



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES
TEORÍA DE LAS COMUNICACIONES

TRABAJO PRÁCTICO N° 3
Simulación MoDem ASK
Simulación MoDem FSK

Grupo N° 9

Alumnos:

Gómez Neimann, Francisco

Juri, Martina

Molina, Maria Wanda

Morán, Marcos

Sabena, María Pilar

Verdú, Melisa Noel

Zambellini, Matias Manuel

Profesores:

Galleguillo, Juan

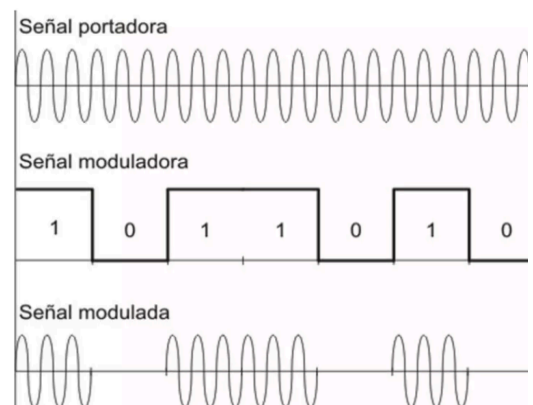
Danizio, Alejandro Damian

Introducción

La modulación digital es el proceso de modificar una señal portadora para que transporte información en función de una señal digital binaria, es decir, una secuencia de ceros y unos. Este método permite transmitir datos de forma eficiente y fiable en sistemas de comunicación digital. Entre las técnicas de modulación más comunes se encuentran **ASK** (Amplitude Shift Keying), donde la información se transmite mediante cambios en la amplitud de la portadora; **FSK** (Frequency Shift Keying), que varía la frecuencia de la señal; y **PSK** (Phase Shift Keying), que utiliza desplazamientos de fase para representar los datos. En el presente trabajo, se utilizaran las modulaciones ASK y FSK:

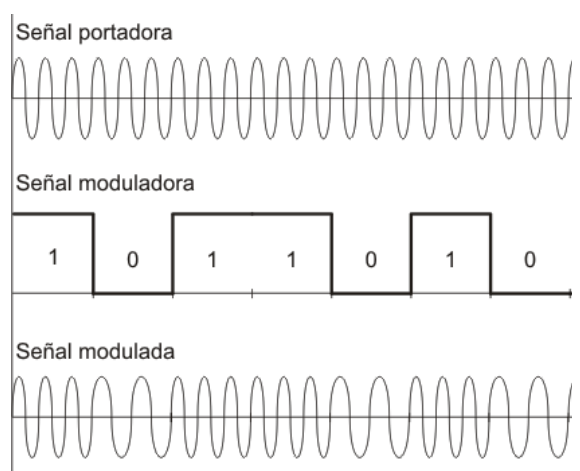
Modulación ASK (Amplitude Shift Keying)

Es una técnica de modulación en la que los datos digitales se representan mediante variaciones en la amplitud de una señal portadora, de acuerdo con los datos que se desean transmitir. En esta modulación, la amplitud de la señal portadora cambia en función de los niveles de la señal digital, mientras que su frecuencia y fase permanecen constantes. Las variaciones en la amplitud se utilizan para representar los valores binarios “0” y “1”.



Modulación por Desplazamiento de Frecuencia (FSK)

Es una técnica de transmisión digital de información binaria que utiliza dos frecuencias distintas para representar los valores “0” y “1”. Esta técnica se basa en una señal binaria de entrada y un subsistema selector que elige entre dos señales portadoras de igual amplitud pero con frecuencias diferentes. Cuando la señal digital de entrada es un “1” lógico, se transmite una señal de mayor frecuencia, mientras que para un “0” se utiliza una frecuencia menor. El modulador, que realiza esta selección de frecuencias, se ilustra en el siguiente diagrama.



Desarrollo

Simulación MoDem ASK

Para esta simulación se utilizó como modulante una señal cuadrada proveniente de un clock, donde los valores varían de 0 V a 1V con un duración del 50% y frecuencia de 10kHz y una portadora senoidal de 1V pico a pico y una frecuencia de 100kHz.

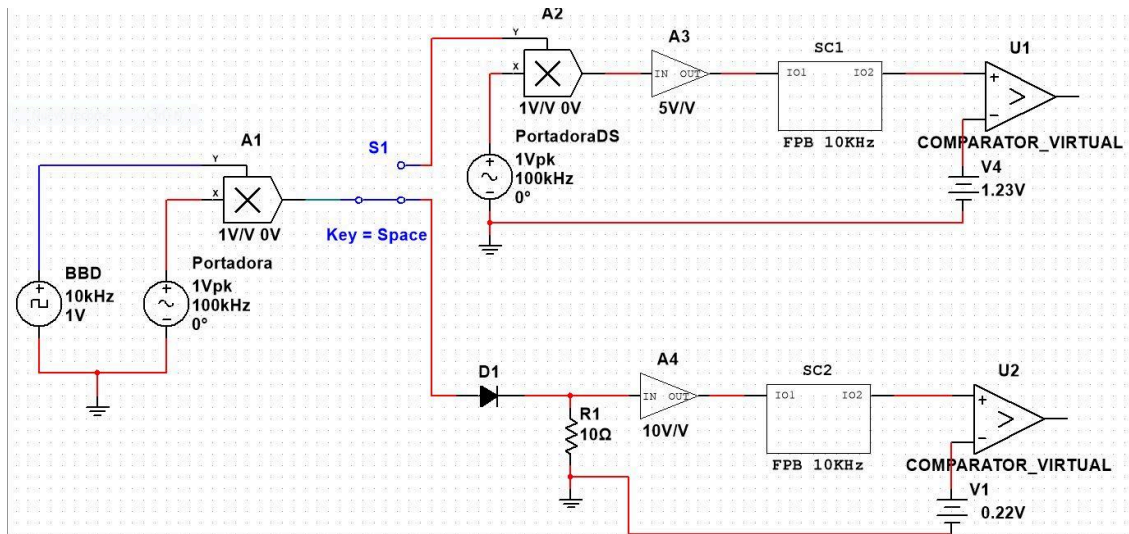


Imagen 3. Circuito MoDem ASK

Multiplicando la modulante digital con la portadora, obtenemos una modulada donde:

- Cuando el bit de entrada es “1”, el módem genera una señal de alta amplitud, manteniendo constante la frecuencia de la portadora.
- Cuando el bit de entrada es “0”, el módem produce una señal de baja amplitud o ninguna señal (es decir, se apaga la portadora).

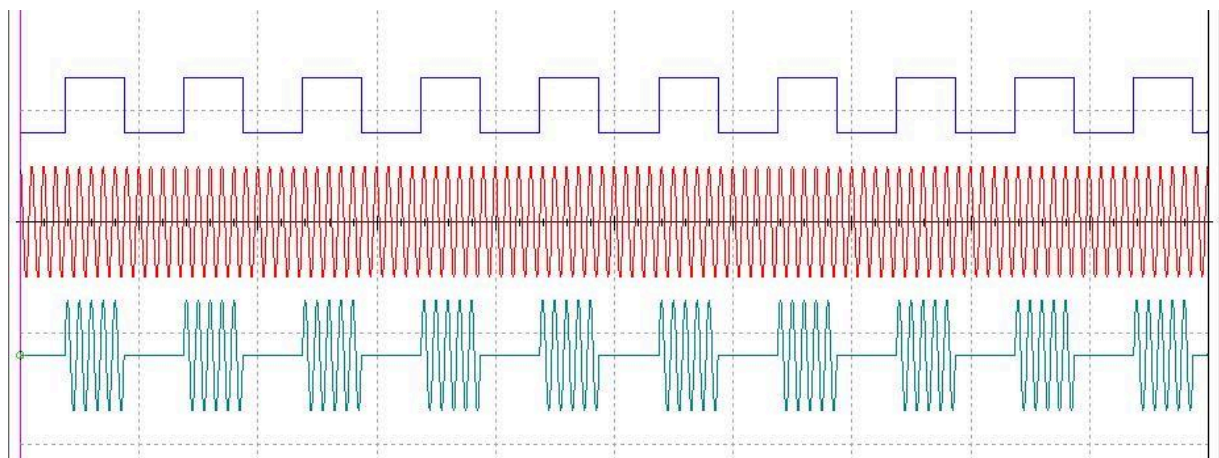


Imagen 4. Banda Base Digital, Portadora Analógica y Modulada (de arriba hacia abajo)

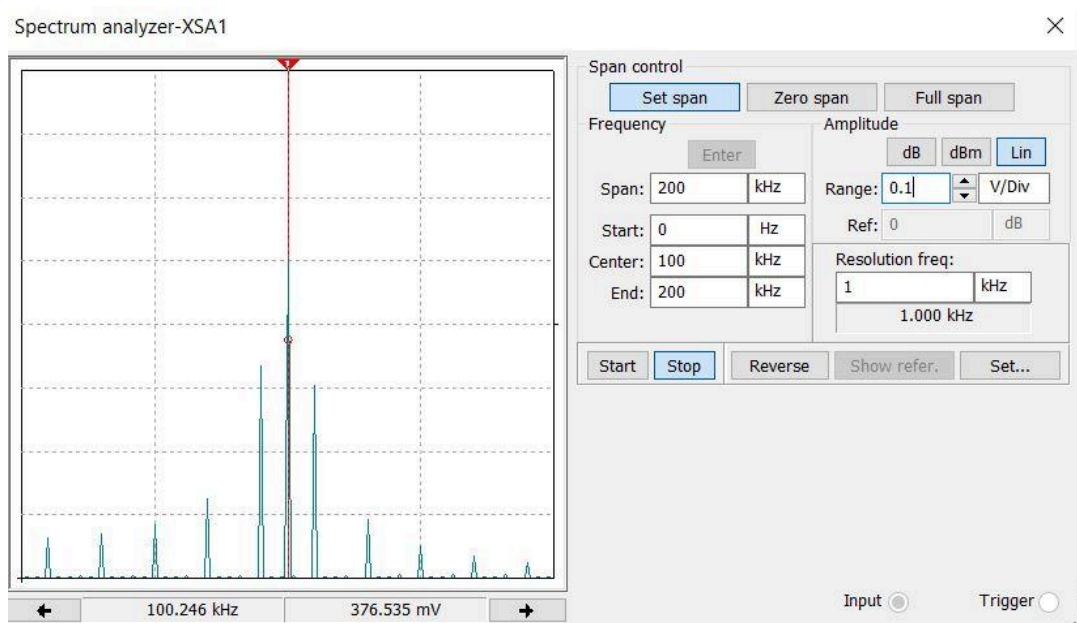


Imagen 5. Espectro de la modulación.

Viendo el espectro en frecuencias de la modulada, se encuentra la portadora en 100kHz (ya que se transmite continua) y las bandas laterales a los costados, disminuyendo su amplitud cuando se acercan a frecuencias infinitas. Es posible ver que:

$$\text{Ancho de banda} = 2 \times \text{ancho de banda de la banda base}$$

Como se transporta a portadora, podemos aplicar dos tipos de demodulaciones:

- Demodulación sincrónica
- Demodulación por detección de envuelta

Demodulación por detección de envuelta

Esta técnica de demodulación utiliza un diodo y una resistencia para recuperar la señal transmitida. Dado que la señal recibida contiene múltiples armónicas en sus componentes de frecuencia, se emplea un filtro de 10 kHz para aislar la señal en esa frecuencia específica. Al recuperar la banda lateral de 10 kHz, se observa una pérdida de amplitud en la señal, por lo que se utiliza un amplificador para restaurarla.

Como la señal original en banda base es cuadrada, un comparador analógico establece un umbral de referencia para distinguir entre los niveles lógicos "1" y "0" en la señal filtrada y amplificada. Este umbral de referencia (V1) se determina promediando entre las tensiones máxima y mínima de la señal recuperada.

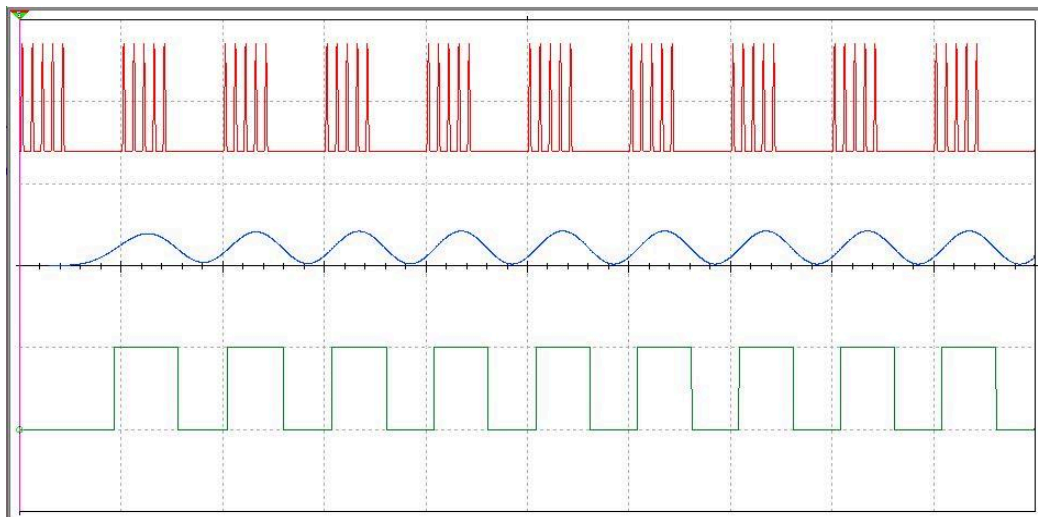


Imagen 6. Señales después de pasar por el diodo y la ganancia, después del filtro y BB recuperada después del comparador

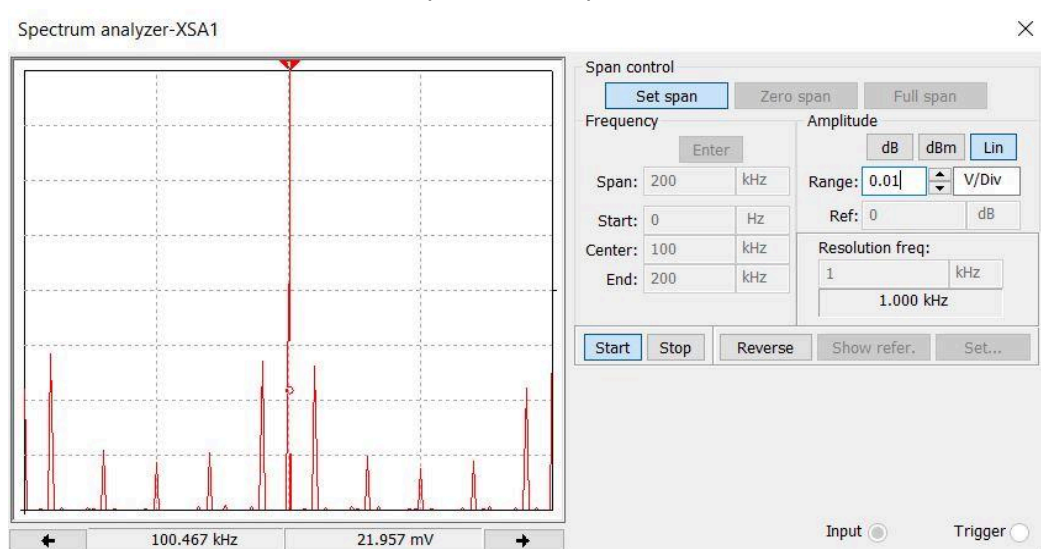


Imagen 7. Espectro de la primera señal

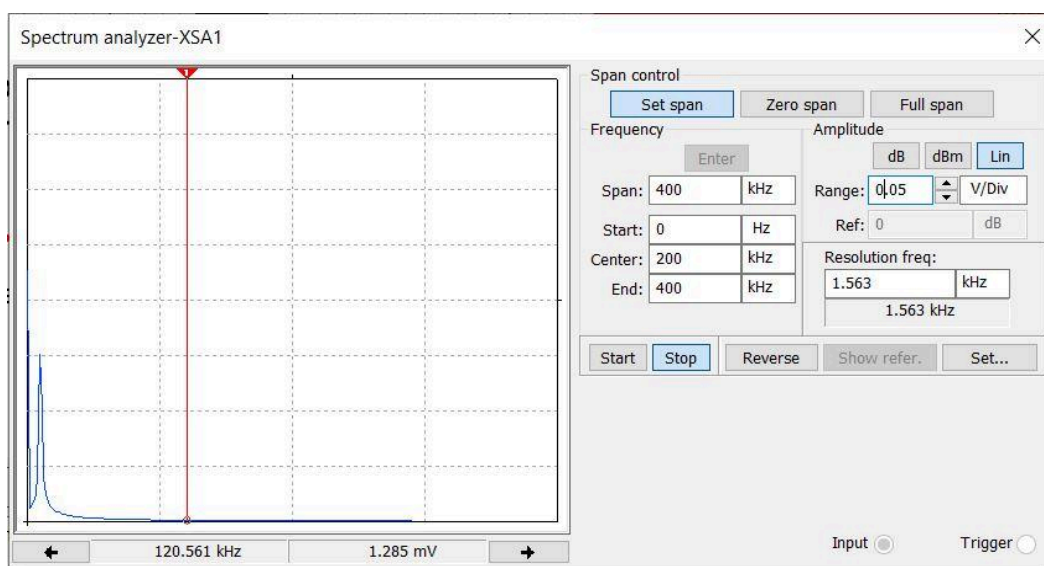


Imagen 8. Espectro de la segunda señal (recupero solo la fundamental)

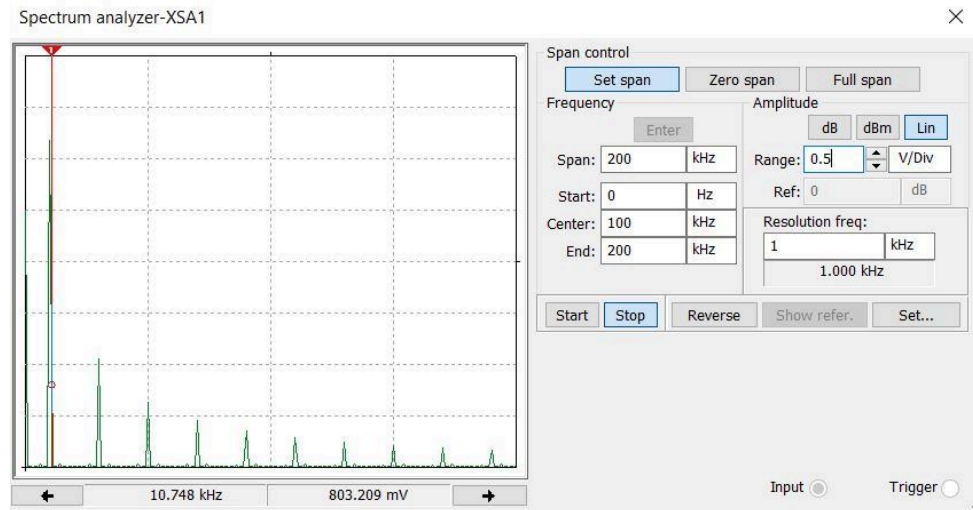


Imagen 9. Espectro después del comparador (señal recuperada)

Demodulación sincrónica

En este método, la señal recibida se mezcla con una señal portadora local que tiene la misma frecuencia y fase que la portadora original utilizada en la modulación.

El primer paso consiste en generar una portadora local sincronizada que esté en fase con la portadora de la señal recibida. La señal recibida se mezcla con esta portadora sincronizada, lo que desplaza la señal modulada a la frecuencia base, permitiendo que se extraiga la información original. Después de la mezcla, se aplica un filtro pasa bajos para eliminar las componentes de alta frecuencia resultantes de la mezcla, dejando únicamente la señal en banda base. Para finalizar, si la señal en banda base es binaria, un comparador puede utilizarse para definir los niveles lógicos "1" y "0", estableciendo un valor de referencia que ayuda a distinguir entre estos dos estados en la señal recuperada.

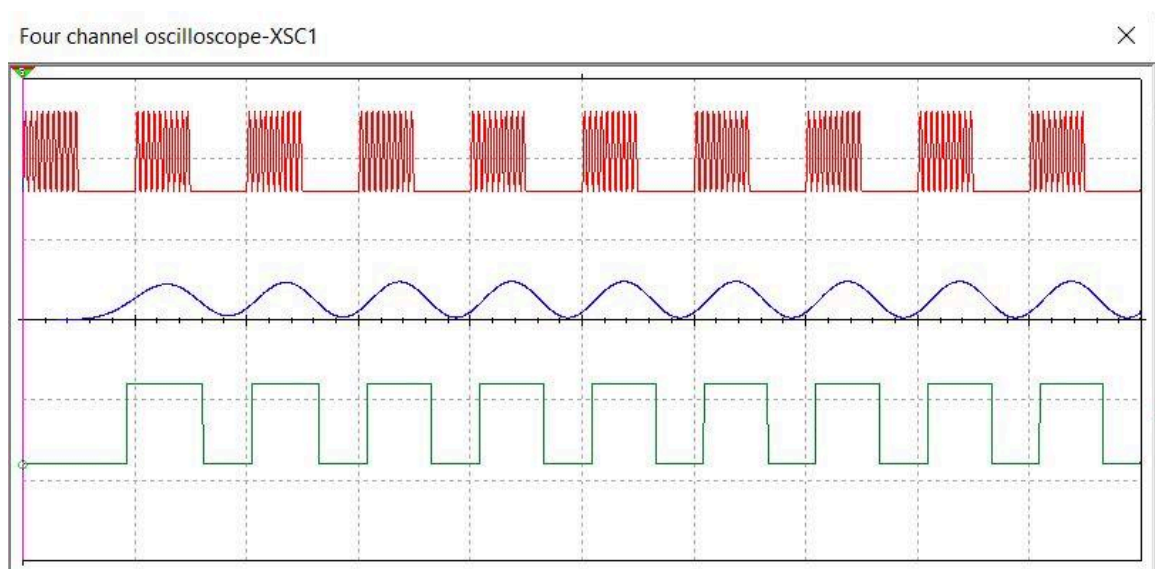


Imagen 10. Señal recibida después de la ganancia, después del filtro, BB recuperada.

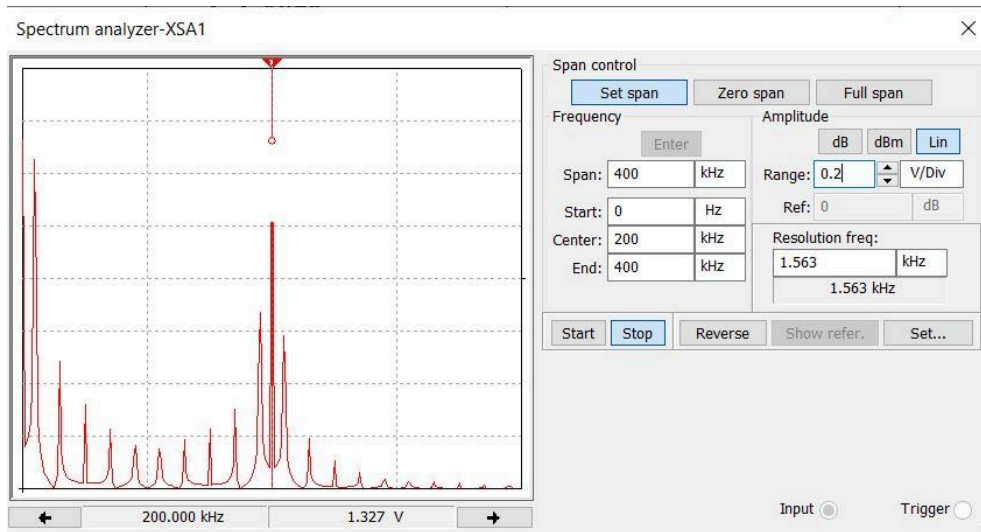


Imagen 11. Espectro de la primera señal. Aparece la propia señal en segunda armónica

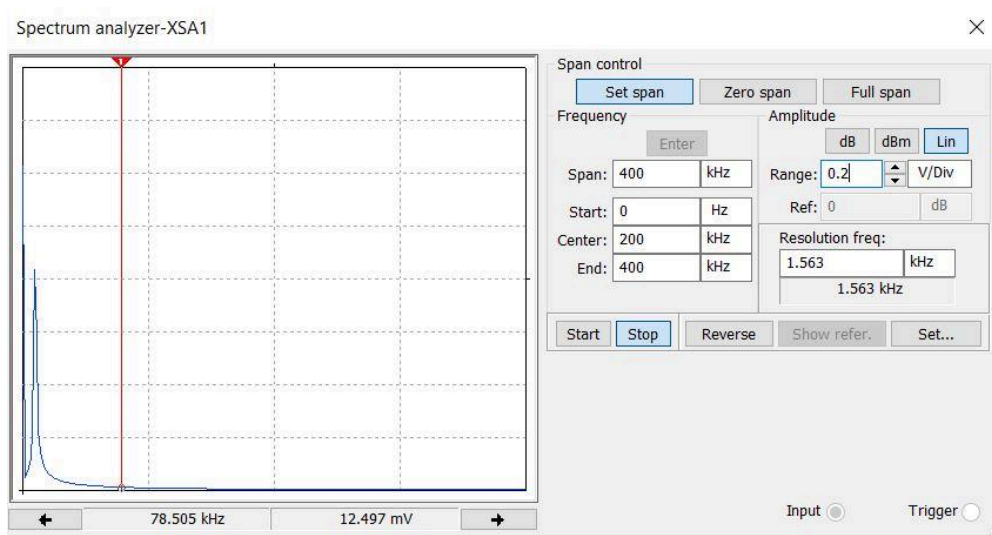


Imagen 12. Espectro de la segunda señal

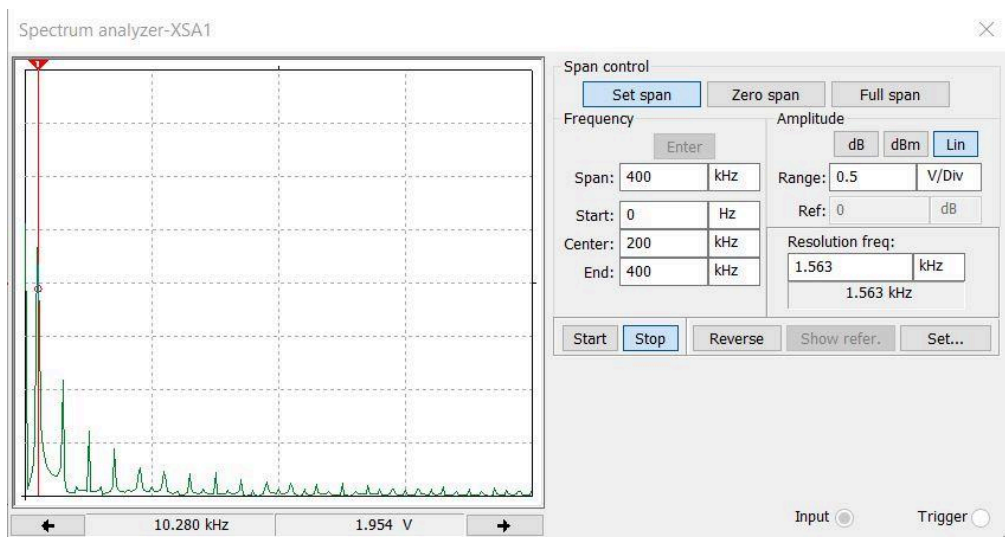
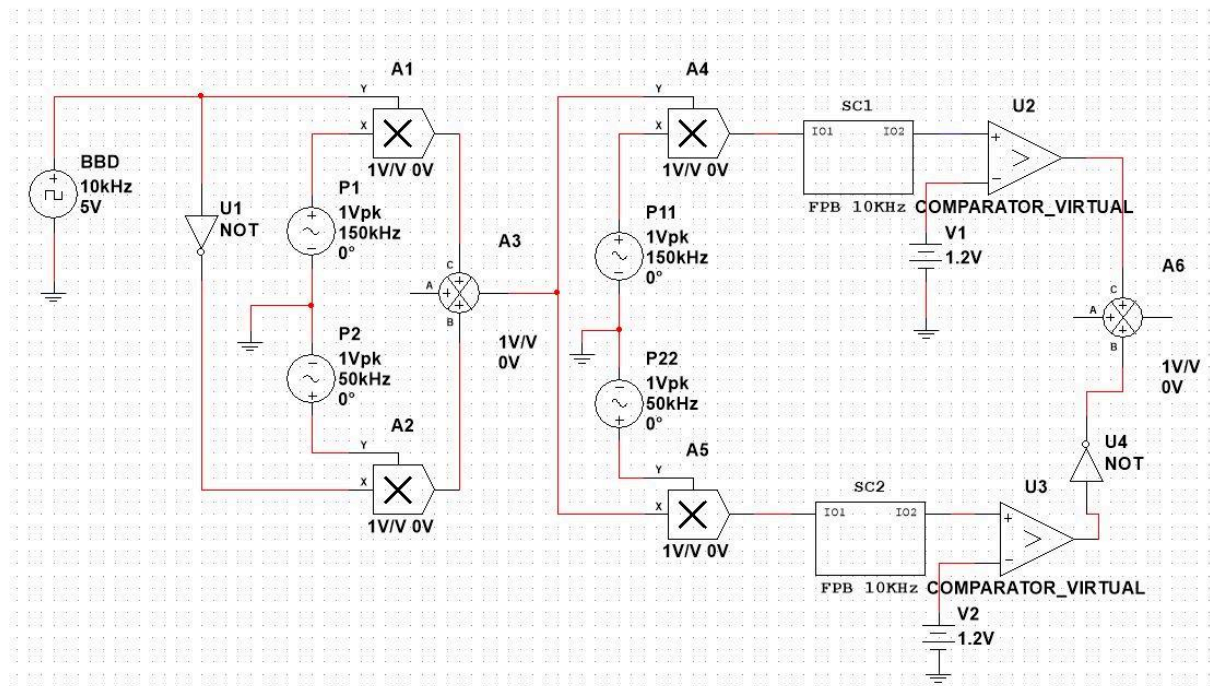


Imagen 13. Espectro de la señal recuperada después del comparador

Simulación MoDem FSK



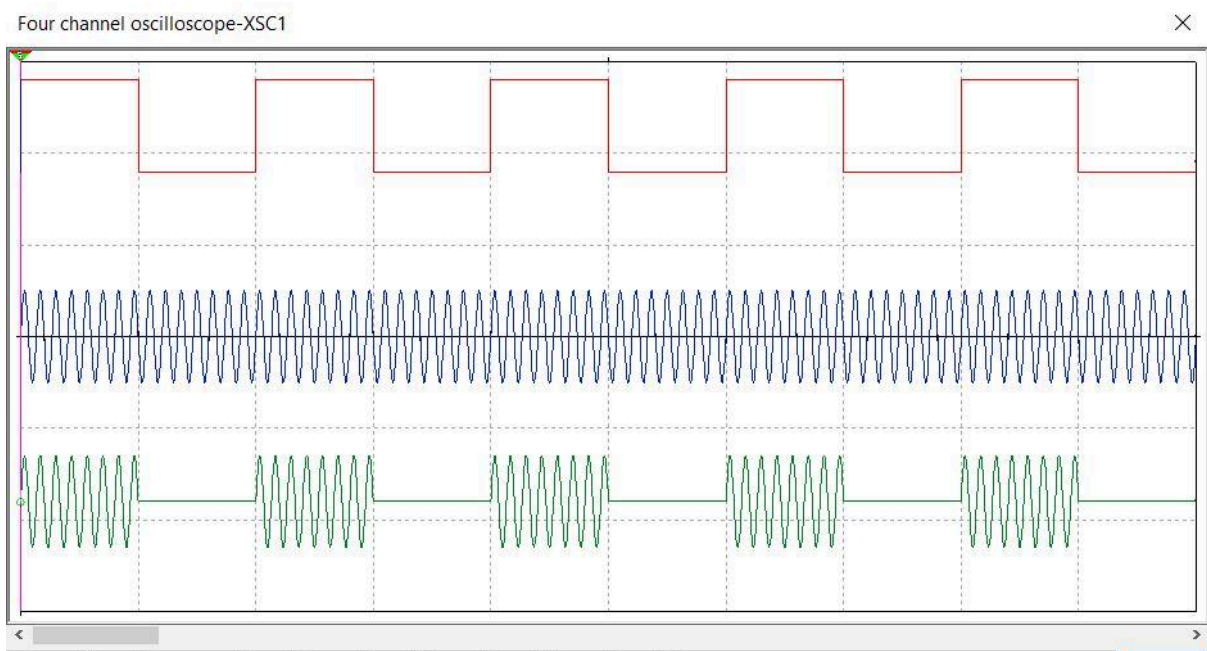
Circuito usado

Modulación FSK

La señal de datos digitales de entrada (BBD) cambia entre “0” y “1”. Este cambio activa dos osciladores (P1 y P2) que generan frecuencias diferentes (150 kHz y 50 kHz) según el estado de la señal. Los conmutadores A1 y A2 seleccionan la frecuencia adecuada para cada bit, generando una señal FSK que alterna entre 150 kHz y 50 kHz.

Demodulación FSK

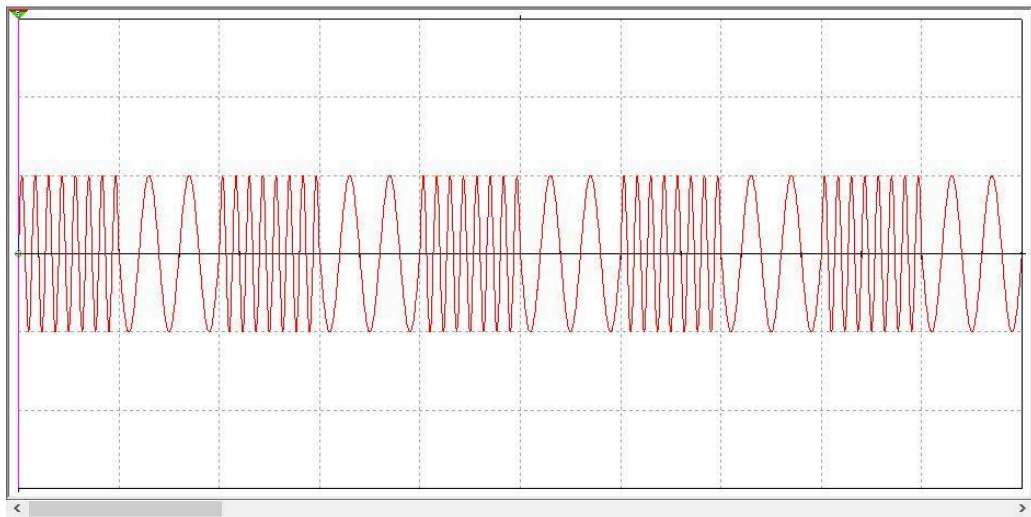
La señal FSK modulada ingresa en la sección de demodulación, que filtra y compara las frecuencias entrantes para identificar el bit transmitido. Los bloques de mezclado (A4 y A5) y los filtros pasan la señal resultante a comparadores (U2 y U3) que detectan la presencia de 150 kHz o 50 kHz. El resultado es una señal digital que representa los bits originales, recuperada por la lógica de salida (A6 y U4).



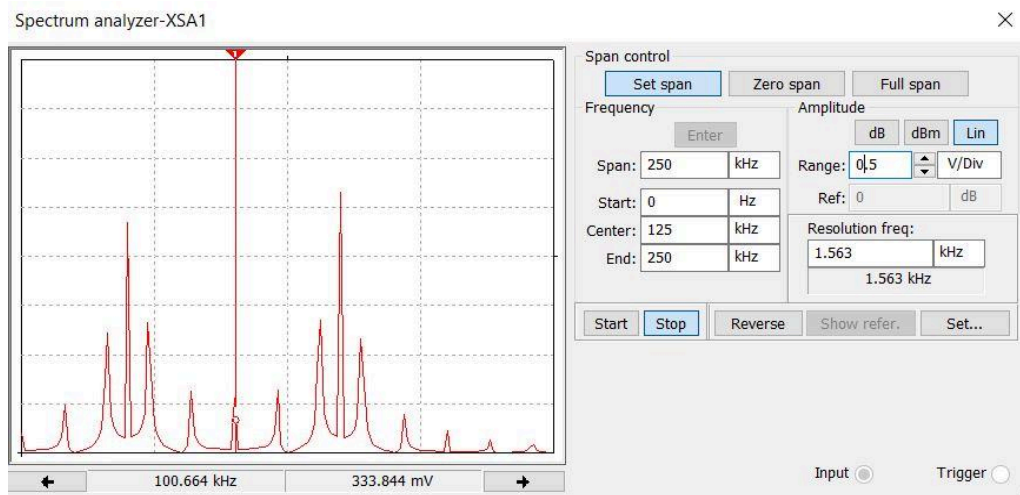
Puntos de medición **Modulante**, **Portadora 1** y **Salida del multiplicador 1**.



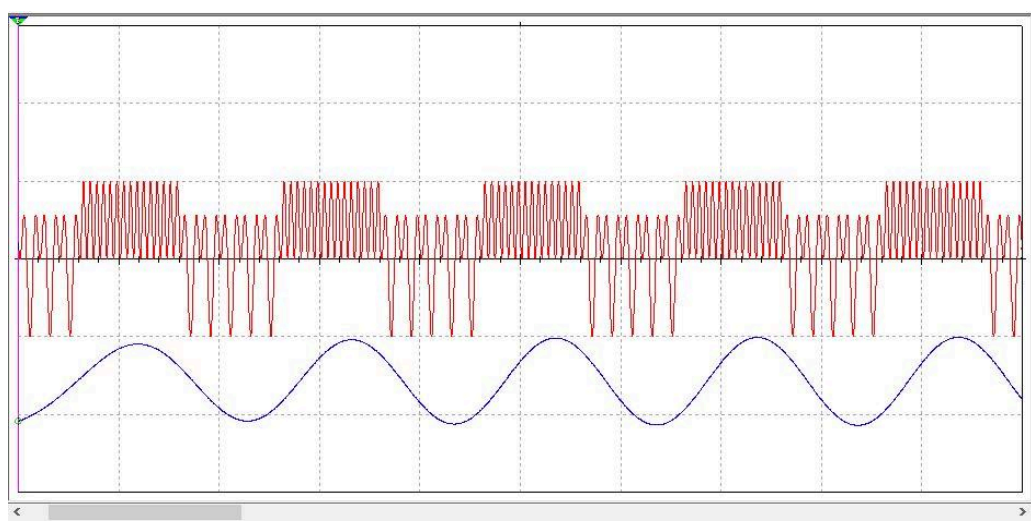
Puntos de medición **Modulante invertida**, **Portadora 2** y **Salida del multiplicador 2**. Menos frecuencia que en el anterior.



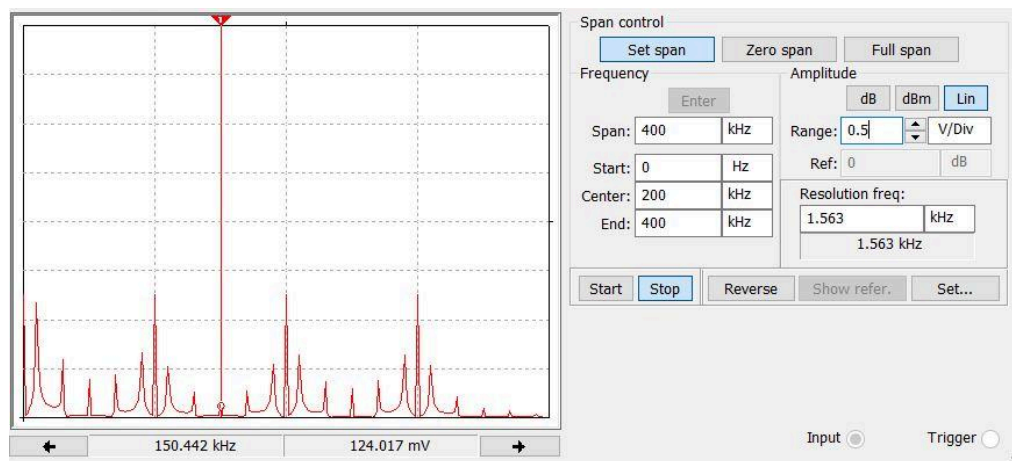
Punto de medición G (suma de las 2 modulaciones ASK con una modulante invertida y una portadora con menor frecuencia = modulación FSK)



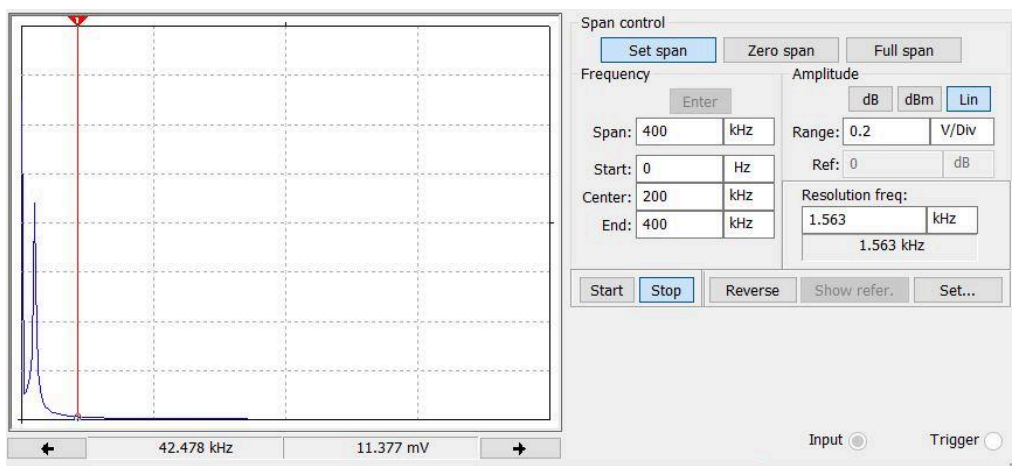
Espectro del punto de medición G. Componentes en 50K, 150K (las 2 portadoras) y en 100K estaría la frecuencia “del medio de la portadora”



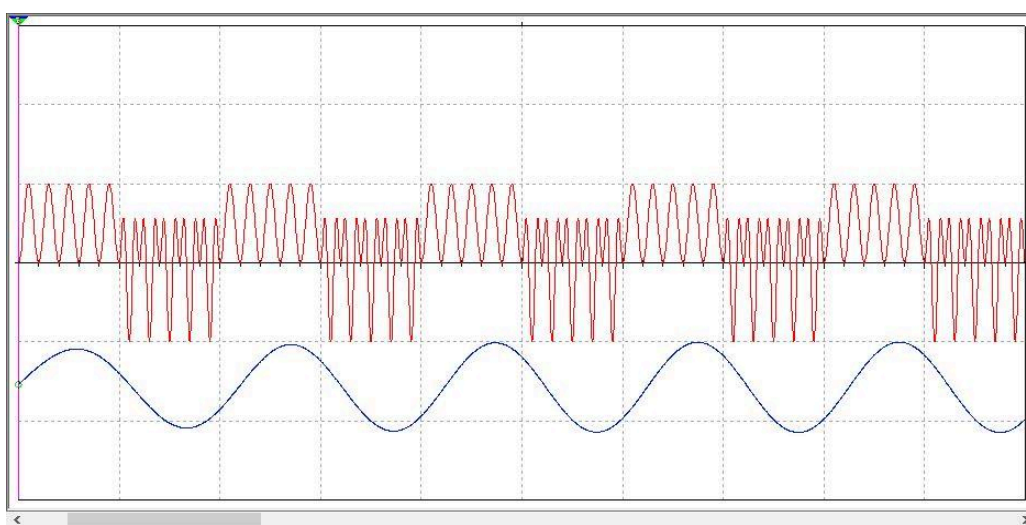
Puntos de medición **H** e **I**.



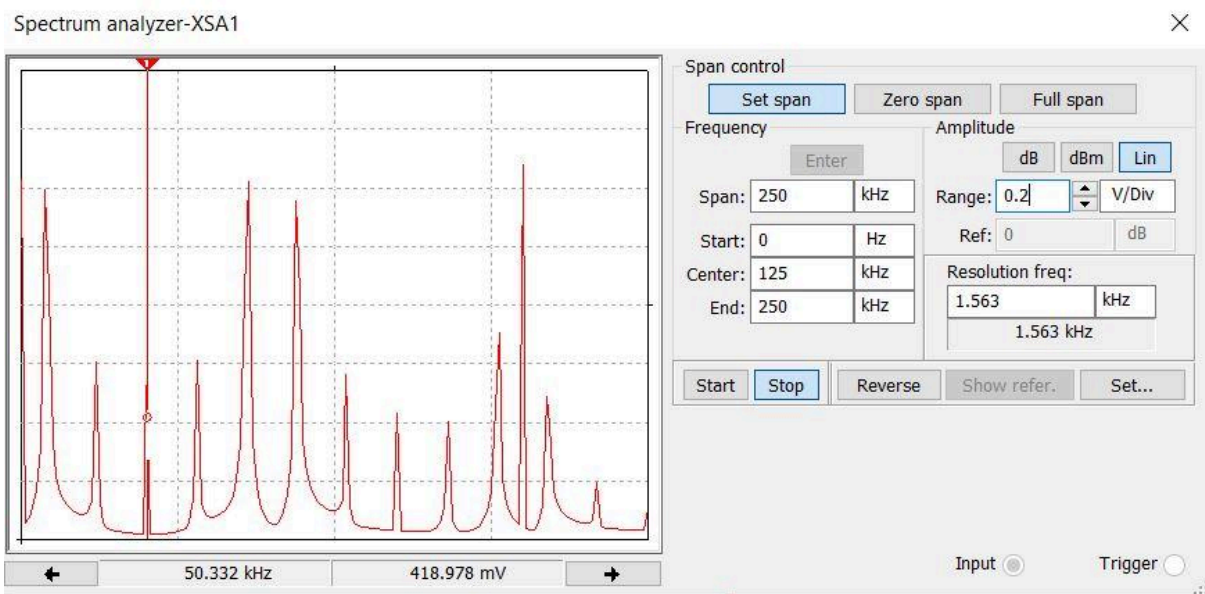
Demodulación en H con todas las componentes de frecuencia.



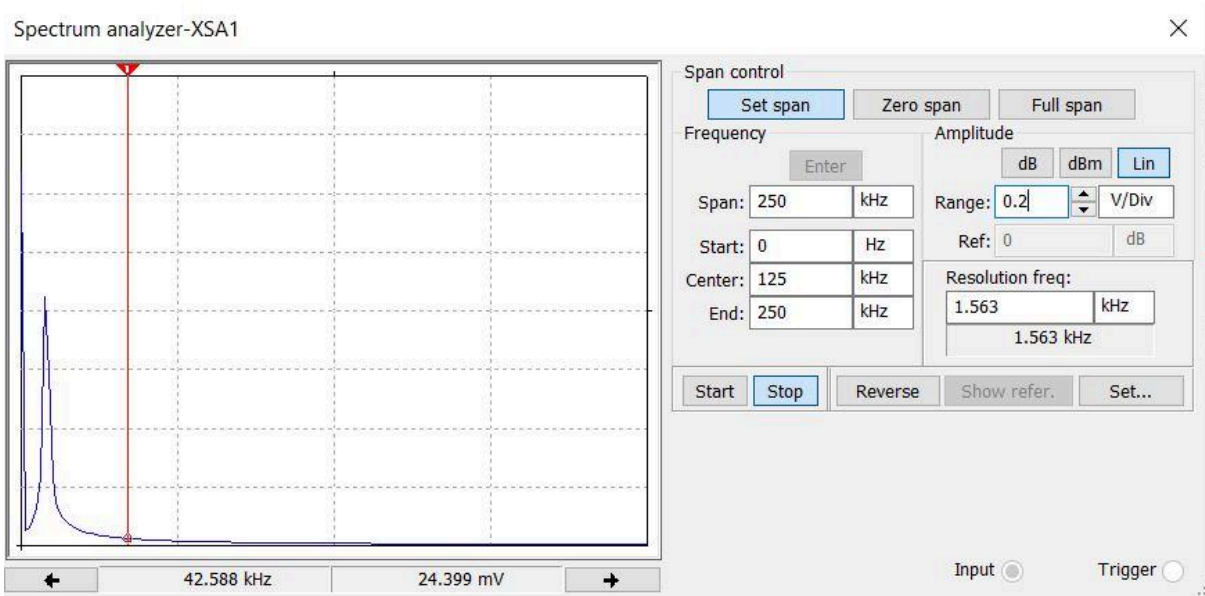
Filtro y recupero la señal fundamental.



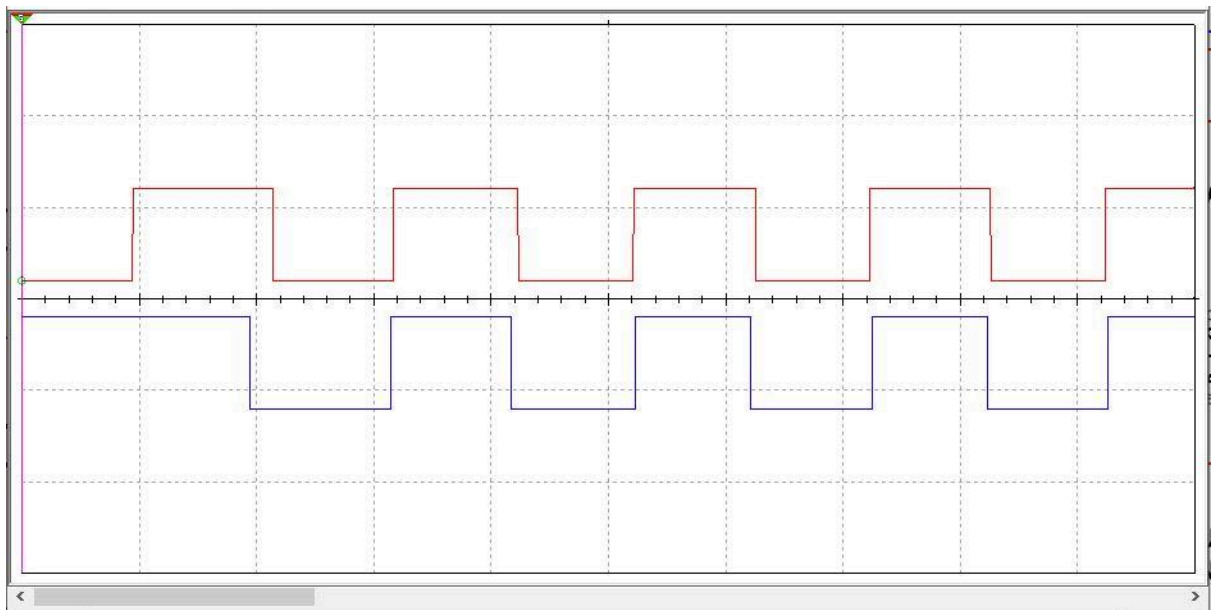
Ídem a los puntos anteriores pero ahora con la señal invertida (J, K).



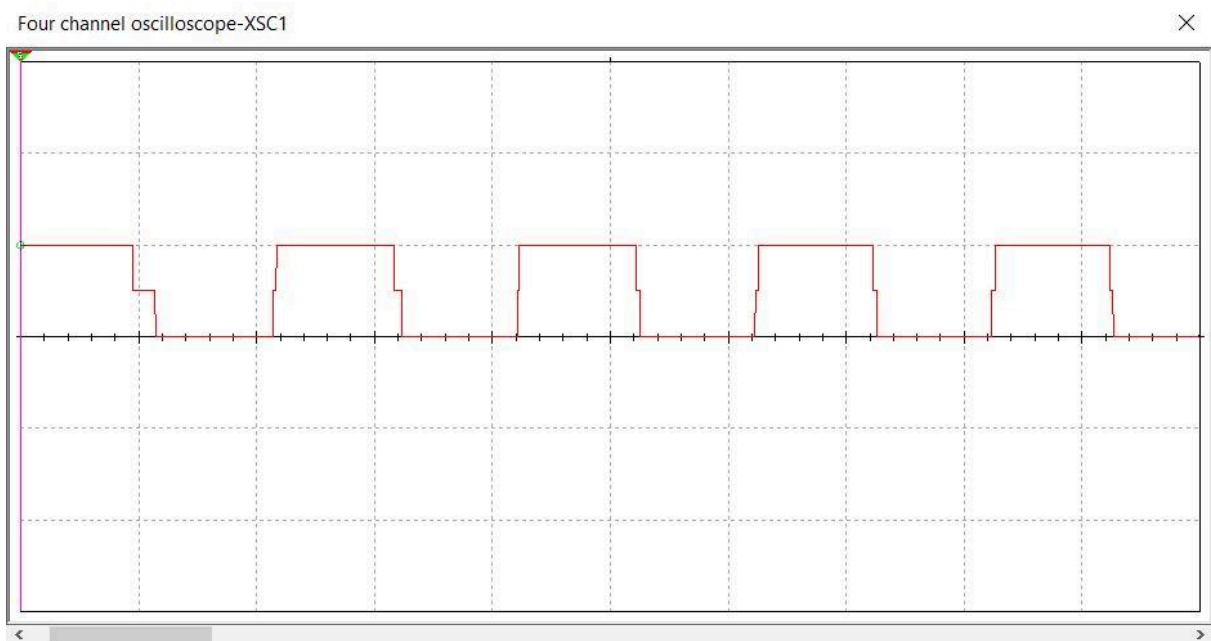
Señal antes de filtrar.



Señal filtrada.



Señal obtenida después de cada comparación. La de abajo es la que viene de la inversión.



Suma de las 2 señales (Invertida y no invertida).

Conclusión

En este trabajo de simulación, hemos estudiado dos técnicas fundamentales de modulación digital: ASK (Amplitude Shift Keying) y FSK (Frequency Shift Keying). Nos centramos en la relación entre ambas, mostrando cómo la modulación FSK puede ser derivada de dos técnicas ASK.

A través de los experimentos, se demostró que la modulación FSK tiene ventajas significativas en entornos ruidosos y con interferencias, ya que las frecuencias diferentes para los bits '0' y '1' ofrecen mayor robustez frente al ruido de la portadora. Por otro lado, la modulación ASK presenta limitaciones en términos de resistencia al ruido.

La detección sincrónica mostró mejores resultados en cuanto a la calidad de la señal recuperada, mientras que la detección de envolvente demostró ser una buena opción en términos de costo y simplicidad.

En resumen, realizar este trabajo nos ha proporcionado una comprensión más profunda de cómo las técnicas de modulación digital impactan en la transmisión de información y cómo el diseño de sistemas de comunicación puede adaptarse para mejorar la fiabilidad, eficiencia y robustez de la comunicación en diversos entornos.