

William Stallings

Comunicaciones y Redes de

computadoras

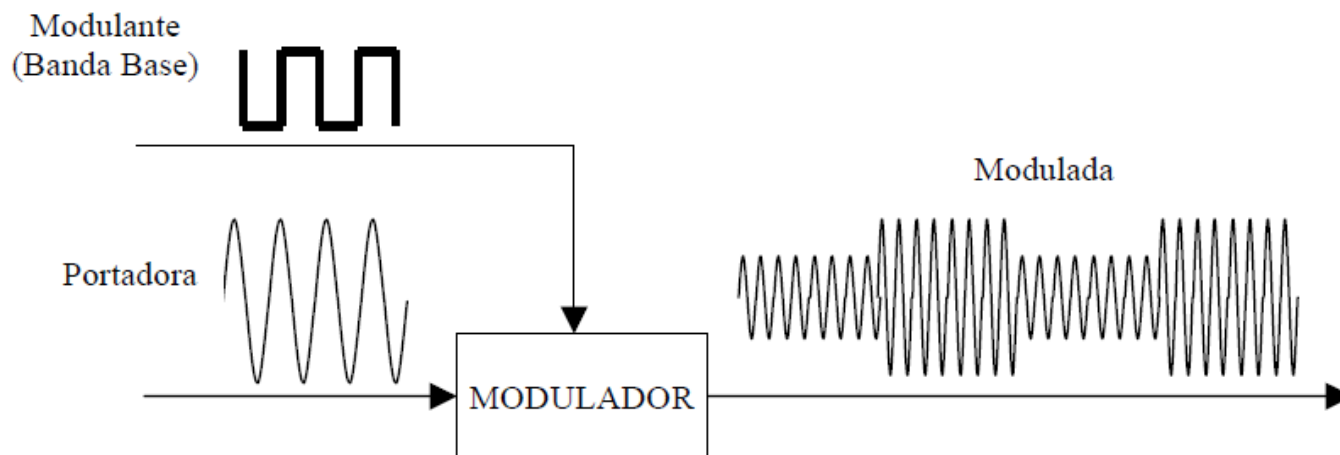
7ma Edition

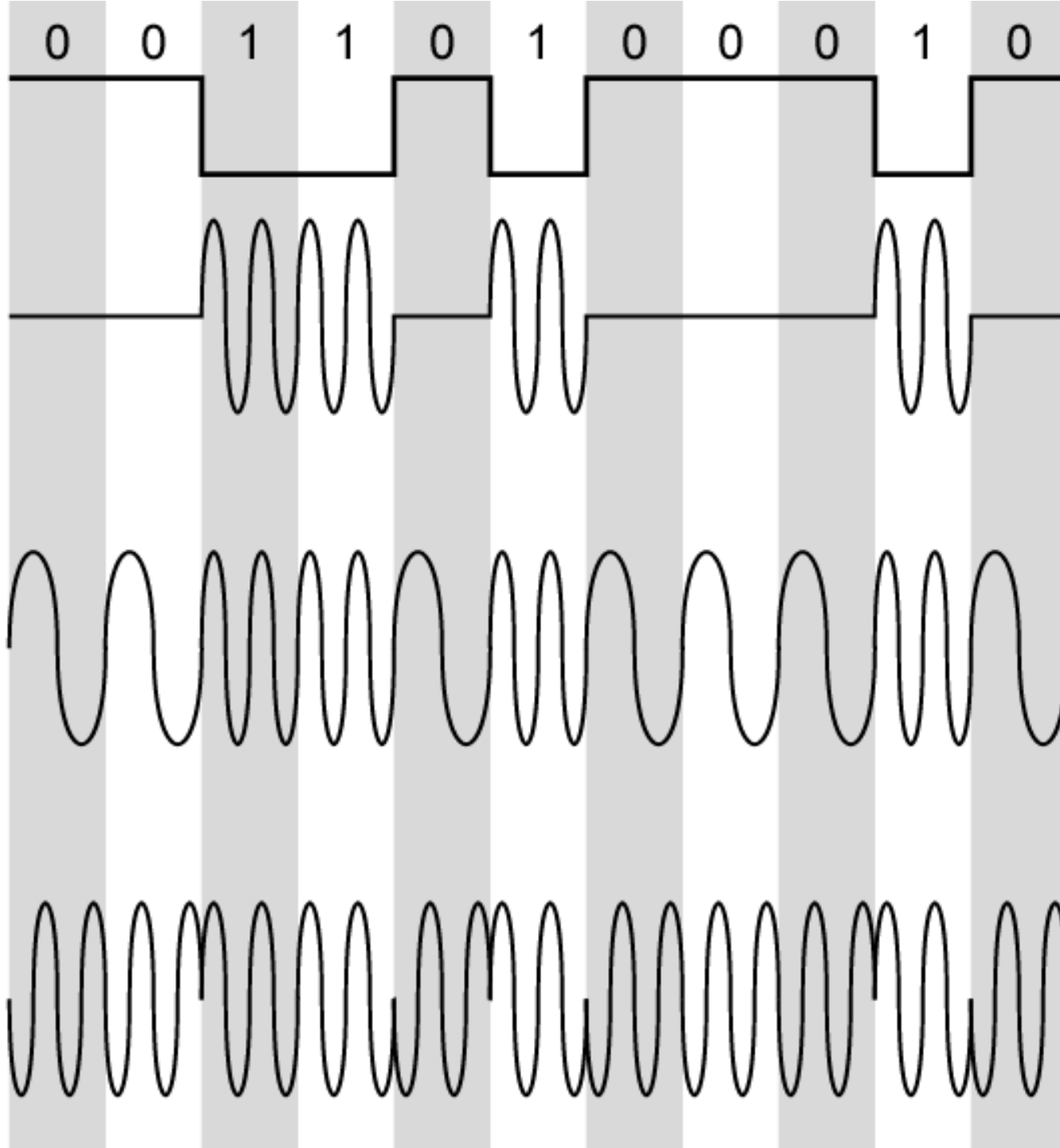
Capitulo 5

Técnicas para la codificación de señales

Dato digital, Señal Analógica

- Sistema público telefónico
 - 300Hz a 3400Hz
 - Modem (modulador-demodulador)
- ASK = Amplitude shift keying
- FSK = Frequency shift keying
- PSK = Phase shift keying





Modulación por desplazamiento de amplitud

- Los dos valores binarios se representan mediante dos amplitudes diferentes de la portadora.
- Usualmente, una amplitud es cero
 - Ej. Presencia y ausencia de portadora.
- Es sensible a cambios repentinos de la ganancia
- Técnica bastante ineficaz.
- Hasta 1200bps en líneas de voz.
- Es usado en fibra óptica.

$$s(t) = \begin{cases} A \sin(2\pi fct) \\ 0 \end{cases}$$

Modulación por desplazamiento de frecuencia

- La forma mas común es BFSK (binary FSK)
- Dos valores binarios son representados por diferentes frecuencias, próximas a la frecuencia portadora.
- Es menos susceptible a errores que ASK
- Hasta 1200bps en canales de voz
- Se usa en transmisiones de radio de alta frecuencia

$$s(t) = \begin{cases} A \sin(2\pi f_1 t) & 1 \text{ binario} \\ A \sin(2\pi f_2 t) & 0 \text{ binario} \end{cases}$$

Multiple FSK

- Mas de dos frecuencias son utilizadas
- Mas eficiente uso del ancho de banda
- Mas susceptible a errores
- Cada elemento de señal representa mas que un bit.

$$S_i(t) = A \cos(2 \pi f_i t), 1 \leq i \leq M$$

$$f_i = f_c + (2i - 1 - M) f_d$$

f_c = la frecuencia de la portadora

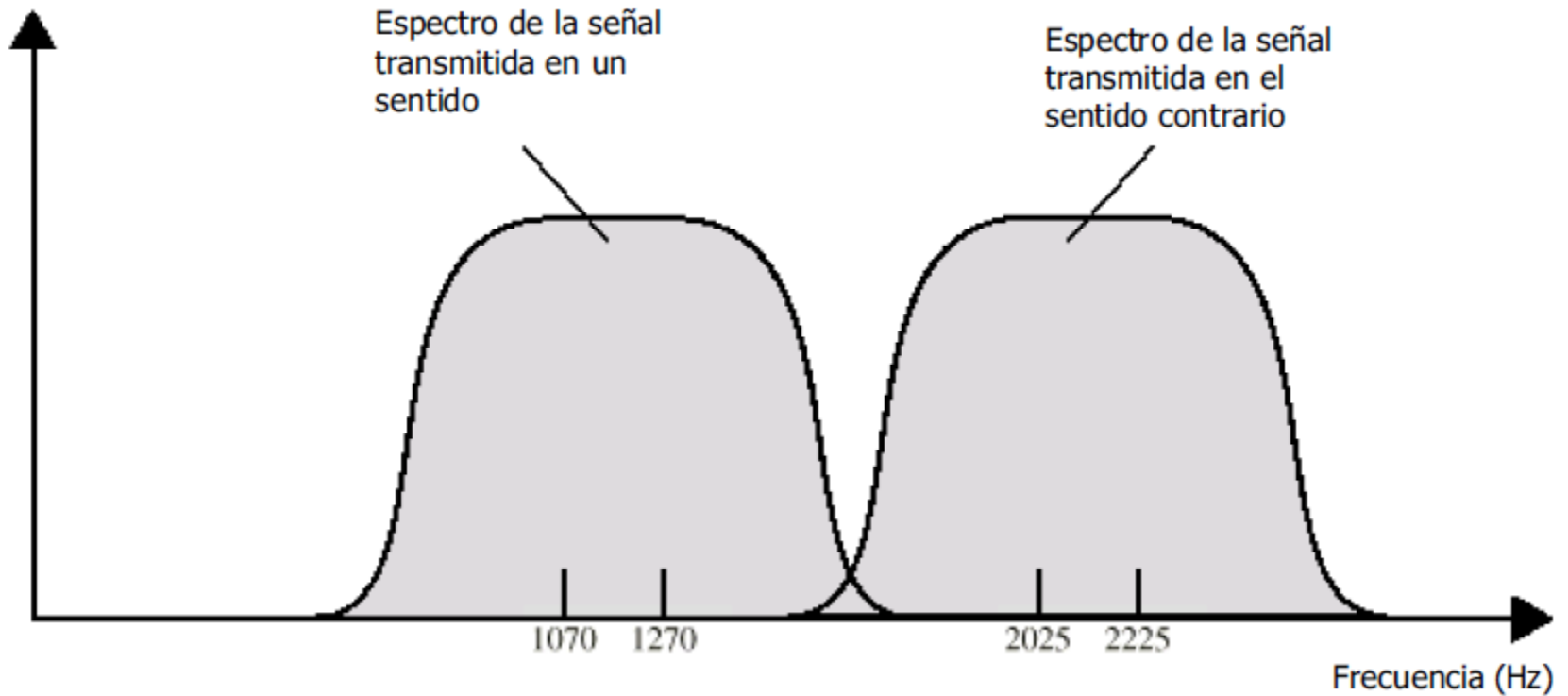
f_d = la diferencia de frecuencias

M = el número de elementos de señalización diferentes

L = número de bits por elemento de señalización

FSK en una línea de voz

Energía de la señal



Transmisión "full-duplex" en una línea de calidad telefónica.

Ejemplo de FSK

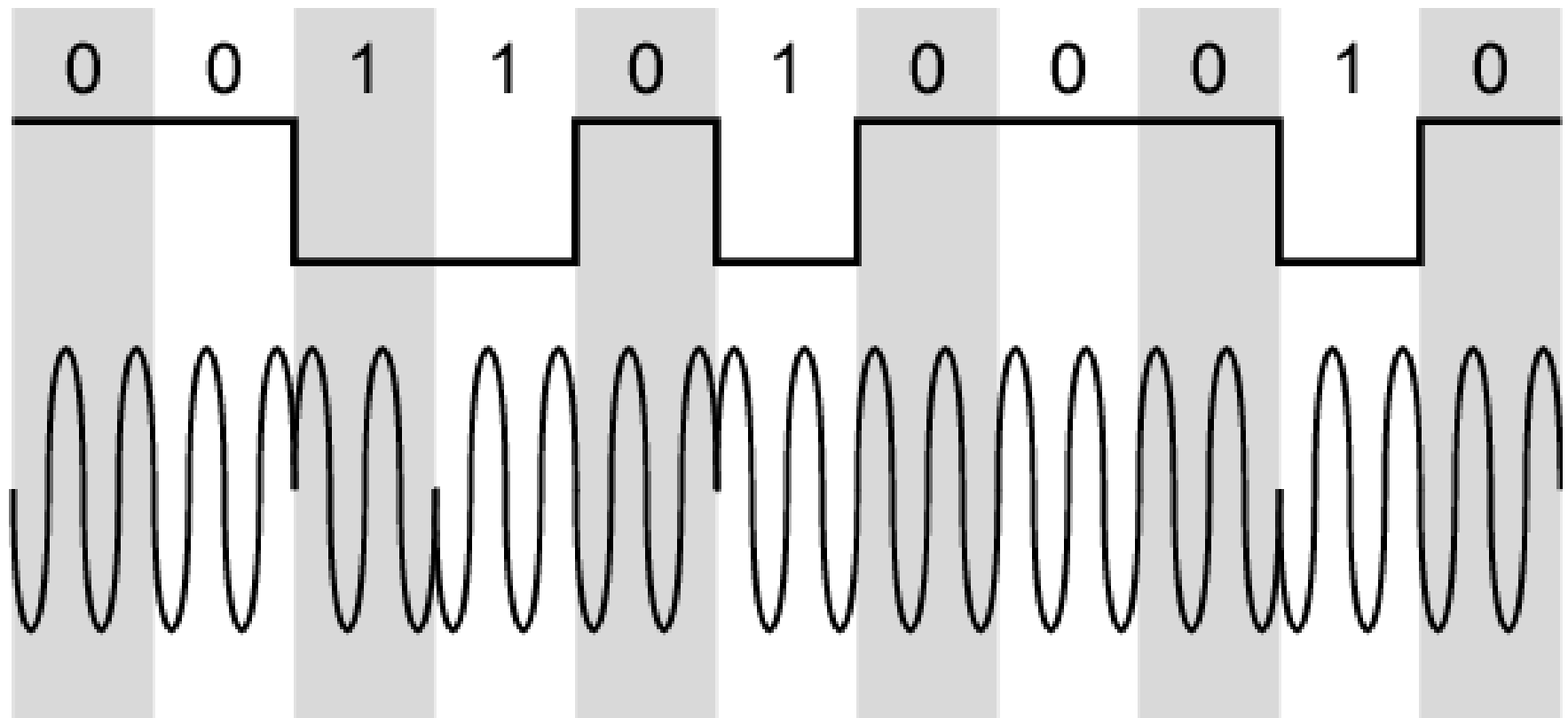
- Siendo $f_c = 250 \text{ khz}$, $f_d = 25 \text{ Khz}$ y $M = 8$ ($L = 3\text{bits}$)
- Usamos las formulas anteriores y obtenemos que:
- $f_1=75 \text{ khz}$ para 000 - $f_2=125 \text{ khz}$ 001
- $f_3=175 \text{ khz}$ para 010 – $f_4=225 \text{ khz}$ 011
- $f_5=275 \text{ khz}$ para 100 – $f_6=325 \text{ khz}$ 101
- $f_7=375 \text{ khz}$ para 110 – $f_8=425 \text{ khz}$ 111
- Velocidad de transmisión igual a :
 $2f_d=1/T_s=50\text{kbps}$
- $W_d=2Mf_d=M/T_s = \text{ancho de banda} = 400 \text{ khz}$

Modulación por desplazamiento de fase

- La fase de la portadora es desplazada para representar los diferentes estados.
- PSK binario
 - Dos fases representan dos dígitos binarios
- PSK diferencial
 - El desplazamiento de fase es relativo a la fase correspondiente al último símbolo transmitido, en lugar de ser relativo a algún valor constante de referencia.

$$s(t) = \begin{cases} A \sin(2\pi f_c t) & 1 \text{ binario} \\ A \sin(2\pi f_c t + \pi) & 0 \text{ binario} \end{cases}$$

PSK diferencial



Desplazamiento en fase en cuadratura

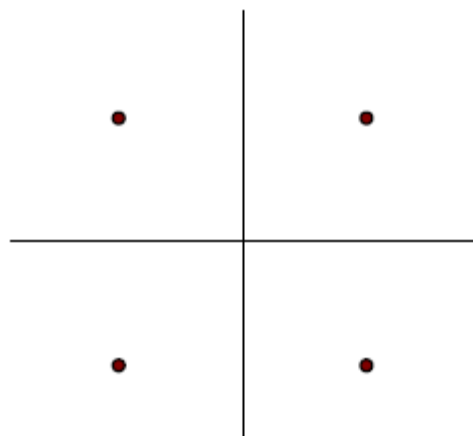
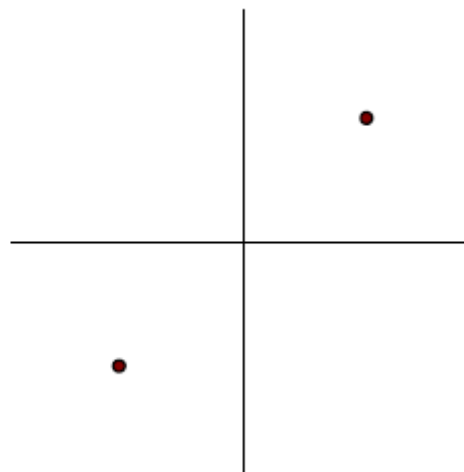
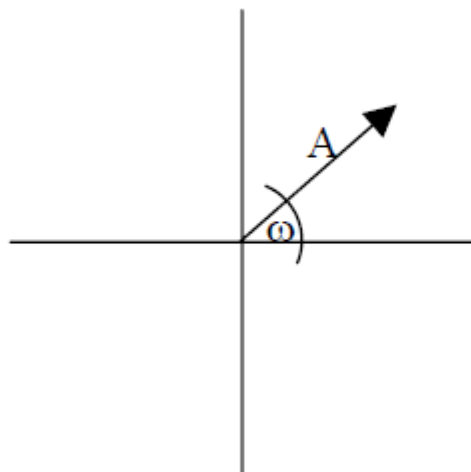
- Se puede conseguir una utilización mas eficaz del ancho de banda, si cada elemento de señalización representa a mas de un bit:
 - Ej. Desplazamiento de fase de $\pi/2$ (90°)
 - Cada elemento representa 2 bit
 - Se puede usar 8 ángulos de fase para tener varias amplitudes.
 - En un modem de 9600 bps se usan 12 ángulos de fase, cuatro de los cuales tienen dos posibles amplitudes.

Niveles de modulación

- Estado modulado: es una condición de la portadora en la que representa un símbolo.
- Una técnica mononivel representa un bit por cada símbolo. Ej. ASK, podemos representarla como: 2ASK
- En el caso que un símbolo represente a dos bit, la técnica se llamará multinivel y podría ser 4FSK o 4 PSK
- $L = \log_2(M)$
 - L cantidad de bits
 - M cantidad de estados modulados

Técnica de representación

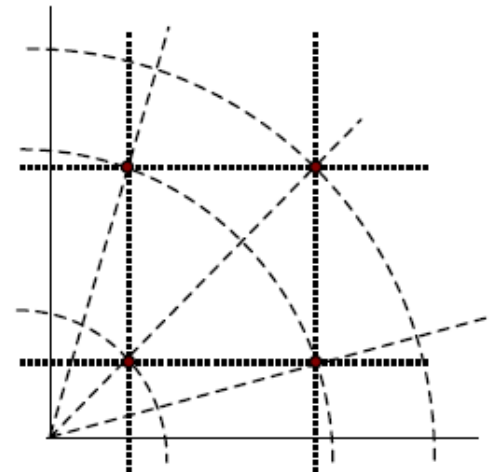
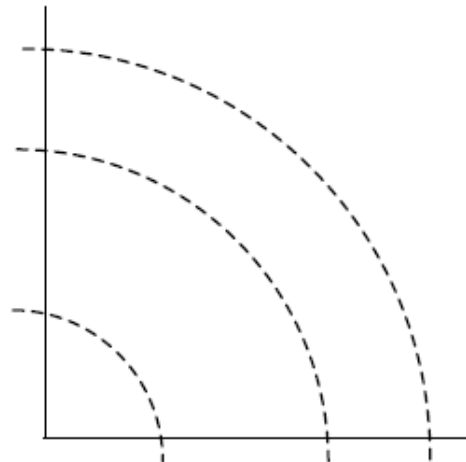
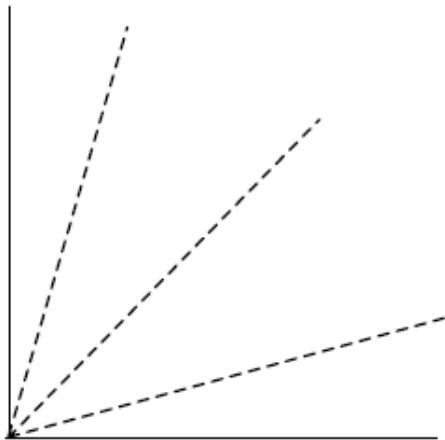
- *Representación polar para una modulación 2PSK*



Constelación de 4PSK

Modulación de amplitud en cuadratura

- QAM es usado en ADSL y algunas técnicas wireless
- Combina a ASK y PSK
- Extensión lógica de QPSK
- Envía simultáneamente dos señales diferentes sobre la misma frecuencia portadora.



Límites de Nyquist y Shannon

- Nyquist demostró la existencia de una frecuencia de muestreo que es igual al doble de la frecuencia natural de entrada = F_n
- $F_n = 2F$ ó $F_n = 2\Delta F$
- Si los canales son sin ruido demostró y transmisión mononivel.
 - $\text{bps} = 2\Delta F$
- Si la transmisión es multinivel:
 - $\text{bps} = 2\Delta F \log_2 M$

Límites de Nyquist y Shannon

- Ejemplo: si tengo una técnica 64QAM que velocidad máxima binaria podría obtener si el canal donde opero es un canal de voz:
- Rta: $\text{bps}=48000$

Límites de Nyquist y Shannon

- Shannon, demostró que los canales son ruidosos, por lo tanto encontró una ecuación que relaciona la relación señal a ruido con la cantidad de niveles de modulación.
- $M_{\max} = (1 + S/N)^{1/2}$
- Donde S/N es adimensional
- Juntando los dos límites:

$$\text{bps} = 2 \Delta F \log_2 (1 + S/N)^{1/2} \quad \text{bps} = \Delta F \log_2 (1 + S/N)$$