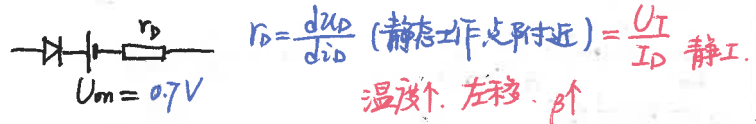
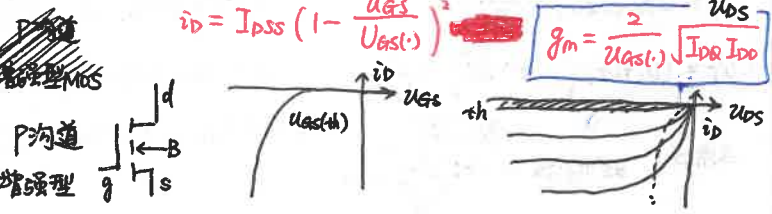
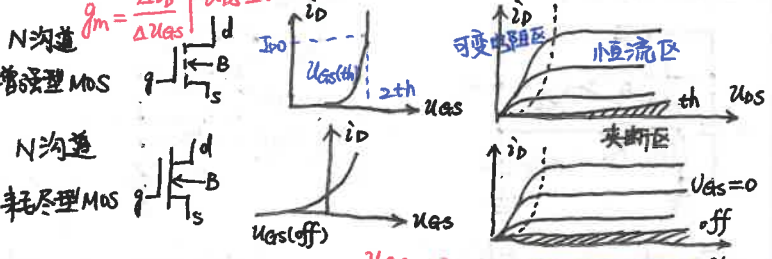
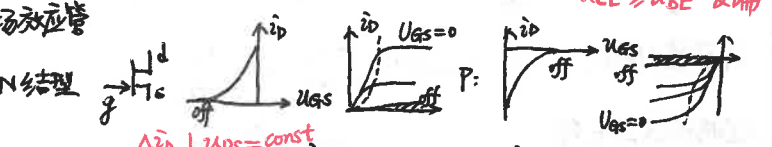
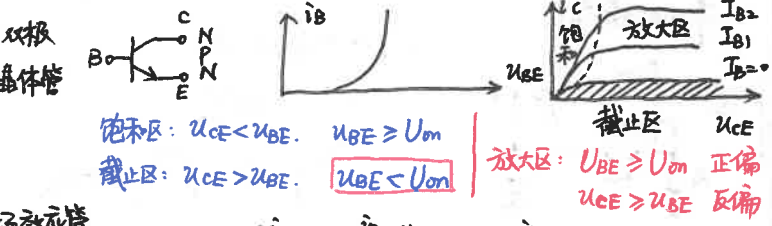


PN结: $i = I_s (e^{\frac{qU}{k_B T}} - 1) = I_s (e^{U/U_T} - 1)$ $U_T \approx 26mV$

二极管微变等效电路

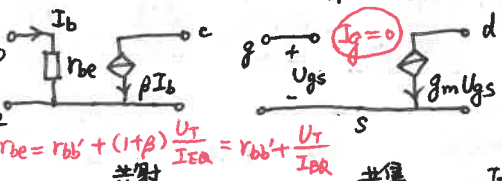


共基: $\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$, $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$



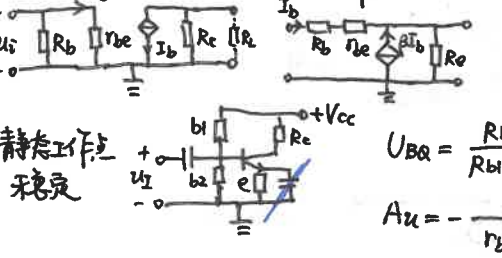
共射/共基/共极: {输入端, 输出端, 共地端} \rightarrow {B, C, E}

低频双极管等效



共射: $I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_b}$, $I_{CQ} = \beta I_{BQ}$, $A_u = -\frac{\beta R_c // R_L}{r_{be}}$, $R_i = R_b // r_{be}$, $R_o = R_c$

共基: $I_{EQ} = (1+\beta) I_{BQ}$, $I_{BQ} = \frac{V_{BB} - U_{BEQ} - I_{EQ} R_e}{R_b}$, $A_u = \frac{(1+\beta) R_e}{R_b + r_{be} + (1+\beta) R_e}$, $R_i = R_b + r_{be} + (1+\beta) R_e$, $R_o = \frac{R_b + r_{be}}{1+\beta} // R_e$

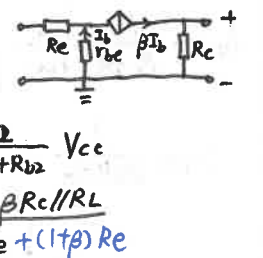


$R_i = R_b // R_{L2} // (r_{be} + (1+\beta) R_e)$

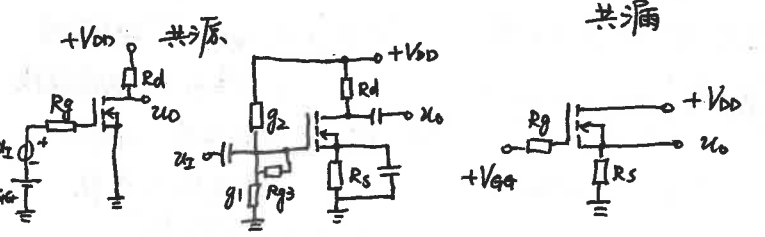
共射: $g_m = -\frac{2}{U_{GS(off)}} \sqrt{I_{DSS} I_{DQ}}$
共基: $g_m = \frac{2}{U_{GS(th)}} \sqrt{I_{DQ} I_{DSS}}$
共极: $g_m = \frac{2}{U_{GS(th)}} \sqrt{I_{DQ} I_{DSS}}$

共射: $I_{EQ} = \frac{V_{BB} - U_{BEQ}}{R_b}$, $I_{BQ} = \frac{I_{EQ}}{1+\beta}$, $A_u = \beta R_c / [r_{be} + (1+\beta) R_e]$, $R_i = R_b + r_{be} / (1+\beta)$, $R_o = R_c$

共基: $I_{EQ} = \frac{V_{BB} - U_{BEQ}}{R_b}$, $I_{BQ} = \frac{I_{EQ}}{1+\beta}$, $A_u = \beta R_c / [r_{be} + (1+\beta) R_e]$, $R_i = R_b + r_{be} / (1+\beta)$, $R_o = R_c$



$R_o = R_c$

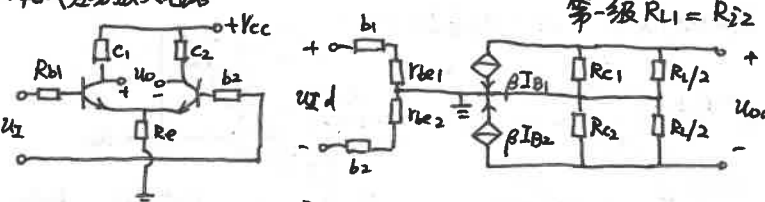


共源: $g_m = \frac{2}{U_{GS(th)}} \sqrt{I_{DQ} I_{DSS}}$, $I_D = g_m U_{GS}$
共栅: $V_{GS} = U_{GSQ} + I_{DQ} R_S$, $I_{DQ} = I_{DSS} (\frac{U_{GSQ}}{U_{GS(th)}} - 1)^2$
共漏: $V_{GS} = U_{GSQ} + I_{DQ} R_S$, $I_{DQ} = I_{DSS} (\frac{U_{GSQ}}{U_{GS(th)}} - 1)^2$

共源: $A_u = -g_m R_d$, $R_i = \infty$, $R_o = R_d$
共栅: $A_u = -g_m R_d$, $R_i = R_{g1} + R_{g2} // R_{g3}$, $R_o = R_d$
共漏: $A_u = \frac{g_m R_S}{1 + g_m R_S}$, $R_i = \infty$, $R_o = R_S // \frac{1}{g_m}$

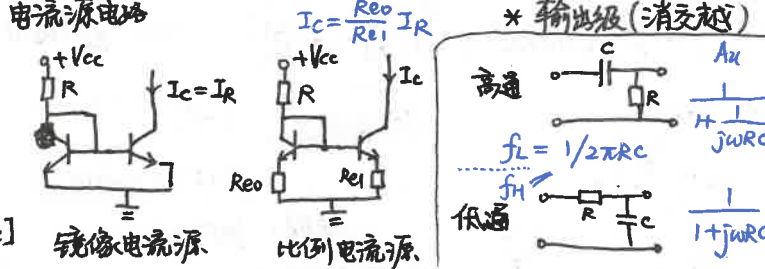
电压	共射	共基	共集
电压	$\times 10 \sim 100 (\beta)$	< 1	$\times 10 \sim 100$
反相	反相	同相	同相
放大	放大	$R_i \uparrow, R_o \downarrow$	$A_f \uparrow$

抑制共模: 对称结构 or 返回电阻
长尾式差分放大电路



共模: $K_{CMR} = \infty$, $A_{ud} = -\frac{\beta R_c // R_L}{R_b + r_{be}}$, $A_{uc} = 0$, $R_o = R_c$
差模: $A_{ud} = -\frac{1}{2} \frac{\beta (R_c // R_L)}{R_b + r_{be}}$, $A_{uc} = -\beta (R_c // R_L) / [R_b + r_{be} + 2(1+\beta) R_e]$

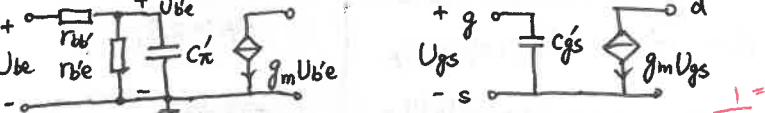
单入双出: $\Delta U_o = A_d \Delta U_i + A_c \frac{\Delta U_i}{2}$



波特图: 阶数 $\times 20dB/十倍频$, $\times \frac{1}{10} \sim 0^\circ$, $\times 10 \sim 90^\circ$

$A_u = \frac{k}{1 + jf/f_L} \cdot \frac{1}{1 + jf/f_H} \Rightarrow k = |A_{um}|$

简化后双极管的混合 π 模型



$g_m = \frac{\beta_0}{r_{be}} = \frac{I_{EQ}}{U_T}$, $r_{be} = (1+\beta_0) \frac{U_T}{I_{EQ}}$

中频: 忽略所有电容
场效应管高频等效
低频: 耦合+旁路
高频: 级间电容 (C_{π})

反馈：让净输入量↑ 则正反馈。 否则负反馈

直流反馈 vs 交流反馈

晶体管 输出线与反馈线 在同一极的某点~电压 不在同一极~电流

运放: R_L 接地 ~ 电压反馈 R_L 不接地 ~ 电流反馈

输入端采样电流~并联 改变电压~串联

(其实也可以直接去计算)

负反馈 { [串联] 提高 R_i [并联] 减小 R_i [电压] 减小 R_o [电流] 提高 R_o 展宽频带 减小失真

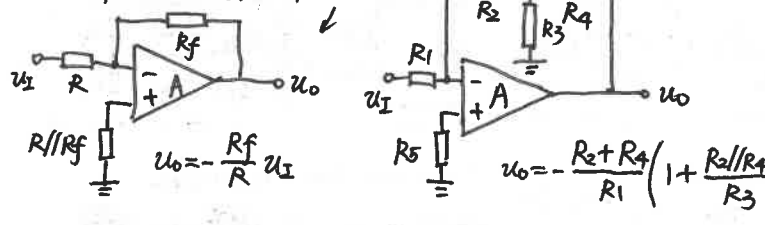
运放相关: 虚短 (始终成立) 虚断 (仅引入负反馈时)

根据 KCL 列式 \Rightarrow 整理即可得到 U_i, U_o 关系

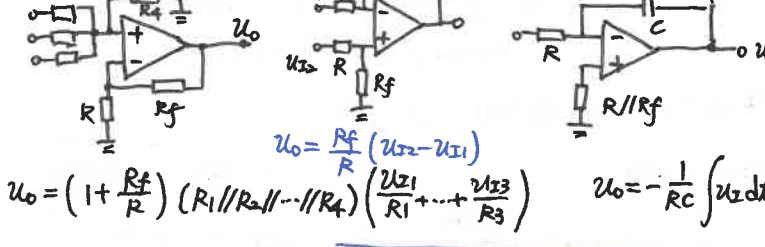
(也可以通过负反馈系数计算)

运算电路: 运放处于线性工作区 基本上 KCL 分析一下就好了

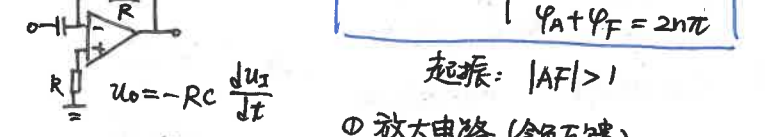
反相比例电路 电压跟随器: $R_f = 0$



减法/求和电路



微分电路



正弦波振荡 { $|AF| = 1$ $\varphi_A + \varphi_F = 2n\pi$

起振: $|AF| > 1$

- ① 放大电路 (含负反馈)
- ② 选频网络
- ③ 正反馈网络
- ④ 稳幅环节

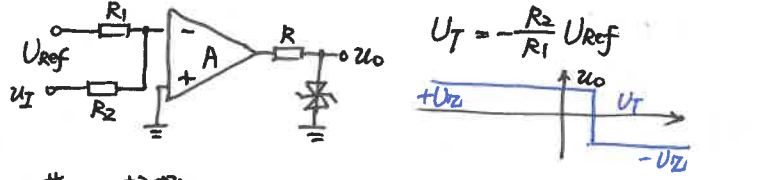
RC 桥式电路 (文氏振荡电路)

$K = \frac{U_o}{U_{be}}$ $C'_\pi = (1 + |K|) C_\pi$ $C'_\mu = C_\mu + (1 + |K|) C_\mu$

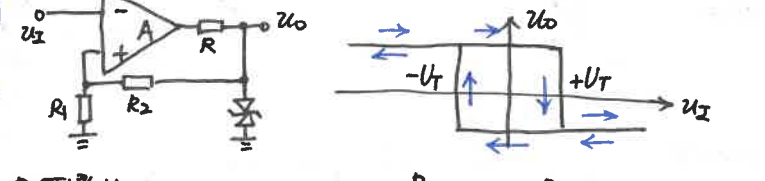
LC 振荡电路 $f_0 \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

电压比较器: 运放工作在非线性区. (正反馈/开环)

单限比较器 $U_{omax} = U_Z, U_{omin} = -U_Z$

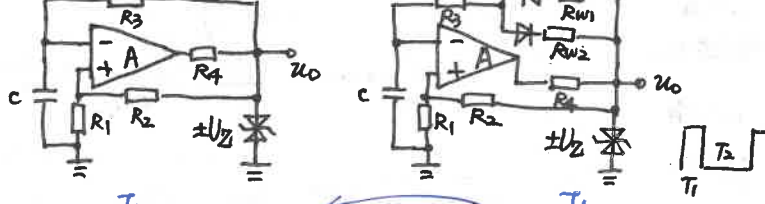


滞回比较器 $\pm U_T = \pm \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_Z$



矩形波发生电路

可调占空比电路



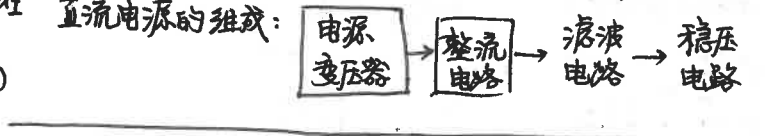
三角波: 矩形波 \rightarrow 积分器

功率放大电路: 最大输出功率 P_{om} 转换效率 η

直流电源的组成: 电源变压器 \rightarrow 整流电路 \rightarrow 滤波电路 \rightarrow 稳压电路

单管放大电路的频率响应

中频: 电容都不必管. 略.



低频: $\dot{A}_{us} = \frac{R_i}{R_i + R_s} \frac{r_{be}}{r_{be} + R_s} (-g_m R'_L)$

中频: $\dot{A}_{us} = \frac{R_i}{R_i + R_s} \frac{r_{be}}{r_{be}} (-g_m R'_L)$

高频: $\dot{A}_{us} = \frac{R_i}{R_i + R_s} \frac{r_{be}}{r_{be}} \frac{1}{1 + j\omega R'_L C} (-g_m R'_L)$

截止频率: $f_L = \frac{1}{2\pi(R_C + R_L)C}$

恒流源: R_1, R_2, R_3

恒流源: R_1, R_2, R_3

恒流源: R_1, R_2, R_3

恒流源: R_1, R_2, R_3

恒流源: R_1, R_2, R_3

恒流源: R_1, R_2, R_3

恒流源: R_1, R_2, R_3

恒流源: R_1, R_2, R_3

恒流源: R_1, R_2, R_3