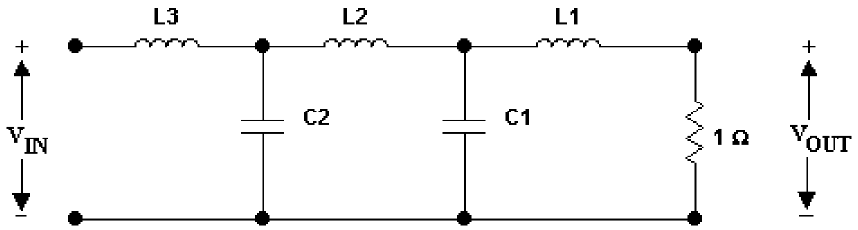
# CALCULO DE FILTRO PASIVO PASA BAJOS DE BESSEL DE ORDEN 5

Se desea calcular un filtros pasivo pasa bajos de Bessel de orden n=5, con pulsación de corte $\omega_C$ = 2500 [rad/s] y una impedancia de 300 Ω.
Partiremos de una estructura normalizada de cinco reactancias :




La función de transferencia estará dada por la siguiente expresión :

$$G_5(S) = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{1}{S^5.L_{.1}.L_2.L_3.C_1.C_2 + S^4.L_2.L_3.C_1.C_2 + S^3[L_1.(L_2.C_1 + L_3.C_1 + L_3.C_2) + L_2.L_3.C_2] + S^2.[C_1.(L_2 + L_3) + L_3.C_2] + S.(L_{.1} + L_2 + L_3) + 1}$$

Para el caso de n=5 la función de Bessel normalizada para $\omega_C$ = 1 [rad/s] y Ro = 1 [Ω] está dada por :

$$G_5(s) = \frac{945}{S^5 + 15 * S^4 + 105 * S^3 + 420 * S^2 + 945 * s + 945}$$

o

$$G_5(s) = \frac{1}{\frac{S^5}{945} + \frac{15 * S^4}{945} + \frac{105 * S^3}{945} + \frac{420 * S^2}{945} + S + 1}$$

$$G_5(s) = \frac{1}{A * S^5 + B * S^4 + C * S^3 + D * S^2 + E * s + 1}$$

$$\begin{aligned}
&L_{.1}.L_2.L_3.C_1.C_2 = A \\
&L_2.L_3.C_1.C_2 = B \\
&[L_1.(L_2.C_1 + L_3.C_1 + L_3.C_2) + L_2.L_3.C_2] = C \\
&[C_1.(L_2 + L_3) + L_3.C_2] = D \\
&L_{.1} + L_2 + L_3 = E
\end{aligned}$$

$$L_1 = \frac{A}{B} = \frac{1/945}{15/945} = 0{,}0666^{*} \text{ [H]}$$

$$[L_1.(L_2.C_1 + L_3.C_1 + L_3.C_2) + L_2.L_3.C_2] = C$$

$$[L_1.(L_2.C_1 + L_3.C_1 + L_3.C_2)] = C - L_2.L_3.C_2$$

$$(L_2.C_1 + L_3.C_1 + L_3.C_2) = \frac{C - L_2.L_3.C_2}{L_1}$$

$$[C_1.(L_2 + L_3) + L_3.C_2] = D \qquad y \;\; L_2.L_3.C_2 = \frac{B}{C_1}$$

$$\therefore \;\; \frac{C - L_2.L_3.C_2}{L_1} = D = \frac{C - \frac{B}{C_1}}{L_1}$$

$$C_1 = \frac{B}{C - D * L_1} = \frac{15/945}{105/945 - 420/945 * 0{,}06666} = 0{,}194805\ [uF]$$

$$L_{\cdot 1} + L_2 + L_3 = E \qquad \Rightarrow \qquad L_2 + L_3 = E - L_{\cdot 1} = 1 - 0{,}0666^* = 0{,}9333^*\ [H]$$

$$[C_1.(L_2 + L_3) + L_3.C_2] = D$$

El circuito normalizado obtenido será como el que muestra la siguiente figura :

$$[L_1.(L_2.C_1 + L_3.C_1 + L_3.C_2) + L_2.L_3.C_2] = C$$

$$L_2.L_3.C_2 = C - L_1.(L_2.C_1 + L_3.C_1 + L_3.C_2) = C - D * L_1$$

$$L_2.L_3.C_2 = C - D * L_1$$

$$L_2.L_3.C_2 = \frac{105}{945} - \frac{420}{945} * 0{,}0666^* = 0{,}0814814$$

$$L_2 = \frac{0{,}0814814}{L_3.C_2} = \frac{0{,}0814814}{D - C_1 * (L_2 + L_3)} = \frac{0{,}0814814}{\frac{420}{945} - 0{,}1948 * (0{,}9333^*)} =$$

$$L_2 = 0{,}31025[H]$$

$$L_{\cdot 1} + L_2 + L_3 = E \qquad \Rightarrow \qquad L_3 = E - L_{\cdot 1} - L_2 = 1 - 0{,}0666^* - 0{,}31025$$

$$L_3 = 0{,}62308[H]$$

$$L_{.1}.L_2.L_3.C_1.C_2 = A$$

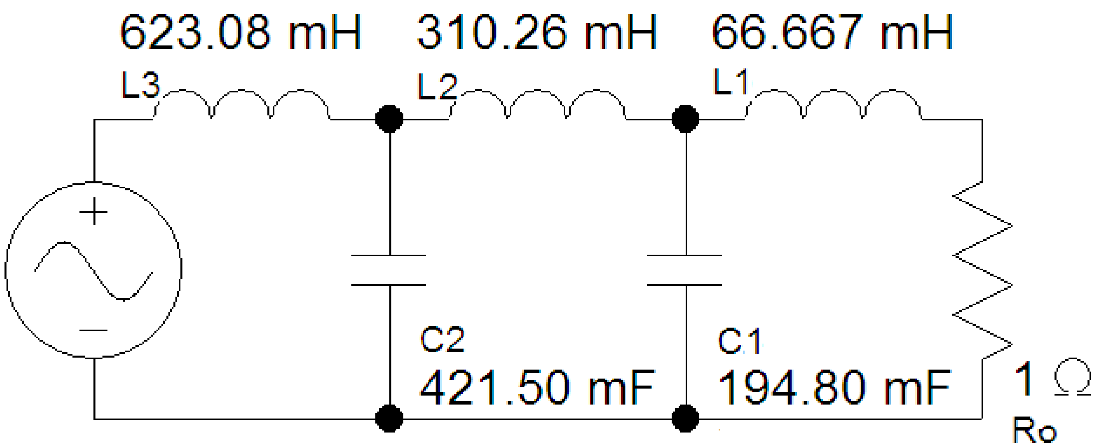
$$\therefore \quad C_2 = \frac{A}{L_1.L_2.L_3.C_1} = \frac{1/945}{0{,}0666^{*} * 0{,}31025 * 0{,}62308 * 0{,}1948} = 0{,}42155[F]$$

*ó*

$$L_2.L_3.C_1.C_2 = B$$

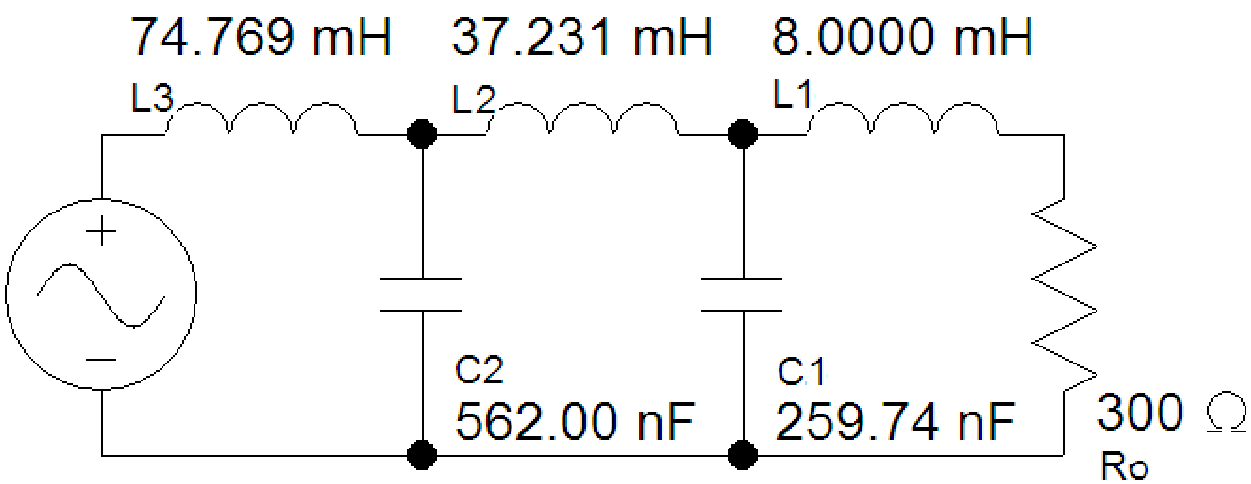
$$\therefore \quad C_2 = \frac{A}{L_2.L_3.C_1} = \frac{15/945}{0{,}31025 * 0{,}62308 * 0{,}1948} = 0{,}42155[F]$$

El circuito normalizado que se obtiene es el siguiente :

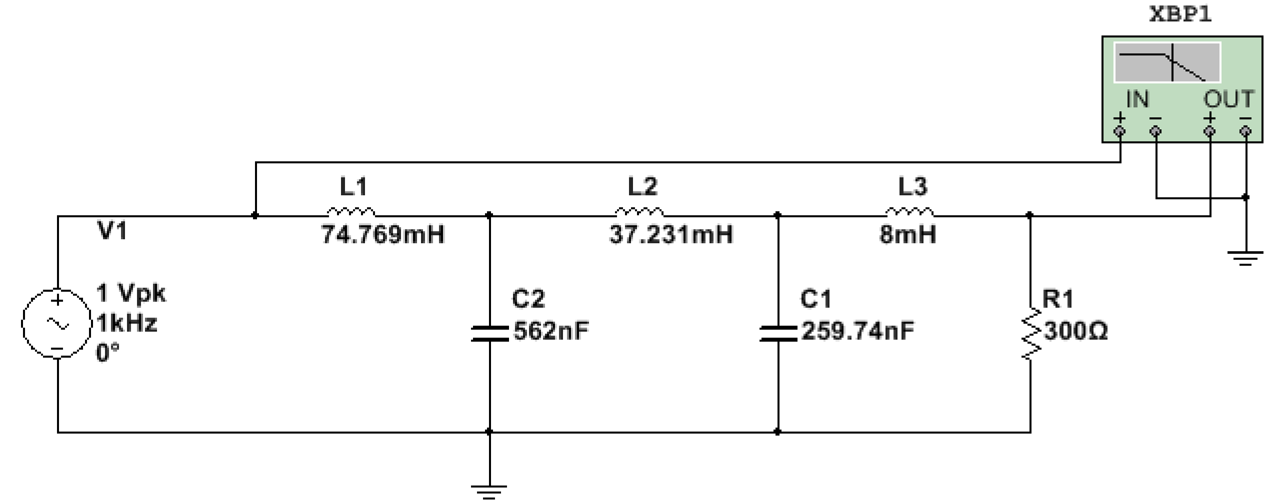


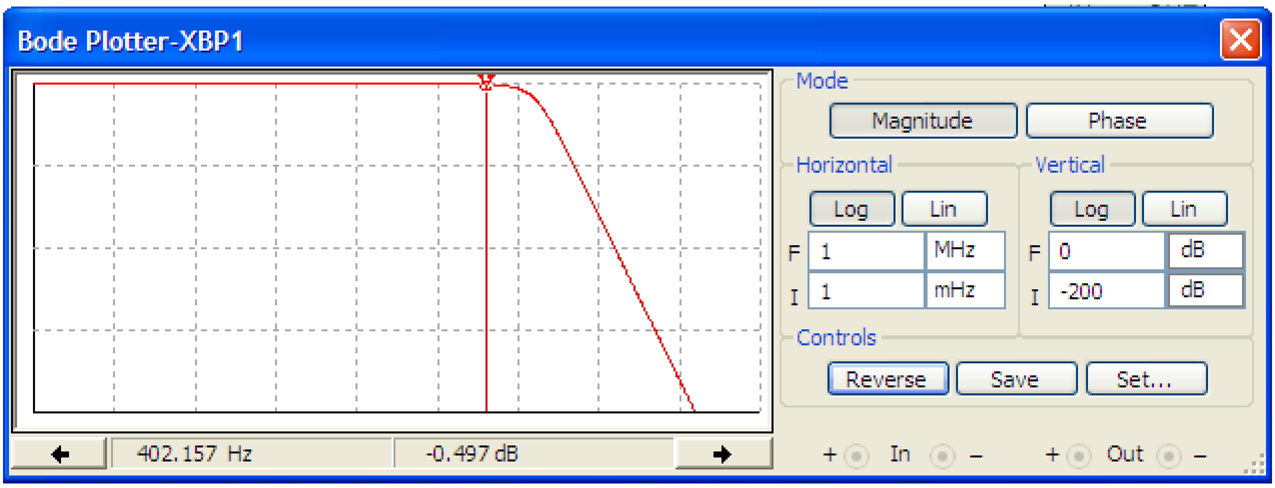

Para desnormalizar para $\omega_C$ = 2500 [rad/s] y Ro = 300 [Ω] aplicamos las siguientes expresiones:

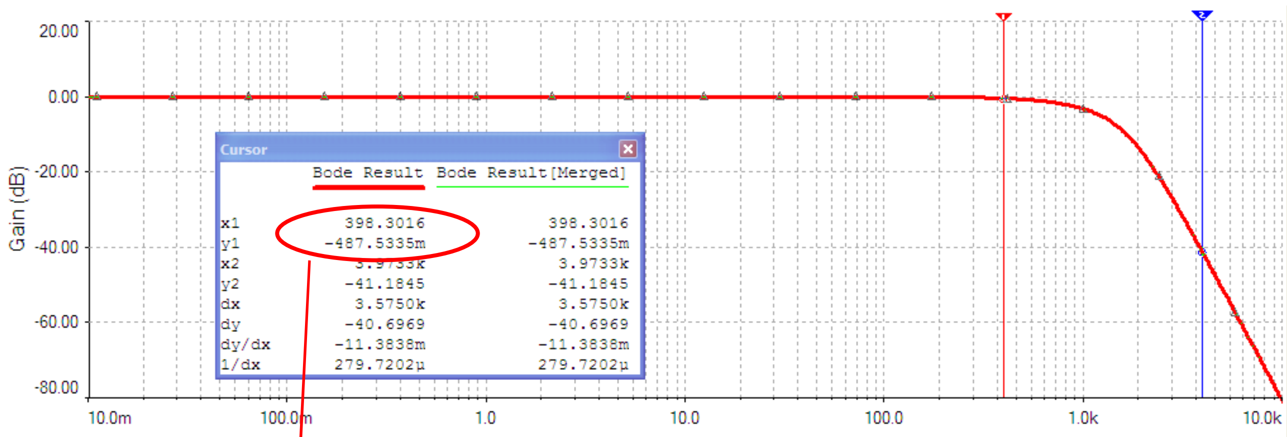
$$R_X = R_O \qquad L_X = L_N \frac{Ro}{\omega_C} \qquad C_X = C_N \frac{1}{\omega_C * Ro}$$



Circuito simulado com programa MULTISIM de National Instrument.




**NOTA** : recordar que $\omega_C = 2500$ [RPS] $\rightarrow F_C = 397{,}88$ [Hz]

$Amax|_{BESSEL \rightarrow n=5} = 0{,}4865$ [db]