UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

TRABAJOS PRÁCTICOS 1, 2 Y 3 DE COMUNICACIONES DIGITALES

Alumnos:

Contrera Ivan 35020231

Malano Leandro 38883701

Profesor:

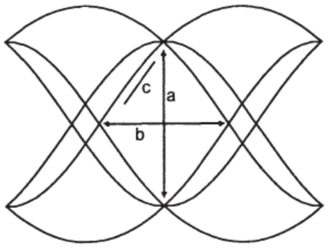
Dr.Ing Hueda Mario

Fecha de entrega: 16/04/2017

TRABAJO PRACTICO Nº1: Análisis de diagramas ojo

En este primer práctico se analizarán distintos diagramas ojo según el exceso de ancho de banda (roll-off) del filtro transmisor g(t), donde no se considerará el efecto del canal ni el ruido asociado a éste. Primero se hará el análisis con una señal PAM2 {-1,1} y luego con una PAM4 {-3,-1,1,3}

¿qué es un diagrama ojo y para qué sirve analizarlo? Básicamente es una superposición de pequeños trozos de la señal PAM enviada s(t), donde éstos tienen una duración aproximada al doble del período de la forma de onda g(t) (2T). El gráfico resultante ayuda a ver qué tan inmune es la señal transmitida al ruido, a errores y al jitter en la fase de muestreo.



a: inmunidad al ruido

b: inmunidad a errores en la fase de muestreo

c: inmunidad al jitter

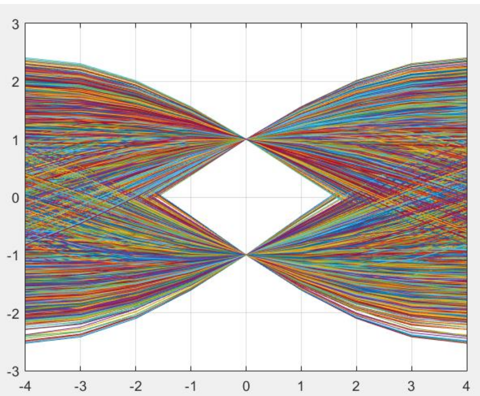
De acuerdo a una simulación en MatLab, se irán probando distintos factores de roll-off, se mostrarán los diagramas correspondientes y se sacará una conclusión. Se usaron las siguientes ecuaciones para generar los símbolos de PAM2 y PAM4:

$$a_k = 2 * randint(1, n_{symbols}) - 1;\ PAM2$$

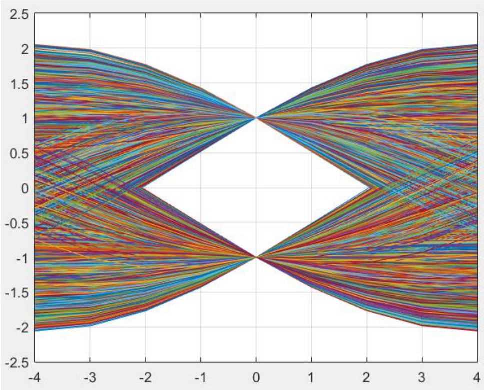
$$a_k = 2 * randint(1, n_{symbols}, 4) - 3; PAM4$$

Donde $n_{symbols}$ es la cantidad de símbolos generados (10000).

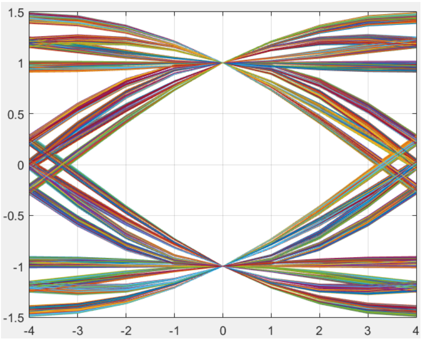
- PAM2, roll-off = 0%:



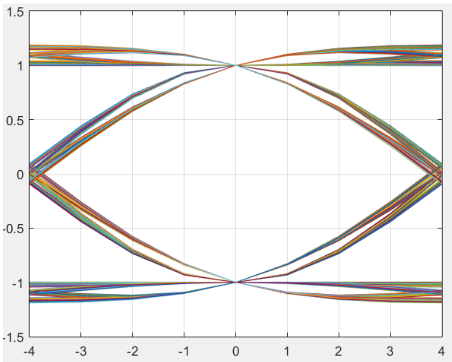
- PAM2, roll-off = 20%:



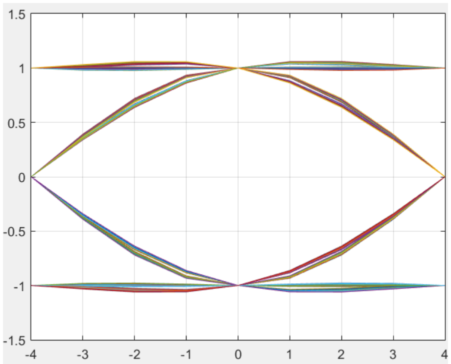
- PAM2, roll-off = 50%:



- PAM2, roll-off = 80%:



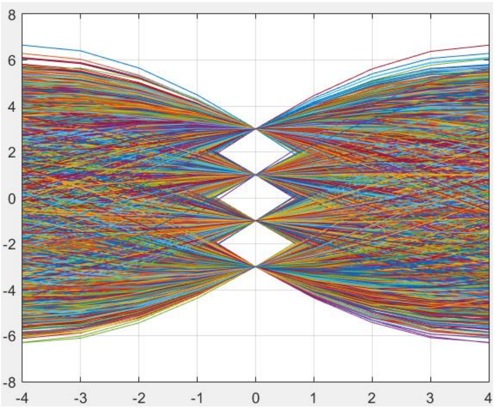
- PAM2, roll-off = 100%:



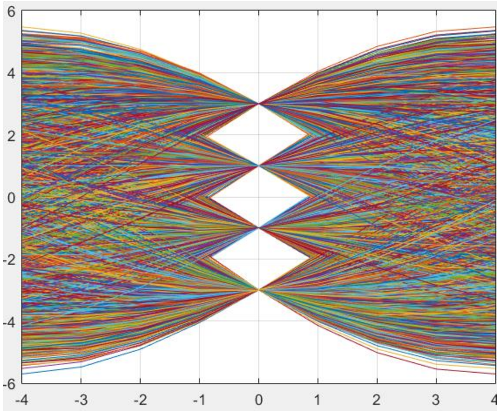
Se puede observar cómo a medida que el exceso de ancho de banda del filtro transmisor aumenta, la señal se hace mas inmune al error en la fase de muestreo (mayor apertura horizontal) y al jitter, también en la fase de muestreo (pendiente menos pronunciada). La apertura vertical se mantiene en los valores máximos, ya que en el punto donde debería tomarse la muestra (0 en abscisas), todos los segmentos de la señal pasan exactamente por los valores verdaderos de los símbolos (-1 y 1), y se concluye que no existe interferencia intersimbolo en esta simulación. Idealmente se debe muestrear en ese punto, que es donde viaja la información de forma mas fiel, pero eso no sucede en la realidad, ya que las muestras se tomarán un poco antes o un poco después. Si la pendiente es mas chica, ese error será menos importante ya que el valor no variará demasiado, pero si es muy grande, puede hacer que se cometan muy malas tomas de datos.

Además se ve que al aumentar el roll-off las muestras son cada vez más parecidas, siendo los gráficos cada vez mas “limpios”

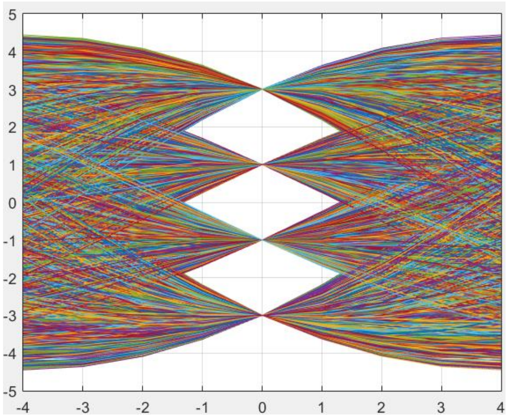
- PAM4, roll-off = 0%:



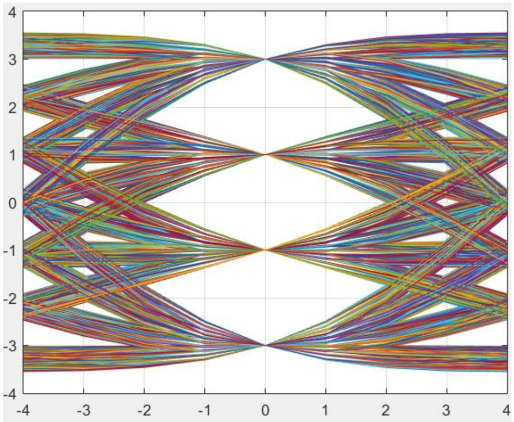
- PAM4, roll-off = 20%:



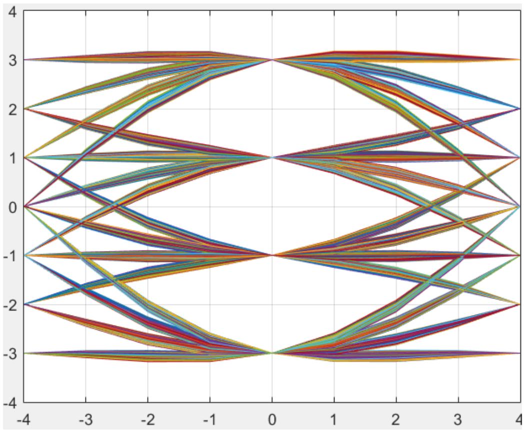
- PAM4, roll-off = 50%:



- PAM4, roll-off = 80%:



- PAM4, roll-off = 100%:

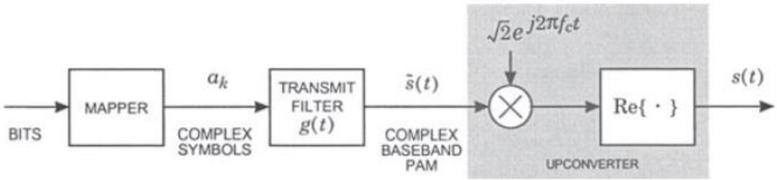


En este caso los ojos son tres, comportándose de manera similar que en el caso de PAM2. La apertura vertical es la misma ya que la potencia de la señal aumenta (a causa de los valores -3 y 3). En caso que deba mantenerse, la apertura de cada ojo va a ser menor, reduciendo así la inmunidad al ruido. La apertura horizontal tiene una leve reducción respecto a los graficos de similares roll-off de PAM2, reduciendo la inmunidad a errores y al jitter en la fase de muestreo (pendiente más pronunciada).

TRABAJO PRACTICO Nº 2: Transmision de PAM pasabanda

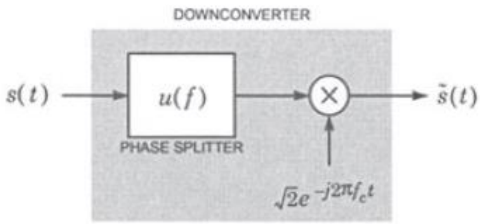
En esta simulación de MatLab se va a analizar la transmisión de una señal compleja s(t), que la será por causa de los simbolos que serán complejos (g(t) sigue siendo real).

El diagrama del transmisor es similar al siguiente:



Donde la señal compleja se multiplica por una exponencial compleja para convertir s(t) en una señal analítica, la cual tendrá la propiedad de que toda la información estará contenida en la parte real, lo cual es importante ya que por el canal solo se podrá transmitir la parte real. Luego en el receptor se recuperará la parte imaginaria.

El diagrama del receptor es el siguiente:

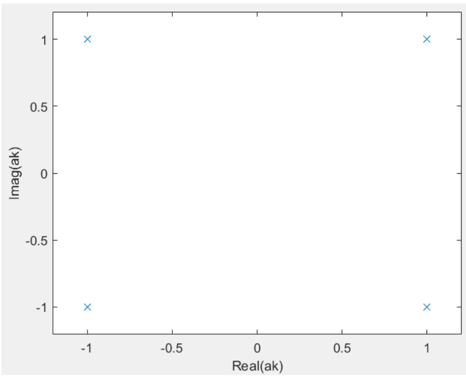


El cual cuenta con un filtro de partición de fase (phase splitter), que recupera la parte imaginaria con el filtro de Hilbert incorporado.

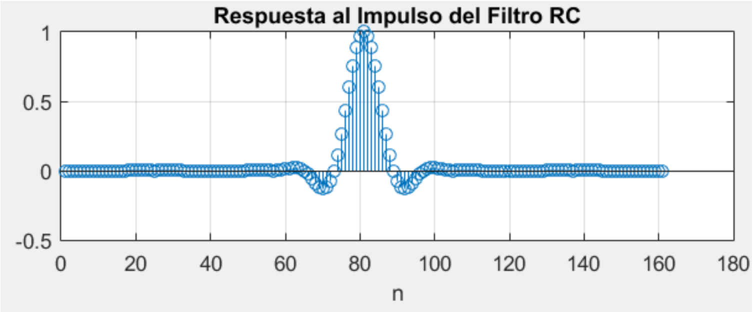
De la simulación, se observa que los simbolos complejos se generan con la siguiente ecuación:

$$ak = 2 * randint(1, n\_symbols) - 1 + j * (2 * randint(1, n\_symbols) - 1)$$

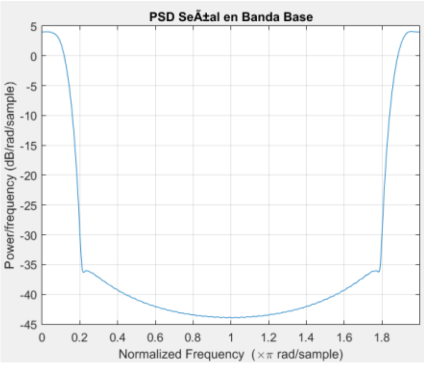
Siendo un alfabeto de 4 simbolos, con igual magnitud y disntintas fases, como se ve en el siguiente grafico:



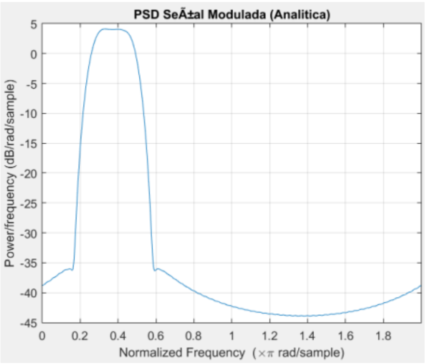
luego, h(t) es el filtro transmisor, el cual tiene una respuesta al impulso:



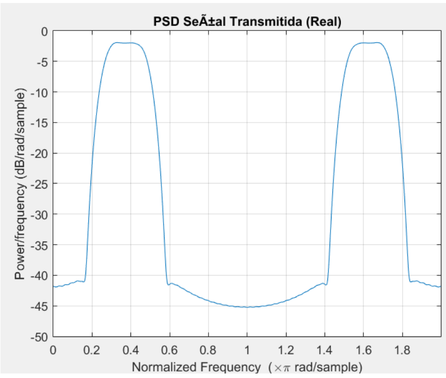
El cual genera una señal de banda base s(t) con una respuesta en frecuencia como:



Se observa una replica a la derecha a causa de que MatLab trabaja con valores muestreados de la señal continua. Luego se modula con una exponencial compleja para convertirla en analítica, cuya respuesta en frecuencia es:



Por el canal se transmite solo la parte real, que es igual a la parte conjugada simétrica de la analítica:



Cuando la señal llega al receptor, se considera nulo el efecto del canal, por lo tanto se mantiene la respuesta anterior. Re{s(t)$_{modulada}$} pasa por un filtro de partición de fase , que recupera la parte imaginaria de la señal, gracias al transformador de Hilbert H(w):

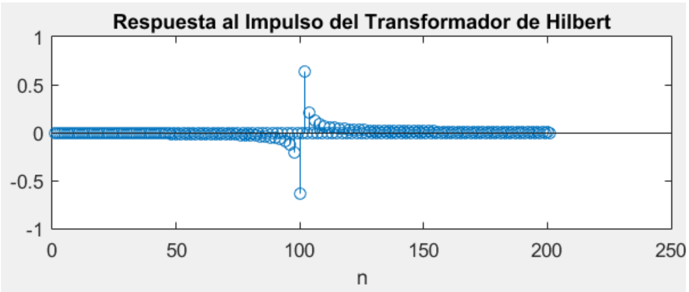
$$\phi(\omega) = \frac{1}{2}\big(1 + jH(\omega)\big); transformada\ de\ fourier\ del\ filtro\ de\ particion\ de\ fase$$

$$H(\omega) = \ -jsgn(\omega); transformada\ de\ Fourier\ del\ filtro\ de\ Hilbert$$

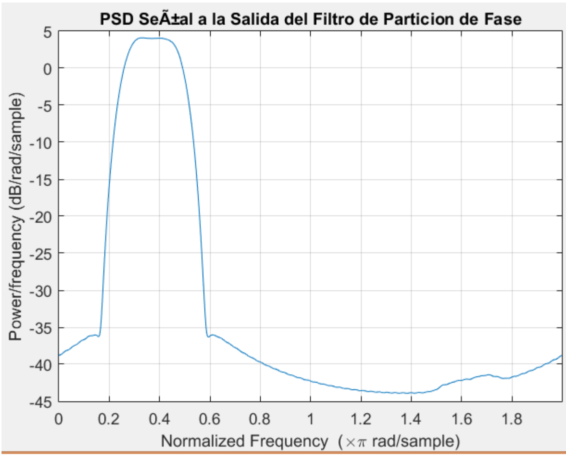
se puede demostrar que

$$Re\{s(t)_{modulada}\} * \phi(t) = \frac{1}{2}(Re\{s(t)_{modulada}\} + j.Im\{s(t)_{modulada}\})$$

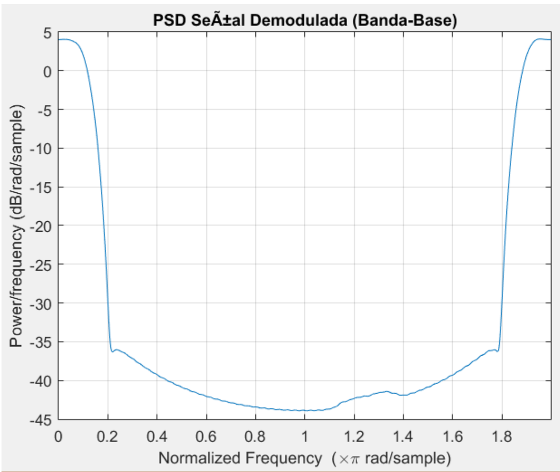
Donde la parte imaginaria no es mas que producto de la convolución entre la parte real de la señal modulada y el filtro de Hilbert, lo que justamente hace la simulación. La respuesta al impulso de éste es:



y el espectro de la señal luego de pasar por el filtro de partición de fase,



La cual es similar a la modulada compleja antes de transmitirse. Luego se demodula con una exponencial compleja, y el resultado es el siguiente:



Se observa que la señal es recuperada correctamente, ya que no existe presencia de ruido ni distorsion del canal.

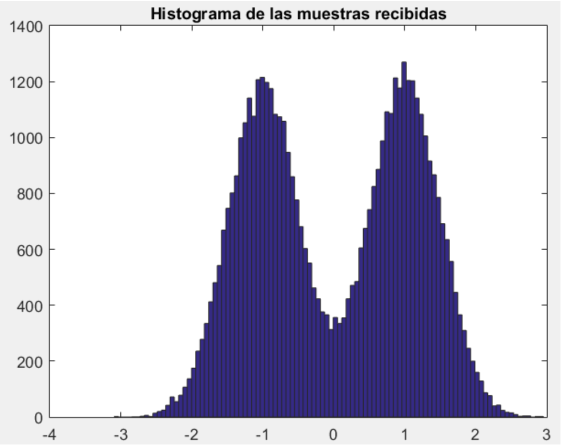
TRABAJO PRACTICO Nº 3: Analisis de señales con ruido

En este practico se analizará qué tan fiel es la señal recibida cuando se le suma el ruido del canal. Se analizará la tasa de BER (bit error rate) de forma experimental y analítica para distintas SNR y usando una codificación de PAM2. La formula para el calculo analítico es:

$$Q(x) = \frac{1}{2} erfc\left[\frac{x}{\sqrt{2}}\right]$$

La simulación genera números binarios, los cuales se codifican en {-1,1} y a estos se les suma la parte real del ruido gaussiano generado también por la simulación. Luego se detectan dichos símbolos y se toma la decisión si se envio un 1 o un 0.

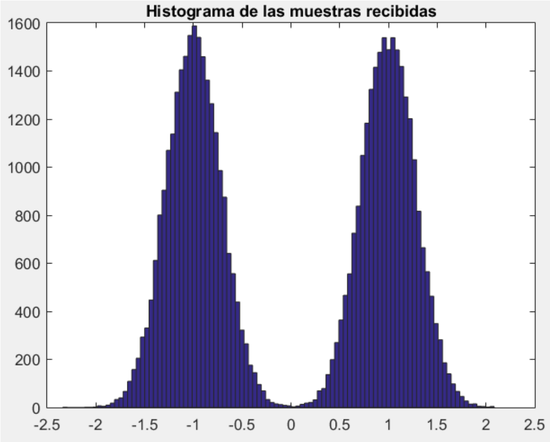
- SNR = 3:



BER experimental: 0.022920

BER analítico: 0.022878

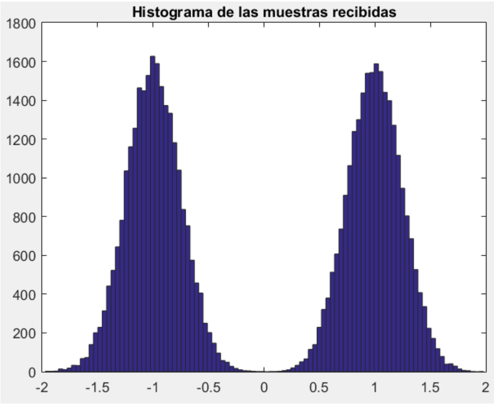
- SNR = 8:



BER experimental: 0.000240

BER analítico: 0.000191

- SNR = 15:



BER experimental: 0.000020

BER analítico: 0.000034

Es evidente que a medida que la relación señal-ruido aumenta, la tasa de errores baja considerablemente, tendiendo a 0% con SNR = 15. Además en los histogramas se observan campanas de Gauss con cada vez menos dispersión, lo que indica que más muestras recibidas están mas cercanas a los valores de los símbolos -1 y 1.