

Crossover.

Jesus Alberto Beato Pimentel

2023-1283

Energía Renovable

ITLA La Caleta,

Santo Domingo 20231283@itla.edu.do

Resumen— En esta práctica, se realizó un circuito que utiliza capacitores y bobinas para formar un filtro de frecuencias. El objetivo principal fue separar las frecuencias en altas, medias y bajas, empleando componentes específicos para filtrar cada rango deseado. Además, realizaremos el laboratorio #9, tal como se detalla en el manual de laboratorio.

Abstract— In this practice, a circuit was made that uses capacitors and coils to form a frequency filter. The main objective was to separate the frequencies into high, medium and low, using specific components to filter each desired range. Additionally, we will perform lab #9, as detailed in the lab manual.

Keywords— *Voltaje pico (V_{pp}), Voltaje pico (V_p), Time Division (TD), frecuencia, entre otros...*

1- Introducción

En esta práctica, nos enfocaremos en la elaboración de un crossover para separar las frecuencias de un amplificador que se conectará a un altavoz. Comenzaremos con los cálculos teóricos, usando fórmulas para determinar las reactancias capacitivas e inductivas necesarias. Luego, construiremos físicamente el circuito para observar su funcionamiento y comparar los resultados obtenidos. Esta tarea corresponde a la práctica número 9 del manual de laboratorio, donde abordaremos aspectos teóricos, realizaremos simulaciones en Multisim.

II. Marco teórico

A. ¿Qué es un amplificador?

Un amplificador es un dispositivo electrónico que aumenta la amplitud de una señal eléctrica. Su función principal es tomar una señal de entrada, que puede ser débil o de baja potencia, y aumentar su amplitud para producir una señal de salida más fuerte. Los amplificadores se utilizan en una variedad de aplicaciones, como sistemas de audio, comunicaciones, instrumentación y electrónica en general.

B. ¿Qué es un crossover?

Un crossover es un dispositivo electrónico utilizado en sistemas de audio para dirigir las frecuencias específicas de una señal de audio a componentes específicos del sistema de reproducción de sonido, como altavoces o subwoofers. Su objetivo principal es dividir la señal de audio en bandas de frecuencia distintas y enviar cada banda a los componentes correspondientes, optimizando así la reproducción del sonido.

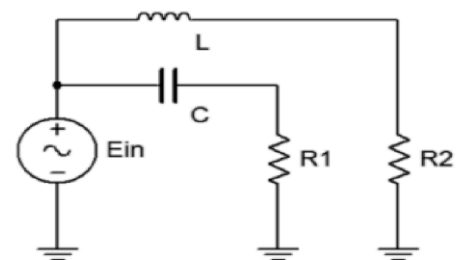
1. Componentes utilizados:

- Capacitor cerámico de diferentes valores
- Bobina de diferentes valores
- Amplificador
- Resistencias de diferentes valores
- Bocina
- Fuente de 12V

2. Programas de simulación utilizados:

➤ Multisim

3. Circuito para realizar establecido en el capítulo 9.



El circuito de la Figura 9.1 puede considerarse como un par de divisores de voltaje dependientes de la frecuencia. SG aumenta con la frecuencia, atenuando así las señales de alta frecuencia que llegan a R2. De manera similar, XC aumenta con una disminución en la frecuencia, atenuando así las señales de baja frecuencia que llegan a R1. (R2 toma el lugar del woofer mientras que R1 ocupa el lugar del tweeter). La frecuencia de cruce es la frecuencia donde $R1=XC$ y $R2=XL$ (normalmente la misma frecuencia para ambos). Usando $C=.25\ \mu F$, $L=100\ mH$ y $R1=R2=620\ \Omega$, determine las frecuencias de cruce y regístrelas en la Tabla 9.1.

Usando la regla del divisor de voltaje y $E_{in}=2\ V\ p-p$, determine y registre el voltaje teórico en la salida. uno (R1) para cada frecuencia enumerada en la Tabla 9.2. Asegúrese de incluir tanto la magnitud como la fase.

$L = 100\ mH$, $C = 0.25\ \mu F$, $R_1, R_2 = 620\ \Omega$

Frecuencias de cruce

$$* F_c = \frac{1}{2\pi R C}$$

$$F_c = \frac{1}{2\pi (620)(0.25\ \mu F)}$$

$$F_c = 1026.8\ Hz$$

Circuito RC

Frecuencia: 50 Hz $V_{in} = 2V_{pp}$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi (50\ Hz)(0.25\ \mu F)}$$

$$X_C = -j12732.36\ \Omega$$

$$Z_T = 620 - j12732.36\ \Omega$$

$$V_o = \frac{V_{in} \times R_1}{Z_T}$$

$$V_o = \frac{2V_{pp} \times 620\ \Omega}{620 - j12732.36\ \Omega}$$

$$V_o = 0.00473 + j0.09716 \rightarrow V_{RMS} = 0.03439 \angle 87.21^\circ V$$

$$= 34.39 \angle 87.21\ mV$$

Frecuencia: 70 Hz

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi (70\ Hz)(0.25\ \mu F)}$$

$$X_C = -j9094.57\ \Omega$$

$$Z_T = 620 - j9094.57\ \Omega$$

$$V_{out} = \frac{2V_{pp} \times 620\ \Omega}{620 - j9094.57\ \Omega}$$

$$V_{out} = 0.00925 + j0.13571 \rightarrow V_{RMS} = 0.09809 \angle 86.1^\circ V$$

$$= 98.1 \angle 86.1\ mV$$

Frecuencia: 100 Hz

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi (100\ Hz)(0.25\ \mu F)}$$

$$X_C = -j6366.2\ \Omega$$

$$Z_T = 620 - j6366.2\ \Omega$$

$$V_{out} = \frac{2V_{pp} \times 620\ \Omega}{620 - j6366.2\ \Omega}$$

$$V_{out} = 0.01879 + j0.1929 \rightarrow V_{RMS} = 0.06854 \angle 84.94^\circ V$$

$$= 68.54 \angle 84.94\ mV$$

Frecuencia: 200 Hz

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi (200\ Hz)(0.25\ \mu F)}$$

$$X_C = -j3183.09\ \Omega$$

$$Z_T = 620 - j3183.09\ \Omega$$

$$V_{out} = \frac{2V_{pp} \times 620\ \Omega}{620 - j3183.09\ \Omega}$$

$$V_{out} = 0.0731 + j0.37532 \rightarrow V_{RMS} = 0.1352 \angle 78.98^\circ V$$

$$= 135.2 \angle 78.98\ mV$$

Frecuencia: 500 Hz

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi (500\ Hz)(0.25\ \mu F)}$$

$$X_C = -j1273.24\ \Omega$$

$$Z_T = 620 - j1273.24\ \Omega$$

$$V_{out} = \frac{2V_{pp} \times 620\ \Omega}{620 - j1273.24\ \Omega}$$

$$V_{out} = 0.32334 + j0.78723 \rightarrow V_{RMS} = 0.30957 \angle 64.9^\circ V$$

$$= 309.57 \angle 64.9\ mV$$

Frecuencia: 1 kHz

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi (1\ kHz)(0.25\ \mu F)}$$

$$X_C = -j636.62\ \Omega$$

$$Z_T = 620 - j636.62\ \Omega$$

$$V_{out} = \frac{2V_{pp} \times 620\ \Omega}{620 - j636.62\ \Omega}$$

$$V_{out} = 0.97355 + j0.99965 \rightarrow V_{RMS} = 0.99344 \angle 45.76^\circ V$$

$$= 993.44 \angle 45.76\ mV$$

Frecuencia: 2 kHz

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi (2\ kHz)(0.25\ \mu F)}$$

$$X_C = -j318.309\ \Omega$$

$$Z_T = 620 - j318.309\ \Omega$$

$$V_{out} = \frac{2V_{pp} \times 620\ \Omega}{620 - j318.309\ \Omega}$$

$$V_{out} = 1.582801 + j0.812 \rightarrow V_{RMS} = 0.629047 \angle 27.176^\circ V$$

$$= 629.047 \angle 27.176\ mV$$

Frecuencia: 5 kHz

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi (5\ kHz)(0.25\ \mu F)}$$

$$X_C = -j127.324\ \Omega$$

$$Z_T = 620 - j127.324\ \Omega$$

$$V_{out} = \frac{2V_{pp} \times 620\ \Omega}{620 - j127.324\ \Omega}$$

$$V_{out} = 1.919066 + j0.394 \rightarrow V_{RMS} = 0.69265 \angle 11.6^\circ V$$

$$= 692.65 \angle 11.6\ mV$$

Frecuencia: 10 kHz

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi (10\ kHz)(0.25\ \mu F)}$$

$$X_C = -j63.662\ \Omega$$

$$Z_T = 620 - j63.662\ \Omega$$

$$V_{out} = \frac{2V_{pp} \times 620\ \Omega}{620 - j63.662\ \Omega}$$

$$V_{out} = 1.92 + j0.203 \rightarrow V_{RMS} = 0.70341 \angle 5.76^\circ V$$

$$= 703.41 \angle 5.76\ mV$$

Frecuencia: 15 kHz

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi (15\ kHz)(0.25\ \mu F)}$$

$$X_C = -j42.441\ \Omega$$

$$Z_T = 620 - j42.441\ \Omega$$

$$V_{out} = \frac{2V_{pp} \times 620\ \Omega}{620 - j42.441\ \Omega}$$

$$V_{out} = 1.99 + j0.136 \rightarrow V_{RMS} = 0.7055 \angle 3.92^\circ V$$

$$= 705.5 \angle 3.92\ mV$$

Frecuencia: 20 kHz

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi (20\ kHz)(0.25\ \mu F)}$$

$$X_C = -j31.83\ \Omega$$

$$Z_T = 620 - j31.83\ \Omega$$

$$V_{out} = \frac{2V_{pp} \times 620\ \Omega}{620 - j31.83\ \Omega}$$

$$V_{out} = 1.995 + j0.1024 \rightarrow V_{RMS} = 0.7062 \angle 2.94^\circ V$$

$$= 706.2 \angle 2.94\ mV$$

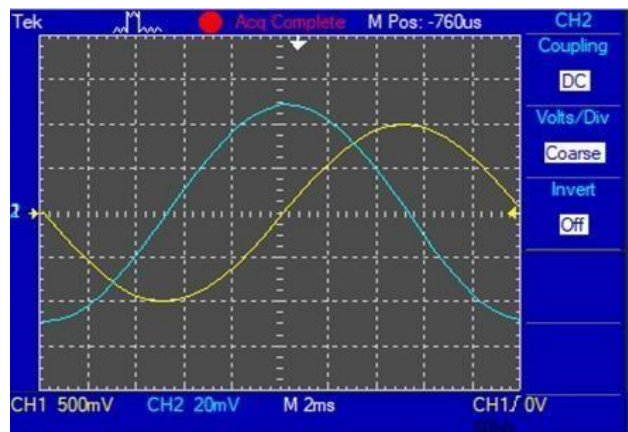


Fig. simulación de frecuencia de 50HZ

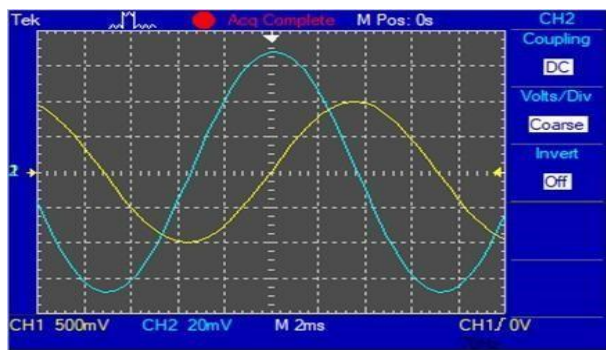


Fig. simulación de frecuencia de 70HZ

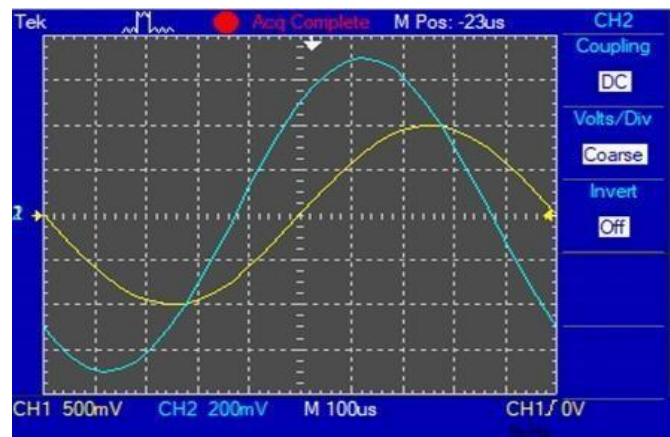


Fig. simulación de frecuencia de 1KHZ

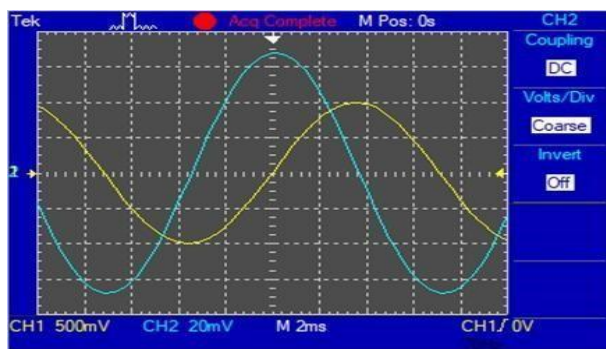


Fig. simulación de frecuencia de 100HZ

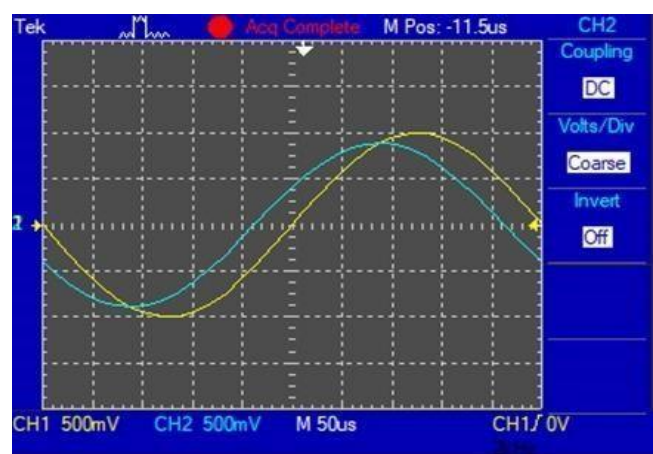


Fig. simulación de frecuencia de 2KHZ

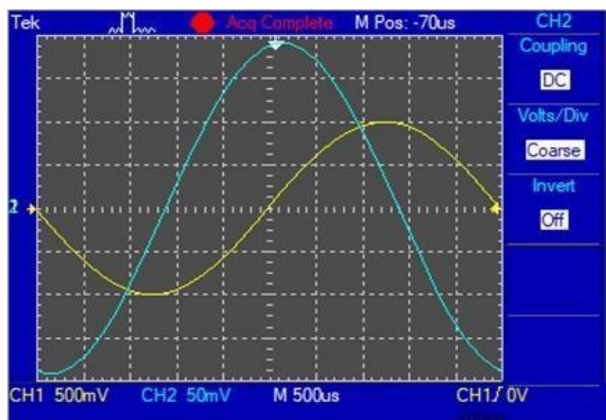


Fig. simulación de frecuencia de 200HZ

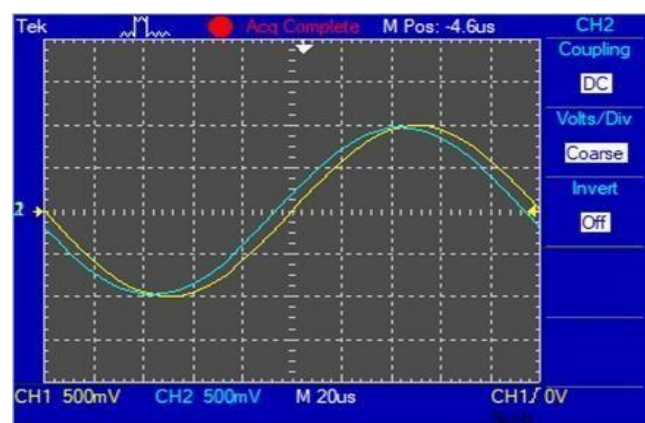


Fig. simulación de frecuencia de 5KHZ

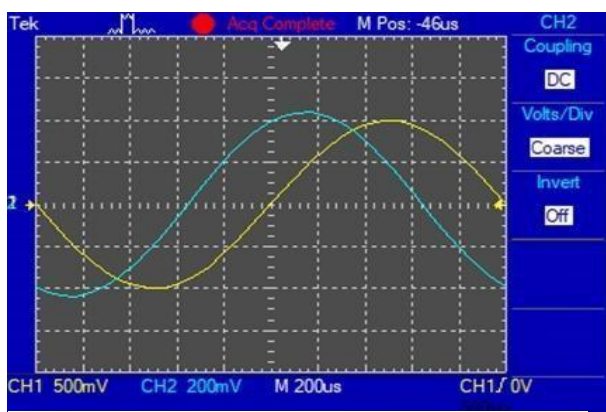


Fig. simulación de frecuencia de 500HZ

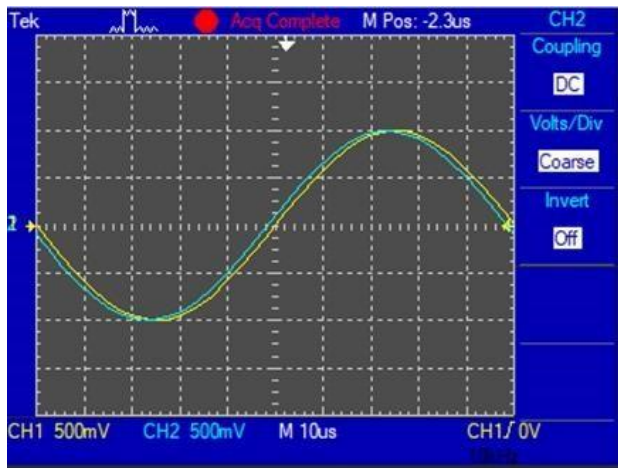


Fig. simulación de frecuencia de 10KHZ

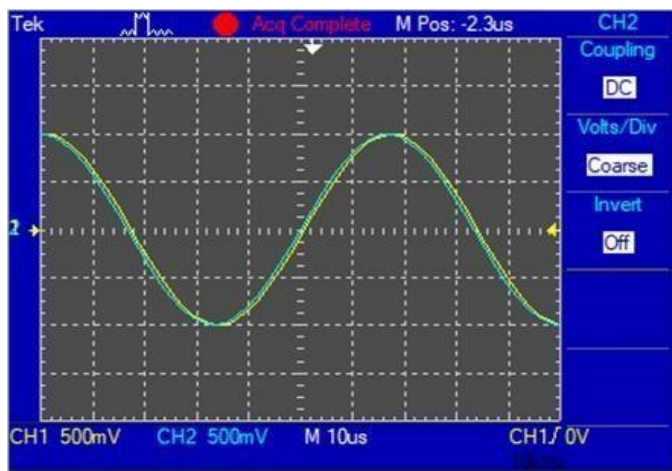


Fig. simulación de frecuencia de 15KHZ

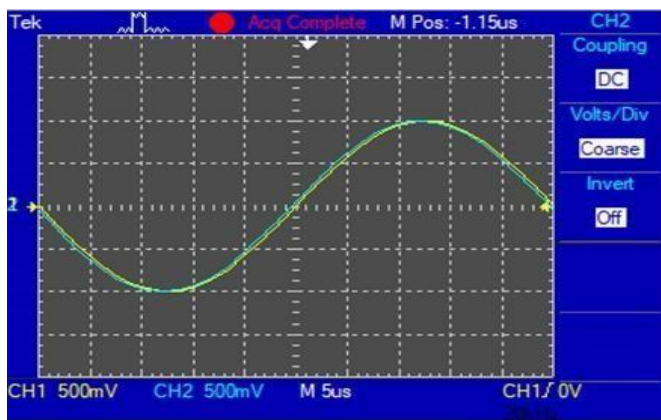


Fig. simulación de frecuencia de 20KHZ

Tabla de datos obtenidos.

Frequency (Hz)	V1 mag. Calculo (mV)	V1 mag. Calculo (Ø)	V1 exp. (mV)	Ø Exp.
50	34.4	87.21	29.5	86.4
70	48.09	86.1	40.5	84.5
100	68.53	84.4	52.5	82.8
200	135.2	79	113	79.2
500	309.52	64	264	57.6
1000	493.27	45.7	442	50.4
2000	628.95	27.2	600	36
5000	692.5	11.6	678	14.4
10000	703	5.8	692	10.8
15000	705	3.9	700	7.2
20000	706	2.9	705	3.6

Próximo mandato.

Frecuencia: 50 Hz
 $X_L = 2\pi FL$
 $X_L = 2\pi(50 \text{ Hz})(100 \text{ mH})$
 $X_L = j31.42 \Omega$
 $Z_T = 620 + j31.42 \Omega$
 $V_{out} = \frac{2V_{pp} \times 620 \Omega}{620 + j31.42 \Omega}$
 $V_{out} = 1.995 - j0.101 \rightarrow V_{RMS} = 0.706 \angle -2.9^\circ \text{ V}$
 $= 706 \angle -2.9 \text{ mV}$

Frecuencia: 70 Hz
 $X_L = 2\pi FL$
 $X_L = 2\pi(70 \text{ Hz})(100 \text{ mH})$
 $X_L = j43.98 \Omega$
 $Z_T = 620 + j43.98 \Omega$
 $V_{out} = \frac{2V_{pp} \times 620 \Omega}{620 + j43.98 \Omega}$
 $V_{out} = 0.705 \angle -4.06^\circ \text{ V}$
 $= 705.3 \angle -4.06 \text{ mV}$

Frecuencia: 70Hz
 $X_L = 2\pi fL$
 $X_L = 2\pi(70\text{Hz})(100\text{mH})$
 $X_L = j43.98\Omega$
 $V_{out} = 0.7035\angle -5.733^\circ \text{ V}$
 $= 703.5\angle -5.733^\circ \text{ mV}$

Frecuencia: 70Hz
 $X_L = 2\pi fL$
 $X_L = 2\pi(70\text{Hz})(100\text{mH})$
 $X_L = j43.98\Omega$
 $V_{out} = 0.693\angle -11.46^\circ \text{ V}$
 $= 693\angle -11.46^\circ \text{ mV}$

Frecuencia: 500Hz
 $X_L = 2\pi fL$
 $X_L = 2\pi(500\text{Hz})(100\text{mH})$
 $X_L = j314.16\Omega$
 $V_{out} = 0.63075\angle -26.87^\circ \text{ V}$
 $= 630.75\angle -26.87^\circ \text{ mV}$

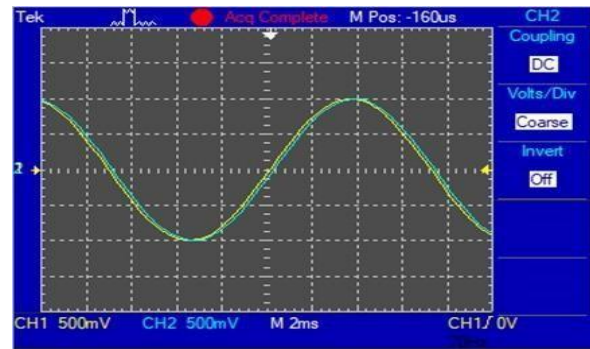


Fig. simulación de frecuencia de 70HZ

Frecuencia: 100Hz
 $X_L = 2\pi fL$
 $X_L = 2\pi(100\text{Hz})(100\text{mH})$
 $X_L = j62.83\Omega$
 $V_{out} = 0.49666\angle -45.4^\circ \text{ V}$
 $= 496.66\angle -45.4^\circ \text{ mV}$

Frecuencia: 200Hz
 $X_L = 2\pi fL$
 $X_L = 2\pi(200\text{Hz})(100\text{mH})$
 $X_L = j125.66\Omega$
 $V_{out} = 0.51237\angle -63.74^\circ \text{ V}$
 $= 512.37\angle -63.74^\circ \text{ mV}$

Frecuencia: 500Hz
 $X_L = 2\pi fL$
 $X_L = 2\pi(500\text{Hz})(100\text{mH})$
 $X_L = j314.16\Omega$
 $V_{out} = 0.137\angle -78.83^\circ \text{ V}$
 $= 137\angle -78.83^\circ \text{ mV}$

Frecuencia: 1000Hz
 $X_L = 2\pi fL$
 $X_L = 2\pi(1000\text{Hz})(100\text{mH}) \rightarrow j628.32\Omega$
 $V_{out} = 0.669\angle -84.36^\circ \text{ V}$
 $= 669\angle -84.36^\circ \text{ mV}$

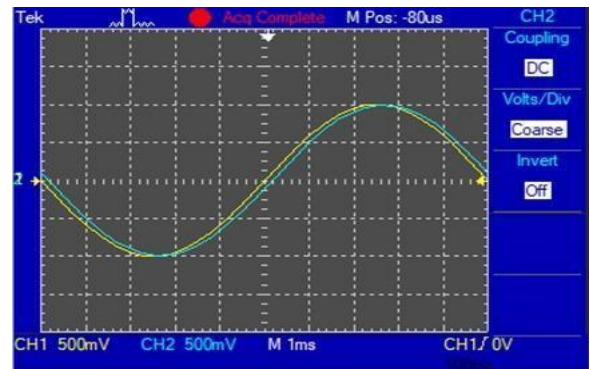


Fig. simulación de frecuencia de 100HZ

Frecuencia: 1500Hz
 $X_L = 2\pi fL$
 $X_L = 2\pi(1500\text{Hz})(100\text{mH})$
 $X_L = j942.48\Omega$
 $V_{out} = 0.04642\angle -36.34^\circ \text{ V}$
 $= 46.42\angle -36.34^\circ \text{ mV}$

Frecuencia: 2000Hz
 $X_L = 2\pi fL$
 $X_L = 2\pi(2000\text{Hz})(100\text{mH})$
 $X_L = j1256.64\Omega$
 $V_{out} = 0.0347\angle -87.18^\circ \text{ V}$
 $= 34.7\angle -87.18^\circ \text{ mV}$

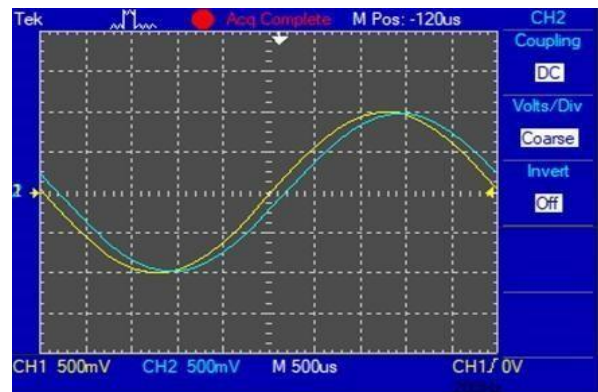


Fig. simulación de frecuencia de 200HZ

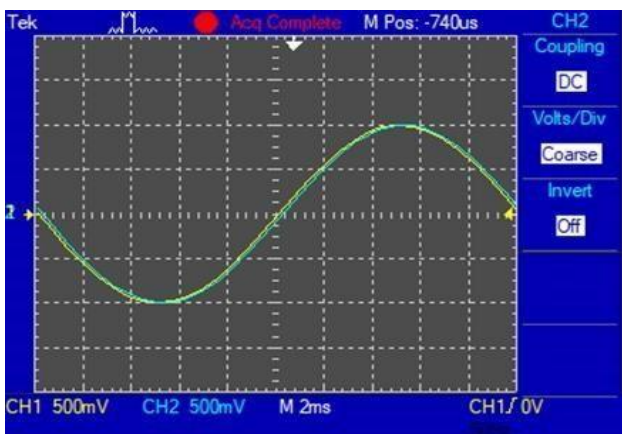


Fig. simulación de frecuencia de 500HZ

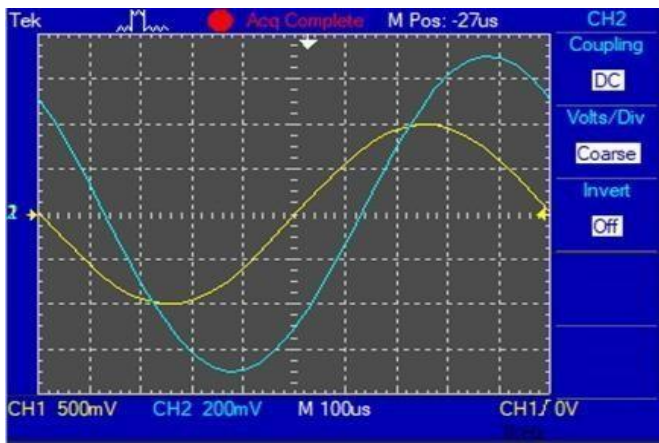


Fig. simulación de frecuencia de 1KHZ

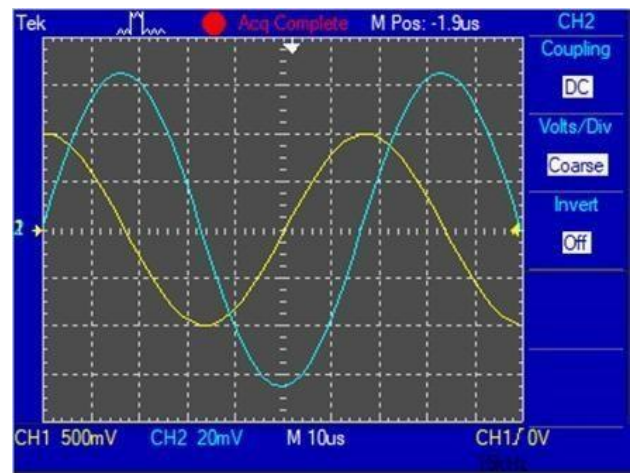


Fig. simulación de frecuencia de 15KHZ

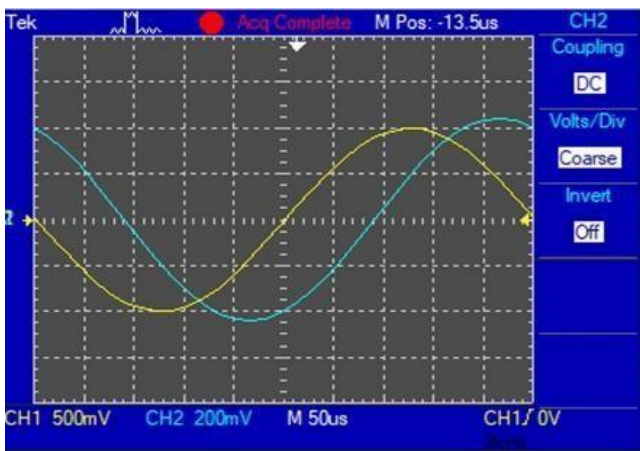


Fig. simulación de frecuencia de 1KHZ

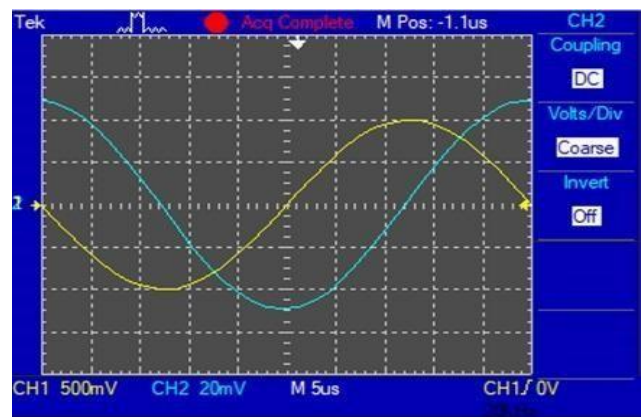


Fig. simulación de frecuencia de 20KHZ

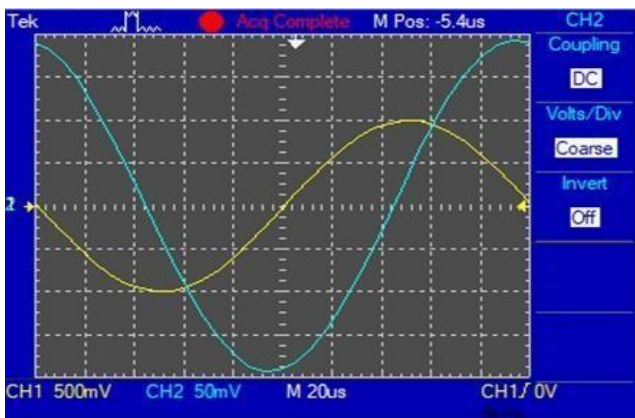


Fig. simulación de frecuencia de 5KHZ

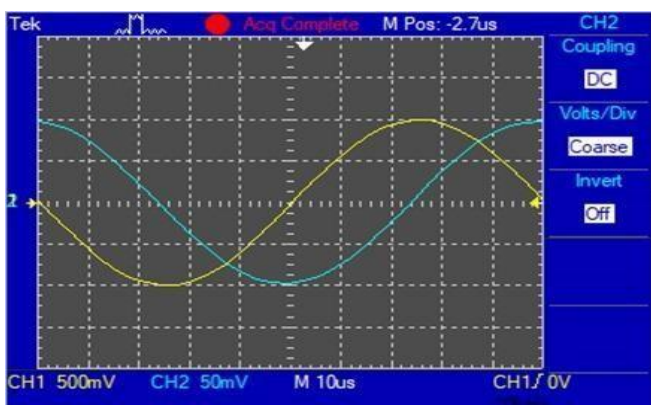


Fig. simulación de frecuencia de 10KHZ

Tabla de datos obtenidos.

Frequency (Hz)	V1 mag. Calculo (mV)	V1 mag. Calculo (Ø)	V1 exp. (mV)	Ø Exp.
50	706.1	-2.9	705	-3.6
70	705.2	-4.06	700	-7.2
100	703.4	-5.8	692	-10.8
200	693	-11.9	678	-14.4
500	630.7	-27	600	-36
1000	496.6	-45.4	442	-50.4
2000	312.8	-63.7	264	-57.6
5000	1336.9	-78.83	113	-79.2
10000	69.43	-84.4	52.5	-82.8
15000	34.9	-87.2	29.5	-86.4
20000	34.9	-87.2	29.5	-86.4

IV. CONCLUSION

Gracias a esta práctica, he aprendido a utilizar capacitores e inductores para la filtración de audio. He conocido los distintos tipos de filtros, como los pasa bajos, pasa banda y pasa altos, y he observado cómo la variación de la frecuencia influye en un filtro diseñado para un woofer y otro para un tweeter.

REFERENCES

- <https://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador>
- <https://www.ntxdistribution.com/post/qu%C3%A9-es-un-amplificador-de-audio-y-para-qu%C3%A9-sirve>
- <https://www.youtube.com/watch?v=mzcTQB3DILM>
- <https://www.etsist.upm.es/estaticos/ingeniatic/index.php/tecnologias/item/428-crossover-filtro-de-cruce.html#:~:text=Se%20trata%20de%20un%20tipo,el%20fin%20de%20reproducirlas%20eficientemente.>
- <https://www.etsist.upm.es/estaticos/ingeniatic/index.php/tecnologias/item/428-crossover-filtro-de-cruce.html#:~:text=Se%20trata%20de%20un%20tipo,el%20fin%20de%20reproducirlas%20eficientemente.>
- <https://www.youtube.com/watch?v=ITeKKLZF-UI>
- <https://www.youtube.com/watch?v=GzKBgtS9koI>