

Unidad V

Sistemas de comunicación y teorema de muestreo

5.1. Componentes de un sistema de comunicación.

Transferencia de información de un lugar a otro lugar.

Debe ser :

- ☐ eficiente
- ☐ confiable
- ☐ segura

Componentes o subsistemas que permiten la transferencia / intercambio de información.

5.2. Tipos de modulación.

Uno de los objetivos de las comunicaciones es utilizar una frecuencia portadora como frecuencia básica de una comunicación, pero modificándola siguiendo un proceso denominado modulación para codificar la información en la onda portadora

Las formas básicas de Modulación Analógica son:

- Amplitud
 - Modulación en Amplitud - Doble banda lateral con portadora - AM
 - Doble banda lateral sin portadora - DBL-SP
 - Banda lateral única - BLU
- Angular
 - Modulación en Frecuencia - FM
 - Modulación en Fase – PF

Modulación Analógica

Las tres técnicas de modulación básica son:

- Modulación de la amplitud (AM o amplitud modulada).
- Modulación de la frecuencia (FM o frecuencia modulada).
- Modulación de la fase (PM o fase modulada).

La mayoría de los sistemas de comunicación utilizan alguna de estas tres técnicas de modulación básicas, o una combinación de ellas.

Modulación Digital

Los siguientes son algunos de casos extremos de estas técnicas:

- **Modulación por desplazamiento de amplitud** (ASK, *Amplitude Shift Keying*)

Desactiva la amplitud durante toda la trayectoria

- **Modulación por desplazamiento de frecuencia** (FSK, *Frecuency Shift Keying*)

Salta a una frecuencia extrema.

- **Modulación por desplazamiento de fase** (PSK, *Phase Shift Keying*)

Desplaza la fase 180 grados.

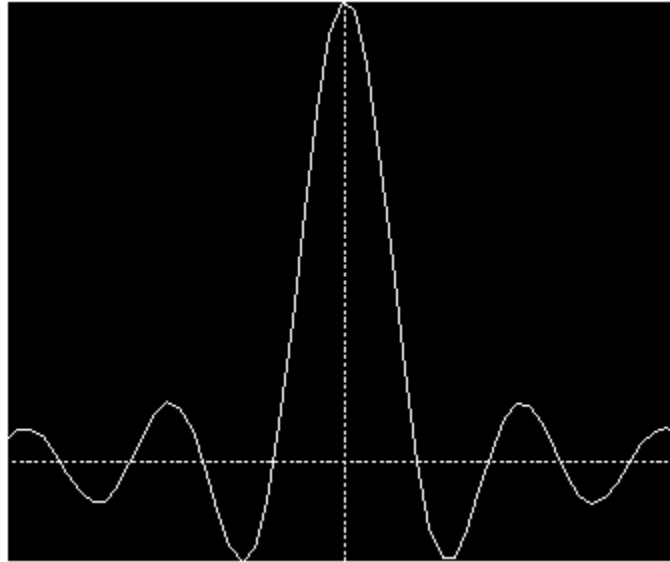
5.3. Demodulación con filtros.

5.4. Muestreo y cuantificación de señales.

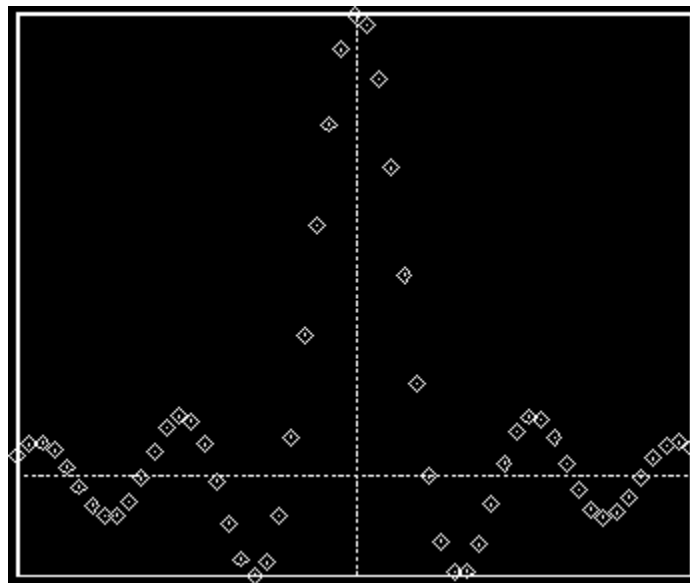
La señal de la voz es continua en el tiempo y en amplitud. Para que pueda ser procesada por hardware(y software) digital es necesario convertirla a una señal que sea discreta tanto en el tiempo como en amplitud.

El muestreo consiste en el proceso de conversión de señales continuas a señales discretas en el tiempo. Este proceso se realiza midiendo la señal en momentos periódicos del tiempo.

Veamos un ejemplo, dada la siguiente señal continua :



Tras muestrearla, obtenemos la siguiente señal discreta :



5.5. Teorema de muestreo de Nyquist.

El teorema de muestreo de Nyquist-Shannon, también conocido como teorema de muestreo de Whittaker-Nyquist-Kotelnikov-Shannon, teorema de Nyquist, es un teorema fundamental de la teoría de la información, de especial interés en las telecomunicaciones.

Este teorema fue formulado en forma de conjetura por primera vez por Harry Nyquist en 1928 (*Certain topics in telegraph transmission theory*), y fue demostrado formalmente por Claude E. Shannon en 1949 (*Communication in the presence of noise*).

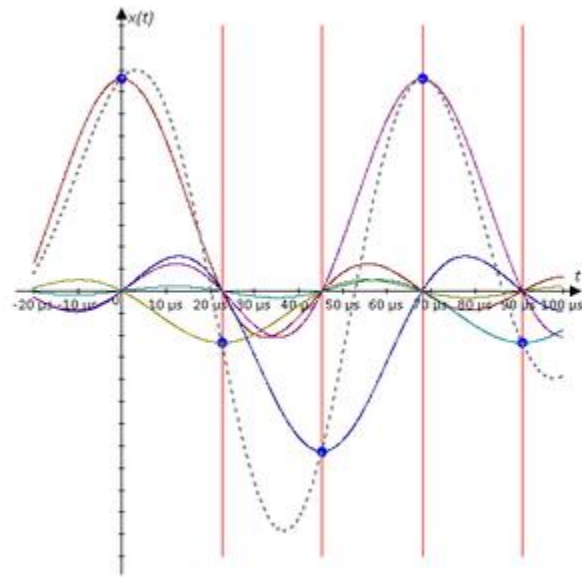
El teorema trata del muestreo, que no debe ser confundido o asociado con la cuantificación, proceso que sigue al de muestreo en la digitalización de una señal y que, al contrario del muestreo, no es reversible (se produce una pérdida de información en el proceso de cuantificación, incluso en el caso ideal teórico, que se traduce en una distorsión conocida como error o ruido de cuantificación y que establece un límite teórico superior a la relación señal-ruido). Dicho de otro modo, desde el punto de vista del teorema, las muestras discretas de una señal son valores exactos que aún no han sufrido redondeo o truncamiento alguno sobre una precisión determinada, es decir, aún no han sido cuantificadas.

El teorema demuestra que la reconstrucción exacta de una señal periódica continua en banda base a partir de sus muestras, es matemáticamente posible si la señal está limitada en banda y la tasa de muestreo es superior al doble de su ancho de banda.

Dicho de otro modo, la información completa de la señal analógica original que cumple el criterio anterior está descrita por la serie total de muestras que resultaron del proceso de muestreo. No hay nada, por tanto, de la evolución de la señal entre muestras que no esté perfectamente definido por la serie total de muestras.

Si la frecuencia más alta contenida en una señal analógica $x_a(t)$ es $F_{max} = B$ y la señal se muestrea a una tasa $F_s > 2F_{max} \equiv 2B$, entonces $x_a(t)$ se puede recuperar totalmente a partir de sus muestras mediante la siguiente función de interpolación:

$$g(t) = \frac{\sin 2\pi Bt}{2\pi Bt}$$



Ejemplo de reconstrucción de una señal de 14,7 kHz (línea gris discontinua) con sólo cinco muestras. Cada ciclo se compone de sólo 3 muestras a 44100 muestras por segundo. La reconstrucción teórica resulta de la suma ponderada de la función de interpolación $g(t)$ y sus versiones correspondientes desplazadas en el tiempo $g(t-nT)$ con $-\infty < n < \infty$, donde los coeficientes de ponderación son las muestras $x(n)$. En esta imagen cada función de interpolación está representada con un color (en total, cinco) y están ponderadas al valor de su correspondiente muestra (el máximo de cada función pasa por un punto azul que representa la muestra).

Así, $x_a(t)$ se puede expresar como:

$$x_a(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x_a\left(\frac{n}{F_s}\right) g\left(t - \frac{n}{F_s}\right)$$

donde $x_a\left(\frac{n}{F_s}\right) = x_a(nT) \equiv x(n)$ son las muestras de $x_a(t)$.

5.6. Muestreo y retención.

Consta de una entrada y una salida y dispone de una entrada de control, S/H. Si $S/H=1$, el circuito se encuentra en muestreo, si $S/H=0$, entonces se encuentra en retención.

Cuando se encuentra en muestreo (modo SAMPLE $S/H=1$), la señal de salida sigue a la señal de entrada. Por el contrario, si se encuentra en retención (modo HOLD $S/H=0$), la salida se mantiene constante en el tiempo e igual al valor de la salida que ésta tuviera en el instante en que se conmutó de muestreo a retención.

Este circuito se podría interpretar como una memoria analógica. En SAMPLE está memorizando la señal de entrada, mientras que en HOLD la recuerda y la mantiene en el tiempo. Su principal finalidad consiste en mantener constante la señal que se quiere convertir con un convertidor A/D. Por tanto, en sistemas de adquisición de datos se colocaría justo delante del convertidor A/D.

5.7. Recuperación de una señal analógica mediante sus muestras.

Una **señal analógica** es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo. Algunas magnitudes físicas comúnmente portadoras de una señal de este tipo son eléctricas como la intensidad, la tensión y la potencia, pero también pueden ser hidráulicas como la presión, térmicas como la temperatura, mecánicas, etc.

En la naturaleza, el conjunto de señales que percibimos son analógicas, así la luz, el sonido, la energía etc, son señales que tienen una variación continua. Incluso la descomposición de la luz en el arco iris vemos como se realiza de una forma suave y continúa.

Una onda senoidal es una señal analógica de una sola frecuencia. Los voltajes de la voz y del video son señales analógicas que varían de acuerdo con el sonido o variaciones de la luz que corresponden a la información que se está transmitiendo.

5.8. Frecuencia de señales discretas.

La tasa o frecuencia de muestreo es el número de muestras por unidad de tiempo que se toman de una señal continua para producir una señal discreta, durante el proceso necesario para convertirla de analógica en digital. Como todas las frecuencias, generalmente se expresa en hertzios(Hz, ciclos por segundo) o

múltiplos suyos, como el kilohercio (kHz), aunque pueden utilizarse otras magnitudes.