

## Practica 4: LA MODULACION DE M-PSK

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

4 de Noviembre de 2023

### Resumen

La modulación por desplazamiento de fase M-PSK (Modulation by Phase Shift Keying) desempeña un papel central en un amplio espectro de aplicaciones de comunicación, abarcando desde la transmisión de datos a través de satélites hasta las comunicaciones de telefonía móvil y las redes de fibra óptica. En su esencia, esta técnica de modulación se basa en la habilidad de variar la fase de una señal portadora para codificar información de manera eficaz y robusta. Al alterar la fase de la portadora, la modulación M-PSK permite transmitir datos de manera eficiente, incluso en condiciones adversas, y se ha convertido en un pilar esencial en el mundo de las comunicaciones modernas, desempeñando un papel fundamental en la transmisión de información en una amplia gama de aplicaciones tecnológicas críticas para la sociedad.

### 1. Introducción

Este informe se centra en el análisis del concepto de modulación MPSK (Modulación por Desplazamiento de Fase Múltiple), profundizando en aspectos clave como los diagramas de constelaciones, las tablas de verdad y la influencia del ruido en las constelaciones. Mediante la utilización de herramientas avanzadas, como GNU Radio, se ha llevado a cabo una exploración detallada del comportamiento de estos conceptos. Este estudio contribuye al avance del conocimiento en el campo de las comunicaciones al proporcionar una comprensión más sólida y permitir el descubrimiento de nuevas perspectivas en esta área fundamental.

### 2. Procedimiento

- **Punto 2:** link al repositorio:[https://github.com/FabioCorzo1999/Commu2\\_2023\\_2\\_Grupo2/tree/Practica\\_4](https://github.com/FabioCorzo1999/Commu2_2023_2_Grupo2/tree/Practica_4)
- **Punto 2:** Para llevar a cabo este proceso, comenzamos utilizando una fuente aleatoria que genera dos niveles para crear una fuente binaria. Conectamos esta fuente a un bloque de visualización temporal (Time Sink) para observar la señal binaria. Luego, creamos una señal M-PAM al utilizar un bloque que nos permite agrupar una cantidad específica de bits en símbolos. Para visualizar adecuadamente estos símbolos, ajustamos la frecuencia de muestreo, ya que al empaquetar bits, obtendremos un número de símbolos que será más fácil de interpretar con una frecuencia de muestreo adecuada. También configuramos este bloque para que los valores oscilen en  $\pi/4$ , lo que proporciona una referencia de fase.

A continuación, introducimos un bloque VCO (Oscilador Controlado por Voltaje) que recibe dos valores: la fase y la amplitud. El primer valor determina la fase de la señal, y el segundo permite ajustar la amplitud de los impulsos, lo que nos permite variar la constante según lo deseado. Tras realizar estos pasos, podemos observar tanto la parte real como la parte imaginaria de la envolvente compleja.

Sin embargo, la visualización de la envolvente compleja puede no ser clara, ya que solo se muestran pulsos. Para mejorar la claridad, agregamos



un bloque de interpolación, que aumenta el número de muestras por símbolo. Esto transforma la señal en una forma de onda sinc rectangular, lo que facilita la comprensión de la envolvente compleja.

- **Punto 3:** Obtenga el ancho de banda de la envolvente compleja.

Para poder obtener el ancho de banda usamos la Regla de los 3Db el cual consiste en reducir 3Db para obtener mas o menos un rango aproximado del ancho de banda a partir del analisis en frecuencia.

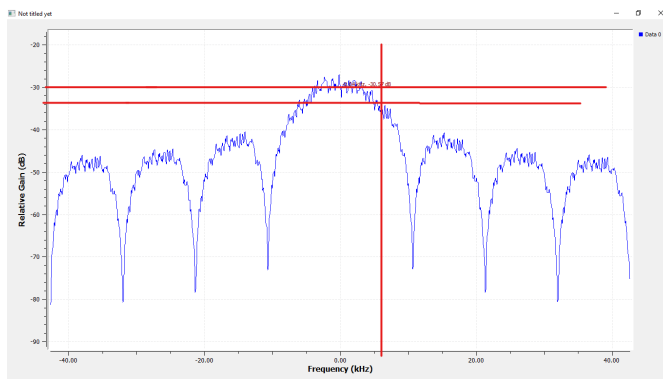


Fig. 1: Ancho de banda a partir de la regla de los 3Db

Como podemos observar en la imagen 1 el ancho de de banda es aproximada mente 6kHz dependiendo de la aproximacion que le demos.

- **Punto 4:** En una señal modulada M-PSK, el espectro pasa por cero en puntos específicos donde las componentes de frecuencia positivas se entrelazan con las componentes de frecuencia negativas. Estos puntos de cruce en el espectro están directamente relacionados con la tasa de símbolos( $R_s$ ), que representa cuántos símbolos se generan por unidad de tiempo en la señal. Cuanto más alta sea la tasa de símbolos( $R_s$ ), más cercanos estarán estos puntos de cruce, ya que los picos de frecuencia asociados con cada símbolo se agruparán más estrechamente en el dominio de la frecuencia. La relación entre la tasa de símbolos( $R_s$ ) y la disposición de los picos en el espectro es crucial en el diseño de sistemas de comunicación y la detección de símbolos en receptores. Todo esto se ilustra mejor a través de la siguiente imagen.

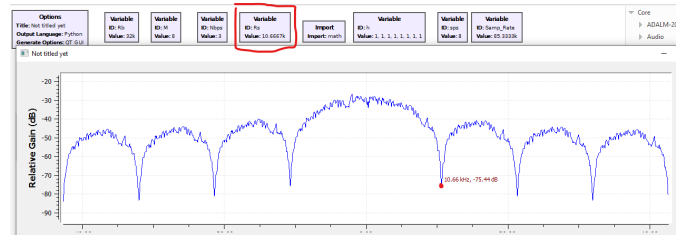


Fig. 2: Relacion entre el espectro en cero y la tasa de simbolos ( $R_s$ )

- **Punto 5:**

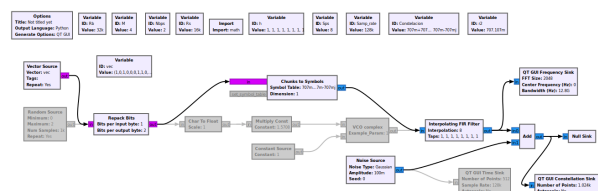


Fig. 3: Diagrama de bloques GNU

4PAM	Clave gray		Constelación	
			Re	Im
0	0	0	0,707	0,707
1	0	1	-0,707	0,707
2	1	1	-0,707	-0,707
3	1	0	0,707	-0,707

Fig. 4: Tabla de verdad

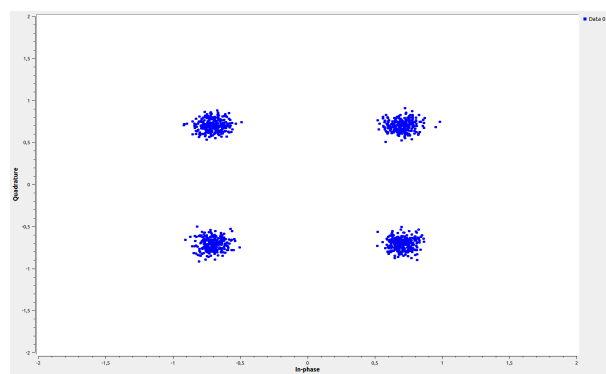


Fig. 5: Diagrama de Constelacion

- **Punto 6:**

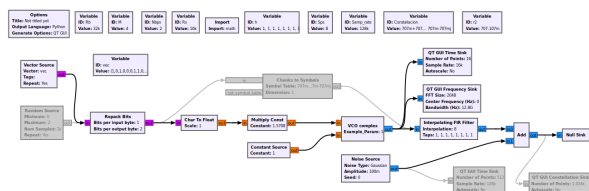


Fig. 6: Tabla de verdad

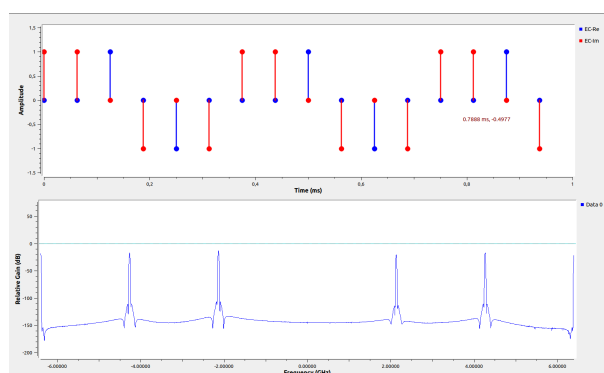


Fig. 7: Diagrama de Constelacion

- **Punto 7:** Para abordar el séptimo punto de nuestro estudio, se procedió a la implementación de una modulación QPSK utilizando el diagrama de bloques representado en la Figura 8. Este proceso se llevó a cabo con el apoyo de GNU Radio [1]. Con el objetivo de simular las condiciones que se encontrarían en una aplicación real, se incorporó una fuente de ruido al final de la etapa de modulación. Este paso se consideró esencial para evaluar el desempeño de la modulación QPSK en un entorno más representativo de la práctica. [2] [3]

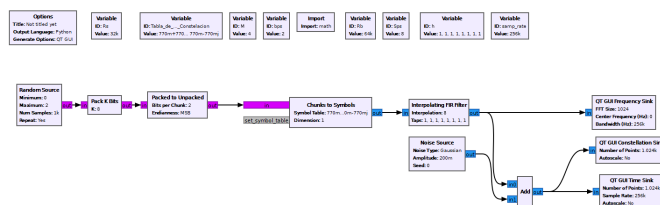


Fig. 8: Diagrama de bloques del modulador QPSK.

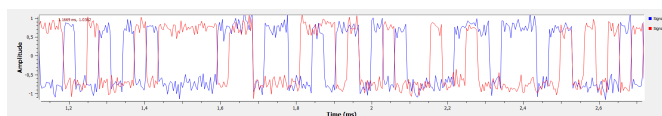


Fig. 9: Señales moduladas.

El ancho de banda de la señal modulada equivale al valor de la tasa de símbolos utilizada, que se establece en 32 kHz, tal como se evidencia en la imagen 10. Además, se observa que la Densidad Espectral de Potencia (PSD) alcanza cero en intervalos de 32 kHz, que coinciden con la tasa de símbolos. Es importante destacar que estos resultados exhiben ocho lóbulos, que se corresponden con el valor de la variable 'Sps' (muestras por símbolo). [4]

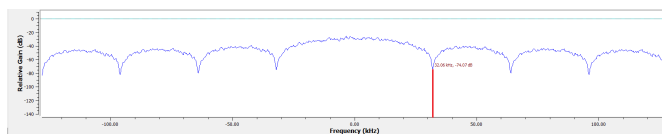


Fig. 10: Ancho de banda de la señal modulada.

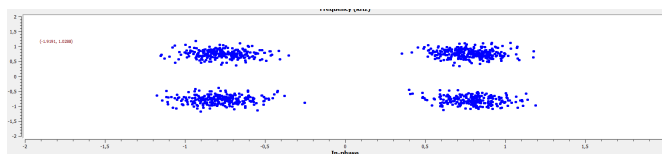


Fig. 11: Diagrama de Constelación QPSK.

- **Punto 8:** En esta etapa, se procedió a la implementación de una constelación diferente, cuyos valores varían entre 0, 90, 120 y 360 grados, como se ilustra en la Figura 12. Es evidente que esta elección de constelación influye notoriamente en la apariencia del diagrama de constelación, generando cambios visibles en su representación gráfica. No obstante, en lo que concierne a la Densidad Espectral de Potencia (PSD), se verifica que no experimenta alteraciones significativas. El ancho de banda y la distribución de lóbulos se mantienen constantes en esta configuración.

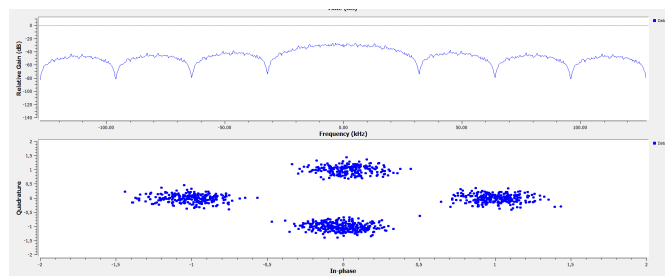


Fig. 12: Diagrama de Constelación diferente.

### 3. Conclusiones

- La visualización y análisis de señales moduladas, como la señal M-PAM, implica una serie de pasos que incluyen la generación de la señal, la ajuste de la frecuencia de muestreo, la variación de la fase y amplitud, y la interpolación para mejorar la representación de la envolvente compleja. Estos pasos son esenciales para comprender la señal en su totalidad y extraer información relevante de ella.
- La relación entre la tasa de símbolos ( $R_s$ ) y la disposición de los picos en el espectro de la señal modulada M-PSK es un aspecto crítico en el diseño de sistemas de comunicación. Cuanto mayor sea la tasa de símbolos, más cercanos estarán los puntos de cruce en el espectro, lo que puede afectar la eficiencia de la transmisión y la capacidad de detección de símbolos en receptores. Esta relación se ilustra claramente en la figura proporcionada, donde se puede observar cómo la tasa de símbolos afecta la distribución de los picos en el espectro.

- Se ha observado que la elección de la constelación utilizada no ejerce influencia en el ancho de banda ni en la configuración de los lóbulos de la señal modulada. La única variación apreciable se presenta en el diagrama de constelación.
- En una comparación entre el ancho de banda de una señal modulada BPSK y el ancho de banda de una QPSK, se observa que el ancho de banda de la QPSK es menor, lo que representa una ventaja significativa. Esta reducción en el ancho de banda es beneficiosa, ya que nos permite obtener un mayor rendimiento en términos de eficiencia espectral, lo que se traduce en una ganancia de ancho de banda.

### Referencias

- [1] comdiguis.older, "Modulación 8psk en gnu radio usando dos métodos: Vco y tabla de verdad." [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=47FUTpV7y4A>
- [2] —, "Implementacion de un modulador m-psk en gnu radio. en particular qpsk." [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=2rsu-c26Tqo>
- [3] "Github." [Online]. Available: [es.wikipedia.org/wiki/GitHub](https://es.wikipedia.org/wiki/GitHub)
- [4] S. C. Óscar M, "Capítulo 6.1 Modulación Angular," *Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba*. [Online]. Available: <https://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/electronicaaplicadaiii/Aplicada/Cap06FM1-1.pdf>