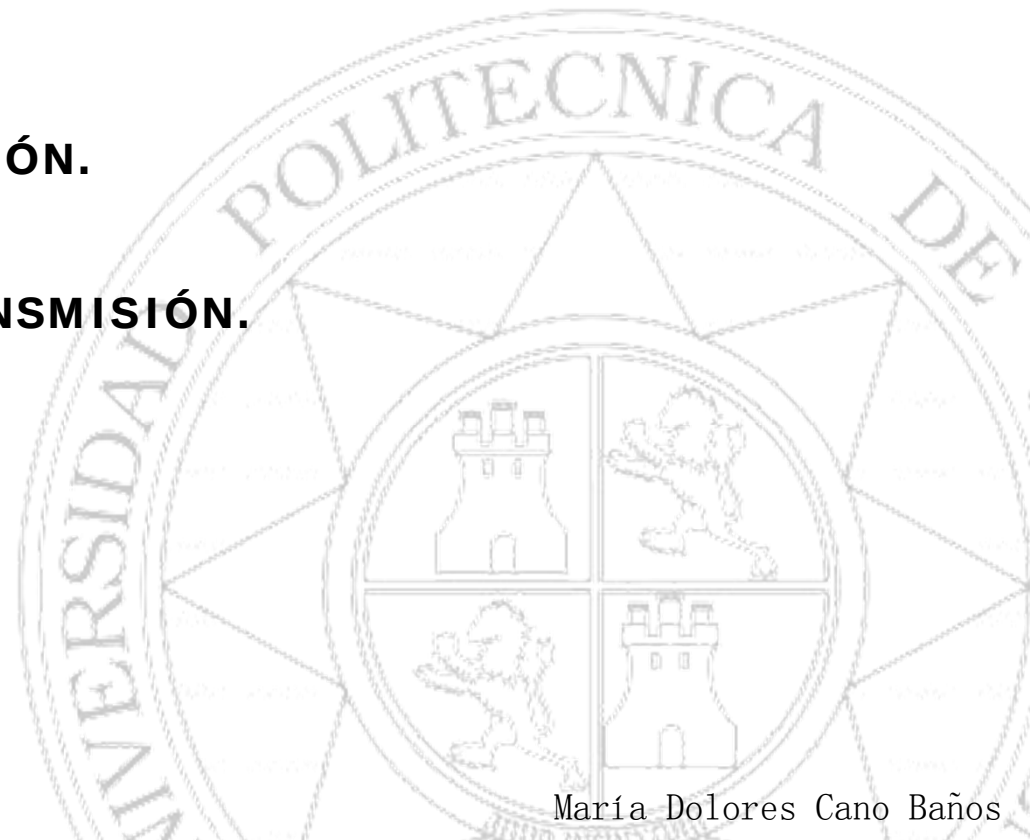


BLOQUE II.

Introducción a la Transmisión de Información

MODALIDADES DE TRANSMISIÓN.
TÉCNICAS DE MODULACIÓN.
PERTURBACIONES EN LA TRANSMISIÓN.



Contenidos

1. Representación de la información
2. Principios de codificación
 1. Códigos para datos alfanuméricos más usuales
3. Detección y corrección de errores
 1. Control de paridad
4. Tipos y características de las señales

Contenidos

5. Modalidades de transmisión

1. Transmisión Serie - Paralelo
2. Simultaneidad Emisión - Recepción
3. Transmisión Asíncrona - Síncrona
4. Transmisión Digital - Analógica

6. Técnicas de modulación

7. Perturbaciones en la transmisión

8. Consideraciones adicionales

Contenidos

5. Modalidades de transmisión

1. Transmisión Serie - Paralelo
2. Simultaneidad Emisión - Recepción
3. Transmisión Asíncrona - Síncrona
4. Transmisión Digital - Analógica

6. Técnicas de modulación

7. Perturbaciones en la transmisión

8. Consideraciones adicionales

5. Modalidades de transmisión

- Los datos digitales pueden transmitirse de distintas formas:
 - Naturaleza de la señal enviada (analógica o digital)
 - Sincronismo entre emisor y receptor
 - Secuenciamiento de los bits
 - Simultaneidad de emisión y recepción
 - Modulación

Contenidos

5. Modalidades de transmisión

1. Transmisión Serie - Paralelo
2. Simultaneidad Emisión - Recepción
3. Transmisión Asíncrona - Síncrona
4. Transmisión Digital - Analógica

6. Técnicas de modulación

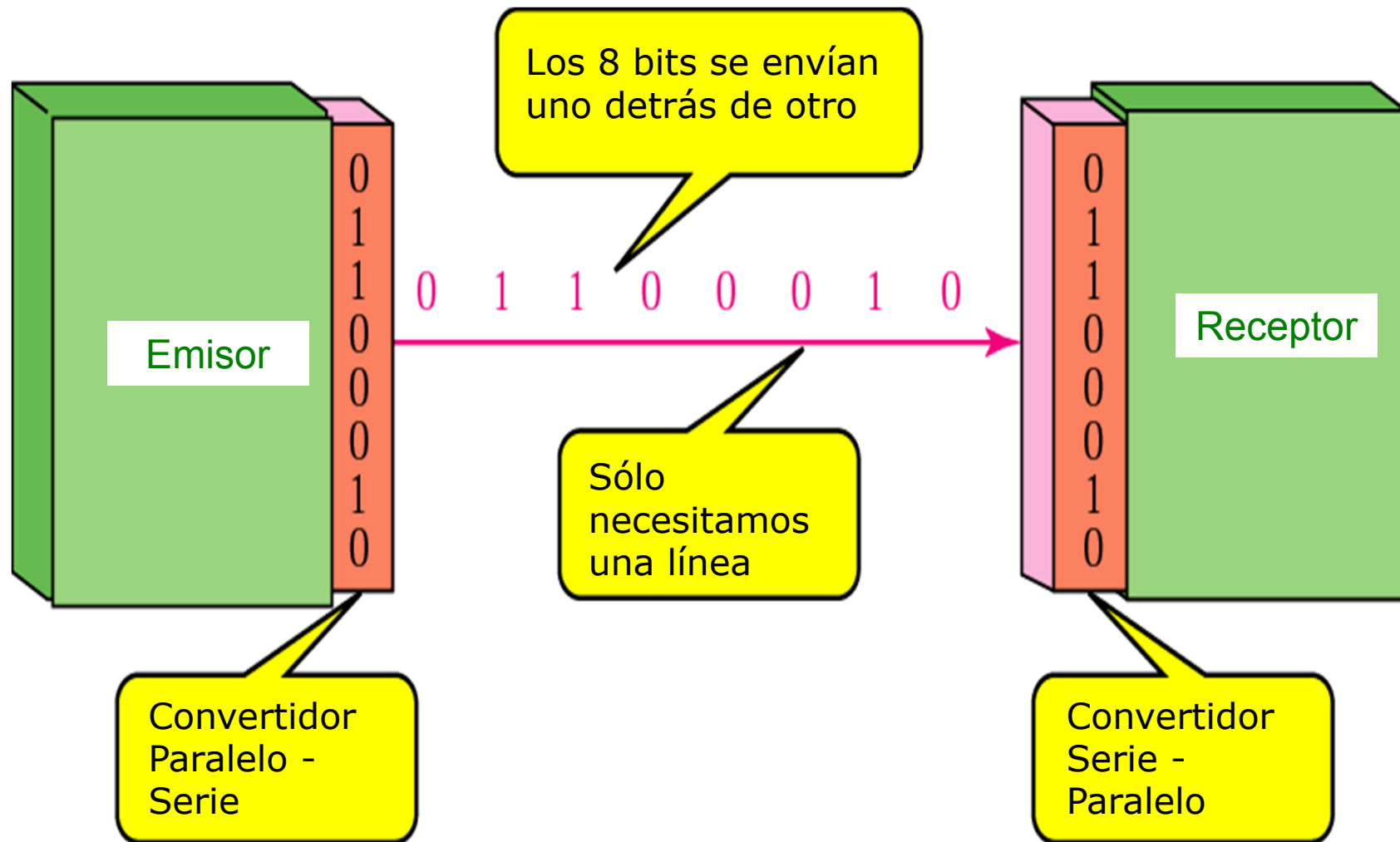
7. Perturbaciones en la transmisión

8. Consideraciones adicionales

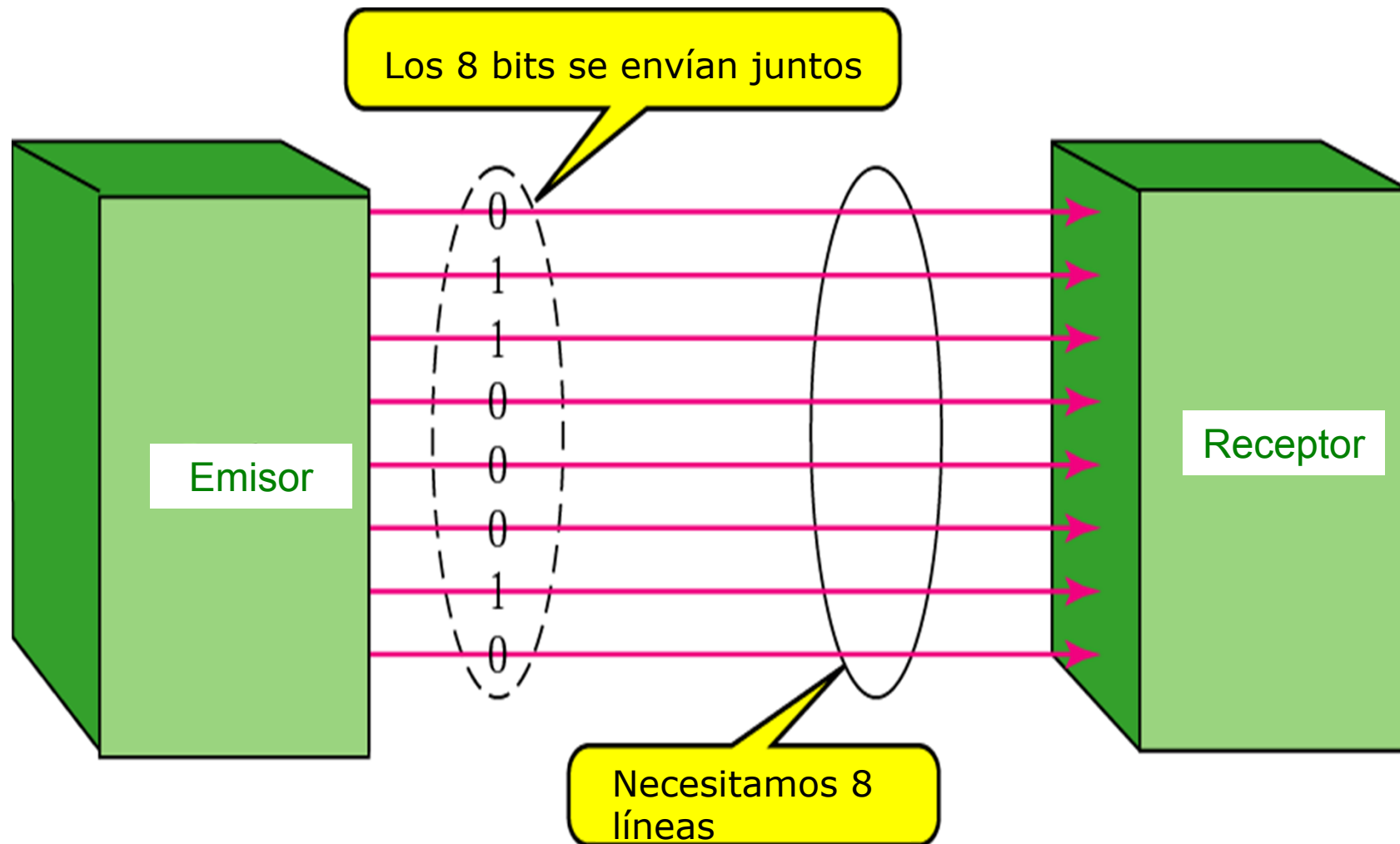
5.1 Transmisión Serie - Paralelo

- Los bits se agrupan en palabras, la transmisión de estas palabras se puede hacer de dos formas:
 - Se usan tantos canales como bits forman la palabra ⇒ **transmisión en paralelo**
 - La transferencia es bit a bit, usando un único canal ⇒ **transmisión en serie**
- La transmisión en paralelo
 - Es más rápida, pero es más costosa
 - Se emplea en distancias cortas, por ejemplo en dispositivos de Entrada/Salida
- La transmisión en serie
 - Es más lenta, pero más económica
 - Se utiliza para economizar recursos

5.1 Transmisión Serie - Paralelo



5.1 Transmisión Serie - Paralelo



Contenidos

5. Modalidades de transmisión

1. Transmisión Serie - Paralelo

2. Simultaneidad Emisión - Recepción

3. Transmisión Asíncrona - Síncrona

4. Transmisión Digital - Analógica

6. Técnicas de modulación

7. Perturbaciones en la transmisión

8. Consideraciones adicionales

5.2 Simultaneidad Emisión - Recepción

- En una línea de comunicación hay dos sentidos de transmisión que pueden coexistir simultáneamente o no:

- **Símplex:** El sentido de la comunicación es único.

- Ejemplos: la televisión o la radio

- **Semidúplex** (*half-duplex*): El canal es bidireccional, pero sólo se transmite en un sentido cada vez, no hay simultaneidad.

Es necesario un mecanismo de control, que marque cuál de los extremos es el que puede transmitir en cada momento.

- Ejemplos: Walkie-Talkie

- **Dúplex** (*full-dúplex*): El canal es bidireccional y la transmisión puede ser simultánea

- Digital: se usarán caminos separados

- Analógica:

- Si tx y rx a la misma frecuencia es necesario caminos separados
 - Si tx y rx a frecuencias diferentes basta con un único camino

Contenidos

5. Modalidades de transmisión

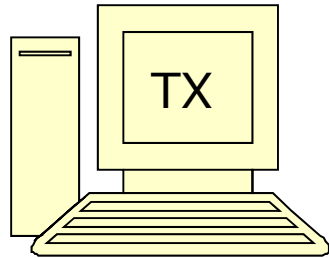
1. Transmisión Serie - Paralelo
2. Simultaneidad Emisión - Recepción
3. Transmisión Asíncrona - Síncrona
4. Transmisión Digital - Analógica

6. Técnicas de modulación

7. Perturbaciones en la transmisión

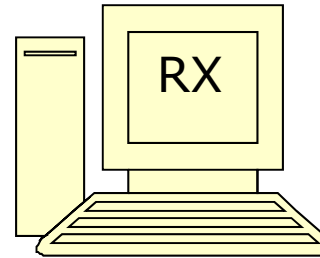
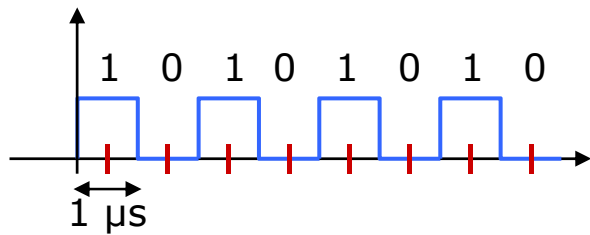
8. Consideraciones adicionales

5.3 Transmisión Asíncrona - Síncrona



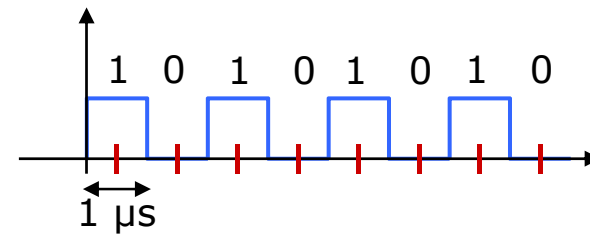
1 Mbps

$$T_b = 1/1 \cdot 10^6 = 1 \mu s$$

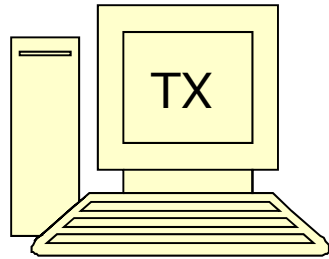


1 Mbps

$$T_b = 1/1 \cdot 10^6 = 1 \mu s$$

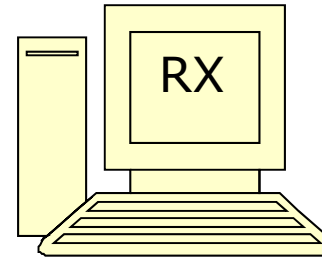
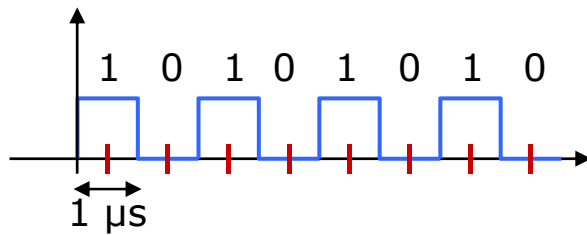


5.3 Transmisión Asíncrona - Síncrona



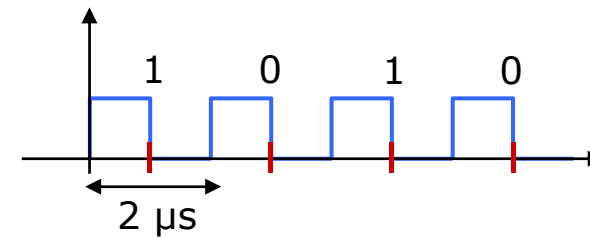
1 Mbps

$$T_b = 1/1 \cdot 10^6 = 1 \mu s$$



0,5 Mbps

$$T_b = 1/0,5 \cdot 10^6 = 2 \mu s$$



5.3 Transmisión Asíncrona - Síncrona

Sincronización → proceso mediante el cual un emisor informa al receptor sobre en qué instantes de tiempo va a transmitir

Hay varios niveles: de bit, de carácter de palabra, de trama,

5.3 Transmisión Asíncrona - Síncrona

□ Transmisión asíncrona:

Para saber
dónde
comienzan o
acaban bits de
datos

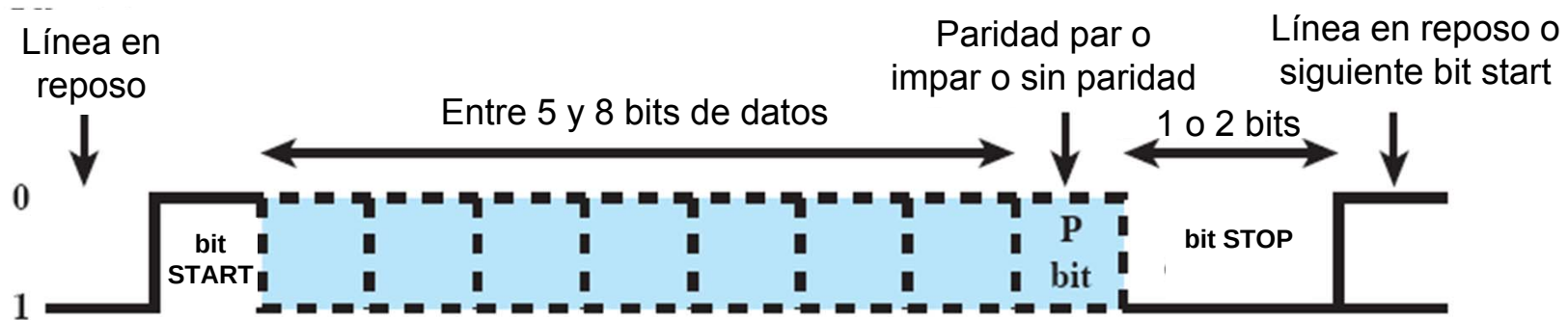
- Si no se transmite ningún carácter, la línea entre el emisor y el receptor está en reposo (1 binario, tensión negativa)
- Al principio de cada unidad de información se indica con un bit de arranque (**start**). A continuación se transmite el carácter. Por último, se envía al menos un bit de parada (**stop**).
- Separación entre dos caracteres puede ser arbitraria
- Posibles errores de sincronismo no se acumulan, puesto que se parte de un estado cero con cada nuevo carácter

Para saber
cuándo
muestrear

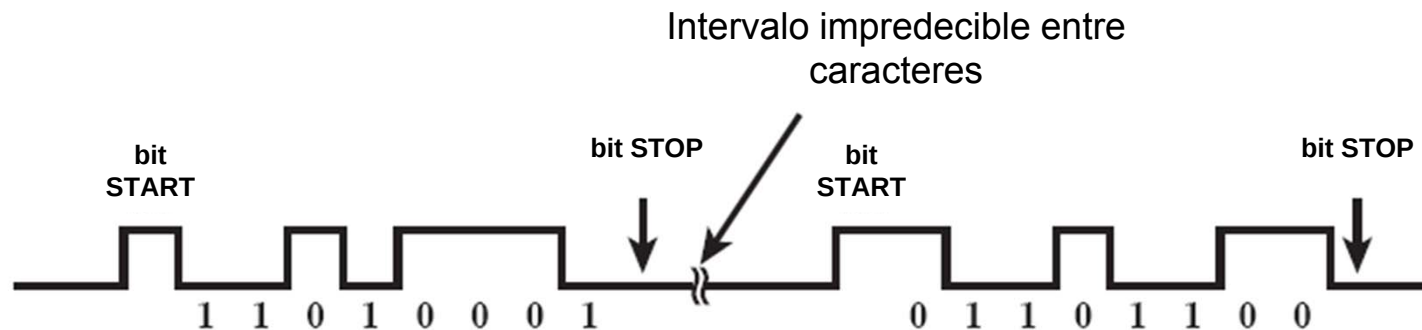
- Para que la transmisión asíncrona funcione correctamente el transmisor y el receptor deben funcionar a la misma velocidad

5.3 Transmisión Asíncrona - Síncrona

□ Transmisión asíncrona:



■ Ejemplo



5.3 Transmisión Asíncrona - Síncrona

□ Transmisión síncrona:

Para saber
dónde
comienzan o
acaban bits de
datos

- Consiste en el envío de una trama de datos formada por un bloque de información, precedido de un grupo de bits de sincronismo (SYN) y terminado por otro grupo de bits al finalizar el bloque (TEB)
- Transmisión síncrona es más eficiente, gracias la agrupación de caracteres en bloques, reduciéndose el número de caracteres de control

Para saber
cuándo
muestrear

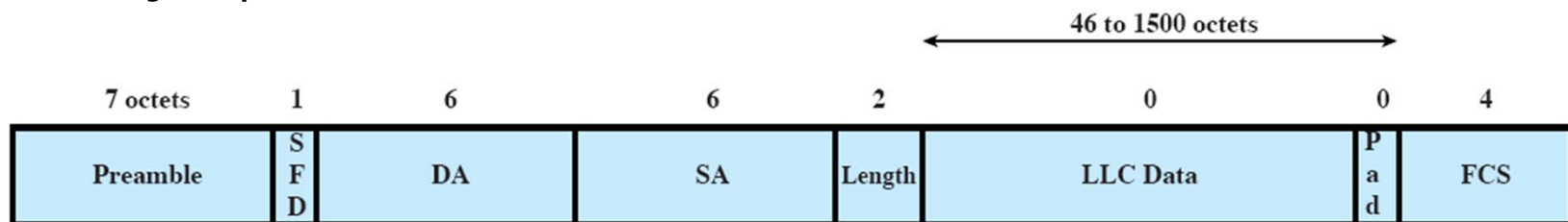
- Bits de sincronismo sirven para sincronizar los relojes de emisor y receptor ⇒ así ambos tendrán la misma medida para la duración de un bit
 - Sincronismo o bien se extrae de la propia señal o bien se envía aparte
 - Se evita el tener que usar un bit de *start* y un bit de *stop* por cada carácter

5.3 Transmisión Asíncrona - Síncrona

□ Transmisión síncrona:



■ Ejemplo: IEEE 802.3



SFD ≡ Delimitador de comienzo de trama

DA ≡ Dirección del destino

SA ≡ Dirección del origen

FCS ≡ Secuencia de comprobación de trama

Contenidos

5. Modalidades de transmisión

1. Transmisión Serie - Paralelo
2. Simultaneidad Emisión - Recepción
3. Transmisión Asíncrona - Síncrona

4. Transmisión Digital - Analógica

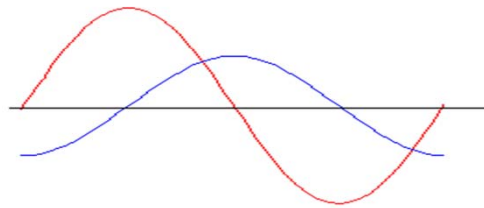
6. Técnicas de modulación

7. Perturbaciones en la transmisión

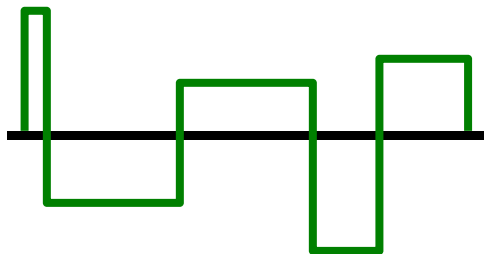
8. Consideraciones adicionales

5.4 Transmisión Digital - Analógica

- En la **transmisión analógica** se emplean señales analógicas



- En la **transmisión digital** se emplean señales digitales



Contenidos

5. Modalidades de transmisión

1. Transmisión Serie - Paralelo
2. Simultaneidad Emisión - Recepción
3. Transmisión Asíncrona - Síncrona
4. Transmisión Digital - Analógica

6. Técnicas de modulación

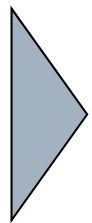
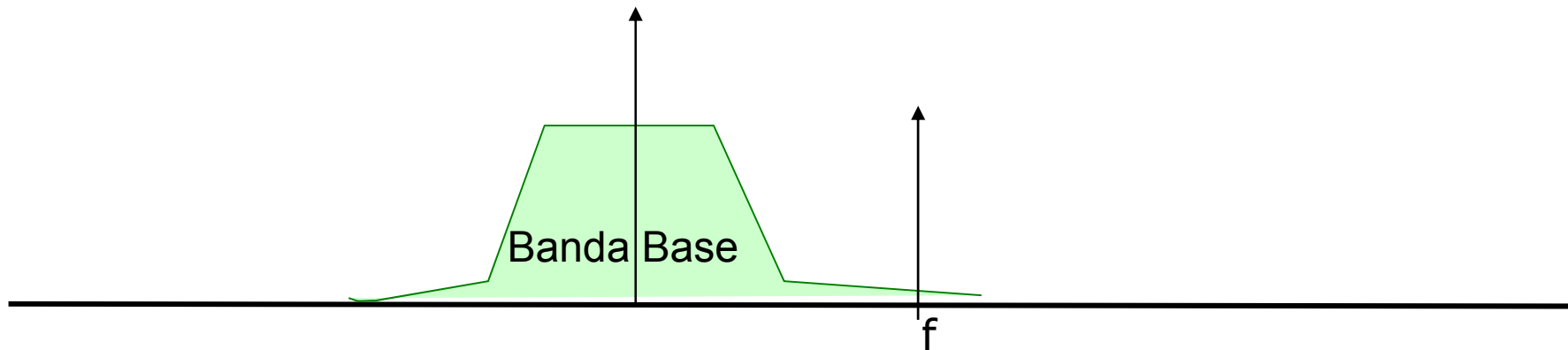
7. Perturbaciones en la transmisión

8. Consideraciones adicionales

REPASO: TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN (2º curso)
ACTUAL: COMUNICACIONES DIGITALES (3º curso)

6. Técnicas de modulación

A la hora de transmitir una señal, lo más sencillo sería transmitirla en su forma original $\Rightarrow$ en **BANDA BASE**



Las señales se modulan para adaptar una señal lo mejor posible al canal y aprovechar al máximo la capacidad del mismo

6. Técnicas de modulación

□ Modulación

- La señal que transporta la información, **señal moduladora**, se envía a través de otra señal, **portadora**, cuyas características son óptimas para ser transmitida por un determinado medio
- La señal moduladora controla algún parámetro de la señal portadora (o una combinación de varios parámetros), por ejemplo: la amplitud, la frecuencia o la fase
- A la señal resultante de la modulación se la denomina **señal modulada**

6. Técnicas de modulación

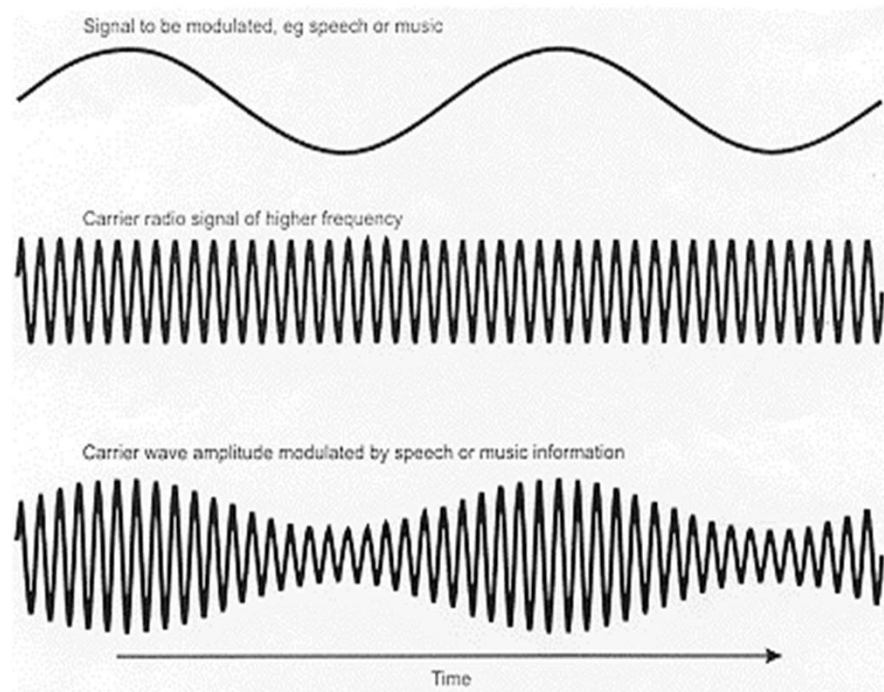
Señal (portadora) Datos (moduladora)	ANALÓGICA (Modulación)	DIGITAL (Codificación*)
ANALÓGICA	Información analógica se transmite fácil y barato en banda base. A menudo, desplazamiento en frecuencia. Ejemplo: AM, FM, PM, ...	Conversión de información analógica a señales digitales permite usar técnicas de transmisión digitales y equipos de conmutación. Ejemplo: PCM, DM, ...
DIGITAL	Algunos medios de transmisión como la fibra óptica y los medios no guiados sólo propagan señales analógicas. Ejemplo: ASK, FSK, QPSK, ...	Equipamiento para codificar información digital es menos complejo y menos caro que equipamiento para modular de digital a analógico. Ejemplo: NRZ, Manchester, HDB3, Bipolar-AMI, ...

6. Técnicas de modulación

Señal (portadora) Datos (moduladora)	ANALÓGICA (Modulación)	DIGITAL (Codificación*)
ANALÓGICA	Información analógica se transmite fácil y barato en banda base. A menudo, desplazamiento en frecuencia. Ejemplo: AM, FM, PM, ...	Conversión de información analógica a señales digitales permite usar técnicas de transmisión digitales y equipos de conmutación. Ejemplo: PCM, DM, ...
DIGITAL	Algunos medios de transmisión como la fibra óptica y los medios no guiados sólo propagan señales analógicas. Ejemplo: ASK, FSK, QPSK, ...	Equipamiento para codificar información digital es menos complejo y menos caro que equipamiento para modular de digital a analógico. Ejemplo: NRZ, Manchester, HDB3, Bipolar-AMI, ...

6. Técnicas de modulación

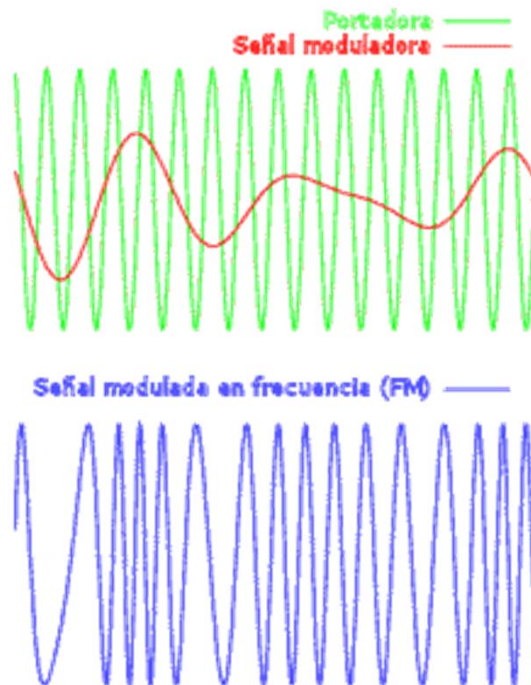
- Modulaciones con portadora y moduladora analógicas
 - Modulación en amplitud (**AM**). Consiste en hacer variar la amplitud de una portadora sinusoidal en función de las variaciones de la señal moduladora.



MODULACIÓN AM

6. Técnicas de modulación

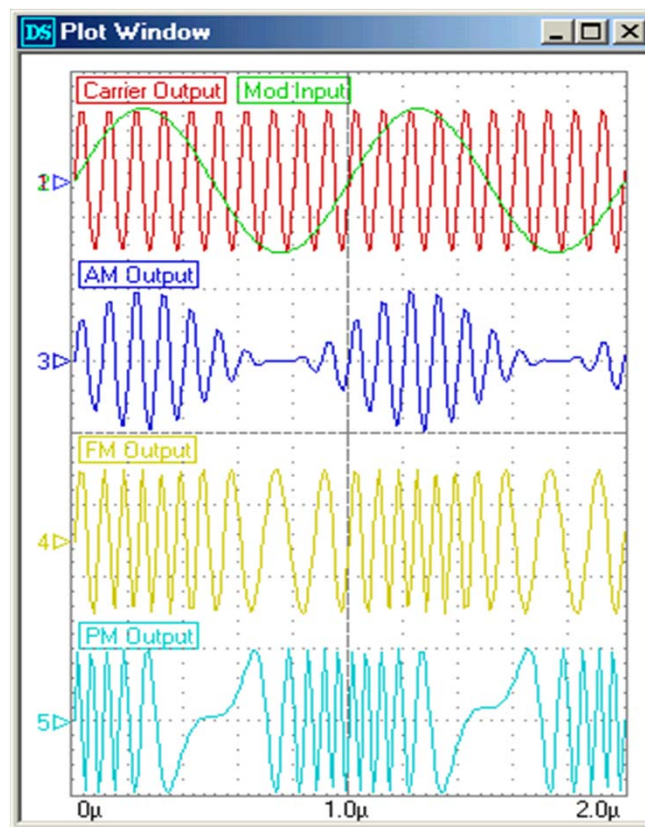
- Modulaciones con portadora y moduladora analógicas
 - Modulación en frecuencia (**FM**). La frecuencia de la portadora varía en función de las variaciones de la señal moduladora.



MODULACIÓN FM

6. Técnicas de modulación

- Modulaciones con portadora y moduladora analógicas
 - Modulación en fase (**PM**). Las variaciones de la señal afecta a la fase de portadora.



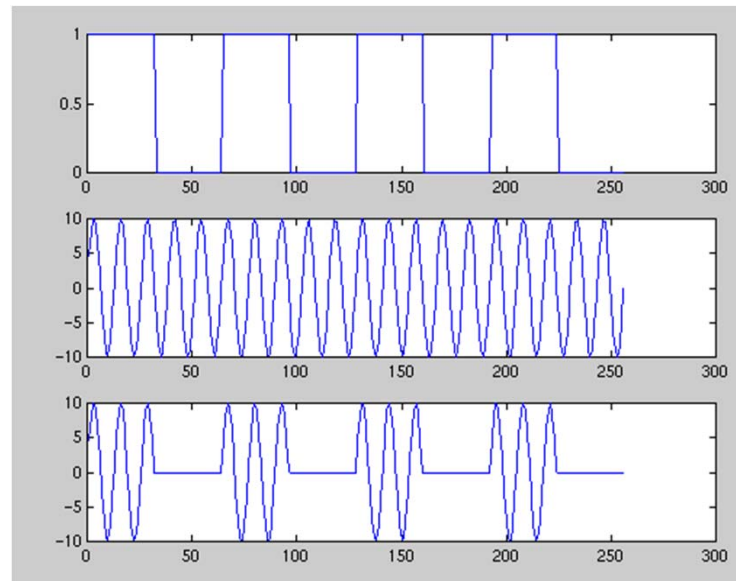
MODULACIÓN PM

6. Técnicas de modulación

Señal (portadora) Datos (moduladora)	ANALÓGICA (Modulación)	DIGITAL (Codificación*)
	Información analógica se transmite fácil y barato en banda base. A menudo, desplazamiento en frecuencia. Ejemplo: AM, FM, PM, ...	Conversión de información analógica a señales digitales permite usar técnicas de transmisión digitales y equipos de conmutación. Ejemplo: PCM, DM, ...
DIGITAL	Algunos medios de transmisión como la fibra óptica y los medios no guiados sólo propagan señales analógicas. Ejemplo: ASK, FSK, QPSK, ...	Equipamiento para codificar información digital es menos complejo y menos caro que equipamiento para modular de digital a analógico. Ejemplo: NRZ, Manchester, HDB3, Bipolar-AMI, ...

6. Técnicas de modulación

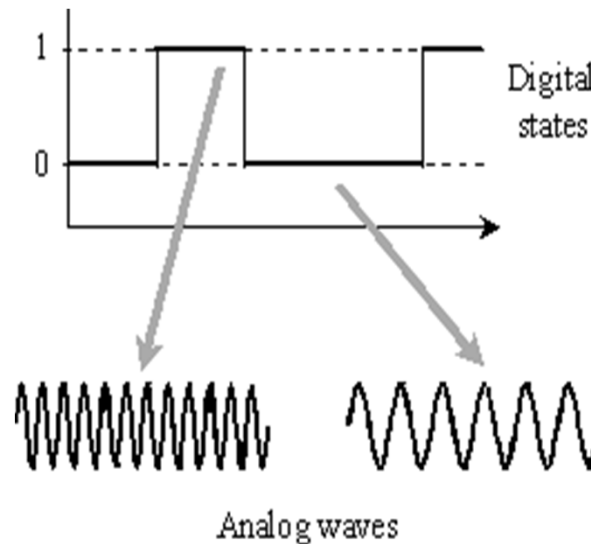
- Modulaciones con portadora analógica y moduladora digital
 - **ASK** (*Amplitude Shift Keying*) $\Rightarrow$ La portadora está presente o ausente en función del nivel de señal digital. Es muy sensible al ruido electromagnético.



MODULACIÓN ASK

6. Técnicas de modulación

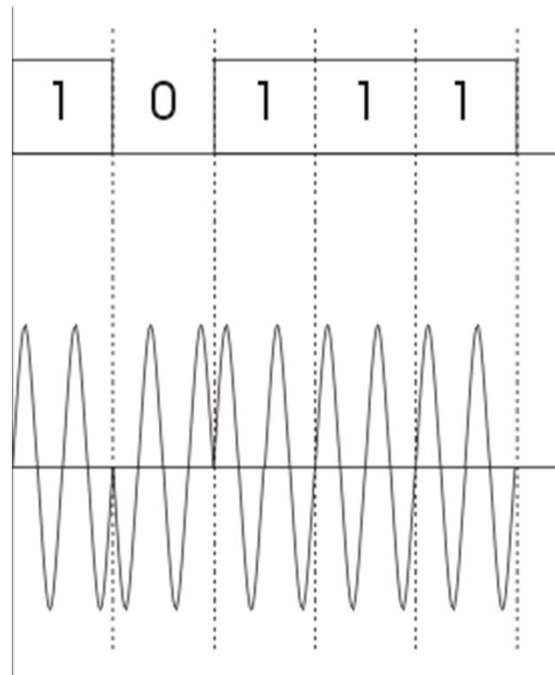
- Modulaciones con portadora analógica y moduladora digital
 - **FSK** (*Frequency Shift Keying*). La frecuencia de la portadora depende del nivel de la señal digital. Es más inmune frente al ruido.



MODULACIÓN FSK

6. Técnicas de modulación

- Modulaciones con portadora analógica y moduladora digital
 - **PSK** (*Phase Shift Keying*). A cada señal de datos le corresponden distintos valores de la fase de la portadora.



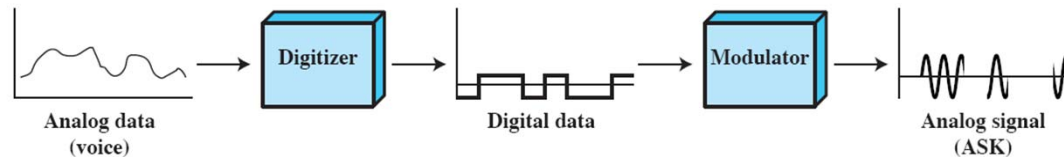
MODULACIÓN PSK

6. Técnicas de modulación

Señal (portadora) Datos (moduladora)	ANALÓGICA (Modulación)	DIGITAL (Codificación*)
	ANALÓGICA Información analógica se transmite fácil y barato en banda base. A menudo, desplazamiento en frecuencia. Ejemplo: AM, FM, PM, ...	Conversión de información analógica a señales digitales permite usar técnicas de transmisión digitales y equipos de conmutación. Ejemplo: PCM, DM, ...
DIGITAL	Algunos medios de transmisión como la fibra óptica y los medios no guiados sólo propagan señales analógicas. Ejemplo: ASK, FSK, QPSK, ...	Equipamiento para codificar información digital es menos complejo y menos caro que equipamiento para modular de digital a analógico. Ejemplo: NRZ, Manchester, HDB3, Bipolar-AMI, ...

6. Técnicas de modulación

- Modulaciones con portadora digital y moduladora analógica
 - El proceso consiste en transformar datos analógicos a señales digitales



- El equipo que convierte los datos analógicos a digitales (y viceversa) se denomina **CODEC** (COdificador-DECodificador)
- Se caracterizan por transmitir un tren de impulsos, alguno de cuyos parámetros controla la señal moduladora

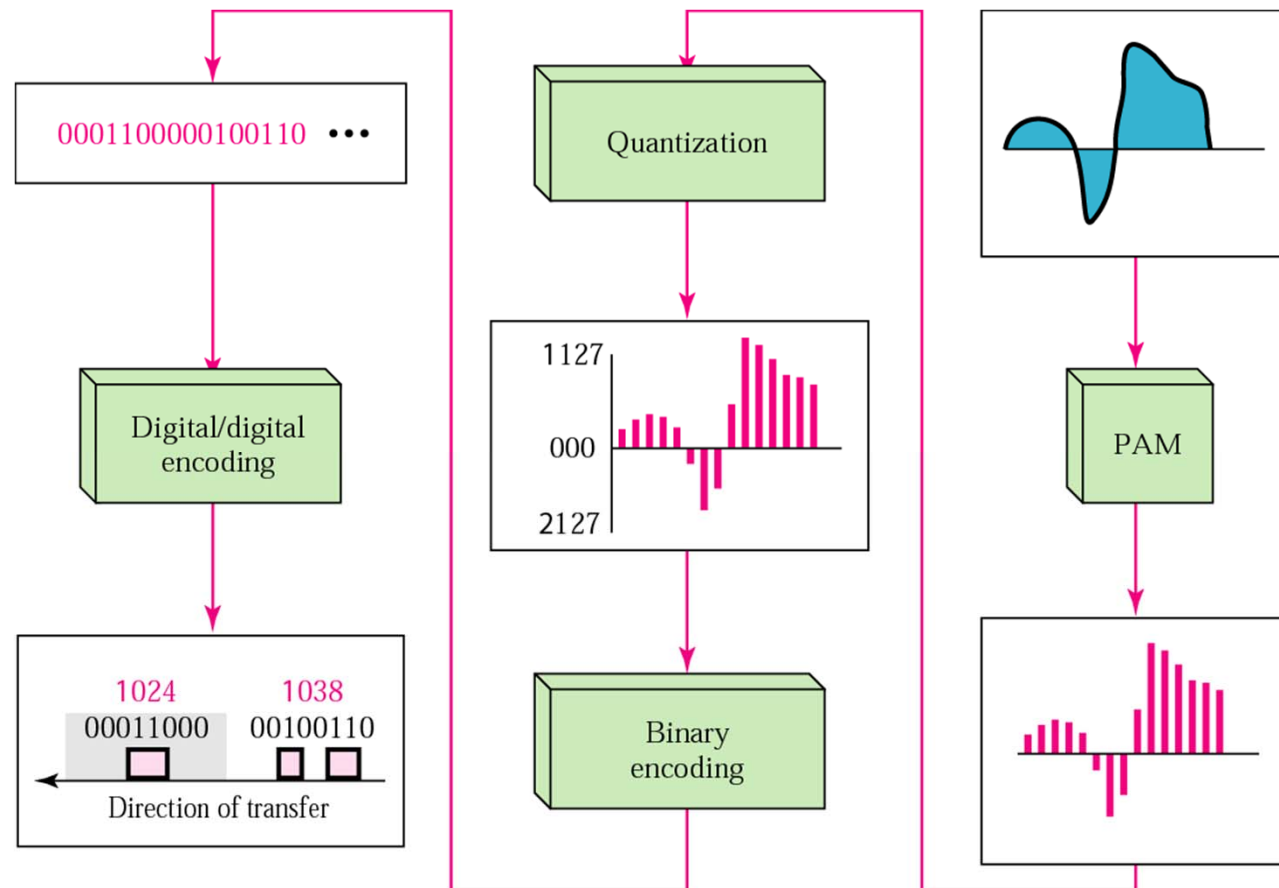
6. Técnicas de modulación

- Modulaciones con portadora digital y moduladora analógica
 - **PCM** (*Pulse Code Modulation*): Permite digitalizar señales analógicas.
 - La señal se muestrea (**PAM**)
 - Las muestras se cuantifican
 - A cada nivel de cuantificación se le asigna una secuencia de bits (se codifica)
 - En este tipo de modulación, la influencia del ruido es pequeña, si bien se introduce una nueva fuente de error: el ruido de cuantificación

6. Técnicas de modulación

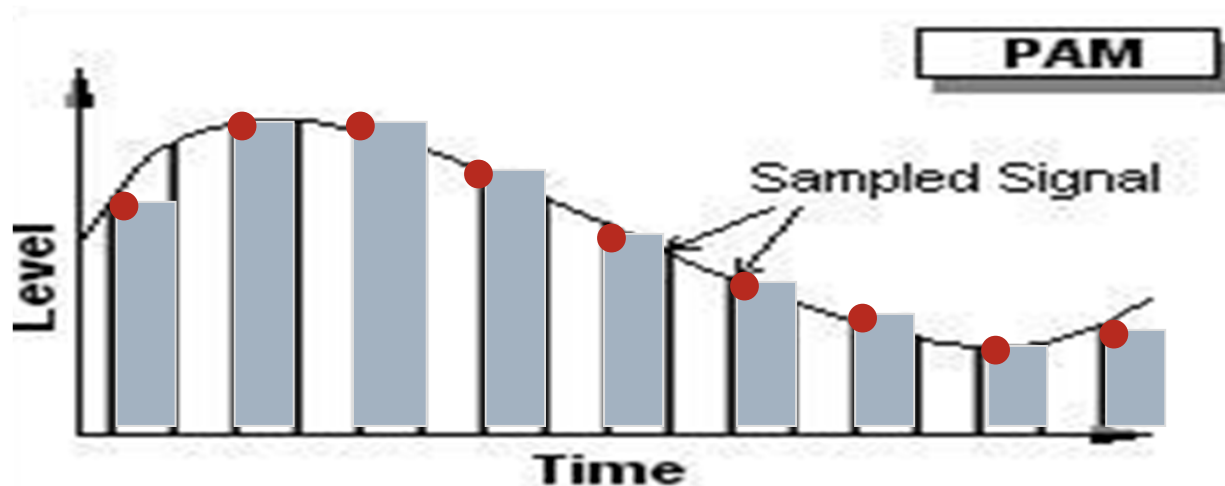
- Modulaciones con portadora digital y moduladora analógica

- **PCM**



6. Técnicas de modulación

- Modulaciones con portadora digital y moduladora analógica
 - **PAM** (*Pulse Amplitud Modulation*): Modulación de impulsos en amplitud. La amplitud de los pulsos es proporcional al nivel de la moduladora en el instante de producirse el pulso.



6. Técnicas de modulación

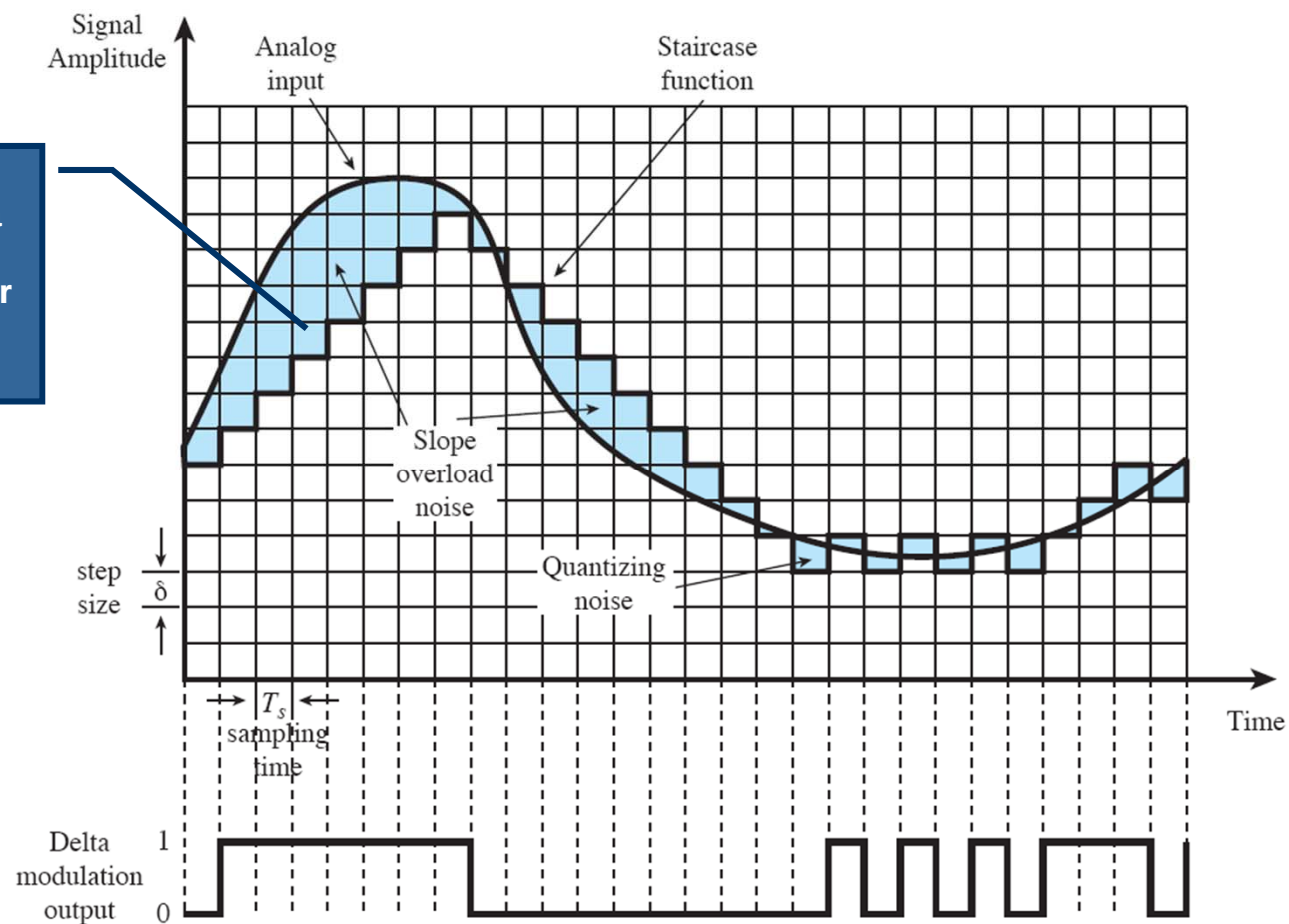
- Modulaciones con portadora digital y moduladora analógica
 - **DM** (*Delta Modulation*). La entrada analógica se aproxima mediante una función escalera que en cada intervalo de muestreo T_s sube o baja un nivel de cuantización δ .
 - La salida del modulador delta se puede representar con un único bit para cada muestra.

6. Técnicas de modulación

- Modulaciones con portadora digital y moduladora analógica

- **DM**

En cada instante de muestreo la entrada analógica se compara con el valor más reciente de la escalera



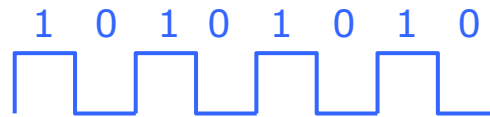
6. Técnicas de modulación

Señal (portadora) Datos (moduladora)	ANALÓGICA (Modulación)	DIGITAL (Codificación*)
	Información analógica se transmite fácil y barato en banda base. A menudo, desplazamiento en frecuencia. Ejemplo: AM, FM, PM, ...	Conversión de información analógica a señales digitales permite usar técnicas de transmisión digitales y equipos de conmutación. Ejemplo: PCM, DM, ...
DIGITAL	Algunos medios de transmisión como la fibra óptica y los medios no guiados sólo propagan señales analógicas. Ejemplo: ASK, FSK, QPSK, ...	Equipamiento para codificar información digital es menos complejo y menos caro que equipamiento para modular de digital a analógico. Ejemplo: NRZ, Manchester, HDB3, Bipolar-AMI, ...

6. Técnicas de modulación

□ Modulaciones con portadora digital y moduladora digital ⇒ **codificación**

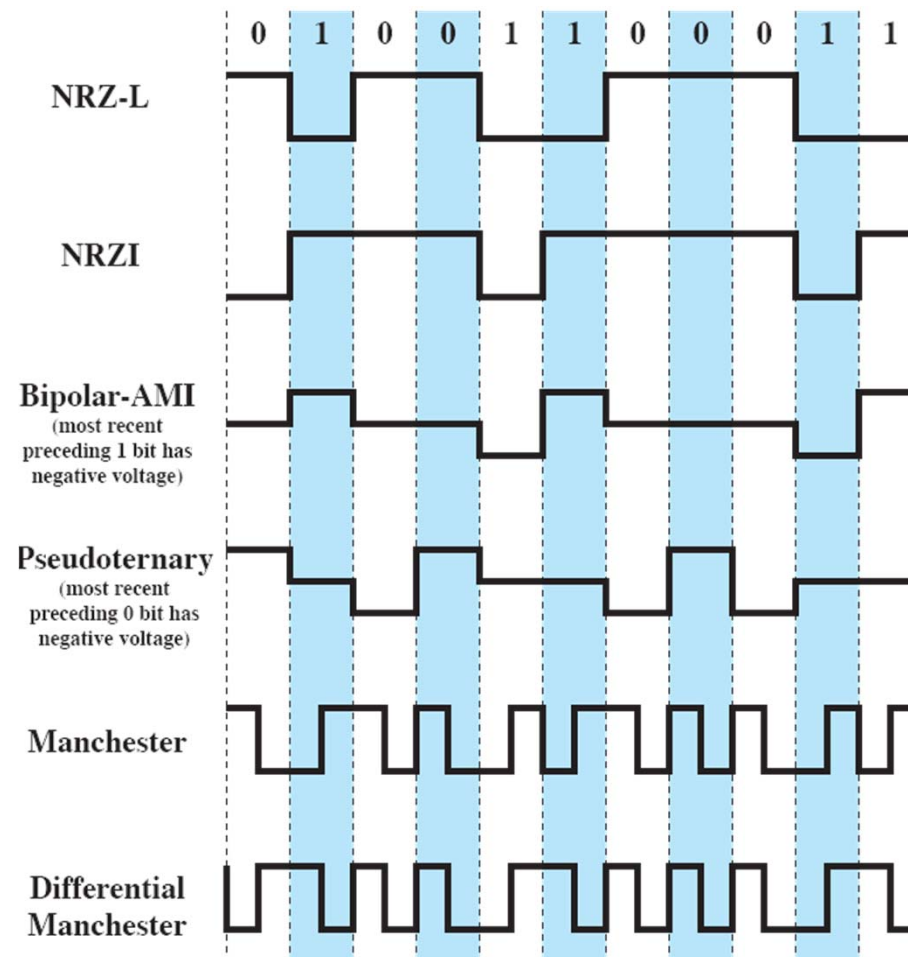
- La codificación consiste en asociar bits de datos a elementos de señal
- La más simple de las codificaciones es hacer corresponder a cada bit un elemento de señal:



- Recordatorio de definiciones
 - Velocidad de datos o velocidad de transmisión V_{tx} es la velocidad a la que se transmiten los datos (bps)
 - Duración de un bit es el tiempo que un equipo tarda en emitir un bit (s) ⇒ $T_b = 1/V_{tx}$

6. Técnicas de modulación

- Modulaciones con portadora digital y moduladora digital ⇒ **codificación**

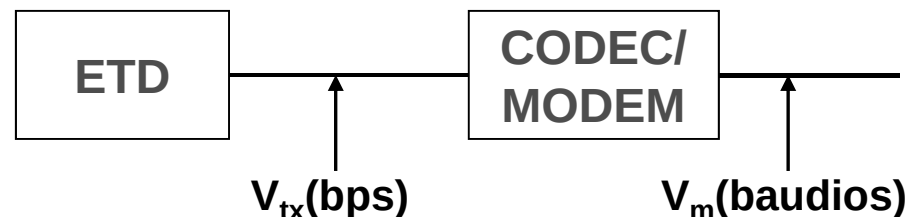


6. Técnicas de modulación

VELOCIDAD DE MODULACIÓN

Velocidad de modulación (baudios) es la velocidad con la que se generan los elementos de señal

- V_m es el número de símbolos por unidad de tiempo o la tasa a la que cambia el nivel de la señal $\Rightarrow$ depende del tipo de codificación empleada
- Físicamente la velocidad de modulación y la velocidad de transmisión se sitúan en los siguientes tramos de la comunicación



6. Técnicas de modulación

$$V_m = \frac{V_{tx}}{L} = \frac{V_{tx}}{\log_2 M}$$

$V_{tx} \equiv$ Velocidad de transmisión

$M \equiv$ número de elementos de señal diferentes

$L \equiv$ número de bits por elementos de señal

□ Ejemplo:

- Señal binaria NRZ; $V_{tx} = 1$ Mbps; $L=1 \rightarrow V_m = V_{tx} = 1 \cdot 10^6$ Baudios ó $1 \cdot 10^6$ símbolos/segundo
- Señal binaria Manchester; $V_{tx} = 1$ Mbps; $L=0,5 \rightarrow V_m = V_{tx} = 2 \cdot 10^6$ Baudios ó $2 \cdot 10^6$ símbolos/segundo

6. Técnicas de modulación

- Velocidad de modulación
 - Solo si $M=2$ (estados 0 y 1) la velocidad de modulación coincide con la velocidad de transmisión
 - Si la señal tiene más niveles o estados, en cada uno de ellos se pueden transportar más de un bit de información
 - Se puede aumentar la velocidad de transmisión (bps) “agrupando” bits y aplicando una modulación *multinivel*
 - Por ejemplo, con cuatro niveles de amplitud se pueden codificar cuatro símbolos de dos bits cada uno
 - Sin embargo, un mayor número de niveles implica un *hardware* más complejo, un menor rango para discernir y decodificar los datos en el receptor y menor inmunidad frente al ruido

Contenidos

5. Modalidades de transmisión

1. Transmisión Serie - Paralelo
2. Simultaneidad Emisión - Recepción
3. Transmisión Asíncrona - Síncrona
4. Transmisión Digital - Analógica

6. Técnicas de modulación

7. Perturbaciones en la transmisión

8. Consideraciones adicionales

7. Perturbaciones en la transmisión

- La señal recibida nunca coincidirá exactamente con la señal transmitida
 - En el caso de señales analógicas el medio introduce ciertas alteraciones aleatorias que degradan la calidad de la señal
 - En el caso de señales digitales se producen errores de bit
- La mayoría de las causas se deben a efectos inductivos y capacitivos que modifican la amplitud, la fase o la frecuencia de las señales transmitidas
- Las perturbaciones más relevantes son la atenuación, la distorsión del retardo y el ruido

7. Perturbaciones en la transmisión

ATENUACIÓN

- ❑ La energía de la señal disminuye con la distancia en cualquier medio de transmisión
- ❑ En los medios guiados, la atenuación es logarítmica $\Rightarrow$ se mide en dB/m
- ❑ En medios no guiados (p.e., la atmósfera) otros factores que acentúan la atenuación son las condiciones atmosféricas: lluvia, niebla, ...
- ❑ Se puede calcular como:

$$A(\text{dB}) = 10 \times \log(P_{\text{enviada}} / P_{\text{recibida}})$$

7. Perturbaciones en la transmisión

ATENUACIÓN

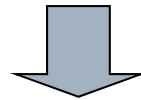
- ❑ La atenuación perjudica la comunicación
- ❑ Consideraciones:
 - La señal que se recibe debe tener suficiente energía para
 - ❑ ser detectada e interpretada por la circuitería electrónica del receptor ⇒ SOLUCIÓN: amplificador o regenerador
 - ❑ conservar un nivel de potencia suficientemente mayor que el de ruido ⇒ SOLUCIÓN: amplificador o regenerador
 - La atenuación crece con la frecuencia a la que se transmite ⇒ distorsión de la señal en frecuencia ⇒ SOLUCIÓN: ecualizadores (modifican las características de frecuencia de la señal)

7. Perturbaciones en la transmisión

DISTORSIÓN DEL RETARDO

- En los medios guiados, la velocidad de propagación varía con la frecuencia:

las distintas componentes en frecuencia de la señal llegarán al receptor en instantes de tiempo diferentes



desplazamientos en fase entre las distintas componentes

- El uso de ecualizadores puede corregir en parte este problema

7. Perturbaciones en la transmisión

RUIDO

Señal Recibida = Señal Enviada +

CONJUNTO DE SEÑALES
QUE SE AGREGAN ENTRE
EL CIRCUITO EMISOR Y
RECEPTOR

□ Dependiendo del origen del ruido:

- Ruido térmico
- Ruido de intermodulación
- Diafonía
- Ruido impulsivo
- Otros

7. Perturbaciones en la transmisión

RUIDO TÉRMICO

- ❑ Agitación de los electrones por efecto de la temperatura
- ❑ Se distribuye de manera uniforme en el espectro, por lo que se le llama **ruido blanco**
- ❑ No se puede eliminar
- ❑ Se puede modelar utilizando la siguiente expresión:

$$N \text{ (Wat)} = K \cdot T \cdot W$$

$K \equiv$ constante de Boltzman. $K = 1,380 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

$T \equiv$ temperatura en grados Kelvin

$W \equiv$ ancho de banda del canal en Hz

7. Perturbaciones en la transmisión

RUIDO INTERMODULACIÓN

- ❑ Puede producirse cuando señales de diferentes frecuencias comparten un mismo medio de transmisión
- ❑ Se producen por la no linealidad en el transmisor, el receptor o en el medio de transmisión
 - Si un equipo es lineal $\rightarrow$ la salida S_o es igual a la señal de entrada S_i multiplicada por una constante $\Rightarrow S_o = K \cdot S_i$
- ❑ Al ser no lineal provoca la aparición de componentes en frecuencia
 - Normalmente la suma o la diferencia de las frecuencias originales o múltiplos de éstas, que no existían antes y que provocan una distorsión de la señal original

7. Perturbaciones en la transmisión

DIAFONÍA

- ❑ También conocido como *Crosstalk*
- ❑ Acoplamiento no deseado entre líneas cercanas que transportan las señales
 - Ejemplos: entre pares de cables cercanos, o entre diferentes señales de microondas

7. Perturbaciones en la transmisión

RUIDO IMPULSIVO

- ❑ No es predecible y no se puede modelar
- ❑ Se trata de un rumor continuo formado por picos irregulares de corta duración y de amplitud relativamente grande, que afecta notablemente a la señal
- ❑ Estos picos irregulares, en comunicaciones analógicas se traducen en chasquidos breves, mientras que en las digitales se traducen en ráfagas de bit erróneos
- ❑ Se genera por diversas causas: perturbaciones electromagnéticas provocadas por tormentas atmosféricas, rayos, el arranque de un motor eléctrico, fallos o defectos de los sistemas de comunicación

Contenidos

5. Modalidades de transmisión

1. Transmisión Serie - Paralelo
2. Simultaneidad Emisión - Recepción
3. Transmisión Asíncrona - Síncrona
4. Transmisión Digital - Analógica

6. Técnicas de modulación

7. Perturbaciones en la transmisión

8. Consideraciones adicionales

8. Consideraciones adicionales

NYQUIST:

$$C(\text{bps}) = 2 \cdot W(\text{Hz}) \cdot \log_2 M$$

$C \equiv$ es la capacidad o la máxima velocidad de transmisión del canal

$W \equiv$ es el ancho de banda del canal

$M \equiv$ el número de niveles de tensión o número de señales discretas (si la señal es binaria, el nº de estados posibles sería 2 (0 y 1; +V, -V)

- ❑ Aumentar la capacidad del canal $\Rightarrow$ podemos aumentar el número de niveles de señal (el número de símbolos)
- ❑ Al aumentar el número de niveles, estos estarán más próximos entre sí $\Rightarrow$ todas las señales transmitidas se verán más afectadas por el ruido

8. Consideraciones adicionales

SHANNON: $C (bps) = W(Hz) \cdot \log_2 (1 + S / N)$

$C \equiv$ es la capacidad o la máxima velocidad de transmisión del canal

$W \equiv$ es el ancho de banda del canal

$S/N \equiv$ es la relación entre la potencia de señal recibida y la potencia de ruido

- ❑ Para un nivel de ruido dado, para aumentar la capacidad del canal $\Rightarrow$ aumentar la potencia de la señal transmitida
- ❑ Al aumentar la energía de la señal, aumentan las no linealidades del sistema $\Rightarrow$ el ruido de intermodulación
- ❑ Si pudiésemos cambiar nuestro enlace por uno de mayor ancho de banda $\Rightarrow$ al aumentar el ancho de banda también aumenta la potencia de ruido recibida $\Rightarrow$ disminuye la relación señal a ruido

Resumen

Paralelo: Se usan tantos canales como bits forman la palabra

Serie: La transferencia es bit a bit, usando un único canal

Simplex: un único sentido

Half-duplex: dos sentidos no simultáneos

Full-duplex: dos sentidos simultáneos

Síncrona: Caracteres agrupados. Inicio y fin de trama. Secuencia de sincronismo.

Asíncrona: Cada carácter, bit start, bit stop. Tx/Rx misma velocidad

Modulación: La señal que transporta la información, señal moduladora, se envía a través de otra señal, portadora, cuyas características son óptimas para ser transmitida por un determinado medio (AM, PM, FM, ASK, FSK, QPSK, PCM, DM, NRZ, Manchester, ...)

Velocidad de modulación: velocidad con la que se generan los elementos de señal

$$V_m = \frac{V_{tx}}{L} = \frac{V_{tx}}{\log_2 M}$$

$V_{tx} \equiv$ Velocidad de transmisión

$M \equiv$ número de elementos de señal diferentes

$L \equiv$ número de bits por elementos de señal

Perturbaciones en la transmisión: atenuación, ruido (térmico, diafonía, intermodulación, impulsivo)

Nyquist: si aumentamos número niveles $\Rightarrow \uparrow C$ pero más efecto del ruido

Shannon: si aumentamos potencia $\Rightarrow \uparrow$ no linealidades $\Rightarrow \uparrow$ ruido

si aumentamos BW $\Rightarrow \uparrow$ ruido $\Rightarrow \downarrow S/N$

Próximo día

BLOQUE III. Nivel físico