

# CÓDIGOS EN EL TRATAMIENTO Y TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN

José Gabriel Réding Domínguez  
Juan Carlos Canto Rodríguez  
José Ángel Pérez Rejón



El presente artículo es la continuación del publicado en la revista Acalán (UNACAR) de Julio-Agosto 2008, sin que por ello se deba tener el antecedente descrito, ya que las líneas siguientes muestran una simplicidad en el entendimiento de los códigos empleados para tratar y enviar la información a través de un medio cualquiera.

En la transmisión a larga distancia, es más rentable incorporar la temporización dentro de la propia señal que se transmite, en vez de utilizar un canal diferente para la señal de reloj. Esto es lo que se conoce como un código autosincronizado. Los códigos no autosincronizados presentan el problema de que el reloj y los datos pueden resultar alterados al propagarse por canales diferentes. Es posible, por ejemplo, que la señal de reloj ejecute alguna acción más rápido o más lento. Si eso ocurre, el receptor tendrá dificultades con los datos decepcionados.

Con el uso de los códigos autosincronizados, el receptor puede verificar por sí mismo si está muestreando la línea de transmisión en el momento exacto en el que se recibe el bit del dato. Para ello se requiere (en condiciones ideales) que la línea cambie su estado muy a menudo. A efectos de sincronización, los mejores códigos son los que causan cambios

muy frecuentes en el estado de la línea, ya que esos cambios de estados (por ejemplo cambios de tensión) permiten al receptor ajustarse continuamente a la señal, lo que nos dará una alta fiabilidad en la transmisión.

El muestreo del receptor se produce a mayor velocidad que la velocidad de transmisión de bits, de forma que se puedan definir de manera precisa las celdas temporales que ocupa cada bit. Para poder iniciar la comprensión de los códigos, presentamos la siguiente clasificación:

\*Código Unipolar. El signo algebraico del voltaje de la señal no cambia. Por ejemplo cero voltios para un cero lógico y tres voltios para un uno lógico.

\*Código Polar. La señal adquiere valores de tensión por encima y por debajo de cero. Por ejemplo: dos tensiones con signos opuestos representan a ambos estados lógicos (+3 y -3 voltios).

\*Código bipolar. En este tipo de código, la señal puede adquirir tres niveles de referencia.

\*Código bifásico. Codifica la información en términos de transiciones de nivel ubicadas en el centro del intervalo de bit.

La técnica de transmisión asincrónica es simple y se adecua especialmente a equipos electromecánicos. Sin embargo, la velocidad de transmisión está limitada debido a que la precisión de la sincronización (que es proporcional a la distorsión) también está limitada.

La técnica sincrónica es especialmente adecuada para los sistemas de comunicaciones de alta velocidad. Es eficaz en un 100% debido a que no necesita bits que completen su función, además de que es casi insensible a la distorsión de la señal recibida. Para obtener lo antes mencionado, la robustez en la complejidad del equipo se incrementa [4].

La información de la señal se puede representar de varias maneras que se diferencian en los niveles y en las formas de onda que adoptan cada una de ellas.

La elección de una forma de onda en particular o codificación debe permitirnos lograr los objetivos del sistema en la forma más económica. Además, en el proceso de elección se debe tener en cuenta la factibilidad técnico-económica, la seguridad y confiabilidad de los sistemas y la complejidad de los mismos.

Existe una serie de factores que se deben tomar en cuenta para la elección del código a emplear en un sistema, algunos de estos puntos son:

\*Contenido de corriente continua. La mayoría de los enlaces de comunicación no permiten el paso de corriente continua, por lo que es esencial que el código posea una componente de corriente continua (CC) muy pequeña o de preferencia nula, esto dará como consecuencia que la comunicación sea confiable.

\*Factibilidad para extraer el sincronismo o señal de reloj. En la mayoría de los sistemas de comunicación actuales, el receptor contiene una gran cantidad de circuitos especiales destinados a extraer la señal de sincronía de la información recibida y generan la señal de reloj del transmisor para los circuitos del receptor. Para llevar a cabo lo antes mencionado es indispensable que el código elegido posea la capacidad de proporcionar la señal de sincronismo o la alternancia requerida.

\*Grado de complejidad. Es indispensable que la complejidad de los sistemas se mantenga en un grado moderado, lo cual nos restringe hacia la construcción de códigos sumamente buenos, pero costosos, que provocan que el grado de complejidad de los sistemas se incremente.

La señal Modulación por Codificación de Pulsos (PCM), considerándose en su última etapa como un tren de pulsos (unos y ceros lógicos), ahora debe de ser transmitida. Dependiendo del tipo de transmisión adoptado (cable, radio enlace, fibra óptica, etcétera) podrían aparecer dificultades al emplear una señal constituida de esa forma, por lo que es necesario darle un tratamiento para que, manteniendo inalterada la información contenida en ella (la señal), se adapte al medio de transmisión.

Para iniciar con la clasificación de los principales códigos, es necesario entender el significado de esta palabra. Código es un conjunto de símbolos, cada uno de los cuales tiene un significado asociado; con dichos símbolos combinados se pueden lograr conformar significados más complejos. Existe una gran variedad de códigos que sirven para dar un mejor tratamiento y seguridad a la información.

Es necesario que en el sistema de comunicaciones existan los llamados conversores de códigos, mismos que son los encargados de realizar la transformación o traducción de uno a otro código.

**Código NRZ (No Retorno a Cero)**

Es un código unipolar al 100%, es decir, en este tipo de códigos el periodo de cada bit es del 100% o en su totalidad emplean el tiempo de cada bit para comportarse como un uno o cero lógico. El NRZ es empleado internamente en los equipos de transmisión o recepción.

El NRZ presenta ciertas desventajas para ser usado en la transmisión, en especial por cable, debido a que:

- a. La componente continua de corriente no permite enviar por línea, la telealimentación de los regeneradores intermedios.
- b. No es posible que la señal de componente continua pase a través de los regeneradores de línea.
- c. Utilizando el NRZ podría existir una pérdida de sincronía al presentarse largas cadenas de ceros, ya que en la práctica el reloj se extrae de las transiciones de la señal recibida para sincronizar un circuito tanque o similar (de cada regenerador y del multiplexor en la recepción).

El código sin retorno a cero (NRZ) puede ser considerado como el más simple, debido a que aparece en forma natural en los circuitos digitales sincrónicos. El intervalo portado en los circuitos que utilizan el NRZ es el máximo posible, es decir, un periodo de reloj. La señal pasa de uno a otro de los dos niveles sí y solo sí el bit presente es diferente al que le precedió. Todos los cambios de nivel ocurren en instantes predeterminados (generalmente en el flanco positivo de la onda de reloj).

La característica anterior es la que permite extraer información de sincronismo de la onda NRZ. Sin embargo, cuando la información transmitida contiene trenes largos de bits iguales, la información de sincronización se vuelve compleja para ser extraída en el lado receptor.

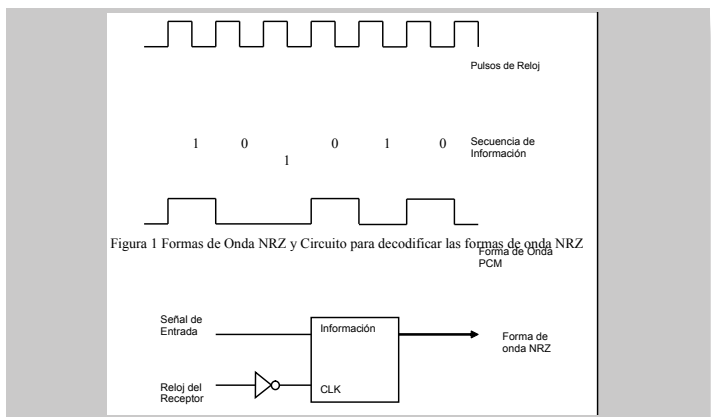


Figura 1 Formas de Onda NRZ y Circuito para decodificar las formas de onda NRZ

En el caso de la componente de corriente continua de la onda NRZ medida en base a secuencias largas y aleatorias (compuestas por aproximadamente la misma cantidad de ceros que de unos) es igual a la mitad del pico de amplitud de la onda de la señal. A pesar de ello, el código NRZ es usado ampliamente por ser considerado un código simple y confiable. Es importante señalar que las transiciones más rápidas posibles de la onda NRZ pueden tener la mitad de la frecuencia de reloj; esta condición se presenta cuando se transmite una secuencia de la forma 01010101.

En la vida real, al transmitir una señal No Retorno a Cero (NRZ) está acompañada por distorsión y ruido, el receptor deberá determinar o decidir qué bit se transmitió de la manera más confiable; para hacer esto, se podría utilizar el valor de la señal recibida en el punto en el que sea menor la probabilidad de que la señal esté perturbada por ruido o distorsión, de manera práctica se elige el centro del intervalo del bit y ahí es donde se decide el valor del bit recibido (sea uno o cero).

**Código RZ (Retorno a Cero)**

Es un código al 50%. En este código la señal es similar al NRZ pero el ciclo de trabajo de cada uno de los bits es reducido al 50%. Esta clasificación de códigos es utilizada internamente en los equipos terminales o de repetición, ya que presenta las mismas desventajas que el NRZ para la transmisión de información.

El código RZ es muy similar al sin retorno a cero, excepto que la información está contenida en la primera mitad del intervalo de bit, mientras que en la segunda mitad está siempre en el nivel cero. La onda RZ se genera enviando a una compuerta la señal básica NRZ junto con el reloj del transmisor [1][2].

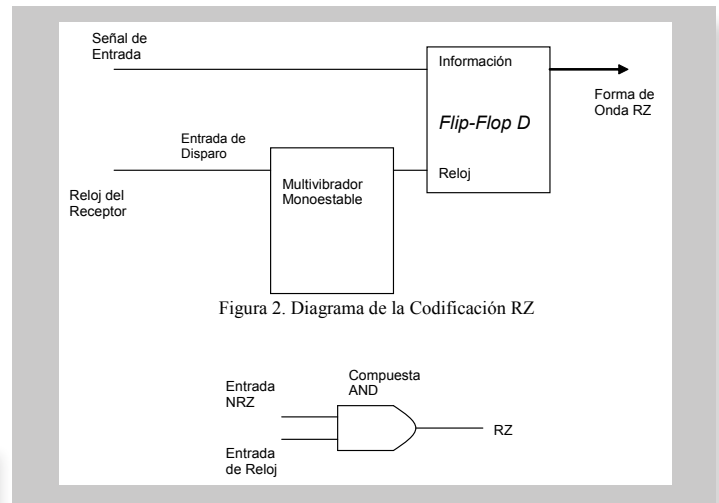


Figura 2. Diagrama de la Codificación RZ

Figura 2. Diagrama de la Codificación RZ

La decodificación de las señales RZ se realizan empleando un circuito similar al utilizado en la decodificación NRZ con la excepción de que ahora el mejor punto de muestreo es el centro de la primera mitad del intervalo (50%), que es la parte portadora de la información.

**Código ADI (Inversión de Dígitos Alternados)**

Este código sigue un patrón conocido como PINININI, lo cual significa que el primer bit de cada palabra PCM (grupo de ocho bits) lo tomamos y le respetamos su Polaridad, al siguiente bit hay que cambiarle su estado lógico (Inversión), al siguiente bit se le respeta su estado (Normal), y se continua alternativamente. Este tipo de códigos le sirve al equipo para evitar largas cadenas de ceros y lo utilizan internamente algunas tarjetas PCM.

**Código Manchester**

Es muy utilizado en comunicaciones. Este código produce también un cambio en el estado de la señal en cada intervalo de bit; por lo que es bueno desde el punto de vista de la sincronía. Pero como sucede en el RZ, requiere el doble de velocidad en baudios. Además, las interfaces que se emplean para conseguir estas velocidades binarias son bastante más caras que los que se utilizan para códigos NRZ. El código Manchester se utiliza en grabación de cintas magnéticas, enlaces por fibra óptica, enlaces por cable coaxial y en redes de área local [4].

**Código AMI (Inversión de Marcas Alternadas)**

Alternative Mark Inversion. Es un código bipolar al 50% alternativo a tres niveles. Este código consiste en que una vez aplicado el RZ, se alternará la polaridad de los unos, de esta forma, no existirá componente de corriente continua.

Se considera ya un código de línea, aunque con algunas deficiencias, ya que no elimina la posibilidad de que una larga cadena de ceros haga imposible la extracción de la frecuencia de reloj [2].

Código HDB3 (Alta Densidad Binaria con un Máximo de 3 ceros consecutivos)

*High Density Binary*. Binario de alta densidad con un máximo de tres ceros consecutivos. Es un código de línea, bipolar al 50% y alternativo a tres niveles.

Este tipo de código mantiene la componente de continua nula, presenta todas las ventajas del código AMI pero con la diferencia de que el HDB3 puede extraer el reloj aun en presencia de largas cadenas de ceros consecutivos [3].

A pesar de que algunos autores difieren en la aplicación del código HDB3, básicamente se aplican cuatro reglas para constituir el código, mismas que son:

- I. En largas cadenas de ceros, se hacen grupos de cuatro ceros.
- II. El cuarto cero es sustituido por una violación (marca o uno) de polaridad contraria a la marca que le precede.
- III. En caso de existir un cero posterior a la violación insertada, se aplica otra violación de polaridad contraria a la anterior.
- IV. En caso de no existir marcas de referencia, la primera violación siempre será considerada positiva.

En caso de no existir cadenas de más de 4 ceros consecutivos, el HDB3 es idéntico al código AMI.

Algunos de los códigos mencionados no pueden ser analizados a la salida de los equipos PCM, ya que estos son códigos internos del propio sistema y son utilizados como transición hacia un código de mayores ventajas, pero es importante considerarlos dentro de nuestro análisis y para un mejor entendimiento de lo que sucede en un sistema PCM (Modulación por Codificación de Pulsos).

**Referencias y bibliografía**

1. DEGEM, Teoría y Práctica moderna de las Comunicaciones Digitales, México, Digicom, 1999.
2. Inttelmex, Manual de Capacitación PCM primer Orden y Altos Ordenes, México, Inttelmex/Telmex, 1999.
3. Schwartz, Mischa, Transmisión de Información, Modulación y Ruido, México, Mc Graw Hill, 2000.
4. Stremler, Ferrel, Sistemas de Comunicación, México, Alfaomega, 2001

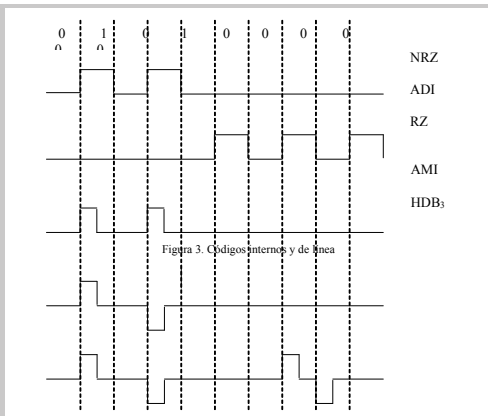


Figura 3. Códigos internos y de línea