

RAL - Unidad 3

LA CAPA FÍSICA: TRANSMISIÓN DE DATOS

Terminología (1) - transmisión

- **Transmisor**
- **Receptor**
- **Medio de transmisión**
 - ♦ medio **guiado**
 - p.e. cable de par trenzado, fibra óptica
 - ♦ medio **no guiado**
 - p.e. aire, agua, vacío
- **Señal**
 - ♦ ondas electromagnéticas

Terminología (2) - Conexión

- **Enlace directo**

- ◊ sin dispositivos intermedios (excluidos amplificadores y repetidores)

- **Punto a punto**

- ◊ enlace directo
- ◊ típico de las WANs
- ◊ sólo 2 dispositivos comparten el enlace
 - p. e. conexión a Internet por módem telefónico

- **Multipunto**

- ◊ típico de las LANs y MANs
- ◊ más de dos dispositivos comparten el enlace
 - p.e. conexión a Internet por modem cable

Terminología (3) – Dirección

- **Simplex**

- ♦ un sentido
 - p.e. Televisión

- **Semiduplex**

- ♦ en cualquier sentido, pero solo un sentido a la vez
 - p.e. Walkie-talkie (¿por qué?)

- **Duplex**

- ♦ ambos sentidos al mismo tiempo
 - p.e Teléfono (¿cómo?)
 - ver Deadwood s3e3 (27':37''-28':35'')

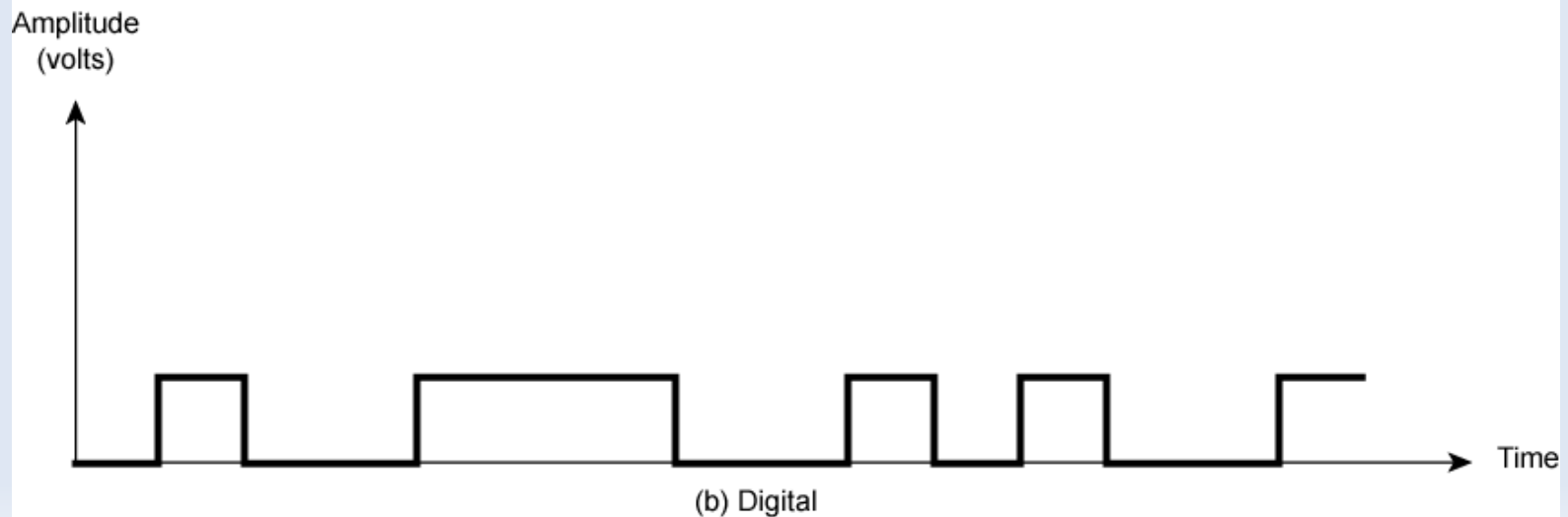
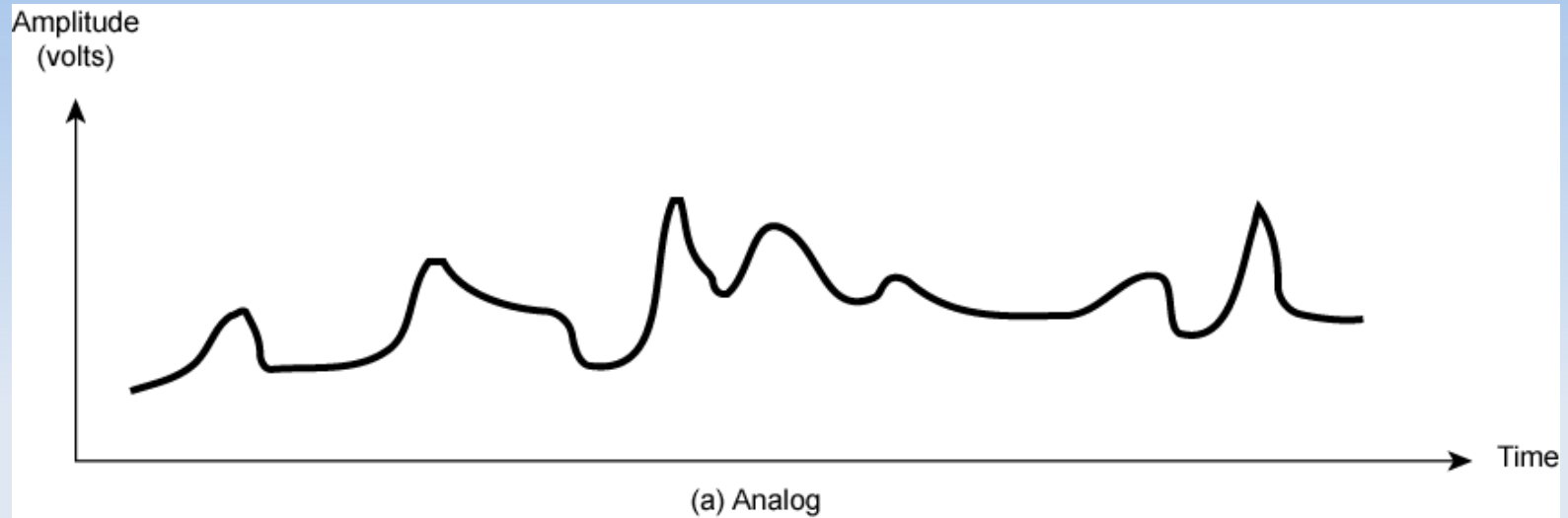
Terminología (4) - Destino

- **Difusión (broadcast)**
 - Envío de los mismos datos a todos los dispositivos de la red. p. e. Televisión
- **Unidifusión (unicast)**
 - Envío de los datos a un único dispositivo de la red. p. e. FTP
- **Multidifusión (multicast)**
 - Envío de los mismos datos a un grupo determinado de dispositivos de la red. p. e. Videoconferencia

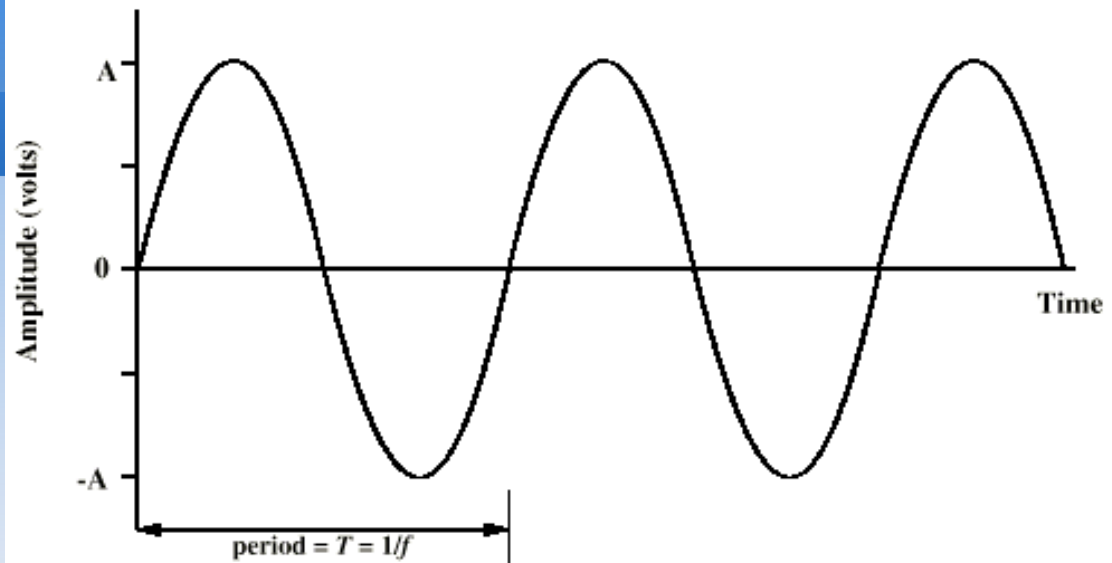
Estudio de las señales (físicas)

- **Señal** es la variación de una magnitud física, p.e. el potencial eléctrico, utilizada para la transmisión de información
 - **Analógica:** varía de forma continua (y '*no muy brusca*') en el tiempo, tomando infinitos valores
 - **Digital:** salta (*de forma brusca*) entre niveles discretos a lo largo del tiempo, tomando un número finito de valores
 - **Periódica:** tiene un patrón repetido a lo largo del tiempo
 - **Aperiódica:** tiene un patrón no repetido a lo largo del tiempo

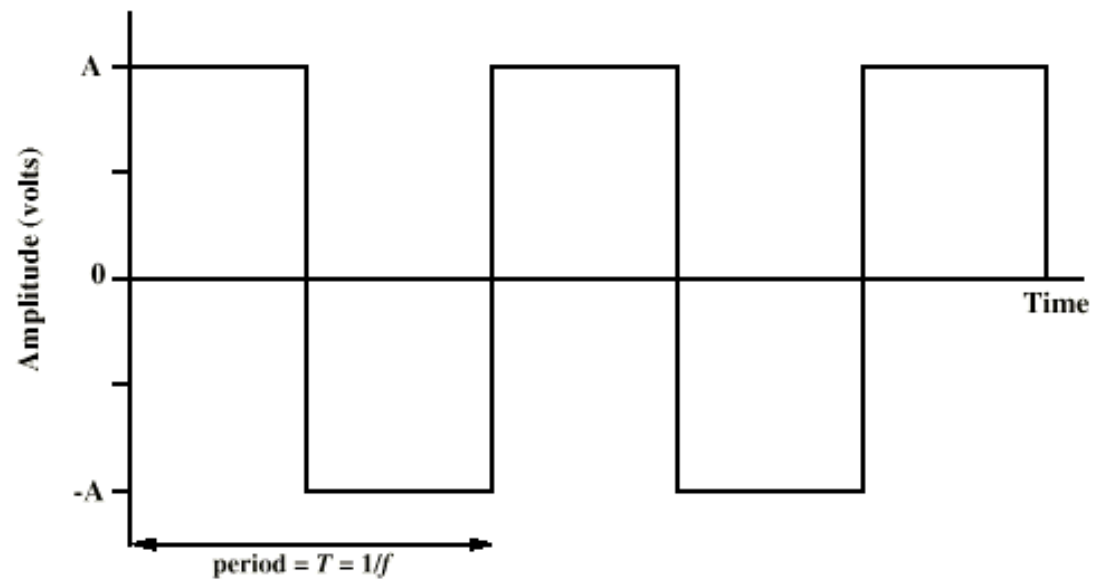
Señales Analógicas y Digitales



Señales Periódicas



(a) Sine wave



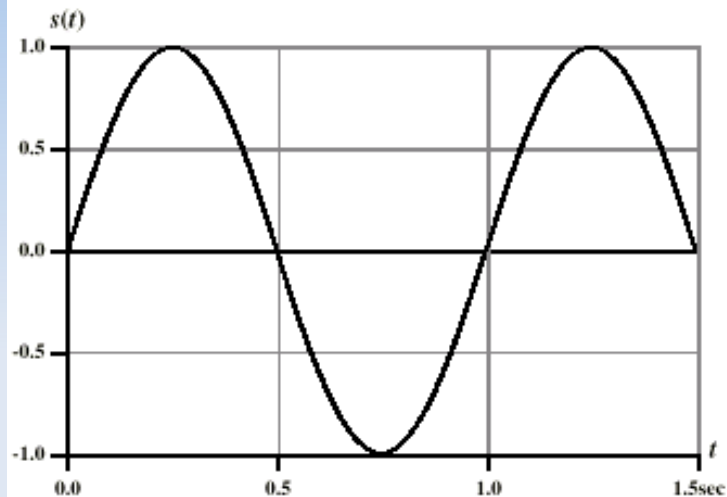
(b) Square wave

Onda Seno

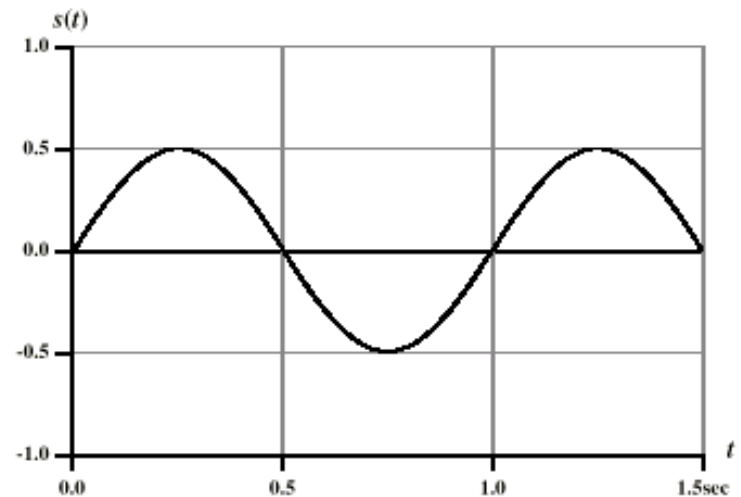
- **Amplitud** máxima(A)
 - máxima desviación del centro de la señal
 - p.e. voltios
- **Frecuencia** (f)
 - nº de ciclos por unidad de tiempo
 - se mide en hercios (Hz) o ciclos por segundo
 - **Periodo** (T) = tiempo en repetir un ciclo ($T=1/f$)
- **Fase** (φ)
 - la fase mide la posición relativa de una señal con respecto al inicio de su propio ciclo o a la posición de otra señal
 - se mide en grados (o radianes)

Variaciones de Ondas Seno

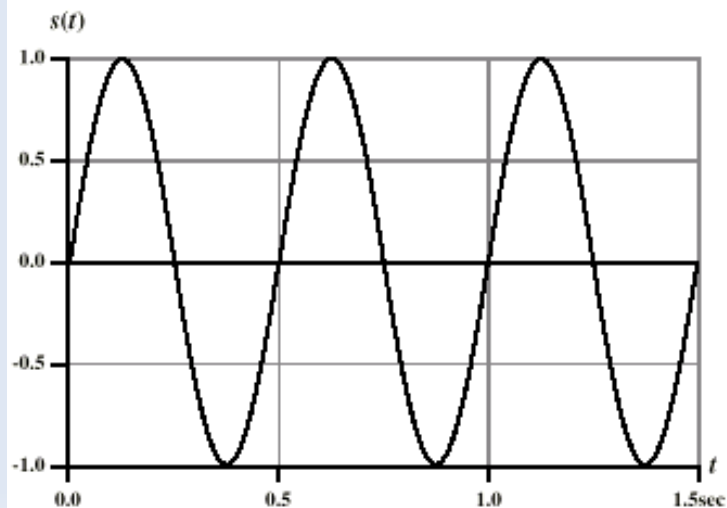
$$s(t) = A \sin(2\pi f t + \phi)$$



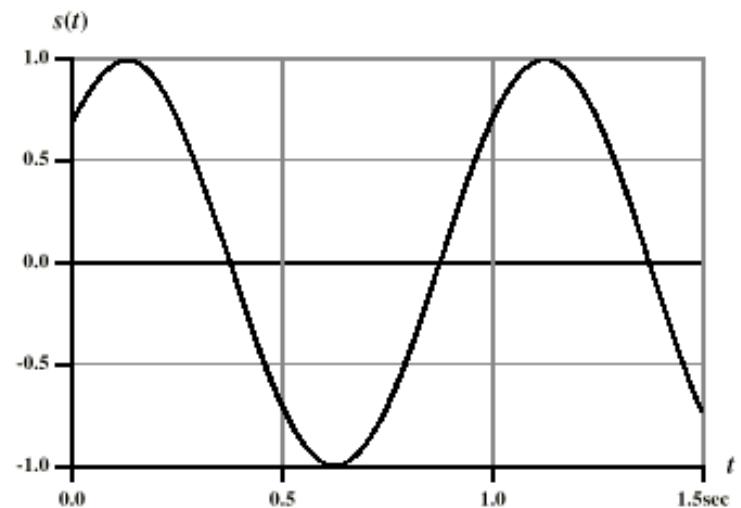
(a) $A = 1, f = 1, \phi = 0$



(b) $A = 0.5, f = 1, \phi = 0$



(c) $A = 1, f = 2, \phi = 0$



(d) $A = 1, f = 1, \phi = \pi/4$

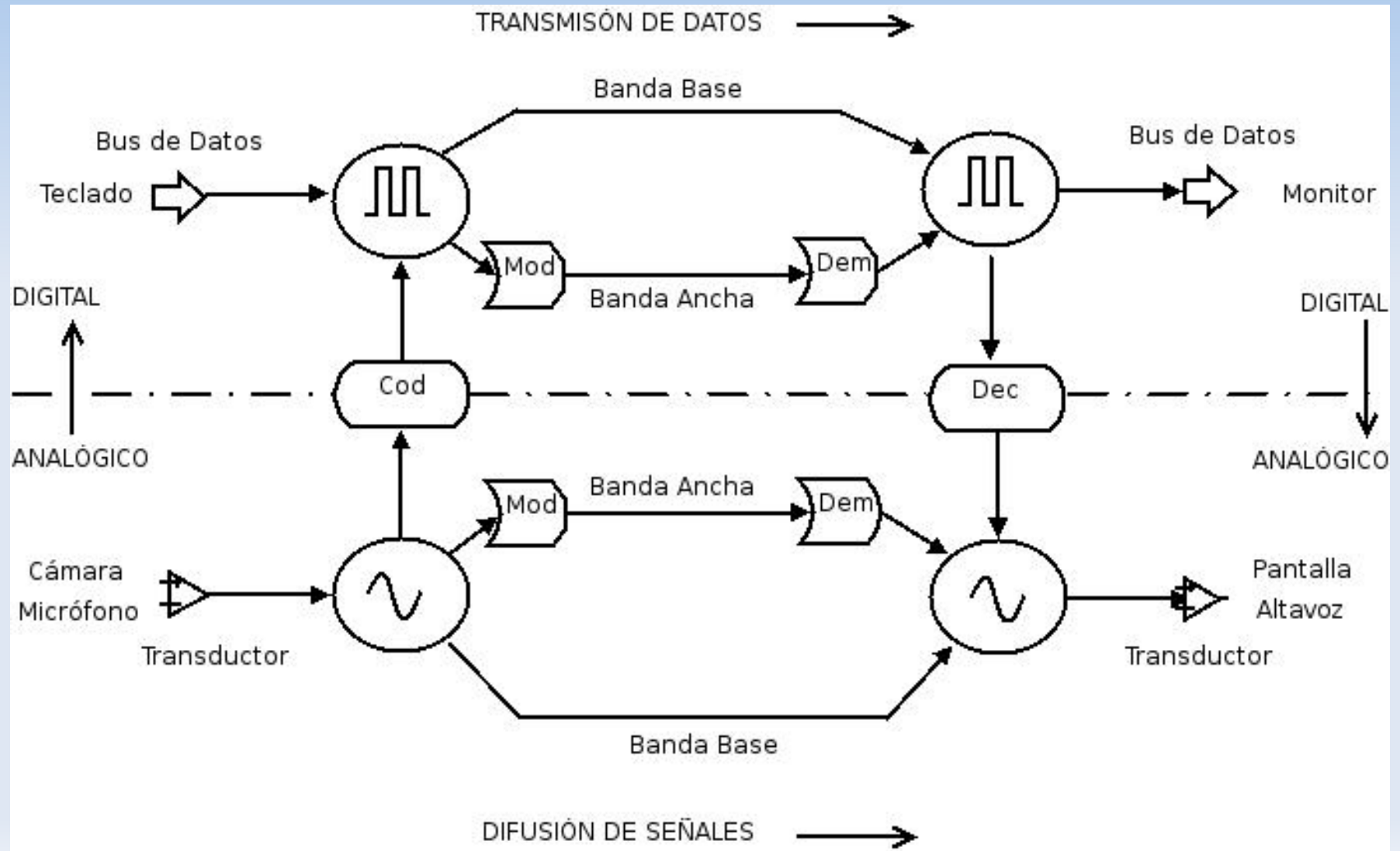
Longitud de onda (λ)

- La distancia recorrida por una señal en un periodo
- Asumiendo una velocidad de propagación v :
 - $\lambda = vT = v (1/f)$
 - $\lambda f = v$
 - por ejemplo, la velocidad de propagación de la luz en el vacío es $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$

Espectro y Ancho de banda

- **Espectro**
 - ♦ rango de frecuencias contenido en una señal
- **Ancho de banda absoluto**
 - ♦ ancho del espectro
- **Ancho de banda efectivo**
 - ♦ o simplemente, ancho de banda
 - ♦ la banda más estrecha de frecuencias que contiene la mayor parte de la energía

Trasmisión de Datos - Esquema



Trasmisión de datos y señales I

- **Dato:** producto de la conversión de señales en símbolos
- **Señal:** magnitud física que se propaga variando de forma continua en el espacio y en el tiempo
 - se puede producir señales para representar símbolos, o sea, datos
- Tipos de transmisión
 - **banda ancha:** la señal original se envía “*sobre*” otra señal más apta para viajar por el medio en un proceso llamado **modulación** (mediante un **modem**)
 - **banda base:** la señal se envía **sin modular**

Trasmisión de datos y señales II

- En **los s. analógicos**, los datos se envían tal cual, sin procesar su 'contenido', o sea, **sin digitalizarlos** (p.e. telefonía tradicional)
 - sí se pueden transformar para facilitar su propagación (p.e. radio): **modulación**
- En **los s. digitales**, los datos se envían tras someterlos a una **conversión analógica-digital (CAD)**, o sea, procesando su 'contenido' antes
 - esto permite su posterior procesamiento (codificación, compresión, encriptación, etc.) y afrontar mejor las dificultades de la transmisión
 - la señal resultante **también puede modularse**

Datos digitales y analógicos

- **Datos analógicos:** no codificados por el sistema de transmisión. Sí son interpretados (o codificados) por el “usuario final” (p.e. teléfono tradicional)
- **Datos digitales:** codificados por el propio sistema de transmisión, aparte de por el “usuario final” (p.e. teléfono IP)
 - el **codec** o codificador-decodificador es el dispositivo que hace dicha conversión
 - **codec** también se usa también para referirse a cualquier software que convierte entre diversos formatos o códigos digitales

Señales analógicas y digitales

- **Señal analógica**

- ♦ continuamente variable: puede tomar una infinidad de valores (frecuencia y amplitud) dentro de un límite superior e inferior

- **Señal digital**

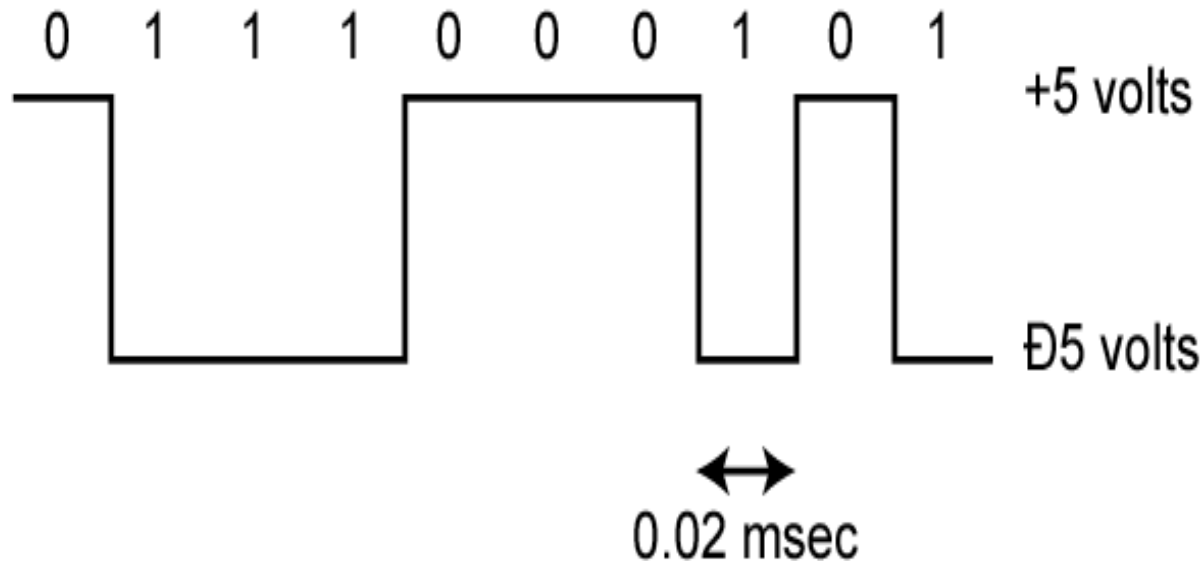
- ♦ aquella cuyas dimensiones (tiempo y amplitud) no son continuas sino discretas, lo que significa que la señal necesariamente ha de tomar un número finito de valores fijos predeterminados

La voz como señal analógica



In this graph of a typical analog signal, the variations in amplitude and frequency convey the gradations of loudness and pitch in speech or music. Similar signals are used to transmit television pictures, but at much higher frequencies.

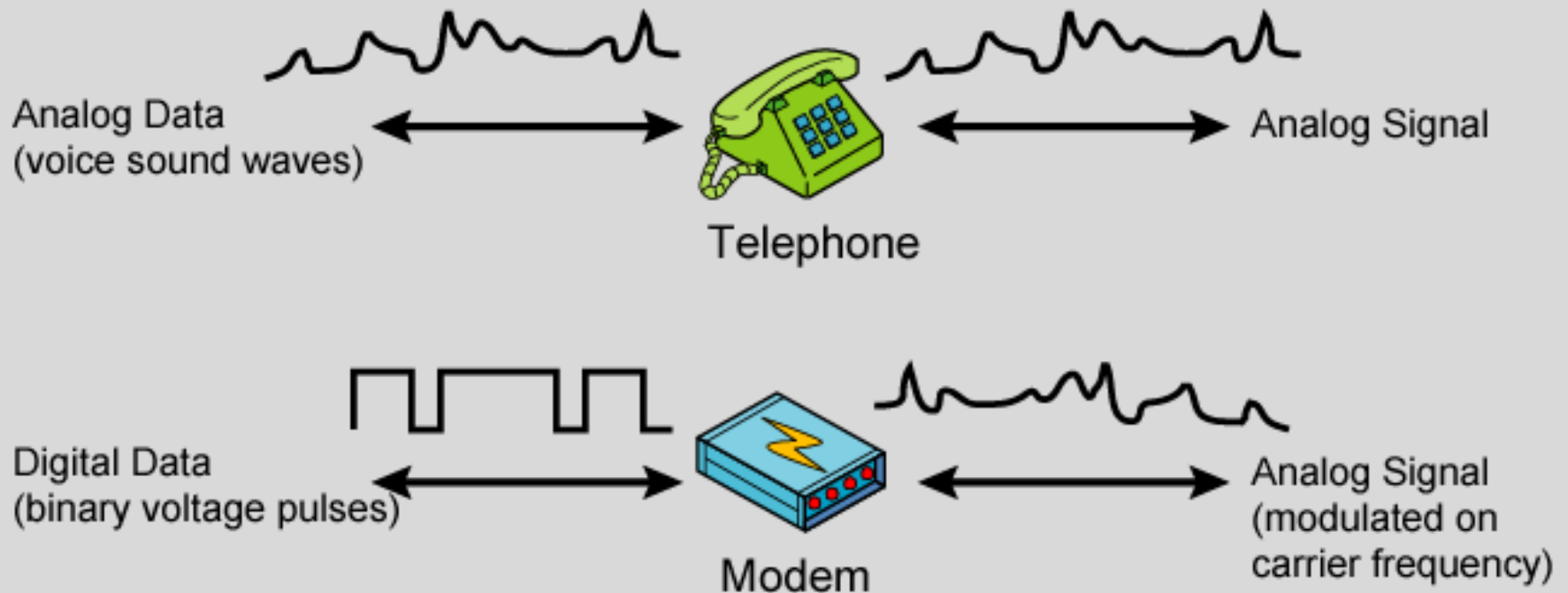
La señal digital en el PC



User input at a PC is converted into a stream of binary digits (1s and 0s). In this graph of a typical digital signal, binary one is represented by 0 volts and binary zero is represented by +5 volts. The signal for each bit has a duration of 0.02 msec, giving a data rate of 50,000 bits per second (50 kbps).

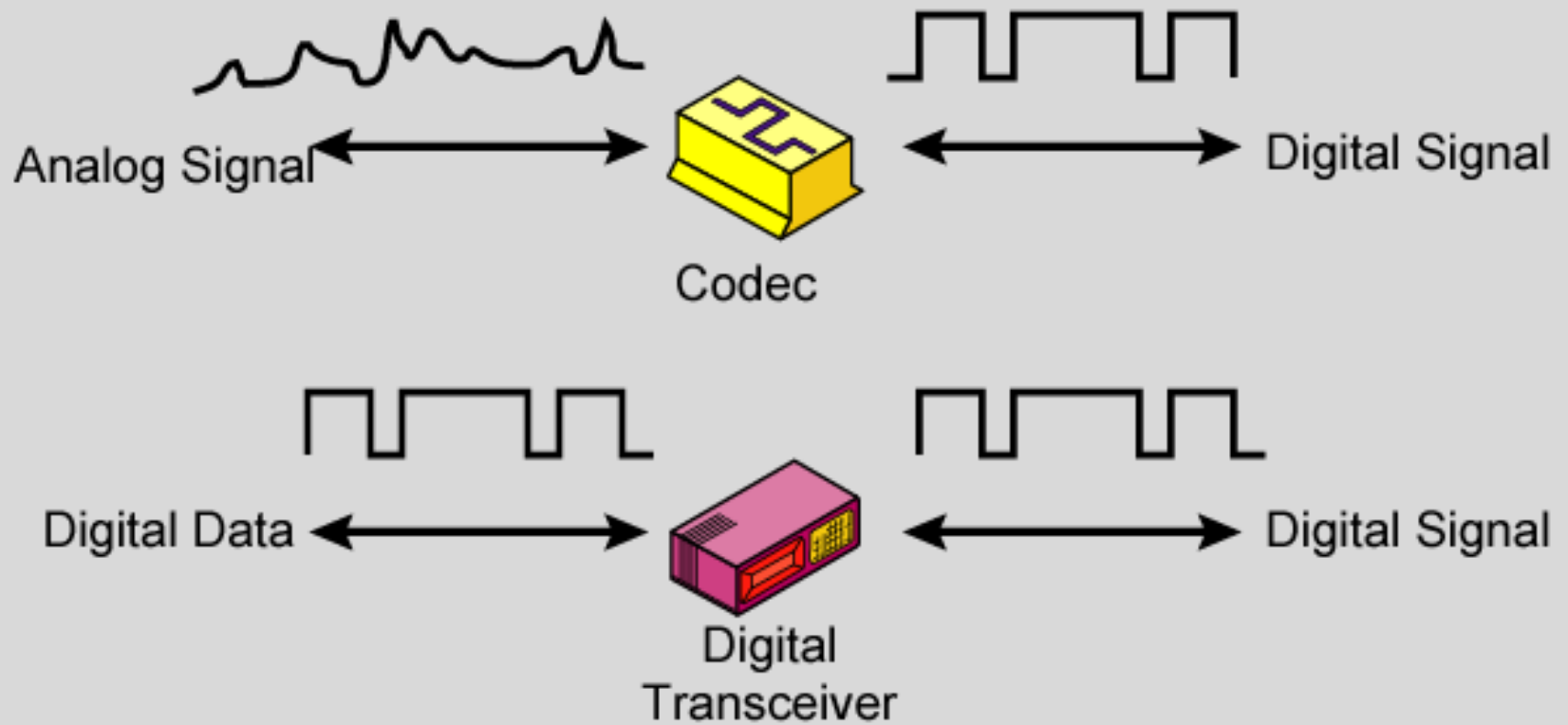
Señales analógicas para datos analógicos y digitales

Analog Signals: Represent data with continuously varying electromagnetic wave



Señales digitales para datos analógicos y digitales

Digital Signals: Represent data with sequence of voltage pulses



Difusión señal analógica

- Puede transportar datos analógicos o digitales (mediante modulación)
- La integridad peligra por el ruido, atenuación, etc.
- Se usan amplificadores para aumentar la potencia de la señal
- Pero también amplifican el ruido

Difusión señal digital

- El contenido está codificado: transporta datos digitales
- La integridad peligra por el ruido, atenuación, etc.
- Se usan repetidores:
 - van recibiendo la señal
 - extraen el patrón de bits
 - lo retransmiten
- Así se supera la atenuación sin amplificar el ruido

Trasmisión datos digitales

- Tecnología digital
 - ◊ bajo coste de la tecnología LSI/VLSI/ULSI
- Integridad de los datos
 - ◊ mayores distancias y menos errores sobre líneas de igual calidad
- Capacidad de utilización
 - ◊ mayor aprovechamiento del ancho de banda
 - ◊ se comparte mejor el medio entre distintos flujos de datos
- Seguridad y privacidad
 - ◊ encriptación y autenticación
- Integración
 - ◊ uniformidad en el tratamiento de los datos, ya sean estos en origen analógicos o digitales.

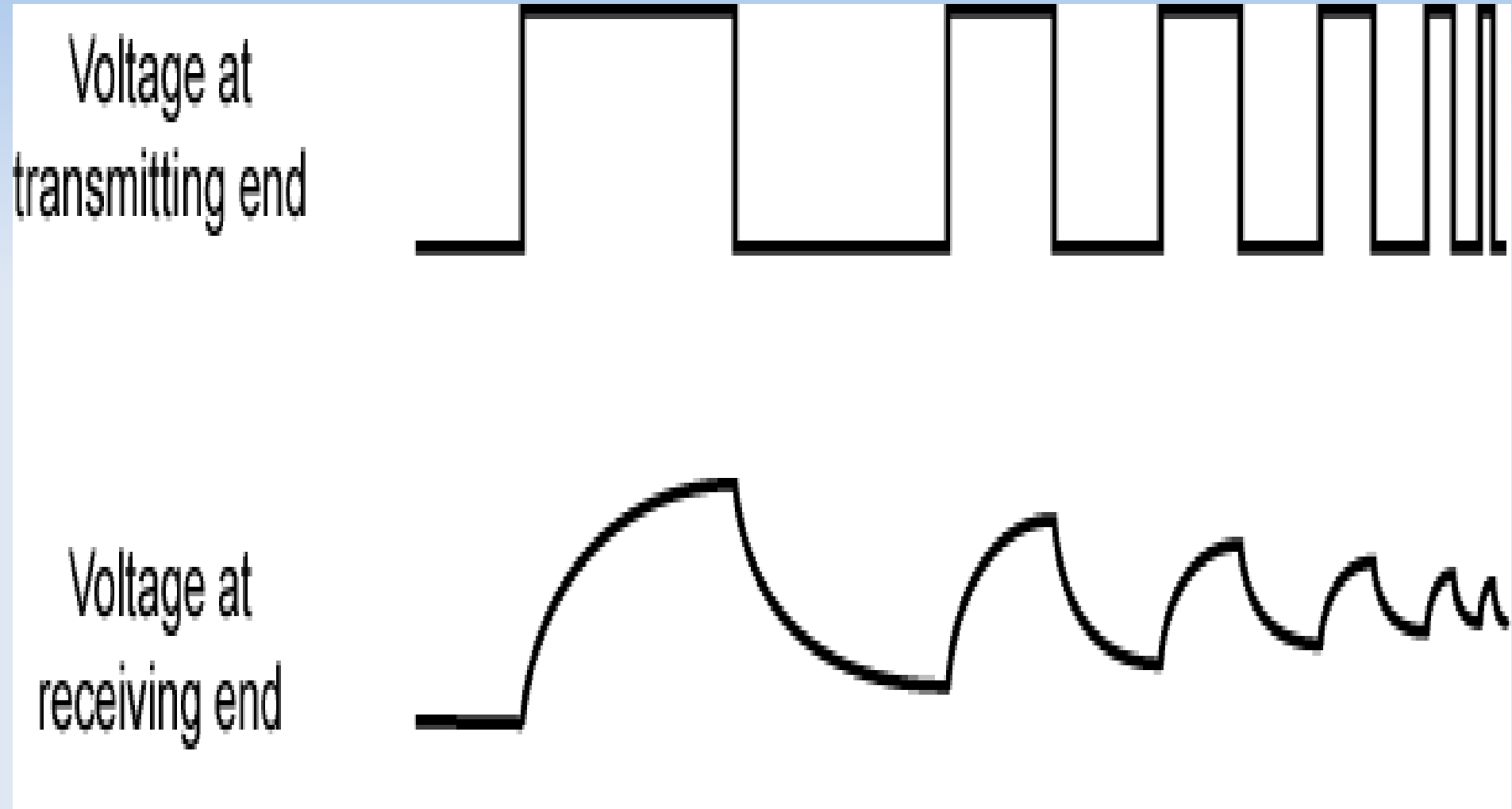
Dificultades en la transmisión

- La señal recibida puede diferir de la señal transmitida
 - ♦ analógica - degradación de la calidad de la señal
 - ♦ digital - errores en los bits
- Causadas por
 - ♦ atenuación
 - ♦ distorsión
 - ♦ ruido

Atenuación

- La potencia de la señal decae con la distancia
- Depende del medio
- La fuerza de la señal recibida:
 - debe ser suficiente para ser detectada
 - debe ser suficientemente mayor que el ruido para ser recibida sin error
- La atenuación aumenta con la frecuencia, por tanto, se distorsiona (podemos decir que el medio actúa como un ecualizador)
- Se mide en db/m@hz

Atenuación - Señales Digitales



Ruido (1)

- Señal no deseada que se suma a la deseada
- **Térmico o ruido blanco**
 - debido a agitación térmica de los electrones
 - uniformemente distribuida
- **Diafonía**
 - inducción que provoca un par conductor en otro par cercano
 - cercana/lejana al extremo: acoplamiento que tiene lugar cuando la señal a transmitir entra en el cable y retorna a través del otro par conductor en el mismo/opuesto extremo del enlace

Ruido (2)

- **Impulsivo**

- ♦ pulsos irregulares o afilados, de gran amplitud
- ♦ p.e. interferencia electromagnética externa
- ♦ corta duración (pero su efecto depende de la velocidad)

Capacidad de canal

- **Capacidad o Tasa de datos de un canal**
 - ◊ velocidad máxima a la que los datos pueden ser transmitidos a través de un canal
 - ◊ se mide en símbolos/seg. (baudios) o bits/seg.
- **Ancho de banda**
 - ◊ el espectro de frecuencias que el medio permite pasar
 - ◊ se mide en ciclos por segundo o hercios (Hz)
- **Tasa de errores**
 - ◊ mide el número de unos que se convierten en ceros y viceversa de forma no querida durante la transmisión
 - ◊ se mide cada cuántos bits se produce un error

Ancho de banda de Nyquist

- **Nyquist** estudió la dependencia entre el ancho de banda y la capacidad de un canal **sin ruido**
- Un medio con un **ancho de banda B** tiene una **capacidad de $2*B$ baudios**
 - un **baudio** es un símbolo por segundo
 - si la señal es **binaria**, la capacidad para B Hz es de **$2*B$ bps**
- En general, la capacidad es función del número de símbolos (M) que use la señal:
 - **$C = 2*B*\log_2 M$** (recordar: $\log_2 X = \log_{10} X / \log_{10} 2$)
- Por tanto, la capacidad aumenta al aumentar M

Capacidad según Shannon

- Tiene en cuenta el **ruido** y la **tasa de error**:
 - a mayor tasa de datos más se acorta la duración de los bit, así las ráfagas de ruido afecta a más bits
 - por tanto, a un nivel dado de ruido, altas tasas de datos implican mayores tasas de error
- La **relación señal-ruido (SNR)** se suele medir en **decibelios**: $SNR_{db} = 10 \log_{10} (\text{señal/ruido})$
- **Capacidad**: $C = B \log_2(1 + SNR)$, se mide en **bps**
- Representa el límite teórico libre de error
 - se usa junto con la de Nyquist para calcular el máximo número de símbolos que se puede usar
 - **ejemplo** de la capacidad máxima del modem RTB y, desde la perspectiva contraria, del mínimo o margen SNR, [ver en U3-4: Espectro Expandido usado en móvil y wifis]