

ELO 314 - Procesamiento Digital de Señales

Lab. 1 - Parte I: Señales Discretas en MatLab

Preparado por

Dr. Matías Zañartu, e-mail: Matias.Zanartu@usm.cl

Dr. Christian Rojas, e-mail: Christian.Rojas@usm.cl

INTRODUCCIÓN

El propósito de este laboratorio es introducir conceptos básicos de señales en tiempo discreto, incluyendo aspectos asociados al muestreo, generación, manipulación, lectura/escritura de señales de audio, tipos de gráficos, y análisis básico de señales en MATLAB. El objetivo principal es introducir al estudiante con las primeras herramientas de trabajo para el procesamiento de señales discretas en el ambiente de programación de MATLAB. Muchos de los temas presentados se cubrirán en mayor detalle más adelante. Se espera que esta experiencia contribuya hacia la identificación de las propiedades de señales y sistemas en tiempo discreto utilizando herramientas de análisis.

MATLAB

MATLAB (matrix laboratory) es un software con un gran número de prestaciones optimizadas para el manejo de matrices y representaciones gráficas que además ofrece un entorno de desarrollo integrado con un lenguaje de programación propio (lenguaje M). Tópicos, funciones y comandos que deben ser manejados en MATLAB para este y otros laboratorios incluyen:

- Cómo buscar ayuda: *help*
- Tipos de datos: *datatypes, double, logical, int64, cast*
- Generación de vectores y matrices: *: linspace*
- Manipulación básica de matrices: *+ * / \ ' inv ^ min max mean length*
- Representaciones gráficas: *plot, stem, subplot, plot3, plotyy, figure, semilogx, semilogy*
- Parámetros de gráficos: *title, xlabel, ylabel, axis, set, get, legend, grid, hold*
- Señales aleatorias: *rand, randn*
- Funciones definidas por el usuario: *function, function_handle*
- Manipulación de señales de audio: *wavread, wavwrite, soundsc*
- Manipulación de imágenes: *imagesc*
- Manipulación gráfica: *ginput*
- Manipulación de variables: *cells*
- Ecuaciones diferenciales: *odesolvers*
- Imprimir imágenes: *print -depsc*

I. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE SEÑALES SINUSOIDALES

Considere la siguiente señal discreta

```
1 t = 0:2:60;
2 y = sin(t/6);
3 subplot 311
4 stem(t,y)
5 grid on
6 subplot 312
7 plot(t,y)
8 grid on
```

- 1) Genere una señal con 5 veces menos muestras en el mismo intervalo [0 60]. Grafique esta señal en el tercer espacio del gráfico combinando utilizando *plot* y *stem* en el mismo gráfico (ver ayuda para *hold*). (0.5 Ptos.)
- 2) Agregue títulos y nombres a cada subgráfico y presente cada uno con un distinto color y tamaño de línea (ver ayuda para *plot*). (0.5 Ptos.)

Informe:

Presente una copia impresa del gráfico final y comente el efecto de:

- 1) *plot* vs. *stem*. (1 Pto.)
- 2) La cantidad de muestras en la señales resultantes. (1 Pto.)
- 3) ¿Qué representa el intervalo de [0 60]?. (1 Pto.)
- 4) ¿Qué duración [s] y frecuencia [Hz] tienen estas señales?. (1 Pto.)

II. MUESTREO

Considere la señal continua en tiempo $s(t) = \sin(2\pi t)$, la cual se muestrea en intervalos uniformes de tiempos T_s , de modo que $s[n] = s(T_s n) = \sin(2\pi T_s n)$. Grafique la señal utilizando el comando *stem* para los siguientes casos:

- 1) $T_s = 1/10$, $0 \leq n \leq 100$, ejes en [0,100,-1,1] (1 Pto.)
- 2) $T_s = 1/3$, $0 \leq n \leq 30$, ejes en [0,30,-1,1] (1 Pto.)
- 3) $T_s = 1/2$, $0 \leq n \leq 20$, ejes en [0,20,-1,1] (1 Pto.)
- 4) $T_s = 10/9$, $0 \leq n \leq 9$, ejes en [0,9,-1,1] (1 Pto.)

Informe:

Presente una copia impresa de la figura. Discuta estos resultados, poniendo énfasis a la comparación entre las señales muestreadas con los diversos intervalos.

- 1) ¿Cuál es la frecuencia de esta señal?. (1 Pto.)
- 2) ¿Cuántas muestras por periodo hay para cada caso?. (1 Pto.)
- 3) ¿Son estas señales equivalentes?. (1 Pto.)
- 4) ¿Cuál es la frecuencia de muestreo de la señal y cómo afecta la resolución del muestreo a este valor?. (1 Pto.)
- 5) ¿Cómo se llama este fenómeno?. (1 Pto.)

III. GENERACIÓN DE SEÑALES

- 1) Genere dos señales sinusoidales de frecuencias 50 Hz y 500 Hz, ambas de un segundo de duración (t_{max}), con la misma fase inicial, y una amplitud unitaria. Seleccione una sola frecuencia de muestreo (f_s) apropiada para ambas. Justifique la elección de esta última y verifique que el largo de cada vector sea exactamente $t_{max} \cdot f_s$. Grafique las señales usando *plot* y escúchelas usando *soundsc*. (1 Pto.)
- 2) Cambie la fase de las señales anteriores agregando un retardo de $\pi/2$ y grafique para cada señal ambos casos con distintos colores de línea. Presente solo los primeros 50 ms. ¿Se aprecia alguna diferencia en el sonido con este cambio? (ver ayuda para *axis*, *xlim*, *soundsc*). (3 Ptos.)
- 3) Sume las señales sinusoidales originales y grafique los primeros 50 ms de la señal resultante. ¿Cuál es la frecuencia fundamental de la señal obtenida? Justifique. ¿Cuál sería la frecuencia fundamental si los tonos fuesen de 200 Hz y 300 Hz? ¿200 Hz y 203 Hz? Genere tonos y comente lo que escucha para cada caso. (4 Ptos.)
- 4) Genere una señal aleatoria con una distribución uniforme que varíe entre [-1, 1], utilizando la misma frecuencia de muestreo y duración que las señales anteriores. Sume esta señal con la señal sinusoidal de 500 Hz y grafique los primeros 10 ms. ¿Qué sucede al incrementar la frecuencia de muestreo? Justifique (ver ayuda para *rand*). Grafique también la señal original. (3 Ptos.)
- 5) Modifique la señal sinusoidal original de 500 Hz de modo que su amplitud máxima varíe aleatoriamente entre [0.5, 1]. Grafique los primeros 10 ms de la nueva señal y grafique también la señal original. (2 Ptos.)
- 6) De igual forma, modifique la fase de la señal sinusoidal original de 500 Hz de modo que su fase inicial varíe aleatoriamente entre $[-\pi/2, \pi/2]$. Grafique los primeros 10 ms de la nueva señal y grafique también la señal original. (2 Ptos.)
- 7) Describa las diferencias entre las señales obtenidas en los tres puntos anteriores. Comente las diferencias auditivas entre estos casos. (2 Ptos.)

Informe:

Presente una copia impresa de los gráficos, las respuestas asociadas a cada ítem y su código MATLAB para cada caso. Todos los gráficos deben tener títulos y sus ejes etiquetados. Cuando se solicite graficar tiempo en ms, el eje debe ser presentado en dicha unidad. (2 Ptos.)

IV. GENERACIÓN DE SEÑALES MODULADAS

- 1) Genere una señal modulada en amplitud (AM) con una portadora de 500 Hz, moduladora de 50 Hz, amplitud máxima unitaria, y un índice de modulación de amplitud de 50% ($h = 0.5$). Grafique la señal resultante junto con la moduladora en un mismo gráfico con colores distintos. Grafique solo los primeros 50 ms. Recuerde que una señal portadora $x_c(t) = A_c \cos(w_c t)$, al ser modulada en amplitud por una señal de amplitud normalizada $m(t)$ resulta en una señal $x_c(t) = A_c[1 + hm(t)]\cos(w_c t)$. Repita para $h = 0.8$ y comente diferencias observadas. (6 Ptos.)
- 2) Genere una señal modulada en frecuencia (FM) con una portadora de 500 Hz, moduladora de 50 Hz, amplitud máxima unitaria, y un índice de modulación de frecuencia dos octavas ($h = 4$). Grafique la señal resultante y la moduladora en un mismo gráfico con colores distintos. Grafique solo los primeros 50 ms. Recuerde que una señal portadora $x_c(t) =$

$A_c \cos(w_c t)$, al ser modulada en frecuencia por una señal de amplitud normalizada $m(t)$ resulta en una señal $x_c(t) = A_c \cos(w_c t + w_\Delta \int_0^t m(\alpha) d\alpha)$. El índice de modulación de frecuencia $h = w_\Delta / w_m$ es la razón entre la máxima desviación en frecuencia deseada y la frecuencia de la moduladora. (3 Ptos.)

- 3) Grafique además en conjunto y en un gráfico de una columna y cuatro filas, la señal portadora, la moduladora, la señal AM ($h = 0.5$), y la señal FM ($h = 4$). Grafique solo los primeros 50 ms. (1 Pto.)
- 4) Cree una función que permita calcular simultáneamente la amplitud RMS y la energía de cualquier señal. Presente en una tabla los valores de amplitud RMS y energía para las señales de las secciones III y IV (mínimo 12 señales).

Adapte las definiciones para señales continuas para energía $E = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T}^T |s(t)|^2 dt$, y media cuadrática $RMS =$

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \sqrt{\int_{-T}^T \frac{1}{2T} |s(t)|^2 dt} \text{ para señales discretas en su función. (3 Ptos.)}$$

Informe de Laboratorio:

Presente una copia impresa de los gráficos, las respuestas asociadas a cada ítem, la tabla con valores RMS y energía, y su código MATLAB para cada caso. Todos los gráficos deben tener títulos y sus ejes etiquetados. Cuando se solicite graficar tiempo en ms, el eje debe ser presentado en dicha unidad. (2 Ptos.)