

NOTABLE

13/11/2006

Apuntes de Tratamiento Digital de la Señal 1
4º ETSI Telecomunicación
Universidad de Málaga

Carlos García Argos (garcia.argos@gmail.com)

Curso 2005/2006

TRATAMIENTO DIGITAL DE LA SEÑAL 1

Departamento: Ingeniería de Comunicaciones
Créditos: 4,5

INTRODUCCION

Ventajas del tratamiento digital. Tecnología.

1 TRATAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES ANALÓGICAS

TDS ideal. Conversión ideal continua-discreta. Representación espectral. Respuesta en frecuencia global de un sistema de TDS analógicas.

TDS real. Conversión A/D y D/A. Filtros "antialiasing" y reconstructor. Cuantificación de señales.

Cambio de la velocidad efectiva de muestreo. Interpolación y diezmado de señales discretas. Cambio de la velocidad por un número racional.

Aplicaciones del sobremuestreo en las conversiones A/D-D/A y el tratamiento de señales de banda estrecha.

2 FILTROS DIGITALES: TÉCNICAS DE APROXIMACION

Fases del diseño: especificación, aproximación, realización, y construcción.

Diseño de filtros FIR selectivos en frecuencia. Sistemas FIR de fase lineal.

Técnica de enventanado. Diferentes tipos de ventanas. Técnicas para rizado uniforme.

3 FILTROS DIGITALES: ESTRUCTURAS

Realización de sistemas discretos. Representación mediante grafos orientados.

Estructuras IIR: formas directas, en paralelo y en cascada; formas transpuestas.

Estructuras FIR: formas directa y en cascada; estructuras para filtros de fase lineal; estructuras para interpolación y diezmado.

Efectos de la aritmética de precisión finita. Cuantificación de coeficientes. Ruido de redondeo. Desbordamiento. Criterios de diseño.

Construcción de sistemas de tratamiento digital de señales

4 TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER

Introducción. Series de Fourier discretas. Convolución periódica. Muestreo en el dominio de la frecuencia. "Aliasing" en el tiempo.

Transformada Discreta de Fourier. Definición. Propiedades. Convolución circular.

Cálculo eficiente de la DFT. Algoritmos rápidos para el cálculo de la DFT. Algoritmo FFT por diezmado en tiempo. Comparación con el cálculo directo.

5 APLICACIONES DE LA DFT

Filtrado con DFT. Convolución lineal con DFT. Convolución por bloques. Aplicaciones al filtrado y la correlación de señales.

Análisis espectral de señales deterministas con DFT. Efecto del enventanado. Comparación de diferentes ventanas. Efecto del muestreo en frecuencia.

6 ESTIMACION ESPECTRAL DE SEÑALES ALEATORIAS

Estimación de parámetros. Sesgo y varianza. Estimación de la media y de la autocorrelación de una señal aleatoria.

Estimación directa del espectro de potencia con DFT: Periodograma. Promediado de periodogramas. Estimación indirecta por enventanado del estimador de autocorrelación.

Bibliografía:

OPPENHEIM, A.V., SCHAFER, R.W., "Discrete-time Signal Processing", Prentice-Hall, 1989.

OPPENHEIM, A.V., SCHAFER, R.W., "Discrete-time Signal Processing", Second Edition, Prentice-Hall, 1999. ("Procesamiento de la señal en tiempo discreto", 2ª Edición, Prentice-Hall, 2000)

PROAKIS, J.G., MANOLAKIS, D., "Digital Signal Processing. Principles, Algorithms and Applications", 3ª Ed., Prentice Hall, 1996. ("Tratamiento digital de señales. Principios, algoritmos y aplicaciones", 3ª Ed., Prentice Hall, 1998)

IFEACHOR, E.C., JERVIS, B.W., "Digital Signal Processing", Addison-Wesley, 1993

TRATAMIENTO DIGITAL DE LA SEÑAL I

Problemas recomendados del libro:
OPPENHEIM, A. V., SCHAFER, R. W., "Discrete-time Signal Processing"

1ª Edición: Prentice-Hall 1989
2ª Edición: Prentice-Hall, 1999

Tema 1		Tema 2		Tema 3	
1ª Ed.	2ª Ed.	1ª Ed.	2ª Ed.	1ª Ed.	2ª Ed.
3.3	4.7	5.40	5.15	6.1	6.1
3.4	4.8	5.20	5.33	6.4	6.21
3.5	4.21	5.44	5.42	6.5	6.22
3.6	4.22	5.47	5.44	6.7	6.23
3.10	4.24	7.23	7.32	6.8	6.24
3.11	4.25	7.25	7.34	6.11	6.5
3.14	4.45	7.26	7.5	6.14	6.6
3.20	4.26	7.27	7.35	6.15	6.29
3.21	4.36	5.3	5.57	6.18	6.38
3.23	4.37	7.32	7.49	6.24	6.40
3.24	4.38	7.33	7.50	6.27	6.42
3.28	4.40				
3.29	4.53				
3.30	4.54				

TRATAMIENTO DIGITAL DE LA SEÑAL I

Problemas recomendados del libro:
OPPENHEIM, A. V., SCHAFER, R. W., "Discrete-time Signal Processing"

1ª Edición: Prentice-Hall 1989
2ª Edición: Prentice-Hall, 1999

Tema 4		Tema 5		Tema 6	
1ª Ed.	2ª Ed.	1ª Ed.	2ª Ed.	1ª Ed.	2ª Ed.
8.6	8.21	8.47	8.62	11.11	11.26
8.11	8.5	8.48	8.43	11.12	10.36
8.16	8.28	8.49	8.63	11.16	11.28
8.17	8.32	11.1	10.1	11.20	11.41
8.21	8.23	11.2	10.2		
8.22	8.9	11.3	10.23		
8.24	8.25				
8.31	8.29				
8.45	8.60				
8.50	8.64				
9.1	9.1				
9.3	9.2				
9.5	9.22				

entrega

ÍNDICE

Presentación	1
1.- Procesado Analógico vs Digital	1
2.- Evolución histórica	2
3.- Aplicaciones	2
4.- Preliminares	3
Tema 1: Tratamiento Digital de Señales Analógicas	5
1.- Tratamiento Digital de la Señal Ideal	5
1.1.- Conversión Ideal C/D, D/C	5
1.2.- Sistema de TDS ideal	8
2.- Tratamiento Digital de la Señal Real	12
3.- Cambio de la Velocidad de Muestreo	24
3.1.- Interpolación	25
3.2.- Diezmado	27
3.3.- Aplicaciones	31
Tema 2: Filtros Digitales: Técnicas de Aproximación	33
1.- Fases del Diseño de Filtros	33
2.- Diseño de Filtros FIR Selectivos en Frecuencia	35
2.1.- Sistemas FIR de Fase Lineal	36
2.2.- Técnica de Enventanado	42
2.3.- Tipos de Ventanas	45
2.4.- Rizado Uniforme	56
Tema 3: Filtros Digitales: Estructuras	57
1.- Introducción	57
2.- Representación de Estructuras	58
3.- Estructuras Básicas para Filtros IIR	60
3.1.- Estructuras Directas	60
3.2.- Estructura en Cascada	61
3.3.- Estructura en Paralelo	63
3.4.- Formas Traspuestas	64
4.- Estructuras Básicas para Filtros FIR	66
4.1.- Estructuras Directas	66
4.2.- Estructura en Cascada	66
4.3.- Estructura en Paralelo	67
4.4.- Forma Traspuesta	67

4.5.- Filtros FIR con Fase Lineal Generalizada	67
4.6.- Filtros FIR con Diezmado	68
4.7.- Expansor con Filtro FIR	69
5.- Efectos de la Aritmética de Precisión Finita	70
5.1.- Cuantificación de Coeficientes	71
5.2.- Redondeo en los productos	74
5.3.- Desbordamientos	78
Tema 4: Transformada Discreta de Fourier (DFT)	83
1.- Introducción	83
2.- Serie de Fourier Discreta	84
3.- Muestreo en Frecuencia	86
4.- La DFT	87
5.- Cálculo Eficiente de la DFT: El Algoritmo FFT	93
Tema 5: Aplicaciones de la DFT	97
1.- Convolución Lineal con DFT	97
2.- Análisis Espectral con DFT	100
Tema 6: Estimación Espectral de Señales Aleatorias	105
1.- Introducción	105
2.- Estimación de Parámetros: Sesgo y Varianza	106
3.- Estimación de la Media y la Autocorrelación	108
3.1.- Media	108
3.2.- Autocorrelación	109
4.- Estimación Directa de la DEP: Periodograma	111
4.1.- Promediado de periodogramas	114
5.- Estimación Indirecta de la DEP	117

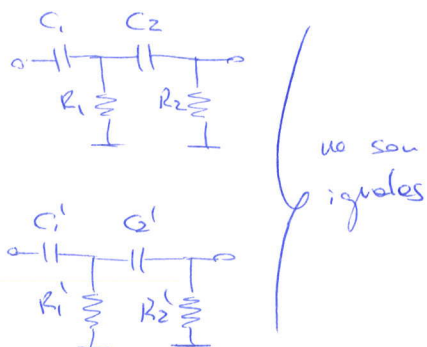
PRESENTACIÓN

1.- PROCESADO ANALÓGICO VS DIGITAL

<u>Procesado analógico</u>	<u>Procesado digital</u>
<u>Señal</u> : tensor / corriente	<u>Señal</u> : discreta, secuencia de números
<u>Elementos</u> : $-u-$ $-K-$ $- -$ $- >-$ $-uuu-$... } sumas, productos, integrales, ...	<u>Elementos</u> : operaciones $\otimes, \oplus, -[\cdot]^{-1}$
<u>Filtros</u> , mezcladores, etc.	<u>Implementación</u> : HW digital (basado en CI) μprocesador (programas SW)

- Ventajas del procesamiento digital:

✓ sistemas reproducibles: no hay problemas con los valores exactos de los componentes



Digital $\Rightarrow y[n] = a \times [n] + b \times [n-1]$

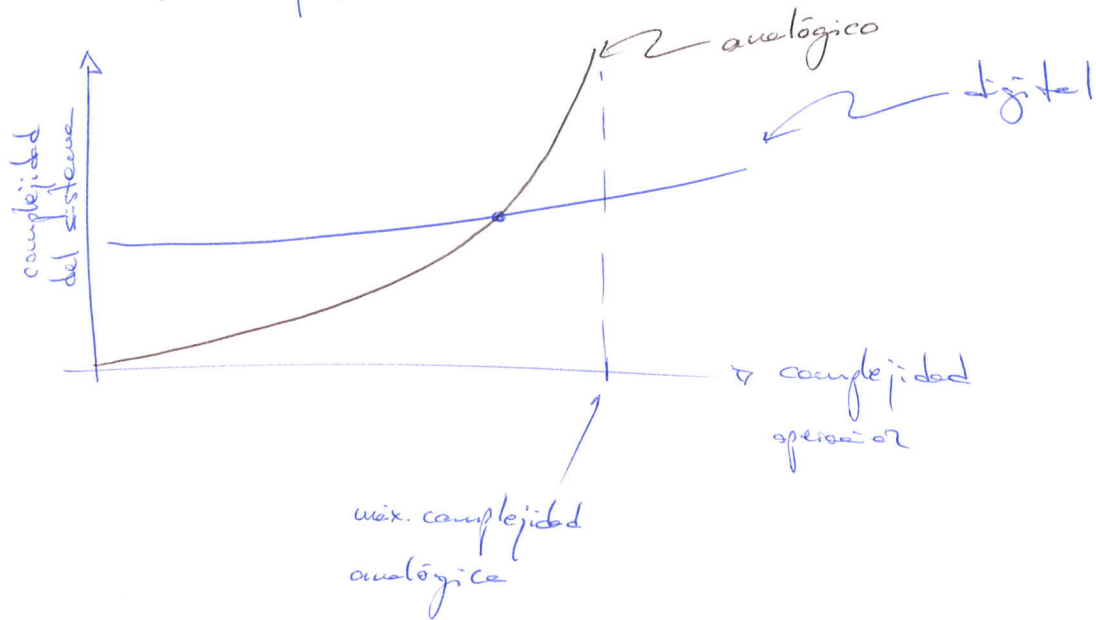
$\uparrow$ $\uparrow$
 valores exactos

- ✓ no presentan derivas
- ✓ precisión en valores de los devueltos, asociada al número de bits
- ✓ flexibilidad en el ajuste de parámetros
- ✓ mayores posibilidades de procesamiento imposibles en analógico

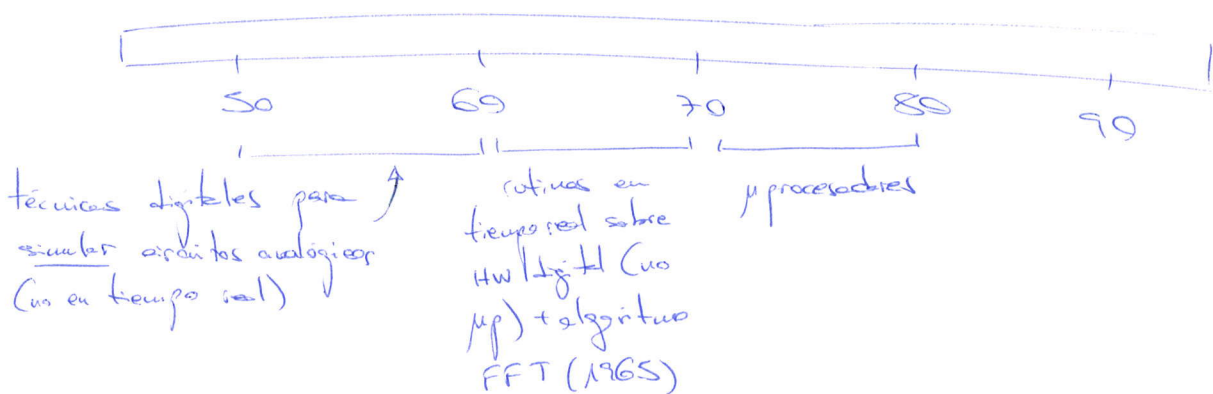
- Inconvenientes:

x velocidad limitada por muestreo, frecuencia del μp , etc. No vale para microondas.

x mayor complejidad intrínseca del HW $\Rightarrow$ coste, tamaño $\uparrow$



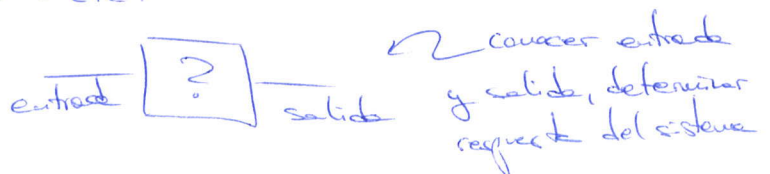
2.- EVOLUCIÓN HISTÓRICA



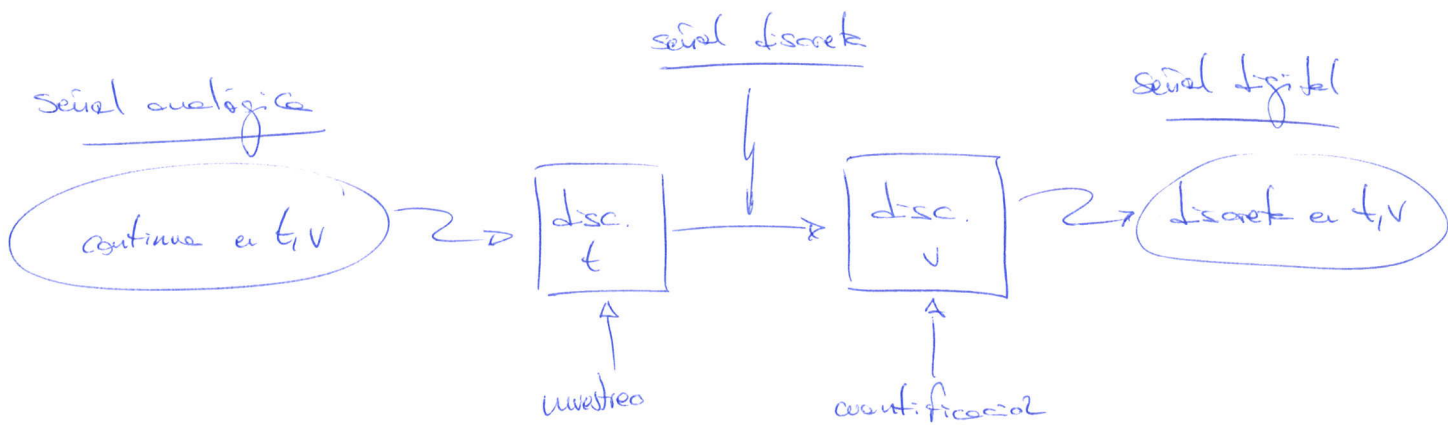
3.- APLICACIONES

- reconocimiento de patrones $\left\{ \begin{array}{l} \cdot \text{voz} \\ \cdot \text{matrices} \\ \cdot \text{etc.} \end{array} \right.$

- identificación de sistemas:



4.- PRELIMINARES



Vamos a trabajar con señales discretas / continuous in v
 discrete in t

- Notación:

$\left. \begin{array}{l} \underline{x_c(t)} \rightarrow \text{señal continua en el tiempo} \\ \underline{x[n]} \rightarrow \text{señal discreta en el tiempo} \end{array} \right\}$

$\Theta y \Theta : \left\{ \begin{array}{l} \underline{\Omega} : \text{frecuencia en señales continuas} \\ \underline{\omega} : \text{frecuencia en señales discretas} \end{array} \right.$

$\left\{ \begin{array}{l} \underline{X_c(s)} \rightarrow \mathcal{L} \{ x_c(t) \} \\ \underline{X(z)} \rightarrow \mathcal{T} \{ x[n] \} \end{array} \right.$

$\left\{ \begin{array}{l} \underline{X_c(j\Omega)} \rightarrow \mathcal{F} \{ x_c(t) \} \\ \underline{X(e^{j\omega})} \rightarrow \mathcal{F} \{ x[n] \} \end{array} \right.$

