

## Trabajo práctico: Filtrado digital IIR

### 1) Filtro Leaking Integrator (LI) con señales senoidales en MATLAB

- Genere una señal senoidal con frecuencia fundamental de 100Hz.
- Agregue ruido a la señal senoidal tal que la relación señal-ruido entre la señal senoidal y la señal con ruido sea de 15 dB.
- Diseñe un filtro *leaking integrator* (LI) con  $\lambda$  igual a 0.7.
- Grafique la respuesta en frecuencia y fase del filtro LI. Use la función `freqz()`. Determine la frecuencia de corte  $f_{co}$  con:
$$f_{co} = -\ln(\lambda) / \pi \cdot f_s$$
- Determine el zero y el polo del filtro con la función `zplane()`. ¿Es el filtro estable?
- Aplique el filtro LI a la señal con ruido. Utilice la función `filter()`.
- Grafique la respuesta en el tiempo de las señales original y filtrada y compare.
- Grafique la respuesta en frecuencia de las señales original y filtrada y compare. Utilice la función provista `my_dft()`.
- Repita los puntos c) a h) para  $\lambda$  igual a 0.9 y 0.98. Analice el comportamiento de la  $f_{co}$ .

### 2) Filtro Leaking Integrator (LI) con señales senoidales de audio.

Repita el ejercicio 1 del punto a) al h) pero:

- Utilice el archivo `Tchaikovsky.mat`.
- Encuentre el valor máximo de  $\lambda$  para un  $f_{co}$  igual a 3400 Hz.

### 3) Dimensiones de filtros FIR e IIR para un mismo tipo de filtro

- Ejecute la función `iir_vs_fir.m.mlx`.
- Analice las funciones `fir_kaiser_3400_44100.m` e `iir_elliptic_3400_44100.m` ¿Qué tipos de filtros implementan ambas funciones?

c) Observe ambas respuestas en frecuencia. ¿Qué diferencias hay entre ambas respuestas?

d) Grafique las respuestas en fase y compárelas. ¿Qué diferencias hay entre ambas respuestas?

e) ¿Cuál es la dimensión del numerador del filtro FIR y cuántos coeficientes presenta la matriz SOS del filtro IIR? ¿A qué conclusión puede abordar?

#### 4) Diseño de un filtro IIR

Diseñe un filtro digital tipo IIR a partir del diseño de un filtro analógico.

a) Diseñe un filtro Chebyshev Tipo I pasa-banda entre 300 y 3.400 Hz con 3 dB en la banda pasante. Use las funciones `cheb1ap()` y `lp2bp()`.

b) Grafique la respuesta en frecuencia y fase del filtro analógico. Use la función `freqs()`.

c) Discretice el filtro analógico para una frecuencia de muestreo de 9600 Hz. Pruebe con los métodos de interpolación `zoh`, `foh` y `tustin`. Use la función `c2d()`.

d) Grafique la respuesta en frecuencia y fase del filtro digital. Use la función `freqz()`.

e) Compare con la respuestas de ambos filtros.

#### 5) Filtros IIR de 2do orden tipo Direct I y Direct II con floating point en C

MATLAB permite ejecutar funciones desarrolladas en lenguaje C usando una función *wrapper* cuya finalidad es la actuar como interfaz entre MATLAB y C. Este wrapper debe adaptar las variables de entrada y salida entre ambos lenguajes.

a) Abra la función wrapper `iir_matlab_wrapper.c` y analice las diferentes secciones. Al final de la misma verá que se invoca a la función `iir_filter_I_float()`.

b) Las funciones en C que implementan diferentes filtros IIR de 2do orden se encuentran en el archivo `iir_filters.c`, donde hay funciones para filtros IIR tipo Direct I y Direct II, en punto flotante y en punto fijo. Ejecute en consola el comando:

```
>> mex iir_matlab_wrapper.c iir_filters.c
```

La función `mex` es la encargada de compilar los archivos en C bajo MATLAB.

c) Abra en el editor de MATLAB el script `irr_matlab_to_C.m` y ejecútelo. Este se encarga de invocar la función `iir_matlab_wrapper` y de analizar su salida. Concéntrese en comparar las señales de salida para las funciones implementadas en MATLAB y en C.

d) Comente la línea de la función `iir_filter_I_float()`, descomente la línea de la función `iir_filter_II_float()` y vuelva a compilar. Ejecute nuevamente `irr_matlab_to_C.m`. Observe la señal filtrada de salida, ¿detecta alguna diferencia respecto a la salida para el filtrado tipo Direct I?

e) Abra el archivo `iir_filters.c` y analice las funciones que implementan los filtros IIR tipo Direct I y Direct II. Observe cómo la estructura de cada función representa los esquemas de los filtros IIR tipo Direct I y Direct II, respectivamente, vistos en teoría ¿Qué diferencias presentan estas funciones?

## **6) Filtros IIR de 2do orden tipo Direct I y Direct II con fixed point en C**

Utilizando las funciones Ejercicio 3), escriba funciones las en C para filtrado IIR tipo Direct I y Direct II en precisión punto fijo Q15. Verifique su correcto funcionamiento en MATLAB.

## **7) Filtros IIR de N orden tipo Direct I y Direct II con floating point en C**

Escriba funciones en C para implementar filtrado IIR tipo Direct I y Direct II de orden N. Verifique su correcto funcionamiento bajo MATLAB.