

Transformada Discreta de Fourier

■ Guía de ejercicios

Ejercicios de cálculo

1. Transformada Discreta de Fourier.

1.1. Calcular la Transformada Discreta de Fourier de orden N con $N > L$ de la señal expresada por

$$x[n] = \begin{cases} 1 & 0 \leq n < L \\ 0 & \text{cc} \end{cases}$$

1.2. Determinar la secuencia temporal que da lugar a la siguiente Transformada Discreta de Fourier

$$X[k] = \{1; j; -1; -j\}$$

1.3. Para las secuencias $x[n]$ e $y[n]$

1.3.1. Determinar las Transformadas Discretas de Fourier de las secuencias.

1.3.2. Obtener la convolución circular.

1.3.3. Calcular la longitud de la convolución lineal de las secuencias.

1.3.4. Obtener las secuencias modificadas para calcular la convolución lineal.

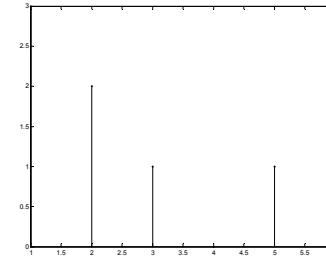
1.3.5. Calcular las Transformadas Discretas de Fourier de las secuencias modificadas.

1.3.6. Obtener la convolución lineal.

$$x[n] = \{+1, -1\} \quad y[n] = \{-1, +1\}$$

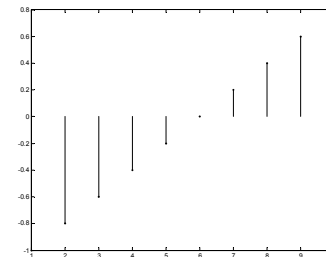
1.4. Hallar la Transformada Discreta de Fourier de la función $x[n]$ que representa una señal triangular cuya amplitud varía en el intervalo $[0;3]$ y $\omega = 2\pi/6$. Escribir la expresión de $X[k]$ y los coeficientes calculados para $k=0;1;\dots;5$.

$$x[n] = \{..; 3; 2; 1; 0; 1; 2; ..\}$$



1.5. Hallar la Transformada Discreta de Fourier de la función $x[n]$ que representa una señal diente de sierra cuya amplitud varía en el intervalo $[-1;1]$ y $\omega = 2\pi \cdot 0.1$. Escribir la expresión de $X[k]$ y los coeficientes calculados para $k=0;1;\dots;9$.

$$x[n] = \{..; -1; -0.8; -0.6; -0.4; -0.2; 0; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; ..\}$$



Ejercicios de simulación

1. Transformada Discreta de Fourier.

★ Escribir un programa de simulación que calcule la convolución circular y la convolución lineal de dos secuencias usando las propiedades de la Transformada de Fourier de Tiempo Discreto. Utilizarlo para calcular la salida de un sistema teniendo su respuesta al impulso o su ecuación en diferencias y la secuencia de entrada.

▶ Procedimiento:

- Generar un vector n cuyos N elementos representen la variable independiente del tiempo discreto n con $n_{inicial} \leq n \leq n_{final}$.
- Generar dos vectores x_n y h_n que representen las secuencias a convolucionar. Si se trata de un sistema del cual se ha especificado la ecuación en diferencias, calcular la respuesta al impulso h_n .
- Calcular la longitud L de la secuencia de convolución lineal. Generar dos vectores x_{mn} y h_{mn} que representen las secuencias modificadas agregando ceros a x_n y h_n hasta completar la longitud L .
- Calcular las transformadas de las secuencias.
- Calcular las transformadas de las secuencias modificadas.
- Calcular el producto de las transformadas.
- Calcular las antitransformadas de los productos.
- Graficar las secuencias y sus transformadas

1.1. Simular un sistema de eco infinito y probar la respuesta ante diferentes señales de entrada del tipo pulso rectangular, etc.

1.2. Simular un filtro pasabajos definiendo la respuesta espectral H_k con un valor unitario para la banda pasante y nulo para la rechazada. Probar el filtrado con una señal compuesta por varias senoidales de diferentes frecuencias, y eliminar las armónicas más altas.

Ejercicios de Laboratorio

1. Análisis espectral.

Objetivos:

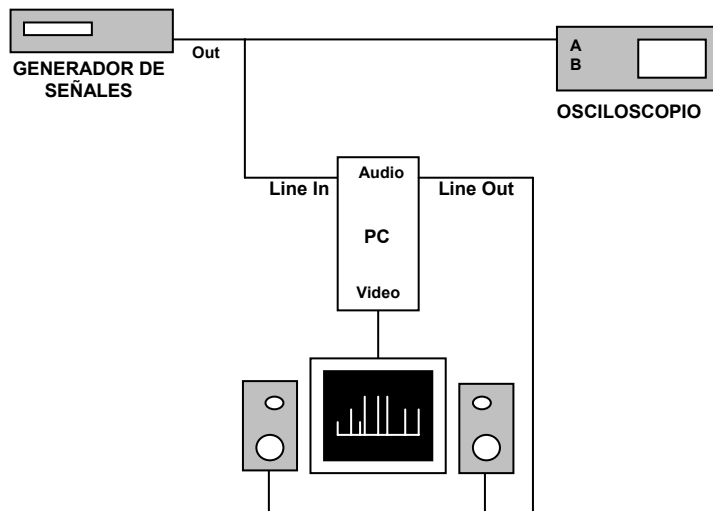
- ★ Observar el espectro de señales con diferentes formas de onda, amplitud y frecuencia.

Instrumental:

- ★ Generador de señales con forma de onda arbitraria.
- ★ Computadora y periféricos.
- ★ Software analizador de espectro y frecuencímetro.
- ★ Osciloscopio (opcional).

Procedimiento:

- 1.1. Conectar el generador de señales a la entrada de audio de la placa de sonido de la computadora. Opcionalmente, conectar el osciloscopio.



- 1.2. Ajustar el generador de funciones para que entregue una señal de entrada con las siguientes características:

- Forma de onda: Senoidal.
- Frecuencia: 1 kHz
- Tensión máxima: 100 mV

⚡ **Precaución!** La amplitud de la señal de entrada a la placa de sonido de la computadora no debe exceder los máximos permitidos según las especificaciones (habitualmente 250 mV en caso de entrada de micrófono o 500 mV en línea).

- 1.3. Abrir el programa DWL Spectrum Analyzer. Activar el barrido presionando Start. Ajustar la referencia y el rango de atenuación para poder observar adecuadamente el espectro.

- 1.4. Cambiar la escala de frecuencia a lineal eligiendo la opción Lin en Scale del menú desplegable Options.

- 1.5. Si fuera conveniente, utilizar el promediador seleccionando la tecla AVE y el detector de picos con PEAK.

- 1.6. Medir el valor de frecuencia analógica de la componente que contiene mayor amplitud. Calcular el valor de la pulsación digital. Medir la atenuación del pico, y la diferencia mínima entre ese pico y el resto de las componentes.

- 1.7. ¿Qué espectro se observa? Comparar con la tabla de transformadas.

- 1.8. Graficar anotando la escala de valores.

- 1.9. Modificar la frecuencia de la señal. ¿Qué se observa?

- 1.10. Modificar la amplitud de la señal. ¿Qué se observa?

- 1.11. Cambiar la forma de onda, ajustando el generador de funciones para que entregue una señal de entrada con las siguientes características

- Formas de onda: Diente de sierra.
- Frecuencia: 4410 kHz
- Tensión máxima: 100 mV

- 1.12. Medir el valor de frecuencia de las componentes que contienen, su amplitud, y calcular la relación de ésta, con la amplitud de la fundamental. Anotar los valores en la tabla. Comparar con los resultados obtenidos en los ejercicios de cálculo.

- 1.13. Cambiar la forma de onda, ajustando el generador de funciones para que entregue una señal de entrada con las siguientes características

- Formas de onda: Seno cardinal
- Frecuencia: 100 Hz
- Tensión máxima: 100 mV

- 1.14. ¿Qué espectro se observa? Comparar con lo obtenido en los ejercicios de cálculo y explicar qué propiedades de las transformadas permitirían calcular este espectro. Graficar anotando la escala de valores.
- 1.15. Variar la frecuencia incrementando de a 100 Hz hasta 1 kHz. ¿Qué propiedad de las transformadas se corresponde con este efecto observado?
- 1.16. Ajustar el generador de funciones para que entregue una señal de entrada con las siguientes características
- Forma de onda: Ruido blanco.
 - Tensión máxima: 250 mV
- 1.17. Observar y describir las características de la señal. ¿Qué componentes de frecuencia posee?

Opcional:

- 1.18. Cambiar la forma de onda, ajustando el generador de funciones para que entregue una señal de entrada con las siguientes características
- Formas de onda: Cuadrada.
 - Frecuencia: 1 kHz
 - Tensión máxima: 100 mV
- 1.19. Variar la frecuencia incrementando de a 100 Hz hasta 2 kHz y observar que el espectro se condice con lo obtenido en los ejercicios de cálculo.
- 1.20. Ajustar el generador de funciones para que entregue una señal de entrada con las siguientes características
- Forma de onda: Seno cardinal con modulación de amplitud.
 - Frecuencia: 100 Hz.
 - Tensión máxima: 100 mV
 - Moduladora: 5 kHz.
 - Profundidad de modulación: 50%.
- 1.21. Variar los parámetros y observar qué ocurre. ¿Con qué propiedad de las transformadas se corresponde el efecto observado en el espectro?
- 1.22. También puede utilizarse como fuente de señal un archivo en formato wav. Para cargarlo, hay que elegir la opción Load File Wav en el menú desplegable de File y luego Play File Wav para que corra.
- 1.23. Seleccionar diferentes filtros de entrada en la opción Filter del menú desplegable de Options y observar lo que ocurre.
- 1.24. Observar la composición espectral con la tecla THD.

- 1.25. Analizar la amplitud de cada componente mediante la tecla DATA. Observar la señal de entrada en función del tiempo con OSC.
- 1.26. Abrir el programa Counter e inyectar una señal con el generador. Ajustar adecuadamente los parámetros del frecuencímetro y medir la frecuencia de la componente fundamental.