

PRÁCTICA 1

Frecuencia de muestreo en GNU Radio

Autores

Sergio Andrés Jiménez Buitrago - 2172309

Yan Carlos Velasquez Meneses - 2183113

Grupo de laboratorio:

J1A

Subgrupo de clase

Grupo 5

EL RETO A RESOLVER:

El estudiante al finalizar la práctica tendrá los fundamentos suficientes para interpretar la importancia de la frecuencia de muestreo en GNURadio. Iniciando de problemas particulares con señales senoidales hasta llegar a señales reales (audios, voz pregrabada y canciones disponibles en la internet).

EL OBJETIVO GENERAL ES:

Desarrollar habilidades en el manejo de GNURadio y resaltar la importancia de la frecuencia de muestreo como variable general de los sistemas implementados en el mismo.

ENLACES DE INTERÉS

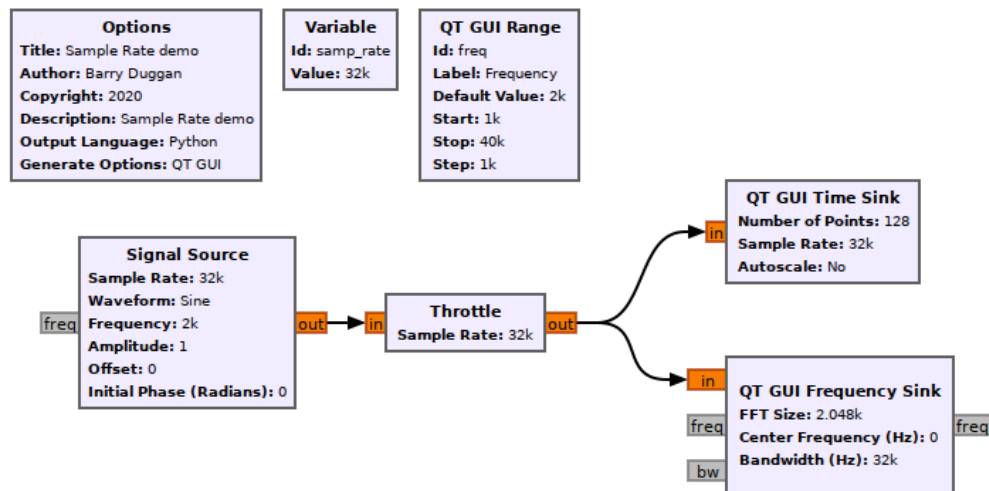
¿Qué es Gnuradio y que podemos hacer con este programa? [Clic aquí](#)

Conceptos sobre el teorema de muestreo de Nyquist [Clic Aquí](#)

Diezmado e interpolado en señales discretas [Clic Aquí](#)

LABORATORIO

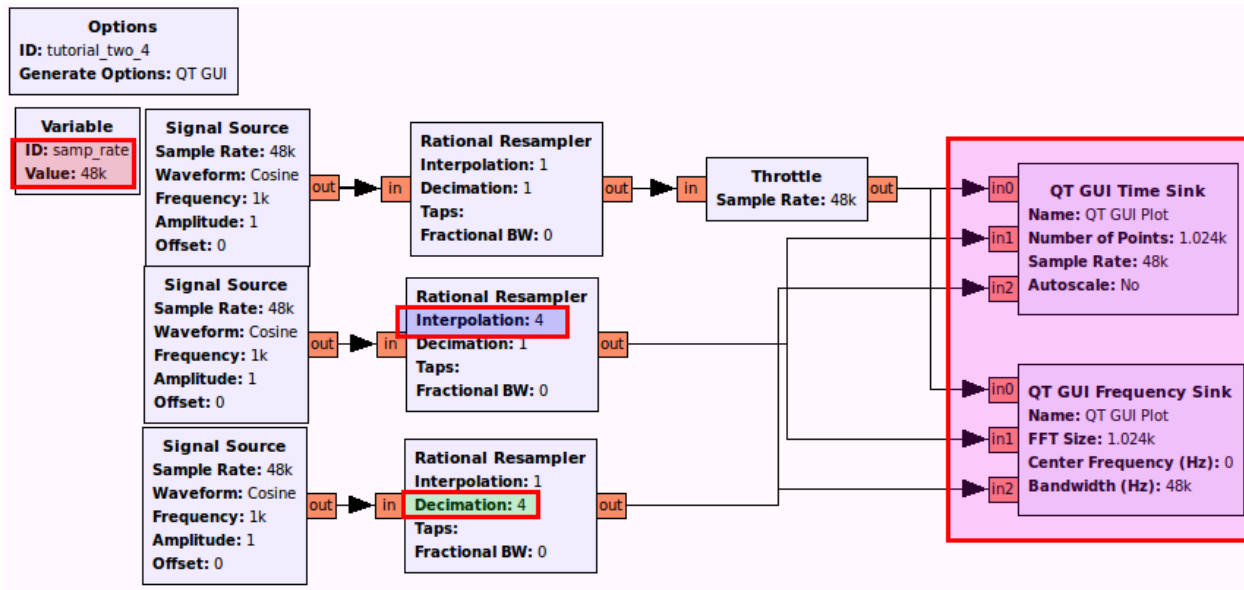
1. Introducción a GITHUB
 - a. Enlace con el tutorial a GITHUB para GNURADIO [Clic Aquí](#)
 - i. Todos Los laboratorios deben subirse a GITHUB
2. Demuestre el teorema de muestreo de Nyquist usando señales senoidales. Para ello, cree un diagrama de bloques como el que se muestra a continuación:



- a. Demuestre los límites de Nyquist usando valores de frecuencia de muestreo (variable: samp_rate) y frecuencia de la señal de referencia (Bloque: signal Source). Describa las desventajas o ventajas al llegar a este límite.
- b. Demuestre los efectos sobre la forma de onda cuando se tiene una relación ($\text{samp_rate}/\text{frequency} = 2$). Describa su observación.
- c. Demuestre los efectos sobre la forma de onda cuando se tiene una relación ($\text{samp_rate}/\text{frequency} = 8$). Describa su observación.

Nota: en cada uno de los bloques de GNURADIO no se debe manipular la variable **samp_rate** a menos que realice un procedimiento de cambio en la frecuencia de muestreo.

3. Demuestre el efecto al diezmar e interpolar una señal (use como referencia una señal coseno) y realice el siguiente montaje



Use al menos un valor diferente al presentado en la imagen tanto para el parámetro *decimation* e *interpolation* de tal forma que le permita argumentar la importancia de cada uno de ellos. Describa su experiencia.

- Multiplique tres señales tipo coseno como se muestra en el siguiente diagrama (Use valores de frecuencia de la señal A la suma de los últimos dígitos del código de cada estudiante del grupo de laboratorio en kHz y la señal B la multiplicación de los últimos dígitos del código de cada estudiante del grupo de laboratorio en kHz. Encuentre el valor de la frecuencia de muestreo que debe usar en el sistema para visualizar y procesar la información. Describa la experiencia.

Nota: si el último dígito del código es cero se debe tomar como diez. Ejemplo: Bob (cód: 2068123) Alice (cód: 2128196) y Grace (cód: 2176120). De esta forma la frecuencia de la señal A es igual a 19 (3+6+10) kHz y la frecuencia de la señal B es 180 (3*6*10) kHz.

DESARROLLO DEL OBJETIVO 1. PRESENTE A CONTINUACIÓN LOS RESULTADOS DEL OBJETIVO 1.

- a. Demuestre los límites de Nyquist usando valores de frecuencia de muestreo (variable: samp_rate) y frecuencia de la señal de referencia (Bloque: signal Source). Describa las desventajas o ventajas al llegar a este límite.

El teorema de Nyquist nos dice que $F_{sampling} \geq 2F_{signal}$

El límite para el ejercicio planteado es: $\frac{F_{sampling}}{2} = \frac{32000}{2} = 16000 = 16kHz$

Este límite puede ser visto como un espejo en la señal muestreada debido a que, si muestreamos por encima de este valor, va a ser equivalente a muestrear a la misma distancia, pero por debajo.

- **Ventajas:** Es posible recuperar la señal a partir de sus muestras. Debido a que mantengo la relación necesaria entre el ancho de banda de la señal respecto a la separación del muestreo de la misma.
- **Desventaja:** Al comportarse la frecuencia límite como un espejo, sucede que la frecuencia consecutiva será una representación de la frecuencia anterior a la del límite, esto es, la frecuencia de 17 kHz presenta Aliasing y esto hace que se vea igual a la frecuencia de 15 kHz. Lo anterior ocurre, si la frecuencia de nuestra señal es mayor al límite de Nyquist, entonces la señal va a ser reconstruida con Aliasing, si se realiza la reconstrucción de la señal tendríamos un restablecimiento erróneo, debido a que parte de la información se encontrará solapada entre sus muestras aledañas al límite.

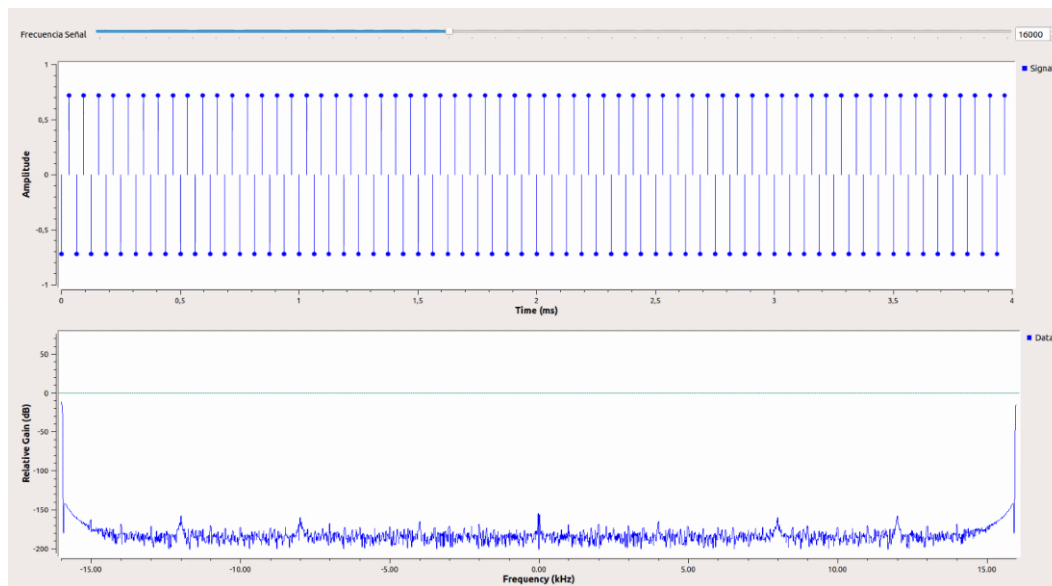


Figura 1. Representación de la señal para una frecuencia de 16 kHz.

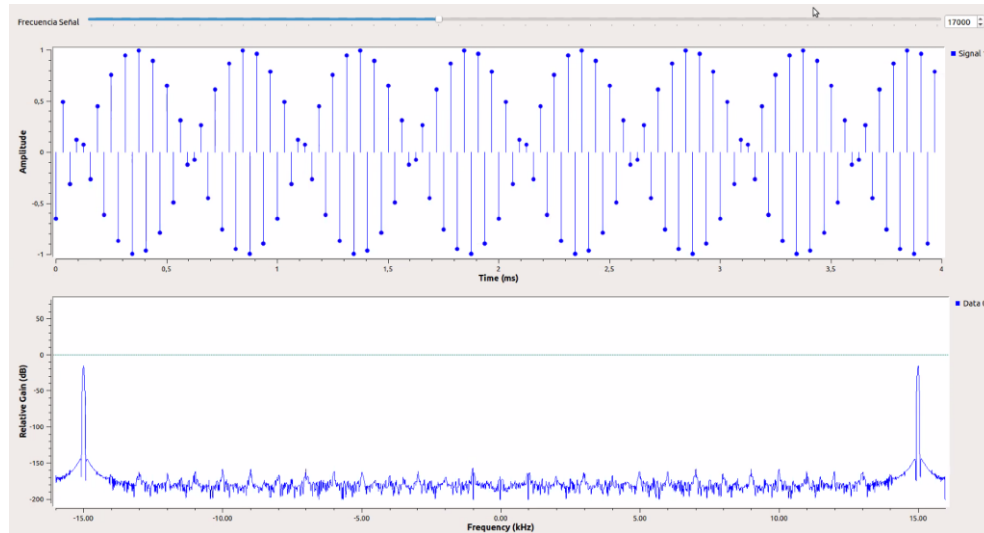


Figura 2. Representación de la señal para una frecuencia de 17 kHz.

Como podemos observar en la Figura 2 y 3, las representaciones de la señal son iguales, de esta forma mostramos el espejo que mencionamos en la señal.

- b. Demuestre los efectos sobre la forma de onda cuando se tiene una relación ($\text{samp_rate}/\text{frequency} = 2$). Describa su observación.**

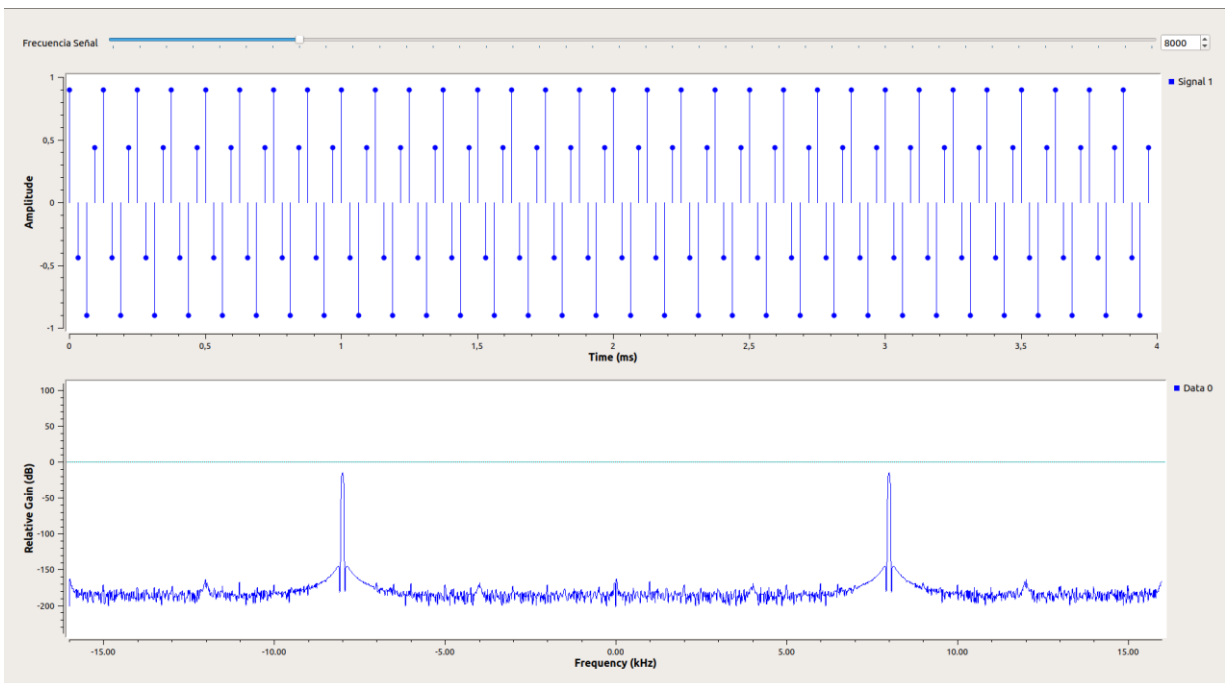


Figura 3. Representación de la señal para una frecuencia de 8 kHz.

En la guía de práctica nos indicaba una relación igual a 2, dándonos una frecuencia de 16 kHz, que es la misma frecuencia de Nyquist, por lo tanto, para tener una frecuencia diferente, usamos una relación igual a 4, analizando una frecuencia de 8kHz, en donde se evidencio, que los picos de la FFT se van desplazando respectivamente, debido a que la señal tiene un periodo distinto.

- c. Demuestre los efectos sobre la forma de onda cuando se tiene una relación ($\text{samp_rate}/\text{frequency} = 8$). Describa su observación.**

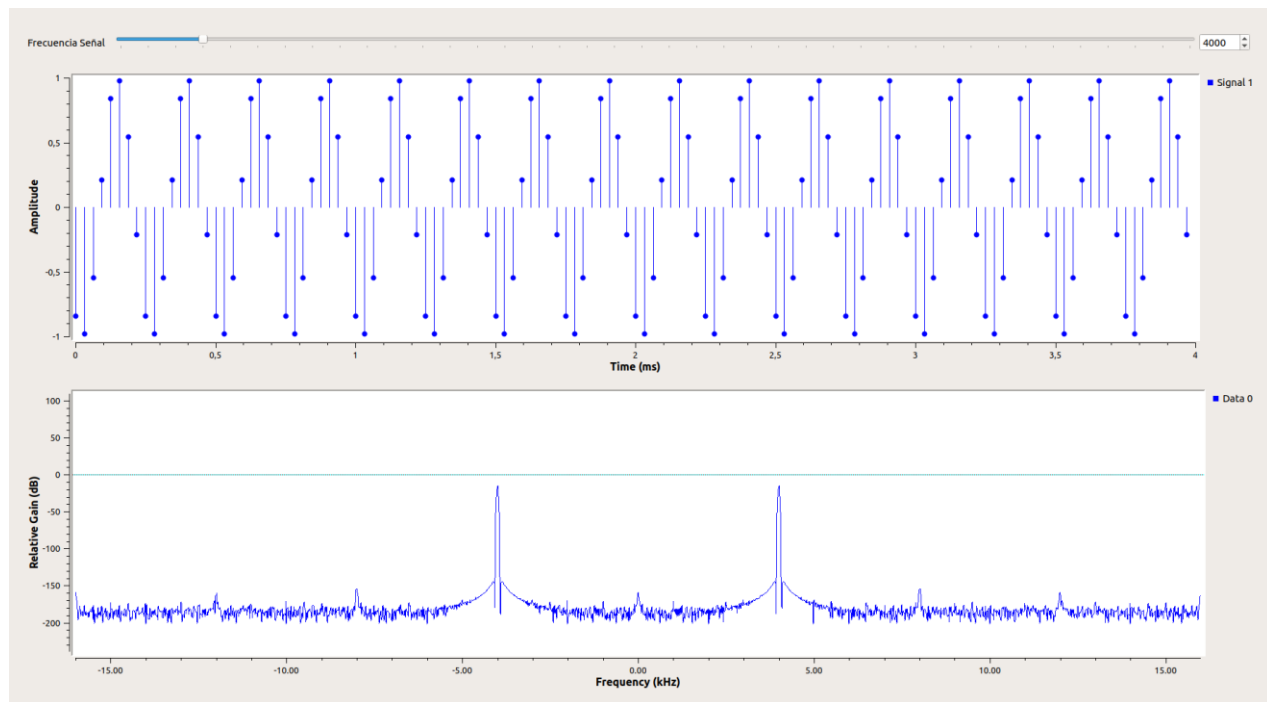


Figura 4. Representación de la señal para una frecuencia de 4 kHz.

Se observa como el periodo se reduce, y de igual forma se concluye que la relación entre la frecuencia de muestreo y la frecuencia de la señal nos muestra el número de muestras que vamos a tener de nuestra señal en un solo período.

DESARROLLO DEL OBJETIVO 2. PRESENTE A CONTINUACIÓN LOS RESULTADOS DEL OBJETIVO 2.

Interpolation and decimation = 4

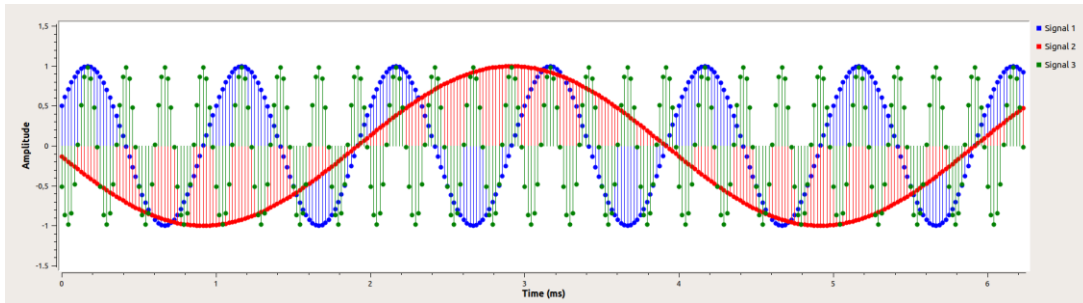


Figura 5. Gráfica de señales en el tiempo. Donde signal 1 de color azul es la señal normal, signal 2 de color rojo la señal interpolada con parámetro 4 y signal 3 de color verde es la señal diezmada con parámetro 4.

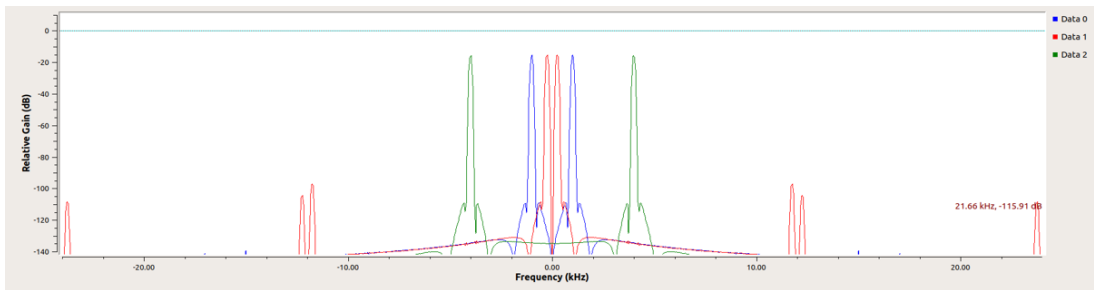


Figura 6. Gráfica del espectro de la figura 5. Donde Data 0 de color azul es el espectro de la señal 1, Data 1 de color rojo es el espectro de la señal 2 y Data 2 de color verde es el espectro de la señal 3

Interpolation and decimation = 8

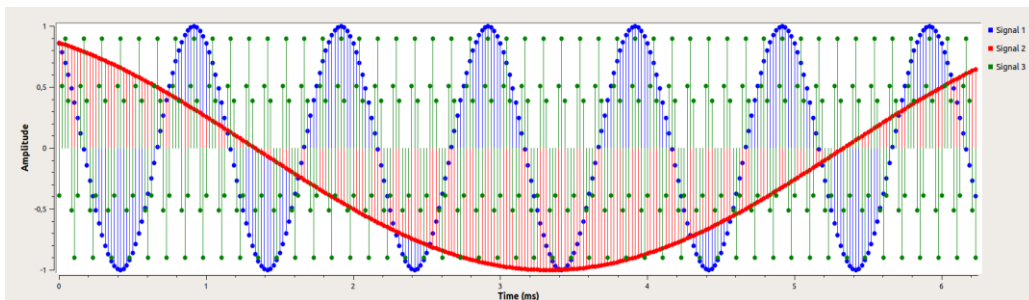


Figura 7. Gráfica de señales en el tiempo. Donde signal 1 de color azul es la señal normal, signal 2 de color rojo la señal interpolada con parámetro 8 y signal 3 de color verde es la señal diezmada con parámetro 8.

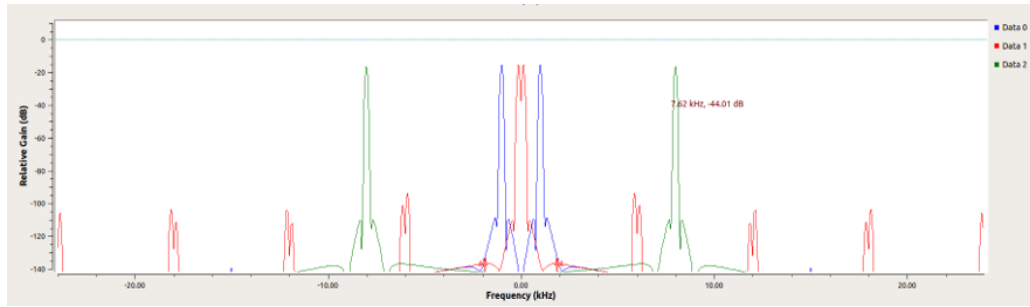


Figura 8. Gráfica del espectro de la figura 7. Donde Data 0 de color azul es el espectro de la señal 1, Data 1 de color rojo es el espectro de la señal 2 y Data 2 de color verde es el espectro de la señal 3.

Interpolation and decimation = 16

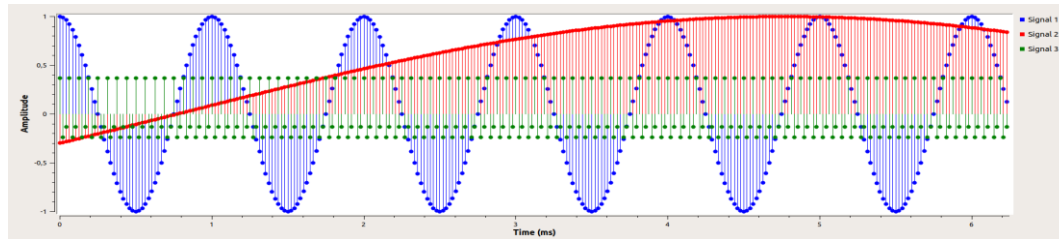


Figura 9. Gráfica de señales en el tiempo. Donde signal 1 de color azul es la señal normal, signal 2 de color rojo la señal interpolada con parámetro 16 y signal 3 de color verde es la señal diezmada con parámetro 16.

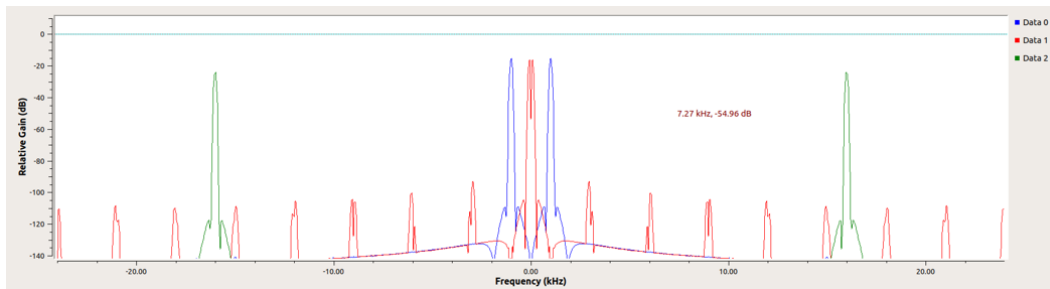


Figura 10. Gráfica del espectro de la figura 9. Donde Data 0 de color azul es el espectro de la señal 1, Data 1 de color rojo es el espectro de la señal 2 y Data 2 de color verde es el espectro de la señal 3.

Al realizar el proceso de interpolación, aumentamos el número de muestras de la señal, por lo tanto, tendremos más puntos en la gráfica, lo cual hace que se disminuya el intervalo. De esta manera, al aumentar la frecuencia de muestreo se afecta directamente el incremento de las muestras.

Para el proceso de diezmado, tendremos una reducción en la frecuencia de muestreo. Este procedimiento, se desarrolla a partir de la reducción del número de muestras, lo que conlleva a la presencia de problemas de Aliasing ya que la señal original tiene, potencialmente, un ancho de banda del mismo orden de la reducción de la frecuencia de muestreo. Si la señal a muestrear tiene componentes de frecuencia más grandes que la nueva frecuencia, se introducirá ruido de Aliasing en los datos muestreados, el cual puede ser visualizado en las gráficas 6, 8 y 10.

DESARROLLO DEL OBJETIVO 3. PRESENTE A CONTINUACIÓN LOS RESULTADOS DEL OBJETIVO 3.

Las frecuencias resultantes con nuestro códigos son $f_A = 12\text{kHz}$, $f_B = 27\text{kHz}$ y $f_C = 12\text{kHz}$. Para realizar la multiplicación de las señales se hace uso de la propiedad trigonométrica $\cos(A) * \cos(B) * \cos(C) = \frac{1}{2} [\cos(A - B - C) + \cos(A + B + C)]$ obteniendo como señal final $y(t) = \frac{1}{2} [-\cos(2\pi * 27000 * t) + \cos(2\pi * 51000 * t)]$. Aplicando el teorema de Nyquist se procederá a muestrear con el doble de la frecuencia máxima (51kHz) como se observa en la Figura 11.

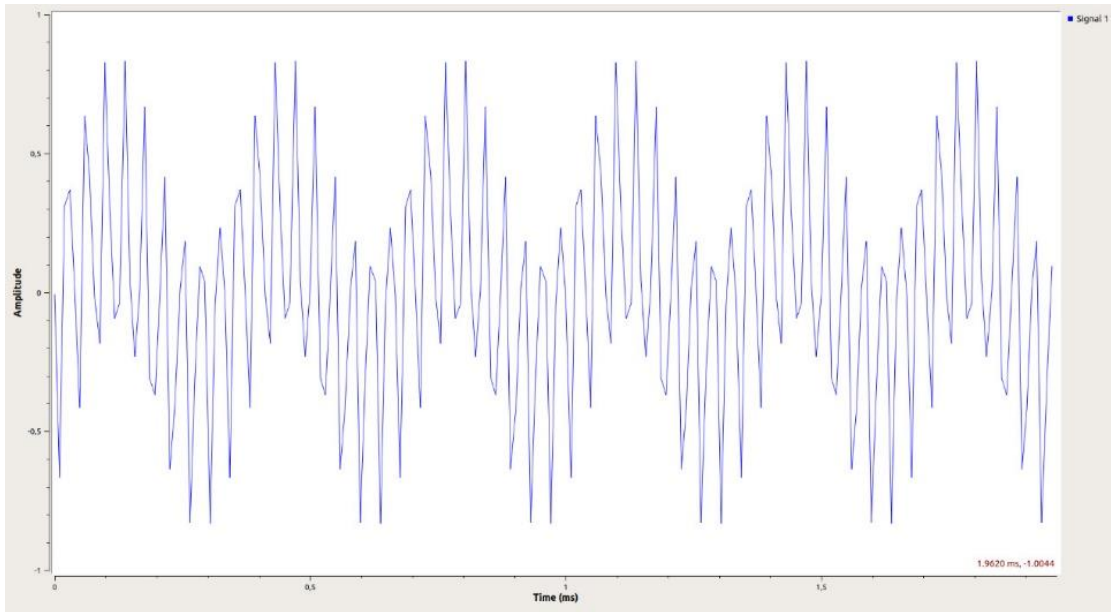


Figura 11. Gráfica de la multiplicación de las tres señales muestreadas a 102kHz.

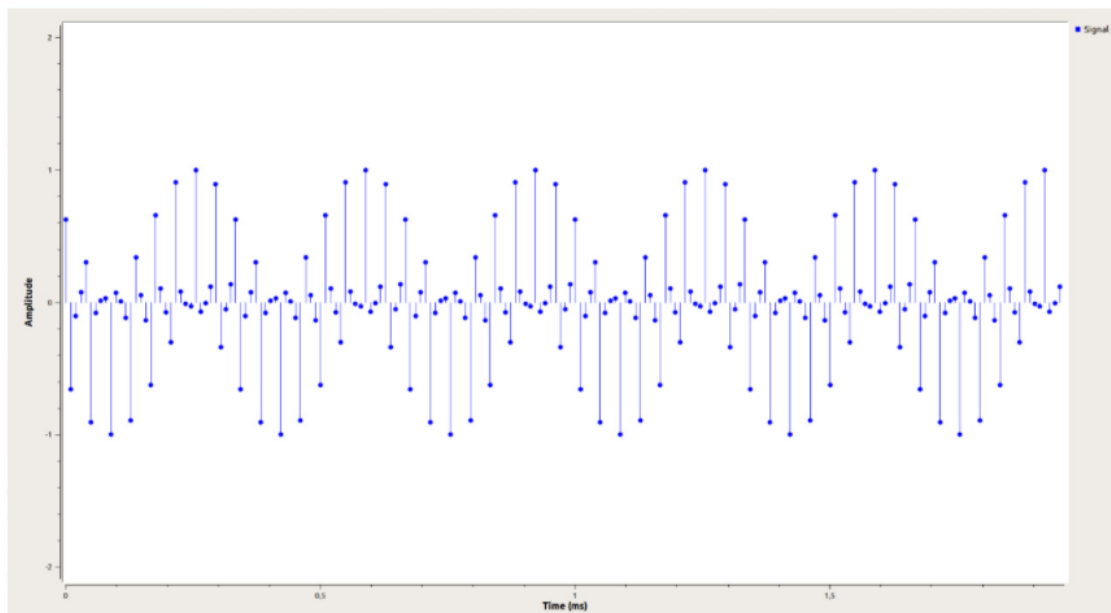


Figura 12. Gráfica de la multiplicación de las tres señales a 102kHz muestreada discretamente