



SEÑALES DIGITALES

Comunicaciones Electrónicas

Facultad de Ingenierías

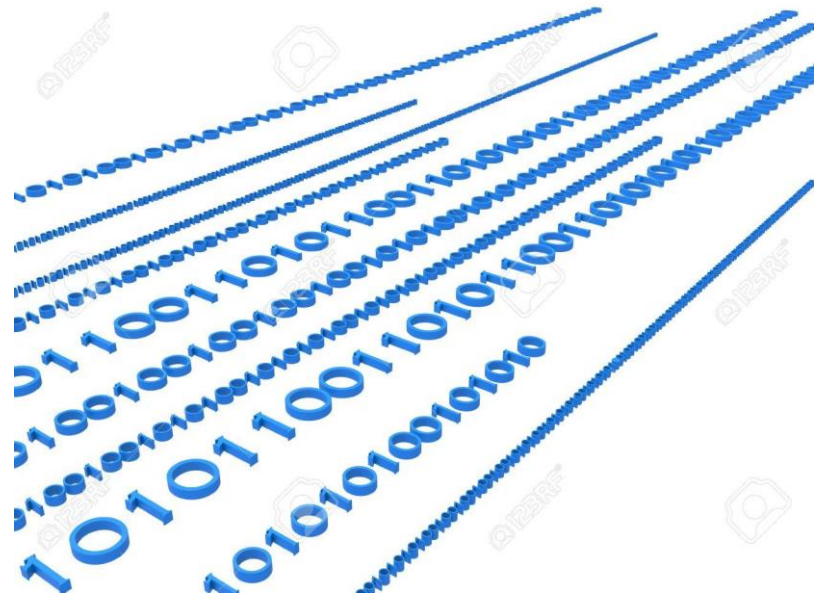
Programa de Ingeniería Electrónica

Ing. Erika Sarria Navarro, M.Sc.



Conceptos Generales

Señal Digital vs. Dato
Digital



CONCEPTOS BÁSICOS

Bit

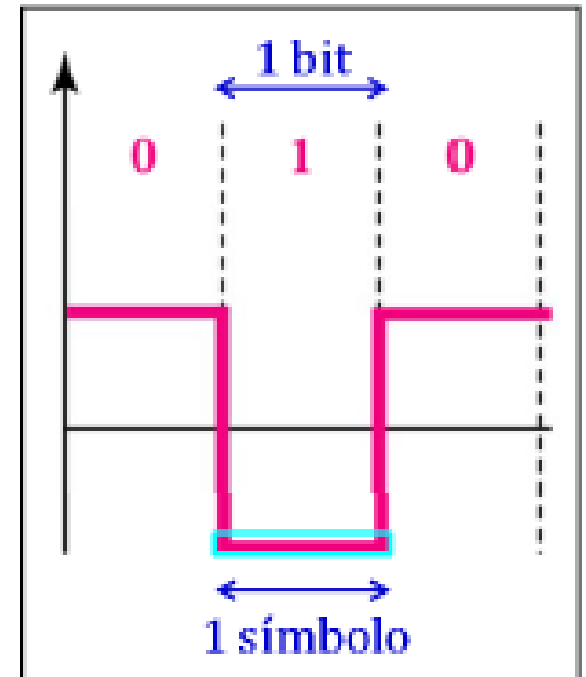
- En las comunicaciones de datos, el objetivo es enviar bits de datos. Un bit es la entidad más pequeña que puede representar un elemento de información.

Símbolo

- En una comunicaciones de datos digitales, los bits son transportados por símbolos (variaciones de voltaje). Un símbolo es la unidad más corta (en cuanto a tiempo) de una señal digital.

1	Binary symbol ($k = 1, M = 2$)
10	Quaternary symbol ($k = 2, M = 4$)
011	8-ary symbol ($k = 3, M = 8$)

En otras palabras, los bits son transportados
y los símbolos son los transportadores



CONCEPTOS BÁSICOS

Fuente de información

- Entidad que produce la información que es transmitida a través del sistema

Mensaje textual

- Para una transmisión digital, el mensaje es una secuencia de dígitos o símbolos de un conjunto finito de símbolos o alfabeto. De forma general un mensaje está compuesto por una cadena de caracteres.

HOW ARE YOU?
OK
\$9, 567, 216.73

Caracter

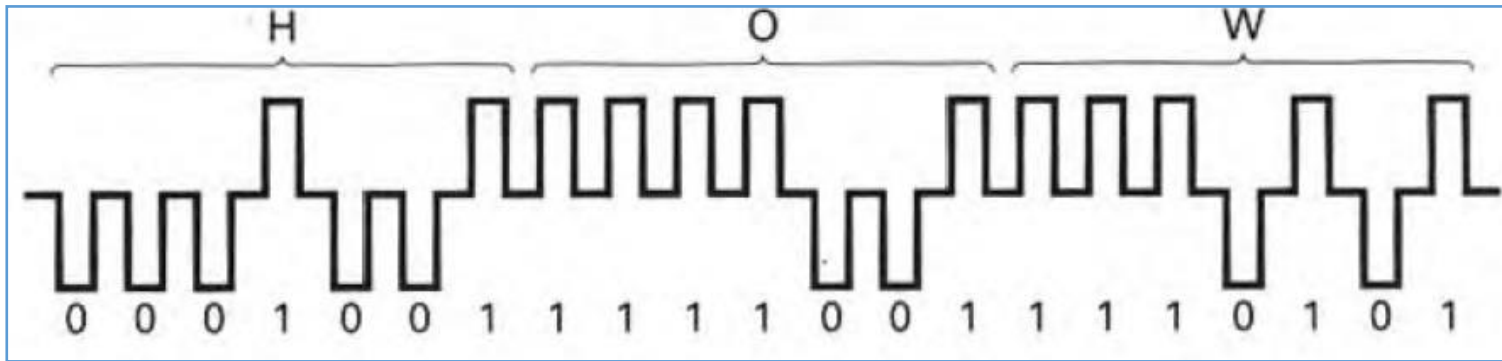
- Un miembro de un alfabeto o conjunto de símbolos. Existen varios códigos estandarizados para codificación de caracteres: ASCII, EBCDIC, MORSE, p.e.

A
9
&

CONCEPTOS BÁSICOS

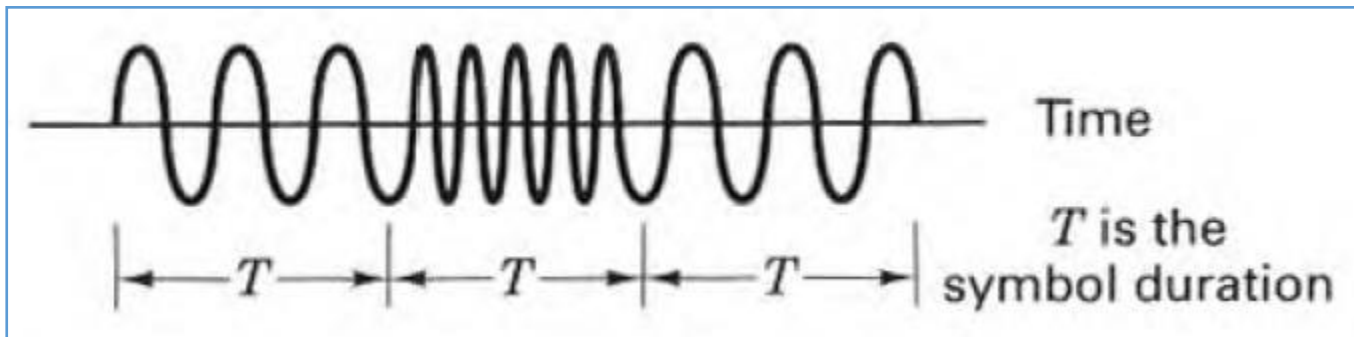
Torrente de bits (Bit Stream)

- Una secuencia de dígitos binarios (unos y ceros) frecuentemente es referida como señal banda base, lo cual significa que su contenido espectral se extiende desde DC (o cerca) hasta algún valor finito, usualmente de unos cuantos MHz.



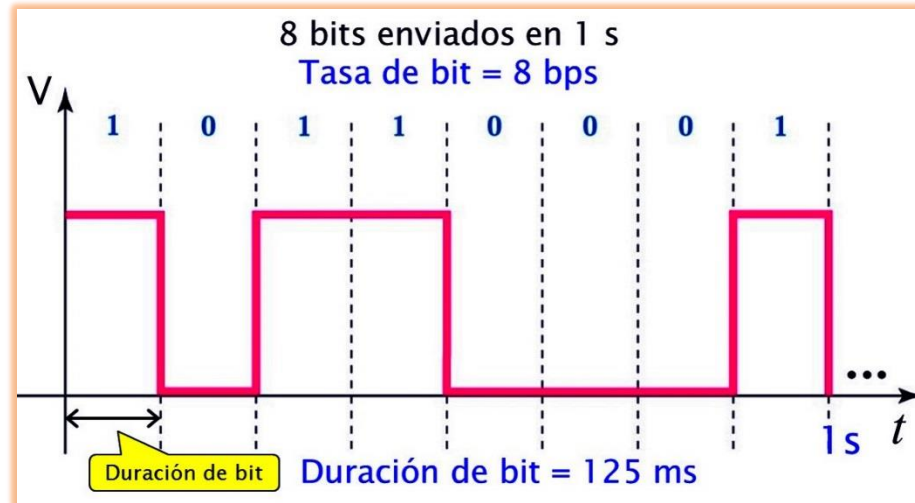
Forma de onda digital

- Forma de onda de voltaje o corriente que representa un símbolo digital



ANÁLISIS DE LA SEÑAL DIGITAL

- Una señal digital corresponde al eje vertical discreto. Un ejemplo de una señal digital es una secuencia binaria, donde la función solo tiene valores de cero o uno.



- La mayoría de las señales digitales son aperiódicas y, por tanto, la periodicidad o la frecuencia no son características apropiadas. Se usan dos nuevos términos para describir una señal digital: el Intervalo de bit y tasa de bit

Intervalo de bit y tasa de bit

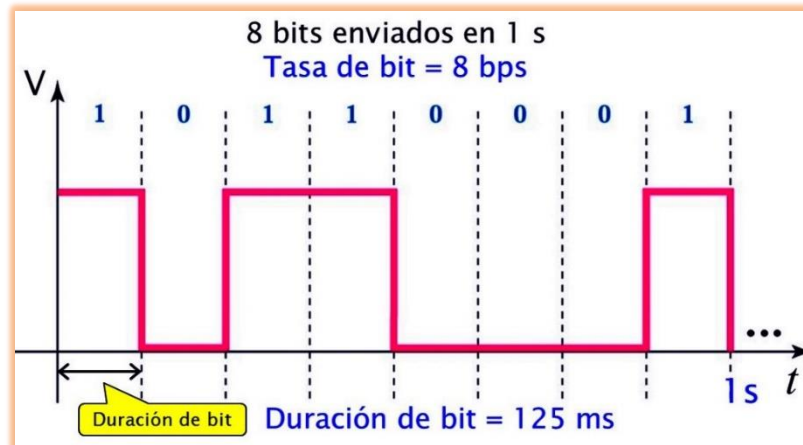
Duración de bit.

- En lugar del periodo. Es el tiempo necesario para enviar un bit.
- Su unidad es s (segundos).

Tasa de bit (rata de bit)

- En lugar de la frecuencia. Es el número de bits enviados en 1 segundo.
- Su unidad es bps (bits/segundo).

Tienen una relación inversamente proporcional



➤ Relación entre la duración de bit y la tasa de bit:

$$R(\text{bps}) = \frac{1}{t_b(\text{s})} \quad \left\{ \begin{array}{l} R = \text{rata de bit (velocidad de transmisión), en bps.} \\ t_b = \text{tiempo de duración de bit, en s.} \end{array} \right.$$

Intervalo de bit y tasa de bit

Ejercicios:

- Una señal digital tiene una tasa de bits de 2000 bps. Calcule el tiempo de duración de cada bit.

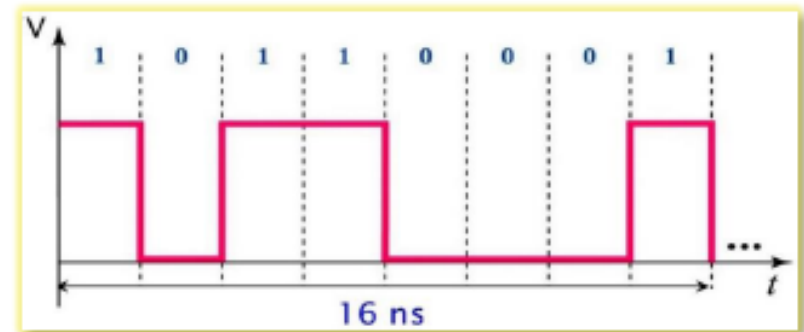
Respuesta.- $t_b = 500 \mu s$.

- Calcule el tiempo de un bit a 230.4 kbps.

Respuesta.- $t_b = 4.34 \mu s$.

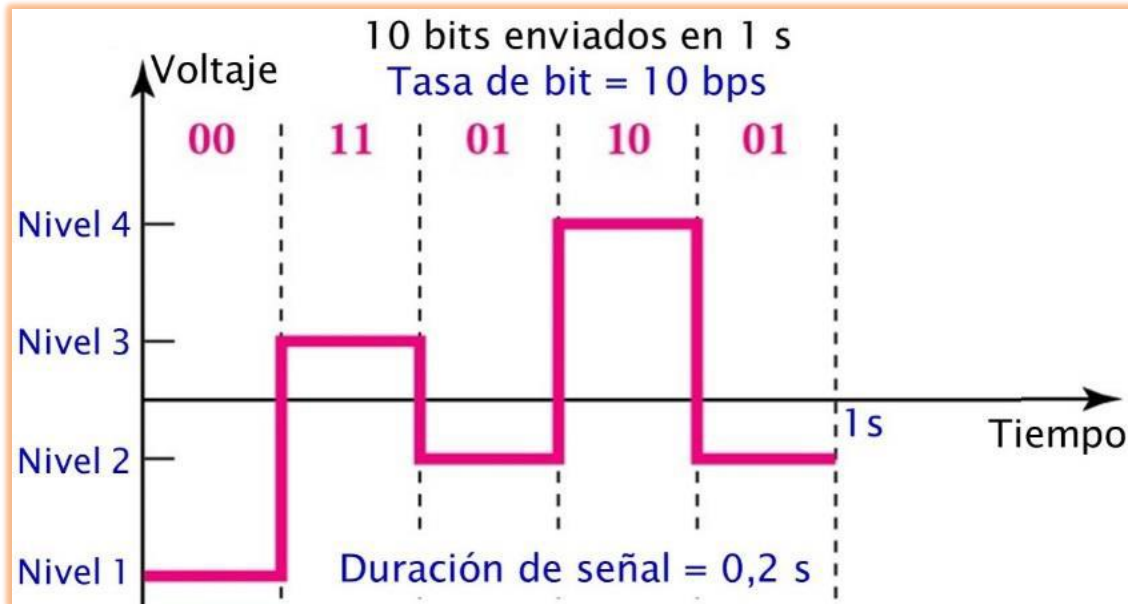
- Calcule la tasa de bit de la señal de la figura.

Respuesta.- $R = 500 Mbps$



Señal Digital Multinivel

Una señal digital puede tener más de 2 niveles



Un nivel puede necesitar más de un bit.

En este caso, se puede enviar **más de un bit** por cada por cada nivel.

Si una señal tiene M niveles, cada nivel necesita $\log_2 M$ bits.

- Una señal digital tiene 8 niveles. Calcule cuántos bits por nivel son necesarios. R/ 3 bits
- Una señal digital tiene 9 niveles. Calcule cuántos bits por nivel son necesarios. R/ 4 bits

Análisis de la Señal Digital

Tasa de símbolo (rata de símbolo)

- Es el número de símbolos enviados en 1 segundo. La unidad es el baudio.

Se utilizan diferentes terminologías en la literatura. La tasa de bit se denomina en algunas ocasiones tasa de datos.

La tasa de símbolos se denomina también tasa de señal, tasa de pulsos, tasa de modulación o tasa de baud.

- Un objetivo en la comunicación de datos es incrementar la tasa de bit, al mismo tiempo que se reduce la tasa de símbolos.

Si se incrementa la tasa de bit, se incrementa la velocidad de transmisión.

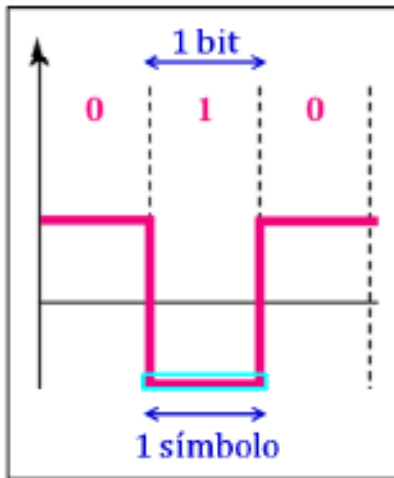
Si se reduce la tasa de símbolos, se reducen los requisitos de ancho de banda (BW).

Análisis de la Señal Digital

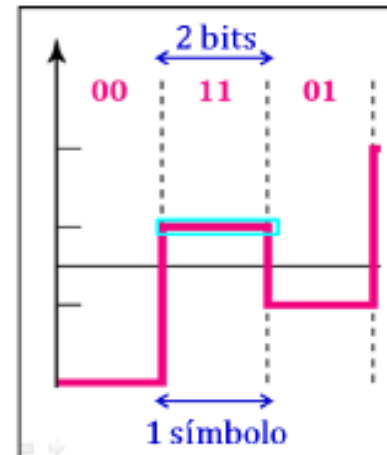
Relación entre la tasa de bits y la tasa de símbolo

- La relación depende del número de bits que son transportados por cada símbolo. Una analogía puede ayudar: suponga que un bit es una persona y un símbolo es un vehículo.

Un vehículo puede transportar una o más personas.



Aquí, **1 bit** es transportado por **1 símbolo**. Ambas tasas son iguales. Ejemplo: codificación NRZ-L.



Aquí, **1 símbolo** transporta **2 bits**. Esquema multinivel que incrementa la tasa de bit sobre el mismo BW. Ejemplo: codificación 2B1Q.

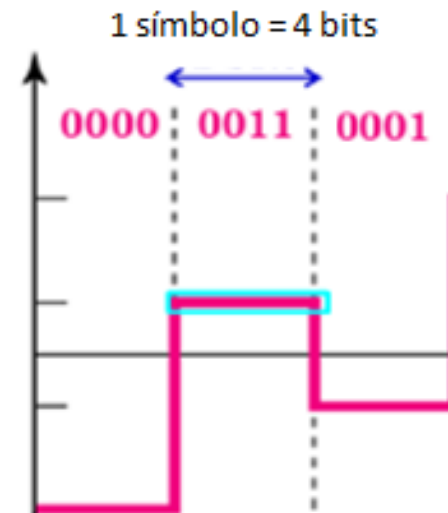
Análisis de la Señal Digital

Relación entre la tasa de bits y la tasa de símbolo

```
10111101010101
10101010101010
11111111111111
11101000010101
```

$R = 100\text{bps}$

**Fuente de
información**



$R = 25\text{ símbolos/s}$

Transmisión

Análisis de la Señal Digital

Ejercicios:

Se desea transmitir un mensaje de 100 caracteres alfanuméricos en 2 segundos. Los caracteres se codifican en la fuente con ASCII de 7 bits, más un bit de paridad.

El sistema de transmisión empleado utiliza un alfabeto de $M=16$ símbolos.

- a) Determinar el número de símbolos en el mensaje, la velocidad binaria y la velocidad de símbolo
- b) Si ahora se utiliza un alfabeto de $M=64$ símbolos, ¿qué cambia?

Respuesta.-

a) 200 símbolos en el mensaje

$$R = 400 \text{ bps.}$$

$$R = 100 \text{ símbolos/s.}$$

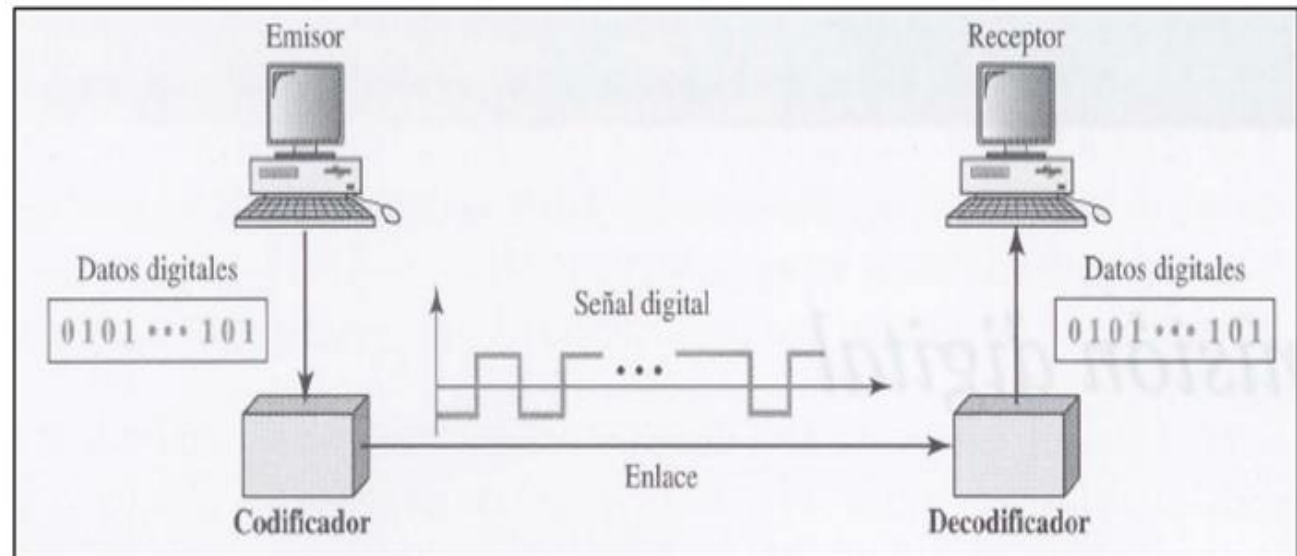
b) 134 símbolos en el mensaje

$$R = 400 \text{ bps.}$$

$$R = 66.6 \text{ símbolos/s.}$$

Codificación de Línea

Es el proceso de convertir datos digitales en señales digitales.



Esquemas de codificación de línea

Sin retorno a
cero (NRZ-L o
NRZ)

Sin retorno a
cero invertido
(NRZI)

Bipolar-AMI

Pseudoternario

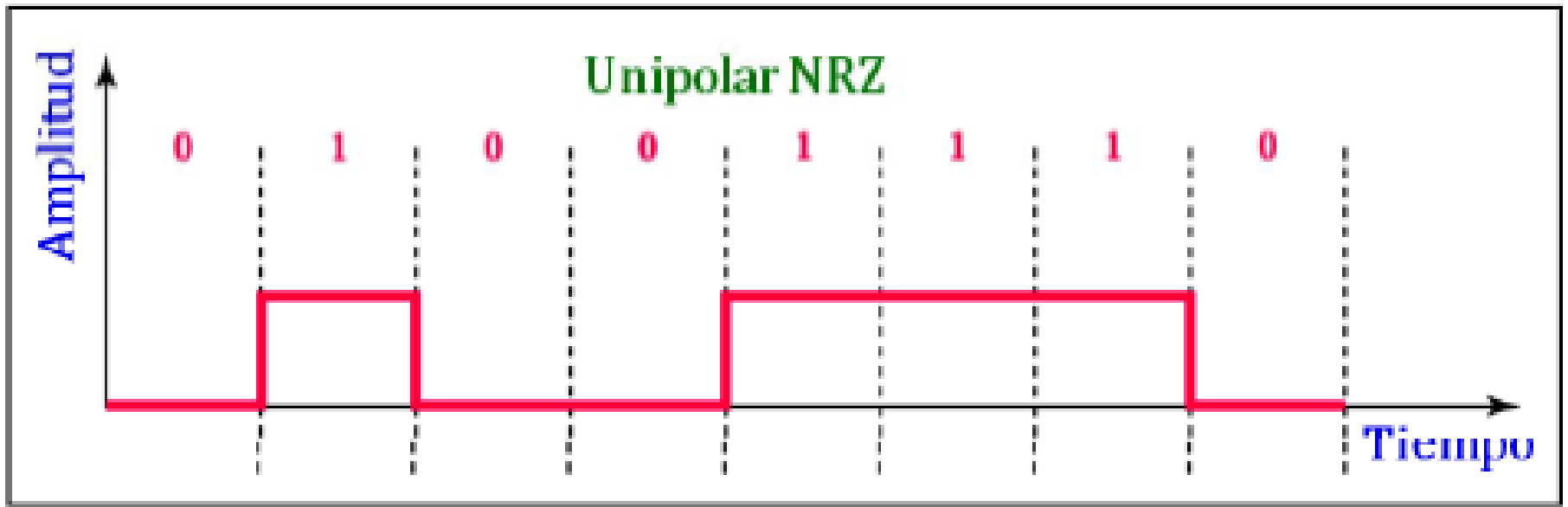
Manchester
(Ethernet)

Manchester
Diferencial

B8ZS

HDB3

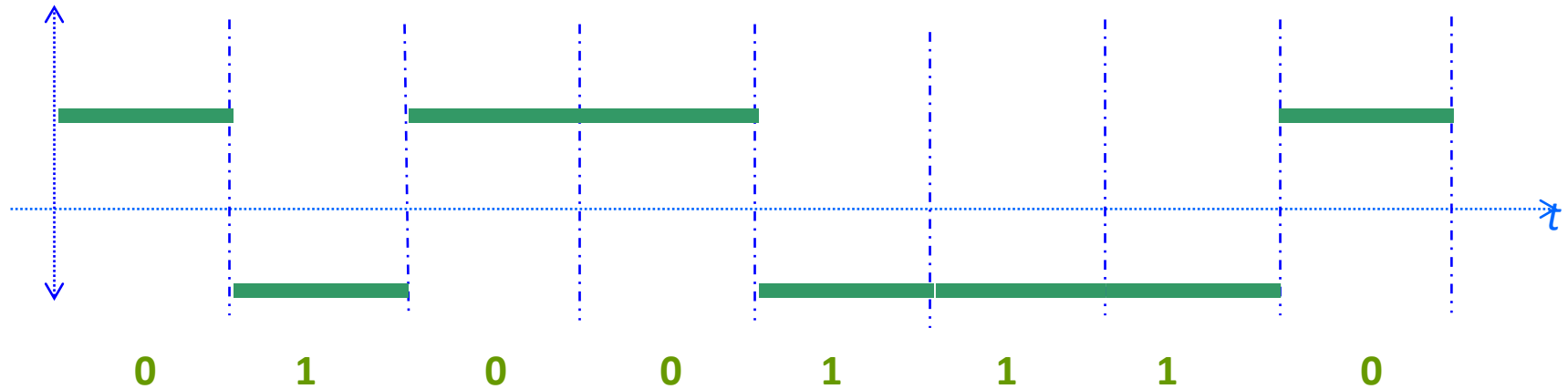
Unipolar NRZ “No retorno a cero”



- Utiliza 2 niveles de voltaje TTL. Puede ser de lógica positiva o negativa.
- Problema 1:
Tiene un componente de DC, no compatible para algunos equipos y medios.

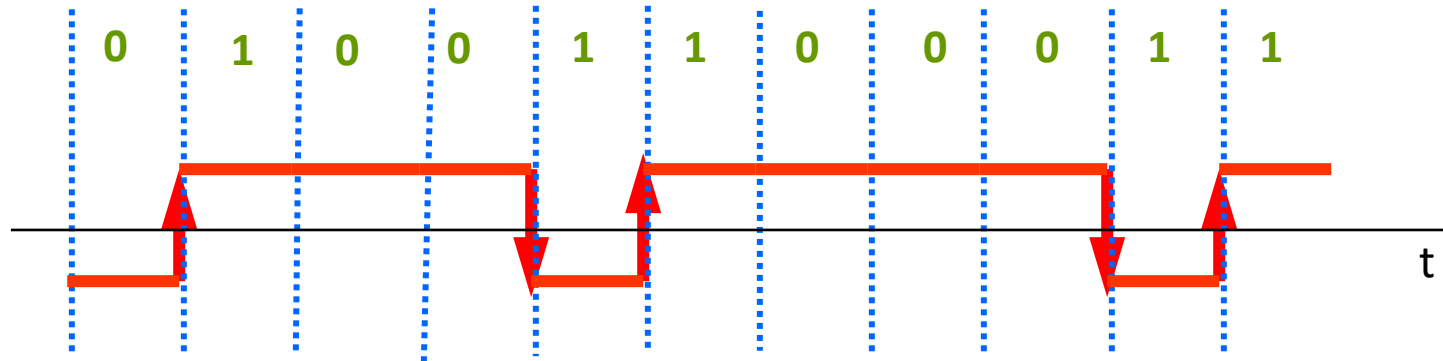
No se utiliza en comunicación de datos.

Polar NRZ-L “No retorno a cero - Level”



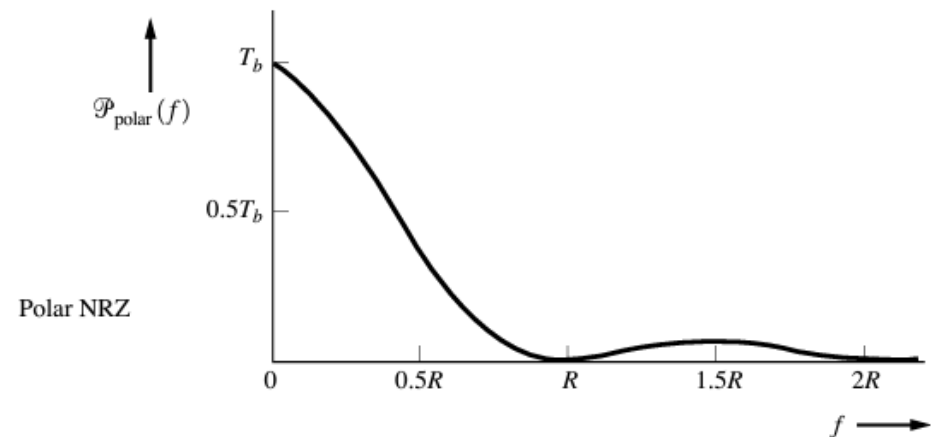
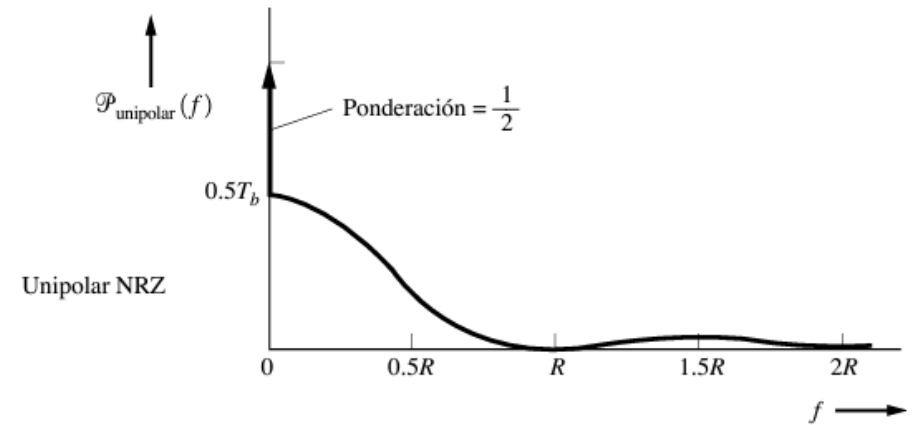
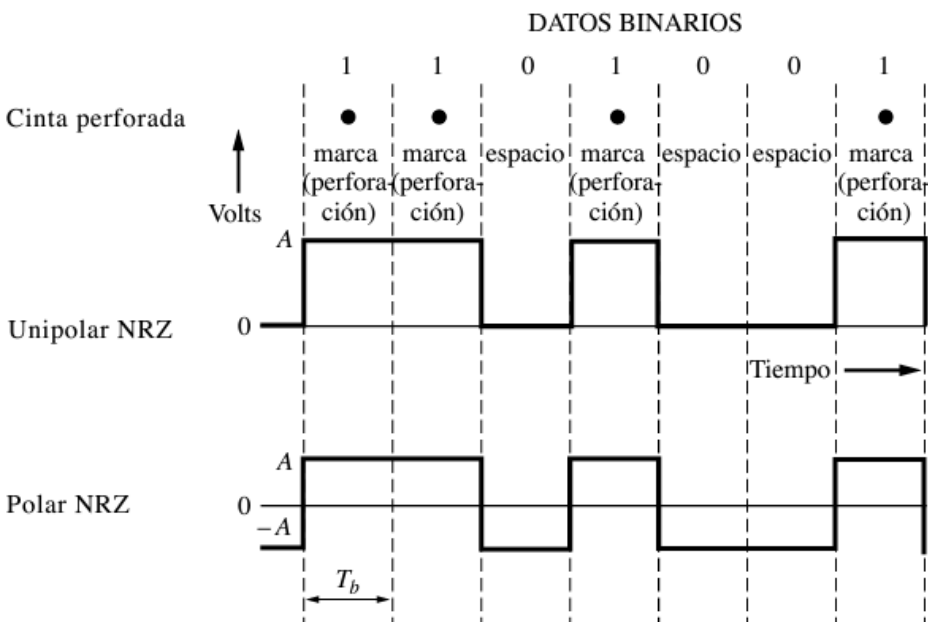
- ♦ Solución a problema 1: Codificación Polar NRZ-L Desaparece el componente de DC
- ♦ El RS-232 usa NRZ para 1 entre -3 y -25 V y para 0 entre +3 y +25 V.
- ♦ Problema 2:
Problema de sincronía NRZ-L cuando hay muchos 0 ó 1.

Polar NRZ-I “No retorno a cero - Inverted”



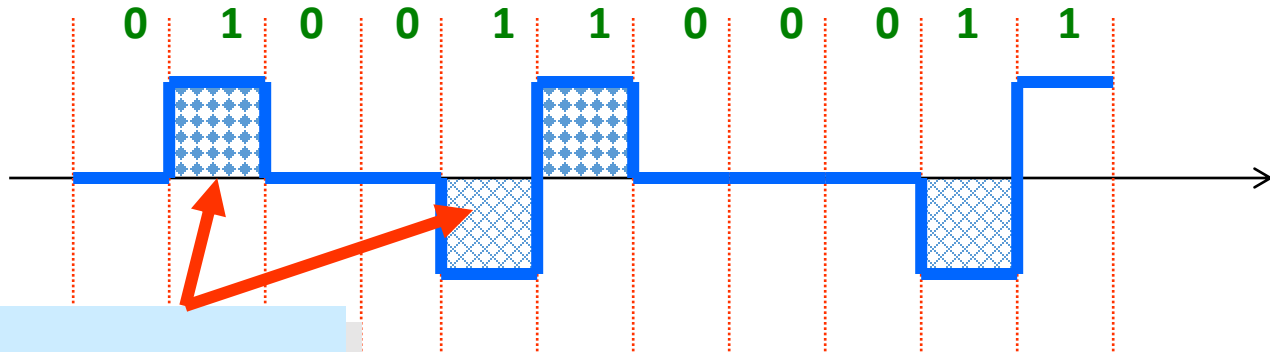
- ◆ Solución parcial a problema 2: Codificación Polar NRZ-I.
La sincronía se resuelve con transiciones para los 1 que son más frecuentes que los 0.

Espectro de NRZ



Bipolar AMI “Inversión de Marca Alternada”

- ♦ El Nivel DC aportado por la cadena de datos **siempre es cero**.



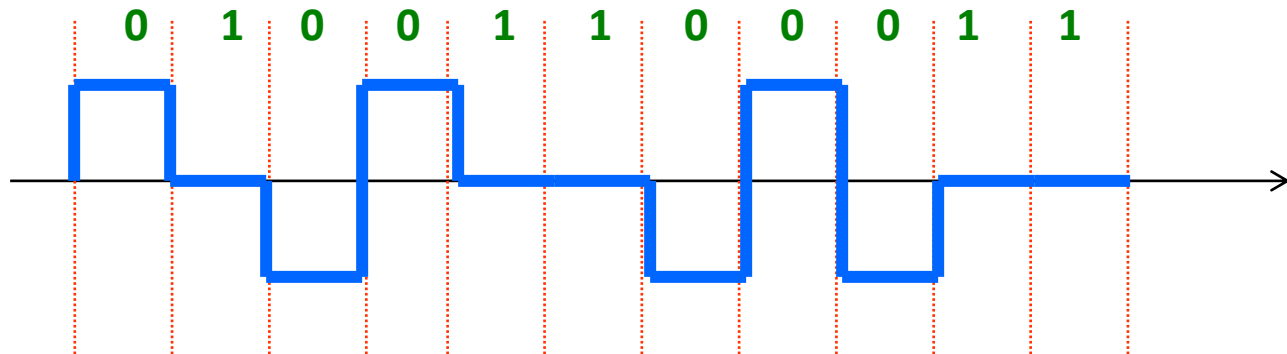
Cancela áreas iguales

Seudoternario

♦ Regla:

0 → pulso positivo o negativo alternados

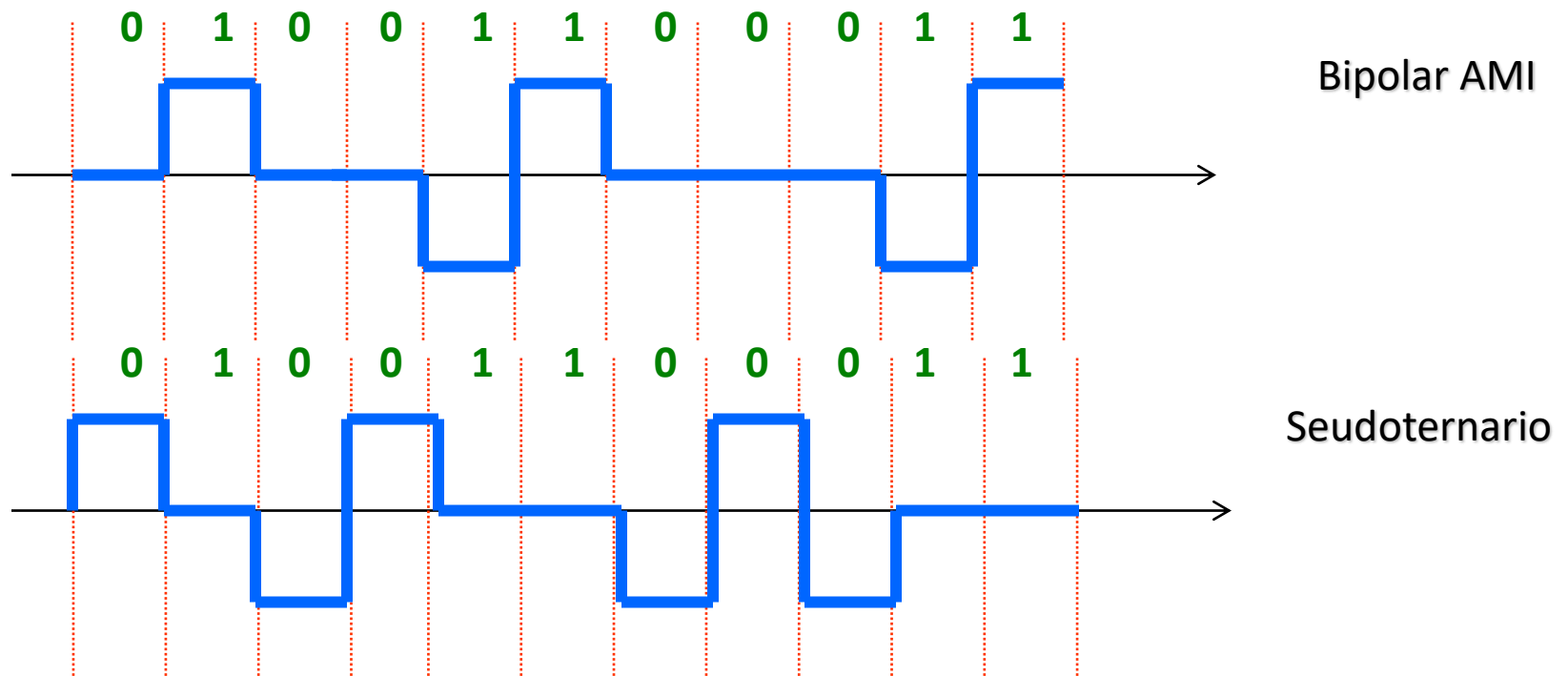
1 → ausencia de señal



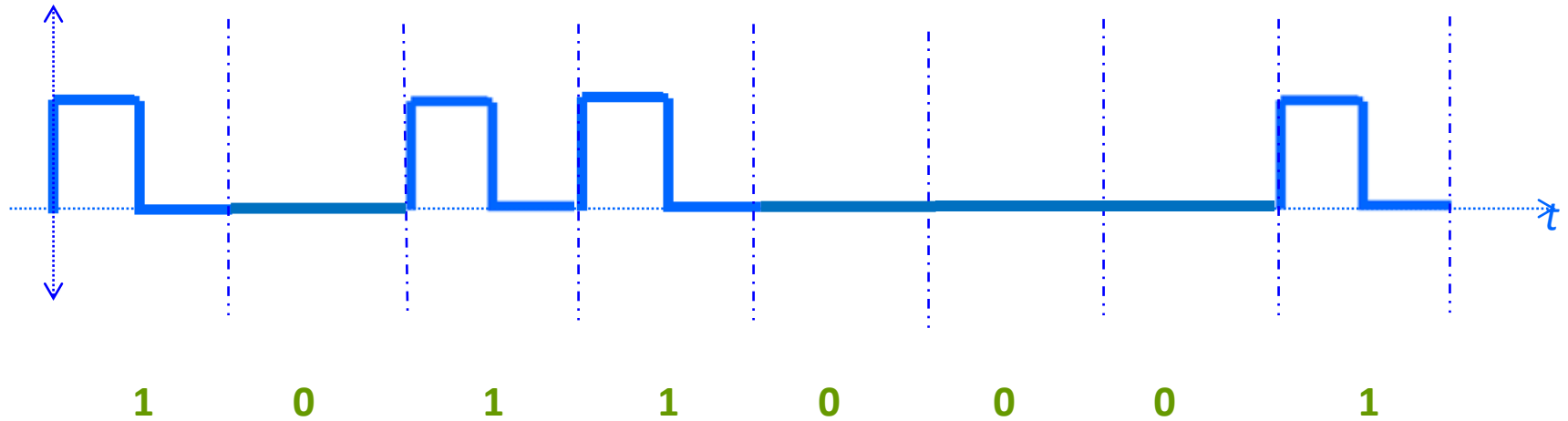
¡Es lo opuesto a Bipolar AMI!

Bipolar AMI vs. Seudoternario

- Ninguno ofrece una ventaja sobre el otro.
- Se usa en comunicaciones de larga distancia como los sistemas T1, DS-1 y variantes pero tiene el problema de sincronización cuando aparecen largas secuencias de 0.

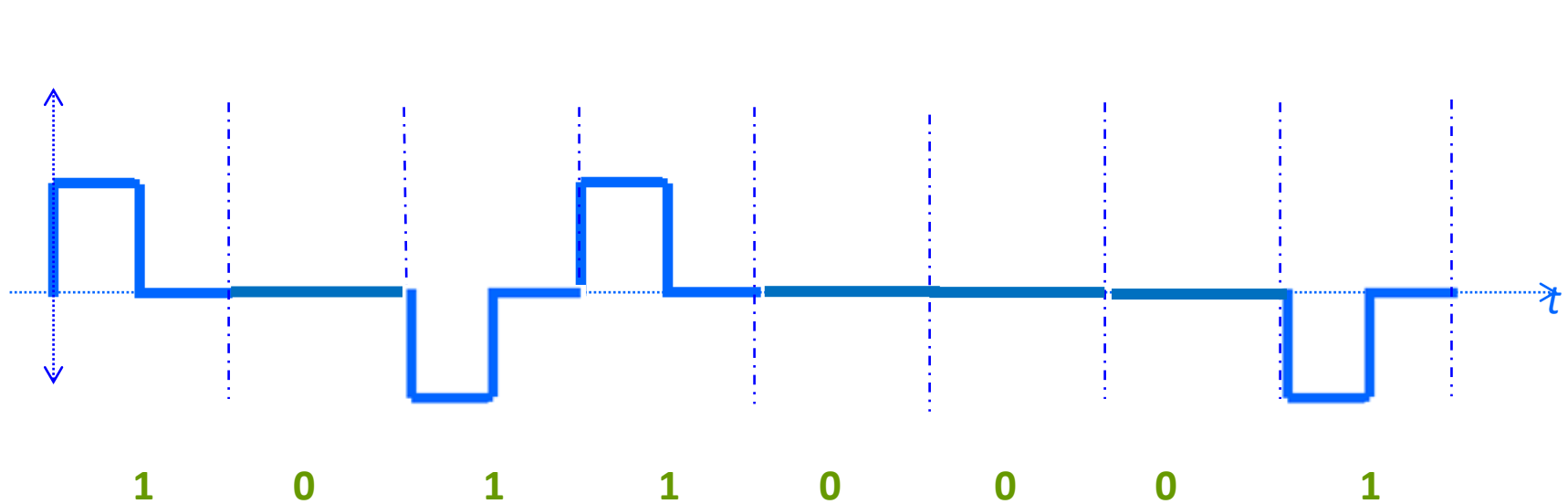


Unipolar RZ “Return to Zero”



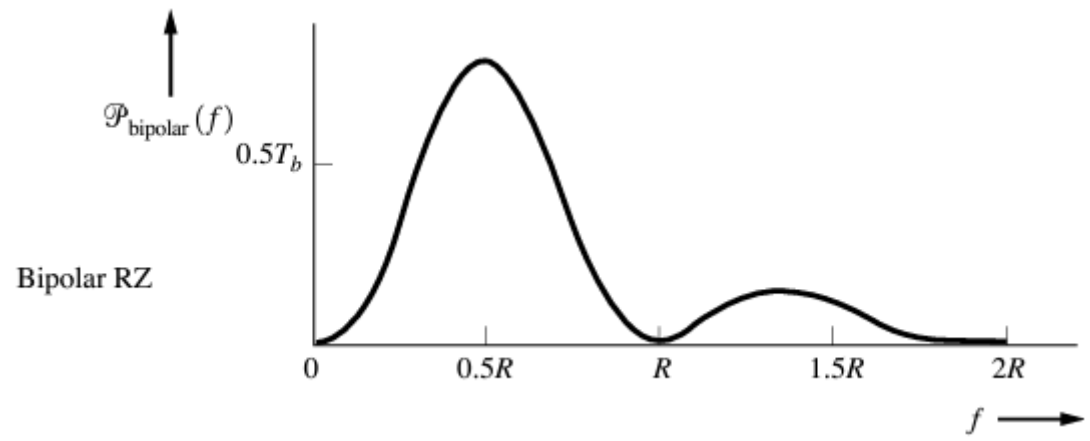
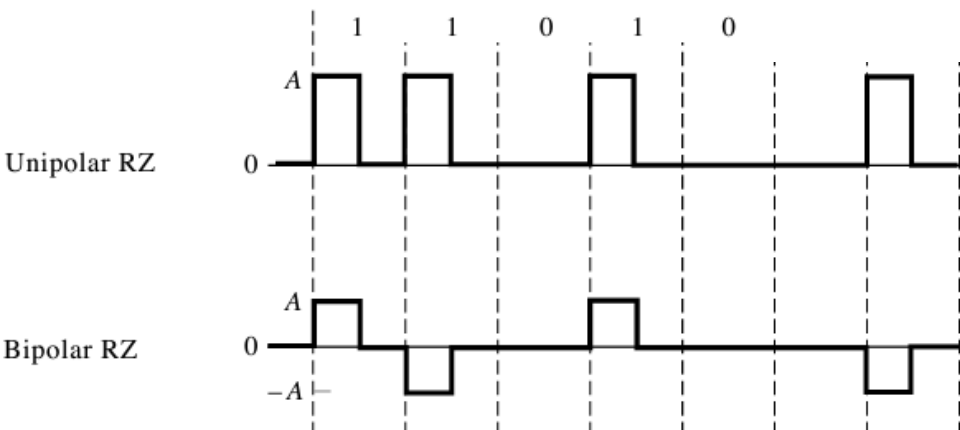
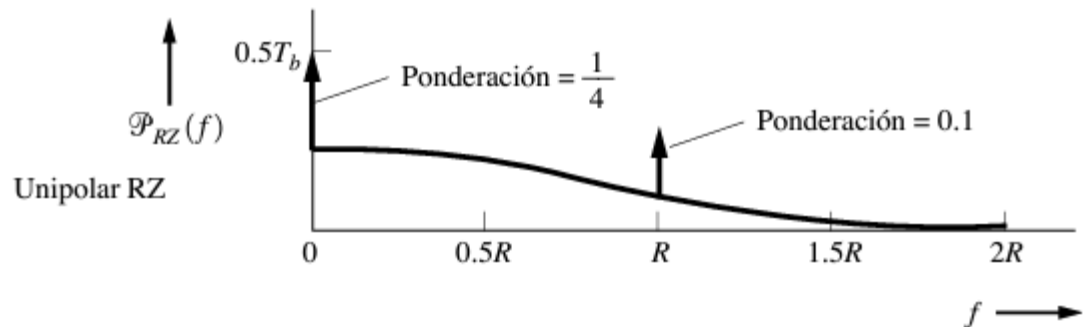
- ◆ Solución completa a problema 2: Codificación RZ.
La sincronía se resuelve con transiciones a cero en la mitad bit, tanto para los 0 y 1.

Bipolar RZ “Return to Zero”



- ◆ Solución completa a problema 2: Codificación RZ.
La sincronía se resuelve con transiciones a cero en la mitad bit, tanto para los 0 y 1.
- ◆ Problema 3:
Utiliza 3 niveles de señal y 2 símbolos (cambios) para transportar 1 bit.
Es compleja y necesita mayor BW, aunque es más eficiente que las anteriores.

Espectro de RZ

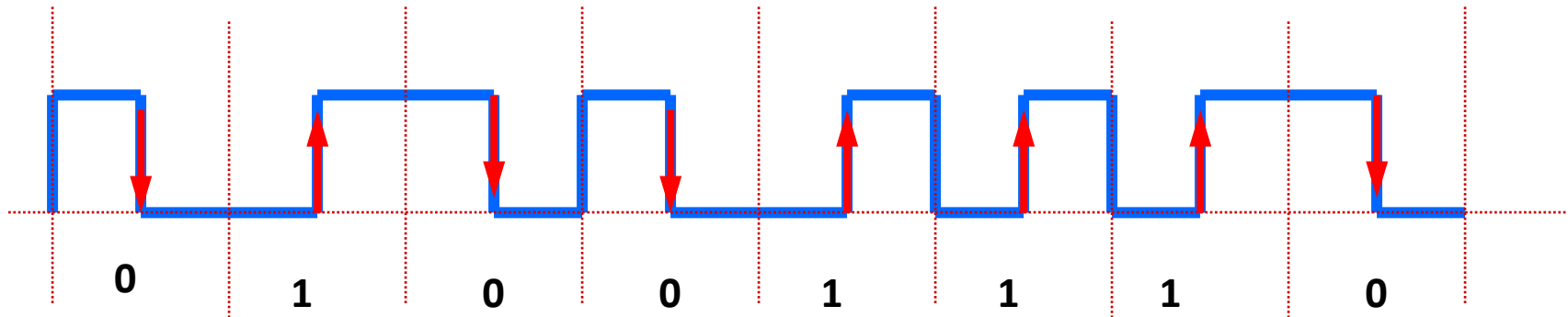


Señalización Manchester

- ◆ Codificación en transición (cambio de nivel) a mitad del intervalo del bit.

1 → ↑

0 → ↓

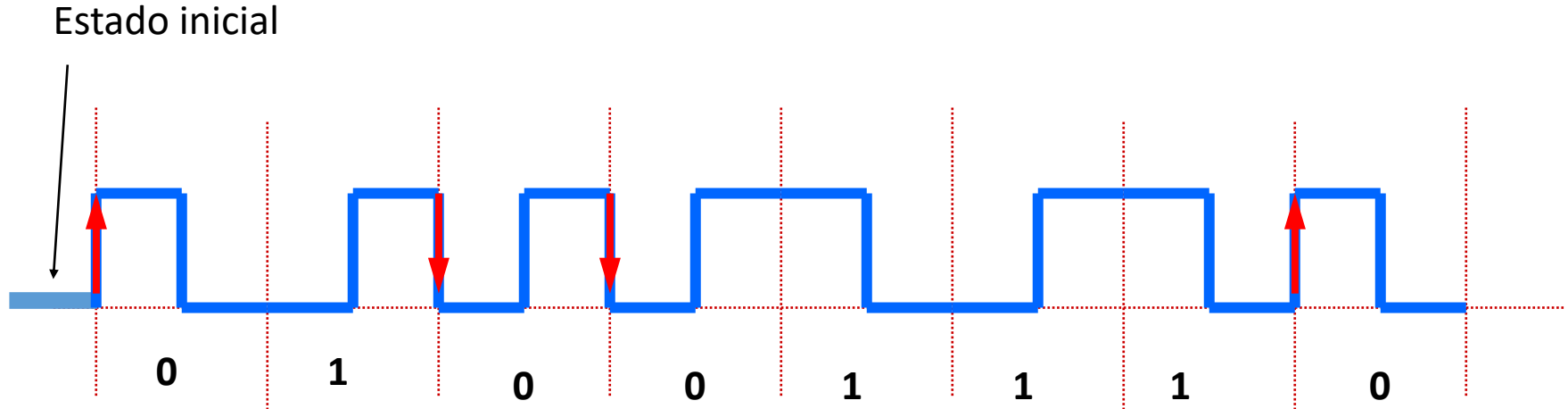


Utilizado en estándar IEEE 802.3 (Ethernet)

Manchester diferencial

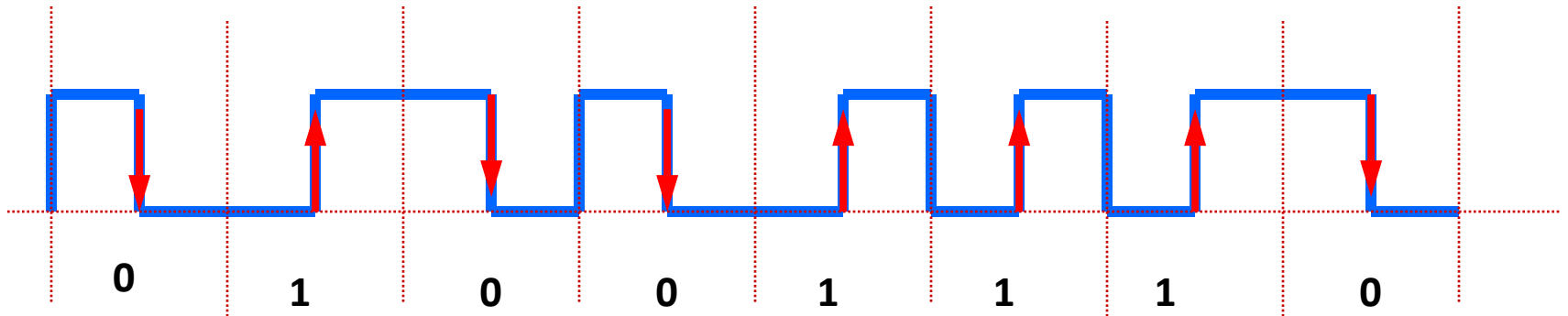
1 → no hay transición al comienzo del intervalo.

0 → Hay transición al comienzo del intervalo.

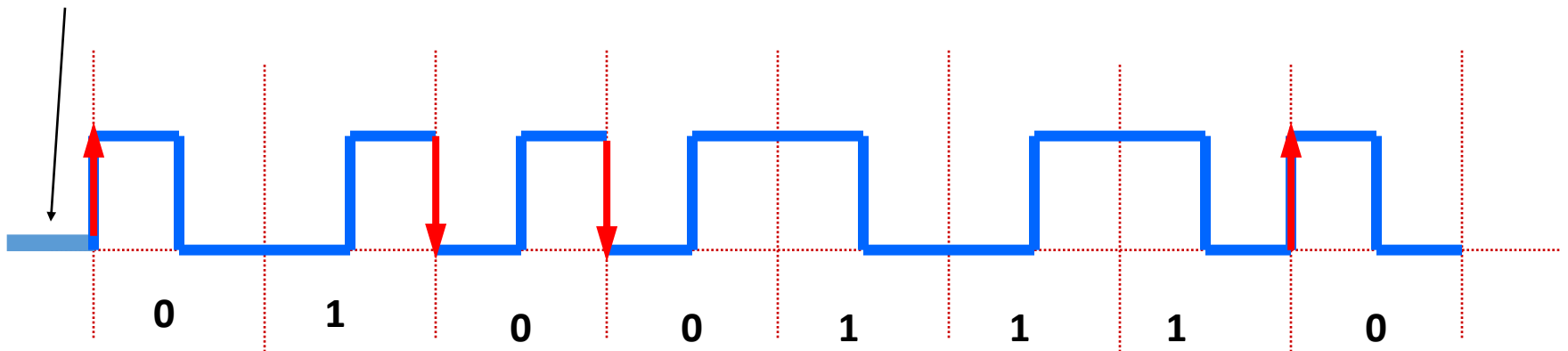


Se utiliza en IEEE 802.5 (Token ring)

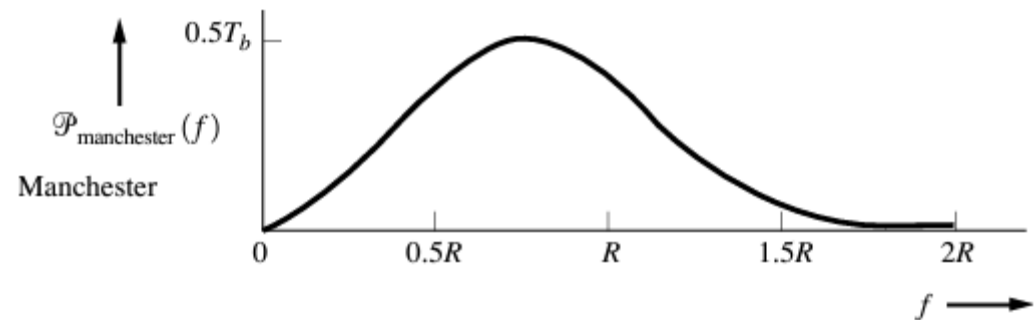
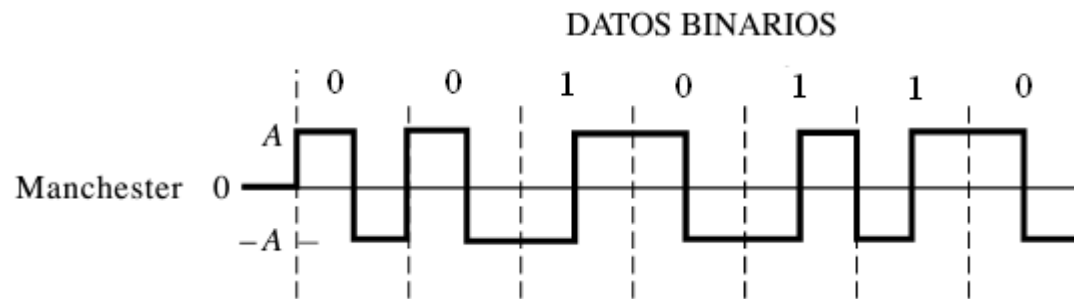
Manchester vs. Dif. Manchester



Estado inicial



Espectro de Manchester

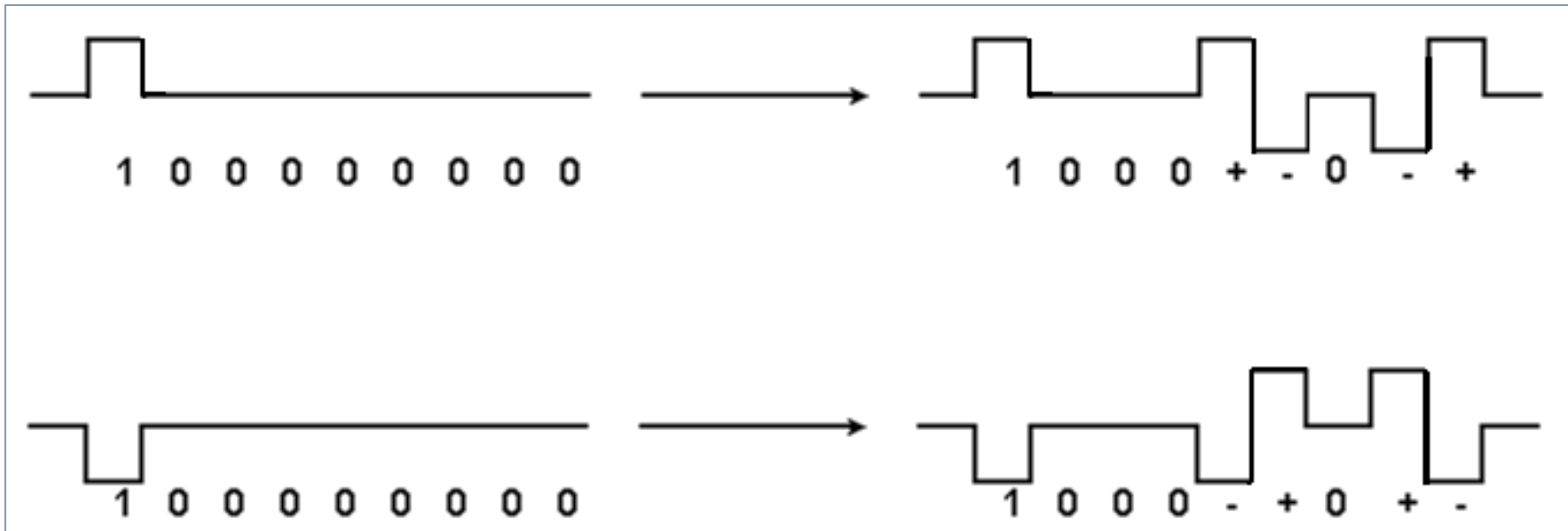


Esquemas de Sincronización de Línea

- ◆ Los esquemas bifásicos (Manchester), adecuados para enlaces dedicados entre estaciones LAN no lo son adecuados para comunicación a larga distancia, debido a que requieren un mayor ancho de banda.
- ◆ La codificación bipolar AMI tiene un ancho de banda más reducido y no crea una componente DC. Sin embargo, una larga secuencia de 0 provoca problemas de sincronización.
- ◆ Se puede utilizar AMI para largas distancias si se utiliza la aleatorización, técnica que sustituye una larga secuencia pulsos de nivel cero con una combinación de otros niveles.
- ◆ El sistema insertar los pulsos requeridos de acuerdo a reglas de aleatorización definidas.
- ◆ Dos técnicas comunes son B8ZS y HDB3.

Substitución B8ZS “Bipolar with 8 zeros substitution”

- “Bipolar With 8 Zeros Substitution”
- Regla de substitución (para cadena de 8 ceros consecutivos):
 - Si el último pulso previo al octeto era positivo (+)
00000000 → 000+-0-+
 - Si el pulso previo era negativo (–)
00000000 → 000-+0+-



Substitución HDB3 “High Density Bipolar 3 Zeros”

- ◆ Substituye cadenas de cuatro ceros (en lugar de cadenas de 8 como en B8ZS)
- ◆ **HDB3** se utiliza en ITU-T (Europeo) para Sistema de multiplex a 2.048 Mbps y 8.448 y 34.368 Mbps

Si el último pulso era +,

0000 → 000+

0000 → -00-

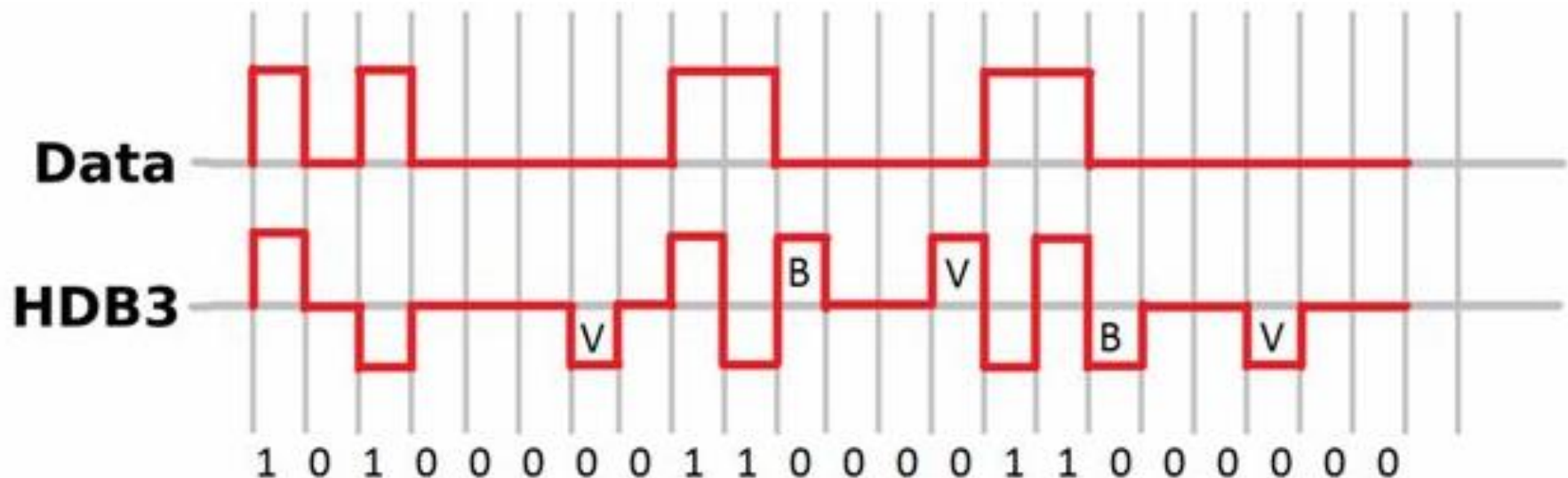
alternadas

Si el último pulso era -

0000 → 000-

0000 \rightarrow +00+

alternadas



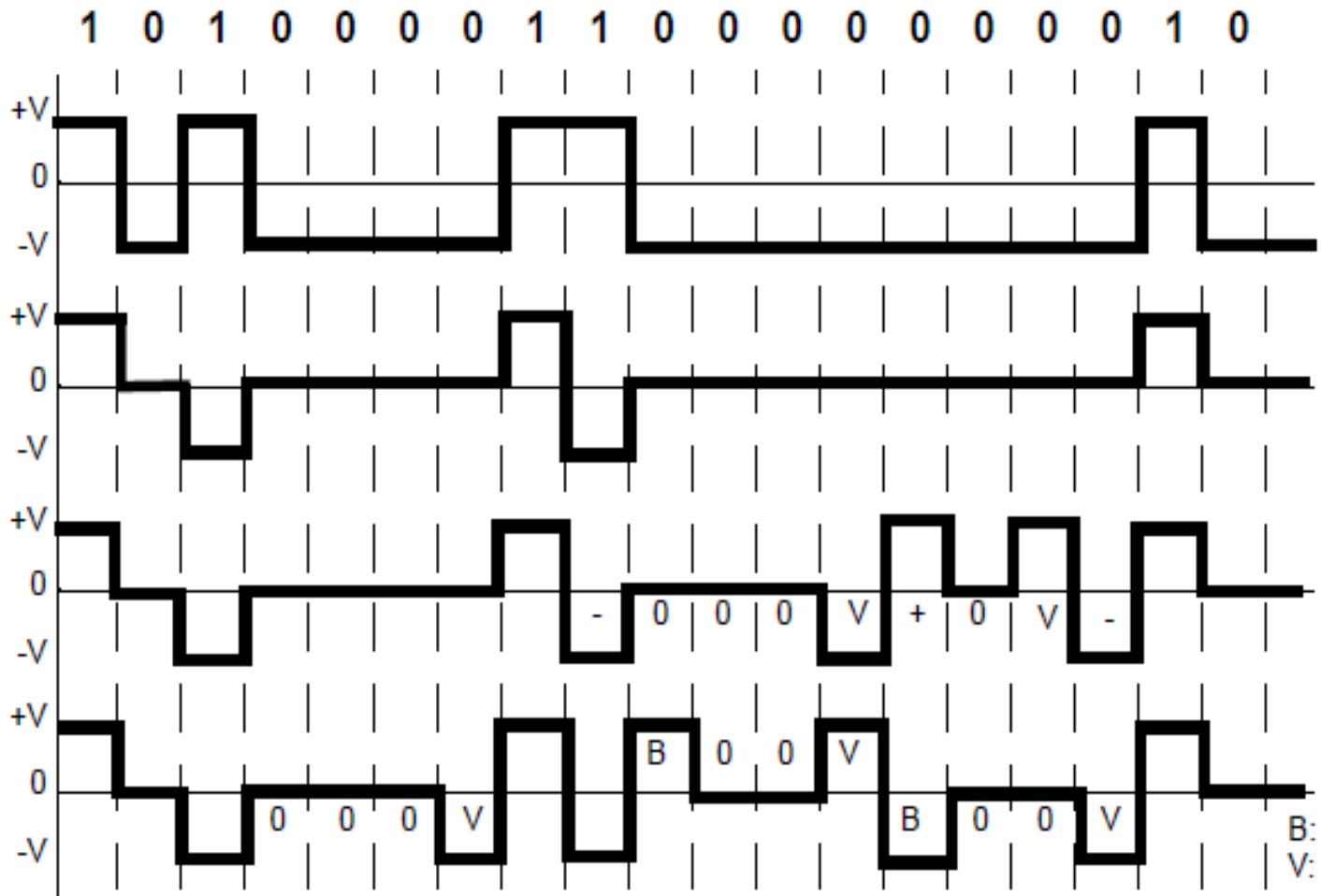
Comparación de Señales

NRZ
Non-Return to Zero

AMI
Alternate Mark Inversion

B8ZS
Bipolar Eight-Zero Suppression

HDB3
High Density Bipolar Three Zeros



Comparación de Espectros

