IEE239 - Procesamiento de Señales e Imágenes Digitales
Laboratorio 01 - Guía Práctica
Segundo Semestre 2016

Martes, 13 de Setiembre del 2016

Horario 07M2

- Duración: 2 horas, 30 minutos.
- Está permitido el uso de material adicional.
- La evaluación es **estrictamente** personal.
- **Está terminantemente prohibido copiar código externo (ejemplos de clase, material en línea, etc.)**

1) *(3 puntos)* Se tiene un sistema en tiempo discreto LTI con respuesta al impulso $h[n]$. Sobre él se aplica una señal de entrada $x[n]$ cuya transformada Z es $X(z) = \frac{z-a}{z-c}$, mientras que la salida $y[n]$ posee una transformada Z igual a $Y(z) = \frac{z-a}{z-d}$.

   a. Determinar cual es la transformada del sistema LTI.
   b. Asumiendo que el sistema presentado es causal, calcular la función de transferencia en Z y hacer un diagrama de polos y ceros, considerando $c = 0{,}3$ y $d = 0{,}5$. Para ello, emplear la función **zplane()**. Basado en el diagrama obtenido, ¿qué se puede concluir sobre la estabilidad del sistema?
   c. Graficar el espectro de magnitud de la respuesta del sistema por medio del uso de **freqz()**. Realizar el análisis de la longitud de la respuesta al impulso del sistema. Para ello, determinar $h[n]$ usando **impz()** para $n \in \{0; 49\}$. Adicionalmente, deducir si se trata de un filtro IIR o FIR y explicar si es posible calcular la respuesta del sistema usando convolución.

2) *(3 puntos)* Utilice la función **audioread** para obtener los valores de voltaje ($x[n]$) y frecuencia de muestreo (Fs) de la señal de audio monoaural que se encuentra en el archivo **music.wav**[1]. Se pide:

   a. Determinar la frecuencia de muestreo. Calcular la energía de la señal en tiempo a partir de la expresión

   $$E = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |x[n]|^2. \tag{1}$$

   Determinar espectro de magnitud normalizado de la señal (usar **freqspecnorm()**[2]). Determinar la frecuencia máxima de la señal en frecuencia normalizada y en tiempo, **asumir que el espectro de magnitud es cero cuando su valor es menor a** 10^{-2}. Determinar la frecuencia máxima de la señal. Representar gráficamente $x[n]$ para $n \in \{0; 1499\}$.

[1] El archivo **music.wav** está almacenado en la carpeta **/laboratorio/lab01/07m2/**

[2] La rutina **frecspecnorm()** está almacenada en la carpeta **/laboratorio/lab01/07m2/**

b. Utilizar un factor de submuestreo $D = 5$. Determinar cual es la nueva frecuencia de muestreo. Calcular la energía de la señal temporal obtenida. Determine la ganancia que se debe aplicar a la señal luego del submuestreo para que la energía de la señal original sea la misma que la energía de la señal de salida $y[n]$. Usar **freqspecnorm()** para determinar el espectro de magnitud de la señal submuestreada. Representar gráficamente $y[n]$ para $n \in \{0; 299\}$.

c. Repetir (b) considerando un factor de submuestreo $D = 10$. Representar gráficamente $y[n]$ para $n \in \{0; 149\}$. Determinar cual debería ser el máximo factor de submuestreo para evitar el Aliasing.

3) *(4 puntos)* Dado el sistema invariante en el tiempo expresado en su forma recursiva:

$$y[n] - 0{,}4y[n-1] + 0{,}75y[n-2] = x[n] + 2x[n-1] + 5x[n-2];$$

a. Crear la secuencia de entrada $x[n]$:

$$x[n] = 10\cos\left(\frac{2\pi}{10}n\right) + 2\sin\left(\frac{8\pi}{10}n\right);$$

para $n \in \{0; 1023\}$. Luego, describir gráficamente dicha secuencia y su versión en tiempo contínuo. Cuál es su periodo fundamental? Qué relación guarda con su versión en tiempo contínuo? **Sugerencia: calcular el factor k de cada término y explicar qué relación entre la secuencia y su versión en tiempo contínuo representa.**

b. Asumiendo sistema en reposo, hallar $y[n]$: la respuesta del sistema a la entrada $x[n]$. Usar **filter()**.

c. Crear una versión retardada de la secuencia original $x_d[n] \triangleq x[n-d]$ agregando un valor arbitrario de ceros al inicio de la secuencia. Emplear los siguientes valores de retardo:

   a. $d = 10$
   b. $d = 50$
   c. $d = 150$

   Luego, hallar la respuesta del sistema de interés a cada una de las entradas y verificar si dichas secuencias corresponden a versiones retardadas una magntud d de la secuencia $y[n]$. Usar **norm()**.

d. Describir gráficamente las entradas y salidas de interés. Usar **stem()**, **xlabel()**, **ylabel()**, **title()**. De lo observado, es coherente la relación entrada-salida con la propiedad de invarianza en el tiempo? Justificar claramente su respuesta.

e. Modificar el sistema propuesto por el siguiente:

$$y[n] = n \cdot x[n] + x[n-1].$$

Luego, demostrar de manera analítica si el sistema es invariante en el tiempo. Incluir su análisis en los comentarios.

f. A partir de la expresión analítica, desarrollar un código que permita obtener la respuesta del sistema a la entrada $x[n]$. Luego, describir gráficamente la entrada y la salida del sistema. Sería posible utilizar **filter()** para este propósito? Brindar un sustento teórico para justificar su respuesta.

g. A partir del script desarrollado, repetir los incisos {c,d} para el nuevo sistema. De lo observado, se trata de un sistema invariante en el tiempo? Justificar claramente su respuesta.