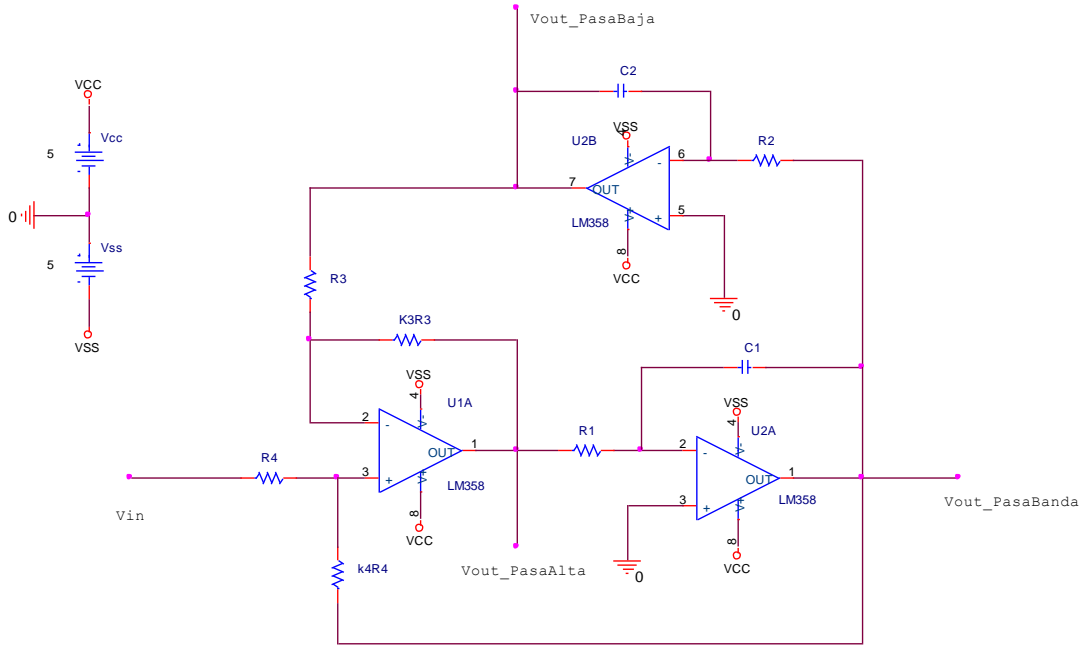


Práctica no. 5: Caracterización de un Filtro Universal Bicuadrático

Vamos a estudiar el comportamiento de un filtro activo universal (UAF) bicuadrático o de segundo orden con las siguientes características: Frecuencia de corte, $f_c = 1000\text{Hz}$ y Factor de Calidad $Q = 1$.

Un filtro activo universal es un filtro basado en la técnica de variable de estado que nos permite, en un mismo circuito, obtener las tres respuestas simultáneas: pasa baja, pasa alta y pasa banda, siendo la banda pasante de esta última un único armónico. El esquemático general haciendo uso del AO: LM358 es el siguiente:



El UAF bicuadrático consta de una entrada y tres salidas correspondientes a cada una de las tres respuestas. De acuerdo con el estudio teórico, la frecuencia de corte común a las tres salidas, el factor de calidad y las ganancias de cada una de las etapas vienen dadas por las expresiones (7.174), (1.175), (7.176), (7.179) y (7.182):

$$\omega_c = \sqrt{\frac{k_3}{C_1 C_2 R_1 R_2}} \quad (1)$$

$$Q = \frac{1}{2\alpha} = \frac{1+k_4}{1+k_3} \sqrt{\frac{k_3 C_1 R_1}{C_2 R_2}} \quad (2)$$

$$H_{0H} = \frac{k_4(1+k_3)}{1+k_4} \quad (3)$$

$$H_{0L} = \frac{k_4(1+k_3)}{k_3(1+k_4)} \quad (4)$$

$$H_{0B} = -k_4 \quad (5)$$

Primero fijemos la frecuencia de corte en $f_c = 1Khz$. Para ello simplifiquemos los cálculos haciendo que $C_1 = C_2 = C$, $R_1 = R_2 = R$ y $k_3 = k_4 = 1$ (para cumplir el requisito de que $Q = 1$), por lo que las expresiones anteriores se simplifican a:

$$\omega_c = \frac{1}{RC} \quad (6)$$

$$Q = 1 \quad (7)$$

$$H_{0H} = 1 \quad (8)$$

$$H_{0L} = 1 \quad (9)$$

$$H_{0B} = -1 \quad (10)$$

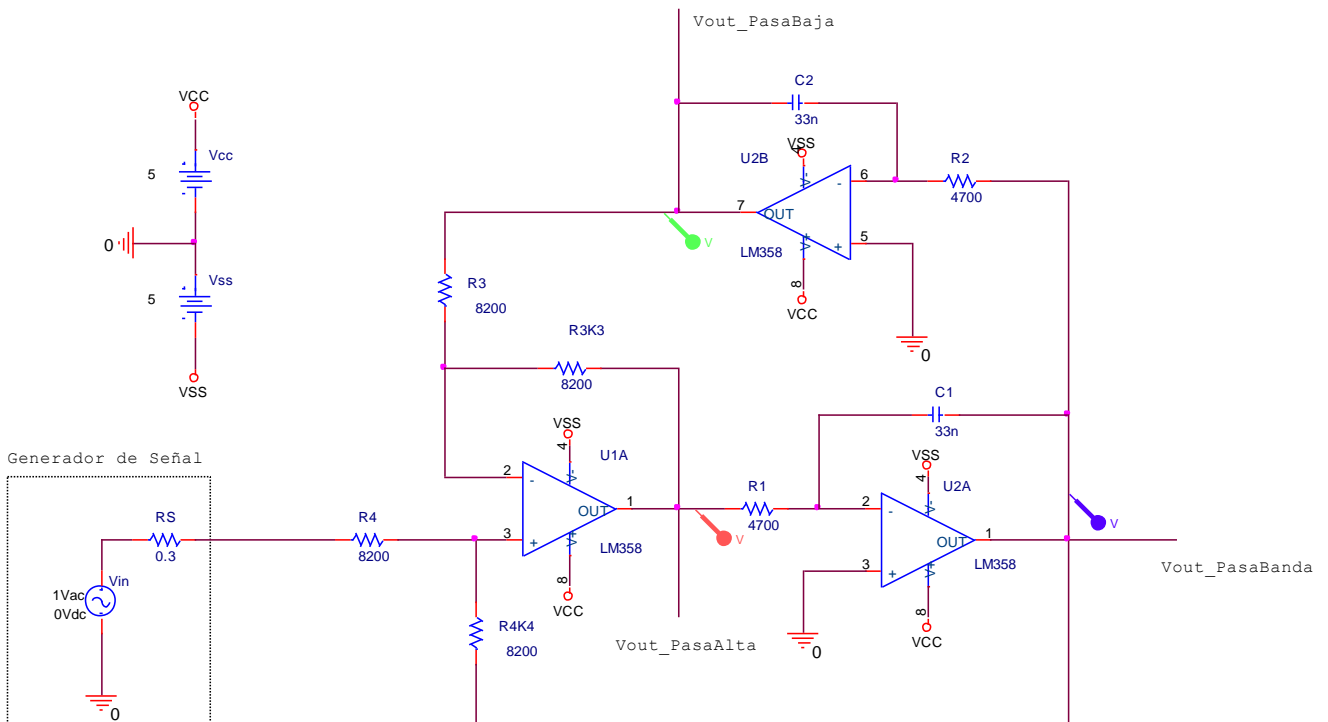
Si elegimos un condensador $C_1 = C_2 = C = 33nF$, el valor de la resistencia será:

$$R = \frac{1}{2\pi \cdot 1000 \cdot 33 \cdot 10^{-9}} = 4822\Omega \quad (11)$$

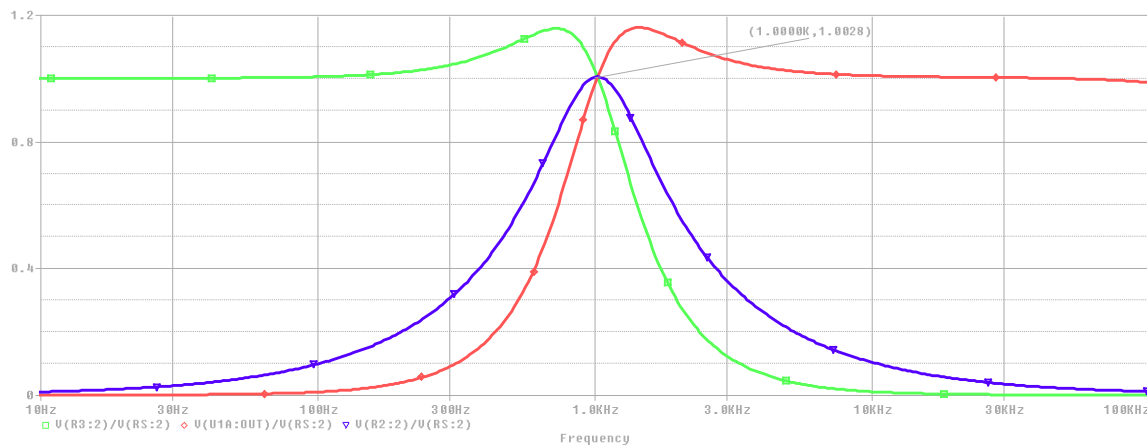
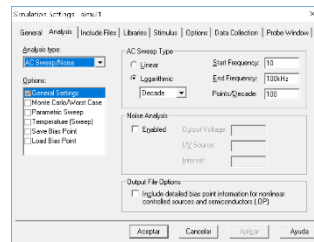
Eligiendo un valor estándar para R de $R_1 = R_2 = R = 4700\Omega$ tendremos una frecuencia de:

$$f_c = \frac{1}{2\pi \cdot 4700 \cdot 33 \cdot 10^{-9}} = 1026Hz \quad (12)$$

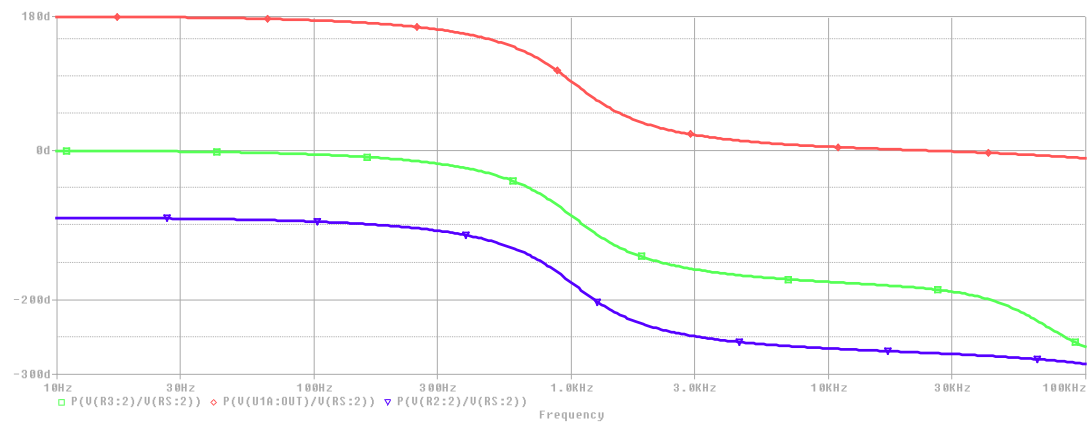
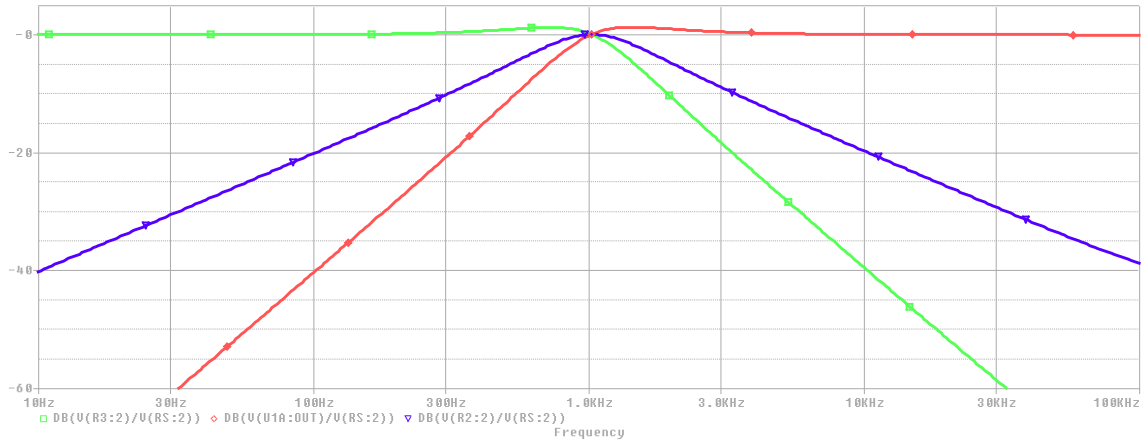
Y como $k_3 = k_4 = 1$, los valores de las resistencias $R_3 = k_3 R_3 = R_4 = k_4 R_4 = R_{sum}$ podrán ser todas iguales. Si elegimos el valor $R_{sum} = 8200\Omega$ para todas ellas, tendremos el siguiente circuito:

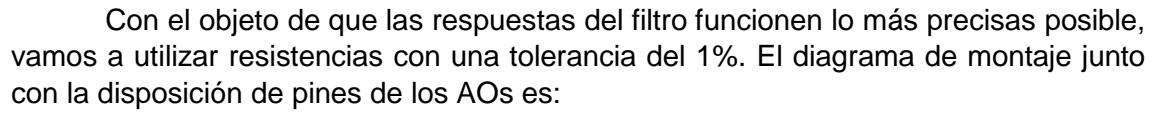


Un análisis AC_Sweep nos dará la respuesta en frecuencia en cada una de las salidas:

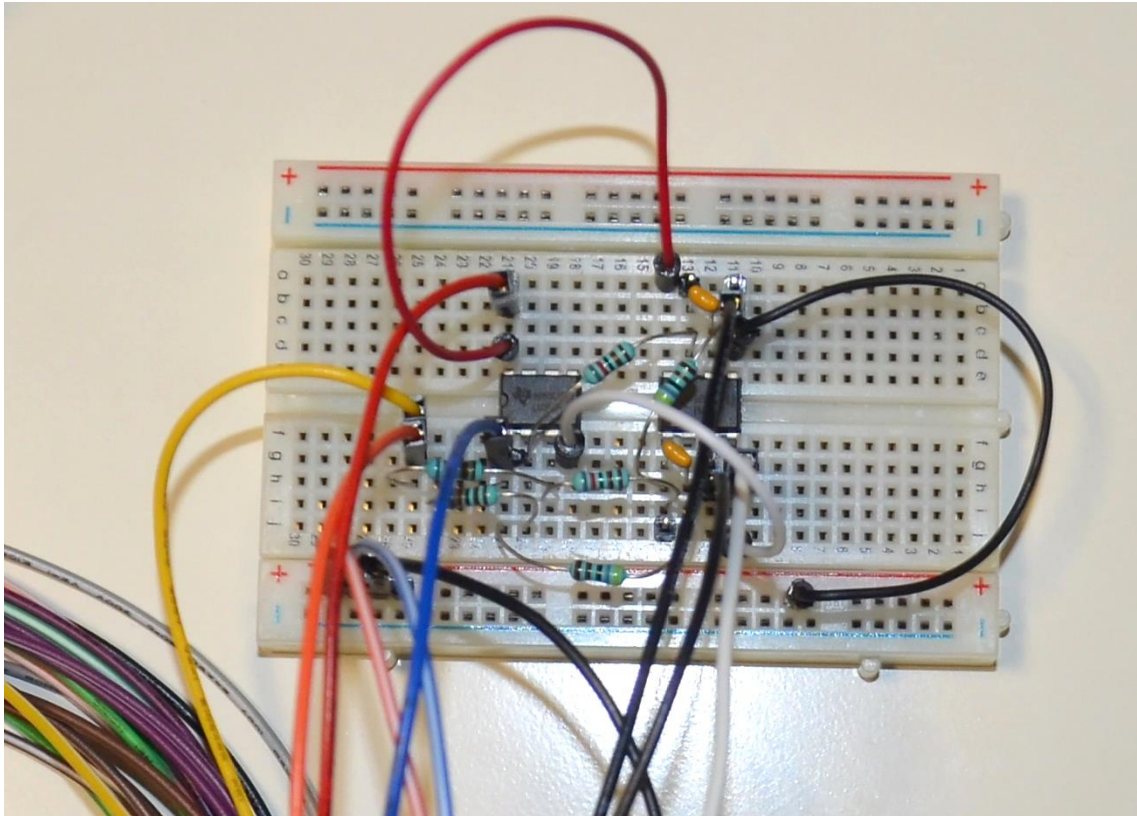


Observemos que todas las curvas pasan por el valor 1Voltio (0dB) en la frecuencia de corte. Si representamos estas curvas en decibelios y fases en grados, tendremos:



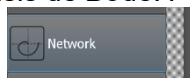


La foto muestra una realización posible:



- **Medida de la respuesta en frecuencia de un circuito utilizando el Analizador de Redes del Módulo Analog Discovery 2:**

El módulo Analog Discovery 2 permite hacer barridos en frecuencia de forma automática para realizar análisis de Bode. Para ello arranquemos la aplicación 'Network' desde la opción 'Welcome':



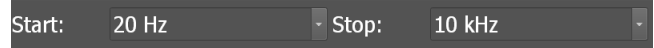
Esta aplicación es incompatible con el rodaje simultáneo del generador de señal y del osciloscopio. Así, primero realizaremos el análisis en frecuencia del circuito y después, estudiaremos su comportamiento temporal. El analizador de redes funciona con un esquema del tipo:



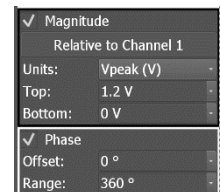
Así, mantendremos el generador de señal W1 (**amarillo**) y el canal 1+ del osciloscopio (**naranja**) conectados a la entrada y observaremos cada una de las salidas cambiando del canal 2+ del osciloscopio (**azul**) a cada una de las salidas.

- **Caracterización de la respuesta Pasa Baja.**

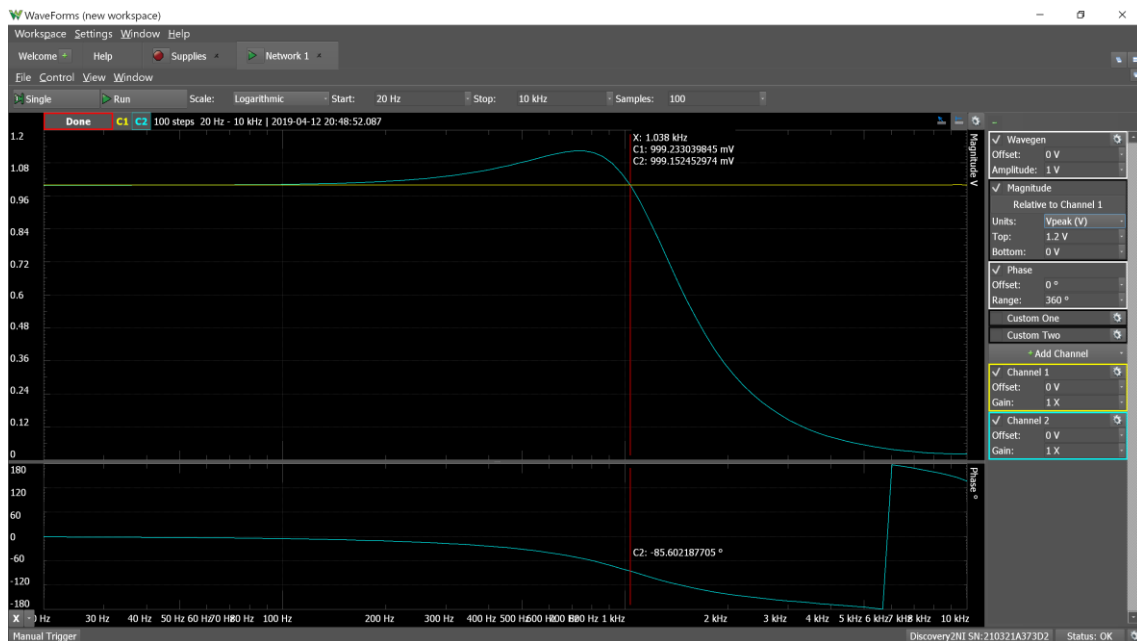
Conectemos el canal 2+ del osciloscopio a la salida Pasa Baja y realicemos un barrido en frecuencia desde 20Hz a 10Khz:



Y utilizando la magnitud Vpeak en el eje de ordenadas y un rango de fases de 360°:

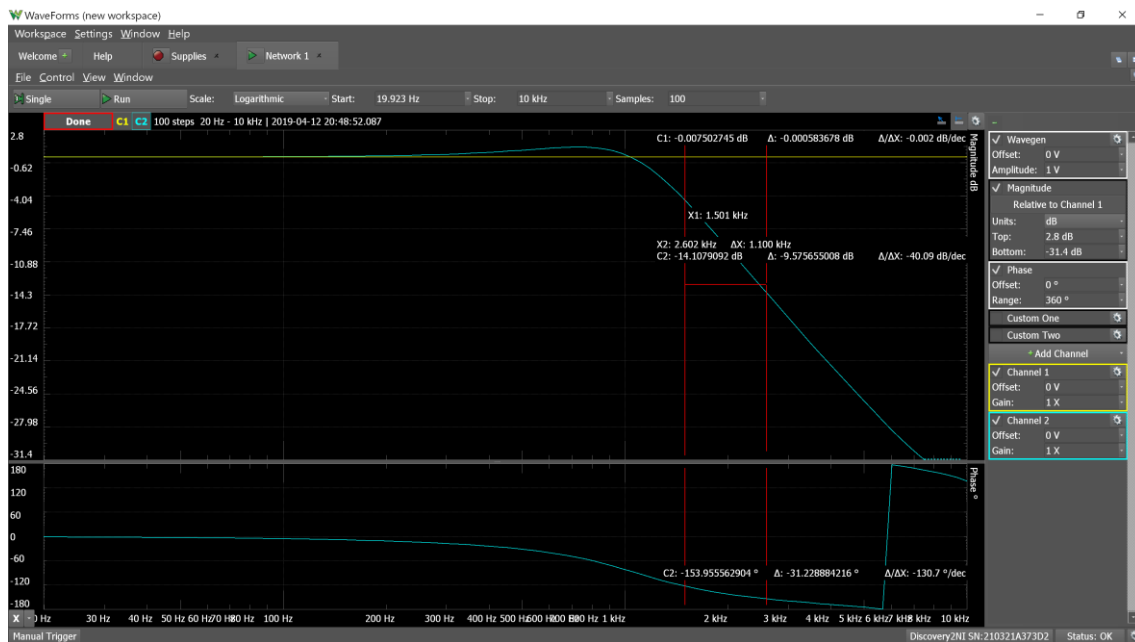


Tras un barrido simple (single), obtenemos el siguiente resultado:



En el canal 1 observamos la amplitud de la señal de entrada programada en 1Voltio y en el canal 2 observamos el diagrama de bode donde las amplitudes aparecen en voltios y la fase en grados. El cursor situado en el corte de la señal de entrada con la de salida nos muestra la frecuencia de corte y la fase en ese punto.

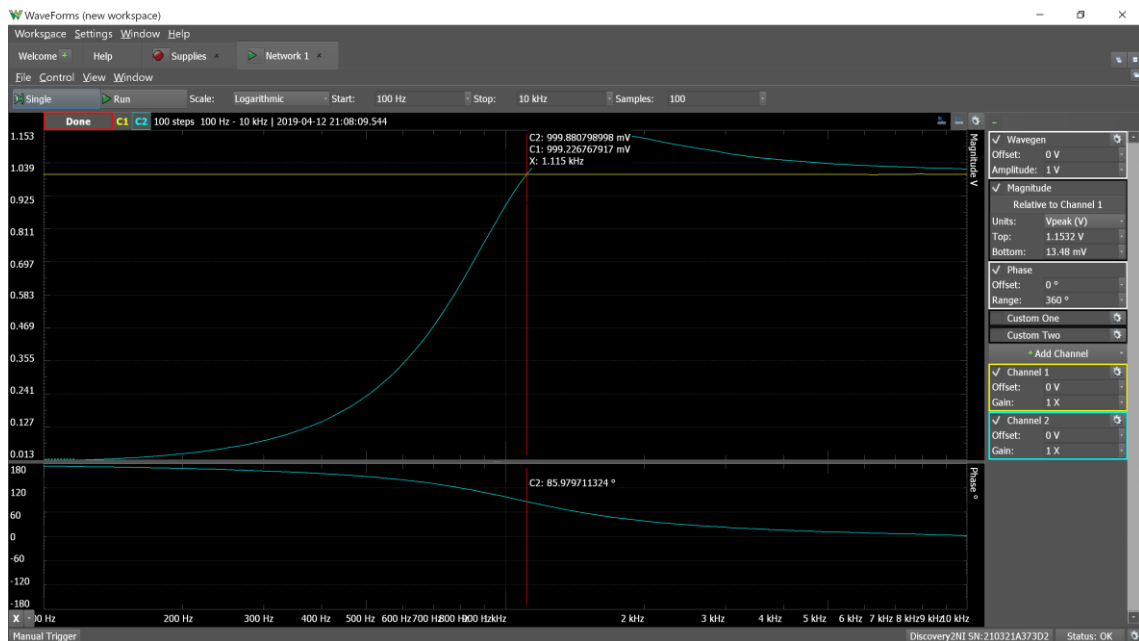
Si cambiamos la escala de ordenadas a decibelios obtendremos :



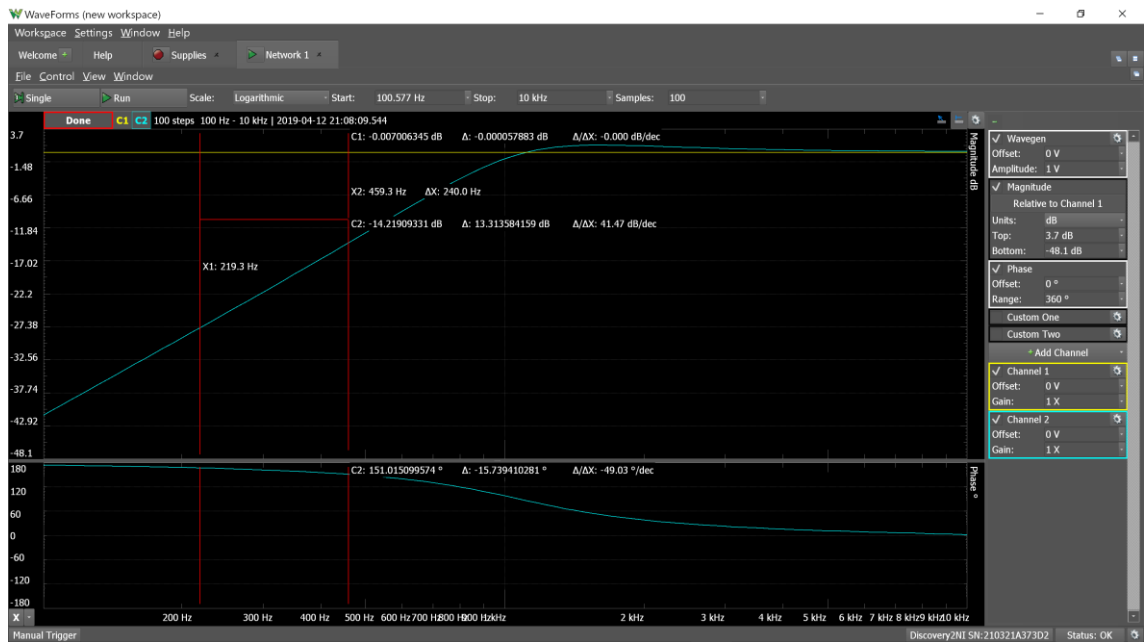
Donde podemos comprobar que se trata de un filtro de segundo orden con pendiente de -40dB/Decada.

- **Caracterización de la respuesta Pasa Alta.**

Conectemos el canal 2+ del osciloscopio a la salida Pasa Alta y realicemos un barrido en frecuencia desde 100Hz a 10Khz:



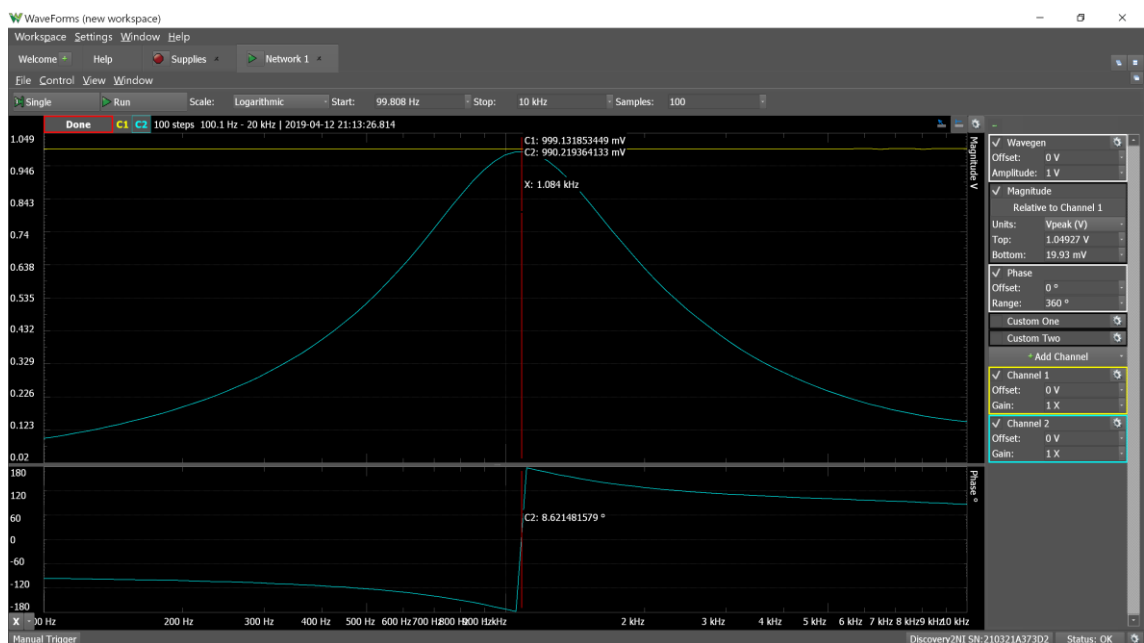
Cambiado a decibelios tenemos:



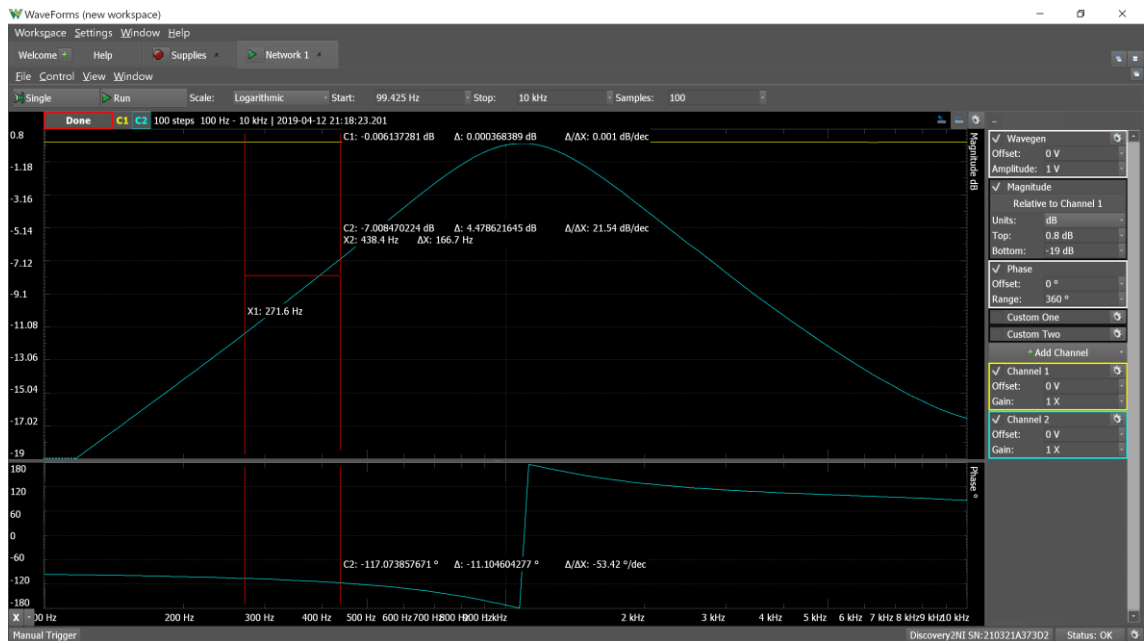
Mediante los cursores, obtenemos la frecuencia de corte la fase a esa frecuencia y la pendiente.

- **Caracterización de la respuesta Pasa Banda.**

Conectemos el canal 2+ del osciloscopio a la salida Pasa Banda y realicemos un barrido en frecuencia desde 100Hz a 10Khz:



Cambiando a decibelios tenemos:



- **Respuestas de señales triangulares y cuadradas a la acción del filtro.**
 - Salir del Analizador de Redes y conectar el Generador de Señal y el Osciloscopio.
 - Generar señales triangulares o cuadradas tal como se indica la hoja de resultados.

Tal como estudiamos en la práctica anterior, [describir la acción del filtro en sus respuestas pasa baja, pasa alta y pasa banda a las señales que se indican en la hoja de resultados.](#)