Laboratorio 1
Señales y Sistemas

Objetivos

- Ilustrar y examinar los conceptos desarrollados en clase relativos a señales y sistemas, y a los sistemas lineales invariantes en el tiempo.
- Explorar y analizar las propiedades de las señales y sistemas, y de los sistemas lineales invariantes en el tiempo.
- Aplicar una herramienta de simulación para confirmar algunos conceptos y propiedades importantes de señales y sistemas continuos y discretos en el dominio del tiempo, e implementar sistemas lineales invariantes en el tiempo y verificar sus propiedades.
- Afianzar el aprendizaje acerca de señales y sistemas de tiempo continuo y tiempo discreto.

Experiencias

Desarrolle los siguientes problemas propuestos en forma clara y ordenada. Para el desarrollo de los mismos debe aplicar los conocimientos adquiridos durante las sesiones de clase del curso. No todos los puntos o preguntas en los problemas se pueden solucionar directamente con el software. En algunos casos deberá desarrollar parcial o totalmente algunos puntos en forma analítica antes de poder implementar alguna aplicación en el programa.

Comandos sugeridos

Verifique usando help la descripción y uso de los siguientes comandos sugeridos.
Gráficas: plot, stem, subplot
Operador complejo: i o j
Funciones complejas: real, imag, complex, conj, abs, angle
Formas de onda: heaviside, dirac, square, sinc, rectpuls, tripuls, pulstran
Otras funciones: exp, sin, cos, conv, fliplr

En general, resuelva los problemas en forma analítica y verifique usando Matlab, excepto en los casos que se indica otra cosa.

P01. Números complejos

1.1 Exprese los siguientes números complejos en forma cartesiana: a) $0.5e^{j\pi/4}$, b) $4e^{-j3\pi/4}$
1.2 Exprese los siguientes números complejos en forma polar: a) –3, b) (1 + 2j)/(1 – j)

P02. Potencia y Energía

Determine la potencia y la energía normalizadas para cada una de las siguientes señales:

2.1 a) $x_1(t) = e^{-2t}u(t)$ b) $x_2(t) = e^{j(2t+\pi/4)}$ c) $x_3(t) = 3\cos(2\pi 60t)$
2.2 a) $x_1[n] = \left(\frac{1}{2}\right)^n u(t)$ b) $x_2[n] = e^{j(\pi/n+\pi/4)}$ c) $x_3[n] = 2\cos(\pi n/4)$

P03. Transformaciones de la variable independiente

Sea $x(t) = 4e^{-2|t|}$ para $-3 < t < 5$ y $x(t) = 0$ para todo lo demás. Para cada señal indicada, indique que transformación sufre la variable independiente, determine los valores de n para los cuales se garantiza que es cero y grafique la señal.

3.1 a) $x(t-3)$ b) $x(t+3)$ c) $x(-t)$

3.2 a) $x(-t+2)$ b) $x(-3t-3)$

P04. Periodicidad

Determine si cada una de las siguientes señales es o no periódica. Si la señal es periódica, determine su periodo fundamental. Grafique las señales.

4.1 a) $x_1(t) = 3\cos(4t + \pi/4)$ b) $x_2(t) = e^{j(\pi t - 1)}$

4.2 a) $x_1[n] = \cos\left(\frac{\pi}{2}n\right)\cos\left(\frac{\pi}{4}n\right)$ b) $x_2[n] = 2\cos\left(\frac{\pi}{4}n\right) + \sin\left(\frac{\pi}{8}n\right) - 2\cos\left(\frac{\pi}{2}n + \frac{\pi}{6}\right)$

P05. Tipos de señales

Grafique cada una de las siguientes señales.

5.1. Una onda cuadrada con periodo de 2π y ciclo de trabajo de 20% en el intervalo $-4\pi \le t \le 4\pi$. En Matlab utilice la función *square (t,duty).*

5.2. Una onda sinc(t/2). En Matlab utilice vector linealmente espaciado en el rango [–8, 8].

5.3. Una función rectangular $2\ r_4(t-1)$ en el intervalo $-4 \le t \le 8$. En Matlab utilice la función *rectpuls (t,w).*

5.4. Un pulso rectangular $2\ r_5(n-1)$ en el intervalo [-4, 8]. En Matlab utilice la función *rectp(ni,nf,T)* sugerida en el material de apoyo.

5.5. Un pulso rectangular 2 rect((t-1)/5) en el intervalo [-4, 8]. Desarrolle una función en Matlab similar a la función *rectp(ni,nf,T)* sugerida en el material de apoyo, que considere los casos de una función continua y con corrimiento en el tiempo.

5.6. Una función triangular $3\Delta_5(t-2)$ en el intervalo $-2 \le t \le 10$. En Matlab utilice la función *rectpuls (t,w).*

5.7. Una señal periódica de pulsos rectangulares con una duración de 1s y amplitud de 5V. La frecuencia fundamental es 5 Hz y los pulsos tienen un ancho de 50 ms. En Matlab, use la función *pulstran* para graficar el tren de pulsos. Use una frecuencia de muestreo de 500 Hz.

P06. Propiedades de los sistemas

Para cada uno de los siguientes sistemas determine cuál de las propiedades se cumple y cuál no. Presente argumentos que justifiquen su respuesta. En cada caso, y(t) denota la salida y x(t) la entrada del sistema. Propiedades a evaluar: memoria, invarianza en el tiempo, linealidad, causalidad, estabilidad.

6.1 $y(t) = x(t-2) + x(2-t)$

6.2 $y(t) = \frac{dx(t)}{dt}$

6.3 $y[n] = x[-n]$

6.4 $y[n] = x[4n+1]$

P07. Señales sinusoidales y periodicidad (solo Matlab)

En esta sección, escribiremos un archivo de función Matlab llamado *gensin.m* que producirá muestras de una onda sinusoidal de la forma

$$y(t) = A\sin(2\pi f_0 t + \emptyset)$$

Los argumentos de entrada deben ser la frecuencia de la onda sinusoidal en Hertz, f_0, la amplitud A, la fase inicial ϕ, la frecuencia de las muestras en muestras por segundo, f_s, el tiempo de la muestra inicial en segundos, t_0, y el número de muestras que se tomarán, N. Debe haber dos variables de salida, la primera es un vector de soporte (correspondiente a los tiempos en que se tomaron las muestras), y el segundo un vector de las muestras. El n-ésimo elemento de este segundo vector debe ser el valor de $y(t)$ cuando el valor de t es el dado por el n-ésimo elemento del primer vector de salida. Es decir, si $T_s = 1 = f_s$, entonces

$$y[n] = y(t + (n-1)T_s) = A\sin(2\pi f_0(t + (n-1)T_s) + \emptyset), \quad para\ n = 1, 2, \ldots, N$$

El formato de la función debe ser

```
function [tt,yy] = gensin(fo,A,phi,fs,to,N)
```

Ahora use esta función para graficar algunas ondas sinusoidales. Establezca f_s = 8192 muestras por segundo y considere varias frecuencias: 200 Hz, 400 Hz, 800 Hz, 1600 Hz y 2000 Hz. Tenga en cuenta que la gráfica usa interpolación lineal entre los puntos especificados. Es decir, 'une los puntos' con líneas rectas.

Intente reproducir algunos de estas ondas sinusoidales usando el comando *sound* o soundsc. Por favor, mantenga la duración de su onda sinusoidal a lo más un segundo. Si el tono persiste, presione <CTRL-c>.

No todas las sinusoides de tiempo discreto son periódicas

Use la siguiente secuencia de comandos para examinar la naturaleza de la periodicidad de las sinusoides de tiempo discreto que ha generado. Usaremos el comando *stem* para hacer la gráfica en este caso para enfatizar que lo que realmente tenemos es una señal en tiempo discreto.

```
figure
[tt,yy] = gensin(8192/16,1,0,8192,0,64);
subplot(2,1,1);
stem(tt,yy);grid;
[ttt,yyy] = gensin(8192/(4*sqrt(17)),1,0,8192,0,64);
subplot(2,1,2);
stem(ttt,yyy);grid;
```

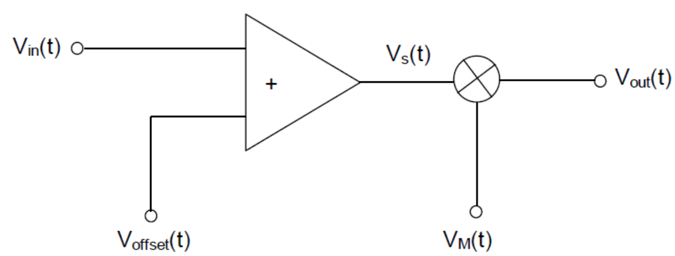
Observe que la sinusoide de tiempo discreto superior es periódica, pero la inferior no. Es posible que deba hacer clic en el botón central en la esquina superior derecha de la ventana para que la figura ocupe toda la pantalla para ver las diferencias.

Exponencial compleja

a. Escriba una función similar a *gensin* que genere (muestras de) la señal exponencial compleja $Ae^{j(\omega_0 t+\emptyset)}$ para A = 3, ϕ = -0.4π y ω_0 = 2π × 1250. Elija una duración que cubra tres períodos.
b. Grafique las partes real e imaginaria de la exponencial compleja en gráficos alineados usando subplot (2,1,1) y subplot(2,1,2).
c. Verifique que las partes real e imaginaria sean señales sinusoidales, y que tengan la frecuencia amplitud y fase correctas.

P08. Señales y sistemas - Modulación de amplitud (solo Matlab)

En la figura se muestrea un sistema sencillo de procesamiento de una señal que consiste de un sumador y un multiplicador. Como se observa, un voltaje de desviación $V_{offset}(t)$ se suma al voltaje de entrada $V_{in}(t)$. Este sistema se usa para generar una señal modulada en amplitud (AM).



$$V_s(t) = V_{in}(t) + V_{offset}(t)$$

La señal $V_s(t)$ se multiplica por una señal portadora $V_M(t)$. Entonces la señal de salida (modulada) es

$$V_{out}(t) = V_s(t)\, V_M(t)$$

La señal de entrada está dada por: $V_{in}(t) = 2\cos(2\pi t/T_{in})$, con T_{in} = 0.2 ms

La señal portadora se describe por: $V_M(t) = \cos(2\pi t/T_M)$, con T_M = 10 μs

El voltaje de desviación $V_{offset}(t)$ es constante y está dada por: V_{offset} = 2 V

a) Genere las señales $V_s(t)$ and $V_{out}(t)$. Las dos señales deben aparecer en la misma gráfica.
b) Use subplot para graficar las cuatro señales $V_{in}(t)$, $V_M(t)$, $V_s(t)$, and $V_{out}(t)$.
c) Considere tres voltajes de desviación diferentes: $V_{offset2}(t)$ = 2.5 V, $V_{offset3}(t)$ = 1.5 V y $V_{offset4}(t)$ = 0 V. Use subplot para graficar las señales de salida para los cuatro casos. Comente sobre lo que observa.