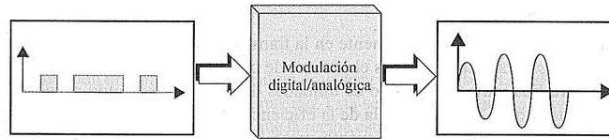


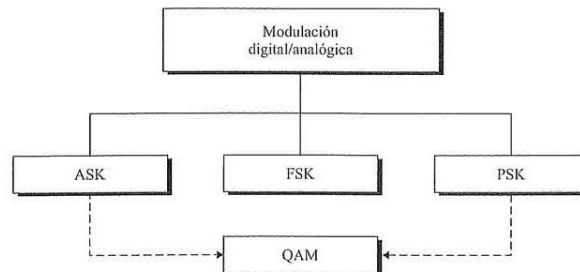
# CAPITULO 5. TRANSMISIÓN ANALÓGICA

- CONVERSIÓN DE DIGITAL A ANALÓGICO:

- Es el proceso de cambiar una de las características de una señal de base analógica en información basada en una señal digital.



- Una onda seno se define por tres características (amplitud, frecuencia y fase).
- Modificando cualquiera de estas características, se crea una segunda versión de esta onda y que nos puede servir para representar datos digitales.
- Del resultado anterior se obtienen cuatro técnicas para la modulación de datos digitales en analógicos. Siendo estos ASK, FSK, PSK y QAM.



- Aspectos de la conversión de digital a analógico:

- Elementos de datos frente a elementos de señal:

- Tasa de (datos o bits) y tasa de (señal o baudios):

- La relación que las define es:

- $S = N \cdot \frac{1}{r}$  baudios.

- Donde 'N' es la tasa de datos (bps).

- 'r' es el número de elementos de datos transportados por un elemento de señal.

- Conviene recordar que 'S' define el número de señales que se envían en un segundo o tasa de señal.

- En una transmisión analógica el valor de 'r' es:

- $r = \log_2 L$

- Donde L es aquí el tipo de elemento de señal, no el nivel.

- Ancho de banda: Se tratará el ancho de banda para cada técnica de modulación.

- Señal portadora:

- También llamada frecuencia portadora, es una señal de alta frecuencia que produce el emisor y que actúa como base para la señal de información.

- El receptor está ajustado para la señal portadora.

- La información digital se modula sobre la señal portadora modificando alguna de sus características.

- Este tipo de modificación se denomina modulación por desplazamiento.

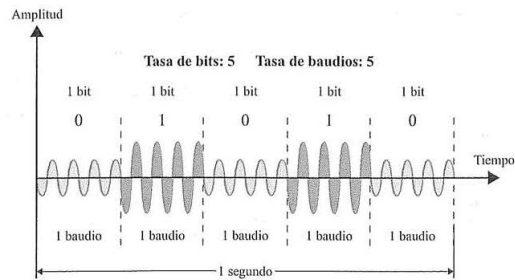
- Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK, Amplitude Shift Keying):

- Se modifica la amplitud de la señal portadora, para crear elementos de señal.

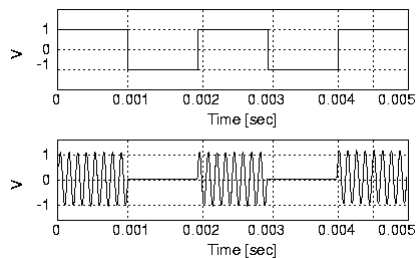
- ASK binario (BASK):

- Se define como la modulación binaria en amplitud o modulación on-off (OOK, on-off keying).

- La amplitud pico de un nivel de señal es 0, el otro es el mismo que la amplitud de la señal portadora.



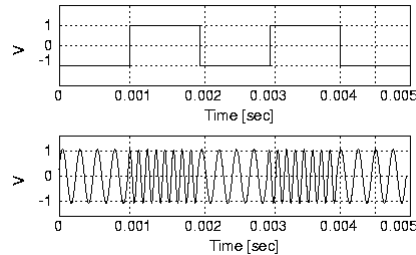
- Ancho de banda ASK:
  - Es proporcional a tasa de baudios 'S'.
  - Existe un factor, denominado  $d$ , que depende del proceso de modulación y filtrado, tomando valores entre 0 y 1.
  - Siendo 'B' el ancho de banda, todo esto se expresa como sigue:
 
$$B = (1 + d) \cdot S$$
  - La mitad del ancho de banda se encuentra en  $f_c$ , donde se sitúa la frecuencia portadora.
  - Si hay disponible un canal paso banda, se puede elegir  $f_c$  de forma que la señal modulada ocupe el ancho de banda.
- Implementación:
  - Si los datos digitales se presentan como una señal digital NRZ unipolar con un voltaje alto de 1 y bajo de 0, la implementación se lleva a cabo multiplicando la señal digital NRZ por la señal portadora  $f_c$ , que viene de un oscilador.



- ASK multinivel:
  - Se puede usar 4, 8, 16 o más amplitudes distintas para la señal y modular los datos usando 2, 3, 4 o más bits al tiempo.
- Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK, Frequency Shift Keying):
  - La frecuencia de la señal portadora cambia para representar los datos.
  - La frecuencia de la señal modulada cambia si el elemento de datos cambia.
  - FSK binario (BFSK):
    - Idealmente se consideran dos frecuencias portadoras  $f_{c1}$  y  $f_{c2}$ .
    - Se usa  $f_{c1}$  si el elemento de datos es 0 y  $f_{c2}$  si es 1.
    - Ancho de banda para FSK:
      - La mitad de un ancho de banda es  $f_1$  y la mitad de la otra es  $f_2$ .
      - Ambas, tienen una separación de  $\Delta f_c$  desde el punto medio de ambas bandas.
      - La diferencia entre  $f_{c2}$  y  $f_{c1}$  es  $2\Delta f_c$ .
      - El ancho de banda necesario es:

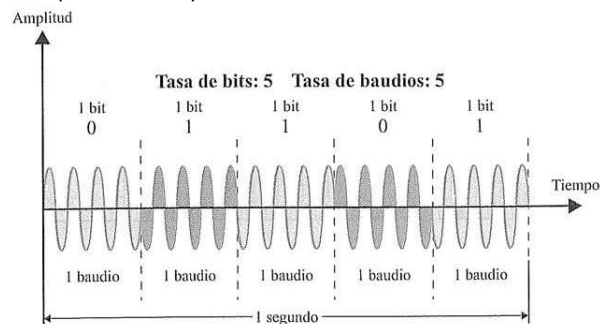
$$B = (1 + d) \cdot S + 2\Delta f$$

- Implementación:
  - Coherente:
    - Puede haber discontinuidad en fase cuando un elemento de señal termina y comienza el siguiente.
    - Se implementa como dos modulaciones ASK y usando dos frecuencias portadoras.
  - No coherente:
    - La fase se mantiene a través de la frontera entre dos elementos de señal.
    - Se implementa usando un oscilador controlado por voltaje (OCV), que cambia su frecuencia según el voltaje de entrada.



- FSK multinivel (MFSK):
  - En general si lo que se pretende es enviar  $n$  bits al mismo tiempo se utilizan  $(2^{\text{número de bits a enviar}})$  frecuencias distintas.
  - Las frecuencias han de estar separadas  $2\Delta f_c$ , para que el modulador y el demodulador funcionen adecuadamente.
  - Ancho de banda para MFSKs:
    - $B = (1 + d) \cdot S + (L - 1) \cdot 2\Delta f$ .

- Modulación por desplazamiento de fase (PSK, Phase Shift Keying):
  - La fase de la portadora cambia para representar dos o más elementos de señal.
  - PSK binaria (BPSK):
    - Hay dos elementos de información, uno con una fase de  $0^\circ$  y otro con una fase de  $180^\circ$ .
    - Es menos susceptible al ruido que ASK y es superior al FSK por que no necesita dos señales portadoras.
    - Ancho de banda:
      - Es el mismo que para la BASK, pero menor que BFSK.
    - Implementación:
      - Si los datos digitales se presentan como una señal digital NRZ polar, la implementación se lleva a cabo multiplicando la señal digital NRZ por la señal portadora  $f_c$ , que viene de un oscilador.

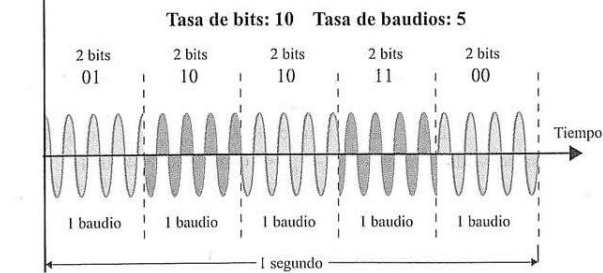
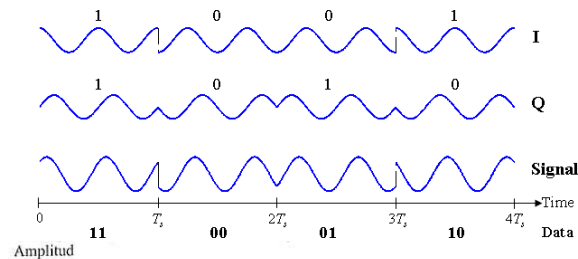


- PSK en cuadratura (QPSK):

- Igual que BPSK pero utilizando cuatro fases para representar 4 bit de esta forma:

Fase	dato
45° ó 0°	00
135° ó 90°	01
225° ó 180°	10
315° ó 270°	11

- Para ello se usan dos modulaciones BPSK separadas.
- Las ondas seno creadas tienen la misma frecuencia pero una está en-fase y otra desfasada o en cuadratura.
- Disminuyendo la tasa de baudios y el ancho de banda necesario.

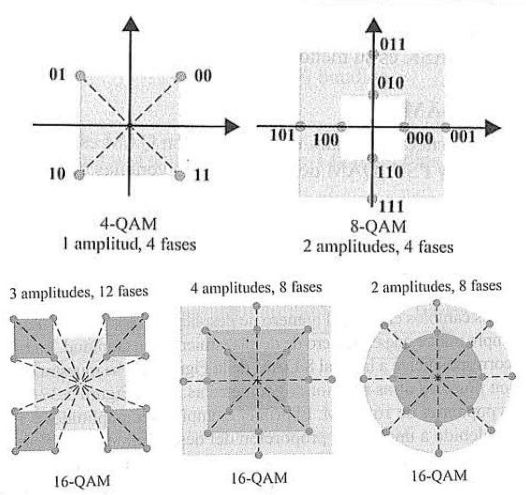


- Diagrama de constelación:

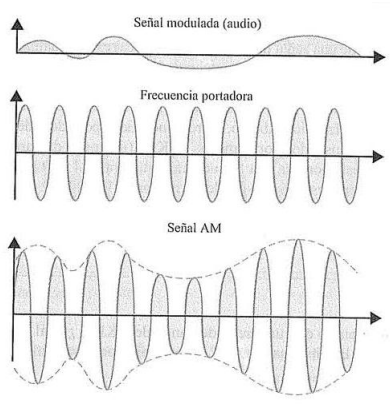
- Útil para definir la amplitud y la fase de un elemento.
- El elemento de señal se representa como un punto, acompañado a menudo con el valor del dato.
- El eje X se relaciona con la portadora en-fase y el eje Y con la portadora en cuadratura.
- La proyección sobre el eje X define la amplitud de pico del componente en-fase.
- La proyección sobre el eje Y define la amplitud de pico del componente en cuadratura.
- El vector que conecta el punto al origen es la amplitud de pico de la señal.
- El ángulo del vector con el eje X es la fase del elemento señal.

- Modulación de amplitud en cuadratura (QAM):

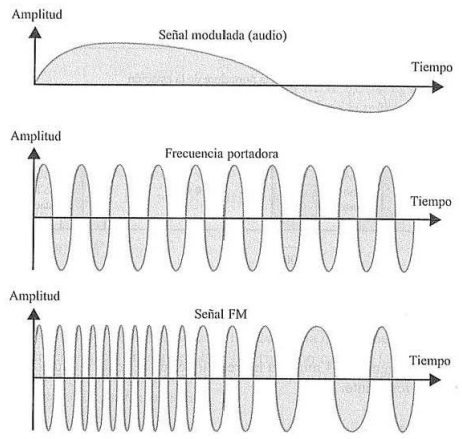
- Es una combinación de ASK y PSK.
- Se utilizan dos portadoras, una en fase y otra en cuadratura, con distintos niveles de amplitud para cada portadora.
- Las variaciones posibles de QAM son numerosas.



- Ancho de banda para QAM:
  - Es el mismo que en ASK y PSK.
  - Tiene las mismas ventajas que PSK sobre ASK.
- CONVERSIÓN DE ANALÓGICO A ANLÓGICO:
  - Se consigue empleando tres técnicas de modulación: en amplitud, fase y frecuencia.
  - Modulación en amplitud (AM):
    - Se modula la amplitud de la señal portadora a medida que la señal de cambia.
    - La señal modulada se convierte en una envoltura de la portadora.



- Ancho de banda en AM:
  - Se determina a partir del ancho de banda de una señal de audio:  
 $B_{AM} = 2B$
- Modulación en frecuencia (FM):
  - Se modula la frecuencia de la señal portadora a medida que la amplitud de la señal de información cambia.

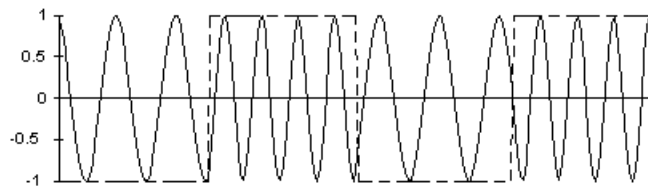


- Ancho de banda en AM:
  - Se determina empíricamente a partir del ancho de banda de una señal de audio:
 
$$B_{AM} = 2.(1+\beta).B$$
  - Donde  $\beta$  es un factor que depende de la técnica de modulación, siendo 4 un valor frecuente.

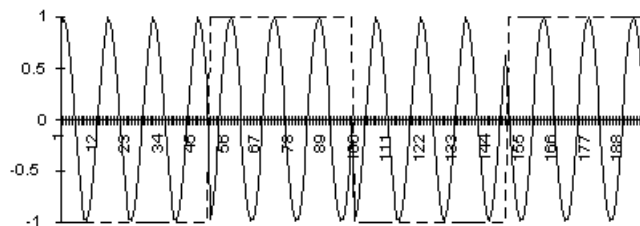
○ Modulación en fase (PM):

- Se modula la fase de la señal portadora a medida que la amplitud de la señal de información cambia.
- Se puede probar matemáticamente que PM es igual a FM.
- En FM los cambios instantáneos de la frecuencia portadora es igual a la amplitud de la señal a modular.
- En PM los cambios instantáneos de la frecuencia portadora son proporcionales a la derivada de a la amplitud de la señal a modular.
- En las siguientes figuras se aprecia lo expuesto anteriormente:

Señal PM periódica



Señal FM periódica



- Ancho de banda en AM:
  - Se determina empíricamente a partir del ancho de banda de una señal de audio:
 
$$B_{AM} = 2.(1+\beta).B$$
  - Donde  $\beta$  es un factor que depende de la técnica de modulación, siendo 1 para banda estrecha y 3 para banda ancha.