Universidad
Rey Juan Carlos

Apuntes y Resumen de la Asignatura Señales y Sistema

Autores:
Samuel Rey Escudero
Borja Imaz Lueje

Grado en Ciencia e Ingeniería de Datos

Curso 2024/2025

Índice

Tema 1

Tema 1: Señales en el dominio del tiempo

1.1 Concepto de Señal y Sistema

- **Señal**: Función matemática que representa información sobre una magnitud física. Clasificación según el número de variables independientes:
  - **Unidimensional**: Depende de una variable (ej., audio, señales económicas).
  - **Bidimensional**: Depende de dos variables (ej., imágenes en escala de grises).
  - **Tridimensional**: Depende de tres variables (ej., video).
- **Sistema**: Proceso o dispositivo que transforma una señal de entrada en otra de salida. Ejemplos incluyen circuitos eléctricos, el cuerpo humano y dispositivos de comunicación.

1.2 Tipos de Señales: Tiempo Continuo (TC) y Tiempo Discreto (TD)

- **Señales de Tiempo Continuo**: Definidas en un intervalo continuo de tiempo; común en fenómenos físicos como temperatura y movimiento.
- **Señales de Tiempo Discreto**: Definidas solo en puntos específicos (instantes discretos). Son necesarias para el análisis en sistemas digitales.
- **Conversión de Señales**:
  - **Muestreo**: Obtención de valores de una señal continua en intervalos regulares.
  - **Cuantificación**: Aproximación de la amplitud a niveles discretos, lo que permite su almacenamiento y procesamiento digital.

1.3 Clasificación de Señales según Determinismo y Aleatoriedad

- **Señales Deterministas**: Valores completamente definidos sin incertidumbre (ej., una señal sinusoidal con frecuencia y amplitud conocidas).

- **Señales Aleatorias**: Valores con incertidumbre, descritos estadísticamente (ej., ruido en una transmisión de datos). Pueden contener información útil.

1.4 Operaciones con Señales

- **Operaciones en la Variable Dependiente**:
  - **Suma**: Agregar un valor constante a cada punto de la señal.
  - **Escalado**: Multiplicación por un valor constante, que modifica la amplitud.
  - **Inversión de Signo**: Multiplicación por -1, cambiando el sentido de la señal.
- **Operaciones en la Variable Independiente**:
  - **Desplazamiento Temporal**: Desplaza la señal en el tiempo (hacia adelante o atrás).
  - **Inversión Temporal**: Invierte la señal respecto al tiempo, útil para análisis simétricos.
  - **Escalado Temporal**: Modifica la velocidad de reproducción (comprimiendo o expandiendo la señal en el tiempo).

1.5 Propiedades de las Señales

- **Simetría**:
  - **Par**: Simétrica respecto al eje vertical (ej., $x(t) = x(-t)$).
  - **Impar**: Antisimétrica respecto al eje vertical (ej., $x(t) = -x(-t)$).
  - Toda señal se puede descomponer en componentes pares e impares.
- **Periodicidad**:
  - **Periodo**: Una señal es periódica si se repite después de un intervalo T (ej., senoides).
  - El **periodo fundamental** es el menor T para el cual la señal es periódica.
- **Valor Medio y Potencia/Energía**:
  - **Valor Medio**: Promedio de la señal en un intervalo, útil para determinar componentes de baja frecuencia.
  - **Potencia Media**: Energía promedio por unidad de tiempo, relevante en señales periódicas.
  - **Energía Total**: Integral (o suma en señales discretas) de la magnitud al cuadrado, útil para señales de duración finita.

1.6 Señales Básicas en Tiempo Continuo (TC) y Tiempo Discreto (TD)

- **Escalón Unitario (u(t))**: Señal que cambia de 0 a 1 en $t = 0$, usada para representar activaciones súbitas.
- **Impulso Unitario ($\delta(t)$)**: Función que representa un cambio instantáneo. En tiempo discreto, es la **delta de Kronecker** ($\delta[n]$), donde solo un punto es no nulo.

- **Señales Sinusoidales**: Expresadas como $A\cos(\omega t + \phi)$, donde A es la amplitud, ω la frecuencia angular, y ϕ la fase. Son fundamentales en análisis de señales periódicas.
- **Exponenciales Complejas**: Expresadas como $Ae^{(j\omega t)}$, relacionadas con senos y cosenos por la fórmula de Euler. Son útiles para analizar señales oscilatorias y sistemas.

1.7 Propiedades Específicas de Señales Discretas

- **Impulso y Escalón Discretos**: El impulso discreto $\delta[n]$ es útil para descomponer señales como sumas de impulsos desplazados.
- **Señales Sinusoidales en TD**: Solo son periódicas si la frecuencia cumple una condición especial, debido a la naturaleza del muestreo, que limita las frecuencias de repetición.
- **Exponenciales Complejas Discretas**: Se comportan de manera similar a las sinusoidales discretas y ayudan a simplificar el análisis de señales complejas.

1.8 Resumen Final de la Teoría de Señales y Sistemas

- Las señales representan información física; los sistemas procesan esta información.
- Es fundamental distinguir entre **señales continuas** y **discretas** y sus respectivos análisis.
- **Operaciones y propiedades** de señales permiten manipularlas y extraer características esenciales.
- Las **señales básicas** (escalón, impulso, sinusoidales y exponenciales) sirven como bloques de construcción para comprender y analizar señales más complejas en sistemas.

Tema 2

Tema 2: Sistemas en el dominio del tiempo

2.1 Concepto de Sistema

- **Sistema**: Proceso o dispositivo que transforma una señal de entrada en una señal de salida. Ejemplos incluyen sistemas dinámicos como circuitos RLC y sistemas mecánicos.
- **Sistemas Continuos y Discretos**:
  - **Sistemas Continuos**: Operan sobre señales continuas, como integradores.
  - **Sistemas Discretos**: Operan sobre señales discretas. Ejemplo: un sistema acumulador (equivalente discreto del integrador).

2.2 Interconexión de Sistemas

- **Tipos de Interconexión**:
  - **Serie**: La salida de un sistema es la entrada del siguiente.
  - **Paralelo**: Los sistemas comparten la misma entrada y sus salidas se suman.
  - **Combinada**: Interconexión en serie y paralelo de varios sistemas.
  - **Realimentación**: La salida se usa para ajustar la entrada; común en sistemas de control.

2.3 Propiedades de los Sistemas

- **Memoria**:
  - **Sin Memoria**: La salida en cada instante depende sólo de la entrada en ese mismo instante.
  - **Con Memoria**: La salida depende de valores pasados o futuros de la entrada.

- **Invertibilidad**: Un sistema es invertible si entradas distintas producen salidas distintas, permitiendo recuperar la entrada a partir de la salida.
- **Causalidad**:
  - **Causal**: La salida depende solo de la entrada en el presente o pasado, no en el futuro.
  - **Anticausal**: La salida depende sólo de valores futuros de la entrada.
- **Estabilidad**: Un sistema es estable (BIBO) si una entrada acotada produce una salida acotada.
- **Invarianza Temporal**: Un sistema es invariante si un desplazamiento temporal de la entrada causa un desplazamiento equivalente en la salida.
- **Linealidad**: Cumple el principio de superposición, donde:
  - **Aditividad**: La respuesta a $x_1(t) + x_2(t)$ es $y_1(t) + y_2(t)$.
  - **Escalado**: La respuesta a $ax(t)$ es $ay(t)$.

2.4 Sistemas Lineales e Invariantes en el Tiempo (LTI)

- Los **sistemas LTI** (lineales e invariantes en el tiempo) permiten análisis simplificados:
  - **Respuesta al Impulso** $h(t)$: La respuesta del sistema a una entrada $\delta(t)$. La respuesta al impulso determina completamente el sistema.
  - **Convolución**: La salida $y(t)$ para cualquier entrada $x(t)$ se calcula como la convolución de $x(t)$ y $h(t)$, es decir, $y(t) = h(t) * x(t)$.

2.5 Propiedades de la Convolución

- **Conmutativa**: $x(t) * h(t) = h(t) * x(t)$
- **Asociativa**: $(x(t) * h_1(t)) * h_2(t) = x(t) * (h_1(t) * h_2(t))$
- **Distributiva**: $x(t) * (h_1(t) + h_2(t)) = x(t) * h_1(t) + x(t) * h_2(t)$
- **Elemento Neutro**: La convolución de cualquier señal con el impulso unitario $\delta(t)$ da la señal original.

2.6 Análisis de Sistemas LTI

- **Respuesta al Escalón**: Para un LTI, la respuesta al escalón $u(t)$ es la integral de su respuesta al impulso $h(t)$.
- **Estabilidad de LTI**: Para que un LTI sea estable, su respuesta al impulso debe ser absolutamente integrable.
- **Invertibilidad**: Un LTI es invertible si existe un sistema cuya convolución con el LTI original produce $\delta(t)$.

2.7 Sistemas LTI en Tiempo Discreto

- **Propiedades en TD**:
  - **Memoria**: Sin memoria si la respuesta al impulso es nula excepto en el origen.
  - **Causalidad**: Respuesta al impulso nula para instantes negativos.
  - **Estabilidad**: Un LTI en TD es estable si su respuesta al impulso es absolutamente sumable.

2.8 Sistemas LTI por Ecuaciones en Diferencias

- Descritos por sumas de valores pasados y presentes de la entrada y salida. Estos sistemas son:
  - **Fáciles de implementar**: Especialmente en tiempo discreto.
  - **Analizables en Frecuencia**: Utilizan retardadores, sumadores y escaladores.

2.9 Resumen Final del Tema

- Los sistemas transforman señales; su análisis se simplifica en los LTI.
- Las propiedades de la respuesta al impulso permiten calcular la salida para cualquier entrada.
- Los sistemas definidos por ecuaciones en diferencias son un tipo específico de LTI y son esenciales en el procesamiento digital.

Tema 3

Tema 3: Señales y sistemas continuos en el dominio de la frecuencia

3.1 SLIT y Señales Sinusoidales

- **Respuesta a Exponenciales Complejas**: Un SLIT responde a una señal de entrada $x(t) = e^{s_0 t}$ con una salida proporcional a la entrada, escalada en amplitud y fase, pero manteniendo la misma frecuencia.
- **Función del Sistema** $H(s)$: Relaciona la salida y la entrada del sistema para cada s, y contiene toda la información sobre el SLIT.
- **Respuesta en Frecuencia** $H(j\omega)$: Define cómo el sistema afecta amplitud y fase a diferentes frecuencias de entrada sin cambiar su frecuencia.

3.2 Series de Fourier (DSF)

- **Desarrollo en Series de Fourier (DSF)**: Permite representar una señal periódica como suma de exponenciales complejas relacionadas armónicamente.
- **Coeficientes de Fourier** R_k: Se calculan integrando la señal sobre un periodo. Estos coeficientes determinan la combinación lineal de exponenciales.
- **Propiedades del DSF**:
  - **Valor Medio**: El coeficiente R_0 corresponde al valor medio de la señal.
  - **Linealidad, Desplazamiento Temporal, Inversión Temporal y Escalado**: Propiedades fundamentales para simplificar operaciones con señales.
  - **Relación de Parseval**: La potencia media de la señal se puede expresar como la suma del módulo al cuadrado de los coeficientes de Fourier.

3.3 Transformada de Fourier (TF)

- **Definición**: Extensión del DSF para señales aperiódicas, donde se utiliza una integral continua para representar la señal en función de exponenciales complejas.
- **Propiedades de la TF**:
  - **Linealidad, Desplazamiento, y Simetría**: Simplifican operaciones y análisis de señales.
  - **Escalado, Dualidad, y Conjugación**: Relacionan propiedades de señales y sus transformadas en el dominio de la frecuencia.
  - **Relación de Parseval**: La energía de una señal en el dominio del tiempo es igual a la energía en el dominio de la frecuencia.
- **Pares de Transformadas Básicas**: Incluyen transformadas de funciones comunes como impulsos, senos, cosenos y señales periódicas.

3.4 Aplicaciones

- **Filtros**: Los filtros en procesamiento de señal son SLIT que permiten modificar la respuesta en frecuencia, eliminando o amplificando ciertas frecuencias.
- **Tipos de Filtros**:
  - **Filtros MA (Moving Average)**: No necesitan condiciones iniciales y dependen solo de la entrada.
  - **Filtros AR (Auto-Regresivos)**: Requieren valores anteriores de salida para el cálculo actual.
  - **Filtros ARMA (Auto-Regresivos y Media Móvil)**: Combinan ambos tipos y permiten flexibilidad en el diseño.
- **Respuesta en Frecuencia de un Filtro**: La frecuencia de salida se obtiene resolviendo la ecuación diferencial asociada y aplicando la transformada de Fourier.

3.5 Resumen Final del Tema

- Los SLIT modifican la amplitud y fase de exponenciales complejas, sin alterar su frecuencia.
- El DSF permite expresar señales periódicas en términos de frecuencias armónicas, facilitando el análisis de salida de SLIT.
- La TF extiende el análisis a señales aperiódicas, permitiendo representar cualquier señal como suma de frecuencias.
- La implementación de filtros a partir de SLIT con ecuaciones diferenciales es crucial en procesamiento de señales, destacando los filtros MA, AR y ARMA.

Tema 4

Tema 4: Señales y sistemas discretos en el dominio de la frecuencia

4.1 Series de Fourier en Tiempo Discreto (DT)

- **Exponenciales Complejas en DT**: La señal en DT puede representarse mediante exponenciales complejas que, a diferencia del caso continuo, no siempre son periódicas.
- **Descomposición de Señales Periódicas Discretas**: Cualquier señal periódica $x[n]$ en DT con periodo N se descompone en una suma de N exponenciales complejas armónicamente relacionadas.
- **Coeficientes del DSF a_k**: Son valores complejos que permiten la reconstrucción de la señal discreta. Pueden obtenerse resolviendo un sistema de ecuaciones o usando propiedades de ortogonalidad.

4.2 Propiedades de la serie de Fourier en tiempo discreto (DSF)

- **Linealidad, Desplazamiento y Escalado**: El DSF permite analizar efectos como desplazamientos y escalados temporales.
- **Multiplicación y Parseval**: La relación de Parseval proporciona una relación entre el tiempo y la energía en frecuencia.
- **Sistemas Lineales e Invariantes (SLIT) y DSF**: Los SLTI afectan a los coeficientes del DSF, multiplicándolos por la respuesta en frecuencia del sistema.

4.3 Transformada de Fourier (TF) en DT

- **Definición y propiedades**: La TF de una señal aperiodica en DT es una función continua y compleja, periódica en la variable espectral Ω con período 2π. Se puede ver como una generalización del DSF.

- **Diferencias con el caso continuo**: La transformada en este caso es periódica, y típicamente se representa entre $-\pi, \pi$.
- **Relación entre TF y DT**:
  - Se utiliza el DSF para construir la TF de una señal no periódica considerando muestras equiespaciadas de la TF.
  - Las ecuaciones de análisis y síntesis permiten obtener la TF directamente de los coeficientes de Fourier en DT.

4.4 Propiedades de la TF en DT

- **Periodicidad y Linealidad**: La TF es periódica, con período 2π y con la propiedad de linealidad.
- **Desplazamiento y Escalado en Tiempo y Frecuencia**: La TF en DT tiene propiedades análogas a las del dominio continuo.
- **Convolución y Modulación**: La convolución periódica permite representar multiplicaciones en el dominio de la frecuencia.
- **Parseval y Dualidad**: Una secuencia $f[n]$ en el dominio temporal con una determinada TF,SF implica que una señal con la forma de esa TF/SF en tiempo tiene una TF/SF similar a la secuencia original. Por su parte, Parseval establece una relación entre energía de la señal en el dominio espectral.

4.5 Ejemplos

- **Onda Cuadrada, Suma de Sinusoides**:Ejemplos prácticos que ilustran cómo obtener y analizar los coeficientes de Fourier.
- **Tren de Impulsos**:La TF de un tren de impulsos periódico también es periódica, mostrando la periodicidad de las TF en DT.

4.6 Resumen General

- **DSF vs. TF**: DSF se usa para señales periódicas y la TF para señales aperiodicas.
- **Importancia de la TF en SLTI**: La TF permite analizar la respuesta en frecuencia de sistemas lineales descritos por ecuaciones en diferencias, lo cual es fundamental para el diseño y análisis de sistemas digitales.

Tema 5

Tema 5: Muestreo

5.1 Introducción al Muestreo

- **Objetivo**: Transformar señales continuas en discretas para permitir su procesamiento digital.
- **Ejemplos y aplicaciones**: Grabación de voz, imágenes digitales, procesamiento de señales en computadoras.
- **Preguntas clave**: ¿Cómo tomar muestras de una señal continua sin perder información esencial? ¿Cuándo es posible recuperar la señal continua a partir de sus muestras discretas?

5.2 Muestreo de Señales Continuas

- **Análisis en el Dominio del Tiempo y Frecuencia**:
  - El muestreo implica tomar muestras de una señal continua $x(t)$ en intervalos regulares, lo cual se representa por $x[n] = x(nT_s)$ siendo T_s el período de muestreo.
  - **Añnalisis en frecuencia:** Explica cómo el espectro de la señal muestreada es una réplica periódica del espectro de la señal continua original.
- **Teorema de Nyquist-Shannon y Aliasing**:
  - Establece que para evitar la pérdida de información (aliasing), la frecuencia de muestreo f_s debe ser al menos el doble de la máxima frecuencia presente en la señal (ancho de banda W).
  - Si $f_s < 2W$, aparece aliasing, es decir, solapamiento de espectros, que genera distorsión irreparable en la señal reconstruida.
- **Reconstrucción de la Señal**:
  - Para reconstruir una señal a partir de muestras, se usa un filtro paso bajo ideal que elimina las réplicas de alta frecuencia del espectro muestreado.
  - Idealmente, esto implica que se usa una función sinc en tiempo, para recuperar la señal continua.

5.3 Aspectos Prácticos en Muestreo

- **Filtros Antisolapamiento**:Para evitar aliasing en la práctica, se pre-filtran las señales antes de muestrear, reduciendo su ancho de banda a menos de $f_s/2$.
- **Interpolación Subóptima**:Debido a las limitaciones prácticas, se utilizan interpoladores de orden bajo (orden 0 y 1), que simplifican el proceso de reconstrucción con menor calidad comparada al interpolador ideal.
- **Cuantificación**:Una vez muestreada, la señal se cuantifica para convertir valores continuos a niveles discretos, ajustándose al formato digital con valores finitos (representados en bits).

5.4 Muestreo y Procesamiento Discreto de Señales Continuas

- Una señal continua puede ser muestreada, procesada en formato digital y luego reconstruida en forma continua mediante interpolación.
- Este proceso permite aprovechar la flexibilidad y precisión del procesamiento digital para señales analógicas, siempre que se cumpla el teorema de muestreo.

5.5 Muestreo de Señales Discretas

- **Operaciones de Diezmado e Interpolación**:
  - **Diezmado**: Proceso de reducir la cantidad de muestras, permitiendo reducir la tasa de datos. Esto se logra eliminando muestras intermedias y provoca compresión en el dominio de la frecuencia.
  - **Interpolación**: Proceso inverso al diezmado, que consiste en aumentar la cantidad de muestras, generalmente rellenando con ceros y filtrando.
  - Ambos procesos permiten ajustar la frecuencia de muestreo de la señal en sistemas discretos sin requerir una conversión a formato continuo.
- **Remuestreo**: Combina diezmado e interpolación con factores distintos para ajustar la frecuencia de muestreo en sistemas de transmisión o procesamiento que requieren cambios de tasa personalizados.

5.6 Resumen General

- **Fundamento del Muestreo**: Permite convertir señales continuas en discretas, facilitando su procesamiento digital, con aplicaciones en audio, imagen y otros campos.
- **Teorema de Nyquist y Aliasing**: Para evitar distorsiones (aliasing), la frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble del ancho de banda de la señal original.
- **Reconstrucción de Señales**: Un filtro paso bajo ideal permite recuperar la señal continua a partir de sus muestras, evitando las réplicas espectrales indeseadas.

- **Muestreo de Señales Discretas**: Operaciones como diezmado e interpolación ajustan la tasa de muestreo en señales digitales, permitiendo una mayor flexibilidad en aplicaciones prácticas de transmisión y almacenamiento.

Tema 6

Tema 6: Transformada de Fourier Discreta (DFT)

6.1 Introducción a la DFT

- La DFT permite transformar señales discretas y finitas al dominio de la frecuencia de forma computacionalmente eficiente, lo cual es fundamental en procesamiento digital de señales.
- **Comparación con otras transformadas:** A diferencia de la Transformada de Fourier Discreta en Tiempo (TFDT), la DFT es discreta y finita, siendo ideal para implementaciones en dispositivos como computadoras y teléfonos.

6.2 Definición de la DFT

- La DFT transforma una señal discreta $x[n]$ de longitud N en una secuencia de $X[k]$ de la misma longitud.
- **Ecuaciones de análisis y síntesis**:
  - La **fórmula de análisis** define $X[k]$ como la suma ponderada de $x[n]$ mediante exponenciales complejas.
  - La **fórmula de síntesis** permite reconstruir $x[n]$ a partir de $X[k]$, mostrando la relación entre tiempo y frecuencia en señales discretas.

6.3 Interpretación de la DFT como Muestreo de la TF

- La DFT se puede ver como un muestreo de la Transformada de Fourier en Tiempo Discreto (TF), tomando N muestras de esta en el intervalo $[0, 2\pi)$.
- Esto permite que la DFT capture una versión discreta de la frecuencia de la señal, conservando información espectral importante en un número finito de puntos.

6.4 Propiedades de la DFT

- **Linealidad**: La DFT de la suma de señales es la suma de las DFT individuales, lo que facilita su uso en sistemas lineales.
- **Desplazamiento Circular**: Un desplazamiento en el tiempo se traduce en un cambio de fase en la DFT, con un ajuste circular en el índice de la señal.
- **Dualidad y Simetrías**: Incluye propiedades de simetría (real-imaginaria, par-impar) que simplifican el cálculo de la DFT en ciertos casos.
- **Convolución Circular**: La convolución en tiempo discreto de dos señales es equivalente a la multiplicación de sus DFT, lo que es útil para análisis de sistemas y filtrado.
- **Multiplicación en el Tiempo**: Multiplicar señales en el dominio del tiempo se traduce en una convolución en el dominio de la frecuencia.

6.5 Aspectos Prácticos y Aplicaciones

- **Cálculo eficiente**: La DFT se implementa frecuentemente mediante el algoritmo FFT (Fast Fourier Transform) para reducir el tiempo de cómputo.
- **Aplicaciones**: La DFT es fundamental en análisis de frecuencia de audio, compresión de imágenes, diseño de filtros digitales, y muchas otras aplicaciones de procesamiento de señales.

6.6 Resumen general

- **Definición y Propósito**: La DFT es una transformada que convierte una señal discreta y finita al dominio de la frecuencia, facilitando su análisis y procesamiento digital.
- **Relación con la Transformada de Fourier en Tiempo Discreto (TF)**: La DFT puede interpretarse como un muestreo de la TF, tomando N muestras equiespaciadas en el intervalo $[0, 2\pi)$.
- **Propiedades Fundamentales**: Linealidad, Desplazamiento Circular, Convolución Circular.
- **Aplicaciones y Cálculo Eficiente**: La DFT es fundamental en áreas como audio, imagen y telecomunicaciones. Su implementación eficiente, mediante el algoritmo FFT, permite un procesamiento rápido y eficaz en sistemas digitales.

Tema 7

Tema 7: Introducción al diseño de filtros digitales

7.1 Introducción al Filtrado Digital

- Los filtros digitales se utilizan para eliminar o atenuar componentes no deseados en una señal, como el ruido en una grabación de audio.
- **Aplicaciones**: Comunicaciones, procesamiento de voz, imagen y vídeo, radar, y minería de datos.
- **Ventajas sobre filtros analógicos**: Son programables, adaptativos, y requieren un hardware más simple.

7.2 Fundamentos del Filtrado Digital

- **Transformada Z (TZ)**: Los filtros digitales se diseñan frecuentemente en el dominio de la Transformada Z, una generalización de la Transformada de Fourier para señales discretas.
- **Propiedades clave**: La TZ permite analizar y resolver ecuaciones en diferencias que describen los sistemas lineales e invariantes en el tiempo (SLTI), esenciales en el diseño de filtros.

7.3 Tipos de Filtros Digitales

- **Filtros IIR (Infinite Impulse Response)**:
  - Tienen una respuesta al impulso infinita, pueden ser inestables (tienen polos) y aproximan mejor a los filtros analógicos.
  - Útiles para filtros de banda estrecha y cuando se requiere una alta capacidad de rechazo con menos cálculos.
- **Filtros FIR (Finite Impulse Response)**:

- Respuesta finita al impulso, son siempre estables (no tienen polos) y ofrecen una fase lineal.
- Se implementan mediante convolución y son adecuados cuando se necesita una distorsión de fase mínima.

7.4 Procedimiento para el Diseño de Filtros

- **Paso 1: Especificar la respuesta deseada**: Determinar el tipo de filtro (pasa bajos, pasa altos, pasa banda, rechaza banda) y sus parámetros, como frecuencia de corte y niveles de atenuación.
- **Paso 2: Elegir el tipo de filtro**:
  - **FIR**: Métodos de diseño como enventanado, muestreo de frecuencia, o minimización de error (e.g., método Parks-McClellan).
  - **IIR**: Métodos basados en filtros analógicos clásicos (Butterworth, Chebyshev, elípticos) o diseño directo minimizando el error de respuesta en frecuencia.
- **Paso 3: Seleccionar la estructura de implementación**: Evaluar eficiencia en tiempo de cálculo, uso de memoria y precisión de los coeficientes.

7.5 Resumen general

- **Objetivo y Aplicaciones**: Los filtros digitales eliminan o reducen componentes indeseados (por ejemplo, ruido), con aplicaciones en comunicaciones, procesamiento de voz, imagen y vídeo, entre otros.
- **Tipos de Filtros**:
  - **IIR** (Infinite Impulse Response): Tienen polos, pueden ser inestables, y se usan en aplicaciones donde se busca aproximación de filtros analógicos.
  - **FIR** (Finite Impulse Response): No tienen polos, siempre son estables y ofrecen una fase lineal, ideales para evitar distorsión de fase.
- **Diseño de Filtros**: Se especifica la respuesta deseada (pasa bajos, pasa altos, etc.), se elige el tipo de filtro (FIR o IIR), y se selecciona una estructura de implementación eficiente según los recursos.