



UNIVERSIDAD DE JAÉN

*Departamento de Ingeniería
Electrónica,
de Telecomunicación y
Automática*

**I. T. DE TELECOMUNICACIÓN - ESP. TELEMÁTICA
TRATAMIENTO DIGITAL DE LA SEÑAL I
CURSO 2005/2006**

TEMA 3: MUESTREO

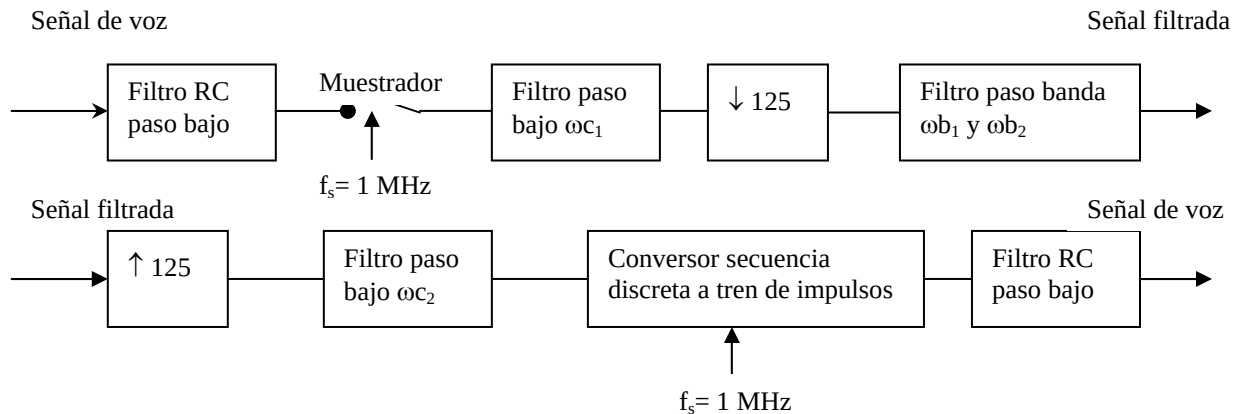
CUESTIONES TEÓRICAS

- 1) Una señal analógica está limitada en banda y su frecuencia máxima es de $W=22.050$ Hz. Se utiliza una frecuencia de muestreo de $f_s=32.000$ Hz para la señal anterior. Dibujar el diagrama de bloques del conversor A/D para evitar que haya solapamiento en frecuencia en la señal digital resultado.
- 2) Teniendo en cuenta que el filtrado de señales digitales es menos costoso que en señales analógicas, ¿ cómo se puede simplificar el filtro anti-solapamiento en el diagrama de la cuestión anterior ?. Dibujar el nuevo diagrama de bloques.
- 3) Se filtra la señal digital anterior mediante un filtro paso bajo ideal de frecuencia de corte $\omega_c=3\cdot\pi/4$ rad. ¿ Qué frecuencia de corte se tiene en el sistema analógico homólogo cuando se implemente el conversor D/A ?. ¿Cuál será la función de transferencia de este sistema analógico equivalente ?.
- 4) Especificar cómo es posible cambiar la frecuencia de muestreo de una señal digital sin necesidad de implementar un conversor D/A y un conversor A/D, en serie, a la nueva frecuencia de muestreo. Dibujar el diagrama de bloques indicando los factores necesarios si se cambia la frecuencia de muestreo de la señal anterior de 32 KHz a 44,1 KHz.
- 5) Cuando se utiliza un conversor A/D con sobremuestreo (frecuencia de muestreo mucho mayor que la necesaria según el criterio de Nyquist), ¿ qué elementos del conversor A/D se simplifican ?.

PROBLEMAS

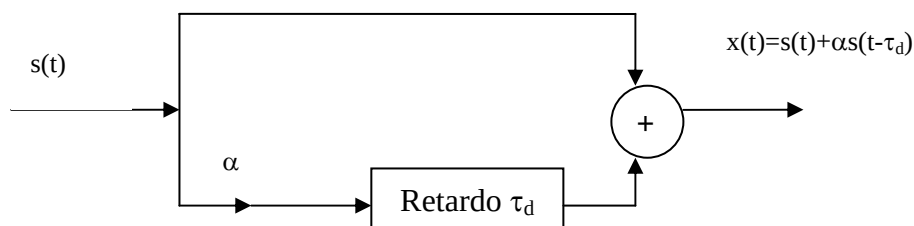
- 1) En un sistema de procesamiento digital de señal de voz se pretende filtrar paso banda la señal entre 300 y 3.400 Hz. Si el conversor A/D tiene una frecuencia de muestreo de $f_s = 1$ MHz. Determinar las frecuencias de corte de los filtros digitales que aparecen en la Figura 1 suponiendo que son filtros ideales.

Figura 1. Diagrama de bloques de un procesamiento digital de señal de voz.



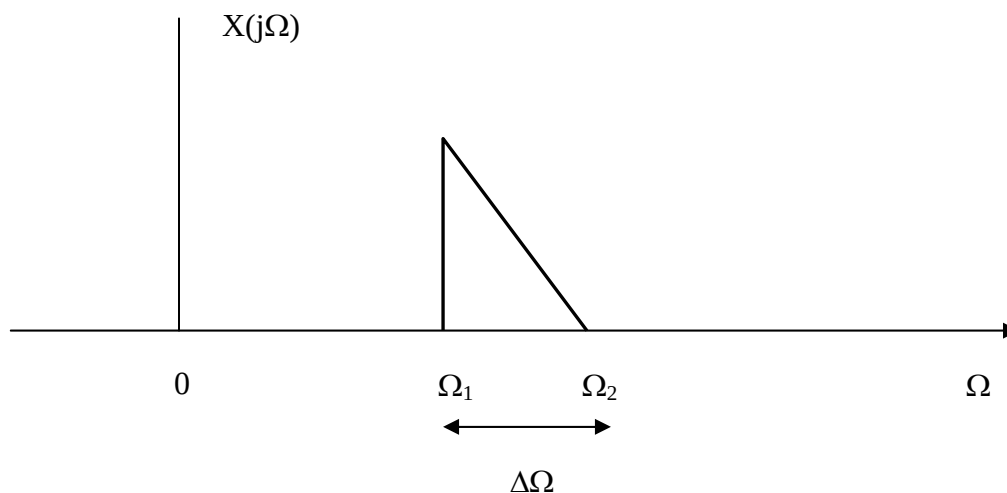
- 2) La Figura 2 muestra un modelo simple de canal de comunicaciones multirayecto. Suponiendo que $s(t)$ es de banda limitada, es decir, que $S(j\Omega)$ es cero para $|\Omega| \geq \Omega_N$ y que $x(t)$ se muestrea con una frecuencia de $\Omega_S = 2\Omega_N$ obteniéndose la frecuencia $x[n] = x(nT_S)$.
 - a) Determine la transformada de Fourier de $x(t)$ y la de $x[n]$ en función de la de $s(t)$.
 - b) Se desea simular el sistema multirayecto mediante un sistema en tiempo discreto escogiendo $H(e^{j\omega})$ de forma que la salida sea $x[n]$ cuando la entrada es $s[n] = s(nT_S)$. Determine $H(e^{j\omega})$ en función de T_S y τ_d .
 - c) Determine la respuesta al impulso $h[n]$ cuando $\tau_d = T_S$.
 - d) Determine la respuesta al impulso $h[n]$ cuando $\tau_d = T_S/2$. Modifique la frecuencia de muestreo de forma que la respuesta al impulso sea función de $\delta[n]$ y $\delta[n-1]$.

Figura 2. Modelo simple de un canal de comunicaciones multirayecto.



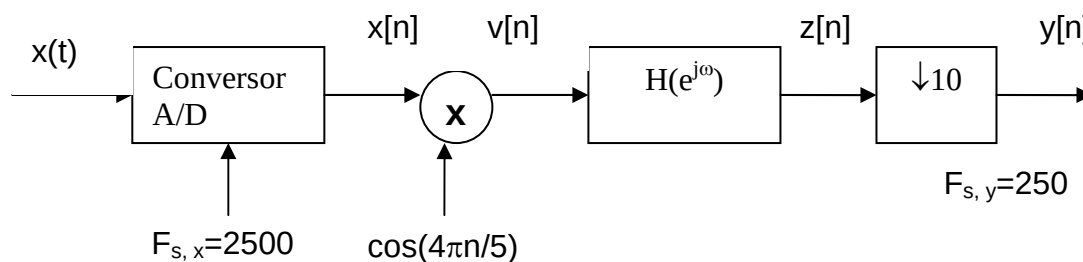
- 3) Una señal compleja en tiempo continuo $x(t)$ tiene la transformada de Fourier que se muestra en la Figura 3, donde $(\Omega_2 - \Omega_1) = \Delta\Omega$. Esta señal se muestrea produciéndose la secuencia $x[n] = x(nT_s)$.
- Dibuje la transformada de Fourier $X(e^{j\omega})$ de la secuencia $x[n]$ para $\Omega_s = 2\Omega_2$.
 - En la transformada de Fourier de la señal anterior hay muchas zonas de frecuencia con valor cero. Para aprovechar mejor el espectro, ¿cuál es la mínima frecuencia de muestreo que se puede utilizar sin incurrir en distorsión de solapamiento?. Esta condición significa, que no haya frecuencias con valor cero y que se pueda recuperar la señal $x(t)$ a partir de las muestras. Dibuje la transformada de la señal muestreada con la frecuencia de muestreo mínima.
 - Dibuje el diagrama de bloques de un sistema para muestrear $x(t)$ con una frecuencia de muestreo mayor o igual a la mínima. Dibuje el diagrama inverso para recuperar la señal $x(t)$ a partir de las muestras.

Figura 3. Transformada de Fourier de la señal compleja $x(t)$.



- 4) Una señal analógica (real) $x(t)$ está limitada en banda al rango de frecuencias entre 900 y 1100 Hz. Esta señal se usa como entrada al sistema mostrado en la Figura 4. Sabiendo que $H(e^{j\omega})$ es un filtro paso bajo ideal de frecuencia de corte $\pi/10$, dibuje el espectro de las señales $x[n]$, $v[n]$, $z[n]$ y $y[n]$.

Figura 4. Diagrama de bloques de un sistema discreto.



SOLUCIONES

Problema 2

a) $X(j\Omega) = S(j\Omega)(1 + \alpha e^{-j\Omega\tau_d})$; $X(e^{j\omega}) = \frac{1}{T_s} \sum_{k=-\infty}^{+\infty} S(j\frac{1}{T_s}(\omega - 2\pi k))(1 + \alpha e^{-j\frac{1}{T_s}(\omega - 2\pi k)\tau_d})$

b) $H(e^{j\omega}) = (1 + \alpha e^{-j\frac{\omega}{T_s}\tau_d})$

c) $h[n] = \delta[n] + \alpha\delta[n-1]$

d) Para que $h[n]$ sea función de $\delta[n]$ y $\delta[n-1]$ es necesario interpolar con $L=2$.

Problema 3

b) $\Omega_{s \min} = \Delta\Omega$

c)

