

TRATAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES	EXAMEN FINAL	24/06/2013
APELLIDOS	NOMBRE	DNI

**Segunda Parte (1 hora y 40 minutos)**

**Problema 1 (2.5 puntos)**

El siguiente diagrama de flujo de señal está en condiciones de reposo inicial:

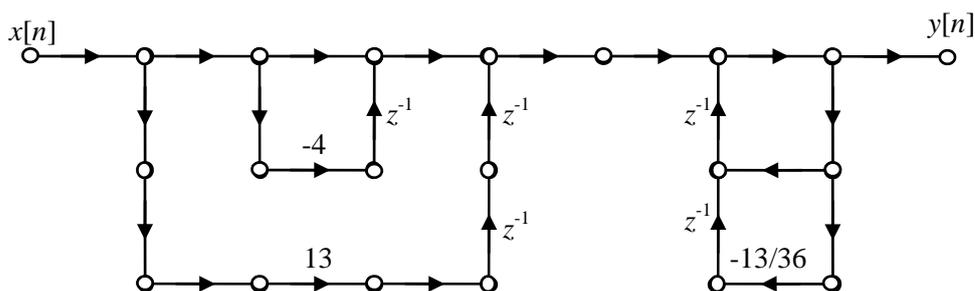


Figura 1. Diagrama de flujo.

- Encuentre la función de transferencia del sistema,  $H(z)$  (0.8 puntos).
- Sin calcular la respuesta al impulso completa, obtenga  $h[1]$ , el valor de la respuesta al impulso en el instante de tiempo  $n=1$ . (0.5 punto).
- Encuentre la ecuación en diferencias que relaciona la entrada y la salida (0.2 puntos).
- Dibuje el diagrama de polos y ceros indicando exactamente la posición de los polos y los ceros e indique si el sistema es estable (0.5 puntos).
- Dibuje un diagrama de flujo de señal en Forma Directa II compatible con dicha función de transferencia (0.5 puntos).



**FIN DEL PROBLEMA 1**

**Problema 2 (3 puntos)**

En este problema vamos a diseñar un analizador espectral para señales musicales con el siguiente esquema:

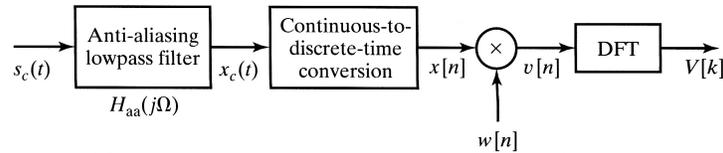


Figura 2: Esquema conceptual del analizador espectral a realizar.

El analizador espectral que vamos a realizar es para música con un ancho de banda de 20.000 Hz y queremos que nos muestre el margen de frecuencia entre 0 y 20000 Hz con una resolución espectral inferior o igual a 5 Hz y con un total de 8000 muestras entre 0 y 20000 Hz.

2.a) Según los requisitos de diseño anteriores, ¿cuál sería el mayor periodo de muestreo,  $T$ , que debería elegir para el módulo C/D? [0.25 puntos].

2.b) Represente la respuesta en frecuencia del filtro anti-aliasing ideal que emplearía indicando frecuencias y amplitudes. [0.25 puntos].

Para implementar el filtro anti-aliasing queremos evitar hacerlo como un filtro analógico por las dificultades que entraña la electrónica analógica. Además, pensamos que el procesador digital con el que vamos a hacer el enventanado y la DFT tiene potencia de sobra para hacer estas operaciones. Por todo ello, decidimos sustituir los dos primeros bloques de la Figura 2 por este otro esquema en el que el filtro se realiza ya en tiempo discreto (por tanto en el procesador digital que va a hacer también enventanado y DFT):

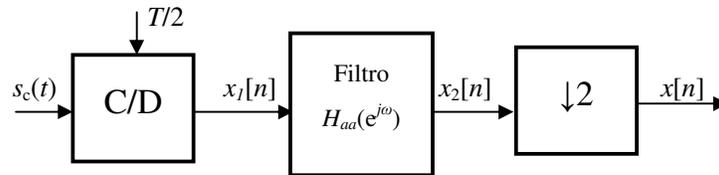


Figura 3: Sustitución de los dos primeros módulos de la Figura 2 para realizar el filtro anti-aliasing en tiempo discreto.

2.c) Considerando que la señal de entrada tiene el espectro indicado en la Figura 4, represente los espectros de las señales  $s_c(t)$ ,  $x_c(t)$  y  $x[n]$  de la Figura 2 suponiendo que el filtro anti-aliasing es el que ha obtenido en el apartado 2.b) y el periodo de muestreo el que ha obtenido en el apartado 2.a). Indique las frecuencias y amplitudes más relevantes. [0.5 puntos].

2.d) Considerando también que la señal de entrada tiene el espectro indicado en la Figura 4, represente los espectros de las señales  $s_c(t)$ ,  $x_1[n]$ ,  $x_2[n]$  y  $x[n]$  de la Figura 3. Ajuste la respuesta en frecuencia del filtro anti-aliasing,  $H_{aa}(e^{j\omega})$ , para que la señal  $x[n]$  coincida con la que obtuvo en el apartado anterior.  $T$  en la Figura 3 es el valor que obtuvo en el apartado 2.a). Dibuje la respuesta en frecuencia del filtro anti-aliasing empleado en este caso. [0.5 puntos].

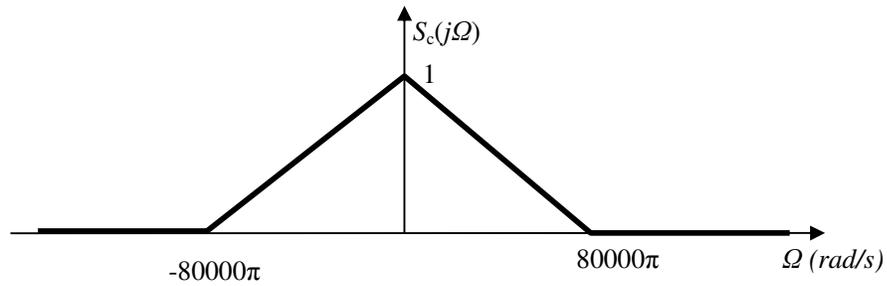


Figura 4: Señal de entrada a emplear en apartados 2.c y 2.d.

2.e) Razone sobre si los esquemas de la Figura 2 y de la Figura 3 son exactamente equivalentes en cuanto a su capacidad para evitar el aliasing en el C/D ante cualquier señal de entrada. [0.5 puntos].

2.f) Según los datos de diseño dados anteriormente, suponiendo que la resolución espectral viene limitada por el ancho del lóbulo principal de la ventana empleada y que empleamos una ventana de Hamming para controlar el goteo o *leakage*, determine la longitud mínima de la ventana a emplear para realizar el análisis espectral y el número de puntos de la DFT a emplear en dicho análisis. [0.5 puntos].

2.g) Según los datos del apartado anterior, una vez que disponga de la señal enventanada,  $v[n]$ , del mismo tamaño que la ventana, ¿debe hacer algo especial con ella antes de calcular la DFT? ¿el qué? [0.5 puntos].





**FIN DEL PROBLEMA 2**

**Cuestiones (2 puntos)**

a) (1 punto) Sea  $h[n]$ , la respuesta al impulso de un filtro FIR causal de duración  $D_1$ , es decir,

$$h[n] = 0 \begin{cases} \text{si } n < 0 \\ \text{si } n \geq D_1 \end{cases}$$

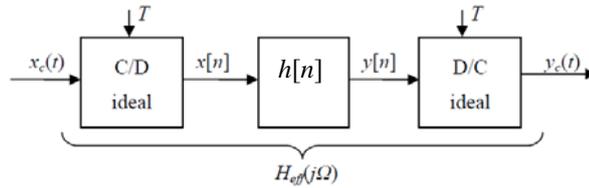
Sea  $x[n]$  una señal de duración finita  $D_2$  no nula para  $n_0 \leq n < (n_0 + D_2)$ . Determine cómo calcular  $x[n] * h[n]$  usando el mínimo número posible de DFTs en los siguientes casos:

1.  $n_0 = 0$
2.  $n_0 = -4$

- b) (1 punto) Un filtro en tiempo continuo con respuesta al impulso  $h_c(t)$  y módulo de la respuesta en frecuencia

$$|H_c(j\Omega)| = \begin{cases} |\Omega|, & |\Omega| < 10\pi \\ 0, & |\Omega| > 10\pi \end{cases}$$

Se va a utilizar como prototipo para el diseño de un filtro en tiempo discreto. El sistema en tiempo discreto resultante se va a utilizar en la configuración de la figura para filtrar la señal en tiempo continuo  $x_c(t)$ .



donde  $T=10^{-4}$ s. Suponga que se obtiene un sistema en tiempo discreto con respuesta al impulso  $h[n]$  a partir del sistema prototipo en tiempo continuo mediante transformación bilineal con  $T_d=2$ . Dibuje el módulo de la respuesta en frecuencia efectiva global,  $H_{eff}(j\Omega)$ , cuando este sistema en tiempo discreto se utiliza en la figura.

## TABLAS Y DATOS ADICIONALES

**TABLE 7.1** COMPARISON OF COMMONLY USED WINDOWS

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	$9.19\pi/M$



