

41132
66

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CAMPUS ARAGON

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN ENTRE
COMPUTADORAS PERSONALES EMPLEANDO
MODULACION DIGITAL FSK ”

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN COMPUTACION
P R E S E N T A :
ADOLFO TORRES BARAJAS

MÉXICO

TEMA CON
FALLA DE ORIGEN

DICIEMBRE 2002

1



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.

Índice

Prologo	1
Capitulo 1	1
Antecedentes	1
1.1.Historia de los Modems	1
1.2 Comunicación de datos	4
1.3 Velocidad de transmisión y descripción de periféricos	8
1.4 Funcionamiento de un modem	15
1.5 Los estándares del modem	20
1.6 Modulación y estándares	28
1.6.1 Modems de 56K	32
1.7 Clasificación de Modems	36
1.7.1 Modem interno	36
1.7.2 El Modem serie externo	38
1.7.2.1 El Modem USB	44
1.7.2.2 El Modem en formato PC Card	46
1.7.3 Cable Módem	47
Capitulo 2	
Conceptos y Aplicaciones de la Modulación Digital	50
2.1 Modulación analógica	50
2.1.1 Modulación en frecuencia	51
2.1.1.1 Ancho de banda requerido para señales moduladas en frecuencia	53
2.2 Modulación digital	54
2.2.1 Modulación por corrimiento de amplitud (ASK)	56
2.2.2 Modulación por corrimiento de frecuencia (FSK)	57
2.2.2.1 Recepción FSK	61
2.2.3 Modulación por corrimiento de fase (PSK)	62
2.2.3.1 Modulación BPSK	63
2.2.3.2 Detección de señales BPSK	65
2.2.3.2.1 Codificación en M-ario	69
2.2.3.2.2. Transmisión por desplazamiento de fase cuaternaria	70
2.2.3.3. Modulación QPSK	70
2.3 PCM	75
2.3.1 Muestreo y retención	75
2.3.2 Cuantificación	77
2.3.3 Codificación	79

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 3	
Diseño del sistema Modulador y Demodulador Digital	
Introducción	82
3.1 Protocolos de Comunicación	82
3.2 Sistemas de Comunicación Serial	88
3.2.1 Método Asíncrono	89
3.3 Hardware	91
3.3.1 Puerto Serial DB9	94
3.3.1.1 Uso del puerto serie para la transmisión de datos	96
3.3.1.2 Sincronización	98
3.3.1.3 Asignación de Pines	99
3.3.1.4 Circuito Adaptador	99
3.3.2 Demodulación de FM con el XR 2211	102
3.3.2.1 Demodulador FSK empleando un PLL	102
3.3.2.2 El XR-2211 como demodulador FSK	106
3.3.3 Descripción del sistema demodulador	109
3.3.3.1 Diseño del demodulador con el XR2211	111
3.3.4 Modulador XR-2206	112
3.4 Software	118
3.4.1 Controlador Programable de Interrupciones 8259	119
3.4.2 El UART	120
3.4.2.1 Registros del UART	122
3.4.3 Listado del software empleado	128
Capítulo 4	
Pruebas y Resultados aplicados en las computadoras personales	138
4.1 Ajustes en PC transmisora	138
4.1.1 Procedimiento de ajuste de los valores de frecuencia	139
4.1.2 Ajuste de la distorsión y simetría	140
4.2 Ajustes PC Receptora	142
4.2.1 Ajuste del VCO	143
4.3 Pruebas	143
4.3.1 Resultados	145
Conclusiones	149
Bibliografía	

Prologo

Este trabajo muestra la realización de un modem con modulación FSK. Para esto es necesario conocer desde su historia que es presentada en el capítulo numero 1, en este se muestra las normas de los mismos según CCITT, además de presentar los tipos de interfases empleadas en la mayoría de las computadoras, estas se muestran desde las terminales (pines) hasta la función específica de cada una de ellas a manera de ilustración y a manera de tablas con los nombres originales en ingles y su traducción respectiva. Se muestra además la clasificación de los mismos que se tiene hasta nuestros días, es mostrado también algunas ilustraciones de estos en función de su clasificación, aquí se envuelve los sistemas de comunicación de datos con la parte electrónica con que se realiza el ensamblado de cada uno de ellos y su relación con las computadoras.

En el capítulo 2 se muestran los esquemas de modulación los cuales se basa este trabajo, se muestra desde los inicios de la modulación analógica, especialmente la modulación en frecuencia o FM por su gran parecido o semejanza con la modulación digital FSK que es la base de este trabajo. Se muestra también la modulación digital en fase (PSK) que es la que emplean los módems de nuestros días, estos trabajan a altas velocidades no como los que emplean modulación FSK, que siguen dentro de las normas de comunicación de datos debido a su eficiencia en los sistemas de comunicación confiable a baja velocidad, se muestra también los esquemas de conversión analógico digital que son necesarios porque en nuestros días se realizan comunicaciones de voz y datos y esta debe tener un formato digital.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Prologo

En el capítulo 3 es mostrado el diseño del hardware y del software, el primero basándose en la electrónica analógica misma, esto es utilizando el tradicional PLL y el VCO para los diseños de los circuitos mismos. Estos se mencionan aunque de manera breve porque se emplean dos circuitos integrados de la familia de EXAR que ya contienen internamente los componentes necesarios y solo queda a uno el emplearlos correctamente para su funcionamiento óptimo. En el software es necesario el conocimiento de el lenguaje de programación "C" que se ha vuelto una herramienta indispensable para los diseñadores .

Este programa corre en cualquier procesador desde el 486 hasta el Pentium 4™ es decir que el modém diseñado también se puede utilizar en cualesquiera de estas maquinas. Se proporciona el listado del mismo.

En el capítulo 4 se tienen los resultados de todo el trabajo desarrollado, para esto es necesario dos computadoras y en este mismo se muestran las pantallas de los mismos en un solo sentido, es decir del transmisor al receptor.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Historia de los MODEMS

Desde que comenzaron a popularizarse las computadoras, allá por fines de los años 60 y principios de los 70, surgió la necesidad de comunicarlás a fin de poder compartir datos. En esos días lo más común era que dichas computadoras o controladores estuvieran alejados entre sí. Una de las soluciones más baratas y eficientes era la utilización de la red telefónica, ya que tenía un costo razonable y su grado de cobertura era muy amplio. Pero la red telefónica no es un medio apto para transmitir señales digitales, ya que fue optimizada para la transmisión de voz. Por ejemplo, a fin de evitar interferencias, se limito el rango de frecuencias que puede transportar a una banda que va de los 300 a los 3300 Hz. Denominada " banda vocal ", pues dentro de la misma se encuentra la mayor parte de las frecuencias que componen la voz humana. Por ello, al estar limitada en su máxima frecuencia, las señales binarias son muy distorsionadas. Para poder transmitir datos binarios por las líneas telefónicas comunes, entonces, es necesario acondicionarlos a las mismas. Con este fin se debió crear un dispositivo que pudiese convertir la señal digital en una señal apta para ser transmitida por la red telefónica, y poder efectuar la operación inversa, es decir, recuperar la señal de la red telefónica y convertirla en la señal digital original. Dicho acondicionamiento de la información digital consiste en generar alteraciones en una señal de frecuencia fija, llamada portadora. A esta operación se la conoce como modulación, y es muy utilizada en otras

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

aplicaciones, por ejemplo, para transmitir radio. La operación inversa es la demodulación. Al dispositivo que efectuaba ambas operaciones se lo conoció como modulador-demodulador, o módem para abreviar. La empresa Hayes Microcomputer Products Inc. En 1979 fue la encargada de desarrollar el primer modelo de módem llamado Hayes Smartmodem, este podía marcar números telefónicos sin levantar la bocina, este se convirtió en el estándar y es por esto que la mayoría de fabricantes desarrollaba modems compatibles con este modelo, los primeros modems permitían la comunicación a 300 bps los cuales tuvieron un gran éxito y pronto fueron apareciendo modelos mas veloces.

Las comunicaciones entre computadoras se pueden realizar desde unos pocos centímetros a varios miles de kilómetros, pero el usuario típico de computadores domésticos y personales estará interesado en las comunicaciones en un radio de cientos de kilómetros, esto es, dentro de una propia región, ya sea para comunicarse con algún compañero de afición para intercambiar programas o para comunicarse con una base de datos o buzón electrónico o un sistema de compras por computadora. En cualesquiera de los casos se puede utilizar la red telefónica para la conexión, pero desgraciadamente no es posible conectar directamente la computadora a la red telefónica por problemas de compatibilidad, ancho de banda etc.

El problema reside en que el sistema telefónico está diseñado únicamente para transmitir señales de audio, y concretamente las frecuencias que son necesarias para la inteligibilidad de la voz humana (300 Hz - 3300 Hz). Aparte de las dificultades creadas por la diferencia de nivel eléctrico, las formas de onda se distorsionan hasta el punto de que el sistema sería incapaz de funcionar, es decir dicha red se comportaría como un filtro

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

pasa bajas. Y, por tanto, en el extremo receptor es necesario reconstruir la señal original para reinsertar las frecuencias eliminadas por el filtro. Este hecho haría que la comunicación fuese difícil entre dos computadores. A pesar de todo la comunicación simultánea en ambos sentidos tiene grandes ventajas. Este tipo de comunicación se llama full dúplex, (véase figura 1.1) y se puede realizar utilizando el módem antes mencionado y que este es una interfaz bastante más depurado y perfeccionado. El módem se conecta a los puertos serie RS-232C o RS-423 con los que están dotados muchos de los computadores personales o que son adquiribles como accesorios. Por otra parte, algunos módems tienen un tipo de conexión capaz de enchufarse directamente en los puertos de expansión o de cartucho de algunos computadores que no tienen salida serie. Ahora en nuestros días la gran mayoría de computadores tiene tanto salidas serie como salidas paralelo.

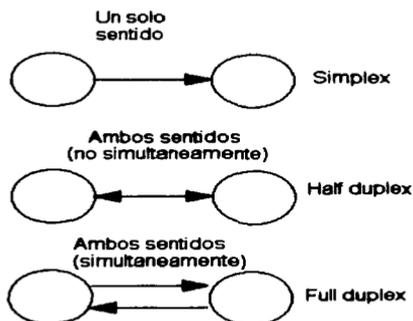


Figura 1.1 Tipos de comunicación.

El hecho de conectar un nuevo aparato al computador no implica el tener que conocer perfectamente su funcionamiento para manejarlo, ya que existen comercialmente paquetes de programas destinados a este fin y que permiten utilizar los modems tan fácilmente como una impresora o cualquier otro periférico más conocido. De todas formas, cuanto mayor sea el conocimiento de un equipo tanto mayor es la posibilidad de aprovechar al máximo el 100 % del mismo; además se encontrará en mejor posición a la hora de enfrentarse con cualquier tipo de problema técnico.

1.2 Comunicación de datos

Para entender perfectamente cómo funciona un módem es necesario, primero, comprender los fundamentos de la transmisión en serie. Los computadores normalmente manejan los datos internamente en modo paralelo. De igual manera lo hacen algunas interfaces, como puede ser el Centronics, típico de conexión con impresoras. En este tipo de conexiones hay ocho líneas que soportan las señales, dieciséis en algunos computadores recientes.

Cada línea puede tener dos niveles de señal, esto es: el alto, de aproximadamente 5 voltios, o el bajo de aproximadamente 0 voltios. Para mayor facilidad trataremos sólo ocho líneas, cada una de las cuales representa un dígito binario. Se puede representar números en el intervalo comprendido entre 00000000 y 11111111 o, lo que representa, en decimal, de 0 a 255 de acuerdo al código PCM de 8 bits, con lo cual se puede cuantificar para este caso.

Por lo tanto, resulta evidente que con ocho líneas que sólo pueden tener dos estados existe un total de 256 combinaciones diferentes para este

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

caso; lo único que debemos tener en cuenta es que cada estado distinto representa un carácter o signo de puntuación de los que aparecen en el teclado. En la práctica, muchos códigos están sin utilizar, en particular aquellos del 128 al 255, ya que el conjunto formado por las letras, tanto mayúsculas como minúsculas, y los signos de puntuación requieren como mucho unos cien símbolos. Así por ejemplo un código normalizado es el conjunto de caracteres ASCII. ASCII significa American Standard Code for Information Interchange, y es el utilizado por la mayoría de las computadoras domésticas, o al menos un conjunto basado en éste. Las computadoras domésticas asignan a las letras y a los números los caracteres ASCII estándar, y utilizan los códigos sobrantes para identificar los caracteres gráficos. Si se revisa el manual de su computadora encontrará una lista de los códigos de los caracteres que utiliza, y sin duda mencionará si sigue o no la norma ASCII.

Una computadora que no utiliza los códigos ASCII estándar es utilizable para comunicaciones, pero debe utilizarse algún tipo de programa para convertir tanto la entrada como la salida en caracteres ASCII estándar. Esto se puede realizar fácilmente utilizando un sistema de tabla. Hasta el momento hemos visto cómo los caracteres alfanuméricos pueden ser representados por un conjunto de 8 bits que, a su vez, se pueden representar por los niveles lógicos de 8 líneas eléctricas, pero un cable de 8 conductores (más un noveno de tierra) no resulta útil para transmisiones a larga distancia. Aparte del costo relativamente alto del cable, los sistemas paralelos normalmente fallan en distancias superiores a algunos metros, ya que se producen interferencias entre unas líneas y otras. Además, el sistema de dos hilos propio del teléfono es absolutamente incompatible con la transmisión paralela.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Existen dos tipos de transmisión en serie, síncrona y asíncrona, aunque en realidad el tipo síncrono requiere una tercera línea para proporcionar señales de sincronía y, por tanto, no es utilizable en sistemas de comunicación por teléfono. De hecho, los sistemas de comunicación síncronos se utilizan muy poco en la práctica. En un sistema asíncrono las señales de sincronía deben situarse junto con los datos en la única línea de señal. Los datos se transmiten bit a bit del menos al más significativo.

Por ejemplo, si se transmite el código binario 11100001, la línea deberá tomar el nivel lógico 1 durante una unidad de tiempo; a continuación, el nivel lógico 0 por cuatro unidades de tiempo y, por fin, el nivel lógico 1 por tres unidades de tiempo. El equipo receptor puede determinar el estado de cada bit muestreando la línea de transmisión a intervalos determinados de tiempo. Los problemas que se plantean en las transmisiones en paralelo aquí resultan irrelevantes, ya que no hay interferencia entre líneas por existir una única.

Otros problemas, tales como demoras en la transmisión de diversas líneas, también son imposibles. Toda demora en la línea afectará de igual manera a todos los bits y, por tanto, no destruirá los datos. Los sistemas serie también tienen sus inconvenientes y el principal de ellos es que el hardware resulta, por lo general, más caro y complicado. Además, la transferencia en serie es también relativamente lenta, a pesar de lo cual todavía resulta adecuada para la mayoría de los propósitos. Sirva como ejemplo: la transmisión de un programa relativamente largo (30K) puede ocupar del orden de 15 minutos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En un sistema serie no es posible transmitir única y exclusivamente información. Para que el sistema trabaje, es necesario enviar un bit al comienzo de cada byte para indicar al equipo receptor que, a continuación, se van a enviar ocho bits de datos. Este bit, como era de esperar, se llama bit de comienzo. En la práctica, las interfaces serie, tales como el RS-232C y el RS-423, no utilizan los niveles lógicos ordinarios de 0 y 5 voltios. En el RS-232C se utiliza un nivel positivo de aproximadamente 12 voltios para indicar el 1 lógico y un voltaje negativo de aproximadamente 12 voltios para indicar el nivel lógico 0, estas señales son conocidas como señales polares sin retorno a cero (NRZ polar).

En el RS-423 los voltajes son inferiores, esto es, alrededor de +/- 5 voltios. El bit de comienzo no es el único bit adicional que se transmite junto a los bits de datos, existe también 1.5 6 2 bits de parada. Estos bits no son totalmente necesarios, y su principal misión es proporcionar un sistema simple de control de errores. Si se están produciendo problemas en la línea de datos debidos al ruido, o si el equipo receptor no ha sido capaz de detectar el bit de comienzo, entonces es muy probable que la línea se encuentre en un nivel erróneo cuando se vaya a comprobar la presencia del bit de parada.

Este bit también hace que exista un espacio razonable entre un byte y el siguiente, evitando así que la información de un byte se traslape con la del siguiente. Otro sistema de comprobación de errores es la paridad. Con este sistema cada byte transmitido tiene un número par o impar de bits puestos a nivel lógico uno, dependiendo del sistema de paridad que se haya elegido. Resulta necesario un conjunto adicional de circuitos electrónicos para añadir un bit extra al final de cada bloque. Un circuito simple de comprobación en el equipo receptor puede comprobar que cada bloque de datos contiene el número adecuado de niveles lógicos 1.

Si por la razón que sea se modifican los datos, es muy probable que los bits situados en nivel lógico 1 se conviertan en pares cuando deberían ser impares, o viceversa. Este sistema de comprobación no es totalmente útil, ya que un doble error puede dejar la paridad sin modificación. De hecho, el control de paridad se utiliza muy poco en la práctica, y es difícil de encontrarlo en los modems. La figura 1.2 indica cómo se transmiten los datos en serie, y puede ayudar a clarificar la estructura del sistema. Es importante indicar que en la figura se muestran 8 bits, pero se pueden transmitir cualquier número de ellos. En aplicaciones informáticas normalmente se utilizan 7 u 8, ya que 7 son los bits necesarios para manejar el código ASCII. El formato más difundido en la utilización de modems parece ser el compuesto por un bit de comienzo, 8 bits de datos, un bit de parada y sin paridad.



Figura 1.2 Comunicación de datos en serie

1.3 Velocidad de transmisión y descripción de periféricos.

La evolución de los modems es asombrosa. Si nos retrocedemos unos 15 años, la máxima velocidad de transmisión posible era de 300 bps (bits por segundo: unos 30 caracteres por segundo). Diez años atrás la velocidad se había cuadruplicado a 2400 bps. Hoy en día es común hablar de modems

de 28800 bps y 33600 bps: una multiplicación por 100 de los 300 bps iniciales; siempre utilizando las mismas líneas telefónicas. Finalmente han hecho su aparición los módem de 56 Kbps, que explotan las características digitales de las nuevas redes telefónicas. Los modems envían datos como una serie de tonos a través de la línea telefónica. Los tonos se "encienden"(ON) o "apagan"(OFF) para indicar un 1 o un 0 digital. El baudio es el número de veces que esos tonos se ponen a ON o a OFF. Los modems modernos pueden enviar 4 o más bits por baudio.

Existen distintos sistemas de modular una señal analógica para que transporte información digital. En la siguiente figura se muestran los dos métodos más sencillos la modulación de amplitud (AM) y la modulación de frecuencia (FM). Otros mecanismos como la modulación de fase o los métodos combinados permiten transportar más información por el mismo canal.

El término Baudio no es entonces sino el número de veces de cambio en el voltaje de la señal por segundo en la línea de transmisión y el término Bits por segundo (BPS). Es el número efectivo de bits/seg que se transmiten en una línea por segundo. Entonces un modem de 600 baudios puede transmitir a 1200, 2400 o, incluso a 9600 BPS dependiendo del esquema de modulación empleado.

La Tasa de modulación representa la cantidad de veces que la línea fue señalizada y es expresada en Baudios. Entonces la Tasa de Modulación es $1/d$, y d es la 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:

$$2^k = n$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$k = \log_2 n$$

Tasa de Transmisión = $k \cdot$ Tasa de modulación

La señal esta formada por diferentes tonos que viajan hasta el otro extremo de la línea telefónica, donde se vuelven a convertir a datos digitales.

Las leyes físicas establecen un límite para la velocidad de transmisión en un canal ruidoso, con un ancho de banda determinado. Por ejemplo, un canal de banda 3000Hz, y una señal de ruido 30dB (que son parámetros típicos del sistema telefónico), nunca podrá transmitir a mas de 30.000 BPS. El Throughput. Define la cantidad de datos que pueden enviarse a través de un modem en un cierto período de tiempo. Un modem de 9600 baudios puede tener un throughput distinto de 9600 BPS debido al ruido de la línea (que puede ralentizar) o a la compresión de datos (que puede incrementar la velocidad hasta 4 veces el valor de los baudios dependiendo del esquema de modulación).

Para mejorar la tasa efectiva de transmisión o throughput se utilizan técnicas de compresión de datos y corrección de errores.

La compresión de datos describe el proceso de tomar un bloque de datos y reducir su tamaño. Se emplea para eliminar información redundante y para empaquetar caracteres empleados frecuentemente y representarlos con sólo uno o dos bits.

La ineludible presencia de ruido en las líneas de transmisión provoca errores en el intercambio de información que se debe detectar introduciendo información de control. Así mismo puede incluirse información redundante que permita además corregir los errores cuando se presenten.

Existen unas velocidades estándar de transmisión que son 75, 150, 300, 600, 1200, 1800, 2400, 4800, 9600 y 19200. La mayoría de los modems transmiten y reciben a 300 baudios, o transmiten a 75 y reciben a 1200 baudios. Las velocidades de transmisión altas no son útiles en sistemas telefónicos. Para producir una transmisión de datos con éxito, es esencial que los equipos transmisores trabajen a la misma velocidad.

También es necesario que los datos se transmitan con el mismo formato, el número de bits de datos y de parada deben ser el mismo, igual que el tipo de paridad utilizada. De todas formas, a veces es posible recibir con un formato equivocado. Por ejemplo, dos bits de parada funcionarán igual que un bit de parada. No existe peligro de estropear el equipo utilizando formatos incorrectos, así que puede resultar interesante realizar pruebas. De todas formas, el número de bits de comienzo suele estar especificado (por ejemplo, el RS-232C y RS-423 siempre es un bit de comienzo).

Cuando se utilicen modems es importante darse cuenta de que están diseñados para trabajar a una determinada velocidad de transmisión y que, por tanto, si se utiliza otra no se realizará correctamente una transmisión. No intente utilizar una velocidad de transmisión superior a la de las especificaciones de su módem, ya que, en el extraño caso de que funcione, no le proporcionará ninguna fiabilidad. La figura 1.3 proporciona los detalles de las conexiones del estándar RS-232C, pero hay que indicar que la mayoría de los computadores con interfaz serie no utilizan el conector estándar DB25 que se muestra en la figura 1.3.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

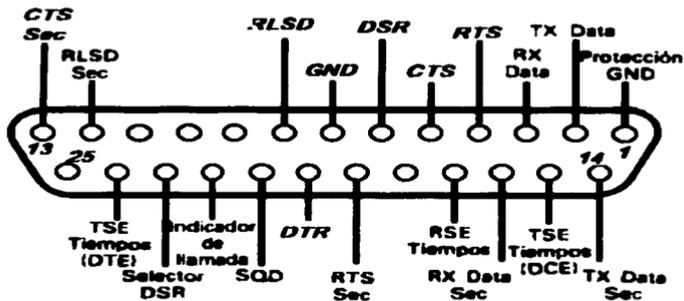


Figura 1.3 Estándar DB - 25.

De todas formas, el manual de cualquier computadora proporciona los detalles necesarios para realizar las conexiones oportunas. A pesar de que no se utilizan las 25 conexiones del terminal, una interfaz RS-232C completo emplea gran cantidad de terminales. En la práctica, la mayoría de las interfaces RS-232C sólo utilizan cinco de estos terminales, y para la utilización con un módem sólo hacen falta tres. Estos son la tierra, la salida de datos y la entrada de datos. La mayoría de los puertos serie incluyen algunas líneas de acoplamiento (handshake) que permiten al equipo receptor detener los datos si estos se transmiten a una velocidad excesiva.

La tabla 1.1 muestra a detalle las conexiones de las terminales, nombre específico de las mismas de acuerdo a los estándares EIA-232D (RS232-D), ITU-TSS (CCITT) V.24/V.28, ISO 2110.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Nombre	RS232	V. 24	Dirección	Descripción
GND	NA	101		Nota Referencia
TXD	TA	103		Transmit Data (Transmisión de datos)
RXD	RA	104		Receive Data (Recepción de datos)
RTS	SA	105		Request to Send (Request para enviar)
CTS	SA	106		Clear to Send (Limpiar para enviar)
DSR	SC	107		Data Set Ready (datos listos)
GND	NA	102		System Ground (sistema de Tierra)
CD	CA	109		Carrier Detect (detección de portadora)
				RESERVED
				RESERVED
				Select Transmit Channel (selección de canal de Transmisión)
STP	126			Carrier Detect Secundario
S.CD	SCF	122		Clear to Send Secundario
S.CTS	SCB	121		Transmit Data Secundario
S.TXD	SA	118		Transmission Signal Element Timing
TCR	TA	114		Receive Data Secundario
S.RXD	SRB	119		Receiver Signal Element Timing
RCK	RB	115		Local Loop Control
LL	LA	141		Request to Send Secundario
S.RTS	SCA	120		Data Terminal Ready (terminal de datos lista)
DTR	CD	108		Remote Loop Control
RL	LA	140		Ring Indicator
RI	RA	125		Data Signal Rate Selector
DSR	SC	111		Transmit Signal Element Timing
XCK	CA	113		Test Indicator
TI	TA	142		

Nota: La dirección es de DTE (Computador) a DCE (Modem)

Nota: La columna RS232 es: nombre de circuito de RS232

Nota: La columna ITU-T es: nombre de circuito de ITU-TSS V.24.

Nota: No conectar SHIELD(1) a GND(7).

Tabla 1.1 Estándar RS 232 Nombres y normas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Probablemente sería posible realizar un sistema que incluyera señales de acoplamiento a través de la línea telefónica, a las señales de datos y acoplamiento multiplexadas en la misma línea por el transmisor y demultiplexada de nuevo en el equipo receptor. Las extremadamente lentas velocidades de transmisión utilizadas con los modems hacen que no sea difícil para el equipo receptor aceptar un flujo continuo de datos. Considérese la popular velocidad de transmisión de 300 baudios. Con 10 bits por byte (incluyendo el de parada y el de comienzo) se logra una velocidad máxima de transferencia de 30 bytes por segundo. Excepto con computadores muy lentos, un software de terminal escrito en BASIC puede resultar suficiente y no es normalmente necesario recurrir al lenguaje máquina. Existe una ligera complicación en el sistema RS-232C que consiste en que hay dos tipos de equipos RS-232C, hay equipos terminales de datos (DTE) y equipos de comunicación de datos (DCE). Los equipos terminales de datos pueden ser considerados como el elemento central del sistema y, por tanto, recibe por la entrada de datos y transmite a través de la salida de datos.

El equipo de comunicación de datos realiza la función opuesta; por tanto, transmite por el conector de entrada y recibe en el de salida. La razón de utilizar este sistema es que permite que un cable de 25 líneas pueda servir para conectar los dos elementos del equipo sin necesidad de conexiones cruzadas. Este sistema funciona correctamente si las dos partes del equipo que se pretenden conectar son, una, un DTE, y otra un DCE. Si se quiere conectar dos equipos del mismo tipo, entonces sí será necesario utilizar cables con conexiones cruzadas. Algunos computadores solucionan este problema teniendo dos puertos serie, uno configurado como DTE y el otro como DCE.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Otro de los conectores también empleados en la comunicación de datos es el PC9 mostrado en la figura 1.4 , también en la tabla 1.2 se describen los nombres de las terminales del mismo.

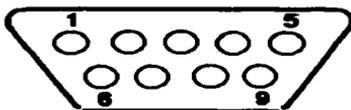


Figura 1.4 Interfase Conector serial PC9 (en la computadora).

1.4 Funcionamiento de un módem

Para que los sistemas de transmisión de datos en serie funcionen adecuadamente es importante que no se produzcan distorsiones en la forma de onda, debido a las limitaciones de respuesta en frecuencia de las líneas telefónicas debido al efecto del filtrado pasa bajas. Pero, de hecho, se produce una fuerte distorsión. También se producirán problemas por el conjunto de ruidos y sonidos que existen en la línea telefónica.

Conector serial PC9

También es conocido como EIA/TIA 574

PC	DTE	RS232	V.24	Descripción
TXD	EA	102	102	Transmit Data
TXD	EA	102	102	Transmit Data
DTR	CD	122	122	Data Terminal Ready
GND	AB	101	101	System Ground
DSR	CC	107	107	Device Set Ready
RTS	CA	105	105	Request to Send
CTS	CB	104	104	Clear to Send
RI	CE	125	125	Ring Indicator

Nota: La Dirección es de DTE (Computador) a DCE (Modem).

Note: La columna RS232 es nombre del circuito RS232.

Note: La columna V.24 es nombre del circuito ITU-TSS V.24.

Tabla 1.2 Descripción de la interfase PC9

Estos problemas se pueden solucionar utilizando un módem, transmitiendo la señal en serie como dos tonos de audio en lugar de dos niveles de voltaje. El módem receptor demodula estos tonos y los convierte de nuevo en niveles de voltaje que pueden controlar una entrada serie normal. Cuando se utiliza un módem, si se escucha la línea telefónica se pueden diferenciar tonos estables cuando no se están transmitiendo datos, y un sonido confuso cuando la señal rápidamente conmuta de un tono a otro mientras se transmiten los datos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Hay dos tipos básicos de módems: el de acoplamiento acústico y el de acoplamiento directo. El de acoplamiento acústico es el más fácil de utilizar, ya que no se necesitan conexiones directas con el teléfono. El auricular del teléfono se sitúa encima de un acoplador acústico que toma las señales del módem y los convierte en señales sonoras que se alimentan al sistema telefónico por el método habitual. El acoplador también incluye un micrófono que toma los sonidos del teléfono y los convierte en señales eléctricas que alimentan al módem.

El tipo de módem de acoplamiento directo debe ser conectado al sistema telefónico directamente. Tiene la ventaja de que reduce el número de procesos que sufre la señal y, por tanto, proporciona una mayor fiabilidad. Tiene la desventaja que necesita que se realicen una serie de conexiones antes de utilizarse. Los sistemas de acoplamiento directo pueden resultar de poca utilidad si se pretende usar el módem cuando se viaja, siendo, por el contrario, de mayor utilidad el módem de acoplamiento acústico porque puede conectarse a cualquier teléfono.

Un punto a tener en cuenta es que para conectarse legalmente al sistema telefónico es necesario que el módem esté homologado por la compañía telefónica. Hay varios estándares de módems. ¡Todos utilizan el mismo sistema de codificación de tonos, pero existen diferencias en las velocidades de transmisión y en las frecuencias de los tonos utilizados.

El tipo de módem más adecuado depende de la aplicación a la cual se destine. Si lo que se pretende es simplemente intercambiar programas con los amigos a través de la línea telefónica, prácticamente cualquier módem será útil, siempre y cuando todos sean del mismo tipo o compatibles. Si lo que se pretende es acceder a una gran base de datos, entonces será

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

necesario utilizar un equipo compatible con el sistema de la compañía, e incluso puede ser necesario recurrir a la instalación de unidades terminales apropiadas o adaptadores en la computadora propio. Cuando se utiliza este tipo de sistemas, normalmente es necesario pagar una tasa de suscripción u otro tipo de cargos para la utilización del servicio. Los modems suelen ser, normalmente, del tipo 75 - 11200 baudios, aunque recientemente algunas bases de datos permiten la utilización de ambos sistemas de 75 - 11200 y 300 - 1300. Muchos aficionados a la informática utilizan modems para acceder a sistemas no comerciales o semicomerciales.

Entre estos sistemas se encuentran los bulletin boards, o portal de anuncios, donde un usuario puede dejar mensajes para cualquier otro. Por ejemplo, si se está intentando solucionar cualquier tipo de problema en la computadora, es posible que alguna otra persona ya lo haya resuelto. Si se deja un mensaje describiendo el problema en el portal de anuncios es posible que alguien lo lea y deje una respuesta útil. Los sistemas de este tipo normalmente están organizados y explotados por entusiastas de los computadores y se encuentran fuera de los sistemas comerciales.

No suele existir ningún cargo o tasa por su utilización, aunque algunas partes del sistema pueden estar restringidas únicamente a suscriptores. Algunas tiendas, normalmente las que venden material electrónico o informática, permiten realizar en cargos a través de un módem y proporcionan información de stock por este sistema. Para este tipo de utilización es necesario un módem de 300 - 1300 baudios con estándar CCM. En el momento actual estos sistemas no están muy difundidos, pero están empezando a ganar popularidad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Si lo que se pretende es conectarse con diversos estándares la mejor solución es un módem multi-estándar, pero hay que tener en cuenta que, a veces, es necesario transmitir o recibir en velocidades distintas, y esto puede estar fuera de las capacidades de su computadora. Un término que a veces confunde es el de *originate only*, o sólo origen, que puede sugerir la idea de que el módem sólo es capaz de transmitir y que no puede recibir señales. De hecho, éste no es el caso y un módem de este estilo puede ser capaz de realizar comunicaciones en ambas direcciones. Para encontrar el origen de este término es necesario entrar un poco más en detalle y ver cómo funcionan los modems.

Como se dijo antes, el módem convierte los dos niveles de señal en dos tonos distintos de audio cuando transmite; cuando recibe transforma de nuevo los tonos en niveles de señal. Esto es básicamente cierto, pero en realidad existen cuatro tonos diferenciados. Los dos tonos utilizados por un módem son diferentes de aquellos utilizados por el otro, de tal manera que cuando un módem transmita no tome su propia señal y la decodifique. Este sistema también permite la operación full duplex, o dúplex completo, esto es, en ambos sentidos y simultáneamente.

Habitualmente, la señal transmitida es reenviada al módem transmisor, donde se demodula y se escribe en el monitor o pantalla de televisión. Esto resulta útil, ya que permite comprobar si se ha producido alguna distorsión en los datos enviados. Volviendo al término *Grite only*, se aplica a los módem que sólo pueden transmitir en un par de frecuencias y recibir en un par de frecuencias. Esto vale para la mayoría de las utilizaciones, pero no permite la comunicación entre dos modems de este estilo, ya que ambos transmitirán en el mismo par de frecuencias y a su vez también recibirán en

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

el mismo par de frecuencias, que será distinto del par de frecuencias de transmisión

1.5 Los estándares del módem

Ya se mencionó antes que hay más de un estándar para transmisión vía módem, y las principales diferencias entre ellos son las frecuencias de modulación y las velocidades de transmisión. En este apartado se estudiarán estos temas con más detalle, así como el funcionamiento interno de un módem. Hay dos conjuntos de estándares de modems, los Bell americanos y los CCITT europeos. En el momento actual, los modems de estándar Bell no pueden ser utilizados legalmente en el Reino Unido, donde las frecuencias utilizadas no cumplen los requerimientos de la British Telecom. Para que los modems multi-estándar puedan ser aprobados, deben mortificarse para desactivar la operación Bell. El sistema Bell, por tanto, es de una importancia meramente académica para los usuarios europeos, y sólo será necesario conocerlos si se va a acceder, por alguna razón, a alguna base de datos americana. La tabla 1.3 muestra algunas de las velocidades de transmisión utilizadas por los sistemas Bell y CCM. Los dos sistemas Bell son similares al sistema CCITT, pero en la práctica no son lo suficientemente iguales como para lograr la compatibilidad.

	Velocidad	Tipo
Bell 103	300 baudios	Asíncrono y full duplex.
Bell 201	2400 BPS	Asíncrono y full duplex.
Bell 212	2400 BPS	Asíncrono y full duplex.

Tabla 1.3 Algunas normas Bell

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Dado que los sistemas Bell no son generalmente aplicables en Europa, no serán considerados en este trabajo. El sistema V21 es probablemente el mejor para propósitos generales, ya que permite una razonable velocidad de transmisión en ambas direcciones. También permite que el equipo receptor devuelva los datos al equipo transmisor, ya que funciona en sistema full duplex. Esto permite implementar un sistema efectivo de control de errores. Por otra parte, el sistema V23 permite una considerable velocidad de transmisión, pero sólo en funcionamiento half duplex. Es interesante señalar que la operación half duplex, o semi dúplex, no significa que la comunicación sólo sea posible en un sentido (esto se conoce como simplex, véase figura 1.1). Significa que el sistema puede emitir en una única dirección a la vez; utilizando protocolos convenientes, es posible transmitir en ambas direcciones. Es necesario un protocolo efectivo para evitar que los dos transmitan a la vez. La figura 1.5 muestra a manera de tabla la clasificación, tipo de enlace empleado así como el rango de velocidad en la que trabajan de acuerdo a las normas CCITT de los Modems.

El protocolo es igual que en los sistemas de radiotelefonos, donde la comunicación sólo se establece en un sentido a la vez y hay que utilizar la palabra "cambio" al final de cada mensaje para indicar a la otra persona que es su turno para hablar. En un sistema informática todo puede ser controlado automáticamente. Por tanto, el usuario no puede siquiera darse cuenta de que el sistema está funcionando en una única dirección cada vez.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Vel. de transmisión Tipo de Enlace	300	300	600	1200	2400	4800	7200	9600	12000	14400	19200	4800	2 4800
Red Comercial	V29			V22 y V23	V22 de	V32	V27 de	V32	V33		Modem (no normalizados)		
Circuitos armados para 2H ó 4H	V21			V26	V28	V27 y V27	V29		V32 de				
Grupo Primario 60 a 108 KHz												V35	V36 V37
Paras módicos				Modem en banda base (no normalizados)									

Figura 1.5 Clasificación de los Modems.

El sistema V23 tiene las velocidades de 1200 - 75 baudios, mencionadas previamente. En principio, puede parecer un sistema extraño. Está diseñado básicamente para la utilización en grandes bases de datos. Estos sistemas, normalmente, emiten una gran cantidad de datos de la base al usuario, utilizando para ello la velocidad rápida. La velocidad lenta la utiliza el usuario para enviar instrucciones a la base de datos.

Estas son normalmente muy cortas, por lo que resulta suficiente una velocidad de tan sólo 75 baudios. Suele ser la velocidad en la que los usuarios teclean la que fija la velocidad a la cual son enviados los caracteres. Los 75 baudios representan un máximo de 7.5 caracteres por segundo, o 450 caracteres por minuto. Supone de 75 a 90 palabras por minuto, velocidad solamente alcanzable por muy buenos mecanógrafos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Puede observarse la tabla 1.4 donde se muestran las normas más comunes empleadas en los Modems donde en ella se especifica la recomendación CCITT (Norma V) velocidad, así como su empleo. La tabla 1.4 es más específica de acuerdo a características no mencionadas en la 1.3, ambas se complementan y junto con la figura 1.5 ejemplifican las características de los Modems.

	Velocidad(es)
V21	300 bps.
V22	600 - 1200 bps.
V22bis	2400 bps.
V23	600 - 1200 bps - 75 bps.
V24	Interfaz serie síncrono/asíncrono entre DTE y DCE.
V25	Respuesta y llamada automática.
V26	2400 (4 Hlbs)
V27	4800 (4 Hlbs).
V27bis	Igual a V27 con ecualizador automático.
V29	9600 bps (4 Hlbs).
V32	4800 - 9600 bps.
V32B	14400 - 12000 - 9600 bps (4 Hlbs).
V35	48 Kbps banda de 40 - 108 KHz.
V36	75 Kbps banda de 40 - 108 KHz.
V42	Corrección errores LAP _ M compresión MNP 2 a 4.
V42 bis	Corrección errores LAP _ M (frente a MNP5).
V43	Características distorsión errores.
V44	Bucles de prueba para Modems.
V45	Equipos de transmisión serie "V" sobre RDSI.

Tabla 1.4 Normas y aplicaciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La figura 1.6 muestra la estructura interna utilizada por un módem V21. Un módem, funcionalmente hablando, es muy simple, pero hay que indicar que en la práctica resulta muy complejo y que hasta hace muy poco han sido extremadamente caros. Los modems modernos no son particularmente baratos en comparación con algunos de los computadores domésticos, pero resultan una buena inversión por su gran utilidad. Si observamos la figura 1.6 en la zona dedicada a la transmisión, vemos que la entrada en serie se acopla a un circuito generador de tonos.

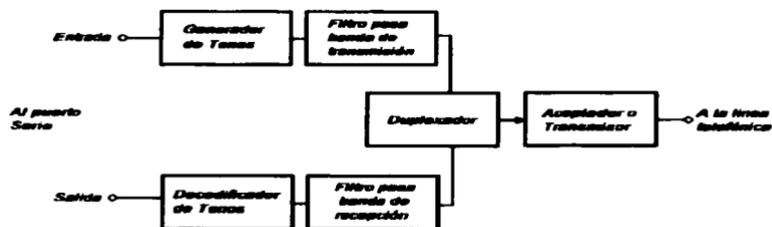


Figura 1.6 Estructura interna de un MODEM V21.

Este es normalmente un VCO (Voltage Controlled Oscillator, oscilador controlado por voltaje), que conmuta entre las frecuencias en respuesta a los cambios de voltaje en su entrada, generando directamente los dos tonos requeridos. En las unidades reales hay circuitos antes del generador de tonos para asegurarse que los voltajes de control recibidos están en el rango adecuado.

Si esto no se hiciera los tonos serían dependientes exactamente de los voltajes de entrada del puerto serie, y podrían variar en un alto rango. Para que el módem funcione adecuadamente en conjunción con otros modems, resulta esencial la exactitud de los tonos generados. La segunda etapa consiste en un filtro paso banda. Este filtro permite sólo el paso a una estrecha banda de frecuencias y rechaza cualquier señal fuera de las frecuencias de la banda de paso. Existen dos razones principales para la inclusión de este filtro. Una es, simplemente, que el generador de tonos no puede producir señales senoidales puras, si- no acompañadas de una gran cantidad de armónicos (múltiplos de la frecuencia fundamental). Estas frecuencias se hallan fuera del rango permitido para la transmisión vía teléfono. Una razón es que el proceso de modulación también genera frecuencias fuera del rango permitido, y el filtrado las elimina.

El rango de frecuencias de paso depende de los tonos de la transmisión; el ancho de banda es ligeramente superior que el mínimo necesario para incluir los dos tonos. El filtro es habitualmente de buena calidad y da un alto grado de atenuación, incluso cerca de los márgenes del paso de banda. La figura 1.7 muestra una respuesta en frecuencias típica para unos tonos de 1180 y 980 Hz. El duplexador es un circuito que permite enviar una señal a través de un par de líneas mientras se extrae otra señal de ellas. Si la señal transmitida se alimentara directamente al cable cortocircuitaría las señales que llegaran y las eliminaría. Este permite acoplar la transmisión a la línea sin atenuar seriamente la señal de llegada. Las señales transmitida y recibida deben ser de niveles comparables.

Si se utiliza acoplamiento acústico el duplexador no resulta necesario, ya que el teléfono en sí más el acoplador producen la duplexación. Si no se

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

utiliza el acoplamiento acústico las conexiones al sistema telefónico se harán utilizando un transformador de aislamiento.

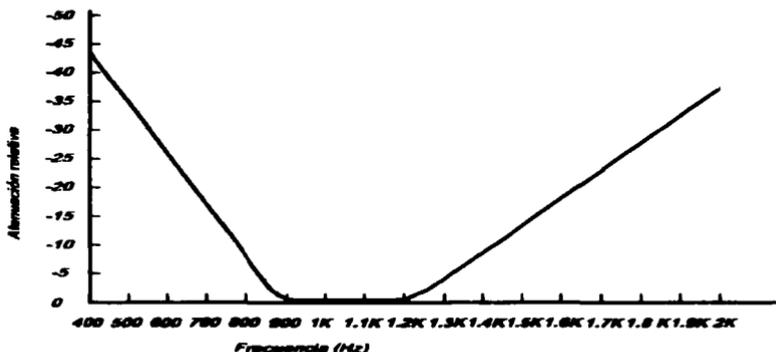


Figura 1.7 Respuesta en frecuencia típica para tonos de 1180 y 980 Hz

En la sección receptora, se extrae la señal del duplexador y se alimenta a un filtro paso banda. Este resulta necesario para atenuar la sección transmisora propia, aislando los dos tonos diferentes emitidos por el módem situado en el otro extremo de la línea. También ayuda a evitar los problemas causados por el ruido de la línea telefónica. Hay que señalar lo curioso que resulta que, a pesar del gran ruido contenido en las líneas telefónicas, los errores de transmisor, son muy pocos cuando los modems están bien instalados.

El decodificador de tonos tiene que convertir los tonos que llegan de nuevo a voltajes. Suele hacer falta también una serie de circuitos para una salida compatible RS-232C, que es más sencillo que diseñar un circuito que los genere directamente. Se pueden utilizar diversos tipos de circuitos de codificadores de tono, pero el más utilizado es sin duda el PLL, (Phase Locked Loop, bucle de bloqueo de fases).

Este sistema utiliza la estructura del diagrama de bloques de la figura 1.6. La señal de entrada y la salida de un VCO se alimentan a las dos entradas de un comparador de fase, y la salida de ésta se procesa a través de un filtro paso bajo.

La salida del comparador de fase es una serie de pulsos, que se convierte en un voltaje continuo cuando se la hace pasar por el filtro paso bajo. La amplitud, del voltaje continuo es relativa a la fase y la frecuencia de las dos señales de entrada. Si la salida del VCO es de una frecuencia menor o su fase se halla desplazada por detrás de la señal de entrada, el voltaje alcanza un valor alto. Si el VCO está operando a una frecuencia mayor que la señal de entrada o su fase se encuentra ligeramente por delante, entonces el voltaje toma un valor bajo.

La salida del filtro paso bajo se utiliza como voltaje de control para el VCO y un sencillo proceso de retroalimentación hace que el VCO bloquee su frecuencia a la misma que la señal de entrada. Si por cualquier razón el VCO produjera una frecuencia superior que la frecuencia de entrada, entonces el voltaje de control se reduciría, contrarrestando la deriva y bloqueando de nuevo al VCO en la misma frecuencia. De más importancia, si la frecuencia de entrada cambia, entonces también funciona el mismo sistema de retroalimentación y hace que el VCO persiga

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

a la frecuencia de la señal de entrada. Nuestro circuito no requiere una señal del oscilador, sino la salida del filtro paso bajo.

1.6 Modulación y estándares

El módem modula una señal sinusoidal de frecuencia fija, llamada portadora a fin de poder transmitir los datos digitales. Toda señal sinusoidal puede ser modulada a través de alteraciones en su frecuencia, fase o amplitud, o combinaciones de las mismas. Como se mencionó anteriormente, la red telefónica limita el rango de frecuencias permitidas para la transmisión a aquellas comprendidas por la banda vocal. Una de las primeras soluciones al problema fue la asignación de una frecuencia portadora de transmisión y otra de recepción. Dichas portadoras eran moduladas en frecuencia por la señal digital. Esto quiere decir que al transmitir un 1 se emitía una frecuencia y al transmitir un 0 otra. A esta técnica se la conoció como FSK (frequency-shift Keying, modulación por corrimiento de frecuencia). Esta técnica se estandarizó bajo las normas v.21 de la CCITT y Bell 103 de AT&T, las cuales transportaban 300 bits por segundo. Otra norma similar a la V.21 es la V.23. Una característica distintiva de esta norma es que es asimétrica, es decir, las velocidades de transmisión y recepción son distintas (1 200 y 75 bps respectivamente). Esto se hizo pensando en ampliaciones de terminales remotas donde la velocidad de captura en la terminal es mucho menor que la necesaria para llenar de datos una pantalla. Las terminales de videotexto francés, Minitel, utilizan esta norma.

El problema de FSK era que, al ser muy baja la frecuencia superior de la banda vocal, las velocidades que se obtenían eran escasas, no más de

300 bps. La solución, elevar la frecuencia de las portadoras, no era posible por las limitaciones de la red telefónica.

En su reemplazo surgió otra tecnología: PSK (Phase Shift Keying, modulación por corrimiento de fase). Esta técnica se basa en la transmisión de información a través de cambios en la fase de una señal portadora. Otra técnica es la DPSK (Diferencial PSK o PSK Diferencial) una variante de la modulación PSK.

En los modems modernos el DSP (Digital Signal Processing, procesador digital de señales) es el encargado de sintetizar tanto la señal transmitida como sus cambios de fase. También se encarga de la demodulación. El DSPK es utilizado por las normas V.22 (CCITT) y Bell 212 (AT&T). En estas normas, las portadoras de transmisión y recepción se modulan a 600 cambios por segundo con 4 valores posibles, (2 bits), de donde se obtiene una velocidad de transmisión de 1.200 bps. (Véase la figura 1.8).

Si además de la fase, también variamos la amplitud de la señal, podremos obtener más posibilidades de codificación (es decir más bits por evento). Esta técnica se conoció como QAM (modulación por amplitud y cuadratura) y se utilizó en la norma V.22bis del CCITT. V.22 bis especificaba 16 puntos, por lo que por cada evento podíamos transmitir 4 bits. Si las portadoras se modulaban a 600 cambios por segundo se obtenían 2.400 bps.

El problema ahora residía en que con frecuencias portadoras utilizadas, no se podían superar los 600 cambios por segundo. Para ello era necesario elevar la frecuencia de dichas portadoras, con el consiguiente problema de que se iban a ubicar en frecuencias muy próximas. El CCITT resolvió el

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

problema en la norma V.32 unificando las dos portadoras en una sola y elevando lo más posible su frecuencia.

Ejemplo Norma V.22

- (800 baudios - 800 / 1200 bps
- Síncrona / Asíncrona y full duplex
- Portadoras a 1205 Hz y 2450 Hz
- Modulación - Fase Diferencial

1200 bps	800 bps	modo 1 a 4	modo 5
00	0	+90	+270
01	-	0	+180
11	1	+270	+90
10	-	+180	0

Figura 1.8 Ejemplo de la Norma V.22

El problema ahora era que al tener una sola portadora y transmisión simultánea (también llamada full duplex), ambos módems la iban a modular al mismo tiempo, volviéndola inutilizable. Para resolver este problema se incorporó el mecanismo de cancelación de eco, es decir un módem suprime de la señal recibida la señal del otro módem. Este último aspecto, dada la complejidad de las funciones a aplicar sobre las señales, fue el que generó la adopción de los DSP como única alternativa viable para módems de alta velocidad. Para V.32 entonces, se definió una constelación de 32 puntos (5 bits). Para una comunicación más confiable, se codificaron los bits de forma tal que de los cinco solo cuatro son de datos. Si la portadora se modula a 2.400 cambios, se obtiene un total de 9.600 bps.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Posteriores refinamientos a la norma dieron como resultado las normas V.32bis que utiliza QAM y codificación Trellis (TCQAM) para obtener seis bits de datos, dando una velocidad de transmisión de 14.400 bps. Vease la figura 1.9. Existe un estándar de mercado no ratificado por el CCITT llamado V.32ter, dando una velocidad de 19.200 bps, pero no tuvo mucho impacto. Finalmente, hace dos años, el ITU-T (nueva denominación del CCITT, Unión Internacional de Telecomunicaciones) estandarizó la norma V.34, que permite la transmisión de 28.800 y 33.600 bps.

Norma V.34

- Velocidad de modulación de 2400 - 3000 - 3200 baudios
- 9 bits por carácter: Modulación QAM
 - 5 bits amplitud
 - 4 bits fase
- Problema: ruido de cuantización en PSTN digitales



Figura 1.9 Ejemplo de la norma V34.

Esta norma ha desplazado la V.32bis volviéndose la más popular de la actualidad.

En la tabla 1.5 se resumen las distintas normas de modems del CCITT/ITU-T, agregando para su referencia las que comprenden a los fax. Como se observa en esta tabla, existen varias normas y velocidades de conexión, Los modems más modernos suelen ser compatibles con la gran mayoría de ella, aun las de fax. A las normas de modulación se agregan normas de compresión de datos y de corrección de errores. La compresión de datos nos permite transferir aun más información para una misma velocidad de transmisión y la corrección de errores nos brinda una transferencia de datos libre de error. Las primeras normas de este estilo fueron diseñadas por la firma Microcom y se las conoce como normas MNP (Protocolo Microcom de Redes). Sobre las normas MNP4 (corrección de errores) y MNP5 (compresión de datos) la CCITT elaboro las normas V.42, que define el protocolo de transmisión LAPM (Procedimiento de Acceso al Vinculo para Modems) para corrección de errores; y V.42bis para compresión de datos.

1.6.1 Modems de 56K

Cuando los expertos pensaban que con los 33.6Kbps se había alcanzado el techo de velocidad de los módems que operaban sobre las líneas telefónicas convencionales, USRobotics, compañía que en la actualidad pertenece a 3Com, presentó en enero de 1997 una tecnología capaz de recibir información a 56Kbps. Dicha tecnología, denominada X2, encontraría poco después un rival en la K56Flex, fruto del esfuerzo conjunto de Lucent y Rockwell. La tecnología x2 fue desarrollada por US Robotics y permite realizar transferencias casi al doble de la velocidad de los estándares v34.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

	MODULACION	BIT RATE (BPS)	BAUD RATE	FAX MODEM
V.17	QAM	1200	7400	FAX
V.21	FSK	1200	300	MODEM
V.22	DPSK	1200	400	MODEM
V.22bis	QAM	1200	400	MODEM
V.23	FSK	1200/1440	2100/1300	
V.26	FSK(half duplex)	1200	480/390	MODEM
V.26bis	FSK(half duplex)	1200	1200	MODEM
V.26ter	FSK(half duplex)	1200/1440	1200	MODEM
V.27	FSK	1200	1200	MODEM
V.27bis	FSK	1200/1440	1400	MODEM
V.27ter	FSK	1200/1440	1400/1200	FAX
V.29	FSK/QAM	1200/1440/1800	1400/1200	FAX
V.32	QAM	2400/4800	2400	MODEM
V.32bis	TCQAM	2400-14400	2400	MODEM
V.32ter	TCQAM	2400-14400	2400	MODEM
V.34	TCQAM	2400-14400	2400	MODEM

Tabla 1.5 Normas mas comúnmente empleadas en los Modems según CCITT.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Por su parte, K56Flex es el protocolo desarrollado en conjunto por Lucent Technologies y Rockwell para cerrar la brecha entre las actuales transmisiones análogas y la comunicación digital o la Red Digital de Servicios Integrados o Integrated Service Digital Network (ISDN). Ambas tecnologías permiten que archivos de sonido, video, gráficos y páginas web bajen rápidamente de Internet.

Sin embargo, para disfrutar completamente los rendimientos en 56K es necesario que el ISP soporte tecnología x2 (para módems US Robotics) o K56Flex (para módems Hayes, Diamond, Zoom, etcétera). Ambos grupos comenzaron la comercialización de sus respectivos módems 56K sin esperar al establecimiento de un sistema común, lo que provocó indecisión en el mercado, que ni siquiera se animó ante la promesa de una actualización de los módems cuando el estándar apareciera.

Recientemente la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (ITU) [CCITT] acordó que las especificaciones técnicas del estándar entrarán en vigor inmediatamente y dejó pendiente la aprobación oficial de la norma V.90.

El hecho de que estas especificaciones sean "firmes" permitirá a las compañías empezar la comercialización de módems con una norma 56K común en el primer trimestre de este año, sin esperar a que la ITU ratifique en septiembre la norma V.90.

Los módems de 56 Kbps poseen varias características que los diferencian de sus predecesores. En primer lugar, la velocidad de 56Kbps es lograda únicamente si uno de los módems se encuentra conectado a la red de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

telefonía digital (ISDN). Esto es así, ya que los módems de 56 Kbps no modulan una portadora sino que envían la información como niveles de tensión en la línea.

Norma V.90

- **Aproveche PSTN digitales**
 - Acceso directo digital por el ISP
 - El ruido de cuantización aparece solo en un extremo.
- **Norma Asimétrica**
 - V34 en upload
 - PCM en download. - 54 Kbps.
 - Conversor D / A 8 bits.

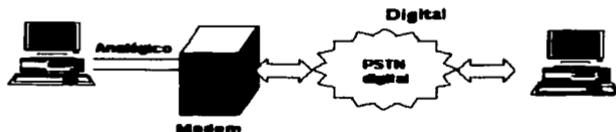


Figura 1.10 Ejemplo de la Norma V.90

En segundo lugar, la norma es asimétrica, pero a diferencia de otras normas asimétricas anteriores como la V.23, donde el rol del que transmitía más rápido era negociable, en los módems de 56Kbps, este rol es fijo y lo cumple el módem conectado a la red digital. El otro envía datos a 33.6 Kbps según la norma V.34. De hecho, si dos módems de 56 Kbps se comunican entre sí sobre líneas telefónicas comunes, trabajarán como módems V.34.

TESIS CCN
FALLA DE ORIGEN

1.7 Clasificación de módems

Los módems pueden ser: Internos o Externos, Cable módems.

1.7.1 Modem interno

En este tipo de configuración normalmente encontramos modelos de gama baja y prestaciones recortadas, como ocurre en el caso de los "Winmodem", también llamados "softmodem" o HSP. Sin embargo esto no es más que una estrategia de los fabricantes debido a que este tipo de modem suelen resultar más económicos que los externos.

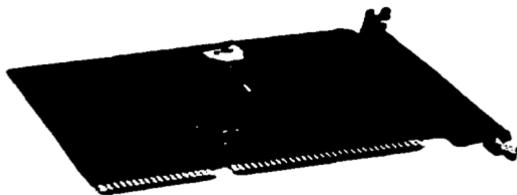


Figura 1.11 Modem interno para PCI

Aquí igualmente podremos hacer una segunda distinción dependiendo del tipo de bus al que vayan conectados. Encontraremos modelos para ranura ISA, para PCI (véase la figura 1.11 y 1.12) o para las más novedosas AMR. Debido a que el primero está tendiendo a desaparecer, cada vez es más software encontrar modelos para él, siendo lo habitual los dispositivos PCI, que además tienen la ventaja del Plug and Play (PnP) que siempre es una ayuda en el momento de su instalación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los modelos basados en AMR sólo podremos utilizarlos en las placas más modernas como las que utilizan el chipset 1810, y están orientados al mercado de gama baja, debido a que la mayor parte de la funcionalidad del dispositivo está ya implementada en la propia placa base y al igual que ocurre en el caso de los Winmodem su funcionamiento está más basado en el software que en el hardware, lo que repercute en un menor precio de costo pero por el contrario su utilización consume ciclos de CPU y su portabilidad está limitada ya que no todos los sistemas operativos disponen del soporte software adecuado para hacerlos funcionar.



Figura 1.12 Modem PCI vista frontal.

Ventajas:

Tienen UART propia.

Son más baratos.

No necesitan una fuente de alimentación externa y no ocupan lugar en nuestro escritorio, lo que normalmente es de agradecer.

No ocupan ninguno de los puertos serie existentes en nuestra máquina.

En máquina muy antiguas no hay que preocuparse de posibles problemas en la velocidad de transferencia por causa de un puerto serie lento debido a la utilización de algún chip UART anticuado.

Desventajas:

Solo se puede utilizar en esa computadora.

No se pueden transportar para utilizar en otra computadora.

No tiene leds de control.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Ocupan una ranura de expansión, lo que puede ser contraproducente cuando disponemos de pocas en el interior de nuestra máquina.

Utilizan recursos que muchas veces son preciosos si el número de dispositivos que tenemos instalado es muy elevado como suele ser el caso de las IRQ. Esto también puede llevar a problemas de conflictos que nos pueden producir más de un quebradero de cabeza aún en el caso de dispositivos PnP.

No tienen indicadores luminosos que nos informen del estado de la conexión y del propio modem. Tampoco se pueden 'reiniciar' cuando tenemos algún problema con él, aunque esto último suele ser hoy día bastante raro.

Por último, algunos modelos externos implementan botoncitos adicionales para subir o bajar el volumen del altavoz o para activar las funciones de contestador o incluso implementan un micrófono o un altavoz, que en los modelos internos difícilmente podremos encontrar.

Componentes utilizados

- 1- Entrada/Salida línea telefónica
- 2- Conversor A/D, D/A.
- 3- Procesador.
- 4- PCI Bus

1.7.2 El Modem serie externo

Ventajas:

- No ocupan slots del gabinete.

- o Tienen luces que indican el funcionamiento del módem.
- o Son más fáciles de instalar y configurar.
- o Se pueden utilizar en cualquier computadora.
- o Se pueden transportar con facilidad.

Desventajas:

- o Se encuentran mas expuestos a que se estropeen.
- o Son mas caros.
- o Necesitan de la UART de la PC.

La UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter), se trata del chip que controla los puertos serie del computador. En el caso de los módems internos no tiene especial importancia, ya que suelen traer la suya, preparada para la velocidad que necesitan. Los externos, sin embargo, puesto que se conectan a uno de los puertos COM ya existentes en el computador, dependen de la velocidad de la UART de éste.

Las UART se designan con un número de referencia. Si bien han existido varios modelos en los casi veinte años de vida de los PCs, los más comunes han sido el 8250 y el 16550. La **8250** es el modelo clásico, que se usó hasta mediada la época de los 486; es capaz de manejar sin problemas módems hasta de 14.400 bps, pero resulta insuficiente para módems más rápidos. La **16550** es un modelo mucho más avanzado que llega a proporcionar velocidades internas PC-módem de hasta 115200 bps, más que suficientes para módems de 28800, 33600 y 55600 bps. Además de un diseño más complejo, tiene buffers de memoria en los que guardar información hasta que pueda ser procesada.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Otros modelos son la 16450, que es un modelo de transición entre ambas y que como mucho puede manejar módems de 28800 bps, aunque ya con ciertas mermas de rendimiento, y las diversas variantes y mejoras de la 16550 (16550AF y muchas otras de número de referencia superior).

Para identificar el modelo de UART presente en un computador se suelen usar programas software que detectan el hardware, aunque los resultados no siempre son exactos. Uno de estos programas es el MSD de Microsoft, que viene con las últimas versiones del DOS, así como en el CD de Windows 95. Es un programa para DOS, como casi todos los que realizan estas tareas, y aunque es poco fiable presenta la ventaja de que casi seguro que disponemos de él.

Tanto en el MSD como en otros programas, si el programa detecta una UART 16550 o superior es casi seguro que ha acertado; sin embargo, si detecta una 8250 puede que no sea correcto y en realidad sea un modelo más avanzado. Otros programas que detectan el hardware del computador son *CheckIt*, *Agsi*, *PCConfig* o *Hardware Info*; todos ellos pueden localizarse y obtenerse en Internet, en la dirección <http://www.shareware.com/> o bien mediante Yahoo u otros buscadores. La forma más sencilla de conocer qué UART implementan nuestros puertos serie es mediante el programa MSD que viene con casi todas las versiones de MS-DOS y Windows. Uno de los resultados al utilizar este tipo de software para detectar el UART es mostrado en la figura 1.13.

Para cambiar una UART que resulta insuficiente para instalar un módem externo de cierta velocidad, deberemos cambiar la tarjeta que controla los puertos COM.

TRUCO CON
FALLA DE ORIGEN

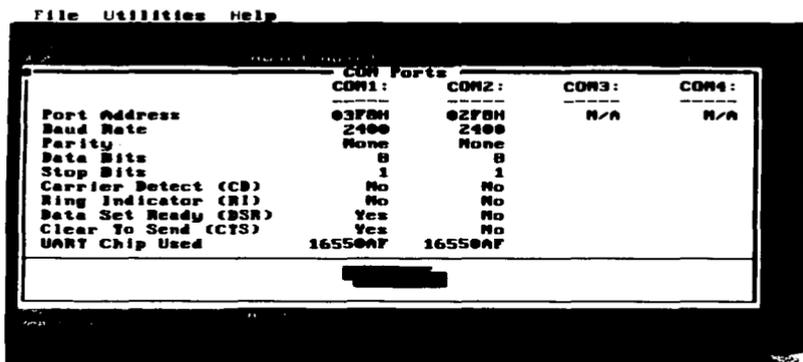


Figura 1.13 Pantalla de resultado de la detección del tipo de UART empleado.

En dicha tarjeta, generalmente ISA, es donde se encontrará la UART y los chips para el soporte de puerto paralelo, así como en ocasiones para la disquetera y los discos duros IDE. En los computadores más modernos estas habilidades vienen integradas en la placa base, o al menos el soporte para discos duros. En muchos casos no hará falta sustituir la tarjeta, sino que bastará con deshabilitar mediante unos jumpers en la misma el soporte de puertos COM y habilitarlo en la nueva tarjeta, que añadiríamos sin quitar la antigua. Estas tarjetas (también conocidas como de I/O) son muy baratas, pero resultan cada vez más difíciles de encontrar debido a la integración de estos componentes en la placa base.

Cabe en el entendido que algunos módems internos carecen de UART o bien no la configuran adecuadamente, por lo que es como si no existiera e

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

intentan usar la del computador, lo que puede dar problemas de rendimiento, de conflicto entre dispositivos o complicar la configuración del módem. Si el rendimiento del módem interno no parece el correcto y la UART de su computador es un modelo antiguo, quizá sea su caso. De todas formas, esto no parece ocurrir en módems de marca. Las UART modernas poseen un buffer, que almacena los datos temporalmente hasta que la PC los lea. Como muchos controladores tienen UART viejas (sin buffer), al utilizarla con modems de altas velocidades es factible que se pierdan datos en las transferencias de información.

El modem "clásico" posiblemente es el externo que aún siendo el más utilizado en los sistemas de comunicación de datos a alta velocidad, a pesar de que la competencia de los modelos basados en USB es cada vez más fuerte. Por tanto, los mejores modelos se suelen encontrar aún en este formato y es ya habitual encontrarse en ellos funciones de contestador automático, fax y central telefónica, actuando incluso en el caso de que nuestro computador esté apagado, gracias a la memoria que incorporan (véase la figura 1.14). Algunos modelos también integran un altavoz y un micrófono, por lo que se convierten en plenamente autónomos...

En éste tipo de dispositivos es muy importante utilizar un puerto serie que implemente una UART del tipo 16550 o alguna de sus variaciones como la 16550AF que nos permitirá un flujo de datos con el computador de 115.000 bps, véase como ejemplo la tabla 1.6. UART más antiguas como las 16540 o peor aún las 8250 son hoy día inaceptables por su baja velocidad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Figura 1.14 Un modem externo clásico.

Hay que tener en cuenta que la velocidad de comunicación del modem con el puerto serie debe ser bastante mayor de la que éste es capaz de transmitir a través de la línea telefónica, entre otros motivos por la compresión que es capaz de realizar a los datos que le llegan.

Velocidad máxima puerto serie	Recomendación para modems
16500	115.000 bps hasta 56K
16400	38.400-57.600 bps 28.800 bps sin o con compresión dependiendo de la rapidez del computador.
6200	19.200 bps 14.400 bps sin compresión o modos más lentos con compresión.

Tabla 1.6 Recomendaciones para empleo de los UART's

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

De lo anterior se pueden mencionar de los módems externos las siguientes características:

- o No ocupan ninguna ranura de expansión, lo que es adecuado para computadores con nulas o pocas posibilidades de ampliación.
- o Sólo utilizan los recursos del propio puerto serie al que están conectados.
- o Disponen de indicadores luminosos que nos informan del estado de la conexión y del propio modem.
- o Se pueden "reiniciar" sin necesidad de hacerle un "reset" al computador o simplemente apagar cuando no lo utilizamos.
- o Por último, algunos modelos externos implementan botoncitos adicionales para subir o bajar el volumen del altavoz o para activar las funciones de contestador o incluso implementan un micrófono o un altavoz, que en los modelos internos difícilmente podremos encontrar.

Por otra parte se pueden tener los siguientes inconvenientes:

En máquinas muy antiguas nos podemos encontrar con que la velocidad de transferencia del puerto serie limitará la velocidad del modem, por lo que será necesario sustituir nuestra tarjeta I/O por una más moderna.

Necesitan de una fuente de alimentación externa y ocupan lugar en nuestro escritorio.

Necesitan un puerto serie libre.

1.7.2.1 El Modem USB

Este tipo de configuración es la más reciente dentro del mundo de los modems, véase la figura 1.15. La principal ventaja la tenemos en el propio método de conexión, por lo que nos remitimos a nuestra sección dedicada a este puerto. Respecto del modelo externo para puerto serie tiene la

ventaja de que no hay que preocuparse por la velocidad de conexión de éste con el computador, pues en este caso el caudal proporcionado es más que suficiente. Tampoco es problema el contar con pocos puertos USB, pues siempre podremos adquirir un hub para interconectar más dispositivos. De todas formas para evitar este gasto sería interesante que el propio modem incorporara como mínimo dos conectores, aunque no suele ser lo habitual.

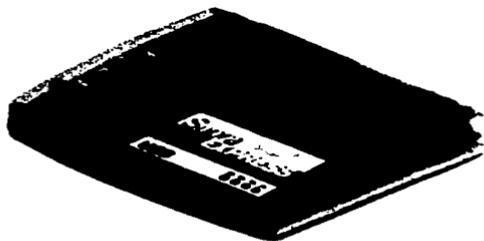


Figura 1.15 Modem USB

De este tipo de Módems se tienen las siguientes ventajas:

- o No ocupan ninguna ranura de expansión, lo que es adecuado para computadores con nulas o pocas posibilidades de ampliación, incluso para computadores portátiles, aunque hay que tener en cuenta que su consumo normalmente será mayor que el de un dispositivo de tipo PC-Card.
- o Sólo utilizan los recursos del propio USB al que están conectados.

a Suelen dispone de indicadores luminosos que nos informan del estado de la conexión y del propio aparato.

Algunos modelos disponen de un interruptor para apagarlo cuando no lo utilizamos. En todo caso, al igual que ocurre con cualquier otro dispositivo USB, siempre se puede desconectar (y por supuesto conectar) en el acto, es decir, con el computador en marcha.

Una ventaja sobre los modems externos serie es que no precisan de ninguna alimentación externa.

Inconvenientes:

Ocupan lugar en nuestro escritorio.

Necesitan un conector USB libre, bien en el propio computador, bien en algún otro dispositivo USB conectado a nuestra máquina que actúe de hub.

1.7.2.2 El Modem en formato PC Card

Este tipo de modem es el adecuado para los computadores portátiles, pues tiene las mismas prestaciones que el resto de tipos analizados, pero con el tamaño de una tarjeta de crédito, este tipo se puede observar en la figura 1.16.

Ventajas:

No necesita fuente de alimentación externa y su consumo eléctrico es reducido, aunque no es conveniente abusar de él cuando lo utilizamos en un computador portátil usando las baterías.

Requieren una ranura PC-Card libre, normalmente de tipo I (las más estrechas)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Figura 1.16 Modem PC card

1.7.3 Cable Módem

Un "Cable Módem" es un dispositivo que permite tener acceso a datos a muy alta velocidad vía una red de video cable (CATV). Un Cable Módem típicamente tiene dos conexiones, una al cable coaxial de la empresa prestadora del servicio de video cable y la otra a la computadora (PC). En México, este tipo de servicio lo ofrece Cablevisión en el D.F. y la zona metropolitana.

Las velocidades de un módem de cable pueden variar bastante. En la dirección hacia el abonado (desde la red hacia la computadora), la velocidad puede ser aproximadamente de ~36 Mbps. Pocas computadoras podrían ser capaces de conectarse a tales velocidades, un número más realista sería entre 3 y 10 Mbps. En la dirección contraria, es decir (de la computadora hacia la red), las velocidades pueden ser hasta 10 Mbps. Sin embargo la mayoría de los módem funcionarían en una velocidad más que óptima entre 200 Kbps y 2 Mbps.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tengamos en cuenta que este modelo va a ser siempre asimétrico, es decir la información en sentido desde la red hasta la computadora siempre va a ser mayor. Actividades como navegar en WWW o lecturas en Newsgroup en donde se baja mucha información hacia la PC, necesita un mayor ancho de banda, en cambio en la dirección contraria, solo suben clicks del mouse (URL request) o mensajes de e-mail, los cuales no necesitan un gran ancho de banda.

El hecho que la palabra "módem" es usada para describir este dispositivo, es un poco engañoso, en el sentido que nos recuerda la imagen de un típico módem de teléfono. Es verdad, es un módem en el verdadero sentido de la palabra MOdula y DEModula señales. Pero la semejanza final existe porque el módem de cable está prácticamente en un orden de magnitud más complicado que su par, el módem telefónico.

Los módem de cable pueden ser parte módem, parte sintonizador, parte dispositivo encriptador/desencriptador, parte bridge, parte router, parte tarjeta NIC, parte agente SNMP, y parte ethernet hub.

Típicamente un cable de módem envía y recibe datos en dos diferentes modos. En la dirección hacia el abonado la señal digital es modulada en un típico ancho de banda de algún canal de televisión de 6 MHz, este canal podría estar entre 42 MHz y 750 MHz. Existen varios esquemas de modulación, pero los dos más populares son QPSK (hasta ~10 Mbps) y QAM64 (hasta ~36 Mbps). El canal de retorno del abonado es más delicado. Normalmente, en una red de cable, el camino de retorno del abonado conocido como canal de "reversa", es transmitido entre 5 y 40 MHz. Esta frecuencia tiende a ser muy ruidosa, porque existen muchas interferencias de radios AM o CB y además interferencias de ruidos de los artefactos hogareños. Sumemos además la interferencia introducida en el propio hogar, la pérdida en los conectores, o el cable en mal estado.

Como las redes de cable están realizadas en forma de árbol y subredes en forma de ramas, todo este ruido se va sumando a través de su viaje en el canal de retorno, combinándose e incrementándose. Por esta causa, muchos fabricantes estarían usando QPSK o similares esquemas de modulación en el canal de retorno, porque QPSK es un esquema más robusto que otras técnicas de modulación en un ambiente de ruido. La desventaja es que QPSK es más lento que QAM.

Conexión:

Hay varios métodos para la conexión a una computadora, pero el método que parece emerger como el mejor es el Ethernet 10BaseT. Si bien esto es probablemente más barato de producir que el módem de cable como una tarjeta interna para la computadora, ésta podría requerir diferentes tarjetas o circuitos para diferentes tipos de computadoras.

Servicios:

El servicio más popular, podría ser indudablemente el acceso a Internet a alta velocidad. Esto posibilitaría disponer de los servicios de Internet a velocidades de 100 o 1000 veces más rápido que un módem telefónico. Otros servicios pueden incluir acceso a canales de audio y video servers, información local y servicios locales, acceder a servers de CD-ROM, e incluso tener acceso a las transacciones comerciales a nivel local o larga distancia, y a una gran variedad de otros servicios.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO 2

CONCEPTOS Y APLICACIONES DE LA MODULACIÓN DIGITAL

En los principios de los sistemas de comunicación la forma más simple de modular era la modulación en amplitud (AM), este sistema jamás fue eficiente y a pesar de una gran cantidad de inconvenientes ha prevalecido hasta nuestros días, debido a estas inconvenientes el esquema de modulación que le precedió fue la modulación en frecuencia (FM), más eficiente en algunos aspectos.

Estos esquemas de modulación se conocen como modulación analógica y son el antecedente de la modulación digital que es la que veremos en el desarrollo de este trabajo.

2.1 Modulación analógica

Existen tres esquemas de modulación analógica, los cuales se enumeran a continuación:

- Modulación en Amplitud (AM)
- Modulación en Frecuencia (FM)
- Modulación en Fase (PM)

De estos tres esquemas solo mencionaremos la Modulación en frecuencia por ser el antecedente a la Modulación por cambio de Frecuencia (FSK)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.1.1 Modulación en frecuencia.

Existen muchas formas de modular la información, de aquí que exista gran cantidad de sistemas. Podemos agrupar las distintas formas de modulación en dos grandes grupos:

- 1.- Modulación analógica.
- 2.- Modulación Digital

En la primera, la información tiene la forma de señales con valores continuos en tiempo; en la segunda se puede decir que la información viene codificada en un formato digital y se puede tratar de palabras, datos, voz, imágenes, etc.

En la modulación analógica, existen tres propiedades que pueden variar en función del tiempo, estas son:

- 1.- Amplitud
- 2.- Frecuencia
- 3.- Fase

En este caso solo nos ocuparemos de la Modulación en Frecuencia por emplearse esta en algún tipo de transmisiones en la comunicación vía satélite. Históricamente, la modulación angular fue introducida en 1931 como una forma alterna de modulación a la AM existente. Se sugirió que una señal modulada en ángulo era más inmune al ruido que una señal de AM y, consecuentemente, podría tener un mejor desempeño para las radiocomunicaciones.

Una modulación angular es el resultado de la variación del ángulo de fase (θ) con respecto al tiempo de una onda sinusoidal, esto se expresa matemáticamente en la ecuación 2.1. Existen dos tipos de modulación angular, en este caso solo analizaremos el comportamiento de la Modulación en Frecuencia (FM), pues esta es la única utilizada en sistemas satelitales y la Modulación en Fase (PM) no existe aplicación de la misma.

$$M(t) = A_c \cos[\omega_c t + \theta(t)] \quad 2.1$$

donde:

- $M(t)$.- La portadora modulada en ángulo
- A_c .- La amplitud pico de la portadora
- ω_c .- La velocidad angular de la portadora
- $\theta(t)$.- La señal moduladora.

De la ecuación 2.1 $\omega_c t + \theta(t)$ puede definirse como $\varphi(t)$.

En la modulación en frecuencia se definen dos parámetros:

- a).- Frecuencia instantánea.
- b).- Máxima desviación en frecuencia

Frecuencia instantánea es la frecuencia precisa de la portadora a un tiempo dado y matemáticamente es la primera derivada de $\varphi(t)$.

La máxima desviación en frecuencia esta dada típicamente como el cambio pico de la frecuencia en Hz, que sufre la portadora en función de la señal moduladora, esta también es llamada excursión de la portadora en frecuencia, matemáticamente se expresa en ecuación 2.5.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

De la ec. 2.1 se tiene

$$\omega_c = \omega_c(t) + k_f m(t) \quad 2.2$$

$$\theta(t) = \int (\omega_c(t) + k_f m(t)) dt \quad 2.3$$

$$M(t) = A_c \cos\left(\omega_c t + \frac{ak_f}{\omega_m} \sin \omega_m t\right) \quad 2.4$$

donde

$$ak_f = \Delta f \quad 2.5$$

y

$$\frac{\Delta f}{\omega_m} = \beta \quad 2.6$$

donde β es llamado *Índice de Modulación en frecuencia*.

2.1.1.1 Ancho de banda requerido para señales moduladas en frecuencia

Se puede decir que el ancho de banda de una señal FM esta en función de la frecuencia de la señal moduladora y el índice de modulación. En FM son producidas bandas laterales y consecuentemente el ancho de banda puede ser significativamente más extenso que el de una señal de AM con la misma señal moduladora. las señales de FM pueden clasificarse en función del índice de modulación como de índice Bajo, índice Medio, índice Alto. Los de índice Bajo son valores de β menores que 1. Los de índice Medio se encuentran entre 1 y 5. Los de índice Alto son para β

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

mayores que 5. Aunque esta clasificación no es estricta y la clasificación puede variar de acuerdo a algunos autores.

El ancho de Banda en el primer caso es aproximadamente dos veces el valor máximo en frecuencia de la señal moduladora (como en AM), esto puede observarse en alguna tabla de *Funciones de Bessel*.

Para un índice de Modulación Medio el ancho de banda se calcula en función del número de componentes de bandas laterales significativas que aparezcan en el espectro en frecuencia, la expresión matemática esta dada por la ecuación 2.7.

$$AB = 2nf_m \quad 2.7$$

Y para un índice de modulación alto se determina como dos veces el valor en frecuencia de la Máxima desviación en frecuencia (véase ecuación 2.8).

$$AB = 2\Delta_f \quad 2.8$$

2.2 Modulación digital.

Así como existen una multitud de técnicas de modulación para señales analógicas, también la información digital se puede imprimir sobre una onda portadora senoidal de varias maneras.

Las tres técnicas que se pueden emplear la modulación digital son:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1. Modulación por Corrimiento de Amplitud (ASK).
2. Modulación por Corrimiento de Frecuencia (FSK).
3. Modulación por corrimiento de Fase (PSK).

Un paso final de la generación de señales binarias es, que las señales resultantes pueden modular una portadora de RF.

Para propósitos de transmisión, muy comúnmente, las señales de banda base tienen que ser desplazadas a frecuencias muy superiores para que su transmisión sea más eficiente, las señales Banda Base constituyen la señal moduladora, estos tres tipos de modulación pertenecen al grupo de señales de Modulación de *Onda Continua*, porque en ella la portadora es una señal senoidal.

La señal al llegar al receptor, esta deberá de recuperar su forma original, este proceso es llamado *Detección* o *Demodulación*, el demodulador efectúa el proceso que nos permitirá regenerar la información binaria.

Existen dos tipos de detección, uno es denominado *Detección Coherente* o *Síncrona*, el segundo es llamado *Detección No Coherente*, este tipo de detección es también llamado *Detección de Envolvente* o *Asíncrona*.

En la *Detección Síncrona* requiere una señal de referencia perfectamente marcada que bien puede estar en un tono piloto transmitido, o puede ser la frecuencia de la portadora misma.

La *Detección No Coherente* no requiere de referencia alguna, este tipo de demodulación se refiere a demoduladores que están diseñados para operar sin conocer el valor absoluto de la frecuencia y fase en la señal que

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

llega, por lo tanto, la estimación de las dos componentes no son requeridas. De este modo la ventaja del sistema No Coherente sobre el Coherente es la reducida complejidad del equipo, y el precio que se paga es el incremento de la probabilidad de error durante la recepción de la información digital, en vez de recibir un uno recibiremos un cero.

2.2.1 Modulación por corrimiento de amplitud (ASK).

En este tipo de modulación la amplitud de la portadora se conmuta entre 2 valores, es la análoga a la modulación en amplitud, es decir se tienen las mismas variantes en ASK como en AM pero analizada para el caso binario.

Para mensajes digitales se representaría por la presencia o ausencia de la portadora, de esta forma surge la modulación conocida como On - Off Keying (OOK) que fue la primera en utilizarse para la transmisión binaria.

La onda modulante consiste en pulsos de RF o marcas, que representan al binario 1 y espacios, que representan al binario 0. La señal OOK puede ser detectada de cualquiera de las dos formas, Coherente o no Coherente pero debido a la complejidad de la primera, no es muy usada en los canales digitales.

La ecuación que representa a la señal OOK se muestra en la ecuación 2.9 donde la señal modulante $m(t)$ esta representada por los valores uno y cero, esto es que para un valor de la señal modulante cero la ecuación se reduce a cero, puesto que la amplitud de la portadora también es igual a cero.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$\varphi_{OOK} = \frac{A}{2}(1+m(t)) \quad 2.9$$

De donde se deduce que para un valor de uno en la señal moduladora, será el valor de la señal OOK y para un cero no existirá valor alguno de la portadora.

Este tipo de modulación no es empleado en sistemas de comunicación de datos, y por esta razón no es tratado a detalle.

2.2.2 Modulación por corrimiento de frecuencia (FSK).

Esta modulación corresponde a la versión digital de la Modulación en Frecuencia, esta caracterizada por el uso de dos frecuencias separadas por una diferencia de frecuencias llamada *desviación en frecuencia* (Δf) que, comparada con el valor de la frecuencia portadora, esta resulta tener un valor muy por abajo de esta.

El sistema FSK fue originalmente basado en el concepto de una señal telegráfica usando la transmisión en Modulación en Frecuencia, ahora en el sistema binario se utilizan dos señales cuyas frecuencias son distintas, estas dos señales ω_1 y ω_2 son designadas para un uno y la otra para un cero, recordando que la amplitud es constante para este tipo de modulación.

La expresión general para una señal binaria FSK esta mostrada en la ecuación 2.10, en ella puede verse que con FSK binario la amplitud de la portadora V_c permanece constante con la modulación. De cualquier

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

forma la frecuencia de la portadora varía en función de los unos y los ceros de la señal moduladora.

$$v(t) = V_c \cos\left(\omega_c + \frac{v_m(t)\Delta\omega}{2}\right)t \quad 2.10$$

donde :

$v(t)$.- Forma de onda FSK

V_c .- Amplitud máxima de portadora sin modular

ω_c .- Frecuencia de la portadora

$v_m(t)$.- Señal moduladora binaria

$\Delta\omega$.- Corrimiento de frecuencia

Estos cambios son del valor de $\pm\Delta\omega/2$. El corrimiento o desplazamiento de frecuencia $\Delta\omega/2$ es proporcional a la amplitud y polaridad de la señal binaria. Por ejemplo, un uno binario podría ser +1 volt y un cero binario -1 volt respectivamente (Señal Polar No Regreso a Cero NRZ) produciendo un corrimiento o cambio de frecuencia de $+\Delta\omega/2$ y $-\Delta\omega/2$ respectivamente. En suma, la velocidad a la cual la portadora cambia su frecuencia es igual a la velocidad de cambio de la señal de entrada binaria $V_m(t)$. De esta forma la frecuencia de salida de portadora se desvía entre $\omega_c + \frac{\Delta\omega}{2}$ y $\omega_c - \frac{\Delta\omega}{2}$ a una velocidad igual a la fm . La forma de onda característica de la señal FSK se muestra en la figura 2.1.

El más simple sistema FSK es uno con una señal moduladora rectangular la cual tendrá una señal con dos simples ecuaciones como se muestra en la ecuación 2.11, donde A es el valor de la señal portadora, ω_m es la frecuencia de la señal para una marca y ω_s es para un espacio. Una

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

representación alternativa de la onda FSK consiste en hacer $\omega_m = \omega_p + \Delta\omega$ y $\omega_s = \omega_p - \Delta\omega$.

$$\varphi_{FSK} = \begin{cases} A \cos \omega_m t \\ A \cos \omega_s t \end{cases} \quad 2.11$$

Esto es que la señal portadora se verá disminuida en $-\Delta\omega$ y aumentada su frecuencia en $+\Delta\omega$, de aquí entonces se tiene la ecuación 2.12.

$$\varphi_{FSK} = A \cos(\omega_p \pm \Delta\omega)t \quad 2.12$$

El espectro en frecuencias de la señal FSK se puede observar en la figura 2.2, en el se tiene que el espectro resultante de la señal es igual a la suma de los dos espectros de las ondas ω_1 y ω_2 . Como se observa, el ancho de banda depende de Δf . Si $\Delta f \gg B$ el ancho de Banda tiende a $2\Delta f$. De esta forma se tendrá una gran separación entre tonos del sistema FSK.

En este caso el ancho de banda es virtualmente independiente al ancho de banda de la señal banda base (B). Por otro lado, si $\Delta f \ll B$ el ancho de banda tiende a $2B$, estando en este caso, el ancho de banda depende del ancho de banda de la señal banda base.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

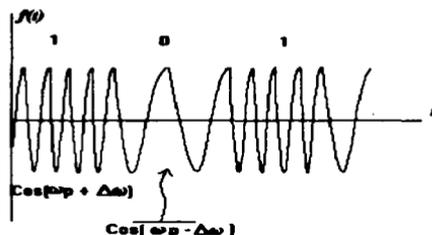


Figura 2.1 Señal FSK.

Con FSK binario la frecuencia central de la portadora es desviada por los datos binarios de entrada. Consecuentemente, la salida de un modulador binario FSK es una función escalar en el dominio del tiempo. Como la señal de entrada binaria cambia de un Cero lógico a un Uno lógico, y viceversa, la salida FSK conmuta entre dos frecuencias, una marca y un espacio.

Existe entonces un cambio en la salida de la frecuencia cada vez que la condición lógica de la señal de entrada binaria cambia. Por lo tanto, la velocidad de cambio a la salida es igual a la velocidad de cambio de la entrada..

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

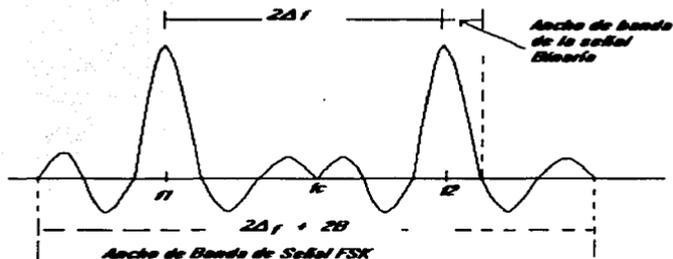


Figura 2.2 Espectro en Frecuencias de la señal FSK.

En modulación FSK, la velocidad de cambio a entrada de el modulador es llamada *bit rate* y sus unidades son el bit por segundo (bps). La velocidad de cambio a la salida del modulador es llamada *Baud* o *Baud rate* y es igual al recíproco del tiempo de señalización de un elemento de salida. En esencia, el baud es la velocidad de los símbolos por segundo.

2.2.2.1 Recepción FSK

El circuito más común empleado para la recepción o demodulación de señales FSK (véase figura 2.3) es un circuito denominado de Fase Cerrada (Phase Locked Loop) PLL, este demodulador trabaja en forma parecida a un demodulador de Fase cerrada para FM. Como la salida del PLL se mueve entre la marca y el espacio de frecuencia, el error de voltaje de directa a la salida del comparador de fase sigue al movimiento de frecuencia, porque hay solamente dos entradas de frecuencia (marca y espacio), hay también solamente dos salidas de error de voltaje, uno representa a un uno lógico y el otro a un cero lógico.

TEST CON
FALLA DE ORIGEN

Por lo tanto, la salida son dos niveles binarios. Generalmente, la frecuencia natural del PLL se hace igual a la frecuencia central del modulador FSK

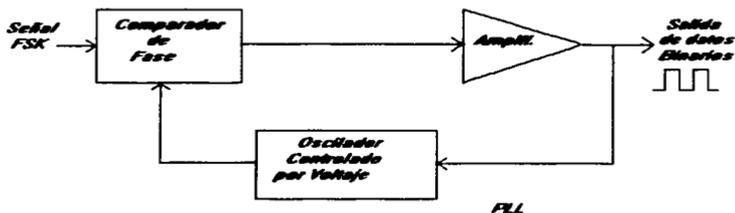


Figura 2.3 Demodulador FSK empleando un PLL

2.2.3 Modulación por corrimiento de fase (PSK)

Otra de las formas de Modulación Digital es la Modulación por Corrimiento de Fase, este tipo de modulación conmuta la fase de la portadora en función de la secuencia binaria $b(t)$. Existen cuatro formas o variantes dentro de la modulación PSK, estas cuatro formas son:

1. Modulación por dos fases PSK, también llamado BPSK (Binary Phase Shift Keying).
2. Modulación por cuatro fases PSK, QPSK (Quaternary Phase Shift Keying)
3. Modulación por 8 fases PSK, 8 - PSK
4. Modulación por 16 fases PSK, 16 - PSK

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las 4 formas anteriores son empleadas para los sistemas de comunicación de datos es decir en los módems de comunicación, en su mayoría síncronos.

2.2.3.1 Modulación BPSK

En la modulación BPSK es la fase de la portadora la que se conmuta entre 0 y π radianes, o se puede considerar que lo que varía es en este caso la polaridad de la portadora de acuerdo con la información binaria que se desee modular.

Cuando se conmuta la fase de la portadora entre 0 y π radianes en el sistema PSK, este es conocido como señales PSK M-arias, para el caso M es dos ($M = 2$) serían dos fases, Bifase o binaria, entonces resulta el sistema binario PSK o BPSK, y la señal modulada tiene 2 estados $m_1(t)$ y $m_2(t)$ los cuales están dados por la ecuación 2.13.

$$\begin{aligned}m_1(t) &= A \cos \omega_p t \\m_2(t) &= -A \cos \omega_p t\end{aligned}\tag{2.13}$$

Estas señales pueden ser generadas por un sistema mostrado en la figura 2.4.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

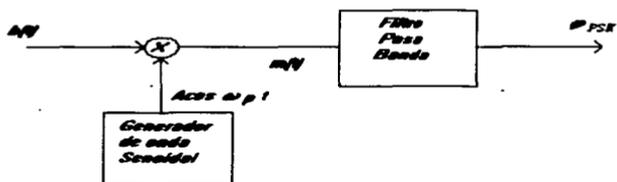


Figura 2.4 Modulador de Señales BPSK.

De esta figura $b(t)$ representa a la señal binaria con niveles +1 y -1 los cuales al ser modulados implicaran un cambio de fase de la portadora de 0° y 180° , estos cambios de fase están representados en la figura 2.5.

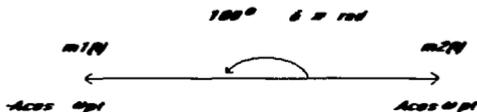


Figura 2.5 Desfasamiento de la portadora de una señal BPSK.

Así entonces la información es contenida en los cambios de fase de la portadora., Dé esta manera la ecuación general de una señal BPSK puede expresarse en términos de desfasamiento de la misma, como se expresa en la ecuación 2.14.

$$m(t) = A \cos(\omega_p t + \varphi(t)) \tag{2.14}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En donde $\varphi(t)$ es 0° ó 180° , La forma de onda característica se muestra en la figura 2.6.

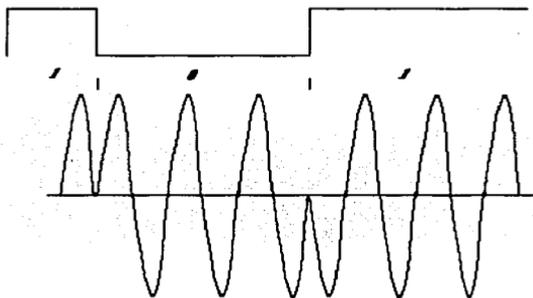


Figura 2.6 Forma de Onda de un modulador BPSK

En la figura los cambios de la fase de la portadora son: de 180° a 0° para la transición de 1 a 0 binario y de 0° a 180° para la transición de 0 a 1 binario.

2.2.3.2 Detección de señales BPSK

Nótese que en la figura 2.6 la portadora cambia en función de un múltiplo entero del periodo de duración del bit de la señal moduladora, esto hace que la detección sea más fácil pues considerando un sistema de recuperación de portadora (CR) empleando detección síncrona, se podrá insertar la señal senoidal de frecuencia y fase exacta a la portadora transmitida.

En la figura 2.7 se muestra un diagrama a bloques de un receptor BPSK. La señal de entrada puede ser las ya antes mencionadas (véase la ecuación 2.13), el circuito de recuperación de portadora coherente detecta y regenera la señal portadora, esta es igual en fase y en frecuencia a la portadora original. El modulador balanceado es un detector de productos, la salida es el producto de dos señales de entrada (la señal BPSK y la portadora recuperada). El filtro paso bajas separa los datos binarios recuperados de la señal demodulada compuesta.

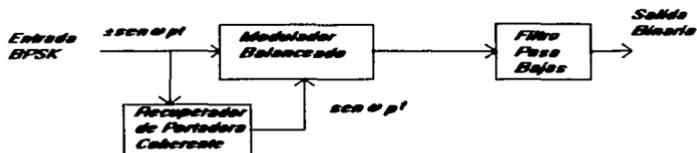


Figura 2.7 Demodulador de señales BPSK.

El proceso matemático de demodulación es como sigue.

Para un uno lógico (señal $\text{sen } \omega_c t$) la salida del demodulador balanceado es:

$$\text{Salida} = (\text{sen } \omega_p t)(\text{sen } \omega_p t) = \text{Sen}^2 \omega_p t$$

$$\text{Sen}^2 \omega_p t = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}(\cos 2\omega_p t)$$

Y como el filtro pasa bajas remueve las componentes de alta frecuencia, el resultado a la salida del demodulador es $\frac{1}{2}V$ que es un uno lógico. Para la señal $-\text{sen } \omega_c t$ (cero lógico), y haciendo un análisis de semejante al

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

anterior, resulta $-1/2V$ a la salida del demodulador, lo cual implica un cero lógico a la salida.

En algunos casos se recupera la señal $\text{sen } \omega_p t$, en otros casos existe un error de la fase de la portadora y se recupera $\text{sen } (\omega_p t + 180^\circ)$, de esta forma existe un firme error de 180° en la fase de la portadora recuperada, este error invierte la corriente de los datos demodulados y causa un error del 100 %, afortunadamente, la inserción de un simple codificador diferencial dentro del receptor evita errores que pueden ser introducidos por esta ambigüedad de fase.

El sistema que puede evitar esos errores es denominado PSK diferencial (DBPSK), el cual es una modificación al sistema BPSK original, este es el encargado de proveer la sincronía con la portadora en el receptor para demodular la señal, ó de otra manera, evita los problemas de sincronía en el receptor.

El sincronismo de fase es muy difícil de obtener, particularmente si la transmisión se realiza a grandes distancias. esto significa que un reloj del receptor que proporcione el sincronismo deberá encadenarse o amarrarse al reloj del transmisor dentro de una fracción de un ciclo de la portadora, sin importar lo que ello cueste.

Existen varios métodos para obtener la sincronía requerida de la información, de los cuales los más importantes se pueden mencionar:

- 1.- Puede transmitirse una portadora piloto superpuesta a la hilera binaria de señales de alta frecuencia, la cual puede extraerse en el receptor y utilizarse para sincronizar el oscilador local del receptor.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.-El lazo de amarre de fase, encadenado a la hilera de datos o a un tono piloto, puede ser utilizado en el receptor para mantener en cero la diferencia de fase.

Ejemplo

Para un modulador de BPSK con una frecuencia de portadora de 70 MHz y una tasa de bit de entrada de 10 Mbps, determine las frecuencias laterales superiores e inferiores, máximas y mínimas, dibuje el espectro de salida, determine el mínimo ancho de banda de Nyquist, y calcule el baudio.

$$\text{Salida} = (\text{sen } \omega_{st}) (\text{sen } \omega_c t)$$

$$\text{Salida} = (\text{sen } 2\pi(5 \text{ MHz})t) (\text{sen } 2\pi(70 \text{ MHz})t)$$

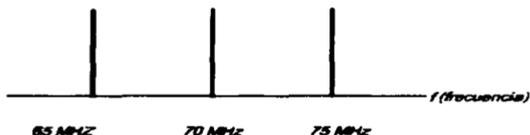
$$\text{Salida} = \frac{1}{2} \cos 2\pi(70 \text{ MHz} - 5 \text{ MHz})t - \frac{1}{2} \cos 2\pi(70 \text{ MHz} + 5 \text{ MHz})t$$

Frecuencia Banda Lateral Inferior

Frecuencia Banda Lateral Superior

Frecuencia lateral inferior mínima (LFS) LFS= 70MHz-5MHz= 65MHz
 Frecuencia lateral superior máxima USF=70MHz + 5MHz = 75MHz Por tanto,
 el espectro de salida para el peor caso de condiciones de entrada binaria es como sigue:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



El mínimo ancho de banda de Nyquist es:
 $75 \text{ MHz} - 65 \text{ MHz} = 10 \text{ MHz}$

El mínimo ancho de banda de Nyquist (f_N) es $f_N = 75 \text{ MHz} - 65 \text{ MHz} = 10 \text{ MHz}$ Y el baudío = f_b o 10 megabaudios.

2.2.3.2.1 Codificación en M-ario

M-ario es un termino derivado de la palabra binario. La M es solo un dígito que representa el numero de condiciones posibles. Las dos técnicas para modulación digital que se han analizado hasta ahora (FSK binario y BPSK), son sistemas binarios; solo hay dos condiciones posibles de salida. Una representa un 1 lógico y la otra 0 lógico; por tanto, son sistemas M-ario donde $M=2$. Con la modulación digital, con frecuencia es ventajoso codificar a un nivel mas alto que el binario. Por ejemplo, un sistema de PSK, con cuatro posibles fases de salida, es un sistema M-ario en donde $M=4$. Si hubiera ocho posibles:

$$N = \log_2 M$$

fases de salida, $M=8$, etcétera. Matemáticamente. En donde N = numero de bits M = numero de condiciones de salida posibles con N bits Por ejemplo, si se permite que entren 2 bits, en un modulador, antes que se permita cambiar la salida.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Una $M=4$ indica que, con dos bits, son posibles cuatro condiciones de salida diferentes.

2.2.3.2. Transmisión por desplazamiento de fase cuaternaria.

La transmisión por desplazamiento de fase cuaternaria (QPSK) o en cuadratura PSK, como a veces se le llama, es otra forma de modulación digital de modulación angular de amplitud constante. La QPSK es una técnica de codificación M-ario, en donde $M=4$ (de ahí el nombre de cuaternaria que significa 4). Con QPSK son posibles cuatro fases de salida, para una sola frecuencia de la portadora. Debido a que hay cuatro fases de salida diferentes, tiene que haber cuatro condiciones de entrada diferentes. Ya que la entrada digital a un modulador QPSK es una señal binaria (base 2), para producir cuatro condiciones diferentes de entrada, se necesita más de un solo bit de entrada. Con 2 bits, hay cuatro posibles condiciones: 00 01 10 11. En consecuencia, con QPSK, los datos de entrada binarios se cambian por grupos de 2 bits llamados dibits. Cada código dibit genera una de las cuatro fases de entrada posibles. Por tanto, para cada dibit de 2 bits introducidos al modulador, ocurre un solo cambio de salida. Así que la razón de cambio en la salida (razón de baudios), es la mitad de la razón de bit de entrada.

2.2.3.3. Modulación QPSK

Ahora para reducir el ancho de banda ocupado por estas señales, se ocupan señales multinivel, que consiste en la combinación de pulsos binarios para formar un pulso de mayor amplitud, lo que en consecuencia requerirá un menor ancho de banda.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Entonces los sistemas QPSK son usados en aplicaciones donde los sistemas BPSK son insuficientes para el ancho de banda disponible. La mayoría de las técnicas de modulación y demodulación empleadas en los sistemas BPSK también se aplican en QPSK.

QPSK es otra forma de modulación digital, de amplitud constante. QPSK es una técnica de codificación M - aría, donde $M = 4$ (de aquí el nombre de cuaternaria). Con QPSK son posibles cuatro fases de salida para una sola frecuencia portadora, ya que tenemos cuatro diferentes fases de salida, entonces deberá existir cuatro diferentes condiciones a la entrada, pero la señal binaria solo contiene dos, es decir que antes del proceso de modulación deberá existir un proceso de adecuación de la señal binaria.

Con dos bits tenemos cuatro posibles combinaciones :

- 1.- 00
- 2.- 01
- 3.- 10
- 4.- 11

Por lo tanto con QPSK la entrada de datos binarios son condiciones en grupos de dos bits llamados *dibits*. Cada bit codificado genera una de cuatro posibles fases de salida; por lo tanto, para cada 2 bits registrados en el modulador, un cambio único de salida, por esta situación la velocidad de salida del modulador es la mitad de la velocidad de entrada, los estados correspondientes de fase son mantenidos durante la señalización durante el intervalo T_s (Período de la señal binaria de banda base), Las cuatro señalizaciones son descritas en las ecuaciones 2.15, 2.16, 2.17, y 2.18.

$$1. \varphi_{11} = A \cos(\omega_p t + 45^\circ)$$

2.15

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$2. \varphi_{01} = A \cos(\omega_p t + 135^\circ) \quad 2.16$$

$$3. \varphi_{02} = A \cos(\omega_p t + 225^\circ) \quad 2.17$$

$$4. \varphi_{10} = A \cos(\omega_p t + 315^\circ) \quad 2.18$$

En estas ecuaciones los subíndices representan el estado correspondiente y la fase de la portadora respectiva. En la figura 2.8 se muestra la representación de las cuatro fases correspondientes a estas ecuaciones. esta gráfica es denominada *Constelaciones de señales QPSK.* El eje Horizontal es llamado *Eje en Fase* y el eje Vertical es llamado *Eje en Cuadratura*.

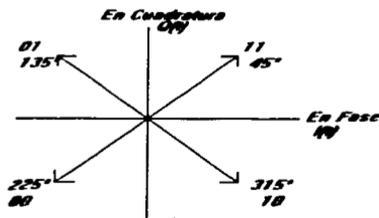


Figura 2.8 Representación gráfica de las cuatro fases PSK

Esta representación gráfica de las señales QPSK, también se pueden graficar de tal forma que no exista desfase con respecto al eje en fase ($I(t)$) Estas cuatro señales tendrán un desfase entre ellas de los mismos 90° , esto da como resultado cuatro nuevas ecuaciones, las cuales se agrupan en la ecuación 2.19.

Un diagrama a bloques de un modulador de señales QPSK es mostrado en la figura 2.9.

$$\begin{aligned}\varphi_{11} &= A \cos(\omega_p t + 0^\circ) \\ \varphi_{01} &= A \cos(\omega_p t + 90^\circ) \\ \varphi_{00} &= A \cos(\omega_p t + 180^\circ) \\ \varphi_{10} &= A \cos(\omega_p t + 270^\circ)\end{aligned}$$

2.19

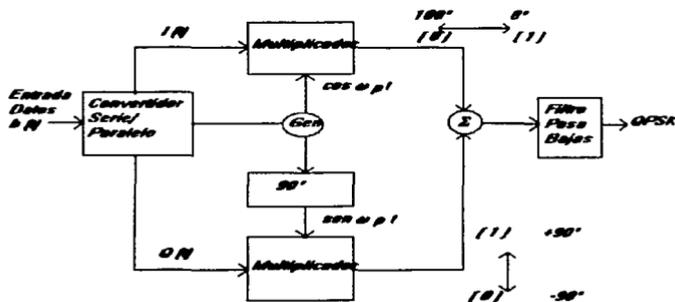


Figura 2.9 Modulador de Señales QPSK

La corriente de datos es convertida en dos corrientes a través de un convertidor Serie/Paralelo.

Una corriente está en fase, $I(t)$, y la otra está en cuadratura, $Q(t)$, con un periodo binario igual a la mitad que el periodo de entrada al sistema. La

relación entre la entrada de datos y las corrientes $I(t)$ y $Q(t)$ se muestran en la figura 2.10.

Ambas $I(t)$ y $Q(t)$ se aplican separadamente a los multiplicadores (Mezcladores Balanceados), la primera entrada a el multiplicador $I(t)$ es la señal portadora $\cos \omega_p t$, y la segunda entrada a el multiplicador $Q(t)$, que es la señal portadora misma pero corrida en fase 90° ($\sin \omega_p t$), a la salida de los multiplicadores se obtienen dos señales BPSK.

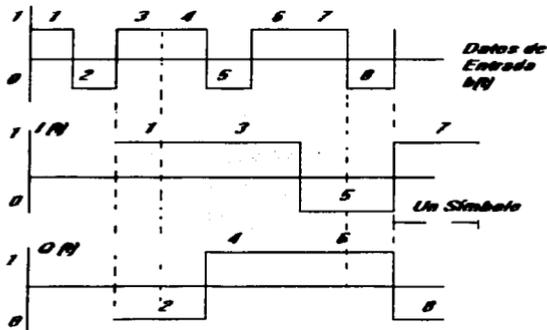


Figura 2.10 Conversión de la señal de entrada $b(t)$ en dos corrientes, $I(t)$ y $Q(t)$

De la figura 2.10 el multiplicador $I(t)$ a su salida tiene una fase de 0° ó 180° relativos a la portadora, y el $Q(t)$ tiene una fase de 90° ó 270° . La salida de ambos multiplicadores son entonces sumados para dar una sola señal de cuatro fases. De este modo la señal QPSK puede ser considerado como

dos sistemas BPSK operando en cuadratura. En esta figura también se observa que el periodo de un símbolo es la mitad del periodo de la señal original binaria $b(t)$, esto significa que la nueva señal QPSK ocupa un ancho de banda correspondiente a la mitad de la señal Banda Base.

2.3 PCM

En el servicio de comunicación de datos también puede incluirse voz en este mismo sistema y se hace necesario realizar la conversión Analógico/Digital de esta misma para su transmisión como si esta fuera una serie de datos a transmitir, es este el caso en el que se tratan las técnicas de conversión analógico digital. El sistema resultante es conocido como un sistema PCM y para dicha conversión la señal de voz pasa por diversas etapas que se desarrollan en los siguientes párrafos.

2.3.1 Muestreo y retención

El primer paso a la digitalización de una señal analógica consiste en establecer valores discretos en el tiempo, durante los cuales la señal de entrada es *muestreada*, la definición de muestreo puede ser :

"Tomar valores de la señal analógica a intervalos regulares de tiempo", en este proceso es utilizado un tren de impulsos periódico (realmente es utilizado una señal tren de pulsos en cuya duración es lo mas pequeña posible), el periodo de este tren de impulsos depende de la frecuencia de muestreo de Nyquist (la frecuencia de muestreo de una señal analógica es cuando menos el doble de el ancho de banda de la señal,

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

matemáticamente se expresa como $f_c \geq 2AB$. Las unidades son Hz o también Muestras/seg).

El proceso de muestreo también resulta ser la multiplicación de un tren de pulsos con una señal analógica, esto trae como consecuencia el desplazamiento de los espectros en frecuencia (convolución)

Para que una señal pueda ser muestreada, esta tendrá que ser pasada a través de un filtro pasa bajas el cual limitará el valor de las frecuencias de la señal analógica, por esta razón se denomina *Señal limitada en Banda*, esto es con el fin de que la señal sea limitada dentro de un rango de frecuencias y al ser muestreada no se traslapen en el espectro en frecuencia y la señal sea posible su recuperación.

En la figura 2.11 se muestra el proceso de muestreo, en este es empleada una señal tren de pulsos periódico, el cual tiene una frecuencia de período que es mayor que el especificado por Nyquist, en a) se tiene a la señal original, en b) se tiene a la señal muestreada.

El proceso de retención es retener el valor de la muestra a un valor continuo, a menudo las señales analógicas contienen valores de voltaje ascendente, descendente ó continuo, esta señal después de ser muestreada, los valores quedan dentro de la muestra del tren de pulsos, para facilitar el siguiente paso, que es el proceso denominado Cuantización ó Cuantificación, si este valor se conservara así como se encontrase en la muestra, entonces implicaría un error en la asignación de el valor cuantificado. por esta razón el valor muestreado deberá de mantenerse retenido dentro de la muestra misma, con esto resulta minimizado el error que se tendría al cuantificar. En la figura 2.11 se tiene en b) a la señal muestreada y retenida.

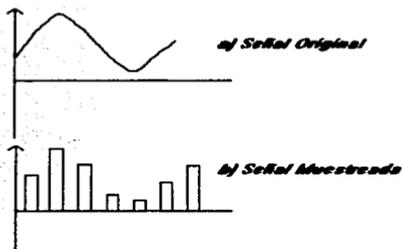


Figura 2.11 Proceso de Muestreo

2.3.2 Cuantificación.

La Cuantificación es el proceso en el que se asignan los valores a las muestras de la señal, esta asignación es al valor discreto predominante cercano, esto es, cada valor muestra se compara con una escala de valores previamente determinados (estos son llamados Niveles de Cuantización), y se les asigna el valor más próximo al intervalo en que la muestra este situada.

El proceso de Cuantificación tiene como resultado inevitable una pérdida de información, puesto que es imposible reconstruir la señal analógica original a partir de su versión cuantificada (véase la figura 2.12). En algunos casos la señal muestreada queda por debajo de la señal cuantizada, pero también en otros casos se encuentra arriba de la misma.

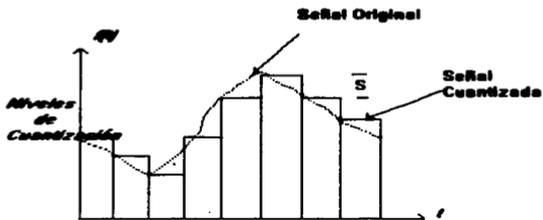


Figura 2.12 Una señal cuantizada.

Estos errores que se producen por las diferencias entre la señal cuantizada y la señal original, son inevitables, esta diferencia entre las dos señales es llamado *Ruido de Cuantización*, este ruido de cuantización tiene un valor de aproximadamente un nivel, cuando es utilizado la cuantización lineal, en este tipo de cuantización tiene una curva de transferencia como se muestra en la figura 2.13.

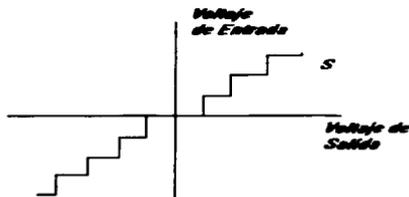


Figura 2.13 Cuantizador Lineal

En ella se observa que la relación entrada/salida es lineal, esto es que el tamaño del paso es igual a la altura del escalón (S) es simétrico, estos escalones tienen el tamaño de un nivel de cuantización y son quienes determinan el valor del ruido de cuantización.

2.3.3 Codificación.

Las muestras cuantizadas de la señal se codifican en grupos de dígitos o pulsos binarios (bits) de amplitud fija. El código binario es justamente un caso especial de la codificación en los sistemas PCM.

En general cualquier muestra cuantizada de una señal puede codificarse por medio de un grupo de m pulsos, cada uno de los cuales tiene n posibles niveles de amplitud, estos m pulsos deben ser transmitidos en el mismo intervalo de tiempo. Como la información transportada por estos m pulsos equivale a la que llevan los M niveles, entonces el número posible de combinaciones de amplitudes de estos m pulsos debe ser igual a M , esta relación se representa en la ecuación 2.20.

$$M = n^m \quad 2.20$$

donde

m .- Numero de bits

n .- niveles posibles de Amplitud

En el código binario $n = 2$ porque solo existen 2 niveles, por lo tanto resulta la ecuación 2.21.

$$M = 2^m \quad 2.21$$



En datos experimentales se ha demostrado que son suficientes ocho bits para que las señales de voz sean entendibles. Con ocho bits por cada muestra se tendrán 256 niveles de cuantización disponibles para la señal analógica muestreada, esta relación de la ecuación 2.21, demuestra que el *Ruido de Cuantización*, que, anteriormente se mencionó que tenía un valor de un nivel de cuantización, entonces se tendrá un valor de *Ruido* muy pequeño, si se reduce este número de niveles, también se reduce el número de bits empleados por muestra, esto acarrea que el ruido de cuantización crece a medida que el número de bits disminuye.

Un sistema PCM completo se muestra en la figura 2.14, este sistema involucra los temas antes mencionados, estos a su vez se encuentran interrelacionados entre sí, entonces la señal de salida contendrá los elementos variantes de cada uno de ellos.

Estas variantes son:

Para el Muestreo: *Muestras/segundo*

Para la Codificación *Bits/muestra*

El sistema resultante PCM estará dado por la ecuación 2.22, la salida estará expresada en términos de velocidad.

$$\frac{\text{Muestras}}{\text{segundo}} \times \frac{\text{bits}}{\text{Muestra}} = \frac{\text{bits}}{\text{segundo}} \quad 2.22$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

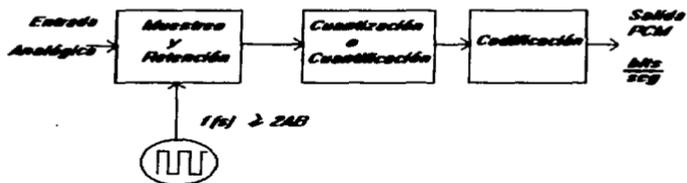


Figura 2.14 Un sistema PCM

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA MODULADOR Y DEMODULADOR DIGITAL

INTRODUCCIÓN

Para el diseño de nuestro sistema es necesario conocer cierto tipo de reglas que rigen a nuestro Modulador / Demodulador, estas se basan en las normas proporcionadas por el CCITT para los sistemas de comunicación de datos, en nuestro caso emplearemos uno de los puertos de las computadoras para el Intercambio de Información.

3.1 Protocolos de Comunicación.

El intercambio de información entre los componentes de un sistema se denomina comunicación. La forma en que se realiza la comunicación depende de múltiples factores pero, en cualquier caso, es indispensable establecer ser claramente las reglas que han de seguirse en el intercambio de información. Se denomina protocolo de comunicación al conjunto de reglas que siguen la comunicación entre dos elementos de un sistema. La materialización en hardware o software de estas reglas recibe así mismo la denominación de protocolo. Luego entonces un protocolo de comunicación consiste de un conjunto de características físicas y lógicas además de procedimientos definidos que permiten comunicar un sistema.

Originalmente los protocolos se diseñaban como un proceso que controlaba todas las operaciones de una red destinadas a la

comunicación. El incremento en el número de redes y la diversificación de servicios que deben suministrar exige la creación de normas para la conformación de protocolos. De este aspecto se han encargado fundamentalmente la "International Telecommunication Union" (ITU), la "International Organization For Standardization" (ISO), el "American National Standards Institute" (ANSI) y la "International Federation For Information Processing" (IFIP) en un intento de crear normas de aceptación internacional.

El criterio adoptado por estos organismos concuerda con una concepción de los protocolos como estructuras multinivel jerarquizadas. En ella, cada nivel crea un canal virtual que ofrece posibilidades de comunicación de características determinadas entre entidades concretas. Para un nivel determinado los niveles inferiores son transparentes, es decir, éstos le ofrecen un conjunto de funciones de comunicación que utiliza sin tener que tomar en cuenta la forma en que aquella se realiza. La delimitación exacta de los niveles y la determinación de qué entidad debe realizarlos depende del tipo de sistema distribuido.

La figura 3.1 muestra la división en niveles. Entre las ventajas que conforman esta visión jerarquizada se cuentan: la mayor sencillez en la concepción de los mecanismos de comunicación al separar las distintas funciones, la distribución entre los distintos elementos de las tareas de la comunicación y la mayor facilidad para realizar modificaciones, puesto que, teóricamente al menos, la modificación de un nivel no debe influir en otros.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

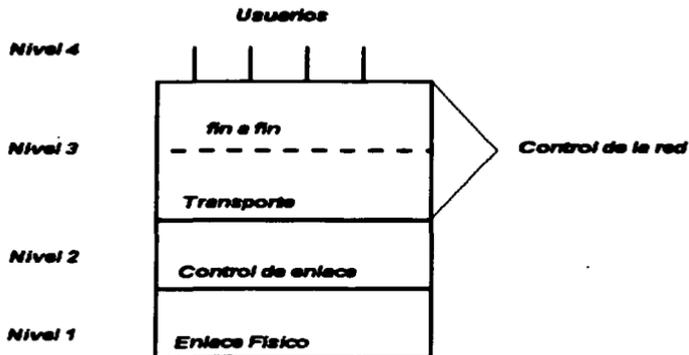


Figura 3.1 División de niveles.

Los protocolos de nivel 1 especifican las características físicas y eléctricas, así como los procedimientos empleados en el control del canal físico. Sobre este nivel se construyen los protocolos de enlace físico entre entidades origen, creando un canal virtual prácticamente libre de errores de comunicación.

El nivel 3 lo constituyen los protocolos destinados a gobernar el flujo de información entre las entidades origen y destino de la comunicación. Se distinguen en ocasiones dos subniveles de este nivel: el de transporte y el subnivel fin a fin, también denominado en algunas estructuras "host a host". El subnivel de transporte es el encargado de la transferencia de mensajes entre los nodos origen y destino de la red de comunicación. En algunos sistemas este subnivel provee funciones de corrección de errores y

control de flujo mientras que en otros es simplemente un mecanismo que transfiere información, dejando ese tipo de funciones al nivel superior. El subnivel fin a fin es el responsable de controlar la transferencia de información entre los usuarios conectados a los nodos origen y destino de la red de comunicaciones. Para ello utiliza el canal virtual que le ofrece el subnivel de transporte. Por último, los protocolos empleados por programas, terminales, usuarios, etc., con el fin de beneficiarse de los servicios de la red de comunicaciones, se denominan protocolos para compartir recursos y constituyen el cuarto nivel y superiores. La delimitación exacta de estos niveles dependerá en gran parte del sistema de que se trate.

El **ISO** (International Standards Organization) propone una organización de redes formadas por los siguientes niveles:

- a) Nivel Físico.- Es un conjunto de reglas respecto al hardware que se emplea para transmitir datos. Entre los aspectos que se cubren en este nivel están los voltajes utilizados, la sincronización de la transmisión y las reglas para establecer la conexión inicial de la comunicación. En este nivel se establece la forma de comunicación, los conectores y las interfaces para el establecimiento de la comunicación.

- b) Nivel de Enlace.- Este nivel inserta banderas para indicar el inicio y final de los bloques de información. Estos estándares del nivel desempeñan dos funciones importantes: Aseguran que los datos no se reciban de manera incorrecta con banderas, además de buscar errores en la información.

- c) Nivel de Red.- Tiene como función el encaminamiento de paquetes de datos que transitarán al interior del sistema. En el extremo superior el nivel de red vuelve a empaquetar los mensajes del nivel de transporte en paquetes de datos, de manera que los dos niveles inferiores puedan transmitirlos. En el extremo receptor el nivel de red vuelve a ensamblar el mensaje.
- d) Nivel de Transporte.- Su función es el control de transporte de información de extremo a extremo de la red, asegurando que los mensajes emitidos lleguen correctamente a su destino.
- e) Nivel de Sesión.- Podemos decir que el nivel de sesión verifica la contraseña escrita por un usuario y permite que el usuario conmute de transmisión semidúplex a dúplex íntegra. Controla la transferencia de datos e incluso maneja la recuperación de una caída del sistema. Puede monitorear el uso del sistema y registrar el tiempo de uso de los usuarios. Controla la comunicación entre las diferentes tareas distantes.
- f) Nivel de Presentación.- Se ocupa de la seguridad de la red, de la transferencia de archivos y de las funciones de formato. A nivel de bits, ese nivel es capaz de codificar datos de formatos diferentes, incluyendo ASCII y EBCDIC. Se responsabiliza de la presentación de los datos cambiados por las aplicaciones, esto para tener una compatibilidad entre las máquinas conectadas a la red.
- g) Nivel de Usuario.- Es el nivel con el que el usuario tiene contacto presentándole al sistema en forma transparente.
- La transferencia de información entre dos sistemas digitales (PC's), se realiza generalmente carácter a carácter utilizando códigos binarios

(ASCII, EBCDIC, BAUDOT,...). Otras veces la información que se transmite no corresponde a ninguna codificación de carácter si no que es puramente binaria, por ejemplo cuando se efectúan cargas de programas objeto sobre la memoria de una PC.

De una forma o de otra la información se transmite en unidades de información denominadas palabras, que suelen ser de 5 a 8 bits. Existen dos formas de realizar la transmisión de estas palabras:

Método Paralelo: Transmitiendo simultáneamente, por líneas separadas, todos los bits de la palabra, junto con una señal de reloj que indica el momento en que está presente una palabra de información en la línea de datos. Figura 3.2.

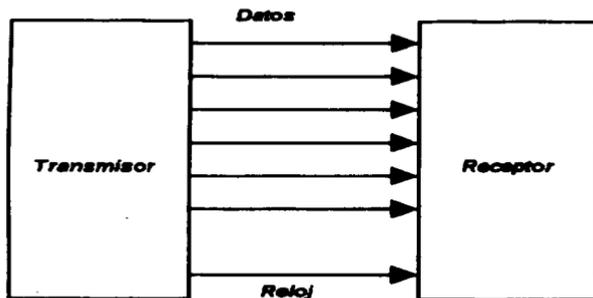


Figura 3.2 Transmisión en paralelo

Método Serie: Transmitiendo en forma secuencial en el tiempo todos los bits de la palabra, uno tras otro, por una sola línea de datos, como se ve en la figura siguiente, pudiendo existir una línea adicional de reloj que marca los tiempos del bit. Figura 3.3.

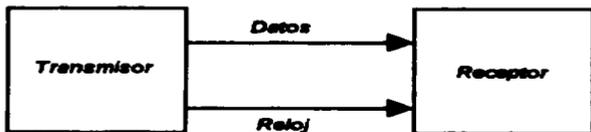


Figura 3.3 Transmisión serie

El método paralelo es utilizado para transmisiones a alta velocidad entre dos sistemas; no obstante cuando la distancia entre estos aumenta, el costo de la línea y el de los amplificadores de transmisión y recepción puede llegar a crecer de tal forma que, desde el punto de vista económico, sea preferible usar un sistema serie de comunicaciones.

3.2 Sistemas de Comunicación Serial

La comunicación entre este tipo de sistemas se hace utilizando líneas o canales de transmisión, que pueden ser: Simples, Semidúplex (half-dúplex), Dúplex (full-dúplex). Estos ya se mencionaron en la figura 1.1.

La codificación de las señales en estos sistemas se hace mediante uno de los siguientes métodos: síncronos y asíncronos. Los síncronos operan a

velocidades de transmisión mucho mayores que los asíncronos teniendo además la capacidad de búsqueda y conexión de errores requiriendo de terminales especializadas para su empleo; en los métodos sincronicos su velocidad de transmisión es limitada ya que si operan a una velocidad superior a la establecida generaran errores durante la transmisión y debido a que su capacidad de búsqueda de errores es baja.

Debido al tipo de canal utilizado en nuestro sistema de comunicación se utilizará la transmisión semidúplex por el método asíncrono, por lo que se explicará más detalladamente este método.

3.2.1 Método Asíncrono

En el método asíncrono la transmisión se controla por bits de inicio y de final que enmarcan cada carácter transmitido (véase la figura 3.4), son los denominados bits de inicio y de paro, y son utilizados por el terminal receptor para sincronizar su reloj con el del transmisor.

La transmisión asíncrona se basa en las siguientes reglas:

- 1.- Cuando no se envían datos por la línea esta se mantiene en estado uno (+5V).
- 2.- Cuando se desea transmitir un carácter se envía primero un bit de inicio, que pone la línea a cero (0V) durante el tiempo de un bit.

A continuación se envían todos los bits del carácter a transmitir con los intervalos que marca el reloj de transmisión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

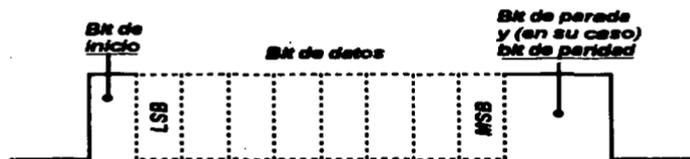


Figura 3.4 Sistema de comunicación asíncrono.

Los datos codificados según estas reglas pueden ser detectados fácilmente por el receptor, para ello deben de seguirse los siguientes pasos:

- Esperar una transición de uno a cero en la señal recibida.
- Activar un reloj de frecuencia igual a la del transmisor.
- Muestrear la señal recibida al ritmo de este reloj para formar un carácter.
- Leer un bit más de la línea y comprobar si es uno para confirmar que no ha habido error de sincronización.

El bit de final tiene la misión de llevar la línea a estado uno para que el bit de inicio del próximo carácter provoque la transición de 1 a 0 que permita al receptor sincronizar el siguiente carácter.

El bit final sirve también para dar tiempo a que el sistema receptor acepte el carácter. De todas formas, actualmente se utilizan siempre registros buffer que almacenan el dato mientras el receptor está recibiendo el

siguiente, de forma que el procesador dispone del tiempo de todo un carácter para recogerlo.

El método asíncrono de transmisión presenta las siguientes ventajas:

- o Permite enviar caracteres a ritmos variables ya que cada uno de ellos lleva incorporada la información de sincronismo.
- o Existen circuitos integrados de bajo costo, las UART, que simplifican enormemente la realización de sistemas de entrada/salida en este formato.
- o Es un método de comunicaciones estándar entre PC's y terminales de pantalla, así como Impresoras lentas.

Entre sus inconvenientes se puede citar, como más importante, su ineficiencia, ya que cada carácter va acotado con dos bits de sincronización que no contienen información útil. Asumiendo caracteres de 8 bits, es necesario enviar por la línea 10 bits para enviar un carácter, es decir solo un 80% de la información transmitida es válida.

3.3 Hardware

Los sistemas de comunicación se encuentran en donde quiera que se transmita información de un punto a otro, en tanto que en los sistemas de comunicación se desea transmitir una secuencia arbitraria de símbolos, con el mínimo posible de errores.

Es por ello que el diseño de cualquier sistema de comunicación debe tomar en cuenta las posibles fuentes de errores y tratar de minimizar sus

efectos. Un sistema de comunicación completo generalmente incluye un transmisor, un medio de transmisión y un receptor, como se muestra en la figura 3.5.



Figura 3.5 Sistema de comunicación.

El propósito del transmisor es acoplar el mensaje al medio de transmisión (canal), esta transmisión de información está estrechamente relacionada con la modulación o la variación que sufre con el tiempo una señal senoidal especial llamada portadora.

El transmisor comprende una señal de información que será transmitida, que consiste en señales de audio, o datos de una computadora (esta señal es denominada señal moduladora). Entre las otras funciones que realiza el transmisor, además de la modulación, están la filtración, la amplificación y el acoplamiento de la señal ya modulada al canal.

El canal puede tener diferentes formas, ya sea que se trate de cables o alambres de comunicaciones telefónicas, este canal introduce distorsión, ruido, desvanecimientos y multitrayectorias a la señal de salida del transmisor.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

92

La función principal del receptor es demodular la señal recibida, es decir separar la modulación de la onda senoidal de alta frecuencia (portadora) que se ha introducido en el modulador del transmisor.

También la amplificación puede ser una de las primeras operaciones realizadas por el receptor, especialmente en las comunicaciones de radio, donde la señal puede ser extremadamente débil. Se desea a menudo que la salida del receptor represente una versión a escala posiblemente retardada, de la señal a la entrada del modulador.

El mensaje digital binario es el más usual en la transmisión de señales, cómo es el caso de las computadoras. El proceso de modulación es necesario para permitir que las señales sean efectivamente radiadas por ondas de radio o por cualquier otro medio, así como sirve para disminuir el ruido y la interferencia, para la asignación de canales, para la transmisión de varios canales por un solo canal (Multiplexaje) y para superar las limitaciones de equipo.

Por lo anterior, nuestra propuesta de un sistema de comunicación para una PC se muestra en el diagrama a bloques representado por la figura 3.6

En este diagrama se describe en forma general el sistema con el cual se llevará a cabo una transmisión dúplex inalámbrica (en ambos sentidos pero no al mismo tiempo), donde el circuito de control determinará el sentido y funcionamiento de la transmisión.

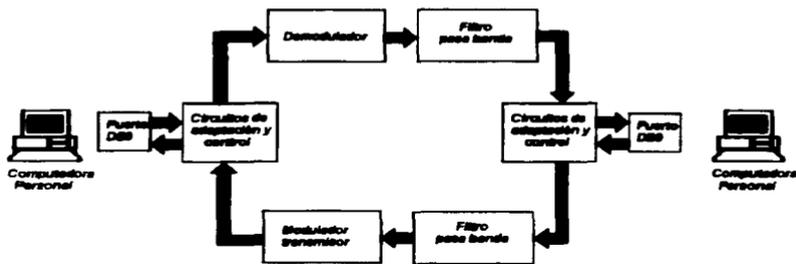


Figura 3.6 Propuesta de diseño del sistema de comunicación.

3.3.1 Puerto Serial DB9

Todas las computadoras tienen un puerto serial para comunicación asíncrona, con este puerto serial, se puede comunicar una PC con una impresora en serie, aun módem, u otro aparato que use una interfaz en serie.

El sistema de interfaz es un Host / [DTE] (Equipo de Terminal de Datos) con un conector tipo DB9. Como el que se muestra en la figura 1.4.

Por medio de este puerto se puede comunicar con otras computadoras compatibles por medio de un módem. La comunicación entre dos computadoras personales que están una cerca de la otra se puede hacer con un cable, sin utilizar un módem.

Estas conexiones en serie, de comunicación de computadora, requieren alambres separados para señales de ida y señales de regreso. Dos equipos no se pueden comunicar propiamente, a menos que las señales de ida, que corresponden a un cierto Pin del conector DB9 en un PC, se conecten a las señales de regreso, que corresponden a otro Pin del conector DB9, de la otra PC. Típicamente, los módems se configuran para operar como un Equipo de Comunicación de datos (DCE), mientras la computadora e impresora, es configurada como un terminal de datos (DTE).

El número de pines de un conector serie puede ser diferente. Este sistema puede usar un conector DB9, aunque también se puede usar un conector de 25 pines. Teniendo en cuenta que: normalmente los módems usan un conector de 25 pines y las PC's usan un conector DB9 la conexión de pines sería la tabla 3.1.

Conector DB25 DCE (Modem)		Conector DB9 DTE (PC's)
8	Carrier Detect	1
3	Received Data	2
2	Transmitted Data	3
20	Data Terminal Ready	4
7	Signal Ground	5
6	Data Set Ready	6
4	Request To Send	7
5	Clear To Send	8
22	Ring Indicator	9

Tabla 3.1 Equivalencia entre RS 232 y DB9.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

95

Es de notar que un puerto existen tres tipos de señales, las señales de datos, las señales de control de tiempo. Pero como ya se dijo será una transmisión asíncrona por lo que las señales de tiempo no se toman en cuenta.

3.3.1.1 Uso del puerto serie para la transmisión de datos.

Además de elegir un medio para la comunicación inalámbrica, se necesita una manera de trasladar los niveles lógicos de voltaje de una computadora a una forma que el medio pueda transportar. La interfaz se diseña por la transmisión en paralelo o serie de datos, siendo esta última la mas común. La transmisión serie solo requiere un circuito de transmisión y así, es mucho más económica para la transmisión de datos entre computadoras. Notándose que la velocidad de bauds que se necesita para la transmisión serie es mucho más alta que para la interfaz de transmisión paralela equivalente.

Generalmente al inicializarse la computadora los puertos quedan programados a una velocidad predeterminada. Es posible cambiar la velocidad de transmisión a cualquiera de las relaciones estándares existentes.

La manera más usual de programar el protocolo de comunicación desde el sistema operativo es mediante el comando "mode", el cual programa el modo de operación del dispositivo especificado, en este caso el puerto serial. Los parámetros y el formato para programar el puerto serial son:

El puerto serial a programar:

- COM1
- COM2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- COM3
- COM4

La velocidad de transmisión en bauds:

- 9600
- 4800
- 2400
- 1200
- 600
- 300
- 150
- 110

La paridad:

- 0 no paridad
- 0 paridad non
- 1 paridad par

Número de bits para los datos:

- 8 bits
- 7 bits

Número de bits de parada:

- 2 bits
- 1 bit

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

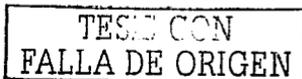
Estas y algunas otras especificaciones se utilizan en los programas que se encargan de transmitir o recibir datos a través del puerto serie.

3.3.1.2 Sincronización

Un componente importante de cualquier sistema de comunicación de datos a través de computadoras es el dispositivo de reloj (o de ritmo). La transmisión exitosa de datos depende, no solo de la codificación precisa, sino también de la habilidad del receptor para decodificar correctamente la señal. El receptor comúnmente mide (muestra) la línea de comunicación a una velocidad mucho más rápida que la de los datos de entrada, asegurando así una respuesta rápida a cualquier cambio en el estado de la señal.

El muestreo mucho más rápido asegura la detección rápida del comienzo de cada transición de "0" a "1" o de "1" a "0". Las variaciones den la duración de cada bit surgen debido a que las señales están propensas a sufrir desviaciones de tiempo durante la transmisión que puede ser o no las mismas para todos los bits que conforman a todo el mensaje. Estas variaciones comúnmente se conocen como "bailoteo" que pueden provocar la descodificación incorrecta de la señal de entrada cuando la velocidad de muestreo del receptor es muy baja. Para evitar la acumulación de errores en un periodo de tiempo, se emplea una velocidad de muestreo mayor que la velocidad nominal de transferencia de datos, también se lleva a cabo la sincronización periódica de los equipos extremos de transmisión y recepción.

El propósito de la sincronización es eliminar todos los efectos de corto, mediano y largo termino. En termino muy corto, la sincronización entre



transmisores y receptores se efectúa los niveles de bits, mediante la sincronización de bit, que mantiene a los relojes transmisor y receptor en compás, para que los bits comiencen y terminen en los momentos esperados.

Esto se espera lograr con la implementación de los programas de recepción y de transmisión de datos que se han diseñado, además de tratar de tener componentes lo más exacto posible que se necesiten en cada uno de los circuitos que se tendrán que implementar.

Los circuitos empleados para la realización de este proyectos son integrados comunes para estos casos como es el XR-2206 y el XR-2211, Modulador demodulador, respectivamente.

3.3.1.3 Asignación de Pines.

En la tabla 3.2 se muestra la descripción de los pines de un puerto serial (DB9):

3.3.1.4 Circuito Adaptador.

Este circuito lleva a cabo la función de convertir o adaptar las señales provenientes del conector DB9, en rangos de +12 y -12 Volts, hacia las demás etapas con voltajes de 0 a +5 Volts y viceversa, esto se lleva a cabo por medio de un receptor de línea (MC 1489) y el controlador de línea (MC 1488).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PIN	SEÑAL	DESCRIPCIÓN
1	Carrier Detect (CD) Detecta Portadora	Cuando esta bajo, indica al módem o al detector de datos que hay una portadora
2	Receive Data (RxD) Recibe Datos	
3	Transmit Data (TxD) Transmite Datos	
4	Data Terminal Ready (DTR) Terminal de Datos Lista	Cuando esta activo, informa al módem o (DTE) que esta listo para comunicarse.
5	Signal Ground	
6	Data Set Ready (DSR) Datos Listos	Cuando esta abajo, indica al módem que esta listo para establecer la comunicación.
7	Request To Send (RTS) Petición para mandar datos	Cuando esta activo, informa al módem que esta listo para mandar datos.
8	Clear To Send (CTS) Aprobación para mandar datos	El módem esta listo para transmitir, siendo esta señal la contestación del RTS.
9	Ring Indicator (RI) Tono Indicador	Cuando esta bajo, indica que el módem esta recibiendo un llamado en el canal de comunicación.

Tabla 3.2 Descripción de los pines del DB9

Receptor de línea MC1489.- Este es un chip que hace compatibles los voltajes de la computadora (+12, -12) y los niveles TTL para las líneas de transmisión y la señal RTS. Los 12 Volts positivos son tomados como cero a la salida del chip y los 12 Volts negativos son tomados como nivel alto de TTL (+5 Volts).

Controlador de línea MC1488.- Este chip es el sentido inverso del anterior, esto es, los niveles TTL los transfiere a los rangos +12 y -12; esto para las líneas de recepción y CTS al transferirlas al DB9.

En la figura 3.7 se muestra las conexiones para el sistema:

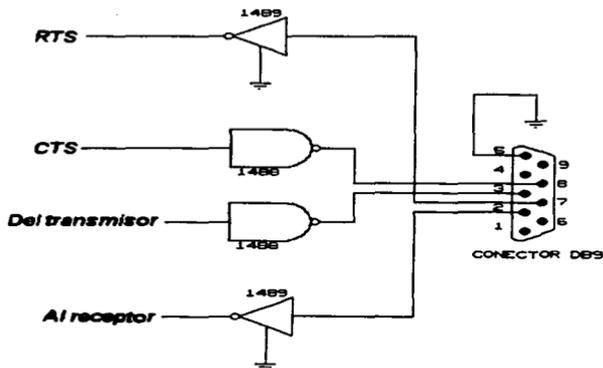


Figura 3.7 Circuito adaptador de interfase.

3.3.2 Demodulación de FM con el XR 2211.

En los circuitos de comunicación de datos la modulación FSK es parecida a FM pero con moduladora binaria, por esta razón primero comenzamos haciendo un análisis breve de un Demodulador de FM empleando un circuito que también es empleado como Demodulador FSK, este es el caso del circuito integrado XR2211 de EXAR Corporation.

El circuito más común empleado para la recepción o demodulación de señales FSK es un circuito denominado de fase cerrada (PLL).

3.3.2.1 Demodulador FSK empleando un PLL.

La figura 3.8 muestra un demodulador FSK empleando un PLL.

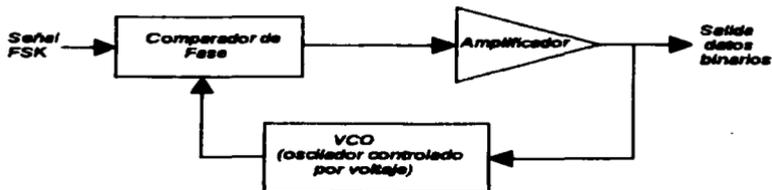


Figura 3.8 PLL como Demodulador FSK.

El demodulador trabaja en forma parecida a un demodulador de fase cerrada para FM. Como la salida del PLL se mueve entre la marca y el espacio de frecuencia, el error de voltaje de directa a la salida del comparador de fase sigue al movimiento de frecuencia, por que hay solamente dos entradas de frecuencia (marca y espacio), hay también

solamente dos salidas de error de voltaje. Uno representa a un 1 lógico y otro a un 0 lógico, por lo tanto la salida son dos niveles binarios, generalmente, la frecuencia natural del PLL se hace igual a la frecuencia central del modulador FSK.

Como resultado, los cambios en el voltaje de error CD, siguen a los cambios en la frecuencia de entrada analógica y son simétricos de 0 V.

El XR-2211 puede ser usado como un demodulador lineal de FM para señales de banda angosta y banda ancha de FM. La conexión del circuito general para esta aplicación es mostrada en la figura 3.9.

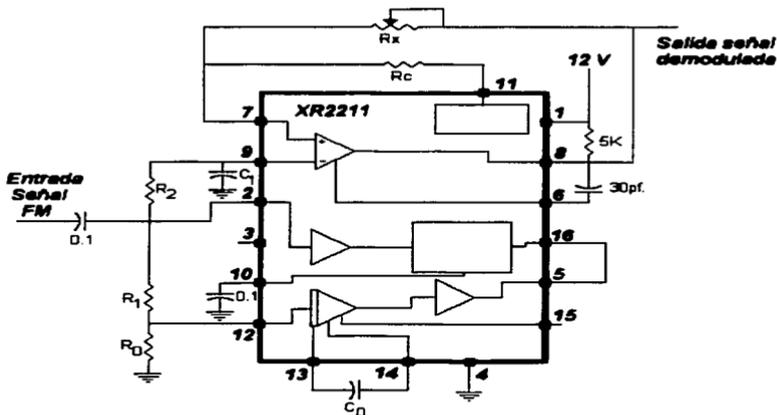


Figura 3.9 Circuito demodulador de FM basado en el XR2211.

Donde el VCO de salida (pin 5) es conectado directamente a la entrada del detector de fase (pin 16). La señal demodulada es obtenida a la salida del detector de fase (pin 10), también en esta conexión del circuito, la sección de amplificación del XR-2211 es usada como un pre-amplificador para proporcionar a ambos la suma del voltaje de amplificación así como la capacidad del manejo de corriente.

En el circuito, R0 C0, fijan la frecuencia central del VCO, R1 fija la banda ancha ajustada, C1 fija la constante de tiempo del filtro pasabajas, la resistencia de retroalimentación de los amplificadores operacionales Rf y Rc fijan la ganancia de voltaje de la sección de amplificación.

El circuito sirve, para cualquier aplicación de demodulación de FM, por una selección de los componentes R0, R1, Rc, Rf, C0 y C1, se tiene una frecuencia central de FM y una desviación de frecuencia, la selección de estos componentes pueden ser calculados por las siguientes, ecuaciones designadas y las definiciones dadas:

- a) Se escoge la frecuencia central f_0 , del VCO. Esta es la misma que la frecuencia de portadora de FM.
- b) Se escogen valores temporales para el resistor R0, estos están en el rango de 10 K a 100K. Esta selección es arbitraria. El valor recomendado es $R_0 = 20 \text{ K}$. El valor de R0 es normalmente bueno si se usa un potenciómetro en serie, Rx siendo este un fine-tuned
- c) Para calcular el valor de C0 se utiliza la siguiente ecuación:

$$C0 = 1 / RoFo \text{ ————— (3.1)}$$

d) Se calcula R1 para determinar el ajuste de banda ancha. Δf (ver la ecuación 3.2). El ajuste de banda ancha tiene que estar significativamente fijo, para que haya máxima desviación de la señal de FM, Δf_{sm} , de entrada. Asumiendo que el ajuste de banda ancha, esta "N" tiempos más Δf_{sm} . Puede reescribirse la ecuación como:

$$F/fo = Ro/R1 = N \Delta f_{sm} / fo \text{ ————— (3.2)}$$

La lista de la siguiente tabla 3.3 recomienda valores de N, para varios valores de la máxima desviación de la señal de entrada de FM. Los valores recomendados de proporción de banda ancha, N, ara varios valores de la desviación de frecuencia de la señal FM. (Nota: N es el radio de ajuste de banda ancha Δf para la máxima señal de desviación de frecuencia, Δf_{sm}).

Recomendación del valor de Proporción de desviación de la señal de entrada de FM	Valor de N
1% o menos	10
1% a 3%	5
3% a 6%	4
6% a 10%	3
10% a 30%	2
30% a 80%	1.5

TABLA 3.3 Recomendación para N

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

e) Calcula C1 seleccionando nuevamente (ver ecuación 4). Normalmente, $\xi = 1/2$ es lo recomendado. Entonces $C1 = C0/4$ para $\xi = 1/2$. Sin embargo ξ es calculada por:

$$\xi = 1/2 * (K0 * K0 * 2 * \pi * C * 1 \times e 3) \text{ sec/sec} \quad (3.3)$$

f) Para calcular Rc y Rf, así como poder obtener la amplitud pico de la señal de salida, se utiliza la siguiente fórmula.

$$V_{out} = \frac{A_{fsm}}{f_0} \times VR \frac{R1}{R0} \times \frac{Rc + Rf}{Rc} \quad (3.4)$$

En la mayoría de aplicaciones $Rf = 100k$ entonces Rc es calculada de la ecuación anterior para dar la salida deseada.

El amplificador de salida puede también usar el voltaje como unidad de ganancia, para abrir el circuito RC (y entonces Rc = infinito).

3.3.2.2 El XR-2211 como demodulador FSK.

Características del XR 2211:

- Rango de frecuencia 0.001 Hz a 3000 KHz.
- Rango de voltaje de alimentación 4.5 V a 20 V.
- Compatibilidad con circuitos lógicos HCMOS/TTL
- Demodulador FSK, con detector de portadora
- Rango dinámico, 10 mV a 3 V rms.
- Rango de ajuste, $\pm 1\%$ al 80 %.
- Excelente estabilidad de temperatura.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Descripción general del XR 2211.

El XR-2211 es un circuito monolítico PLL sistema especialmente designado para aplicaciones en comunicación de datos. Es particularmente usado para aplicaciones de módem FSK. Opera sobre un rango de voltaje de 4.5 V a 20 V y un rango de frecuencia de 0.01 Hz a 300 KHz. Puede acomodar datos dentro de señales analógicas dentro de 10 mV y 3 V, y con una interfase DTL, TTL y ECL de las familias lógicas.

El circuito consiste de un PLL básico por ajuste a una señal de entrada dentro de la banda de paso, aun detector de cuadratura de fase provisto de un detector de transportadora, y un comparador de voltaje FSK provisto de un demodulador FSK.

Componentes externos: Son usados independientemente para poner la frecuencia central, el ancho de banda y el nivel de salida. Un voltaje de referencia interno proporcional al voltaje de alimentación es provisto a un pin de salida.

El XR-2211 es construido en empaques de 14 pines especificado por rango de temperatura y par uso industrial o militar. A continuación se da una información sobre esto.

Información por tipo de empaque.

El tipo de empaque del XR 2211 así como el rango de temperatura es mostrado en la tabla 3.4.

Nº. parte	Paquete	Rango de temperatura
XR2211A	14 pines tipo CDIP	-55 °C a 125 °C
XR2211B	14 pines tipo CDIP	-40 °C a 85 °C
XR2211P	14 pines tipo PDIP	-40 °C a 85 °C
XR2211D	14 pines tipo SOIC	-40 °C a 85 °C

Tabla 3.4 Características del XR2211

Diagrama a bloques del XR-2211

El diagrama a bloques del XR2211 es mostrado en la figura 3.10.

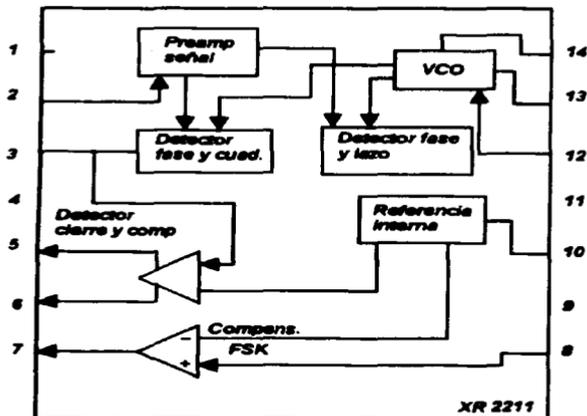


Figura 3.10 Diagrama a bloques del CI XR2211.

3.3.3 Descripción del sistema demodulador

El principal PLL dentro del XR-2211 es construido dentro de la entrada amplificadora, el multiplexor analógico usa un detector de fase y un oscilador controlado por voltaje de precisión (VCO). El preamplificador es usado en un límite de la señal de entrada típicamente alrededor de 10 mV rms esta el amplificador a un alto nivel de la señal constante.

El tipo de multiplexión del detector de fase es exclusivo para una señal digital. La salida es producida mediante una suma y diferencia de frecuencias de entrada y de la salida del VCO. El VCO es realmente controlado por un oscilador de corriente que es una corriente de entrada nominal (f_0) puesta por el resistor (R_0) a tierra y es conducida la corriente al resistor (R_1) dentro del detector de fase.

La salida de detector de fase produce una suma y una diferencia en las frecuencias de entrada del VCO (conectadas internamente). Donde en el lazo de frecuencias son: f entrada + f del VCO y f entrada - f_{vco} . Son adicionadas por el capacitor al detector de salida de fase, en dos tiempos los componentes de la frecuencia de entrada es reducida. El nivel de voltaje de DC, es representado por una diferencia de fase dentro de dos frecuencias. El cierre del lazo y el ajuste del VCO son dados por la frecuencia de entrada.

El comparador de FSK es usado para determinar la conducción del VCO sobre la frecuencia central (comparador FSK).

Entrada de la señal (pin 3). la señal es acopiada por una corriente alterna en la terminal. La impedancia interna en el pin 2 es 20 K Ohms.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Recomendando como nivel de la señal de entrada en un rango de 10 mV a 3V rms.

Entrada del control del VCO (pin 12). La dirección de la frecuencia del VCO es determinada externamente por el resistor de tiempo, R_o ; conectado a través de la terminal y tierra. La frecuencia dada por el VCO fo esta dada por:

$$f_o = 1 / R_o C_o \text{ Hz.}$$

Donde

C_o es el capacitor de tiempo a través del pin 13 y el pin 14, para una temperatura optima para una mejor estabilidad R_o debe de estar en el rango de 10K a 100 K Ohms (para una mejor referencia, consultar el manual EXAR DataBook).

Capacitor de tiempo del VCO (pin 13 y 14): la frecuencia del vco es inversamente proporcional al capacitor externo, C_o , conectado a través de las terminales C_o debe ser no polar en el rango de 200pF a 10 μ F.¹

Ajuste de la frecuencia del VCO: el VCO puede ser sintonizado por un potenciómetro conectado, R_x , en serie con R_o en el pin 12.

Diseño de las ecuaciones para el XR-2211

1.- Frecuencia central del VCO

$$f_o = 1 / R_o C_o$$

2.- Voltaje de referencia interno, V_{ref} (conectado en el pin 12)

¹ EXAR DataBook, EXAR Corporation, 1995 manual de referencia.

$$V_{ref} = (V_{cc} / 2) - 650 \text{ mV en Volts}$$

3.- Constante de tiempo del filtro PLL

$$t = C_t * R_{pp} \text{ (en segundos)}$$

$$\text{donde } R_{pp} = (R_1 R_f / (R_1 + R_f))$$

4.- Lazo Damping ζ :

$$\zeta = (1250 C_o / R_1 C_1)^{1/2}$$

5.- Ajuste de lazo

ancho de banda \pm = diferencia de frecuencia / fo

diferencia de frecuencias / fo = Ro / R1.

6.- Constante de tiempo del filtro FSK

$$t_f = (R_b R_f / (R_b + R_f)) C_f$$

7.- Ganancia del conversor detector lazo de fase Kd (Kd es la diferencia de voltaje entre el pin 10 y el pin 11)

$$K_d = (V_{ref} R_1 / 10,000 \pi) = [\text{volts/radianes}]$$

8.- Ganancia de conversión del VCO Ko:

$$K_o = -2 \pi / V_{ref} C_o R_1 = [(\text{radian/seg}) / \text{volts}]$$

9.- Función de transferencia del filtro:

$$F(s) = 1 / (1 + s R_1 C_1) \text{ a } 0 \text{ Hz} \quad S = j\omega \text{ y } \omega = 0$$

10.- Lazo total de ganancia Kt:

$$K_t = K_o K_d F(s) = (R_f / 5000 C_o (R_1 + R_f)) \quad [1/\text{seg}]$$

11.- Corriente de detector de pico.

$$I_a = (V_{ref} / 20,000) \quad (V_{ref} \text{ en volts e } I_a \text{ en amperes})$$

3.3.3.1 Diseño del demodulador con el XR2211.

Considerando los pasos anteriores, el diseño del demodulador es mostrado en la figura 3.11, aquí también se muestra los circuitos de acoplamiento a la interfase serial DB9, tomando en cuenta la polarización del mismo (15 volts).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Aplicaciones

- Generador de onda.
- Generador de barrido.
- Generador AM/FM.
- Conversor v/f
- Generador FSK
- Amarrador de lazo de fase PLL (VCO)

Descripción general

El XR-2206 es un circuito integrado monolítico, capaz de producir señales senoidal de alta calidad, cuadrada, triangular, rampa y pulso de onda de alta estabilidad y precisión. La forma de onda de salida en amplitud y modulación en frecuencia ambas pueden tener un voltaje externo. La frecuencia de operación puede ser seleccionada externamente sobre un rango de 0.01 MHz a más de 1 MHz.

El circuito es ideal para comunicaciones, instrumentación, generador de funciones y aplicaciones que requieren de tono sinusoidal, generador de AM, FM o FSK. Tiene un rango típico de estabilidad de temperatura de 2000 ppm/°C, la frecuencia típica del oscilador puede correr linealmente sobre 2000:1 en el rango de frecuencia con el control de voltaje externo, mientras mantiene baja distorsión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Información por tipo de empaque.

Las características del XR 2206 son mostradas en la tabla 3.5

Nº. parte	Paquete	Rango de temperatura
XR2206AA	16 pines tipo CDIP	-55 °C a 125 °C
XR2206P	16 pines tipo PDIP	-40 °C a 85 °C
XR2206CP	16 pines tipo PDIP	0 °C a 70 °C
XR2206D	16 pines tipo Jedec	0 °C a 70 °C

Tabla 3.5 Características del XR2206.

Diagrama a Bloques del XR-2206

El circuito empleado como modulador FSK es mostrado en su diagrama a bloques en la figura 3.12.

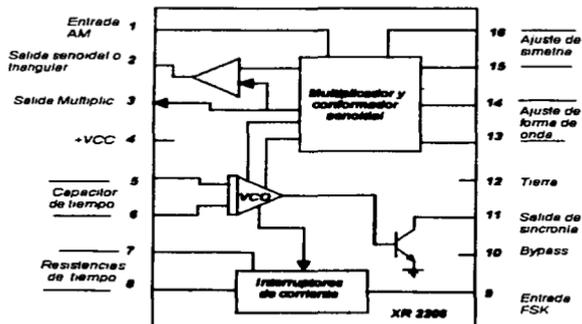


Figura 3.12 Diagrama a bloques del modulador FSK.

Descripción de los pines

La descripción de los pines del XR 2206 es mostrada en la tabla 3.6.

Pin	Símbolo	Tipos	Descripción
1	AMSI	I	Entrada de la señal de Modulación Amplitud
2	STO	O	Salida de la onda triangular o senoidal
3	MD	O	Salida multiplexada
4	Vcc		Alimentación positiva
5	TC1	I	Entrada de capacitor de tiempo C1
6	TC2	I	Entrada de capacitor de tiempo C2
7	TR1	O	Resistor 1 de salida de tiempo
8	TR2	O	Resistor 2 de salida de tiempo
9	FSK1	I	Entrada de FSK
10	BIAS	O	Referencia de voltaje interno
11	SYNCO	O	Sincronía de salida
12	GND		Tierra
13	WAVE1	I	Ajuste de la forma de onda de entrada 1
14	WAVE 2	I	Ajuste de la forma de onda de entrada 2
15	SYMA1	I	Ajuste 1 de simetría de la onda
16	SYMA2	I	Ajuste 2 de simetría de la onda

Tabla 3.6 Descripción de los pines del XR2206.

Aplicaciones del XR-2206 como generador de señales FSK.

La figura 3.13 muestra la conexión del circuito para operar con señal senoidal FSK. Las frecuencias de marca y espacio pueden ser independientemente ajustadas por los resistores de tiempo, R1 y R2; la

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

salida de la duración de la fase continua transitoria. La señal es aplicada al pin 9. El circuito puede ser convertido a una operación de abastecimiento estrecho simplemente reemplazando tierra por V+.

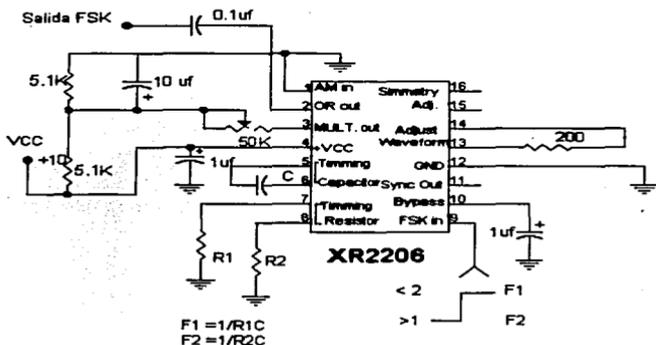


Figura 3.13 Generador de señales FSK

Amplitud de salida

La amplitud máxima de salida es inversamente proporcional al resistor externo R3, conectado en el pin 3 (ver figura 3.13) para una salida senoidal, la amplitud es aproximadamente 60 mV pico por KOhms de R3; para la triangular, el pico de la amplitud es aproximadamente 160 mV pico por KOhms de R3. Por ejemplo, R3 = 50 K produce aproximadamente 13 V de amplitud de salida senoidal.

Diseño del Modulador FSK

Después del análisis para el XR 2206 y tomando en cuenta las características del demodulador, el circuito resultante para el proyecto del modem FSK es el mostrado en la figura 3.14 debe tomarse en cuenta que este diseño esta para 1200 bps y para esto se tomó en cuenta las hojas de datos de los componentes empleados, en el se muestran características antes mencionadas, solo se consideró que la señal FSK tiene 2 valores de frecuencia y estas están dadas por los potenciómetros mostrados en los pines 7 y 8, para este fin es necesario que estos estén ajustados de tal forma que permita que la máxima desviación de frecuencia se encuentre lo suficientemente separada para que en el proceso inverso (demodulación) pueda realizarse sin ningún contratiempo.

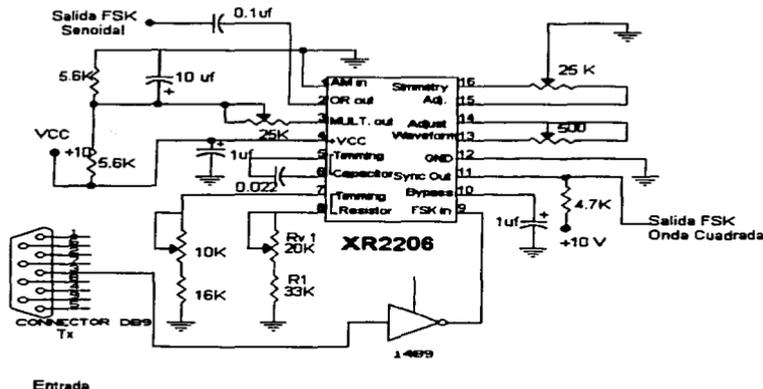


Figura 3.14 Diseño del modulador FSK

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.4 Software

Básicamente para transmitir una cadena de caracteres a través del aire como canal de transmisión se tiene que configurar las interrupciones de la PC como si se tratara de un módem común y corriente.

Al arranque del programa de las PC's estarán en modo de recepción (es necesario informar que el mismo programa existirá en la PC transmisora y la receptora) por opción de menú (y a elección de usuario) alguna de las dos PC's será la transmisión y la que permanezca sin habilitar la transmisión será la parte receptora.

El software de operación buscará ser lo más profesional posible, contando con menús desplegables y opciones de configuración.

También se proyecta que cada terminal cuente dentro de su propio software un pequeño editor de textos de capacidad de datos limitada para que se puede transmitir información útil. Con la mejora del editor y el desarrollo de la velocidad de transmisión y recepción en el hardware, así como la administración de recursos por parte del software, el intercambio de información puede ser mucho más eficiente y por lo tanto más aplicable a la resolución de problemas de comunicación.

Es necesario, como primer paso habilitar las interrupciones mediante los registros de la UART de la PC y su controlador de interrupciones 8259. Realizar los procedimientos y funciones necesarias para que un archivo de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

texto presentado en pantalla sea puesto bit a bit en el puerto serial de donde el hardware se hará cargo de la información .

Mediante procedimientos inversos, recolectar la información bit a bit de llegada al receptor y transformarla en información legible para presentarla en pantalla.

Como opción viable darle la capacidad al software de salvar la información en disco para su posterior uso (en un formato *.txt).

Darle habilidad al editor de textos que elija la porción de información a transmitirse (a que se tiene un buffer configurado por software de 1024 caracteres).

3.4.1 Controlador Programable de Interrupciones 8259

El Controlador Programable de Interrupciones 8259 (**PIC: Programmable Interrupt Controller**) se usa en la gestión directa de las interrupciones de hasta 8 dispositivos distintos, y de hasta 64 dispositivos si se conectan 8 chips juntos.

El PIC 8259 actúa a modo de "receptorista" en un sistema en el cual cada dispositivo es alguien que comunicarse con el CPU. El PIC se encarga de que en cada momento, solo una llamada llegue al CPU respetando ciertas prioridades.

Cada dispositivo tiene una línea de interrupción, que es una de las ocho líneas de interrupción del PIC. El 8259 puede programarse para que se ignore o controle cualquier combinación de estas líneas. Esta selección se

determina a través de Interrupciones mascarables con un byte que envía al PIC. El 8259 puede programarse para que se ignore o controle cualquier combinación de estas líneas. Esta selección se determina a través de un puerto situado en el control. Los ocho bits mascarables corresponden a los 8 dispositivos. Si quieren ignorar las interrupciones de un dispositivo determinado, basta con poner a 1 el bit de las interrupciones mascarables asociados a dicho dispositivo. Si al PIC le llegan señales de dos o más dispositivos a la vez, el PIC determina a quién debe atenderse primero de acuerdo a ciertos esquemas, definibles por el usuario. Dichos esquemas incluyen una prioridad fija y una prioridad rotatoria. El dispositivo al que no se atiende espera turno en un área de recepción gestionada por el propio PIC. Cuando el CPU recibe una petición por esta línea, envía una señal de "enterado" por la línea de INTA.

3.4.2 El UART

Uno de los primeros, y hasta ahora el dispositivo más popular de recepción-transmisión Asíncrona es el Receptor Transmisor Asíncrono Universal (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter). Este ingenio combina un receptor y un transmisor independientes, cada uno con su propio bus de datos, puerto serie y reloj.

La lógica de control que determina el número de bits de datos y si la paridad es impar o par (o si no hay paridad), es común a ambas, receptor y transmisor. Esta arquitectura permite operar en dúplex con velocidades de transmisión diferentes. La lógica que controla el número de bits de detención afecta únicamente al transmisor, esto se debe a que el receptor solo busca un bit de detención. Es el transmisor el que necesita conocer el número mínimo de bits de detención que debe insertar.

Básicamente las tareas de la **UART** se pueden definir de la siguiente manera:

- Convertir señales paralelas provenientes de la CPU a señales seriales para transmitir las al exterior, y convertir señales seriales de entrada a la computadora a formato paralelo para el procesamiento del CPU.

- Agregar los bits de comienzo, parada, y paridad a cada carácter a transmitirse y quitar esos bits de los caracteres recibidos.

- Asegurar que los bits individuales se transmiten en el Baud rate apropiado, calcular el bit de paridad de caracteres transmitidos y recibidos, y reportar cualquier error detectado.

- Colocar las señales de control de hardware apropiadas y reportar sobre el estado de circuitos de control de entrada.

La mayoría de los **UART** pueden ser programados para transmitir una señal especial conocida como interrupción. La computadora debe programarse para reconocer la interrupción y darle el servicio requerido.

Las interrupciones típicamente se generan cuando un carácter ha sido recibido, transmitido o cuando las señales de control cambian. Puede ser

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

diferentes interrupciones para diferentes eventos, o solo un tipo de interrupción.

3.4.2.1 Registros del UART

El chip 8250A de National contiene algunos registros, los cuales son:

- 1.- Registros de control, que reciben comandos desde el CPU.
- 2.- Registros de estado, que usan para informar a la CPU de que esta sucediendo en el UART.
- 3.- Registros buffer, que retienen caracteres pendientes de transmisión o proceso.

Los registros de control son:

- Registro control de línea
- Registro de control de modem
- Registro de habilitación de interrupción.
- Latch divisor de baud rate
- Registro estado de modem
- Registro identificación de interrupción
- Registros buffer
- Registro buffer receptor
- Registro de retención del transmisor.

Registro de control de línea.

El registro de control de línea se usa para colocar los parámetros de comunicación. El significado de cada bit se muestra en la tabla 3.7.

Bit	Significado
0	Longitud de la palabra de datos
1	Longitud de la palabra de datos
2	Bit de Parada
3	Habilitación de paridad
4	Selección de paridad
5	Elección de lógica de paridad
6	Interrupción (break)
7	Bit de acceso al latch divisor (DLAB)

Tabla 3.7 Significado del bit del registro de control de línea.

La longitud de la palabra de los datos va dada por los dos primeros bits:

bit 0	bit 1	Longitud de Palabra
0	0	5
0	1	6
1	0	7
1	1	8

El bit 2 de parada se conforma de la siguiente manera:

- 0 Se usa 1 bit de parada
- 1 Se usan 2 bits de parada

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El bit 7 se llama bit de acceso al latch divisor (DLAB). Si se coloca a uno, una operación de lectura o escritura accesa a los latch divisores del generador de baud rate. Si se coloca a cero, operaciones de lectura o escritura accesan a los de buffer de recepción y transmisión o al registro de habilitación de interrupción.

Registro control de módem

Administra las señales de control transmitidas desde la UART. Cada bit se muestra en la siguiente tabla .3.8.

Bit	Nombre	Abreviación
0	DTR	Terminal de Datos Lista
1	RTS	Solicitud para Transmitir
2	OUT1	Salida 1 definida por usuario
3	OUT2	Salida 2 definida por usuario
4	LOOP	Prueba Modo de Regreso

Tabla 3.8. Tabla de registro de control de modem.

El bit 0 se usa para colocar la salida terminal de datos lista a lógica cero (Habilita un dispositivo remoto a transmitirlos). Si el bit 0 es cero, el DTR se coloca a lógica uno (solicita a un dispositivo remoto a no transmitirlos).

El bit 2 y 3 son el control auxiliar de salida definidas por el usuario conocidas como OUT1 y OUT2.

Registro de habilitación de interrupción

Se utiliza para comunicarle al UART que evento deberá causar una interrupción. Los bits correspondientes a cada interrupción se muestran en la tabla 3.9.

Bit	Clasificación de Interrupción
0	Datos disponible
1	Registro de retención del transmisor vacío
2	Estado línea receptor
3	Estado de módem
4 - 7	Siempre son cero.

Tabla 3.9 Bits de cada interrupción.

Latch divisor de baud rate

El baud rate se coloca grabando en dos registros un número por el cual el reloj de entrada debe ser dividido. La frecuencia resultante es de 16 veces el baud rate.

Los dos registros son el byte menos significativo latch divisor (**DLL**) y el byte más significativo latch divisor (**DLM**). Los divisores usados para generar diferentes baud rate se muestran en la tabla 3.10.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Datos listos significa que un carácter se recibió del exterior. Este bit permanece colocado hasta que el carácter se lee desde el registro buffer receptor.

Registro de retención del transmisor, significa que el UART esta listo para recibir un carácter de transmisión.

Bit	Abreviacion	Nombre
0	DR	Datos Listos
1	OE	Error de Overrun
2	PE	Error de Paridad
3	FE	Error de Elaboración
4	BI	Interrupción Break
5	THRE	Registro de Retención del Transmisor
6	TSRE	Registro de Retención del Transmisor
7	[SPARE]	Bit siempre a cero

Tabla 3.10 Divisores empleados para división del baud rate.

Registro de retención del transmisor significa que el UART no esta en proceso de transmitir un carácter. Este registro se usa en el proceso de conversión paralelo a serial, y su estado normalmente no se prueba por comunicaciones software.

Registro estado de módem

Proporciona la información acerca del estado del módem.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

126

Registro identificación de interrupción

Proporciona información acerca del estado actual de la interrupción pendiente. Bit 0 se coloca a 1 si no hay interrupción pendiente. Si se coloca a cero, bits 1 y 2 indican que interrupción esta esperando de acuerdo al esquema de la tabla 3.11.

Bit 2	Bit 1	Interrupcion Pendiente
1	1	Estado de línea
1	0	Datos recibidos disponibles
0	1	Registros de retención del transmisor
0	0	Estado del módem

Tabla 3.11 Registro identificación de interrupción.

Los bits 3 al 7 son siempre cero.

Registros buffer

La tercera categoría de registros son los buffer en la **UART**. Existen dos: el de recepción y el de la transmisión.

Registro buffer receptor

Este registro retiene el último carácter recibido. Una vez que ha sido leído, el registro esta de línea indica que el buffer receptor esta vacío hasta que otro carácter se recibe. Si el segundo carácter se recibe antes que el primer carácter se lea, un error de sobreflujo se reporta.

Registro de retención del transmisor

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

127


```

/* Las siguientes son direcciones en la */
/* tabla de interrupciones */

#define INT_BASE 8 /* Numero de Interrupcion, tomado como base */
#define INT_COM1 4 /* A partir de la INT_BASE, esta es el nu- */
/* mero de interrupcion para COM1 */
/* INT_BASE+INT_COM1 es el numero de */
/* Interrupcion que identifica al puerto */
/* serial COM1 */

#define COM1 0x3F8 /* Direccion en memoria donde se */
/* encuentran */
#define PUERTO COM1 /* los registros de puerto serial */
/* COM1 (UART) */

/* Las siguientes son direcciones para */
/* acceder a los registros del COM1 */

#define BAL PUERTO+0 /* 0x3F8 Latch del divisor, byte menos */
/* significativo */
#define BAH PUERTO+1 /* 0x3F9 Latch del divisor, byte mas */
/* significativo */
#define IER PUERTO+1 /* 0x3F9 Registro de habilitacion de */
/* interrupciones */
#define IIR PUERTO+2 /* 0x3FA Registro identificacion de */
/* interrupcion */
#define LCR PUERTO+3 /* 0x3FB Registro de control de linea */
#define MCR PUERTO+4 /* 0x3FC Registro de control de moden */
/* */
#define LSR PUERTO+5 /* 0x3FD Registro de estado de linea */

#define REG_ENMASC 0x21 /* Direccion del PIC (controlador de */
/* interrupciones programable) */

#define TAM 10
#define ESC 0x1B

typedef struct {
    char Info[TAM];
    int Frente,Post;
}Cola;
Cola Cola_Trans, Cola_Recep;

```

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

```
typedef void Interrupt (*Interrupcion)();
Interrupcion VectorAux;
int Bandera = 1;

void Presentacion(void);
void Menu_Opc(void);
void Programar_8250(void);
void Coloca_Interrupcion(void);
void interrupt interrup_8250(void);
void Transmite(void);
void Recibe(void);
void Regresa(void);
void Ini_Colas(void);
```

```
main()
{
    int opc;
    textmode(2);
    textcolor(WHITE);
    textbackground(7);
    clrscr();
    Presentacion();
    Menu_Opc();
    opc=0;
    do{
        crear_v(2);
        opc=crea_opcvnt(0,2);
        switch(opc){

            case 0: cierra_v(2);
Serial(); break;
            case 1: opc=-1;
break;
        }
    }while(opc!=-1);
    cierra_v(2);
    textmode(-1);
    window(1,1,80,25);
```

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

```

textcolor(15);
textbackground(0);
clrscr();
gotoxy(1,12);
printf("PROGRAMA CONCLUIDO.....");
gotoxy(45,22);
printf("UNAM");
gotoxy(50,23);
printf("ENEP ARAGON");
getch();
clrscr();
}

```

```

void Presentacion ()

```

```

{
char e;
inicizvent(0,10,5,60,15,1,'L'); caractvent(0,2,14,14,15,"DC","PROYECTO
Modem FSK ); crear_v(0); activa_v(0);
gotoxy(8,2);
printf(" UNAM ");
gotoxy(6,3);
printf("ENEP ARAGON ");
gotoxy(19,5);
printf("PROYECTO Modem FSK");
gotoxy(12,6);
printf(" ");
gotoxy(11,8);
printf("COMUNICACION DE 2 PC'S POR");
gotoxy(16,9);
printf("EL PUERTO SERIAL\n");
do
{
e=getch();
}while (e!=13);
cierra_v(0);
}

```

```

void Menu_Opc()

```

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

```

{
Inicizvent(2,15,6,60,16,1,'L');
caractevent(2,2,14,14,15,"DC","MENU PRINCIPAL");
Inicizmenu(0,2,0,15);

llenamenu (0,0,8,3, " EMPEZAR COMUNICACION SERIAL  ");
llenamenu (0,1,8,5, " SALIR DEL PROGRAMA          ");
}

/*.....
*/
Serial()
{
char Car;
textmode(2);
textcolor(15);
textbackground(7);
clrscr();
gotoxy(30,10);
printf("PARA SALIR OPRIMA ESC\n");
gotoxy(1,15);

Ini_Colas();
Programar_8250();
Coloca_Interrupcion();

/* Se entra en un ciclo en espera de interrupciones, para salir oprimir */
/* Esc                                     */
do{
/* Se muestra en pantalla el caracter que este en la cola de recepcion */
if (Cola_Recep.Frente != Cola_Recep.Post)
{
putchar(Cola_Recep.Info[Cola_Recep.Frente]);
Cola_Recep.Frente=(Cola_Recep.Frente+1)%TAM;
}

/* Si se oprime una tecla, se guarda en la cola de transmision y se lla- */
/* ma a la funcion Transmite()                                           */
if (kbhit())
{ Car = getch();
}
}
}

```

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

```

putchar(Car); if ( ((Cola_Trans.Post + 1) % (TAM) ) != Cola_Trans.Frente)
{
    Cola_Trans.Info[Cola_Trans.Post] = Car;
    Cola_Trans.Post = (Cola_Trans.Post+1)%TAM;
    Transmite();
}
}while (Car != ESC);
Regresa();
clrscr();
}
.....
"/
/.....
.
. FUNCION :                VOID PROGRAMAR_8250(VOID)
.
. DESCRIPCION :           EN ESTA FUNCION SE PROGRAMA EL PUERTO SE-
. RIE PARA LA TRANSMISION Y RECEPCION DE
. INFORMACION.
.
...../

void Programar_8250()
{
    disable();
    outportb (LCR, 0x80); /* Se habilita el DLAB (Bit de Acceso al latch */
                        /* divisor) para habilitar el acceso a LSB y MSB */

    outportb (BAL, 0xc0); /* El latch divisor se coloca para trabajar a la */
    outportb (BAH, 0x00); /* velocidad de 1200 bits/segundo. */

    outportb (LCR, 0x00); /* Salida de la velocidad de transmision */
    outportb (LCR, 0x07); /* Se establece 8 bits por caracter y 2 bits de */
                        /* stop */
    outportb (LSR, 0x61); /* Se habilita el bit DR (datos listos). */
                        /* el bit THRE (Registro de retencion del transmi- */
                        /* sor Vacio), y el bit TSRE (Registro */
                        /* de cambio del transmisor vacio */

    outportb (IER, 0x03); /* Habilita las fuentes de interrupcion debidas a
                        /* DR y a THRE */
}

```

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

```

    outportb (MCR, 0x0b); /* Habilita la operacion del modem enable(); */
}
.....
"/
/-----/
.
. FUNCION :          VOID COLOCA_INTERRUPCION(VOID)
.
. DESCRIPCION :     ESTA FUNCION CAMBIA LA TABLA DE VECTORES
. DE INTERRUPCION
.
.-----/

void Coloca_Interrupcion()
{
    disable();
    /* Se optine el vector de Interrupcion de COM1          */ VectorAux =
    getvect(INT_BASE + INT_COM1);
    /* Se coloca la nueva direccion del manejador de interrupcion */
    setvect(INT_BASE + INT_COM1, Interrup_8250);
    /* Se habilita la linea de interrupcion en el PIC (8259) que */
    /* corresponde a COM1 */
    outportb(REG_ENMASC, inportb(REG_ENMASC) & ~(1<<4));
    enable();
}

/-----/
.
. FUNCION:          VOID INTERRUP_8259(VOID)
.
. DESCRIPCION:     FUNCION QUE MANEJA LA INTERRUPCION DEBIDA
. AL PUERTO SERIAL
.
.-----/

void Interrup Interrup_8250(void)
{
    Int InterrupPendiente;

```

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

```

/* Se entra al ciclo siempre que hay una interrupcion pendiente */ while
(((InterrupPendiente = inportb(IIR)) & 1) == 0)
{
    /* Identifica la causa que causo la interrupcion del puerto */
    /* serial COM1. */
    switch (((InterrupPendiente & 0x7) >> 1)
    {
        /* Causa: Registro de retencion del transmisor vacio */ case 1 :
        Transmite();
        break;
        /* Causa: Datos Listos (DR) en el registro buffer de recepcion */ case 2 :
        Recibe();
        break;
    }
    outportb(0x20,0x20);
}
}

/-----
.
• FUNCION: VOID TRANSMITE()
.
• DESCRIPCION: MANDA UN CARACTER POR MEDIO DEL PUERTO
SERIAL
.
.
-----/

void Transmite()
{
    if (Cola_Trans.Frente != Cola_Trans.Post)
    {
        disable(); outportb(PUERTO,Cola_Trans.info [Cola_Trans.Frente]);
        Cola_Trans.Frente = (Cola_Trans.Frente+1) % TAM; enable();
    }
}

/-----
.
• FUNCION: VOID RECIBE()
.

```

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN


```
.....  
void In_Colas()  
{  
  Cola_Trans.Frente=Cola_Trans.Post=Cola_Recep.Frente=Cola_Recep.Post  
  =0;  
}
```

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS APLICADOS EN LAS COMPUTADORAS PERSONALES

En este capítulo se muestra el diseño completo del sistema de comunicación, como se hace referencia a los circuitos resultantes mostrados en figuras 3.11 y 3.14 del capítulo anterior estas son mostradas nuevamente para su mejor comprensión.

4.1 Ajustes en PC transmisora.

Este procedimiento es necesario para que se garantice una señal limpia y sin distorsiones y en el proceso de demodulación se garantice la confiabilidad.

El ajuste del modulador es propiamente el ajuste de la frecuencia de los unos y la frecuencia de los ceros. Este ajuste se logra con los potenciómetros conectados en las terminales 7 y 8 del XR 2206, este ajuste debe hacerse por separado con el potenciómetro de 10 K Ω ajustamos el valor de frecuencia para los unos y con el de 20 K Ω ajustamos el de los ceros.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

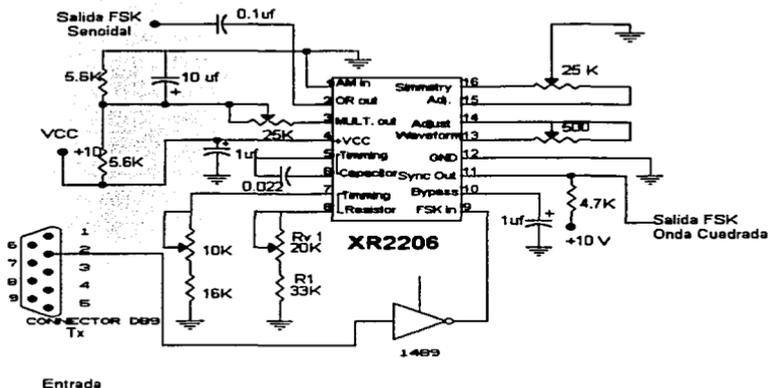


Figura 3.14 Diseño del modulador FSK

4.1.1 Procedimiento de ajuste de los valores de frecuencia.

Conectar un voltaje de 5 volts DC en la entrada (pin 9) del XR 2206, con este valor ajustar el potenciómetro de 10KΩ .La frecuencia resultante para este procedimiento es una onda senoidal de 300 y 500 Hz, elegir un valor cercano a los 500 Hz, esto es para que en el proceso de demodulación resulte más sencillo. Para el ajuste de las bajas frecuencias (ceros) es necesario que la entrada tenga un valor de DC entre 0.5 y 1 volts, con este valor ajustar la señal resultante para un valor cercano a los 100 Hz o lo mas próximo a él.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.1.2 Ajuste de la distorsión y simetría.

Para este procedimiento es necesario que ya se hayan ajustado en los pasos anteriores, esto es haber elegido la frecuencia alta y la frecuencia baja. Manteniendo el valor de dc en la entrada del XR 2206, ajústese apoyándose en un osciloscopio la simetría de la señal senoidal, este procedimiento ajusta las distorsiones provocadas como se observa en la figura 4.1.

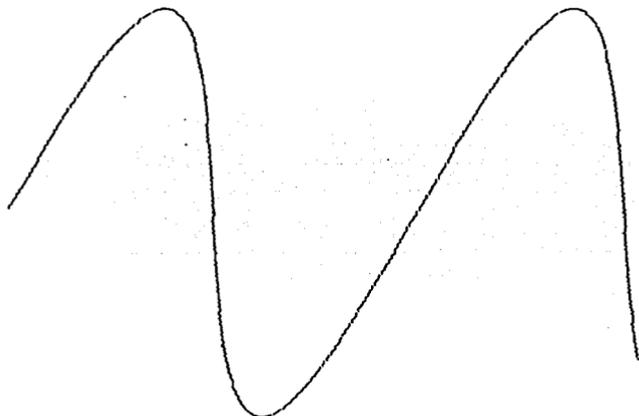


Figura 4.1 señal senoidal distorsionada.

Con el potenciómetro en pines 13 y 14 del XR 2206 ajústese hasta obtener una señal lo más parecida posible a la figura 4.2.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

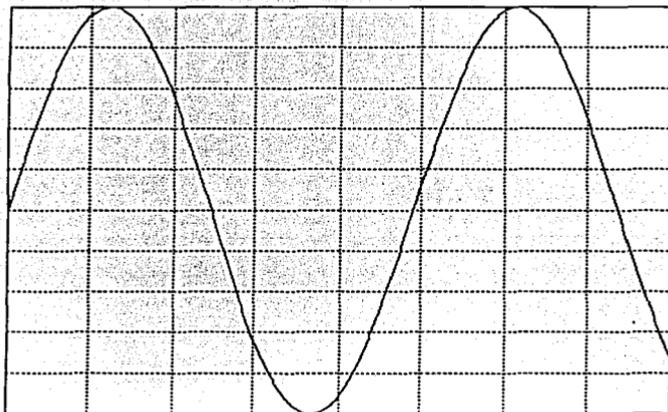


Figura 4.2 Señal senoidal sin distorsión.

En el proceso de ajuste de forma de onda puede presentarse una señal distorsionada por simetría, este tipo de señal es mostrado en la figura 4.3, para este proceso el ajuste se realiza moviendo el potenciómetro que se encuentra entre terminales 15 y 16 del XR 2206.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

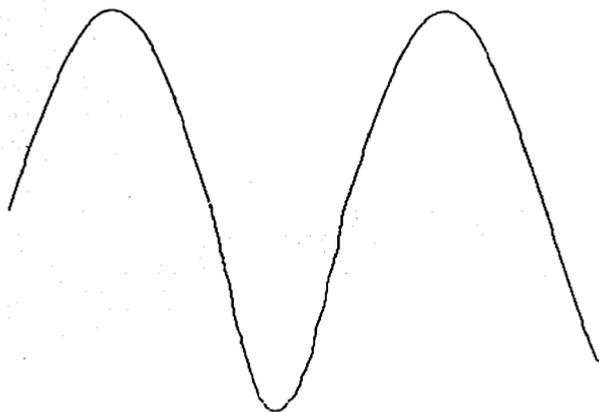


Figura 4.3 Señal distorsionada por simetría.

Una vez realizado estos ajustes los valores de frecuencia resultante estarán entre $f_0 = 100$ Hz y $f_1 = 500$ Hz, esto es tendrán un valor de máxima desviación de frecuencia de 400 Hz.

4.2 Ajustes PC Receptora.

Este procedimiento es más simple que el anterior puesto que solo hay que realizar un pequeño ajuste.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.1 Ajuste del VCO.

Este proceso consiste en mover el cursor del potenciómetro que se encuentra en el pin 12 a través de la resistencia de 18 K Ω hasta sincronizar el transmisor con el receptor y de esta forma se garantiza el enlace.

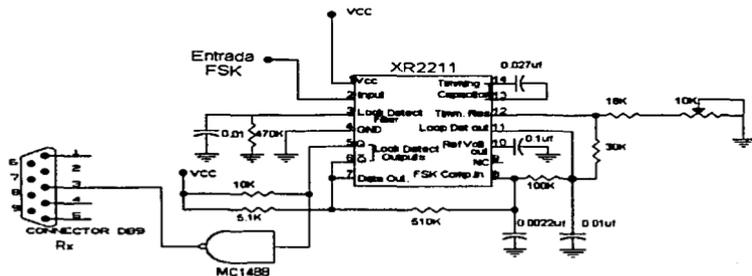


Figura 3.11 Sistema propuesto.

4.3 Pruebas

Para este paso es necesario armar los circuitos como se muestra en la figura 4.4

Obsérvese que la línea telefónica se encuentra simulada por un par de cables y la comunicación viaja en un solo sentido (simplex, véase la figura 1.1). Para un sistema completo Half duplex (como es el sistema telefónico) se tiene que construir dos circuitos exactamente iguales y realizar el mismo proceso de ajuste en ambos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

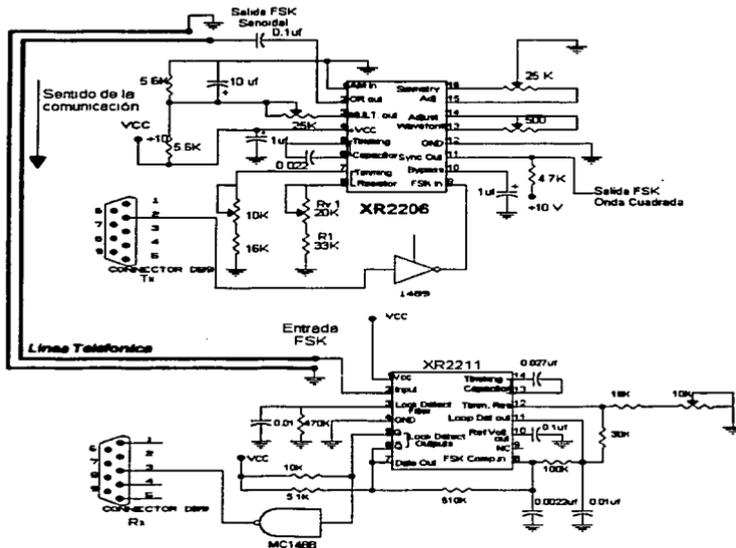


Figura 4.4 Sistema completo desarrollado.

El siguiente paso es cargar el software expresado en el capítulo 3, este software se puede solo cargar el ejecutable (*.exe) en ambas computadoras (transmisora y receptora). Este corre en ambiente DOS y como se mencionó anteriormente pueden utilizarse PC's desde 486 hasta el ultimo Pentium 4™

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.3.1 Resultados

La primera pantalla mostrada después de ejecutar el software es la que se muestra en la figura 4.5.



Figura 4.5 pantalla de inicio del sistema de comunicación.

En la siguiente pantalla mostrada en la figura 4.6 se despliega el menú principal para el comienzo de la comunicación. En este caso teclear un enter en "empezar comunicación serial" e inmediatamente se muestra la pantalla, figura 4.7.

Posterior a este puede comenzar a emplearse como editor de textos, que es uno de los sistemas de comunicación (Chateo), un ejemplo de este es mostrado en la figura 4.8.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Figura 4.6 Menú de inicio.



Figura 4.7 inicio del programa en PC transmisora.

En la PC receptora se tiene la misma pantalla que en la transmisora. La PC receptora puede emplearse en este mismo momento, una vez concluida

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

la transmisión, como transmisora, empleando por supuesto el sistema Half duplex, esto es puede comenzar a teclear cualquier texto y este aparecerá en la ahora receptora.

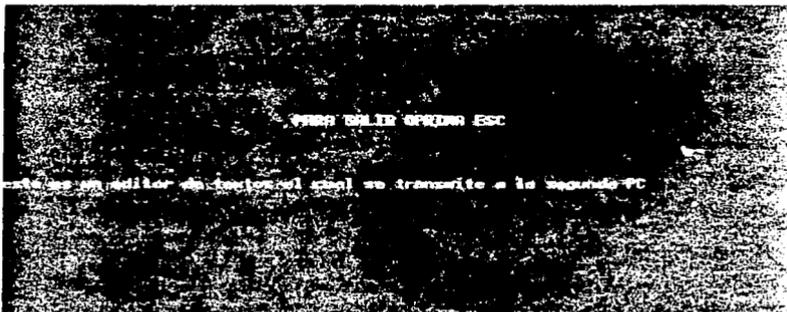


Figura 4.8 Ejemplo como editor de textos.

Para la conclusión de este programa solo hay que teclear "Esc" e inmediatamente se saldrá del programa mostrando la pantalla mostrada en la figura 4.9.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

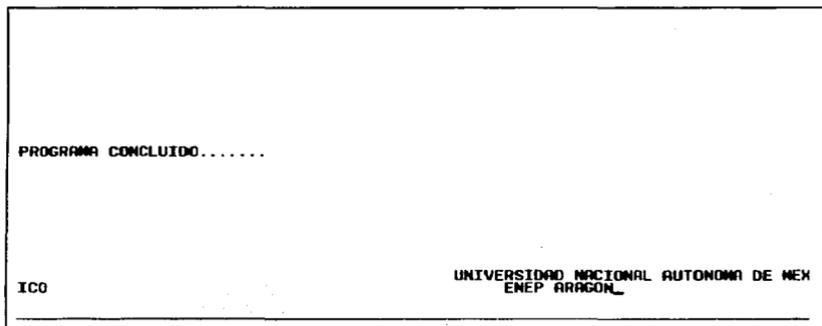


Figura 4.9 Pantalla final del programa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Conclusiones

Como es observado en el desarrollo del trabajo, se mencionaron aspectos desde la historia, características, normas de los Moduladores / Demoduladores (Modems) los cuales han tenido una evolución bastante rápida, quizás es debida a la evolución de las PC's que de igual manera han evolucionado en unos cuantos años. Esta evolución ha sido mas rapida que los sistemas de comunicación analógica. El modem en nuestros días se ha vuelto un Instrumento de comunicación imprescindible para cualquier maquina o PC, debido a que sin el no podríamos tener servicio de correo electrónico, Internet, los Bancos, Cajeros automáticos etc, y todo lo relacionado a la comunicación de datos.

Por esta situación, el diseñar un sistema de comunicación confiable es tarea de todos los días. Se ha mostrado este sistema de comunicación que cae dentro de la norma V 23 de CCITT, por su tipo de modulación y velocidad. Este modem se puede realizar con unos cuantos componentes y algunos circuitos integrados que son comerciales todos ellos teniendo un modem eficiente en todos los aspectos

El diseño es sencillo que puede implementarse como practica en alguno de los laboratorios de esta misma universidad, quizás lo mas difícil de este sea el software de comunicación serial, para esto se incluye el listado del programa fuente, escrito en lenguaje "C" que es conocido en su gran mayoría por los estudiantes de nivel avanzado y este es enseñado desde los inicios de la carrera. No se incluyen las librerías de presentación porque se pueden cambiar en cualquier momento y su diseño quedaría a la libertad de mismo de los estudiantes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Conclusiones

Se puede cambiar la velocidad de transmisión desde el mismo software y no son afectados los componentes de diseño.

La libertad de elegir esta velocidad sería para el diseñador mismo. En el listado se indica donde se cambian los parámetros de velocidad de transmisión.

Por lo demás pienso que el diseño es bueno como propósitos de enseñanza, pero no para ser comercializado debido a que existen en el mercado módems con velocidades muy superiores y quizás más eficientes.

En lo que respecta al diseño este puede realizarse en una tableta fenólica y diseñarse en circuito impreso y proponerlo ya sea como práctica o como proyecto de curso de los laboratorios correspondientes.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Bibliografía

- 1.- EXAR Data book, Exar Corporation Sn Jose California USA 1994
- 2.- H. Taub, D. Schilling, Principles of Communications Systems, McGraw-Hill, 1994.
- 3.- Abel, A.P. *IBM PC Assembly Language and Programming*. Third Edition. Prentice-Hall. New Jersey 1995
- 4.- Brey, B.B. *The Intel Microprocessors 8086/8088, 80186, 80286, 80386, and 80486. Architecture, programming, and interfacing*. Third edition. Merril New York 1994
- 5.- Triebel, W.A. Singh, A. *The 8088 and 8086 Microprocessors Programming, Interfacing, Software, Hardware and applications*. Prentice-Hall New Jersey. 1997.
- 6.- Mischa Schwartz, *Trasmisión de información modulación y ruido* McGraw-Hill 1994.
- 7.- Mischa Schwartz, *Telecommunications Networks: Protocols, Modeling and Analysis*, Addison Wesley Publishing Company, Massachusetts 1994
- 8.- P. Abel, *Lenguaje Ensamblador y Programación para PC IBM y Compatibles*, Tercera edición, Prentice Hall Hispanoamericana, 1995.
- 9.- Murray W.H. Papas C.H. *Microsoft C/C++*, McGraw Hill 1994.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

151