

Alberto Sócrates Ortega Calvo
Juan Manuel Rubio Rodríguez
Ignacio Vellido Expósito
Grupo F3

MEMORIA PRÁCTICA Nº2:
MEDIDAS EN CORRIENTE ALTERNA
FUNDAMENTOS FÍSICO-TÉCNICOS



25/12/2016
Universidad de Granada

Índice

Introducción	1
Materiales y dispositivos usados	1
Procedimiento.....	2
Resultados	3
Tablas de medidas.....	3
Cálculos teóricos y prácticos	4
Gráficas	5
Discusión de resultados	7
Conclusiones	8
Bibliografía – Webgrafía	8

Introducción

Materiales y dispositivos usados

- Resistencia: De 10 k Ω , pero su valor experimental medido con el multímetro era de 10.009 Ω .
- Condensador: De 10 nf, aunque su valor experimental medido con el multímetro era de 9,78 nf.



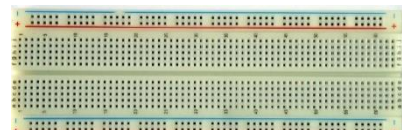
- Osciloscopio: Aparato utilizado para las medidas necesarias durante la práctica.



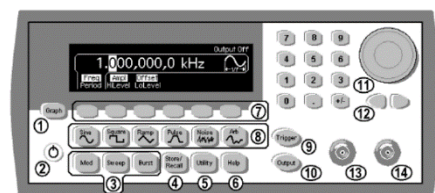
- Multímetro: Usado para medir los valores de entrada de la corriente, además de la resistencia y la capacidad del condensador.



- Protoboard: Placa donde se conectaron los diferentes elementos del circuito.

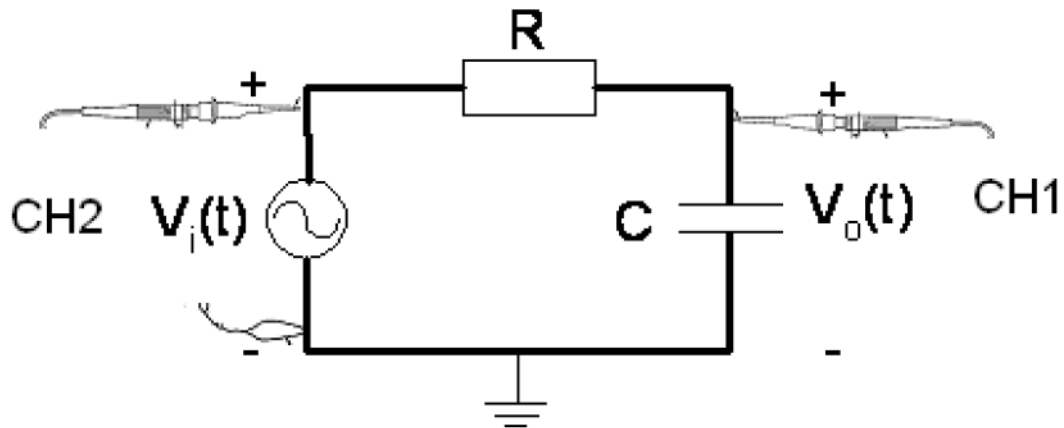


- Generador de señal: Utilizado para generar las ondas sinusoidales para la práctica.



Procedimiento

Tras elegir los materiales necesarios y realizar las medidas de sus valores reales (tanto de la resistencia como del condensador), procedimos a montar el circuito como viene en la imagen.



El circuito consta de una resistencia en serie con un condensador, ambos conectados a una señal de corriente alterna sinusoidal (en este caso de amplitud variable). A esta disposición se le conectan dos patillas positivas del osciloscopio entre la resistencia, y una negativa entre el condensador y el generador, consiguiendo así una medición de la caída de tensión en el condensador.

Montado ya el circuito, y tras configurar el osciloscopio y el generador de la forma correcta, nos dispusimos a realizar las medidas pedidas (amplitudes pico a pico de la señal de entrada y de salida) en función de la frecuencia de entrada suministrada (comprendida entre los 100 y 500 Hz con factores 1, 2, 3, 5, y 8 en cada década).

Tras ello, se calculó la frecuencia de corte con los datos resultantes y se comparó con la frecuencia de corte teórica (esto se discutirá más adelante). Para finalizar, usando el programa Microsoft Excel © se representó el diagrama de Bode.

Resultados

Tablas de medidas

Valores experimentales:

- Resistencia: 10,005 k Ω
- Condensador: 9,78 Nf

Los datos que obtuvimos con las mediciones en el laboratorio están recogidos en las siguientes tablas:

Tabla de frecuencias, en Hertzios y radianes por segundo

f (Hz)	ω (rad/s)
100	628,3185307
200	1256,637061
300	1884,955592
500	3141,592654
800	5026,548246
1.000	6283,185307
2.000	12566,37061
3.000	18849,55592
5.000	31415,92654
8.000	50265,48246
10.000	62831,85307
20.000	125663,7061
30.000	188495,5592
50.000	314159,2654
80.000	502654,8246
100.000	628318,5307
200.000	1256637,061
300.000	1884955,592
500.000	3141592,654

Tabla de voltajes (entrada, y salida pico-pico), en voltios

V _{ipp} (V)	V _{opp} (V)
20,3	19,8
20,3	19,7
20,3	19,4
20,3	19,1
20,3	17,8
20,3	17
20,3	12,8
20,3	9,7
20,3	6,4
20,3	4,4
20,3	3,3
20,3	2
20,3	1,4
20,3	0,675
20,3	0,438
20,3	0,35
20,3	0,188
20,3	0,131
20,3	0,081

T	20 * log T (dB)
0,975369458	-0,216616953
0,97044335	-0,260596235
0,955665025	-0,39388616
0,9408867	-0,529253413
0,876847291	-1,141520712
0,837438424	-1,540942331
0,630541872	-4,005721365
0,477832512	-6,414486073
0,315270936	-10,02632128
0,216748768	-13,28086723
0,162561576	-15,77964196
0,098522167	-20,12932084
0,068965517	-23,22736004
0,033251232	-29,5638453
0,021576355	-33,32043855
0,017241379	-35,26855987
0,009261084	-40,66676377
0,006453202	-43,80449485

Cálculos teóricos y prácticos

- Función de transferencia:

$$Z_{eq} = R + \frac{1}{j\omega C} = \frac{j\omega CR + 1}{j\omega C}$$

$$V_{i,f} = i_f \cdot \left(\frac{1}{j\omega C} + R \right) = i_f \cdot Z_{eq}$$

$$i_f = \frac{V_{i,f}}{Z_{eq}} = \frac{j\omega C \cdot V_{i,f}}{1 + j\omega CR}$$

$$V_{o,f} = i_f \cdot \left(\frac{1}{j\omega C} \right) = \frac{j\omega C \cdot V_{i,f}}{1 + j\omega CR}$$

$$T(\omega) = \frac{V_{o,f}}{V_{i,f}} = \frac{\frac{V_{i,f}}{1 + j\omega CR}}{V_{i,f}} = \frac{V_{i,f}}{V_{i,f} \cdot (1 + j\omega CR)} = \frac{1}{j\omega CR + 1}$$

- Módulo simplificado:

$$|T| = \frac{\sqrt{0^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{\frac{1}{\omega C}}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{1}{\omega C \cdot \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{\left(R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2\right) \cdot (\omega C)^2}} = \frac{1}{\sqrt{(R\omega C)^2 + 1}}$$

Sustituyendo $\omega = \frac{1}{RC}$: $|T| = \frac{(\sqrt{2})}{2}$, es decir, la tensión pico-pico de salida es $\frac{(\sqrt{2})}{2}$ veces la tensión pico-pico de entrada para la frecuencia de corte.

- Frecuencia de corte:

$$R = \frac{1}{j\omega C}$$

$$\omega = \frac{1}{RC}$$

Sustituyendo: 10.000 rad/s

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

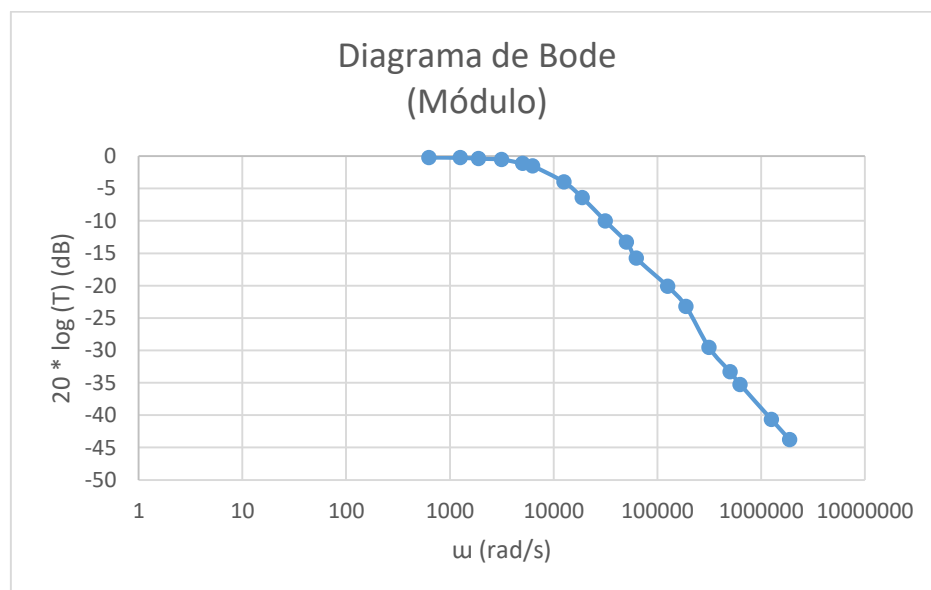
Sustituyendo: 1591,5 Hz

Gráficas

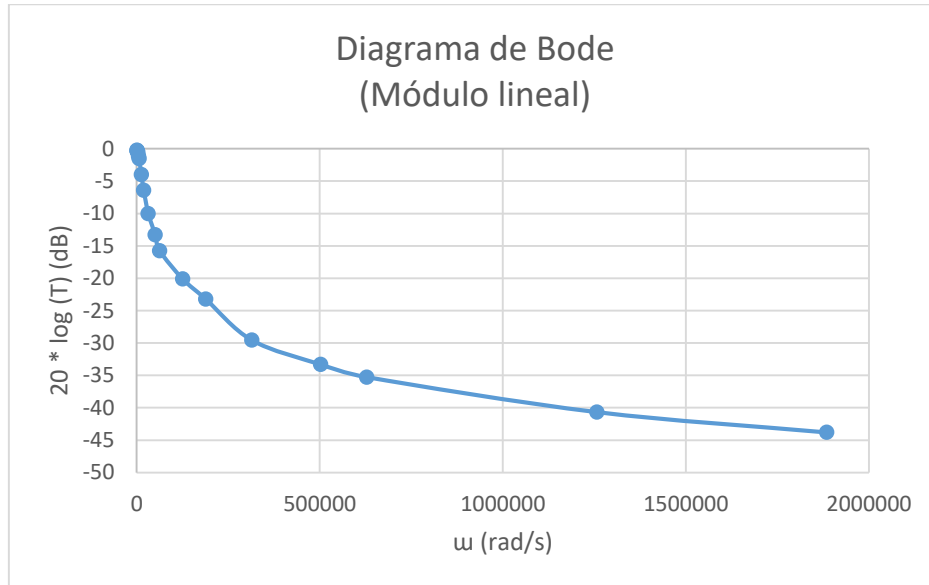
Diagrama de Bode

Es una representación gráfica de funciones de transferencia (función compleja) que dependen de una variable real, la frecuencia angular. En este caso, representamos en el diagrama de Bode el módulo de la función de transferencia.

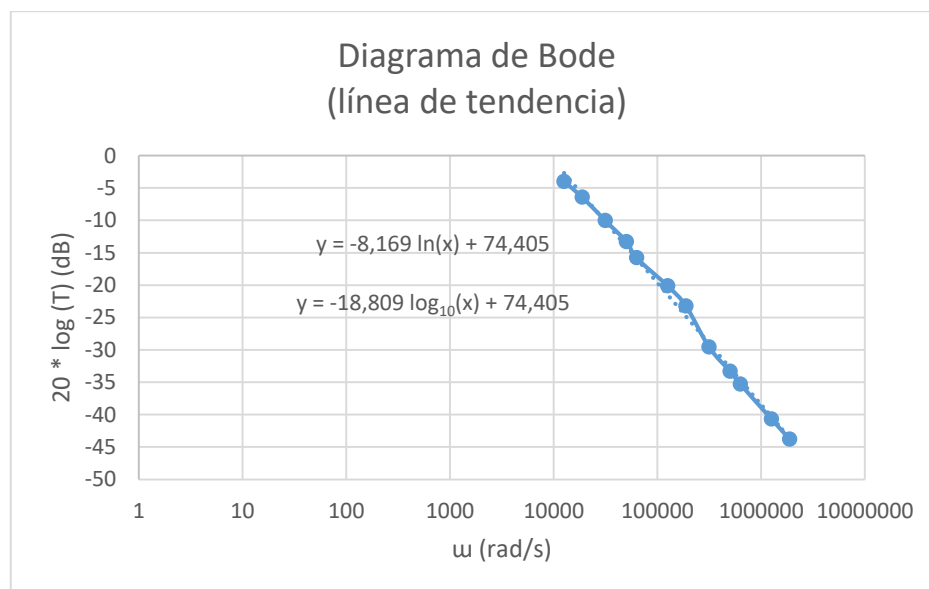
Para representar gráficamente los datos, escribimos el módulo en decibelios en el eje y y la frecuencia, en rad/s en el eje x, tal y cómo se muestra en la siguiente gráfica:



Como podemos observar, es necesaria la aplicación de una escala logarítmica, ya que, al haber una variación tan grande entre los valores iniciales y finales, perdemos información representativa al usar una escala lineal, pudiendo apreciar correctamente solamente los datos correspondientes a las frecuencias mayores como observamos en la siguiente gráfica:



También nos es útil la línea de tendencia que podemos observar en la gráfica, ya que nos ayudará en cálculos posteriores:

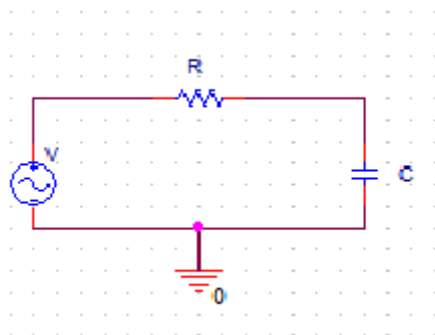


Hemos considerado que a partir de la entrada nº 7, la gráfica describe una recta, cuya ecuación es:

$$y = -8,169 \ln(x) + 74,405 \leftrightarrow y = -18,809 \log_{10}(x) + 74,405$$

Discusión de resultados

El circuito del cual hemos hecho el diagrama de Bode es el siguiente:



Realizado en orCad Spice

El objetivo de la práctica era realizar un filtro de paso bajo, colocando un condensador y una resistencia en serie unidos a una fuente de tensión alterna. La característica principal de este tipo de circuitos es la atenuación para frecuencias superiores a la llamada frecuencia de corte, alterando poco o nada las señales con frecuencias inferiores a la citada frecuencia de corte.

Un filtro de paso bajo es útil a la hora de reducir y/o eliminar el ruido en una red eléctrica o, por ejemplo, poder reproducir los sonidos más agudos (altas frecuencias) en un altavoz y los más graves (bajas frecuencias) en otros.

Cómo hemos visto en el apartado de “Cálculos teóricos”, la frecuencia de corte y, por tanto, las señales a partir de la cual vamos a atenuar con el filtro de paso bajo, están relacionadas con el valor de la resistencia y del condensador utilizados en el mismo. Deducimos que cuando aumentamos el valor alguno de los componentes (resistencia y/o condensador), disminuimos el valor obtenido para la frecuencia de corte y lo que ello implica.

El funcionamiento de este tipo de filtros es sencillo. La reactancia capacitiva del condensador varía con la frecuencia. A bajas frecuencias, la impedancia del condensador es alta y es ahí donde se produce la mayor caída de tensión del circuito. Por el contrario, a altas frecuencias, la impedancia se va reduciendo, de tal modo que se permite el paso de corriente en el condensador y la caída de tensión se acentúa en la resistencia, eliminando de este modo las frecuencias que estén por encima de la citada frecuencia de corte.

Como curiosidad, un filtro de paso alto tiene una fisonomía y funcionamiento similares pero inversos. En ese caso, para obtener un filtro de paso alto, invertimos el orden y colocamos el condensador seguido de la resistencia, de este modo y como se deduce de lo explicado anteriormente, el circuito atenuaría las frecuencias que estuvieran por debajo de la frecuencia de corte ya que la caída de tensión se produce en el condensador primero (para frecuencias por debajo de la frecuencia de corte).

En este caso, trabajamos con el filtro de paso bajo descrito en apartados anteriores. Partiendo de la frecuencia de corte obtenida y la fórmula para conseguir los decibelios ($20 \cdot \log_{10}(|T|)$), los cálculos de laboratorio nos dieron $-3,01$, un valor muy cercano a 3db , el valor esperado teóricamente para la atenuación de la señal en la frecuencia de corte. Un error relativamente bajo y esperado, de acuerdo a la lectura real de los componentes y el error propio sobre el teórico que se produce (puesto que los cálculos se hacen para un condensador ideal de 10 nF y la lectura real fue de 9.78 nF), con lo cual parece razonable.

Buscamos la frecuencia de corte en la gráfica, en este caso está sobre unos 9000 rad/s (próxima a los 10000 rad/s de la teórica) y comprobamos (al sustituir este valor en la fórmula) que la relación entre el valor de entrada y salida de voltaje es de $0,74$, un resultado cercano al $\frac{\sqrt{2}}{2}$ teórico esperado.

Tras la observación de los resultados obtenidos, y comparándolos con lo aprendido en teoría junto a los cálculos teóricos, hemos llegado a las siguientes conclusiones:

Conforme las frecuencias se van haciendo mayores, el módulo va tendiendo a 0, es decir, que la señal se va atenuando. Estamos por tanto frente a un diagrama de Bode de un filtro paso bajo.

Conclusiones

A la vista de los datos obtenidos y comparándolos con los datos esperados y teóricos, vemos que ambos prácticamente coinciden y son los esperados, teniendo en cuenta siempre los errores producidos por los componentes utilizados en el circuito sobre el que se trabaja y se realizan las mediciones. Tenemos un filtro paso bajo y comprobamos que, para la frecuencia de corte, la atenuación está entorno a -3db y que, efectivamente, existe una relación de alrededor del 70% entre las mediciones del voltaje de entrada y el voltaje de salida.

Bibliografía – Webgrafía

- Logo de la Universidad de Granada: <http://opendata.ugr.es/>
- Imagen de la resistencia: http://www.nextiafenix.com/wp-content/uploads/2016/03/RES-10K_2.jpg
- Imagen del condensador: [http://i.ebayimg.com/00/s/NTA1WDUwNQ==/z/1H0AAOSwZjJU840h/\\$ 35.JPG](http://i.ebayimg.com/00/s/NTA1WDUwNQ==/z/1H0AAOSwZjJU840h/$ 35.JPG)

- Imagen del osciloscopio:
<http://www.cedesa.com.mx/imagenes/productos/4/lightbox/gw-instek-GOS-6103.jpg>
- Imagen del multímetro: <http://www.promax.es/images/products/830x460/FP-2B.jpg>
- Imagen del protoboard: <http://www.madnesselectronics.com/wp-content/uploads/2014/09/featured.jpg>
- Imagen del generador de señal alterna:
http://electronica.ugr.es/~amroldan/asignaturas/curso10-11/analisis_circuitos/practicas/practica5_AC.pdf
- Información e imágenes: Documento sobre la práctica 2, suministrado por Francisco Manuel Gómez Campos.
- Información e imágenes sobre el diagrama de Bode: Francisco Jiménez Molinos,
<http://www.ugr.es/~jmolinos/files/elaboraciondediagramasdebode.pdf>