

平衡条件:  $X_f = X_i$   $A\dot{F} = 1$   
 $\rightarrow$  幅值平衡条件:  $|A\dot{F}| = 1$   
 相位平衡条件:  $\varphi_{AF} = \varphi_A + \varphi_F = \pm 2n\pi$

产生正弦的条件: 起振条件:  $|A\dot{F}| > 1$

问题与措施

- 两个问题
  - 产生单一的频率
  - 输出无非线性失真
- 采取两个措施
  - 选频网络: 让两个振荡条件只在某一特定频率下满足, 而在其它频率下至少有一个不满足。选频网络可以包含在基本放大器中, 也可以设置在反馈网络中。
  - 稳幅环节: 使环路增益随振荡幅度的增大而自动下降, 并最终达到  $|A\dot{F}| = 1$  (振荡平衡条件) 的稳定状态。

RC 正弦振荡器

正反馈选频网络:  $R_1 = R_2 = R$   
 $C_1 = C_2 = C$

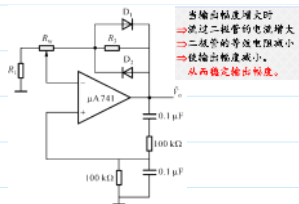
放大环节:  $A_f$

同相:  $\varphi_A = 0^\circ$

相位平衡条件:  $\varphi_{AF} = \varphi_A + \varphi_F = 0^\circ \Rightarrow$  当  $\omega = \omega_0 = \frac{1}{RC}$  时,  $\varphi_F = 0^\circ$   $f = \frac{1}{2\pi RC}$

幅值平衡条件: 当  $\omega = \omega_0$  时  $|F| = \frac{1}{3} \Rightarrow A_v = \frac{R_1' + R_2'}{R_1'} > 3$

自动稳幅

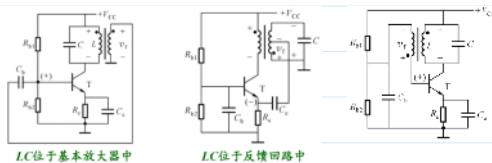


判断能否振荡

- 先画出交流通路
- 用瞬时极性法判断是否满足振荡的相位条件
- 考虑幅值条件, 包括直流偏置、耦合及动态性能

频率特性:  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$   $A = \frac{1}{R\omega_0 C}$

变压器反馈式

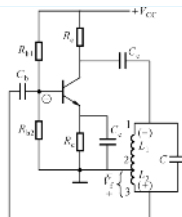


LC 正弦振荡器

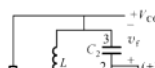
电感三点式

三点式

电容三点式

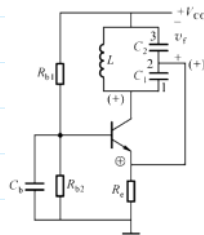


$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_1 + L_2 + 2M)C}}$$



$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(C_1 + C_2 + 2C_M)L}}$$

电容三点式



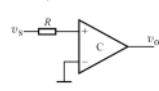
$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}}$$

比较器

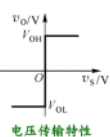
单限比较器

过零比较器

过零比较器



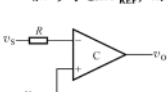
同相过零比较器



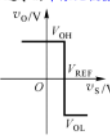
非过零比较器

非过零的单限比较器

增加参考电压  $V_{REF}$ , 则为非过零的单限比较器。

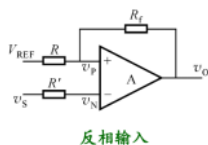


反相单限比较器



门限电平 (触发电平、阈值电平) 为  $V_{REF}$ 。

滞回比较器

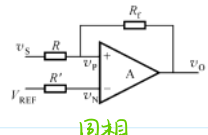
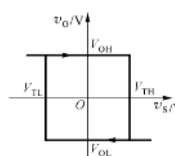


反相输入

$$V_p = \frac{R}{R+R_f} V_o + \frac{R_f}{R+R_f} V_{REF}$$

$$V_o = V_{OH} \Rightarrow V_p = V_s = V_{TH}$$

$$V_o = V_{OL} \Rightarrow V_p = V_s = V_{TL}$$



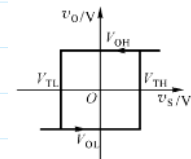
同相

$$V_p = \frac{R}{R+R_f} V_o + \frac{R_f}{R+R_f} V_s$$

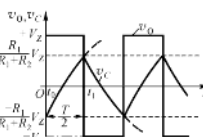
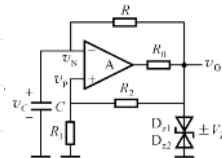
$$\Rightarrow V_s = \frac{R+R_f}{R_f} V_{REF} - \frac{R}{R_f} V_o$$

$$V_o = V_{OH} \Rightarrow V_s = V_{TH}$$

$$V_o = V_{OL} \Rightarrow V_s = V_{TL}$$



RC 充放 + 反相滞回



对方波:  $\pm V_Z$

三角波:  $+V_Z$  时建立的比较电压为  $\frac{R_1}{R_1+R_2} V_Z$ ,

即最大值为  $+\frac{R_1}{R_1+R_2} V_Z$

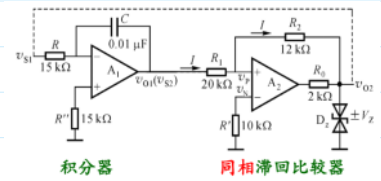
周期分析: 对一次充电:  $V_c(t) = V_c(\infty) + [V_c(0) - V_c(\infty)] e^{-\frac{t}{RC}}$

$$\Rightarrow \frac{R_1}{R_1+R_2} V_Z = V_Z + \left[ -\frac{R_1}{R_1+R_2} V_Z - V_Z \right] e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\Rightarrow T = 2t = 2RC \ln(1 + 2\frac{R_1}{R_2})$$

占空比:  $q = \frac{T_{\text{上升}}}{T} = 0.5$

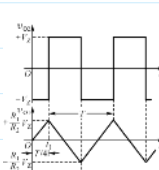
方波与三角波



积分器

同相滞回比较器

积分器 + 同相滞回



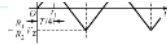
对方波:  $\pm V_Z$

对三角波:  $V_{o2} = +V_Z$  时, 建立比较电压  $-\frac{R_1}{R_2} V_Z$

最小值为  $-\frac{R_1}{R_2} V_Z$

周期分析: 对  $+V_Z$  时之由:  $\frac{R_1}{R_2} V_Z = -\frac{1}{RC} \int_0^T V_Z dt$

1



0.0.1. - R2

周期分析: 对  $\frac{T}{4}$  时长的充电:  $\frac{R_1}{R_2} V_2 = -\frac{1}{RC} \int_0^{\frac{T}{4}} (-V_2) dt$

$\Rightarrow T = 4RC \cdot \frac{R_1}{R_2}$