

EXAMEN TDS - FEB 2011

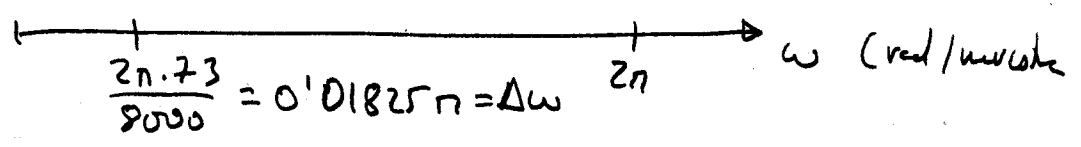
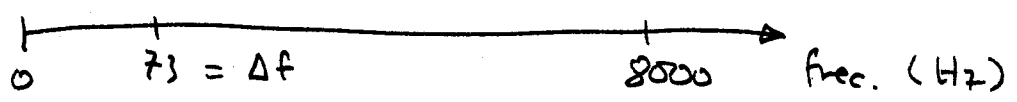
PROBLEMA 4

1.- Como medida de la resolución espectral conseguida con el enventanado tomamos el ancho del lóbulo principal de la ventana

El ancho del lóbulo principal de la ventana tiene que ser menor o igual a la mínima separación en frecuencia correspondiente a los tonos DTMF.

En Hz la mínima separación de acuerdo con la tabla de frecuencias DTMF es de 73 Hz.

Si la señal está muestreada a 8000 Hz esa frecuencia se corresponde con una  $\Delta\omega$  de



Como usamos dos tipos de ventanas, rectangular y de Blackman, calculamos para cada una de ellas cual es el número de muestras con el que se consigue esa resolución espectral.

EXAMEN TDS - FEB 2011

Ventana rectangular:

$$\Delta L_p = \frac{4\pi}{M+1} = \Delta \omega = 0'01825\pi \Leftrightarrow$$

$$M+1 = \frac{4}{0'01825} = 219'17$$

Con la ventana rectangular por encima de 220 muestras de longitud tenemos suficiente resolución espectral y por debajo no.

Ventana de Blackman:

$$\Delta L_p = \frac{12\pi}{M} = \Delta \omega = 0'01825\pi$$

$$M = \frac{12}{0'01825\pi} = 657'53$$

Con la ventana de Blackman es necesario tener más de  $M+1 = 659$  muestras para tener suficiente resolución en frecuencia.

Para determinar si el enventado proporciona suficiente resolución en frecuencia no importa si la DFT se calcula completa con una FFT o sólo parcialmente con el algoritmo de Goertzel.

2.- Para asegurarnos de que el muestreo en frecuencia de la DFT sea suficientemente fino solo tenemos que asegurarnos de que el número de puntos de la DFT,  $N$ , sea tal que la separación entre muestros,  $\Delta\omega = \frac{2\pi}{N}$ , sea inferior o igual a  $0.01825\pi = \Delta\omega$

$$\frac{2\pi}{N} \leq 0.01825\pi \Leftrightarrow N \geq \frac{2}{0.01825} = 109.59$$

Con  $N \geq 110$  tenemos suficiente resolución en el muestreo en frecuencia. De nuevo esto es independiente de si empleamos FFT o el Algoritmo de Goertzel.

3.- El algoritmo con DFT y FFT requiere calcular 100 veces por segundo:

- Un enventanado con una ventana de longitud  $M+1$

$\Rightarrow M+1$  multiplicaciones reales

- Una FFT de  $N$  puntos

$\Rightarrow 2N \log_2 N$  multiplicaciones reales

El coste completo en multiplicaciones por segundo es:

$$100 \times (M+1 + 2N \log_2 N) \text{ mult/seg}$$

## EXAMEN TDS - FEB 2011

El algoritmo con Goertzel requiere calcular 100 veces por segundo:

- Un empujón con una ventana de longitud  $M+1$   
 $\Rightarrow M+1$  multiplicaciones reales
- Ejecutar 8 veces el algoritmo de Goertzel para calcular 8 muestras de la DFT correspondientes a las 8 frecuencias de los tonos DTMF  
 $\Rightarrow 8 \times 2(N+2)$  multiplicaciones reales.

El coste completo del algoritmo en multiplicaciones por segundo es:

$$100 \times (M+1 + 8 \times 2(N+2)) \text{ mult/seg}$$

4.- Hay que rellenar con ceros si  $M+1 < N$ , es decir si la longitud de la ventana es menor que el número de puntos de la DFT.

Si  $M+1 > N$  hay que aplicar solapamiento en el tiempo.

Si  $M+1 = N$  no es necesario ni lo uno ni lo otro.

## EXAMEN TDS - FEB 2011

Con toda la anterior podemos rellenar este matriz de resultados:

Caso	1. Resolución Frecuencia Eventos Suficiente	2. Resolución Frecuencia Muestras Suficiente	3. Coste Computacional (mult / seg)	4. Rellenar con ceros o Subeponiendo en el tiempo o Nada
a	NO	NO	44800	SOLAPAM.
b	NO	SI	185600	RELLENAR
c	SI	SI	435200	NADA
d	NO	SI	230400	SOLAPAM.
e	SI	SI	281600	SOLAPAM
f	NO	NO	83200	SOLAPAM
g	NO	NO	67200	SOLAPAM.
h	NO	SI	214400	RELLENAR
i	SI	SI	438400	NADA
j	NO	SI	259200	SOLAPAM
k	SI	SI	310400	SOLAPAM
l	NO	NO	105600	SOLAPAM