|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ipn** | **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  **ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO** |  |

**Teoría de Comunicaciones y Señales**

**“Filtro Pasa - Bajas”**

Abstracto

El abstracto es un reporte preciso de todo el reporte completo. Su función es indicar los contenidos del reporte para que el lector pueda ver si vale la pena leerlo completo o no.

**Por:**

**Romero Gamarra Joel Mauricio**

Profesor:

GUTIÉRREZ ALDANA EDUARDO

Septiembre 2017

**Índice**

Contenido

[Introducción: 1](#_Toc476313175)

[Análisis Teórico: 2](#_Toc476313176)

[Software (librarias, paquetes, herramientas): 1](#_Toc476313177)

[Procedimiento: 1](#_Toc476313178)

[Resultados 1](#_Toc476313179)

[Discusión: 1](#_Toc476313180)

[Conclusiones: 2](#_Toc476313181)

[Referencias: 2](#_Toc476313182)

[Código 2](#_Toc476313183)

# Introducción:

En el siguiente programa, se realizó el diseño de un filtro pasa – bajas en lenguaje C1, haciendo uso del teorema de convolución, sin embargo al realizarse en una computadora con tiempo memoria finita, se hizo un pequeño cambio al teorema para migrarlo al tiempo discreto, ya que por definición una integral es una suma, por lo tanto el único cambio fue una sumatoria de 0 al orden del sistema FIR, que es un sistema de fácil implementación y diseño pero que consume recursos de memoria y procesamiento mayor, sin embargo son sistemas **estables**,1 que en este caso el orden del sistema es de 20.

Al decir que un sistema es estable, nos referimos a que la respuesta del sistema a un impulso será 0 cuando el tiempo tiende a ∞, si, por ejemplo, la respuesta del sistema al impulso tiende a un valor finito distinto de 0, se dice que es **críticamente estable**, y si tiende a un valor infinito, quiere decir que el sistema es **inestable**. En la Figura 1, podemos apreciar en el diagrama de polos y ceros la respuesta homogénea de un sistema a partir de sus polos y cómo se comporta el sistema en cada polo (estable o inestable).

Imagen que contiene texto, mapa, sentado, interior

Descripción generada con confianza muy alta

Figura . Respuesta homogénea al sistema en la gráfica de polos y ceros.

Después de observar la Figura 1, sabemos que, para ser un sistema estable, los polos de la función de transferencia deben estar ubicados en el semiplano izquierdo del diagrama de polos y ceros2, este tipo de sistemas es el filtro pasa – bajas que diseñamos en esta práctica.

# Análisis Teórico:

Esta sección necesita proveer un entendimiento del teórico, matemático y conceptual del contexto, antecedentes y justificación del trabajo.

Se pueden incluir diagramas, fórmulas, algoritmos, etc.

Comenzando con el análisis a priori del algoritmo a utilizar, necesitamos tener un mejor entendimiento de lo que es un filtro pasa – bajas y cómo funciona. Tomemos como ejemplo un circuito RC de primer orden, que es un circuito electrónico formado por una resistencia y un capacitor. Una de las características más importantes de este tipo de circuitos, es que este tipo de sistema es **lineal** (Cumple con propiedades de superposición) e **invariante en el tiempo** (la salida es la misma sin importar el instante de tiempo en el que se le aplique la entrada). En la Figura 2, podemos observar la configuración física de un circuito RC en una configuración pasa – bajas.3

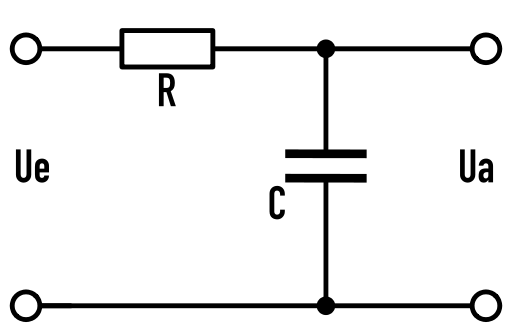


Figura 2. Configuración Pasa Bajas de un filtro RC de primer orden.

Lo que caracteriza a un filtro pasa bajas es que permite el paso de las frecuencias menores a la frecuencia de corte. Para altas frecuencias, la reactancia es baja logrando con esto que las señales sean atenuadas. En cambio, a bajas frecuencias (por debajo de la frecuencia de corte) la reactancia capacitiva es grande, lo que causa que estas frecuencias no se vean afectadas o son afectadas muy poco por el filtro.4

La frecuencia de corte es aquella donde la amplitud de la señal entrante cae hasta un 70.7 % de su valor máximo, esto ocurre cuando XC = R, a las frecuencias debajo de la frecuencia de corte se les conoce como **Banda de paso**, a las frecuencias por encima de la frecuencia de corte se les llama **Banda de atenuación**.4

Imagen que contiene texto

Descripción generada con confianza muy alta

Figura 3. Comportamiento de un filtro pasa bajas.

En la Figura 3, se puede ver el comportamiento que tiene un filtro pasa bajas graficando la frecuencia, la zona donde comienza “*stopband*”, es donde las frecuencias superaron a la frecuencia de corte, por lo tanto, en ese momento baja a 0 (filtro ideal), sin embargo, un filtro real va atenuando poco a poco las frecuencias hasta llegar a 0.

Posteriormente, ya que tenemos un entendimiento general del funcionamiento de un circuito RC en configuración de un filtro pasa bajas, procedemos a dar una explicación acerca de la convolución.

Como se mencionó en la introducción, la convolución en tiempo continuo se define como sigue:

Donde:

* x(t): Señal de entrada.
* h(t): Respuesta del sistema al impulso.
* : Desplazamiento en el tiempo.

Sin embargo, al diseñar un filtro pasa bajas en tiempo discreto para una señal digital (en este caso un archivo WAV), debemos tener en cuenta que poseemos una memoria y un tiempo de cómputo finito, sabemos que, una integral es una suma de todos los números desde -∞ hasta ∞, eso represente un número infinito de números, inclusive, si hacemos la integral de 0 a 1 (suponiendo que solo tuviéramos valores en las señales en ese intervalo), entre ambos valores hay una infinidad de números, por lo tanto haremos un cambio para hacer una suma tomando valores discretos (-∞, …, -2, -1, 0, 1, 2, …, ∞) como sigue1:

Ya que tomamos en cuenta únicamente valores discretos para realizar nuestra convolución, debemos notar que la suma está definida desde -∞ hasta ∞, por lo que es prácticamente imposible realizarla en una computadora. De modo que, en esta parte es donde entra en juego el orden de nuestro sistema, en esta práctica se realizó con un impulso con 20 valores, así que, finalmente nuestra ecuación a usar en lenguaje C, será la siguiente.

Ya que tenemos la fórmula que usaremos para calcular la convolución, necesitamos 2 cosas: Nuestra señal de entrada, y la respuesta al impulso que usaremos, sabemos que la respuesta al impulso de un sistema se define como la respuesta de un sistema a (t), que se define así:

Para obtener la respuesta al impulso del sistema, primero debemos obtener la función de transferencia de nuestro circuito RC en configuración pasa – bajas, ver Figura 2. Para resolver el circuito, definimos a la función de transferencia como sigue:

Al observar la ecuación anterior, podemos ver que debemos obtener el voltaje de salida y el voltaje de entrada en el circuito RC. Al ver la Figura 2, vemos que el voltaje de salida se mide en el capacitor, por lo tanto, la impedancia compleja en el capacitor se define como , que colocaremos en el numerador de la ecuación anterior en la función de transferencia. Además, para el voltaje de entrada se observa que se encuentran el capacitor y la resistencia en serie, sabiendo que para calcular el voltaje en ambos elementos se deben sumar, lo realizamos, conociendo la impedancia en el capacitor y sumamos la resistencia, que se define como + R, que colocaremos como el denominador de la función de transferencia y la nueva ecuación nos queda de la siguiente forma:

Ya que tenemos calculada la función de transferencia para el circuito RC en configuración Pasa – Bajas, calculamos la transformada inversa de Laplace para pasar la función de transferencia al dominio del tiempo y obtener h(t) de la siguiente forma:

Al tener la respuesta al impulso deseada, vemos que existe , y recordemos que, en nuestra convolución discreta, va a tener valores de 0 a 20, para poder calcular nuestro impulso que usaremos como h(n) para realizar la convolución con la señal de entrada.

# Software (librarías, paquetes, herramientas):

* GoldWave versión 4.26
* Frhed 1.6.0
* Dev C
* Sublime Text 3

# Procedimiento:

Para explicar el procedimiento utilizado, retomaremos la idea que este filtro pasa – bajas estará programado en lenguaje C, por lo tanto, debemos obtener el algoritmo para realizar la convolución, sabiendo que, por definición, la señal de entrada debe voltearse y multiplicar sus valores por la respuesta al impulso, sumando estos valores y escribiéndolos en una señal nueva. Por lo tanto, utilizaremos 2 arreglos de tipo short (ya conocemos la estructura de un archivo WAV5). Sin embargo, como la señal generada con GoldWave es una señal que entra a un sistema (en este caso la computadora), ya entra “invertida”, por lo que únicamente se guardarán los elementos en el arreglo y se irá multiplicando por el impulso obtenido. A continuación, en la Figura 4, podemos observar el diagrama de flujo que nos muestra los pasos a seguir para realizar el filtrado a la señal de entrada.

# Resultados

\* Esta sección debe incluir cualquier tabla de datos, observaciones, imágenes, etc.  
\* Todas las tablas y gráficas deben estar debidamente etiquetadas.

Esta sección describe, pero no explica los resultados obtenidos.

Puesto que se están presentando los resultados y no las cifras/figuras que representan los resultados, debemos asegurarnos de que nos referimos explícitamente a nuestros resultados y nada más, no sólo a las cifras/figuras (gráficas o tablas). Al describir resultados particulares en el texto de esta sección, **debemos asegurarnos de consultar la figura correspondiente entre paréntesis después de mencionarla en los resultados**. Las figuras deben ser insertadas en el texto lo más pronto posible después de haberlas mencionado.

# Discusión:

La sección de discusión tiene 2 objetivos principales:

* Interpretar y explicar los resultados del estudio.
* Explorar la importancia del estudio, encontrando, calificando y explorando la importancia teórica de los resultados.

La discusión es también un espacio en el reporte donde cualquier calificación o reservación que se tiene sobre la investigación debe ser mencionada,

# Conclusiones:

\*Lista una cosa que hayas aprendido y describe como lo aplicarías a una situación de la vida real.

\*Discute los posibles errores que podrían haber ocurrido en la colección de los datos (errores experimentales).

\*¿Cómo se aplicarían los resultados obtenidos generalmente?

\*¿Hubo algún defecto en el diseño experimental o en el procedimiento?

# Referencias:

**[1]** Clavijo Mendoza Juan Ricardo, ‘Diseño y Simulación de Sistemas Microcontrolados en lenguaje C’. Colombia: 2011, pp. 190 – 193.

**[2]** Department of Mechanical Engineering, ‘Understanding Poles and Zeros’. [Online]. Disponible en: <http://web.mit.edu/2.14/www/Handouts/PoleZero.pdf>. [Accedido: 11 – septiembre – 2017].

**[3]** Wikipedia, ‘Circuito RC’. [Online]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_RC>. [Accedido: 11 – septiembre – 2017].

**[4]** Electrónica Unicrom, ‘Filtro RC Paso Bajo’. [Online]. Disponible en: <https://unicrom.com/filtro-rc-paso-bajo/>. [Accedido: 11 – septiembre – 2017].

**[5]** Romero Gamarra Joel Mauricio, ‘Bajar Volumen a un Archivo WAV’. [Online]. Disponible en: [https://github.com/JoelRomero97/Teoria-de-Comunicaciones-y-Senales/blob/master/Prácticas/Bajar %20Volumen/Reporte.docx](https://github.com/JoelRomero97/Teoria-de-Comunicaciones-y-Senales/blob/master/Prácticas/Bajar%20%20Volumen/Reporte.docx).

# Código

Incluir todo el código fuente, comentar todo el código reutilizado y mostrar referencias.

Se debe usar el siguiente link para darle formato al código.

<https://tohtml.com/c/>

\*Acerca de las tablas y/o figuras\*

Utilizar figuras como diagramas, tablas, gráficos, gráficos o mapas puede ser una forma muy útil de mostrar y enfatizar la información en el reporte.

Las figuras esenciales para el informe deben integrarse sin problemas y correctamente, además deben explicarse y mencionarse en el cuerpo principal del reporte.

Ejemplo:

