

بر اساس نمودار حلبه قبل معادلات آن در  $x < 1$  تقویت کننده به صورت خطی عمل می کند اما اعوجاج همچنان وجود دارد اما مقدار آن کم می باشد.

① تقویت کننده خطی عمل کند  $\Rightarrow v < 25^{mV} \Rightarrow \frac{v}{V_T} < 1$

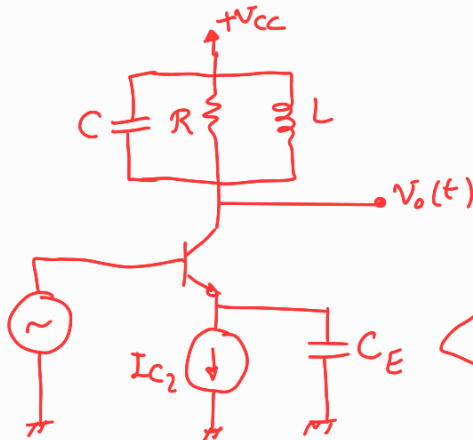
برای اعوجج ها رسوب هم نم شود باید محدود دای در نظر گرفته شود

$$\frac{I_2(x)}{I_1(x)} < 2.5\% \Rightarrow \frac{I_2(x)}{I_1(x)} = \frac{\left(\frac{x}{2}\right)^2}{\left(\frac{x}{2}\right)^1} < 2.5\% \Rightarrow x < 0.1 \Rightarrow$$

②  $v < 2.5^{mV}$

①, ②  $\Rightarrow v < 2.5^{mV}$

تقویت کننده باند باریک:



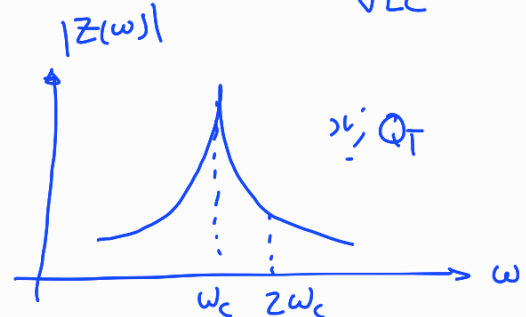
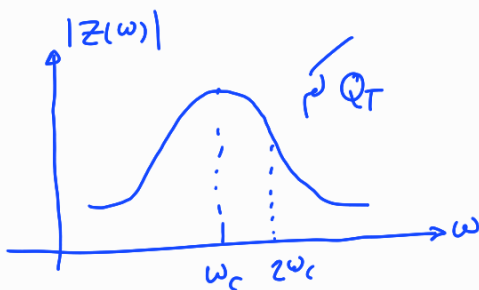
$$I_C = I_{C2} \left[ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{I_{n(x)} C_{onwt}}{I_1(x)} \right]$$

$v_o(t) = I_C(t) * Z_L(t)$

$v_{ok} = I_{ck} \cdot Z_L(k\omega)$

$$\left| \frac{Z_L(k\omega)}{Z_L(\omega)} \right| = \frac{k}{(k^2 - 1)Q_T}$$

$Q_T = RC\omega_0$  ,  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$



$$v_{ok} = 2I_{C2} \frac{I_{k(x)}}{I_1(x)} \left| Z_L(k\omega) \right| \simeq 2I_{C2} \frac{I_{k(x)}}{I_1(x)} \cdot \frac{k}{(k^2 - 1)Q_T} \left| Z_L(\omega) \right|$$

نکته: اگر  $Q_T$  در رابطه فوق خیلی بزرگ باشد هارمونیکها از دست خروبی حذف می شوند

$$g_m = \frac{I_c}{V_T}$$

در حالت سیگنال بزرگ

$$g_m = \frac{\text{دانه جریان طلوع در خارجین اصلی}}{\text{دانه ولتاژ ورودی}} = \frac{2 \cdot I_{c2} \cdot \frac{I_1(x)}{I_0(x)}}{2 V_T} \rightarrow g_{mQ}$$

$$G_m(x) = g_{mQ} \cdot \frac{2 I_1(x)}{x I_0(x)} \quad , \quad g_{mQ} = \frac{I_{c2}}{V_T}$$

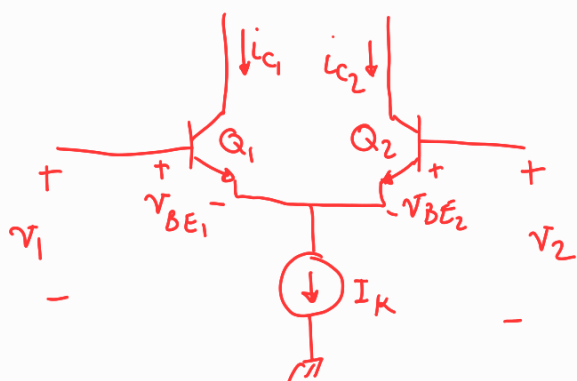
هدایت انتقالی سیگنال بزرگ

- در تقویت کننده باند باریک:
- ۱- در حالت سیگنال کوچک:
  - ۲- در حالت سیگنال بزرگ:

$$V_o(t) = V_{cc} - R_L g_m V_{C_{sw}} t$$

$$V_o(t) = V_{cc} - R_L G_m(x) V_{C_{sw}} t$$

- بررسی عملکرد غیر خطی زوج تفاضلی:



$$I_{C1,2} = f_{NL}(V_i)$$

تفاضل ولتاژهای ورودی  $V_1, V_2$

$$I_{C1} + I_{C2} = I_K \quad , \quad I_{C1} = I_{ES} e^{\frac{V_{BE1}}{V_T}} \quad , \quad I_{C2} = I_{ES} e^{\frac{V_{BE2}}{V_T}}$$

$$V_i = V_1 - V_2 = V_{BE1} - V_{BE2}$$

$$\frac{I_{C1}}{I_{C2}} = e^{\frac{V_{BE1} - V_{BE2}}{V_T}} = e^{\frac{V_1 - V_2}{V_T}} \quad x = \frac{V_1 - V_2}{V_T}$$

$$\Rightarrow I_{C1} = I_{C2} e^x \Rightarrow I_{C2} (1 + e^x) = I_K \Rightarrow I_{C2} = \frac{I_K}{1 + e^x} \quad , \quad I_{C2} - \frac{I_K}{2} = \frac{I_K}{1 + e^x} - \frac{I_K}{2} =$$

$$= -\frac{I_K}{2} \tanh\left(\frac{x}{2}\right) \Rightarrow \begin{cases} I_{C2} = \frac{I_K}{2} (1 - \tanh(\frac{x}{2})) \\ I_{C1} = \frac{I_K}{2} (1 + \tanh(\frac{x}{2})) \end{cases}$$

- کاربرد زوج تفاضلی در تقویت کننده باند وسیع ( $Z_L = R_L$ ):

$$V_i = V_{C_{sw}} \omega t$$

$$x = \frac{V}{V_T}$$

$$I_{C2}(ac) = -\frac{I_K}{2} \tanh\left(\frac{x}{2} \cos \omega t\right) = -I_K \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1}(x) \cos(2n-1)\omega t$$

$$a_n(x) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \tanh\left(\frac{x}{2} \cos \theta\right) \cos n\theta d\theta$$

نکته: فقط هارمونیکهای فرستاده می شود نسبت به تقویت کننده با یک ترانزیستور عمل در نمی آید (تقریباً)

$$V_o(t) = V_{CC} - R_L I_{C2} = V_{CC} - R_L \frac{I_K}{2} - R_L I_K \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1}(x) \cos(2n-1)\omega_o t$$

$n$ : عددی فردی باشد.

$$G_m(x) = \frac{I_K a_n(x)}{2V_T} = \frac{2g_m a_n(x)}{x} = \frac{4g_m a_n(x)}{x}$$

هدایت انتقالی سیگنال بزرگ  
هدایت انتقالی سیگنال کوچک  
زوج ضامن

- محدوده عملکرد سیگنال کوچک زوج ضامن:

به ازای  $x$  کوچک داریم:

$$I_{C2}(ac) = I_K \left( \frac{1}{4} x \left( 1 - \frac{x^2}{16} \right) \cos \omega_o t - \frac{x^3}{192} \cos 3\omega_o t \right)$$

برای آئینه تقویت کننده به صورت خطی عمل کند باید ولتاژها رو به اوج خطی داشته باشد:

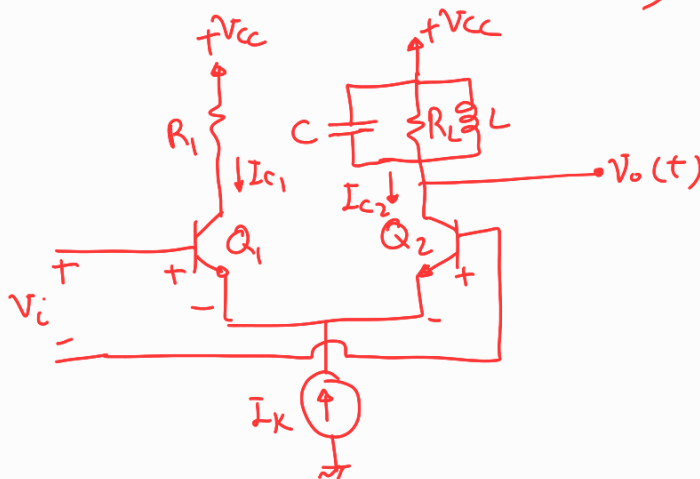
$$\frac{x^2}{16} \ll 1 \Rightarrow \frac{x^2}{16} < 2.5\% \Rightarrow x < 0.63 \Rightarrow V \leq 16^{mV}$$

$$THD = \frac{V_{o3}}{V_{o1}} = \frac{a_3(x)}{a_1(x)} < 2\% \Rightarrow x < 1 \Rightarrow V \leq 26^{mV}$$

محدوده خروجی داریم:

نیمه پهنای فرکانس  $V \leq 16^{mV}$  به عنوان تعیین کننده دوسرط فوق می باشد که در مقایسه با یک ترانزیستور تقریباً  $V$  برابر خطی تر است.

- کاربرد زوج تقاطعی در تقویت کننده باند پهنای:



$$Q = \frac{\omega_o}{B.W.} \uparrow$$

$$V_o(t) = V_{CC} - R_L G_m(x) V_{Cm} \cos \omega_o t$$

- استفاده از زوج تقاطعی در ضرب کننده فرکانس:

در صورتیکه در مدار بالا، مدار RLC در فرکانس  $\omega$  تنظیم شود یک مدار ضرب کننده فرکانس خواهیم داشت.

$$V_o(t) = V_{CC} - R_L G_m(x) V_{Cm} \cos \omega_o t$$

$$V_o(t) = V_{CC} - R_L G_{m_n}(x) V_o(t) \omega_1 t = V_{CC} - R_L \frac{V_{CC}}{x} \sin(x \omega_1 t)$$

n عددی فردی باشد.

- کاربرد ریزج تن صلی در خطوط کثیفها  
مدار بالا با منبع جریان زیر در نظریه:

$$I_{C2} = \frac{I_{K(t)}}{2} (1 - \tanh(\frac{x}{2} G_0 \omega_1 t)) \Rightarrow I_{C2}(ae) = I_{K_{ae}} \sum a_{2n-1}(x) G_0 (2n-1) \omega_1 t$$

$$I_K = I_{K1} + I_{K2} G_0 \omega_2 t \Rightarrow I_{C2}(\omega) = I_{K2} G_0 \omega_2 t \sum a_{2n-1}(x) G_0 (2n-1) \omega_1 t$$

$$\Rightarrow |I_{C2}|_{|\omega_2 - \omega_1|} = \frac{I_{K2} a_1(x)}{2}$$

با بدین تیر فرقی در فرکانس  $\omega_{df} = |\omega_2 - \omega_1|$  تنظیم شود.

