

TRATAMIENTO DE SEÑALES EN TIEMPO DISCRETO

Oppenheim, Alan V.

ISBN 9788420529875

Indice del Contenido

LISTA DE EJEMPLOS

AGRADECIMIENTOS

1. INTRODUCCIÓN

2. SEÑALES Y SISTEMAS EN TIEMPO DISCRETO

2.0 Introducción

2.1 Señales en tiempo discreto: secuencias

2.1.1 Secuencias básicas y operaciones básicas con secuencias

2.2 Sistemas en tiempo discreto

2.2.1 Sistemas sin memoria-

2.2.2 Sistemas lineales

2.2.3 Sistemas invariantes con el tiempo

2.2.4 Causalidad

2.2.5 Estabilidad

2.3 Sistemas lineales e invariantes con el tiempo

2.4 Propiedades de los sistemas lineales e invariantes con el tiempo

2.5 Ecuaciones en diferencias lineales con coeficientes constantes

2.6 Representación en el dominio de la frecuencia de señales y sistemas en tiempo discreto

2.6.1 Autofunciones de los sistemas lineales invariantes con el tiempo

2.6.2 Aplicación súbita de entradas exponenciales complejas

2.7 Representación de secuencias mediante transformadas de Fourier

2.8 Propiedades de simetría de la transformada de Fourier

2.9 Teoremas de la transformada de Fourier

2.9.1 Linealidad de la transformada de Fourier

2.9.2 Desplazamiento en el tiempo y en la frecuencia

2.9.3 Reflexión en el tiempo

2.9.4 Diferenciación en el dominio de la frecuencia

2.9.5 Teorema de Parseval

2.9.6 El teorema de convolución

2.9.7 El teorema de modulación o enventanado

2.10 Señales aleatorias en tiempo discreto

2.11 Resumen

Problemas

3. LA TRANSFORMADA Z

3.0 Introducción

3.1 La transformada Z

3.2 Propiedades de la región de convergencia de la transformada Z

3.3 La transformada Z inversa

3.3.1 Método de inspección

3.3.2 Descomposición en fracciones simples

3.3.3 Desarrollo en serie de potencias

3.4 Propiedades de la transformada Z

3.4.1 Linealidad

3.4.2 Desplazamiento en el tiempo

3.4.3 Multiplicación por una secuencia exponencial

3.4.4 Diferenciación de $X(z)$

- 3.4.5 Conjugación de una secuencia compleja
- 3.4.6 Reflexión temporal
- 3.4.7 Convolución de secuencias
- 3.4.8 Teorema del valor inicial
- 3.4.9 Resumen de algunas propiedades de la transformada Z
- 3.5 Resumen
- Problemas

4. MUESTREO DE SEÑALES EN TIEMPO CONTINUO

- 4.0 Introducción
- 4.1 Muestreo periódico
- 4.2 Representación del muestreo en el dominio de la frecuencia
- 4.3 Reconstrucción de señales de banda limitada a partir de sus muestras
- 4.4 Procesado en tiempo discreto de señales en tiempo continuo
 - 4.4.1 Sistemas en tiempo discreto lineales e invariantes con el tiempo
 - 4.4.2 Invarianza al impulso
- 4.5 Procesado en tiempo continuo de señales en tiempo discreto
- 4.6 Cambio de la frecuencia de muestreo utilizando procesado en tiempo discreto
 - 4.6.1 Reducción de la frecuencia de muestreo por un factor entero
 - 4.6.2 Incremento de la frecuencia de muestreo por un factor entero
 - 4.6.3 Cambio de la frecuencia de muestreo por un factor no entero
- 4.7 Tratamiento de señales multitasas
 - 4.7.1 Intercambio de filtrado y diezmado/interpolación-
 - 4.7.2 Descomposiciones polifásicas
 - 4.7.3 Realización polifásica de filtros de diezmado
 - 4.7.4 Realización polifásica de filtros de interpolación
- 4.8 Procesado digital de señales analógicas
 - 4.8.1 Filtrado previo para evitar el solapamiento-
 - 4.8.2 Conversión analógico-digital (A/D)
 - 4.8.3 Análisis de los errores de cuantificación
 - 4.8.4 Conversión D/A
- 4.9 Sobremuestreo y conformación del ruido en la conversión A/D y D/A
 - 4.9.1 Conversión A/D sobremuestreada con cuantificación directa
 - 4.9.2 Conversión A/D sobremuestreada con conformación del ruido
 - 4.9.3 Sobremuestreo y conformación del ruido en la conversión D/A
- 4.10 Resumen
- Problemas

5. ANÁLISIS EN EL DOMINIO TRANSFORMADO DE SISTEMAS LINEALES E INVARIANTES

- 5.0 Introducción
- 5.1 La respuesta en frecuencia de los sistemas LTI
 - 5.1.1 Filtros ideales selectivos en frecuencia
 - 5.1.2 Distorsión de fase y retardo
- 5.2 La función de transferencia de sistemas caracterizados por ecuaciones en diferencias lineales con coeficientes constantes
 - 5.2.1 Estabilidad y causalidad
 - 5.2.2 Sistemas inversos
 - 5.2.3 Respuesta al impulso de funciones de transferencia racionales
- 5.3 Respuesta en frecuencia de funciones de transferencia racionales
 - 5.3.1 Respuesta en frecuencia de un polo o cero simple
 - 5.3.2 Ejemplos con polos y ceros múltiples
- 5.4 Relación entre el módulo y la fase
- 5.5 Sistemas paso todo

- 5.6 Sistemas de fase mínima
 - 5.6.1 Fase mínima y descomposición paso todo
 - 5.6.2 Compensación de la respuesta en frecuencia
 - 5.6.3 Propiedades de los sistemas de fase mínima
- 5.7 Sistemas lineales de fase lineal generalizada
 - 5.7.1 Sistemas de fase lineal
 - 5.7.2 Fase lineal generalizada
 - 5.7.3 Sistemas causales de fase lineal generalizada
 - 5.7.4 Relación entre los sistemas FIR de fase lineal y los sistemas de fase mínima
- 5.8 Resumen
- Problemas

6. ESTRUCTURAS DE SISTEMAS EN TIEMPO DISCRETO

- 6.0 Introducción
- 6.1 Representación de ecuaciones en diferencias lineales con coeficientes constantes mediante diagramas de bloques
- 6.2 Representación de ecuaciones en diferencias lineales con coeficientes constantes mediante grafos de flujo de señales
- 6.3 Estructuras básicas de sistemas IIR
 - 6.3 Formas directas
 - 6.3.2 Forma en cascada
 - 6.3.3 Forma en paralelo
 - 6.3.4 Realimentación en sistemas IIR
- 6.4 Formas traspuestas
- 6.5 Estructuras básicas de redes para sistemas FIR
 - 6.5.1 Forma directa
 - 6.5.2 Forma en cascada
 - 6.5.3 Estructuras de sistemas FIR de fase lineal
- 6.6 Revisión de los efectos numéricos de precisión finita
 - 6.6.1 Representaciones numéricas
 - 6.6.2 Efectos de la cuantificación en la realización de sistemas
- 6.7 Efectos de la cuantificación de coeficientes
 - 6.7.1 Efectos de la cuantificación de coeficientes en sistemas IIR
 - 6.7.2 Ejemplo de cuantificación de coeficientes en un filtro elíptico
 - 6.7.3 Polos de secciones de segundo orden cuantificadas
 - 6.7.4 Efectos de la cuantificación de coeficientes en sistemas FIR
 - 6.7.5 Ejemplo de cuantificación de un filtro FIR óptimo
 - 6.7.6 Mantenimiento de la fase lineal
- 6.8 Efectos del ruido de redondeo en filtros digitales
 - 6.8.1 Análisis de estructuras IIR en forma directa
 - 6.8.2 Escalado en realizaciones en coma fija de sistemas IIR
 - 6.8.3 Ejemplo de análisis de una estructura IIR en cascada
 - 6.8.4 Análisis de formas FIR en forma directa
 - 6.8.5 Realizaciones en coma flotante de sistemas en tiempo discreto
- 6.9 Cielos límite con entrada cero en realizaciones en coma fija de filtros digitales
 - 6.9.1 Cielos límite debidos al truncamiento y al redondeo
 - 6.9.2 Ciclos límite debidos al desbordamiento
 - 6.9.3 Cómo evitar los cielos límite
- 6.10 Resumen
- Problemas

7. TÉCNICAS DE DISEÑO DE FILTROS

- 7.0 Introducción

- 7.1 Diseño de filtros IIR en tiempo discreto a partir de filtros en tiempo continuo
 - 7.1.1 Diseño de filtros mediante invarianza al impulso
 - 7.1.2 La transformación bilineal
 - 7.1.3 Ejemplos de diseño mediante
 - 7.2 Ejemplos de diseño mediante la transformación bilineal
 - 7.2.1 Propiedades de las ventanas comúnmente utilizadas
 - 7.2.2 Incorporación de la fase lineal generalizada
 - 7.2.3 El método de diseño de filtros mediante la ventana de Kaiser
 - 7.2.4 Relación de la ventana de Kaiser con otras ventanas
 - 7.3 Ejemplos de diseño de filtros FIR mediante el método de la ventana de Kaiser
 - 7.3.1 Filtro paso alto
 - 7.3.2 Diferenciadores en tiempo discreto
 - 7.4 Aproximaciones óptimas de filtros FIR
 - 7.4.1 Filtros paso bajo de tipo I óptimos
 - 7.4.2 Filtros paso bajo de tipo II óptimos
 - 7.4.3 El algoritmo de Parks-McClellan
 - 7.4.4 Características de los filtros FIR óptimos
 - 7.5 Ejemplos de la aproximación de rizado constante de filtros FIR
 - 7.5.1 Filtro paso bajo
 - 7.5.2 Compensación del filtro de retención de orden cero
 - 7.5.3 Filtro paso banda
 - 7.6 Comentarios sobre los filtros FIR e IIR en tiempo discreto
 - 7.7 Resumen
- Problemas

8. LA TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER

- 8.0 Introducción
- 8.1 Representación de secuencias periódicas: el desarrollo en serie de Fourier discreto
- 8.2 Propiedades de la transformada discreta de Fourier discreto
 - 8.2.1 Linealidad
 - 8.2.2 Desplazamiento circular de una secuencia
 - 8.2.3 Dualidad
 - 8.2.4 Propiedades de simetría
 - 8.2.5 Convolución circular
 - 8.2.6 Resumen de las propiedades de la representación de secuencias periódicas mediante el desarrollo en serie de Fourier discreto
- 8.3 La transformada de Fourier de señales periódicas
- 8.4 Muestreo de la transformada de Fourier
- 8.5 Representación de Fourier de secuencias de duración finita: la transformada discreta de Fourier
 - 8.6.1 Linealidad
 - 8.6.2 Desplazamiento circular de una secuencia
 - 8.6.3 Dualidad
 - 8.6.4 Propiedades de simetría
 - 8.6.5 Convolución circular
 - 8.6.8 Resumen de las propiedades de la transformada discreta de Fourier
- 8.7 Convolución lineal mediante la transformada discreta de Fourier
 - 8.7.1 Convolución lineal de dos secuencias de longitud finita
 - 8.7.2 La convolución circular como una convolución lineal con solapamiento
 - 8.7.3 Realización de sistemas lineales e invariantes con el tiempo mediante la DFT
- 8.8 La transformada discreta del coseno (DCT)
 - 8.8.1 Definiciones de la DCT

- 8.8.2 Definición de la DCT-1 y la DCT-2
- 8.8.3 Relación entre la DFT y la DCT-1
- 8.8.4 Relación entre la DFT y la DCT-2
- 8.8.5 Propiedad de compactación de la energía de la DCT-2
- 8.8.6 Aplicaciones de la DCT
- 8.9 Resumen
- Problemas

9. CÓMPUTO DE LA TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER

- 9.0 Introducción
- 9.1 Cómputo eficiente de la transformada discreta de Fourier
- 9.2 El algoritmo de Goertzel
- 9.3 Algoritmos de FFT mediante diezmado en el tiempo
 - 9.3.1 Cómputo en el mismo lugar
 - 9.3.2 Formas alternativas
- 9.4 Algoritmos de FFT mediante diezmado en frecuencia
 - 9.4.1 Cómputo en el mismo lugar
 - 9.4.2 Formas alternativas
- 9.5 Consideraciones prácticas
 - 9.5.1 Indexación
 - 9.5.2 Coeficientes
 - 9.5.3 Algoritmos para valores de N más generales
- 9.6 Realización de la DFT mediante convolución
 - 9.6.1 Presentación del algoritmo de Winograd para el cálculo de la transformada de Fourier
 - 9.6.2 El algoritmo de transformada chirp
- 9.7 Efectos de la longitud finita de registros
- 9.8 Resumen
- Problemas

10. ANÁLISIS DE FOURIER DE SEÑALES MEDIANTE LA TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER

- 10.0 Introducción
- 10.1 Análisis de Fourier de señales mediante la DFT
- 10.2 Análisis de señales sinusoidales mediante la DFT
 - 10.2.1 El efecto del enventanado
 - 10.2.2 El efecto del muestreo del espectro
- 10.3 La transformada de Fourier dependiente del tiempo
 - 10.3.1 El efecto de la ventana
 - 10.3.2 Muestreo en el tiempo y en la frecuencia
- 10.4 Convolución por bloques mediante la transformada de Fourier dependiente de tiempo
- 10.5 Análisis de Fourier de señales no estacionarias
 - 10.5.1 Análisis de Fourier dependiente del tiempo de señales de voz
 - 10.5.2 Análisis de Fourier dependiente del tiempo de señales radar
- 10.6 Análisis de Fourier de señales aleatorias estacionarias: el periodograma
 - 10.6.1 El periodograma
 - 10.6.2 Propiedades del periodograma
 - 10.6.3 Promediado de periodogramas
 - 10.6.4 Cálculo de periodogramas promedio mediante la DFT
 - 10.6.5 Un ejemplo de análisis de periodogramas
- 10.7 Análisis espectral de señales aleatorias mediante estimación de la secuencia de autocorrelación
 - 10.7.1 Cómputo de la autocorrelación y de la estimación del espectro de potencia mediante la DFT

10.7.2 Un ejemplo de estimación del espectro de potencia basada en la estimación de la secuencia de autocorrelación
10.8 Resumen
Problemas

11. TRANSFORMADAS DISCRETAS DE HILBERT

11.0 Introducción

11.1 Suficiencia de las partes real e imaginaria de la transformada de Fourier para secuencias casuales

11.2 Teoremas de suficiencia para secuencias de longitud finita

11.3 Relaciones entre módulo y fase

11.4 Relaciones de transformada de Hilbert para secuencias complejas

11.4.1 Diseño de transformadores de Hilbert

Contenido

11.4.2 Representación de señales paso banda

11.4.3 Muestreo paso banda

11.5 Resumen

Problemas

APÉNDICE A. SEÑALES ALEATORIAS

A.1 Procesos aleatorios en tiempo discreto

A.2 Promedios

A.2.1 Definiciones

A.2.2 Promedios temporales

A.3 Propiedades de las secuencias de correlación y covarianza

A.4 Representación de señales aleatorias mediante la transformada de Fourier

A.5 Uso de la transformada Z en cálculos de potencia media

APÉNDICE B. FILTROS EN TIEMPO CONTINUO

B.1 Filtros paso bajo de Butterworth

B.2 Filtros de Chebyshev

B.3 Filtros elípticos

C. RESPUESTAS DE PROBLEMAS DE PROBLEMAS BÁSICOS SELECCIONADOS

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE ALFABÉTICO