

# Capa Física

Redes de Computadores

FIEC04705

Sesión 03

# Agenda

- Terminología
- Señales
- Transmission impairments
- Codificación de señales
- Conversión de digital a analógico

# Terminología

# Terminología

- **Señal análoga:** Una onda continua que cambia delicadamente a través del tiempo.
- **Señal digital:** Una señal discreta con un número de valores limitados.

# Señales

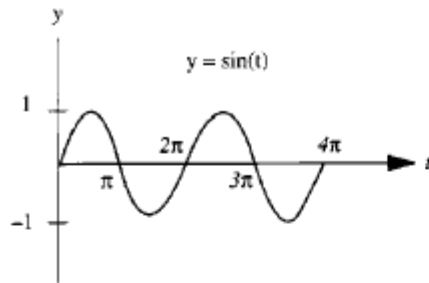
# Señales

- La transmisión de datos sobre un medio de comunicación es modelado a través de señales.
- La información puede ser transmitida en cables variando alguna propiedad física tal com voltaje o corriente.
- Las variaciones de modelos de señales son representadas como funciones de tiempo con una o más variables independientes.
- Existen señales analógicas y digitales.

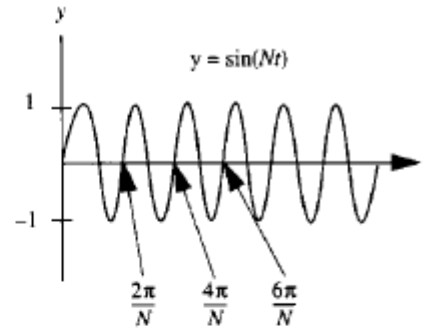
# Señales analógicas

- Señal continua formada por continuas variaciones de **niveles de voltaje**.
- Usualmente son representadas por funciones sinusoidales.
- Caracterizadas por:
  - **Periodo (T)**: La señal es periódica si repite un continuamente un patrón. El periodo es el tiempo para completar un patrón.
  - **Frecuencia (f)**: El número de veces que la señal oscila por unidad de tiempo [ciclos por segundo]  **$f = 1/T$**
  - **Amplitud**: Los valores entre los cuales la señal oscila.
  - **Fase**

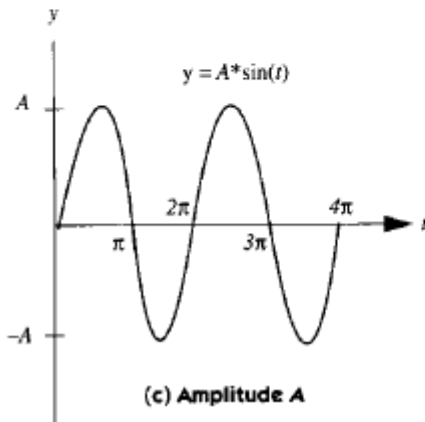
# Señales analógicas



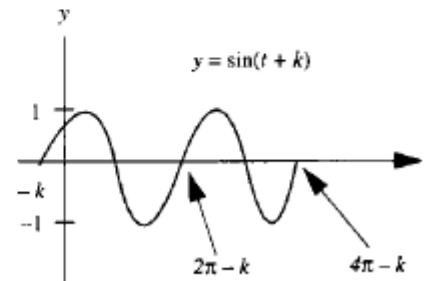
(a) Period  $2\pi$



(b) Period  $\frac{2\pi}{N}$



(c) Amplitude  $A$

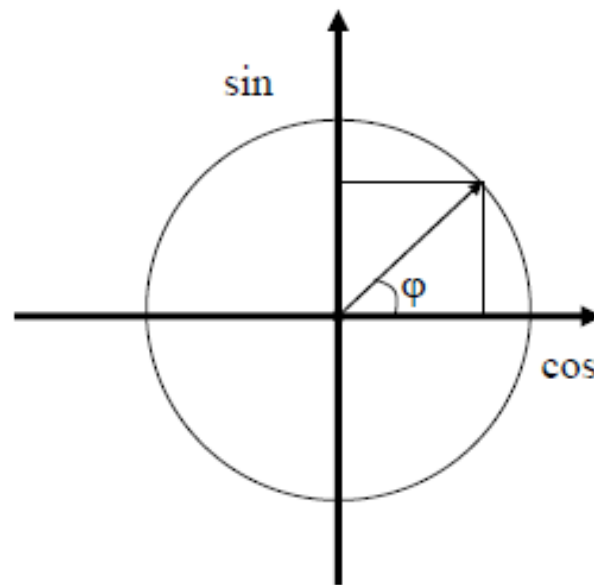


(d) Phase Shift  $k$



# Señales analógicas

- $f(t) = a \sin(\omega t + \phi)$
- $\phi/t = \omega$  rad/seg [velocidad angular]
- $\text{radianes} = (\text{grados} * \pi)/180$



# Señales analógicas

- $2 \pi / T = \text{velocidad angular} = \omega_0$
- $f_0 = 2 \pi / \omega_0$  frecuencia fundamental
- Hz (número de ciclos completos por segundo)

# Señales digitales

- Un valor de voltaje constante por un corto tiempo y luego cambiarlo a un valor diferente de voltaje.
- Datos codificados digitalmente  $\leftrightarrow$  señales digitales [0,1 – bajo, alto voltaje]
- Esquemas de codificación digital:
  - Non-Return-to-Zero (NRZ)
  - Manchester Encoding
- Unipolar ( $0 \rightarrow V$ ) vs. Bipolar ( $-V \rightarrow +V$ )

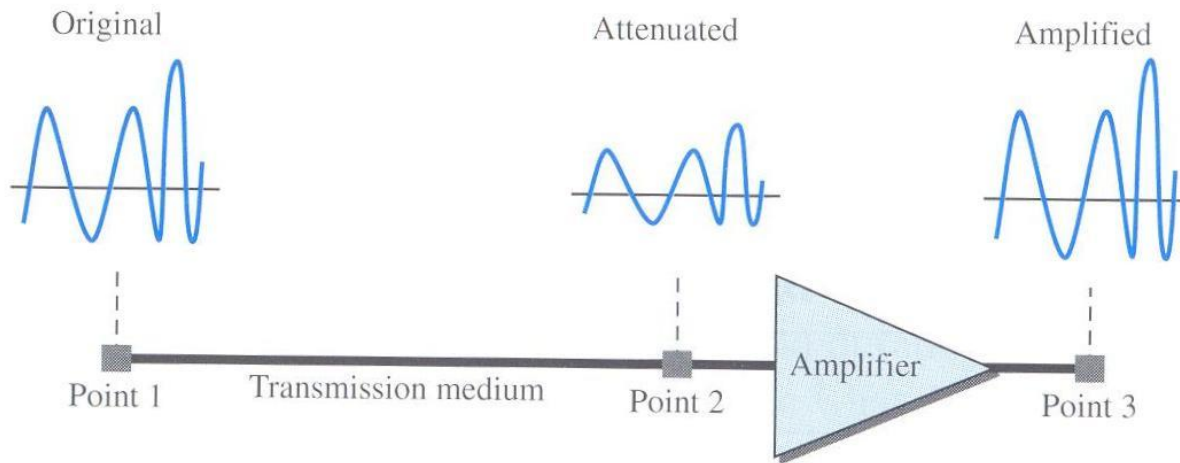
# Transmission impairments

# Transmission impairments

- **Transmission impairments:**
  - **Atenuación** significa pérdida de energía. Para mostrar que una señal ha perdido o ganado fuerza se usa la unidad del **Decibel (dB)**
  - **Distorsión** significa que la señal cambia su forma o figura. Puede ocurrir en una señal compuesta por diferentes frecuencias. Cada componente de señal tiene su propia velocidad de propagación a través del medio y por lo tanto su propio retardo en arribar al destino final.
  - **Ruido** puede corromper la señal. Algunos tipos son: ruido termal, ruido inducido, crosstalk y ruido de impulso. (**Signal-to-Noise Ratio** o SNR)
- Página 80 del libro de Forouzan

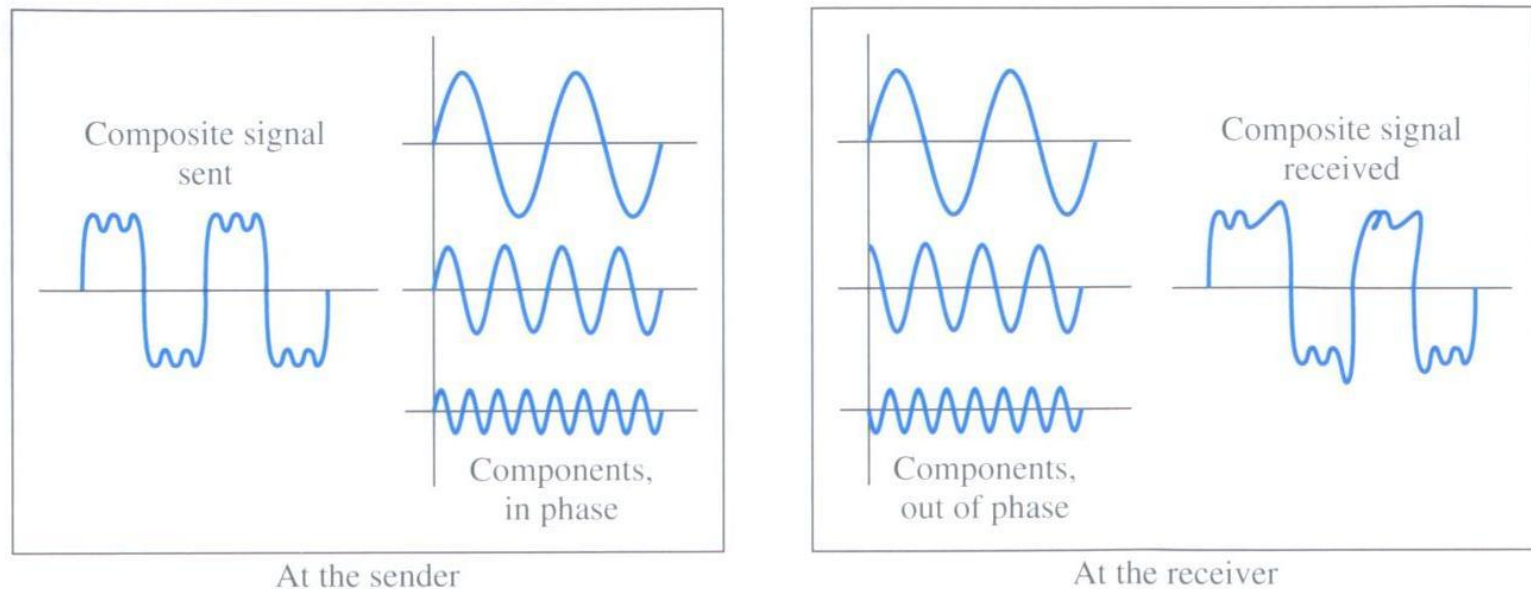
# Transmission impairments

**Figure 3.26** *Attenuation*



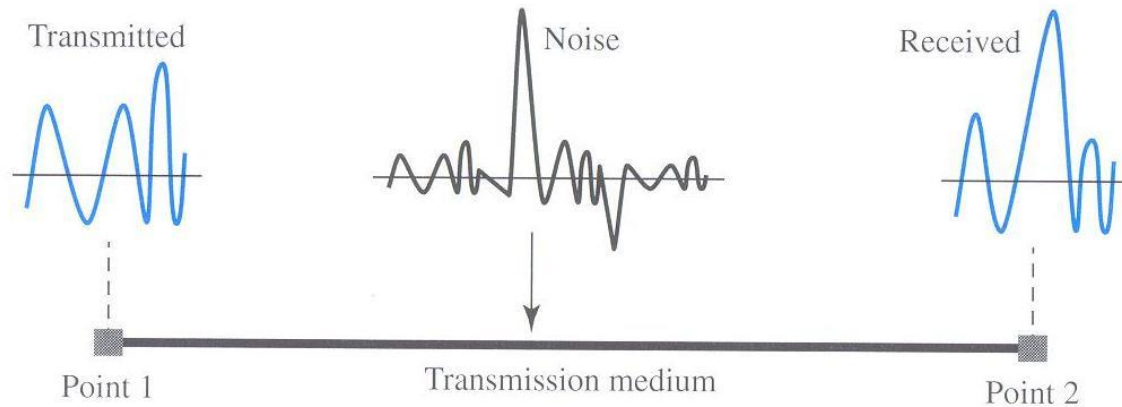
# Transmission impairments

**Figure 3.28** *Distortion*



# Transmission impairments

**Figure 3.29** *Noise*

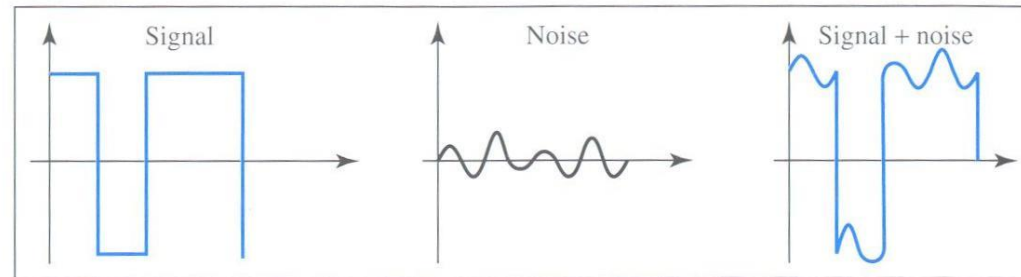




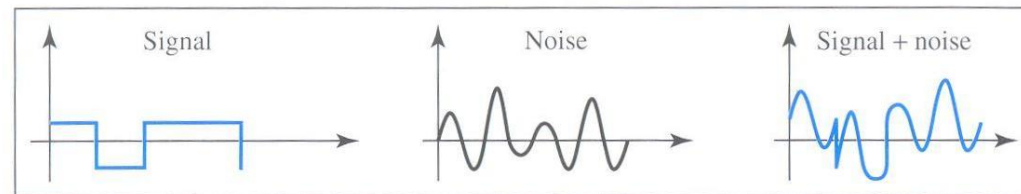
# Transmission impairments

- **Signal-to-Noise Ratio [SNR]** es la relación entre la potencia promedio de la señal y la potencia promedio del ruido.

**Figure 3.30** *Two cases of SNR: a high SNR and a low SNR*



a. Large SNR



b. Small SNR

## Codificación de señales

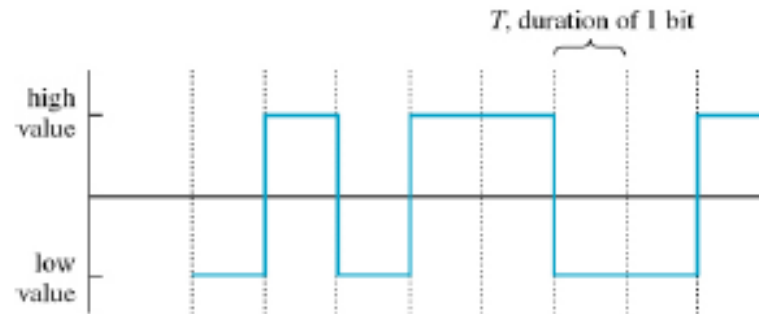
# Codificación NRZ

- Un 0 es transmitido elevando el nivel del voltaje a alto; y un 1 bajando el nivel de voltaje a bajo.
- El nombre NRZ se refiere al hecho que el voltaje no regresa a cero, cambia solo cuando el valor del bit cambia.
- **Problema:** valores de señal constante no pueden sincronizar dispositivos de comunicación.

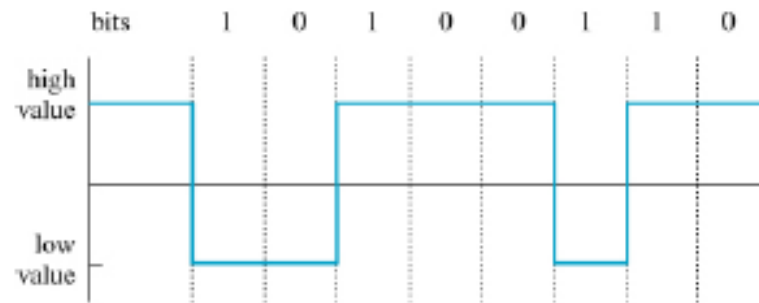
# Codificación NRZ

- **NRZ-I:** El cambio o ausencia de cambio en el nivel de voltaje determina el valor del bit. Si no hay cambio, el bit es 0; si hay cambio el bit es 1.

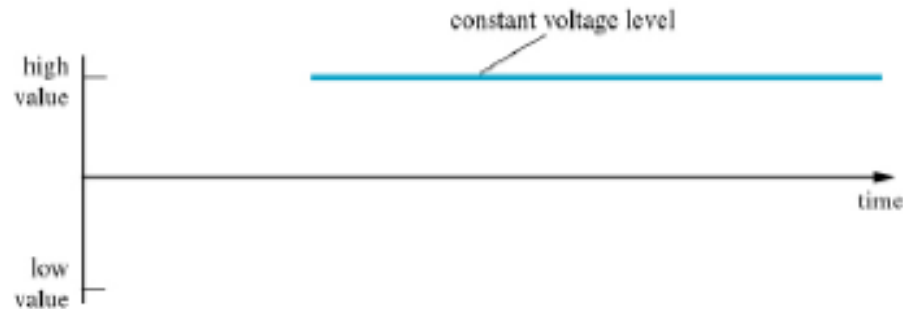
# Codificación NRZ



(a) NRZ encoding



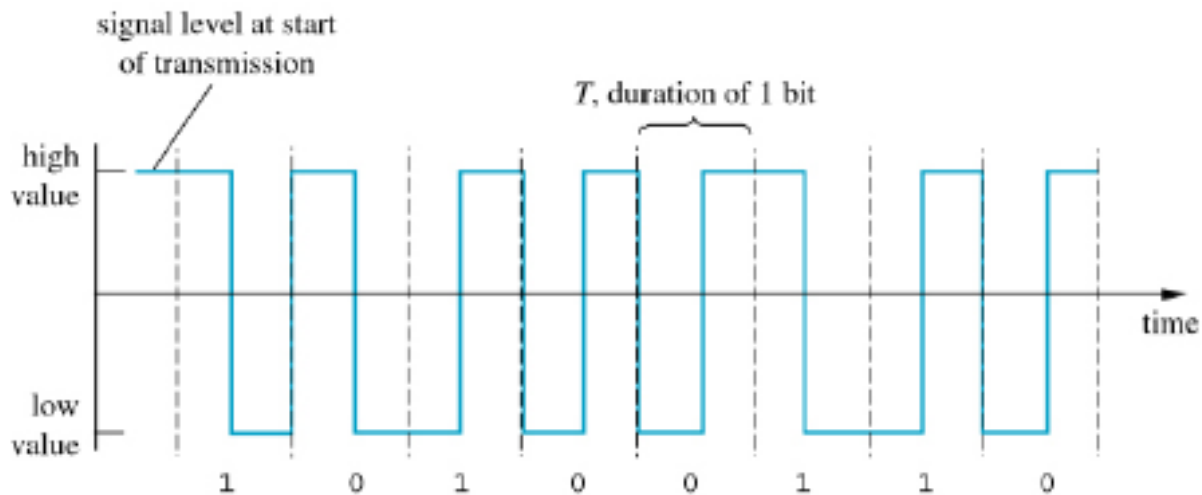
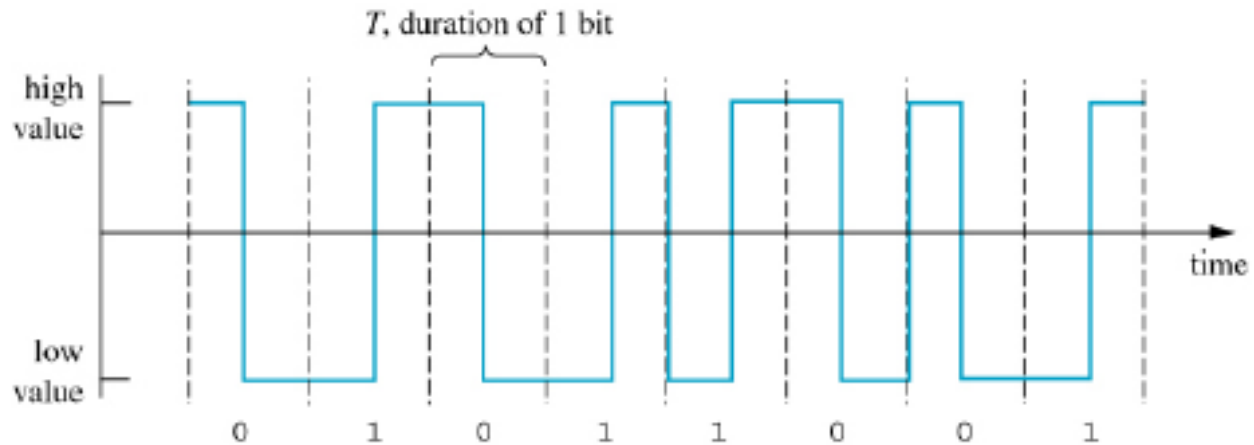
(b) NRZI encoding



# Codificación Manchester

- Usa cambios de señal para transmitir un bit y conseguir sincronización sin referenciar a un reloj externo.
- **Problema:** Se requiere el doble del ancho de banda que en NRZ.
- **Variación:**                      Codificación                      Manchester  
Diferencial
  - 0s y 1s son distinguidos si hay un cambio en la señal al inicio de un intervalo de bits (solo el 0 provoca cambios)

# Codificación Manchester



# Análisis de Fourier

- Jean Baptiste Fourier: Cualquier **señal periódica** está conformada por una **serie infinita** de **componentes** de frecuencia **sinusoidal**.
- El periodo de la señal determina la **frecuencia fundamental**.
- Los otros componentes tienen frecuencias que son múltiplos de esta y son conocidos como **armónicas** de la fundamental.

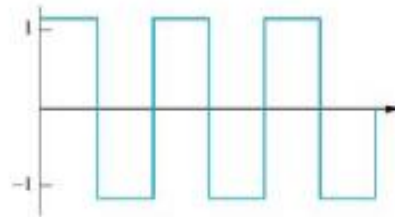


# Análisis de Fourier

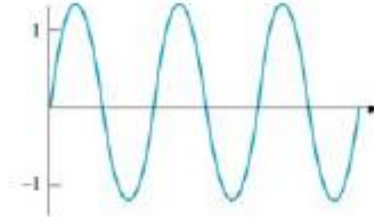
- **Frecuencia fundamental:** La frecuencia de la onda sinusoidal dominante de una señal compuesta.
- **Armónicas:** Componentes de una señal digital, cada una con una diferente amplitud, frecuencia y fase.

# Análisis de Fourier

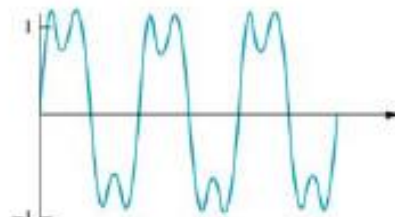
$$b_i = \begin{cases} 0 & \text{if } i \text{ is even} \\ \frac{4}{i\pi} & \text{if } i \text{ is odd} \end{cases}$$



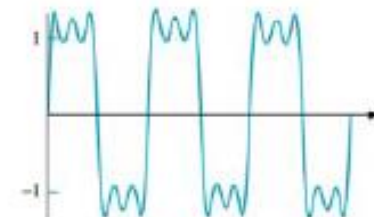
(a) Graph of  $s(t)$



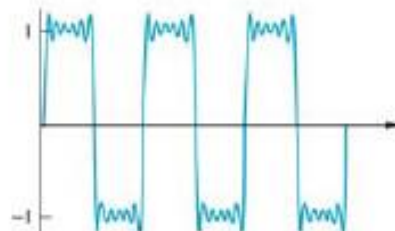
(b) 1-term Fourier approximation to  $s(t)$



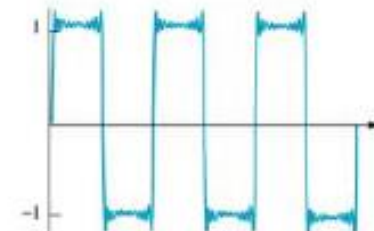
(c) 3-term Fourier approximation to  $s(t)$



(d) 5-term Fourier approximation to  $s(t)$



(e) 11-term Fourier approximation to  $s(t)$



(f) 21-term Fourier approximation to  $s(t)$

# Bandwidth

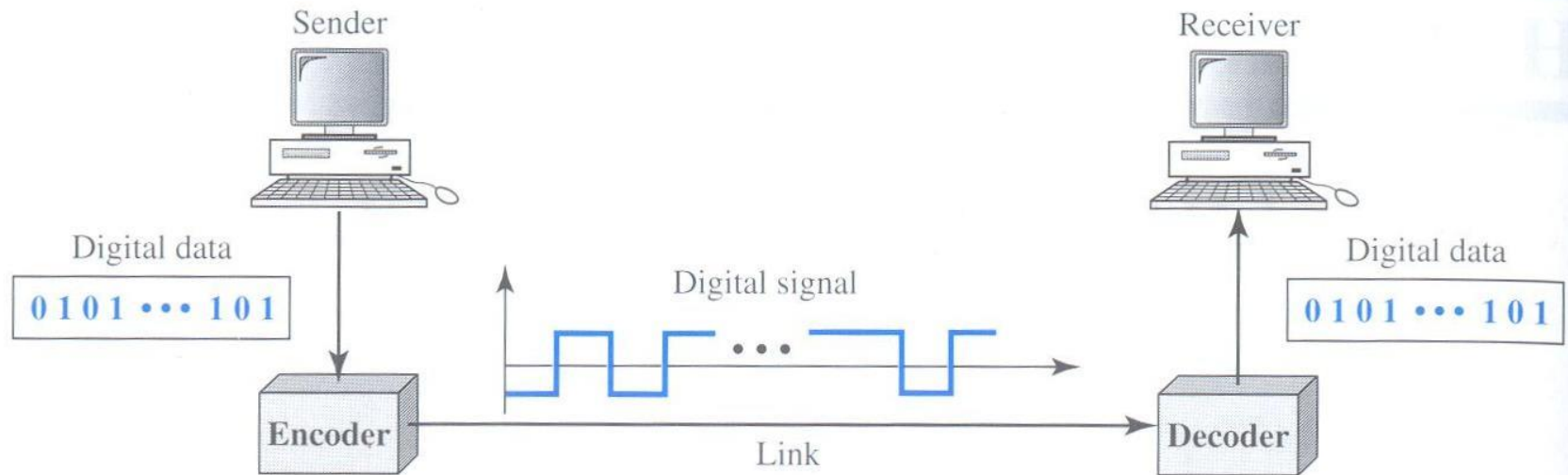
- **Cómo se relaciona el análisis de Fourier al ancho de banda y redes de computadores?**
- **Bandwidth:** Es el rango de componentes de frecuencias sinusoidales que pueden ser transmitidos por un canal (Hz).
- **Es una propiedad física del canal (medio).**
- Transmitir una señal compleja sobre un canal es lo mismo que aproximar la función utilizando **algunas** de las armónicas de Fourier.

# Bandwidth

- Se mide el ancho de banda en bps [bits por segundo]?
- **No.** Eso es data rate.
- Sin embargo, un importante resultado en la teoría de comunicaciones relaciona bandwidth con data rate.
- En pocas palabras, cuanto mayor sea el ancho de banda, mayor es la velocidad de datos.
- El teorema de Nyquist relaciona el ancho de banda con la velocidad de datos.

# Elemento de señal vs. elemento de dato

**Figure 4.1** *Line coding and decoding*

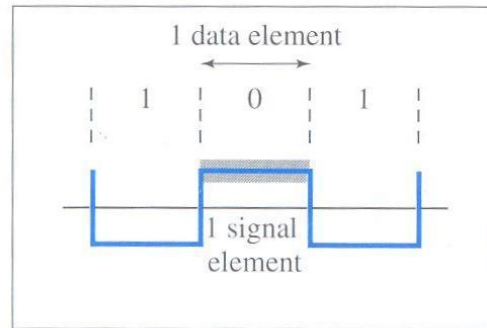


# Elemento de señal vs. elemento de dato

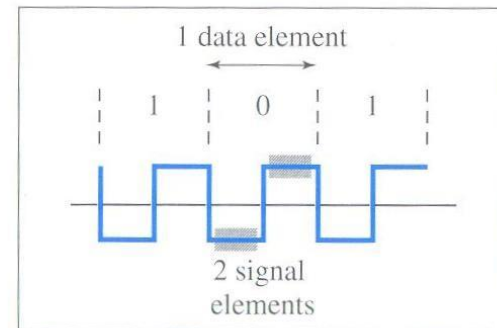
- Elemento de dato es la más pequeña unidad de información a ser intercambiada.
- Elemento de señal es la más pequeña unidad de una señal que es constante.

# Elemento de señal vs. elemento de dato

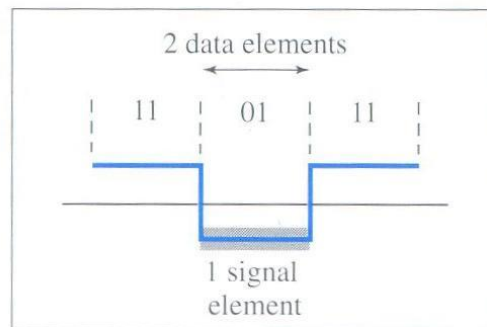
**Figure 4.2** *Signal element versus data element*



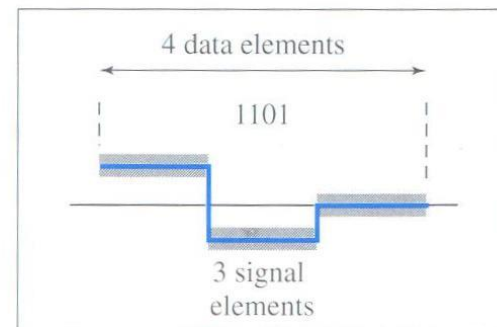
**a.** One data element per one signal element ( $r = 1$ )



**b.** One data element per two signal elements ( $r = \frac{1}{2}$ )



**c.** Two data elements per one signal element ( $r = 2$ )



**d.** Four data elements per three signal elements ( $r = \frac{4}{3}$ )

# Teorema de Nyquist

- **Baud:** El números de cambios de señal por segundo, es decir, la frecuencia con la cual cambian los componentes de la señal.
- **data rate = baud rate \* n** (n representa los bits por componentes)
- n es determinada por la frecuencia de modulación utilizada.



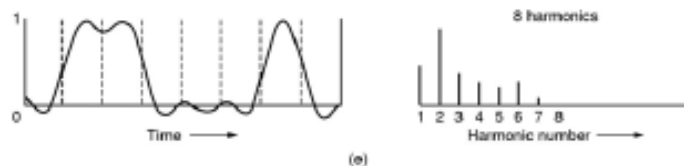
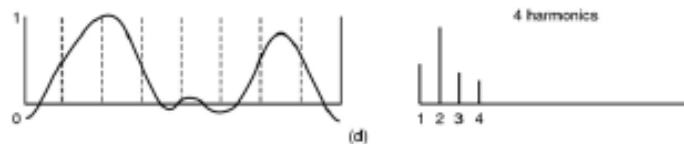
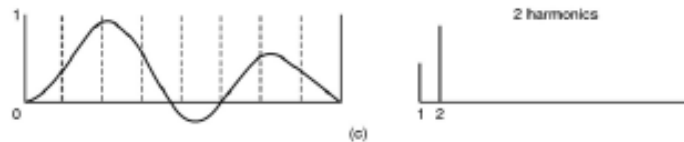
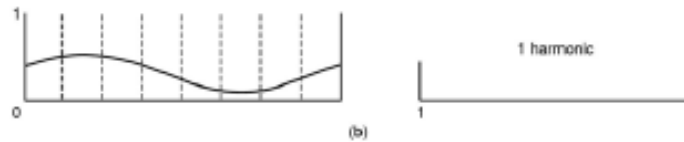
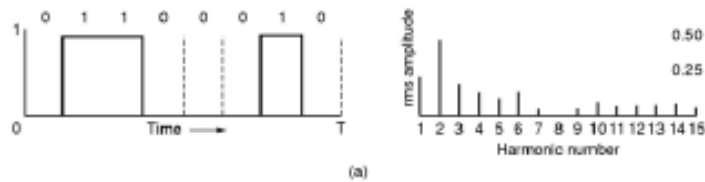
# Teorema de Nyquist

- **Bit rate** es el número de bits por segundo.
- **Baud rate** es el número de elementos de señal por segundo.
- En transmisiones **analógicas** de datos **digitales**, el **baud rate** es menor o igual que el **bit rate**.

# Teorema de Nyquist

- Si  $f$  es la frecuencia máxima a la que el medio puede transmitir, el receptor puede reconstruir una señal tomando muestras  $2*f$  veces por segundo [Nyquist, 1920].
- Dado que cada muestra transmite  $n$  bits:
  - Maximum data rate =  $2fn = 2f \log_2 V$ , donde  $f$  es la máxima frecuencia transmitida y  $V$  es el número de componentes de la señal.

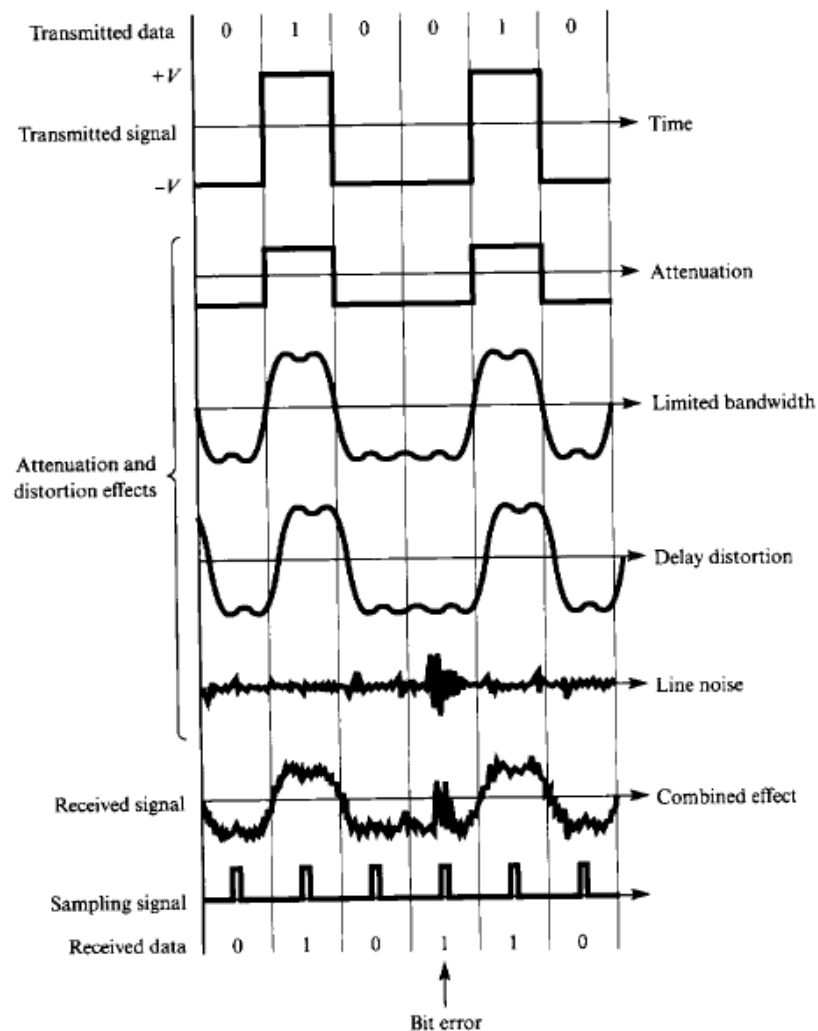
# Teorema de Nyquist



# El resultado de Shanon

- Dada una máxima frecuencia, existe un límite para el data rate?
- Sí, el límite viene dado por:
  - Atenuación de la señal
  - Ruido (Signal-to-noise-Ratio SNR)
  - Max.  $N = f \cdot \log_2(1 + S/N)$ ; Shanon, 1940

# El resultado de Shanon

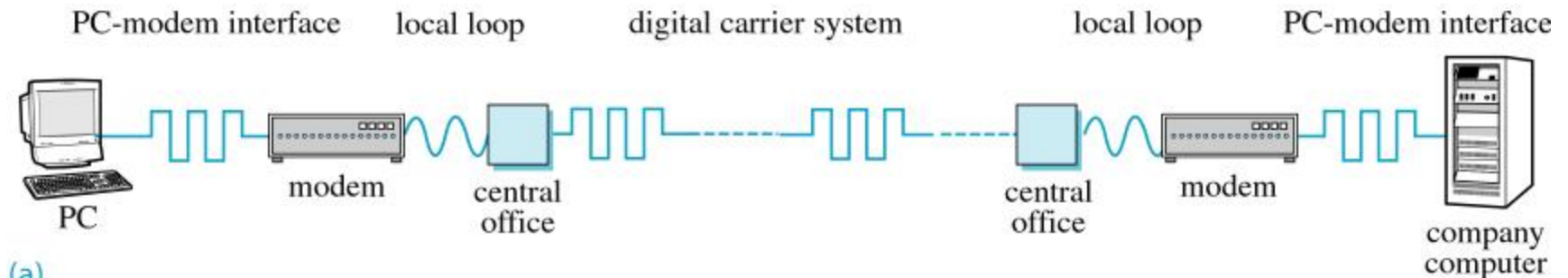


# Comunicaciones en distancias largas

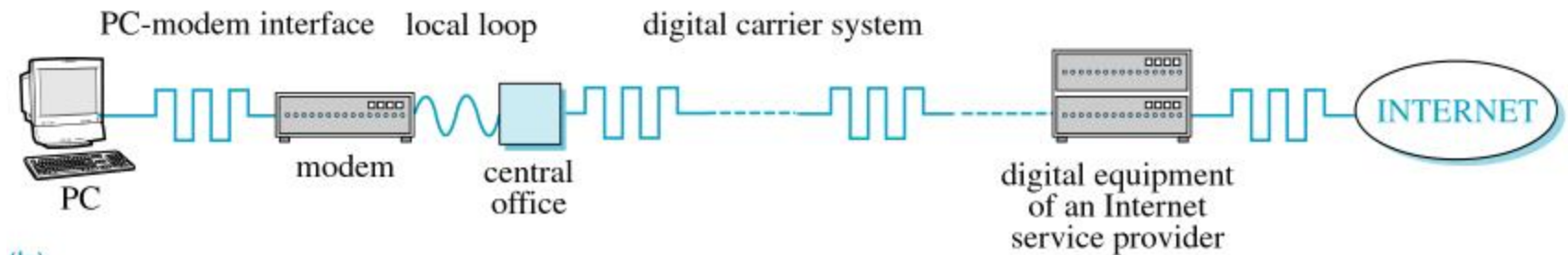
# Comunicaciones en distancias largas

- Una mezcla de dispositivos de comunicaciones usando señales analógicas y digitales.
- **Sistemas analógicos:** Conversión de digital a analógico. (modems)
  - Amplitude Shift Keying (Amplitude Modulation)
  - Frequency Shift Keying (Frequency Modulation)
  - Phase Shift Keying (Phase Modulation)
  - Multilevel Modulation methods
- **Sistemas digitales:** Conversión de analógico a digital.
  - Pulse Code Modulation
  - Delta Modulation

# Comunicaciones en distancias largas



(a)



(b)



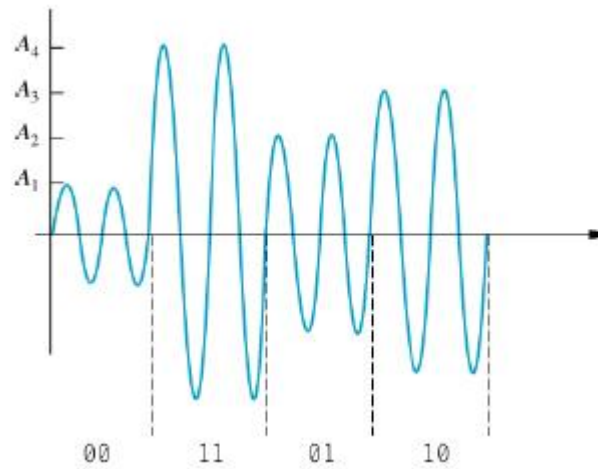
# Modulación/Demodulación

- **Carrier** (portadora): una señal analógica cuyas características [amplitud, frecuencia, fase] pueden cambiar de acuerdo a los valores de la señal digital.
- La señal digital es efectivamente *portada* por la señal analógica.
- La portadora es seleccionada para estar dentro del ancho de banda del medio.
- Matemáticamente, la operación de modulación (AM, FM, PM) es equivalente a multiplicar la señal portadora con la señal digital.

## Conversión de digital a analógico

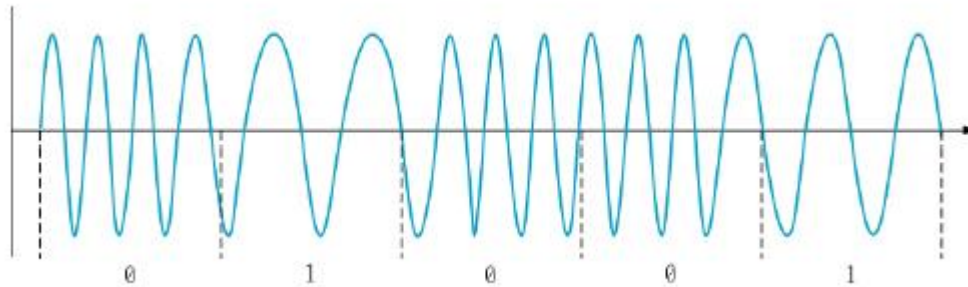
# Amplitude Shift Keying [ASK]

- La amplitud de la señal portadora es variable a fin de crear los elementos de la señal.
- La frecuencia y la fase permanecen constantes mientras la amplitud cambia.



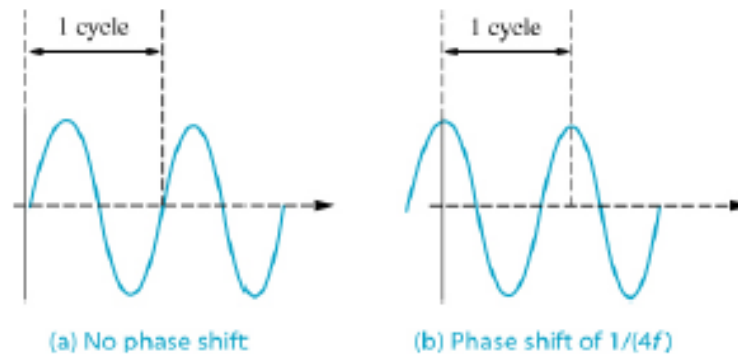
# Frequency Shift Keying [FSK]

- La frecuencia de la señal portadora es modificada para representar datos.
- La frecuencia de la señal modulada es constante durante la duración de un elemento de señal. Amplitud y fase permanecen constante para todos los elementos de señal.



# Phase Shift Keying [PSK]

- La fase de la portadora es modificada para representar dos o más diferentes elementos de señal.
- Actualmente PSK es más común que ASK, FSK.



# Multilevel Modulation methods

- Múltiples niveles de señal:
  - Modulación de amplitud con múltiples valores de señales.
  - Quadrature Phase Shift Keying (4PSK): 4 diferentes cambios de fase ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ )
  - Diferentes niveles de amplitud limitado por ruido y los otros impedimentos.
- Combinación de técnicas básicas de modulación
  - Quadrature Amplitude Modulation: cambios en amplitud y fase a la vez.
    - Diagrama de fase QAM = Diagrama de constelación

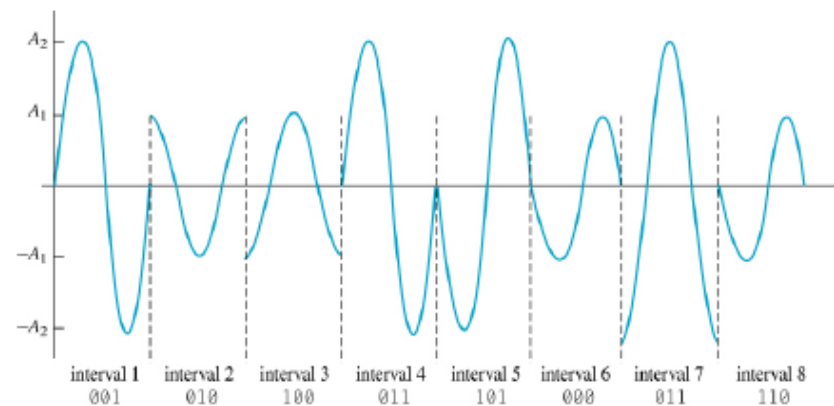
# Ejemplo de QAM

**Table 2.12** Rules for Signal Definition Using Quadrature Amplitude Modulation

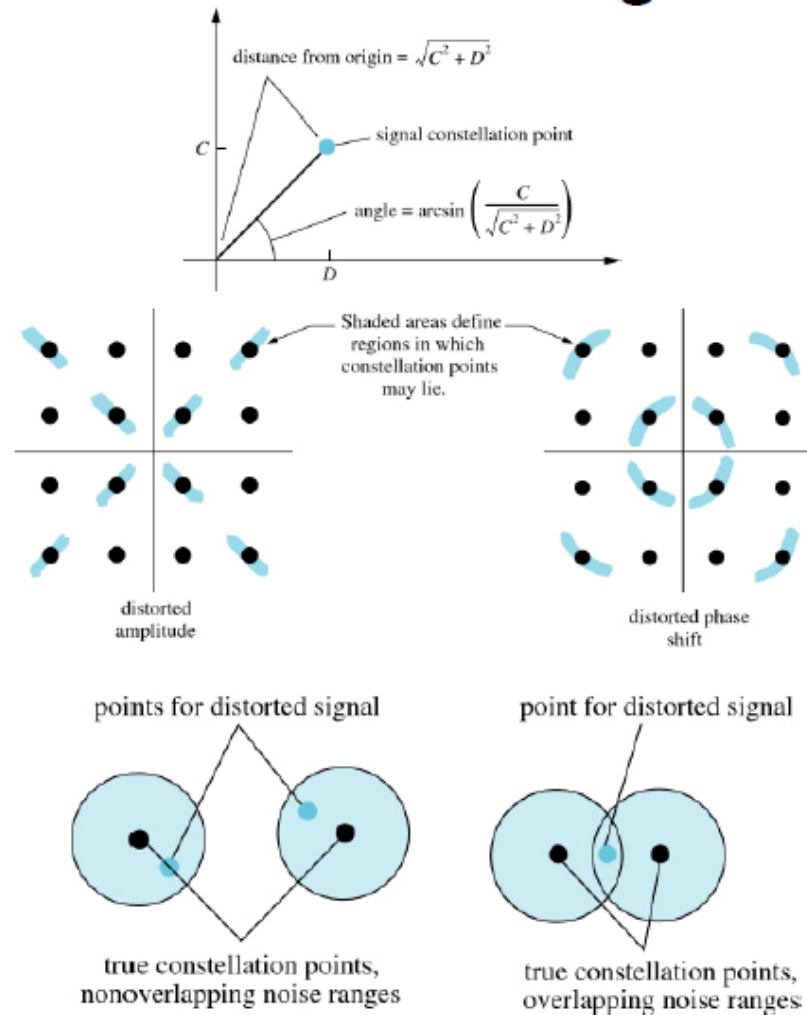
POSITION OF PREVIOUS SIGNAL	NO PHASE SHIFT	1/4 PERIOD PHASE SHIFT	2/4 PERIOD PHASE SHIFT	3/4 PERIOD PHASE SHIFT
At 0, increasing	Start at 0, increase	Start at maximum	Start at 0, decrease	Start at minimum
At maximum	Start at maximum	Start at 0, decrease	Start at minimum	Start at 0, increase
At 0, decreasing	Start at 0, decrease	Start at minimum	Start at 0, increase	Start at maximum
At minimum	Start at minimum	Start at 0, increase	Start at maximum	Start at 0, decrease

**TABLE 2.10** Signal Association for Quadrature Amplitude Modulation

BIT VALUES	AMPLITUDE OF GENERATED SIGNAL	PHASE SHIFT OF GENERATED SIGNAL
000	$A_1$	0
001	$A_2$	0
010	$A_1$	$1/(4f)$
011	$A_2$	$1/(4f)$
100	$A_1$	$2/(4f)$
101	$A_2$	$2/(4f)$
110	$A_1$	$3/(4f)$
111	$A_2$	$3/(4f)$



# Diagramas de constelación





# Puntos para recordar

- Características de una señal analógica
- Esquemas de codificación
- Frecuencia fundamental y armónicas
- Relación entre ancho de banda y velocidad de datos

# Próxima Sesión

- Conversión de analógico a digital
- Multiplexación
- Ruido
- Modos de transmisión
- Medios de transmisión