



D-18760

T
621.3811
R05



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL
LITORAL**

**FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y
COMPUTACION**

**“ANALISIS DEL DISEÑO DE UNA INTERFASE PARA
EL MONITOREO Y CONTROL DE UN TRANSMISOR
DE TV A DISTANCIA”**

Proyecto de Tópicos Especiales

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

Especialización: ELECTRONICA

Presentado por:

CARLOS ANGEL RODRIGUEZ MOGROVEJO

GEOVANNY ERNESTO FARAH MONROY

DENNIS CARVAJAL MARTINEZ

GUAYAQUIL-ECUADOR

1998

AGRADECIMIENTO

A nuestro Director de Tópico
ING. WASHINGTON MEDINA
por su valioso aporte a nuestra
enseñanza académica y dirección en
el presente proyecto.

DEDICATORIA

**A DIOS
A NUESTROS PADRES
E HIJOS**

DECLARACION EXPRESA

" La Responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, nos corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPEIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Carlos Angel Rodríguez Mogrovejo



Geovanny Ernesto Farah Monroy

Dennis Carvajal Martínez

TRIBUNAL DE GRADUACION



Ing. Armando Altamirano
PRESIDENTE



Ing. Washington Medina
DIRECTOR DE TOPICO



Ing. Fabricio Vélez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Boris Ramos
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

RESUMEN

El presente proyecto ha tenido por objetivo lograr la interacción entre dos equipos, que debido a factores geográficos se encuentran distantes uno del otro sin que exista un medio físico que los una. Cuando hablamos de interacción nos referimos a la comunicación entre ellos, es decir entre el equipo terminal (Computadora) y un transmisor de Tv en cuya circuitería electrónica interna se aloja un controlador que gobierna la operación básica del mismo. Este transmisor posee la característica de ser controlado por un software, el mismo que debe ser instalado en el equipo terminal.

El medio por el cual va a ser factible la comunicación entre ellos es un enlace de microondas cuyo transmisores y receptores procesan audio en cuatro canales diferentes de los cuales dos se utilizan para llevar audio de programa, un tercer canal para intercomunicadores quedando uno disponible por el cual enviaremos las señales de control.

Debemos aclarar que los datos que serán transmitidos son comandos de control ordenado por el software y manipulados desde el teclado, es por esta razón que no es necesario un gran ancho de banda ni velocidades muy altas para el enlace de transmisión.

Una de las dificultades que hemos encontrado para lograr nuestro principal objetivo, ha sido el enlace previo “computadora-transmisor de microonda” y “receptor de microondas-transmisor de TV” , debido a las incompatibilidades de estos equipos. Es por este motivo que se hace necesario la utilización de un módem y circuitería adicional que acondiciona el enlace respectivo. Entonces se ha creído conveniente utilizar un módem externo de baja velocidad de 1200 baudios pues la transmisión no requiere de velocidades muy altas por lo que se justifica la velocidad del ECD, la interface física a utilizar para la conexión de la computadora-módem es la RS-232, en cuanto a la conexión módem-transmisor de

microonda se ha estimado conveniente el uso de un circuito acoplador de impedancia, pues lo que se quiere es balancear el sistema.

En el otro tramo del enlace la conexión receptor de microonda-módem también hace uso del circuito acoplador, dado que la comunicación es full-dúplex el proceso se repite de manera inversa.

De esta forma se ha logrado establecer la comunicación entre el equipo terminal con el transmisor de TV con el objetivo de monitorear y controlar el funcionamiento del mismo.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	VI
ÍNDICE GENERAL	VIII
INDICE DE FIGURAS	XII
INDICE DE TABLAS	XIV
INTRODUCCIÓN	15
I.GENERALIDADES Y DESCRIPCION DEL PROYECTO	16
1.1. Generalidades	16
1.2.Aspectos introductorios del Proyecto	16
1.2.1 Planteamiento y reconocimiento del problema.....	17
1.2.2 Consideraciones Preliminares a la solución del problema..	17
1.2.3 Descripción Básica de la implementación del proyecto.....	19
II. COMUNICACIONES DE DATOS,FUNDAMENTOS TEORICOS	20
2.1 Aspectos Generales	20
2.2 Puntos Básicos de la Comunicación de Datos	20
2.3 Sistemas de Transmisión de Datos	21
2.3.1 El Sistema OFFLINE”.....	23
2.3.2 El Sistema “ONLINE”.....	24
2.4 Componentes de los Sistemas de Comunicación de Datos	24
2.4.1 El Equipo Terminal de Datos.....	25
2.4.2 Unidades de Control de Comunicaciones.....	31
2.5 Códigos de Comunicación de Datos	32
2.6 Modos de Funcionamiento Básicos de Transmisión	36
2.6.1 Modo Simplex.....	36

	Pág
2.6.2 Modo Semidúplex.....	37
2.6.3 Modo Dúplex.....	38
2.7 Equipo de Terminación de Circuito de Datos.....	38
2.7.1 Cómo Funciona el ECD?.....	39
2.8 Modulación y Demodulación en los Sistemas de Comunicación de Datos.....	42
2.9 Sistemas de Transporte de Comunicación de Datos.....	45
2.9.1 Sistema de Transporte FSK.....	45
2.9.2 Sistema de Transporte MDT.....	45
III. EL MODEM Y SU FUNCIONAMIENTO.....	47
3.1. EL Módem.....	47
3.1.1. Funcionamiento del Módem	47
3.2. Modulación en los Módems.....	49
3.2.1. Modulación por desplazamiento de Frecuencia.....	50
3.3 Protocolos.....	51
3.4 Interfases del Módem.....	53
3.5 Restricciones de Canales Telefónicos en Módems.....	54
3.6 Funcionamiento de un Módem Asíncrono.....	57
3.6.1. El Módem Asíncrono de Baja Velocidad.....	59
3.7 Funcionamiento del Módem Síncrono.....	60
3.7.1 El Transmisor.....	61
3.7.2 El Receptor.....	63
3.7.3 Control de Terminales.....	65
3.8 Los Módems Modernos.....	67
3.9 Aplicaciones de CI para Módems en comunicaciones de Datos.....	71
3.9.1 Módem Universal de Baja Velocidad.....	71
3.9.2 Módem FSK de 1200 Baudios.....	72
3.9.3 Módem DPSK de 2400 bps.....	73

3.10	¿Cómo Ampliar un enlace de Comunicación?	74
IV.	DE LOS EQUIPOS DE LA INTERFASE	75
4.1.	El Equipo Terminal	75
4.1.1.	El Software SENTRY	76
4.2.	La Interfase RS-232C	81
4.3.	El Módem	85
4.4.	El Sistema de Microonda	88
4.4.1	Principios Fundamentales de Microondas	88
4.4.2	Características del Radio Enlace por Microondas	88
4.5	El Transmisor de TV HARRIS	90
4.5.1	Descripción General del Transmisor	90
4.5.2	El Sistema de Control del Transmisor	91
4.5.2.1.	El Controlador principal y esclavo	92
4.5.3	Indicador y Panel Visualizador	93
4.5.4	Trayecto del Flujo de la señal Visual	94
4.5.5	Trayecto de la señal de Audio	95
4.5.6	El Bus de Interfase y el de Protocolo	97
4.5.7	Redes de salida del Transmisor	98
V.	DESARROLLO TECNICO DEL PROYECTO	99
5.1	Criterios para la Selección del Equipo a Utilizar	99
5.1.1	El Equipo Terminal	100
5.1.2	Selección del Módem	101
5.1.3	Del Circuito Acoplador	104
5.1.4	Del Equipo Transmisor y Receptor de Microonda	105
5.2	De la Interconexión de los Equipos	107
5.2.1	De la conexión entre la Computadora y el Módem	107
5.2.2	De la conexión del Módem y el Circuito Acoplador	108

5.2.3 De la conexión entre el Circuito Acoplador y el Transmisor de Microonda.....	109
CONCLUSIONES.....	110
RECOMENDACIONES.....	112
APENDICE A	113
RECOMENDACIONES PARA EL ENLACE DE MICROONDA.....	113
ABREVIATURAS.....	129
ANEXOS TECNICOS.....	130
BIBLIOGRAFIA.....	134

INDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1.1 Esquema Básico de la Implementación del Proyecto.....	19
Figura 2.1 Canal de Comunicación de datos típico.....	25
Figura 2.2 Terminales de Video.....	28
Figura 2.3 Teléfono de de teclas.....	30
Figura 2.4 Componentes de un Sistema de Comunicación de Datos.....	32
Figura2.5 Modo de Operación de Sistemas de Comunicación de Datos.....	37
Figura 2.6 Códigos de Transmisión.....	41
Figura 2.7 Modulación de Sistemas de Datos.....	44
Figura 3.1 Sistema de Módem FSK.....	51
Figura 3.2 Modulación AFSK.....	58
Figura 3.3 Asignación y niveles de frecuencia para un módem FDX asíncrono de baja velocidad.....	59
Figura 3.4 Diagrama de bloques de un Módem Síncrono típico.....	61
Figura 3.5 Diagrama de bloques de un Transmisor de módem.....	62
Figura 3.6 Diagrama de bloques de un módem Receptor.....	64
Figura 3.7 Módem FSK MC145450 de 1200 baudios.....	72
Figura 3.8 Diagrama de bloques del módem MC6172/MC6173 de 2400 baudios.....	73
Figura 4.1 Equipo terminal.....	75
Figura 4.2 Software SENTRY.....	76
Figura 4.3 Bargraph Meter Screen.....	78
Figura 4.4 Sistemas de alarmas.....	79
Figura 4.5 Aural Information Screen.....	80

Pág

Figura 4.6 Confirm ON Screen.....	81
Figura 4.7 Interfase RS-232 C.....	82
Figura 4.8 Conector DB-25.....	83
Figura 4.9 Esquema de conexión DTE/DCE.....	86
Figura 4.10 Sistema de Visibilidad.....	90
Figura 4.11 Transmisor de TV HARRIS.....	91
Figura 5.1 Diagrama de bloques.....	99
Figura 5.2 Esquema del proyecto.....	100
Figura 5.3 Circuito módem y acoplador.....	103
Figura 5.4 Circuito acoplador.....	104
Figura 5.5 Diagrama de bloques del equipo Transmisor y Receptor de Microondas.....	106
Figura 5.6 Conexión circuito módem/circuito acoplador.....	108
Figura 5.7 Conexión Circuito Acoplador-Equipo Tansmisor de Microonda.....	109
Figura A-1 Antena Parabólica.....	116
Figura A-2 Comportamiento de las Zonas de Fresnel en la atmósfera.....	122

INDICE DE TABLAS

	Pág
Tabla 2.1 Cuadro de estandares CCITT.....	35
Tabla 2.2 Código EBCDIC de 8bits.....	36
Tabla 3.1 Circuito de interfaz ETD-módem síncrono.....	66
Tabla 4.1 Especificaciones de la RS-232	84
Tabla 5.1 Frecuencia vs. Velocidad.....	101
Tabla 5.2 Comprensión 8 a 1.....	101
Tabla 5.3 Pines seleccionados de la RS-232.....	107
Tabla 5.4 Pines de conexión DB-25 / MC145450.....	107
Tabla A-1 Recomendaciones del CCIR para Bandas de Microonda.....	124
Tabla A-2 Enlace Bellavista-Pichincha.....	125
Tabla A-3 Enlace Pichincha-Bellavista.....	126
Tabla A-4 Características Técnicas del Transmisor de Microonda.....	127
Tabla A-5 Características Técnicas del Receptor de Microonda.....	127
Tabla A-6 Características Técnicas antenas Pichincha.....	128
Tabla A-7 Características Técnicas antenas Bellavista.....	128

INTRODUCCION

En la actualidad, el desarrollo de la electrónica y de programas informáticos, ha permitido que los sistemas de comunicación presenten una gran diversidad de aplicaciones que van orientados a optimizar y automatizar los recursos que posee la industria, la empresa o el usuario.

En algunas ocasiones no es necesario implementar completamente nuevos sistemas de comunicaciones sino más bien optimizar los recursos existentes, bajo estas consideraciones el presente proyecto analizará la forma de establecer la interacción entre un equipo terminal al que se le ha instalado un software que tiene la capacidad de verificar el estado de operación de un transmisor de televisión así como de su señal emitida el mismo que se encuentra aproximadamente a seis kilómetros del equipo terminal sin medio físico que los enlace.

Para el proyecto se ha considerado el radio enlace de microonda como el medio o el canal para el enlace entre los equipos.

En los capítulos interiores se detallará el planteamiento del problema que deseamos resolver así como se presentará una solución técnica al mismo.

CAPITULO I

GENERALIDADES Y DESCRIPCION DEL PROYECTO

1.1 GENERALIDADES

El continuo desarrollo de la tecnología y junto con la imperiosa necesidad de poder emitir una señal de alta calidad, además del grado de competencia que existe por mantenerse en la cúspide obliga a los medios de comunicación a esforzarse en modernizar todas sus áreas, y especialmente su parte técnica. Debido a lo anterior algunos estudios de Televisión tienen ubicado sus equipos transmisores en sitios que les permiten una mayor cobertura en la irradiación de su señal.

Ante estas circunstancias las empresas de Televisión optan por controlar y monitorear sus equipos de transmisión de la manera más eficiente posible, en la mayoría de los casos se apoyan con programas informáticos compatibles con el hardware del equipo transmisor, lo que ha permitido una mayor automatización del sistema.

1.2 ASPECTOS INTRODUCTORIOS DEL PROYECTO

El presente proyecto trata de describir los inconvenientes que una empresa de Televisión posee al no tener su equipo transmisor dentro de sus instalaciones, tales inconvenientes se enmarcan básicamente en el control y monitoreo de la señal que emite dicho equipo.

1.2.1 PLANTEAMIENTO Y RECONOCIMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa de Televisión ECUAVISA canal 8 de Quito, tiene sus instalaciones de Estudios localizadas en el cerro Bellavista cuya ubicación geográfica es la siguiente: Longitud $78^{\circ} 28' 24''$ W, Latitud $0^{\circ} 11' 22''$ S y a una altura de 2912 m, y a una distancia de 6Km aproximadamente está ubicado su transmisor de Televisión marca Harris, específicamente en el cerro Pichincha, cuya localización geográfica es: Longitud $78^{\circ} 31' 19''$ W, Latitud $0^{\circ} 10' 12''$ S y a una altura de 3633m.

Básicamente necesitamos establecer un monitoreo de las condiciones en que opera el transmisor de Televisión que irradia señal en la ciudad de Quito, y que debido a su ubicación y distancia de las instalaciones de los Estudios de Ecuavisa representa un serio problema de tiempo llegar a él.

Los parámetros a los cuales vamos a controlar y monitorear son: el excitador, la potencia incidente, la potencia reflejada, la fuente de alimentación, los módulos, entre otros. Estos parámetros en algún momento se verán afectados debido a factores tales como variaciones de voltaje, temperatura, etc.

1.2.2 CONSIDERACIONES PRELIMINARES A LA SOLUCION DEL PROBLEMA

Frente al problema descrito previamente, se ha creído necesario hacer un ordenamiento de los recursos técnicos que posee la empresa. Específicamente concentramos nuestro esfuerzo en el transmisor de Televisión el cual presenta la ventaja de ser controlado por un Software llamado SENTRY, el mismo que puede ser instalado y operado desde una computadora para el usuario, la cual mostrará en pantalla los parámetros que fueron mencionados en la sección 1.2.1 con relación al transmisor.

Todo nos hace apuntar a la necesidad de armar un enlace de datos entre los puntos Bellavista y Pichincha que es donde se encuentren ubicadas las instalaciones del Estudio y del Transmisor de Televisión respectivamente.

Para hacer factible el enlace de datos, nos hemos valido de un canal de reserva de audio que forma parte de la Microonda de Servicio existente entre los puntos anteriormente mencionados .

¿ Por qué usamos la infraestructura de la microonda entre Bellavista y Pichincha como medio de Transmisión?

En términos generales uno de nuestros objetivos es brindarle al cliente una solución eficiente y que además minimice los costos de inversión en cuanto a la solución del problema.

Bajo estas consideraciones, hemos creído conveniente no dedicar una infraestructura solamente para el enlace de datos la cual aumentaría los costos , y el tiempo de la implementación del proyecto. Es por éste motivo que se ha utilizado como medio de transmisión para nuestro enlace de datos , uno de los canales libres de la microonda existente y que pertenece la empresa ECUAVISA canal 8 Quito, logrando con esto mayor eficiencia. En la sección siguiente presentamos un esquema básico del proyecto.

1.2.3 DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

A continuación presentamos un diagrama sobre como se estructura la implementación del proyecto

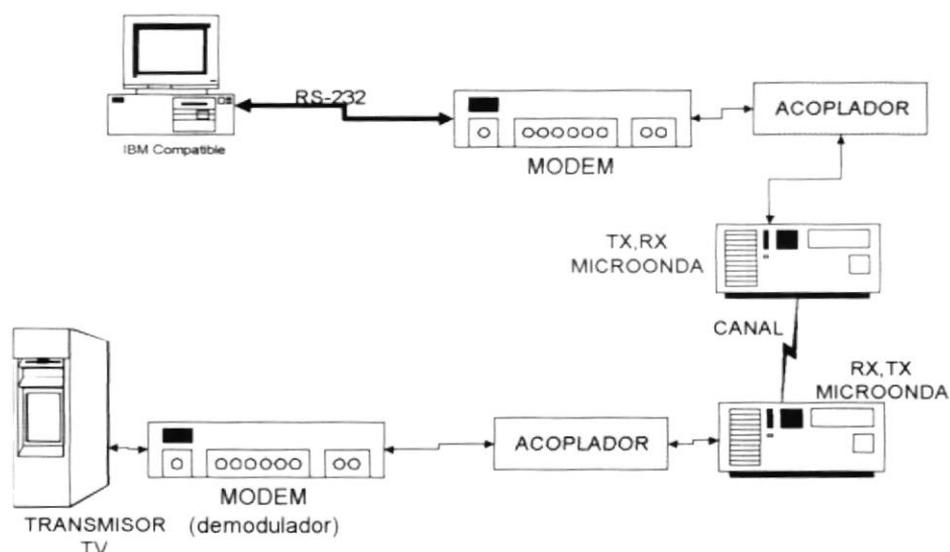


Figura 1.1 Esquema Básico de la Implementación del Proyecto

Para el diagrama anterior nuestro equipo fuente se refiere a un computador o equipo terminal de datos de características mínimas a una IBM PC-AT. Este equipo irá conectado a un módem externo mediante una interface RS-232 con un conector DB.25, a su vez el módem se conecta a un par de transformadores con impedancia de entrada de 600 ohmios que balancean el sistema y que en nuestro diagrama representa al acoplador de impedancia. Este acoplador con salida de cuatro hilos que llega a uno de los canales de audio del equipo transmisor de microonda. El radio enlace entre Bellavista y Pichincha es el medio por el cual viaja la señal. Una vez que la señal llega al transmisor de microonda, esta pasa al acoplador y de allí al módem (demodulador) el cual está en comunicación con el transmisor de televisión. Como se observa la comunicación del sistema se realiza en modo full-dúplex, lo que significa que el proceso se va a repetir de manera inversa.

CAPITULO II

COMUNICACION DE DATOS, FUNDAMENTOS TEORICOS

2.1 ASPECTOS GENERALES

La comunicación de datos es el proceso de comunicar información en forma binaria entre dos puntos. En algunas ocasiones se suele denominar comunicación informática porque en la actualidad la mayor parte de la información que se intercambia es entre ordenadores o entre ordenadores y sus terminales (periféricos). Los datos pueden ser tan sencillos como los símbolos binarios 1 o 0, o tan complejos como los caracteres representados por las teclas de una máquina de escribir. El canal de comunicación propiamente dicho puede ser un cable, un enlace de radio, una línea telefónica de la red pública conmutada o incluso una transmisión óptica.

En la actualidad las comunicaciones de datos han adquirido gran importancia tanto a nivel empresarial como a nivel doméstico. En este capítulo comentaremos los puntos básicos, tipos de sistemas, códigos, modos de operación, interconexión con la red telefónica pública y transmisión simultánea de los sistemas de comunicación de datos.

2.2 PUNTOS BASICOS DE LA COMUNICACION DE DATOS

El desarrollo de la comunicación de datos está ligada a la evolución de la tecnología de las comunicaciones y de la informática, que en conjunto agilitan la transmisión de los datos a ordenadores desde puntos lejanos.

Podemos definir a la *Comunicación de datos* como el movimiento de datos codificados de un punto a otro a través de los sistemas de transmisión eléctrica,

incluidos cables metálicos, radio y sistemas ópticos. Las características de un sistema de comunicación moderno de datos se centran en dos:

- Los datos deben traducirse a un código especial para su transmisión.
- El código traducido debe transmitirse por medios electrónicos .

La comunicación de datos implica alguna forma de proceso, ya sea antes o posterior a la transmisión. Básicamente el término *datos* hace referencia a cualquier representación sea literal, numérica o data a la que se le puede atribuir un significado. El propósito de la transmisión de datos es entregarlos a la parte de recepción.

En un sistema de comunicación de datos un requisito fundamental es tener capacidad para transmitir impulsos rectangulares a velocidades de 100-500.000 impulsos por segundo(ips). Existen tres formas típicas de direccionar la transmisión de los datos, así cuando se transmite sólo en una dirección se dice que estamos en modo *simplex*, si la dirección es alternativa o sea en cualquier dirección estamos en modo *semidúplex*, o simultáneamente en ambas direcciones se lo conoce como *dúplex* con el menor índice posible de error.

Debemos recalcar que en el ciclo de proceso de datos, éstos deben recopilarse y llevarse a la unidad de tratamiento antes de poder procesarlos; y en la misma línea, antes de utilizar los datos procesados, deben transmitirse al usuario.

2.3 SISTEMAS DE TRANSMISION DE DATOS

El objetivo de los sistemas de transmisión de datos es proporcionar un flujo de información más rápido reduciendo el tiempo dedicado a la recopilación y distribución de datos. Las redes de comunicación de datos suministran las facilidades para el uso de ordenadores centrales ofreciendo posibilidades de

comunicación de mensajes - el encaminamiento de mensajes entre tres o más lugares utilizando las técnicas de conmutación de circuitos o de almacenamiento y envío. La conmutación entre ordenadores y sus terminales remotos normalmente se produce con mayor rapidez de la que utiliza el operador para introducir los datos en el teclado. Los caracteres individuales, que constan de una serie de bits, pueden transmitirse en paralelo o en serie. En cuanto a la transmisión en paralelo a distancias cercanas, por ejemplo entre una computadora y una impresora suele utilizarse hilos individuales, uno por bit. En cuanto a la transmisión en paralelo a distancias extensas, a cada bit se le asignan frecuencias. En el receptor se detectan las frecuencias individuales, y su presencia o ausencia es indicativo de una situación 1 o 0 binario del bit en particular.

Para la transmisión en serie, se requiere cinco, siete u ocho bits en serie para la transmisión de un carácter. Si se incrementa la velocidad a la que se transmiten éstos bits es posible conseguir la misma velocidad de transmisión que con el método de frecuencias independientes en paralelo. Los sistemas de transmisión tienen una amplia gama de aplicaciones, pero se diferencian en su funcionamiento. El sistema utilizado viene determinado por las necesidades de información que requiera el usuario. Estas necesidades incluyen los siguientes factores:

1. La cantidad de datos que se va a transmitir.
2. **El tiempo de respuesta** (el intervalo entre la introducción de los datos y la respuesta del sistema a dicha introducción).
3. **El tiempo de entrega** (el tiempo desde el inicio de la transmisión en el terminal transmisor hasta el final de la recepción en el terminal receptor, donde los datos fluyen sólo en una dirección).
4. Los tipos de datos de entrada y el proceso de almacenamiento empleado.
5. El emplazamiento geográfico de los usuarios del sistema.

Hay dos tipos básicos de sistema de transmisión de datos: “offline” y “online”.

2.3.1 EL SISTEMA “OFFLINE”

Un sistema *offline* transmite datos que no requieren respuesta inmediata o ningún tipo de respuesta. El término offline significa que los datos no se transmiten directamente al ordenador, si no que se almacenan en cintas magnéticas, disco o tarjetas para procesarlos posteriormente.

La mayoría de los sistemas “offline” utilizan técnicas de proceso por lotes, mediante los cuales los registros de entrada se recopilan en su forma física original (tarjetas de control de tiempo, facturas, informes y documentos similares) se acumulan durante un cierto tiempo y se pasan a un soporte de entrada que el ordenador pueda leer. A continuación, los registros se envían a la sala de ordenadores en grupos o lotes, en donde son leídos o almacenados por el ordenador principal. Se procesan en lotes y la salida se transmite a una área de almacenamiento, un terminal, o se imprimen como un lote.

En el proceso por lotes a distancia, llamado *entrada de trabajos a distancia*, los datos se recopilan en lugares lejanos y se transmiten periódicamente a través de terminales de entrada/salida (E/S) por líneas de comunicación a un sistema informático central. Los datos pueden transmitirse “offline” a una unidad de almacenamiento auxiliar y guardarse para ser introducidos en el ordenador en un momento programado. Una vez procesados los datos, la salida se transmite de nuevo al usuario, que se encuentra en el mismo terminal a distancia.

El proceso por lotes “offline” es comparativamente barato. Se utiliza cuando no se requiere información al instante. El carácter de previsibilidad de los recursos para el proceso por lotes permite una programación mejor del tiempo de ordenador; así pues, este sistema resulta eficaz y económico para aplicaciones repetitivas y rutinarias.

2.3.2 EL SISTEMA “ONLINE”

En los sistemas “*online*”, los dispositivos o subsistemas se conectan directamente al ordenador y los datos fluyen directamente entre el terminal y el ordenador. La transmisión de comunicaciones “online” puede hacerse por lotes o en tiempo real. El *proceso en tiempo real* se lleva a cabo a medida que el operador introduce los datos, es decir, la salida se recibe con suficiente rapidez como para que afecte a la toma de decisiones. Aunque el rápido tiempo de respuesta de los sistemas “online” en tiempo real es una gran ventaja, en general el tiempo real significa que la transmisión de datos requiere una respuesta inmediata.

2.4 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACION DE DATOS

Los sistemas de comunicación de datos son redes de equipos y dispositivos organizados para transmitir datos desde un lugar a otro, normalmente desde un ordenador o terminal a otro. Los datos se transmiten en forma codificada por equipos de transmisión electrónica. En esta sección veremos el software básico, controles y procedimientos de la comunicación de datos y su descripción de funcionamiento conjunto como un sistema integrado de comunicación de datos.

Descripción de un sistema básico

Los tres componentes esenciales comunes a todos los sistemas de comunicación de datos puede verse en la figura 2.1. En términos de comunicación sencillos, tenemos la fuente (el transmisor, u origen, de la información), el medio (el canal, o la vía a través de la cual fluye la información) y el receptor (destino de la información). La fuente y el receptor en los sistemas de comunicación bidireccionales como éste pueden intercambiarse los papeles, es decir, el mismo equipo puede transmitir o recibir datos.



Figura 2.1 Canal de comunicación de datos típico

Los terminales a distancia son la fuente del sistema. Normalmente son dispositivos con teclados similares a los de las máquinas de escribir que se utilizan para la introducción de datos. Los terminales a distancia pueden estar en distintos departamentos, o incluso en distintas localidades que la unidad central de proceso(UCP). El *medio* del sistema es el enlace de comunicación, el equipo que enlaza los terminales a distancia con la UCP. El medio puede ser físico o aéreo tales como: hilos, radio, cable coaxial, microondas, satélite o haces luminosos. El medio de comunicación más utilizado es la línea telefónica conmutada ya sea alquilada o pública. El *receptor* del sistema es el ordenador que recibe y procesa los datos.

2.4.1. EL EQUIPO TERMINAL DE DATOS

El equipo terminal de datos (ETD) es un ordenador o terminal de datos que suministra una salida de datos en forma de señales digitales. Puede comprender terminales, como teletipo o pantalla de rayos catódicos, pero también puede ser un ordenador personal, impresora, unidad de comunicaciones para grandes centros de proceso o cualquier otro dispositivo que pueda transmitir o recibir datos. El equipo terminal de datos puede ser la fuente, el receptor o ambos. La información enviada entre los puntos del sistema puede ser utilizada directamente por el ETD o éste puede procesar y visualizar la información de manera que sea útil para el usuario, como es el caso del ordenador que estamos usando en el proyecto, mediante el

cual manipulamos por teclado las *señales de control* del software para averiguar como está operando el equipo transmisor de televisión.

Queda claro que el equipo terminal hace referencia a cualquier dispositivo con capacidad para entrar o salir del canal de comunicación que se utiliza, por lo que los terminales proporcionan por decirlo así el punto de conexión entre el usuario y los sistemas informáticos para poder introducir o extraer datos, así como una forma adecuada y directa de intercambio de datos. Los terminales reciben los datos de entrada en forma codificada y los transforman en señales eléctricas en forma de impulsos para transmitirlos al ordenador. De modo similar, los terminales en el punto de recepción transforman los impulsos eléctricos en caracteres comprensibles por el usuario. Así pues, los terminales hacen las veces de dispositivos de traducción de códigos de comunicación. Las señales eléctricas se envían por un canal de comunicación(medio) hasta un teletipo de recepción(receptor), donde recuperan su forma original .

Terminales de Teclado

El más utilizado es el *terminal de teclado*. Similar a una máquina de escribir, normalmente tiene un teclado alfanumérico estándar con teclas de funciones especiales para poder controlar la transmisión, tales como “avance de línea” o “señal de alarma”. Los terminales de teclado se utilizan en líneas telefónicas públicas o privadas de baja velocidad. Funcionan en dos direcciones preestablecidas: envío y recepción. En el modo de envío, los controla un operador, en el modo de recepción, su control es mediante una UCP u otro operador en una máquina distante.

Hay dos tipos de terminales de teclado: 1) los que están continuamente “online” y 2) a los que se accede por marcación manual. Una UCP puede interrogar selectivamente(polling) a ambos terminales para comprobar si hay alguna solicitud de transmisión.

Terminales de Video

Los terminales de video constan de un teclado y un tubo de rayos catódicos(TRC), un dispositivo de video similar a una pantalla de televisión. El teclado es el medio de entrada, el operador puede introducir los datos y órdenes de control que dirigen la operación del ordenador. El TRC ofrece una *visualización transitoria*, es decir, una representación visual sin copia permanente. Los terminales de video con impresoras incorporadas permiten al operador realizar una copia impresa, es decir, permanente.

Las unidades de video son dispositivos de alta velocidad, puesto que la salida de datos no reduce su velocidad como cuando se imprimen en papel. Estos terminales son especialmente útiles cuando se necesita un acceso rápido a los datos de un lugar lejano. Se utilizan en sistemas de reservas de billetes de avión, para determinar la disponibilidad de plazas en los vuelos; en establecimientos hoteleros para determinar la disponibilidad de habitaciones; en agencias de bolsa, para transmitir las cotizaciones del mercado de valores, y en las compañías de seguros, para acceder y actualizar las fichas de los asegurados.

Un tipo especial de terminal de video es el terminal gráfico, que no sólo puede visualizar letras del alfabeto y números, sino también imágenes gráficas. Estos terminales emplean una tecnología matricial, en la que están conectados muchos puntos muy juntos para dibujar líneas y trazar datos gráficos. Los terminales de video gráfico aceptan datos desde un teclado, una tabla digitalizadora o un lápiz óptico(instrumento electrónico de dibujo que tiene una célula fotoeléctrica en el extremo que permite al usuario “dibujar” gráficos directamente en la pantalla). En la figura 2.2 se puede observar un ejemplo de terminales de video.

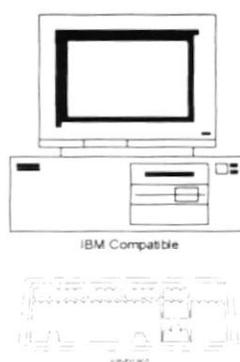


Figura 2.2 Terminales de video

Terminales de Transacción

Los terminales de transacción están diseñados para aplicaciones industriales específicas, como bancos, tiendas de minoristas o supermercados. En el sector bancario, los terminales de transacción se usan para actualizar las libretas de depósitos de los clientes y otros datos. También se utilizan “online” para operaciones bancarias fuera del horario de atención al público y para procesar las peticiones de los clientes.

Los terminales de transacción utilizados en las líneas de caja de los supermercados tienen capacidad para explorar o leer los códigos de barras impresos en los artículos. A medida que los productos pasan por un punto de detección, un dispositivo de lectura o un lápiz óptico lee los códigos y prepara simultáneamente el tique de caja para el cliente, registra la venta y actualiza el inventario del almacén. Los terminales de transacción pueden ser manejados fácilmente por personas con escasos conocimientos técnicos. Se han convertido en parte integrante de las operaciones comerciales porque ayudan a incrementar la productividad y a controlar los costos de los diferentes productos comerciales.

Terminales Inteligentes

Los primeros tipos de terminales, como los TTY, como dispositivos de entrada y salida de datos; no llevan a cabo procesos, edición o almacenamiento intermedio. Dichos terminales siguen utilizándose en determinadas aplicaciones, como el simple registro de transacciones. Debido a sus limitadas posibilidades, a veces se denominan terminales simples.

El desarrollo de la tecnología de los microprocesadores posibilitó la incorporación de alguna función de proceso en los dispositivos periféricos(auxiliares) que incrementa enormemente su utilidad. Los terminales de ordenador equipados con microprocesadores se llaman **terminales inteligentes** . Varían en cuanto a su capacidad de proceso. A medida que aumenta la capacidad de estas máquinas, el terminal puede llevar a cabo un mayor número de operaciones, reduciendo la carga de la unidad central. Los terminales más avanzados se han convertido en pequeños ordenadores por sí mismos y a menudo pueden funcionar independientemente del ordenador principal.

Terminales Especializados

Dos de los tipos de ordenadores más modernos son las **unidades de respuesta audible** y **los teléfonos de teclas**. Los terminales de respuesta audible son únicos en cuanto a que su salida(respuesta) es oral, no impresa o visual. El dispositivo de entrada puede ser un teclado o un teléfono. En las unidades de respuesta audible, el ordenador lleva un sintetizador incorporado que le permite convertir sonidos pregrabados en palabras inteligibles. Aunque algunas voces electrónicas presentan características de baja fidelidad similares a las de los robots, la calidad de las unidades de respuesta audible es equivalente a la de la voz humana. Esta respuesta sintetizada no debe confundirse con la de un contestador automático que transmite un mensaje grabado.

La respuesta de un terminal audible está destinada a un tipo específico de servicio de mensajes. Se unen mensajes a partir de fragmentos sonoros (llamados fonemas) para reproducir una respuesta a una petición específica, como la solicitud de un número de teléfono a una oficina de información. En este proceso, el operador del servicio de información encuentra el número solicitado y señala con un lápiz óptico el número visualizado en la pantalla de TRC. A continuación, el operador libera la llamada y la unidad de respuesta audible sintetiza el mensaje (en este caso, el número de teléfono solicitado) y lo transmite al cliente que está esperando en la línea. La combinación de operadores humanos y unidades de respuesta audible supone un gran ahorro de esfuerzos humanos, mejorando así la productividad.

Los teléfonos de disco giratorio en general no se utilizan para la transmisión de datos porque este disco no puede usarse como terminal de entrada, ya que sólo se emplea para establecer la llamada aprovechando los impulsos que genera en forma digital. Así, pues, una vez establecida la conexión, los impulsos del disco carecen de utilidad.

El teléfono de teclas se ha venido utilizando para comunicaciones de voz; su uso como terminal de entrada para la transmisión de datos es relativamente nuevo. Su amplia difusión lo hace especialmente útil. Un teléfono de teclas tiene un teclado como parte del aparato, de forma que al pulsar una tecla se transmite una señal característica que representa un número que el ordenador emplea para el proceso de la operación.

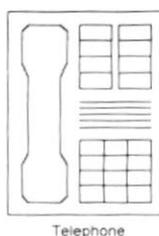


Figura 2.3 Teléfono de teclas.

2.4.2 UNIDADES DE CONTROL DE COMUNICACIONES

A medida que se añaden terminales a un sistema de proceso de datos, aumenta el número y la complejidad de las operaciones necesarias para manipularlos, incrementándose enormemente la demanda de UCP. Para aliviar la carga de dicha demanda, controlar el flujo de datos y garantizar la comparibilidad dentro del sistema, se utiliza un *procesador front-end* o *unidad de control de comunicaciones*(UCC). En la figura 2.4 vemos cómo este procesador está a la entrada de la unidad central funcionando como sistema informático auxiliar que realiza las operaciones de control de la red. Este funcionamiento libera al ordenador central de efectuar parte del proceso de datos. La mayor parte de las UCC pueden ser modulares o una combinación de componentes integrados en una o más unidades. Entre las funciones realizada por las UCC se incluyen:

1. Acceso a línea(conectando las líneas de comunicación al ordenador principal).
2. Protocolo de líneas(controlando los procedimientos de control de las líneas).
3. Traducción de códigos(traduciendo el código interno de trabajo del ordenador en códigos de comunicación).
4. Sincronización(asegurando que las señales de entrada sean compatibles con los requisitos del ordenador).
5. Llamada selectiva(llamando selectivamente a los terminales preguntando si están listos para recibir un mensaje o si tienen un mensaje para enviar.)
6. Control de errores(comprobando la precisión de los datos recibidos utilizando técnicas de paridad).
7. Encaminamiento de rutas(eligiendo una ruta alternativa para evitar el exceso de tráfico o un índice excesivo de errores).
8. Control de flujo(controlando el flujo de la señal desde la unidad de proceso hasta el destino).

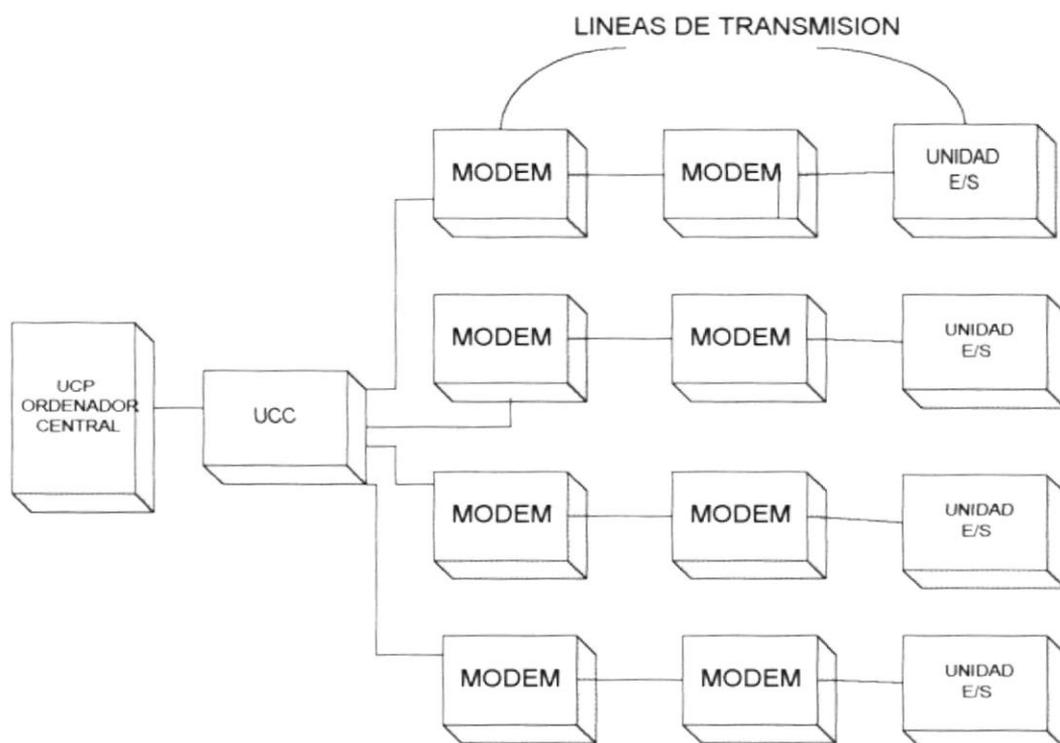


Figura 2.4 Componentes de un sistema de comunicación de datos incluyendo la unidad de control de comunicaciones

2.5 CODIGOS DE COMUNICACIÓN DE DATOS

La forma de representar la información es distinta para las máquinas que para las personas. Nosotros podemos reconocer los caracteres impresos con rapidez y seguridad por sus formas características, mientras que a las máquinas les resulta difícil. A la inversa, las máquinas reconocen claramente largas filas de elementos de **señalización** en dos estados, como marcas y espacios o unos y ceros, y las personas no pueden manejar con facilidad dichos símbolos. Por tanto, es preciso que se conviertan (codifiquen) los caracteres que reconocemos en símbolos para que las máquinas puedan interpretarlos.

Un código tiene un significado estándar que define un grupo específico de caracteres o símbolos. Los caracteres son las letras, los signos de puntuación, los

números y otros signos y símbolos de un teclado de entrada. Aunque algunos caracteres no se imprimen, son necesarios para controlar el sistema. Los símbolos son elementos de señalización es decir, representaciones de caracteres que se transmiten por las líneas de transmisión.

El uso de un dispositivo inteligente para convertir un caracter o símbolo a forma codificada y viceversa es una característica común a todos los sistemas de comunicación de datos. Los códigos binarios simplificados y estandarizados permiten la codificación y descodificación de la información por medios mecánicos o eléctricos y posibilitan la automatización de la comunicación de datos. Los códigos utilizados en los sistemas de comunicación de datos van incorporados al equipo, razón por la cual un usuario nunca tiene que tratar con los códigos, excepto al interconectar equipos de distintos fabricantes. Sin embargo, para conocer los sistemas de comunicación de datos, debemos reconocer y entender los códigos binarios básicos utilizados.

La aparición del teletipo creó la necesidad de códigos con caracteres de longitud y estructuras fijas. Se usa la abreviatura estándar TTY para representar todas las operaciones del teletipo. El código Baudot que es de 5 bits sólo puede generar 32 combinaciones, menos de las necesarias para representar los 26 caracteres del alfabeto, los diez dígitos decimales, los signos de puntuación y el carácter de espacio. Sin embargo utilizando el cambio de letras (LTRS)(cambio a letras minúsculas) y el cambio a cifras(FIGS)(cambio a letras mayúsculas), puede formarse el código para representar todos los caracteres necesarios. Además de los 5 bits por caracter, cada uno va precedido por un *bit de inicio*, que es un espacio, y seguido por un *bit de parada*, que es una marca. El bit de parada es aproximadamente 5.5 veces más largo que la marca de datos normal. Usado durante muchos años, el código Baudot de 5 bits es adecuado para cinta de papel perforado y operaciones con TTY.

Códigos Modernos

Las comunicaciones modernas necesitaron un código con muchas más prestaciones que los primeros códigos, como el de Baudot. Un código moderno:

1. Tenía que representar todos los caracteres de impresión y dejar sitio para la comprobación de errores.
2. Tenía que permitir descodificar sin depender de la recepción correcta de anteriores transmisiones.
3. Tenía que permitir la descodificación por parte de la máquina.
4. Tenía que tener capacidad de ampliación.

Alfabeto Internacional Estandar CCITT N° 2

El Comité Consultivo Internacional Telefónico y Telegráfico (CCITT), ubicado en Ginebra-Suiza, ha establecido acuerdos internacionales sobre la asignación de frecuencias y códigos, de manera que todos los sistemas que utilicen dichas asignaciones sean compatibles.

Puesto que las señales telegráficas pueden modularse y transmitirse de muchas formas diferentes, en 1961 el CCITT recomendó un cuadro de estándares para la transmisión de datos, que se puede observar en la tabla 2.1. La estandarización descrita en la recomendación era general y se aplicaba a cualquier transmisión de dos estados ya fuera en circuitos de tipo telegráfico o en circuitos de tipo telefónico, utilizando dispositivos electromecánicos o electrónicos.

Tabla 2.1 Cuadro de estándares CCITT

	Dígito 0 Señal de "arranque" en el código de arranque-parada Situación línea disponible en conmutación de télex Elemento "espacio" en el código de arranque-parada Situación A	Dígito 1 Señal de "parada" en el código de arranque-parada Situación línea libre en conmutación de télex Elemento "marca" en el código de arranque-parada Situación Z
Señalización de corriente Única similar al telégrafo	Sin corriente	Corriente positiva
Señalización de corriente Doble similar al telégrafo	Corriente negativa	Corriente positiva
Modulación de amplitud	Tono OFF	Tono ON
Modulación de frecuencia	Alta frecuencia	Baja frecuencia
Modulación de fase con fase de referencia	Fase contraria a la fase de referencia	Fase de referencia
Modulación de fase diferencial	Inversión de fase	Sin inversión de fase
Perforación en la tabla	Sin perforación	Perforación
Recomendación para la transmisión de datos de CCITT V.L. 1961 y 1964		

EBCDIC

En la tabla 2.2 vemos el Código Extendido de Intercambio Decimal Codificado en Binario(EBCDIC); es un código moderno que utiliza ocho bits para representar 256 caracteres. Fue creado por International Business Machines Corporation(IBM) para que sus propios productos tuvieran un código estándar. Aunque el EBCDIC tiene suficientes caracteres únicos como para poder efectuar casi cualquier representación, sólo lo adoptaron IBM y las empresas con equipos compatibles con IBM. Por dicha razón, el EBCDIC se utiliza casi exclusivamente para

comunicaciones *síncronas* entre unidades centrales y equipos periféricos en los grandes sistemas informáticos compatibles con IBM.

Tabla 2.2 Código EBCDIC de 8 bits

	BIT 87654321		BIT 87654321		BIT 87654321		BIT 8765432
a	10000001	u	00100101	M	00101011	1	10001111
b	01000001	v	10100101	N	10101011	2	01001111
c	11000001	w	01100101	O	01101011	3	11001111
d	00100001	x	11100101	P	11101011	4	00101111
e	10100001	y	00010101	Q	00011011	5	10101111
f	01100001	z	10010101	R	10011011	6	01101111
g	11100001	A	10000011	S	01000111	7	11101111
h	00010001	B	01000011	T	11000111	8	00011111
i	10010001	C	11000011	U	00100111	9	10011111
j	10001001	D	00100011	V	10100111	0	00001111
k	01001001	E	10100011	W	01100111		
l	11001001	F	01100011	X	11100111		
m	00101001	G	11100011	Y	00010111		
n	10101001	H	00010011	Z	10010111		
o	01101001	I	10010011				
p	11101001	J	10001011				
q	00011001	K	01001011				
r	10011001	L	11001011				
s	01000101						
t	11000101						

2.6 MODOS DE FUNCIONAMIENTO BASICOS DE TRANSMISION

En esta sección examinaremos los tres modos de funcionamiento básicos para la transmisión de datos: simplex, semidúplex y dúplex.

2.6.1 MODO SÍMPLEX

El modo simplex es el más sencillo y menos costoso de los tres. Este modo en principio fue utilizado para transmisiones telegráficas. El circuito permite la

transmisión de datos sólo en una dirección, es decir, de A a B, pero nunca de B a A, como se puede apreciar en el diagrama de la Figura 2.5 A. Hoy en día, los circuitos simplex con circuitos telefónicos bifilares se usan mucho en comunicaciones “offline”.

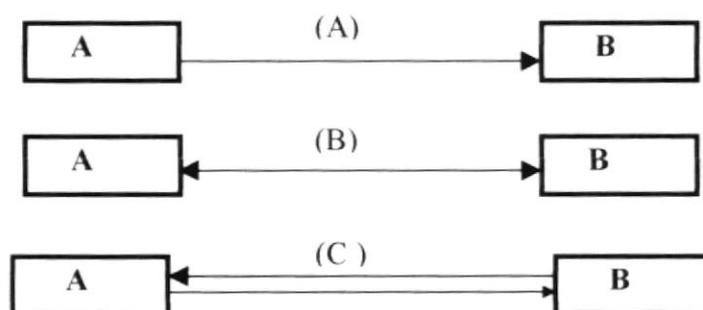


Figura 2.5 Modos de operación de sistemas de comunicación de datos.(A) Simplex.(B)Semidúplex. (C) Dúplex

Un circuito simplex algo más avanzado utilizado para el teléfono o el telégrafo es el *circuito fantasma*, en el que dos líneas telefónicas bifilares separadas se conectan mediante transformadores con toma central a cada extremo. De esta manera cada par de hilos telefónicos se utiliza para un ramal del circuito simplex. En un circuito fantasma, no hay interferencia entre el funcionamiento del teléfono y el telégrafo, pero deben usarse dos circuitos telefónicos para proporcionar un circuito telegráfico.

2.6.2 MODO SEMIDÚPLEX

En el modo de funcionamiento semidúplex(HDX), ilustrado en la figura 2.5 B, la transmisión de datos puede tener lugar en una u otra dirección, pero no ambas simultáneamente, debido a las limitaciones del equipo terminal.

2.6.3 MODO DÚPLEX

El funcionamiento de dúplex(FDX), que vemos en la figura 2.5 C, requiere dos canales de comunicación separados para que pueda producirse la comunicación bidireccional simultánea. En general, esto lo realizan los circuitos a cuatro hilos. Sin embargo, los circuitos bifilares pueden adaptarse para operaciones de FDX utilizando dos frecuencias separadas para transmisión y recepción. Esta técnica se emplea en módem bifilares FDX de 1200 y 2400 bps, y en la mayor parte de los sistemas telefónicos modernos.

2.7 EQUIPO DE TERMINACION DE CIRCUITO DE DATOS

El equipo de terminación de circuito de datos(ETCD), más conocido como equipo de comunicación de datos(ECD), facilita las funciones necesarias para establecer, mantener y terminar una conexión junto con la conversión de señales necesarias para la comunicación entre el ETD y la línea telefónica o el circuito de datos. Dicho de otra manera, el ECD es el equipo de conversión entre el ETD y el *canal de transmisión*. Un tipo de ECD es el módem, que transforma los datos en tonos para su transmisión por el canal de voz.

La interconexión ETD-ECD consta de los circuitos de E/S en el ETD y ECD y los conectores y los cables que los unen. La interconexión es conforme alguno de los estándares eléctricos como RS-232, RS-422 o RS-423 de Electronic Industries Association. La interconexión RS-232 o alguna variación de ésta,es, con mucho, la interconexión serie más utilizada en la comunicación de datos y es la que nosotros usamos en nuestro proyecto.

Las características eléctricas del canal de transmisión propiamente dicho normalmente se adaptan a las especificaciones publicadas por las compañías telefónicas u otras. El equipo utilizado para la comunicación de datos soporta una amplia gama de características de canales, liberando al usuario del control sobre el

canal de transmisión propiamente dicho. Excepto en lo que se refiere a una alta velocidad de transmisión de datos, el canal de transmisión no suele causar problemas.

2.7.1 ¿CÓMO FUNCIONA EL ECD?

El ordenador de transmisión, o ETD, envía mensajes en una secuencia de caracteres en paralelo al ECD a través de la interconexión ETD-ECD (la interconexión RS-232 utiliza de 2 a 24 hilos en paralelo). Cada carácter del mensaje se dispone en serie para la transmisión de un bit cada vez. La transmisión en serie es necesaria para un canal de transmisión bifilar y facilita la sincronización de los datos recibidos.

En el extremo de recepción del canal, se invierte cada acción del extremo de transmisión. El ECD descodifica (desmodula) las señales recibidas y extrae la información. La interconexión produce una secuencia de impulsos en serie que se ensamblan a continuación en una secuencia de caracteres y confirma al emisor la recepción del mensaje. La confirmación o acuse de recibido del mensaje hace el mismo recorrido que los datos, a excepción de que ahora el receptor pasa a ser fuente y el antiguo transmisor se convierte en receptor, demostrando la dualidad del sistema de comunicación de datos bidireccional.

Transmisión Asíncrona

En una transmisión asíncrona, cada carácter de información se sincroniza individualmente, normalmente mediante el uso de elementos de arranque y parada. Los datos asíncronos suelen proceder de terminales de baja velocidad, con velocidades de datos por debajo de 2 kilobits por segundo (kbps). En estos sistemas, las líneas de transmisión libres están en estado de marca (binario 1), como como vemos en la figura 2.6 A. Un bit de arranque (transición de marca a espacio, o binario 0) precede a cada carácter transmitido e indica al terminal de recepción que se está transmitiendo un carácter. El receptor detecta primero el bit de arranque,

arranque, después los bits de datos que conforman el carácter. Al final del carácter transmitido, uno o más bits de parada vuelven la línea al estado de marca, donde está listo para el carácter siguiente. El proceso se repite para cada carácter hasta que se transmite el mensaje completo. Los bits de arranque y parada permiten al terminal de recepción sincronizar sus circuitos con el terminal de transmisión, carácter a carácter.

La transmisión asíncrona es el método de transmisión más común en la comunicación de datos simplemente porque hay más terminales de baja velocidad que trabajan con aplicaciones de pequeños computadores. Sin embargo, hay una desventaja relacionada con el uso de bits de arranque-parada. Por ejemplo si se utilizan los bits de arranque-parada con el código Baudot de 5 bits, dos de los siete bits transmitidos son para control, no para información, se desaprovecha el 28.5%. Incluso si se emplea con el código EBCDIC de 8 bits, hay un desaprovechamiento del 20%. Por éstas y otras razones, las redes de computadoras y los grandes sistemas normalmente utilizan métodos de transmisión adicionales.

Transmisión Síncrona

Con la transmisión síncrona, un reloj interno sincroniza el transmisor y el receptor del canal de comunicación. Cuando el terminal de recepción percibe uno o más caracteres de sincronización, la transmisión de datos continúa carácter por carácter sin intervención de bits de arranque o parada. Una portadora modulada que contiene **bloque de datos, o tramas**, que podemos observar en la figura 2.6 B, se interpreta con la ayuda de un CSF(circuito de sincronización de fase) en el ECD del terminal de recepción. El CSF produce un impulso de reloj de recepción sincronizando las transiciones de los datos recibidos, y después el terminal de recepción muestrea cada bit del flujo de datos utilizando la sincronización suministrada por el impulso de reloj producido por el CSF.

La sincronización de bits depende de las transiciones entre los unos o ceros binarios en la entrada de datos serial. Por tanto, para evitar que una serie larga de

unos o ceros produzca una pérdida de sincronización de bits en el CSF, muchos ECD incluyen circuitos llamados de *aleatorización*. En el transmisor, un codificador cambia el modelo de datos para asegurar que haya suficientes transiciones; en el receptor, un decodificador recupera el modelo de datos que se enviaron originalmente.

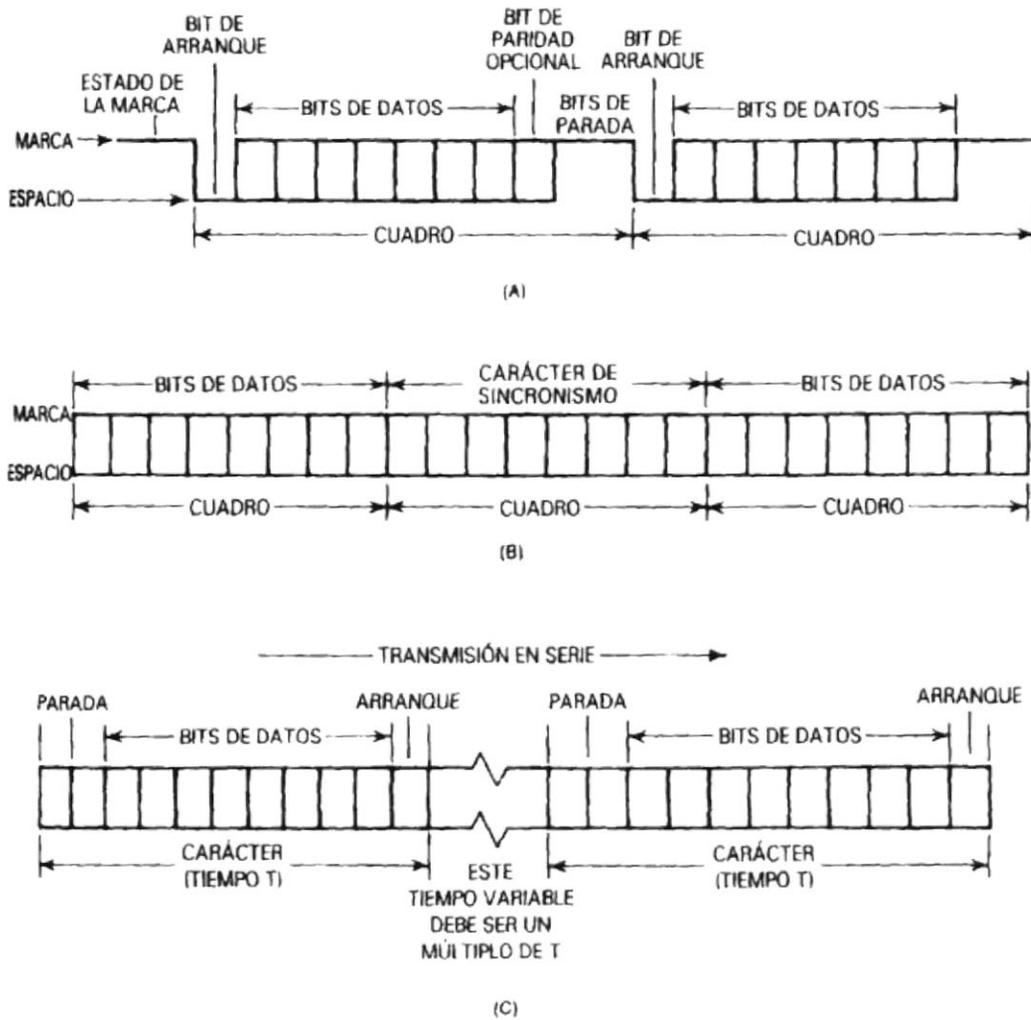


Figura 2.6 Códigos de transmisión (a) Asíncronos (b) Síncronos (c) Isócronos

2.8 MODULACION Y DEMODULACION EN LOS SISTEMAS DE COMUNICACION DE DATOS

Recuérdese que la modulación es el proceso de cambiar alguna propiedad de una onda eléctrica (la portadora, Figura 2.7A) en respuesta a alguna propiedad de otra señal (la señal moduladora, Figura 2.7B). Para transmitir señales de datos por el canal telefónico, debe cambiarse alguna propiedad de la onda portadora de entre 300 Hz y 3300 Hz, en respuesta a una señal binaria (de 0 a 1) de un ordenador. Las propiedades de la portadora susceptibles de cambio deben ser familiares; éstas son la amplitud, la frecuencia y la fase. Los tres modos utilizados para modulación en la comunicación de datos pueden verse en la Figura 2.7B a E. Cualquiera de estos métodos puede utilizarse en módem.

Modulación de Amplitud

En la modulación de amplitud, se cambia la amplitud de la portadora, en respuesta a la señal moduladora binaria. Como se observa en la Figura 2.7 C, la amplitud varía desde cero, representada por un 0 binario, hasta un valor máximo, representada por un 1 binario. El resultado es que los unos y los ceros de la corriente de datos se transforman en formas de onda análogicas que representan tonos con frecuencias en la gama de 300-3300 Hz.

Modulación de Frecuencia

En la modulación de frecuencia, que vemos en la Figura 2.7D, la frecuencia portadora cambia a una frecuencia inferior representada por un cero binario y a una frecuencia superior, representada por un 1 binario. Esta técnica a veces se denomina *modulación por desplazamiento de frecuencias* (FSK). Cuando las frecuencias portadoras utilizadas están en la banda de voz, la técnica se llama *modulación por desplazamiento de audiofrecuencia* (AFSK). Muchos módem modernos trabajan con señales de datos digitales en la gama de 45-1800 bps utilizando la técnica AFSK.

Modulación de Fase

En la modulación de fase, la fase puede representarse como la disposición relativa de dos formas de onda en cualquier momento dado de su ciclo. Como vemos en la Figura 2.7 E, la fase se cambia en cada aparición de un bit 1, pero no de un bit 0.

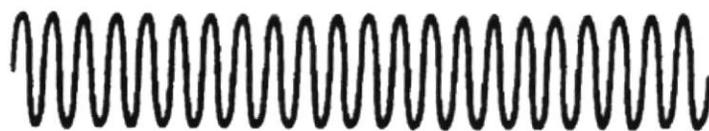
Normalmente, la fase de la señal enviada por el medio de transmisión no se evalúa en absoluto. Por el contrario, se compara con la fase relativa de la onda del intervalo anterior de bits.

Debido a que el oído humano no es muy sensible a la fase de los sonidos de voz o musical, la red telefónica no estaba diseñada para mantener las relaciones de fase de las señales enviadas a través de la misma, razón por la cual los módems de alta velocidad que utilizan modulación de fase para transportar señales de datos, normalmente contienen circuitos que compensan las perturbaciones o falta de linealidad de la red telefónica para ayudar a recuperar la linealidad de fase de la señal recibida.

Demodulación

Al igual que una portadora debe modularse para transportar los datos, debe demodularse para recuperar los datos originales. En el módem de recepción, los detectores y los circuitos del filtro sensibles a la amplitud, la frecuencia o la fase recupera los unos y los ceros binarios de la portadora modulada.

Los circuitos de cambio de nivel y de umbral de polarización recuperan la señal digital hasta niveles lógicos comunes o hasta niveles de transmisión de interconexión especiales especificados por los protocolos de señales digitales de interconexión.



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)

Figura 2.7 Modulación de señales de datos **A)** Onda Portadora(300-3000Hz)
B) Señal moduladora(secuencia de datos binarios), **C)** Modulación de amplitud,
D) Modulación de frecuencia, **E)** Modulación de Fase

2.9 SISTEMAS DE TRANSPORTE DE COMUNICACIÓN DE DATOS

En general, los sistemas de transporte de comunicación de datos ofrecen un medio para enviar señales procedentes de más de una fuente por un solo canal físico de transmisión. El ancho de banda disponible para transportar señales por un medio determinado puede clasificarse de dos formas: 1) por la frecuencia (*multiplexión por división de frecuencia*, FSK) y 2) por intervalos de tiempo (*multiplexión por división de tiempo*, MDT).

2.9.1 SISTEMA DE TRANSPORTE FSK

El principio de la FSK es sencillo: El ancho de banda total disponible se divide en porciones de ancho de banda más pequeñas, o subcanales, cada uno con su propia fuente de señales. La multiplexión por división de frecuencia se utiliza mucho en el sistema telefónico público de largo alcance (llamadas muy distantes) y también en algunos sistemas de comunicación de datos. Por ejemplo, el módem de baja velocidad estándar utiliza FSK; en este caso, el espectro de frecuencias de los canales de voz disponibles se divide en dos partes, una para transmitir y otra para recibir.

Los sistemas electrónicos que emplean FSK se llaman *sistemas de transporte analógico*. En éstos, la portadora es una señal generada por el sistema que modula la señal que contiene la información que se va a transmitir.

2.9.2 SISTEMA DE TRANSPORTE MDT

Los sistemas electrónicos que emplean MDT se denominan *sistemas de transporte digital*. La señal original puede ser una onda analógica (como las señales de voz de la red telefónica) que adquiere forma binaria para la transmisión; o puede estar ya en forma binaria (como la señal de un equipo de datos o un ordenador).

La multiplexión por división de tiempo utiliza la técnica de dividir la capacidad total de un canal de transmisión entre varias fuentes de señales independientes, asignando un período de tiempo muy corto del canal para cada señal de forma iterativa. Se adapta bien a las señales digitales (binarias) que constan de impulsos que representan un 1 o un 0. Estos impulsos pueden ser de muy corta duración sin dejar de representar la información deseada. Por tanto, el MDT se utiliza en sistemas de transporte digital porque pueden introducirse grandes cantidades de bits en los muy cortos espacios de tiempo asignados a cada una de las diversas fuentes de señales.

CAPITULO III

EL MÓDEM Y SU FUNCIONAMIENTO

3.1 EL MÓDEM

Como dijimos antes, la transmisión de datos entre ordenadores y sus terminales a distancia puede ser en paralelo o en serie. Cualquiera de estos métodos de transmisión necesita un modulador para codificar la información original sobre la portadora y un demodulador en el receptor para convertir la información de la portadora en la verdadera señal digital. Cada estación puede transmitir y recibir, por lo cual estos dispositivos se incorporan en una sola unidad llamada *módem*, una contracción de "modulator" y "demodulator".

3.1.1 FUNCIONAMIENTO DEL MODEM

El módem transforma la señal de entrada en señales transmisibles. Se necesitan dos módem: 1) para convertir los datos de la fuente en una forma que pueda transmitirse por líneas telefónicas y 2) para invertir el proceso en el extremo terminal. Debido a que los módem tienen capacidad para modular y desmodular, los terminales pueden alternarse como fuente y como receptor.

El módem, que consta de transmisor y receptor de AF, modula una onda de AF para transmitir datos y desmodula una onda AF de entrada. Algunos módem también pueden transformar los datos en paralelo en datos en serie durante la transmisión y los datos en serie en datos en paralelo durante la recepción.

Los módem se describen por su velocidad en baudios. La *velocidad en baudios* es la medida de la velocidad de transmisión de un código digital. Un baudio (derivado de Baudot) es: 1) una unidad de la velocidad de señalización en la transmisión de

datos; 2) una función del ancho de banda; 3) una cifra que indica el número de veces por segundo que cambia de nivel una señal; y 4) en un código de igual longitud, la velocidad de un elemento de señal por segundo.

Dicho de otra manera, la velocidad en baudios es simplemente el número de elementos de código o elementos de señalización transmitidos por segundo. Normalmente indicado en baudios, con frecuencia se representa en bits por segundo (bps).

Sin embargo, un *bit por segundo* no es exactamente igual que un baudio. Los bits por segundo son: 1) una función de la transmisión (calidad del equipo, líneas, módem) y del ruido; y 2) la medida de la verdadera velocidad de transferencia de datos de bits. Además, los *niveles* en los cuales funciona un módem pueden medirse en *dibits* o *tribits*. Por ejemplo, un módem de 2400 baudios que opere en dibits funciona a 4800 bits por segundo (dos bits en un baudio), y un módem de 3400 baudios que opere en tribits funciona a 9600 bits por segundo (tres bits en un baudio). Los bits por segundo son una función del medio por el cual se hace la comunicación. Los módem de baja velocidad estándar operan en la gama de 0-300 baudios. Otros módem funcionan a 300, 300/1200, 2400, 4800 o 9600 baudios. El funcionamiento de los distintos tipos de módem se comenta en las secciones siguientes. La forma de información original de cc por impulsos (*banda base*) transmitida por una red telefónica conmutada se filtra y amplifica en la CO antes de transmitirse más lejos. El ancho de banda (*banda de paso*) del canal telefónico más allá de la CO después del filtrado y la amplificación es de aproximadamente 300-3300 Hz. Puesto que la cc tiene cero hercios y, por tanto, está fuera del ancho de banda del canal, la transmisión de datos en su forma original como una serie de impulsos generalmente está limitada a la distancia entre el teléfono del abonado y la CO. Por tanto, la información digital no puede transmitirse directamente en la red telefónica conmutada. El uso del módem resuelve este problema.

La red telefónica está diseñada y optimizada para la transmisión de señales analógicas en la banda de voz, por lo que la función del módem es transformar la forma de banda base o impulsos de cc en formas de onda analógicas que asemejen los tonos a las frecuencias en la gama de 300-3300 Hz. Así pues, un módem de transmisión cambia las señales digitales producidas por los ordenadores en una señal analógica con una banda de frecuencia que pueda transmitirse por la red telefónica, y un módem de recepción convierte de nuevo la señal analógica en su forma original para que el ordenador receptor pueda utilizar los datos.

3.2 MODULACIÓN EN LOS MÓDEM

Hay cuatro tipos básicos de modulación que se utilizan en los módem:

1. Modulación de amplitud (AM), o modulación por desplazamiento de amplitud (ASK).
2. Modulación de frecuencia (FM), o modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK).
3. Modulación de fase (PM), o modulación por desplazamiento de fase (PSK).
4. Modulación multinivel, también conocida como modulación de amplitud en cuadratura (QAM)

Hasta cierto punto, la técnica de modulación utilizada depende de la velocidad del módem y el nivel de errores que puede tolerarse. La ASK y la FSK se utilizan principalmente en módem de baja y media velocidad (300,1200 y 2400 bps). La mayoría de los módem de 4800 bps emplean PSK, y la mayoría de los módem de 9600 bps usan QAM.

La modulación de amplitud funciona con dos niveles de amplitud constante; un nivel inferior que representa un 0 binario (o espacio), un nivel superior que representa un 1 binario (o marca). El desplazamiento entre estos dos niveles produce la ASK. Sin embargo, la ASK puede soportar ruido de amplitud, lo que puede falsear los datos.

La modulación de fase trabaja con dos fases, basándose en el principio de un desfase de 180° entre espacio y marca, produciendo así la FSK. Pero a veces resulta difícil detectar la señal de datos recibida porque no se transmite fase de referencia. Un método utilizado para solventar este problema es transmitir un impulso de sincronización de 90° junto con los datos. Este impulso de sincronización se desfasa $+90^\circ$ para una marca y -90° para un espacio, produciendo así el desfase requerido de 180° .

Este planteamiento modificado se denomina *modulación por desplazamiento de fase diferencial* (DPSK).

La modulación multinivel utiliza más de dos niveles de modulación. En efecto, este método muestrea dos bits a la vez y produce cuatro amplitudes diferentes, de ahí la designación de modulación de amplitud en cuadratura. La QAM es especialmente idónea para el funcionamiento de módem a 9600 bps.

3.2.1 MODULACIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE FRECUENCIA

La modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK) es la técnica de modulación más utilizada en módem. Emplea una frecuencia específica para representar la condición ON (1 binario) y una frecuencia distinta para representar la condición OFF (0 binario). En el diagrama simplificado de la Figura 3.1 vemos un funcionamiento típico de módem. La diferencia entre las dos frecuencias es el *desplazamiento defrecuencia*. En el módem de transmisión, los impulsos generados *modulan* (cambian) el transmisor entre las dos frecuencias FSK, dando como resultado una señal similar a FM que se transmite por la línea telefónica. Entonces el receptor utiliza un detector de FM o un CSF para diferenciar entre las dos frecuencias FSK y transformarlas de nuevo en los impulsos de datos originales.

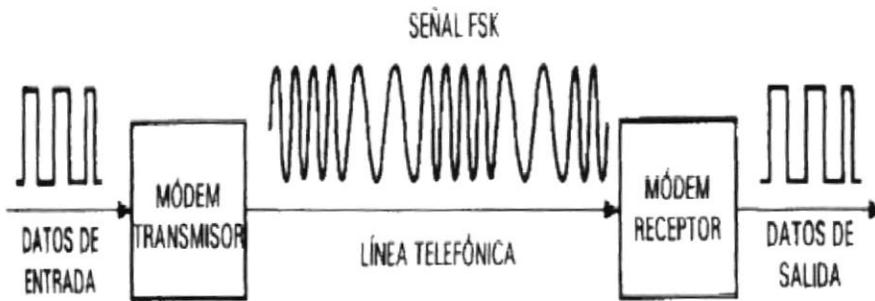


Figura 3.1 Sistema de módem FSK

Las audiofrecuencias utilizadas con módem están dentro de la gama de la línea telefónica normal, es decir, 300-3300 Hz. Dentro de esta gama son posibles muchas combinaciones de frecuencias. Una combinación estándar es de 1270Hz para la representación del 1 binario y de 1070 Hz para la representación del 0 binario, proporcionando una señal de FSK con un desplazamiento de 200 Hz.

3.3 PROTOCOLOS

A medida que aumentaron las opciones y la capacidad de proceso de los terminales de comunicación de datos, la tecnología impuso nuevas normas y procedimientos para un funcionamiento eficaz del sistema. Estos controles de comunicación, denominados *protocolos*, fueron formulados por los proveedores de equipos. Los protocolos pueden regular líneas, tipos de servicio, modos de operación, compatibilidad de circuitos o redes enteras. Esta disposición es análoga a la utilización de las normas de tráfico que controlan la adecuada circulación en las calles de las ciudades y en las autopistas.

Los primeros protocolos fueron denominados *diálogo*. Sin embargo, este término habitualmente significa que se ha establecido una conexión y que la línea de comunicación está lista para el mensaje. En el uso actual, un protocolo incluye el inicio de la comunicación y la *disciplina de línea*, un término que denota la secuencia de operaciones que implica la transmisión y recepción reales de datos.

Muchos proveedores utilizan la *disciplina de línea* y *protocolo* como sinónimos. La *invitación a transmitir* o *polling* es similar a una conversación bidireccional entre un ordenador y un terminal en la que cada uno confirma al otro el estado de un mensaje.

Detección y corrección de errores

Un problema básico del uso de recursos que se encuentran en la gama de voz para transmisión de datos es la presencia de ruido y distorsión. Los errores resultantes en la transmisión necesitan cierto mecanismo de control de errores. Aunque el asunto de la detección y la corrección de errores no tiene nada que ver directamente con el tema de los módem, siempre que se transmitan datos digitales por canales telefónicos utilizando módem, es seguro que se producirán errores. Por tanto, los sistemas y terminales de ordenadores que producen y aceptan datos deben tomar medidas para detectar y si es posible, corregir, cualquier error de datos.

Los recientes avances en el desarrollo de los módem, junto con el uso de microprocesadores, han dado lugar al almacenamiento temporal de datos, la aplicación de control de errores y la comprobación de los datos por parte del receptor. Si éste detecta un error, automáticamente solicita la retransmisión de los datos originales.

Hay una serie de métodos para detectar los errores. Las técnicas más utilizadas son la *redundancia*, es decir, información adicional además del mínimo requerido para enviar los datos originales. La información redundante está relacionada con los datos de entrada originales de forma sistemática, de manera que pueda regenerarse cuando se recibe. Si el control de errores regenerado coincide con lo que se envió junto con los datos, se supone que la transmisión no tiene errores.

Un método clásico de detección de errores es la *verificación de paridad*, que implica el uso de un solo bit, conocido como *bit de paridad*. Una descripción de la verificación de paridad nos ayudará a comprender cómo puede incorporarse la detección de errores en una estructura de codificación.

La *paridad* describe una condición en la cual el número total de bits a 1 de cada carácter es siempre par o siempre *impar*, dependiendo del sistema de paridad utilizado. Cuando se utiliza un sistema de paridad, el equipo de transmisión añade automáticamente un bit que transporta información, llamado bit de paridad, o *bit de verificación*, a los caracteres que se están transmitiendo. Esta adición permite al ordenador realizar su propia verificación de cada carácter que procesa.

La redundancia para detectar errores en grandes bloques de datos la proporciona una clase de código llamada *control de redundancia cíclica (CRC)*.

Generar un CRC para un mensaje supone dividir el mensaje por un polinomio, lo que produce un cociente y un resto. El resto, cuya longitud suele ser de dos caracteres (16 bits), se añade al mensaje y se transmite. La información añadida a veces se denomina *carácter de control de bloque (CCB)*. El receptor realiza la misma operación en el mensaje recibido y compara el resto calculado con el resto recibido. Si los restos son iguales, existen grandes probabilidades de que el mensaje se haya recibido correctamente.

3.4 INTERFASES DEL MÓDEM

Un módem tiene una interconexión simple a la red telefónica que consta de dos hilos, *L1* y *L2*. Mientras el módem cumpla con las normas de tensión, corriente, potencia y frecuencia especificados por la compañía telefónica, el canal del teléfono actúa como una tubería, utilizada para desplazar tonos analógicos de un lugar a otro. El interfaz entre el módem y el ETD resulta más complejo. El cableado está regulado por las normas de la EIA. Esta interconexión también requiere la observación de determinados procedimientos (protocolos) al establecer la comunicación

entre los dos extremos. En primer lugar, el ETD y el módem en el extremo de transmisión deben establecer comunicación uno con otro. El ETD indica al módem que desea transmitir, y este módem llama selectivamente al módem del otro extremo del circuito para comprobar si está listo para recibir. Los módem no almacenan datos, por lo que el módem de recepción debe ponerse en contacto con su ETD para comprobar si está listo para recibir. Esta comunicación entre el equipo normalmente se denomina entrada en comunicación. Una vez que el módem de transmisión sabe que el módem de recepción y el ETD está a la escucha en la línea, lo notifica al ETD de transmisión, que empieza a pasar datos al módem de transmisión para su modulación y transmisión. En el extremo de recepción, el módem de recepción desmodula la señal de entrada y pasa los datos recibidos al ETD receptor.

En transmisión semidúplex, cuando el transmisor ha terminado y quiere una respuesta del otro extremo, el canal debe "invertir la dirección". Para llevarlo a cabo, debe hacerse de nuevo gran parte de la entrada en comunicación para establecer la transmisión en dirección contraria, y esta entrada en comunicación con inversión de dirección debe producirse cada vez que cambia la dirección. En transmisión dúplex, la transmisión utiliza dos frecuencias de portadora distintas; por tanto, la entrada en comunicación solo es necesaria para el procedimiento inicial.

3.5 RESTRICCIONES DE CANALES TELEFÓNICOS EN MÓDEM

La mayoría de los canales de transmisión prácticos tienen anchos de banda limitados. Existen diversas causas para esta limitación: 1) las propiedades físicas del canal propiamente dicho; 2) la señal eléctrica, 3) el ruido añadido a la señal de información, o 4) las limitaciones deliberadas del ancho de banda para, contrarrestar interferencias de otras fuentes. Desde un punto de vista puramente económico, los sistemas de comunicación de datos deben maximizar la cantidad de datos que pueden enviarse en un solo canal.

Para las señales analógicas

Las velocidades de transmisión para la comunicación de datos que utilizan señales analógicas han experimentado un constante crecimiento a lo largo de los años. Durante mucho tiempo, los ordenadores personales utilizaron módem de bajo precio con bajas velocidades de transmisión de 300 bps. Una señal FDX de 300 bps emplea dos bandas de frecuencias, ocupando cada una 300 Hz, un total de 600 Hz del ancho de banda de 3000 Hz disponible. Esto supone un uso deficiente del canal de transmisión. Los módem a bajo precio más modernos opera a 1200 bps, cuatro veces más veloces que los primeros módem de 300 bps. Un módem FDX de 1200 bps emplea 2400 Hz del ancho de banda disponible de 3000 Hz; por tanto, se puede enviar el cuádruple de información en el mismo canal por unidad de tiempo. En los sistemas actuales, a través de complejas técnicas de proceso de señales, es posible transmitir a una velocidad de hasta 14.400 bps utilizando señales analógicas en un solo canal de voz.

Para las señales digitales

La desventaja más apreciable directamente relacionada con la transmisión de señales digitales es la necesidad de un ancho de banda mayor que el necesario para señales analógicas equivalentes. Por ejemplo, utilizando el formato de multiplexación por división de tiempo (MDT) T1 (cable de pares) estándar, la transmisión de 24 canales acústicos analógicos requiere unos 96 kHz (24 canales x 4 kHz por canal). Transmitir 24 canales de voz en forma digital utilizando el mismo formato MDT requiere unos 772 kHz, ocho veces el ancho de banda (772/96 kHz). Las ventajas de transmitir señales en forma digital compensa con mucho la necesidad de ampliar el ancho de banda:

1. La red telefónica y el equipo de Conmutación para sistemas digitales puede utilizar el mismo tipo de lógica basada en CI que los ordenadores digitales.
2. Cuando la técnica de transmisión y el sistema de conmutación son digitales, las funciones de los circuitos comunes permiten la integración de

conmutación y transmisión de forma que se eliminan muchos de los circuitos de interconexión tradicionalmente necesarios.

3. Las señales digitales son más fáciles de transmitir simultáneamente, y los filtros necesarios para separar los canales se simplifican.

4. Las señales digitales están representadas por impulsos de forma bien definida y uniforme, por lo que son fáciles de reconstruir aunque estén muy distorsionadas por el ruido.

5. Las señales digitales son muy resistentes a la diafonía.

6. Las señales pueden mezclarse; es decir, los canales de transmisión digital pueden manejar señales digitales de fuentes que no sean la voz.

Además del límite del ancho de banda, hay otra restricción del canal telefónico inherente a todos los equipos de transmisión analógica que afecta al diseño del módem. La transmisión es mejor en frecuencias próximas al centro de la banda de paso y peor en frecuencias hacia los límites superior e inferior de la banda de paso. Los módem de alta velocidad utilizan casi toda la banda de voz para un canal; por tanto, los módem de máxima velocidad de Norteamérica utilizan una frecuencia portadora de 1700-1800 Hz, porque estas frecuencias están muy próximas al centro de la banda de voz. Los módem de baja velocidad, debido a sus requisitos de ancho de banda más estrecha, pueden utilizar más de una frecuencia portadora dentro de la banda de voz y seguir funcionando en la franja "buena" de la banda.

Otra restricción del canal telefónico es que determinadas frecuencias no pueden utilizarse. La red telefónica emplea el canal de transmisión para pasar información y controlar las señales entre las centrales. Este proceso, denominado *señalización intercentrales dentro del canal o dentro de la banda*, utiliza un tono con una frecuencia dentro de la banda de voz. Un módem no puede utilizar estas mismas frecuencias porque la red podría interpretarlas como tonos de control, con desastrosos resultados para la llamada.

La razón principal de que una salida de señal digital de un ordenador no pueda conectarse directamente a una línea telefónica es la cantidad de ancho de banda

disponible para transportar señales por un solo canal telefónico, lo que a su vez está relacionado con el coste del canal. Los canales menos costosos normalmente disponibles son los de banda de voz, que han sido diseñados para transportar la señales de voz producidas por los aparatos telefónicos y cuyo ancho de banda se extiende desde 300 Hz hasta 3300 Hz aproximadamente. Esto significa que el canal no puede dejar pasar señales de frecuencia muy baja como cc, ni señales de frecuencia muy alta (por encima de 3300Hz). Las señales utilizadas en ordenadores normalmente son unipolares, y la transición del nivel 0 binario al nivel 1 binario es muy rápida, es decir, a alta frecuencia. Como resultado, las señales contienen frecuencias significativas por debajo de 300Hz, incluso una componente de cc, y frecuencias muy por encima del límite de 3300 Hz de un canal telefónico de frecuencia de voz. Puesto que el canal telefónico no transportará estas frecuencias, la forma de onda digital debe transformarse en una señal compatible con el canal y su ancho de banda; es decir, la señal debe modularse.

3.6 FUNCIONAMIENTO DE UN MÓDEM ASÍNCRONO

Los esquemas de modulación AFSK utilizados en la mayoría de los módem asincronos de baja velocidad (hasta 300 bps) pueden verse en la Figura 3.2. Como apreciamos en la Figura 3.2A, una frecuencia central F_0 de 1170 Hz se desplaza hasta 1070 Hz para un 0 binario (espacio) y hasta 1270 Hz para un 1 binario (marca) Cada vez que la corriente de bits en serie para un caracter entra en el módem de origen, la salida del módem es una señal alterna continua de 1070 Hz o 1270 Hz, dependiendo de si la entrada es 0 binario o un 1 binario. En esquema se utiliza para transmisión simplex o HDX.

Si se divide el ancho de banda disponible en dos bandas, como vemos en la Figura3.2.B, tenemos una transmisión FDX. La banda baja transporta los datos en una dirección, y la banda alta en la dirección contraria. La frecuencia central de banda baja ($F_c(\text{baja})$) es de 1170 Hz, y la frecuencia se desplaza hasta 1070 Hz para un espacio y hasta 1270 Hz para una marca. La frecuencia central de banda alta ($F_c(\text{alta})$) es de 2125 Hz, y la frecuencia se desplaza hasta 2025 Hz para un

espacio y hasta 2225 Hz para una marca. Estos pares de frecuencias se utilizan en el módem serie 103 del Sistema Bell que, debido a su uso general, se ha convertido en estándar en EEUU.

Interconexión de Sistemas

En la Figura 3.3A puede observarse el diagrama de interconexión entre los módem de origen y de respuesta en un sistema FDX. En el sistema estándar EEUU, el transmisor en el módem de origen y el receptor en el módem de respuesta funciona a una frecuencia central de 1170 Hz. El transmisor en el módem de respuesta y el receptor en el módem de origen funciona a una frecuencia central de 2125 Hz. En la figura 3.3B vemos los niveles de señal en función de la frecuencia para los dos canales.

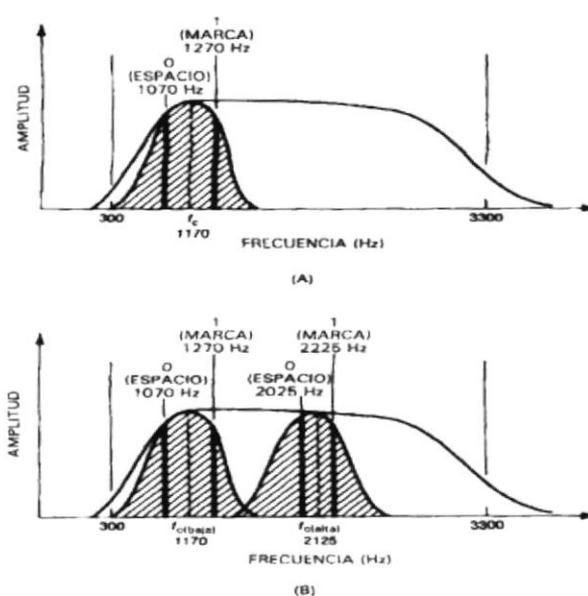


Figura 3.2 Modulación AFSK A) Simplex o Modelo de transmisión HDX

B) Modelo de Transmisión FDX

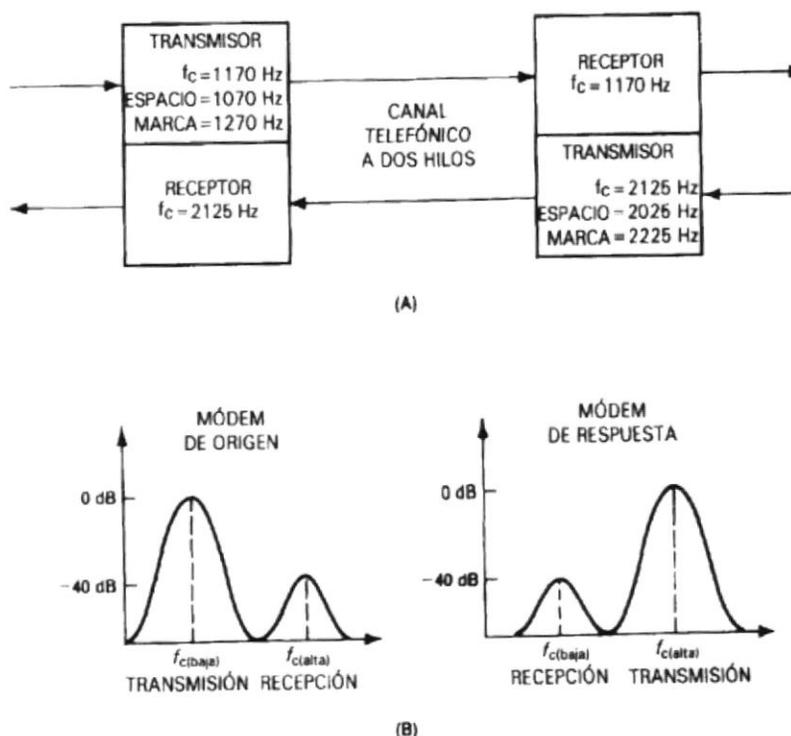


Figura 3.3 Asignación y Niveles de Frecuencia para un Módem FDX
Asíncrono a baja Velocidad

3.6.1 EL MÓDEM ASÍNCRONO DE BAJA VELOCIDAD

Para los módems asíncronos de baja velocidad la línea telefónica termina en un transformador que balancea la línea. Aunque el bobinado secundario del transformador está conectado a la salida de la parte de transmisión y a la entrada de la parte de recepción, la señal recibida no tiene efecto en la parte de transmisión. Sin embargo, la salida de transmisión podría afectar a la parte de recepción. Pero, debido a que las frecuencias de transmisión y recepción están en distintas bandas, el filtro PB de la parte de recepción impide que la señal de transmisión entre en la parte de recepción. Asimismo, el filtro PB de la parte de recepción suprime el ruido y las frecuencias parásitas que se transmiten con la señal recibida de la línea telefónica. El limitador elimina, por tanto, las variaciones de amplitud.

El detector de retardo facilita una muestra retardada de la señal, la compara con la señal recibida y produce una salida proporcional a la diferencia de frecuencia. El circuito recortador limita la parte superior e inferior de la señal detectada y produce una señal digital a la salida con los niveles de tensión adecuados para los unos y ceros binarios.

Para la transmisión de datos, la corriente de bits digitales en serie se aplica a un oscilador (FSK), que produce los tonos modulados de AF que representan los unos y ceros binarios. El filtro PB de la parte de transmisión elimina los armónicos parásitos y deja pasar la señal a través del transformador equilibrado de línea hasta la línea telefónica.

En un sistema acoplado acústicamente, no hay conexiones de cables entre el módem y la línea telefónica. Se hace una llamada telefónica al destino y se establece la conexión entre el emisor y el receptor de igual manera que en una conversación. A continuación se coloca el auricular en el acoplador acústico para la transmisión y recepción de datos.

3.7 FUNCIONAMIENTO DEL MÓDEM SÍNCRONO

Se han hecho importantes esfuerzos de diseño para fabricar dispositivos que envíen grandes cantidades de bits por unidad de tiempo a través de canales telefónicos estándar. Una de las consecuencias de este esfuerzo ha sido la señalización *síncrona*.

Con los módem asíncronos anteriormente comentados, la base de tiempos (reloj) para el receptor y el transmisor son independientes; por tanto, es cada vez más probable que las pequeñas diferencias entre los dos relojes produzcan errores en el muestreo de datos en cualquier momento. Este problema puede resolverse en los *módem síncronos* extrayendo la información temporal a partir de los datos recibidos.

La mayor complejidad y costo de los módem síncronos en comparación con los equipos asíncronos se debe a los circuitos necesarios para deducir la sincronización de los datos de entrada y enviar más de un bit en un elemento de señalización (*baudio*). Como vemos en el diagrama de la Figura 3.4, los módems síncronos constan normalmente de cuatro partes: transmisor, receptor, control del terminal y fuente de alimentación. Examinaremos las tres primeras

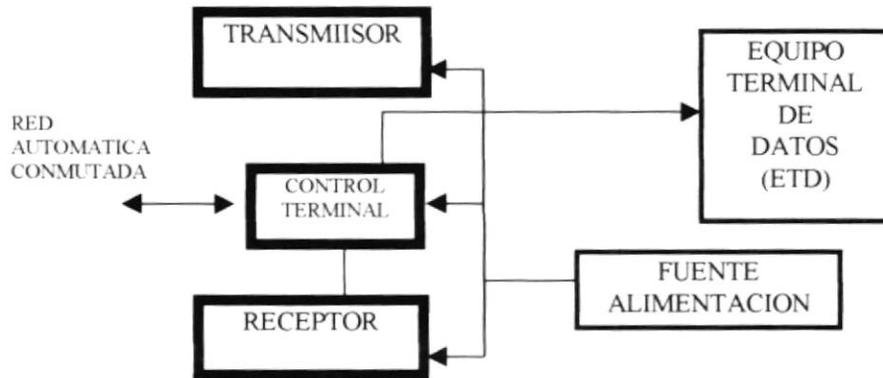


Figura 3.4 Diagrama de bloques de un módem síncrono típico

3.7.1 EL TRANSMISOR

En la figura 3.5 vemos que la parte del transmisor de un módem síncrono consta de circuitos de sincronización (reloj), codificador, modulador, convertidor de digital a analógico y equalizador. El circuito de *sincronización* ofrece la información básica temporal para el módem y el ETD que facilita los datos que se van a transmitir. La disposición de determinados circuitos requiere que sea el ETD el que suministre la sincronización de los datos a transmitir (que puede ser otro módem). En tales casos, normalmente hay una opción en el módem para sincronizar el reloj interno con la entrada de un reloj externo a través del interfaz del ETD. El reloj interno normalmente está controlado por un oscilador de cristal a aproximadamente un 0,05% del valor deseado

Debido a que el reloj del receptor se extrae de los datos recibidos, éstos deben contener suficientes cambios de 0 a 1 (y viceversa) como para asegurar que el circuito que recupera los impulsos de reloj permanezca en sincronización. En principio, el flujo de datos proporcionado por el terminal o el equipo de datos asociado puede tener cualquier secuencia. Si el flujo contiene largas cadenas del mismo valor, los datos no proporcionarán al receptor suficiente transiciones para su sincronización. El transmisor debe impedir esta situación cambiando la corriente de bits de forma controlada. El *aleatorizador* realiza esta función.

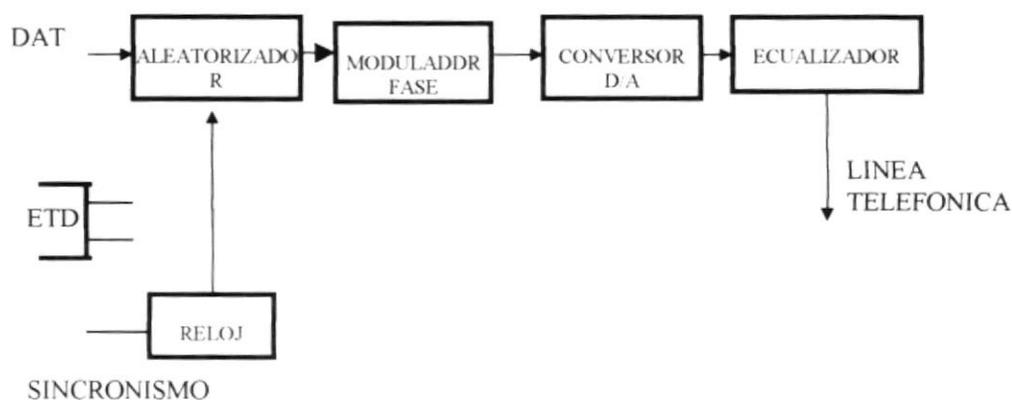


Figura 3.5 Diagrama de bloques de un transmisor de módem

Los circuitos aleatorizadores normalmente realizan las funciones de registros de desplazamiento con realimentación, que pueden acoplarse en cascada (conectarse en serie). Están diseñados para asegurar que cada posible valor de ángulo de fase tenga las mismas probabilidades de producirse para proporcionar al desmodulador del receptor suficientes cambios de fase para posibilitar la recuperación de la señal de sincronismo. Aunque la aleatorización es necesaria, incrementa el índice de error puesto que probablemente un error de un bit produzca un error en los bits siguientes. Para solventar este problema, algunos módem codifican la entrada hasta el aleatorizador en *código Gray* de manera que la mayor probabilidad de error en la desmodulación sólo produzca un error de 1 bit cuando se descodifica en el receptor. En el código Gray, sólo cambia un bit entre dos números binarios sucesivos.

La parte del *modulador* en el transmisor convierte las secuencias de bits producidas por el proceso de aleatorización en una señal analógica que representa la fase y la amplitud deseadas de la señal portadora. La frecuencia portadora, la velocidad en baudios y el número de bits representados por cada baudio son diferentes para módem de distintas velocidades. El modulador toma una determinada cantidad de bits y la traduce a un número que de la amplitud de la señal eléctrica correcta para la frecuencia y fase de la portadora en ese instante. Las técnicas de modulación son distintas en módem de diferentes velocidades y diferentes fabricantes.

La señal binaria codificada procedente del modulador llega hasta un *convertidor digital analógico* (CDA), que produce la tensión analógica real. Esta tensión, a su vez, atraviesa un filtro PB para eliminar las frecuencias fuera de la banda de voz; y después pasa a través de un circuito llamado *ecualizador* que compensa el deterioro en la calidad de transmisión de la línea.

El ecualizador del transmisor se ajusta para compensar las características nominales o medias del medio de transmisión. Compensa la distorsión de la amplitud en el medio y el problema denominado *retardo de grupo*. El retardo de grupo mide la cantidad por la cual una señal de una frecuencia viaja más de prisa en un medio de transmisión que otra señal de distinta frecuencia. El retardo de grupo normalmente se expresa en microsegundos para una frecuencia dada.

3.7.2 EL RECEPTOR

En la Figura 3.6 que presentamos a continuación podemos ver la parte del receptor de un módem síncrono, que normalmente consta de lo siguiente: ecualizador adaptable, recuperación del reloj, desmodulador, decodificador e interfaz con el ETD. El ecualizador del receptor debe compensar los errores reales introducidos por el medio de transmisión. Eso se hace utilizando un *ecualizador adaptable*, que cuantifica los errores observados en la señal recibida y ajusta algún parámetro del

circuito (normalmente la frecuencia de reloj del receptor) para hacer un lento seguimiento de los diversos cambios en la condición de la línea de transmisión.

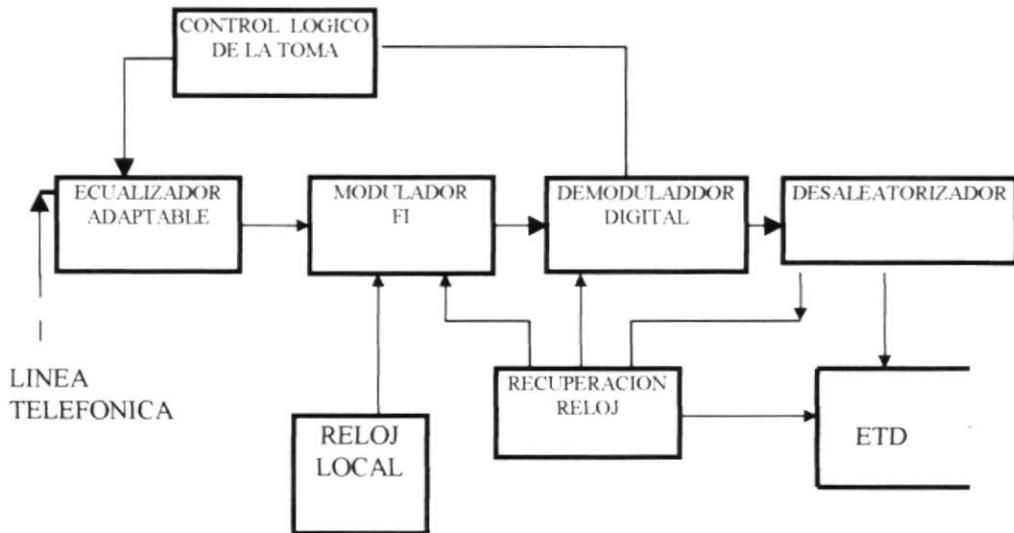


Figura 3.6 Diagrama de bloques de un módem receptor

La distorsión provocada por el retardo tiene el máximo efecto en la transmisión de una señal analógica. Debido a que las señales analógicas de distintas frecuencias viajan a diferentes velocidades a través de un medio de transmisión, y puesto que cada elemento de señalización contiene muchas frecuencias, cada elemento de señalización llega al receptor en su momento, no todos a la vez. Las frecuencias favorecidas viajan más rápidas y llegan antes que las frecuencias que han sufrido retardo. Las frecuencias adelantadas y retardadas no sólo distorsionan el elemento de señalización, sino que también producen interferencias con los elementos de señalización delante y detrás del elemento afectado. El ecualizador debe volver a unir las partes de cada elemento y contrarrestar sus efectos sobre otros elementos.

El ecualizador adaptable compensa la distorsión de retardo almacenando temporalmente la señal analógica en una línea de retardo bifurcada. Las señales proce-

dentes de esta línea bifurcada, amplificadas de distinta manera, según determine la cantidad de error detectada, se suman para formar la señal corregida.

En el receptor, la señal de entrada de la línea telefónica se modula o se cambia la frecuencia utilizando un reloj interno. La frecuencia intermedia resultante se procesa para producir la señal de reloj a la velocidad a la que realmente se están recibiendo los datos. Esta señal se aplica como referencia a un oscilador CSF. La salida de este oscilador es una señal estable sincronizada con la frecuencia de la línea de entrada tanto en frecuencia como en fase.

El funcionamiento de la parte del *aleatorizador* del receptor es contrario al aleatorizador antes descrito. Si el transmisor ha pasado los datos por el código Gray antes de la aleatorización, se transforman de nuevo a binario puro, aplicándose después al circuito de interfaz del ETD.

3.7.3 CONTROL DE TERMINALES

La parte de control de los módem síncronos deben hacer frente a dos interfaces externos: 1) la línea telefónica, en un extremo, y 2) el equipo de datos, en el otro.

Si se va a utilizar en la red telefónica pública, el módem debe:

1. Detectar la señal de llamada.
2. Facilitar la supervisión de la línea (conectando y desconectando el módem de la línea telefónica).
3. Facilitar una indicación de comunicando a la línea que entra sin interferir el equipo de la central telefónica.

En el otro extremo, debe conectarse al equipo de datos asociado o ETD. El interfaz con el ETD en la mayoría de los módem cumple con una de dos normas: EIARS-232C o la Recomendación V.24 del CCITT

La mayoría de los módem síncronos soportan los circuitos de interfaz que vemos en la tabla 3.1. Los circuitos de canales de retorno (circuitos núms. 118-122 del CCITT) sólo son necesarios en módem que tienen un canal de retorno o inversión para información de control en la dirección opuesta al flujo normal de datos. El circuito "Terminal de Datos Preparado" (circuito no. 108.2 CCITT) sólo es necesario para módem que efectúan las conexiones por marcación manual.

Tabla 3.1. Circuitos de interfaz ETD-módem síncrono

Número de circuito		Designación
EIA	CCITT	
AA	101	Tierra del equipo
AB	102	Tierra de señalización
RA	103	Transmisión de datos
BR	104	Recepción de datos
CA	105	Petición de Trásmisión
VB	106	Preparado para transmitir
CC	107	Módem preparado
CD	108,2	Terminal de datos preparado
CE	125	Detector de señal de llamada
CF	109	Detector de señal de línea recibida (portadora)
CG	110	Detector de calidad de la señal
CH	111	Detector de velocidad de la señal de datos (fuente ETD)
CI	112	Detector de velocidad de la señal de datos (fuente CD)
DA	113	Sincronismo en transmisión (fuente ETD)
DA	113	Sincronismo en transmisión (fuente ECD)
DD	115	Sincronismo en recepción (fuente ECD)
SRA	118	Transmisión de datos secundarios (canal de retorno)
SBB	119	Recepción de datos secundarios
SCA	120	Petición para transmitir por el canal de retorno
SCB	121	Preparado para transmitir por el canal de retorno
SCF	122	Detector de señales de línea (portadora) por el canal de retorno.

La señal de "Preparado para transmitir" vuelve al ETD como respuesta afirmativa a la señal Petición de transmitir, pero el módem la demora el tiempo necesario para invertir el sentido de la línea, es decir, para enviar la corriente de bits de datos requeridos al extremo distante.

Los sistemas que tienen terminales remotos a partir del módem terminal conectado a un canal principal necesitan que el módem a distancia esté sincronizado con el módem de origen.

Los módem de 9600 bps estándar normalmente tienen multiplexores internos que permiten el funcionamiento simultáneo de más de un terminal en un sólo canal. En algunas operaciones de FDX, se llevan uno o más canales a los terminales remotos del primer módem que termina el circuito. En dichos casos, la señal del reloj de todos los módem conectados al mismo canal debe sincronizarse sólo en uno de los módem. La entrada del reloj externo (circuito DA de la EIA) del circuito del módem se alimenta a partir del reloj de recepción del módem primario (circuito DD de la EIA), haciendo que los relojes de todos los módem se sometan al único módem de origen.

3.8 LOS MÓDEM MODERNOS

Los módem originales, como el Sistema Bell 103, tenían un gran tamaño. Utilizando los últimos CI, los módem modernos son mucho más pequeños. Además de su menor tamaño físico, presentan muchas características de funcionamiento adicionales, como por ejemplo:

1. Velocidad de datos conmutable de 300 a 9600 bps.
2. Marcación automática de números de teléfono.
3. Respuesta automática de llamadas de entrada.
4. Retorno de caracteres alfabéticos al ETD para informar del estado en que se encuentra la línea telefónica y la llamada que se está efectuando.
5. Detección automática del tono de respuesta procedente de un módem remota.

6. Ajuste automático de la velocidad de los datos para coincidir con la velocidad de los datos del módem remoto.

Módem integrado en un solo chip

El reducido tamaño y el importante incremento de las funciones que acabamos de comentar son el resultado de la utilización de técnicas basadas en microprocesadores y la integración de toda esta electrónica en una sola pastilla de CI. La línea telefónica está conectada a través del transformador de equilibrado de línea a la línea Analógica de Transmisión (TXA) y a la Analógica de Recepción (CVA). El interfaz del equipo terminal digital transmite cadenas de bits en serie formateados, proporcionando una entrada binaria a la línea de Transmisión de Datos Digitales (XMTD). Los datos recibidos en formato binario salen por la línea de Recepción de Datos Digitales (RCVD). La asignación de frecuencias pueden verse en la Figura 3.3A. En el módem de origen, los datos digitales se transmiten a las frecuencias de la banda baja y se reciben por las frecuencias de la banda alta. En el módem de respuesta sucede al contrario. Los datos digitales se reciben a las frecuencias de la banda baja y se transmiten por las frecuencias de la banda alta.

El chip del módem debe conectarse a la línea telefónica a través de un interfaz formado por un circuito híbrido que pasa de línea bifilar a 4 hilos y un transformador de equilibrado de línea. La protección contra las perturbaciones transitorias, el control de colgado y descolgado y la detección de la señal de timbre deben facilitarse externamente, como podemos ver. Se utiliza un cristal externo para tener un control exacto de la frecuencia del oscilador sobre el chip del módem para la sincronización. Debe suministrarse al módem una alimentación de + 12V, +5 V, -3 V y tierra.

Diálogo

Como dijimos antes, los pasos que se producen cuando dos módem se ponen en funcionamiento en los extremos de una línea telefónica suelen llamarse diálogo. El comentario que hacemos a continuación hace referencia al módem TMS99532 de un solo chip, pero el mismo procedimiento es aplicable a todos los módem asíncronos. Estos requieren conexiones similares a las de los módem síncronos, excepto en que son necesarias más señales para el control de la velocidad de sincronización y de transmisión.

1. Cada módem está conectado a un terminal y se le debe suministrar energía de alimentación. El módem de origen tiene la línea de control A/O a 1, y en el módem de respuesta se ha fijado a 0. No se hace conexión a EX1 u OSC OUT. Para un funcionamiento normal, la pastilla ALB (Analog Loop Back", Bucle Analógico de Vuelta) debe ponerse a tierra.
2. La línea de control ATE para ambos módem se fija en 1 (inactivo), puesto que los módem del tipo Bell 103 utilizan la frecuencia de marca de 2225Hz como tono de respuesta.
3. La entrada SQT está bajo control lógico. Cuando esta entrada está a 1 (activa), el transmisor está desconectado y no hay ninguna señal sobre TXA. En condiciones de reposo, la entrada está activa y el transmisor desconectado.
4. En el módem de origen, se hace una llamada telefónica al número del módem de respuesta y aparece señal de llamada en el módem de respuesta.
5. El módem de respuesta detecta la señal de llamada y descuelga, previa puesta afirmativa al DTR ("Data Terminal Ready", Terminal de Datos Preparado).

6. El módem de respuesta espera 2 segundos (especificado por la FCC para que haya una demora para facturación) y, a través de SQT, conecta su transmisor para enviar la portadora en modo de respuesta (frecuencia de marca de 2225 Hz) hasta el módem de origen.
7. El módem de origen reconoce la señal al del modo de respuesta y coloca un 0 (activo) en DCD, la línea digital de detección de portadora.
8. El módem de origen pone en marcha su transmisor colocando un 1 en SQT como resultado de la detección de portadora DCD. Envía una señal de marca de origen (1270 Hz) por la línea. Asimismo inicia una acción retardada del CTS ("Clear to Send", Preparado para transmitir) de 200-350 ms para impedir que el equipo digital envíe datos.
9. El módem de respuesta recibe y reconoce la señal de marca del módem de origen y coloca un 0 en su línea de portadora detectada DCD. Ahora ambos módem envían portadoras en ambas direcciones.
10. El módem de respuesta, a través de la línea de portadora detectada DCD, coloca un 1 (activo) en la línea CTS hasta el equipo digital, haciendo que el equipo digital se prepare para enviar datos.

En el módem de origen, la acción retardada del CTS finaliza, la señal del CTS cambia a 1, y el equipo digital conectado al módem de origen se prepara para enviar datos.

Hay diversas técnicas para el control de desconexión. Un procedimiento habitual es retirar la señal DTR cuando el envío ha terminado, lo que hace que el módem se desconecte, poniendo fin a la llamada.

3.9 APLICACIONES DE CI PARA MODEMS EN COMUNICACIÓN DE DATOS

En esta sección se incluye un pequeño análisis de los CI disponibles para los sistemas de comunicación de datos. Para las personas interesadas en un estudio más profundo, se recomiendan los libros de datos de los fabricantes.

3.9.1 MÓDEM UNIVERSAL DE BAJA VELOCIDAD

El módem universal de baja velocidad MC14412, es un circuito integrado CMOS de 16 pines, que contiene un modulador y desmodulador FSK completo compatible con las normas CCITT y las redes de comunicación de datos de baja velocidad de EEUU. Tiene un OCC (con cristal externo) integrado en un chip, y un generador de ondas sinusoidales también en forma de chip, un generador de tonos para la supresión del eco y un filtro de postdetección. Puede funcionar en modo de envío o de respuesta, y opera en simplex, HDX y FDX. Ofrece selección de velocidades de datos (0-300, 0-600 bps) y un modo de autocomprobación del módem.

Filtro Paso Banda del Módem

El circuito integrado MC 145440 de 18 pines para módem de 300 baudios con condensador de filtro conmutado, diseñado para ser utilizado en el módem MC14412 de baja velocidad. Las características del MC145440 incluyen: 1) filtros PB de banda alta y baja, 2) un amplificador operacional de repuesto, 3) funcionamiento con fuente de alimentación simple o dividida, 4) autocomprobación en bucle cerrado, 5) funcionamiento en modo de respuesta o envío y 6) compatibilidad en frecuencia con el Bell 103.

3.9.2 MÓDEM FSK DE 1200 BAUDIOS

En la Figura 3.7 vemos un diagrama del módem FSK de 1200 baudios, el MC145450 CMOS de 22 patillas, para ser utilizado como Bell 202 y en aplicaciones V.23 del CCITT. Ofrece: 1) posibilidad de desconexión por software; 2) generador de tonos de retorno de respuesta (tonos EEUU y CCITT); 3) un canal de retorno de 0-150 baudios; 4) una entrada de detección de portadora y 5) un canal principal de 0-1800 baudios compatible con Beil 202.

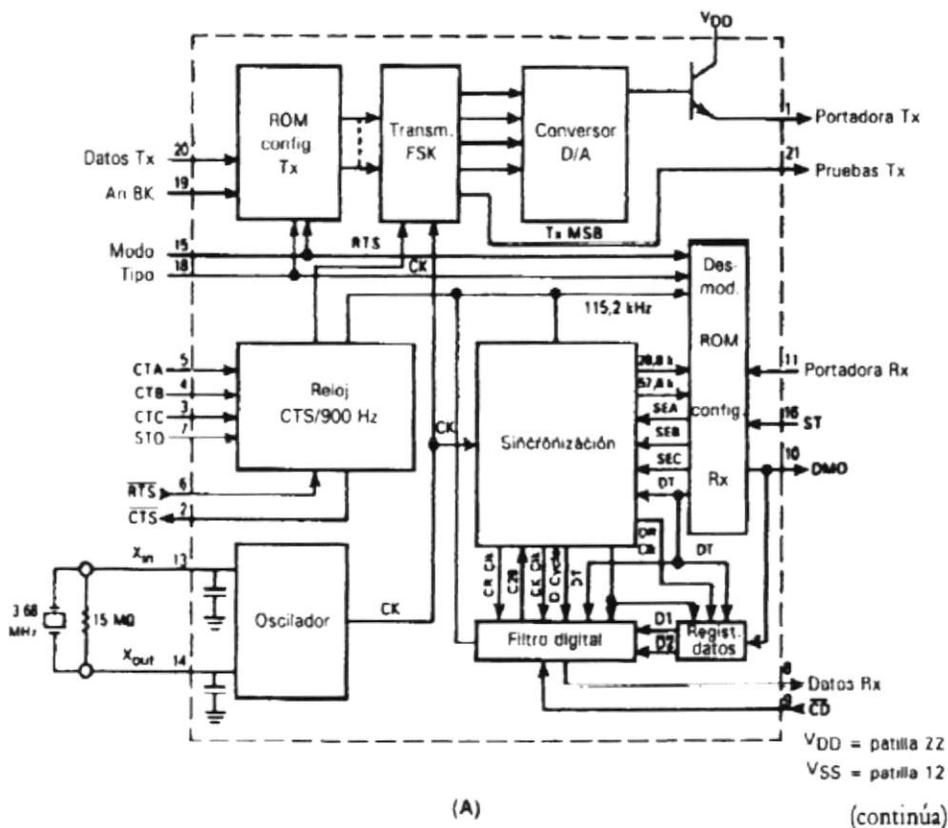


Figura 3.7 Módem FSK MC145450 de 1200 baudios

3.9.3 SISTEMA DE MÓDEM DPSK DE 2400 BPS

El tremendo crecimiento experimentado por la comunicación de datos ha estimulado el desarrollo de muchos y variados módem para utilizar en la red normal de teléfonos de marcación manual y en las líneas alquiladas privadas. Uno de los módem más notables es el sistema de 2400 bps del tipo 201, como el equipo de datos Bell 201B/C. Este tipo de módem utiliza una técnica de modulación llamada *modulación por desplazamiento de fase diferencial (DPSK)*, en el que la frecuencia portadora se modula en fase para representar los distintos estados de la información. En la Figura 3.8 vemos el conjunto de chips del modulador MC6172/demodulador MC6173, un subsistema IGE NMOS diseñado para llevar a cabo las funciones de control y modulación/desmodulación para utilizar un módem DPSK. Las opciones de selección de patillas permiten su adaptación a los requisitos de Bell o CCITT, pudiendo también seleccionar la velocidad de datos estándar de 2400 bps o una velocidad secundaria de 12 bps.

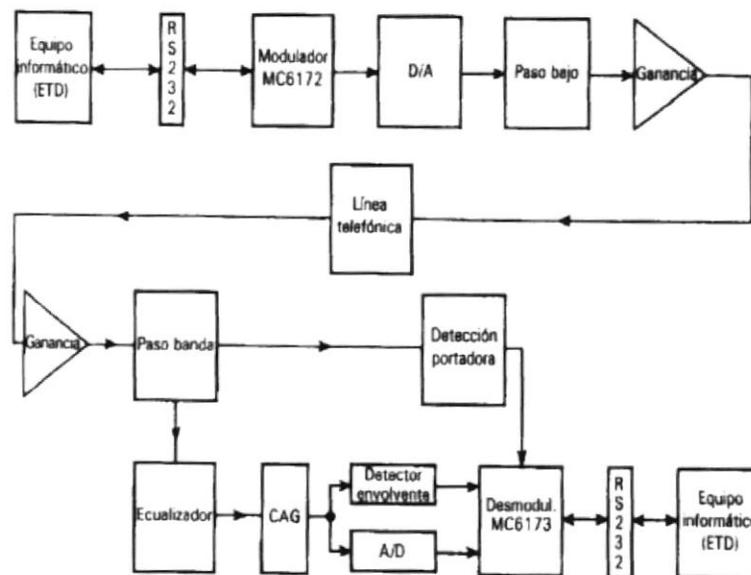


Figura 3.8 Diagrama de bloques del MODEM MC6172/ MC6173 de 2400 baudios

El sistema que vemos en el diagrama de bloques tiene un modo de operación simplex. Para funcionamiento en HDX serían necesarios un modulador MC6172 y un desmodulador MC6173 a ambos extremos de una conexión bifilar. Si se desea un funcionamiento FDX, haría falta una conexión a cuatro hilos.

3.10 COMO AMPLIAR UN ENLACE DE COMUNICACIÓN

Aunque la longitud máxima recomendada para los enlaces de comunicación con hilos conductores dobles trenzados nº 24 AWG (American Wire Gauge) no compensados es de unos 1.200 m, unos cuantos CI disponibles en el mercado, configurados como controladores de línea, conformarán un enlace de comunicación con una longitud máxima de más de 6 km. El ancho de banda de unos 3000 Hz es suficiente para control remoto, detección, e incluso comunicaciones de voz de telefonos privados.

Puede Interconectarse una amplia gama de CI con el controlador básico para señalización o para transmisión de datos o voz. Los convertidores de analógico a digital y de digital a analógico, como codificadores/descodificadores (*códecs*) y MDPCV (moduladores delta de pendiente constantemente variable utilizados para la compresión-expansión de voz), llevan a cabo la conversión de datos en las unidades de control de comunicaciones en los enlaces de ordenadores a bajo precio. Una serie de codificadores y descodificadores AMTD facilitan la señalización simple por conductores dobles trenzados de propiedad privada.

La tarjeta del terminador de línea convierte línea bifilar bidireccional en dos pares de líneas unidireccionales, una de transmisión y otra de recepción, y después amplifica las señales recibidas y transmitidas. Puede fabricarse un terminador sencillo con el transformador diferencial y dos varistores de un auricular telefónico.

CAPITULO IV

DE LOS EQUIPOS DE LA INTERFASE

4.1 EL EQUIPO TERMINAL

Nuestro equipo terminal básico es una computadora que permita fácilmente alojar el software SENTRY, es decir debe tener disponible la disquetera A para 3,5" de diskette, para introducir el software respectivo, bastará que tenga 512 K de memoria, que trabaje bajo el sistema operativo MS-DOS, que tenga una tarjeta de video VGA con resolución de 640*350 , y monitor a color

Las computadoras IBM PC -AT tienen la ventaja de tener un sistema compatible para el enlace hacia el transmisor de TV de VHF por medio del puerto serial al que se conectará la interface RS-232C.

Debemos mencionar que cualquier computadora que presente las características mínimas antes mencionadas o que sea de un nivel superior podrá ser usada como equipo terminal es decir podemos usar una computadora 80386,80486, pentium o similares.



Figura 4.1 Equipo Terminal

4.1.1 EL SOFTWARE SENTRY

El software SENTRY, es el programa capaz de controlar y monitorear el estado del transmisor de televisión, éste presenta algunas opciones que muestran al usuario una representación gráfica del sistema del transmisor, permite visualizar la configuración del sistema de cabinas y de las señales propias del transmisor a través de las diversas pantallas que se muestran en el monitor.

Este software trabaja bajo el sistema operativo MS-DOS. Puede ser operado en altitudes desde 0-10.000 pies y en temperaturas desde 0-50 °C.



Figura 4.2 Software SENTRY

Instalando el software

Si usted dispone de una PC con Hard Drive, entonces puede usar el diskette del software para instalarlo en su máquina. A continuación se detallan los pasos a seguir para instalarlo:

- Si usted desea crear un subdirectorio en el disco duro para el software SENTRY, use el comando MD(vea su manual de DOS)
- Usted debería ahora tener el prompt del hard drive mostrando el subdirectorio deseado (e.g. C:\ SENTRY>)
- Inserte el diskette SENTRY en el drive A:, pero no cambie al A: drive prompt; mantenga el C:\> prompt mostrado.
- Tipee COPY A:.*<CR> para copiar el programa SENTRY y archivos relacionados al subdirectorio del disco duro.
- En el prompt C:\ SENTRY aún mostrado tipee DIR<CR> para ver si los archivos desde el A:drive fueron transferidos.

- En el prompt C:\SENTRY aún mostrado tipee SENTRY<CR> para inicializar el programa.
- Si usted desea inicializar SENTRY desde el C:> prompt, usted deberá añadir al subdirectorio C:\SENTRY el comando PATH en su archivo AUTOEXEC.BAT(vea el manual de DOS). De otra manera usted deberá escribir el comando CD SENTRY desde el C:> prompt antes de tipear SENTRY <CR> para inicializar el programa.

Como se ha indicado el software nos permite monitorear y controlar al transmisor de televisión, existen algunas pantallas que se visualizan para el control del mismo entre las principales tenemos:

- La pantalla del panel del control principal
- Visualización del transmisor
- Pantalla de mediciones de gráfica de barras
- Pantalla de información visual
- Pantalla de información aural
- De información del suministro de energía
- Del sistema de alarma
- Menú de selección del Setup de usuario
- Pantalla de confirmación ON
- Pantalla de confirmación OFF, etc.

Describiremos unas cuantas pantallas de las citadas arriba para efecto de ilustración:

Pantalla de Mediciones de Grafica de Barra

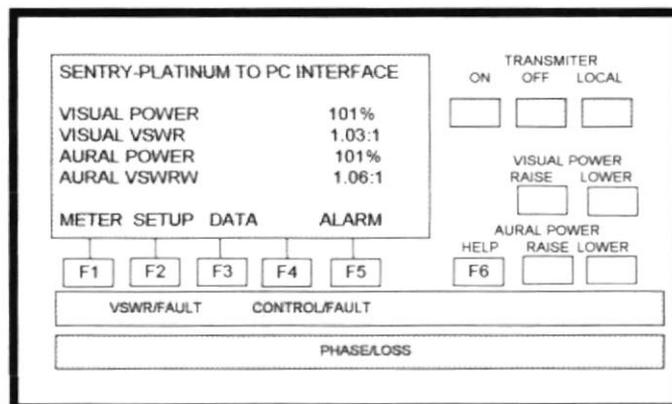


Figura 4.3 BARGRAPH METER SCREEN

Esta pantalla es la que inicialmente se mostrará al conectar el sistema , en la figura 4.3 se puede observar que esta presenta cuatro mediciones que son Visual Power, Visual VSWR, Aural Power, Aural VSWR.

Estos cuatro valores pueden ser seleccionados por el usuario ingresando el Setup Screen. Además presenta cuatro comandos: METER, SETUP, DATA, ALARM. Debemos observar que la tecla HELP siempre estará disponible en cada pantalla accesada.

- El comando **METER**, llevará al usuario a revisar todas las mediciones del sistema , la primera información mostrada es “Visual DATA”
- El comando **SETUP**, llevará al usuario al menú de SETUP, desde esta pantalla el usuario puede seleccionar un item definido.
- El comando **DATA** llevará al flujo de datos usados en el sistema

Pantalla del Sistema de Alarma

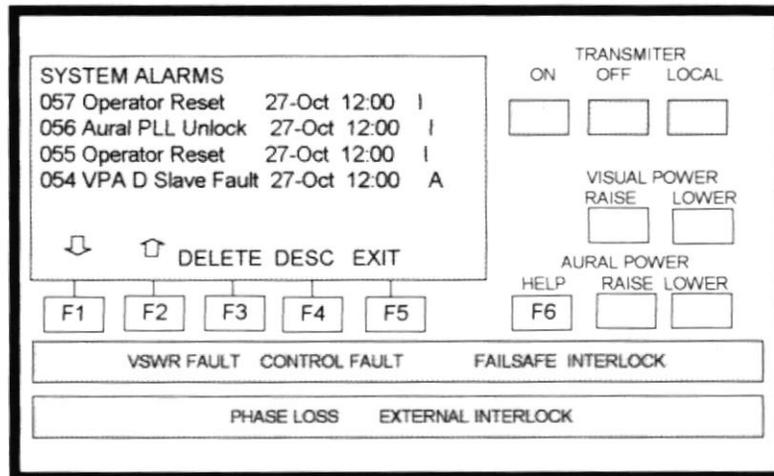


Figura 4.4 Sistema de Alarmas

En la figura 4.4 se presenta la pantalla que visualiza el uso del comando **ALARM** que se vió en la Bargraph Meter Screen. Aquí se visualiza la información de las fallas ocurridas, el tiempo y la fecha.

Una **A** indica que la alarma está activa y no puede ser eliminada. Una **I** indica que la alarma ha retornado a su estado normal, y puede ser desactivada o retenida en memoria para futuras referencias. Existen 5 comandos en esta pantalla que son:

- **DOWN (F1)** mueve el cursor hacia abajo a través de la lista de alarmas.
- **UP(F2)** mueve el cursor hacia arriba a través de la lista de alarmas.
- **DELETE (F3)** borra las alarmas inactivas indicadas por la flecha del cursor.
- **DESC(F4)** este comando visualizará en pantalla las alarmas detalladas
- **EXIT (F5)** retorna al usuario hacia Bargraph Meter Screen.

Pantalla de Información Aural

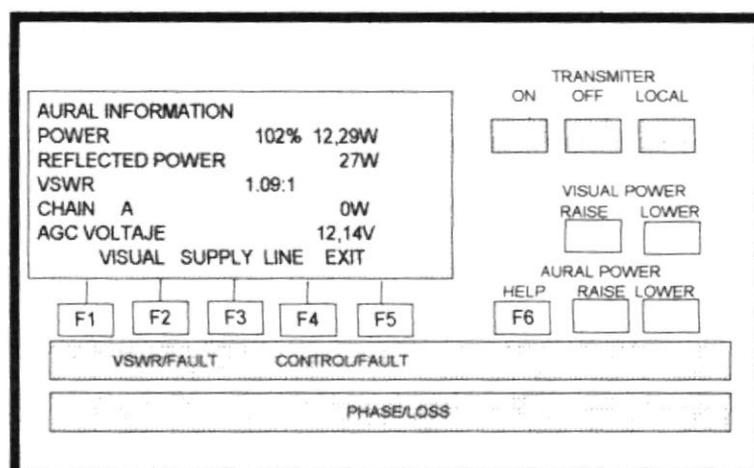


Figura 4.5 Aural Information Screen

En la figura 4.5 se presenta la pantalla que visualiza la información aural como un porcentaje de potencia, puede ser seleccionada, aún cuando se está observando la pantalla de información visual. Existen 4 comandos activos para esta pantalla los mismos que son:

- **VISUAL** esta tecla permite visualizar la pantalla 1 de información visual.
- **SUPPLY** visualiza la información del suministro de energía del sistema transmisor.
- **LINE** visualiza los voltajes de línea de las 3 fases de entrada de energía.
- **EXIT** retorna al usuario a la pantalla de Bargraph Meter screen.

Pantalla de confirmación de ON

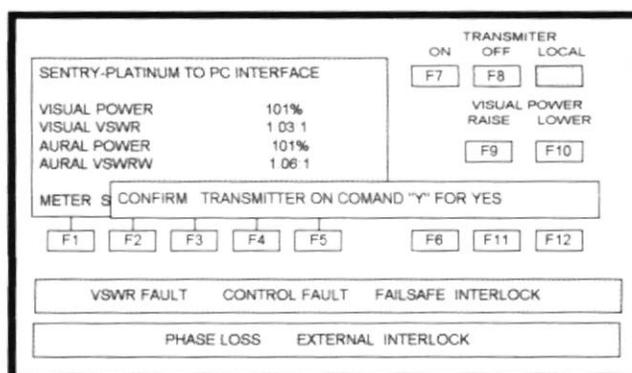


Figura 4.6 Confirm On Screen

Esta pantalla nos presenta el comando **ON** que puede ser activado con F7, ésta activará la presentación de la pantalla de confirmación, luego de tipear “Y” el comando será enviado al transmisor, como se puede observar en la figura 4.6

4.2 LA INTERFASE RS-232C

La interface que permite la comunicación entre el equipo terminal de data DTE y el equipo de comunicación de data DCE (módem) es la RS-232C, sin duda es una de las más utilizadas en la actualidad. Esta permite establecer comunicaciones seriales (un bit tras otro).

Entre sus *características mecánicas* se puede citar al conector que utiliza el DB.25, el mismo que posee 25 pines y cuyas especificaciones se encuentran en la tabla 4.1

En cuanto a las *características eléctricas*, se establece que el voltaje más positivo del circuito (+3V a +25V) equivale a una lógica de cero, y el voltaje más negativo (-3V a -25V) equivale a una lógica de uno, contrario a los niveles lógicos TTL normales. Los típicos RS-232 operan con suministradores de corriente +12VDC y -12 VDC.

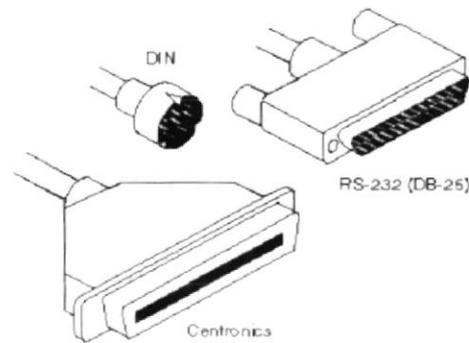


Figura 4.7 Interfase RS-232C

Debemos tomar en cuenta que existe un nivel entre +3V y -3V que es indeterminado. Esto permite la existencia de ruido entre el mínimo voltaje conductor de 5V y el máximo voltaje indefinido de 3 voltios.

Otras características *eléctricas* son la resistencia conductora de salida y la capacitancia del cable transmisor. Esto nos permite concluir que la resistencia conductora es importante porque contribuye a evitar cortocircuitos en la corriente de salida y protege al circuito interno.

En cuanto a las *características funcionales* se refiere a la existencia del modo de operación full-dúplex que es el utilizado en la comunicación de nuestro enlace dado que existe un circuito de datos en cada dirección.

Así pues la corriente de datos se controla mediante líneas señaladoras, las mismas que efectúan la interconexión, es decir van a controlar las funciones entre el DTE y el DCE. Así pues cuando el computador está listo para transmitir los datos, averigua si la terminal está lista. Para obtener respuesta el computador activa la señal al DTR la cual efectivamente pregunta al módem si se ha autoanalizado y está listo para recibir los datos. Si la terminal está lista inmediatamente responde con la señal DSR. La línea RTS le ordena al módem que se disponga a recibir los datos. La línea CTS es el aviso del módem que se dispone a recibir y transmitir los datos del computador. Ambos pares de señales

RTS/CTS y DTR/DSR parecieran realizar la misma labor pero hay diferencia . Por un lado la señal RTS/CTS controla la transmisión del dato del computador al módem, pero si el amplificador transmisor del módem esta lleno, la señal CTS se desactiva impidiéndole al computador transmitir más datos . El objetivo de las señales DTR/DSR es verificar si hay conexión del equipo entre el computador y el módem y que ha concluido el autoanálisis del módem.

A continuación en la figura 4.8 presentamos la disposición de los pines en el conector DB-25 que utiliza la interface RS-232. También en la tabla 4.1 se denota las especificaciones para la interface con respecto a las funciones que ejecutan cada pin.

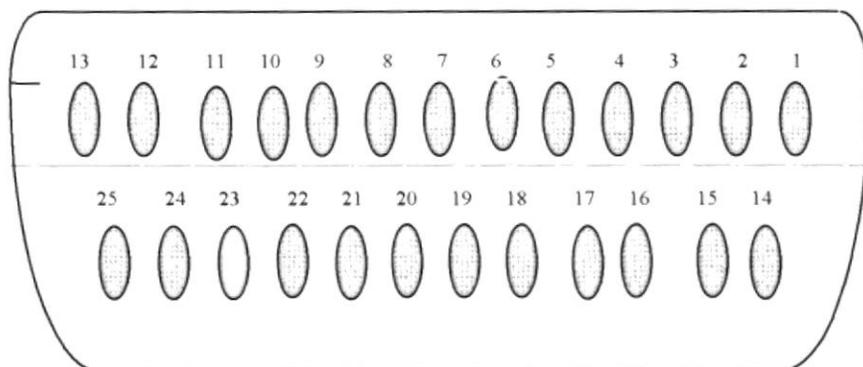


Figura 4.8 Conector DB-25

TABLA 4.1 ESPECIFICACIONES DE LA RS - 232

25 Pines	Nombre	DTE	DCE	FUNCION
1	GND			DIELECTRICO
2	TD	OUT	IN	DATOS TRANSMISORES
3	RD	IN	OUT	DATOS RECEPTORES
4	RTS	OUT	IN	SOLICITA ENVIO
5	CTS	IN	OUT	DESPEJA PARA ENVIAR
6	DSR	IN	OUT	DATA SET LISTO
7	SG			DIELECTRICO DE SEÑAL
8	DCD	IN	OUT	DETECTOR PORTADOR DE DATOS
9				+12VDC
10				-12VDC
11	STF	OUT	IN	SELEC TRANS FREC.
12	BDCD	IN	OUT	DETECTOR PORTADOR DE DATOS AL CANAL DE RESPALDO
13	BCTS	IN	OUT	DESPEJA PARA ENVIAR AL CANAL DE RESPALDO
14	BTD	OUT	IN	DATOS TRANSMISORES AL CANAL DE RESPALDO
15	TC	IN	OUT	RELOJ TRANSMISOR
16	BRD	IN	OUT	DATOS RECEPTORES AL CANAL DE RESPALDO
17	RC	IN	OUT	RELOJ RECEPTOR (DCE)
18				
19	BRTS	OUT	IN	SOLICITA ENVIO
20	DTR	OUT	IN	TERMINAL DE DATOS LISTA
21	SQ	IN	OUT	CALIDAD DE SEÑAL
22	IR	IN	OUT	SEÑAL DE TIMBRE
23	DSRD	OUT	IN	DETECTOR SEÑALIZADOR NOMINAL DE DATOS
24	TC	OUT	IN	RELOJ TRANSMISOR (DTE)
25				

4.3 EL MODEM

Como ya se dijo en los capítulos previos, el módem convierte la señal digital del ordenador, en señales analógicas que puedan transmitirse a través del canal escogido.

Las señales desde el ordenador están compuestas de un conjunto discreto de dos valores: 1 y el 0, entonces el módem adecua la información para ser transportada por el canal de comunicación, este proceso se conoce como modulación/demodulación y es la que se realiza en el módem.

Nuestro módem escogido es del tipo externo, transmite a 1200bps, en modo full-dúplex es decir puede transferir datos en ambas direcciones, básicamente se ha utilizado un circuito módem que consta de un chip módem el MC145450 que es la cabeza del circuito, un oscilador de cristal, un contador binario de 4 bits 74HC163 que junto con el oscilador forman el generador de reloj de 153,6 KHz, además se tiene el integrado 74HC74 del cual sólo se utiliza uno de sus Flip-Flop tipo D, se tiene un LM 339 del cual se utiliza un sólo comparador, debido a la lógica del circuito se ha hecho necesario el uso de inversores del tipo 74HC04, otro integrado importante es el MC145415 el cual sirve para filtrar nuestra señal tanto de salida como de recepción y que están conectadas al circuito acoplador, el mismo que se conecta con el equipo transmisor/receptor de microonda por uno de los canales de audio libre. Para nuestro enlace es necesario el uso de dos módems, uno para la comunicación hacia la computadora, como se puede apreciar en la figura 4. 9, y otro para establecer la comunicación hacia el transmisor de televisión.

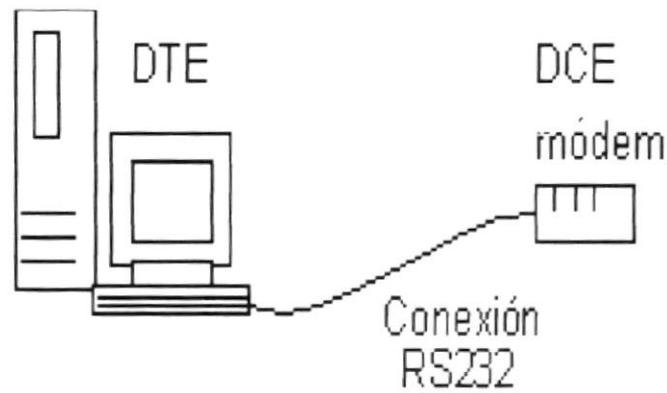


Figura 4. 9 Esquema de conexión DTE/DCE

En el primer caso, el módem se conecta con el ordenador a través del puerto serie, siguiendo la norma RS232. A través del cable RS232 conectado entre el ordenador y el módem estos se comunican. Hay varios circuitos independientes en el interfaz RS232. Dos de éstos circuitos, el de transmitir datos (TD), y el de recibir datos (RD) forman la conexión de datos entre PC y Módem. Hay otros circuitos en el interfaz que permiten leer y controlar estos circuitos. A continuación vamos a ver como se utilizan estas señales para conectarse con el módem

- DTR (Data Terminal Ready) esta señal indica al módem que el PC está conectado y listo para comunicar. Si la señal se pone en OFF mientras el módem esta en on-line, el módem termina la sesión.
- CD (Carrier Detect) el módem indica al PC que esta en on-line, es decir conectado con otro módem.
- RTS (Request to send) normalmente en ON. Se pone OFF si el módem no puede aceptar más datos del PC, por estar en esos momentos realizando otra operación.
- CTS (Clear to send) normalmente en ON. Se pone OFF cuando el PC no puede aceptar datos del módem.

Control del Flujo

El control del flujo es un mecanismo por el cual el módem y el ordenador gestionan los intercambios de información. Estos mecanismos permiten detener el flujo cuando uno de los elementos no puede procesar más información y reanudar el proceso. Los métodos más comunes de control de flujo son:

- **Control de flujo hardware** RTS y CTS permiten al PC y al módem parar el flujo de datos que se establece entre ellos de forma temporal. Este sistema es el más seguro y el que soporta una operación adecuada a altas velocidades.
- **Control de flujo software : XON/XOFF** aquí se utiliza para el control dos caracteres especiales XON y XOFF (en vez de las líneas hardware RTS Y CTS) que controlan el flujo. Cuando el PC quiere que el módem pare su envío de datos , envía XOFF. Cuando el PC quiere que el módem le envíe más datos, envía XON. Los mismos caracteres utiliza el módem para controlar los envíos del PC. Este sistema no es adecuado para altas velocidades, pero en el caso de nuestro circuito módem de 1200bps considerado de baja velocidad no hay mayores problemas en utilizarlo para el control del flujo.

4.4 EL SISTEMA DE MICROONDA

Nuestro sistema de microondas es el canal que soporta el flujo de datos entre los puntos Bellavista y Pichincha.

A continuación analizaremos los principios en los cuales se fundamenta la microonda.

4.4.1 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE MICROONDAS

La microonda se define como la porción del espectro electromagnético que tiene longitudes de onda entre 1mm. y 30cm. Las frecuencias de microondas oscilan entre 1GHz y 300GHz .

Las microondas son ondas de radio muy cortas pero que tiene una longitud de onda más larga que la energía por rayos infrarojos y viajan principalmente en línea recta por la atmósfera. Las frecuencias por microondas para enlace de radio y TV de corto alcance presentan gran fiabilidad, es por este motivo que hemos optado por utilizar este canal para transmitir el flujo de datos. En un sistema de radio o TV, el estudio normalmente está situado en un lugar distinto al transmisor , estando conectado por medio de un enlace de microonda .

La zona de las microondas abarca gran cantidad de espacio del espectro , por lo que puede incluir muchas señales de banda ancha.

4.4.2 CARACTERISTICAS DEL RADIO ENLACE POR MICROONDA

En un sistema de transmisión de datos por ondas de radio frecuencia , es importante que ciertos requisitos sean considerados, tales como los siguientes:

- potencia de transmisión
- mínima distorción de la propagación de la señal

Las condiciones anteriores deben ser mantenidas dentro de los parámetros suficientes para garantizar

Las condiciones anteriores deben ser mantenidas dentro de parámetros suficientes para garantizar la integridad de los datos transmitidos.

Existe por lo tanto algunas características peculiares en la transmisión de datos en esta modalidad tales como las siguientes:

- Atenuación y propagación
- Composición de la atmósfera
- Espectro de frecuencia
- Sistema en visibilidad
- Condiciones de terreno

Para el caso de nuestro sistema de microonda, el radio enlace consta de un par de equipos transmisor /receptor "Microwave" el cual posee cuatro canales de audio, uno de éstos es usado en nuestro enlace, también se dispone de fuentes de poder, antenas parabólicas Andrew, cables coaxiales, baterías. Torres y accesorios menores.

Cabe recalcar que debido a la frecuencia de operación de nuestro sistema (6.5 y 6.6 GHz) cae dentro del "Sistema de Visibilidad" puesto que al pasar las frecuencias de las ondas de radio sobre los 300MHz estas pasan a ser propagadas casi en línea recta, necesitando que las antenas transmisoras y receptoras se fijen una frente a la otra.

A continuación, la figura 4.10 presenta un esquema de transmisión bajo un sistema de visibilidad.

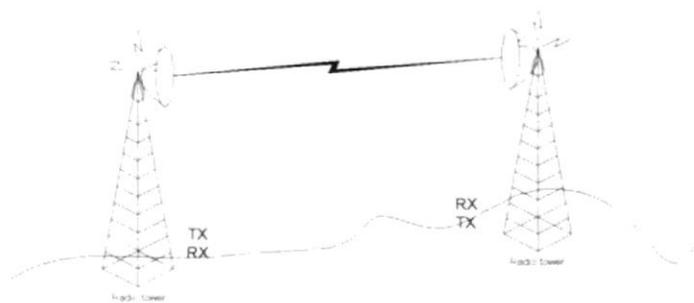


Figura 4.10 Sistema de Visibilidad

4.5 EL TRANSMISOR DE TV HARRIS

En los índices siguientes se presentará una descripción breve de las principales características del transmisor, como también el modo de operación del mismo.

4.5.1 DESCRIPCION GENERAL DEL TRANSMISOR

Este capítulo provee detalles, y una descripción técnica de la operación de varios circuitos en el transmisor y la forma como ellos se encuentran distribuidos.

Para el caso del transmisor de televisión de la serie Platinum TM de 10KW, éste emplea transistores de efecto de campo FETs, módulos amplificadores para la transmisión visual y de audio, así como fuentes de múltiple energía

El transmisor contiene una cabina de control y un sistema de monitoreo que incluyen el almacenamiento de alrededor de 32 casos de fallas en los que se registra la fecha y se da una breve descripción del evento.

Otras opciones disponibles incluyen el oscilador manual y los switcher del oscilador automático.

4.5.2 EL SISTEMA DE CONTROL DEL TRANSMISOR

El sistema de control para el transmisor consiste de un controlador principal localizado en la cabina de control, y controladores esclavos situados en cada cabina amplificadora. La data del sistema es interfazada a través del tablero del monitor al controlador visualizador y se presenta en el panel frontal de la pantalla como lecturas gráficas y numéricas.

Los switches del transmisor ON/OFF, LOCAL/REMOTE y el de energía RAISE/LOWER están localizados en la cabina de control hacia la derecha del panel visualizador. A continuación en la figura 4.11 se presenta un diagrama representativo del transmisor de TV Harris.

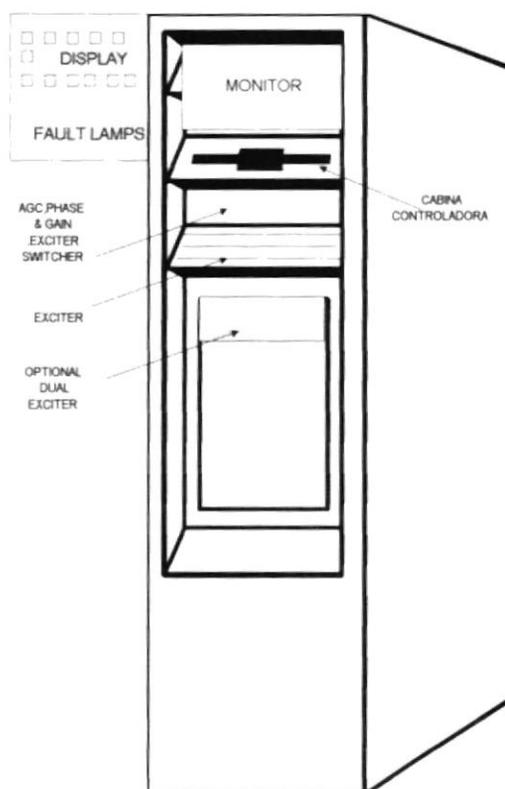


Figura 4.11 Transmisor de TV Harris

4.5.2.1 EL CONTROLADOR PRINCIPAL Y ESCLAVO

Controlador Principal

La unidad de control principal del transmisor provee un punto central para el control y el monitoreo para el sistema en general. El controlador principal se interrelaciona con los controladores esclavos, por los comandos ON/OFF de las cabinas amplificadoras, y con el oscilador por los comandos RAISE/LOWER de energía.

Los detectores de pico recogen muestras de RF tanto sonoras como visuales y los envían hacia el controlador principal, el mismo que direcciona la acción de reinyección de VSWR. El controlador principal tiene una batería de reserva para restablecer la transmisión hacia la condición previa de operación después de una falla de energía AC temporal. Un temporizador de baja energía automáticamente cambiará al transmisor al estado off si la energía no se ha restablecido en 2 horas.

El estado remoto y analógico de las salidas es provisto por el controlador principal hacia una serie de conectores D en la parte posterior de la cabina de control.

El controlador principal del transmisor y el sistema de monitoreo están localizados en la cabina de control. Ningún microprocesador es usado, el circuito digital es construido enteramente de puertas lógicas discretas.

El Controlador Esclavo

El controlador esclavo está puesto en la parte superior izquierda de cada cabina amplificadora. Cada uno es responsable por el control y el monitoreo de su cabina PA. Los controladores interconectan la cabina al controlador principal y al monitor en la cabina de control.

Cada controlador esclavo controla un motor de ventilación de la cabina, de 50(V) y módulos amplificadores RF. Los controladores esclavos también reportan el estado del interruptor de seguridad de la puerta de la cabina, el estado de protección, el aire, fallas del módulo, fallas del suministro de energía hacia el controlador principal.

La entrada de la cabina impulsa y muestrea la salida de energía RF recogida por los detectores de pico RF y son relevadas hacia el controlador principal a través del controlador esclavo. En el caso de pérdidas del controlador principal, cada esclavo puede ser usado para operar su cabina amplificadora para servicio de emergencia.

4.5.3 INDICADOR Y EL PANEL VISUALIZADOR

Indicador de fallas

Las luces indicadoras de fallas se encuentran localizadas abajo del display y de los interruptores. Cada lámpara cuando es iluminada indica un problema en una de las siguientes áreas: oscilador, fallas VSWR, suministro de energía, controlador, aire, pérdida de fase, módulos, monitor, falla de la transmisión visual, falla de la transmisión de audio, interruptor de seguridad externa.

Panel Visualizador

El sistema monitor muestrea cada cabina y recoge todos los estados y datos analógicos para el display. El tablero monitor interrelaciona la información del controlador principal y del esclavo hacia el controlador del display. Una función de ayuda HELP se encuentra localizada abajo a la derecha del panel visualizador y provee una descripción corta de la información de la página que ha sido vista, para el personal de asistencia técnica.

4.5.4 TRAYECTO DEL FLUJO DE LA SEÑAL VISUAL

Para el caso de este transmisor el trayecto del flujo de la señal visual consiste de la parte del oscilador, el modulo del transmisor AGC, el modulo de ganancia y fase, y de las cadenas del amplificador visual RF.

El Oscilador

Si una señal de video es aplicada al oscilador, donde ello se encuentre, será precorregido por un diferencial de ganancia y un diferencial de fase, y modulado sobre la portadora IF (37 MHz para el sistema M/NTSC, 38,9 MHz para B/PAL), la respuesta de frecuencia y la parte de retardo son corregidas. Las bandas laterales residuales filtran lo que sigue. La señal IF entonces pasa a través de un amplificador AGC para corregir por linealidad e ICPM.

Un oscilador local y mezclador en el excitador convertidor asciende la señal IF hacia la frecuencia de transmisión, luego la señal resultante es filtrada en un pasabanda y amplificada. El oscilador es un amplificador final capaz de excitar hasta una sincronización de un pico de 1 watt a etapas subsecuentes, una muestra de su salida es encaminada al circuito oscilador AGC para mantener la energía constante en la salida del oscilador. Si un oscilador dual opcional y un oscilador de switcheo son usados ambos osciladores están suministrando una señal de video y cada salida visual del oscilador alimenta a los interruptores.

El Módulo del Transmisor AGC

La salida del switcher oscilador o la salida del oscilador individual que pasan al modulo del transmisor AGC, cuyo trabajo es mantener un lazo de ganancia constante para monitorear una muestra de la salida visual del transmisor y correspondientemente controlar el manejo del oscilador.

Módulo de Ganancia y Fase

En transmisores con cabinas múltiples visuales PA, el módulo AGC pasa la señal RF a una o más fases y módulos de ganancia, cada uno de éstos divide a la transmisión en dos partes cuya amplitud relativa y fase son ajustables.

Esto permite el arreglo en la compensación de pequeña ganancia, diferencias de fase entre cabinas, dado que las salidas de las cabinas mantienen su propia fase y la relación de amplitud cuando han pasado a un combinador híbrido final.

El número de fase y módulos de ganancia usados depende del número de la cabina visual PA, en el caso de nuestro transmisor con una cabina visual PA, la salida del módulo AGC pasa directamente hacia la cadena RF. Desde la fase y módulo de ganancia se introducen pérdidas dentro del sistema, por lo que los preamplificadores adicionales son algunas veces necesarios.

Trayecto de la Transmisión Visual Paralela

Los trayectos de la transmisión visual paralela están disponibles como una opción para algunos modelos, como es el caso de nuestro transmisor, esta opción elimina la posibilidad de una falla en la transmisión visual de un punto focal. En algunos transmisores de baja potencia, la opción más simple consiste en usar un divisor y un combinador de dos vías, más dos módulos de etapa excitadora para reemplazar al módulo excitador individual encontrado en el sistema estándar. En el caso de falla de una etapa excitadora, el módulo AGC aumenta la ganancia del sistema y concede más potencia de transmisión para continuar.

4.5.5 TRAYECTO DE LA SEÑAL DE AUDIO

La topología básica del trayecto de audio en los diversos modelos son similares. Al igual que en la trayectoria visual, la salida del oscilador de audio pasa hacia un módulo AGC el cual monitorea una muestra de la salida del sistema de audio. La salida del módulo AGC entonces acciona la cadena RF de audio

El Oscilador

El modulador es un voltaje controlado del oscilador, cuya frecuencia central es mantenida constante por un lazo cerrado de fase (PLL). La función IF agrupa la corrección de retardo que puede ser usada en este punto para improvisar la separación estereo en sistema donde los diplexores de muesca son usados. La señal IF es convertida al canal usando un mezclador y la misma función LO como en la cadena visual. La señal resultante es filtrada en un pasabanda y amplificada, conveniente a la salida del oscilador de audio. Al igual que en la trayectoria visual, si el oscilador dual es usado, cada salida del oscilador de audio es encaminada al switcheer oscilador.

Sistema de Portadora Dual

En sistemas donde las portadoras duales de audio son generadas, el trayecto del oscilador toma una forma diferente. Las dos señales son moduladas sobre dos diferentes portadoras IF, y las portadoras moduladas son agregadas juntas. Linealmente la precorrección es añadida para prevenir la intermodulación de las dos portadoras, la señal resultante es mezclada hacia el canal con la misma LO como se uso en la cadena visual, y es filtrada en un pasabanda y amplificada, conveniente a la salida del oscilador.

El Módulo AGC

Como a trayectoria visual, la salida del conmutador oscilador o el oscilador individual, suministran la señal al módulo AGC, el cual mantiene la ganancia del transmisor de audio constante, al controlar la transmisión RF de audio basada en muestra de la transmisión del oscilador y la salida de audio del transmisor.

Módulo de Ganancia y Fase

Como en la trayectoria de la señal visual, en sistemas de alta potencia, puede ser necesario inyectar trayectos de señal paralela a través de una o más fases y módulos de ganancia. Estos módulos conceden la ganancia y la fase de cada

trayecto a ser arreglados para que la propia fase y amplitud relacionadas sean obtenidas en la entrada final del combinador.

Cadena del Amplificador de Audio Rf.

Las cadenas del amplificador RF de audio varían en complejidad dependiendo de la salida de los picos de energía. En los sistemas de 10 KW a 15 KW las salidas AGC de audio inyectan a un módulo de etapa excitadora, cuya salida está dividida por un divisor de dos vías el mismo que envía una señal hacia dos módulos PA. Las salidas PA son recombinadas en una combinación de dos vías, cuyas salidas pasan a través de un filtro armónico antes de alcanzar al diplexor opcional.

Trayectos de la Transmisión Paralela de Audio

Al igual que en la trayectoria visual, las trayectorias de transmisión paralelas de audio están disponibles como una opción en algunos modelos para eliminar la posibilidad de una falla de transmisión puntual de audio.

En algunos transmisores de baja potencia la opción consiste en usar un divisor y un combinador de dos vías, más dos módulos de etapa excitadora, para reemplazar al módulo excitador individual encontrado en sistemas estándares.

4.5.6 EL BUS DE INTERFACE Y EL DE PROTOCOLO

El Bus de Interface

El Bus de interface es una interface diferencial RS485, el cual usa una línea balanceada de transmisión de par trenzado, el uso de éste cable de par trenzado minimiza el modo común de acoplamiento magnético dentro del cable. El bus manejador, produce una señal diferencial de alrededor de 2(V) en las salidas A y B. Puesto que el Bus es realmente una línea de transmisión, ambos terminales del Bus deben ser determinados para prevenir la reflexión de las señales.

El Bus de Protocolo

El Bus es controlado por el monitor en la cabina de control. El monitor distribuye y direcciona en las líneas de dirección/data 0,7 (a/d 0-7) y afirma la línea command/data* (C/D*) para el nivel C y la de escritura (WR*) al nivel WR*. Cada controlador esclavo pasa de AA 0-7 a U2, U4 a la dirección de U6 donde es asegurado en el margen de WR*. La salida de U6 aplicada hacia las entradas de la dirección del comparador U7. Si la dirección arreglada en S1 y aplicadas a las entradas Q de U7 son iguales, el pin de salida P=Q de U7 pueden ser acertadas en bajo iluminando el LED selecto de esclavo e indica que el monitor esta accedendo a los datos de la cabina. El monitor puede bien leer o escribir para acceder al esclavo y a los canales analogos .

4.5.7 REDES DE SALIDA DEL TRANSMISOR

La RED de salida del transmisor realiza tres funciones tales como: filtrado de armónicos desde de las salidas, traslado de los residuos de la sub-portadora de color desde la banda residual, y combinacón de las salidas visual y de audio en una antena común para suministro de señales para transmisión, en los sistemas de 1 – 10 Kw una combinación de color notch filter/notch diplexer (opcional) recibe las salidas visual y de audio y las combina. La salida entonces pasa a través de un filtro armónico hacia el sistema de antena.

CAPITULO V

DESARROLLO TECNICO DEL PROYECTO

5.1 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL EQUIPO A UTILIZAR

Fue necesario organizar y conocer los elementos con los que contabamos para poder tener una idea global de cómo íbamos a enfrentar el proyecto y de que manera lo resolveríamos, una herramienta utilizada fue realizar un pequeño diagrama de bloques que representa la manera de cómo implementaríamos el proyecto, como se puede apreciar en la figura 5.1.

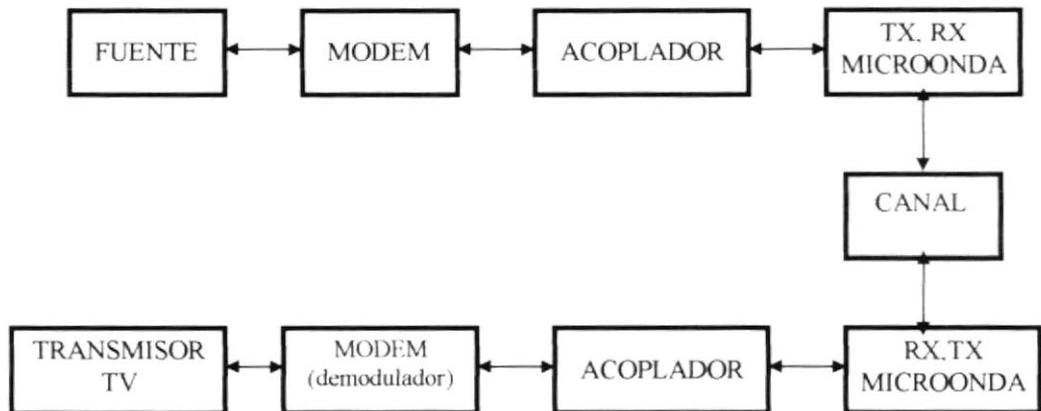


Figura 5.1 Diagrama de bloques del Proyecto

A continuación se presenta en la figura 5.2 un esquema más detallado de la implementación del proyecto.

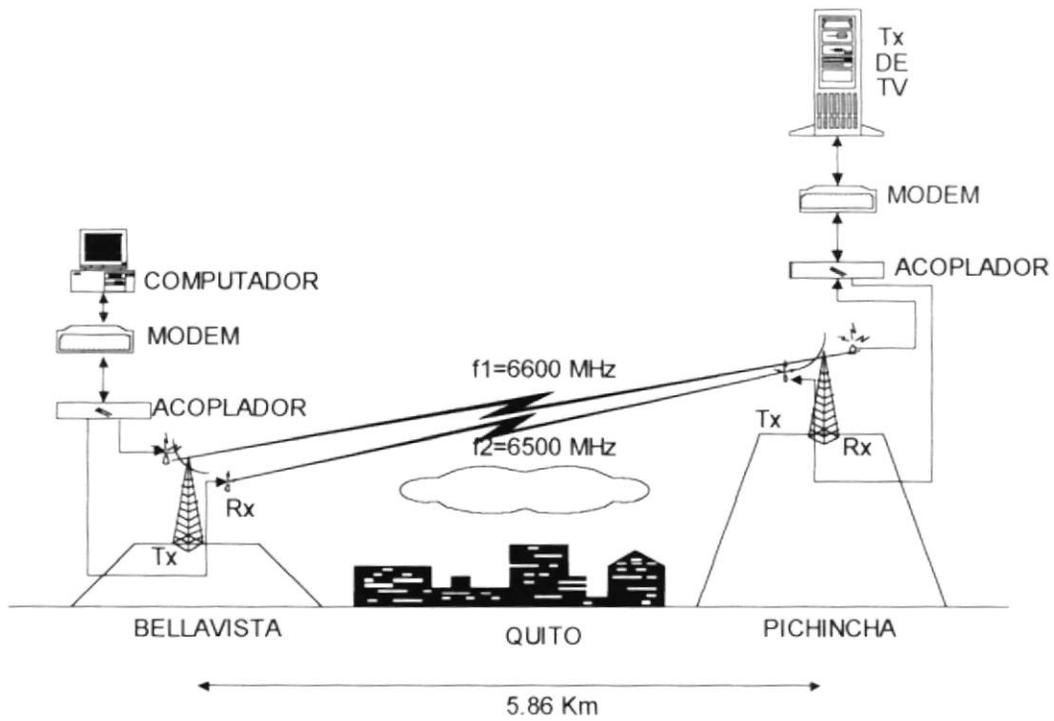


Figura 5.2 Esquema del proyecto

5.1.1 EL EQUIPO TERMINAL

Nuestro equipo terminal de datos es simplemente una PC con un sistema operativo MS-DOS versión 3.1, un procesador 80386, un monitor VGA o de mayor resolución, una unidad de disco de 3 ½ pulgadas de alta densidad. Cabe recalcar que un equipo con características superiores es perfectamente útil a nuestro sistema.

5.1.2 SELECCIÓN DEL MODEM

Nuestro siguiente inconveniente es seleccionar un módem apropiado en la solución a nuestro problema, entonces vamos a detallar un pequeño cuadro de valores que relacionan la frecuencia con la velocidad de transmisión (baudios) el cual se lo extrajo de manuales técnicos.

Tabla 5.1 Frecuencia / Velocidad

FRECUENCIA (KHz)	A/D	VELOCIDAD (Kbps)
20	-----	64
10	-----	32
5	-----	16
2.5	-----	8

Nota: Las siglas ----A/D--- significan un procesamiento de conversión analógica digital.

Tabla 5.2 compresión 8 a 1

VELOCIDAD(Kbps)	VELOCIDAD(Kbps)
64	-----8
32	-----4
16	-----2
8	-----1

Ahora para transmitir este tipo de datos (en realidad lo que se van a transmitir son comandos activados desde el teclado) es suficiente un ancho de banda de 2.5 KHz, tomando en cuenta que vamos a utilizar un canal de audio disponible de este enlace

y que el ancho de banda para la voz (canal de audio) es de 20 KHz nos damos cuenta que no habrá problemas ya que de los 20 KHz solo utilizaremos 2.5 KHz, que corresponden a una velocidad de 1200 bps.

Entonces con este tipo de información nuestro objetivo es conseguir un módem que trabaje a una velocidad de 1200 bps y en la figura vemos un diagrama del módem FSK de 1200 baudios, el MC145450 CMOS de 22 patitas, para ser utilizado como Bell 202 y en aplicaciones V.23 del CCITT.

A continuación en la figura 5.3 presentamos una aplicación de este integrado el cual me servirá como módem, junto con su respectivo balanceador acoplador de audio, y otros integrados que formarán el circuito que me permitirá la comunicación de datos y que es parte fundamental de la interfase.

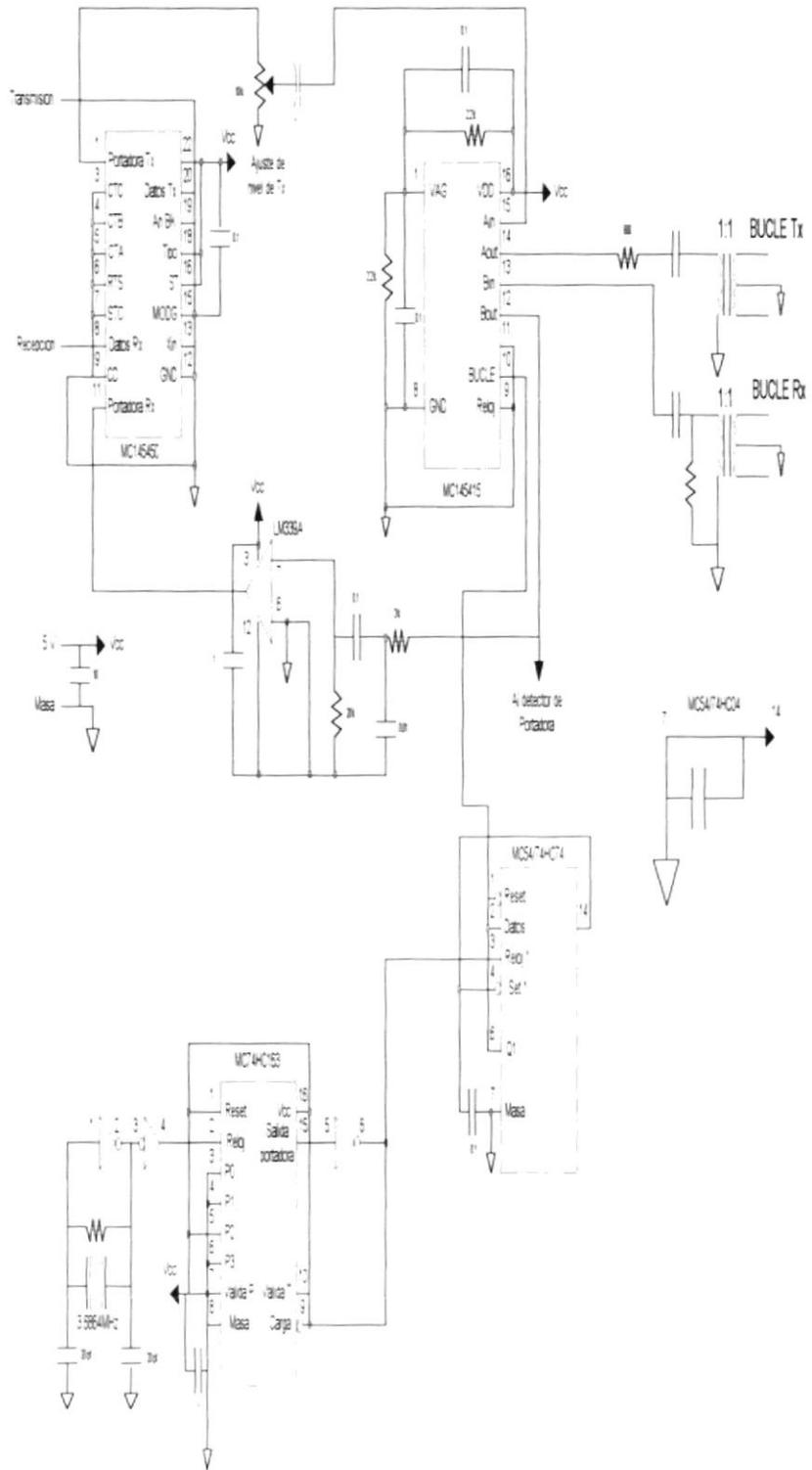


Figura 5.3 Circuito Modém y acoplador

El Circuito Modem

Nuestro circuito módem consta de un chip modulador MC145450 en el que destacamos dos pines en especial 8 y 20 que son para recepción y transmisión respectivamente. El circuito consta además de un CONTADOR SINCRONICO DE 4 BITS MC74HC163, cuyo reloj es manejado por un oscilador de cristal de 3.6864 MHz el que establecerá la velocidad de conteo del contador síncronico, el pulso de salida activa a su vez al reloj de un FLIP-FLOP tipo D del integrado 74HC74 el cual se realimenta y a su vez manda una señal que será procesada en el MC145415 entrando en el pin 10 denominado BUCLE que es básicamente el reloj del integrado, que excita a dos filtros pasabajo de quinto orden. La señal filtrada alimenta al par de transformadores acopladores que en nuestro caso son el BUCLE Tx, y el BUCLE Rx.

5.1.3 DEL CIRCUITO ACOPLADOR

Es necesario utilizar algún elemento que me permita acoplar la impedancia de salida del módem (generalmente es de aproximadamente 10k) con la impedancia de entrada de audio de la microonda que es de 600 ohms. Un circuito que resuelve fácilmente este problema es utilizar un par de transformadores con su relación de número de vueltas igual a 1 (típica aplicación de un acoplador) el cual permitirá balancear su salida respecto a tierra. Ver figura 5.4

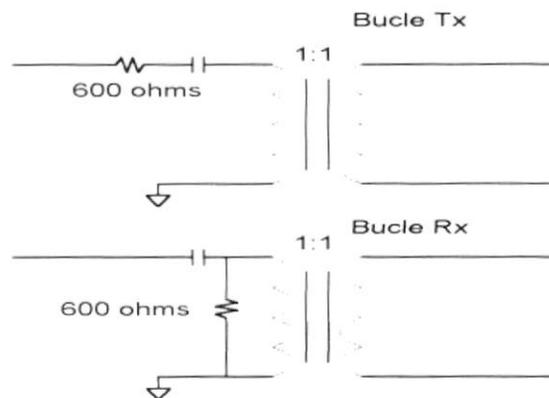


Figura 5.4 Circuito acoplador

5.1.4 EL EQUIPO TRANSMISOR Y RECEPTOR DE MICROONDA

Los equipos de microondas utilizados tienen la siguiente característica:

- Marca: CALIFORNIA MICROWAVE
- Modelo: FLH-DAR
- Cumple los requerimientos EIA, ITU
- Modulación Digital o analógica de video
- Sistema SMART (sistema de monitor y alarma)
- Bandas aprobadas por FCC y ITU desde 1.7 hasta 15.4 GHz
- Opcion Analógica
 - Transmisor: Modulador opcional interno FM y cuatro canales de audio
 - Receptor: Demodulador opcional interno FM y cuatro canales de audio
- Opcion Digital:
 - DAR45, 45Mbps/16 QAM MODEM
 - DAR34, 34Mbps/QPSK MODEM

Seguidamente presentamos un diagrama de bloques que describe la estructura interna del transmisor y receptor de microonda, que se presenta en la figura 5.5

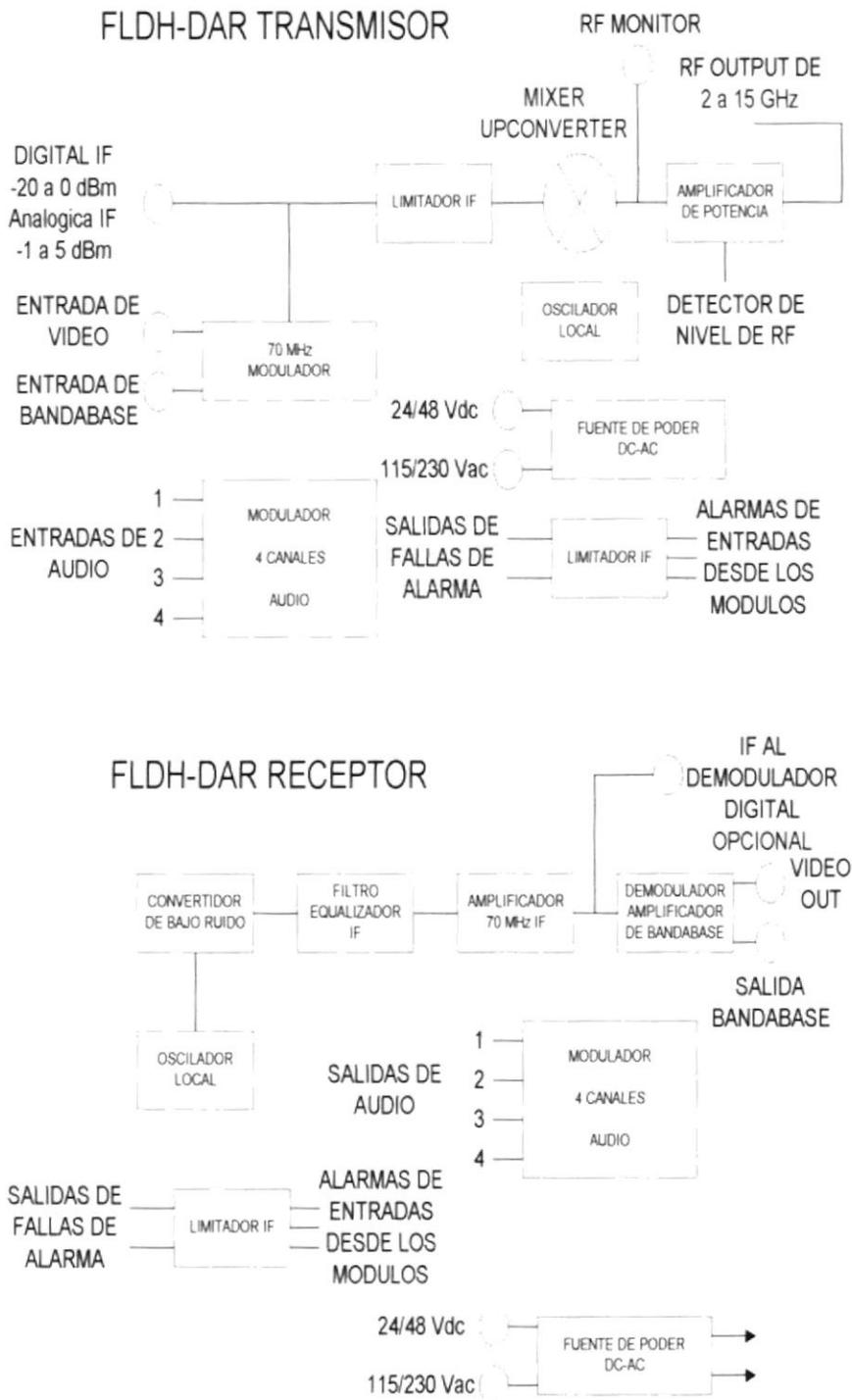


Figura 5.5 Diagrama de bloques del equipo Transmisor y Receptor de Microonda

5.2 DE LA INTERCONEXION DE LOS EQUIPOS

A continuación se especificará la manera de cómo van a ser conectados los equipos y de las interfaces usadas.

5.2.1 DE LA CONEXIÓN ENTRE LA COMPUTADORA Y EL MODEM

Básicamente necesitamos cuatro pines para la conexión de la computadora y nuestro “módem” que en nuestro proyecto es una circuiteria adicional con un chip módem integrado del grupo MOTOROLA, específicamente estos pines son Tx, Rx, Vcc, GND que salen de la interface RS232 y que utiliza un conector DB25.

Nuestra circuiteria necesita basicamente 4 pines de la interface RS232, estos se especifican en la tabla 5.3:

Tabla 5.3 pines seleccionados de la RS-232

Pin 2-----	Datos Transmitidos
Pin 3-----	Datos Recibidos
Pin 4-----	Vcc
Pin 1-----	Tierra

Estos pines son los que se conectaran con nuestro circuito módem como lo vemos a en la figura 5.1

Tabla 5.4 Pines de conexión DB-25/MC145450

PIN # DB-25	PIN # CIRCUITO MODEM (MC145450)
2	TRANSMISION (15,20,19)
3	RECEPCION (8)
4	Vcc DE TODOS LOS INTEGRADOS
1	GND DE TODOS LOS INTEGRADOS

5.2.2 DE LA CONEXIÓN ENTRE EL MODEM Y EL CIRCUITO ACOPLADOR

Nuestro circuito acoplador consta de un par de transformadores acopladores que balancea la salida del sistema del circuito módem.

Son dos los pines que utilizamos del **circuito módem** que son los pines 13 y 14 del integrado **MC145415** por medio de los cuales recibimos y transmitimos datos respectivamente y que están conectados al par de transformadores como lo muestra la siguiente figura 5.6

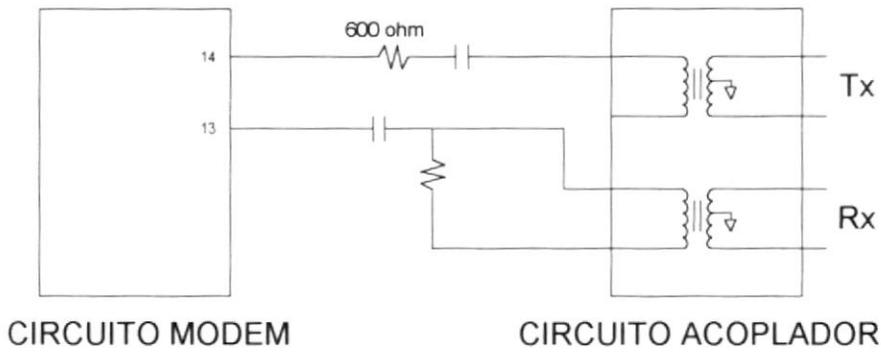


Figura 5.6 Conexión circuito módem - circuito acoplador

5.2.3 DE LA CONEXIÓN ENTRE EL CIRCUITO ACOPLADOR Y EL TRANSMISOR DE MICROONDA

Al tener la salida balanceada (600 ohm) de los transformadores (4 hilos) dos para el enlace de subida y dos para el enlace de bajada, ya que la comunicación es full-dúplex, podemos conectar directamente a la entrada de la tarjeta moduladora de audio, es decir en uno de los cuatro canales que estan disponibles, esto se hará a través de un conector CANON.

La figura 5.7 muestra la conexión entre el circuito acoplador y el equipo transmisor/receptor de de microonda.

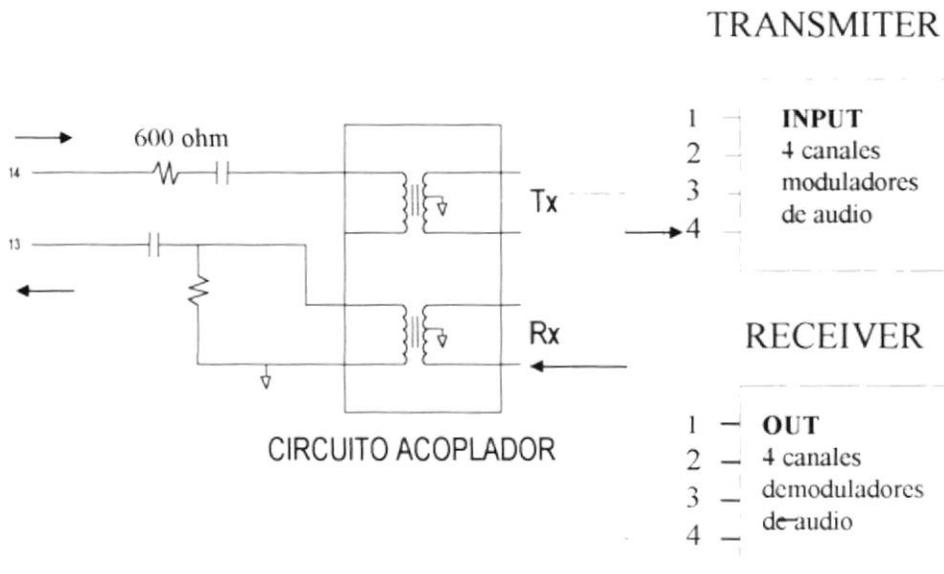


Figura 5.7 Conexión Circuito Acoplador- Equipo Transmisor/Receptor de Microonda

CONCLUSIONES

Luego de analizar los fundamentos teóricos sobre la estructura del proyecto hemos observado una aplicación práctica de la transmisión a distancia a bajas velocidades concretamente a 1200 bps, establecida por un chip modulador que es parte fundamental del circuito de interfase, que permite la interacción entre el equipo terminal y la electrónica de la microonda.

Debemos recalcar que esta interfase consta de dos fases, en la primera se observa las conexiones entre el equipo terminal, el modulador, el circuito acoplador y el transmisor-receptor de microonda. En la segunda fase consta del receptor-transmisor de microonda, el circuito acoplador, demodulador y transmisor de televisión VHF. Obviamente existen conectores, cables o interfases que enlazan a los respectivos equipos, una de las principales es la interface RS-232C con el conector DB-25 que es el medio físico por el cual se comunica nuestra computadora con el primer módem. En cuanto al modulador y al demodulador, éstos son circuitos que se basan principalmente en el chip modulador MC 145450, así como también hacen uso de filtros como el MC145415, éstos a su vez se complementan con circuitos TTL como el 74HC163, 74HC74, 74HC04. Otros elementos implicados son el circuito integrado LM139 del cual se hace uso de un comparador, capacitores, resistencias, oscilador de cristal. Esto nos demuestra que el circuito módem es la aplicación de chips de comunicación, integrados tanto digitales como analógicos y de elementos pasivos y activos.

La comunicación ha sido establecida en modo full-dúplex y en forma asíncrona. En cuanto a nuestro circuito acoplador de impedancia éste nos ha servido para balancear el sistema y permitir conectar a la entrada del canal de audio del transmisor-receptor de microonda con el objetivo de que exista compatibilidad entre los equipos a conectar.

El canal de audio tiene un ancho de banda de 20KHz, y dentro de la estructura del enlace de microonda se lo considera como canal de reserva, gracias a ésta circunstancia, se cree innecesario armar un enlace con una infraestructura independiente dedicado a la comunicación entre los puntos Bellavista y Pichincha, lo que hubiere incidido en un gasto mayor para el proyecto.

Todo lo anterior nos demuestra, de como los equipos de comunicación aplican diferentes clases de circuitos integrados ya sean analógicos o digitales, así como elementos pasivos y resistivos. Y de que el Ingeniero debe establecer la conveniencia entre el sistema a usar, dependiendo de los recursos que posee ya sean técnicos o económicos.

RECOMENDACIONES

Es importante cuando estamos formulando algún proyecto tomar a consideración, los elementos o recursos que están disponibles a nuestro alrededor como material técnico de apoyo para el proyecto.

En el caso nuestro, dado que se ha realizado un enlace de comunicación entre el ordenador y un transmisor de TV y existiendo entre los dos puntos una distancia considerable que los separa aproximadamente seis kilómetros, una alternativa para el enlace hubiera sido un medio físico (cable, guía de onda, fibra óptica, etc), sin embargo como parte del proyecto se ha considerado, la infraestructura existente del radio enlace de microonda, en el que se ha hecho uso del segundo recurso disponible que es la existencia de un canal de reserva de audio por el cual viajará la señal, esto demuestra que estamos optimizando el recurso existente, lo que se traduce en menores costos y tiempo para la inversión y desarrollo del proyecto.

APENDICE A

RECOMENDACIONES PARA EL ENLACE DE MICROONDA

CONSIDERACIONES PARA EL RADIO ENLACE POR MICROONDA

Al diseñar un sistema de comunicaciones de radioenlace vía microonda, una de las tareas esenciales es determinar la trayectoria más apropiada que deberá seguir nuestra señal, también debemos tener a consideración que pueden existir pérdidas en la transmisión de las señales, así como la inserción de ruido, esto puede ocasionar que nuestra señal no sea la más óptima.

A continuación presentamos algunas consideraciones que usted debe tener en cuenta cuando realiza un radio enlace por microonda.

CALCULOS DE TRAYECTORIA

Una vez que se termina perfil de la trayectoria, el siguiente paso en el diseño del radioenlace es el cálculo de la trayectoria. En el perfil se ve la altura de las torres; se definen ciertos parámetros al equipo de radio que se desea instalar; en principio se supone que ya se eligió la banda de frecuencia. Entre otros parámetros se trabaja con los siguientes:

1. Pérdida de la trayectoria en decibeles.
2. Ancho de la banda de operación y desviación pico.
3. Ruido del receptor y umbrales de mejoría en FM.
4. Relación señal ruido sin desvanecimiento.
5. Margen de desvanecimiento que asegure la especificación de ruido para el 99% del tiempo durante el peor mes o todo el año.

A partir de esto se puede determinar el diámetro de las antenas parabólicas. Si en los puntos 4 y 5 no se pueden alcanzar los objetivos de ruido, el diseñador puede recurrir a:

1. Mayor potencia de transmisión.
2. Terminales frontales de receptor más sensible.
3. recepción por diversidad.
4. Reducción de la longitud del salto (como último recurso).

PERDIDAS TOTALES DE TRANSMISION

La atenuación total entre los terminales de salida del transmisor y los terminales de entrada del receptor, se denominan pérdidas de transmisión y se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$A_t = P_t + G_r - A_1 + G_t - A_2 - \alpha$$

en donde:

α : pérdidas en el espacio libre

P_t : potencia de transmisión

G_r : ganancia de antena receptora

G_t : ganancia de antena transmisora

A_1 : pérdidas en líneas de transmisión

A_2 : pérdidas en líneas de recepción

Para todos los objetivos y fines, la pérdida de la trayectoria arriba de 10 Ghz se puede considerar como "pérdida en el espacio libre". Considerando una antena Isotrópica, la cual radia de manera uniforme en todas la direcciones. Si el radiador isotrópico se alimenta mediante la potencia de transmisión P_t , entonces radia $P_t / 4\pi d^2$ (W/m^2) a la distancia d y si el radiador tiene al ganancia G_t , el flujo de potencia aumenta en el factor G_t . Finalmente, la potencia que intercepta una antena de sección transversal efectiva A (que se relaciona con la ganancia mediante $G_r = 4\pi A / \lambda^2$) es $P_t G_t G_r (\lambda / 4\pi d)^2$. El término $(\lambda / 4\pi d)^2$ se conoce como pérdida en el espacio libre y representa un incremento estable del flujo de potencia (en W/m^2) conforme se propaga la onda. De aquí se puede derivar la fórmula más común para la pérdida de trayectoria en el espacio libre, la cual se reduce a:

$$P_{dB} = 92.4 + 20 \log_{10} F_{GHz} + 20 \log_{10} D_{km}$$

GANANCIA DE LA ANTENA PARABÓLICA

A una frecuencia dada, la ganancia de una antena parabólica es función de su área efectiva y se puede expresar mediante la fórmula:

$$G = 10 \log_{10} (4\pi A \eta / \lambda^2)$$

donde:

G = ganancia de la antena isotrópica, en dB.

A = área de apertura de la antena.

η = eficiencia de la apertura.

λ = longitud de onda de la frecuencia de operación.

Las antenas parabólicas de que se dispone comercialmente se alimentan de manera convencional, por medio de una antena de cono en su foco y, generalmente, tienen una eficiencia del 55% o más; con tal eficiencia la ganancia (G en dB) es:

$$G = 20 \log_{10} D + 20 \log_{10} F + 17.8 \quad \text{donde } D \text{ está en metros y } F \text{ en gigahertz.}$$

Las antenas parabólicas de plato con alimentación a través de guía de onda como se observa en la Figura A-1 son probablemente las antenas más económicas para la operación de radioenlaces de 3 GHz en adelante; de 900 MHz a 3 GHz se usa alimentación mediante cable coaxial. En dicho rango tales líneas de transmisión llevan la energía de RF desde el transmisor / receptor a la antena. Arriba de 3 GHz hay mucha pérdida en el cable coaxial y es más práctico el uso de la guía de onda.

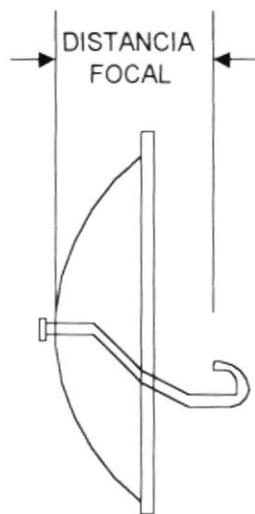


Figura.A.1 Antena Parabólica

Un método para llevar la señal de RF desde y hacia el punto de radiación es el que se conoce como método de periscopio. En este caso, la antena se monta en el edificio o caseta del equipo de radio y en la torre se instala un reflector plano en el punto de radiación. Si la antena queda directamente debajo del reflector, éste se orientará a 45° para hacer que el haz se emita en línea recta paralela a la Tierra.

Para efectos de cálculo de trayectoria, puede haber una pérdida o ganancia de varios decibeles en cada extremo cuando se usan técnicas de periscopio. La ganancia o la pérdida dependen de la frecuencia, el tamaño de la antena, el área transversal del reflector y la distancia desde la antena al reflector.

También se puede usar otros tipos de antena, tales como la “cornucopia”, cono, espiral. Además del costo y la ganancia, otras características son: la relación frente a espalda, lóbulos laterales y eficiencia. Por ejemplo la “cornucopia” que se llama así porque parece un “cuerno de la abundancia”, tiene una eficiencia de más del 60% y mejora la discriminación de lóbulos laterales, pero es más costosa.

POTENCIA EFECTIVA RADIADA ISOTRÓPICAMENTE

El ingeniero de radio utiliza el término potencia efectiva radiada isotrópicamente (PERI) para describir la potencia en el haz de radio en relación con la antena isotrópica. Recuérdese que el radiador isotrópico es “una antena hipotética que radia o recibe de igual manera en cualquier dirección” (definición del IEEE), el diccionario de IEEE añade: “no existe físicamente una antena que radie isotrópicamente, pero es una referencia conveniente para expresar las propiedades direccionales de las antenas reales”. Esta tiene la ganancia de 1, que se designa como 0dB. La PERI es la suma algebraica de la salida del transmisor (en dBm o en dBW) y de las ganancias y pérdidas del sistema de antena de transmisión; el sistema incluye toda la antena y los elementos de la línea de transmisión, desde el transmisor hasta la alimentación de la antena.

Si un transmisor tiene la salida de +10dBW y se tiene 2dB de pérdida en la línea de transmisión y la antena tiene 20dB de ganancia, la PERI es:

$$PERI_{dBW} = +10dBW -2dB +20dB$$

PERDIDAS DE ALIMENTADOR

La ubicación de la antena no es la más óptima para el equipo (transmisor o receptor) y viceversa. Es así que necesitamos un nexo que comunique a los dos elementos en cuestión; esto es la línea de transmisión. Dado que en radiofrecuencia casi cualquier conductor tiene una longitud apreciable comparada con la longitud de la onda de la señal y esta irradiará energía al medio, es decir todo conductor se convierte en antena. Hay 4 parámetros a ser considerados para elegir el tipo de alimentador a ser usado:

- Atenuación
- El coeficiente VSWR
- Instalación
- Costo

La radiación producida por una línea de transmisión podría ser evitada si utilizamos dos conductores arreglados y alimentados de forma tal que el campo electromagnético producido por uno es balanceado y anulado totalmente por el otro. Es decir que la intensidad de campo resultante es cero en cualquier lugar del espacio y por lo tanto no hay radiación, esto se aplica para la construcción de líneas de transmisión de alambres paralelos y otros parecidos.

Un segundo tipo de línea de transmisión usada para frecuencias superiores es el llamado cable coaxial que consiste en dos conductores cilindricos concéntricos uno dentro del otro a través de los cuales fluyen corrientes de amplitudes iguales pero de sentido opuesto. La limitación al uso de cable coaxial es su atenuación y su VSWR y se lo utiliza para frecuencias inferiores a los 2 Ghz.

Debido al efecto piel la corriente en la superficie interna del conductor exterior no penetra lo suficiente como para aparecer del otro lado. De hecho el campo electromagnético resultante en el exterior del cable coaxial debido a las corrientes que fluyen en su interior será nulo, pues el tubo metálico actúa como blindaje.

El alimentador para uso en sistemas de radio es adecuado en tamaños desde 64mm a 41mm de diámetro; el dieléctrico puede ser aire o espuma; el cable del dieléctrico de aire tiene baja atenuación y un mejor VSWR que el tipo de dieléctrico de espuma; el cable del dieléctrico de espuma no es usado para altas capacidades por ejemplo de 300 canales telefónicos FDM o 480 canales PCM debido a su alto VSWR. Para la banda de los 900 Mhz se utiliza el cable coaxial de aire dieléctrico con una atenuación de 2 dB/100mt; la limitación del uso de cable coaxial es su atenuación y su VSWR. Cuando el radio enlace a efectuarse tiene como frecuencia de operación un valor mayor de 3 Ghz se recomienda usar guía de onda en lugar de cable coaxial ya que las pérdidas en la guía son consideradas menor que en el cable coaxial.

La guía de onda consiste en un tubo metálico que ofrece a la onda electromagnética un camino de propagación determinado por su trayectoria al tiempo que brinda dicha porción del espacio para que no exista influencias de campos externos en su interior y evite las fugas de energía hacia el exterior. El modo de transmisión para las guías de onda es el TE, TM, es decir transverso eléctrico o transverso magnético. En cualquier caso existe componente de campo magnético y eléctrico respectivamente en la dirección de propagación y son la forma y dimensiones de la guía las que determinan el modo y su orden.

La guía de onda se comporta como un filtro pasa alto lo cual ocurre porque para lograr su objetivo en primer término se requiere que la onda entre en la guía, para lo cual la longitud de la onda debe ser lo suficiente pequeña es decir para valores de frecuencia superior a un límite determinado; sin embargo aumentar la frecuencia demasiado la onda no solo que calza en la guía sino que esta empieza a quedarse floja; en ésta última condición se produce demasiadas reflexiones internas de la onda resultando de una pérdida exagerada. Como vemos la guía de onda entonces servirá solamente para valores de frecuencias cercanos a su frecuencia de corte y así limitar la probable holgura. Los tipos de onda más comunes son: rectangular, elíptica y circular. En nuestros sistemas de radio utilizaremos guías de onda elíptica flexible la cual tiene el doble de atenuación de una guía de onda circular y su valor

de VSWR es más alto también, además su instalación es más simple, similar a la instalación de cualquier cable coaxial.

PERDIDAS EN FILTROS Y CIRCULADORES.

Para habilitar la conexión de más de un transmisor y/o receptor a la misma antena es necesario usar un equipo de derivaciones bifurcación el cual consiste en circuladores y filtros. La atenuación de derivación depende de cuantos transmisores y receptores son conectados a la misma antena como cada nuevo transmisor y receptor debe ser conectado a través de un circulador; cada circulador introduce pérdidas la cual es normalmente menor a 0.5dB.

CÁLCULO DE LA ALTURA DE LAS TORRES

El objetivo es conservar la comunicación efectiva con una altura mínima en la torre. Las torres deben tener la altura justa para que el haz hertziano sobrepase los obstáculos en la trayectoria. Entre los obstáculos que puede haber en la trayectoria están los accidentes del terreno, como montañas, serranías colinas y la curvatura de la Tierra, la cual es mayor en la parte media de la trayectoria; también están los edificios, torres, silos, etc.

En la etapa que se conoce como *perfil de la trayectoria*, se dibujan a escala todos los obstáculos a lo largo de la trayectoria sobre papel para graficar. Para ello se requieren mapas topográficos de la región; lo ideal es que sean de 1:24.000 o 1:62.500. Se traza una línea recta entre los puntos en cuestión y, después, se traslada a papel lineal para graficar en escala de 1 cm por 1 ó 2 Km; la escala vertical depende de la razón de cambio de la elevación a lo largo de la trayectoria; una escala ideal es de 1 cm por 10 m. Cada obstáculo se debe marcar con una letra o un número sobre la escala horizontal. El siguiente paso es establecer un punto directamente arriba con la altura sobre el nivel del mar. La parte inferior de la carta no necesita estar al nivel del mar, sino que puede estar algunos metros sobre el nivel de mar. Una vez que se establece la referencia de altitud, se deben dar varios márgenes de libramiento adicionales.

A la altura de cada obstáculo se debe añadir la “irregularidad de la Tierra”, es decir, la cantidad de metros que aumenta la altura (en la trayectoria) de un obstáculo como resultado de la curvatura de “irregularidad” de la Tierra. La cantidad de irregularidad de la Tierra en cualquier punto de la trayectoria se puede calcular mediante la fórmula:

$$h = 0.078d_1d_2 \quad (h \text{ en metros; } d \text{ en km})$$

donde d_1 es la distancia desde el punto cercano del salto hasta el obstáculo de que se trata y d_2 es la distancia desde el punto lejano del salto hasta el obstáculo. La ecuación es para un haz en línea recta (es decir, no se desvía), la refracción atmosférica ocasiona que se desvíe aproximándose o alejándose de la Tierra. Este efecto de desviación se maneja mediante la adición del factor K a la ecuación, donde:

$$K = \frac{\text{Radio_efectivo_de_la_Tierra}}{\text{Radio_real_de_la_Tierra}}$$

de manera que

$$h_m = \frac{0.078d_1d_2}{K} \quad (d \text{ en km})$$

Si el factor K es mayor de 1, el haz se desvía hacia la Tierra y el horizonte de radio es mayor que el horizonte óptico; si K es menor a 1, el horizonte de radio es menor que el horizonte óptico. Para fines de planeación general del sistema, se debe usar $K=4/3$, sin embargo, para el cálculo de una trayectoria específica, K se debe elegir con cuidado. En la elaboración del perfil de trayectoria a la altura de cada obstáculo se debe añadir el valor h o curvatura de la Tierra que se corrige con K .

Se debe añadir otro factor a la altura del obstáculo, a saber, el margen para la zona de Fresnel. Este factor proviene de la teoría de ondas electromagnéticas según la cual el frente de onda, como el del haz, tiene propiedades de expansión conforme se propaga en el espacio. Estas propiedades de expansión dan como resultado reflexiones y transiciones de fases cuando la onda pasa sobre un obstáculo; el efecto es el incremento o decremento en el nivel de la señal que se recibe. La

cantidad de margen adicional que se debe dejar sobre los obstáculos para evitar los problemas del fenómeno de Fresnel (difracción) se expresa mediante las zonas de Fresnel. El radio de la primera zona de Fresnel se calcula con la fórmula:

$$R_m = 17.3 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{FD}}$$

donde F = frecuencia en Ghz

d_1 = distancia desde la antena de transmisión hasta el obstáculo (en km)

d_2 = distancia desde de el obstáculo hasta la antena de recepción (en km)

$D = d_1 + d_2$

En la figura 2 se puede apreciar el comportamiento de la zona de Fresnel en la atmósfera.

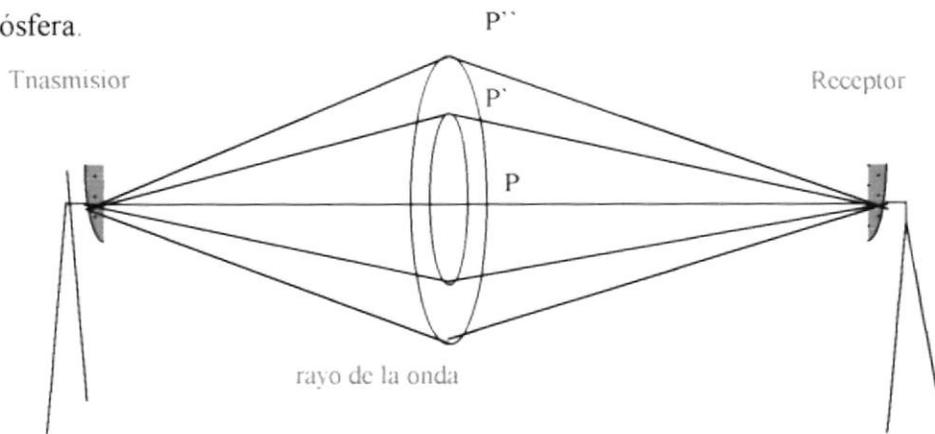


Figura A.2 Comportamiento de las Zonas de Fresnel en la atmósfera

El camino TP'R, es mayor de $\lambda/2$ al camino directo TPR, la onda llegará con una diferencia de fase de 180° , y el resultado será restarle a la señal directa. Si por el contrario, el camino TP''R es mayor con $\lambda/2$ de valor del camino directo, esta onda llegará en fase y el resultado será sumarse a la señal de onda directa.

Hasta el momento, se tienen tres factores de incremento que se deben añadir a la altura de los obstáculos: el crecimiento de la vegetación, la irregularidad de la Tierra que se corrige mediante el factor K y el margen para la zona de Fresnel; éstos se marcan sobre la gráfica de perfil.

PUNTO DE REFLEXIÓN

Los posibles puntos de reflexión se pueden detectar sobre el perfil, con el objeto de ajustar la altura de las torres de manera que el punto de reflexión quede en un terreno donde la energía que se refleja se divida y se disperse. Los cuerpos de agua y otras superficies suaves provocan reflexiones indeseables. En la figura se facilitan los cálculos para determinar el punto de reflexión. Se usa la relación de altura de torres $h1/h2$, la torre más baja es siempre $h1$; el área de reflexión que da entre un factor K de cercanía ($K = 1$) y un factor K de lejanía; las distancias se toman siempre desde la torre más corta, $h1$. El punto de reflexión se puede mover mediante el ajuste de la relación $h1/h2$. El objetivo es asegurar que el punto de reflexión no caiga en un área con terreno suave o sobre agua, sino en una zona con tierra donde la energía que se refleja se divida o se disperse (mediante áreas boscosas, etc.).

A continuación presentamos en la tabla A-1 algunas de las recomendaciones del CCIR para las bandas de microondas establecidas en GHz.

Tabla A-1 Recomendaciones del CCIR para Bandas de Microondas

REC n°	RANGO GHz	FRECUENCIA CENTRAL (F ₀) GHz	CAPACIDAD CANALES
384-1	6.43-7.11	6.77	2700 o equiv
385	7.125-7.425	7.275	
	7.250-7.550	7.400	
	7.425-7.725	7.575	
	7.550-7.859	7.700	
386.1	8.200-8.500	8.350	960
	7.725-8.275	8.000	1800
387	10.7-11.7	11.200	960

DATOS TECNICOS DEL ENLACE DE MICROONDA BELLAVISTA /PICHINCHA

A continuación presentamos las tablas que muestran los requerimientos del enlace de microonda para nuestro proyecto. En la tabla A-2 se presenta los datos para la disposición del enlace de microonda entre los puntos Bellavista y Pichincha en cuanto a la ganancia de las antenas tanto transmisora como receptora, la elevación de las mismas, las pérdidas en los cables, el umbral de recepción, así como el nivel de recepción entre otros, lo mismo se puede observar en la tabla A-3

Tabla A-2 Enlace Bellavista - Pichincha

ENLACE BELLAVISTA

Frecuencia de operación:	6600.00 MHz
Distancia entre A y B:	5.86 Km
Azimuth de A a B:	291.80 Grados
Elevación:	1.56 Grados
Pérdidas FS:	124.19dB
Lineas de transmisión	40.00 m
Pérdidas en cables:	1.81 dB
Otras pérdidas:	17.00 dB
Ganancia de antena Tx:	36.00 dB
Ganancia de antena Rx:	36.00 dB
Potencia de Tx:	33.01 dBm
Altura A:	25.00 m
Altura B:	15.00 m
Antena Tx	PL4-65D 36.00 dB
Antena Rx	PL4-65D 36.00 dB
Umbral de recepción:	-84.00 dBm
Tx NF:	4.00 dB
Fade:	-46.14 dB
V s/n	84.64 dB
Nivel Rx:	-37.99dBm

Tabla A-3 Enlace Pichincha-Bellavista

ENLACE PICHINCHA BELLAVISTA

Frecuencia de operación:	6500.00 MHz
Distancia entre A y B:	5.86 Km
Azimuth de A a B:	111.80 Grados
Elevación:	-1.56 Grados
Pérdidas FS:	124.06dB
Lineas de transmisión	40.00 m
Pérdidas en cables:	1.81 dB
Otras pérdidas:	17.00 dB
Ganancia de antena Tx:	36.00 dB
Ganancia de antena Rx:	36.00 dB
Potencia de Tx:	33.01 dBm
Altura A:	25.00 m
Altura B:	15.00 m
Antena Tx	PL4-65D 36.00 dB
Antena Rx	PL4-65D 36.00 dB
Umbral de recepción:	-84.00 dBm
Tx NF:	4.00 dB
Fade:	-46.14 dB
V s/n	84.64 dB
Nivel Rx:	-37.86 dBm

Como podemos darnos cuenta el enlace es full-dúplex y estamos utilizando un canal de audio que esta disponible en este tramo del enlace, cuyas frecuencias de operación f_1, f_2 están descritas en el estudio previo

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL TRANSMISOR Y RECEPTOR DE MICROONDAS (CALIFORNIA MICROWAVE)

TRANSMISOR

Tabla A-4 Características técnicas del Transmisor de Microonda

<p>Modelo: FLH-DAR 6 Banda de Frecuencias de Operación: 5.9-7.1 GHz Potencia: 2W</p>

RECEPTOR

Tabla A-5 Características Técnicas del Receptor de Microonda

<p>Modelo: FLH-DAR 6 Banda de frecuencias de Operación: 5.9-7.1 GHz Figura de Ruido: 3.5 dB Umbral de Recepción: -85 dBm Relación Señal a Ruido: -73 dBm</p>

ANTENAS

Ubicación: Pichincha

Tabla A-6 Características Técnicas Antenas Pichincha

Modelo: PL4-65D
Banda de Frecuencias: 6.425-7.125 GHz
Ganancia: 36.3 dBi
Ángulo de Cobertura: 2.5°
Ángulo de Elevación: -1.56°
Polarización: Horizontal
Discriminación por polarización cruzada: 30 dB
Relación lóbulo frontal y posterior: 43 dB
VSWR: 1.08

Ubicación: Bellavista

Tabla A-7 Características Técnicas Antenas Bellavista

Modelo: PL4-65D
Banda de Frecuencias: 6.425-7.125 GHz
Ganancia: 36.3 dBi
Ángulo de Cobertura: 2.5°
Ángulo de Elevación: 1.56°
Polarización: Horizontal
Discriminación por polarización cruzada: 30 dB
Relación lóbulo frontal y posterior: 43 dB
VSWR: 1.08

CABLES

El tipo de cable en ambos sitios es una guía de onda con las siguientes características:

Modelo: EW-63
Conector: 163DE

Guía flexible: F137PC0240CB**

** La guía flexible se conecta desde la guía que baja de las antenas a los equipos.

ABREVIATURAS

UCP: Unidad Central de proceso

TRC: Tubo de rayos Catódicos

TTY: Terminales de Teletipos

UCC: Unidad de Control de Comunicaciones

CCITT: Comité Consultivo Internacional Telefónico y Telegráfico

EBCDIC: Código Extendido de intercambio decimal codificado en binario

ECD: Equipo de Comunicación de datos

ETD: Equipo terminal de Datos

FSK: Modulación por desplazamiento de frecuencia

MDT: Multiplexión por división de tiempo

AF: Audio frecuencia

AM: Modulación de Amplitud

FM: Modulación de frecuencia

PM: Modulación de Fase

QAM: Modulación de amplitud en cuadratura

PSK: Modulación por desplazamiento de fase

DPSK: Modulación por desplazamiento de fase diferencial

CRC: Control de redundancia cíclica

CCB: Carácter de control de bloque

Fo: Frecuencia Central

HDX: Transmisión simplex

FDX: Transmisión dúplex

CDA: Convertidor digital-analógico

AGC: Módulo de ganancia y fase

RF: Radio Frecuencia

ANEXOS TECNICOS

BIBLIOGRAFIA

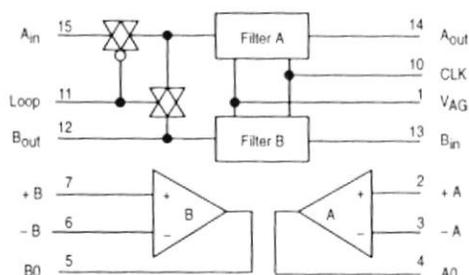
- Technical Manual Platium Series Televisión Transmitter, Harris Corporation, EE.UU,1997.
- Technical Manual Sentry Remote System, Harris Corporation,1992
- Microwave Radio Commnunications, USA, 1997
- Digital and Anallog Communication System, cuarta edición , USA, 1994
- Data Communication, William Stallings, Mac Milan publishing company, cuarta edición, EE.UU 1994.
- Sistemas Electrónicos de Telecomunicaciones, Frank Dungan, Editorial Paraninfo, primera edición, España, 1996

Dual Tunable Linear Phase Low-Pass Sampled Data Filters

The MC145415 is sampled data, switched capacitor filter IC intended to provide band limiting and signal restoration filtering. It is capable of operating from either a single or split power supply and can be powered-down when not in use. Included on the IC are two uncommitted comparators for use elsewhere in the system.

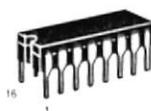
- Two Linear Phase, 5th Order Low-Pass Filters
- Low Operating Power Consumption — 20 mW (Typical)
- ± 2.5 to ± 8 V Power Supply Ranges
- CMOS Compatible Inputs Using V_{DG} Pin
- Two Comparators Available to Reduce Component Count
- Useful in High Speed Data Modem Applications
- Pass-Band Edges Tunable With Clock Frequency from 1.25 kHz to 10 kHz

BLOCK DIAGRAM

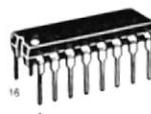


V_{DG} = PIN 9
V_{DD} = PIN 16
V_{SS} = PIN 8

MC145415

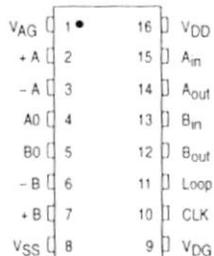


L SUFFIX
CERAMIC
CASE 620



P SUFFIX
PLASTIC
CASE 648

PIN ASSIGNMENT



ORDERING INFORMATION

MC145415	Suffix	Denotes
	L	Ceramic Package
	P	Plastic Package

This device contains circuitry to protect the inputs against damage due to high static voltages or electric fields; however, it is advised that normal precautions be taken to avoid application of any voltage higher than maximum rated voltages to this high impedance circuit. For proper operation it is recommended that V_{in} and V_{out} be constrained to the range V_{SS} ≤ (V_{in} or V_{out}) ≤ V_{DD}.

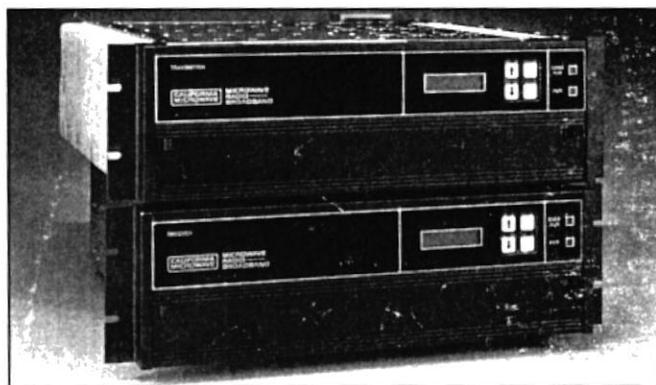
Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}).

FLH-DAR

DIGITAL-ANALOG HETERODYNE MICROWAVE RADIO SYSTEM

MAIN FEATURES

- Advanced, high-performance design meets EIA and ITU requirements
- Digital or analog video modulation
- Analog Option:
 - Transmitter: optional internal 70 MHz FM modulator with up to four program audio channels
 - Receiver: optional internal 70 MHz FM demodulator with up to four program audio channels
- Digital Option:
 - DAR45, 45 Mbps/16QAM Modem
 - DAR34, 34 Mbps/QPSK Modem
- Optional high output power versions
- "SMART" System Monitor & Alarm Recording Terminal, with direct-reading dBm metering on front panel
- Configurations include simplex, full duplex, and hot-standby (space or frequency diversity protection)
- FCC and ITU approved bands from 1.7 to 15.4 GHz



The FLH-DAR Digital-Analog Microwave Radio System is designed to provide a cost effective, highly reliable, microwave link for long and medium haul applications, including: STL and TSL, multi-hop and multi-channel broadcast, CATV, SDTV and ATV video system networks.

The FLH-DAR radios are designed to provide broadcast quality video transmission and will accept compressed digital video modulation or analog composite modulation formats when equipped with appropriate modems. The equipment can be configured as either a simplex or a duplex system. Protection options, such as hot-standby including space and frequency diversity, are also available. A high-power "HP" option is available for additional fade margin protection.

The transmitter and receiver incorporate a phase stabilized microwave source which is capable of field alignment across the RF sub-band. This feature, combined with the broadband linear RF amplifier, provides the performance required for digital video transmission. The use of broadband microwave components significantly reduces system sparing, thus minimizing potential downtime.

FLH-DAR SPECIFICATIONS

GENERAL PERFORMANCE

Frequency Bands:	Standard Choices (GHz):
Model FLH-DAR 2:	1.9-2.3 or 2.3-2.5
Model FLH-DAR 4:	3.3-3.9, 3.9-4.4, or 4.4-4.9
Model FLH-DAR 6:	5.9-6.4 or 6.4-6.8 or 6.8-7.1
Model FLH-DAR 7:	7.1-7.7 or 7.7-8.1 or 8.1-8.5
Model FLH-DAR 12:	10.5-12.1 or 12.7-13.2
Model FLH-DAR 15:	14.4-15.35
Capacity, Analog:	525 or 625 line video, up to 4 audio channels pilot carrier or video signal plus data above video
Capacity, Digital:	70 MHz modem interface

TRANSMITTER

Type:	Single conversion
Local Oscillator:	Phase-locked source
Frequency Stability (-30 to +50°C):	± 0.001% standard (others available)
Output Power:	See Analog or Digital Specifications Summary
IF Input Frequency:	70 MHz
IF Return Loss:	26 dB min. ±10 MHz, referenced to 75 Ω

RECEIVER

Type:	Single conversion
Local Oscillator:	Phase-locked source
Noise Figure:	See Analog Specifications Summary
IF Output Frequency:	70 MHz ± 0.25 MHz
IF Return Loss:	26 dB min. ±10 MHz, referenced to 75 Ω
IF Bandwidth:	30 MHz (other bandwidths optional)
IF Output Level:	+ 3 dBm ± 1 dB
<i>Note: All measurements made in accordance with EIA specifications or CCIR recommendations, unless noted</i>	

SYSTEM CONTROL & ALARM

Status Report:	Local and optional remote
Monitoring:	Transmit power (dBm), receive carrier level (dBm), internal power supply voltages, two external analog (±20 V)
Alarms:	Phase Lock, pilot, audio, squelch, and external contact closure

PRIMARY POWER

AC Power:	115/230 Vac, 50/60 Hz
DC Power:	20.5 to 29 Vdc or 40 to 56 Vdc
FLH-DAR 2 Transmitter:	90 Watts
FLH-DAR 4 - 15 Transmitters:	80 W; HP versions: 90 Watts
All Receivers:	60 Watts

ENVIRONMENTAL

Operating Temperature Range:	0° to + 40°C
Relative Humidity:	0 to 95%, non-condensing

PHYSICAL

Height (Mounting Requirements)	
Transmitter/Receiver:	3 rack units: 5.25" (13.34 cm)
Depth, Without Waveguide:	15.0" (38.1 cm)
With Waveguide:	19.5" (49.53 cm)
Depth, Repeater Waveguide and Hot-Standby Receiver:	21.5" (54.61 cm)
Hot-Standby Transmitter:	22.25" (56.51 cm)
Weight:	Approximately 20 lbs (9 kg)

INTERCONNECTION

RF Connections	
1.71 to 4.90 GHz:	Type "N" female connector
5.925 to 7.125 GHz:	Type WR137; CPR @ top of rack
7.10 to 8.50 GHz:	Type WR112; CPR @ top of rack
10.70 to 13.25 GHz:	Type WR75
14.4 to 15.35 GHz:	Type WR62
IF/Baseband Connectors:	BNC
Power, Audio & Alarm Connections:	Barrier strip, screw terminals
Network Management Control:	9-pin D connector

DIGITAL RADIO PERFORMANCE (EXTERNAL MODEM)

Compressed Video Data Rates:	up to 45 Mbps (fixed rate)
BER Performance:	See Digital Specifications Summary
Interface:	70 MHz
Modulation Types:	Various dependent on data rate and RF channel bandwidth

ANALOG RADIO PERFORMANCE

Signal to Noise:	Meets or exceeds RS-250C; 67 dB
Signal to Hum:	60 dB min.
Signal to Discrete Tones:	65 dB min.
Differential Gain:	1% max.
Differential Phase:	± 0.2° max.
<i>Note: One-hop, 525 or 625 line video per CCIR; -40 dBm receiver carrier level; excludes modem.</i>	

VIDEO PERFORMANCE (OPTIONAL FMT)

<i>(Back-to-Back with CCIR Emphasis)</i>	
Frequency Response	
10 kHz to 4.5 MHz (525 line):	± 0.25 dB
10 kHz to 5.0 MHz (625 line):	± 0.25 dB
5 MHz to 8 MHz (Baseband Output):	± 0.5 dB
Field Tilt:	3 IRE max.
Line Tilt:	0.5 IRE max.
Baseband Chroma Delay:	± 20 nS max.
Baseband Chroma Gain:	± 2 IRE max.
Differential Phase:	± 0.5° max.
Differential Gain:	2% max.
Signal-to-Noise Ratio:	Meets or exceeds RS-250C; 67 dB (See Analog Specifications Summary)
Signal-to-Hum (p-p/RMS):	60 dB min.
Video Input Level:	1 Vp-p
Video Input Return Loss:	+ 26 dB min., reference to 75 Ω

AUDIO PERFORMANCE (OPTIONAL FMR)

Capacity:	Up to four channels included internally
Subcarrier Frequencies:	Standard ITU-R or EIA frequency plan
Frequency Response, 40 Hz to 12 kHz:	± 1.0 dB
12 kHz to 15 kHz:	- 1.5 dB maximum
Signal-to-Noise Ratio	
<i>(at 75 kHz Peak Deviation):</i> Meets or exceeds RS-250C; 66 dB	
Distortion:	1.0% max. at 75 kHz peak deviation
Input Level <i>(at Peak Deviation):</i>	0 to +9 dBm adjustable; set + 8 dBm
Output Level:	0 to +9 dBm adjustable; set + 8 dBm
Input Impedance:	600 Ω balanced
Output Impedance:	600 Ω balanced standard; less than 30 Ω optional