

Práctica 5: MODULACION DE PULSOS

Sebastian Suarez Velazco - 2200519
Jeanpaul Valencia Quintero - 2200496

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

15 de Julio de 2023

Resumen

El siguiente informe se centra en las modulaciones de pulsos. En primer lugar, la modulación de amplitud de pulsos que modifica la amplitud de la portadora de acuerdo con el mensaje y la modulación por ancho de pulsos que modifica el ancho del pulso. Para el caso de la primera se realiza una multiplexación por división de tiempo donde se tiene en cuenta el concepto de ciclo útil para realizar dicha multiplexación. Para el segundo caso se realiza una modulación PWM entre dos intervalos de ciclo útil y se caracterizan en el analizador de espectros y en el osciloscopio.

Palabras clave: PAM, PWM, Multiplexación, Ciclo útil, Muestreo.

1. Introducción

- La modulación de pulsos es utilizada en la modulación de señales las cuales se relacionan con transmisión digital, en particular esta llega a ser usada en conectividad por medio de Ethernet para comunicaciones banda ancha, llega a ser aplicada para el control de señales de microcontroladores, permiten la obtención de enlaces de alta velocidad en tarjetas gráficas y pueden ser proporcionadas para drivers para leds de alta eficiencia.[1]
- Para diseñar un modulador de pulso primero debemos establecer que tipo de modulación, para la modulación PAM debemos tener en cuenta que los parámetros más vitales circulan alrededor de la frecuencia de los pulsos y el ancho de los pulsos, pues estos definen el muestreo de la señal, ya sea para obtener una cierta cantidad de ancho de banda o para poder cumplir los requisitos en tiempo de un sistema de multiplexación, en cuanto a la amplitud del pulso porque esta es proporcional con la amplitud de la señal modulada debe contar con restricciones si se utiliza para transmitir símbolos

mediante una codificación de la misma, y en lo que se refiere al dispositivo que transmite se debe tener en cuenta las limitaciones de este porque al aumentar la amplitud podría generar distorsión armónica lo que llevaría a obtener picos no deseados. Respecto a la modulación PWM, las consideraciones más vitales corresponden a la amplitud de la referencia del sistema, que podría ser una diente de sierra, una triangular o una constante, donde la primera cuenta con mejor distinción del comportamiento del mensaje, asimismo la amplitud y el nivel de continua de estas referencias son valores vitales para poder definir la cantidad de ciclo útil que nos definirá la cantidad de información muestreada por ciclo que se transmite.

- Para una señal PAM el dominio del tiempo es posible medir su ciclo útil basándose en el tiempo de pulso, también es posible medir el periodo de la señal mensaje junto con su amplitud así como el periodo de la señal de pulsos con la que puedo determinar la frecuencia de muestreo. En el dominio de la frecuencia es posible determinar para una señal PAM el ancho de banda de la señal modulada, el tiempo de pulso, el periodo de los pulsos y la potencia de la señal modulada. Para una señal PWM en el dominio del tiempo es posible medir la frecuencia de muestreo, el tiempo de los pulsos, la frecuencia del mensaje y el rango del ciclo útil de la modulación. En el dominio de la frecuencia para la señal PWM es posible determinar su ancho de banda y la potencia de la misma.
- La importancia de multiplexar varias señales en el dominio del tiempo radica en aspectos tan vitales como lo son cumplir los requisitos de un sistema que muestrea a una frecuencia establecida, donde se busca aprovechar de una manera efectiva el tiempo, a su vez permitiendo enviar múltiples se-

ñales por el canal dando como resultado una mejor transmisión a base de una mayor cantidad de datos enviados por unidad de tiempo en comparación a enviar solo un dato por ciclo. Un ejemplo donde la multiplexación de varias señales tiene mucha importancia es en una red de computadores donde varios computadores envían información que se multiplexa y se envía a una unidad central.

2. Procedimiento

- Para una señal PAM tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia es posible relacionar el tiempo de pulso y el periodo de los pulsos, ya que estos dos se pueden medir directamente en ambos casos, con estos datos tomados de los dos casos es posible determinar el ancho de banda y la frecuencia de muestreo utilizada en la modulación.
- Variando el ciclo útil para un modulador PAM se logra ver que el ancho de banda depende tanto del ancho de pulso como del mismo ciclo útil:

Ancho de banda	Proporcional	Inversamente proporcional
Ciclo útil		X
Tiempo de pulso		X

de incumplirse esto puede llegar a provocar solapamientos que eviten que la señal se puede transmitir correctamente, pero también es bueno estar a cierta distancia del límite para poder tomar la mayor cantidad de muestras posibles, respecto a la amplitud es importante controlar esta a base de su uso para codificación, asimismo se controla la amplitud para evitar distorsión armónica en la señal al ser aplicada junto a la amplitud de la señal de pulsos.

Respecto a PWM según la amplitud del mensaje esto puede llevar a tener problemas debido a que una amplitud muy grande o muy pequeña pueden provocar pulsos que impliquen un ancho de banda muy grande o muy pequeño, lo cual puede llegar a ser un problema, así que lo convencional debería ser tener una relación de amplitud de pulsos y de mensaje similar, además tampoco debería ser muy alta para evitar distorsión armónica, y respecto al ancho de banda, al estar los pulsos relacionados con el ancho de banda eso quiere decir que se tiene el mismo problema en relación con la frecuencia de muestreo del sistema.[2]

- Para multiplexar varias señales utilizando modulación PAM se debe multiplicar estas señales con un tren de impulsos o una señal de reloj a la cual se le aplican diferentes retardos con el fin de que el tiempo de pulso para cada señal que va a ser multiplexada corresponda a una parte del periodo de muestreo de la modulación, como se muestra en la fórmula 1 dicho tiempo de pulso depende del periodo de muestreo y la cantidad de señales que se desean multiplexar.

$$\tau = \frac{T_s}{4} \quad (1)$$

- Para una señal PWM en el dominio del tiempo es posible medir el tiempo de tiempo del pulso menor de la señal modulada, con este tiempo de pulso es posible hallar el ancho de banda de la señal modulada PWM el cual es posible medir desde el analizador de espectros en frecuencia.
- El ancho de banda de una señal modulada PWM se ve afectado con respecto al tiempo del menor pulso de la señal modulada, ya que corresponde a una relación que es inversamente proporcional. También el ancho de banda se ve afectado con respecto a la frecuencia máxima de la señal de referencia utilizada para modular porque si la frecuencia de esta



Fig. 1: Señal triangular PAM con duty cycle del 10%.

- Para la modulación PAM es vital controlar el ancho de banda de los mensajes para no incumplir requisitos como lo son el teorema de Nyquist, ya que

aumentan, entonces así también aumenta el ancho de banda de la modulación.

- Debido a que la amplitud de mi señal mensaje es constante queremos representar esta como un determinado porcentaje de la amplitud de la señal diente sierra usada como referencia para la modulación PWM. Para esto se puede usar una regla de tres inversamente proporcional para realizar este escalamiento y así determinar la altura de la señal diente de sierra con la ecuación 2 en donde A_t corresponde a la nueva amplitud pico a pico de la señal diente de sierra, A_m corresponde a la amplitud pico a pico del mensaje y DC corresponde al porcentaje del ciclo útil en el que quiero realizar la modulación.

$$A_t = \frac{A_m * 100}{DC} \quad (2)$$

Ahora bien, como queremos que este porcentaje de la señal mensaje (se refiere al porcentaje que representa la amplitud pico del mensaje con respecto de la amplitud pico de la señal diente de sierra) se encuentre ubicado en un determinado rango de porcentaje de la señal diente de sierra, entonces se utiliza un nivel de continua para desplazar la diente de sierra en el proceso de modulación. La ecuación 3 permite determinar dicho nivel de continua que se le aplica a la señal diente de sierra para ubicar el mensaje en el rango de porcentaje. Donde C es el nivel de continua con el que quiero desplazar la señal diente de sierra y P es el porcentaje que me falta para llegar al rango superior de ciclo útil con el que quiero modular (si dicho porcentaje debe ubicarse hacia arriba, entonces C es positivo, caso contrario C es negativo).

$$C = \frac{A_t * P}{100} \quad (3)$$

Para el caso en que se quiere modular con un ciclo útil del 30 % al 50 % entonces el DC es del 20 % para lo cual si suponemos una amplitud A_m de 2V entonces usando la ecuación 2 la amplitud de la señal diente de sierra corresponde a 10V.

Ya que ambas señales se encuentran ubicadas en un mismo eje de referencia que pasa por en medio de las dos, entonces la amplitud $A_m/2$ esta ubicada en el 50 % + $DC/2$ %. Es decir, se esta ubicada en el 60 % de la señal diente de sierra. Debido a que queremos que el mensaje se encuentre entre el 30 % y el 50 % entonces aplicando la ecuación 3

se determina que el nivel de continua que se debe aplicar al diente de sierra es de 1.5V.

- Es posible realizar uso de la multiplexación si se tienen señales de referencia como lo pueden ser una señal constante, lo que permite una distribución equitativa del ancho de pulso, estructuras en referencia como son la diente de sierra permiten esto también, principalmente una forma de realizar la multiplexación es ajustando los anchos de pulso mediante la función de referencia utilizada, permitiendo poder realizar las modulaciones con la correcta implementación de retardos para ajustar las señales en los espacios de tiempo libres.

3. Conclusiones

- Tanto en la modulación por amplitud de pulso como en la modulación por ancho de pulso el ancho de banda de la señal modulada corresponde al inverso del ancho del menor pulso de las mismas. Además, las señales moduladas tienen el mismo periodo de muestreo y su comportamiento es proporcional a la amplitud del mensaje.
- Por otra parte, la señal PAM varía su amplitud en función de la misma amplitud del mensaje, mientras que la señal PWM la información del mensaje varía en el ancho de los pulsos. Respecto a su relación señal a ruido, la modulación PWM tiene mayor SNR que la modulación PAM es por esto que en términos de eficiencia, la modulación PWM es más eficiente. Finalmente, la modulación PAM es mucho más sencilla de implementar que una modulación PWM.
- Obtenemos que la multiplexación es fundamental para realizar una mayor envío de señales a través de una cantidad de tiempo definida usualmente por el canal de comunicación, al permitir una mayor tasa de señales permite obtener una mejor relación de velocidad, sin embargo, perdiendo información de forma proporcional al aumento de señales multiplexadas.
- Encontramos que el ancho de pulso y la señal de reloj son conceptos base de ambas modulaciones, ya que para ambas modulaciones en lo que se refiere al muestreo y al ancho de pulso se obtiene un resultado que es proporcional a la amplitud que es el caso de la PAM o es proporcional al ancho de pulso como lo observamos en PWM, por otro lado, es necesario definir estas relaciones correctamente



para evitar problemas como lo es la presencia de solapamiento, Todavía cabe señalar que estas propiedades toman las riendas de señal portadora si se hace comparación con las técnicas de modulación analógica.

Referencias

- [1] R. Y, "Difference Between PAM, PWM and PPM (with Comparison Chart) - Circuit Globe — circuit-globe.com," [Accessed 16-Jul-2023].
- [2] J. G. Proakis, *Communication Systems Engineering*. Prentice - Hall, Inc.