

# TP Lab1- Grupo 4

sábado, 28 de mayo de 2022 14:41

## Grupo 4.

Implementar un filtro de máxima planicidad, Pasa Altos, que tenga una atenuación en la banda de paso de 1dB, y en la banda de rechazo de 10dB, con una frecuencia límite de la banda de paso de 22kHz, y en la banda de eliminación de 8.2kHz. Considere una ganancia de 18dB en la banda de paso.

### Ejercitación de laboratorio

1. Grafique la plantilla con los requisitos del diseño. Indique los valores asumidos. Grafique la función de aproximación ajustada a los límites de la plantilla.
2. Obtener el orden del filtro en forma analítica, verificar utilizando matlab.
3. Obtención de las expresiones que representan el módulo, fase y retardo de grupo para la estructura diseñada. Deben constar en el informe todos los pasos utilizados en el proceso.
4. Realice el diagrama de polos-ceros.
5. Utilizando MATLAB, obtener la gráfica de respuesta en frecuencia (módulo y fase) correspondiente a cada filtro requerido, así como la gráfica del retardo de grupo que introduce.
6. Diseñe el filtro utilizando una topología tipo **Variable de estado (KHN)**.
7. Utilizando herramientas de simulación (Electronic Workbench, Multisim, Tina, LTspice, etc.) obtenga la transferencia de los filtros requeridos y verifique que cumple con lo pedido. Realice la simulación con componentes ideales (R, L, C, AOs), y luego reemplácelos por los que utilizará en el armado (R, L, C con los valores comerciales, y el modelo del AO a utilizar). Identifique las diferencias en ambas simulaciones, si las hay, y trate de justificarlas.
8. Utilizando componentes comerciales, arme el circuito y mida las transferencias simuladas. Realice las gráficas de Bode (módulo y fase), y del retardo de grupo introducido por el filtro. Verifique que cumple con los requerimientos. Explique las diferencias, si las hay.

Pasa Altos

Máxima Planicidad

Atte 1dB

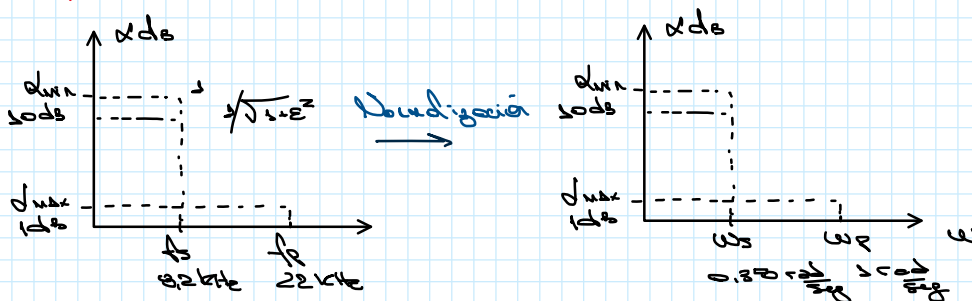
Atte 10dB

$f_p$  22 kHz

$f_s$  8.2 kHz

Ganancia en banda de paso: 18dB

Plantilla de diseño HAF



$$\omega_p = 2\pi f_p = 2\pi \cdot 22 \text{ kHz}$$

$$\omega_p = 138,2 \text{ krad/s}$$

$$\omega_p \rightarrow 1 \text{ rad/s}$$

$$\omega_s = 2\pi f_s = 2\pi \cdot 8,2 \text{ kHz}$$

$$\omega_s = 51,5 \text{ krad/s}$$

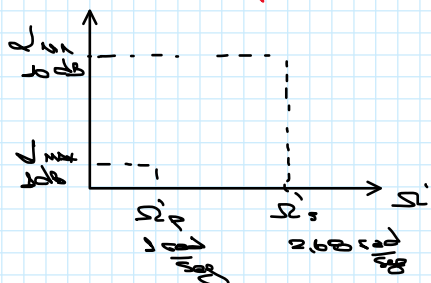
$$\omega_s \rightarrow 0,38 \text{ rad/s}$$

## Transformación a LRF

$$s' = \frac{1}{s} \rightarrow \frac{ds'}{ds} = \frac{1}{s^2} \rightarrow s' = -\frac{1}{s}$$

$$s'_s = -\frac{1}{s_s} = -\frac{1}{0,38} = -2,68 \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)^{-1}$$

## Platillo prototipo LRF



## Función Aproximación

Butterworth para máxima planitud

$$|T(\omega)|^2 = \frac{1}{1 + \epsilon^2 \omega^{2m}}$$

$$\epsilon = (10^{0,1 \text{ dB}} - 1) = 10^{0,1 \text{ dB}} - 1 \Rightarrow \epsilon^2 = 0,259$$

$$\epsilon = \sqrt{0,259} = 0,5$$

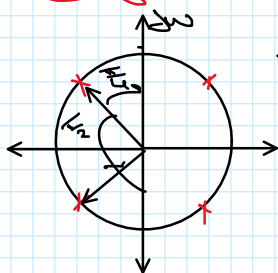
$$m = \frac{\log[(10^{0,1 \text{ dB}} - 1) / (10^{0,1 \text{ dB}} - 1)]}{2 \log s'_s}$$

$$m = \frac{\log[(10^{0,1 \text{ dB}} - 1) / 0,259]}{2 \log 2,68} =$$

$$m = \frac{\log[10^1 - 1] / 0,259}{0,856}$$

$$m = \frac{\log 30,88}{0,856} = 1,74 \rightarrow m = 2 \text{ Orden del filtro}$$

## Diagrama de Polos y Ceros



2 polos simétricos separados  $\frac{\pi}{2}$

## Función Transferencia Prototipo

$$\sin \frac{\pi}{4} = 0,707$$

$$\cos \frac{\pi}{4} = 0,707$$

$$|H(\omega)|^2 = \frac{1}{1 + 0,259 \omega^4} \Rightarrow |H(s)| = \frac{1}{1 + 0,259 \left(\frac{s}{s'}\right)^4} = \frac{1}{1 + 0,259 s^4}$$

$$|H(s)|^2 = \frac{1}{(s + 0,707 + j0,707)(s + 0,707 - j0,707)(s - 0,707 + j0,707)(s - 0,707 - j0,707)}$$

$$H(s) = \frac{1}{\left(s + \frac{\sqrt{2}}{2} + j\frac{\sqrt{2}}{2}\right)\left(s + \frac{\sqrt{2}}{2} - j\frac{\sqrt{2}}{2}\right)} = \frac{1}{s^2 + s\sqrt{2} + 1}$$

$$H(s) = \frac{1}{s^2 + 2 \cdot s \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}} = \frac{1}{s^2 + s\sqrt{2} + 1}$$

## Transformación LRF a HPF prototipo

$$s = \frac{1}{s} \rightarrow H(s) = \frac{1}{\left(\frac{1}{s}\right)^2 + \frac{1}{s}\sqrt{2} + 1} = \frac{1}{\frac{1}{s^2} + \frac{1}{s}\sqrt{2} + 1} = \frac{s^3}{s^2 + s\sqrt{2} + 1}$$

$$H(s) = \frac{s}{s} \frac{s^2}{s^2 + s\sqrt{2} + 1} \Rightarrow H(s) = \frac{s^2}{s^2 + s\sqrt{2} + 1}$$

Desnormalizar a frecuencia HPF

$$s = \frac{s}{\omega_0} \rightarrow H(s) = \frac{\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2}{\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2 + \frac{s}{\omega_0}\sqrt{2} + 1} = \frac{\frac{s^2}{\omega_0^2}}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + \frac{s}{\omega_0}\sqrt{2} + 1}$$

$$H(s) = \frac{\frac{s^2}{\omega_0^2}}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + \frac{s}{\omega_0}\sqrt{2} + 1} \Rightarrow H(s) = \frac{\left(\frac{s}{\omega_0}\right) \omega_0^3}{\omega_0 s^2 + \omega_0^2 s \sqrt{2} + \omega_0^3}$$

$$H(s) = \frac{1}{\omega_0} \frac{s^2 \omega_0}{s^2 + s \omega_0 \sqrt{2} + \omega_0^2} \Rightarrow H(s) = \frac{s^2}{s^2 + s \sqrt{2} \omega_0 + \omega_0^2}$$

filtro prototipo desnormalizado a frecuencia

$$\omega_0 = 22 \text{ kHz} \rightarrow H(s) = \frac{s^2}{s^2 + \sqrt{2} \cdot 22 \cdot 10^3 s + (22 \cdot 10^3)^2} = \frac{s^2}{s^2 + 31.1 \cdot 10^3 s + 484 \cdot 10^6}$$

filtro HPF generalizado

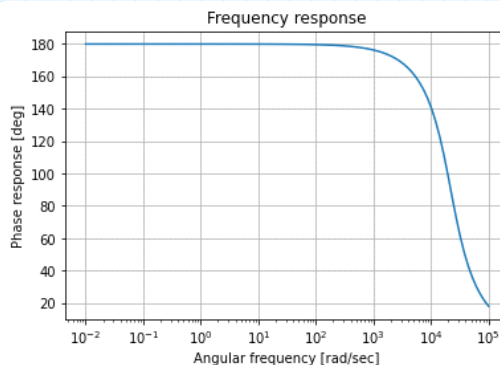
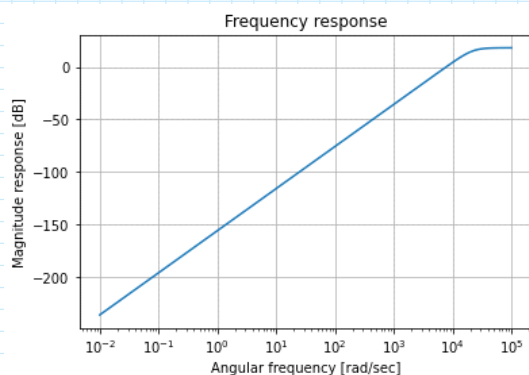
$$H(s) = \frac{k s^2}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q_p} s + \omega_0^2} \Rightarrow k = 8 \rightarrow \text{para una ganancia 18 dB}$$

prototipo HPF desnormalizado y ganancia 18 dB

$$H(s) = \frac{8 s^2}{s^2 + 31.1 \cdot 10^3 s + 484 \cdot 10^6}$$

Simulacion en PSpice

Code



## Diagrama polos y ceros normalizados

