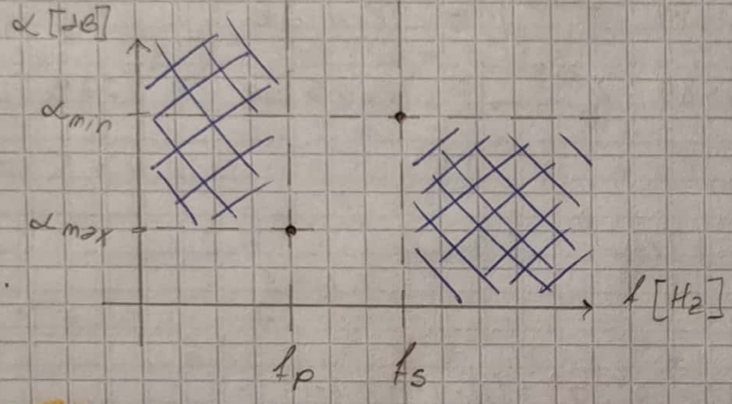
Albero Federico | 1 | TS3

Trabajo semanal III

• Plantilla de diseño:



→ zona prohibida

Datos:

- $\alpha_{max} = 1dB$
- $\alpha_{min} = 12dB$
- $f_p = 1500Hz$
- $f_s = 3000Hz$

① Obtener la transferencia para máxima planicidad en la banda de paso utilizando los conceptos de partes de función.

Recordar que:

$$|T(jw)|^2 = T(jw) \cdot T(-jw) = T(s) \cdot T(-s) \Big|_{s=jw}$$

• Como $\alpha_{max} \neq 3dB \rightarrow \xi^2 \neq 1 \rightarrow$ no estamos en el caso de una topología Butterworth.

$$|T(jw)|^2 = \frac{1}{1+\xi^2 \cdot \underline{w}^{2n}} \Bigg\} \text{ máxima planicidad}$$

ya normalizado en frecuencia.

• Norma de frecuencia: $\underline{\Omega_w} = 2\pi \cdot f_p = 2\pi \cdot 1500Hz$

• $w_p = \frac{2\pi f_p}{\Omega_w} = 1$ • $w_s = \frac{2\pi \cdot f_s}{\Omega_w} = \frac{2\pi \cdot 3000Hz}{2\pi \cdot 1500Hz} = 2$

$$\alpha_{dB}(w) = -20 \cdot \log(|T_{dB}(w)|) \longrightarrow \alpha(w) = 10 \cdot \log\left(1+\xi^2 \cdot w^{2n}\right)$$

• Utilizo el punto (f_p, α_{max}):

$$\underbrace{\alpha(w_p)}_{\alpha_{max}} = 10 \log\left(1+\xi^2 \cdot \underbrace{w_p^{2n}}_{1}\right) \rightarrow \alpha_{max} = 10 \cdot \log\left(1+\xi^2\right)$$

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

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

Alberto Federico

• Utilizo el punto $(f_s ; \alpha_{min}) \longrightarrow$ Pruebo valores de "n"

$\alpha_{min} = \alpha(\omega = \omega_s) = 10 \cdot \log\left(1 + \xi^2 \cdot \omega_s^{2n}\right)$; $\xi^2 = 0,2589$

$\alpha_{min}(n=1) = 10 \cdot \log\left(1 + 0,2589 \cdot 2^{2 \cdot 1}\right) = 3,08\ dB$

$\alpha_{min}(n=2) = 10 \cdot \log\left(1 + 0,2589 \cdot 2^{2 \cdot 2}\right) = 7,11\ dB$

$\} < 12 dB$

$\alpha_{min}(n=3) = 10 \cdot \log\left(1 + 0,2589 \cdot 2^{2 \cdot 3}\right) = 12,45\ dB > 12 dB$ ✓

$\Longrightarrow n = 3$

$|T(j\omega)|^2 = \dfrac{1}{1 + \xi^2 \cdot \omega^6}$; $|T(s)|^2 = |T(j\omega)|^2 \Big|_{\omega = \frac{s}{j}}$

$|T(s)|^2 = \dfrac{1}{1 + \xi^2 \cdot \frac{s^6}{j^6}}$; $j^6 = j^4 \cdot j^2 = (1) \cdot (-1) = (-1)$

$|T(s)|^2 = \dfrac{1}{1 - \xi^2 \cdot s^6}$

• Como $|T(s)|^2$ es de orden 6, entonces $T(s)$ deberá ser de orden 3.

$T(s) = \dfrac{1}{s^3 a + s^2 b + s c + d}$

$|T(s)|^2 = T(s) \cdot T(-s)$

$\dfrac{1}{1 - \xi^2 s^6} = \left(\dfrac{1}{s^3 a + s^2 b + s c + d}\right) \cdot \left(\dfrac{1}{-s^3 a + s^2 b - s c + d}\right)$

Planteo las igualdades término a término.

$s^6)\ -\xi^2 = a \cdot (-a) \longrightarrow \cancel{-}\xi^{\cancel{2}} = \cancel{-}a^{\cancel{2}} \longrightarrow \xi = a$

$s^0)\ 1 = d \cdot d \longrightarrow 1 = d^2 \longrightarrow d = 1$

(Solamente los términos con coeficientes PARES me aportan expresiones útiles para despejar los coeficientes)

$s^4)\ a \cdot (-c) + c \cdot (-a) + b \cdot b = 0$

$-ac - ac + b^2 = 0$; $-2ac + b^2 = 0$

$s^2)\ b \cdot d + d \cdot b + c \cdot (-c) = 0$

$bd + bd - c^2 = 0$; $2bd - c^2 = 0$

$\begin{cases} -2ac + b^2 = 0 \\ 2bd - c^2 = 0 \end{cases}$; $a = \xi$, $d = 1$

$\begin{cases} -2\xi c + b^2 = 0 \\ 2b - c^2 = 0 \end{cases}$

• $2b - c^2 = 0$

$c^2 = 2b$

$c = \sqrt{2b}$

Escaneado con CamScanner

Albero Federico

2

TS3

$-2\xi c + b^2 = 0 \rightarrow b^2 = 2\xi c \quad ; \quad c = \sqrt{2b}$

$(b^2)^2 = (2\xi\sqrt{2b})^2$

$b^{\cancel{4}\,3} = 4\xi^2\, 2\cancel{b}$

$b^3 = 8\xi^2 \rightarrow b = \sqrt[3]{8\xi^2} = 2 \cdot \xi^{2/3}$

$\Rightarrow c = \sqrt{2b} = [2 \cdot (2\xi^{2/3})]^{1/2} = 4^{1/2} \cdot [\xi^{2/3}]^{1/2} = 2 \cdot \xi^{1/3}$

$$T(s) = \frac{1}{s^3\xi + s^2 2\xi^{2/3} + s2\xi^{1/3} + 1}$$; $\underbrace{K=1}$, ganancia unitaria

tengo 0dB en la banda de paso.

$$T(s) = \frac{\xi^{-1}}{s^3 + s^2 2\xi^{-1/3} + s2\xi^{-2/3} + \xi^{-1}}$$

Albero Federico | 2-bis | TS 3

2) Obtener el diagrama de polos y ceros, y un bosquejo de la respuesta en frecuencia.

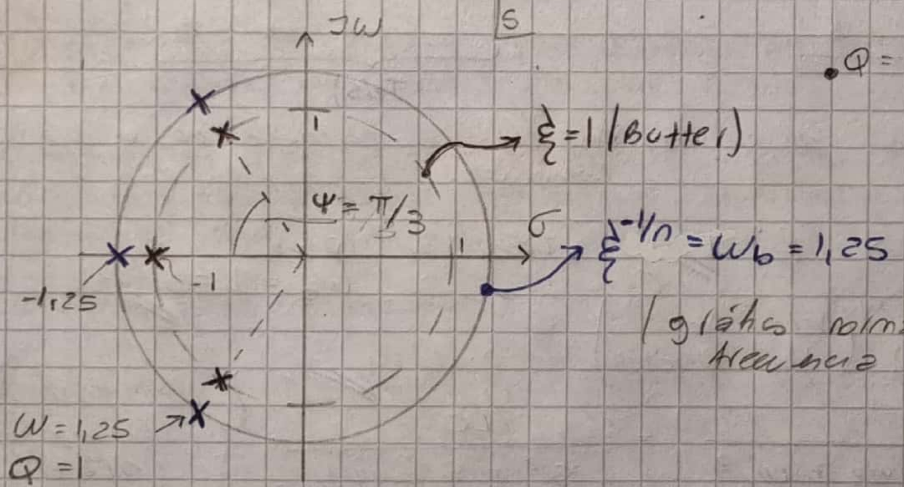
$$T(s) = \frac{\xi^{-1}}{s^3 + s^2\, 2\,\xi^{-1/3} + s\, 2\,\xi^{-2/3} + \xi^{-1}}$$

(obtenido en 1) reemplazo $\xi = 0{,}5088$

$$T(s) = \frac{1{,}9652}{s^3 + s^2\, 2{,}5052 + s\, 3{,}1379 + 1{,}9652}$$

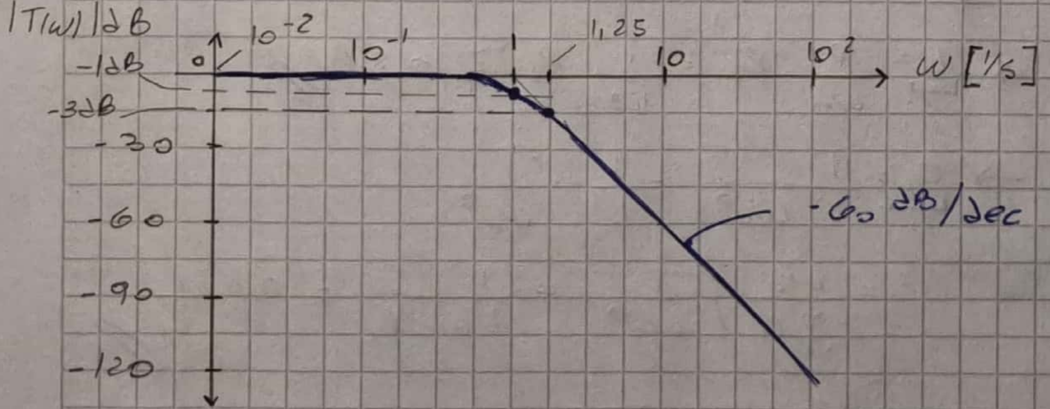
factorizo el polinomio del denominador con np.roots(...)

$$T(s) = \frac{1{,}9652}{(s + 0{,}6263 + j1{,}0848)\cdot(s + 0{,}6263 - j1{,}0848)\cdot(s + 1{,}25)}$$



(gráfico normalizado en frecuencia Ω_ω)

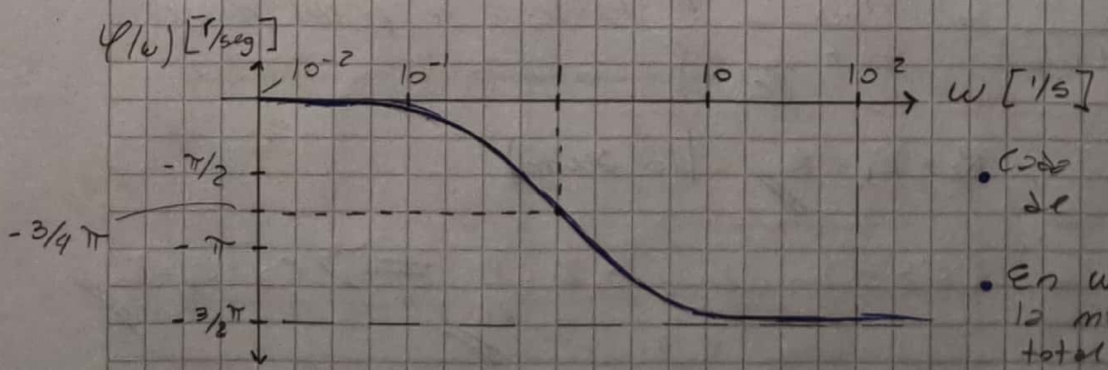
- $Q = \frac{1}{2\cdot\cos(\psi)} = \frac{1}{2\cdot\cos(\pi/3)} = \frac{1}{2\cdot(1/2)} = 1$



- Puntos de interés:

(1; -1dB)

(1,25; -3dB)

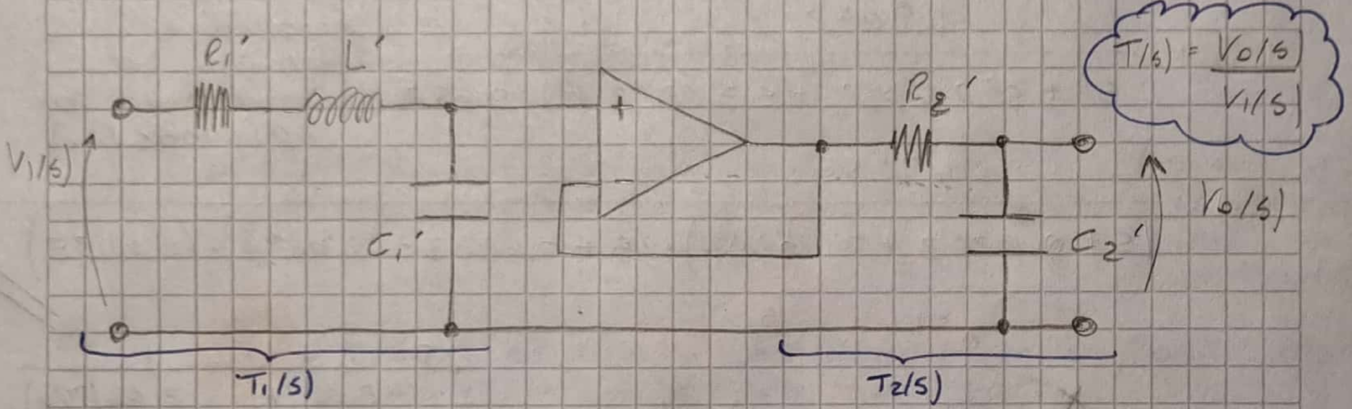


- Cada polo aporta $-\pi/2$ de fase.
- En $\omega = 1$, se desarrolla la mitad de la fase total ($-3/4\,\pi$)

③ Implementar el circuito normalizado con estructuras pasivas separadas mediante buffers.

Estructuras pasivas a implementar:

$$\begin{cases} \text{RLC serie, salida por C} \rightarrow \text{Polos complejos conjugados.} \\ \text{RC serie, salida por C} \rightarrow \text{Polo simple en el eje real} \end{cases}$$



- RLC serie, salida por C → estructura normalizada y ya conocida.

Si $\boxed{R_2 = R_1} \longrightarrow R_1' = 1$ (norma de impedancia)

- Recordar $Q = 1$, $\omega_0 = 1{,}25\ (1/s)$

$T(s) = T_1(s) \cdot T_2(s)$

- $T_1(s) = \dfrac{\omega_0^2}{s^2 + s\dfrac{\omega_0}{Q} + \omega_0^2} = \dfrac{1/LC}{s^2 + s\dfrac{R}{L} + 1/LC}$ } Sistema de segundo orden. (SOS)

$$\begin{cases} \dfrac{\omega_0}{Q} = \dfrac{R_1}{L} \rightarrow \underline{L} = \dfrac{Q}{\omega_0} \cdot R_1 = \dfrac{1}{1{,}25} R_1 \cong 0{,}8\, R_1 \\ \omega_0^2 = \dfrac{1}{LC_1} \rightarrow \underline{C_1} = \dfrac{1}{L \cdot \omega_0^2} = \left(\dfrac{1}{L}\right) \cdot \dfrac{1}{\omega_0^2} \end{cases}$$

$$= \left(\dfrac{\omega_0}{\underbrace{Q}_{=1} \cdot R_1}\right) \cdot \dfrac{1}{\omega_0^2} = \dfrac{1}{1 \cdot \omega_0 R_1} = 0{,}8\, \dfrac{1}{R_1}$$

- $T_2(s) = \dfrac{\omega_0}{s + \omega_0} = \dfrac{1/R_2C_2}{s + \dfrac{1}{R_2C_2}}$ } Sistema de primer orden

- $\omega_0 = \dfrac{1}{R_2C_2}$; $R_2 = R_1 = R$ (lo asumo)

↳ $\omega_0 = \dfrac{1}{R_1C_2} \rightarrow C_2 = \dfrac{1}{\omega_0} \cdot \dfrac{1}{R_1} = 0{,}8 \cdot \dfrac{1}{R_1} \Longrightarrow C_2 = C_1 = C$

Albero Federico | 3 | TS3

* Normalizo los componentes en impedancia: $\underbrace{\Omega_Z = R_1}$

- $R_1' = \frac{R_1}{\Omega_Z} = \frac{R_1}{R_1} = 1$; $R_2 = R_1 \rightarrow R_2' = R_1' = 1$

- $C_1' = C_1 \cdot \Omega_Z = 0{,}8 \frac{1}{\cancel{R_1}} \cdot \cancel{R_1} = 0{,}8$; $C_2 = C_1 \rightarrow C_2' = C_1' = 0{,}8$

- $L' = \frac{L}{\Omega_Z} = \frac{0{,}8\, R_1}{R_1} = 0{,}8$

* Componentes normalizados de la red circuital: $\begin{cases} R_1' = R_2' = R' = 1 \\ C_1' = C_2' = C' = 0{,}8 \\ L' = 0{,}8 \end{cases}$ (normalizados tanto en frecuencia como en impedancia)

(4) Obtenga el circuito que cumpla con la plantilla requerida si dispone de capacitores de 100nF.

* Al imponer un valor real de componente, mantengo mi norma de frecuencia pero modifico la norma anterior de impedancia Ω_Z para cumplir con la actual especificación.

Desnormalización conjunta:

- $R = R'' \cdot \Omega_Z$
- $L = \frac{L'' \cdot \Omega_Z}{\Omega_W}$
- $C = \frac{C''}{\underbrace{\Omega_Z}_{?} \cdot \Omega_W}$ → $C = 100nF$

necesito despejar Ω_Z

- $\Omega_W = W_P = 2\pi \cdot f_P = 2\pi \cdot 1500\,Hz$

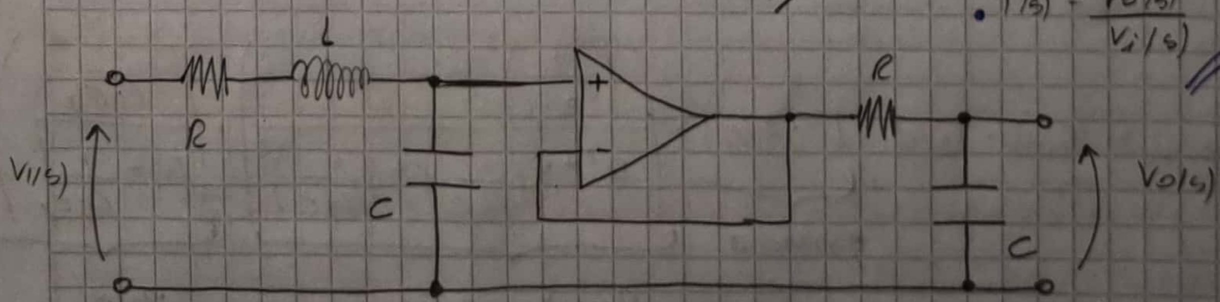
$100nF = \frac{C''}{\Omega_Z \cdot \Omega_W} \rightarrow \Omega_Z = \frac{C''}{100nF \cdot \Omega_W} = \frac{0{,}8}{100nF \cdot (2\pi \cdot 1500\,Hz)}$

- $\Omega_Z = 848{,}83\,\Omega$

- $L = \frac{L'' \cdot \Omega_Z}{\Omega_W} = \frac{0{,}8 \cdot 848{,}83\,\Omega}{2\pi \cdot 1500\,Hz} = 72{,}051\,mHy$

- $R = R'' \cdot \Omega_Z = 1 \cdot 848{,}83\,\Omega = 848{,}83\,\Omega$

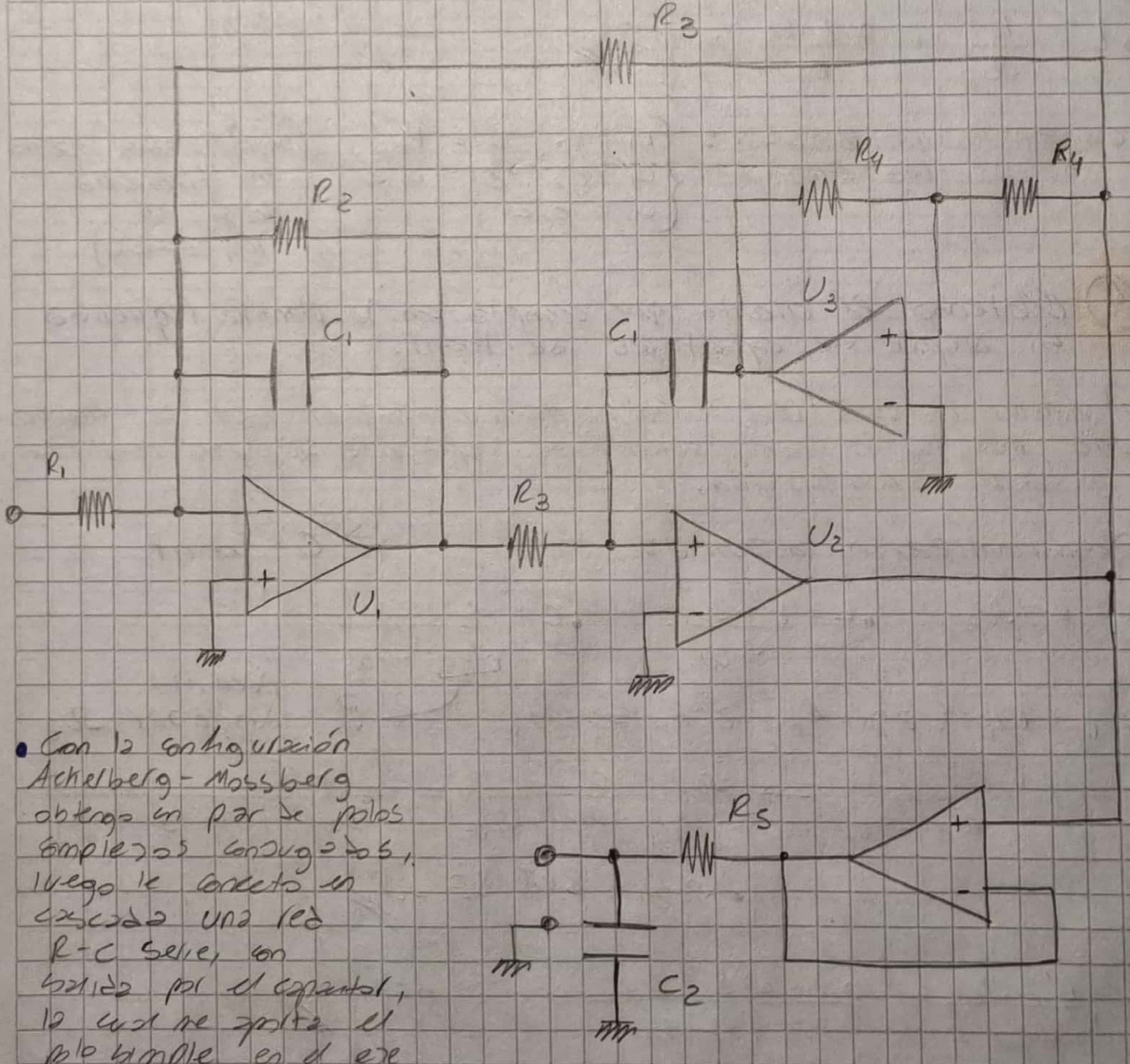
- $T(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)}$



* Valores componentes desnormalizados:
- $R = 848{,}83\,\Omega$
- $L = 72{,}051\,mHy$
- $C = 100nF$

(5) Proponga una red que se comporte igual a la hallada en (4) pero con resistores, capacitores y opamps.

- Proponer un LPF Activo → utilizo el circuito de la TS2, configuración Ackerberg-Mossberg, + una red RC serie.



- Con la configuración Ackerberg-Mossberg obtengo un par de polos complejos conjugados, luego le conecto en cascada una red R-C serie, con salida por el capacitor, la cual me aporta el polo simple en el eje real que falta.

$$T_B(s) = T_1(s) \cdot T_2(s) = \underbrace{\left(-R_3/R_1\right)}_{\text{ganancia}} \cdot \underbrace{\left(\frac{\left(\frac{1}{R_3 C_1}\right)^2}{s^2 + s\left(\frac{1}{R_2 C_1}\right) + \left(\frac{1}{R_3 C_1}\right)^2} \right)}_{\text{Par de polos complejos conjugados}} \cdot \underbrace{\left(\frac{\frac{1}{R_5 C_2}}{s + \frac{1}{R_5 C_2}} \right)}_{\text{polo simple}}$$

Albero Federico — 4 — TS3

* Ackerberg - Mossberg :

• $\omega_0 = \dfrac{1}{R_3 C_1}$ • $Q = \dfrac{R_2}{R_3}$ • $K = \dfrac{-R_3}{R_1}$

* R-C serie :

• $\omega_0 = \dfrac{1}{R_5 C_2}$

• Para obtener igual comportamiento que en la red circuital del ejercicio (4), se debe cumplir que :

$$\begin{cases} \psi = \pi/3 \; , \; \omega_0 = 1,25 \\ Q = 1 \; , \; |K| = 1 \end{cases}$$

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

• $Q = \dfrac{R_2}{R_3} = 1 \longrightarrow R_2 = R_3$ //

• $|K| = \left| -\dfrac{R_3}{R_1} \right| \longrightarrow K = \dfrac{R_3}{R_1} = 1 \longrightarrow R_1 = R_3$ //

• $R_4 \rightarrow$ no participa de la transferencia, por ende $\longrightarrow R_4 = R_3$

• $\omega_0 \big|_{A\text{-}M} = \dfrac{1}{R_3 C_1} = 1,25 \longrightarrow C_1 = \dfrac{1}{1,25} \cdot \dfrac{1}{R_3} = 0,8 \cdot \dfrac{1}{R_3}$ //

• $\omega_0 \big|_{RC} = \dfrac{1}{R_5 C_2} = 1,25 \longrightarrow C_2 = \dfrac{1}{1,25} \cdot \dfrac{1}{R_3} = 0,8 \cdot \dfrac{1}{R_3}$ //

Asumo $R_5 = R_3$

* Valores componentes :

$$\begin{cases} R_1 = R_3 \\ R_2 = R_3 \\ R_3 = R_3 \end{cases} \quad \begin{cases} R_4 = R_3 \\ R_5 = R_3 \\ C_1 = 0,8 \cdot \dfrac{1}{R_3} \end{cases} \quad \left\{ C_2 = 0,8 \dfrac{1}{R_3} \right.$$

• Norma de impedancia :

$$\boxed{\Omega_Z = R_3}$$

* Valores componentes normalizados

$$\begin{cases} R_1' = \dfrac{R_3}{\Omega_Z} = 1 \\ R_2' = \dfrac{R_3}{\Omega_Z} = 1 \\ R_3' = \dfrac{R_3}{\Omega_Z} = 1 \end{cases} \quad \begin{cases} R_4' = \dfrac{R_3}{\Omega_Z} = 1 \\ R_5' = \dfrac{R_3}{\Omega_Z} = 1 \\ C_1' = 0,8 \dfrac{1}{R_3} \cdot \Omega_Z = 0,8 \end{cases} \quad \left\{ C_2' = 0,8 \cdot \dfrac{1}{R_3} \cdot \Omega_Z = 0,8 \right.$$

$\Longrightarrow R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R = 1$ //

$\Longrightarrow C_1 = C_2 = C = 0,8$ //

obtengo los mismos valores normalizados que en (4)

* Valores desnormalizados para implementación:

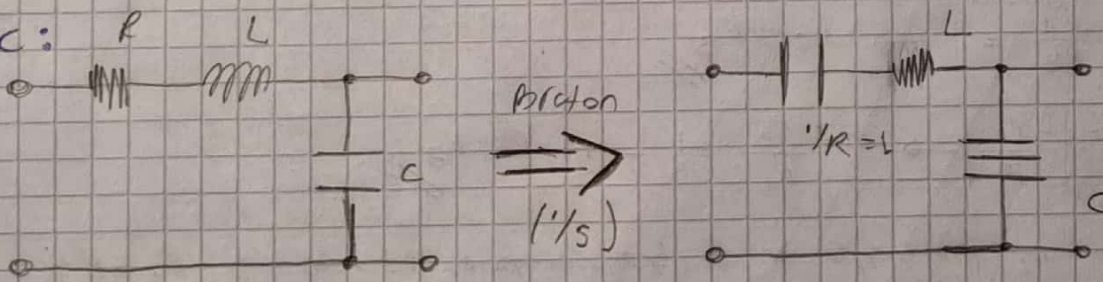
↳ Como obtuve los mismos valores tanto para R' como para C' que en el ejercicio (4), puedo volver a adoptar el criterio de $\underline{C = 100nF}$, el cual debido al cambio de norma de impedancia, requiere un valor de $\underline{R = 848{,}83\,\Omega}$

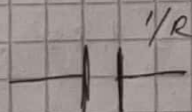
$$\begin{cases} C = 100nF \\ R = 848{,}83\,\Omega \end{cases}$$ Valores desnormalizados //

---

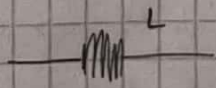
(5) Alternativo: Activación del circuito pasivo vía FDNR (Bruton)

* RLC:

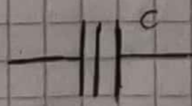


• $Z_R = R \xrightarrow{1/s} Z_R = \frac{R}{s} = \frac{1}{s.(1/R)}$ // ≡ 

(capacitor)

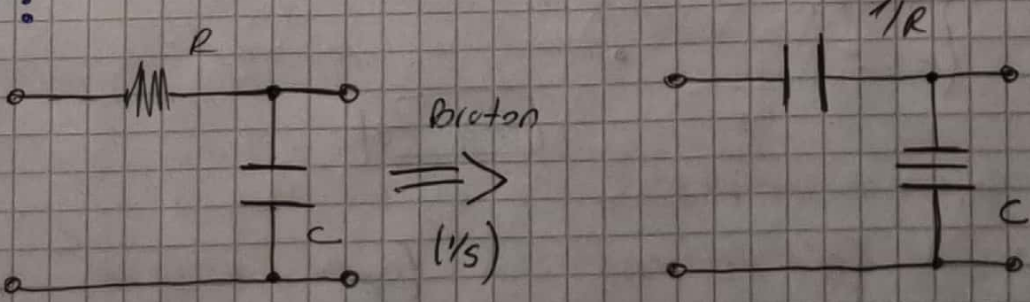
• $Z_L = sL \xrightarrow{1/s} Z_L = \frac{sL}{s} = L$ // ≡ 

(Resistencia)

• $Z_C = \frac{1}{sC} \xrightarrow{1/s} Z_C = \frac{1}{sC} \cdot \frac{1}{s} = \frac{1}{s^2 C}$ // ≡ 

(FDNR)

* RC:



• $Z_R = R \xrightarrow{1/s} Z_R = \frac{1}{s.(1/R)}$ //

• $Z_C = \frac{1}{sC} \xrightarrow{1/s} Z_C = \frac{1}{s^2 C}$ //

* (no es necesaria esta segunda alternativa, ya que con sólo activar el RLC ya cumple con la condición de implementar todo el circuito con R, C y opamp)

Albero Federico | 5 | TS3

• Impedancia de entrada del girador:

• $Z_i(s) = \frac{Z_1 Z_3 Z_5}{Z_2 Z_4}$; $Z_{3,5} = \frac{1}{sC}$ y $Z_{1,2,4} = R$

$$= \frac{R}{R^2} \cdot \frac{1}{(sC)^2} = \frac{1}{s^2 RC^2} \equiv \frac{1}{s^2 D} \qquad D = [\Omega \cdot F^2]$$

• $D = R^*(C^*)^2 = 0{,}8$; $C^* = \frac{1}{R} = \frac{1}{1} = 1$ // (Valores de los componentes luego de aplicar Bruton)

$R^* \cdot (1)^2 = 0{,}8$

$R^* = L = 0{,}8$ //

$R^* = 0{,}8$

• $\boxed{R^* \text{ y } C^*}$ ⟹ Valores de los componentes luego de aplicar Bruton.

$$\frac{1}{s^2 RC^2} \xrightarrow{\text{(Bruton)}} \frac{1}{s^2\left(L \cdot \frac{1}{R^2}\right)} = \frac{1}{s^2(0{,}8 \cdot 1)} = \frac{1}{s^2\underbrace{(0{,}8)}_{D}} //$$

• Etapa de segundo orden: $\begin{cases} R^* = 0{,}8 \\ C^* = 1 \end{cases}$ (Activado vía FDNR y transformación de Bruton)

• Etapa de primer orden: $\begin{cases} R' = 1 \\ C' = 0{,}8 \end{cases}$ (Sin modificaciones con respecto al circuito inicial)

* Si ahora deseo implementar TODA la red circuital con capacitores de 100 nF, deberé de tener una norma de impedancia distinta para cada etapa.

Etapa segundo orden:

• $C_d = \frac{C^*}{\Omega_Z \cdot \Omega_W}$; $\Omega_W = 2\pi \cdot 1500\,Hz$

desnormalizado

$100nF = \frac{C^*}{\Omega_Z \cdot \Omega_W} \longrightarrow \Omega_Z = \frac{1}{100nF \cdot (2\pi \cdot 1500\,Hz)} = 1061{,}033$

• $R_d = R^* \cdot \Omega_Z = 0{,}8 \cdot (1061{,}033) = 848{,}83$ //

Extra de primer orden:

- $C_d = \frac{C''}{\Omega_Z \cdot \Omega_\omega}$; $\Omega_\omega = 2\pi \cdot 1500Hz$

$100nF = \frac{C''}{\Omega_\omega \cdot \Omega_Z} \rightarrow \underline{\Omega_Z} = \frac{0,8}{100nF \cdot (2\pi\, 1500 Hz)} = 848,83$ //

$R_1 = R'' \cdot \Omega_Z = 1 \cdot 848,83 = 848,83\,\Omega$ //

BONUS I: Proponer un planteo alternativo a ①, pero usando la W_{Butter}

- recordar que:

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

* La plantilla de diseño corresponde a un máxima planicidad MP, no a un Butterworth, sin embargo ambas topologías poseen las mismas amplitudes angulares para sus singularidades y la diferencia radica en el radio de la circunferencia en la que se encuentran dichas singularidades.

* Por ende, puedo plantear el diseño como un Butterworth de igual orden y luego aplicar una "renormalización", un reescalamiento para llevarlo a máxima planicidad nuevamente.

- $|T(\omega)|^2_{MP} = \frac{1}{1 + \xi^2 \cdot \omega^{2n}}$;

$|T(\omega)|^2_B = \frac{1}{1 + \left(\frac{\omega}{\xi^{-1/n}}\right)^{2n}}$

$= \frac{1}{1 + (\omega'')^{2n}}$ //

"$\xi^2 = 1$"

- Aplico una nueva normalización en frecuencia para poder trabajar como si fuese butter, por más de que $\xi^2 \neq 1$

- Recordar que previamente, al inicio del ejercicio, ya se había normalizado en función de la frecuencia de paso W_p.

- $\omega \rightarrow$ frecuencia angular
- $\omega' = \frac{\omega}{\Omega_\omega}$; $\Omega_\omega = W_p$
- $\omega'' = \frac{\omega}{\Omega_\omega \cdot \xi^{-1/n}} = \frac{\omega'}{\xi^{-1/n}}$

$\omega'' = \frac{\omega}{\omega_B}$; $\underline{\omega_B} = \xi^{-1/n}$ //

* El orden del filtro Butterworth será el mismo que el del filtro de máxima planicidad, por ende:

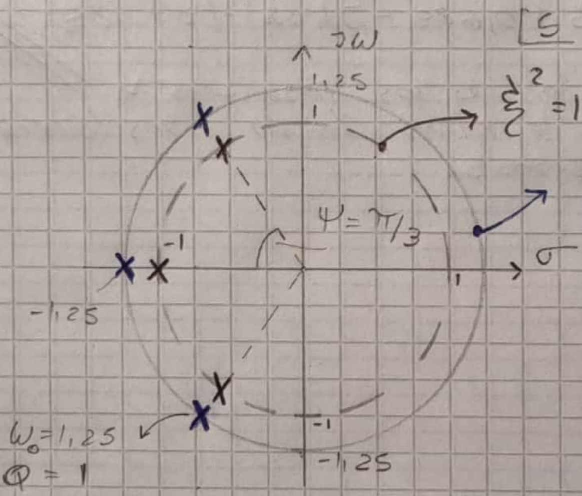
$\boxed{n = 3}$

Albero Federico

6

TS3

- Butter de orden $n=3$ (impar) (Propiedades)
  - ↳ polo en $\sigma = -1$, polo simple en el eje real
  - ↳ separación angular de $\pi/n = \pi/3$ entre singularidades.
  - ↳ $\omega_B = \xi^{-1/n} = (0,5088)^{-1/3} \approx 1,2526$ //



$\xi^2 = 1$ (Butter)

$\xi^{-1/n} = \omega_b = 1,25$

- $Q = \dfrac{1}{2.\cos(\Psi)} = \dfrac{1}{2.\cos(\pi/3)} = \dfrac{1}{2.(1/2)} = 1$ //

- $W_0 = \underset{\text{normalizada}}{\omega} . \omega_b = 1 . (\xi^{-1/3}) = 1,2526$ //

$\xi^2 = 1$

- Para el caso de Butter, las singularidades se encuentran sobre la circunferencia de radio unitario, mientras que para el caso de máxima planicidad, las singularidades conservarán la misma apertura angular de $\Psi = \pi/3$, pero se posicionan sobre una circunferencia de radio ω_B producto del coeficiente de renormalización.

Armo la transferencia de orden 3 con una sección de orden 2 y otra de orden 1.

(normalizada)

- $T_B(s) = \dfrac{1}{\$^2 + \$\, 1/Q + 1} \cdot \dfrac{1}{\$ + 1} = \dfrac{1}{(\$^2 + \$ + 1) \cdot (\$ + 1)}$ //

<u>Desnormalizada:</u> $S = \dfrac{\$}{\Omega_\omega} = \dfrac{\$}{\omega_b} \approx \dfrac{\$}{1,25}$

$$T_{MP}(s) = \frac{1}{\left(\frac{s^2}{1,25^2} + \frac{s}{1,25} + 1\right) \cdot \left(\frac{s}{1,25} + 1\right)}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{(1,25)^2} \cdot (s^2 + 1,25.s + 1,25^2) + \frac{1}{1,25} \cdot (s + 1,25)}$$

$$T_{MF}(s) = \frac{(1{,}25)^3}{(s^2 + 1{,}25 \cdot s + 1{,}25^2) \cdot (s + 1{,}25)}$$

$$T_{MF}(s) = \frac{1{,}95}{(s^2 + 1{,}25 \cdot s + 1{,}56) \cdot (s + 1{,}25)}$$

$$T_{MF}(s) = \frac{1{,}95}{(s + 0{,}625 + j1{,}08) \cdot (s + 0{,}625 - j1{,}08) \cdot (s + 1{,}25)}$$

→ Sin tener en cuenta la precisión en los redondeos de los decimales, se obtiene la misma función transferencia mediante ambos procedimientos.