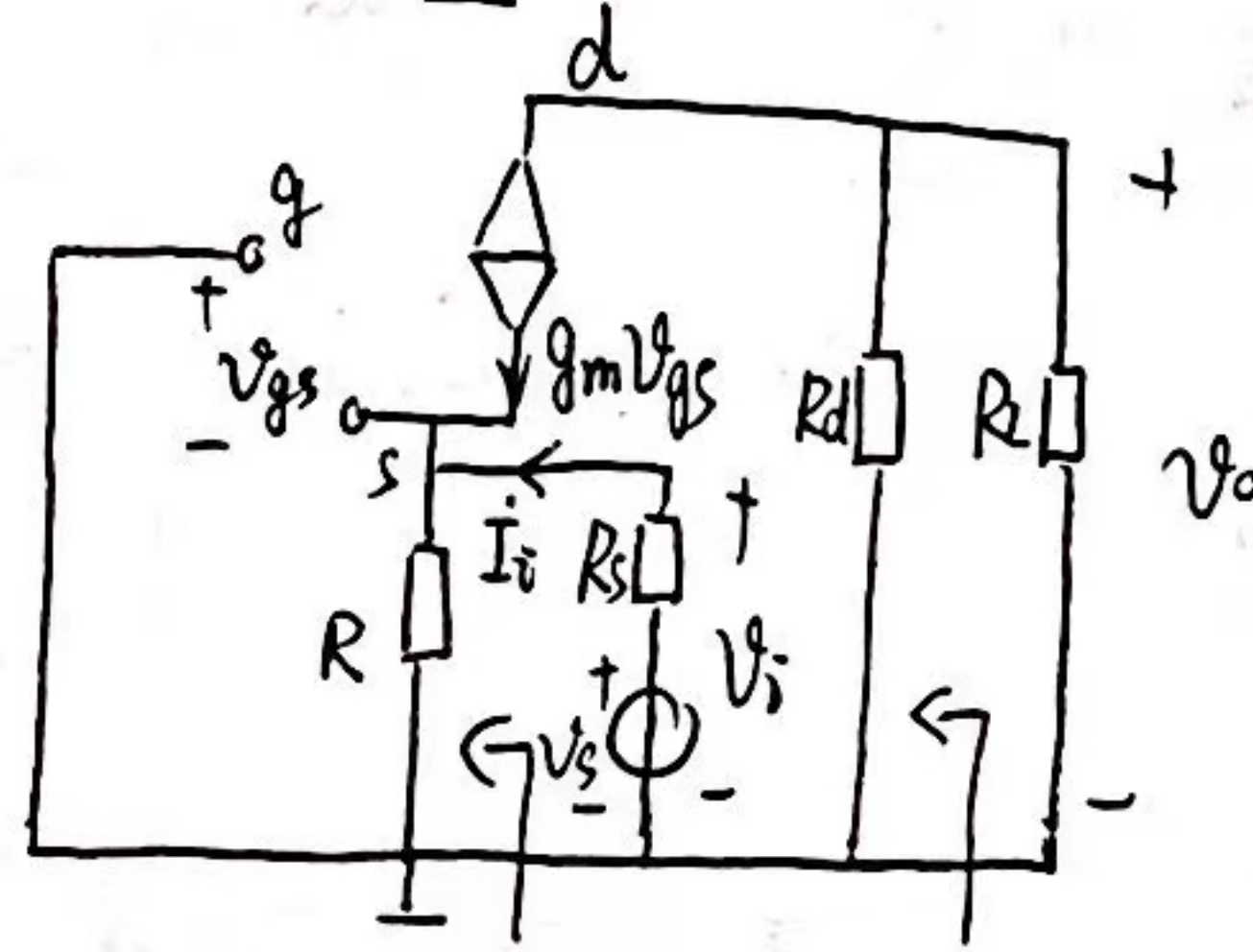
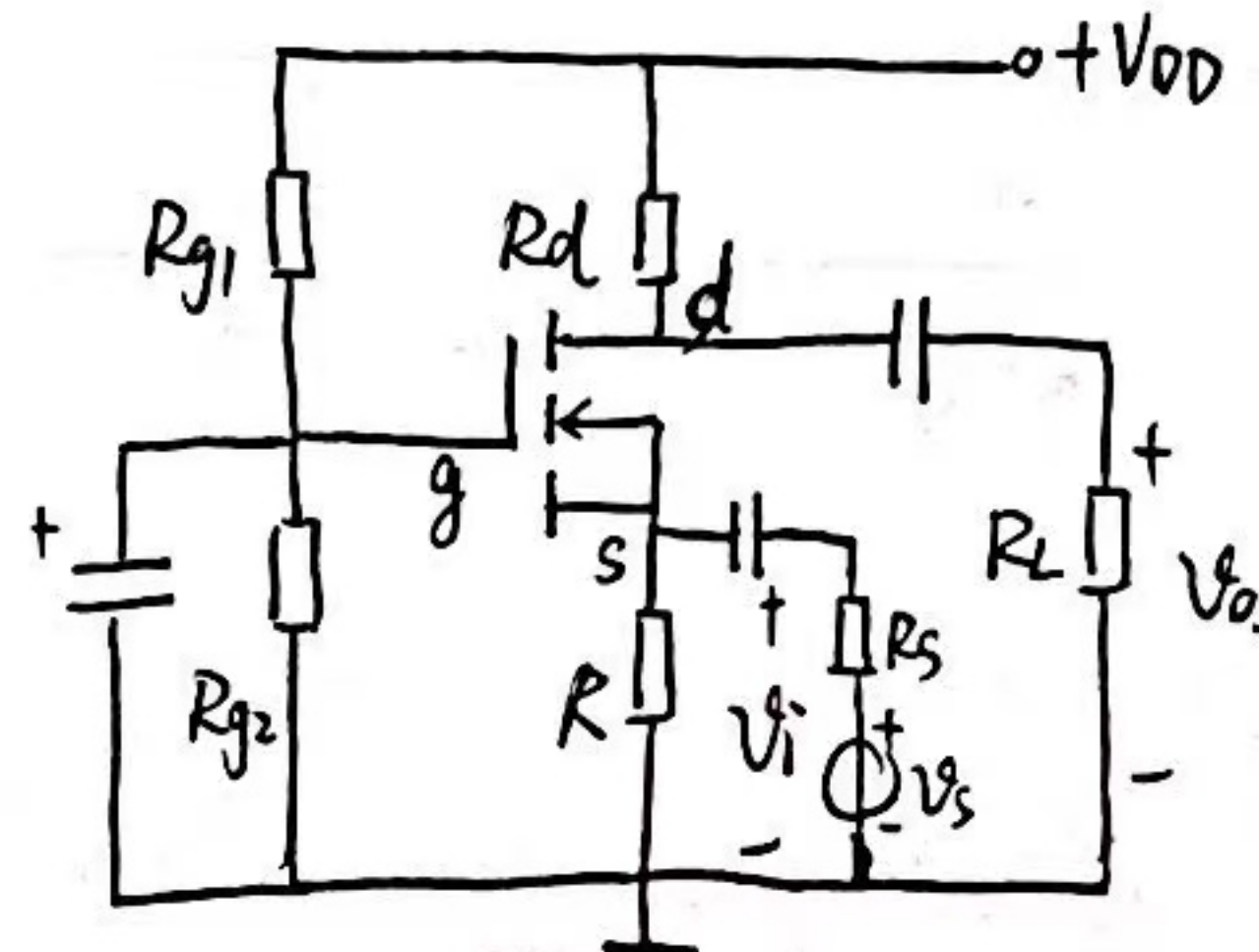


$$a) \dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = \frac{g_m \dot{V}_{gs} R_L'}{\dot{V}_{gs} + g_m \dot{V}_{gs} R_L'} = \frac{g_m R_L'}{1 + g_m R_L'} \approx 1 \quad \textcircled{5}$$

$$b) R_i = R_G + R_{G1} // R_{G2}$$

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

③ 共栅CG



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

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

$$c) R_o = R_D$$



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	≤ 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: ~ 10	CE: 百 \rightarrow 千 CS: 兆	CE: 百 \rightarrow 千 CS: 百 \rightarrow 千
共集 CC 共漏 CD	同相 ≈ 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: ~ 10	CB: 小到十 CG: 百	CB: 百 \rightarrow 千 CG: 百 \rightarrow 千