

Desarrollo de una aplicación que genera filtros para diferentes problemas

Belinda Brown Ramírez
Escuela de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica
Email: timna.brown@ucr.ac.cr

Roberto Sánchez Cárdenas
Escuela de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica
Email: roberto.sanchezcardenas@ucr.ac.cr

Valeria Viales Vega
Escuela de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica
Email: valeria.viales@ucr.ac.cr

Resumen—Este proyecto consta del desarrollo de un programa en Matlab, cuya finalidad es generar las características de un filtro pasivo de diferentes tipos, esto se realiza a partir de ciertos parámetros que el usuarios debe lograr. En este trabajo escrito se habla de su desarrollo y conceptos importantes.

Palabras clave - filtro pasivo, impedancia, frecuencia de resonancia, ganancia, ancho de banda, factor de calidad.

I. INTRODUCCIÓN

Este proyecto tiene como fin desarrollar un programa en Matlab, el cual funcionará como generador de filtros pasivos. Para esto se desarrolló una interfaz gráfica sencilla, para lo cual también se utilizó Matlab. Esta se configuró con el fin de realizar los cálculos necesarios y a la vez facilitar el proceso al usuario. Al programa se le deben pasar ciertas especificaciones deseadas en el filtro, lo que se explicará posteriormente en el texto. Una vez dadas dichas especificaciones, el programa le da al usuario los valores de los elementos y la configuración respectiva en la que se debe conectar.

Se espera que el programa funcione como una herramienta para personas que desean implementar algún tipo de filtro. La ventaja principal de esto, es que por medio de este programa se evita realizar todos los cálculos que se tendrían que realizar a mano.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se decidió desarrollar un programa que genera especificaciones de filtros a raíz de lo complicado y tedioso que es calcular cada una de sus funciones de transferencia. Para ellos que diseñan casos generalizados de los diferentes tipos de filtros.

En cuanto a el desarrollo de el programa, se decidió realizarlo en matlab debido a la facilidad que se tiene

en dicha plataforma para manejar cálculos matemáticos e incluir señal con diferentes frecuencias, útiles para probar los diferentes filtros.

III. CONCEPTOS ÚTILES PARA EL USO DEL PROGRAMA

En esta sección se explicarán brevemente ciertos conceptos que es necesario entender para que el programa funcione de manera correcta.

En primera instancia, debe mencionarse que los filtros electrónicos, se definen como sistemas que tienen como finalidad manipular y modificar el espectro de frecuencia de una entrada, para así, obtener una salida con las características necesarias, en este caso, según los requerimientos del usuario. Para el desarrollo de este proyecto se va a hacer uso de filtros pasivos, los cuales son circuitos que utilizan capacitores, inductores y resistencias. [1]

Existen diferentes tipos de filtros pasivos con diferentes funcionalidades que dependen de la configuración del circuito que los modela. Los cuatro tipos son:

- Filtro pasa bajos: se caracteriza por dejar pasar frecuencias que van desde los 0 Hz hasta su frecuencia de corte. [1]
- Filtro pasa altos: a diferencia del pasa bajos, este pasa frecuencias que van desde la frecuencia de corte hasta el infinito. [1]
- Filtro pasa banda: este filtro unicamente deja pasar un rango de frecuencias. [1]
- Filtro rechaza banda: contrario al pasabanda, este elimina las frecuencias que se encuentran en un rango de frecuencias. [1]

El programa pide diferentes parámetros para funcionar, entre ellos la frecuencia de corte, la cuál es la

frecuencia a que la ganancia del filtro ha decrecido en un factor de 0.707 de su máximo valor. Este concepto es importante para todos los filtros, ya que todos cuentan con frecuencias de corte. [3]

Para los filtros de tipo pasabanda y rechazabanda, es esencial conocer que el ancho de banda es un rango de frecuencias en el que opera el filtro, por lo general es 3dB menor a la frecuencia máxima. [4]

Otro de los datos que requiere el programa para funcionar es la frecuencia de resonancia, la cual es un valor de frecuencia a la que la reactancia del circuito es igual a 0. Siendo así, la corriente que logra llegar a la salida es máxima. [5] En los filtros pasabanda y rechazabanda, es también un punto medio entre las bandas de frecuencia de corte.

IV. SOLUCIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Para el desarrollo de este programa se espera que, dependiendo del tipo de filtro que se quiera generar, el usuario ingrese lo que se le pide y el programa muestre como debe ser la configuración del circuito y los valores de los elementos pasivos que este debe implementar para que el filtro funcione como se espera.

Se debe tomar en cuenta que los diferentes filtros funcionan diferente y que todos necesitan de parámetros diferentes para cumplir una función específica. En los casos de los filtros pasa-bajos y pasa-altos, el usuario debe ingresar la frecuencia de corte (ω_c) que desea que posea el filtro. Si se elige la opción de generar un filtro pasa banda o rechaza banda, el usuario debe ingresar el valor de resistencia, ancho de banda (BW) que desea en su filtro y su frecuencia de resonancia (ω_0) o el valor de la capacitancia en caso de conocerla.

Este programa cuenta con un modelo de filtro predefinido para cada tipo de filtro que se encuentre entre las opciones. Los esquemáticos son los siguientes:

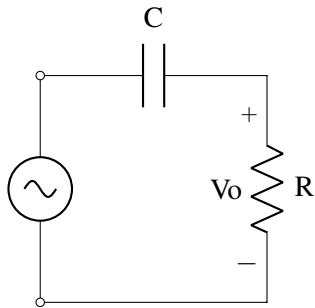


Figura 1. Esquemático de Filtro Pasa-altos

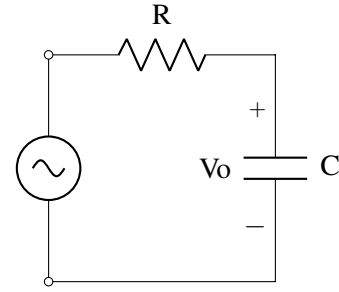


Figura 2. Esquemático de Filtro Pasa-bajos

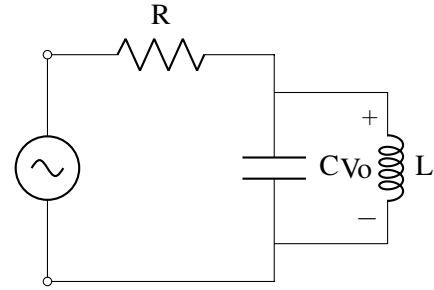


Figura 3. Filtro Rechaza Banda

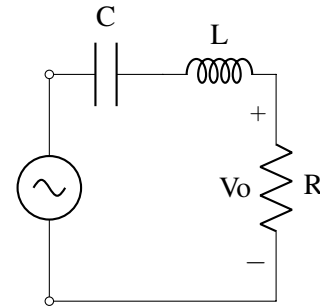


Figura 4. Filtro Pasa Banda

Para cada uno de los filtros anteriores se calcularon sus funciones de transferencia, la cual es muy importante porque si la conocemos, y a la vez conocemos también la entrada de un circuito, nos es muy sencillo conocer su salida. Esta se define como:

$$H(j\omega) = \frac{V_o}{V_{in}} \quad (1)$$

Ejemplo: Función de transferencia de filtro rechaza banda

$$H(j\omega) = \frac{j\omega L}{j\omega L + R - \omega^2 RLC} \quad (2)$$

Magnitud de la función de transferencia:

$$|H(j\omega)| = \frac{\omega L}{\sqrt{(\omega L)^2 + (R - \omega^2 RLC)^2}} \quad (3)$$

Para saber qué tipo de filtro es, en la magnitud de la función de transferencia se deben evaluar los casos de frecuencias extremas y en caso de existir resonancia, en su frecuencia de resonancia.

Caso I:

$$|H(0)| = \frac{0}{R} = 0 \quad (4)$$

Caso II:

$$|H(\infty)| = \lim_{\omega \rightarrow \infty} (|H(j\omega)|) = 0 \quad (5)$$

Caso III:

$$|H(\frac{1}{\sqrt{LC}})| = \frac{\frac{L}{\sqrt{LC}}}{\frac{L}{\sqrt{LC}}} = 1 \quad (6)$$

Una vez que se realiza cada uno de los pasos anteriores para cada filtro mostrado en las figuras, se obtienen ecuaciones que facilitan la generación de los datos. Las ecuaciones son las siguientes:

Filtro pasabajos:

$$\omega_c = \frac{1}{RC} \quad (7)$$

Filtro pasa altos:

$$\omega_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (8)$$

Filtro pasabanda:

$$BW = \frac{R}{L} \quad (9)$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (10)$$

$$Q = \frac{L}{R\sqrt{LC}} \quad (11)$$

Filtro rechazabanda:

$$BW = \frac{1}{RC} \quad (12)$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (13)$$

$$Q = \frac{RC}{\sqrt{LC}} \quad (14)$$

Al analizar las ecuaciones obtenidas se pudo observar que para que el programa genere parámetros, se debe pedir que el usuario dé un valor específico de alguno de los elementos o bien, que se defina una elemento con valor constante en los diferentes filtros. Se decidió que el usuario debe ingresar un valor de resistencia en $k\Omega$ y en los casos de los filtros pasabanda y rechazabanda, el usuario también puede dar el valor de capacitancia.

Para probar el filtro, se le da como entrada al filtro una señal obtenida de una de las librerías de Matlab y se da la salida resultante. Se puede ver gráficamente la entrada y la salida, que es la señal filtrada.

V. EXPLICACIÓN DEL USO DE LA INTERFAZ Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

V-A. Uso de la interfaz

Para el uso de este programa se debe acceder al software de Matlab. Para explicar como funciona el programa se muestra el siguiente ejemplo de un filtro pasabanda. Cuando se corre el programa se despliega un menú con las cuatro opciones de filtro y el usuario debe hacer click sobre alguna de las opciones. El menú se ve como la siguiente imagen:

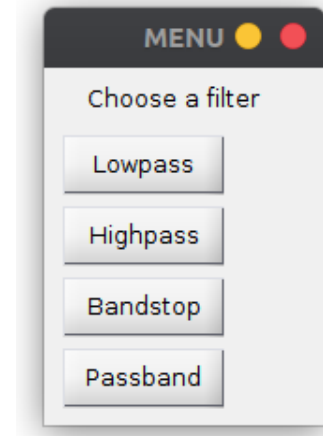


Figura 5. Captura de pantalla del menú del programa

El programa despliega una imagen de la configuración del circuito deseado donde se muestra únicamente en donde se debe encontrar la salida.

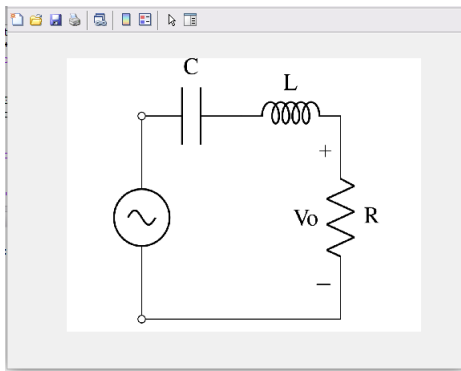


Figura 6. Configuración en la que se debe conectar el circuito con su respectiva salida

Una vez seleccionada, el programa pide los datos necesarios de la siguiente manera y también da los valores que se deben utilizar de los elementos faltantes en el circuito. En este caso, por ser un filtro pasabanda, se despliega otro menú que da la opción de elegir si se da el valor de frecuencia de resonancia o capacitancia.

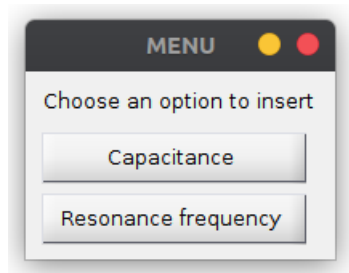


Figura 7. Menú de opciones de filtros pasabanda y rechazabanda

```

Command Window
Insert the value of resistance in  $\Omega$  for the circuit: 315
Enter the bandwidth in Hz: 105
Insert the resonance frequency in Hz is: 75
The value of the inductance in H is: 0.47746
The value of the capacitance in F is: 9.4314e-06
The value of the quality factor is: 0.11368
fx >> |
  
```

Figura 8. Línea de comandos donde se ingresan los datos.

Por último, se despliega una gráfica de como funciona el filtro con las características que se le estipularon, las frecuencias deben estar entre un rango de 0 a 500Hz para el se logren graficar, sin embargo, a mayor frecuencia si es capaz de dar valores de los elementos. La gráfica se despliega de la siguiente manera:

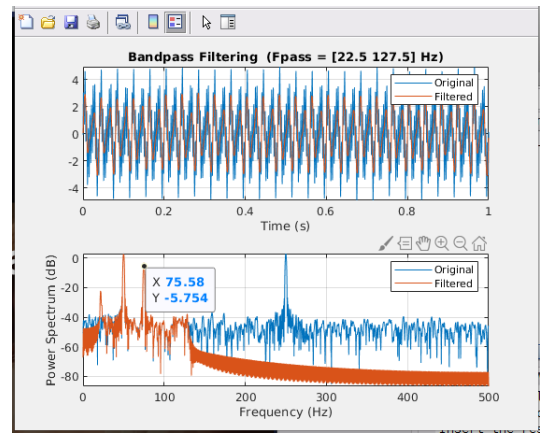


Figura 9. Gráfica obtenida de la simulación de un circuito pasabanda con ancho de banda de 90Hz y frecuencia de resonancia de 63Hz.

V-B. Análisis de resultados

Para esta sección se va a realizar el análisis del ejemplo mostrado previamente en esta misma sección. Como se puede observar, se eligió un filtro pasabanda. El programa mostró el filtro asignado a esta opción en la sección III.

En este caso, la resistencia dada por el usuario es de 315Ω , el ancho de banda (BW) es de 105 Hz y se espera que opere con una frecuencia de resonancia de 75 Hz.

El programa indica que para que se cumplan estos parámetros, el circuito debe tener una inductancia de 0.47746H y una capacitor de $9.4314\mu\text{F}$. Con estos parámetros, el circuito tiene un factor de calidad de 0.11368.

Se diseño el programa de manera que se haga una prueba con una señal de una de las librerías de Matlab con el circuito obtenido. Se puede observar que en 75.56Hz , en la señal filtrada, se da un pico de funcionamiento en el filtro, por lo que podemos concluir que la frecuencia de resonancia definida por el usuario concuerda con el resultado obtenido.

En cuanto al ancho de banda estipulado, se puede observar que también concuerda con lo deseado; el filtro toma únicamente las frecuencias en una banda que va aproximadamente desde los 18 Hz hasta 133Hz.

VI. CONCLUSIÓN

Con este proyecto se pudo observar que el software de Matlab es sumamente útil y versátil para la solución de este tipo de problemas relacionados con la ingeniería y simulación se circuitos eléctricos. Utilizamos este

programa para crear una interfaz gráfica sencilla que fuera amigable con el usuario. Según el tipo de filtro requerido, el programa requiere para crear el filtro, la frecuencia de corte, el ancho de banda y la frecuencia de resonancia. Además, se solicitan, según el caso, el valor de la resistencia y el capacitor que se desea usar.

Como se mencionó anteriormente, la interfaz que se realizó en Matlab es bastante sencilla. Esto hace que la misma sea más fácil de usar para el usuario y por ende, se puede concluir que se logró crear una interfaz amigable. Con respecto a su funcionamiento se puede afirmar que fue posible unir la parte de "front end" y "back end", es decir, la parte que realiza los cálculos (el programa en sí) y la interfaz gráfica.

El programa que se creó para este proyecto, trabaja con dos modelos de circuitos diferentes; circuito en serie y circuito en paralelo. Se trabajó de esta manera porque si se hubiera permitido elegir el tipo de circuito, el programa sería muchísimo más complejo. Como se dijo a lo largo del desarrollo del problema, el programa trabaja solamente con filtros pasivos, por esta razón, todos los circuitos pueden tener solamente; fuentes, resistencias, capacitores e inductores y todo debe estar en serie o en paralelo, según el caso.

Realmente, el procedimiento a mano que fue necesario para elegir el tipo de filtro a usar es bastante sencillo. Lo único que se necesita para esto, es evaluar los casos de frecuencias extremas en la magnitud, y en casos en los que haya, la frecuencia de resonancia. Es por esto que fue posible crear un programa bastante sencillo, al conocer la teoría necesaria, pero a la vez efectivo y que simplifica el tener que realizar los cálculos cada vez que se quiere usar un filtro.

El programa cuenta con circuitos predeterminados para cada tipo de filtro y este, le indica al usuario la inductancia y capacitancia que se debe usar (según el caso). Debido a la simplicidad y a su vez a la efectividad del algoritmo escogido, fue bastante sencillo lograr que el programa cumpliera con este objetivo correcta y eficazmente.

REFERENCIAS

- [1] Rufino, J., *Aproximación y Síntesis de Filtros Elípticos*. Puebla, México: Universidad de las Américas Puebla, 2005. Recuperado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/rufino_a_j/capitulo2.pdf
- [2] Hayt, W., Kemmerly, J., Durbin, S., *Análisis de circuitos en ingeniería, 7ma edición*. McGraw-Hill.
- [3] Jawahir, I. S., Wanigarathne, P. C., Wang, X., *Mechanical Engineers' Handbook, Volume 2: Design, Instrumentation, and Controls*. Lexington, Kentucky: University of Kentucky.
- [4] Larsen, E., Aarts, R. M., *Audio Bandwidth Extension: Application of Psychoacoustics, Signal Processing and Loudspeaker Design*. John Wiley & Sons, Ltd.
- [5] Pozar, D. M., Schaubert, D. H., *Microstrip Antennas: The Analysis and Design of Microstrip Antennas and Arrays*. University of Massachusetts, Amherst.