

## Problema desafío

Se pide diseñar un filtro pasa bajo que satisfaga la siguiente plantilla:

- $f_p = 500$   $\omega_p = 500$  Hz
- $f_s = 1500$   $\omega_s = 1500$  Hz
- $\alpha_{\max} = 1$   $\alpha_{\max} = 1$  dB
- $\alpha_{\min} = 18$   $\alpha_{\min} = 18$  dB

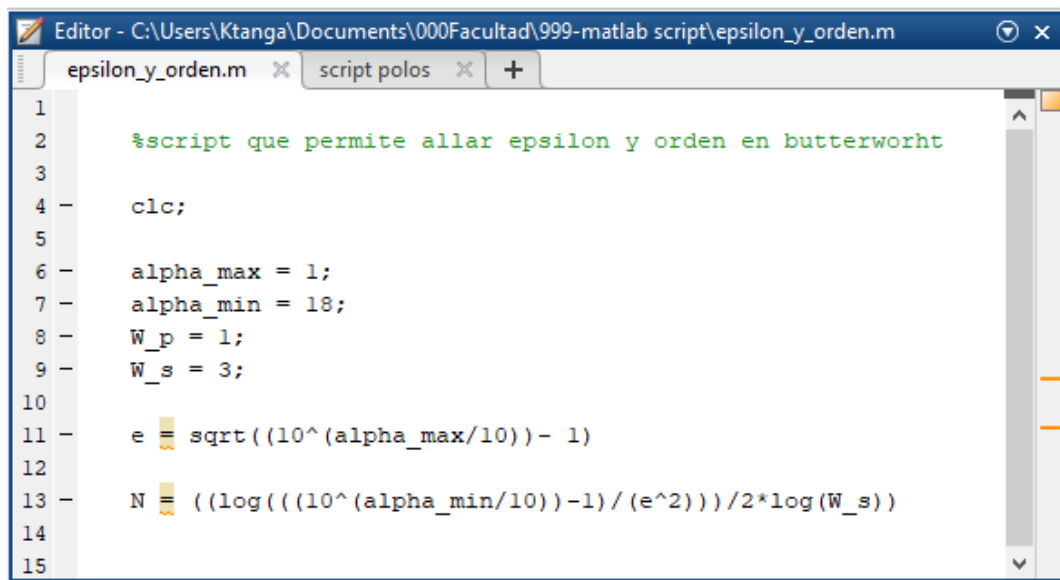
Determine si el siguiente diseño puede realizarse con una sola sección de segundo orden cuya respuesta de módulo es de **máxima planicidad**.

$$W_p = 2\pi \cdot 500 \text{ Hz} \Rightarrow W_p = 3141,5 \text{ rad/seg}$$

$$W_s = 2\pi \cdot 1500 \text{ Hz} \Rightarrow W_s = 9424,5 \text{ rad/seg}$$

$$\Omega_p = W_p / W_p \Rightarrow \Omega_p = 1$$

$$\Omega_s = W_s / W_p \Rightarrow \Omega_s = 3$$



```
1 %script que permite allar epsilon y orden en butterworht
2
3
4 clc;
5
6 alpha_max = 1;
7 alpha_min = 18;
8 W_p = 1;
9 W_s = 3;
10
11 e = sqrt((10^(alpha_max/10)) - 1)
12
13 N = ((log(((10^(alpha_min/10)) - 1) / (e^2))) / (2 * log(W_s)))
14
15
```

$$e = 0.5088$$

$$N = 2,49 \Rightarrow N = 3$$

**Conclusión:** podemos observar que no es posible resolver lo pedido con una sola sección de segundo orden en máxima planicidad.

b) Si el mismo diseño se planteara mediante una aproximación **Chebyshev**, se pide:

- la función transferencia normalizada
- las respuestas de módulo, fase y la localización de polos y ceros

Comenzamos calculando el orden para el filtro Chebyshev

```

Editor - C:\Users\Ktanga\Documents\000Facultad\999-matlab script\orden_chebyshev.m
orden_chebyshev.m  epsilon_y_orden(butter).m  +
This file can be published to a formatted document. For more information, see the publishing video or help.
1  %% calculo de orden de chebyshev %%
2
3  clc;
4
5  alpha_max = 1;
6  alpha_min = 18;
7  W_p = 1;
8  W_s = 3;
9
10 N = (acosh(sqrt(((10^(0.1*alpha_min))-1)/((10^(alpha_max/10))-1)))/acosh(W_s)
11

```

$N = 1.9470$

Como podemos observar para un tipo de filtro Chebyshev, es suficiente con un orden dos para poder resolver lo demandado en la plantilla

Vamos a obtener la ubicación de los polos mediante el método de partes por función desarrollado en las siguientes imágenes

$$H(s) = \frac{1}{1 + \epsilon^2 C_n^2(j\omega)}$$

$$C_n^2(\omega) = 2\omega(\omega-1) + 2\omega^2 - 1$$

$$H(s) = \frac{1}{1 + \epsilon^2 (2\omega^2 - 1)^2} = \frac{1}{1 + \epsilon^2 (4\omega^4 - 4\omega^2 + 1)} = \frac{1}{4\epsilon^2 \omega^4 - 4\epsilon^2 \omega^2 + \epsilon^2 + 1}$$

$$\frac{1}{4\epsilon^2 \omega^4 - 4\epsilon^2 \omega^2 + \epsilon^2 + 1} = \frac{1}{2s^2 + b^2 + c} = \frac{1}{2s^2 - b^2 + c} = \frac{1}{4\epsilon^2 s^4 + 4\epsilon^2 s^2 + \epsilon^2 + 1} = \frac{1}{3s^2 + b^2 + c} = \frac{1}{2s^2 + b^2 + c}$$

$$\text{orden 4: } 4\epsilon^2 = 2^2 \quad \boxed{2 = 2\epsilon} \quad \boxed{\epsilon = 1.0176}$$

$$\text{orden 2: } 0 = b^2 - b^2 \quad \boxed{b = 2\epsilon}$$

$$\text{orden 2: } 4\epsilon^2 = -b^2 + 2c + 2c \quad \boxed{4\epsilon^2 = -b^2 + 2c} \quad b^2 = 2c + 4\epsilon^2$$

$$\text{orden 2: } 0 = b^2 - b^2 \quad \boxed{b = 2\epsilon} \quad b = \sqrt{2c + 4\epsilon^2}$$

$$\text{orden 2: } \boxed{\epsilon^2 = c^2} \quad \boxed{c = \sqrt{\epsilon^2}} \quad \boxed{c = 1.122} \quad \boxed{b = 1.171}$$

La transferencia normalizada obtenida a partir de los cálculos anteriores es la siguiente:

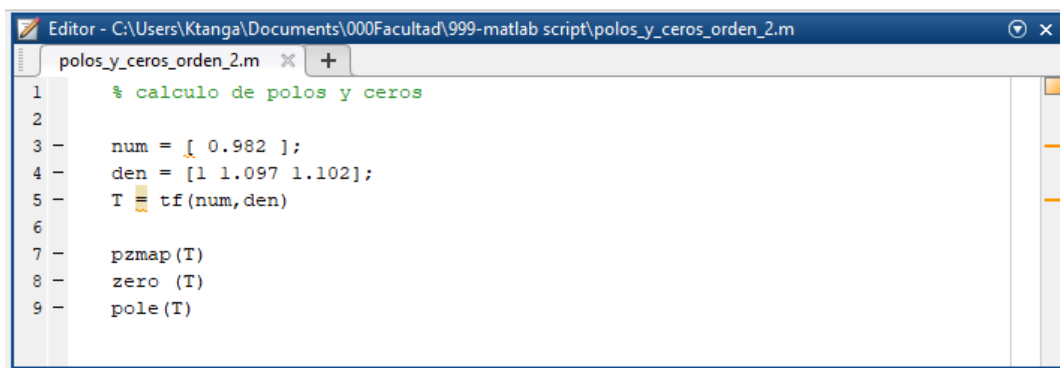
$$T(s) = \frac{1}{1,018 s^2 + 1,1171s + 1,122}$$

Sacamos factor común

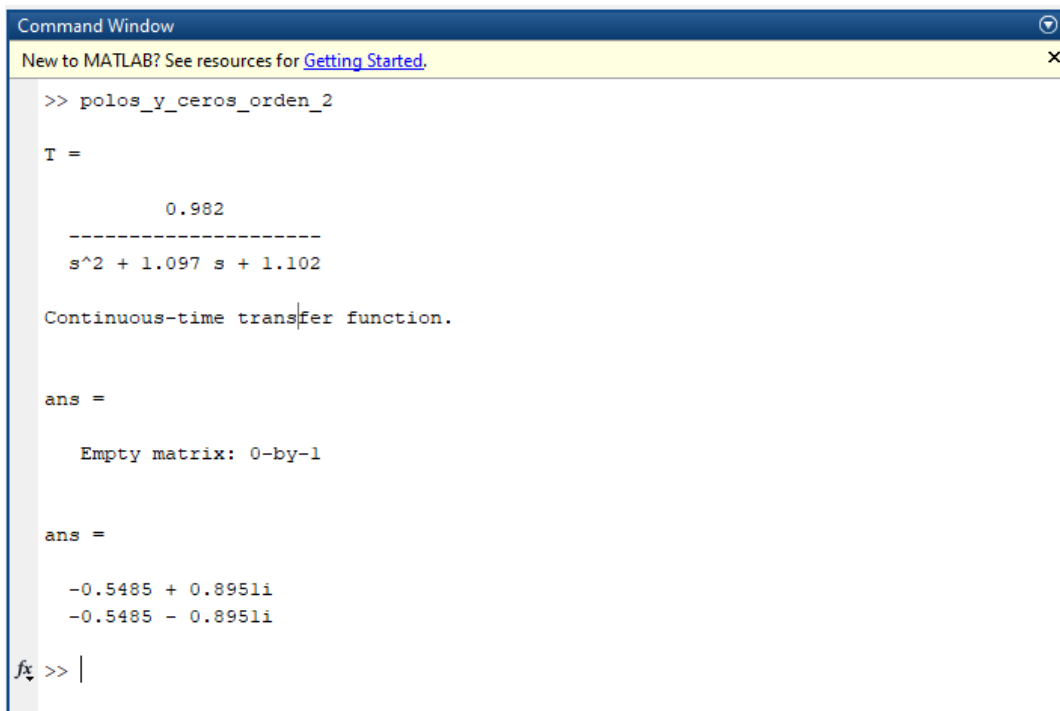
$$T(s) = \frac{0,982}{s^2 + 1,097s + 1,102}$$

Con la transferencia ya conformada podemos calcular

- Polos y ceros y sus respectivos diagramas



```
Editor - C:\Users\Ktanga\Documents\000Facultad\999-matlab script\polos_y_ceros_orden_2.m
polos_y_ceros_orden_2.m  x  +
1      % calculo de polos y ceros
2
3      num = [ 0.982 ];
4      den = [1 1.097 1.102];
5      T = tf(num,den)
6
7      pzmap(T)
8      zero (T)
9      pole (T)
```



```
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started. x

>> polos_y_ceros_orden_2

T =

          0.982
-----
s^2 + 1.097 s + 1.102

Continuous-time transfer function.

ans =

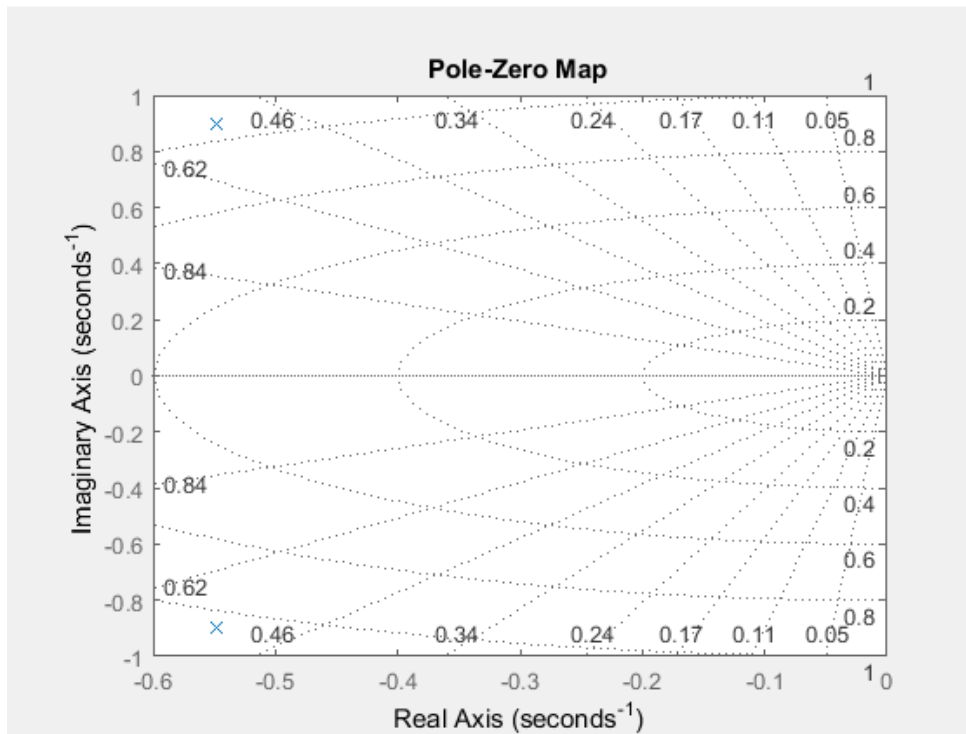
Empty matrix: 0-by-1

ans =

-0.5485 + 0.8951i
-0.5485 - 0.8951i

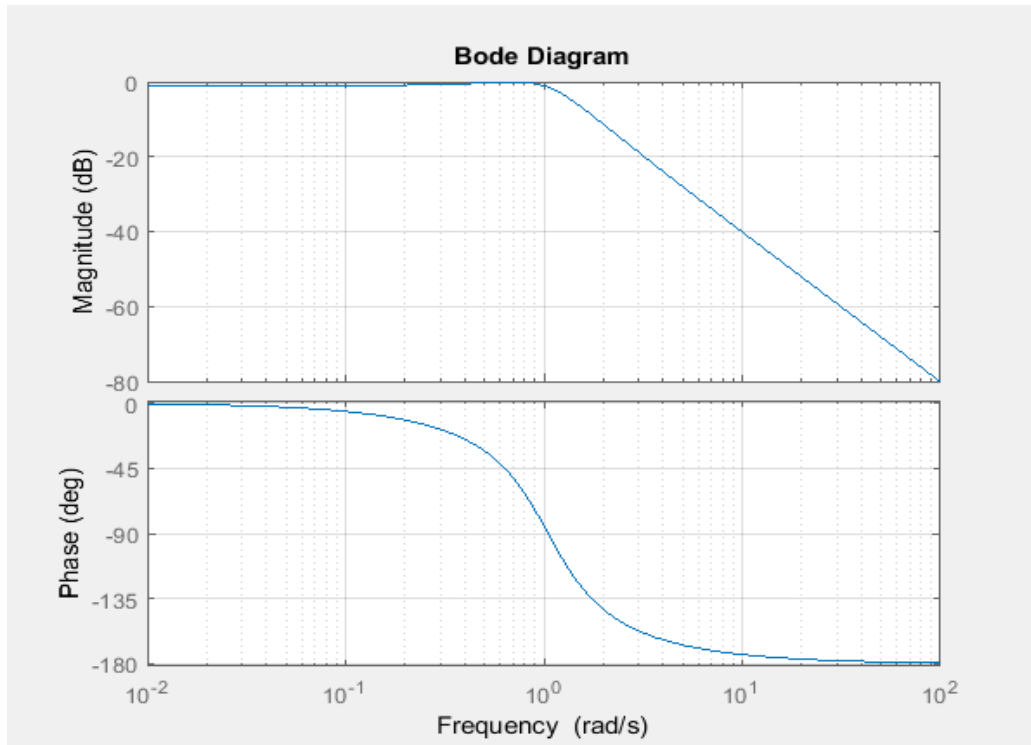
fx >> |
```

Diagramas de polos y ceros



Ahora obtenemos el diagrama de modulo y fase

```
Editor - C:\Users\Ktanga\Documents\000Facultad\999-matlab script\modulo_Y_fase.m
polos_y_ceros_orden_2.m  modulo_Y_fase.m  +
1      % diagramas de modulo y fase
2
3      num = [ 0.982 ];
4      den = [1 1.097 1.102];
5      T = tf(num,den)
6
7      bode(T)
8      grid on
9
```

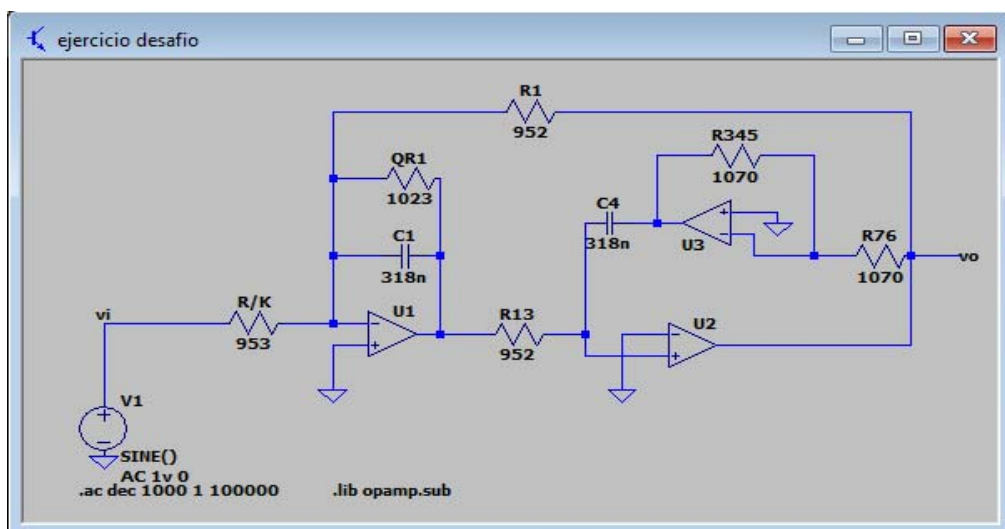


c) Implemente el filtro solicitado mediante la estructura **Ackenberg Mossberg** y corrobore su funcionamiento con respecto a la plantilla de requerimientos.

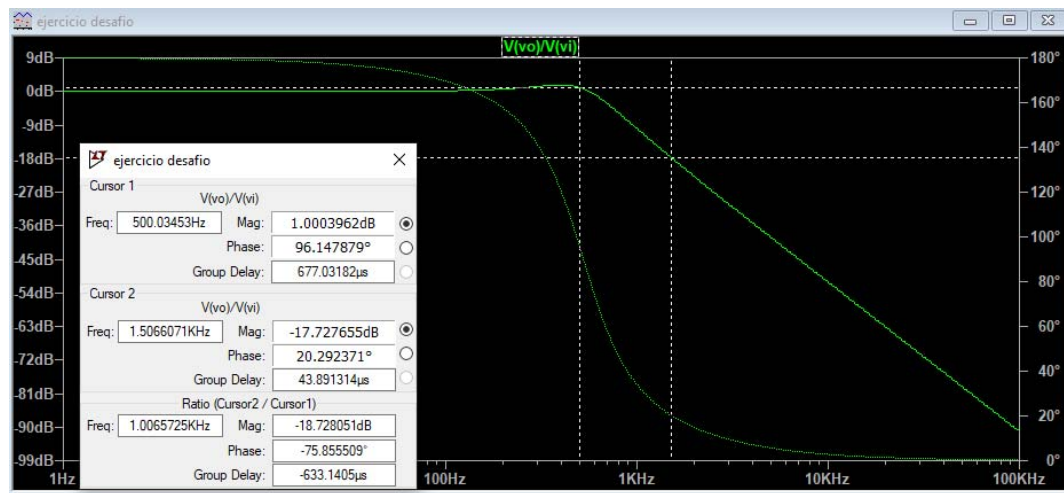
La transferencia de la estructura pedida es la siguiente

$$T(s) = K \frac{1}{C^2 \cdot R1 \cdot R} \cdot \frac{1}{s^2 + s \frac{1}{C \cdot Q \cdot R} + \frac{1}{C^2 \cdot R1^2}}$$

Con la que obtenemos el siguiente circuito desnormalizado



Su simulación es la siguiente



### Conclusiones de la simulación

- Podemos observar que el filtro pasa bajos entrega una pequeña atenuación en la banda de paso de aproximadamente 1 db. Cumpliendo con los valores requeridos en la plantilla.
- También podemos observar que el filtro posee oscilaciones ecualizadas, un mínimo y un máximo. La cantidad de oscilaciones es la siguiente  $N-1 = 2-1$  por lo tanto posee una oscilación.