

Profundización

Señales y modulación

Señales digitales y analógicas

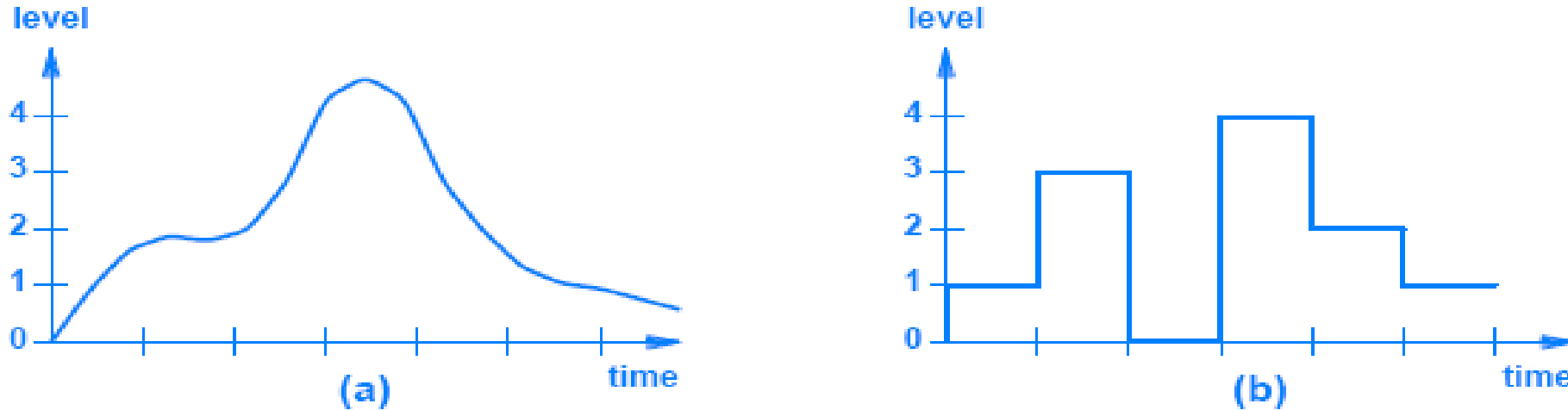


Figure 6.1 Illustration of (a) an analog signal, and (b) a digital signal.

- Las señales se pueden representar usando funciones del tiempo.
- **Tipos de información** de la comunicación de datos en la CF:
 - **señales analógicas**
 - Caracterizadas por función matemática continua. (p.ej. voz humana, radio, microondas)
 - **señales digitales**
 - Caracterizadas por cambios de niveles (niveles de voltaje).

Señales

- Otra clasificación de las señales:
 - **periódicas**
 - $s(t+T) = s(t)$ para todo $-\infty < t < \infty$.
 - **aperiódicas** (también **no periódicas**)
- Por ejemplo:
 - Fig. 6.1a de la parte 1 (aperiódica) y Fig. 6.2 filmina siguiente (periódica)

Ondas sinusoidales

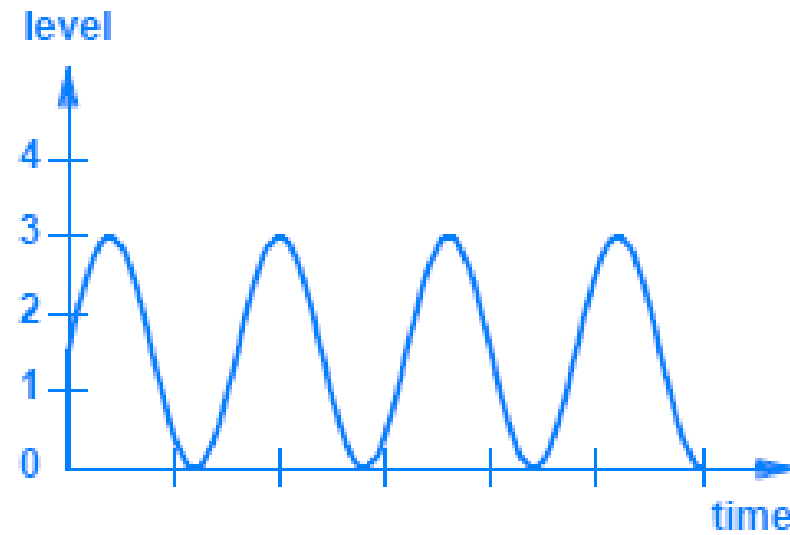


Figure 6.2 A periodic signal repeats.

Ondas sinusoidales

- Ahora estudiamos las ondas sinusoidales y sus propiedades.
- **Importancia de las ondas sinusoidales**
 - Son producidas por fenómenos naturales.
 - P. ej: los **tonos audibles** suelen ser ondas sinusoidales.
- Funciones trigonométricas **sinusoidales**
 - Especialmente el **seno**
 - **Onda sinusoidal** es $s(t) = A \sin(2\pi ft + \varphi)$, t número real.

Ondas sinusoidales

- **Propiedades de las ondas sinusoidales:**
 - **Frecuencia** = número de oscilaciones por segundo
 - **Amplitud** = diferencia entre las alturas máxima y mínima
 - **Fase** = cuánto es desplazado el comienzo de la onda sinusoidal a partir de un tiempo de referencia

Ondas sinusoidales

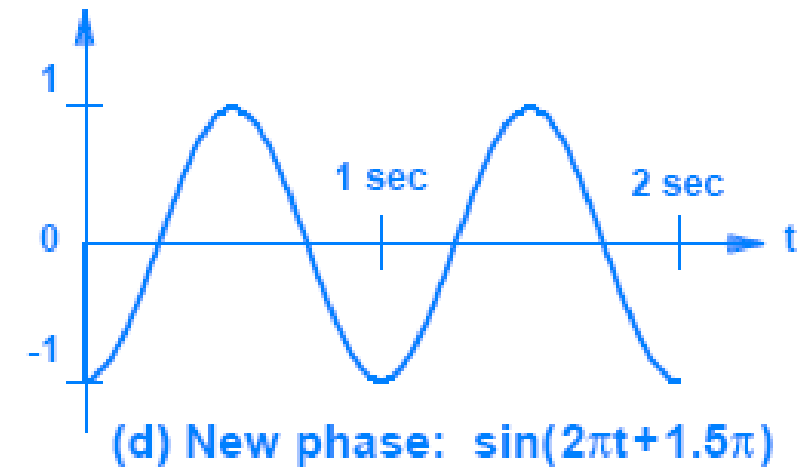
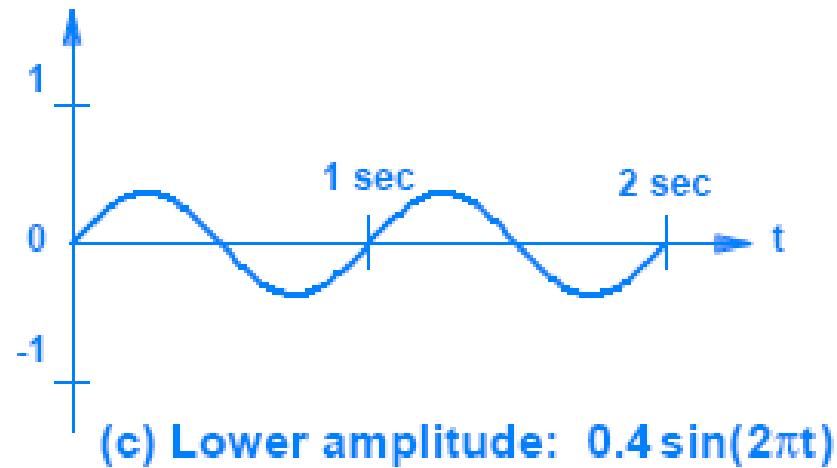
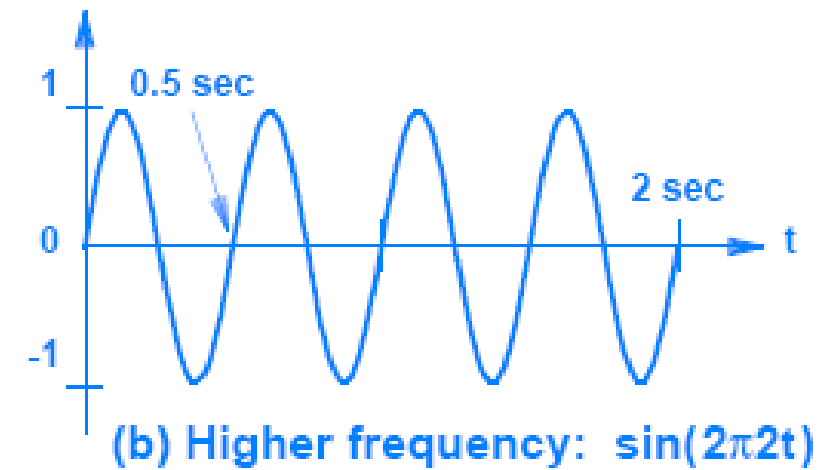
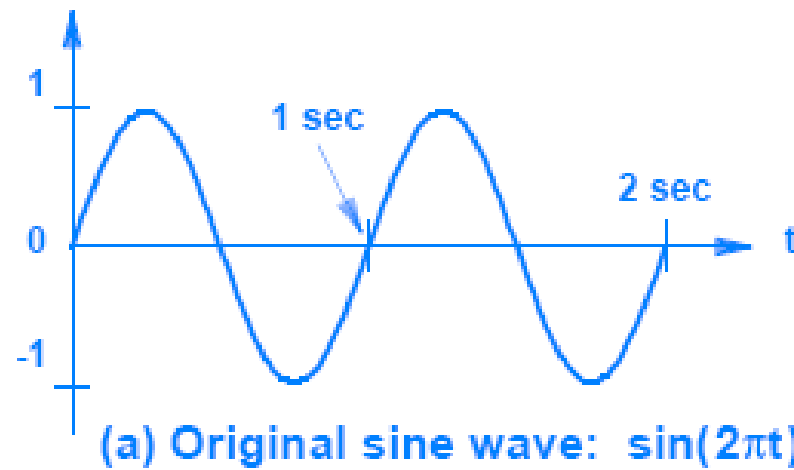


Figure 6.3 Illustration of frequency, amplitude, and phase characteristics.

Ondas sinusoidales

- El **período** (T): tiempo requerido por un ciclo.
- Frecuencia $f = 1/T$.
 - O sea, cantidad de ciclos por segundo.
- **Bajas frecuencias**
 - Fig. 6.3a: $T = 1$ segs y una frecuencia de $1/T$ o 1 Hertz.
 - Fig. 6.3b: $T = 0,5$ segs y una frecuencia es de 2 Hertz.
- Los sistemas de comunicación usan **altas frecuencias** (expresadas en millones de ciclos por segundo - **megahertz** (MHz))

Señales compuestas

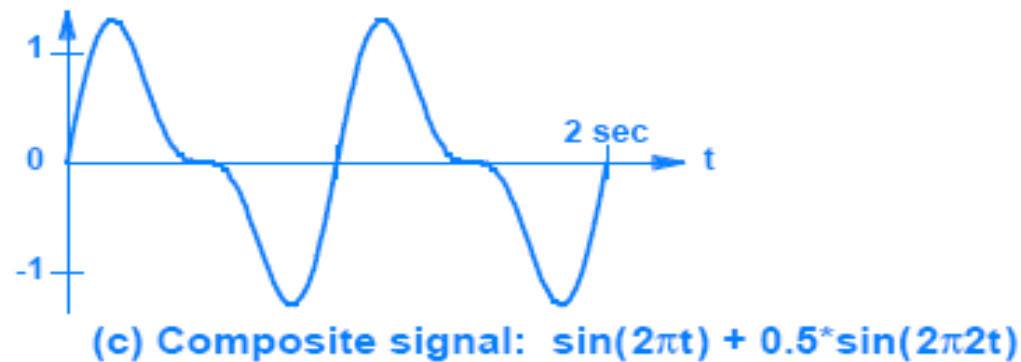
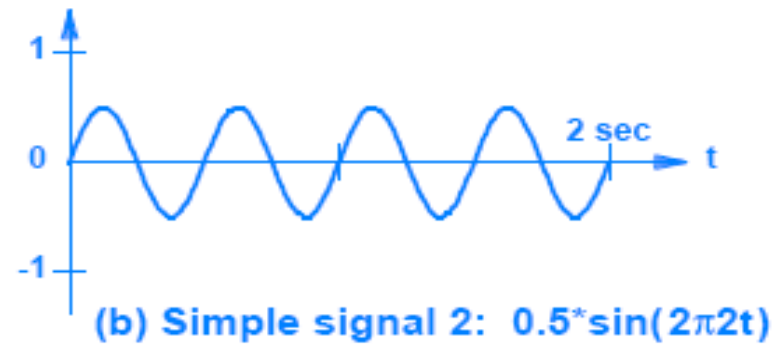
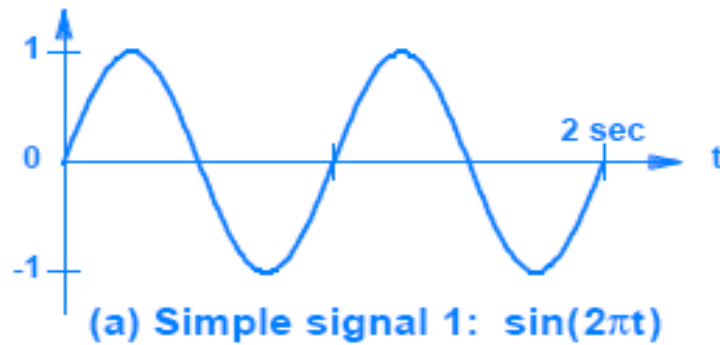


Figure 6.5 Illustration of a composite signal formed from two simple signals.

- Señales **simples** (P.ej. Fig. 6.3): una onda sinusoidal.
- Señales **compuestas** (P.ej. Fig. 6.5):
 - puede descomponerse en un conjunto de ondas sinusoidales simples.
 - Una **señal electromagnética** va a ser compuesta; además va a ser hecha de varias frecuencias.

Señales compuestas

- **Descubrimiento de Fourier**
 - Toda señal es hecha a partir de un conjunto de funciones sinusoidales (cada una con frecuencia, amplitud y fase).

Señales compuestas

- Incluso una señal digital puede aproximarse por una suma de funciones sinusoidales.

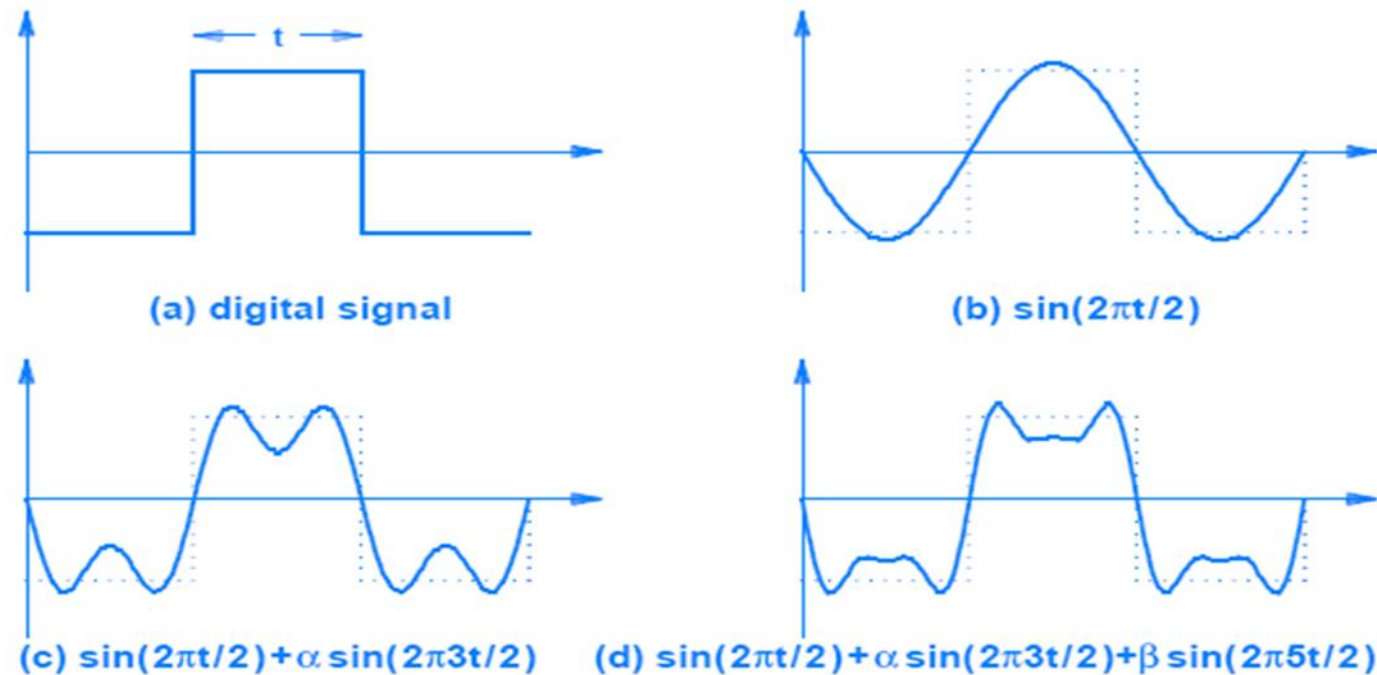


Figure 6.9 Approximation of a digital signal with sine waves.

Señales compuestas

- Si una señal compuesta es periódica, entonces las partes constitutivas son también periódicas
 - La mayoría de los sistemas usan señales compuestas para transportar información.
 - Una señal compuesta es creada en uno de los extremos y el receptor descompone la señal en sus componentes simples.

Representaciones gráficas de las señales

- Hay distintas maneras de representar gráficamente las señales.
- **Representación de dominio de tiempo (ya visto)**
 - Grafo de una señal como función del tiempo.
- **Representación de dominio de frecuencia.**
 - **Grafo de dominio de frecuencia**
 - Muestra conjunto de ondas sinusoidales simples que constituyen la función compuesta.
 - **$A \sin(2\pi ft)$** es representada por una línea simple de altura **A** que se posiciona en **$x = f$** .

Representación de dominio de frecuencias

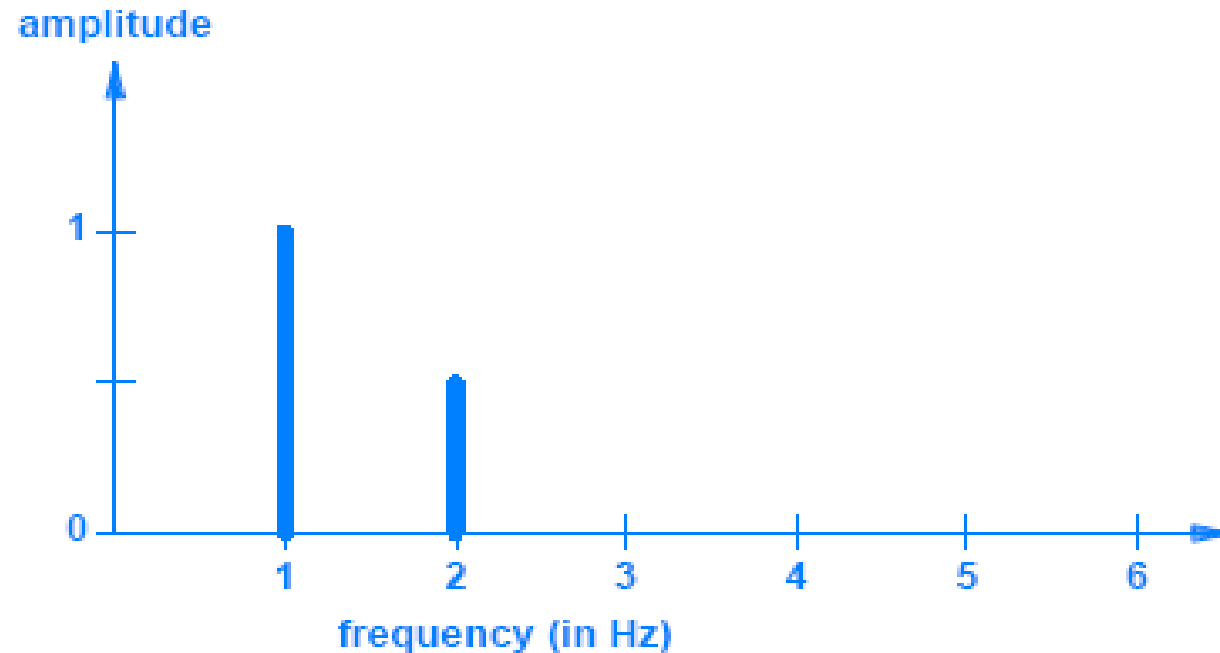


Figure 6.6 Representation of $\sin(2\pi t)$ and $0.5\sin(2\pi 2t)$ in the frequency domain.

Ejemplo: El grafo de dominio de frecuencia de la Fig. 6.6 representa una composición de Fig. 6.5c

Representación de dominio de frecuencias

- Ventajas de la representación de dominio de frecuencia: es muy compacta.
- El **espectro** de una señal = rango de frecuencias que contiene
 - Es el intervalo desde la frecuencia más chica a la frecuencia más grande.
- El **ancho de banda analógica** = ancho del espectro
 - Diferencia entre las frecuencias más alta y la más baja.

Representación de dominio de frecuencias

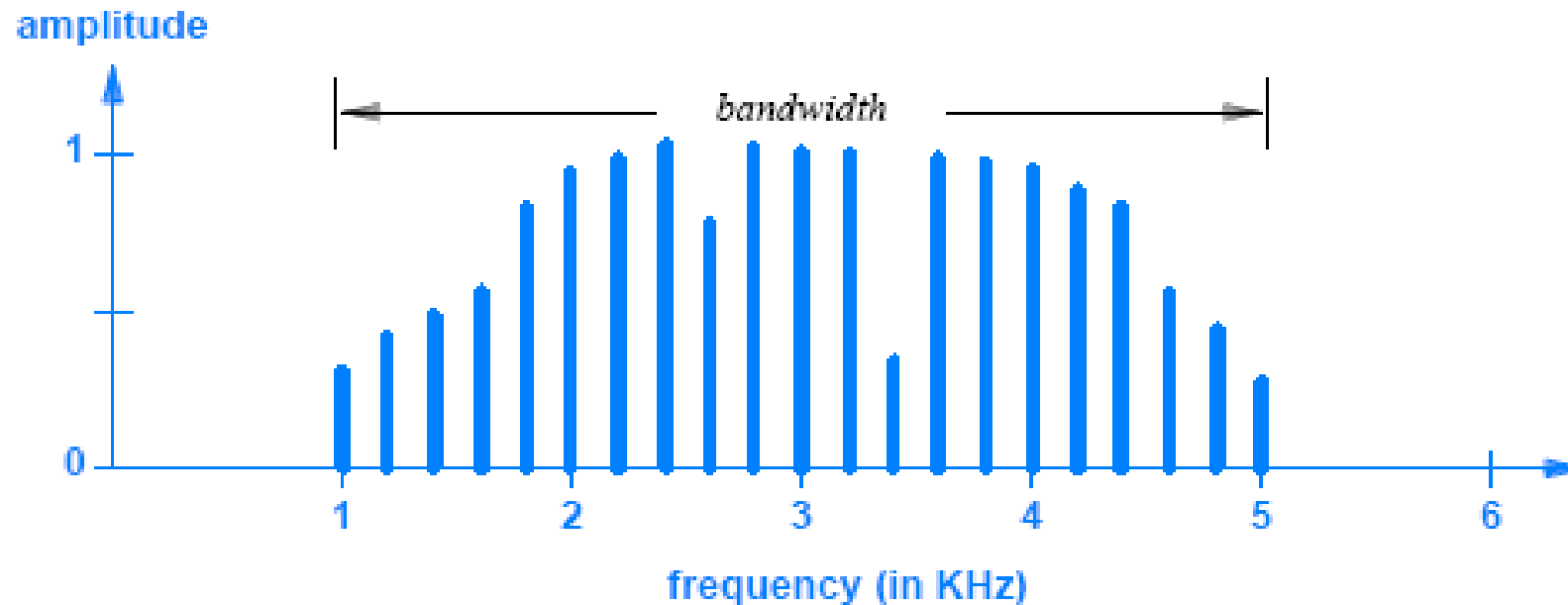


Figure 6.7 A frequency domain plot of an analog signal with a bandwidth of 4 KHz.

- **Ejemplo:** Fig. 6.7
 - Frecuencias en el rango audible por el oído humano.
 - El **ancho de banda** es $5 \text{ KHz} - 1 \text{ KHz} = 4 \text{ KHz}$.

Señales digitales

- Las señales digitales usan **voltajes** para representar **valores digitales**
 - Mecanismos de transmisión físicos usan dos o más niveles de voltaje para enviar señales digitales.
 - Cada nivel representa un número binario.
 - Usar **2^n** niveles para representar número de **n** bits.

Señales digitales

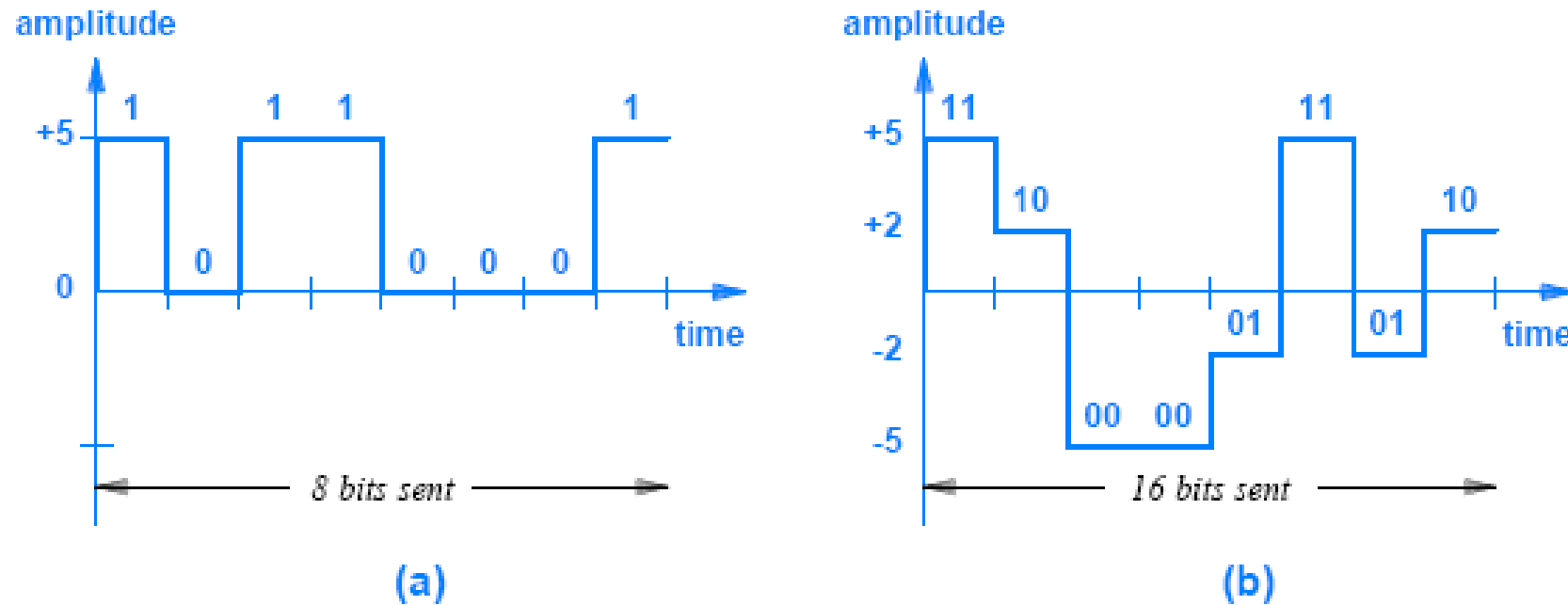


Figure 6.8 (a) A digital signal using two levels, and (b) a digital signal using four levels.

Ejemplo: (a) un voltaje positivo corresponde al **uno lógico** y un voltaje cero corresponde al **cero lógico**. (b) 4 niveles de voltaje: 5 V, -2 V, +2 V, +5 V.

Ruido

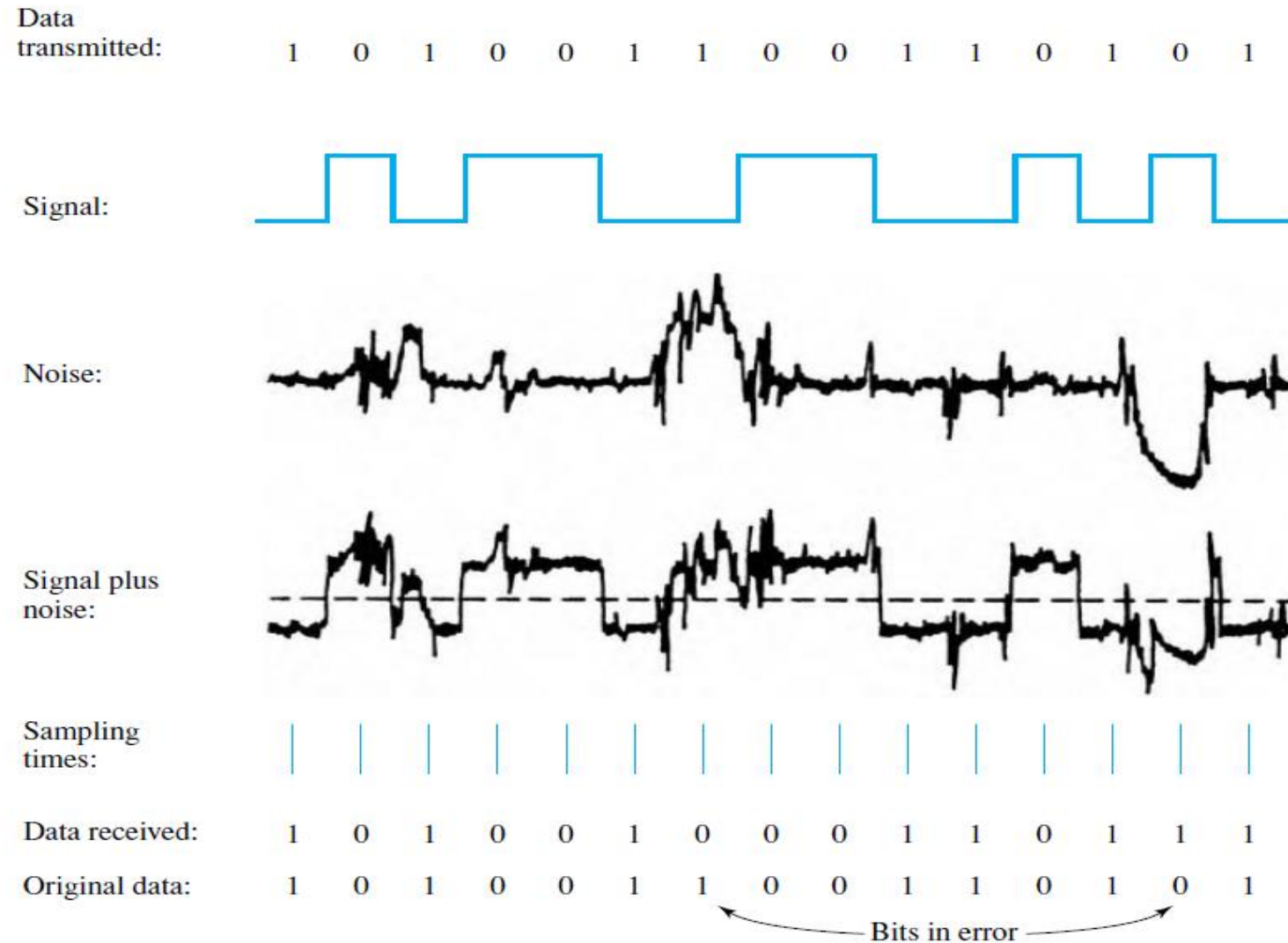
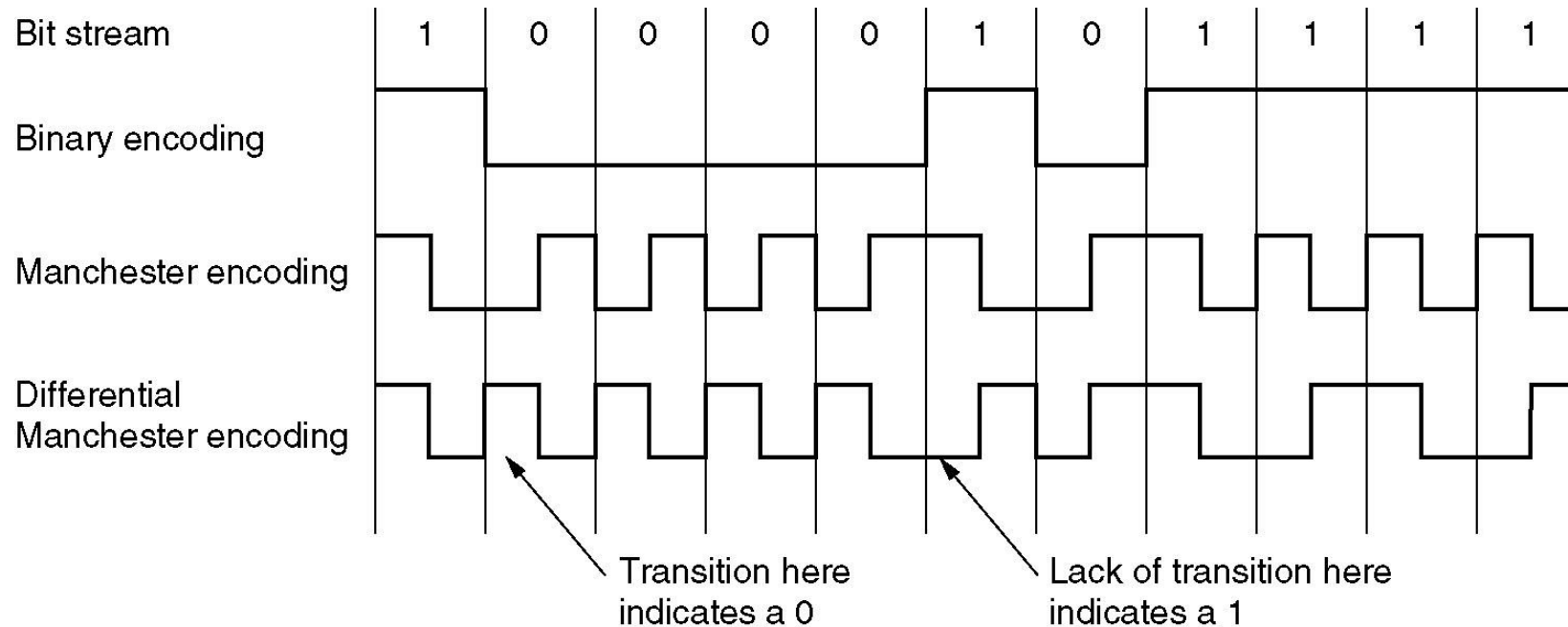


Figure 3.16 Effect of Noise on a Digital Signal

Codificación de Bits en Ethernet

- **Propósito:** Comprender **cómo se trabaja con señales digitales** en **Ethernet** y en **Fast Ethernet**.
- **Solución 1: Codificación Manchester**
 - ☐ Cada período de bit se divide en dos intervalos iguales.
 - ☐ Un bit 1 se envía teniendo un voltaje alto en el primer intervalo y bajo durante el segundo.
 - ☐ Un 0 binario es justo lo inverso: primero bajo y después alto.
- **Solución 2: Codificación Manchester Diferencial**
 - ☐ un bit 1 se indica mediante la ausencia de una transición al inicio del intervalo.
 - ☐ Un bit 0 se indica mediante la presencia de una transición al inicio del intervalo.
 - ☐ En ambos casos, también hay una transición a la mitad.
- **Evaluación:** El esquema diferencial requiere equipo más complejo, pero ofrece mejor inmunidad al ruido.

Codificación Manchester



(a) Binary encoding, (b) Manchester encoding,
(c) Differential Manchester encoding.

Codificación de Bits en Ethernet

- Todos los sistemas Ethernet usan codificaciones Manchester.
 - ❑ La señal alta es de 0,85 voltios y la baja de – 0,85 voltios.
- **100BASE-FX (fast ethernet)**
 - ❑ 2 líneas de fibra óptica : una para recepción (RX) y la otra para transmitir (TX).
 - ❑ La distancia entre una estación y el conmutador es de hasta 2 km.
 - ❑ Los cables 100BaseFX deben conectarse a conmutadores.
 - Los concentradores no están permitidos con 100Base-FX

Modems

- **Situación:** las computadoras trabajan con señales digitales y la red telefónica usa comunicación analógica.
- **Problema:** ¿Cómo hacer para mandar mensajes de una computadora por la red telefónica?
- **Solución:** usar un **Módem**
 - Un módem permite **convertir** señales digitales a analógicas y recíprocamente.
 - Todos los módems modernos transmiten tráfico en ambas direcciones al mismo tiempo (mediante el uso de frecuencias distintas para las diferentes direcciones).
- Ahora estudiamos qué es **modulación** y los **tipos de modulación** existentes.

Portadora, modulación

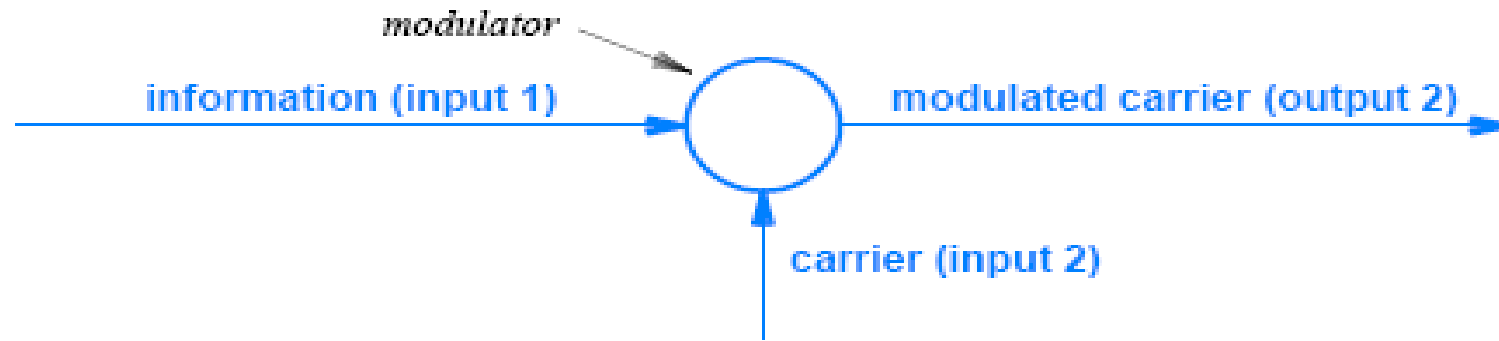


Figure 10.1 The concept of modulation with two inputs.

Funcionamiento de un modulador:

- Se usa una **portadora (carrier)** de onda sinusoidal.
 - Se hacen pequeños cambios a la portadora para representar información siendo enviada.
- **Modulación.**
 - El modulador debe cambiar una de las características de la onda: amplitud, frecuencia, desplazamiento de fase.

Tipos de Modulación

- **Portadora de onda senoidal** = tono continuo en el rango de 1000 a 2000 Hz
- **Modulación de amplitud.**
 - se usan dos niveles diferentes de amplitud para representar 0 y 1.
 - Otra idea es usar 2^n niveles de amplitud para representar símbolos de n bits. La señal digital se la puede ver como una lista de símbolos de n bits.
- **Modulación de frecuencia.**
 - Se usan dos o más tonos diferentes.
 - Si la señal es más fuerte, la frecuencia del carrier aumenta y si la señal es más débil, la frecuencia del carrier disminuye.
 - Es más difícil de visualizar.

Tipos de Modulación

- **Desplazamiento de fase (DF).**

- Es posible usar cambios en la fase para representar una señal.
- ¿Cómo se mide el DF?
- Por el ángulo de cambio.

- **Modulación de fase**

- **Ejemplo:** la onda portadora se desplaza de modo sistemático de 0 a 180 grados a intervalos espaciados de manera uniforme (a esto se le llama BPSK).
- **Ejemplo:** Otro esquema es usar desplazamiento de 45, 135, 225, o 315 grados para transmitir 2b de información por intervalo.
 - Al requerir el DF al final de cada intervalo, se facilita que el receptor reconozca los límites de los intervalos.

Detección de cambio de fase

- Un **receptor** puede medir la cantidad de portadora desplazada durante un DF.
 - Sistema que reconoce un conjunto de DF y usa cada DF para representar valores de datos específicos.
- Usualmente los sistemas están diseñados para usar 2^n DF, así un emisor puede usar bits de datos para elegir entre los DF.

Tipos de Modulación

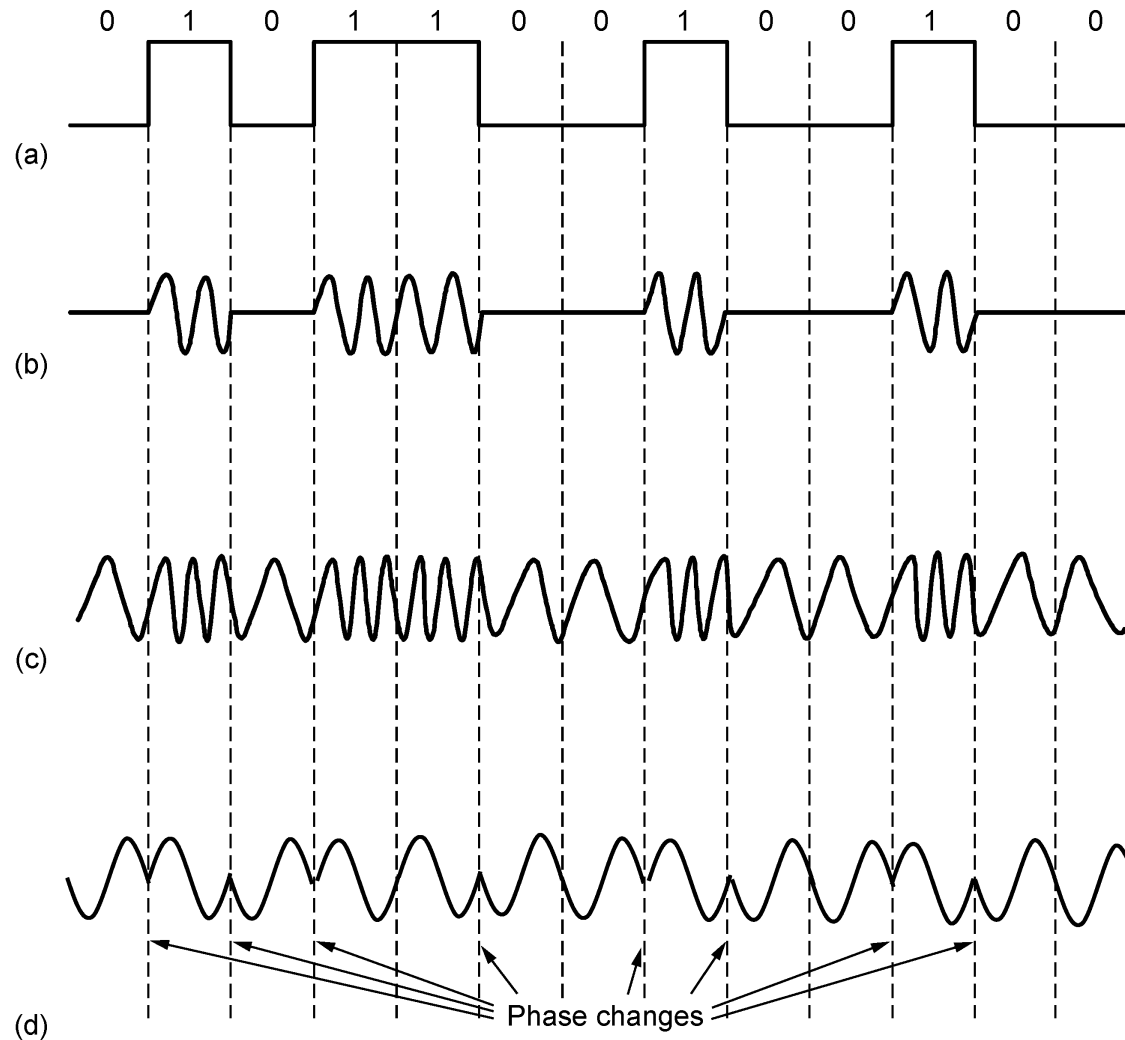


Fig. 24

(a) A binary signal

(b) Amplitude modulation

(c) Frequency modulation

(d) Phase modulation

Diagramas de constelación

- **Situación:** Los módems avanzados usan una combinación de técnicas de modulación para transmitir muchos bits por baudio.
 - Con frecuencia se combinan múltiples amplitudes y varios DF.
 - O sea, se tiene un conjunto de amplitudes CA y un conjunto de desplazamientos de fase CDF.
 - Cada combinación es un par:
$$(\text{amplitud, desplazamiento de fase}) \in CA \times CDF$$
 - Veremos que las combinaciones pueden ser un subconjunto de $CA \times CDF$.
 - Si hay 2^n combinaciones usadas, entonces cada combinación representa un número binario de n bits.
- **Problema:** ¿cómo se pueden **representar gráficamente** las combinaciones de modulación usadas por un modem?

Diagramas de constelación

- **Solución:** usar **Diagramas de constelación**.
 - Distancia del origen refleja amplitud
 - Ángulo refleja DF
 - Cada estándar de módem tiene su propio diagrama de constelación y se puede comunicar solamente con otros módems que utilicen el mismo modelo.
 - La mayoría de los módems puede emular a todos los modelos más lentos.
 - Las siguientes 4 filminas poseen ejemplos de diagramas de constelación.

Diagramas de constelación

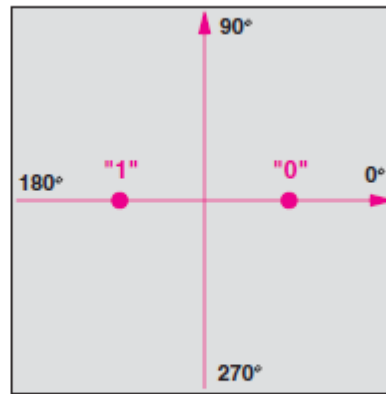


Figure 10.6 A constellation diagram that shows logical 0 as a 0° phase shift and logical 1 as a 180° phase shift.

BPSK: 2 puntos con amplitud constante a los 0 y 180 grados

Diagramas de constelación

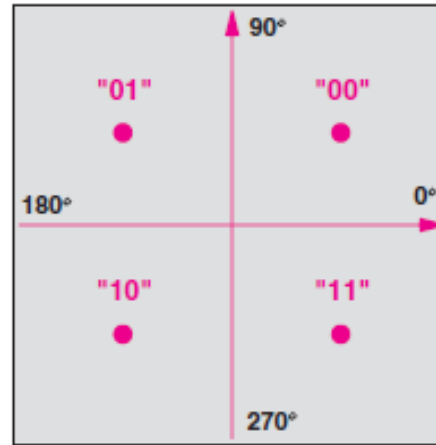
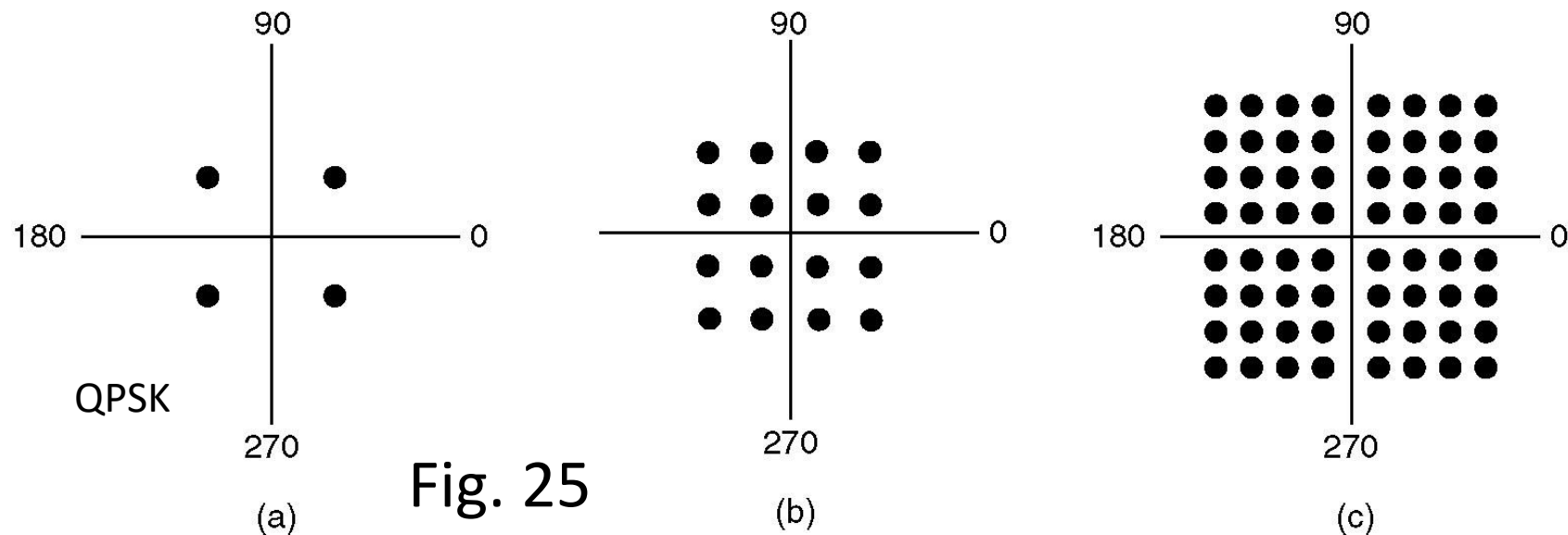


Figure 10.7 A constellation diagram for a system that uses four possible phase shifts that each represent two data bits.

Fig. 10.7 **QPSK**: puntos con amplitud constante a los 45, 135, 225 y 315 grados.

- La fase de un punto la indica el ángulo que se forma con el eje de las x al trazar una línea desde el punto hacia el origen.
- Hay 4 combinaciones válidas y se puede usar para transmitir 2 bits por símbolo.

Diagramas de constelación



- Fig. 25 b) esquema **QAM-16**: permiten un total de 16 combinaciones diferentes.
 - Se puede usar para enviar 4 bits por símbolo.
 - QAM-16 se puede usar para transmitir 9600 bps sobre una línea de 2400 baudios.
- Fig. 25 c) esquema **QAM-64**: se pueden conseguir 64 combinaciones diferentes, por lo cual es posible transmitir 6 bits por símbolo.

Diagramas de constelación

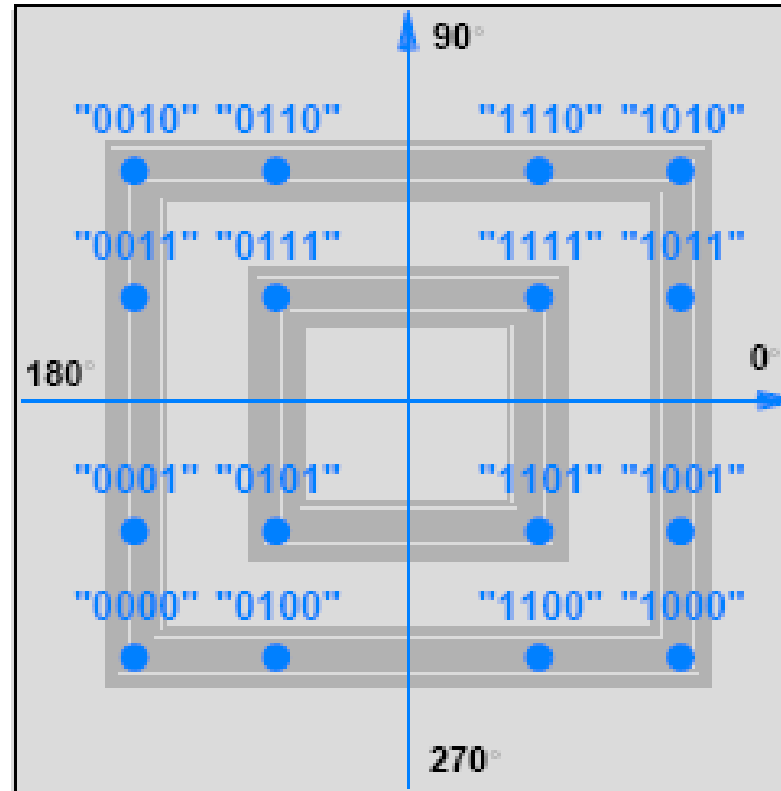


Figure 10.8 A constellation diagram for 16QAM in which distance from the origin reflects amplitude.