



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

COMUNICACIONES “MODULACION Y DEMODULACION EN SISTEMAS DIGITALES DE COMUNICACIONES”

TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :

JUAN CRUZ FLORES

ASESOR: ING. ALFONSO CONTRERAS MÁRQUEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2000

287166



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR

DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

ATN: Q. Ma del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario.

Comunicaciones, Modulación y demodulación

en sistemas digitales de comunicación.

que presenta el pasante. Juan Cruz Flores

con número de cuenta 9016765-0 para obtener el título de .

Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 21 de Julio de 2000

MODULO	PROFESOR	FIRMA
<u>I</u>	<u>Ing. Jorge Ramírez Rodríguez</u>	<u>[Signature]</u>
<u>II</u>	<u>Ing. Vicente Magaña González</u>	<u>[Signature]</u>
<u>IV</u>	<u>Ing. Alfonso Contreras Márquez</u>	<u>[Signature]</u>

Aquel que hace lo quiere, la competencia no lo quita de la VICTORIA.

ANONIMO.

Un día tuve un sueño, pero, desperté y lo que soñé se había ido,

Luego tuve un anhelo, pero debido a las circunstancias se fue,

Después quise alcanzar una estrella pero la vi tan lejos,

Luego me fijé una meta y no la deje escapar,

Esa meta era alcanzar este triunfo y hoy aquí esta.

Juan Cruz Flores.

"CUANDO TENGAS UN TITULO UNIVERSITARIO PUEDES ESTAR SEGURO DE UNA COSA

QUE TIENES UN TITULO UNIVERSITARIO"

ANONIMO.

"Triunfar no es cosa de una sola vez, es de todos los días, es una forma de vivir y un anhelo por la vida, triunfar es un hábito, una costumbre y un reto diario."

Vince Lombardi.

"El árbol se conoce por sus frutos"

Jesús de Nazaret.

Modulación y demodulación en sistemas digitales de comunicaciones

Doxy gracias a Dios que me dio la gracia de estar aquí, que por él y sin su voluntad nada se hubiese logrado. A ti te ofrezco mi triunfo y te doy gracias por dejarme llegar hasta aquí.

A mi esposa:

Por apoyarme en esta etapa de mi vida que sin su ayuda no hubiese logrado cumplir este objetivo, por los momentos que no compartimos juntos, que a pesar de todo lo que hemos pasado, no podrás hacer menos que dedicarme estas líneas, por tu amor y comprensión. Aunque no sé que es lo que pase el día de mañana, desde ahora eres parte de mi vida y no podrás nada quitarme el lugar que hoy tienes, más aun por ese pequeño bichito que tenemos.

Gracias. Judith

A mi lotosa:

Que a pesar de sus berrinches y berridos, sus interrupciones y uno que otro problemita, por los momentos que no estuve a su lado, aunque aun es muy pequeña para comprender lo que significa esto para mí, quiero que sepa que esto también es parte de ella, y que desde ahora ha sido la razón para luchar y un triunfo mas en mi vida, sobre todo para que se sienta orgullosa de alguien que la quiere.

Mi pequeña. Vaida Botrabe

Modulación y demodulación en sistemas digitales de comunicaciones

A mis padres

A esas dos personas que me dieron la vida y gracias a su ayuda, esfuerzo, orientación y sacrificio, por fin pueden ver culminado uno de sus sueños

Papá: A ti que siempre confiaste y creíste en mí, que muy a pesar de todo lo que pasara me ayudaste, gracias a tu mano dura y blanda que enseña a los hombres a valerse por sí mismos, tu que has sido mi ejemplo y ahora te puedo sentir orgulloso y decirte a los demás que por fin uno de tus retoños cumplió uno de tus sueños y anhelos.

A ti mi viejo. Leonardo.

Mamá: Aunque sé que a ti más que a nadie le debo este triunfo, tu que en cada entraña tuya me has llevado y colaborado siempre conmigo, con tus esfuerzos que pocos se comparan con lo material que gracias a tu amor y ternura, que con tus regaños y consejos me han hecho tu persona que hoy soy, por fin ves logrado lo que siempre habías esperado un hijo tuyo por fin realizado.

A ti mi viejita linda. Fidelina

Aunque sé que estas líneas son poco para lo mucho que han hecho por mí, les dedico este pequeño agradecimiento, gracias por su amor, esfuerzo y sacrificios.

Gracias. Papi

Modulación y demodulación en sistemas digitales de comunicaciones

A mis hermanos:

Que sin su ayuda y apoyo no hubiese logrado una de mis metas más grandes y mis sueños más preciados, que es este, por sus consejos y gran apoyo con que siempre he contado. Este triunfo no solo es mío es de todos ya que por lo menos uno llegó a cumplir el sueño anhelado de los viejos.

Silvia, Rosalba, Maximino y Víctor. Gracias.

Al una persona que siempre ha sido mi ejemplo a seguir y por quien siempre me he sentido orgulloso por todo lo que él ha representado e influido en mí, dando un buen ejemplo, una de las personas que siempre me ha apoyado, creído en mí y en todo momento a estado a mi lado, Que ha sido más que un hermano. Mi padre y mi hermano. Gracias. Raúl

También quiero dedicar este triunfo a mis demás hermanos, cuñados y amigos que siempre confiaron y creyeron en mí. gracias

A unas personas que cooperaron con su granito de arena. Mis suegros.

Raúl y Victoria

Modulación y demodulación en sistemas digitales de comunicaciones

INDICE**I. INTRODUCCION**

1 1 Las Telecomunicaciones	1
1 2 Las Telecomunicaciones en México	2
1 3 Sistemas de comunicación vía Microondas	3
1.3.1 Características de las Microondas	3
1 3 2 Importancia de las Microondas	4

II. MODULACION

2 1 Que es la Modulación	6
2 2 El porque de la Modulación	7
2.3 Bits y Baudíos	9
2 4 Efectos de Ruido	10

III. TECNICAS DE MODULACION

3.1 Modulación Digital	12
3.2 Técnicas de Modulación Digital	12

3.3 Modulación Analógica	14
3.4 Técnicas de Modulación Analógica Básicas	14
3.4.1 Modulación ASK	18
3.4.2 Modulación FSK	19
3.4.3 Modulación PSK	20
3.4.4 Modulación DPSK Binaria	22
3.4.5 Modulación QAM	23

IV. SISTEMAS DE MODULACION

4.1 Desempeño de sistemas de Modulación Binaria	25
4.2 Teorema de Shanon-Hartley	27

V. OTRAS TECNICAS DE MODULACION IMPORTANTES

5.1 Codificación M-aria	28
5.2 QPSK	29
5.2.1 Transmisor QPSK	32
5.2.2 Consideraciones de Ancho de Banda de la QPSK	36
5.2.3 Receptor QPSK	38

5 3 O-QPSK	41
5 4 QAM	44
5 4 1 8-QAM	44
5 4 2 Transmisor 8-QAM	44
5 5 Algunas constelaciones 16-QAM	47

VI. CARACTERISTICAS DE MODEMS COMERCIALES

6.1 Modems comerciales	48
6.2 Representación genérica de un sistema de comunicación	50
6 3 Interfaz DTE/DCE	51
6 4 Modems	52

CONCLUSIONES	57
---------------------	-----------

BIBLIOGRAFIA	61
---------------------	-----------

1.1 LAS TELECOMUNICACIONES

La palabra Telecomunicación que significa: "Comunicar a distancia", en la actualidad se relaciona con el servicio que permite a las personas el fácil acceso a medios de comunicación confiables, económicos y eficientes. Los sistemas de comunicación se hayan donde quiera que se transmita información de un punto a otro. El teléfono, la radio y la televisión son ejemplos cotidianos de este tipo de sistemas.

La disponibilidad de los servicios de telecomunicaciones (principalmente el teléfono) ha sido un factor determinante en el reciente desarrollo socioeconómico de la humanidad. Las entidades o comunidades de cualquier índole no pueden substraerse a este medio de comunicación por ser un servicio necesario, que de hecho representa el canal que permite la integración de la sociedad.

Dentro de un sistema de telecomunicaciones existen estrechas relaciones entre la red (comunicación), aparatos terminales y servicios. Mientras la red y los aparatos terminales representan equipo hardware, los servicios son productos software que permiten llegar a acuerdos para agilizar comunicaciones y procedimientos para el intercambio de información. Es por ello que los servicios se basan en especificaciones técnicas normalizadas también llamados "pianos fundamentales de telefonía", establecidas internacionalmente por el Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (CCITT).

La cooperación entre empresas de diferentes países, la descentralización del desarrollo, la demanda de nuevos servicios como son: transmisión de datos en grandes volúmenes y a altas velocidades, vídeo texto, fax, vídeo conferencia, y otros servicios de telefonía, así como contar con información veraz y oportuna, se han convertido en el factor más importante para el desarrollo y evolución de la telefonía digital requiriéndose una infraestructura mundial que garantice el intercambio de la información

El futuro inmediato de esta evolución parece indicar que la llamada Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) constituye una solución ideal. La RDSI es un proyecto telefónico que tiene como finalidad principal proporcionar todos y cada uno de los servicios de comunicación al usuario final en una sola red, eliminando los altos costos de administración, operación y mantenimiento.

1.2 LAS TELECOMUNICACIONES EN MÉXICO

A partir del siglo pasado, México incursiono en el ámbito de las telecomunicaciones. El 5 de noviembre de 1851 se inicia la "carrera" por ganarle a la distancia. Esta fecha marca el nacimiento de los servicios telegráficos, introducidos por Juan de la Franja, con los que se establece el primer servicio de telegrafía entre la capital y el pueblo de Nopalucan, Puebla.

El servicio telefónico se inicia en México en los años 1878-1879, dos años después de que Alejandro Graham Bell lo patento. Durante más de un siglo, México ha incorporado avances tecnológicos en el campo de las telecomunicaciones hasta llegar a tener, en los años sesenta del presente siglo, una red nacional de microondas; así mismo, nuestro país se incorporo a la comunicación vía satélite al ser uno de los primeros miembros del

consorcio internacional Intelsat (organismo creado en 1964 con el objetivo de integrar una red internacional de telecomunicaciones por satélite con la participación de sus países miembros).

Para 1985 fueron puestos en órbita el Morelos I y II, primeros satélites mexicanos; 8 años después se lanzan los satélites solidaridad, parte del proyecto del sector comunicación incluido en el Plan Nacional de Desarrollo.

Actualmente, los satélites mexicanos conducen las señales de más de 340 redes privadas que satisfacen las necesidades de transmisión de datos de empresas financieras, industriales y de servicios; 35 canales de televisión que enlazan 500 estaciones; 120 sistemas de televisión por cable, y 35 redes de radio difusión que enlazan a 1530 estaciones de radio del país. El sistema satelital solidaridad contribuirá al fortalecimiento de programas de telesecundaria, educación médica y diagnóstico, al unir vía satélite a unidades hospitalarias oficiales y particulares, universidades, colegios y sociedades médicas.

1.3 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN VÍA MICROONDAS

1.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS MICROONDAS

Existen ciertas características en los sistemas de radio, las cuales se requieren para facilitar los enlaces nacionales o internacionales y permitir la interconexión con algún otro sistema similar o de otro tipo. Estas características son las siguientes:

- **Transmisión general para uso de telefonía, televisión y telegrafía, señales analógicas o discretas.**

- **Características de modulación en la portadora de RF.**
- **Característica de Frecuencia Intermedia (FI) y de Banda Base (BB).**
- **Características de seguridad de continuidad utilizando duplicidad y diversidad.**

Un radio enlace de microondas utiliza como portadoras frecuencias superiores a 1 GHz. Se compone básicamente de un transmisor en un extremo del enlace, y de un receptor en el otro. Debido a que el enlace normal de operación entre un transmisor y un receptor es aproximadamente 50 Km (requieren que ni la tierra ni cualquier otro obstáculo significativo obstruyan la trayectoria entre ambos); tienen que ser utilizadas estaciones repetidoras para transmitir las señales a distancias mayores.

Un enlace de microondas empleado para telefonía, puede contener miles de canales telefónicos (los cuales son combinados para ser transmitidos simultáneamente)

1.3.2 IMPORTANCIA DE LAS MICROONDAS

En la actualidad los radio- enlaces por microondas se están utilizando cada vez mas ampliamente para transmitir además de comunicación telefónica, otros tipos de información (datos, fax, vídeo), y representa el soporte de las telecomunicaciones vía satélite sin el cual estas no se podrían haber desarrollado

El constante desarrollo del país ha impuesto la necesidad de la comunicación en gran capacidad entre sus comunidades, por tal motivo se han implementado diferentes medios de transmisión, dentro de los cuales los

radio enlaces por microondas ocupan un papel muy importante desde hace ya varias décadas. Debido a esto, se manifiesta la necesidad de inversión de una gran cantidad de recursos para la conservación de este tipo de enlaces, así como la implementación de nuevos proyectos. Es tan grande la responsabilidad de las administraciones que tienen a su cargo esta tarea que realmente resulta difícil vigilar y controlar la cantidad y confiabilidad de transmisión de los sistemas. El establecimiento de programas permanentes de mantenimiento preventivo y correctivo, así como los trabajos de instalación de nuevos sistemas, demandan personal especializado y con habilidad para detectar y corregir los problemas que deterioran la calidad de estos medios de transmisión.

En el presente trabajo se abordan temas y conceptos relacionados con los sistemas de comunicaciones en general, enfocándose a los sistemas digitales de transmisión, y al proceso mediante el cual la información se acondiciona para poder ser transmitida.

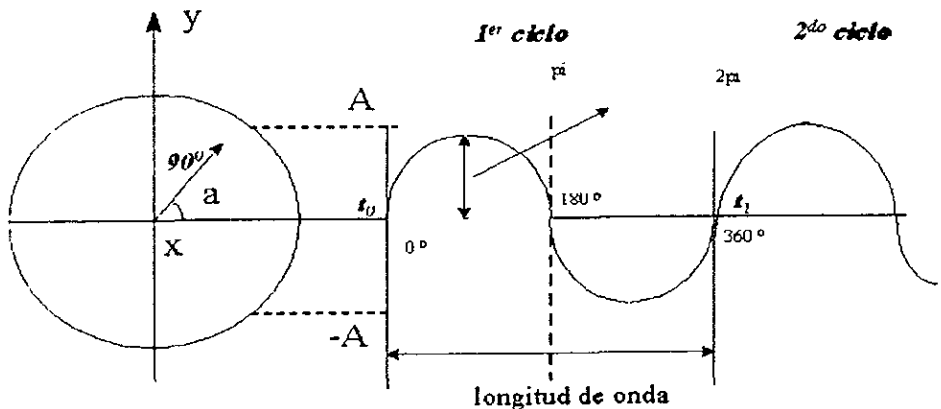
El formateado y codificación de la información es la base de las comunicaciones digitales, independientemente del medio de transmisión; siendo necesario mencionar que en esta redacción se considera como medio de transmisión los radio enlaces por microondas.

2.1 QUE ES LA MODULACION

Las señales (bits) son generadas por un dispositivo de procesamiento de datos (digital), y es transportado por un camino originalmente analógico. Para esto se necesita técnicas que permitan transmitir señales sin que se pierda su integridad. Para cumplir esto se necesita agregar a los dispositivos de procesamiento de datos equipos especialmente elaborados para **MODULAR** y **DEMODULAR**, como el **MODEM**.

Una señal (bit) puede ser enviada de dos formas: digital y analógica. Las técnicas empleadas para transportar información son:

MODULACION: Técnica empleada para modificar una señal con la finalidad de posibilitar el transporte de informaciones a través de un canal de comunicación y recuperar la señal en su forma original en la otra extremidad.



A = amplitud maxima

t = tiempo

Ahora serán posibles dos técnicas para la transmisión de datos: Analógica y Digital. Solamente la Analógica realiza modulación. Una vez que la Digital usa un recurso de codificación de pulsos.

2.2 ÉL PORQUE DE LA MODULACION

La modulación es el proceso mediante el cual los símbolos digitales son transformados en formas de onda compatibles con las características del canal de comunicación. Cuando se habla de señales de banda base, se sabe que la forma de onda a que se está haciendo referencia son pulsos, mientras que en las señales moduladas o de banda ancha la información a transmitir modula una forma de onda senoidal llamada portadora, la cual es entonces transmitida a través del canal de comunicación. La razón principal para modular una señal original de banda base se aprecia claramente si se considera por ejemplo que para su transmisión se va a utilizar la radiación electromagnética. Al hablar de sistemas de radio la transmisión se realiza mediante antenas que para ser acopladas eficientemente al sistema deberán tener una longitud física de cuando menos la longitud de onda (λ) de la frecuencia central a transmitir; de manera que esta por ejemplo se quisiera transmitir una señal de banda base cuya frecuencia central fuese de 10 KHz, el tamaño de la antena requerido sería el siguiente:

$$\lambda = c/f$$

$$\lambda = (3 \times 10^8 \text{ m/s}) / (10^4 \text{ Hz})$$

$$\lambda = 3 \times 10^4 \text{ m} = 30 \text{ km}$$

λ = longitud de onda

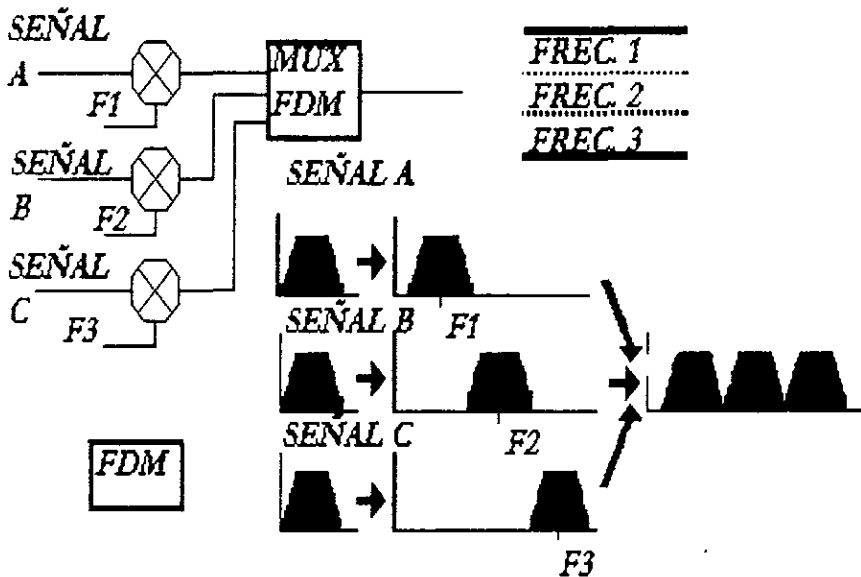
c = velocidad de propagación de la luz

f = frecuencia de la señal

Si esta señal se modulara con una frecuencia portadora de por ejemplo 400 MHz, el tamaño de la antena requerido sería de:

$$\lambda = c/f = (3 \times 10^8) / (400 \times 10^6) = 0.75\text{m}$$

Otra razón de importancia por la que se usa la modulación para la transmisión de señales es la de permitir multiplexar o agrupar varias señales diferentes a través del mismo canal de comunicación. Esta técnica conocida como multiplexaje por división de frecuencia o FDM (frequency division multiplexing) se analizara posteriormente (fig. 4-1).



COMBINACION DE SEÑALES EN FDM

La modulación también es usada para cambiar la banda de frecuencia del espectro de una señal hacia otra banda donde sea más sencillo el filtraje o amplificación de la misma; la señal resultante se conoce como frecuencia intermedia o FI y es muy comúnmente usada en el radio receptores

2.3 BITS Y BAUDIOS

La Tasa de modulación representa la cantidad de veces que la línea fue señalizada y es expresada en Baudios.

$$\text{Tasa de Modulación} = 1/d$$

d = duración del elemento básico de la señal

Una tasa de transmisión es dada por el número de bits por segundo que pueden ser transmitidos. Tomándose en cuenta que la línea puede asumir n estados diferentes, se puede transmitir k bits por estado, tal que:

$$2^k = n$$

$$k = \log_2 n$$

$$\text{Tasa de Transmisión} = k \times \text{Tasa de modulación}$$

2.4 EFECTOS DEL RUIDO

La tarea del demódulador o detector es la recuperación de los bits de información a partir de la señal recibida y con el menor grado de error posible a pesar de las distorsiones a que dicha señal haya sido sujeta,

Existen dos causas principales de distorsión de una señal.

- ISI POR EFECTOS DE FILTRAJE

Del transmisor

Del canal de comunicación

Del receptor

- EFECTOS DEL RUIDO

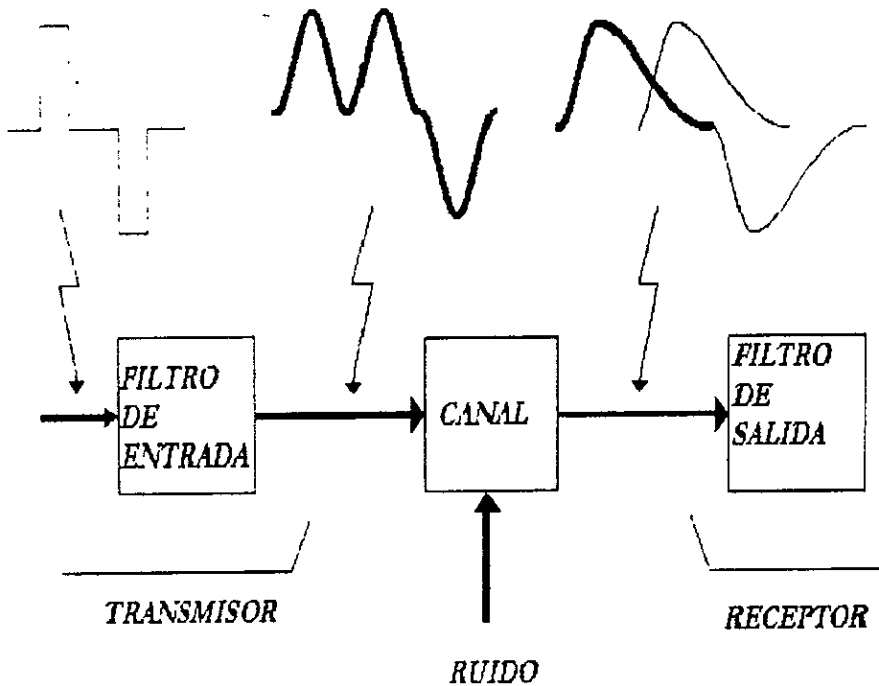
Ruido de los amplificadores

Ruido galáctico

Ruido terrestre

Ruido térmico

De entre los efectos ocasionados por el ruido, el de tipo térmico es él más predominante y por esa razón se toma como base en el diseño de muchos sistemas.



FUENTES DE DISTORCION DE LAS SEÑALES

3.1 MODULACION DIGITAL:

Los Módems digitales no ejecutan exactamente una modulación, sino una especie de codificación de una señal que difiere mucho con relación a una señal analógica generada por los Módems analógicos.

3.2 TÉCNICAS DE MODULACIÓN DIGITAL:

Los códigos básicos son:

Código RZ

Código NRZ

Código BIO

El resto de códigos son derivación de algunos de estos, así tenemos:

Códigos : NRZ-L; BIO-L

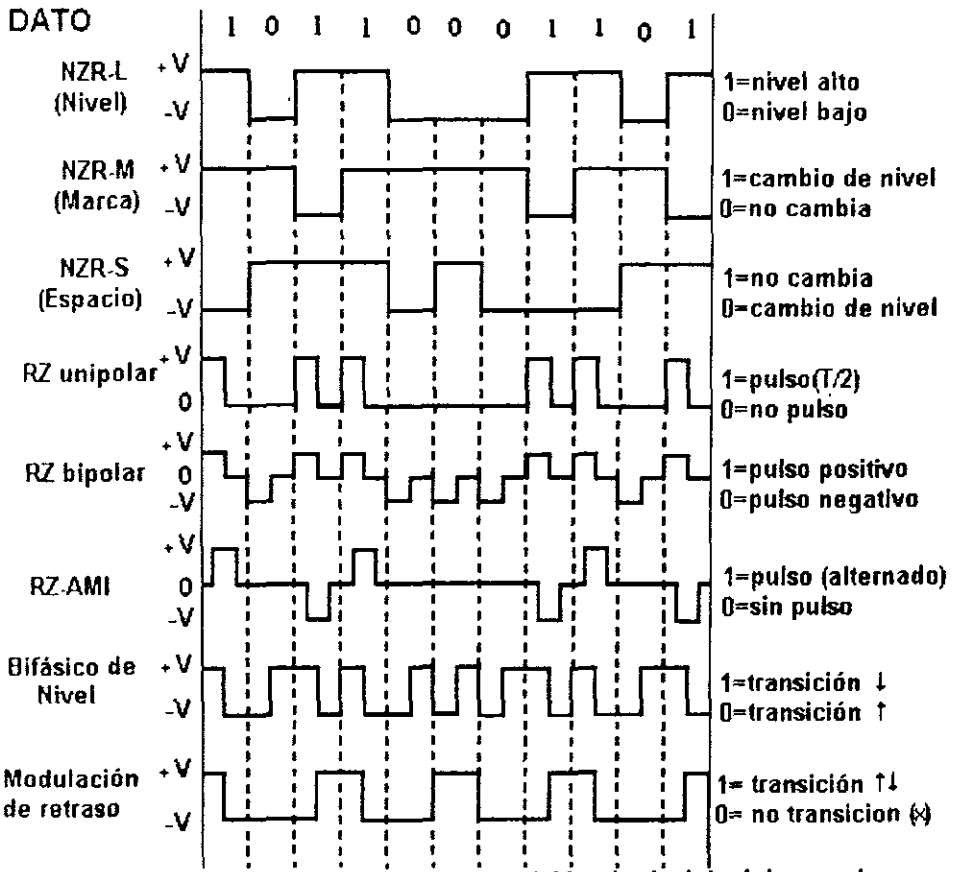
NRZ-M; BIO-M

NRZ-S; BIO-S

RZ AMI

Para resolver estos problemas existen diferentes tipos de códigos de línea que convierten el serial unipolar en bipolar:

- Códigos NRZ (Nonreturn-to-zero) o de No Retomo a Cero.
- Códigos RZ (Return-to-zero) o de Retomo a Cero.
- Códigos codificados en fase.
- Códigos binarios de niveles múltiples.



(*) Dos ceros consecutivos producen transición al principio del segundo cero.

Códigos de línea

La gran cantidad de códigos de línea para PCM se debe a que cada uno de estos códigos presenta características especiales para una u otra aplicación.

3.3 MODULACION ANALOGICA

Una señal digital generada por el equipo de procesamiento de datos es inferida en la onda portadora generada por el módem, siendo que las características originales de la onda patrón son modificadas de acuerdo a la técnica de modulación utilizada por el módem y esta transporta los datos hasta la otra extremidad del enlace donde otro módem demodulará la señal y la entregará a un equipo de procesamiento de datos en su forma original.

3.4 TECNICAS DE MODULACION BASICAS

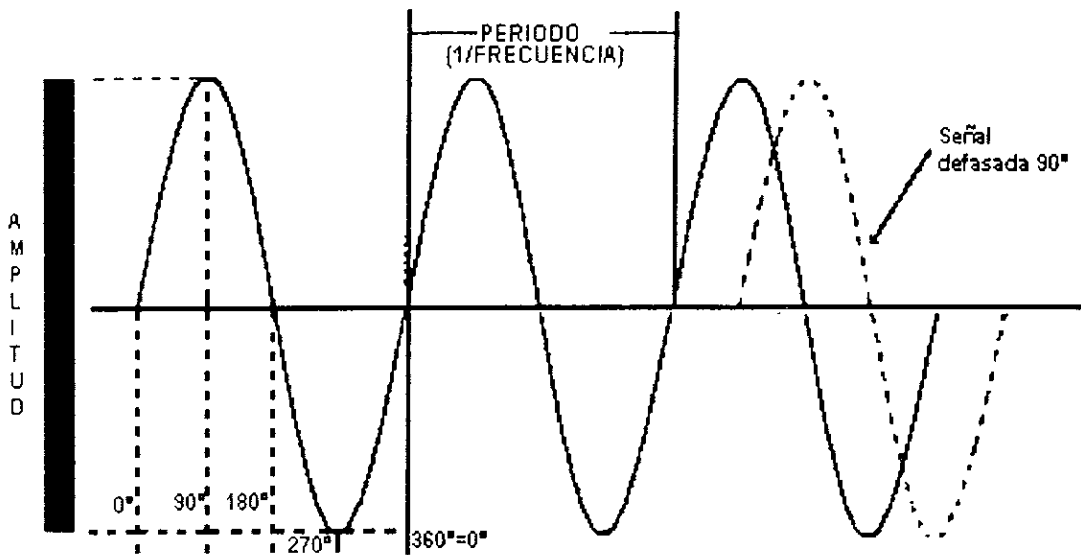
Las diferentes técnicas de modulación se basan en los tres parámetros básicos de toda onda senoidal:

- **Amplitud**

- **Frecuencia**

- **Fase**

De manera que la modulación se puede también definir como el proceso mediante el cual la amplitud, frecuencia o fase de una portadora, o alguna combinación de ellas, es variada de acuerdo con la información a transmitir.



Parámetros de una onda senoidal

Los tipos básicos de modulación digital son los siguientes:

- **PHASE SHIFT KEYING (PSK)**
- **FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK)**
- **AMPLITUDE SHIFT KEYING (ASK)**

Para todos estos casos existen dos modalidades:

- **De tipo Coherente**
- **De tipo No Coherente**

El término coherente se refiere a que el receptor utiliza la información de fase de la portadora para llevar a cabo el proceso de detección, presentándose un llamado "amarre" de fase entre el receptor y la señal entrante. Como es de esperarse, la detección no coherente por lo general reduce la complejidad del sistema, pero a costa de incrementar el parámetro de probabilidad de error.

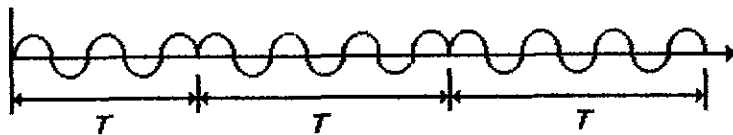
Dentro de la modalidad de modulación no coherente existe la llamada PSK diferencial o DPSK. La clasificación de este tipo de modulación como no coherente se debe al hecho de que para la detección del símbolo actual se utiliza la información de fase del símbolo detectado anteriormente.

En el campo de las comunicaciones digitales generalmente los términos demodulación y detección se usan indistintamente, sin embargo, estrictamente hablando la diferencia entre dichos términos es la siguiente:

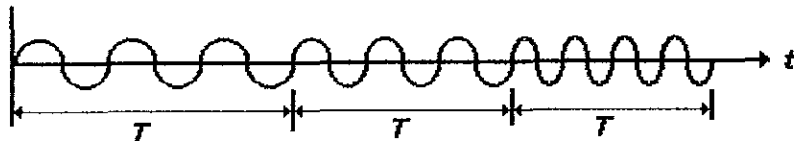
DEMODULACIÓN: Enfatiza solamente la extracción o la acción de remover la señal portadora.

DETECCIÓN: Incluye el proceso de decisión de símbolos.

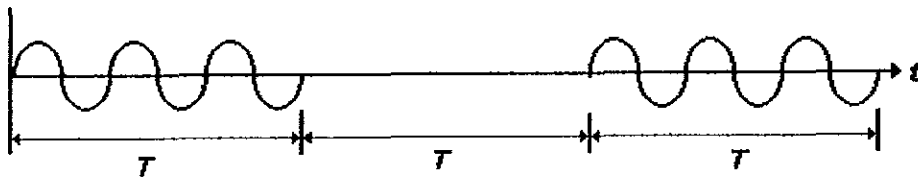
A) PSK



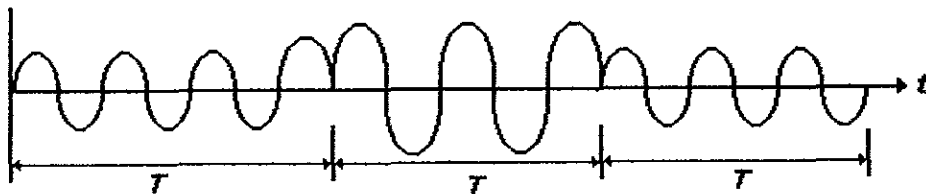
B) FSK



C) ASK



D) ASK/PSK (APK)

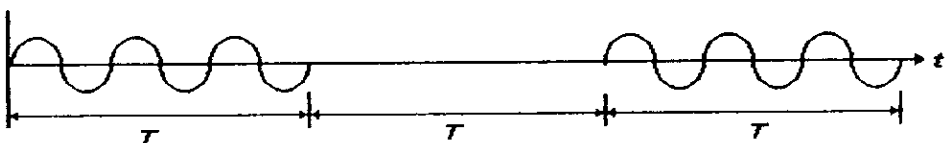
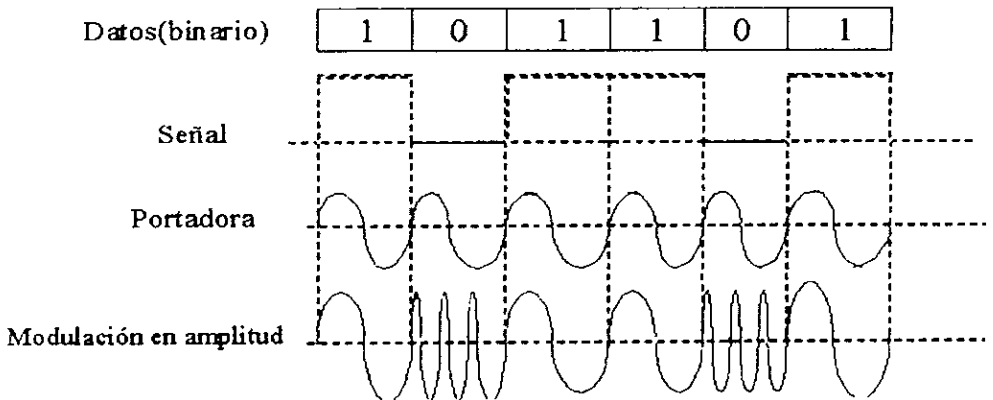


Ejemplos de modulación digital

3.4.1 MODULACIÓN ASK

La amplitud de la onda es alterada de acuerdo con la variación de la señal de información. Exige un medio en que la respuesta de amplitud sea estable, ya que este tipo de modulación es bastante sensible a ruidos y distorsiones

- Fue una de las primeras formas de modulación digital usada para radio-telegrafía a principios de siglo
- La modulación ASK binaria se conoce también con el nombre de modulación "on-off" (on-off keying)
- En la actualidad no es tan ampliamente usada como los otros tipos de modulación básicos



Modulación ASK

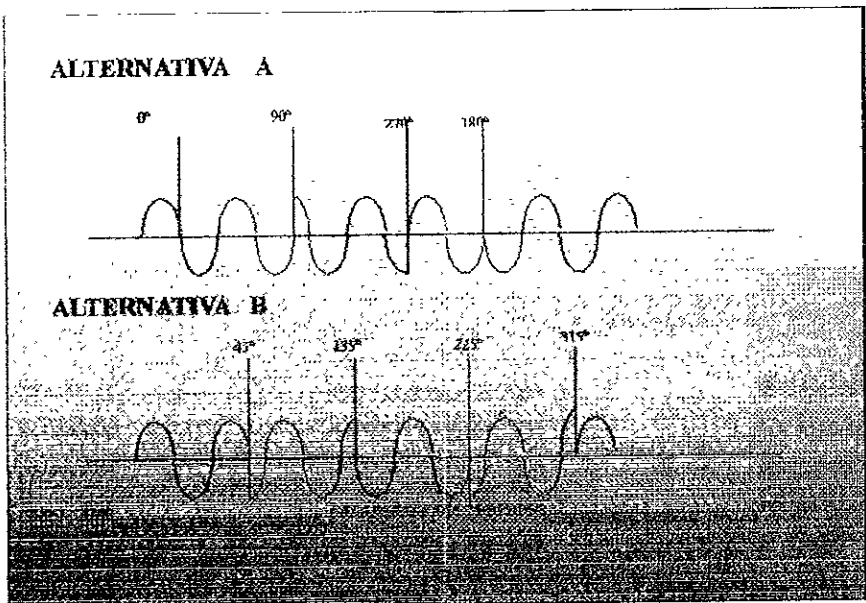
3.4.2 MODULACIÓN FSK

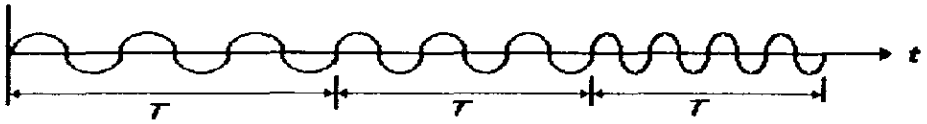
El espaciamiento de las frecuencias de los tonos utilizados para representar un símbolo u otro depende del periodo de tiempo asignado para cada símbolo.

Consiste en un procedimiento de 2 osciladores con Frecuencias Diferentes para dígitos 0 y 1. Normalmente es usada para transmisión de datos en bajas velocidades y puede ser:

Coherente : Donde no ocurre variación de fase de la portadora para dígitos del mismo valor.

No Coherente: Donde puede ocurrir variación de fase de la portadora para dígitos del mismo valor.





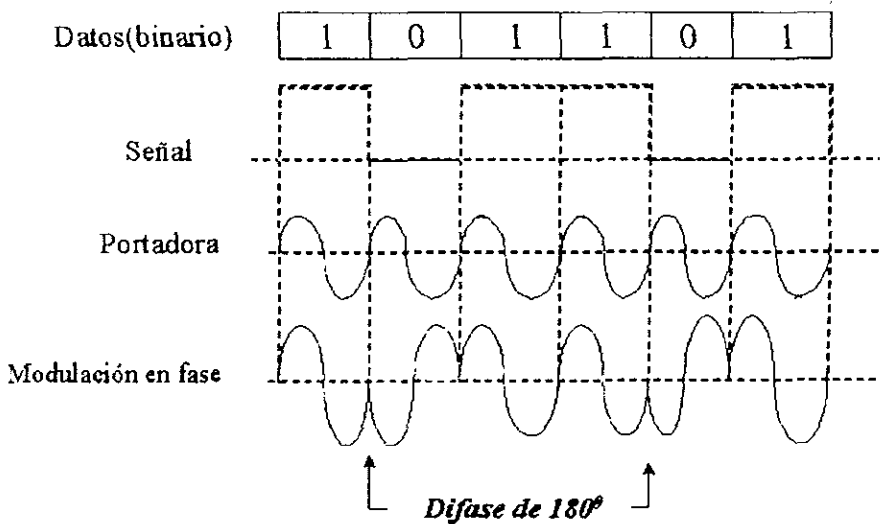
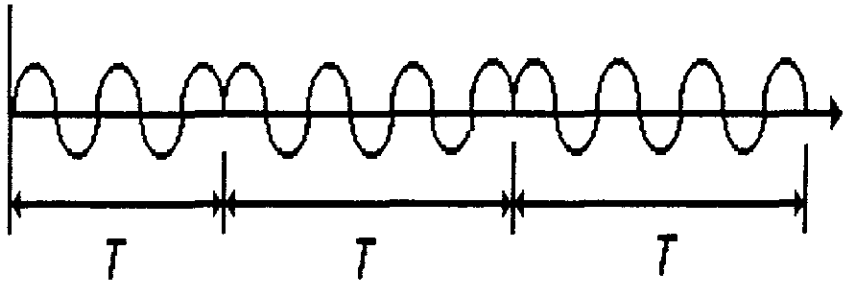
Modulación FSK

3.4.3 MODULACIÓN PSK

Consiste en un procedimiento de la onda portadora en función de un bit de dato (0, 1). Un bit 0 corresponde a la fase 0, en cuanto al bit 1, corresponde a la fase π . Por tanto, este ángulo está asociado con un dato al ser transmitido y con una técnica de codificación usada para representar un bit

- Fue desarrollada durante los inicios del programa espacial de los E.U.
- Para modulación PSK binaria (BPSK), los cambios de fase son de 180° o radianes

- Cuando existe una diferencia de 180° entre dos señales se dice que dichas señales son antipodales.

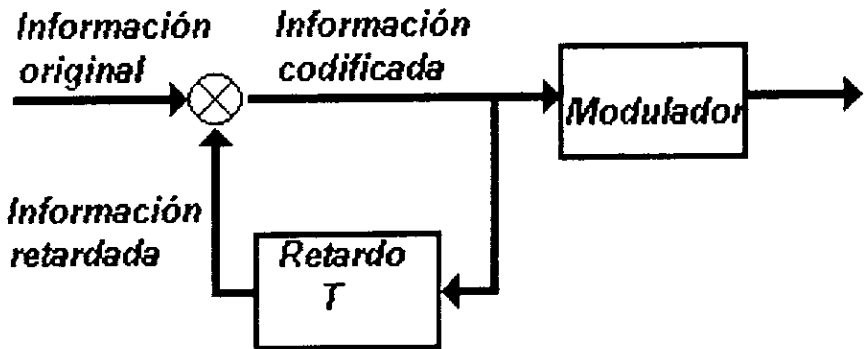


Modulación PSK

3.4.4 MODULACIÓN DPSK BINARIA

Variación de la modulación PSK, que tiene como característica un procedimiento de la fase de acuerdo con un dígito a ser transmitido. Como se mencionó anteriormente, la razón por la que se usa DPSK con detección no coherente es porque la detección del símbolo actual se lleva a cabo utilizando la información de fase del símbolo detectado anteriormente. A continuación se muestra un ejemplo de un codificador DPSK binario y su salida correspondiente:

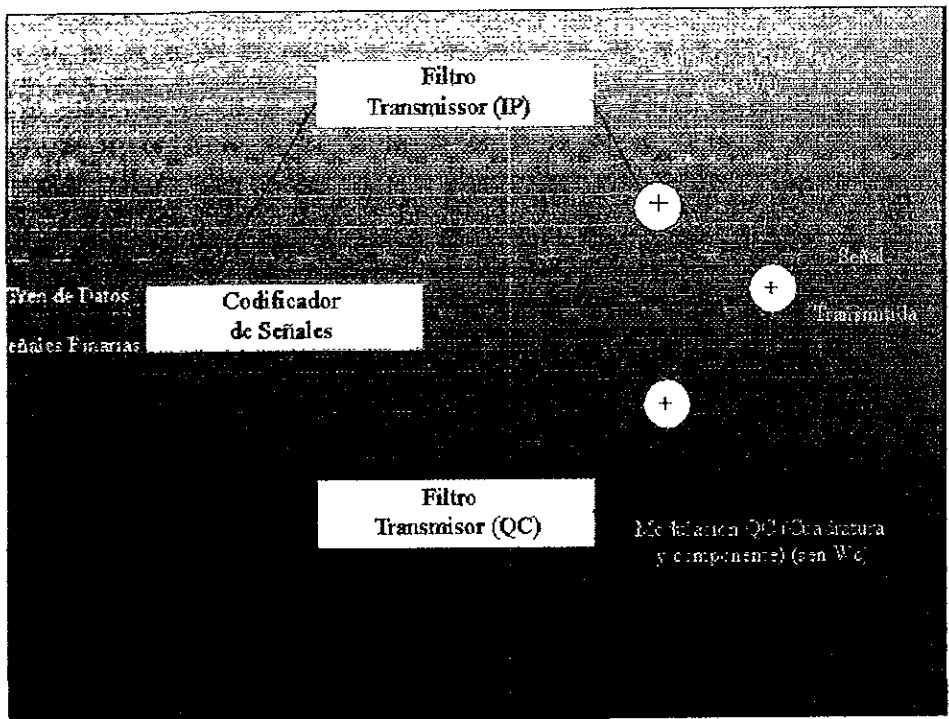
Periodo T 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Información Original	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	
Información Retardada	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	
Información Codificada	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	
Cambio de Fase	π	π	0	0	π	π	π	0	π	π	



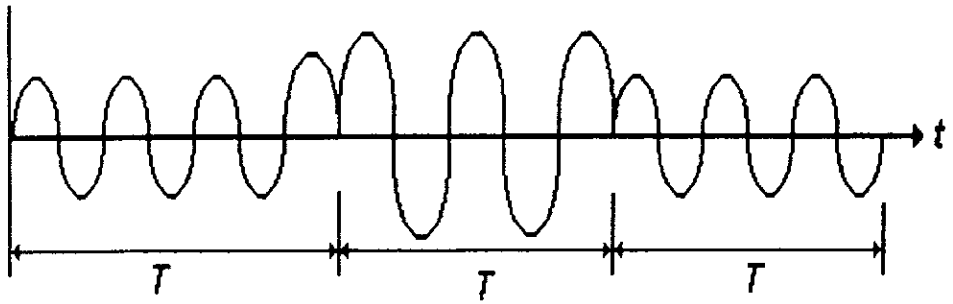
3.4.5 MODULACIÓN QAM

Es caracterizada por la superposición de 2 portadoras en cuadratura moduladas en amplitud. Con eso al colocar 4 bits dentro de un tronco de señal y operar con tasas de 2400 bauds, se alcanza tasas de 9600 bps.

- Combinación de ASK y PSK
- Cambios simultáneos de amplitud y fase



Transmisor QAM



Modulación QAM

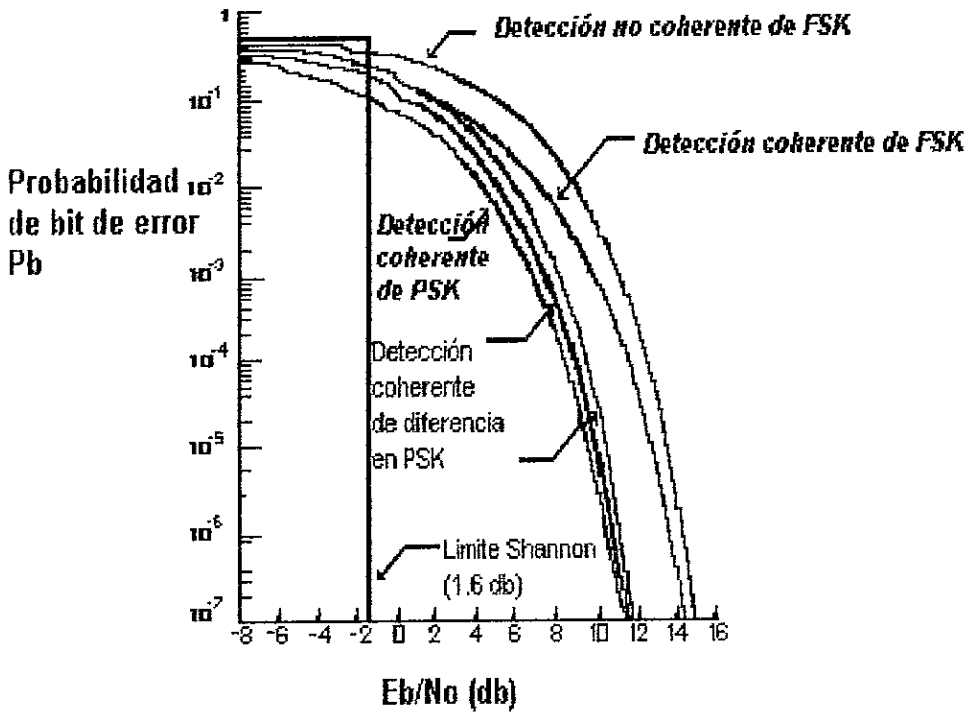
4.1 DESEMPEÑO DE ERROR DE SISTEMAS DE MODULACION BINARIOS

El desempeño de error de un sistema de modulación digital binario puede estar referido principalmente a dos factores:

- Probabilidad de error a nivel de símbolo (P_E)
- Probabilidad de error a nivel de bit (P_B)

P_E se utiliza generalmente para especificar el desempeño del proceso de detección (símbolos), mientras que P_B está referido al proceso de modulación/demodulación

La figura nos muestra la probabilidad de error de bit P_B para diferentes esquemas de modulación referidos a la relación señal a ruido de la señal de entrada de un sistema, la cual en muchas ocasiones se define como la relación E_b/N_0 .



Probabilidad de error a nivel de bit

4.2 TEOREMA DE SHANNON-HARTLEY

La meta de los diferentes esquemas de modulación es en mayor o menor grado la optimización del uso del ancho de banda del canal de comunicación. El teorema de Shannon-Hartley define en forma teórica la capacidad de un sistema afectado por ruido de tipo gaussiano para transferir información:

$$C = W \log_2 (1 + S/N)$$

C = capacidad del canal en bits/seg.

W = ancho de banda del canal en Hz

S = Nivel de potencia promedio de la señal de entrada

N = Nivel de potencia del ruido

Este teorema establece entonces un límite para la velocidad de transmisión del canal. Su relación con la gráfica anterior (fig 4-10) se deduce matemáticamente y se obtiene que el límite en cuanto al parámetro E_b/N_0 es de -1.59 dB, y nos indica que abajo de dicho límite no puede existir una comunicación sin error para ninguna velocidad de transferencia de datos, por baja que esta sea.

Otras dos técnicas de modulación usadas bastante en radios digitales son las siguientes

- **M-ARIA**
- **QPSK (PSK en cuadratura)**
- **Offset QPSK (O-QPSK)**
- **8-QAM Y 16-QAM**

5.1 CODIFICACIÓN M-ARIA

M-aria es un termino derivado de la palabra "binaria" M es simplemente un dígito que representa el numero de condiciones posibles. Las dos técnicas de modulación digital discutida hasta ahora (**FSK y PSK**) son sistemas binarios. Hay solo dos posibles condiciones de salida. Una representa un 1 lógico y la otra un 0 lógico: así que son sistemas M-rios donde $M = 2$. Para un sistema PSK con cuatro fases posibles de salida $M = 4$. Si hubiera ocho fases posibles de salida. $M = 8$ y así sucesivamente. Matemáticamente.

$$N = \log M$$

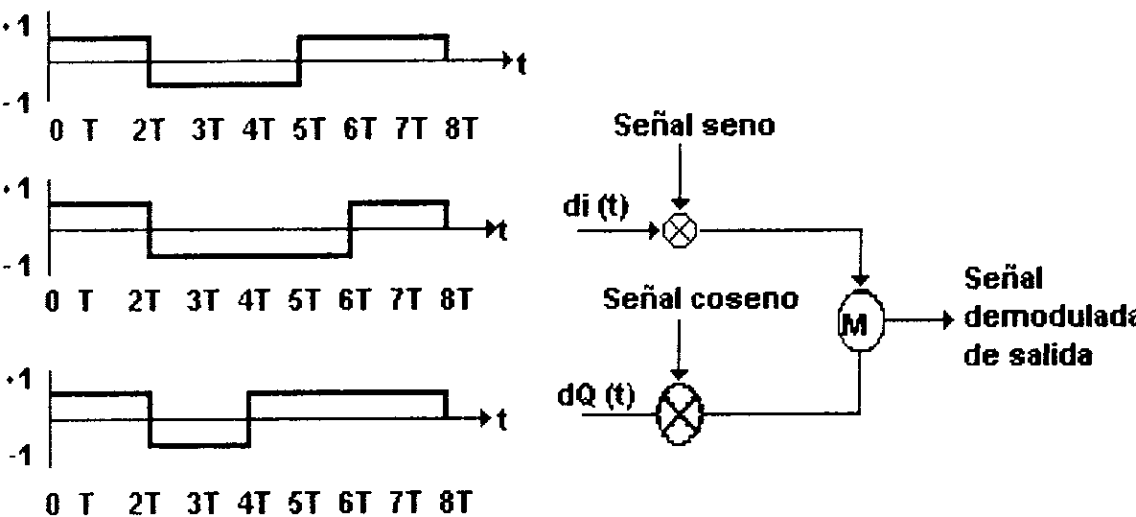
Donde:

N = numero de bits

M = numero de posibles condiciones de salida con n bits

5.2 QPSK (Quaternary Phase Shift Keying)

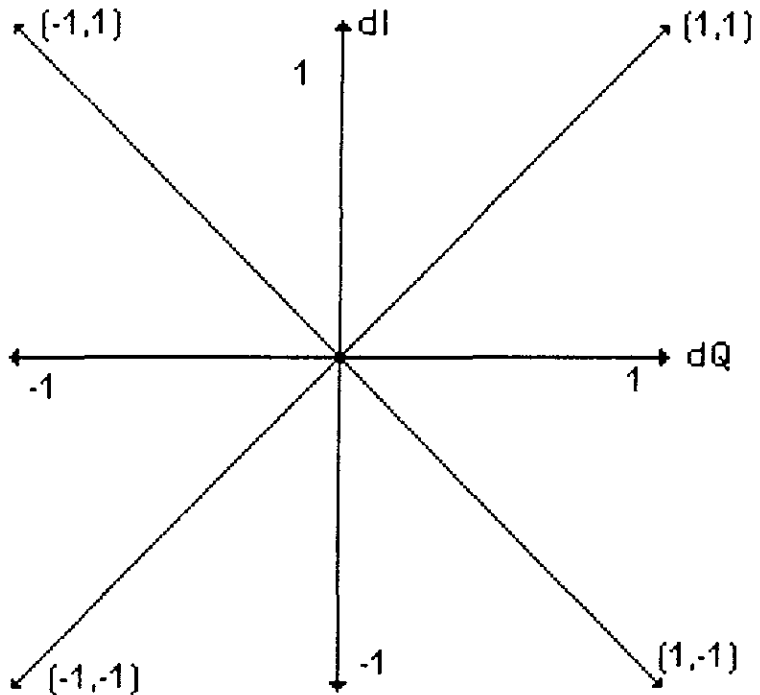
Esta modulación se lleva a cabo separando en cuadratura los pulsos bipolares originales de manera que se obtengan en forma separada los bits nones y los bits pares (fig. 4-11), para luego hacer que cada uno de estos trenes de pulsos module a dos señales senoidales que tienen una diferencia de fase de 90° (ortogonales).



Modulación QPSK

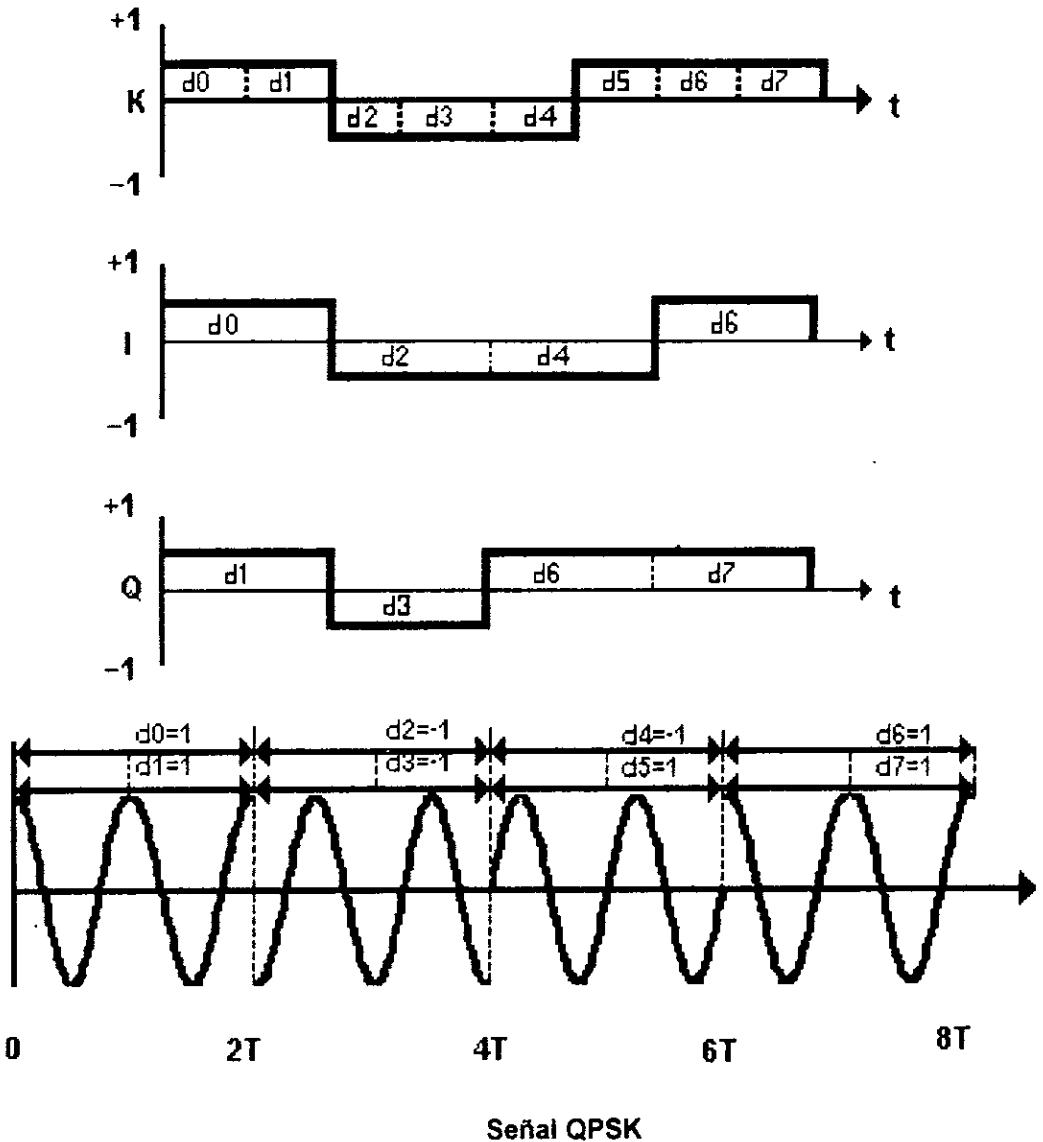
El efecto que tiene este esquema es que dependiendo de la combinación del serial bipolar (+1 y -1) y de las portadoras desfasadas 90° , a la salida del circuito sumador se tendrán cambios de fase de 0° 90° -90° o 180°

Para poder deducir el valor de salida resulta muy útil el uso de coordenadas cartesianas en las que el eje de las X representa el valor del serial en cuadratura, mientras que el eje de las Y representa el valor del serial en fase. El cambio de fase de la señal de salida será entonces el ángulo que se genere al cambiar de un cuadrante a otro en nuestras coordenadas



Generación de ángulos de fase en QPSK

Tomando como referencia el tren de pulsos mostrado anteriormente, a continuación se muestra la señal de salida QPSK para dicha señal de entrada.

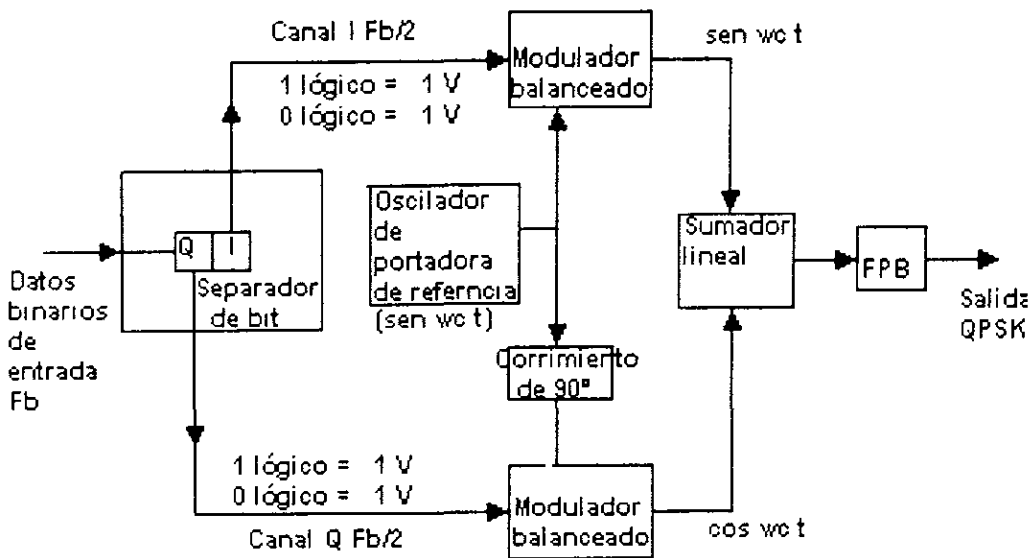


La QPSK o PSK en cuadratura, es otra forma de modulación de ángulo. QPSK es una técnica M-aria donde $M = 4$ (de ahí el nombre de "cuaternaria", que significa "4") Con la QPSK cuatro fases de salida son posibles con una sola frecuencia de portadora. Debido a que hay cuatro fases diferentes de salida, debe haber cuatro condiciones diferentes de entrada. Ya que la entrada digital a un modulador QPSK es una señal binaria

Para producir cuatro condiciones diferentes de entrada se toman más de un bit de entrada. Con dos bits hay cuatro posibles condiciones 00,01,10 y 11. Por lo tanto, los datos binarios de entrada son combinados en grupos de dos bits llamados dibits. Cada código dibit genera una de las cuatro posibles de salida. Por lo que, la relación de cambio a la salida (razón de bauds) es un medio del bit a la entrada.

5.2.1 TRANSMISIÓN QPSK

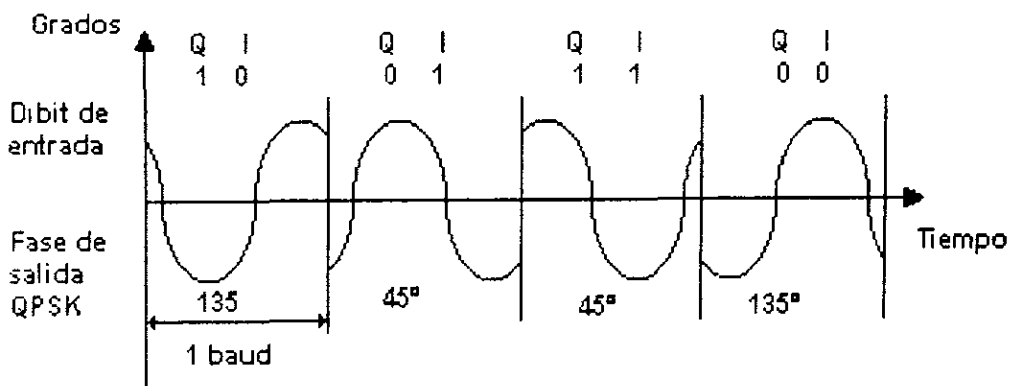
Un diagrama a bloques de un modulador QPSK es mostrado en la figura. Dos bits (un dibit) son colocados en un bloque separador de bit. Después que ambos han entrado en serie, son simultáneamente sacados en paralelo. Un bit es direccionado al canal I y el otro al canal Q. El bit Q modula una portadora que esta en fase con el oscilador de referencia (de ahí el nombre de "I" por "canal en fase"). Y el bit Q modula una portadora que esta desfasada 90° o en cuadratura con la portadora del oscilador (el nombre de "Q" es por "cuadratura", "quadrature" en ingles).



Modulador QPSK

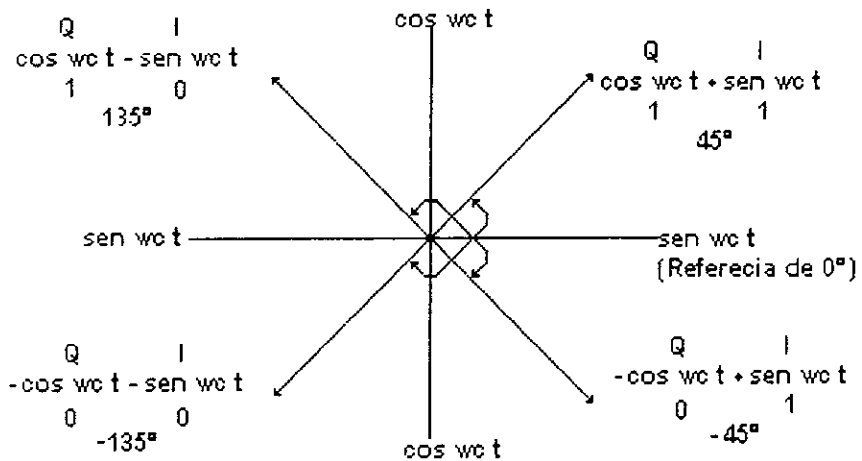
Se puede ver que una vez que el dicit ha sido separado en los canales I y Q, la operación es la misma que en un modificador **BPSK**. Esencialmente, un modificador **QPSK** está compuesto por dos moduladores BPSK en paralelo. Otra vez, para un 1 lógico = +1 V y un 0 lógico = -1V, dos fases son posibles a la salida del modulador balanceado I ($+\text{sen } \omega_c t$) y ($-\text{sen } \omega_c t$), y dos fases son posibles también para la salida del modulador balanceado Q ($+\text{cos } \omega_c t$ y $-\text{cos } \omega_c t$). Hay cuatro fases posibles como resultado. ($+\text{sen } \omega_c t + \text{cos } \omega_c t$) ($+\text{sen } \omega_c t - \text{cos } \omega_c t$) ($+\text{sen } \omega_c t - \text{cos } \omega_c t$) y ($-\text{sen } \omega_c t - \text{cos } \omega_c t$).

En la figura se puede ver que con la **QPSK** cada uno de los cuatro posibles fasóres de salida tiene exactamente la misma amplitud. Por lo tanto, la información debe ser codificada enteramente en la fase de la señal de salida. Esta es la más importante característica de la **PSK** que la distingue de la **QAM**, la cual será explicada mas adelante. En la figura se puede ver también que la separación de dos fasóres adyacentes cualesquiera es de 90° . La figura muestra la fase de salida ver su relación de tiempo para un modulador **QPSK**



Fase de salida con relación al tiempo para un modulador QPSK

ENTRADA BINARIA		FASE DE SALIDA
Q	I	QPSK
0	1	135°
0	1	45°
1	0	135°
1	1	45°

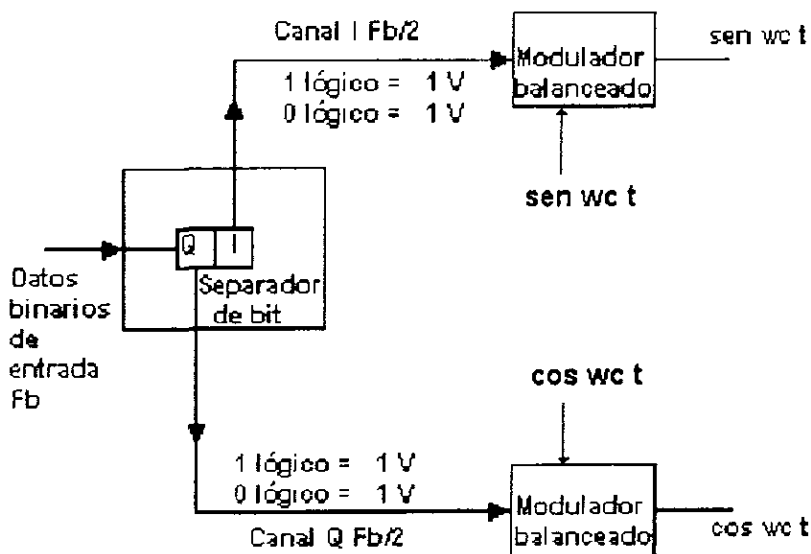


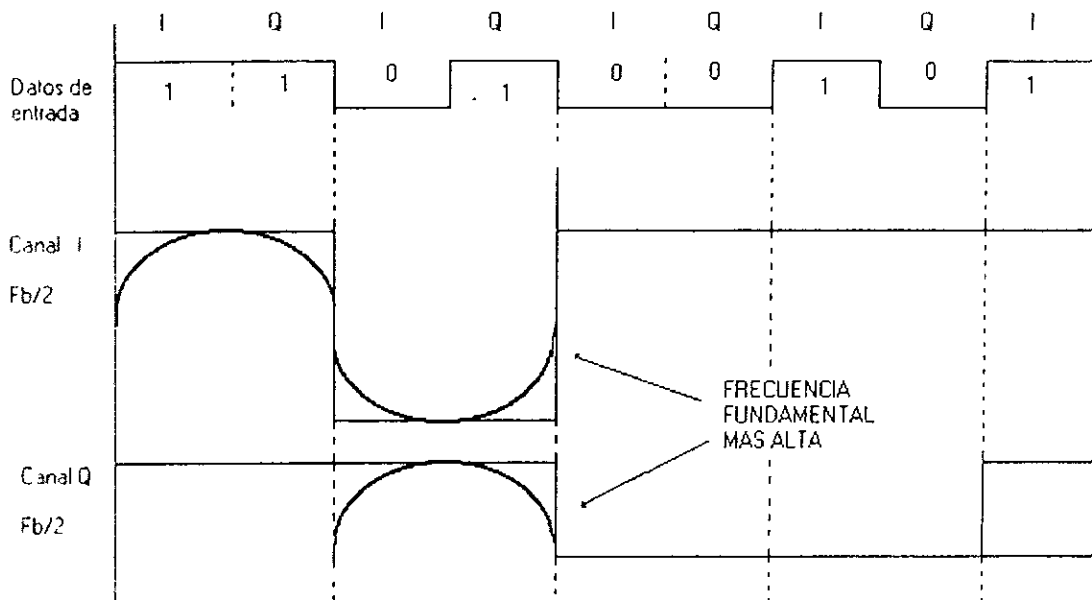
Modulador QPSK. Tabla de verdad y diagrama fasorial

5.2.2 CONSIDERACIONES DE ANCHO DE BANDA DE LA QPSK

Ya que la entrada de datos en un modulador **QPSK** es separada entre dos canales, la razón de bit en cualquier canal I o Q es igual a un medio del dato de entrada ($F_b / 2$). En consecuencia, la frecuencia fundamental más alta presente en la entrada al modulador I o Q es igual a un cuarto de la razón de la entrada de datos. Como resultado, la salida de los demoduladores balanceados I y Q requieren un ancho de banda mínimo de las bandas laterales de Nyquist igual a un medio de la razón de bit de entrada. Así, se realiza una compresión de ancho de banda en la **QPSK**.

También, como la señal de salida **QPSK** no cambia de fase hasta que un dibit ha sido colocado en el separador de bit, la razón de cambio más rápida en la salida (**baud**) es también igual a un medio de la razón de entrada de bits. Como en la **BPSK**, el mínimo ancho de banda y los baud son iguales. Esta relación se muestra en la figura.





Consideraciones de ancho de banda para un modulador QPSK

En la figura puede verse que el peor caso de la condición de entrada al modulador I o Q cuando existe un patrón altamente de 1's y 0's el cual ocurre cuando la entrada binaria tiene un patrón repetitivo de 1 100. Un ciclo de la transmisión binaria más rápida (**una secuencia de I/O**) en el canal I o Q toma el mismo tiempo que 4 bits de entrada.

Como, consecuencia la frecuencia fundamental más alta a la entrada y la razón de cambio más rápida a la salida de los moduladores balanceados es igual a un cuarto de la razón de entrada. La salida de los moduladores balanceados puede expresarse matemáticamente como:

$$\theta = (\text{sen } w_c t) (\text{sen } w_c t)$$

donde

$$w_c t = 2\pi f_b t / 4$$

Señal moduladora

y

$$w_c t = 2\pi F_c t$$

portadora

$$\theta = (\text{sen } 2\pi (F_b t / 4))(\text{sen } 2\pi F_c t)$$

$$= \frac{1}{2} \cos 2\pi (F_c - F_b / 4)t - \frac{1}{2} \cos 2\pi (F_c + F_b / 4)t$$

El espectro de frecuencia en salida se extiende desde $F_c + F_b / 4$ a $F_c - F_b / 4$ y el mínimo ancho de banda (F_N) es:

$$(F_c + F_b / 4) - (F_c - F_b / 4) = 2F_b / 4 = F_b / 2$$

5.2.3 RECEPTOR QPSK

El diagrama a bloques de un receptor Qpsk es mostrado en la figura 20. El separador de señales direcciona la señal de entrada QPSK. A los detectores de productos I y Q y al circuito recuperador de portadora. El circuito recuperador reproduce la señal portadora originalmente transmitida. La portadora recobrada debe ser coherente en fase y frecuencia con la portadora de referencia transmitida. La señal QPSK es demodulada en los detectores de producto I y Q los cuales generan los bits de datos I y Q originales.

Las salidas de los detectores de producto son alimentadas al circuito combinador de bits, donde son convertidos de canales en paralelo I y Q a una cadena binaria de salida.

La señal QPSK entrante puede ser cualquiera de las cuatro posibles fases mostradas en la figura 17. Para ilustrar el proceso de demodulador, dejemos que la señal de entrada QPSK sea $-\sin \omega_c t + \cos \omega_c t$. Matemáticamente, el proceso de demodulación es como sigue

La señal QPSK recibida ($-\sin \omega_c t + \cos \omega_c t$) es una de las entradas al detector de producto. La otra entrada es la portadora recuperada ($\sin \omega_c t$). La salida del detector de producto I es:

$$\begin{aligned}
 I &= (-\sin \omega_c t + \cos \omega_c t) (\sin \omega_c t) \\
 &= (-\sin \omega_c t)(\sin \omega_c t) + (\cos \omega_c t) (\sin \omega_c t) \\
 &= -\sin^2 \omega_c t + (\cos \omega_c t) (\sin \omega_c t) \\
 &= 1/2 (1 - \cos 2\omega_c t) + 1/2 \sin (\omega_c t + \omega_c t) + 1/2 \sin (\omega_c t - \omega_c t) \\
 I &= -1/2 + 1/2 \cos 2\omega_c t + 1/2 \sin 2\omega_c t + 1/2 \sin 0
 \end{aligned}$$

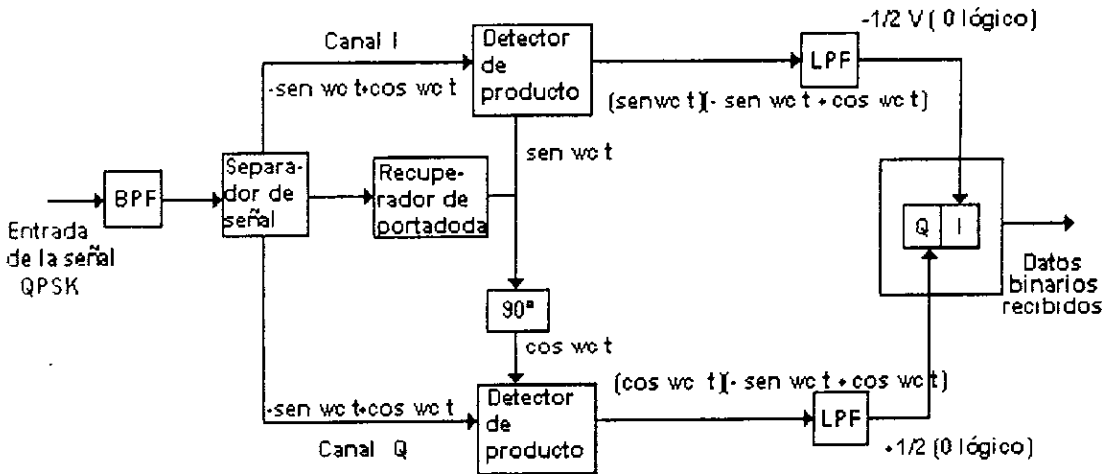
Las señales $\cos 2\omega_c t$ y $\sin 2\omega_c t$ son filtradas por lo que nos queda:

$$I = -1/2 \text{ V de (0 lógico)}$$

De nuevo, la señal **QPSK** recibida ($-\text{sen } \omega_c t + \text{cos } \omega_c t$) es una de las entradas del detector de producto Q. La otra entrada es la portadora recuperada desfasada 90° ($\text{cos } \omega_c t$). La salida del detector de producto Q es

$$\begin{aligned}
 Q &= (-\text{sen } \omega_c t + \text{cos } \omega_c t)(\text{cos } \omega_c t) \\
 &= (\text{cos}^2 \omega_c t - (\text{sen } \omega_c t)(\text{sen } \omega_c t)) \\
 &= 1/2(1 + \text{cos } 2\omega_c t) - 1/2 \text{sen } (\omega_c t + \omega_c t) - 1/2 \text{sen } (\omega_c t - \omega_c t) \\
 Q &= 1/2 + 1/2 \text{cos } 2\omega_c t - 1/2 \text{sen } 2\omega_c t - 1/2 \text{sen } 0 \\
 &= 1/2 \text{ V dc (1 lógico)}
 \end{aligned}$$

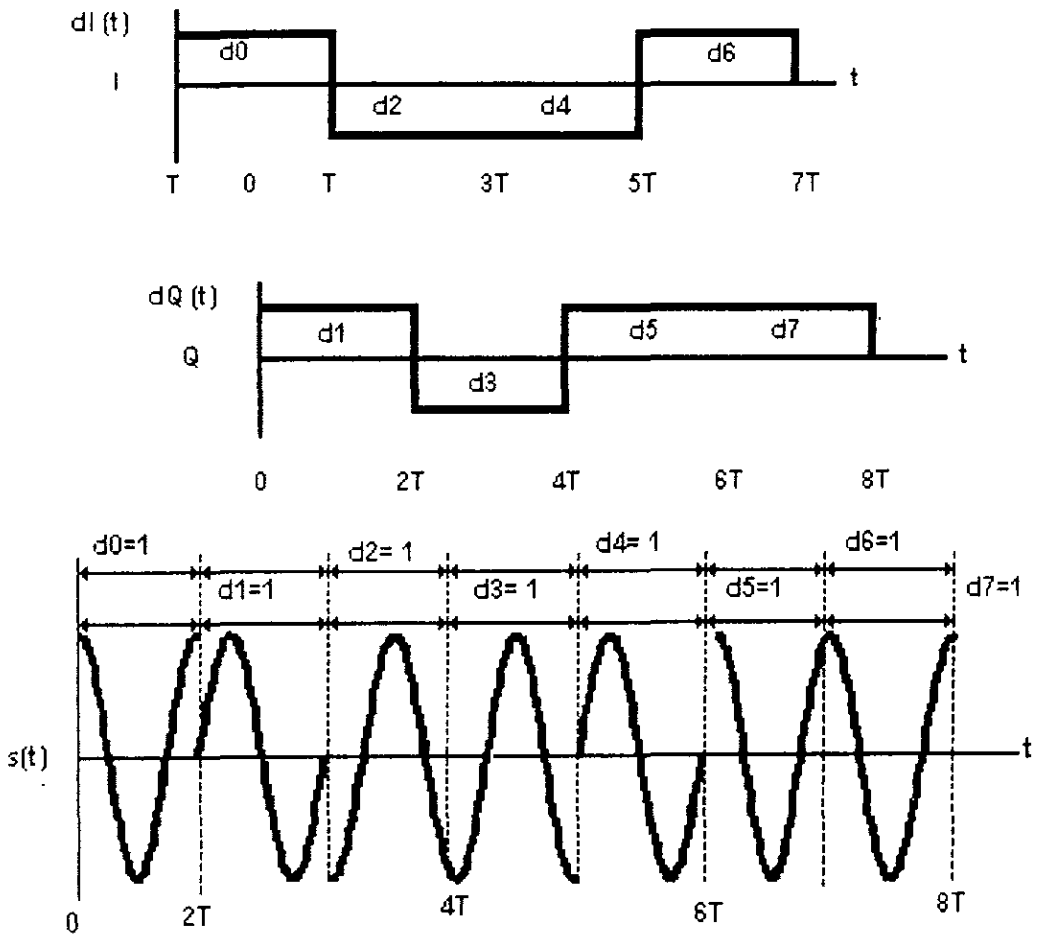
Los bits I y Q demodulados (1 y 0, respectivamente) corresponden al diagrama de constelación y tabla de verdad para el modulador QPSK mostrado en la figura.



Receptor QPSK

5.3 Offset QPSK (O-QPSK)

Este tipo de modulación es similar al QPSK, con la diferencia que la señal en cuadratura se retrasa un período de tiempo T antes de modular a la portadora correspondiente. Para la obtención del serial de salida se sigue la misma mecánica que para QPSK.



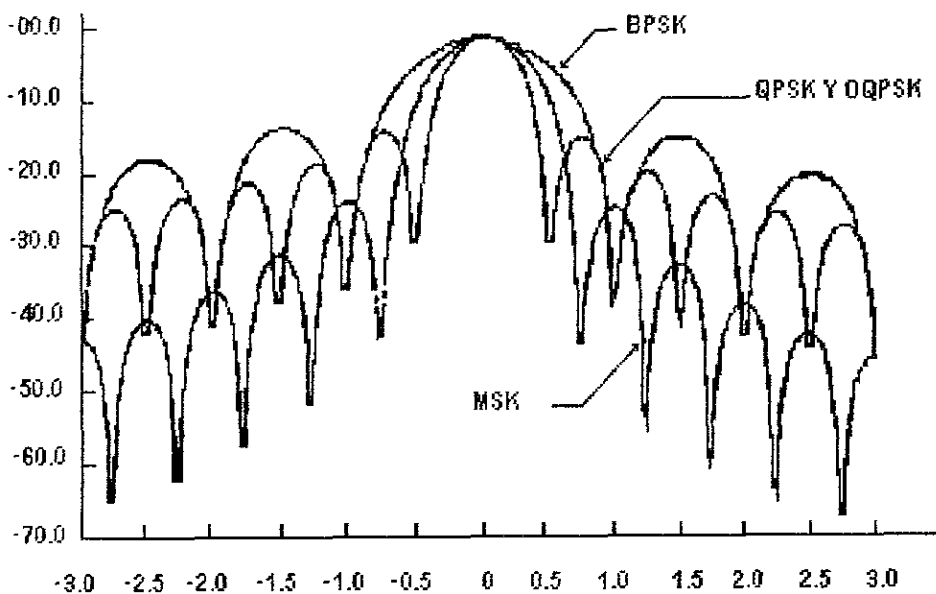
Modulación O-QPSK

Offset QPSK (**OQPSK**) es una forma modificada de la **QPSK** donde la forma de onda del bit en el canal I y Q son recorrida una de otra por un medio del tiempo de bit.

La figura se muestra un diagrama a bloques simplificado El almacenamiento de la secuencia de bits y el diagrama de constelación para un modulador **OQPSK**. Puesto que los cambios en el canal I ocurren a la mitad de los bits del canal Q y viceversa nunca hay mas de un cambio de bit en el código dibit y por lo tanto nunca habrá un corrimiento mayor de 90° en la fase de salida. En la **QPSK** convencional, un cambio en el dibit de entrada de 00 a 11 o de 01 a 10 causa un correspondiente corrimiento de 180° en la fase de salida. Por lo tanto una ventaja de la **OQPSK** es el corrimiento de fase limitado que debe ser impuesto durante la modulación. Una desventaja es que los cambios en la fase de salida ocurren a dos veces de la razón de cambio.

La distribución espectral para QPSK y D-QPSK se muestra a continuación junto con la de BPSK y MSK (minimum shift keying).

NOTA: MSK es otra técnica especial de modulación digital que no se analizarán.



Densidad espectral para algunas técnicas de modulación

5.4 QAM (QUADRATURE AMPLITUDE MODULATION)

La QAM es una forma de modulación digital en donde la información digital esta contenida tanto en la amplitud como en la fase de la portadora transmitida.

5.4.1 OCHO-QAM

La **8-QAM** es una técnica de codificación **M-aria** donde **M = 8** Como en la **8-PSK**, la señal de salida de un modulador **8-QAM** no es una señal de amplitud constante

5.4.2 TRANSMISOR 8-QAM

La figura se muestra el diagrama a bloques de un transmisor 8-QAM. Como se puede ver, la única diferencia entre el transmisor 8-QAM y el transmisor 8-PSK mostrado en la figura es la omisión del inversor entre el canal C y el modulador de producto Q. Como en la 8-PSK, los datos de entrada son divididos en grupos de tres (tribits): canales I, Q y C, cada uno con una razón de bit igual a un tercio de la razón de los datos de entrada. Otra vez, los bits I y Q determinan la polaridad de la señal PAM a la salida de los convertidores de 2 a 4, y el canal C determina la magnitud. Debido a que el bit C es alimentado sin invertir a los convertidores de 2 a 4 de los canales I/Q, las magnitudes I y Q de la señal PAM son siempre iguales. Las polaridades dependen de la condición lógica de los bits I y Q y por lo tanto pueden ser diferentes. La figura muestra la tabla de verdad para los convertidores de los canales I y Q, puede verse que son los mismos.

La figura muestra la fase de salida versus la relación de tiempo para un modulador 8-QAM. Note que hay dos amplitudes de salida y solo son posibles cuatro fases.

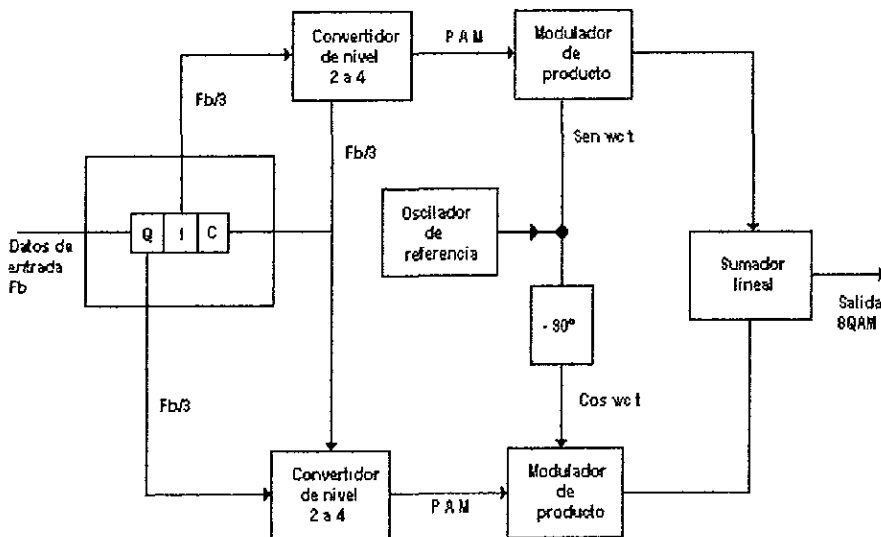
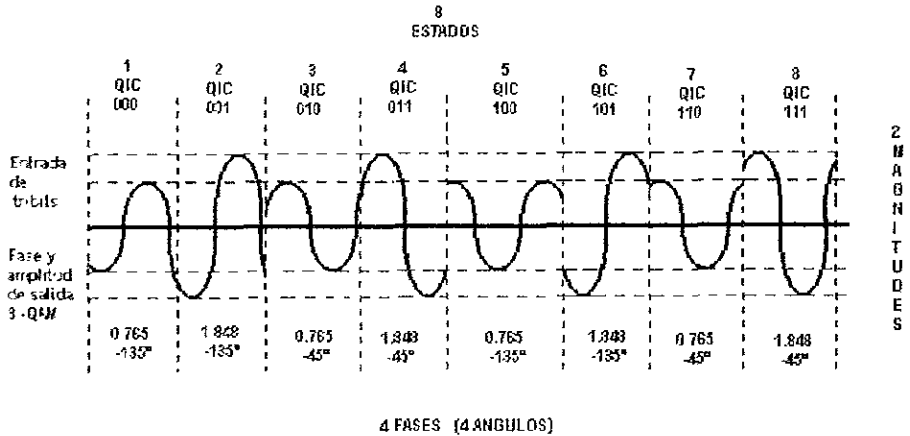


Diagrama a bloques de un transmisor 8-QAM

I/Q	C	Salida
0	0	-0.541V
0	1	-1.307V
1	0	+0.541V
1	1	+1.307V

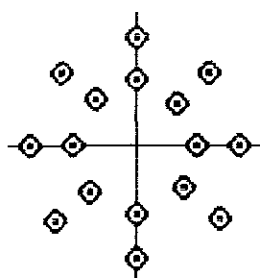
Tabla de verdad para los convertidores de nivel de los canales I y Q



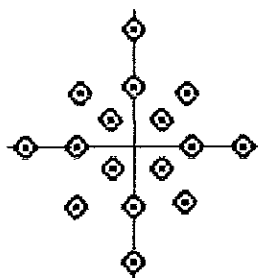
Fases y amplitudes de salida con relación al tiempo para una 8 – QAM

5.5 ALGUNAS CONSTELACIONES DE 16-QAM

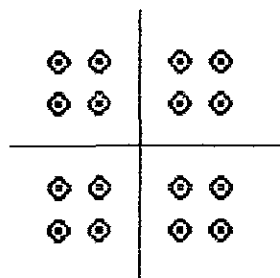
La asignación de la fase y amplitud para cada símbolo o elemento de señalización puede ser representada mediante el uso de los llamados PATRONES de CONSTELACION, en los cuales los puntos señalan la amplitud y fase de los diferentes símbolos.



3 fases / 2 amplitudes



8 fases / 4 amplitudes

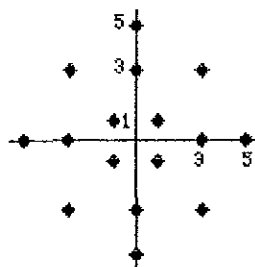


12 fases / 3 amplitudes

RECOMENDACION CCITT V.29 PARA 9600 BPS (16 QAM)

Fase	Q1	Amplitud
0°	0	3
90°	1	5
180°	1	5
270°	0	3
45°	0	$\sqrt{2}$
135°	1	$\sqrt{2}$
225°	1	$3\sqrt{2}$
315°	0	$3\sqrt{2}$

Q2	Q3	Q4	Cambio de fase
0	0	1	0°
0	0	0	45°
0	1	0	90°
0	1	1	135°
1	1	1	180°
1	1	0	225°
1	0	0	270°
1	0	1	315°



6.1 MODEMS COMERCIALES

El uso de técnicas de modulación eficientes ha sido tradicionalmente uno de los objetivos principales dentro de la industria de las Telecomunicaciones debido a que el principal recurso de los sistemas telefónicos consiste en canales para voz con un ancho de banda bastante limitado. Un canal de telefonía típico se caracteriza por tener parámetros como los siguientes:

- **Ancho de Banda aproximado a 3 KHz**
- **Relación Señal a Ruido aproximado a 30 dB**

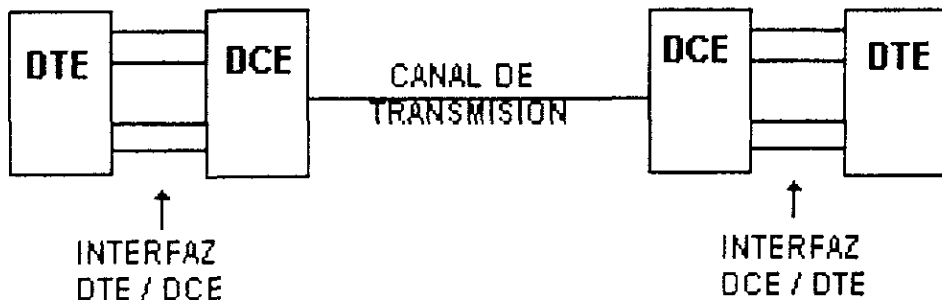
Para utilizar dichos canales de comunicación de la manera más eficiente, distintas compañías e instituciones involucradas en la transmisión de datos han desarrollado diversas técnicas de modulación que permiten obtener una eficiencia en la utilización del ancho de banda que va desde 2 bits/seg /Hz hasta 8 bits/seg/Hz.

A continuación se presenta una tabla relativa a la evolución de los módems telefónicos de alta velocidad. La velocidad de transmisión de datos de 19,200 esta considerada como la máxima alcanzable en un canal normal de telefonía.

AÑO	MODELO	VELOCIDAD (BPS)	BANDA	MODULACION	R / W (B/S/HZ)
1962	BELL 201	2,400	1200	4-PSK	2
1967	MILGO 4400/48	4800	1600	8-PSK	3
1971	CODEX 9600C	9600	2400	16-QAM	4
1980	PARADYNE MP144400	14400	2400	64-QAM	6
1981	CODEX SP14.4	14400	2400	64-QAM	6
1984	CODEX 2660	14400	2400	TRELLIS CODE QAM	6
1985	CODEX 2680	19200	2400	TRELLIS CODE QAM	8

Desarrollo de los módems telefónicos

6.2 REPRESENTACION GENERICA DE UN SISTEMA DE COMUNICACION DE DATOS



DTE (DATA TERMINAL EQUIPMENT)

Computadoras

Monitores

Impresoras

DCE (DATA COMMUNICATIONS EQUIPMENT)

Modems

INTEHFAZDTE/DCE

RS232C

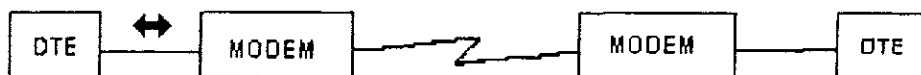
CANAL DE TRANSMISION

red telefónica

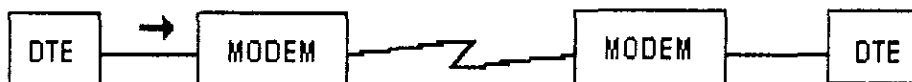
6.3 INTERFAZ DTE/DCE

Establece el protocolo o procedimientos usados por el transmisor y el receptor para establecer y mantener la comunicación

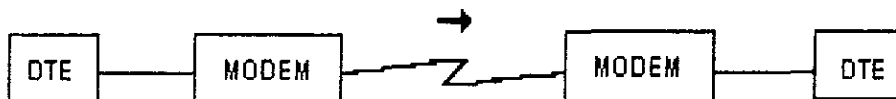
1 Cuando el DTE tiene datos a transmitir deberá primeramente establecer comunicación con el módem.



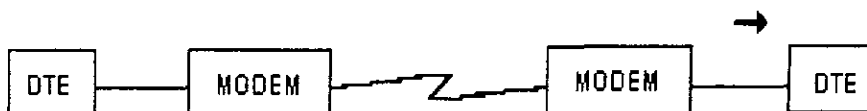
2 El DTE solicita al módem la transmisión de los datos



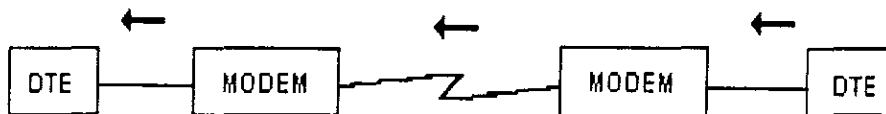
3 El módem en el extremo transmisor pregunta al módem en el extremo receptor si está listo para recibir datos.



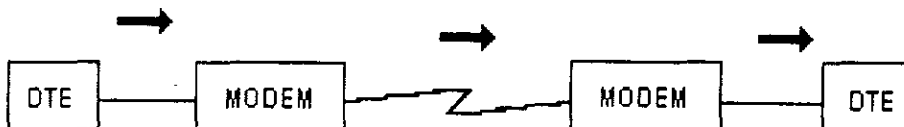
4. Debido a que los modems no almacenan información, el módem receptor deberá preguntar a su DTE si está listo para recibir datos.



5. Una vez que el módem transmisor es notificado que tanto el módem receptor como el DTE receptor están listos para recibir datos, se informa al DTE transmisor.



6. El DTE transmisor comienza el envío de datos hacia el módem transmisor para que éste lleve a cabo la modulación y la transmisión de los datos



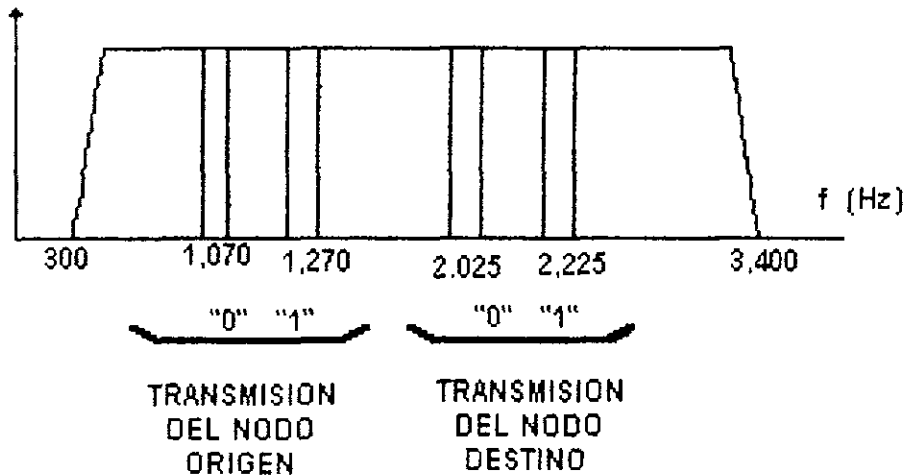
6.4 MODEMS

La función del módem Transmisor es convertir la señal digital proveniente del DTE en una señal analógica cuyo ancho de banda pueda ser transmitido a través de la red telefónica (300 a 3400 Hz), lo cual se logra mediante la modulación

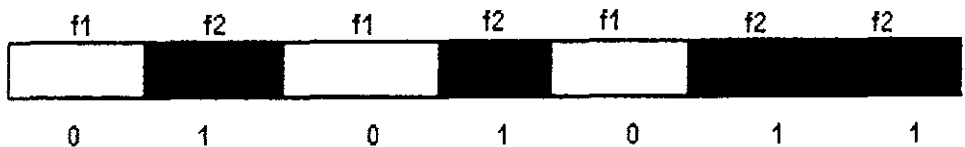
El módem receptor demodula la señal analógica proveniente de la línea telefónica y la convierte en señal digital que luego transfiere al DTE receptor.

Para la transmisión de tipo "Full-Duplex" el ancho de banda del canal se divide en dos partes de manera que los modems puedan transmitir y recibir información simultáneamente. En este caso el módem "llamante" se dice que es el módem de origen mientras que el módem llamado se dice que es el módem "respondiente" o de destino.

Para realizar dicha separación de ancho de banda, uno de los primeros modems comerciales (Bell 113) utilizaba FSK con el siguiente esquema:

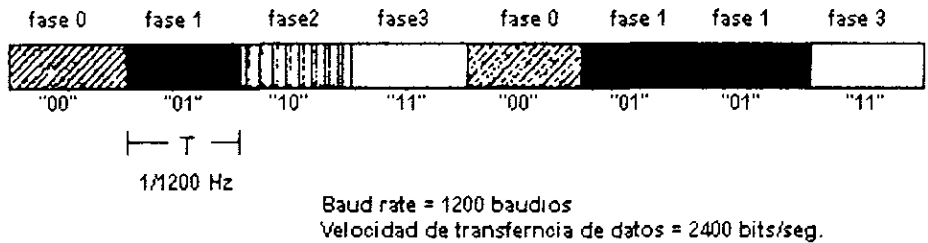


La velocidad máxima a la que pueden cambiar los símbolos o elementos de señalización se conoce como "BAUD RATE". En el caso del Bell 113 el "baud rate" es de 300 baudios por segundo, y debido a que cada tono o elemento de señalización representa un bit de información, entonces la velocidad de transferencia de datos es 300 bits/segundo.

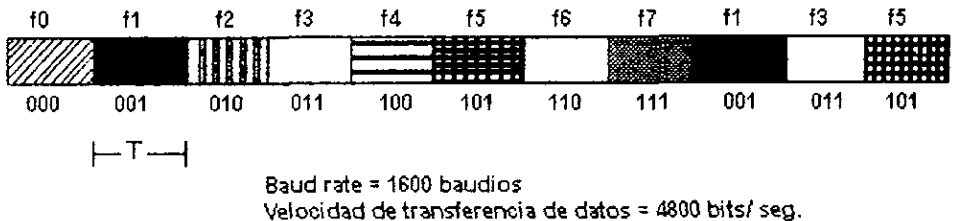


Para aumentar la velocidad de transmisión se utilizan diferentes tipos de modulación en los que se agrupan varios bits de datos para formar los símbolos o elementos de señalización:

Modulación 4-PSK



Modulación 8-PSK



Para lograr velocidades de transferencia de información de hasta 19,200 bits/seg se utilizan métodos bastante sofisticados. Uno de dichos métodos consiste en que el módem de origen transmita en forma simultánea 512 tonos y que entonces el módem de destino seleccione y le informe a aquel sobre cual de esos tonos puede ser utilizados para la transmisión, de manera que el módem de origen elige el formato de transmisión más adecuado para cada tono seleccionado.

Una de las técnicas de modulación más utilizadas para modems de alta velocidad es la **QAM (quadrature amplitude modulation)**, la cual es una combinación de **PSK** y **ASK**, existiendo entonces cambios tanto de fase como de amplitud.

CONCLUSIONES FINALES

En las últimas dos décadas la tecnología en la electrónica y las telecomunicaciones han avanzado extraordinariamente, ya que este gran progreso ha llevado al desarrollo de sistemas digitales integrados, por los cuales ya no solo se pueden enviar simples bits de datos ya que también se envía voz, vídeo entre otros tipos de información. La posibilidad de digitalizar, almacenar y producir la voz humana ha dado lugar a nuevas aplicaciones en otros terrenos. Sin embargo aun con nuestra tecnología que esta aun en proceso experimental no se puede ver aun el potencial que puede alcanzar, ya que todavía se requieren anchos de banda muy grandes y su velocidad de transmisión aun es muy lenta en comparación con la fibra óptica que se comienza a manejar que bien podría ser un proceso más eficiente conforme avance más la tecnología.

La convergencia de las computadoras y las telecomunicaciones, ha generado oportunidades de desarrollo multipropósito y redes digitales altamente integradas a un costo efectivo.

En el campo de las microondas se tienen grandes avances en tecnologías, ya que en la transmisión de voz y de datos por este medio, es de los más económicos comparativamente con otros medios de comunicación.

Por las redes digitales, concebidas en un principio para la comunicación telefónica se transmite un tráfico de datos cada vez mayor, lo que hace aumentar las exigencias de calidad de la transmisión. Las velocidades de transmisión que ayer eran de KBS (1Q3 bits por segundo) son ya de MBS (106 bits por segundo), y llegarán a ser de cientos de miles de MBS en un futuro muy próximo si continúan progresando al ritmo actual las técnicas de transmisión.

En el mundo de los negocios sé esta produciendo un cambio paralelo, al conceder las empresas una importancia creciente a las redes de comunicación que proporcionan informaciones vitales con gran rapidez. Dichas redes no suponen ya una simple inversión justificable, sino que resultan imprescindibles a las empresas para eliminar un almacenamiento de información redundante, mantener el nivel de operaciones y mejorar su competitividad.

Por las necesidades actuales y por el gran desarrollo de las telecomunicaciones en general, es que en nuestro país se está introduciendo con gran aceptación la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), que representa la nueva era de las telecomunicaciones y es calificada por los expertos como la red del siglo XXI, en la que se construirá la "Era de la Información"

Otra de las fuertes tendencias que está teniendo el sistema de comunicaciones nacional es la introducción de transmisión por Fibra Óptica. Siendo muy utilizado este medio debido a las ventajas que posee, tales como pérdidas por atenuación muy bajas, y ser directamente compatible con los sistemas digitales de comunicación, así como con las redes de computadoras.

Podemos considerar que la tendencia de las telecomunicaciones en la actualidad tienden a utilizar sistemas de comunicación digital cada vez más eficientes para con ello es necesario mejorar cada una de las técnicas de transmisión como es la modulación de información para que al momento de la transmisión esta información no se pierda, pues existen tipos de modulación que en la actualidad son eficientes pero conforme se siga avanzando en este terreno quizás llegue el momento en que pierdan su eficacia, es por esto que es nuestra tarea mejorar estas técnicas que en un futuro solo serán un principio como siempre se han visto.

BIBLIOGRAFIA

- 1) **"TELECOMUNICATION TRANSMISION HANDBOOK"**

Roger L. Freeman
A Wiley-Intersciencie Publication John Wiley & Sons

- 2) **"TRANSMISION DE INFORMACION, MODULACION Y RUIDO"**

Mischa Schuartz
Ed. Mc. Graw Hill

- 3) **"PRINCIPIOS DE TELECOMUNICACIONES"**

Wayne Tomasi
Ed. Prentice Hall

- 4) **"FUNDAMENTOS DE COMUNICACION DE DATOS"**

Jerry FitzGerald & Tom S. Eason
Ed. Limusa

- 5) **"COMUNICACIONES INTERFASES, MODEMS, PROTOCOLOS, REDES Y NORMAS"**

Huidrobro, José Manuel
Editorial Paraninfo