



Universidad Autónoma del Estado de México

OBJ. Facultad de Ingeniería

Ingeniería Electrónica

Practice 1

By:

- Díaz Reza, Juan Manuel
- Hernández Guarneros, Salvador
- Manzano Atlixqueño, Karen
- Zavaleta Villegas, José Juan

Subject:

Control Analógico y Digital 2

Professor:

José Luis Ávila Gómez



Marco-Teórico

Uno de los tipos de filtro más comunes es el filtro pasa bajas, que permite el paso de frecuencias por debajo de una frecuencia de corte crítica mientras atenúa las frecuencias más altas. En esta práctica, nos enfocaremos en el análisis matemático para obtener la función de transferencia de un filtro pasa bajas en configuración Butterworth. Este tipo de filtro es conocido por su respuesta plana en la banda de paso y una caída gradual de la ganancia en la banda de rechazo. Hay tres consideraciones al diseñar un circuito de filtro:

- La respuesta de la banda de paso debe ser la máxima planeidad.
- Hay debe ser una transición lenta de la banda de paso a la banda de detención.
- La capacidad del filtro para pasar señales sin distorsiones dentro de la banda de paso.

Para lograr esto, utilizaremos conceptos fundamentales del análisis de circuitos y la teoría de filtros, así como las ecuaciones características de los filtros Butterworth. Además, emplearemos herramientas matemáticas y de simulación para visualizar la respuesta en frecuencia del filtro, lo que nos permitirá entender su comportamiento y evaluar su desempeño en diferentes aplicaciones.

Objetivo

Realizar el análisis matemático para obtener la función de transferencia y graficar la respuesta en frecuencia de un filtro pasa bajas en configuración Butterworth, posteriormente implementarlo y realizar un barrido en frecuencia de forma practico, comprobando los resultados analíticos con los prácticos.

Equipo

1. Osciloscopio
2. Fuente de alimentación
3. Generador de señales

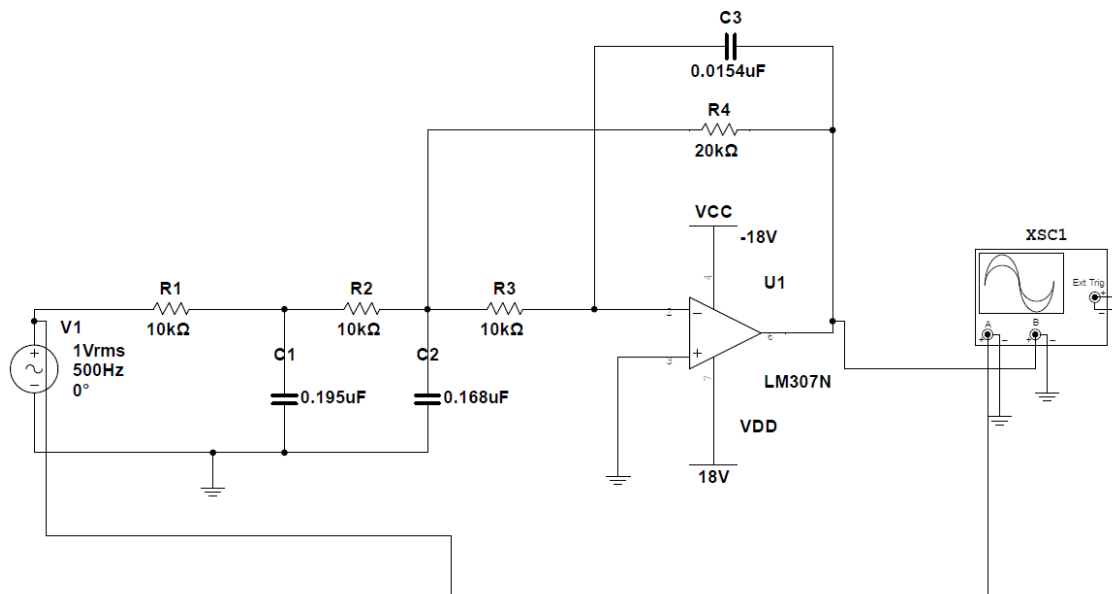
Componentes

1. Amplificador operacional LM307
2. Resistencias

CANTIDAD	VALORES
1	20K Ω /1%
3	10K Ω /1%

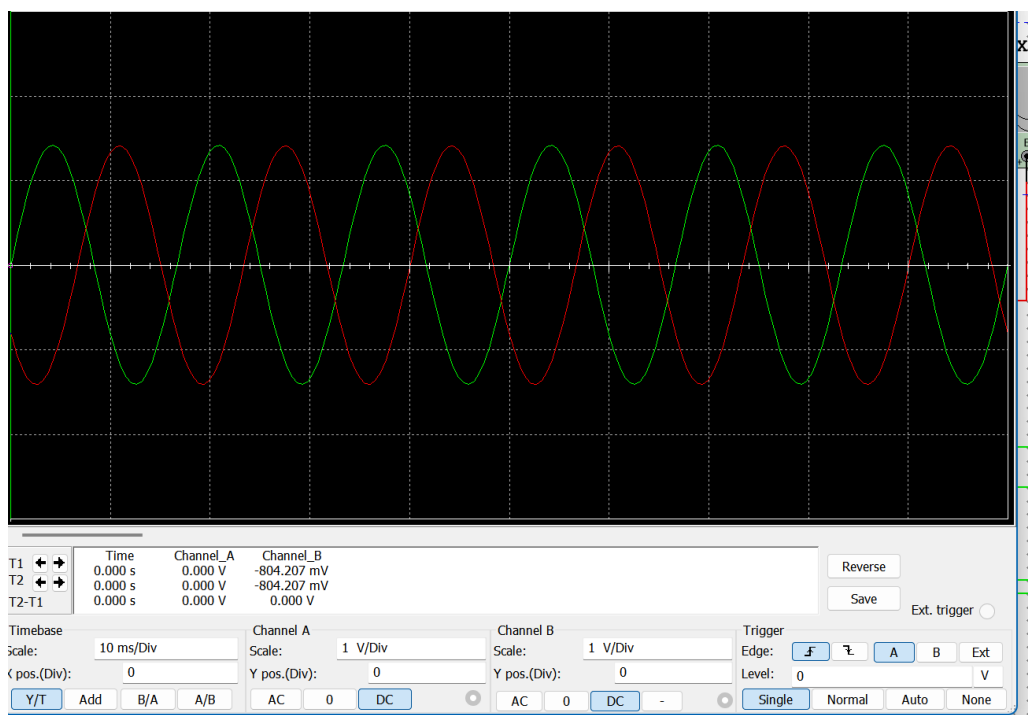
3. Capacitores:

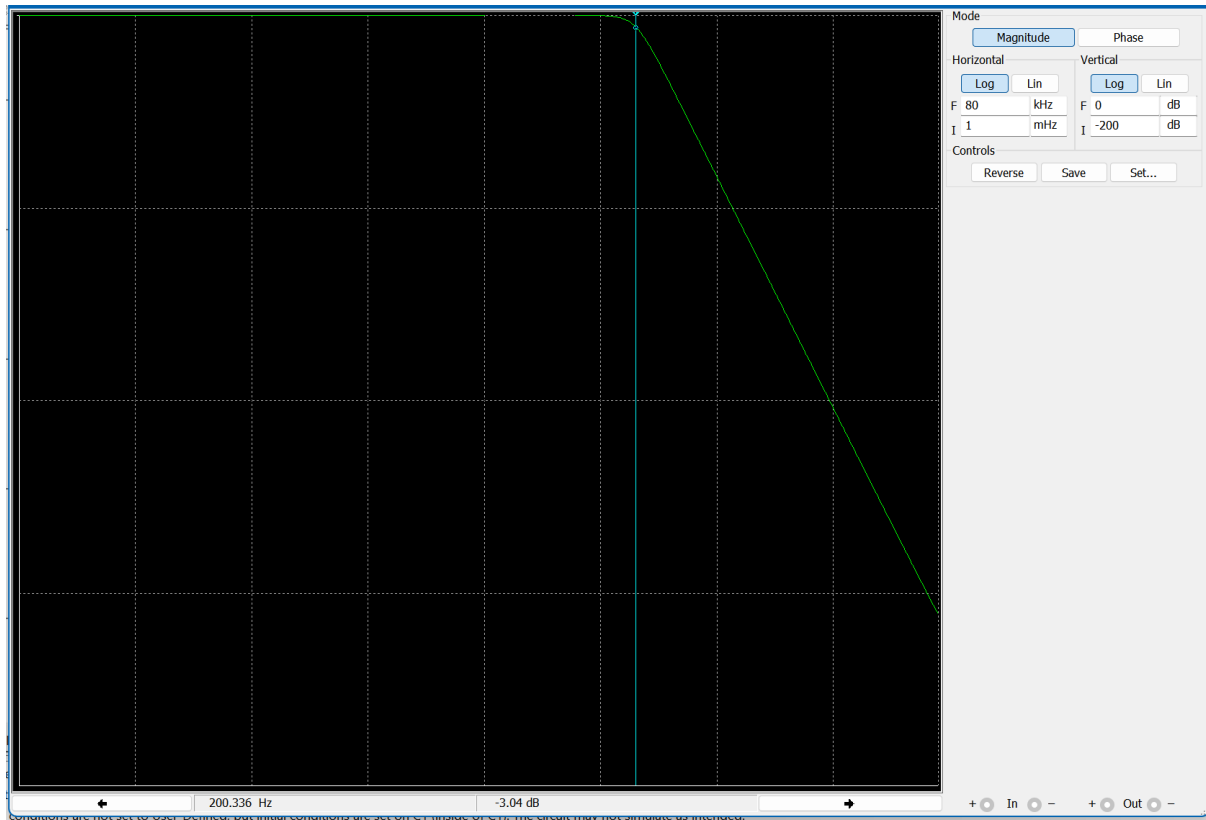
CANTIDAD	VALORES
1	0.195 μ F
1	0.168 μ F
1	0.0154 μ F



Esquemático de la práctica

A una frecuencia de 60 Hz, la salida presenta un desfase y una ganancia unitaria





Usando la herramienta de Bode Ploter directamente en el circuito de Multisim, observamos que a un valor de aproximadamente 200 Hz, el valor de la magnitud se establece en -3dB.

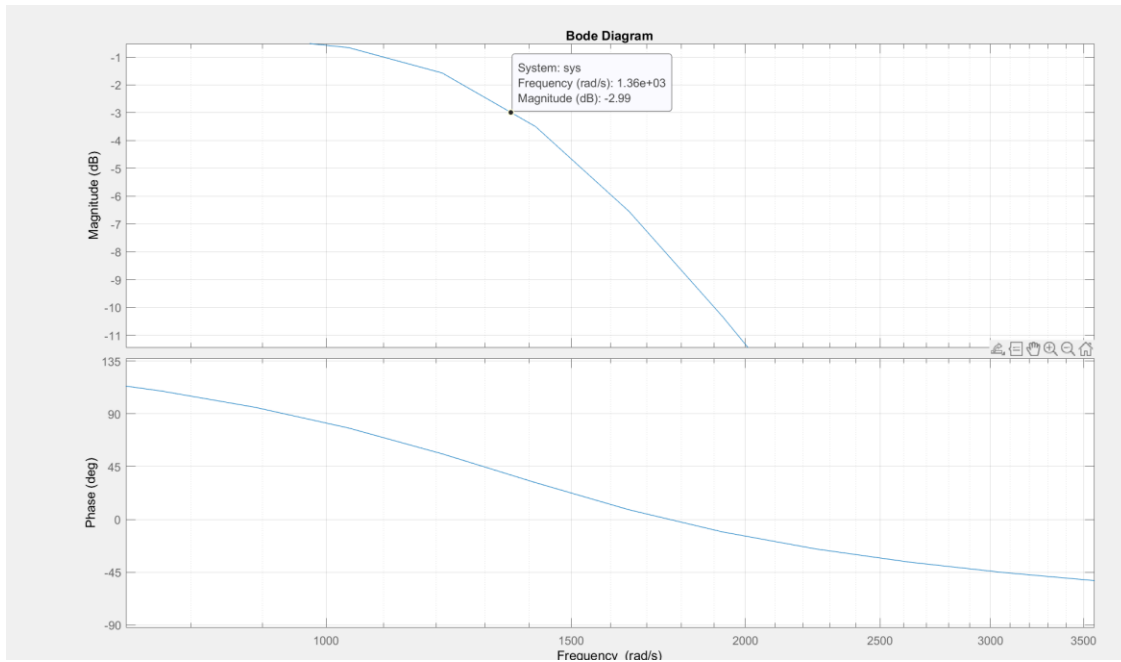
Para realizar un análisis detallado del sistema, se obtiene la función de transferencia por el método de nodos, obteniendo lo siguiente:

`sys =`

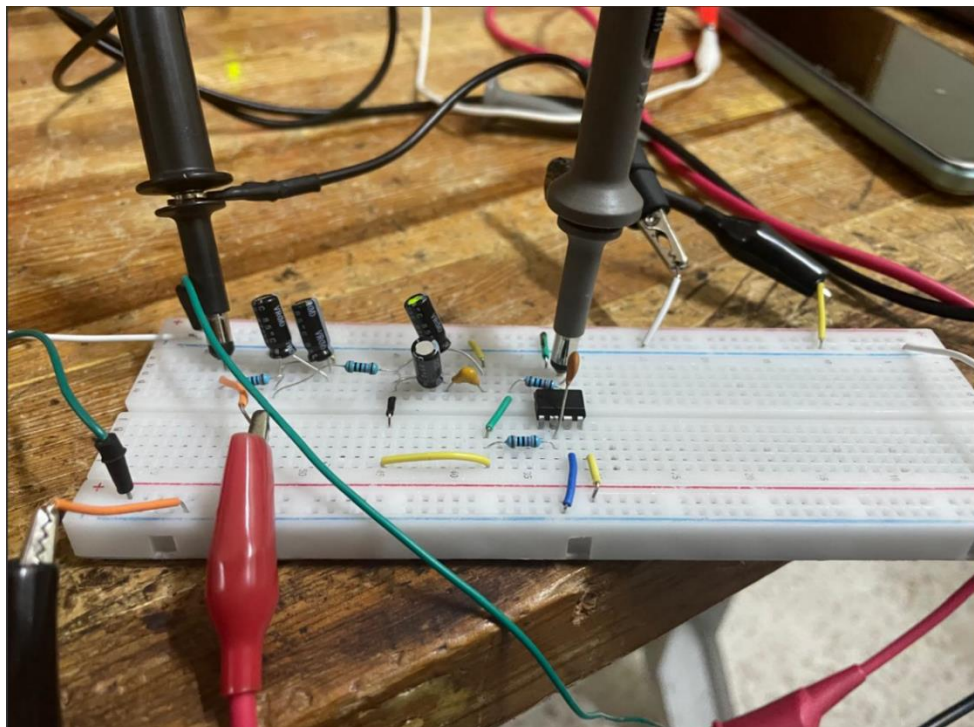
`-512.8`

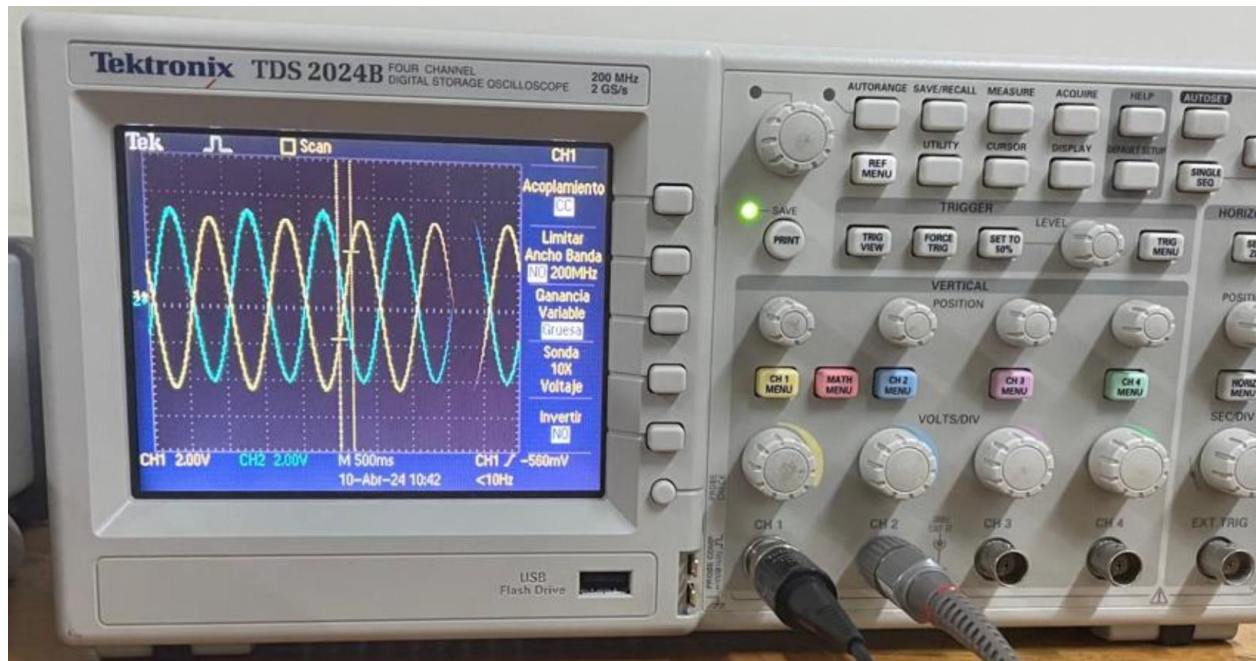
`-----`
`2.59e-07 s^3 + 0.000584 s^2 + 0.8 s + 512.8`

Usando MATLAB, obtenemos el diagrama de Bode, para el que la frecuencia de los -3dB es de 1360 rad/s, que corresponden a 216 Hz. Esta fue la mejor aproximación, ya que, al construir la función de transferencia, se van perdiendo algunos decimales, sin embargo, es una buena aproximación, representando un error del 8% respecto a lo visto en Multisim



El circuito implementado en protoboard se muestra a continuación



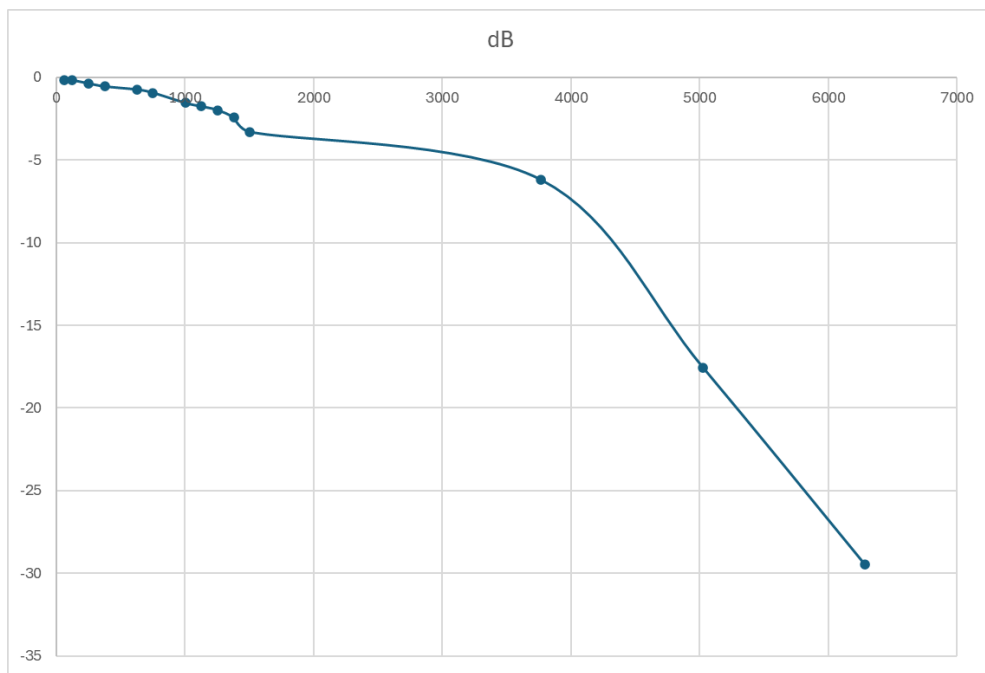


A la misma frecuencia de 60 Hz, se observa que la entrada (azul) y la salida (amarilla) se tiene una ganancia aproximadamente unitaria:

Los resultados del experimento se registraron en una tabla de Excel, realizando un barrido de frecuencias:

La gráfica de magnitud se gráfica contra la frecuencia en rad/s

F (Hz)	Vin (t)	Vo(t)	omega	dB	dt	d(phi)
10	9.8	9.6	62.832	-0.1791	4.80E-02	3.02E+00
20	9.8	9.6	125.664	-0.1791	2.52E-02	3.17E+00
40	9.8	9.4	251.328	-0.36196	1.36E-02	3.42E+00
60	9.8	9.2	376.992	-0.54876	9.40E-03	3.54E+00
100	9.8	9	628.32	-0.73967	6.30E-03	3.96E+00
120	9.8	8.8	753.984	-0.93487	5.30E-03	4.00E+00
160	9.8	8.2	1005.312	-1.54824	4.40E-03	4.42E+00
180	9.8	8	1130.976	-1.76272	4.00E-03	4.52E+00
200	9.8	7.8	1256.64	-1.98263	1.40E-03	1.76E+00
220	9.8	7.4	1382.304	-2.43989		
240	9.8	6.7	1507.2	-3.30303		
300	9.8	4.80E+00	3.77E+03	-6.1997	1.50E-03	2.83E+00
500	9.8	1.30E+00	5.03E+03	-17.5457	1.30E-03	4.08E+00
1000	9.8	3.30E-01	6.28E+03	-29.4542	1.80E-04	1.13E+00



El valor de -3dB se observa en una frecuencia entre 220 y 240 Hz. Se estima entonces un valor de 230 Hz, lo cual representa un error del 15%.

Conclusión

Al momento de realizar la práctica, tuvimos muchos contratiempos con el circuito integrado solicitado en la práctica, a tal grado que creemos se quemó al hacer una mala conexión, por lo que se tomó la decisión de cambiarlo por un circuito integrado UA741, lo cual funcionó de buena manera permitiéndonos observar mejor la señal de salida del filtro para lograr hacer las mediciones solicitadas por la práctica.

Al comparar los resultados analíticos con los prácticos, se pudo observar una concordancia significativa entre ambos, lo que valida la precisión del análisis matemático realizado. Las pequeñas discrepancias encontradas pueden atribuirse a las limitaciones prácticas, tales como tolerancias de componentes y condiciones ambientales, que pueden influir en el comportamiento real del filtro.

Esta práctica ha permitido no solo adquirir conocimientos teóricos sobre el diseño y comportamiento de los filtros pasa bajas en configuración Butterworth, sino también verificar de manera empírica la precisión y aplicabilidad de los conceptos estudiados.

Bibliografía

All About Circuits. (n.d.). Butterworth filter design. Recuperado de <https://www.allaboutcircuits.com>

Paarmann, L. D. (1998). Design of Analog Filters: Passive, Active RC and Switched Capacitor. Oxford University Press.

Potter, J. L. (1990). Butterworth filters: An introduction. IEEE Transactions on Education, 33(2), 137-144.