

# IEE239 - Procesamiento de Señales e Imágenes Digitales

## Laboratorio 03 - Guía Práctica

### Primer Semestre 2018

Martes, 24 de abril del 2018

#### Horario 08M1

- 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. (4 puntos) Se desea modular la señal descrita en la Figura 1 (a) compuesta por dos pulsos de duración de un segundo cada uno. El sistema de interés es descrito en la Figura 1 (b), donde  $x_c(t)$  es modulada por una señal portadora  $p(t)$ . La señal resultante  $x_p(t)$  es discretizada y posteriormente filtrada.

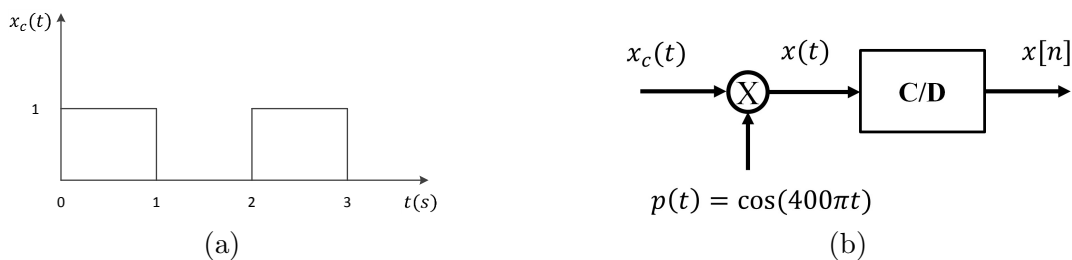


Figura 1: (a) Señal de entrada  $x_c(t)$ . (b) Sistema de modulación.

- a. (1 punto) Graficar la señal de entrada  $x_c(t)$  y la señal portadora  $p(t)$  para  $t \in [0, 4]$  segundos con intervalos de 1 ms. Aplicar la modulación para obtener la señal  $x(t)$ . Graficar  $x(t)$  y mostrar un fragmento con la función `axis`. Calcular la DFT para  $N = L+512$  y  $N = L+1024$ , donde  $L$  corresponde a la longitud de la señal. Graficar el espectro de magnitud y fase con frecuencia normalizada. Usar `fft`, `fftshift`, `unwrap` y `abs`. ¿Qué ocasiona variar el valor de  $N$ ?
- b. (1 punto) La fuga espectral es una distorsión observada en el espectro de magnitud de la señal, la cual es ocasionada al calcular la DFT de una señal no periódica. Discretizar la señal modulada y obtener  $x[n]$  para los siguientes casos:
  - I.  $x_1[n]$  para 300 muestras.
  - II.  $x_2[n]$  para 5000 muestras.

Calcular la DFT de la señal discreta para ambos casos con su número de muestras correspondiente. Usar `fft`, `fftshift`, `unwrap`, `angle` y `abs`. Graficar en una misma ventana: la

secuencia  $x_i[n]$  (donde  $i = 1, 2$ ), su espectro de magnitud y fase. El manchado espectral (spectral leakage) ocurre si el espectro tienen componentes adicionales a su componente original. ¿Hay manchado espectral (spectral leakage) en uno de los casos?

- c. (1 punto) Realizar el diezmado de la señal  $x[n]$  usando un filtro pasabajos FIR por un factor de 3. Considerar que el filtro tiene 30 coeficientes y está definido por:

$$h[n] = \begin{cases} \frac{1}{D} \text{sinc}[\frac{1}{D}(n - \frac{M}{2})] & 0 \leq n \leq M - 1 \\ 0 & \text{otros} \end{cases}$$

donde  $M$  representa el número de coeficientes del filtro y  $D$  el factor de diezmado. Graficar la señal obtenida para  $x_1[n]$  antes y después del diezmado. Calcular y graficar los espectros de magnitud y fase después del diezmado.

- d. (1 punto) Cambiar la tasa de muestreo de la señal  $x(t)$ . Se proponen dos formas posibles:
- Interpolación y luego diezmado.
  - Diezmado y luego interpolación.

Implementar ambos sistemas para los factores de cambio de tasa  $R = 1/8, 4/3$  y  $17/4$ . Usar `interp1` y `decimate`. Comentar con cuál no se genera aliasing.

2. (3 puntos) Se desea implementar un filtro pasabanda con las siguientes especificaciones:

- Banda de paso:  $0,4\pi$  y  $0,6\pi$ .
- Banda de rechazo:  $0,3\pi$  y  $0,7\pi$ .
- Atenuación en la banda de paso:  $-0,4$  dB.
- Atenuación en la banda de rechazo:  $-50$  dB.

- a. (1 punto) Leer el archivo '**secuencia.mat**'<sup>1</sup> que contiene suma de senos y cosenos. Graficar la secuencia en magnitud y fase y verificar las siguientes propiedades de la DFT para  $m = 2$ :

- $x[((n - m))_N] \iff W_N^{km} X[k]$
- $x^*[n] \iff X^*[((-k))_N]$

- b. (1 punto) Sea la respuesta al impulso de un filtro pasa-bajos definida por:

$$h_{lp}[n] = \frac{\sin[\omega_c(n - M/2)]}{\pi(n - M/2)}$$

donde  $n = 0, \dots, 99$  y  $M = 20$ . Determinar el menor número de muestras para evitar aliasing en el tiempo. Elegir un valor mayor y uno menor al hallado. Aplicar convolución lineal y circular a la secuencia y al filtro. Verificar si son equivalentes para  $N = 1, 5$  y  $15$ . Graficar la magnitud y la fase del filtro analizado para poder establecer la frecuencia de corte. Considerar el criterio de  $-3$  dB. Indicar las posiciones de los elementos que son preservados por el filtro.

- c. (0.5 punto) Usar la tabla de características de las ventanas mostrada en la Figura 2 y calcular las dimensiones de la ventana Hamming. Dimensionarla de acuerdo a los requerimientos. Graficar el espectro de magnitud y de fase. Verificar si el filtro es de fase lineal y si las ganancias de interés han sido alcanzadas.

---

<sup>1</sup>El archivo '**secuencia.mat**' está almacenado en la carpeta `/laboratorio/lab03/08m1/guia`

Type of Window	Peak Side-Lobe Amplitude (Relative)	Approximate Width of Main Lobe	Peak Approximation Error, $20 \log_{10} \delta$ (dB)	Equivalent Kaiser Window, $\beta$	Transition Width of Equivalent Kaiser Window
Rectangular	-13	$4\pi/(M+1)$	-21	0	$1.81\pi/M$
Bartlett	-25	$8\pi/M$	-25	1.33	$2.37\pi/M$
Hanning	-31	$8\pi/M$	-44	3.86	$5.01\pi/M$
Hamming	-41	$8\pi/M$	-53	4.86	$6.27\pi/M$
Blackman	-57	$12\pi/M$	-74	7.04	$9.19\pi/M$

Figura 2: Tabla de características de ventanas.

- d. (0.5 punto) Aplicar el filtro y obtener la DFT inversa a partir de la propiedad de dualidad.

$$F^{-1}X(k) = \frac{1}{N}(FX^*(k))^*$$

donde  $N$  es igual a la longitud de la secuencia.

3. (3 puntos) Diseñar un filtro FIR real por el método de muestreo en frecuencia a partir de:

$$H(e^{j\omega}) = \begin{cases} e^{j(\frac{M-1}{2})\omega}, & 0.35\pi \leq \omega \leq 0.50\pi \\ 0, & \text{otros} \end{cases}$$

- a. (1 punto) Definir un vector  $\omega$  de  $-\pi$  a  $\pi$  con intervalos de 0.1. Diseñar el filtro FIR para  $M = 10, 31$  y  $53$  y  $\alpha = 0$ . Hallar los coeficientes del filtro y graficar su respuesta al impulso. Graficar los espectros de magnitud y fase. Indicar la frecuencia de corte para cada caso y comentar qué efecto tiene el variar  $M$ . Usar `fft`, `fftshift`, `ifft`, `ifftshift`, `phase`, `unwrap` y `real`.
- b. (1 punto) Diseñar un filtro pasatodo con fase lineal usando el método de muestreo. Leer la señal **'signal.mat'**<sup>2</sup> y aplicar el filtro pasatodo. Graficar el espectro de magnitud y fase de la señal antes y después de aplicar el filtro.
- c. (1 punto) Modificar el filtro del inciso anterior de tal manera que sea un pasatodo con fase no lineal. Filtrar la señal para este caso. Graficar el espectro de magnitud y fase de la señal antes y después de aplicar el filtro y verificar que la salida no es afectada por un desplazamiento constante. ¿A qué se debe la distorsión generada?

<sup>2</sup>El archivo **'signal.mat'** está almacenado en la carpeta `/laboratorio/lab03/08m1/guia`