

Práctica 2: PSD DE SEÑALES ALEATORIAS

FABIO ANDRES CORZO ARGUELLO - 2180383
DIEGO ANDRES ARDILA ARIZA - 2185594
CARLOS HUMBERTO DIAZ SALAZAR -2182353

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones
Universidad Industrial de Santander

20 de septiembre de 2023

Resumen

Este informe aborda diversos aspectos relacionados con el análisis de señales en los dominios del tiempo y la frecuencia, utilizando herramientas de procesamiento de señales y software de simulación. Se examinan señales aleatorias bipolares, imágenes, señales de audio y señales binarias en términos de su contenido espectral, ancho de banda y otros parámetros clave. Además, se exploran aspectos relacionados con la cuantización de señales, la interpolación y la modulación de señales.

teorema de Wiener Khitchine de la siguiente forma: $x_1(t) = T F \rightarrow X_1(f)??$

$x_2(t) = T F \rightarrow X_2(f)$

sabiendo esto:

$x_1(t) x_2(t) = T F \rightarrow X_1(f)X_2(f)$

por ende:

$1/T_b * R_{x1}(\tau) * R_{x1} T F \rightarrow 1/T_b * S_{x1}(f)$

por ende la PSD es la siguiente:

$S_X(f) = P T_b \text{sinc}^2(f / R_b)$

1. Introducción

El análisis de señales desempeña un papel fundamental en la comunicación y la ingeniería de sistemas. En este informe, se profundiza en la comprensión de diferentes tipos de señales, desde señales aleatorias bipolares hasta imágenes y señales de audio. A través del uso de herramientas de procesamiento de señales y software de simulación, exploramos el comportamiento de estas señales en los dominios del tiempo y la frecuencia. Además, se investigan temas relacionados con la cuantización de señales, la interpolación y la modulación, lo que proporciona una visión integral de cómo se pueden analizar y manipular señales en diversas aplicaciones.

2. Procedimiento

- **Punto 2:** en este punto podemos observar que apartir de una señal aleatoria bipolar podemos observa que se forma una ventana rectangular para forma una sinc cuadrada y usando la convolucion y el

Compracion segun la entrada de bits para la señal binaria bipolar aleatoria

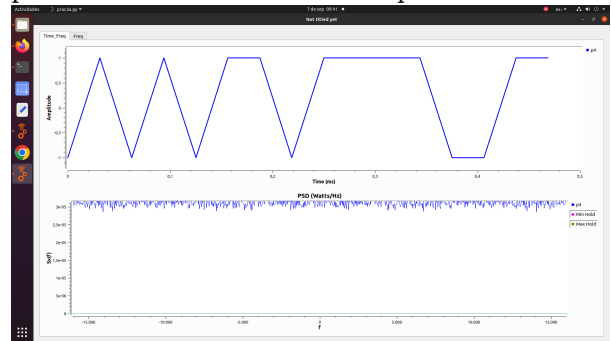


Fig 1. Análisis de tiempo y frecuencia de una señal de 1 bit

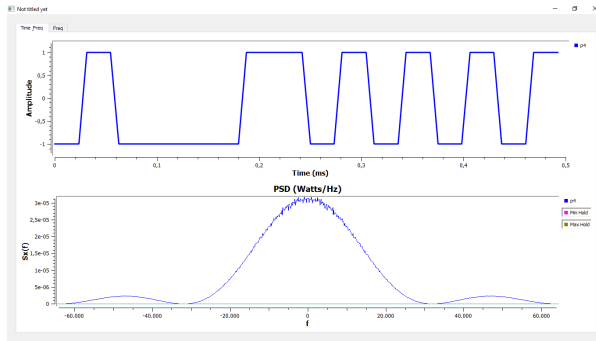


Fig 2. Análisis de tiempo y frecuencia de una señal de 4 bit

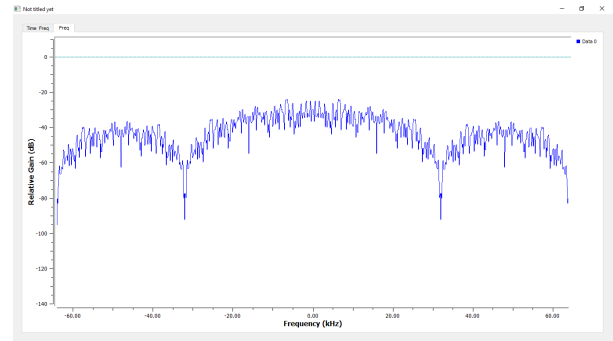


Fig 5. Análisis del espectro frecuencia de una señal de 4 bit

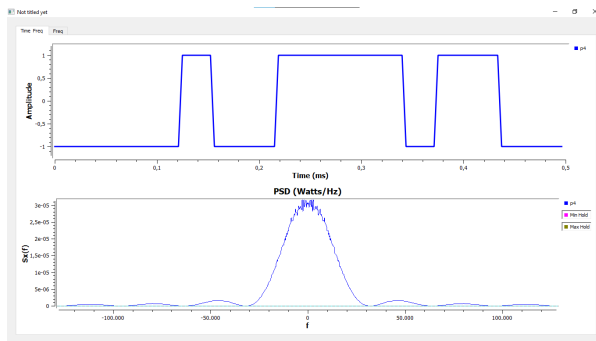


Fig 3. Análisis de tiempo y frecuencia de una señal de 8 bits

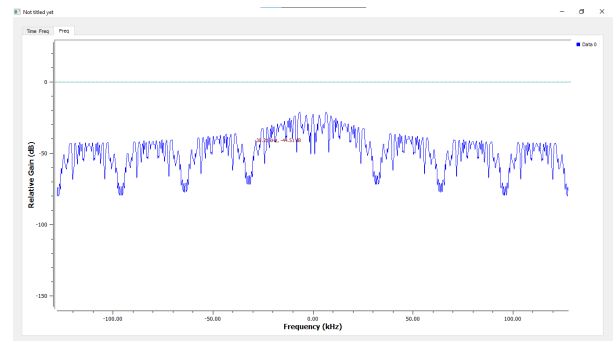


Fig 6. Análisis del espectro frecuencia de una señal de 8 bit

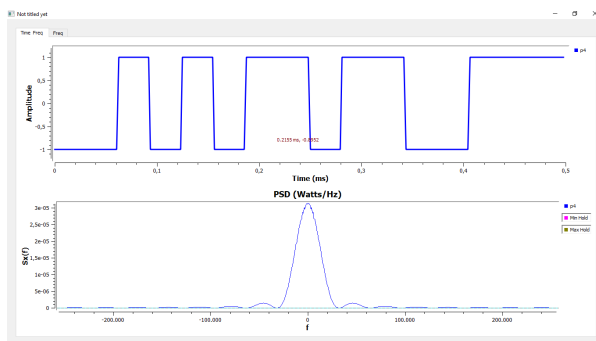


Fig 4. Análisis de tiempo y frecuencia de una señal de 16 bit

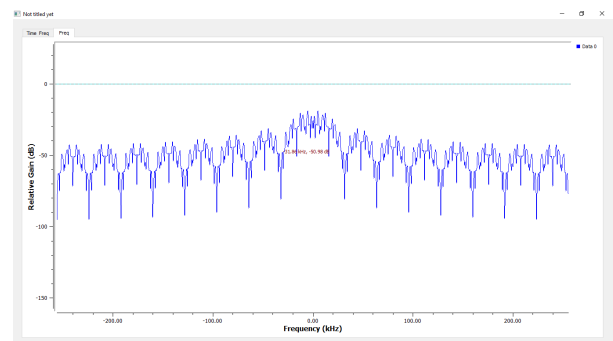


Fig 7. Análisis del espectro frecuencia de una señal de 16 bit

Donde podemos observar que a medida que se le asignan mas bits no cambia ni la potencia ni el ancho de banda pero se puede encontrar una pequeña distorsión como si fuera ruido. Por otro lado al observar el espectro en frecuencia notamos que el ancho de banda es el mismo en todos los casos a excepción del primero donde el ruido es significativo y además de eso cambia significativamente la ganancia del espectro según los bits de entrada.

- **Punto 3:** En este análisis podemos observar que el ruido blanco se intensifica según la cantidad de bit que tengamos ya que al tener 4 bits podemos notar que al tener esta cantidad de bit la ganancia de los dB varía de 30 a 45 donde muy rara vez salta a los 60 pero por otro caso cuando los bits de entrada son 16 observamos que estas variaciones de los 60 dB pasan con mayor frecuencia.

- (a) El bloque 'Interpolation FIR Filter' en GNU Radio se utiliza para aumentar la frecuencia de muestreo de una señal digital de entrada. Su funcionamiento implica recibir una señal de entrada, posteriormente realizar una interpolación al aumentar el número de muestras mediante la inserción de ceros, seguida de la aplicación de un filtro. Como resultado, se obtiene una señal de salida con una frecuencia de muestreo superior a la señal de entrada.

- Para calcular el ancho de banda de la señal se usó la siguiente fórmula $B = Rb/Sps$ donde Rb es la tasa de bits y Sps el número de símbolos por segundo.

- (b) rta punto b

- El parámetro de interpolación en el bloque se refiere a la tasa de muestreo, lo que significa que se generan más muestras por unidad de tiempo. El valor predeterminado del parámetro de interpolación en el bloque es "Sps". al colocar otro valor en el parámetro de interpolación, el bloque intentará interpretarlo como la tasa de muestreo deseada. Sin embargo, esto puede tener consecuencias no deseadas si se decide tomar una tasa muy baja.
- Cambiaría P4 por p3 el dilema es que al hacer el análisis se estaría viendo un impulso al infinito en la PSD.
- rta punto b.3
- La fórmula para calcular la frecuencia de muestreo en p3 si se conoce una frecuencia de muestreo en p4 y su SPS es la siguiente:

$$F \text{ muestreo} = F \text{ muestreo anterior} \times SPS$$

- (c) Esto es debido a la Cuantización de las señales además que es diferente para cada señal ya que para una señal de audio esta varía a una gran medida según la tasa de muestreo haciendo que en la PSD se observen características del espectro de la señal original en la binaria, por otro lado en las imágenes están basadas en la intensidad de colores esto hará que en el espectro de la señal haya una gran cantidad de variaciones de ella.
- (d) En nuestro sistema, empleamos el bloque 'Throttle' para gestionar la velocidad de muestreo. En este escenario, configuramos una frecuencia de muestreo de 512,000 muestras por segundo.

- (e) Si no se realiza la conversión a una señal bipolar de -1 a 1 y la señal solo tiene valores de 0 a 1, esto puede afectar la PSD de la señal. La PSD de una señal depende de su contenido espectral y su amplitud. Al limitar los valores de la señal a un rango más estrecho (0 a 1 en lugar de -1 a 1), se reduce la potencia y, por lo tanto, la PSD resultante es diferente.
- (f) si, como pudimos observar en el punto 3 coincide que tenga un ancho de banda infinito ya que no hay un punto donde se estabiliza la señal.
- (g) Desde una perspectiva teórica, una señal binaria se considera que tiene un ancho de banda infinito. Sin embargo, en la práctica, esta idea se enfrenta a limitaciones debido a las restricciones tanto del software como del hardware en términos de capacidad de procesamiento. Esto se refleja claramente en la siguiente figura, donde se aprecia que la señal presenta un ancho de banda finito.

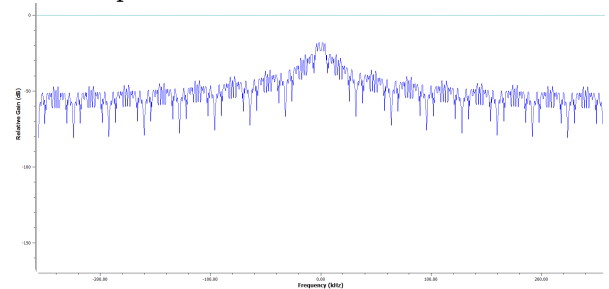


Fig 12. Analisis en frecuencia señal binaria.

- (h) Esta fórmula se basa en la relación entre la frecuencia de muestreo, el SPS y el ancho del lóbulo principal en la PSD:

$$\text{Num de lóbulos} = \frac{F \text{ muestreo}}{2 \times SPS}$$

Esta fórmula estima el número aproximado de lóbulos en la PSD dividiendo la frecuencia de muestreo por dos veces el SPS

- (i) Al tener el Rb podemos definir $BWs = Rb$ y esto nos da el ancho de banda que ocupa una sola muestra, una vez hecho esto podemos hallar el ancho de banda total que es el número de muestras totales por el valor de cada muestra $BW_{Total} = SPS * Rb$ y así calculamos el ancho de banda total.
- (j) La resolución espectral del analizador de espectros se calculó utilizando la siguiente fórmula, $RBW = Frecuencia de Muestreo / N$,

donde N es el número de puntos utilizados en la transformada de Fourier.

- (k) Cuando en el bloque 'Unpack K Bits' es 16 aumenta el número de lobulos en su PSD.
- (l) Para calcular la frecuencia de muestreo establecemos seria de la siguiente forma $F_s = 2 * \text{ancho de banda} * \text{numero de lobulos}$ esto debido al teorema de nyquist ya que la f_s debe ser al menos el doble del ancho de banda de la señal.
- (m) La frecuencia de muestreo a la salida se calculó de la siguiente manera: $F_{ssalida} = F_{sentrada} * K$. Donde K es el numero de bits que desempaca cada muestra. Es un cálculo bastante directo ya que solo es multiplicar esos valores.
- (n) La frecuencia de muestreo de salida del bloque 'Char to Float' es la misma que la frecuencia de muestreo de la entrada.
- (ñ)
- (o) Para cuando el el valor de SPS es 1 ya que esto da valores de -1 y 1 esto ocurre porque la tasa de muestreo es demaciado es decir que la tasa de muestreo es muy cercano a cero por no no decir que es cero
- (p) Para obtener una señal binaria aleatoria parecida a una diente de sierra se cambio el valor de h a 1, dando como resultado lo siguiente:

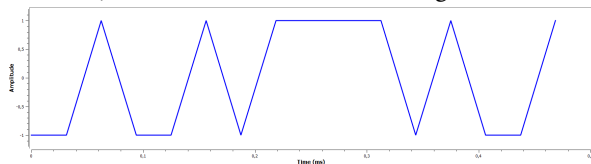


Fig 13. Diente de sierra señal binaria.

- (q) Para que la señal binaria aleatoria tenga codificación unipolar RZ se manipula 'h' de tal manera que use la mayor cantidad de Bits en este caso 16.
- (r)
- (s) Se realizaron ajustes en los valores de 'h', 'Constant Source' a -1 y 'Multiply Const' a -1 con el propósito de generar una señal que siguiera el esquema de modulación OOK (On-Off Keying, que en español significa Modulación de Clave de Encendido/Apagado). Como resultado de estas modificaciones, se obtuvo el siguiente comportamiento en la señal:

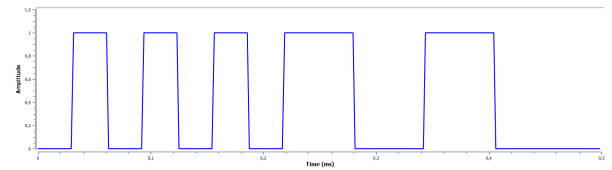


Fig 14. Señal OOK.

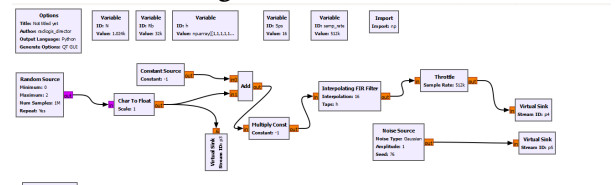


Fig 15. Diagrama para la señal OOK.

- (t) Configuración del filtro de interpolación: El filtro de interpolación se utiliza para aumentar la tasa de muestreo de la señal binaria y prepararla para la modulación BPSK. Puedes ajustar los parámetros del filtro, como el ancho de banda y la respuesta en frecuencia, según tus necesidades específicas.
- Ajuste del SPS: El número de muestras por símbolo (SPS) determina la relación entre la tasa de muestreo y la velocidad de transmisión de los bits¹. Puedes ajustar el valor del SPS para controlar la forma y el ancho del espectro de la señal BPSK resultante.

3. Conclusiones

- Señales Aleatorias Bipolares: Se observó que a medida que se asignan más bits a una señal binaria aleatoria bipolar, no cambia significativamente la potencia ni el ancho de banda, pero se introduce una pequeña distorsión que se asemeja al ruido. Además, se notó que la ganancia del espectro varía según la cantidad de bits de entrada, con un impacto más significativo en la señal inicial.
- Ruido en Señales de Audio: El análisis de señales de audio reveló que el ruido blanco se intensifica con la cantidad de bits utilizados. Cuanto mayor es el número de bits, más frecuentes son las variaciones en la ganancia del espectro. Esto tiene implicaciones importantes para el diseño de sistemas de audio y la gestión del ruido en señales de alta resolución.
- Interpolación y Modulación de Señales: Se exploraron técnicas de interpolación para aumentar la frecuencia de muestreo de señales digitales y se estudiaron los efectos de la modulación en la forma

de la señal. Es crucial comprender cómo estos procesos pueden alterar el contenido espectral y el ancho de banda de las señales, ya que esto tiene un impacto directo en la calidad y la transmisión de la información.

- La diferencia en la Densidad Espectral de Potencia (PSD) al analizar diferentes imágenes radica en las características intrínsecas de cada imagen. La PSD refleja la distribución de energía en el dominio de la frecuencia de una imagen y varía según la textura, contenido y detalles presentes en cada imagen. Imágenes con texturas rugosas o detalles finos tien-

den a mostrar componentes en alta frecuencia en su PSD, mientras que imágenes suaves o uniformes exhibirán menos energía en estas frecuencias. Por lo tanto, la PSD es una herramienta valiosa para caracterizar y diferenciar imágenes según su contenido y estructura.

Referencias

- [1] R. González, "Digital image processing, pearson prentice hall," 2008.