

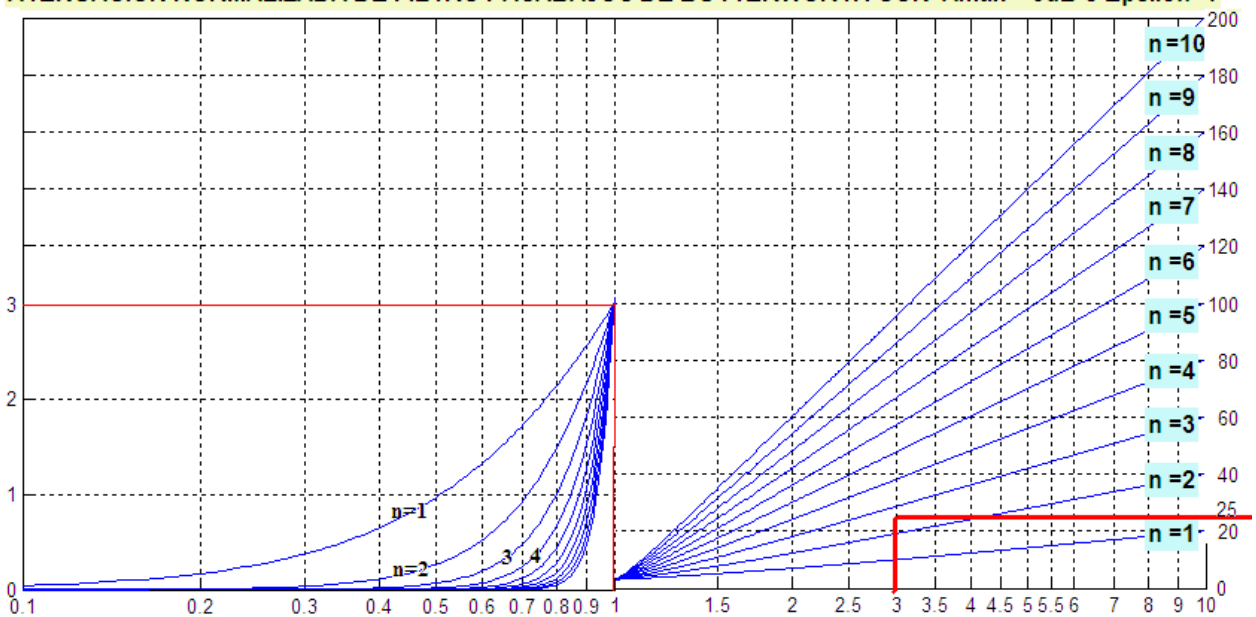
CALCULO DE FILTRO PASIVO PASA BAJOS DE BUTTERWORTH

Se desea calcular un filtro pasivo pasa bajos de Butterworth con una frecuencia de corte $f_c = 3000$ Hz, a -3 [dB] , una atenuación de 25 [dB] para una frecuencia $f_s = 9000$ [Hz] y una impedancia de carga $R_o = 600$ [Ω]. Supondremos que la impedancia del generador es de 0 [Ω].

Calculamos en primer lugar el valor de la pulsación normalizada Ω para poder determinar por método gráfico el valor n del orden del filtro a diseñar.

$$\Omega = \frac{\omega_s}{\omega_c} = \frac{f_s}{f_c} = \frac{9000}{3000} = 3$$

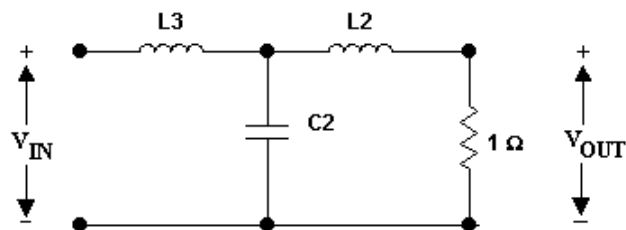
ATENUACIÓN NORMALIZADA DE FILTRO PASABAJOS DE BUTTERWORTH CON $A_{max} = 3\text{dB}$ ó $\text{Epsilon}=1$



De las curvas normalizadas de atenuación de Butterworth obtenemos que el grado del filtro debe ser $n=3$. Por lo tanto el denominador de la función de transferencia tendrá el siguiente polinomio normalizado :

$$B_{(s)}(S) = S^3 + 2 S^2 + 2 S + 1$$

Utilizaremos la siguiente red escalera :



Cuya función de transferencia está dada por la siguiente expresión :

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

Comparando el polinomio de Butterworth para $n=3$ con el polinomio del denominador de la función de transferencia del circuito propuesto, tenemos :

$$L_2 \cdot L_3 \cdot C_2 = 1$$

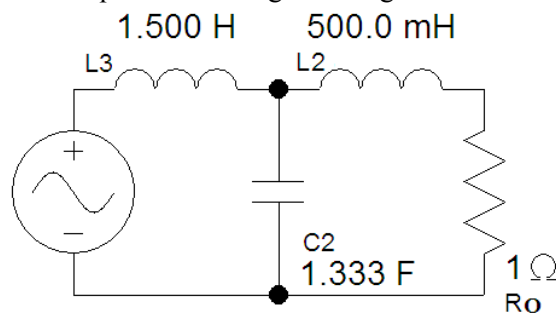
$$L_3 \cdot C_2 = 2$$

$$L_2 + L_3 = 2$$

$$\therefore L_2 = \frac{1}{L_3 \cdot C_2} = \frac{1}{2} = 0,5 [H] \quad \Rightarrow \quad L_3 = 2 - L_2 = 2 - 0,5 = 1,5 [H]$$

$$C_2 = \frac{2}{L_3} = \frac{2}{1,5} = 1,333 [F]$$

El circuito normalizado, será como el que indica la siguiente figura :

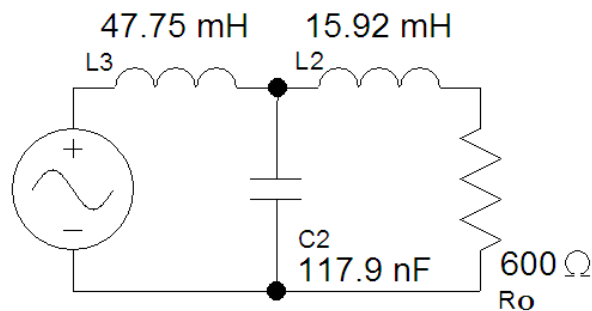


Para desnormalizar para $\omega_C = 2\pi \cdot f_C = 2\pi \cdot 3000$ [rad/s] y $R_o = 600$ [Ω] aplicamos las siguientes expresiones:

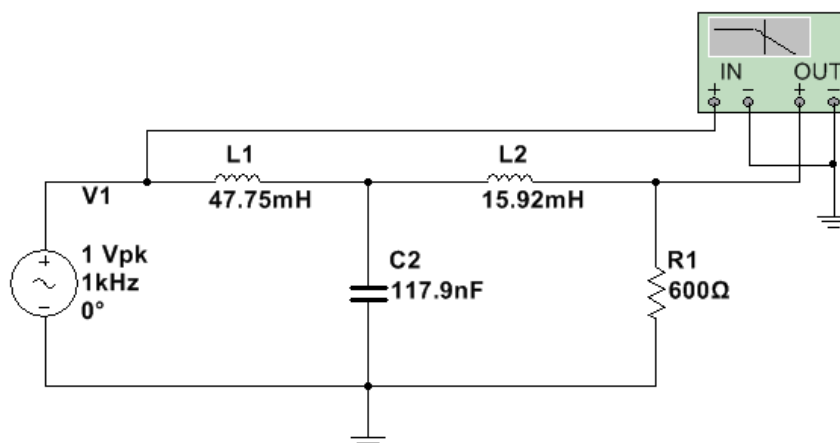
$$R_X = R_o$$

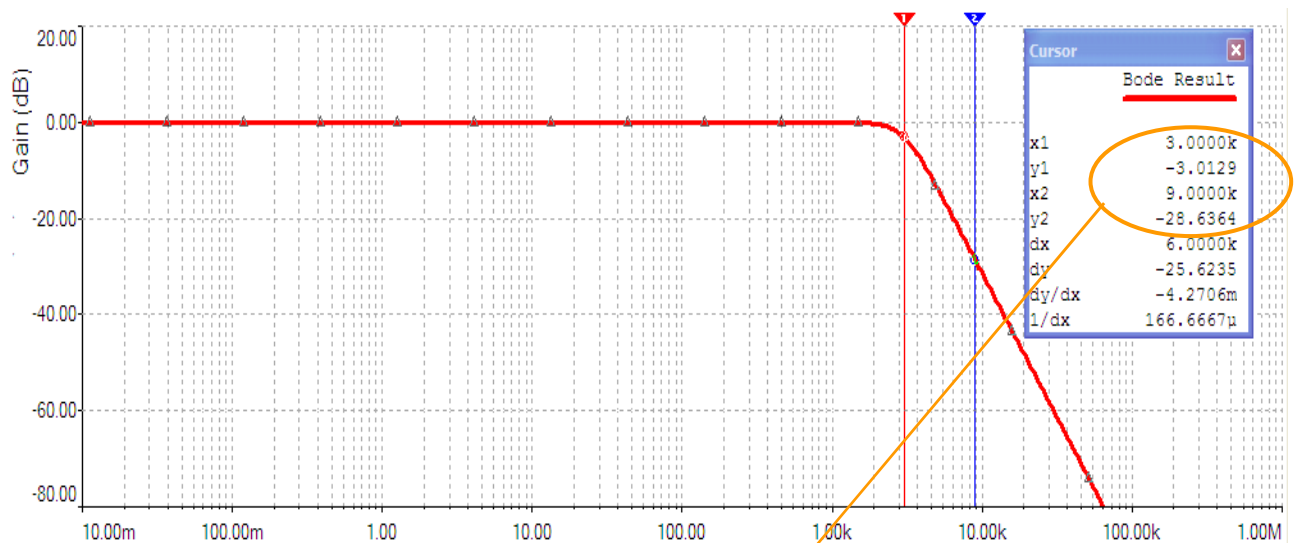
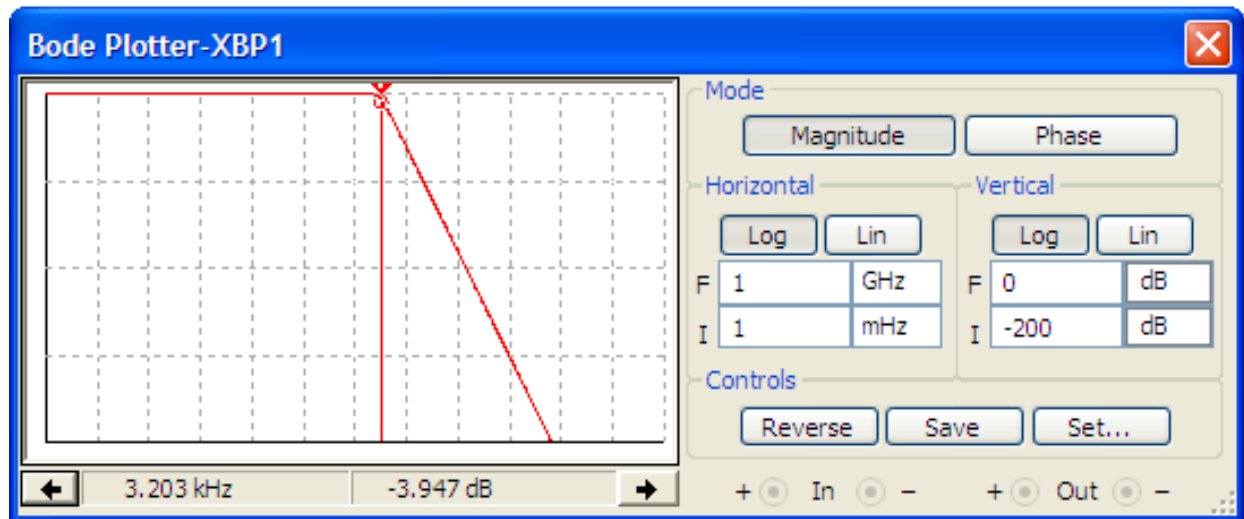
$$L_X = L_N \frac{R_o}{\omega_C}$$

$$C_X = C_N \frac{1}{\omega_C \cdot R_o}$$



Circuito simulado con programa MULTISIM de National Instrument.





NOTA : recordar que $f_c = 3000$ [Hz] y $F_s = 9000$ [Hz]

$A_{max}|_{\text{BEUTTERWORTH} \rightarrow n=3} = 3$ [db] y $A_{min}|_{\text{REQUERIDO}} = 25$ [db]