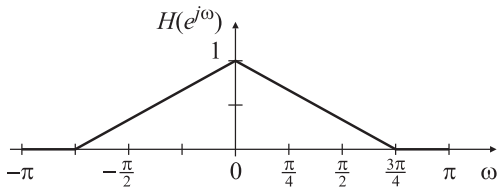
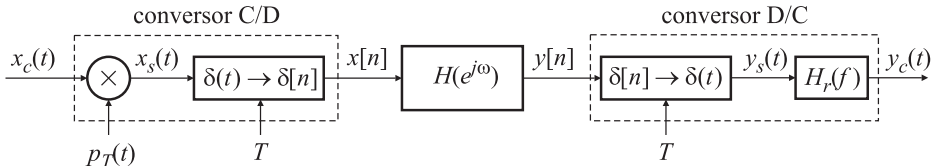


1. La entrada a un sistema discreto de procesamiento de señales de tiempo continuo es $x_c(t) = 1 + 2\text{sen}(2\pi 500t) + 3\text{sen}(2\pi 3000t)$. El filtro discreto $H(e^{j\omega})$ es un pasabajo cuya respuesta en frecuencia, dentro del intervalo $-\pi < \omega < \pi$ es

$$H(e^{j\omega}) = \begin{cases} 1 - \left| \frac{4\omega}{3\pi} \right|, & |\omega| < \frac{3\pi}{4}, \\ 0, & \text{en caso contrario.} \end{cases}$$



- y la frecuencia de muestreo es $f_s = 1/T = 4000$ Hz.
- (a) Grafique detalladamente el espectro $X_c(f)$ de $x_c(t)$
 - (b) Calcule y grafique el espectro $X_s(f)$ de la señal muestreada continua $x_s(t)$.
 - (c) Calcule y grafique el espectro $X(e^{j\omega})$ de la señal discreta $x[n]$, identificando las frecuencias relevantes en el intervalo $|\omega| < \pi$.
 - (d) Calcule y grafique el espectro $Y(e^{j\omega})$ de la señal discreta $y[n]$ a la salida del filtro $H(e^{j\omega})$.
 - (e) Calcule y grafique el espectro $Y_s(f)$ de la señal muestreada continua $y_s(t)$
 - (f) Calcule y grafique la respuesta en frecuencia de la señal continua de salida $y_c(t)$.
 - (g) Escriba la expresión analítica de la señal $y_c(t)$.
 - (h) Indique dónde colocaría un filtro antialiasing., y dibuje el espectro de la señal de salida, y escriba su expresión analítica.



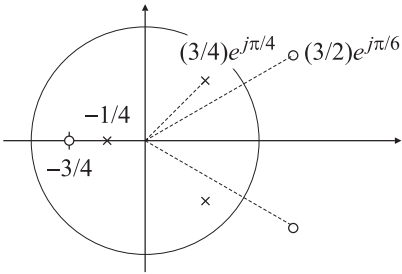
2. Para la función de sistema del SLIT

$$H(z) = \frac{-32 + 16z^{-1} - 2z^{-2} - 3z^{-3}}{16 - 8z^{-1} - 3z^{-2}} = \frac{-2 + z^{-1} - \frac{1}{8}z^{-2} - \frac{3}{16}z^{-3}}{1 - \frac{1}{2}z^{-1} - \frac{3}{16}z^{-2}} = \frac{-2 + z^{-1} - \frac{1}{8}z^{-2} - \frac{3}{16}z^{-3}}{\left(1 + \frac{1}{4}z^{-1}\right)\left(1 - \frac{3}{4}z^{-1}\right)}$$

- (a) Especifique todas las posibles regiones de convergencia, e identifique las asociadas a las sucesiones estables y/o causales.
- (b) Calcule todas las respuestas impulsivas asociadas a cada una de las regiones de convergencia
- (c) Sin calcular los ceros ¿puede determinar si el sistema **causal** es de fase mínima? Justifique su respuesta.

3. La función de sistema de un SLIT causal y estable es

$$H(z) = \frac{\left(1 - \frac{3}{2}e^{j\pi/6}z^{-1}\right)\left(1 - \frac{3}{2}e^{-j\pi/6}z^{-1}\right)\left(1 + \frac{3}{4}z^{-1}\right)}{\left(1 - \frac{3}{4}e^{j\pi/4}z^{-1}\right)\left(1 - \frac{3}{4}e^{-j\pi/4}z^{-1}\right)\left(1 + \frac{1}{4}z^{-1}\right)}, \quad |z| > 3/4$$



- (a) Especifique si el sistema es IIR/FIR. Justifique su respuesta.
- (b) Descomponga el sistema $H(z)$ en un sistema de fase mínima en cascada con un filtro pasatodos, $H(z) = H_M(z) H_{PT}(z)$. Escriba las funciones de sistema $H_M(z)$ y $H_{PT}(z)$, y grafique el diagrama de polos y ceros.
- (c) Diseñe un compensador $C(z)$ tal que $|C(z) H(z)| = 1$.
- (d) Si es posible, descomponga el sistema $H(z)$ en un sistema de fase mínima en cascada con un sistema de fase lineal generalizada, $H(z) = H_{M2}(z) H_{FLG}(z)$. Escriba las funciones de sistema $H_{M2}(z)$ y $H_{FLG}(z)$, y grafique el diagrama de polos y ceros.
- (e) Diseñe un compensador $C_2(z)$ tal que $|C_2(z) H(z)| = H_{FLG}(z)$.
- (f) Encuentre la respuesta en frecuencia $H_{FLG}(e^{j\omega})$ del sistema compensado $H_{FLG}(z)$, y exprese la en la forma $H_{FLG}(e^{j\omega}) = A(\omega)e^{-j(\beta+\alpha\omega)}$, donde $A(\omega)$ es real. Especifique $A(\omega)$, α y β .
- (g) Escriba la ecuación a diferencias del sistema compensado $H_{FLG}(z)$, y la respuesta impulsiva $h_{FLG}[n]$.
- (h) De acuerdo a las características de $h_{FLG}[n]$, ¿qué puede decir de la respuesta en frecuencia $H_{FLG}(e^{j\omega})$?

Serie de Fourier (SF)	Transformada de Fourier (TF)	Transf. de Fourier de señales discretas (TFD)	Transf. Discreta de Fourier (TDF)
$\tilde{x}(t) = \sum_k c_k e^{j\frac{2\pi}{T}kt}$	$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f) e^{j2\pi ft} df$	$x[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(e^{j\omega}) e^{j\omega n} d\omega$	$x[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X[k] e^{j\frac{2\pi}{N}kn}$
$c_k = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) e^{-j\frac{2\pi}{T}kt} dt$	$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j2\pi ft} dt$	$X(e^{j\omega}) = \sum_n x[n] e^{-j\omega n}$	$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-j\frac{2\pi}{N}kn}$
Varios	$\sum_{k=0}^{N-1} \rho^k = \frac{1-\rho^N}{1-\rho}, \sum_{k=0}^{\infty} \rho^k = \frac{1}{1-\rho}$	$\text{sinc}(x) = \frac{\text{sen}(\pi x)}{\pi x}$	

dominio frecuencial (Ω)	dominio temporal	dominio frecuencial (f)
$X(e^{j\omega}) = \frac{1}{T_s} \sum_k X_c \left[\frac{1}{T_s} (\omega - 2\pi k) \right]$	$\Leftrightarrow \quad x[n] = x_c(nT_s)$	$\Leftrightarrow \quad X(e^{j\omega}) = \frac{1}{T_s} \sum_k X_c \left[\frac{f_s}{2\pi} (\omega - 2\pi k) \right]$
$Y(e^{j\omega}) = H(e^{j\omega}) X(e^{j\omega})$	$\Leftrightarrow \quad y[n] = x[n] * h[n]$	$\Leftrightarrow \quad Y(e^{j\omega}) = H(e^{j\omega}) X(e^{j\omega})$
$Y_s(\Omega) = Y(e^{j\omega}) \Big _{\substack{\omega=\Omega\frac{2\pi}{\Omega_s} \\ =\Omega T_s}}$	$\Leftrightarrow \quad y_s(t) = \sum_n y[n] \delta(t - nT_s)$	$\Leftrightarrow \quad Y_s(f) = Y(e^{j\omega}) \Big _{\substack{\omega=f\frac{2\pi}{f_s} \\ =2\pi fT_s}}$
$Y_r(f) = H_r(\Omega) Y_s(\Omega)$ $= T_s H(e^{j\omega}) X(e^{j\omega}) \Big _{\substack{\omega=\Omega\frac{2\pi}{\Omega_s} \\ =\Omega T_s}}$	$\Leftrightarrow \quad y_r(t) = \sum_n y[n] h_r(t - nT_s)$	$\Leftrightarrow \quad Y_r(f) = H_r(f) Y_s(f)$ $= T_s H(e^{j\omega}) X(e^{j\omega}) \Big _{\substack{\omega=f\frac{2\pi}{f_s} \\ =2\pi fT_s}}$
$H_c(\Omega) = \begin{cases} H(e^{j\omega}) \Big _{\substack{\omega=\Omega\frac{2\pi}{\Omega_s} \\ =\Omega T_s}}, & \text{si } \Omega < \frac{\Omega_s}{2} = \frac{\pi}{T_s}, \\ 0, & \text{caso contrario.} \end{cases}$		$H_c(f) = \begin{cases} H(e^{j\omega}) \Big _{\substack{\omega=f\frac{2\pi}{f_s} \\ =2\pi fT_s}}, & \text{si } f < \frac{f_s}{2} = \frac{1}{2T_s}, \\ 0, & \text{caso contrario.} \end{cases}$

$$z^N = re^{j\theta} \quad \Rightarrow \quad z_k = \sqrt[N]{r} e^{j\frac{\theta+2\pi k}{N}}, \quad k = 0, 1, \dots, N-1$$

Transformada Bilineal:	$s = \frac{2(1-z^{-1})}{T(1+z^{-1})}, \quad z = \frac{(2/T+s)}{(2/T-s)}, \quad \omega = 2\arctan(\pi f T_d), \quad f = \frac{1}{\pi T_d} \tan\left(\frac{\omega}{2}\right)$
Invariación al impulso:	$h[n] = T_d h_c(t) \Big _{t=nT_d}$