

UNIVERSIDAD
AUTONOMA

DE

52
NACIONAL
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGON



DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN MODEM DE
BAJA VELOCIDAD UTILIZANDO EL CIRCUITO
INTEGRADO AM7911

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P r e s e n t a:

FERNANDO ORTIZ HERNANDEZ

Director: Ing. Eleazar M. Pineda Díaz

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
DIRECCION

FERNANDO ORTIZ HERNÁNDEZ
P R E S E N T E .

En contestación a la solicitud de fecha 8 de junio del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. ELEAZAR M. PINEDA DIAZ pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado, "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODEM DE BAJA VELOCIDAD UTILIZANDO EL CIRCUITO INTEGRADO AM7911", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragon, México., 12 de junio de 1998
EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VAZQUEZ

c c p Jefe de la Unidad Académica.
c c p Jefatura del Area de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
c c p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/MCA/IIa.

Mi más sincero agradecimiento
para:

Mi familia quien siempre me ha
apoyado, en forma incondicional.

Mi esposa Ma. Luisa y mis hijos Ana
Claudia y Fernando de quienes he
recibido siempre apoyo.

El Ing. Juan Domingo Arana Loreda,
por el apoyo siempre desinteresado
que me ha demostrado, sin el cual no
hubiese sido posible concluir este
trabajo.

El Ing. Eleazar M. Pineda Díaz, por el
apoyo siempre absoluto, el cual me
demostró durante el desarrollo de
este trabajo.

La Universidad Nacional Autónoma de
México, quien me ha dado todo y de
quien siempre estaré orgulloso.

Comisión Federal de Electricidad, por
el apoyo recibido en la realización de
este trabajo.

CONTENIDO

INTRODUCCION

CAPITULO I

DEFINICION DEL SISTEMA.

1.1	ANTECEDENTES.....	1
1.2	FUNCIONAMIENTO DEL MODEM.....	5
1.3	BOSQUEJO HISTORICO.....	7

CAPITULO II

CONCEPTOS BASICOS.

2.1	GENERALIDADES.....	11
2.2	MODULACION.....	11
2.2.1	MODULACION EN AMPLITUD.....	11
2.2.2	MODULACION EN FRECUENCIA.....	12
2.2.3	MODULACION CORRIMIENTO DE FASE PSK.....	18
2.3	DEMODULACION.....	19
2.4	NORMALIZACION.....	21
2.4.1	NORMA RS-232C.....	23
2.4.2	NORMA BELL 103 ORIGEN/RESPUESTA (ORIGEN/ANSWER).....	31
2.4.3	NORMA V.23 MODO 1 Y 2.....	32
2.4.4	RESUMEN DE LAS NORMAS SERIE V DE LA CCITT.....	38
2.5	TRANSMISION DE DATOS.....	39
2.5.1	MODOS DE TRANSMISION DE DATOS.....	43
2.5.2	VELOCIDAD DE TRANSMISION.....	43
2.6	LINEAS TELEFONICAS.....	44
2.7	MODEMS.....	46
2.7.1	CARACTERISTICAS DEL MODEM WESTON.....	47
2.7.2	CARACTERISTICAS DE LOS MODEM's VICON.....	49
2.7.3	CARACTERISTICAS DEL MODEM HARRIS.....	51
2.8	ASPECTOS TEORICOS DEL SISTEMA A IMPLEMENTAR.....	51
2.8.1	CARACTERISTICAS DEL SISTEMA.....	52
2.8.2	ETAPA DE ACOPLAMIENTO.....	53
2.8.3	ETAPA DE FILTRADO.....	54
2.8.4	PROGRAMACION DEL MODEM.....	56
2.8.5	CIRCUITO INTEGRADO AM7911PC.....	57

CAPITULO III
IMPLEMENTACION DEL CIRCUITO.

3.1.	GENERALIDADES.....	63
3.2	ETAPA DE RECEPCION.....	63
3.2.1	ACOPLAMIENTO.....	64
3.2.2	AMPLIFICADOR DIFERENCIAL.....	65
3.2.3	CALCULO DE LOS FILTROS PASA BANDA DE LA ETAPA DE RECEPCION.....	67
3.2.4	NIVEL DE DETECCION.....	78
3.2.5	ETAPA DETECTORA DE PORTADORA (CD CARRIER DETEC).....	80
3.2.6	ETAPA DE MODULACION/DEMODULACION.....	83
3.2.7	INTERFASE RS-232C Y TTL.....	84
3.3	ETAPA DE TRANSMISION.....	84
3.3.1	RETARDO RTS/CTS.....	88
3.3.2	INTERFASE A RADIO.....	90
3.4	ALIMENTACIONES.....	91
3.5	DIAGRAMAS y FUNCIONAMIENTO.....	91
3.6	ETAPA DE INDICACION DE OPERACION DEL MODEM.....	102
3.7	AJUSTES Y PRUEBAS.....	104

CAPITULO IV
PRUEBAS Y CARACTERIZACION DEL SISTEMA.

4.1.	INTRODUCCION.....	105
4.2.	EQUIPO Y MATERIAL UTILIZADO EN LAS PRUEBAS.....	105
4.3	PUNTOS DE PRUEBA Y AJUSTE.....	106
4.3.1	PUNTOS DE PRUEBA.....	107
4.3.2	PUNTOS DE AJUSTE.....	107
4.4	VALORES DE CONFIGURACION.....	107
4.4.1	RELACION RTS/CTS.....	107
4.4.2	RETARDO DE PORTADORA CD.....	108
4.4.3	TRANSMISION - RECEPCION DE DATOS TD RD.....	109
4.4.4	AJUSTE DEL NIVEL DE TRANSMISIÓN.....	110
4.4.5	AJUSTE DEL NIVEL DE RECEPCION.....	110
4.4.6	GENERACION DE TONO CONTINUO.....	111
4.4.7	AJUSTE DEL RTS/CTS.....	111
4.4.8	AJUSTE DE RETARDO DE CD.....	112

CAPITULO V
ELABORACIÓN DEL CIRCUITO IMPRESO.

5.1	INTRODUCCIÓN.....	113
5.2	PROGRAMA PROTEL.....	113
5.2.1	TECLAS RÁPIDAS.....	118
5.3	ELABORACION DEL DIAGRAMA EN EL PROGRAMA PROTEL	120
5.3.1	DIAGRAMA DEL CIRCUITO IMPRESO.....	121
5.4	ELABORACION DEL CIRCUITO IMPRESO.....	125

CAPITULO VI		
EVALUACION ECONOMICA DEL MODEM.....		126

CONCLUSIONES.....		128
BIBLIOGRAFIA.....		130

INTRODUCCION

Objetivo.

El objetivo principal de esta tesis es el diseño y construcción de un circuito eléctrico de un módem de baja velocidad, utilizando el dispositivo AM7911PC y que cumpla con las normas de los módems comerciales, para estas velocidades; además de tener un costo relativamente bajo.

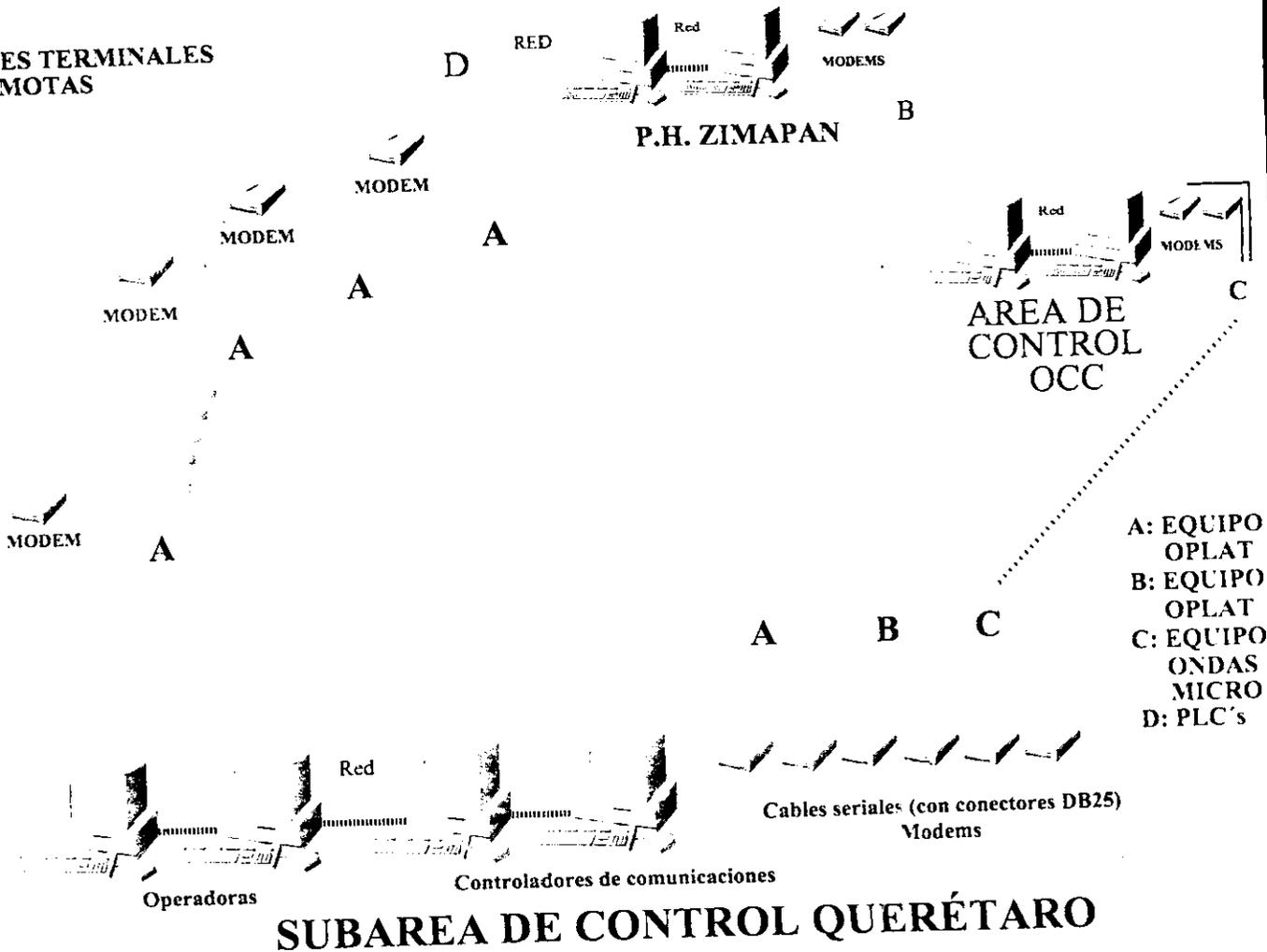
En el presente trabajo se desarrolla un equipo de comunicación de datos (MODEM) que pueda sustituir a los módems que se están utilizando en los equipos de control supervisorio de la Subárea de Transmisión y Transformación Bajío Central de la Comisión Federal de Electricidad; y en donde se requiera utilizar módems de baja velocidad, ya que puede soportar varios modos de operación como se verá en el desarrollo del trabajo.

Problemática.

Los motivos por los cuales se escogió este proyecto fue el deseo de conocer más profundamente los conceptos que rodean a los módems, ya que se habla mucho de módems y existe mucha información general sobre dicho tema pero muy poca específica, además del deseo de colaborar con el presente trabajo para mostrar algunos aspectos que se deben de considerar en el diseño de un módem. También se espera que este trabajo ayude a dejar claros los conceptos que se manejan al usar circuitos integrados y que solo tenemos referencias breves en los manuales de los fabricantes.

Además se pretende que este módem sea una solución a la problemática que se presenta en **Comisión Federal de Electricidad**, ya que aquí se manejan módems de velocidades de 300, 600, y 1200 baudios como parte de los equipos de supervisión remota; en las diversas instalaciones tanto de Generación Transmisión y Distribución en las diversas zonas del país. Dichos equipos en la actualidad se consiguen solo con algunos proveedores nacionales y tienen características limitas; sobre todo en las partes de ajuste de tiempo y filtrado en la señal de entrada, por lo que es necesario contar con una alternativa que contemple esta situación. La figura siguiente muestra parte de la distribución del los equipos de control supervisorio en la Subárea de Control Querétaro (resalta la ubicación del módem en el sistema); y muestra la interconexión con otros sistemas de control como lo son la Planta Hidroeléctrica Zimapan y el área de Control Occidental.

UNIDADES TERMINALES REMOTAS



RESUMEN DE LOS CAPITULOS

El primer capítulo contiene los antecedentes en el desarrollo de este tipo de módem, cuales características deberá cumplir y como se pretende solucionarlo, un aspecto histórico de los módems, y características generales de la operación de los módem.

El capítulo dos contiene los aspectos teóricos necesarios, las normas que cubre el circuito seleccionado y las características técnicas, con las que cumple.

El capítulo tres contiene el diseño del módem, ya que se establecen los cálculos, los diagramas eléctricos. Conque se desarrollo el módem y que incluyen:

- ❖ Etapa de recepción.
- ❖ Etapa de transmisión.
- ❖ Alimentaciones.
- ❖ Diagramas y funcionamiento
- ❖ Etapa de indicación.
- ❖ Ajuste y pruebas.

El capítulo cuatro están las pruebas que se le aplicaron al módem como son:

- ❖ Ajuste en nivel de Transmisión recepción de datos.
- ❖ Ajuste en la relación RTS/CTS.
- ❖ Ajuste en el retardo de portadora.
- ❖ Configuración de las diversas normas del módem.

Además se incluyen las características de operación del módem.

El capítulo cinco contiene la construcción del circuito impreso y de los aspectos técnicos considerados para la distribución de los componentes dentro del mismo, además del acabado; así como algunas recomendaciones necesarias para el desarrollo de circuito impreso.

En el capítulo seis se hace un análisis económico del módem.

Finalmente se presentan las conclusiones de la tesis y las recomendaciones que se proponen para el uso del módem.

Metodología

Ya que entre los circuitos y normas que debe de contener un módem están la interfase RS-232C, con los estándares de comunicación Bell 103, Bell 202, V23, modo 1 y modo 2, conmutación de frecuencia, filtros de entrada, retardos de tiempo, indicadores luminosos, puntos de prueba y ajuste; la metodología que se va a seguir para su diseño es la secuencia siguiente:

Secuencia del diseño.

Se realiza el planteamiento del problema, el cual es el de diseñar un módem de baja velocidad que se pueda utilizar en los equipos de control supervisorio de Comisión Federal de Electricidad; para esto se investigan las características de los módems actuales dentro del área de aplicación de este equipo encontrándose que son similares las características de los modems utilizados en cuanto a interfase, voltajes de alimentación y acoplamiento a la línea de transmisión, difiriendo solo en las normas y tecnología utilizada ya que cada equipo maneja diferentes normas y tecnología. Se plantean los conceptos teóricos necesarios para la realización de proyecto. Se investiga la existencia de elementos en el mercado para construir un módem que englobe las características de los diferentes modems y pueda ser utilizado por uno u otro equipo tan solo con reconfigurarlo. Para el módem se requiere que tenga:

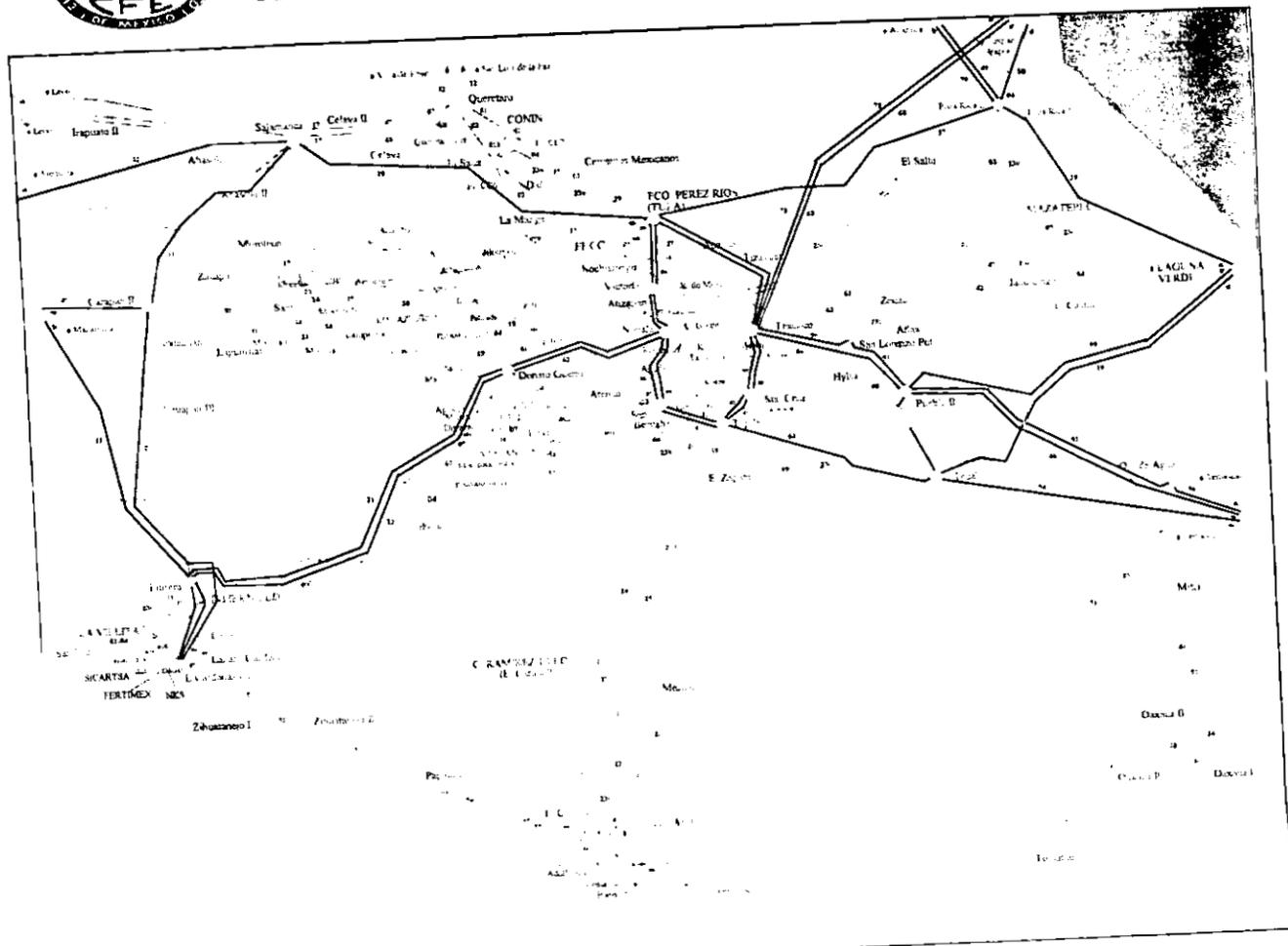
- Una etapa de filtrado, por lo que se incluye un filtro de cuarto orden construido en base a un circuito Amplificador operacional.
- Etapa de acoplamiento a línea a 600 ohms, el cual es comercial con transformadores de acoplamiento del valor de 600 ohms.
- Etapa de retardo en señales de control.
- Etapa de interfase con niveles RS-232-C y TTL.
- Etapa de sensibilidad para los valores compatibles con los modems a sustituir.
- Ajuste de nivel de transmisión configurable y compatible a los valores deseados.

Para lograr el diseño del módem se sigue la secuencia siguiente:

- Se plantean los cálculos necesarios para la elaboración del módem.
- Se realizan pruebas en laboratorio para observar su comportamiento.
- Es deseable un programa de computadora para elaborar el circuito impreso.
- Se elabora el circuito impreso.
- Se montan los componentes.
- Se prueba el producto terminado.



SUBDIRECCION DE TRANSMISION, TRANSFORMACION Y CONTROL COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION



CAPITULO I DEFINICIÓN DEL SISTEMA.

1.1 Antecedentes

La Comisión Federal de Electricidad en la Subárea de Transmisión y Transformación Bajío Central que comprende parte del Centro de la República Mexicana denominada "Zona Bajío" con los estados de Querétaro, Guanajuato y Michoacán, como se muestra en parte superior, encerrada en un círculo, de la figura 1.1; tiene instalados actualmente equipos de control y monitoreo de Subestaciones de 115/13.8, 230/115 y 400/230 Kvolts; en gran parte de ellas los equipos de comunicación manejan velocidades de transmisión de 300, 600, y 1200 baudios. Aunque estos sistemas se han venido modernizando en cuanto a la tecnología que utilizan para el desarrollo de los equipos, las velocidades de comunicación siguen siendo las mismas debido a la infraestructura que se usa como medio de comunicación; como es el caso de los radios, líneas de transmisión y microondas; las cuales ya tienen establecido un ancho de banda y resultaría muy costoso cambiar todo o parte del equipo. A la fecha muchos de los módems que tienen los equipos son originales pero debido a los años de servicio es más frecuente su daño, actualmente existen varias compañías en México que venden este tipo de módems pero sus costos son de alrededor de 1000 dólares. La intención de construir este módem es la de presentar una solución a esta problemática y que no sólo se use en la Subárea bajío, sino que se utilice dentro de las instalaciones de Comisión Federal de Electricidad de todo el país, si así se requiere. Cabe señalar que cada uno de los diversos equipos manejan diferentes interfaces físicas pero son las mismas señales, además existen conectores de acoplamiento que permiten conectar los equipos al módem por lo que no existe problema alguno.

La COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD en la ZONA DE TRANSMISION BAJIO CENTRAL tiene instalados sistemas de control supervisor, compuesto por seis unidades terminales maestras en las diversas áreas como son: la ZONA DE DISTRIBUCION QUERETARO, ZONA DE DISTRIBUCION CELAYA, ZONA DE DISTRIBUCION SAN JUAN DEL RIO, ZONA DE DISTRIBUCION SALVATIERRA, SUBAREA DE TRANSMISION BAJIO con EL SISTEMA DE MONITOREO DE POZOS DE LA CENTRAL TERMoeLECTRICA SALAMANCA (C.T. SLM) y el CONTROL AUTOMATICO DE GENERACION DE CUATRO UNIDADES GENERADORAS EN LA C.T. SLM, con un total de 37 unidades terminales remotas distribuidas en parte de la zona bajío, y tres unidades terminales remotas enlazadas al SISTEMA DE CONTROL OCCIDENTAL (GUADALAJARA).

La figura 1.2 muestra el orden jerárquico que guarda la interconexión de las diferentes áreas de control y supervisión, dentro de Comisión Federal de Electricidad. Donde podemos observar que la ZONA BAJIO CENTRAL se encuentra en los niveles dos, tres y tiene conexión con el nivel cuatro, siendo el objetivo mantener la continuidad del servicio eléctrico Nacional; haciendo la función de telecontrolar y supervisar las subestaciones de distribución con transformación de voltaje de 115/13.8 KV, subestaciones de transmisión con transformación de voltaje de 230/115 KV y de 400/230 KV así como la supervisión y telecontrol del sistema de pozos profundos, que surten de agua de alimentación a la Central Termoelectrónica Salamanca. Cabe mencionar que en esta planta tiene instalados equipo para el control de generación (AGC) que realiza el SISTEMA DE CONTROL OCCIDENTAL, a través de tres unidades terminales remotas. Este tipo de subestaciones tienen instaladas para tal función unidades terminales remotas de lógica cableada y unidades terminales remotas de lógica computarizada; actualmente se tiene como problemática la diferencia de módems ya que además de que utilizan diferentes velocidades de transmisión cada fabricante utiliza diferentes tipos de conectores, diferentes tecnología; pero la problemática más fuerte esta módems en los que se utilizan partes selladas con resina epoxica de tal forma que una vez que se daña algún elemento dentro de estas partes selladas no es posible reparar o sustituir; es por esto que en el presente trabajo se desarrolla un módem como alternativa de solución a este problema, que contiene la flexibilidad de poder programar varias características, es decir, que se pueda programar para los diferentes estándares que se utilizan en cada equipo, además de que existan refacciones en el mercado por lo que el desarrollo se basa en el circuito integrado AM7911PC DE AMD (Advanced Micro Device Inc.) que prácticamente es un módem y es muy flexible.

A las diferencias que existan entre cada uno de los estándares que maneja cada equipo, se hace referencia en el capítulo dos de este trabajo.

Existentes algunos conceptos que se manejan durante la transmisión de datos; Por lo que empezaremos por describir las partes que componen un módem, para poder entender mejor el uso de los conceptos.

Como ya se menciona un módem es un equipo electrónico que convierte por una parte datos binarios en señales analógicas y por otro lado señales analógicas en datos binarios; pero se necesitan algunas señales que permitan controlar el proceso y dos interfases uno hacia el medio desde el cual se van a recibir o transmitir las señales analógicas y otra hacia el equipo del cual se van a tomar o presentar los datos.

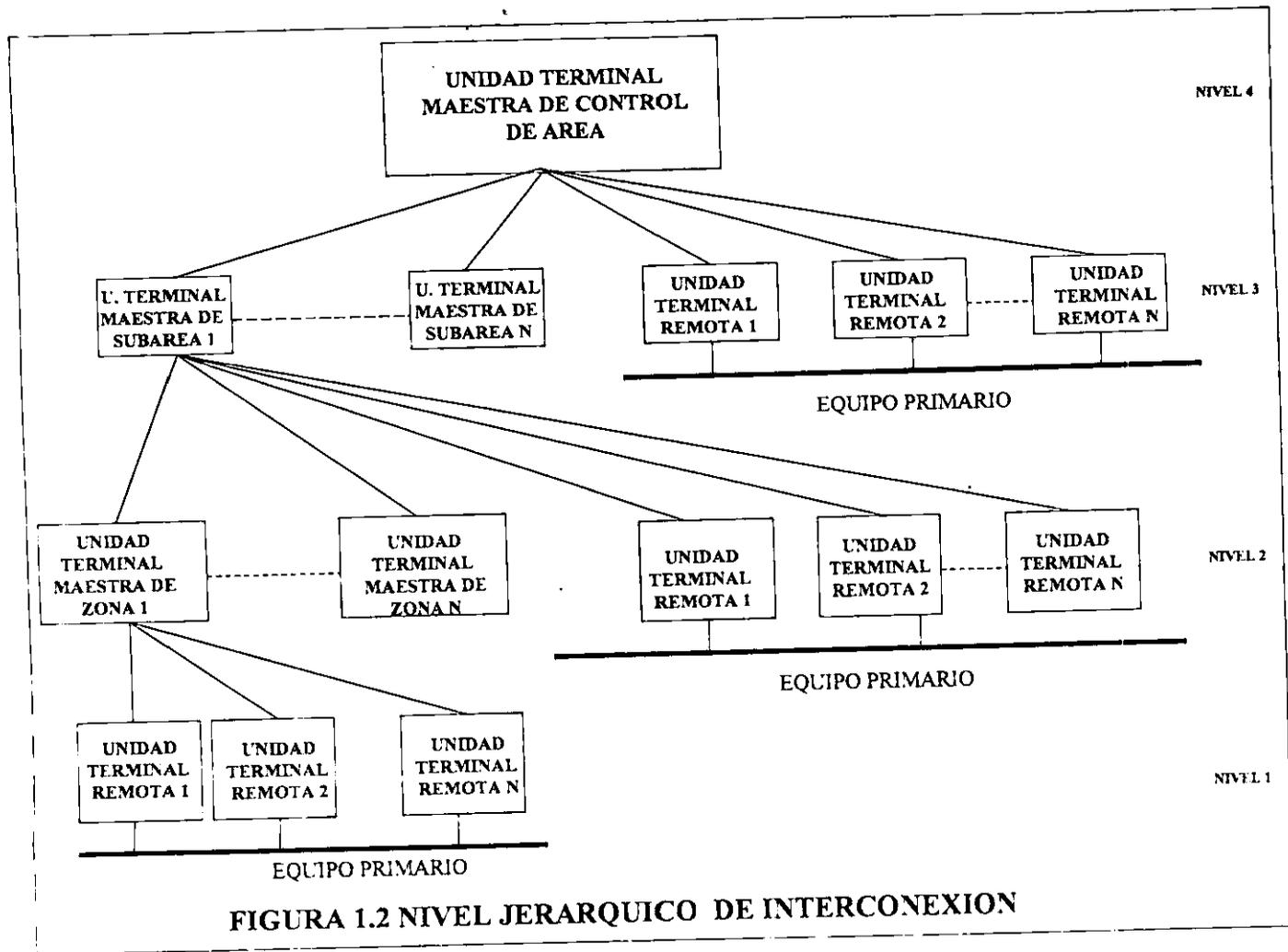


FIGURA 1.2 NIVEL JERARQUICO DE INTERCONEXION

1.2 Funcionamiento del módem.

En su afán por comunicarse a grandes distancias sin necesidad de desplazarse, el ser humano ha ideado una serie de métodos para lograr dicho objetivo, tales como el telégrafo, la radio, el teléfono, la televisión, facsimil, etc.. Con esto a logrado su objetivo, pero con el surgimiento de las computadoras y en general el equipo digital ha surgido la necesidad de interconectar este equipo para realizar el intercambio de información y establecer con ello una comunicación entre equipos digitales, como esta interconexión generalmente es a grandes distancias ha surgido la necesidad de adecuar la información generada por el equipo digital a una forma fácil y confiable de transmitir utilizando los medios existentes para hacerlo como pudieran ser: línea telefónica, radio, OPLAT (operación por línea de alta tensión), línea privada, equipo de microondas etc.. Para realizar esta función es necesario utilizar algo que realice el acoplamiento entre el equipo digital y el medio que se va utilizar para realizar el enlace; el equipo que realiza esta función es conocido como MODEM.

Los MODEMS son el componente fundamental de un fenómeno relativamente nuevo como es la comunicación con sistemas remotos, con el objeto de transferir información binaria de unos a otros.

Entendemos por transmisión de datos el movimiento de información que ha sido o va ser procesada, codificada generalmente en forma binaria, sobre algún sistema de transmisión eléctrica.

Por información binaria entendemos a la unidad de información que puede adoptar dos valores o estados distintos, como es el uno y cero lógicos.

Será necesario una fuente de datos (computadora ó controlador) y un destinatario de los mismos (otra computadora, otro controlador terminal de video, impresora, multiplexor, etc.) y un medio de enlace entre ellos. La técnica y medios para llevar a cabo esta transmisión varía en función de la distancia existente entre un equipo y otro, existiendo una clara diferencia entre las conexiones locales y las conexiones remotas, entendiéndose por remotas las establecidas por las normas existentes para realizar dichas interconexiones, de las cuales hablaremos en el siguiente capítulo. En este caso es necesario recurrir a medios de telecomunicación que permita este enlace. Entre estos se encuentran los módems. La figura 1.3. muestra la interconexión entre dos equipos conectados en forma local y en forma remota.



Figura 1.3. Interconexión entre equipos locales y equipos remotos.

La palabra **MODEM** proviene de la concatenación de **MOD**ulador y **DEM**odulador; entendiéndose por modulator al equipo que acepta una serie de datos binarios y genera una señal analógica compatible con el medio de transmisión y por demodulador al equipo que acepta una señal analógica con información del medio de comunicación y genera una serie de datos binarios.

Los dos procesos anteriormente descritos los realiza el equipo electrónico llamado módem.

La figura 1.4. muestran tres definiciones de módem, de derecha a izquierda y con línea punteada se muestra una definición limitada de un módem, en ella solo se contemplan cuatro componentes como son: el acoplamiento a la línea, los filtros pasa banda, el demodulador y el modulator; siguiendo a la izquierda, la definición tradicional de un módem, agrega además de las partes para la definición limitada de módem, un par de filtros pasa bajas, un scrambler y un desescrambler; la definición amplia de un módem, considera además de las partes mencionadas un codificador y corrector de caracteres, dos convertidores sincronicos/asincronicos, detector y corrector de errores, controlador de protocolos, disco selector y contestador automático. En esta figura se puede apreciar que a medida que agregamos más partes a un módem éste se vuelve más versátil, pero también más costoso.

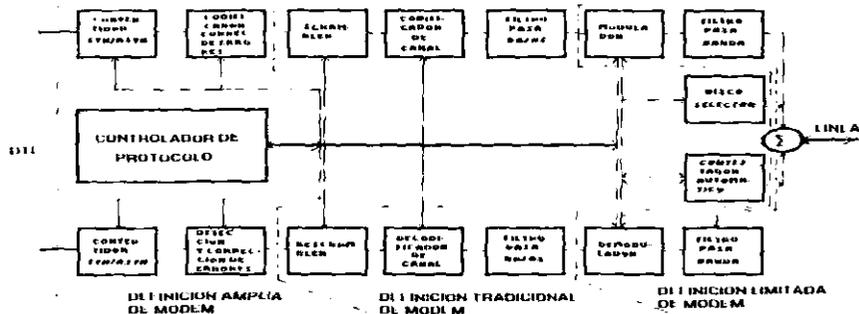


Figura 1.4. Componentes de un módem.

1.3 Bosquejo histórico.

El surgimiento de los módems comerciales fue paralelo al crecimiento de los sistemas de comunicación de datos. Originalmente el procesamiento de datos fue una aplicación libre. Inicialmente las comunicaciones con equipos periféricos fueron con conexión física permanente a la computadora central en el mismo lugar. Con la rápida expansión de las poblaciones y organizaciones se tiene el requerimiento de interconectar diferentes lugares por medio de la transferencia de datos a alta velocidad. El primer documento que describe la implementación de un módem aparece en 1967, y es la Bell System Technical Journal la que publica, el documento titulado "Transmission of Digital Information over Telephone Circuits" que describe una modulación de pulsos sobre un sistema de transmisión y fue capaz de transmitir datos con una velocidad de 640 bits. En febrero de 1968, Telephone Service, el propietario original de los módems de Bell Systems utiliza la transferencia de datos sobre líneas telefónicas, fue el primero en introducir esta modalidad. Desde 1968 hasta 1968 la Bell Systems fue el único proveedor de módems comerciales para PSTN (Public Switched Telephone Network); independientemente de los módems suministrados para el uso del gobierno y la construcción de módems para línea privada.

La primera indicación de que las cosas cambiaban eventualmente dentro de la Bell System empiezan en 1957 cuando la FCC (Comisión Federal de Comunicaciones) reglamentó sobre el uso de un diseño simple llamado silenciador de teléfono (Hush-a-phone).

El silenciador del teléfono fue una copa de plástico que se ajustaba sobre la boquilla del teléfono para reducir la interferencia debida al ruido de fondo. Las compañías de teléfonos consideraron que este tipo de aditamento volvían prohibitivas las tarifas. La FCC al respecto comento "Según nosotros interpretamos la opinión de la corte, una reglamentación de la tarifa la cual alcanzará una prohibición general en contra del uso de los clientes de cualquiera de los dispositivos sin distinción entre lo nocivo e inofensivo, se inmiscuiría en el derecho del usuario para hacer uso razonable de las facilidades proporcionadas por los demandados". Esta fue la primera señal de los eventos que vendrían.

En realidad una forma especializada del acoplamiento acústico de un módem fue ofrecida por primera vez por la Bell System en 1965 para transferir un electrocardiograma a través del Dataphone 603. El 603 usaba modulación FM y era half dúplex. Anderson Jacob fue otro de los pioneros del uso y fabricación de acoplamientos acústicos para la transmisión de datos, mostrando el primero de tales diseños en 1967. En septiembre de 1967 laboratorios Bell tenía anunciado su propio acoplamiento acústico de módem, que fue el fijador de datos 112A. El 112A estandar de Bell, usaba modulación FSK y era capaz de operar a 300 bits a modo half dúplex o 150 bits e full dúplex.

El surgimiento de un mercado comercial independiente para la transmisión de datos comenzó a finales de los 60's. La indiferencia de las compañías telefónicas de los Estados Unidos hacia las necesidades de los compradores fue haciéndose más notable y el principio del cambio para las leyes de en este campo pareció posible.

La posición de la FCC para el caso del silenciador de teléfono abrió el mercado a productos que podrían ser útiles o inofensivos. La razón por la cual las compañías de teléfonos mostraban indiferencia a las necesidades que surgían de los usuarios, se debía más que nada a los efectos de la regulación, y no a una incapacidad para entender a los usuarios. La velocidad con la cual se podían transferir datos sobre líneas telefónicas y las características útiles se expandían con cada técnica desarrollada. Uno que otro manejaba la operación de las compañías de teléfonos donde usando el programa de depreciación de equipo (fijado por la regulación de tarifas) se prolongo por veinte años.

Por ello no es sorprendente que la Bell System presente nueva tecnología en el mercado de las comunicaciones más lentamente que las compañías independientes que surgieron durante este periodo. Como sucede frecuentemente, el cambio en el clima regulador fue el

manejo del mercado, ya que el usuario necesita tener la habilidad para instalar rápidamente terminales de tiempo compartido. Los usuarios vieron que los módems de acoplamiento acústico significaban que cuando la decisión fuera tomada para instalar aplicaciones de tiempo compartido, la instalación de estos equipos fuera inmediata. Para la Bell System instalar la línea de datos y el módem significaba varias semanas de retardo.

Las compañías pequeñas prosperaron con sus productos de la comunicación utilizando la tecnología para proveer al mercado deseando servir, mientras evitaban un adecuado estándar o regulación. Una pequeña compañía llamada Carterfone es un claro ejemplo de este efecto. En 1967 Carterfone ofrece un sistema de radio móvil, el cual se interconecta a la PSTN. Cuando la compañía local de teléfonos encuentra evidencia de estos "accesorios extraños", amenazan con suspender el servicio a los usuarios del equipo Carterfone. Carterfone establece un juicio para proveer tal acción, y el caso es remitido a la FCC. La FCC utiliza el mismo criterio que utilizó para el silenciador del teléfono y encuentra que la conexión de Carterfone al sistema telefónico no tiene resultados adversos para tal y el uso de tarifas prohibitivas era irrazonable e ilegal. Sin embargo los medios para implementar la propuesta de Carterfone crearon una nueva complejidad. Los ingenieros de Bell System argumentaron que un acceso eléctrico irrestringido de los usuarios a las terminales de la red telefónica podía ocasionar problemas a la misma, y sugirieron que los aparatos terminaran con Arreglo de Acceso a Datos (DAA) instalado entre la línea telefónica y el usuario de módems u otro equipo. La FCC agregó que con esta vía de entrada y diferentes rangos de los DAA's fueran diseñada por la Bell System para diferentes aplicaciones. El uso de DAA's abrió el mercado de la red pública conmutada a constructores independientes de módems por primera vez. Previamente ellos tuvieron ventas, solo a una parte del mercado, a líneas rentadas o líneas privadas. Sin embargo los problemas para conseguir que la compañía de teléfonos instalara DAA's en tiempo y forma limitó las ventajas del nuevo mercado de los módems.

En 1974, el último intento fue hecho para conservar el monopolio telefónico.

El estado de Carolina del Norte consideró que sólo la capacidad solicitada y suministrada por la compañía de teléfonos podría ser usada para comunicación en el estado. La compañía arrendadora Telerent solicitó a la FCC que las leyes federales se aplicaran al estado de Carolina del Norte en esta materia.

La FCC resolvió por tanto, solo al estado, "Ninguno de los fallos para Carterfone ni estas tarifas impiden a cualquier estado proporcionar opciones con respecto a la interconexión proporcionada a los consumidores, ya que son sus alternativas mejoradas a los sustitutos, los requerimientos especificados en las

tarifas interestatales y proveer nuevas que efectuen tales regulaciones es el objetivo de la regulación de la tarifa interestatal y en ninguna forma permitir el deterioro del servicio interestatal".

Con el ultimo resultado de la jurisdicción, la FCC emite la primer orden y reporte acta No. 19528. Esta orden establece el estándar técnico nacional para el diseño de equipo de datos y como tales equipos podrian ser conectados a la PSTN sin el uso de protecciones de acoplo. El reporte anterior del 23 de septiembre de 1976 (acta de FCC 20003) fue sometido al presidente del subcomité en comunicaciones, quien comento a la FCC sobre los derechos de autor 12323 titulado "El consumidor de comunicaciones reforma al acta de 1976".

El primer requerimiento técnico que otros fabricantes propusieron para conectar equipo a la PSTN fue incluido en el acta de FCC No. CC 79-43 la cual acuerda empezar en documento 68. Con la publicación de las reglas en el documento 68, los constructores de módems podrian fabricarlos con el conector directo al módem, no requería DAA's para conectarlo a la PSTN.

Ahora cada fabricante de módems tiene la habilidad para conectarse a la PSTN igualmente. Asi de este modo se hizo necesario tener estándares para asegurar que los fabricantes de módems fueran compatibles entre si. Esto ya no fue deseable para la Bell System ya que tuvo que crear una fabrica de estándares.

CAPITULO II CONCEPTOS BÁSICOS

2.1 Generalidades.

Existen diversas técnicas de modulación, la cual es la función principal en los módems, entre estas se encuentran: Modulación en amplitud, Modulación en frecuencia, Modulación en fase y Modulación de amplitud en cuadratura; además de otras características inherentes al módem, como son: velocidad de transmisión, tipo de transmisión, normas, interfases hacia el equipo terminal de datos y hacia el medio de enlace. En este capítulo también se muestran algunos conceptos básicos sobre la transmisión de datos serie y paralelo.

2.2. Modulación.

Transportar una señal original de audio de un transmisor hasta un receptor, es difícil cuando la distancia es grande; la señal no puede ser transportada sin que sea transformada. La modulación consiste en modificar una señal llamada portadora, por una señal llamada moduladora. La señal portadora puede alterarse (modularse) en varias formas para reflejar la presencia del audio modulador. En los párrafos siguientes se describen tres de estas técnicas de modulación.

2.2.1 Modulación en amplitud ASK.

Existen esencialmente tres maneras de modular una portadora senoidal simple: variando su amplitud su frecuencia y su fase de acuerdo a la información que se va a transmitir. En el caso binario esto corresponde a la conmutación de uno de los tres parámetros entre dos valores posibles. Dado un mensaje digital la técnica de modulación más sencilla es la modulación por arrimamiento en amplitud (ASK), donde la amplitud de la portadora conmuta entre dos valores, por lo general el puesto (on) y el fuera (off) de las señales binarias. Supóngase una secuencia de pulsos binarios, como los que se muestran en la figura 2.1. el "1" (1Vcd) enciende la amplitud de la portadora A , y el "0" (0Vcd) la apaga (figura 2.1.b.) es evidente que el espectro de la señal ASK dependerá de la secuencia particular que se transmita. Sea una secuencia $f(t)$ particular de unos y ceros; entonces, la señal modulada en amplitud [1], o señal ASK, es simplemente:

$$f(t) \cdot Af(t) \cos \omega t$$

donde:

$f(t) = 1$ o 0 , sobre intervalos de T segundos de duración, o

$f(t)$ se le denomina señal de banda base o moduladora.

f es la frecuencia portadora en Hertz.

ω_c es la frecuencia angular relacionada con f con:

$$f = \omega_c / 2\pi.$$

El efecto de la multiplicación de $\cos \omega_c t$ es simplemente el corrimiento del espectro original de la señal hasta la frecuencia ω_c [1].

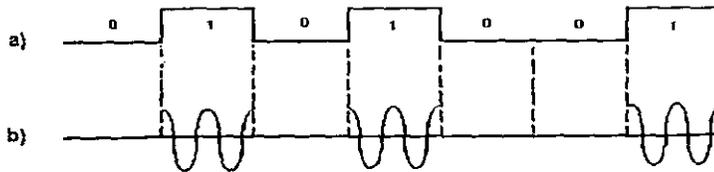


Figura 2.1. Señal de modulación por corrimiento de amplitud, a) Señal binaria, b) Señal modulada.

2.2.2 Modulación en frecuencia FSK.

La modulación en frecuencia es otra de las formas de modular una portadora cosenoidal simple y esta consiste en que dado un mensaje digital se hace coincidir a cada valor del mensaje digital ya sea un "1" o un "0" con otro de la señal portadora, es decir el "1" corresponde a la frecuencia f_1 y el 0 a la frecuencia f_0 . A esta técnica de modulación se le conoce como FSK, MODULACION POR CORRIMIENTO EN FRECUENCIA [1], y consiste en hacer:

$$f = \begin{cases} \text{Acos}(2\pi f_1 t + \Lambda \omega) & ; \text{ para el uno (1) } \\ \text{Acos}(2\pi f_0 t + \Lambda \omega) & ; \text{ para el cero (0) } \end{cases}$$

f_c es la frecuencia central de la señal i la portadora.
 f_c es la frecuencia portadora en Hertz.
 ω es la frecuencia angular relacionada con f_c con:
 $f_c = \omega / 2\pi$.

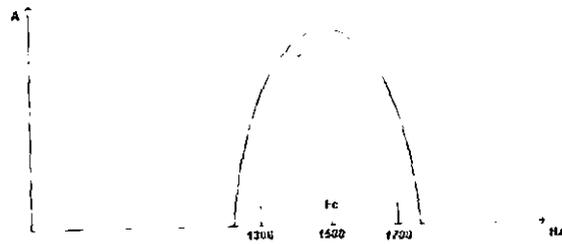
De esta forma tenemos que f_1 y f_2 son frecuencias que se encuentran a los extremos de f_c a una Δf de esta:

$$\begin{aligned}
 f_1 &= f_c - \Delta f & \text{y} \\
 f_2 &= f_c + \Delta f
 \end{aligned}$$

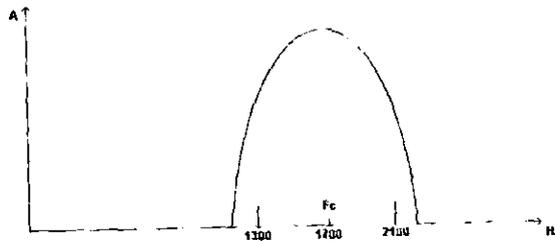
Las dos frecuencias difieren entonces en $2\Delta f$ hertz. Por lo tanto:

$$f(t) = A \cos(\omega_c t + \Delta\omega t) \quad T/2 \leq t \leq 1/2$$

La frecuencia entonces se desvía $+\Delta f$ alrededor de f_c se denomina comúnmente desviación en frecuencia (1), como se muestra en la figura 2.2.a. y 2.2.b. en donde se muestran los espectros para una norma V.23 MOBO 1 Y V.23 MOBO 2 respectivamente, esto se explica a detalle en la parte final de este capítulo 2, pero podemos observar que para la figura 2.2.a el Δf es de 200 Hz a partir de la frecuencia central f_c , mientras que en la figura 2.2.b el Δf es de 400 Hz. Esto es sólo para esta norma, las demás normas que soporta el circuito integrado que se utiliza en este trabajo se verán en la última sección de este capítulo.



a)



b)

Figura 2.2. Espectro en frecuencias de la norma V.23. a) modo 1, b) modo 2.

La figura 2.3. muestra la modulación por corrimiento en frecuencia, en donde la figura 2.3.a. muestra la señal binaria y la figura 2.3.b. muestra el producto de la modulación con esta técnica.

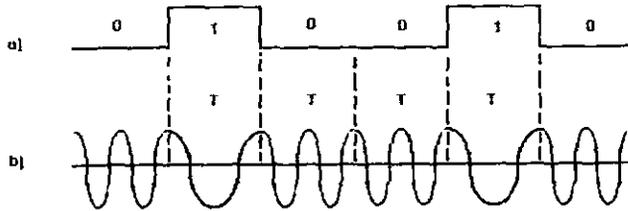


Figura 2.3. Señal de modulación por corrimiento en frecuencia. a) señal binaria, b) señal modulada

Supóngase que el mensaje binario consiste en una secuencia alternata de unos y ceros, donde como ya se mencionó un uno lógico adquiere una frecuencia f_1 y un cero lógico adquiere una frecuencia f_0 . Si ambas frecuencias son múltiplos del recíproco del período bitario T , es decir $f_1 = m/T$, $f_0 = n/T$, donde m y n son enteros y están sincronizadas en fase (1), es decir:

$$f_1(t) = A \cos \omega_1 t \quad \text{correspondiente a un uno lógico y}$$

$$f_0(t) = A \cos \omega_0 t \quad \text{correspondiente a un cero lógico.}$$

para $0 \leq t < T/2$.

La onda FSK es una función periódica como se muestra en la figura 2.3.

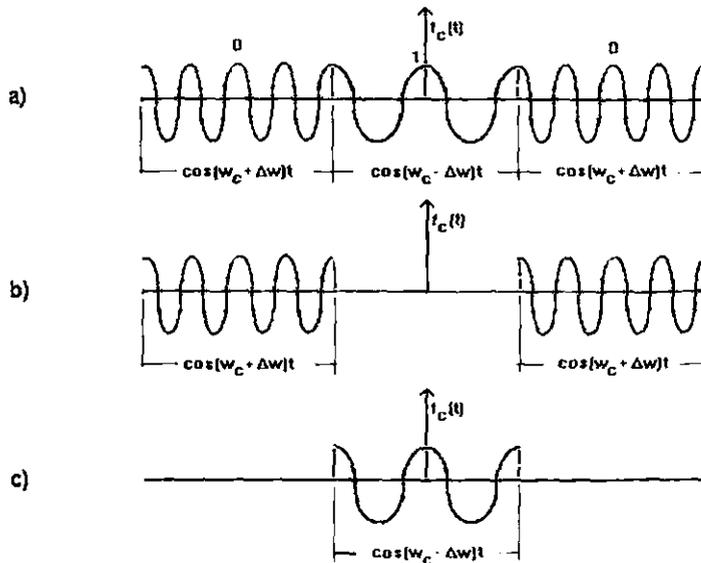


Figura 2.4. a) Señal periódica de FSK, b) Señal periódica ASK, c) Señal periódica ASK retrasada T segundos respecto de (b)

Nótese sin embargo, que esto puede visualizarse como la superposición lineal de dos señales periódicas de ASK, como en la figura 2.1. La mostrada en la figura 2.4.b. retrasada T segundos respecto de la mostrada en la 2.4.c. El espectro es entonces una superposición lineal de los dos espectros. Donde el espectro positivo de frecuencias es de la forma [1]:

$$\text{sen}[(\omega_1 - \omega_0)T/2]/(\omega_1 - \omega_0)T/2 + (-1)^n \text{sen}[(\omega_1 - \omega_0)T/2]/(\omega_1 - \omega_0)T/2$$

Con $\omega_0 = \pi n/T$, $\omega_1 = \omega_0 + \Delta\omega$; $\omega_2 = \omega_0 + \Delta\omega$. Este espectro se muestra esquemáticamente en la figura 2.5. para el caso especial $\Delta f \gg 1/T$. el ancho de banda de esta señal es entonces $2\Delta f + 2B$, donde B es el ancho de banda.

Hay dos casos extremos interesantes:

1.- si $\Delta f \gg B$, el ancho de banda tiende a $2\Delta f$. Así pues si se usa una gran separación entre tonos en el sistema FSK, el ancho de banda es esencialmente el mismo que esa separación. Es

virtualmente independiente del ancho de banda de la señal de banda base binaria.

2. Si $\Delta f \ll B$, el ancho de banda tiende a $2B$. En este caso, incluso aunque los tonos se elijan muy poco espaciados, el ancho de banda mínimo es aún el requerido para la transmisión de ASK; ahora el ancho de banda está determinado por la señal de banda base.

El ancho de banda de transmisión depende de las magnitudes relativas de la desviación en frecuencia Δf y del ancho de banda B de la banda base, definiendo el parámetro β , denominado índice de modulación, como el cociente entre los dos. Así pues:

$\beta = \Delta f/B$ en términos de β el ancho de banda de transmisión en FSK es:

$$\begin{aligned} \text{ancho de banda de FSK} &= 2\Delta f + 2B \\ &= 2\beta B + 2B \\ &= 2B(1 + \beta) \end{aligned}$$

Los sistemas de FSK de banda angosta corresponden a $\beta \ll 1$, los de banda ancha a $\beta \gg 1$.

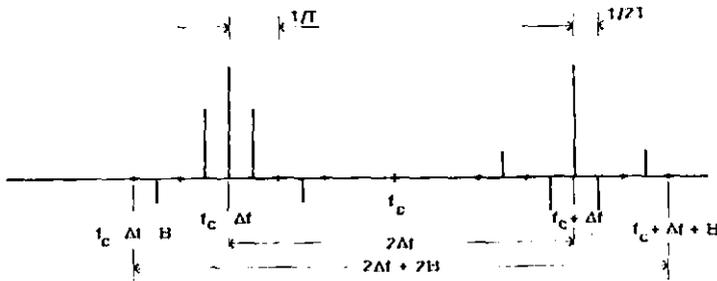


Figura 2.5. Espectro de la onda periódica de FSK sólo de frecuencias positivas.

2.2.3 Modulación por corrimiento de fase PSK.

En este caso se tiene que la señal modulada por corrimiento de fase (1), está dada por:

$$f_c(t) = \pm \cos \omega_c t; \text{ para } T/2 \leq t \leq T/2$$

f_c es la frecuencia portadora en Hertz.

ω_c es la frecuencia angular relacionada con f con:

$$f_c = \omega_c / 2\pi.$$

Si se ha supuesto una forma rectangular para los pulsos. Aquí, un nivel alto (+5 Volts) en la hilera binaria de la banda base corresponde a un uno lógico, y un nivel bajo (0 Volts) corresponde a un cero lógico. La señal de banda base corresponde esencialmente a una hilera de unos y ceros. Un ejemplo de ello se muestra en la figura 2.6.a. mientras que la figura 2.6.b. muestra la señal resultante PSK. Las transiciones discontinuas de fase al comienzo y al final de cada intervalo de bit se tienen cada vez que tiene lugar una transición entre un 1 y 0 o entre 0 y 1. La información, es sin embargo retenida en el centro de cada intervalo T , de manera que la decodificación en el receptor se lleva a cabo en las proximidades del centro de los pulsos, una vez demodulados.

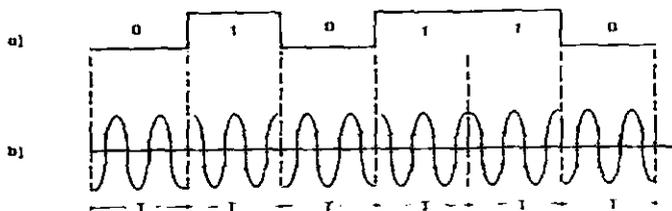


Figura 2.6. Formas de onda para la modulación digital a) mensaje binario; b) modulación por corrimiento de fase.

2.3 Demodulación.

En el receptor debe realizarse el proceso inverso o demodulación de la señal para recuperar la información binaria original. Este proceso de demodulación se denomina a menudo detección. La información binaria debe procesarse aún más, es decir la detección de unos y ceros aun no contiene información necesaria para un proceso en particular; debido a que generalmente esta información esta protegida con códigos de detección de errores, bit de inicio y paro entre otros, es necesario eliminar esta una vez demodulada para llegar a recuperar las señales individuales contenidos en ellas; es decir recuperar la información enviada desde el transmisor. Existen esencialmente dos métodos comunes de demodulación.

Uno conocido como **detección síncrona** o **coherente**, que consiste en la multiplicación de la señal que se recibe por la frecuencia de la señal portadora, que se genera localmente en el receptor, y a continuación la señal resultante se hace pasar por un filtro pasabajas.

El otro método se llama **detección de envolvente**, en este caso la señal de alta frecuencia que llega se hace pasar a través de un dispositivo no lineal como pudiera ser un diodo, usado como rectificador de media onda y un filtro pasabajas.

Detección síncrona FSK.

El procedimiento de detección síncrona se esquematiza en la figura 2.7. a), b). La señal de FSK requiere de ondas sinusoidales, una para cada frecuencia transmitida (f_1 y f_2 , figura 2.7.a), el procedimiento es justamente el inverso al procedimiento original de modulación que se efectúa en transmisor y que sirve para trasladar las señales binarias de regreso hasta la frecuencia de banda base.

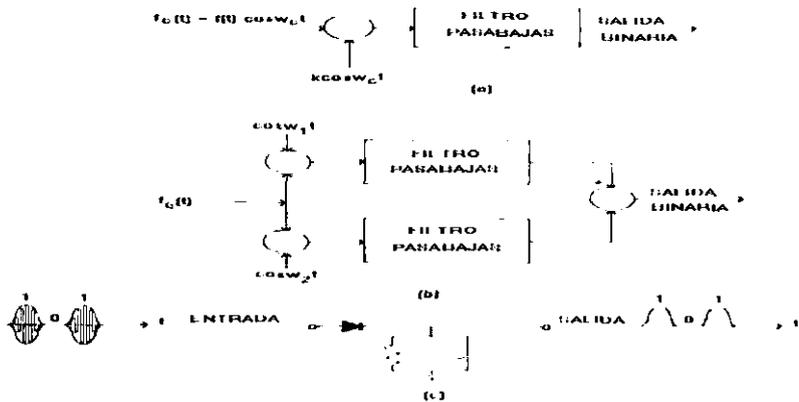


Figura 2.7. Detección sincrónica a) señales ASK o PSK; b) señales FSK. c) Detección de envolvente.

Detección sincrónica ASK y PSK.

Para el caso del método sincrónico supóngase que la señal binaria de alta frecuencia tiene la forma, $f(t) = f(t)\cos\omega_c t$. Si $f(t) = \pm 1$, se tiene a la señal **PSK**; si es igual a 1 ó a 0 se tiene el caso **ASK** [1]. Si se multiplica esta señal por $k\cos\omega_c t$, como se muestra en la figura 2.7.a, k es una constante arbitraria del multiplicador, se obtiene:

$$kf(t)\cos^2\omega_c t = (k/2)(1 + \cos 2\omega_c t, f(t)).$$

donde el termino:

$$f(t)\cos 2\omega_c t$$

representa la función $f(t)$ trasladada hasta la frecuencia $2f_c$. El termino $2\omega_c$ significa que la señal original $f(t)\cos\omega_c t$ se ha desplazado hasta la frecuencia $2\omega_c$, es decir representa la función $f(t)$ trasladada hasta la frecuencia $2f_c$, la segunda armónica de la frecuencia f_c . Esta es rechazada por el filtro pasabajas y la salida es $(k/2)f(t)$, justamente la secuencia de la banda base que se desea. Por lo tanto el detector sincrónico realiza la función deseada de reproducir la señal $f(t)$ en el receptor.

Por otra parte el método de detección de envolvente **no puede usarse**. Para la técnica de PSK por ejemplo y utilizando este método, es necesario una portadora que varíe, además de la señal

binaria de alta frecuencia que contenga información. Para observar esto considérese una señal ASK, $f(t) = Af(t)\cos\omega t$. Donde $f(t)$ es una secuencia de unos y ceros. Elevando al cuadrado esta expresión se obtiene $A^2f^2(t)\cos^2\omega t$. Con la formación rectangular $f(t) = 1$ o 0 por lo que $f^2(t) = 1$ o 0 también, la salida del filtro pasabajos es $A^2/2$ o 0 , reproduciendo la secuencia 1 o 0. En el caso PSK, sin embargo, la señal $f(t) = +1$, $f^2(t) = 1$ y la salida es siempre $A^2/2$, por lo tanto el detector de envolvente no realiza la función deseada de reproducir la señal $f(t)$ en el receptor, y no se puede utilizar para el proceso de detección en PSK [1].

2.4 Normalización.

La normalización en general es establecer determinadas reglas o procedimientos adaptadas por los productores y consumidores cuyo fin es unificar y simplificar el uso de determinados productos y facilitar su fabricación. En el campo de las comunicaciones de datos e interconexión entre equipos electrónicos como lo son computadoras, módems, redes de computadoras, controladores, entre otros, es un proceso para unificar criterios de interconexión y construcción de interfaces para la interconexión entre equipos electrónicos. Las tres organizaciones de mayor importancia que producen estándares para la interconexión de equipos electrónicos, como los que se mencionaron anteriormente son:

ISO: ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE ESTÁNDARES.

IEEE: INSTITUTO DE INGENIEROS ELECTRICOS Y ELECTRONICOS.

CCITT: COMITE CONSULTIVO INTERNACIONAL EN TELEGRAFIA Y TELEFONIA.

Esencialmente, la ISO y la IEEE producen estándares para ser usados en fabricantes de computadoras y la interconexión con los equipos electrónicos, mientras que la CCITT produce estándares para la industria de las comunicaciones y la interconexión de equipos electrónicos. Esto es en lo referente a la interconexión de equipos electrónicos, ya que estas organizaciones no se limitan a sólo estos estándares y abarcan los más diversos temas.

Cabe mencionar que existen diversas compañías que surgen con equipos que no se apegan a los estándares existentes y que cubren sus necesidades con recursos propios de interconexión de equipos electrónicos, que al no ser cubiertas estas necesidades por las organizaciones existentes, y que debido a la popularidad de sus productos, algunos de sus productos se vuelven estándares. Que más tarde (en algunas ocasiones) son respaldados por las organizaciones internacionales.

Desde el punto de vista técnico existen multitud de soluciones a la hora de diseñar un módem. Sin embargo, a fin de facilitar la instalación de enlaces internacionales y evitar la proliferación innecesaria y antieconómica de soluciones particulares existen diversos organismos internacionales como la EIA (Electrical Industry Association) en Estados Unidos y la CCITT (Consultive Committee for International Telephone and Telegraph) en Europa que han normalizado una serie de módems que cubren prácticamente todo el aspecto de necesidades.

A continuación veremos dos posiciones ante los estándares o normalizaciones establecidas en la fabricación de módems, y son el punto de vista de los fabricantes y el punto de vista de los consumidores.

Desde el punto de vista de los fabricantes, la organización en la estructura de los estándares, opera por consenso, es decir, apearse a los estándares que se desarrollan por los organismos internacionales; no por lo que la mayoría utiliza.

En otro tiempo varias emisiones relativas al potencial desarrollo de estándares en comunicación ha sido discutido, y el uso de ciertas características pueden representar un mercado sin ventajas para ciertas compañías al igual que el hecho de que ciertas compañías desarrollen estándares específicos y este desarrollo sea considerado como una característica apreciable, como en el caso de Codex y Recal-Vadic ambos son pioneros en la modulación, en módems ahora especificada en la recomendación de CCITT V.29 y Recal-Vadic produce el primer módem en full dúplex de 1200 bits/s. Siendo la principal ventaja que desarrollan estándares, por su parte y después son avalados por los organismos internacionales en esta materia.

La autonomía de diferentes organizaciones envueltas en el proceso de estándares en comunicaciones y la necesidad de permitir varios puntos de vista hace que el proceso de estándares en comunicaciones sea laborioso y lento para el paso de la tecnología. El proceso de desarrollo es lento y requiere un tiempo significativo de la investigación por parte del personal clave de las compañías de comunicaciones que participan.

Las compañías hacen esta investigación por las características y por la importancia técnica del proceso de los estándares. Conservando un contacto directo con las organizaciones de estas normas, las compañías tienen así una ventana sobre ambas, sobre el curso futuro de los estándares en comunicaciones, así como sobre las ideas y sugerencias de sus competidores.

Con el incremento en el número de compañías que han reconocido la importancia en las actividades de los estándares, ha venido decreciendo el propósito de que cualquier compañía pueda tener un producto que ellos mismos construyan volviéndose estándar formal, como en el caso de Codex. Esto no causa sin embargo un aïto en el proceso de las compañías que fabrican módems.

Desde el punto de vista de los usuarios tenemos que los estándares son emisiones prácticas para los usuarios. Si el producto no es estándar el comprador tiene limitada la posibilidad en las comunicaciones que pueda realizar. Sin embargo la compatibilidad en los estándares en comunicaciones es solo una perspectiva en el aspecto de los usuarios. El usuario requiere aplicaciones que trabajen prácticamente con otras aplicaciones de tipo remoto. De este modo la diferencia entre un producto estándar y no estándar, es que el producto no estándar tiene que demostrar su versatilidad con aplicaciones en el trabajo para satisfacer al usuario. El estándar es conocido trabajando y no requiere una demostración.

2.4.1 Norma RS-232C.

Los sistemas de comunicación serie tienen a su disposición un conjunto de recomendaciones elaboradas por asociaciones e institutos de normalización como el ISO (International Standard Organization), EIA (Electrical Industry Association) y el CCITT (Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique).

Las normas para comunicaciones serie están clasificadas por niveles y estos son siete. En esta parte de la tesis se hace referencia al nivel 1, que se refiere a capa física en modelo OSI de ISO, ya que es el que realmente nos interesa y contiene a:

- a) las características eléctricas de las señales.
- b) las características mecánicas de la interfaz y
- c) la descripción funcional de las señales.

La norma más ampliamente aceptada es la EIA RS232-C, que define a las características funcionales, eléctricas y mecánicas de la interfaz entre el equipo terminal de datos (DTE) y el equipo de comunicación de datos (DCE) como se muestra en la figura 2.8.a. La norma RS232-C puede ser aplicada a la conexión entre dos terminales aunque no se utilicen módems como se muestra en la figura 2.8.b.

Donde las señales se describirán en el inciso c) de este subtema.

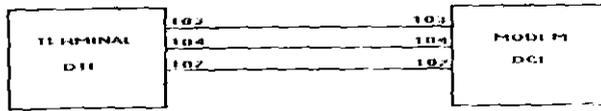


Figura 2.8.a. Conexión RS 232-C entre un DTE y un DCE.

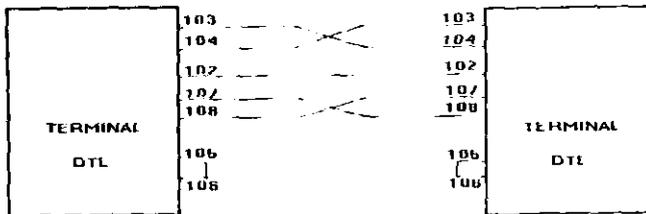


Figura 2.8.b. Conexión RS 232 C entre dos equipos terminales de datos sin usar módem.

a) **Características eléctricas de las señales.** Para la comunicación de dos terminales a través de una línea se puede usar la norma RS232-C que establece que las señales de control son activas (un cero lógico) cuando se transmite un nivel positivo por la línea, y los datos se transmiten según la siguiente lógica; el valor binario 0 se le asocia a un nivel positivo de la línea, mientras que el nivel binario 1 se le asocia al nivel negativo. Tanto los

valores negativos como positivos deben estar comprendidos en valor absoluto entre 3 y 25 volts, es decir un cero lógico debe estar comprendido entre + 3 y + 25 volts, mientras que un uno lógico estará comprendido entre - 3 y - 25 volts. La impedancia del circuito receptor no debe ser menor a 4 k Ω , mientras que la del circuito transmisor debe ser como mínimo de 400 Ω . Cualquier valor comprendido entre - 3 y + 3 volts se considera como ruido y es comúnmente utilizado para detectar condiciones de líneas abiertas o cortocircuitadas; las pendientes de variación de las señales eléctricas deben ser como máximo de 40 volts por microsegundo para impedir situaciones de diátonia entre línea vecinas. En una comunicación se utiliza normalmente una señal de + 12 y - 12 volts como se muestra en la figura 2.9. Esta interfaz está especificada para una velocidad máxima de transmisión de 20 Kbps y una distancia de 15 metros [4].

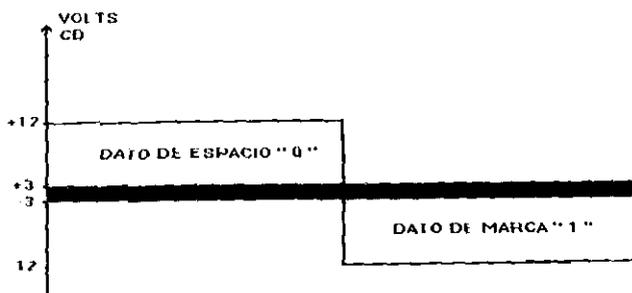


Figura 2.9. Niveles de voltaje comúnmente utilizados en la norma RS232 C.

b) **Características mecánicas de la interfaz.** El propósito de la norma RS232 C es primeramente una referencia para diseñadores de equipo. Algunos autores que escriben en el campo de las comunicaciones o la computación acerca del RS232 C mencionan que el conector DB 25 está definido en el estándar y esto no es verdad [6].

Más que el tipo de conector es la asignación de las señales a cada uno de los pines del conector, la capacitancia y la longitud máxima del cable que define las características mecánicas. La asignación de las señales a cada uno de los pines se trata en la siguiente sección, mientras que la capacitancia del cable máxima es de 2500 picofaradios y la distancia máxima especificada es de 15 metros sin usar módems.

En la figura 2.10 se observan tanto el conector hembra como el conector macho DB 25 que han sido aceptados casi universalmente asociados a la RS232-C, en esta figura no se observa la asignación de cada uno de los pines. Sin embargo estos no están definidos en los estándares y algunos fabricantes (IBM) utilizan diferentes conectores en su equipo.

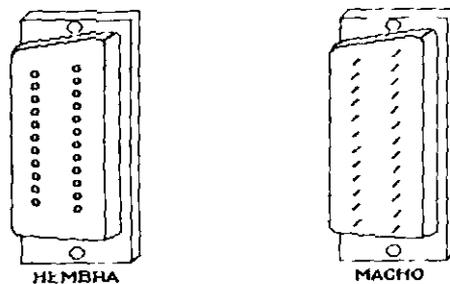


Figura 2.10 Conectores hembra y macho DB 25.

c) Descripción funcional de las señales. Las especificaciones funcionales de RS232-C coinciden con las recomendaciones V.24 del CCITT, y la función de cada una de las señales que intervienen en una comunicación se describe a continuación.

- **Señal 103 para transmisión de datos (BA).** Esta señal se usa para la transmisión de datos entre el DTE y el DCE las condiciones que debe cumplir esta señal son las siguientes:
 - 1) El DTE deberá poner esta señal al nivel de la marca entre la transmisión de caracteres o palabras y también cuando no se estén transmitiendo datos.
 - 2) Para que el DTE transmita datos se deberá cumplir que las señales CB, CC, CD y CA estén en abierto. Normalmente la señal 103 es conocida como TXD (Datos a Transmitir o BA).

- **Señal 104 para recepción de datos (BB).** Es la señal usada para la transmisión de datos entre el DTE y el DCE. Esta señal deberá estar en condición de marca, mientras que la señal de CF este en condición de cerrado. En el sistema Half-Duplex deberá estar en condición de marca cuando la señal CA este en estado de abierto. Esta señal es comunmente conocida como RXD (Datos a recibir).

- **Señal 118 para Transmisión de datos para el canal de reserva (SBA).** Es equivalente a BA pero para el canal de reserva. Dicho canal trabaja a velocidades inferiores.

- **Señal 119 para Recepción de datos para el canal de reserva (SBB).** Es equivalente a BB pero para el canal de reserva.

- **Señal 105 para Petición para transmitir (CA).** Esta señal es enviada desde el DTE hacia el DCE para indicarle, cuando la pone en estado de abierto, que quiere realizar una transmisión. En un sistema Half-Duplex, el estado de abierto inhibe la recepción, cuando se realiza el cambio de cerrado a abierto sobre esta señal, el DCE responde cambiando la señal CB a estado abierto. Los datos pueden ser enviados solo después de que el DTE detecte este cambio de estado de CB. Si la señal CA es cambiada a estado de cerrado no podra ser cambiada a estado de abierto hasta que el DCE responda cambiando la señal CB a estado de cerrado. La señal CA es conocida normalmente como RTS.

- **Señal 106 Preparado para transmitir (CB).** Esta señal es enviada desde el DCE hacia el DTE. El estado de esta señal indica o no que el DCE esta preparado para transmitir datos por el canal de datos. El estado cerrado indica que el DCE está en condiciones de transmitir datos por el canal de datos y el estado abierto indica lo contrario. Normalmente se conoce esta señal como CTS.

- **Señal 107 Aparato de datos preparado (CC)**. Esta señal es enviada por el DCE hacia el DTE. El estado de esta señal indica si el DCE esta o no preparado para funcionar. El estado es abierto solo si el DCE ha intentado establecer una comunicación por el canal después de haber cumplido con todas las temporizaciones necesarias y después de haber generado los tonos de respuesta. El estado de abierto no indica que exista un canal de comunicaciones entre el DCE y otro DCE local. Normalmente esta señal es conocida como DSR.
- **Señal 108 Terminal de datos preparada (CD)**. Esta señal se envía desde el DTE hacia el DCE. El estado abierto de esta señal es necesario para mantener la comunicación entre el DCE local y el DCE remoto. Su puesta a estado cerrado indica al DCE que debiera suspender la comunicación entre el DCE y otro DCE remoto al final de la transmisión que se está ejecutando en ese momento. Esta señal es conocida también como DTR.
- **Señal 125 Indicador de llamada (CE)**. Esta señal es enviada desde el DCE hacia el DTE. El estado de esta señal indica si el DCE esta recibiendo una llamada. El estado de abierto indica que el DCE está recibiendo una llamada. La señal se pone a estado de cerrado en el intervalo entre llamadas. Para que esta señal se ponga a estado de abierto, la señal CD (DTR) deberá estar en estado de abierto. Esta señal también es conocida como RI.
- **Señal 109 Detector de las señales de línea recibidas por el canal de datos (CF)**. Es enviada desde el DCE hacia el DTE. El estado de esta señal indica si las señales de línea recibidas por el canal de datos están o no dentro de los límites especificados en las recomendaciones pertinentes para el DCE. El estado abierto indica que la señales recibida cumple con las especificaciones requeridas. Normalmente se denomina a esta señal como DCD (Detección de portadora de datos).
- **Señal 110 Detector de la calidad en la señal de datos (CC)**. Esta señal va desde el DCE hacia al DTE. El estado de esta señal indica o no si existe cierta probabilidad de error en los datos recibidos por el canal de datos. La calidad de la señal indicada se ajusta a la recomendación pertinente sobre el DCE. El estado cerrado indica que no hay motivos para creer que se ha producido un error. El estado abierto indica que hay cierta probabilidad de error.

- **Señal 111 Selector de velocidad binaria (CH)**. Esta señal va desde el DTE hacia el DCE. El estado de esta señal sirve para seleccionar una de las dos velocidades binarias de un DCE sincrónico o una de las dos gamas de velocidades binarias de un DCE asincrónico. El estado cerrado causa la selección de la velocidad binaria o de la gama de velocidades binarias más elevada. El estado abierto selecciona la más baja.

- **Señal 112 Selector de velocidad binaria (CI)**. Esta señal va desde el DCE hacia el DTE. El estado de esta señal sirve para la selección de la velocidad binaria o de la gama de velocidades binarias en el DTE en función de la velocidad binaria utilizada en el DCE sincrónico con dos velocidades binarias o de la gama de velocidades binarias utilizadas en un DCE asincrónico. El estado cerrado causa la selección de la velocidad binaria o gama de velocidades binarias más alta. El estado abierto causa la más baja.

- **Señal 120 Petición para transmitir por el canal de reserva (SCA)**. Esta va desde el DTE hacia el DCE. Su función es equivalente a la de la señal CA (petición para transmisión) pero para el canal de reserva.

- **Señal 121 Preparado el canal de reserva para transmitir (SCB)**. Esta señal va desde el DCE hacia el DTE. Su función es equivalente a la de la señal CB pero para el canal de reserva.

- **Señal 122 Detector de señales de línea recibidas por el canal de reserva de datos (SCF)**. Esta señal va desde el DCE hacia el DTE. Su función es la misma que la señal CF pero para el canal de reserva.

- **Señal 113 Temporización para los elementos de señal, en la transmisión (DA)**. Es una señal que va desde el DTE hacia el DCE. El cambio de estado de abierto a cerrado en esta señal le indica al DCE el centro de cada bit a transmitir.

- **Señal 114 Temporización para los elementos de señal, en la transmisión (DB)**. Es una señal que va desde el DCE hacia el DTE. El DTE deberá cambiar el estado de la línea BA (datos a transmitir) cuando se produzca una transición de estado cerrado a abierto en esta señal DB.

- Señal 115 Temporización para los elementos de señal en la recepción (DD). Esta señal va desde el DCE hacia el DTE. La transición de estado de abierto a cerrado en esa línea indica al DTE el centro de bit en la línea BB (datos recibidos). Esta señal será usada en el DTE para muestrear los datos recibidos.
- Señal 101 Señal de tierra (AA). Por esta señal se conectan las masas generales entre el DTE y el DCE.
- Señal 102 común entre las señales (AB). Es la señal de la tierra o retorno común de forma que provee el potencial de referencia para todas las señales RS232 C, excepto para la AA.

Los términos empleados en la descripción de las señales anteriores han sido tomados de la recomendación V 24 de la CCITT y coinciden con la norma RS232-C.

La figura 2.11 muestra la interconexión entre un DTE y un DCE utilizando la norma RS232-C, en la figura se muestra tanto la nomenclatura utilizada por la EIA así como la utilizada por la CCITT y el sentido de cada una de las señales, todas ellas coinciden con las descritas anteriormente.

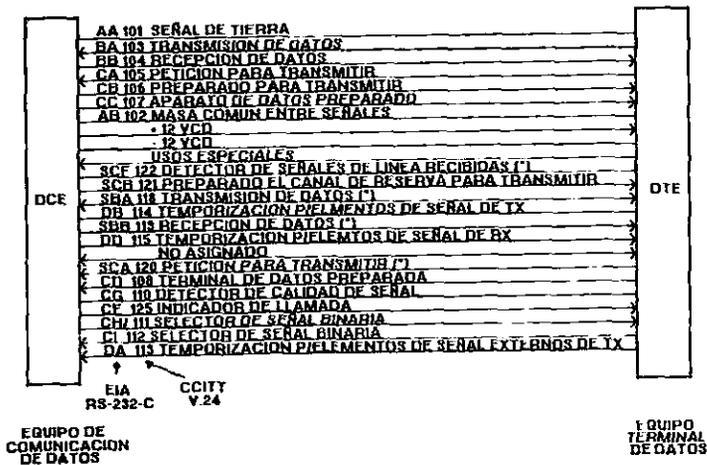


Figura 2.11 Cable de interfase entre un DTE y un DCE.

2.4.2 Norma Bell 103 origen/respuesta (origen/answer).

La norma BELL 103 recomienda como características principales: una velocidad de transmisión de 300 bauds, modulación FSK, como tonos de transmisión de 1070Hz y 1270Hz y como tonos de recepción 2025Hz y 2225Hz. A este modo se le conoce como modo origen, mientras que al equipo remoto o que recibirá se le conoce como modo respuesta, transmitiendo este con los tonos de 2025Hz y 2225Hz mientras que recibirá con los tonos de 1070Hz y 1270Hz. La TABLA 2.1 muestra estas condiciones. También dentro de las especificaciones de bell 103 el MODEM debe cumplir con una capacidad de 600 chars, pudiendo transmitir por 2 o 4 hilos.

Dentro de las recomendaciones para controlar el funcionamiento del MODEM tenemos tres que son: RTS (petición para transmitir), CTS (listo para transmitir) y CD (detección de portadora, las cuales son mas que suficientes para realizar la función de control en el intercambio de información entre el DTE y el DCE (módem). La tabla 2.1 resume las características de este tipo de módem, y la figura 2.12 nos muestra el espectro en frecuencia para la norma BELL 103.

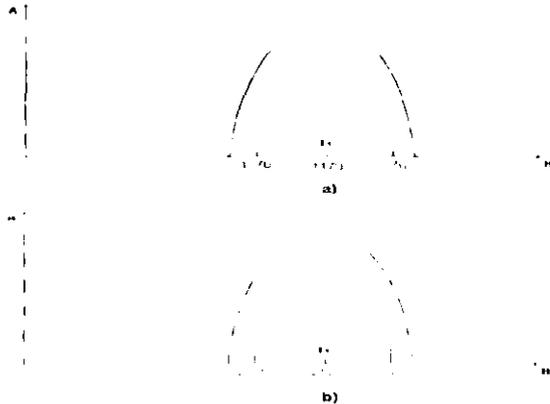


Figura 2.12 Espectro en frecuencia para las normas a) Bell 103 tonos de 1070 y 1270 Hz. b) Bell 103 tonos de 2025 y 2225 Hz.

VELOCIDAD DE TRANSMISION	300 BAUDS	
TIPO DE MODULACION	FSK	
MODEM TIPO ORIGEN	TRANSMISION	RECEPCION
ESPACIO	1070 Hz	2025 Hz
MARCA	1270 Hz	2225 Hz
MODEM TIPO RESPUESTA	TRANSMISION	RECEPCION
ESPACIO	2025 Hz	1070 Hz
MARCA	2225 Hz	1270 Hz
IMPEDANCIA DE ENTRADA/SALIDA	600 ohms	
TRANSMISION	2 o 4 hilos	
RTS/	ON 0VOLTS/OFF 5VOLTS	
CTS/	ON 0VOLTS/OFF 5VOLTS	
CD/	ON 0VOLTS/OFF 5VOLTS	
NIVEL DE TRANSMISION	AJUSTABLE	
NIVEL DE RECEPCION	AJUSTABLE	

TABLA 2.1 Características del módem Weston.

De los términos utilizados en la tabla 2.1 cada uno de ellos ya ha sido analizado al inicio de este capítulo, solo nos resta aclarar el termino marca y espacio. Con marca nos estamos refiriendo a la presencia de un "1" lógico que provoca según sea el caso del modo origen o respuesta un tono diferente y para el termino espacio a la presencia de un "0" lógico aplicando el razonamiento anterior.

2.4.3 Norma V.23 MODO 1 Y 2.

La norma V.23 modo 1 y 2 define las características para la transmisión de datos a 600 y 1200 bauds respectivamente [16]. El módem que se usa en conexiones establecidas por la conmutación en la red telefónica general, puede utilizarse en líneas arrendadas. Las principales características recomendadas para un módem que permite la transmisión de datos por la red pública conmutada son las siguientes:

- utilización de una velocidad para la modulación de 600/1200 baudios en el canal de comunicación.
- modulación de frecuencia con exploración síncrona o asíncrona.
- inclusión de un canal de retorno con una velocidad igual o inferior a 75 baudios para protección contra errores, siendo libre la utilización de este canal.

A continuación se muestran a las velocidades de modulación y frecuencias características del canal de transmisión de datos.

Modo	Fc (Hz)	Fz (Hz)	Fa (Hz)
Modo 1 hasta 600 baudios	1500	1300	1700
Modo 2 hasta 1200 baudios	1700	1300	2100

Tabla 2.2 Frecuencia de marca y espacio para los Norma V.23, Modo 1 y 2.
 donde:

Fc es la frecuencia central en Hz.

Fz es la frecuencia de la marca en Hz. y

Fa es la frecuencia del cero en Hz.

Ahora mostramos a las tolerancias para las frecuencias características del canal de ida.

Para todas las velocidades de modulación deberá ser posible que el transmisor admita una tolerancia de +/- 10 Hz en las dos frecuencias Fz y Fa. Estas tolerancias deberán considerarse como límite.

- El aceptar estas tolerancias significaría para la frecuencia media $F_c = (F_a + F_z)/2$ una tolerancia de +/- 10 Hz.

La tolerancia para la diferencia de frecuencia $F_a - F_z$ con relación al valor nominal sería +/- 20 Hz.

La velocidad de modulación y las frecuencias características del canal de retorno serán las siguientes:

Velocidad de modulación	Fz (Hz)	Fa (Hz)
Velocidad de modulación hasta 75 baudios	390	450

Tabla 2.3 Velocidad de modulación para el canal de retorno.

En ausencia de señales en la interfaz del canal se transmitirá el estado z.

Tolerancias para las frecuencias características del canal de retorno.

Como el canal de retorno es del tipo de telegrafía armónica, las tolerancias de las frecuencias deberían ajustarse a las recomendaciones R.35. relativa a los sistemas de telegrafía armónica con modulación en frecuencia.

Distribución de potencia entre los canales de ida y de retorno.

El resumen siguiente muestra los niveles de potencia respectivos para una potencia igual a 1 mW:

Nivel del canal principal (dbm)	Nivel del canal de respaldo (dBm)
0	0
- 1	- 7
- 2	- 4
- 3	- 3

Puede recomendarse provisionalmente una distribución igual de la potencia entre los canales principal y respaldo.

Se facilitan las informaciones siguientes para ayudar a los constructores de equipo:

- Las atenuaciones nominales en las conexiones de abonado a abonado están comprendidas entre 5 dB y 30 dB a la frecuencia de referencia (800 ó 1000 Hz) suponiendo una atenuación máxima de 15 dB a la frecuencia media recomendada F_0 del canal principal.
- Se ha comprobado que para los receptores de datos es satisfactoria una gama de sensibilidad a la frecuencia media F_0 de - 40 dBm en el canal principal, en los aparatos terminales del abonado.
- En el módem de datos, el operador no debe disponer de ningún dispositivo de ajuste del nivel de transmisión ni de la sensibilidad de recepción.

Circuitos de enlace.

Las configuraciones indicadas para los circuitos de enlace son las indispensables para responder a las especificaciones contenidas en los recuadros 1/V.23 y 2/V.23 en los que respecta a los circuitos de la red con conmutación o a los arrendados. Cuando un módem comprenda una o más de esas especificaciones, habrá que prever todos los circuitos de enlace apropiados.

- La lista de circuitos de enlace que son esenciales para los módems que se utilizan en la red telefónica conmutada, incluidos los circuitos terminales que funcionan con llamada o respuesta manual, o con llamada o respuesta automática (véase el recuadro 1/V23).

- Lista de enlace esenciales para módems utilizados en circuitos telefónicos arrendados sin conmutación (véase recuadro 2/V.23).

- Tiempos de respuesta de los circuitos 106 y 109, 121 y 122.

Definiciones:

Los tiempos de respuesta de los circuitos 109 y 122 son los períodos que transcurren entre el instante en que aparece o cesa el tono en los terminales del receptor del módem del lado de la línea, y el instante en que aparece el estado CERRADO o ABIERTO en los circuitos 109 y 122.

La frecuencia del tono debe responder a la frecuencia característica de la cifra binaria 1; este tono debe ser generado por una fuente de impedancia igual a la impedancia nominal de entrada del módem.

El nivel del tono de prueba será cualquiera dentro de la gama de niveles comprendida entre 3 db por encima del umbral real del receptor de señales de línea recibidas y el nivel máximo admisible de la señal recibida. En todos los niveles comprendidos en esta gama, los tiempos de respuesta medidos deben estar dentro de los límites especificados.

El tiempo de respuesta del circuito 106 es el período que transcurre entre el instante en que aparece el estado CERRADO o ABIERTO.

en el circuito 106 (cuando exista éste), y el instante en que aparece el correspondiente estado CERRADO o ABIERTO en el circuito 106.

en el circuito 122 (cuando exista el circuito 109) y el instante en que aparece la correspondiente condición CERRADO o ABIERTO en el circuito 109; en una configuración constituida únicamente por un solo canal de entrada con un solo canal de salida.

en el circuito 107 (cuando no existan los circuitos 105 y 106) y el instante en que aparece el correspondiente estado CERRADO o ABIERTO en el circuito 100.

El tiempo de respuesta del circuito 121 se define como el período transcurrido desde la aparición del estado CERRADO o ABIERTO:

en el circuito 120 (cuando exista éste), hasta la aparición del correspondiente estado CERRADO o ABIERTO.

en el circuito 109 (cuando no exista el circuito 120), hasta la aparición del correspondiente estado CERRADO o ABIERTO en el circuito 107.

El tiempo de respuesta del canal y del detector de señales de línea se miden por el canal de prueba 101.

Nivel de la señal de línea recibida en las terminales de la línea de recepción del módem para todo tipo de conexiones, es decir, circuitos establecidos por la red telefónica general con conmutación y circuitos telefónicos arrendados sin conmutación:

- superior a - 43 dBm circuito 109/122 en estado CERRADO.
- inferior a - 48 dBm circuito 109/122 en estado ABIERTO.

No se especifica el estado de los circuitos 109 y 122 para niveles comprendidos entre - 43 dBm y - 48 dBm, salvo en los detectores de señales presentan un efecto de histéresis tal que el nivel correspondiente al estado ABIERTO al CERRADO sea por lo menos superior a 2 dB al nivel correspondiente al paso del estado CERRADO al ABIERTO.

Cuando se conozcan las condiciones de transmisión en circuitos conmutados o arrendados, podrá admitirse a los usuarios, al instalar el módem, modificar el nivel de respuesta del detector de señales de líneas recibidas a un valor inferior (por ejemplo - 33 dBm y - 38 dBm, respectivamente).

El DCE explotado en el modo semiduplex en una línea de dos hilos, se deberá de mantener si existen las condiciones siguientes:

- el circuito 104 en el estado 1 binario y el circuito 109 en el estado ABIERTO cuando el circuito 104 está en estado CERRADO y cuando sea necesario para proteger el circuito 104 contra falsas señales, durante un intervalo de 150 +/- 25 milisegundos siguientes a la transición del estado CERRADO al ABIERTO en el circuito 105. La adición de este estado adicional es facultativa, basado en consideraciones del sistema.

- el circuito 119 en el estado 1 binario y el circuito 122 en el estado ABIERTO, cuando el circuito 120 este en el estado CERRADO y cuando sea necesario para proteger el circuito 119 contra falsas señales, durante un corto intervalo siguiente a la transición del estado CERRADO al ABIERTO en el circuito 120. El retardo adicional es facultativo, basado en las consideraciones del sistema.

Inclusión del reloj en el módem:

El reloj no es un órgano esencial del módem normalizado. No obstante puede ser útil incluir un reloj en el módem cuando se utilice para transmisiones sincrónicas.

Si se incluye un reloj en el módem, la información debe transmitirse durante todo el intervalo comprendido entre la transición del estado ABIERTO al CERRADO de los circuitos de enlace 105 y 106, un esquema de sincronización compuesto de ceros y unos alternados, a la velocidad del reloj. Los usuarios deben tener en cuenta que parte de este esquema de sincronización puede aparecer en el receptor distante en el circuito 104, después de la transición del circuito 109 del estado ABIERTO al CERRADO. Deben tomarse disposiciones en el equipo terminal de datos para distinguir estas falsas señales de los datos verdaderos.

En los párrafos anteriores se describió la norma V.23 modo 1 y 2 de acuerdo con nuestras necesidades las características necesarias para la utilización de módem diseñado con la norma V.23 se presenta el siguiente resumen en la tabla 2.4 y 2.5, en el cual se observan solo las señales a utilizar y hay que hacer notar que solo se utiliza el canal principal aunque el circuito soporta un canal secundario con las características recomendados en la norma V.23 modo 1 y 2.

VELOCIDAD DE TRANSMISION	600 BAUDS
TIPO DE MODULACION	FSK
ESPACIO	1700Hz
MARCA	1300Hz
RTS/	ON +15V/OFF -15 V
CTS/	ON +15V/OFF -15 V
CD/	ON +15V/OFF -15 V
IMPEDANCIA ENTRADA/SALIDA	600 OHMS
TRANSMISION	4 HILOS
NIVEL DE TRANSMISION	AJUSTABLE
NIVEL DE RECEPCION	AJUSTABLE

Tabla 2.4 Características del modo 1.

VELOCIDAD DE TRANSMISION	1200 BAUDS
TIPO DE MODULACION	FSK
ESPACIO	2100 Hz
MARCA	1300 Hz
RTS/	ON +15V/OFF -15 V
CTS/	ON +15V/OFF -15 V
CD/	ON +15V/OFF -15 V
IMPEDANCIA ENTRADA/SALIDA	600 OHMS
TRANSMISION	4 HILOS
NIVEL DE TRANSMISION	AJUSTABLE
NIVEL DE RECEPCION	AJUSTABLE

Tabla 2.5 Características del modo 2.

2.4.4. Resumen de las normas serie V de la CCITT.

Aunque hasta el momento solo se ha hecho mención de tres normas que se manejan en Comisión Federal de Electricidad, que son las que interesan en el desarrollo de este trabajo, existe un amplio conjunto de recomendaciones para usarse con las redes públicas telefónicas, colectivamente llamadas como la serie V (v.gr. la V.23) las cuales se muestran en la figura 2.13.

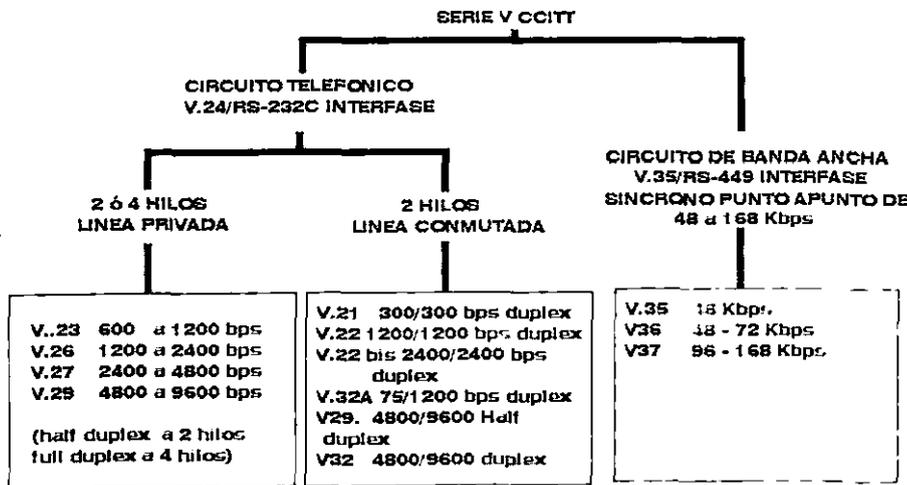


Figura 2.13. Resumen de las recomendaciones serie V del CCITT para modems.

Los diversos listados en la figura 2.13 están rigidamente definidos e incluyen la definición precisa del tipo de modulación

empleada que debe ser usada y el número y uso de líneas de control de las interfaces adicionales. Algunos modems son diseñados para ser usados con conexiones de 2 hilos, mientras que otros pueden operar con 2 hilos ó 4 hilos (en circuitos alquilados).

Como puede observarse, las interfaces físicas son la V.24 (RS 232C) y la V.35 (RS 449). La primera esta indicada para el uso normal (a bajas velocidades de bits) en circuitos telefónicos y la última con ancho de banda más amplio. Estos circuitos de ancho de banda más amplio, son normalmente alquilados a los proveedores de servicios telefónicos; teniendo una conexión punto a punto entre dos sitios sin utilizar los circuitos de conmutación, operando generalmente a velocidades entre 48 y 168 Kbps [20].

2.5. - Tipos de transmisión de datos.

La transmisión de datos entre dos dispositivos electrónicos; como lo son un módem y una computadora o entre un modem y un controlador de comunicaciones, como se muestra en la figura 2.14 se puede realizar en forma general de dos formas y son:

Transmisión de datos paralelo.

Transmisión de datos serie.

En esta parte se integran dos conceptos nuevos como los son DTE (Data Terminal Equipment) el equipo terminal de datos asignado a la computadora o controlador, y el DCE (Data Circuit terminating Equipment) Equipo terminal del circuito de datos, asignado generalmente a el módem.

A continuación se expondrá en forma breve cada una de estas formas de transmisión de datos.

Transmisión de datos paralelo. Esta forma de transmisión de datos se caracteriza porque se transmiten simultáneamente por líneas separadas, los ocho bits de una palabra junto con una señal de reloj que indica el momento en que este presente una palabra de información en las líneas de datos como se indica en la figura 2.14. Esta forma de transmisión es conveniente cuando los dispositivos interconectados están juntos, mientras que no es deseable cuando están alejados entre sí. Tan solo el costo de varias decenas y a veces centenas de metros de cable puede ser prohibitivo para la transmisión de datos paralelo. La ventaja que presenta es que dispone de todos los datos al mismo tiempo.

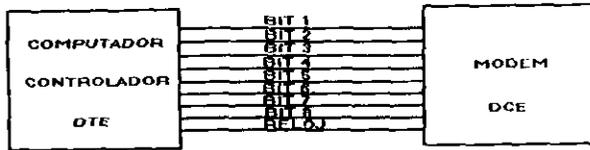


Figura 2.14. Transmisión de datos paralelo.

Transmisión de datos serie.- La transmisión serie significa el envío de un bit después de otro a través de un único canal. Para enlazar la computadora o el controlador con los periféricos como pudiera ser un módem, algunas veces por las distancias se tienen que utilizar líneas telefónicas, radio, oplat (operación por línea de alta tensión) o alguna combinación entre estos medios de comunicación. La figura 2.15 muestra la transferencia de datos entre un sistema de computación a través de una línea telefónica y cable serial.

Cable serial se define como una conexión en donde los datos se transmiten uno a continuación de otro y se utilizan conectores BD9 o DB25, en los cuales una línea es para transmitir y otra para recibir, además de otras señales de control como lo son petición para transmitir, listo para transmitir, detección de portadora y la señal de referencia o común, este tipo de conexión se plantea más ampliamente en la sección 2.4.1 (norma RS 232-C).

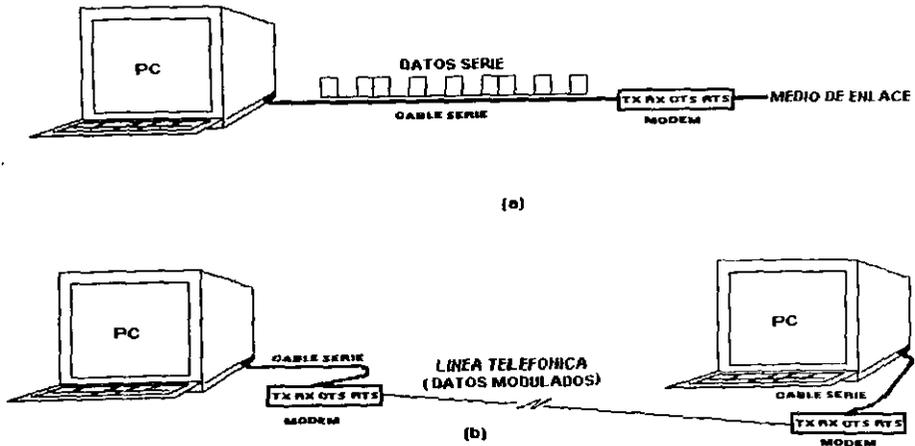


Figura 2.15. Transferencia de datos serie en un sistema de computación a) Transmisión de los datos. b) Conexión.

En la figura anterior se observa la presencia de módems, como ya se menciona en el capítulo 1, éste traduce señales de la línea telefónica a niveles de lógica digital y niveles de lógica digital a señales analógicas; transmitiendo en forma secuencial en el tiempo todos los bits de una palabra, uno tras de otro por una sola línea de datos.

En la transmisión de información tipo serie se necesita sincronizar el dispositivo receptor con el dispositivo transmisor, esto se logra de varias formas, unas se basan en la utilización de bits o bloques de bits de información adicional a las de datos para enviar impulsos que indican el inicio de un bloque de caracteres. Tales impulsos identifican el primer bit del primer carácter de un bloque o mensaje, y luego por conteo de bit o caracteres se determinan todas las fronteras de los datos del bloque. Esto depende del protocolo que se está utilizando ya que en la mayoría de los protocolos existe una parte que indica cuanta información es la que precede al bloque.

Otros sistemas que se utilizan en los sistemas de comunicación serie son: el asincrónico y el síncrono.

- **En el método asincrónico** cada palabra va señalizada mediante dos bit, uno al principio (bit de arranque) y otro al final (bit de paro). Aunque puede variar el número de bits tanto de arranque como de paro.

- **En el método síncrono** cada mensaje o bloque de transmisión va presidido por caracteres de sincronismo. Cuando el receptor identifica una configuración de bits igual a la de los caracteres de sincronismo, da por detectado el inicio de los datos, y a continuación por conteo de bits y caracteres identifica todos los caracteres del bloque. En una comunicación remota de este tipo, utilizando módems la señal de reloj es extraída del canal de datos por el módem al detectar una secuencia de caracteres de sincronismo; para ello utiliza un reloj de la misma frecuencia que el transmisor y que mediante circuitos de sincronización lo mantiene en la misma fase.

El sistema es característico al principio de funcionamiento del módem, precisamente los métodos de transmisión asincrónico y síncrono, a parte de sus diferencias de formato se distinguen por el tipo de módem que se utiliza. Existen los llamados módems asincrónicos y los módem síncronos. Los módems asincrónicos utilizan sistemas de codificación FSK cuya misión es generar una señal de distinta frecuencia para la marca y el espacio (donde marca y espacio se refiere al uno y cero lógicos respectivamente) esta es de frecuencia apropiada para que pueda transmitirse a través de la línea telefónica, ya que pertenece a

la banda de audiofrecuencia. El módem receptor recibe la señal de la línea telefónica y discrimina los dos tonos generando las dos señales marca y espacio que reconstruye la señal digital primitiva.

Debido a este método de funcionamiento, el módem no está ligado a la frecuencia de los datos transmitidos y admite, sin necesidad de ningún ajuste, señales de frecuencias de transmisión comprendida entre el cero y el uno.

En cambio, los módems síncronos utilizan sistemas de codificación por cambio de fase y permiten transmitir mayor número de bits por segundo, es decir, mayores frecuencias de transmisión sobre los mismos canales telefónicos. Para la demodulación de la señal, el receptor dispone de un reloj de la misma frecuencia que el transmisor y lo mantiene en fase mediante un circuito PLL (Phase Locked Loop, Bucle Enclavado por Fase); la detección de los cambios de fase entre el reloj y los datos le permite reconstruir los datos binarios, obteniéndose además una señal de reloj que marca las fronteras de los bits y por lo tanto permite la comunicación utilizando el método síncrono.

Para comunicaciones asíncronas se utilizan normalmente módems asíncronos, pero pueden utilizarse también los módems síncronos, esto permite aumentar la velocidad de transmisión por la línea, al utilizar módems de mayor velocidad, pero sin necesidad de cambiar el protocolo de comunicaciones.

En tal tipo de comunicación, llamada a veces isosíncrona o isócrona, se utiliza el reloj del módem como reloj de recepción por uno o también puede utilizarse un reloj interno de frecuencia por dieciséis y realizar la sincronización de bit por el método asíncrono.

Para transmisiones síncronas es necesario en principio utilizar módems síncronos ya que el sistema de recepción necesita el reloj de bit que el módem síncrono genera. No obstante se pueden utilizar módems asíncronos para transmisiones síncronas, de la misma forma que pueden realizarse comunicaciones síncronas sin módem y sin que el terminal receptor reciba el reloj transmisor como lo indica la figura 2.16. Para ello se utilizan en el receptor un reloj de alta estabilidad y que además se resincroniza con los flancos de subida de las señales de datos. El objetivo es que el reloj esté en fase lo más exactamente posible con el reloj del transmisor y del receptor, para ello se aprovecha cada flanco de la señal recibida.



Figura 2.16. Transmisión Síncrona.

2.5.1. Modos de transmisión de datos.

Se utiliza el nombre genérico de terminales para designar a los sistemas que se comunican utilizando un procedimiento serie de entrada/salida. Un terminal puede ser un microcomputador, un periférico, un controlador, etc.. La comunicación entre terminales se hace utilizando líneas o canales de transmisión y los modos de transmisión pueden ser:

- **Simplex.**- La transmisión se realiza solamente en un sentido, sin posibilidad de hacerlo en el sentido opuesto ya que no existen los circuitos necesarios. Un ejemplo de este tipo de transmisión está en la televisión.
- **Semiduplex.**- (Half-Duplex). La transmisión se realiza en ambos sentidos, pero no en forma simultánea, realizándose alternativamente en uno u otro sentido. Un ejemplo de este tipo de transmisión es el sistema de radio de banda civil.
- **Dúplex.**- (Full-Duplex). Consiste en transmitir simultáneamente información en ambos sentidos. Este método consigue la mayor eficiencia en la utilización de las líneas, siendo muy utilizado en la transmisión de datos.

2.5.2 Velocidad de transmisión.

Se entiende como tal la velocidad del sistema para transferir información. Esta velocidad está limitada por los siguientes parámetros propios del sistema:

- ◆ Velocidad de la modulación.
- ◆ Velocidad de la transmisión serie.
- ◆ Velocidad de transferencia de datos.
- ◆ **Velocidad de modulación.** Es la que interesa técnicamente para fijar y definir las características de la línea de enlace. Se define como el número máximo de veces por segundo que cambia el estado de la línea, es decir el intervalo de tiempo en el cual la señal de datos serie representa un solo dígito binario. Sin

embargo, la duración de un dígito en un flujo de datos serie no es la forma en la cual se mide la transferencia de datos serie, en su lugar se mide en bits por segundo y se define a este número como la razón de bauds, por ejemplo si se transmiten 110 dígitos por segundo, esto equivale a una razón de bauds de 110 y cada dígito serie durará entonces $1/110 = 9091$ microsegundos.

- ♦ **Velocidad de transmisión serie.** Se define como el número máximo de elementos binarios (bits) que se pueden transmitir por un circuito determinado de datos en un segundo. Aquí se incluyen los bits de inicio, bits paro, códigos de corrección de error, es decir todos los bits que puedan generarse en una transmisión serie.
- ♦ **Velocidad de transferencia de datos.** Este es el concepto que tiene interés desde el punto de vista de análisis del sistema y representa la cantidad de información que puede transferirse por unidad de tiempo, bien sean bits caracteres o bloques, pero siempre netos y de información. En este punto no se toman los bits de paro o inicio o palabras de sincronismo y nos permite definir la eficiencia del sistema para transferir información. Y se define generalmente por **E**.

$$E = B_i / B_t$$

donde:

B_i = bits de información por palabra.

B_t = total de bits incluyendo bit de verificación de paridad.

2.6 Líneas telefónicas.

Para establecer comunicación entre equipos separados por grandes distancias, se pueden utilizar diversos medios como son:

Sistemas de radio en las bandas de VHF o UHF, así como líneas de alta tensión como sucede en Comisión Federal de Electricidad, pero además es muy frecuente utilizar a las líneas telefónicas de la red conmutada normal o a las líneas telefónicas permanentemente conectadas (líneas directas). Debido a esto, en este apartado se hace una breve referencia a las líneas telefónicas. Tales líneas fueron diseñadas en principio para comunicación de voz, pero son adecuadas para transmisión de señales digitales en forma de impulsos; como el objetivo es enlazar dos puntos entre los que se quiere transmitir datos, se tienen dos opciones para la transmisión que son a través de dos o cuatro hilos.

a) **Dos hilos:** se entiende por hilos aquellos en que la unión física se realiza por un par de cables físicos. Debido al pequeño ancho de banda que estos poseen normalmente va asociada a transmisiones

semiduplex, salvo el caso de módems de baja velocidad. Se utilizan normalmente en circuitos urbanos.

b) **Cuatro hilos:** esta constituida por dos pares de enlace, que a su vez pueden ser conmutados o dedicados, ofrecen una mayor inmunidad al ruido y permiten la transmisión dúplex, ya que por un par se transmite el mensaje y por el otro se esta recibiendo la respuesta.

En la Compañía Federal de Electricidad se utiliza la comunicación a cuatro hilos aunque no precisamente sobre una línea telefónica sino por los equipos de OPLAT (operación por línea de alta tensión) y equipos de radio en banda VHF.

Los circuitos que normalmente fueron establecidos para comunicaciones telefónicas y ahora son utilizadas para transmitir datos, no son los más adecuados puesto que presentan una serie de inconvenientes como son:

- Escaso margen de frecuencias (de 300 a 3400 Hz).
- Pérdidas de inserción o atenuación.
- Distorsión de atenuación.
- Distorsión de retardo de grupo.
- Ruido safométrico.
- Ruido impulsivo.
- Desviación de frecuencia.
- Fluctuaciones de fase.
- Eco (Señal retardada o alterada).
- Salto bruscos de fase y ganancia.

El enlace por medio de línea telefónica se puede clasificar en tres tipos:

- Enlace por red conmutada.
- Enlace punto a punto.
- Enlace multipunto.

-Enlace por red conmutada.- Esta constituye la manera más simple, aunque no sea la más generalizada de realizar una transmisión de datos entre dos puntos alejados cualesquiera. Utiliza como soporte la red telefónica ordinaria, con todos sus medios de enlace entre centrales encadenados automáticamente al marcar desde el extremo distante. Esta red permite circuitos de datos para trabajar en semiduplex y sin problemas hasta 1200 bps, siendo posible en la mayor parte trabajar a 2400 bps y con módems mas sofisticados hasta 9600 bps.

-Enlace punto a punto.- Cuando el tiempo de utilización de la línea, la velocidad, el modo de transmisión u otras circunstancias

lo exigen, se hace necesario la utilización de circuitos de datos permanentes que exigen líneas con dedicación exclusiva. En este caso se analiza la ruta de enlace y se asignan permanentemente los circuitos físicos que constituyen la línea requerida. Sobre ésta deben hacerse las medidas y ajustes necesarios con el objeto de conseguir que sus características queden dentro de los límites prefijados.

-Enlaces multipunto.- Cada día existe un mayor número de enlaces multipunto que permiten el ahorro de equipos conversores de señal (módems). Este uso compartido de las líneas y equipos está sujeto a una disciplina de control que se encarga del control de todo el flujo de la información de una manera lógica. La línea y los módems se comportan de una manera totalmente transparente, es decir se limitan a transmitir las señales sin efectuar control alguno sobre las mismas salvo las dedicadas a salvaguardar la integridad de estas.

2.7 Módems.

En el capítulo 1 se trató en forma general, primero la función básica de un MODEM; en tanto que en el capítulo 2 se analizan las características básicas, y los principales términos utilizados en este campo. En esta última parte de la sección 2 se estudia el sistema propuesto así como sus características, especificaciones que debe cumplir y la tecnología a utilizar. Con el concepto de "tecnología a utilizar" nos referimos a los elementos que se utilizan para su construcción.

Hacer una clasificación de los diversos tipos de módems es una tarea bastante difícil ya que como se ha visto a lo largo de esta capítulo, los módems pueden variar de acuerdo a cada una de las características, como podría ser velocidad de transmisión, tipos de modulación etc. En esta parte se hace una clasificación desde el punto de vista de la utilización del ancho de banda del canal de voz. Los módems pueden ser clasificados en tres grupos: sub banda de voz; banda de voz y ancho de banda. Los módems de la sub banda de voz sólo requieren una porción del ancho de banda del canal de voz y son usados con equipo que operan arriba de 600 bps. Para la banda de voz, los módems son utilizados comúnmente para transferir datos arriba de 9600 bps y usualmente requieren todo el ancho de banda del canal de voz. El módem de ancho de banda, requieren un ancho de banda mayor de los 3400 Hz en el canal de voz y operan a partir de los 19200 bps.

-Módem de sub-banda de voz.

A velocidades de transmisión por debajo de 600 bps, se

requiere un ancho de banda suficientemente estrecho para permitir dos o más transmisiones simultáneas sobre el mismo canal de voz. Varios pares de módems de sub-banda de voz cada uno operando a diferentes pares de frecuencias, pueden ser simultáneamente enviar varios paquetes de datos de baja velocidad sobre el mismo circuito físico utilizando la técnica de multiplexado por división de frecuencia (FDM). La técnica de multiplexado por división de frecuencia proporciona rutas paralelas cada una con una velocidad baja.

- Módems de banda de voz.

Si la misma señal resultante del multiplexado por división de frecuencia es ahora multiplexada utilizando la técnica de división de tiempo, es necesario un módem de banda de voz para manejar la señal compuesta en un ancho de banda mayor. Los módems diseñados para usarse en circuitos de banda de voz, utilizan líneas rentadas.

-Módem de ancho de banda.

Los módems de ancho de banda operan con velocidades de transmisión desde 19200 bps hasta 168 kbps, con líneas de ancho de banda amplio, en los circuitos telefónicos en la banda de 60 a 108 kHz.

2.7.1 Características del módem Weston.

El módem de la marca WESTON es un módem que maneja la norma BELL 103 ORIGEN/RESPUESTA (ORIGEN/ANSWER), elaborado con lógica cableada y como principal inconveniente es que presenta partes selladas con resina de tal forma que una vez dañada alguna de estas partes es necesario sustituir todo el módem; además este módem tiene una conexión hacia el DTE (conexión con la tarjeta controladora) con niveles de voltaje TTL como se muestra en la figura 2.17, en la que se muestra la conexión entre el módem y en este caso la tarjeta controladora; por lo que si se utiliza un módem como el que se diseñara, tendrá la conexión adecuada para sustituir el módem weston y debido a se puede implementar una interfaz RS 232-C en la tarjeta controladora a la que se conectara o conectar el módem con por la salida auxiliar con niveles TTL mostrada en la figura 2.17. En ambos casos se utilizan las señales TxD, RxD, CTS, RTS, CD y los niveles de voltaje de alimentación de +/- 15 volts y + 5 volts, en nuestro diseño solo utilizamos la alimentación de +/- 15 volts y + 5 volts de la propia fuente del equipo.

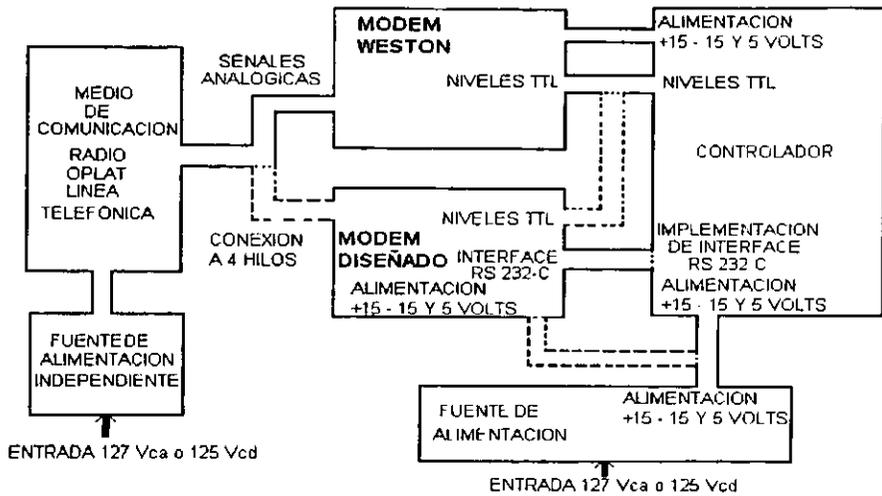


Figura 2.17 Interconexión entre un módem Weston y la tarjeta controladora y el módem a diseñar.

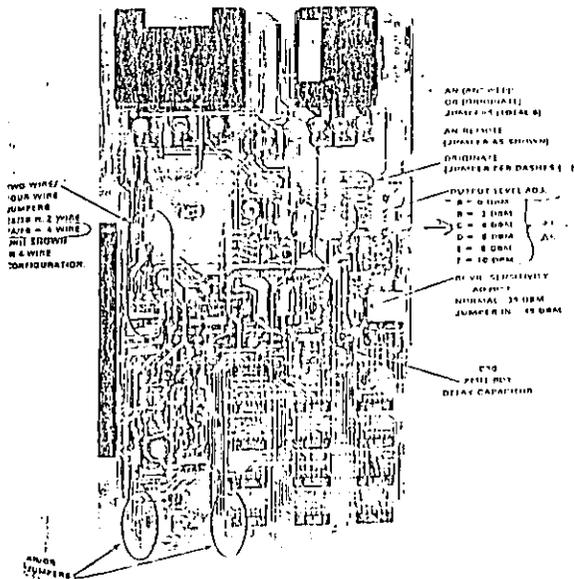


Figura 2.18 Módem WESTON.

La figura 2.18 muestra un módem Weston en donde se observan en la parte superior de la figura las partes selladas mencionadas.

2.7.2 Características del módem VICON

La filosofía desarrollada en este equipo, le permite ser una unidad terminal maestra y comportarse como una unidad terminal remota lógica hacia otra unidad terminal maestra; como se muestra en la figura 2.20; maneja dos velocidades la de 600 y la de 1200 bauds con modulación FSK, norma V.23 modo uno y modo dos, los cuales pueden ser proporcionados por el circuito integrado AM7911PC mostrados en la figura 2.21, en donde la figura 2.21 a y b muestran los espectros en frecuencia para la norma V.23 modo 1 y V.23 modo 2 respectivamente.

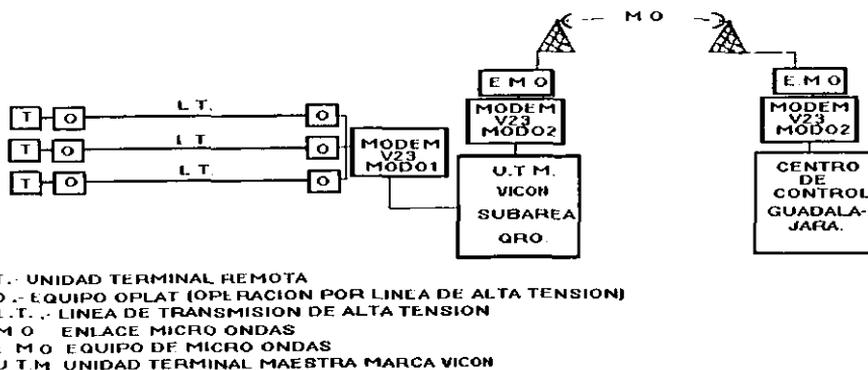


Figura 2.20. Intercomunicación del sistema VICON utilizando módem con normas V.23 modo 1 y 2.

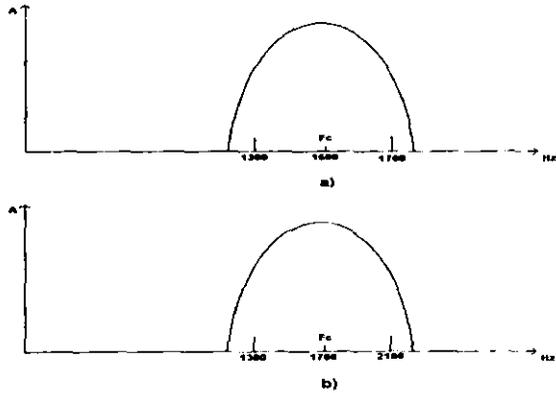


Figura 2.21. Espectros en frecuencia para la norma a) V.23 modo 1
b) V.23 modo 2.

El MODEM VICON esta construido con el circuito integrado CI AM7910PC que pertenece a la misma familia de AMD (Advanced Micro Devices Inc.), Este módem esta poco elaborado, contiene solo una interfase RS 232-C. Y un amplificador operacional LM358 para amplificar la señal de salida así como la interfase de transformadores para el acoplamiento a 600 ohms, así como la indicación con led, la desventaja de estos modems es que son muy sensibles al ruido y el nivel de transmisión tiende a variar dado que depende de un potenciómetro para ajustar el nivel cosa que esta fuera de norma. Estos modem's manejan los estándares v.23 modo 1 y modo 2 que puede ser manejado por el CI AM7911PC, sobre estos estándares se hablara mas adelante. La figura 2.22 muestra un módem de esta marca.

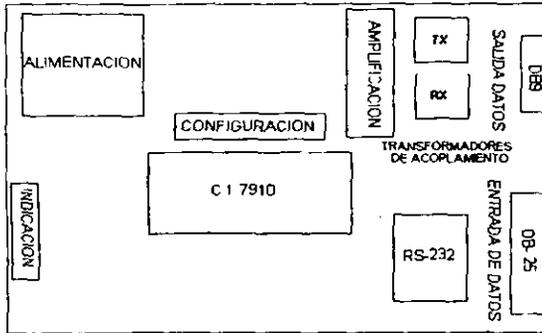


Figura 2.22 Módem VICON.

En la figura 2.22 se muestra un diagrama de los módems de la marca VICON en los cuales se observan que existen muy pocos componentes lo cual da poca robustez al módem dado que no cuenta con etapas de filtrado, ajuste de tiempos, ajustes de niveles de sensibilidad y transmisión.

2.7.3 Características del módem HARRIS.

El MODEM HARRIS este módem tiene como inconveniente la construcción en base a lógica cableada. Este módem maneja el estándar V.23 modo 2 y cuenta con un conector DB25, por lo que no hay problema para la conexión del módem a diseñar, cuando sustituya a este, ya que se puede conectar directamente a través del DB25; este modem es de lógica cableada por lo que en caso de reparación el problema es el tiempo que hay que dedicar para detectar el elemento dañado y sustituirlo.

2.8 Aspectos teóricos del sistema a implementar.

Dado que el proyecto consta de la fabricación de un MODEM utilizando como base el circuito integrado AM7911PC, se pretende que el módem sea practico debido a que debe manejar diversas velocidades; además de que se hace el planteamiento de los aspectos teóricos utilizados en diseño y construcción de este módem, como son: modos de operación, velocidad, retardos de tiempo empleados, filtros, señales de control, circuito integrado AM7911PC; los cuales se tratarán en forma específica en las secciones siguientes;

con el apoyo de los conceptos teóricos que se han venido manejando en las secciones anteriores de este mismo capítulo.

2.8.1 Características del sistema.

Debido a que el módem debe que suplir a los módems existentes es necesario plantear las características de cada una de las normas que maneja cada uno, así como las características específicas para cada equipo como son:

- señales que manejan para el intercambio de datos entre el equipo terminal de datos y el equipo de comunicación de datos.
- niveles de voltaje entre DTE y DCE.
- tipo de conectores, etc..

En las secciones 2.7.1, 2.7.2 y 2.7.3 se dio una breve explicación de cada uno de los módem a suplir así como sus principales características. En la figura 2.23 se observa claramente el diagrama a bloques del proyecto. En donde se observan las siguientes etapas:

- Interfase a medio de comunicación (etapa de acoplamiento)
- Amplificador y filtro pasa banda
- Etapa de retardo de portadora
- Indicación
- Retardo entre las señales RTS/CTS
- Circuito integrado AM7911PC
- Amplificadores de salida
- Interfase RS 232-C
- Conexión auxiliar TTL y
- Fuente de alimentación.

De cada una de estas partes se hace un análisis en las siguientes secciones.

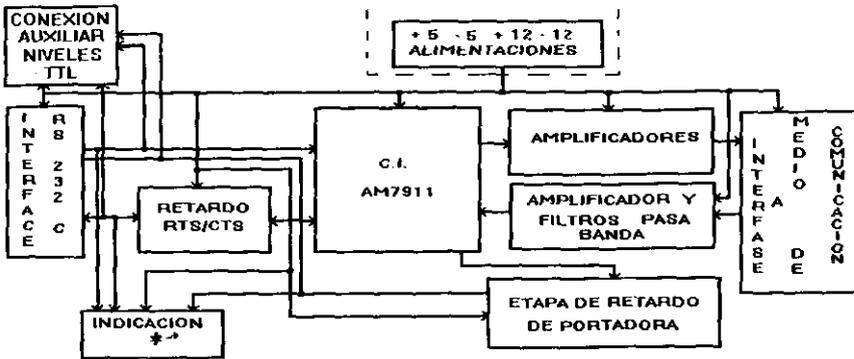


Figura 2.23 Diagrama a bloques del sistema propuesto.

2.8.2 Etapa de acoplamiento.

En la figura 2.24 observamos una etapa llamada de acoplamiento que existe tanto en la etapa de modulación como en la de demodulación, como podemos observar esta etapa nos sirve para acoplar el equipo; en el caso de un módem que generalmente esta conectado a una línea telefónica y la impedancia a la que se debe diseñar es de 600 ohms, la cual es la impedancia característica de la línea telefónica, aunque no necesariamente debe de tener un módem este valor de impedancia puesto que existe equipo desarrollado por otros fabricantes que no utilizan estándares y que pueden calcular la impedancia de salida con un valor distinto a 600 ohms dependiendo de la conexión que ellos realicen. Para nuestro caso como estamos cumpliendo con un estándar, el valor de impedancia es de 600 ohms, este acoplamiento se realiza generalmente con un transformador con una impedancia de 600 ohms y una relación 1:1 que son muy comunes en el mercado, existen conexiones típicas para estos transformadores algunas de ellas se muestran en la figura 2.24. en donde observamos a la entrada del transformador una protección contra transitorios; en el lado del secundario del transformador tenemos un par de resistencias y un dar de diodos conectados en paralelo, los diodos son una protección común para limitar sobrevoltajes o para prevenir transitorios en la entrada o salida.

Mientras que el par de resistencias en ambos extremos del secundario del transformador son utilizadas como resistencias fusibles ya que son de valores bajos, de uno o dos ohms, también del lado del primario generalmente se conectan varistores que son también protección contra sobrevoltajes, se pueden realizar varias combinaciones pero siempre con la misma finalidad la de proteger contra transitorios.

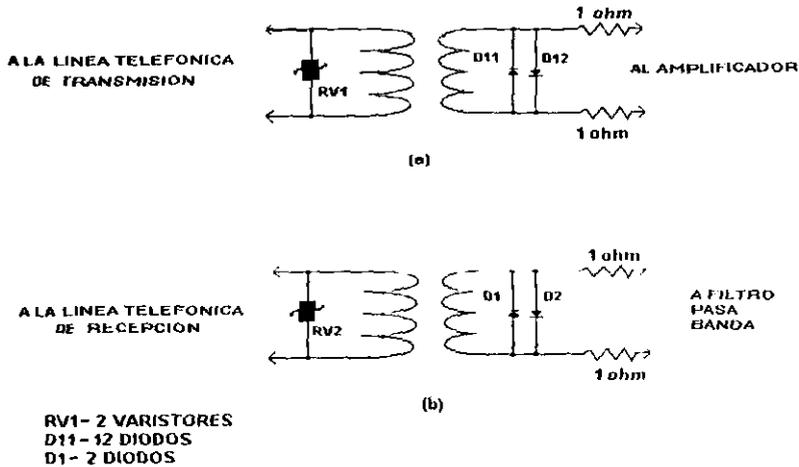


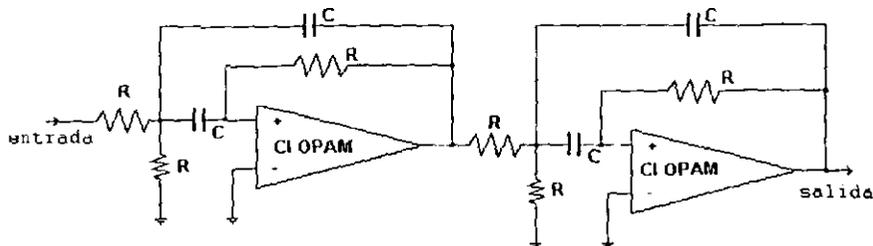
Figura 2.24 Etapa de acoplamiento a la línea telefónica, a) etapa de salida b) etapa de entrada.

2.8.3 Etapa de filtrado.

Esta etapa es muy importante en la etapa de detección, debido a que aquí se define el ancho de banda sobre el que va a trabajar el equipo, esta etapa en particular debe de manejar tres anchos de banda diferentes; la idea es colocar el circuito básico que discrimine el ancho de banda apropiado dependiendo de la norma que se este manejando y solo variar algunos de los elementos para darle el ancho de banda apropiado evitando con esto que el módem sea sensible a otras frecuencias, que pueden interpretarse como tonos de marca o espacio que arranquen la operación del módem. Debido a esto se está considerando el cálculo de cuatro circuitos con diferente ancho de banda. De esta forma tenemos lo siguiente:

- a) Para el módem WESTON tenemos un ancho de banda de 2025 a 2225 Hz.
- b) Para el módem Vicon tenemos un ancho de banda de 1300 a 1700 Hz. en el modo 1 para 600 bauds y
- c) Para el módem Vicon ó Harris un ancho de banda de 1300 a 2100 Hz. en el modo 2 para 1200 bauds.
- d) Módem principal con un ancho de banda que incluya a los tres establecidos, es un poco menos selectivo pero cubre el ancho de banda seleccionado y es como se construirá.

Las cuales encajan en el filtro de ancho de banda de 1000 Hz. a 2300 Hz. Cuyos cálculos e implementación se muestran en el capítulo 3 y en la figura 2.25 se muestra un filtro pasa banda de segundo orden Butterworth como el que se utiliza para la etapa de filtrado en la recepción. El cual es un circuito típico de un filtro que es fácil de implementar y que tiene buena respuesta a la frecuencia



CI OPAM - AMPLIFICADOR OPERACIONAL
 C - CAPACITOR
 R - RESISTENCIA

Figura 2.25 Diagrama general del filtro pasa banda de segundo orden Butterworth.

2.8.4 Programación del módem.

Debido a que este módem debe manejar ciertas normas es necesario contar con una etapa de programación para determinar a las condiciones de operación, en esta etapa podemos distinguir varias etapas como son:

- a) ETAPA DE DETECCION DE PORTADORA.
- b) ETAPA DE RETARDO DE RTS Y CTS.
- c) ETAPA DE PROGRAMACION DE NIVEL.
- d) ETAPA DE SELECCION DE NORMA.
- e) ETAPA DE SELECCION DE SENSIBILIDAD.
- f) ETAPA DE MODO DE OPERACION.
- g) ETAPA DE PROGRAMACION DE PTT.
- h) ETAPA DE PRUEBA Y AJUSTE.

A continuación se describe cada una de estas etapas y la función, el cálculo y la elaboración del circuito se realiza en los capítulos 3 y 5 respectivamente.

a) ETAPA DE DETECCION DE PORTADORA.- En esta etapa se programa el tiempo que debe transcurrir antes que la señal recibida sea aceptada como correcta y que cumple con las características, como son que permanezca constante, sin variar el nivel lo cual indica que se trata de un mensaje y no de un impulso transitorio, además que contenga las frecuencias que se están utilizando para considerar como buena y se inicie la demodulación.

b) RETARDO ENTRE RTS y CTS. Estas señales son indispensables para que se inicie la transmisión de datos; la secuencia que se debe de programar es la siguiente: activar la señal RTS (señal enviada desde el DTE hacia el DCE) y esperar como respuesta la señal CTS enviada desde el DCE hacia el DTE. El retardo que aquí se produce se utiliza generalmente para estabilizar el canal de comunicación. Es de gran importancia en los sistemas que utilizan sistemas de radio para la transmisión de datos debido al tiempo que se requiere para calentar el radio, que se encuentra entre 120 y 240 milisegundos.

c) PROGRAMACION DE NIVEL. En esta etapa se programa el nivel con el que se desea transmitir, debido al compromiso que existe con el equipo transmisor para no sobremodular al equipo y distorsionar la señal que lleva información. En el módem weston se cuenta con pasos de programación de 3 dB, de cero a - 20 dB, es el módem propuesto se tienen pasos de 3 dB desde cero hasta -12 dB.

d) ETAPA DE SELECCION DE NORMA. En esta etapa se selecciona la norma con la que se va establecer el enlace debido a la versatilidad del circuito integrado AM7911PC, es posible seleccionar a través de un dip switch la norma deseada; como son BELL 103, V23 modo 1 y modo 2 entre otras, esto se explica mas a detalle en la siguiente sección.

e) SELECCION DE NIVEL DE SENSIBILIDAD. Esta es otra de las etapas importantes en el módem debido a que en esta etapa podemos seleccionar el nivel con el que queremos recibir, o dicho de otra manera el nivel que debe guardar la señal recibida para poder detectar y procesarla. En el módem weston se tiene hasta una sensibilidad de -45 dB, en el sistema propuesto se tiene una sensibilidad de -40 dB, en pasos de 10 dBm.

f) ETAPA DE MODO DE OPERACION. Esta etapa puede seleccionar la operación del módem ya sea a dos o cuatro hilos.

g) ETAPA DE SELECCION DE PTT (Push to talk Presionar para hablar). Esta etapa se programa la utilización de radio como medio de transmisión. Esta señal es necesaria para activar el radio y este listo para transmitir a la llegada de los datos desde el DTE.

h) ETAPA DE PRUEBA Y AJUSTE. Esta etapa se utiliza para realizar ajustes durante una sección de pruebas o durante la puesta en servicio, es muy practico poder generar tonos constantes para ajustar los niveles de transmisión, retardos RTS y CTS, retardos de portadora. Además de aislar el DCE en estas pruebas del DTE.

2.8.5 Circuito integrado AM7911PC.

El circuito integrado AM7911PC es un circuito modulador y demodulador cuya modulación es FSK asincrona, incluida en la banda de voz para aplicaciones en línea privada. Tiene un rango de velocidad de modulación seleccionable con rangos de 300, 600 y 1200 BAUDS, es compatible con los estándares 103/113/108, 202, V.21 Y V.23 de BELL y CCITT para modems. Cuenta con cinco líneas de configuración para seleccionar la configuración. Para la norma BELL 202 el CI AM7911PC posee un canal de respaldo capaz de manejar 150 bps, y para la norma V.23 el canal de respaldo opera a 150 bps.

En el CI AM7911PC se emplean técnicas de procesamiento digital para ejecutar mejor las funciones tales como la de modulación, demodulación y filtrado, además posee convertidores analógicos - digitales y digitales - analógicos para minimizar los componentes externos, también posee las señales de control esenciales RS-232/CCITT V.24 con niveles TTL.

La señal de reloj puede ser generada colocando un circuito oscilador.

Y un arreglo de acceso a datos (DAA) o un acoplador acústico debe ser colocado para proveer una interfase externa hacia la línea telefónica.

El AM7911PC es fabricado utilizando tecnología MOS canal N en un circuito integrado de 28 pines. Todas las señales de entrada o salida son compatibles con niveles TTL excepto la señal de reloj externa. Los niveles de voltaje requeridos son de +/- 5 volts CD. La figura 2.24 presenta el diagrama a bloques del circuito integrado donde se muestra la configuración de las terminales.

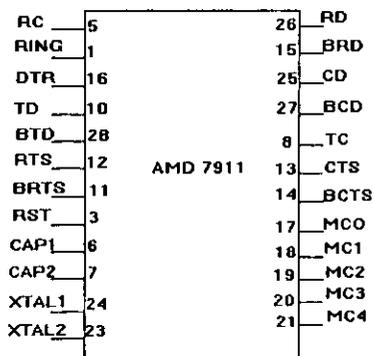


Figura 2.25 Circuito Integrado AM7911PC.

A continuación se describe cada una de las señales del circuito integrado AM7911PC.

MCO - MC4 (Entradas de control).

Estas cinco entradas seleccionan una de las treinta y dos posibles estándares de operación del circuito integrado ya sea BELL o CCITT, la lista de estas funciones se encuentran en la tabla.2.7. Los primeros ocho modos referidos en la tabla 2.7, 10, 12, 14 y 15 son los modos normales de operación. El modo a 1200 bauds puede ser seleccionable con o sin el compromiso de equalizar la amplitud. Los modos 16-26 permiten lazo de retorno del CI AM7911PC en la transmisión y en la recepción, como no existe conexión interna el usuario debe externamente conectar la señal TRANSMITTED CARRIER a la señal RECEIVED CARRIER si un lazo de retorno analógico es requerido. Si se requiere un lazo de retorno digital, es necesarios conectar las señales RECEIVED DATA con la TRANSMITTED DATA. Existe el inconveniente que es necesario poner filtros con ancho de banda similares tanto en el canal de recepción como en el canal de transmisión si se desea realizar un lazo de retorno analógico. Los modos 9, 13, y 27 - 31 están de reserva para uso futuro.

TERMINAL DE DATOS LISTA - (DATA TERMINAL READY (DTR))

Un nivel bajo en esta entrada indica que la terminal de datos está lista para enviar o recibir datos a través del módem. Esta señal esta relacionada con todas las otras señales de entrada TTL, y un nivel bajo habilita todas estas señales a un buen control interno de la función lógica. Un nivel alto deshabilita todas la entradas/salidas y la lógica interna.

PETICIÓN PARA TRANSMITIR (REQUEST TO SEND (RTS))

Un nivel bajo en esta entrada le indica al módem que entre al modo de transmisión. Esta entrada debe permanecer baja durante la transmisión de datos, Esta señal no tiene efecto sí la señal DATA TERMINAL READY esta a nivel alto. Un nivel alto es esta entrada deshabilita el estado de transmisión.

LISTO PARA TRANSMITIR (CLEAR TO SEND (CTS))

Esta salida se pone a nivel bajo al final de un retardo cuando la señal REQUEST TO SEND se pone a nivel bajo. Los datos a ser transmitidos no deben ser presentados en la entrada TRANSMITTED DATA hasta que la salida CTS este a nivel bajo. La señal CTS nunca tomará un nivel bajo sí la señal DTR esta a nivel alto. La señal CTS toma un nivel alto al final del retardo cuando la señal RTS tome el nivel alto.

DETECTOR DE PORTADORA (CARRIER DETECT (CD))

Un nivel bajo en esta salida indica que una señal de portadora valida está presente en el receptor y que ha estado presente por un tiempo mínimo tcdon, donde tcdon depende de la configuración seleccionada. Un nivel alto en esta salida indica que no existe señal portadora valida en la etapa de recepción y que no ha sido recibida por un tiempo tcdoff. La señal CARRIER DETECT permanece en nivel alto cuando DTR esta a nivel alto. Los valores de para tcdon y tcdoff son configuraciones dependientes y se muestran en la tabla 2.6.

	IRCON ms	IRCOFF ms	ICDON ms	ICDOFF ms	IAT s	ISIL1 s	ISIL2 ms	ISQ ms	ISTO ms	IRI us
BELL 103 ORIGEN	25	0.52	9-20	4-23	19	20	-	-	-	-
BELL 103 RESPUESTA	25	0.52	9-20	4-23	19	20	-	-	25	25
CCITT V.21 ORIGEN	25	0.52	10-20	10-20	30	20	75	-	-	-
CCITT V.21 RESPUESTA	25	0.52	10-20	10-20	30	20	75	-	25	25
CCITT V.23 MODO 1	8	0.52	3-7	34-113	30	20	75	90	25	25
CCITT V.23 MODO 2	8	0.52	3-7	34-113	30	20	75	90	25	25
BELL 202	8	0.52	3-7	34-113	19	20	-	90	25	25

Tabla 2.6. Parámetros de tiempo para el CI AM7911PC

TRANSMISION DE DATOS (TRANSMITTED DATA (TD))

Los datos a ser transmitidos son presentados en esta entrada en forma serial; y un nivel alto (marca) corresponde a un uno lógico y un nivel bajo (espacio) corresponde a un cero lógico. Estos datos determinaran que frecuencia aparecerá en la salida TRANSMITTED CARRIER. No aparecerá ninguna señal en esta salida a menos que DTR y RTS estén a nivel bajo.

RECEPCION DE DATOS (RECEIVED DATA (RD))

Los bits de datos demodulados de la entrada RECEIVED DATA están disponibles en esta salida. Un nivel alto (marca) indica un uno lógico y un nivel bajo (espacio) indica un cero lógico. Bajo las siguientes condiciones esta salida es forzada a un uno lógico, por que los datos pueden ser inválidos.

- Quando el CARRIER DETECT tenga un nivel alto.
- Durante el retardo de desconexión en el modo semiduplex (solamente en los modos 202 V.23).
- Durante el apagado suave el modo semiduplex (Quando se utiliza apagado suave en las normas V.23 y 202 solamente)
- Quando la señal DTR esta a nivel alto.
- Quando RTS tiene un nivel alto y BRTS tiene un nivel bajo

los modos V.23 y 202 solamente.

f) Durante una secuencia de respuesta automática.

PETICION PARA TRANSMITIR EN EL CANAL DE RESPALDO (BACK REQUEST TO SEND (BRTS))

Desde que los módem a 1200 bauds, BELL 202 Y CCITT V.23 permiten transmisión semiduplex sobre línea de dos hilos, un canal de baja velocidad de respaldo. Esta señal (BRTS) es equivalente al REQUEST TO SEND para el canal principal, excepto que esta señal pertenece al canal de respaldo. Es digno remarcar que si se cuenta con un solo transmisor RTS Y BRTS no deben ser utilizadas simultáneamente. BRTS solamente es valido cuando se selecciona el modo 202 o V.23 a través de MC0 - MC4, en otros modos es ignorado.

Para las normas V.23 y 202 en el modo 150 bps canal de respaldo, la frecuencia aparece en la salida transmisión de portadora (TC) y es determinada por la marca o espacio presente en la entrada transmisor de respaldo (BTD).

Para la norma 202 en el modo 5 bps en el canal de respaldo una frecuencia de 387 Hz aparece en la salida transmisión de datos (TC) cuando BRTS esta a nivel bajo y BTD esta a nivel alto. No existe presencia de voltaje cuando BRTS esta a un nivel alto. BTD debe ser puesto a un nivel alto para la norma 202 con canal de transmisión de respaldo.

LISTO PA TRANSMITIR POR EL CANAL DE RESPALDO (BACK CLEAR TO SEND (BCTS))

Esta señal es equivalente al LISTO PARA ENVIAR (CLEAR TO SEND) para el canal de respaldo excepto que pertenece al canal de respaldo. BCTS solo tiene efecto cuando se utilizan las normas V.23 y 202 en el modo de 150 bps por el canal de respaldo, seleccionable con las entradas MC0 - MC4. Esta señal no es utilizada cuando se utiliza la norma BELL 202 en el modo de 5 bps por el canal de respaldo.

DETECCION DE PORTADORA POR EL CANAL DE RESPALDO (BACK CARRIER DETECT (BCD))

Esta señal es equivalente a la señal detección de portadora para el canal principal excepto que esta señal pertenece al canal de respaldo. La señal BCD solo tiene efecto cuando se utilizan las normas V.23 o 202.

El conjunto de normas que puede soportar el CI AM7911PC se muestran en la tabla 2.7. a continuación.

MODEM	BAUDS BPS	DUPLEX	FRECUENCIAS DE TRANSMISION		FRECUENCIAS DE RECEPCION		RESPUESTA	TONO DE
			ESPACIO	MARCA	ESPACIO	MARCA	FRECUENCIA	APAGADO
			Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	SUAVL
BELL 103 ORIGEN	300	FULL	1070	1270	2025	2225		
BELL 103 RESPUESTA	300	FULL	2025	2225	1070	1270	2225	
CCITT V.21 ORIGEN	300	FULL	1180	980	1850	1650		
CCITT V.21 RESPUESTA	300	FULL	1850	1650	1180	980	2100	
CCITT V.23 MODO 1	600	HALF	1700	1300	1700	1300	2100	900***
CCITT V.23 MODO 2	1200	HALF	2100	1300	2100	1300	2100	900***
CCITT V.23 MODO2 equalizado	1200	HALF	2100	1300	2100	1300	2100	900***
BELL 202	1200	HALF	2200	1200	2200	1200	2025	900
BELL 202 EQUALIZADO	1200	HALF	2200	1200	2200	1200	2025	900
CCITT V.23 RESPALDO	75 / 150		450	390	450	390		
BELL 202 5 BPS respaldo	5		*	*	**	**		
BELL 202 150 bps respaldo	150		487	387	487	387		

Tabla 2.7. Parámetros de frecuencia para el CI AM7911PC para cada norma manejada.

* BRTS en alto ó BTD : bajo 0 volts en TC.

** 387 Hz en RC y BCD bajo.

** no 387 Hz en RC con BCD alto.

*** para modos V.23 con apagado suave solamente.

CAPITULO III

IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO

3.1 Generalidades.

En este capítulo se presentan los cálculos necesarios para la selección de cada uno de los elementos que se van a usar en las diferentes etapas de las que se compone el módem diseñado, así como una explicación de la selección de las etapas desarrolladas. En la figura 2.23 observamos cada uno de los bloques de los que se compone el módem y en este capítulo se hacen los análisis necesarios de cada una de estas secciones. En los bloques podemos observar a la etapa de acoplamiento con la línea telefónica, la etapa de filtrado, la etapa de retardo de portadora, la etapa de programación de norma, la etapa de retardo de RTS/CTS, la etapa de indicación, la interfase RS 232-C y lo más importante el circuito integrado AM7911PC así como algunos puntos de prueba. Debido a que este módem puede manejar tres normas diferentes (de las utilizadas en Comisión Federal de Electricidad) es necesario contar con una etapa de filtrado que pueda ser seleccionada para manejar el ancho de banda deseado como se menciona en el capítulo dos esta es una de las diferencias entre el manejo de las diversas normas, debido a la versatilidad del circuito integrado seleccionado la programación se realiza de acuerdo a un conjunto de dip switch, el cálculo de la etapa de filtrado se hace para cuatro anchos de banda mencionados, implementándose sola para uno en nuestro caso para la norma V23. Modo 1; sin embargo quedan planteados los cálculos para las otras tres normas, y solo se tendría que cambiar el valor de las resistencias en la etapa de filtrado y seleccionar la norma para el circuito integrado para que el módem opere bajo esa norma. Esto se plantea completamente en el capítulo IV de este trabajo de tesis.

3.2 Etapa de recepción.

Con respecto a la figura 2.23 esta la podemos dividir en dos figuras y obtener una donde solo mostramos la etapa de recepción como la mostrada en la figura 3.1. y otra donde solo se muestra la etapa de transmisión como la mostrada en la figura 3.7. Empezaremos los cálculos para la etapa de recepción y continuaremos con la etapa de transmisión dejando la etapa del circuito AM7911PC para el final de este capítulo debido a que es un punto común en el diseño. Haciendo referencia a cada una de las etapas consideradas y complementando la explicación con los cálculos necesarios para cada etapa así como los modelos

matemáticos propuestos en cada una de estas.

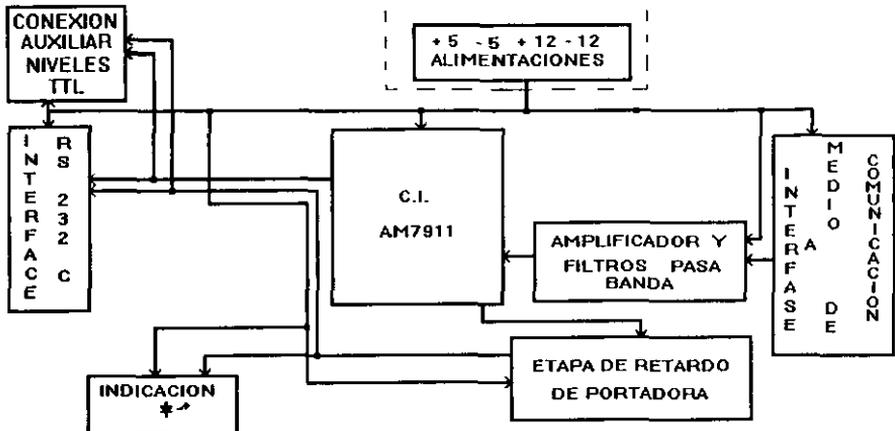


Figura 3.1. Etapa de recepción del módem

3.2.1 Etapa de acoplamiento.

Debido a que el módem debe tener la capacidad de conectarse a una línea telefónica cuya impedancia característica es de 600 ohms, debe de existir una etapa de acoplamiento. De acuerdo a las normas establecidas por los organismos competentes como la CCITT. El valor de la impedancia es de 600 ohms. Este tipo de acoplamiento se logra con un transformador con impedancia de 600 ohms, los cuales son comerciales, cumpliendo con las características requeridas. Esta etapa se muestra en la figura 2.23 donde se adiciono una protección contra transitorios a través de diodos limitadores conectados en paralelo. Donde los diodos son recortadores o limitadores. Para el calculo de esta partes nos referiremos al calculo de los diodos debido a que los transformadores son una especificación por norma.

Recordemos que el voltaje para los diodos esta dado por el modelo siguiente: para el diodo se plantea como un diodo ideal y una fuente de voltaje de 0.7 Vcd (si es un diodo de silicio polarizado en sentido directo) mientras que es un circuito abierto para cuando se tiene una polarización inversa sin llegar al voltaje de ruptura, entonces la señal obtenida es como la mostrada en la .figura 3.2a, la figura 3.2.b muestra en efecto para el semiciclo positivo en donde uno de los diodos se comporta como circuito abierto al estar polarizado en sentido inverso, lo mismo sucede para el circuito mostrado en la figura 3.2.c para el semiciclo negativo. El voltaje de salida estará limitado a +/- 0.7 Vcd rms, en el caso de señales donde se detecta la frecuencia no tiene inconveniente que la señal se recorte a ese valor además los valores detectados siempre estarán por debajo de este valor.

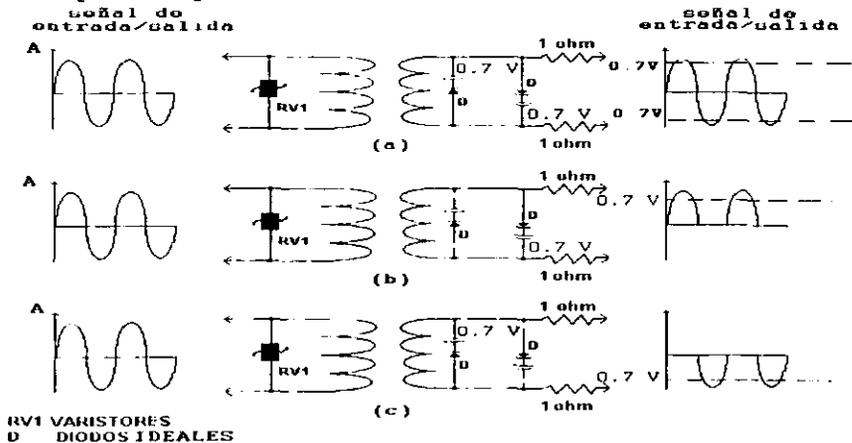


Figura 3.2 Etapa de acoplamiento (Diodos limitadores).

3.2.2 Amplificador diferencial.

Siguiendo con el análisis de la etapa de recepción encontramos un arreglo de un amplificador diferencial el cual esta conectado con la etapa de acoplamiento a través de dos resistencias como se muestra en la figura 3.3. y esta compuesto por un amplificador operacional LM308 el cual es un amplificador de precisión, con bajo consumo de potencia y las características de operación no varían significativamente con las variaciones de temperatura. El funcionamiento del circuito en general es como sigue [2]:

El circuito de la figura 3.3. como el utilizado en la parte de entrada del módem donde se muestran las dos entradas + y -, para el análisis se hace lo siguiente se cortocircuita una entrada por ejemplo la entrada positiva solo tendría un circuito inversor con una ganancia $-R_2/R_1$, si ahora se cortocircuita la entrada negativa tendríamos un circuito amplificador no inversor y la ganancia de salida será $(R_2/R_1 + 1)$ por lo que para la salida en conjunto tendremos:

$$(E_2 - V_o)/R_1 = (E_1 - V_o)/R_2$$

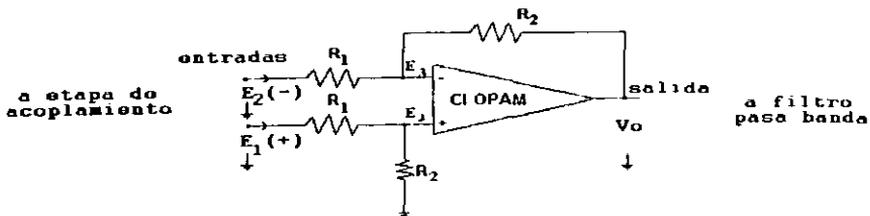
Y

$$(E_1 - V_o)/R_1 = E_1/R_2 ;$$

para las condiciones planteadas anteriormente, resolviendo con respecto a E_1 tendríamos :

$$V_o = R_2/R_1(E_1 - E_2)$$

El amplificador diferencia puede medir y también amplificar señales pequeñas ocultas en señales mucho más intensas, esto lo realiza de la siguiente manera; si una señal se conecta a la entrada y la denotamos como E_i se conecta a través de las terminales (+) y (-) la señal es amplificada con una ganancia dada por la resistencia de retroalimentación R_2 , si existiese un voltaje de ruido entre la entrada y la salida esta señal sería una señal en forma diferencial para la entrada y la salida sería cero para ese nivel de ruido. Por lo que el voltaje de salida del amplificador diferencial solo tendrá la señal amplificada del voltaje diferencial de entrada.



CI OPAM - AMPLIFICADOR OPERACIONAL
 C - CAPACITOR
 R - RESISTENCIA

Figura 3.3. Amplificador diferencial de entrada.

Para nuestro caso tenemos que calcular los valores de las resistencias como sigue:

Si proponemos que $E_1 = E_2 = 0.77$ Volts debido a la protección de los diodos limitadores y para tener un valor de 0 dB a la salida en V_o tendríamos que calcular R_2 y R_1 , sería la entrada a la etapa de filtrado y la diferencia en cada semiciclo de la señal de entrada sería :

$$E_1 - E_2 = 0.7 \text{ Volts}$$

Si el valor es mayor de 0 dB a la entrada. Para tener un valor de 0 dB deberíamos tener 0.77 Volts a la salida por lo que R_2 y R_1 serán :

$$R_2/R_1 = 0.77/0.7 = 1 ;$$

Para cumplir con esta condición $R_2=R_1$ y podemos escoger $R_2=R_1=3.3 \text{ K}\Omega$, que son valores comerciales.

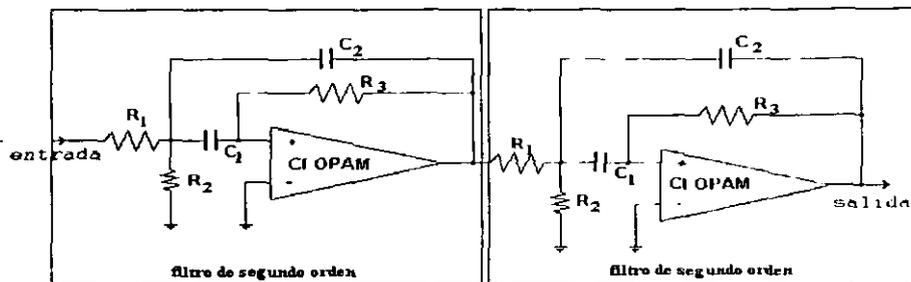
Teniendo que :

$$V_o = 3.3 \text{ K}\Omega / 3.3 \text{ K}\Omega (0.7) = 0.7 \text{ volts}$$

Que es el valor deseado.

3.2.3 Cálculo de los filtros pasa banda de la etapa de recepción.

Siguiendo la etapa de entrada del módem encontramos los filtros de entrada como los mostrados en la figura 3.4 donde se observa un par de filtros Betterworth de segundo orden cada uno en cascada para formar uno de cuarto orden, en donde los elementos son resistencias capacitores y amplificadores operacionales, para el amplificador operacional en el mercado existen muchos y muy variados en nuestro caso estamos seleccionando el circuito LM 747, el cual es muy versátil y en el diseño de filtros tiene una respuesta aceptable, para el calculo de los elementos pasivos como lo son las resistencias y capacitores tenemos que recurrir a los modelos matemáticos establecidos para la configuración utilizada y que a continuación presentamos:



CI OPAM = AMPLIFICADOR OPERACIONAL
 C = CAPACITOR
 R = RESISTENCIA

Figura 3.4. Filtros Butterworth en cascada de 2° orden.

Como se planteo en el capítulo 2 debemos de considerar el ancho de banda para que cubra los estándares que maneja el módem, para ello tenemos que plantear los desarrollos matemático y encontrar los valores idóneos para que el módem quede programado de tal forma que solo se tenga que realizar un cambio mínimo de elementos para cubrir el ancho de banda deseado, a continuación se realiza el planteamiento general y después solo se sustituyen los valores para el ancho de banda deseado.

Para un filtro pasa banda de segundo orden Butterworth [4], como el mostrado en la figura 3.4 tenemos el modelo matemático siguiente [4]:

$$f_c = \frac{1}{2\pi * [R_p * R_3 * C_1 * C_2]^{1/2}} \quad (1)$$

donde:

f_c es la frecuencia central, y R_p esta dada por la siguiente relación.

$$R_p = (R_1 * R_2) / R_1 + R_2 \quad (2)$$

Donde para cada etapa del filtro de segundo orden los elementos están identificados como sigue :

C_1, C_2 son capacitores, R_3 es la resistencia de retroalimentación, R_1 y R_2 son las resistencias del circuito de los filtros de segundo orden y mostrada en la figura 3.4.

El factor de calidad para este modelo matemático [4] esta dado por:

$$Q = 0.5 * [(R_3/R_p)]^{1/2} \quad \text{----- (3)}$$

despejando R_3 , tenemos :

$$R_p = [R_3 * (0.5)^2] / Q^2 \quad \text{----- (4)}$$

El ancho de banda esta dado por la siguiente relación:

$$BW = f_c / Q \quad \text{----- (5)}$$

siendo:

BW el ancho de banda.

Q el factor de calidad.

f_c es la frecuencia central y esta dada por:

$$f_c = f_1 + BW/2 \quad \text{----- (6)}$$

y f_h es la frecuencia alta y f_1 la frecuencia baja como se muestra en la figura 3.1

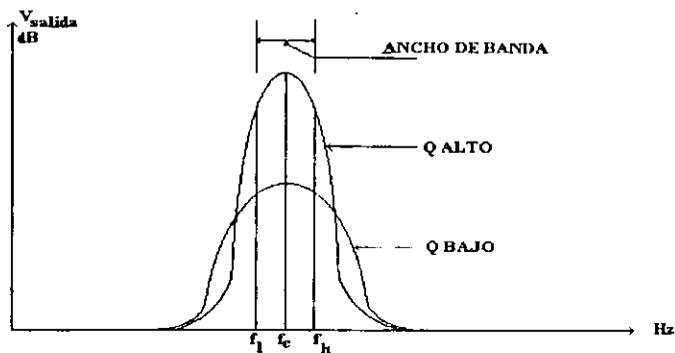


FIGURA 3.1 Ancho de banda parámetros

El ancho de banda puede ser tan selectivo como deseamos. A continuación se hacen los cálculos para cuatro diferentes casos: primero caso general, que incluyen un ancho de banda que cubre los estándares que maneja el módem, segundo para la norma V.23 modo 1, tercero para la norma V.23 modo 2 y cuarto para la norma Bell 103 modo respuesta; con la finalidad de mostrar que para hacer la etapa de filtrado más selectiva solo tenemos que reemplazar tres resistencias en capa filtro de segundo orden, para un total de seis resistencias en las dos etapas de los filtros.

a) Cálculos para el ancho de banda 1000 Hz a 2300 Hz.

Para el primer caso, seleccionamos el ancho de banda que queremos cubrir con el filtro en este caso deberá cubrir desde una frecuencia de 1000 Hz. a 2300 Hz.

Utilizando las fórmulas de la 1 a la 5 y recordando que los elementos que obtengamos deben de ser comerciales, encontramos que podemos dejar las fórmulas anteriores en función de capacitores o de resistencias, debido a que es más común encontrar resistencias de diferentes valores que capacitores se dejan la formula 1 de la siguiente manera:

$$R_1 = \frac{Q}{(2\pi \cdot f_c \cdot 0.5) \cdot [(C_1 + C_2)]^{1/2}} \quad \text{----- (7)}$$

Donde observamos que podemos fijar los valores de los capacitores C_1 y C_2 , mientras que f_c y R_1 dependen de las frecuencias que deseamos sintonizar, por lo tanto ya tenemos los elementos necesarios para calcular los elementos que componen los filtros pasa banda.

De la figura 3.1 tenemos en la etapa de demodulación una etapa de filtros, a la entrada estamos considerando un filtro de cuarto orden compuesto por dos etapas de segundo orden en cascada, los cuales forman el filtro de cuarto orden, como se menciono anteriormente.

$$BW = 2300 \text{ Hz} - 1000 \text{ Hz} = 1300 \text{ Hz}$$

la frecuencia central f_c y Q son:

$$f_c = 1000 + 1300/2 = 1650 \text{ Hz}$$

$$Q = f_c/BW = 1650/1300 = 1.2692$$

si $C_1=C_2= .1 \mu f$ y $R_2 = 10 \text{ K}\Omega$, por lo tanto:

$$R_1 = \frac{1.2692}{(2\pi)(1650)(0.5)(.1 \times 10^{-6})}$$

$$R_1 = 2.4485 \text{ K}\Omega.$$

$$R_p = 2.4485 \cdot (0.5)^2 / (1.2692)^2 = 379.99 \Omega.$$

para el valor de R_1 tenemos

$$R_1 = R_p \cdot R_2 / (R_2 - R_p) \quad \text{----- (8)}$$

$$R_1 = 379.99 \cdot 10000 / (10000 - 379.99)$$

$$R_1 = 394.9933 \Omega.$$

Resumiendo los valores para filtro de un ancho de banda de 1300 Hz. Con frecuencia central en 1650 Hz. quedan:

$$R_1 = 394.9933 \Omega$$

$$R_2 = 10 \text{ K}\Omega$$

$$R_3 = 2448.5375 \Omega$$

$$C_1 = C_2 = 0.1 \mu\text{f.}$$

Los valores comerciales para estos elementos son :

$$R_1 = 390 \Omega$$

$$R_2 = 10 \text{ K}\Omega$$

$$R_3 = 2420 \Omega \text{ (resistencia de } 2200 + 220 \text{ ohms)}$$

$$C_1 = C_2 = 0.1 \mu\text{f}$$

con estos valores y utilizando las ecuaciones planteadas al inicio de esta sección se obtienen los siguientes valores :

$$R_p = (R_1 * R_2) / R_1 + R_2$$

$$R_p = (390 * 10000) / (390 + 10000) = 375.3609 \Omega$$

$$f_c = \frac{1}{2 \pi * [R_p * R_3 * C_1 * C_2]^{1/2}}$$

$$f_c = \frac{1}{2 \pi * [375.3609 * 2420 * .1 \times 10^{-6} * .1 \times 10^{-6}]^{1/2}} = 1669.89 \text{ Hz}$$

Como observamos en los cálculos la frecuencia central al utilizar los valores comerciales son muy cercanos al valor de 1650 Hz que se había planteado al inicio de este inciso.

Como estamos utilizando dos etapas en cascada los elementos para el segundo filtro se denominaran R_1' , R_2' y R_3' , C_1' y C_2' , tomando los mismos valores ya que se trata de otro filtro con las mismas característica que el primero.

b) Cálculos para la norma V.23 modo 1.

Como ya mencionamos el filtro puede ser tan selectivo como queramos por lo tanto hacemos el planteamiento para el filtro cuya norma es la V.23 modo 1, en el cual las frecuencias principales son 1300 Hz y 1700 Hz, se trata de no cambiar muchos elementos, por lo que los capacitores y R, serán los mismos; los

cálculos para una frecuencia inferior de 1200 y la frecuencia superior de 1800 Hz. son los siguientes:

El ancho de banda es:

$$BW = 1800 \text{ Hz} - 1200 \text{ Hz} = 600 \text{ Hz}$$

la frecuencia central f_c y Q son:

$$f_c = 1200 + 600/2 = 1500 \text{ Hz}$$

$$Q = f_c/BW = 1500/600 = 2.5$$

si $C_1, C_2 = 0.1 \mu\text{f}$ por lo tanto:

$$R_1 = \frac{2.5}{(2\pi)(1500)(0.5)(0.1 \times 10^{-6})}$$

$$R_1 = 50305.164 \Omega$$

$$R_p = R_1(0.5)^2 / Q^2$$

$$R_p = (50305.164)(0.5)^2 / (2.5)^2 = 212.2065 \Omega.$$

para el valor de R_1 tenemos:

$$R_1 = R_p * R_2 / (R_2 - R_p)$$

con $R_2 = 10 \text{ K}\Omega$.

$$R_1 = (212.2065)(10000)/(10000 - 212.2065)$$

$$R_1 = 216.8073 \Omega.$$

Resumiendo los valores para filtro de la norma V23 modo 1, quedan:

$$R_1 = 216.8073 \Omega.$$

$$R_2 = 10 \text{ K}\Omega.$$

$$R_3 = 50305.16 \Omega.$$

$$C_1 = C_2 = 0.1 \mu\text{f.}$$

Los valores comerciales para estos elementos son :

$$R_1 = 180 \Omega$$

$$R_2 = 10 \text{ K}\Omega.$$

$$R_3 = 4700 \Omega.$$

$$C_1 = C_2 = 0.1 \mu\text{f}$$

con estos valores y utilizando las ecuaciones planteadas al inicio de esta sección se obtienen los siguientes valores :

$$R_p = (R_1 * R_2) / R_1 + R_2$$

$$R_p = (180 * 10000) / (180 + 10000) = 176.8172 \Omega.$$

$$f_c = \frac{1}{2 \pi * [R_p * R_3 * C_1 * C_2]^{1/2}}$$

$$f_c = \frac{1}{2 \pi * [176.8172 * 4700 * .1 \times 10^{-6} * .1 \times 10^{-6}]^{1/2}} = 1745.85 \text{ HZ}$$

Como observamos en los cálculos la frecuencia central al utilizar los valores comerciales son muy cercanos al valor de 1500 Hz que se había planteado al inicio de este inciso.

e) Cálculos para la norma V.23 modo 2.

Para la norma V.23 modo 2 los cálculos son los siguientes:

El ancho de banda es:

$$\text{BW} = 2200 \text{ Hz} - 1200 \text{ Hz} = 1000 \text{ Hz}$$

la frecuencia central f_c y Q son:

$$f_c = 1200 + 1000/2 = 1700 \text{ Hz}$$

$$Q = f_c / \text{BW} = 1700 / 1000 = 1.7$$

si $C_1 = C_2 = 0.1 \mu\text{f}$ y $R_2 = 10 \text{ K}\Omega$, por lo tanto:

1.7

$$R_1 = \frac{1.7}{(2\pi)(1700)(0.5)(0.1 \times 10^{-6})}$$

$$R_1 = 3183.098 \quad \Omega.$$

$$R_p = R_1(0.5)^2 / Q^2$$

$$R_p = (3183.098)(0.5)^2 / (1.7)^2 = 275.35 \quad \Omega.$$

para el valor de R1 tenemos:

$$R_1 = R_p * R_2 / (R_2 - R_p)$$

con $R_2 = 10 \text{ K}\Omega$

$$R_1 = [(275.35)(10000)] / (10000 - 275.35)$$

$$R_1 = 283.15 \quad \Omega$$

Resumiendo los valores para filtro de la norma V23 MODO 2 los elementos son:

$$R_1 = 283.15 \quad \Omega$$

$$R_2 = 10 \text{ K}\Omega.$$

$$R_3 = 3183.098 \quad \Omega.$$

$$C_1 = C_2 = 0.1 \quad \mu\text{f}.$$

Los valores comerciales para estos elementos son :

$$R_1 = 270 \quad \Omega.$$

$$R_2 = 10 \text{ K}\Omega.$$

$$R_3 = 3300 \quad \Omega.$$

$$C_1 = C_2 = 0.1 \quad \mu\text{f}$$

Con estos valores y utilizando las ecuaciones planteadas al inicio de esta sección se obtienen los siguientes valores:

$$R_p = (R_1 * R_2) / (R_2 + R_1)$$

$$R_p = (270 * 10000) / (270 + 10000) = 269.9016 \quad \Omega.$$

$$f = \frac{1}{2\pi * [R_1 * R_2 * C_1 * C_2]}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi \cdot [269.9016 \cdot 3300 \cdot 1 \times 10^{-6} \cdot 1 \times 10^{-6}]^{1/2}} = 1708.72 \text{ Hz}$$

Como observamos en los cálculos la frecuencia central al utilizar los valores comerciales son muy cercanos al valor de 1700 Hz que se había planteado al inicio de este inciso.

d) Cálculos para la norma Bell 103 respuesta.

Para la norma Bell 103 respuesta los cálculos son los siguientes:

El ancho de banda es:

$$BW = 2275 \text{ Hz} - 1975 \text{ Hz} = 300 \text{ Hz}$$

la frecuencia central f_c y Q son:

$$f_c = 1975 + 300/2 = 2125 \text{ Hz}$$

$$Q = f_c/BW = 2125/300 = 7.0833$$

si $C_1=C_2= 0.1 \mu\text{f}$ y $R_2 = 10 \text{ K}\Omega$, por lo tanto:

$$R_1 = \frac{7.0833}{(2\pi)(2125)(0.5)(0.1 \times 10^{-6})}$$

$$R_1 = 10610.32 \Omega.$$

$$R_p = R_1(0.5)^2 / Q^2$$

$$R_p = (10610.32)(0.5)^2 / 7.0833^2 = 52.868 \Omega.$$

para el valor de R_1 tenemos:

$$R_1 = R_p \cdot R_2 / (R_2 - R_p)$$

con $R_2 = 10 \text{ K}\Omega$

$$R_1 = [(52.868)(10000)] / (10000 - 52.868)$$

$$R_1 = 53.149 \Omega$$

Resumiendo los valores para filtro de la norma Bell 103 respuesta los elementos son:

$$R_1 = 53.149 \Omega$$

$$R_2 = 10 \text{ K}\Omega.$$

$$R = 10610.32 \Omega.$$

$$C_1 = C_2 = 0.1 \mu\text{f}.$$

Los valores comerciales para estos elementos son :

$$R_1 = 56 \Omega.$$

$$R_2 = 10 \text{ K}\Omega.$$

$$R = 10000 \Omega.$$

$$C_1 = C_2 = 0.1 \mu\text{f}$$

con estos valores y utilizando las ecuaciones planteadas al inicio de esta sección se obtienen los siguientes valores :

$$R_p = (R_1 * R_2) / (R_1 + R_2)$$

$$R_p = (56 * 10000) / (56 + 10000) = 55.68814 \Omega.$$

$$f_c = \frac{1}{2 \pi * [R_p * R_1 * C_1 * C_2]^{1/4}}$$

$$f_c = \frac{1}{2 \pi * [10000 * 55.68814 * .1 \times 10^{-6} * .1 \times 10^{-6}]^{1/4}} = 2132.74 \text{ Hz}$$

Como observamos en los cálculos la frecuencia central al utilizar los valores comerciales son muy cercanos al valor de 2125 Hz que se había planteado al inicio de este inciso.

Como se observa en los valores obtenidos, solo varían tres resistencias por etapa, por lo que para hacer más selectivo el filtro y trabajar con una u otra norma solo tendríamos que sustituir seis resistencia tres en el primer filtro y tres en el segundo, teniendo así los filtro tan selectivos como deseemos.

Aunque los cálculos están realizados para cada una de las normas para seleccionar estas solo se tienen que cambiar las resistencias R_1 , R_2 , y R , en cada una de las etapas de los filtros en la etapa de recepción, para el diagrama mostrado en la figura 3.4.

3.2.4 Nivel de detección.

Realmente la etapa de recepción comprende varias partes desde que la señal es recibida por la parte de acoplamiento; pasando por el amplificador diferencial y posteriormente al filtro pasa banda de cuarto orden, hasta llegar a esta etapa donde se programa el nivel de detección de señal o de sensibilidad y posteriormente pasa a la parte de demodulación y retardos y hasta que es entregada a la interfase RS 232-C; para llegar hasta el DTE, donde será demodulada para ser interpretada. Por lo que se requiere hacer un análisis de cada una de estas etapas, pero además existe una etapa de detección de nivel la cual esta preparada para ser configurada poder detectar a diferentes niveles desde 0 dBm, -10 dBm, -20 dBm, -30 dBm y -40 dBm, lo anterior quiere decir que al seleccionar un valor en la etapa de sensibilidad de 0 a -40 dBm podemos recibir señales en esos rangos de ganancia; siempre y cuando tengamos una señal de V_o adecuada según el rango de sensibilidad seleccionado, los cálculos correspondientes se hacen a continuación; Sabemos que para un amplificador inversor la ganancia matemática es la siguiente:

$$V_o/V_i = - R_2/R_1$$

Donde la ganancia debe tener los valores de: 0, -10, -20, -30 y -40 dBm y se seleccionan al variar la resistencia de retroalimentación, como se muestra en la figura 3.5.a. donde cada una de las resistencias es de valor diferente. Los valores de ganancia son expresados generalmente en dBm; son valores típicos para medir niveles en transmisión de datos y a continuación se da una breve explicación de como se obtienen estos.

Una señal analógica a una frecuencia constante también puede tener su nivel expresado en decibeles, es otra forma de expresar la potencia de la señal entregada a la carga. Una medida más practica es la que se realiza en dBm en donde se hacen los cálculos referidos a 1 miliwatt en lugar de hacerse con respecto a un watt, la figura 3.2.b. muestra una impedancia típica de 600 ohms y a partir de esta podemos obtener el valor de referencia para un miliwatt expresado en voltaje, en donde para un dBm tenemos:

$$\text{dBm} = 10 \log(P_1/P_2).$$

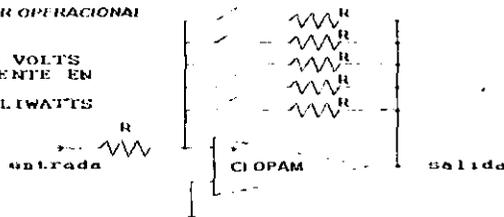
Esta misma expresión referida a voltajes rms y respecto a una carga de 600 ohms queda de la siguiente forma:

$$\text{dBm} = 20 \log(V_o/V_i).$$

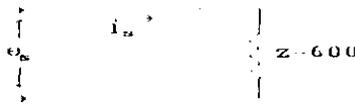
Donde el voltaje (V_1) medido es el de la señal analizada en valor RMS y el voltaje de referencia (V_R) es el que se obtiene con una carga de 600 ohms y una potencia de 1 mili-watt con lo que obtendríamos que el voltaje de referencia es:

$$V_R = (600 \cdot 1 \times 10^{-3})^{1/2} = 0.7745 \text{ Vrms}$$

CIOPAM - AMPLIFICADOR OPERACIONAL
R - RESISTENCIA
Z - IMPEDANCIA
Q - SEÑAL NIVEL EN VOLTS
I - SEÑAL DE CORRIENTE EN AMPERES
P - POTENCIA EN MILLIWATTS EN LA CARGA



(a)



(b)

Figura 3.5. Circuito amplificador inversor y carga de 600 ohms

si R_1 es 10 Kohms, con una carga de 600 ohms y un miliwatt de referencia, entonces:

$V_0 = 0.7745 \text{ Vrms}$, para 0 dBm, utilizando el modelo matemático para un inversor, tenemos:

$$R_t = R_1 \cdot [V_0/V_1]$$

$R_t = 10000 \cdot [0.7745/0.7745] = 10000 \Omega$, el cual es un valor comercial.

$V_0 = (10000/10000) \cdot 0.7745 = 0.7745$; que en dB toma el siguiente valor: $\text{dB} = 20 \log (0.7745/0.7745) = 0 \text{ dB}$, el cual es un valor deseado 0 dB.

$V_0 = 0.24494 \text{ Vrms}$, para -10 dBm

$$R_t = 10000 \cdot [0.24494/0.7745] = 3162.27 \Omega$$

El valor comercial es de 3300 Ω , con el cual el valor obtenido es de $V_0 = (3300/10000) \cdot 0.7745 = 0.2555$; que en dB toma el siguiente valor: $\text{dB} = 20 \log (0.2555/0.7745) = -9.6326 \text{ dB}$, el cual es un valor cercano a los -10 dB requeridos.

Para -20 dBm $V_o = 0.07745$ Volts.

$R_f = [0.077459/.7745] * 10000 = 1000 \Omega$, el cual es un valor comercial.

Para -30 dBm $V_o = 0.02449$ Volts

$R_f = [0.02449/.7745] * 10000 = 316.22 \Omega$

el valor comercial más cercano es de 330Ω utilizando este valor calculamos el valor de V_o y posteriormente su equivalente en dB, los cálculos son:

$V_o = (330/1000) * 0.7745 = 0.0255$; lo que en dB nos da:

$\text{dB} = 20 \log(.02555/.7745) = -29.629 \text{ dB}$, el cual es un valor cercano a los -30 dB planteados para este valor.

Para -40 dBm $V_o = 0.007745$ Volts

$R_f = [0.007459/.7745] * 10000 \approx 100 \Omega$, este es un valor comercial por lo que no implica cambio.

3.2.5 Etapa detectora de portadora (CD CARRIER DETEC).

Esta parte esta compuesta por un circuito monoestable utilizando el circuito integrado 74123 como se muestra en la figura 3.6. cuya constante de tiempo se puede programar con un capacitor y una resistencia externa [13], por lo que para nuestro caso compuesto por una serie de resistencias en paralelo, de las cuales solo seleccionamos una de acuerdo con la constante de tiempo, y un capacitor el cual responde de acuerdo a la ecuación:

$$t = K * R * C \text{ ----- (8)}$$

donde [13]:

t = constante de tiempo.

K = constante cuyo valor es aproximadamente 0.37

R = arreglo de resistencias en paralelo

C = capacitor de acuerdo a los cálculos deseados.

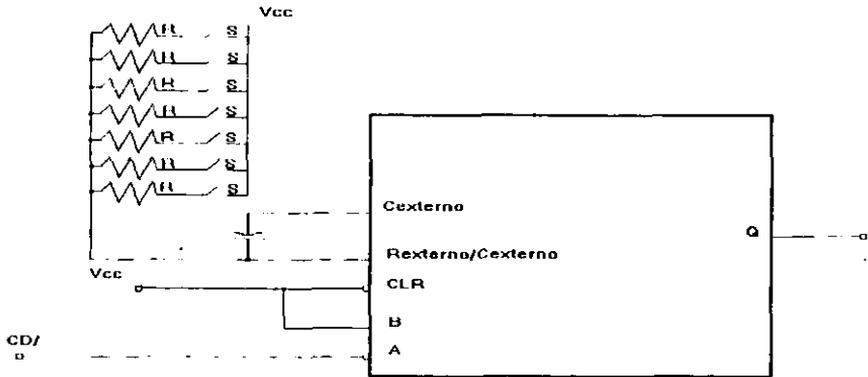


Figura 3.6. Retardo de portadora con el circuito integrado 74123

Para los cálculos de las resistencias, solo se despeja de la fórmula (8) el valor de R y prefijamos el valor deseado de tiempo y del capacitor toda vez que es más fácil ajustar el valor de una resistencia que el de un capacitor, para nuestro caso seleccionamos 7 valores de tiempo para tener un rango de programación amplio y el valor del capacitor de 47 microfaradios, obteniendo así desde un valor de 4 milisegundos hasta 256 milisegundos en los siguientes valores de 4, 8, 16, 32, 64, 128 y 256, se calcula el valor teórico de la resistencia y posteriormente se selecciona el valor comercial de la misma cercana al valor encontrado, se vuelven a realizar nuevamente los cálculos con el valor comercial seleccionado para cada uno de los valores y los cálculos se muestran a continuación

$$R = t/KC$$

para 4 milisegundos, $C = 4.7 \mu\text{f}$

$R_{36} = [4 \times 10^{-3}] / [(0.37)(0.000047)] = 2300.1725$, el valor comercial más cercano es de 2200 Ω , con este valor se tiene el siguiente tiempo: $t = 2200 * 0.37 * 0.000047 = 3.82$ milisegundos muy cercano al valor de 4 milisegundos deseados.

para 8 milisegundos, $C = 4.7 \mu\text{f}$

$R_{37} = [8 \times 10^{-3}] / [(0.37)(0.000047)] = 4600034 \Omega$ el valor comercial más cercano es de 4700 Ω , con este valor tenemos el

siguiente tiempo: $t = 4700 * 0.37 * 0.0000047 = 8.17$ mili-
segundos muy cercano al valor de 8 milisegundos deseados.

para 16 milisegundos, $C = 4.7 \mu\text{f}$

$R_{16} = [16 * 10^{-3}] / [(0.37)(0.0000047)] = 9200.69 \Omega$, el valor
comercial más cercano es de 10000 Ω , con este valor tenemos el
siguiente tiempo: $t = 10000 * 0.37 * 0.0000047 = 17.39$ mili-
segundos muy cercano al valor de 16 milisegundos deseados.

para 32 milisegundos, $C = 4.7 \mu\text{f}$

$R_{32} = [32 * 10^{-3}] / [(0.37)(0.0000047)] = 18401.38 \Omega$, el valor
comercial más cercano es de 18 k Ω , con este valor tenemos el
siguiente tiempo: $t = 18000 * 0.37 * 0.0000047 = 31.3$ mili-
segundos muy cercano al valor de 32 milisegundos deseados.

para 64 milisegundos, $C = 4.7 \mu\text{f}$

$R_{64} = [64 * 10^{-3}] / [(0.37)(0.0000047)] = 36802 \Omega$, el valor comercial
más cercano es de 39 k Ω , con este valor tenemos el siguiente
tiempo: $t = 39000 * 0.37 * 0.0000047 = 67.8$ mili-segundos muy
cercano al valor de 64 milisegundos deseados.

para 128 milisegundos, $C = 4.7 \mu\text{f}$

$R_{128} = [128 * 10^{-3}] / [(0.37)(0.0000047)] = 73605.52 \Omega$, el valor
comercial más cercano es de 68 k Ω , con este valor tenemos el
siguiente tiempo: $t = 68000 * 0.37 * 0.0000047 = 118.2$ mili-
segundos muy cercano al valor de 128 milisegundos deseados.

para 256 milisegundos, $C = 4.7 \mu\text{f}$

$R_{256} = [256 * 10^{-3}] / [(0.37)(0.0000047)] = 147211.04 \Omega$, el valor
comercial más cercano es de 150 k Ω , con este valor tenemos el
siguiente tiempo: $t = 150000 * 0.37 * 0.0000047 = 260.48$
mili-segundos muy cercano al valor de 256 milisegundos deseados.

El monoestable se programa de acuerdo al valor de
resistencia seleccionado, ocasionando una salida que se desea
con el retardo apropiado, este circuito permanece con una señal
en estado alto después de que el circuito detector a validado la
señal de recepción con las características deseadas por un
tiempo igual o superior al programado, es importante recalcar
que el circuito AM7911PC realiza esta función pero a veces es
necesario contar con un tiempo de ajuste mayor debido a que los

sistemas de radio que se utilizan en la zona sobre todo, para los sistemas de los denominados WESTON proporcionan retardos muy grandes. Los cuales son adecuados para los sistemas donde existe un canal de comunicación muy ruidoso; el diagrama electrónico se muestra en la sección final de este capítulo.

3.2.6 Etapa de modulación/demodulación.

Realmente esta es la etapa que realiza toda la función del módem, la explicación de cada una de las conexiones del circuito integrado ya se plantearon en el capítulo anterior solo nos resta en esta etapa realizar el planteamiento sobre la programación del integrado para las diversas normas manejadas. Las cuales se resumen en la tabla 3.1. la cual muestra las diversas modalidades con que cuenta el integrado y se programan con el dip swicht S2. El diagrama electrónico general de la sección 3.11 muestra más a detalle esta operación.

MC4	MC3	MC2	MC1	MC0	DESCRIPCION
0	0	0	0	0	BELL 103 ORIGEN FULL DUPLEX
0	0	0	0	1	BELL 103 RESPUESTA FULL DUPLEX
0	0	0	1	0	BELL 202 1200 BPS HALF DUPLEX CON 5 BPS EN CANAL DE RESPALDO
0	0	0	1	1	BELL 202 1200 BPS CON EQUALIZADOR DE AMPLITUD Y 5 BPS EN CANAL DE RESPALDO
0	0	1	0	0	CCITT V.21 ORIGEN 300 BPS FULL DUPLEX
0	0	1	0	1	CCITT V.21 RESPUESTA 300 BPS FULL DUPLEX
0	0	1	1	0	CCITT V.23 MODO 2 1200 BPS FULL DUPLEX
0	0	1	1	1	CCITT V.23 MODO 2 CON EQUALIZADOR DE AMPLITUD 1200 BPS FULL DUPLEX
0	1	0	0	0	CCITT V.23 MODO 1 600 BPS HALF DUPLEX
0	1	0	0	1	RESERVADO
0	1	0	1	0	BELL 202 1200 BPS CON 150 BPS EN CANAL DE RESERVA
0	1	0	1	1	BELL 202 1200 BPS CON EQUALIZACION DE AMPLITUD Y 150 BPS EN CANAL DE RESERVA
0	1	1	0	0	CCITT V.23 MODO 1 600 BPS CON APAGADO SUAVE
0	1	1	0	1	RESERVADO
0	1	1	1	0	CCITT V.23 MODO 2 1200 BPS CON APAGADO SUAVE
0	1	1	1	1	CCITT V.23 MODO 2 1200 BPS CON APAGADO SUAVE Y EQUALIZACION DE AMPLITUD
1	0	0	0	0	BELL 103 MODO ORIGEN LAZO DE PRUEBA
1	0	0	0	1	BELL 103 MODO RESPUESTA LAZO DE PRUEBA
1	0	0	1	0	BELL 202 LAZO DE PRUEBA PRINCIPAL
1	0	0	1	1	BELL 202 CON EQUALIZACION EN LAZO DE PRUEBA
1	0	1	0	0	CCITT V.21 MODO ORIGEN CON LAZO DE PRUEBA
1	0	1	0	1	CCITT V.21 MODO RESPUESTA CON LAZO DE PRUEBA
1	0	1	1	0	CCITT V.23 MODO 2 CON LAZO DE PRUEBA PRINCIPAL
1	0	1	1	1	CCITT V.23 MODO 2 CON LAZO DE PRUEBA Y AMPLITUD EQUALIZADA
1	1	0	0	0	CCITT V.23 MODO 1 CON LAZO DE PRUEBA PRINCIPAL
1	1	0	0	1	CCITT V.23 CON LAZO DE PRUEBA EN CANAL DE RESPALDO
1	1	0	1	0	BELL 202 150 BPS LAZO DE PRUEBA EN CANAL DE RESPALDO
1	1	0	1	1	RESERVADA
1	1	1	0	0	RESERVADA
1	1	1	0	1	RESERVADA
1	1	1	1	0	RESERVADA
1	1	1	1	1	RESERVADA

TABLA 3.1. Normas del C.I. AM7911.

3.2.7 Interfase RS 232-C Y TTL.

La conexión entre el ETD y el ECD se realiza como lo vimos en el capítulo 2 con niveles de voltaje de +/- 12 volts, pero después debe ser recuperado el nivel TTL para la circuitería, esto se realiza en el módem con los circuitos integrados 1488 y 1489, para los módem del sistema westón no maneja estos niveles, pero se pretende que el módem maneja los estándares por lo que en dado caso de utilizarlos en este tipo de módems, se utilizar una salida auxiliar del módem, con niveles TTL a través del circuito integrado SN74LS244 colocando el puente W7 de otra forma el circuito integrado 74LS244 se encontrara en estado de alta impedancia, o se adapta una interfase RS-232-C a dichos equipos. En el diseño de este módem se considera esta etapa debido a la versatilidad que se pretende dar al equipo al poder ser utilizado en otros equipos.

3.3 Etapa de transmisión.

Una vez que tenemos la señal lista para transmitirla es decir esta modulada, después de pasar por el circuito integrado AMD7911PC (U4), aun se requiere acondicionar el nivel de la señal que se entregara al medio de comunicación, este acondicionamiento se hace con los circuitos integrados LM308 (U10, U11); los cuales son un circuito de interfase y un amplificador de señal respectivamente, el circuito integrado U10, que no es otra cosa que un inversor con ganancia programada con las resistencias R_{s6} - R_{s1} para entregar un valor de 0.7745 Vrms a la entrada de la etapa de amplificación programable compuesta por el U11, la resistencia R_{s2} , las resistencias R_{s3} - R_{s7} , y cuyo valor se calculo para diversas ganancias, desde cero dBm, -3 dBm, -6 dBm, -9 dBm y -12 dBm. Y cuyos cálculos se muestran a continuación. Como se menciona al inicio de este capítulo el diagrama general del módem presentado en el capítulo de este trabajo. Figura 2.23 se secciono para su estudio dando origen a dos etapas la recepción y la de transmisión la cual en ahora tratamos y la cual se muestra en la figura 3.7.

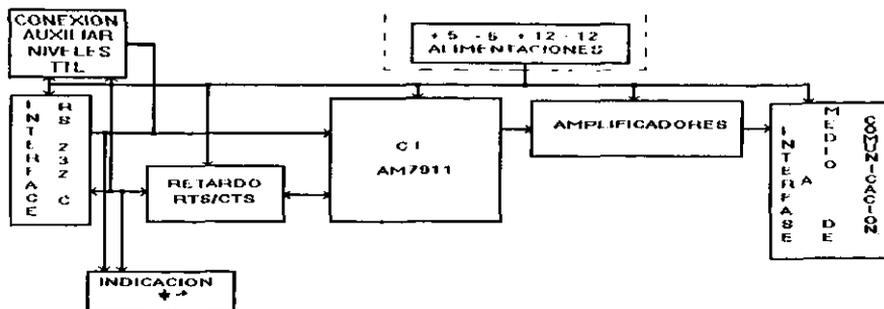


Figura 3.7. Etapa de transmisión.

Sabemos que para un inversor el modelo matemático es el siguiente [2]:

$$V_o/V_i = - R_f/R_i$$

El valor entregado por el circuito integrado AM7911PC es de 0.5538 Vrms medidos en el circuito, se desea un valor de 0.7745 Vrms de salida (V_o), esto con el fin de que la entrada a esta etapa de amplificación, es necesario, además de que nos permita obtener un valor cercano al valor de referencia. La relación de resistencias es de 1.3985 si fijamos el valor de R_i en 8.8 K Ω el valor de R_f es de:

$$R_f = (0.7745/0.5538) * 8.8 \text{ K}\Omega = 12.30 \text{ K}\Omega$$

El valor comercial es de 12 K Ω , con este valor obtenemos el siguiente valor de salida:

$$V_o = - V_i(R_f/R_i)$$

$$V_o = 0.5538 * (12000/8800) = 0.7554 \text{ Vrms}$$

Que es un valor cercano al deseado de 0.7745 Vrms. Para la entrada a la etapa de amplificación.

El signo menos de las dos etapas de amplificación U10 y U11 nos dejan la fase igual a la entregada por el CI U4; Para los

cálculos de la ganancia dada por el U11 se tienen los siguientes cálculos

Donde V_o/V_i es 0, -3, -6, -9 y -12 dBm.

si R_i es 10 Kohms, con una carga de 600 ohms y un miliwatt de referencia, entonces el valor deseado será:

$$V_o = 10^{(dB/20)} * V_{ref};$$

donde $V_{ref} = 0.7745$ Volts, con lo que obtenemos para cada valor de V_o deseado lo siguiente:

para 0 dBm

$$V_o = 0.7745 \text{ Vrms},$$

para -3 dBm

$$V_o = 0.5483 \text{ Volts}$$

para -6 dBm

$$V_o = 0.3881 \text{ Vrms}$$

para -9 dBm

$$V_o = 0.2748 \text{ Vrms}$$

para -12 dBm

$$V_o = 0.1945 \text{ Vrms}$$

Estos serian los valores deseados de salida lo que nos resta es calcular los valores de R_f para el amplificador de salida (U11) y comprobar cada uno de los valores obtenidos, por lo que tenemos la siguiente relación:

$$R_f = R_i * [V_o/V_i]$$

Y el valor de entrada es de 0.7554 Vrms y la resistencia de entrada es de 10000 ohms por lo que tenemos:

Para 0 dBm y un valor deseado de 0.7745 Vrms.

$R_f = 10000 * [0.7745/0.7554] = 10252.8 \Omega$, el valor comercial es de 10000 Ω con lo que obtenemos:

$V_o = 0.7554 * [10000/10000] = 0.7554 \text{ Vrms}$; cercano al valor deseado de 0.7745.

Para -3 dBm y un valor deseado de 0.5483 Vrms.

$R_f = 10000 * [0.5483/0.7554] = 7258.4 \Omega$, el valor comercial es de

6800 Ω con lo que obtenemos:

$$V_o = 0.7754 * [6800/10000] = 0.5136 \text{ Vrms}; \text{ cercano al valor deseado de } 0.05483 \text{ Vrms.}$$

Para -6 dBm y un valor deseado de 0.3881 Vrms.

$$R_f = 10000 * [0.3881/0.7554] = 5137.6 \Omega, \text{ el valor comercial es de } 4700 \Omega \text{ con lo que obtenemos:}$$

$$V_o = 0.7554 * [4700/10000] = 0.3550 \text{ Vrms}; \text{ cercano al valor deseado de } 0.3881 \text{ Vrms.}$$

Para -9 dBm y un valor deseado de 0.2748 Vrms

$$R_f = 10000 * [0.2748/0.7554] = 3637.8 \Omega, \text{ el valor comercial es de } 3900 \Omega \text{ con lo que obtenemos:}$$

$$V_o = 0.7554 * [3900/10000] = 0.2946 \text{ Vrms}; \text{ cercano al valor deseado de } 0.2748 \text{ Vrms.}$$

Para -12 dBm y un valor deseado de 0.1945 Vrms.

$$R_f = 10000 * [0.1945/0.7554] = 2574.79 \Omega, \text{ el valor comercial es de } 2700 \Omega \text{ con lo que obtenemos:}$$

$$V_o = 0.7554 * [2700/10000] = 0.2039 \text{ Vrms}; \text{ cercano al valor deseado de } 0.1945 \text{ Vrms.}$$

Con los valores calculados obtenemos los valores del nivel de transmisión de la siguiente manera:

Para 0 dBm tenemos:

$$\text{dBm} = 20 \log(0.7554/7745) = -0.21 \text{ dBm}$$

Para -3 dBm tenemos:

$$\text{dBm} = 20 \log(0.5136/7745) = -3.567 \text{ dBm}$$

Para -6 dBm tenemos:

$$\text{dBm} = 20 \log(0.3350/7745) = -7.279 \text{ dBm}$$

Para -9 dBm tenemos:

$$\text{dBm} = 20 \log(0.2946/7745) = -8.395 \text{ dBm}$$

Para -12 dBm tenemos:

$$\text{dBm} = 20 \log(0.2039/7745) = -11.59 \text{ dBm}$$

3.3.1 Retardo RTS/CTS.

Como ya se estableció en el capítulo 2 al mencionar la norma RS 232-C, la secuencia que debería de realizar para empezar la modulación, en donde la señal RTS es enviada por el DTE y recibida por el DCE y cuya respuesta es la señal CTS para empezar a realizar el envío de la información a ser modulada. En los sistemas donde se utiliza sistema de radio este retardo es muy importante; debido a que los sistemas de radio están compuestos por elementos que tienen un retardo para funcionar en forma correcta, es necesario contar con un tiempo conocido como de pretransmisión o de calentamiento del radio, esta señal es la que en esta sección se procesa, la etapa esta compuesta por un circuito integrado 74LS123 es similar a la utilizada para el retardo de portadora y el circuito se muestra en la figura 3.8 el cual es un circuito monoestable, que proporciona el retardo deseado y cuyos cálculos se muestran a continuación:

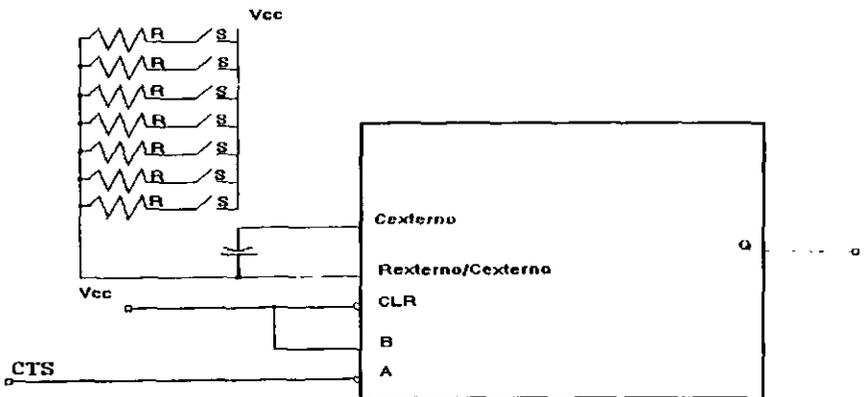


Figura 3.8. Retardo entre petición para transmitir y listo para transmitir.

$$t = K \cdot R \cdot C \text{ ----- (8)}$$

donde:

t = constante de tiempo.

K = constante cuyo valor es aproximadamente 0.37

R = arreglo de resistencias en paralelo

C = capacitor de acuerdo a los cálculos deseados.

Para los cálculos de las resistencias, solo se despeja de la fórmula (8) el valor de R y prefijamos el valor deseado de tiempo y del capacitor toda vez que es más fácil ajustar el valor de una resistencia que el de un capacitor, para nuestro caso seleccionamos 7 valores de tiempo y el valor del capacitor de 47 microfaradios, desde un valor de 4 milisegundos hasta 256 milisegundos con los siguientes valores de 4, 8, 16, 32, 64, 128 y 256, se calcula el valor teórico de la resistencia y posteriormente se selecciona el valor comercial de la misma cercano al valor encontrado, se vuelven a realizar nuevamente los cálculos con el valor comercial seleccionado para cada uno de los valores y los cálculos se muestran a continuación:

$$R = t/KC$$

para 4 milisegundos, $C = 4.7 \mu f$

$R_{4s} = [4 \times 10^{-3}] / [(0.37)(0.0000047)] = 2300.17 \Omega$, el valor comercial más cercano es de 2200 Ω , con este valor tiene el siguiente tiempo: $t = 2200 * 0.37 * 0.0000047 = 3.82$ milisegundos muy cercano al valor de 4 milisegundos deseados.

para 8 milisegundos, $C = 4.7 \mu f$

$R_{8s} = [8 \times 10^{-3}] / [(0.37)(0.0000047)] = 4600 \Omega$ el valor comercial más cercano es de 4700 Ω , con este valor tenemos el siguiente tiempo: $t = 4700 * 0.37 * 0.0000047 = 8.17$ mili-segundos muy cercano al valor de 8 milisegundos deseados.

para 16 milisegundos, $C = 4.7 \mu f$

$R_{16s} = [16 \times 10^{-3}] / [(0.37)(0.0000047)] = 9200 \Omega$, el valor comercial más cercano es de 10000 Ω , con este valor tenemos el siguiente tiempo: $t = 10000 * 0.37 * 0.0000047 = 17.39$ mili-segundos muy cercano al valor de 16 milisegundos deseados.

para 32 milisegundos, $C = 4.7 \mu f$

$R_{32s} = [32 \times 10^{-3}] / [(0.37)(0.0000047)] = 18401.38 \Omega$, el valor

comercial más cercano es de 18 k Ω , con este valor tenemos el siguiente tiempo: $t = 18000 * 0.37 * 0.0000047 = 31.3$ mili-segundos muy cercano al valor de 32 milisegundos deseados.
para 64 milisegundos, $C = 4.7 \mu f$

$R_{c,} = [64 * 10^{-3}] / [(0.37)(0.0000047)] = 36802 \Omega$, el valor comercial más cercano es de 39 K Ω , con este valor tenemos el siguiente tiempo: $t = 39000 * 0.37 * 0.0000047 = 67.8$ mili-segundos muy cercano al valor de 64 milisegundos deseados.

para 128 milisegundos, $C = 4.7 \mu f$.

$R_{c,} = [128 * 10^{-3}] / [(0.37)(0.0000047)] = 73605.52 \Omega$, el valor comercial más cercano es de 68 K Ω , con este valor tenemos el siguiente tiempo: $t = 68000 * 0.37 * 0.0000047 = 118.2$ mili-segundos muy cercano al valor de 128 milisegundos deseados.

para 256 milisegundos, $C = 4.7 \mu f$.

$R_{c,} = [256 * 10^{-3}] / [(0.37)(0.0000047)] = 147211 \Omega$, el valor comercial más cercano es de 150 K Ω , con este valor tenemos el siguiente tiempo: $t = 150000 * 0.37 * 0.0000047 = 260.08$ mili-segundos muy cercano al valor de 256 milisegundos deseados.

3.3.2 Interfase a radio

Debido a que alguno de los medios de comunicación puede ser un radio, este requiere una interfase para la conexión del módem con dicho medio de comunicación, realmente este equipo acepta la señal entregada por el módem solamente que tiene una impedancia diferente como se muestra en la figura 3.9, las señales que se requieren para enviar datos por un radio son las señales de Tx, Rx y la denominada PTT (Push to Talk) presionar para transmitir. Debido a la diferencia de impedancias que existen entre el radio y el módem es necesario realizar un acoplamiento entre estos equipos. Existe una interfase desarrollada por Weston-Schlumberger que utiliza capacitor de 2.2 μf en la señal de Tx, mientras que para la impedancia de la línea Rx que proviene de una salida para bocina de 8 ohms es acoplada con una resistencia de 600 ohms. Por otro lado la señal necesaria para operar el radio es una señal de cero volts la cual se logra al activar con un nivel bajo la base del transistor Q1 lo que obliga que Q2 se sature dado que polariza su base a través de la resistencia conectada al voltaje de + 5 volts, logrando con esto reproducir la señal Push to Talk que requiere el radio, el transistor Q2 opera en colector abierto como podemos ver en la figura 3.9.

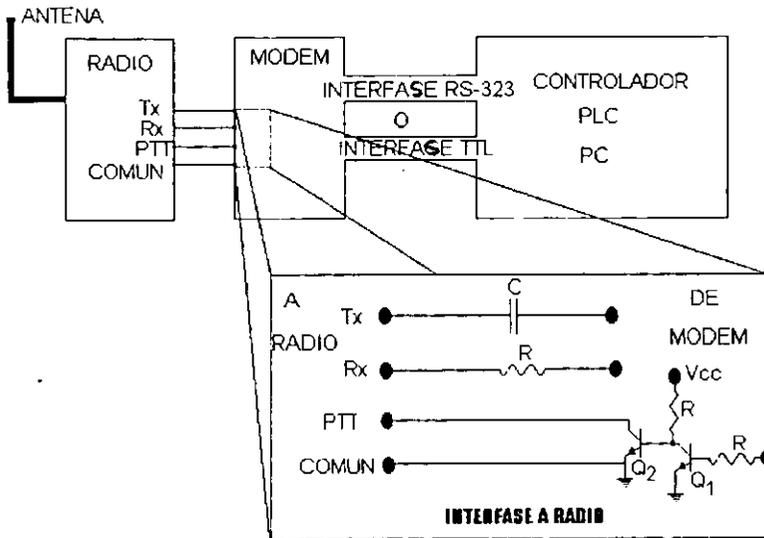


Figura 3.9 Interfase entre módem y radio.

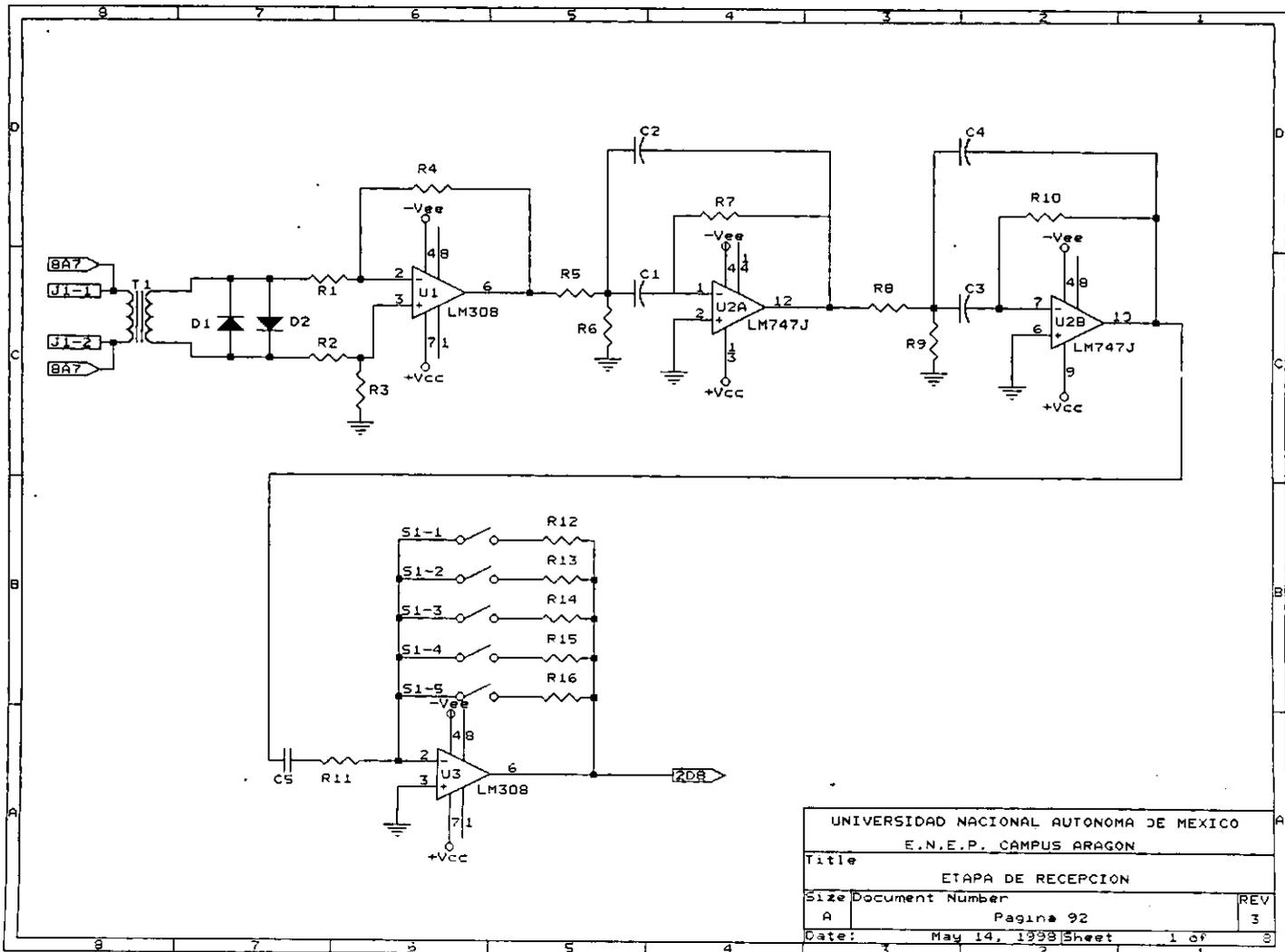
3.4 Alimentaciones.

Como ya se menciono el módem se utiliza en los sistemas WESLEY HARRIS Y VICON en donde ya se cuentan con las alimentaciones necesarias, pero además el módem esta dotado para poder ser utilizado en otro equipo y están bien identificadas las terminales de alimentación por se desea conectar a otro equipo diferente.

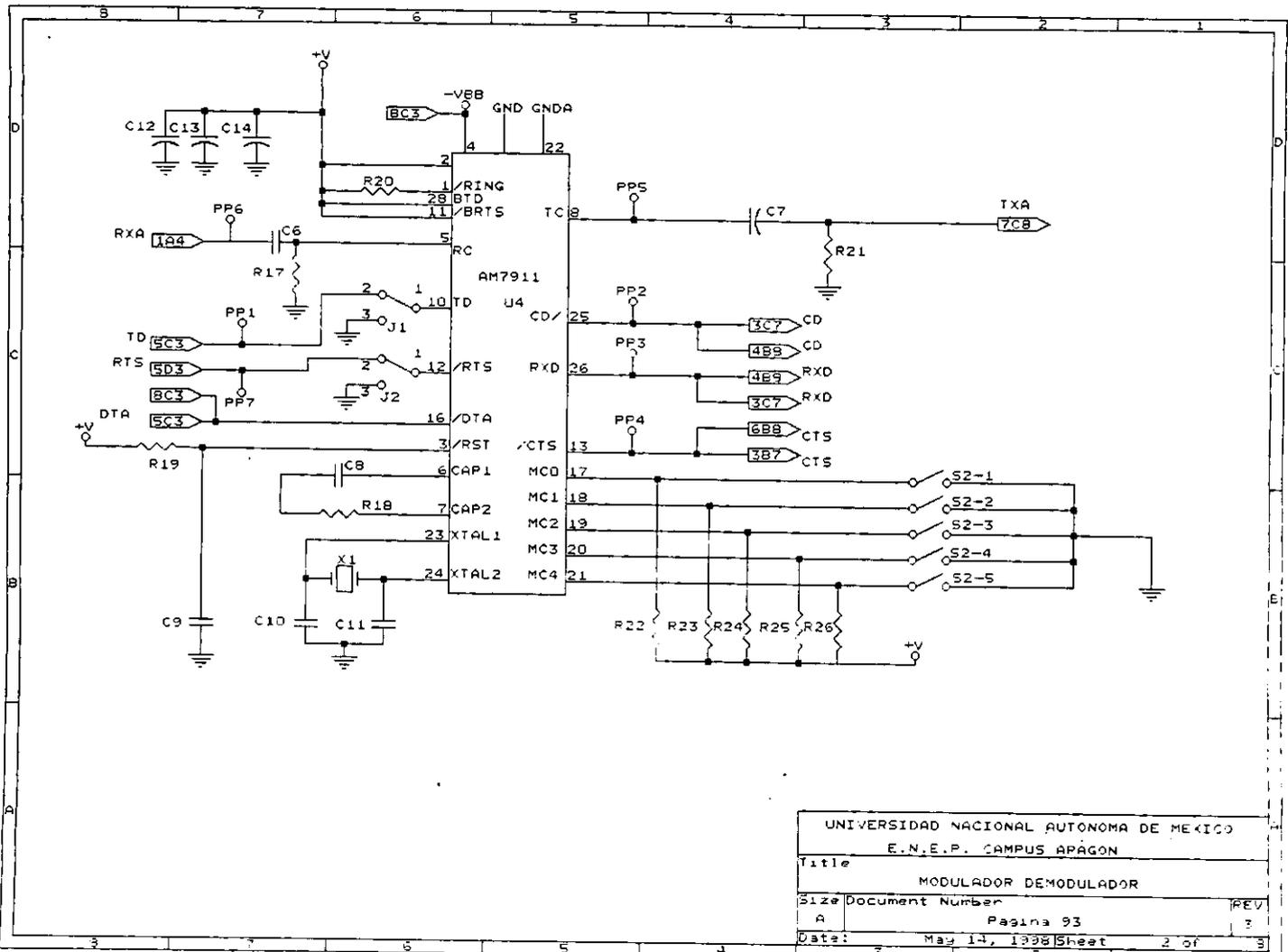
3.5 Diagramas y funcionamiento

En esta sección se muestran todos los diagramas resultado de los cálculos y el alambrado del circuito, a partir de la página 92. Además del listado de partes empleadas.

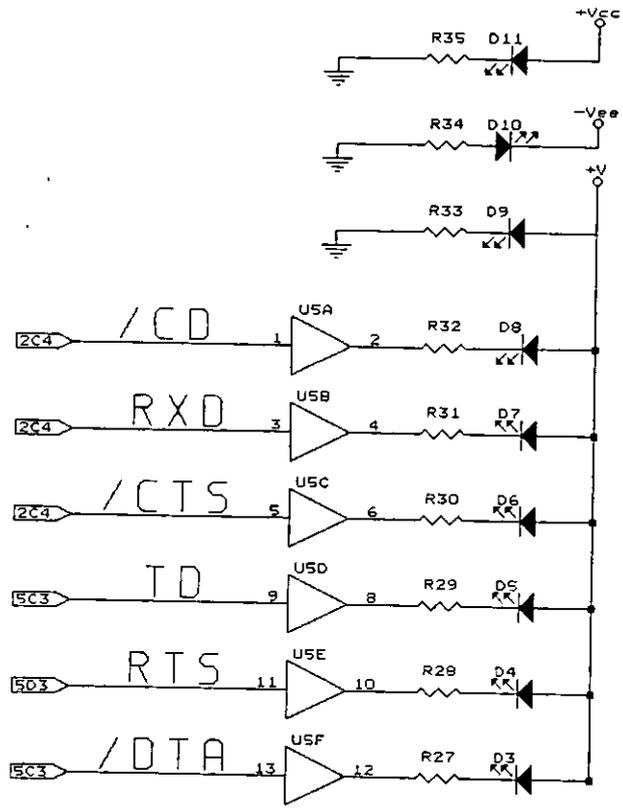
El funcionamiento lo podemos dividir en dos partes la etapa receptora o demoduladora y la etapa transmisora o moduladora, en las cuales influyen los retardos de detección de portadora y retardo RTS/CTS respectivamente, empezemos con la etapa receptora.



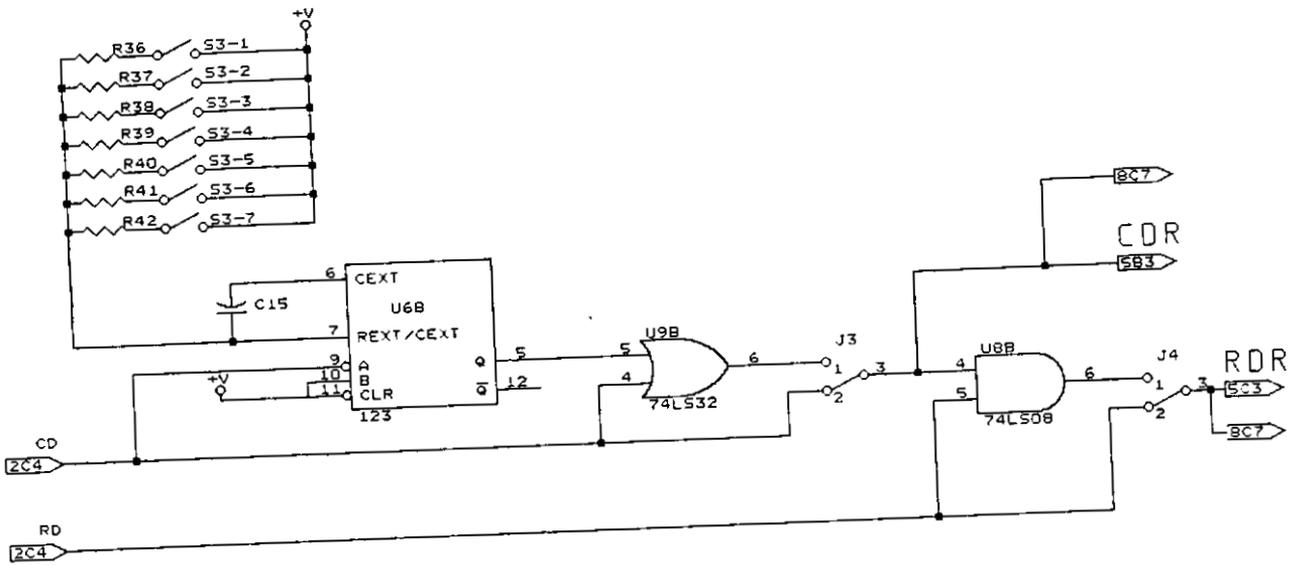
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO			
E.N.E.P. CAMPUS ARAGON			
Title			
ETAPA DE RECEPCION			
Size	Document Number	REV	
A	Página 92	3	
Date:	May 14, 1988	Sheet	1 of 3



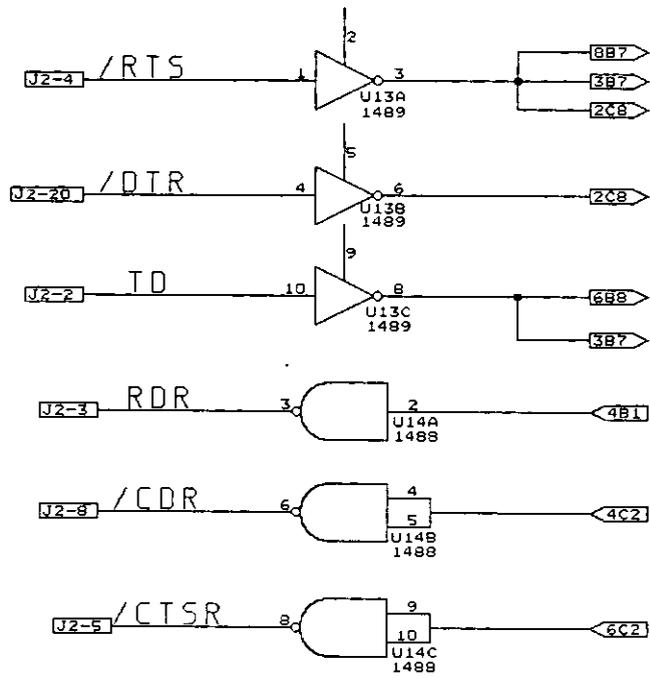
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		
E.N.E.P. CAMPUS APAGÓN		
Title		
MODULADOR DEMODULADOR		
Size	Document Number	REV
A	Página 93	3
Date:	May 14, 1998	Sheet 2 of 3



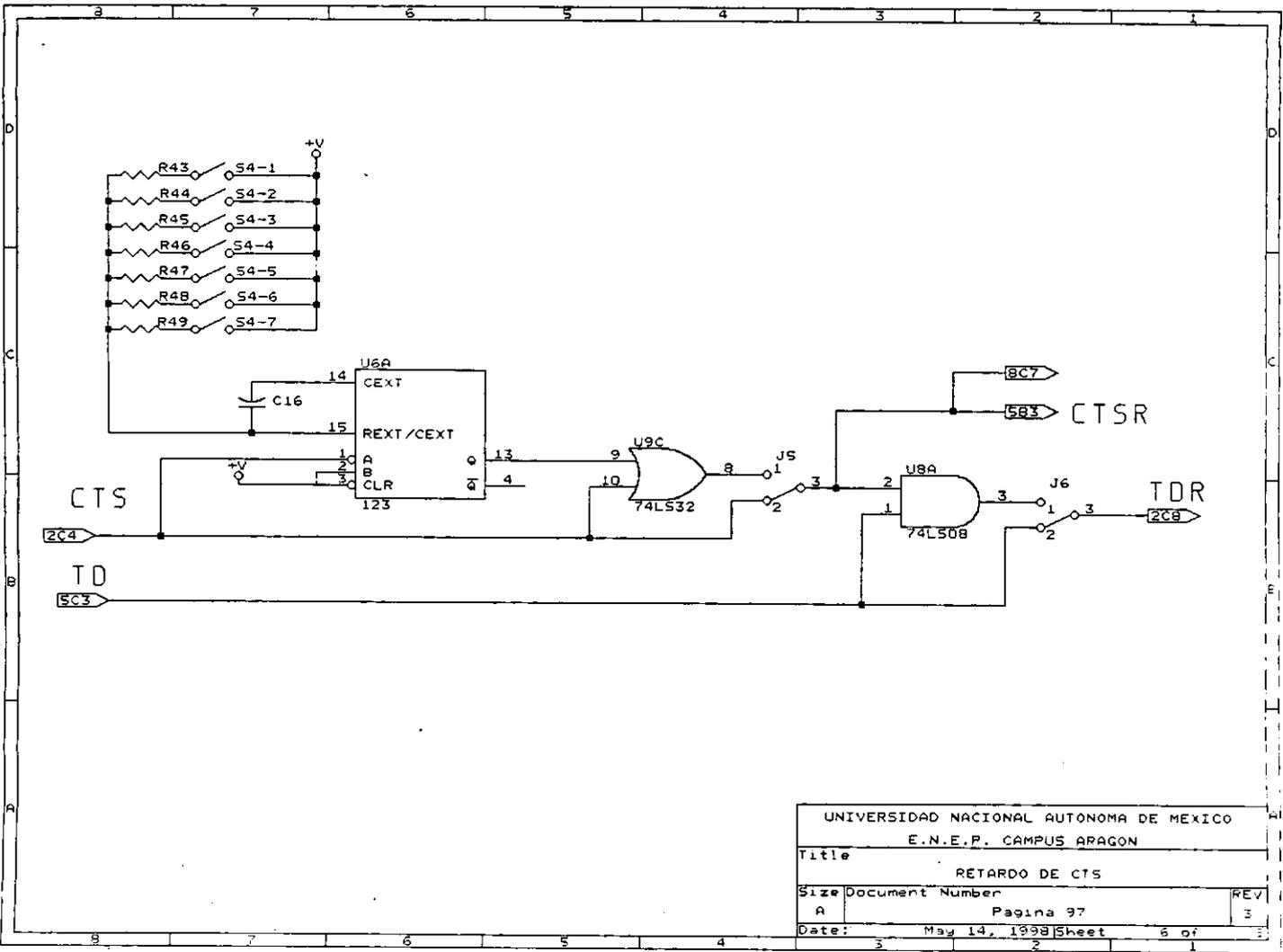
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		
E.N.E.P. CAMPUS ARAGÓN		
Title		
INDICACION DE OPERACION DEL MODEM		
Size Document Number		
A	Página 94	REV 3
Date:	May 14, 1998	Sheet 3 of 3



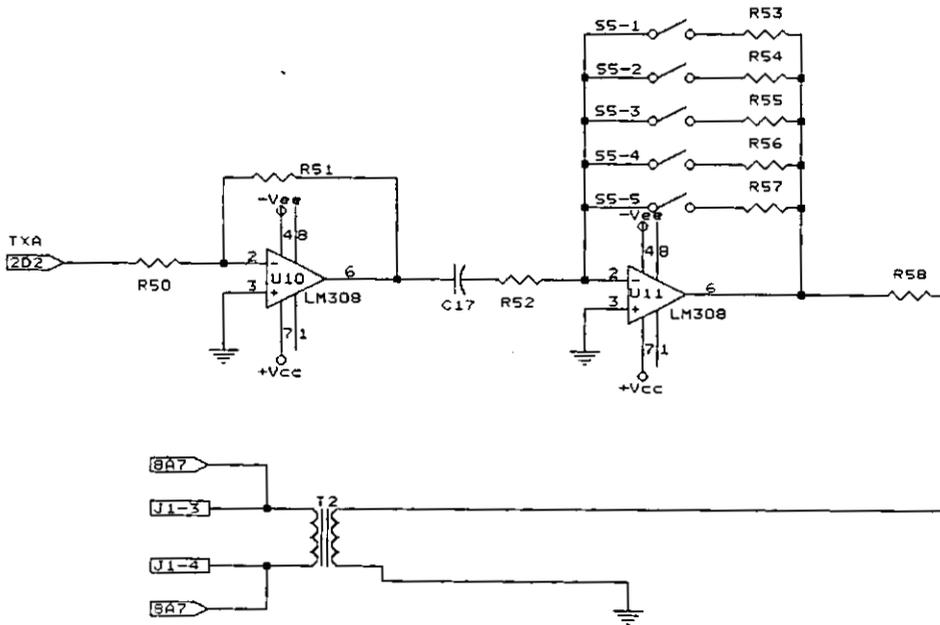
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO			
E.N.E.P. CAMPUS ARAGON			
Title RETARDO DE DETECCION DE PORTADORA			
Size	Document Number	Pagina 95	REV 3
A			
Date:	May 14, 1998	Sheet	4 of 3
	3	2	1



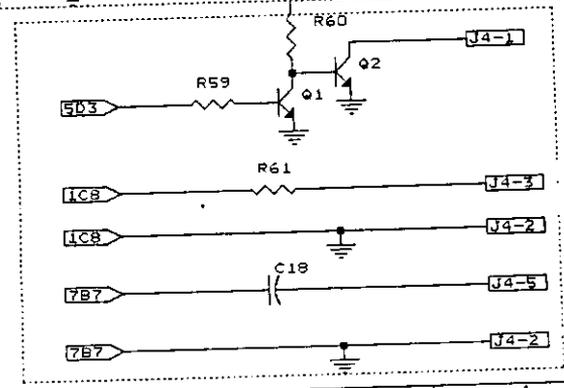
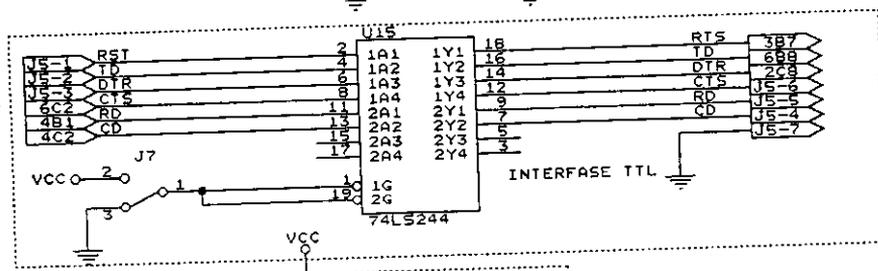
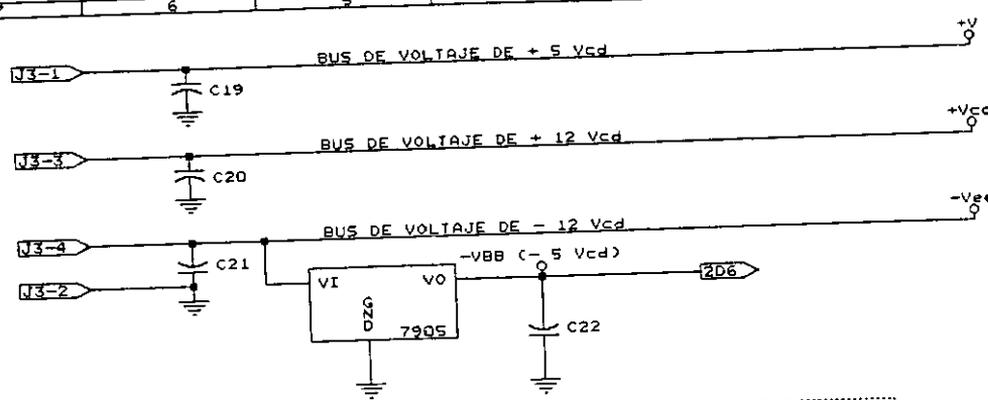
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO			
E.N.E.P. CAMPUS ARAGON			
Title INTERFASE RS-232C			
Size	Document Number	REV	
A	Pagina 96	3	
Date:	May 14, 1998	Sheet	5 of 8
	3	2	1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO			
E.N.E.P. CAMPUS ARAGON			
Title RETARDO DE CTS			
Size Document Number			REV
A	Pagina 97		3
Date:	May 14, 1998	Sheet	6 of 3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
E.N.E.P. CAMPUS ARAGON		
Title ETAPA TRANSMISORA		
Size	Document Number	REV
A	Pagina 98	3
Date:	May 14, 1998	Sheet 1 of 3



INTERFASE WESTON
A RADIO

(N) NO. DE PAGINA → NXX
SECCION DE LA PAGINA (XX)

LISTADO DE COMPONENTES.- La siguiente lista muestra los componentes empleados así como la referencia utilizada en los diagramas eléctricos del módem.

REFERENCIA	DESCRIPCION
U1, U3, U10, U11	LM308 AMPLIFICADOR OPERACIONAL
U2	LM747 AMPLIFICADOR OPERACIONAL
U4	AM7911 MODEM
U5	SN7407 BUFFER/DRIVE
U6	SN74123 MONOESTABLE REDISPABLE
U8	74LS08 COMPUERTA AND
U9	SN74LS32 COMPUERTA OR
U12	CI. REGULADOR DE - 5 VOLTS
U13	LM1489 LINE RECEIVER
U14	LM1488 LINE DRIVER
U15	SN74244 BUFFER OCTAL
D1, D2	1N4001 DIODO RECTIFICADOR
D3, D4, D5, D6, D7, D8, D8, D10, D11	LEDS
Q1, Q2	2N2222A TRANSISTOR NPN
T1, T2	TRANSFORMADORES DE 600 Ω
C1, C2, C3, C4, C6	CAPACITORES DE 0.1 μ f
C5, C17, C18	CAPACITORES DE 2.2 μ f
C7, C15, C16	CAPACITORES DE 4.7 μ f
C8	CAPACITOR DE 390 μ f
C9	CAPACITOR DE .047 μ f
C10, C11	CAPACITORES DE 22 μ f
C12, C13, C14	CAPACITORES DE 47 μ f
X1	CRISTAL DE 2.4576 MHz.
R17	RESISTENCIA DE 604 Ω 1/2 W
R18	RESISTENCIA DE 910 Ω 1/2 W
R19	RESISTENCIA DE 1 M Ω 1/2 W
R14, R20, R22 a R26, R60	RESISTENCIAS DE 1 K Ω 1/2 W
R1, R2, R15, R27a R33	RESISTENCIAS DE 330 Ω 1/2 W
R34, R35	RESISTENCIAS DE 820 Ω 1/2 W
R36, R43	RESISTENCIAS DE 2.2 K Ω 1/2 W
R37, R44, R55	RESISTENCIAS DE 4.7 K Ω 1/2 W
R7, R10, R12, R38, R50, R51, R45, R53	RESISTENCIAS DE 10 K Ω 1/2 W
R39, R46	RESISTENCIAS DE 18 K Ω 1/2 W
R40, R47	RESISTENCIAS DE 39 K Ω 1/2 W
R41, R48	RESISTENCIAS DE 68 K Ω 1/2 W
R42, R49	RESISTENCIAS DE 150 K Ω 1/2 W
R58, R61	RESISTENCIAS DE 600 Ω 1/2 W
R13	RESISTENCIA DE 3.3 K Ω 1/2 W
R16	RESISTENCIA DE 100 Ω 1/2 W
R54	RESISTENCIA DE 6.8 K Ω 1/2 W
R56	RESISTENCIA DE 3.9 K Ω 1/2 W
R57	RESISTENCIA DE 2.7 K Ω 1/2 W
R3, R4	RESISTENCIAS DE 12 K Ω 1/2 W
R5, R8	RESISTENCIAS DE 390 Ω 1/2 W
R7, R10	RESISTENCIAS DE 2440 Ω 1/2 W
R59	RESISTENCIA DE 2 K Ω 1/2 W
R61	RESISTENCIA DE 5.6 K Ω 1/2 W
SW3, SW4	DIP SWITCH DE 8 POSICIONES
SW1, SW2, SW5	DIP SWITCH DE 6 POSICIONES
J2	CONECTOR DB25 HEMBRA
J1, J3, J4	CONECTOR MOLEX

Los valores de los elementos: X1, C6, C8, C7, C9, C10, C11, R17, R18, R19 y R21 son recomendación del fabricante del circuito integrado AM7911 [11,12].

Funcionamiento etapa de demodulación.

Primero la señal de audio al estar presente en el transformador de entrada proveniente del canal de comunicación pasa a través de transformador de acoplamiento T1 y es detectada por el amplificador operacional LM308 en el circuito denominado U1, en el cual si la señal es muy pequeña es acondiciona al valor adecuado para posteriormente pasar a la etapa de filtrado donde, si la señal esta dentro de los valores del ancho de banda de los filtros, pasara sin ningún problema pero si la señal esta fuera de los valores a los cuales están sintonizado los filtros -circuito integrado LM747 (U2)- estos rechazan la señal debido a que se trata de un filtro pasa banda, si la señal es la adecuada pasa a al siguiente etapa que es el circuito integrado LM308, acondicionado como circuito amplificador inversor el cual tiene un arreglo de resistencias para poder programar la ganancia de la señal de entrada $R_{12} - R_{14}$; una vez que la señal se amplifica lo suficiente es entregada al CI (U4) AM7911 donde es demodulada y además genera la señal de detección de portadora, de esta forma el CI AM7911 nos entrega la señal RD y la señal CD, que posteriormente pasan al circuito integrado 74123 (U6). Si se requiere un tiempo de retardo W3 y W4 deben de estar en la posición 1-3 respectivamente, para permitir el paso de las señales denominadas ahora CDR y RDR, para distinguirlas de la señal sin retardo, si no es requerido ningún retardo los puentes de W3 y W4 deberán estar es la posición 2-3 respectivamente; U6 genera un retardo, programable por el conjunto de resistencias $R_{36}-R_{42}$ y el capacitor C_{15} . De acuerdo a los cálculos realizados en las secciones anteriores, si la señal aun se mantiene presente después del tiempo programado la señal que hasta este momento ya esta siendo demodulada pasa a través de las compuertas lógicas (U9 U8) y el impulso que se había generado por el monoestable desaparece dejando pasar la señal demodulada y esta lista para ser decodificada o pasar a la siguiente parte que es la interfase RS-232 (U14) o la interfase TTL (U15); de esta parte también se derivan las señales de indicación hacia el circuito integrado 74LS07 (U5). La señal de detección de portado también esta lista para ser utilizada por la parte decodificadora como señal de control, de otra forma si la señal fue un nivel de ruido que logro pasar la etapa de filtrado, como no permanece el tiempo suficiente para que sea detectado por la etapa de detección de portadora se cancela la demodulación.

Funcionamiento etapa de transmisión.

La función de modulación se origina al desear transmitir el ETD el cual primeramente genera la señal de RTS hacia el DCE esta señal pasa primeramente a través de la interfase RS-232 CI

U13A o a través del CI 74LS244 (U15) si la señal proviene de un equipo que maneja la interfase TPL -que aísla la señal desde el ETD con el DCE- esta señal entra al circuito integrado AM7911 (U4), de donde es regresada por la línea denominada CTS la cual se pasa al circuito integrado 74LS123 (U6A), el cual de acuerdo al valor seleccionado por el conjunto de resistencias R_1 , R_2 , y el capacitor C_1 , genera un retardo la señal CTS entregada por el CI AM7911 y la que sale del 74LS123 (U6A) denominada después de esta etapa CTSR, el 74LS123 genera una señal de un uno lógico por el tiempo programado por el circuito monoestable 74123; genera un retardo de tiempo entre la señal RTS y la señal CTS, al momento que la señal CTS, es regresada al ETD se le esta indicando que el DCE esta listo para recibir los datos por la línea TD que serán modulados y enviados por el canal seleccionado. Es hasta este momento cuando el ETD envía los datos por la línea TD, es renombrada como TDR si se esta utilizando un retardo. En el caso de utilizar un retardo los puentes W5 y W6 deben de estar en la posición 1-3, de otra forma con la posición entre 2-3 no toma efecto el retardo. Una vez que los datos son entregados a el CI AM7911 este los modula y los entrega modulados a los circuitos integrados LM308 (U10, U11) los cuales se encargan de acondicionar al valor deseado el nivel de transmisión y entregarlo a través de transformador de acoplamiento (T2) al canal utilizado. En el caso de seleccionar un canal como es el radio, el módem requiere generar una señal necesaria para activar el radio; esta señal es conocida como PTT (oprimir para transmitir) la cual es necesaria para activar al radio un momento antes de que los datos sean presentados a este, para ser enviados, esta señal se genera a partir de la señal RTS, y se logra utilizando el par de transistores denominados Q_1 y Q_2 ; los cuales recibir un nivel bajo (0 Volts) en la base de Q_1 obliga a la saturación al transistor Q_2 ocasionando que el Radio este listo para transmitir, esta señal es similar a la señal que requieren los radio denominada Push to Talk, presione para transmitir.

3.6 Etapa de indicación de operación del módem.

Como todo equipo electrónico es necesario contar con una etapa de indicación de la operación del equipo, así de esta forma el módem cuenta con esta etapa en la que nos muestra a través de indicaciones luminosas el estado de operación del mismo. De esta forma tiene indicación luminosa para los voltajes de + 5 Volts cd, + 12 volts, - 12 volts y - 5 volts por lo que se refiere a alimentaciones, con respecto a la operación dinámica del módem cuenta con las señalizaciones de recepción de datos, transmisión de datos, detección de portadora, detección de RTS/CTS, terminal de datos lista y módem listo; esta función

se realiza con la interfase a través del circuito integrado 74LS07 y un arreglo de leds como se muestra en la sección 3.11. El diagrama a bloques siguiente muestra esta función. El calculo de las resistencias limitadoras R_1 , a R_5 , son similares para cada led y son como sigue:

$$R = V/I \quad (\text{Voltaje entre corriente})$$

para un valor de Voltaje de 5 Volts y una corriente de 15 miliamperios, los cuales manejan la indicación de RTS R_2 , CTS R_3 , CD R_4 , DTA R_7 , RD R_8 y TD R_9 , el valor de las resistencias es:

$$R = 5/0.0015 = 330 \Omega, \text{ el cual es un valor comercial, } R_{11}.$$

Para los voltajes de 12 Volts, los cuales dan la indicación de alimentación al módem se tiene el siguiente valor:

$$R = 12/0.0015 = 792 \Omega$$

El valor comercial es de 820Ω lo que da una corriente de 14 mA, R_{14} y R_{15} .

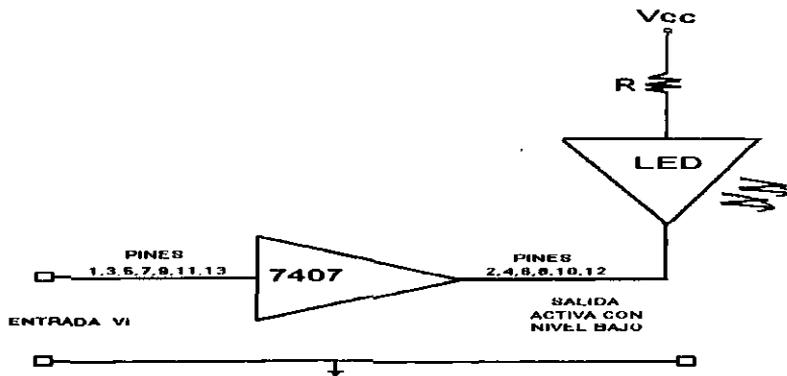


Figura 3.9. Indicación del módem

3.7 Ajuste y prueba.

La mayoría de los equipos requieren en alguna ocasión algún ajuste entre los que pudiéramos mencionar: generación de tono constante, puntos de prueba, ajuste de nivel de transmisión, ajuste de nivel de recepción, ajuste de retardo de portadora, ajuste de retardo de transmisión. Esta sección trata de este tipo de pruebas, en la experiencia con estos equipos nos indica la necesidad de contar con ellos sin tener que realizar muchos cambios al equipo. Este planteamiento quedara más claro en el siguiente capítulo donde se detalla cada una de estas partes, indicando en tablas los ajustes, en forma resumida.

Tono constante.- Generalmente para ajustar los niveles de transmisión-recepción es necesario contar con la posibilidad de generar un nivel constante de transmisión, esto se logra aplicando un nivel de 0 volts a señal RTS, con esto se activa el canal y como por norma a la entrada del módem debe existir un nivel bajo se genera el tono correspondiente a ese nivel, si se desea tener el tono complementario es necesario modificar el nivel en la señal TXD, esto se puede realizar con el puente W1, entre la posiciones 1-2 y 1-3. Además el módem cuenta con diversos puntos de prueba como se indica en la sección 4.1.

CAPITULO IV

PRUEBAS Y CARACTERIZACION DEL SISTEMA.

4.1 Introducción.

Durante el presente trabajo se desarrollo un módem utilizando el circuito integrado AM7911PC, muy versátil, cuya aplicación en los sistemas como son las unidades terminales remotas dentro de Comisión Federal de Electricidad; es adecuada ya que durante el trabajo con estos equipos es de mucha utilidad contar con indicación visual de los procesos de transmisión de datos, así como de ajustes de niveles en rangos adecuados, generación de las diferentes frecuencias de tono de marca o espacio para poder realizar pruebas y ajustes, generación de tono continuo para prueba de canal, ajuste de sensibilidad, ajuste de tiempos de retardo entre la señales de RTS/CTS, ajuste de tiempo de recepción de portadora, configuraciones de modo de operación y puntos de prueba accesibles. Estas son las características que se consiguieron en este módem además de solucionar el problema de dependencia de proveedores externos a C.F.E.

El presente capitulo se menciona cada una de estas características y se presentan las tablas correspondientes, que muestran en resumen los ajustes a los que se tienen acceso; además de las señales típicas resultado del ajuste que se pudieran tener al seleccionar diferentes retardos.

4.2 Equipo y material utilizado en las pruebas

El equipo y los programas utilizados en:

- Pruebas al módem.
- Configuración y ajuste

Son los siguientes:

- a) Osciloscopio marca KIKUSUI, modelo DSS5020.
- b) Analizador lógico marca PHILIPS, modelo PM3655.
- c) Multímetro digital marca FLUKE modelo 8060A.
- d) Multímetro digital marca FLUKE modelo 87.

a) Osciloscopio marca KIKUSUI, modelo DSS5020.

Este equipo cuenta con 256 kbytes de memoria, el cual se utiliza para observar las señales generadas en los diversos punto tanto en forma analógica como en forma digital; entre las señales que podemos observar son las de Tx, Rx de tipo analógico. Teniendo la facilidad de poder retener la señal en memoria y poder analizarla posteriormente, si es necesario.

b) ANALIZADOR LOGICO MARCA PHILIPS, MODELO PM3655.

Este equipo en capas de desplegar hasta 16 señales digitales en forma simultanea, y se utiliza para desplegar las señales digitales como es el caso de RTS, CD, RD, TD y CTS; las cuales son de tipo digital.

c) Multímetro digital marca FLUKE Modelo 8060A.

Este equipo se utiliza en las mediciones de dBm, ya que nos puede mostrar en forma directa los valores de la señal medida en dB, además se utiliza para medir los valores de voltaje y resistencia.

d) Multímetro digital marca FLUKE Modelo 87.

Este equipo se utiliza para medir los valores de voltaje, resistencia y frecuencia, tiene la función para capturar valores de voltaje mínimos y máximos; por lo que es muy útil cuando se quieren capturar valores de voltaje instantáneos (mínimos y máximos).

4.3 Puntos de prueba y ajuste.

Como se menciono los puntos de prueba y configuración son los marcados en el diagrama que se presenta en capitulo 3 con las siglas PPxx, Sxx y Wxx; donde PP es punto de prueba, S son los interruptores para programar niveles de voltaje y tiempos y W en el conjunto de puentes para configurar y realizar pruebas del módem; xx es el número asignado a este, por ejemplo PP1, se refiere al punto de prueba para las señales transmisión de datos digitales TD. A continuación se dan una serie de puntos de prueba y configuración, además de una serie de señales obtenida en cada punto. Se pretende que estos puntos se encontraran lo más accesibles, debido a que cuando uno llega a un equipo reportado como fallado es a veces muy útil tener puntos de

prueba accesibles para poder medir las señales necesarias en estos equipos.

4.3.1 Puntos de prueba.

PP1.- SEÑAL TRANSMISION DE DATOS TD.
PP2.- SEÑAL DETECCION DE PORTADORA.
PP3.- SEÑAL RECEPCION DE DATOS RD.
PP4.- SEÑAL CTS.
PP5.- DATOS ANALOGICOS TX.
PP6.- DATOS ANALOGICOS RX.
PP7.- SEÑAL RTS.

4.3.2 Puntos de ajuste.

S1.- AJUSTE DE SENSIBILIDAD.
S2.- SELECCION DE NORMA DE OPERACIÓN.
S3.- SELECCION DE RETARDO CD.
S4.- SELECCION DE RETARDO CTS/RTS.
S5.- SELECCION DE NIVEL DE TRANSMISION.
W1.- 1-2 OPERACIÓN NORMAL TONO DE MARCA, 1-3 GENERAR TONO DE ESPACIO.
W2.- 1-2 OPERACIÓN NORMAL, 1-3 GENERAR TONO CONSTANTE.
W3.- SELECCIÓN DE RETARDO CD, 1-3 OPERA RETARDO, 2-3 SIN RETARDO.
W4.- SELECCIÓN DE RETARDO CD, 1-3 OPERA RETARDO, 2-3 SIN RETARDO.
W5.- SELECCIÓN DE RETARDO CTS/RTS, 1-3 OPERA RETARDO, 2-3 SIN RETARDO.
W6.- SELECCIÓN DE RETARDO CTS/RTS, 1-3 OPERA RETARDO, 2-3 SIN RETARDO.
W7.- SELECCIÓN DE INTERFASE TTL, 1-2 HABILITADA, 1-3 DESHABILITADA.

4.4 Valores de configuración.

La presente sección muestra la forma de configurar el módem, presentando una gráfica que muestra el efecto obtenido al seleccionar cada uno de los ajustes, además se muestra una tabla que resume la posición de los interruptores y el valor del parámetro seleccionado según sea el caso.

4.4.1 Relación RTS/CTS

La figura 4.1 presenta la relación entre las señales RTS/CTS y el tiempo de retardo que existe entre ellas, cabe mencionar que esta señal es muy importante para el ajuste de tiempos de sincronización en el enlace de datos a través de radios en la banda de VHF, como los que se encuentran instalados en muchas de las instalaciones de Comisión Federal de Electricidad.



① RETARDO ENTRE RTS Y CTS

Figura 4.1

4.4.2 Retardo de portadora CD.

La figura 4.2 muestra la relación entre el retardo de detección de portadora y la señal digital de recepción, este tiempo es importante debido a que en este tipo de canales de radio existen interferencias que pueden provocar que se inicialice el ciclo de recepción en la unidad terminal maestra o unidad terminal remota, además sirve para sincronizar la señal de recepción.



② RETARDO DE DETECCIÓN DE PORTADORA

Figura 4.2

4.4.3 Transmisión - Recepción de datos TD-RD.

La figura 4.3 muestra la relación de retardos de las señales involucradas, RTS-CTS-TD en transmisión de datos y CD-RD en recepción de datos; antes de que hayan sido modulados por el módem y están listos para pasar a la siguiente etapa, y una vez que han sido demodulados y estén listos para pasar a la etapa de decodificación en el equipo, respectivamente.

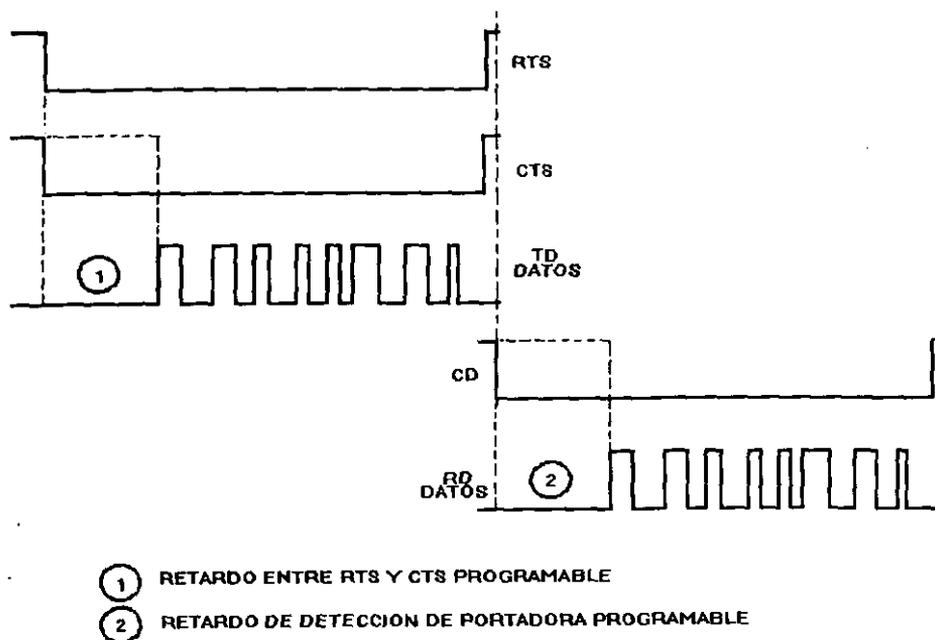


Figura 4.3

4.4.4 Ajuste del nivel de transmisión.

En ajuste del nivel de transmisión se logra con los puentes S5 (1-5), y podemos obtener un nivel desde -0.21 dBm hasta -11.59 dBm como se muestra en la tabla 4.1. Por norma de Comisión Federal de electricidad no se deben de utilizar potenciómetro para realizar esta función por los que se utiliza un conjunto de puentes, con los que solo se ajusta la ganancia del amplificador de salida, lográndose con esto el resultado deseado.

TRANSMISION S5					
	1	2	3	4	5
-0,21 dBm	0	1	1	1	1
-3,56 dBm	1	0	1	1	1
-7,27 dBm	1	1	0	1	1
-8,39 dBm	1	1	1	0	1
-11,59 dBm	1	1	1	1	0

Tabla 4.1

4.4.5 Ajuste del nivel de recepción.

Este ajuste de nivel de recepción es el que permite la sensibilidad del módem por lo se puede ajustar de 0 a -40 dBm en pasos de 10 dBm. Esto se logra con el conjunto de puentes S1 (1-5). La tabla 4.2 muestra esta relación de los valores calculados como se observa los valores son próximos a los valores deseados, es decir se deseaban paso de ajuste de 10 dBm y debido a los valores comerciales de los elementos, estos se aproximan lo más cercano. Los cálculos para obtener estos valores se plantean en el capítulo III.

RECEPCION S1					
	1	2	3	4	5
0	0	1	1	1	1
-9,63 dBm	1	0	1	1	1
-20 dBm	1	1	0	1	1
-29,62 dBm	1	1	1	0	1
-40 dBm	1	1	1	1	0

Tabla 4.2

4.4.6 Generación de tono continuo.

Como ya se menciona es necesario contar con la forma de generar tono continuo, sin necesidad de realizar muchas modificaciones en el módem; con generar tono continuo nos referimos a que se pueda generar una portadora constante; para fines de ajuste con el medio de comunicación, prueba manual del canal, verificación de niveles entre otros, esto se logra solo con colocar un puente con conexión de la señal de RTS a la referencia con el puente W2, y aislando la etapa que le precede; para no cargarla y provocar algún daño, además es importante poder generar los tonos de marca o espacio, esto no es más que poner la señal de TD a un uno o a un cero lógico, también cuidando de no provocar daño en la etapa de interfase RS-232 del circuito de datos, esto se logra con el puente W1.

4.4.7 Ajuste del RTS/CTS.

Como se menciona en el capítulo III el ajuste de este tiempo es muy importante debido a que en los sistemas de Comisión Federal de Electricidad se cuenta con medios de comunicación como son los sistemas de radio en donde los retardos debido a los tiempos estabilización de portadora y los de calentamiento de los amplificadores de potencia de los radios son muy importantes por lo que se requiere tener un tiempo de pretransmisión para lograr estos objetivos y esto se logra con la programación de los puentes S4 (1-7), de acuerdo a la siguiente tabla. Aquí tienen importancia los puentes W5 y W6 que deben estar en la posición 1-3 respectivamente para que opere el retardo.

RETARDO DE DETECCION DE PORTADORA							
TIEMPO (milisegundos)	1	2	3	4	5	6	7
3,82 ms	0	1	1	1	1	1	1
8,17 ms	1	0	1	1	1	1	1
17,39 ms	1	1	0	1	1	1	1
31,3 ms	1	1	1	0	1	1	1
67,8 ms	1	1	1	1	0	1	1
118,2 ms	1	1	1	1	1	0	1
260,08 ms	1	1	1	1	1	1	0

Tabla 4.3

4.4.8 Ajuste de retardo de CD.

Así como en la transmisión se tiene un tiempo de pretransmisión así también se tiene un tiempo de detección de portadora en cual es muy importante en los sistemas con niveles de ruido eléctrico muy elevado, donde se requiere programar los tiempos de detección de portadora confiable, esto se logra con el grupo de puentes S3 (1-7), los puentes W3 y W4 que deben estar en la posición 1-3 para que tenga efecto el retardo, los tiempos que se encuentran son los siguientes de acuerdo a la Tabla 4.4.

RETARDO CTS/RTS							
TIEMPO (milisegundos)	1	2	3	4	5	6	7
3,82 ms	0	1	1	1	1	1	1
8,17 ms	1	0	1	1	1	1	1
17,39 ms	1	1	0	1	1	1	1
31,3 ms	1	1	1	0	1	1	1
67,8 ms	1	1	1	1	0	1	1
118,2 ms	1	1	1	1	1	0	1
260,08 ms	1	1	1	1	1	1	0

Tabla 4.4

Es importante señalar que la configuración va a depender del protocolo y el medio de comunicación que se utiliza.

CAPITULO V

ELABORACIÓN DEL CIRCUITO IMPRESO

5.1 Introducción

Este capítulo trata de la elaboración del circuito impreso con el programa Protel; el cual sirve para elaborar diagramas de circuitos impresos de una cara, dos caras y multicapa; la versión utilizada de este software es de distribución gratuita, además este programa se puede adaptar con otros dispositivos tales el Protomat; el cual es un dispositivo que elabora el circuito impreso en forma automática solo se tiene que adecuar el programa para que lo pueda interpretar el Protomat y este equipo elabora en forma automática el circuito impreso, devastando el cobre de la placa fenolica que sea necesario. En nuestro caso no se cuenta con el protomat por lo que el programa solo se utilizo para elaborar el diagrama del circuito impreso del módem en una tablilla de dos caras de 17.5 x 11.5 cm en donde se ha realizado distribuyendo una área para la etapa de entrada/salida, indicación, tiempos de retardos, demodulación y los voltajes de alimentación. Este programa cuenta con dos programas ejecutables, uno para elaborar el diagrama del circuito impreso; invocado por easyedit.exe y otro para realizar la impresión invocado al teclear easyplot.exe. Además se cuenta con la ventaja de imprimir cada una de las caras de los impresos que se seleccionan al momento de imprimir; de tal forma que se puede mandar imprimir la cara de soldadura, la cara de componentes, cualquiera de las capas intermedias o todas al mismo tiempo si se desea. Este programa cuenta con los Driver para manejar diversos tipos de impresoras como son de matriz de puntos, o láser. En nuestro caso estamos utilizando una impresora del tipo láser.

5.2 Programa Protel

Elaboración del circuito impreso. Para utilizar el programa Protel se puede utilizar desde el disco de 3 1/2 alta densidad o instalar el programa en el disco duro de la computadora, es recomendable instalarlo en el disco duro. Para esto se corre el programa install.exe que viene en el disco de alta densidad, el cual instala el programa en un subdirectorío llamado Protel por default, pero se puede cambiar el nombre del subdirectorío si se desea.

Una vez instalado el programa en disco duro se cambia del prompt de DOS al subdirectorio Protel y se teclaea easyedit.exe con lo cual se ejecuta el programa y aparece una pantalla con el logotipo de Protel, el programa requiere que se oprima cualquier tecla lo cual nos lleva a la pantalla de edición, en donde se pide que tecleemos el nombre del programa con el que se quiere trabajar. En nuestro caso se nombro modem.pcb.

Este programa trabaja basado en menús los cuales se llaman al oprimir cualquier tecla y aparece un menú con las siguientes opciones:

Menu principal desde donde se puede acceder a cada uno de los submenús del programa y cada una de las opciones. A continuación se muestran las opciones con que se cuentan y cada uno de los submenús a los que se tienen acceso. Al oprimir cualquier tecla ó oprimir el botón derecho del "ratón", aparece el menú principal, el cual está compuesto por: Block, Current, Delete, Edit, File, Grid, Highligh, Information, Jump Library, Move, Place, Repeat; Setup, Undelate y Zoom. Si se accesa el submenú Block, se puede tener acceso a todo su contenido como es: Define, Hide, Move, Copy, Inside, outside, Read y write. De la misma forma ocurre para las otras opciones las cuales se muestran en la figura 5.1. Al estar ejecutando el programa aparece solo una ventana a la vez, y cada una de las ventanas muestra las opciones que tiene.

MENU
Block
Current
Delete
Edit
File
Grid
Highligh
Informat
Jump
Library
Move
Place
Repeat
Setup
Undelete
Zoom

BLOCK
Define
Hide
Move
Copy
Inside
Outside
Read
Write

CURRENT
Cursor
Floating
Layer
Pad type
Pad
Track
String
Via size
Arc line
Grid

DELETE
Arc
Compone
Fill
Highlig
Pad
String
Tack
Via

EDIT
Arc
Compone
Pad
Track
String
Via

FILE
Clear
Dos
Files
Load
Path
Quit
Save

GRID					
Snap grid:	HIGHLIGHT	INFORMATION	JUMP	LIBRARY	
Visible	Connection	Board dimension	Componen	Add	MOVE
	Duplicate	Component	Location	Browse	Arc
	Net	Highlight pins	Origin	Compact	Break
	Make	Library	Pad	Delete	Componen
	Reset	Pwr/gnd pins	String	Explode	Drag end
		Status		File	Fill
				List	Pad
				Merge	Re-route
				New	String
				Rename	Track
					Via

PLACE				
Arc	REPEAT	SETUP	UN	ZOOM
Component	Execute repeat	Component text		Redraw
Fill	Cont default	Layer color		Pan
Pad	X-offsett: 0.00	Menu color		Expand
String	Y-offsett: 0.00	Keys		Contract
Route		Options		All
Track		Redraw		Select
Via		String		Windows
		Toggle layers		

Figura 5.1 Opciones del programa easyedit.exe

A continuación se da una breve explicación de cada uno de los comandos que aparecen en el menú principal, aclarando que existen objetos que se repiten en cada uno de los submenús como son componentes, arcos líneas rutas vías, que son los elementos propios de la elaboración de un diagrama de circuito impreso y que se definen como sigue:

Componente (component) se refiere a cada uno de los elementos definidos dentro de la librería del programa.

Arco (Arc) se define como una línea que puede formar curvas.

Pad se define como punto en el área de trabajo.

Ruta (Route) es la unión entre dos o más puntos de conexión y que el programa realiza en forma automática una vez definidos los puntos de conexión.

Línea (Track) es otro tipo de línea que podemos definir en forma manual para dibujar conexiones a diferencia de la ruta que realiza el programa en forma automática.

Vía es la conexión entre una o varias capas y sirve para conectar e indicar la ruta que cambia su trayectoria de una capa a otra.

Cada una de las ventanas se activan al seleccionarlás con el ratón, oprimiendo el botón izquierdo de mismo ó oprimiendo la tecla "enter" y se mantienen activas hasta seleccionar la tecla de escape, de esta forma podemos seguir utilizando este comando hasta que se desactive con la tecla de "escape" (Esc).

Bloque (Block) con este menú se puede agrupar una serie de elementos los cuáles se pueden copiar, definir, leer, mover o borrar como un conjunto, todas las opciones que se muestran en el submenú trata al grupo de elementos como uno solo.

Corriente o actual (Current) este menú nos muestra la configuración del área de trabajo actual; como son la capa en la que estamos trabajando, el tipo de vía que estamos utilizando, el ancho de la rejilla actual; puede ser el área de lado componentes el área de lado soldadura, el área denominada alimentaciones ó el área denominada referencias.

Borrar (Delete) este comando nos permite borrar un elemento ó un grupo de elementos del área de trabajo y esta activo mientras no se oprima la tecla de escape, al igual que todos los comandos los seleccionamos con el ratón o con la tecla de enter.

Editar (Edit) una vez que se ha colocado algún componente o leyenda, ruta o vía se puede editar cambiando sus atributos al seleccionar esta ventana nos despliega un submenú que contiene los comandos que nos permiten realizar esto.

Archivo (File) al seleccionar esta ventana nos despliega un submenú donde existen los comando que nos permiten las opciones de: limpiar archivo, salir al sistema operativo MS_DOS, listar archivos, cargar archivos, cambiar ruta de acceso, salir de la hoja de trabajo y salvar la hoja de trabajo.

Rejilla (Grid) al seleccionar esta ventana nos despliega un submenú que nos da información de las características de la rejilla y no permite cambiar los valores seleccionados.

Resaltar (Highlight) al seleccionar esta ventana nos despliega un submenú que nos permite resaltar alguna conexión; para poder editarla, como sería duplicar, borrar ó conectar,

Información (Information) al seleccionar esta ventana nos despliega un submenú que nos da información actual de las dimensiones la tarjeta, componentes, pines resaltados, componentes de las librerías actuales.

Saltar (Jump) al seleccionar esta ventana nos despliega un submenú que contiene opciones como son brincar a un componente específico, a una coordenada, al origen de la hoja de trabajo a un Pad o una leyenda específica, esto es útil cuando se tiene que ir a una área específica de la hoja la cual se tiene identificada.

Librería (Library) al seleccionar esta ventana nos despliega un submenu con las herramientas necesarias para obtener la información necesaria de las librerías actuales; así como poder editar, adicionar otra ó cambiar el nombre a la librería actual.

Mover (Move) al seleccionar esta ventana nos despliega un submenu que contiene opciones para mover o reacomodar cada uno de los elementos que contenga nuestra hoja de trabajo; tal como lo muestra el submenu correspondiente de la figura 5.1; se puede mover un componente, una línea, una área llena, cambiar una trayectoria, mover una leyenda. Es de gran utilidad dado que nos permite modificar la distribución de nuestros componentes dentro de nuestra hoja de trabajo.

Colocar (Place) al seleccionar esta ventana nos despliega un submenu que maneja las opciones para seleccionar y colocar en el lugar deseado de la área de trabajo los elementos seleccionados.

Repetir (Repeat) al seleccionar esta ventana nos despliega un submenu que contiene la configuración para repetir la ultima opción realizada, si se selecciona el comando colocar componente y seleccionamos esta opción se colocaran tantos elementos como tengamos configurado el contador por default nos da un valor de 1000, las opciones de X-Y nos dan el valor al cual se colocaran los elementos de la posición actual.

Configuración (Setup) al seleccionar esta ventana nos despliega un submenu que contiene las opciones para configurar la hoja de trabajo, como son: color de los textos, color de las líneas para cada una de las capas, colores de menú, teclas rápidas, tipo de cursor; cada cuando desea uno que se respalde en forma automática la hoja de trabajo, redibujado, y leyendas. Esto es de gran utilidad por que nos permite configurar los colores de cada capa cuando se trabaja en modo multicapa.

Eliminar barrado (Un-delete) al seleccionar esta ventana nos despliega una ventana que nos permite configurar cuantos acciones de no borrar se pueden realizar, si borramos uno o varios elementos, se puede pedir al programa que elimine la acción de borrar según se tenga esta opción.

Ampliar (Zoom) al seleccionar esta ventana nos despliega un submenu que nos permite redibujar el área de trabajo, es posible refrescar la información en pantalla; desplazarnos en la área de trabajo expandir y contraer el área de trabajos; es posible hacerla más pequeña o más grande, asimismo nos permite ver con mas detalle una parte del área de trabajo.

5.2.1 Teclas Rápidas.

Además de los menús y submenús se cuenta con una serie de teclas rápidas las cuales tienen la función de acceso directo a la función correspondiente como se muestra en la siguiente lista:

- F1** colocar pad, coloca un punto de conexión.
- F2** borrar pad, borra un punto de conexión.
- F3** colocar pista, acción para indicar que se dibuja una pista.
- F4** fin de pista, indica el fin de la pista.
- F5** contraer, hace un zoom al área de trabajo para hacerlo más pequeño.
- F6** expandir, hace un zoom al área de trabajo para hacerla más grande.
- F7** romper pista, interrumpe la continuidad de la pista.
- F8** borrar pista elimina una pista seleccionada.
- F9** redibujar actualiza la información que aparece en pantalla.
- F10** centrar dibujo.

Shift F1 información sobre los pines colocados sobre el diseño.

Shift F2 numeración sobre los pines colocados sobre el diseño.

Shift F3 movimiento de pista, se mueve una pista para hacer modificaciones al diseño.

Shift F4 reenrutamiento, es la acción para que en forma automática se busque otra ruta a la conexión entre dos puntos o más.

Shift F5 plano de tierras, capa en la que se colocan las conexiones de tierra, se tiene que definir previamente y utilizar para este tipo de conexiones, para poder utilizarla.

Shift F6 plano de alimentaciones, capa en la que se colocan las conexiones de alimentación, se tiene que definir previamente y utilizar para este tipo de conexiones, para poder utilizarla.

Shift F7 cambio de diseño de pistas, es posible hacerlas más anchas o más delgadas.

Shift F8 borrado de pistas resaltadas, si se resalta una pista o conexión esta se puede eliminar posteriormente al estar seleccionada.

Shift F9 listado de pistas o conexiones resaltadas.

Shift F10 listado de los planos que están dados de alta.

Alt F1 colocar componentes, nos permite seleccionar un componente de las librerías y colocarlo en donde se desee.

Alt F2 borrar componente, nos permite borrar el componente seleccionado.

Alt F3 mover componente, nos permite desplazar un componente dentro del área de trabajo, para modificarlo o editarlo.

Alt F4 mover texto, nos permite volver a mover el texto por motivos de edición.

Alt F5 encontrar componente, nos permite encontrar un componente específico dentro de nuestra área de trabajo.

Alt F6 no permite renombrar un componente dentro de nuestra área de trabajo.

Alt F7 nos permite poner texto de comentario a los elementos de nuestra área de trabajo.

Alt F8 renombrar, nos permite cambiar nombre a los elementos de nuestra área de trabajo.

Alt F9 listar librerías, nos permite observar librerías del programa.

Alt F10 nos da un listado de los componentes utilizados en nuestra área de trabajo.

^A permite colocar líneas curvas.

^F llena una área seleccionada.

^G coloca la rejilla en la pantalla.

^L cambio de capa de trabajo.

^N genera una lista de las conexiones realizadas.

^E permite eliminar una cadena de caracteres, se debe seleccionar esta para poder utilizar esta función.

^P selecciona el tipo y tamaño de punto de conexión de la librería.

^Q es la opción para salir del área de trabajo, pregunta el programa si realmente se desea salir de la sesión de trabajo.

^T permite seleccionar el ancho de la pista que se utiliza en la edición.

^K permite definir un block o entrar a todos los menús de block.

^W permite cambiar el ancho de la pista seleccionada

^X permite colocar una nueva leyenda o cadena de caracteres.

^U undo **n**, permite recuperar hasta **n** elementos borrados en los pasos anteriores.

^O ortho, permite dibujar líneas rectas o ortogonales entre sí.

^S permite configurar el tamaño de los caracteres que se utilizan.

Como se observa estas combinaciones de teclas rápidas nos dan un acceso directo a las principales funciones del programa, facilitando el trabajo de edición una vez que se han memorizado estas funciones; si no se desea utilizar esto el acceso por menú es muy amigable para realizar las tareas deseadas.

5.3 Elaboración del Diagrama del circuito con el programa Protel.

La primera parte de la elaboración del circuito impreso se compone de dos partes la elaboración del diagrama del circuito impreso el cual ayuda a la distribución de las pistas y elementos sobre la tablilla. Para la elaboración del diagrama del circuito impreso lo primero que se hizo al estar en el área de edición se delimita el área de trabajo; del menú place se selecciona el comando track y se dibuja una línea que delimite el área de trabajo de 17.5 x 11.5 cm. Dentro de esta área se colocan los dibujos correspondientes a: integrados de 14 pines, 28 pines, 16 pines. Y las partes correspondientes a: resistencias, capacitores, conectores, transistores y diodos los cuales se llaman del menú colocar (place) componentes(component) apareciendo una ventana en la cual nos solicita el nombre de elemento si se desconoce en nombre se coloca el signo de interrogación "?" y se oprime la tecla "enter" apareciendo una ventana con todos los elementos disponibles, para nuestro caso se seleccionan los siguientes elementos los cuales se muestran en la siguiente lista:

- ❖ Dip8 Correspondiente al circuito U1, U3, U10 y U11.
- ❖ Dip10 Correspondiente al DIPSWITCH S1, S2 y S5.
- ❖ Dip14 correspondiente al circuito U2, U5, U8, U9, S3 y S4.
- ❖ Dip16 Correspondiente al circuito U6.
- ❖ Dip20 Correspondiente al circuito U15.
- ❖ Dip28 correspondiente al circuito U4.
- ❖ DB25h correspondiente al conector J2.
- ❖ MOLEX5 J1, J3 Y J4.
- ❖ Cap1000 correspondiente a los capacitores C19, C20, C21 y C22.
- ❖ Rb.2./4 correspondiente a las resistencias R1 a R61 y C1 a C18.
- ❖ Xtal correspondiente al cristal 1.
- ❖ Diode0.4 correspondiente a los diodos D1 y D2.
- ❖ TO-92A correspondiente a los transistores Q1 y Q2 y al U16.

Y se distribuyen los dibujos en el área de trabajo como se indica en la figura 5.2 según se desee, Para hacer la conexión del menú Colocar-Ruta (Place-Route) se coloca uno en el primer punto a conectar y se oprime el botón izquierdo del ratón posteriormente se coloca uno en el siguiente punto a conectar y se vuelve a oprimir el botón izquierdo del ratón con esto el programa empieza a buscar la ruta para hacer la conexión entre los dos puntos colocando la línea que une a los dos puntos a conectar. Al ir realizando las conexiones necesarias de acuerdo a los diagramas electrónicos desarrollados en la sección 3.5 el programa se salva con en nombre deseado del menú archivo-salvar (file-Save)

5.3.1 Diagrama del circuito impreso

Una vez terminado de editar el diagrama del circuito impreso se procede a la impresión para esto se sale del programa easyedit.exe y estando en el subdirectorio Protel se teclea easyplot.exe con los cuales aparece una pantalla alusiva al fabricante la cual oprimiendo cualquier tecla se avanza a la siguiente pantalla en donde aparece el menú

- archivo (file)
- información (information)
- Opciones (option)
- configuración (setup)
- Ploter (plot)
- imprimir (print)
- Gerber plot
- NC Drill

Para imprimir el archivo la secuencia es cargar el archivo deseado del submenu archivo-cargar y el nombre del archivo deseado; una vez cargado el archivo solo se tiene que configurar, al seleccionar opciones aparece otro submenu en donde podemos configurar el tipo de impresora, la capa a imprimir y la del puerto por donde se enviara la información a la impresora por default es el designado como LPT1. Una vez realizado esto se regresa el menú principal y al seleccionar la opción de print aparece una ventana donde se resume las características de nuestro dibujo, se pide confirmar la impresión. La impresión del circuito para las caras general, superior e inferior; se observan en la figura 5.2.a 5.2.b.y 5.2.c. respectivamente.

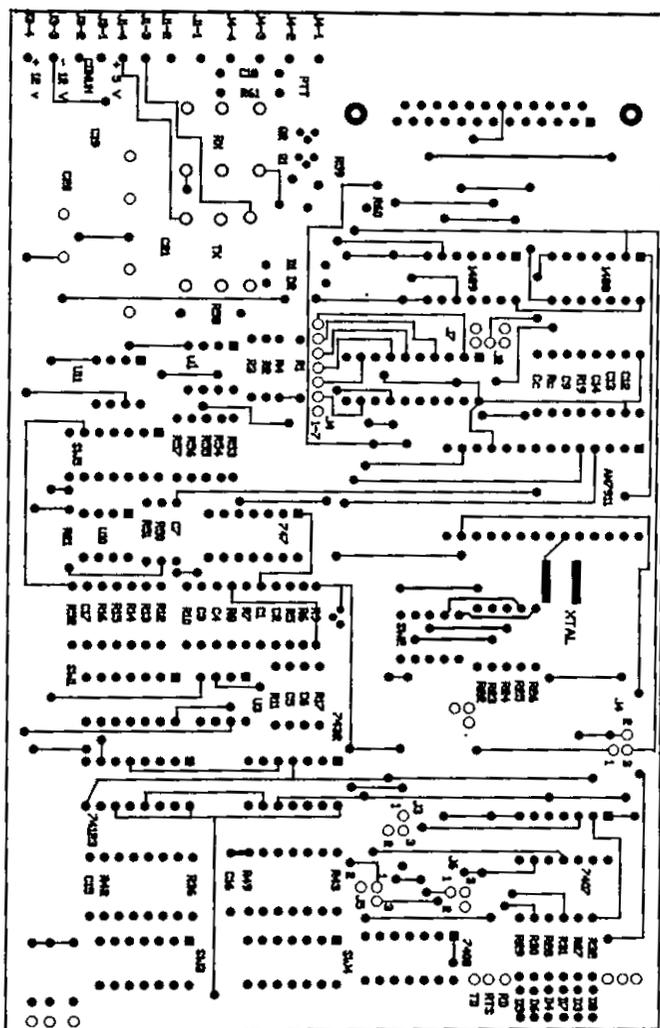


Figura 5.2.b Circuito impreso vista cara superior.

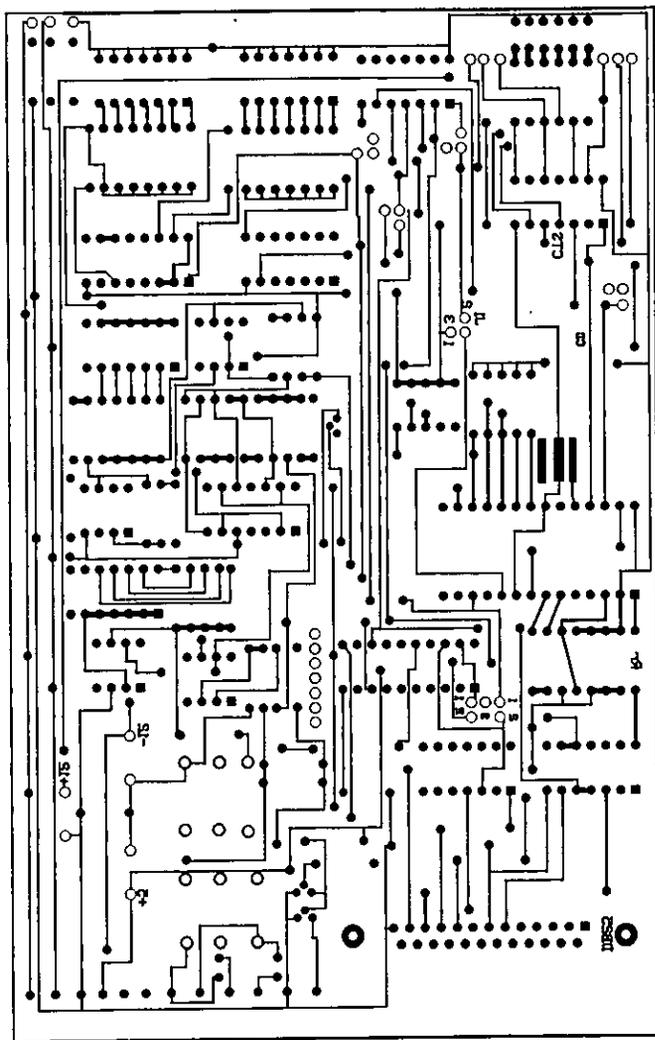


Figura 5.2.c. Circuito impreso vista cara inferior.

5.4 Elaboración del circuito Impreso

El método utilizado fue el de pistas de la marca stern, las cuales se venden en diferentes grosores y con diferentes diseños, solo se colocan sobre el circuito impreso en el área deseada, el procedimiento lo podemos resumir en los siguientes pasos:

1.- preparar la tablilla fenolica al tamaño deseado en este caso de 22 x 12 cm.

2.- Limpiar perfectamente la placa fenolica con agua y jabón observando que no se formen gotas de agua, lo cual implica que existe grasa.

3.- formar la figura del circuito impreso con las pistas

6.- Retocar las zonas donde las pistas no quedaron bien aplicadas e introducirla en el ácido (cloruro férrico para quitar las partes de cobre)

7.- Introducir la tablilla fenolica en el cloruro férrico y esperar que la reacción química elimine las áreas de cobre que no fueron cubiertas por las pistas, esto formara el circuito impreso deseado.

8.- Retirar la placa fenolica del cloruro férrico, lavarla perfectamente para eliminar las pistas que cubren el cobre que no fue atacado por el cloruro férrico.

9.- Perforar la tablilla fenolica en los puntos necesarios para la colocación de los componentes.

10.- Cubrir con barniz las pistas, evitando aplicar barniz a los puntos donde se deberá aplicar soldadura, esto se logra cubriendo con pequeños círculos de etiquetas engomadas los puntos donde se aplicara soldadura.

11.- Colocar los componentes en los lugares indicados de acuerdo al diagrama electrónico del circuito y soldar capa uno de los componentes.

12.- Probar el circuito electrónico.

CAPITULO VI

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL MÓDEM

En la actualidad existen en Comisión Federal de Electricidad, debido a que es una empresa en el ámbito nacional, instalaciones que tiene equipos de Control Supervisorio que manejan módems con velocidades entre 300 y 1200 baudios y son compatibles con los estándares que soporta este módem. Tan solo en la Subarea de Transmisión y Transformación Bajío Central se cuenta con 52 instalaciones, de las cuales alrededor de 25 aun tienen instalados equipos de control supervisorio con modems de las características de los de la marca Westón (con norma Bell 103). Los cuales trabajan a velocidades de 300 baudios; este equipo se ha venido supliendo solo en parte conservando la infraestructura ya existente; por lo que existen proveedores que en la actualidad venden reemplazos directos. Y como se estableció en el capítulo I el presente diseño pretende resolver los problemas de adquisición de estos equipos, teniendo una alternativa de solución. A continuación se da una lista del material empleado para la fabricación de este módem, y se compara con los precios existentes en el mercado, obteniéndose con esto la relación costo beneficio, el costo aproximado se muestra como resultado total en la tabla 6.1. Estos precios pueden variar dependiendo del lugar en que se adquieran los elementos, que integran el equipo.

ELEMENTO	COSTO APROXIMADO UNITARIO	COSTO TOTAL
C.I. LM741	6.50	6.50
C.I. SN7432	4.00	4.00
C.I. SN7408	4.00	4.00
C.I. SN74LS244	7.00	7.00
C.I. SN7407	4.50	4.50
C.I. AM7911	140.00	140.00
C.I. SN74123	5.00	5.00
C.I. LM308	11.00	44.00
C.I. 1488	7.00	7.00
C.I. 1489	7.00	7.00
C.I. 7905	5.50	5.50
DIODOS 1N4007	1.50	1.50
TRANSISTOR 2N2222A	6.00	12.00
LEDS	1.50	13.50
BASE 8 PINES	1.00	4.00
BASE 14 PINES	1.50	4.50
BASE 16 PINES	1.50	1.50
BASE 20 PINES	2.00	2.00
BASE 28 PINES	3.00	3.00
TIRA RECTA	3.50	3.50
PUENTE PARA TIRA	0.40	2.40
CONECTOR BD25	15.00	15.00
CONECTOR MOLEX	11.00	11.00
CAPACITORES 2.2 MICROF.	2.00	22.00
CAPACITORES 0.1 MICROF.	1.50	12.00
CAPACITORES 1000 MICROF.	6.00	18.00
CRISTAL 2.43 MHZ.	16.00	16.00
DIP SWITCH	10.00	50.00
RESISTENCIAS	0.7	42.70
PISTAS PARA CIRCUITO IMPRESO	6.5	97.50
TABLILLA FENOLICA 20X15 CM.	21.00	21.00
TOTAL	313.10	587.60

Tabla 6.1 Material utilizado.

Se sabe que los proveedores que fabrican estos módem los venden en un precio elevado, alrededor de 8500 pesos 00/100 M.N. por tarjeta, mientras que si se elaboran en Comisión Federal de Electricidad, solo tendría un precio de 600.00 pesos M.N. (aproximadamente) más las Horas-Hombre dedicadas a la elaboración de estos equipos; quedando aun por debajo del precio de venta de los proveedores. Teniendo un beneficio adicional ya que este módem a integrado algunas cosas practicas que se han observado al trabajar con estos equipos; como lo son parámetros para ajuste, que son practicos durante puesta en servicio y pruebas.

Quizás con el rápido desarrollo de la tecnología el circuito utilizado para la elaboración del módem se vuelva pronto obsoleto sin embargo la arquitectura utilizada en la elaboración de este modem se pueda seguir utilizando ya que los fabricantes presentan es mismo conjunto de señales para este tipo de modems, como podemos ver en la literatura existente, un ejemplo es el circuito integrado 74HC942, 74HC943 que es un módem de 300 baud de National Semiconductor, o el MC14412 que es otro módem de 300 y 600 baud de Motorola o el XR-210, XR-2212 de Exar, que son módems que se pueden configurar a determinadas frecuencias todos son de diferentes marcas pero se podrían acondicionar para trabajar con señales de control del módem.

La mayoría de estos equipos son de conexión externa, a la computadora personal o controlador, no teniendo que insertarlos dentro de una computadora personal. Debido a que se utilizan programas de control que corren sobre sistemas operativos, como MSDOS, es necesario utilizar los puertos seriales para la conexión de estos módems.

CONCLUSIONES

Como se planteo al principio de este trabajo se pretendían construir un módem con elementos comunes en el mercado para cubrir una necesidad en una empresa como lo es C.F.E.

- El objetivo que se cumplió satisfactoriamente; ya que se creo el módem y se adquirió el conocimiento necesario para desarrollar este tipo de equipos, sin la necesidad de recurrir a proveedores externos.
- Se observo a lo largo del desarrollo de esta tesis que los módem existentes en el mercado, de baja velocidad, cumplen en mayor o menor medida con los estándares y señales de control necesarios; ya que la mayoría cumplen con el patrón establecido durante este desarrollo. Además de que en el mercado existen diversos tipos de circuitos integrados que realizan la función de módem con diversas características y cubriendo una amplia gama de normas, a los cuales solos hay que integrarle las interfaces necesarias y obtener el módem deseado (de baja velocidad).

Entre las aplicaciones que se pueden dar a este tipo de módem se encuentran las siguientes:

- Para solucionar problemas en transmisión de información modulada bajo las normas que maneja el C.I. AM7911PC.
- En los equipos de supervisión remota, con aplicaciones de los módems de baja velocidad, utilizados en las empresas - externas a C.F.E.- que requieren este tipo de equipos, son aun muchas.

El presente trabajo esta desarrollado de tal forma que alguien interesado en continuar con las aplicaciones, en la transmisión de datos a baja velocidad, puede utilizarlo dado que en la industria muchos procesos son todavía lentos y no se requiere velocidades mayores para la transmisión de información. Además de que la tecnología se ha venido modificando y la estructura desarrolla, para este módem, utilizando el C.I. AM7911PC; puede ser adaptada para utilizar otro circuito integrado de los cuales surgen cada día en el mercado de los circuitos integrados; que mejoran las características de los existentes.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Mischa Schwartz.: TRANSMISION DE INFORMACION MODULACION Y RUIDO, tercera edición, Mc Graw Hill (pag 223-262).
- [2] Robert F Coughlin, Frederick F. Driscoll.: AMPLIFICADORES OPERACIONALES Y CIRCUITOS INTEGRADOS LINEALES. Editorial Printice Hall 4 edición.
- [3] Bingham John A.C.: THE THEORY AND PRACTICE OF MODEM DESING, John Wiley & Sons 1988.
- [4] Hughes Frederick.: OPAM HANDBOOK. EDITORIAL PRINTICE HALL 1981.
- [5] Stephen J. Bigelow.: UNDERSTANDING TELEPHONE ELECTRONICS, tercera edición, SAMS (Printece Hall Computer Publishing) (pag. 13-17).
- [6] Mundo Electrónico.: INTERCONEXIÓN DE PERIFÉRICOS A MICROPROCESADORES, Publicaciones Marcombo (pag. 33, 67 - 69, 72, 100, 106-107)
- [7] J. Manuel. Huuidobro.: QUE Y COMO SON LOS MODEMS. Reporte L466 IIE México.
- [8] Michael A. Blanks.: THE MODEM REFERENCE, Brady Publishing, segunda edición, (pag. 31-72).
- [9] Richard W. Markley.: DATA COMUNICATION AND INTEROPERBILITY, Printece Hall, (pag. 42-56).
- [10] WIlliam Stallings.: DATA AND COMPUTER COMUNICATION, Macmillan, cuarta edición, (pag. 95-110, 120-127).
- [11] Advanced Micro Devices.: WORLD CHIP, FSK MODEM, 1983, (pag. 2-17).
- [12] Advanced Micro Devices.: WORLD NETWORK CATALOGUE, 1989-1990, (pag. 7-9).
- [13] National Semiconductor Corporation.: LS/S/TTL LOGIC DATABOOK, 1987, (pag. 2-10-11, 2-14-15, 2-37-38, 2-88-91)

[14] National Semiconductor Corporation.: INTERFACE DATABOOK, 1986, (pag. 1-15-24).

[15] Motorola.: LINEAR AND INTERFACE INTEGRATED INTEGRATE CIRCUITS, (PAG. 2-40-44, 2-172-175, 3-177-178).

[16] Recomendación V.1, V.4, V.5, V.7, V.10, V.21, V.23 y V.24 CCITT.

[17] A. Bruce Carlson.: SISTEMAS DE COMUNICACIÓN, Mc Graw Hill.

[18] Sol Lapatine.: ELECTRÓNICA EN SISTEMAS DE COMUNICACIÓN, Limusa (pag. 39-42, 117-126).

[19] Bohumil Psenicka.: PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES. Editorial Universidad Nacional Autónoma de México.

[20] L. R. Rusiles Z., L. Romero M.: PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN. Diplomado en redes de computadoras Modulo IV. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1993.