

MAGISTER EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

TEORIA DE TELECOMUNICACIONES

TEMARIO

1. CONCEPTOS BÁSICOS DE COMUNICACIONES DE DATOS.
2. CÓDIGOS PARA REPRESENTAR LA INFORMACIÓN.
3. TRANSMISIÓN DE DATOS SERIAL Y PARALELA.
4. TRANSMISIÓN ASINCRÓNICA Y SINCRÓNICA DE LA INFORMACIÓN Y EFICIENCIA DE TRANSMISIÓN.
5. EFICIENCIA ESPECTRAL O DENSIDAD DE INFORMACIÓN.
6. ENERGÍA DE LA SEÑAL POR BIT / DENSIDAD DE POTENCIA DE RUIDO POR HERTZ (E_b/N_o).
7. GENERACIÓN DE SEÑALES CONTINUAS Y DISCRETAS.

1. CONCEPTOS BASICOS DE COMUNIACIONES DE DATOS

CONCEPTOS BASICOS DE COMUNICACIONES DE DATOS

- Cuando se habla de comunicación de datos, se hace referencia a la transmisión de información digital, normalmente en forma binaria.
- Una red de comunicación de datos es un conjunto de dispositivos (denominados nodos) conectados por un enlace físico o no físico.
- Uno puede ser una computadora o una impresora.

CONCEPTOS BASICOS DE COMUNICACIONES DE DATOS

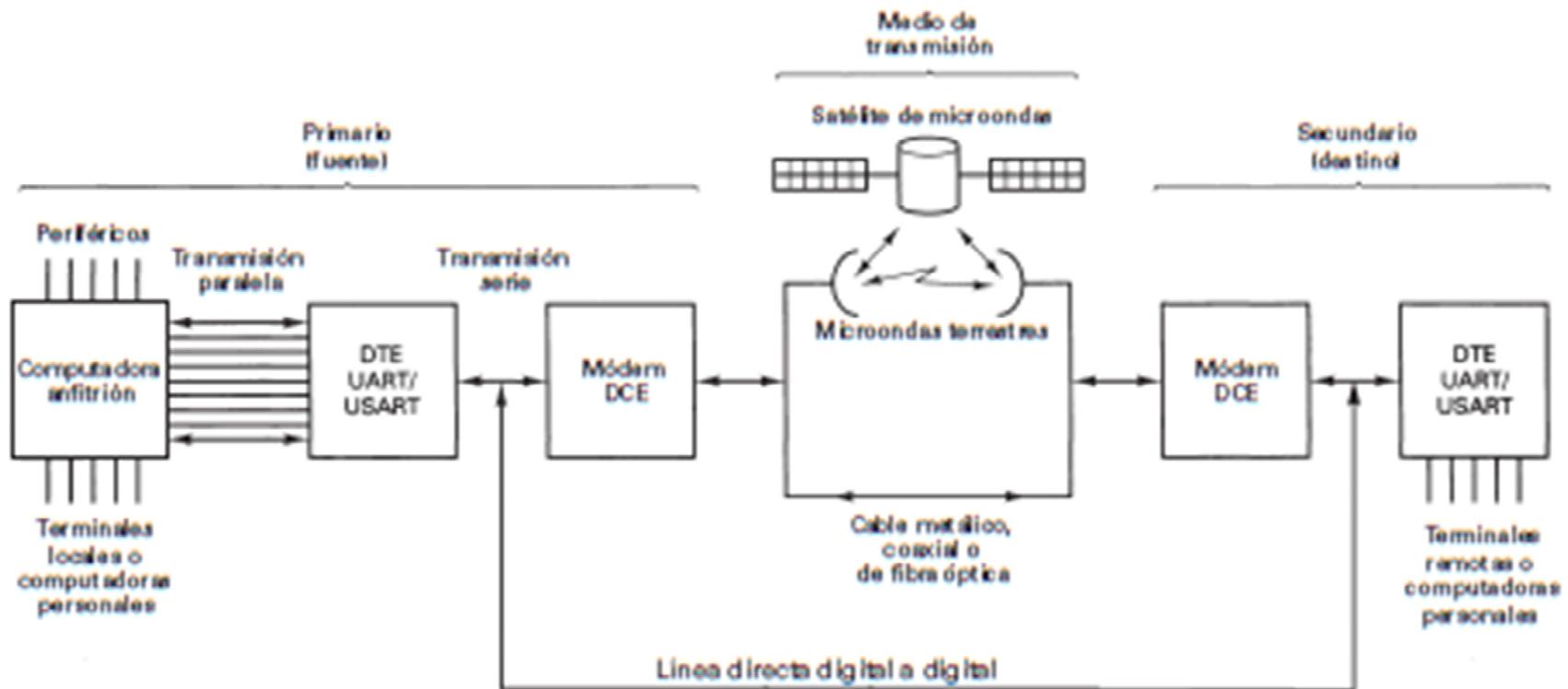
- Una red de datos puede ser tan simple como dos computadoras conectadas o puede abarcar un sistema complejo de uno o dos computadoras (mainframe) y cientos de miles de terminales remotas.

CONCEPTOS BÁSICOS DE COMUNICACIONES DE DATOS

ESQUEMA DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE DATOS

- En forma mas general un sistema de transmisión de datos esta constituido por tres componentes básicos:
 - Equipo terminal de datos.
 - Equipo de comunicación de datos.
 - Canal de transmisión.

CONCEPTOS BÁSICOS DE COMUNICACIONES DE DATOS



CONCEPTOS BÁSICOS DE COMUNICACIONES DE DATOS

EQUIPO TERMINAL DE DATOS (DTE)

- Lo constituyen tanto el terminal fuente como el terminal destino de datos como el controlador de comunicaciones.
- El terminal fuente o destino de datos puede ser: PC, terminal, impresora, cinta magnética, etc.
- Es decir lo constituye la fuente o destino final de los datos.

CONCEPTOS BÁSICOS DE COMUNICACIONES DE DATOS

CONTROLADOR DE COMUNICACIONES

- Permite el manejo adecuado de los datos estableciendo formatos, protocolos, etc

EQUIPO DE COMUNICACIÓN DE DATOS

- Adapta la información a transmitirse al medio de transmisión, mediante ciertas codificaciones o modificaciones de la misma, así pues el DCE los puede constituir:
 - **CODEC:** Si la transmisión se realiza en banda base, en cuyo caso no hay translación de frecuencias y la señal a transmitirse sigue siendo digital, aunque el espectro de la señal se puede modificar en cuestión de forma.
 - **MODEM:** Si la transmisión se realiza en paso banda, es decir usando una portadora modulada en cuyo caso la señal a transmitirse es analógica y el espectro se translada.

CONCEPTOS BÁSICOS DE COMUNICACIONES DE DATOS

INTERFAZ

- Para conectar el DTE y el DCE se requiere de un interfaz. Con el objetivo de normar y estandarizar las conexiones. Ejemplo RS232, V35, X21, Centronics, etc.

CONCEPTOS BÁSICOS DE COMUNICACIONES DE DATOS

HOST Y TERMINALES

- Para ilustrar los conceptos e transmisión de datos, se analizará el caso de dispositivos DTEs que a menudo necesitan comunicarse.

HOST

- Computador principal o anfitrión que representa el corazón de una red de comunicación de datos.
- Realiza cálculos numéricos, almacena y recupera datos, etc.

CONCEPTOS BÁSICOS DE COMUNICACIONES DE DATOS

- Los Hosts pueden ser:
 - **Supercomputadores:** Mainframe extremadamente rápido, poderoso y de procesamiento centralizado, dedicado a complejos y extremos cálculos matemáticos. Es un sistema centralizado muy grande y costoso.
 - **Mainframes:** Computadores que sirven a un gran número de usuarios, capaz de ejecutar millones de instrucciones por segundo (mpis), de menor capacidad que un supercomputador.
 - **Minicomputadores:** Computadores dedicados a un pequeño número de usuarios.
 - **Microcomputadores o PC:** Computadores que normalmente sirven a un solo usuario.

CONCEPTOS BÁSICOS DE COMUNICACIONES DE DATOS

TERMINALES

- Permite a un usuario comunicarse con un computador HOST. Básicamente incluye un teclado y una pantalla para ingresar y mostrar la información. Estos pueden ser:
 - **Tontos o no inteligentes:** Es incapaz de modificar los datos. Cualquier información que ingresa es enviada sin ninguna modificación de fondo.
 - **Samrt:** Terminales con limitada capacidad de procesamiento. Estos terminales envían información extra al host para prevenir errores, indicar su dirección, etc. El host retorna información con instrucciones específicas para el terminal, el cual las interpreta. No pueden ser programados por el usuario.
 - **Inteligentes:** Terminal que procesa los datos con poca asistencia al host. Pueden ser programados por el usuario para modificar su comportamiento y aprender nuevas funciones, por ejemplo terminales bancarios.

2. CÓDIGOS PARA REPRESENTAR LA INFORMACIÓN

CÓDIGOS PARA REPRESENTAR LA INFORMACIÓN

- Para la transmisión de datos entre dos sistemas es usual representar la información sea esta números, letras del alfabeto, símbolos u otros tipos de datos como grupos de bits.
- La información debe convertirse en caracteres mediante el uso e códigos binarios.
- Un código de n bits permite representar 2^n caracteres.

CÓDIGOS PARA REPRESENTAR LA INFORMACIÓN

CODIGO EBCDIC (EXTENDED BINARY CODED DECIMAL INTERCHANGE CODE)

- Es un código de 8 bits desarrollado por IBM. Se tiene 256 diferentes posibles caracteres pero no todos se emplean.
- El bit extremo izquierdo se denomina bit 0 (LSB) y es el primero en transmitirse en una transmisión serial. El del extremo derecho es el bit 7 (MSB).
- Este código dispone de letras, números, caracteres gráficos y algunos caracteres especiales utilizados para controlar impresoras y terminales por ejemplo A=11000001
- Se puede adicionar un noveno bit de paridad para efectos de detección de errores.

CÓDIGOS PARA REPRESENTAR LA INFORMACIÓN

CODIGO ASCII (AMERICAN NATIONAL STANDARD CODE FOR INFORMATION INTERCHANGE)

- Fue el primer código desarrollado específicamente para sistemas de comunicación por computadora, en la actualidad es el código mas usado.
- Tiene un total de 8 bits por carácter, usa 7 bits de datos y 1 de paridad, de manera que en total se tiene 128 posibles caracteres.
- El bit del extremo derecho es el bit 0 (LSB), el bit 7 (MSB) y el del extremo izquierdo (bit 8) es el bit de paridad. Ej. A=1000001

CÓDIGOS PARA REPRESENTAR LA INFORMACIÓN

- Dispone de varios caracteres de control, tal como EBCDIC.
- Una versión modificada del ASCII, denominada ASCII extendido reemplaza el bit de paridad con un octavo bit de datos, en cuyo caso se tiene 256 diferentes caracteres.
- Es indispensable que entre los equipos que se establece comunicación, todos usen el mismo código o haya conversión de código previamente.

CÓDIGOS PARA REPRESENTAR LA INFORMACIÓN

CONTROL DE PARIDAD

- Uno de los aspectos fundamentales en la transmisión de datos es reconocer cuando hay errores en la transmisión, por ejemplo cuando se envía 1 y se recibe 0.
- La forma mas elemental para detectar errores en la de adicionar un bit de paridad, el cual constituye un bit auxiliar añadido a la palabra de datos .
- El bit de paridad es calculado evaluando el número de 1s presentes en una palabra de datos. Así se pueden tener dos alternativas.

Paridad Par: Si el número total de 1s en un carácter es un número impar, se añade como bit de paridad un 1 de tal manera que el numero de 1s en el carácter sea un numero par.

Por el contrario si el número de 1s es un número par se añade un 0 tal que el numero de 1s en el carácter siga siendo un numero par.

Paridad Impar: Similar al control de paridad par, pero en este caso el número de 1s de un carácter , incluido el de paridad, debe ser impar.

CÓDIGOS PARA REPRESENTAR LA INFORMACIÓN

- Para la corrección de errores se compara la paridad recibida con la paridad conocida por el receptor.
- Si estas son iguales se concluye que no existió error en la transmisión, caso contrario se produjeron errores en la misma.

3. TRANSMISIÓN DE DATOS SERIAL Y PARALELA

TRANSMISIÓN DE DATOS SERIAL Y PARALELA

TRANSMISIÓN SERIAL

- Es el modo de transmisión en el que los bits que constituyen un carácter son enviados uno a continuación de otro, a una determinada frecuencia de reloj, teniendo como ventaja que requiere una sola vía de comunicación para la transmisión.
- Se utiliza por lo general para largas distancias, su desventaja es su reducida velocidad de transmisión pues cada carácter debe ser desmembrado para la transmisión y luego reconstruido en el receptor.

TRANSMISIÓN DE DATOS SERIAL Y PARALELA

TRANSMISIÓN PARALELA

- En este modo, todos los bits que conforman un carácter se transmiten simultáneamente, por tanto se requerirán tantas vías de comunicación como bits tenga el carácter.
- Su principal ventaja radica en que con esta forma de transmisión se pueden conseguir mayores velocidades de transmisión.
- Esta forma de transmisión es adecuada para distancias cortas por ejemplo entre el computador y la impresora. Generalmente una comunicación en paralelo utilizan 8 vías para enviar caracteres de 8 bits de datos (byte) simultáneamente.

4. TRANSMISIÓN ASINCRÓNICA Y SINCRÓNICA DE LA INFORMACIÓN Y EFICIENCIA DE TRANSMISIÓN

TRANSMISIÓN ASINCRÓNICA Y SINCRÓNICA DE LA INFORMACIÓN Y EFICIENCIA DE TRANSMISIÓN

- Existen dos métodos comunes para realizar una transmisión.
- Su diferencia radica en la forma de como se establece la referencia de tiempo común entre el transmisor y receptor a fin de poder interpretar correctamente la información que esta siendo transmitida
- Se pueden tener dos alternativas para lograr la sincronización:

TRANSMISIÓN ASINCRÓNICA Y SINCRÓNICA DE LA INFORMACIÓN Y EFICIENCIA DE TRANSMISIÓN

TRANSMISIÓN ASINCRÓNICA (START-STOP)

- Para solucionar el problema de la sincronización este método envía la información carácter a carácter a la vez y no cadenas de bits largas e ininterrumpidas.
- La sincronización debe mantenerse solamente dentro de cada carácter, por lo tanto el receptor tiene la oportunidad de resincronizarse al inicio de cada carácter.

TRANSMISIÓN ASINCRÓNICA Y SINCRÓNICA DE LA INFORMACIÓN Y EFICIENCIA DE TRANSMISIÓN

- El tiempo transcurrido entre el envío de un carácter y el siguiente es aleatorio, por lo que la eficiencia disminuye.
- Cuando se realiza una transmisión asincrónica de un carácter, se empieza por enviar un bit de inicio (start) el cual es un 0 seguido por los bits de datos propiamente a los que se puede adicionar o no un bit de paridad y finalmente se termina enviando el o los bits de parada (1, 1,5 o 2 dependiendo de la velocidad de operación del equipo utilizado) el cual es 1 el cual lleva a la línea al estado de reposo.

TRANSMISIÓN ASINCRÓNICA Y SINCRÓNICA DE LA INFORMACIÓN Y EFICIENCIA DE TRANSMISIÓN

- En el estado de reposo, el receptor espera por una transición de 1 a 0 para reconocer el inicio del siguiente carácter y luego muestrea la señal entrante correspondiente a ese carácter a intervalos T_b .
- Ningún reloj o señales de sincronización son enviados con los datos, tanto el transmisor como el receptor tienen relojes internos que se sincronizan en cada carácter a partir del bit de inicio.
- El transmisor como el receptor deben trabajar a la misma velocidad de transmisión.

TRANSMISIÓN ASINCRÓNICA Y SINCRÓNICA DE LA INFORMACIÓN Y EFICIENCIA DE TRANSMISIÓN

Bit de paro (1, 1.5, 2) Bit de paridad Bits de datos (5 a 7) Bit de arranque

1	1	1/0	b_6 MSB	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1	b_0 LSB	0
---	---	-----	--------------	-------	-------	-------	-------	-------	--------------	---

- Este modo de transmisión es utilizado en terminales no inteligentes y, en general para bajas velocidades de transmisión.

TRANSMISIÓN ASINCRÓNICA Y SINCRÓNICA DE LA INFORMACIÓN Y EFICIENCIA DE TRANSMISIÓN

TRANSMISIÓN SINCRÓNICA

- Los caracteres son transmitidos uno tras otro de una manera secuencial, sin pausas entre caracteres.
- Estos caracteres no incluyen bit de inicio, de parada, etc.
- La sincronización se realiza usando caracteres de sincronismo u otra alternativa es usando señales de reloj.
- Por lo tanto, esta transmisión involucra el envío de largos bloques de caracteres y caracteres especiales de sincronismo al inicio de cada bloque.

TRANSMISIÓN ASINCRÓNICA Y SINCRÓNICA DE LA INFORMACIÓN Y EFICIENCIA DE TRANSMISIÓN

- Los caracteres son transmitidos uno tras otro de una manera secuencial, sin pausas entre caracteres.
- Estos caracteres no incluyen bit de inicio, de parada, etc.
- La sincronización se realiza usando caracteres de sincronismo u otra alternativa es usando señales de reloj.
- Por lo tanto, esta transmisión involucra el envío de largos bloques de caracteres y caracteres especiales de sincronismo al inicio de cada bloque.

TRANSMISIÓN ASINCRÓNICA Y SINCRÓNICA DE LA INFORMACIÓN Y EFICIENCIA DE TRANSMISIÓN

- Los caracteres de sincronismo constituyen una serie de bits que el receptor usa para ajustarse a la velocidad exacta del transmisor. Luego de recibir un determinado número de caracteres de sincronismo el receptor espera recibir los datos.
- Además de los datos propios de sincronización, es necesario incluir caracteres de comienzo y final del bloque de datos, caracteres para corrección de errores y control. A toda esta estructura se denomina trama.

TRANSMISIÓN ASINCRÓNICA Y SINCRÓNICA DE LA INFORMACIÓN Y EFICIENCIA DE TRANSMISIÓN

- Entre trama y trama se mantiene activo el canal con la transmisión continua de caracteres especiales. De no utilizarse estos caracteres deberán enviarse dos o más caracteres de sincronismo.
- Este modo de transmisión se utiliza para transmitir grandes bloques de datos o para tener elevadas velocidades de transmisión.

TRANSMISIÓN ASINCRÓNICA Y SINCRÓNICA DE LA INFORMACIÓN Y EFICIENCIA DE TRANSMISIÓN

EFICIENCIA DE TRANSMISIÓN

- Es la relación entre el número de bits de datos o información propiamente transmitidos con respecto al número total de bits totales transmitidos.

$$\delta = \frac{\text{número de bits de datos}}{\text{número de bits totales transmitidos}}$$

- O en tiempos:

$$\delta = \frac{\text{tiempo de transmisión de datos}}{\text{tiempo de transmisión total}}$$

TRANSMISIÓN ASINCRÓNICA Y SINCRÓNICA DE LA INFORMACIÓN Y EFICIENCIA DE TRANSMISIÓN

- Donde el tiempo de transmisión de datos es el tiempo requerido para transmitir los datos mientras que el tiempo total involucra al tiempo de transmisión de los datos, el tiempo de transmisión de los bits que no son datos, el tiempo de pausas y el tiempo de propagación.

5. EFICIENCIA ESPECTRAL O DENSIDAD DE INFORMACIÓN.

EFICIENCIA ESPECTRAL O DENSIDAD DE INFORMACIÓN

- Mide que tan eficientemente se utiliza un ancho de banda disponible para transmitir por él información, y esta dada por la relación $\frac{V_{tx}}{AB}$, esto es, la eficiencia espectral mide los bps por Hertz que se transmiten.

$$\eta = \frac{V_{tx}}{AB} \left[\frac{bps}{Hz} \right]$$

6. ENERGÍA DE LA SEÑAL POR BIT /
DENSIDAD DE POTENCIA DE RUIDO
POR HERTZ (E_b/N_o).

ENERGÍA DE LA SEÑAL POR BIT / DENSIDAD DE POTENCIA DE RUIDO POR HERTZ (E_b/N_o)

- Permite relacionar la S/N con la velocidad de transmisión y el BER. 

$$E_b = \frac{S}{V_{tx}}$$
$$N_o = \frac{N}{AB}$$

- Donde:
 E_b es la energía de la señal por bit y
 N_o es la densidad de potencia de ruido.

ENERGÍA DE LA SEÑAL POR BIT / DENSIDAD DE POTENCIA DE RUIDO POR HERTZ (E_b/N_o)

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S}{N} \frac{AB}{V_{tx}}$$

- Sabiendo que la eficiencia espectral es $\eta = \frac{V_{tx}}{AB}$ tenemos:

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S}{N} \frac{1}{\eta}$$

- N_o representa la cantidad de ruido presente en un ancho de banda de 1 Hertz. Este parámetro se relaciona con la potencia de ruido N , que representa la cantidad de ruido presente en un ancho de banda AB .

EJERCICIOS

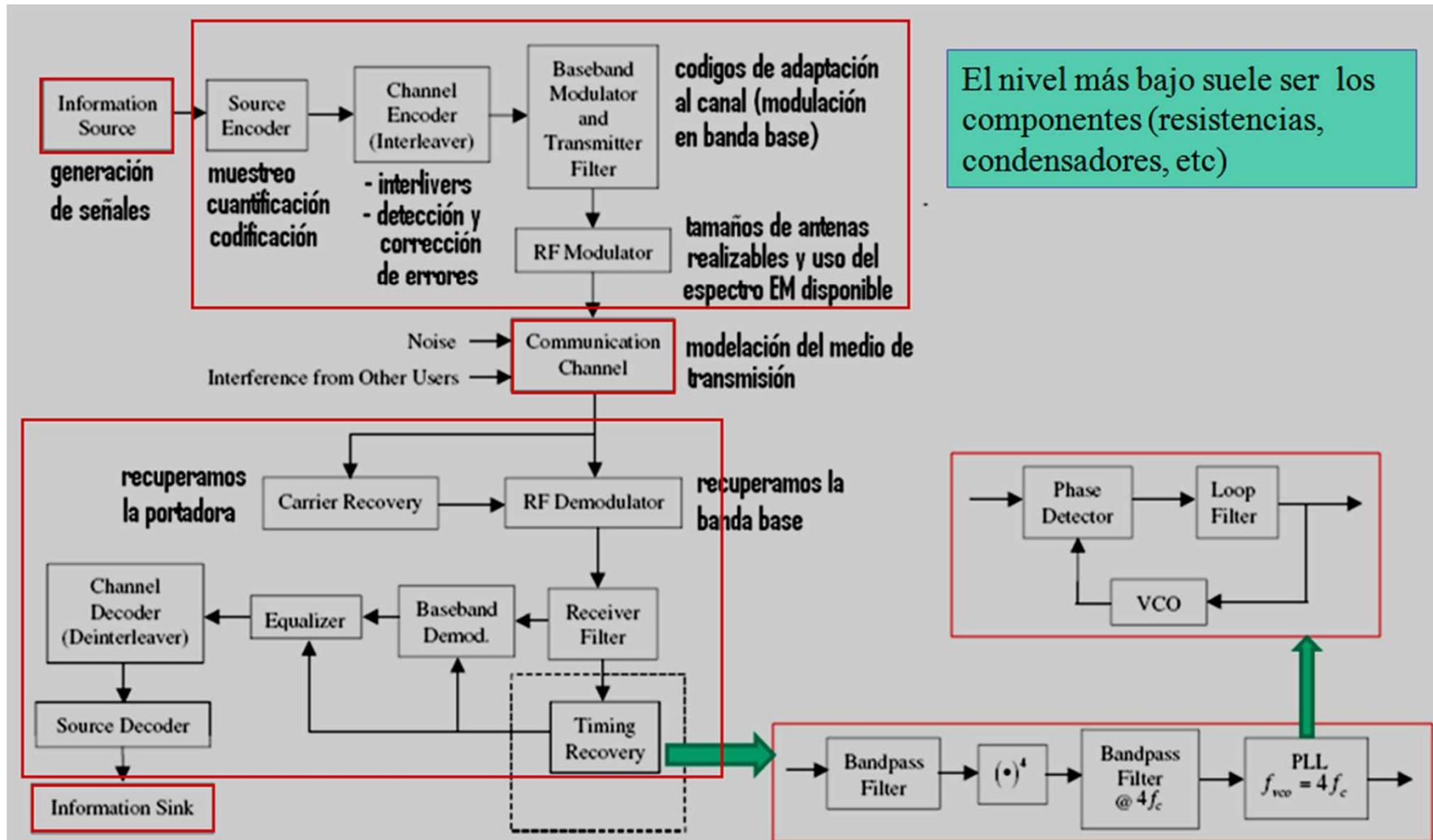
1. Para una señal digital de 16 niveles, que se transmite a una $V_{tx} = 10 \text{ KBps}$, determinar:
 - a) La velocidad de señal V_s
 - b) La eficiencia espectral o densidad de información η
 - c) El AB requerido para la transmisión.
- 2, Se tiene una señal digital periódica constituida por un tren de pulsos unitarios 110011100111001. Si el periodo de dicha señal es 1ms, determinar:
 - a) La V_{tx}
 - b) La f_0
 - c) Si se transmite dicha señal a través de un filtro pasabajo con frecuencia de corte $f_c = 5.5 \text{ KHz}$, cuantos y cuales armónicos es posible transmitir.
 - d) Si se trasmite dicha secuencia utilizando una señal de 4 niveles, determinar el número de armónicos presentes en el primer lóbulo.
3. En una transmisión asincrónica a una velocidad de transmisión de 10 KBps, el reloj del receptor es un 1% más rápidos que el del transmisor, determinar:
 - a) El tiempo, en ms, de desalineamiento entre dichos relojes que produciría errores en la lectura del carácter.
 - b) La longitud del carácter asincrónico para que no ocurran errores en su lectura.
4. Determinar la eficiencia de transmisión, si se envían 10 caracteres de 8 bits de datos, Para cada uno de los siguientes casos:
 - a) Una transmisión asincrónica con 1 bit de inicio, 1 bit de paridad y 1 bit de parada; velocidad de transmisión de 2 KBps. Considerar que las pausas entre caracteres son constantes e iguales a 5 ms.
 - b) Una transmisión sincrónica con un carácter de sincronismo, 1 carácter de inicio de bloque, 1 carácter de fin de bloque y 1 carácter para control de errores.
5. Se transmiten entre dos terminales asincrónicos 50 caracteres ASCII extendido en modo Simplex a una velocidad de 10 MBps. Cada carácter incluye 1 bit de paridad y 1 bit de parada. Si los terminales se enlazan a través de 1000 m de cable coaxial y la velocidad de propagación es la de la luz, determinar la eficiencia del sistema.



7. GENERACIÓN DE SEÑALES CONTINUAS Y DISCRETAS.

REPRESENTACIÓN JERÁRQUICA DE UN MODELO DE COM. DIGITALES:

Para reducir la complejidad de un modelo, se lo suele representar en forma jerárquica (en **bloques funcionales llamados SUBSISTEMAS**) de modo que se facilita su **estudio** (“divide y vencerás”) y **simulación** (se disminuye la carga computacional). **Para el caso de un sistema de comunicaciones:**



Tópicos a cubrir en cuanto a señales (fuentes):

- **Clasificación de fuentes de información.**
- **Discretización de señales (teorema del muestreo)**
- **Generación de señales discretas.**
- **Análisis espectral: componentes de frecuencia de una señal discreta**
- **Filtros digitales.**

TEORÍA DE FUENTES DE INFORMACIÓN

TIPOS DE FUENTES DE INFORMACIÓN:

- A) POR SUS CARACTERÍSTICAS ESTADÍSTICAS
- B) POR SU COMPORTAMIENTO EN EL TIEMPO

A) POR SUS CARACTERÍSTICAS ESTADÍSTICAS:

A1) DETERMINISTAS: no tienen incertidumbre, sus valores son conocidos.

En la naturaleza, casi no hay nada que sea determinista.

A2) ESTOCÁSTICAS O ALEATORIAS: su incertidumbre es caracterizada por su Función de Distribución de Probabilidad (FDP) o por sus momentos estadísticos (media, varianza, skewness y kurtosis).

Casi todo en la naturaleza tiende a ser estocástico y por tanto, todos nuestros estudios deberíamos orientarlos hacia este campo.

B) POR SU COMPORTAMIENTO EN EL TIEMPO:

B1) CONTINUAS (ANALÓGICAS):

Corresponde a la mayoría de los fenómenos y mediciones de la naturaleza. Puede tomar cualquier valor real.

B2) DISCRETAS: para poder procesar las señales analógicas utilizando el **computador**, es necesario DISCRETIZARLAS. **Tomamos solo ciertos valores de la señal continua** (teorema del muestreo).

Entonces la señal resultante tendrá un valor finito de puntos (**señal discreta**).

CASO ESPECIAL: BINARIAS (SOLO DOS NIVELES): en el caso de comunicaciones digitales, es usual utilizar solo dos niveles (1L y 0L). En este caso se denomina **señal discreta binaria**.

En el resto del curso solo consideraremos señales discretas.

Tópicos a cubrir en cuanto a señales (fuentes):

- Clasificación de fuentes de información.
- **Discretización de señales (teorema del muestreo)**
- **Generación de señales discretas.**
- **Análisis espectral: componentes de frecuencia de una señal discreta**
- **Filtros digitales.**

DISCRETIZACIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS:

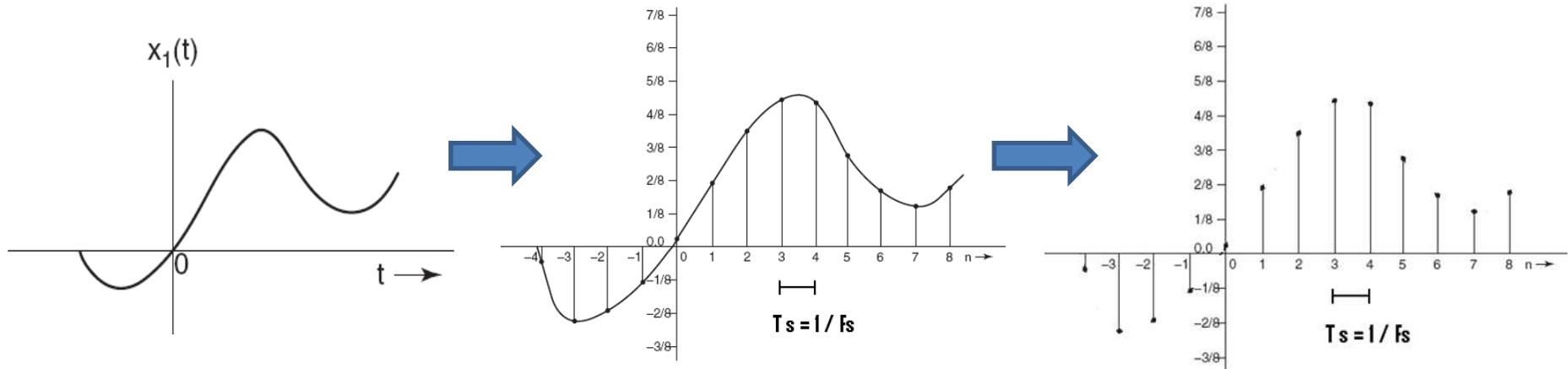
Ya que la **simulación la realizamos con el computador**, necesitamos discretizar la señal analógica. Por esta razón, solo tomamos los valores de la señal analógica cada cierto tiempo llamado **período de muestreo** (la inversa de la frecuencia de muestreo).

Veremos ahora los fundamentos de la **discretización** de señales analógicas:

Señal analógica

Toma de muestras cada T_s segundos

Señal discreta



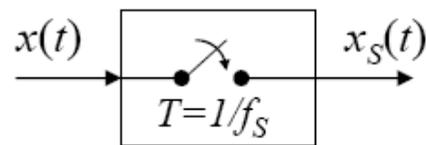
1. ¿Cada cuanto tiempo debo tomar las muestras de modo que pueda ver **qué componentes de frecuencia** tiene la señal?

Teorema de muestreo: F_s debe ser mayor o igual a $2 * F_{max}$

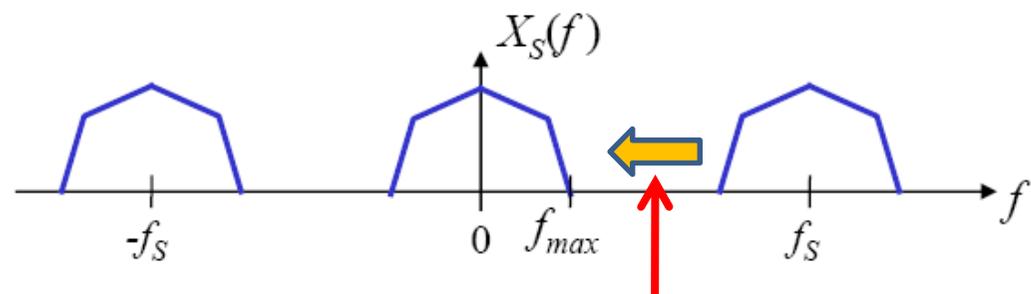
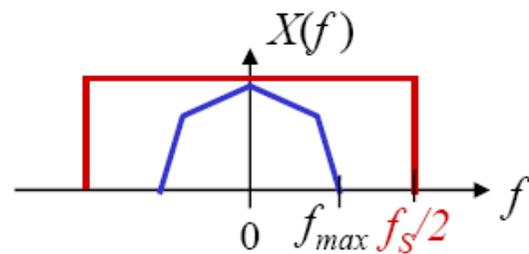
2. ¿Cada cuanto tiempo debo tomar las muestras de modo **que pueda recuperar la forma de onda** que tuvo la señal?

Teorema de muestreo: F_s debe ser mucho mayor que $2 * F_{max}$ (**$10 * F_{max}$**)

Deducción del teorema de muestreo:



$$x_s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(t)\delta(t-nT)$$
$$\begin{array}{c} TF \\ \downarrow \end{array}$$
$$X_s(f) = \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} X(f-nf_s)$$



- **Teorema de Muestreo: No solapamiento si $f_s > 2f_{max}$**
- Para asegurar → **filtro antisolapamiento**
- El muestreo **NO** introduce **Error**
 - Salvo la posible distorsión en banda del filtro antisolapamiento

Tópicos a cubrir en cuanto a señales (fuentes):

- Clasificación de fuentes de información.
- Discretización de señales (teorema del muestreo)
- **Generación de señales discretas.**
- **Análisis espectral: componentes de frecuencia de una señal discreta.**
- **Filtros digitales.**

GENERACIÓN Y/ O ANÁLISIS DE SEÑALES DISCRETAS CON EL PC:

Procedimiento general para generar, visualizar y escuchar (si está en el rango audible) una señal DETERMINISTA o ESTOCÁSTICA discretas:

1. **Frecuencia máxima:** La señal está generalmente compuesta por varias componentes de frecuencia. Debemos coger la componente de máxima frecuencia: F_{max}

Ejemplo: una señal compuesta por dos tonos: uno de 50 Hz y otro de 120 Hz

$F_{max} = 120$; Si escogemos una frecuencia inferior a esta, aparecerán frecuencias falsas. Este fenómeno de denomina aliasing.

Si es una señal estocástica y no conocemos su F_{max} , nosotros debemos limitar dicha F_{max} por medio de un filtro (denominado antialiasing).

2. **Frecuencia de muestreo (F_s) :**

a) Si nos interesa analizar la información en frecuencia:

Teorema del muestreo: Para que la señal original pueda ser correctamente analizada en frecuencia, se la debe muestrear con una frecuencia de muestreo (F_s) **mayor o igual a 2 veces la F_{max}** contenida en la señal.

A mayor valor, no ganamos nada en la determinación de las componentes de frecuencia.

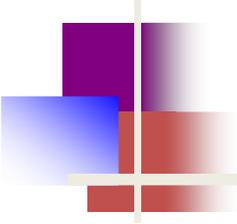
b) Si nos interesa analizar o recuperar la información de forma de onda: al menos muestrear a $F_s = 10 * F_{max}$;

3. **Base de tiempos:** $t = (\text{tiempo de inicio} : 1/F_s : \text{tiempo de fin})$: **$t = 0:1/F_s:1$;**

3. **La función:** **$y = \sin(2 * \pi * 50 * t) + 2 * \sin(2 * \pi * 120 * t)$; Si es estocástica, tendremos su registro.**

4. **Gráfico temporal:** **plot (t , y) o stem para no olvidar que estamos trabajando con señales discretas.**

5. **Escuchar el vector Y como sonido generado a una F_s :** sound (vector, F_s): **sound (y, F_s)**



RELACIÓN SEÑAL A RUIDO

- **Señal:** onda o señal de interés: nuestra señal a transmitir
- **Ruido:** todo lo demás que se introduce aleatoriamente
- Cálculo de la relación señal a ruido (dB): $SNR = 10 \log \left(\frac{\text{Signal}}{\text{Noise}} \right)$
- Relación señal a ruido (en escala lineal): $SNR_{\text{linear}} = 10^{\text{dB} / 10}$

Ejemplos:

10 dB: valor RMS de la señal es 10 veces el valor RMS del ruido ($10^{10/10}$)

-10 dB: valor RMS de la señal fue 1/10 del valor RMS del ruido.

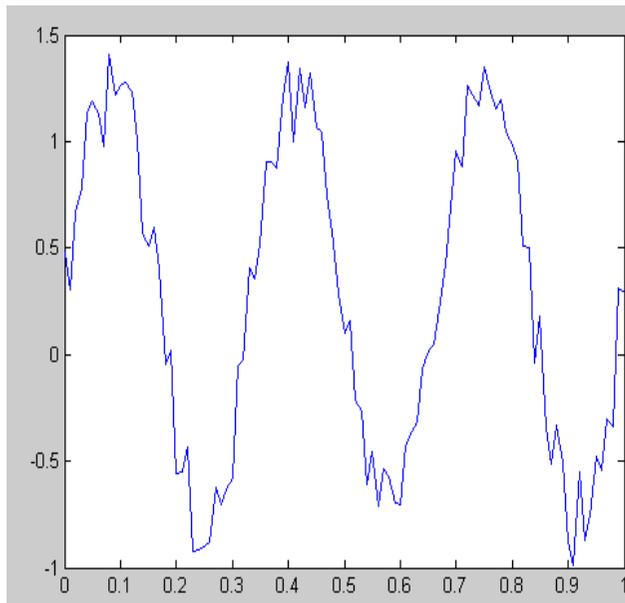
Ejemplos: **rand** (números randómicos **uniformemente distrib.**)

3dB: ($10^{(3/10)} = 1.99$)

```
close all;  
clear all;
```

```
Fs = 100;  
t = 0:1/Fs:1;  
y1 = sin(2*pi*t*3)+rand(size(t))/1.99;  
plot(t,y1)
```

ES VISIBLE

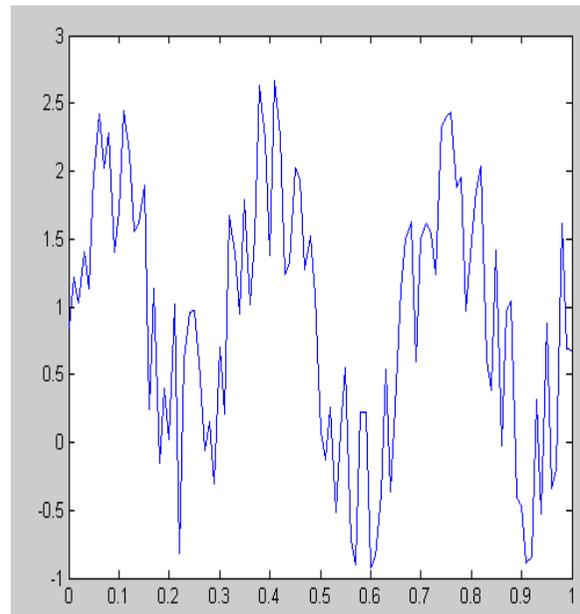


-3dB: ($10^{(-3/10)} = 0.5012$)

```
close all;  
clear all;
```

```
Fs = 100;  
t = 0:1/Fs:1;  
y1 = sin(2*pi*t*3)+rand(size(t))/ 0.5012;  
plot(t,y1)
```

ALGO VISIBLE

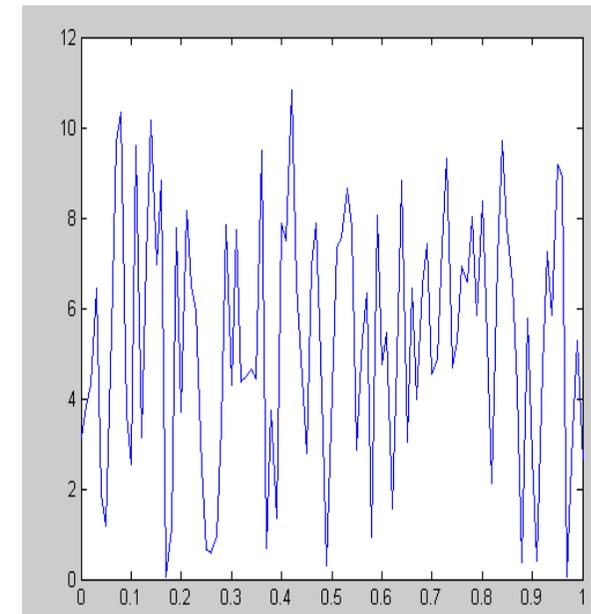


-10 dB: $10^{(-10/10)} = 0.1$

```
close all;  
clear all;
```

```
Fs = 100;  
t = 0:1/Fs:1;  
y1 = sin(2*pi*t*3)+rand(size(t))/ 0.1;  
plot(t,y1)
```

YA NO ES VISIBLE



Tópicos a cubrir en cuanto a señales (fuentes):

- Clasificación de fuentes de información.
- Discretización de señales (teorema del muestreo)
- Generación de señales discretas.
- **Análisis espectral: componentes de frecuencia de una señal discreta.**
- **Filtros digitales.**