



IC 323 -Comunicación de Datos

Unidad N°5: Modulación Analógica, de Pulso y Digital

Parte 3: Modulación Digital



Modulación en los Sistemas de Comunicación

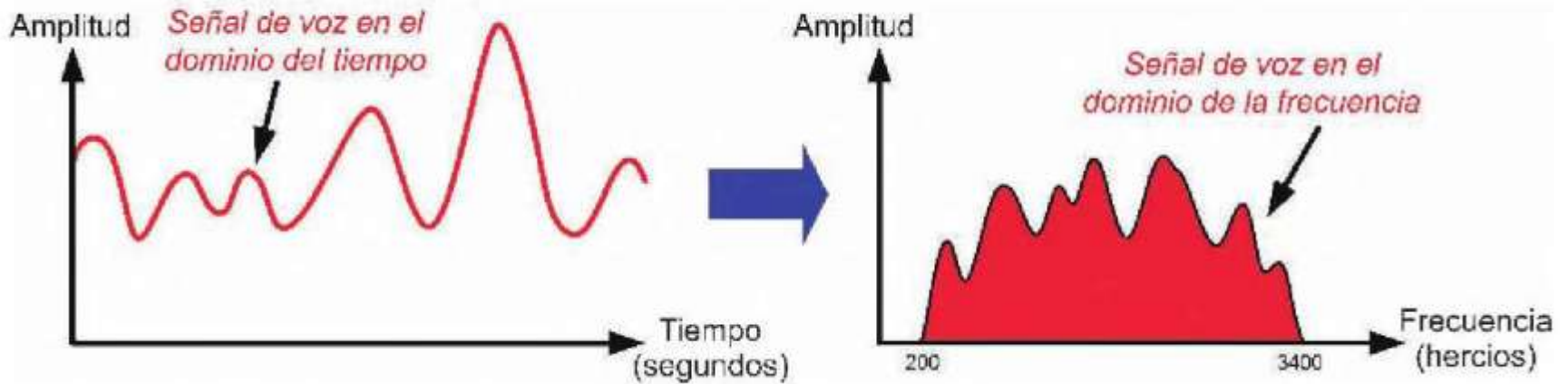
- Para poder realizar una transmisión de una señal por un medio físico es necesaria una transformación
- Motivos:
 - **Frecuencia a la cual se puede irradiar una onda electromagnética**
 - **Es necesario mejorar las características de transmisión**
 - **Se necesita compartir el medio con otras señales de información**

En los sistemas de comunicación las

transformaciones son: *modulación y codificación*



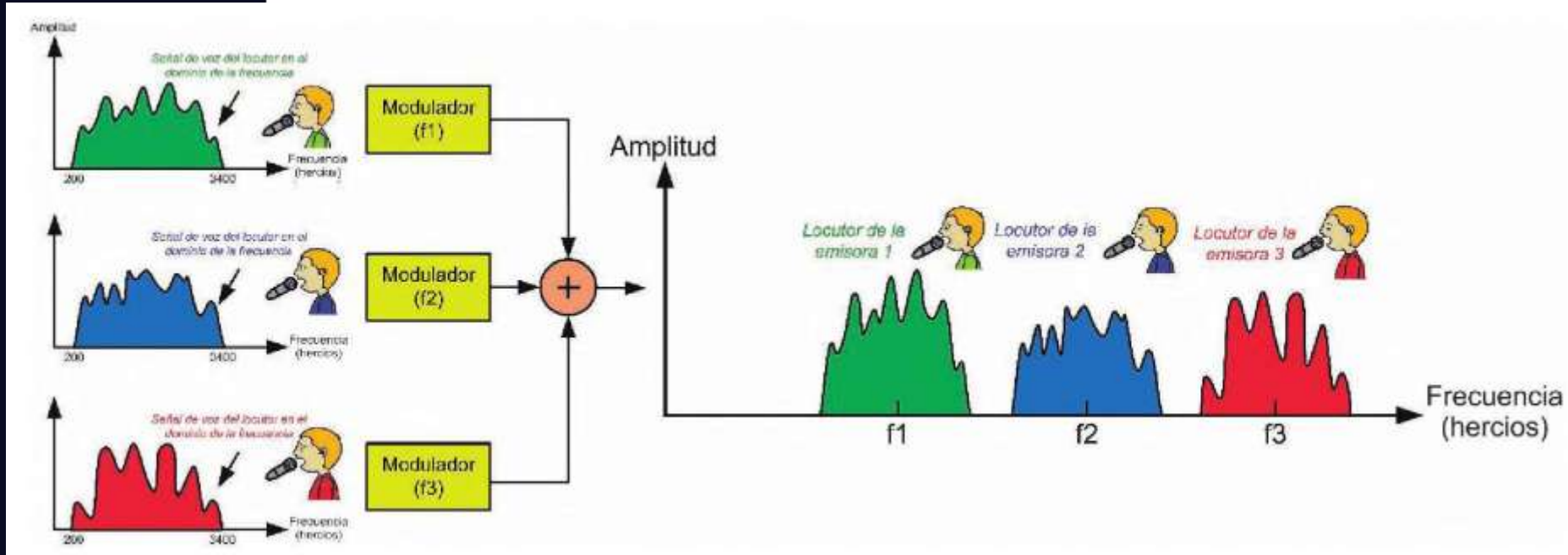
Modulación en los Sistemas de Comunicación



Señal en banda base



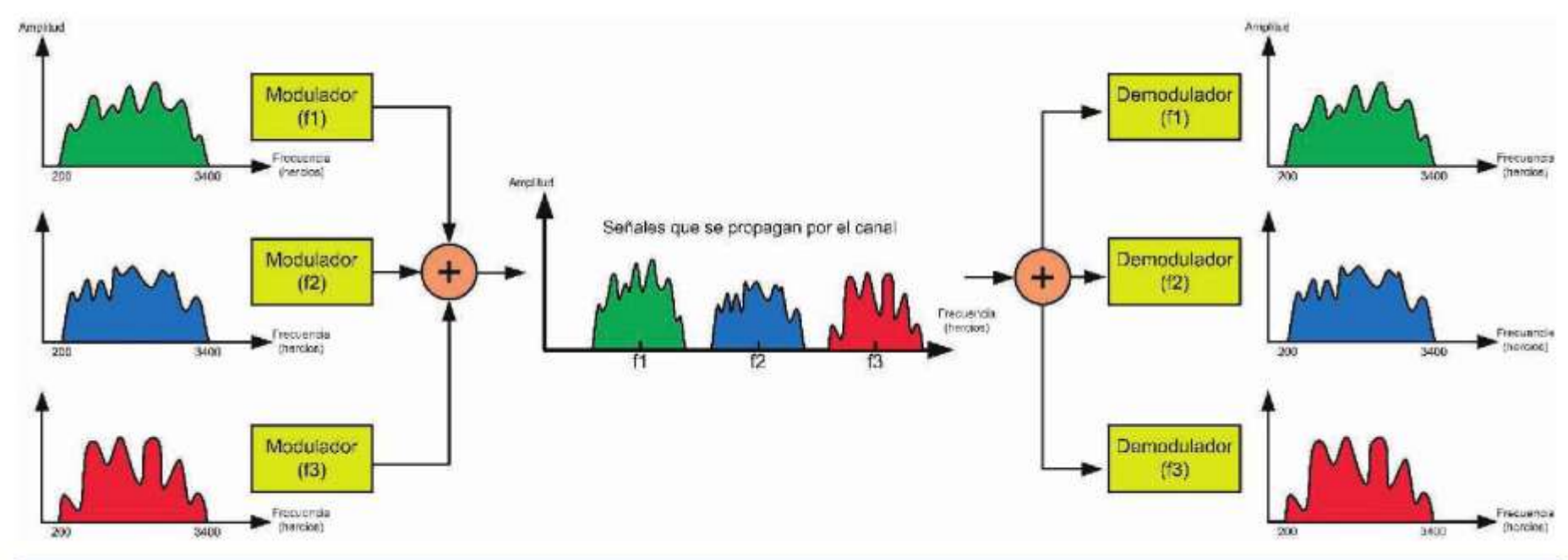
Modulación en los Sistemas de Comunicación



Multiplexación en frecuencia



Modulación en los Sistemas de Comunicación



Multiplexación en frecuencia: Modulación y demodulación



El Proceso de Modulación

- Consiste en modificar las características de una señal analógica (generalmente una senoide), conocida como portadora, empleando para ello la señal de información, conocida como señal moduladora. El resultado es la señal modulada, que es adecuada para ser transmitida en los medios físicos y acarrea la información



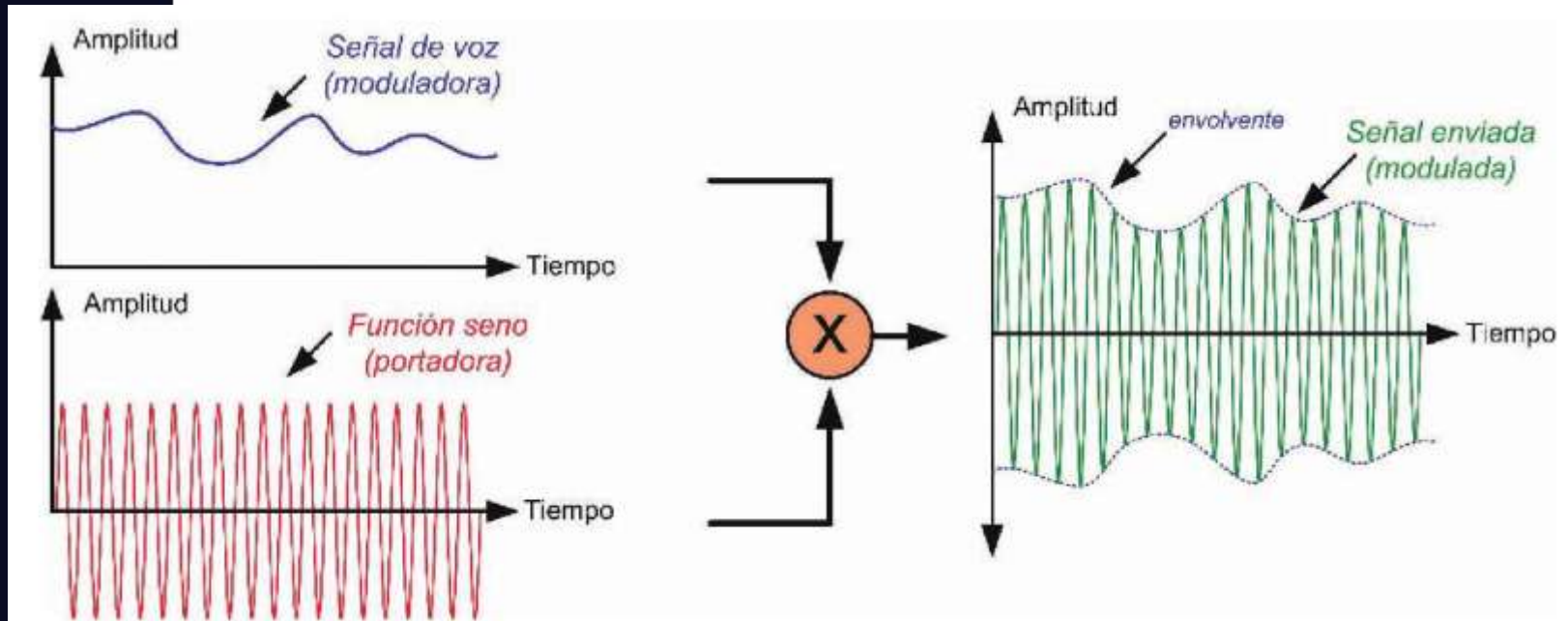
Clasificación de Modulaciones

- Los esquemas de modulación se pueden clasificar en dos grandes grupos dependiendo del tipo de señal de información (modulante):
 - **Modulaciones Analógicas**
 - **Modulaciones Digitales**



Modulaciones Analógicas

- La señal de información es analógica. A su vez se clasifica en:
 - **Modulación en amplitud (AM)**
 - **Modulaciones angulares:**
 - Modulación en fase (PM)
 - Modulación en frecuencia (FM)



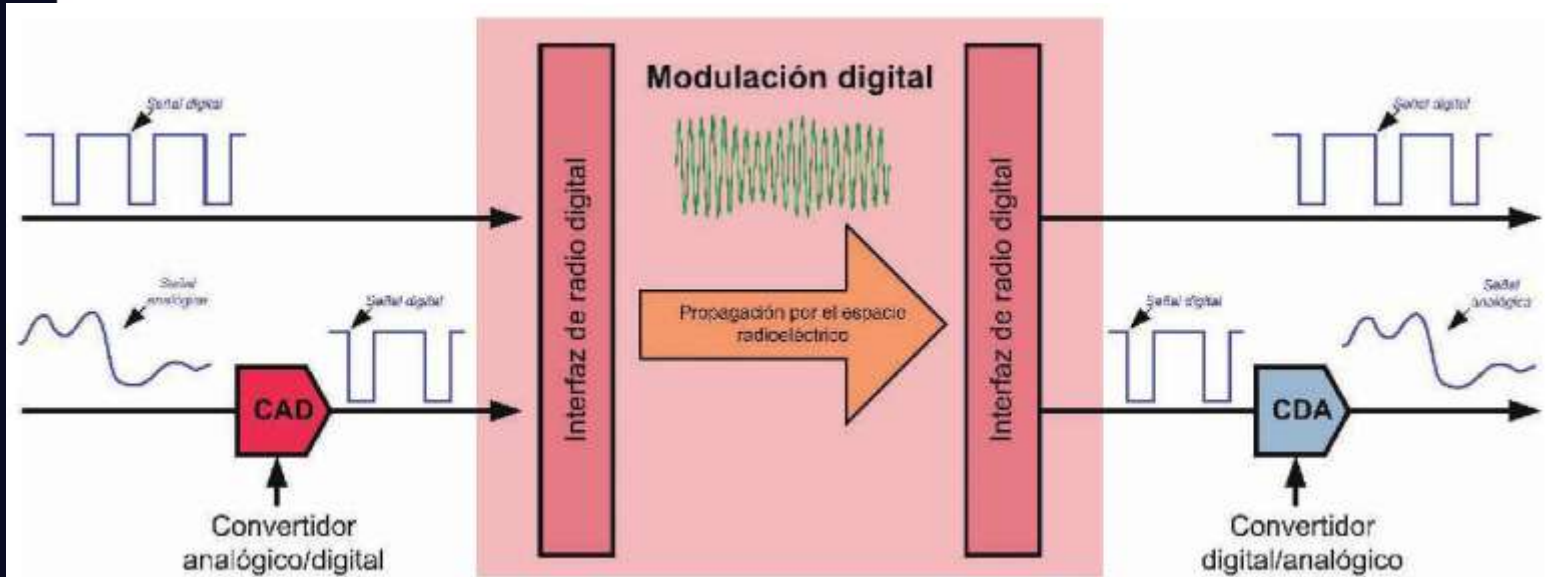
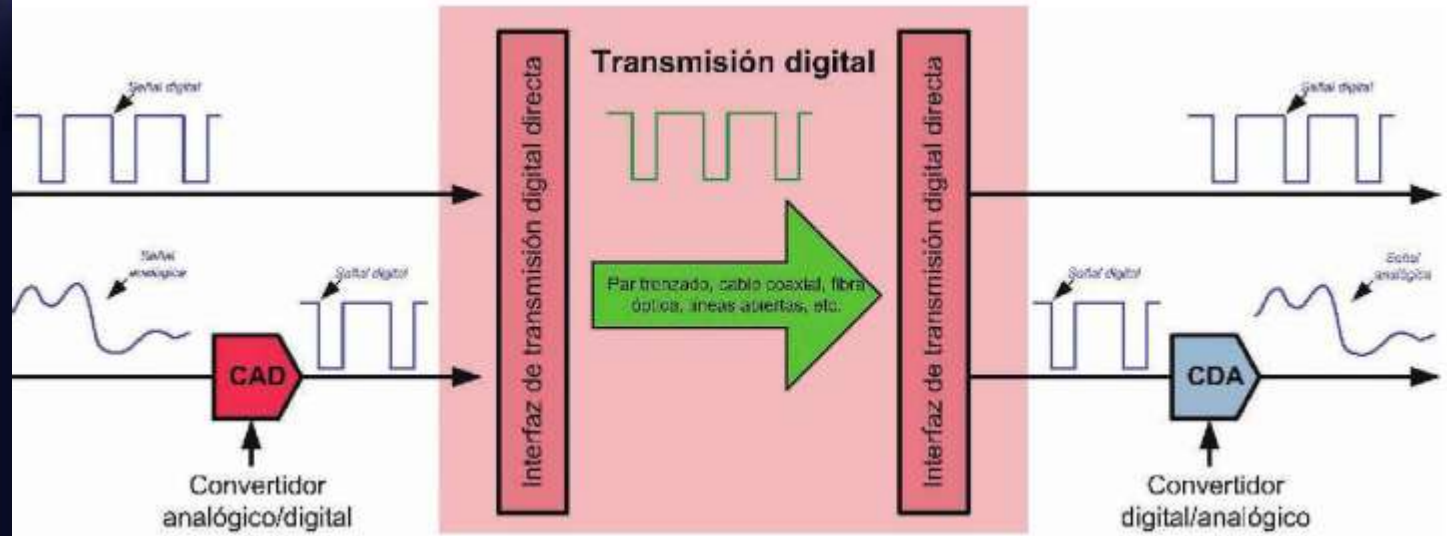


Modulaciones Digitales

- La señal de información es digital pero la portadora es analógica. A su vez se clasifica en:
 - **Modulación en amplitud (ASK)**
 - **Modulación en fase (PSK)**
 - **Modulación en frecuencia (FSK)**



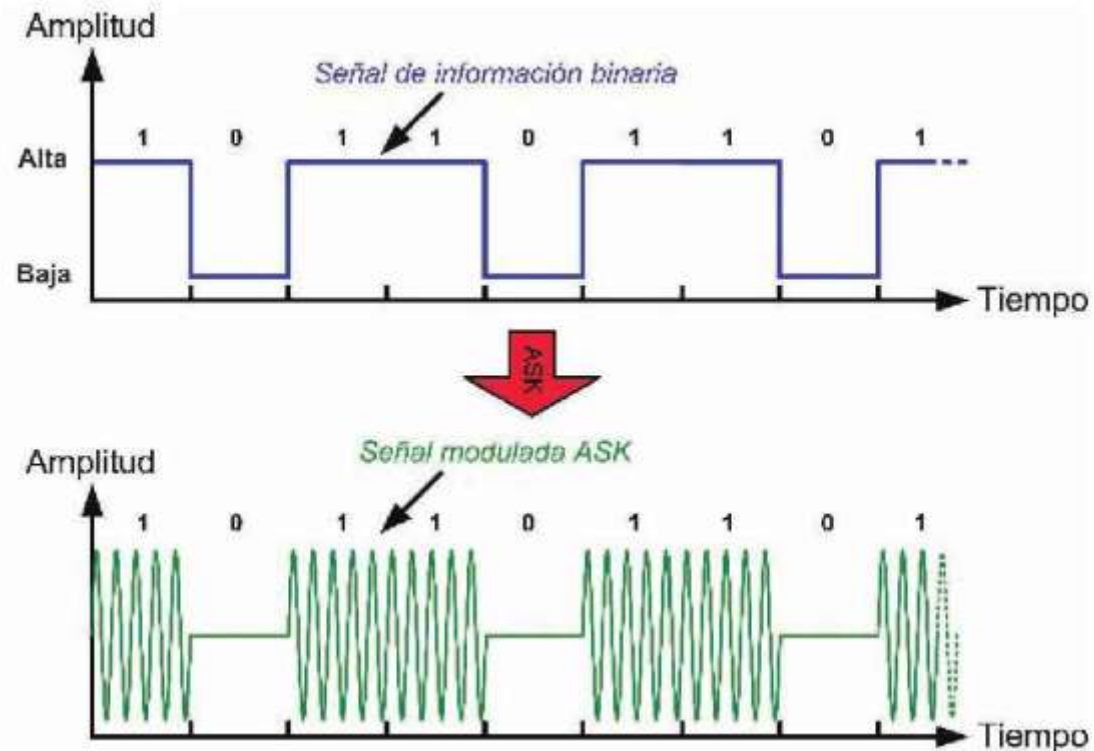
Modulaciones Digitales





Modulación ASK

- Modulación por desplazamiento en amplitud (*Amplitud-Shift Keying* – ASK): Los datos de información digital modifican la amplitud de una señal portadora analógica





Modulación ASK

- Matemáticamente:

$$m_{ASK}(t) = (1 + i(t)) \cdot \left(\frac{A_0}{2} \cos(\omega_c t) \right)$$

- De esta manera, la señal modulada adquiere los siguientes valores:

$$m_{ASK}(t) = \begin{cases} A_0 \cos(\omega_c t) & \text{Si } i(t) = 1 \text{ (1 binario)} \\ 0 & \text{Si } i(t) = 0 \text{ (0 binario)} \end{cases}$$

Modulación on – off, ON-OFF Keying (OOK)



Modulación ASK

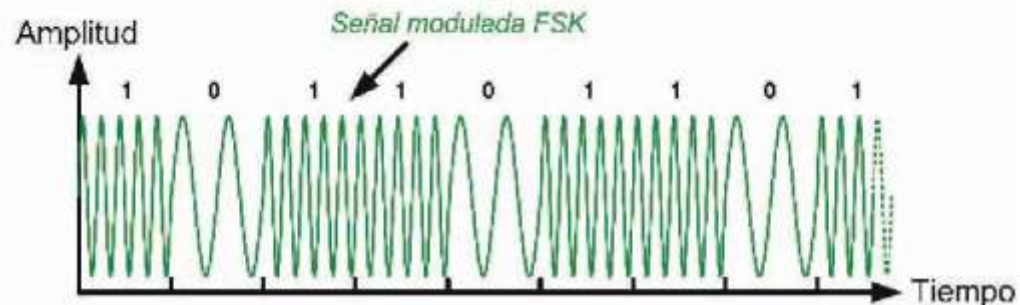
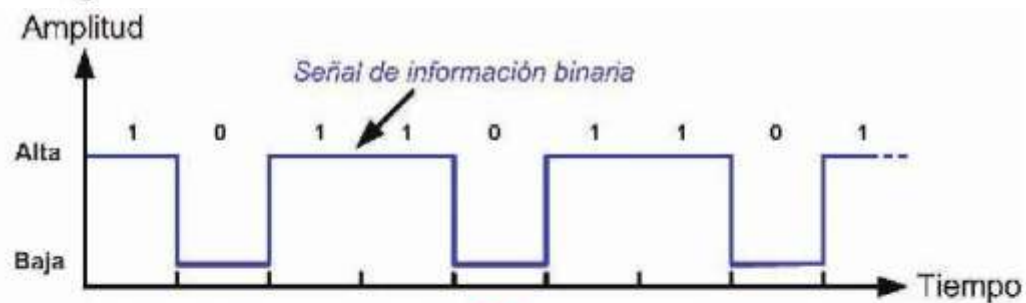
- ASK tiene bastantes similitudes con AM en
 - **Sensibilidad al ruido**
 - **Excesivo ancho de banda**
 - **Excesiva potencia**
 - **Los procesos de modulación y demodulación son sencillos y por lo tanto económicos.**
- También es conocida como modulación CW (continuous wave). Ya que cuando está encendida, la portadora mantiene amplitud, frecuencia y fase.



Modulación FSK

En la modulación FSK (frequency shift keying), la señal digital de información modula la frecuencia de la portadora por cada símbolo.

$$m_{FSK}(t) = \begin{cases} A_0 \cos(\omega_1 t) & \text{Si } i(t) = 1 \text{ (1 binario)} \\ A_0 \cos(\omega_2 t) & \text{Si } i(t) = 0 \text{ (0 binario)} \end{cases}$$

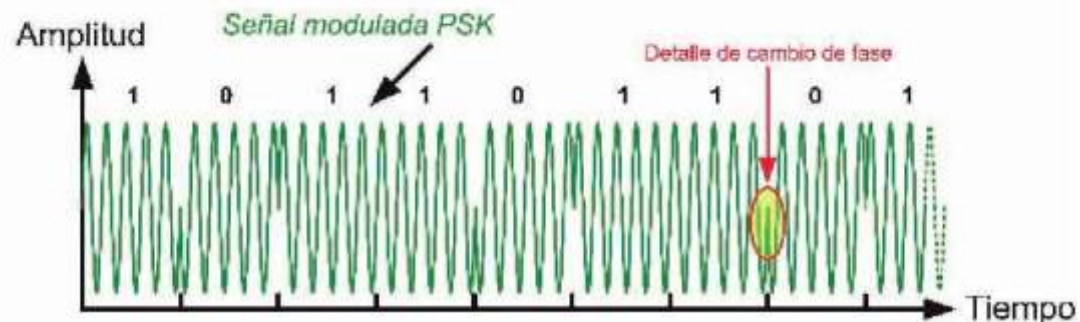
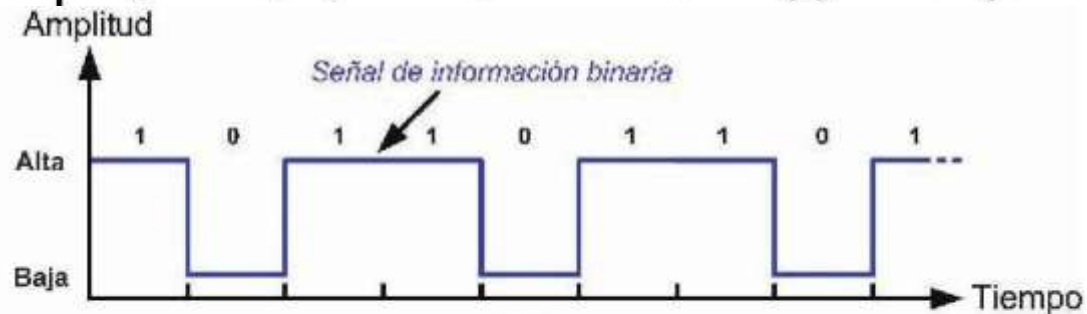




Modulación PSK

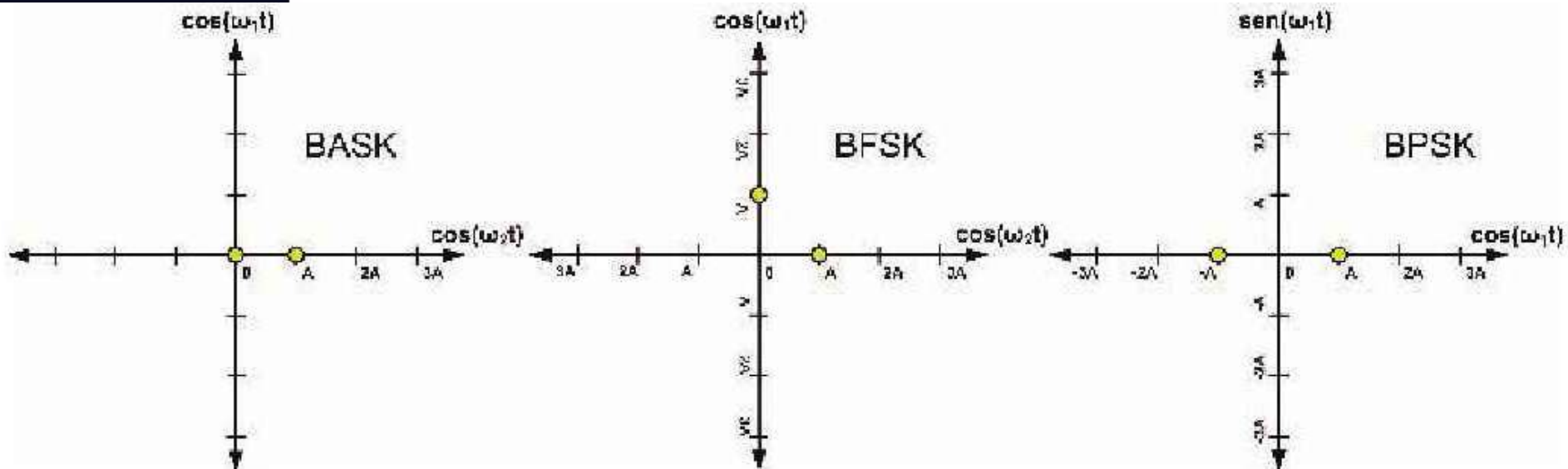
En la modulación PSK (phase shift keying), la señal digital de información modula la fase de la portadora por cada símbolo.

$$m_{PSK}(t) = \begin{cases} A_0 \cos(\omega_c t) & \text{Si } i(t) = 1 \text{ (1 binario)} \\ A_0 \cos(\omega_c t + \pi) & \text{Si } i(t) = 0 \text{ (0 binario)} \end{cases}$$



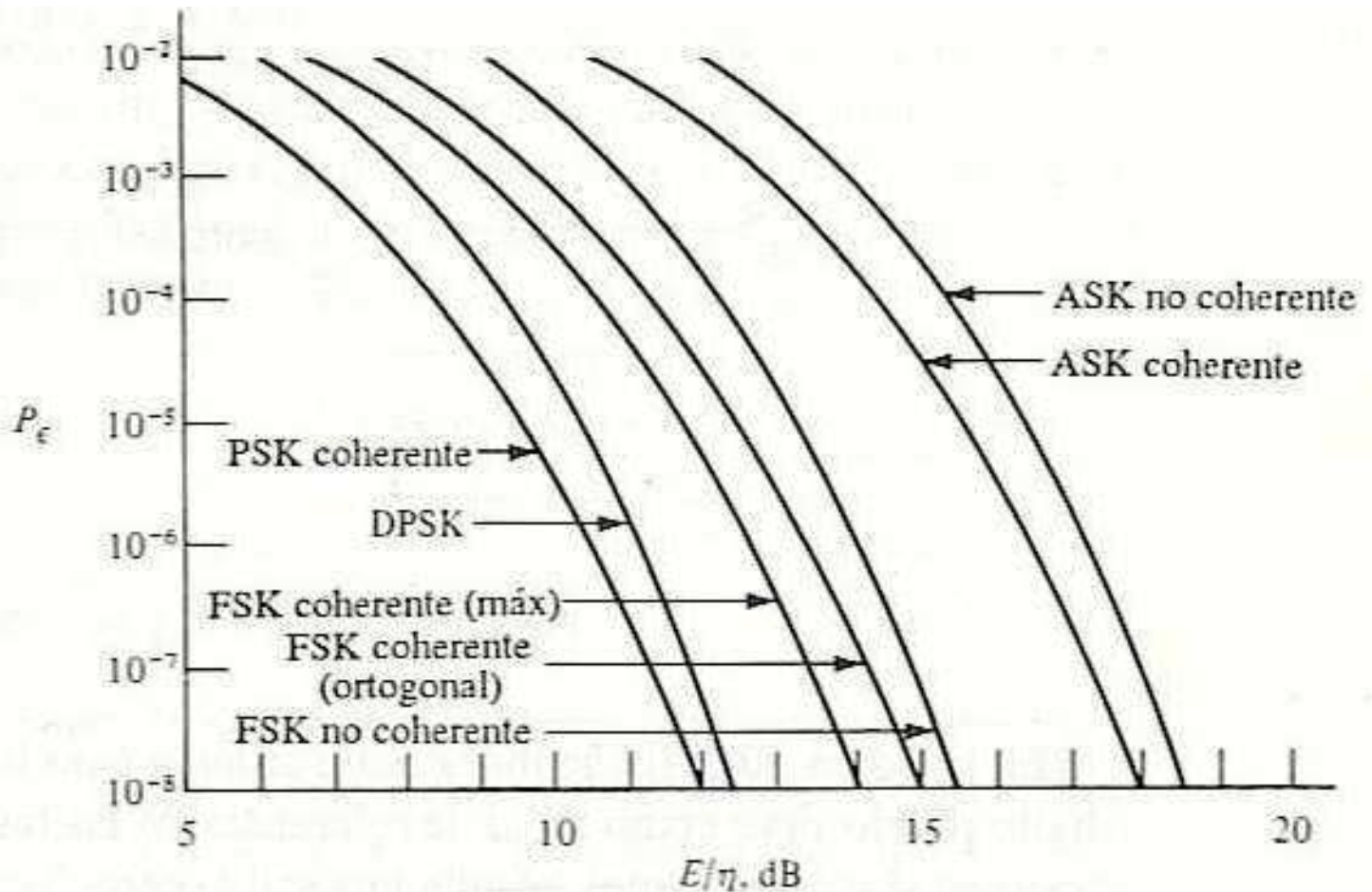
Representación de las modulaciones digitales

- Las modulaciones digitales ASK, FSK y PSK también son llamadas BASK, BFSK y BPSK respectivamente. La B corresponde a binario
- Suelen representarse en modo de constelación:



Comparación entre las modulaciones digitales

- Tasas de error para los sistemas en operación típicos





Comparación entre las modulaciones digitales

- PSK coherente requiere de la menor cantidad de potencia que cualquier otro método de modulación digital binaria.
- Los transmisores/receptores ASK son fáciles de construir y no existe potencia transmitida cuando no se envían datos
- Los transmisores/receptores de FSK no aumentan mucho su complejidad y no requieren de umbrales de detección
- PSK son más complejos y caros



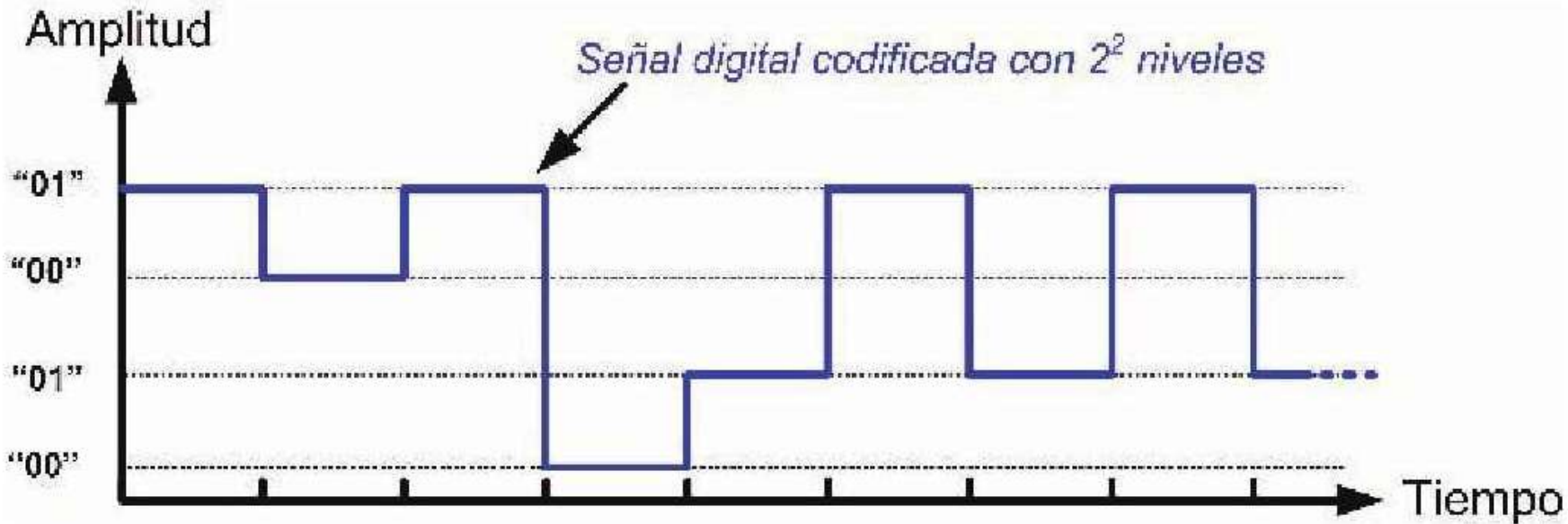
Otras modulaciones digitales

- Existen otros sistemas de modulación digital más complejos que nos permiten aumentar la capacidad de transmitir información son que el ancho de banda necesario se vea aumentado.
- Se pueden destacar dos:
 - Sistema de modulación con codificación multinivel
 - Sistema de modulación en cuadratura



Modulación con codificación multinivel

- La señal de información se codifica con 2^n niveles ($n > 1$). Por ejemplo, cuatro o más niveles

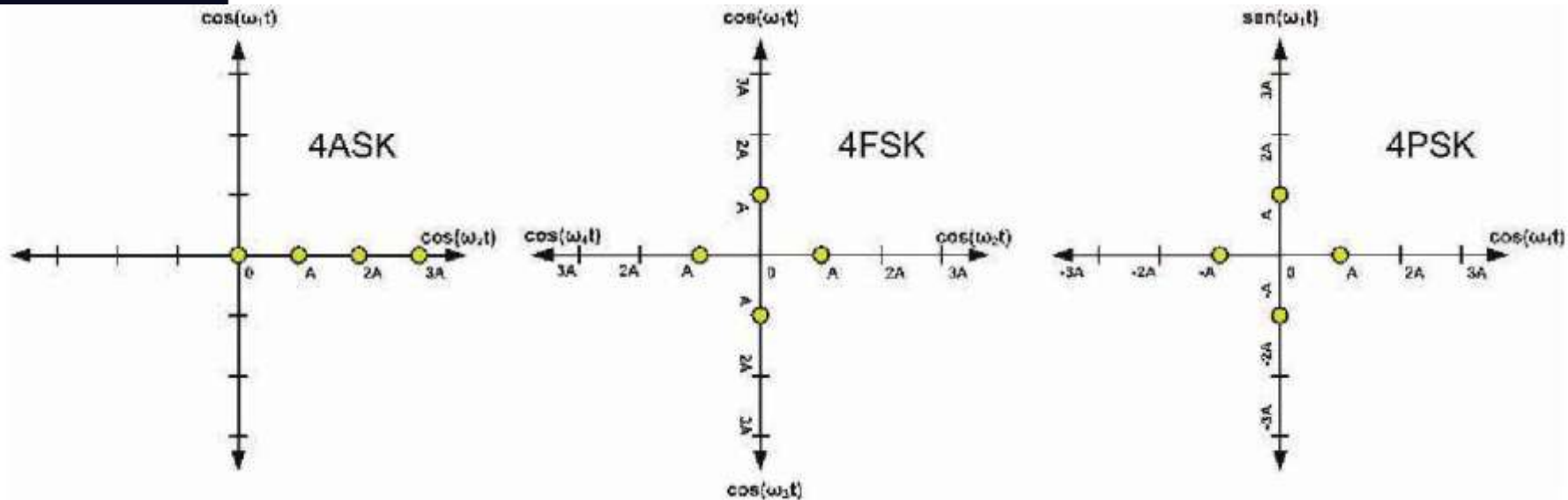


- Con 2 bits la velocidad de transmisión se duplica
- Pero el receptor se encarece al aumentar la complejidad
- Aumenta la probabilidad de error



Modulación con codificación multinivel

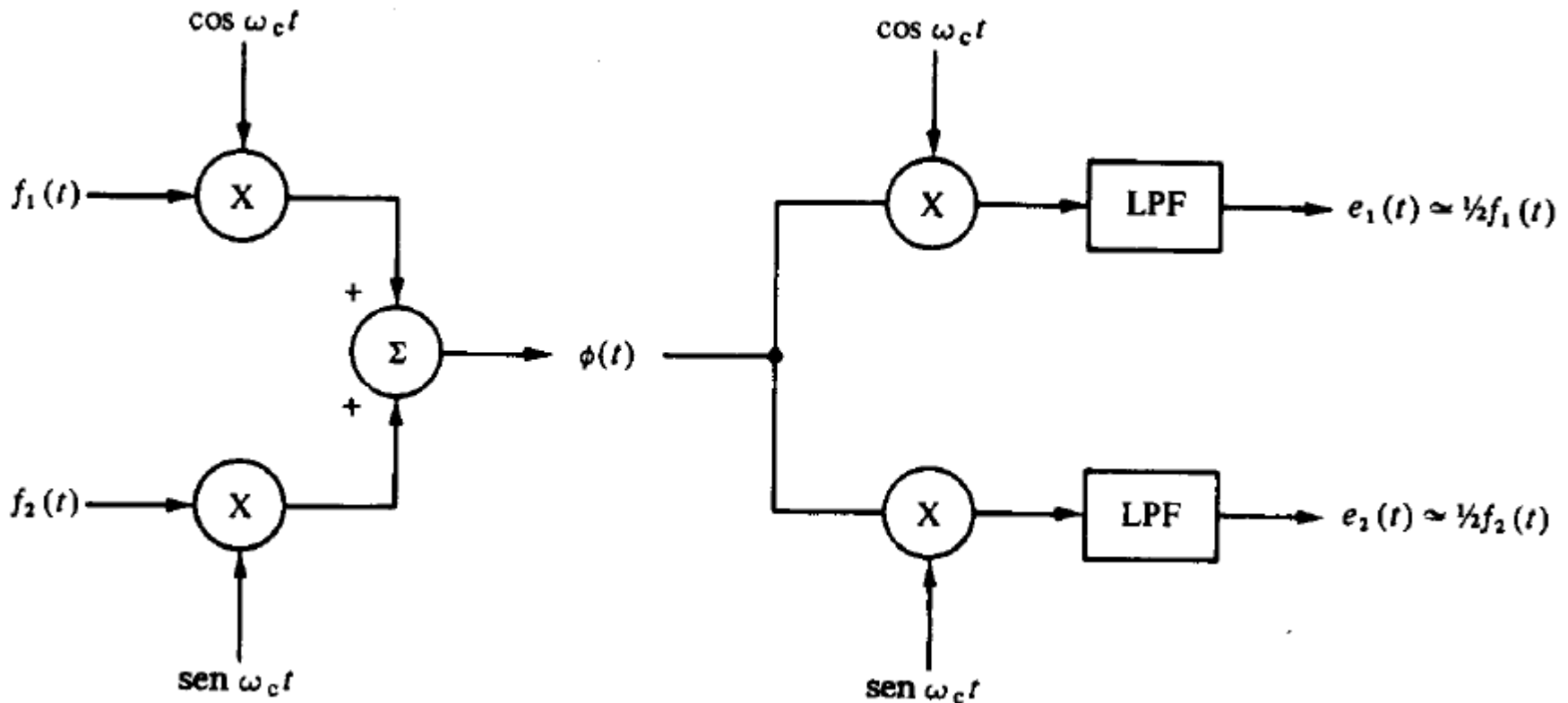
- Ejemplo de constelación para modulación multinivel con cuatro niveles





Modulación en cuadratura

- ¿Es posible transmitir dos señales utilizando la misma frecuencia portadora?





Modulación en cuadratura

Solución

$$\phi(t) = f_1(t) \cos \omega_c t + f_2(t) \sen \omega_c t ,$$

$$\begin{aligned} \phi(t) \cos \omega_c t &= f_1(t) \cos^2 \omega_c t + f_2(t) \sen \omega_c t \cos \omega_c t \\ &= \frac{1}{2}f_1(t) + \frac{1}{2}f_1(t) \cos 2\omega_c t + \frac{1}{2}f_2(t) \sen 2\omega_c t , \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi(t) \sen \omega_c t &= f_1(t) \cos \omega_c t \sen \omega_c t + f_2(t) \sen^2 \omega_c t \\ &= \frac{1}{2}f_1(t) \sen 2\omega_c t + \frac{1}{2}f_2(t) - \frac{1}{2}f_2(t) \cos 2\omega_c t . \end{aligned}$$

En el filtro pasabajas, todos los términos en $2\omega_c$ se atenúan, dando

$$e_1(t) = \frac{1}{2}f_1(t) ,$$

$$e_2(t) = \frac{1}{2}f_2(t) .$$



Modulación en cuadratura

- En los sistemas de modulación en cuadratura se utilizan las funciones seno y coseno como portadoras de forma simultánea, dado que resulta muy sencillo separar la información que contiene cada una de ellas.
- Es posible duplicar la velocidad de transmisión sin afectar el ancho de banda ni la probabilidad de error.
- Es posible aplicarla a cualquier modulación vista, así tenemos QASK (ASK en cuadratura), QFSK (FSK en cuadratura), QPSK, etc.

Modulación en cuadratura multinivel

- Del mismo modo, la modulación en cuadratura puede ser multinivel
- Ejemplo: 16QAM

