

Práctica 5: MODULACIÓN DE PULSOS.

Martínez González Brayan Camilo - 2194667
William Andres Ariza Villamizar - 2184684
Perdomo Morales Andrés Felipe - 2195534

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

15 de Febrero del 2023

Resumen

En el presente informe se da a conocer la modulación PAM y PWM, las cuales son técnicas de modulación importantes no solo en la comunicación, sino que también en el control de sistemas electrónicos. La modulación PAM permite la transmisión de señales digitales en canales analógicos, mientras que la modulación PWM permite el control de la potencia entregada a dispositivos electrónicos, lo que permite el control de la velocidad y la posición de motores eléctricos y otros sistemas similares. Por lo tanto, se hará un énfasis mayor sobre los dos tipos de modulación, apoyados del software asistido GNU Radio para generar dichas modulaciones de una señal generada tipo coseno. Analizando así la modulación PAM por muestreo natural en el dominio del tiempo como también analizar las formas de onda de las señales con relación al muestreo, ancho del pulso y así mismo la ya mencionada en el dominio de la frecuencia. Dicha modulación es correspondiente a la señal moduladora analógica (SM) y la portadora digital (SP). En el proceso de la modulación de la señal, se realiza un muestreo de la señal moduladora, obteniendo así las muestras que construyen los distintos tipos de señal modulada. Adicional, se configura los parámetros de ancho de pulso, ciclo útil y la relación de la frecuencia entre tres pulsos y la señal del mensaje. Se realizan modulaciones PAM con diversas formas de onda, usando GNU Radio.

1. Introducción

Las diferentes modulaciones de pulsos, como la modulación por amplitud de pulso (PAM), la modulación por ancho de pulso (PWM) y la modulación por posición de pulso (PPM), comparten el hecho de que todas se basan en la manipulación de la forma de los pulsos para transmitir información o controlar sistemas electrónicos. Sin embargo, cada tipo de modulación de pulso tiene características distintivas que las diferencian. La PAM se enfoca en la amplitud de los pulsos, mientras que la PWM se enfoca en el ancho de los pulsos, y la PPM se enfoca en la posición de los pulsos en el tiempo. El ancho de pulso se refiere a la duración del pulso en la señal

modulada, y es importante porque puede controlar la cantidad de energía que se transmite en cada pulso. Además, el ancho de pulso puede controlar la velocidad o la posición de los dispositivos electrónicos que se controlan mediante la señal modulada.

De las señales moduladas en amplitud de pulso y por ancho de pulso, se puede obtener información importante sobre la amplitud, el ancho y la forma de los pulsos en el dominio del tiempo, y sobre la distribución de energía de las señales en el dominio de la frecuencia. Por ejemplo, la modulación por amplitud de pulso se utiliza a menudo para transmitir señales de audio y de video, mientras que la modulación por ancho de pulso se utiliza en aplicaciones de control de motores y en sistemas de alimentación de energía.

La multiplexación de varias señales en el dominio del tiempo es importante porque permite compartir un canal de comunicación o un recurso limitado, como una línea de transmisión o un espectro de frecuencias. La multiplexación puede ser realizada mediante técnicas como la multiplexación por división de tiempo (TDM) y la multiplexación por división de frecuencia (FDM), y es esencial en aplicaciones como la transmisión de señales de televisión, telefonía y redes de datos.

2. Procedimiento

1. Para poder medir el ancho del pulso en el analizador de espectro se debe tener en cuenta la siguiente imagen:

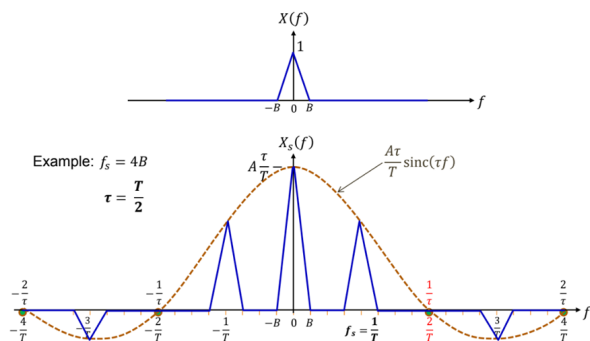


Fig. 1: Densidad espectral de potencia de una señal PAM:

Observando la imagen anterior se puede determinar que el ancho del pulso depende del valor de τ , en este caso el ancho del pulso es del 50 % ya que τ es $T/2$, pero si esto cambiara como por ejemplo $T/4$ tendríamos un ancho del pulso de 25 % y se observarían 7 picos principales en el analizador de espectro. Ahora, no solamente en el dominio de la frecuencia se puede observar este parámetro, en el osciloscopio también se puede determinar como se puede observar a continuación:

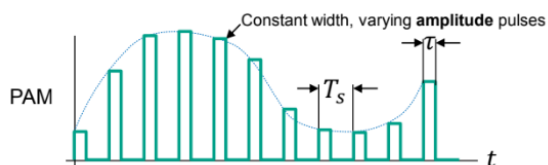


Fig. 2: Pulsos de una señal PAM.

Algo por incluir es que las modulaciones PAM, PWM y PPM se puede observar en el osciloscopio y determinar de formas sencilla el ancho del pulso, pero si nos vamos al dominio de la frecuencia, la modulación PWM y PPM es mas compleja de entender relacionado al ancho del pulso.

Vamos a hacer variaciones en el ciclo útil para el modulador PAM:

haya entre estos dos parámetros sea de 100, que me indica la cantidad de muestras en un periodo del pulso.

1. Señal coseno.

Con 50 % de ciclo útil:

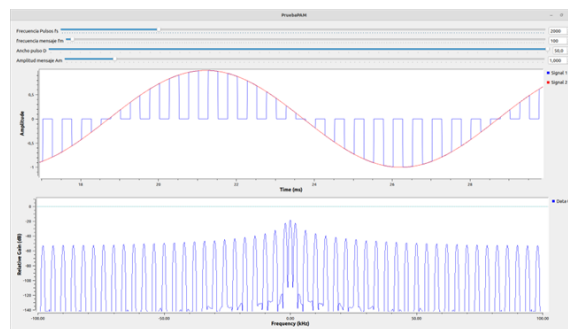


Fig. 3: En el GNURADIO se puede observar que en función del tiempo se tiene un ciclo útil del 50 % y en la frecuencia como se observó en clase los 3 picos centrales.

Como se ve a continuación:

Natural sampling

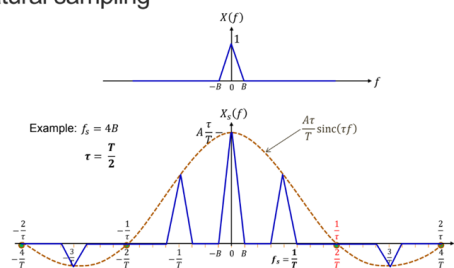


Fig. 4: Densidad espectral de potencia de una señal PAM con ciclo útil del 50 %.

Ahora se analizará tanto en el osciloscopio como en el analizador de espectro:

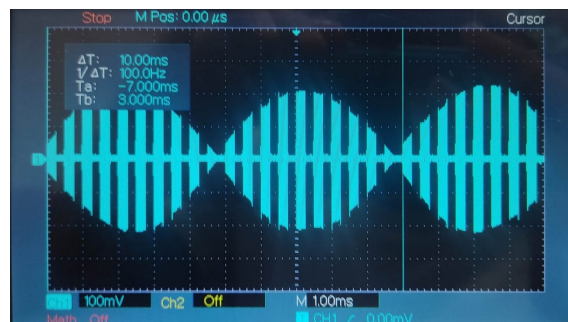


Fig. 5: Aquí se evidencia la frecuencia del mensaje de 100Hz.

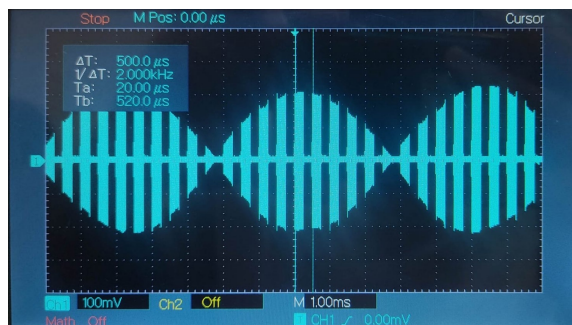


Fig. 6: Aquí se evidencia la frecuencia del pulso de 2kHz.

Natural sampling

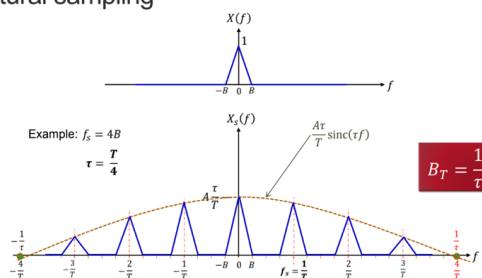


Fig. 9: Densidad espectral de potencia de una señal PAM con ciclo útil del 25 %.



Fig. 7: Densidad espectral de potencia de la señal al 50 %, o en relación con $T/2$.

Ahora se analizará tanto en el osciloscopio como en el analizador de espectro:

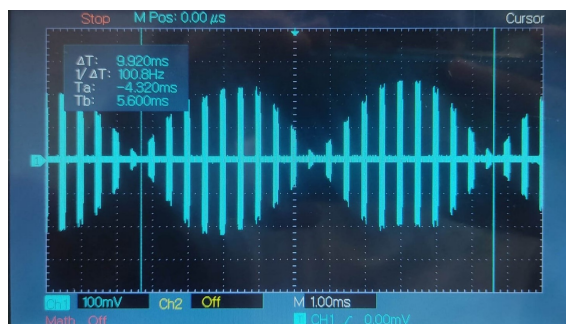


Fig. 10: Aquí se evidencia la frecuencia del mensaje de 100Hz.

Con 25 % de ciclo útil:

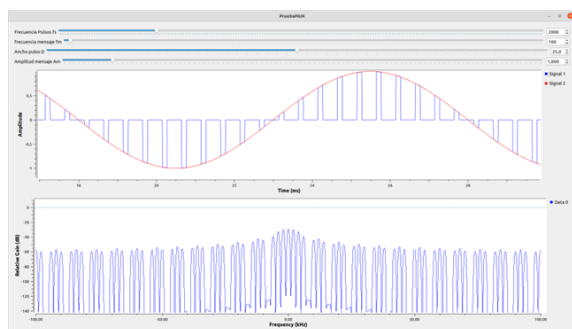


Fig. 8: En el GNURADIO se puede observar que en función del tiempo se tiene un ciclo útil del 25 % y en la frecuencia como se observó en clase los 7 picos centrales.

Como se ve a continuación:

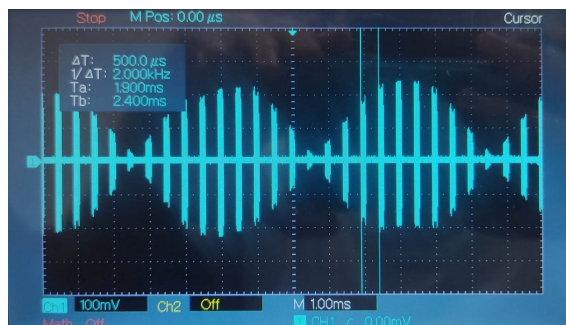


Fig. 11: Aquí se evidencia la frecuencia del pulso de 2kHz.

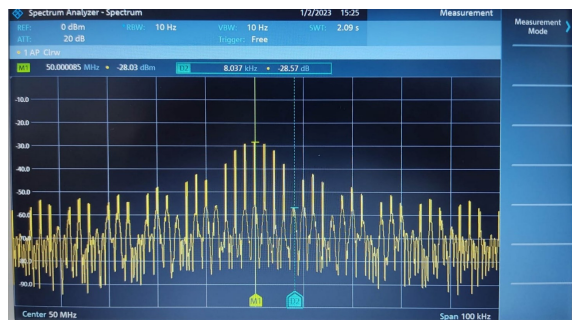


Fig. 12: Densidad espectral de potencia de la señal al 25 %, o en relación con $T/4$.

Como se pudo observar el ancho de banda depende del valor de T de manera inversa, lo que me indica que es inversamente proporcional al periodo, y directamente proporcional a la frecuencia.

Hay que tener presente dos características importantes en la modulación PAM las cuales son la amplitud del mensaje ya que respecto a eso en el dominio de la frecuencia la potencia puede aumentar dado los armónicos, y el ancho de banda para que los picos se puedan visualizar correctamente y no se solapen, para ello se puede tener el criterio de Nyquist, esta relación se puede ver en la siguiente imagen:

Natural sampling

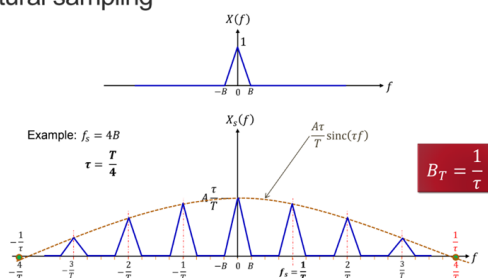


Fig. 13: Densidad espectral de potencia de una señal PAM con ciclo útil del 25 %.

La modulación PWM es muy parecida a la PAM con la variante que el ciclo útil va variando entre un rango específico, esto se puede generar con una señal de entrada coseno y una señal triangular de oscilación, y ajustando el offset y los parámetros de la señal, obtener una modulación PWM con un rango deseado, como se puede ver a continuación:

1. 10 % - 60 %

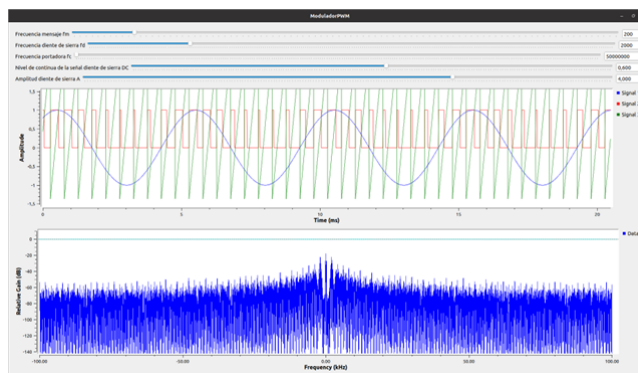


Fig. 14: Imagen de la señal en GNURADIO.

Imagen de la señal medida en el osciloscopio:

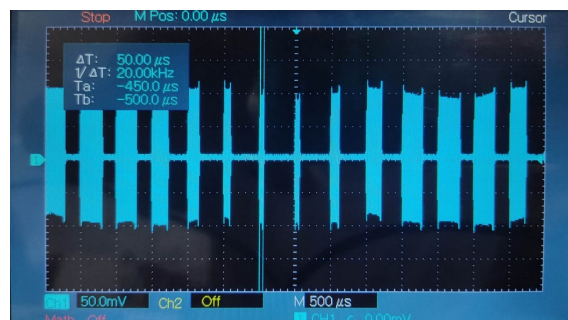


Fig. 15: 10 % del Duty Cycle.

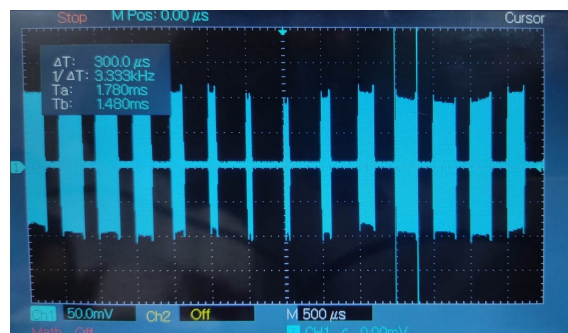


Fig. 16: 60 % del Duty Cycle



Fig. 17: Imagen de la señal medida en el analizador de espectro.

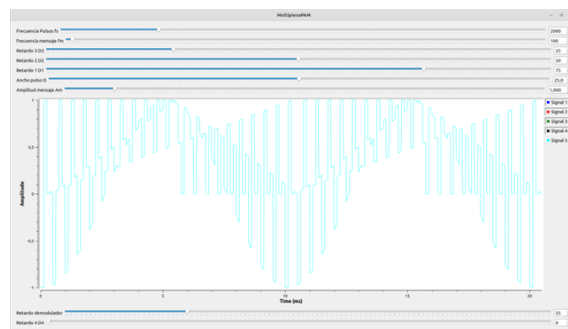


Fig. 20: Evidencia de las 4 señales multiplexadas sumadas.

Para multiplexar varias señales usando la modulación PAM, se hace lo siguiente:

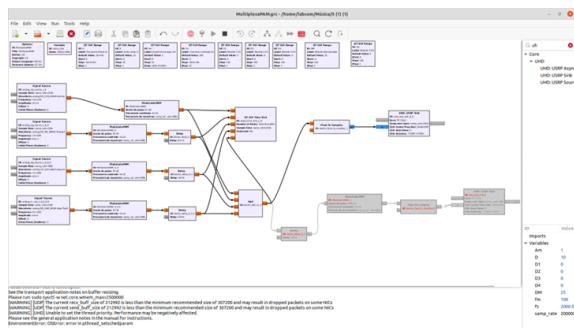


Fig. 18: Imagen de la señal en GNURADIO.

En GNURADIO se ingresan 3 señales distintas, y se le ajusta el ancho del pulso y el delay para poder observar la multiplexación de forma correcta, para ello se estableció un ancho de pulso del 25 % ya que son 4 señales, y con un delay de 0, 25, 50 y 75, para ubicarse correctamente y que en la suma se puedan observar las 4 señales.

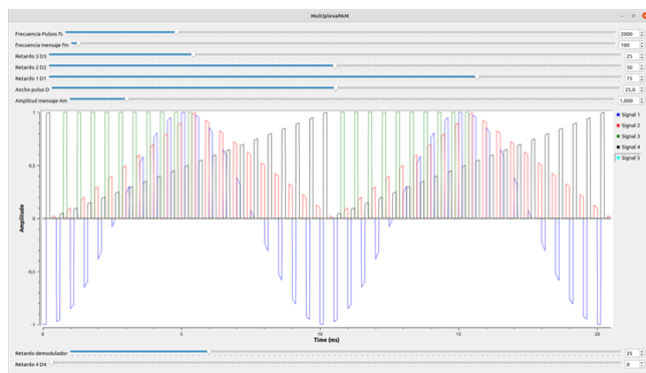


Fig. 19: Evidencia de las 4 señales multiplexadas correctamente.

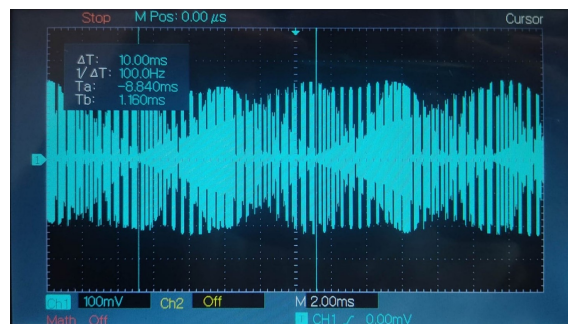
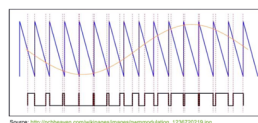


Fig. 21: Señal multiplexada en el osciloscopio.

Si se desea hacer la multiplexación para un numero indeterminado de señales, se debe tener en cuenta el ciclo útil para que todas las señales ocupen su respectivo espacio, o sea el $T_{ao} = T/N$, donde N es el numero de señales que deseo multiplexar y así poder acomodarlas adecuadamente.

Para modular una señal PWM se explicó con anterioridad, pero llegado el caso de querer demodular la señal, sencillamente se le incluye un filtro pasa altas relacionado con su ancho de banda para poder recuperar la señal mas acertadamente, a continuación se observa como:

Pulse width modulation - PWM



Demodulation



Fig. 22: Demodulación PWM.

Se desea modular varias señales al tiempo, se debe tener presente el ancho de pulso y que pueda completar el 100 % cuando la multiplexe y luego poder separarla de manera adecuada.

3. Conclusiones.

- Ambas técnicas permiten enviar información analógica sobre un canal de comunicación digital. En PAM, la amplitud de la señal modulada representa la información, mientras que en PWM, el ancho de pulso de la señal modulada lo hace. Ambas técnicas se utilizan a menudo en sistemas de control y en aplicaciones de audio, donde se necesita transmitir señales analógicas.
- PAM y PWM son modulaciones de señal discretas, lo que significa que la señal modulada toma valores discretos en lugar de continuos. En PAM, esto significa que la amplitud de la señal modulada sólo puede tomar un número finito de valores, mientras que en PWM, el ancho del pulso de la señal modulada sólo puede tomar valores discretos. Esto es importante porque significa que la información que se envía a través del canal de comunicación debe ser codificada adecuadamente para poder ser transmitida de manera efectiva.
- En GNU Radio, es posible implementar tanto PAM como PWM utilizando bloques específicos de PAM y PWM. Estos bloques se pueden utilizar para generar señales moduladas y para demodular señales recibidas.
- Para construir un sistema de comunicación que utilice PAM o PWM, es necesario tener en cuenta el ancho de banda del canal de comunicación y la tasa de bits que se desea transmitir. Si la tasa de bits es demasiado alta o el ancho de banda del canal de comunicación es demasiado estrecho, la calidad de la señal puede verse afectada. En general, PAM es más adecuada para sistemas de comunicación de baja velocidad, mientras que PWM se utiliza a menudo en sistemas de control.
- En GNU Radio, es posible aplicar técnicas de procesamiento de señal para mejorar la calidad de la señal modulada y para reducir el ruido y la interferencia. Por ejemplo, se pueden utilizar filtros para eliminar el ruido y para limitar la banda de la señal modulada.
- Tanto PAM como PWM son técnicas de modulación útiles que se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones de comunicación y control. En GNU Radio, se pueden implementar fácilmente sistemas de comunicación que utilicen estas técnicas, lo que permite a los usuarios experimentar con ellas y aprender cómo funcionan.

4. Referencias.

[1] Introducción a la modulación de pulsos: PAM, PWM y PPM

[2] Digital Pulse-Width Modulation Control in Power Electronic Circuits: Theory and Applications.

[3] Pulse Amplitude Modulation (PAM)

[4] Digital Pulse Width Modulation Techniques and Applications

[5] Implementation of PAM and PWM in Embedded Systems

[6] A simple pulse-amplitude modulation (PAM) demodulation technique

[7] Performance Evaluation of Different PWM Techniques for Multilevel Inverter