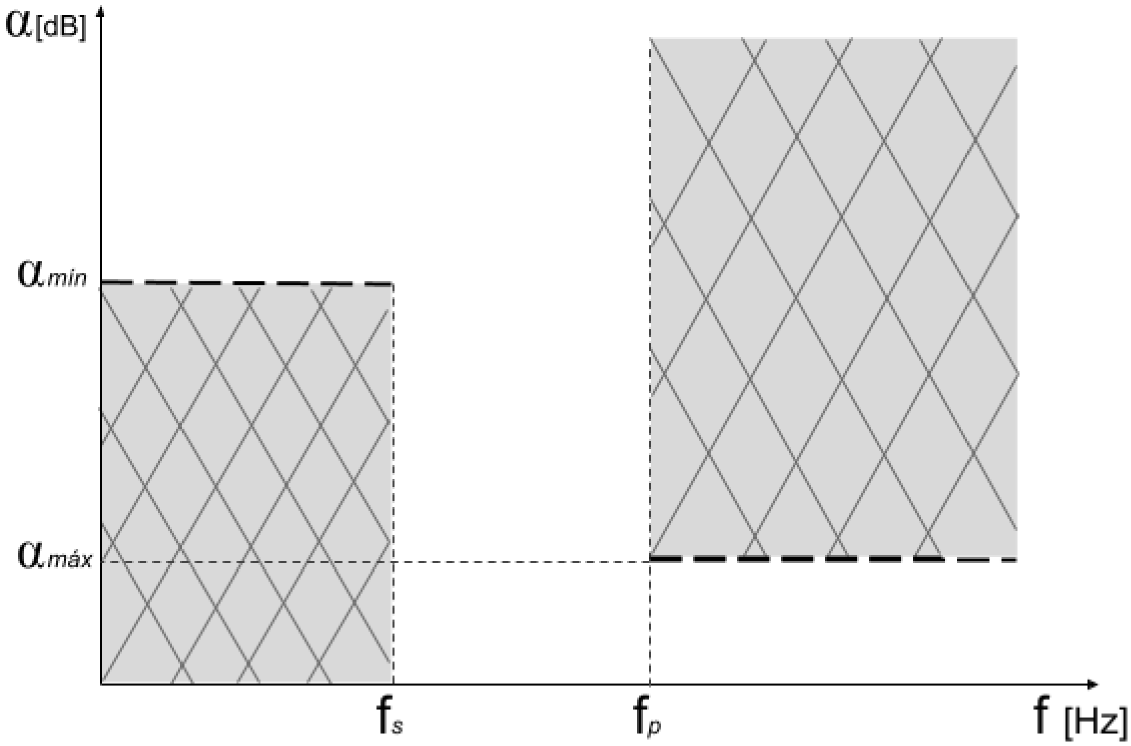
# Trabajo Práctico Semanal 3

Teoria de circuitos II

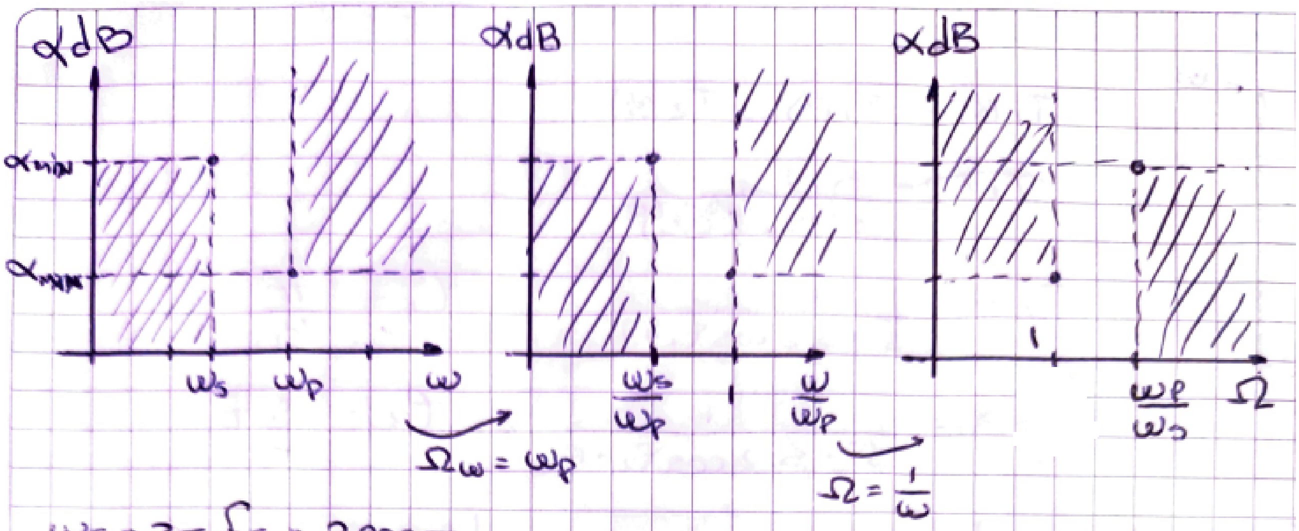
## Sandomir L Uriel

**Se requiere diseñar un filtro activo siguendo las condiciones impuestas en la siguiente plantilla de diseño:**




Con: $\alpha_{min} = 35dB, \alpha_{max} = 1dB, f_s = 1000Hz, f_p = 3500Hz$

Podemos identificar mirando la plantilla que se trata de un Filtro Pasa-Altos. Este mismo se puede normalizar y transformar en un Filtro Pasa-Bajos reemplazando la variable independiente $\omega$ por $\Omega = \frac{1}{\omega}$ del eje de abscisas:




$$\omega_s = 2\pi f_s = 2000\pi$$

$$\omega_p = 2\pi f_p = 7000\pi$$

Planteamos a $\alpha_{max}$ segun la funcion de transferencia de un filtro de Maxima Planicidad y ya que tenemos nuestra frecuencia de paso normalizada, podemos despejar $\xi^2$ y obtener su valor:

$$\alpha_{MAX} = -20 \log \left| \frac{1}{\sqrt{1+\xi^2 \omega_s^{2n}}} \right|$$

Normalizamos con $\Omega_\omega = \omega_p$:

$$\alpha_{MAX} = -20\left(-\frac{1}{2}\right) \log\left(1 + \xi^2 \cdot 1^{2n}\right) \Rightarrow \xi^2 = 10^{\frac{\alpha_{MAX}}{10}} - 1$$

$$\boxed{\xi^2 = 0,2589}$$

Ahora planteando la misma ecuacion pero para $\alpha_{min}$, podemos iterar con distintos valores de N hasta lograr la atenuacion solicitada:

$$\alpha_{MIN} = 10 \log\left(1 + \xi^2 \left(\frac{\omega_p}{\omega_s}\right)^{2n}\right)$$

$n=1$: $\alpha = 6,2\ dB < \alpha_{MIN}$ ⊗

$n=2$: $\alpha = 16\ dB < \alpha_{MIN}$ ⊗

$n=3$: $\alpha = 26,78\ dB < \alpha_{MIN}$ ⊗

$n=4$: $\alpha = 37,65\ dB > \alpha_{MIN}$ ✓ $\longrightarrow \boxed{n=4}$

Renormalizamos para poder trabajar nuestra función transferencia de Maxima Planicidad como Butterworth con la norma: $\omega_B = \frac{\omega}{\omega_s}\xi^{1/n}$

Obteniendo: $|T_L(\omega)|^2 = \frac{1}{1+\omega_B^{2n}}$

Ahora, podemos separar nuestra función de orden 4 en otras 2 funciones de orden 2 del tipo Butterworth:

$T_L(s) = T_{B2_a} . T_{B2_b}$

Para lograr la funcion de orden 4, ubicamos 2 pares de polos compuestos conjugados sobre la circunferencia unitaria en el semiplano izquierdo, quedandonos con 2 polos a $\frac{\pi}{8}$ del eje $\sigma$ y otros 2 polos a $\frac{3\pi}{8}$ Por lo que nuestras funciones de transferencia Butterworth nos quedaran:

$$T_L(s) = \frac{1}{s^2+s.2cos\phi_1+1} . \frac{1}{s^2+s.2cos\phi_1+1} = \frac{1}{s^2+s.2cos(\frac{\pi}{8})+1} . \frac{1}{s^2+s.2cos(\frac{3\pi}{8})+1}$$

$$T_L(s) = \frac{1}{s^2+s.1{,}8478+1} . \frac{1}{s^2+s.0{,}7654+1} = \frac{1}{s^4+s^3.2{,}6132+s^2.3{,}4143+s.2{,}6132+1}$$

Desnormalizando las funciones para salir del radio unitario con $\$ = S.\xi^{\frac{1}{N}}$ :

$$T_L(s) = \frac{1}{s^2 \xi^{2/N} + s\,\xi^{1/N}\,1{,}8478 + 1} \cdot \frac{1}{s^2 \xi^{2/N} + s\,\xi^{1/N}\,0{,}7654 + 1}$$

$$T_L(s) = \frac{1{,}402}{s^2 + 2{,}1878\,s + 1{,}402} \cdot \frac{1{,}402}{s^2 + 0{,}9062\,s + 1{,}402}$$

Transformando nuevamente en un Filtro Pasa-Altos:

$$T_H(s) = T_L(1/s) = \frac{1{,}402}{s^{-2} + 2{,}1878\,s^{-1} + 1{,}402} \cdot \frac{1{,}402}{s^{-2} + 0{,}9062\,s^{-1} + 1{,}402}$$

$$T_H(s) = \frac{1{,}402\,s^2}{1{,}402\,s^2 + 2{,}1878\,s + 1} \cdot \frac{1{,}402\,s^2}{1{,}402\,s^2 + 0{,}9062\,s + 1}$$

$$T_H(s) = \frac{s^2}{s^2 + s.1{,}5605 + 0{,}7133} \cdot \frac{s^2}{s^2 + s.0{,}6464 + 0{,}7133}$$

$$T_H(s) = \frac{s^4}{s^4 + s^3\,2{,}207 + s^2\,2{,}435 + s\,1{,}574 + 0{,}5088}$$

Y parametrizando como una funcion de Pasa-Altos generica:

$$T_H(s) = \frac{s^2}{s^2 + s\,\frac{0{,}8446}{0{,}5412} + 0{,}8446^2} \cdot \frac{s^2}{s^2 + s\,\frac{0{,}8446}{1{,}307} + 0{,}8446^2}$$

Donde se identifica:

$\omega_o = 0.8446$

$Q1 = 0.5412$

$Q2 = 1.307$

Obtenemos entonces 4 ceros en el origen y raices en:

In [7]:

```
import numpy as np
raicesA = np.roots([1,1.5605,0.7133])
raicesB = np.roots([1,0.6464,0.7133])
raicesA, raicesB
```

Out[7]:

```
(array([-0.78025+0.32327997j, -0.78025-0.32327997j]),
 array([-0.32299428+0.78018904j, -0.32299428-0.78018904j,
        -0.78050572+0.32310223j, -0.78050572-0.32310223j]))
```

$S_{a1} = -0.78025 + i0.32328$
$S_{a2} = -0.78025 - i0.32328$
$S_{b1} = -0.3232 + i0.78028$
$S_{b2} = -0.3232 - i0.78028$

***Respuesta en frecuencia y diagrama de polos y ceros:***

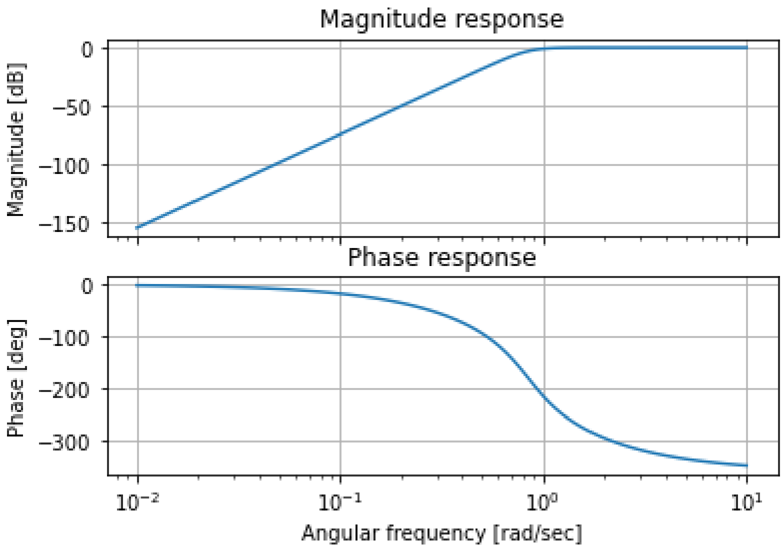
In [8]:

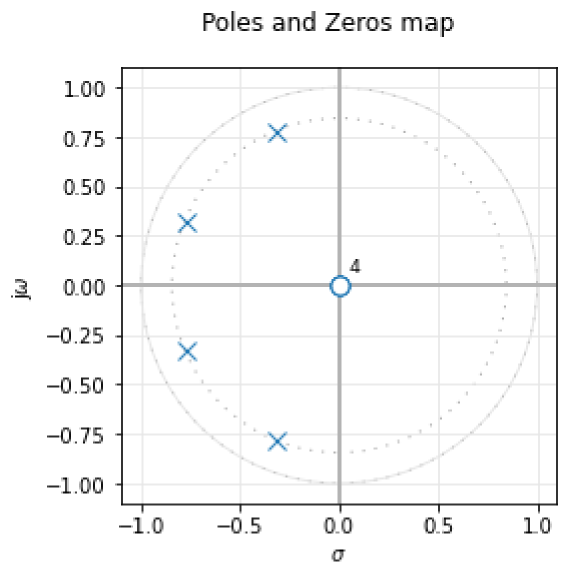
```
import scipy.signal as signal
import splane

num = [1,0,0,0,0]
den = ([1, 2.207, 2.435, 1.574,.5088])
filtro = signal.TransferFunction(num, den)
splane.bodePlot(filtro)
splane.pzmap(filtro)
```

Out[8]:

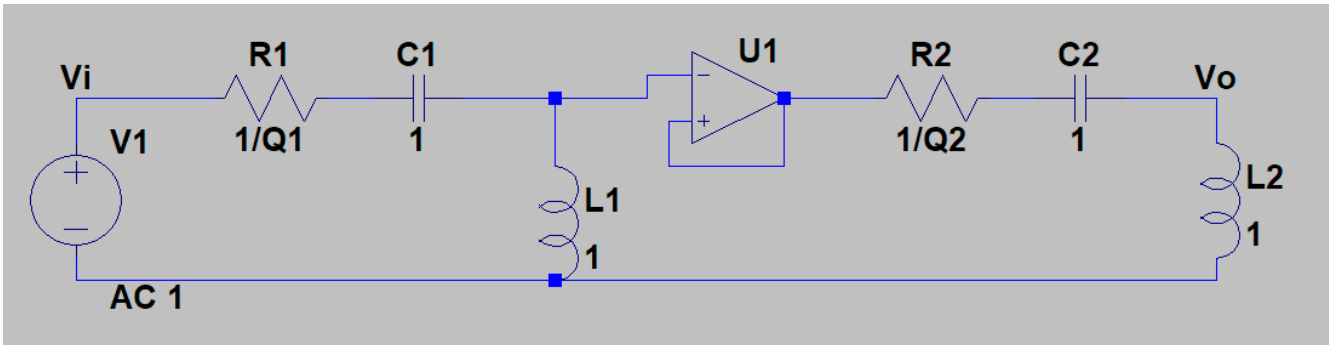
```
(2, <AxesSubplot:xlabel='$\\sigma$', ylabel='j$\\omega$'>)
```




***Circuito pasivo***

Si queremos implementar un circuito con estructuras pasivas para lograr el mismo comportamiento que con nuestra funcion Pasa-Altos, podemos hacerlo de esta manera:




Donde para esa estructura RLC, obtenemos ecuaciones de la forma:
$\omega_0^2 = 1 => L = \frac{1}{C}$
$\frac{\omega_0}{Q} = \frac{R}{L}$, Si $L = 1 => C = 1, R = \frac{1}{Q}$

Para nuestro caso tenemos:
$Q_1 = 0.5412$
$Q_2 = 1.307$
$R_1 = \frac{1}{Q1}$
$R_2 = \frac{1}{Q2}$
$L_1 = L_2 = 1$

$C_1 = C_2 = 1$

***Desnormalizacion de los componentes***

Tenemos como condicion, utilizar una norma de impedancia $\Omega_z = 1K$, mientras que por el procedimiento utilizado, normalizamos con la frecuencia de paso afectada por la frecuencia de corte de nuestra funcion:
$\Omega_\omega = \frac{1}{\omega_p} . \frac{1}{0.8446}$

## Desnormalizando los componentes obtenemos:

$R_1 = \frac{1}{0.5412} . 1K\Omega = 1.8477K\Omega$

$R_2 = \frac{1}{1.307} . 1K\Omega = 0.7651K\Omega$

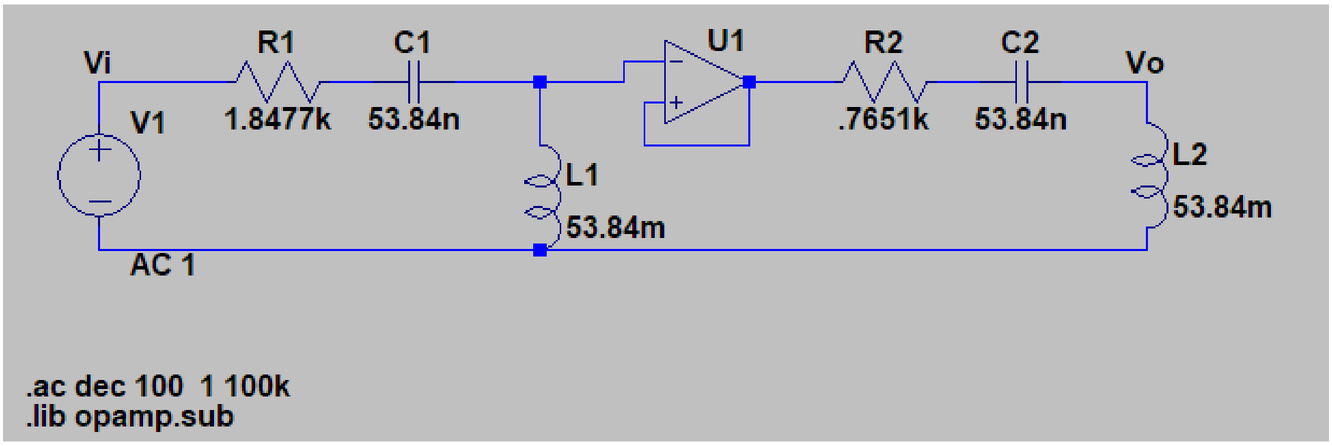
$L_1 = 1. \Omega_Z . \Omega_\omega = 1. 1000. \frac{1}{7000\pi} . \frac{1}{0.8446} Hy = 53.84mHy$

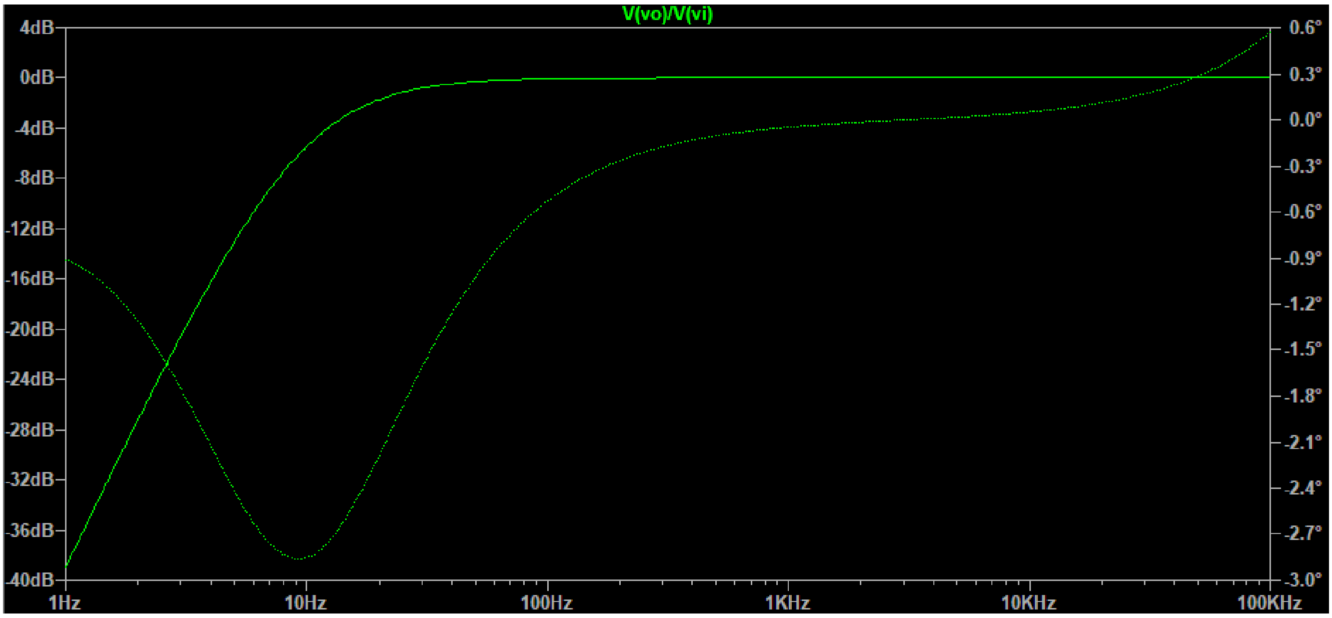
$C_1 = 1. \frac{1}{\Omega_Z} . \Omega_\omega = 1. \frac{1}{1000} . \frac{1}{7000\pi} . \frac{1}{0.8446} = 53.84nF$

$L_2 = 1. \Omega_Z . \Omega_\omega = 1. 1000. \frac{1}{7000\pi} . \frac{1}{0.8446} Hy = 53.84mHy$

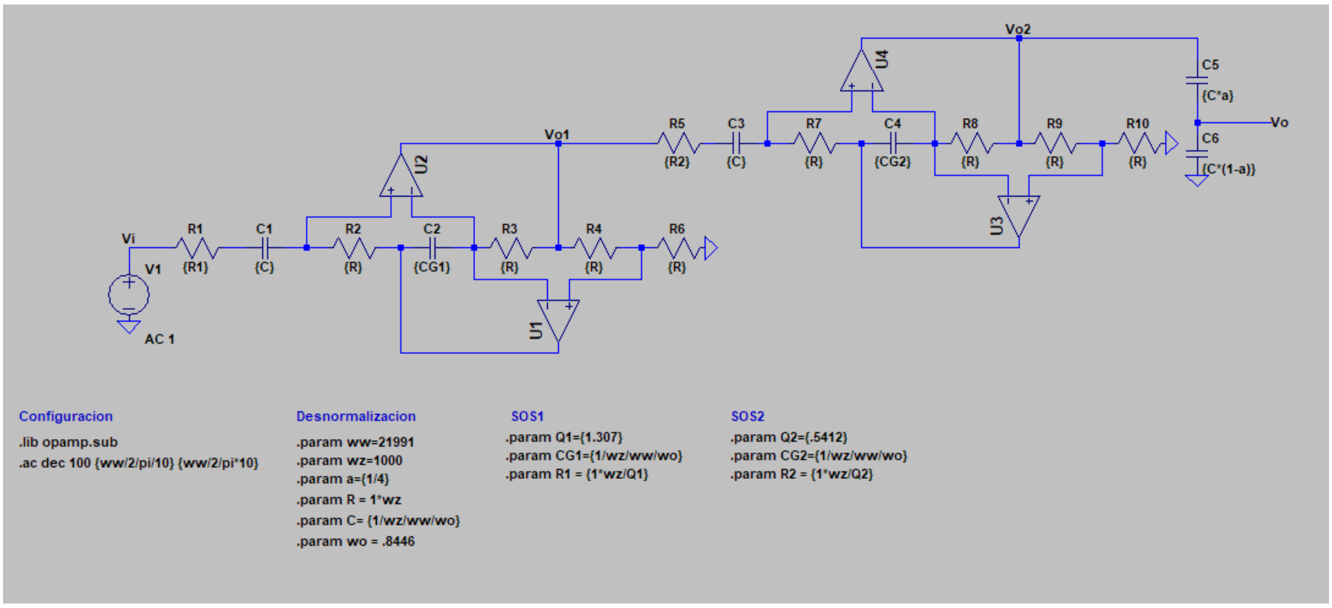
$C_2 = 1. \frac{1}{\Omega_Z} . \Omega_\omega = 1. \frac{1}{1000} . \frac{1}{7000\pi} . \frac{1}{0.8446} = 53.84nF$

Tenemos entonces un circuito como el siguiente:



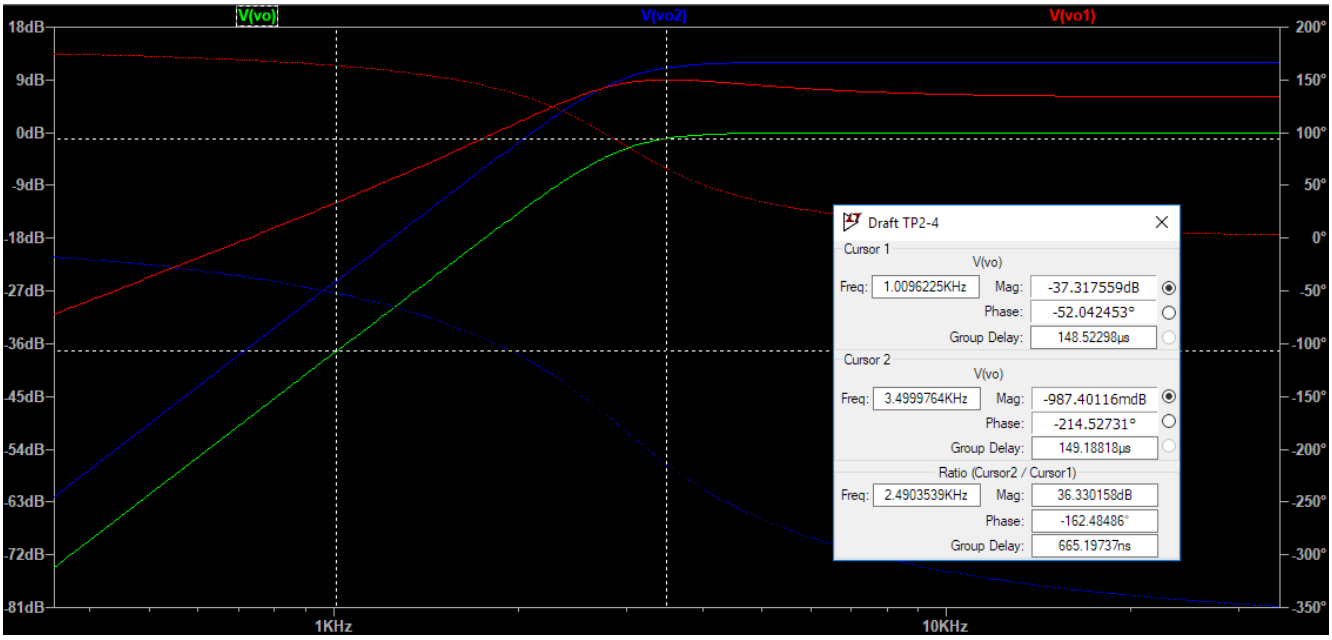




Ahora buscamos activar las bobinas, podemos hacerlo de la siguiente manera mediante un GIC de Antoniou:




Como vamos a aprovechar las salidas activas del GIC, debemos colocar una etapa atenuadora para compensar las ganancias de la señal de entrada en dichas salidas. Esta es de 2 veces por cada GIC, por lo tanto, debemos atenuar 4 veces la señal de salida del segundo GIC.

***Simulacion circuital:***




Donde podemos observar que para $f_s = 1000Hz$ tenemos una atenuacion de 37.45dB, y en $f_p = 3500Hz$ una atenuacion menos a 1dB, por lo que podemos considerar a la consigna cumplida.

In [ ]: