



Procesamiento Digital de Señales

Unidad 6: Procesamiento a Múltiples Tasas

Cambio de Tasa de Muestreo

- La tasa de muestreo, definida en el proceso de conversión A/D, es un parámetro cuyo valor óptimo (además de cumplir con el criterio de Nyquist) depende de la aplicación
- Dentro de un sistema de DSP pueden ser requeridas diferentes tasas
- En esta unidad se ven los procedimientos para subir o bajar la tasa de muestreo mediante un procesamiento digital

Reducción por un Factor Entero

- El proceso de reducción de tasa por un factor entero es llamado “*downsampling*”, también es utilizado el nombre decimación o diezmado (*decimation*).
- Se indica por la siguiente notación para un factor M :

$$y(m) = x(mM)$$

- Ejemplo:

$x(n): 8 \ 7 \ 4 \ 8 \ 9 \ 6 \ 4 \ 2 \ -2 \ -5 \ -7 \ -7 \ -6 \ -4 \dots$

decimando por un factor de 3:

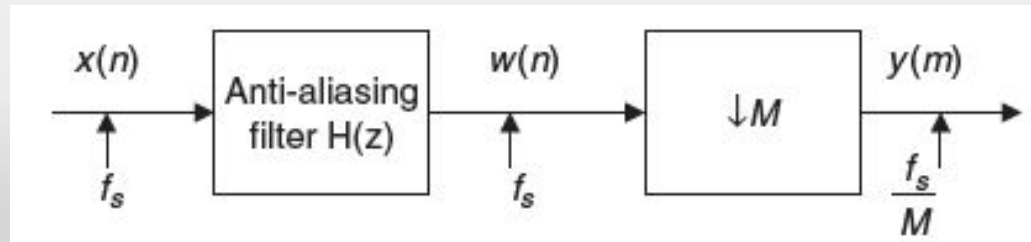
$y(m): 8 \ 8 \ 4 \ -5 \ -6 \dots,$

Reducción por un Factor Entero

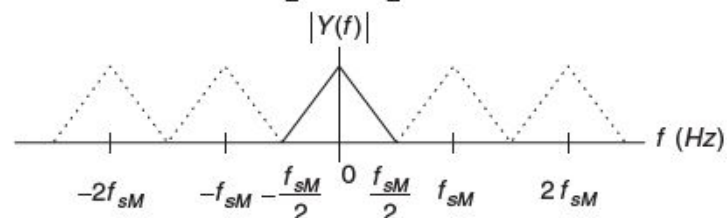
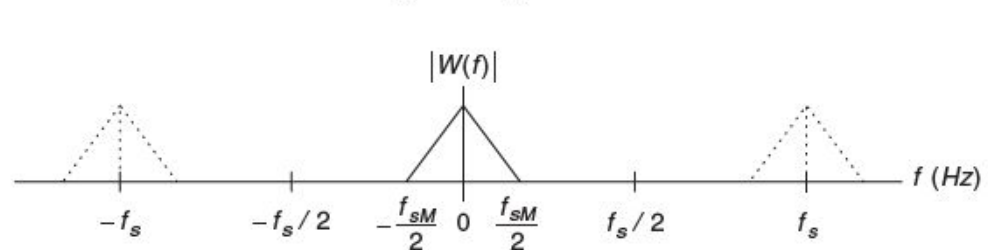
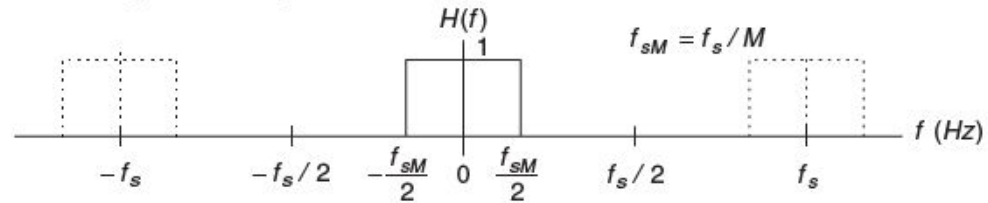
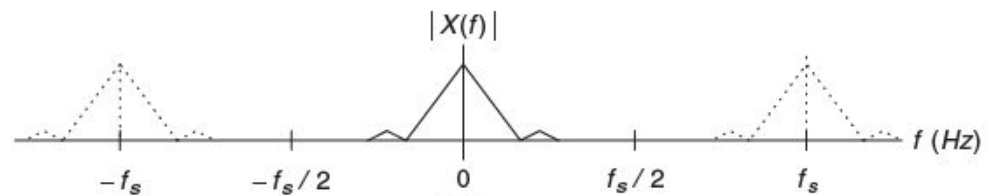
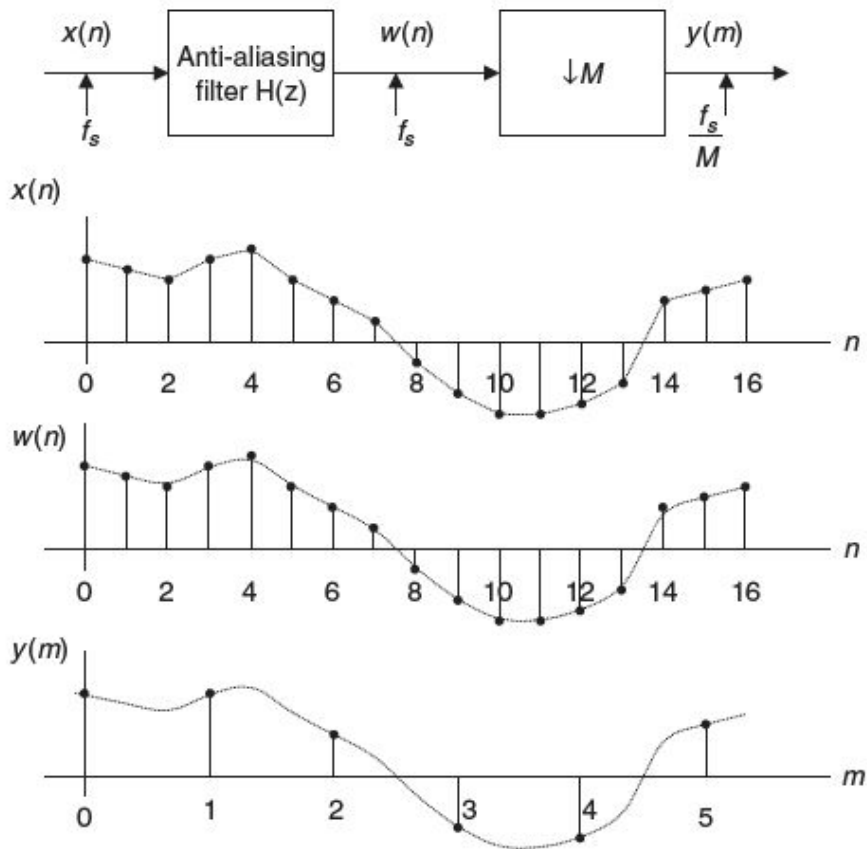
- Al decimar por un factor M , el período de muestreo aumenta M veces y la frecuencia de muestreo disminuye en igual proporción:

$$f_{sM} = \frac{1}{MT} = \frac{f_s}{M},$$

- Esta disminución de la tasa de muestreo puede causar aliasing, por lo que resulta necesario realizar un filtrado pasabajos previamente



Ejemplo diezmando por 3:

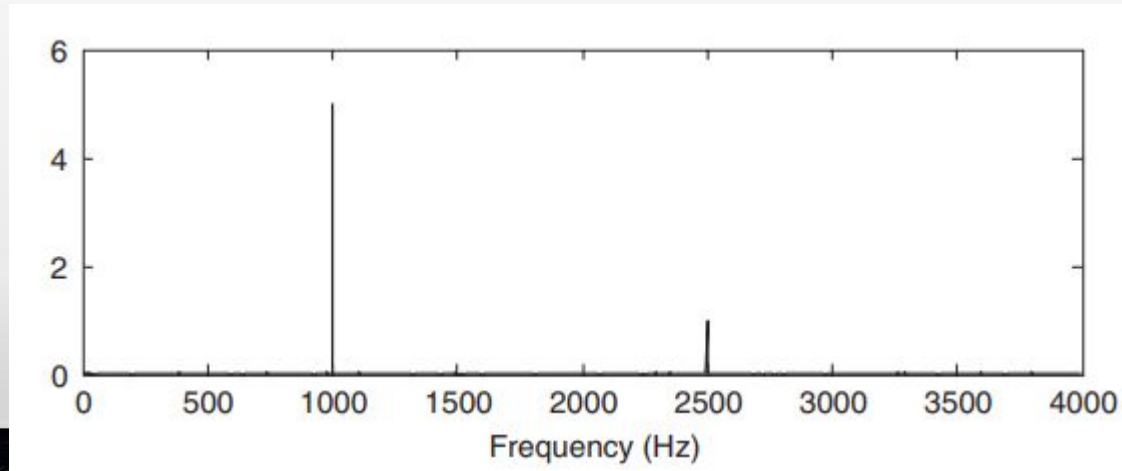


Reducción por factor entero: ejemplo sinusoides

Considerando la señal

$$x(n) = 5 \sin\left(\frac{2\pi \times 1000n}{8000}\right) + \cos\left(\frac{2\pi \times 2500n}{8000}\right),$$

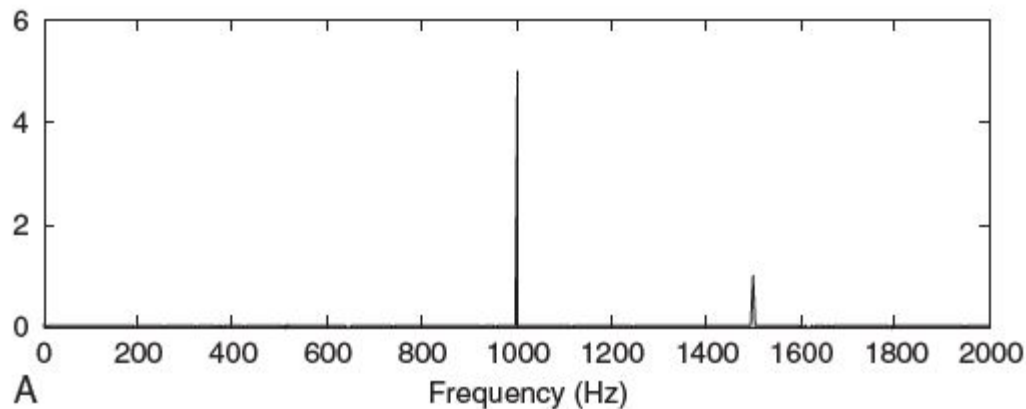
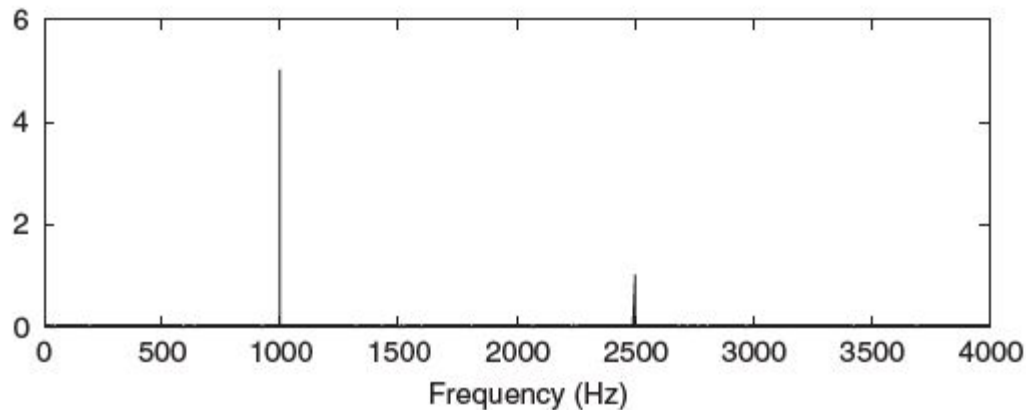
La frecuencia de muestreo $f_s = 8.000$ Hz, y el espectro asociado



Reducción por factor entero: ejemplo sinusoides

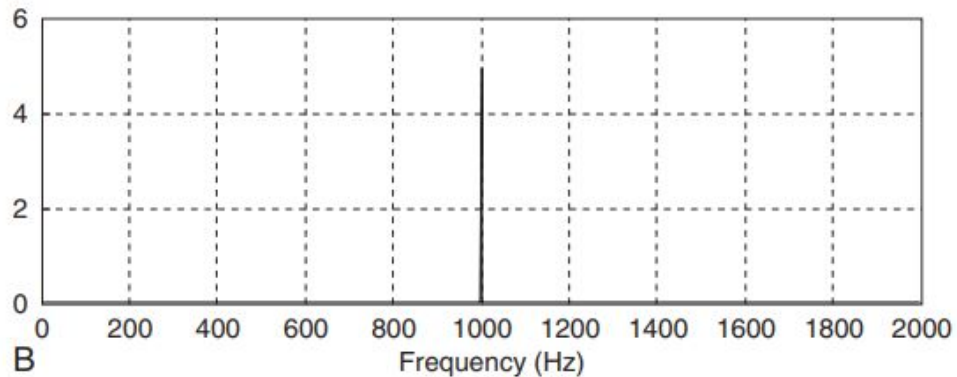
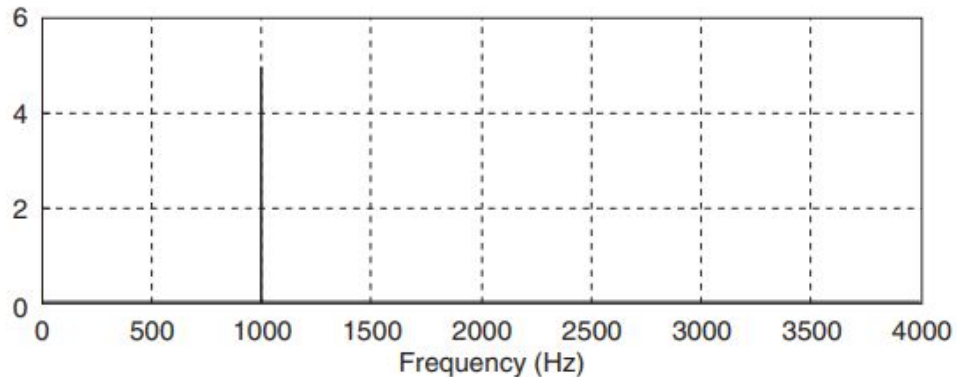
Si se hace un diezmado por 2, es espectro se modifica así:

Ocurre un solapamiento del espectro



Reducción por factor entero: ejemplo sinusoides

En cambio, si se utiliza un filtro antialiasing:



Reducción por factor entero: ejemplo sinusoides

En este caso se utilizó un filtro FIR pasa bajos de 101 coeficientes y una frecuencia de corte de 1,5 KHz

Ejemplo diseño de filtro antialiasing

Dado un sistema de DSP de remuestreo con las siguientes especificaciones:

- Frecuencia de muestreo = 6.000 Hz
- Rango de frecuencias de la señal de audio de entrada = 0–800 Hz
- Ripple en la banda de paso = 0,02 dB
- Atenuación en la banda de atenuación = 50 dB
- Factor de remuestreo $M = 3$,

a) Determinar la longitud de un filtro FIR, su frecuencia de corte, y el tipo de ventana a ser utilizados.

Ejemplo diseño de filtro antialiasing

Solution:

a) Las especificaciones del filtro requerido se resumen como:

- Filtro anti-aliasing operando a la frecuencia de muestreo = 6.000 Hz
- Rango de frecuencias de la banda de paso = 0–800 Hz
- Rango de frecuencias de la banda de atenuación = 1–3 kHz
- Ripple en la banda de paso = 0,02 dB
- Mínima atenuación requerida = 50 dB
- Tipo de filtro = FIR.

Ejemplo diseño de filtro antialiasing

- La ventana de Hamming provee 0,019 dB de ripple y 53 dB de atenuación.
- La banda de transición normalizada es:

$$\Delta f = \frac{f_{stop} - f_{pass}}{f_c} = \frac{1000 - 800}{6000} = 0.033.$$

- Así, la cantidad de coeficientes está dado por:

$$N = \frac{3.3}{\Delta f} = \frac{3.3}{0.033} = 100. \quad \text{se toma 101 coeficientes por simetría}$$

Finalmente, la frecuencia de corte:

$$f_c = \frac{f_{pass} + f_{stop}}{2} = \frac{800 + 1000}{2} = 900 \text{ Hz.}$$

Incremento por un Factor Entero

- El proceso de incremento en la tasa de muestreo (*upsamplig*) se indica como:

$$y(m) = \begin{cases} x\left(\frac{m}{L}\right) & m = nL \\ 0 & \textit{otherwise} \end{cases}$$

- Ejemplo:

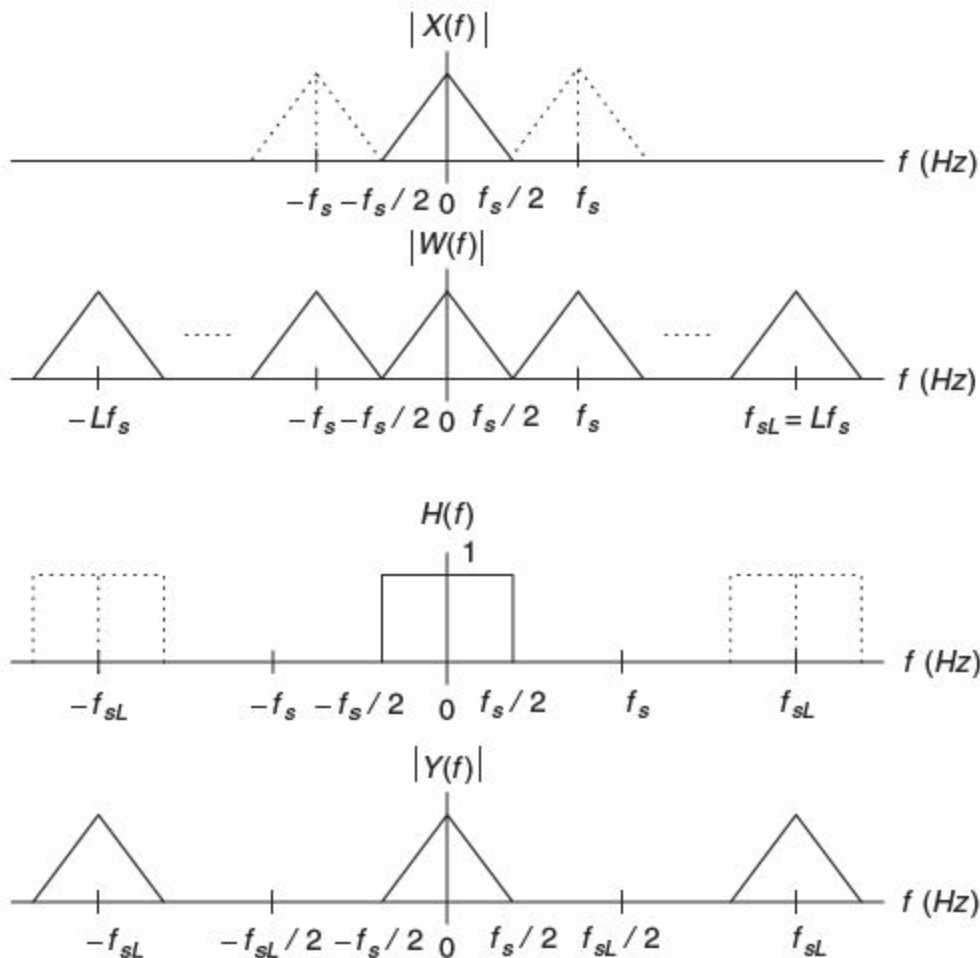
$$\begin{array}{l} x(n): 8 \quad 8 \quad 4 \quad -5 \quad -6 \dots \\ w(m): 8 \ 0 \ 0 \quad 8 \ 0 \ 0 \quad 4 \ 0 \ 0 \quad -5 \ 0 \ 0 \quad -6 \ 0 \ 0 \dots \end{array}$$

- El siguiente paso es “suavizar” las muestras mediante una interpolación:

Incremento por un Factor Entero:

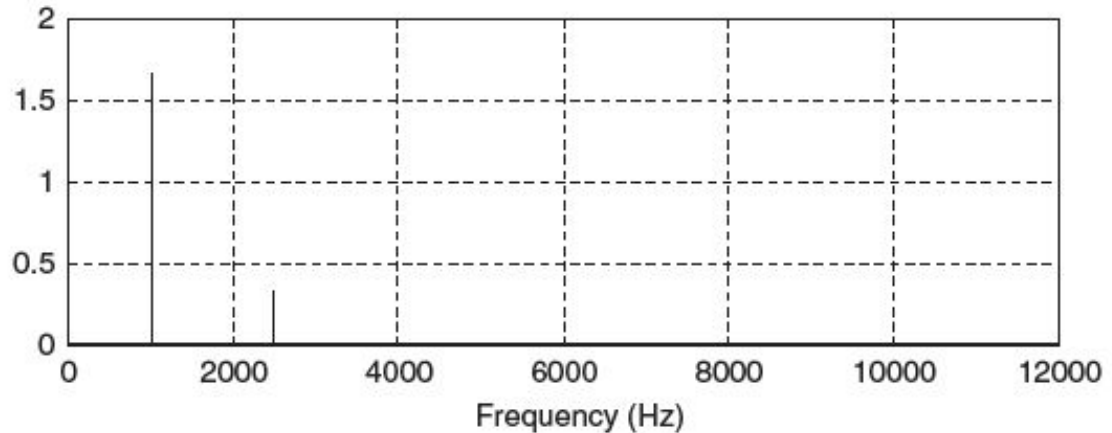
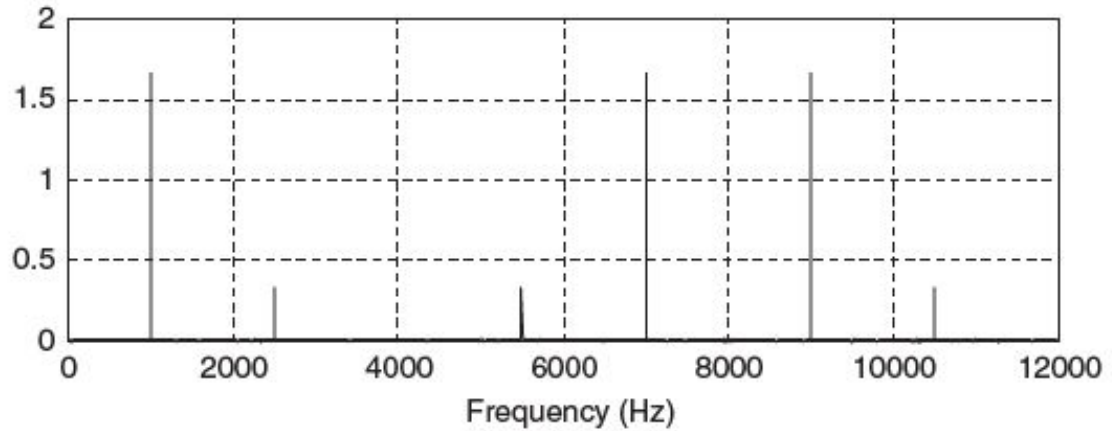
Factor Entero:

Cambios en el espectro con *upsampling*



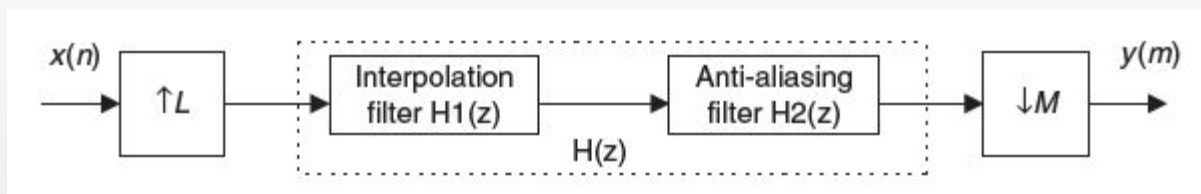
Ejemplo: Incremento por un Factor Entero

¿Qué se observa?



Cambio a una Tasa no Entera

- Se realiza una combinación de diezmado y *upsampling*



- *Ejemplos...*