

Práctica 1: Introducción a GNURADIO y Muestreo

Over José Amaya Amaya - 2194243
Angie tatiana chaparro blanco - 2184212

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

26 de octubre de 2022

Resumen

En este laboratorio se estudió la importancia de la teoría de muestreo de Nyquist, con la cual se estudió varios efectos que suceden cuando esta no es tenida en cuenta y cuando sí, además se pudo interactuar con la herramienta GNURADIO con la que se construyeron varios sistemas y en la cual se utilizaron varios filtros como el filtro pasa bajas, pasa altas, etc. También con la cual se pudieron visualizar y comprender los efectos de interpolación y diezmando de una señal.

1. Introducción

La teoría de muestreo en el procesamiento de señales es una de las más importantes teorías en este campo, debido a que con ella podemos saber si obtendremos una señal digital sin que cambie su forma de onda o si obtendremos una señal solapada (aliasing) de la señal medida.

Cuando hablamos de GNURADIO, los principales potenciales de esta herramienta, primero, es que podemos simular un sistema y comprobar que todo este correcto y depurar errores, si los hay, podemos utilizar esta herramienta para programar nuestro sistema, también podemos simular la respuesta que deberíamos obtener para que al implementar el sistema podamos comprobar que todo este correcto, y, por último, nos sirve para probar cosas que tal vez no tengamos muy claro de una forma más entendible para nosotros y probar cosas nuevas.

Cuando se alcanza el límite de Nyquist sucede que estamos muestreando la señal medida al borde de que se produzca aliasing, pero sin que se produzca, ya que, si llegamos a pasar el límite, se producirá aliasing o solapamiento.

La relación entre frecuencia de muestreo y frecuencia de la señal, o sea, (frecuencia-muestreo/frecuencia-señal), esta relación debe ser por lo menos de dos, o sea,

(frecuencia-muestreo/frecuencia-señal ≥ 2), debido a que, si esta relación llega a ser menor que dos, sobrepasaremos el límite de Nyquist.

Es importante interpolar una señal cuando deseamos tener más muestras en nuestra señal, por lo cual si mantenemos la misma frecuencia de muestreo la señal ira más lento.

Es importante diezmar una señal cuando deseamos tener menos muestras en nuestra señal, por lo cual si mantenemos la misma frecuencia de muestreo la señal ira más rápido.

Cuando se asigna una frecuencia de muestreo inadecuada a una señal lo que sucede es que perdemos muestras, al convertir la señal a digital no obtendremos la señal esperada, esto quiere decir que la forma de onda cambiara, por lo cual no estaríamos cumpliendo la teoría de muestreo de Nyquist.

2. Procedimiento

- (PARTE 1) Lo primero que hicimos fue crear el siguiente flujograma en GNURADIO y configuramos los parametros de los bloques utilizados (figura 1):

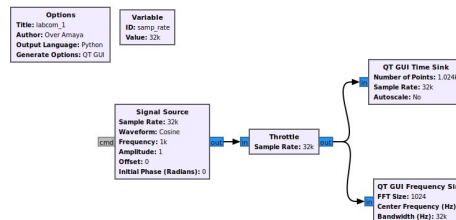


Figura 1. flujograma.

Luego se simulo y se obtuvo los siguientes resultados en el dominio del tiempo y la frecuencia:

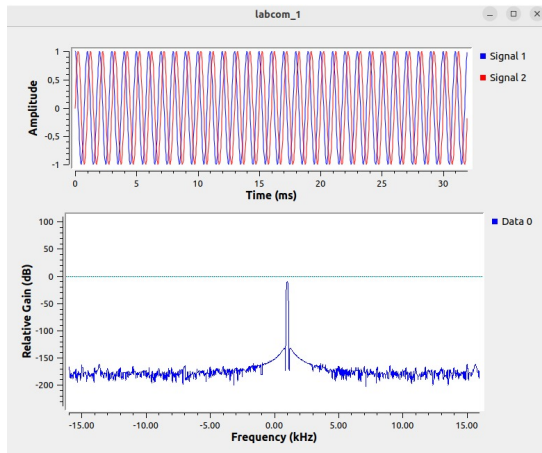


figura 2. Espectro y señal en el tiempo.

Se obtuvieron dos señales en el tiempo debido a que es una señal coseno compleja y se observa su espectro en frecuencia con un impulso en la frecuencia 1k [Hz] (figura 2).

(PARTE 2) 1. Se creó el siguiente flujograma (figura 3):

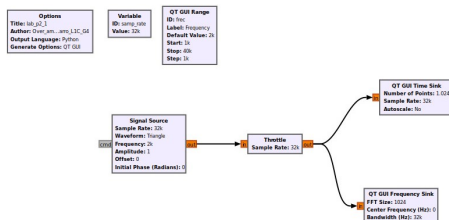


Figura 3. flujograma.

Acá lo que se hizo fue demostrar los límites de Nyquist variando la frecuencia de muestreo, esto se hizo con diferentes formas de onda a continuación se mostrará solo la forma senoidal.

(ONDA SENOIDAL): Se observa una señal senoidal real con una frecuencia de 3k Hz y su espectro en frecuencia con dos impulsos en -3k Hz y 3k Hz, en donde se espera que estén (figura 4).

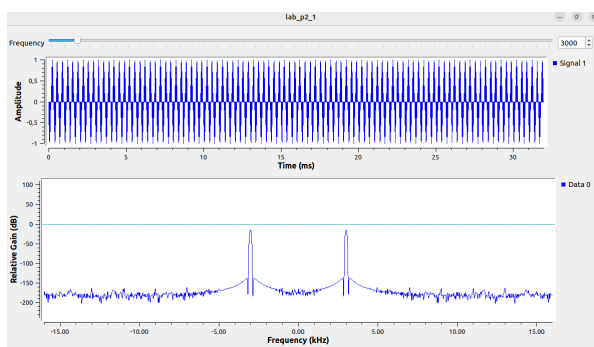


Figura 4. Espectro y señal en el tiempo.

Se tiene una señal senoidal real con una frecuencia de 22k Hz y un espectro en frecuencia el cual esperaríamos que sus dos impulsos este en -22k Hz y 22k Hz, pero como se observa en la figura 5 no es así, esto porque se muestreo a menos del doble de la señal a muestrear produciendo aliasing o solapamiento.

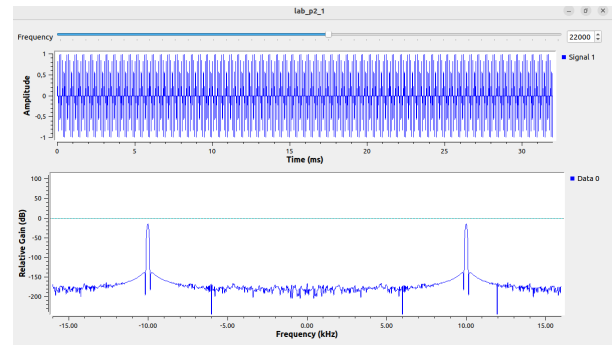


Figura 5. Espectro y señal en el tiempo.

Podemos decir que las ventajas del límite de Nyquist es que, nos dice la frecuencia mínima a la que se debe muestrear una señal conociendo la frecuencia de dicha señal, la cuál debe de ser por lo menos 2 veces la frecuencia de la señal medida, como desventaja es que si elegimos una frecuencia de menos del doble de la señal medida se va a producir aliasing.

2. Primero se creó el siguiente flujograma colocando la frecuencia de la señal y la frecuencia de muestreo variables (figura 6).

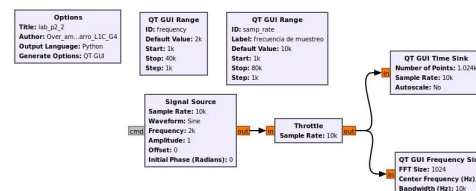


Figura 6. flujograma.

El objetivo de colocar la frecuencia de muestreo y la frecuencia de la señal es para llegar a la relación ($\text{samp-frecuencia} / \text{Frecuencia} = 6$), se procedió a poner una señal coseno real con frecuencia de muestreo en 12k Hz y una frecuencia de 2k Hz, teniendo una relación igual a 6 (figura 7).

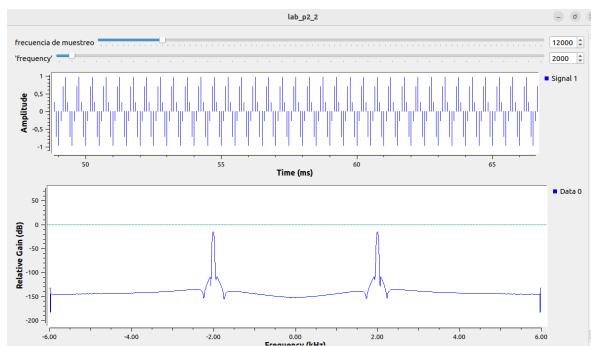


Figura 7. Espectro y señal en el tiempo.

En la figura 7 tenemos la relación ($\text{samp-rate}/\text{Frequency} = 6$), se observa la forma de onda del coseno con una frecuencia de 2k Hz, pero con una definición no tan buena, esto refiriendonos a la forma de onda que podemos observar luego de muestrearla.

Ahora, cambiamos la frecuencia de muestreo para cambiar esta relación:

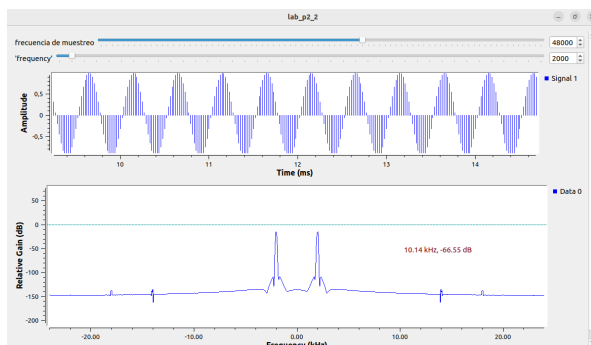


Figura 8. Espectro y señal en el tiempo.

En la figura 8 observamos que se muestreo la misma señal coseno real a 2k Hz con una frecuencia de muestreo mayor, 48k Hz, se puede observar una mejor definición de la señal muestreada.

De lo anterior visto podemos decir que la ventaja de utilizar la relación ($\text{samp-rate}/\text{Frequency} = 6$) es que la forma de onda no se ve afectada ya que estamos dentro de la zona de Nyquist, pero la desventaja es que la definición de la onda se ve afectada.

3. Primero se creó el siguiente flujograma agregando algunos filtros (figura 9).

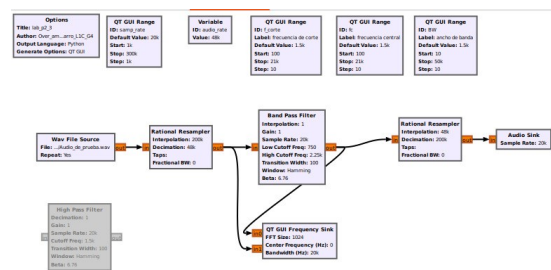


Figura 9. flujograma.

El objetivo de agregar los filtros es para poder obtener esas frecuencias que permiten solo escuchar la voz, un sonido o solo la música, a continuación, se utilizó un filtro pasa altas para solo escuchar las frecuencias de la música atenuando las demás frecuencias (figura 10).

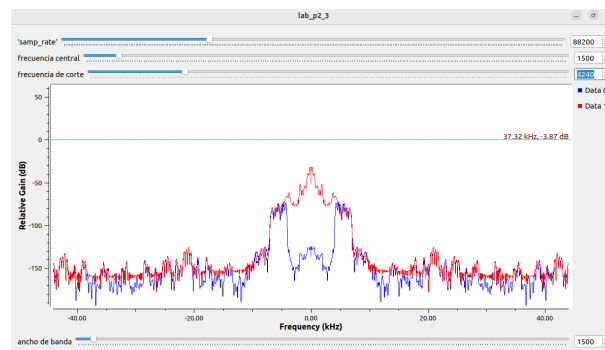


Figura 10. Espectro y señal en el tiempo.

En la figura 10 se puede observar el espectro de filtrado (azul) y el espectro de la señal (roja), se utilizó un filtro pasa altas con una frecuencia de corte de 4240 Hz, esto significa que las frecuencias menores a esta fueron atenuadas. Nota: se utilizó el audio "despecha-rosalia.wav"

4. Se utilizó el mismo flujograma de la figura 6, el objetivo acá es demostrar que ventajas hay al obtener ($\text{samp-frequency}/\text{Frequency} \geq 10$), al tener la relación igual a 10 obtendremos una señal similar a la obtenida en la figura 7, pero si seguimos aumentando la frecuencia de muestreo obtendremos una relación mayor lo cual se puede observar en la figura 8, en la que tenemos una relación de ($\text{samp-frequency}/\text{Frequency} = 24$).

De lo anterior, podemos decir que una de las ventajas de utilizar la relación ($\text{samp-rate}/\text{Frequency} \geq 10$) es que la forma de onda no se ve afectada ya que estamos dentro de la zona de Nyquist y que obtenemos una muy buena resolución de la señal.

5. Primero se creó el siguiente flujograma (figura 11)

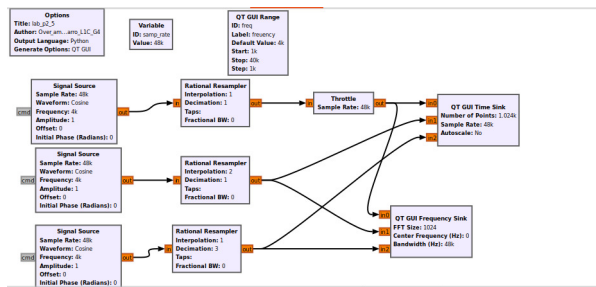


Figura 11. flujograma

El objetivo de este flujograma es ver los efectos de interpolación y diezmado en una señal, esto se observa en la figura 12.

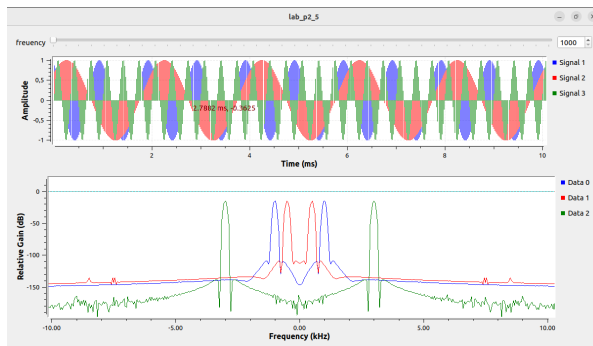


Figura 12. Espectro y señal en el tiempo.

En la figura 12 observamos 3 formas de onda en el dominio de tiempo y 3 espectros de frecuencia, (Azul) señal original, (roja) señal interpolada con factor de 2, (verde) señal diezmada con factor de 3.

Podemos decir que al interpolar en un factor de 2 a la señal, se obtuvo el doble de muestras que la señal original y también que la frecuencia cambió a ser menor a la original por lo tanto el periodo es mayor y la señal va más lenta que la original, al diezmara la señal en un factor de 3 se pudo observar que la señal obtenida tenía 3 veces menos muestras que la señal original y también que la frecuencia cambió a una mayor a la de la original por lo tanto el periodo es menor y la señal va más rápida que la original, esto lo podemos ver en la figura 12.

6. Primero creamos el flujograma de la figura 13.

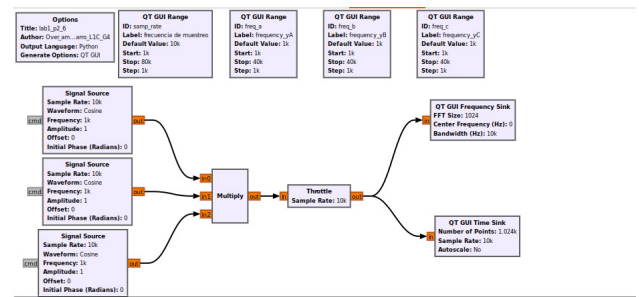


Figura 13. flujograma

El objetivo de esto es multiplicar 3 señales con diferentes frecuencias lo que sucederá es que estas frecuencias se sumaran y restaran hasta llegar a unas frecuencias fundamentales.

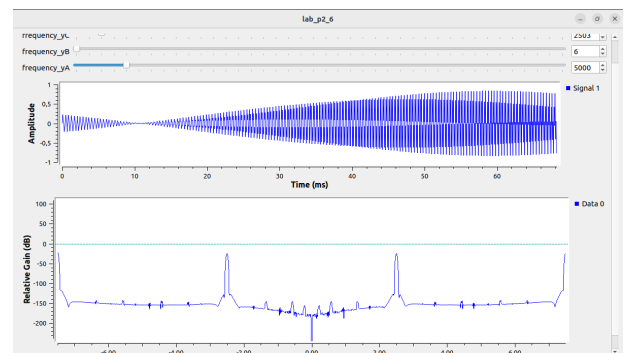


Figura 14. Espectro y señal en el tiempo.

En la figura 14 se observa en el dominio del tiempo y frecuencia la señal obtenida luego de multiplicar las 3 señales, lo que sucede es lo siguiente; Tenemos 3 señales coseno reales de diferentes frecuencias ([5000 ,6 ,2503] [Hz]) las cuales entran a un multiplicador, ahí sus frecuencias se sumarán y restaran hasta obtener al final dos frecuencias fundamentales que en nuestro caso son [7500, 2500] [Hz] aproximadamente. Teniendo las frecuencias fundamentales, Nyquist nos dice que se debe muestrear por lo menos al doble de la frecuencia más alta que en nuestro caso es 7500 [Hz] por lo tanto el valor de frecuencia de muestreo adecuada para visualizar y procesar la información es de frecuencias mayores o iguales 15000 Hz por el teorema de muestreo de Nyquist.

7. Lo primero que se hizo fue crear el siguiente flujograma (figura 15).

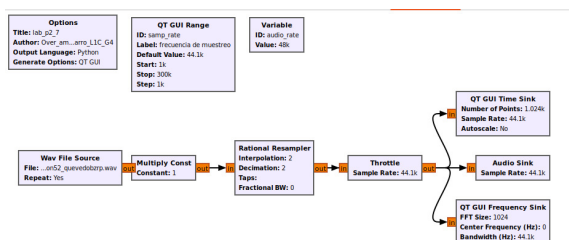


Figura 15. flujograma

El objetivo era observar las variaciones que ocurrían al cambiar el valor del bloque 'multiply const' viendo que sucedía en la señal de audio, también ver lo que le sucedía a un audio al diezmarlo o interpolarlo y por último ver qué sucede al bajar la frecuencia del muestreo del audio.

La función de "Multiply Const" es aumentar la amplitud de la señal, lo que es traducido a aumentar el volumen, con Multiply Const en 0 la señal se anulaba y no había audio, con Multiply Const en 1 la señal era la original no le pasaba nada, se escuchaba el audio sin ningún cambio y con Multiply Const en 2 la amplitud de la señal original se amplificaba y el volumen del audio era más fuerte, además en nuestro caso el sonido se saturaba al escucharlo en la computadora con Multiply Const en 2.

Al diezmar la señal de audio este es escuchado más rápido ya que se quitan muestras del audio, y al interpolar la señal se le agregan más muestras al audio y se escucha más lento.

Cuando bajamos la frecuencia a la cual se debería muestrear el audio lo que sucede es que se empiezan a perder muestras y se escuchan vacíos al reproducir el audio.

- Se alcanza el límite de Nyquist cuando se tiene una relación de frecuencia de muestreo y frecuencia de la señal igual a 2, ahí estamos en el límite de Nyquist si hacemos que esta relación sea menor a 2 encontraremos aliasing o solapamiento en la señal muestreada.
- Al interpolar una señal la frecuencia disminuye si mantenemos la misma frecuencia de muestreo, esta disminuye ya que aumentamos muestras y el pe-

riodo de la señal será más grande que el de la señal original por lo tanto la frecuencia será menor a la frecuencia original.

- Al diezmar una señal la frecuencia aumenta si mantenemos la misma frecuencia de muestreo, esta aumenta ya que disminuimos muestras y el periodo de la señal será más pequeño que el de la señal original por lo tanto la frecuencia será mayor a la frecuencia original.
- Para calcular u obtener la frecuencia de una señal en la práctica, esta puede ser obtenida con el analizador de espectro en la práctica.
- Cuando no respetamos el teorema de Nyquist en una señal de audio tendremos pérdidas de muestras ya que no estamos muestreando a una frecuencia que no nos afecte la forma de onda por lo tanto el audio se escuchará con vacíos.
- Las funciones del ecualizador desarrollado en GNURADIO son las de obtener un rango de frecuencias en general, es decir un filtrado de frecuencias que no queremos, en las cuales pueden ir solo la frecuencia emitida por la voz o por algún instrumento en específico.

3. Conclusiones

- Podemos reconstruir una señal analógica en una señal digital sin cambiar la forma de onda siempre y cuando se cumpla el teorema de muestreo de Nyquist.
- Cuando se diezma una señal digital lo que está sucediendo es que estamos comprimiendo la señal digital porque estamos quitando muestras.
- Cuando se interpola una señal digital lo que está sucediendo es que estamos expandiendo la señal digital debido a que estamos aumentando muestras.
- GNURADIO es una herramienta que nos facilita la prueba de sistemas y la simulación de ellos.