

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO



Manual de prácticas de laboratorio:

PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES
(Clave 11692)

Observación 1: Este manual de prácticas está compuesto por nueve prácticas que buscan reafirmar y dar soporte al contenido teórico visto en clase. Cada práctica tiene asignada una duración en número de sesiones (1 sesión = 2 horas). Cabe mencionar que el profesor de laboratorio podrá ajustar la duración de cada práctica en función del avance del grupo.

Observación 2: En esta hoja se muestra el formato de REPORTE DE PRACTICA (Conclusión de la práctica), este formato fue implementado para que los alumnos se apeguen a una estructura definida de reporte manteniendo características uniformes en cuanto márgenes, tamaño de letra, entre otros.



Universidad Autónoma de Baja California campus Ensenada Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño

PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES

REPORTE DE PRÁCTICA

Nombre del alumno: _____

A. Paterno	A. Materno	Nombre(s)	Matrícula
------------	------------	-----------	-----------

No. de práctica: _____ Nombre de la práctica: _____

Conclusión: Texto escrito en fuente Times New Roman tamaño 12. No más de dos cuartillas con márgenes de 2.0 cm por cada lado. En caso de ser necesario la conclusión puede complementarse con ecuaciones o figuras, éstas deberán ser numeradas e identificadas con una leyenda al pie de la imagen y las ecuaciones sólo se numerarán, al emplear figuras y ecuaciones haga un uso adecuado del espacio y del tamaño de éstas. Ejemplo:

A partir de lo antes descrito, es pertinente dar un ejemplo donde se muestre el tamaño y tipo de fuente a utilizar, cabe mencionar que la figura 1 muestra una gráfica de ejemplo donde se presenta un plano de dos dimensiones, en este se puede observar que la figura está numerada y tiene una leyenda, además guarda una proporción de acuerdo con el espacio de la cuartilla, los ejes están debidamente identificados, la escala es resaltada para referirnos al comportamiento de las funciones descritas por las expresiones (1) y (2) que son un ejemplo del uso de fórmulas.

$$x(t) = \begin{cases} 0.9^t & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$x(n) = \begin{cases} 0.9^n & n \geq 0 \\ 0 & n < 0 \end{cases} \quad (2)$$

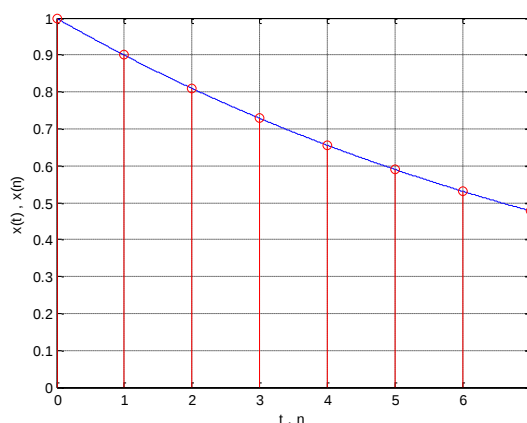


Figura 1.- Señal $x(t)$

Práctica 1: TEOREMA DE MUESTREO (1 sesión)

Objetivo: El alumno identificará y clasificará la señal que describe el movimiento de un objeto con respecto al tiempo. Además determinará la frecuencia con que se describe dicho movimiento y aplicará el teorema de muestreo para generar secuencias de tiempo discreto donde se aprecie la presencia o ausencia de enmascaramiento.

Material y equipo: - Abanico de pedestal.
- Lámpara estroboscópica.

Desarrollo: El Teorema de Muestreo establece que la frecuencia máxima de la señal analógica que puede reconstruirse sin confusión cuando ésta es muestreada a una frecuencia F_s es $\frac{F_s}{2}$. Por tanto, para evitar el problema de enmascaramiento se debe elegir una frecuencia F_s que cumpla con $F_s > 2F_{max}$, donde F_{max} es la componente de frecuencia más alta de la señal analógica.

Ahora, se tiene que una de las aspas del abanico presenta una marca. La posición de dicha marca con respecto al tiempo tiene un comportamiento periódico, por lo que la siguiente expresión:

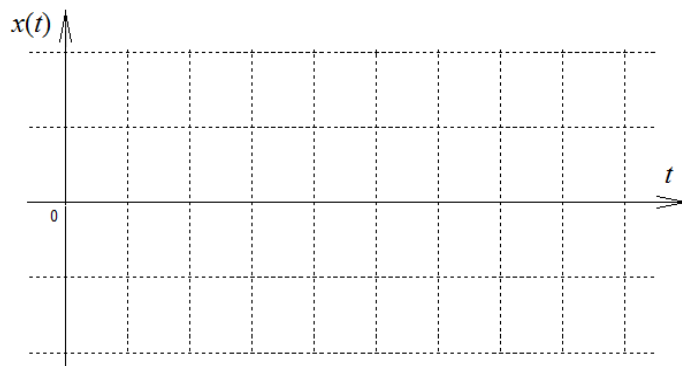
$$x(t) = A \cos(2\pi Ft + \theta) \quad (1)$$

Puede ser utilizada para describir la posición de la marca en un determinado valor de t , entonces la posición de la marca es modelada por una oscilación armónica, expresión (1).

1.- Considere que los parámetros de amplitud y fase de la expresión anterior son por conveniencia uno y cero respectivamente.

2.- Haciendo uso de la lámpara estroboscópica, ajuste la frecuencia de ésta, hasta observar que el movimiento de la marca colocada sobre el aspa se queda estático. En ese momento registre el valor de la frecuencia que indica el instrumento: $F =$ _____

3.- Con el valor de los parámetros del paso 1 y la frecuencia registrada en el paso 2, escriba la oscilación armónica que describe la posición de la marca, grafique dos ciclos completos de la señal y clasifíquela en los tipos vistos en clase:



4.- Dado que la señal $x(t)$ del paso 3 tiene una sola componente de frecuencia, es claro que $F_{Max} = F$, entonces al aplicar el teorema de muestreo F_s debe ser: _____.

Considerando lo anterior, genere secuencias de tiempo discreto a partir de la señal $x(t)$ del paso 3 y de la frecuencia e muestreo F_s que se le indique en cada inciso:

a) Obtenga la señal $x(n)$ que resulta de muestrear $x(t)$ a $F_s = 2F_{Max}$. Grafique $x(t)$ y $x(n)$ sobre el mismo plano considerando la posición correcta de la muestra en el eje de tiempo t .

Ajuste el estroboscopio a una $F_s = 2F_{Max}$ y observe el comportamiento de la marca sobre el abanico.

b) Obtenga la señal $x(n)$ que resulta de muestrear $x(t)$ a $F_s = 3F_{Max}$. Grafique $x(t)$ y $x(n)$ sobre el mismo plano considerando la posición correcta de la muestra en el eje de tiempo t .

Ajuste el estroboscopio a una $F_s = 3F_{Max}$ y observe el comportamiento de la marca sobre el abanico.

c) Obtenga la señal $x(n)$ que resulta de muestrear $x(t)$ a $F_s = 4F_{Max}$. Grafique $x(t)$ y $x(n)$ sobre el mismo plano considerando la posición correcta de la muestra en el eje de tiempo t .

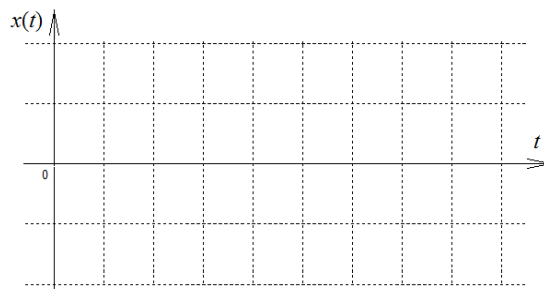
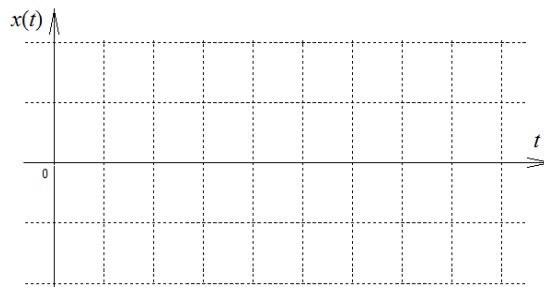
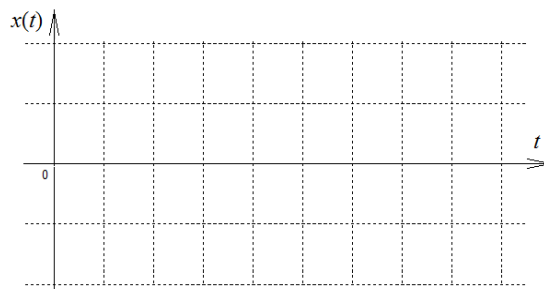
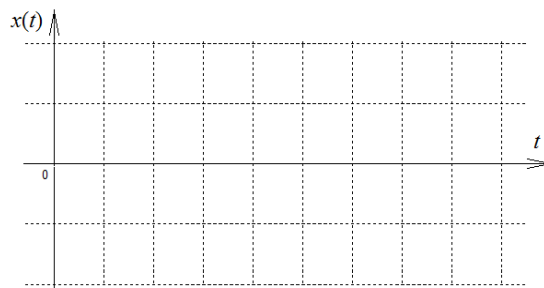
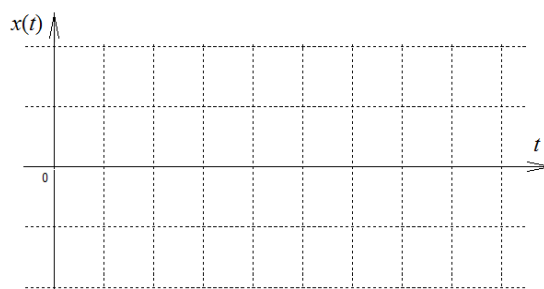
Ajuste el estroboscopio a una $F_s = 4F_{Max}$ y observe el comportamiento de la marca sobre el abanico.

d) Obtenga la señal $x(n)$ que resulta de muestrear $x(t)$ a $F_s = F_{Max}$. Grafique $x(t)$ y $x(n)$ sobre el mismo plano considerando la posición correcta de la muestra en el eje de tiempo t .

Ajuste el estroboscopio a una $F_s = F_{Max}$ y observe el comportamiento de la marca sobre el abanico.

e) Obtenga la señal $x(n)$ que resulta de muestrear $x(t)$ a $F_s = 0.5F_{Max}$. Grafique $x(t)$ y $x(n)$ sobre el mismo plano considerando la posición correcta de la muestra en el eje de tiempo t .

Ajuste el estroboscopio a una $F_s = 0.5F_{Max}$ y observe el comportamiento de la marca sobre el abanico.



Conclusión: Analizando los comportamientos antes vistos, haga comentarios y concluya respecto a lo observado tomando en cuenta cuestionamientos como: en qué frecuencias de muestreo se produjo enmascaramiento, en que otras se produciría, para que frecuencias no se presentará este fenómeno, en dónde se podría aplicar el enmascaramiento, entre otros.

Práctica 2: OPERACIONES Y MANIPULACIÓN DE SEÑALES DE T. D. (1 a 2 sesiones)

Objetivo: El alumno generará señales de tiempo discreto (STD) con las que realizará operaciones de suma, resta, multiplicación señales, así mismo utilizará los comandos de MatLab “audioread”, “recordblocking” y “downsample” y “wavread” para digitalizar, reproducir y guardar STD en formato de audio “wav”.

Material y equipo:

- Micrófono y audífonos.
- Computadora personal.
- Archivo wav estéreo.
- Software MatLab.

REQUISITO PARA PRÁCTICA #2 DE PDS

- 1.- Programe una función en MatLab que realice el retardo o adelanto de una señal de T. D. Proponga los argumentos de entrada que considere necesarios y tome en cuenta que la función debe ser nombrada “dspretad” y que sus argumentos de salida deben ser la secuencia de T. D. retardada o adelantada y el vector de tiempo n con respecto al cual se debe graficar dicha secuencia.
- 2.- Programe una función en MatLab que realice la reflexión de una señal de T. D. Proponga los argumentos de entrada que considere necesarios y tome en cuenta que la función debe ser nombrada “dspref” y que sus argumentos de salida deben ser la secuencia de T. D. reflejada y el vector de tiempo n con respecto al cual se debe graficar dicha secuencia.

Nota: Verificar el correcto funcionamiento de las funciones programadas previo al inicio de la práctica.

Desarrollo: En el campo del audio digital se trabaja con diferentes formatos, sin embargo el formato “.WAV”, desarrollado por Microsoft, es un formato no comprimido para el almacenamiento de audio.

Actividad complementaria: investigar las características del formato de audio WAV.

- 1.- Considere una $F_s = 8\text{KHz}$, escriba las expresiones que corresponden a las versiones de tiempo discreto de una oscilación armónica de TC con:

- $A_1 = 0.25, F_1 = 440\text{Hz}$ y $\theta_1 = 0\text{rad}$ _____

- $A_2 = 0.25, F_2 = 220\text{Hz}$ y $\theta_2 = 0\text{rad}$ _____

Genere en MatLab las muestras de las STD que correspondan a un intervalo de $0 \leq t \leq 2$ segundos.

- 2.- Grafique un ciclo completo de la forma de onda de la oscilación armónica de TC $x_1(t)$ y de la de TD $x_1(n)$. Tenga en mente la variable de tiempo que le corresponde a cada gráfica.

Gráfica 1

Gráfica 2

- 3.- Haciendo uso de la señal $x_1(n)$, realice las operaciones que se piden a continuación y reproduzca de forma audible las señales $x_1(n)$, $y_{am}(n)$ y $y_{at}(n)$. Grafique cada señal en un periodo completo.

a) $y_{am}(n) = 4x(n)$

b) $y_{at}(n) = 0.25x(n)$

Gráfica 3

Gráfica 4

4.- Con las señales generadas en el paso 1, obtenga:

$$a) y_s(n) = x_1(n) + x_2(n)$$

$$b) y_r(n) = x_1(n) - x_2(n)$$

$$c) y_m(n) = x_1(n)x_2(n)$$

En cada caso reproduzca de forma audible las resultantes y grafíquelas en un periodo completo.

Gráfica 5

Gráfica 6

Gráfica 7

5.- Utilizando el comando “audioread” de MatLab, cargue en el espacio de trabajo un archivo de formato “.wav” estéreo y obtenga de este los siguientes datos:

N=_____ F_s =_____ Canales =_____ y calcule la Duración: _____

6.- Grafique la forma de onda de la señal contenida en el archivo (con respecto a t utilizando el comando “plot”) y grafique por separado la señal de cada uno de los canales que componen el audio (con respecto a $t = nT_s$ pero con el comando “stem”), además reproduzca de forma audible el archivo original y las componentes.

Gráfica 8

Gráfica 9

Gráfica 10

7.- Haga uso del comando “recordblocking” de MatLab, grabe un mensaje de propia voz considerando los siguientes parámetros: $F_s = 8\text{KHz}$, resolución = 16bits, canales = 2 y duración = 4 a 8 segundos. Posteriormente manipule el mensaje en el orden que se indica:

a) Refleje y retarde N-1 muestras $x(-(n - k))$

b) Adelante N-1 muestras y refleje $x(-n + k)$

Grafique con respecto a t el mensaje original y las señales obtenidas tras la manipulación, y reproduzcalas de forma audible para que perciba el efecto generado.

Gráfica 11

Gráfica 12

Gráfica 13

8.- A partir de la señal generada en el paso 7, utilice la función “downsample” de MatLab, para generar cuatro secuencias de tiempo discreto que correspondan respectivamente a un submuestreo de $x(2n)$, $x(4n)$ y $x(8n)$. Grafique con respecto a n las secuencias submuestreadas y reproduzca de forma audible el mensaje original y la secuencia $x(8n)$.

Gráfica 14

Gráfica 15

Gráfica 16

Conclusión: Analizando las operaciones antes vistas haga comentarios y concluya respecto a las operaciones y la manipulación de las señales que realizó, así como sobre la interpretación que se hizo sobre las éstas.

Práctica 3: SISTEMAS DE TIEMPO DISCRETO LIT (1 a 2 sesiones)

Objetivo: El alumno programará una secuencia de código que le permita determinar de forma numérica si un sistema de tiempo discreto se cumple con el teorema de linealidad y de invarianza en el tiempo.

Material y equipo: - Computadora personal.
- Software MatLab.

REQUISITO PARA PRÁCTICA #3 DE PDS

1.- Programe tres funciones en MatLab donde respectivamente cada una de estas calcule salida para uno de los siguientes sistemas:

Sistema1: $y(n) = \frac{1}{4}[x(n) + x(n-1) + x(n-2)]$

Sistema2: $y(n) = \frac{n}{4}x(n)$

Sistema3: $y(n) = x(n) + x(n-1) + \frac{1}{2}$

Considere que cada función tendrá como parámetro de entrada la señal de T. D. $x(n)$ y por salida entregará la secuencia de T. D. $y(n)$ y el vector de tiempo n con respecto al cual se debe graficar dicha señal. Tome en cuenta que las funciones deben ser nombradas “sistema1”, “sistema2” y “sistema3” respectivamente.

Nota: Verificar el correcto funcionamiento de las funciones programadas previo al inicio de la práctica.

Desarrollo

Para determinar que un STD es LIT se deban cumplir los siguientes teoremas:

LINEALIDAD: Se dice que un sistema de T. D. es lineal si cumple con el principio de superposición. Para demostrar linealidad nos basamos en el siguiente teorema:

$$\tau[a_1x_1(n) + a_2x_2(n)] = a_1\tau[x_1(n)] + a_2\tau[x_2(n)]$$

Para cualesquiera constantes arbitrarias a_1 y a_2 , y cualesquiera secuencias arbitrarias $x_1(n)$ y $x_2(n)$.

INVARIANZA EN TIEMPO: Se dice que un sistema de T. D. es invariante en tiempo si sus parámetros de entrada - salida no cambian con el tiempo. Para demostrar la invarianza en tiempo nos basamos en el siguiente teorema:

$$\text{Si } x(n) \xrightarrow{\tau} y(n) \quad \text{Implica que} \quad x(n-k) \xrightarrow{\tau} y(n-k)$$

Para cualquier señal de entrada $x(n)$ y desplazamiento en tiempo k .

A partir de los teoremas anteriores, programe un “script” en Matlab que compruebe numéricamente si un STD es o no lineal e invariante en el tiempo. Para lo anterior desarrolle los pasos que se le indican a continuación:

1.- LINEALIDAD: Considere el SISTEMA 1 $y(n) = \frac{1}{4}[x(n) + x(n-1) + x(n-2)]$

a) Proponga dos constantes a_1 y a_2 , y dos secuencias de T. D. $x_1(n)$ y $x_2(n)$, de ocho muestras cada una, las cuales deben ser diferentes entre sí, con el origen la primer muestra.

$$a_1 = \underline{\hspace{1cm}} \quad x_1(n) = \underline{\hspace{2cm}} \qquad a_2 = \underline{\hspace{1cm}} \quad x_2(n) = \underline{\hspace{2cm}}$$

b) Utilice la función “sistema1” y obtenga la secuencia de salida del sistema $y(n) = \tau[x(n)]$, para una entrada:

$$x(n) = a_1x_1(n) + a_2x_2(n)$$

y grafique en una misma figura pero en planos distintos las secuencias $x(n)$ y $y(n)$.

Figura 1

c) Utilizando nuevamente la función `sistema1` obtenga la secuencia de salida del sistema $y(n) = \tau[x(n)]$, para una entrada:

$$x(n) = x_1(n) \quad y \quad x(n) = x_2(n),$$

Nombre respectivamente a cada salida “yp1” y “yp2” y obtenga las secuencias dadas por las siguientes expresiones:

$$y_1(n) = a_1 y_{p1}(n) \qquad y_2(n) = a_2 y_{p2}(n) \qquad y'(n) = y_1(n) + y_2(n)$$

d) Por último, grafique en una misma figura pero en planos distintos los pares de señales $x_1(n)$ con $y_1(n)$, $x_2(n)$ con $y_2(n)$ y $y'(n)$ con $y(n)$ para que pueda concluir si el sistema es o no lineal.

Figura 2

El sistema $y(n) = \frac{1}{4}[x(n) + x(n-1) + x(n-2)]$ es _____

Ejecute el script antes programado y compruebe la característica de linealidad de los sistemas:

El sistema $y(n) = \frac{n}{4}x(n)$ es _____

El sistema $y(n) = x(n) + x(n-1) + \frac{1}{2}$ es _____

1.- INVARIANZA EN EL TIEMPO: Considere el SISTEMA 1 $y(n) = \frac{1}{4}[x(n) + x(n-1) + x(n-2)]$

a) Proponga una secuencia $x(n)$ y un desplazamiento $k > 0$. La secuencia debe ser de ocho datos y distinta a las secuencias del punto anterior, considerando el origen en la primer muestra.

$$k = \underline{\hspace{2cm}} \quad x(n) = \underline{\hspace{2cm}}$$

b) Utilice la función “sistema1” y obtenga la secuencia de salida del sistema $y(n) = \tau[x(n)]$, para la entrada propuesta.

c) Aplicando nuevamente la función “sistema1” obtenga la salida del sistema considerando una entrada $x_t(n)$ que corresponda a $x(n-k)$, es decir, $y'(n) = \tau[x_t(n)] = \tau[x(n-k)]$.

d) Retarde k muestras la secuencia $y(n)$ que se obtuvo en el inciso b para obtener $y(n - k)$, y grafique en una misma figura pero en planos distintos las parejas de secuencias $x(n)$ con $y(n)$, $x(n-k)$ con $y'(n)$ y $y'(n)$ con $y(n-k)$ para que pueda concluir invarianza en el tiempo.

Figura 3

El sistema $y(n) = \frac{1}{4}[x(n) + x(n-1) + x(n-2)]$ es _____

Ejecute el script antes programado y compruebe la característica de linealidad de los sistemas:

El sistema $y(n) = \frac{n}{4}x(n)$ es _____

El sistema $y(n) = x(n) + x(n-1) + \frac{1}{2}$ es _____

Conclusión: Analizando los sistemas implementados y las secuencias desarrolladas, haga comentarios y concluya respecto a la prueba de linealidad y de invarianza en tiempo tomando en cuenta la interpretación que se hizo sobre las señales generadas

Práctica 4: CONVOLUCION DE SISTEMAS DE TIEMPO DISCRETO (1 sesión)

Objetivo: El alumno aplicará el concepto de convolución en tres sistemas de T. D. para determinar la salida de dichos sistemas a entradas arbitrarias.

Material y equipo:

- Computadora personal.
- Software MatLab.
- Función sistema1, sistema2 y sistema3 de la practica 4.

Desarrollo

Convolución de sistemas de T. D.: En un sistema de tiempo discreto, lineal e invariante en el tiempo, la salida $y(n)$ está dada por la convolución de la señal $x(n)$ con la respuesta al impulso unitario $h(n)$ del sistema, esto es:

$$y(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(n)h(n-k)$$

A partir de lo antes estudiado, utilice el comando “help” de MatLab para conocer la declaración y características del comando “conv”. Hecho lo anterior programe un “script” en Matlab que realice la secuencia de pasos que se le indican a continuación:

1.- Considere el SISTEMA 1
$$y(n) = \frac{1}{4}[x(n) + x(n-1) + x(n-2)]$$

a) Proponga una secuencia de entrada de 5 muestras, las cuales deben ser distintas entre sí y diferentes de cero. Obtenga la salida del sistema, nómbrela “ydn”.

b) Ahora descomponga la secuencia $x(n)$ en señales impuso y nombre a cada una según se indica: “x0dn”, “x1dn”, ... y “x4dn”.

c) Genere una secuencia de T. D. (5 muestras) que corresponda a un impulso unitario y nómbrela “impdtd”, y obtenga la salida del sistema a esta secuencia e identifíquela como “hdn” y grafíquela.

Gráfica 1

d) Haciendo uso del comando “conv” de MatLab, realice la convolución de cada una de las secuencias generadas en b) con la respuesta “hdn” del inciso c), e identifique cada salida como se indica: “y0dn”, “y1dn”, ... y “y5dn”. Muestre en una misma figura pero en planos distintos cada una de las salidas obtenidas.

Gráfica 2

e) Realice la suma de las secuencias de salida obtenidas en d) y nombre a esta secuencia “yr_rdn”:

$$y_r(n) = y_0(n) + y_1(n) + y_2(n) + y_3(n) + y_4(n)$$

f) Finalmente realice la convolucion de la secuencia “x_dn” con “h_dn” para obtener “y_pdn”. Grafique en una misma figura pero en planos distintos las secuencias “y_dn”, “y_rdn” y “y_pdn”. Analice las gráficas y verifique si son o no iguales, de no ser indique por qué razón.

Gráfica 3

2.- Repita los pasos del inciso a) al f) considerando las funciones que calculan la salida de los siguientes sistemas

SISEMA 2 $y(n) = \frac{n}{4}x(n)$

SISTEMA 3 $y(n) = x(n) + x(n-1) + \frac{1}{2}$

Conclusión Analizando los sistemas implementados así como la secuencia de pasos programada, haga comentarios sobre cada sistema y concluya respecto a la implementación del concepto de convolución. Tome en cuenta la interpretación de las secuencias generadas y las características de los sistemas.

Práctica 5: RESPUESTA EN FRECUENCIA DE S.T.D. (1 sesión)

Objetivo: El alumno hará uso de los comandos de MatLab para obtener la respuesta en frecuencia de un sistema de TDLIT, así mismo utilizara los comandos asociados para generar funciones de transferencia a partir de la ubicación de polos y ceros, determinará estabilidad a partir del plano Z, calculará la respuesta al impulso y escalón unitario y finalmente determinará la respuesta en frecuencia de un STD.

Material y equipo: - Computadora personal.
- Software MatLab.

Desarrollo

Respuesta en frecuencia para sistemas de T. D.: Para determinar la respuesta en frecuencia de un STD, es necesario que el sistema cumpla con ser LIT. La respuesta en frecuencia está compuesta de dos funciones las cuales se indican a continuación:

Respuesta en amplitud o magnitud $A(v) = |H(e^{j\pi v})|$ Respuesta en fase $\beta(v) = \arg(H(e^{j\pi v}))$

1.- Considere el sistema $y(n) = x(n) + 0.25y(n-1)$

a) Obtenga la función de transferencia del sistema e ingrésele a MatLab.

b) Investigue que comandos de MatLab son necesarios para obtener:

- Polos y ceros del sistema - Gráfico de polos y ceros del sistema
- Gráfico de respuesta al impulso unitario - Gráficos de respuesta en frecuencia

Utilice cada comando con la función de transferencia del sistema y obtenga los datos y los gráficos que cada uno de estos proporciona a partir de programar un script.

c) Proponga un conjunto de (tres a cuatro) polos y ceros. Utilice el comando “zp2tf” de MatLab para generar obtener la función de transferencia del sistema y utilice las funciones estudiadas en el inciso b) para obtener los gráficos de:

- Polos y ceros del sistema -Respuesta al impulso unitario -Respuesta en frecuencia del sistema

d) Utilice el comando “fvtool” de MatLab para analizar las características del sistema a través de su script.

Conclusión Analizando lo antes visto y el uso de los comandos aplicados haga comentarios y concluya respecto al concepto de respuesta en frecuencia.

Práctica 6: ESPECTROS DE SEÑALES (2 sesiones)

Objetivo: El alumno obtendrá la forma compleja de la Serie de Fourier de una señal periódica y programará un script en Matlab que le permita observar los armónicos de dicha señal, así mismo resolverá la Transformada de Fourier de una señal no periódica para de igual forma graficar la magnitud del espectro para finalmente graficar el espectro de una señal muestreada.

Material y equipo: - Computadora personal.
- Software MatLab.

Desarrollo

1.- Calcule la expansión en serie compleja de Fourier de un tren de pulso periódico que se indica a continuación (figura1):

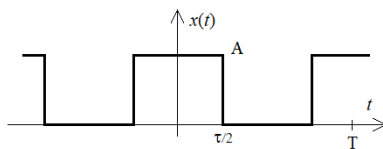


Figura 1.

2.- Programe un script en MatLab en el que pueda manipular el parámetro T (periodo), τ (ciclo de duración) y m (número de componentes). Hecho lo anterior obtenga el gráfico de la aproximación de $x(t)$ y el gráfico de la magnitud del espectro $|C_m|$ para los siguientes casos:

- a) $\tau = 0.5s, 0.25s, 0.1s, 0.05s$ y $0.01s$ Considere $T=1s$ y $m = 10$
 b) $T = 1s, 0.5s, 0.25s, 0.1s$ y $0.05s$ Consider $\tau = 0.001$ y $m = 20$

Analice el comportamiento de los gráficos generados y haga anotaciones sobre lo observado.

3.- Calcule la transformada de Fourier de la señal que se indica en la figura 2:

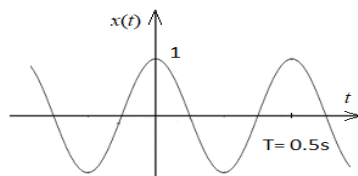


Figura 2.

4.- Programe una secuencia de código en MatLab para observar la forma de onda de la señal $x(t)$ del paso tres así como la magnitud de su espectro.

5.- Una vez realizado lo anterior es necesario retomar el muestreo de las señales de T. C. La operación de muestreo de una señal de tiempo continuo puede estudiarse como el producto de la señal $x(t)$ por un tren
 Elaborado por CGA, MMMV, MEMR y JDSL UABC - FIAD

de impulsos unitarios $p(t)$ como se muestra en la siguiente figura 3. El producto anterior se denota como $x^*(t) = x(t)p(t)$. La operación antes descrita, en el dominio de la frecuencia, corresponde a la convolución de los espectro $X(f)$ y $P(f)$, lo que significa que el espectro de una señal de tiempo discreto $x(n)$ es el resultado de dicha operación de convolución. Expuesto lo anterior, establezca los parámetros de T , τ y m como se indica a continuación y programe una secuencia de código en Matlab para observar el gráfico de la señal $x^*(t)$ y el espectro $X^*(f)$.

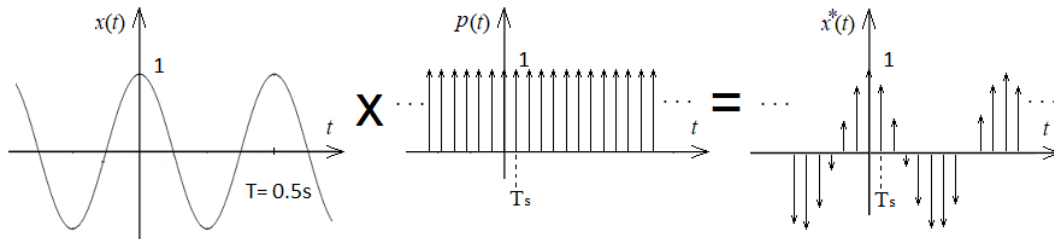


Figura 3.

a) $T = 0.1s$ $\tau = 0.01s$ $m = 10$

b) $T = 0.01s$ $\tau = 0.0001s$ $m = 20$

Analice el comportamiento de los gráficos generados y haga anotaciones sobre lo observado.

6.- Hecho lo anterior indique que característica distingue a los espectros de:

El espectro de una SEÑAL PERIÓDICA es _____

El espectro de una SEÑAL NO PERIÓDICA es _____

El espectro de una SEÑAL DISCRETA es _____

Conclusión Analizando lo antes visto y lo implementado en script programado haga comentarios y concluya respecto al comportamiento del tren de pulsos periódico, el espectro de este y sobre los demás espectros estudiados.

Práctica 7: RESPUESTA EN FRECUENCIA DE FILTROS ANALÓGICOS (1 sesión)

Objetivo: El alumno hará uso de comandos de MatLab para generar funciones de transferencia de filtros con característica de aproximación Butterworth y Chebyshev para obtener filtros con respuesta en amplitud de tipo PASA BAJAS, PASA BANDA, PASA ALTAS y RECHAZO DE BANDA.

Material y equipo: - Computadora personal.
- Software MatLab.

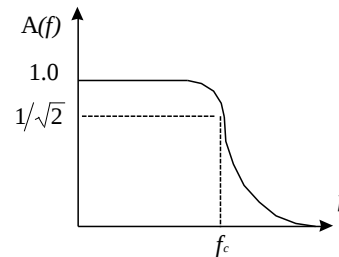
Desarrollo

Función de aproximación BUTTERWORTH: La función de respuesta en amplitud cuadrada pasa-bajas de Butterworth está definida por (1).

$$A^2(f) = \frac{1}{1 + (\omega / \omega_c)^{2k}} = \frac{1}{1 + (f / f_c)^{2k}} \quad (1)$$

donde k = orden de la función de transferencia

f_c = frecuencia de corte en Hz (o en radianes $\omega_c = 2\pi f_c$)



A la frecuencia de corte la $A(f)$ es $1/\sqrt{2}$ veces la ganancia en DC, lo anterior corresponde a una atenuación de -3dB .

Función de aproximación CHEBYSHEV: La función de respuesta en amplitud cuadrada pasa-bajas de Chebyshev está definida por (2).

$$A^2(f) = \frac{\alpha}{1 + \varepsilon^2 C_k^2(\omega / \omega_c)} = \frac{\alpha}{1 + \varepsilon^2 C_k^2(f / f_c)} \quad (2)$$

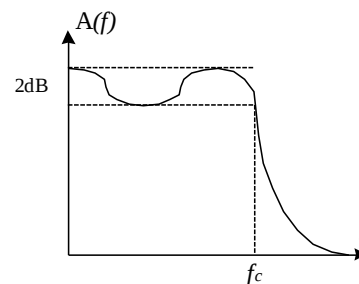
donde k = orden del polinomio de Chebyshev y de la correspondiente función de transferencia.

ε^2 = es un parámetro para establecer el rizo en la banda pasante $\varepsilon^2 = 10^{(r/10)} - 1$.

α = constante para ajustar la ganancia en DC.

f_c = frecuencia de corte en Hz (o en radianes $\omega_c = 2\pi f_c$)

r = dB de rizo en la banda pasante



Importante: La tasa de atenuación de cualquier filtro pasa-bajas de orden k será de -20kdB/decada

- 1.- Utilice el comando “help” de MatLab y estudie las características de la función “butter” y “chevy1”.
- 2.- Obtenga los coeficientes de la función de transferencia de un filtro Butterworth de un cuarto orden hasta un quinto orden, todos con frecuencia de corte $\omega_c = 1 \text{ rad/s}$.

k	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7
4								
5								

- 3.- Obtenga los coeficientes de la función de transferencia de un filtro Chebyshev de un primer orden hasta un quinto orden, todos con frecuencia de corte $\omega_c = 1 \text{ rad/s}$, $r = 0.5\text{dB}$.

k	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7
4								
5								

- 4.- Determine la función de transferencia de un filtro Chebyshev con las siguientes características:

- a) Pasa bajas, 3er orden, 3dB de rizo, $f_c = 10/2\pi \text{ Hz}$.
- b) Pasa bajas, 4tor orden, 3dB de rizo, $f_c = 10/2\pi \text{ Hz}$.

Para ambos casos grafique sobre una misma figura la respuesta en frecuencia de los filtros generados.

- 5.- Programe un script en MatLab que le permita generar un gráfico en el que pueda comparar la respuesta en frecuencia de filtros pasa bajas de orden distinto y con característica de aproximación también distinta.
- 6.- Programe un script en MatLab que le permita generar el grafico de las curvas de respuesta para que genere y guarde una imagen de ésta para posteriores diseños basados en este método.
- 7.- Establezca los parámetros de entrada para las funciones “butter” y “chevy1”, y obtenga para cada una de éstas la función de transferencia de un filtro Pasa Bajas, Pasa Banda, Pasa Altas y Rechazo de Banda (la frecuencia o frecuencias de corte deben ser distintas a 1rad/s). Compruebe a través del gráfico de respuesta en frecuencia que el filtro cumple con los parámetros establecidos.

Conclusión Analizando las características de respuesta en amplitud de Butterworth y Chebyshev y los comandos aplicados, haga comentarios y concluya respecto a las funciones de aproximación estudiadas y a los tipos de filtro generados.

Práctica 8: DISEÑO DE FILTROS DIGITALES IIR y FIR (2 sesiones)

Objetivo: El alumno aplicará el método de transformación bilineal para generar la función de transferencia de un filtro digital IIR para finalmente obtener la ecuación de diferencia del mismo, además implementará dicha ecuación como una función en MatLab para realizar el filtrado de datos y comparará el resultado de esta operación con lo generado con el comando “filter” de Matlab.

Material y equipo:

- Computadora personal.
- Audífonos
- Software MatLab.

Desarrollo

Filtros IIR (Respuesta infinita al impulso):

Un método para diseñar filtros IIR es el de transformación bilineal. De este método se puede mencionar que:

- Es utilizado si se desea que la respuesta en frecuencia del filtro digital sea similar a la de algún filtro analógico de referencia.
- Es utilizado si se desea que el diseño sea relativamente simple.

Para diseñar un filtro IIR pasa bajas derivado de uno analógico, es necesario realizar el siguiente cambio de variable:

$$H(z) = G(p) \Big|_{p=C \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}}$$

1.- En principio es necesario que obtenga la función de transferencia de un filtro digital IIR pasa bajas, derivado de uno analógico con las siguientes características: a) Butterworth, b) primer orden, c) frecuencia de corte de 50Hz. Considere que el sistema trabajará a una frecuencia de muestreo de 500Hz.

2.- Obtenga la respuesta en frecuencia del filtro anterior utilizando el comando de MatLab pertinente y corrobore las características del filtro con la respuesta frecuencia que obtenga.

Figura 1.

3.- Obtenga la ecuación de diferencias del filtro anterior y programe una función en MatLab que evalúe dicha ecuación y que tenga por argumentos de entrada y salida un vector $x(n)$ (datos a filtrar) y un vector $y(n)$ respectivamente. Nombre a la función como “filtropds”.

4.- Genere por separado tres señales que correspondan oscilaciones armónicas de T. D., todas de amplitud unitaria y fase cero donde la frecuencia de una sea menor a f_c , otra sea f_c y la última sea mayor a f_c .

Fíltrela cada señal generada por separado con la función “filtropds” programada y compare en un mismo gráfico la señal de entrada con la señal de salida del filtro para cada caso.

Figura 2.

5.- Genere una señal que correspondan a la suma de tres componentes distintas de frecuencia, con diferentes amplitudes y valores de fase. Aplique el filtro a la señal generada y muestre en una misma figura pero en gráficos distintos la señal de entrada y señal de salida respectivamente.

Figura 3.

6.- Utilizando el comando “butter” de MatLab, genere la función de transferencia de un filtro con las mismas características del paso 1 y obtenga la respuesta en frecuencia del mismo.

7.- Con el comando “help” de MatLab investigue la operación que realiza el comando “filter”. Aplique el comando, considerando lo obtenido en el paso 6 y la señal creada en el paso 5. Muestre en una misma figura pero en gráficos distintos la señal de entrada y señal de salida respectivamente.

Figura 4.

8.- Utilizando el comando “wavread” cargue en el espacio de trabajo un archivo de formato “.wav” monocal, filtre la señal con la función programada, posteriormente reproduzca y muestre en una misma figura pero en gráficos distintos la señal de entrada y señal de salida respectivamente.

Figura 5.

9.- Utilizando el comando “chabyl” de MatLab, genere la función de transferencia de un filtro pasa altas, Chebyshev con 3dB, de segundo orden, frecuencia de corte 50Hz y frecuencia de muestreo de 500Hz. Obtenga la respuesta en frecuencia del mismo y verifique las características del filtro.

10.- Aplique el comando “filter” considerando lo obtenido en el paso 9 y la señal creada en el paso 5. Muestre en una misma figura pero en gráficos distintos la señal de entrada y señal de salida respectivamente.

Figura 6.

11.- Aplique el filtro del paso 9 a la señal del paso 8. Hecho lo anterior reproduzca y muestre en una misma figura pero en gráficos distintos la señal de entrada y señal de salida respectivamente.

Figura 7.

Conclusión: Considerando las señales y los filtros aplicados, haga comentarios y concluya sobre el proceso de filtrado tomando en cuenta el filtro programado y la función que MatLab proporciona.

Práctica 9: FFT Y FILTRADO EN LA FRECUENCIA

(1 sesión)

Objetivo: El alumno aplicará el comando de Transformada Rápida de Fourier (FFT) de MatLab para realizar el diseño de filtros digitales así mismo aplicará técnicas de filtrado en la Frecuencia para la eliminación de componentes o de una componente de frecuencia en particular.

Material y equipo:

- Computadora personal.
- Audífonos
- Software MatLab.