

142
31



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**COMUNICACIONES.
"MODULACION Y DEMODULACION DE
UNA SEÑAL DIGITAL".**

**TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
PRESENTA:**

MARIO REYES HERRERA

ASESOR: ING. ALFONSO CONTRERAS MARQUEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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

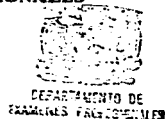
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLARIDAD DE ESTUDIOS
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES



DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
PRESENTE.

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

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

Comunicaciones, "Modulación y demodulación de una Señal Digital".

que presenta el pasante: Arturo Reyes Ferrero,
con número de cuenta: 363221-5 para obtener el Título de:
Ingeniero electrónico 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"

Comité Local, Edo. de México, a 19 de septiembre de 19 37

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
IV	Ing. Alfonso Contreras Arce	<i>Alfonso Contreras Arce</i>
III	Ing. Juan González Vega	<i>Juan González Vega</i>
I	Ing. Vicente Rafael González	<i>Vicente Rafael González</i>

DEP/VOBOSEN

INDICE.

	Pag.
INTRODUCCION.	1
I.- EL PORQUE DE LA MODULACION.	2
I.I Efectos del ruido.	4
II.- TECNICAS DE MODULACION BASICAS.	6
II.I Modulación PSK.	9
II.II Modulación APK.	10
II.III Modulación FSK.	11
II.IV Modulación ASK.	12
II.V Ejemplo de modulación DPSK Binaria.	13
III.- DESEMPEÑO DE ERROR DE SISTEMAS DE MODULACION BINARIOS.	15
III.I Teorema de Shannon-Hartley.	16
IV.- OTRAS TECNICAS DE MODULACION IMPORTANTES.	18
IV.I Clasificación M-aria.	18
IV.II QPSK.	19
IV.III Transmisor QPSK.	19
IV.IV Consideraciones de ancho de banda de la QPSK.	23
IV.V Receptor QPSK.	26
IV.VI O-QPSK.	28
IV.VII QAM.	30
IV.VIII B-QAM.	30

IV.IX Transmisor 8-QAM.	30
IV.X Ejemplo de 16-QAM.	34
V.- MODEMS COMERCIALES.	37
V.I Representación genérica de un sistemas de comunicaciones de datos.	39
V.II Interfaz DTE/DCE.	40
CONCLUSIONES.	48
BIBLIOGRAFIA.	49

El presente trabajo lo dedico a mi Mamá Marcelina y mi Hermano Gabriel por el apoyo y comprensión recibido durante mi periodo de estudiante en la FES-CUATITLAN, también esta dedicada a todos mis compañeros de generación, amigos y a todas aquellas personas que creyeron en mi.

Para la realización de la presente agradezco a Dios por la vida y salud prestada, a la UNAM por la oportunidad que me dio de realizar una carrera profesional, a mi madre y hermano por su apoyo moral, a mis compañeros de la FES-CUATITLAN y amigos por la ayuda brindada para la realización de la presente y a mi sinodal Ing. Alfonso Contreras Marquez por la ayuda brindada para la elaboración del presente trabajo, gracias a todos los mencionados ya que conjuntamente con ellos se hizo posible la elaboración de la presente Tesina.

INTRODUCCION.

Antes de que se pueda transmitir, a través de un canal de comunicación una señal portadora de información, típicamente se utiliza algún tipo de proceso de modulación para producir una señal que pueda ser fácilmente adaptada por el canal. Comúnmente, el proceso de modulación traslada una señal portadora de información, que se conoce generalmente como señal mensaje (señal de inteligencia), a una nueva localización espectral. Por ejemplo, si la señal se ha de transmitir a través de la atmósfera o el espacio libre, es necesario elevar el espectro de señal hasta una frecuencia que pueda ser radiada eficientemente por medio de antenas de dimensiones razonables. Si más de una señal utiliza el canal, la modulación permite la traslación de las diferentes señales a diferentes localizaciones espectrales, lo que permite al receptor seleccionar la señal deseada.

La selección lógica de la técnica de modulación se ve influida por las características de la señal mensaje, las características del canal, el funcionamiento que se desea obtener del sistema total de comunicación, el uso que se ha de hacer de los datos transmitidos y los factores económicos que siempre son importantes en las aplicaciones prácticas.

I.- EL PORQUE DE LA MODULACION.

La modulación es el proceso mediante el cual los símbolos digitales son transformados en formas de ondas compatibles con las características del canal de comunicación.

Cuando se habla de señales de banda base, se sabe que la forma de onda a la 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 si 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 de 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.

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 los radios receptores.

1. EFECTOS DEL RUIDO.

La tarea del demodulador o detector es la recuperación de los bits de información a partir de la señal recibida y por 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 efecto de filtrado.

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 tipo térmico es el más predominante y por esta razón se toma como base en el diseño de muchos sistemas.

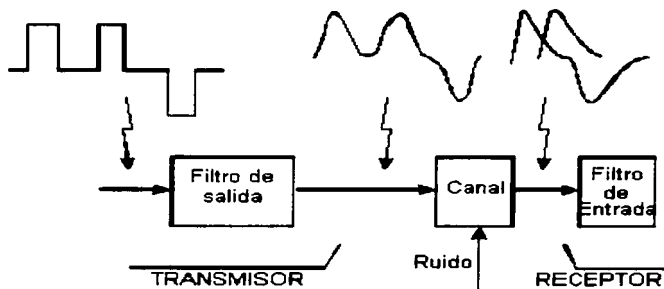


Fig. 1 Fuentes de distorsión de los canales.

II.-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.

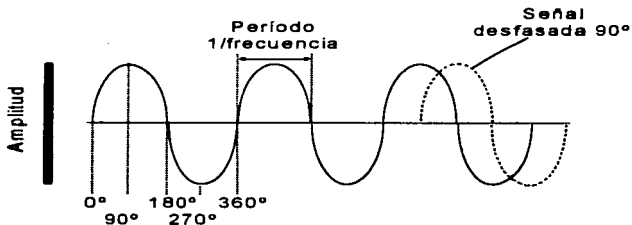


fig. 2 Parámetros de una onda senoidal.

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:

COHERENTE

NO COHERENTE

Este termino coherente se refiere al 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 la 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:

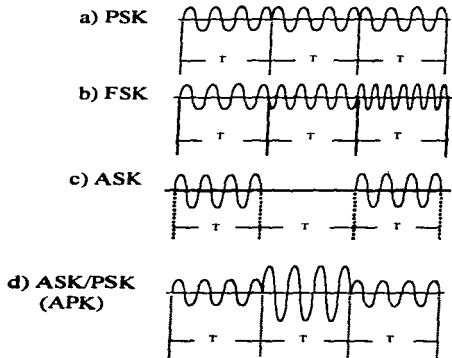
DEMODULACION:

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

DETECCION:

Incluye el proceso de(decisión o detección) de símbolos.

La figura 3 muestra algunos ejemplos de los tipos de modulación básicos.



II.1 Modulación PSK.

- Fue desarrollado durante los inicios del programa espacial de los E.U.
- Para modulación PSK binaria (BPSK), los cambios de fase son 180° o $\pi/2$ radianes.
- Cuando existe una diferencia entre 180° entre dos señales se dice que dichas señales son antipodales.

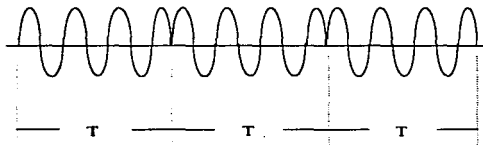


Fig. 4 Modulación PSK.

II.11 Modulación APK "QAM".

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

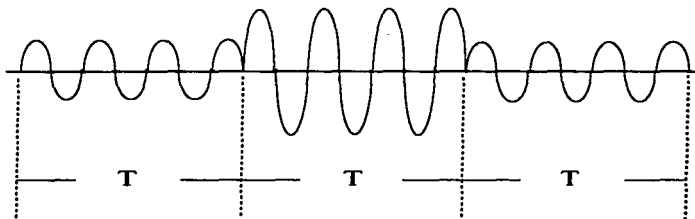


Fig. 5 Modulación APK

II.III Modulación FSK.

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

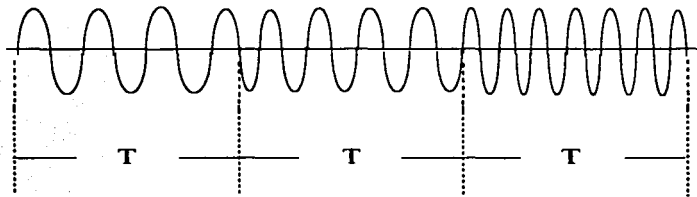


Fig. 6 Modulación FSK.

II.IV Modulación ASK.

Fue una de las primeras formas de modulación digital usada para radiotelegrafía a principios de siglo.

La modulación ASK binaria se conoce también con el nombre de modulación " ON-OFF Keying ".

En la actualidad no es tan ampliamente usada como los otros tipos de modulación básicos.

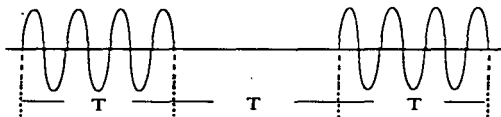


fig. 7 Modulación ASK.

II.V EJEMPLO DE MODULACION DPSK BINARIA.

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 codificador DPSK binario y su salida correspondiente:

Período T	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
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

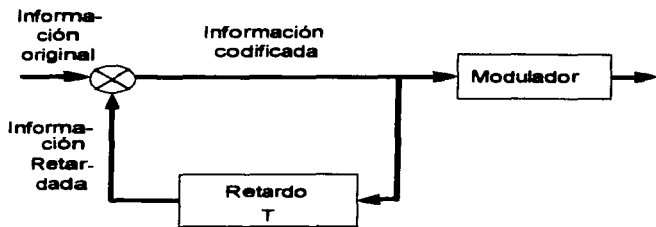


Fig. 8 DPSK binaria.

III. 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 siguiente 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 .

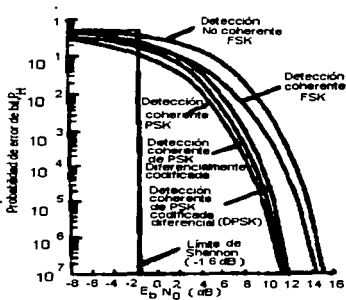


Fig. 9 Probabilidad de Error a nivel bit.

III.I 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 por segundo.

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 se deduce matemáticamente y se obtiene que el límite en cuanto al parámetro E_b/N_0 es de -1.759 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 ésta sea.

IV.- OTRAS TÉCNICAS DE MODULACION IMPORTANTES.

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

QPSK (PSK en cuadratura)

Offset QPSK (O-QPSK)

QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

Antes de hablar de estas dos técnicas de codificación se hablará de la codificación M-aria que se define como sigue:

IV.1 CODIFICACION M-aria.

M-aria es un término derivado de la palabra "binaria" M es simplemente un dígito que representa el número de condiciones posibles. Las dos técnicas de modulación digital discutidas hasta ahora (FSK y PSK) son sistemas binarios; hay dos posibles condiciones de salida. Una representa un 1 lógico y la otra un 0 lógico; así que son sistemas M-arios donde M=2. Para un sistema PSK con cuatro fases posibles de salida M=4. Si hubiera 8 fases posibles de salida, M=8 y así sucesivamente. Matemáticamente

$$N = \log_2 M$$

donde N = número de bits

M = número de posibles condiciones de salida con n bits

IV.II QPSK (Quaternary Phase Shift Keying).

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 deben haber cuatro posibles 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 toma 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 digital genera una de las cuatro fases posibles de salida. Por lo que, la relación de cambio a la salida (razón de bauds) es un medio de la razón de bit a la entrada.

IV.III TRANSMISOR QPSK.

Un diagrama a bloques de un modulador QPSK es mostrado en la fig. 10. 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 I modula una portadora que está en fase con el oscilador de referencia (de ahí el nombre de "I" por "canal de fase"), y el bit Q modula una portadora que está desfasada 90° o en cuadratura con la portadora del oscilador de referencia (el nombre de "Q" es por "cuadratura", "Quadrature" en inglés).

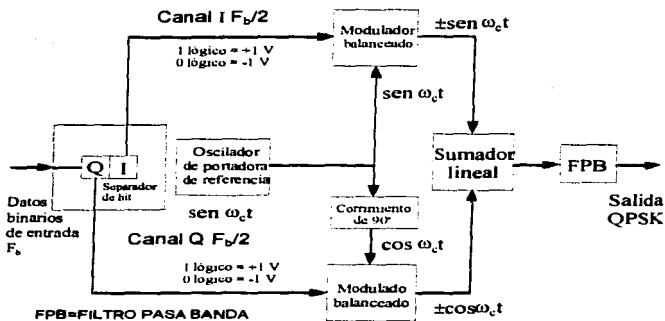


Fig. 10 Modulador QPSK.

Se puede ver que una vez que el dabit ha sido separado en los canales I y Q, la operación es la misma que en un modulador BPSK. Esencialmente, un modulador QPSK está compuesto por dos moduladores BPSK en paralelo. Otra vez para un 1 lógico igual a +1 volt y un 0 lógico igual a -1 volt, 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 el modulador balanceado Q ($+\text{cos } \omega_c t$ y $-\text{cos } \omega_c t$), hay cuatro posibles fases 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 fig. 11 se puede ver que con la modulación QPSK cada uno de los cuatro posibles fasores de salida tienen 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 más adelante. En la fig. 11 se puede ver también que la separación de dos fasores adyacentes cualesquiera es de 90° . La fig. 12 muestra la fase de salida contra relación de tiempo para un modulador QPSK.

Entrada binaria		Fase de Salida QPSK
Q	I	
0	0	-135°
0	1	-45°
1	0	$+135^\circ$
1	1	$+45^\circ$

Fig. 11(a) Tabla de verdad de un modulador QPSK.

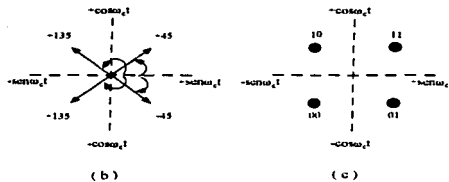


Fig. 11 Modulador QPSK: (b) diagrama fasorial, (c) diagrama de constelación.

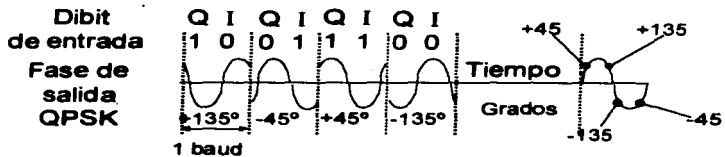


Fig. 12 Fase de salida contra relación de tiempo para un modulador QPSK.

IV.IV 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 y 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 dicit 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 la BPSK, el mínimo ancho de banda y los baud son iguales. Esta relación se muestra en la fig. 13.

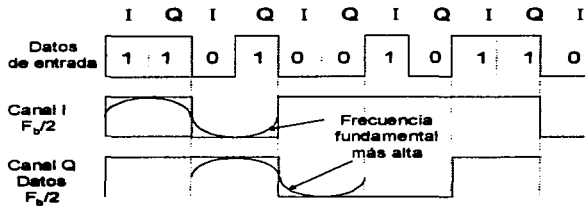
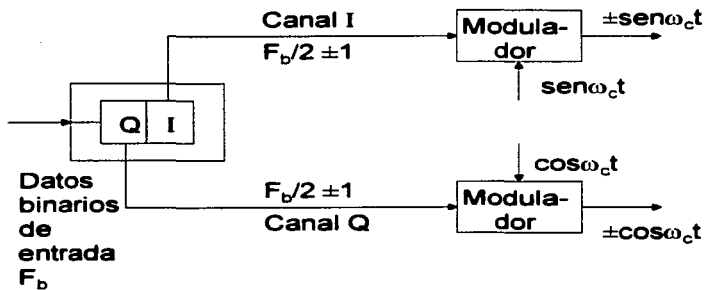


Fig. 13 Consideraciones de ancho de banda para un modulador QPSK.

En la fig. 13 puede verse que el peor caso de la condición de entrada al modulador I o Q es cuando existe un patrón alternante de 1's y 0's el cual ocurre cuando la entrada binaria tiene un patrón repetitivo de 1100. Un ciclo de la transición binaria más rápida (una secuencia de 1/0) en el canal I o Q toma el mismo tiempo que cuatro 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 :

$$\theta = (\text{sen } \omega_s t) (\text{sen } \omega_c t)$$

donde:

$$\omega_s t = 2\pi (F_b t / 4) \quad \text{y} \quad \omega_c t = 2\pi F_c t$$

Señal moduladora Portadora

$$\begin{aligned} \theta &= (\text{sen } 2\pi (F_b/4)) (\text{sen } 2\pi F_c t) \\ &= \frac{1}{2} \cos 2\pi (F_c - F_b/4) t - \frac{1}{2} \cos 2\pi (F_c + F_b/4) t \end{aligned}$$

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

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

IV.V RECEPTOR QPSK.

El diagrama a bloques de un receptor QPSK es mostrado en la fig. 14. El separador de señal 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 detectores de producto son alimentadas al circuito combinador de bits, donde son convertidos de canales en paralelo I y Q a una cadena de datos binarios de salida.

La señal QPSK entrante puede ser cualquiera de la cuatro posibles fases mostradas en la fig. 11. Para ilustrar el proceso de demodulación, 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 I. La otra entrada es la portadora recuperada $(\sin \omega_c t)$. La salida del detector del producto I es:

$$\begin{aligned} I &= (-\sin \omega_c t + \cos \omega_c t)(\sin \omega_c t) \\ &= (-\sin \omega_c t)(\sin \omega_c t) + (\cos \omega_c t)(\sin \omega_c t) \end{aligned}$$

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

Las señales de $\cos 2\omega_c t$ y $\text{sen } 2\omega_c t$ son filtradas por lo que nos queda:

$$I = -\frac{1}{2} \text{Vdc} \text{ " 0 lógico " .}$$

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

$$\begin{aligned}
 Q &= (-\text{sen } \omega_c t + \cos \omega_c t)(\cos \omega_c t) \\
 &= \cos^2 \omega_c t - (\text{sen } \omega_c t)(\text{sen } \omega_c t) \\
 &= \frac{1}{2} (1 + \cos 2\omega_c t) - \frac{1}{2} \text{sen } (\omega_c t + \omega_c t) - \frac{1}{2} \text{sen } (\omega_c t - \omega_c t) \\
 Q &= \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2\omega_c t - \frac{1}{2} \text{sen } 2\omega_c t - \frac{1}{2} \text{sen } 0 \\
 &= \frac{1}{2} \text{Vcd} \text{ " 1 lógico " .}
 \end{aligned}$$

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 fig. 11.

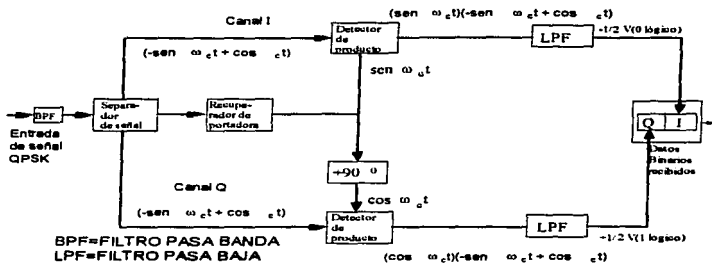


Fig. 14 Receptor QPSK.

IV.VI Q-QPSK.

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

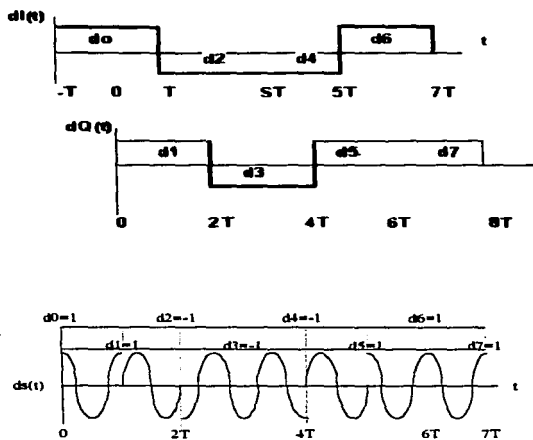


Fig. 15 Modulación O-QPSK.

IV.VII QAM.

Una de las técnicas de modulación más utilizadas para modems de alta velocidad es la de QAM (Quadrature Amplitude Modulation), la cual es una combinación de PSK y ASK, existiendo entonces tanto cambio de fase como de amplitud.

La asignación de la fase y amplitud de 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.

IV.VIII 8-QAM.

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

IV.IX TRANSMISOR 8-QAM.

La fig. 16 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 fig. 17 es la omisión del inversor entre el canal 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

determinan la magnitud. Debido a que el bit C es alimentado sin invertir a los convertidores de 2 a 4 de los canales I y Q, la magnitud 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 fig.18 muestra la tabla de verdad para los convertidores de los canales I y Q, y puede verse que son los mismos.

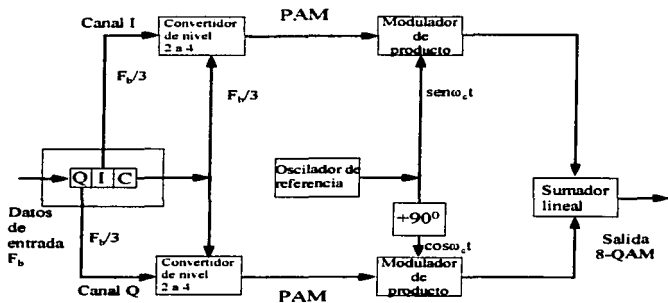


Fig. 16 Diagrama a bloques de un transmisor 8-QAM.

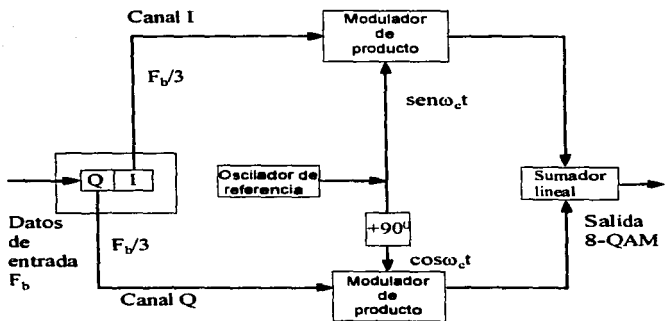


Fig. 17 Diagrama a bloques de un transmisor 8-PSK.

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

Fig. 18 Tabla de verdad para los convertidores de nivel de los canales I y Q.

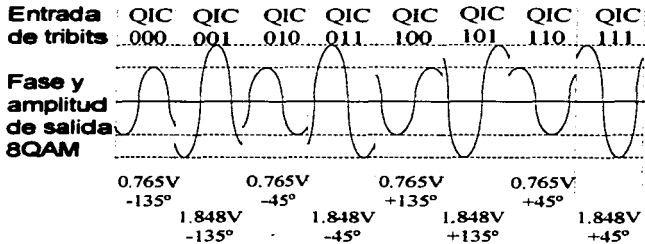


Fig. 19 Fase y amplitud de salida contra relación de tiempo para una 8-QAM.

La fig. 19 muestra la fase de salida contra la relación de tiempo para un modulador 8QAM. Note que hay dos amplitudes de salida y sólo son cuatro posibles fases.

IV.X EJEMPLO DE 16-QAM.

A continuación se mostrara la técnica de codificación 16-QAM, donde se podrá ver que ahora se tendrá 8 fase y cuatro amplitudes, lo anterior se observara en las siguientes figuras, fig. 20 y fig. 21 (patrón de constelación y diagrama de fase de salida contra relación de tiempo, respectivamente).

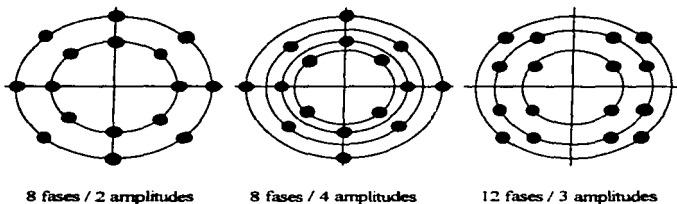
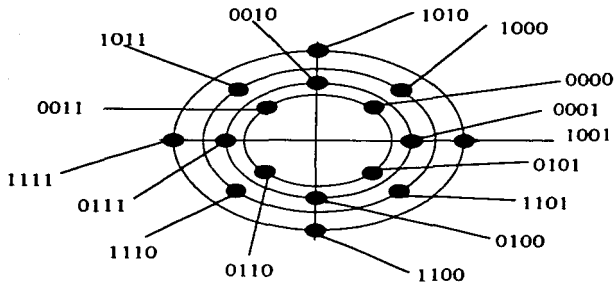


Fig. 20 Diagrama de constelación para una 16-QAM.



Fase	Q1	Amplitud
0°	0	2
90°	0	0
180°	1	4
270°	1	0
45°	0	1
135°	0	3
225°	1	1
315°	1	3

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°

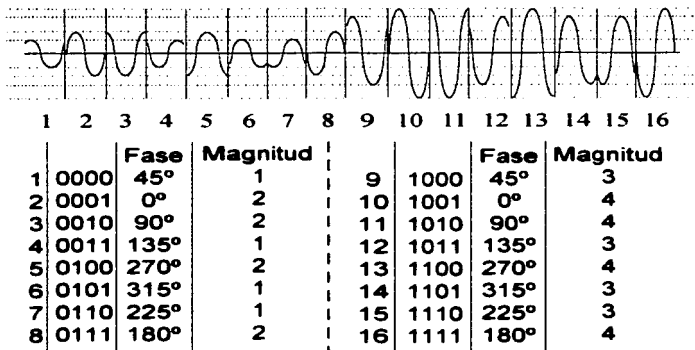


Fig. 21 Fase de salida contra relación de tiempo para un modulador 16-QAM.

V.- 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 aprox. 3KHz.

Relación señal a ruido aprox. 30dB.

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/Hz hasta 8 bits/seg./Hz.

A continuación se presenta una tabla relativa a la evolución de los modems telefónicos de alta velocidad.

La velocidad de transmisión de datos de 19200 está considerada como la máxima alcanzable en un canal normal de telefonía.

AÑO	MODELO	Vel.bps	Banda (Hz)	Modul.	R/W (b/s/Hz)
1962	Bell 201	2400	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
1881	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 modems telefónicos.

V.I REPRESENTACION GENERICA DE UN SISTEMA DE COMUNICACION DE DATOS.



DTE (Data Terminal Equipment)

Computadoras

Monitores

Impresoras

DCE (Data Communications Equipment)

Modems

INTERFAZ DTE/DCE

RC232C

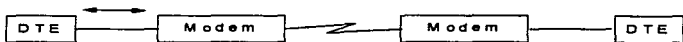
CANAL DE TRANSMISION

Red telefónica

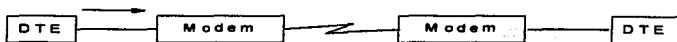
V.II INTERFAZ DTE/DCE.

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

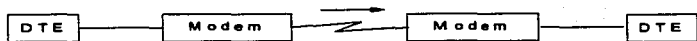
1. Cuando el DTE tiene datos a transmitir **deberá** primeramente establecer comunicación con el modem.



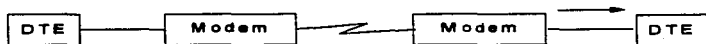
2. El DTE solicita al modem la transmisión de los datos.



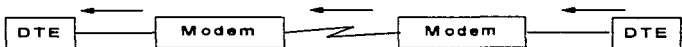
3. El modem en el extremo transmisor pregunta al modem en el extremo receptor si está listo para recibir datos.



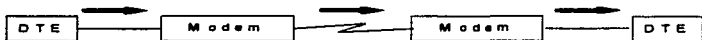
4. Debido a que los modems no almacenan información, el modem receptor deberá preguntar a su DTE si está listo para recibir datos.



5. Una vez que el modem transmisor es notificado que tanto el modem 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 modem transmisor para que éste lleve a cabo la modulación y la transmisión de los datos.



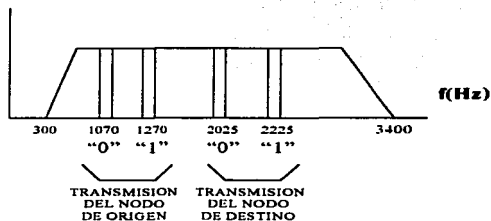
* La función del modem transmisor es convertir la señal digital proveniente del DTE en una señal analógica cuyo ancho de banda pueda ser transmitido a través de la red telefónica (300 a 3400 Hz) lo cual se logra mediante la modulación.

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

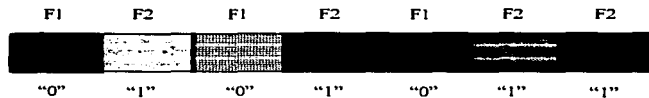
* Para la transmisión de tipo "Full-Duplex" el ancho de banda del canal se divide en dos partes de manera que los modems puedan transmitir y recibir información simultáneamente.

En este caso el modem llamante se dice que es el modem de origen mientras que el modem llamado se dice que es el modem 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.

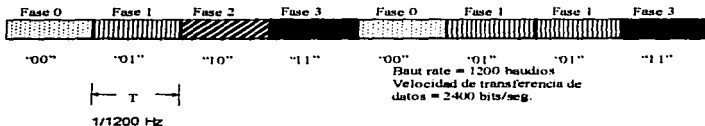


La velocidad máxima a la que se pueden cambiar los símbolos o elementos de señalización se conoce como " BAUD RATE ". En el caso del Bell 113 el Baud Rate es de 300 Baudios por segundo, y debido a que cada tono o elemento de señalización representa un bit de información, entonces la velocidad de transferencia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

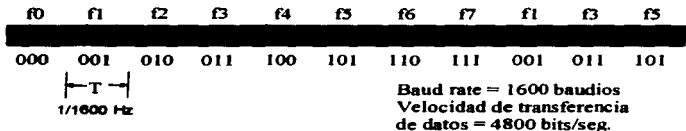


* Para aumentar la velocidad de transmisión se utilizan diferentes tipos de modulación en los que se agrupan varios bits de datos para formar los símbolos o elementos de señalización:

Modulación 4-PSK



Modulación 8-PSK



Para lograr velocidades de transferencia de información de hasta 19200 bps, se utilizan métodos bastante sofisticados. Uno de dichos métodos consiste en que el modem de origen transmita en forma simultánea 512 tonos y que entonces el modem de destino seleccione y le informe a aquel sobre cuales de esos tonos pueden ser utilizados para la transmisión, de manera que el modem de origen elige el formato de transmisión más adecuado para cada tono seleccionado.

CONCLUSIONES.

De la información expuesta anteriormente, se puede observar la importancia de la modulación y demodulación en el proceso de la transmisión de una señal digital, en donde dicho proceso queda sujeto a las necesidades que se tengan y al mejor aprovechamiento del equipo con que se cuente para la realización de dicha transmisión.

Para la realización de modular una señal, se observo que existen varias técnicas de modulación, en donde cada una cuenta con una característica particular que las diferencian una de otra.

Para transmitir una información (señal inteligente), está se modula mediante una forma de onda senoidal llamada portadora, con la ayuda de las diferentes técnicas de modulación esta señal puede viajar a grandes distancias y llegar a un destino en donde dicha señal será capturada y demodulada para emplearla con un fin determinado.

La modulación y demodulación es un proceso importante en la transmisión de información (voz, datos y video) ya que con este proceso depende que la información transmitida llegue a su destino con una mínima pérdida posible para que esté a su vez pueda interpretarse y emplearse de acuerdo a las necesidades para la que fue creada dicha señal.

BIBLIOGRAFIA.

1. **Sistemas de Comunicación.**

Autor: Stremier.

Editorial: Alfaomega.

2. **Transmisión de Información, Modulación y Ruido.**

Autor: Mischa Schwartz.

Editorial: McGraw Hill.

3. **Digital Communications.**

Autor: Bernard Sklar.

Editorial: Prentice-Hall

ISBN: 0-13-211939-0

ESTAS TESIS
NO DEBE
SALIR DE LA
BIBLIOTECA