UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

Escuela Politécnica Superior

CIRCUITOS ELECTRÓNICOS
(2018 - 2019)

PRÁCTICA 5

Alba Ramos
Andrea Salcedo
Grupo: 1212

Madrid, 12/11/2018

TABLA DE CONTENIDOS

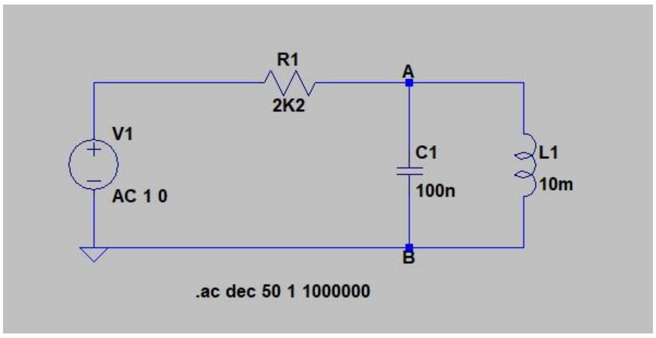
Introducción 3
Simulación previa 3
Datos y resultados experimentales 6
Conclusiones 10

Introducción

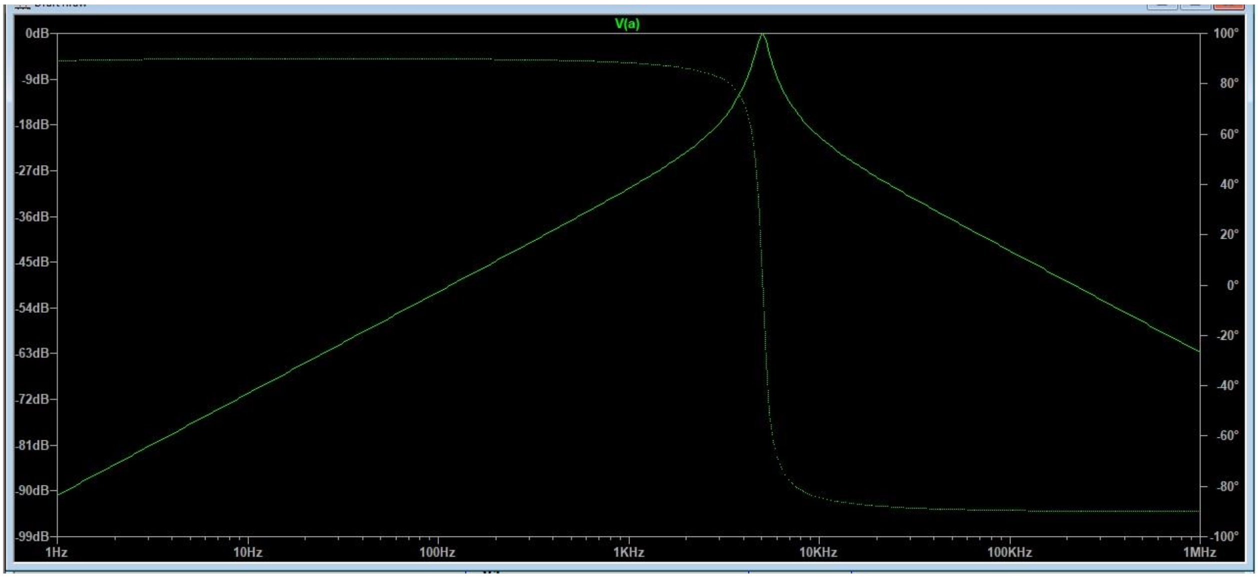
En esta práctica hemos trabajado con un filtro paso de banda y con una bobina. El objetivo del trabajo era estudiar las diferencias entre elementos ideales y elementos reales. Para ello, hemos simulado dos circuitos: uno con la bobina sin más y otro con la bobina en serie con una resistencia que simulaba el comportamiento de su resistencia interna real. Pudimos comprobar cómo variaba el comportamiento del filtro y estudiar el comportamiento a altas y bajas frecuencias. Finalmente, utilizamos la propiedad de amplificación del filtro para estudiar la serie de Fourier.

Simulación previa

a.



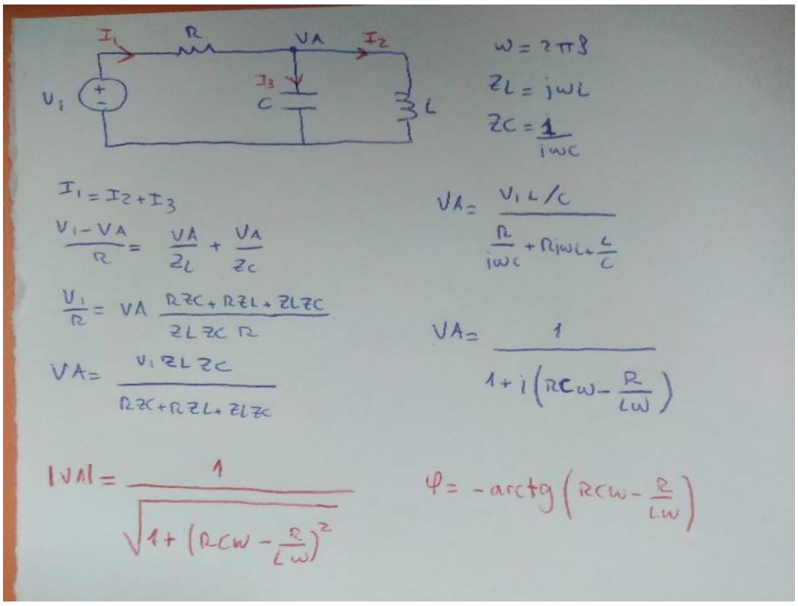
b.



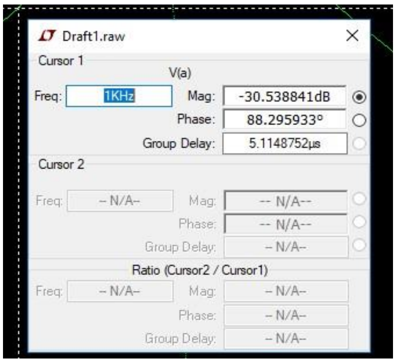
c.

Vamos a comparar los valores de la ganancia y la fase tanto teóricos como simulados para tres frecuencias.

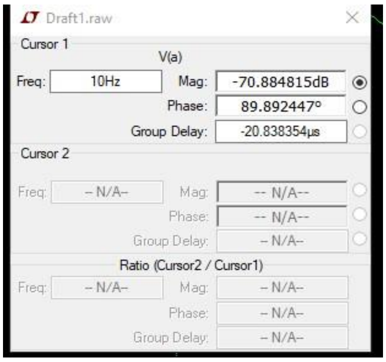
A continuación, se muestra el proceso teórico para la obtención de la fase y el módulo de la ganancia. Como la amplitud de V1 es 1v, hemos dejado la ganancia directamente como Vab, para evitar la división entre 1.



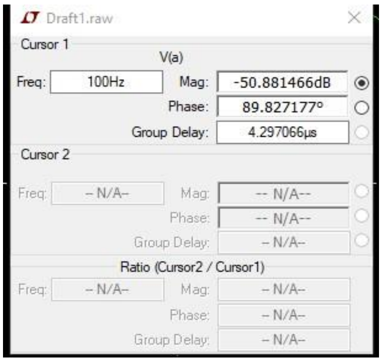
Para la frecuencia de 1KHz:

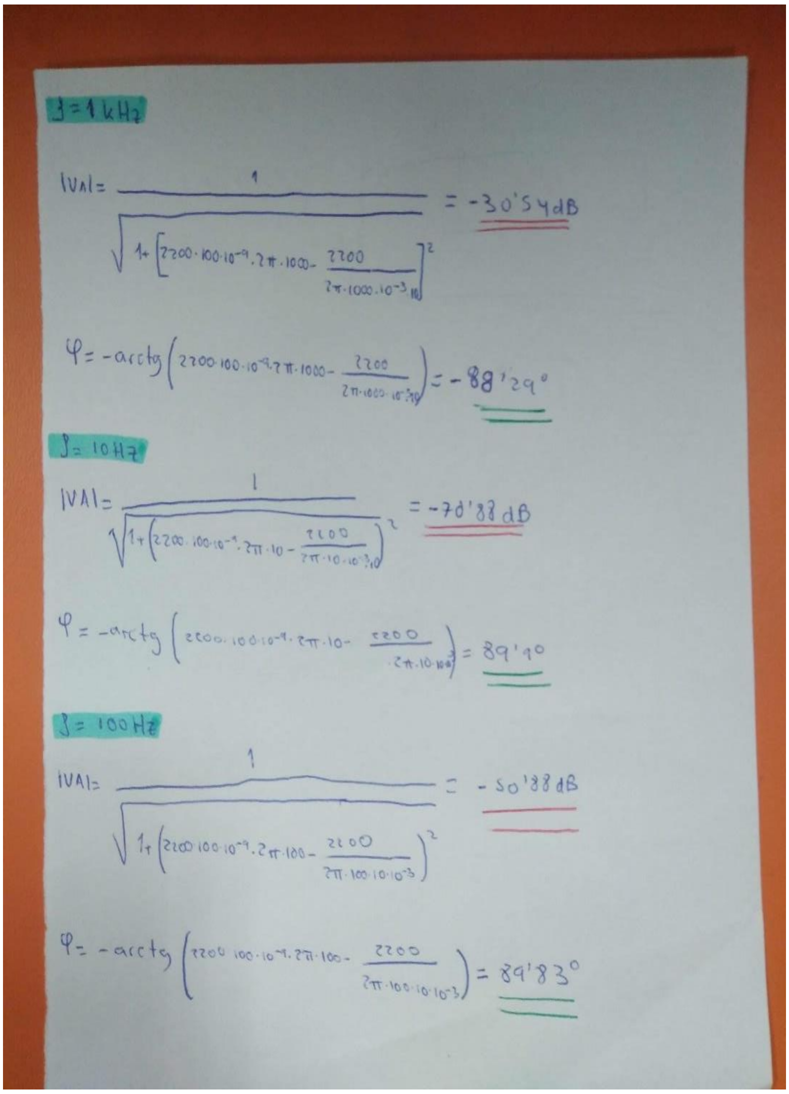


Para la frecuencia de 10Hz:



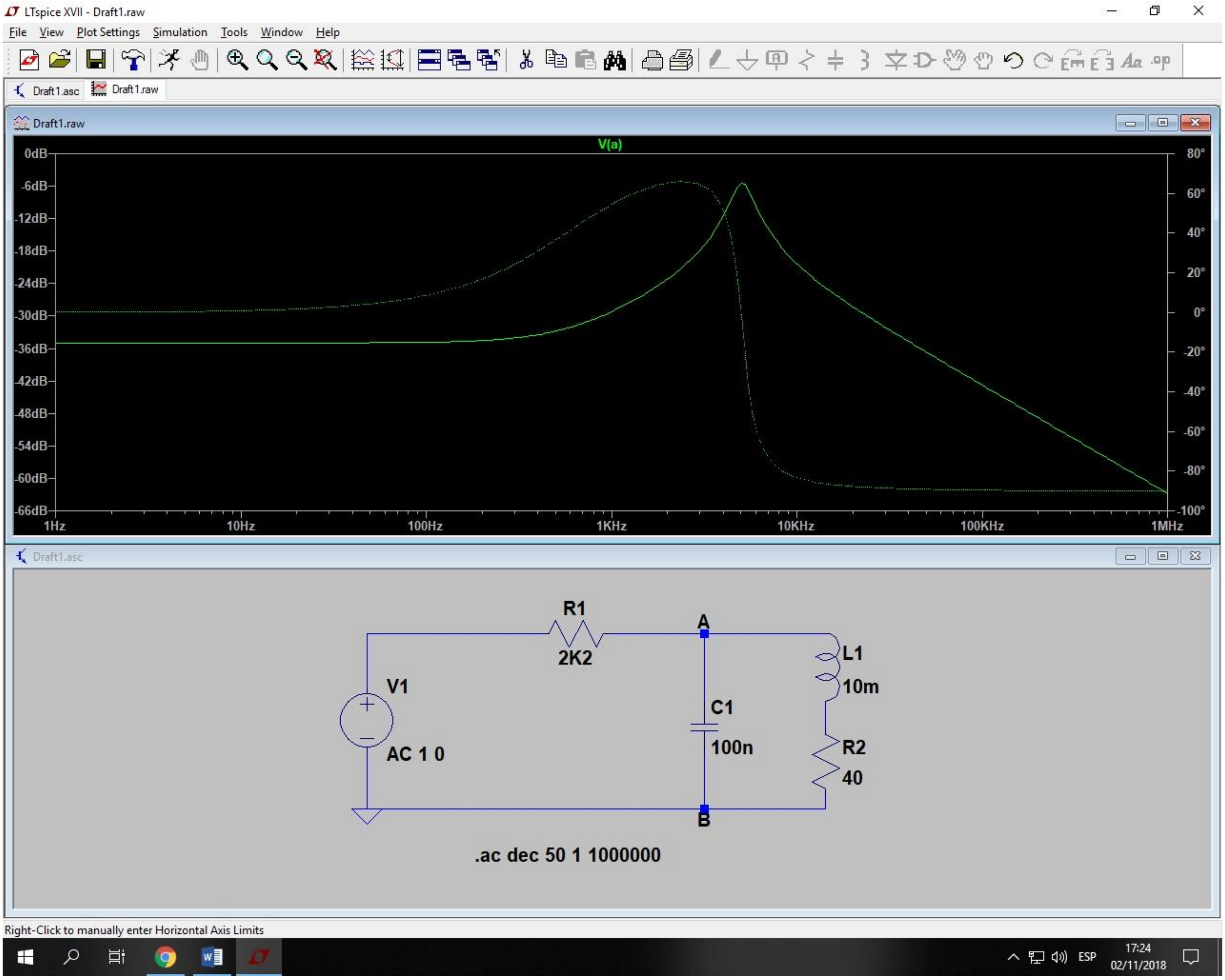
Para la frecuencia de 100Hz:





El comportamiento de este filtro se asemeja al de un filtro paso banda.

d. y e.



Las fórmulas de las impedancias son:

- De la bobina: jwL
- Del condensador: 1 / jwc

Vamos a estudiar lo que ocurre a bajas frecuencias. En la frecuencia 0, la impedancia de la bobina es 0, se comporta como un cortocircuito. Sin embargo, la impedancia del condensador sería infinito, y actuaría como un circuito abierto. A bajas frecuencias, solo contribuye la rama de R2, y como R2 no depende de la frecuencia por eso vemos que la ganancia de voltaje es constante (-35dB). A medida que va aumentando la frecuencia, el condensador tiende a cerrarse, y la bobina tiende a abrirse. Pero en este proceso, ambas ramas contribuyen a la ganancia de voltaje y por eso es creciente: entre la bobina y el condensador existen una diferencia de tensión, pero cuando llegamos a determinada frecuencia, la tensión de la bobina ya es muy grande y es como un circuito abierto.

A altas frecuencias, la bobina está abierta y el condensador cerrado. Entonces, sólo contribuye a la ganancia la rama del condensador. Pero como el condensador es como un cortocircuito, la diferencia de tensión en esa rama tiende a 0. Es por eso que el logaritmo de esto tiende a menos infinito.

Datos y resultados experimentales

Se ha montado el circuito 1, generando v1 con el generador de funciones. En el osciloscopio hemos representado, utilizando dos canales, la diferencia de tensión entre los nodos A y B y la fuente V1. A continuación hemos realizado un barrido de frecuencias entre 50Hz y 500KHz para estudiar el comportamiento de la ganancia y la fase entre ambas ondas.

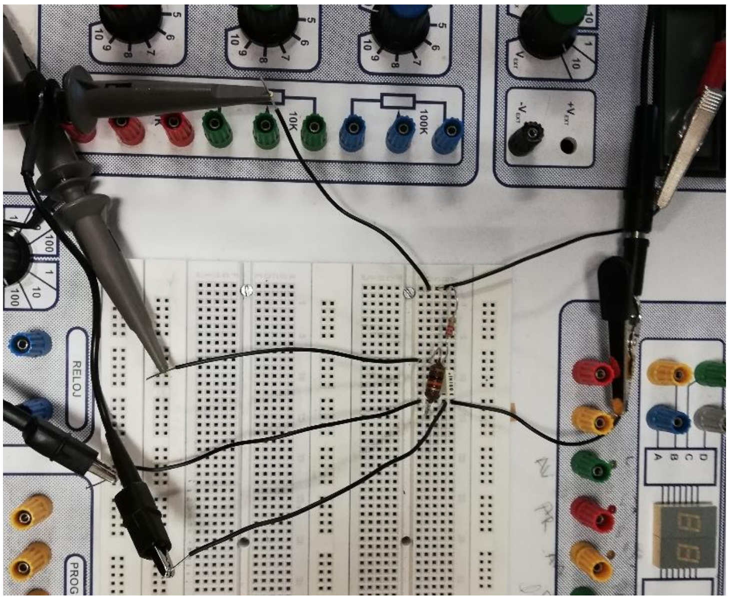


Figura 1: circuito con los diferentes instrumentos conectados

La ganancia de voltaje, Av, se ha calculado como el cociente entre Vab y V1, y se ha pasado a decibelios utilizando la fórmula 20*log(Av). El desfase temporal se ha medido utilizando los cursores, midiendo la distancia entre dos picos de cada una de las ondas, y la distancia entre el corte con el eje x de ambas ondas cuando había mucho ruido. Se ha transformado a grados utilizando la fórmula f*360*desfase(s).

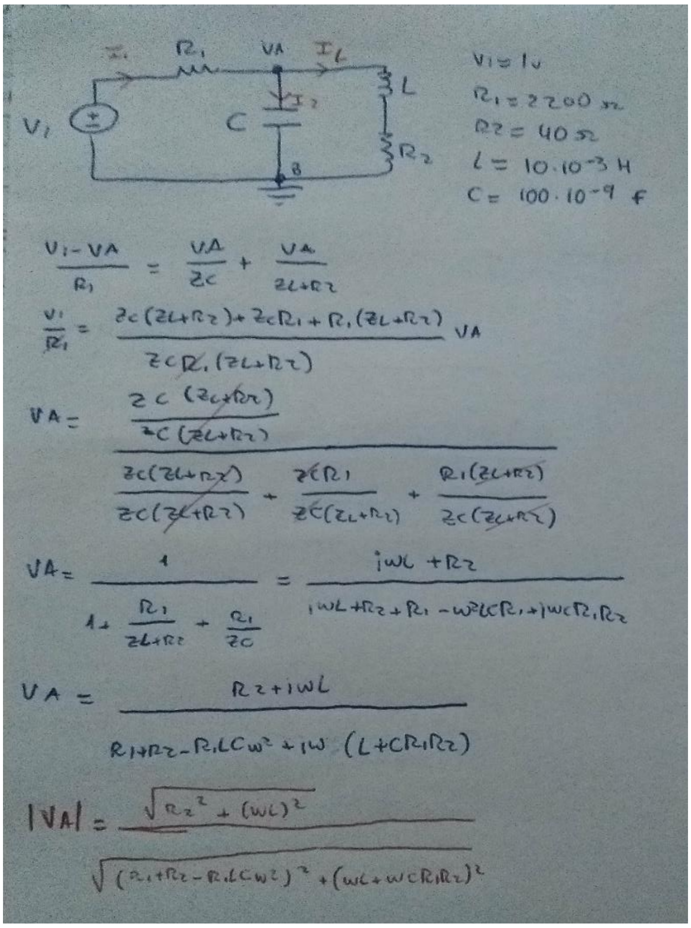
Frecuencia (Hz)	|Vab| (v)	|V1|(v)	Av (adimensional)	Av (dB)	Desfase temporal (s)	Diferencia de fase (grados)
50	0,0236	1,04	0,02	-34		
70	0,024	1,04	0,02	-34	520µ	13,10
100	0,024	1,06	0,02	-34	360µ	12,96
300	0,0236	1,04	0,02	-33	140µ	15,12
500	0,0268	1,02	0,03	-32	140µ	25
700	0,0316	1,04	0,03	-30	90µ	22,68
1000	0,04	1,04	0,04	-28,3	92µ	33,12
2000	0,073	1,06	0,07	-23,24	80µ	57,6
3000	0,132	1,04	0,13	-17,93	60µ	64,8
4000	0,29	1,04	0,28	-11,09	32µ	46,1
4500	0,38	1,08	0,35	-9,07	24µ	38,9
5000	0,56	1,08	0,52	-5,7	0	0
5500	0,5	1,04	0,48	-6,36	16µ	-31,68
6000	0,36	1,04	0,35	-9,2	28µ	-60,5
7000	0,25	1,06	0,24	-12,55	30µ	-75,6
10000	0,13	1,04	0,125	-18,06	24µ	-86,4
50000	0,0208	1,02	0,02	-33,8	5µ	-90
80000	0,0154	1,04	0,01	-36,6	2,9µ	-83,52
100000	0,0142	1,02	0,01	-37,13	2,5µ	-90
200000	0,0116	1,04	0,01	-39,05	1,5µ	-108
500000	0,01	1,02	0,0098	-40,17	1µ	-180

Se observa que V1 no es constante. Creemos que esto se debe al comportamiento interno del osciloscopio. Además, observamos que para frecuencias muy pequeñas (menores que 500Hz) la diferencia de fase tendía a 13º. Análogamente, para frecuencias muy altas (mayores que 50KHz) la fase tendía a -90º. Estos valores coinciden con los valores esperados mediante simulación, y es que al principio, la onda Vab está por detrás de la onda V1, y a medida que vamos aumentando la frecuencia, se va acercando a V1, hasta que al llegar a la frecuencia natural del filtro se encuentran en fase. Después, esta adelanta a V1 y se coloca hasta 90º por delante de la misma. Por eso observamos el cambio de signo en el desfase a partir de la frecuencia de 5000Hz.

A continuación hemos calculado las frecuencias natural y de corte. Observando la simulación, vimos que la frecuencia natural era aquella para la que Av valía aproximadamente -6dB, es decir, la ganancia máxima, que se corresponde con la frecuencia de 5000Hz. Despejando el logaritmo y pasando a cartesianas, vimos que este valor se correspondía con |Av| = 0'5. Hemos calculado la ganancia teórica del circuito, y en esa fórmula hemos introducido la frecuencia de 5000Hz, como w = 2*π*f, y hemos obtenido como resultado |Av| = 0'53, valor que se corresponde con el valor simulado esperado. Además, comparando con los valores obtenidos experimentalmente, observamos que la frecuencia donde se obtiene que |Av| = 0'53 y |Av|dB = -5,7dB es la de 5000Hz.

Para calcular las frecuencias de corte, sabemos que tenemos que despejar f de la fórmula teórica cuando la ganancia vale el máximo entre la raíz de 2. Si hacemos este cálculo, obtenemos el valor de 0'37 y -8'5dB. Estos valores se corresponden con las frecuencias de aproximadamente 6000Hz y 4500Hz según nuestros valores medidos. Si sustituimos en la fórmula teórica, y comparamos con la simulación, vemos que los resultados son correctos. El ancho de banda es la diferencia entre las frecuencias de corte, es decir, 1500Hz.

A continuación se muestra el proceso de cálculo de la ganancia para este circuito. No dividimos entre V1 ya que su amplitud es 1v.



$V_1 = 1\,v$

$R_1 = 2200\,\Omega$

$R_2 = 40\,\Omega$

$L = 10 \cdot 10^{-3}\,H$

$C = 100 \cdot 10^{-9}\,F$

$$\frac{V_1 - VA}{R_1} = \frac{VA}{Z_C} + \frac{VA}{Z_L + R_2}$$

$$\frac{V_1}{R_1} = \frac{Z_C(Z_L+R_2) + Z_C R_1 + R_1(Z_L+R_2)}{Z_C R_1 (Z_L+R_2)} VA$$

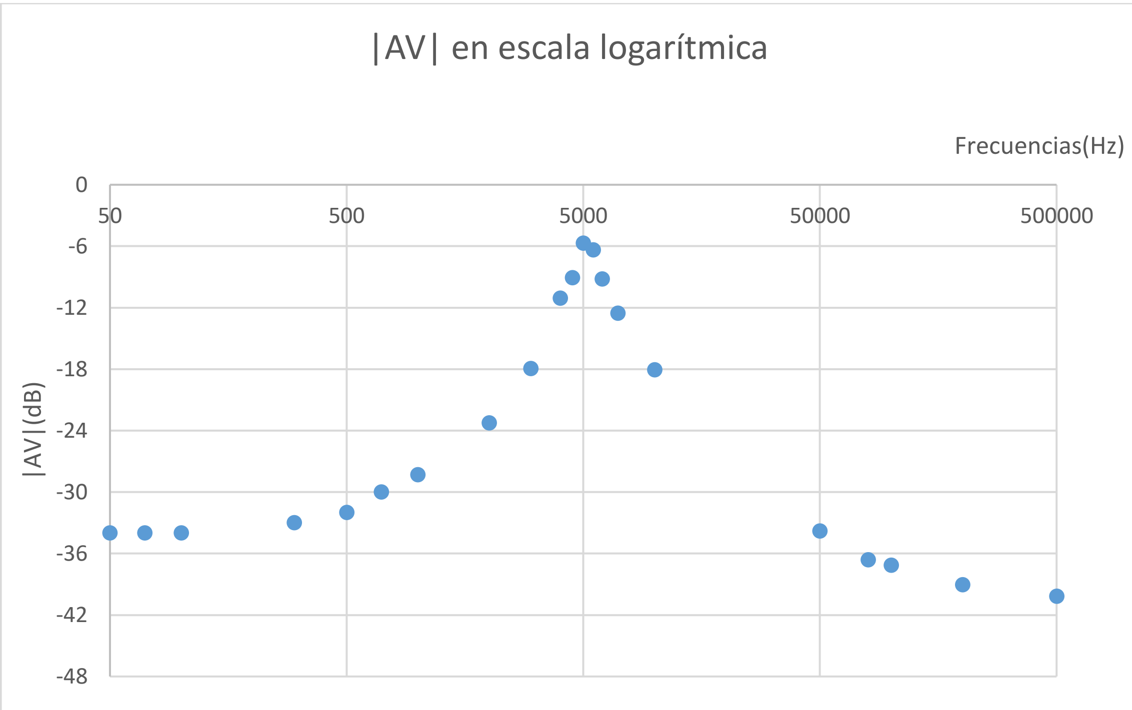
$$VA = \frac{\frac{Z_C(Z_L+R_2)}{Z_C(Z_L+R_2)}}{\frac{Z_C(Z_L+R_2)}{Z_C(Z_L+R_2)} + \frac{Z_C R_1}{Z_C(Z_L+R_2)} + \frac{R_1(Z_L+R_2)}{Z_C(Z_L+R_2)}}$$

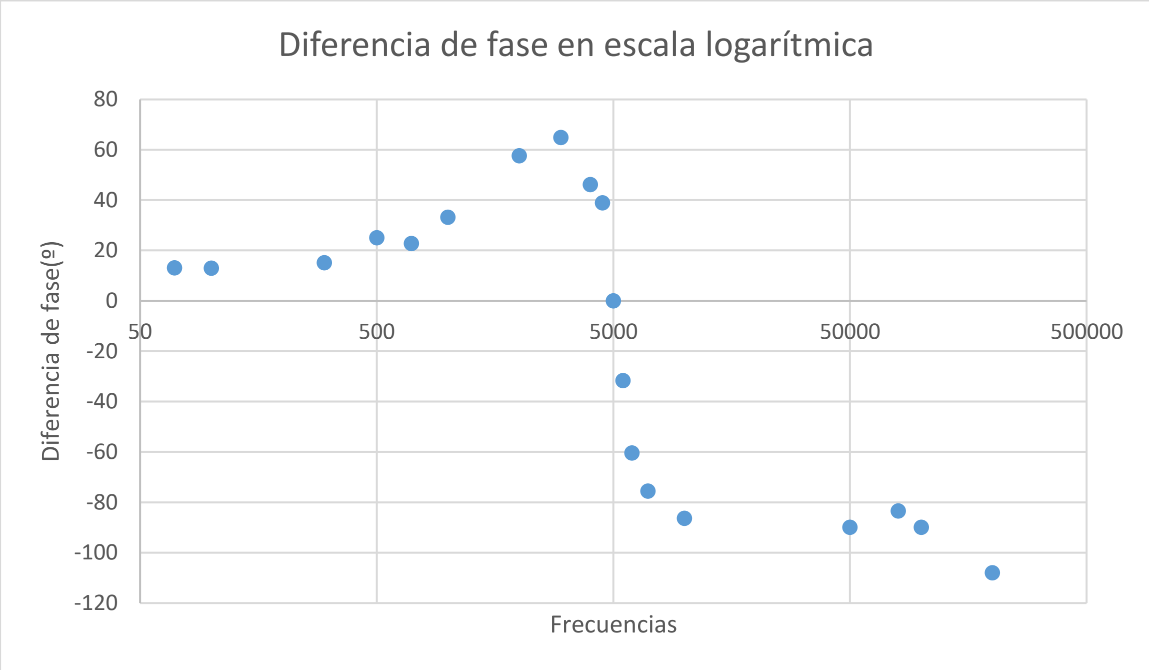
$$VA = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{Z_L+R_2} + \frac{R_1}{Z_C}} = \frac{j\omega L + R_2}{j\omega L + R_2 + R_1 - \omega^2 LCR_1 + j\omega CR_1R_2}$$

$$VA = \frac{R_2 + j\omega L}{R_1 + R_2 - R_1 LC\omega^2 + j\omega(L + CR_1R_2)}$$

$$|VA| = \frac{\sqrt{R_2^2 + (\omega L)^2}}{\sqrt{(R_1 + R_2 - R_1 LC\omega^2)^2 + (\omega L + \omega CR_1R_2)^2}}$$

Los valores obtenidos para la ganancia y la diferencia de fase se representan en las siguientes gráficas.





Con el circuito 1 usado para el anterior ejercicio, vamos a utilizar la propiedad del filtro de "amplificar" selectivamente las ondas en función de la frecuencia natural del filtro, que en este caso sería 5000Hz. Para ello, tendremos que medir en el osciloscopio las amplitudes de las ondas para las diferentes frecuencias, solo que, en vez de ser ondas sinusoidales tendremos que cambiarlas a ondas cuadradas. Una vez hecho esto, vamos a ir dividiendo nuestra frecuencia de filtro por k para ver como las amplitudes varían.

Orden del armónico a la salida	Frecuencia de V1 (Hz)	V1(V)	Vab(V)	Av = Vab / V1	4/(πk) × Avmax
1	5000	1,06	0,69	0,65	0,64
3	1667	1,06	0,35	0,33	0,21
5	1000	1,06	0,3	0,28	0,13
7	714	1,06	0,23	0,22	0,09
9	556	1,06	0,22	0,21	0,07
11	455	1,06	0,21	0,20	0,06
13	385	1,06	0,21	0,20	0,05

Solamente determinamos las amplitudes hasta k igual a 13, ya que, a partir de este número impar, las amplitudes tenían el mismo valor aproximado.

Completada la tabla, pasamos a estimar los valores teóricamente, es decir, la última columna representa las medidas que deben de ser proporcionales a las amplitudes experimentales para cada armónico, o lo que es lo mismo, la ganancia teórica del armónico k. Para calcularla usamos la misma Av max que medimos anteriormente, 0,5.

Por el contrario, la penúltima columna representa la ganancia experimental del armónico k, y como podemos observar al comparar ambas columnas, los valores medidos y calculados, no coinciden. Esto se debe a que la ganancia máxima del filtro no es 1, debido a que las frecuencias naturales pasadas por el filtro están atenuadas.

La no idealidad del filtro se debe a que al combinar bobinas y condensadores, estos no tienen una respuesta ideal, ya que, presentan una cierta resistencia de pérdidas lo que provoca variaciones en la frecuencia y en la fase. La discrepancia máxima entre los filtros reales y los ideales se produce en los extremos de la banda de paso del filtro, debido, a que la bobina posee una mayor pérdida en su resistencia integrada que los condensadores, que por el contrario, poseen valores lo suficientemente elevados como para no producir distorsión en la mayoría de los casos, consiguiendo una respuesta de filtro paso banda más aproximada a la ideal.

Conclusiones

En esta práctica hemos tenido que montar un circuito más complejo, que incluía una bobina, un condensador y una resistencia para aprender a medir diferentes puntos de tensión entre nodos, con ayuda del generador de ondas y el osciloscopio. Además, las hemos comparado con los valores teóricos para comprobar que los resultados eran correctos. Hemos tenido que volver a hacer un mayor uso del osciloscopio para calcular el desfase y hemos adquirido ciertos conocimientos acerca de la serie de Fourier.

Gracias a esta práctica hemos conseguido dominar la construcción de circuitos con diferentes elementos, y a usar mejor los instrumentos del laboratorio. También hemos aprendido a crear gráficas con ayuda de Excel y a ponerlos en escala logarítmica.