Ejercicio 7

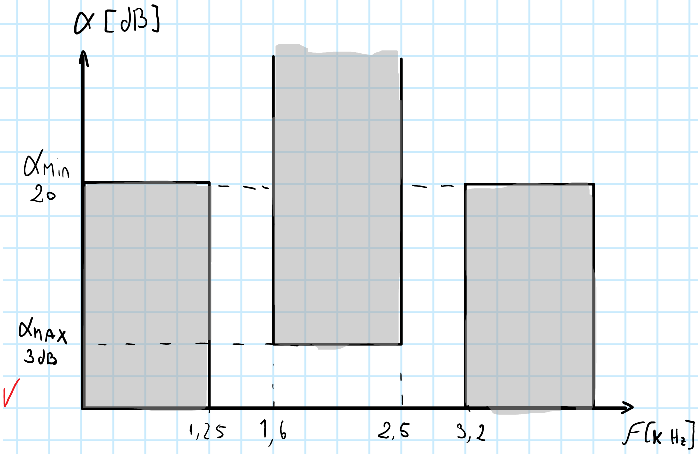
miércoles, 8 de junio de 2022 8:20 p. m.

Se debe diseñar un filtro pasabanda con las siguientes especificaciones:

- Frecuencia de corte inferior f_{ci}: 1600 KHz y frecuencia de corte superior f_{cs}: 2500 KHz
- Ripple máximo en la banda de paso ε: 3dB
- Máxima planicidad en la banda de paso.
- Ganancia máxima en la banda de paso: 10 dB
- Atenuación mínima α_{min} de 20 dB a las frecuencias de 1250 KHz y 3200 KHz.

Se pide:

a) Obtener la función transferencia normalizada del filtro ✓
b) Graficar el diagrama de polos y ceros ✓
c) Graficar la transferencia (módulo y fase) del filtro pedido ✓
d) Sintetizar el filtro utilizando estructuras Ackerberg-Mossberg (AM)(Ver apéndice) ✓
e) Simular el filtro obtenido, verificando las especificaciones de diseño ✓



$F_o^2 = F_{1P} \cdot F_{2P} \rightarrow F_o = \sqrt{F_{1P} \cdot F_{2P}} = \sqrt{1,6 \cdot 2,5}$ KHz $\rightarrow F_o = 2$ KHz

$F_o = 2$ KHz $\longrightarrow \omega_o = 2\pi 2\ s^{-1} \longrightarrow \omega_{oN} = \omega_o/\omega_o \longrightarrow \omega_{oN} = 1$

$F_{s1} = 1,25$ KHz $\longrightarrow \omega_{s1} = 2\pi\, 1,25\ s^{-1} \longrightarrow \omega_{s1N} = \omega_1/\omega_o \longrightarrow \omega_{s1N} = 0,625$

$F_{s2} = 3,2$ KHz $\longrightarrow \omega_{s2} = 2\pi\, 3,2\ s^{-1} \longrightarrow \omega_{s2N} = \omega_2/\omega_o \longrightarrow \omega_{s2N} = 1,6$

$F_{P_1} = 1,6$ KHz $\longrightarrow \omega_{P_1} = 2\pi\, 1,6\ s^{-1} \longrightarrow \omega_{P1N} = \omega_{P_1}/\omega_o \longrightarrow \omega_{P1N} = 0,8$

$F_{P_2} = 2,5$ KHz $\longrightarrow \omega_{P_2} = 2\pi\, 2.5\ s^{-1} \longrightarrow \omega_{P2N} = \omega_{P_2}/\omega_o \longrightarrow \omega_{P2N} = 1,25$

NORMALIZO EN FRECUENCIA

$Q = \frac{\omega_o}{B}$

$Q = \frac{2 \cdot \cancel{2\pi\, KHz}}{(2,5-1,6)\cancel{2\pi\, KHz}}$

$\boxed{Q = \frac{20}{9} \simeq 2,22}$

Para encontrar las frecuencias equivalentes en Pasa Bajo

$$\boxed{\Omega_{LP} = Q\,\frac{(\omega_{BP}^2 - 1)}{\omega_{BP}}}$$

Uso la formula para encontrar las Ω equivalentes

ω_{BP}	Ω_{LP}
$\omega_{oN} = 1$	$\Omega_o = 0$
$\omega_{P1N} = 0,8$	$\Omega_{P_1} = -1$
$\omega_{P2N} = 1,25$	$\Omega_{P_2} = 1$
$\omega_{S1N} = 0,625$	$\Omega_{S1} = -13/6 \simeq -2,1667$
$\omega_{S2N} = 1,6$	$\Omega_{S2} = \frac{13}{6} \simeq 2,1667$

Tengo que elegir el "m" necesario que cumpla α_{min}. Uso ITERACIÓN

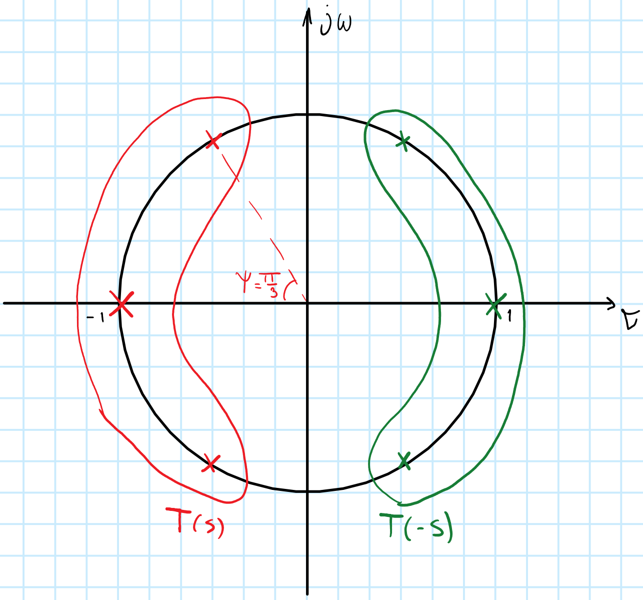
Evaluo en $\Omega = \frac{13}{6}$ ya que $|\Omega_{S1}| = \Omega_{S2}$

$\alpha_{min} = 10 \log(1 + \varepsilon^2\, \Omega_S^{2m})$ Para $\alpha_{MAX} = 3$dB $\longrightarrow$ Butterworth $\rightarrow \varepsilon = 1$

$m = 2 \rightarrow \alpha_m = 10 \log\left(1 + \frac{13}{6}^{2.2}\right) \simeq 13,624$ ✗

$m = 3 \rightarrow \alpha_m = 10 \log\left(1 + \frac{13}{6}^{2.3}\right) \simeq 20,19 > \alpha_{min} = 20$dB ✓

Diagrama de P y Z para Butter → $n = 3$



Butter Orden 3

$$T_{LP} = \frac{1}{\$ + 1} \cdot \frac{1}{\$^2 + \$\, 2.\cos\psi + 1}$$

$$\cos\left(\frac{\pi}{3}\right) = 0{,}5$$

$$\therefore \boxed{T_{LP}(\$) = \frac{1}{\$ + 1} \cdot \frac{1}{\$^2 + \$ + 1}}$$

Desnormalizo para obtener un Pasa-Banda

KERNEL

$$\$ = Q\,\frac{(s^2+1)}{s}$$

$$\therefore T_{BP}(s) = \frac{1}{Q\frac{(s^2+1)}{s} + 1} \cdot \frac{1}{\left(Q\frac{(s^2+1)}{s}\right)^2 + Q\frac{(s^2+1)}{s} + 1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{s}{Qs^2 + Q + s} \cdot \frac{1}{\frac{Q^2(s^4 + 2s^2 + 1)}{s^2} + \frac{Qs^2 + Q}{s} + 1}$$

$$\Rightarrow T_{BP}(s) = \frac{\frac{1}{Q}\, s}{s^2 + s\frac{1}{Q} + 1} \cdot \frac{s^2}{Q^2 s^4 + 2Q^2 s^2 + Q^2 + Q s^3 + Q s + s^2}$$

$$\frac{1}{Q} = \frac{9}{20} = 0{,}45$$

$$\Rightarrow T_{BP}(s) = \frac{\frac{1}{Q}\, s}{s^2 + s\frac{1}{Q} + 1} \cdot \frac{\frac{1}{Q^2}\, s^2}{s^4 + \frac{1}{Q} s^3 + \frac{(2Q^2+1)}{Q^2} s^2 + \frac{1}{Q} s + 1}$$

Separo el polinomio de ORDEN 4 en 2 de ORDEN 2 (calculo en PYTHON)

Coeficientes Pol_2

1
0.268288
1.47645

Coeficientes Pol_3

1
0.181712
0.677301

$$\therefore \quad \boxed{T_{BP}(s) = \frac{0{,}45}{s^2 + 0{,}45\, s + 1} \cdot \frac{0{,}45\, s}{s^2 + 0{,}268288\, s + 1{,}47645} \cdot \frac{0{,}45\, s}{s^2 + 0{,}181712\, s + 0{,}677301}}$$

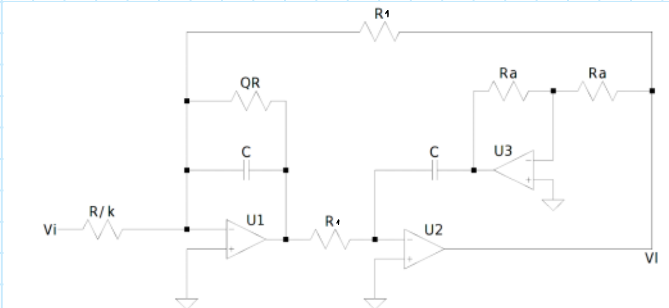
Necesito ganancia = 10 dB en la banda de Paso

$$10\,dB = 20 \log(x)_{dB} \rightarrow X = 10^{\frac{10}{20}} \rightarrow X \cong 3{,}1623$$

$$\therefore \quad \boxed{T_{BP}(s) = \frac{3{,}1623 \cdot 0{,}45\, s}{s^2 + 0{,}45\, s + 1} \cdot \frac{0{,}45\, s}{s^2 + 0{,}268288\, s + 1{,}47645} \cdot \frac{0{,}45\, s}{s^2 + 0{,}181712\, s + 0{,}677301}}$$

GRAFICOS EN JUPYTER

Implementación del filtro usando estructuras Åckerberg-Mossberg



Donde si $R_1 = R_A = R$

Tenemos una transferencia:

$$T(s) = -K * \frac{\frac{1}{RC} s}{s^2 + \left(\frac{1}{RQC}\right) s + \frac{1}{R^2C^2}}$$

$$T_{BP}(s) = \underbrace{\frac{-3{,}1623 \cdot 0{,}45\, s}{s^2 + 0{,}45\, s + 1}}_{T_1} \cdot \underbrace{\frac{-0{,}45\, s}{s^2 + 0{,}268288\, s + 1{,}47645}}_{T_2} \cdot \underbrace{\frac{-0{,}45\, s}{s^2 + 0{,}181712\, s + 0{,}677301}}_{T_3} \cdot (-1)$$

Para respetar el signo ORIGINAL

Caso T_1:

Adopto $R = 1K = \Omega_z \rightarrow R_N = \frac{R}{\Omega_z} = 1$

$$\frac{\overbrace{\omega_{o1}}^{1}}{Q_1} = 0{,}45 \rightarrow Q_1 = \frac{1}{0{,}45} = \frac{20}{9}$$

$$\frac{1}{Q_1 R_N C_N} = 0{,}45 = \frac{9}{20} \rightarrow C_N = \frac{1}{\cancel{\frac{9}{20}} \cdot 1 \cdot \cancel{\frac{20}{9}}} = 1$$

$$\frac{K_1}{R_N C_N} = 3{,}1623 \cdot 0{,}45 \rightarrow \frac{R_N}{K_1} = 0{,}7027234$$

DESNORMALIZACION

$$C = \frac{C_N}{\Omega_\omega \cdot \Omega_z} = \frac{1}{2\pi \cdot 2KHz\, 1K\Omega} \rightarrow C = 79{,}58\, nF$$

$$\frac{R}{K_1} = \frac{R_N \cdot \Omega_z}{K_1} = 702{,}7234\, \Omega$$

$$Q_1 R = Q_1 R_N \cdot \Omega_z = 2{,}22\, K\Omega$$

$$R_1 = Ra = 1\, K\Omega$$

Caso T_2:

Adopto $R = 1K = \Omega_z \rightarrow R_N = \frac{R}{\Omega_z} = 1$

$$\frac{\omega_{o2}}{Q_2} = 0{,}268288 \rightarrow Q_2 = \frac{\sqrt{1{,}47645}}{0{,}268288} \cong 4{,}529$$

$$\frac{1}{Q_2 R_N C_N} = 0{,}268288 \rightarrow C_N = \frac{1}{0{,}268288 \cdot 1 \cdot 4{,}529} \cong 0{,}823$$

$$\frac{K_2}{R_N C_N} = 0{,}45 \rightarrow \frac{R_N}{K_2} = \frac{1}{0{,}823 \cdot 0{,}45} \cong 2{,}7$$

DESNORMALIZACION

$$C = \frac{C_N}{\Omega_s \cdot \Omega_z} = \frac{0{,}823}{2\pi \cdot 2KHz\, 1K\Omega} \rightarrow C = 65{,}49\, nF$$

$$\frac{R}{K_2} = \frac{R_N \cdot \Omega_z}{K_2} = 2K7\,\Omega$$

$$Q_2 R = Q_1 R_N \cdot \Omega_z = 4529\, \Omega$$

$$R_1 = Ra = 1\, K\Omega$$

Caso T_3:

Adopto $R = 1K = \Omega_Z \rightarrow R_N = \frac{R}{\Omega_Z} = 1$

$\frac{\omega_{o_3}}{Q_3} = 0,181712 \rightarrow Q_3 = \frac{\sqrt{0,677301}}{0,181712} \cong 4,529$

$\frac{1}{Q_3 R_N C_N} = 0,181712 \rightarrow C_N = \frac{1}{0,181712 \cdot 1 \cdot 4,529} \cong 1,2151$

$\frac{K_3}{R_N C_N} = 0,45 \rightarrow \frac{R_N}{K_3} = \frac{1}{1,2151 \cdot 0,46} \cong 1,828851$

Desnormalizacion

$C = \frac{C_N}{\Omega_S \cdot \Omega_Z} = \frac{1,2151}{2\pi \cdot 2KHz \, 1K\Omega} \rightarrow C = 96,69 \, nF$

$\frac{R}{K_3} = \frac{R_N \cdot \Omega_Z}{K_3} = 1828,85 \, \Omega$

$Q_3 R = Q_3 R_N \cdot \Omega_Z = 4529 \, \Omega$

$R_1 = R_a = 1K$