

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
IE-0247 SEÑALES Y SISTEMAS I

Estudiante
Elsa Valeria Román Astúa C26910

Profersor
Ing. Marvin Coto Jiménez, PhD

PROYECTO II
IMPLEMENTACIÓN DEL FILTRO BUTTERWORTH EN PYTHON

II SEMESTRE 2023

Índice

1. Objetivos	3
1.1. Objetivo general	3
1.2. Objetivos específicos	3
2. Introducción	4
3. Contextualización del problema	5
4. Resultados	6
5. Anexos	9
5.1. Interpretación del código	9
6. Conclusiones	10
7. Bibliografía	11

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Implementar la visualización de el espectro de una señal antes y después de un proceso de filtrado de una señal con un filtro Butterworth haciendo uso de la transformada rápida de Fourier.

1.2. Objetivos específicos

1. Analizar el espectro de una señal antes y después de un proceso de filtrado mediante el uso del filtro Butterworth.
2. Describir la importancia del uso de la transformada rápida de Fourier para el procesamiento digital de señales.

2. Introducción

En el proceso de filtrado digital de señales es necesario la implementación de filtros con el objetivo de permitir la transferencia de ciertos datos de la señal y retener otros sin la necesidad de que los componentes a utilizar sean alterados.

Un filtro puede ser tanto un elemento físico como una implementación de un software que para este segundo modelo permite obtener únicamente ciertos datos o aspectos del fenómeno original que por lo general va a estar expresado mediante un modelo matemático y los datos se extraen a partir del proceso de filtrado de esa señal según el tipo filtro más óptimo y las parámetros de corte definidos.

Existen muchos tipos de filtros entre los cuales se pueden destacar los siguientes: filtros paso bajo los cuales cuentan con una frecuencia límite y las frecuencias mayores a este valor no pasan, el caso contrario conocido como filtro paso alto, filtros pasa banda que permiten únicamente el paso de valores que se encuentran dentro de un límite inferior y uno superior, entre algunos otros tipos de filtros.

Para llevar a cabo este proyecto se utilizó un filtro llamado Butterworth el cual es un tipo de filtro paso bajo pero que contienen únicamente los polos del círculo unitario centrado en el origen sin contemplar los ceros. El criterio de como están conformados los polos dentro de este círculo depende del valor del parámetro N , si este es par o impar.

La principal característica que presenta este tipo de filtro es que en las frecuencias de corte suaviza la curva para evitar la formación de picos en la gráfica lo cual resulta muy útil para la implementación de ciertos cálculos.

3. Contextualización del problema

Este proyecto consiste en el procesamiento de una señal de una muy alta frecuencia de 12.5Khz la cual era muestreada alrededor de 12500 muestras por segundo. Esta señal contaba con mucho ruido y el obtener un punto que guardara información proveniente de ese ruido era algo muy probable.

Para solucionar esto y obtener información únicamente de la señal que se deseaba muestrear se debida de recurrir al uso de un algoritmo que permitiera obtener una visualización de espectro de la señal y también del ruido de esta. Esto para conocer los valores de frecuencia y de amplitud de la señal y del ruido. Todo esto para saber el valor correcto de la frecuencia a la que se debía muestrear la señal y el tipo de filtro que era más óptimo para el proceso de filtrado.

Debido a la cantidad de muestras que se debían de tomar por segundo la transformada rápida de Fourier era el algoritmo más óptimo para obtener el espectro de la señal y de su ruido. Con los datos obtenidos a partir de la visualización del espectro se conoce su ancho de banda y haciendo uso de la frecuencia de muestreo de Nyquist se puede determinar la frecuencia de muestreo más óptima para la señal. Con esto se determino que el tipo de filtro para muestrear la señal debía de ser el Butterworth.

4. Resultados

La señal que se desea filtrar esta dada por la función

$$sng(x) = \sin(1,2 * 2 * \pi * t) \quad (1)$$

y el ruido esta dado por la función

$$noise(x) = 1,5 * \cos(9 * 2 * \pi * t) + 0,5 * \sin(12,0 * 2 * \pi * t) \quad (2)$$

La señal original que se desea analizar esta dada por una función seno y el ruido consiste en la suma de una señal seno y una señal coseno. Esta representación se puede visualizar en la figura 1. Luego la representación de la señal filtrada mediante el filtro Butterworth se encuentra en la figura 2.

En la figura 3 se observa el espectro con ruido, en el cual una de las señales corresponde a la original que se desea filtrar y las otras dos señales restantes que se visualizan en el espectro corresponde a la señales de ruido. Por último en la figura 4 se observa el espectro de una única señal el cual corresponde a la señal filtrada. En este último espectro se puede observar que a partir de 15 Hz este comienza a tender a cero.

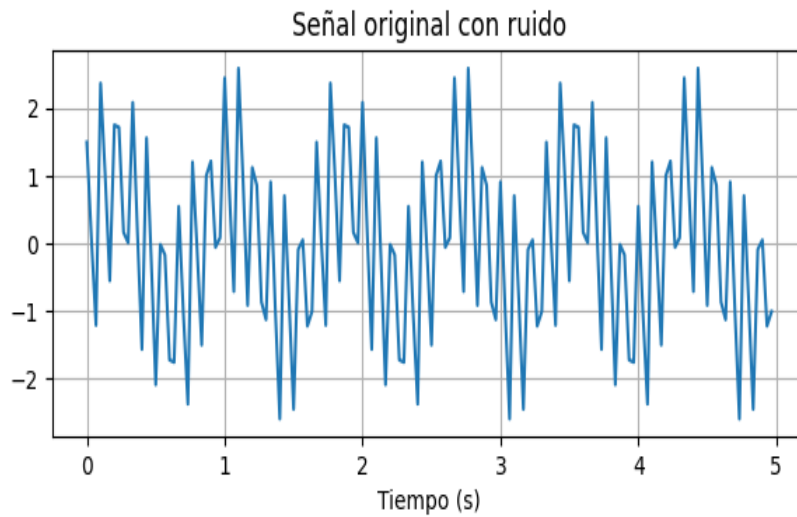


Figura 1: Visualización de la señal que se desea filtrar con ruido

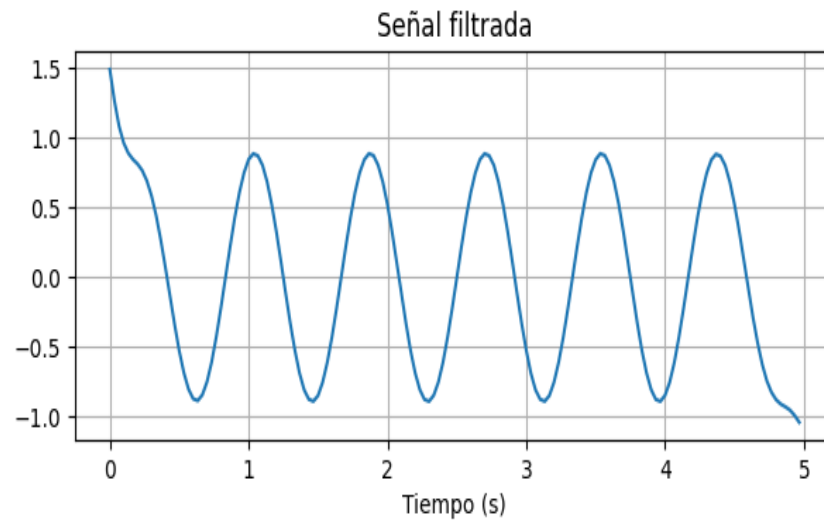


Figura 2: Visualización de la señal filtrada

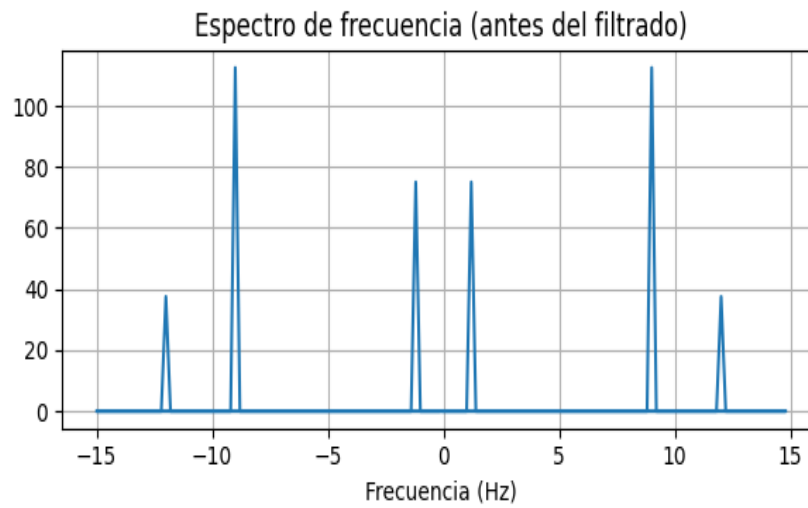


Figura 3: Visualización del espectro de la señal original sin filtrar

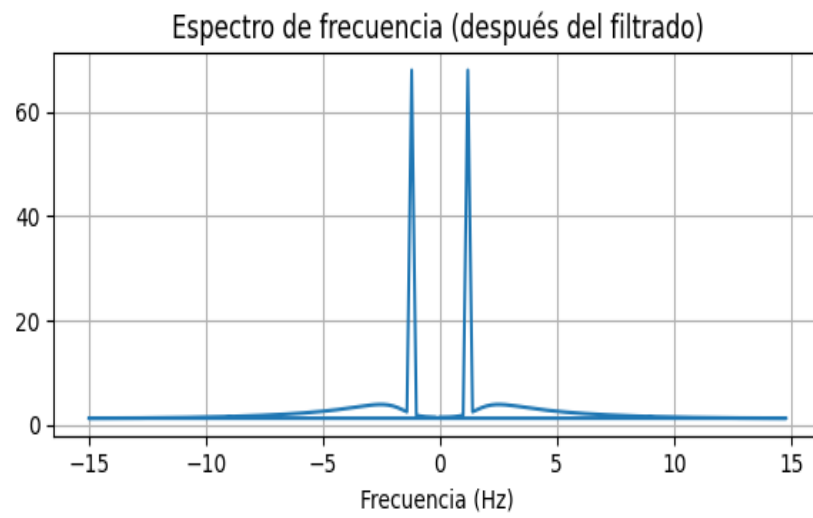


Figura 4: Visualización del espectro de la señal filtrada

5. Anexos

5.1. Interpretación del código

En la primera parte del código se importaron las funciones necesarias para cálculos matemáticos y opciones de graficación. Luego se definen los parámetros manuales para el filtrado de la señal dentro de los más importantes están: El período de muestreo que corresponde a 5, la frecuencia de muestreo de Nyquist que corresponde a a 30 Hz y la frecuencia de corte del filtro que corresponde a 2 Hz.

Luego se define la señal que se desea analizar y el ruido de la misma las cuales corresponden a la ecuación 1 y 2 respectivamente. Luego se define el filtro a utilizar para la señal el cual va a retornar un vector llamado 'y' el cual guarda la información de la señal filtrada para luego proceder a graficar la señal con ruido y la señal filtrada. Por último haciendo uso de la función numpy se utiliza la trasformada rápida de Fourier para obtener los espectros de las señales, tanto la original como la filtrada. El código fuente donde se encuentra esta implementación del filtro Butterworth se encuentre disponible en Google Collab y se puede acceder a este mediante la siguiente dirección: https://colab.research.google.com/drive/1Z0U7WZbn2q8QlWTxjD_o0vfznzZguU?usp=sharing

6. Conclusiones

Este proyecto tuvo como objetivo el lograr obtener la visualización del espectro de una señal antes y después de un proceso de filtrado para realizar su análisis en el dominio de la frecuencia. Para obtener el espectro se debe hacer uso de la transformada de Fourier. Pero en señales con frecuencias de grandes magnitudes como en este caso se debe de hacer uso de la transformada rápida de Fourier para agilizar los cálculos y optimizar el proceso.

El espectro obtenido en la figura 4 de la señal filtrada permite visualizar el ancho de banda de la señal, el cual según el gráfico corresponde a 15 Hz, lo que permite corroborar el parámetro inicial de frecuencia de muestreo definido como f_s que corresponde a 30 lo cual coincide con la frecuencia de muestreo de Nyquist que debe de ser mínimo 2 veces el valor del ancho de banda para prevenir el fenómeno de pérdida de información denominado como aliasing.

El uso de herramientas matemáticas como Fourier y sus diversos tipos de transformadas es de suma importancia en procesos de procesamiento digital de señales para poder cambiar de dominio de la señal, conseguir sus espectros para analizar información relevante y para poder transformar señales a su forma discreta para que los sistemas computacionales puedan almacenar y procesar la información.

7. Bibliografía

1. Coto Jiménez, M. Rojas Fernández, J. (2023) “Señales y Sistemas para Ingeniería Eléctrica”,. Universidad de Costa Rica