

CALCULO DE FILTRO DE BUTTERWORTH PASA BANDA

DATOS :

$\omega_{p1} = 1000$ [rps]	$\omega_{p2} = 3000$ [rps]	$BW = 2000$ [rps]	$A_{max} = 1$ [dB]
$\omega_{s1} = 800$ [rps]	$\omega_{s2} = 3750$ [rps]		$A_{min} = 10$ [dB]
$R_o = 150$ [Ω]			

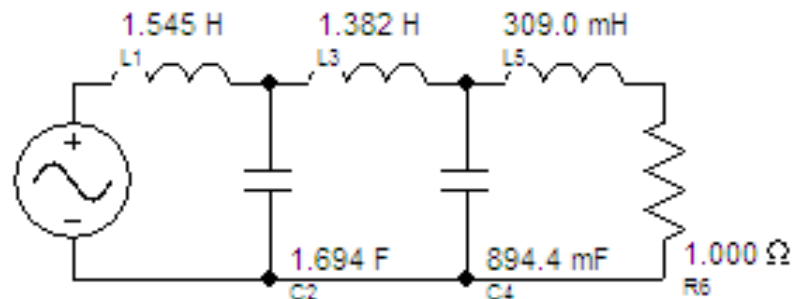
$$\varepsilon = \sqrt{10^{0,1 \cdot A_{max}} - 1} = \sqrt{10^{0,1 \cdot 1} - 1} = 0,50884714$$

$$\delta = \sqrt{10^{0,1 \cdot A_{min}} - 1} = \sqrt{10^{0,1 \cdot 10} - 1} = 3.40429935$$

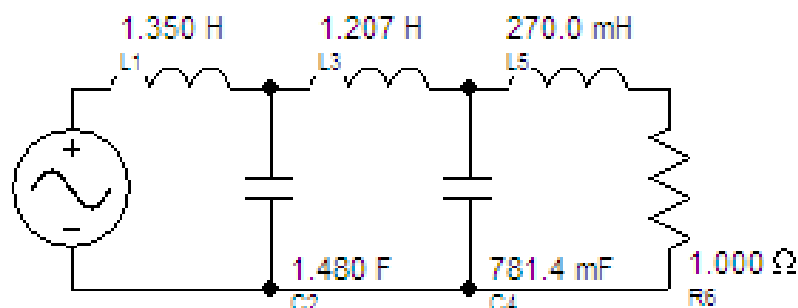
Calculamos el valor del grado del polinomio :

$$n \geq \frac{\log_{10}\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)}{\log_{10}\left(\frac{\omega_{s2} - \omega_{s1}}{\omega_{p2} - \omega_{p1}}\right)} \geq 4,8902 \therefore n = 5$$

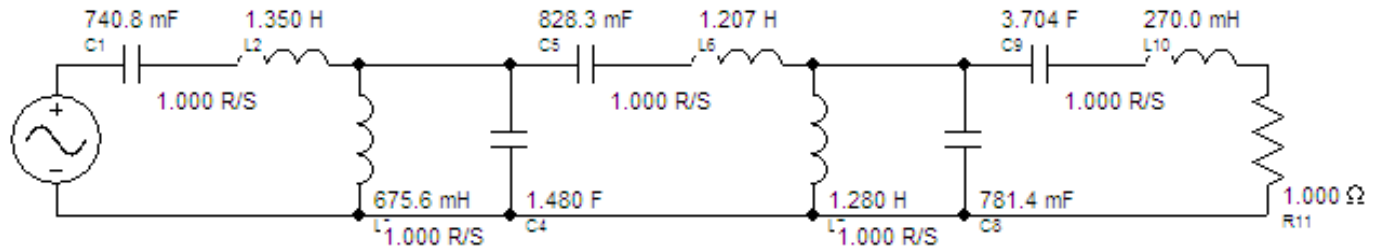
Partimos de un circuito de Butterworth normalizado de grado $n=5$



Multiplicamos todos los componentes del circuito por $\varepsilon^{1/5} = 0,873609$ para cumplir con el requerimiento de $A_{max} = 1$ [dB].

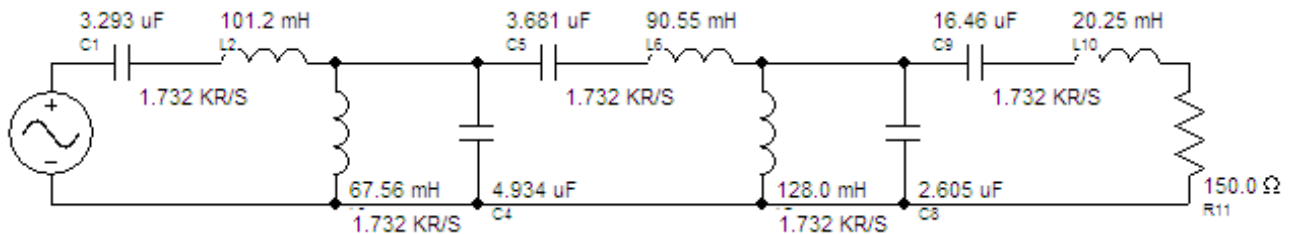


Transformamos de circuito pasa bajos normalizado a Pasa Banda normalizado.

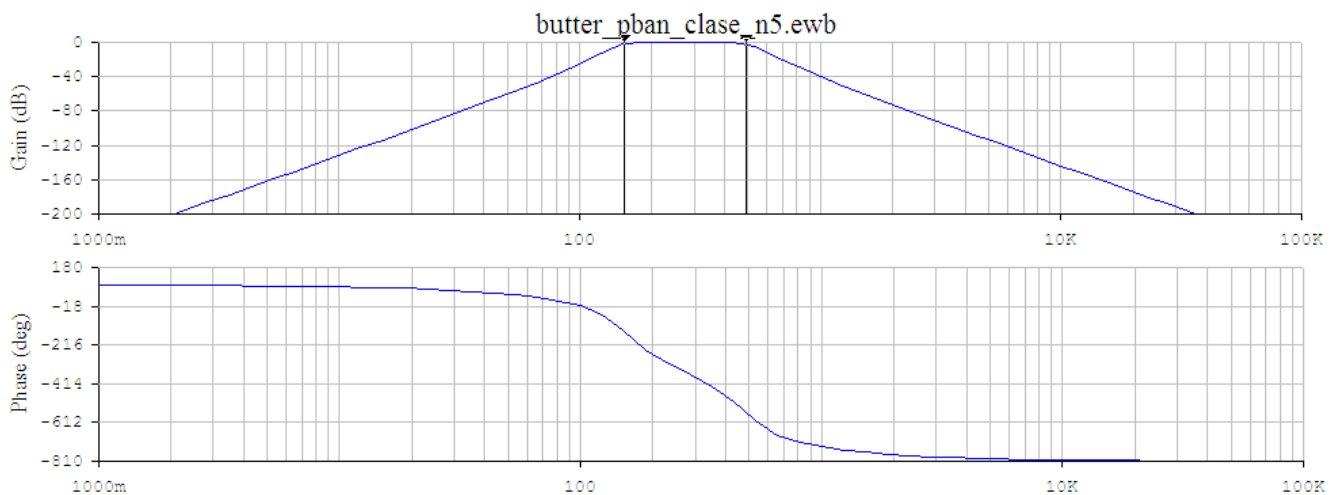


Desnormalizamos para $R_o = 150[\Omega]$, $BW = 2000$ [rps] y $\omega_{on}^2 = 0,75$ recordando que :

$$\omega_{on}^2 = \frac{\omega_{C1} * \omega_{C2}}{(\omega_{C2} - \omega_{C1})^2}$$



Simulamos y obtenemos Bode mediante EWB5 o cualquier otro programa de diseño y simulación.



Nota : recuerde que la escala de la respuesta en frecuencia de EWB5, está en Hz y no en rad/seg.

$\omega_{P1} = 1000$ [rps] por lo tanto $f_{P1} = 1000$ [rps] / $(2 * \pi) = 159,15$ [Hz]

$\omega_{P2} = 3000$ [rps] por lo tanto $f_{P2} = 3000$ [rps] / $(2 * \pi) = 477,46$ [Hz]

$BW = 2000$ [rps] por lo tanto $BW_{Hz} = 2000$ [rps] / $(2 * \pi) = 318,3$ [Hz]

CALCULO DE FILTRO DE CHEBYSHEV PASA BANDA

DATOS : se emplearán los mismos que para el filtro Pasa Banda de Butterworth.

$\omega_{P1} = 1000$ [rps]	$\omega_{P2} = 3000$ [rps]	$BW = 2000$ [rps]	$A_{max} = 1$ [dB]	$\varepsilon = 0,50884714$
$\omega_{S1} = 800$ [rps]	$\omega_{S2} = 3750$ [rps]		$A_{min} = 10$ [dB]	$\delta = 3.40429935$
$R_o = 150$ [Ω]				

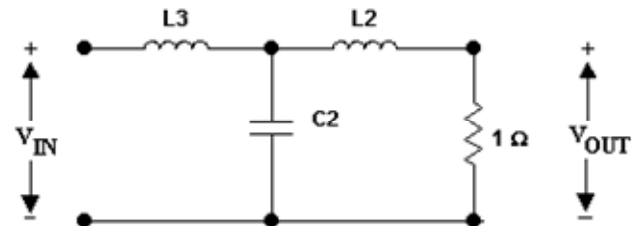
Calculamos el orden del filtro :

$$n \geq \frac{\cosh^{-1}\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)}{\cosh^{-1}\left(\frac{\omega_{S2}-\omega_{S1}}{\omega_{P2}-\omega_{P1}}\right)} \geq 2,7541 \therefore n = 3$$

La función de transferencia a utilizar es la siguiente :

$$C_3 \Big|_{A_{max}=1 [dB]} = \frac{.4913}{S^3 + .9883 \cdot S^2 + 1.238 \cdot S + .4913}$$

El circuito a utilizar es el de la figura \rightarrow



Cuya función de transferencia está dada por :

$$G_3(S) = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{1}{S^3(L_2 L_3 C_2) + S^2 L_3 C_2 + S(L_2 + L_3) + 1}$$

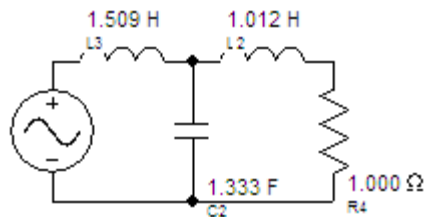
Comparando los coeficientes con la función de transferencia de Chebyshev de orden 3, obtenemos los valores de los componentes para el filtro pasa bajos normalizado :

$$L_2 = \frac{L_2 * L_3 * C_2}{L_3 * C_2} = \frac{1/0,4913}{0,9883/0,4913} = 1,01179[H]$$

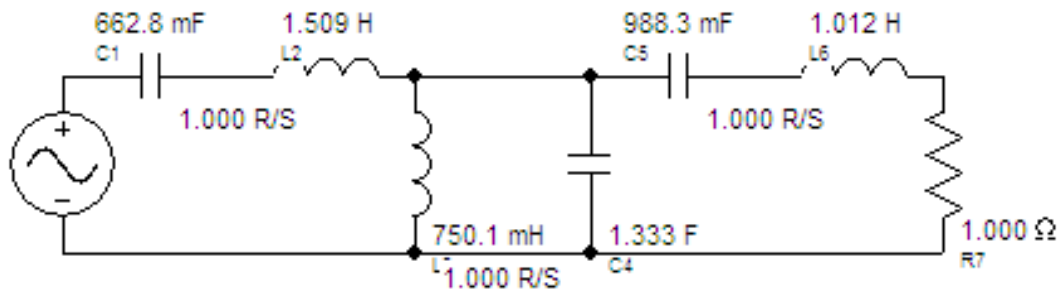
$$L_3 = \frac{L_2 + L_3}{0,4913066} - L_2 = \frac{1,2384}{0,4913066} - 1,01179[H] = 1,50882 [H]$$

$$C_2 = \frac{L_3 * C_2}{L_3 * 0,4913066} = \frac{0,988341}{1,50882 * 0,4913} = 1,33325[F]$$

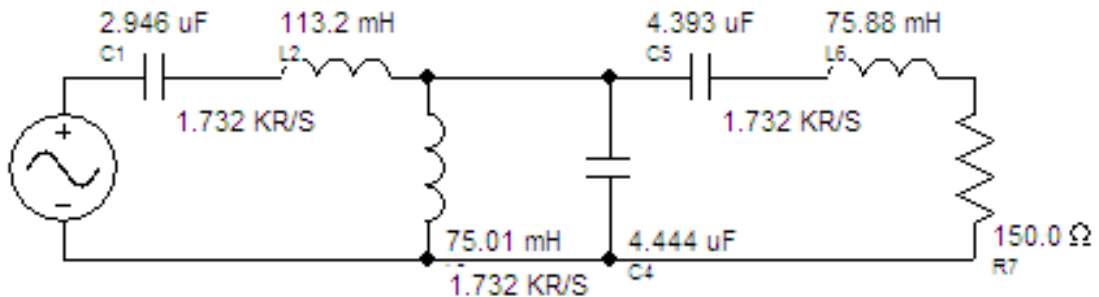
El circuito pasa bajos normalizado de Chevyshev de orden 3 obtenido es el siguiente :



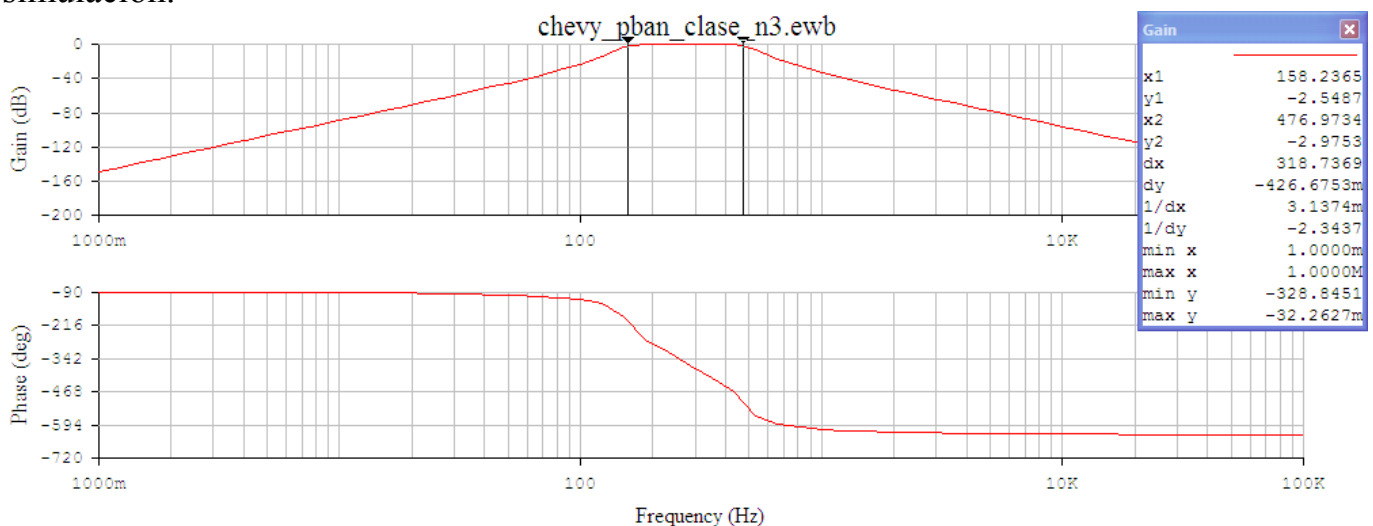
Transformamos de pasa bajos normalizado a Pasa Banda normalizado



Desnormalizamos para $R_o = 150[\Omega]$, $BW = 2000$ [rps] y $\omega_{on}^2 = 0,75$ (ver como se obtuvo en el filtro de Butterworth)



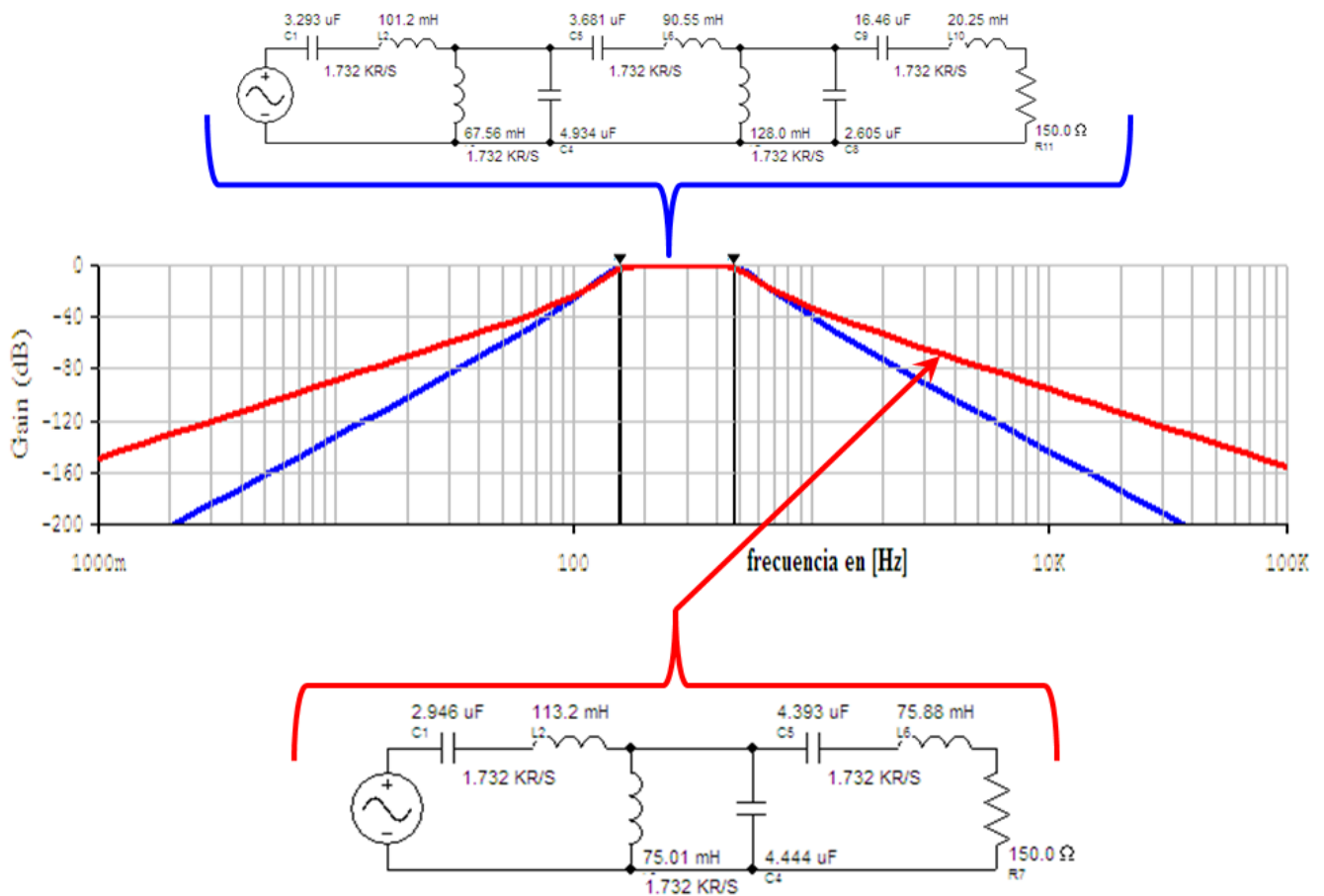
Simulamos y obtenemos Bode mediante EWB5 o cualquier otro programa de diseño y simulación.



CONCLUSIONES

En la siguiente figura se comparan los diagramas Bode de módulo de los dos filtros, el de Butterworth de orden 5 y el de Chebyshev de orden 3, recordando que ambos tienen las mismas especificaciones.

$\omega_{P1} = 1000$ [rps]	$\omega_{P2} = 3000$ [rps]	$BW = 2000$ [rps]	$A_{max} = 1$ [dB]	$\varepsilon = 0,50884714$
$\omega_{S1} = 800$ [rps]	$\omega_{S2} = 3750$ [rps]		$A_{min} = 10$ [dB]	$\delta = 3.40429935$
$R_o = 150$ [Ω]				



De los diagramas observamos que el filtro de Chebyshev de orden 3, cumple con los mismos requerimientos que el filtro de Butterworth de orden 5. Como ventaja el circuito de Chevyshev tiene 4 componentes menos, pero como desventaja en la banda pasante tendremos un ripple de 1 dB, mientras que en el caso de Butterworth la respuesta será completamente plana. Ver zoom en la banda pasante.

