

**共射放大电路**

直流:  $V_{BEQ} + I_{EQ}R_e = V_B$   
下半圈 KVL:  $V_{BEQ} + I_{EQ}R_e = V_B$   
VB处 KCL:  $\frac{V_{CC} - V_B}{R_{b1}} = \frac{V_B}{R_{b2}} + I_{BQ}$   
KCL:  $V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}R_c - I_{EQ}R_e$

交流通路:  $V_{CC}$ 接地, 电容短路  
 $KVL: i_2R_b' = i_b r_{be} + (1 + \beta)i_b R_e \Rightarrow i_2$   
 $i_1 = i_2 + i_b$  求放大倍数时认为没有  $R_{Si}$   $v_i = i_2R_b'$   
 $A_v = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{r_{be}i_b + (1 + \beta)i_b R_e}{\beta i_b R_L'}$   
 $R_i = \frac{v_i}{i_1} = R_b' // [r_{be} + (1 + \beta)R_e]$   
 $R_o = \frac{v_t}{i_t} = \frac{r_{be} + R_{Si} // R_b}{1 + \beta} \sim \frac{r_{be}}{1 + \beta}$  求输出电阻: (此时不再有  $i_{e-} = (1 + \beta)i_{b-}$ )

求输出电阻: 去掉  $v_s$  和  $R_L$ , 在  $R_L$  原来的位置加测试电压  $v_t$ , 此时 KVL 得  $i_{b-} = 0, R_o = R_c$

**共集**

直流:  $V_{BEQ} + I_{EQ}R_e = V_B$   
下半圈 KVL:  $V_{BEQ} + I_{EQ}R_e = V_B$   
VB处 KCL:  $\frac{V_{CC} - V_B}{R_{b1}} = \frac{V_B}{R_{b2}} + I_{BQ}$   
KCL:  $V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}R_c - I_{EQ}R_e$

交流通路: 令  $R_L' = R_e // R_L$   
 $KVL: i_2R_b' = i_b r_{be} + (1 + \beta)i_b R_e \Rightarrow i_2$   
 $i_1 = i_2 + i_b$  求放大倍数时认为没有  $R_{Si}$   $v_i = i_2R_b'$   
 $A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{(1 + \beta)i_b R_L'}{i_b r_{be} + (1 + \beta)i_b R_L'} \approx 1$   
 $R_i = \frac{v_i}{i_1} = R_b' // [r_{be} + (1 + \beta)R_L']$   
 $R_o = \frac{v_t}{i_t} = \frac{r_{be} + R_{Si} // R_b}{1 + \beta} \sim \frac{r_{be}}{1 + \beta}$  求输出电阻: (此时不再有  $i_{e-} = (1 + \beta)i_{b-}$ )

**共基**

直流:  $V_{BEQ} + I_{EQ}R_e = V_B$   
下半圈 KVL:  $V_{BEQ} + I_{EQ}R_e = V_B$   
VB处 KCL:  $\frac{V_{CC} - V_B}{R_{b1}} = \frac{V_B}{R_{b2}} + I_{BQ}$   
KCL:  $V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}R_c - I_{EQ}R_e$

交流等效:  $R_{b1}, R_{b2}$  均被短路  
 $KVL: 0 = i_b r_{be} + (1 + \beta)i_b (R_{Si} // R_e) \Rightarrow i_b = 0 \Rightarrow R_o = R_c$   
 $R_i = \frac{v_i}{i_i} = \frac{r_{be}}{1 + \beta}$  求输出电阻: (此时不再有  $i_{e-} = (1 + \beta)i_{b-}$ )

**BJT:**

截止失真: 输入失真  $\rightarrow$  输出失真  
Q点选的太低, 增大  $V_{CC}$  或者减小  $R_b$

饱和失真: 输出失真  
Q点选的太高, 减小  $V_{CC}$  或增大  $R_b$  或减小  $R_c$

倒T型网络DAC

不管开关如何设置, 电阻网络的电特性不变, A、B、C、D 端口等效电阻都是  $R$

量化:  $i_j = \frac{V_{REF}}{2^j R} (D_j 2^j), j = 0 \sim 3$   
 $v_o = -\frac{V_{REF}}{2^4} \cdot D$  (D是Bin  $\rightarrow$  Dec的结果)  
和寄存器配合可以制作阶梯波形产生电路

只舍不入量化方式: 取量化单位  $\Delta$ , 量化中把不足  $\Delta$  部分舍弃, 其最大量化误差为  $\Delta$ 。  
四舍五入量化方式: 取量化单位  $\Delta$ , 量化中将不足半个  $\Delta$  部分舍去, 对于等于或大于半个  $\Delta$  的部分按一个量化单位处理。其最大量化误差为  $1/2 \Delta$ 。 量化  $\rightarrow$  编码

**并行比较ADC:**  
电阻分压网络将参考电压  $V_{REF}$  分成7个等级电压, 比较器同时将输入模拟电压  $v_i$  与7个等级电压比较, 触发器在每个时钟保存比较结果, 优先编码器对触发器状态编码

逐次比较ADC

放电  $T_1 = \frac{2R_1 R_6 C}{R_2}$ , 充电  $T_2 = \frac{2R_1 R_5 C}{R_2}$   
最长转换时间:  $n * T_{CLK}$

0. 数据寄存器清零  
1. 最高位置1  $D = T_2 f_{CLK}$   
若  $v_o > v_i$ , 则清0, 否则保留  
2. 次高位置1  
若  $v_o > v_i$ , 则清0, 否则保留  
1.  $v_L = 1, S_0$  打开,  $S_1 \rightarrow v_i, v_o = \frac{1}{C} \int_0^{T_1} \frac{v_i}{R} dt = \frac{-T_1 v_i}{RC}$   
2.  $S_1 \rightarrow -V_{REF}, v_o = \frac{1}{C} \int_0^{T_2} \frac{V_{REF}}{R} dt = \frac{T_2 V_{REF}}{RC}$   $T_1 = 0, T_2 = \frac{T_1 v_i}{V_{REF}}$

**集成运算**

差模信号:  $v_o = v_p - v_n$ , 共模信号:  $v_c = (v_p + v_n) / 2$   
 $v_o = A(v_p - v_n)$   $v_o = v_{od} + v_{oc} = A_{od} v_d + A_{oc} v_c$   
反相输入端:  $N$  输出端:  $O$  开环差模电压增益  $A_{vo} = 20 \lg \left| \frac{v_o}{v_d} \right| \text{dB} \rightarrow \infty$   
同相输入端: 理想运放: 差模输入电阻  $r_i \rightarrow \infty$ , 输出电阻  $r_o \rightarrow 0$   
共模抑制比  $K_{CMR} = 20 \lg \left| \frac{A_{od}}{A_{oc}} \right| \text{dB} \rightarrow \infty$

**运放电路分析方法**

虚短:  $v_o = A_{vo}(v_p - v_n)$ ,  $A_{vo}$  很大 (线性区), 故  $v_p \approx v_n$   
虚断: 因  $r_i \rightarrow \infty, i_p, i_n \rightarrow 0$ ; 放大倍数恒定:  $v_L = \frac{R_L}{R_o + R_L} v_o = v_o$   
工作曲线: 线性区很窄, 例:  $V_{om} = 15V, V_{im} = 15\mu V$ , 当  $|v_i| > V_{im}$  时饱和,  $v_o = \pm V_{om}$

**电压反馈:** 反馈信号的大小与输出电压成比例, 反馈电路直接从输出端引出, 将输出电压“短路”, 反馈信号为零;  
**电流反馈:** 反馈信号的大小与输出电流成比例, 反馈电路从负载电阻靠“地”端引出, 将输出电压“短路”, 反馈信号仍然存在。

**线性应用: 虚断、虚短、引入负反馈**

同相比例:  $A_v = \frac{v_o}{v_i} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$   
反相比例:  $A_v = -\frac{R_2}{R_1}$   
电压跟随器:  $A_v = 1$   
加法:  $v_o = -\left(\frac{R_f}{R_{11}} v_{i1} + \frac{R_f}{R_{12}} v_{i2}\right)$   
减法:  $v_o = \frac{R_3}{R_2 + R_3} v_{i2} - \frac{R_f}{R_1} v_{i1}$   
积分:  $v_o = -\frac{1}{R_1 C} \int_0^{t_1} v_i dt + v_o(t_0)$   
微分:  $v_o = -R_1 C \frac{dv_i}{dt}$

**多个电源用叠加定理也可**

**非线性: 正反馈, 虚断成立, 虚短不成立 ( $v_p \neq v_n$ )**

单门限电压比较器: 可通过调换运放同相/反相端, 来改变跳变方向

迟滞比较器: 找  $v_p = v_n$  临界条件求出  $v_T(+/-)$   
 $v_{T+} = v_p(v_o = V_{OH})$   
 $v_{T-} = v_p(v_o = V_{OL})$

**方波和锯齿波产生电路**

同相输入迟滞比较器: 积分电路

**逐次比较ADC**

数字输出: 0. 数据寄存器清零  
1. 最高位置1  $D = T_2 f_{CLK}$   
若  $v_o > v_i$ , 则清0, 否则保留  
2. 次高位置1  
若  $v_o > v_i$ , 则清0, 否则保留  
1.  $v_L = 1, S_0$  打开,  $S_1 \rightarrow v_i, v_o = \frac{1}{C} \int_0^{T_1} \frac{v_i}{R} dt = \frac{-T_1 v_i}{RC}$   
2.  $S_1 \rightarrow -V_{REF}, v_o = \frac{1}{C} \int_0^{T_2} \frac{V_{REF}}{R} dt = \frac{T_2 V_{REF}}{RC}$   $T_1 = 0, T_2 = \frac{T_1 v_i}{V_{REF}}$

