

16/03/98

CONTENIDO

27274

PREFACIO

XI

I SEÑALES Y SISTEMAS BÁSICOS

1

Señales 2

- Proyecto 1: Señales básicas, 2*
- Proyecto 2: Señales complejas, 7*

Ecuaciones en diferencias 9

- Proyecto 1: Respuesta en el dominio del tiempo de sistemas descritos por ecuaciones en diferencias, 10*
- Proyecto 2: Respuesta en régimen permanente, 11*
- Proyecto 3: Respuesta en frecuencia de sistemas descritos por ecuaciones en diferencias, 13*

Transformada de Fourier: DTFT, 14

- Proyecto 1: Cálculo de la DTFT: Señales de longitud finita, 15*
- Proyecto 2: Simetrías en la DTFT, 18*
- Proyecto 3: DTFT de señales de longitud infinita, 21*
- Proyecto 4: Enventanado para la DTFT, 23*
- Proyecto 5: Respuesta en frecuencia de un filtro NOTCH, 25*

Retardo de grupo, 27

- Proyecto 1: Algoritmo para calcular el retardo de grupo, 27*
- Proyecto 2: Efectos del retardo de grupo sobre las señales, 29*
- Proyecto 3: Retardo de grupo negativo, 31*

Teoría básica de muestreo, 32

- Proyecto 1: Solapamiento debido al muestreo, 32*
- Proyecto 2: Muestreo en el dominio de la frecuencia, 34*
- Proyecto 3: Reconstrucción de señales a partir de sus muestras, 36*

Filtros IIR de fase-cero, 39

- Proyecto 1: Filtrado anticausal, 39*
- Proyecto 2: Filtrado adelante/atrás, 42*

2	LA TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER	45
	Propiedades de la DFT, 46	
	<i>Proyecto 1: Ejemplos de la DFT de señales básicas, 47</i>	
	<i>Proyecto 2: DFTs más complicadas, 50</i>	
	<i>Proyecto 3: Simetrías en la DFT, 52</i>	
	<i>Proyecto 4: Trucos para calcular la DFT inversa, 55</i>	
	<i>Proyecto 5: Las propiedades del diezmado y el rellenado con ceros, 57</i>	
	<i>Proyecto 6: FFT de datos reales, 59</i>	
	<i>Proyecto 7: Las series discretas de Fourier, 61</i>	
	La DFT como una matriz, 63	
	<i>Proyecto 1: La DFT como una matriz ortogonal, 64</i>	
	<i>Proyecto 2: Autovalores de la matriz de la DFT, 65</i>	
	<i>Proyecto 3: La DFT diagonaliza matrices circulares, 67</i>	
	<i>Proyecto 4: El algoritmo de la FFT visto como la factorización de una matriz, 68</i>	
	Convolución: Circular y por bloques, 71	
	<i>Proyecto 1: Indexado circular, 71</i>	
	<i>Proyecto 2: Convolución circular, 73</i>	
	<i>Proyecto 3: Relación con la convolución lineal, 75</i>	
	<i>Proyecto 4: Procesado en bloques, 78</i>	
	<i>Proyecto 5: Convolución rápida, 80</i>	
	Transformadas relacionadas, 82	
	<i>Proyecto 1: Transformada discreta del coseno, 82</i>	
	<i>Proyecto 2: Transformada discreta de Hartley, 87</i>	
3	ANÁLISIS ESPECTRAL	89
	Ventanas espectrales, 90	
	<i>Proyecto 1: Tipos de ventanas, 90</i>	
	<i>Proyecto 2: Actuación de la ventana, 94</i>	
	<i>Proyecto 3: Resolución 97</i>	
	DFT con ventanas deslizantes, 98	
	<i>Proyecto 1: Espectrograma, 99</i>	
	<i>Proyecto 2: Generador de tonos, 103</i>	
	Señales de banda estrecha, 107	
	<i>Proyecto 1: Síntesis de un pulso paso banda, 107</i>	
	<i>Proyecto 2: Filtrando el pulso paso banda, 111</i>	
	<i>Proyecto 3: Picos resonantes, 114</i>	
	<i>Proyecto 4: Espectros compuestos por líneas, 116</i>	
	<i>Proyecto 5: Muestreo en frecuencias de la DTFT, 118</i>	
4	PROCESADO MULTIFRECUENCIA	119
	Interpolación en banda limitada, 120	
	<i>Proyecto 1: Realización de filtros de interpolación, 121</i>	
	<i>Proyecto 2: Interpolación Óptima Mín-Máx, 123</i>	

	Zoom de la transformada, 127	
	<i>Proyecto 1: Zoom de la transformada, 127</i>	
	Cambio de la frecuencia de muestreo, 130	
	<i>Proyecto 1: Reducción de la frecuencia de muestreo: diezmado, 130</i>	
	<i>Proyecto 2: Cambio de la frecuencia de muestreo por un factor racional, 133</i>	
5	SISTEMAS Y ESTRUCTURAS	135
	Sistemas y estructuras, 136	
	<i>Proyecto 1: Descripción de sistemas, 136</i>	
	<i>Proyecto 2: Medir la respuesta en frecuencia para $\omega = \omega_p$, 143</i>	
	<i>Proyecto 3: Tipos de sistemas, 145</i>	
	<i>Proyecto 4: Estructuras, 155</i>	
6	SEÑALES ALEATORIAS	165
	Señales aleatorias, 167	
	<i>Proyecto 1: Variables aleatorias, 168</i>	
	<i>Proyecto 2: Señales aleatorias ergódicas, estacionarias y no estacionarias, 171</i>	
	<i>Proyecto 3: Influencia de un sistema lineal en un proceso estocástico, 174</i>	
	<i>Proyecto 4: Influencia de una transformación no lineal en las señales aleatorias, 179</i>	
	<i>Proyecto 5: Combinación de dos señales aleatorias, 182</i>	
	Estimación espectral utilizando la FFT, 184	
	<i>Proyecto 1: Periodograma, 185</i>	
	<i>Proyecto 2: Periodograma medio, 189</i>	
	<i>Proyecto 3: Señales de banda estrecha, 192</i>	
	<i>Proyecto 4: Espectro cruzado, 195</i>	
	Estimación espectral moderna, 196	
	<i>Proyecto 1: Método de máxima entropía, 197</i>	
	<i>Proyecto 2: Estimación espectral basada en predicción lineal, 200</i>	
	<i>Proyecto 3: Señales de banda estrecha, 204</i>	
	<i>Proyecto 4: Métodos basados en autovectores, 206</i>	
	<i>Proyecto 5: Prueba con señales sintéticas, 209</i>	
7	EFFECTOS DE LONGITUD DE PALABRA FINITA	213
	Efectos de la longitud de palabra finita, 214	
	<i>Proyecto 1: Señales cuantificadas, 215</i>	
	<i>Proyecto 2: Modelando un multiplicador, 220</i>	
	<i>Proyecto 3: Sensibilidad de las estructuras de los filtros, 224</i>	
	<i>Proyecto 4: Ciclos límite, 233</i>	
	<i>Proyecto 5: Ruido de cuantificación en filtros digitales, 240</i>	

8 DISEÑO DE FILTROS DE TIEMPO DISCRETO**257**

Diseño discreto de filtros FIR, 259

*Proyecto 1: Diseño de filtros FIR por el método de muestreo en frecuencia, 259**Proyecto 2: Uso de banda de transición en las especificaciones del filtro, 267**Proyecto 3: Diseño de filtros FIR mediante aproximación del error cuadrático mínimo discreto, 269*

Diseño de filtros FIR por mínimos cuadrados, 272

*Proyecto 1: Diseño de filtros FIR por aproximación del error cuadrático integral mínimo, 272**Proyecto 2: Diseño de filtros FIR paso alto, paso banda y banda eliminada con error cuadrático mínimo, 277**Proyecto 3: Diseño de filtros FIR con funciones ventana, 279*

Diseño Chebyshev de filtros FIR, 282

*Proyecto 1: Diseño de filtros FIR por el método de Parks-McClellan, 282**Proyecto 2: Teorema de la alternancia y algoritmo de cambio de Remez, 284**Proyecto 3: Diseño de filtros FIR empleando programación lineal, 290*

Diseño de filtros IIR, 292

*Proyecto 1: Características de los filtros IIR, 292**Proyecto 2: La transformación bilineal, 295**Proyecto 3: Diseño de filtros IIR paso alto, paso banda y banda eliminada, 297**Proyecto 4: Diseño de filtros IIR en el dominio del tiempo por el método de Prony, 299**Proyecto 5: Temas especiales, 301***9 DFT Y ALGORITMOS FFT****303**

Cálculo directo de la DFT, 304

*Proyecto 1: Cálculo de la DFT a partir de su definición, 305**Proyecto 2: Algoritmo de Goertzel, 307*

FFT de Cooley-Tukey, 309

*Proyecto 1: FFT en forma recursiva, 310**Proyecto 2: FFT de dos factores con factores de fase, 313**Proyecto 3: FFT de raíz desdoblada, 315*

FFTs de factor primo, 317

*Proyecto 1: Algoritmo FFT de descomposición en dos factores primos, 317**Proyecto 2: Mapa de índice lineal general, 319**Proyecto 3: Método de la FFT de factor primo y algunas ideas básicas a partir de la teoría de números, 324*

FFT de longitud arbitraria, 327

Proyecto 1: Evaluación de la FFT de MATLAB, 328

Proyecto 2: Transformada Z chirp, 329

10 APLICACIONES

333

Simulación del radar, 334

Proyecto 1: Propiedades de la señal Chirp LFM, 335

Proyecto 2: Procesado en distancia, 337

Proyecto 3: Tratamiento en velocidad, 340

Proyecto 4: Simulación del sistema radar, 342

Introducción al tratamiento de voz, 346

Proyecto 1: Segmentación de la voz, 346

Proyecto 2: Preénfasis de la voz, 349

Proyecto 3: Análisis localizado de Fourier, 350

Modelado de la voz, 353

Proyecto 1: Modelos del pulso glotal, 353

Proyecto 2: Modelos del tracto bucal con tubos sin pérdidas, 355

Proyecto 3: Síntesis de vocales, 359

Cuantificación de la voz, 361

Proyecto 1: Propiedades de la voz, 361

Proyecto 2: Cuantificación uniforme, 362

Proyecto 3: Ley μ de compresión-expansión, 365

Proyecto 4: Relaciones señal/ruido, 367

Proyecto 5: Escucha de la voz cuantificada (opcional), 368

11 MODELADO DE SEÑAL

369

Predicción lineal, 370

Proyecto 1: Predicción lineal de datos, 372

Proyecto 2: Decorrelación por predicción lineal, 375

Predicción lineal de la voz, 377

Proyecto 1: Predicción lineal básica, 378

Proyecto 2: Representaciones mediante pares de líneas espectrales, 379

Proyecto 3: Cuantificación de parámetros, 380

Proyecto 4: Evolución de los formantes, 381

Modelado exponencial, 384

Proyecto 1: Método de Prony, 385

Proyecto 2: Modelado polo-cero, 387

Estimación de la señal, 389

Proyecto 1: Estimación óptima dentro de una clase de filtros, 390

Proyecto 2: Cotas del error: ¿Qué calidad tiene el estimador?, 393

Inversión por mínimos cuadrados, 394

Proyecto 1: Inversión por mínimos cuadrados, 395

Proyecto 2: Prueba con señales libres de ruido, 397

Proyecto 3: Inversión de señales ruidosas, 397

Proyecto 4: Evaluación de la inversión por mínimos cuadrados, 398

APÉNDICE A: SOFTWARE Y NOTAS DE PROGRAMACIÓN

405

ÍNDICE

417