

MODULACION

Contenido

Repaso - Tipos de señales:.....	2
Repaso - Análisis de Fourier	2
Composición e interpretación de señales	2
Datos analógicos.....	2
Datos Digitales.....	2
Señal Analógica.....	2
Señal Digital	2
Transmisión Analógica.....	3
Transmisión Digital	3
Modulación / Codificación de señales.....	4
Modulación de portadora analógica	4
Datos Analógicos=>Señal Analógica	5
Datos Digital =>Señal Analógica	7
Codificación	9
Dato Analógico=>Señal Digital	9
MODULACIÓN POR IMPULSOS CODIFICADOS.....	9
Teorema de muestreo.	9
Modulación Delta	11
DATOS DIGITALES, SEÑALES DIGITALES.....	12
Características de codificación	13

Repaso - Tipos de señales:

- Una **señal analógica** es aquella en la que la intensidad de la señal varía suavemente en el tiempo. La expresión genérica para una onda sinusoidal es $s(t)=A \sin (2\pi f (t)+\Phi)$
Periodo $T= 1/f$, Long onda $\lambda=v/f$
- Una **señal digital** es aquella en la que la intensidad se mantiene constante durante un determinado intervalo de tiempo, tras el cual la señal cambia a otro valor constante.
- Las **señales periódicas** se caracterizan por contener un patrón que se repite a lo largo del tiempo. Matemáticamente, una señal $s(t)$ se dice periódica si y solamente si $s(t+T)=s(t)$.
En cualquier otro caso la señal es **no periódica**

Repaso - Análisis de Fourier

Cualquier señal electromagnética periódica se puede expresar como una suma de funciones sinusoidales, denominada serie de Fourier

Composición e interpretación de señales

- Se define **dato** como cualquier entidad capaz de transportar información.
- **Las señales** son representaciones eléctricas o electromagnéticas de los datos.
- La **señalización** es el hecho de la propagación física de las señales a través de un medio adecuado.
- Se define **transmisión** como la comunicación de datos mediante la propagación y el procesamiento de señales.

Datos analógicos

Los datos analógicos varían en su forma e intensidad de manera continua, por ejemplo el audio de voz (300Hz a 7000Hz). Otro ejemplo son los sensores de temperatura, humedad, etc que generan un nivel de tensión V variable en función de la medición.

Datos Digitales

Los datos digitales toman valores discretos por ejemplo el código morse, código ASCII (**A**merican **S**tandard **C**ode for **I**nformation **I**nterchange Cada carácter se representa en este código por un patrón único de 7 bits; por tanto, se pueden representar 128 caracteres distintos.), o valores numéricos enteros.

Señal Analógica

Una señal analógica es una onda electromagnética que varía continuamente y que puede propagarse a través de un medio guiado (ej par trenzado, un cable coaxial, un cable de fibra óptica), o a través de medios no guiados (ej la atmósfera o el espacio.)

Señal Digital

Una señal digital es una secuencia de pulsos de tensión que se puede transmitir a través de un medio conductor; por ejemplo, un nivel de tensión positiva constante puede representar un 0 binario y un nivel de tensión negativa constante puede representar un 1.

Tanto las señales analógicas como las digitales se pueden **transmitir** si se emplea el medio de transmisión adecuado.

Transmisión Analógica

Es una forma de transmitir señales analógicas con independencia de su contenido; las señales pueden representar datos analógicos (por ejemplo, voz) o datos digitales (por ejemplo, los datos binarios modulados en un módem).

La señal se atenuará con la distancia, para lo cual hay que amplificar la señal. Pero también se amplía el ruido. Para datos analógicos es aceptable alguna distorsión, pero para datos digitales los amplificadores introducirán ruido y distorsiones de los datos.

Transmisión Digital

Una señal digital solo puede transmitirse a una distancia limitada, ya que la atenuación y el ruido afectarán la integridad de los datos.

Para conseguir transmitir a grandes distancias se utilizan repetidores que regeneran los datos (ceros y unos) y los vuelve a transmitir, a diferencia de los amplificadores analógicos que amplifican el dato y el ruido. Este proceso minimiza los efectos de la atenuación y el ruido.

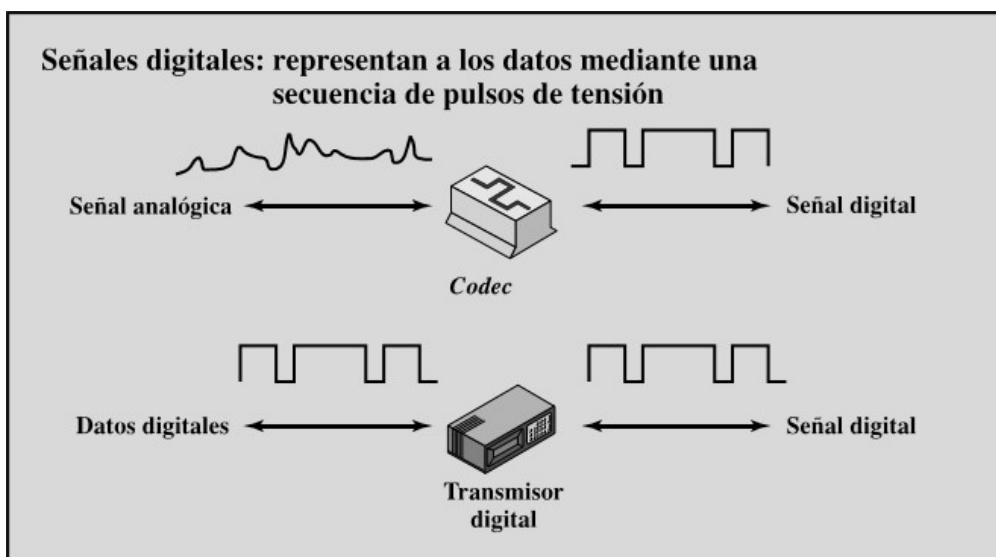
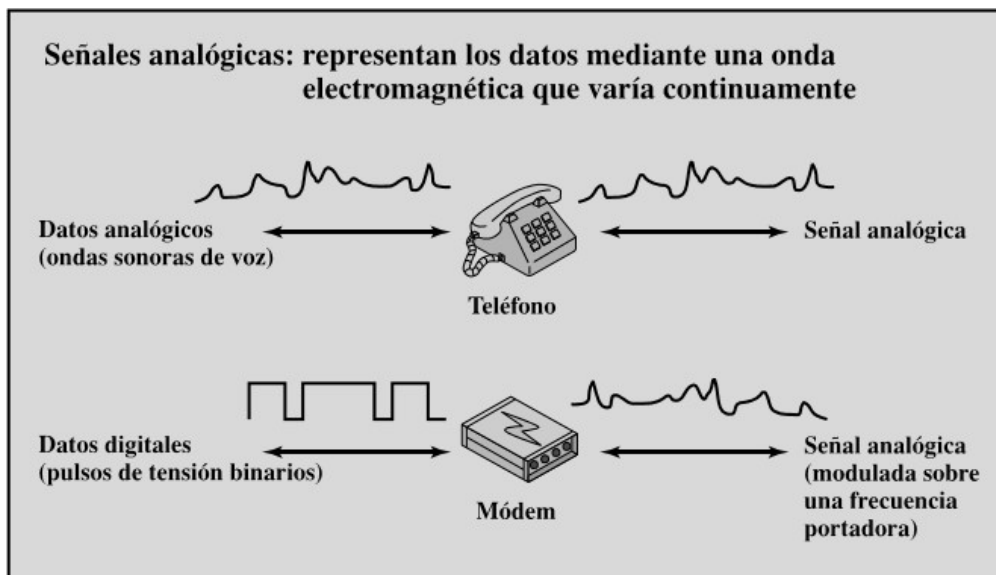
Dada la continua miniaturización de la electrónica, la transmisión digital ha ocupado casi la totalidad de transmisiones donde sea posible.

Ejemplos prácticos

- **Datos digitales, señales digitales:** este caso es el menos complejo y costoso. Dada la miniaturización de la electrónica.
- **Datos analógicos, señales digitales:** la conversión de los datos analógicos a digitales permite la utilización de técnicas de transmisión y de equipos de conmutación modernos.
- **Datos digitales, señales analógicas:** algunos medios de transmisión, como por ejemplo la fibra óptica o los medios no guiados, sólo permiten la propagación de señales analógicas.
- **Datos analógicos, señales analógicas:** los datos analógicos de naturaleza eléctrica se pueden transmitir fácilmente y con bajo coste en banda base. Esto es lo que se hace, por ejemplo, en la transmisión de voz en las líneas de calidad telefónica. La modulación se usa frecuentemente para **desplazar** el ancho de banda de la señal en banda base hacia otra zona del espectro. De esta manera, se permite que varias señales, cada una en una posición diferente del espectro, compartan el mismo medio de transmisión. Este procedimiento se denomina **multiplexación** por división en frecuencias.

Recordar las causas que afectan los sistemas de transmisión

- Atenuación
- Ruido
 - Térmico
 - Intermodulación
 - Diafonía
 - Impulsivo



Modulación / Codificación de señales

Modulación de portadora analógica

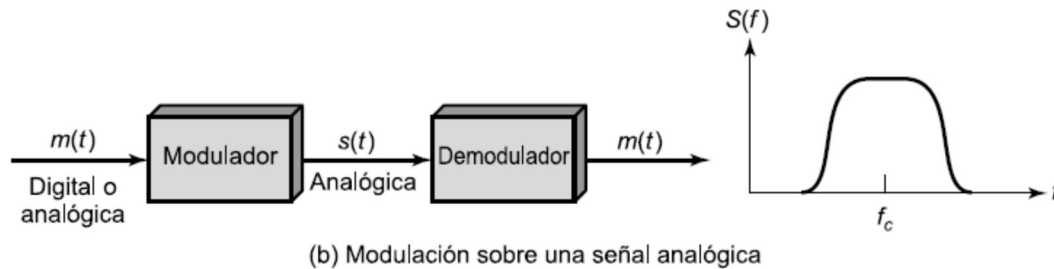
La transmisión analógica se basa en una señal continua de **frecuencia constante** denominada señal **portadora (carrier)**. La frecuencia de la portadora se elige de tal forma que sea compatible con las características del medio que se vaya a utilizar.

La **modulación** es el proceso de codificar los datos generados por la fuente en la señal portadora de frecuencia f_c .

Todas las técnicas de **modulación** se basan en la **modificación** de uno o más de los tres parámetros fundamentales que caracterizan a la portadora en el dominio de la frecuencia: **la amplitud, la frecuencia y la fase**.

La señal de entrada **$m(t)$** (que puede ser tanto analógica como digital) se denomina señal moduladora o, también, **señal en banda base**.

A la señal **resultante** de la modulación de la portadora se le denomina **señal modulada** $s(t)$.



Datos Analógicos=>Señal Analógica

Existen dos razones fundamentales para la transmisión de señales analógicas mediante modulación analógica:

- En los medios no guiados es prácticamente imposible transmitir señales en banda base, ya que el tamaño de las antenas tendría que ser de varios kilómetros de diámetro.
- La modulación permite la multiplexación por división en frecuencias

Tipos de modulación

(AM, *Amplitude Modulation*), (FM, *Frequency Modulation*) (PM, *Phase Modulation*).

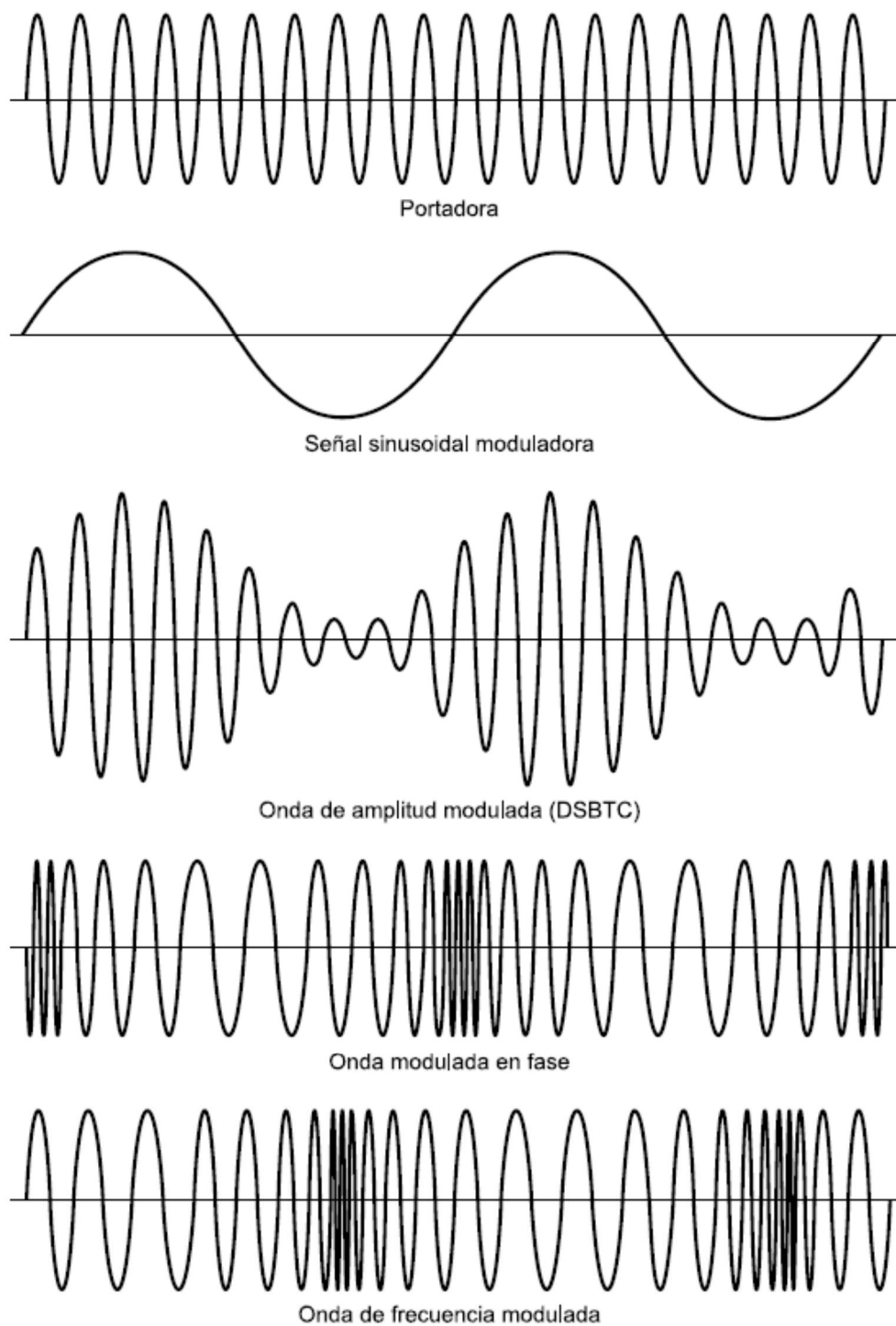


Figura 5.24. Modulación de amplitud, fase y frecuencia de una portadora sinusoidal mediante una señal sinusoidal.

Datos Digital => Señal Analógica

La red de telefonía pública se diseñó para transmitir señales analógicas en el rango de frecuencias vocal, no estando preparada para la transmisión de señales digitales.

Es con la invención del modem que se logran convertir los datos digitales en señales analógica y viceversa. Si bien el concepto fue aplicado en la frecuencia vocal, la misma técnica se utiliza en frecuencias mayores, como es el caso de las microondas.

Hay tres técnicas básicas de modulación que transforman los datos digitales en señales analógicas:

- modulación por desplazamiento de amplitud (ASK, Amplitude Shift Keying),
- modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK, Frequency-Shift Keying)
- modulación por desplazamiento de fase (PSK, Phase-Shift Keying).

ASK: Modulación por amplitud en dos niveles, es decir, uno de los dígitos binarios se representa mediante la presencia de la portadora a amplitud constante y el otro mediante la ausencia de portadora. Usualmente el nivel 0 es ausencia de modulación.

$$s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi f_c t) & 1 \text{ binario} \\ 0 & 0 \text{ binario} \end{cases}$$

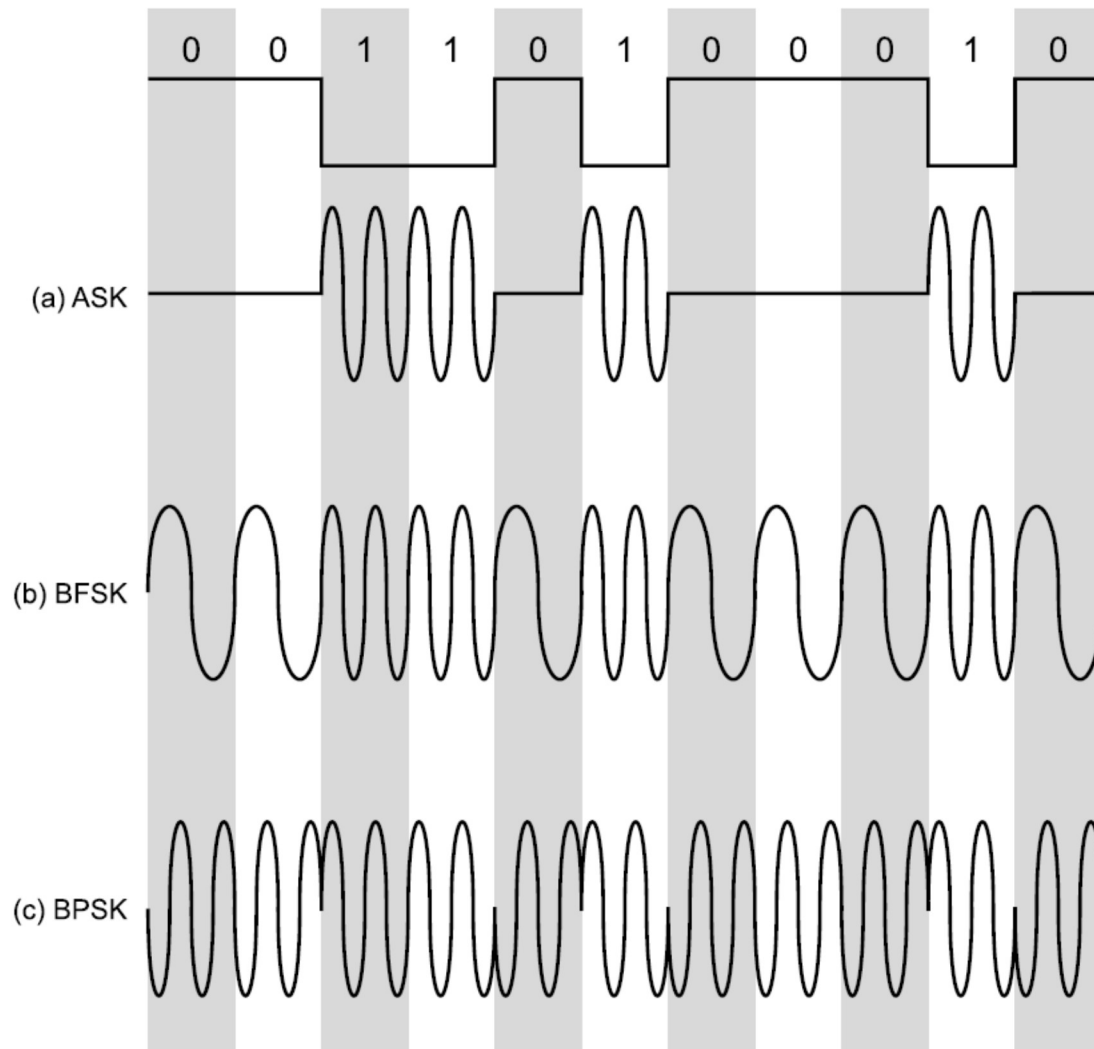
Es un sistema de baja calidad, suele usarse hasta 1200bps salvo en FO donde la modulación es por impulso de luz (LED)

FSK: Modulación por cambio de frecuencia, el más habitual es sistema binario BFSK donde el valor "1" se modula a una frecuencia f_1 y el nivel "0" se modula a una frecuencia f_2 , ambas son desplazamientos de frecuencia en igual valor de la frecuencia portadora f_c .

$$s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi f_1 t) & 1 \text{ binario} \\ A \cos(2\pi f_2 t) & 0 \text{ binario} \end{cases}$$

FSK: Modulación por cambio de fase. La modulación más habitual utiliza dos fases para representar los dos dígitos binarios. La señal transmitida durante el intervalo de un bit se corresponde a fase 0° , mientras que para el otro bit se corresponde para una fase de 180° . Lo que se puede simplificar como invertir la señal original

$$s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi f_c t) & 1 \text{ binario} \\ A \cos(2\pi f_c t + \pi) & 0 \text{ binario} \end{cases} = \begin{cases} A \cos(2\pi f_c t) & 1 \text{ binario} \\ -A \cos(2\pi f_c t) & 0 \text{ binario} \end{cases}$$



En los tres casos se puede mejorar utilizando modulación por cuadratura, modulación en la cual cada elemento (señal) de modulación representa más de un bit.

Se identifican con la letra Q delante de las opciones ya mencionadas, ej QPSK, QFSK, etc.

Codificación

Dato Analógico=>Señal Digital

Es el proceso de la transformación de datos analógicos a datos digitales, este proceso es también denominado **digitalización**.

El dispositivo que realiza esta transformación se denomina Codec (**codificador**, **decodificar**)

MODULACIÓN POR IMPULSOS CODIFICADOS

La técnica PCM genera la señal digital tomando como entrada la señal analógica continua en el tiempo y en amplitud. La señal digital resultante consiste en bloques de **n bits**, donde cada número de n bits corresponde con la amplitud de un impulso PCM. En el receptor, este procedimiento se invierte para obtener así la señal analógica.

Teorema de muestreo.

Si una señal $f(t)$ se muestrea a intervalos regulares de tiempo con una frecuencia mayor que el doble de la frecuencia más alta de la señal, las muestras así obtenidas contienen toda la información de la señal original. La función $f(t)$ se puede reconstruir a partir de estas muestras mediante la utilización de un filtro pasa bajo.

Podemos identificar tres pasos en la modulación PCM



Figura 5.17. Diagrama de bloques del esquema PCM.

La señal resultante del muestreador PAM (Pulse Amplitude Modulation) continúa siendo una señal analógica, es el valor de tensión medido en el instante de realizar el muestreo. El siguiente paso es cuantificar ese valor, normalizarlo a valores predefinidos; es decir asignarle un valor de referencia. El siguiente paso es obtener la señal digital, para ello a cada muestra se debe asignar un código binario.

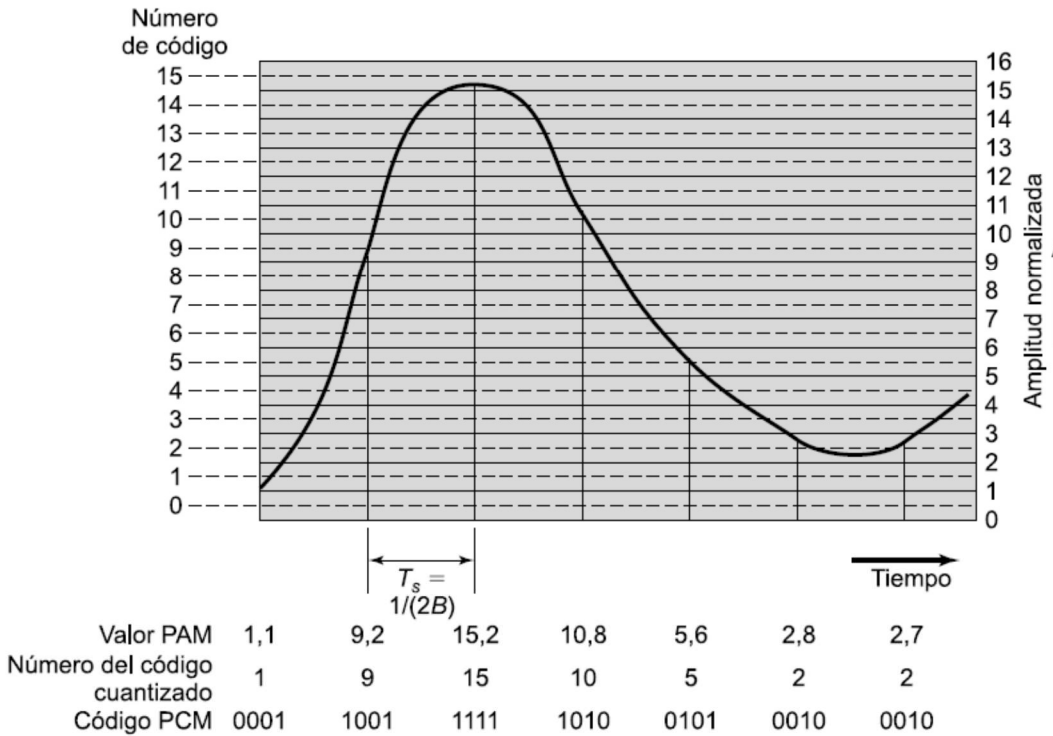


Figura 5.16. Ejemplo de modulación por impulsos codificados.

Ej para codificación de la voz. El espectro vocal se clasifica desde los 300Hz a 7000Hz, sin embargo, para la transmisión de la información es suficiente con limitarlo frecuencias por debajo de 4000 Hz, lo que significa que la inteligibilidad se conserva. Según el teorema del muestreo, sería suficiente obtener 8000 muestras por segundo, si cada muestra se codifica con 8 bits, tenemos una tasa de codificación de 64kbps.

Codificación no lineal vs lineal

EL objetivo es poder cuantificar señales de pequeña intensidad frente a señales de mayor intensidad, por consiguiente, los valores de cuantificación (eje amplitud) no son iguales, se utilizan mayor cantidad de valores de cuantificación para señales débiles y menor cantidad de valores de cuantificación para intensidades altas.

En el siguiente grafico se ilustra la problemática de cuantificar señales débiles con una cuantificación lineal vs no lineal.

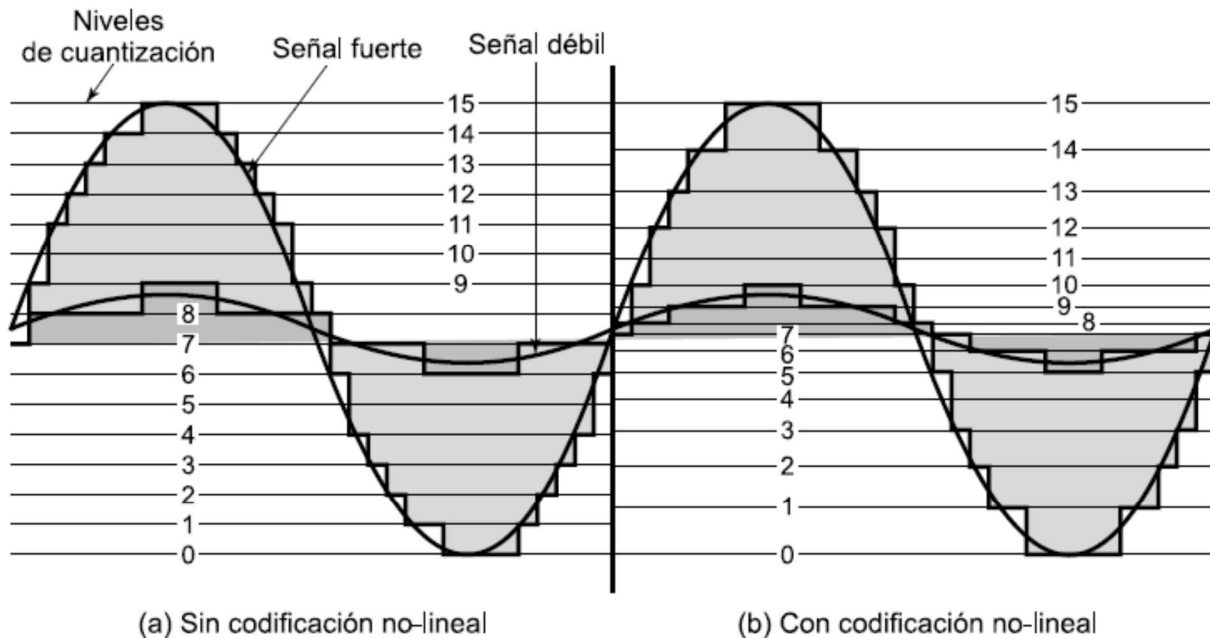


Figura 5.18. Efecto de la codificación no-lineal.

En un sistema PCM la codificación no lineal puede conseguir una mejora significativa de la SNR. Notar para el grafico anterior, que la señal de menor amplitud se cuantifica con los valores 6,7, y 8 en codificación lineal, mientras que se cuantifica con los valores 5, 6, 7,8,9 y 10 en la codificación no línea. En contrapartida se pierde precisión para los valores 0, 1, 14 y 15 correspondientes a mayores niveles de intensidad de la señal.

Modulación Delta

En la modulación delta, la entrada analógica se aproxima mediante una función escalera que en cada intervalo de muestreo (T_s) sube o baja un nivel de cuantización (d). En la Figura 5.20 se muestra un ejemplo, en el que la función escalera está superpuesta a la señal original. La característica principal de la función escalera es que su comportamiento es binario: en cada instante de muestreo la función sube o baja una cantidad constante d . Por tanto, la salida del modulador delta se puede representar mediante un único bit para cada muestra. Resumiendo, en lugar de aproximar a las amplitudes, DM obtiene una cadena de bits que aproxima a la derivada de la señal analógica de entrada: se genera un 1 si la función escalera sube en el siguiente intervalo o un 0, en cualquier otro caso.

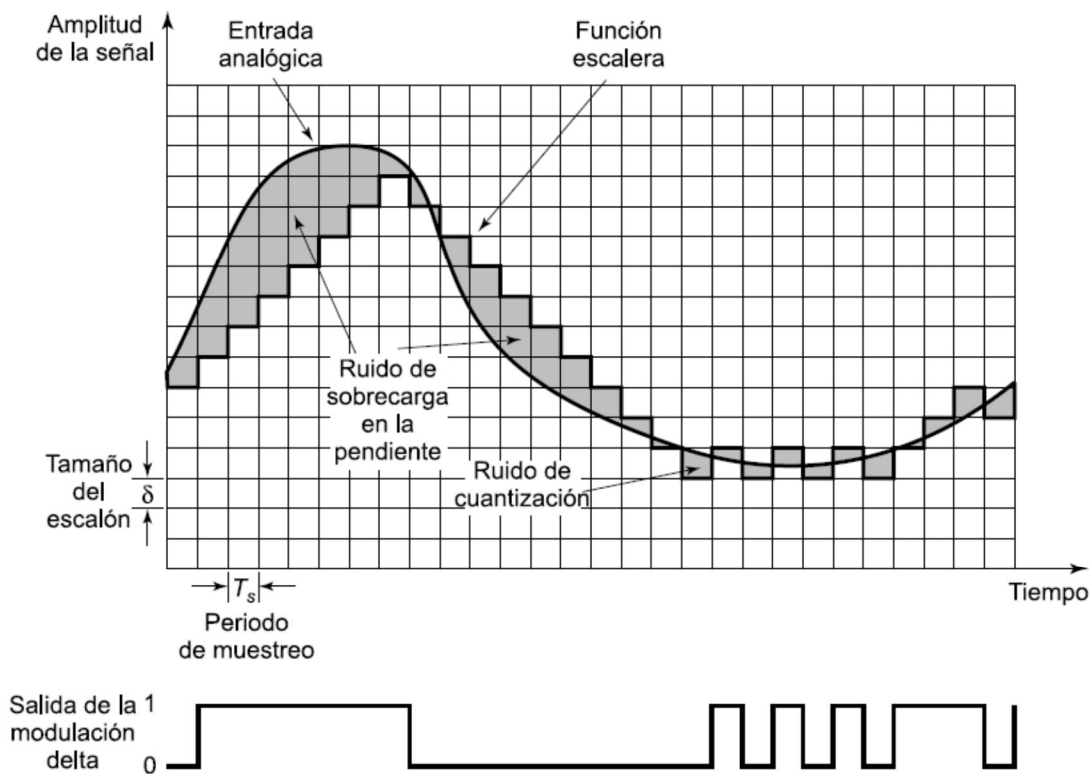


Figura 5.20. Ejemplo de modulación delta.

La principal ventaja de DM respecto a PCM es su sencillez de implementación. No obstante, PCM consigue en general una mejor SNR para la misma velocidad de transmisión.

DATOS DIGITALES, SEÑALES DIGITALES

Una señal digital es una secuencia de pulsos de tensión discretos y discontinuos. Cada pulso es un elemento de señal. Los datos binarios se transmiten codificando cada bit en los elementos de señal. En el caso más sencillo, habrá una correspondencia uno a uno entre los bits y dichos elementos.

Si todos los elementos de señal tienen el mismo signo algebraico (es decir, si son todos positivos o todos negativos) la señal es **unipolar**. En una señal **polar**, por el contrario, un estado lógico se representará mediante un nivel positivo de tensión y el otro mediante un nivel negativo.

La **velocidad de transmisión de una señal** es la velocidad, expresada en bits por segundo, a la que se transmiten los datos. Para una velocidad de transmisión R , la duración de un bit será $1/R$.

La **velocidad de modulación** es la velocidad a la que cambia el nivel de la señal, depende del esquema de codificación elegido. [baudios= un elemento de señal por segundo].

$D=R/L$ R =velocidad de transmisión en bps, L =número de bits por elemento de señal

Factores que influyen en la transmisión digital:

- Una mayor velocidad de transmisión implica mayor tasa de error
- Una mejor relación Señal / Ruido decrementa la tasa de error
- Incrementar el ancho de banda permite aumentar la velocidad de transmisión
- Es necesario sincronizar Transmisor y Receptor

Características de codificación

NRZ-L, Nonreturn to Zero-Level) Tension de Bit constant. Es fácil de implementar, tiene componente DC y difícil de sincronizar

NRZI (Noreturn to Zero, invert on ones). Cambio de tensión al detector pase de 0 a 1 o 1 a 1.

Bipolar-AMI (Alternate Mark Inversion), el bit 0 es ausencia de señal y el bit 1 alterna +V y -V. Elimina componente DC y sincroniza con 1, aunque si hay cadena larga de 0 puede desincronizarse.

Manchester, siempre hay una transición en mitad del intervalo de duración del bit. Resuelve sincronismo, no genera una componente de corriente continua. Tiene como desventaja que la velocidad de modulación es el doble, requiere mayor ancho de banda.

No retorno a nivel cero (NRZ-L)

- 0 = nivel alto
- 1 = nivel bajo

No retorno a cero invertido (NRZI)

- 0 = no hay transición al comienzo del intervalo (un bit cada vez)
- 1 = transición al comienzo del intervalo

Bipolar-AMI

- 0 = no hay señal
- 1 = nivel positivo o negativo, alternante

Pseudoternaria

- 0 = nivel positivo a negativo, alternante
- 1 = no hay señal

Manchester

- 0 = transición de alto a bajo en mitad del intervalo
- 1 = transición de bajo a alto en mitad del intervalo

Manchester diferencial

- Siempre hay una transición en mitad del intervalo
- 0 = transición al principio del intervalo
- 1 = no hay transición al principio del intervalo

B8ZS

Igual que el bipolar-AMI, excepto que cualquier cadena de ocho ceros se reemplaza por una cadena que tiene dos violaciones de código.

HDB3

Igual que el bipolar-AMI, excepto que cualquier cadena de cuatro ceros se reemplaza por una cadena que contiene una violación de código.

