

Redes (IS20)

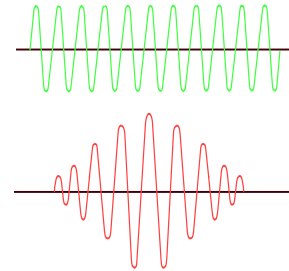
Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas

<http://www.icc.uji.es>

CAPÍTULO 3: Transmisión de datos

ÍNDICE

1. Información, señalización y transmisión
2. Medios de transmisión
3. Codificación
4. Transmisión síncrona/asíncrona
5. Multiplexación
6. Interfaces de nivel físico



1. Información, señalización y transmisión

Preámbulo

Objetivo de la red: *transmitir información entre puntos distantes*

¿Cómo se representa la información a transmitir?

Mediante señales electromagnéticas

¿Qué significa Datos? ¿y Señales?

¿Pueden ser analógicas y/o digitales?

¿Qué parámetro mide la capacidad de una señal de transportar información?



1. Información, señalización y transmisión

Definiciones:

Dato: cualquier entidad capaz de transportar información

Señales: representaciones electromagnéticas de los datos

Transmisión: comunicación de datos mediante la propagación y procesamiento de señales.

Analógico: “continuo” Digital: “discreto”

Ejemplos:

Datos analógicos: audio, vídeo

→ Señal electromagnética (analógica)

Datos digitales: textos o cadenas de caracteres (secuencia bits)

→ Señal digital

un nivel de tensión para el 1 y otro para el 0

Datos, Señales y Transmisión

Cuatro posibilidades de datos: DDSA, DDSA, DASA, DASD

Procesamiento de la Señal:

- **Transmisión analógica:** (DASA, DDSA)
 - Transmite **señales analógicas** procedentes de datos analógicos (como voz) o digitales (modems).
 - Usa **amplificadores** para conseguir distancias mayores.
- **Transmisión digital:** (DDSD, DASD, DDSA)
 - Transmite **señales analógicas o digitales** es dependiente del contenido de la señal (tipo de datos de que procede)
 - Señal digital solo puede transmitirse a distancias limitadas
 - Usa **repetidores** para conseguir distancias mayores
 - DDSA: en cada repetidor se obtienen los datos digitales a partir de la SA de entrada y se usan para regenerar la SA de salida
 - DDSD, DASD: la SD (cadena de 1 y 0) representa DD o codificación de DA. En el repetidor se recupera la cadena de 1s y 0s y se genera la SD de salida.

	Señal analógica	Señal digital
Señal analógica	Hay dos alternativas (1) la señal ocupa el mismo espectro que los datos analógicos; (2) los datos analógicos se codifican ocupando una porción distinta del espectro.	Los datos analógicos se codifican utilizando un codec para generar una cadena de bits.
Datos digitales	Los datos digitales se codifican usando un modem para generar señal analógica.	Hay dos alternativas (1) la señal consiste en dos niveles de tensión que representan dos valores binarios (2) los datos digitales se codifican para producir una señal digital con las propiedades deseadas.

(b) Procesamiento de señales

	Transmisión analógica	Transmisión digital
Señal analógica	Se propaga a través de amplificadores; se trata de igual manera si la señal se usa para representar datos analógicos o digitales.	Se supone que la señal analógica representa datos digitales. La señal se propaga a través de repetidores; en cada repetidor, los datos digitales se obtienen de la señal de entrada y se usan para regenerar una nueva señal analógica de salida.
Señal digital	No se usa.	La señal digital representa una cadena de unos o ceros, los cuales pueden representar datos digitales o pueden ser resultado de la codificación de datos analógicos. La señal se propaga a través de repetidores; en cada repetidor, se recupera la cadena de unos y ceros a partir de la señal de entrada, a partir de los cuales se genera la nueva cadena de salida.

Ventajas de las técnicas digitales:

- Gran integración en tecnología digital:
 - Menor coste y tamaño
- Integridad de datos
 - Repetidores evitan la acumulación de errores
- Utilización de la capacidad:
 - Multiplexación en tiempo más eficiente que en frecuencia
- Seguridad y privacidad:
 - Técnicas de encriptación posibles
- Integración: DASD, DDSD
 - Juntos voz, vídeo y datos

2. Medios de transmisión

2.1. Medios de transmisión guiados

- par trenzado
- cable coaxial
- fibra óptica

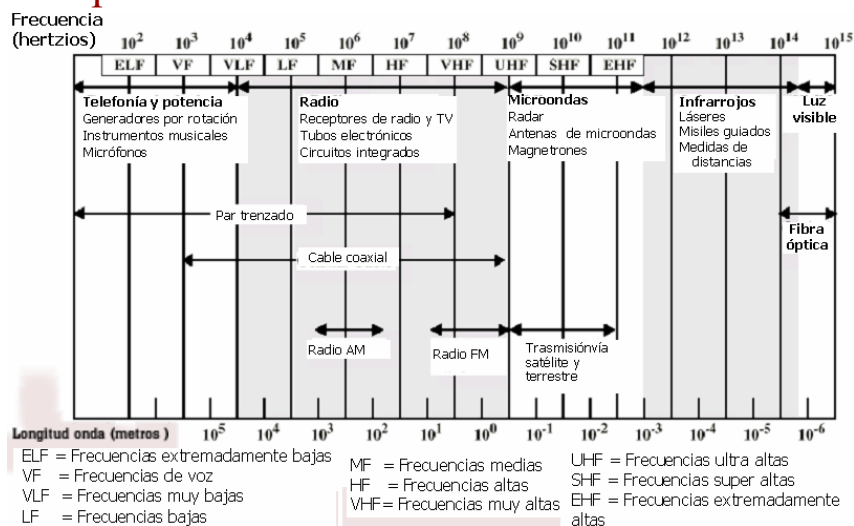
2.3. Medios inalámbricos

- ondas de radio
- microondas
- infrarrojo

Clasificación de los medios de transmisión:

- **Guiados:**
 - la señal se propaga confinada en un camino físico
- **No guiados:**
 - usan antenas para transmisión en aire, vacío o agua.

Espectro de diferentes técnicas de transmisión



2.1. Medios de transmisión guiados

PAR TRENZADO

- Dos alambres conductores aislados entre sí, con el exterior y trenzados en espiral.



- Cables multipares: compuestos por pares trenzados de 6 a 2000
- Cada par es un enlace de comunicación
- Pueden ser apantallados (STP, Shielded Twisted Pair) o sin apantallar (UTP, Unshielded Twisted Pair)

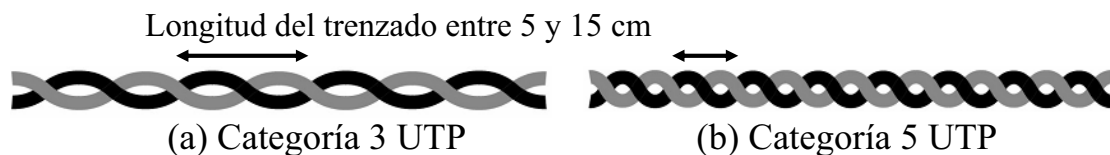


- El trenzado y apantallado disminuyen las interferencias electromagnéticas (diafonía) entre pares cercanos

Tipos de cable UTP

Estándar EIA-568-A (de Electronic Industries Association):

- UTP3: Longitud trenza 7,5 a 10 cm. Frecuencias hasta 16MHz
- UTP4: Hasta 20MHz
- UTP5: Longitud trenza 0,6 a 0,85 cm. Frecuencias hasta 100MHz



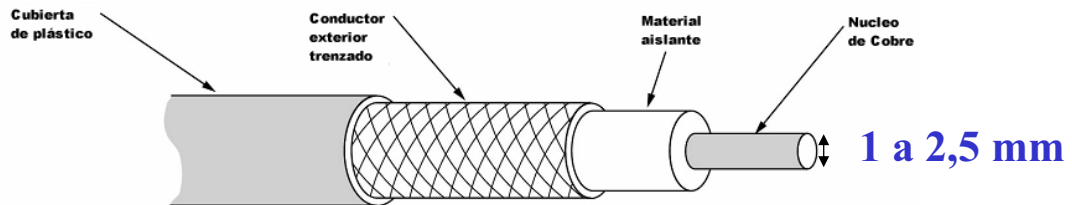
Aplicaciones y prestaciones de los pares trenzados.

- Económico y de fácil instalación
- Señales analógicas:
 - Frecuencias de 1-2MHz y se usan amplificadores cada 5 o 6 Km
 - Frecuente uso en **redes telefónicas** urbanas (UTP)
- Señalización digital:
 - Uso en **LAN** velocidades de 10-100Mbps. Usan repetidores cada 2 o 3 Km
 - La velocidad limita distancia de aplicación y el nº de dispositivos conectados.

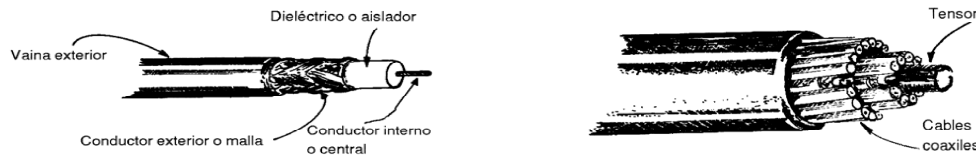
2.1. Medios de transmisión guiados

CABLE COAXIAL

- 2 Conductores concéntricos separados por un material aislante



- Se usa en:
 - TV por cable, LAN
 - Redes de Telecomunicación urbanas telefónicas (varios cables)



- Característica del cable: **Impedancia**

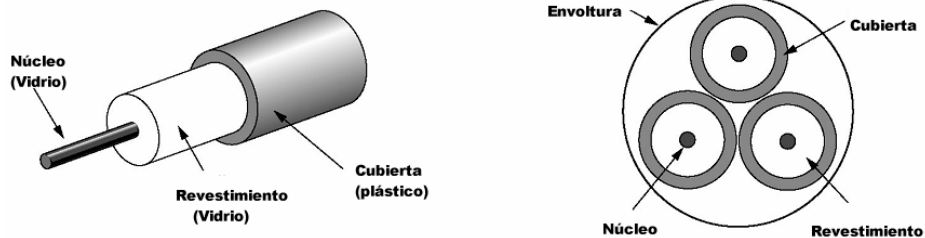
$$Z_o = \frac{138}{E} \cdot \log\left(\frac{D}{d}\right) \Omega \begin{cases} D = \text{Diámetro del conductor exterior.} \\ d = \text{diámetro del conductor interior.} \\ E = \text{Constante dielectrica del aislante.} \end{cases}$$

- Los valores usados son: 50 y 75 Ohmios
 - **Coaxial de banda base**: 50Ω se usa para transmisión digital (telefonía)
 - **Coaxial de banda ancha**: 75Ω para transmisión analógica (TV cable)
- **Prestaciones del cable coaxial**
 - Más caros, menor atenuación y mejor respuesta en frecuencia que el par
 - Limitaciones: atenuación, ruido térmico y ruido de intermodulación
 - Señales analógicas:
 - frecuencias hasta 500MHz y se usan amplificadores cada varios km, más alejados a mayor frecuencia
 - Señalización digital:
 - velocidades hasta 1Gbps. Usan repetidores cada 1 km, cada menos para mayor velocidad de transmisión

2.1. Medios de transmisión guiados

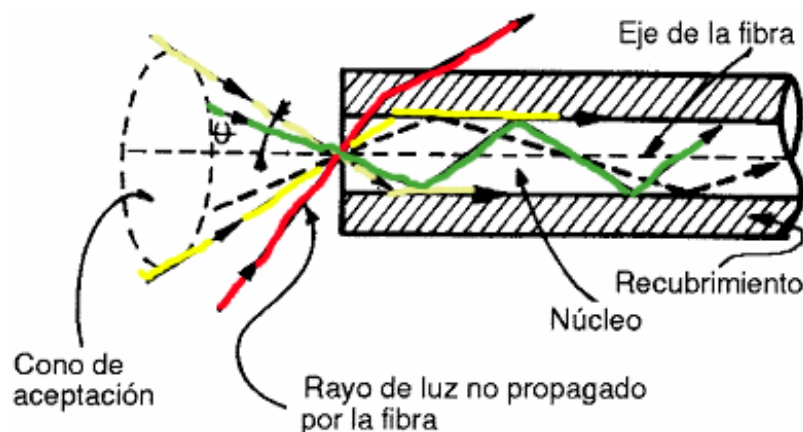
FIBRA ÓPTICA

- Tubo fino de plástico o vidrio que permite transportar luz
- Dicha luz modulada permite transportar señales



- Formada por 3 secciones concéntricas:
 - Una central: el núcleo, de vidrio o plástico. Diámetro 8 a 10 μm
 - Otra periférica: el revestimiento, de vidrio o plástico
 - Y la cubierta protectora de plástico

- El núcleo y el revestimiento tienen índices de refracción distintos:
 - La luz se propaga por el interior del núcleo reflejándose si incide dentro de un ángulo máximo
 - Al cono formado por dicho ángulo se le denomina “cono de aceptación”



Tipos de fibra

- **Monomodo**

- Índice de refracción es distinto pero uniforme en el núcleo y revestimiento
- El ancho del núcleo es comparable a la longitud de onda de la luz (3 a 5 μm) y sólo hay un modo de propagación: rayo axial
- Se emplea sólo para el tráfico a larga distancia telefonía y TV cable:
 - Más difícil de empalmar y Más difícil inyecta luz
- Ancho de banda típico: 10GHz/Km

- **Multimodo**

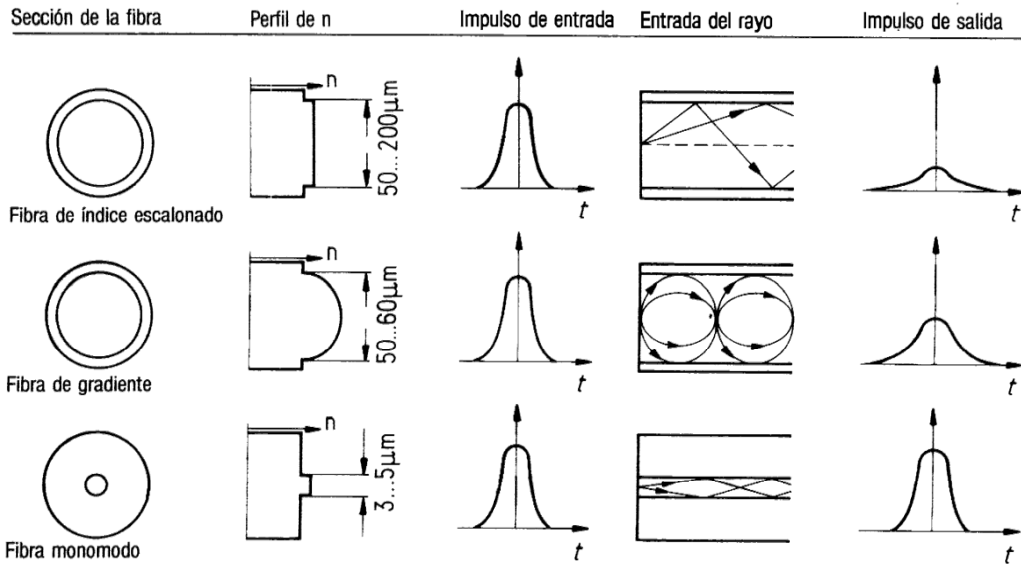
- Existen varios caminos de propagación (con reflexión total) cada uno con diferente longitud y tiempo de propagación
- Puede existir dispersión de un pulso de luz de entrada
- Dos tipos:
 - de índice discreto
 - de índice gradual

- **Multimodo de índice discreto o escalonado**

- Índice de refracción es distinto pero uniforme en el núcleo y revestimiento
- El tamaño del núcleo está entre 50 y 200 μm
- Se emplea para distancias cortas: tienen dispersión, reducido ancho de banda y son de bajo costo
- Ancho de banda típico: 50MHz/km

- **Multimodo de índice gradual o de gradiente**

- Índice de refracción varía gradualmente en el núcleo, es máximo en el centro
- El tamaño del núcleo está entre 50 y 60 μm
- La velocidad de propagación es inversamente proporcional al índice de refracción:
 - Los modos que se propagan en el centro lo hacen a menor velocidad
 - Se compensa la velocidad y distancia recorrida, menor dispersión
- Son más costosas y de mayor ancho de banda (100-1000MHz/Km)



Otros elementos:

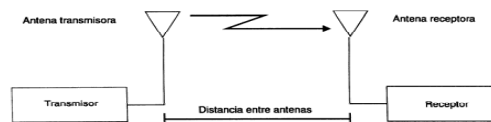
- **Emisores: LED o Láser**
- **Receptores: fotodiodo de avalancha (APD), fotodetector (PIN), fotodetector y transistor de efecto de campo (PIN-FET)**

Aplicaciones y prestaciones de la fibra óptica

- Mismas aplicaciones que el cable coaxial:
 - Redes de área local
 - Redes de transmisión urbanas e interurbanas
- Ventajas frente a otros conductores:
 - Menor tamaño y peso
 - Mayor ancho de banda (370THz)
 - Mayor velocidad de transmisión (señal digital cientos Gbps)
 - Baja atenuación por Km
 - Inmunidad al ruido e interferencias electromagnéticas
 - Mayor separación entre repetidores: 40Km/repetidor

2.2. Medios de transmisión no guiados

- Transmisión y recepción mediante antenas
 - **Emisión:** la antena radia energía electromagnética en el medio
 - **Recepción:** la antena capta las ondas del medio que la rodea
- La dimensión de la antena está relacionada con la λ de la señal



Tipos de configuraciones:

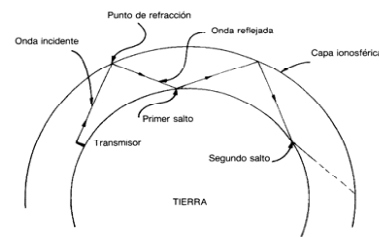
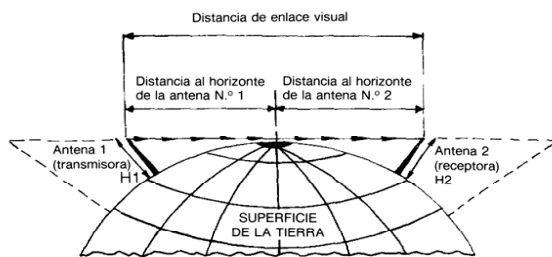
- **Direccional**
 - La antena emite la energía concentrándola en un haz
 - Se requiere un alineamiento perfecto (altas frecuencias)
- **Omnidireccional**
 - La antena emite en todas direcciones
 - La señal puede ser recibida por varias antenas

Banda de frecuencia	Nombre	Datos analógicos		Datos digitales		Aplicaciones principales
		Modulación	Ancho de banda	Modulación	Velocidad de transmisión	
30-300 kHz	LF (frecuencia baja)	Normalmente no se usa		ASK, FSK MSK	0,1 para 100 bps	Navegación
300-3.000 kHz	MF (frecuencia media)	AM	Para 4 kHz	ASK, FSK MSK	10 para 1.000 bps	Radio AM comercial
3-30 MHz	HF (frecuencia alta)	AM, SSB	Para 4 kHz	ASK, FSK MSK	10 para 3.000 bps	Radio de onda corta
30-300 MHz	VHF (frecuencia muy alta)	AM, SSB; FM	5 kHz para 5 MHz	FSK, PSK	Para 100 kbps	Televisión VHF, radio FM comercial
300-3.000 MHz	UHF (frecuencia ultra alta)	FM, SSB	Para 20 MHz	PSK	Para 10 Mbps	Televisión VHF, microondas terrestres
3-30 GHz	SHF (frecuencia súper alta)	FM	Para 500 MHz	PSK	Para 100 Mbps	Microondas terrestres, microondas por satélite
30-300 GHz	EHF (frecuencia extremadamente alta)	FM	Para 1 GHz	PSK	Para 750 Mbps	Enlaces punto a punto cercaos experimentales

- De 2GHz a 40 GHz: **Microondas**, haces altamente direccionales, enlaces punto a punto, comunicación vía satélite
- De 30MHz a 1GHz: **ondas de radio** (omnidireccional), radio, TV(UHF, VHF)
- De 300GHz - 200THz para conexión local, **Infrarrojos** (no atraviesa paredes)

Propagación de ondas:

- Por onda terrestre:
 - Las ondas están en contacto permanente con la superficie terrestre desde la antena emisora a la receptora.
 - Existe una gran atenuación.
- En línea recta (alcance visual)
 - Utilizan antenas situadas a gran altura de la superficie terrestre.
 - En bandas UHF y VHF, para servicios de TV y radio FM.
- Por onda espacial
 - Bandas de frecuencias entre 3-30 MHz (HF)
 - Las ondas de estas frecuencias son reflejadas por la ionosfera

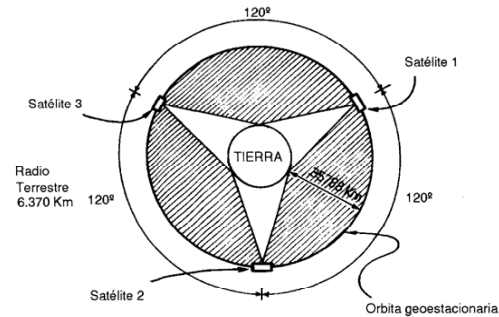
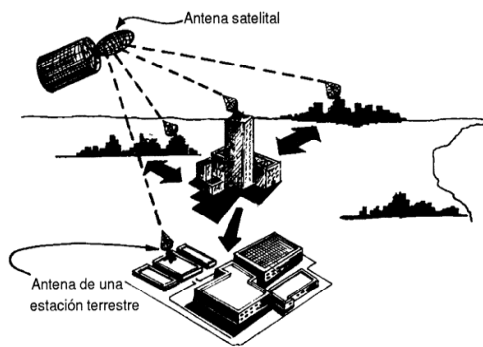


Microondas terrestres

- Alta frecuencia GHz
- Haz muy direccionado por lo que la propagación es en “línea recta”=“alcance visual”
- Antenas parabólica (diámetro 3 metros) a gran altura sobre el nivel del suelo
- Aplicación en telecomunicaciones de larga distancia
- Mayor frecuencia proporciona mayor velocidad de transmisión de datos
- Para conseguir mayor distancia se pueden concatenar enlaces punto a punto con antenas en torres adyacente

Comunicación por satélite

- Satélite es una estación que retransmite microondas
- El satélite recibe en una frecuencia, amplifica o repite la señal y la retransmite en otra frecuencia
- Necesita una órbita geoestacionaria: 35784Km
- Aplicaciones: Televisión, transmisión telefónica a larga distancia y redes privadas.



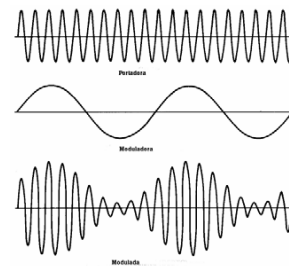
3. Codificación

- 3.1. Datos digitales, señales digitales
- 3.2. Datos digitales, señales analógicas
- 3.3. Datos analógicos, señales digitales
- 3.4. Datos analógicos, señales analógicas

Preámbulo

- **Señalización digital**
 - Codifica los datos en una señal digital (señal en banda base)
 - La forma de onda final dependerá de la codificación escogida
 - La codificación se escoge intentando optimizar el uso del medio, p.eje: minimizar el ancho de banda, o la tasa de errores
- **Señalización analógica:**
 - **Modulación:** *proceso de adaptación de señales (analógicas o digitales) para transmisión en redes analógicas*
 - **La Señal moduladora** (señal de entrada que contiene los datos) se combina con la **Señal portadora** (señal continua de frecuencia constante) generando la **señal modulada que se transmite en el medio** (será una señal limitada en banda, pasabanda)

Modulación = proceso de adaptación de la señal portadora al medio



Preámbulo

Definiciones:

- **Longitud o duración de un bit:** tiempo que tarda el emisor en emitir un bit: t_{bit}
- **Velocidad de transmisión** o tasa de bits: velocidad en bit por segundo (bps) a la que se transmiten los datos. Será:

$$V_{\text{trans}} = 1/t_{\text{bit}}$$

- **Velocidad de modulación:**
 - “Inversa de la medida del intervalo de tiempo nominal más corto entre dos instantes significativos sucesivos de la señal modulada”
 - “Inversa del tiempo que dura el elemento más corto de señal, que se utiliza para crear un pulso”
 - “Máximo número de transiciones de estados del canal por segundo”
- Depende del esquema de codificación. Se mide en baudios
- Si t_{bitM} es la duración del elemento de señal mínimo:

$$V_{\text{mod}} = 1/t_{\text{bitM}}$$

3.1. Datos Digitales Señales Digitales

En emisor:

- Señal digital: secuencia de pulsos de tensión que representan los datos binarios
- Cada bit (dato binario) se codifica en un elemento de la señal (nivel de tensión)
- La codificación puede alterar el espectro de la señal (la señal se adapta al medio)

En receptor:

- El receptor debe distinguir entre diferentes bits determinando el inicio y fin de cada bit.
- El emisor/receptor pueden estar sincronizador mediante una señal de reloj

Para un mejor funcionamiento es conveniente:

Limitar el espectro de la señal

- Si evito altas frecuencias necesito menor ancho de banda en el medio
- Mejor transmisión si no hay componente de continua
- La potencia de la señal transmitida debe estar centrada en la banda

Detección de errores

- La capa de enlace se ocupa de las técnicas de detección de errores
- Se puede incorporar algún mecanismo en la codificación en la capa física

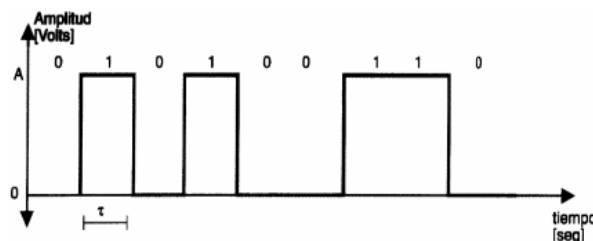
Limitar el coste

- A mayor velocidad mayor coste

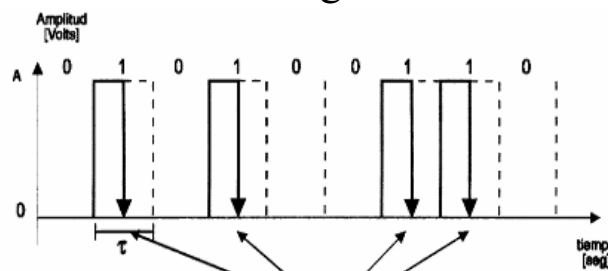
- Se denomina **señal en banda base** la que no sufre ningún proceso de modulación a la salida de la fuente que la originó
- En la **transmisión en banda base** la señal es previamente codificada (usando códigos de línea o banda base) con el objetivo de reducir la componente de continua (del desarrollo de Fourier) y adaptarla al medio
 - Los transformadores y amplificadores no dejan pasar la componente de continua->la señal con continua sufre gran deformación si no se codifica.
- Clasificación de las señales en banda base:
 - Según el ancho de pulso
 - Según la polaridad

Según el ancho del pulso:

- **Sin retorno a cero (NRZ, “no return to zero):** Los pulsos ocupan la totalidad del intervalo significativo del bit



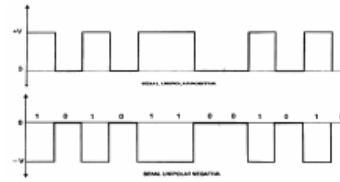
- **Con retorno a cero (RZ, “return to zero):** Los pulsos ocupan parte del intervalo significativo



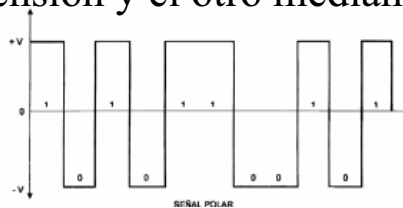
LA SEÑAL RETORNA A CERO ANTES QUE FINAICE EL PERIODO

Según la polaridad:

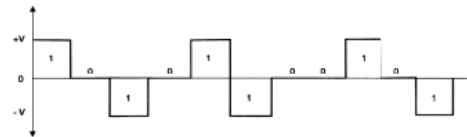
- **Señal unipolar:** Todos los elementos de la señal tienen el mismo signo



- **Señal polar:** Un estado lógico se representa mediante un nivel positivo de tensión y el otro mediante un nivel negativo



- **Señal bipolar:** un determinado dígito binario (0 o 1) toma valores de tensión alternados y el otro toma el valor cero



Códigos usados para señales en banda base

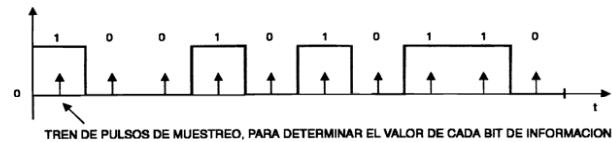
- Mediante el empleo de las señales anteriores se construyen los diferentes códigos usando transmisión en banda base:
 - No retorno a cero
 - Unipolar NRZ
 - Polar NRZ o NRZ-L inverso
 - Binario Multinivel
 - Polar RZ
 - Bipolar RZ
 - Bipolar NRZ (código AMI)
 - Códigos pseudoternarios
 - Bifase
 - Codificación diferencial
 - Código de Manchester y M.Diferencial
 - Otros
 - Código HDB-3 (“High Density Binary”)
 - Código 4B-3T (4 binario-3 terciario)

Códigos usados para señales en banda base

- **No retorno a cero**

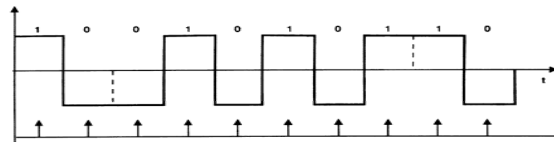
- **Unipolar NRZ**

- Se trata de una señal unipolar y sin retorno a cero
 - Se debe efectuar un muestreo en el receptor para determinar el valor de cada bit de información
 - Esta señal tiene su origen en el telégrafo



- **Polar NRZ o NRZ-L inverso**

- Se trata de una señal polar y sin retorno a cero
 - También se usa un muestreo para reconocer cada bit de información
 - El umbral de decisión es cero

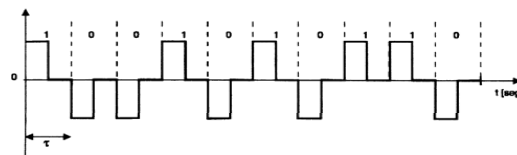


Códigos usados para señales en banda base

- **Binario Multinivel**

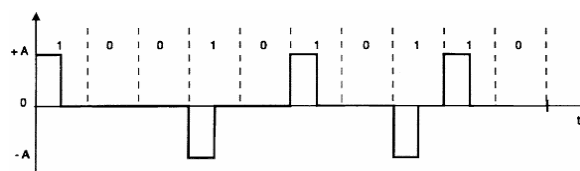
- **Polar RZ**

- Se trata de una señal polar con retorno a cero
 - Este tipo de señal se llama autosincronizante, el reloj del receptor queda sincronizado por los pulsos que emite el transmisor



- **Bipolar RZ**

- Se trata de una señal bipolar con retorno a cero
 - Los unos se codifican con pulsos positivos y negativos alternados y ocupan solo parte del bit. Los ceros son la ausencia de señal
 - La energía transmitida es menor

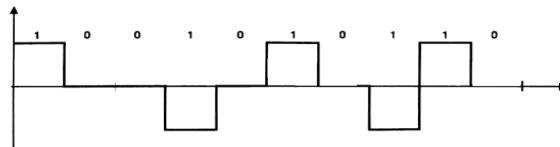


Códigos usados para señales en banda base

• Binario Multinivel

– Bipolar NRZ (código AMI)

- Señal bipolar sin retorno a 0. Llamado AMI “alternative Mark Inversion”
- ‘1s’ se codifican con pulsos de polaridad alternada, los 0 ausencia de señal
- Cada uno fuerza transición, el receptor se sincroniza en dicha transición
- La cadena larga de ceros es un problema. No hay componente de continua
- Menor ancho de banda que NRZ



– Códigos pseudoternarios

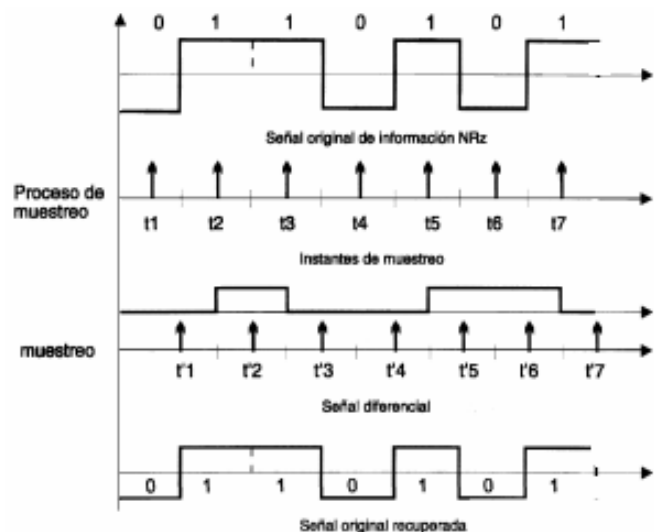
- El 1 se representa por ausencia de señal
- El 0 se codifica con pulsos de polaridad alterna
- La cadena larga de unos es un problema
- No hay componente de continua
- Inverso de Bipolar NRZ

Códigos usados para señales en banda base

• Bifase (señal con valores distintos de cero)

– Codificación diferencial

- Se usa el siguiente procedimiento (transmisor):
 - Se muestrea una señal polar NRZ
 - Cuando se detecta un 1 se introduce un cambio de estado en la señal. Si se detecta un 0 no se introduce transición
- Para recuperarla (receptor).
 - Se realiza un muestreo, comparando la polaridad de muestras adyacentes.
 - Si hay transición estamos recibiendo un 1, sino un 0



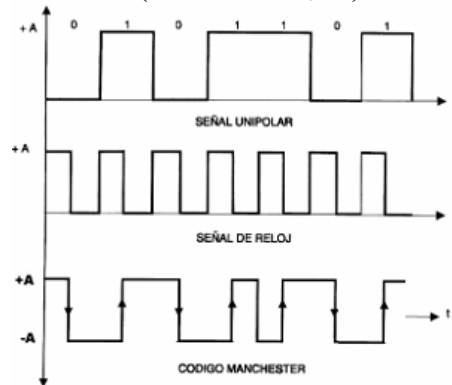
Códigos usados para señales en banda base

• Bifase

- **Código de Manchester** (**En Tanembaum es al revés*)
 - 1 se representa por una transición positiva en la mitad del intervalo, 0 por una transición negativa *
 - Se puede sincronizar la señal de reloj (un pulso por bit).
 - Elimina la componente continua de la señal (niveles $+A, -A$)



- (**En Tanembaum es al revés*)



- **Manchester Diferencial**
- Siempre hay una transición en mitad del intervalo
- 0 transición al principio, 1 no transición al principio
- Diferente codificación según que referencia bibliográfica

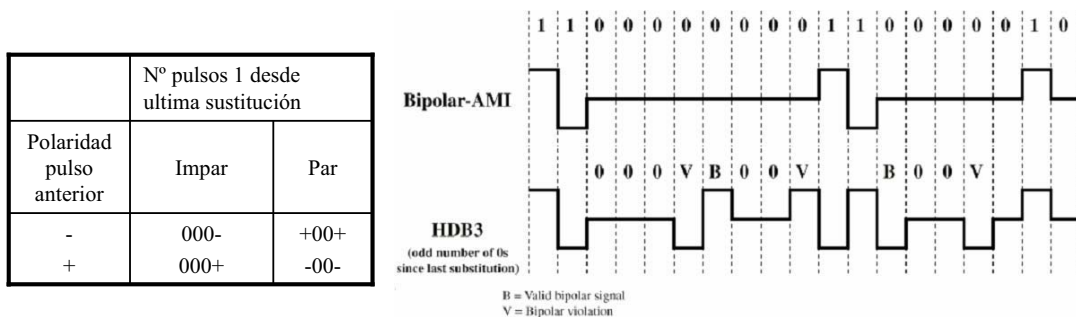
- **Uso de Manchester:**
 - Especificación en la normativa IEEE 802 para transmisión en redes LAN con Bus CSMA/CD usando cable coaxial o par trenzado
- **Uso de Manchester Diferencial:**
 - 802.5 en redes LAN en anillo con paso de testigo usando par trenzado apantallado
- **Ventajas de los métodos Bifase**
 - Sincronización
 - Detección de errores
 - Mayor velocidad de modulación y frecuencia
 - Usados en entornos LAN de alta velocidad
 - No sirve a gran distancia
 - Para largas distancias se utilizan técnicas de “scrambling”

Códigos usados para señales en banda base

- **Otros**

- **Código HDB-3 (“High Density Bipolar-3Zeros”)**

- Se basa en el código AMI (bipolar NRZ): donde no componente continua ni bajas frecuencias. Una larga **secuencia de ceros** puede significar pérdida de sincronización.
 - En HDB-3, sólo se permiten tres ceros seguidos. Una secuencia de 4 ceros se reemplaza por 000V o por R00V, V=bit de violación, R= bit de relleno.
 - El primer pulso de violación lleva la misma polaridad que el último 1 (permite reconocerlo)= 000V
 - Los pulsos de violación se transmiten con polaridad alternada entre sí y el de relleno tiene igual polaridad que el de violación



Códigos usados para señales en banda base

- **Otros**

- **Código 4B-3T (4 binario-3 terciario)**

- Reduce la transmisión de 4 bits a tres niveles, disminuyendo el ancho de banda necesario en un 25%
 - Para mayor velocidad 140Mbps sobre cable coaxial

CODIGO 4B-3T (regla de formación)

SEÑAL BINARIA	CODIGO TERNARIO
0000	0 -1 +1
0001	-1 +1 0
0010	-1 0 +1
0011	0 +1 -1
0100	+1 -1 0
0101	+1 0 -1
0110	+1 -1 +1
0111	0 +1 +1
1000	0 +1 0
1001	0 0 +1
1010	-1 +1 +1
1011	+1 0 0
1100	+1 0 +1
1101	+1 +1 0
1110	+1 +1 -1
1111	+1 +1 +1

Ejercicios

•Ejercicio 1.

Dada la siguiente secuencia de bits representar gráficamente la señal resultante utilizando el código Manchester. Indicar sus características.

Secuencia binaria: 01100110

•Ejercicio 2.

Para la secuencia siguiente, representar gráficamente las señales resultantes de aplicar los códigos AMI y HDB-3

100100000110000111100000000001000011

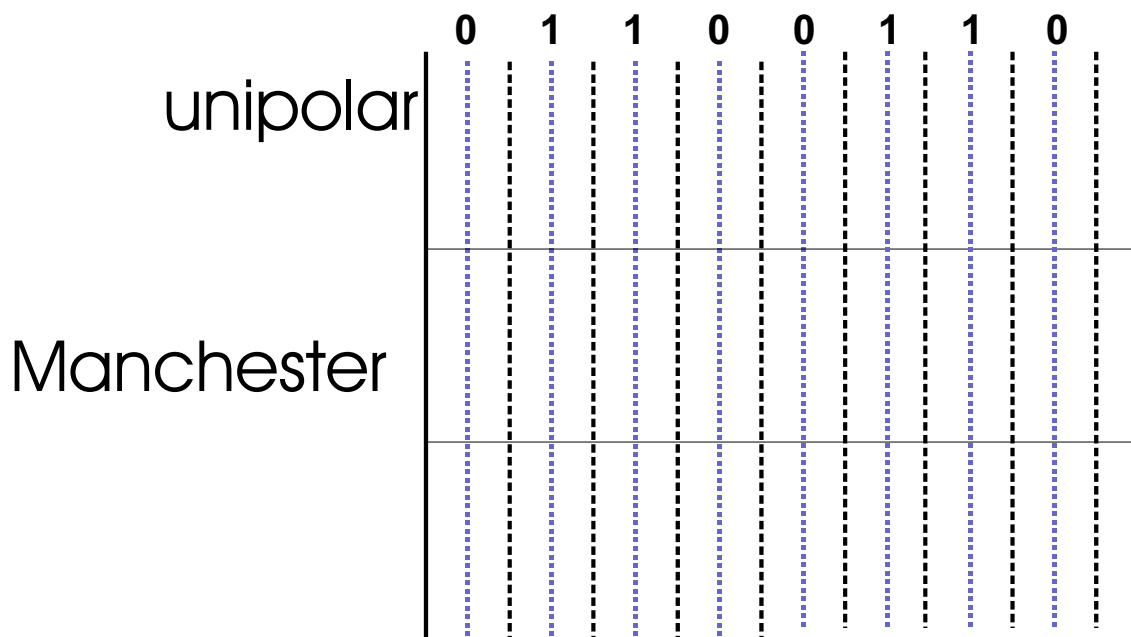
•Ejercicio 3.

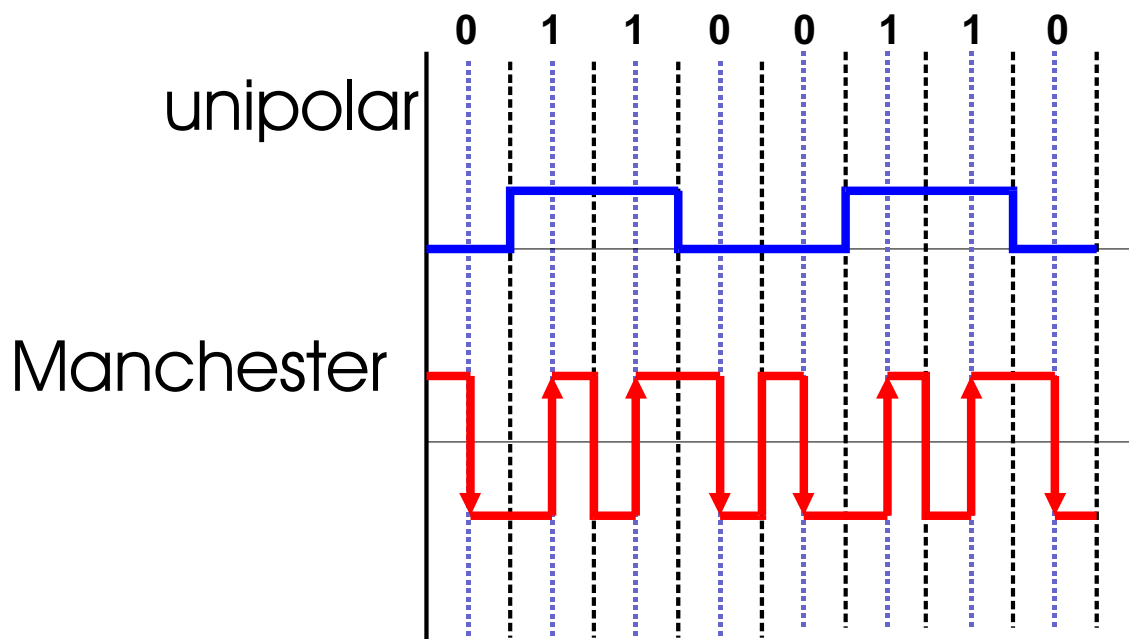
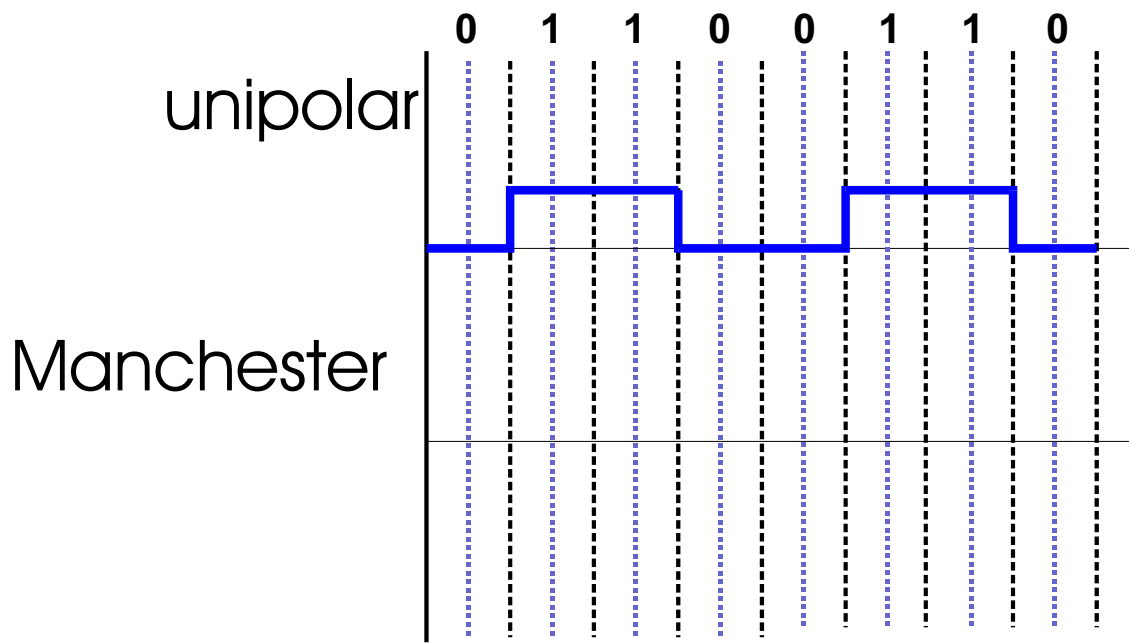
¿Qué cadena produce mayor velocidad de modulación para los diferentes esquemas? ¿Cuál es la velocidad de modulación?

•Ejercicio 4.

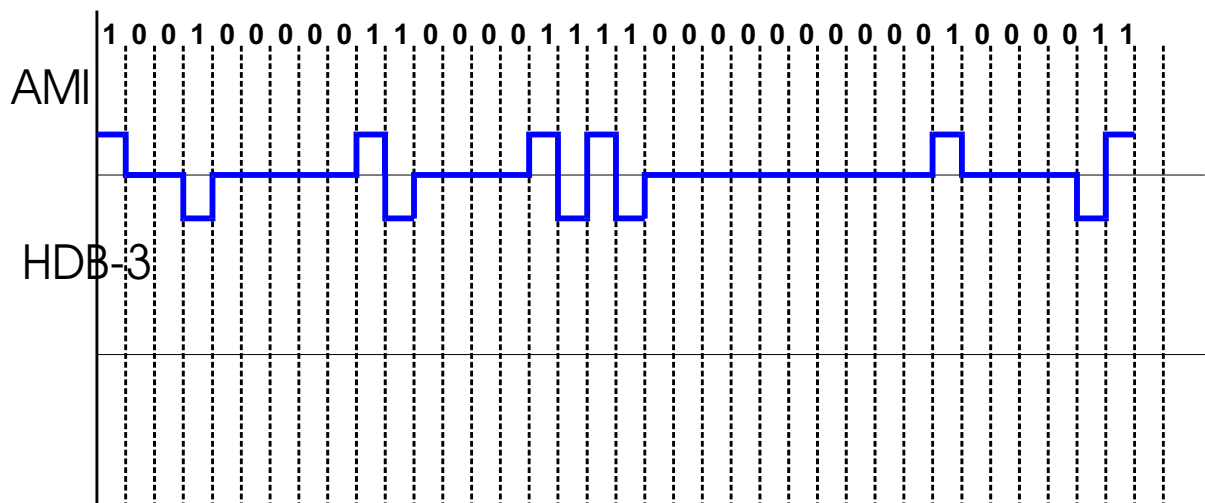
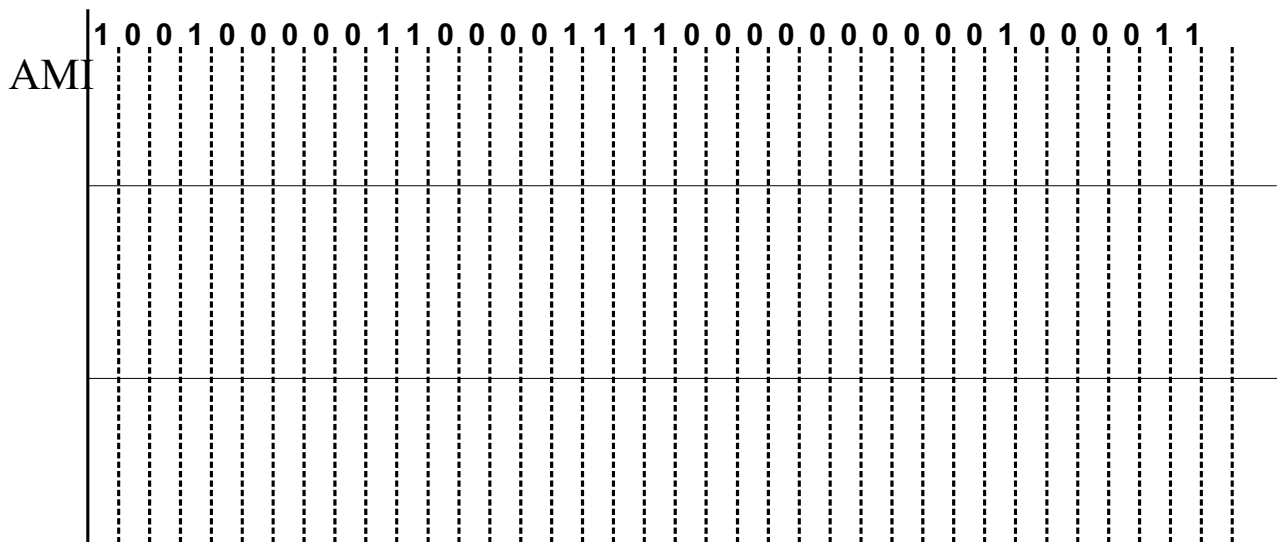
Calcular la serie de Fourier de la señal 1010... transmitida a 2Kbps con codificación bipolar AMI y Manchester.

Ejercicio 1.



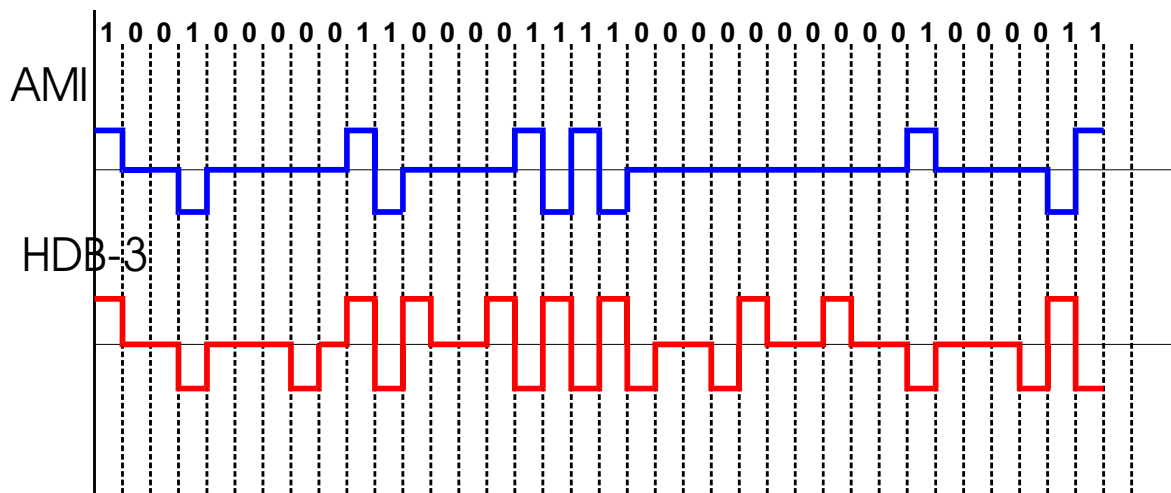


Ejercicio 2.



-primer V igual polaridad que último 1

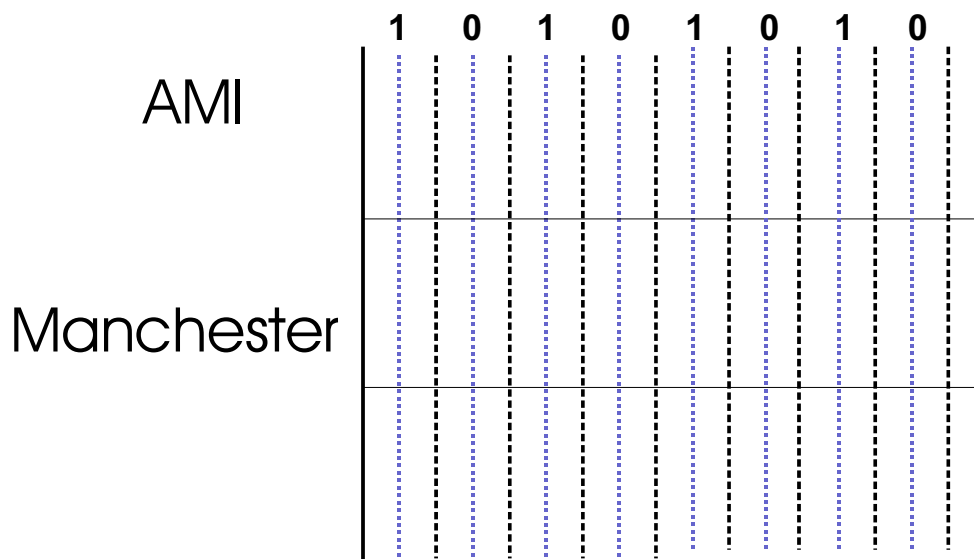
Polaridad pulso anterior	Nº pulsos 1 desde última sustitución	
	Impar	Par
-	000-	+00+
+	000+	-00-



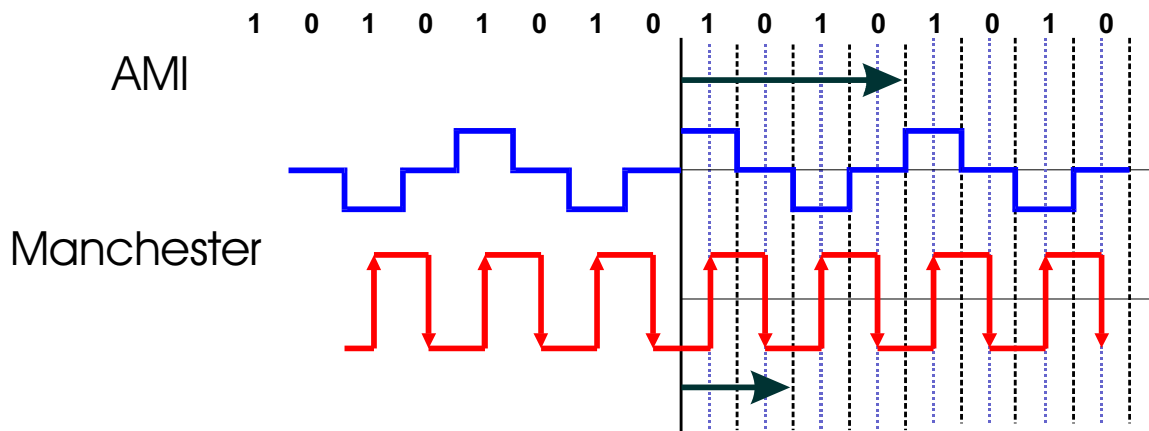
-primer V igual polaridad que último 1

Polaridad pulso anterior	Nº pulsos 1 desde ultima sustitución	
	Impar	Par
-	000-	+00+
+	000+	-00-

Ejercicio 4.



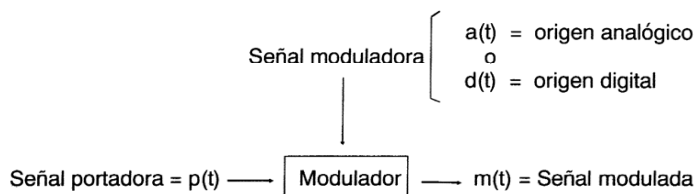
$V=2\text{Kbps}; \quad t_{\text{bit}}=1/2000=0.5\text{msg}$



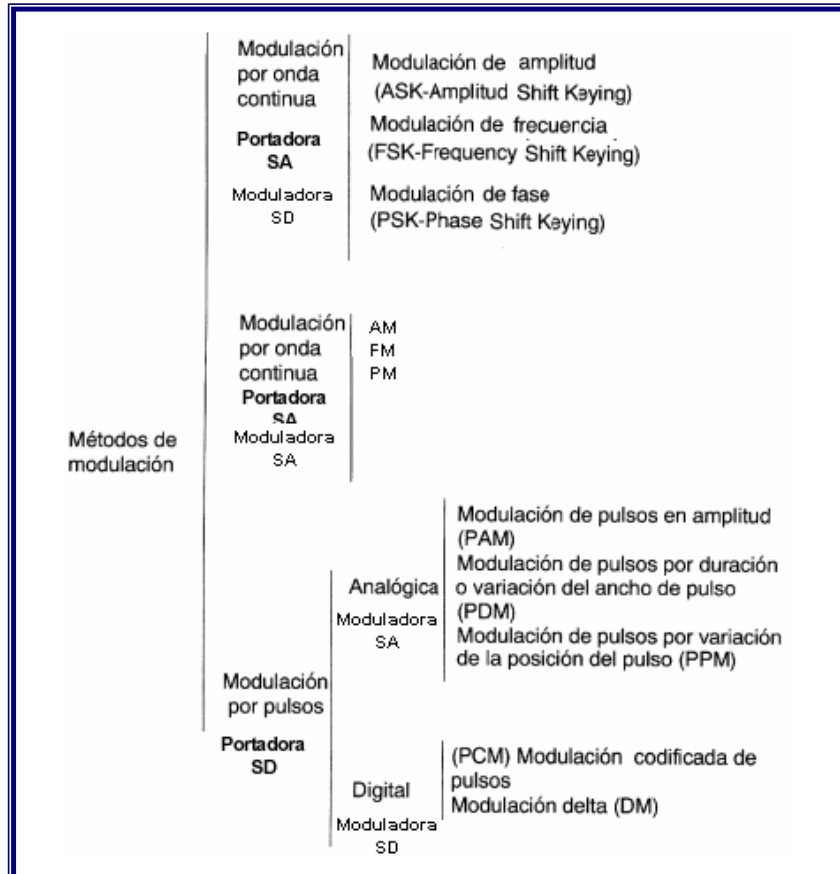
Preámbulo

• Modulación:

- Operación por la que ciertas características de un onda (**portadora**) son modificadas en función de otra (**moduladora**) que contiene información, y con el propósito de transmitir dicha información.
- La onda resultante se llama señal modulada.



- El proceso inverso, **obtención** de la **moduladora** a partir de la **modulada** se denomina **demodulación**.
- Según la portadora:
 - Modulación por onda continua (analógica).
 - Modulación por pulsos (analógica o digital).



3.2. Datos Digitales, Señales Analógicas

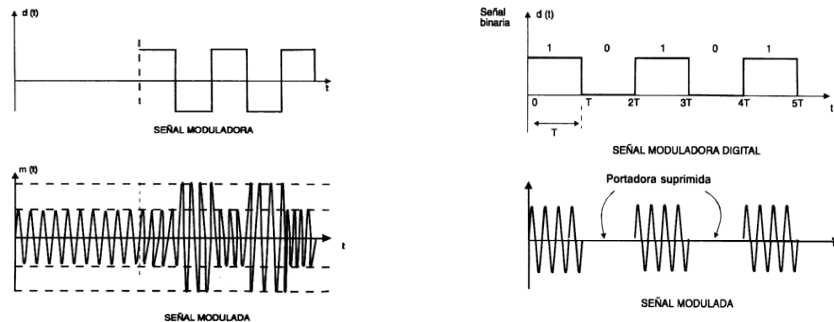
- Transmisión de datos digitales usando señales analógicas.
 - P.ej. Transferencia de datos digitales a través de una línea telefónica
- La conexión a la red se realiza mediante modems:

DD->modem->SA->modem->DD
- Las señales deben ser moduladas
 - Portadora sinusoidal:

$$p(t) = P \cdot \sin(\omega_p \cdot t + \theta_p)$$
- Tres tipos de modulación que transforman DD en SA:
 - Modulación de amplitud (AM)
 - **Por desplazamiento de amplitud (ASK, Amplitude-Shift Keying)**
 - Modulación de frecuencias (FM)
 - **Por desplazamiento de Frecuencia (FSK, Frequence Shift Key)**
 - Modulación de fase (PM)
 - **Por desplazamiento de Fase (PSK, Phase Shift Keying)**
 - Combinaciones: **MPSK (4PSK,8PSK), MQAM (16QAM)**

- **Modulación por desplazamiento de la amplitud (ASK):**
 - El parámetro de la señal sinusoidal (**portadora**) que se varía es la **amplitud**. La frecuencia y la fase permanecen constantes
 - La **moduladora** es digital (número discreto de valores)
- Dos tipos de modulación:
 - Por **variación del nivel** de onda portadora (2 amplitudes diferentes)
 - Por **supresión** de portadora (sistemas telegráficos)

MODULACION DE AMPLITUD UTILIZANDO COMO MODULADORA UNA SEÑAL DIGITAL

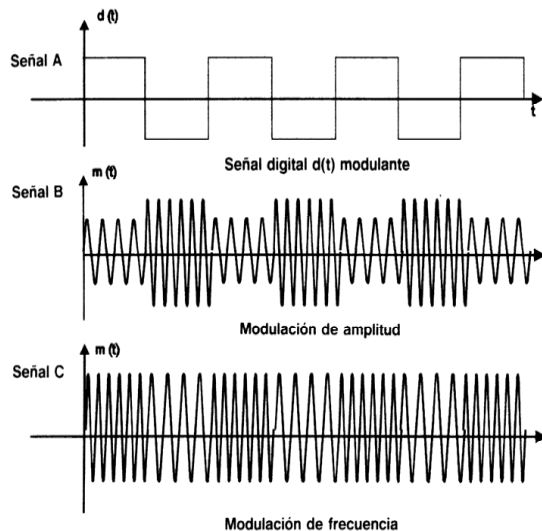


- Uso en transmisión DD en fibras ópticas

- **Modulación por desplazamiento de Frecuencia (FSK):**
 - El parámetro de la señal sinusoidal (**portadora**) que se varía es la **frecuencia**. La amplitud y la fase permanecen constantes
 - La moduladora es digital (número discreto de valores de frecuencia)
 - Fue la primera técnica de modulación usada en la práctica para modular señales digitales

$$1 \quad s(t) = A \cdot \cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t)$$

$$0 \quad s(t) = A \cdot \cos(2\pi \cdot f_2 \cdot t)$$



- La expresión de la señal modulada será:

– En donde:

$$d(t) = \begin{cases} 1, & \text{si } 0 < t < \frac{T}{2} \\ -1, & \text{si } \frac{T}{2} < t < T \end{cases}$$

$$m(t) = P \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot (f_p + d(t) \cdot \Delta f) \cdot t)$$

f_p = frecuencia portadora.
 Δf = desviación frecuencia.

- Ejemplo: Full-duplex en línea telefónica (300-3400Hz)

- Se divide el rango en dos:
 - Transmisión: Modem usa desplazamiento de frecuencias de 100Hz respecto portadora (1170Hz) para 0 y 1 (zona izq)
 - Recepción: Modem usa desplazamiento de frecuencias de 100Hz respecto portadora (2125Hz) para 0 y 1 (zona der)
- Hay solapamiento entre bandas->interferencia

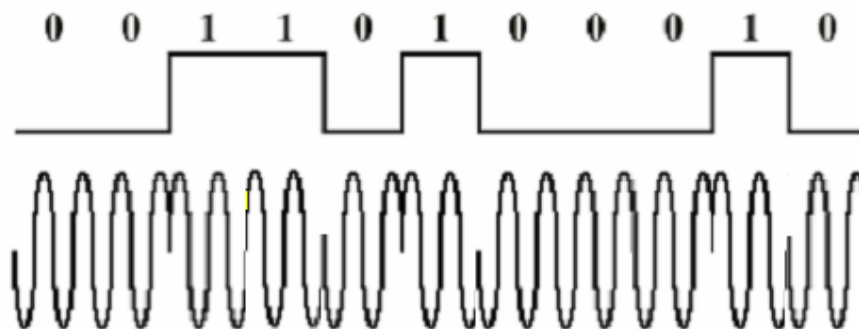


- **Modulación por desplazamiento de Fase (PSK)**

- El parámetro que se varia es la fase de la portadora
- La **moduladora es digital**
- Las discontinuidades de fase aparecerán en las transiciones “1” a “0” y viceversa

- Ejemplo: **2 PSK**

- 0 binario se representa $m(t) = \cos(w_p \cdot t)$
- 1 binario se representa $m(t) = \cos(w_p \cdot t + \pi)$

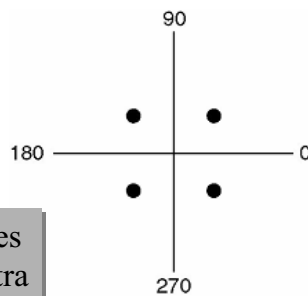


Combinaciones:

- Se puede mejorar el uso del ancho de banda si cada elemento de señalización representa más de un bit.
- **Modulación multifase MPSK (Multi Phase Shift Keying):**
 - En lugar de usar sólo dos valores de fase, se toman M valores separados un ángulo entre sí:

$$\Theta = \frac{2 \cdot \pi}{M}$$

- Si M=4 tenemos **4 PSK** ó **QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)**. Se codifican **secuencias de dos bits (cada elemento son dos bits)**
- Diagrama vectorial de un sistema QPSK:



4 combinaciones
2 bits por muestra

$$m(t) = \cos(w_p \cdot t + \phi_i)$$

Secuencia de bits	DIBIT A	DIBIT B	FASE
00	0	0	0° + 45° = 45°
01	0	1	0° - 45° = 315°
11	1	1	180° + 45° = 225°
10	1	0	180° - 45° = 135°

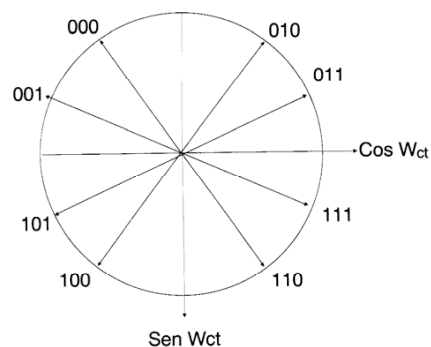
Combinaciones:

- Si M=8 tenemos **8 PSK** ocho fases separadas $\pi/4$ entre sí. Cada fase representa tres dígitos binarios.
- Diagrama vectorial:

$$m(t) = \cos(w_p \cdot t + \phi_i)$$

SISTEMA 8 PSK

Dígitos binarios	Portadora modulada
011	Cos (wct + $\pi/8$)
010	Cos (wct + $3\pi/8$)
000	Cos (wct + $5\pi/8$)
001	Cos (wct + $7\pi/8$)
101	Cos (wct - $7\pi/8$)
100	Cos (wct - $5\pi/8$)
110	Cos (wct - $3\pi/8$)
111	Cos (wct - $\pi/8$)

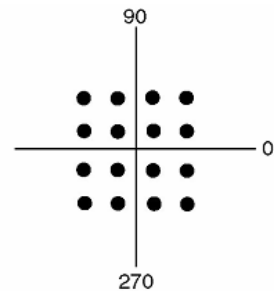


8 combinaciones
3 bits por muestra

Combinaciones:

- **Modulación Multinivel MQAM (Multi Quadrature Amplitude Modulation):**
 - Se utilizan señales portadoras desfasadas 90° y con diferentes niveles de amplitud. $m(t) = a_i \cos(w_p \cdot t) + b_i \sin(w_p \cdot t)$
 - Cada portadora modulada con ASK, se transmite la suma resultante
- **16 QAM** .- Modem estándar a 9600 bps. (Usamos codificación NRZ para medir el tamaño del bit)

- 2 fases o canales independientes
- 4 niveles de amplitud para cada fase
- tendremos $4 \times 4 = 16$ combinaciones (16 QAM),
- transmitiremos 4 bits



16 combinaciones
4 bits por muestra

$$v_{trans} = R(bps) = \frac{1}{t_{bit}} = 9600 \text{ bps}; \quad t_{bit \text{ mod}} = 4 \cdot t_{bit}$$

$$v_{mod \text{ delinea}} = D(baudios) = \frac{1}{t_{bit \text{ mod}}} = \frac{9600}{4} = 2400 \text{ baudios}$$

3.3. Datos Analógicos, Señales Digitales

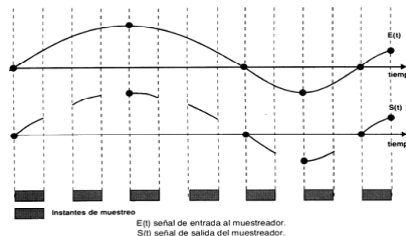
- Los DA sufren un proceso de digitalización: conversión de datos analógicos a datos digitales. Después estos pueden:
 - Ser transmitidos usando NRZ (conversión directa a SD)
 - Ser codificados usando un código diferente (conversión SD)
- Se pasan las SA a SD con una de las técnicas siguientes
- Ejemplo:
 - Datos voz ->digitalización D/A->Transmisión digital->decodificación D/A ->DA
 - DA → codec → SD → medio de transmisión → SD → codec → DA**
 - El dispositivo de conversión se denomina CODEC (codificador-decodificador) a su salida tendremos SD
- Veremos dos técnicas que utilizan los codec
 - Modulación por impulsos codificados (PCM, Pulse Code Modulation)
 - Modulación Delta (DM, Delta Modulation)

Modulación PCM (Pulse Code Modulation)

-Transmisión de una SA en forma de SD. Hay que convertir la señal analógicos en digital. Tres pasos:

1) Muestreo:

- Obtención de muestras de la señal analógica con periodo de muestreo T
- Se basa en el teorema de muestreo de Nyquist: $f_N = 2 \cdot \Delta f (\text{Hz}) = 2 \cdot H$
“Dada una función cuya energía está enteramente contenida en un ancho de banda Δf (Hz), si se muestrea a frecuencia igual o mayor que $2\Delta f$, la función original puede ser recuperada por medio de un filtro pasa baja ideal”
- Para digitalizar una señal con ancho de banda H hay que muestrear a frecuencia 2H o superior (ej.línea telefónica 300-3400Hz, $f_N=8000$ muestra/sg)



Curso 2002-2003 - Redes (IS20) -Capítulo 3

- Velocidad de transmisión máxima (transmisión de señales binarias a través de canal sin ruido)

$$v_{transMax} = 2 \cdot \Delta f (bps)$$

- Si es transmisión multinivel, n niveles

$$v_{transMax} = 2 \cdot \Delta f \cdot \log_2 n (bps)$$

- La señal muestreada no es digital

Ejemplo: Para canales telefónicos

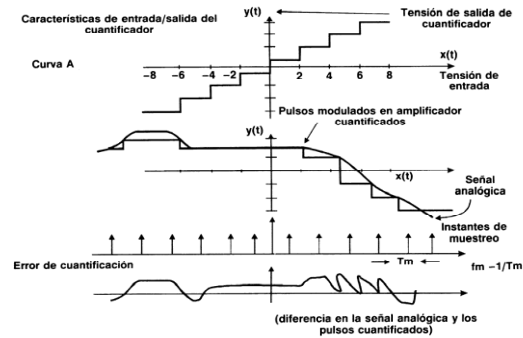
- La limitación en banda es de 300-3400Hz, Si tomamos como límite superior de banda 4000Hz la frecuencia de muestreo adecuada será 8000 Hz o muestras /sg
- La velocidad de transmisión máxima será: $V_{trans}=2 \times 4Kbps=8Kbps$
- Si usamos multinivel 8bit/muestra la velocidad de transmisión máxima será
 $V_{trans}=(8bit/muestra)(8000muestras/sg)=64Kbps$

2) Cuantización:

- “Proceso mediante el cual se transforman los niveles de amplitud continuos muestreados en la señal de entrada en un conjunto de niveles discretos previamente establecidos”

2) Cuantización:

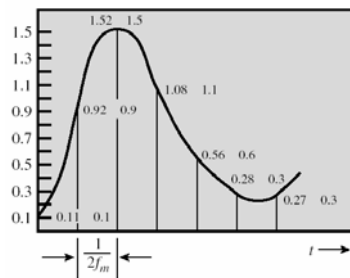
- Los niveles discretos a los que se redondea se llaman **niveles**
- Un nivel de salida se asocia a un rango continuo de niveles de entrada
- El error de cuantización (distorsión por cuantización) será la diferencia entre la señal de entrada continua y su versión cuantizada.
- Más niveles de cuantización menos error. El número máximo lo fijará el nivel de ruido existente en la línea
- Para reducir el error en la cuantización se emplean escalas no lineales (cuando los niveles de intensidad de la señal son bajos)



3) Codificación:

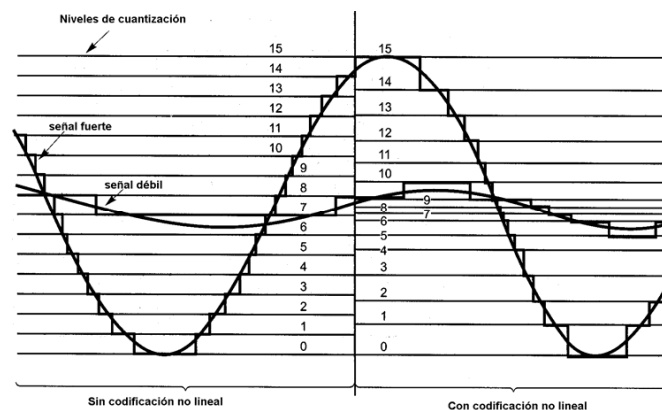
- Proceso de conversión de los pulsos cuantificados en un grupo de pulsos binarios de amplitud constante
- A cada nivel (muestra cuantizada) se asigna un código binario (n bits)

- Modulación por codificación de impulsos



Digit	Binary Equivalent	PCM waveform
0	0000	[Waveform]
1	0001	[Waveform]
2	0010	[Waveform]
3	0011	[Waveform]
4	0100	[Waveform]
5	0101	[Waveform]
6	0110	[Waveform]
7	0111	[Waveform]
8	1000	[Waveform]
9	1001	[Waveform]
10	1010	[Waveform]
11	1011	[Waveform]
12	1100	[Waveform]
13	1101	[Waveform]
14	1110	[Waveform]
15	1111	[Waveform]

- Efecto de codificación no lineal

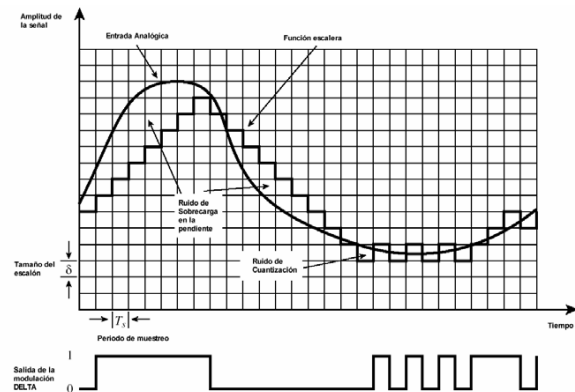


- **Modulación Delta (DM, Delta modulation)**

- La SA se aproxima mediante una función escalera que en cada intervalo de muestreo sube o baja. La onda transmitida varía una cantidad constante Q (nivel de cuantización)
- Se representa un único bit por muestra
 - “1” cuando la escalera sube en el siguiente intervalo y “0” cuando baja
- Se escogen dos parámetros Q y la frecuencia de muestreo

- Problemas

- Arranque:** necesario secuencia inicial de pulsos para alcanzar la onda
- Persecución:** si señal constante, pulsos alternos (ruido granular)
- Sobrecarga de pendiente:** el valor de la pendiente máxima es limitado (pulsos de igual polaridad seguidos)



- **Prestaciones (DASD)**

Ejemplo:

señal de voz (SA) tiene un ancho de banda de $\Delta f=4\text{KHz}$
 se convierte con PCM en digital a 56Kbps (128 niveles, 7bits/muestra, 8000muestras/sg)

- Nyquist $v=2 \Delta f \rightarrow \Delta f=28\text{KHz}$ al menos \rightarrow es muy elevado

- Sin embargo la transmisión DASD se usa cada vez más por:

- No hay ruido aditivo (se usan repetidores)
- No hay ruido de intermodulación (se usa multiplexación por tiempo)
- Mejores técnicas de codificación que disminuyen la velocidad de transmisión
- En la digitalización de SA que representan DA es mejor usar PCM

3.4. Datos Analógicos, Señales Analógicas

- **¿Porqué modular señales analógicas?**
 - Para conseguir mayores frecuencias y transmisión más efectiva
 - P. Ej. Medios de transmisión no guiados a bajas frecuencias tendrían que usar antenas del orden de Km (para evitar esto no se podrá transmitir en banda base, hay que modular)
 - La modulación permite la multiplexación por división de frecuencia
- Se usa moduladora SA y la portadora puede ser SA, SD
- Tres técnicas para la modulación de DA con portadora SA:
 - Modulación de amplitud (AM Amplitude Modulation)
 - Modulación en frecuencia (FM frequency Modulation)
 - Modulación en fase (PM Phase Modulation)
- Las dos últimas son casos de la llamada modulación en ángulo
- Si se usa como portadora una señal digital tenemos:
 - Modulación por pulsos analógica (PAM,PDM, PPM)

- **Modulación de amplitud (AM Amplitude Modulation)**
- Usamos moduladora y portadora sinusoidales

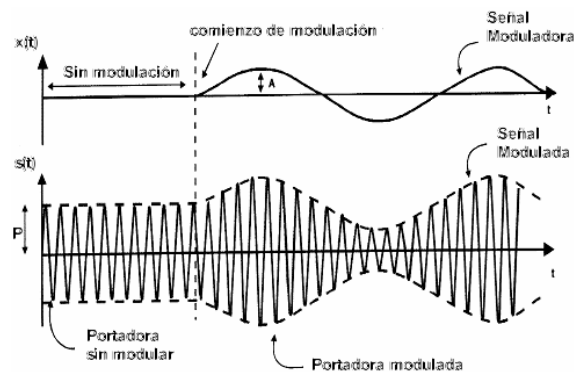
$$p(t) = P \cdot \cos(2\pi \cdot f_c \cdot t) \qquad x(t) = A \cdot \cos(2\pi \cdot f_M \cdot t)$$

- La señal resultante (producto) si normalizamos las amplitudes (n_a es la relación entre la amplitudes A/P)

$$s(t) = [1 + n_a \cdot x(t)] \cos(2\pi \cdot f_c \cdot t)$$

- Si desarrollamos:

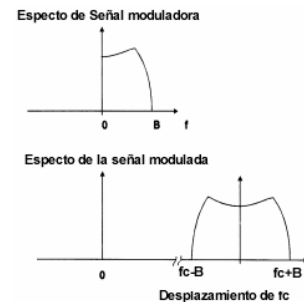
$$s(t) = \cos(2\pi \cdot f_c \cdot t) + \frac{n_a}{2} \cdot \cos(2\pi \cdot (f_c - f_M) \cdot t) + \frac{n_a}{2} \cdot \cos(2\pi \cdot (f_c + f_M) \cdot t)$$



- La señal resultante tiene una componente en la frecuencia de la portadora y dos componentes separadas f_M Hz de la portadora
- **Transmisión de portadora con doble banda lateral (DSBTC)**

• Características frecuenciales

- La envolvente de la señal resultante es $[1 + n_a \cdot x(t)]$
- Si n_a es menor que 1 la envolvente coincide con la señal moduladora, si es mayor se perderá información
- El espectro presenta 3 bandas de frecuencia
 - Banda lateral inferior $f_1 = (f_c + f_M)$
 - Portadora $f_2 = (f_c - f_M)$
 - Banda lateral superior
- Ancho de banda 2B



• Variantes de AM:

- AM de banda lateral única SSB (sola una banda)
 - Necesita solo la mitad de ancho de banda y menos potencia de señales
- AM doble banda lateral con portadora suprimida DSBSC
 - Usa igual ancho de banda que DSBTC

• La portadora puede usarse para realizar la sincronización

• Modulación en ángulo

- Modulación en frecuencia (FM frequency Modulation)
- Modulación en fase (PM Phase Modulation)

• Expresión de una señal modulada en ángulo:

$$f(t) = P \cdot \sin(2\pi \cdot f_p \cdot t + \theta(t)) = P \cdot \sin(\phi(t))$$

- El ángulo varia linealmente con la señal moduladora $m(t)$
- En PM: $\theta(t) = k_p \cdot m(t)$ k_p índice de modulación en fase
 “La frecuencia se puede definir como la velocidad de cambio de fase de una señal”
- En FM: $\theta'(t) = k_f \cdot m(t)$ k_f índice de modulación en frecuencia
- Desviación de fase instantánea respecto a la fase de la portadora es $\theta(t)$
- Desviación de frecuencia instantánea respecto a la $f_{portadora}$ es $\theta'(t)$

- PM: $\theta(t) = k_p \cdot m(t)$ FM: $\theta'(t) = k_f \cdot m(t)$
- Definimos frecuencia instantánea de $f(t)$:

$$f_i = \frac{d\phi(t)}{dt} = f_p + \frac{1}{2\pi} \frac{d\theta(t)}{dt} = \begin{cases} \text{En PM} & f_i = f_p + \frac{1}{2\pi} \cdot k_p \cdot \frac{dm(t)}{dt} \\ \text{En FM} & f_i = f_p + \frac{1}{2\pi} \cdot k_f \cdot m(t) \end{cases}$$

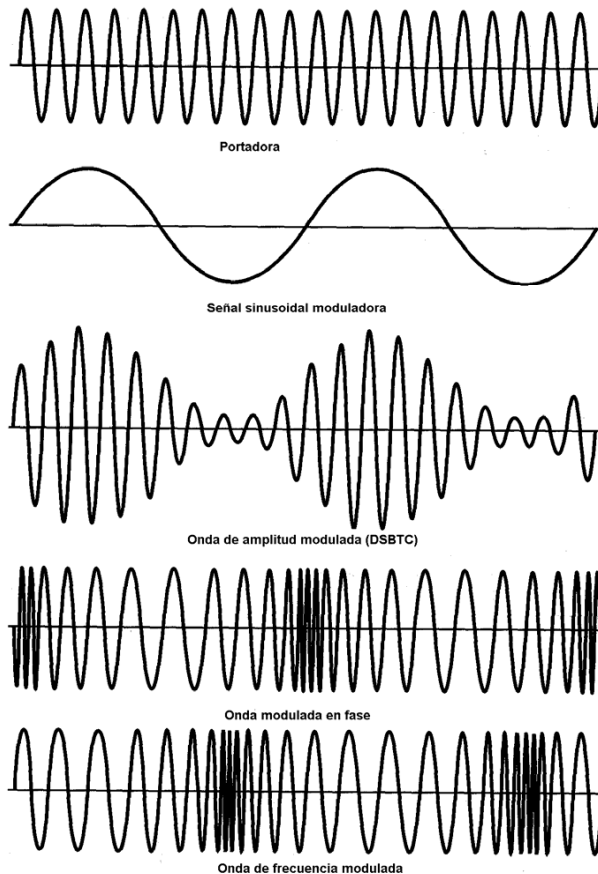
- En FM llamamos desviación de pico en frecuencia para $m(t)$ sinusoidal $m(t) = A \cdot \sin(2\pi \cdot f_M \cdot t)$ $\Delta f = \frac{1}{2\pi} \cdot A \cdot k_f$

- Al aumentar la amplitud de la señal moduladora aumenta:
 - La desviación en frecuencia.
 - El índice de modulación.
 - El ancho de banda de la señal modulada

- En la práctica el ancho de banda en PM y FM:

$$B_T = 2(\beta + 1) \cdot B \quad \beta = \begin{cases} k_p \cdot A & \text{En PM} \\ \frac{k_f \cdot A}{2\pi \cdot B} & \text{En FM} \end{cases}$$

- **Ejemplo:**



- **Tres técnicas para la modulación de DA con portadora SD:**
- **En amplitud (PAM):**
 - La amplitud de la señal portadora aumenta o disminuye siguiendo la amplitud de la señal analógica moduladora
 - La posición y la duración permanecen constantes
- **Por variación del ancho del pulso (PDM):**
 - Se aumenta o disminuye la duración de los pulsos de la portadora en función de la amplitud de la señal analógica moduladora
 - La amplitud y posición permanecen constantes
- **Por modificación de la posición del pulso (PPM):**
 - Los pulsos de la portadora se retardan o adelantan en función de la amplitud de la señal analógica moduladora
 - La amplitud y duración permanecen constantes

4. Transmisión Síncrona/Asíncrona

- 4.1. Tipos de transmisión
- 4.2. Ejemplo de trama
- 4.3. Topologías de transmisión

4.1. Tipos de Transmisión

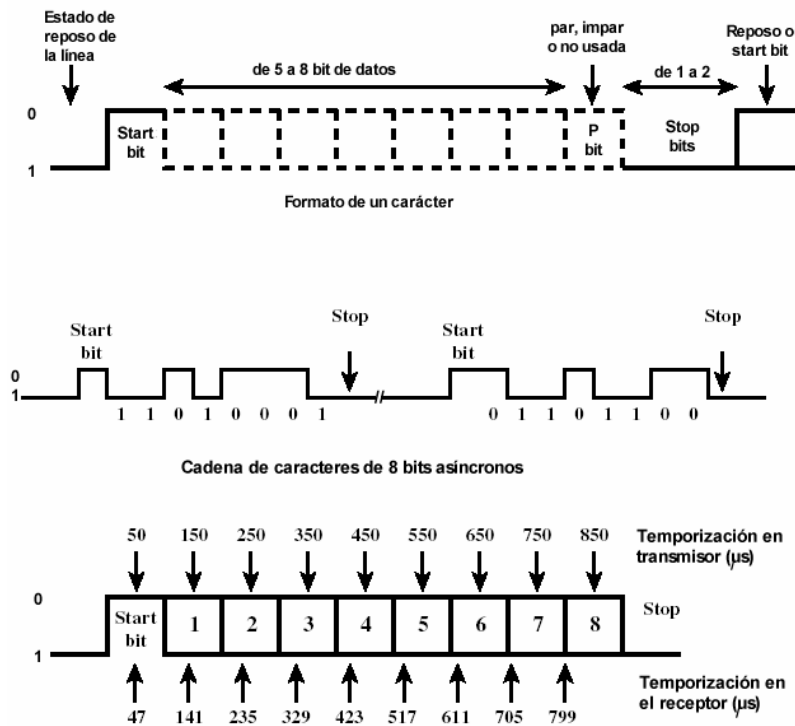
- En la transmisión entre dos dispositivos debe haber un alto grado de cooperación: temporización común para emisor y receptor (velocidad, duración y separación de bits)
- El receptor:
 - Debe conocer la velocidad de recepción de datos
 - Debe muestrear adecuadamente para separar cada bit recibido
- Nos basaremos en **transmisión serie**: transmisión de elementos de señal de uno en uno en un camino único (canal)
- Elementos:
 - Menos de un bit: Código Manchester
 - Un bit: NRZ, FSK
 - Más de un bit: QPSK, MQAM
- Dos técnicas de transmisión para el control de temporización:
 - Transmisión asíncrona (secuencias de bits, fácil pérdida de sincronismo)
 - Transmisión síncrona (para envío de bloques grandes = tramas)

Transmisión Asíncrona

- Cada carácter transmitido se delimita por:
 - Un bit de arranque o inicio (*start bit*) de valor “0” para sincronizar emisor y receptor
 - Entre uno y dos bits de parada o fin (*stop bit*) de valor “1” para separar el envío de un carácter del siguiente
 - Puede haber un bit de paridad “par” o “impar” (nº de unos par o impar)
 - Cuando no hay transmisión el estado de la línea es “1” (*bit de marca*)
- La emisión de un carácter será:
 - **Marca (1)**
 - **Inicio (0)**
 - **bits del carácter ($A_0, A_1 \dots A_n$) (primero bit menos significativo)**
 - **Paridad (opcional número de unos par o impar)**
 - **bits stop (entre 1 y 2 bits = 1)**
 - **Marca (1)**

Ejemplo de Transmisión Asíncrona

- **Ejemplo:** $v_{transmisión}$ 10Kbps, 1bit cada 0,1ms, $t_{bit}=100\mu s$, muestreo cada $94\mu s$



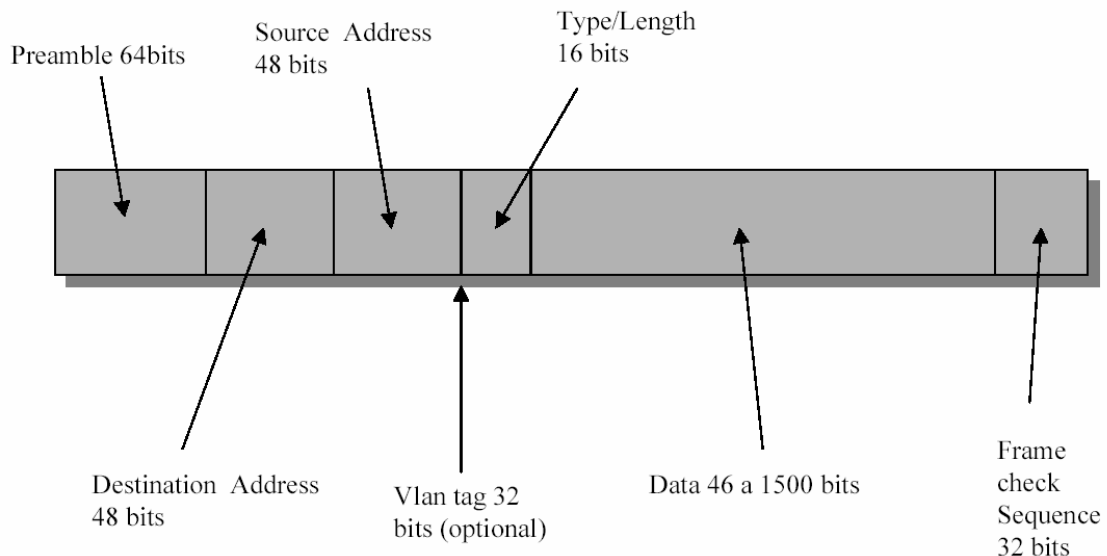
Transmisión Síncrona

- Surge para aumentar el rendimiento con respecto a la transmisión asíncrona.
- Los bits de datos se transmiten en bloques. Cada bloque puede contener varios bits
- Para sincronizar se puede incluir en la propia señal de datos un tipo determinado de codificación pej. señalización digital código de Manchester, s. Analógica usar fase de portadora
- Además se incluyen grupos de bits llamados delimitadores.
 - Cada bloque comienza por un patrón (preámbulo) encargado de resincronizar los relojes y termina con un patrón de bits de final que se denomina de terminación
 - Generalmente se añaden otros bits de control de enlace para controlar errores.

TRAMA= preámbulo+ bits de control + bits de datos +bits de final

4.2. Ejemplo de Trama

La trama Ethernet



4.3. Topologías de transmisión

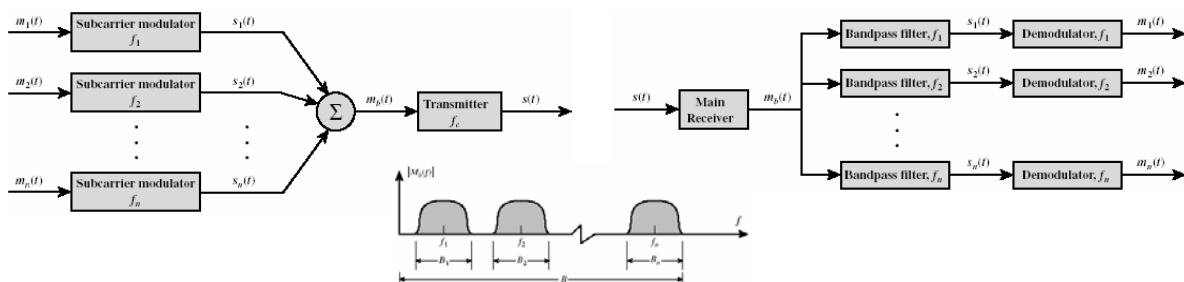
- Las dos características que distinguen las configuraciones de la línea de transmisión son la topología y el tipo de transmisión
- Dos topologías:
 - **Multipunto**, típicas de LAN, usa solo un puerto de E/S por terminal y una sola línea de transmisión para todos
 - **Punto a punto** (2 estaciones) hay también una línea por cada pc
- El intercambio de datos a través de la línea de transmisión:
 - **Simplex**, una estación como emisora y la otra como receptora
 - **Semi-duplex**(ambos sentidos), las estaciones se van alternando en la tarea de emisoras y receptoras
 - **Duplex** (Full-duplex), ambas estaciones actúan como emisoras y receptoras al mismo tiempo. Transmisión más eficaz
- En señalización digital: 1 camino (semiduplex), 2 caminos (full-duplex)
- En señalización analógica: emisión y recepción a igual frecuencia → semiduplex, Si se usan frecuencias diferentes → fullduplex

5. Multiplexación

- El objetivo es dividir la capacidad del canal entre varios usuarios para aumentar la eficiencia
- Se utiliza para propagación a grandes distancias
- Tres técnicas de multiplexación:
 - Por división en frecuencia FDM
 - Por división en tiempo TDM síncrona
 - Por división en tiempo TDM asíncrona o estadística

Multiplexación FDM

- El ancho de banda del medio supera al de las señales a transmitir
- Se modula cada señal de entrada analógica a una banda de frecuencia diferente (una frecuencia diferente para cada portadora)
- Procedimiento:
 - Cada señal analógica se modula con una portadora f_i
 - Se suman dando lugar a una señal en banda compuesta que es modulada a f_c y transmitida. En ancho de banda final $B_t > \text{suma de } B_i$
 - En receptor se deshace el proceso
- Dos problemas:
 - Diafonía (si hay solapamiento) y ruido de intermodulación

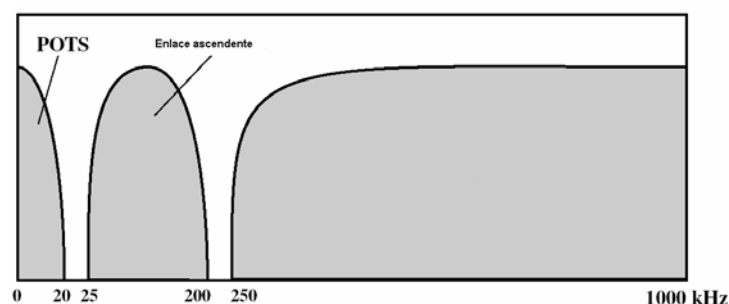


Ejemplos de Multiplexación FDM

- TV bandas video, color y audio en ancho de banda de 6MHz. En un cable coaxial (500MHz) se pueden transportar docenas de señales de TV
- Radio y telefonía analógica
- ADSL (línea de abonado digital asimétrica)
 - Se usa par trenzado ya instalado, transmiten hasta 1MHz o más
 - ADSL familia de tecnologías modem para transmisión digital de alta velocidad a través del cable telefónico convencional
 - **Asimétrico:** más capacidad de transmisión en enlace descendente (de proveedor a usuario) que en ascendente (de usuario a proveedor)
 - Usa FDM para aprovechar la capacidad del par trenzado 1MHz
 - Reserva 25kHz inferiores para voz (0-4KHz el resto evita diafonía)
 - Utilización de cancelación de eco, que permite transmisión de señales digitales en ambos sentidos simultáneamente en la misma línea de transmisión
 - Uso de FDM en bandas ascendente y descendente asimétrica (25KHz-1MHz) divididos en subcanales de 4KHz

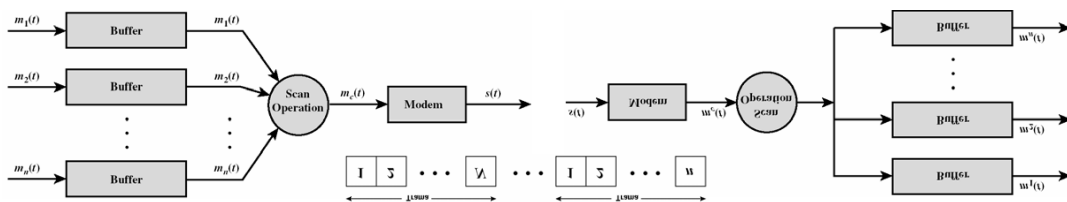
Ejemplos de Multiplexación FDM

- ADSL (línea de abonado digital asimétrica)
 - Se usan técnicas de multitono discreto (DMT): varias portadoras a diferentes frecuencias, varios bits por canal
 - La secuencia de bits a transmitir se divide en subsecuencias, una por subcanal
 - Se aplica QAM (modulación en amplitud por cuadratura) a cada subsecuencia obteniendo una SA
 - Cada señal QAM ocupa una banda de frecuencia diferente
 - 256 subcanales descendentes y velocidades entre 1,5-9 Mbps



Multiplexación TDM síncrona

- La velocidad de transmisión posible en el medio es mayor que la de las señales digitales a transmitir
- Transmisión de SD (o SA que transporten DD) en canal único mediante la mezcla temporal de partes de cada señal
- Procedimiento:
 - Se multiplexan varias señales (que transportan DD) en un mismo medio
 - Cada señal dispone de una memoria (bit o carácter) temporal
 - La señal digital a transmitir (TRAMAS) se crea a partir de trozos obtenidos por sondeo secuencial de las memorias de entrada
 - Cada trama posee ranuras preasignadas a las señales de entrada.
 - El resultado, SD puede transmitirse directamente o como SA (tras modem)
 - El receptor deshace el proceso



Curso 2002-2003 - Redes (IS20) -Capítulo 3

85

Multiplexación TDM síncrona

- Es necesario mantener la sincronización de la trama
- Se usa **“delimitación por dígitos añadidos”**
 - p.eje: patrón de bits alternos 101010..., el receptor busca este patrón de inicio
- También se usa **“inserción de bits”** para sincronizar las diferentes fuentes
- Ejemplo:
 - RDSI (red digital de servicios integrados) de acceso básico
 - 2 canales B a 64kbps
 - 1 canal D a 16kbps
 - Multiplexados en un canal de usuario-red de velocidad 192kbps
 - Tramas de 48bits (2x16+4) en 250µs

Curso 2002-2003 - Redes (IS20) -Capítulo 3

86

Multiplexación TDM estadística o asíncrona

- Se realiza reserva dinámica bajo demanda de las ranuras temporales
- **Composición:**
 - n líneas de entrada con una memoria temporal asociada
 - Una línea multiplexada de mayor velocidad al otro lado
 - k ranuras temporales en cada trama, $k < n$
- Transmisión:
 - Multiplexor sondea memorias y acepta datos hasta que la trama completa
- Recepción:
 - Acepta trama y distribuye el contenido de ranuras en las memorias de salida
- **Ventajas:**
 - Velocidad de la línea menor que la suma de las velocidades de los dispositivos conectados (no emiten simultáneamente)
 - A igual velocidad, multiplexor estadístico puede dar servicio a más dispositivos
- Información suplementaria por ranura:

Información de direccionamiento

6. Interfaces de nivel físico

6.1. Interfaz usuario-red en RDSI de acceso básico

6.1. Interfaz usuario-red en RDSI de acceso básico

- Usuario multiplexa (TDM síncrona) tráfico de varios dispositivos a través de una misma línea de una red RDSI (red digital de servicios integrados)
- En la interfaz entre abonado y equipo terminal de red se intercambian datos mediante transmisión duplex, con una línea independiente para cada sentido
- Usa esquema de codificación pseudoternario (0 pulso + o - 750mV, 1 nada)
 - 2 canales B a 64kbps: transmite DD (conexión pc), voz digital codificada PCM (conexión teléfono), etc.
 - 1 canal D a 16kbps: transmisión de datos e información control de los B
 - Todos multiplexados en un canal de usuario-red de velocidad 192kbps
- Se estructura en tramas de longitud fija, 48bits, que se repiten una cada 250µs
- Trama superior del abonado (TE) a la red (NT), la inferior de NT a TE

Trama = 16 bits de B + 16 bits de B + 4 bits de D + bits de control

