

Electrónica Digital

Ingeniería Informática – FICH, UNL
Leonardo Giovanini



Códigos

Codificación de línea

o

Transmisión de banda base

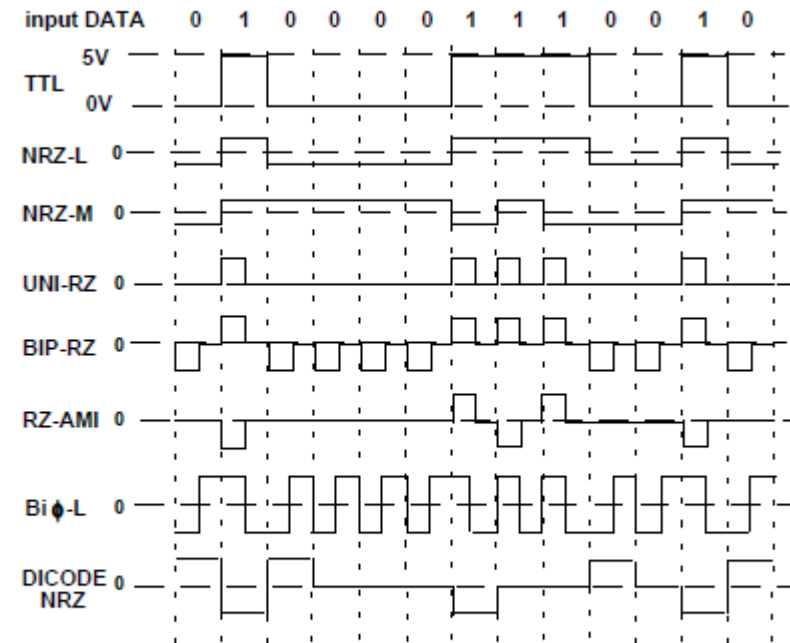
En esta clase se estudiarán los siguientes temas:

- Definición;
- Criterios y medios físicos;
- Clasificación;
- Componente continua;
- Polaridad;
- Sincronización;
- Códigos más comunes.

Un **código de línea**, también llamado modulación de banda, es un código elegido para su uso dentro de un sistema de comunicaciones o almacenamiento con fines de transmitir o almacenar la información.

La codificación de línea consiste en **representar la señal a transportar o almacenar por medio de una señal discreta de amplitud, frecuencia, fase y tiempo que se sintoniza de manera óptima para las propiedades específicas** del canal físico por el cual se transmitirá o el medio en el que se almacenará.

Un código de línea es un patrón de voltaje, corriente, magnético o fotones utilizado para representar datos digitales a ser transmitidos y/o almacenados. Este repertorio de señales generalmente se denomina código restringido en los sistemas de almacenamiento de datos. Algunas señales son más propensas a errores que otras cuando se transmiten a través de un canal de comunicación, ya que la física del medio de comunicación o almacenamiento limita el repertorio de señales que pueden usarse de manera confiable.



Los códigos de línea se eligen para cumplir con uno o más de los siguientes criterios:

- Reducir la complejidad de los circuitos de procesamiento;
- Aumentar la tolerancia al ruido y la interferencia entre símbolos;
- Cancelar las componentes de baja frecuencia y continua;
- Minimizar el ruido de baja frecuencia no lineal y no estacionario;
- Facilitar la detección y corrección de errores;
- Facilitar la sincronización
- Lograr una densidad espectral objetivo

Los canales físicos más comunmente utilizados son:

- **Línea de transmisión** – la señal se transmite a través de variaciones de voltaje o corriente (a menudo utilizando señalización diferencial);
- **Comunicaciones inalámbricas** – la señal codificada se modifica para reducir su ancho de banda y luego se modula (para cambiar su frecuencia) para crear una "señal de RF";
- **Comunicaciones ópticas** – la señal codificada se modula para crear una "señal óptica";
- **Papel** – la señal codificada se imprime para crear un código de barras;
- **Campo magnético** – la señal codificada se convierte en zonas magnetizadas para discos duro;
- **Soporte físico** – la señal codificada en línea se convierte en hoyos para discos ópticos.

Podemos clasificar los esquemas de codificación en línea en 5 categorías

Unipolar – todos los niveles de señal están por encima o por debajo del eje.

- **No retorno a cero (NRZ - L)** – es un esquema unipolar en el que el voltaje positivo define el “1” y el voltaje cero el “0” y la señal no regresa a cero en el medio del bit.

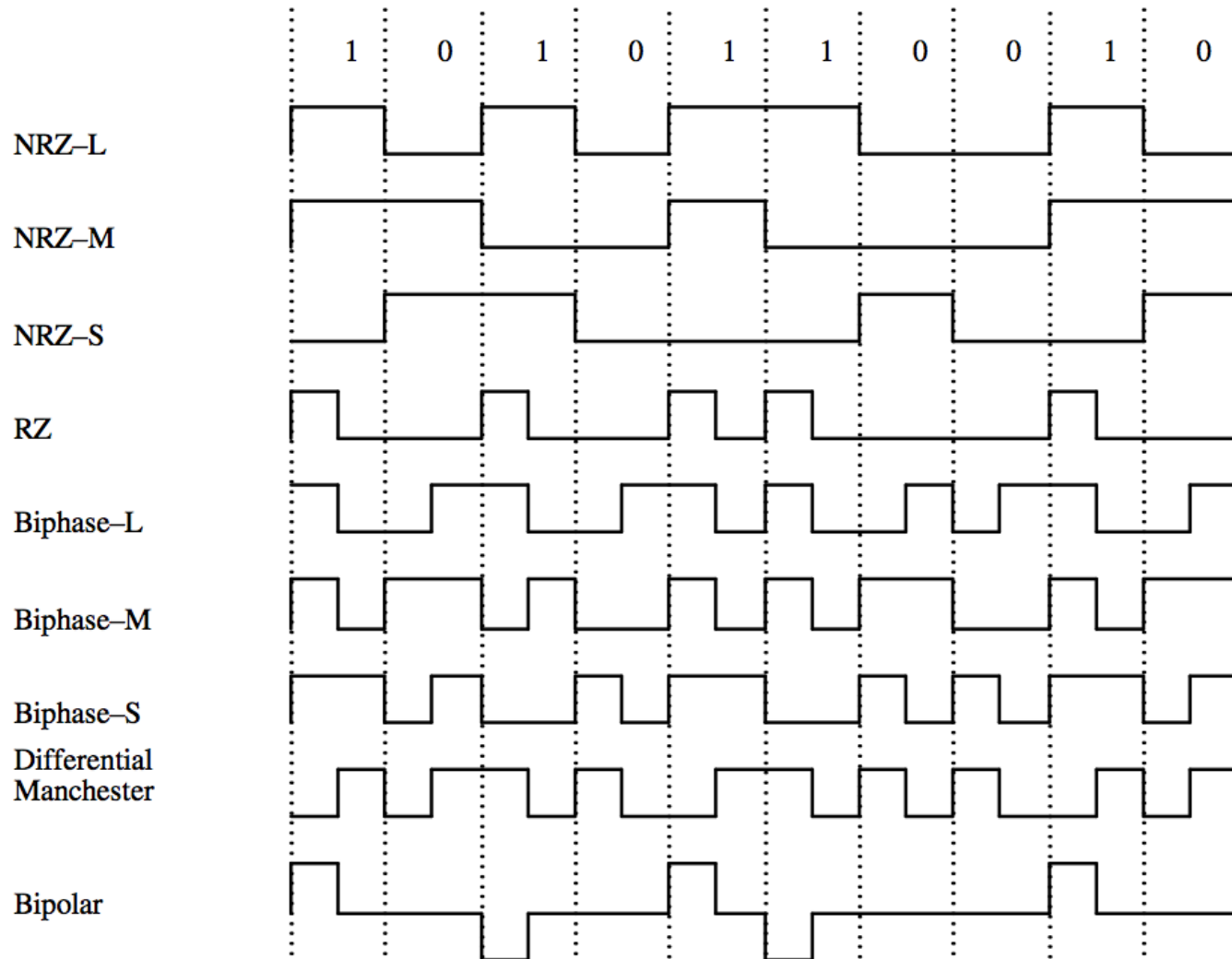
Polar – los niveles de señal están a ambos lados del eje

- **NRZ - M** y **NRZ - S** – son similares al esquema **NRZ - L** pero usan dos niveles de amplitud. Para NRZ-M el nivel de voltaje determina el valor del bit, un nivel alto un 1 y un nivel bajo un 0, y al revés para NRZ - S. Una transición se produce si el siguiente bit es un 1, y no hay transición si el siguiente bit un 0.
- **Retorno to zero (RZ)** – es un esquema que utiliza tres valores (positivo, negativo y cero) en el cual la señal va a 0 en el medio de cada bit.
- **Bifase** – la codificación **Manchester** es una combinación de los esquemas RZ y NRZ-L. La duración del bit se divide en dos mitades: durante la primera mitad permanece en un nivel y se mueve al otro nivel en la segunda mitad. La transición en el medio del bit proporciona sincronización.

La codificación de **Manchester diferencial** es una combinación de los esquemas RZ y NRZ-M. Siempre hay una transición en el medio del bit, pero los valores de los bits se determinan al comienzo del bit. Si el siguiente bit es 0, hay una transición, si el siguiente bit es 1, no hay transición.

Bipolar – este esquema tiene tres niveles de voltaje positivo, negativo y cero. El nivel de voltaje para un dato está en cero, mientras que el nivel de voltaje para el otro elemento alterna entre positivo y negativo.

- **Inversión Alternativa de Marcas (AMI)** – un voltaje neutro representa el 0 y los 1 se representan alternando voltajes positivos y negativos;
- **Pseudoternario** – codifica los bits de manera opuesta al AMI.



La **componente de continua** también se la denomina **disparidad**. La disparidad de un patrón de bits es la diferencia en el número de unos frente al número de ceros. La disparidad en ejecución es el total en ejecución de la disparidad de todos los bits transmitidos previamente.

El código de línea más simple posible, unipolar NRZ - L, da demasiados errores porque tiene un disparidad no acotada.

Hay tres formas de eliminar la disparidad utilizando:

Códigos de peso constante – cada palabra en un código de peso constante está diseñada de tal manera que cada palabra de código que contiene algunos niveles positivos o negativos también contiene suficientes niveles opuestos, de modo que el nivel promedio sobre cada palabra de código es cero.

Ejemplos de códigos de peso constante incluyen el código Manchester y el Interleaved 2 de 5.

Códigos de disparidad emparejado – Cada palabra de código en un código de disparidad emparejado que promedia un nivel negativo se empareja con otra palabra de código que promedia un nivel positivo. El transmisor realiza un seguimiento de la acumulación de disparidad en funcionamiento y selecciona la palabra de código que empuja el nivel de disparidad hacia cero. El receptor está diseñado para que cualquiera de las palabras de código del par se decodifique en los mismos bits de datos.

Ejemplos de códigos de disparidad emparejados incluyen inversión de marca alternativa, 8B10B y 4B3T.

Codificador – Por ejemplo, el codificador especificado en RFC 2615 para la codificación 64b/66b.

Los códigos de línea bipolares pueden eliminar completamente cualquier disparidad.

Esto es importante si la señal debe pasar a través de un transformador o una línea de transmisión larga.

Desafortunadamente, varios canales de comunicación de larga distancia tienen ambigüedad de polaridad. Los códigos de línea insensibles a la polaridad compensan en estos canales.

Hay tres formas de proporcionar una recepción inequívoca a través de dichos canales:

- ***Emparejamiento de cada palabra de código con el inverso de polaridad de esa palabra.*** El receptor está diseñado para que cualquiera de las palabras de código del par se decodifique en los mismos bits de datos.

Los ejemplos incluyen inversión de marca alternativa, codificación diferencial Manchester, inversión de marca codificada y codificación Miller;

- ***Codificación diferencial*** de cada símbolo en relación con el símbolo anterior.

Los ejemplos incluyen la codificación MLT-3 y NRZ-I.

- Invierte todo el flujo de datos cuando se detectan palabras de sincronización invertidas

El reloj de transmisión puede recuperarse observando las transiciones de la secuencia recibida. De modo que si el número máximo de unos o ceros consecutivos está limitado (limitación de longitud de ejecución – RLL) a un número razonable, el período de reloj se recupera de manera confiable.

Los **códigos RLL** se definen por cuatro parámetros principales: m , n , d y k .

El cociente m/n se refieren a la **velocidad del código**, mientras que los dos restantes especifican el número mínimo d y el número máximo k de ceros entre los consecutivos.

Específicamente, RLL **limita la longitud** de tramos (ejecuciones) de **bits repetidos** durante los cuales la **señal no cambia**.

Si las ejecuciones son demasiado largas, la recuperación del reloj es difícil, si son demasiado cortos la señal es atenuada. Al modular los datos, RLL reduce la incertidumbre de temporización en la decodificación de los datos.

Este mecanismo asegura que los límites entre los bits siempre se puedan encontrar con precisión, al tiempo que utiliza los medios de manera eficiente para almacenar de manera confiable la cantidad máxima de datos en un espacio determinado

Si la recuperación del reloj no es ideal, entonces la señal a decodificar no se muestrearán en los momentos óptimos. Esto aumentará la probabilidad de error en los datos recibidos.

Los códigos de línea bifásica requieren al menos una transición por bit de tiempo. Esto facilita la sincronización de la decodificación, sin embargo, la velocidad de transmisión es mayor que la de los códigos NRZ.

Códigos de línea más comunes

2B1Q	6b/8b	NRZ	AMI
4B3T	8b/10b	NRZI	B3ZS, B6ZS, B8ZS, HDB3
4B5T	128b/130b	RZ	CMI
Hamming	Manchester	MLT-3	EFM
Híbrido Ternario	Manchester diferencial	TC-PAM	EFM-Plus