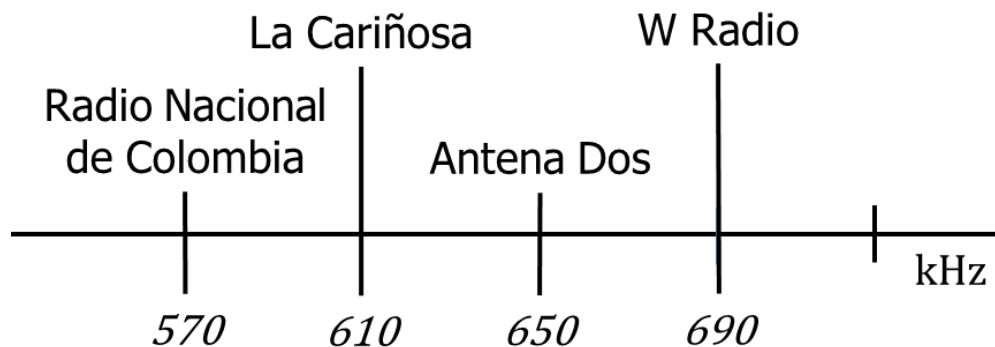


Taller de Matlab
Análisis de Fourier
Señales y Sistemas I
Primer Semestre 2025
Grupo 1

Modulador y Demodulador sincrónico de AM

De acuerdo con el estándar establecido por la Unión Internacional para las Telecomunicaciones (ITU), la banda del espectro electromagnético entre 535kHz y 1605kHz está destinada para la transmisión comercial de radio AM. En Colombia, la Agencia Nacional del Espectro (ANE) determinó que cada emisora puede transmitir un ancho de banda de hasta 20kHz, como resultado, la primera parte del espectro AM en la ciudad de Bogotá está repartida como indica la figura.

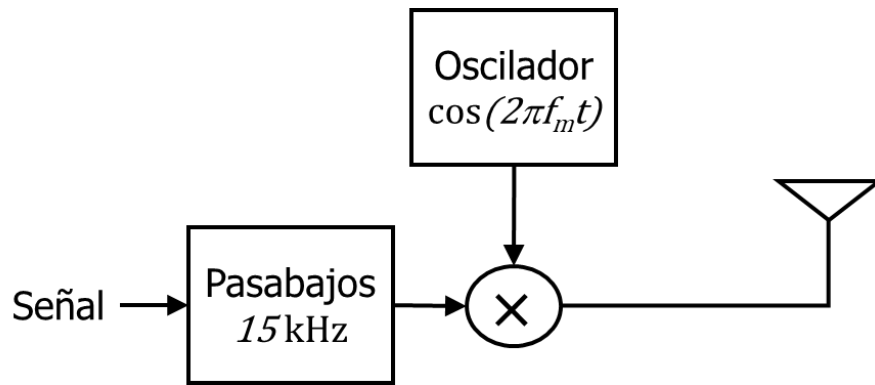


El objetivo de este taller es simular un sistema de modulación y demodulación analógico para los canales de AM indicados en el esquema. Para ello vamos a limitar el ancho de banda de las señales a transmitir a 15kHz (respetando el estándar nacional) y vamos a utilizar frecuencias de modulación desplazadas 500kHz hacia abajo, para evitar tener que usar una frecuencia de muestreo muy alta (ya que estaremos simulando sistemas analógicos en un medio digital). Las frecuencias de modulación para cada canal serán entonces:

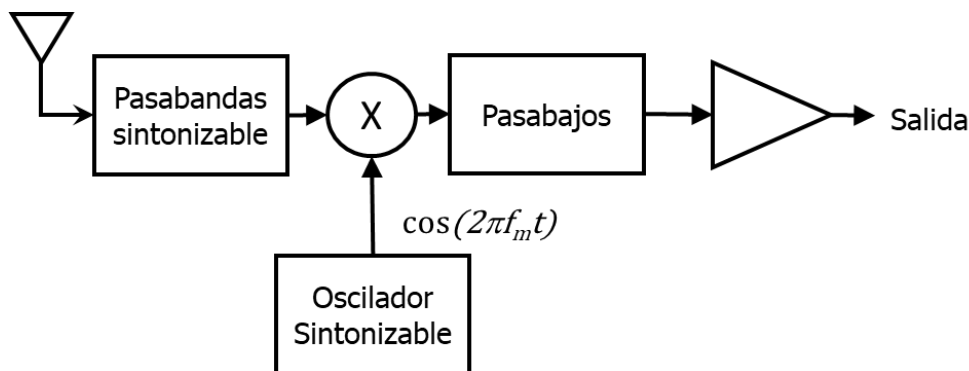
- Radio Nacional de Colombia: 70kHz
- La Cariñosa: 110kHz
- Antena Dos: 150kHz
- W Radio: 190kHz

Modulador:

El diagrama de bloques simplificado del modulador de uno de los canales se presenta en la siguiente figura:



El filtro pasabajos cumple con la función de limitar el ancho de banda de la señal para que no sobrepase el permitido. La salida del filtro se multiplica por una señal coseno a la frecuencia del canal y el resultado sería la señal que se enviaría a una antena para su transmisión. Para simular el efecto de la sobreposición de las señales de los cuatro canales en el espectro, se suman las salidas de los cuatro moduladores. La siguiente figura presenta un esquema sencillo de un sistema de demodulación de AM sincrónico.



La señal modulada es captada por la antena, amplificada y pasada a un filtro pasabanda sintonizable que escoge el canal que se va a reproducir. La salida del pasabanda se alimenta a un modulador de producto que la multiplica por una señal coseno cuya frecuencia también depende de la frecuencia que se desea escuchar. La salida del multiplicador se pasa a un filtro pasabajos y luego a un amplificador para ser reproducida. Para este taller se deben montar demoduladores para cada uno de los cuatro canales. Para el canal a 70kHz se puede reemplazar el pasabanda sintonizable por un filtro pasabajos y para el canal a 190kHz por un pasaaltos.

Al estar simulando en un medio digital un sistema analógico, se requiere que las señales estén muestreadas. Para que una señal muestreada pueda contener toda la información indicada se requiere que esta esté muestreada a una frecuencia de, al menos, el doble del ancho de banda de la señal (tasa de Nyquist). Para este caso, dado que las señales de audio originales tienen un ancho de banda de al menos 15kHz, estas se deben muestrear mínimo a 30kHz (se recomienda grabar las señales

de prueba que vaya a utilizar ustedes con esa frecuencia de muestreo o una mayor). Para la señal multiplexada (la que contiene los 4 canales) la frecuencia máxima que contiene información en la señal será:

$$190\text{kHz} + 15\text{kHz} = 205\text{kHz}$$

Por lo que la frecuencia de muestreo debe ser de mínimo 410kHz. Para este taller trabajaremos con una frecuencia de muestreo de 500kHz, es decir, todo el procesamiento de modulador y demodulador se debe hacer a 500kHz. Para cambiar la frecuencia de muestreo de las señales se puede utilizar el comando:

```
AR = resample(A,p,q);
```

Este comando genera una señal AR cuya frecuencia de muestreo será p/q veces la frecuencia de muestreo de la señal original A. En ese orden de ideas, el comando se puede utilizar para subir ($p > q$) o bajar ($p < q$) la frecuencia de muestreo de la señal A. Para este taller se requerirá subir la frecuencia de muestreo de los audios grabados a 500kHz antes de pasarlos al modulador y se requerirá bajar la frecuencia de muestreo del resultado final de 500kHz a 30kHz para poderlos reproducir. Para este último caso se puede utilizar $p=3$, $q=50$. Una vez remuestreadas a 30kHz, las señales de audio se podrán reproducir utilizando el comando:

```
sound(YD, 30e3);
```

Si el demodulador funciona correctamente deberá oír unos segundos de un audio.

Los dos sistemas se deben simular en Matlab. Para el modulador el grupo puede utilizar sus propios archivos de audio, para el demodulador se utilizará un archivo de prueba que será publicado en el Moodle del curso. Las características del sistema a implementar son:

- Las frecuencias de modulación son: 70kHz, 110kHz, 150kHz, 190kHz.
- La señal que llega por la antena del demodulador (archivo de prueba) está muestreada a 500kHz.
- Los filtros se implementarán como filtros ideales en el dominio de la frecuencia.
- Las sumas y multiplicaciones de señales se llevarán a cabo en el dominio del tiempo.

Se recomienda implementar el demodulador primero y verificar su funcionamiento usando la señal de prueba publicada en Moodle. Después, para probar su modulador, pueden utilizar las señales que uds. deseen, verificado la salida con la ayuda del demodulador.

Entrega: El taller se realizará en grupos de 2 o 3 personas, se entregará por Moodle en fecha a definir en clase. Se recuerda que los grupos de trabajo deben ser completamente diferentes a los del taller anterior. Se les solicita enviarme la lista de integrantes de su grupo tan pronto la tengan. Si no tienen grupo, envíenme un correo para poder armar grupos con los estudiantes que estén en la misma situación.

La entrega consistirá en el código utilizado para montar el modulador y demodulador un informe escrito en el que se explique el funcionamiento de los dos sistemas, los cálculos, consideraciones o características necesarias para la simulación de los dos sistemas y las instrucciones de uso del código. El informe debe incluir gráficas de los espectros de magnitud de:

- Las entradas y salidas de los dos sistemas.
- Las salidas de cada filtro, multiplicador y sumador.

Tenga en cuenta las indicaciones que se dieron en clase para la aproximación de la transformada de Fourier de señales continuas usando Matlab.