

# **PRÁCTICA 5**

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

**Autores**

Cristian Alberto Peña Cala

Cristian Alfonso Hernández Prince

**Grupo de laboratorio:**

J1A

**Subgrupo de clase**

02

**EL RETO A RESOLVER:**

El estudiante al finalizar la práctica estará familiarizado con los conceptos básicos para la generación de modulaciones por pulsos (PAM PWM y PPM).

El estudiante deberá construir tres bloques jerárquicos y un bloque comparador de acuerdo con lo que se indique en la guía.

El estudiante debe analizar la modulación PAM por muestreo natural en el dominio del tiempo, así como analizar las formas de onda de las señales en relación con el muestreo y el ancho de pulso. así como en el dominio de la frecuencia

**EL OBJETIVO GENERAL ES:**

Desarrollar habilidades en el manejo de GNURadio y resaltar la importancia de la creación de bloques jerárquicos para construir los sistemas de comunicaciones convencionales a partir de la generación de modulaciones de pulsos

**ENLACES DE INTERÉS**

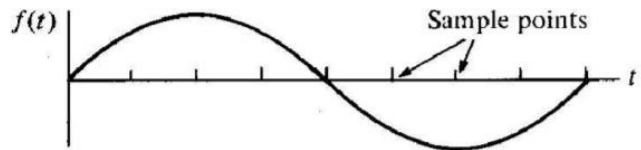
¿Qué es GNURadio y que podemos hacer con este programa? [Clic aquí](#)

Modulación PAM [Clic aquí](#)

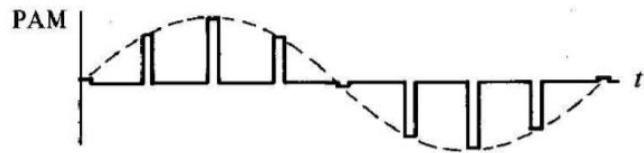
Modulación PWM [Clic aquí](#)

Modulación PPM [Clic aquí](#)

Modulating  
Signal



Pulse-Amplitude  
Modulation (PAM)



Pulse-Width  
Modulation (PWM)



Pulse-Position  
Modulation (PPM)



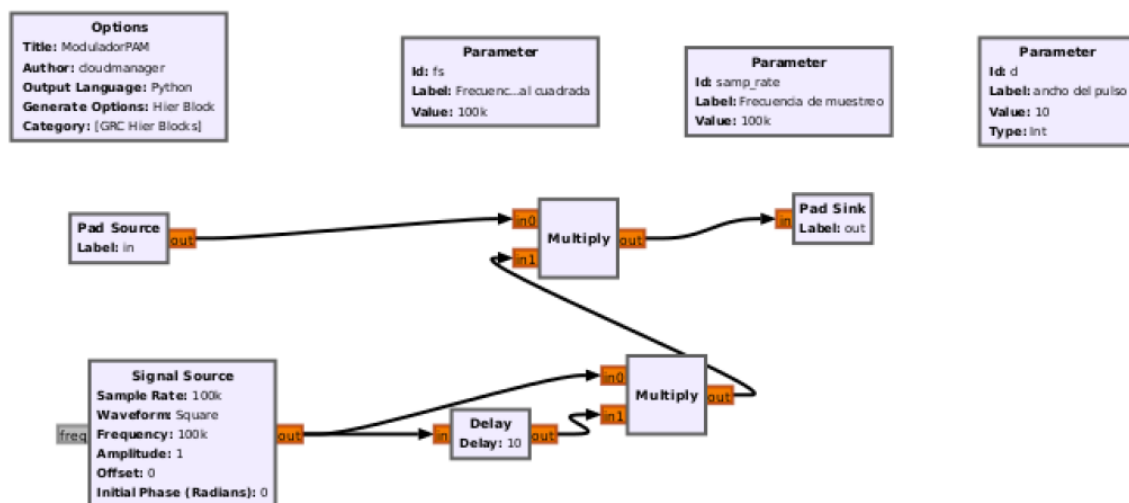
## LABORATORIO

La modulación por pulsos corresponde a una señal moduladora analógica (SM) y una portadora digital (SP), por lo que es usual para transmisión digital de voz y vídeo. En el proceso de modulación se lleva a cabo un muestreo de la señal moduladora y a partir de estas muestras se construyen los distintos tipos de señal modulada. El hecho de pasar de una señal analógica a sus muestras nos puede plantear la cuestión de cuántas muestras hemos de tomar para reproducir exactamente dicha señal a partir de sus muestras, o para poder trabajar con estas muestras de la señal, con la seguridad de que representan fielmente la señal analógica original. Es evidente que el número de muestras a tomar por unidad de tiempo depende de la rapidez con que la señal varía en el tiempo, que a su vez, tiene relación con el ancho de banda de la señal. Es decir, cuanto más rápidamente varíe la señal y por tanto mayor ancho de banda, mayor frecuencia de muestreo hay que emplear para reproducir la señal con fidelidad.

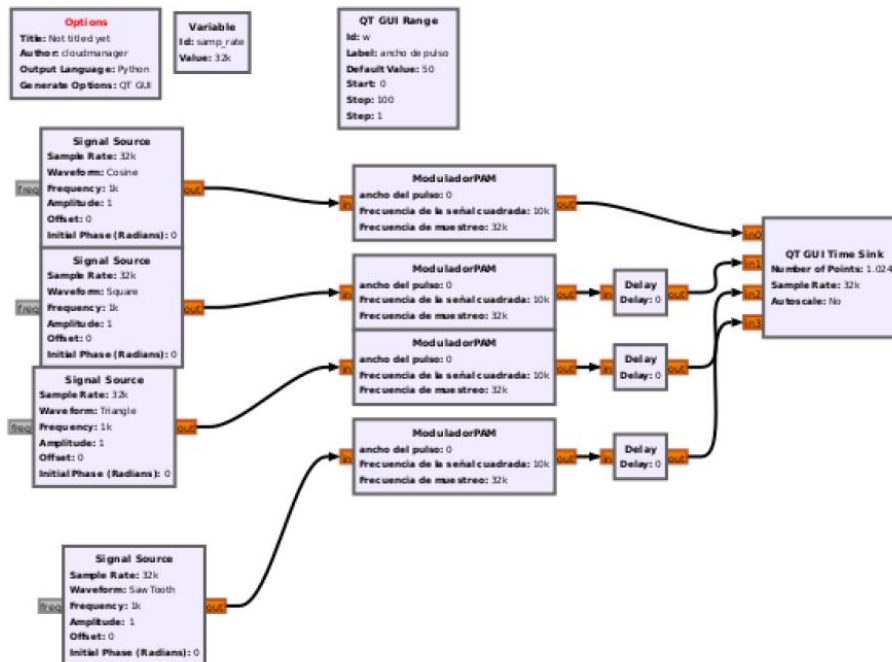
# 1. Modulación de pulsos

## ● Modulación PAM

1.1.1. Considere la creación del siguiente diagrama de bloques para la construcción de un bloque jerárquico:

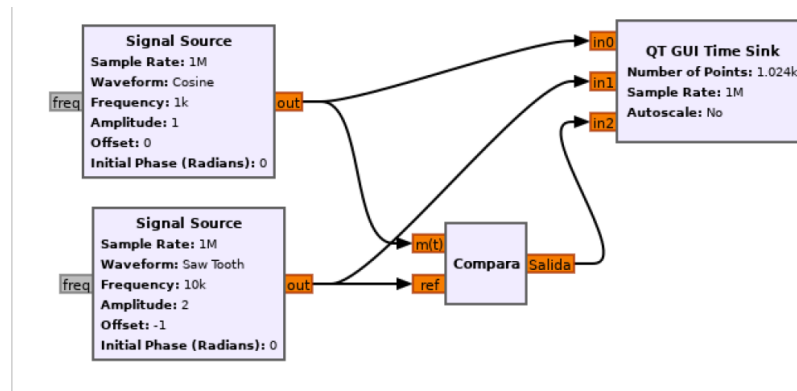


- Considere como entrada tres formas de onda distintas, caracterizarlas en el dominio de tiempo y frecuencia de forma individual. Debe establecer los parámetros de ancho de pulso, ciclo útil y la relación de frecuencia entre los trenes de pulsos y la señal de mensaje. Se recomienda encontrar la relación entre la frecuencia de muestreo y la frecuencia de la señal cuadrada sea 100 ( $\text{samp\_rate}/f_s = 100$ ) de tal forma que cada valor de retardo se asocie a un porcentaje del ciclo útil.
- Cree un flujograma donde multiplexe tres señales moduladas PAM con distintas formas de onda. Use bloques “delay” para establecer la relación de desplazamiento en el tiempo que permita el multiplexado de las señales y su sumador para combinar entre sí las señales.
- Implemente un demodulador PAM en la salida del multiplexor para cada señal. Justifique su diseño



## 2.1. Modulación PWM

- Usando el comparador, implemente un modulador PWM. Este se puede realizar usando como señal de referencia una señal tipo diente de sierra de amplitud y offset variable para ajustar los parámetros de la modulación. ajuste los parámetros del modulador para generar una señal PWM ciclo útil que oscile entre el 25 y 85 %.



## INFORME DE RESULTADOS

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

Para la modulación PAM podemos observar que es una modulación de amplitud en la cual la portadora es una señal digital, en este caso es representado con una señal cuadrada a determinada frecuencia, nuestro modulador PAM consiste en tener nuestra señal fuente cuadrada y a esta se le multiplica por la señal moduladora que en nuestro caso puede ser el mensaje.

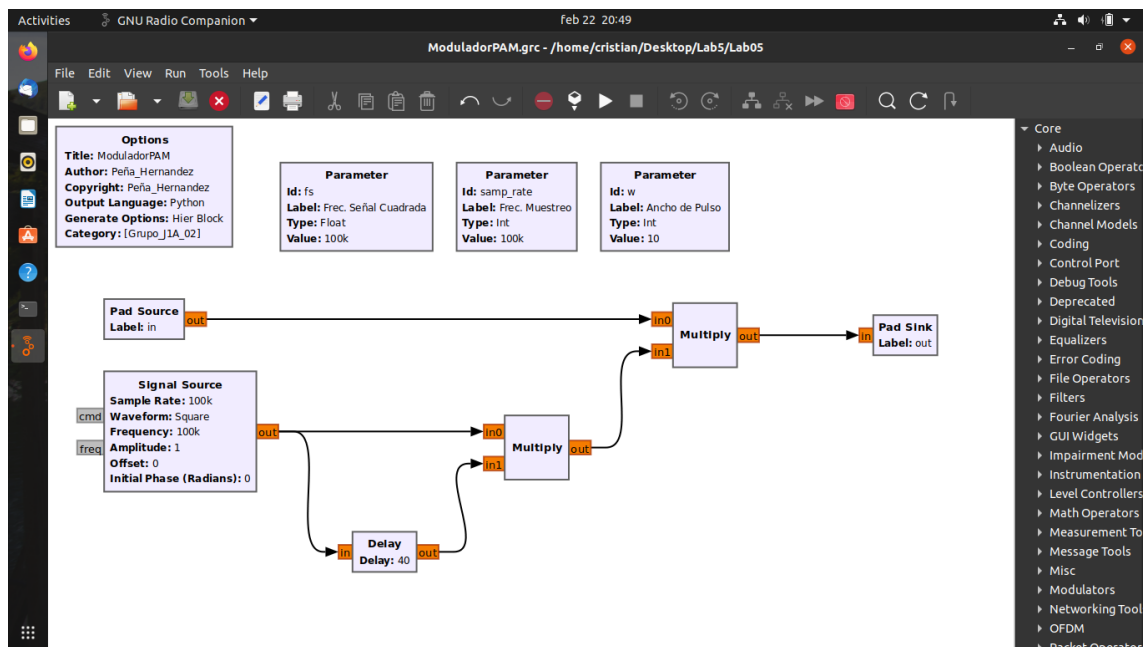


Ilustración 1 Creación del modulador PAM

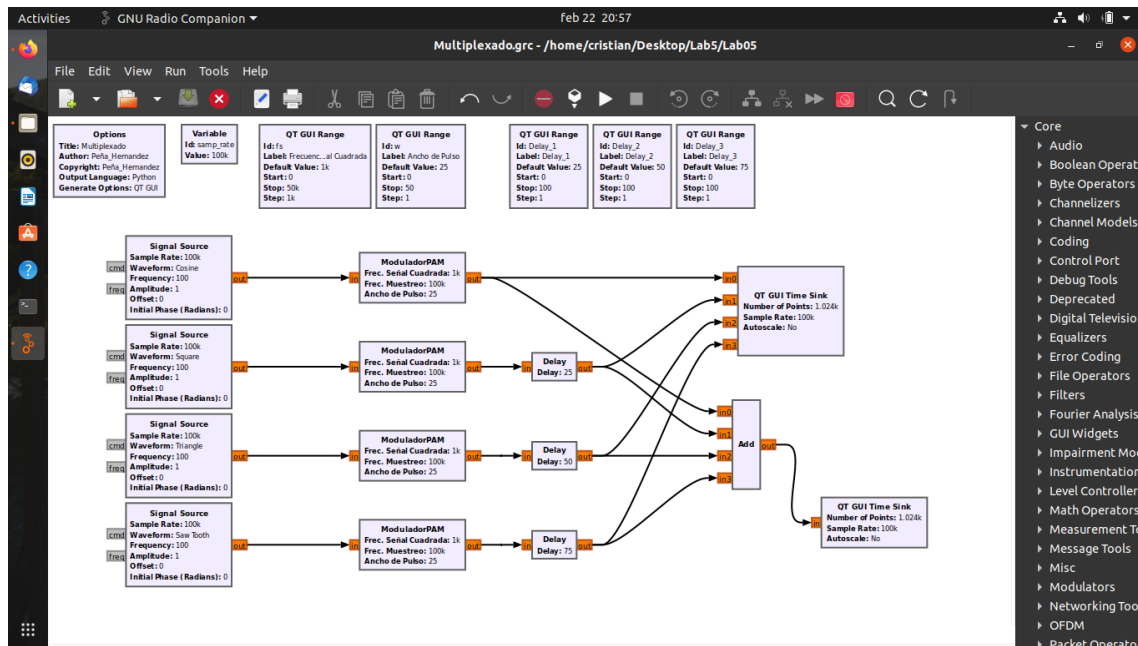


Ilustración 2 Flujoograma para multiplexar 4 señales

Se corrobora la relación  $\text{samprate}/\text{frec.cuadrada} = 100 = 100\text{k}/1\text{K}$ , para la definición del delay entre señales, se revisa el ancho de pulso designado por el primer componente sinusoidal, dado que son 4 señales, el salto será de cada 25 unidades hasta abarcar el 100% del ciclo, de esta forma las señales no se solapan y obtendremos las curvas intercaladas mostradas en la Ilustración 4

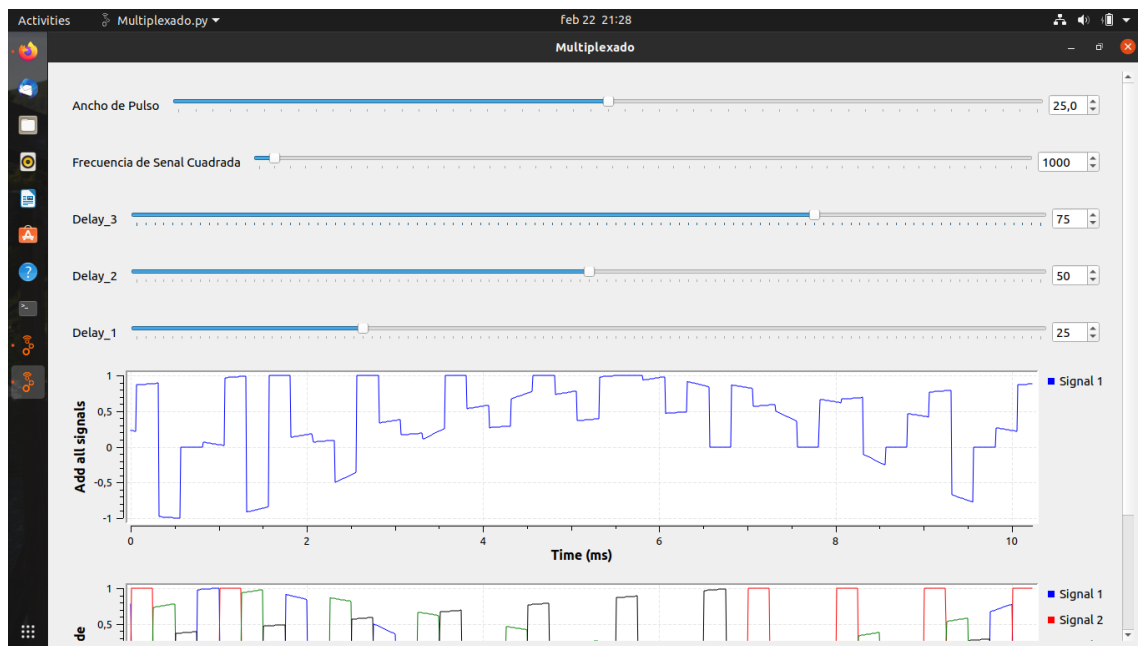


Ilustración 3 Configuraciones para ancho de pulso, frecuencia de señal cuadrada y delay entre señales de entrada



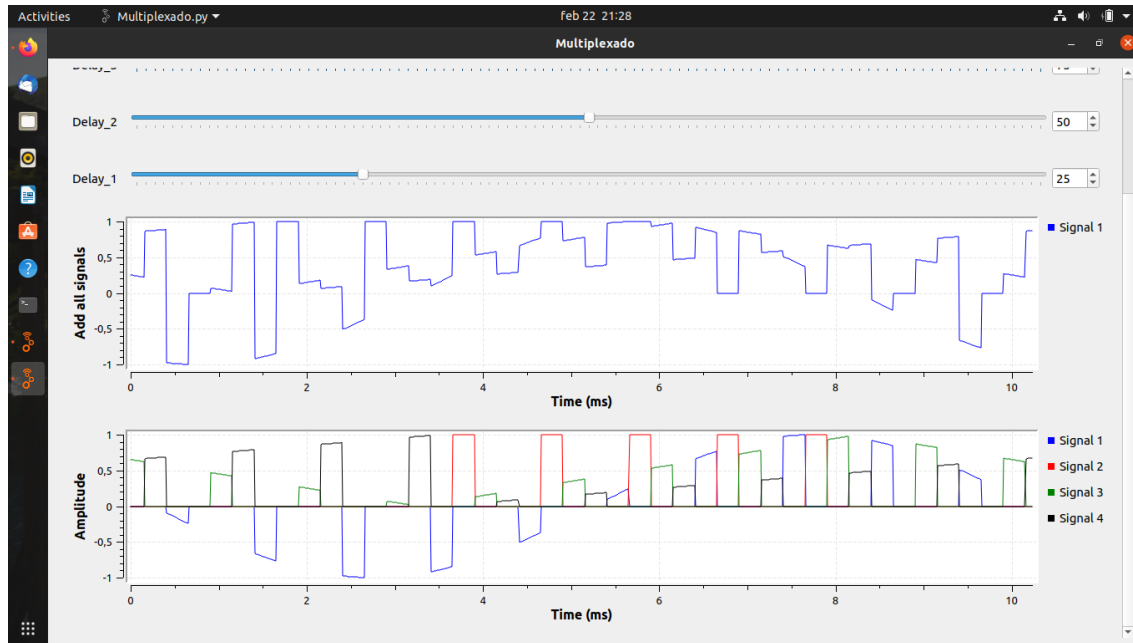


Ilustración 4 Muestreo de señales y suma

Se observa como la amplitud de los pulsos varía con respecto a la señal mensaje, analizándola detenidamente para el segundo esquema de la ilustración 4, se puede llegar a observar el patrón de una onda senoidal modelada por medio de pulsos con amplitud variada.

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

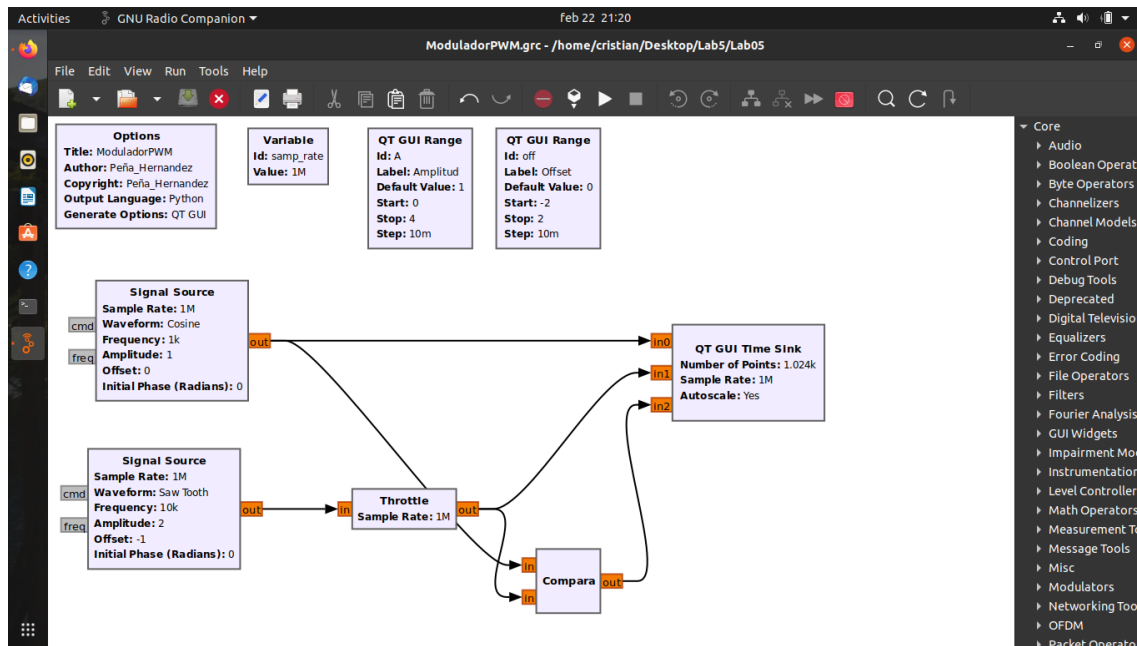


Ilustración 5 Esquema modulador PWM

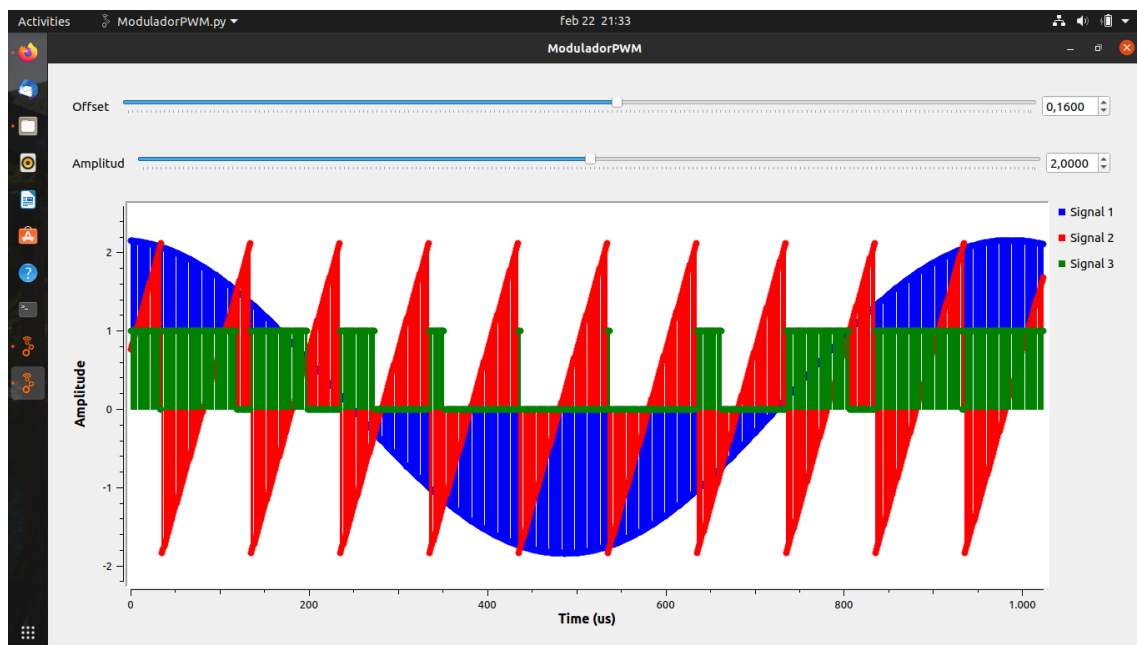


Ilustración 6 Modulación PWM1

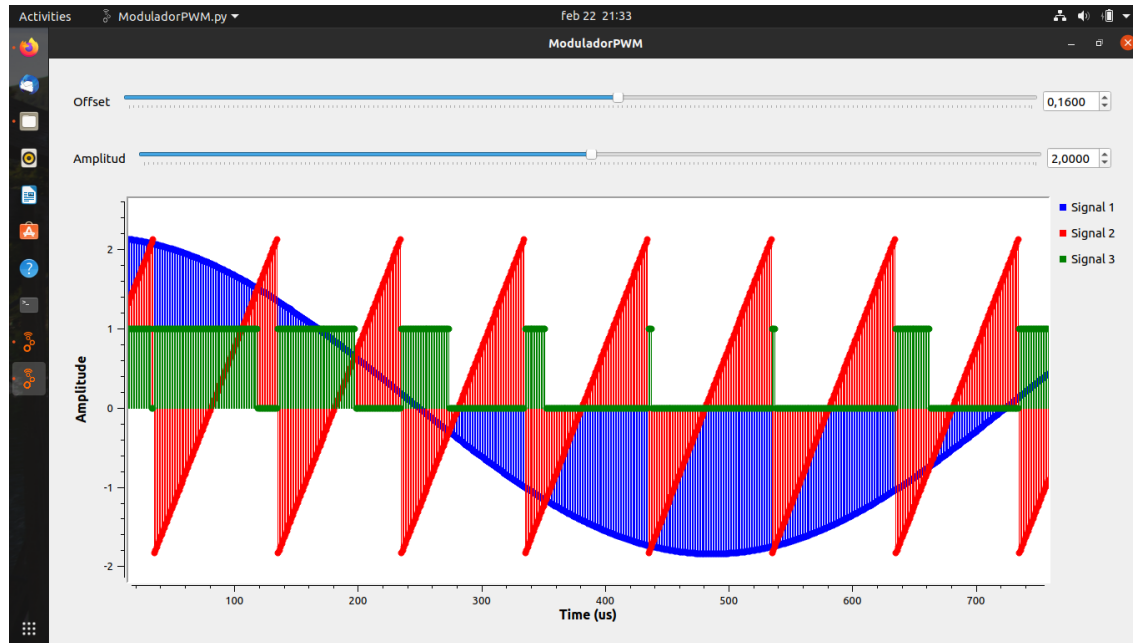


Ilustración 7 Modulación PWM2

En la ilustración 6 y 7 se observa una variación del ciclo útil de la señal cuadrada, la modulación PWM es modulación por ancho de pulso, lo que se traduce a variar el ciclo útil de nuestra portadora (señal verde) con respecto a la señal moduladora o mensaje (señal azul), cuando tenemos una amplitud cercana al máximo nuestro ciclo útil aumenta llegando a valores por encima del 80%, a medida que la amplitud de nuestro mensaje disminuye, nuestra portadora disminuye su ciclo útil, esto se puede evidenciar tanto en la ilustración 6 como en la ilustración 7, donde nuestro porcentaje de ciclo útil es mínimo para cuando la amplitud de nuestra senoidal es mínima, (se tiene un ciclo útil variante entre el 25 y el 85%).