
SESIÓN 7 FILTROS ACTIVOS

20 DE OCTUBRE DE 2019
DOMINGO MENENDEZ Y PABLO SOETARD

Construya en el panel de la entrenadora el circuito 2. Dicho circuito incluye un amplificador no inversor como el analizado en el circuito 1 del Trabajo Previo. El Amplificador Operacional se alimentará utilizando las fuentes S1 y S2 con tensiones de salida de 12 V y un conexionado como el que muestra la foto.

La señal V3 de entrada a los circuitos la proporciona el generador de funciones. Fije una tensión sinusoidal de amplitud 1V para la caracterización.

Varíe la frecuencia de la señal de entrada entre 80 Hz y 100 KHz. Mida la amplitud de VL, la amplitud de V3 y el desfase entre VL y V3.

Frecuencia (Hz)	VL (V)	V3 (V)	GANANCIA(dB)	Desfase (ms)	Desfase (º)
10	4,28	2	6,608275467	0	0
20	4,16	2	6,361266699	0	0
30	4,16	2	6,361266699	0,44	-4,752
40	4,12	2	6,277344407	0,36	-5,184
50	4,08	2	6,192603349	0,48	-8,64
60	4,04	2	6,107027389	0,48	-10,368
70	4,04	2	6,107027389	0,4	-10,08
80	3,96	2	5,933303805	0,54	-15,552
90	3,96	2	5,933303805	0,6	-19,44
100	3,92	2	5,845121427	0,58	-20,88
200	3,52	2	4,910253356	0,48	-34,56
300	3,04	2	3,636871759	0,42	-45,36
400	2,6	2	2,278867046	0,38	-54,72
500	2,24	2	0,984360453	0,32	-57,6
600	1,96	2	-0,175478486	0,28	-60,48
700	1,74	2	-1,209614948	0,26	-65,52
800	1,56	2	-2,158107946	0,24	-69,12
900	1,42	2	-2,974833026	0,22	-71,28
1000	1,28	2	-3,87640052	0,21	-75,6
2000	0,68	2,08	-9,711088445	0,116	-83,52
3000	0,456	2,06	-13,09804755	0,08	-86,4
4000	0,34	2,08	-15,73168836	0,06	-86,4
5000	0,27	2,1	-17,81711061	0,048	-86,4
6000	0,22	2,1	-19,59593228	0,042	-90,72
7000	0,196	2,1	-20,59926447	0,036	-90,72
8000	0,172	2,1	-21,73381696	0,032	-92,16
9000	0,156	2,1	-22,58189393	0,029	-93,96
10000	0,14	2,1	-23,52182518	0,026	-93,6
30000	0,048	2,12	-32,90189247	0,0088	-95,04
70000	0,021	2,14	-40,16388957	0,004	-100,8
100000	0,016	2,14	-42,52587581	0,0028	-100,8

Determine la frecuencia de corte de forma experimental, busque el valor de frecuencia para el cual, la ganancia se reduce a $1/2^{1/2} \approx 0,707$ de su valor máximo. Anote su valor y el desfase entre la señal de entrada y la salida para esa frecuencia. Compare esta frecuencia de corte con la calculada teóricamente y con la obtenida a partir de la simulación con LTspice IV.

$$V_{in} = \frac{Z_{cc}}{Z_{cl} + R_l} + V_3$$

$$\Delta = \frac{Z_{cc}}{Z_{cl} + R_l} = \frac{1}{1 + \frac{R_l}{Z_w}} = \frac{1}{1 + j\omega C R_l}$$

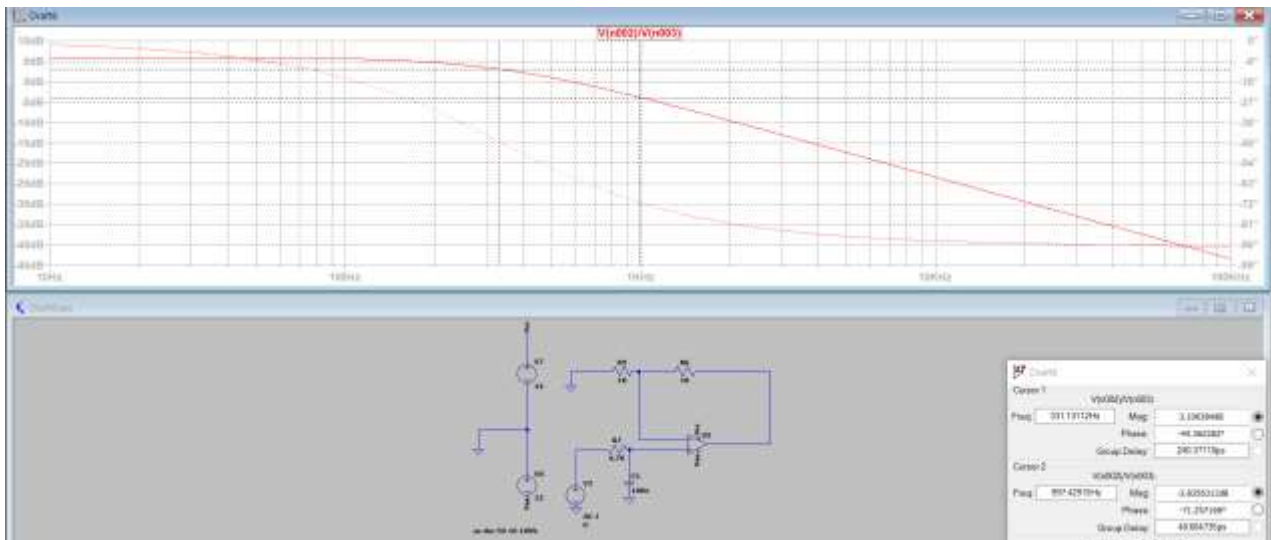
$$|A| = \frac{1}{\sqrt{1^2 + (1 + j\omega C R_l)^2}}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi C R_l} = 338,63 \text{ Hz}$$

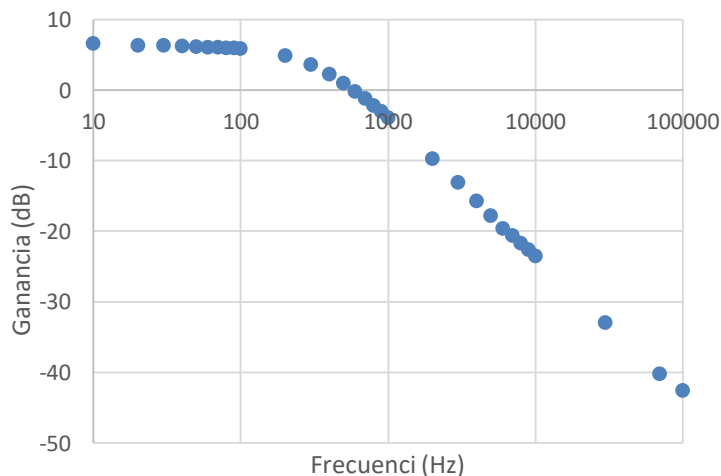
La frecuencia de corte experimental es de 330 Hz, a esa frecuencia $V_{out} = 3,02 \text{ V}$ y $V_{in} = 2 \text{ V}$.

Si usamos la definición teórica de como calcular la frecuencia de corte en un filtro observamos que se cumple la igualdad $\frac{3.02}{2} = \frac{2.14}{\sqrt{2}} = \frac{A_{max}}{\sqrt{2}}$

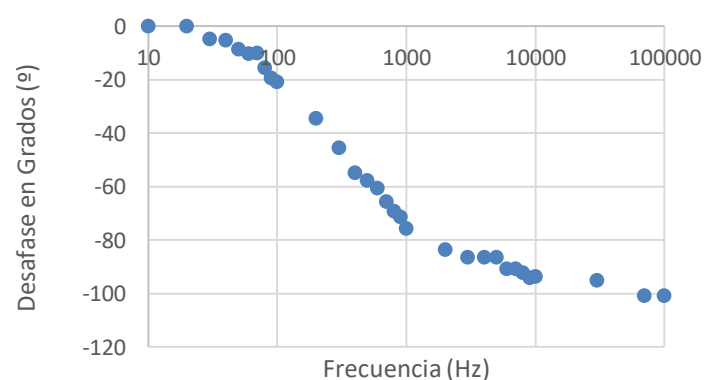
Esta frecuencia se ajusta a la obtenida teóricamente y en la simulación.



GANANCIA



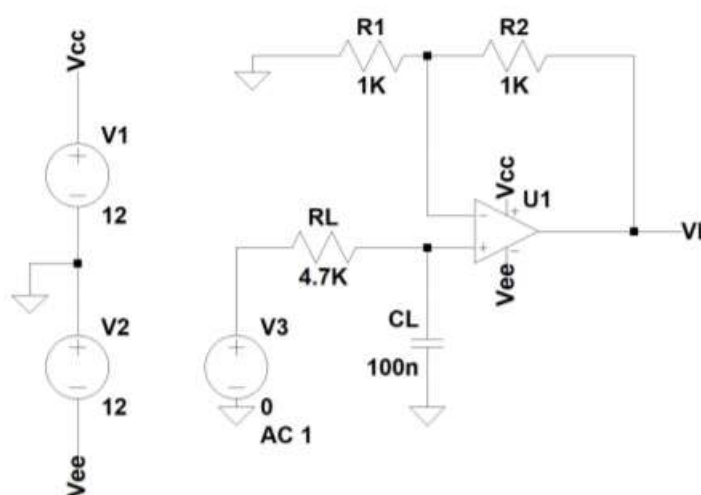
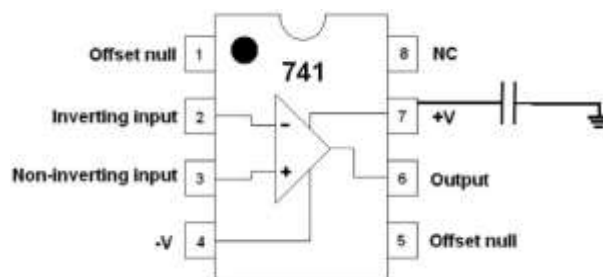
Desfase Grados



Como podemos observar, los resultados experimentales concuerdan con los teóricos y los de la simulación.

A continuación, conecte la salida del circuito 2 (VL) a un conector de audio hembra que se proporcionará en el laboratorio. Conecte a ese conector unos auriculares, que pueden ser los suyos propios o los suministrados en el laboratorio. Los conectores de audio macho que incluyen los auriculares tienen tres anillos metálicos en la punta separados por anillos aislantes. El conector hembra permite hacer contacto sobre los tres anillos metálicos, aunque en este caso uno de ellos (el central) se ha dejado en abierto y sólo hay conexión al terminal de tierra y a la punta. De ahí, que sólo escuche sonido por uno de los audífonos.

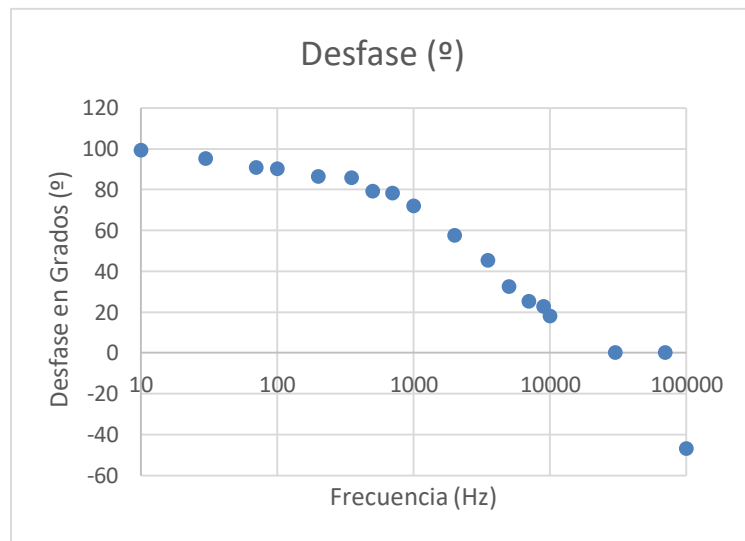
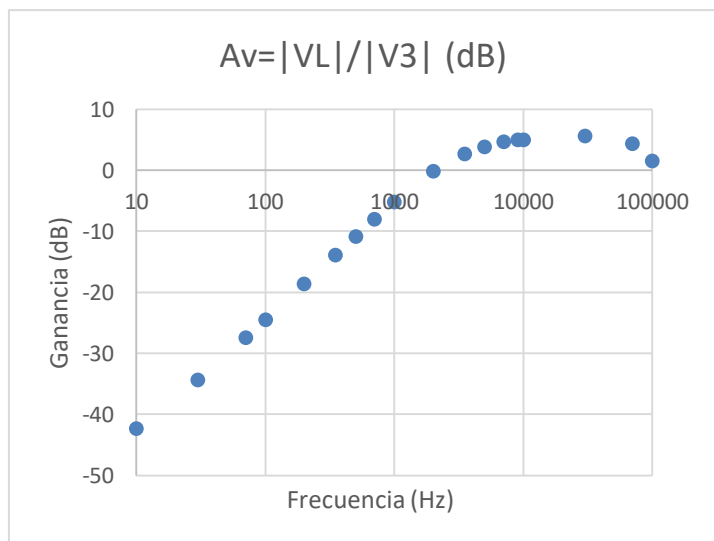
Limite la señal de entrada a una amplitud de 500 mV y acerque el auricular con precaución al oído para no dañar el tímpano si algo no fuese según lo previsto. Al introducir una señal sinusoidal de frecuencia 1 KHz se escucha un tono en el auricular. Si se acopla demasiado ruido y no se escucha un tono nítido, utilice el condensador que queda en la bolsa para filtrar la tensión de alimentación positiva del AO como muestra la figura (en el circuito 2 se utilizará el condensador de 10 nF y en el circuito 3 el de 100 nF)

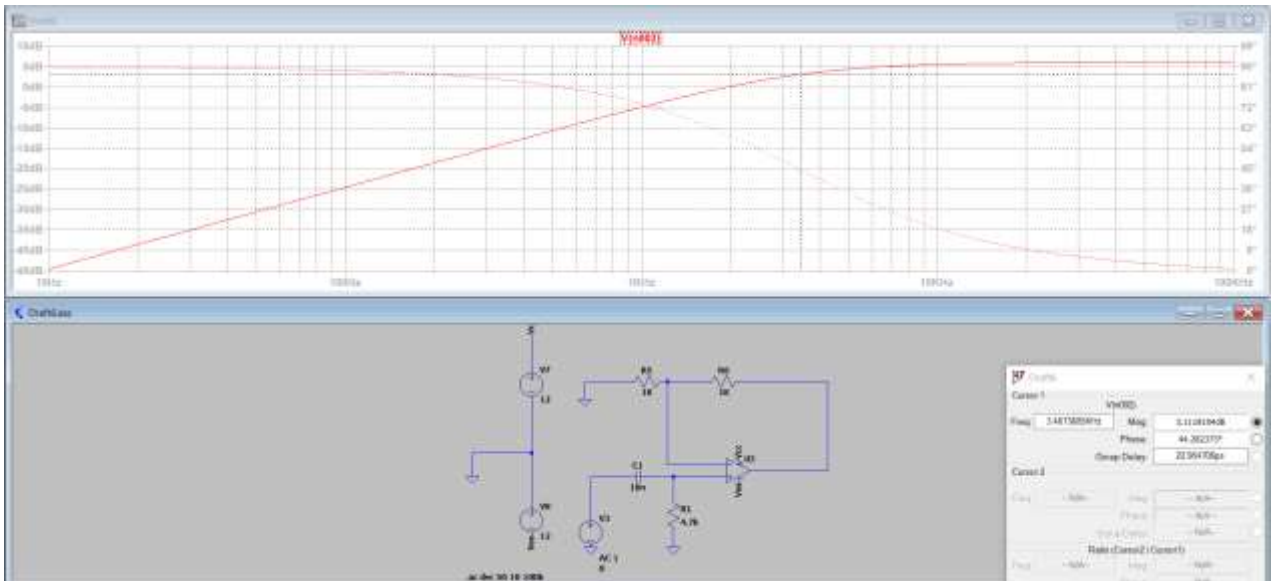


Varíe la frecuencia de la señal de entrada entre 80 Hz y 100 KHz. Mida la amplitud de VH, la amplitud de V3 y el desfase entre VH y V3.

Frecuencia (Hz)	VL (V)	V3 (V)	$A_v = V_L / V_3 $ (dB)	Desfase (ms)	Desfase (º)
10	0,0152	2	-42,38372815	27,6	99,36
30	0,038	2	-34,42492798	8,8	95,04
70	0,084	2	-27,53501419	3,6	90,72
100	0,118	2	-24,58295977	2,5	90
200	0,232	2	-18,71084022	1,2	86,4
350	0,4	2	-13,97940009	0,68	85,68
500	0,572	2,02	-10,95910681	0,44	79,2
700	0,8	2,02	-8,045227649	0,31	78,12
1000	1,11	2,04	-5,286143773	0,2	72
2000	1,98	2,04	-0,259299543	0,08	57,6
3500	2,8	2,08	2,581893928	0,036	45,36
5000	3,24	2,1	3,766514309	0,018	32,4
7000	3,56	2,1	4,584614065	0,01	25,2
9000	3,72	2,1	4,966472903	0,007	22,68
10000	3,76	2,12	4,97703968	0,005	18
30000	4	2,12	5,514482608	0	0
70000	3,52	2,14	4,322577803	0	0
100000	2,56	2,16	1,475724283	-0,0013	-46,8

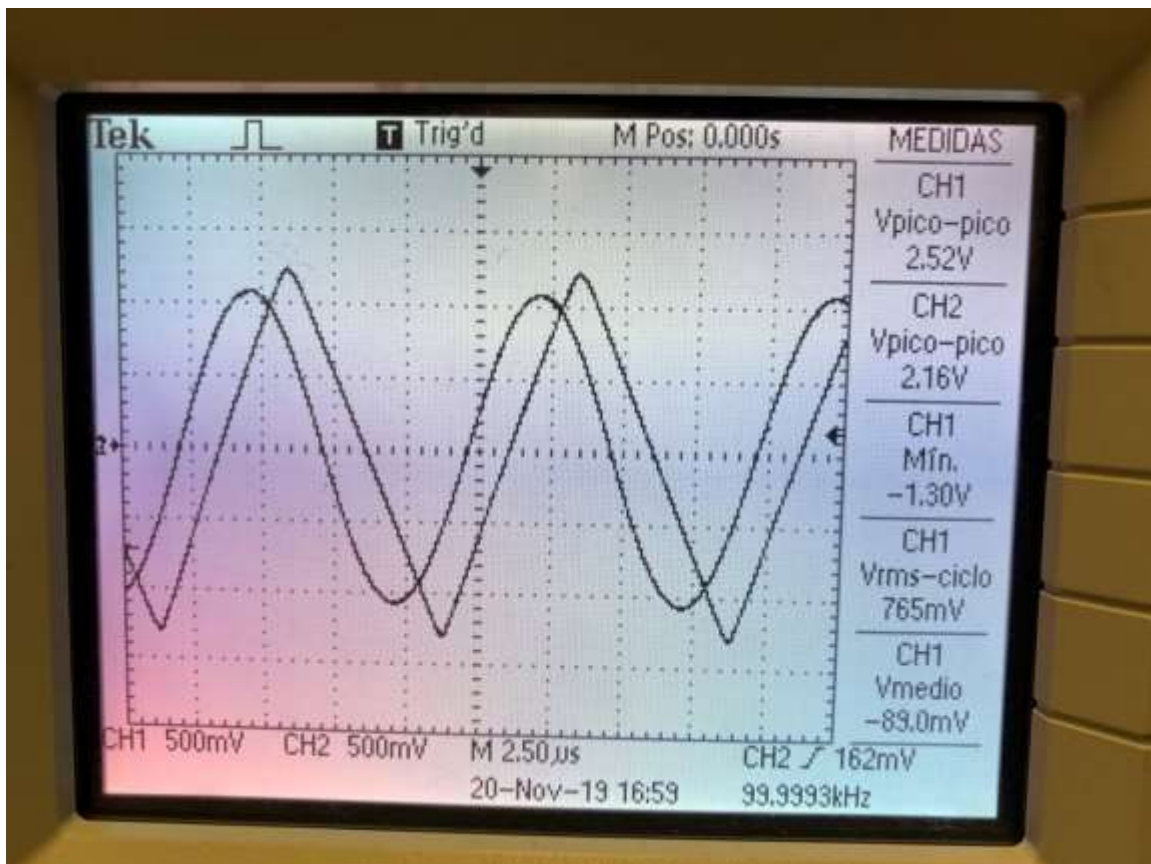
Represente los datos experimentales de ganancia (en dBs) y desfase en función de la frecuencia usando una escala logarítmica para el eje de frecuencias. Compare los datos experimentales con las curvas obtenidas de la simulación.





Como podemos observar, los resultados experimentales concuerdan con los teóricos y los de la simulación.

Fíjese que la onda de salida a altas frecuencias se vuelve triangular y que la amplitud decae ¿A qué atribuye este comportamiento?



La señal triangular surge debido a que el tiempo de respuesta del amplificador operacional se ve superado. Al no poder proporcionar las subidas y bajadas de amplitud tan rápidamente como la frecuencia lo requiere, este se ve obligado a acortar la onda, quitándole su parte de mayor amplitud, por ello se ve una onda de menor amplitud, y de apariencia triangular. Este efecto se denomina Slew Rate y se define como la máxima tasa de cambio en el voltaje de salida cuando el voltaje de entrada cambia que un AO puede tolerar.

Determine la frecuencia de corte de forma experimental, busque el valor de frecuencia para el cual la ganancia se reduce a $1/2^{1/2} \approx 0,707$ de su valor máximo. Anote su valor y el desfase entre la señal de entrada y la salida para esa frecuencia. Compare esta frecuencia de corte con la calculada teóricamente y con la obtenida a partir de la simulación con LTspice IV.

$$V_{in} = \frac{R_h}{R_h + Z_{ch}} = \frac{R_h | Z_{ch}}{R_h | Z_{ch} + 1} = \frac{j\omega C_h R_h}{1 + j\omega C_h R_h}$$

$$|A| = \frac{W C_h R_h}{\sqrt{1 + (W C_h R_h)^2}}$$

$$f_{c1} = f_{c2} = \frac{1}{2\pi C_h R_h} = 3386,28$$

La frecuencia de corte experimental es de 3350 Hz, a esa frecuencia $V_{out} = 2,66$ V y $V_{in} = 2,04$ V.

Si usamos la definición teórica de como calcular la frecuencia de corte en un filtro observamos que se cumple la igualdad $\frac{2.66}{2.04} = \frac{1.88}{\sqrt{2}} = \frac{A_{max}}{\sqrt{2}}$

Esta frecuencia se ajusta a la obtenida teóricamente y en la simulación.

Determine las frecuencias máxima y mínima audibles del mismo modo que se hizo en el con el circuito 2 ¿Se obtienen los mismos valores que en circuito 1? ¿Por qué?

CIRCUITO 1	
Mínima	Máxima
20Hz	13,6 KHz

CIRCUITO 2	
Mínima	Máxima
200Hz	14,5 KHz

La frecuencia más baja audible en ambos circuitos varía debido a que uno es un filtro paso bajo y el otro uno paso alto, como se puede observar en las gráficas. Por ello en el paso bajo, al permitir que las frecuencias bajas pasen, la frecuencia audible más baja es de 20 Hz, en vez de la de 200 Hz del paso alto, debido a que las frecuencias bajas no pueden pasar. Y lo mismo sucede con la frecuencia más alta audible, que en el filtro paso alto es más aguda que en el filtro paso bajo, $14.5\text{ k Hz} > 13.6\text{ k Hz}$.

DISCUSIÓN

En todos los apartados, las diferencia entre valores teóricos y experimentales se pueden deber a falta de precisión en los instrumentos usados para hacer las medidas, así como por la tolerancia de la resistencias usadas para el montaje del circuito y la no idealidad de los amplificadores operacionales usados.

