

## Procesamiento digital de señales

Guía de trabajos prácticos: Unidad II

# Sistemas y Convolución

## 1. Objetivos

- Comprender el concepto de sistema.
- Interpretar correctamente las propiedades de un sistema.
- Comprender la importancia de los sistemas LTI.
- Manejar el concepto de ecuaciones en diferencias.
- Entender el concepto de convolución lineal en tiempo discreto.
- Entender el concepto de convolucion circular.

## 2. Trabajos prácticos

### 2.1. Sistemas

**Ejercicio 1:** Para cada uno de los siguientes sistemas determine si son causales, lineales, invariantes en el tiempo y si poseen memoria. En cada caso grafique la salida del sistema  $y[n]$  para una entrada dada.

1.  $y[n] = g[n]x[n]$ , donde  $g[n] = A \sin(\omega nT)$  siendo  $A$  constante,  $\omega = 2\pi f$  y  $T$  el período de muestreo.
2.  $y[n] = \sum_{k=n-no}^{n+no} x[k]$
3.  $y[n] = x[n] + 2$
4.  $y[n] = nx[n]$

**Ejercicio 2:** Considere el diagrama en bloques de la Figura 1 y encuentre la ecuación en diferencias para la señal de salida  $y[n]$  en función de la señal de entrada  $x[n]$ .

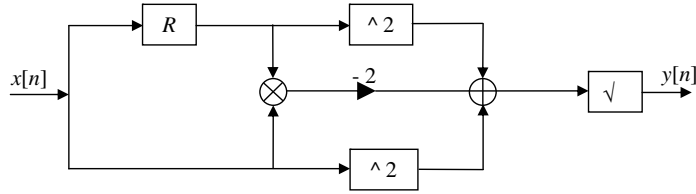


Figura 1: Diagrama en bloques para el Ejercicio 5.

**Ejercicio 3:** Considere el sistema LTI dado por la ecuación en diferencias  $y[n] - 0,5y[n-1] + 0,25y[n-2] = x[n]$  inicialmente en reposo. Encuentre el diagrama en bloques que lo representa.

**Ejercicio 4:** (\*) Encuentre la respuesta al impulso de los sistemas LTI causales descritos por las siguientes ecuaciones en diferencias y clasifíquelos en función de ésta. Utilice condiciones iniciales nulas.

1.  $y[n] - y[n-2] = x[n]$
2.  $y[n] = x[n] + 0,5x[n-1]$
3.  $y[n] - 0,5y[n-1] + 0,25y[n-2] = x[n]$

## 2.2. Convolución

**Ejercicio 1:** Implemente la convolución lineal mediante una sumatoria de convolución. Pruébela para convolucionar dos señales cualesquiera de longitud  $N$  muestras. Compare los resultados con los obtenidos mediante la función `conv(x,y)` y con la función `filter`.

La función `Y = filter(B,A,X)` implementa la ecuación en diferencias, para los coeficientes dados en los vectores `A` y `B` y la señal de entrada `X`, según:

$$a(1)*y(n) = b(1)*x(n) + b(2)*x(n-1) + \dots - a(2)*y(n-1) - \dots$$

A partir de esto, determine los valores a ingresar en los vectores `A` y `B` para obtener la salida esperada.

**Ejercicio 2:** Escriba una función que realice la convolución circular discreta (también llamada convolución periódica) entre dos señales  $x[n]$  y  $h[n]$ , ambas de longitud  $N$  muestras, utilizando ciclos `for`. En ésta se debe considerar a  $x[n]$  periódica, pero  $h[n]$  debe ser nula fuera de su rango de definición. La convolución circular se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$y[k] = \sum_{l=1}^N h[l]x[(N+k-l) \bmod N + 1],$$

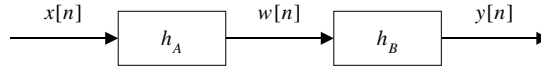


Figura 2: Sistemas en cascada.

para  $1 \leq k \leq N$ , donde mod es la operación módulo entero (resto de la división entera).

**Ejercicio 3:** Considere dos sistemas LTI conectados en cascada (Figura 2), con respuestas al impulso dadas por  $h_A[n] = \sin(8n)$  y  $h_B[n] = a^n$ , donde  $a \in \mathbb{R}$ ,  $|a| < 1$  y  $0 \leq n \leq N - 1$ , con  $N$  el número de muestras distintas de cero. Obtenga  $N$  muestras de las respuestas al impulso,  $h_A$  y  $h_B$ , según las definiciones dadas, y determine la salida  $y[n]$  para una entrada  $x[n] = \delta[n] - a\delta[n - 1]$ , siendo  $\delta[n]$  es la función de impulso unitario. Luego invierta el orden de conexión de los sistemas y vuelva a calcular la salida. Compare con la salida obtenida originalmente.