

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALARMA REMOTO DE
TEMPERATURA Y ALIMENTACIÓN ELECTRICA PARA EL CONCENTRADOR
REMOTO ALCATEL DEL CORREGIMIENTO DE FORTALECILLAS-NEIVA**



RONALD FERNEY RIVAS LOSADA

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

NEIVA

2007

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALARMA REMOTO DE
TEMPERATURA Y ALIMENTACIÓN ELECTRICA PARA EL CONCENTRADOR
REMOTO ALCATEL DEL CORREGIMIENTO DE FORTALECILLAS-NEIVA**



RONALD FERNEY RIVAS LOSADA

**Trabajo de Pasantía Supervisada presentado como requisito para
optar al título de Ingeniero Electrónico**

**Director:
Ing. AGUSTÍN SOTO
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA
2007**

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurad

Neiva, Junio del 2007

DEDICATORIA

A Dios que nunca me abandona.

A San Juan Bosco que siempre está presente para ayudar a sus alumnos Salesianos.

A mi Padre Gerardo Rivas, por su gran apoyo, sabiduría, y ejemplo que nunca he dejado de seguir.

A mi Madre Carmen Losada, por su gran sacrificio, su confianza e infinito amor y por ser la mejor mamá.

A mi tía Lucy Losada por su incondicional apoyo.

A mi Abuelita Laura Celia Losada por sus consejos, sus rezos y su amor.

A todos mis profesores y compañeros.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos:

A Dios

A San Juan Bosco

A mis padres, abuelita y tías

Al ingeniero Agustín Soto, Director de tesis.

A los ingenieros Julio Hernández y Jaime Peña, Asesores del proyecto.

A los ingenieros Bollman Blanco y Carlos Pérez, jurados.

A Arlinton Pinto, Diego Torres, Carlos Bolaños y Hennio Cabrera amigos y compañeros de oficina de Conmutación Huila.

A Carlos Gutiérrez, Técnico de Conmutación Huila, por su gestión y colaboración en el desarrollo del proyecto.

Al ingeniero Ignacio Arteaga y Gerardo Macias por creer en mí y haberme dado la oportunidad de realizar la pasantía en Telefónica Telecom.

A James Moreno, amigo de Radio y Televisión Huila, por sus valiosos aportes.

A Diego Bustos, Técnico de Energía, por su colaboración en la instalación del sistema.

A todos mis profesores y compañeros.

A mis amigos y compañeros de carrera por sus consejos y valiosos aportes.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	15
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1. SEÑALIZACIÓN DTMF (Dual Tone Multifrequency)	17
2.1.1 Historia de la señalización DTMF	18
2.1.2. Forma de onda del tono DTMF	18
2.1.3. Ventajas de la señalización DTMF	19
2.2. RED TELEFÓNICA BASICA CONMUTADA LOCAL (RTBCL).	20
2.2.1. Concentradores remotos de abonado - NODOS.	20
2.2.2. Módulo de energía.	22
2.2.3 Sistema de alimentación para equipos de telecomunicaciones	25
2.3 SENSOR DE TEMPERATURA LM35DZ	26
2.4 INTEGRADO GRABADOR DE VOZ ISD1420	27
2.5 TRANSCEIVER MT8888C.	29
2.5.1 Descripción Funcional.	31
2.5.2 Configuración de Entrada.	31
2.5.3 Sección de Recepción.	31
2.5.4 Filtro de Progreso de Llamada.	32
2.5.5 Generador DTMF.	32
2.5.6 Modo Burst (ráfaga).	34
2.5.7 Interfaz para Microprocesador.	34
2.6 Comunicaciones asíncronas.	38

2.6.1	El estándar RS-232C.	38
2.6.2	Conexión de un microcontrolador al puerto serie del PC.	40
2.6.3	El chip MAX 232.	40
2.6	RELOJ DE TIEMPO REAL. DS1307 DE DALLAS SEMICONDUCTOR.	41
2.8	FUNDAMENTOS TEORICOS DE LA COMUNICACIÓN I ² C.	43
2.8.1	Terminología del bus I ² C.	43
2.8.2	Funcionamiento.	44
2.9	COMUNICACIÓN USART DEL PIC 16F877A.	48
2.10	CONVERSION ANALOGO/DIGITAL DEL PIC 16F87X.	50
2.10.1	Multiplexor	51
2.10.2	Voltajes de Referencia	51
2.10.3	Selección del reloj del convertidor A/D	55
2.10.4	Configuración para la conversión A/D.	55
3.	HARDWARE DEL SISTEMA	57
3.1	MÓDULO DE ALIMENTACIÓN	57
3.2	MÓDULO EMISOR	58
3.2.1	Sensor de Temperatura	58
3.2.2	Borneras de Alarmas	59
3.2.3	Reloj	60
3.2.4	LCD	62
3.2.5	Codificador DTMF	62
3.2.6	Modulo de voz	63
3.2.7	Interfaz Telefónica del emisor.	64
3.2.8	Microcontrolador PIC 16F877A.	66
3.3	MÓDULO RECEPTOR.	66
3.3.1	Detector de timbre.	67
3.3.2	Interfaz telefónica del receptor.	68

3.3.3	Decodificador de Tonos.	68
3.3.4	Módulo serial.	69
3.3.5	Sirena.	70
3.3.6	Computador Personal (PC).	71
3.3.7	Microcontrolador PIC 16F876A.	71
4.	SOFTWARE DEL SISTEMA.	72
4.1	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PIC 16F877A.	72
4.2	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PIC 16F876A.	73
4.3	CONFIGURACIÓN DEL HYPERTERMINAL DE WINDOWS.	74
5.	CONCLUSIONES	78
6.	RECOMENDACIONES, PROBLEMAS Y SOLUCIONES	80
	BIBLIOGRAFIA	82
	ANEXOS	83

LISTA DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Módulos Funcionales de Elementos de Red.	21
Tabla 2.	Tiempo de grabación por segmento de memoria.	29
Tabla 3.	Descripción de pines del MT8888C.	30
Tabla 4.	Codificación y decodificación de dígitos.	33
Tabla 5.	Funciones de los registro internos.	35
Tabla 6.	CRA Posición de Bits.	35
Tabla 7.	CRB Posición de Bits.	35
Tabla 8.	Descripción del Registro de Control A.	36
Tabla 9.	Descripción del Registro de Control B.	37
Tabla 10.	Principales pines del puerto serie.	39
Tabla 11.	Descripción de pines del puerto serie.	39
Tabla 12.	Mapa de direcciones del reloj DS1307	42
Tabla 13.	Registros del reloj DS1307	42
Tabla 14.	Direcciones reservadas por Philips para la comunicación.	47
Tabla 15.	Descripción del registro ADCON0.	53
Tabla 16.	Descripción del registro ADCON1.	54
Tabla 17.	Tiempos T_{AD} para el reloj del conversor.	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Teclado de tonos DTMF.	17
Figura 2.	Forma de onda para el tono DTMF del número 7.	19
Figura 3.	Arquitectura genérica de la red TPBCL.	20
Figura 4.	Centro telefónico.	22
Figura 5.	Diagrama de bloques de alimentación eléctrica de los equipos de comunicaciones	24
Figura 6.	Rectificador UyG.	27
Figura 7.	Diagrama de bloques del IDS1420.	27
Figura 8.	Distribución de pines del ISD1420	28
Figura 9.	Diagrama de bloques del MT8888C.	29
Figura 10.	Distribución de pines del MT8888.	30
Figura 11.	Configuración de Entrada.	31
Figura 12.	Respuesta del filtro de progreso de llamada	32
Figura 13.	Grafica espectral del tono.	34
Figura 14.	Componentes de una transmisión asíncrona.	38
Figura 15.	Ejemplo de transmisión asíncrona.	38
Figura 16.	Conector serial DB9.	40
Figura 17.	Conexión PC-microcontrolador.	40
Figura 18.	Conexión del chip MAX232.	41
Figura 19.	Descripción de pines del reloj DS1307	42
Figura 20.	Transferencia de bits en la comunicación I ² C.	45
Figura 21.	Condición de inicio y stop en la comunicación I ² C	46
Figura 22.	Formato de transmisión de la comunicación I ² C	46
Figura 23.	Diagrama de tiempo de transmisión de la comunicación I ² C.	46
Figura 24.	Generación del bit de recepción.	48

Figura 25.	Registro TXSTA del microcontrolador PIC16F87X.	48
Figura 26.	Registro RCSTA del microcontrolador PIC16F87X.	49
Figura 27.	Diagrama de bloques del ADC	51
Figura 28.	Diagrama de bloques del módulo emisor.	58
Figura 29.	Conexión del sensor LM35	59
Figura 30.	Conexión de las borneras de alarma.	59
Figura 31.	Bornera de alarmas.	60
Figura 32.	Conexión del reloj DS1307.	61
Figura 33.	LCD.	62
Figura 34.	Conexión del MT8888C emisor.	63
Figura 35.	Conexión del ISD1420	64
Figura 36.	Conexión del MC34014 emisor.	65
Figura 37.	Diagrama de bloques del módulo receptor.	67
Figura 38.	Circuito detector de timbre.	67
Figura 39.	Conexión del MC34014 receptor.	68
Figura 40.	Conexión del MT8888C receptor.	69
Figura 41.	Circuito de transmisión serial.	70
Figura 42.	Circuito controlador de sirena.	70
Figura 43.	Cable y conector DB9 serie.	71
Figura 44.	Nueva conexión de hyperterminal.	74
Figura 45.	Propiedades de la conexión.	75
Figura 46.	Propiedades del puerto.	75
Figura 47.	Opción de captura de texto.	76
Figura 48.	Guardar archivo de registro.	76
Figura 49.	Recepción de alarma.	77
Figura 50.	Circuito de alimentación.	57

RESUMEN

La Vicepresidencia de SERVICIOS DE RED en la empresa Telefónica Telecom SA ESP es la responsable de la Planeación, el diseño, montaje, operación y mantenimiento de la Red de Telecomunicaciones.

Uno de los principales objetivos de ésta vicepresidencia es velar por el buen funcionamiento de los equipos que posee y en busca de ello se desea tener un medio de alarma que advierta a la sede de Neiva del posible mal funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado y de alimentación eléctrica de respaldo de los equipos que se tienen en las estaciones de los cerros y en los municipios pequeños.

La necesidad de este proyecto resulta de experiencias ocurridas en lugares no atendidos, en donde el suministro de energía AC del sistema de alimentación falla, debido a los diversos problemas que pueden ocurrir en la red de energía comercial y cuando el sistema de respaldo (planta de emergencia) no entra en funcionamiento por diversas razones (como la falta de mantenimiento preventivo), dejando los equipos de rectificación AC/DC y de aire acondicionado inactivos, lo que lleva a la falla en el servicio de telecomunicaciones por la salida de servicio de dichos equipos, lo mismo que daños irreparables en éstos a causa de las altas temperaturas.

Para solucionar este problema se desarrolló este proyecto, con el fin de alertar automáticamente al personal técnico especializado, sobre las fallas que pueden presentarse en los sistemas anteriormente mencionados, implementando un dispositivo capaz de detectar temperatura y fallos de alimentación eléctrica, con la capacidad de comunicarse vía telefónica con la sede de Telefónica Telecom SA ESP Ceibas o cualquier otro lugar donde se encuentren técnicos analistas de la empresa. De esta manera se logrará la corrección de éstas fallas a tiempo, sin provocar consecuencias lamentables. El anterior proyecto mencionado se llevó a cabo bajo la modalidad de grado de pasantía supervisada que ofrece la Facultad de Ingeniería de la UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA, al desempeñar el cargo de Practicante Universitario en la Vicepresidencia de Servicios de Red de dicha empresa.

ABSTRACT

The NETWORK SERVICES Vice-president inside of the company Telefónica Telecom INC ESP is the design, assembly, operation and Telecommunications network maintenance responsible.

It is one of their main objectives to watch over the good performance of the possessed teams. Looking for this goal, they wish to have an alarm mean for noticing the Neiva headquarters about a possible conditioned air systems or a backup teams electric feeding bad operation in small towns stations and not assisted hills stations.

The need of this project comes from some past experiences in not assisted places where the system AC power supply of commercial energy feeding and the backup system (emergency plant) has failed, turning off the rectification AC/DC teams and conditioned air, causing flaws in the telecommunications service because of the teams go out of service, and irreparable damages because of the high temperatures.

This project was developed to solve this problem, with the purpose of alerting the specialized technical personnel automatically, about the flaws that can be presented in the previously mentioned systems, implementing a device able to detect temperature and electric feeding shortcomings, enabled to communicate via phone to the headquarters of Telefónica Telecom INC ESP Ceibas or any other place where there are technical analysts of the company. This way the correction of these flaws will be achieved on time, without any consequence.

INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones han sido y son parte fundamental de nuestro desarrollo como sociedad, convirtiéndose en un aspecto de suma importancia para el progreso de un país y es por ello que en la Ingeniería Electrónica el área de las comunicaciones es una de las más importantes, siendo el papel de ésta el de conllevar a más y mejores servicios, obteniéndose beneficios para la producción, gestión y el desarrollo organizacional al interior de las entidades.

Telefónica Telecom SA ESP ¹ es la principal operadora de telecomunicaciones del país que, con una importante presencia en más de 998 municipios de la geografía colombiana, se constituye en la compañía con las mejores proyecciones para la prestación de servicios integrados de comunicaciones.

El desarrollo de éste proyecto en la vicepresidencia de SERVICIOS DE RED tiene como fin solucionar los problemas actuales que se presentan con los concentradores remotos de las poblaciones pequeñas donde no se cuenta con un sistema de alarma remoto para el monitoreo del funcionamiento de la planta de alimentación eléctrica y del sistema de aire acondicionado de los equipos.

Dentro de dicha vicepresidencia, se encuentra el área de energía, que es el directo responsable de velar por el suministro de la alimentación eléctrica a los equipos de comunicaciones que posee la empresa, en las diferentes poblaciones del país. El profesional de ésta área es el encargado de dirigir las labores de mantenimiento y corrección de fallos que se puedan presentar con los equipos de alimentación eléctrica y del sistema de aire acondicionado, el cual será alertado a tiempo de las anomalías presentadas en estos equipos, todo esto debido a la función primordial del sistema de alarmas remotas desarrollado en este proyecto.

Cabe anotar lo significativo a nivel económico que es para la empresa la salida de funcionamiento de unos de sus concentradores remotos o equipos de comunicación por el corte en el suministro de energía eléctrica, que afectan los índices de calidad de servicio, problema que se evitara con la implementación del sistema de alarmas remotas.

¹ Información obtenida de www.telefonica.com.co

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto de alarmas remotas presentado a la empresa Telefónica Telecom SA ESP, se ha diseñado con el fin de desarrollar de forma efectiva el control de la temperatura y la alimentación eléctrica de los concentradores remotos que se tienen en sitios no atendidos.

A petición del líder zonal de la Vicepresidencia de Servicios de Red, se requería un sistema que alerte personalmente al profesional encargado del área de energía, sistema que no se tiene, ya que las alarmas que proporcionan los concentradores remotos suceden cuando el sistema se ha caído por completo, dejando a la población correspondiente incomunicada, hecho que no se quiere que vuelva a ocurrir, además que dichas alarmas son transmitidas por radio enlaces, y mostradas en un monitor que no siempre es vigilado por alguna persona. Aunque dichos concentradores cuentan con respaldos de energía, estos no son 100% confiables, ya que se han presentado ocasiones en que la planta eléctrica del lugar no enciende y el banco de baterías que respaldan a dichos equipos, asumen toda la carga del sistema, estos bancos tienen un tiempo útil de alimentación, y después de este tiempo los equipos son desconectados. La idea es que el sistema actúe y alerte al personal indicado, durante el tiempo que dura el respaldo de baterías, dicho tiempo está entre 4 a 12 horas según el estado en que se encuentre el banco de baterías.

Al generarse una alarma, ya sea bien de energía o de temperatura, el sistema desarrollado muestra en un LCD el tipo de alarma y la hora en que se generó, seguidamente, realiza una llamada telefónica a tres números telefónicos distintos entregando un mensaje de voz sobre la alarma ocurrida, y el lugar donde ocurrió. Después de esto, se comunica con una cuarta línea telefónica dedicada a recibir datos codificados mediante tonos DTMF, en el que se recibe el código de la alarma generada junto con la hora y fecha del evento, dicha información se transmite vía serial a un PC, para que sea consignada y mostrada por una aplicación, que en ausencia de licencias de lenguajes de programación, inicialmente será consignada en una aplicación de Windows como Hyperterminal, y a su vez activará una sirena en el momento de desplegar esta información.

En caso de que la alarma presentada sea por una falla de energía, el sistema espera un tiempo de 15 minutos para que se encienda la planta eléctrica del sitio, en caso tal de que esto no suceda, se iniciará la marcación telefónica como se explicó anteriormente. Si la alarma presentada se debe a temperatura alta (por encima del punto crítico establecido 26°C), el sistema realizará la marcación inmediatamente.

El sistema de alarma remota, fuera de detectar la alarma y darla a conocer de las formas ya vistas, está en capacidad de saber cuando la falla ha sido corregida por los técnicos de la empresa, cuando esto sucede, y el sistema comprueba la no activación de ninguna de las demás alarmas, se realiza la misma marcación telefónica a tres números distintos, transmitiendo el mensaje de alarma apagada y el lugar donde ocurrió, de igual forma se comunica con la línea dedicada a recibir tonos DTMF, para recibir el código de alarma apagada y mostrar el mensaje en la ventana de Hyperterminal junto con la hora y fecha. Lo anterior es de vital importancia para evitar falsas alarmas y desplazamientos del personal técnico a poblaciones bastante

retiradas geográficamente, también sirve para que el profesional de energía lleve un control de las labores de sus subordinados al presentarse las alarmas.

El sistema se instalará inicialmente en una localidad piloto, pero la idea es que sea estandarizado en todos los puntos no atendidos del departamento y en este caso puede ocurrir que sucedan fallas simultáneas en diferentes localidades, y que al marcar la línea dedicada a la recepción de datos ésta se encuentre ocupada, aunque por la experiencia obtenida en la empresa éstas posibilidades son escasas, se hizo que el sistema fuera redundante de tal forma que luego de marcar a las tres líneas de voz y a la cuarta línea de datos, esperará un tiempo de 1 minuto para que realizara otra ronda de marcación hacia todas las líneas incluyendo a la de datos, de ésta forma el sistema alertará dos veces a un mismo número telefónico, e intentará transmitir igual número de veces los datos a la cuarta línea programada.

Adicionalmente a la detección de alarma de energía y de temperatura, el sistema se diseñó para que también se tuviera la posibilidad de conocer en que momento la planta eléctrica del lugar ha entrado en funcionamiento, lo anterior se diseñó con el fin de que en un futuro se realizara la conexión de un contactor o un dispositivo que sense éste evento y transmita la señal al sistema de alarmas remoto.

El sistema se desarrolló con la posibilidad de alertar vía telefónica el tipo de alarma por medio de mensajes de voz, para aumentar la eficacia del sistema, ya que en las horas de la noche en las oficinas de la empresa no hay personal que se pueda dar cuenta de la información recibida en el PC mediante la línea de datos. Dichas alertas son dirigidas a los analistas que se encuentran en ciertas estaciones de los cerros, personas que están las 24 horas del día disponibles para reportar cualquier anomalía, función realizada mediante los tres números telefónicos programados para esta clase de alertas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 SEÑALIZACIÓN DTMF (Dual Tone Multifrequency)

La mayoría de los teléfonos fabricados actualmente han reemplazado el viejo sistema de Dialing (marcado) rotatorio por pulsos y emplean el nuevo método de dialing DTMF. Este sistema utiliza señales analógicas (tonos mezclados de audiofrecuencia) para enviar a la central telefónica el número de abonado que se ha marcado, por supuesto la central telefónica tendrá que estar equipada con los circuitos necesarios para la decodificación de los tonos. En lugar del disco rotatorio que todos conocemos se utiliza un teclado matricial con 12 push-bottons con los números del 0 al 9 y los símbolos asterisco (*) y numeral (#), cada vez que se presiona una de las teclas se produce una salida con dos tonos mezclados que representan el número marcado. Hay un tono de baja frecuencia por cada renglón y un tono de más alta frecuencia por cada columna. Por ejemplo, si se presiona el 7 se obtienen dos tonos, uno de 852 Hz. y otro de 1209 Hz. Este método de tono dual permite el uso de 12 combinaciones diferentes con solo 7 generadores de tono. Las frecuencias y la distribución del teclado han sido internacionalmente estandarizados y se ha establecido su respectiva tolerancia de +/- 2% en USA y América.

Figura 1. Teclado de tonos DTMF.

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

Fuente. <http://colgadotel.blogspot.com/index.html>

Los tonos generados con la cuarta columna se utilizaban en funciones de control de la red.

Pero la aplicación más célebre de estos tonos especiales tuvo carácter militar, en lo que se dio a llamar la red AUTOVON, la cual se describirá en el siguiente inciso.

2.1.1 Historia de la señalización DTMF.

Allá por el año 1963, en los Estados Unidos de América, y en plena paranoia fría (con sus campañas de 'un Victoreen en cada hogar') se construye un sistema telefónico militar capaz de sobrevivir a un ataque nuclear.

La red AUTOVON se implementaba físicamente mediante líneas propiamente militares, con el respaldo de líneas civiles operadas por Ma Bell y otras pequeñas compañías, conectadas a centrales alejadas de objetivos militares.

En el sistema telefónico civil puede darse el caso de que una llamada no pueda ser cursada debido a la congestión de la red, caso que se indica al usuario mediante un tono o mensaje de congestión. Esto es, sin duda, intolerable para los propósitos militares de una potencia mundial. Para solucionar el problema, se definen unos niveles de precedencia, que caracterizan a cada llamada, de manera que las llamadas con una prioridad mayor puedan expulsar a llamadas de menor prioridad.

Cuatro niveles de prioridad o precedencia, de menor a mayor, se especificaron: Routine, Priority, Immediate y Flash. Las llamadas normales (incluso, las realizadas con aparatos civiles) tienen prioridad 'Routine'.

Para dotar a una llamada de otro nivel de prioridad distinto de 'Routine' es necesario pulsar previamente la tecla *D* (Priority), *C* (Immediate) o *B* (Flash) La tecla *A* (Flash Override), de prioridad máxima, estaba destinada para ser usada por el presidente de los Estados Unidos, en caso de emergencia extrema.

Si todas las líneas están ocupadas por llamadas rutinarias, una nueva llamada rutinaria recibirá la señal de congestión. Si se añade el prefijo *D*, alguna de ellas será expulsada para poder cursar esta llamada, más prioritaria. Lo mismo ocurre si todas las líneas están ocupadas, por ejemplo, con llamadas del tipo *D*. Se necesita una llamada de tipo *C* para poder expulsar alguna de ellas. Un estudiante de Arquitectura de Computadores y Sistemas Operativos se hará una buena idea de cómo funciona un esquema basado en prioridades. La red AUTOVON se dejó de utilizar a principios de los 80 para dejar paso a la DSN.

2.1.2 Forma de onda del tono DTMF

Cada uno de estos tonos está formado por una onda sinusoidal, es decir, la función que la describe (amplitud como función del tiempo) es:

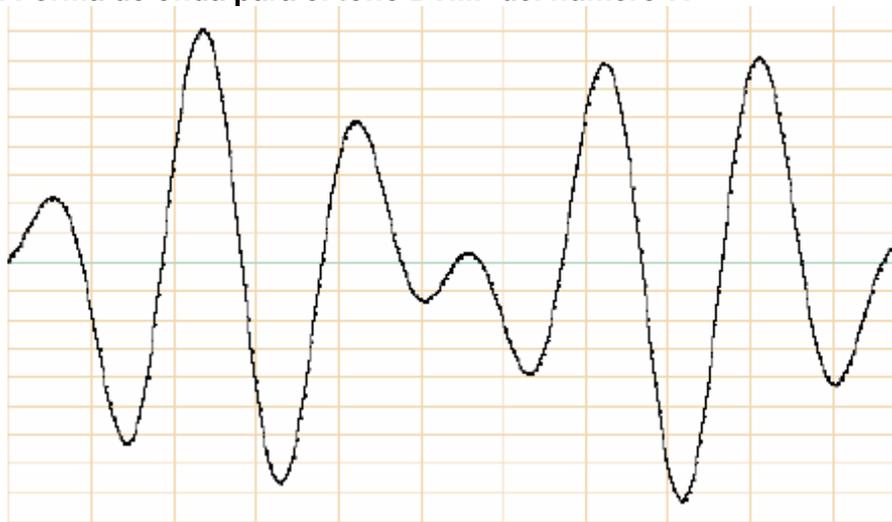
$$A = \text{Sen}(\pi\phi t)$$

Donde ϕ es la frecuencia. De modo que, por ejemplo, el número 7 estará dado por una onda del tipo:

$$A = \text{Sen}(\pi\phi_1 t) + \text{Sen}(\pi\phi_2 t)$$

Con $\phi_1=1209$ y $\phi_2=852$, se vería como en la figura 2

Figura 2. Forma de onda para el tono DTMF del número 7.



Fuente.

http://mecmat.iimatercu.unam.mx/~fmatmat/curso/Mathematica/Proyectos-Mathematica/Proyecto_8_DTMF_Fourier.pdf

2.1.3 Ventajas de la señalización DTMF

Las ventajas de la marcación por tonos DTMF sobre la marcación a pulsos es evidente, es mucho más rápido y práctico ya que en el sistema DTMF se necesitan tan solo 50 mseg. para el reconocimiento de cualquier número con otros 50 milisegundos de separación entre cada dígito dando un total de 0.1 segundos por dígito. Para demostrar estos supongamos que se quiere marcar el número 555 - 555 - 5555 que nos da un tiempo promedio en el sistema de marcación a pulsos.

Para el sistema de marcación por pulsos:

5 pulsos por dígito x 100 mseg. por pulso x 10 dígitos = 5 seg.

Intervalo entre dígito x número de dígitos - 1 = 700 mseg. x 9 = 6.3 seg.

Total de tiempo de marcado por pulsos = 5 + 6.3 = 11.3 seg.

Mientras que el marcado por DTMF toma:

Número de dígitos x 100 mseg. por dígito = 10 x 100 mseg. = 1 seg.

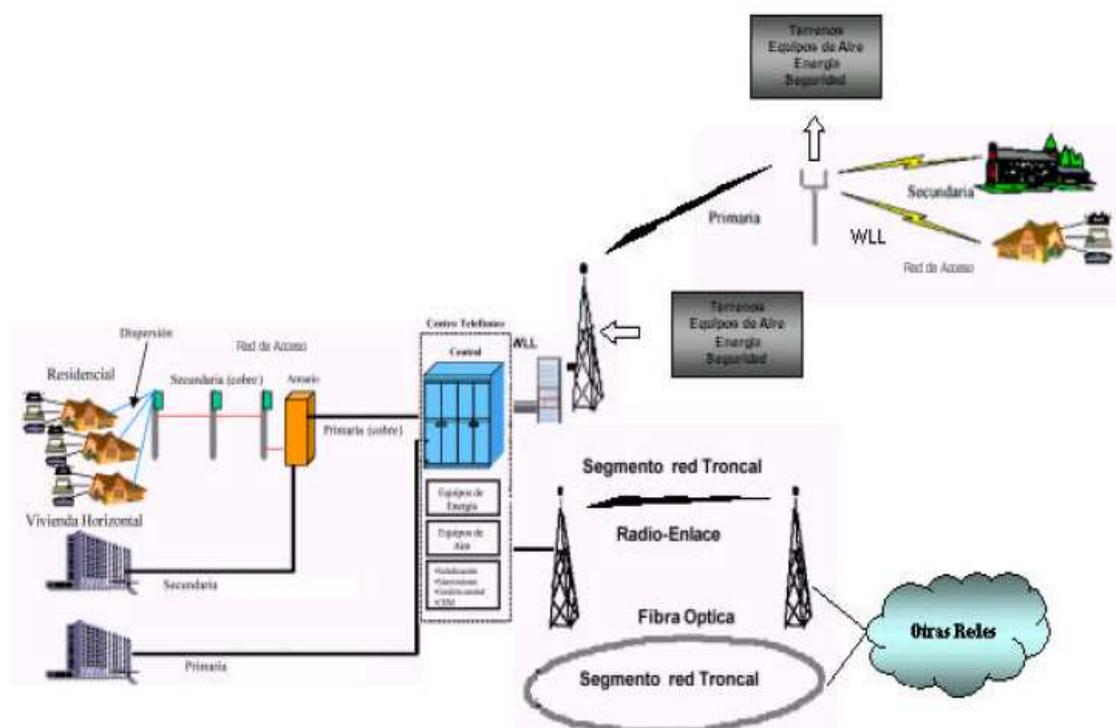
Estos tiempos son los mínimos en ambos sistemas y aunque aparentemente el ahorro de tiempo en el sistema de marcación por tonos no representa una gran ventaja; cuando se contempla en un marco de referencia mas amplio como por ejemplo el tiempo ahorrado en la decodificación en la central telefónica en un día completo, la ventaja se hace evidente.

2.2 RED DE TELEFÓNIA PÚBLICA BÁSICA CONMUTADA LOCAL (TPBCL)

La red de TPBCL está conformada por cinco (5) módulos básicos a saber: centro telefónico, red troncal, red primaria, red secundaria y red de dispersión o última milla. Este último componente puede a su vez ser alámbrico o inalámbrico. En la figura 3 se muestra en forma esquemática la arquitectura de la red de TPBCL y en la Tabla 1 los principales módulos funcionales y algunos elementos de red.

Para efectos de este estudio, la red de Telefonía Pública Básica Conmutada de Larga Distancia (TPBCLD) podría considerarse un subconjunto de la red de TPBCL, la cual incluye únicamente los componentes de centro telefónico y red troncal.

Figura 3. Arquitectura genérica de la red TPBCL



Fuente. http://www.crt.gov.co/crt_2001-2004/documentos/biblioteca/InformeFinalInalambricasCRT.PDF

2.2.1 Concentradores remotos de abonado - NODOS

Son equipos que cuentan con todos los circuitos y elementos necesarios para proveer en forma remota e independiente de la central telefónica, los servicios de voz y datos que regularmente se brindan desde una central. La conexión de los abonados al Nodo se realiza mediante redes secundarias, fáciles y económicas de construir con gran rapidez, utilizando cables de cobre de baja capacidad

Gracias a su arquitectura totalmente modular, un Nodo está en capacidad de ofrecer servicios básicos de telefonía digital, líneas RDSI, servicios de transmisión de datos de alta velocidad utilizando tecnología XDSL. Igualmente, para la conexión con la central telefónica, puede utilizar Fibra Óptica o enlaces de radio. Todo lo anterior permite disfrutar a los abonados del Nodo, de los servicios y facilidades que posee la central telefónica.

Tabla 1. Módulos Funcionales Elementos de Red.

Módulos Funcionales	Elementos de Red
<p><i>Centro Telefónico</i></p> <p>Puede estar integrado por una o más centrales telefónicas, en donde se atiende las solicitudes de conexión proveniente de los abonados u otras centrales, por medio del análisis del número telefónico marcado para encaminar el tráfico hacia su destino.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Etapa de abonado • Etapa troncal • Sistema de procesamiento y control • Matriz de conmutación • Sistema de señalización, sincronismo gestión • Equipos de energía y aire acondicionado
<p><i>Red Troncal</i></p> <p>A este módulo pertenece todos los equipos e infraestructura necesarios para la conexión entre las diferentes centrales telefónicas de conmutación, cuando hay más de una central en la red, y para la interconexión de la red con las demás redes telefónicas adyacentes y/o complementarias, mediante fibra óptica con tecnología SDH.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cables de fibra óptica y radio enlaces • Equipos: de microondas, multiplexores (ADMs), cross conectores digitales (DXC), conectores ("pigtailes"), paneles de conexión ópticos (ODFs) interfaces de red, regeneradores, convertidores, amplificadores, tarjetas de red, entre otros. • Canalizaciones, ductos y subductos, torres, antenas, mástiles, entre otros.
<p><i>Red Primaria</i></p> <p>Este segmento comprende entre los puntos de conexión (lado calle) de las regletas del distribuidor general y los puntos de conexión de las regletas de los armarios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cables de cobre y fibra óptica • Canalizaciones, cámaras, ductos y subductos • Armarios, concentradores remotos.
<p><i>Red de Secundaria</i></p> <p>Este segmento está comprendido entre los puntos de conexión del armario y los puntos de conexión en las cajas de dispersión de 10 pares instaladas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cables de cobre o fibra óptica según el caso • Canalizaciones, cámaras, ductos, subductos y postes • Herrajes, cajas de dispersión, conectores, entre otros
<p><i>Red de Dispersión</i></p> <p>Este segmento está comprendido entre la caja de distribución localizada en el poste y el punto de conexión en la caja mural (strip telefónico) en el lado del cliente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso Alámbrico: Cable Neopren, herrajes y conectores • Acceso Inalámbrico: Estación base (sub-bastidores, tarjetas de energía, de control, de interfaz digital V5.2, distribuidor, racks); Antenas; Terminales fijas de abonado, entre otro

2.2.2 Modulo de Energía

En los centros telefónicos, además de los equipos de conmutación como las centrales telefónicas, existen otra clase de equipos que se encargan de mantener el buen funcionamiento de éstos, como son los equipos de energía y de aire acondicionado.

Figura 4. Centro telefónico



Fuente: http://www.crt.gov.co/crt_2001-2004/documentos/biblioteca/InformeFinalInalambricasCRT.PDF

Este módulo está constituido por:

- Banco de Baterías
- Rectificadores
- Grupo Motor – Generador
- Climatización

Para cada centro se deben determinar estos elementos de acuerdo a los componentes de cada central telefónica.

Banco de baterías †

La tensión nominal de corriente continua es 48 VDC. El primer paso es determinar la potencia total de todo equipamiento que será alimentado desde 48 VDC.

$$W_{TOTAL} = \sum \text{MODULOSEWSD} + WSMT4 + WGE + WPCR + WI$$

Donde:

\sum MODULOSEWSD es la potencia total disipada por todos los módulos que conforman la central de conmutación EWSD.

WSMT4 es la potencia disipada por el equipo de transmisión SDH.

WGE es la potencia disipada por el equipo de gestión de energía.

WPCR es la potencia disipada por los computadores (PC) respaldados del centro telefónico.

WI es la potencia disipada por el sistema de iluminación respaldado.

La corriente nominal requerida será:

$$IT = W_{TOTAL} / 48 \text{ [Ampère]}$$

Considerando una autonomía de 6 horas, se puede determinar los Ampère - hora del banco de baterías:

$$AH = IT * 6 \text{ [Ampère hora]}$$

Normalmente se consideran dos bancos de baterías separados por fusible (uno es de respaldo).

Si se selecciona un módulo básico cuya característica de Ampère-hora es AHMB, entonces:

$$CTMB = [AH / AHMB] * 2$$

Donde: CTMB es la cantidad total de módulos básicos. Se multiplica por dos para considerar un banco de respaldo. El área total utilizada por el banco de baterías es:

$$AREABB = AREAMB * CTMB$$

Donde:

AREABB área del banco de baterías.

AREAMB área del módulo básico

CTMB cantidad total de módulos básicos.

Rectificadores †

Se debe considerar que los rectificadores deben alimentar, además del equipamiento de telefonía, los bancos de baterías. Consideramos que el módulo básico rectificador entrega una corriente IRMB, de esta forma tenemos:

$$CTMR = 1 + [(IT * 1,25) / IRMB]$$

† Información proporcionada por la comisión de regulación de telecomunicaciones: www.crt.gov.co

Donde:

CTMR es la cantidad total de módulos rectificadores. Se considera un módulo adicional de respaldo.

IT es la corriente total respaldada. Se considera un 25 % adicional para carga del banco de baterías.

IRMB es la corriente del rectificador módulo básico

El **área utilizada**, considerando 4 rectificadores por cada bastidor de 19 pulgadas:

$$\text{AREARECT} = (\text{MR} / 4) * 1,2 * 0,5 [\text{m}^2]$$

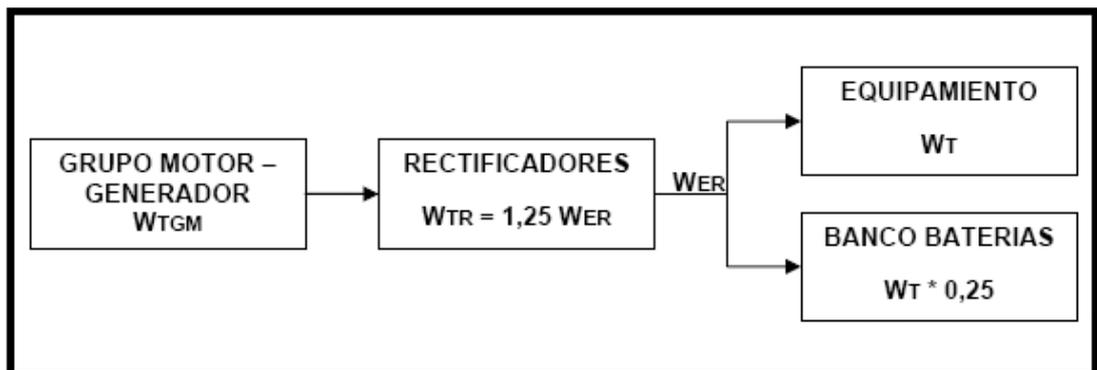
Considerando un rendimiento de 75% de los rectificadores, obtenemos la **potencia disipada** por los rectificadores:

$$\text{WREC} = 0,25 * \text{IT} [\text{Watts}]$$

Grupo motor-generador ‡

Tenemos que la potencia total del equipamiento de comunicaciones es WT

Figura 5. Diagrama de bloques de alimentación eléctrica de los equipos de comunicaciones



Fuente.

http://procesostarifarios.subtel.cl/downloads/CMET/ANEXOS/ANEXO_VI.1_Diseño_Tecnico.pdf

La potencia entregada por los rectificadores es:

$$\text{WER} = \text{WT} + (\text{WT} * 0,25) = \text{WT} * 1,25 [\text{Watts}]$$

Considerando una disipación de 25 % en los rectificadores, obtenemos que la potencia de entrada a los rectificadores es:

$$\text{WTR} = 1,25 * \text{WER} = 1,25 * 1,25 * \text{WT} [\text{Watts}]$$

Considerando un 25% adicional para la selección del grupo motor obtenemos:

$$\text{WTGM} = 1,25 * \text{WTR} = 1,25 * 1,25 * 1,25 \text{ WT}$$

‡ Información obtenida de la comisión de regulación de telecomunicaciones: www.crt.gov.co

$$\mathbf{WTGM = 1,95 * WT [Watts]}$$

Con este valor de WTGM, potencia total de grupo motor generador, seleccionamos el grupo adecuado.

El grupo motor – generador seleccionado ocupará un área **AREAGM**.

CLIMATIZACION §

El sistema de climatización considera evacuar el calor desarrollado tanto en los equipos de comunicaciones como en rectificadores y equipos de gestión de energía. Considerando adicionalmente un porcentaje de autonomía, para lo cual utilizaremos.

$$\mathbf{WEC = 1,95 * WT [Watts]}$$

Donde:

WEC es la potencia del equipo de climatización

WT es la potencia de equipo de comunicaciones. Se utiliza un **factor 1,95** que considera la potencia disipada en rectificadores, en el banco de baterías y un porcentaje adicional de autonomía.

$$\mathbf{BTU = (WEC * 3600) / 1055 [BTU horas]}$$

Donde:

WEC es la potencia en Watts del equipo de climatización

3600 factor para pasar a Watt-hora

1055 factor para pasar a BTU

Adicionalmente, debemos considerar el área utilizada por el equipo de climatización seleccionado, **AREAEC**.

2.2.3 Sistema de alimentación para equipos de telecomunicaciones.

Existen equipos especialmente diseñados para el suministro de energía a Bancos de Baterías y sistemas de telecomunicaciones, entre los cuales tenemos los rectificadores de la marca UyG ingeniería, que poseen las siguientes características:

- Tensión de salida a 12, 24, 48 VDC
- Excelente Regulación
- Muy bajo factor de ondulación y ruido sofométrico
- Alta eficiencia
- Características de tensión-constante y corriente-constante dependiendo de la corriente de salida
- Amplio rango de tensión y frecuencia de entrada
- Repartición automática de corriente para conexión de cargadores en paralelo
- Corriente de salida de 5A a 400^a

§ Información obtenida de la comisión de regulación de telecomunicaciones : www.crt.gov.co

Alarmas

Poseen señalización local, cuenta con una bornera de alarmas diseñada a través de contactos secos (ausentes de voltaje), los cuales conmutan al activarse su respectiva alarma. Estas pueden ser:

***Falla de Red:**

Ausencia de voltaje de la red eléctrica comercial.

***Falla de Fase (En equipos trifásicos):**

Ausencia de voltaje en alguna de las fases de alimentación eléctrica del equipo.

***Tensión Cargador Alta:**

Sobre tensión para la carga de baterías.

*** Tensión Cargador Baja:**

Tensión de carga de baterías por debajo de la nominal.

*** Corriente de Salida Baja:**

La corriente suministrada a la carga está por debajo de la nominal.

***Falla de Cargador:**

No se produce carga de baterías.

***Batería Baja:**

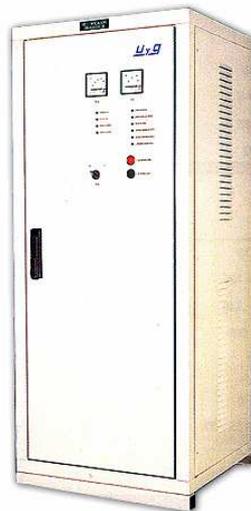
Nivel de baterías por debajo de la nominal.

*** Desconexión por Batería Baja:**

Desconexión del suministro de energía hacia la carga, proveniente de las baterías, debido a que llegaron al nivel crítico de descarga.

*** Tensión Equipos Alta:** Sobre tensión del voltaje suministrado a la carga.

Figura 6. Rectificador UyG



Fuente. <http://www.uyg.com.co/index.htm>

2.3 SENSOR DE TEMPERATURA: LM35DZ DE NATIONAL SEMICONDUCTOR.

La temperatura es un factor crítico que se tiene en cuenta en un cuarto de comunicaciones, pues las altas temperaturas puede ocasionar daños irreparables en equipos tales como concentradores remotos, radios, etc.

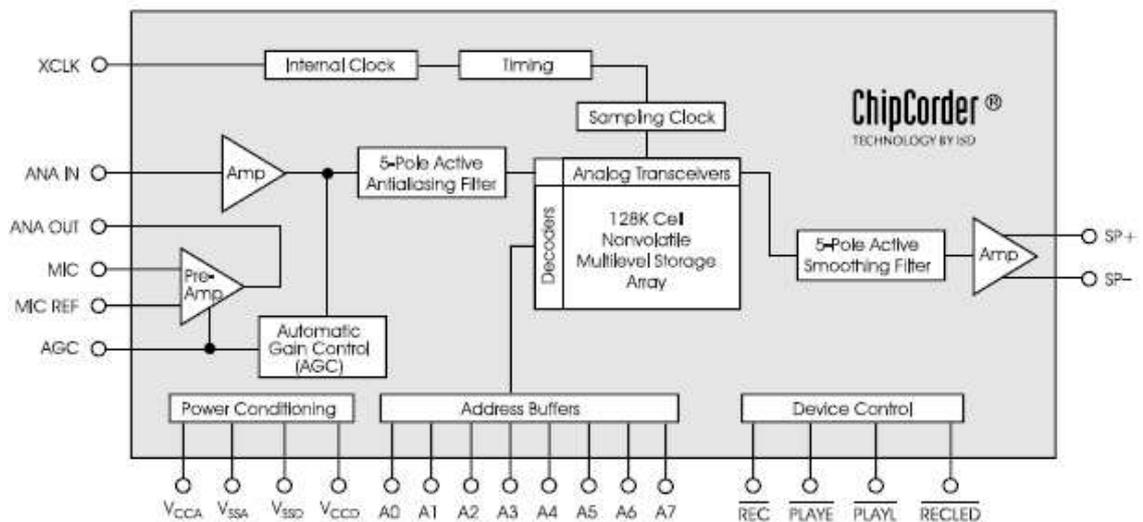
El sensor de temperatura implementado en el diseño es el LM35DZ de la **National semiconductor**. Se eligió este elemento específicamente por ser un sensor de alta precisión, por su versatilidad en el diseño y bajo costo.

El sensor de temperatura LM35DZ se caracteriza por:

- Tensión de salida linealmente proporcional con la temperatura en la escala **Celsius** (centígrada).
- No necesita calibración externa, permite el censado remoto.
- Factor de escala (Ganancia): 10mV/°C.
- Rango de utilización: $-55^{\circ}\text{C} < T < 150^{\circ}\text{C}$
- Alimentación: de 4V a 30V. Para el diseño se alimenta con una fuente de 12 Voltios.

2.4 SINGLE CHIP VOICE RECORDER ISD1420 (INTEGRADO GRABADOR DE VOZ)

Figura 7. Diagrama de bloques del ISD1420.



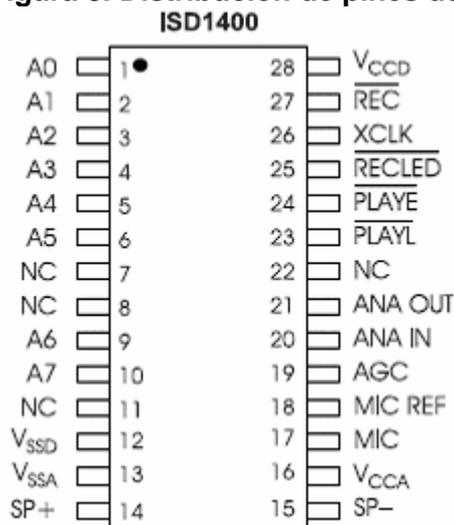
Fuente. <http://www.isd.com/products/chipcorder/applicationinfo/>

Antes de adentrarnos en la descripción del proyecto, para comprender el funcionamiento, las ventajas y los defectos de este nuevo registrador digital de la línea ChipCorder, debemos partir de la premisa de que el mismo funciona empleando un dispositivo one-chip de ISD, o sea el registrador digital integrado que genéricamente conocemos como ChipCorder. Se trata en sustancia de un integrado que con el auxilio de dos pulsadores y unos pocos componentes, realiza las funciones de un completo registrador digital. El ChipCorder, cuyo esquema de bloques se muestra en la figura 7, nació de la nueva tecnología ISD que revaloriza las ventajas de los sistemas DAST (integrados para síntesis vocal de series precedentes), condensando en un grupo de cuatro chips las mejores dotes de un sistema para síntesis vocal. Los ChipCorder son completos registradores y lectores digitales, que disponen de funciones y mejoras que con los sistemas DAST se podían obtener únicamente añadiendo circuitos externos. En breve podrán disponer de una buena calidad sonora (incluso al copiar de un dispositivo al módulo externo el ruido de fondo es mínimo), gracias a nuevos convertidores A/D y D/A de bajo ruido. Además, la memoria EEPROM del ChipCorder es muy fiable y garantiza la conservación de los datos durante cien años (por lo menos en teoría) y cien mil ciclos de lectura/escritura sin inconvenientes. El ChipCorder

puede ser controlado en grabación y lectura mediante diversas modalidades, pero siempre a través de simples pulsadores, sin necesidad de una lógica externa. Dispone de una entrada activadora para la grabación y de dos entradas para la reproducción. En la práctica, la grabación se puede controlar a nivel, mientras que la reproducción se activa mediante un nivel o un impulso negativo.

La grabación se produce llevando a masa la patilla /REC (27 del ISD 1200/1400), mientras que la lectura puede ser activada mediante dos patillas: una para el control del impulso (negativo) y otra para el control de nivel (también negativo). Este último permite activar la lectura sólo si se mantiene a nivel bajo. Los terminales de lectura (23 y 24) deben conectarse al positivo del chip (patillas 16 o 28) través de sendas resistencias (pull up) con un valor comprendido entre 1 y 100 kilohmios. Cada vez que se activa la grabación, la patilla 25 (/RECLEL) asume el cero lógico, permitiendo el encendido de un led para la señalización del estado. El mismo terminal entrega un impulso negativo en reproducción, al finalizar el mensaje. El dispositivo se pone en Power Down (absorbiendo aproximadamente 2,5 microvatios a 5 voltios) automáticamente, cada vez que finaliza una fase de escritura/lectura y, por lo tanto, antes de que se inicie una de ellas. La figura 8 muestra la disposición de patillas del integrado ISD 1200/1400.

Figura 8. Distribución de pines del ISD1420.



Fuente. <http://www.isd.com/products/chipcorder/applicationinfo/>

- **Direccionamiento**

Adicionalmente a la reproducción de un solo mensaje, la serie ISD1400 provee la capacidad de un direccionamiento completo, con la que se puede obtener la grabación de pequeños mensajes fácilmente direccionables.

La serie ISD1400 graba en una matriz de 160 segmentos direccionables, con la resolución especificada en la tabla 2 por segmento de la cual se obtiene 20 seg en tiempo de grabación total.

Tabla 2. Tiempo de grabación por segmento de memoria.

Part Number	Minimum Duration (Seconds)
ISD1416	100 ms
ISD1420	125 ms

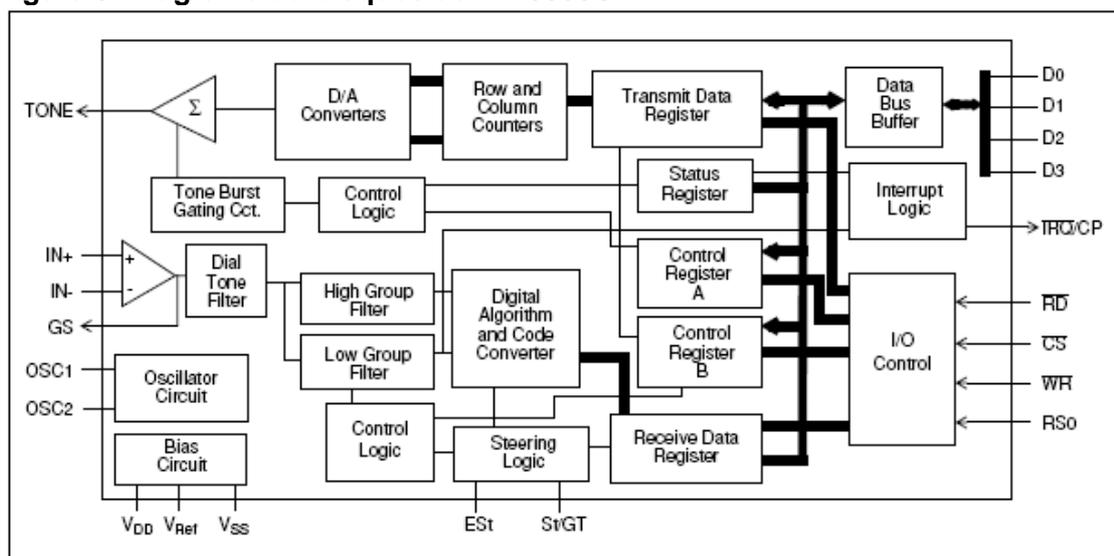
- **Salida de Altavoz (SP+, SP-)**

Los pines SP+ y SP- pueden manejar directamente una carga para unos parlantes de una impedancia de 16 Ω como mínimo, cuando estas salidas son utilizadas nos es necesario el condensador de acople para la conexión de los parlantes. Durante la grabación los pines SP+ y SP- se colocan en alta impedancia y se ponen a tierra durante el modo Power Down (bajo consumo).

2.5 TRANSCEIVER MT8888 (Codificador/decodificador DTMF)

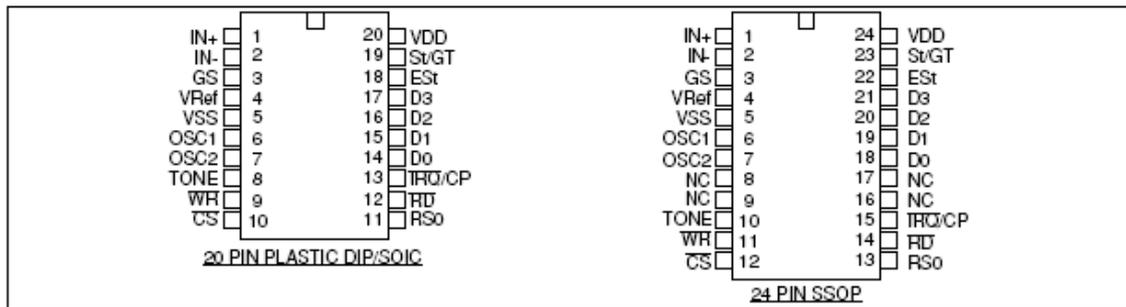
El MT8888 es un transmisor-receptor DTMF monolítico con filtro de llamada en progreso. Es fabricado con tecnología ISO²-CMOS, la cual provee baja disipación de potencia y alta confiabilidad. El receptor DTMF está basado bajo el estándar del receptor monolítico DTMF MT8870; el transmisor utiliza un capacitor de conmutación conversor D/A para baja distorsión, alta precisión en señalización DTMF. Los contadores internos proporcionan un modo "burst" (ráfaga) tal que el tono puede ser transmitido con precisión de tiempo. El filtro de progreso de llamada puede ser seleccionado permitiendo que los tonos de progreso de llamada puedan ser analizados por un microprocesador. Se provee de un bus de datos directamente compatible con varias series de microcontroladores y microprocesadores.

Figura 9. Diagrama de bloques del MT8888C



Fuente. <http://www.Zarlink.com>

Figura 10. Distribución de pines del MT8888



Fuente. <http://www.Zarlink.com>

Tabla 3. Descripción de pines del MT8888C

Pin #		Nombre	Descripción
20	24		
1	1	IN+	Entrada señal no invertida
2	2	IN-	Entrada de señal invertida
3	3	GS	Ajuste de ganancia
4	4	V_{REF}	Voltaje de referencia
5	5	V_{SS}	GND
6	6	OSC1	Clock. Conexión del cristal. 3.57MHZ
7	7	OSC2	Clock.
8	10	TONE	Salida de tono.(DTMF o tono sencillo)
9	11	WR	Entrada de escritura. Compatible con TTL.
10	12	CS	Chip Select. Activa en bajo
11	13	RS0	Pin de entrada. Selector de registro. Ver tabla3.
12	14	RD	Entrada de lectura. Compatible con TTL.
13	15	IRQ/CP	En modo interrupción esta salida presenta nivel bajo cuando un tono valido es transmitido o recibido. En modo de progresos de llamada esta salida provee una onda rectangular representativa de la señal que se aplique a la entrada.
14-17	18-21	D0-D3	Bus de datos de microprocesador. Compatible con TTL.
18	22	EST	Presenta un nivel alto cuando detecta un tono valido DTMF.
19	23	St/GT	Ajusta el nivel de sensibilidad.
20	24	V_{DD}	Fuente positiva (5V)
	8,9,16,17	NC	Sin conexión

Fuente. <http://www.Zarlink.com>

2.5.1 Descripción Funcional.

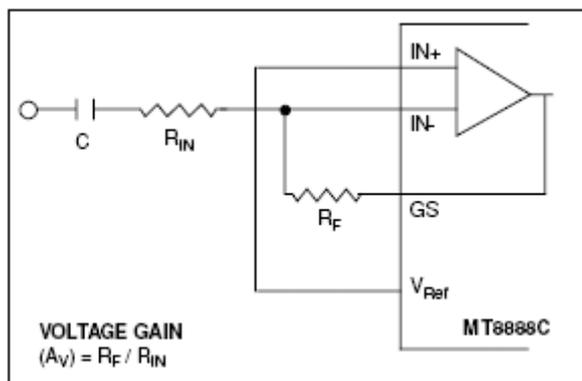
La arquitectura del MT8888C proporciona un alto rendimiento de recepción DTMF con amplificador de ganancia interna ajustable y un generador DTMF que utiliza un contador para las ráfagas de tonos de tal manera que se puedan generar ráfagas de tonos y pausas con precisión. Se puede seleccionar el dispositivo para que trabaje en modo "call progress" (progreso de llamada) de tal manera que se puedan detectar las frecuencias entre el pasabanda especificado (ver figura 12, respuesta del filtro de progreso de llamada). El dispositivo está dotado de una interfaz estándar para ser conectado a un microprocesador, con lo cual se permite acceder a un registro interno de estado "registro status", dos registros de control y al registro de datos.

La forma de empleo de estos registros se explica en el numeral que corresponde a la interfaz para microprocesador.

2.5.2 Configuración de Entrada.

El MT8888C proporciona una entrada a un amplificador de entrada diferencial, el pin de voltaje de referencia se conecta con la entrada inversora para polarizar las entradas a $V_{DD}/2$. El dispositivo permite conectar una resistencia de realimentación a la salida del operacional dicha resistencia se conecta entre los pines GS y la entrada inversora. Para una configuración de entrada sencilla se deben realizar las conexiones que se muestran en la figura 11.

Figura 11. Configuración para entrada sencilla.



Fuente. <http://www.Zarlink.com>

2.5.3 Sección de Recepción.

La separación de los grupos de tonos altos y bajos es almacenada aplicando la señal DTMF a la entrada de dos filtros pasabanda de sexto orden, el ancho de banda de éstos corresponde a los grupos de frecuencias altas y bajas (ver tabla 4). Estos filtros también incorporan recortes a 350 Hz Y 44 para el rechazo de tonos que son la excepción. Cada salida de filtro es seguida por una sección de filtro de primer orden la cual suaviza las señales previas a limitar. La limitación es desempeñada por comparadores de alta ganancia los cuales están provistos con histéresis para prevenir la detección de señales indeseadas de bajo nivel. Las salidas de los comparadores proveen un sistema completo de balance a las frecuencias de señal DTMF entrantes.

Seguido a la sección de filtraje está un decodificador que emplea técnica digital para determinar las frecuencias de los tonos entrantes y para verificar que corresponden al

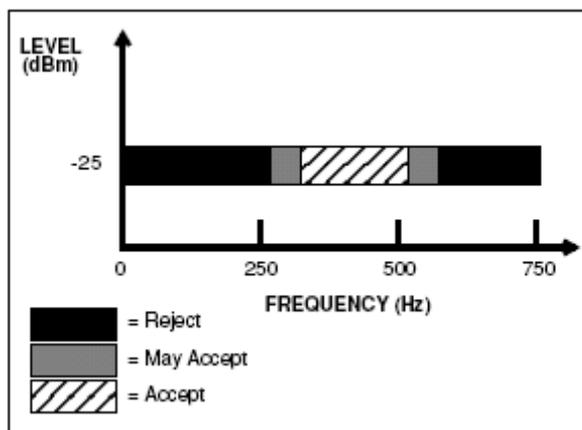
estándar de las frecuencias DTMF. Un complejo algoritmo de promedio protege contra la simulación de tonos por señales extrañas tales como la voz, mientras proporciona la tolerancia a las pequeñas desviaciones y variaciones de frecuencia. Este algoritmo promediador ha sido desarrollado para asegurar una óptima combinación de inmunidad para silencios y tolerancia para la presencia de frecuencias que interfieren y ruido. Cuando el detector reconoce la presencia de dos tonos válidos, la salida Est (Early Steering) irá a un estado activo. Cualquier pérdida subsecuente de la señal causará que la salida Est pase a un estado inactivo.

2.5.4 Filtro de Progreso de Llamada.

Se puede seleccionar un modo de progreso de llamada "call progress mode", permitiendo la detección de varios tonos los cuales identifican el progreso de una llamada telefónica en la red. La entrada de progreso de llamada y la entrada DTMF son comunes, sin embargo, los tonos de progreso de llamada solo pueden ser detectados cuando el modo CP (call progress) ha sido seleccionado. Las señales DTMF no pueden ser detectadas si el modo CP ha sido seleccionado (ver Tabla 8. Descripción del Registro de Control A).

La figura 12 indica el ancho de banda de detección para el filtro de progreso de llamada, las frecuencias presentadas para la entrada, las cuales están entre los límites del ancho de banda del filtro (accept), son duramente limitadas por un comparador de alta ganancia con el pin IRQ/CP usado como salida. La salida de onda cuadrada obtenida desde el schmitt trigger puede ser analizada por un microprocesador o un arreglo de contador para determinar la naturaleza de tono de progreso de llamada detectado. Las frecuencias que están en el área de rechazo (reject) no serán detectadas y consecuentemente el pin IRQ/CP permanecerá en bajo.

Figura 12. Respuesta del filtro de progreso de llamada.



Fuente. <http://www.Zarlink.com>

2.5.5 Generador DTMF

El transmisor DTMF empleado en el MT8888C está capacitado para la generación de todos los dieciséis pares de tonos del estándar DTMF con baja distorsión y alta precisión. Todas las frecuencias son derivadas de un cristal externo de 3.579545MHz. Las formas de onda para los tonos individuales son digitalmente sintetizadas usando divisores programables de filas y columnas, y capacitares de conmutación conversores

D/A. Los tonos de filas y columnas son mezclados y filtrados suministrando una señal DTMF con baja distorsión total de armónicos y alta precisión. Para especificar un a señal DTMF deben escribirse los datos que conforman el formato de la codificación mostrados en la tabla 4 al registro transmisor de datos. Nótese que estos son los mismos códigos utilizados para la recepción. Los tonos individuales generados (f_{LOW} y f_{HIGH}) se refieren a los grupos de tonos altos y bajos. Como se ve en la tabla, el grupo de frecuencias bajas son 697, 770, 852 y 941 Hz. El grupo de frecuencias altas son 1209, 1336, 1477 y 1633 Hz.

Tabla 4. Codificación y decodificación de dígitos

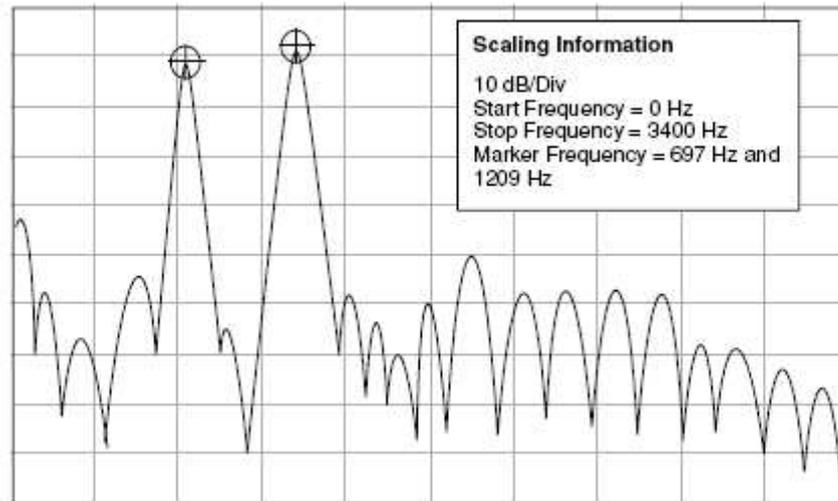
F_{LOW}	F_{HIGH}	DIGIT	D_3	D_2	D_1	D_0
697	1209	1	0	0	0	1
697	1336	2	0	0	1	0
697	1477	3	0	0	1	1
770	1209	4	0	1	0	0
770	1336	5	0	1	0	1
770	1477	6	0	1	1	0
852	1209	7	0	1	1	1
852	1336	8	1	0	0	0
852	1477	9	1	0	0	1
941	1336	0	1	0	1	0
941	1209	*	1	0	1	1
941	1477	#	1	1	0	0
697	1633	A	1	1	0	1
770	1633	B	1	1	1	0
852	1633	C	1	1	1	1
941	1633	D	0	0	0	0

El tiempo de duración total de cada tono consta de 32 segmentos iguales. La duración de un tono es controlado variando la longitud de estos segmentos de tiempo. Durante la operación de escritura al registro transmisor de datos, el dato de 4 bits en el bus es almacenado y convertido a 2, de 8 códigos para ser usados por el circuito divisor programable. Este código es usado para especificar una longitud de segmento de tiempo el cual determinará la frecuencia del tono. Cuando el divisor alcanza el valor apropiado del conteo determinado por el código de entrada, un pulso de reset es emitido y el contador comienza de nuevo. El número de segmentos es fijado a 32, sin embargo, variando la longitud del segmento como se describe anteriormente, la frecuencia de la señal de tono de salida variará. La salida del divisor sincroniza otro contador el cual direcciona la onda senosoidal.

La tabla contiene los códigos que son usados por el conversor D/A para obtener unos niveles de voltaje DC discretos y de alta precisión. Dos circuitos idénticos son usados para producir las filas y columnas de tonos los cuales son mezclados usando un amplificador sumador de bajo ruido. El oscilador antes mencionado no necesita tiempo de arranque como se da en otros generadores DTMF mientras el cristal oscilador esté corriendo continuamente, así proporciona un alto grado de precisión de la ráfaga de tono. Un filtro pasabanda es incorporado y sirve para atenuar la distorsión por encima

de 8KHz. En la figura 13 se puede apreciar que la distorsión que se produce es de muy baja amplitud.

Figura 13. Grafica espectral del tono.



Fuente. <http://www.Zarlink.com>

2.5.6 Modo Burst (ráfaga)

En ciertas aplicaciones telefónicas se requiere que las señales DTMF generadas sean de una duración específica determinada bien sea por una aplicación particular o por cada uno de los transmisores específicos actualmente existentes. El tiempo estándar de la señal DTMF puede ser logrado haciendo uso del modo Burst. El transmisor está capacitado para usar tonos/pausas de determinada duración. Esta duración de tonos/pausas es de 51ms +/-1ms el cual es un intervalo estándar para auto marcación y aplicaciones en las centrales. Después de que el tono/pausa ha sido enviado un determinado bit se pone en alto en el Registro Status indicando que la transmisión está lista para más datos.

El tiempo descrito anteriormente es dado cuando se ha seleccionado el Modo DTMF. Sin embargo, cuando el Modo CP (call progress) es seleccionado, un segundo tiempo de tono/pausa de 102ms +/-2ms es habilitado. Este intervalo extendido es usado cuando son deseadas emisiones de tonos de duración mayores a 51ms y 51ms de pausa. Nótese que cuando se seleccionan los Modos CP y Burst, los tonos DTMF pueden ser transmitidos mas no recibidos.

En aplicaciones donde no se requiere una duración estándar de tono/pausa, se debe deshabilitar el modo Burst y por medio de un software de tiempo externo el transmisor es habilitado y deshabilitado.

2.5.7 Interfaz para Microprocesador

El MT8888C emplea una interfaz para microprocesador la cual permite el control preciso de las funciones de transmisión y recepción. Son 5 registros internos los asociados con la interfaz de microprocesador los cuales pueden ser subdivididos en tres categorías, transferencia de datos, transmisor-receptor de control, y transmisor-

receptor de estado. Estos son dos registros asociados con las operaciones de transferencia.

El registro receptor de datos contiene la salida del código del último par de tonos DTMF válido y es un registro de solo lectura. El dato entrante en el registro transmisor de datos determinará cual par de tonos estarán listos para ser generados (ver tabla 4 para detalles del código). El dato solamente puede ser escrito en el registro de transmisión. El transmisor-receptor de control está acondicionado con dos registros de control (CRA y CRB) los cuales ocupan la misma dirección.

Una operación de escritura al registro de control B (CRB) se puede ejecutar poniendo en alto un determinado bit en el registro de control A (CRA). De esta manera la siguiente operación de escritura en la misma dirección será dirigida al CRB y los siguientes ciclos de escritura serán entonces dirigidos de vuelta al registro CRA.

Observe las tablas 4,5,6 y 7 para los detalles concernientes a los registros de control. El pin IRQ/CP puede ser programado de tal manera que proporcione una señal de solicitud de interrupción bajo la validación de señales DTMF o cuando el transmisor está listo para más datos (solamente en modo burst). El pin IRQ/CP está configurado como una salida de colector abierto, de tal manera que es necesario el uso de una resistencia pull-up.

Tabla 5. Funciones de los registro internos.

RS0	WR	RD	FUNCIÓN
0	0	1	Escribe en el registro de datos.
0	1	0	Lee el registro de datos.
1	0	1	Escribe en el registro de control.
1	1	0	Lee el registro de control.

Tabla 6. CRA Posición de Bits.

b3	b2	b1	b0
RSEL	IRQ	CP/DTMF	TOUT

Tabla 7. CRB Posición de Bits.

b3	b2	b1	b0
C/R	S/D	TEST	BURST ENABLE

Tabla 8. Descripción del Registro de Control A.

BIT	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
b0	TOUT	Un "1" lógico habilita el tono de salida. Este bit controla todas las funciones del tono a transmitir.
b1	CP/DTMF	En Modo DTMF ("0" lógico) el dispositivo es capaz de generar y recibir señales de Tonos Duales de Multi-Frecuencia. Cuando se selecciona el Modo CP (call progress) ("1" lógico) un filtro pasabanda es habilitado para permitir que los tonos de progreso de llamada sean detectados. Los tonos de progreso de llamada los cuales están entre el ancho de banda especificado serán presentados en el pin IRQ/CP en forma de onda rectangular. Si el bit IRQ ha sido habilitado (b2=1). También, cuando son seleccionados los modos CP y BURST, el transmisor emitirá señales DTMF con un tono y pausa de 102 ffi5 de duración. Esta duración de la señal es dos veces la obtenida desde el transmisor DTMF si el modo DTMF ha sido seleccionado. Nótese que las señales DTMF no pueden ser decodificadas cuando el modo de operación ha sido seleccionado.
b2	IRQ	Un "1" lógico habilita el modo Interrupción. Cuando este modo es activado y el modo DTMF ha sido seleccionado (b1=0) el pin IRQ/CP pondrá un "0" lógico en su salida en las condiciones bien sea: 1) una señal DTMF válida ha sido recibida y ha estado durante el tiempo mínimo establecido de duración, o 2) el transmisor está listo para mas datos (solamente <u>en Modo_Burst</u>)
b3	RSEL	Un "1" lógico selecciona el Registro de Control B en el próximo ciclo de escritura a la dirección del Registro de Control. Los ciclos de escritura subsiguientes para el Registro de Control estarán dirigidos de vuelta al Registro de Control A

Fuente. <http://www.Zarlink.com>

Tabla 9. Descripción del Registro de Control B.

BIT	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
b0	$\overline{\text{BURST}}$	<p>Un "0" lógico habilita el Modo Burst. Cuando éste modo es seleccionado, el dato correspondiente al tono DTMF deseado puede ser escrito al Registro de Transmisión resultando un tono de una duración específica. Seguidamente, se incluye una pausa de la misma duración.</p> <p>Inmediatamente <i>después</i> de la pausa el registro Status es actualizado indicando que el Registro de transmisión está listo para recibir mas datos y una interrupción será generada si el modo IRQ ha sido habilitado.</p> <p>Adicionalmente, si ha sido habilitado el modo CP; la duración del tono y la pausa se incrementa por un factor de dos. Cuando no ha sido seleccionado el modo burst ("1" lógico) pueden ser generados tonos de cualquier duración.</p>
b1	TEST	<p>Habilitando el modo test (" 1 " lógico), el pin IRQ/CP presentará la señal delayed stering (Est) invertida desde el receptor DTMF. El modo DTMF debe ser seleccionado (CRA b1=0) antes de que el Modo Test pueda ser implementado.</p>
b2	$\overline{\text{S/D}}$	<p>Un "0" lógico permitirá que se produzcan Tonos Duales de Multi-Frecuencia. Si se habilita la generación de tonos sencillos ("1" lógico) bien sean los tonos de filas o columnas (grupo bajo o grupo alto) pueden ser generados dependiendo del estado del b3 en el Registro de Control B (CRB).</p>
b3	$\overline{\text{C/R}}$	<p>Cuando se selecciona el bit anterior para tonos sencillos (CRB b2= 1) el transmisor puede generar frecuencias sencillas de filas o columnas. Un "0" lógico seleccionara frecuencias de filas y un "1" seleccionará frecuencias de columnas.</p>

Fuente. <http://www.Zarlink.com>

2.6 COMUNICACIONES SERIES ASINCRONAS

Los datos serie se encuentran encapsulados en tramas de la forma:

Figura 14. Componentes de una transmisión asíncrona



Fuente.

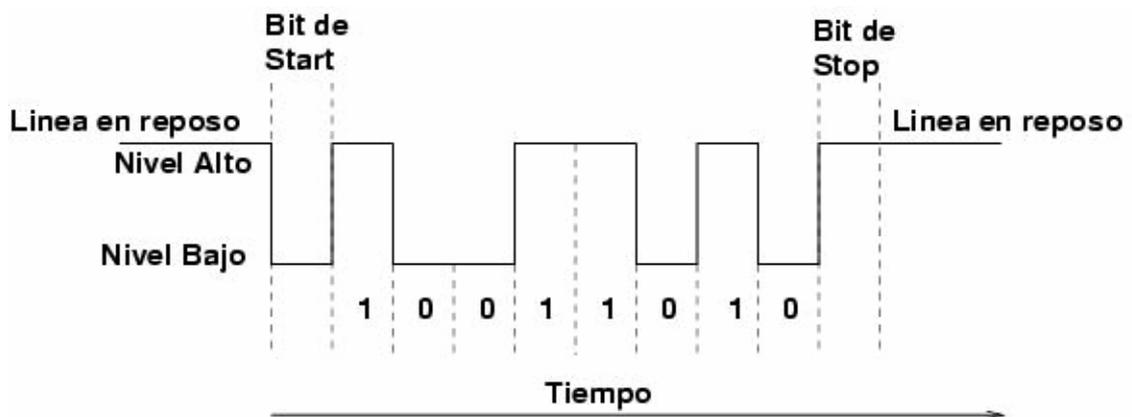
<http://www.learobotics.com/proyectos/cuadernos/ct1/ct1.html#AUTOR|outline>

Primero se envía un bit de start, a continuación los bits de datos (primero el bit de mayor peso) y finalmente los bits de STOP.

El número de bits de datos y de bits de Stop es uno de los parámetros configurables, así como el criterio de paridad par o impar para la detección de errores. Normalmente, las comunicaciones serie tienen los siguientes parámetros: 1 bit de Start, 8 bits de Datos, 1 bit de Stop y sin paridad.

En esta figura se puede ver un ejemplo de la transmisión del dato binario 10011010. La línea en reposo está a nivel alto:

Figura 15. Ejemplo de transmisión asíncrona.



Fuente.

<http://www.learobotics.com/proyectos/cuadernos/ct1/ct1.html#AUTOR|outline>

2.6.1 El Estándar RS-232C

El puerto serie RS-232C, presente en todos los ordenadores actuales, es la forma más comúnmente usada para realizar transmisiones de datos entre ordenadores. El RS-232C es un estándar que constituye la tercera revisión de la antigua norma RS-232, propuesta por la EIA (Asociación de Industrias Electrónicas), realizándose posteriormente una versión internacional por el CCITT, conocida como V.24. Las diferencias entre ambas son mínimas, por lo que a veces se habla indistintamente de V.24 y de RS-232C (incluso sin el sufijo "C"), refiriéndose siempre al mismo estándar.

El RS-232C consiste en un conector tipo DB-25 de 25 pines, aunque es normal encontrar la versión de 9 pines DB-9, más barato e incluso más extendido para cierto tipo de periféricos (como el ratón serie del PC). En cualquier caso, los PCs no suelen emplear más de 9 pines en el conector DB-25. Las señales con las que trabaja este

puerto serie son digitales, de +12V (0 lógico) y -12V (1 lógico), para la entrada y salida de datos, y a la inversa en las señales de control. El estado de reposo en la entrada y salida de datos es -12V. Dependiendo de la velocidad de transmisión empleada, es posible tener cables de hasta 15 mts.

Cada pin puede ser de entrada o de salida, teniendo una función específica cada uno de ellos. Los más importantes se describen en la figura 16.

Tabla 10. Principales pines del puerto serie.

Número de pin	Función
DCD	Detección de Portadora
RX	Recibir Datos
TX	Transmitir Datos
DTR	Terminal de Datos Listo
GND (SG)	Tierra
DSR	Equipo de Datos Listo
RTS	Solicitud de Envío
CTS	Libre para Envío

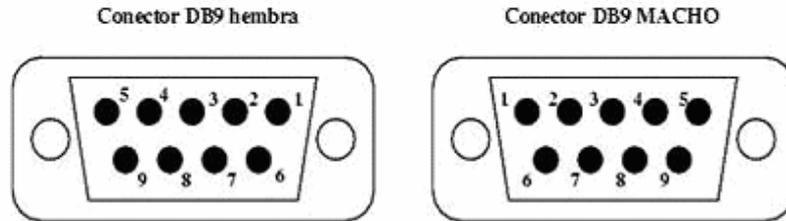
Las señales TXD, DTR y RTS son de salida, mientras que RXD, DSR, CTS y DCD son de entrada. La masa de referencia para todas las señales es SG (Tierra de Señal). Finalmente, existen otras señales como RI (Indicador de Llamada), y otras poco comunes que no se explican en este artículo por rebasar el alcance del mismo

Tabla 11. Descripción de los pines del puerto serie

Numero	de Pin	Señal	Descripción	E/S
En DB-25	En DB-9			
1	1	-	Masa chasis	-
2	3	TxD	Transmit Data	S
3	2	RxD	Receive Data	E
4	7	RTS	Request To Send	S
5	8	CTS	Clear To Send	E
6	6	DSR	Data Set Ready	E
7	5	SG	Signal Ground	-
8	1	CD/DCD	(Data) Carrier Detect	E
15	-	TxC(*)	Transmit Clock	S
17	-	RxC(*)	Receive Clock	E
20	4	DTR	Data Terminal Ready	S
22	9	RI	Ring Indicator	E
24	-	RTxC(*)	Transmit/Receive Clock	S

(*) = Normalmente no conectados en el DB-25

Figura 16. Conector serial DB9.



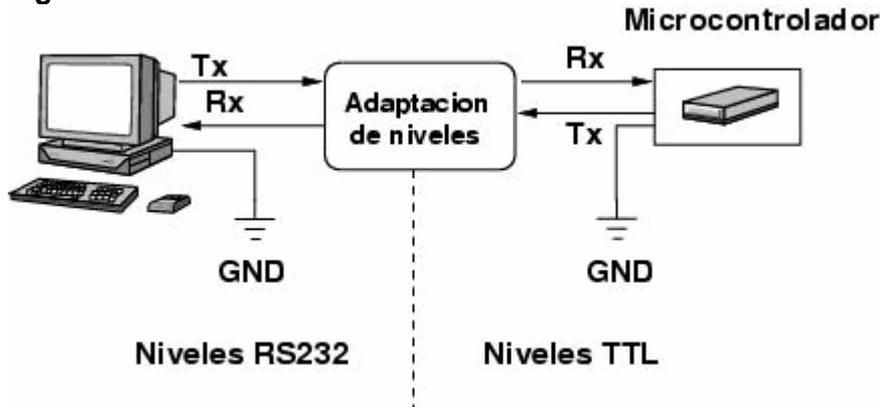
Fuente.

<http://www.iearobotics.com/proyectos/cuadernos/ct1/ct1.html#AUTOR|outline>

2.6.2 Conexión de un microcontrolador al puerto serie del PC

Para conectar el PC a un microcontrolador por el puerto serie se utilizan las señales Tx, Rx y GND. El PC utiliza la norma RS232, por lo que los niveles de tensión de los pines están comprendidos entre +15 y -15 voltios. Los microcontroladores normalmente trabajan con niveles TTL (0-5v). Es necesario por tanto intercalar un circuito que adapte los niveles:

Figura 17. Conexión PC-microcontrolador



Fuente.

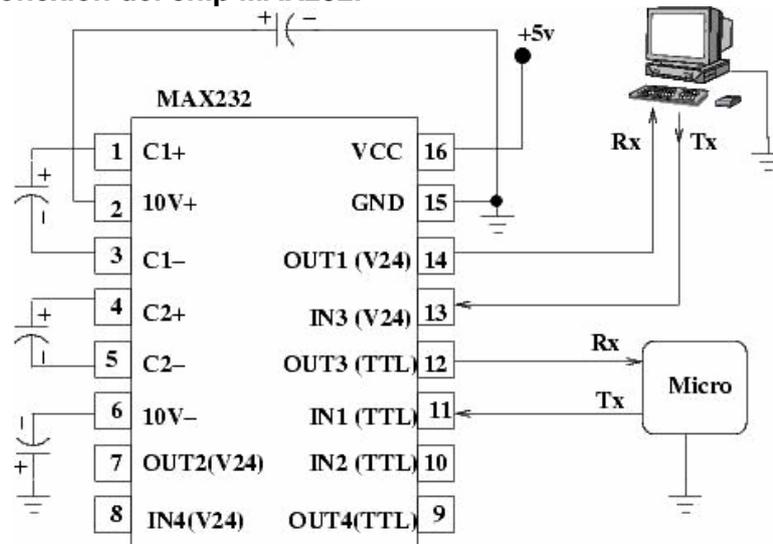
<http://www.iearobotics.com/proyectos/cuadernos/ct1/ct1.html#AUTOR|outline>

Uno de estos circuitos, que se utiliza mucho, es el MAX232.

2.6.3 El chip MAX 232

Este chip permite adaptar los niveles RS232 y TTL, permitiendo conectar un PC con un microcontrolador. Sólo es necesario este chip y 4 condensadores electrolíticos de 22 micro-faradios. El esquema es el mostrado en la figura 18.

Figura 18. Conexión del chip MAX232.



Fuente.

<http://www.learobotics.com/proyectos/cuadernos/ct1/ct1.html#AUTOR|outline>

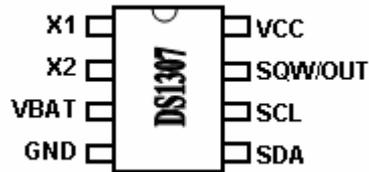
2.7 RELOJ DE TIEMPO REAL. DS1307 de Dallas Semiconductor.

Este circuito integrado es un reloj de tiempo real de **Dallas Semiconductor** de referencia **DS1307**, cumple perfectamente con muchas de las necesidades normales de adquisición y registro del tiempo, factor importante cuando se desea tener un registro de eventos.

El reloj de tiempo real se caracteriza por:

- Reloj de tiempo real que cuenta segundos, minutos, horas, fecha, mes, día de la semana, y año, con compensación de año bisiesto, valida hasta el año 2100 y ajusta automáticamente los meses menores a 31 días.
- Opera en formato de 24 horas y 12 horas con indicador AM/PM.
- 56 bytes de RAM no volátil, para almacenamiento de datos.
- Circuitaria interna de respaldo para la alimentación, cuenta con un circuito que detecta la caída de voltaje principal y automáticamente conmuta para que el circuito integrado se alimente de la batería.
- Bajo consumo de potencia: menor a 500nA en el modo de respaldo, a 25°C.
- Cuenta con solo 8 pines y 5 voltios de alimentación.
- Protocolo I²C.
- Calendario BCD

Figura 19. Descripción de pines del reloj DS1307



Fuente. <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS1307.pdf>

El reloj de tiempo real tiene un direccionamiento interno, en la figura 47 se puede observar el mapa de direcciones para los registros del Reloj de tiempo real y la RAM del DS1307. Los registros del reloj se localizan en las direcciones 00H hasta la 07H y la RAM desde la 08H hasta la 3FH.

Tabla 12. Mapa de direcciones del DS1307.

00H	SEGUNDOS
01H	MINUTOS
02H	HORAS
03H	DIA SEMANA
04H	FECHA MES
05H	MES
06H	AÑO
07H	CONTROL
08H	RAM
3FH	

La información del tiempo y el calendario esta en formato BCD (Binario Codificado Decimal) y es obtenida leyendo los registros apropiados; estos se muestran en la figura 48, Los bits que tienen “x” en la figura son intrascendentes para el funcionamiento del circuito integrado.

Tabla 13. Registros del DS1307.

Dir	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
00H	CH	10 SEGUNDOS			SEGUNDOS			
01H	X	10 MINUTOS			MINUTOS			
02H	X	12 24	10HR A/P	10H	HORAS			
03H	X	X	X	X	X	DIA SEMANA		
04H	X	X	10 FECHA			FECHA		
05H	X	X	10 MESES			MES		
06H	AÑO							
07H	OUT	X	X	SQWE	X	X	RS1	RS0

El bit 7 del registro 0 es el CH (**Clock Halt**) habilita y deshabilita el oscilador. Cuando este bit se deja en 1, el oscilador se deshabilita, deteniéndose el funcionamiento del reloj. Cuando se deja en 0, el oscilador es habilitado y el reloj funciona normalmente.

El reloj puede correr en el formato de 12 ó 24 hora; el bit 6 del registro 2 es el encargado de determinar esta función. Cuando se ajusta a 1 funciona en el modo 12 horas y el bit 5 es el indicador AM/PM, siendo 1 cuando es PM. En el formato de 24 horas, este bit es la parte más significativa de las decenas de horas.

Como se mencionó, el DS1307 Soporta un bus bidireccional de dos líneas con el protocolo I²C patentado **Philips Semiconductor** y explicado anteriormente.

El DS1307 en el protocolo I²C opera como un esclavo cuyo maestro es el microcontrolador PIC16F877. La dirección de esclavo para la comunicación I²C del DS1307, la da el fabricante y es **1101000**.

2.8 FUNDAMENTOS TEORICOS DE LA COMUNICACIÓN I²C

El bus I2C es una interfase serial de dos alambres desarrollada en 1980 por la Corporación **Philips**, para comunicación entre ICs y desde entonces, se ha convertido en el bus serial estándar, implementado en un gran número de ICs y con licencias otorgadas a mas de 50 compañías con un total de 1000 dispositivos compatibles I²C.

La especificación estándar, fue para transferencia de datos hasta 100 Kbps. La especificación mejorada (modo rápido), implementada en los pic, soporta velocidades de hasta 3.4 Mbits/s. La comunicación entre dispositivos se puede realizar en el modo estándar y en el modo rápido si los dispositivos están unidos al mismo bus. La interfase I²C emplea un protocolo amplio para asegurar una transmisión y recepción de datos fiable.

El bus I²C soporta cualquier tipo de componente (NMOS, CMOS, bipolar, etc.). Este bus se basa en dos señales:

- **SDA (System Data)** por la cual viajan los datos entre los dispositivos.
- **SCL (System Clock)** por la cual transitan los pulsos de reloj que sincronizan el sistema.

2.8.1 Terminología del bus I²C.

Las definiciones o términos utilizados en relación con las funciones del bus I²C son las siguientes:

- **Maestro (Master):** Dispositivo que determina la temporización y la dirección del tráfico de datos en el bus. Es el único que aplica los pulsos de reloj en la línea SCL. Cuando se conectan varios dispositivos maestros a un mismo bus la configuración obtenida se denomina "multi-maestro".
- **Esclavo (Slave):** Cualquier dispositivo conectado al bus incapaz de generar pulsos de reloj. Reciben señales de comando y de reloj proveniente del dispositivo maestro.

- **Bus Desocupado (Bus Free):** Estado en el cual ambas líneas (SDA y SCL) están inactivas, presentando un estado lógico alto. Únicamente en este momento es cuando un dispositivo maestro puede comenzar a hacer uso del bus.
- **Comienzo (Start):** Sucede cuando un dispositivo maestro hace ocupación del bus, generando esta condición. La línea de datos (SDA) toma un estado bajo mientras que la línea de reloj (SCL) permanece alta.
- **Parada (Stop):** Un dispositivo maestro puede generar esta condición dejando libre el bus. La línea de datos toma un estado lógico alto mientras que la de reloj permanece también en ese estado.
- **Dato Válido (Valid Data):** Sucede cuando un dato presente en la línea SDA es estable mientras la línea SCL está a nivel lógico alto.
- **Formato de Datos (Data Format):** La transmisión de datos a través de este bus consta de 8 bits de datos (ó 1 byte). A cada byte le sigue un noveno pulso de reloj durante el cual el dispositivo receptor del byte debe generar, pulso de reconocimiento conocido como ACK (**Acknowledge**). Esto se logra situando la línea de datos a un nivel lógico bajo mientras transcurre el noveno pulso de reloj.
- **Dirección (Address):** Cada dispositivo diseñado para funcionar en este bus dispone de su propia y única dirección de acceso, que viene pre-establecida por el fabricante. Hay dispositivos que permiten establecer externamente parte de la dirección de acceso. Esto permite que una serie del mismo tipo de dispositivos se puedan conectar en un mismo bus sin problemas de identificación. La dirección 00 es la denominada "de acceso general", por la cual responden todos los dispositivos conectados al bus.
- **Lectura/Escritura (Bit R/W):** Cada dispositivo dispone de una dirección de 7 bits. El octavo bit (el menos significativo ó LSB) enviado durante la operación de direccionamiento corresponde al bit que indica el tipo de operación a realizar. Si este bit es alto el dispositivo maestro lee información proveniente de un dispositivo esclavo. En cambio, si este bit fuese bajo el dispositivo maestro escribe información en un dispositivo esclavo.

2.8.2 Funcionamiento

El maestro es el encargado de iniciar y terminar la transferencia de información y es el que genera la señal de reloj (SCL), cuya frecuencia es fija y a 100 Khz. los esclavos, son los dispositivos direccionados por el maestro, mediante 7 bits (dirección del esclavo). La línea de datos (SDA) es utilizada tanto por el maestro como por el esclavo para la transmisión de información.

Cuando el maestro inicia una trama de comunicación, envía a través de la línea de datos la dirección del esclavo con el que se pretende establecer una comunicación.

Todos los esclavos reciben dicha dirección, pero es uno solo el que responderá y el resto permanece en espera de que se inicie una nueva trama.

Las dos líneas SCL y SDA están conectadas al Vcc de alimentación (5v), a través de resistencias cuya misión es asegurar una mínima carga de la línea, necesaria para que la transmisión sea estable ante posibles "ruidos" externos, tal como se muestra en el diagrama circuital de la figura 32 (Pág. 61). Estas resistencias son llamadas de **pull-up**, y su valor está comprendido entre 1K y 10K dependiendo de la tensión de alimentación y de los dispositivos conectados. Otra función que tienen estas resistencias es la de permitir que tanto la línea de datos como la de reloj sean bidireccionales, ya que cualquier dispositivo (maestro o esclavo) puede forzar a nivel bajo la línea o dejarla libre, teniendo entonces un nivel alto en la línea, siendo leída por los otros dispositivos. Esto que en principio no parece muy útil en la línea de reloj, es fundamental cuando el sistema tiene conectado más de un maestro. Cuando la línea de datos y la de reloj están a nivel alto (ningún dispositivo está actuando), se dice que el bus está en "reposo" o "libre".

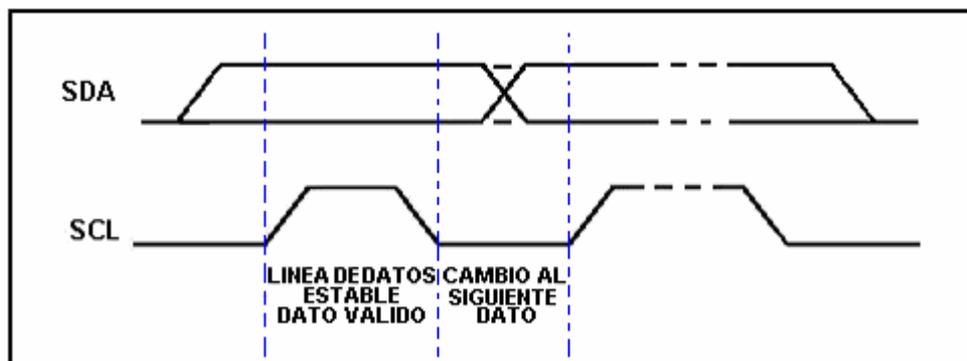
Los bits de datos transferidos en la línea SDA deben ser estables cuando la línea SCL esta a nivel "1". El estado de la línea SDA en "1" o "0" solo puede cambiar cuando en la línea SCL la señal es "0", figura 20.

El inicio de la transmisión se determina con el bit de inicio (S) y el final de la transmisión mediante otro bit, el de stop (P).

INICIO (START) - Una transición de "1" a "0" (caída) en la línea de datos (SDA) mientras la línea del reloj (SCL) esta a "1". Figura 21.

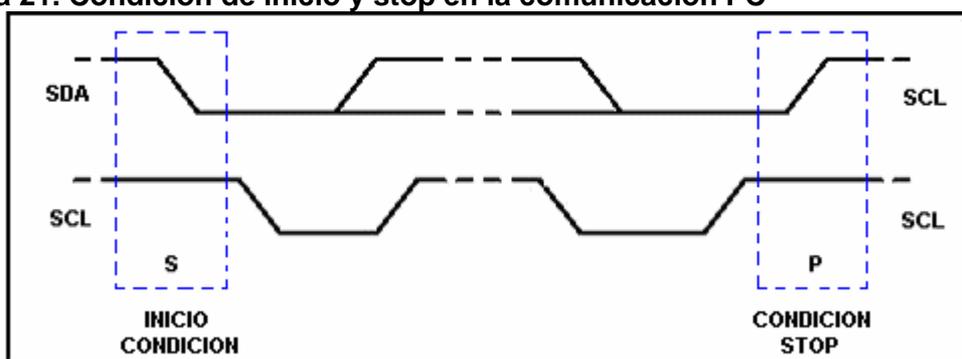
PARADA (STOP) - Una transición de "0" a "1" (ascenso) en la línea de datos (SDA) mientras la línea de reloj (SCL) esta a "1". Figura 21.

Figura 20. Transferencia de bits en la comunicación I²C



Fuente. <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS1307.pdf>

Figura 21. Condición de inicio y stop en la comunicación I²C



Fuente. <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS1307.pdf>

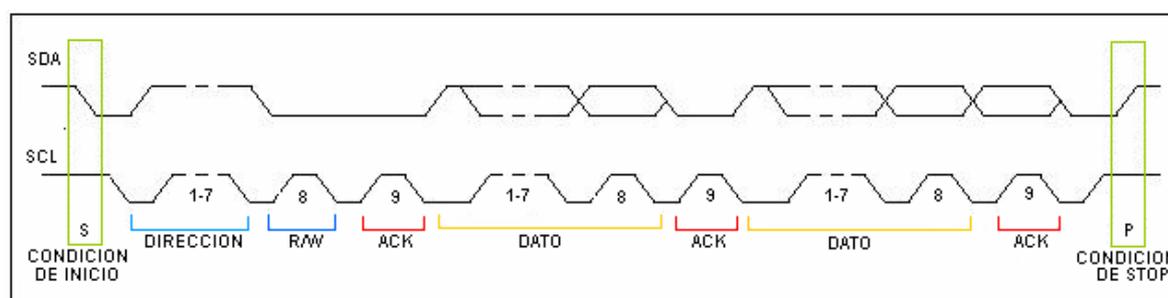
Como se ha mencionado anteriormente, en el formato I²C cada dispositivo tiene asignada una dirección de 7 bits, que envía el maestro cuando comienza una trama de comunicación con uno de ellos. En toda trama se tiene siempre el bit de inicio y una dirección del periférico ó esclavo. Tras la dirección del periférico se añade el bit de recepción/transmisión ó lectura/escritura (R/W). Si R/W=0 será una recepción ó lectura y si R/W = 1 será transmisión ó escritura. A continuación del bit de R/W, se envía un bit de acuse de recepción ó reconocimiento (ACK). Tras todos estos bits, se transmiten los datos, en grupos de 8 bits cada uno, y al finalizar cada octeto se inserta un bit de reconocimiento (ACK), que en este caso puede ser producido por el esclavo o por el maestro. Estos datos pueden tener una función especial dentro de la trama según el orden que tengan, pero esto depende del formato que tenga esta transmisión, es decir, depende de los dispositivos. Para terminar la trama el maestro generará el bit de stop (P). En las figuras 22 y 23, se muestra el formato y el diagrama de tiempos de transmisión de la comunicación I²C.

Figura 22. Formato de transmisión de la comunicación I²C.



Fuente. <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS1307.pdf>

Figura 23. Diagrama de tiempo de transmisión de la comunicación I²C.



Fuente. <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS1307.pdf>

Cuando un Maestro envía una dirección después de la condición de Inicio cada dispositivo comprueba los siete primeros bits de la dirección con la suya propia. El que coincida se considera el dispositivo direccionado por el Maestro siendo un esclavo-receptor o esclavo emisor dependiendo del bit R/W. Los 7 primeros bits del byte marcan la dirección del esclavo. El octavo bit determina la dirección del mensaje, un 0 en la posición 8 del byte significa que el Maestro escribirá información en el esclavo seleccionado y un 1 en la posición 8 del byte significa que el Maestro leerá información del esclavo.

Una dirección puede tener una parte fija y otra programable. Con lo que se pueden conectar dispositivos idénticos al sistema siendo activados por la parte fija y controlados por la parte programable.

Existen una serie de direcciones reservadas en los Bus I²C que no se deben utilizar dado que son direcciones determinadas por Philips para usos generales. Se reservan según la tabla 14.

La dirección CBUS está reservada para permitir la compatibilidad entre dispositivos I²C y CBUS en el mismo sistema. Los dispositivos compatibles del Bus I²C no están autorizados para responder a esta dirección.

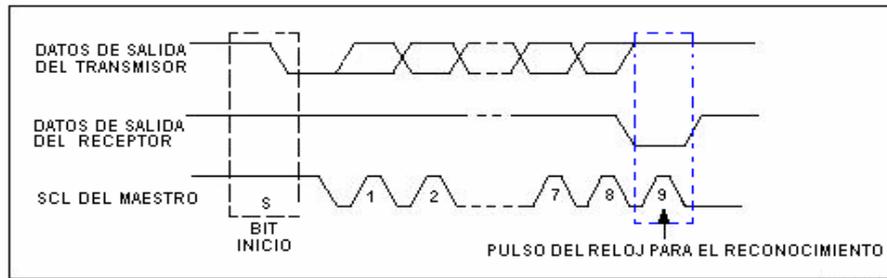
La dirección 0000 010X está reservada para combinar el formato I²C con diferentes formatos de Bus y otros protocolos. Solo los dispositivos compatibles con estos protocolos y formatos que funcionan según I²C responden a esta dirección.

Tabla 14. Direcciones reservadas por Philips para la comunicación I²C

DIRECCION ESCLAVO	R/BI T	DESCRIPCION
0000 000	0	Dirección de llamado general
0000 000	1	Byte de inicio
0000 001	X	Dirección CBUS
0000 010	X	Dirección reservada para diferentes formatos de BUS
0000 011	X	
0000 1XX	X	Reservadas para futuros propósitos
1111 1XX	X	
1111 0XX	X	Dirección de 10-Bit de algunos esclavos

El bit de reconocimiento (ACK) se produce con el noveno pulso de reloj (al inicio de la trama tras los bits de la dirección + el bit R/W = 8 bits, ó durante la trama tras los 8 bits de datos). El reconocimiento se produce cuando el esclavo (o el maestro si está recibiendo datos del esclavo) fuerza a nivel bajo la línea de datos, que previamente (al termino del octavo pulso de reloj) se había puesto a nivel alto (por el maestro o el esclavo), en el momento en que la línea de reloj está a nivel alto. En la figura 24 se representa la formación del bit de recepción.

Figura 24. Generación del bit de recepción.



Fuente. <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS1307.pdf>

2.9 COMUNICACIÓN USART DEL PIC 16F877A

Para colocar en funcionamiento el transmisor/receptor USART del microcontrolador se debe:

- Configurar los pines del microcontrolador: como salida (transmisión) el bit C₆ y como entrada (recepción) C₇ del puerto C a través del registro TRISC.
- Configurar la velocidad de transmisión/recepción a 9600 baudios cargando en el registro SPBRG el valor X que cumpla con la siguiente igualdad:

$$\text{BaudRate} = \frac{F_{osc}}{(16 * (X + 1))} \Rightarrow X = 25 = B'11001'$$

- En el registro TXSTA se configura en "1" el bit BRGH (2) para indicar el modo de alta velocidad del paso anterior; en "0" el bit TX9 (6) para seleccionar la transmisión a 8 bits; en "0" el bit SYNC (4) para el modo asíncrono, y en "1" el bit TXEN (5) para habilitar la transmisión a partir de este instante. La descripción del registro TXSTA se muestra en la figura 25.

Figura 25. Registro TXSTA del microcontrolador PIC16F87X

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R-1	R/W-0
CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D
bit 7							bit 0

Fuente. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>

bit 7 **CSRC:** Bit de selección de la fuente del reloj

Modo Asíncrono:

No importa

Modo Síncrono:

1 = Modo maestro (Reloj generado internamente desde BRG)

0 = Modo esclavo (Reloj desde una fuente externa)

bit 6 **TX9:** Bit de habilitación de transmisión a 9 bits

1 = Selección de transmisión a 9 bits

0 = Selección de transmisión a 8 bits

- bit 5 **TXEN**: Bit de habilitación de transmisión
1 = Transmisión habilitada
0 = Transmisión deshabilitada

- bit 4 **SYNC**: Bit de selección de modo para la USART
1 = Modo síncrono
0 = Modo asíncrono

- bit 3 **NO IMPLEMENTADO**: Leer como "0"

- bit 2 **BRGH**: Bit de selección de rata de baudios alta
Modo Asíncrono:
1 = Alta velocidad
0 = Baja velocidad
Modo Síncrono:
No es usado en este modo

- bit 1 **TRMT**: Bit de estado de registro de corrimiento de transmisión
1 = TSR vacío
0 = TSR lleno

- bit 0 **TX9D**: 9º bit del dato de transmisión

- Se configura el registro RCSTA del microcontrolador, estableciendo en "1" el bit SPEN (7) para habilitar los pines del puerto C para la comunicación serial; en "0" el bit RX9 (6) para seleccionar la recepción a 8 bits, y en "0" el bit CREN (4) para deshabilitar la recepción continua. La descripción del registro RCSTA se muestra en la figura 26.

Se debe dejar un tiempo 50 µs antes de usar la USART, para garantizar que se estabilicen los cambios en los registros.

Figura 26. Registro RCSTA del microcontrolador PIC16F87X

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0	R-0	R-x
SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D
bit 7							bit 0

Fuente. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>

- bit 7 **SPEN**: Bit de habilitación del puerto serie
1 = Habilita puerto serie
0 = Deshabilita puerto Serie

- bit 6 **RX9**: Bit de habilitación del 9º bit de recepción
1 = Selección de recepción a 9 bits
0 = Selección de recepción a 8 bits

- bit 5 **SREN**: Bit de habilitación de recepción simple

Modo Asíncrono:

No importa

Modo Síncrono - Maestro:

1 = Habilita recepción simple

0 = Deshabilita recepción simple

Este bit es limpiado cuando finaliza la recepción

Modo Síncrono - Esclavo:

No importa

bit 4 **CREN:** Bit de Habilitación de recepción continua

Modo Asíncrono:

1 = Habilita recepción continua

0 = Deshabilita recepción continua

Modo Síncrono:

1 = Habilita recepción continua

0 = Deshabilita recepción continua

bit 3 **ADDEN:** Bit de habilitación de detección de dirección

Modo Asíncrono de 9 bits:

1 = Habilita detección de dirección.

0 = Deshabilita detección de dirección

bit 2 **FERR:** Bit de error de trama

1 = Error de trama

0 = No hay error de trama

bit 1 **OERR:** Bit de error de sobreflujo

1 = Error de sobreflujo

0 = No hay error de sobreflujo

bit 0 **TX9D:** 9º bit de recepción de datos

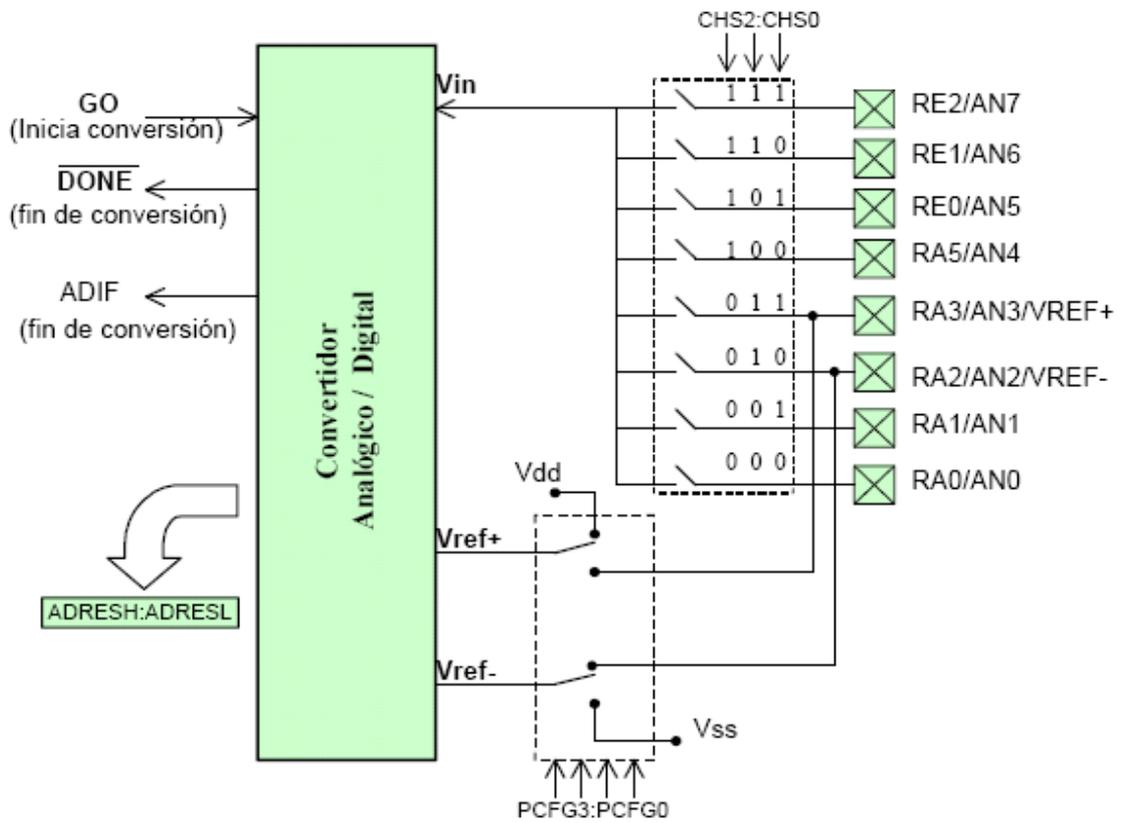
Para dar inicio a una transmisión, se carga el dato en el registro de transmisión TXREG y automáticamente se transmite bit por bit hasta que el bit TRMT (1) del registro TXSTA se establezca en "1" indicando el fin de la transmisión.

La recepción USART aunque no se utiliza en el diseño del sistema porque no se recibe ninguna señal desde el computador, si se configura su respectivo registro.

2.10 CONVERSION ANALOGO/DIGITAL DEL PIC 16F87X

Descripción General del Módulo Conversión Analógico Digital (ADC). Los PIC16F87X poseen un módulo ADC interno que les permite manejar 5 entradas analógicas para los dispositivos de 28 pines y 8 para los otros dispositivos. En la figura 27 se muestra un diagrama de bloques del módulo ADC.

Figura 27. Diagrama de bloques del ADC



Fuente. Fuente. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>

2.10.1 Multiplexor

El multiplexor ADC es un convertidor de aproximaciones sucesivas de 10 bits, el cual puede realizar la conversión de una de las 8 entradas (o canales) analógicas AN0,..., AN7 multiplexadas por la lógica interna que utiliza como líneas de selección del canal los bits CHS2:CHS0, en donde se coloca el número en binario del canal a convertir.

2.10.2 Voltajes de Referencia

Todo convertidor ADC requiere voltajes de referencia que determinan el valor de mínima escala (VREF-) y el de plena escala (VREF+), de manera que la conversión de un valor de voltaje analógico V_{in} en el rango de VREF- a VREF+ producirá un valor equivalente binario D en el rango de 0 a 2^n , Donde n es la resolución del convertidor ($n = 10$).

Como la relación entre escalas es lineal, una regla de tres nos da la relación entre el voltaje analógico de entrada (V_{in}) y el valor digital (D) obtenido por el ADC

$$\frac{D}{2^n - 1} = \frac{V_{in} - V_{REF-}}{V_{REF+} - V_{REF-}}$$

Con la elección más común: $V_{REF+} = V_{DD} = 5v$, $V_{REF-} = V_{SS} = 0v$, y como $n=10$, obtenemos:

$$D = \frac{1023}{5} V_{in} = 204.6 V_{in}$$

De donde se ve que cuando V_{in} varía en todo su rango, desde 0 hasta 5v, el valor obtenido D varía también en todo su rango, de 0 a 1023.

Si a la inversa, obtenemos un valor D y deseamos saber que voltaje representa, basta con despejar:

$$V_{in} = \left(\frac{5}{1023}\right)D = (0.004887585533)D$$

Como puede verse, la conversión del dato D al voltaje correspondiente requiere una multiplicación por un número fraccionario, para lo cual el PIC no posee instrucciones, si se desea realizar esta multiplicación en el PIC, es necesario hacer un programa que multiplique números de punto fijo o de punto flotante.

El módulo de A/D tiene cuatro registros. Estos registros son:

- . **ADRESH**: Parte alta del resultado de la conversión
- . **ADRESL**: Parte baja del resultado de la conversión
- . **ADCON0**: Registro de Control 0
- . **ADCON1**: Registro de Control 1

Los registros **ADCON0** de control del funcionamiento del conversor se muestran seguidamente al igual que el registro **ADCON1** de configuración de los pines del puerto. Los pines del PORTA pueden configurarse como entradas analógicas (RA, también puede ser entrada de tensión de referencia) o como E/S digital.

Puede encontrarse información adicional sobre los convertidores A/D de rango medio de la familia PICmicro™ en el manual de referencia (DS33023).

Los registros **ADRESH:ADRESL** contienen los 10 bits resultado de la conversión A/D. Cuando se completa la conversión A/D, el resultado se guarda en los registros y se pone a cero el bit **GO/DONE** y el flag de fin de conversión **ADIF (PIR1<6>)** se pone a 1. Después de que el conversor A/D se ha configurado como se quiere, la selección del canal debe realizarse antes de hacer la adquisición. Los canales de entrada analógica deben tener los correspondientes bits del registro **TRIS** seleccionados como entradas. El módulo A/D tiene la posibilidad de justificar el resultado de 10 bits dentro de los 16 bits de la pareja de registros. La selección del formato de justificación a la izquierda o derecha se realiza con el bit **ADFM (ADCON1 <7>)**. Los bits restantes (a los 10 de la conversión) se llenan con ceros.

Tabla 15. Descripción del registro ADCON0 (dirección IFh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/#DONE	---	ADON
Bit 7							Bit 0
<p>bit 7-6: ADCS1:ADCS0: bit de selección de reloj para el Convertidor A/D</p> <p>00 Fosc/2</p> <p>01 Fosc /8</p> <p>10 Fosc/32</p> <p>11 F_{RC} (Procede del oscilador RC interno)</p> <p>bit 5-3: CH2:CH0: bit de selección del canal analógico</p> <p>000 = Canal 0, (RA0/AN0)</p> <p>001 = Canal 1, (RA1/AN1)</p> <p>010 = Canal 2, (RA2/AN2)</p> <p>011 = Canal 3, (RA3/AN3)</p> <p>100 = Canal 4, (RA4/AN4)</p> <p>101 = Canal 5, (RA5/AN5); los PIC16F87X de 28 pines no lo tienen.</p> <p>110 = Canal 6, (RA6/AN6); los PIC16F87X de 28 pines no lo tienen</p> <p>111 = Canal 7, (RA7/AN7),, los PIC 1 6F87X de 28 pines no lo tienen</p> <p>bit 2: GO/#DONE. bit de estado de la conversión A/D</p> <p><u>Si ADON=1</u></p> <p>1= La conversión A/D está en marcha (mientras está a 1 se está realizando la conversión)</p> <p>0 = La conversión ha finalizado. (el bit se pone a cero automáticamente por hardware cuando la conversión A/D finaliza) el resultado de la conversión aparece en ADRDES:ADRESL</p> <p>bit 1: No implementado: Se lee como "0"</p> <p>bit 0: ADON: bit de puesta en marcha</p> <p>1 = El convertidor A/D está operativo</p> <p>0 = El convertidor A/D está apagado y no consume corriente.</p>							

Tabla 16. Descripción del registro ADCON1 (dirección 9Fh)

U-0	U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	---	---	---	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
Bit 7				Bit 0			

bit 7: **ADFM**: Selecciona el formato del resultado de la conversión A/D

1 = Pone en el registro **ARDESH** los seis bit de mayor peso a "0" (alineación a la derecha).

0 = pone los 6 bit de menor peso del registro **ADRESL** a "0" (alineación a la izquierda).

Por lo tanto los 16 bits que forman el registro **ARDESH-ARDESL** con **ADFM=1** tiene los 6 bit de mayor peso a cero y con **ADFM=0** los 6 bit de menor peso están a cero

bit 6-4: No implementados: Se leen como cero

bit 3-0: **PCFG3:PCFG0**: bits de configuración de los canales de entrada del convertidor A/D. Se utilizan para configurar las patillas como E/S digital o como entrada analógica de acuerdo con la siguiente descripción:

PCFG3:	AN7⁽¹⁾	AN6⁽¹⁾	AN5⁽¹⁾	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	V_{REF+}	V_{REF-}	CHAN/
PCFG0	RE2	RE1	RE0	RA5	RA3	RA2	RA1	RA0V			REFS
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	V _{DD}	V _{SS}	8/0
0001	A	A	A	A	V _{REF+}	A	A	A	RA3	V _{SS}	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	V _{DD}	V _{SS}	5/0
0011	D	D	D	A	V _{REF+}	A	A	A	RA3	V _{SS}	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	V _{DD}	V _{SS}	3/0
0101	D	D	D	D	V _{REF+}	D	A	A	RA3	V _{SS}	2/1
011X	D	D	D	D	D	D	D	D	V _{DD}	V _{SS}	0/0
1000	A	A	A	A	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	RA3	V _{SS}	6/0
1010	D	D	A	A	V _{REF+}	A	A	A	RA3	V _{SS}	5/1
1011	D	D	A	A	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	V _{DD}	V _{SS}	1/0
1111	D	D	D	D	V _{REF+}	V _{REF-}	D	A	RA3	RA2	½

A= Entrada Analógica; D = E/S Digital; (1) Estos canales no están disponibles para los dispositivos de 28 pines

2.10.3 Selección del reloj del convertidor A/D

Se define por T_{AD} al tiempo de conversión por bit. El convertidor A/D requiere un mínimo de 12 T_{AD} para la conversión de los 10 bits, La señal de reloj para la conversión A/D se selecciona por software mediante los bits **ADCS1:ADCS0**

- 2 T_{OSC}
- 8 T_{OSC}
- 32 T_{OSC}
- Oscilador interno RC (2-6 μ s)

Para realizar conversiones correctas el reloj del convertidor A/D debe seleccionarse para asegurar un tiempo mínimo de T_{AD} de 1,6 mS.

La tabla 17 muestra los tiempos de T_{AD} dependiendo de la señal de reloj seleccionada para la conversión A/D

Tabla 17. Tiempos T_{AD} para el reloj del conversor.

Fuente del Reloj A/D		Frecuencia máxima del dispositivo
Operación	ADCS1:ADCS0	Máx
$F_{OSC}/2$	0 0	1.25 MHz
$F_{OSC}/8$	0 1	5 MHz
$F_{OSC}/32$	1 0	20 MHz
RC ^(1,2,3)	1 1	Nota 1

Nota:

1. Si la fuente es el oscilador RC tiene un T_{AD} típico de 4 μ s, pero puede variar entre dos y seis microssegundos
2. Cuando la frecuencia del dispositivo es mayor de 1MHz, la fuente del oscilador RC para la conversión A/D se recomienda solo si se trabaja en el modo Sleep.
3. Para dispositivos de tensión mayores (LC), comprobar las características eléctricas

2.10.4 Configuración para la conversión A/D.

Para realizar una conversión A/D deben seguirse los siguientes pasos:

I. Configurar el módulo conversor A/D:

- Configurar los pines que actúan como entradas analógicas, las señales que harán de tensión de referencia la que trabajarán como E/S digitales (**ADDCON1**).
- Seleccionar el canal de entrada. A/D (**ADCON0**).
- Seleccionar la fuente de la señal de reloj para la conversión A/D (**ADON0**).
- Activar el módulo de conversión A/D (**ADCON0**)

II. Activar si, se desea, la interrupción. del módulo conversor A/D:

- Poner a cero el bit **ADIF**
- Poner a uno el bit **ADIE**
- Poner a uno

- Poner a una los bits habilitadores **GIE** y **PEIE**

III. Esperar el tiempo requerido para la adquisición

IV. Inicio de la conversión:

- Poner a 1 el bit **GO/#DONE (ADCON0)**

V. Tiempo de espera para terminar la conversión A/D que puede detectarse por:

- Exploración de bit **GO/#DONE** , que al finalizar la conversión toma el valor "0"
- Esperar que se produzca una interrupción si se ha programado al finalizar la conversión.
- Aunque no se autorice la interrupción el flag. **ADIF** se pone a " 1 " al finalizar la interrupción.

VI. Leer el par de registros **ARDESH:ADRESL** donde se encuentran los 10 bits que resultan de la conversión y poner a cero el flag **ADIF**.

VII. Para una nueva conversión volver a los pasos 1 y 2 , El tiempo de conversión por bit está definido por T_{AD} , se exige un mínimo de $2 \cdot T_{AD}$ para realizar una nueva conversión.

3. HARDWARE DEL SISTEMA

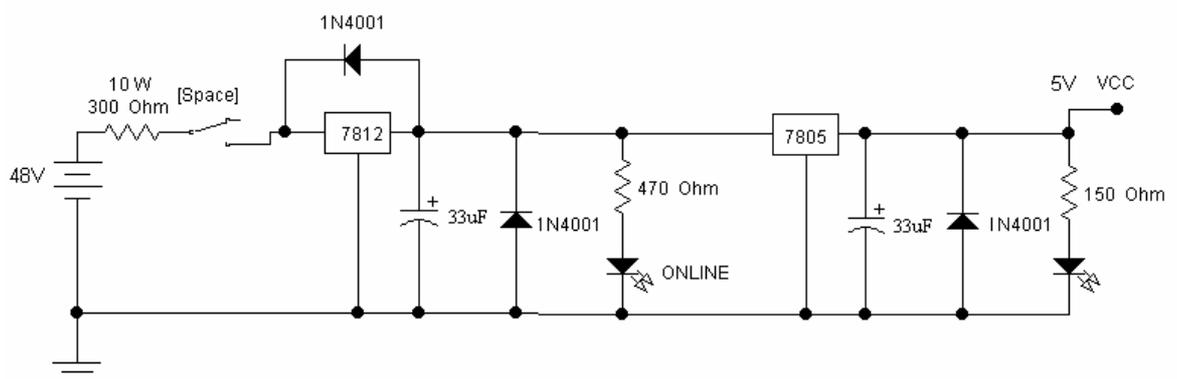
El sistema se puede dividir en 3 grandes módulos:

- Módulo de alimentación.
- Modulo de emisión.
- Modulo de recepción.

3.1 MÓDULO DE ALIMENTACIÓN

Según las indicaciones recibidas por lo ingenieros de Telecom, y la información proporcionada por ellos acerca de los sistemas de alimentación de los equipos de comunicaciones, se tuvo que diseñar un circuito cuya alimentación de entrada son 48v DC, dicho voltaje es proporcionado por los Rectificadores de tensión que se encuentran en los cerros y localidades y son los encargados de alimentar los concentradores remotos, estos equipos son capaces de conmutar al banco de baterías instantáneamente, cuando falla la red eléctrica, y seguir suministrando los mismos 48v DC. Por sugerencia de los ingenieros nuestro sistema dependerá exclusivamente de estos equipos tanto para el módulo de emisión como el de recepción.

Figura 50. Circuito de alimentación.

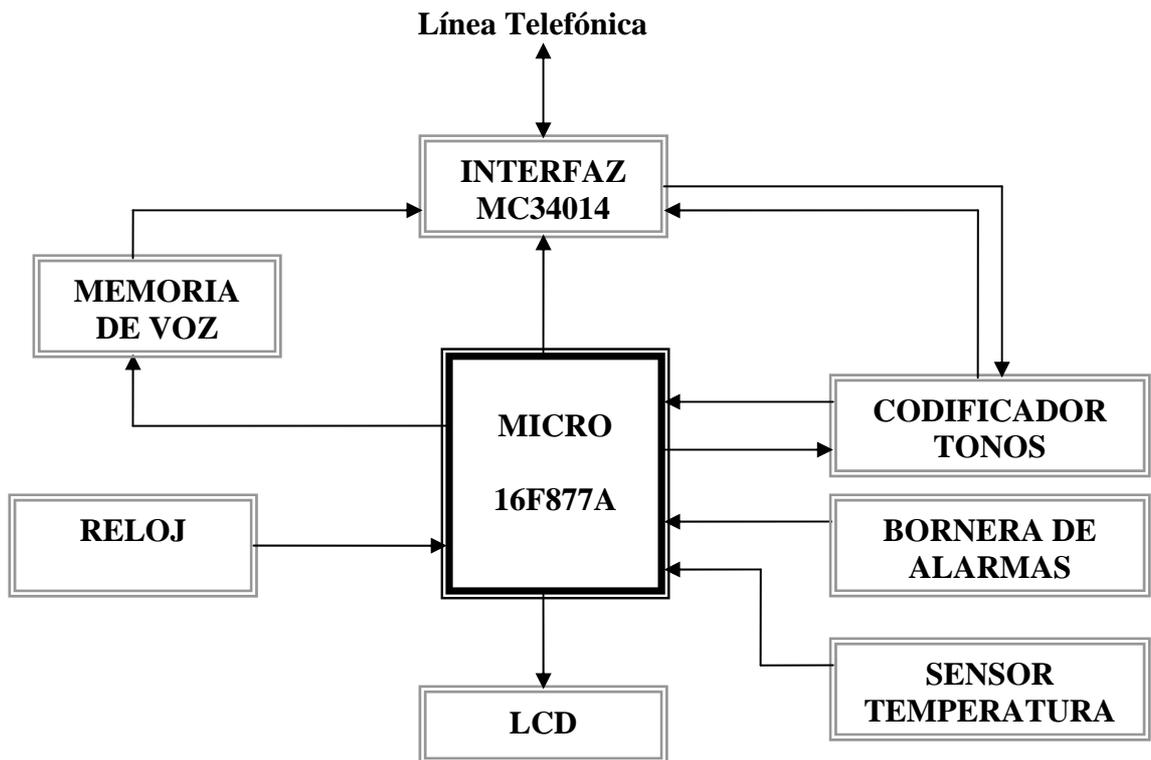


La función básica del circuito es reducir la tensión de 48v, hasta obtener los 5v con los que se alimentaran los dispositivos electrónicos del sistema. El resistor de 300Ω reduce la tensión a 20v aproximadamente, luego se utiliza un regulador de 12v y por último uno de 5v.

3.2 MODULO EMISOR

Este es el módulo encargado de realizar toda la gestión de las alarmas en el lugar donde se originan, por lo que se necesita de un módulo igual para cada población que se desee monitorear, se divide en varios circuitos, como se explica en la figura 28.

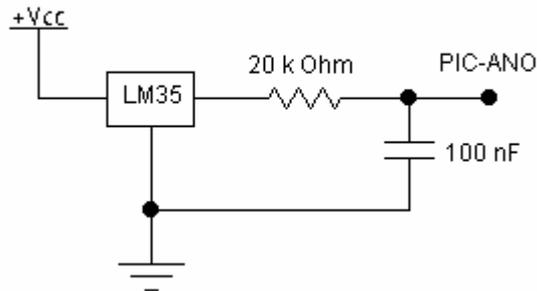
Figura 28. Diagrama de bloques del módulo emisor.



3.2.1 Sensor de Temperatura

Para generar la alarma de temperatura, se utiliza el sensor LM35, dispositivo bastante preciso, que no requiere de circuitería externa, se puede alimentar con 5 V DC, y nos entrega 10mv por grado centígrado, esta señal se filtra por medio de una red pasa bajo, y se conecta directamente a la entrada análoga AN0 del conversor del PIC. Por medio de software esta señal se compara con una temperatura preestablecida (26°C), que en caso de ser superada ocasionará que el sistema active la alarma de temperatura, y se continúe con el proceso a seguir, que se explicará seguido de la función de cada circuito o submódulo.

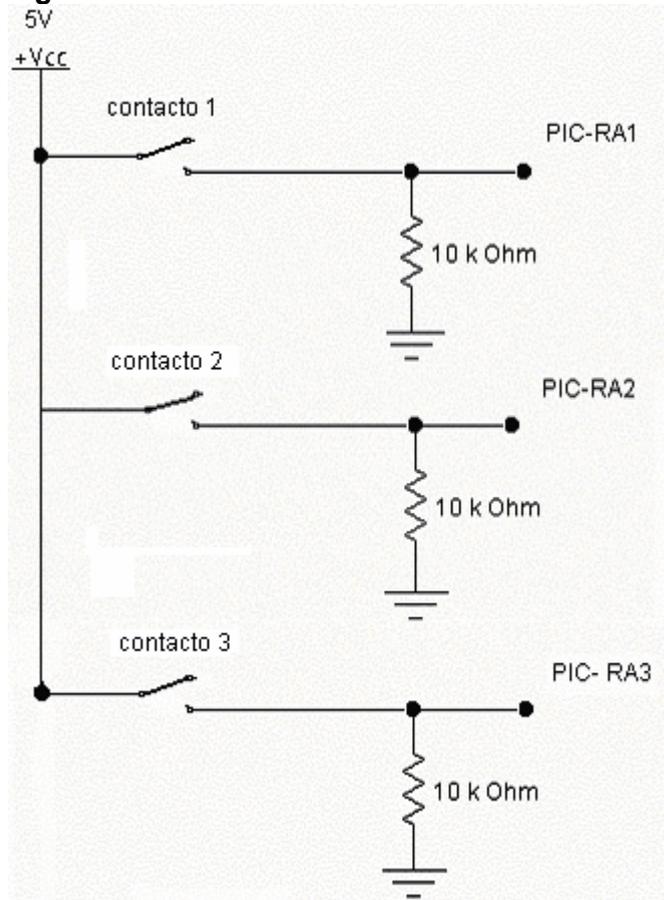
Figura 29. Conexión del sensor LM35



3.2.2 Borneras de Alarmas

Para la alarma de energía, los rectificadores mencionados con anterioridad en el módulo de alimentación, vienen dotados con una bornera de alarmas, en donde se encuentran contactos secos (ausencia de voltaje) normalmente abiertos, que conmutan al generarse una de las posibles alarmas, que pueden ser, falla de fase, voltaje de carga bajo, corriente de carga bajo, entre otras. De dicha borneras se obtuvo la señal de alarma de falla de fase, y se implementó el siguiente circuito, cuyas salidas van al puerto A del PIC. De esta forma el sistema detecta la alarma de falla de energía AC. La información anterior fue suministrada por el profesional del área de energía, asesor del proyecto.

Figura 30. Conexión de las borneras de alarma.



El sistema se diseñó con capacidad para tres entradas de este tipo, pues el rectificador puede tener varios módulos en operación. De esta forma se puede monitorear completamente el equipo, ya que puede existir la posibilidad de que un módulo quede fuera de servicio mientras los demás siguen operando. Los contactos 1, 2 y 3 que se observan en la figura 30, son obtenidos de las borneras de los rectificadores, las cuales se alambran a nuestro sistema.

La firma UyG es uno de los proveedores de rectificadores de la empresa, en la foto se muestra la bornera de alarmas de uno de los módulos de dicho equipos, etiquetada como TBAR.

Figura 31. Bornera de alarmas



Como se mencionó anteriormente, el sistema se diseñó para que tuviera la posibilidad de detectar el momento en que la planta eléctrica del lugar se encendiera, para ello se reservó una entrada al sistema, igual que las anteriores pero conectada al pin RA4 del PIC (microcontrolador), con el fin de que se lograra la futura instalación de un dispositivo que se comportara de igual forma que la bornera de alarmas, al detectar dicho evento.

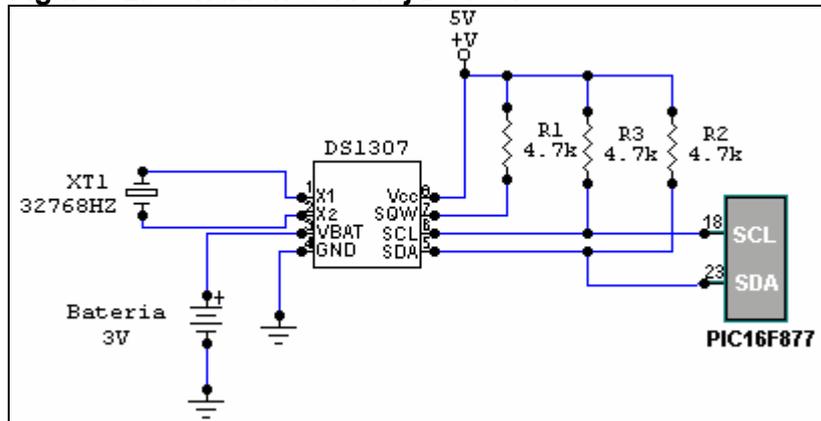
3.2.3 Reloj

Consta del circuito integrado DS1307 de Dallas semiconductor, es un reloj de tiempo real que cuenta segundos, minutos, horas, fecha, mes, día de la semana, y año, con compensación de año bisiesto, valida hasta el año 2100 y ajusta automáticamente los meses menores a 31 días. Al momento de ocurrir una alarma, el microcontrolador consulta los parámetros del reloj, los muestra en el LCD y los envía al codificador DTMF cuando se realice la marcación a la línea de datos, para ser transmitidos y tener un registro de eventos. Cuando se tiene la ausencia de alarmas, el microcontrolador

está leyendo constantemente los registros del DS1307 para desplegar la hora y fecha actual a través del LCD.

El reloj posee el protocolo de transmisión serial I²C, cuyas salidas son pull-up, la lectura y escritura serial I²C se aclara en el marco teórico, junto con los registros internos del integrado y su respectivo direccionamiento.

Figura 32. Conexión del reloj DS1307



El pin VBAT (3) es la entrada de alimentación de una pila estándar de litio de 3 voltios. El voltaje debe estar entre 2.5 y 3.5 voltios para una operación apropiada. El fabricante en la hoja de características, especifica que una pila de litio con una corriente de 35mAh ó mayor, podrá respaldar la operación del DS1307 por más de 10 años en ausencia de energía.

Cuando la alimentación es proporcional dentro de los límites normales, el circuito integrado es totalmente accesible, los datos pueden ser leídos o escritos del DS1307. Cuando Vcc cae por debajo de 1.25 x VBAT (3.75Vol), la alimentación del circuito integrado es conmutada a VBA, la lectura y escritura de los registros de tiempo y la RAM es denegada pero la función que mantiene el registro del tiempo se conserva y los registros de la RAM permanecen inalterados.

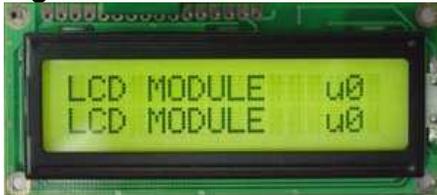
Los pines X1 y X2 (1 y 2) son conexiones para el cristal de cuarzo estándar de 32768Hz. necesario para el funcionamiento del oscilador interno del dispositivo y por ende para el funcionamiento del reloj. La circuitería interna del oscilador está diseñada para operar con un cristal de una capacitancia de 12.5pF.

Los pines 5 y 6, SDA y SCL respectivamente son los pines de la comunicación I²C, donde SCL es la entrada para sincronizar el movimiento de datos en la interfase serial y SDA es la entrada/salida de datos para la interfase I²C. SQW/OUT es el pin de salida para generar una de las cuatro posibles frecuencias de salida que puede generar el dispositivo, 1Hz, 4KHz, 8 KHz. ó 32 KHz. En el diseño implementado este pin no se utiliza. Los pines 5,6 y 7 son de drenaje abierto, por lo cual requieren de una resistencia pull-up externa.

3.2.4 LCD

La pantalla de cristal líquido o LCD (Liquid Crystal Display) es un dispositivo microcontrolado de visualización gráfico para la presentación de caracteres, símbolos o incluso dibujos (en algunos modelos), en este caso dispone de 2 filas de 16 caracteres cada una y cada carácter dispone de una matriz de 5x7 puntos (pixels), aunque los hay de otro número de filas y caracteres. Este dispositivo está gobernado internamente por un microcontrolador Hitachi 44780 y regula todos los parámetros de presentación.

Figura 33. LCD



El LCD muestra la temperatura de la habitación, la hora y fecha actual. En el momento de activarse una alarma, se despliega el correspondiente mensaje junto con la hora en que sucedió. En él se muestra también el número telefónico al que se está marcando para dar aviso, y en el momento de comunicarse con la línea dedicada a la recepción de datos, muestra lo que se está transmitiendo.

3.2.5 Codificador DTMF

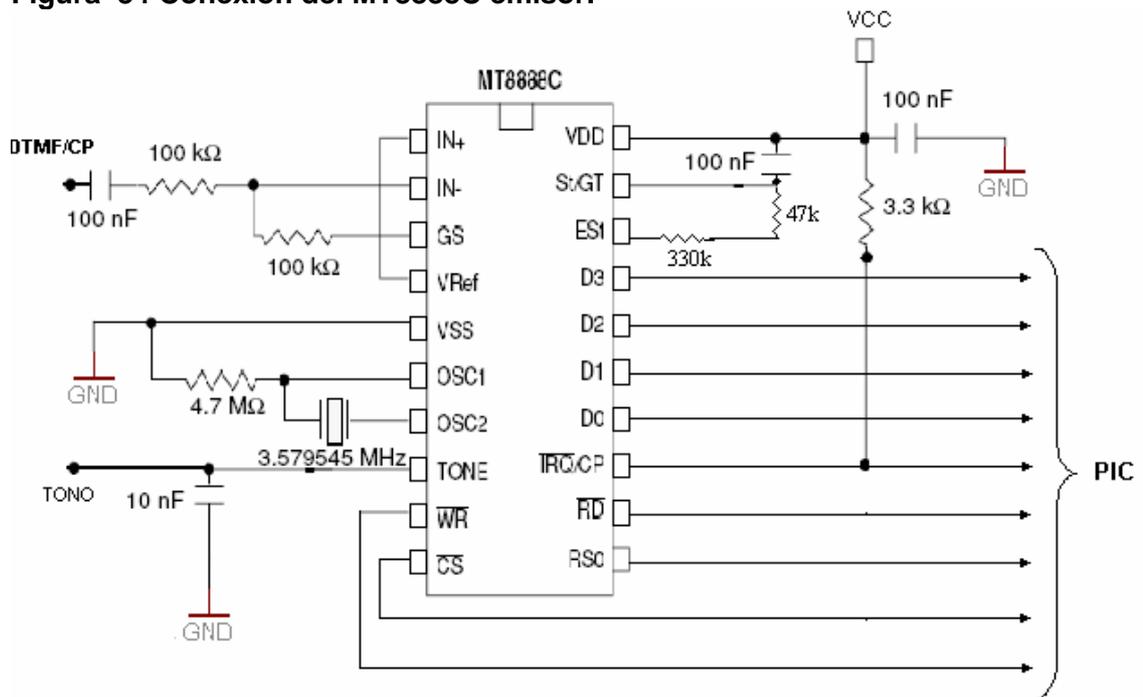
Este circuito es el encargado de generar los tonos para todas las marcaciones telefónicas que se necesiten, y de transmitir un código (DTMF) correspondiente a cada alarma generada, cuando al número que llame corresponda a la línea asignada para la recepción de datos.

El corazón del circuito es el integrado MT8888 de Zarlink, capaz de codificar o decodificar tonos multifrecuencia, con interfaz para ser programado paralelamente por un microprocesador o como en este caso por un microcontrolador.

Su función principal es convertir un número binario procedente del PIC, en tono DTMF, de esta forma se realiza la marcación telefónica, y la transmisión del código, la hora y la fecha del evento ocurrido.

El diagrama proporcionado por la hoja de datos muestra su configuración, tanto para recibir, como para emitir tonos (figura 34).

Figura 34 Conexión del MT8888C emisor.



Al presentarse una alarma, y luego de ser presentada en el display, el microcontrolador programa el MT8888 en modo ráfaga para realizar la marcación del número telefónico que éste posee en su código. El PIC, envía número por número al codificador para que éste lo convierta a su respectivo tono multifrecuencia para luego ser transmitido por la línea telefónica.

Luego de haber realizado el marcado de todo el número telefónico, el microcontrolador reprograma el MT8888 en modo "call progress", o detector de progreso de llamada, con el fin de tener un control de los tonos que devuelve la central cuando un usuario realiza una marcación, estos tonos describen el estado de la llamada, de ésta forma se detecta si la línea está ocupada o si efectivamente contestaron la llamada. Los tonos son recibidos por la entrada DTMF/CP, y convertidos en pulsos TTL (5v) suministrados por el pin IRQ/CP del codificador. La teoría correspondiente a la forma de programación de este integrado se describe en el marco teórico.

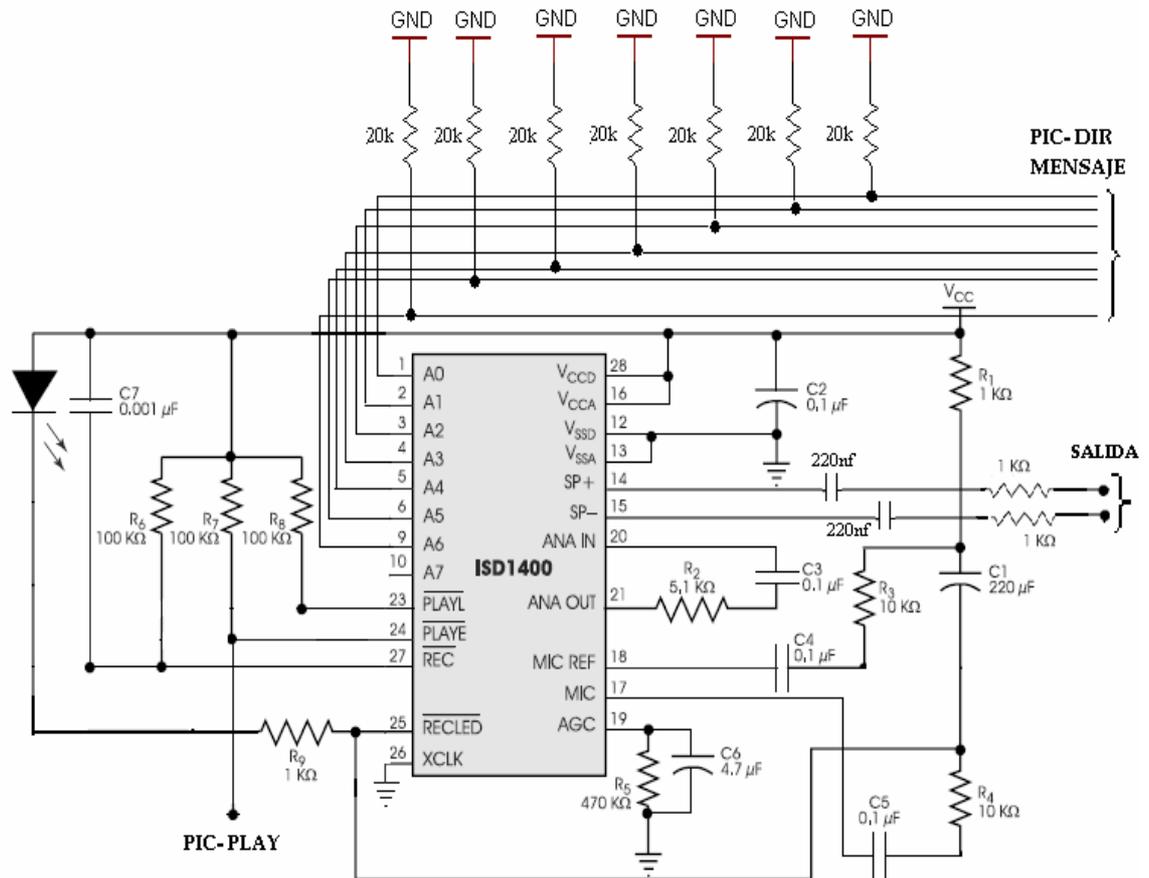
En caso de que alguna línea se encuentre ocupada, el microcontrolador ordena la marcación del siguiente número programado, hasta llegar al cuarto número que corresponde a la línea dedicada a recibir los datos codificados, luego de marcar a esta última línea y así la transmisión de datos haya sido exitosa, el PIC realiza una pausa de 1 minuto y ordena de nuevo la marcación de todos los números.

3.2.6 Modulo de Voz

Después de que se ha marcado el número de una línea convencional, y el modo "call progress" del MT8888 le indica al microcontrolador que la llamada ha sido contestada, el pic carga la dirección del mensaje correspondiente a la alarma y lo envía a las entradas A0-A7 de la memoria de voz ISD1420, para que se inicie la reproducción del mensaje grabado previamente, siempre y cuando el mismo pic active mediante un cero lógico el pin PLAYE del ISD1420.

El direccionamiento de la memoria, y la forma de grabación de los mensajes son tratados en el capítulo del marco teórico.

Figura 35. Conexión del ISD1420



La salida de audio, pin 14 y 15 son conectados al integrado MC34014, el cual se explicara en el módulo de interfaz telefónica. Los pines A0-A6 son de direccionamiento para la celda de memoria que se quiere leer. La entrada PIC-PLAY, recibe la señal de control que indica la reproducción del mensaje seleccionado por medio del direccionamiento.

3.2.7 Interfaz telefónica del emisor

El integrado MC34014, junto a sus elementos externos especificados en su hoja de datos, cumple la función de interfaz con la línea telefónica. Este chip se adapta perfectamente a las necesidades presentadas por el sistema, debido a que nos permite de manera sencilla la transmisión de los tonos y voz generados en los módulos anteriores.

entrada de silencio, de esta manera el MC34014 se dispone a recibir los tonos de marcado por la entrada TI, la cual es conectada a la salida del codificador MT8888. Luego que se realice la marcación y se detecte la contestación de la llamada, se transmite la voz proporcionada por el ISD1420. Esta señal es conectada en la entrada MIC, en lugar del pequeño micrófono que se muestra en la figura, se conectan las salidas de la memoria de voz (pin 14 y 15).

3.2.8 Microcontrolador PIC 16F877A

El microcontrolador 16f877a es el cerebro del sistema emisor. Sus funciones dentro del sistema son las siguientes:

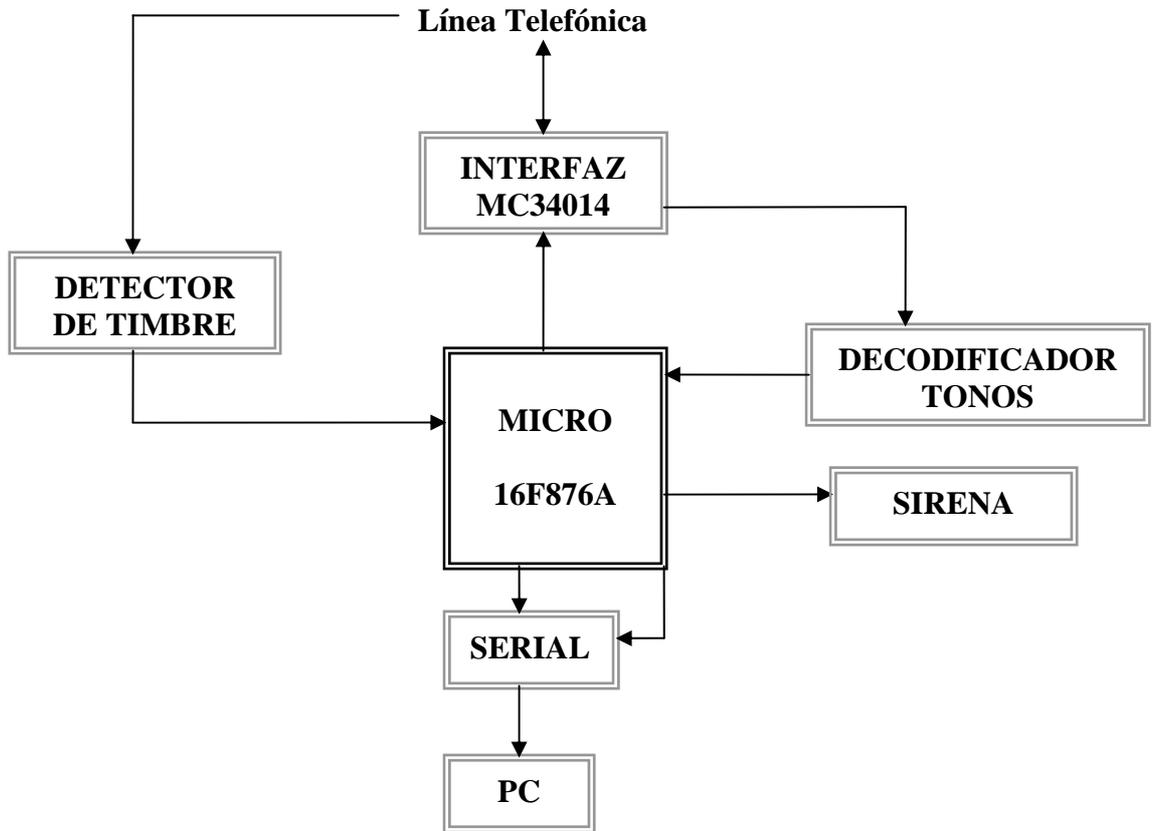
- Realiza la lectura del sensor LM35 utilizando su conversor análogo digital interno.
- Recibe las señales de alarma de energía y la de planta eléctrica encendida a través de una señal de 5v aplicada a las entradas digitales del puerto A..
- Lee los tonos de progreso de llamada suministrados por el MT8888
- Transmite la dirección del mensaje de voz al ISD1420 y la señal que controla la reproducción del mismo.
- Lee el reloj DS1307 por medio de la comunicación serial I2C.
- Programa el LCD para realizar la visualización de toda la información.
- Activa el pin de silencio de la interfaz telefónica.
- Realiza el cuelgue o descuelgue de la línea.
- Programa las funciones del MT8888.
- Lleva el conteo del tiempo que tarda cada timbre telefónico, señalizado a través de un led.

Las conexiones del microcontrolador y los demás dispositivos se observan en el diagrama completo del sistema emisor.

3.3 MÓDULO RECEPTOR

Este es el módulo encargado de realizar toda la detección remota, a diferencia del módulo emisor, solo se necesita de un módulo para monitorear todos los lugares donde se tenga instalado el sistema. Se divide en varios circuitos, como se explica en la figura 37.

Figura 37. Diagrama de bloques del módulo receptor.



3.3.1 Detector de Timbre

Este circuito es el encargado de detectar cuando hay una llamada entrante, su función es convertir la señal alterna de timbre de aproximadamente 90Vpp, a un tren de pulsos de amplitud de 5v, que pueda ser aplicada a una entrada del microcontrolador, esto se realiza por medio de un opto acoplador 4N33, que aísla la línea telefónica del PIC.

El detector de timbre es esencial para la recepción de datos, pues proporciona la señal de alerta para que el microcontrolador ordene el descuelgue de línea.

Figura 38. Circuito detector de timbre

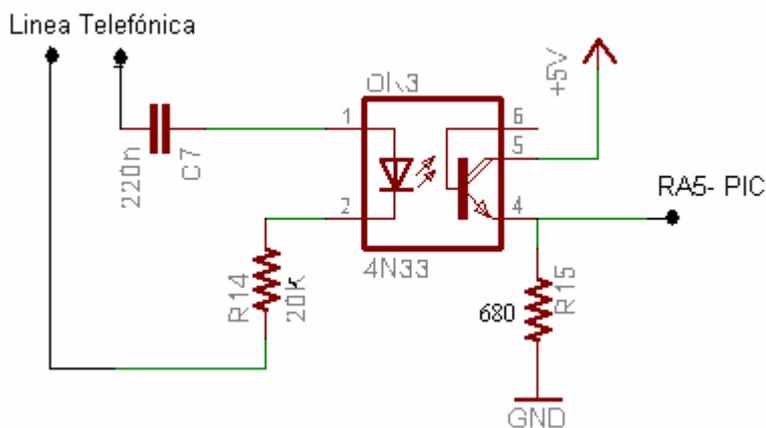
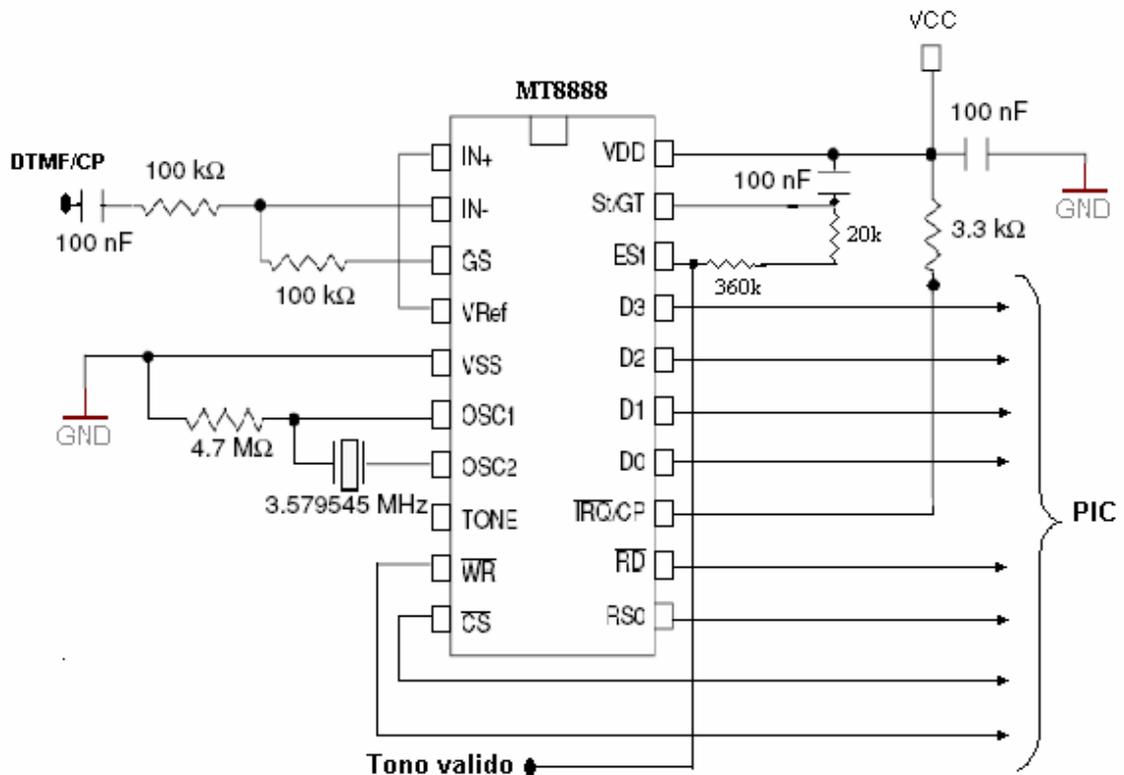


Figura 40. Conexión del MT8888C receptor.



El decodificador cuenta con el pin EST, su función es indicar cuando es recibido un tono valido para decodificar, produciendo un pulso de 5v con la misma duración del tono. Este pulso es leído por el microcontrolador, indicándole que puede realizar la lectura del dato decodificado.

3.3.4 Módulo serial

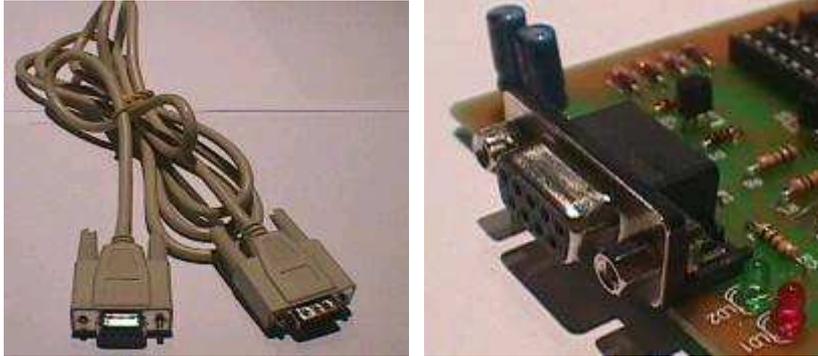
El puerto RS232 del PC es conectado al microcontrolador mediante el circuito integrado MAX232, que se encarga de convertir los niveles de voltajes TTL provenientes del PIC, en niveles de +/- 12v que maneja el protocolo RS232.

La transmisión se realiza configurando la interfaz USART del microcontrolador, tal y como se explica en el capítulo del marco teórico. El PIC se configura solo como transmisor, puesto que no es necesario recibir ninguna información proveniente del computador, haciendo la comunicación unidireccional.

3.3.6 Computador Personal (PC)

El computador personal o PC es el encargado de recibir la información de la alarma a través del puerto serie RS232, ésta información es desplegada por la aplicación Hyperterminal que tiene todo computador que maneje el sistema operativo Windows. Para realizar la conexión entre el PC y nuestro circuito podemos usar diferentes alternativas. La manera empleada en este proyecto es a través de un cable serie macho-hembra no cruzado, y en el circuito un conector hembra db9 para circuito impreso.

Figura 43. Cable y conector DB9 serie.



La configuración de la aplicación Hyperterminal se explicará en el capítulo de software del sistema.

3.3.7 Microcontrolador PIC 16F876A

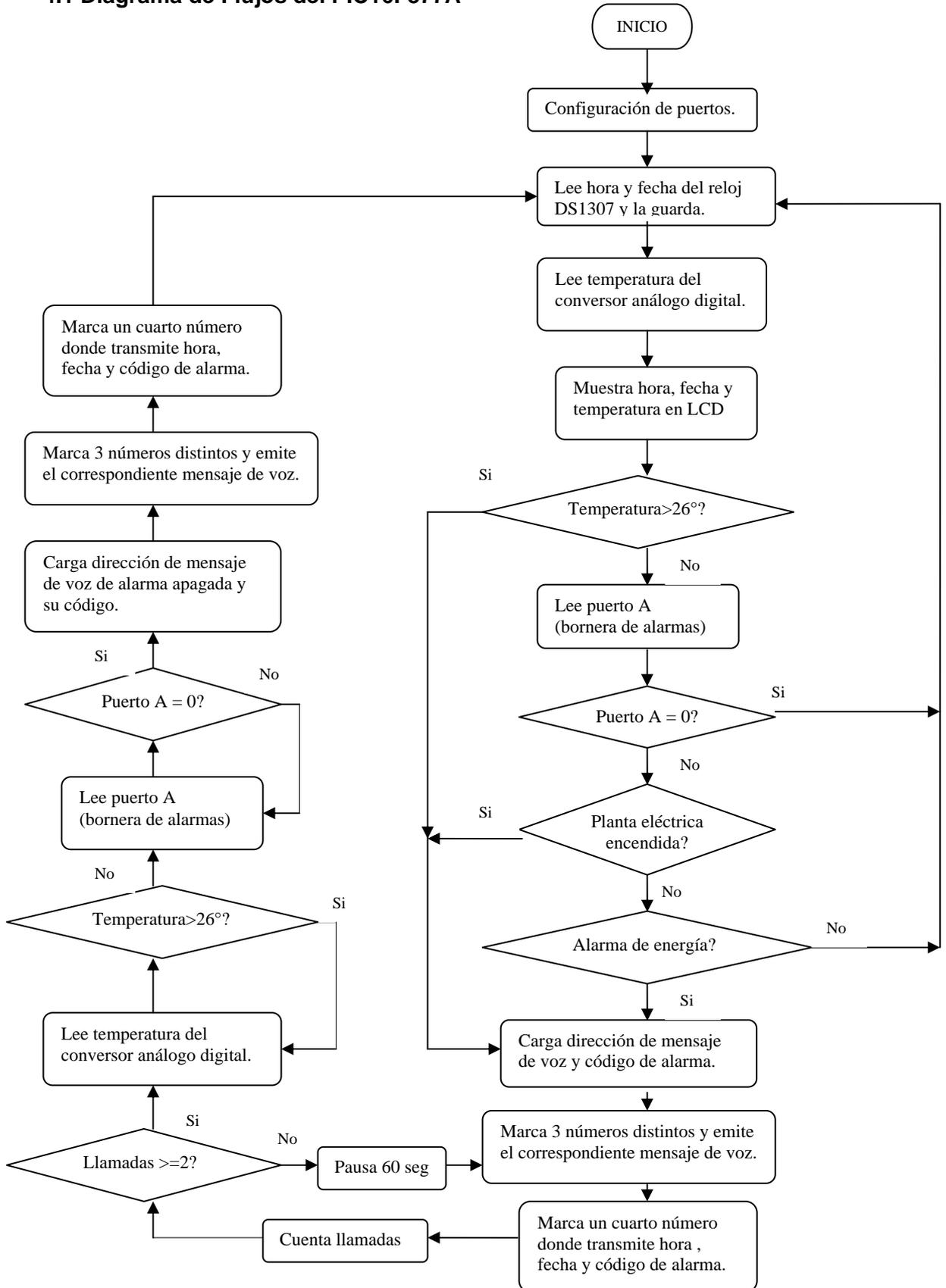
Es el encargado de dirigir todos los procesos que se realizan en el módulo receptor del sistema, sus funciones son:

- Recibir la señal de timbre cuando se tiene una llamada entrante.
- Proporcionar la señal de cuelgue/descuelgue de la línea.
- Programar el MT888 como decodificador, y lee el dato decodificado cada vez que éste le indique que se recibió un tono válido.
- Identificar el código de cada alarma recibida.
- Se encarga de la transmisión serial con el PC.
- Genera el pulso de activación de la sirena.
- Se encarga de señalar mediante leds cuando el sistema está listo para recibir datos, y cuando se recibe una alarma.
- Controlar la conexión del puerto serie RS232 del PC.

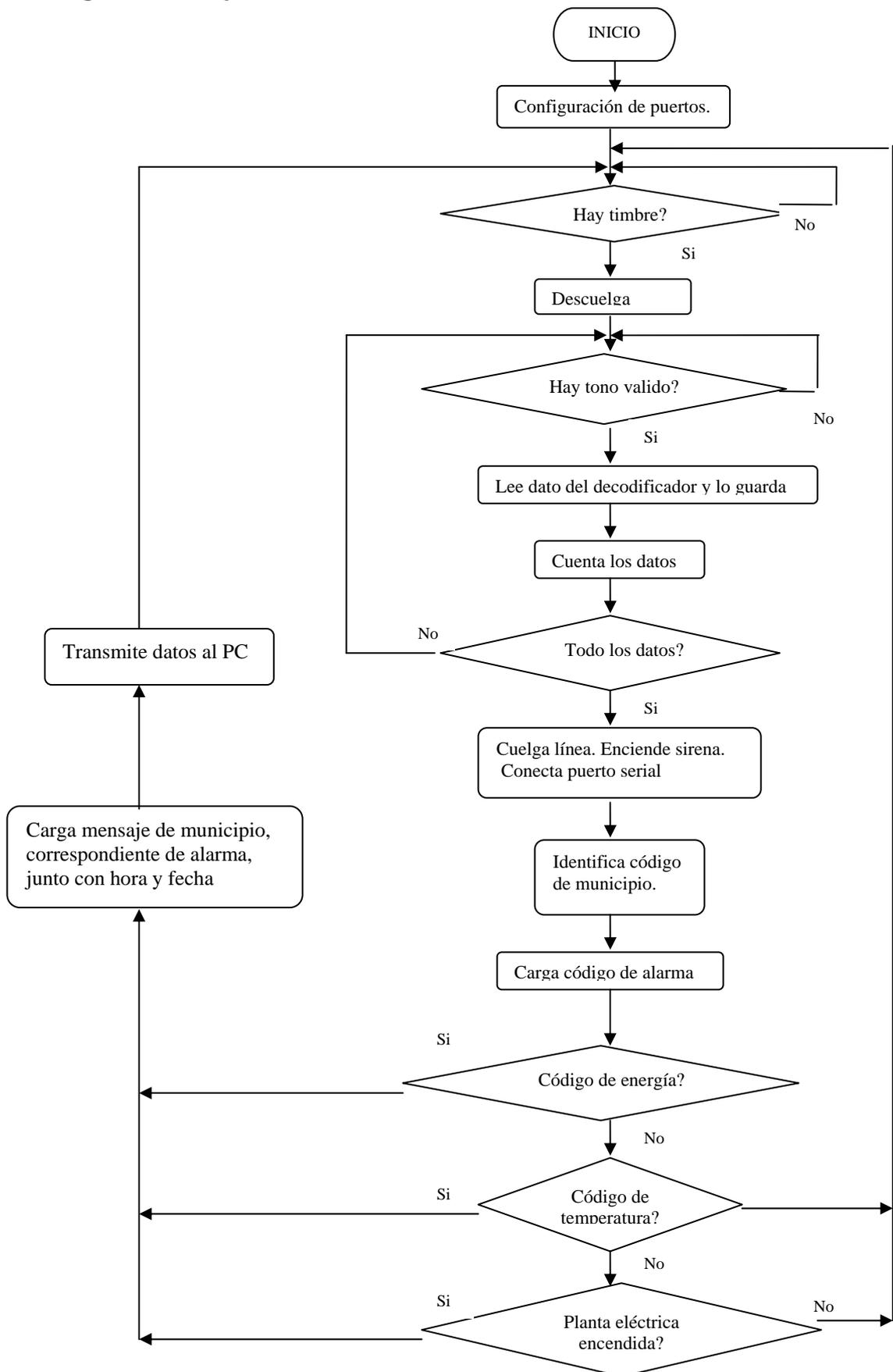
Las conexiones del microcontrolador y los demás dispositivos se observan en el diagrama completo del sistema emisor (ANEXO A).

4. SOFTWARE DEL SISTEMA

4.1 Diagrama de Flujos del PIC16F877A



4.2 Diagrama de Flujos del PIC16F876A

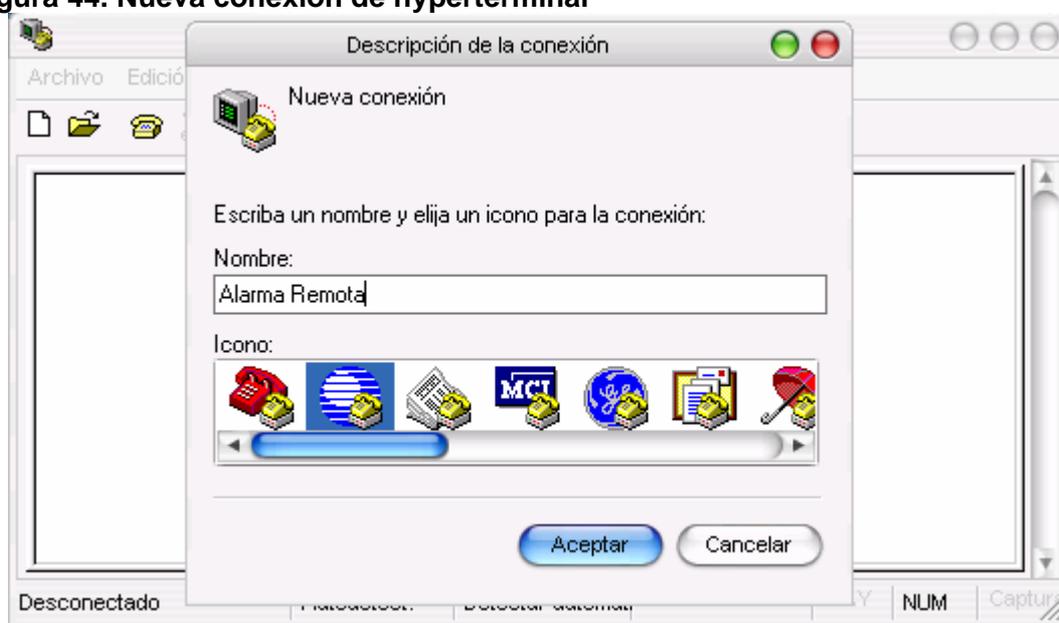


4.3 CONFIGURACIÓN DEL HYPERTERMINAL DE WINDOWS.

Para poder recibir la información, se deben configurar ciertos parámetros de la aplicación que son indispensables para la comunicación serial, como lo es la velocidad de transmisión, los bits de datos, etc. Esta configuración es única, pues debe de coincidir con lo parámetros del dispositivo que envía los datos al puerto serie. Para realizar dicha configuración se deben seguir los siguientes pasos:

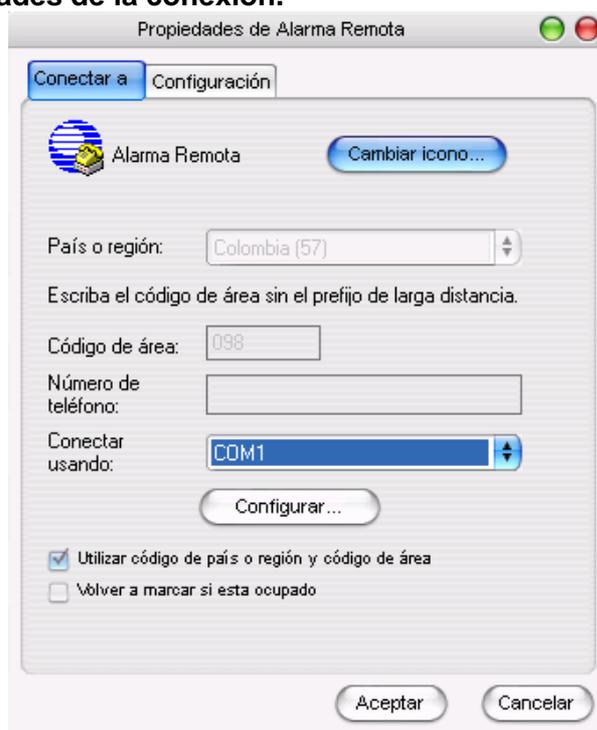
1. Lo primero que se debe hacer es ejecutar la aplicación, que se encuentra en Inicio/Programas/Accesorios/Comunicaciones/Hyperterminal.
2. Una vez ejecutada la aplicación se debe de nombrar la conexión a realizar y seleccionar un icono que identifique la misma.

Figura 44. Nueva conexión de hyperterminal



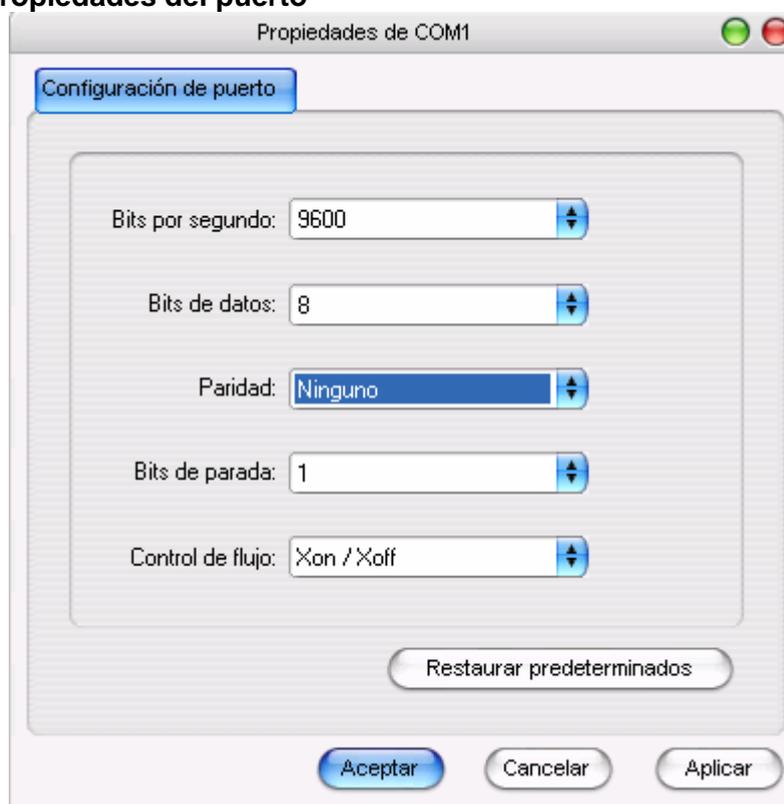
3. Luego se muestra la ventana de propiedades en donde se nos pide el dispositivo al que deseamos conectarnos, se escoge el puerto donde tengamos conectado la conexión serial, en este caso es COM1, damos clic en el botón configurar.

Figura 45. Propiedades de la conexión.



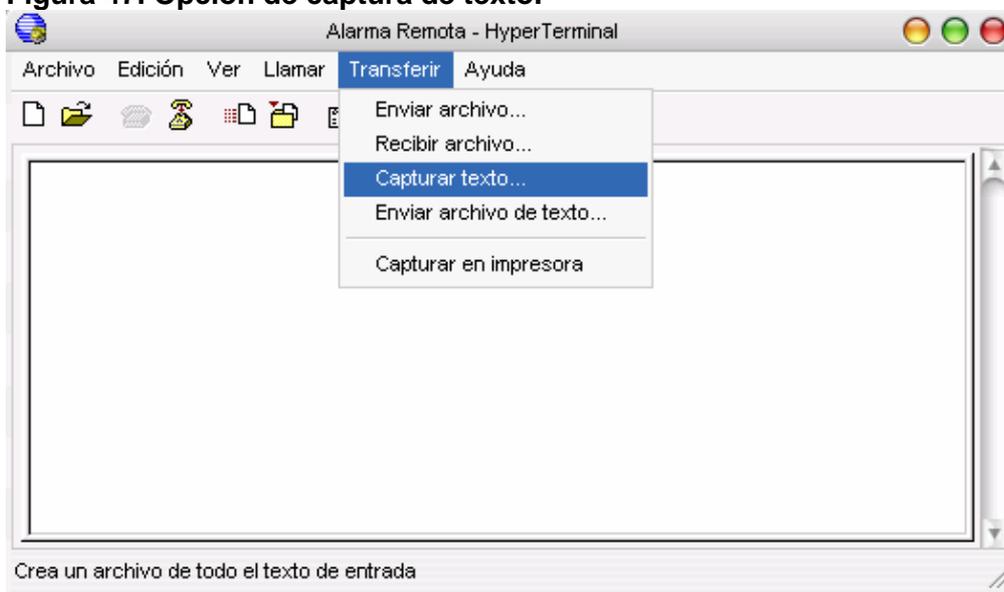
4. Se escogen los parámetros de transmisión del puerto, bits por segundo, bits de datos, paridad, bits de parada, control de flujo tal y como se muestra en la figura 46.

Figura 46. Propiedades del puerto



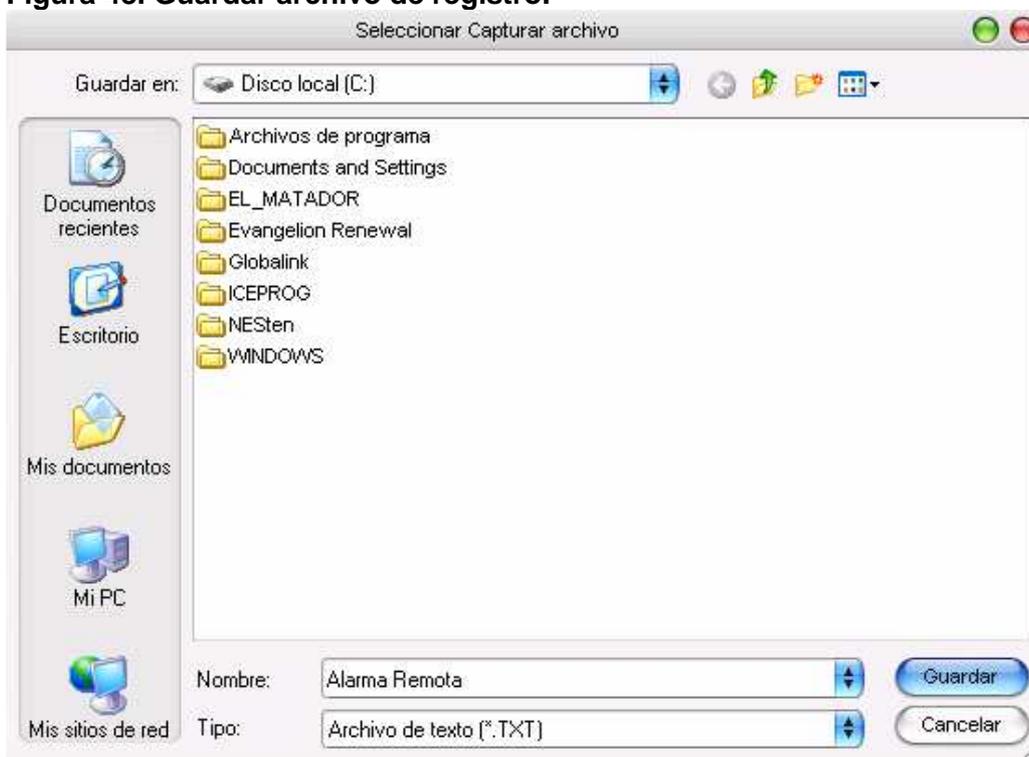
Para obtener un registro de los eventos recibidos, el Hyperterminal cuenta con la opción de captura de texto, el cual genera un archivo TXT donde consigna toda la información mostrada, con el fin de que pueda ser procesada posteriormente. Esta función se encuentra en la opción TRANSFERIR/CAPTURAR TEXTO.

Figura 47. Opción de captura de texto.



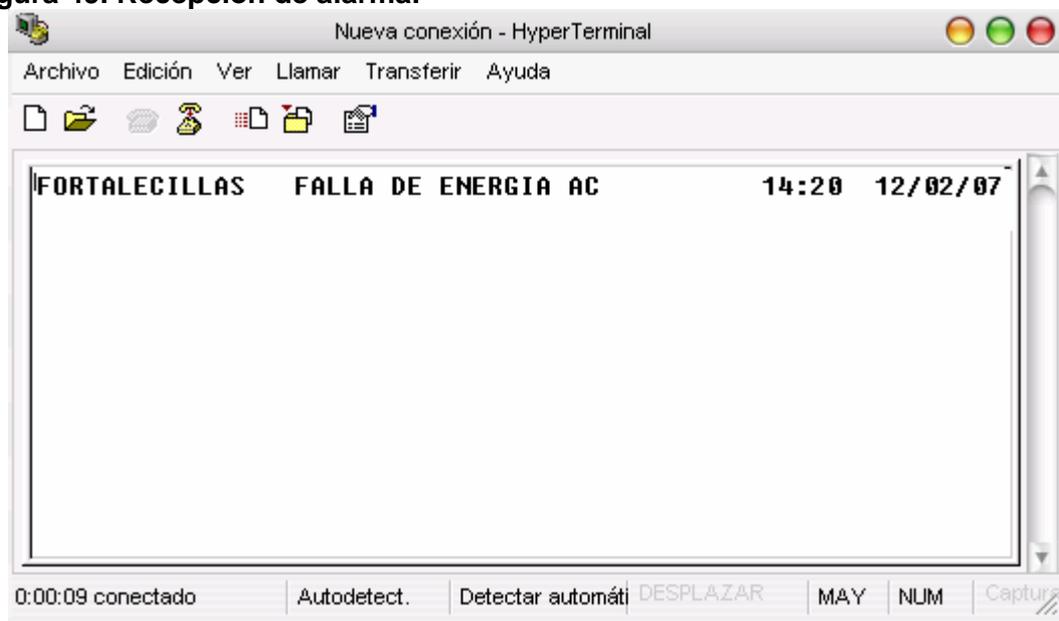
Después de esto se da click en el botón examinar, en donde se da la ubicación que se desea para el archivo y se nombra. A partir de este momento la aplicación queda lista para empezar a recibir datos.

Figura 48. Guardar archivo de registro.



Al recibir una llamada de alarma de energía la información se muestra tal y como se muestra en la figura.

Figura 49. Recepción de alarma.



5. CONCLUSIONES

La línea telefónica convencional es una forma práctica de transmitir información codificada entre dos lugares apartados geográficamente, debido a que se realiza sobre una red previamente establecida, como lo es la red telefónica básica conmutada.

El sistema es relativamente económico, ya que la inversión se requiere en un dispositivo emisor por cada población donde se desea tener el monitoreo de los equipos y en un solo dispositivo receptor común para todo el sistema, puesto que los demás emisores transmiten la información a una misma línea dedicada de datos.

El desarrollo del sistema gira en torno de los microcontroladores, circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de un ordenador: CPU, Memoria y Unidades de Entrada/Salida que por su facilidad para ser programados se convierten en una solución práctica y económica en sistemas donde se requiera el control de varios procesos como en esta aplicación.

Debido a que la detección de las alarmas se basa en contactos secos, es posible conectarse a un sin número de equipos de alimentación y comunicaciones que manejan paneles de alarmas con este sistema, extendiendo sus aplicaciones a la detección de otros tipos de falla. De igual forma es posible la conexión de relés o contactores que proveen los contactos secos, en aplicaciones donde no se cuente con este mecanismo, con el fin de ser conmutados por una electrónica adicional, en la que se integre sensores especializados para la detección de otro tipo de eventos.

El circuito integrado MT8888C es un dispositivo muy útil, versátil y sencillo de programar, fundamental para establecer la comunicación telefónica del sistema, con la ventaja de que sirve tanto como codificador o decodificador de tonos, característica fundamental para futuras mejoras del proyecto.

La implementación de la interfaz telefónica que provee el integrado MC34014, facilita enormemente la emisión y recepción de señales a través de la línea telefónica, pues nos evita problemas de atenuación y ruido que se presentan normalmente al no contar con este chip.

El sistema de alarmas remoto contribuye significativamente a mejorar los índices de calidad y servicio a la empresa Telefónica Telecom SA ESP, pues le permite conocer a tiempo las fallas en los equipos de energía y de aire acondicionado, con el fin de ser corregidas antes de que se presenten consecuencias significativas.

Culminada la pasantía, el sistema de alarmas remoto diseñado e implementado en la empresa Telefónica Telecom satisface los objetivos planteados en el anteproyecto, seguidamente enumerados:

- *Realizar un sistema de sensado de la temperatura del lugar:* Esto se realizó mediante la implementación del sensor LM35 de National Semiconductor.
- *Diseñar el mecanismo de detección de falla de energía AC:* La detección se logró por medio de las borneras de alarmas que poseen los equipos de

alimentación para equipos de telecomunicaciones. Esta detección se programó para que se realizara 15 minutos después de que la alarma se haya activado, tiempo prudente para que se encendiera la planta eléctrica de respaldo.

- *Acoplar los dos sistemas anteriores a un dispositivo capaz de establecer una comunicación a través de una línea telefónica convencional:* El dispositivo de comunicación telefónica fuera de acoplarse con el sistema de sensado de temperatura y de detección de falla de energía, se diseñó en la misma tarjeta, con el propósito de tener todo en un mismo dispositivo. Esto se logró con la implementación del codificador de tonos MT8888 y la interfaz telefónica que proporciona el integrado MC34014. Adicional a esto, se implementó dos tipos de comunicación telefónica, mediante mensajes de voz y por medio de transmisión de datos codificados.
- *Diseñar el circuito de alimentación del sistema, pues este debe funcionar así la red eléctrica del lugar haya fallado:* El módulo de alimentación fue diseñado para trabajar con un voltaje nominal de 48v, debido a que este voltaje es el proporcionado por los equipos de energía de la empresa y es el mismo que proporcionan los bancos de baterías cuando se realiza la transferencia de carga en el momento que falla la energía de la red comercial.
- *El sistema debe tener un medio de visualización que indique el tipo de anomalía y la hora en que ocurrió, junto con una sirena que será activada en el lugar:* Para lograr esto, se implementó una display de cristal líquido (LCD) en el que se visualiza dicha información. Adicional a esto, se desarrolló un sistema de visualización remoto, para obtener estos mismos datos en el centro de gestión de alarmas en las oficinas de Telecom Ceibas, para ello se diseñó un dispositivo receptor de datos, cuya función es decodificar la información recibida, y transmitirla vía serial a un PC, para ser visualizada por medio de la aplicación Hyperterminal de Windows y consignada en un archivo de texto para su posterior análisis. En el momento que la información es visualizada, se activa una pequeña sirena que se instaló en las cercanías del PC.
- *Al registrarse una alta temperatura, se debe contar con un mecanismo de desactivación temporal del equipo a proteger, mientras se desplaza el personal técnico autorizado a la zona:* Este objetivo no fue posible de cumplir, puesto que los equipos a proteger son radios de comunicaciones y equipos de conmutación, que no deben ser apagados en ningún momento puesto que son esenciales dentro la red de telecomunicaciones. Para ello los ingenieros asesores del proyecto sugirieron una temperatura crítica, para la cual se debe de activar la alarma, de tal forma que proporcione el tiempo necesario para que los técnicos arriben a solucionar la falla. Esta temperatura se estableció en 26 °C.

Fuera de los anteriores requisitos que el proyecto debía de cumplir, el sistema se diseñó para poder detectar el momento en que la planta eléctrica del lugar a monitorear se encendiera, esta característica fue propuesta por el profesional del área de energía durante el transcurso de la pasantía, como también la capacidad de alertar cuando la falla ha sido corregida y el sistema ha vuelto a la normalidad. Estas sugerencias fueron atendidas e implementadas en el proyecto.

6. RECOMENDACIONES, PROBLEMAS Y SOLUCIONES

El sistema de alarmas remoto se diseñó con un hardware, de tal forma que con pequeños cambios permitiera en un futuro realizar ciertas mejoras del sistema.

Para expandir la gama de alarmas que puedan ser detectadas, es necesario tener una memoria de voz de mayor capacidad, en donde se puede utilizar un chip de la misma línea ISD de hasta 2 minutos de grabación (ISD25120) para los mensajes de las diversas alarmas.

Se puede pensar también en un mecanismo para que desde cualquier teléfono fijo o móvil se pueda verificar el estado de la alarma de alguna población, de tal forma que permita a cualquier funcionario autorizado marcar hacia la línea en donde se encuentra conectado el dispositivo emisor, y luego de haber marcado cierto código en el teclado telefónico, el sistema a través de un mensaje de voz le indique si efectivamente se encuentra activa alguna alarma o si por el contrario hay total normalidad.

También se podría pensar en la implementación de un futuro control en la transmisión de datos al módulo receptor, de tal forma que cuando la transmisión sea exitosa el dispositivo receptor devuelva un código por medio de tonos DTMF al receptor indicando así el final de la comunicación. De esta forma el emisor retransmitiría la información hacia el receptor, si y solo si, dicho código no es recibido después de cierto tiempo. Lo anterior es útil cuando el sistema ya se encuentre instalado en un número significativo de poblaciones, de tal forma que se tenga una alta probabilidad de encontrar la línea del receptor ocupada recibiendo información de una alarma, cuando se quiere transmitir datos hacia ella sobre un evento ocurrido en otra población.

Para la gestión de la recepción de las alarmas desde un PC, se puede desarrollar una aplicación que suministre más servicios que el Hyperterminal de Windows, en donde fuera de visualizar y archivar la información, la consignara en alguna hoja de cálculo o en una base de datos, dejándola lista para su futuro análisis.

El principal inconveniente en el desarrollo del sistema, fue el proceso de las señales análogas que interactúan con la línea telefónica, puesto que se requería de un buen acople entre el dispositivo emisor con la línea, para evitar la atenuación y el ruido en los tonos multifrecuencia a transmitir. Generalmente para solucionar este problema se utiliza una etapa de amplificación y filtrado antes de la transmisión o recepción de cualquier señal, solución que implica un considerable aumento en la electrónica del proyecto. El anterior problema fue solucionado con la implementación de la interfaz telefónica que proporciona el integrado MC34014, el cual posee una circuitería interna especial para el tratamiento de la emisión y recepción de este tipo de señales, sin mencionar su bajo costo y fácil configuración.

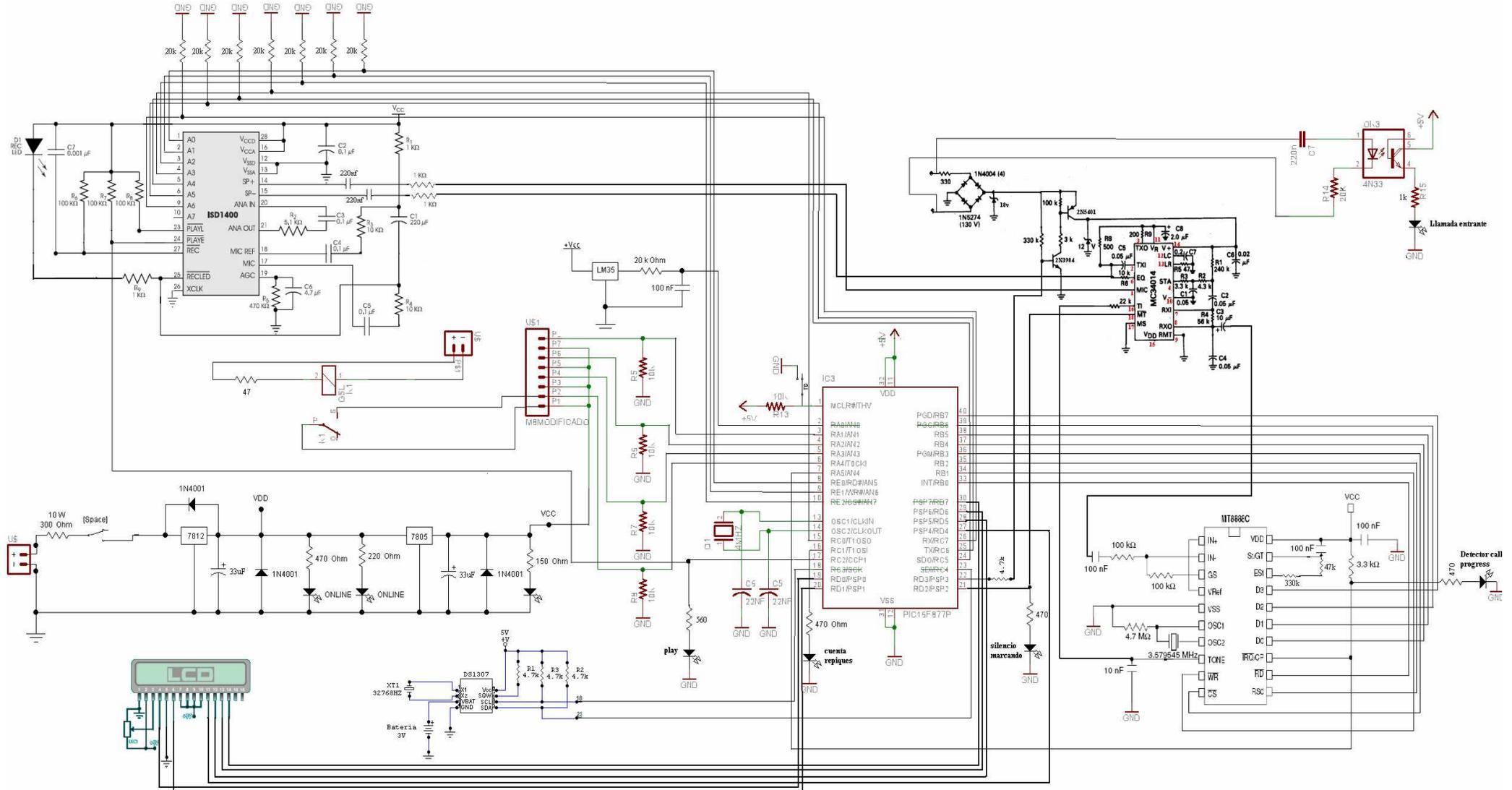
Otro problema que se encontró, fue lograr la detección exacta del momento en que un abonado contesta una llamada telefónica, característica necesaria para la reproducción del mensaje de alarma. Esto se lograba contando los tonos de repique o

de timbre, que devuelve la central en el momento que se está estableciendo una comunicación telefónica (máximo 12 repiques), de tal forma que cuando dichos tonos cesaban, se asumía de que la llamada había sido contestada y si la cuenta de tonos superaba un total de 12, se asumía que la comunicación no fue realizada. El problema de este método tiene que ver con el periodo de la señal que corresponde al tono de repique, dicho periodo tiene un tiempo total de 4 segundos, 1 segundo de activación por 3 de silencio, lo que significa que el sistema tiene un rango demasiado amplio de detección del tono (4seg), tiempo en que perfectamente un usuario puede contestar, y al no escuchar ningún mensaje, volver a colgar la línea. Otra solución posible a este problema, es detectar el cambio de polaridad que se produce en el voltaje de línea, cuando un abonado llama a otro y este efectivamente le contesta. El problema con esta solución radica en que actualmente las únicas líneas que poseen esta característica eléctrica son las de los teléfonos monederos, debido a que es utilizada para efectos de tarificación, y en caso de utilizar este método se debería de programar a nivel de conmutación cada línea en donde se quiera instalar el sistema, haciéndolo poco práctico e inflexible, sin contar con la electrónica extra para la detección del cambio de polaridad. Por las anteriores razones se decidió reproducir el mensaje cíclicamente en el momento en que se recibe el primer tono de repique y durante el tiempo que duran en generarse los doce tonos máximos permitidos (48seg), de esta forma el abonado al contestar escucha el mensaje las veces que sea necesarias hasta lograrlo comprender en su totalidad, para luego colgar la línea.

BIBLIOGRAFÍA

- Fabricante de hardware y software para protocolos de comunicaciones
<http://www.alcatel.com/>
- Información sobre el reloj DS1307
<http://www.maxim-ic.com/>
- Fabricante de dispositivos para sistemas de seguridad.
www.seco-larm.com/
- Hoja de datos del MT8888
<http://www.Zarlink.com>
- Información sobre el PIC 16F877A:
<http://www.microchip.com>
- Hoja de datos del sensor LM35A
http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/L/M/3/5/LM35.shtml
- Comunicaciones series asíncronas:
<http://www.iearobotics.com/proyectos/cuadernos/ct1/ct1.html#Noticias|ou>
- Red de telefonía básica conmutada
http://www.crt.gov.co/crt_2001-2004/documentos/biblioteca/InformeFinalInalambricasCRT.PDF
- Programación de LCDs
<http://www.x-robotics.com/rutinas.htm#LCD>
- ALVAREZ, Erika del Rocio. Sistema electrónico dosificador de alimento para la producción de alevinos aplicado a la piscicultura. Neiva: Universidad Surcolombiana, 2005.
- Rodríguez, Rolando y Gutiérrez Manuel. Diseño, construcción y montaje de un sistema de monitoreo para la seguridad de armarios telefónicos de la ciudad de Neiva. Neiva: Universidad Surcolombiana, 2004.

ANEXO A. PLANO DEL MODULO EMISOR



ANEXO B. PLANO DEL MODULO RECEPTOR

