

## Ejercicio Entregable 3 (Fecha adicional)

### Diseño de Filtros digitales

#### Ejercicio 1

En el diseño de un sistema de comunicaciones se necesita un filtro capaz de realizar un desplazamiento de fase de la señal de entrada. Sabiendo que la respuesta en frecuencia del desplazador de fase deseado a implementar es:

$$H_d(e^{j\omega}) = \begin{cases} -0,5 e^{j(-\omega\frac{M}{2} + \frac{\pi}{2})} & 0 < \omega < \pi \\ 0 & \omega = 0 \\ 0,5 e^{j(-\omega\frac{M}{2} + \frac{\pi}{2})} & -\pi \leq \omega < 0 \end{cases},$$

y considerando una tolerancia de 0,004 para todas las bandas y una transición de  $0,15\pi$ :

- Deduzca la expresión de la respuesta al impulso deseada  $h_d[n]$  del filtro FLG  $H_d(e^{j\omega})$ .
- Determine la ventana y el orden  $M$  que cumplen con las especificaciones (excluya Kaiser). ¿Qué tipo de filtro FLG resulta?, justifique.
- Dibuje de forma aproximada la función amplitud  $A(\omega)$  del filtro ventaneado e indique las especificaciones en el gráfico.

#### Problema 2

Considere un filtro IIR digital pasa altos  $H_{hp}(z)$ . El diseño se realiza mediante el método de Butterworth (suponiendo un tiempo de muestreo  $T_s = 2$ ) a partir de un pasa bajos  $H_{lp}(s)$  con el que luego se obtiene el pasa altos  $H_{hp}(s)$ . Suponga que sólo dispone de los siguientes datos compatibles con el pasa bajos  $H_{lp}(s)$ :

- El polo  $s = s_0$  tiene módulo  $|s_0| = 0,2$ .
- La diferencia de fase entre polos contiguos es de  $\pi/4$ .

Determine  $\Omega_0$ ,  $N$  y todos los polos del filtro pasa bajos Butterworth  $H_{lp}(s)$  y grafique su diagrama de polos y ceros. Luego obtenga los polos y ceros del pasa altos analógico  $H_{hp}(s)$  y su versión digital  $H_{hp}(z)$  y grafíquelos.

Nota: sólo se requieren los diagramas de polos y ceros y no interesan en este ejercicio las constantes que escalan a las transferencias. Justifique los resultados.

#### Problema 3

En la Ec. 1 se muestra la transferencia de un filtro IIR. Se sabe el sistema se implementará con una aritmética de punto fijo de  $W$  bits y un rango máximo  $X_m = 5$ .

- Haga una representación del sistema mediante la realización directa-I, indicando las fuentes de ruido asociadas al modelo de cuantización por redondeo.

- (b) Determine la mínima cantidad de bits necesaria para que el ruido de cuantización  $v[n]$  a la salida del sistema posea una varianza acotada tal que  $\sigma_v^2 \leq 9 \times 10^{-4}$ .

$$H(z) = \frac{3 + 0,1z^{-1} + 0,2z^{-3}}{3 - 0,6z^{-1}} \quad (1)$$