

## PRACTICA 3: “Respuesta de Sistemas Dinámicos Discretos”

### MATERIAL

- Matlab & Simulink. Asegurarse de contar los Toolbox “Audio Toolbox” y “DSP System Toolbox”
- Archivos “seno10Hz\_pink\_noise\_250Hz.txt”, “ecg\_pink\_noise\_250Hz.txt”, “h1.txt” y “h2.txt”

### EXPERIMENTO 1

Empleando el comando *load*, leer los archivos “ecg\_pink\_noise\_250Hz.txt” y “seno10Hz\_pink\_noise\_250Hz.txt”, los cuales representan señales de prueba ( $x_1(n)$  y  $x_2(n)$ ), ambas muestreadas a 250 Hz; ahora bien, también se deben leer los archivos “h1.txt” y “h2.txt”, los cuales representan valores numéricos de dos respuestas impulso  $h_1(n)$  y  $h_2(n)$ , respectivamente.

- Calcular la salida del sistema  $h_1(n)$  considerando una entrada  $x_1(n)$  mediante convolución. Grafique tanto la señal de entrada como la señal de salida contra el tiempo, recordando que la frecuencia de muestreo es de 250 Hz
- Calcular la salida del sistema  $h_2(n)$  considerando una entrada  $x_2(n)$  mediante convolución. Grafique tanto la señal de entrada como la señal de salida contra el tiempo, recordando que la frecuencia de muestreo es de 250 Hz
- Generar una simulación (duración 2 s) en Simulink, en donde su sistema discreto se implementará con un bloque de nombre “*Discrete FIR Filter*” (cuidando que en el campo “Filter Structure” se seleccione la opción “Direct Form” y el periodo de muestreo es de 1/250 o 4 ms), en donde los valores de la respuesta impulso  $h_1(n)$  serán programados en el campo “Coeficientes”. Realizar un barrido en frecuencia (forma de onda senoidal con amplitud unitaria) y llenar la siguiente tabla:

Frecuencia [Hz]	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Amp. Entrada											
Amp. Salida											
Ganancia											
Ganancia [dB]											

- d) Similar al inciso anterior, pero el sistema de prueba será  $h_2(n)$ . Se debe realizar un barrido en frecuencia y llenarse la siguiente tabla:

Frecuencia [Hz]	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21
Amp. Entrada											
Amp. Salida											
Ganancia											
Ganancia [dB]											

## EXPERIMENTO 2

Sea la siguiente ecuación en diferencias

$$y(n) - \frac{1}{5}y(n-1) + \frac{1}{2}y(n-2) = 1$$

Sujeta a las condiciones iniciales  $y(-1) = 0$  y  $y(-2) = 0$

Calcular su salida de forma teórica y graficarla empleando como eje de tiempo discreto una sucesión de enteros desde 0 hasta 10 (Figure 1). De manera adicional, obtener la salida de dicho sistema empleando Simulink (considerando tiempo de simulación de 10 s y  $T_s = 1$  s) y exportar dicho resultado a Matlab para graficas ambas respuestas (Figure 2) y compararlas (realizar el cálculo del error cuadrático medio entre ambas señales)

## EXPERIMENTO 3

Sea el modelo discreto descrito por la función de transferencia  $H(z)$ . Generar la respuesta a entrada escalón en Simulink, considerando un periodo de muestreo (en el bloque *step*)  $T_s = 0.05$  [s] y un tiempo de simulación de 10 [s]. Genere una simulación para cada inciso

$$H(z) = \frac{0.2994z^{-1} + 0.269z^{-2}}{1 - 0.2z^{-1} + 0.8z^{-2}}$$

- a) Empleando el bloque de función de transferencia (*Discrete Transfer Fcn*)

- b) Generando un diagrama de bloques empleando solo retrasos, ganancias y sumadores. Considerar que la ecuación en diferencias equivalente es:

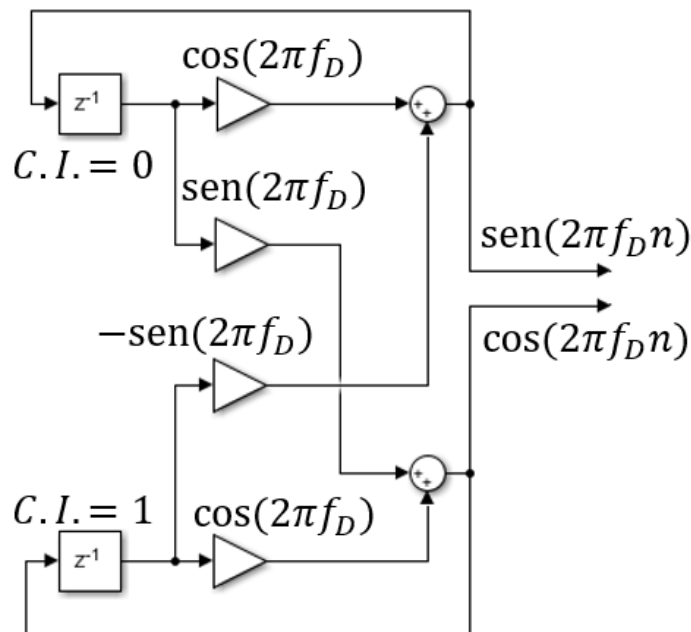
$$y(n) - 0.2y(n-1) + 0.8y(n-2) = 0.2994x(n-1) + 0.269x(n-2)$$

- c) Aplicar un control PID discreto (*Discrete PID Controller*) en el formato de función de transferencia, con los siguientes parámetros (también es válido generar su propia sintonización):

Main	Initialization	Output Saturation	Data Types	State Attributes
Controller parameters				
Source: internal				
Proportional (P): 0.105903564567644				
Integral (I): 4.23614258270577				
Derivative (D): 0				
<input checked="" type="checkbox"/> Use filtered derivative				
Filter coefficient (N): 100				

## EXPERIMENTO 4

El siguiente diagrama de bloques representa el sistema generador de tonos digitales (oscilador senoidal discreto). La salida de cada sumador representa, respectivamente, la versión seno y coseno, las cuales tienen como diferencia solo un factor de defasamiento de  $90^\circ$ , lo cual no implica una diferencia audible.



Programando un periodo de muestreo de 0.0001 [s] ( $f_s = 10$  [kHz]) en los bloques de retraso unitario, generar en la plataforma de Simulink **un diagrama para cada frecuencia asociada** (siete diagramas en total) a las notas de la cuarta octava del piano (Tabla 1). Simular durante 5 [s] y conectar a la salida el bloque de “Audio Device Writer” para que el sonido de dicha señal se genere en las bocinas de su computadora.

Tabla 1 Frecuencias de las notas de la cuarta octava del piano

Nombre	Símbolo	Frecuencia [Hz]
<b>Do</b>	C4	261.62
<b>Re</b>	D4	293.66
<b>Mi</b>	E4	329.62
<b>Fa</b>	F4	349.22
<b>Sol</b>	G4	391.99
<b>La</b>	A4	440.00
<b>Si</b>	B4	493.88

Nota: Tomar en cuenta que la frecuencia digital se define como:

$$f_D = \frac{f_{analógica}}{f_s}$$