

# Sistemas de Modulación

# Contenidos

## Artículos

Modulación (telecomunicación)	1
<b>Modulación en función del parámetro sobre el que se actúe.</b>	<b>3</b>
Amplitud Modulada	3
Frecuencia modulada	6
Modulación de fase	10
Modulación en banda lateral única	13
Modulación de banda lateral vestigial	14
Modulación de amplitud en cuadratura	14
Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales	16
Modulación por longitud de onda	18
Modulación en anillo	19
<b>Técnicas de modulación por impulsos</b>	<b>20</b>
Modulación por impulsos codificados	20
Modulación por ancho de pulsos	22
Modulación por amplitud de pulsos	24
Modulación por posición de pulso	25
<b>Tipos de modulación por desplazamiento</b>	<b>26</b>
Modulación por desplazamiento de amplitud	26
Modulación por desplazamiento de frecuencia	28
Modulación por desplazamiento de fase	29
Modulación por desplazamiento de amplitud y fase	33
<b>Referencias</b>	
Fuentes y contribuyentes del artículo	34
Fuentes de imagen, Licencias y contribuyentes	35
<b>Licencias de artículos</b>	
Licencia	36

# Modulación (telecomunicación)

**modulación** engloba el conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información en forma simultánea, protegiéndola de posibles interferencias y ruidos.

Básicamente, la modulación consiste en hacer que un parámetro de la onda portadora cambie de valor de acuerdo con las variaciones de la señal moduladora, que es la información que queremos transmitir.

Dependiendo del parámetro sobre el que se actúe, tenemos los distintos tipos de modulación:

- Modulación en doble banda lateral (DSB)
- Modulación de amplitud (AM)
- Modulación de fase (PM)
- Modulación de frecuencia (FM)
- Modulación banda lateral única (SSB, ó BLU)
- Modulación de banda lateral vestigial (VSB, VSB-AM, ó BLV)
- Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)
- Modulación por división ortogonal de frecuencia (OFDM), también conocida como 'Modulación por multitono discreto' (DMT)
- Modulación por longitud de onda
- Modulación en anillo

Cuando la OFDM se usa en conjunción con técnicas de codificación de canal, se denomina *Modulación por división ortogonal de frecuencia codificada* (COFDM).

También se emplean técnicas de modulación por impulsos, pudiendo citar entre ellas:

- Modulación por impulsos codificados (PCM)
- Modulación por anchura de pulsos (PWM)
- Modulación por duración de pulsos (PDM)
- Modulación por amplitud de pulsos (PAM)
- Modulación por posición de pulsos (PPM)

Cuando la señal es una indicación simple *on-off* a baja velocidad, como una transmisión en código Morse o radioteletipo (RTTY), la modulación se denomina *manipulación, modulación por desplazamiento*, así tenemos:

- Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK)
- Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK)
- Modulación por desplazamiento de fase (PSK)
- Modulación por desplazamiento de amplitud y fase (APSK o APK)

La transmisión de radioteletipo (RTTY) puede ser considerada como una forma simple de Modulación por impulsos codificados

Cuando se usa el código Morse para conmutar *on-off* la onda portadora, no se usa el término 'manipulación de amplitud', sino *operación en onda continua* (CW).



La modulación se usa frecuentemente en conjunción con varios métodos de acceso de canal. Otras formas de modulación más complejas son (PSK),(QAM),(I/Q),(QFSK),etc.

### **Véase también**

- Modulador
- Transmodulador

---

# Modulación en función del parámetro sobre el que se actúe.

---

## Amplitud Modulada

---

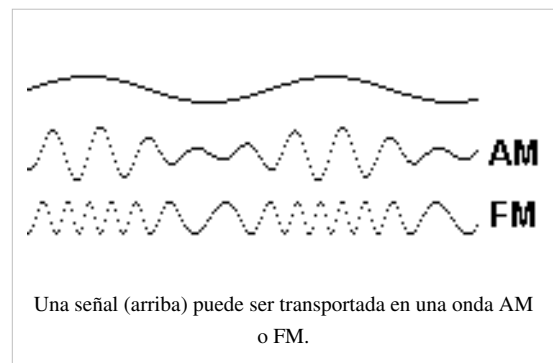
**Amplitud modulada (AM)** o **modulación de amplitud** es un tipo de modulación lineal que consiste en hacer variar la amplitud de la onda portadora de forma que esta cambie de acuerdo con las variaciones de nivel de la señal moduladora, que es la información que se va a transmitir.

AM es el acrónimo de Amplitude Modulation (Amplitud modulada), la cual consiste en modificar la amplitud de una señal de alta frecuencia, denominada portadora, en función de una señal de baja frecuencia, denominada moduladora, la cual es la señal que contiene la información que se desea transmitir. Entre los tipos de modulación AM se encuentra la modulación de doble banda lateral con portadora (DSBFC).

### Aplicaciones tecnológicas de la AM

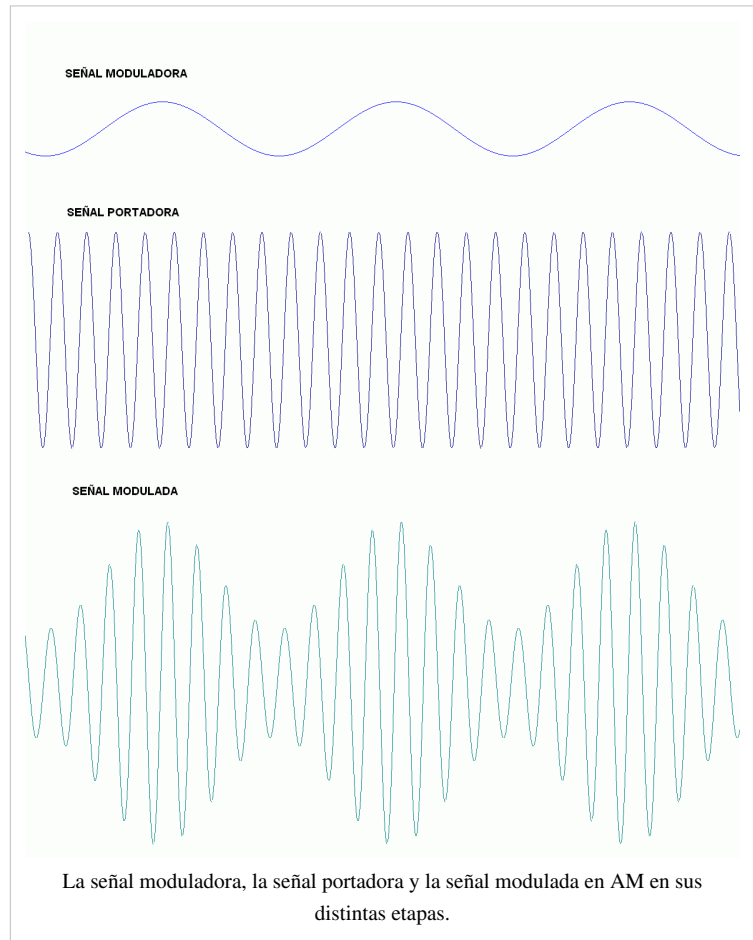
Una gran ventaja de AM es que su demodulación es muy simple y, por consiguiente, los receptores son sencillos y baratos; un ejemplo de esto es la radio a galena. Otras formas de AM como la modulación por Banda lateral única o la Doble Banda Lateral son más eficientes en ancho de banda o potencia pero en contrapartida los receptores y transmisores son más caros y difíciles de construir, ya que además deberán reinsertar la portadora para conformar la AM nuevamente y poder demodular la señal transmitida.

La AM es usada en la radiofonía, en las ondas medias, ondas cortas, e incluso en la VHF: es utilizada en las comunicaciones radiales entre los aviones y las torres de control de los aeropuertos. La llamada "Onda Media" (capaz de ser captada por la mayoría de los receptores de uso doméstico) abarca un rango de frecuencia que va desde 550 a 1600 kHz



## Representación matemática de la modulación en AM

Al considerar la señal moduladora (señal del mensaje) como:



$$y_s(t) = A_s \cdot \cos(\omega_s \cdot t)$$

y Señal portadora como:

$$y_p(t) = A_p \cdot \cos(\omega_p \cdot t)$$

La ecuación de la señal modulada en AM es la siguiente:

$$y(t) = A_p \cdot [1 + m \cdot A_p \cdot x_n(t)] \cdot \cos(\omega_p \cdot t)$$

- $y(t)$  = Señal modulada
- $x_n(t)$  = Señal moduladora normalizada con respecto a su amplitud =  $y_s(t)/A_s$
- $m$  = Índice de modulación (suele ser menor que la unidad) =  $A_s/A_p$

Básicamente, se trata de multiplicar el mensaje a transmitir  $x(t)$  por la portadora cosenoidal y, a su vez, sumarle esa portadora cosenoidal. El espectro en frecuencias de la señal quedará trasladado a  $\omega_p$  radianes por segundo, tanto en la parte positiva del mismo cómo en la negativa, y su amplitud será, en ambos casos, el producto de la señal moduladora por la amplitud de la portadora, sumado a la amplitud de la portadora, y dividido por dos. El resultado se aprecia en los enlaces a las siguientes imágenes:

## Demodulación de AM

Existen dos posibilidades para la demodulación de una señal  $x(t)$  modulada en AM. La primera de ellas, la más simple, es sólo posible en caso de que se cumpla la condición siguiente:

$$\|x_n(t)\| \leq m$$

En este supuesto, la envolvente de la señal modulada, esto es  $1 + m \cdot x_n(t)$  es siempre positiva y para recuperar la señal moduladora es suficiente con un receptor que capte dicha envolvente. Esto se consigue con un simple circuito rectificador con carga capacitiva. Así funcionaba la pionera radio de galena.

La otra opción para la demodulación de la señal modulada en AM es utilizar el mismo tipo de demodulación que se usa en las otras modulaciones lineales. Se trata del demodulador coherente. Para ello, es necesario conocer la frecuencia de la portadora  $w_p$ , en ocasiones, también la fase, lo que requiere la utilización de un PLL (*Phase Lock Loop*). En este otro supuesto, no es necesario que el índice de modulación sea menor que la unidad, o lo que es lo mismo, no es necesario que la envolvente  $[1 + m \cdot x(t)]$  sea siempre positiva.

El demodulador coherente utiliza la siguiente propiedad matemática de la función coseno:

$$\cos^2(\phi) = \frac{1}{2} + \frac{\cos(2\phi)}{2}$$

para multiplicar la función  $y(t)$  por la portadora:

$$y_D(t) = y(t)\cos(w_p) = \frac{1 + mx_n(t)}{2} + \frac{\cos(2w_p)}{2}$$

A partir de esto, con un filtro paso-bajo y un supresor de continua, se obtiene la señal  $x(t)$ .

## Potencia de la señal modulada

La amplitud máxima de cada banda lateral está dada por la expresión:  $m = \frac{V_m}{V_p}$  y cómo la potencia es proporcional

al cuadrado de la tensión, la potencia de la señal modulada resultará la suma de la potencia de la señal portadora más la potencia de ambas bandas laterales:

$$P \equiv V_p^2 + \left(\frac{mV_p}{2}\right)^2 + \left(\frac{mV_p}{2}\right)^2$$

$$P \equiv V_p^2 + \frac{m^2V_p^2}{4} + \frac{m^2V_p^2}{4}$$

Para que la igualdad sea posible debemos tener en cuenta las potencias en lugar de las tensiones:

$$P = P_p + \frac{m^2}{4}P_p + \frac{m^2}{4}P_p$$

$$P = P_p + \frac{m^2}{2}P_p$$

$$P = \left(1 + \frac{m^2}{2}\right)P_p$$

En el caso de que la modulación sea al cien por ciento, entonces  $m = 1$  y por lo tanto la potencia de la señal modulada será:

$$P = \left(1 + \frac{1}{2}\right)P_p$$


$$P = \frac{3}{2}P_p$$

O lo que es lo mismo:

$$P_p = \frac{2}{3}P$$

De lo último se desprende que la onda portadora consumirá dos tercios de la potencia total, dejando un tercio para ambas bandas laterales.

## Enlaces externos

-  Wikiversidad alberga proyectos de aprendizaje sobre **Amplitud Modulada**. Wikiversidad

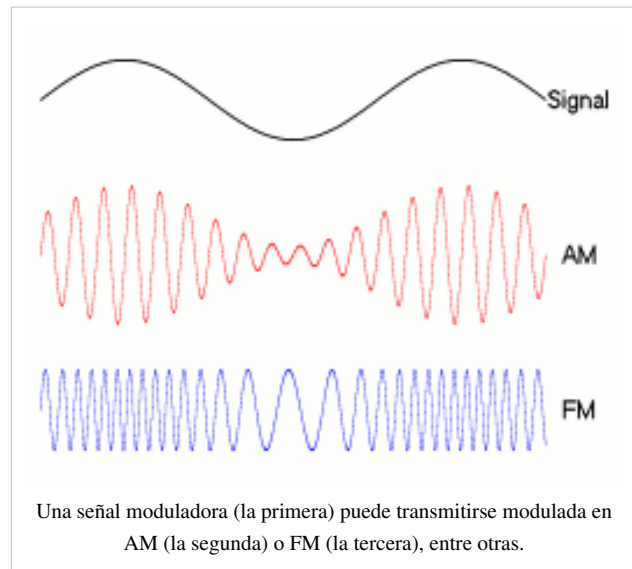
# Frecuencia modulada

En telecomunicaciones, la **frecuencia modulada (FM)** o modulación de frecuencia es una modulación angular que transmite información a través de una onda portadora variando su frecuencia (contrastando esta con la amplitud modulada o modulación de amplitud (AM), en donde la amplitud de la onda es variada mientras que su frecuencia se mantiene constante). En aplicaciones analógicas, la frecuencia instantánea de la señal modulada es proporcional al valor instantáneo de la señal moduladora. Datos digitales pueden ser enviados por el desplazamiento de la onda de frecuencia entre un conjunto de valores discretos, una modulación conocida como FSK.

La frecuencia modulada es usada comúnmente en las radiofrecuencias de muy alta frecuencia por la alta fidelidad de la radiodifusión de la música y el habla (véase Radio FM). El sonido de la televisión analógica también es difundido por medio de FM. Un formulario de banda estrecha se utiliza para comunicaciones de voz en la radio comercial y en las configuraciones de aficionados. El tipo usado en la radiodifusión FM es generalmente llamado amplia-FM o W-FM (de la siglas en inglés "Wide-FM"). En la radio de dos vías, la banda estrecha o N-FM (de la siglas en inglés "Narrow-FM") es utilizada para ahorrar banda estrecha. Además, se utiliza para enviar señales al espacio.

La frecuencia modulada también se utiliza en las frecuencias intermedias de la mayoría de los sistemas de vídeo analógico, incluyendo VHS, para registrar la luminancia (blanco y negro) de la señal de video. La frecuencia modulada es el único método factible para la grabación de video y para recuperar de la cinta magnética sin la distorsión extrema, como las señales de vídeo con una gran variedad de componentes de frecuencia - de unos pocos hercios a varios megahercios, siendo también demasiado amplia para trabajar con equalisers con la deuda al ruido electrónico debajo de -60 dB. La FM también mantiene la cinta en el nivel de saturación, y, por tanto, actúa como una forma de reducción de ruido del audio, y un simple corrector puede enmascarar variaciones en la salida de la reproducción, y que la captura del efecto de FM elimina a través de impresión y pre-eco. Un piloto de tono continuo, si se añade a la señal - que se hizo en V2000 o video 2000 y muchos formatos de alta banda - puede mantener el temblor mecánico bajo control y ayudar al tiempo de corrección.

Dentro de los avances más importantes que se presentan en las comunicaciones, el mejoramiento de un sistema de transmisión y recepción en características como la relación señal – ruido, sin duda es uno de los más importantes, pues permite una mayor seguridad en las mismas. Es así como el paso de Modulación en Amplitud (A.M.), a la Modulación en Frecuencia (F.M.), establece un importante avance no solo en el mejoramiento que presenta la relación señal ruido, sino también en la mayor resistencia al efecto del desvanecimiento y a la interferencia, tan





comunes en A.M.

La frecuencia modulada también se utiliza en las frecuencias de audio para sintetizar sonido. Esta técnica, conocida como síntesis FM, fue popularizada a principios de los sintetizadores digitales y se convirtió en una característica estándar para varias generaciones de tarjetas de sonido de computadoras personales.

## Aplicaciones en radio

Dentro de las aplicaciones de F.M. se encuentra la radio, en donde los receptores emplean un detector de FM y exhiben un fenómeno llamado efecto de captura, en donde el sintonizador es capaz de recibir la señal más fuerte de las que transmiten en la misma frecuencia. Sin embargo, la falta de selectividad por las desviaciones de frecuencia causa que una señal sea repentinamente tomada por otra de un canal adyacente. Otra de las características que presenta F.M., es la poder transmitir señales estereofónicas, y entre otras de sus aplicaciones se encuentran la televisión, como sub-portadora de sonido; en micrófonos inalámbricos; y como ayuda en navegación aérea.

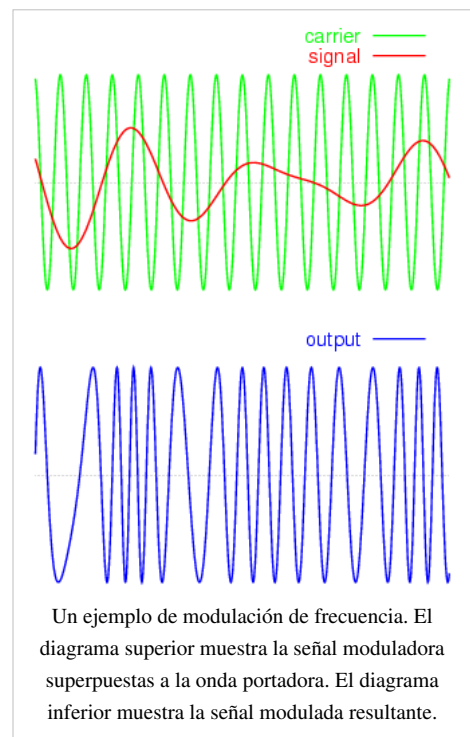
Edwin Armstrong presentó su estudio: "Un Método de reducción de Molestias en la Radio Mediante un Sistema de Modulación de Frecuencia", que describió por primera vez a la FM, antes de que la sección neoyorquina del Instituto de Ingenieros de Radio el 6 de noviembre de 1935. El estudio fue publicado en 1936.<sup>[1]</sup>

La FM de onda larga (W-FM) requiere un mayor ancho de banda que la modulación de amplitud para una señal moduladora equivalente, pero a su vez hace a la señal más resistente al ruido y la interferencia. La modulación de frecuencia es también más resistente al fenómeno del desvanecimiento, muy común en la AM. Por estas razones, la FM fue escogida como el estándar para la transmisión de radio de alta fidelidad, resultando en el término "Radio FM" (aunque por muchos años la BBC la llamó "Radio VHF", ya que la radiodifusión en FM usa una parte importante de la banda VHF).

Los receptores de radio FM emplean un detector para señales FM y exhiben un fenómeno llamado **efecto de captura**, donde el sintonizador es capaz de recibir la señal más fuerte de las que transmitan en la misma frecuencia. Sin embargo, la desviación de frecuencia o falta de selectividad puede causar que una estación o señal sea repentinamente tomada por otra en un canal adyacente. La desviación de frecuencia generalmente constituyó un problema en receptores viejos o baratos, mientras que la selectividad inadecuada puede afectar a cualquier aparato.

Una señal FM también puede ser usada para transportar una señal estereofónica (vea FM estéreo) No obstante, esto se hace mediante el uso de multiplexación y demultiplexación antes y después del proceso de la FM. Se compone una señal moduladora (en banda base) con la suma de los dos canales (izquierdo y derecho), y se añade un tono piloto a 19 kHz. Se modula a continuación una señal diferencia de ambos canales a 38 kHz en doble banda lateral, y se le añade a la moduladora anterior. De este modo se consigue compatibilidad con receptores antiguos que no sean estereofónicos, y además la implementación del demodulador es muy sencilla.

Una amplificación de conmutación de frecuencias radiales de alta eficiencia puede ser usada para transmitir señales FM (y otras señales de amplitud constante). Para una fuerza de señal dada (medida en la antena del receptor), los amplificadores de conmutación utilizan menos potencia y cuestan menos que un amplificador lineal. Esto le da a la FM otra ventaja sobre otros esquemas de modulación que requieren amplificadores lineales, como la AM y la QAM.



## Otras aplicaciones

La modulación de frecuencia encuentra aplicación en gran cantidad de sistemas de comunicación. Aparte de la FM de radiodifusión, entre 88 y 108 MHz, la separación entre dos canales adyacentes es de 200 kHz y la desviación de frecuencia  $\Delta f = 75$  kHz. La FM se viene utilizando principalmente en las siguientes aplicaciones:

- **Televisión:**
  - **Subportadora de sonido:** La información de sonido modula en frecuencia la subportadora de sonido, que posteriormente se une a las restantes componentes de la señal de TV para modular en AM la portadora del canal correspondiente y se filtra para obtener la banda lateral vestigial. El sonido NICAM es digital y no sigue este proceso.
  - **SECAM:** El sistema de televisión en color SECAM modula la información de color en FM.
- **Micrófonos inalámbricos:** Debido a la mayor insensibilidad ante las interferencias, los micrófonos inalámbricos han venido utilizando la modulación de frecuencia.
- **Ayudas a la navegación aérea.** Sistemas como el DVOR (VOR Doppler), simulan una antena giratoria que, por efecto Doppler, modula en frecuencia la señal transmitida.

## Tecnología

### Modulador de FM

La modulación de una portadora sobre FM, aunque se puede realizar de varias formas, resulta un problema delicado debido a que se necesitan dos características contrapuestas: estabilidad de frecuencia y que la señal moduladora varíe la frecuencia. Por ello, la solución simple de aplicar la señal moduladora a un oscilador controlado por tensión (VCO) no es satisfactoria.

- **Modulación del oscilador.** En oscilador estable, controlado con un cristal piezoeléctrico, se añade un condensador variable con la señal moduladora (varactor). Eso varía ligeramente la frecuencia del oscilador en función de la señal moduladora. Como la excursión de frecuencia que se consigue no suele ser suficiente, se lleva la señal de salida del oscilador a multiplicadores de frecuencia para alcanzar la frecuencia de radiodifusión elegida.
- **Moduladores de fase.** Un modulador de FM se puede modelar exactamente como un modulador de PM con un integrador a la entrada de la señal moduladora.
- **Modulador con PLL.** Vuelve a ser el VCO, pero ahora su salida se compara con una frecuencia de referencia para obtener una señal de error, de modo que se tiene una realimentación negativa que minimiza dicho error. La señal de error se filtra para que sea insensible a las variaciones dentro del ancho de banda de la señal moduladora, puesto que estas variaciones son las que modulan la salida del VCO. Este método se ha impuesto con la llegada de los PLL integrados ya que ha pasado de ser el más complejo y costoso a ser muy económico. Presenta otras ventajas, como es poder cambiar de frecuencia para pasar de un canal a otro y mantiene coherentes todas las frecuencias del sistema...

### Demodulador de FM

También es más complejo que el de AM. Se utilizan sobre todo dos métodos:

- **Discriminador reactivo.** Se basa en llevar la señal de FM a una reactancia, normalmente bobinas acopladas, de forma que su impedancia varíe con la frecuencia. La señal de salida aparece, entonces, modulada en amplitud y se detecta con un detector de envolvente. Existían válvulas específicas para esta tarea, consistentes en un doble-diodo-triodo. Los dos diodos forman el detector de envolvente y el triodo amplifica la señal, mejorando la relación señal/ruido.

- **Detector con PLL.** La señal del PLL proporciona la señal demodulada. Existen muchas variaciones según la aplicación, pero estos detectores suelen estar en circuitos integrados que, además, contienen los amplificadores de RF y frecuencia intermedia. Algunos son una radio de FM completa (TDA7000).

### Ecuación Característica


$$F_{fm} = \cos[w_c t + \alpha + k_f \int f(t) dt]$$

### Ancho de banda

Al contrario que en el caso de Amplitud Modulada, que se concentra en la frecuencia portadora y dos bandas laterales, el ancho de banda de una señal de FM se extiende indefinidamente, cancelándose solamente en ciertos valores de frecuencia discretos. Cuando la señal moduladora es una senoide el espectro de potencia que se tiene es discreto y simétrico respecto de la frecuencia de la portadora, la contribución de cada frecuencia al espectro de la señal modulada tiene que ver con las funciones de Bessel de primera especie  $J_n$ .

A través de la regla de Carson es posible determinar el ancho de banda que se requiere para transmitir una señal modulada en FM (o PM).

### Véase también

-  Wikiversidad alberga proyectos de aprendizaje sobre **Frecuencia modulada**. Wikiversidad
- Modulación
- Televisión
- Radiodifusión

### Referencias

- [1] Armstrong, E. H. (Mayo de 1936). «A Method of Reducing Disturbances in Radio Signaling by a System of Frequency Modulation» *Proceedings of the IRE*. Vol. 24. n.º 5. pp. 689-740. IRE.

# Modulación de fase

---

Tipo de modulación que se caracteriza porque la fase de la onda portadora varía directamente de acuerdo con la señal modulante, resultando una señal de modulación en fase.

Se obtiene variando la fase de una señal portadora de amplitud constante, en forma directamente proporcional a la amplitud de la señal modulante. La modulación de fase no suele ser muy utilizada porque se requieren equipos de recepción más complejos que los de frecuencia modulada. Además puede presentar problemas de ambigüedad para determinar por ejemplo si una señal tiene una fase de  $0^\circ$  o  $180^\circ$ .

## Definición matemática

La ecuación de una señal modulada en PM es la siguiente:

$$y(t) = A_p \cdot \cos[f_c + f_i(t)]$$

Donde:

- $y(t)$  = Señal modulada
- $A_p$  = Amplitud de la portadora
- $f_i(t) = f_i(t) = N_p X(t)$
- $N_p$  = Índice de modulación de fase

## Modulación de fase PSK

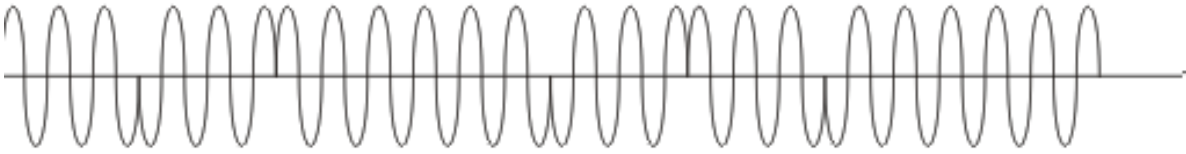
La modulación PSK se caracteriza porque la fase de la señal portadora representa cada símbolo de información de la señal moduladora, con un valor angular que el modulador elige entre un conjunto discreto de "n" valores posibles.

La modulación PSK también se denomina "por desplazamiento" debido a los saltos bruscos que la moduladora digital provoca en los correspondientes parámetros de la portadora.

Un modulador PSK representa directamente la información mediante el valor absoluto de la fase de la señal modulada, valor que el demodulador obtiene al comparar la fase de esta con la fase de la portadora sin modular.

## Imagen modulación PSK

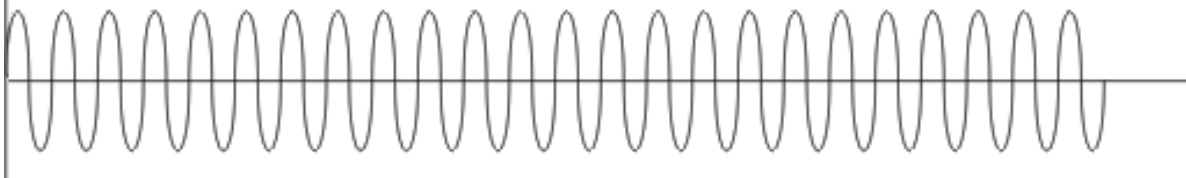
### Señal modulada



### Señal moduladora



### Señal portadora



La señal modulada resultante, responde a la expresión:

$$A_p \cdot \cos[f \cdot t + O]$$

Donde:

- $A_p$  =longitud
- $f$  =frecuencia
- $t$  =tiempo
- $()$  =representa cada uno de los n valores posibles de la fase, tantos como estados tenga la señal codificada en banda base multinivel.

## Velocidad de señalización

- Velocidad [bps] = Vel[Baudios]\*Log2 n

Donde : n= # corresponde al número de niveles de la señal digital.

Nota: la unidad de medida de la velocidad de transmisión es el Baudio.

Topics in Modulation techniques
<p><b>Analog modulation</b></p> <p>[[Amplitude modulation AM]]   [[Frequency modulation FM]]   [[Phase modulation PM]]   [[Quadrature amplitude modulation QAM]]</p>
<p><b>Digital modulation</b></p> <p>ASK   PSK   [[Frequency-shift keying FSK]]   QAM   OFDM   [[Minimum-shift keying MSK]]</p>

edit<sup>[1]</sup>

Dentro del contexto PSK se distinguen dos tipos de modulación de fase :

- a) Modulación PSK.
- b) Modulación DPSK. ( Diferencial PSK ).

La modulación PSK consiste en que cada estado de modulación está dado por la fase que lleva la señal respecto de la original.

Mientras tanto, en la modulación DPSK cada estado de modulación es codificado por un salto respecto a la fase que tenía la señal anterior. Empleando este sistema se garantizan las transiciones o cambios de fase en cada bit, lo que facilita la sincronización del reloj en recepción. Técnicamente utilizando el concepto de modulación PSK , es posible aumentar la velocidad de transmisión a pesar de los límites impuestos por el canal telefónico. De aquí entonces existen dos tipos de modulación derivadas del DPSK, que son:

- a) QPSK ( Quadrature PSK ).
- b) MPSK ( multiple PSK ).

Modulación QPSK: Consiste en que el tren de datos a transmitir se divida en pares de bits consecutivos llamados Dibits , codificando cada bit como un cambio de fase con respecto al elemento de la señal anterior.

Modulación MPSK: En este caso el tren de datos se divide en grupos de M bits , llamados M-bits, codificando cada salto de fase con relación a la fase del tribit que lo precede.

La expresión de la señal modulada DPSK responde a la expresión:

$$A_p \cdot \cos[f \cdot t + A0]$$

Donde:

- $A_p$ =Amplitud
- $f$ =frecuencia
- $t$ =tiempo
- $A0$ =La fase de la señal modulada. El salto de fase  $A0$  representa cada uno de los n estados que puede adoptar una señal moduladora cuando se codifica en banda base multinivel.

La fase  $A0$  de la señal modulada anterior, es el valor angular de la fase del último elemento de señal que se acaba de transmitir.

## Referencias

[1] [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Template:Modulation\\_techniques&action=edit](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Template:Modulation_techniques&action=edit)

# Modulación en banda lateral única

---

La **modulación en banda lateral única (BLU)** o (**SSB**) (del inglés *Single Side Band*) es una evolución de la AM. La banda lateral única es muy importante para la rama de la electrónica básica ya que permite transmitir señales de radio frecuencia que otras modulaciones no pueden transmitir.

En la transmisión en Amplitud Modulada se gasta la mitad de la energía en transmitir una onda de frecuencia constante llamada portadora, y sólo un cuarto en transmitir la información de la señal moduladora (normalmente voz) en una banda de frecuencias por encima de la portadora. El otro cuarto se consume en transmitir exactamente la misma información, pero en una banda de frecuencias por debajo de la portadora.

Es evidente que ambas bandas laterales son redundantes, bastaría con enviar una sola. Y la portadora tampoco es necesaria.

Por medio de filtros colocados en el circuito de transmisión, el transmisor BLU elimina la portadora y una de las dos bandas.

El receptor, para poder reproducir la señal que recibe, genera localmente -mediante un oscilador- la portadora no transmitida, y con la banda lateral que recibe, reconstruye la información de la señal moduladora original.

Un ejemplo de emisor / receptor BLU es el BITX.

## Ventajas y desventajas de la BLU

La superioridad tecnológica de la Banda Lateral Única sobre la Amplitud Modulada reside en esa necesidad de gastar sólo un cuarto de la energía para transmitir la misma información. En contrapartida, los circuitos de transmisores y receptores son más complejos y más caros.

Otra ventaja de esta modulación sobre la AM estriba en que la potencia de emisión se concentra en un ancho de banda más estrecho (normalmente 2,4 kilohercios); por lo tanto, es muy sobria en el uso de las frecuencias, permitiendo más conversaciones simultáneas en una banda dada.

La modalidad de mayor uso es la USB (banda lateral superior, del inglés *Upper Side Band*). Por razones históricas, en el servicio de radioaficionados para frecuencias por debajo de 10.7 MHz se transmite sólo la banda inferior (LSB), y por encima, sólo la banda superior (USB). La LSB también se utiliza en algunas comunicaciones marinas.


## Banda lateral independiente

En el pasado, cuando se empleaba la Onda Corta para la transmisión de comunicaciones telefónicas, se utilizaba un procedimiento particular de este tipo de modulación, denominado **banda lateral independiente (BLI)**.

Se basaba en la utilización de dos moduladores, que funcionaban con la misma portadora. A cada uno de ellos se aplicaba como señal moduladora dos canales telefónicos previamente multiplexados en frecuencia.

Finalmente, de los productos de modulación de un modulador se seleccionaba la banda lateral superior y del otro la banda lateral inferior y se suprimía la portadora. Con ello se enviaba al transmisor la información correspondiente a cuatro canales telefónicos (2 por cada banda lateral).

## Enlaces externos

-  Wikiversidad alberga proyectos de aprendizaje sobre **Modulación en banda lateral única**. Wikiversidad

# Modulación de banda lateral vestigial

---

La **modulación de banda lateral vestigial**, en inglés *Vestigial Side Band (VSB)*, es una modulación lineal que consiste en filtrar parcialmente una de las dos bandas laterales resultantes de una modulación en doble banda lateral o de una modulación AM.

Esta modulación se utiliza en la transmisión de la componente de luminancia en los sistemas PAL, SECAM y NTSC de televisión analógica. La banda lateral que es parcialmente filtrada constituye un *vestigio* de la banda lateral original y porta habitualmente del 5% al 10% de la potencia total transmitida, mejorando la relación señal a ruido en las bajas frecuencias de la señal moduladora.

Las principales ventajas de este sistema son:

- Ocupa menor ancho de banda que la modulación en AM de Doble Banda Lateral DSB-LC
- Puede ser demodulada usando demoduladores síncronos de AM
- No requiere de filtros tan abruptos (filtros más realizables en la realidad)

# Modulación de amplitud en cuadratura

---

Es una técnica de modulación digital avanzada que transporta datos, mediante la modulación de la señal portadora de información tanto en amplitud como en fase. Esto se consigue modulando una misma portadora, desfasando 90° la fase y la amplitud.

La señal modulada en QAM está compuesta por la suma lineal de dos señales previamente moduladas en DBL-PS (Doble Banda Lateral - con Portadora Suprimida)

Se asocian a esta tecnología aplicaciones tales como:

- Modems telefónicos para velocidades superiores a los 2400bps.
- Transmisión de señales de televisión, microondas, satélite (datos a alta velocidad por canales con ancho de banda restringido).
- Modulación TCM (Trellis Coded Modulation), que consigue velocidades de transmisión muy elevadas combinando la modulación con la codificación de canal.
- Módems ADSL que trabajan en el bucle de abonado, a frecuencias situadas entre 24KHz y 1104KHz, pudiendo obtener velocidades de datos de hasta 9Mbps, modulando en QAM diferentes portadoras.

## Funcionamiento

La modulación QAM consiste en modular por desplazamiento en amplitud (ASK) de forma independiente, dos señales portadoras que tienen la misma frecuencia pero que están desfasadas entre sí 90°. La señal modulada QAM es el resultado de sumar ambas señales ASK. Estas pueden operar por el mismo canal sin interferencia mutua porque sus portadoras al tener tal desfase, se dice que están en cuadratura.

La ecuación matemática de una señal modulada en QAM es:

$$a_n \cos(\omega t) + b_n \sin(\omega t)$$

Las amplitudes de las dos señales moduladas en ASK (a y b), toman de forma independiente los valores discretos  $a_n$  y  $b_n$  correspondientes al total de los "N" estados de la señal moduladora codificada en banda base multinivel, según la ecuación  $N = n * m$ .

Una modulación QAM se puede reducir a la modulación simultánea de amplitud  $ASK_{n,m}$  y fase  $PSK_{n,m}$  de una única portadora, pero sólo cuando los estados de amplitud  $A_{n,m}$  y de fase  $H_{n,m}$  que esta dispone, mantienen con las amplitudes de las portadoras originales  $a_n$  y  $b_n$  la relaciones que se indican:



$$QAM \longrightarrow A_n(\cos wt) + B_m(\sen wt) = A_{n,m} \cos(wt - H_{n,m})$$

donde  $A_n(\cos(wt))$  y  $B_m(\sen(wt))$  están moduladas en ASK,  $A_{n,m}$  esta modulada en ASK y  $(\cos wt - H_{n,m})$  es una expresión modulada en PSK

- $A_{n,m} = \sqrt{A_n^2 + B_m^2}$
- $A_n = A_{n,m} \cos(H_{n,m})$
- $H_{n,m} = \arctan\left(\frac{B_m}{A_n}\right)$
- $B_m = A_{n,m} \sin(H_{n,m})$

Estas expresiones se deducen fácilmente a partir de las siguientes:

$$A \cos(wt - h) = A \cos(wt) * \cos(h) + A \sin(wt) * \sin(h)$$

$$A \cos(wt - h) = A \cos(h) * \cos(wt) + A \sin(h) * \sin(wt)$$

$$A \cos(wt - h) = a \cos(wt) + b \sin(h)$$

donde:

$$a = A * \cos(h)$$

$$b = A * \sen(h)$$

La inmunidad que tiene la señal modulada en cuanto a las perturbaciones y al ruido de la línea, es mayor cuanto más separados estén los puntos del diagrama de estados. Se trata, pues, de buscar una "constelación" de puntos, en analogía con la astronomía, con unas coordenadas de amplitud y fase que hagan máxima la separación entre ellos.

## Ejemplos de modulación en amplitud en cuadratura

### 16-QAM (Modulación de amplitud en cuadratura de 16 estados)

Cada flujo de datos se divide en grupos de cuatro bits, y a su vez en subgrupos de 2 bits, codificando cada bit en 4 estados o niveles de amplitud y fase de las portadoras.


#### N-QAM

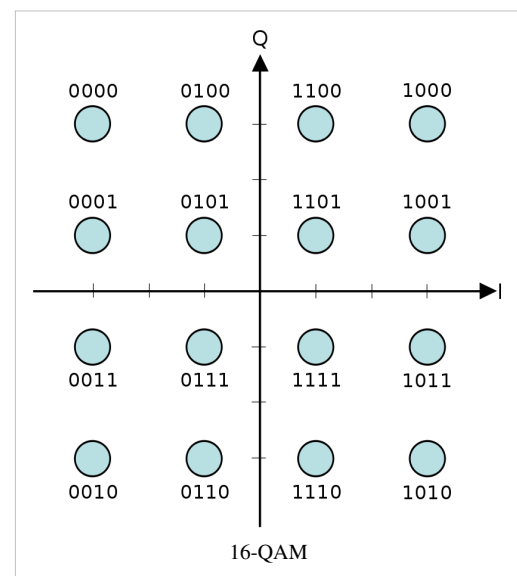
Cada bit se codifica en  $2^n$  estados o niveles de amplitud y fase de las portadoras.

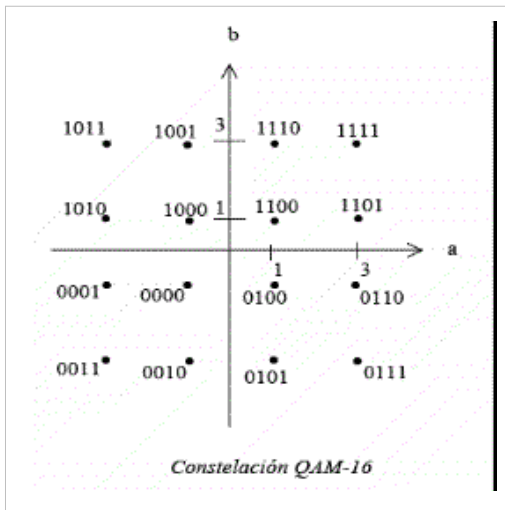
#### Enlaces externos

- How imperfections affect QAM constellation <sup>[1]</sup>
- QAM Guía completa <sup>[2]</sup>
- Modulación QAM <sup>[3]</sup>

#### Véase también

-  Wikiversidad alberga proyectos de aprendizaje sobre **Modulación de amplitud en cuadratura**. Wikiversidad
- APSK
- PSK
- ASK





## Referencias

- [1] [http://www.blondertongue.com/QAM-Transmodulator/QAM\\_defined.php](http://www.blondertongue.com/QAM-Transmodulator/QAM_defined.php)
- [2] <http://www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=10>
- [3] <http://bips.bi.ehu.es/~inma/psc/tema3.pdf>

# Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales

La **Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales**, en inglés *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*, también llamada **modulación por multitono discreto**, en inglés *Discrete Multitone Modulation (DMT)*, es una modulación que consiste en enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información, la cual es modulada en QAM o en PSK.

Normalmente se realiza la multiplexación **OFDM** tras pasar la señal por un codificador de canal con el objetivo de corregir los errores producidos en la transmisión, entonces esta modulación se denomina **COFDM**, del inglés *Coded OFDM*.

Debido al problema técnico que supone la generación y la detección en tiempo continuo de los cientos, o incluso miles, de portadoras equiespaciadas que forman una modulación OFDM, los procesos de modulación y demodulación se realizan en tiempo discreto mediante la IDFT y la DFT respectivamente.

## Características de la modulación OFDM

La modulación OFDM es muy robusta frente al multitrayecto (*multi-path*), que es muy habitual en los canales de radiodifusión, frente a las atenuaciones selectivas en frecuencia y frente a las interferencias de RF.

Debido a las características de esta modulación, es capaz de recuperar la información de entre las distintas señales con distintos retardos y amplitudes (*fading*) que llegan al receptor, por lo que existe la posibilidad de crear redes de radiodifusión de frecuencia única sin que existan problemas de interferencia.

Si se compara a las técnicas de banda ancha como CDMA, la modulación OFDM genera una alta tasa de transmisión al dividir el flujo de datos en muchos canales paralelos que se transmiten en igual número de carriers de banda angosta y con tiempos de símbolo (uno o varios bits) mayores al caso de usar banda ancha donde para lograr la misma tasa de transmisión los tiempos de símbolo son más cortos.

Los canales de banda angosta de OFDM son ortogonales entre sí, lo que evita el uso de bandas de guardas y así un eficiente uso del espectro. Ya que los desvanecimientos (fading) afectan selectivamente a uno o un grupo de canales, es relativamente simple ecualizarlos en forma individual lo que también se contrapone a la ecualización de un sistema de banda ancha.

## Sistemas que utilizan la modulación OFDM

Entre los sistemas que usan la modulación OFDM destacan:

- La televisión digital terrestre DVB-T, que es un estándar de TDT
- La radio digital DAB
- La radio digital de baja frecuencia DRM
- El protocolo de enlace ADSL
- El protocolo de red de área local IEEE 802.11a/g/n, también conocido como Wireless LAN
- El sistema de transmisión inalámbrica de datos WiMAX
- El sistema de transmisión de datos basados en PLC HomePlug AV

## Enlaces externos

- Cobertura de un Sistema de Televisión Digital Terrenal <sup>[1]</sup>
- Funcionamiento de OFDM <sup>[2]</sup>
- Tesis: Simulación de un Esquema de Modulación/Demodulación OFDM utilizando un Modelo de Canal Multitrayectoria (Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador) <sup>[3]</sup>

## Referencias

[1] <http://www.asenmac.com/tvdigital2/ofdm.htm>

[2] <http://toip.uchile.cl/mediawiki/upload/e/e5/AnexoFG-Marcomun.pdf>

[3] [http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D\\_Tesis\\_PDF/D-38117.pdf](http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-38117.pdf)

# Modulación por longitud de onda

---



Este artículo o sección sobre física necesita ser wikificado con un formato acorde a las convenciones de estilo.

Por favor, edítalo <sup>[1]</sup> para que las cumpla. Mientras tanto, no elimines este aviso puesto el 11 de September de 2008.

También puedes ayudar wikificando otros artículos.

**Atención:** Por ahora no estamos clasificando los artículos para wikificar por *física*. Por favor, elige una categoría de artículos por wikificar de esta lista.

En tiempo real de simulación es un sistema de modulación de longitud de onda, utilizado en algunas aplicaciones de espectrometría atómica y molecular. Mide la amplitud del espectro de picos,(cresta a cresta o valle a valle de la onda) que se superponen a la interferencia y la inestabilidad de la radiación de fondo. La modulación por longitud de onda utiliza un sistema modulador de longitud de onda que varía la longitud de onda de observación en forma periódica. Puede consistir por ejemplo, de una oscilación de voltaje aplicado a un láser de diodo sintonizable, fuente de luz o una placa de refractor oscilante instalada en la ruta de la luz en el interior de una ranura de entrada de un monocromador. Cuando el intervalo de modulación se coloca en un pico espectral, un componente de AC de la photo-señal es generado y es proporcional a el pico de la intensidad. El espectro de fondo, por otra parte, normalmente cambia poco sobre el intervalo de modulación y, por tanto produce poco o no componente de AC. Un amplificador cerradura es utilizado habitualmente para medir la amplitud de un componente de AC de una photo-señal. La señal de referencia para el amplificador cerradura se deriva del oscilador que maneja la longitud de onda del modulador. (En las modernas computadoras basadas en sistemas, las funciones de el amplificador cerradura podrá ser sustituidas por el software de adquisición de datos).

## Referencias

[1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n\\_por\\_longitud\\_de\\_onda](http://en.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_por_longitud_de_onda)

# Modulación en anillo

---

**Modulación en anillo** es una señal de procesamiento de efectos en la electrónica, en relación con modulación de amplitud o frecuencia mixta. Es realizada por la multiplicación de dos señales, donde una es típicamente una onda sinusoidal u otra forma de onda simple. Es denominada de modulación *anillo* porque el circuito análogo de diodos usado inicialmente para aplicar esta técnica tomó forma de anillo. Este circuito es similar a un puente rectificador, excepto que en lugar de los diodos se enfrentan *izquierda* o *derecho*, van *en sentido a las agujas del reloj* o *antihorario*.

# Técnicas de modulación por impulsos

## Modulación por impulsos codificados

La **modulación por impulsos codificados** (**MIC** o **PCM** por sus siglas inglesas de *Pulse Code Modulation*), es un procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits.

### Modulación

En la Figura 1 se muestra la disposición de los elementos que componen un sistema que utiliza la modulación por impulsos codificados. Por razones de simplificación sólo se representan los elementos para la transmisión de tres canales.

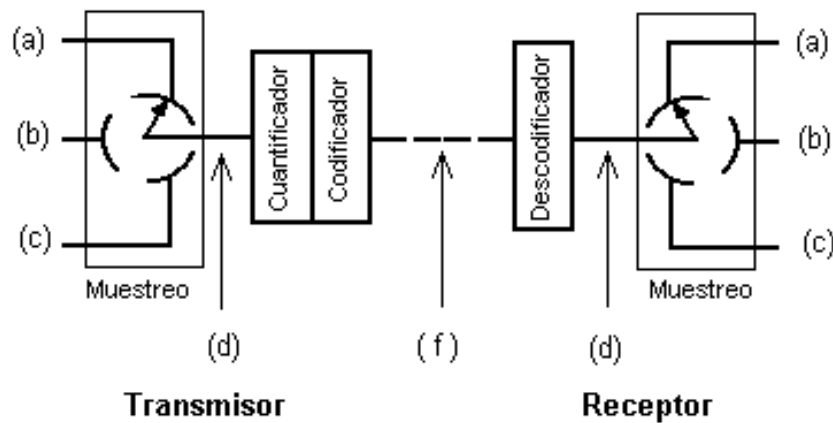


Figura 1.- Disposición de elementos en un sistema MIC

En la Figura 2 tenemos las formas de onda en distintos puntos del sistema anteriormente representado

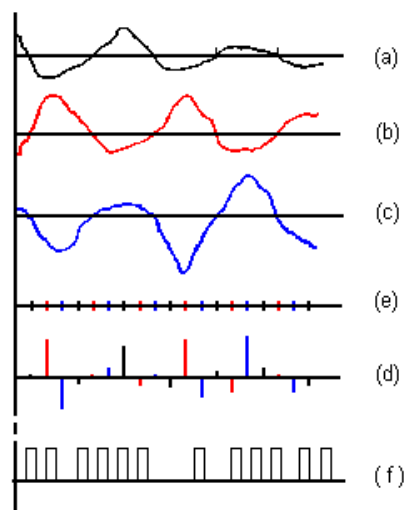


Figura 2.- Formas de onda en diversos puntos de un sistema MIC

Las funciones de las distintas etapas de las que consta el sistema se detallan a continuación.

## Muestreo

Consiste en tomar muestras (medidas) del valor de la señal  $n$  veces por segundo con lo que tendrán  $n$  niveles de tensión en un segundo.

Así, cuando en el sistema de la Figura 1, aplicamos en las entradas de canal las señales (a), (b) y (c) (Figura 2), después del muestreo obtenemos la forma de onda.

Para un canal telefónico de voz es suficiente tomar 8000 muestras por segundo o lo que es lo mismo una muestra cada 125  $\mu$ seg. Esto es así porque, de acuerdo con el teorema de muestreo, si se toman muestras de una señal eléctrica continua a intervalos regulares y con una frecuencia doble a la frecuencia máxima que se quiera muestrear, dichas muestras contendrán toda la información necesaria para reconstruir la señal original.

Como en este caso tenemos una frecuencia de muestreo de 8 kHz (período 125  $\mu$ seg), sería posible transmitir hasta 4 kHz, suficiente por tanto para el canal telefónico de voz, donde la frecuencia más alta transmitida es de 3,4 kHz.

El tiempo de separación entre muestras (125  $\mu$ seg) podría ser destinado al muestreo de otros canales mediante el procedimiento de multiplexación por división de tiempo (TDM).

## Cuantificación

Por eso en la cuantificación se asigna un determinado valor discreto a cada uno de los niveles de tensión obtenidos en el muestreo. Como las muestras pueden tener un infinito número de valores en la gama de intensidad de la voz, gama que en un canal telefónico es de aproximadamente 60 dB, o lo que es lo mismo una relación de tensión de 1000:1, con el fin de simplificar el proceso, lo que se hace es aproximar al valor más cercano de una serie de valores predeterminados.

## Codificación

En la codificación, a cada nivel de cuantificación se le asigna un código binario distinto, con lo cual ya tenemos la señal codificada y lista para ser transmitida. La forma de una onda sería la indicada como (f) en la Figura 2.F

En telefonía, la señal analógica vocal con un ancho de banda de 4KHz se convierte en una señal digital de 64 Kbps. En telefonía pública se suele utilizar transmisión plesiócrona, donde, si se usa un E1, donde podrían intercalarse otras 31 señales adicionales. Se transmiten, así,  $32 \times 64000 = 2.048.000$  bps.

## Recuperación de la señal analógica

En la recuperación se realiza un proceso inverso con lo que la señal que se recompone se parecerá mucho a las originales (a), (b) y (c), si bien durante el proceso de cuantificación, debido al redondeo de las muestras a los valores cuánticos, se produce una distorsión conocida como *ruido de cuantificación*. En los sistemas normalizados, los intervalos de cuantificación han sido elegidos de tal forma que se minimiza al máximo esta distorsión, con lo que las señales recuperadas son una imagen casi exacta de las originales.

## Historia

En la historia de las comunicaciones eléctricas, la primera razón para muestrear una señal era poder intercalar muestras de diferentes orígenes telegráficos y enviarlas por un único cable telegráfico. La multiplexación por división de tiempo telegráfica fue lograda desde 1853, por el inventor estadounidense M.B. Farmer. El ingeniero eléctrico W.M. Miner, en 1903, usó un conmutador electromecánico para la multiplexación por tiempo de diversas señales telegráficas y también aplicó esta tecnología a la telefonía. Obtuvo conversaciones inteligibles de canales muestreados a una tasa sobre 3500 - 4300 Hz, bajo esta era insatisfactoria. Esto era TDM, pero modulación por amplitud de pulsos en vez de MIC. En 1926, Paul M. Rainey de Western Electric patentó una máquina de facsímiles que transmitía su señal usando MIC de 5 bits, codificados por un convertidor análogo-digital optomecánico. La máquina no llegó a producción masiva. El ingeniero británico Alec Reeves, sin estar al tanto de

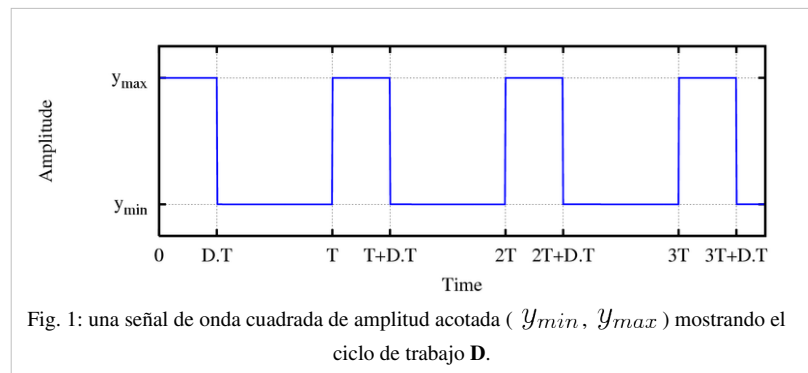
este trabajo previo, concibió el uso de MIC para las comunicaciones de voz en 1937 mientras trabajaba para la International Telephone and Telegraph en Francia. El describió la teoría y sus ventajas, pero no redundó en usos prácticos. Reeves solicitó una patente en Francia en 1938 y su patente en EE.UU se le otorgó en 1943. La primera transmisión de voz por técnicas digitales fue usando el equipamiento de codificación y cifrado SIGSALY, utilizado para comunicaciones de alto nivel aliadas durante la segunda guerra mundial en 1943. Ese año, los investigadores de Bell Labs que diseñaron SIGSALY se dieron cuenta que el uso de MIC había sido ya propuesto por Alec Reeves. En 1949, Ferranti Canada construyó un sistema de radio con MIC que fue capaz de transmitir datos de radar digitalizados sobre largas distancias para el DATAR de la marina canadiense. (REF) La MIC en los 50s usaba para codificar un tubo de rayos catódicos con una malla perforada. Tal como en un osciloscopio, el haz era barrido horizontalmente a una tasa de muestreo mientras la deflexión vertical era controlada por la señal análoga de entrada, haciendo que el haz pasara a través de porciones altas o bajas de la malla. La malla interrumpía el haz, produciendo variaciones de corriente en código binario. Esta malla fue perforada de modo de producir señales binarias en código Gray antes que binario natural. MIC fue usado en Japón por Denon en 1972 para la masterización y producción de grabaciones fonográficas, usando un grabador de cintas de formato Quadruplex de 2 pulgadas para su transporte, el cual no llegó a ser desarrollado como producto comercial.

## Véase también

- Conversión analógica digital
- Muestreo digital
- Cuantificación digital
- Codificación digital
- Jerarquía Digital Plesiócrona

# Modulación por ancho de pulsos

La **modulación por ancho de pulsos** (**MAP** o **PWM**, siglas del inglés *Pulse-Width Modulation*) de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (una sinusoidal o una cuadrada, por ejemplo), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.



El ciclo de trabajo de una señal periódica es el ancho relativo de su parte positiva en relación con el período. Expresado matemáticamente:

$$D = \frac{\tau}{T}$$

$D$  es el ciclo de trabajo

$\tau$  es el tiempo en que la función es positiva (ancho del pulso)

$T$  es el período de la función

La construcción típica de un circuito PWM se lleva a cabo mediante un comparador con dos entradas y una salida. Una de las entradas se conecta a un oscilador de onda dientes de sierra, mientras que la otra queda disponible para la



señal moduladora. En la salida la frecuencia es generalmente igual a la de la señal dientes de sierra, y el ciclo de trabajo está en función de la portadora.

La principal desventaja que presentan los circuitos PWM es la posibilidad de que haya interferencias generadas por radiofrecuencia. Éstas pueden minimizarse ubicando el controlador cerca de la carga y realizando un filtrado de la fuente de alimentación.

## Parámetros importantes

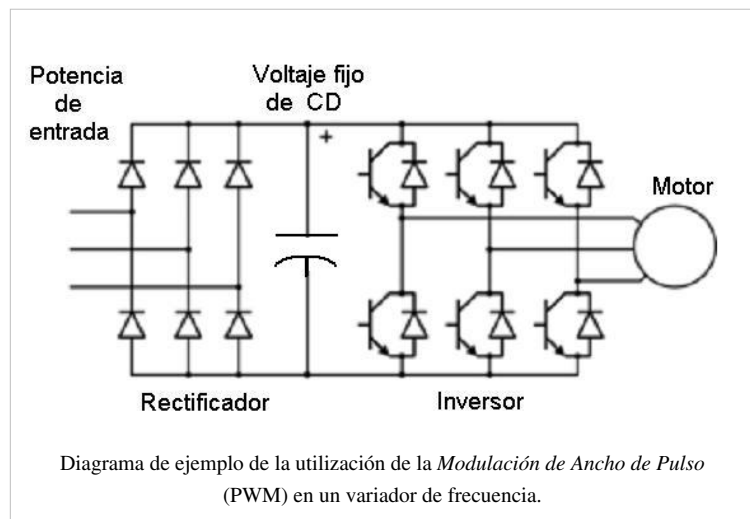
Algunos parámetros importantes de un PWM son:

- La relación de amplitudes entre la señal portadora y la moduladora, siendo recomendable que la última no supere el valor pico de la portadora y esté centrada en el valor medio de ésta.
- La relación de frecuencias, donde en general se recomienda que la relación entre la frecuencia de la portadora y la de señal sea de 10 a 1.

Si embargo cuando se utilizan servomotores hay que tener cuidado en las marcas comerciales ya que hay ocasiones en que los valores varían entre 1ms y 2ms y estos valores propician errores.

## Aplicaciones

En la actualidad existen muchos circuitos integrados en los que se implementa la modulación PWM, además de otros muy particulares para lograr circuitos funcionales que puedan controlar fuentes conmutadas, controles de motores, controles de elementos termoeléctricos, choppers para sensores en ambientes ruidosos y algunas otras aplicaciones. Se distinguen por fabricar este tipo de integrados compañías como Texas Instruments, National Semiconductor, Maxim, y algunas otras más.



## En los motores

La modulación por ancho de pulsos es una técnica utilizada para regular la velocidad de giro de los motores eléctricos de inducción o asíncronos. Mantiene el par motor constante y no supone un desaprovechamiento de la energía eléctrica. Se utiliza tanto en corriente continua como en alterna, como su nombre lo indica, al controlar: un momento alto (encendido o alimentado) y un momento bajo (apagado o desconectado), controlado normalmente por relevadores (baja frecuencia) o MOSFET o tiristores (alta frecuencia).

Otros sistemas para regular la velocidad modifican la tensión eléctrica, con lo que disminuye el par motor; o interponen una resistencia eléctrica, con lo que se pierde energía en forma de calor en esta resistencia.

Otra forma de regular el giro del motor es variando el tiempo entre pulsos de duración constante, lo que se llama modulación por frecuencia de pulsos.

En los motores de corriente alterna también se puede utilizar la variación de frecuencia.

La modulación por ancho de pulsos también se usa para controlar servomotores, los cuales modifican su posición de acuerdo al ancho del pulso enviado cada un cierto período que depende de cada servo motor. Esta información puede ser enviada utilizando un microprocesador como el Z80, o un microcontrolador (por ejemplo, un PIC 16F877A de la

empresa Microchip).

### Como parte de un conversor ADC

Otra aplicación es enviar información de manera analógica. Es útil para comunicarse de forma analógica con sistemas digitales.

Para un sistema digital, es relativamente fácil medir cuanto dura una onda cuadrada. Sin embargo, si no se tiene un conversor analógico digital no se puede obtener información de un valor analógico, ya que sólo se puede detectar si hay una determinada tensión, 0 o 5 voltios por ejemplo (valores digitales de 0 y 1), con una cierta tolerancia, pero no puede medirse un valor analógico. Sin embargo, el **PWM** en conjunción con un oscilador digital, un contador y una puerta **AND** como puerta de paso, podrían fácilmente implementar un **ADC**.

### Véase también

- electrónica de potencia
- modelismo radiocontrol

## Modulación por amplitud de pulsos

---



Este artículo o sección sobre tecnología necesita ser wikificado con un formato acorde a las convenciones de estilo. Por favor, edítalo <sup>[1]</sup> para que las cumpla. Mientras tanto, no elimines este aviso puesto el 9 de March de 2006.

También puedes ayudar wikificando otros artículos.

**Atención:** Por ahora no estamos clasificando los artículos para wikificar por *tecnología*. Por favor, elige una categoría de artículos por wikificar de esta lista.

La **modulación por amplitud de pulsos** (*Pulse Amplitude-Modulation*) es la más sencilla de las modulaciones digitales. Consiste en cambiar la amplitud de una señal, de frecuencia fija, en función del símbolo a transmitir. Esto puede conseguirse con un amplificador de ganancia variable o seleccionando la señal de un banco de osciladores. (incluir dibujo de un modulador con amplificador variable) (incluir dibujo de un banco de osciladores)

Dichas amplitudes pueden ser reales o complejas. Si representamos las amplitudes en el plano complejo tenemos lo que se llaman constelaciones de señal (incluir dibujo). En función del número de símbolos o amplitudes posibles se llama a la modulación N-PAM. Así podemos tener 2PAM, 4PAM, 260PAM. De la correcta elección de los puntos de la constelación (amplitudes) depende la inmunidad a ruido (distancia entre puntos) o la energía por bit (distancia al origen).

**Ejemplo 1** Constelación de dos símbolos asimétrica. Nuestra señal modulada será  $A_k \times \sin(\omega_0 t)$ , donde  $A_k$  es la amplitud que depende de la señal moduladora  $x_k = 0, 1$ . Si tomamos amplitud nula para los bits 0 y amplitud A (real pura) para los bits 1, vemos la constelación no está centrada en el origen.

La distancia entre símbolos será A, que nos protege frente a ruido. La energía media por bit será  $\frac{1}{2}(0)^2 + \frac{1}{2}(A)^2 = \frac{A^2}{2}$

**Ejemplo 2** Constelación de dos símbolos simétrica. Esta vez asignaremos amplitudes  $-\frac{A}{2}$  y  $\frac{A}{2}$  respectivamente.

La distancia entre símbolos es de nuevo A. No hemos perdido inmunidad frente al ruido.

La energía media por bit será

$$\frac{1}{2} \times \left(\frac{-A}{2}\right)^2 + \frac{1}{2} \times \left(\frac{A}{2}\right)^2 = \frac{2 \times A^2}{8} = \frac{A^2}{4}$$

Necesitamos la mitad de energía para enviar la misma señal, con la misma calidad o inmunidad frente a ruido. O lo que es lo mismo, necesitamos 3dB menos de potencia para enviar una señal con una relación señal-ruido (SNR) constante; o bien podemos invertir esos 3dB en mejorar la SNR.

## Referencias

[1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n\\_por\\_amplitud\\_de\\_pulsos](http://en.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_por_amplitud_de_pulsos)

# Modulación por posición de pulso

---

La **Modulación por Posición de Pulso**, o en inglés, *Pulse Position Modulation* (PPM), es un tipo de modulación en la cual una palabra de  $R$  bits es codificada por la transmisión de un único pulso que puede encontrarse en alguna de las  $2^M$  posiciones posibles. Si esto se repite cada  $X$  segundos, la tasa de transmisión es de  $R/X$  bits por segundo. Este tipo de modulación se usa principalmente en sistemas de comunicación óptica, donde tiende a haber poca o ningún tipo de interferencia por caminos múltiples.

## Sincronización

Una de las principales dificultades en la implementación de esta técnica es que el receptor debe estar debidamente sincronizado para poder alinear el reloj local con el inicio de cada símbolo. Por este motivo, se implementa usualmente de manera diferencial, como **Modulación por Posición de Pulso Diferencial**, donde la posición de cada pulso es elegida en función del pulso anterior, y de esta manera, el receptor sólo debe medir la diferencia de tiempo entre la llegada de los sucesivos pulsos. Con este tipo de modulación, un error en el reloj local se podría propagar sólo a la medición de dos pulsos adyacentes, en vez de a toda la transmisión.

## Sensibilidad a la Interferencia por Caminos Múltiples

Dejando de lado las cuestiones relativas a la sincronización del receptor, la principal desventaja de la MPP es que es de por sí muy sensible a la interferencia por caminos múltiples que surge en canales con desvanecimientos selectivos en frecuencia, donde la señal en el receptor contiene ecos de los pulsos transmitidos. Dado que la información está codificada en el tiempo de llegada, ya sea de manera diferencial o relativa a un reloj común, la presencia de estos ecos hace que sea extremadamente difícil, si no imposible, poder determinar con precisión la posición correcta del pulso transmitido.

## Detección No Coherente

Por otro lado, una de las principales ventajas de este tipo de modulación es que es una modulación  $M$ -aria que puede ser implementada de forma no coherente, de manera tal que el receptor no necesita utilizar un lazo de seguimiento de fase. Esto hace que sea un candidato adecuado para los sistemas de comunicaciones ópticas, donde una modulación y detección coherente es difícil y muy cara. La única otra modulación común  $M$ -aria no coherente es la técnica de modulación por desplazamiento de frecuencia, que es la técnica análoga pero en el dominio de la frecuencia.

## Véase también

- Modulación por ancho de pulsos

---

# Tipos de modulación por desplazamiento

---

## Modulación por desplazamiento de amplitud

---

La **modulación por desplazamiento de amplitud**, en inglés **Amplitude-shift keying (ASK)**, es una forma de modulación en la cual se representan los datos digitales como variaciones de amplitud de la onda portadora.

La amplitud de una señal portadora análoga varía conforme a la corriente de bit (modulando la señal), manteniendo la frecuencia y la fase constante. El nivel de amplitud puede ser usado para representar los valores binarios 0s y 1s. Podemos pensar en la señal portadora como un interruptor ON/OFF. En la señal modulada, el valor lógico 0 es representado por la ausencia de una portadora, así que da ON/OFF la operación de pulsación y de ahí el nombre dado.

Como la modulación AM, ASK es también lineal y sensible al ruido atmosférico, distorsiones, condiciones de propagación en rutas diferentes en PSTN, etc. Esto requiere la amplitud de banda excesiva y es por lo tanto un gasto de energía. Tanto los procesos de modulación ASK como los procesos de demodulación son relativamente baratos. La técnica ASK también es usada comúnmente para transmitir datos digitales sobre la fibra óptica. Para los transmisores LED, el valor binario 1 es representado por un pulso corto de luz y el valor binario 0 por la ausencia de luz. Los transmisores de láser normalmente tienen una corriente "de tendencia" fija que hace que el dispositivo emita un nivel bajo de luz. Este nivel bajo representa el valor 0, mientras una onda luminosa de amplitud más alta representa el valor binario 1.

### Codificación

La forma más simple y común de ASK funciona como un interruptor que *apaga/enciende* la portadora, de tal forma que la presencia de portadora indica un **1** binario y su ausencia un **0**. Este tipo de modulación por desplazamiento *on-off* es el utilizado para la transmisión de código Morse por radiofrecuencia, siendo conocido el método como *operación en onda continua*.

Para ilustrar mejor el tema del interruptor en el modulado ASK se puede ilustrar de la siguiente manera:

- Señal coseno de amplitud = 0 por lo que en este estado se encontrará en estado 0
- Señal coseno de amplitud = 1 por lo que en este estado se encontrará en estado 1

*Entendiendo que coseno es un periodo completo.*

Otros procedimientos más sofisticados de codificación operan sobre la base de utilizar distintos niveles de amplitud, de forma que cada nivel representa un grupo de datos determinado. Por ejemplo, un esquema de codificación que utilice cuatro niveles puede representar dos bits con cada cambio de amplitud; uno con ocho niveles puede representar tres bits y así sucesivamente. Esta forma de operación requiere una alta relación señal/ruido en el medio de transmisión para una correcta recuperación de la información en recepción, por cuanto gran parte de la señal es transmitida a baja potencia.

La anotación que se usa es la siguiente:

- $h_t(t)$  es la señal portadora para la transmisión
  - $h_c(t)$  es el impulso de respuesta del canal
  - $n(t)$  es el ruido introducido en el canal
  - $h_r(t)$  es el filtro en el receptor
  - $L$  es el número de niveles usados para la transmisión
  - $T_s$  es el tiempo que transcurre entre la generación de dos símbolos
-

Los símbolos diferentes son representados con voltajes diferentes. Si el máximo valor permitido para el voltaje es  $A$ , entonces todos los valores posibles están en la gama  $[-A, A]$  y ellos se obtienen de la siguiente forma:

$$v_i = \frac{2A}{L-1}i - A; \quad i = 0, 1, \dots, L-1$$

Si han de ser enviados  $L$  símbolos diferentes, para su transmisión serán necesarios  $L$  niveles de amplitud. Si la amplitud máxima de la portadora es  $A$  (con una amplitud *pico a pico* de  $2A$ ), poniendo los símbolos a la misma distancia unos de otros, esta distancia será:

$$\Delta = \frac{2A}{L-1}$$

Los símbolos  $v[n]$  son generados al azar por la S de la fuente, entonces el generador de impulso crea impulsos con un área de  $v[n]$ . Estos impulsos son enviados al filtro  $h_t$  para ser enviados por el canal. En otras palabras, para cada símbolo una onda portadora diferente es enviada con la amplitud relativa.

Fuera del transmisor, la señal  $s(t)$  puede expresarse de la siguiente forma:

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} v[n] \cdot h_t(t - nT_s)$$

En el receptor, después de la filtración a través del filtro  $h_r(t)$  la señal obtenida es:

$$z(t) = n_r(t) + \sum_{n=-\infty}^{\infty} v[n] \cdot g(t - nT_s)$$

Donde los valores  $n_r(t)$  y  $g(f)$  los obtenemos de la siguiente forma:

$$n_r(t) = n(t) * h_r(t)$$

$$g(t) = h_t(t) * h_c(t) * h_r(t)$$

En esta relación, el segundo término representa el símbolo para ser extraído. Los demás son valores no deseados: el primer es el efecto de ruido, el segundo es debido a la interferencia del intersímbolo.

Si los filtros son escogidos de modo que la señal  $g(t)$  satisfaga el el criterio Nyquist ( $ISI=0$ ), entonces no habrá ninguna interferencia de intersímbolo y el valor de la suma será cero, de forma que:

$$z[k] = n_r[k] + v[k]g[0]$$

la transmisión sólo puede ser afectada por la señal del ruido.


## Probabilidad de error

Es posible demostrar que la posibilidad de que se produzca un error (esto es, un símbolo es interpretado en recepción con valor distinto a como se envió) es:

$$P_e = \left(1 - \frac{1}{L}\right) \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{A \cdot G_T}{\sqrt{2}(L-1)\sigma_N}\right)$$

donde  $\operatorname{erfc}(\cdot)$  es la función de error complementario,  $G_T$  es la ganancia total del sistema y  $\sigma_N$  es la desviación estándar del ruido. Esta relación es válida cuando no hay interferencia entre símbolos.

## Enlaces externos

-  Wikiversidad alberga proyectos de aprendizaje sobre **Modulación por desplazamiento de amplitud**. Wikiversidad
- Señales de transmisión analógicas y señales de datos digitales <sup>[1]</sup>
- Simulación de señales moduladas <sup>[2]</sup>
- Modulador y Demodulador dugugak FSK y ASK <sup>[3]</sup>

## Referencias

[1] <http://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/ask>

[2] <http://web.usc.es/~elusive/simula2.html>

[3] <http://www.mailxmail.com/curso/informatica/moduladoresdemodulador/capitulo3.htm>

# Modulación por desplazamiento de frecuencia

La **Modulación por desplazamiento de frecuencia** o **FSK**, (Frequency Shift Keying) es una técnica de transmisión digital de información binaria (ceros y unos) utilizando dos frecuencias diferentes. La señal moduladora solo varía entre dos valores de tensión discretos formando un tren de pulsos donde un cero representa un "1" o "marca" y el otro representa el "0" o "espacio".

En la modulación digital, a la relación de cambio a la entrada del modulador se le llama *bit-rate* y tiene como unidad el bit por segundo (bps).

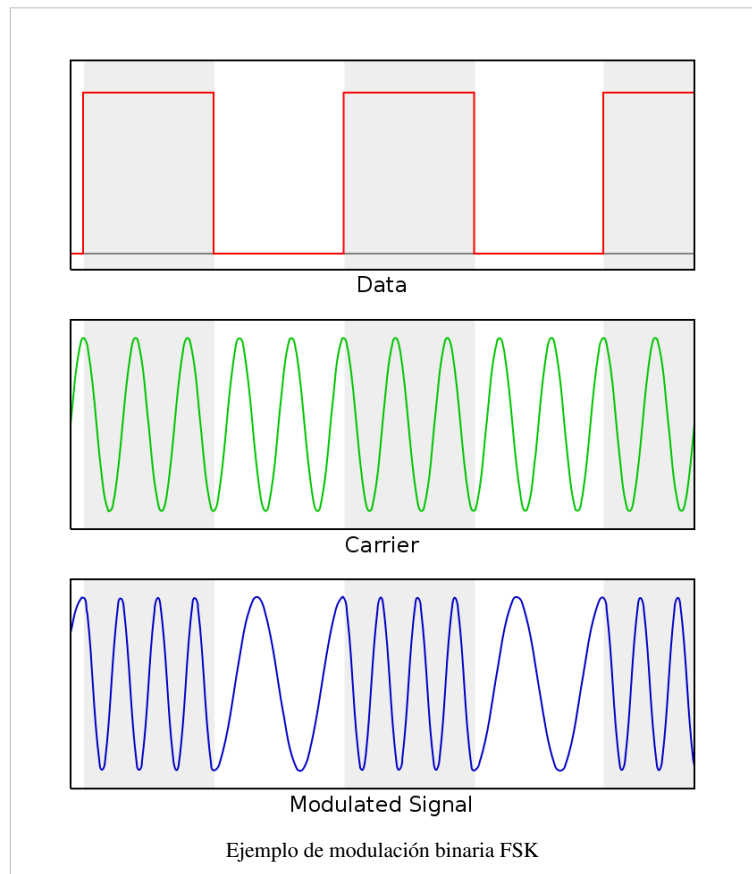
A la relación de cambio a la salida del modulador se le llama *baud-rate*. En esencia el *baud-rate* es la velocidad o cantidad de símbolos por segundo.

En FSK, el *bit rate* = *baud rate*. Así, por ejemplo, un **0** binario se puede representar con una frecuencia  $f_1$ , y el **1** binario se representa con una frecuencia distinta  $f_2$ .

El módem usa un VCO, que es un oscilador cuya frecuencia varía en función del voltaje aplicado.

Índice modulación general para una  $M - FSKn = (2fd)/[(M - 1)Rsymb]$

Siendo: fd: máxima desviación en frecuencia; Rsymb: Velocidad de símbolo por segundo



## Véase también

- Modulación por desplazamiento de frecuencia gaussiana

# Modulación por desplazamiento de fase

---

La **modulación por desplazamiento de fase** o **PSK** (Phase Shift Keying) es una forma de modulación angular que consiste en hacer variar la fase de la portadora entre un número de valores discretos. La diferencia con la modulación de fase convencional (PM) es que mientras en ésta la variación de fase es continua, en función de la señal moduladora, en la PSK la señal moduladora es una señal digital y, por tanto, con un número de estados limitado.

## Introducción

Dependiendo del número de posibles fases a tomar, recibe diferentes denominaciones. Dado que lo más común es codificar un número entero de bits por cada símbolo, el número de fases a tomar es una potencia de dos. Así tendremos BPSK con 2 fases (equivalente a PAM), QPSK con 4 fases (equivalente a QAM), 8-PSK con 8 fases y así sucesivamente. A mayor número de posibles fases, mayor es la cantidad de información que se puede transmitir utilizando el mismo ancho de banda, pero mayor es también su sensibilidad frente a ruidos e interferencias.

Las modulaciones BPSK y QPSK son óptimas desde el punto de vista de protección frente a errores. Conceptualmente hablando, la diferencia entre distintos símbolos (asociados a cada fase) es máxima para la potencia y ancho de banda utilizados. No pasa lo mismo con 8-PSK, 16-PSK o superiores, para las que existen otras modulaciones más eficientes.

La gran ventaja de las modulaciones PSK es que la potencia de todos los símbolos es la misma, por lo que se simplifica el diseño de los amplificadores y etapas receptoras (reduciendo costes), dado que la potencia de la fuente es constante.

Existen 2 alternativas de modulación PSK: PSK convencional, donde se tienen en cuenta los desplazamientos de fase, y PSK diferencial, en la cual se consideran las diferencias entre un salto de fase y el anterior.

## Aplicaciones

Debido a su mayor simplicidad frente a la modulación QAM, PSK es una modulación ampliamente extendida. La modulación BPSK es utilizada para transmisores de bajo coste y que no requieran altas velocidades.

El estándar de red LAN inalámbrica, el IEEE 802.11b-1999, usa una variedad de modulaciones PSK, dependiendo de la velocidad de transmisión. A 1Mbps usa DBPSK, a 2Mbps emplea DQPSK. Para 5,5Mbps y 11Mbps, usa QPSK.

El estándar IEEE 802.11g-2003, para LANs inalámbricas de alta velocidad, usa OFDM con subportadoras que son moduladas con BPSK para velocidades de 6 y 9Mbps, y QPSK para 12 y 18Mbps.

La modulación BPSK es utilizada en estándares RFID como el ISO 14443, que se ha adoptado en pasaportes biométricos o tarjetas de crédito.

## Descripción matemática

### Definiciones

Para establecer matemáticamente las tasas de error correspondientes a cada modulación, definiremos algunos conceptos:

- $E_b$  = Energía por bit
- $E_s$  = Energía por símbolo =  $kE_b$  con  $k$  bits por símbolo
- $T_b$  = Duración del bit
- $T_s$  = Duración del símbolo
- $N_0/2$  = Densidad espectral de potencia de ruido(W/Hz)
- $P_b$  = Probabilidad de bit erróneo
- $P_s$  = Probabilidad de símbolo erróneo

### Cálculo de tasas de error

La función  $Q(x)$  se utiliza para calcular la tasa de errores en una modulación. Es la forma normalizada de la función de error gaussiana complementaria:

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-t^2/2} dt = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{\sqrt{2}}\right), \quad x \geq 0.$$

## Tipos de modulaciones PSK

Las modulaciones PSK pueden dividirse en dos grandes grupos: las modulaciones PSK convencionales, en las que la información se codifica en el valor del salto de fase, y las modulaciones PSK diferenciales, en las que el valor del salto de fase respecto al del salto anterior, es el que contiene la información.

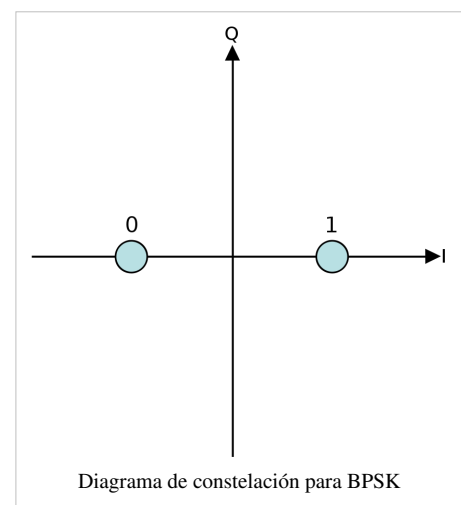
### PSK convencional

En el sistema PSK convencional es necesario tener una portadora en el receptor para sincronización, o usar un código autosincronizante. Esto supone tener un receptor más complejo.

#### BPSK(Binary Phase-Shift Keying)

BPSK = 2-PSK

Consta de la modulación de desplazamiento de fase de 2 símbolos. También se la conoce como 2-PSK o PRK(Phase Reversal Keying).





Es la más sencilla de todas, puesto que solo emplea 2 símbolos, con 1 bit de información cada uno. Es también la que presenta mayor inmunidad al ruido, puesto que la diferencia entre símbolos es máxima ( $180^\circ$ ). Dichos símbolos suelen tener un valor de salto de fase de  $0^\circ$  para el 1 y  $180^\circ$  para el 0. En cambio, su velocidad de transmisión es la más baja de las modulaciones de fase. La descripción matemática de una señal modulada BPSK es la siguiente:

$$s(t) = Am(t) \cos(2\pi f_c t)$$

,donde  $m(t) = 1$  para el bit 1 y  $m(t) = -1$  para el bit 0, A es la amplitud de la portadora y  $f_c$  su frecuencia.

**Ancho de banda:**

**Velocidad de transmisión:** La velocidad de transmisión de BPSK es baja, debido a que cada símbolo solo aporta un bit de información.

**Tasa de errores:** La tasa de errores de BPSK es baja, debido a su máxima separación entre saltos de fase. Su tasa de bit erróneos con ruido blanco gaussiano y aditivo se puede calcular como:

$$P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right) \text{ o } P_b = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)$$

**Diagrama del transmisor:**

**Diagrama del receptor:**

**Diagrama temporal de señal modulada:**

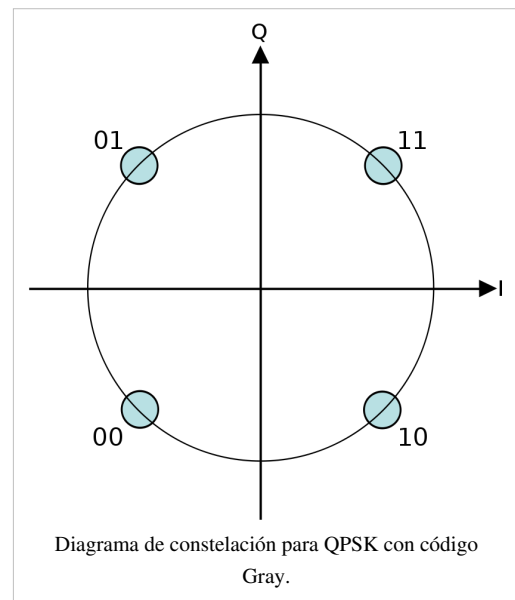
**QPSK(Quadrature Phase-Shift Keying)**

QPSK = 4-PSK

Desplazamiento de fase de 4 símbolos, desplazados entre sí  $90^\circ$ . Normalmente se usan como valores de salto de fase  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$ , y  $315^\circ$ . Cada símbolo aporta 2 bits. Suele dividirse el flujo de cada bit que forman los símbolos como I y Q.

El diagrama de constelación muestra 4 símbolos equiespaciados. La asignación de bits a cada símbolo suele hacerse mediante el código Gray, que consiste en que entre dos símbolos adyacentes los símbolos solo se diferencian en 1 bit. Esto se escoge así para minimizar la tasa de bits erróneos.

La probabilidad de bit erróneo para QPSK es la misma que para BPSK:



$$P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right).$$

La tasa de símbolos erróneos se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} P_s &= 1 - (1 - P_b)^2 \\ &= 2Q\left(\sqrt{\frac{E_s}{N_0}}\right) - Q^2\left(\sqrt{\frac{E_s}{N_0}}\right). \end{aligned}$$

### **8PSK**

Desplazamiento de fase de 8 símbolos

### **16PSK**

Desplazamiento de fase de 16 símbolos

### **OQPSK(Offset Quadrature PSK)**

QPSK con datos I y Q desplazados temporalmente medio periodo de símbolo

### **PSK diferencial**

Al contrario que las modulaciones PSK convencionales, no necesita recuperar la señal portadora para realizar la demodulación. Es diferencial puesto que la información no está contenida en la fase absoluta, sino en las transiciones. La referencia de fase se toma del intervalo inmediato anterior, con lo que el detector decodifica la información digital basándose en diferencias relativas de fase.

### **DBPSK**

BPSK diferencial

### **DQPSK**

QPSK diferencial


### **$\pi/4$ -DQPSK**

QPSK diferencial en la que los símbolos rotan  $\pi/4$

### **8-DPSK**

Desplazamiento de fase diferencial de 8 símbolos

## **Enlaces internos**

-  Wikiversidad alberga proyectos de aprendizaje sobre **Modulación por desplazamiento de fase**. Wikiversidad
- Modulación por desplazamiento diferencial de fase (DPSK)

# Modulación por desplazamiento de amplitud y fase

---

**APSK** o **APK** (del inglés *amplitude/phase[-shift] keying*) es una modulación por desplazamiento de amplitud y fase con los símbolos situados sobre circunferencias concéntricas en el plano IQ en lugar de estar dispuestas en forma rectangular como en QAM.

Los modos 16APSK y 32APSK son dos de los incluidos en el estandar DVB-S2.

## Véase también

- QAM
- PSK
- ASK

# Fuentes y contribuyentes del artículo

**Modulación (telecomunicación)** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=32223353> *Contribuyentes:* Alexan, Barteik, Biquillo, Damifb, Drever, Edub, Götz, Jaques Sabon, Knjo, Matdrodes, Nicop, PACO, Prometheus, Quesada, Tano4595, Theamberco, Xuankar, ZEDelectronic, 43 ediciones anónimas

**Amplitud Modulada** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=31584996> *Contribuyentes:* Ary29, Berserkerus, Cobalttempest, ColdWind, Daguero, Digigalos, Dodo, Drever, Epsilon, GermanX, Ibiltari, J.M.Domingo, Jra113, Kved, LeCire, Living001, Mapcho, Marc Molina, Matdrodes, Mauron, Mocte13, Mpto, PACO, Pilaf, PoLuX124, RoyFocker, Sabius, Sarmo, Superzerocool, Tano4595, Template namespace initialisation script, Tequendamia, Tryasta, 69 ediciones anónimas

**Frecuencia modulada** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=30601554> *Contribuyentes:* Aecc, Alvaro qc, Ariel 0x2008, Berfito, Berserkerus, Byj2000, Chuck es dios, Ctrl Z, Dark Anibal, Darkpipe, Diegusjaimes, Digigalos, Dodo, Drini2, Ejmeza, Enchina, Er Komandante, Fidelmoquegua, FrancoGG, GermanX, Karinacoronado, Klystrode, Living001, Lucien leGrey, Manuel Trujillo Berges, Mapcho, Matdrodes, Maxi85gonzalez, Medinafelix, Muro de Aguas, PACO, Petronas, Roberpl, Rodrigo, RoyFocker, Sergioller, SuperJoe, Tequendamia, Triku, Vitamine, 73 ediciones anónimas

**Modulación de fase** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=32048972> *Contribuyentes:* Bucephala, Byj2000, CommonsDelinker, David0811, Diegusjaimes, Digigalos, Drever, Gmagno, JorgeGG, Miguelsabon, Mpagano, PeposoUle, Ramjar, Rosarinagazo, 30 ediciones anónimas

**Modulación en banda lateral única** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=29209146> *Contribuyentes:* Daguero, Damifb, Galio, Isha, Joseaperez, Living001, Matdrodes, PACO, SDX, Yrithind, 37 ediciones anónimas

**Modulación de banda lateral vestigial** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=27346923> *Contribuyentes:* Digigalos, Porao, 8 ediciones anónimas

**Modulación de amplitud en cuadratura** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=30038374> *Contribuyentes:* Barcex, Byj2000, Caisar, Carloszh4, Cesar.romero.avello, Chema.lopez, Digigalos, Eloy, Emijrp, GermanX, Gmagno, Gmocardenas, Javierhernansanz.Ule, Jecanre, Living001, Manuelt15, Maodecolombia, Matdrodes, Maxi85gonzalez, Porao, Ramjar, Tirithel, 71 ediciones anónimas

**Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=30626521> *Contribuyentes:* Brincade, Byj2000, Carlosromorgar, Casepulveda, ColdWind, El Pitufo, Er Komandante, Gon Areco, HUB, Jkarretero, Pablo&Norro, Petronas, Porao, Ramjar, Triku, Triguers, Txuspe, Yrithind, 26 ediciones anónimas

**Modulación por longitud de onda** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=26367538> *Contribuyentes:* Poco a poco, Theamberco, Xesito, 1 ediciones anónimas

**Modulación en anillo** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=31190216> *Contribuyentes:* Espilas, Poco a poco, RafaNegrette, Sermed, Theamberco

**Modulación por impulsos codificados** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=31956150> *Contribuyentes:* Barri, Biasoli, Carmin, Death Master, Digigalos, Edupedro, El Albi, FAR, GermanX, LordT, Lourdes Cardenal, Marb, Miguelo on the road, Máximo de Montemar, PACO, Pedro Felipe, RoyFocker, Tandilboy, Tonchizerodos, Vanbasten 23, 43 ediciones anónimas

**Modulación por ancho de pulsos** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=32347088> *Contribuyentes:* AlejandroSilvestri, Alexav8, Alfonso perez, Amadeupons, Baiji, Carlos.javierloy, Correogsk, CoverUp, Cyborg ar, DArCam, Digigalos, Dodo, HUB, Indurilo, LarA, Lasai, Lloizaga, Maodecolombia, Nicop, Pancho 1862, Racso, RafaNegrette, Switcher6746, Tano4595, Toad32767, Tomatejc, Triku, Xuankar, 44 ediciones anónimas

**Modulación por amplitud de pulsos** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=26588812> *Contribuyentes:* Airunp, Alexav8, Beto29, DFTDER, Eric, Gustronico, Jeanne, Xavirema, Xuankar, 8 ediciones anónimas

**Modulación por posición de pulso** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=28770119> *Contribuyentes:* Arapajoe, Moonkey, 2 ediciones anónimas

**Modulación por desplazamiento de amplitud** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=25883757> *Contribuyentes:* Alexanderguevara, FrancoGG, GermanX, Hispa, Jarke, Juanmacortes, Lidiamartinez.Ule, Living001, Matdrodes, PACO, Snakefang, Xuankar, 19 ediciones anónimas

**Modulación por desplazamiento de frecuencia** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=29234748> *Contribuyentes:* Aeoris, Avicentegil, Eric Hegi, PACO, Porao, Typoon, Youssefsan, 6 ediciones anónimas

**Modulación por desplazamiento de fase** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=30799035> *Contribuyentes:* Alcandorea, Digigalos, GermanX, Gonzo345, Gothmog, Jose piratilla, Julgon, Living001, Mutari, Octavio, PACO, Rosarinagazo, Unai goiko, Walter Casas, 23 ediciones anónimas

**Modulación por desplazamiento de amplitud y fase** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=31782119> *Contribuyentes:* Aliman5040, Emijrp, Lobillo, Xuankar, 1 ediciones anónimas

# Fuentes de imagen, Licencias y contribuyentes

**Archivo:Amfm3-en-de.gif** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Amfm3-en-de.gif> *Licencia:* Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Contribuyentes:* Berserkerus

**Archivo:amfm2.gif** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Amfm2.gif> *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Original uploader was Cuddlyable3 at en.wikipedia Later versions were uploaded by Noclip at en.wikipedia.

**Archivo:Modulacionenamplitud.gif** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Modulacionenamplitud.gif> *Licencia:* Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Contribuyentes:* User:Kved

**Imagen:Wikiversity-logo-Snorky.svg** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Wikiversity-logo-Snorky.svg> *Licencia:* logo *Contribuyentes:* User:Snorky

**Archivo:amfm3-en-de.gif** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Amfm3-en-de.gif> *Licencia:* Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Contribuyentes:* Berserkerus

**Archivo:frequency-modulation.png** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Frequency-modulation.png> *Licencia:* Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Contribuyentes:* Dantor, EugeneZelenko, Glenn, Gvf, Joanjoc, WikipediaMaster

**Archivo:Modulacion-PSK.gif** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Modulacion-PSK.gif> *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Miguelabs ule

**Image:16QAM Gray Coded.svg** *Fuente:* [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:16QAM\\_Gray\\_Coded.svg](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:16QAM_Gray_Coded.svg) *Licencia:* Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Contribuyentes:* User:Splash

**Image:Constelacion para modulacion 16 QAM.gif** *Fuente:* [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Constelacion\\_para\\_modulacion\\_16\\_QAM.gif](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Constelacion_para_modulacion_16_QAM.gif) *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Mauricio Martinez Orjuela

**Imagen:Spanish Language Wiki.svg** *Fuente:* [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Spanish\\_Language\\_Wiki.svg](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Spanish_Language_Wiki.svg) *Licencia:* desconocido *Contribuyentes:* User:James.mcd.nz

**Archivo:MIC.png** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:MIC.png> *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* Original uploader was PACO at es.wikipedia

**Archivo:MIC señal.png** *Fuente:* [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:MIC\\_señal.png](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:MIC_señal.png) *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* Original uploader was PACO at es.wikipedia

**Imagen:Duty cycle general.png** *Fuente:* [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Duty\\_cycle\\_general.png](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Duty_cycle_general.png) *Licencia:* Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Contribuyentes:* Cyril BUTTAY

**Imagen:Diagrama variador de frecuencia.JPG** *Fuente:* [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Diagrama\\_variador\\_de\\_frecuencia.JPG](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Diagrama_variador_de_frecuencia.JPG) *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Gabriel monarca

**Image:fsk.svg** *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Fsk.svg> *Licencia:* Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Contribuyentes:* Glenn, Kam Sulusar, Ktims, 2 ediciones anónimas

**Archivo:BPSK Gray Coded.svg** *Fuente:* [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:BPSK\\_Gray\\_Coded.svg](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:BPSK_Gray_Coded.svg) *Licencia:* Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Contribuyentes:* User:Splash

**Archivo:QPSK Gray Coded.svg** *Fuente:* [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:QPSK\\_Gray\\_Coded.svg](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:QPSK_Gray_Coded.svg) *Licencia:* Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Contribuyentes:* User:Splash

# Licencia

---

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

---