

# Práctica 1: FRECUENCIA DE MUESTREO

Chaparro Blanco Angie Tatiana  
Flórez Ramos José David

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

14 de septiembre de 2023

## Resumen

La teoría de muestreo es esencial en el procesamiento de señales. GNURADIO es una herramienta de código abierto que permite la implementación de algoritmos de procesamiento de señales y la creación de sistemas personalizados. Es importante entender los conceptos de frecuencia de muestreo, relación de muestreo y límite de Nyquist para evitar la pérdida de información y la distorsión de la señal. El proceso de interpolado aumenta la resolución temporal, mientras que el diezmado reduce la tasa de muestreo. El sobre muestreo puede ser útil en algunas aplicaciones, pero también puede afectar el rendimiento del sistema. El estudio de señales de audio en procesos de interpolación y diezmado permite mejorar la calidad del sonido y reducir el tamaño del archivo.

La relación de muestreo debe ser al menos dos veces la frecuencia máxima presente en la señal para visualizarla correctamente. Sin embargo, en la práctica se recomienda que sea al menos cinco veces para garantizar una buena calidad de la señal. Es importante tener en cuenta que si la relación de muestreo es demasiado alta, se puede aumentar el tamaño del archivo y disminuir el rendimiento del sistema.

El proceso de interpolado consiste en agregar muestras adicionales a una señal para aumentar su resolución temporal. Es importante interpolar una señal cuando se requiere una mayor precisión en el análisis o procesamiento posterior.

## 1. Introducción

La teoría de muestreo es fundamental en el procesamiento de señales en el laboratorio de Comunicaciones. Permite obtener información de una señal analógica y transformarla en una señal digital para su posterior procesamiento. Es importante entender los conceptos de frecuencia de muestreo, relación de muestreo y límite de Nyquist para asegurar que la señal se adquiera correctamente y evitar la pérdida de información.

El proceso de diezmado consiste en eliminar muestras de una señal para reducir su tasa de muestreo. Es importante diezmado una señal cuando se desea disminuir el tamaño del archivo o reducir el costo computacional del procesamiento posterior.

GNURADIO tiene un gran potencial en el laboratorio de comunicaciones ya que es una herramienta flexible y de código abierto que permite la implementación de algoritmos de procesamiento de señales y la creación de sistemas de comunicaciones personalizados. Además, su interfaz gráfica facilita la visualización y análisis de las señales.

Cuando se asigna una frecuencia de muestreo superior al límite de Nyquist, se produce un efecto conocido como sobre muestreo. Esto puede ser útil en algunas aplicaciones, como el análisis de señales de alta frecuencia, pero también puede aumentar el tamaño del archivo y disminuir el rendimiento del sistema.

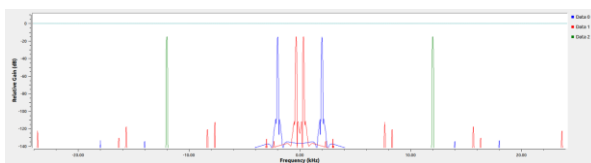
Cuando se alcanza el límite de Nyquist, la señal se distorsiona y se produce el efecto conocido como aliasing. Esto ocurre porque la frecuencia de muestreo no es suficiente para representar adecuadamente la señal analógica. Por lo tanto, es importante elegir una frecuencia de muestreo adecuada para evitar este efecto.

El estudio de señales de audio en procesos de interpolación y diezmado permite mejorar la calidad del sonido y reducir el tamaño del archivo. Esto es especialmente útil en aplicaciones como la transmisión de audio por internet o la grabación de música. Desde nuestra experiencia, los principales aportes en el laboratorio han sido la capacidad de analizar señales con mayor precisión y la posibilidad de crear sistemas personalizados para satisfacer las necesidades específicas de la práctica.

## 2. Procedimiento

En GNU Radio, el bloque THROTTLE es esencial en los flujogramas porque permite controlar la tasa de procesamiento de datos en tiempo real. Este bloque se utiliza para limitar la cantidad de datos que se procesan en un tiempo determinado, lo que es especialmente importante en sistemas donde la capacidad de procesamiento es limitada. Al limitar la tasa de procesamiento, se evita la sobrecarga del sistema y se asegura que los datos se procesen de manera eficiente y sin errores. Además, el bloque THROTTLE es muy útil cuando se trabaja con fuentes de datos que producen una gran cantidad de información, como las señales de radio, ya que permite reducir la cantidad de datos que se procesan sin afectar la calidad de la señal. En resumen, el bloque THROTTLE es una herramienta esencial en GNU Radio para garantizar un procesamiento eficiente y sin errores de los datos en tiempo real.

Esta herramienta es particularmente útil en aplicaciones de procesamiento de señales, como la identificación de interferencias o la detección de señales débiles en un ruido de fondo. El bloque QT GUI frequency SINK permite ajustar parámetros de visualización, como el rango de frecuencia y el nivel de escala, de acuerdo con las necesidades específicas de la práctica.



[1] imagen de espectro de frecuencias

Los colores en los módulos de GNU-Radio hacen referencia a los valores que se toman, ya sean complejos o reales.

Types - Color Mapping	
	Complex Float 64
	Complex Float 32
	Complex Integer 64
	Complex Integer 32
	Complex Integer 16
	Complex Integer 8
	Float 64
	Float 32
	Integer 64
	Integer 32
	Integer 16
	Integer 8
	Bits (unpacked byte)
	Async Message
	Bus Connection
	Wildcard

[2] Tipos de datos y sus colores asociados

Al interpolar una señal en GNURADIO, se puede observar que su frecuencia disminuye debido a que se están añadiendo muestras adicionales entre las ya existentes. Este proceso se utiliza para aumentar la resolución temporal de las señales y mejorar su calidad.

En la práctica, la interpolación es útil en situaciones en las que se requiere una mayor precisión en la medición de señales, al momento de simular un ecualizador y poder oír cierto instrumento o la voz del audio que se estaba reproduciendo.

Es importante tener en cuenta que el proceso de interpolación puede introducir cierto nivel de distorsión en la señal original, por lo que es necesario realizar un análisis cuidadoso de la señal antes y después del proceso de interpolación para asegurar su calidad y precisión.

El teorema de Nyquist establece que la frecuencia de muestreo de una señal analógica debe ser al menos el doble de su ancho de banda para poder reconstruirla de manera precisa en su forma original. En otras palabras, si la señal tiene un ancho de banda limitado, entonces la tasa de muestreo debe ser lo suficientemente alta para capturar todas las frecuencias relevantes de la señal. Si la tasa de muestreo es demasiado baja, se produce un efecto conocido como aliasing, donde las frecuencias más altas se distorsionan y se mezclan con frecuencias más bajas, lo que resulta en una pérdida de información y una señal final inexacta. Por lo tanto, el teorema de Nyquist es fundamental para la digitalización de señales analógicas y para garantizar una alta calidad en la transmisión y recepción de información.

La implementación de filtros pasa bajas en sistemas de procesamiento de señales en GNU Radio es crucial para lograr una correcta eliminación de las frecuencias no deseadas en la señal. Estos filtros permiten la eliminación de componentes de alta frecuencia, lo que resulta en una señal más limpia y fácil de procesar. El límite de la frecuencia de corte depende directamente de la frecuencia de muestreo utilizada, siendo esta la mitad de la frecuencia de muestreo. En cuanto a los filtros pasa banda, su uso se hace importante en casos donde se desea aislar una banda específica de frecuencias en la señal, eliminando las frecuencias que se encuentran fuera de esta banda. En resumen, la implementación adecuada de filtros pasa bajas y pasa banda en sistemas de procesamiento de señales en GNU Radio es fundamental para obtener una señal limpia y procesable.

Los filtros pasa banda son componentes fundamentales en los sistemas implementados en GNU Radio debido a su capacidad para permitir el paso de una banda específica de frecuencias y atenuar las demás. Esto es esencial para filtrar y seleccionar la información relevante en un proceso de comunicación o procesamiento de señales.

Los límites de las frecuencias de corte en un filtro pasan banda dependen de la frecuencia de muestreo utilizada. En general, el límite inferior de frecuencia de corte debe ser mayor que cero y menor que la mitad de la frecuencia de muestreo, siguiendo el teorema de Nyquist-Shannon. Por otro lado, el límite superior de frecuencia de corte debe ser menor que la frecuencia de Nyquist, que es la mitad de la frecuencia de muestreo.

Es importante usar un filtro pasa banda en casos donde se requiere seleccionar una banda específica de frecuencias y eliminar o atenuar las demás. Esto puede ser necesario en aplicaciones como la demodulación de señales, la separación de canales en sistemas de comunicación múltiple o el análisis de espectro en sistemas de radio definidos por software. En resumen, los filtros pasa banda son esenciales para garantizar una correcta selección y procesamiento de las señales en los sistemas implementados en GNU Radio.

La implementación de filtros pasa altas en sistemas de GNU Radio es de gran importancia debido a que estos filtros permiten la eliminación de frecuencias bajas no deseadas en una señal. En otras palabras, los filtros pasa altas son capaces de rechazar componentes de baja frecuencia y permitir el paso de componentes de alta frecuencia.

En el caso de aplicaciones en las que se requiere la detección de señales de alta frecuencia, es fundamental el uso de filtros pasa altas para eliminar ruido y señales no deseadas que pueden afectar la calidad de la señal recibida. Por ejemplo, en sistemas de comunicaciones inalámbricas, los filtros pasa altas se utilizan para eliminar las señales de interferencia que pueden afectar la recepción de la señal deseada.

El uso de filtros pasa altas en sistemas implementados en GNU Radio es crucial para garantizar una adecuada recepción y procesamiento de señales de alta frecuencia en diferentes aplicaciones, tales como sistemas de comunicaciones, detección de señales y procesamiento de imágenes.

Es importante visualizar simultáneamente las señales en el dominio del tiempo y frecuencia debido a que cada uno de estos dominios proporciona información valiosa sobre la señal en cuestión.

El dominio del tiempo nos permite observar cómo varía la señal a lo largo del tiempo, lo que nos ayuda a identificar patrones, tendencias y cambios en la señal. Esto es especialmente útil para analizar señales que están cambiando rápidamente o que tienen componentes transitorios.

Por otro lado, el dominio de la frecuencia nos permite descomponer la señal en sus componentes frecuenciales, lo que nos ayuda a identificar las diferentes frecuencias presentes en la señal. Esto es útil para analizar señales periódicas o para identificar componentes de frecuencia

específicos en una señal.

Cuando no se respeta el teorema de Nyquist en una señal de audio, se produce un fenómeno conocido como aliasing. Esto ocurre cuando la frecuencia de muestreo es insuficiente para capturar adecuadamente la señal analógica original. Como resultado, se producen errores en la reconstrucción de la señal, lo que puede llevar a la aparición de frecuencias espurias y distorsiones en el sonido. En términos prácticos, esto significa que la calidad del audio se ve comprometida y puede ser difícil de escuchar para el oído humano. Por lo tanto, es importante asegurarse de que la frecuencia de muestreo sea lo suficientemente alta para evitar este problema y garantizar una calidad de audio óptima. El teorema de Nyquist establece que la frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble de la frecuencia más alta presente en la señal original.

Experimentar con un Ecualizador desarrollado con GNURadio ofrece diversas ventajas. En primer lugar, permite la posibilidad de personalizar las características del ecualizador, lo que se traduce en una mayor flexibilidad para adaptarse a diferentes necesidades y situaciones. Además, el uso de GNURadio permite la implementación de diferentes algoritmos de procesamiento de señales, lo que puede mejorar la calidad del sonido y reducir el ruido.

En cuanto a las aplicaciones potenciales de esta herramienta, se pueden mencionar varias. Por ejemplo, en el ámbito de la radiodifusión, un ecualizador desarrollado con GNURadio podría utilizarse para mejorar la calidad del sonido en emisoras de radio o televisión. También podría ser útil en el campo de la producción musical, para ajustar el sonido de diferentes instrumentos y lograr una mezcla más equilibrada. En resumen, el uso de un ecualizador desarrollado con GNURadio puede mejorar significativamente la calidad del sonido en diferentes contextos y aplicaciones.

### 3. Conclusiones

- Mediante el teorema de Nyquist se pueden evitar problemas como la pérdida de información de una señal, muestreando la señal a una frecuencia mayor o igual que al doble de su frecuencia máxima, así evitaremos el aliasing.
- Observando algunas de las aplicaciones del teorema de Nyquist está la calidad de audio y video. Si se tiene una tasa de muestreo insuficiente puede llevar a que el sonido no sea el óptimo o la imagen, mientras que con una tasa de muestreo adecuada se asegura una reproducción fiel.
- Analizando las maneras de mejorar la señal encontramos que interpolando la señal se añadían



muestras a la señal y esto hacía que viéramos más grande la señal y más suave.

- Tomando en cuenta que al interpolar una señal se agregan muestras, pero en caso de que se necesite reducir datos innecesarios ya sea para almacenamiento y transmisión de datos usamos el diezmado, ya que reduce el volumen de los datos y conserva la información valiosa.

## Referencias

- [1] lab\_comu\_b1a\_g1/lab\_angie\_y\_david\_comu1/diezmado\_interpolado.png
- [2] <https://wiki.gnuradio.org/index.php?title=File:Types.png>