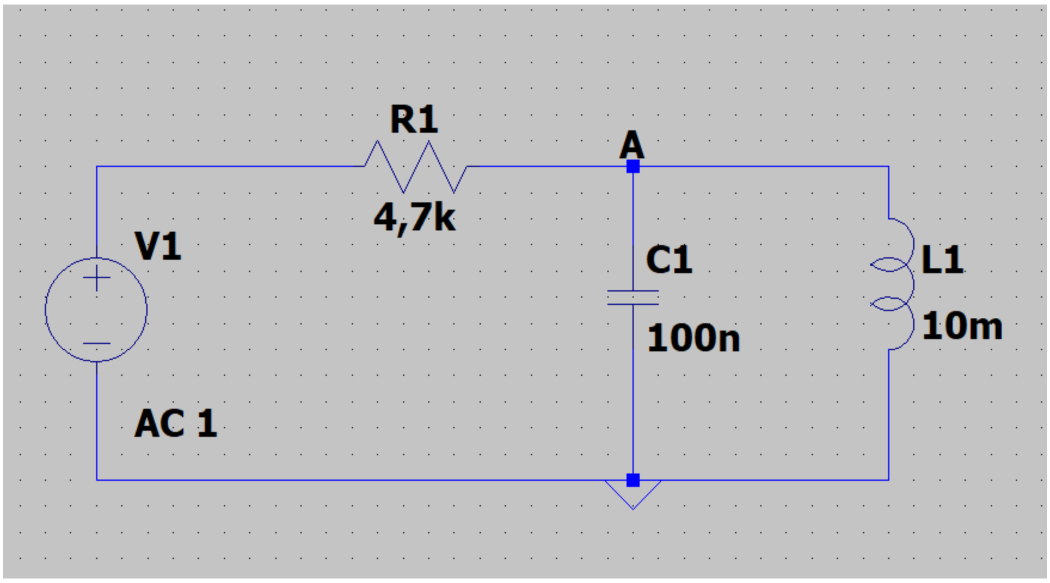
Práctica 5: Caracterización de un filtro RCL

TRABAJO PREVIO – Pablo Cuesta Sierra. Grupo 1201.

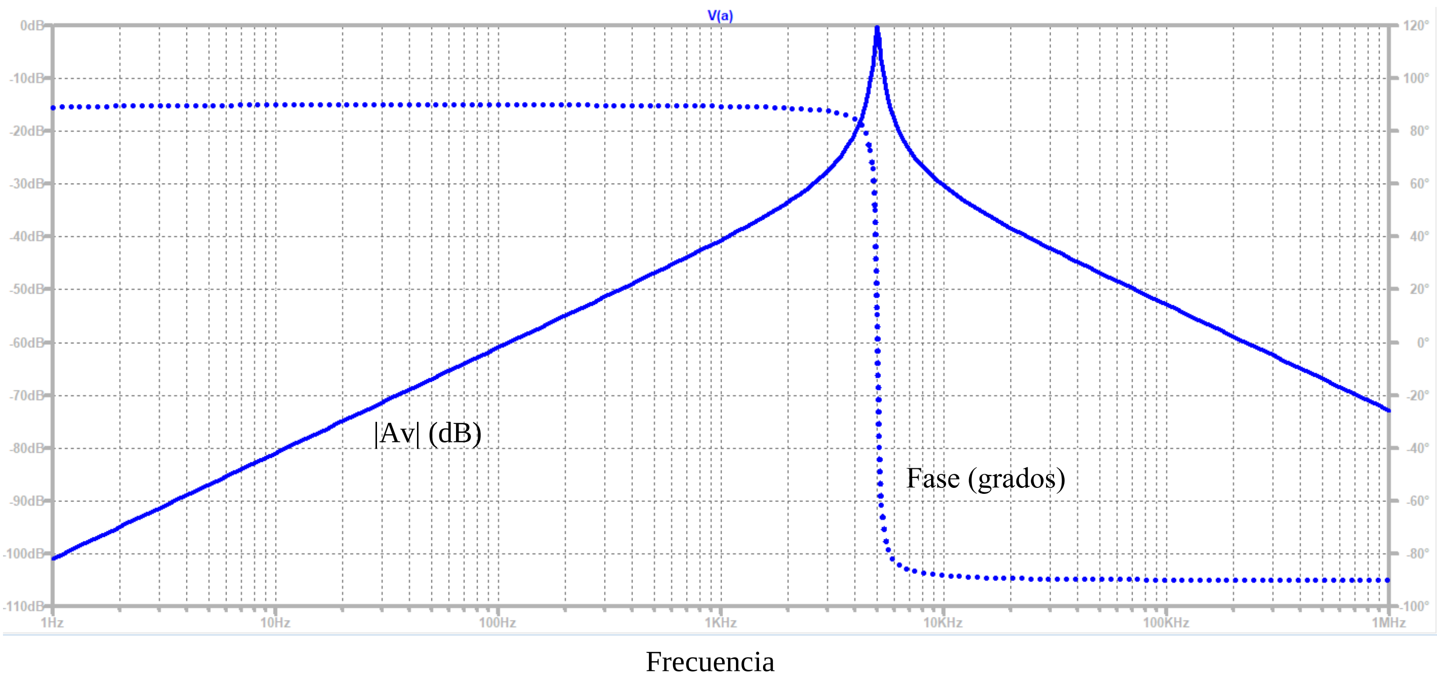
a. Dibuje el circuito 1 con los valores de componentes mostrados en la figura. Fije una amplitud de 1V en el análisis de pequeña señal AC.

Captura del circuito 1:



b. Cree un perfil de simulación de análisis en alterna, y realice un barrido en frecuencias desde 1Hz hasta 1MHz. Represente la señal en el nodo A. Dado que la amplitud de la tensión sinusoidal es de 1V, la traza generada automáticamente por LTspice en el nodo A coincide con la función ganancia de tensión.

Utilizando: **.ac dec 100 1 1Meg**, y midiendo el voltaje en el nodo A, se obtiene:



c. Compare los valores de la ganancia expresada en decibelios ($20\log|V(A)|$) y la fase de la señal $\phi(V(A))$ obtenidos mediante la simulación con los obtenidos teóricamente. Haga esta comparación para una serie discreta de frecuencias (por ejemplo, 10, 10^2, 10^3, 10^4 y 10^5 Hz) ¿A qué tipo de filtro se asemeja el comportamiento en alterna observado en nuestro circuito?

Cálculos teóricos:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{Z_{eq}}{R_1 + Z_{eq}} = \frac{1}{1 + R_1/Z_{eq}}$$

$$\text{Donde } \left(1/Z_{eq}\right) = \frac{1}{Z_C} + \frac{1}{Z_L} = j\omega C + \frac{1}{j\omega L} = j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$$

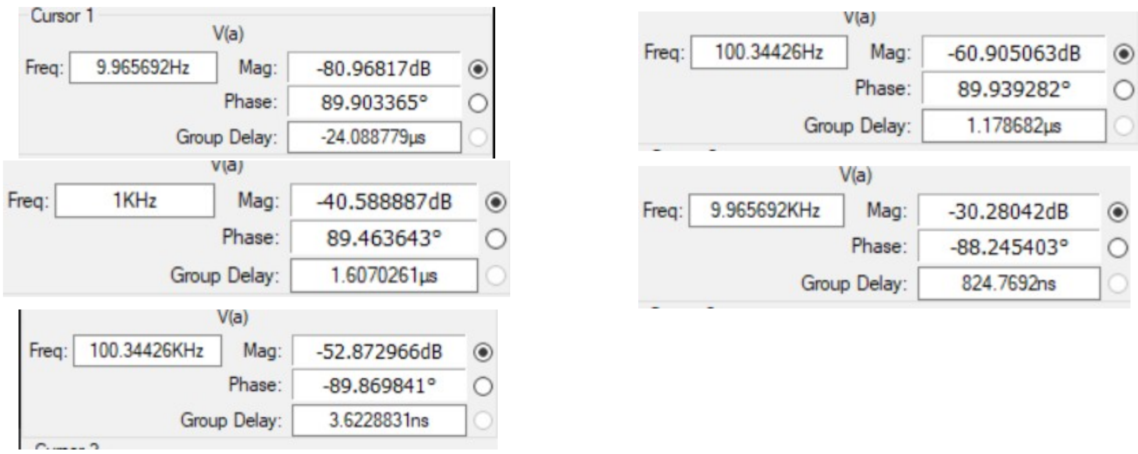
$$\Rightarrow A_v = \frac{1}{1 + jR_1\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)}$$

$$\boxed{\Rightarrow |A_v| = \frac{1}{\sqrt{1 + R_1^2\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}}, \quad \theta = -\text{arctg}\left(R_1\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)\right)}$$

Aquí tenemos la tabla con los valores teóricos para las frecuencias sugeridas:

frecuencia (Hz)	frec. angular	|Av| dB	fase (grados)
10	62,83185307	-77,47832558	89,9923404
100	628,3185307	-57,47493783	89,92337405
1000	6283,185307	-37,12934353	89,2026124
10000	62831,85307	-26,87736578	-87,40341219
100000	628318,5307	-49,38357505	-89,80548875

Y las capturas de las medidas hechas en la gráfica de la simulación:



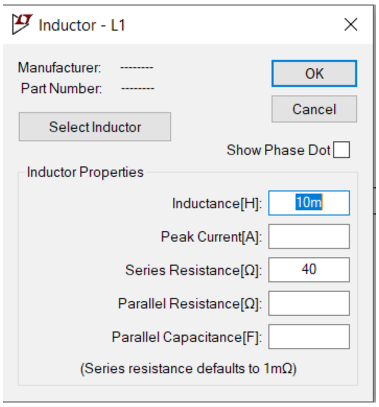
Se puede ver que en la simulación salen valores un poco más bajos para la ganancia, aunque con no más de 4dB de diferencia. Los valores de la fase son prácticamente iguales.

Como ya se ve en la gráfica, nos encontramos ante un filtro de paso banda, ya que hay un máximo en el valor en el que f=1/(2π sqrt(CL)); y además, tanto cuando la frecuencia tiende a cero, como cuando tiende a infinito, la ganancia tiende a 0.

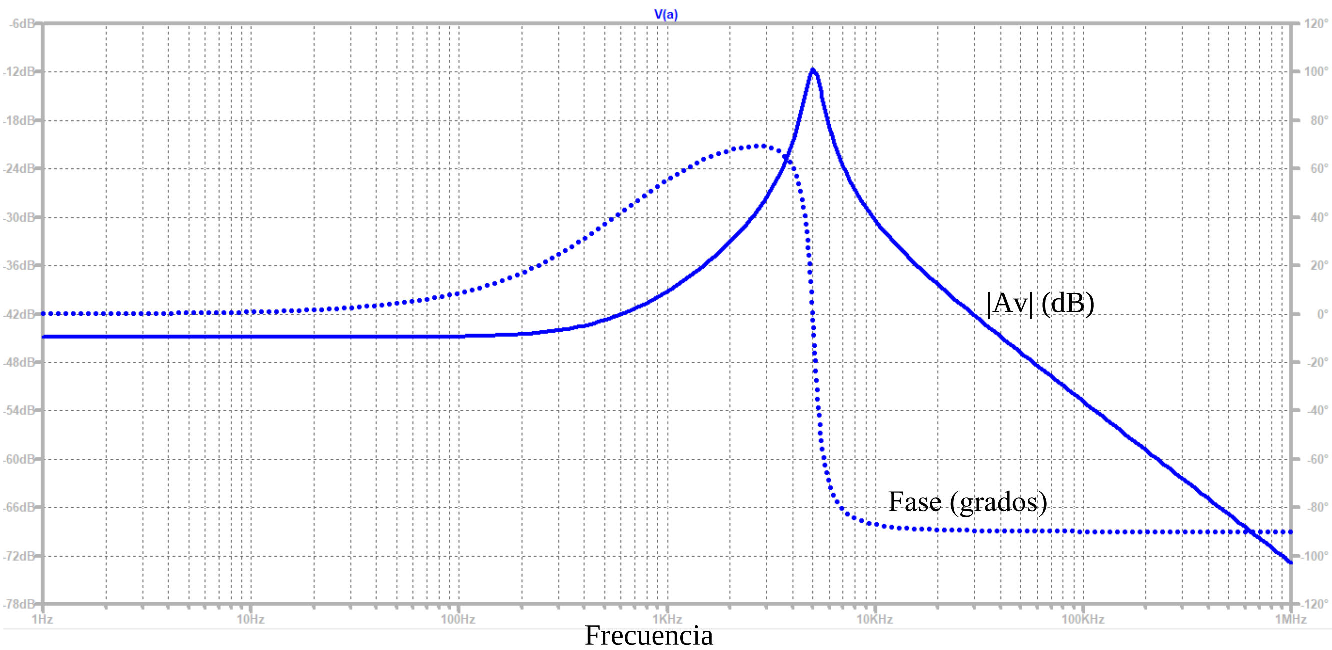
Dado que en el montaje experimental utilizaremos elementos reales, y no ideales, deberemos tener en cuenta el efecto de las desviaciones en su comportamiento para predecir su influencia en la respuesta del circuito. En concreto, junto con las tolerancias de los valores nominales de los componentes pasivos, uno de los efectos más evidentes será el de la resistencia que presenta la bobina al paso de una corriente continua y que en nuestro caso puede tomar un valor máximo de unos 40Ω (en serie).

d. En la descripción de los parámetros de la bobina (click con el botón derecho sobre el elemento) se puede modificar esa resistencia en continua por medio del parámetro R_s, como se muestra en el Circuito 2. Introduzca el valor de $40\ \Omega$ en para la resistencia serie.

Captura:



e. Repita la simulación anterior y compare los resultados obtenidos anteriormente al suponer una inductancia ideal ¿Por qué se observa en la curva de la ganancia un *plateau* a unos -40dB en la región de bajas frecuencias, y no en la de altas? Observe$20\log(40/4740) = -41.96dB$. Reflexione sobre los comportamientos de las impedancias del circuito a muy bajas y a muy altas frecuencias.



En este caso, tendríamos la ecuación de 1/Zeq = jωC + 1/(jωL+40Ω), por tanto, cuando las frecuencias sean muy bajas: ω→0 , 1/Zeq→1/(40Ω), por tanto, |Av|=1/(1+R1/Zeq)→40/4740, y por tanto, en dB, tenderá a 20log(40/4740) = -41.47dB. Es por esto que se observa la asíntota horizontal para las frecuencias muy bajas a esta altura.

Sin embargo, cuando las frecuencias son muy altas, el término 1/(jωL+40Ω) es como 1/(jωL), ya que 40Ω se hace insignificante: por lo que tenemos una gráfica mucho más parecida a la primera.