

50



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**SISTEMA DE TELEMETRIA A TRAVES DE LA LINEA TELEFONICA
USANDO DOBLE TONO MULTIFRECUENCIA**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA: ELECTRICA ELECTRONICA
P R E S E N T A :
DAVID AURELIANO LEON FLORES**

DIRECTOR DE TESIS: ING. JOSE RODELMAR OCAMPO SANTILLAN



MEXICO, D.F.

NOVIEMBRE 2001.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES: ROSENDO Y LUCIA POR SU APOYO Y COMPRENSIÓN

A MIS HERMANOS: FELIPE Y LUZ MARIA

**A MIS PROFESORES: RODELMAR, RODOLFO, MOISÉS, SALVADOR, JORGE, ALBERTO, ERIC Y ARTURO
POR SUS ENSEÑANZAS Y COLABORACIÓN**

A MIS AMIGOS: ALBERTO, CARLOS, CARMEN, ENITZE, LUIS, NOE Y MARIO

Y A TODA MI GRAN FAMILIA

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	
CAPITULO I CONCEPTOS Y TÉCNICAS DE TELEMETRÍA.	1
CAPITULO II ESTUDIO Y PRUEBAS DE LA LÍNEA TELEFÓNICA EN MÉXICO.	11
CAPITULO III DISEÑO DEL TRANSMISOR Y RECEPTOR DE DTMF.	31
CAPITULO IV INSTRUMENTACIÓN DE LAS VARIABLES FÍSICAS Y ARQUITECTURA DEL MICROCONTROLADOR.	39
CAPITULO V CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA.	59
CONCLUSIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	77
APENDICES.	78

INTRODUCCIÓN

A través de los años el hombre ha utilizado las unidades de medición para poder cuantificar los cambios que se encuentran a su alrededor, por ejemplo temperatura en calderas, velocidad de un fluido en tuberías, presión en depósitos, vibraciones en máquinas, esfuerzos en estructuras. Estas mediciones se tomaban directamente en el punto de interés. A principios del siglo XX surge la telemetría que es el proceso por el cual éstas medidas son transferidas a una distancia determinada; esta distancia puede variar desde metros hasta kilómetros, la telemetría se utiliza en los procesos químicos los cuales no se puede llevar a cabo una medición directa debido a las condiciones extremas y peligrosas como es el caso de mediciones en plantas nucleares, así también se utiliza para transmitir información sensada desde satélites.

En nuestro caso las variables que vamos a utilizar serán temperatura, humedad e intensidad luminosa, ya que estas variables físicas son sencillas para medir y muy utilizadas en el campo de la industria.

La telemetría se puede utilizar con diferentes medios como lo son:

A.-Por medio de Radio Frecuencia, además de un alto costo se requiere un ancho de banda proporcionado por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

B.-Microondas, su costo también es elevado debido al uso de antenas.

C.-Fibra óptica, su costo es menor pero requiere una instalación especializada debido a que se requiere herramientas especiales para el empalme y la fibra óptica requiere de mantenimiento y requiere de cuidados para su conservación.

D.-Cable Coaxial, su costo es inferior, se utiliza en distancias cortas pero requiere cuidados especiales como son protección del medio ambiente.

E.- Par trenzado: línea telefónica.

Para la transmisión de datos se utilizó la línea telefónica debido a su muy bajo costo de operación y utilizar la infraestructura de Telmex ya instalada, por su alta inmunidad al ruido ya que actúan con DTMF (doble tono multifrecuencia) y además de contar con teléfonos públicos, particulares y celulares quedando cubierta la mayor parte del área de interés.

Una área importante en la aplicación de la telemetría es en el desarrollo biomédico en la cual la información biológica es teledada dentro de los pacientes por medio de transmisores miniaturizados que son ingeridos o implantados quirúrgicamente. Un chequeo externo de las condiciones del cuerpo puede ser llevado a cabo por medio de transductores superficiales, como es hecho con los astronautas, donde son medidos signos del astronauta tales como presión sanguínea, ritmo cardíaco y relación de respiración.

OBJETIVO

El trabajo que se desea desarrollar tiene la finalidad de resolver problemas de monitoreo de variables físicas a largas distancias, ya sea en un proceso industrial, en un hospital o en una casa habitación, a través de la línea telefónica por medio de un sistema transmisor-receptor que despliegue los datos requeridos. El transmisor-receptor deberá ser capaz de utilizarse en cualquier aparato telefónico. Esto es, en teléfonos públicos, particulares o celulares.

Para lo cual se desarrollará el presente trabajo de la siguiente manera:

En el capítulo I se dan algunas definiciones de telemetría, su historia, la clasificación de la telemetría así como nuevas opciones en telemetría como son labview o labwindows. En el capítulo II se explicarán las características eléctricas en una línea telefónica y se mostrarán algunas gráficas de señales obtenidas en la red telefónica de la Universidad Nacional Autónoma de México.

En el capítulo III se desarrollarán el acondicionamiento para el diseño del transmisor y del receptor que utilizan doble tono multifrecuencia.

En el capítulo IV se estudiará y analizará la conveniencia de los transductores que se utilizaron para la medición de las variables atmosféricas como son temperatura, humedad e intensidad luminosa así como su calibración y acondicionamiento para su uso con el microprocesador 68HC11.

En el capítulo V se plantea la construcción del sistema y se realizarán pruebas en una red telefónica así como con teléfonos celulares.

CAPÍTULO I

En este capítulo se muestra algunas definiciones de telemetría, una breve historia de la telemetría, así como una clasificación de las definiciones, sus características y algunas aplicaciones de telemetría que actualmente se usan con mucha frecuencia.

1.1. TELEMETRÍA

DEFINICIÓN

Existen varias definiciones del concepto de telemetría, algunas simplificadas otras muy extensas, a continuación se dan varias definiciones a fin de tener un marco de referencia.

- a.- Por su etimología, telemetría esta formada por las raíces griegas *tel* lejos *metro* medida, medir entre objetos lejanos¹.
- b.- La telemetría se define como la forma de la ingeniería concerniente a la presentación de datos de medidas en un lugar distante del origen donde han sido tomados².
- c.- La telemetría como nombre, designa un proceso de comunicación que puede ser altamente automatizado por el cual se hacen mediciones en puntos remotos o inaccesibles. Estas mediciones y otros datos son transmitidos para recibirlos en equipos de monitoreo, desplegados o grabaciones³
- d.- El término telemetría significa literalmente medición a distancia, o medición remota.
- e.- El manual de la Fuerza Aérea de los EU. define la telemetría como la ciencia que realiza mediciones en una localidad remota y reproduce estas mediciones en una localidad conveniente así mismo define telemedición (*telemeter*) como aparatos de medición transmisión y recepción para indicar o grabar los valores de una cantidad a una distancia considerable, transmisión del valor de una cantidad medida a un punto remoto por alambres o por señales de radio también llamado telemetría.

¹ Diccionario Larousse Ilustrado

² Enciclopedia Británica.

³ Enciclopedia de la Ciencia y la Tecnología

En todas las definiciones anteriores se habla de mediciones distantes, sin embargo éste es un término relativo ya que se puede hablar de telemetría si las distancias son de muchos kilómetros como en los vuelos espaciales o bien si se trata solamente de unos pocos metros tal como ocurre al medir la radioactividad en el centro de un reactor nuclear

En términos generales la telemetría comprende 3 funciones distintas:

- a.- Generación de la señal (usualmente eléctrica) equivalente a la variable física que se desea cuantificar.
- b.- Transmisión de la información a un lugar remoto. Para realizar esta función se hace uso de un transmisor y un medio de transmisión, por ejemplo línea telefónica, aire, fibra óptica, etc.
- c.- Conversión de los datos a una forma adecuada para leerlos o registrarlos y utilizarlos posteriormente con otras informaciones.

1.2. CARACTERÍSTICAS DE UN ENLACE DE TELEMETRÍA

Para empezar a describir las características de un enlace de telemetría, es necesario el hacer referencia a ciertos factores que están involucrados en él, los cuales se dan a continuación: El canal. Se nombra así al medio de propagación o a la trayectoria que conecta al transmisor y al receptor. Un canal de comunicación puede estar constituido por alambre, cable coaxial, cables de fibra óptica, y en el caso de enlaces de radio frecuencia (RF), guías de onda, la atmósfera o el espacio libre.

Para la mayoría de los enlaces de comunicación terrestre, el espacio del canal es ocupado por la atmósfera y parcialmente por la superficie terrestre. Para enlaces satelitales, el espacio es ocupado principalmente por el espacio libre. Aún cuando algunos efectos atmosféricos ocurren en altitudes de hasta 100 km, el espesor de la atmósfera se encuentra hasta una altitud de 20 km

Espacio Libre

El concepto de espacio libre asume que es un canal libre de influencia para la propagación de RF, tales como: absorción, reflexión, refracción o difracción. Si existe alguna atmósfera en el

canal, deberá ser bajo estas condiciones. Se considera despreciable el coeficiente de reflexión de la tierra debido a que esta muy distante. La energía de RF que llega al receptor se considera que es una función únicamente de la distancia del transmisor. Todo lo anterior es ideal, con la práctica la propagación a través de la atmósfera y cercana a la tierra resulta influenciada por efectos de absorción, reflexión, refracción y difracción.

Estas tres funciones muestran que se necesitan básicamente cuatro equipos y un medio o canal de transmisión, en cualquier sistema de telemetría, por tanto, el diagrama de bloques de cualquier sistema de telemetría se puede representar de la siguiente manera:

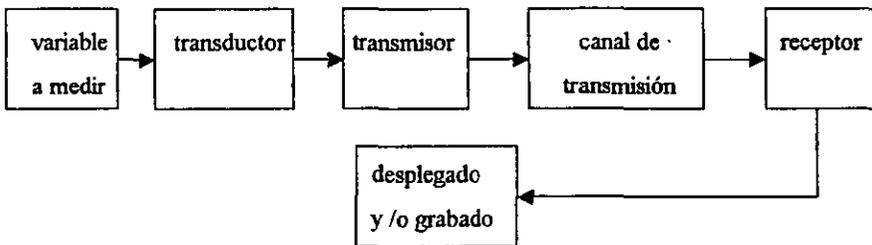


Figura 1 diagrama de bloques de un sistema de Telemetría

1.3. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El primer sistema de telemetría fue usado en los sistemas de distribución de energía eléctrica. Este sistema recogía en una posición central los datos que indicaban la distribución de cargas sobre la red, de tal manera que los diversos generadores en diferentes situaciones participaron de la carga de la manera más económica; el primero de estos sistemas fue instalado en la ciudad de Chicago en 1912 donde se usaron líneas telefónicas para transmitir los datos sobre la operación de un número de plantas de potencia eléctrica a una oficina central.

También fueron transmitidas mediciones como indicaciones electroremotas, y algunos de los sistemas de telemetría originales fueron en realidad pantallas remotas de esas lecturas. Más

recientemente, los sistemas se han desarrollado al grado de que los datos son transmitidos de locaciones remotas hacia estaciones de cómputo.

Los datos son sensados por transductores y usualmente son transmitidas del sitio remoto en forma de señales eléctricas.

En la práctica estas señales pueden ser transmitidas por línea telefónica o por radio enlace. La telemetría Aeroespacial data de los años 30 con el desarrollo de globos sonda meteorológicos, aparatos que automáticamente miden datos meteorológicos como son: temperatura, presión barométrica y humedad, mandando esta información hacia una estación terrestre por medio de radiación electromagnética.

La telemetría aeroespacial para satélites y cohetes fue inaugurada con el lanzamiento del satélite soviético Sputnik lanzado en 1957 y desde entonces estos sistemas han crecido en tamaño y complejidad.

Los satélites observadores han realizado alrededor de 50 experimentos y observaciones diferentes con todos los datos mandados a una estación terrestre por medio de la telemetría.

Las técnicas desarrolladas en este campo han sido aplicadas satisfactoriamente a muchas operaciones industriales: pruebas a motores de combustión interna, turbinas de vapor y hornos. En 1960 se introdujo el principio de pregunta-respuesta, un arreglo altamente automatizado en donde el transmisor receptor puesto en el punto de medición transmite automáticamente los datos necesitados solo cuando se le señala que lo haga. Esta técnica es ampliamente usada en todo el mundo en campos como sistemas de control en la conducción de aceite por tuberías y oceanografía, en la cual una red de boyas transmite información a una estación maestra.

1.4. SISTEMAS DE TELEMETRÍA

Los sistemas de telemetría se clasifican de acuerdo al medio de transmisión empleado:

- 1.4.1. - telemetría mecánica
- 1.4.2. - telemetría eléctrica
- 1.4.3. - radio telemetría
- 1.4.4. - telemetría sónica

1.4.1. TELEMETRÍA MECÁNICA

Este tipo de telemetría se limita a cortas distancias, debido a que es necesario un acoplamiento entre los lugares de medida y de utilización de datos, teniéndose una alta atenuación y una velocidad de propagación baja. Además, esta limitada por la dificultad de construcción de amplificadores mecánicos sencillos y eficientes, así como la necesidad de un medio de unión

mecánico continuo a lo largo del trayecto total de transmisión.

Para distancia de unos cuantos metros, se emplean uniones mecánicas directas a través de árboles y trenes de engranajes; Para varios cientos de metros, se utiliza un acoplamiento fluido (hidráulico o neumático). Este tipo de acoplamiento es muy usado en el control de procesos industriales que caen en el estudio de los servomecanismos.

1.4.2. TELEMETRÍA ELÉCTRICA

Este término se designa exclusivamente para la telemetría alámbrica, en la cual, la información se transmite por variaciones de voltaje o de intensidad de corriente en el circuito. Existe una gran variedad de sistemas de telemetría eléctrica pero la mayoría de ellos se quedan comprendidos en una de las cuatro categorías siguientes:

- 1.4.2.1. - sistemas por equilibrio de tensión.
- 1.4.2.2. - sistemas por equilibrio de intensidad.
- 1.4.2.3. - sistemas por impulsos.
- 1.4.2.4. - sistemas por frecuencia.

1.4.2.1. SISTEMAS POR EQUILIBRIO DE TENSIÓN

En la parte transmisora del sistema, se genera una tensión proporcional a la variable objeto de la telemedición, inmediatamente después de la medición el equipo receptor genera automáticamente una atracción de signo contrario para producir la corriente de la línea a cero.

1.4.2.2. SISTEMAS POR EQUILIBRIO DE INTENSIDAD

El equipo receptor de estos sistemas, envía a través de la línea una corriente de intensidad ajustada para producir una fuerza neutralizante a la producida por la variable objeto de la medición.

Los dos sistemas anteriores, se caracterizan por su sencillez, pero la distancia máxima de empleo está severamente limitada por las pérdidas, por la presencia de ruidos y por el pausado tiempo de réplica de un cable largo. La precisión, depende por tanto, de estos factores, como de la exactitud del equilibrio.

1.4.2.3. SISTEMAS POR IMPULSOS

La información se transmite mediante variaciones del número, la amplitud, la anchura o la separación de un tren de pulsos. Estos sistemas se emplean para minimizar los efectos del circuito sobre la precisión.

El receptor más sencillo es aquel en el que cada pulso acciona un solenoide o un motor, el cual mueve el extremo de una parte mecánica.

1.4.2.4. SISTEMAS POR FRECUENCIA

En estos sistemas, la información se transmite modulando la frecuencia o la amplitud de salida de un oscilador.

En los sistemas por frecuencia o por impulso, la precisión de la transmisión es mejor que en los sistemas por equilibrio, además se pueden utilizar en múltiplex o bien en sistemas mixtos de impulsos y por frecuencia.

1.4.3. RADIOTELEMETRIA

Llamado también telemetría radio se designa por la telemetría inalámbrica. Es decir, cuando la información se transmite por medio de ondas electromagnéticas, o sea, que el canal de transmisión utilizado es el aire o la atmósfera.

Este tipo de telemetría emplea sistemas mixtos de impulsos y por frecuencia además de una forma de multiplexaje, actualmente se usan en los modernos proyectiles espaciales. Para este caso deberá transmitir información sobre treinta o más variables simultáneamente, con una pequeña probabilidad de error aunado a un transmisor pequeño, sólido y económico. También es usado en sistemas supervisores en los cuales es impráctico proveer enlaces a través de líneas alámbricas.

Una consideración importante en los enlaces por radio es escoger la frecuencia de operación, la elección limitada a bandas asignadas por acuerdos internacionales. Para aplicaciones aeroespaciales, en las cuales las transmisiones deberán penetrar la atmósfera, la gama de frecuencias es de 100 MHz a 10 GHz.

La radiotelemetría para utilizarse en instalaciones públicas está determinada por la dificultad de encontrar lugares para antenas y caminos sin obstrucción para las ondas de radio. Cuando se presentan algunos de estos problemas, se usan enlaces por líneas o cables.

La realización de enlaces por líneas y radio para telemetría dependen de dos características básicas del sistema:

El aumento de potencia perdida a lo largo del camino de radiopropagación o en la línea de transmisión, y al ruido del sistema el cual puede ser inherente o una función del diseño.

1.4.4. TELEMETRÍA SÓNICA

Este es un nuevo tipo de telemetría, aún en vías de experimentación. En este caso la información se transmite por medio de una señal sónica. De ahí su nombre. Uno de los empleos actuales es el estudio del comportamiento de los tiburones. Para este estudio, se hace uso de un pequeño transmisor que es sujetado al tiburón, el cual transmite el peso, longitud y velocidad del tiburón con una distancia de hasta un kilómetro y varias brazadas de profundidad.

Las unidades básicas del sistema de telemetría pueden identificarse como:

- Transductor para convertir la medición en una señal eléctrica

- Acondicionador de la señal proveniente del transductor
- Transmisor
- Trayectoria de transmisión (enlace por línea o aire)
- Receptor
- Acondicionador de la señal proveniente del receptor
- Convertidor, para transformar la señal eléctrica a una forma apropiada para uso final.

La medición puede ser un proceso continuo o muy ocasional (por segundo, minuto, hora, día, etc.).

Los sistemas de telemetría están fuertemente relacionados con los sistemas de instrumentación. El término de instrumentación ha sido empleado en varios sentidos. En un sentido este incluye un sistema de telemetría completo. En un sentido más estricto, este se refiere a la medición de variables, ya sea que estas variables se encuentren en una locación remota o no. Este último término está directamente asociado con el concepto de medición.

1.5. INSTRUMENTACION VIRTUAL

La industria de la instrumentación es sometida a una variedad de cambios que es el resultado de la revolución de las computadoras. Estos cambios en la instrumentación han sido en ambas áreas hardware y software, miles de científicos e ingenieros alrededor del mundo utilizan las computadoras para automatizar sus investigaciones, diseños y procesos de manufactura. Para tomar la máxima ventaja de la revolución de la computadora, compañías de instrumentación han comercializado innovadoras herramientas y conceptos como: "crecimiento continuo" "capacidad y vanguardia del software" para programación y uso de interfaces. Estos nuevos conceptos hacen posible la construcción de sistemas de instrumentación únicos y métodos de medición.

Con el surgimiento de la computadora, un nuevo término ha llegado a ser popular en el área de la instrumentación. El término "instrumentación virtual" usado en la industria, describe la combinación de instrumentos programables con propósitos generales.

Para discutir la instrumentación virtual es importante entender cómo se ha desarrollado. La instrumentación debe continuar desarrollándose para el progreso de la ciencia y la tecnología. En los últimos cincuenta años, la instrumentación se ha desarrollado bajo la influencia de tecnología de propósitos generales. Esta tendencia se mantiene, como la computadora ha cambiado el uso y la construcción de los instrumentos.

Por años los instrumentos se han desarrollado en términos de flexibilidad y grado los cuales se integran con otros instrumentos dentro del sistema. La primera generación de instrumentos donde instrumentos análogos manualmente controlan desde sus tableros. Los usuarios han tenido que grabar mediciones desde estos instrumentos manualmente. Los usuarios no han tenido flexibilidad con diseño de acoplamientos, capacidad de medición o uso de la computadora.

Con la invención del cable de conexión de acoplamiento de propósito general (GPIB) e instrumentos digitales el usuario puede controlar sistemas de ambas formas programablemente y manualmente. Cada instrumento GPIB fue diseñado para mediciones específicas, y el usuario puede "manipular" un número de instrumentos para crear un sistema de medición completo. Los usuarios han logrado mediciones controladas por una computadora realizada por medio de una serie de instrucciones hacia y desde los instrumentos.

En la actualidad los instrumentos son una combinación de computadoras de propósitos generales y simultáneamente instrumentos tradicionales e instrumentos de la nueva generación. Estos modernos instrumentos pueden llevar a cabo nuevos niveles de ejecución y flexibilidad por la combinación de programas con nuevas clases de instrumentos.

1.5.1. LABVIEW

Labview se programa gráficamente a través de íconos para el control y visualización de datos, y diagramas de bloque para programación.

Como resultado se puede generar un análisis complejo y una visualización fácil con una metodología gráfica.

1.5.2. LABWINDOWS

La metodología de labwindows ofrece un ambiente productivo diseñado por el usuario cómodamente en C o Basic. Labwindows genera un código en C o Basic con una conexión gráfica hacia el usuario diseñada para la visualización de datos usando el ambiente de desarrollo interactivo, seleccionando la función deseada, declarando las variables de entrada, además las funciones de prueba. Así se genera el código automáticamente, siendo insertado en su programa.

Labwindows es un grupo integral de herramientas de software para el desarrollo de programas de adquisición de datos y control de instrumentos.

El paquete completo de labwindows incluye un grupo de librerías de software - en C y en QuickBASIC - para la adquisición, análisis y presentación de datos.

Labwindows también contiene un programa interactivo de desarrollo que permite el uso de estas librerías con el fin de escribir y corregir sus programas.

CAPÍTULO II

En este capítulo se definirá las señalizaciones de la línea telefónica, así como su clasificación en tipos y funciones y se explicará cada uno de ellos. También se mostrarán las gráficas que se obtuvieron en la red telefónica de la Universidad Nacional Autónoma de México y algunas señales representativas del doble tono multifrecuencia, parámetros necesarios para la transmisión telefónica, así como una breve descripción de la telefonía celular.

2. - SEÑALIZACIÓN.

En una red telefónica conmutada la señalización transporta la información necesaria para que un abonado se comunique con cualquier otro de esa red. La señalización indica al conmutador que un abonado desea servicio, le proporciona los datos necesarios para identificar al abonado distante que se solicita y entonces enruta debidamente la llamada. También proporciona supervisión de la llamada a lo largo de su trayectoria. La señalización da también al abonado cierta información de estado, por ejemplo, el tono de invitación a marcar, tono de ocupado (retorno de ocupado) y timbrado. Los pulsos de medición para el cobro de la llamada se pueden considerar también como una forma de señalización.

2.1. - TIPOS Y FUNCIONES DE LA SEÑALIZACIÓN DENTRO DE LA RED TELEFÓNICA .

Hay varias clasificaciones para la señalización:

1. - General.

- a) señalización de abonado.
- b) señalización entre centrales.

2. - Funcional.

- a) audiovisual.
- b) de supervisión.
- c) Señalización de destino.

Funciones de señalización					
Supervisión		Dirección		Auditiva - visual	
Control (hacia adelante)	Estado (hacia atrás)	Estación	Enrutamiento	Alerta	Progreso
• Tomar	• Desocupado	• Disco giratorio	• Canal	• Timbrado	• Tono de marcar
• Retener	• Ocupado	• Teclado	• Troncal	• Busca	• Tono de ocupado
• Liberar	• Desconectar	• Digital		• Aviso de descolgado	• Retorno de llamada

La figura 2.1 división detallada de las funciones de señalización.

Se debe comprender que en la mayoría de las llamadas telefónicas interviene más de un conmutador en el enrutamiento de las llamadas; de ahí que los conmutadores deban intercambiar información en el servicio completamente automático. Entre los equipos modernos de conmutación la información de destino se maneja mediante la señalización entre registros y la función de supervisión a través de la señalización de línea. Las funciones de señalización de la categoría audiovisual informan al abonado que llama acerca del progreso de su llamada, como se muestra en la Fig. 2.1 la función de alerta informa al abonado llamado que tiene una llamada en espera o que ha dejado descolgado durante mucho tiempo su auricular. La información de señalización se puede transportar de diferentes maneras: del abonado al conmutador o entre conmutadores. La información de señalización se puede transmitir con procedimientos tales como:

- *Duración de pulsos (la duración de pulsos tiene un significado específico).
- *Combinación de pulsos.
- *Frecuencia de la señal.
- *Combinación de frecuencias.

*Código binario.

*Para sistemas de corriente directa, dirección y nivel de la corriente que se transmite.

2.2. SEÑALIZACION DE SUPERVISION

La señalización de supervisión proporciona información acerca de la condición de la línea o circuito e indica si el circuito está en uso o no; informa al conmutador y a los circuitos troncales de interconexión acerca de las condiciones en la línea, por ejemplo, que la parte que llama ha "descolgado", o ha " colgado" y que la parte llamada ha "descolgado", o ha " colgado". Si el auricular de un abonado está colgado, el conductor (línea de abonado) entre el abonado y su central local está abierto y no hay flujo de corriente; para la condición inversa o de descolgado, hay un puente de CD en la línea y fluye la corriente. Se encontró que estos términos son convenientes también para designar las dos condiciones de señalización en una troncal (enlace). Generalmente, si la troncal no se usa, se indica la condición de colgado hacia los dos extremos. La toma de la troncal en el extremo que llama inicia la transmisión de una señal de descolgado hacia el lado que se llama.

Debe observarse que en toda llamada telefónica se debe mantener la información de supervisión de estado de extremo a extremo. Es necesario saber cuando el abonado levanta su teléfono del gancho para solicitar servicio. Es igualmente importante conocer cuando el abonado llamado contesta (es decir, levanta su teléfono del gancho), ya que en ese momento se inicia la medición de la llamada para establecer los cargos. También es importante saber cuando el abonado que llama y el llamado regresa sus aparatos a la condición de colgado, se detiene el cobro y las troncales que intervienen en el establecimiento de la trayectoria de voz, así como los puntos de conmutación, se liberan para que los utilice otro par de abonados. Durante el período de ocupación de la trayectoria de voz se debe saber punto por punto que esa trayectoria en particular está ocupada, de modo que ningún otro intento de llamada puede tomarla.

Marcar sobre una línea de abonado no es más que interrumpir la condición de descolgado sobre la línea de abonado, llamada frecuentemente cierre de apertura. El cierre es la condición con flujo de corriente (o descolgado) y la apertura es la condición sin flujo de corriente (o colgado). La diferencia entre supervisión y marcación principalmente es por la duración, el intervalo de colgado de un pulso de marcación es relativamente corto y se distingue de la señal de colgado y desconexión (el abonado cuelga), porque ésta se transmite en la misma dirección durante más tiempo. Por lo tanto, el conmutador se calibra en tiempo para distinguir la supervisión de la marcación en una línea de abonado.

2.3. -SEÑALIZACIÓN DE DESTINO

La señalización de destino se origina en los dígitos que marca un abonado que llama, mismos que acepta su central local y con esa información dirige la llamada telefónica hacia el abonado distante deseado. Si en el establecimiento de una llamada interviene más de un conmutador, se requiere señalización entre ellos (tanto de destino como de supervisión). En los sistemas convencionales la señalización de destino entre conmutadores se denomina señalización de registro. Las técnicas más comunes de señalización por CA, como: 2FV, tonos multifrecuencia y por canal común

2.3.1. Señalización por multifrecuencia

En la actualidad, La señalización por multifrecuencia (MF) se usa ampliamente en la señalización de registro. Este es un método dentro de banda que utiliza tonos de cinco o seis frecuencias, dos cada vez. La señalización por multifrecuencia trabaja igualmente bien sobre los sistemas de par metálico como los de portadora (FDM). A continuación se verán cuatro de los sistemas de señalización por MF de uso común

2.3.1.1. Señalización por multifrecuencia en Norteamérica Código R-1

El sistema de señalización por MF que se usa principalmente en los Estados Unidos, Canadá y México, fue reconocido por el CCITT como código R-1. Este es un sistema de pulsos de

frecuencia dos de cinco. Para las funciones de control se obtienen señales adicionales de la combinación con una sexta frecuencia

2.3.1.2. Código R-2

El código R-2 se cataloga por el CCITT (Rec. Q.361) como un código europeo para señalización regional. Si se aprovechan por completo las combinaciones de dos de seis tonos de frecuencias se dispone de 15 posibles pares de frecuencias.

2.3.1.3. Tonos de abonado y códigos para teclado (Norteamérica y México)

En muchos lugares del mundo los aparatos de abonado son de disco o de teclado. El modelo de teclado es el más versátil y el abonado puede marcar más rápido. En la tabla 2.1 se comparan dígito marcado, pulsos decádicos (abres) y tonos MF del teclado. En la Tabla 2.2 se muestran los tonos que se usan por lo común en Norteamérica y México. Funcionalmente, éstos son los tonos de progreso de llamada que se dan al abonado.

NUMERO	f1 (Hz)	f2 (Hz)	NUMERO	f1 (Hz)	f2 (Hz)
1	697	1209	7	852	1209
2	697	1336	8	852	1336
3	697	1477	9	852	1477
4	770	1209	0	941	1336
5	770	1336	*	941	1209
6	770	1477	#	941	1477

Tabla 2.1 Códigos norteamericanos y mexicanos para el teclado

o bien

(Hz)	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

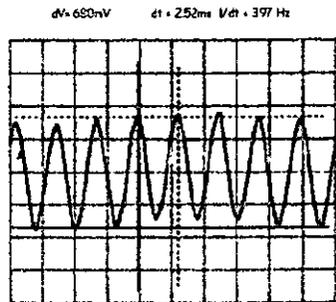
Tabla 2.2 de la tabla se observa que las frecuencias generadas para DTMF se observa que están en el campo de audio y por lo tanto pueden ser transmitidas y empleadas para otros usos.

Tono	Frecuencias (Hz)	Cadencia
Disco	350+440	continuo
Ocupado (estación)	480+620	0.5seg presente, 0.5seg fuera
Ocupado (congestión en la red)	480+620	0.2seg presente, 0.3seg fuera
Retorno de llamada	440+480	2seg presente, 4seg fuera
Alerta de descolgado	Silbido multifrecuencia	1seg presente, 1seg fuera
Advertencia de grabadora	1400	0.5seg presente, 15seg fuera
Llamada en espera	440	0.3seg presente, 9.7seg fuera

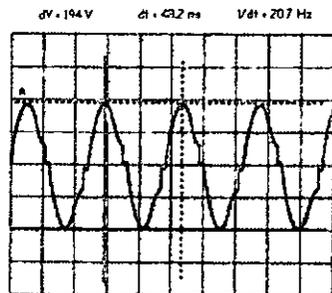
Tabla 2.2 Tonos audibles definidos en Norteamérica y México.

2.4. GRÁFICAS OBTENIDAS EN EL LABORATORIO

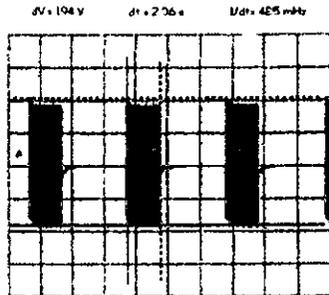
Estas gráficas se obtuvieron en una línea telefónica que se encuentra dentro de la red telefónica de la Universidad Nacional Autónoma de México.



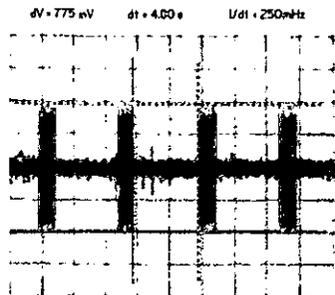
Gráfica 1 Señal de línea (descolgado) tiempo. En esta gráfica se observa que tiene una frecuencia de aprox. 400Hz y un voltaje de 680mVpp



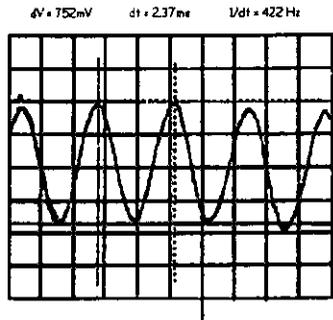
Gráfica 2 Señal de llamada (ring) en el receptor en frecuencia. En esta gráfica se observa que tiene una frecuencia de aprox. 20 Hz y un voltaje de 194 Vpp



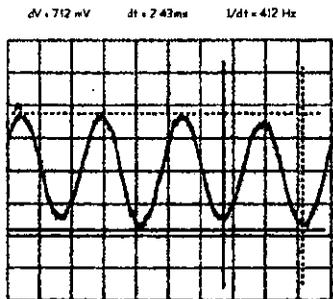
Gráfica 3 Señal de llamada (ring) en el receptor en tiempo, en esta gráfica se observa un voltaje de 194 Vpp es un tren de pulsos 2.0 seg en alto y 3.5 seg en bajo



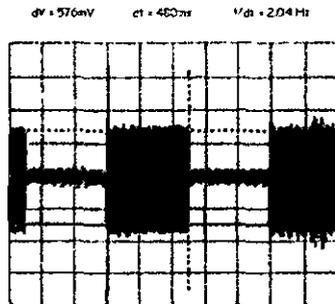
Gráfica 4 Señal de llamada en el transmisor en tiempo En esta gráfica se observa un voltaje de 775mVpp, es un tren de pulsos 4.00 seg en alto y 1.0 seg en bajo



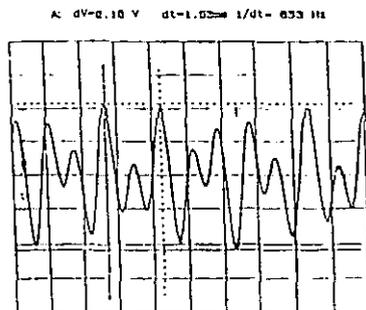
Gráfica 5 Señal de llamada en el transmisor en frecuencia , en esta gráfica se observa que tiene una frecuencia de aprox. 440 Hz y un voltaje de 752mVpp.



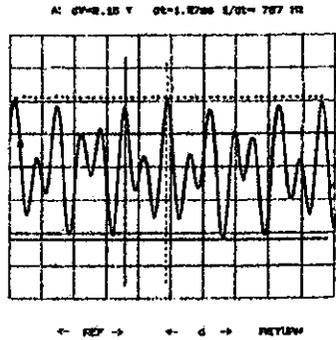
Gráfica 6 Señal de ocupado en frecuencia, n esta gráfica se observa que tiene una frecuencia de aprox. 480 Hz y un voltaje de 712mVpp.



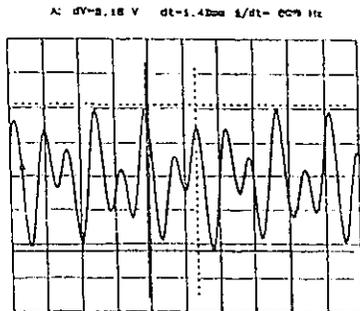
Gráfica 7 Señal de ocupado en tiempo, en esta gráfica se observa un voltaje de 576mVpp es un tren de pulsos aprox. 500 ms en alto y aprox. 500 ms en bajo



Gráfica 8 Señal del número 1, en esta gráfica se observa que tiene una frecuencia de 633Hz baja y 1209 Hz en alta y un voltaje máximo de 2.15 Vpp.



Gráfica 9 señal del número 5, en esta gráfica se observa que tiene una frecuencia de 770Hz baja y 1336 Hz en alta y un voltaje máximo de 2.15 Vpp



Gráfica 10 señal del número 6, en esta gráfica se observa que tiene una frecuencia de 770Hz baja y 1477 Hz en alta y un voltaje máximo de 2.15 Vpp.

	TEÓRICO	PRÁCTICO
Voltaje descolgado	5Vdc	9.5Vdc y 0.1V
Voltaje colgado	48 Vdc	41 Vdc
Voltaje ring	96Vpp	53 Vdc y 66.5 V
Corriente de línea	300mA.	300mA
Impedancia	600 Ω	600 Ω

Tabla 2.4 Parámetros Eléctricos En La Línea Telefónica

2.5 PARÁMETROS EN LA TRANSMISIÓN TELEFÓNICA

El punto fundamental de la transmisión es el canal telefónico o canal de voz. El canal de voz implica una ocupación espectral, ya sea que la trayectoria de voz se lleve a cabo mediante par físico, radio fibra óptica. Si el canal de una línea de abonado no está limitado en frecuencia o filtrado se podría esperar que se viera el contenido espectral de la señal que genera el abonado promedio con frecuencias hasta de 20 Hz en la parte baja y hasta de 20 kHz en la parte alta, el transductor del aparato telefónico es completamente eficiente en esta banda. El oído humano, al menos en la gente joven, es sensible en la gama de frecuencias de 30 Hz hasta 30 kHz. Sin embargo, el contenido básico de la señal de voz (energía más emoción) ocupa una banda de frecuencias mucho más estrecha (100 Hz a 4kHz) si se consideran éste y otros factores, se puede decir que el canal nominal de voz ocupa la banda de 0 a 4 kHz.

Fundamentalmente, existen otros cuatro parámetros que se usan para definir el canal de voz:

- Distorsión de atenuación.
- Distorsión de retardo de envolvente.
- Nivel (nivel de potencia de la señal).
- Ruido y relación señal a ruido.

La pérdida de retorno oscilación y estabilidad, eco y equivalente de referencia son otros parámetros importantes, pero tienen más aplicación en un canal de voz que funciona en una red específica.

2.5.1. Distorsión De Atenuación

La señal que se transmite sobre un canal de voz sufre diferentes formas de distorsión, es decir, la señal de salida del canal se distorsiona de tal manera que deja de ser la réplica exacta de la señal de entrada. Una forma de distorsión se denomina distorsión de atenuación y resulta de la respuesta imperfecta en amplitud - frecuencia. La distorsión por atenuación se evitaría si todas las frecuencias en la banda de paso estuvieran sujetas exactamente a la misma pérdida (o ganancia). Sin embargo, cualquiera que sea la transmisión, algunas frecuencias se atenúan más que otras, por ejemplo, sobre los sistemas con pares filtrados, las frecuencias altas se atenúan más que las bajas. En el equipo de portadora, se usan filtros pasobanda en las unidades de canal donde, por definición, la atenuación aumenta cerca de los extremos de la banda. La Fig. 2.1. es un buen ejemplo de la característica de atenuación de un canal de voz que opera sobre un equipo de portadora.

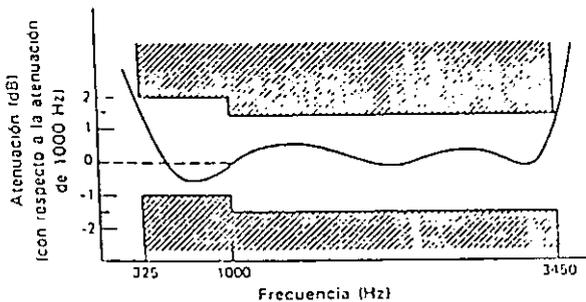


Fig. 2.1. Respuesta típica de atenuación de frecuencia (distorsión de atenuación para el canal de voz). Las áreas sombreadas muestran los límites específicos.

En un canal de voz, la distorsión por atenuación se mide con relación a una frecuencia de referencia. El CCITT especifica 800 Hz como referencia lo que se usa en Europa, África y partes de América Latina mientras que en Norteamérica es común usar 1000 Hz. Se verán algunas maneras para establecer la distorsión de atenuación, por ejemplo, una norma puede establecer que, entre 600 y 2800 Hz, el nivel no debe variar más de $-1 +2$ dB, el signo más indica una pérdida mayor, el signo menos una pérdida menor. Por lo tanto, si se aplica una señal de -10 dBm a la entrada del canal, se esperarían -10 dBm a la salida a 800 Hz (si no hubiera pérdida global), pero a otras frecuencias se puede esperar una variación entre -1 y $+2$ dB. Por ejemplo a la salida se puede medir el nivel de -11.9 dBm a 2500 Hz y de -9 dBm a 1000 Hz.

2.5.2. Distorsión de retardo de envolvente.

El canal de voz se puede ver como un filtro pasobanda. La señal toma un tiempo finito para pasar a través del filtro; el tiempo está en función de la velocidad de propagación, la cual varía según el medio de transmisión que se usa; esta velocidad también tiende a variar con la frecuencia debido a las características eléctricas asociadas con ella y tiende a incrementarse hacia el centro de la banda y a disminuir en los extremos como se muestra en la Fig. 2.2.

El tiempo finito que toma la señal para pasar a través de toda la longitud de un canal de voz o de cualquier red se llama retardo. Retardo absoluto es el retardo que sufre la señal con la frecuencia de referencia al pasar a través del canal. Se observa que el tiempo de propagación varía según las diferentes frecuencias, puesto que el frente de onda de una frecuencia llega antes que el frente de onda de otra frecuencia dentro de la banda de transmisión. Entonces, se puede decir que hay corrimiento de fase. La señal modulada no se debe distorsionar al pasar a través del canal si el corrimiento de fase cambia de manera uniforme con la frecuencia, la señal se distorsiona a la salida en relación con la entrada.

Por lo tanto, en un circuito se trabaja fundamentalmente con la linealidad de la fase. Si la relación fase - frecuencia en la banda de transmisión no es lineal, habrá distorsión de la señal que se transmite. La mejor medida de la distorsión es el parámetro que se denomina distorsión de retardo de envolvente. Matemáticamente el retardo de envolvente es la derivada

del corrimiento de fase respecto a la frecuencia. La diferencia máxima de la derivada en cualquier intervalo de frecuencia se llama distorsión de retardo de envolvente (DRE), por lo tanto la DRE es el milisegundo o el microsegundo. Nótese que el retardo de envolvente se define frecuentemente como retardo de grupo, es decir, la razón de cambio del corrimiento de fase entre dos puntos de la red con la frecuencia.

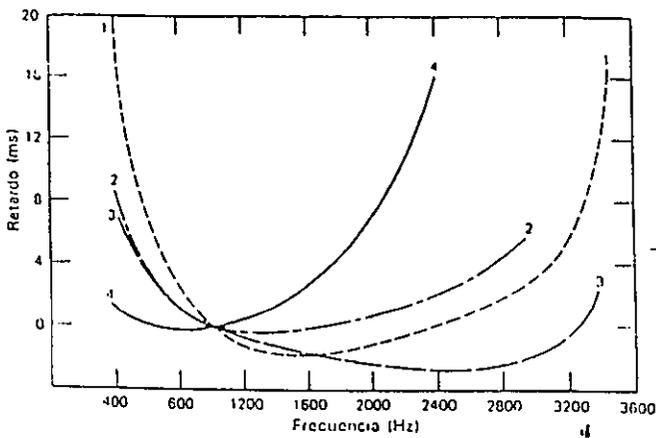


Fig. 2.2. Comparación del retardo de envolvente en algunos canales de voz típicos. Las curvas 1 y 3 representan un retardo de varios cientos de millas en un sistema de portadora con calidad para larga distancia. La curva 2 muestra el retardo por cada 100 mi en un cable con carga. La curva 4 muestra el retardo para 200 mi en un cable fuertemente filtrado.

2.5.3 Nivel

Cuando se habla de nivel lo que se quiere dar a entender es la intensidad de señal o la intensidad del ruido. La mayoría de los sistemas de telecomunicación, "Nivel" significa nivel de potencia y se mide en dBm, dBW u otra unidad de potencia como el picowatt. Una excepción notable es el video en el cual se usa el voltaje, generalmente dBmV. El nivel es un

parámetro importante del sistema. Si los niveles se mantienen muy elevados, se sobrecargan los amplificadores dando por resultado el aumento de los efectos de intermodulación o de diafonía; si los niveles son muy bajos se reduce la calidad del servicio que recibe el abonado. Los niveles de sistema se usan para el diseño de un sistema de telecomunicación; éstos se obtienen normalmente de una lista de niveles o diagrama de referencia del sistema que elabora el grupo de planeación como parte del trabajo de ingeniería. Sobre la lista se establece el PPN0 (punto de prueba de nivel cero). El punto de prueba de nivel de un circuito es el lugar donde se espera el tono de prueba de nivel específico durante la alineación. El PPN0 es el punto donde el nivel del tono de prueba debe ser cero dBm.

A partir del PPN0 se pueden obtener otros puntos que usan el dBr (decibel de referencia) como unidad. El signo menos indica cuántos decibeles abajo de la referencia se encuentra el nivel y el signo positivo cuántos arriba. El dBm0 es la unidad de potencia absoluta en dBm referida al PPN0. El dBm se relaciona con el dBr y el dBm0 por medio de la siguiente fórmula: $\text{dBm} = \text{dBm0} + \text{dBr}$

Por ejemplo, a un valor de -32 dBm en un punto de 22 dBr corresponde el nivel de referencia de -10dBm0. Si se aplica una señal de -10 dBm0 en el punto de 0 dBr (PPN0), se tendrá el nivel de señal absoluto de -10 dBm.

2.5.4 Ruido

El ruido en su definición más amplia consiste en cualquier señal no deseable en un circuito de comunicación. El tema del ruido y su reducción es probablemente la consideración individual de más importancia de ingeniería de transmisión. Es el factor de más peso en la limitación del funcionamiento de un sistema, se divide en cuatro categorías:

- Ruido térmico (ruido Johnson)
- Ruido de intermodulación
- Diafonía

- Ruido impulsivo

2.5.4.1. Relación señal a ruido.

Cuando se trabaja en ingeniería de transmisión la relación señal a ruido es posiblemente el criterio que se usa con más frecuencia que cualquier otra cuando se diseña un sistema de telecomunicación. La relación a ruido expresa, en decibeles, la cantidad en que el nivel de la señal sobrepasa al del ruido dentro de un ancho de banda específico.

Al revisar los tipos de material que se va a transmitir se observa que cada uno requiere una relación mínima señal a ruido para satisfacer al cliente o hacer funcionar el equipo de recepción con un criterio específico. Para tal efecto, se pueden especificar las siguientes relaciones de señal a ruido (S/R) en los equipos terminales correspondientes.

- Voz : 30 dB con base en la satisfacción del cliente
- Videos: 45 dB
- Datos : 15 dB con base en un índice de error específico

en la fig 2.3 se presenta una señal de 1 kHz con la relación señal a ruido (S/R) de 10 dB, el nivel de ruido es de 5dBm y el de la señal de 15 dBm. Entonces,

$(S/R) \text{ dB} = \text{nivel (señal en dBm)} - \text{nivel (ruido en dBm)}$.

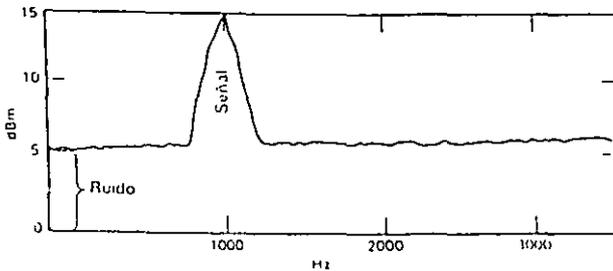


Fig. 2.3 Relación señal a ruido.

2.6 TELEFONIA CELULAR

La telefonía celular se divide en dos tecnologías, la analógica (AMPS) y la digital que a su vez se divide en dos: (TDMA) Acceso múltiple por división de tiempo y (CDMA) Acceso múltiple por división de código.

Existen algunos parámetros en la telefonía celular los cuales se clasifican en:

- Potencia en transmisión.
- Fidelidad de audio en la comunicación.
- Sensibilidad de recepción digital.
- Mantenimiento de la comunicación por cambio de posición.

2.6.1. Potencia de transmisión.

Para este parámetro se lleva a cabo la evaluación de la Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE), El objetivo de esta prueba consiste en determinar el nivel máximo de potencia bajo el cual el teléfono celular es capaz de transmitir, esta prueba se realiza en una habitación especialmente diseñada para no dejar pasar las señales electromagnéticas del medio (señales de radio, de televisión, comunicaciones telefónicas celulares, etc), la cual se recibe el nombre de cámara anecoica, ubicada en el laboratorio de Radiación y Propagación de la Cofetel, con el fin de cuantificar sin error la potencia real de transmisión del equipo, considerando la ganancia que proporciona su antena, al simular la comunicación con una estación base (la antena de una radio célula); este nivel se encuentra normalizado. Sus resultados se obtienen en mW.

2.6.2. Fidelidad de audio en la comunicación.

Para este parámetro se lleva a cabo la evaluación de la Distorsión Señal por Ruido en Audio (SINAD), el objetivo de esta prueba consiste en determinar el nivel de distorsión de audio en transmisión y recepción que se genera al establecer una comunicación con el teléfono celular bajo prueba. Lo anterior tiene la finalidad de cuantificar la fidelidad que presenta el equipo durante la comunicación. Esta prueba se realiza con un analizador de equipo de

radiocomunicación que se conecta directamente (a través de una interfaz especial) al teléfono celular bajo prueba, para establecer una comunicación de lazo cerrado, enviando una señal de prueba que el teléfono recibe como una señal de audio, para después efectuar con el equipo de medición la cuantificación de la relación de la señal recibida con respecto a la enviada. Sus resultados se obtienen en dBm.

2.6.3. Sensibilidad de recepción digital.

Para este parámetro se lleva a cabo la evaluación de la tasa de error de transmisión, para la tecnología CDMA se tiene Frame Error Rate (FER) y para TDMA Bit Error Rate (BER) . Con ayuda del analizador de equipo de radiocomunicación y de la interfaz necesaria para conectar cada equipo bajo prueba, se cuantifican los errores que pueden presentarse en la recepción durante una comunicación en forma digital, debidos principalmente a la baja señal de transmisión que puede presentar una radio-base durante su operación normal, lo cual se puede traducirse como la sensibilidad que presenta el teléfono celular en operación digital para captar las señales de poca intensidad provenientes de una radio-célula.

2.6.3.1. Estabilidad en frecuencia.

Con ayuda del analizador de equipo de radiocomunicación y de la interfaz necesaria para conectar cada equipo bajo prueba, se cuantificó la desviación de la frecuencia central de operación del canal que utiliza el teléfono celular durante la comunicación.

2.6.3.2. Potencia digital y forma de onda.

Se realiza la medición de la potencia máxima de transmisión en forma digital para funcionar en tecnología CDMA y se verifica la calidad de la forma de onda durante su operación.

2.6.4. Mantenimiento de la comunicación por cambio de posición.

Para este parámetro se lleva a cabo dos pruebas:

- Patrón de radiación.

- Nivel de señal espuria.

2.6.4.1 Patrón de Radiación

Basándose en la misma metodología empleada en la prueba de potencia radiada o PIRE; se sensa la respuesta de la antena del teléfono, obteniendo un gráfico de 360° que permite saber si la antena es omnidireccional, es decir, que puede recibir y transmitir con la misma intensidad de señal en todas las direcciones (manteniendo el teléfono en posición vertical), no importando la ubicación del teléfono respecto a la antena de la estación base.

2.6.4.2. Nivel de señal espuria que genera el teléfono en operación.

Cuando un teléfono celular transmite lo hace a través de un canal asignado por la estación base, es decir, en una frecuencia establecida para el mismo. En teoría no debería generarse ningún otro tipo de señales que pudieran interferir con otros sistemas, sin embargo, la propia electrónica del teléfono genera pequeños ruidos eléctricos, denominados señales espurias (señales no deseadas), las cuales pueden medirse. Lógicamente, aquellos teléfonos que generan ruidos mínimos indican un mejor diseño de la electrónica interna del aparato.

Para esta prueba el teléfono celular se instala dentro de la cámara anecoica a una distancia de 3 metros de una antena receptora conectada a un analizador de espectro, con la cual se lleva a cabo la medición de las frecuencias espurias en la 1ra, 2da y 3ra armónicas del canal empleado. El analizador de equipo de radiocomunicación sirve para simular la comunicación entre una estación base y el teléfono celular. Una vez establecida la comunicación el teléfono es girado 360°, a fin de localizar las mayores frecuencias espurias emitidas, localizadas en la 1ra, 2da y 3ra armónicas del canal empleado.

CAPÍTULO III

En este capítulo se dará una explicación del acondicionamiento de las señales que se utilizan para la transmisión y la recepción de doble tono multifrecuencia, sus características y diagramas internos así como su implementación para este sistema.

TP5088

Este dispositivo CMOS tiene la capacidad de generar la marcación de tonos controladas por un microprocesador para aplicaciones telefónicas, es de bajo costo, los datos binarios de 4-bit son decodificados directamente, sin la necesidad de conversión a las entradas de información de teclado simuladas por los generadores estándares de DTMF. Con el habilitador de tono en nivel bajo de la entrada, se inhibe el oscilador y el dispositivo está en un modo bajo de potencia. En la transición bajo-a-alta del tono habilitado, los datos están detenidos en el dispositivo y el par seleccionado del tono de las frecuencias estándares de DTMF se genera. Abrir-drenar el transistor del canal N proporciona a una salida silencio durante la generación del tono.

Características:

- conexión directa a microprocesador

- entrada de datos binario.

- Generación de los 16 pares de tonos.

- Cristal de 3,579545 MHz controlador de la oscilación.

- Baja distorsión a las armónicas.

- Modo de bajo consumo.

- Operación 3.5V - 8V

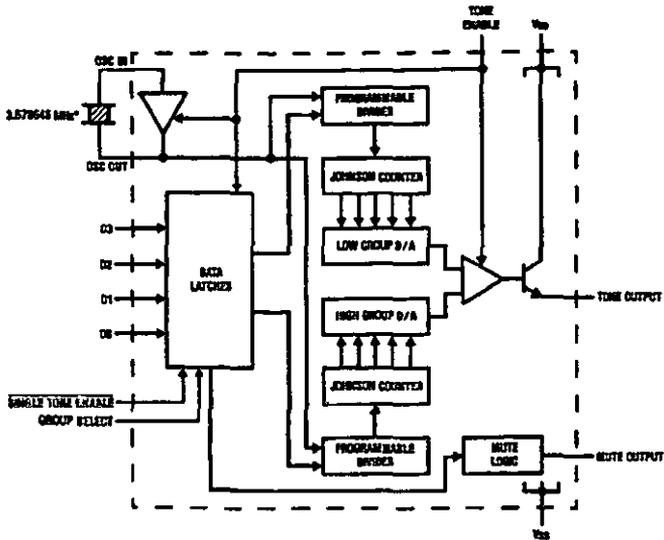


figura 3.2 diagrama de bloques del transmisor de DTMF

Como se observa en el diagrama el transmisor consta de los siguiente elementos:

- a) Una etapa de recepción de datos.
- b) almacenaje de datos.
- c) una etapa de divisor programable.
- d) una etapa de contador johnson.
- e) una etapa de suma de señales.
- f) una etapa de salida a un transistor.

MC145436A

El receptor múltiple de la frecuencia del doble tono MC145436A es un dispositivo de LSI de la puerta de silicio Cmos que contiene el filtro y el decodificador para la detección de un par de tonos que se conforman con el estándar múltiple de la frecuencia del tono dual (DTMF), con salidas en hexadecimal. La tecnología cambiada del filtro del condensador se utiliza junto con el trazado de circuito digital para el control que mide el tiempo y los circuitos de salida.

El MC145436A proporciona un rechazo excelente del ruido y de señal para marcar de línea de potencia, y es conveniente para las aplicaciones en el equipo de sede, el PABX, y sistemas del teclado telefónico , el equipo de envío a distancia y productos de la telefonía del consumidor.

CARACTERÍSTICAS

fuelle de alimentación de +5 V

detecta las 16 aplicaciones estándares de los dígitos

el cristal de 3,58 MHz

proporciona el control de tiempo del protector para mejorar la inmunidad de la comunicación

salida en 4-bit el código hexadecimal

uso a 60 Hz hertzios y rechazo al ruido de marcado

compatible con MC145436, MC14LC5436, y SSI-204.

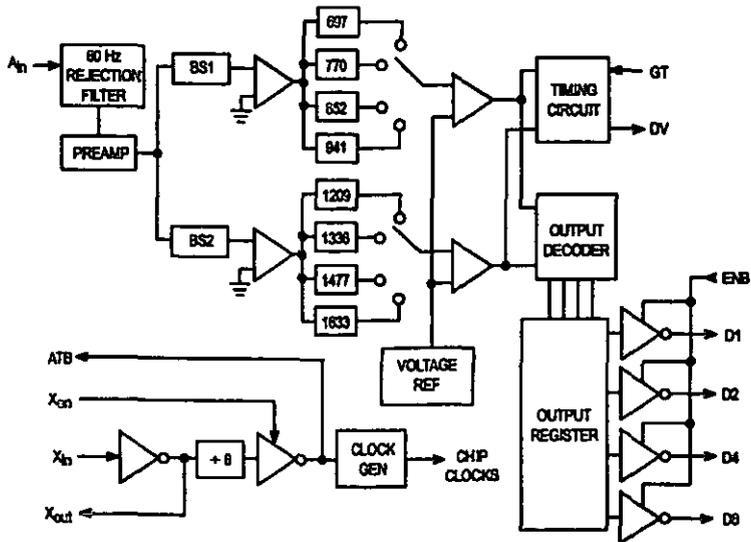


figura 3.4 diagrama de bloques del receptor de DTMF

Como se observa en el diagrama el receptor consta de los siguiente elementos:

- etapa de filtrado..
- una etapa de dos bloques de osciladores.
- una etapa de suma de señales.
- una etapa de salida a un transistor.
- una etapa con un transformador de aislamiento.

Estos circuitos tienen la ventaja de ser CMOS por lo que consume muy poca potencia y su tamaño es muy accesible, cuenta con filtros de capacitores conmutados, los capacitores conmutados se utilizan para sustituir las resistencias del filtro, siendo la implementación más eficiente ya que los capacitores utilizan mucho menos espacio físico.

El circuito tiene la ventaja de decodificar 16 señales de entrada a diferencia de otros circuitos como el LM567 que también es un decodificador de tonos pero solamente identifica una sola frecuencia.

Otra ventaja es que tiene una alta inmunidad al ruido a 60 Hz y proporciona una salida de 4 bits que se puede utilizar directamente a un μC .

Al implementar estos circuitos se llevaron a cabo las siguientes pruebas:

1.- Inicialmente se conectaron directamente las salidas del transmisor y las entradas del receptor para asegurar el funcionamiento de ambos en esta etapa los datos de entrada se controlaban con interruptores tipo dip switch verificando que los datos de entrada fueran los mismos que los datos de salida.

2.- La segunda prueba que se llevó a cabo utilizando la línea telefónica, para la implementación se requirió un transformador de aislamiento de 1:1 como se muestra en el diagrama del transmisor en el apéndice. En esta etapa se continuó la transmisión de datos con dip switch, y conectándose directamente a la línea en el receptor lo cual no requiere ni etapa amplificadora ni etapa de filtrado.

3.- En esta última etapa se implementó el sistema y se utilizó el μC para la transmisión y recepción de datos así como la velocidad de transmisión.

CODIGO BINARIO

	D3	D2	D1	D0	TRANSMISOR	
	D8	D4	D2	D1	RECEPTOR	
TECLADO					FRECBAJA	FRECALTA
1	0	0	0	1	697	1209
2	0	0	1	0	697	1336
3	0	0	1	1	697	1477
4	0	1	0	0	770	1209
5	0	1	0	1	770	1336
6	0	1	1	0	770	1477
7	0	1	1	1	852	1209
8	1	0	0	0	852	1336
9	1	0	0	1	852	1477
0	1	0	1	0	941	1209
*	1	0	1	1	941	1477
#	1	1	0	0	941	1336
A	1	1	0	1	697	1633
B	1	1	1	0	770	1633
C	1	1	1	1	852	1633
D	0	0	0	0	941	1633

Tabla 3.1 Como se observa en la tabla anterior a cada botón del teclado telefónico le corresponden dos frecuencias las cuales son transmitidas en la línea telefónica como la suma de dos señales, además de las frecuencias también se observa los valores en binario que le corresponden a cada dato.

Funcionamiento del sistema

Transmisor

Los sensores de las variables de humedad y de intensidad luminosa están conectados en una configuración de divisor de voltaje, la resistencia que se encuentra en paralelo a los sensores se utiliza para calibrar el sensor de cada una de las variables, para el caso del sensor de temperatura esta conectado a un amplificador operacional en configuración ganancia no inversora, la ganancia se obtiene de la siguiente manera $G = 1 + r_2/r_1$ donde $r_2 = 9.02k$ y $r_1 = 1k$ obteniendo una ganancia de 10.02, para así aprovechar el intervalo de operación del convertidor analógico digital de 0 a 5v, los sensores de humedad e intensidad luminosa no

requieren etapa de ganancia. Las tres señales entran al puerto E del microcontrolador MC68HC11 que es la entrada del convertidor analógico digital.

Los datos son enviados a través del puerto B que es un puerto de salida y se dirigen al transmisor de DTMF que es un codificador de señales y es enviado a la línea telefónica por medio de un transformador de aislamiento de relación 1:1

El microcontrolador se encuentra ensamblado en configuración single chip la cual es la forma mas sencilla para que funcione el microcontrolador con un mínimo de elementos

Receptor

Los tonos son recibidos en el receptor a través de un micrófono de tipo piezoeléctrico, la señal pasa por una etapa de filtrado y por una etapa de ganancia, posteriormente la señal entra al decodificador para convertirlos en código binario este nibble pasa al puerto e sin utilizar el convertidor analógico digital, las salidas de los datos son a través de los puertos A y B que se conecta directamente al desplegado de cristal liquido

FILTRO PASO BANDA

Función de red de paso de banda . La función de transferencia de paso de banda de par de polos conjugados complejos es:

$$H(S) = \frac{H_0 \alpha \omega_0 S}{S^2 + \omega_0 S + \omega_0^2}$$

Donde

$\alpha = 1/Q$ y

$$Q = \omega_0 / (\omega_2 - \omega_1) = f_0 / (f_2 - f_1)$$

Y donde f_2 y f_1 son las frecuencias donde la respuesta de magnitud es -3dB de H_0 , la ganancia de paso de banda que ocurre a $\omega_0 = 2\pi f_0$.

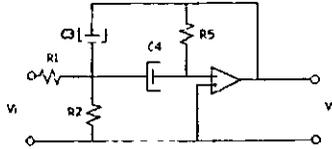


Figura 3.5 diagrama de filtro paso banda de retroalimentación múltiple

Existen varios circuitos de cinco elementos que pueden usarse para realizarla función de paso de banda una de las formas más prácticas es la mostrada en la figura 3.5 la función de transferencia de voltaje es:

$$A_v = \frac{-dS}{S^2 + aS + b}$$

Donde :

$$d = 1/(R_1 C_1)$$

$$a = (1/C_1 + 1/C_2) / R_3$$

$$b = (1/R_1 + 1/R_2) / R_3 C_1 C_2$$

Para obtener los valores de los elementos se obtiene a través de los siguientes formulas

$$C_1 = C_2 = C_3$$

$$R_1 = 1 / (2\pi \Delta f H C)$$

$$R_2 = 2\pi C ((2f_0^2 / \Delta f) - \Delta f H)^{-1/2}$$

$$R_3 = 1 / \pi \Delta f C$$

Invirtiendo estas ecuaciones, podemos obtener:

$$b = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{R_3 C_1 C_2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \right)^{1/2}$$

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f} = \frac{R_3 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{1/2}}{\left(\frac{C_2}{C_1} \right)^{1/2} + \left(\frac{C_2}{C_1} \right)^{1/2}}$$

$$H = \frac{R_3 C_2}{R_1 (C_1 C_2)}$$

CAPÍTULO IV

En este capítulo se dará una definición de transductores, se explicará las variables que se utilizaron en el sistema, así como los métodos de medición de cada uno de ellos. Se dará las características generales del microcontrolador MC68HC11.

4.1 TRANSDUCTORES

El transductor convierte los estímulos físicos a ser medidos tales como temperatura, presión o vibración en una señal eléctrica y así opera como el elemento medidor, los transductores pueden tener muchas formas. Pueden ser autogeneradores o energizados externamente. Un ejemplo del tipo autogenerador, es un sensor de vibraciones, basado en el uso de material piezoeléctrico, esto es, uno que produce una señal eléctrica cuando es deformado mecánicamente.

Una clase de transductor, el cual incluye detectores de radiación, produce una salida digital de tipo numérico o pulsante, distinta de una salida digital codificada.

Muchos transductores energizados externamente operan produciendo una señal eléctrica en respuesta a deformaciones mecánicas. Las entradas típicas (entradas físicas) que producen tales deformaciones son presión, esfuerzos mecánicos y aceleración.

Un aparato transductor sensor simple (del tipo mecánico), es un calibrador de tensión basado en el cambio de resistencia eléctrica de un alambre o material semiconductor bajo tensión.

Otro transductor energizado externamente, del tipo llamado de reluctancia variable es uno en el cual el circuito magnético es roto por un espacio de aire el movimiento mecánico a ser medido es usado para cambiar este espacio de aire, cambiando así la reluctancia u oposición a la producción de un campo magnético en el circuito. El cambio en la reluctancia es entonces traducido a una señal eléctrica. Un aparato algo similar es el transductor de capacitancia variable, en el cual el movimiento mecánico es convertido en un cambio en la capacitancia, en el circuito electrónico.

4.2 VARIABLES FISICA

Las variables que se van a utilizar en el sistema son temperatura, humedad e intensidad luminosa, se seleccionaron estas variables por su importancia en el medio ambiente, así como su sencillez de implementación y su facilidad de interpretar.

4.3 TEMPERATURA

Descripción de la variable

La temperatura es una propiedad termodinámica cuyo valor es suficiente para determinar si dos o más sistemas están en equilibrio térmico cuando se pongan en contacto a través de una frontera común rígida. Si hay interacción se dice que los sistemas están a temperaturas diferentes. Dos o más sistemas están en equilibrio térmico si estando aislados del ambiente local no sufren ningún cambio de estado aun cuando están en contacto entre sí a través de una frontera rígida. Esta propiedad nos da una idea del nivel de energía que presenta un cuerpo con respecto a una referencia.

Las dos escalas de temperatura en uso son la escala Fahrenheit y la escala Celsius. Estas escalas se basan en una especificación del número de incrementos entre el punto de congelación y el punto de ebullición del agua a la presión atmosférica normal. La escala Celsius tiene 100 unidades entre estos puntos, en tanto que la escala Fahrenheit tiene 180 unidades. Además, a la temperatura del punto de fusión del agua pura (a la presión atmosférica), la escala centígrada le asigna el valor 0, en tanto que la Fahrenheit le asigna el valor 32.

4.3.1 Métodos de medición de la temperatura

El valor de la temperatura se puede obtener fácilmente por medio de una medición indirecta con instrumentos calibrados. La temperatura de un sistema se determina poniendo un segundo cuerpo, un termómetro, en contacto con él y dejando que se alcance el equilibrio térmico. El valor de la temperatura se encuentra al medir alguna propiedad del termómetro

que depende de la temperatura. Tal propiedad se denomina propiedad termométrica. Algunas propiedades que se emplean en los dispositivos sensibles a la temperatura son las siguientes:

- volumen de gases, de líquidos y sólidos
- presión de los gases a volumen constante
- resistencia eléctrica de los sólidos
- fuerza electromotriz de dos sólidos diferentes
- intensidad de la radiación (para altas temperaturas)
- efectos magnéticos (para temperaturas extremadamente bajas)

los métodos de medición de temperatura se clasifican según el principio de funcionamiento en:

4.3.1.1. Medición de la temperatura por efectos eléctricos

Los métodos eléctricos para medición de temperaturas son muy convenientes debido a que proporcionan una señal eléctrica que puede detectarse con facilidad y amplificarse para poder ser usados en la adquisición de datos. Son por lo general bastante precisos si se calibran con propiedad y se compensan adecuadamente.

4.3.1.1.1. Termómetro de resistencia eléctrica

El termómetro de resistencia eléctrica es un método bastante exacto de medición de temperatura. Consiste en algún tipo de elemento resistivo expuesto a la temperatura que se va a medir. La temperatura se indica mediante la medición en el cambio de resistencia del elemento.

4.3.1.1.2. Termistores

El termistor es un dispositivo semiconductor que tiene un coeficiente negativo o positivo de temperatura para la resistencia, en contraste con el coeficiente positivo de la mayor parte de los metales. La resistencia sigue una variación exponencial con la temperatura.

El termistor es un dispositivo muy sensible y puede anticiparse un comportamiento consistente dentro de 0.1% de error con calibración apropiada. Una característica del termistor es que puede usarse a fin de compensar la temperatura de los circuitos eléctricos.

Esto es posible debido al coeficiente negativo de temperatura de modo que puede usarse para contrarrestar el aumento de resistencia de un circuito, conforme aumenta la temperatura.

4.3.1.1.3. Termopar

Cuando se unen dos materiales distintos se presenta una FEM (fuerza electromotriz) entre sus puntos extremos, la cual es función de la temperatura en la junta. Este fenómeno se llama efecto Seebeck. Si los dos materiales se conectan a un circuito externo de forma que se requiera una corriente, la FEM puede alterarse ligeramente debido a un fenómeno llamado Peltier. Además, si existe un gradiente de temperatura a lo largo de cualquiera de los materiales, o de ambos, la FEM de la unión puede sufrir una alteración adicional ligera, esto se llama efecto Thomson. Hay entonces, tres FEMS en un circuito termoelectrico. La FEM Seebeck es de primera importancia, ya que esta depende de la temperatura de la junta. Si la FEM generada en la junta de dos metales distintos se mide como función de la temperatura, entonces la junta puede utilizarse a fin de medir la temperatura.

Todos los circuitos termopares involucran dos juntas cuando menos, una de ellas es creada cuando los dos materiales distintos se conectan a un dispositivo de medición y hay otra FEM térmica que se genera en la junta de los materiales y los alambres conectados al instrumento de medición de voltaje. Si la temperatura de una junta se conoce, entonces la temperatura de la otra junta puede calcularse con facilidad usando las propiedades termoelectricas de los materiales. La temperatura conocida se llama temperatura de referencia. La señal de salida de los termopares es un voltaje del orden de los milivolts. Este elemento no cumple para nuestras necesidades, ya que opera fuera del rango de nuestro interés.

4.3.1.1.4. Termómetro de cristal de cuarzo

Un método muy exacto de medición de temperatura se basa en la sensibilidad al cambio de temperatura en la frecuencia resonante de un cristal de cuarzo. Cuando se usa el ángulo apropiado de corte con el cristal, hay una correspondencia muy directa entre la frecuencia resonante y la temperatura. Los modelos comerciales del dispositivo utilizan contadores electrónicos a fin de medir la frecuencia. Ya que el proceso de medición descansa en una medición de frecuencia, el dispositivo es insensible a la captación de ruido en los cables de conexión. Este elemento no cumple para nuestras necesidades, ya que es de difícil acondicionamiento.

4.3.1.2. Medición de la temperatura por radiación

Es posible establecer la temperatura de un cuerpo por medio de la medición de la radiación térmica que emite. Por lo general se emplean dos métodos: 1) Pirometría óptica y 2) determinación de la emitancia.

La radiación térmica es la radiación electromagnética emitida por un cuerpo como resultado de su temperatura. Esta radiación se distingue de otros tipos de radiación electromagnética, como las ondas de radio y los rayos X, los cuales no se propagan como consecuencia de la temperatura.

La radiación térmica esta comprendida en la región de longitud de onda de 0.1 a 100 μm . Este elemento no cumple para nuestras necesidades, ya que es de costo elevado.

4.3.1.2.1. Medición de temperatura mediante la pirometría óptica

Este método se refiere a la identificación de la temperatura de una superficie mediante el color de la radiación emitida ; conforme se calienta una superficie, se vuelve de color rojo oscuro, luego naranja y por último blanca. Las temperaturas más altas resultan de una concentración de la radiación en la porción de longitud más corta del espectro. El problema de la medición de la temperatura consiste en establecer la variación de la temperatura

mediante el color del objeto. Este elemento no cumple para nuestras necesidades, ya que es de costo elevado

4.3.1.3. Sensores de temperatura con circuitos integrados

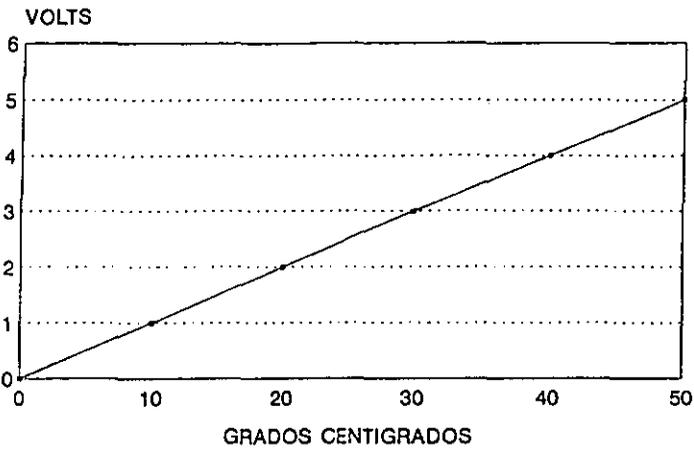
Existen en el mercado sensores de temperatura de precisión en circuitos integrados como la serie LM35, estos sensores entregan un voltaje de salida linealmente proporcional a la temperatura en °C

características de estos dispositivos:

- Entrega un voltaje de salida directamente proporcional a la temperatura.
- Son calibrados en grados Celsius
- Factor de escala lineal de + 10mV / °C
- Rango completo de -55 a 150 °C
- Adecuado para aplicaciones remotas
- Opera con voltajes de 4 a 30 V
- Consumo de corriente menor a los 60 μ A
- Bajo autocalentamiento
- Baja impedancia de salida

La serie LM35 son sensores de temperatura de precisión en los cuales el voltaje de salida es linealmente proporcional a la temperatura en grados centígrados. El LM35 tiene una ventaja sobre los sensores de temperatura lineales calibrados en Kelvin, pues no requieren el restar un voltaje constante grande de su salida para obtener la escala en centígrado. El LM35 no requiere ninguna calibración externo para proporcionar una exactitud típica de $\pm 1/4^\circ\text{C}$ en la temperatura en un ambiente cerrado y $\pm 3/4^\circ\text{C}$ en un ambiente abierto. Tiene un rango de -55 hasta +150°C. La baja impedancia en la salida del LM35, la salida lineal, y el no requerir calibración lo hacen un CI especialmente fácil. Puede ser utilizado con una sola fuente de alimentación, o con fuentes bipolares. Mientras que consume solamente 60 μ A de su fuente, tiene autocalentamiento muy bajo, menos que 0.1°C en aire inmóvil. El LM35 se clasifica

TEMPERATURA



Gráfica 1 El lineamiento de la gráfica se debe a que se ajustó a una recta utilizando el μC

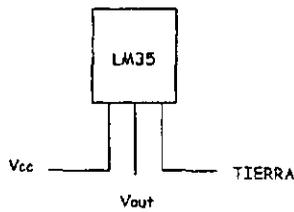


Figura 2.-El diagrama del CI LM35

4.4. INTENSIDAD LUMINOSA

la variable física intensidad luminosa se sensó a través de una fotoresistencia la cual se calibró por medio de un exposímetro. Este instrumento se utiliza en fotografía para medir la luz incidente en el medio ambiente.

Las unidades que maneja el exposímetro son EV las cuales a través de una tabla se pueden convertir a lux (nivel de brillantes) o cd/m^2 (nivel de luminancia)

tabla para conversión de EV a lux

EV	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.0	2.5	5.0	10	20	40	80	160	320	640	1300
0.5	3.5	7.1	14	28	57	110	230	450	910	1800
EV	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0.0	2600	5100	10000	20000	41000	82000	160000	330000	660000	1300000
0.5	3600	7200	14000	29000	58000	120000	230000	460000	930000	1900000

tabla de conversión de EV a cd/m^2

EV	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.0	1.0	2.0	4.0	8.0	16	32	64	130	260	510
0.5	1.4	2.8	5.7	11	23	45	90	180	360	720
EV	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0.0	1000	2000	4100	8200	16000	33000	66000	131000	262000	524000
0.5	1400	2900	5800	12000	23000	46000	90000	190000	370000	740000

EJEMPLO DE CONVERSION

En el exposímetro despliega 9.5 EV esto equivale a 1800 lux o bien 90 cd/m^2

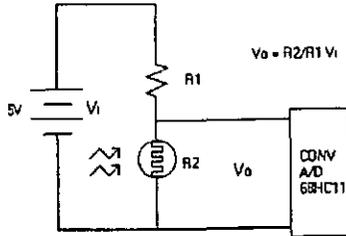
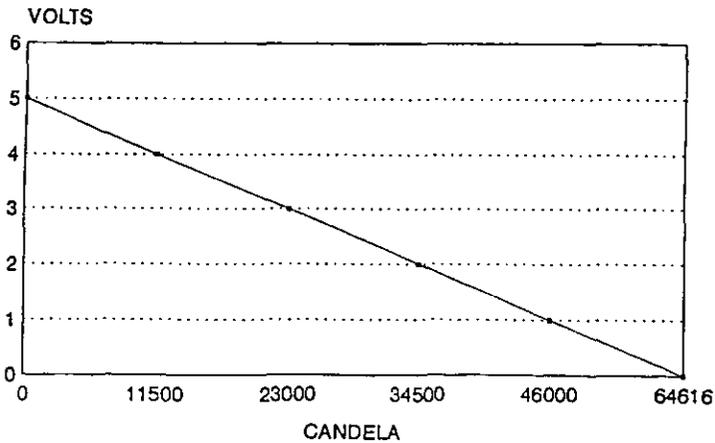


Figura 3.- para implementar el sensor de luminiscencia se llevo a cabo el arreglo como se muestra en la figura, el valor de la resistencia R1 se utiliza para calibrar el sistema

El comportamiento del sistema es el siguiente:

INTENSIDAD LUMINOSA



Gráfica 2 El lineamiento de la gráfica se debe a que se ajustado a una recta utilizando el μC

4.5. HUMEDAD

Descripción de la variable

La humedad es una medida de la cantidad de vapor de agua presente en un gas. La medición que nos ocupa es la humedad relativa (HR), la cual se define como la relación existente entre la presión parcial de vapor de agua en una mezcla o en el ambiente y la presión del vapor de agua requerida para alcanzar la saturación a la misma temperatura, dicha relación se expresa en porcentaje (%). Si P_v representa la presión real del vapor y P_g representa la presión de saturación a la misma temperatura entonces:

$$HR = P_v/P_g$$

4.5.1. Métodos de medición de la humedad relativa

Los sensores de humedad relativa se pueden agrupar en cuatro tipos de acuerdo a la técnica de medición utilizada:

- a) Higrómetro
- b) Sicrómetro
- c) Medidores de punto de rocío
- d) Medidores de humedad a distancia

4.5.1.1. Higrómetros

El término higrómetro se aplica a los transductores que miden la humedad del ambiente basándose en un cambio en las dimensiones de un elemento higroscópico, generando directamente a la salida la lectura del porcentaje de humedad relativa del ambiente.

Existe una gran variedad de higrómetros, los cuales se clasifican de acuerdo al principio de transducción.

4.5.1.1.1. Higrómetro resistivo

Consiste en una capa delgada de material higroscópico o polvo de carbón colocada sobre una base aislada o sustrato enrollado con dos cables de alambre o colocando dos placas en zigzag

como electrodos. Al cambiar la humedad se provoca una modificación en el elemento higroscópico que se traduce en un cambio de su resistencia, variando en forma inversamente proporcional a la cantidad de vapor de agua almacenada.

4.5.1.1.2. Higrómetro de óxido de aluminio

Consiste en una base de aluminio, la cual, al ser sometida a un proceso, se forma una capa delgada y porosa de oxido de aluminio, la cual se cubre con una capa muy fina de oro para ser utilizada como electrodo, el otro electrodo lo forma la base de aluminio.

Se aprovechan las características eléctricas del oxido de aluminio al absorber las moléculas de agua en su estructura, provocando un cambio en la impedancia del elemento, siendo la transducción del tipo resistivo capacitiva. La humedad se determina al medir el cambio de impedancia. Este elemento no cumple para nuestras necesidades, ya que es de difícil acondicionamiento.

4.5.1.2. Medidores de humedad a distancia

El principio de operación de este tipo de medidores se basa en la absorción parcial y selectiva de algunas frecuencias del espectro electromagnético en materiales que presenta cierto grado de humedad. De acuerdo a la cantidad de moléculas de agua que contiene un material (humedad), se presenta una atenuación en la señal del sensor.

Las frecuencias utilizadas por estos medidores es muy variada y cubren buena parte del espectro electromagnético, desde radiofrecuencias hasta infrarrojo. Este elemento no cumple para nuestras necesidades, ya que es de costo elevado

4.5.1.2.1. Medidor utilizando absorción de radiofrecuencia

Consiste en un oscilador de radiofrecuencia (inferior a 10 MHz) que envía la señal a través de la muestra del material del que se desea determinar su humedad, la cual se acopla con dos electrodos a un detector de la frecuencia de trabajo.

La atenuación de la energía electromagnética a través de un material es el principio utilizado en el sensor. Al pasar la señal por el material, las moléculas de agua presentes en él absorben energía originando un movimiento molecular, con lo cual el detector registra una atenuación que es proporcional a la cantidad de humedad del material. Este elemento no cumple para nuestras necesidades, ya que es de costo elevado

4.5.1.2.2. Medidor utilizando absorción de microondas

Siguiendo el principio de operación del medidor anterior, este sensor trabaja frecuencias con valores superiores a los 1000 MHz como la banda S (2.45 GHz) y la banda X (8.9 a 10.6 GHz) en donde las moléculas de agua provocan una gran atenuación a la señal transmitida a través del material sujeto a medición, la cual se puede determinar por un método de atenuación (pérdida) o corrimiento de fase en un circuito receptor integrado en el sensor, que al procesar la señal indica el contenido de humedad de un material. Este elemento no cumple para nuestras necesidades, ya que es de costo elevado

4.5.1.2.3. Medidor utilizando absorción infrarroja

El instrumento opera bajo el principio de comparar la energía absorbida por un material o fluido con respecto a otra referencia, cuya absorción infrarroja sea nula o casi nula.

El sensor se compone de dos fuentes infrarrojas, una de las cuales apunta a una celda que contiene el material o fluido sujeto a medición y la segunda se dirige al otro compartimiento donde se coloca el material conocido. En caso de medirse la humedad de un gas, la celda de referencia se llena con un gas inerte.

La emisión de las fuentes infrarrojas se alterna entre la celda de referencia y la celda de prueba por medio de un disco giratorio. El material de prueba absorbe la energía en proporción a la concentración de humedad, mientras que el de referencia deja pasar la mayor parte, finalmente la señal infrarroja llega a un detector, el cual consiste en dos cavidades separadas por un diafragma metálico.

La diferencia de energía en ambos lados del detector genera un cambio de presión en uno de ellos debido al aumento de temperatura, con lo cual, existe un movimiento del diafragma para nivelarlo. Como el detector se encuentra fijo a un disco, la capacitancia del disco cambia al desplazarse el diafragma y se aprovecha esta variación para modular un oscilador, el cual presenta la medición de humedad. Este elemento no cumple para nuestras necesidades, ya que es de costo elevado.

La tercer variable que va a sensar el sistema es la humedad. Se puede definir como la cantidad de vapor de agua en el medio ambiente. Esta variable atmosférica es medida en porcentaje, la humedad varia tanto en diferentes zonas, así como en una misma zona pero a través del día, o de los meses como lo muestran las gráficas

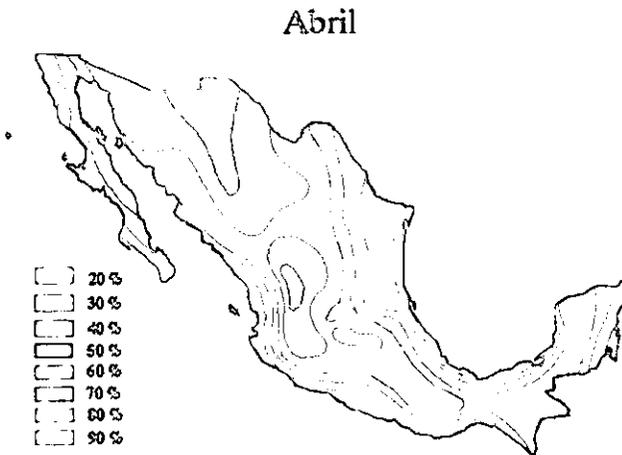


Figura 4 Valores de humedad durante el mes de abril

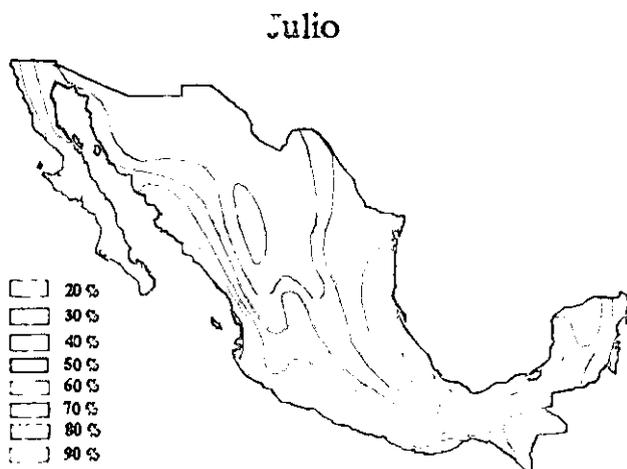


Figura 5 Valores de humedad durante el mes de abril

La variable física humedad se sensó a través de un elemento resistivo el cual se calibró con instrumentos del observatorio meteorológico del colegio de geografía en Ciudad Universitaria.

En este laboratorio se miden las variables atmosféricas a las 7.00, 12.00 y 18.00 hrs.; el método que utilizan para medir la humedad es por medio de tablas psicométricas y es el siguiente:

temperatura ambiente = t

temperatura de bulbo húmedo = t'

con estas temperaturas y la ayuda de tablas psicométricas se obtienen valores de tensiones máximas del vapor de agua

esto es

de tablas

$t = 21^\circ$ 18.5 (a)

$t' = 11.8^\circ$ 10.34 (b)

$t - t' = 9.2^\circ$ 3.56 (c)

para obtener la humedad se utiliza la fórmula : $H = (b - c / a) \times 100$
 en este caso la humedad es de 36 %

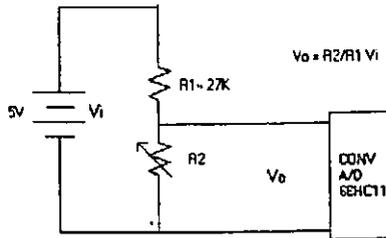
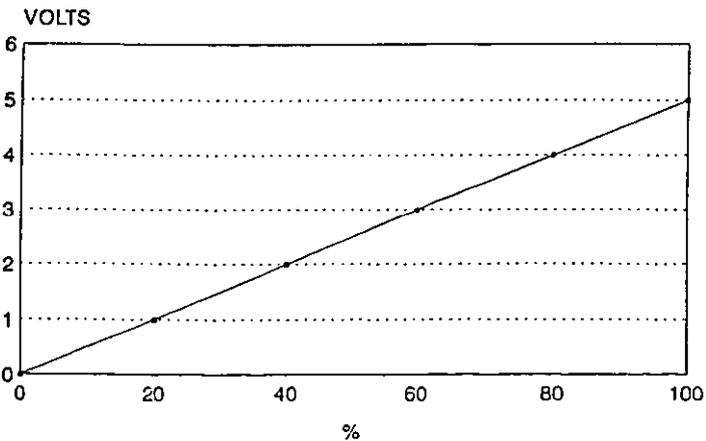


Figura 6.- para implementar el sensor de Humedad se llevo a cabo el arreglo como se muestra en la figura, el valor de la resistencia R1 se utiliza para calibrar el sistema

y su gráfica es la siguiente:

HUMEDAD



Gráfica 3 El lineamiento de la gráfica se debe a que se ajustado a una recta utilizando el μC

4.6 Características generales de la familia MC68HC11.

La familia MC68HC11 es una serie de microcontroladores con una unidad de procesamiento central flexible, se constituye de: Unidad de Procesamiento Central (CPU), Timer, Memoria, Convertidor Analógico Digital, Entrada/Salida Digital y Funciones Especiales, Comunicación Serie y Coprocesador Matemático.

Unidad de Procesamiento Central.

Está diseñada para un bajo consumo de potencia, se compone de

- Dos acumuladores de 8 bits ó uno de 16
- Dos registros de 16 bits
- Instrucciones de manejo de bits
- Seis modos de direccionamiento (Inmediato, Extendido, Directo, Indexado, Inherente y Relativo)
- Modos de Espera y Paro para ahorro de potencia
- Configuración de función de terminales desde memoria (Entrada, Salida y/o funciones especiales)
- Multiplicador de 8 x 8 bits
- Divisor de 16 x16 bits

Memoria

Esta familia está provista de distintas combinaciones de los diversos tipos de memoria.

- ROM. Hay microcontroladores que tienen desde 0 a 32K bytes. Este tipo de memoria la programa el fabricante.
- RAM. Se tiene disponibilidad desde 256 bytes hasta los 1.25K en algunas versiones.
- EPROM en tamaño desde 4K hasta 32K bytes para distintas versiones.
- EEEPROM disponible de 0 a 2K bytes para algunos de los microcontroladores.

Convertidor Analógico Digital

Puede operar de forma multiconversión ó multicanal lo cual permite una conversión sencilla o continua en uno o varios canales. La familia MC68HC11 tiene ocho canales de entrada al convertidor A/D, la mayoría de las versiones proporcionan 8 bits de resolución aunque hay otros hasta con 10 bits.

Entrada / Salida Digital y Funciones Especiales

Comunicación Serie

Todos los microcontroladores de esta familia cuentan con una interfaz serie para periféricos (SPI) y una interfaz de comunicación serie (SCI) con el propósito de minimizar la intervención del CPU durante la transferencia de datos.

- El *SCI* es un puerto serie asíncrono de dos hilos que usa el formato NRZ (Non-Return-to-Zero). El baudaje de comunicación puede variarse mediante programación a valores proporcionales a los del oscilador del microcontrolador. Los datos a transmitir o recibidos se almacenan en un "buffer".

- El *SPI* es un puerto serie síncrono de cuatro hilos para comunicación a alta velocidad con periféricos especiales u otros microcontroladores. Los datos se transmiten y reciben al mismo tiempo, el baudaje de transmisión es programable.

Coprocesador Matemático

Algunos miembros de esta familia presentan un coprocesador matemático de 16 bits que acelera las operaciones de multiplicación y división en más de 10 veces. El coprocesador funciona de manera independiente al CPU y no requiere instrucciones especiales.

4.7. Microcontrolador MC68HC11E9.

Uno de los motivos para la selección del microprocesador es que se contaba con infraestructura necesaria como la tarjeta de evaluación M68HC11EVBU la cual se utiliza para conectarla a través del puerto serie a la computadora y programar la memoria EEPROM y la memoria EPROM.

Este microcontrolador satisface de manera adecuada las necesidades del sistema :

- a) Puertos de entrada y salida digital.
- b) Convertidor Analógico / Digital.
- c) Comunicación Serie.
- d) Memoria EEPROM.

PUERTOS DE ENTRADA

En el transmisor son utilizados para registrar las variables atmosféricas medidas en el sistema.

En el receptor son utilizados para registrar los datos que son enviados a través del receptor de doble tono multifrecuencia.

PUERTOS DE SALIDA

En el transmisor son empleados para enviar los datos al transmisor de doble tono multifrecuencia.

En el receptor son empleados para enviar los datos directamente al desplegado.

El convertidor analógico / digital registra la señal de los sensores de temperatura, humedad e intensidad luminosa.

La memoria EEPROM permite grabar el programa de control en el microcontrolador y ofrece la facilidad de modificación y regrabado.

Este microcontrolador cuenta con un programa monitor (BUFFALO) cargado por el fabricante en la memoria ROM. Este programa se inicia estando el microcontrolador en

modo single-chip y teniendo la terminal E0 en "0" lógico, si esta terminal se encuentra en "1" lógico el microcontrolador ejecutará el programa que se encuentre almacenado en la memoria EEPROM.

Arquitectura básica de operación.

Para poder utilizar el μC en alguno de sus modos de operación es necesario implementar una arquitectura básica, en éste caso se utilizó la siguiente :

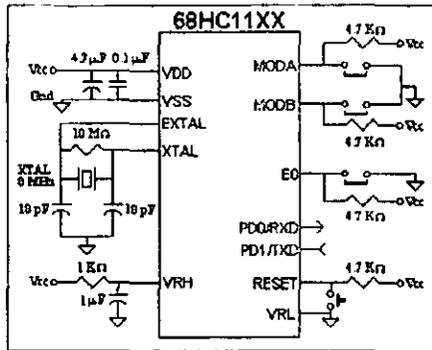
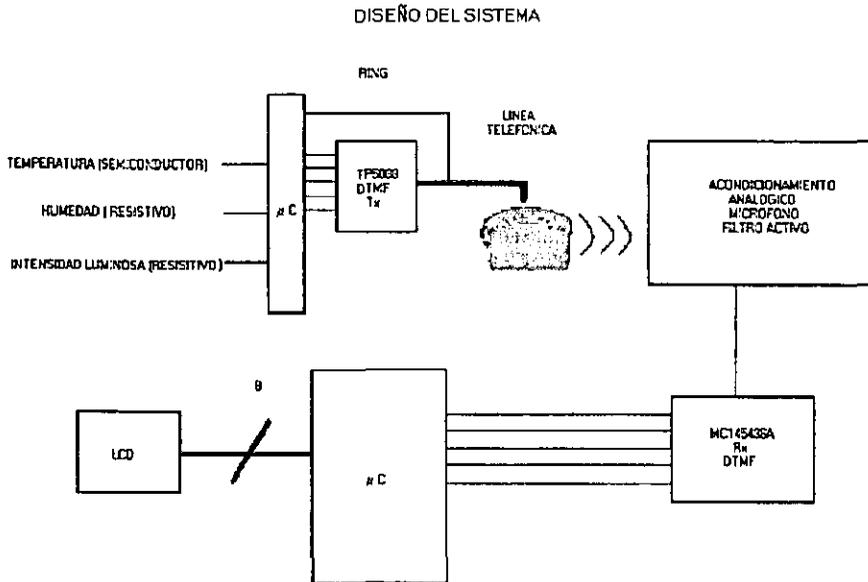


Figura 7. Configuración básica de operación.

CAPÍTULO V

En este capítulo se dará la distribución de las terminales del microcontrolador HC11, también se observa el diagrama de flujo de los programas que se encuentran en el transmisor y en el receptor, por último se vera el avance del sistema ya implementado con fotografías describiendo sus partes.



Como se observa en el diagrama se utilizan dos microcontroladores los cuales están conectados de la siguiente manera:

5.1. Distribución de terminales

Para nuestro sistema utilizamos las siguientes terminales del microcontrolador asignándolos a alguna de nuestras aplicaciones de la siguiente forma :

TRANSMISOR		
PUERTO B.	HC11	TP5088
Salida	PB0(42)	DO(9)

bit menos significativo enviado a Transmisor de DTMF

Salida	PB1(41)	----	D1(10)
Salida	PB2(40)	----	D2(11)
Salida	PB3(39)	----	D3(12)

PUERTO E.

Conv. A/D	PE0(43)	("1" EEPROM y "0" BUFFALO).
Conv. A/D	PE4(44)	Sensor de Temperatura.
Conv. A/D	PE6(48)	Sensor de Humedad.
Conv. A/D	PE7(50)	Sensor de Intensidad luminosa.

RECEPTOR

PUERTO A. HC11

Salida	PA4(30)	----	4	Bit de señalización
Salida	PA5(29)	----	5	Bit de señalización
Salida	PA6(28)	---	6	Bit de señalización

PUERTO B. HC11

Salida	PB0(42)	----	7	DISPLAY
Salida	PB1(41)	----	8	DISPLAY
Salida	PB2(40)	----	9	DISPLAY
Salida	PB3(39)	----	10	DISPLAY
Salida	PB4(38)	----	11	DISPLAY
Salida	PB5(37)	----	12	DISPLAY
Salida	PB6(36)	----	13	DISPLAY
Salida	PB7(35)	----	14	DISPLAY

PUERTO E. HC11 MC145436A

Entrada	PE0(43)	----	D1(2)	RECEPTOR
Entrada	PE1(45)	----	D2(1)	RECEPTOR
Entrada	PE2(47)	----	D4(14)	RECEPTOR
Entrada	PE3(49)	----	D8(13)	RECEPTOR

5.2. Programación del microcontrolador.

Después de acondicionar las señales analógicas provenientes de los sensores y transductores utilizados para la adquisición de variables de interés , se prosigue a emplear una arquitectura para convertir estas señales analógicas en señales digitales para facilitar su procesamiento y almacenamiento en la memoria RAM.

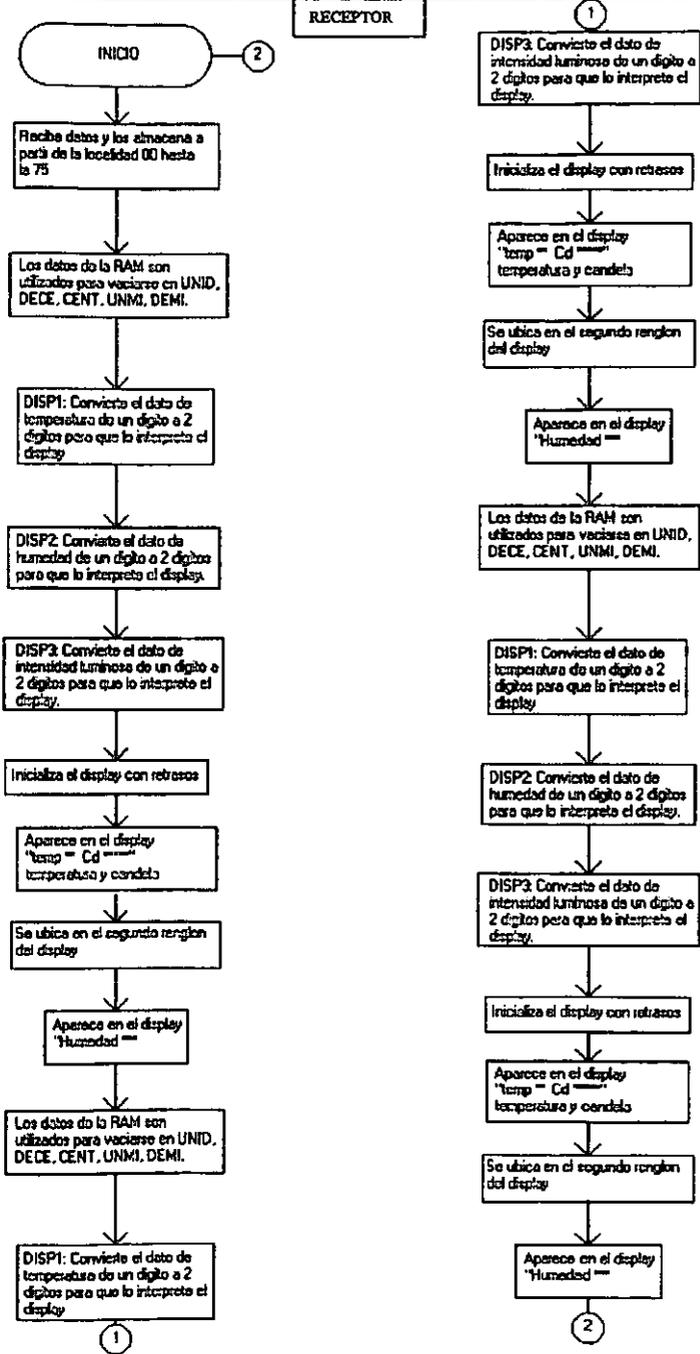
Inicialización del microcontrolador.

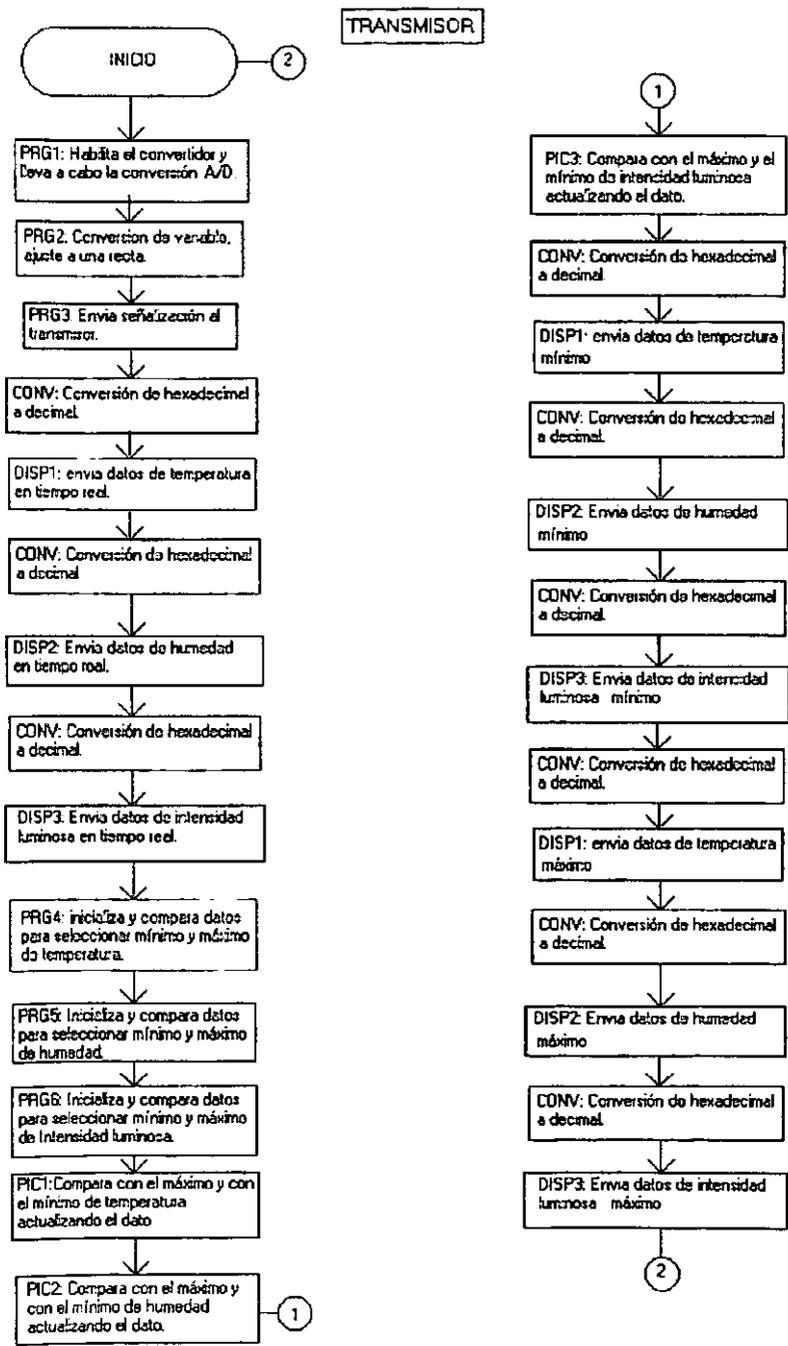
Nuestro programa en el transmisor se almacena en la memoria EEPROM del μC desde la dirección \$B600 hasta la B7FD, además utilizamos algunas localidades de memoria RAM : desde \$100 hasta \$16F.tanto en el transmisor como en el receptor

Debido a que el microcontrolador opera en modo "single-chip" después de activar el RESET del microcontrolador y tener la terminal E0 en "1", se ejecuta el programa que se encuentra almacenado en la dirección \$B600, que en nuestro caso es el origen del programa en el transmisor.

Y en el receptor se utilizó la EPROM a partir de la dirección \$E000 hasta \$E23F

El tipo de programación que se manejo para la elaboración del programa es estructurado ya que se utilizó subrutinas para la realización del programa en el siguiente esquema se observa el diagrama de bloques de ambos sistemas.





5.3. Funcionamiento del programa

Transmisor

Lleva a cabo la conversión de la entrada analógica a digital de los tres canales que se está utilizando, ajusta a una recta los valores de entrada de cada una de las señales, realiza la conversión de hexadecimal a decimal de cada una de las señales, almacena en la memoria RAM el primer valor de cada una de las señales con el segundo y subsiguiente dato hace una comparación para obtener el dato mínimo y el dato máximo de cada una de las tres señales, envía al puerto b del microcontrolador mc68hc11 los datos con el siguiente orden , bit de señalización en este caso f, datos en tiempo real temperatura candela y humedad, datos mínimos de temperatura candela y humedad, datos máximos de temperatura candela y humedad, reinicia el programa. Este programa tiene una repetición de 6.5 seg.

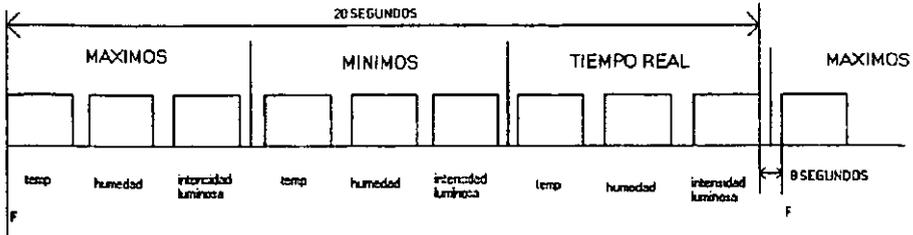
Receptor

El programa inicia cuando está en espera del bit de señalización en este caso es una f a partir de que reconoce este dato recibe los datos y los envía a la memoria RAM en el siguiente orden datos en tiempo real temperatura candela y humedad, datos mínimos de temperatura candela y humedad, datos máximos de temperatura candela y humedad, lleva a cabo la conversión para el display de los datos que se encuentran en la memoria RAM, inicializa el desplegado dcl y se despliega la sig. plantilla

En el renglón superior Temp. ***0 cd *****

En el renglón inferior humedad ***%

Enviando los datos en el siguiente orden máximos mínimos y datos en tiempo real la duración de este desplegado es de 20 seg. Se mantendrá en espera 12 segundos si posteriormente reconoce nuevamente el bit de señalización f nuevamente desplegara los datos ya actualizados, en caso de que se pierda el enlace se mantendrá en el desplegado los datos en tiempo real.



Gráfica 1 de tiempo en el desplgado

Para este modo de operación el mapa de memoria queda de la siguiente forma

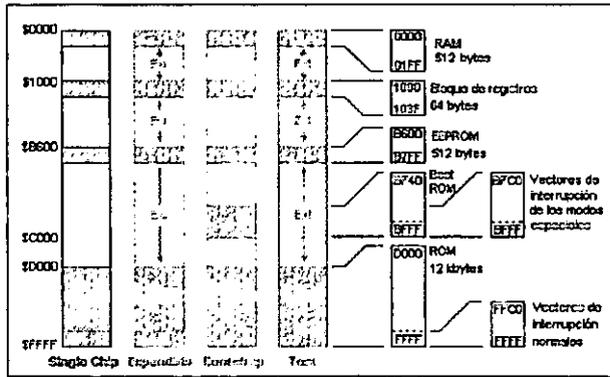


Figura 4. Mapa de memoria del microcontrolador.

OPERACIÓN DEL PROGRAMA

Para iniciar el funcionamiento del programa en el transmisor se debe encender la fuente de alimentación, ya que el sistema se encuentra en singlechip y los pines tx y rx están conectados, el MC68HC11 ejecutará el programa que se encuentra en la memoria EEPROM e inmediatamente va a sensar los valores de temperatura, humedad e intensidad luminosa, cada 6.5 segundos estará actualizando los datos, a partir del segundo dato hará una

comparación de los datos para obtener el máximo y el mínimo de cada una de las variables almacenando estos datos en la memoria RAM para posteriormente enviarlos en el siguiente orden máximo temperatura, máximo humedad, máximo intensidad luminosa, mínimo temperatura, mínimo humedad, mínimo intensidad luminosa, temperatura en tiempo real, humedad en tiempo real y finalmente intensidad luminosa en tiempo real.

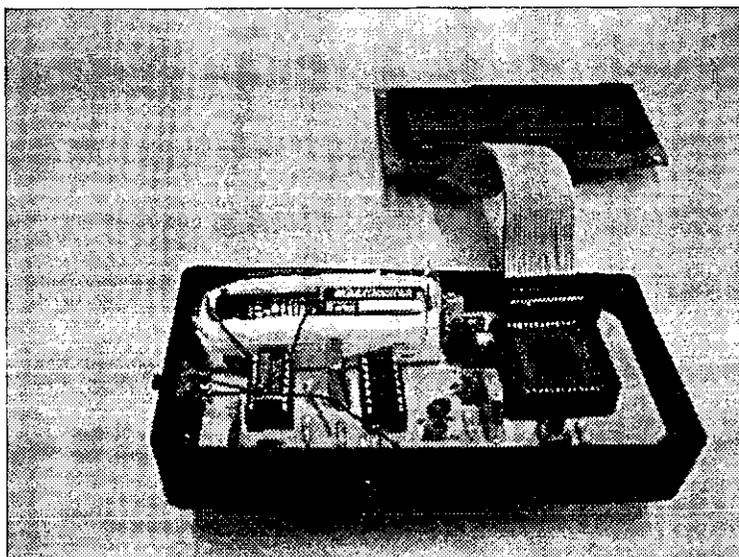
Por otro lado el funcionamiento del receptor es el siguiente:

Se enciende el receptor y se coloca el micrófono en la parte superior del microteléfono el cual al escucharse se detectará a las señales que son enviadas por el receptor.

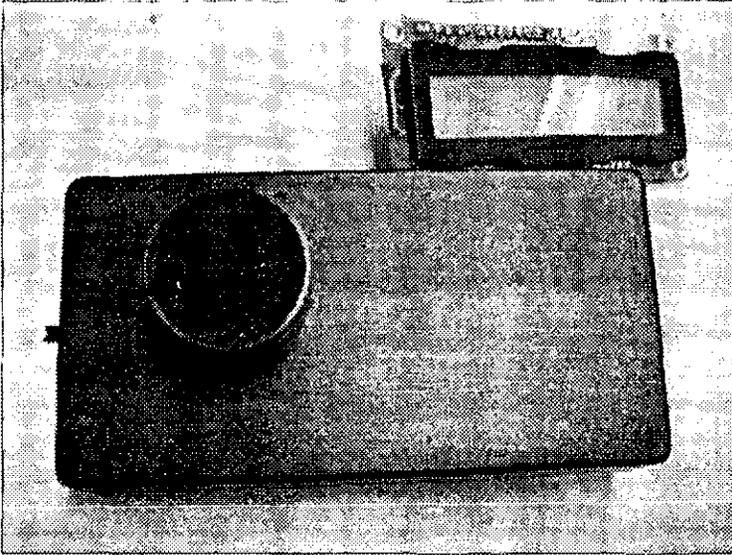
El receptor se encuentra en el mismo modo de operación singlechip e interconectado tx y rx para su autoejecución del programa, en este caso se van a ejecutar el programa de la memoria EPROM que inicia de la siguiente forma:

va estar en espera del bit de señalización que en este caso es F en el momento que identifique este bit los siguientes datos serán almacenados en la memoria RAM

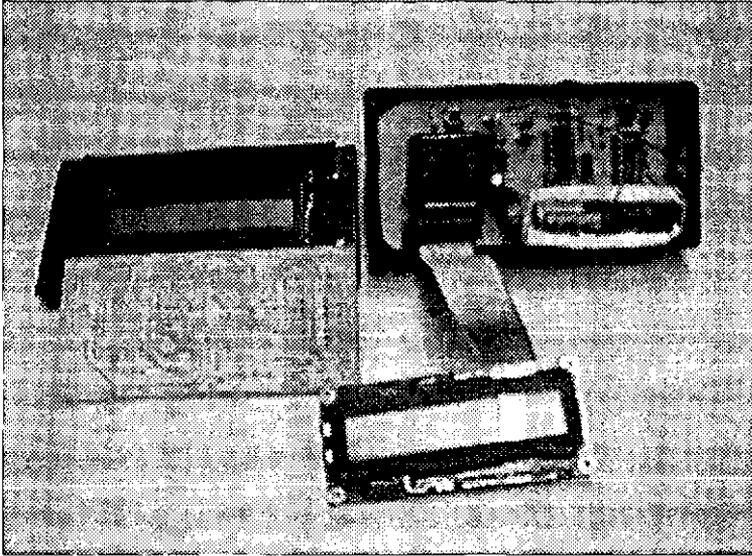
En el mismo orden que fueron enviados del transmisor, al tener esta información es utilizada junto con la plantilla ya antes mencionada obteniéndose un total de nueve datos, al terminar de desplegar la información se espera tener nuevamente el bit de señalización de no ser así la pantalla mantendrá el dato más reciente en tiempo real. EL tiempo total para ver la información en el desplegado es de 20 segundos y se mantendrá el dato mas reciente en tiempo real durante 12 segundos para volver a desplegar los datos actuales que se están transmitiendo.



En la fotografía 1 el sistema en el receptor se encuentra terminado al 100% donde se observa el interior del estuche, el interruptor el desplegado y el led de indicación de dato valido, esto es cada que se reciba un dato sin ruido que se puede almacenar este led se encenderá con el objeto de que el usuario conozca cuando se esta perdiendo la información, el desplegado se encontrara montado en la tapadera del estuche.

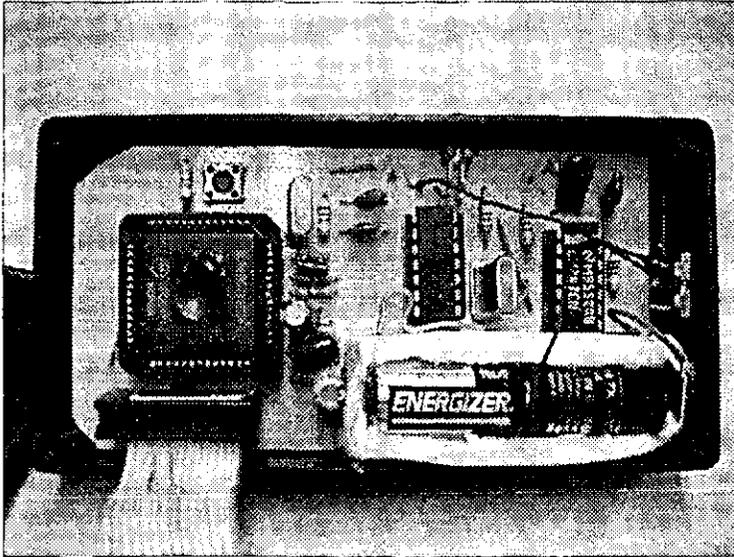


En la fotografia 2 se observa la otra cara del sistema donde se encuentra el micrófono el cual para su funcionamiento debe ir conectado a la parte superior del microteléfono también se observa el desplegado, siendo sus dimensiones del estuche 10x5x3 lo cual indica la ventaja de ser totalmente portátil



En la fotografia 3 se observa el sistema completo además de el desplegado montado en la tapadera del estuche, así como el impreso del sistema, también se observa la facilidad de desmontar el desplegado ya que no se encuentra soldado a el impreso sino a través de un conector de cable plano.

DE MATEMÁTICAS NO SALE
DE LA FÍSICA.



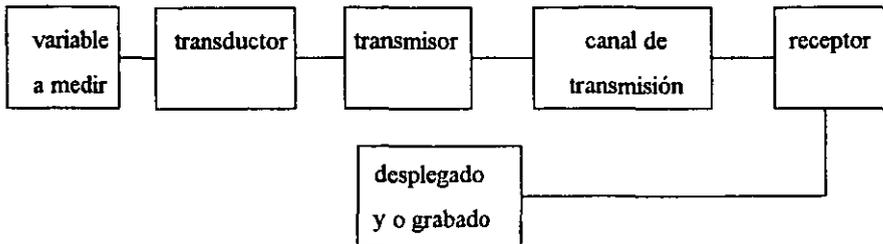
En la fotografía 4 el sistema cuenta como podemos ver con un mínimo de elementos los cuales son el microprocesador HC11E9 en modo singlechip, el receptor de doble tono multifrecuencia, un amplificador operacional para utilizar en la etapa de filtrado y de amplificación de la señal y por último un espacio equivalente a una pila AA para la polarización.



En la fotografía 5 se muestra el desplegado del sistema, en esta pantalla se observa los datos máximos de las variables a sensar, los mínimos y los datos en tiempo real, después de 10 segundos aparecerá nuevamente los datos actualizados.

CONCLUSIONES

Como se ha mencionado en el capítulo 1, la telemetría es sensar variables y transmitir los datos a distancia como se observa en el siguiente diagrama



variable a medir: en nuestro caso las variables que se utilizaron son temperatura, humedad e intensidad luminosa

transductor: tipo resistivo (humedad e intensidad luminosa) y semiconductor (temperatura).

Transmisor: TP5088

Canal de transmisión: línea telefónica.

Receptor: MC145436

Desplegado: DCL AND491

el objetivo del sistema es transmitir los datos sensados a través de la línea telefónica ya sea teléfonos públicos, particulares o celulares.

Por tal motivo se llevo a cabo un estudio de los parámetros de la línea telefónica en México como se muestra en el capítulo 2 de esta manera se obtuvieron las gráficas que se encuentran en el mismo capítulo.

Nuestro sistema esta compuesto de 2 partes, la etapa del transmisor que consta de los sensores y un sistema del microprocesador MC68HC11E9 en modo single chip, también cuenta con un transmisor de DTMF y un acoplamiento por medio de un transformador de relación unitaria para aislamiento de la línea telefónica.

en el receptor se cuenta con una etapa de Acondicionamiento que consiste en el filtrado y amplificación de la señal recibida por la línea telefónica, una etapa de decodificación de DTMF, una etapa de procesamiento de datos el cual se utiliza el HC11E9 en modo single chip, y por último la etapa de visualización en la cual se utilizo un desplegado LCD de 16 caracteres por 2 líneas con el siguiente formato

Temp**° cd*****

Humedad ***%

Actualmente se han obtenidos buenos resultados en el sistema de telemetría tanto en el bloque de medición y acondicionamiento como en la transmisión y recepción. El sistema se encuentra operando en la red telefónica de la UNAM en Ciudad Universitaria.

Este sistema se puede utilizar en oficinas, fábricas, hospitales, invernaderos, casas particulares y en cualquier otro lugar donde se requiera obtener las mediciones, siempre y cuando se cuente con una línea telefónica.

En este caso se utilizaron tres variables, sin embargo al utilizar el MC68HC11 este cuenta con 8 entradas al convertidor A/D. Por lo tanto se podría evaluar 8 variables cuasiestacionarias usando el convertidor A/D del μ c, o mas variables utilizando un convertidor A/D externo.

Debido a que el receptor es de tipo portátil, cuenta con una pila de 6 volts. Con un suministro de 100 mAh, La cual tiene una duración de 167 lecturas, esto equivale a que si se lleva a cabo 2 lecturas diarias a través de la línea telefónica, la pila durará 84 días, aproximadamente 3 meses.

Se han encontrado en el mercado instrumentos para llevar a cabo las mismas mediciones:

MEDIDOR DE INTENSIDAD LUMINOSA

La función de este equipo es medir la intensidad de la luz y son ideales para oficinas, fabricas hospitales y todos aquellos lugares en donde se requiera una cuantificación de la iluminación

Especificaciones:

digital 3 1/2 dígitos

20 lx hasta 200,000 +-4% precisión

Temp.. de operación 0 - 40 grados centígrados hasta 85 % RH

costo \$9716 + IVA

MEDIDOR DE HUMEDAD (HIGROMETRO)

Este medidor no solo registra la temperatura y humedad también graba la variación de 24 Hrs. en 6 minutos con rangos de -20 a 40 grados centígrados y de 10 % a 90 % de RH mediciones con valor y grafica de barras.

costo \$9390 + IVA

El sistema de telemetría esta limitado en su velocidad de transmisión por los circuitos integrados de generación y codificación de los tonos duales multifrecuencia, siendo la velocidad de transmisión máxima de 12 nibbles por segundo.

Otra limitante que pudiera tener el sistema de telemetría es la amplitud de los tonos ya que tiene el receptor una banda de operación. Aunque actualmente una vez calibrado el receptor no ha existido la necesidad de reajustar el nivel de voltaje de los tonos en la recepción.

Estas dos limitantes se pueden eliminar aprovechando el microcontrolador para que efectuara tanto la generación y decodificación de los tonos como el control automático de ganancia y aún más el filtrado en la recepción de los tonos.

El sistema de telemetría satisface ampliamente los requerimientos establecidos, logrando el objetivo de telemetría de variables cuasiestacionarias y dejando posibilidades abiertas para efectuar en el futuro un sistema bidireccional o con mayor información estadística, así como una fuente adicional en caso de que haya falla en la alimentación.

Se puede utilizar como alarma, al excederse las lecturas de un rango especificado se haría una llamada a algún número telefónico para advertir que los datos están tomando lecturas de emergencia.

Se puede utilizar como actuador, al recibir los datos en el receptor se puedan enviar instrucciones hacia el transmisor para tomar acciones sobre el sistema.

Se puede utilizar en el envío de signos vitales (presión sanguínea, ritmo cardiaco etc.) hacia un medico e inmediatamente tomar decisiones en caso de emergencia.

El sistema de telemetría fue diseñado con el fin de cumplir características tales como: bajo costo, sencillez de manejo y un mínimo de necesidad de operación manual.

Especificaciones

Alimentación

5 volts Bateria tipo V4034px (para fotografía) dimensiones (dm 13 x H 25.2) mm.

Duración de la batería

100mAh, 167 lecturas

Intervalo de medición

temperatura 0 a 50 °C

humedad 2 a 98 %

intensidad luminosa 0 a 64616 Candelas

Precisión

Temperatura 2%

Humedad 1%

Intensidad luminosa 0.3%

Resolución

Temperatura 1°C

Humedad 1%

Intensidad luminosa 252 candelas

Velocidad de transmisión

4 nibbles /seg

.

Error absoluto

Temperatura 5%

Humedad 4%

Intensidad luminosa 6%

Dimensiones (Receptor)

11.1 x 5.7 x 2.3(L/A/E)

Peso aproximado (Receptor)

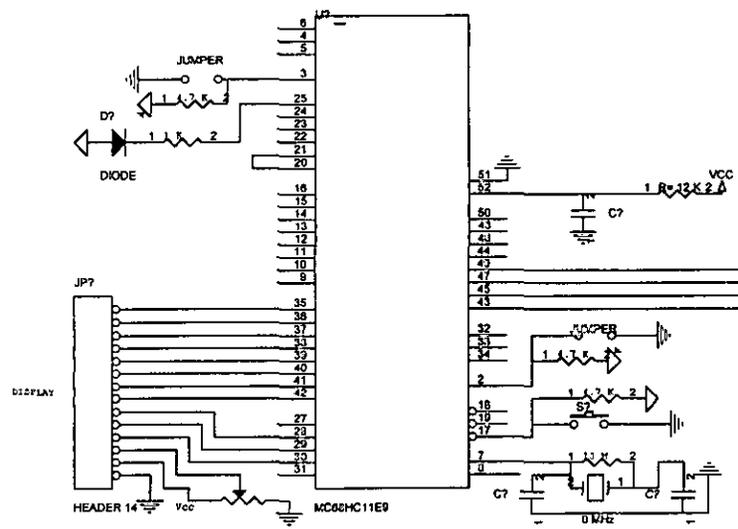
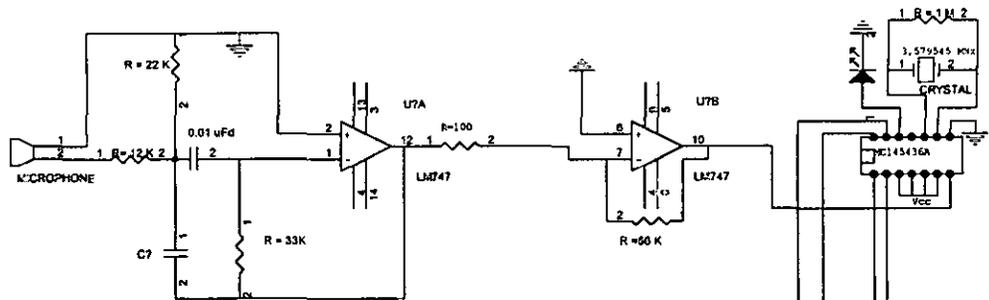
150 gr.

Desplegado de 16 segmentos por 2 líneas.

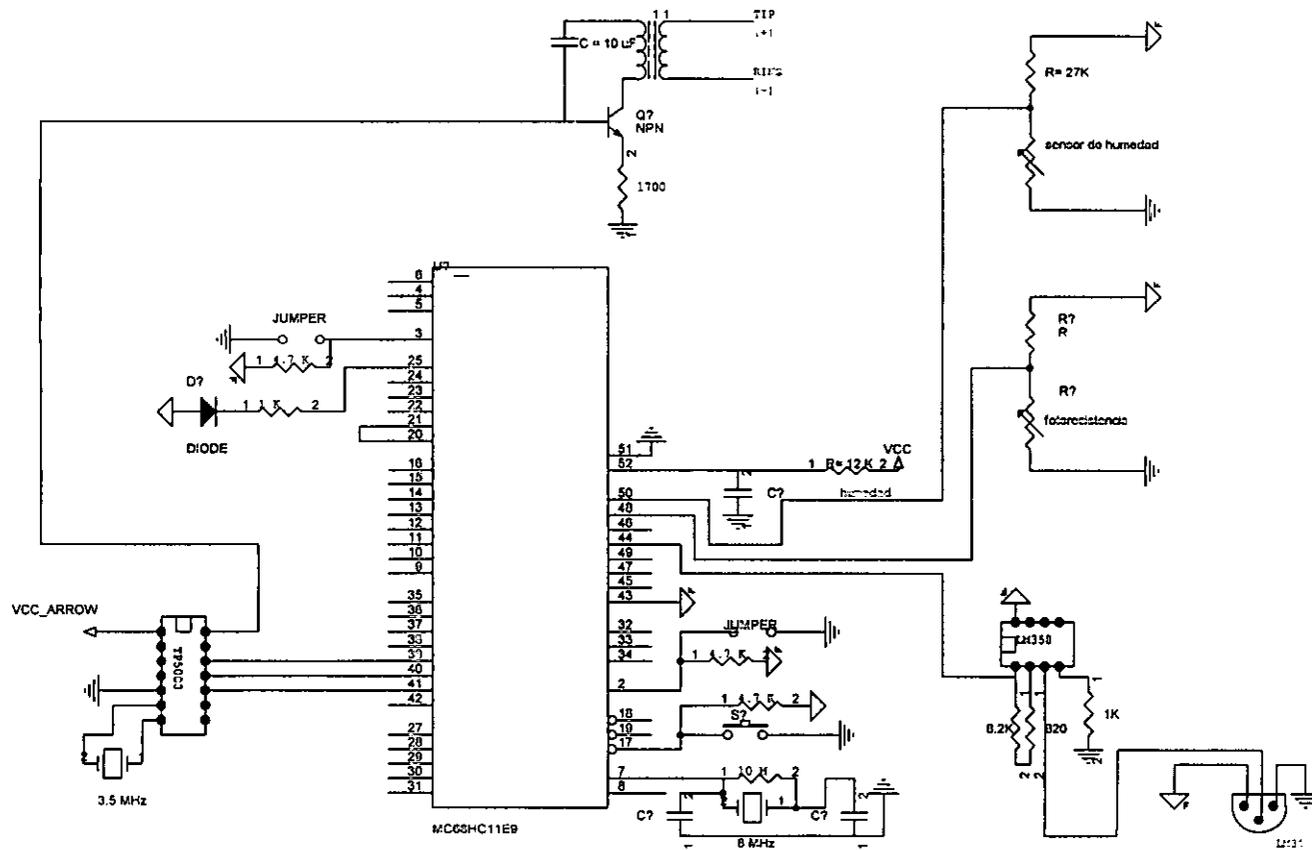
BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Telecomunicación Digital, Siemens Marcombo,S.A.
- 2.- Experimentación Una Introducción A La Teoría De Mediciones Y Al Diseño De Experimentos ,D.C. Baird.
- 3.- HC11 M68HC11 Reference Manual, Motorola
- 4.- M68HC11EVBU Universal Evaluation Board User'S Manual, Motorola
- 5.- Ingeniería De Sistemas De Telecomunicaciones, Freeman
- 6.- National Data Acquisition Databook
- 7.- National Operational Amplifiers Databook
- 8.- Handbook Of Telemetry And Remote Control Edit Mcgraw Hill
- 9.- Ecuaciones Empíricas, Manuel Hernández Velasco.
- 10.- Amplificadores Operacionales Tobey
- 12.- Instrumentación Transductores e interfaz B.R. Bannister y D.G.Whitehead
- 13.- Sensor and Signal Conditioning Pallas , Ramón A. Webster, John G.
- 14.- Sistemas de Comunicación Stremler
- 15.- Cooper Instrumentación
- 16.- Fundamentos De Ingeniería Telefónica, Herrera Perez Enrique.
- 17.- Electricidad Y Telefonía Blanco Luis.

APÉNDICES



RECEPTOR		
Ver	A	Rev Code
Doc	Document Number (Doc)	
File	Fms-y, M-y, B4, 2001	Sheet 1 of 1



```

1
2
0000 3 ADCTL EQU $1030 ;* Control del convertidor A/D
0000 4 OPTION EQU $1039 ;* Opciones del control A/D
0000 5 ADR1 EQU $1031 ;* Almacenamiento canal de conversi
n 1/5
0000 6 ADR2 EQU $1032 ;* Almacenamiento canal de conversi
n 2/6
0000 7 ADR3 EQU $1033 ;* Almacenamiento canal de conversi
n 3/7
0000 8 ADR4 EQU $1034 ;* Almacenamiento canal de conversi
n 4/8
0000 9 PORTB EQU $1004 ;*
0000 10 DEMI equ $120
0000 11 UNMI equ $122
0000 12 CENT equ $124
0000 13 DECE equ $126
0000 14 UNID equ $128
15
16
17
18
B600 19 ORG $B600 ;* Origen de la EEPROM
B600 8D12 20 BSR PRG1
B602 8D48 21 BSR PRG2
B604 BDB699 22 JSR PRG3
B607 8D39 23 BSR D5
B609 8D09 24 UNO BSR PRG1
B60B 8D3F 25 BSR PRG2
B60D BDB699 26 JSR PRG3
B610 8D26 27 BSR D6
B612 20F5 28 BRA UNO ;*
29
B614 8690 30 PRG1 LDAA #$90 ;*
B616 B71039 31 STAA OPTION ;* Habilita el convertidor A/D
B619 8614 32 LDAA #$14 ;*
B61B B71030 33 STAA ADCTL ;* Habilita la conversion de los
canales 0 al 3
B61E B61030 34 CICLO LDAA ADCTL ;* verifica que las conversiones se
hayan
B621 8480 35 ANDA #$80 ;* efectuado.
B623 27F9 36 BEQ CICLO ;*
B625 B61031 37 LDAA ADR1 ;* obtiene la conversion del canal 4
B628 B70100 38 STAA $100 ;* lo envia al puerto B
B62B B61033 39 LDAA ADR3 ;* obtiene la conversion del canal 6
B62E B70102 40 STAA $102 ;*
B631 B61034 41 LDAA ADR4 ;* obtiene la conversion del canal 7
B634 B70104 42 STAA $104 ;*
B637 39 43 RTS
B638 BDB6F2 44 D6 JSR PIC1
B63B BDB715 45 JSR PIC2
B63E BDB738 46 JSR PIC3
B641 39 47 RTS
B642 BDB6E9 48 D5 JSR PRG4 ;* SUBROUTINA MAX TEMP
B645 BDB70C 49 JSR PRG5 ;* MAX HUMEDAD
B648 BDB72F 50 JSR PRG6 ;* MAX CANDELA
B64B 39 51 RTS
52

```

```

B64C B60100      53 PRG2   LDAA $100   ;*BUENO
B64F C619        54         LDAB #$19
B651 3D          55         MUL
B652 CE0080      56         LDX  #$0080
B655 1A830080   57         CPD  #$0080
B659 2405        58         BCC  $B660
B65B CE0000      59         LDX  #$00
B65E FF0110      60         STX  $0110
B661 2001        61         BRA  $B664
B663 02          62         IDIV
B664 FF0110      63         STX  $0110
B667 B60102      64         LDAA $102
B66A C619        65         LDAB #$19
B66C 3D          66         MUL
B66D CE0040      67         LDX  #$40
B670 1A830040   68         CPD  #$40
B674 2405        69         BCC  $B67B
B676 CE0000      70         LDX  #$00
B679 FF0112      71         STX  $0112
B67C 2001        72         BRA  $B67F
B67E 02          73         IDIV
B67F FF0112      74         STX  $0112
B682 B60104      75         LDAA $104
B685 C6B8        76         LDAB #$B8
B687 3D          77         MUL
B688 CE0001      78         LDX  #$01
B68B 02          79         IDIV
B68C FF0106      80         STX  $0106
B68F CCB3B0      81         LDD  #$B3B0
B692 B30106      82         SUBD $0106
B695 FD0114      83         STD  $0114
B698 39          84         RTS
                85
B699 FC0110      86 PRG3   ldd $110   ;:*CONVERSION DE HEXADECIMAL A
                                DECIMAL TEMP DATO

B69C BDB752      87         JSR CONV
B69F BDB772      88         JSR DISP1
B6A2 FC0112      89         LDD  $112
B6A5 BDB752      90         JSR CONV
B6A8 BDB792      91         JSR DISP2
B6AB FC0114      92         LDD  $114
B6AE BDB752      93         JSR CONV
B6B1 BDB7B7      94         JSR DISP3
B6B4 FC0130      95         ldd $130   ;:*CONVERSION DE HEXADECIMAL A
                                DECIMAL
                                ;* PARA MINIMOS

B6B7 BDB752      96         JSR CONV
B6BA BDB772      97         JSR DISP1
B6BD FC0132      98         LDD  $132
B6C0 BDB752      99         JSR CONV
B6C3 BDB792     100        JSR DISP2
B6C6 FC0134     101        LDD  $134
B6C9 BDB752     102        JSR CONV
B6CC BDB7B7     103        JSR DISP3
B6CF FC0140     104        ldd $140   ;:*CONVERSION DE HEXADECIMAL A
                                DECIMAL TEMP DATO

B6D2 BDB752     105        JSR CONV
B6D5 BDB772     106        JSR DISP1
B6D8 FC0142     107        LDD  $142

```

B6DB 8D75	108		BSR CONV	
B6DD BDB792	109		JSR DISP2	
B6E0 FC0144	110		LDD \$144	
B6E3 8D6D	111		BSR CONV	
B6E5 BDB7B7	112		JSR DISP3	
B6E8 39	113		RTS	
B6E9 FE0110	114	PRG4	LDX \$110	
B6EC FF0130	115		STX \$130	
B6EF FF0140	116		STX \$140	
B6F2 FC0110	117	PIC1	LDD \$110	
B6F5 1AB30140	118		CPD \$140	
B6F9 24CF	119		BCC \$B6CA	
B6FB 1AB30130	120		CPD \$130	
B6FF 23C4	121		BLS \$B6C5	
B701 20CA	122		BRA \$B6CD	
B703 FD0130	123		STD \$130	
B706 20C5	124		BRA \$B6CD	
B708 FD0140	125		STD \$140	
B70B 39	126		RTS	
	127			
B70C FE0112	128	PRG5	LDX \$112	
B70F FF0132	129		STX \$132	
B712 FF0142	130		STX \$142	
B715 FC0112	131	PIC2	LDD \$112	
B718 1AB30142	132		CPD \$142	
B71C 24CF	133		BCC \$B6ED	
B71E 1AB30132	134		CPD \$132	
B722 23C4	135		BLS \$B6E8	
B724 20CA	136		BRA \$B6F0	
B726 FD0132	137		STD \$132	
B729 20C5	138		BRA \$B6F0	
B72B FD0142	139		STD \$142	
B72E 39	140		RTS	
B72F FE0114	141	PRG6	LDX \$114	
B732 FF0134	142		STX \$134	
B735 FF0144	143		STX \$144	
B738 FC0114	144	PIC3	LDD \$114	
B73F 24CF	146		BCC \$B710	
B741 1AB30134	147		CPD \$134	
B745 23C4	148		BLS \$B70B	
B747 20CA	149		BRA \$B713	
B749 FD0134	150		STD \$134	
B74C 20C5	151		BRA \$B713	
B74E FD0144	152		STD \$144	
B751 39	153		RTS	
	154			
	155			
	156			
B752 CE2710	157	CONV	ldx #\$2710	; VALOR EQUIVALENTE A 10,000
B755 02	158		idiv	
B756 FF0120	159		stx DEMI	;RESULTADO DECENAS DE MILLAR
B759 CE03E8	160		ldx #\$3e8	;VALOR DE 1,000
B75C 02	161		idiv	
B75D FF0122	162		stx UNMI	;RESULTADO UNIDADES DE MILLAR
B760 CE0064	163		ldx #\$64	;VALOR DE 100
B763 02	164		idiv	
B764 FF0124	165		stx CENT	;RESULTADO DE CENTENAS

```

B767 CE000A    166      ldX #9a      ;VALOR DE 10
B76A 02        167      idiv
B76B FF0126    168      stX DECE    ;RESULTADO DE DECENAS
B76E FD0128    169      stD UNID    ;RESULTADO DE UNIDADES
B771 39        170      RTS
                171
                172
                173
B772 86FF      174      DISP1  LDAA #$FF
B774 B71004    175      STAA PORTB
B777 8D7B      176      BSR RET1
B779 C6F0      177      ldab #$F0   ;CONVERSION PARA DISPLAY
B77B FE0126    178      ldX DECE
B77E 3A        179      abX
B77F 8F        180      XGDX
B780 F71004    181      STAB PORTB
B783 8D6F      182      BSR RET1
B785 C6F0      183      LDAB #$F0   ;RESULTADO DECENAS PARA DISPLAY
                184
B787 FE0128    185      ldX UNID
B78A 3A        186      abX
B78B 8F        187      XGDX
B78C F71004    188      STAB PORTB
                189
                190      ;RESULTADO UNIDADES PARA DISPLAY
B78F 8D63      191      BSR RET1
B791 39        192      RTS
                193
B792 C6F0      194      DISP2  ldab #$F0   ;CONVERSION PARA DISPLAY
B794 FE0124    195      ldX CENT
B797 3A        196      abX
B798 8F        197      XGDX
B799 F71004    198      STAB PORTB
B79C 8D56      199      BSR RET1
B79E C6F0      200      LDAB #$E0
                201      ;RESULTADO CENTENAS PARA DISPLAY
                202      ;CLR PORTB
                203      ;BSR RET1
B7A0 FE0126    204      ldX DECE
B7A3 3A        205      abX
B7A4 8F        206      XGDX
B7A5 F71004    207      STAB PORTB
B7A8 8D4A      208      BSR RET1
B7AA C6F0      209      LDAB #$F0
                210      ;RESULTADO DECENAS PARA DISPLAY
                211      ;BSR RET1
B7AC FE0128    212      ldX UNID
B7AF 3A        213      abX
B7B0 8F        214      XGDX
B7B1 F71004    215      STAB PORTB
                216
                217      ;RESULTADO UNIDADES PARA DISPLAY
B7B4 8D3E      218      BSR RET1
B7B6 39        219      RTS
                220
                221
B7B7 C6F0      222      DISP3  ldab #$F0   ;CONVERSION PARA DISPLAY
B7B9 FE0120    223      ldX DEMI

```

```

B7BC 3A      224      abx
B7BD 8F      225      XGDX
B7BE F71004  226      STAB PORTB
B7C1 8D31    227      BSR RET1
B7C3 C6F0    228      LDAB #F0
                229      ;RESULTADO DECENAS DE MILLAR PARA
                                DISPLAY
                                ;BSR RET1
                230
B7C5 FE0122  231      ldx UNMI
B7C8 3A      232      abx
B7C9 8F      233      XGDX
B7CA F71004  234      STAB PORTB
B7CD 8D25    235      BSR RET1
B7CF C6F0    236      LDAB #F0
                237      ;RESULTADO UNIDADES DE MILLAR PARA
                                DISPLAY
                                ;BSR RET1
                238
B7D1 FE0124  239      ldx CENT
B7D4 3A      240      abx
B7D5 8F      241      XGDX
B7D6 F71004  242      STAB PORTB
B7DB C6F0    244      LDAB #F0
                245      ;RESULTADO CENTENAS PARA DISPLAY
                246      ;BSR RET1
                247
B7DD FE0126  247      ldx DECE
B7E0 3A      248      abx
B7E1 8F      249      XGDX
B7E2 F71004  250      STAB PORTB
B7E5 8D0D    251      BSR RET1
B7E7 C6F0    252      LDAB #F0
                253      ;RESULTADO DECENAS PARA DISPLAY
                254      ;BSR RET1
                255
B7E9 FE0128  255      ldx UNID
B7EC 3A      256      abx
B7ED 8F      257      XGDX
B7EE F71004  258      STAB PORTB
                259
                260      ;RESULTADO UNIDADES PARA DISPLAY
                261
B7F1 8D01    261      BSR RET1
B7F3 39      262      RTS
B7F4 CE7000  263      RET1 LDX #F7000
B7F7 09      264      DIEZ DEX
B7F8 26FD    265      BNE DIEZ
B7FA 7F1004  266      CLR PORTB
B7FD 39      267      RTS
                268
                269
                270

```

Symbol Table

```

ADCTL      1030
ADR1       1031
ADR2       1032
ADR3       1033
ADR4       1034
CENT       0124

```

CICLO	B61E
CONV	B752
D5	B642
D6	B638
DECE	0126
DEMI	0120
DIEZ	B7F7
DISP1	B772
DISP2	B792
DISP3	B7B7
OPTION	1039
PIC1	B6F2
PIC2	B715
PIC3	B738
PORTB	1004
PRG1	B614
PRG2	B64C
PRG3	B699
PRG4	B6E9
PRG5	B70C
PRG6	B72F
RET1	B7F4
UNID	0128
UNMI	0122
UNO	B609

0000	1	DEMI	EQU \$190	
0000	2	UNMI	EQU \$192	
0000	3	CENT	EQU \$194	
0000	4	DECE	EQU \$196	
0000	5	UNID	EQU \$198	
	6			
E000	7		ORG \$E000	
E000 8E01FF	8		LDS #\$1FF	
E003 8D12	9	ONE	BSR INIT	
E005 8D32	10		BSR SAL2	
E007 BDE154	11		JSR SAL5	
E00A 8D73	12		BSR SAL3	
E00C BDE154	13		JSR SAL5	
E00F BDE0C2	14		JSR SAL4	
E012 BDE154	15		JSR SAL5	
E015 20EC	16		BRA ONE	
	17			
E017 FE100A	18	INIT	LDX \$100A	
E01A 8C0F00	19		CPX #\$0F00	
E01D 26F8	20		BNE INIT	
E01F CE0100	21	LOOP2	LDX #\$100	
E022 B6100A	22	LOOP1	LDAA \$100A	
E025 A700	23		STAA \$00,X	
E027 8D07	24		BSR RET5	
E029 08	25		INX	
E02A 8C016F	26		CPX #\$16F	
E02D 26F3	27		BNE LOOP1	
E02F 39	28		RTS	
E030 18CE4000	29	RET5	LDY #\$4000	
E034 1809	30	DIEZ	DEY	
E036 26FC	31		BNE DIEZ	
E038 39	32		RTS	
E039 B60150	33	SAL2	LDAA \$150	; * DATOS MAXIMOS
E03C B70196	34		STAA DECE	
E03F B60154	35		LDAA \$154	
E042 B70198	36		STAA UNID	
E045 BDE105	37		JSR DISP1	
E048 B60157	38		LDAA \$157	
E04B B70194	39		STAA CENT	
E04E B6015A	40		LDAA \$15A	
E051 B70196	41		STAA DECE	
E054 B6015E	42		LDAA \$15E	
E057 B70198	43		STAA UNID	
E05A BDE116	44		JSR DISP2	
E05D B60161	45		LDAA \$161	
E060 B70190	46		STAA DEMI	
E063 B60165	47		LDAA \$165	
E066 B70192	48		STAA UNMI	
E069 B60168	49		LDAA \$168	
E06C B70194	50		STAA CENT	
E06F B6016C	51		LDAA \$16C	
E072 B70196	52		STAA DECE	
E075 B6016F	53		LDAA \$16F	
E078 B70198	54		STAA UNID	
E07B BDE12E	55		JSR DISP3	
E07E 39	56		RTS	
E07F B6012A	57	SAL3	LDAA \$12A	; * DATOS MINIMOS
E082 B70196	58		STAA DECE	

```

E085 B6012E      59          LDAA $12E
E088 B70198      60          STAA UNID
E08B 8D78        61          BSR DISP1
E08D B60131      62          LDAA $131
E090 B70194      63          STAA CENT
E093 B60135      64          LDAA $135
E096 B70196      65          STAA DECE
E099 B60138      66          LDAA $138
E09C B70198      67          STAA UNID
E09F 8D75        68          BSR DISP2
EOA1 B6013C      69          LDAA $13C
EOA4 B70190      70          STAA DEMI
EOA7 B6013F      71          LDAA $13F
EOAA B70192      72          STAA UNMI
EOAD B60142      73          LDAA $142
EOB0 B70194      74          STAA CENT
EOB3 B60146      75          LDAA $146
EOB6 B70196      76          STAA DECE
EOB9 B6014A      77          LDAA $14A
EOBC B70198      78          STAA UNID
EOBF 8D6D        79          BSR DISP3
EOC1 39          80          RTS
                81
EOC2 B60105      82          SAL4  LDAA $105 ;* DATOS REALES
EOC5 B70196      83          STAA DECE
EOC8 B60108      84          LDAA $108
EOCB B70198      85          STAA UNID
EOCE 8D35        86          BSR DISP1
EOD0 B6010E      87          LDAA $10E
EOD3 B70194      88          STAA CENT
EOD6 B6010F      89          LDAA $10F
EOD9 B70196      90          STAA DECE
EODC B60113      91          LDAA $113
EODF B70198      92          STAA UNID
EOE2 8D32        93          BSR DISP2
EOE4 B60116      94          LDAA $116
EOE7 B70190      95          STAA DEMI
EOEA B6011A      96          LDAA $11A
EOED B70192      97          STAA UNMI
EOFO B6011D      98          LDAA $11D
EOF3 B70194      99          STAA CENT
EOF6 B60120     100          LDAA $120
EOF9 B70196     101          STAA DECE
EOFC B60124     102          LDAA $124
EOFF B70198     103          STAA UNID
E102 8D2A        104          BSR DISP3
E104 39          105          RTS
E105 C630        106          DISP1 1dab #30 ;CONVERSION PARA DISPLAY
E107 B60196     107          LDAA DECE
E10A 1B          108          ABA
E10B B70170     109          STAA $170 ;RESULTADO DECENAS PARA DISPLAY
E10E B60198     110          LDAA UNID
E111 1B          111          ABA
E112 B70172     112          STAA $172 ;RESULTADO UNIDADES PARA DISPLAY
E115 39          113          RTS
E116 C630        114          DISP2 1dab #30 ;CONVERSION PARA DISPLAY
E118 B60194     115          LDAA CENT
E11B 1B          116          ABA

```

```

E11C B70174    117      STAA $174      ;RESULTADO CENTENAS PARA DISPLAY
E11F B60196    118      LDAA DECE
E122 1B        119      ABA
E123 B70176    120      STAA $176      ;RESULTADO DECENAS PARA DISPLAY
E126 B60198    121      LDAA UNID
E129 1B        122      ABA
E12A B70178    123      STAA $178      ;RESULTADO UNIDADES PARA DISPLAY
E12D 39        124      RTS
E12E C630      125      DISP3 ldab #30      ;CONVERSION PARA DISPLAY
E130 B60190    126      LDAA DEMI
E133 1B        127      ABA
E134 B7017A    128      STAA $17A      ;RESULTADO DECENAS DE MILLAR PARA
                                     DISPLAY
E137 B60192    129      LDAA UNMI
E13A 1B        130      ABA
E13B B7017C    131      STAA $17C      ;RESULTADO UNIDADES DE MILLAR PARA
                                     DISPLAY
E13E B60194    132      LDAA CENT
E141 1B        133      ABA
E142 B7017E    134      STAA $17E      ;RESULTADO CENTENAS PARA DISPLAY
E145 B60196    135      LDAA DECE
E148 1B        136      ABA
E149 B70180    137      STAA $180      ;RESULTADO DECENAS PARA DISPLAY
E14C B60198    138      LDAA UNID
E14F 1B        139      ABA
E150 B70182    140      STAA $182      ;RESULTADO UNIDADES PARA DISPLAY
E153 39        141      RTS
E154 8D68      142      SAL5 BSR RET1  ;*PROGRAMA PARA INICIALIZAR EL
                                     DISPLAY AND 491
E156 C630      143      LDAB ##30
E158 8D70      144      BSR RET2
E15A C630      145      LDAB ##30
E15C 8D6C      146      BSR RET2
E15E C630      147      LDAB ##30
E160 8D68      148      BSR RET2
E162 C638      149      LDAB ##38
E164 8D64      150      BSR RET2
E166 C60E      151      LDAB ##0E
E168 8D60      152      BSR RET2
E16A C601      153      LDAB ##01
E16C 8D5C      154      BSR RET2
E16E C60E      155      LDAB ##0E
E170 8D58      156      BSR RET2
E172 C680      157      LDAB ##80      ; POSICION DE LA PRIMERA LETRA
E174 8D5D      158      BSR RET3
E176 C654      159      LDAB ##54      ;* PRIMER LETRA EN EL DISPLAY "T"
E178 8D59      160      BSR RET3
E17A C665      161      LDAB ##65      ;* "E"
E17C 8D55      162      BSR RET3
E17E C66D      163      LDAB ##6D      ;* "M"
E180 8D51      164      BSR RET3
E182 C670      165      LDAB ##70      ;* "P"
E184 8D4D      166      BSR RET3
E186 F60170    167      LDAB $170      ; VALOR DE TEMP EN DECIMAL DECENAS
E189 8D48      168      BSR RET3
E18B F60172    169      LDAB $172      ; VALOR DE TEMP EN DECIMAL UNIDADES
E18E 8D43      170      BSR RET3
E190 C6DF      171      LDAB ##DF      ;* SIMBOLO DE GRADOS
    
```

E192 8D3F	172	BSR RET3		
E194 C6A0	173	LDAB \$\$A0	;* ESPACIO	
E196 8D3B	174	BSR RET3		
E198 C663	175	LDAB \$\$63	;* "c"	
E19A 8D37	176	BSR RET3		
E19C C664	177	LDAB \$\$64	;* "d"	
E19E 8D33	178	BSR RET3		
E1A0 F6017A	179	LDAB \$17A	;"* "VALOR DE LUMINISCENCIA"DECENAS	
			DE MILLAR	
E1A3 8D2E	180	BSR RET3		
E1A5 F6017C	181	LDAB \$17C	;* VALOR DE LUMINISCENCIA UNIDADES	
			DE MILLAR	
E1A8 8D29	182	BSR RET3		
E1AA F6017E	183	LDAB \$17E	;* " "	CENTENAS
E1AD 8D24	184	BSR RET3		
E1AF F60180	185	LDAB \$180	;* " "	DECENAS
E1B2 8D1F	186	BSR RET3		
E1B4 F60182	187	LDAB \$182	;* " "	UNIDADES
E1B7 8D1A	188	BSR RET3		
E1B9 C6A0	189	LDAB \$\$A0		
E1BB 8D2B	190	BSR REN		
E1BD 39	191	RTS		
	192			
	193			
E1BE CE1400	194	RET1 LDX \$\$1400		
E1C1 09	195	DOCE DEX		
E1C2 26FD	196	BNE DOCE		
E1C4 8640	197	LDAA \$\$40		
E1C6 B71000	198	STAA \$1000		
E1C9 39	199	RTS		
E1CA F71004	200	RET2 STAB \$1004		
E1CD 7F1000	201	CLR \$1000		
E1D0 8DEC	202	BSR RET1		
E1D2 39	203	RTS		
E1D3 F71004	204	RET3 STAB \$1004		
E1D6 7F1000	205	CLR \$1000		
E1D9 8D01	206	BSR RET4		
E1DB 39	207	RTS		
E1DC FE1400	208	RET4 LDX \$1400		
E1DF 09	209	ONCE DEX		
E1E0 26FD	210	BNE ONCE		
E1E2 8650	211	LDAA \$\$50		
E1E4 B71000	212	STAA \$1000		
E1E7 39	213	RTS		
E1E8 8DD4	214	REN BSR RET1	;* "	
E1EA C630	215	LDAB \$\$30		
E1EC 8DDC	216	BSR RET2		
E1EE C638	217	LDAB \$\$38		
E1FO 8DD8	218	BSR RET2		
E1F2 C6C0	219	LDAB \$\$C0	;* ASIGNAR PRIMER LETRA EN EL DISPLAY	
			SEGUNDO RENGLON	
E1F4 8DDD	220	BSR RET3		
E1F6 C648	221	LDAB \$\$48	;* "H"	
E1F8 8DD9	222	BSR RET3		
E1FA C675	223	LDAB \$\$75	;* "u"	
E1FC 8DD5	224	BSR RET3		
E1FE C66D	225	LDAB \$\$6D	;* "m"	
E200 8DD1	226	BSR RET3		

E202 C665	227	LDAB #565	;* "e"	
E204 8DCD	228	BSR RET3		
E206 C664	229	LDAB #564	;* "d"	
E208 8DC9	230	BSR RET3		
E20A C661	231	LDAB #561	;* "a"	
E20C 8DC5	232	BSR RET3		
E20E C664	233	LDAB #564	;* "d"	
E210 8DC1	234	BSR RET3		
E212 C6A0	235	LDAB #5A0	;* "ESPACIO"	
E214 8DBD	236	BSR RET3		
E216 C6A0	237	LDAB #5A0	;* "ESPACIO"	
E218 8DB9	238	BSR RET3		
E21A F60174	239	LDAB \$174	;* VALOR DE HUMEDAD	CENTENAS
E21D 8DB4	240	BSR RET3		
E21F F60176	241	LDAB \$176	;* VALOR DE HUMEDAD	DECENAS
E222 8DAF	242	BSR RET3		
E224 F60178	243	LDAB \$178	;* VALOR DE HUMEDAD	UNIDADES
E227 8DAA	244	BSR RET3		
E229 C625	245	LDAB #525	;* "8"	
E22B 8DA6	246	BSR RET3		
E22D C6A0	247	LDAB #5A0	;* "ESPACIO"	
E22F 8DA2	248	BSR RET3		
E231 C6A0	249	LDAB #5A0	;* "ESPACIO"	
E233 8D9E	250	BSR RET3		
E235 C6A0	251	LDAB #5A0	;* "ESPACIO"	
E237 8D9A	252	BSR RET3		
E239 F71004	253	STAB \$1004		
E23C 7F1000	254	CLR \$1000		
E23F 39	255	RTS		
FFFE	256	ORG \$FFFE		
FFFE E0	257	DB \$E0		
FFFF 00	258	DB \$00		
	259			
	260			

Symbol Table

CENT	0194
DECE	0196
DEMI	0190
DIEZ	E034
DISP1	E105
DISP2	E116
DISP3	E12E
DOCE	E1C1
INIT	E017
LOOP1	E022
LOOP2	E01F
ONCE	E1DF
ONE	E003
REN	E1E8
RET1	E1BE
RET2	E1CA
RET3	E1D3
RET4	E1DC
RET5	E030
SAL2	E039
SAL3	E07F

RX15.ASM

Assembled with IASM 03/11/2001 15:07 PAGE 6

SAL4	EOC2
SAL5	E154
UNID	0198
UNMI	0192

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain conventional Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only 60 μA from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40 to $+110^\circ\text{C}$ range (-10 with improved accuracy). The LM35 series is available packaged in

hermetic TO-48 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-82 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\text{ mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full -55 to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than 60 μA current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for 1 mA load

Typical Applications

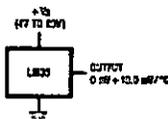
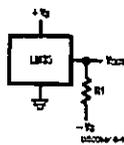


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)



Choose $R_1 = -V_2/C_2\ \mu\text{A}$
 $V_{\text{OUT}} = +10.00\text{ mV at } +150^\circ\text{C}$
 $= +200\text{ mV at } +25^\circ\text{C}$
 $= -650\text{ mV at } -55^\circ\text{C}$

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

Connection Diagrams

**TO-45
Metal Can Package***

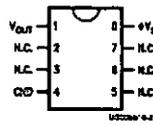


*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35DH, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35SDH

See NS Package Number M03H

**SO-8
Small Outline Molded Package**



N.C. = No Connection

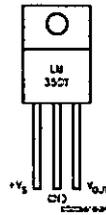
Top View
Order Number LM35DM
See NS Package Number M05A

**TO-92
Plastic Package**



Order Number LM35CZ,
LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

**TO-220
Plastic Package***



*Tab is connected to the negative pin (GND)

Note: The LM35CT should be connected to the Casehead LM35DP

Order Number LM35DT
See NS Package Number TA03F

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.:	
TO-48 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-55°C to +150°C
TO-220 Package,	-55°C to +150°C

Lead Temp.:	
TO-48 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C

TO-92 and TO-220 Package,
(Soldering, 10 seconds)

260°C

SO Package (Note 12)

Vapor Phase (60 seconds)

215°C

Infrared (15 seconds)

220°C

ESD Susceptibility (Note 11)

2500V

Specified Operating Temperature Range: T_{MIN} to T_{MAX}
(Note 2)

LM35, LM35A

-55°C to +150°C

LM35C, LM35CA

-40°C to +110°C

LM35D

0°C to +100°C

Electrical Characteristics

(Notes 1, 8)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1.0	°C
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		°C
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.18		± 0.3	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$+10.0$	$+9.9$, $+10.1$		$+10.0$		$+9.9$, $+10.1$	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $I_{OUT} \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.5		± 3.0	± 0.5		± 3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05		mV/V
	$4V \leq V_{CS} \leq 30V$	± 0.02		± 0.1	± 0.02		± 0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_{CS} = +5V, +25^\circ\text{C}$	58	57		58	57		µA
	$V_{CS} = +5V$	105		131	91		114	µA
	$V_{CS} = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	80		58.2	88		µA
	$V_{CS} = +30V$	105.5		133	91.9		116	µA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_{CS} \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		µA
		0.5		2.0	0.5		2.0	µA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		$+0.39$		$+0.5$	$+0.39$		$+0.5$	µA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_{OUT} = 0$	$+1.5$		$+2.0$	$+1.5$		$+2.0$	°C
Long Term Stability	$T_A = T_{MAX}$ for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			°C

TP5088 DTMF Generator for Binary Data

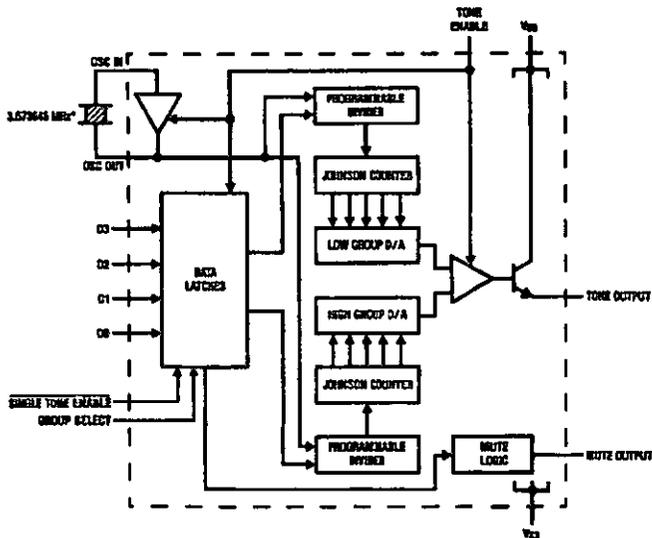
General Description

This CMOS device provides low cost tone-dialing capability in microprocessor-controlled telephone applications. 4-bit binary data is decoded directly, without the need for conversion to simulated keyboard inputs required by standard DTMF generators. With the TONE ENABLE input low, the oscillator is inhibited and the device is in a low power idle mode. On the low-to-high transition of TONE ENABLE, data is latched into the device and the selected tone pair from the standard DTMF frequencies is generated. An open-drain N-channel transistor provides a MUTE output during tone generation.

Features

- Direct microprocessor interface
- Binary data inputs with latches
- Generates 16 standard tone pairs
- On-chip 3.579545 MHz crystal-controlled oscillator
- Better than 0.64% frequency accuracy
- High group pre-emphasis
- Low harmonic distortion
- MUTE output interfaces to speech network
- Low power idle mode
- 3.6V-5V operation

Block Diagram



*Crystal Specification: Parallel Resonant 3.579545 MHz, $R_g \leq 100\Omega$, $L = 100 \text{ mH}$, $C_0 = 8 \text{ pF}$, $C_1 = 0.02 \text{ pF}$.

TLN/5204-1

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage ($V_{DD} - V_{SS}$) 12V
 MUTE Voltage 12V
 Maximum Voltage at Any Other Pin $V_{DD} + 0.3V$ to $V_{SS} - 0.3V$

Operating Temperature, T_A -30°C to $+70^\circ\text{C}$
 Storage Temperature -55°C to $+150^\circ\text{C}$
 Maximum Power Dissipation 500 mW

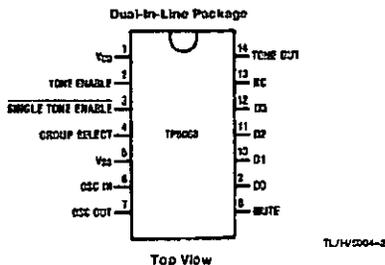
Electrical Characteristics

Unless otherwise noted, limits printed in **BOLD** characters are guaranteed for $V_{DD} = 3.5V$ to $8V$, $T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$ by correlation with 100% electrical testing at $T_A = 25^\circ\text{C}$. All other limits are assured by correlation with other production tests and/or product design and characterization.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Minimum Supply Voltage, V_{F1} (n.n)	Generating Tones	3.5			V
Minimum Supply Voltage for Data Input, TONE ENABLE and MUTE Logic Functions		2			V
Operating Current Isto Generating Tones	$R_L = \infty$, D0-D3 Open $V_{DD} = 3.5V$, Mute Open		55 1.5	350 2.5	μA mA
Input Pull-Up Resistance D0-D3 TONE ENABLE			100 50		k Ω k Ω
Input Low Level TONE ENABLE, D0-D3				0.2 V_{DD}	V
Input High Level TONE ENABLE, D0-D3		0.8 V_{DD}			V
MUTE OUT Sink Current (TONE ENABLE LOW)	$V_{DD} = 3.5V$ $V_O = 0.5V$	0.4			mA
MUTE OUT Leakage Current (TONE ENABLE HIGH)	$V_{DD} = 3.5V$ $V_O = V_{DD}$		1		μA
Output Amplitude Low Group High Group	$R_L = 240\Omega$ $V_{DD} = 3.5V$ $T_A = 25^\circ\text{C}$	130 180	170 230	220 310	mVrms mVrms
Mean Output DC Offset	$V_{DD} = 3.5V$ $V_{DD} = 8V$		1.2 3.6		V V
High Group Pre-Emphasis		2.2	2.7	3.2	dB
Dual Tone/Total Harmonic Distortion Ratio	1 kHz Bandwidth, $V_{DD} = 5V$ $R_L = 240\Omega$	-20			dB
Start-Up Time (to 80% Amplitude), t_{OSC}			4		ms
Data Set-Up Time, t_s (Figure 2)	$V_{DD} = 5V$		100		ns
Data Hold Time, t_h	$V_{DD} = 5V$		280		ns
Data Duration t_w	$V_{DD} = 5V$		800		ns

Note 1: R_L is the external load resistor connected from TONE OUT to V_{SS} .

Connection Diagram



Order Number TP5000WM or TP5000N
Dco N3 Package M14D or H14A

Functional Description

With the TONE ENABLE pin pulled low, the device is in a low power into mode, with the oscillator inhibited and the output transistor turned off. Data on inputs D0-D3 is ignored until a rising transition on TONE ENABLE. Data meeting the timing specifications is latched in, the oscillator and output stages are enabled, and tone generation begins. The decoded data sets the high group and low group programmable counters to the appropriate divide ratios. These counters equipped two indirect-address D/A converters through a series of 20 equal duration steps per one wave cycle. On-chip regulators ensure good stability of tone amplitudes with variations in supply voltage and temperature. The two tones are summed by a mixer amplifier, with pre-emphasis applied to the high group tone. The output is an NPN emitter-follower requiring the addition of an external load resistor to V_{SS} .

Table I shows the accuracies of the tone output frequencies and Table II is the Functional Truth Table.

TABLE I. Output Frequency Accuracy

Tone Group	Standard DTMP (Hz)	Tone Output Frequency	% Deviation from Standard
Low Group	527	694.8	-0.32
	770	770.1	+0.02
	852	852.4	+0.03
	941	940.0	-0.11
High Group	1200	1200.0	-0.24
	1328	1331.7	-0.32
	1477	1489.5	+0.64
	1633	1630.0	+0.37

Pin Descriptions

VDD (Pin 1): This is the positive supply to the device, referenced to V_{SS} . The collector of the TONE OUT transistor is also connected to this pin.

VSS (Pin 5): This is the negative voltage supply. All voltages are referenced to this pin.

OSC IN, OSC OUT (Pins 6 and 7): All tone generation timing is derived from the on-chip oscillator circuit. A low-cost

3.570545 MHz A-cut crystal (NTSC TV color-burst) is connected between pins 6 and 7. Load capacitors and a feedback resistor are included on-chip for good start-up and stability. The oscillator is stopped when the TONE ENABLE input is pulled to logic low.

TONE ENABLE Input (Pin 2): This input has an internal pull-up resistor. When TONE ENABLE is pulled to logic low, the oscillator is inhibited and the tone generators and output transistor are turned off. A low to high transition on TONE ENABLE latches in data from D0-D3. The oscillator starts, and tone generation continues until TONE ENABLE is pulled low again.

MUTE (Pin 8): The output is an open-drain N-channel device that sinks current to V_{SS} when TONE ENABLE is low and no tones are being generated. The device turns off when TONE ENABLE is high.

D0, D1, D2, D3 (Pins 9, 10, 11, 12): These are the inputs for binary-coded data, which is latched in on the rising edge of TONE ENABLE. Data must meet the timing specifications of Figure 2. At all other times these inputs are ignored and may be multiplexed with other system functions.

TONE OUT (Pin 14): This output is the open emitter of an NPN transistor, the collector of which is connected internally to V_{DD} . When an external load resistor is connected from TONE OUT to V_{SS} , the output voltage on this pin is the sum of the high and low group tones superimposed on a DC offset. When not generating tones, the output transistor is turned off to minimize the device's dc current.

SINGLE TONE ENABLE (Pin 3): This input has an internal pull-up resistor. When pulled to V_{SS} , the device is in single tone mode and only a single tone will be generated at pin 14 (for testing purposes). For normal operation, leave this pin open-circuit or pull to V_{DD} .

GROUP SELECT (Pin 4): This pin is used to select the high group or low group frequency when the device is in single tone mode. It has an internal pull-up resistor. Leaving this pin open-circuit or pulling it to V_{DD} will generate the high group, while pulling to V_{SS} will generate the low group frequency of the TONE OUT pin.

Advance Information

Low-Power Dual Tone Multiple Frequency Receiver

The MC145436A is a low-power and improved input sensitivity version of the MC14LC5436.

The MC145436A is a silicon gate CMOS LSI device containing the filter and decoder for detection of a pair of tones conforming to the DTMF standard with outputs in hexadecimal. Switched capacitor filter technology is used together with digital circuitry for the timing control and output circuits. The MC145436A provides excellent power line noise and dial tone rejection and is suitable for applications in central office equipment, PABX, and keyphone systems, remote control equipment and consumer telephony products.

The MC145436A offers the following performance features:

- Single + 5 V Power Supply
- Detects All 16 Standard Digits
- Uses inexpensive 3.58 MHz Crystal
- Provides Guard Time Controls to Improve Speech Immunity
- Output in 4-Bit Hexadecimal Code
- Built-In 60 Hz and Dial Tone Rejection
- Pin Compatible with SSI-204, MC145436, and MC14LC5436
- Functional and Application Compatible with MC145436 and MC14LC5436

MC145436A



P SUFFIX
PLASTIC DIP
CASE 646

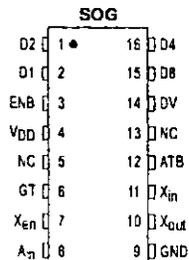
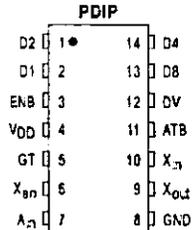


DW SUFFIX
SOG PACKAGE
CASE 751G

ORDERING INFORMATION

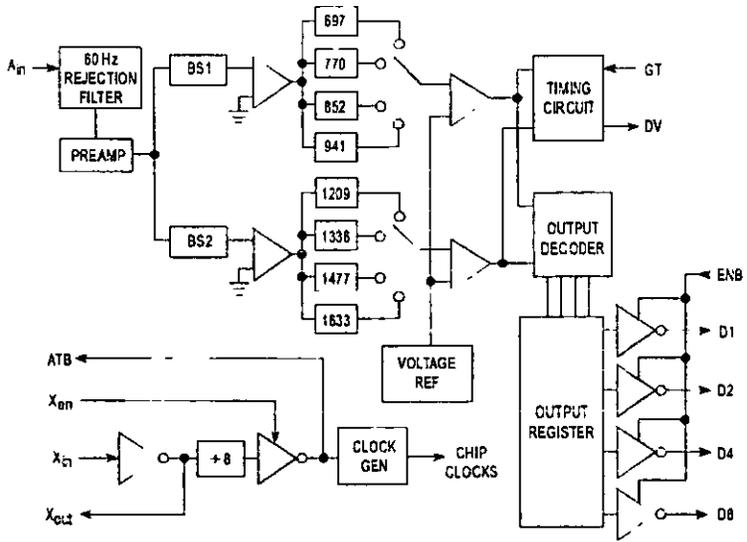
MC145436AP Plastic DIP
MC145436ADW SOG Package

PIN ASSIGNMENTS



NC = NO CONNECTION

BLOCK DIAGRAM



MAXIMUM RATINGS (Voltages Referenced to GND Unless Otherwise Noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
DC Supply Voltage	V_{DD}	- 0.5 to + 6.0	V
Input Voltage, Any Pin Except A_{in}	V_{in}	- 0.5 to $V_{DD} + 0.5$	V
Input Voltage, A_{in}	V_{in}	$V_{DD} - 10$ to $V_{DD} + 0.5$	V
DC Current Drain per Pin	I	± 10	mA
Power Dissipation	P_D	100	mW
Operating Temperature Range	T_A	- 40 to + 85	$^{\circ}$ C
Storage Temperature Range	T_{stg}	- 65 to + 150	$^{\circ}$ C

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 applications of any voltage higher than the 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 $V_{SS} \leq (V_{in} \text{ or } V_{out}) \leq V_{DD}$. Reliability of operation is enhanced if unused inputs are tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}).

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(All Polarities Referenced to $V_{SS} = 0$ V, $V_{DD} = 5.0$ V $\pm 10\%$, $T_A = -40$ to + 85 $^{\circ}$ C, Unless Otherwise Noted)

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
DC Supply Voltage	V_{DD}	4.5	5	5.5	V
Supply Current ($f_{CLK} = 3.58$ MHz)	I_{DD}	—	5	8	mA
Input Current	GT ENB, X_{in} , X_{cn}	I_{in}	—	450 ± 1	μ A
Input Voltage Low	ENB, GT, X_{en}	V_{IL}	—	1.5	V
Input Voltage High	ENB, GT, X_{en}	V_{IH}	3.5	—	V
I_{out} Data and DV Pins: $V_{out} = 4.5$ V (Source)		I_{OH}	800	—	μ A
I_{out} Data and DV Pins: $V_{out} = 0.4$ V (Sink)		I_{OL}	1.0	—	mA
Input Impedance	A_{in}	R_{in}	90	100	k Ω
F _{out}	ATB	F_{out}	—	10	
Input Capacitance	X_{en} , ENB	C_{in}	—	6	pF

ANALOG CHARACTERISTICS ($V_{DD} = 5.0$ V $\pm 10\%$, $T_A = -40$ to + 85 $^{\circ}$ C, Unless Otherwise Noted)

Parameter	Min	Typ	Max	Unit
Signal Level for Detection (A_{in})	- 35	—	- 2	dBm
Twist = High Tone/Low Tone	- 10	—	10	dB
Frequency Detect Bandwidth	$\pm (1.5 + 2 \text{ Hz})$	± 2.5	± 3.6	% f_O
60 Hz Tolerance	—	—	0.8	V_{rms}
Dial Tone Tolerance (Note 1) (Dial Tone 330 + 440)	—	—	0	dB
Noise Tolerance (Notes 1 and 2)	—	—	- 12	dB
Power Supply Noise (Wide Band)	—	—	10	mV p-p
Talk Off (N _{rel} Tape = CN/7200)	—	2	—	Hz

NOTES:

1. Referenced to lower amplitude tone.
2. Bandwidth limited (0 to 3.4 kHz) Gaussian Noise.