

Práctica 2: PSD Y MODULACIONES DIGITALES

BASICAS

Repositorio de GitHub

1st Bryan Steven Ayala Riveros
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Colombia
bryan2194676@correo.uis.edu.co

2nd Daniel Leonardo Gonzalez Gamba
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Colombia
daniel2215727@correo.uis.edu.co

Abstract—This paper examined the implementation and analysis of random signals, with a focus on the Power Spectral Density (PSD) of binary bipolar random signals. The study involved the transmission and analysis of real-world signals such as sound and images, using real-time signal processing techniques. Parameters such as symbol rate and bit rate were adjusted to observe their effect on the PSD and signal reconstruction. The results showed the impact of these parameters on signal performance and provided insights into optimizing signal transmission and reconstruction in software-defined radio systems.

Index Terms—Binary signal, Bipolar signal, Unipolar signal, PSD, Sampling frequency, Bit rate, SPS.

I. INTRODUCTION

El tema principal de este informe es el análisis de la densidad espectral de potencia de señales aleatorias. Estas señales, como se menciona en el libro de Ortega y Reyes, solo se definen dentro de un intervalo de observación, lo que impide predecir su forma exacta. Comprender cómo se distribuye la potencia de una señal a lo largo de las frecuencias es esencial para optimizar su transmisión y evitar interferencias, un concepto fundamental en comunicaciones.

El análisis de la densidad espectral de potencia es crucial en las comunicaciones porque permite gestionar el uso del espectro de frecuencias de manera eficiente, como se explica en la guía. Al observar cómo se distribuye la potencia a través de diferentes frecuencias, podemos mejorar el rendimiento del sistema de transmisión. ajustamos varios parámetros clave, como la tasa de bits, la tasa de símbolos y la frecuencia de muestreo, que tienen un impacto directo en el comportamiento de la señal. La tasa de bits se refiere a la cantidad de información transmitida por segundo, mientras que la tasa de símbolos indica cuántos símbolos se envían por segundo. La frecuencia de muestreo se refiere a cuántas muestras se toman por segundo de la señal analógica, lo que influye en su calidad.

Además, en el laboratorio se utilizó un filtro de interpolación, que ayuda a mejorar la definición de la señal al añadir puntos entre las muestras originales. Este proceso permite que los bits transmitidos sean más claros y definidos, evitando distorsiones que puedan afectar la transmisión. Es un paso importante para asegurar que la señal se transmita de manera adecuada y pueda ser reconstruida correctamente en el receptor, sin problemas de saturación.

II. METHODOLOGY

Este laboratorio se llevó a cabo mediante prácticas con un SDR.

A. Señal binaria aleatoria bipolar

La práctica se centró en la creación y análisis de señales digitales, particularmente una señal binaria aleatoria bipolar. El primer paso fue un análisis exhaustivo del diseño del sistema. Esto implicó examinar cómo los componentes individuales (bloques) se interconectaban y cómo su configuración afectaba el flujo de datos. Un componente crucial fue el filtro de interpolación, cuya función principal era aumentar la tasa de muestreo de la señal, un aspecto fundamental para su correcta visualización y procesamiento.

Una vez que se entendió el diseño, la siguiente fase fue la generación de la señal. Para ello, se creó una señal aleatoria binaria bipolar. Esto significa que la señal representaba bits (unos y ceros) utilizando dos valores de voltaje opuestos, como +1 y -1. Se manipularon parámetros clave como la tasa de bits (la velocidad a la que se transmiten los bits), la frecuencia de muestreo (el número de puntos por segundo que definen la señal) y el ancho de banda (el rango de frecuencias que ocupa). El objetivo era observar cómo estos ajustes, especialmente la relación entre la frecuencia de muestreo y la tasa de bits (conocida como SPS, o muestras por símbolo), alteraban la forma de la señal en el tiempo y su espectro de potencia en la frecuencia.

Finalmente, se integró el ruido blanco al sistema. El ruido blanco es un tipo de ruido con una potencia que está uniformemente distribuida en todas las frecuencias, y se le llama "blanco" por su analogía con la luz blanca, que contiene todas las longitudes de onda. Se realizaron ajustes en el flujo para observar cómo este tipo de ruido se comportaba en los dominios de tiempo y frecuencia, y cómo interactuaba con la señal binaria que se había generado previamente. El objetivo fue comprender sus características fundamentales, tanto su aleatoriedad en el tiempo como su espectro plano en la frecuencia.

B. Configuración de bloques para el análisis de ruido blanco

Aquí se muestra la figura con los bloques utilizados para generar y analizar el ruido blanco en el tiempo y su PSD.

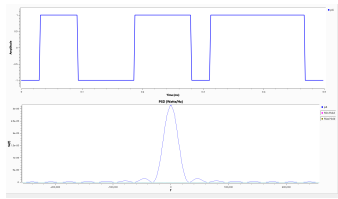


Fig. 1. Señal bipolar y su PSD

Luego, se continuó con la integración de señales provenientes del mundo real. Para esto, se sustituyó el bloque Random Source por el bloque File Source como se ve en la figura.

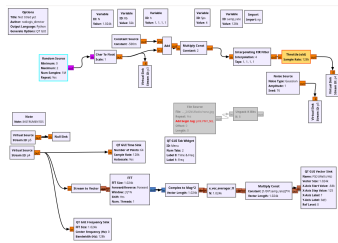


Fig. 2. Flujograma señal aleatoria

C. Bloques utilizados para la carga archivos reales

Se incluye la figura con los bloques para cargar y procesar la imagen de la rana y el archivo de audio.

El cual permitió cargar archivos de audio e imagen. El primer archivo cargado fue una imagen de una rana en formato JPG, y el segundo, un archivo de audio en formato WAV.

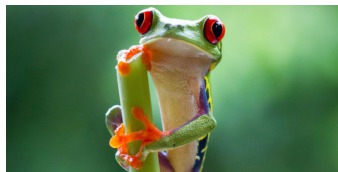
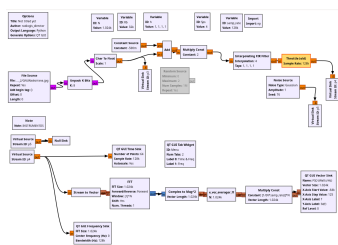


Fig. 4. Señal real de una rana

Estos archivos fueron leídos y procesados utilizando los bloques correspondientes, permitiendo la observación de cómo estas señales se comportaban en el dominio del tiempo y su PSD.



Fig. 5. Señal real (Audio)

III. ANALYSIS OF RESULTS

Durante el laboratorio, se observó cómo la señal binaria bipolar aleatoria se ve afectada por la variación del parámetro de muestras por símbolo. Cuando este valor es bajo, la señal muestra cambios abruptos entre los símbolos, ya que no hay suficientes muestras para suavizar las transiciones. Esto provoca que la señal se vea más aleatoria. Al aumentar el valor de este parámetro, la señal comenzó a reconstruirse de manera más clara, mostrando una forma más definida y fácilmente interpretable.

A. Resultados con diferentes valores de SPS

Esta figura muestra cómo cambia la señal al variar el valor de SPS. Con valores bajos de SPS, la señal se ve más aleatoria, mientras que con valores más altos, la señal tiene una reconstrucción más definida.

Un aspecto crucial en este proceso fue el bloque Interpolating FIR Filter. Este filtro aumentó la tasa de muestreo de la señal, insertando muestras interpoladas entre las originales. Como resultado, la señal adquirió una mejor definición y calidad, facilitando su reconstrucción. Sin este filtro, la señal era menos clara, y su interpretación se complicaba. Esto confirma la importancia del filtro de interpolación en la mejora de la calidad de la señal.

Además, la variable h , que representa los coeficientes del filtro, desempeñó un papel importante en el proceso. Al ajustar los valores de h , se modificaron las características del filtro de interpolación, lo que afectó la cantidad de muestras insertadas y cómo estas ayudaron a formar una señal más nítida y precisa. Dependiendo de los valores de h , la suavización y precisión de la señal reconstruida podían mejorar o empeorar, lo que confirmaba su influencia directa en la calidad de la señal final.

En cuanto al ruido blanco, se observó que la potencia de la señal permanecía constante a través de todas las frecuencias en el rango observado. Sin embargo, el software limitaba el rango de análisis, lo que impedía observar un ancho de banda infinito como se define teóricamente. A pesar de este límite, el comportamiento observado fue consistente con la teoría, ya que la distribución de la potencia del ruido blanco fue constante.

B. Cambios de SPS en el dominio de la frecuencia y en la PSD

Al trabajar con señales provenientes del mundo real, como la imagen de la rana y el archivo de audio, se observó cómo estas señales se comportaban tanto en el dominio del tiempo como en la frecuencia. Al ajustar el parámetro de interpolación

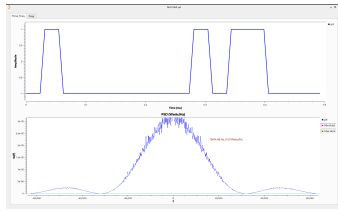


Fig. 6. Valor de sps 4

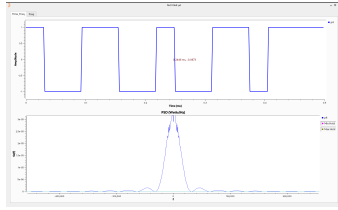


Fig. 7. Valor de sps 16

y el valor de h , se mejoró la calidad de la reconstrucción de ambas señales, lo que mostró la influencia de estos parámetros en la transmisión y reconstrucción de señales en sistemas de comunicación.

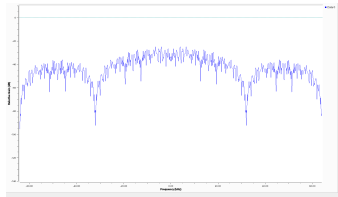


Fig. 8. Imagen - Dominio de la frecuencia valor de sps 4

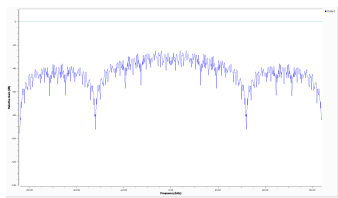


Fig. 9. Imagen - PSD valor de sps 4

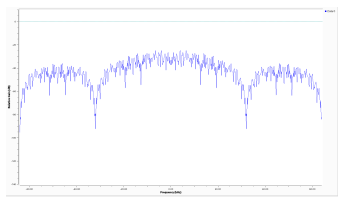


Fig. 10. Audio - Dominio de la frecuencia valor de sps 4

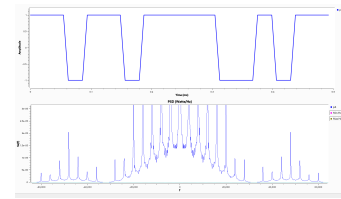


Fig. 11. Audio - PSD valor de sps 4

tasa de bits (R_b) y el factor de interpolación (h) impactó de manera significativa la distribución de la energía espectral de la señal. En particular, al incrementar el número de muestras por símbolo (Sps), se observó un aumento en la frecuencia de muestreo (f_s), lo que resultó en una mayor cantidad de muestras por cada símbolo. Este ajuste provocó que, en el dominio de la frecuencia, la densidad espectral de potencia (PSD) mostrara más lóbulos, lo que indicaba una mayor precisión en la representación de la señal.

Además, se evidenció que las señales provenientes del mundo real, como las imágenes y las señales de audio, presentaron comportamientos diferenciados en su análisis de frecuencia. Mientras que la señal de audio, que tiene un comportamiento continuo, mostró una PSD relativamente uniforme, la imagen mostró variaciones más abruptas en sus píxeles, lo cual afectó su distribución de potencia. Esto demuestra cómo las características de cada tipo de señal influyen de manera distinta en su comportamiento en el dominio de la frecuencia y la PSD.

REFERENCES

- [1] J. Ortega and A. Reyes, Comunicaciones: Principios y aplicaciones, 2^a ed. Bogotá, Colombia: Editorial Técnica, 2020.
- [2] JGuía de laboratorio: Análisis de señales aleatorias utilizando GNURadio, Universidad de Santander

IV. CONCLUSIONS

A lo largo de la práctica, se observó que la variación de parámetros como el número de muestras por símbolo (Sps), la