

Práctica 1: Introducción a GNURADIO

Juan Sebastian Avila Diaz - 2200524
José Eduardo Beltran Gomez - 2184677

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

14 de septiembre de 2023

Resumen

La primera practica básicamente tuvo la función de dar una introducción a las funciones y uso de GNURADIO, a partir de la herramienta mencionada anteriormente se demostraron de manera practica conceptos teóricos como el Teorema de Nyquist ($F_s \geq 2F_{\text{señal}}$). Se generaron señales diferentes tipos (sinusoidales, triangulares o rectangulares) con frecuencias definidas, además de audios a los cuales se les realizaron procesos de filtrado, la finalidad de lo anterior era aplicarles diferentes frecuencias de muestreo, además de demostrar y analizar las gráficas resultantes en el dominio del tiempo y la frecuencia de conceptos previamente adquiridos como son la interpolación y el diezmado.

1. Introducción

La teoría de muestreo toma un papel muy importante cuando se desea realizar algún procesamiento de una señal determinada, gracias a la practica realizada en el laboratorio de comunicaciones se logro entender que si no se toman en cuenta conceptos como el teorema de Nyquist es muy sencillo cometer errores y analizar la señal de manera errónea, ya que si no se tiene una frecuencia de muestreo adecuada la información obtenida no sera la suficiente para que la representación sea correcta y precisa, lo anterior denota que es muy importante tener buenas bases respecto a la teoría de muestreo para que el procesamiento y análisis sea correcto.

GNURADIO es una herramienta de suma importancia dentro del laboratorio de comunicaciones, gracias a esta se pueden simular señales de diferentes tipos, sinusoidales, triangulares, rectangulares, etc. Lo anterior se vuelve muy útil al tener diversos bloques de acción (interpolado, diezmado, muestreado, ganancias, etc), que se pueden aplicar sobre las señales anteriormente mencionadas, en el caso de esta primera practica potencialmente sirve como un medio practico de afianzar conocimientos teóricos como el teorema de Nyquist y gracias a las gráficas

que proporciona permite entender fenómenos como fueron el interpola y diezmado de una manera mas sencilla, analítica y eficiente. El potencial de esta herramienta es volver mas práctico el hecho de entender y adquirir conocimientos sobre el procesamiento de señales, ya que le permite al estudiante realizar diversos experimentos que gracias a representaciones gráficas mediante simulaciones serán de fácil análisis.

Cuando se alcanza el limite de Nyquist se puede decir con plena seguridad que la señal analógica se va a representar de manera correcta de manera digital, para que esto suceda la frecuencia que se escoja de muestreo debe ser al menos dos veces mayor que la señal que se este trabajando, de este manera se asegura que la información obtenida en las muestras sea la suficiente.

Cuando se pregunta por una relación especifica entre la frecuencia de muestreo y la frecuencia de la señal para que se represente de manera correcta se puede decir con certeza que esta se representa con el teorema de Nyquist, donde $F_s \geq 2F_{\text{señal}}$ [1], las recomendaciones que se pueden dar en la practica serian principalmente conocer las frecuencias de las señales a procesar, ya que con esto se facilita el proceso del muestreo y así se puede analizar las simulaciones sin miedo de que la señal resultante no sea la deseada, además si se aumenta la frecuencia por encima del limite de Nyquist la gráfica obtenida cada vez sera mas precisa y se puede observar así de una manera mas detallada los resultados.

El interpolado se puede definir como un proceso en el cual se agregan muestras a una señal, para ser mas preciso lo que se hace es incluir nuevas muestras correspondientes a la señal a las ya existentes a partir de algunos métodos [2]. Es importante interpolar una señal cuando no se tiene la cantidad de información suficiente, en este caso se podría utilizar este método para recuperar la señal inicial, además de lo anterior se puede hablar

de expandir el periodo de una señal discreta.

El diezmado se puede definir como un proceso en el cual se elimina cierta cantidad de muestras, por lo tanto analizando lo dicho anteriormente se puede decir que diezmar una señal en teoría sería realizar un proceso de submuestreo en el cual claramente se reducirá la frecuencia de muestreo y por tanto el periodo de la señal digitalizada se verá disminuido[2]. El diezmado resulta importante cuando se quiere reducir el número de muestras, hay que tener en cuidado ya que la información perdida puede generar inconvenientes.

Cuando se asigna una frecuencia de muestreo superior a la del límite de Nyquist se nota que la información de la señal analógica que ahora está representada en una digital en una gran cantidad de muestras es una representación muy aproximada o casi exacta, por lo cual entre más grande sea el valor de F_s sobre $2 \cdot F_{\text{señal}}$ se tendrá más precisión y no existirá el riesgo de que después de muestrear no se obtenga la señal deseada, el principal inconveniente que se nota es que al aumentar la cantidad de información el tiempo de procesamiento puede aumentar considerablemente.

Lo más importante de analizar diezmado e interpolación en audios fue la posibilidad de ofrecer un ejemplo práctico y más didáctico a los estudiantes, una de las principales ventajas del estudio de esta clase de señales en el laboratorio es que facilita entender y notar los efectos que generan estos dos fenómenos, se observó y escuchó que cuando se aplicó interpolado se aumentaron el número de muestras y por ende la velocidad del audio aumentaba considerablemente, en el caso del diezmado como se disminuía la cantidad de muestras se reducía el periodo de la señal lo cual generaba un aumento en la velocidad del audio elegido para la práctica.

2. Procedimiento

El bloque THROTTLE en la herramienta de GNURADIO tiene o cumple la función de controlar un flujo de datos determinado. Para el caso de esta práctica su implementación en el diagrama de bloques servía para definir una variable llamada *sample_rate* la cual era equivalente a la frecuencia de muestreo, por lo tanto se puede decir que su presencia controla la velocidad y cantidad de datos que se deseen muestrear.

Como se aprecia en la figura 2, se puede decir que

el bloque proporcionado por GNURADIO llamado QT GUI frequency SINK cumple con la función de realizar la representación gráfica en el dominio de la frecuencia de la señal deseada, en la figura 1 se aprecia como se nos permite ajustar algunos parámetros como lo son el ancho de banda y la frecuencia de corte

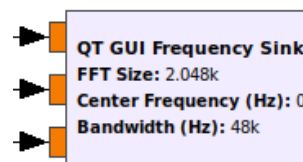


Fig. 1: imagen del bloque QT GUI frequency SINK

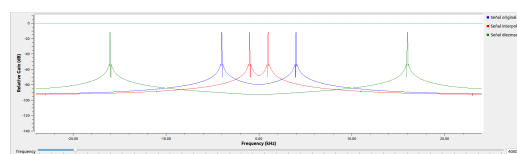


Fig. 2: imagen de la gráfica en frecuencia

Los colores en los módulos de GNURADIO, técnicamente cumplen con la función de diferenciar o representar la clase de dato (complejo, entero o flotante) de las variables que se deseen, esta distinción resulta de mucha ayuda cuando se quiere cambiar o reconocer a simple vista el tipo de dato perteneciente a un bloque en específico.

Como se mencionó anteriormente el proceso de interpolado cumple con la función de incrementar y agregar muestras, este proceso claramente representa un aumento en el periodo de la señal analizada, si se tiene en cuenta que la frecuencia es el inverso del periodo se puede decir con certeza que esta se reducirá. La utilidad de la interpolación es aumentar el número de información representada en muestras lo cual facilita el análisis en el dominio del tiempo y permite tener aproximaciones más precisas de la señal original.

En el teorema de Nyquist determina que la frecuencia que se seleccione para el proceso de muestreo[3] debe ser al menos dos veces la frecuencia máxima de la señal(1):

$$F_s \geq 2 \cdot F_{\text{max}} \quad (1)$$

Cuando la señal es periódica como el caso de una sinusoidal se puede decir que la frecuencia máxima es equivalente al ancho de banda y por tanto, la frecuencia de muestreo necesaria para tener la información suficiente de una señal sin obtener errores debe ser igual a dos veces el ancho de banda.

La importancia del uso de filtros pasa bajas en los sistemas de GNURADIO radica en el hecho de que solo permite el paso de frecuencias que estén por debajo de un rango estipulado, rechazando así las muestras ubicadas por encima de la frecuencia de corte. En el caso de la primera practica se realizo filtrado a un audio de 44100 Hz, se definía una frecuencia de corte de 1.5 KHz por lo cual en la señal resultante se apreciaba que solo se escuchaban los sonidos inferiores a esta. El limite existente en un filtro pasa bajas nos dice que la frecuencia de corte que se seleccione debe ser al menos dos veces la frecuencia de corte.

Usar un filtro pasa bajas tiene un papel muy importante en el campo de comunicaciones, ejemplo de lo anterior es que se pueden tener ruidos que se encuentre en alta frecuencia, por lo cual el filtrado de este tipo permitirá eliminar estas componentes indeseadas mejorando así considerablemente la calidad del audio.[4]

El filtro pasa bandas es de suma importancia, en los sistemas implementados en GNURADIO su uso tiene la finalidad de solo dejar pasar algunas frecuencias determinadas que se encuentran dentro de un rango de espectro definido, el rango de acción del filtro esta limitado por la frecuencia de corte inferior (valor mas pequeño que se admite) y la frecuencia de corte superior (valor mas alto que se puede aceptar)[4]. Para el caso de la practica se eligió una $f_{ci}=750$ hz y $f_{cs}= 2.2$ K Hz. El limite existente en un filtro pasa bandas nos dice que la frecuencia de corte que se seleccione debe ser al menos dos veces la frecuencia de corte alta (máximo valor de frecuencia aceptado).

En el campo de las comunicaciones específicamente en lo que se refiere a transmisión y recepción de señales de radio, el uso de filtros del tipo pasa bandas resulta siendo algo indispensable ya que permiten seleccionar rangos específicos de frecuencia de un determinado espectro, lo cual permite y ayuda a que no se presenten interferencias entre señales, también tiene usos prácticos en la eliminación de ciertos ruidos que se encuentran en frecuencias definidas o conocidas.

La importancia de los filtros pasa altas en sistemas que se deseen implementar en GNURADIO básicamente es la inversa que la del pasa bajas, este filtro admite el paso de frecuencias que sean superiores a la frecuencia de corte rechazando el rango que se encuentran por debajo de esta[4]. En el laboratorio se escogió una $f_c=1.5$ KHz por lo cual solamente se escuchaban los sonidos superiores a esta.

Usar un filtro pasa altas termina siendo muy importante en aplicaciones cotidianas como es el procesamiento de audio, muchas veces se encuentra que existe ruido presente en componentes bajas de frecuencia, teniendo en cuenta lo anterior si se establece un filtro de este tipo con una f_c adecuada, se eliminarán estas componentes del espectro permitiendo un análisis de la señal mas limpio. Además si se quieren analizar los sonidos producidos por instrumentos que trabajen en frecuencias altas como el caso de un tambor la aplicación de un filtro pasa altas se hace indispensable.

Visualizar las señales en el dominio del tiempo y de la frecuencia de manera simultanea es importante por que analizándolos a la vez se puede obtener información mas detallada de la señal. En el tiempo se puede observar las variaciones que esta llega a presentar en diferentes momentos lo cual nos ayuda a entender la dinámica que esta presenta, mientras que el dominio de la frecuencia podemos ver y analizar detalladamente componentes espectrales. Además si se analizan los dos dominios a la vez es posible detectar ciertos errores, ejemplo de lo anterior se presento en la practica realizada, cuando no se cumplía el teorema de Nyquist se obtenía una representación en el tiempo que tendía a parecerse a la señal original pero cuando se miraba desde el dominio de la frecuencia se notaba que la representación en espectro no era la deseada, del proceso anterior se concluía que gracias a analizar ambos dominios se lograba detectar un error muy grave en el muestreo.

Además de lo mencionado anteriormente, gracias a los dos dominios también se pueden diseñar y optimizar filtros, ya que en las gráficas resultantes se puede analizar que consecuencias (atenuaciones o amplificaciones de frecuencia) tiene el uso de algún proceso de filtrado y a partir de ello se puede escoger lo que sea mas favorable para lo que se desee realizar.

Cuando no se respeta el teorema de Nyquist en la señal de audio se notaba en su reproducción la falta de información debido a que la frecuencia de muestreo

no era la indicada, como consecuencia de lo anterior se llegaba a escuchar la señal resultante un tanto entrecortada, además de que se generaba un poco de ruido e incluso se presenciaban distorsiones de la voz y inestabilidad en la reproducción, por lo tanto el audio perdía calidad y se puede decir que la representación del audio respecto al original era errónea.

Al experimentar con un ecualizador de GNURADIO se pueden obtener varias ventajas, un ejemplo de esto es el echo de poder realizar interpolaciones y diezmados (realizando estos procesos nos generan ciertas ventajas y desventajas que ya mencionamos anteriormente), teniendo en cuenta que GNURADIO permite al usuario realizar varios cambios que puedan servir para tener un análisis de una amplia gamma de señales, derivado de lo anterior este software se convierte en una gran herramienta para el aprendizaje del procesamiento de señales.

Otra de las ventajas que se noto durante en desarrollo de la practica es el hecho de que gracias a filtros, ganancias, atenuaciones o el hecho de escoger una frecuencia de muestreo, permite investigar y ampliar la eficiencia en el tratado de la señal, ya que gracias a estas herramientas se pueden solucionar por ejemplo problemas de ruido y mejorar así la calidad.

3. Conclusiones

1. para la primera parte de esta práctica se hizo un reconocimiento de que es GNU Radio y cómo funciona, de esta manera se fue familiarizando con el software y sus diferentes utilidades para hacer análisis en el dominio de tiempo y frecuencia.

2. Uno de los temas principales se estudiaron y analizaron fue el correcto muestreo de señales aplicando el teorema de Nyquist, se concluyo que cuando no se cumplía con la frecuencia de muestreo, la señal resultante no iba a contener la información suficiente en muestras para representar a la original y por tanto la representación en la frecuencia no era adecuada.

Este teorema fue fundamental para observar comportamientos de diferentes señales como lo fue el seno, coseno y la de audio, notando que entre mas grande fuera la frecuencia de muestreo respecto a este limite, mayor calidad y precisión se obtendría en la representación.

3. Gracias a la practica se noto que al realizar el proceso de la interpolación se aumentaba la cantidad de

muestras y por tanto se ampliaba el periodo de tiempo haciendo que los resultados fueran más exactos, además teniendo en cuenta que la frecuencia es el inverso del periodo se puede concluir que esta se veía claramente reducida.

4. Después de realizar proceso de diezmado a una señal gracias a las herramientas que proporciona GNURADIO se noto que se reducía el numero de muestras y por tanto se volvía mas pequeño el periodo de tiempo, por lo cual si se tiene en cuenta que la frecuencia es el inverso del periodo se puede concluir que esta sufre un aumento en el espectro.

5. Por último, se jugó un poco con la señal de audio y su comportamiento a través de diferentes filtros los cuales podían eliminar frecuencias bajas o altas dependiendo de su naturaleza, gracias a lo anterior se analizo como el proceso de filtrado puede causar algunos tipos de alteraciones y cambios en el dominio del tiempo y frecuencia de la señal a trabajar, lo cual nos dio conocimiento sobre sus posibles aplicaciones en el ámbito de las comunicaciones y nos refresco la memoria respecto a la utilidad que tiene cada uno de estos.

Referencias

- [1] "Teorema de Muestreo de Nyquist-Shannon - Wikipedia, La Enciclopedia Libre." [Online]. Available: https://www.dsi.uclm.es/personal/miguelgraciani/mikicurri/docencia/bioinformatica/web_bio/Teoria/Teoria%20de%20la%20informacion/Teorema%20del%20muestreo.htm#:~:text=El%20teorema%20demuestra%20que%20la,de%20su%20ancho%20de%20banda.
- [2] U. P. De València Escuela Politécnica Superior De Alcoy Escola Politècnica Superior d'Alcoi, "Diezmado e interpolacion," 11 2020. [Online]. Available: <https://riunet.upv.es/handle/10251/4860>
- [3] S. M. N. S. Du, Ke-Lin. Cambridge University Press, 2010. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpWCSFRFS2/wireless-communication/wireless-communication>
- [4] R. J. Rico, "SDR y GNU Radio como plataforma para un laboratorio de comunicaciones digitales," 2019. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=512261374007>