

## Procesamiento de señales

### TP1.

#### 1) Sistemas LTI.

##### 1. Demuestre si los siguientes son LTI.

Considerando desplazamiento en el tiempo:

$$t \rightarrow t - t_0$$

**a.  $y(t) = x(t) * \cos(t)$**

Reemplazando:

Salida:	$y(t)$	$\rightarrow$	$y(t - t_0)$	$\rightarrow$	Sistema $\rightarrow$	$= x(t - t_0) * \cos(t - t_0)$
---------	--------	---------------	--------------	---------------	-----------------------	--------------------------------

Entrada:	$x(t)$	$\rightarrow$	$x(t - t_0)$	$\rightarrow$	Sistema $\rightarrow$	$= x(t - t_0) * [\cos(t)]$
----------	--------	---------------	--------------	---------------	-----------------------	----------------------------

No es LTI

**b.  $y(t) = \cos(x(t))$**

Salida:	$y(t)$	$\rightarrow$	$y(t - t_0)$	$\rightarrow$	Sistema $\rightarrow$	$= \cos[x(t - t_0)]$
---------	--------	---------------	--------------	---------------	-----------------------	----------------------

Entrada:	$x(t)$	$\rightarrow$	$x(t - t_0)$	$\rightarrow$	Sistema $\rightarrow$	$= \cos[x(t - t_0)]$
----------	--------	---------------	--------------	---------------	-----------------------	----------------------

Es LTI

**c.  $y(t) = e^{x(t)}$**

Salida:	$y(t)$	$\rightarrow$	$y(t - t_0)$	$\rightarrow$	Sistema $\rightarrow$	$= e^{x(t - t_0)}$
---------	--------	---------------	--------------	---------------	-----------------------	--------------------

Entrada:	$x(t)$	$\rightarrow$	$x(t - t_0)$	$\rightarrow$	Sistema $\rightarrow$	$= e^{x(t) - t_0}$
----------	--------	---------------	--------------	---------------	-----------------------	--------------------

No es LTI

**d.  $y(t) = 1 / 2 x(t)$**

Salida:	$y(t)$	$\rightarrow$	$y(t - t_0)$	$\rightarrow$	Sistema $\rightarrow$	$= 1 / 2 x(t - t_0)$
---------	--------	---------------	--------------	---------------	-----------------------	----------------------

Entrada:	$x(t)$	$\rightarrow$	$x(t - t_0)$	$\rightarrow$	Sistema $\rightarrow$	$= 1 / 2 x(t - t_0)$
----------	--------	---------------	--------------	---------------	-----------------------	----------------------

Es LTI

## 2) Ruido de cuantización.

1. Calcule la relación señal a ruido de cuantización teórica máxima de un sistema con un ADC de:

Aplicando  $SNR = 1,76 + 6,02 * N$ , donde 'N' es la resolución en bits, se tiene:

- **24 bits:**  $24 * 6,02 + 1,76 = 146,24 \text{ dB}$
- **16 bits:**  $16 * 6,02 + 1,76 = 98,08 \text{ dB}$
- **10 bits:**  $10 * 6,02 + 1,76 = 61,96 \text{ dB}$
- **8 bits:**  $8 * 6,02 + 1,76 = 49,92 \text{ dB}$
- **2 bits:**  $2 * 6,02 + 1,76 = 13,8 \text{ dB}$

2. Dado un sistema con un ADC de 10 bits, ¿qué técnica le permitiría aumentar la SNR? ¿En que consiste?

La técnica que permitiría aumentar la SNR de un ADC de 10 bits es el oversampling (sobre muestreo).

La técnica consiste en disminuir la densidad espectral del ruido mediante un incremento en la frecuencia de muestreo. De esta manera, en el caso planteado se tiene que al realizarse un oversampling x 4 se puede lograr un incremento de 6 dB en un ADC de 10 bits, logrando aproximadamente un SNR de 68 dB.

## 3) Filtro anti alias y reconstrucción.

Dado que el trabajo que se realizará consiste en un detector de golpes mediante el análisis de señales de audio, se considera adecuado utilizar un filtro analógico anti alias previo al digitalizador (ADC) que efectúe el filtrado de señales en frecuencias inferiores a los 20 KHz.

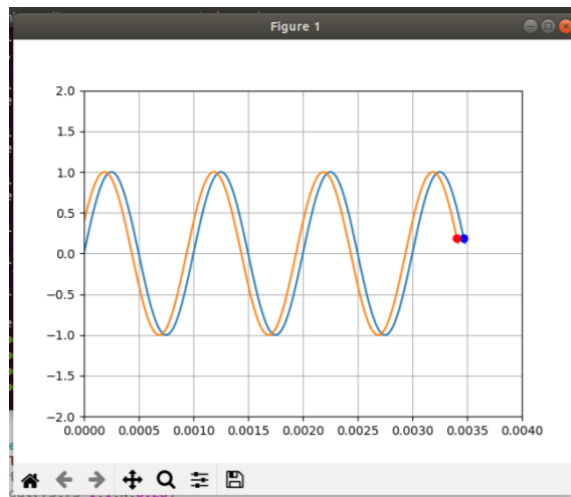
Se seleccionó dicha frecuencia porque es la frecuencia máxima del sonido audible.

## 4) Generación y simulación.

1. Genere un módulo o paquete con al menos las siguientes funciones:

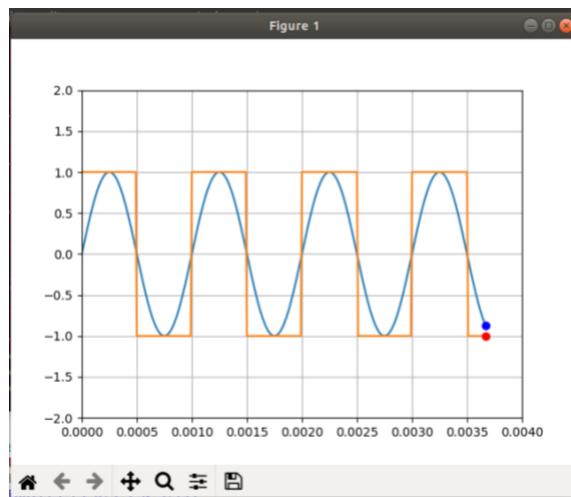
Testeo del módulo con  $N=1000$ , Amplitud  $\{-1,1\}$  y  $f_s = 1000$  (Para la prueba se compara la señal senoidal con las demás funcionalidades).

- Senoidal:



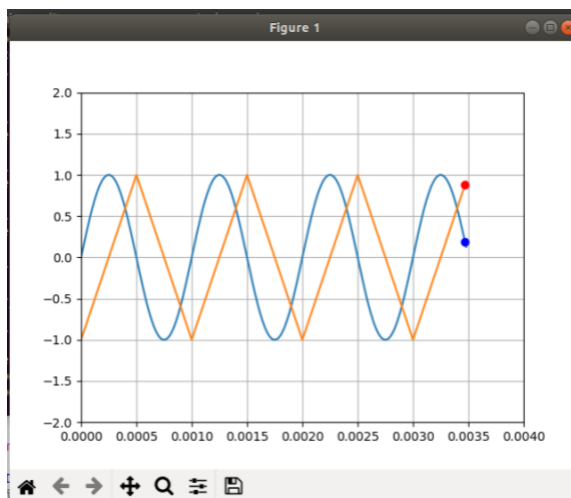
Senoidales con desplazamiento de fase

- Cuadrada:



Senoidales y señal cuadrada

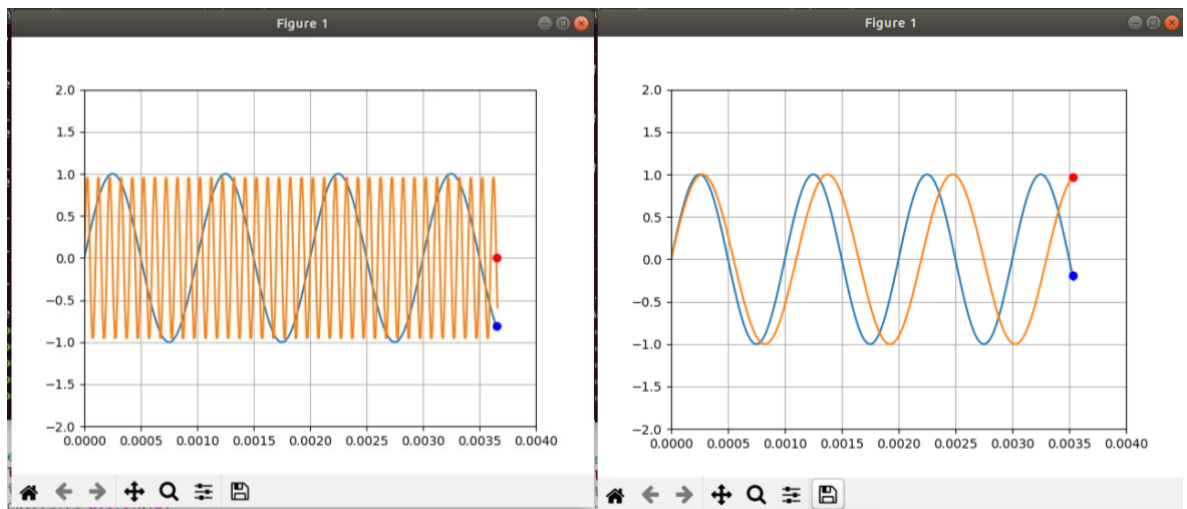
- Triangular:



Senoidales y señal triangular.

## 2. Realice los siguientes experimentos

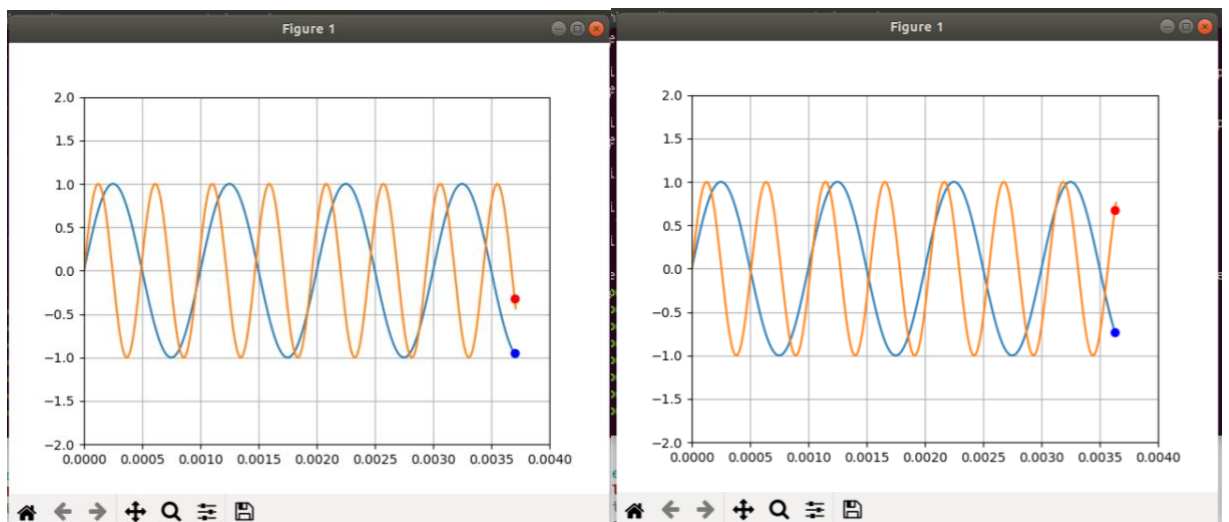
2.1.  $f_0 = 0.1 \cdot f_s$  y  $1.1 \cdot f_s$  ¿Como podría diferenciar las senoidales?



Izquierda: Azul  $f_s$ , Naranja  $f_0 = 0.1 \cdot f_s$  - Derecha: Azul  $f_s$ , Naranja  $f_0 = 1.1 \cdot f_s$ .

Las senoides podrían diferenciarse seleccionando una velocidad de muestreo adecuada a la frecuencia de cada una.

2.2.  $f_0 = 0.49 \cdot f_s$  y  $0.51 \cdot f_s$  ¿Como es la frecuencia y la fase entre ambas?



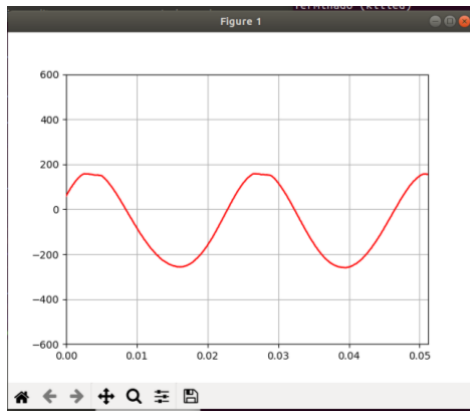
Izquierda: Azul  $f_s$ , Naranja  $f_0 = 0.49 \cdot f_s$  - Derecha: Azul  $f_s$ , Naranja  $f_0 = 0.51 \cdot f_s$ .

Las frecuencias y las fases son diferentes. En ambos casos se aprecia un aumento de la frecuencia y un desplazamiento de la fase.

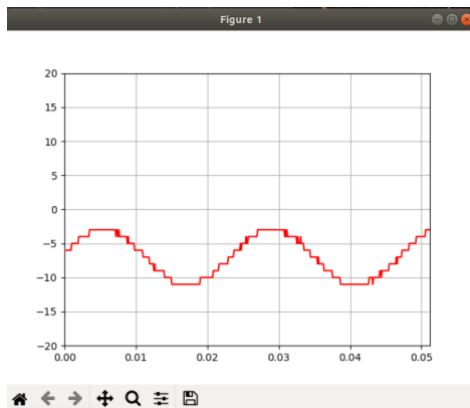
## 5) Adquisición y reconstrucción.

### 1. Señal senoidal.

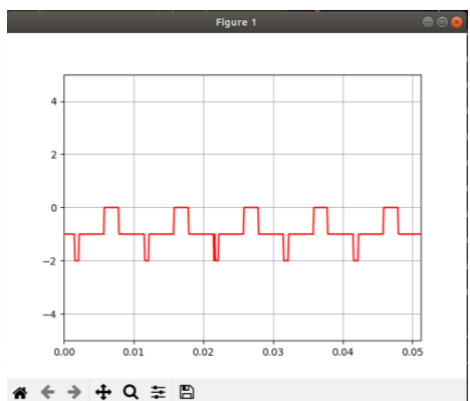
10 b.



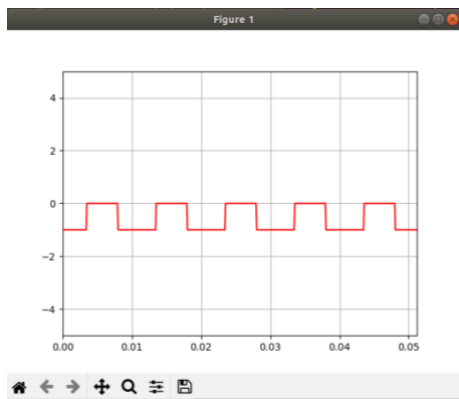
8b



4b

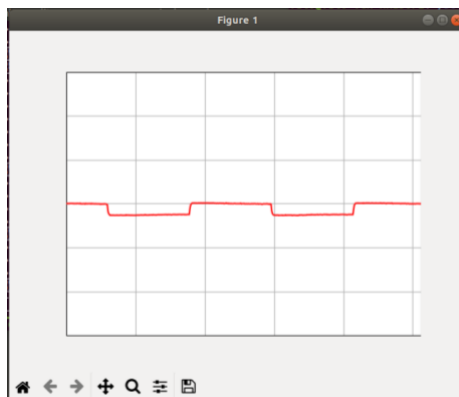


2b

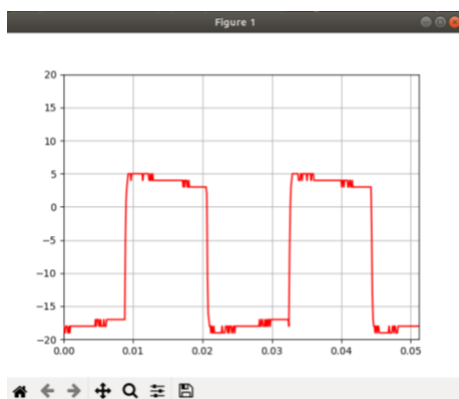


## 2. Señal cuadrada.

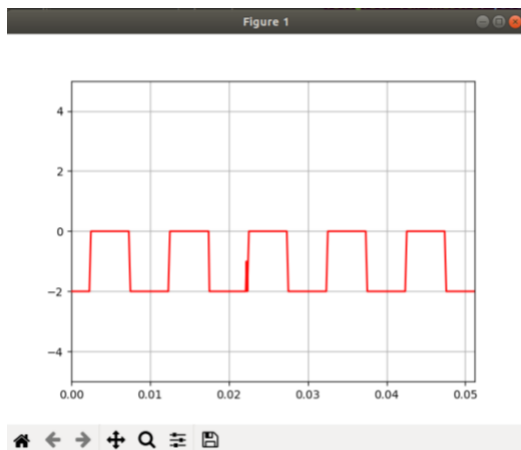
10 b.



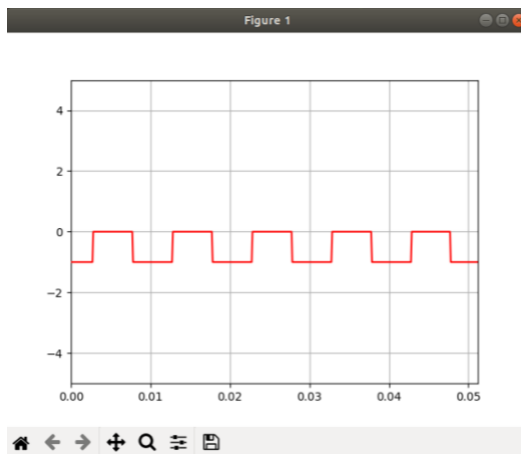
8b



4b

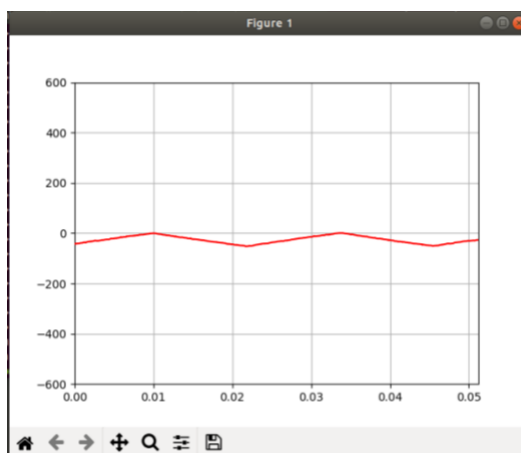


2b

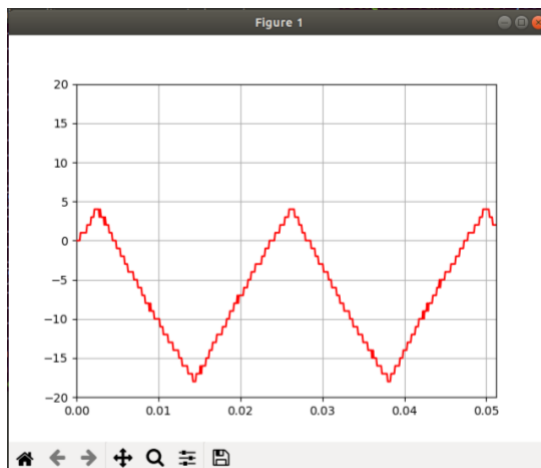


### 3. Señal triangular.

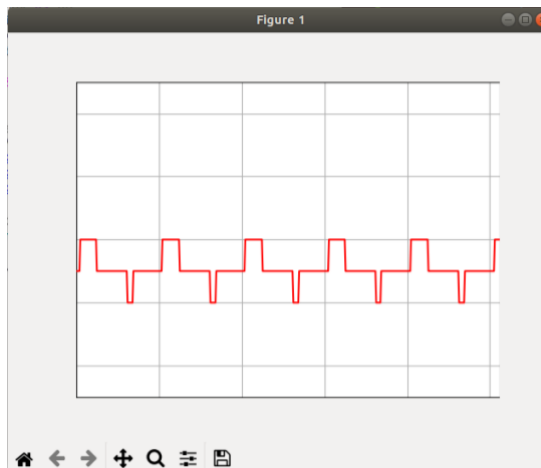
10 b.



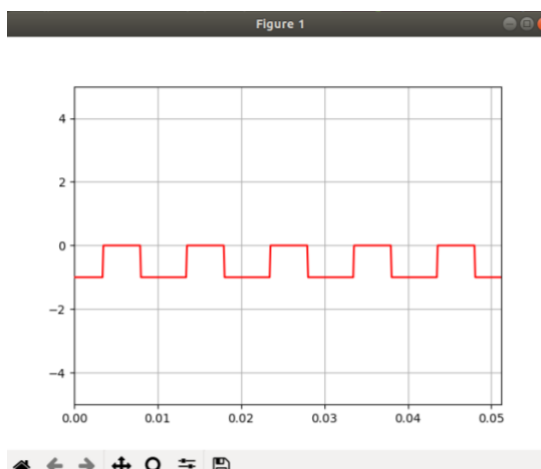
8b



4b



2b





Conclusiones generales: al disminuir la resolución en bits se pierde definición de la señal. Finalmente con 2 bit de resolución, los tres tipos de señales se reconstruyen como una señal cuadrada, sin poder distinguir entre las mismas las diferencias.

## 6) Sistema de números.

1. Explique brevemente algunas de las diferencias entre la representación flotante de simple precisión (32b) y el sistema de punto fijo Qn.m

La principal diferencia radica en que el sistema de representación de punto flotante de 32 bits los números son representados de manera similar a la notación científica, con una mantisa (A) y un exponente (B) de la siguiente manera  $A * 2^B$ . En el caso del sistema de punto fijo, los números se representan con cantidades fijas de bits antes y después del punto decimal.

El sistema de representación con punto flotante puede representar un rango más amplio de números y con mayor precisión que el sistema de representación con punto fijo. Sin embargo, el sistema de representación de punto fijo permite obtener ventajas relativas al costo de la implementación con sistemas de representación en punto flotante.

2. Escriba los bits de los siguientes números decimales (o el más cercano) en float, Q1.15, Q2.14:

- 0.5:

- Float: 00111111000000000000000000000000
- Q1.15: 0100000000000000
- Q2.14: 0010000000000000

- -0.5:

- Float: 10111111000000000000000000000000
- Q1.15: 1100000000000000
- Q2.14: 1110000000000000

- -1.25:
  - Float: 10111111101000000000000000000000
  - Q1.15: 10100000000000000
  - Q2.14: 10010000000000000
  
- 0.001:
  - Float: 00111010100000110001001001101111
  - Q1.15: 0000000000100001
  - Q1.14: 0000000000010000
  
- -2.001:
  - Float: 11000000000000000001000001100010
  - Q1.15: 1000000000100001
  - Q2.14: 0100000000010000
  
- 204000000:
  - Float: 01001101010000101000110010110000
  - Q1.15: 00000000000000000
  - Q2.14: 00000000000000000