



Trabajo Práctico 1: Muestreo de señales - Fourier

Presentación: El TP se debe presentar en formato pdf, donde figuren todas las señales requeridas o archivos fuente de cada función implementada. Los gráficos deben estar adecuadamente documentados con títulos, etiquetas en todos los ejes y referencias a cada señal visualizada. Preferentemente todo empaquetado en un ZIP.

Plazo: 2 semanas

Ejercicios:

1- Realizar las funciones necesarias para generar las siguientes señales:

- Senoidal. (parámetros: fase (radianes))
- Cuadrada. (parámetros: ciclo de actividad (%))
- Triangular. (parámetros: punto de simetría (%))

Nota: Los parámetros comunes a todas serán:

- frecuencia de muestreo (Hz),
- frecuencia de la onda (Hz),
- amplitud (# samples)
- cantidad de muestras N.

Es decir que se podría invocar la señal que genere la senoidal como:

```
signal = sinusoidal_func_name( 1000, 100, 1, 1000, pi/2);
```

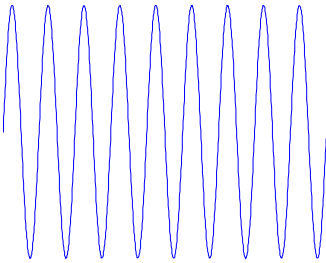
Siendo una senoidal muestreada a 1000 Hz, de 100 Hz, amplitud unitaria, de 1000 muestras y con una fase de $\pi/2$ radianes.

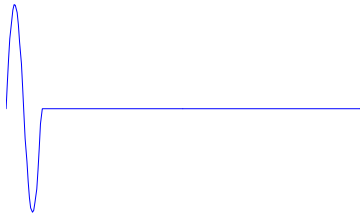
- Genere señales de ejemplo para corroborar el correcto funcionamiento de las funciones,
 - puede señales que estén comprendidas en el rango de 0.1 fs hasta 1.1 fs de distintas amplitudes y fases. Al menos 4 señales de cada tipo. Compruebe los efectos del aliasing al aproximar y/o sobrepasar $f_s/2$. Grafique las señales y discuta los resultados respecto a:
 - Frecuencia esperada – frecuencia obtenida
 - Fase
- 2- Implemente un algoritmo que calcule la transformada discreta de Fourier (DFT).
- 3- Discutir si las señales del punto 1 son acotadas en banda ($X(f)=0$ si $f>F_s/2$), ¿cómo se podrían limitar en banda en caso que no estén acotadas?



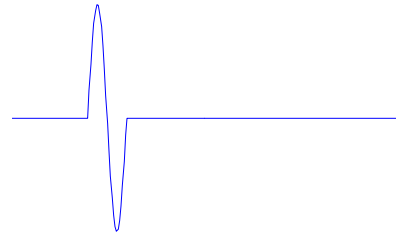
- a. Fundamente su respuesta en base a señales generadas con las funciones de 1 para los casos de estar o no acotadas en banda.
 - b. Calcule y grafique los espectros con la DFT desarrollada en 2, de las señales generadas en 3.a para avalar sus conclusiones.
- 4- a) Verifique el efecto del *leakage* para una senoidal de $f = f_n * \Delta f$ siendo $f_n = \text{round}(N/4)$ y luego para $f_n = f_n + d_i$; siendo $d_i = [0.01, 0.25, 0.5]$.
b) Verifique qué ocurre si a la señal se le agregan ceros para prolongar su duración. Es decir si la señal tiene N muestras, agregue M_j ceros siendo $M_j = [N/10, N, 10*N]$.
c) ¿Ha variado la resolución espectral en los casos de 3.b ? ¿Cuál es el efecto que se produce en cada caso? Esta técnica se conoce como *Zero padding*.
- 5- Compare el tiempo de ejecución de la DFT implementada en con la FFT en función del tamaño de la señal N . Puede utilizar las funciones *tic* y *toc* de Matlab. Grafique el tiempo de ejecución de ambas señales.
- 6- Para cada señal propuesta:
- a. Sin realizar ninguna simulación, responda conceptualmente qué contenido espectral debería obtener tras evaluar su FFT.
 - b. Calcule su espectro en Matlab y discuta su predicción con los resultados obtenidos. Intente explicar dichos resultados.
 - c. Preste especial atención en su discusión a:
 - i. La energía total de la señal
 - ii. La energía del tono en particular
 - iii. La localización del tono en el espectro
 - d. Siga las indicaciones para cada señal.

Las siguientes señales pueden generarse a partir de una senoidal patrón siguiendo las consignas de la derecha.

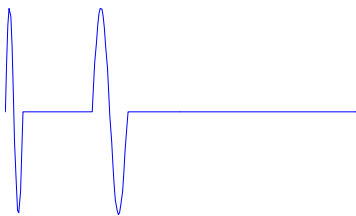
Señal	Consigna o comentario
	Senoidal de amplitud unitaria y frecuencia $9 \Delta f$. Puede escalar la FFT por $2/N$ (N muestras) para poder comparar más fácilmente la señal en ambos dominios.



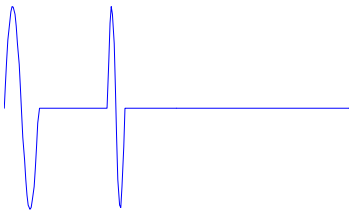
Observe el resultado y compare con el punto anterior. ¿Qué ha cambiado? ¿Cuánto vale la energía de un solo ciclo de senoidal respecto al caso anterior?



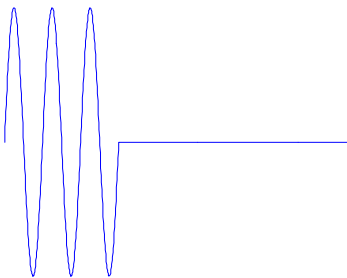
En este caso, ¿Qué ha cambiado respecto al anterior? ¿Cómo se manifiesta en el dominio frecuencial?



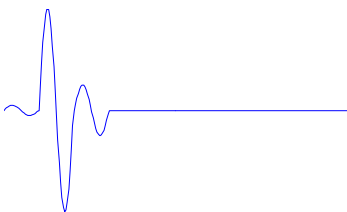
Genere otra senoidal de $f_2 = 8 \Delta f$ frecuencia y arme una señal como se muestra a la izquierda. ¿Puede localizar ambas componentes en dicho espectro?



En este caso, ¿ha cambiado algo respecto al anterior? ¿Mirando el espectro, puede decir cuál ha ocurrido antes?



Arme una señal como la que se muestra a la izquierda, concatenando 3 ciclos de una misma senoidal. ¿Qué energía tiene dicha componente en el espectro? Compare con 1 y 2.



Idem anterior, pero cada ciclo con diferente amplitud. ¿Qué energía tiene dicha componente en el espectro?



Genere esta señal y compare con el caso anterior, observe las diferencias.

En este caso genere un ciclo de un tono, y seguido otro ciclo pero desfasado 180 grados. Compare los resultados con los 2 primeros casos.

Luego de realizar la experimentación y observando los resultados obtenidos discuta si es fiable o no medir en el dominio de Fourier, por medio de la FFT los siguientes aspectos de una señal:

- Energía
- Contenido espectral
- Energía de un determinado ancho de banda o componente espectral
- Localización temporal de un determinado componente espectral.

7- Simule el efecto de cuantizar una señal *continua* en el tiempo mediante un conversor analógico digital. Para ello analice señales determinísticas como las generadas en 1, y otras que varíen de forma más aleatoria, por ejemplo añadiendo ruido mediante *random*. Muestre un ejemplo representativo de cada uno de estos casos.

Puede simular una señal continua mediante una señal muestreada a una f_s muy alta en comparación con las f_s que quiere estudiar, y un tipo de dato *double*. Pruebe de cuantizarlo a muestras de 4, 8 y 16 bits. Describa el ruido de cuantización para cada tamaño de muestra mediante:

- a. La propia señal temporal y su espectro.
- b. Una descripción de la señal, por medio de su energía, valor medio, RMS.
- c. Un histograma de los valores que toma la señal.
- d. Una descripción del histograma, por medio de estadísticos como la media, desvío estándar y varianza.



Referencias:

f_s : frecuencia de muestreo

N : cantidad de muestras

Δf : Resolución espectral.