

# **PRÁCTICA 5**

## **Principios de la modulación digital en GNURADIO (2 sesiones de 2 horas)**

**Autores**

Sergio Alejandro Uribe Gómez – 2182803

Juan Camilo Sarmiento Gómez – 2172256

**Grupo de laboratorio:**

D1A

**Subgrupo de clase**

Cinco (5)

## INFORME DE RESULTADOS

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

Inicialmente fue establecida la relación entre frecuencia de muestreo (samp rate) y frecuencia de la señal mensaje cuadrada sea igual a 100, para lograr esto fue dispuesto que las frecuencias fueran de 100 [kHz] y 1 [kHz] respectivamente, de lo anterior, por tanto:

$$f_{\text{ancho de muestras}} = \frac{f_{\text{muestreo}}}{f_{\text{mensaje}}} = \frac{100 \text{ kHz}}{1 \text{ kHz}} = 100$$

Esta relación permite instaurar que el ancho de muestras en un ciclo de trabajo sea igual a 100 muestras.

Luego de haber constituido un ancho de muestras durante un ciclo de trabajo, se propone el flujograma visible en la *Figura 1*; el objetivo de este flujograma para esta práctica es lograr la multiplexación entre tres señales con distinta forma de onda a través de la modulación PAM (Modulación por Amplitud de Pulso) las cuales corresponden a una onda triangular, cuadrada y diente de sierra.

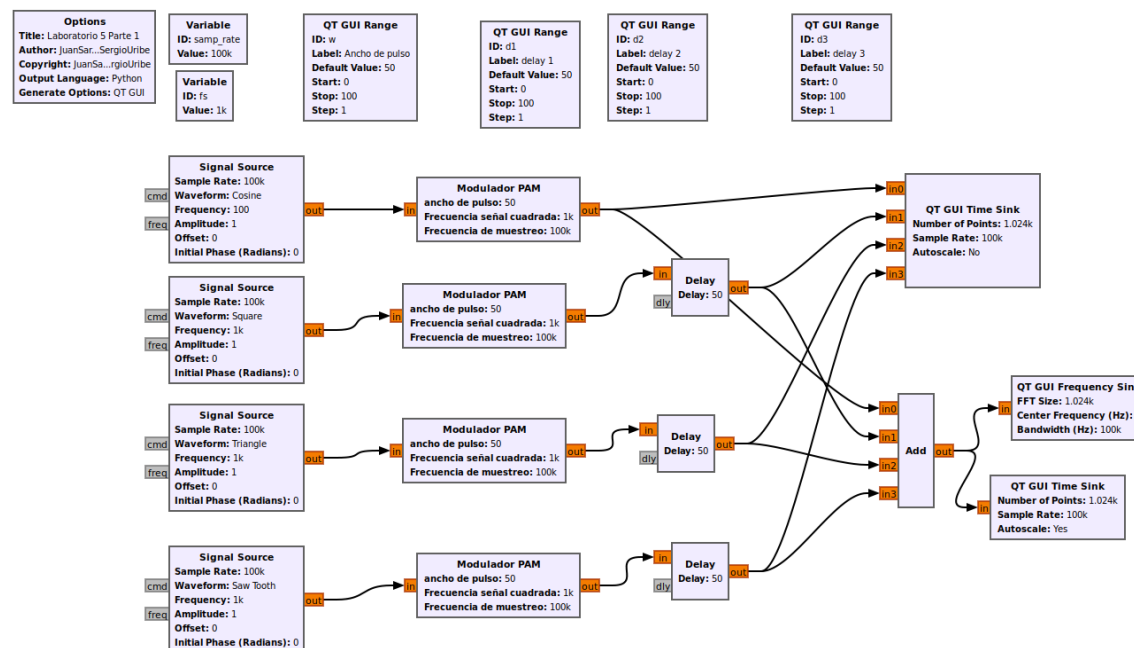
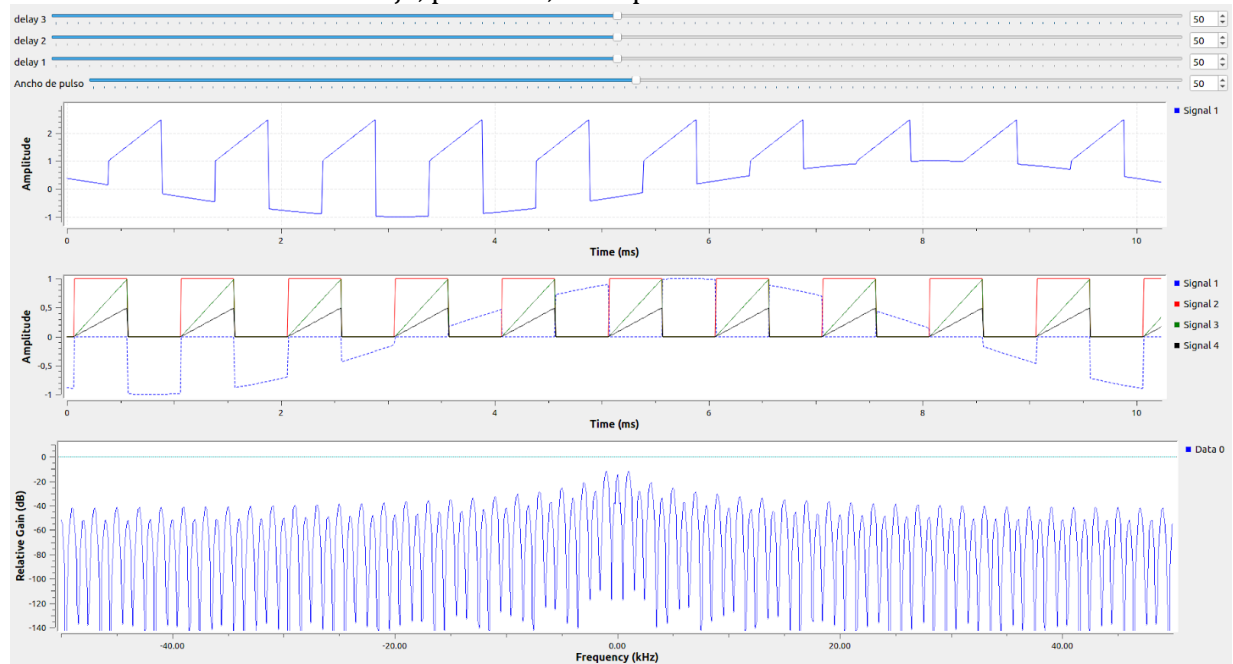


Figura 1. Flujograma en GNURadio para la multiplexación de tres señales: sinusoidal, triangular y diente de sierra a través de modulación PAM.

Realizado el 'montaje', se ejecuta la simulación como se ve en la *Figura 2*. El resultado de la simulación es posible observarla tanto en el dominio de tiempo, y su espectro en frecuencia. Para el caso de la *Figura 2* se da un solapamiento entre las señales que se desean enviar en el mismo ciclo de trabajo, por tanto, no es posible diferenciar una de otras.



**Figura 2. Ejecución del flujograma para la multiplexación de tres señales a través de modulación PAM.**

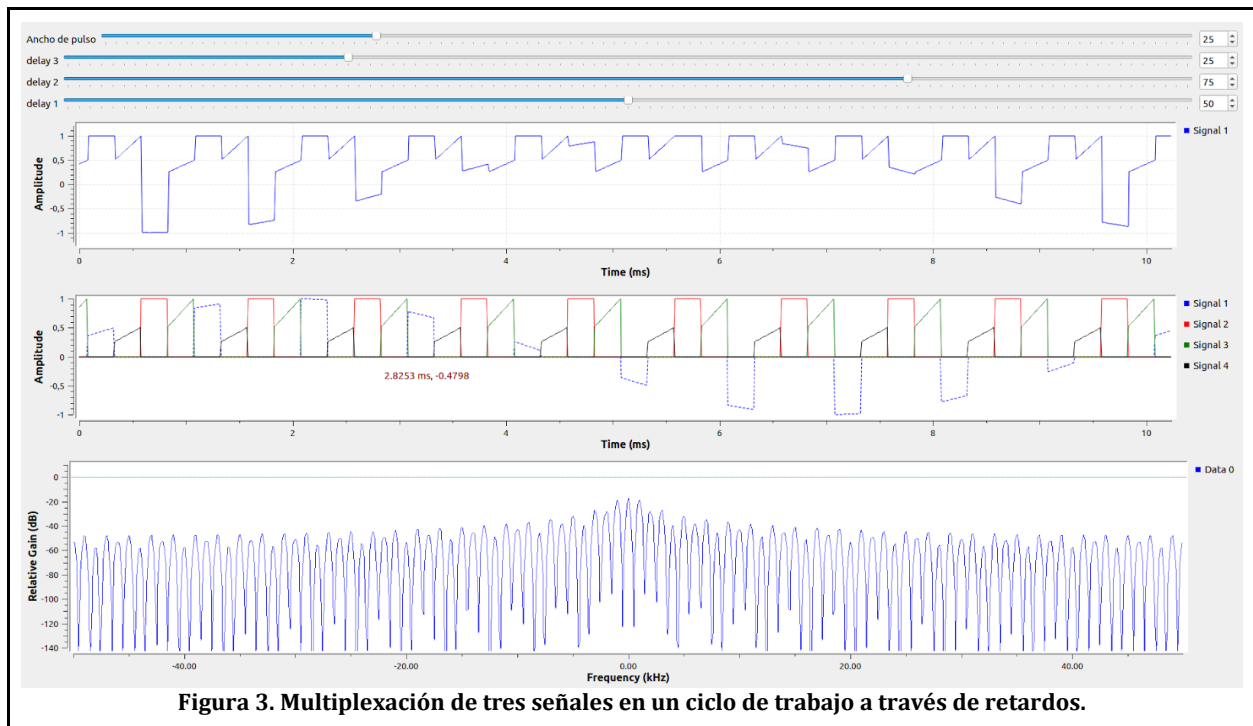
Para lograr que las cuatro señales dispuestas en el flujograma (incluyendo la señal cosenoidal) logren diferenciarse entre sí, es necesario establecer una relación para lograr que las cuatro señales quepan en el ciclo de trabajo de 100 muestras. Lo lógico, en este aspecto, es sencillamente:

$$\frac{f_{\text{ancho de muestras}}}{\text{Número de señales}} = \frac{100}{4} = 25$$

O su equivalente en el tiempo de acuerdo con la frecuencia de la señal mensaje:

$$\frac{T}{4} = 0.25 \text{ ms}$$

Es decir, resulta necesario que cada señal ocupe el 25% del ciclo de trabajo, por tanto, lo óptimo es establecer un ancho de pulso igual a 25, y un retardo de 0.25 ms entre cada señal para ocupar el 100% del ciclo útil. El resultado de realizar esto es posible visualizar en la *Figura 3* donde fueron establecidos retardos de 25, 50 y 75. Al ser aplicado esto es posible diferenciar en un ciclo útil las señales que se deseaban ser multiplexadas.



**Figura 3. Multiplexación de tres señales en un ciclo de trabajo a través de retardos.**

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

En esta sección de la práctica se busca realizar una modulación PWM, para ello, fue realizado el flujograma visible de la *Figura 4*. El principio para esta modulación PWM es utilizar una señal diente de sierra y un comparador, para lograr modular una señal mensaje cosenoidal. La comparación se da entre la señal mensaje (coseno) y la señal de diente de sierra.

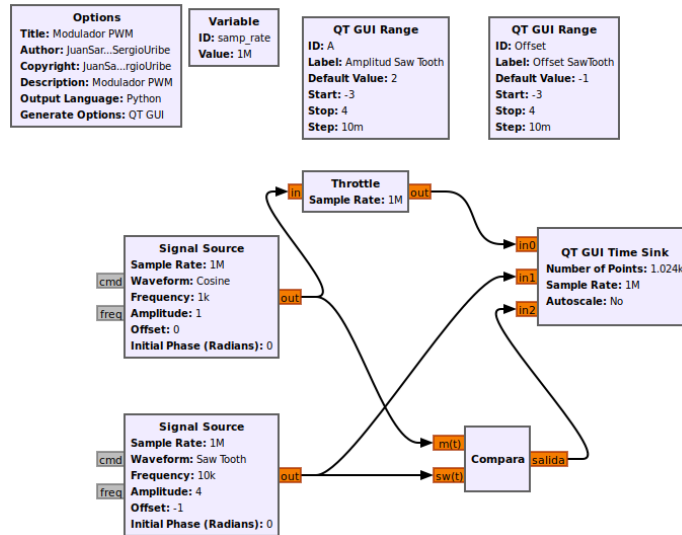


Figura 4. Flujograma para la Modulación PWM

Se busca lograr que la modulación se dé entre el 30% y el 80% del ciclo útil. Para ello es necesario identificar las características principales para la modulación:

- La señal cosenoidal se encuentra oscilando entre 1 [V] y -1 [V].
- La señal diente de sierra cuenta con dos veces la amplitud, es decir, está entre 2 [V] y -2 [V]. Es decir, cuando se dé que la señal sea igual a dos veces la amplitud, se encuentra el 100%.
- Hay un rango de operación del 50% debido a que se opera entre 30% y 80%.

De acuerdo con ello se realizó, inicialmente, la siguiente regla de tres:

$$\begin{aligned} 2A &\text{ es igual a } 100\% \\ X &\text{ es igual al } 50\% \end{aligned}$$

Realizando la regla de tres:

*Cuando **A sea igual a 2** se da el 50%.*

Cabe aclarar que A corresponde a la amplitud de la señal mensaje, es decir, el coseno.

Esto no resultó suficiente para encontrar que se dé el 30% y el 80% en cada lóbulo, por tanto, fue necesario utilizar el offset en la señal diente de sierra para lograrlo. Esto se realizó experimentalmente en el laboratorio, hallándose que el **offset** necesario debía ser **igual a -2.2**. En la Figura 5 es observable el resultado obtenido, mientras que en la Figura 6 y 7 resulta evidente que el 30% (30 muestras) del ciclo útil se encuentra cuando se dan los lóbulos negativos, mientras que el 80% (80 muestras) se da durante los lóbulos positivos. Cabe aclarar que esto es posible gracias a los parámetros que fueron establecidos, más no necesariamente es así. Depende de quién realice el diseño.

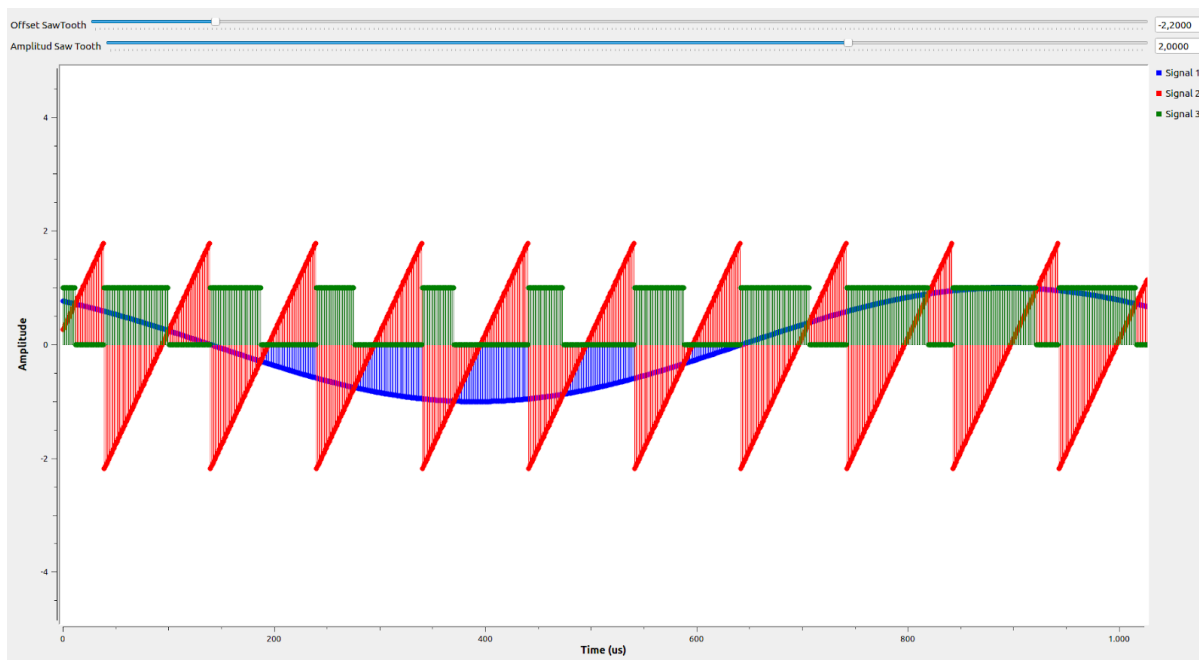


Figura 5. Resultado de modulación PWM a una señal cosenoidal entre el 30% y 80% del ciclo útil.

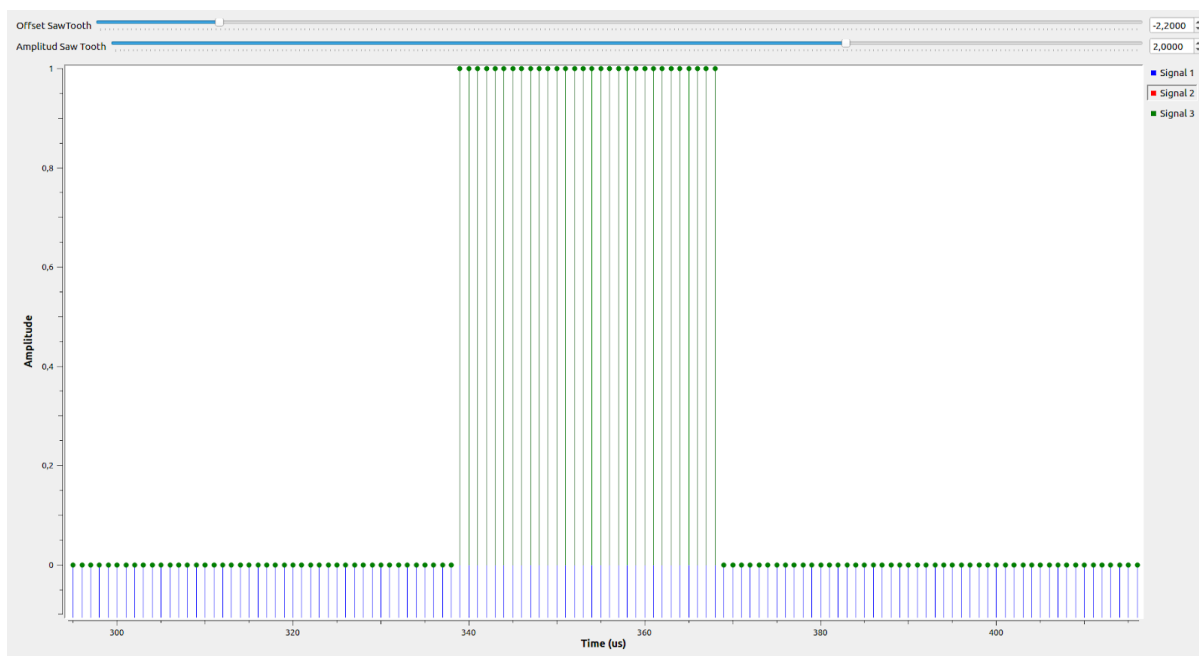
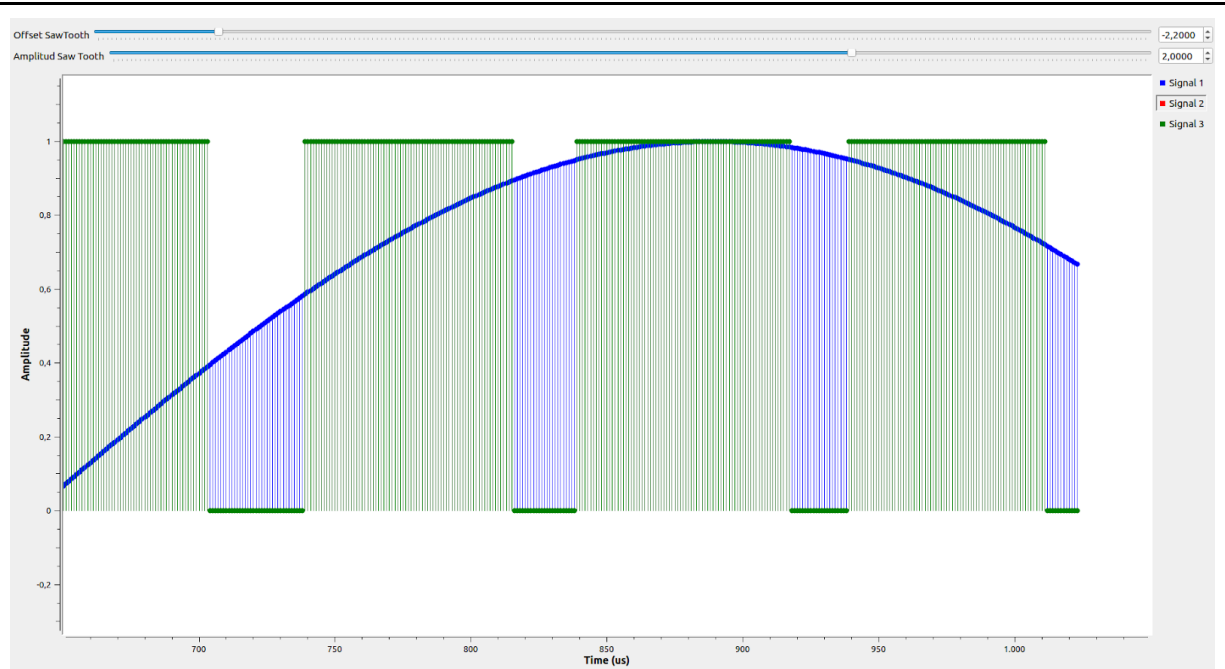


Figura 6. Resultado de modulación PWM: 30% del ciclo útil en el lóbulo negativo.



**Figura 7. Resultado de modulación PWM: 80% del ciclo útil en el lóbulo positivo.**