

Instituto Tecnológico de Buenos Aires

22.42 LABORATORIO DE ELECTRÓNICA

Trabajo Práctico N°1

Grupo 3

BERTACHINI, Germán	58750
LAMBERTUCCI, Guido Enrinque	58009
LONDERO BONAPARTE, Tomás Guillermo	58150
MECHOULAM, Alan	58438

Profesor

COSSUTTA, Pablo Martín

Presentado: /19

Introducción

En el presente trabajo de laboratorio se realizaron diversas mediciones utilizando el osciloscopio, con el objetivo de comprender las funciones básicas del mismo y lograr desarrollar las habilidades de manejo de dicho instrumento. Se estudiaron circuitos de primer orden, haciendo uso, además del osciloscopio, del generador de funciones y del analizador de impedancias.

Desarrollo de la Experiencia

Filtro Pasa-bajos de Primer Orden

Se construyó en un protoboard el circuito mostrado en la figura 1. Para esto se hizo uso de una resistencia $R = 3,9\text{ K}\Omega$ y un capacitor $C = 2,2\text{ nF}$. Además, se utilizó el analizador de impedancias para determinar los valores reales de ambos componentes. Estos se encuentran registrados en la tabla 1

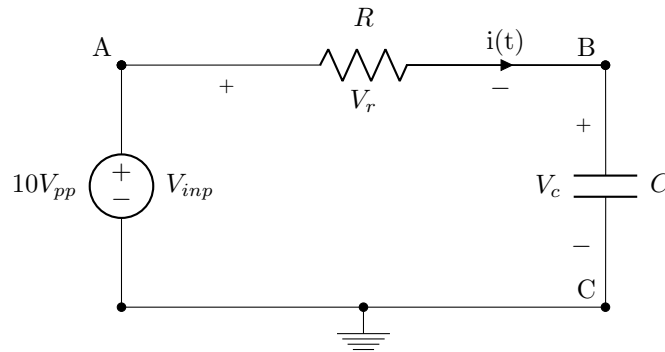


Figura 1: Filtro Pasa-bajos

Primeramente, se calculó la frecuencia de corte teórica utilizando los valores de referencia de los componentes, obteniéndose un valor de $18,55\text{ KHz}$. Se prosiguió aplicando con la fuente una tensión senoidal de una amplitud de $9,81\text{ V}$ para determinar la frecuencia de corte real de dicho circuito, siendo dicha frecuencia la que ocasiona que se produzca un desfase de 45° entre la señal de entrada y la señal de salida. El valor medido fue de $18,44\text{ KHz}$

Luego, conocida la frecuencia de corte real del circuito, se calculó el valor de la capacitancia para la nueva frecuencia de corte, tomando como valor del resistor primero el teórico y luego el medido por el analizador de impedancia (con el cual deberíamos obtener una medición más precisa). Los resultados de las mediciones se ilustran en la siguiente tabla:

$ V $	$ V_C $	R	$C_{calculado}$	C_{medido}	Error
9,81V	6,84V	$R_T = 3k90\Omega$	2,2126nF	2,238nF	1,13 %
9,81V	6,84V	$R_M = 3k87\Omega$	2,2297nF	2,238nF	0,37 %

Tabla 1: Valores obtenidos

A continuación, se midió la diferencia de fase entre la corriente y la tensión en el capacitor, y se verificó la suma vectorial de las tensiones, es decir $\vec{V} = \vec{V}_R + \vec{V}_C$. Siendo \vec{V} la tensión en la fuente, \vec{V}_C la tensión en el capacitor y \vec{V}_R la tensión en la resistencia.

Al ser \vec{i} (la corriente en el circuito) coplanar con \vec{V}_r se puede medir la diferencia de fase entre ambas tensiones y se hallará la diferencia entre la corriente y V_C . La diferencia de fase será siempre de 90° ya que la caída de tensión en la resistencia será puramente real y la caída de tensión en el capacitor será puramente imaginaria.

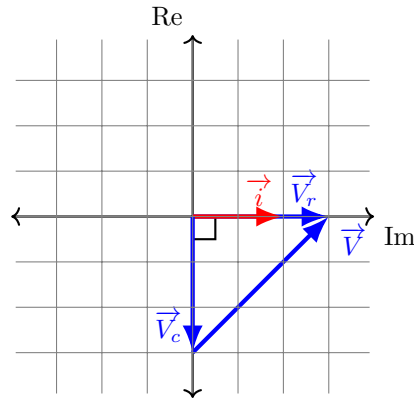


Figura 2: Diagrama vectorial de las tensiones

Esto se puede apreciar claramente en ,donde la señal verde representa \vec{V}_r (coplanar con \vec{i}), la señal amarilla \vec{V} y la señal violeta Se puede apreciar claramente ese desfase de 90° entre ambas tensiones.

Posteriormente se calculó analíticamente la transferencia del circuito, obteniendo la expresión

$$H(s) = \frac{V_C}{V} = \frac{1}{sCR + 1} = \frac{1}{s \cdot 8,58 \cdot 10^{-6} + 1} \quad (1)$$

Luego, haciendo uso de la función sweep(o barrido automático) del generador de funciones, se tomaron varios valores tanto de V_C como de V_{gen} , barriendo frecuencias entre 10 Hz y 1 MHz . En la tabla 2 se pueden observar los valores medidos a las distintas frecuencias. De esta forma, con las mediciones tomadas fue posible realizar un gráfico de Bode para el circuito y compararlo con el gráfico de Bode teórico construido según (1). A continuación puede apreciarse tal comparación:

Las diferencias entre ambos diagramas se deben...

Medición	$ V $	$ V_c $	$ V_R $	f	$\frac{V_c}{V} [dB]$	$\theta_{\Delta t}$	θ_{XY}
1	9.94	9.94	0	10	0.00	1°	0.00°
2	9.81	9.81	0	500	0.00	1°	1.24°
3	9.81	9.77	0.04	1000	0.04	3°	2.60°
4	9.81	9.68	0.13	1200	0.12	4°	3.24°
5	9.81	9.62	0.19	1800	0.17	6°	5.13°
6	9.81	9.58	0.23	3000	0.21	10°	9.09°
7	9.81	9.44	0.37	5000	0.33	15°	15.73°
8	9.81	9.06	0.75	8000	0.69	25°	23.74°
9	9.81	8.61	1.20	10000	1.13	30°	27.90°
10	9.81	7.94	1.87	14000	1.84	39°	32.01°
11	9.81	7.38	2.43	16000	2.47	42°	38.45°
12	9.81	6.81	3.00	18000	3.17	45°	40.95°
13	9.81	6.70	3.11	20000	3.31	50°	42.60°
14	9.81	6.44	3.37	22000	3.66	52°	43.88°
15	9.81	5.31	4.50	30000	5.33	59°	46.20°
16	9.81	3.56	6.25	50000	8.80	71°	65.83°
17	9.81	2.38	7.43	80000	12.30	76°	70.55°
18	9.81	1.69	8.12	120000	15.28	79°	76.28°
19	9.81	1.44	8.37	150000	16.67	81°	78.12°
20	9.81	1.19	8.62	180000	18.32	82°	78.41°
21	9.81	1.13	8.68	200000	18.77	83°	78.41°
22	9.81	0.44	9.37	250000	26.96	83°	78.41°
23	9.81	0.81	9.00	300000	21.66	84°	78.41°
24	9.81	0.56	9.25	500000	24.87	85°	78.41°
25	9.81	0.30	9.51	1000000	30.29	86°	78.41°

Tabla 2: H(s) - Filtro Pasa-bajos

Excitación con onda cuadrada

Integra, tres fotos en capturas, cual sería la demostración analítica?

Caída de tensión en la resistencia

Luego, se mide la tensión de la resistencia ... los modulos se suman

Capacitancia residual al medir

Primeramente, se calculó la frecuencia de corte teórica tomando como referencia los valores de referencia de los componentes, dando como resultado una frecuencia de 18,55 K Hz. Por otro lado, con la fuente se aplicó una tensión senoidal de una amplitud de 9,81 V para determinar la frecuencia de corte real de dicho circuito, obteniéndose así una frecuencia de 18,44 K Hz detectada por ser la frecuencia a la que se produce un desfase de 45° entre la señal de entrada y de salida.

Luego, conocida la frecuencia de corte real del circuito se procede a calcular el valor de capacitancia para la nueva frecuencia de corte, tomando como valor del resistor primero el teórico y luego el medido por el analizador de impedancia, con el cual deberíamos obtener una medición más precisa. Dichos valores se ven expresados en la siguiente tabla:

Para finalizar, se retira el capacitor y se repiten las mediciones realizadas previamente con el objetivo de calcular la capacidad de las puntas de medición utilizadas y la residual que presenta el osciloscopio.

De esta forma se obtiene un error de ??? con el valor teórico de la resistencia, y un error de ??? con el medido.

Conclusiones

Como primera conclusión, se puede observar claramente la diferencia entre los valores teóricos aportados por el fabricante y los valores a los cuales se llega empíricamente en el laboratorio. El principal instrumento que permite visualizar dicha brecha entre lo empírico y lo teórico es el analizador de impedancia ya que nos indica la magnitud real ya sea de resistividad o de capacitancia del componente que está siendo usado. Dicha diferencia se ve reflejada en una reducción significativa del error al hacer uso del valor empírico de la resistencia para el cálculo de la capacitancia, obteniendo una reducción del error de 32,74 %. Por otro lado, también debido a las diferencias planteadas anteriormente la frecuencia de corte del circuito a la que se llegó teóricamente difiere, aunque en baja medida, de la obtenida al realizar la práctica. Chamuyo delta XY o deltat Es necesario mencionar que para ningún cálculo se considera la capacitancia asociada al cable coaxil del generador funciones que posee una capacidad de magnitud $90pF$, dicha magnitud se puede considerar despreciable porque se está trabajando con un capacitor que es 3 ordenes de magnitud más grande ($2,2nF$). Sin embargo, llegado al caso de trabajar con capacitancias menores dicha capacitancia "parásita" debería ser tenida en cuenta ya que su influencia se volvería notoria.

Filtro Pasa-altos de Primer Orden

Con los mismos elementos utilizados para armar el circuito (1), se elaboró el filtro pasa-altos de primer orden de la figura (3). Su transferencia se calculó analíticamente:

$$H(s) = \frac{V_C}{V} = \frac{sCR}{sCR + 1} = \frac{s \cdot 8,58 \cdot 10^{-6}}{s \cdot 8,58 \cdot 10^{-6} + 1} \quad (2)$$

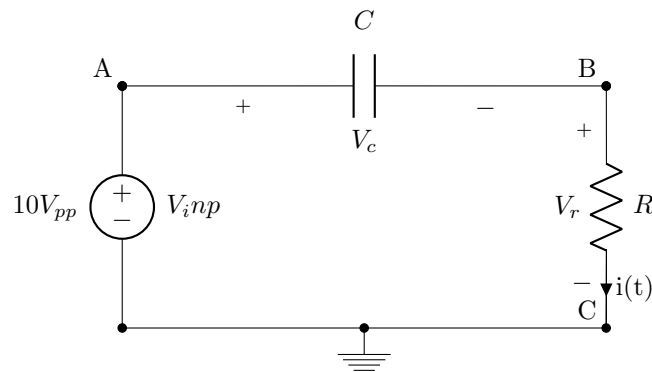


Figura 3: Filtro Pasa-altos

Análogamente a lo realizado con el filtro pasabajos, se utilizó la función sweep del generador de funciones para tomar valores a distintas frecuencias de la tensión de la resistencia y de la fuente. Así se graficó la transferencia medida y se la comparó con la teórica hallada en (2).

Medición	$ V_{in} $	$ V_c $	$ V_r $	f	$\frac{V_r}{V} [dB]$	$\theta_{\Delta t}$
1	9.94	9.865	0.075	10	42.45	-90°
2	9.94	9.34	0.6	500	24.38	-89°
3	9.94	9.04	0.9	1000	20.86	-87°
4	9.94	8.84	1.1	1200	19.12	-86°
5	9.94	8.64	1.3	1800	17.67	-85°
6	9.94	7.94	2	3000	13.93	-81°
7	9.94	6.83	3.11	5000	10.09	-75°
8	9.94	5.53	4.41	8000	7.06	-66°
9	9.94	5.13	4.81	10000	6.30	-61°
10	9.94	3.74	6.2	14000	4.10	-52°
11	9.94	3.1	6.84	16000	3.25	-46°
12	9.94	3.03	6.91	18000	3.16	-45°
13	9.94	2.93	7.01	20000	3.03	-41°
14	9.94	2.66	7.28	22000	2.71	-39°
15	9.94	1.71	8.23	30000	1.64	-31°
16	9.94	1.01	8.93	50000	0.93	-20°
17	9.94	0.63	9.31	80000	0.57	-13°
18	9.94	0.25	9.69	120000	0.22	-9°
19	9.94	0.23	9.71	150000	0.20	-6°
20	9.94	0.22	9.72	180000	0.19	-5°

Tabla 3: $H(s)$ - Filtro Pasa-altos**Excitación con onda triangular**

A continuación, se reemplaza la tensión sinusoidal por una triangular, variando la frecuencia. ...

Mostrar 3 gráficos representativos y sacar conclusiones. En el caso mas apropiado medir la respuesta transitoria y en caso de ser viable, demostrar analíticamente lo obtenido

Conclusiones

Sincronización de Instrumentos

En este punto se utiliza el barrido automático del generador de funciones, para visualizar en el osciloscopio la respuesta en frecuencia del circuito de la figura (1). Se realizó la medición aproximada utilizando dos métodos.

Modo XY con dos Generadores

Este método consiste en utilizar un generador para realizar un barrido por el eje horizontal del osciloscopio utilizando una señal en forma de rampa mientras que se usa otro como entrada al circuito barriendo a lo largo de las frecuencias de 1 Hz y 200 kHz , mostrándose en el eje vertical la salida del circuito.

Para realizar esta medición hubieron varios intentos ya que se presentaron mayores dificultades a la hora de sincronizar los generadores entre sí y lograr obtener una imagen coherente en el modo deseado. Una vez podido sincronizar los generadores, se debió ajustar el periodo de la rampa de tal manera que un ciclo dure un poco más que el barrido en frecuencia. De no haber sido así, a veces el barrido en frecuencia lograba ser triggereado dos veces en un mismo ciclo de la rampa, proporcionando una imagen no coherente en el osciloscopio.

Finalmente, se logró visualizar la respuesta en frecuencia del circuito de forma aproximada

Figura 4: Medición de la respuesta en frecuencia del circuito de la figura ?? utilizando el método XY y dos generadores.

Modo Normal

Por otro lado, se utilizó el modo normal, disparado acordemente, es decir, utilizando un solo generador de funciones.

Figura 5: Medición de la respuesta en frecuencia del circuito de la figura ?? utilizando el modo normal del trigger.

Se utilizó un barrido en frecuencia desde 100 mHz hasta 100 kHz , en un período total de 2 segundos con una amplitud de 5 volt pico a pico. Para lograr visualizar la mayor parte de la respuesta en frecuencia, se utilizó el modo Single del osciloscopio, con el trigger en una amplitud igual a la de la salida al comienzo del barrido. Se observa que este modo de usar el osciloscopio puede ser una forma fácil de visualizar a la respuesta en frecuencia de un circuito de forma rápida y muy aproximada. No se presentaron mayores dificultades a la hora de realizar la medición.

Respuesta en Frecuencia del Osciloscopio

Finalmente, se midió la respuesta en frecuencia del Agilent DSO6014A del laboratorio, activando los filtros AC y BW. Se esperaba, según la teoría, que la respuesta sea similar a la de un filtro pasa-banda, atenuando las frecuencias muy bajas y muy altas. Esto es, realizando a priori la suposición de que el generador de funciones nos proporcionará una amplitud de señal constante a todas las frecuencias.

Para realizar la medición, se conectó el osciloscopio con las puntas en x10 previamente calibradas, se activaron los filtros y se conectaron las puntas del osciloscopio a la salida de un generador de funciones con una señal sinusoidal de 20 voltios pico a pico para minimizar la lectura de ruido. Se comenzó a medir desde una frecuencia muy pequeña, de 10 mHz , obteniendo la ganancia de tensión midiendo pico a pico la señal del osciloscopio y dividiéndola por el valor mostrado en el generador. Se finalizó la medición con la mayor frecuencia que admite el generador usado, de 15 MHz .

Finalmente, se utilizó python para graficar la respuesta en frecuencia en amplitud del osciloscopio con los filtros BW y AC, observado en la figura 6.

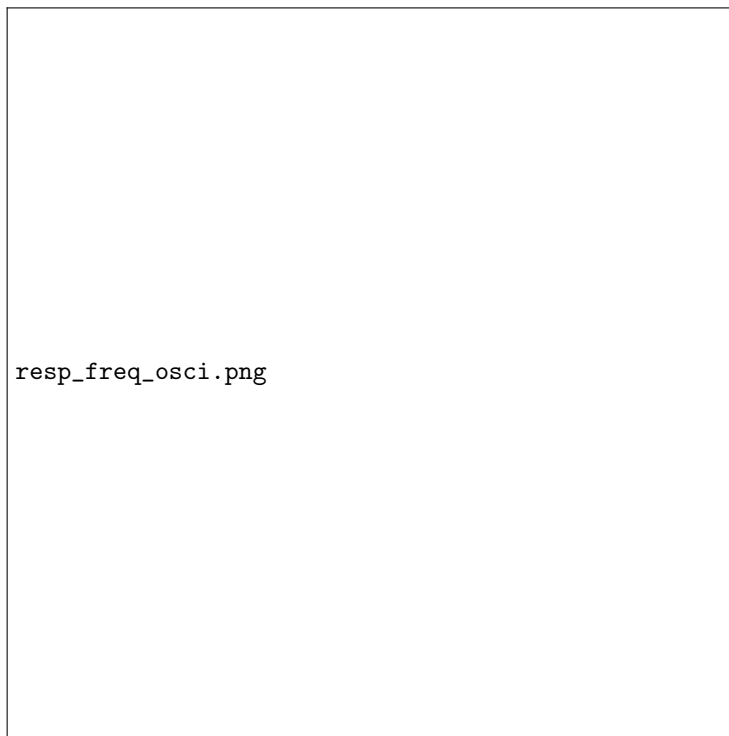


Figura 6: Gráfico de la respuesta en frecuencia del DSO6014A con los filtros BW y AC.

No habiendo quedado conforme con el generador utilizado y su rango de frecuencias, se decidió volver a realizar la medición con el mismo osciloscopio pero utilizando otro generador de funciones cuyo límite de frecuencia era de 50 MHz . Se repitieron todos los pasos anteriores para realizar la medición, sin

embargo, se detectaron comportamientos anómalos en las frecuencias medias que en la medición anterior no se habían detectado. La ganancia medida para estos valores de frecuencia eran de alrededor de los 4 dB .

Tras esta medición, se decidió comenzar con las mediciones de nuevo minimizando el error cometido. Se utilizaron dos puntas de osciloscopio, ambas para medir la salida del generador pero activando los filtros solo en una de ellas. Se calculó la ganancia de tensión y fase entre las dos lecturas. Sin embargo, se concluyó que el osciloscopio estaba trabajando de forma no óptima o errónea, ya que las mediciones anteriores de amplificación volvieron a surgir, pero tras configurar nuevamente el menu de medición del osciloscopio, la medición cambió a un resultado mas sensato. Se decidió terminar la medición de todos modos y presentar la siguiente transferencia de tensión junto a la fase en función de la frecuencia.



Figura 7: Gráfico de la respuesta en frecuencia de amplitud del DSO6014A con los filtros BW y AC segunda medición.



Figura 8: Gráfico de la respuesta en frecuencia de fase del DSO6014A con los filtros BW y AC segunda medición.

Se puede observar que en la práctica la respuesta en frecuencia del osciloscopio resulta ser un pasabanda, que atenúa frecuencias menores a $\approx 1\text{ Hz}$ y mayores a $\approx 1\text{ MHz}$. Estos resultados verifican la suposición hecha con ayuda de los conocimientos de la teoría. Se observa también que los filtros utilizados limitan al osciloscopio en ancho de banda significativamente, ya que según el fabricante la frecuencia a la que se atenúan las señales por 3 dB es de 100 MHz , mientras que en la figura 7 puede verse que esa frecuencia es de 32 MHz .

Si se comparan los datos obtenidos con los datos del fabricante:

BANDWIDTH \rightarrow MSO/DSO601xA: DC to 100 MHz
AC-COUPLED \rightarrow MSO/DSO601xA: 3.5 Hz to 100 MHz
BW LIMIT \rightarrow MSO/DSO601xA: 20 MHz selectable

Se presentan diferencias grandes respecto a la práctica, ya que la frecuencia de corte medida para las frecuencias muy bajas es de 345 mHz mientras que la frecuencia de corte provista por el fabricante es de $3,5\text{ Hz}$. No se logró hallar una razón que logre explicar esta discrepancia, ya que mismas mediciones realizadas por otras personas en distintos momentos reportaron la misma frecuencia de corte. Se concluye que la hoja de datos del osciloscopio debe tener una falla.

Respecto a la frecuencia de corte para las frecuencias altas, se encontró que esta se situaba a una frecuencia de 32 MHz , también distinta a la provista por el fabricante. Tampoco se logró encontrar alguna explicación a esta discrepancia, aunque es imposible descartar la cantidad de problemas que hubo con el osciloscopio utilizado como fuente de error en la medición.