

LABORATORIO DE MODULACIÓN DE SEÑALES AM

Análisis de pruebas realizadas utilizando python y las librerías Scipy, numpy, matplotlib

Autor 1: juan pablo aristizabal

Autor 1: Juan David Gallego Rangel

Universidad Tecnológica de Pereira, Risaralda, Colombia

juanpablo.aristizabal@utp.edu.co

fbdavid37@utp.edu.co

Resumen—En este laboratorio se pretende realizar la modulación/demodulación de una señal $x(t)=\cos(10\pi t)$ AM donde se pretende se mostrar la frecuencia original del audio, usando una frecuencia portadora de 100 Hz en el audio p_1 y el audio P_2 se encontrara en una fp de 8 kHz, teniendo en cuenta que esta frecuencia portadora está en el espectro audible para el ser humano debido a que nuestro oído está diseñado para escuchar sonidos que se encuentren alrededor de los 20000 Hz;

También se realizó la eliminación del aliasing utilizando un filtro paso bajo, donde se pretende eliminar el ruido que estaba produciendo el audio original para así poder ser mucho más entendible.

Palabras clave— Señal digital, filtros digitales, AM, wav, frecuencia, Hz, Khz, Modulación, Demodulación, tiempo, transformada de fourier, espectro

Abstract— In this laboratory it is intended to perform the modulation / demodulation of a signal $x(t) = \cos(10\pi t)$ AM where it is intended to show the original frequency of the audio, using a carrier frequency of 100 Hz in the audio p_1 and the audio P_2 is It will be found in an 8 kHz fp, taking into account that this carrier frequency is in the audible spectrum for the human being because our ear is designed to hear sounds that are around 20,000 Hz;

The elimination of aliasing was also carried out using a low pass filter, where it is intended to eliminate the noise that the original audio was producing in order to be much more understandable

Keywords— Digital signal, digital filters, AM, FM, wav, frequency, Hz, Khz, Modulation, Demodulation, time, Fourier transform, spectrum

INTRODUCCIÓN

Un modulador AM es un dispositivo con dos señales de entrada, una señal portadora de amplitud y frecuencia constante, y la señal de información o moduladora. El parámetro de la señal portadora que es modificado por la señal moduladora es la amplitud.

Podemos representar matemáticamente la ecuación de esta forma:

$$x(t) = A_c [1 + ax(t)] \cos(\omega_c t)$$

La modulación es importante porque nos permite transmitir señales a diferentes frecuencias. Considere los sistemas de radio de AM: todas las señales de audio son señales de banda base que comprenden frecuencias en el espectro audible. Al usar AM, las señales de audio que transmiten las diferentes estaciones se desplazan a diferentes bandas de frecuencia, cada una centrada alrededor de la frecuencia indicada en el dial de su radio. De esta forma, las señales de

diferentes estaciones no interfieren entre sí, lo que provocaría distorsión en la señal recibida. Si no se usa modulación, todas las señales de radio se transmiten al mismo tiempo. En el mejor de los casos, solo podrá comprender la estación para la que la señal recibida en su casa es "más fuerte". En el peor de los casos, las señales de todas las estaciones simplemente se sumarían, creando una increíble cacofonía de sonidos disonantes, que no podría apagar.

AM es un subconjunto del grupo de técnicas de modulación que se dice que son lineales. Dichas técnicas incluyen modulación de doble banda lateral, modulación de banda lateral superior, modulación de banda lateral inferior y AM. Todas estas técnicas de modulación lineal son similares, en el sentido de que desplazan la señal de entrada hasta una frecuencia transmisible modulando la señal original utilizando una senoide; Las diferencias en el ancho de banda y las bandas de frecuencia en las que se utilizan estos métodos dan lugar a diferencias importantes en la implementación y la aplicación.

FILTROS DIGITALES

Un filtro digital, es un filtro que opera sobre señales digitales. Es una operación matemática que toma una secuencia de números (la señal de entrada) y la modifica produciendo otra secuencia de números (la señal de salida) con el objetivo de resaltar o atenuar ciertas características.

Filtro Paso Bajo: Un filtro paso bajo corresponde a un filtro electrónico caracterizado por permitir el paso de las frecuencias más bajas y atenuar las frecuencias más altas. El filtro requiere de dos terminales de entrada y dos de salida, de una caja negra, también denominada cuádrupolo o bpuerto, así todas las frecuencias se pueden presentar a la entrada, pero a la salida solo estarán presentes las que permita pasar el filtro. De la teoría se obtiene que los filtros están caracterizados por sus funciones de transferencia, así cualquier configuración de elementos activos o pasivos que consigan cierta función de transferencia serán considerados un filtro de cierto tipo.

La función de transferencia de un filtro paso bajo de primer orden corresponde a:

$$H(s) = k \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_c}}$$

Función que define tipo de filtro utilizado:

```
def filtro_pasabajo(data, rate):
    taps=1001
    nyq = rate/2
    corte=nyq*0.09
    coef_fir = signal.firwin(taps,corte/nyq, window = "hamming")
    filtrada = signal.lfilter(coef_fir,1.0,data)
    return filtrada
```

MODULACIÓN DE AMPLITUD

La modulación de amplitud o amplitud modulada (AM) es una técnica utilizada en el procesamiento de señales y la comunicación electrónica, más comúnmente para la transmisión de información a través de una onda transversal de televisión. La modulación en amplitud (AM) funciona mediante la variación de la amplitud de la señal transmitida en relación con la información que se envía. Contrastando esta con la modulación de frecuencia, en la que se varía la frecuencia, y la modulación de fase, en la que se varía la fase. A mediados de la década de 1870, una forma de modulación de amplitud, inicialmente llamada "corrientes ondulatorias", fue el primer método para enviar con éxito audio a través de líneas telefónicas con una calidad aceptable.

Una gran ventaja de AM es que su demodulación es muy simple y, por consiguiente, los receptores son sencillos y baratos; un ejemplo de esto es la radio de galena. Otras formas de AM como la modulación de banda lateral única o la modulación de doble banda lateral son más eficientes en ancho de banda o potencia, pero en contrapartida los receptores y transmisores son más caros y difíciles de construir, ya que además deberán reinsertar la onda portadora para conformar la AM nuevamente y poder demodular la señal transmitida.

Implementación función modulación AM frecuencia de 100hz y 8Khz

```
def modulaciónAM(data,rate):
    largo = len(data)
    tiempo = largo/float(rate)
    #frecuencia a frecuencia en la que se modulará la señal
    frec=8000# frecuencia en la que se modulará la señal 8Khz

    #Arreglo tiempo de la moduladora
    x = np.linspace(0, tiempo, largo)

    #Arreglo tiempo de la portadora
    t = np.linspace(0, tiempo, largo*10)

    #Interpolación
    xt = np.interp(t, x, data)

    graficar('Señal de Audio AM','Tiempo [s]','Amplitud [db]',t[:600],xt[:600],(0,0.008),(60,250),True,'Audio_AM')
    #graficar('Señal de Audio AM','Tiempo [s]','Amplitud [db]',t[:600],xt[:600],(0,0.008),(-1,1),True,'Audio_AM')

    #Obtención de wct utilizando el arreglo tiempo de la portadora.
    wct = 10 * np.pi * frec * t #MODULACION

    #Obtención de la señal modulada.
    AM = xt * np.cos(wct)

    return AM
```

TRANSFORMADA DE FOURIER APLICADA EN SEÑALES

La transformada de Fourier, denominada así por Joseph Fourier, es una transformación matemática empleada para transformar señales entre el dominio del tiempo (o espacial) y el dominio de la frecuencia, que tiene muchas aplicaciones en la física y la ingeniería. Es reversible, siendo capaz de transformarse en cualquiera de los dominios al otro. El propio término se refiere tanto a la operación de transformación como a la función que produce.

En el caso de una función periódica en el tiempo (por ejemplo, un sonido musical continuo pero no necesariamente sinusoidal), la transformada de Fourier se puede simplificar para el cálculo de un conjunto discreto de amplitudes complejas, llamado coeficientes de las series de Fourier. Representan el espectro de frecuencia de la señal del dominio-tiempo original.

La transformada de Fourier es una aplicación que hace corresponder a una función f con otra función g definida de la manera siguiente:

$$g(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) e^{-i\xi x} dx$$

Funcion encargada de aplicar la transformada de Fourier sobre una señal

```
def fourier(data,rate):
    largo = len(data)
    tiempo = largo/rate
    fourier = np.fft.fft(data)
    k = np.arange(-len(fourier)/2,len(fourier)/2)
    #shift
    ffreq=fftshift(k/tiempo)
    return fourier,ffreq
```

DEMODULACIÓN AM

La demodulación de una señal de amplitud modulada (AM) se realiza mediante un proceso muy simple. Es debido a esto que este tipo de modulación existe hace tanto tiempo. La fabricación de un circuito simple para la detección de una envolvente, como el que se muestra en esta simulación, es muy simple y de bajo costo.

Sin embargo, la rectificación ejercida por el diodo produce una distorsión. Por ello, este tipo de circuito no se utiliza en receptores de alta calidad.

Hay varias maneras de demodulación dependiendo de cómo se transmiten los parámetros de la banda base de la señal, en la señal portadora, como amplitud, frecuencia o fase. Por ejemplo, para una señal modulada con una modulación lineal, como Amplitud Modulada (AM), se puede utilizar un detector sincrónico.

Implementación función demodulación AM

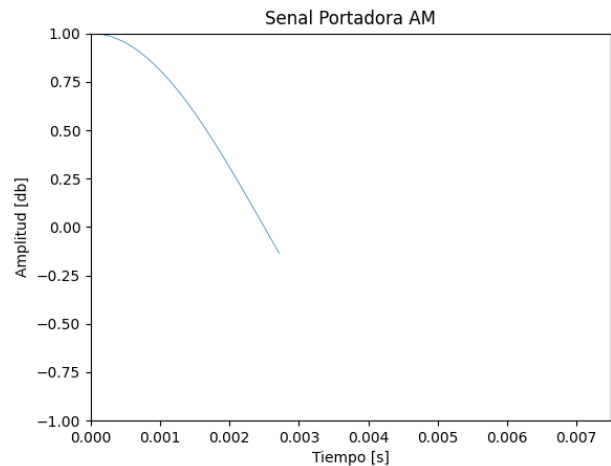
```
def demodulaciónAM(senal, tiempo, f_dem):
    portadora = np.cos(10 * np.pi * f_dem * tiempo)
    demodulada = senal * portadora
    return demodulada
```

PREGUNTAS

1. Modular la señal $x(t) = \cos(10\pi t)$ usando una frecuencia portadora de 100 Hz. Puede elegir la frecuencia de muestreo. La amplitud de la portadora debe ser 1. Escuche la forma de onda de salida y trace el espectro de frecuencia.
2. Modular la señal que se encuentra en el archivo P_1.wav usando una portadora de 8 kHz; tenga en cuenta que esta

frecuencia portadora está en el espectro audible. La señal es una muestra de una persona hablando. Intente escuchar la señal. Determine el espectro de frecuencia de la señal y elimine cualquier aliasing. Tendrá que cambiar la frecuencia de muestreo dejando intacta la integridad de la señal.

3. Demodular la señal que creó en el problema 1. Asegúrese de que la salida coincida con la entrada (excepto por la amplitud). Puede emular el comportamiento del circuito de detección de envolvente o la técnica matemática de filtro.
4. Demodular la señal que se encuentra en el archivo P_2.wav. Debe determinar la frecuencia portadora y el ancho de banda de la señal antes de aplicarle cualquier técnica de demodulación. Escuchar la salida demodulada debería ayudarlo a saber cuándo ha logrado los resultados correctos, ya que el resultado debe ser comprensible.



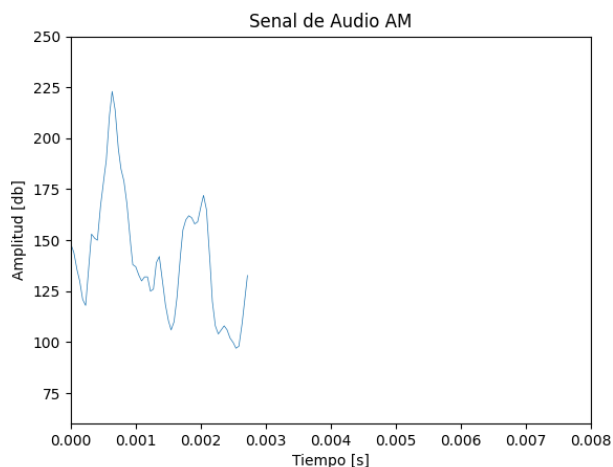
Solución Problema 1

Se realiza la modulación de la señal del audio P_1.wav que esta usa un frecuencia portadora de 100 hz donde se evidencia que tiene un comportamiento de una amplitud entre 170 -152 db y un tiempo 0.003 segundos.

```
#Obtención de wct utilizando el arreglo tiempo de la portadora.
wct = 10 * np.pi * frec * t #MODULACION

#Obtención de la señal modulada.
AM = xt * np.cos(wct)

return AM
```

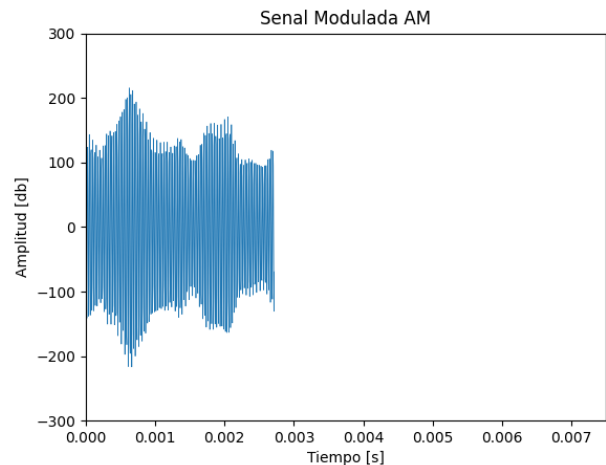


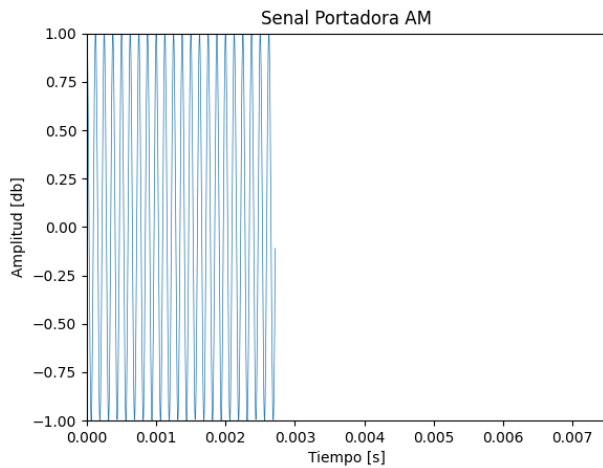
teniendo como resultado la señal portadora entre Amplitud[db] 1.00 -0.135 y un tiempo[s] 0.0027

Solución Problema 2

Se modula la señal del archivo P_1.wav usando una frecuencia portadora de 8 Khz, La portadora utilizada es una señal cuya frecuencia es lo suficientemente alta como para radiarse de manera eficiente y propagarse por el espacio libre, a esta se la llama radiofrecuencia.

```
#f_portadora=100
f_portadora=8000
```





filtro pasabajo:

Esta función es la encargada de aplicar un filtro pasabajo a la señal dada.

Entrada:

data - datos de la señal

rate - tasa de muestreo

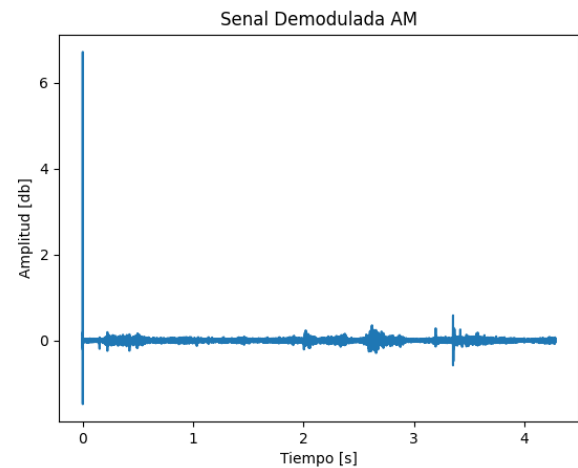
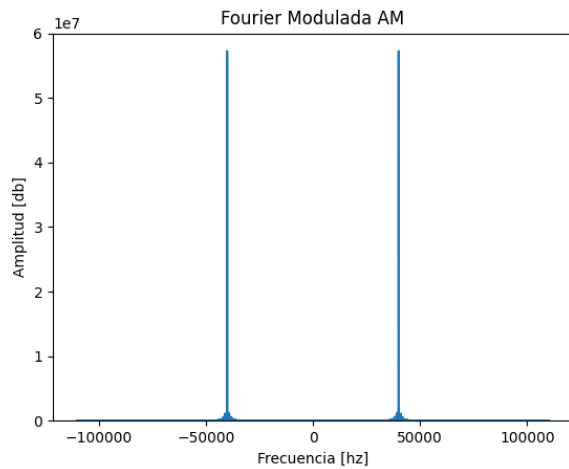
Salida:

filtrada - señal filtrada

```
def filtro_pasabajo(data, rate):
    taps=1001
    nyq = rate/2
    corte=nyq*0.09
    coef_fir = signal.firwin(taps,corte/nyq, window = "hamming")
    filtrada = signal.lfilter(coef_fir,1.0,data)
    return filtrada
```

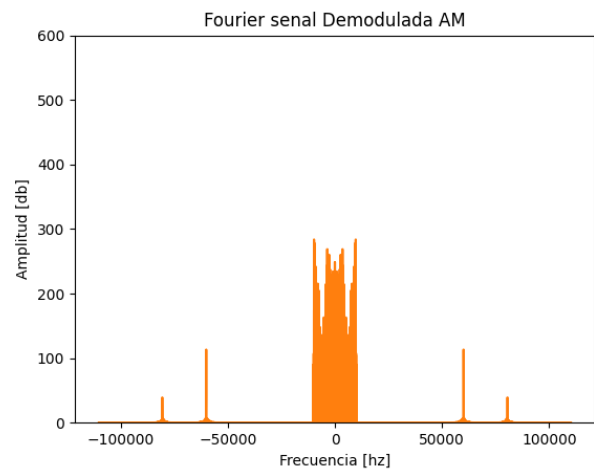
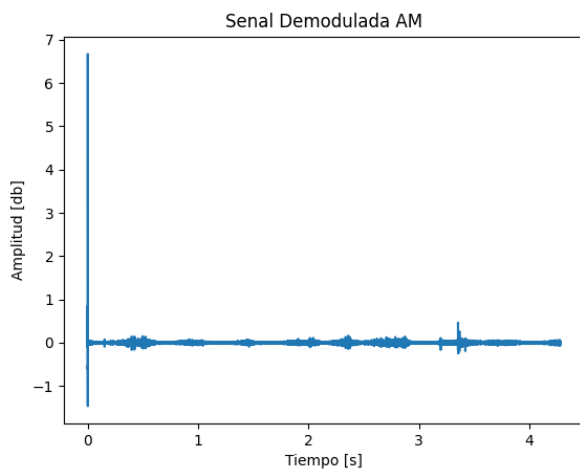
Solución al problema 4

Se aplica la función demodulada a la señal del archivo P_2.vaw, con una frecuencia portadora de 8 Khz.



Solución al problema 3

Se demodula la frecuencia del audio archivo P_1 con el fin de recuperar la información transportada por una onda portadora, que fue modulada anteriormente



CONCLUSIONES

- Mediante este laboratorio se pudo observar cómo es el comportamiento de una señal Am mediante el proceso de modulación de señales.
- Las señales audibles de baja frecuencia no pueden ser irradiadas al espacio por medio de una antena como si fuera energía electromagnética, siendo necesario que en el Transmisor se genere una señal de mayor frecuencia en una etapa denominada Portadora, para que se produzca la mezcla en la etapa de nombre Modulador, que haga posible el transporte mediante ondas electromagnéticas
- En el Receptor tiene que haber necesariamente una etapa que tenga como objetivo, recuperar la información original transmitida, esta etapa recibe el nombre de Demodulador o Detector. Puede ser un receptor de radio para obtener el sonido audible o un receptor de televisión para obtener la imagen y el sonido audible a la vez
- El proceso de Modulación tiene vital importancia en todo sistema de comunicación, ya que con la implementación de esta etapa se evita la interferencia entre sí, de señales que pertenecen a frecuencia del mismo rango. Ejemplo, las emisoras de radio AM y FM.
- Cuando se hace referencia a la modulación AM, es porque se está modificando una característica de la señal portadora, que en este caso es la amplitud, la cual es proporcional al valor instantáneo que corresponde a la señal de información original.
- Con el espectro de potencia se puede determinar que mientras mayor sea el valor de la señal en determinado punto en el tiempo, mayor será el desfase de la onda portadora en ese punto