

Modulación

Trabajo Práctico

El Objetivo de esta tarea es comprender adecuadamente los principios básicos de la modulación ASK; FSK y PSK

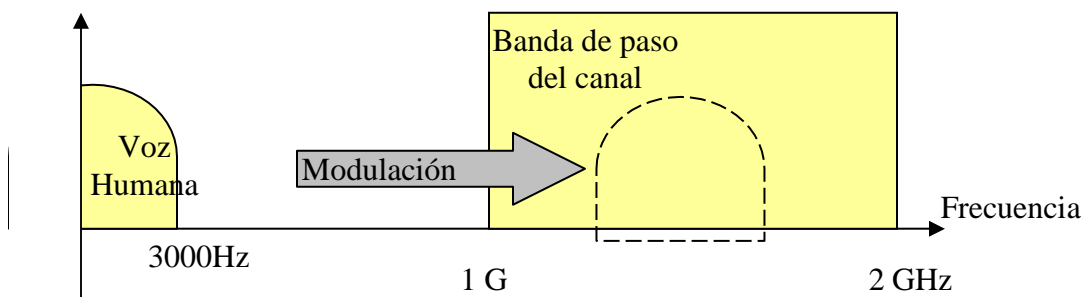
Bibliografía

Comunicaciones de Datos, Fred Halsall, Cap 2

Modulación.

Cuando se trata de transmisión de información nos encontramos con el problema de hacer pasar la señal de datos (*Ej: Voz humana*) por el canal de comunicaciones (*ej: canal de Microondas*)

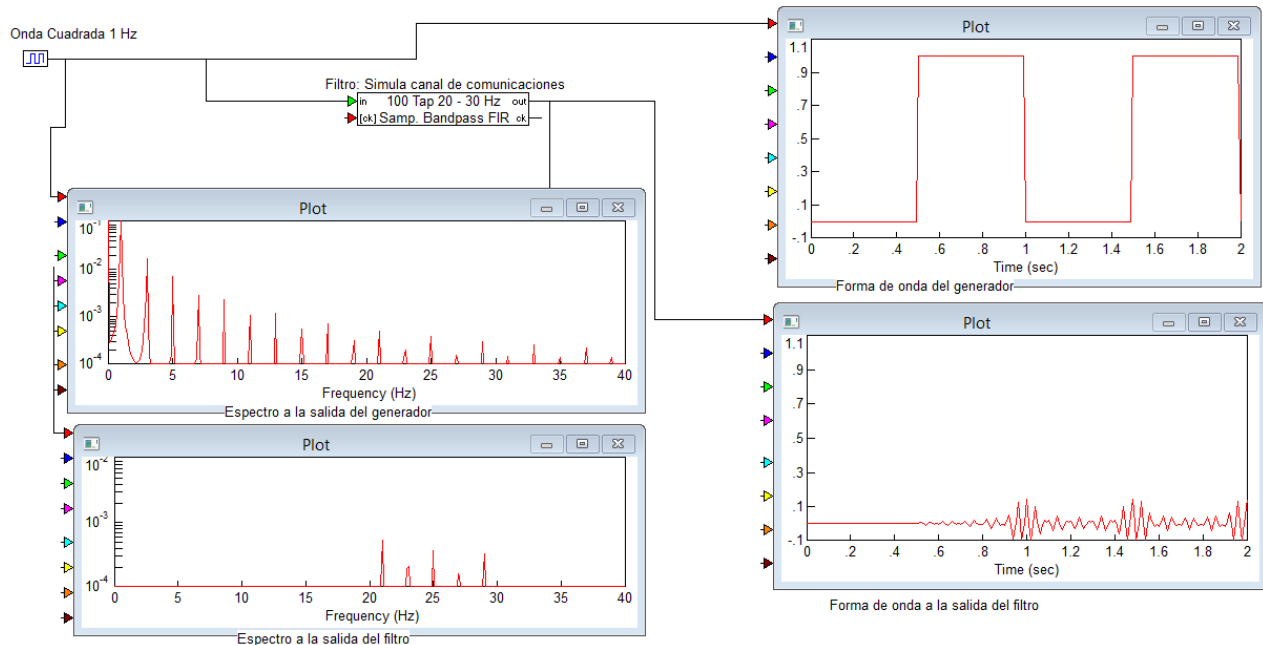
El espectro de la voz humana tiene la máxima cantidad de información hasta los 3000 Hz (ver la siguiente figura), Mientras que el canal de comunicaciones permite pasar desde 1GHz a 2GHz (es solo un ejemplo de las casi innumerables posibilidades de canales). La solución evidente es trasladar el espectro de la señal a transmitir (voz humana en el ejemplo) hasta que entre dentro de la banda de paso del canal. El proceso es conocido como “Modulación”



Haremos un análisis práctico (para el análisis teórico nos remitimos al libro de Halsall)

Para ello simularemos con el VisSin. Hagamos pasar una señal de datos de **1Hz** por un canal que permite el paso desde **20 hasta 30 Hz** y analicemos los resultados.

Arme la siguiente maqueta en el simulador.



Si armó todo correctamente, los resultados deberían ser similares a los del gráfico anterior. ¿Qué conclusión obtiene? Explique en relación a los gráficos visualizados

El espectro a la salida del filtro pasabanda muestra que solo pasan las armónicas 21-23-25-27-29 de la onda cuadrada. En la señal recuperada, (grafico en función del tiempo) se nota que se pierde la amplitud de la señal original (las componentes que pasaron suman fracciones pequeñas de la onda original). Además, si se contrastan con el gráfico de la onda cuadrada, se observa que en la señal recuperada:

La amplitud pico a pico es máxima cuando se pasa de 0v a 1v, o de 1v a 0v. , y se agrupa en torno a valores negativos y positivos más cercanos a cero cuando hay crestas o valles de la onda original.

Además, en los instantes en los que en la onda original encontraríamos un valle, la forma de la onda adquiere un aspecto particular, y a su vez, adquiere otro aspecto cuando se estaría reproduciendo una cresta de la onda original. Todas estas alteraciones hacen pensar que luego del filtrado sería muy difícil recrear los datos de la señal original.

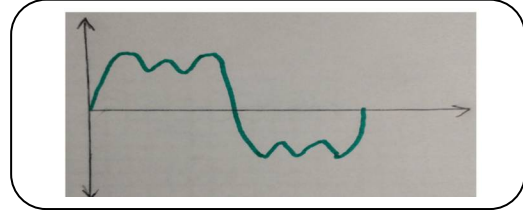
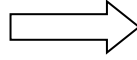
Tal como esperábamos, a la salida del canal de comunicaciones **no tenemos** la onda cuadrada de **1Hz** usada como señal de información. Es decir debemos “modular” la entrada del canal

Modulación ASK

Comenzamos considerando que la señal de datos es una onda cuadrada (recordar TP anterior)

$$V_d = \sin(x) + (1/3) \sin(3x) + (1/5) \sin(5x)$$

Dibuje en forma de onda aproximada y sin escala como se vería V_d (a mano)



Para que la anterior sea realmente cuadrada debería tener infinitos términos pero para el ejemplo nos conformamos con llegar hasta la 5ta armónica.

Multipliquemos la señal de datos V_d con una onda portadora sinusoidal V_p

$$V_p = \sin(10x)$$

Observe que la frecuencia portadora es en este ejemplo **10 veces** superior a la fundamental (Primera armónica o primer término) de V_d

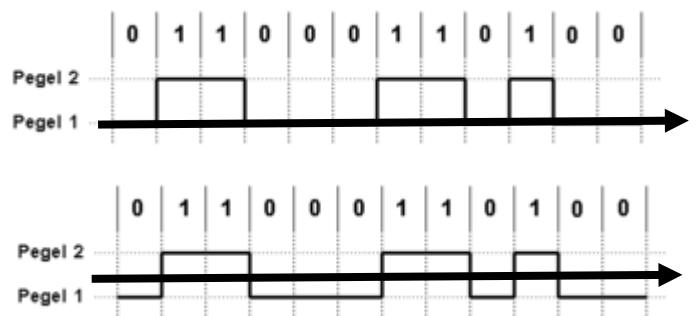
Graficamos con Graphmatica $V_{ask} = V_d * V_p$, imprimimos el gráfico y lo pegamos en el recuadro correspondiente de la próxima hoja.

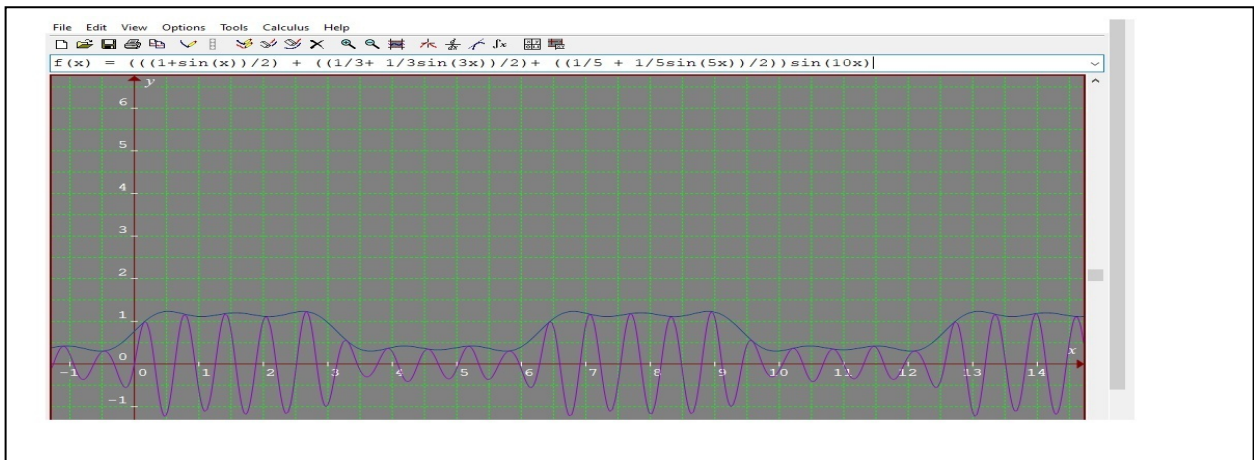
IMPORTANTE: La onda de datos (V_d) DEBE ser retorno a cero (RZ), por lo cual antes de ingresarla en el Graphmatica puede ser necesario transformarla.

NOTA:

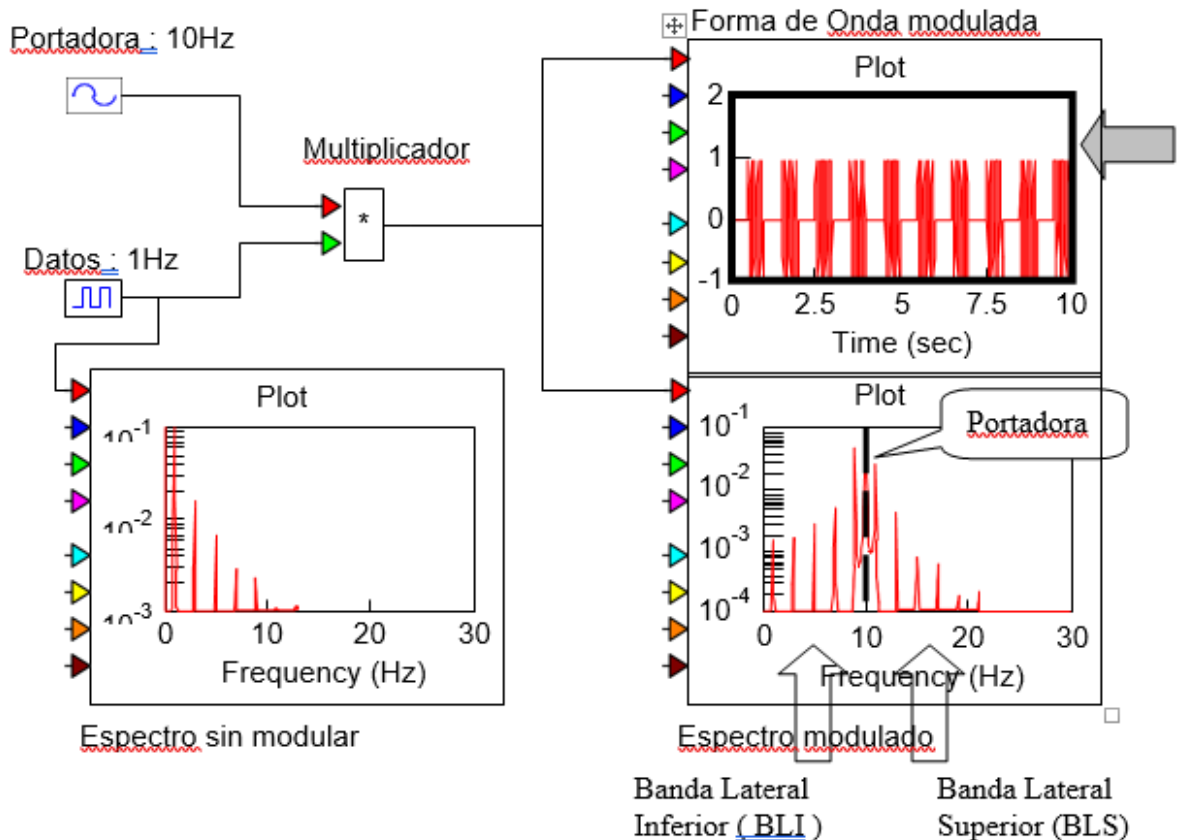
Retorno a Cero (RZ) es un sistema de codificación usado en telecomunicaciones en el cual la señal que representa al bit retorna a cero en algún instante.

No Retorno a cero (NRZ) es un sistema en el cual la representación de los bits no toma el valor cero





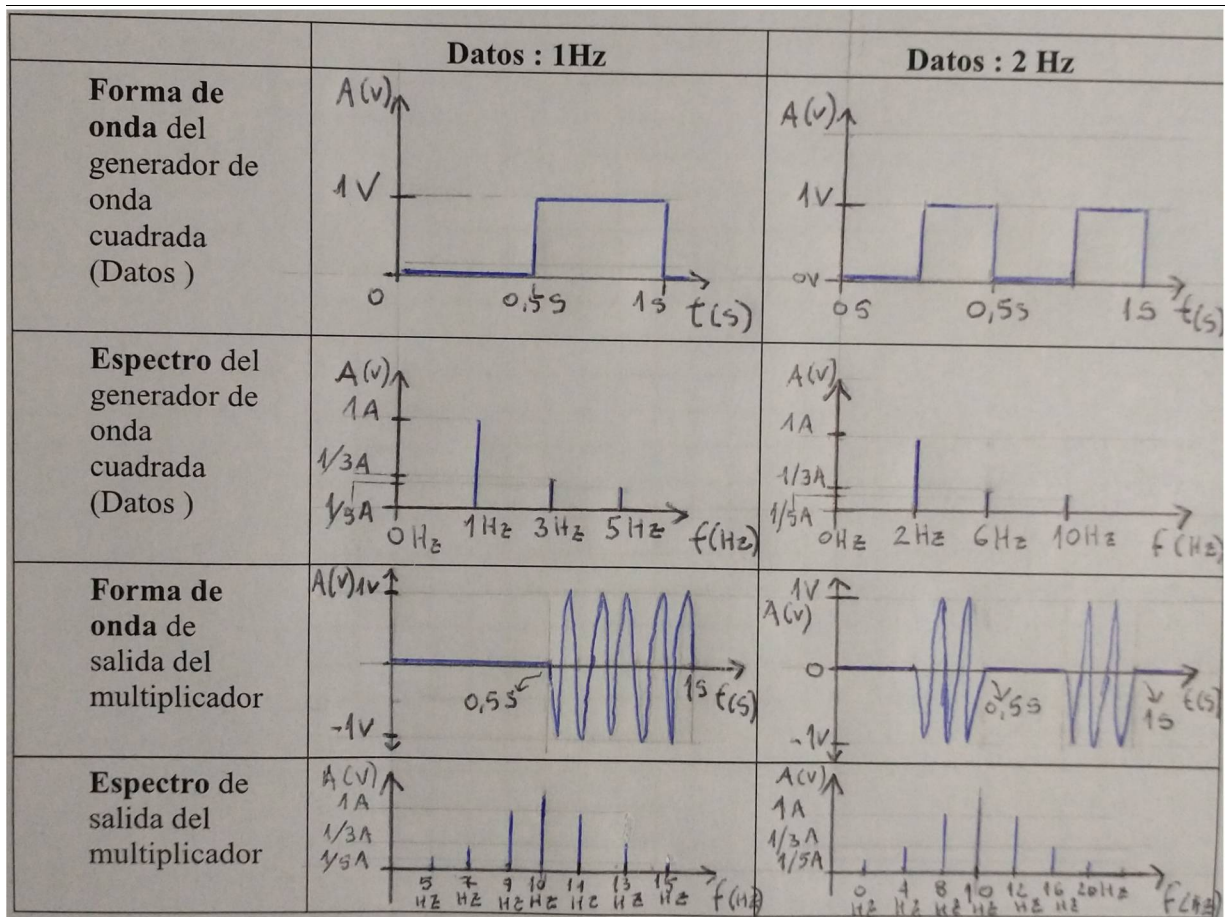
Interesa conocer también el espectro de la señal ask, en el libro de Halsall se tiene el desarrollo matemático, aquí lo obtendremos mediante simulación. Para ello armamos un esquema como el de la figura siguiente y hacemos correr la simulación. Observe que la forma onda (función del tiempo) es similar a la obtenida con el graphmatica y que el espectro de la señal producto (modulada) está desplazado tanto como el valor de la portadora utilizada y se ve doble (una banda lateral a cada lado de la portadora)



Se recomienda comprobar el resultado anterior con el VisSim

Lo obtenido a la salida del multiplicador ya es utilizable para transmitir, pero se suele agregar un filtro *pasa banda* (que deja pasar DESDE una frecuencia de corte inferior HASTA una frecuencia de corte superior dadas) para eliminar la banda no deseable.

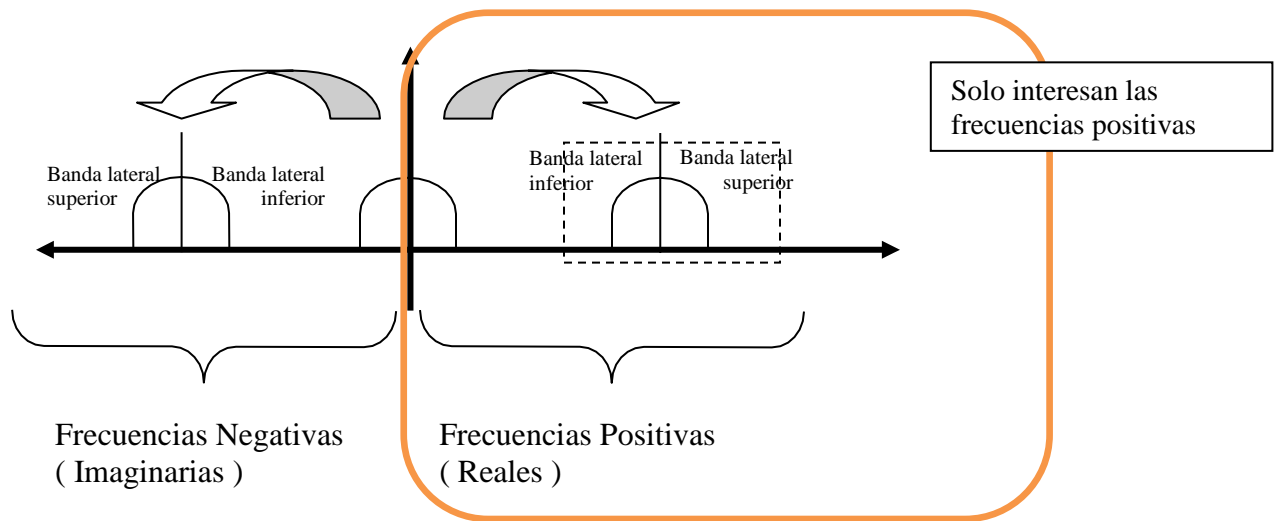
Arme ahora otro ejemplo similar al anterior pero con la señal de datos en **2 Hz** en lugar de 1Hz. Compare dibujando a mano en la tabla siguiente (indique las escalas horizontales)



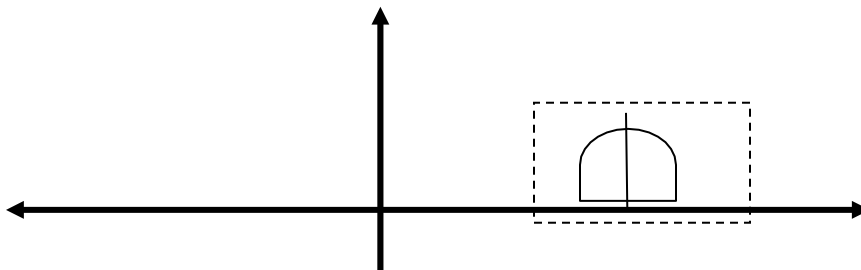
Hasta ahora: *Mediante la multiplicación de la señal de datos (cuadrada RZ) con la señal portadora (sinusoidal) se trasladó el espectro de la señal de datos que antes estaba centrado en cero a estar centrado en el valor de la señal portadora.*

La salida del multiplicador será inyectada al canal de comunicaciones (que representaremos por un filtro pasa banda) y en el extremo remoto se debe recuperar la señal original

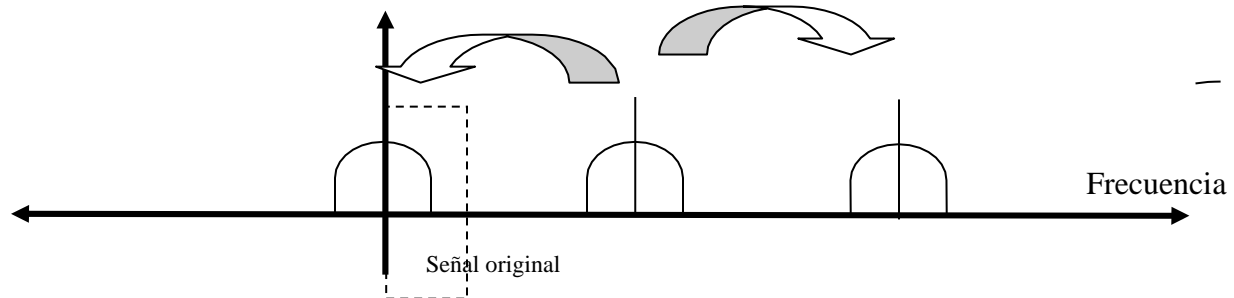
Algunos conceptos básicos: Al multiplicar trasladamos el espectro en una cantidad igual a la de la frecuencia de la portadora y HACIA AMBOS LADOS (En la primera explicación no se tomaron en cuenta las frecuencias negativas) . O sea que a la salida del multiplicador tenemos , ver dibujo.



Al pasar por el filtro pasabanda se elimina lo que no fue modulado, ya que no puede atravesar el canal

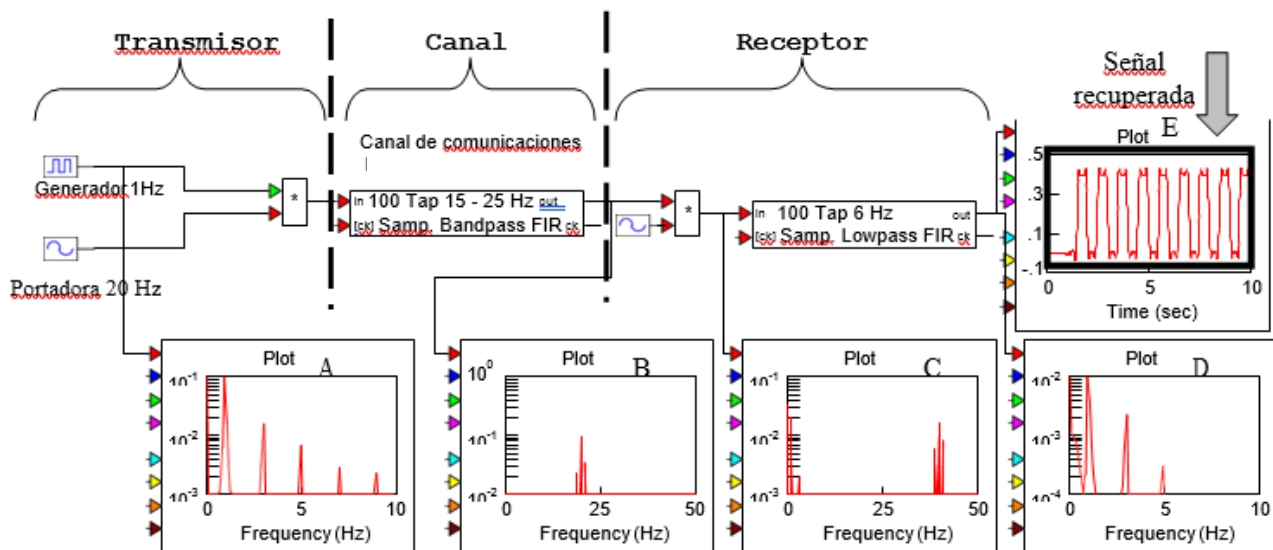


Ya a la salida del canal nos interesa volver a transportar la señal al lugar en que se encontraba originalmente, para ello si volvemos a multiplicar por la misma portadora, se traslada nuevamente el espectro, tanto como la frecuencia portadora.



Notamos que para recuperar la señal original nos basta con filtrar con un filtro pasabajo que tenga el ancho de banda de la señal original (de tratarse de una onda cuadrada que tiene infinitas armónicas, el ancho de banda del filtro nos dará cuan parecida es la salida a la entrada).

Comencemos con el simulador. Arme un esquema como el indicado. Hágalo correr y ajuste las escalas de los plots para que se obtengan la mejor visibilidad de las señales.



Si todo anduvo bien se tienen los grafos de la figura anterior, donde se ve que se recupera la señal de datos luego de atravesar el canal de comunicaciones

Explique Brevemente porque se ve lo que se ve en los plot A, B, C, D y E

Plot A

Porque una onda cuadrada está compuesta por infinitas ondas seno, con amplitud decreciente y frecuencia creciente.

Plot B

Porque al modular la onda cuadrada, se trasladó el centro de la señal de datos a la frecuencia de la portadora, y por otra parte, el filtro pasabanda limita las componentes que pueden pasar por el canal, por eso solo se ven 6 componentes (banda lateral inferior y banda lateral superior).

Plot C

Porque al multiplicar la señal modulada nuevamente por la portadora, las componentes vuelven a su frecuencia original. Sin embargo, no hay infinitas componentes en este caso (como en la onda cuadrada original), dado que la señal a la salida del filtro no tiene infinitas componentes.

Plot D

Debido a la frecuencia de corte del filtro pasabajos. (6hz), solo pasan (y se ven) la fundamental, la 3era y la 5ta armónica.

Plot E

Porque sumando 3 ondas seno como las que permitió pasar el filtro pasabajos, se obtiene una forma de onda como la que se ve en el plot.

Si se cambia la señal de datos de **1 Hz** a **2 Hz** ¿Qué cambia en cada gráfico y porque?

Plot A Se duplica la frecuencia de la fundamental y también la de sus componentes, porque sigue siendo una onda cuadrada, que está formada por la suma de infinitas armónicas impares.

Plot B Salida del filtro pasabanda: se vería la portadora en 20Hz, y a la derecha se vería la fundamental transportada a los 22Hz, y su "reflejo" a los 18Hz, no se verían más componentes debido a los límites máximo y mínimo de las frecuencias de corte del filtro.

Plot C Solo se vería la fundamental nuevamente en los 2Hz, porque al ser la única frecuencia que el filtro pasabajos dejó pasar, al multiplicarla nuevamente por la portadora, solo esta onda vuelve a su lugar de origen.

Plot D Se vería solo la componente en 2 Hz, debido a que el filtro pasabajos permite que esta señal pase (y además es la única que quedó después de atravesar el filtro).

Plot E Se vería una onda senoidal de 2Hz, porque todas las otras componentes no atravesaron el filtro.

Varíe la frecuencia de corte del **filtro Pasabajos** , diga que pasa y explique el porqué.

Si la frecuencia de corte es igual o mayor a 2Hz, una única componente de 2Hz, si se regula la frecuencia de corte por debajo de los 2Hz, no se puede visualizar ninguna componente. Esto se debe a que es la única componente que atravesó el canal.

Conclusiones;

La modulación ASK traslada la señal de información a la frecuencia de la portadora, genera 2 bandas laterales, una por sobre y otra debajo de la portadora, Cada una es una copia del espectro de la información (ya sea en forma directa – BLS- o como imagen especular – BLI -).

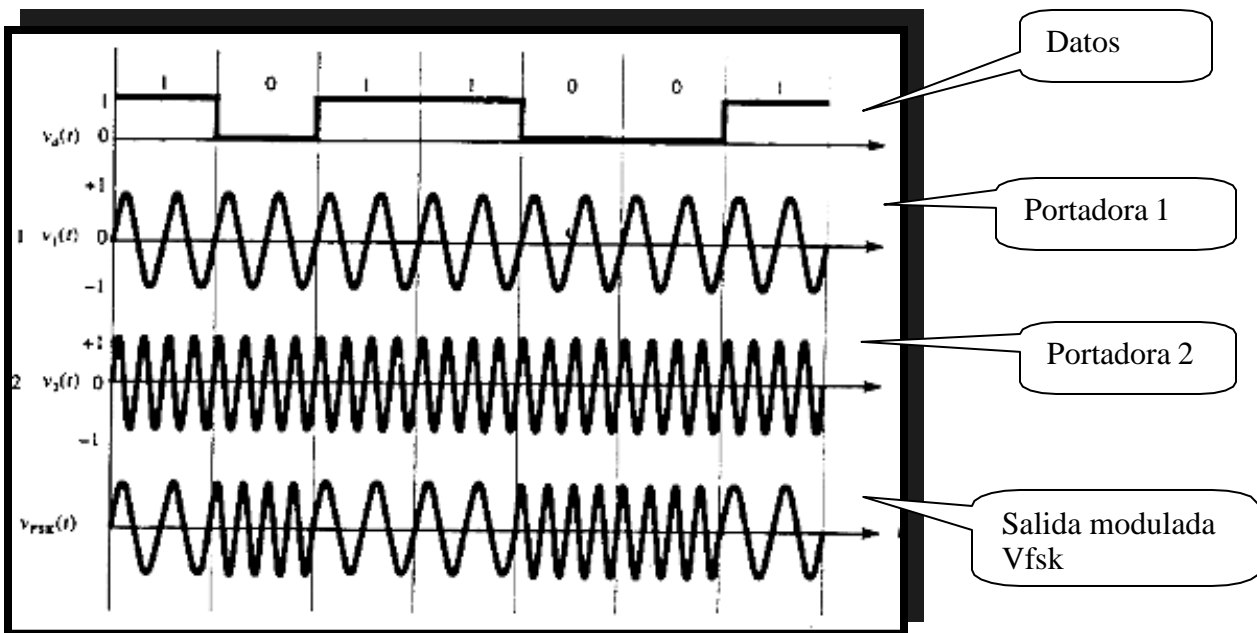
Nótese que la información en **ASK** se encuentra en la **Amplitud** de la señal modulada.

Modulación FSK

Es este otro tipo de modulación en que la información se encuentra en la **frecuencia** y no en la amplitud de la señal modulada.

NOTA : Leer previamente los aspectos teóricos en el Cap 2 del libro de Halsall y ver el video de ayuda del TP

El concepto básico es tener una portadora para transmitir el “1” lógico y otra para el “0” lógico.



La operación a hacer seria : Multiplicar los datos por la portadora 1 y sumarlos a la multiplicación del inverso de los datos por la portadora 2.

En forma similar a lo hecho con ASK comenzaremos con ver la forma de onda con el Graphmatica.

Los datos son entonces :

$$V_d = \sin(x) + (1/3) \sin(3x) + (1/5) \sin(5x)$$

Las portadoras serán

$$V_{c1} = \sin(10x)$$

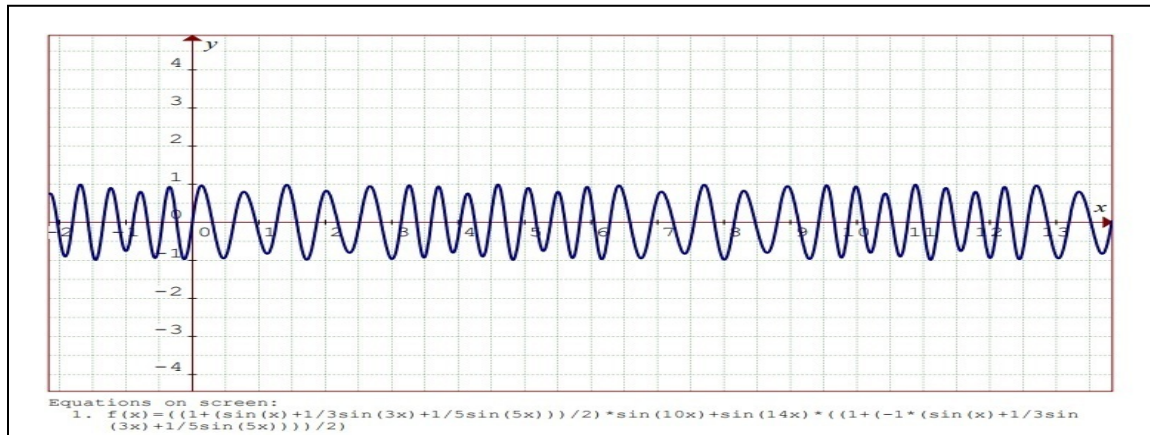
$$V_{c2} = \sin(14x)$$

Según lo dicho :

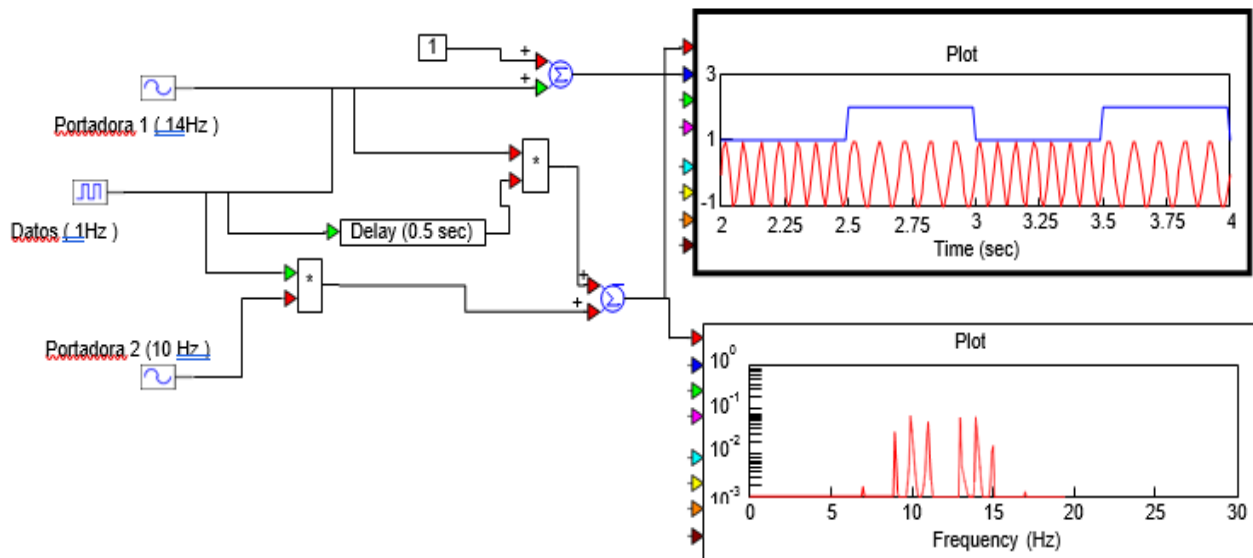
$$V_{fsk} = V_d * V_{c1} + V_d' * V_{c2}$$

Donde V_d' son el inverso de los datos (recordar que tanto V_d como V_d' deben ser RZ)

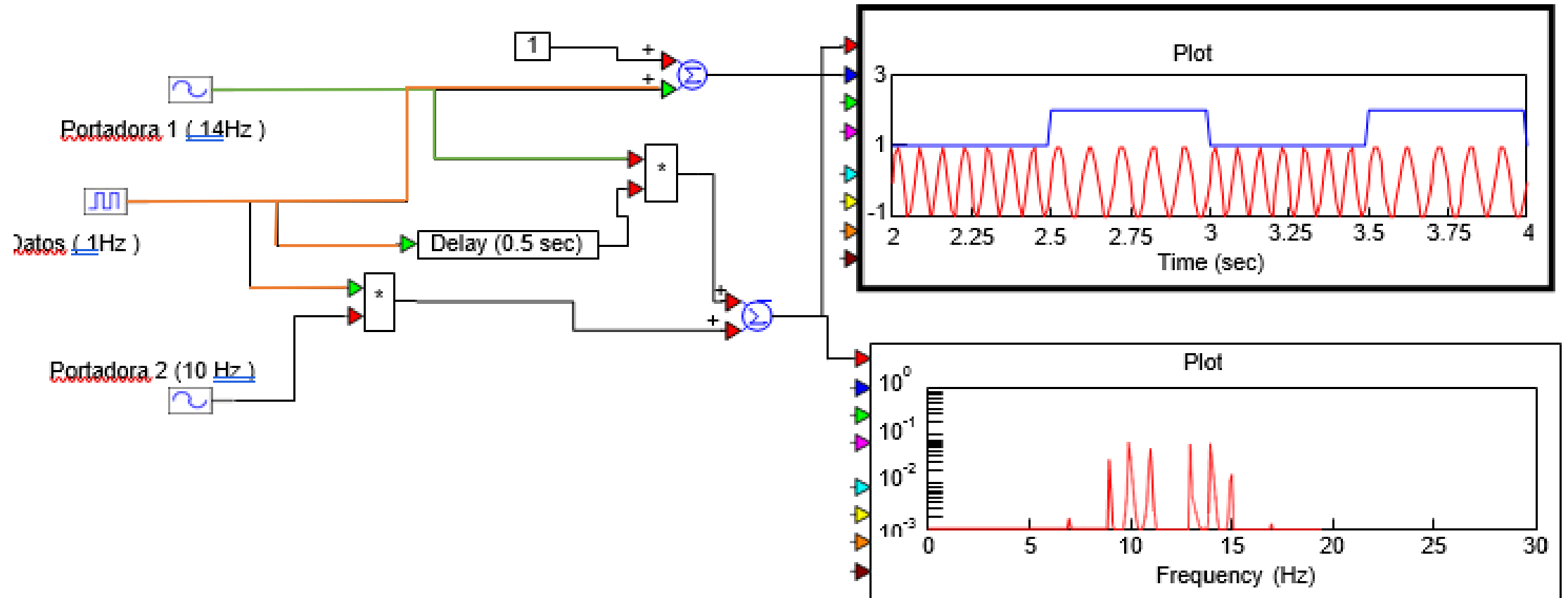
Representamos V_{fsk} con el graphmatica, lo imprimimos y pegamos a continuación;



Una vez que conocemos la forma de onda continuaremos profundizando el tema mediante la simulación. Armamos el diagrama en bloques en el simulador tal como indica la figura.



Aclaración de cruce de conectores



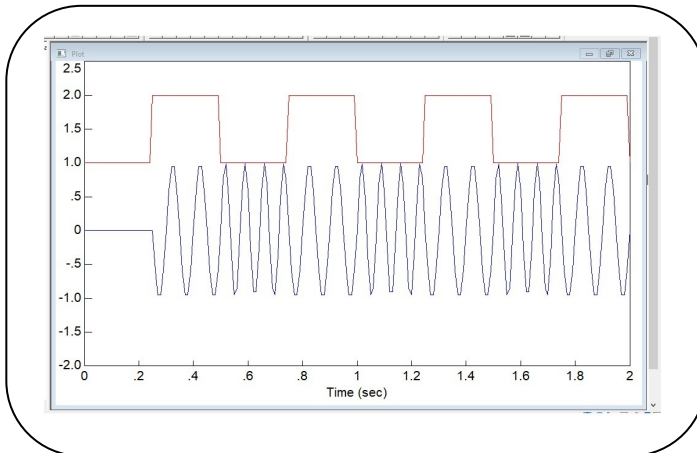
Si todo funcionó correctamente los gráficos obtenidos se parecerán a los dados en la figura anterior.

Responda

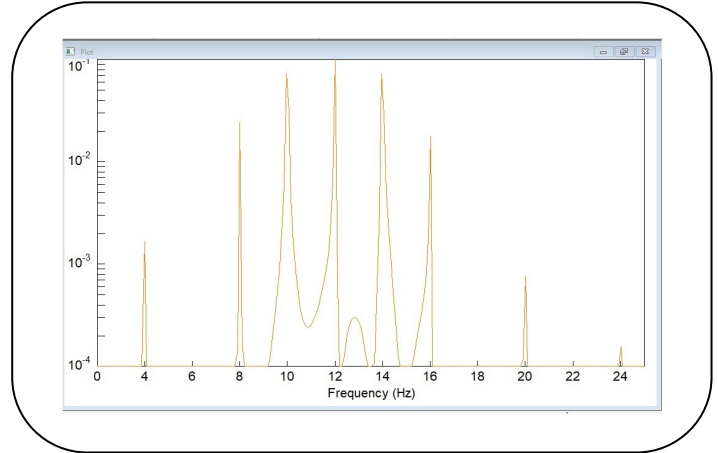
¿Qué función cumple el bloque **Delay (0.5 seg)**?

La función del Delay es generar una onda cuadrada complementaria a la original, para poder modular los "ceros" con la portadora de 10Hz.

Repita la simulación, pero para una señal de datos de **2Hz**.



Forma de onda FSK para datos 2Hz



Espectro FSK para datos 2Hz

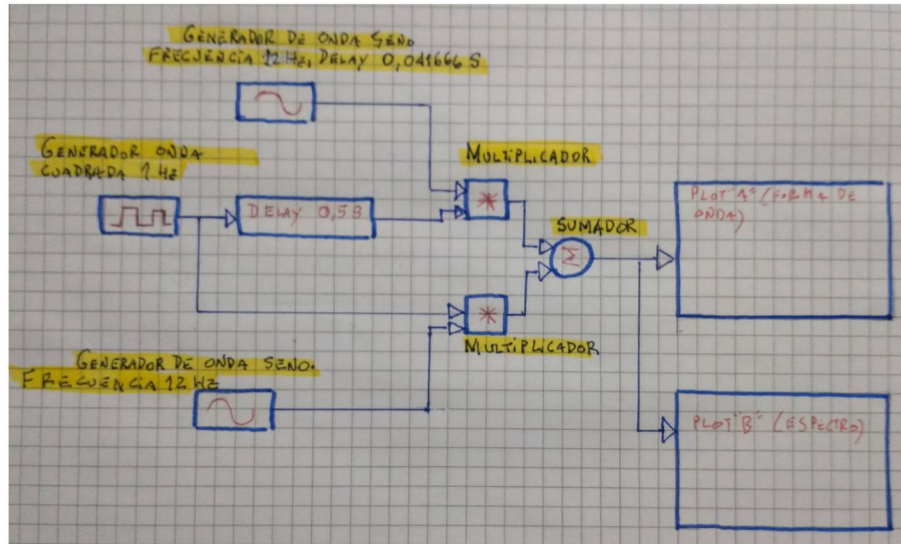
Explique que cambió.

Lo que cambió, es que en la onda modulada fsk se puede ver el cambio de frecuencia (indicando un 1 o 0, según corresponda), en un período menor de tiempo (cada 0,25s). En el gráfico de espectro, se puede ver que como cambió la frecuencia de la fundamental, también aumento la frecuencia de sus componentes 3era y 5ta armónicas, por lo que el desplazamiento respecto a cada portadora es mayor que en el mismo gráfico para una señal de datos de 1Hz

Modulación PSK

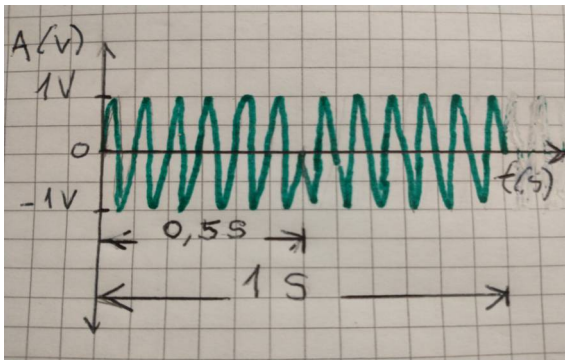
De forma similar a lo hecho con ASK y FSK, simule una modulación **BPSK**, dibuje el esquema utilizado y las formas de onda y espectro de la señal modulada. Utilice como datos una onda cuadrada de 1Hz y como portadoras dos señales de **12Hz** desfasadas **180** grados

Esquema utilizado (dibuje a mano tal como lo simularía con el VisSim)

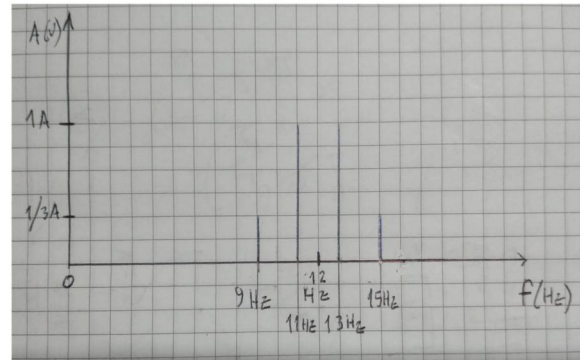


Dibuje a mano la forma de onda y el espectro de la señal modulada.

Forma de onda modulación PSK



Espectro modulación PSK



¿Que observa en la portadora modulada PSK en el gráfico espectral? Justifique su respuesta.

Se observa que solo hay una portadora en el gráfico de espectro, a diferencia de PSK. Se nota que hay una sola portadora, dado que las componentes fundamentales, están cada una a 1Hz a cada lado de donde debería estar la portadora (los 12Hz).

Conclusiones Generales del TP

Esta es la parte más importante, por lejos, del TP. (SOLO ESTA HOJA, ESCRITURA A MANO)

Explique con sus palabras (*copiar/pegar invalida todo el TP*) los tres métodos de modulación trabajados, en especial compare los espectros de cada uno de los métodos, su inmunidad al ruido y su ancho de banda.

O LA MODULACIÓN ASK PARECE SER SIMPLE DE IMPLEMENTAR, PERO AL ESTAR MODULADA EN AMPLITUD, ES SENSIBLE AL RUIDO QUE PODRÍA HABER EN LA LÍNEA.

O CON FSK, MEJORA SUSTANCIALMENTE LA INTEGRIDAD DE LA SEÑAL QUE SERÁ RECIBIDA EN EL OTRO EXTREMO PERO CONSUME UN MAYOR ANCHO DE BANDA QUE ASK.

O CON PSK SE TIENE UNA TRANSMISIÓN QUE TAMPOCO ES VULNERABLE AL RUIDO (COMO FSK) Y A SU VEZ, CONSUME UN ANCHO DE BANDA MENOR AL QUE CONSUME FSK. EN EL GRÁFICO DE ESPECTRO DEL ÚLTIMO EJERCICIO (PSK), SE PUEDE VER QUE LAS BANDAS LATERALES SE UBICAN EN TORNO A UNA ÚNICA PORTADORA, Y NO A LOS COSTADOS DE DOS PORTADORAS, COMO SÍ OCURRE EN FSK. YA QUE ESTA ÚLTIMA TÉCNICA AUNTA LAS VENTAJAS DE ASK (MENOR ANCHO DE BANDA POSIBLE) Y DE FSK (INVULNERABILIDAD AL RUIDO), ES LA MEJOR TÉCNICA DE MODULACIÓN DE ENTRE LAS TRES.