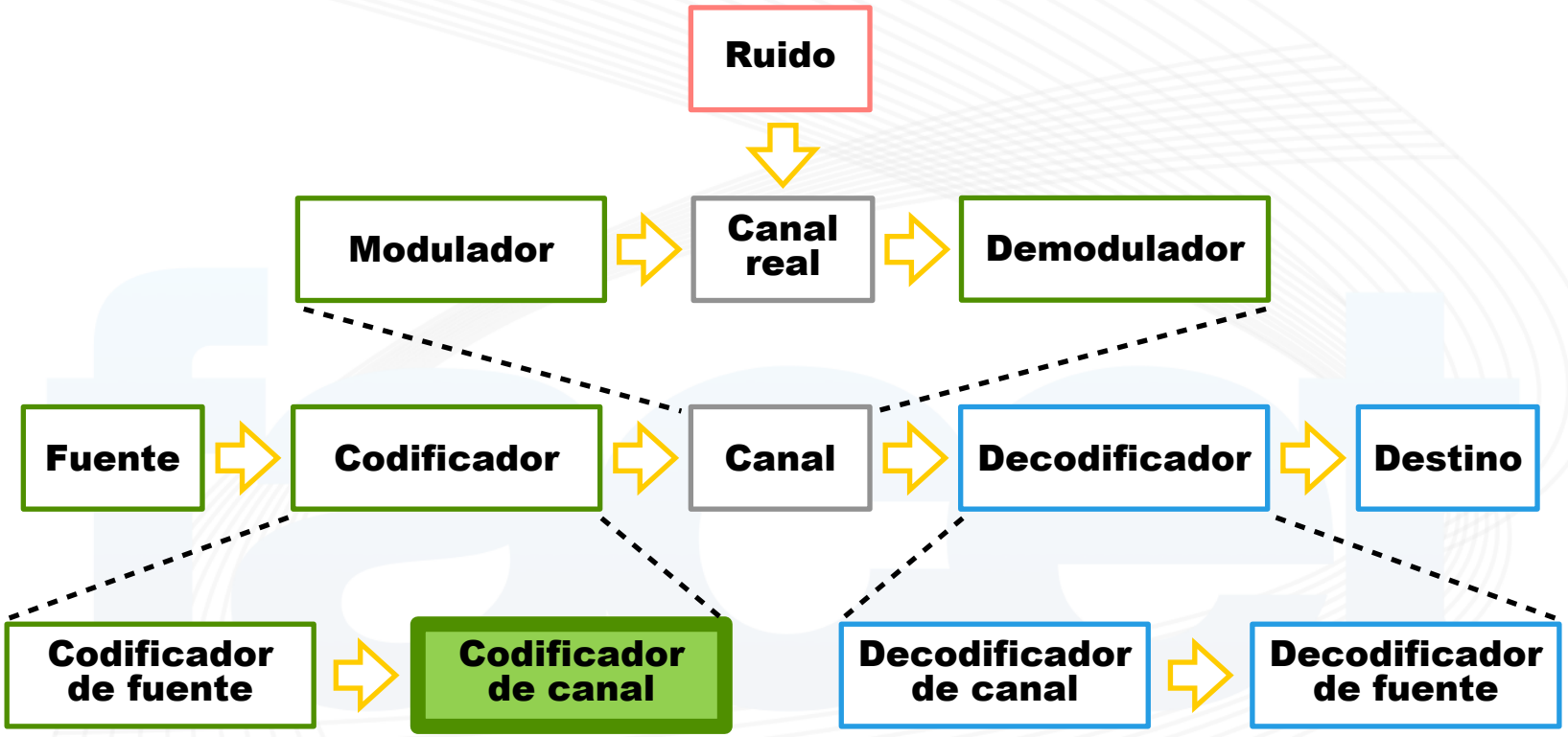
Codificaciones de línea

Transmisión de Datos

Ing. Luis Di Piinto (ldipinto@herrera.unt.edu.ar)

http://www.microprocesadores.unt.edu.ar/transmision/

Repaso Esquema general



- Vamos a empezar a enfocarnos en la Codificación del Canal.

Comunicación de Datos



- La fuente emite un mensaje aleatorio.
- Si no fuese aleatorio no habría nada que transmitir.
- El destino consume el mensaje en el formato original.
- Una fuente discreta (en tiempo y amplitud) tiene un alfabeto compuesto por M símbolos y una tasa de transferencia de R bits por segundo.

Comunicación de Datos



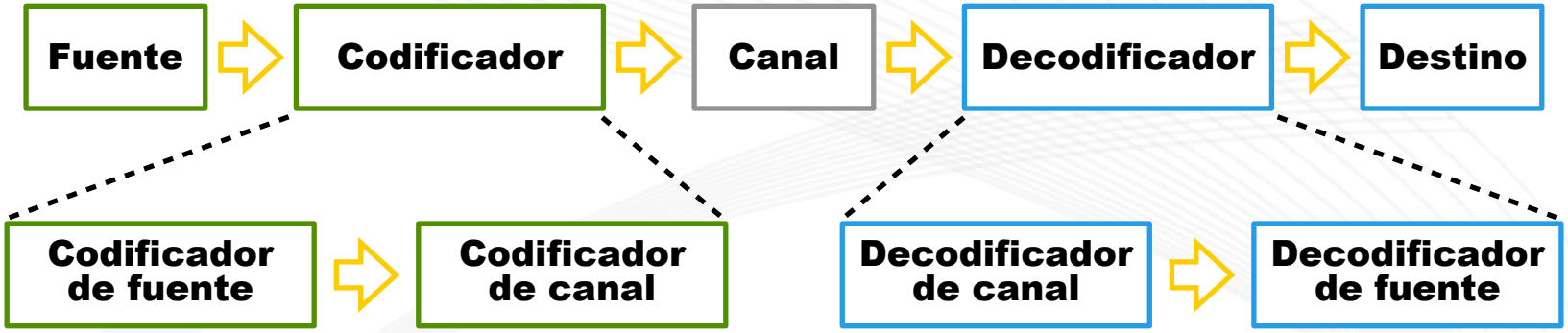
- El canal es un medio inherentemente analógico.
- Introduce **distorsiones** en el mensaje que se está transmitiendo:
  - Atenuación
  - Ruido
  - Respuesta en frecuencia
- El flujo de bits que recibe el receptor no es el mismo que generó el transmisor.

Comunicación de Datos



- El objetivo del transmisor y receptor en conjunto es:
  - Extraer la información de la fuente
  - Revertir los errores introducidos por el canal
- El proceso que realizan se llama **codificación** y se puede dividir en dos etapas:
  - Codificación de fuente.
  - Codificación de canal.
  - Se puede demostrar que son independientes (*source-channel separation theorem*).

Codificación de fuente y de canal



- La codificación de canal debe revertir los cambios introducidos por el canal al transmitir el mensaje.
- Agrega información redundante que le permita detectar y/o corregir los errores en base a estadística.

Codificación del Canal

- Las características físicas del canal determinarán requerimientos y características de cómo debería ser la transmisión por el mismo.
  - Si el canal es un cable, se puede transmitir corriente por el mismo.
  - Si el canal es una fibra óptica, se transmite luz.
  - Si el canal es aire, se transmite una onda electromágnética (también puede usarse infrarrojo)
- Sea como sea el canal, es recomendable usar una modulación de base.

Transmisiones digitales en banda base

- También conocidas como **codificaciones de línea** (*line coding*).
- Usualmente, de frecuencias bajas.
- Los datos a transmitir se envían por la misma señal.
- Usualmente, una comunicación serie.
  - El canal tiene un solo conductor.
  - Los bits se envían uno a continuación del otro.

Transmisiones digitales en banda base

- Una señal digital es una secuencia de pulsos de tensión discretos y discontinuos.
  - También denominado “tren de pulsos” o *bitstream*.
- Cada pulso es un elemento de señal.
- En el caso más simple cada elemento de señal transmite un bit.
- En este caso coincide la velocidad de modulación con la de transmisión.

Uso del ancho de banda

- La ausencia de alta frecuencia disminuye el ancho de banda requerido para la misma velocidad de transmisión.
- La ausencia de componente de continua permite acoplamientos por transformadores y aislación eléctrica entre el transmisor y el receptor.
- La concentración de la potencia transmitida en la parte central del ancho de banda disminuye los efectos del ancho de banda reducido.

Otros factores

- Sincronización de relojes del receptor con el transmisor se suele realizar a partir de la misma señal.
- Inmunidad al ruido o interferencias
  - Algunas codificaciones son más inmunes al ruido que otras.
- Costo y complejidad
  - Algunas codificaciones son más complejas y por lo tanto más costosos los circuitos que las implementan.

Codificaciones de línea

- Son patrones de tensión, corriente o fotones para representar datos digitales.
- Criterios de diferenciación:
  - Minimizar el hardware de transmisión/recepción.
  - Facilitar la sincronización de relojes.
  - Facilitar la detección y corrección de errores.
  - Eliminar componentes de continua.

Codificaciones de línea

- Veremos:
  - NRZ-L, usada en RS-232.
  - NRZ-I, usada en USB 1.0 y 2.0, y en 100BASE-TX (Fast Ethernet).
  - RZ.
  - AMI.
  - Manchester, usado en tarjetas RFID.
  - Manchester diferencial.
  - 8b/10b, usada en USB 3.0.
    - 128b/130b, usada en USB 3.1.

Nivel sin retorno a cero (NRZ-L)

- Es la más simple de todas las codificaciones de línea.
- También conocida como codificación Unipolar.
- Dos niveles de tensión para cada uno de los símbolos binarios '0' y '1'.
- Generalmente se utiliza una tensión de 0V para el '0' y de +V para el '1'.
- El nivel de tensión se mantiene constante durante todo el bit.
  - No vuelve a cero a mitad del bit.

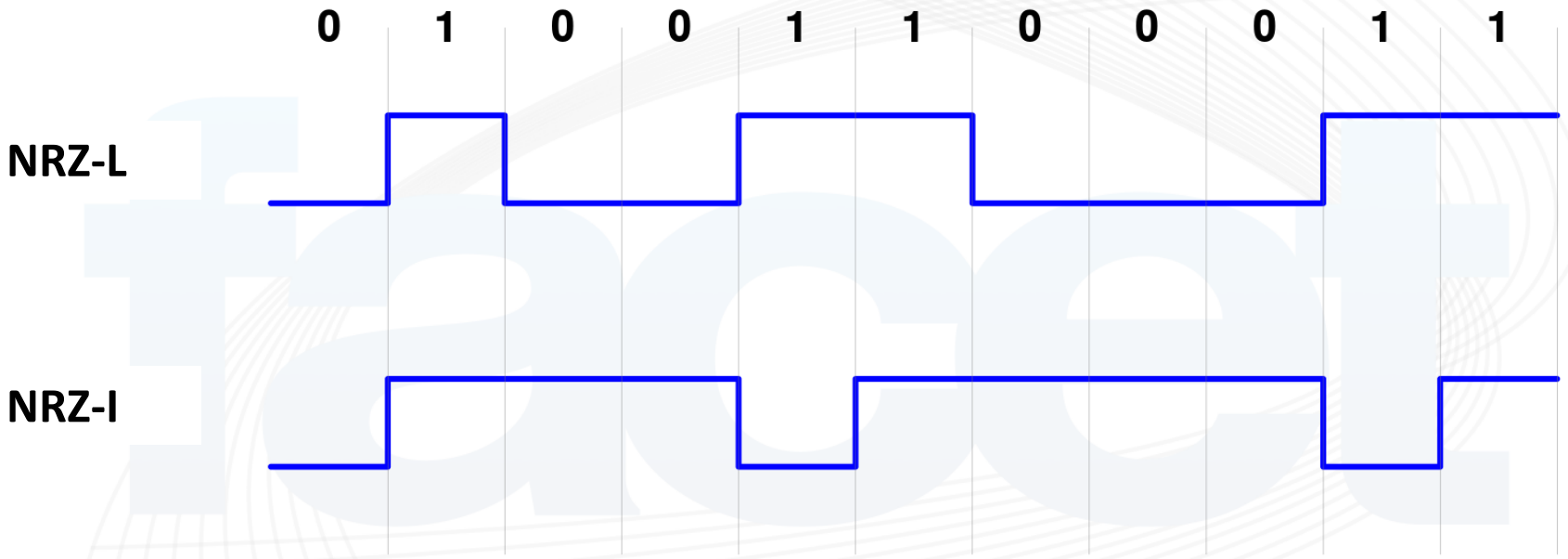
NRZ-L: Ventajas y desventajas

- Alto nivel de continua
  - Para una secuencia con igual cantidad de '0‘s y '1‘s la componente de continua tiene una amplitud de V/2.
- Amplio ancho de banda
  - Desde 0 Hz para una secuencias de '0‘s o '1‘s continuas hasta la mitad de la velocidad de transmisión para una secuencia alternada de '0's y '1‘s.
- Sin sincronización
  - No hay cambios de tensión para secuencias de '0‘s o de ‘1‘s continuas.
- La señal tiene polaridad.

Sin retorno a cero invertido (NRZ-I)

- Mantiene el nivel de tensión constante durante el intervalo del bit.
- Los datos se representan por cambios en la señal y no por niveles.
- Un ‘0’ se codifica por la continuidad de la señal y un ‘1’ por la presencia de una transición al inicio del bit.

Sin retorno a cero invertido (NRZ-I)



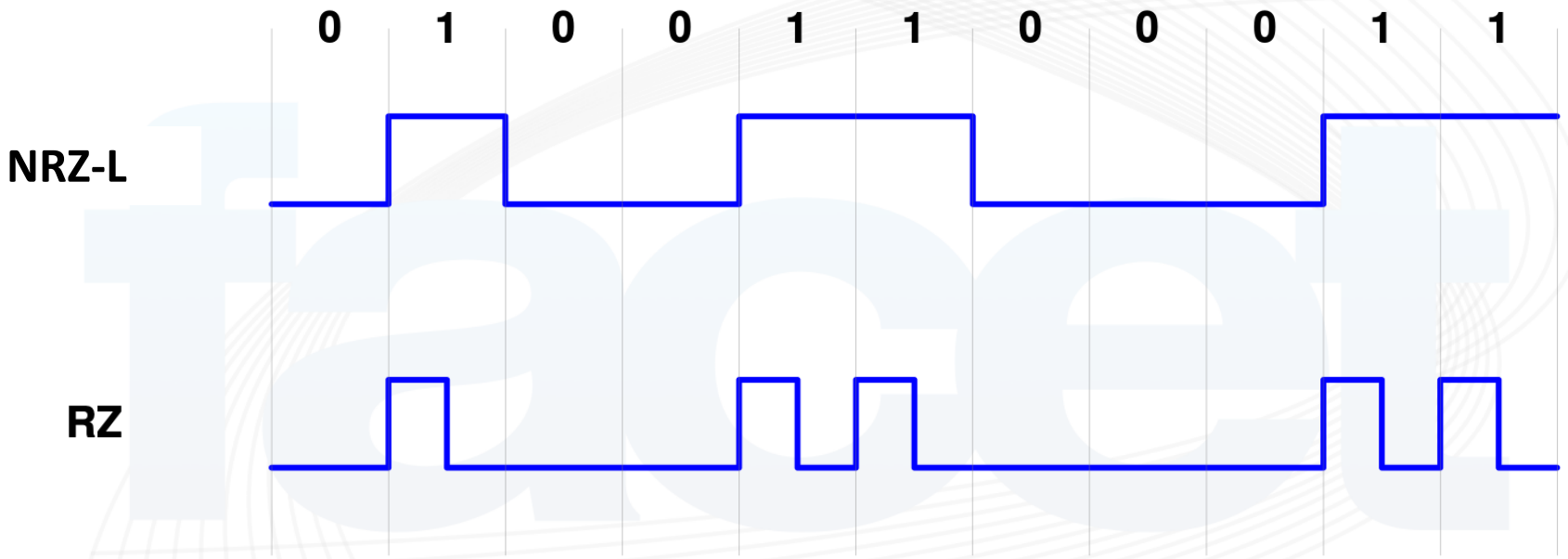
NRZ-I: Ventajas y Desventajas

- Es más segura la detección de transiciones que la de niveles.
- Es un sistema más complejo de transmisión.
- La señal no está polarizada.
- El resto de características son similares a NRZ-L.

Retorno a cero (RZ)

- El bit '0' es representado por una tensión de 0V.
- El bit '1' es representado por una tensión de +V durante la primera mitad del bit y una tensión de 0V durante la segunda mitad del bit.

Retorno a cero (RZ)



RZ: Ventajas y Desventajas

- El valor de la componente de continua es menor (V/4).
- Se garantizan transiciones cuando la secuencia es de '1' consecutivos.
- Los '0' consecutivos siguen siendo un problema.
- Se requiere el doble de ancho de banda para la misma velocidad de transmisión.

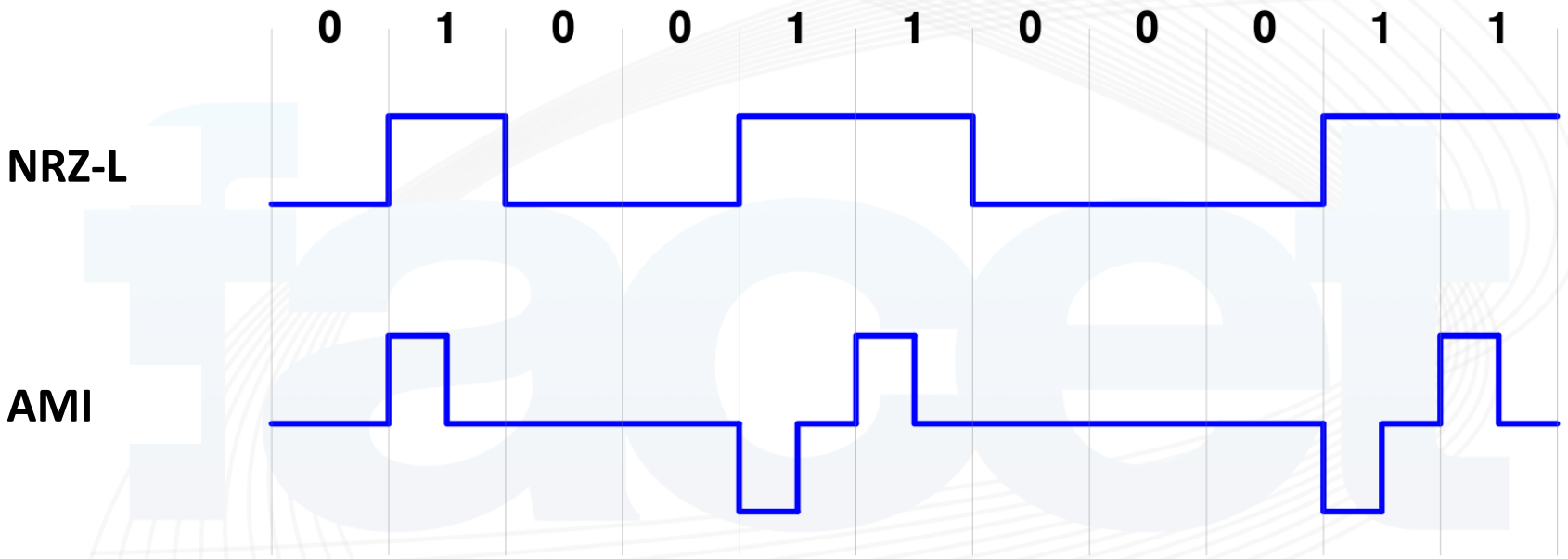
Bit Stuffing

- En codificaciones de línea NRZ-I o RZ, es posible tener secuencias de bits consecutivos que no impliquen transiciones.
  - Lo cual dificulta la sincronización.
- Una técnica sencilla para solucionar este inconveniente consiste en insertar bits adicionales después de una determinada secuencia de bits iguales.
  - Por ejemplo, después de cinco ‘0’s seguidos, poner un ‘1’ adicional.
  - El receptor detecta la secuencia, y descarta los adicionales.
- Consume poca capacidad del canal.
- Hace que la tasa de transmisión sea variable, dependiente de los datos.

Inversión de marca alternada (AMI)

- También conocida como Bipolar.
  - Es una variante un poco rara de RZ.
- El símbolo '0' se representa por una tensión de 0 V.
- El símbolo '1' se representa por un pulso positivo o negativo.
  - Los pulsos que representan los '1' deben ir alternados.
  - Maneja dos niveles de tensión diferentes.

Inversión de marca alternada (AMI)



AMI: Ventajas y Desventajas

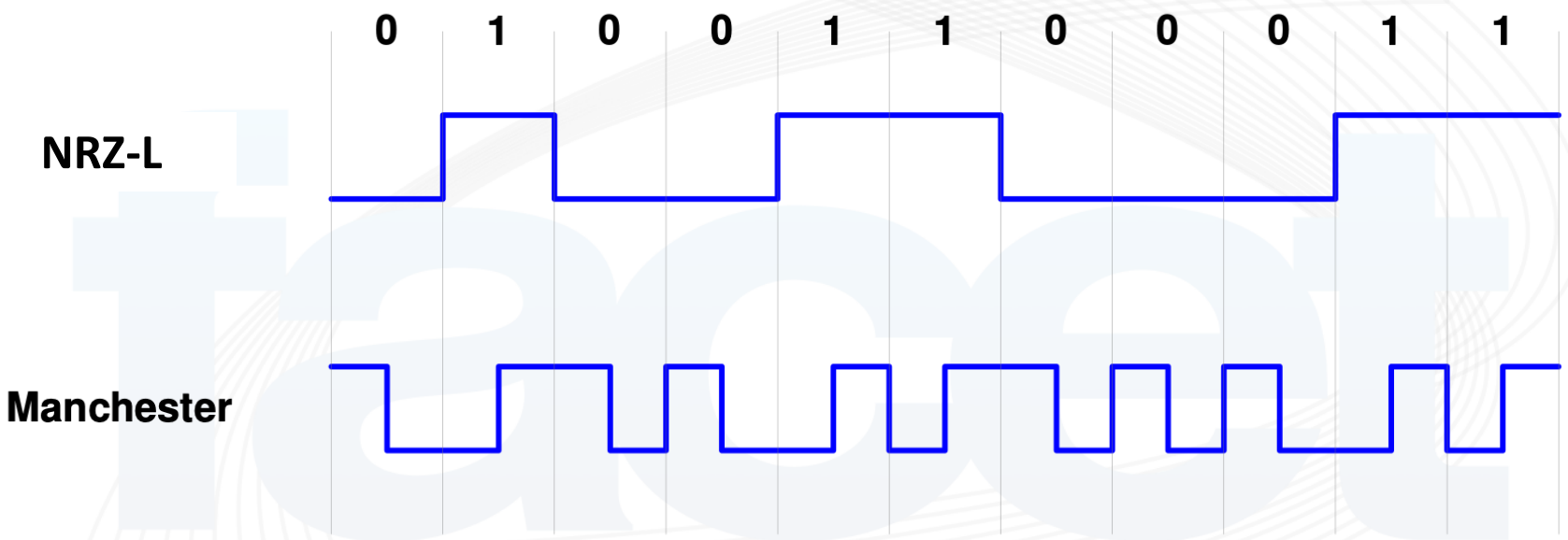
- La señal resultante no tiene componente de continua.
  - Los pulsos positivos y negativos tienden a promediar cero.
  - Esto permite que sea usado en distancias más grandes.
- Al ser una variante de RZ, sigue con el problema de los ‘0’s consecutivos.
  - Si se reciben 7 ‘0’s seguidos, se inserta un ‘1’ adicional.
- Permite la detección de errores.
  - Por ejemplo, si se reciben dos pulsos de la misma polaridad consecutivos.
- Como la señal puede tomar tres valores debería transmitir $\log_2 3 = 1{,}58$ bits por baudio.
- Necesita más potencia que las señales de dos valores.
  - Aproximadamente 3 dB adicionales.

Manchester

- Muy popular
  - Algunos almacenamientos magnéticos
  - Infrarrojo
  - RFID y NFC.
  - Primeras versiones de Ethernet.

- Los datos se codifican con una transición en el centro del símbolo.
- El bit '0' se representa por un flanco descendente.
- El bit '1' se representa por un flanco ascendente.

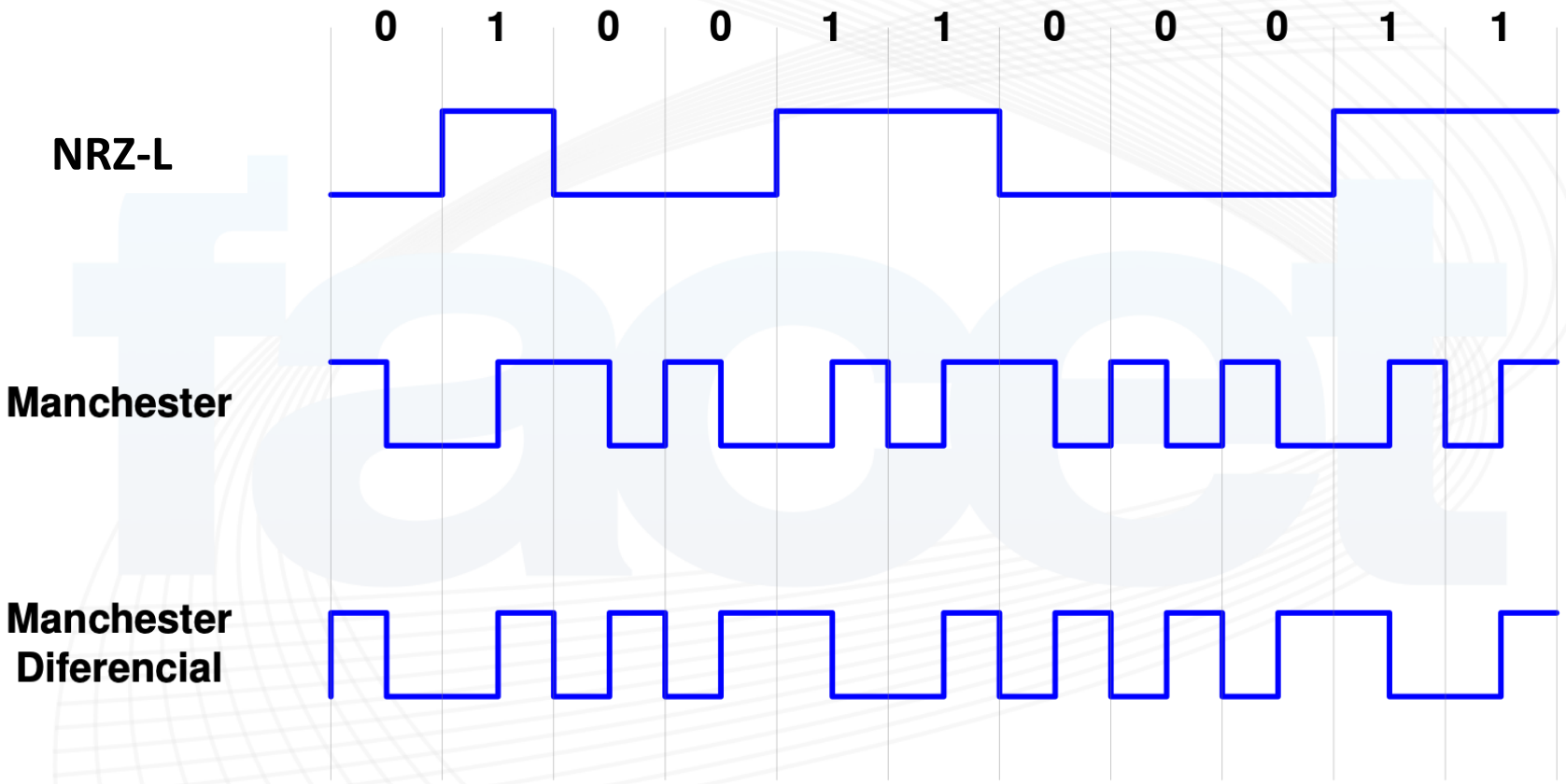
Manchester



Manchester diferencial

- El valor a transmitir depende tanto del dato actual, como del anterior.
- Usado en:
  - Token Ring (IEEE 802.5)
  - S/PDIF
  - ADSL
- Siempre existe una transición en el centro del bit para sincronización.
- El símbolo '0' se representa por un flanco al inicio del bit.
- El símbolo '1' se representa por la ausencia de transición al inicio del bit.

Manchester diferencial



Manchester: Ventajas y Desventajas

- ¡La codificación es muy simple!
  - Una XOR entre NRZ y el clock.
- Requiere el doble de ancho de banda para la misma velocidad de transferencia que NRZ.
- Garantiza información de sincronización en cada bit.
- No tienen componentes de continua.
- Permiten la detección de errores.
- En el caso de manchester diferencial la señal no tiene polaridad.
  - No importan los niveles, sino solamente las transiciones.
  - Permite la transmisión aún cuando los cables se conecten al revés.

8b/10b

- Muy popular
  - DVI y HDMI
  - Gigabit Ethernet, FireWire, Infiniband
  - PCI Express 1.0 y 2.0
  - SATA, USB 3.0, Thunderbolt.
- Mapean datos de 8 bits en símbolos de 10 bits.
  - Los 5 bits menos significativos, en 6 bits.
  - Los 3 bits más significativos, en 4 bits.
- Poseen algunos símbolos adicionales para control.
- Algunos símbolos se usan para dos valores.

8b/10b – Ventajas y desventajas

- No poseen componentes de continua.
- No poseen más de cinco ‘0’s o ‘1’s consecutivos.
- Garantiza que la diferencia entre la cuenta de ‘0’s y de ‘1’s es de no más de dos.
- Disminuyen considerablemente el ancho de banda necesario.
  - Comparado con las codificaciones Manchester o similares, que poseen pulsos más chicos.
- Agregan un overhead del 20%.

8b/10b – Variantes

- 64b/66b
  - Usado con 10 Gigabit Ethernet.
  - Disminuye el overhead.
  - Ya no garantiza estar libre de componentes de continua.
- 128b/130b
  - Usado con PCI Express 3.0, 4.0 y 5.0.
- 128b/132b
  - Usado con USB 3.1 y USB 4.

- Al aumentar el tamaño, requieren una lógica de sincronización más compleja.

Resumen

- Un montón de codificaciones de línea.
- Criterios de diferenciación:
  - Minimizar el hardware de transmisión/recepción.
  - Facilitar la sincronización de relojes.
    - Usualmente, codificando los bits como transiciones a mitad del símbolo.
    - Impidiendo cadenas largas sin variaciones de estado.
  - Facilitar la detección y corrección de errores.
    - Forzando ciertas transiciones.
    - Agregando algunos símbolos.
  - Eliminar componentes de continua.
    - Balanceando niveles de tensión.
    - Haciendo que los símbolos sean diferenciales.

Agradecimientos

- Las diapositivas de este tema fueron basadas en las realizadas por el Ing. Esteban Volentini y el Ing. Nicolas Majorel Padilla.