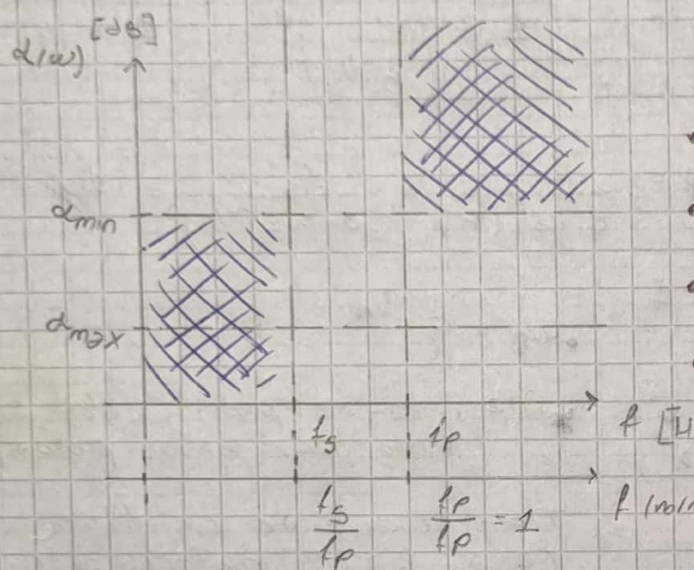
Albero Federico | 1 | TS 4

Trabajo Práctico Semanal IV

Plantilla de diseño: → Zona prohibida



Datos:

- $\alpha_{max} = 1\ dB$
- $\alpha_{min} = 30\ dB$
- $f_p = 40\ KHz$
- $f_s = 10\ KHz$

- $\Omega_\omega = 2\pi \cdot f_p = 2\pi \cdot 40KHz$ → norma de frecuencia.

- $\dfrac{f_s}{f_p} = \dfrac{10\ KHz}{40\ KHz} = \dfrac{1}{4} = 0{,}25$ // $\qquad f_s' = 0{,}25 < 1$

1 Obtener la transferencia de máxima planicidad del filtro requerido.

Como $f_p > f_s$ → Filtro pasa altos !

Para obtener el HPF, trabajo con un LPF prototipo y luego lo transformo para así llegar al filtro objetivo.

* normalizo la plantilla: $w_p = 1$

$w_s = 0{,}25$

* Plantilla del filtro pasa bajos equivalente (prototipo):

- $\Omega_p = \dfrac{1}{w_p} = 1$ // $\quad \bullet\ \Omega_s = \dfrac{1}{w_s} = \dfrac{1}{0{,}25} = 4$ // $\quad \begin{cases} \alpha_{max} = 1\,dB \\ \alpha_{min} = 30\,dB \end{cases}$ (no cambian)

$\Omega_s > \Omega_p$, $4 > 1$ } Filtro Pasa bajos

* Diseño un LPF de máxima planicidad:

- $\xi^2 = 10^{\frac{\alpha_{max}}{10}} - 1 = 0{,}2589\ldots$ //

$\hookrightarrow \xi = \sqrt{0{,}2589\ldots} = 0{,}5088$ //

$\alpha_{min} = \alpha(\Omega = \Omega_s) \ ; \ \Omega_s = 4$

$= 10 \cdot \log(1 + \xi^2 \cdot \Omega_s^{2n})$

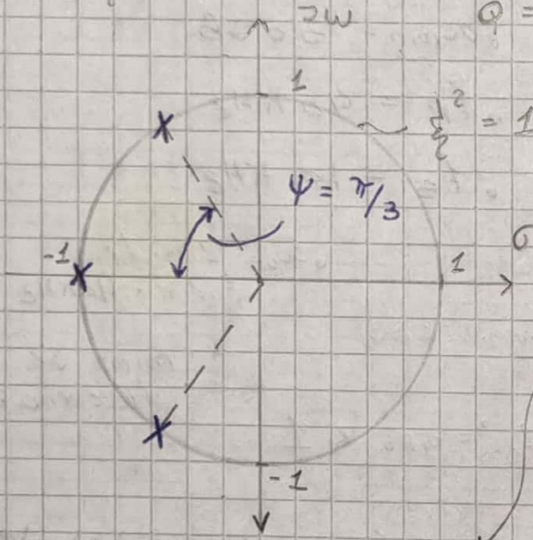
- $\alpha_{min}(n=2) = 18{,}28\,dB < 30\,dB$ ✗ $\quad \bullet\ \alpha_{min}(n=3) = 30{,}26\,dB > 30\,dB$ ✓

$\hookrightarrow n = 3$ //

• Como se trata de un M.P., lo puedo plantear como un Butterworth con $\xi^2 = 1$ y luego renormalizo la transferencia con ω_B.

• $$|T_{MP-HP}(\omega)|^2 = \frac{1}{1 + \xi^2 \cdot \omega^{2n}} = \frac{1}{1 + \left(\frac{\omega}{\xi^{-1/n}}\right)^{2n}} = \frac{1}{1 + (\omega'')^{2n}}$$

• $$\omega'' = \frac{\omega}{\xi^{-1/n}}$$



$$Q = \frac{1}{2 \cdot \cos(\psi)} = \frac{1}{2 \cdot \cos(\pi/3)} = 1$$

$\xi^2 = 1$

• $\omega_B = \xi^{-1/n}$

* Diagrama de polos y ceros del filtro pasa bajos prototipo.

Transferencia de un filtro pasa bajos Butterworth orden 3

Sección orden 2

Sección orden 1

$$T_{LP}(\$) = \left(\frac{1}{\$^2 + \$ \cdot \underbrace{2\cos(\pi/3)}_{1} + 1}\right) \cdot \left(\frac{1}{\$ + 1}\right)$$

$$T_{HP}(s) = T_{LP}(\$ = k/s) = T_{LP}(\$ = 1/s) \rightarrow$$ Aplico el núcleo de transformación LPF → HPF

$$T_{HP}(s) = \left(\frac{1}{\frac{1}{s^2} + \frac{1}{s} \cdot 1 + 1}\right) \cdot \left(\frac{1}{\frac{1}{s} + 1}\right)$$

$$= \left(\frac{1}{\frac{1 + s + s^2}{s^2}}\right) \cdot \left(\frac{1}{\frac{1+s}{s}}\right) = \left(\frac{s^2}{s^2 + s + 1}\right) \cdot \left(\frac{s}{s+1}\right)$$

Obtengo la transferencia de un HPF Butter

$$\Rightarrow \omega_{B_{HPF}} = \frac{1}{\omega_{B_{LPF}}} = \frac{1}{\xi^{-1/n}} = \xi^{+1/n}$$ → Cambia la ω_B para la renormalización del filtro pasa altos.

$$\omega_{B_{HPF}} = \omega p \cdot \xi^{+1/n} = 1 \cdot (0{,}5088)^{1/3}$$

$$= 0{,}7983$$

$$T_{HP}(s) = \left(\frac{s^2}{s^2 + \frac{\omega_B}{Q} \cdot s + \omega_B^2}\right) \cdot \left(\frac{s}{s + \omega_B}\right)$$

Transferencia del filtro pasa altos, máxima planicidad.

$$\omega_B^2 = (0{,}7983)^2 = 0{,}63733 \quad , \quad Q = 1$$

Escaneado con CamScanner

Albero Federico | 2 | TS4

* El φ de transferencia Butter es el mismo que en MP, ya que el φ está en función de la apertura angular de los polos, la cual se mantiene constante.
Lo que cambia es la frecuencia $\omega_0 = 1 \rightarrow \omega_B$, ya que varía el radio en el cual están circunscriptas las singularidades.

$$T_{HP}(s) = \left(\frac{s^2}{s^2 + 0,7983 \cdot s + 0,63733} \right) \cdot \left(\frac{s}{s + 0,7983} \right)$$

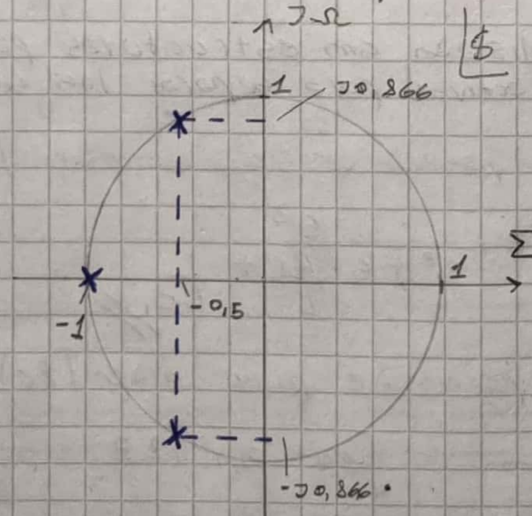
Transferencia de máxima planicidad del filtro pasa altos objetivo

- Polos: $-0,7983$
  $-0,39915 + j \cdot 0,691382$
  $-0,39915 - j \cdot 0,691382$
- Cero: $0 + j0$, orden $n = 3$

② Obtener el diagrama de polos y ceros, y un bosquejo de la respuesta en frecuencia. Compare el diagrama de polos y ceros con el del filtro pasabajo prototipo.

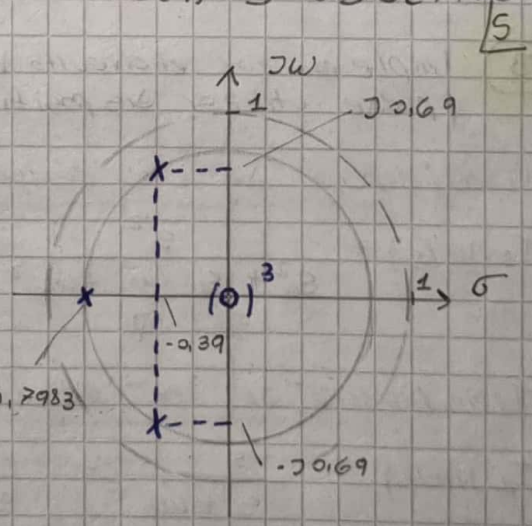
$s = \sigma + j \cdot \omega$
$\$ = \Sigma + j\Omega$

* Filtro pasa bajos orden 3 prototipo

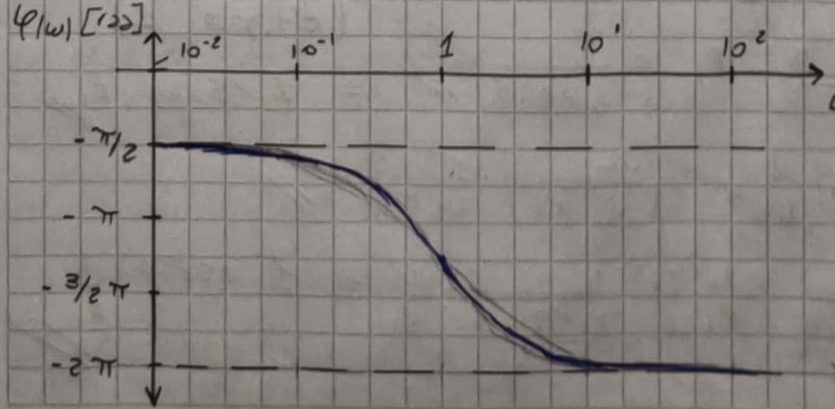


- Polos: $-0,5 + j\,0,866$
  $-0,5 - j\,0,866$
  $-1 + j\,0$

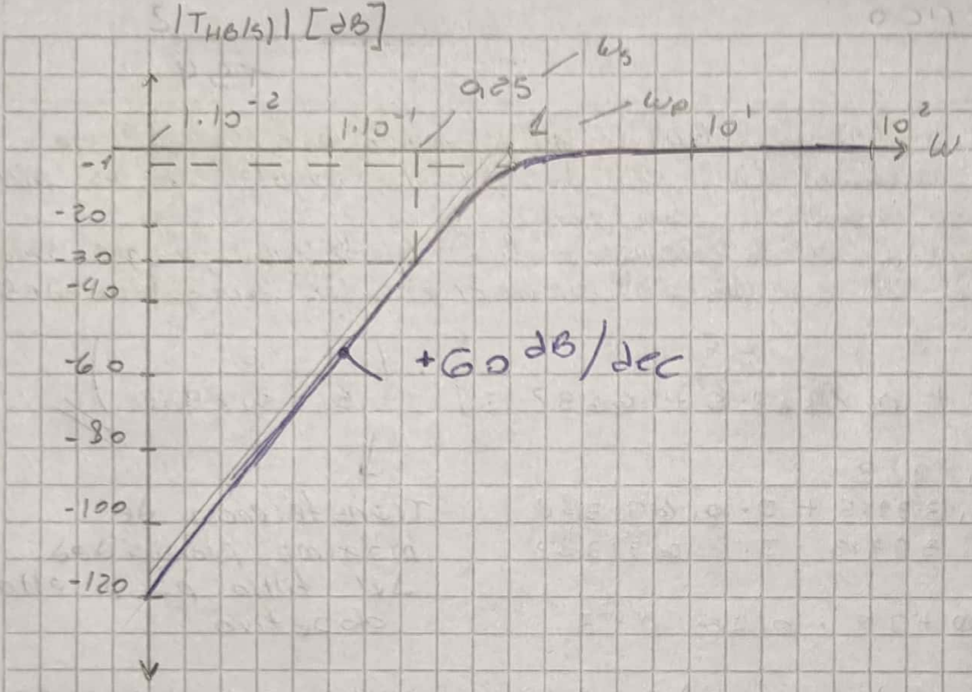
* Filtro pasa altos orden 3 objetivo



- Ceros: $0 + j0$ (orden 3)
- Polos: $-0,399 + j0,691$
  $-0,399 - j0,691$
  $-0,7983 + j0$



- Bosquejo de la respuesta de fase de la transferencia $T_{HP}(s)$



Bosquejo de la respuesta en frecuencia

$|T_{HP}(\omega)|$. (en módulo)

③ Implementar el circuito normalizado con estructuras pasivas. (puede utilizar dispositivos activos para separar las secciones).

• Transferencia de una estructura pasiva de segundo orden (RLC):

$$T_{2-HP}(s) = \frac{s^2}{s^2 + s\cdot\frac{\omega_0}{Q} + \omega_0^2} \equiv \frac{s^2}{s^2 + s\cdot\frac{R_1}{L} + \frac{1}{LC_1}}$$

• Transferencia de una estructura pasiva de primer orden (RC):

$$T_{1-HP}(s) = \frac{s}{s+\omega_0} = \frac{s}{s+\frac{1}{R_2C_2}} \qquad \begin{cases} \omega_0 = 0,7983 \\ Q = 1 \end{cases}$$

Asumo $\Omega_z = R_1 \rightarrow R_1' = \frac{R_1}{\Omega_z} = 1$ (norma de impedancia)

(etapa 1)

$$\frac{R_1}{L} = \frac{\omega_0}{Q} \longrightarrow \boxed{L} = \frac{\overset{=1}{Q}}{\omega_0}\cdot R_1 = \frac{1}{0,7983}\cdot R_1 \equiv 1,25266\cdot R_1$$

$$\frac{1}{LC_1} = \omega_0^2 \rightarrow C_1 = \left(\frac{1}{L}\right)\cdot\frac{1}{\omega_0^2} = \left(\frac{\omega_0}{\underset{=1}{Q}\cdot R_1}\right)\cdot\frac{1}{\omega_0^2}$$

$$\boxed{C_1} = \frac{1}{\omega_0}\cdot\frac{1}{R_1} = \frac{1}{0,7983}\cdot\frac{1}{R_1} = 1,25266\cdot\frac{1}{R_1}$$

Albero Federico

3

TS4

(etapa 2) • Asumo $R_2 = R_1 = R$

$$\omega_0 = \frac{1}{R_2 C_2} \longrightarrow C_2 = \frac{1}{\omega_0} \cdot \frac{1}{R_2} \equiv \frac{1}{\omega_0} \cdot \frac{1}{R_1}$$

$$= \frac{1}{0,7983} \cdot \frac{1}{R_1} = 1,25266 \cdot \frac{1}{R_1}$$

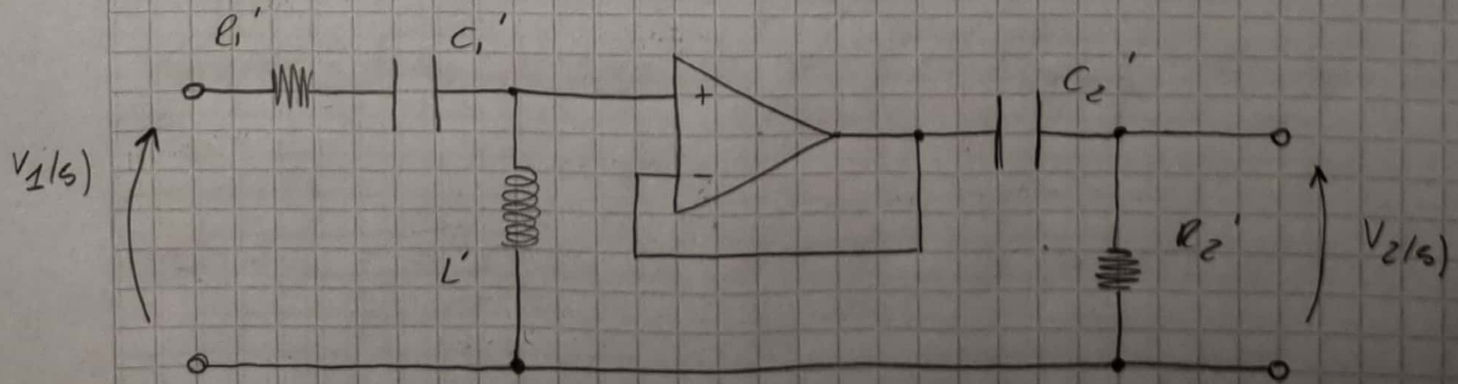
$\Longrightarrow R_1 = R_2 = R$

$L = 1,25266 \cdot R_1$

$C_1 = C_2 = C = 1,25266 \cdot \frac{1}{R_1}$

• normalizo en impedancia $\Omega_Z = R_1$:

$$\begin{cases} R_1' = R_2' = \frac{R_1}{\Omega_Z} = \frac{R_1}{R_1} = 1 \\ C_1' = C_2' = C_1 \cdot \Omega_Z = 1,25266 \cdot \frac{1}{\cancel{R_1}} \cdot \cancel{R_1} = 1,25266 \\ L' = \frac{L}{\Omega_Z} = \frac{1,25266 \cdot \cancel{R_1}}{\cancel{R_1}} = 1,25266 \end{cases}$$



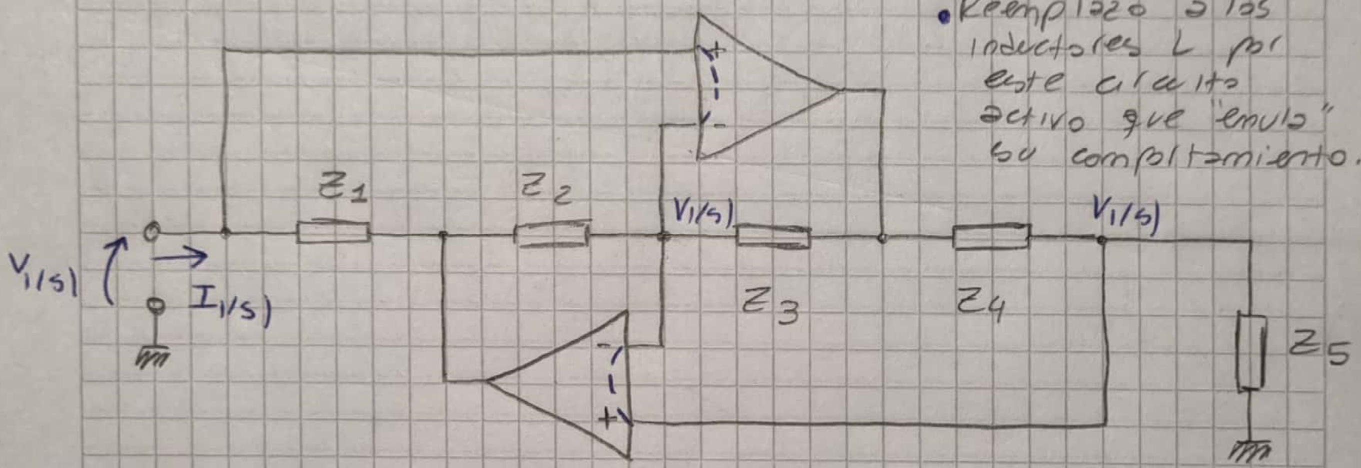
Albero Federico

3 bis

TS4

(4) Reemplace los inductores en las estructuras pasivas mediante el "GIC de Antoniou", en la configuración que considere más apropiada.

* GIC Antoniou como circuito girador:



- Reemplazo a los inductores L por este circuito activo que "emula" su comportamiento.

- $Z_{1(s)} = \dfrac{V_{1(s)}}{I_{1(s)}} = \dfrac{Z_1 \cdot Z_3 \cdot Z_5}{Z_2 \cdot Z_4}$ → Impedancia de entrada del circuito girador.

Para hacer que el circuito girador se comporte como un inductor: $Z_{1(s)} = s \cdot L_{eq}$, elijo que $Z_{1,3,4,5} = R$ y $Z_2 = \dfrac{1}{sC}$.

$$\Rightarrow Z_{1(s)} = \frac{Z_1 \cdot Z_3 \cdot Z_5}{Z_2 \cdot Z_4} = \frac{R \cdot R \cdot \cancel{R}}{\frac{1}{sC} \cdot \cancel{R}} = s \cdot (R^2 C) = s \cdot L_{eq}$$

- $L_{eq} = R^2 \cdot C$; $[L_{eq}] = [R^2 C] = [Hy]$

Las unidades son consistentes. $= \dfrac{V^2}{A^{\cancel{2}}} \cdot \dfrac{A \cdot seg}{\cancel{V}} = \left[\dfrac{V \cdot seg}{A}\right] = [Hy]$

$$\Rightarrow Z_{L(s)} = s \cdot L_{eq} = s \cdot (R_L^2 \cdot C_L) = 1,25266$$

Asumo $R_{1_L} = R_{3_L} = R_{4_L} = R_{5_L} = R_L = 1\ \Omega$

$L_{eq} = \underbrace{R_L^2}_{=1} \cdot C_L = 1,25266$

$C_L = 1,25266$

Obtengo los valores de los componentes (normalizados) para el circuito girador.