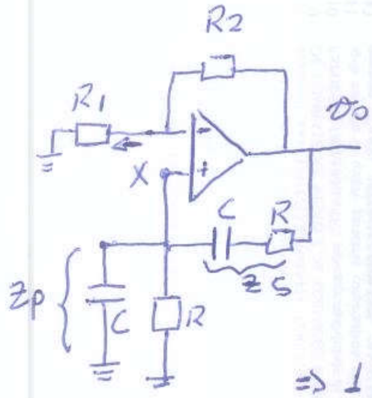
* Oscilador em ponte de Wien



- $\dfrac{v_x}{R_1} = \dfrac{v_0}{R_1+R_2} \Rightarrow v_0 = \dfrac{R_1+R_2}{R_1} v_x \Rightarrow v_0 = \left(1+\dfrac{R_2}{R_1}\right) v_x$

- $\dfrac{v_x}{Z_p} = \dfrac{v_0}{Z_p+Z_s} \Rightarrow v_x = v_0 \cdot \dfrac{Z_p}{Z_p+Z_s}$

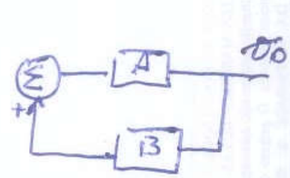
$$\Rightarrow \cancel{v_0} = \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\frac{Z_p}{Z_p+Z_s}\cdot \cancel{v_0} \Rightarrow \underbrace{\underbrace{\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)}_{A(s)} \cdot \underbrace{\frac{Z_p}{Z_p+Z_s}}_{B(s)}}_{L(s)} = 1$$

Critério de Oscilação?

$$\Rightarrow \underbrace{1 - \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\cdot\frac{Z_p}{Z_p+Z_s} = 0}_{\text{eq. característica}}$$

---

obs:



$L(s) = A(s)\cdot B(s)$

$1 - \underbrace{A(s)B(s)}_{L(s)} \Rightarrow$ eq. característica

-> A planta ($\rightsquigarrow A$) em malha aberta é o amp. não inversor com ganho $\left(1+\dfrac{R_2}{R_1}\right)$ (função transferência)

-> A malha fecha através de Zp e Zs, gerando $B = \dfrac{Z_p}{Z_p+Z_s}$

- $Z_s = \dfrac{1}{sC} + R \Rightarrow Z_s = \dfrac{1+RCs}{sC}$

- $Z_p = \dfrac{1}{sC} /\!/ R \Rightarrow Z_p = \dfrac{\frac{R}{sC}}{\frac{1}{sC}+R} \Rightarrow Z_p = \dfrac{\frac{R}{sC}}{\frac{1+RCs}{sC}} \Rightarrow Z_p = \dfrac{R}{1+RCs}$

- $\dfrac{Z_p}{Z_p+Z_s} = \dfrac{\frac{R}{1+RCs}}{\frac{R}{1+RCs} + \frac{1+RCs}{sC}} \cdot \dfrac{\frac{1+RCs}{R}}{\frac{1+RCs}{R}} \Rightarrow \dfrac{Z_p}{Z_p+Z_s} = \dfrac{1}{1+\frac{(1+RCs)^2}{sRC}} \Rightarrow \dfrac{Z_p}{Z_p+Z_s} = \dfrac{1}{1+\frac{1+2RCs+R^2C^2s^2}{sRC}}$

- $\dfrac{Z_p}{Z_p+Z_s} = \dfrac{1}{1+\frac{1}{sRC}+2+sRC} \Rightarrow \boxed{\dfrac{Z_p}{Z_p+Z_s} = \dfrac{1}{3+sRC+\frac{1}{sRC}}}$

- $\boxed{L(s) = \left(1+\dfrac{R_2}{R_1}\right)\dfrac{1}{3+sRC+\frac{1}{sRC}}}$

- $L(j\omega) = \left(1+\dfrac{R_2}{R_1}\right)\cdot\dfrac{1}{3+j\omega RC+\frac{1}{j\omega RC}} = \left(1+\dfrac{R_2}{R_1}\right)\cdot\dfrac{1}{3+j\omega RC-\frac{j}{\omega RC}}$

$$\boxed{L(j\omega) = \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\cdot\frac{1}{3+j\left(\omega RC-\frac{1}{\omega RC}\right)}}$$

• Critério de oscilação $\begin{cases} \angle L(j\omega_0) = 0 \Rightarrow \text{número real puro} \\ |L(j\omega_0)| = 1 \end{cases}$

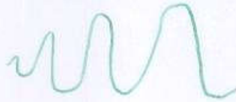
$$\therefore \begin{cases} \omega_0 RC - \dfrac{1}{\omega_0 RC} = 0 \Rightarrow \omega_0 RC = \dfrac{1}{\omega_0 RC} \Rightarrow \boxed{\omega_0 = \dfrac{1}{RC}} \\ \\ 1 + \dfrac{R_2}{R_1} \cdot \dfrac{1}{3} = 1 \Rightarrow \boxed{\dfrac{R_2}{R_1} = 2} \end{cases}$$

↳ módulo do ganho de malha aberta

---

obs:

$|L(j\omega_0)| = 1 \Rightarrow$  vout

$|L(j\omega_0)| > 1 \Rightarrow$  vout (até a saturação)

$|L(j\omega_0)| < 1 \Rightarrow$  vout

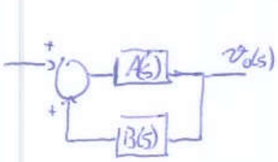
---

• Para que a oscilação tenha início e não ocorra o risco de $|L(j\omega_0)| < 1$, devido à mudanças dos valores dos componentes com a temperatura, fazemos $|L(j\omega_0)| = 1 + \delta \ (\delta \to 0^+)$ e limitamos à saída por meio de uma malha de controle não linear. Resumindo:

início: $|L(j\omega_0)| = 1 + \delta$

Quando já oscila $|L(j\omega_0)| = 1$

• Outra abordagem para a oscilação é por Laplace



$$\to FT = \frac{A(s)}{1 - \underbrace{A(s).B(s)}_{L(s)}} \Rightarrow \frac{\overbrace{\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)}^{A_v}}{1 - \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)\left(3 + sRC + \frac{1}{sRC}\right)^{-1}} \Rightarrow \frac{A_v}{1 - A_v\left(3 + sRC + \frac{1}{sRC}\right)^{-1}}$$

$$\Rightarrow \frac{A_v}{1 - A_v \cdot \left(\frac{3sRC + (sRC)^2 + 1}{sRC}\right)^{-1}} \Rightarrow \frac{A_v}{1 - \frac{A_v sRC}{3sRC + (sRC)^2 + 1}} \Rightarrow \frac{A_v}{\frac{3sRC + (sRC)^2 + 1 - A_v sRC}{3sRC + (sRC)^2 + 1}}$$

$$\Rightarrow \frac{A_v \cdot (3sRC + (sRC)^2 + 1)}{(sRC)^2 + sRC(3 - A_v) + 1}$$ $\Rightarrow$ A condição para oscilar é que os pólos sejam números imaginários puros

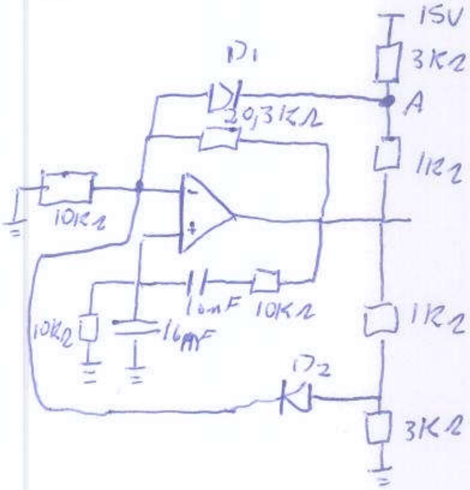
$\therefore \; RC.(3-A_v)=0 \Rightarrow A_v=3 \Rightarrow 1+\frac{R_2}{R_1}=3 \Rightarrow \boxed{\frac{R_2}{R_1}=2}$

$\hookrightarrow$ mesma condição anterior

$$\Rightarrow (s_p RC)^2 + s_p RC.\underbrace{(3-A_v)}_{\emptyset} + 1 = \emptyset$$

$$\Rightarrow (s_p RC)^2 + 1 = 0 \Rightarrow s_p = \frac{\pm J}{RC} \Rightarrow \boxed{w_0 = \frac{1}{RC}}$$

Exercício 13.3 - Sedra



$$FT: \frac{A(s)}{1 - A(s)B(s)} \begin{cases} A(s) = Av = 1 + \frac{20,3}{10} \Rightarrow Av = 3,03 \\ B(s) = \frac{1}{3 + sRC + \frac{1}{sRC}} = \left(\frac{3sRC + (sRC)^2 + 1}{+sRC}\right) \end{cases}$$

$$\therefore FT = \frac{Av\,(3sRC + (sRC)^2 + 1)}{(sRC)^2 + sRC(3 - Av) + 1}$$

$$\text{pólos} \Rightarrow (s_p \underbrace{R}_{10^4} \underbrace{C}_{16 \cdot 10^{-9}})^2 + s_p RC \cdot (3 - \overset{3,03}{Av}) + 1 = \emptyset$$

$$\Rightarrow (16 \cdot 10^{-5} s_p)^2 + 16 \cdot 10^{-5} \cdot (-0,03) s_p + 1 = 0 \Rightarrow s_p = \begin{cases} 93,750 + 6249,3j \\ 93,750 - 6249,3j \end{cases}$$

$$\omega_d = |s_p| = 6.250 \text{ rad/s} \Rightarrow \boxed{f_d = 994,7184 \text{Hz}}$$

c-)

- $v_x > 0 \Rightarrow v_{out} > 0 \Rightarrow v_{out} > v_x \Rightarrow D_1$ aberto

  - $V_B = -15 \cdot \frac{1k\Omega}{3k\Omega + 1k\Omega} + v_o \cdot \frac{3k}{1k + 3k}$ (D_2 aberto)

  - $V_B = -\frac{15}{4} + v_o \frac{3}{4} \Rightarrow V_B = \frac{3v_o - 15}{4}$

$\rightarrow D_2$ conduz a partir de

$$v_{x_{L+}} - V_B = -V_{DON}$$

$$\downarrow$$

$$\frac{v_{oL+}}{Av} - V_B = -V_{DON} \Rightarrow \frac{v_{oL+}}{1 + \frac{293}{10}} - \frac{3v_{oL+} - 15}{4} = V_{DON}$$

$$\frac{v_{oL}}{3{,}03} - \frac{3v_{oL} - 15}{4} = -V_{DON} \Rightarrow \frac{4v_{oL} - 9{,}09v_{oL+} + 45{,}45}{12{,}12} = -V_{Don}$$

$$-5{,}09v_{oL} + 45{,}45 = -12{,}12V_{Don} \Rightarrow \boxed{v_{oL+} = \frac{45{,}45 + 12{,}12\overbrace{V_{Don}}^{\sim 0{,}7}}{5{,}09}} \Rightarrow \boxed{v_{oL+} \simeq 10{,}57}$$

- $v_x < 0 \Rightarrow v_{out} < 0 \Rightarrow v_x > v_{out} \Rightarrow D_2$ aberto

  - $V_A = 15 \cdot \frac{1}{3+1} + v_o \frac{3}{1+3} \Rightarrow V_A = \frac{15}{4} + \frac{3v_o}{4} \Rightarrow \boxed{V_A = \frac{3v_o + 15}{4}}$ (D_1 aberto)

$\rightarrow D_1$ conduz a partir de

$$v_{xL-} - V_A = V_{Don}$$

$$\downarrow$$

$$\frac{v_{oL^-}}{3{,}03} - \frac{3v_{oL-} + 15}{4} = V_{Don} \Rightarrow \frac{4v_{oL^-} - 9{,}09v_{oL} - 45{,}45}{12{,}12} = V_{Don}$$

$$-5{,}09v_{oL} - 45{,}45 = 12{,}12V_{Don} \Rightarrow \boxed{v_{oL-} = \frac{-45{,}45 - 12{,}12V_{DON}}{5{,}09}} \Rightarrow \boxed{v_{oL-} = -10{,}57}$$

$$\therefore \boxed{v_o = 10{,}5796\,V_p \text{ ou } v_o = 21{,}591\,V_{pp}}$$