

# PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES

## GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS N° 1 Análisis en el Dominio Temporal Discreto.

1. Escriba un programa en MatLab para generar las siguientes secuencias y graficarlas utilizando la función *stem*: (a) Impulso discreto de Kronecker  $\delta[n]$ ; (b) escalón unitario  $u[n]$  y (c) rampa unitaria  $n \cdot u[n]$ . Los parámetros de entrada especificados por el usuario deben ser la longitud de datos deseada  $L$  y la frecuencia de muestreo  $f_T$  en Hz. Usando este programa, genere las 100 primeras muestras de cada una de las secuencias mencionadas con una frecuencia de muestreo de 20 KHz.
2. Utilizando las funciones *sawtooth* o *square*, escriba un programa para generar 2 señales periódicas (diente de sierra y cuadrada) y grafíquelas utilizando la función MatLab *stem*. Los datos de entrada a ser especificados por el usuario son la longitud deseada de las secuencias  $L$ , el valor pico  $A$  y la cantidad de períodos  $P$  en la longitud deseada. Para el caso de la onda cuadrada, se puede especificar un parámetro adicional que es el *ciclo de trabajo*, que es el porcentaje del tiempo en el que la señal es positiva. Usando este programa, genere las 100 primeras muestras de ambas secuencias, con una frecuencia de muestreo de 20 kHz, un valor pico de 7, 13 períodos, y para la señal cuadrada, un ciclo de trabajo del 60%.
3. Escriba un algoritmo MatLab que genere una señal senoidal discreta  $x[n] = A \sin(\omega_0 n + \phi)$  y grafique la secuencia con el comando *stem*. Los datos de entrada a ser especificados por el usuario son tiempo inicial y final de la secuencia  $N_i$  y  $N_f$ , la amplitud  $A$ , el ángulo discreto  $\omega_0$  y la fase  $\phi$ , donde  $0 < \omega_0 < \pi$  y  $0 \leq \phi \leq 2\pi$ .

Verifique el funcionamiento de su algoritmo ante las siguientes senoidales discretas:

- $x[n] = 3 \sin\left(\frac{\pi}{17} n\right)$ , con  $0 \leq n \leq 25$
  - $x[n] = 3 \sin\left(\frac{\pi}{17} n\right)$ , con  $-15 \leq n \leq 25$
  - $x[n] = 5 \sin\left(3\pi n + \frac{\pi}{2}\right)$ , con  $-10 \leq n \leq 10$
  - $x[n] = \cos\left(\frac{\pi}{\sqrt{23}} n\right)$ , con  $0 \leq n \leq 50$
4. Escriba un programa MatLab que grafique una señal sinusoidal de tiempo continuo  $x(t) = A \sin(2\pi f_0 t + \phi)$  y su versión muestreada. **Evalúe y comente** qué ocurre cuando la frecuencia de muestreo es:
    - a)  $10 f_0$ ,
    - b)  $4.5 f_0$ ,
    - c)  $2f_0$ ,
    - d)  $f_0/3$ .

Use la función *hold* para mantener ambos resultados. Los parámetros de entrada deben ser la frecuencia de muestreo de la señal, la longitud de la misma, valor pico de la senoidal, frecuencia de oscilación, fase inicial y tiempos iniciales y finales de visualización.

5. Utilizando la función *impz*, escriba un programa en MatLab que calcule y grafique la respuesta al impulso de un sistema de tiempo discreto lineal e invariante al desplazamiento. Los datos de entrada al programa son la longitud deseada de la respuesta al impulso y las constantes de la ecuación en diferencias  $\{d_k\}$  y  $\{p_k\}$ . Utilice como ejemplo, la siguiente ecuación en diferencias:

$$y[n] + 0.7y[n-1] - 0.45y[n-2] - 0.6y[n-3] = 0.8x[n] - 0.44x[n-1] + 0.16x[n-2] + 0.02x[n-3]$$

**Recuerde** que todo sistema lineal e invariante al desplazamiento, está caracterizado por una ecuación en diferencias lineal, a coeficientes constantes, de orden  $N$ , como se indica

a continuación: 
$$\sum_{k=0}^N d_k y[n-k] = \sum_{k=0}^M p_k x[n-k]$$

6. Para los siguientes sistemas discretos, lineales e invariantes al desplazamiento, caracterizados por sus ecuaciones en diferencias, se pide

$$y[n] + 0.9y[n-2] = 0.3x[n] + 0.6x[n-1] + 0.3x[n-2]$$

$$y[n] + 1.8\cos\left(\frac{\pi}{16}\right)y[n-1] + 0.81y[n-2] = x[n] + \frac{1}{2}x[n-1]$$

- a) Calcule  $y[n]$  analíticamente para una entrada  $x[n] = \delta[n]$ .  
b) Calcule algorítmicamente, los primeros 128 puntos de la respuesta al impulso al sistema, es decir,  $h[n]$  utilizando los comandos de MatLab *comb* y *filter*. Grafique el resultado junto a la solución analítica del inciso a), de forma tal de verificar la igualdad de ambos procedimientos.

7. Para el siguiente sistema discreto, lineal e invariante al desplazamiento, se pide

$$y[n] + 1.8\cos\left(\frac{\pi}{16}\right)y[n-1] + 0.81y[n-2] = x[n] + \frac{1}{2}x[n-1]$$

- a) Encuentre y grafique la respuesta al a un escalón discreto de altura 3, es decir,  $x[n] = 3u[n]$ .  
b) Dado que el sistema es lineal, la respuesta a un escalón de amplitud diferente es una versión escalada del resultado anterior. Verifique que la respuesta en régimen permanente con la entrada  $x[n] = 15u[n]$ , es 5 veces lo obtenido en el inciso anterior.

8. Implementar en forma digital y visualizar, las siguientes señales continuas. Tenga presente que como parámetros de entrada estará la longitud  $N$  de las señales a generar, como así también todos los parámetros que considere pertinentes (amplitud, retardo, exponente, frecuencia de oscilación, períodos de oscilación, etc.)

- Pulso:  $x(t) = A \cdot [u(t) - u(t - t_o)]$

- Amplitud Modulada:  $x(t) = A_c + \left(1 + \frac{A_m}{A_c} \sin(2 \cdot \pi \cdot f_m \cdot t)\right) \cos(2 \cdot \pi \cdot f_c \cdot t)$
- Exponencial:  $x(t) = A \cdot e^{\alpha \cdot (t-t_0)} u(t-t_0)$
- Frecuencia Modulada:  $x(t) = A_c \cdot \cos[2 \cdot \pi \cdot f_c \cdot t + A_m \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_m \cdot t)]$
- Delta de Dirac:  $x(t) = A \cdot \delta(t-t_0)$
- Función Sampling (Sinc):  $x(t) = \frac{\sin[2 \cdot \pi \cdot f_o \cdot (t-t_0)]}{2 \cdot \pi \cdot f_o \cdot (t-t_0)}$
- Amortiguada:  $x(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_o \cdot t) e^{-\alpha t} u(t)$

*Hint:* Trabaje con un número  $N$  fijo de muestras y que sea múltiplo de 2 (128, 256, 512, 1024, etc.).

9. Implemente 2 rutinas en MatLab que permitan leer señales discretas guardadas en memoria (modo texto .txt), como así también el salvado de las mismas que servirán cuando se procesen señales con diferentes tipos de sistemas discretos. Use los comandos *fopen*, *fprint* y *fclose* de MatLab así también como comandos asociados a los mismos.
10. Implementar un programa que calcule la convolución discreta de dos señales discretas (adquiridas o implementadas) y muestre el resultado en pantalla. Corrobore sus resultados convolucionando respuestas al impulso típicas de filtros pasabajos, e.g filtro *RC* cuya entrada sea un pulso rectangular y con el comando *conv* de MatLab. ¿Aprecia alguna dificultad o caso de no cumplimiento usando este comando de MatLab?
11. A partir de un archivo de audio (provisto en el campus o cualquiera que desee), disminuya los bits de resolución de la señal a 8, 4, 2 y 1. Observe gráficamente la señal y luego reproduzca el audio. Describa brevemente lo visto y lo oído.