

9.- TÉCNICAS MIC

9.1.- Técnica MIC

En este tema vamos a ver algunas técnicas que permiten convertir las señales analógicas en digitales, de forma que se pueden transmitir gozando de todas las ventajas que poseen los sistemas de transmisión digital.

Los sistemas de transmisión basados en la Modulación de Impulsos Codificados (sistemas MIC) son de concepción relativamente reciente. Hoy en día se han impuesto en gran número de aplicaciones que realizan operaciones digitales con señales que en su origen son analógicas, como por ejemplo: procesado digital de sonido e imagen, grabación digital de sonido e imagen...

La modulación por impulsos codificados MIC (en inglés PCM-Pulse Code Modulation) es el procedimiento más utilizado en telefonía para convertir una señal analógica en digital y viceversa.

Esta conversión se basa en tres operaciones fundamentales: muestreo, cuantificación y codificación.

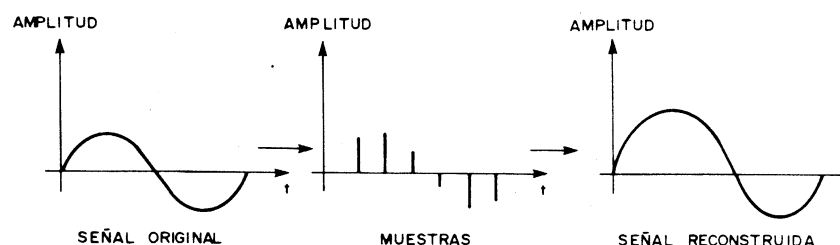
9.2.- Muestreo

Muestreo es el proceso mediante el cual se transforma una señal analógica en una serie de impulsos de distinta amplitud llamados muestras.

Si queremos enviar una señal de frecuencia “f” de un punto a otro, no es necesario transmitir la señal completa. Es suficiente transmitir muestras (trozos) de la señal tomadas, por lo menos, a una velocidad doble de la frecuencia máxima de la señal. Esto es lo que se conoce con el nombre de teorema del muestreo.

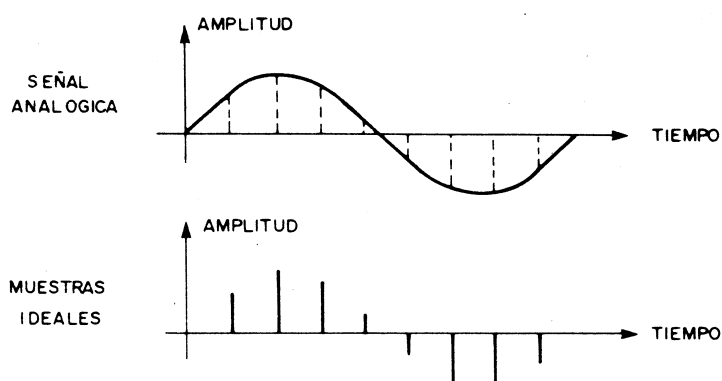
Así, por ejemplo, para transmitir una señal de frecuencia máxima de 4 khz, es suficiente con tomar muestras a una velocidad de 8 khz o más elevada.

En estas condiciones en el terminal distante se puede reconstruir la señal original a partir de sus muestras.

**Figura 9.1** Muestreo

La rapidez, o frecuencia, con que se toman las muestras, se llama frecuencia de muestreo (f_m).

El proceso de muestreo consiste en tomar valores instantáneos de una señal analógica, a intervalos de tiempo iguales. A los valores instantáneos obtenidos se les llama muestras.

**Figura 9.2** Muestreo ideal

Se conoce como muestreo ideal aquel en el que las muestras obtenidas son de anchura nula. Este muestreo no es físicamente realizable. En la práctica, una muestra es el valor instantáneo de una señal, pero tomada durante un tiempo

que es muy corto comparado con el tiempo entre dos muestras consecutivas. A este tipo de muestreo se le llama muestreo real y se representa en siguiente figura.

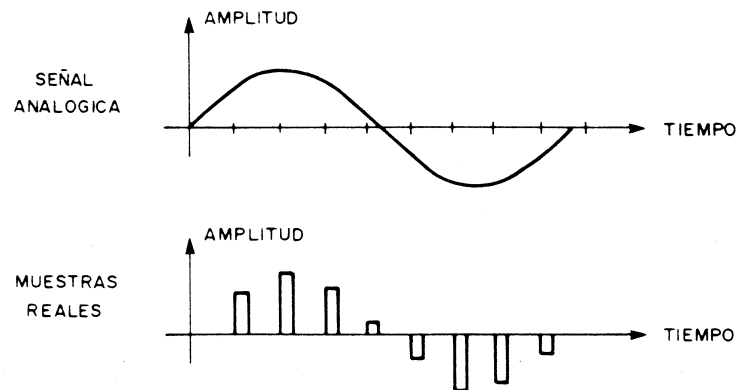


Figura 9.3 Muestreo real

Después del muestreo, la señal obtenida es un tren de impulsos, cada uno de los cuales tiene una amplitud igual al valor que tenía la señal en el instante del muestreo. El muestreo se efectúa siempre a un ritmo constante, que viene dado por la frecuencia de muestreo f_m .

La condición que debe cumplir f_m viene dada, como ya se ha dicho antes, por el teorema del muestreo que, para el caso de una señal que como la señal vocal contiene distintas frecuencias, se puede enunciar de la siguiente forma:

“Si una señal contiene únicamente frecuencias inferiores a $f_{m\text{áx}}$, queda completamente determinada por muestras tomadas a una velocidad igual o superior a $2f_{m\text{áx}}$.”

9.2.- Cuantificación

Las muestras obtenidas a partir de la señal original no se envían directamente a línea, ya que poseen muy poca inmunidad frente al ruido. Estas muestras tienen un rango de amplitudes que varía de forma continua. Como no podemos transmitir las infinitas amplitudes distintas que se pueden presentar, lo que se hace es dividir este rango continuo de amplitudes, en un número limitado de intervalos, llamados intervalos de cuantificación, de forma que a todas las muestras cuya amplitud cae dentro de un

mismo intervalo, se les asigna el mismo valor. Este proceso se conoce con el nombre de cuantificación y se ilustra en la figura 9.4

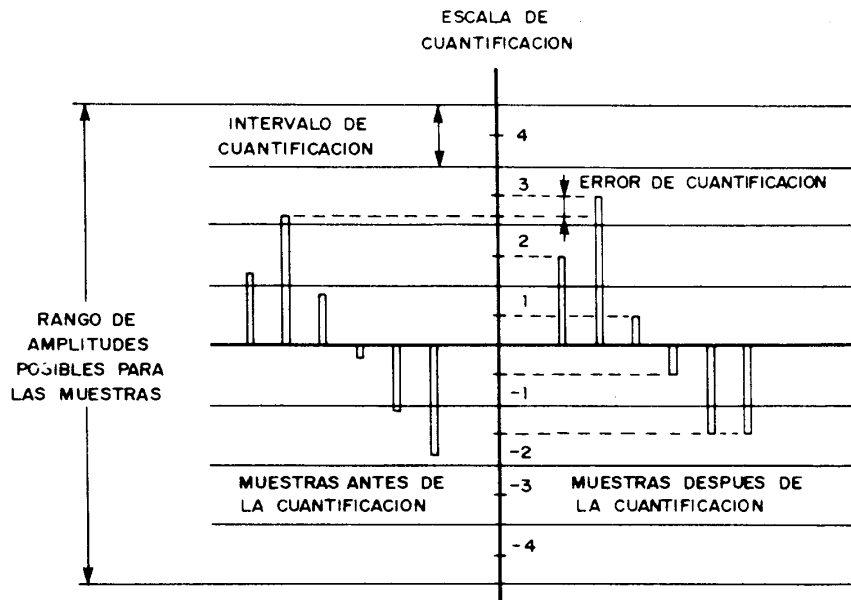


Figura 9.4 Cuantificación

En la cuantificación se introduce un error en la amplitud de las muestras, ya que se sustituye su amplitud real por una aproximada. A este error se le llama error de cuantificación.

El error de cuantificación puede reducirse aumentando el número de intervalos de cuantificación pero existen limitaciones de tipo práctico que obligan a que el número de intervalos no sobrepase un determinado valor.

Cuantificación uniforme

Una cuantificación en la que todos los intervalos tienen la misma amplitud se llama cuantificación uniforme.

En la figura 9.5 se representa la relación entre la amplitud de las muestras a la entrada de un cuantificador uniforme, y la amplitud asignada a la salida del mismo. La tensión de salida V_s sólo cambia cuando la tensión de entrada V_e pasa de un intervalo de cuantificación al intervalo adyacente.

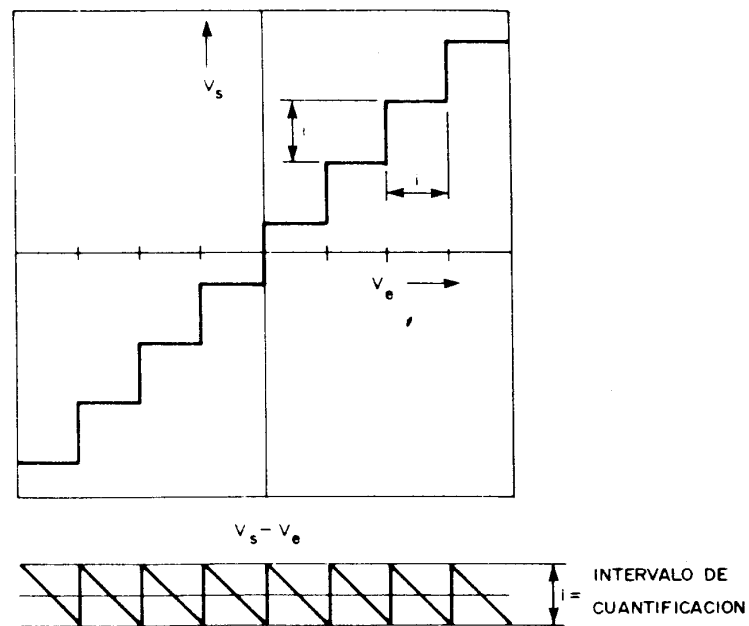


Figura 9.5 Relación entrada-salida en un cuantificador uniforme

La diferencia $V_s - V_e$ es el error de cuantificación.

El error de cuantificación introducido en cada muestra da lugar a una deformación o distorsión de la señal reconstruida que se denomina distorsión o ruido de cuantificación.

Cuantificación no uniforme.

En una cuantificación uniforme, la distorsión de cuantificación es la misma cualquiera que sea la amplitud de la muestra, con lo que la relación señal a ruido va empeorando según disminuye el nivel de la señal de entrada.

En la figura 9.6 se puede ver que para señales de amplitud muy pequeña, el error es casi tan grande como las muestras.

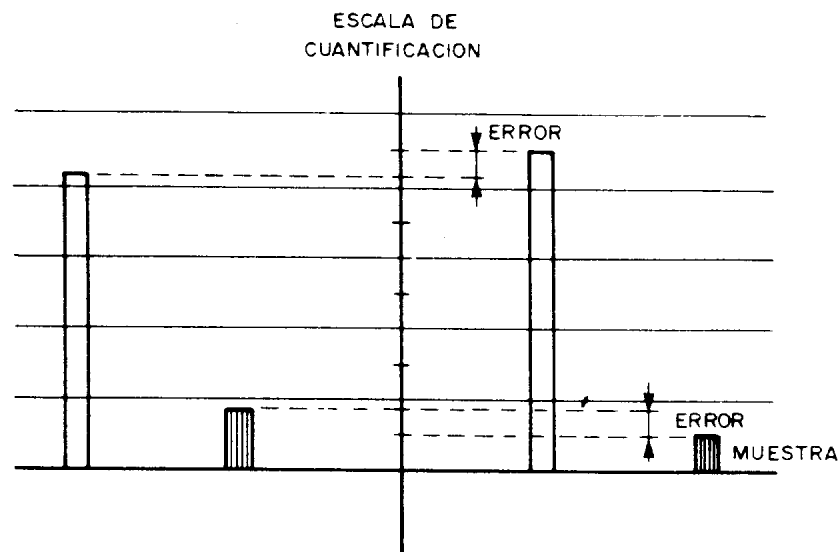


Figura 9.6 Error en la cuantificación uniforme

El problema se resuelve utilizando una cuantificación no uniforme, en la cual se toma un número determinado de intervalos y se distribuyen de forma no uniforme aproximándolos en los niveles bajos de señal, y separándolos en los niveles altos.

De esta forma, para las señales débiles es como si utilizase un número muy elevado de niveles de cuantificación, con lo que se produce una disminución de la distorsión de cuantificación, con la consecuente mejora de la relación señal a ruido. Sin embargo, para las señales fuertes se tendrá una situación menos favorable que la correspondiente a una cuantificación uniforme, pero todavía suficientemente buena.

En la figura 9.7 se muestra la relación entre la amplitud de las muestras a la entrada y a la salida de un cuantificador no uniforme. La tensión de salida V_s , sólo cambia cuando la tensión de entrada V_e , pasa de un intervalo de cuantificación al intervalo adyacente.

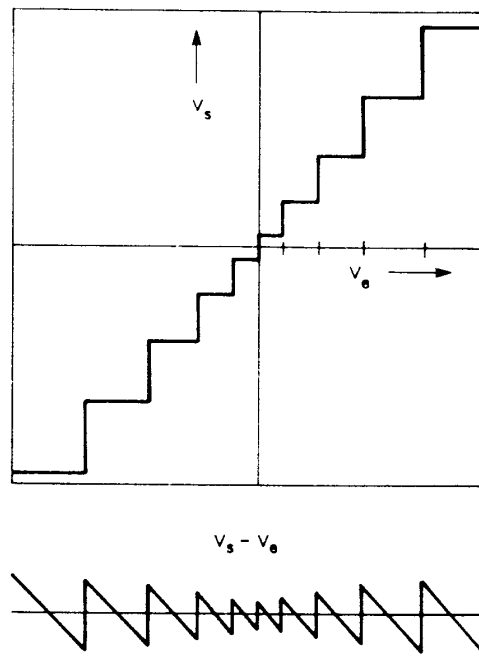


Figura 9.7 Relación entrada-salida en un cuantificador no uniforme

9.3.- Codificación

Una vez cuantificadas las muestras, se codifican según un código determinado. El código utilizado en los sistemas MIC es el código binario simétrico. Mediante este código se representa la amplitud de cada muestra cuantificada mediante un número binario, en el que el primer bit indica el signo de la muestra. Si la muestra es positiva, el primer bit es un “1” y si la muestra es negativa, el primer bit es un “0”. El resto de los bits binarios nos dan el valor absoluto de la amplitud de la muestra cuantificada.

Lógicamente, cuando la señal numérica llega al terminal distante, ha de ser sometida a los procesos inversos a los efectuados en el lado emisor. Estos procesos son: decodificación: reconstrucción de las muestras y obtención de la señal analógica a partir de estas últimas mediante un filtrado.

Como ya hemos dicho, la codificación es el proceso mediante el cual se representa una muestra cuantificada, mediante una sucesión de “1’s” y “0’s”, es decir, mediante una secuencia binaria.

Como en telefonía se utilizan 256 intervalos de cuantificación para representar todas las posibles muestras, se necesitarán secuencias binarias de 8 bits para representar a todos los intervalos de cuantificación ($2^8 = 256$).

Un grupo de 8 bits de este tipo, constituye una palabra MIC. En la mayoría de las aplicaciones prácticas las funciones de cuantificación y codificación se realizan simultáneamente en un mismo circuito. El dispositivo que realiza la cuantificación y la codificación se llama codificador.

Si la cuantificación que se realiza es uniforme, el codificador se llama lineal, y si la cuantificación es no uniforme, el codificador se llama no lineal.

9.4.- Decodificación y filtrado

La decodificación es el proceso mediante el cual se reconstruyen las muestras, a partir de la señal numérica procedente de línea. Este proceso se realiza en un dispositivo denominado decodificador.

Al conjunto de un codificador y de un decodificador en un mismo equipo, se le llama codec.

Con el fin de que el error entre las muestras transmitidas y las reconstruidas sea mínimo, las muestras se reconstruyen con una amplitud igual al valor central del intervalo de cuantificación dentro del que caen. En la figura 9.8 podemos ver esa reconstrucción.

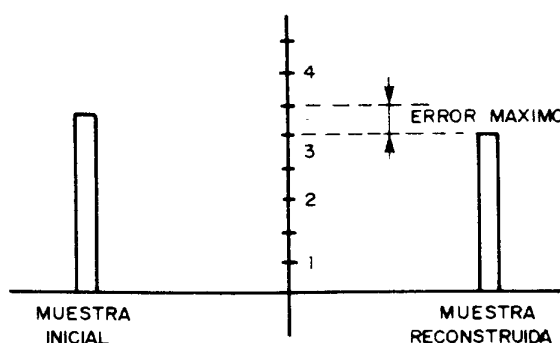


Figura 9.8 Decodificación

Una vez recuperadas las muestras, sólo es necesario hacer pasar el tren de muestras por un filtro paso bajo adecuado para recuperar la señal analógica original.

9.5.- Canal MIC

En los puntos anteriores hemos visto que cuando se aplican las técnicas MIC a los canales vocales, se muestrea la señal con una velocidad de 8000 muestras por segundo. Como cada muestra la codificamos con ocho bits, resulta que un canal vocal queda transformado en un circuito de $8000 \text{ muestras/sg} \times 8 \text{ bits/muestra} = 64000 \text{ bits/sg}$.

A esta señal de datos de 64000 bits/sg se le denomina canal MIC.

9.6.- Otros métodos de modulación por impulsos

Además de la modulación por impulsos codificados, existen otros métodos de modulación por impulsos, entre los que destacan por su importancia, la MIC diferencial (MICD) y la modulación delta (MD).

La MIC diferencial

En las señales vocales predominan generalmente las bajas frecuencias, por ello las amplitudes de dos muestras consecutivas difieren en una cantidad muy pequeña. Aprovechando esta circunstancia, se ha ideado la MICD.

En la MICD, en lugar de tratar cada muestra separadamente, se cuantifica y codifica la diferencia entre una muestra y la que le precede. La MICD permite una reducción sensible de la frecuencia de transmisión en línea, ya que ésta es proporcional al número de intervalos de cuantificación.

La modulación delta

Si en un sistema MICD vamos aumentando la frecuencia de muestreo, llega un momento en que dos muestras consecutivas tienen una amplitud tan próxima, que no se necesitan más que dos intervalos de cuantificación para cuantificar la diferencia, uno positivo y otro negativo.

En este caso sólo se necesitará un bit por muestra, y la velocidad de transmisión en línea será igual a la velocidad de muestreo. Este tipo de modulación se conoce con el nombre de modulación delta (MD).