

Práctica 1: Introducción a GNURADIO

Moreno Blanco Fabian Yesid - 2191469
Morales Hernandez Juan José - 2191572

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones
Universidad Industrial de Santander

15 de Septiembre de 2023

Resumen

Esta práctica de laboratorio se enfoca en las competencias de desarrollo, análisis y comprensión del estudiante a la hora de trabajar sobre el aplicativo instructivo GNURADIO, para ello se proponen ciertos ejercicios de configuración de diagramas de los bloques y la configuración de los mismos, para observar el comportamiento de salida al modificar ciertos parámetros como la frecuencia, ancho de banda, amplitud entre otras, también se pone a prueba al estudiante al retarlo a comprobar fundamentos de comunicaciones como el teorema de Nyquist, el diezmado, interpolación y finalmente se ejecuta un ejercicio poniendo a prueba los conocimientos anteriores con la simulación de un ecualizador.

Palabras clave: GNURADIO, Teorema de Nyquist, muestreo, interpolación, diezmado, ecualizador.

1. Introducción

La teoría de muestreo es una parte muy importante en el desarrollo y el procesamiento de señales ya que nos permite hacer uso de una mejor manera a ciertos elementos y tener un mayor control a la hora de ejecutar las actividades propuestas, la herramienta en conjunto de trabajo GNURADIO es importante también ya que nos facilita cierto tipo de límites físicos ya que permite al usuario implementar algoritmos de procesamiento de una señal, diseñar y construir sistemas de radio definidos por software utilizando hardware fácilmente disponible, como radios USRP y otros dispositivos. Soporta un amplio rango de funciones de procesamiento de señal, incluyendo filtrado, modulación, demodulación, codificación, decodificación y más.

Otro parámetro a tener en cuenta, cuando se alcanza el límite de Nyquist, es cuando se produce un fenómeno llamado aliasing, lo que significa que las frecuencias más altas de la señal se repliegan y aparecen como frecuencias más bajas. Esto puede provocar distorsión y pérdida

de información en la señal. El límite de Nyquist es la frecuencia más alta que puede representarse con precisión en una señal digital, y viene determinado por la frecuencia de muestreo del convertidor analógico-digital (ADC), según el teorema de muestreo de Nyquist, la frecuencia de muestreo mínima necesaria para capturar y reconstruir correctamente una señal es el doble de la frecuencia máxima de la señal. Sin embargo, en la práctica, a menudo se recomienda utilizar una frecuencia de muestreo varias veces mayor a la frecuencia de Nyquist, con el fin de garantizar una representación precisa de la señal.

Es significativo el uso de la interpolación a la hora del tratamiento de una señal en casos de sobremuestreo y reconstrucción ya que puede ser muestreada con una frecuencia errónea y presentar problemas como aliasing y generar dificultad a la hora de recuperar la señal. Asimismo es importante diezmado una señal para reducir la tasa de muestreo en varias situaciones como procesos de optimización si se quiere hacer un tratamiento de señales con mucha información o una tasa de muestreo muy alta, se puede utilizar el diezmado para reducir la cantidad de esta y simplificar el proceso, la decimación puede utilizarse para reducir el ruido de una señal, eliminando los componentes de alta frecuencia, lo que puede reducir el ruido de la señal, y a veces es necesario reducir la resolución de una señal para que coincida con la resolución de otro sistema.

Cuando se asigna una frecuencia de muestreo inadecuada a una señal, pueden ocurrir dos problemas principales de aliasing o pérdida de información, o un uso ineficiente de recursos de procesamiento y almacenamiento. Por lo tanto, es importante seleccionar cuidadosamente una frecuencia de muestreo adecuada para cada señal, para garantizar la calidad óptima de la señal y una implementación eficiente del sistema.

El estudio de señales de audio puede proporcionar una comprensión más profunda de los fenómenos estudiados con señales determinadas. Esto puede conducir a una mejor comprensión de la complejidad de las señales y su aplicación práctica, lo que puede tener implicaciones en el desarrollo de nuevos algoritmos y técnicas de procesamiento de señales.

Al estudiar señales de audio, se puede comprender mejor cómo las propiedades de una señal se relacionan con las percepciones y sensaciones que produce en el oyente, ya que las señales de audio se utilizan en muchas aplicaciones prácticas, como en la música, el cine, las telecomunicaciones, la acústica, entre otras. El estudio de estas señales puede proporcionar una comprensión más profunda de cómo se aplican las señales en el mundo real y cómo se pueden diseñar y optimizar sistemas que utilizan señales de audio.

2. Procedimiento

En la actividad de laboratorio se desarrollaron ejercicios propuestos con el fin obtener practicidad sobre temas tratados en la parte teórica del curso de comunicaciones, y una mejor comprensión en la ejecución del programa GNURadio.

Al inicio se plantea un diagrama de bloques diseñados para observar una señal en frecuencia y en el tiempo, el diagrama está compuesto por ciertos bloques que nos permiten una buena visualización, se hace uso de un bloque llamado "THROTTLE" el cual limita el flujo de muestras de la señal para que no exceda un parámetro dado, esto nos ayuda a tener una mejor visualización de la señal, al poder controlar este parámetro. Igualmente se hace uso de otro bloque llamado "QT GUI frequency SINK" que nos permite ver el espectro [Figura 1] de una señal debido a que este calcula la transformada de Fourier (FFT).

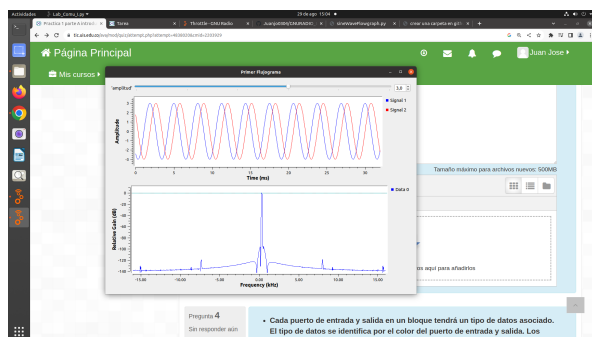


Figura 1. Gráfica del espectro de una señal en GNURadio.

Algo también muy importante en el manejo adecuado del programa GNURadio es poder identificar el tipo de variable que se está manejando, ya que no se pueden mezclar de manera directa, existen bloques que nos permiten cambiar variables de un tipo a otro: por ejemplo 'float' a 'complex', para identificar con qué tipo de variable se está trabajando, se puede entrar en las propiedades de dicho bloque, o de una manera mas sencilla, se puede observar el color [Figura 2] de las entradas y salidas de estos, ya que nos especifican el tipo de variable acorde a un color.

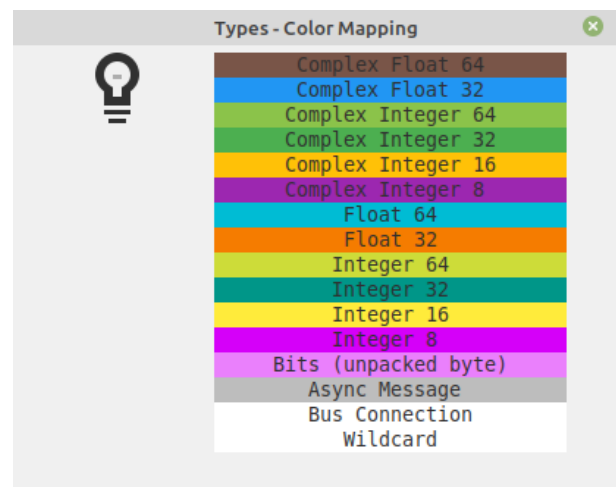


Figura 2. Gráfica de tipos de variables en GNURadio.

Se comprobaron teoremas de comunicaciones como el teorema de Nyquist, la interpolación y el decimado de las señales, relaciones entre las frecuencias y se llegó a un simulador de un Ecualizador.

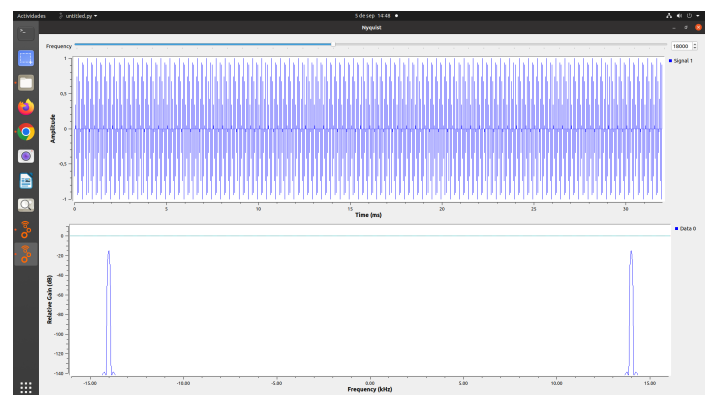


Figura 3. Gráfica de GNU radio demostrando el teorema de Nyquist.

El límite de Nyquist se alcanza cuando se utiliza una



frecuencia de muestreo superior al doble de la frecuencia máxima presente en la señal analógica original como se observa en la [Figura 3]. Esto captura correctamente todos los componentes de frecuencia de la señal analógica original sin pérdida de información significativa. El aumento de la frecuencia de muestreo, más allá del límite de Nyquist, mejora la resolución temporal de la señal, pero no proporciona información adicional sobre la frecuencia de la señal. En cambio, se gastan más recursos procesando y almacenando muestras innecesarias.

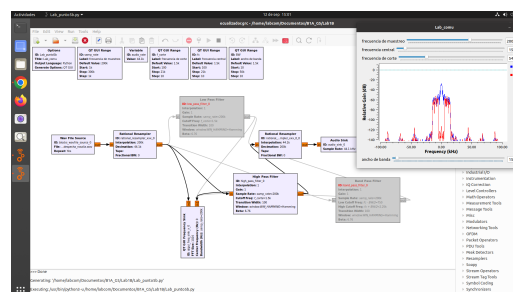
Al interpolar una señal en GNURadio, se debe tener cuidado al seleccionar la tasa de interpolación adecuada ya que la interpolación se encarga solamente de agregar muestras a la señal sin modificar su frecuencia y es posible que la frecuencia aparente de la señal parezca haber disminuido después de la interpolación debido a un error en la configuración de la tasa de muestreo o en la interpretación de la señal interpolada.

En GNURadio, al reducir la tasa de muestreo de una señal a través del proceso de diezmado, su frecuencia no debería aumentar ya que el contenido de frecuencia de la señal no cambia. Sin embargo, puede parecer que la frecuencia de la señal aumenta debido a errores en la configuración de la tasa de diezmado o en la interpretación de la señal diezmada. Estos errores pueden ocurrir cuando se elige una tasa de diezmado demasiado alta, lo que puede causar que se eliminen componentes de frecuencia y se produzca el aliasing de la frecuencia de muestreo, o si la señal diezmada no se interpreta adecuadamente después del proceso de diezmado.

El método de la frecuencia de corte o cut-off frequency method.^{es} una técnica utilizada en GNURadio para determinar la frecuencia máxima de una señal de manera experimental. Consiste en aplicar un filtro pasabajo a la señal y disminuir gradualmente la frecuencia de corte del filtro hasta que la salida del filtro se atenúe en -3 dB, momento en el cual, la frecuencia de corte del filtro será igual a la frecuencia máxima de la señal. Este método se puede implementar utilizando el bloque "Low Pass Filter" de GNURadio. Sin embargo, este método solo es válido si la señal se encuentra dentro del rango de frecuencias permitido por el teorema de Nyquist y si la señal no contiene armónicos o componentes de frecuencia no deseados que puedan interferir con la determinación de la frecuencia máxima.

El aliasing se da cuando se toma una señal analógica y se muestrea a una tasa menor de lo necesario, lo que da lugar a frecuencias no deseadas en la señal mues-

treada. En el caso específico de la señal de audio, esto puede causar diversos tipos de distorsiones, como ruido, zumbidos, chirridos, tonos fantasma y otros artefactos de audio. Para evitar estos problemas, es crucial seguir el teorema de Nyquist al muestrear señales de audio, lo que implica emplear una tasa de muestreo apropiada que sea al menos el doble de la frecuencia más alta presente en la señal de audio.



Figura

4. Gráfica de GNU radio simulando un Ecuilizador.

En el filtro pasa bajas, se mantiene la frecuencia de muestreo fija en 246[kHz] para evitar distorsiones en la reproducción del audio. La frecuencia de corte del filtro se ajusta a un valor superior a 12[kHz] para asegurar que la señal no se atenúe. La modificación de la frecuencia central o del ancho de banda del filtro no afecta la señal de audio. Si se desea enfatizar los sonidos graves, se utiliza una frecuencia de muestreo igual o superior a 246[kHz] y se ajusta la frecuencia de corte por debajo de los 12[kHz].

En el filtro de banda, se ha observado que la señal comienza a atenuarse cuando el ancho de banda es inferior a 3[kHz], se vuelve más aguda a medida que la frecuencia central se incrementa por encima de 1.5[kHz] y se mantiene estable cuando la frecuencia de muestreo es de 246[kHz]. Si la frecuencia de muestreo es menor o mayor, la velocidad de la señal se reduce o se acelera, respectivamente. Al utilizar una frecuencia de muestreo de 246[kHz], una frecuencia central de alrededor de 1.5[kHz] y un ancho de banda de 2[kHz], se puede escuchar principalmente la voz del cantante.

En el filtro pasa altas, para obtener el sonido limpio, la frecuencia de muestreo debe estar en un rango de 246K[Hz] y la frecuencia de corte al mínimo, o sea 100[Hz] [Figura 4], la variación de la frecuencia central no afecta la señal de audio, lo mismo sucede con el ancho de banda. Al aumentar la frecuencia de corte, la señal se empieza a agudizar, justo en los 4[KHz], prácticamente se escuchan solo algunos instrumentos.



3. Conclusiones

Se pueden resumir las siguientes conclusiones previamente realizadas:

1. El teorema de Nyquist[1]. es fundamental en los sistemas de comunicación, ya que permite determinar las frecuencias de muestreo necesarias para la reconstrucción precisa de señales y prevenir el efecto de aliasing que puede provocar interferencias en las señales.
2. Aunque teóricamente la frecuencia de muestreo adecuada para señales de audio es de 44.1K [Hz], en la práctica esta puede variar según la frecuencia de la señal de audio. Es importante cumplir con el teorema de Nyquist para garantizar una reconstrucción precisa de la señal.
3. Los ecualizadores se utilizan para variar las frecuencias de la señal y el ancho de banda de los audios sometidos a este proceso.

4. La interpolación y el diezmado[2]. de señales son procesos que implican dividir y multiplicar, respectivamente, la frecuencia de una señal.
5. GNURadio[3] es un software muy útil para el análisis de sistemas de comunicación, ya que tiene una amplia variedad de funciones que facilitan el análisis de señales.

Referencias

- [1] J. G. Proakis, "Digital signal processing: principles, algorithms, and applications (4th ed.)," *Pearson*, 2006.
- [2] A. V. Oppenheim, "Digital signal processing," *Prentice-Hall*, 1975.
- [3] "GNU radio." [Online]. Available: <https://www.gnuradio.org/>