

$$\begin{aligned}
z - \frac{1}{2} &= 0 \rightarrow z = \rho = \frac{1}{2} \\
\|\rho\| &= \frac{1}{2} < 1 \text{ luego el sistema es estable.} \\
h(n) &= \mathbf{Z}^{-1}[H(z)] \\
h(n) &= \mathbf{Z}^{-1}\left[\frac{z}{z-\frac{1}{2}}\right] = \left(\frac{1}{2}\right)^n \mu(n)
\end{aligned}$$

Ejercicio3. Determine la estabilidad del sistema dado por la siguiente ecuación $y(n) + 3y(n-1) + y(n-2) = x(n)$

solución:

$$\begin{aligned}
\mathbf{Z}[y(n)] + 3\mathbf{Z}[y(n-1)] + \mathbf{Z}[y(n-2)] &= \mathbf{Z}[x(n)] \\
Y(z) + 3z^{-1}Y(z) + z^{-2}Y(z) &= X(z) \\
Y(z)(1 + 3z^{-1} + z^{-2}) &= X(z) \\
H(z) &= \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{1}{1+3z^{-1}+z^{-2}} = \frac{z^2}{z^2+3z+1} \\
z^2 + 3z + 1 &= 0 \\
z = \rho &= \frac{-3 \pm \sqrt[3]{5}}{2} \\
\rho_2 &= \frac{-3 + \sqrt[3]{5}}{2} = -0.38197 \\
\rho_1 &= \frac{-3 - \sqrt[3]{5}}{2} = -2.618 \\
\|\rho_1\| &= 2.618 \not< 1 \text{ luego el sistema no es estable.}
\end{aligned}$$

Tarea de Refuerzo. Sea el sistema dado por la ecuación $y(n) - y(n-1) + 2y(n-2) = x(n-1)$.

Determine:

- Función de transferencia.
- Polos y ceros del sistema.
- Estabilidad.
- Respuesta al impulso.
- Respuesta a la entrada rampa $x(n) = n\mu(n)$.

Laboratorios Corte 2- (*Cursos de Procesamiento digital de señales y Análisis de señales.*)

Nota. Los laboratorios se presentan y sustentan junto con el informe manuscrito en el plazo límite acordado en el pacto de aula del curso.

Pautas de los Informes: Construir un informe impreso manuscrito IEEE de una sola columna de un tamaño de 7 a 9 páginas. La primera página se compone de **introducción y marco teórico**, la última página de **conclusiones y referencias bibliográficas** y el resto de páginas del informe (80% a 90%) de la **metodología** escrita en primera persona del plural que se compone de: descripciones las fases de desarrollo en orden cronológico y lógico, diagramas de bloque, diagramas de flujo, diagrama de clases (aplica a sistemas), gráficas, tablas de datos, imágenes, , pantallazos, gráficas simulador electrónico (aplica a ingeniería electrónica), líneas de código, anexos resultado búsqueda en IA (chatgpt, deepseek, etc) que deben coincidir con el método propuesto por el docente y evidencias de cualquier índole.

Nota. Las lineas de codigo que se coloquen solo deben ser legibles sin fondo oscuro y ser las partes importante del procesamiento computacional y su tamaño total acumulado no exceder de media pagina.

Laboratorio1 -Corte2 (*Curso Procesamiento digital señales e imagenes*)

Diseñar e implementar un sistema discreto estable que para una señal de entrada $x(n) = ae^{bn}\mu(n)$ entonces la señal de salida sea $y(n) = ce^{dn} \cosh(kn)\mu(n)$ con señales de minimo 100 puntos en adelante. El sistema se debe diseñar solamente con el uso de la transformada Z (teoria vista en clase), implementado en un PC en cualquier lenguaje como Python,C, Go,Matlab,... etc. Se debe visualizar las graficas simultaneamente de las señales de salida y entrada que se generan con el programa construido. La aplicaciòn debe tener una interfaz de usuario para ingresar los paramentros de entrada y el conjunto de parametros o constantes del sistema deben ser unico para cada grupo de laboratorio.

Laboratorio2 - Corte 2 (*Curso Procesamiento digital señales e imagenes*)

Diseñar e implementar un sistema automatico en tiempo real (microfono activado) que entre dos palabras diferentes el ancho de banda sea segmentado en dos subandas con uso de la FFT. Luego se calcula y visualiza la energia de cada subanda con el criterio de que las energias de subandas equivalentes entre palabras diferentes sean diferentes. El sistema se debe diseñar solamente con el uso de la FFT implementado en un PC en cualquier lenguaje como Python,C, Go,Matlab,... etc. Se debe visualizar las graficas del espectro, la energia de cada subanda y debe coincidir con la energia promedio y desviaciòn de cada subanda escrita en el informe.Las dos palabras seleccionadas deben ser unicas para cada grupo de laboratorio. Se recomienda ver al final de este documento el Anexo1 "Reconocimiento de Señales con Bancos de Filtros (FFT)".

Recomendaciones.

- i). *El tiempo o tamaño de las grabaciones de los 2 conjuntos de palabras deben ser iguales.*
- ii). *Utilice el promedio y desviaciòn estandar de energias de subandas del conjunto de grabaciones en cada una de las 2 palabras.*
- iii). *Las subandas equivalentes de cada una de las 2 palabras deben tener el mismo tamaño (vectores de igual tamaño).*

Laboratorio1 - Corte 2 (*Curso Analisis de Señales*)

Diseñar e implementar con amplificadores operacionales una serie finita de Fourier de 3 armonicos de la señal onda cuadrada con nivel bajo en cero y nivel alto A con 50% del ciclo del trabajo util. El diseño matematico se debe hacer con el uso de las series de Fourier trigonometrica (teoria vista en clase). Se debe visualizar en el osciloscopio la serie finita de Fourier de 3 armonicos de la onda cuadrada con sus parametros de amplitud y periodo. Los parametros como amplitud y periodo de la onda cuadrada deben ser unicos para cada grupo de laboratorio.

Sugerencia. Utilizar la función de la librería que calcule la DCT tipo 2 en el lenguaje seleccionado.

Anexo1. Reconocimiento de Señales con Bancos de Filtros (FFT)

Los comandos son palabras con un tiempo fijo de grabación (se aplica tambien a señales que no son voz). Se adquiere un valor grande de M grabaciones de cada comando. Las señales elegidas (comandos) se acondicionan eliminando parte del ruido con algun tipo de filtro analogo o digital. Luego se ajustan todas las grabaciones al mismo tamaño o numero de puntos. La señal se adquiere con un buen microfono en un ambiente normal para capturar el minimo ruido posible. Si se va a trabajar con filtros diseñados con FFT entonces el tamaño de las señales o grabaciones debe ser potencia de 2.

Algoritmo de reconocimiento de voz

Por ejemplo tenemos dos comandos de voz= $\{C, D\}$. Se grafica el espectro de cada señal y se toma un ancho de banda comun BW para todos los comandos.

$$\left\{ \begin{array}{l} y=fft(x); \\ z=abs(y); \\ \text{grafica espectro } plot(z) \end{array} \right\}$$

Luego el ancho de banda comun BW lo dividen en partes iguales o desiguales, por ejemplo 4 partes iguales y de esa forma la señal queda filtrada en 4 filtros pasabandas por medio de la FFT. Tambien se puede ingresar la señal en 4 filtros pasabanda en paralelo (banco de filtros) que tienen una magnitud de ancho de banda $\frac{BW}{4}$. A las cuatro señales de salida de cada filtro se le calcula la energia o la potencia para obtener una secuencia de 4 valores de energia por cada comando.

$$E = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \|X(k)\|^2 \rightarrow \text{calculo de energia con uso de la DFT (FFT)}$$

$$P = \frac{1}{N^2} \sum_{k=0}^{N-1} \|X(k)\|^2 \rightarrow \text{calculo de potencia con uso de DFT (FFT)}$$

Despues de pasar la base de datos de cada comando por el banco de filtros deben promediar la energia o potencia de la salida de cada filtro para cada comando y obtienen unos umbrales (valores promedio) que se toman como constantes en un programa para hacer la comparación en tiempo real con los comandos de entrada y asi hacer el reconocimiento de voz. Entre mas grabaciones se tengan de cada comando el reconocimiento presenta un margen de error mas pequeño y entre mas divisiones tenga el ancho de banda el reconocimiento sera mas eficiente.

1). Entrenamiento: Es el proceso algoritmico para obtener los vectores de umbrales de energia o potencia.

Secuencia de umbrales de energia ó potencia de cada subbanda de frecuencia del comando C:

$$E_{c1} = \frac{\sum_{M=1}^{M=M} EC_1}{M} \quad E_{c2} = \frac{\sum_{M=1}^{M=M} EC_2}{M} \quad E_{c3} = \frac{\sum_{M=1}^{M=M} EC_3}{M} \quad E_{c4} = \frac{\sum_{M=1}^{M=M} EC_4}{M}$$

$C \longrightarrow [E_{c1} \quad E_{c2} \quad E_{c3} \quad E_{c4}] \quad \rightarrow$ Secuencia de umbrales de energia comando C

Secuencia de umbrales de energia ó potencia de cada subbanda de frecuencia del comando D:

$$E_{d1} = \frac{\sum_{M=1}^{M=M} ED_1}{M} \quad E_{d2} = \frac{\sum_{M=1}^{M=M} ED_2}{M} \quad E_{d3} = \frac{\sum_{M=1}^{M=M} ED_3}{M} \quad E_{d4} = \frac{\sum_{M=1}^{M=M} ED_4}{M}$$

$D \longrightarrow [E_{d1} \quad E_{d2} \quad E_{d3} \quad E_{d4}] \quad \rightarrow$ Secuencia de umbrales de energia comando D

$$E = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \|X(k)\|^2 \quad \rightarrow \quad \text{Calculo de energia (Se podria usar potencia)}$$

2). Reconocimiento en tiempo real:

C → pasa por los 4 filtros en paralelo y en la salida de cada filtro se calcula las energias y se obtiene el vector $[EC_1 \quad EC_2 \quad EC_3 \quad EC_4]$ que se compara con los 2 vectores de umbrales que son $[E_{c1} \quad E_{c2} \quad E_{c3} \quad E_{c4}]$ y $[E_{d1} \quad E_{d2} \quad E_{d3} \quad E_{d4}]$. El comando se reconoce considerando la menor diferencia con uno de los vectores de umbrales. Lo mismo sucede si ingresa el comando D. El banco de filtros se puede construir con filtros digitales diseñados en el dominio del tiempo o tambien con transformada rapida de Fourier. Si se diseña un filtro indirecto con FFT se tiene que: $X(k) = [X(0) \quad X(1) \quad X(2) \quad X(3) \quad X(4) \quad X(5) \quad X(6) \quad X(7)]$

El ancho va a estar desde la frecuencia armonica del ultimo punto menos la frecuencia armonica del primer punto. Si se partitiona el vector $X(k)$ (FFT) por ejemplo en 4 partes iguales entonces el espectro queda dividido como si se hubiera pasado la señal por un banco de filtros.

$$\begin{aligned} X_1(k) &= [X(0) \quad X(1)] \\ X_2(k) &= [X(2) \quad X(3)] \\ X_3(k) &= [X(4) \quad X(5)] \\ X_4(k) &= [X(6) \quad X(7)] \end{aligned}$$

$$E = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \|X(k)\|^2 \quad \rightarrow \quad \text{Energia en el dominio de la frecuencia.}$$

Nota. Para el proyecto final no es necesario programar la FFT sino que pueden usar la función fft que tenga Python, Go, C, Java o Matlab para realizar el proyecto.