

REDISCADOR DTMF

**DANIEL EDUARDO NAVAS BARAJAS
LUIS ALFONSO CASTAÑEDA HERNANDEZ**



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESPIALIZACION EN TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2008**

RESDISCADOR DTMF

**DANIEL EDUARDO NAVAS BARAJAS
LUIS ALFONSO CASTAÑEDA HERNANDEZ**

**MONOGRAFIA PARA OPTAR POR EL TITULO DE
ESPECIALISTA EN TELECOMUNICACIONES**

**RAUL RESTREPO AGUDELO
INGENIERO ELECTRICO
MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES**



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA**

2008

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, Febrero 13 de 2008

A Dios
Daniel Eduardo Navas Barajas

A Dios mi padre creador que con su luz de amor ha bendecido mi vida y a mis
padres creadores de la vida que tanto lucho por merecer.

Luis A. Castañeda H.

AGRADECIMIENTOS

A Raúl Restrepo Agudelo, por su apoyo e iniciativa en el desarrollo de este trabajo y todos sus conocimientos.

A la Universidad Pontificia Bolivariana por todo el apoyo que nos ha brindado, por la financiación de este proyecto y su contribución en la realización.

A todos los que de una u otra manera han aportado su conocimiento para la realización de este proyecto.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN.....	-14-
OBJETIVOS.....	-15-
1. EL APARATO TELEFÓNICO	- 17 -
1.1 EL CIRCUITO LOCAL	- 19 -
1.1.1 Iniciando una Llamada	- 19 -
1.2 ENVIANDO UN NÚMERO	- 22 -
1.2.1 Discado por Pulsos y tonos.....	- 22 -
1.2.2 La Conexión de los Teléfonos	- 25 -
1.2.3 Llamando el Teléfono.....	- 25 -
1.2.4 Contestando la Llamada	- 25 -
1.2.5 La Conversación	- 26 -
1.2.6 Terminación de la Llamada	- 26 -
2. TONOS DUALES DE MULTIFRECUENCIA (DTMF).	- 27 -
2.1 TIPOS DE CÓDIGOS.....	- 28 -
2.2 FORMAS DE ONDA.....	- 29 -

3.	DISEÑO DEL REDISCADOR	- 33 -
3.1	SEÑALIZACIÓN EN EL INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN.....	- 36 -
3.1.1	Respuestas del sistema.....	- 36 -
3.1.2	Comandos DTMF.....	- 36 -
3.2	CODIFICACIÓN Y DECODIFICACIÓN DTMF.....	- 37 -
3.2.1	Codificación DTMF.....	- 38 -
3.2.2	Decodificación DTMF.....	- 40 -
3.3	INTEGRACIÓN DEL SISTEMA.....	- 44 -
3.3.1	Interface con la línea telefónica.....	- 45 -
3.3.2	Señales eléctricas en la línea telefónica	- 46 -
3.3.3	Recepción de Datos	- 47 -
3.3.4	Rediscador DTMF (Fig. 17).....	- 47 -
3.3.5	Firmware	- 50 -
4.	CONCLUSIONES	- 54 -

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Diagrama de distribución de los pares de frecuencia para DTMF.	- 27 -
Tabla 2. Parámetros principales de los DTMF.	- 31 -
Tabla 3. Pares de frecuencias empleadas para la generación DTMF.	- 39 -

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Circuitos simplificados de aparato telefónico y oficina central.	- 18 -
Figura 2. Transmisor telefónico.....	- 21 -
Figura 3. Pulsos de discado.....	- 24 -
Figura 4. Forma de onda de tonos del código estándar.....	- 29 -
Figura 5. Espectro de los DTMF y de la voz humana.	- 32 -
Figura 6. MC8888CE	- 34 -
Figura 7. PIC16F627A/628A/648A.....	- 34 -
Figura 8. MC34063A.....	- 35 -
Figura 9. 4N35 optoacoplador, Phototransistor Output, With Base Connection	- 35 -
Figura 10. Espectro de las señales DTMF.....	- 40 -
Figura 11. Arquitectura típica de un receptor DTMF	- 41 -
Figura 12. Entorno de la señalización DTMF. Sistema de recepción para las especificación 1151 de British Telecom.....	- 42 -
Figura 13. Diagrama de bloques del MT8888CE.....	- 43 -
Figura 14. Circuito de aplicación.....	- 44 -
Figura 15. Diagrama del sistema de detección y acondicionamiento de descuelgue.	- 47 -
Figura 16. Circuito de aplicación de un detector de tonos DTMF.	- 52 -
Figura 17. Circuito de aplicación.....	- 52 -
Figura 18. Diseño final del rediscador.....	- 53 -

ANEXOS

CD Número 1 contiene:

* Archivos PDF (Datasheets):

- Mt 8888 CE-1
- MC 34063A
- MICROCONTROLADOR 16f628A Microchip
- MICROCONTROLADOR 16F84 Microchip
- 4N34 optoacoplador
- W06M

GLOSARIO

AMPLIFICADOR: dispositivo que permite aumentar o disminuir el valor de una señal (voltaje) determinado de una fuente en particular.

DTMF: tonos dobles de frecuencia múltiple

OPTOACOPALDOR: Dispositivo capas de acoplar circuitos por medio de luz emitida por un LED.

MICROCONTROLADOR: Un microcontrolador es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de E/S, es decir, se trata de un computador completo en un solo circuito integrado.

TRANSEIVER: Es un dispositivo que posee un transmisor y un receptor dentro del mismo circuito o el mismo encapsulado.

LATCH: Un latch es un circuito electrónico usado para almacenar información en sistemas lógicos asíncronos.

PROTEUS PROFESIONAL 7.1: Software de simulación de circuitos electrónicos versión profesional.

RESUMEN

Rediscador DTMF

Autores: Daniel Eduardo Navas Barajas, Luis Alfonso Castañeda Hernández

Especialización en Telecomunicaciones

Director: Raúl Restrepo Agudelo.

Amplificador, Dtmf, Optoacopador, microcontrolador, Transeiver: Latch, Proteus Profesional 7.1

El sistema de control se encuentra conformado físicamente por los cuatro módulos principales. Cada uno de estos se compone a su vez de submódulos operativos que tienen funciones tan importantes como; acondicionamiento de señales, aislamiento físico de la línea telefónica con el sistema de control digital principal, descolgado / colgado de la línea y control de bajo voltaje de los módulos de potencia solo por mencionar algunos.

El microcontrolador requiere de señalización que le indique cuando se levanta la bocina, dicha señalización necesariamente debe primero, ser aislada eléctricamente y acondicionada para después ser entregada a una terminal de entrada del microcontrolador programada previamente como entrada y sensible a cambios de estado (habilitada para provocar interrupciones por cambio de estado de la señal de entrada); esto con la finalidad de poder detectar la intención del usuario de realizar una llamada. Esta etapa es la de detección de llamada.

El modulo direcciona una llamada con señales DTMF a una plataforma de comunicación que en este caso se uso Telecom pero este dispositivo es genérico y direcciona 12 números.

Conclusión.

La arquitectura del sistema se ha presentado para controlar una llamada telefónica desde una línea telefónica fija local conmutada de tonos, que se ejecuta por medio de tarjetas prepago la cual almacena el numero de PIN de la tarjeta y direcciona la llamada utilizando el microcontrolador 16f628 y el MC 8888CE.

SUMMARY

Rediscador DTMF

Authors: Daniel Eduardo Navas Barajas, Luis Alfonso Castañeda Hernandez

Specialization in Telecommunications

Director: Raul Restrepo Agudelo

Amplifier, Dtmf, Optoacoplador, microcontroller, transeiver, Latch, Proteus

The control system is physically conformed by the four main modules. Each one of these is composed in turn of operative sub modules that have very important functions such as: conditional signs, physical isolation of the phone with the main system, digital control for hanging the line and for modules with lower voltages, etc. The microcontroller requires some signs that indicates him if someone pick up the horn, these signs must be electrically isolated and conditioned to be given to an input terminal of the microcontroller.

This input must be sensitive to states variations (these must be enable to produce interruptions if the state in an input have changed), this with the purpose of being able to detect the user's intention of carting out a call. This is what we know as call detection. The designed module redirect a phone call with DTMF signals to a communications platform. For this case TELECOM was used. These was generic and only redirect twelve numbers.

Conclusions:

The architecture of the system has been presented to control a telephone call from a commuted local phone line, that its executed by prepaid phone cards. This module save the pin number of the card and redirect the call using a PIC 16F628 microcontroller and the MC 8888CE.

INTRODUCCIÓN

La codificación por tonos dobles de frecuencia múltiple (DTMF) es muy conocida para el intercambio de información en la forma de grupos binarios representadas en paquetes de cuatro bits, relacionados principalmente con las 16 teclas de los aparatos telefónicos de tonos ó digitales (0-9 *# A B C D).

La señalización telefónica sigue siendo una forma confiable de transmisión de datos la cual ofrece grandes ventajas como lo son una red mundial ya instalada y de uso económico, terminales de usuario económicas y fáciles de usar (aparatos telefónicos), Hardware accesible, etc.

En el mercado existen servicios de carga de equipos telefónicos fijos, por medio de tarjetas prepago las cuales tienen una serie de códigos para poder ejecutar la llamada ya sea a un usuario fijo o a uno móvil; este sistema suele ser económico pero engorroso ya que siempre se deben digitar los mismos códigos.

Por lo anterior se plantea una solución que busca la optimización de los procesos de discado desde un teléfono fijo por medio de servicios de recarga.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un estudio sobre la forma más adecuada de re direccionar una llamada utilizando tarjetas prepago.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Generar algoritmos de control para poder recibir y transmitir tonos DTMF.
- Implementar el equipo más adecuado y económico para transmitir y recibir tonos DTMF.

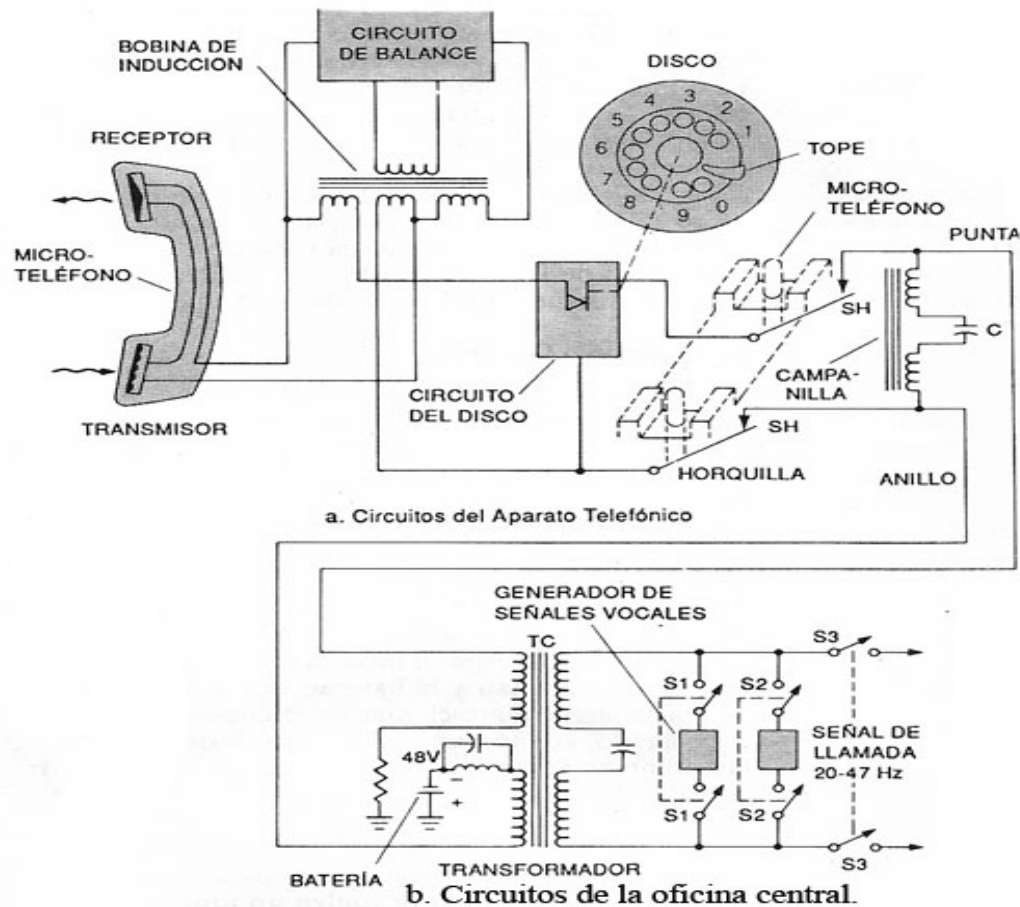
1. EL APARATO TELEFÓNICO

Un aparato telefónico se usa para originar y recibir llamadas telefónicas. El aparato es simple en su apariencia, pero realiza una cantidad sorprendente de funciones. Las más importantes son las siguientes:

1. Solicita el uso del sistema telefónico al levantar el microtelefono.
2. Indica que el sistema está disponible para el uso al recibir un tono, llamado tono de discar.
3. Envía al sistema el número telefónico a llamar. Este número se inicia por la persona que llama al marcar el número por medio del teclado o al girar el disco.
4. Indica el estado de la llamada en ejecución al recibir tonos que indican este estado (llamando, ocupado, etc.)
5. indica una llamada entrante al teléfono llamado por medio de una campanilla o de otros tonos audibles.
6. Transforma el lenguaje de un abonado (una persona que llama) en señales eléctricas para su transmisión a otro abonado a través del sistema.
Transforma las señales eléctricas recibidas de un abonado distante al lenguaje para otro abonado (la persona llamada).
7. Ajusta automáticamente los cambios en la fuente de alimentación que recibe.
8. Señala al sistema cuando una llamada ha terminado al colgar la persona que llama el microtelefono.

Para que un teléfono preste alguna utilidad, debe estar conectado a otro teléfono. En los primeros días de la existencia del teléfono, los teléfonos estaban conectados uno al otro, sin conmutadores. A medida que la cantidad de teléfonos aumentó, esto resultó poco práctico y se estableció una central u oficina de conmutación para atender las conmutaciones y otras funciones.

Figura 1. Circuitos simplificados de aparato telefónico y oficina central.



[Citado el 10 de febrero del 2008]. Disponible en Internet:

<URL: http://www.sapiensman.com/old_wires/telefonos.htm>.

1.1 EL CIRCUITO LOCAL

El teléfono de cada abonado está conectado a una central que contiene equipos de conmutación, equipos de señalización y baterías que suministran corriente continua para hacer funcionar el teléfono como vemos en la Figura 1. Cada teléfono está conectado a la central por medio de un lazo local de dos conductores, denominados un par. Uno de los conductores se llama T (del inglés tip) y el otro se llama R (del inglés ring), términos que se refieren a las partes de punta (tip) y anillo (ring) del conector (plug) usado en los tableros de conmutación antiguos.

Las llaves en la central responden a los pulsos del discado o los tonos del teléfono que llama para conectar el mismo al teléfono llamado. Cuando se haya establecido la conexión, ambos teléfonos se comunican por medio de lazos acoplados por transformadores, utilizando la corriente suministrada por las baterías de la central.

1.1.1 Iniciando una Llamada

Cuando el microtelefono del teléfono descansa en la horquilla, el peso del microtelefono aprieta los botones de la llave del mismo hacia abajo y las llaves están abiertas. Esta es la posición de “colgado”. El circuito entre el microteléfono y la central está abierto; sin embargo el circuito de llamada (campana) del teléfono está siempre conectado a la central, como vemos en la Figura 1. El capacitor, C, bloquea la circulación de la corriente continua de la batería, pero deja pasar la señal de la campana de corriente alterna. El circuito de la campana ofrece una impedancia elevada para las señales de voz de tal manera que no tiene ningún efecto sobre ellos.

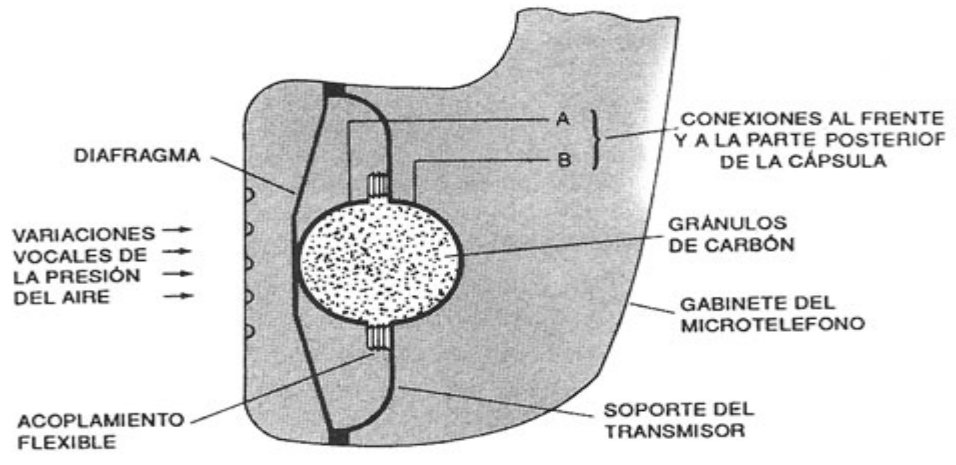
Cuando se retira el tubo de su asiento, los botones provistos de resortes se levantan y la llave se cierra. Esto completa el circuito a la central y la corriente circula en el circuito. Esta es la condición de descolgado.

Los términos de colgado, descolgado y colgar provienen de las primeras épocas del teléfono cuando el receptor estaba separado y se colgaba de un gancho cuando no estaba en uso. Esto explica también por qué mucha gente se refiere aún hoy como tubo al microteléfono actual.

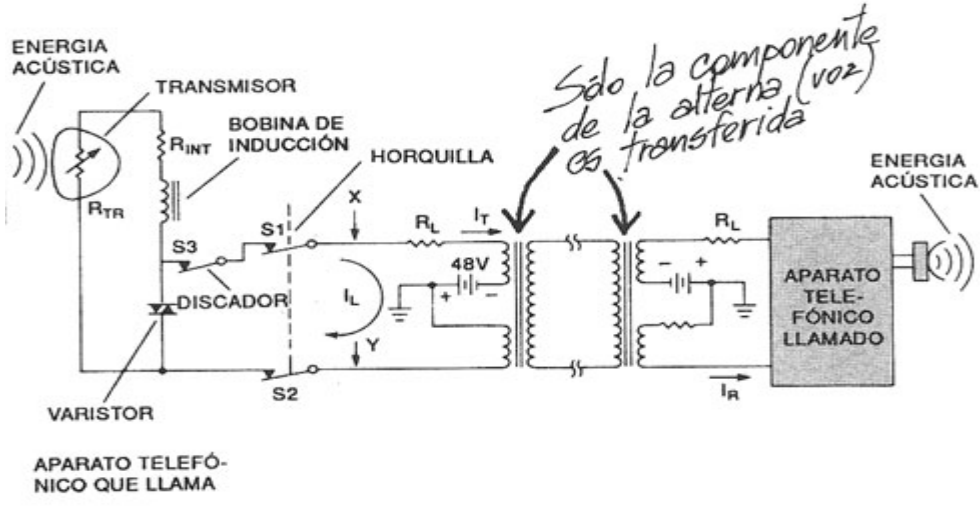
La señal de descolgado informa a la central que alguien quiere hacer una llamada. La central devuelve un tono de discar al teléfono llamado para comunicar a la persona que llama que la central está dispuesta a aceptar un número telefónico. El número telefónico puede ser referido también como una dirección.

La parte del teléfono con la que una persona habla, se denomina trasmisor. El mismo convierte la voz (energía acústica) en variaciones de corriente eléctrica (energía eléctrica) que se pueden transmitir a través de sistemas de transmisión hasta el receptor del teléfono llamado. El transmisor telefónico más común que se usa actualmente, en principio, es igual al que inventó hace unos cien años Thomas A. Edison.

Figura 2. Transmisor telefónico



a. Construcción



b. Circuito Simplificado

[Citado el 10 de febrero del 2008]. Disponible en Internet:

<URL: http://www.sapiensman.com/old_wires/telefonos.htm>

Tal como se observa en la figura 2, el transmisor consiste en una cápsula pequeña de dos piezas, llena con miles de gránulos de carbón. El frente y la parte posterior son conductores metálicos que se encuentran aislados entre sí. Un lado de la cápsula se mantiene fijo por medio de un soporte que es parte del gabinete del microteléfono.

El otro lado está unido a un diafragma que vibra en respuesta a las variaciones de presión del aire producido por la voz que recibe. Si los gránulos son obligados a acercarse más apretadamente, la resistencia de la cápsula disminuye. En cambio, si la presión sobre los gránulos es reducida, se alejan más y la resistencia aumenta. La corriente que circula a través de la cápsula del transmisor varía debido a las variaciones de la resistencia y de esta manera, la presión variable del aire que representa el habla, se convierte en una señal eléctrica variable, apta para ser transmitida al abonado que llama. Otros transmisores de carbón pueden tener diferencias en su construcción, pero su funcionamiento es igual.

1.2 ENVIANDO UN NÚMERO

Algunos teléfonos envían sus números telefónicos por medio de pulsos de discado, mientras que otros lo hacen por medio de tonos de audio.

1.2.1 Discado por Pulsos y tonos.

Los teléfonos que usaban el discado por pulsos, poseían un disco rotativo arrollado por un resorte, de 10 agujeros para los dedos, espaciados en forma equidistante como se observa en la Figura 1, que abrían y cerraban el circuito local en un ritmo predeterminado. La cantidad de pulsos de discado que resultan de una operación del disco está determinada por cuanto se gira el disco antes de soltarlo. Los pulsos de discado fueron concebidos originariamente para operar sistemas de conmutación electromecánicos. La inercia mecánica asociada con tales sistemas fijó el límite superior en el ritmo de funcionamiento de unas diez

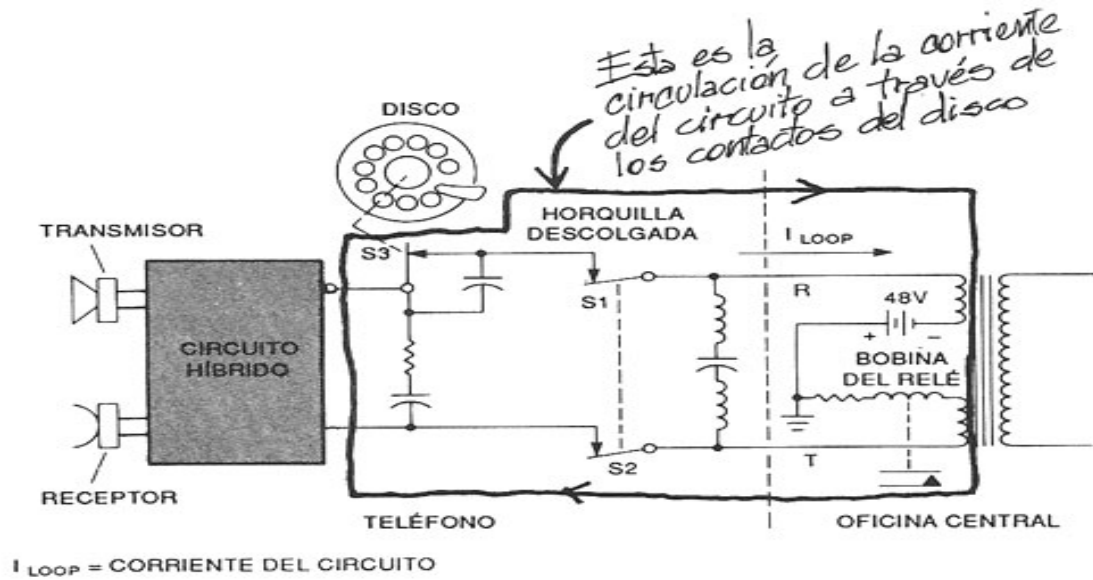
operaciones por segundo. De esta manera, los discos rotativos mecánicos de los teléfonos fueron diseñados para producir una tasa nominal de diez pulsos por segundo.

Si bien todas las facilidades de las redes telefónicas son actualmente compatibles con los teléfonos con discado por pulsos, las normas presentes prevén el uso generalizado del discado por tonos.

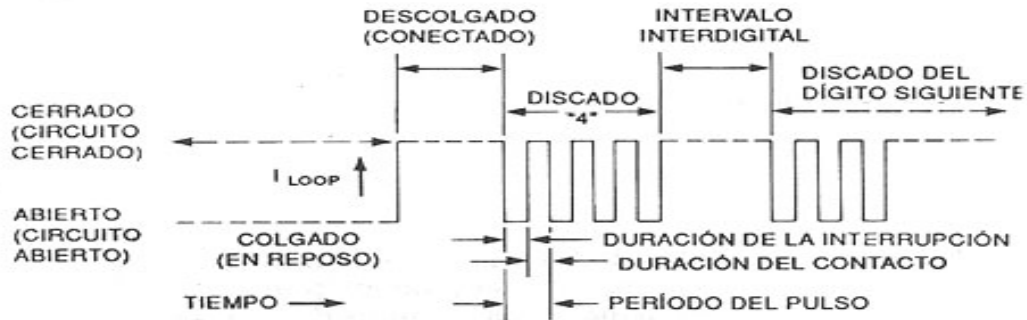
Doble Tono de Frecuencia Múltiple (DTMF) = Señalización por Multifrecuencias Vocales.

La mayoría de los teléfonos modernos emplean el método más nuevo de usar tonos de audio para enviar el número telefónico. Esto sólo se puede usar si la central está equipada para procesar los tonos, que en la actualidad es el estándar telefónico. En lugar del disco rotativo, estos teléfonos tienen un teclado con 12 teclas para los números del 0 al 9 y los símbolos * (asterisco) y # (numeral). Al apretar una de las teclas, un circuito electrónico genera dos tonos de salida que representan el número.

Figura 3. Pulsos de discado.



a. Circuito del Disco con la Horquilla Cerrada



b. Temporización de los Pulsos de Discado (para "4")

Período del Pulso	= Duración de la Interrupción + Duración del Contacto (100 Milisegundos Nominal)
Frecuencia del Pulso	= Pulsos por Segundo = $1000 \div \text{Período del Pulso (MS)}$
Porcentaje de la Interrupción	= $100 \times \text{Relación de Interrupción}$
Intervalo Interdigital	= $100 \times \text{Relación de Interrupción} + \text{Período del Pulso}$ = 700 Milisegundos Nominal (puede variar entre 600 y 900 ms, según sistema).

c. Temporización de los Pulsos de Discado (para "4")

[Citado el 10 de febrero del 2008]. Disponible en Internet:

<URL: http://www.sapiensman.com/old_wires/telefonos.htm>

1.2.2 La Conexión de los Teléfonos

La central posee varias llaves y relés, o su equivalente funcional en tecnología de circuitos integrados en la actualidad, que conectan automáticamente los teléfonos del que llama con el teléfono llamado. Por ahora, asuma que la conexión ha sido realizada.

Si el tubo del teléfono llamado está descolgado cuando se intenta hacer la conexión, la central genera un tono de "ocupado" y lo envía al teléfono que llama. En el caso contrario, una señal de llamada es enviada al teléfono llamado para advertir al usuario que le espera una llamada. Al mismo tiempo, una señal de retorno es enviada al teléfono que llama para indicar que el teléfono llamado está sonando.

1.2.3 Llamando el Teléfono

Los circuitos telefónicos primitivos eran de punto a punto (sin conmutación), y el llamador obtenía la atención de la otra parte levantando el tubo y gritando "Hello" o "A hoy". Esto no era muy satisfactorio y pronto se inventaron distintos dispositivos para obtener dispositivos de señalización automática. Uno que está aún en uso hoy es el "llamador polarizado" o campana que fue patentado en 1878 por Thomas A. Watson (el asistente de Graham Bell). Dispositivos electrónicos de llamada reemplazan rápidamente los llamadores polarizados en diseños nuevos de teléfonos.

1.2.4 Contestando la Llamada

Cuando el abonado llamado descuelga el microteléfono en respuesta a una llamada, el circuito hacia este teléfono se completa al cerrar su llave en el aparato y la corriente del circuito circula por el teléfono llamado. Entonces la central retira la señal de llamada y el tono de retorno del circuito.

1.2.5 La Conversación

La parte del teléfono en la cual una persona habla se denomina transmisor. El transmisor convierte el lenguaje (energía acústica) en variaciones de una corriente eléctrica (energía eléctrica) por medio de la variación o modulación de la corriente del lazo de acuerdo con la conversación de la persona que habla.

La parte del teléfono que convierte las variaciones de la corriente eléctrica en sonido que una persona puede escuchar se llama receptor. La señal producida por el transmisor es llevada por las variaciones de la corriente del lazo al receptor de la persona llamada. También, una pequeña parte de la señal del transmisor es realimentada al receptor de la persona que habla. Esto se llama "tono lateral" o "ruido local". El tono lateral es necesario para que la persona que habla pueda escuchar su propia voz del receptor para poder determinar cuán fuerte está hablando. El tono lateral debe tener un nivel adecuado, porque un tono lateral muy fuerte puede causar que la persona hable demasiado despacio para tener una buena recepción del otro lado. A la inversa, un tono lateral muy bajo causará una voz demasiado fuerte que puede parecer un grito del otro lado del receptor.

1.2.6 Terminación de la Llamada

La llamada es terminada cuando cualquiera de las partes cuelga el microteléfono. La señal de "colgado" indica a la central liberar las conexiones de la línea. En algunas centrales, la línea queda liberada cuando cualquiera de las partes cuelga. En otras, la conexión es liberada solo cuando el abonado que llamó, cuelga.

2. TONOS DUALES DE MULTIFRECUENCIA (DTMF).

DTMF significa: Tonos Duales de multifrecuencia. Una señal DTMF generada por cualquier dispositivo, es en sí la suma de dos ondas sinusoidales con diferentes frecuencias.

Un sistema de este tipo (como el del teléfono) usa pares de tonos para representar los diferentes números del teclado, es decir, existe un par de tonos asociado a cada botón, un *tono bajo* y un *tono alto*. En la figura siguiente se muestra la distribución de frecuencias en un teclado completo, los *tonos bajos* varían con la línea horizontal, mientras que los *tonos altos* lo hacen con la vertical.

Tabla 1. Diagrama de distribución de los pares de frecuencia para DTMF.

	1209 Hz.	1336 Hz.	1477 Hz.	1633Hz.
697 Hz.	1	ABC 2	DEF 3	A
770 Hz.	GHI 4	JKL 5	MNO 6	B
852 Hz.	PRS 7	TUV 8	WXY 9	C
941 Hz.	*	Oper 0	#	D

2.1 TIPOS DE CÓDIGOS.

Los tonos DTMF se dividen en dos tipos de códigos; el código estándar y el extendido. El código estándar de DTMF comprende los números (0-9) y los símbolos * y #; mientras que el código extendido agrega al código estándar las letras (A-D). Sin duda el código estándar es el más usado en la industria, principalmente por su aplicación en los teléfonos; en nuestro país, se ha incrementado el uso de los tonos gracias a la conversión de líneas analógicas por digitales, permitiendo aplicaciones de selección automática de opciones en empresas bancarias, así como en el servicio información a clientes y/o usuarios de empresas principalmente.

El código extendido fue creado en la red telefónica *Autovon* del ejército de los Estados Unidos. El uso que se le daba a este código era para establecer un nivel de prioridad en la llamada (siendo "A" el más alto nivel de prioridad), permitiendo así cortar una llamada, de cierta línea telefónica, con un cierto nivel de prioridad menor al de la llamada entrante. Actualmente estos botones se usan principalmente en aplicaciones especiales como repetidores de radio amateur para su control de señalización. Los MODEMS y los circuitos de DTMF están tendiendo a incluir estos tonos, aunque todavía no están siendo usados en servicios públicos generales, por lo que pasarán años antes de que estos tonos se puedan usar en líneas de servicios de información a clientes (entre otros), debido a que dichos sistemas deben ser compatibles con el código de 12 dígitos.

En la tabla 1. Se puede observar cuando se presiona el número 3 (por ejemplo) se genera una suma de dos ondas sinusoidales con frecuencias de 697 y 1477 Hz. Respectivamente, que son las que representan a dicho número. De esta manera cualquier sistema puede decodificar un número a través de sus frecuencias asignadas.

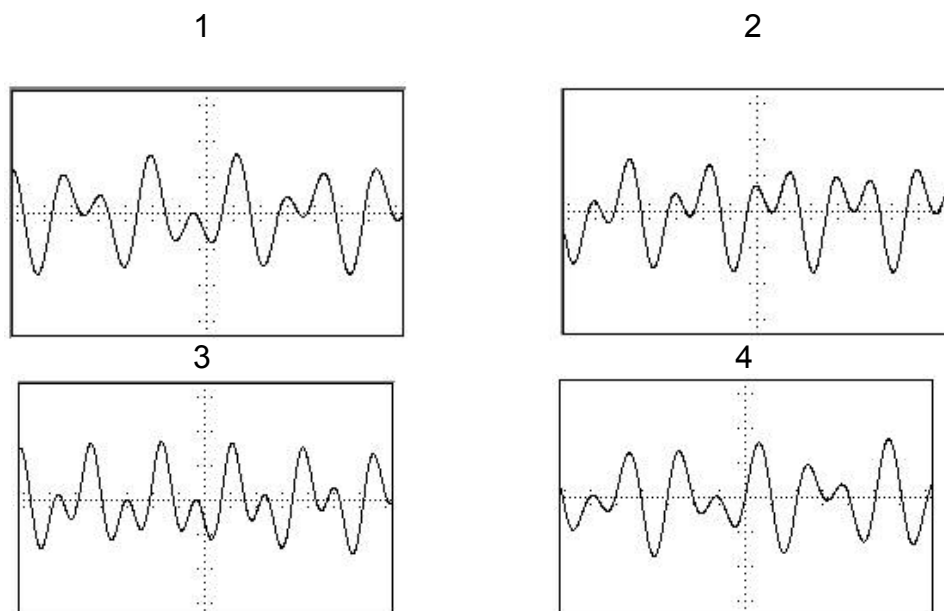
Las frecuencias de los tonos fueron diseñadas para evitar armónicos y otros problemas que pueden surgir cuando dos tonos son enviados y recibidos. Es muy importante asegurar una transmisión y recepción precisa, libres de errores en el proceso de comunicación de transmisor-receptor para que un sistema funcione adecuadamente, por lo que los tonos deben estar en un rango de $\pm 1.5\%$ de su valor nominal, la frecuencia alta debe estar, por lo menos, al mismo nivel de potencia que la frecuencia baja; aunque es recomendable que la frecuencia alta esté 3 dB por arriba de la frecuencia baja, con un máximo de 4 dB.

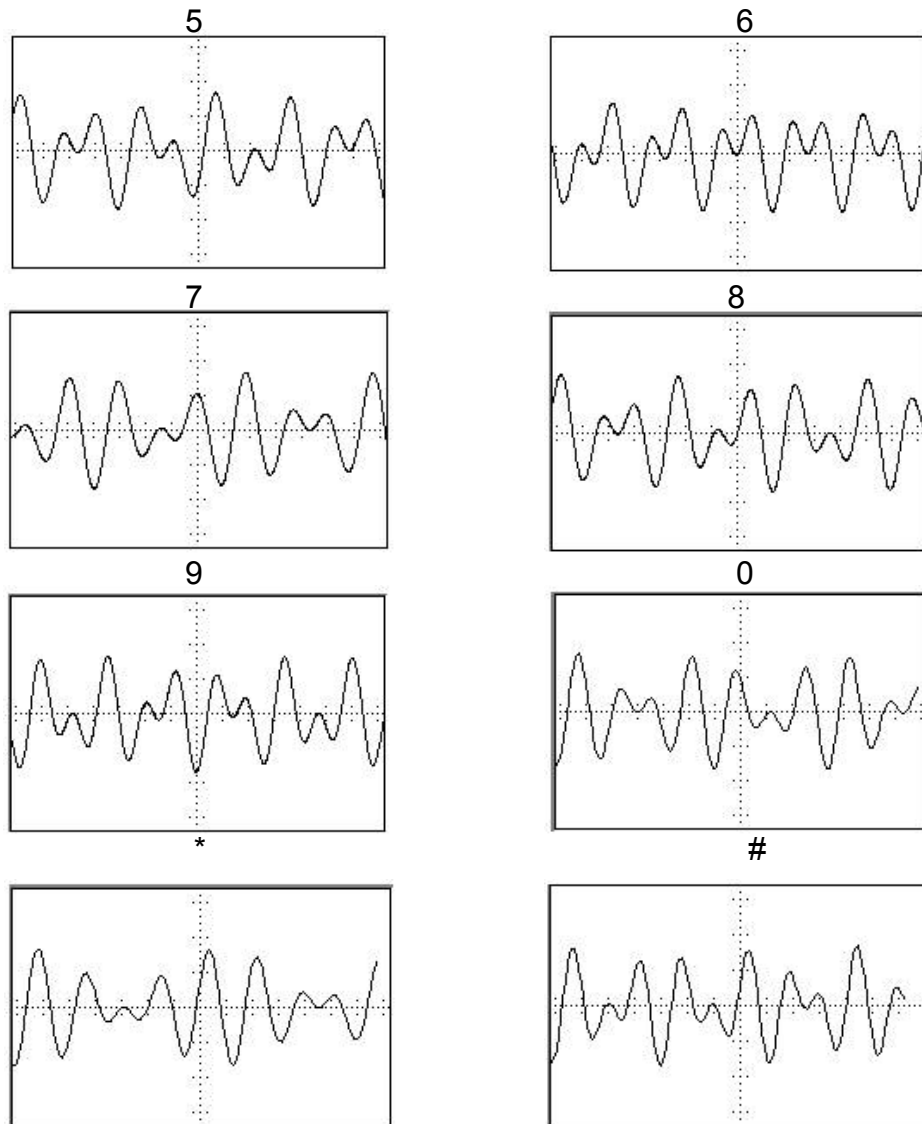
Los decodificadores de DTMF más usados, generan un código binario en su salida, que corresponde al número captado a través de su entrada analógica.

2.2 FORMAS DE ONDA.

Con el fin de enfatizar la diferencia entre las diferentes señales DTMF, a continuación se muestra la forma de onda para la suma de cada par de tonos del código estándar:

Figura 4. Forma de onda de tonos del código estándar.





[Citado el 10 de febrero del 2008]. Disponible en Internet:

<URL: http://www.geocities.com/mario_delarosa/dtmf.html

Cabe mencionar que debido a las características (Tabla 2.) de los tonos DTMF, se pueden utilizar en sistemas de transmisión cuyos requerimientos nos conduzcan a la necesidad de dispositivos confiables (alámbricos e inalámbricos). Además se

observa la versatilidad intrínseca que tienen los tonos DTMF, por lo que pueden ayudar para que un sistema adopte esas mismas características multitareas.

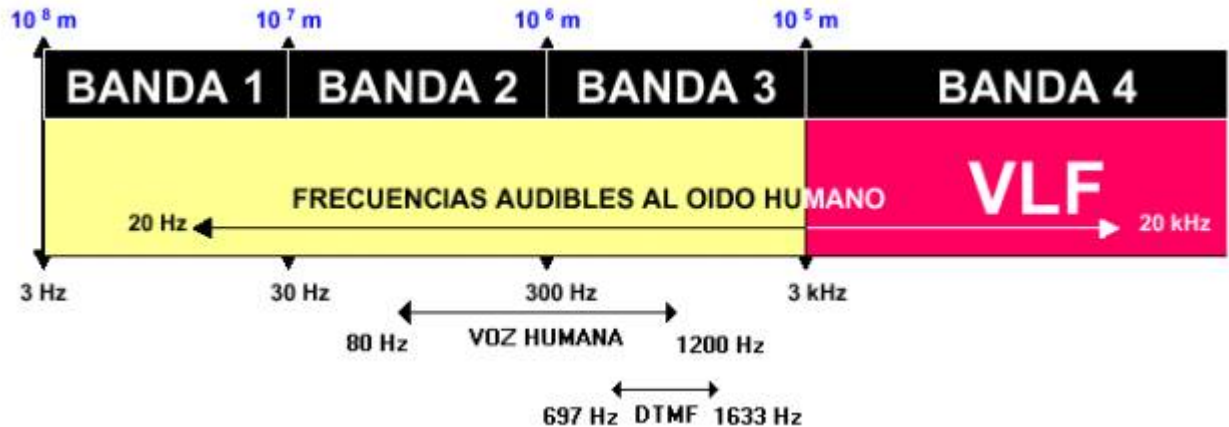
Tabla 2. Parámetros principales de los DTMF.

Parámetros	Valores
Frecuencia de señales.	Grupo bajo: 697, 770, 852, 941 Hz.
	Grupo alto: 1209, 1336, 1477, 1633 Hz.
Tolerancia de frecuencia.	< 1.8%
Niveles de potencia por frecuencia.	0 a -25dBm.
Diferencia de potencia entre señales.	+4dB a -8dB.
Duración mínima de la señal.	40 ms (para ser aceptada).
Pausa mínima entre dígitos.	40ms.
Tolerancia al ruido.	-12dB.
Nivel alto de voltaje de entrada mínimo.	3.5 Volts.
Nivel bajo de voltaje de entrada máximo.	1.5 Volts.
Señal simulada por voz en el sistema.	Para los códigos 0-9, 1 falsa por cada 3000 llamadas. Para los códigos 0-9, *, #, 1 falsa por cada 2000 llamadas. Para los códigos 0-9, *, #, A-D, 1 falsa por cada 1500 llamadas.
Interferencia por ecos.	Debe tolerar ecos retrasados más de 20ms. Y con al menos 10 dB de atenuación.

Al ser utilizados los DTMF en sistemas telefónicos, es muy importante que se eviten los errores por simulación de voz, ya que como vemos en la siguiente figura, algunas frecuencias utilizadas por el sistema corresponden al rango de frecuencias cubiertas por la voz. Se conoce que las frecuencias más bajas

alcanzadas por la voz humana son del orden de 80 Hz, mientras que un soprano puede alcanzar frecuencias de hasta 1200Hz (Figura 5).

Figura 5. Espectro de los DTMF y de la voz humana.



[Citado el 10 de febrero del 2008]. Disponible en Internet:

<URL: http://www.geocities.com/mario_delarosa/dtmf.html

3. DISEÑO DEL REDISCADOR

En el diseño del rediscador lo primero que se debe hacer es analizar las necesidades del sistema para poder determinar qué fin va a cumplir el equipo.

En este caso la necesidad principal es realizar una marcación automática de un número 018000... y recibir los datos de la contestadora:

1. idioma
2. consulta de saldo
3. carga de pin
4. asociar el número telefónico a la tarjeta
5. clave de acceso

Para nuestro caso se analizarán los tiempos de cadencia de la señal para la zona de Bucaramanga es decir el ON y el OFF ya que para el país de Colombia no están estandarizados debido a los diferentes operadores de telefonía local conmutada, por ende los equipos utilizados tampoco.

Este tiempo será tomado una vez sea implementado el equipo ya que según la norma debería ser de 49 a 51 ms de ON y 49 a 51 ms de OFF y con un retardo de transmisión igual al tiempo de on-off es decir 102 ms aproximadamente.

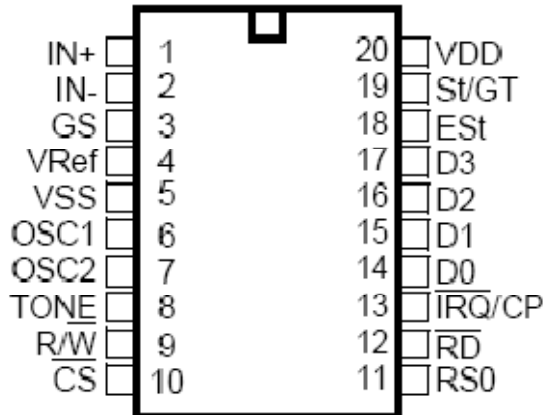
Con base en estos datos se realizarán las simulaciones.

Teniendo en cuenta todos estos parámetros se decidió utilizar los siguientes dispositivos electrónicos:

MT8888C/MT8888C-1 Integrated DTMF Transceiver with Intel Micro Interface. Este integrado recibe y transmite tonos DTMF con una interface para

microcontroladores ya que tiene 4 pines de datos y 4 de control de registro y datos (Figura 6).

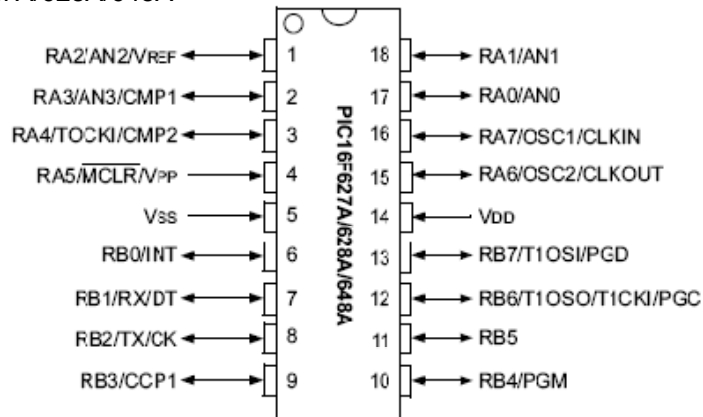
Figura 6. MC8888CE



[Citado el 10 de febrero del 2008]. Disponible en Pdf: **MT8888C/MT8888C-1 Integrated DTMF Transceiver with Intel Micro Interface de MITEL.**

Un Micro controlador PIC 16F628, ya que este es un dispositivo de 18 pines con cristal interno (configurado a 4Mhz) y master-clear interno lo cual permite tener 15 pines de control bidireccional y 1 de entrada modulo USART y CCPM entre otras (Figura 7).

Figura 7. PIC16F627A/628A/648A



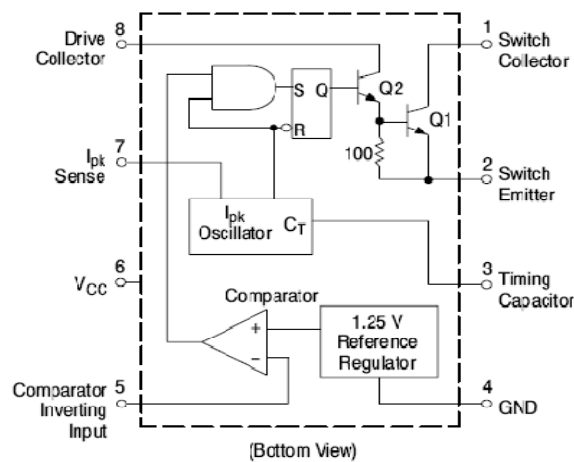
[Citado el 10 de febrero del 2008]. Disponible en PDF: PIC16F627A/628A/648^a Data Sheet FLASH-Based 8-Bit CMOS Microcontrollers de MICROCHIP.

Se utilizara el MC34063A. Este es un circuito de control monolítico que contiene funciones primarias requeridas para conversiones DC-DC.

Este dispositivo consiste en un comparador interno de referencia compensada de temperatura controlando el ciclo útil del oscilador con un limitador de corriente activa y alta corriente de salida del interruptor.

Este dispositivo simulara el voltaje de la línea telefónica para el equipo telefónico.

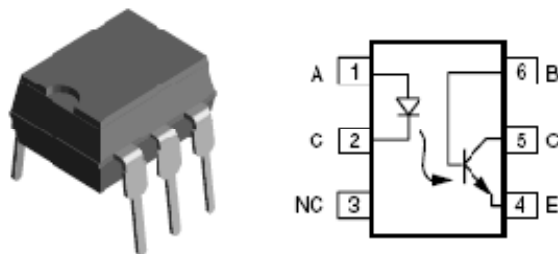
Figura 8. MC34063A



[Citado el 10 de febrero del 2008]. Disponible en PDF: MC34063A, MC33063A, NCV33063A 1.5 A, Step-Up/Down/ Inverting Switching Regulators de ON semiconductor

Un 4N35 será el encargado de detectar cuando el usuario descuelgue el teléfono y se inicie el proceso de detección de números y marcado a la línea 01800...

Figura 9. 4N35 optoacoplador, Phototransistor Output, With Base Connection



[Citado el 10 de febrero del 2008]. Disponible en PDF: 4N35

3.1 SEÑALIZACIÓN EN EL INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN.

El intercambio de información en este sistema se da en dos sentidos; entre el usuario y sistema de control principal por medio de los tonos producidos por el teclado de un aparato telefónico digital (señales DTMF) el cual debe ser local y la guía verbal como respuesta del sistema para llevar a cabo una llamada.

3.1.1 Respuestas del sistema.

Las respuestas del sistema se basan en tonos para indicar al usuario la acción que ha elegido realizar, para confirmar que dicha acción ha sido efectuada o para indicar que la acción ha sido rechazada. Las respuestas e indicaciones del sistema han sido previamente almacenadas en un microcontrolador que genera los diferentes bips (tonos de respuesta de funciones) de confirmación.

Es decir cuando el usuario desea recargar su línea telefónica con una tarjeta prepagada deberá seguir unos pasos para que el dispositivo almacene el PIN de la recarga pero esto se efectúa solo una vez, ya que para llamadas posteriores el rediscador realiza todas estas operaciones.

3.1.2 Comandos DTMF.

Los comandos DTMF tienen como finalidad provocar una acción de programación o requerir información de parte del sistema de control principal. Estos comandos son los siguientes:

*01. (Recarga de PIN). Permite recargar la línea telefónica.

*02. Permite cambiar el tiempo de retardo entre tonos.

*03. (Consulta el saldo de la línea). Permite al usuario consultar el saldo actual que tiene cargado dentro del dispositivo.

3.2 CODIFICACIÓN Y DECODIFICACIÓN DTMF.

Una señal DTMF válida es la suma de dos tonos, uno de un grupo bajo y el otro de un grupo alto, con cada grupo conteniendo cuatro tonos individuales. Las frecuencias de los tonos fueron cuidadosamente seleccionadas de tal forma que sus armónicos no se encuentran relacionados y que los productos de su intermodulación produzcan un deterioro mínimo en la señalización. Este esquema permite 16 combinaciones únicas. Diez de estos códigos representan los números del cero al nueve, los seis restantes (*, #, A, B, C, D) son reservados para señalización especial. La mayoría de los teclados en los teléfonos contienen diez interruptores de presión numéricos mas el asterisco (*) y el símbolo de numeral (#). Los interruptores se encuentran organizados en una matriz, cada uno selecciona el tono del grupo bajo de su fila respectiva y el tono del grupo alto de su columna correspondiente.

El esquema de codificación DTMF asegura que cada señal contiene uno y solo un componente de cada uno de los grupos de tonos alto y bajo. Esto simplifica de manera significativa la decodificación ya que la señal compuesta DTMF puede ser separada con filtros pasa banda en sus dos componentes de frecuencia simples cada uno de los cuales puede ser manipulado de forma individual.

Las teclas de función A, B, C y D son extensiones de las teclas (0-9, *, #) y fueron diseñadas con los teléfonos militares norteamericanos Autovon. Los nombres originales de estas teclas fueron FO (Flash Override), F (Flash), I (Inmediate) y P (Priority) los cuales representaban niveles de prioridad y que podían establecer comunicación telefónica con varios grados de prioridad, eliminando otras conversaciones en la red si era necesario, con la función FO siendo la de mayor

prioridad hasta P la de menor prioridad. Estos tonos son más comúnmente referidos como A, B, C y D respectivamente, todos ellos tienen en común 1633 Hz como su tono alto. En estos días, estas teclas de función son empleadas principalmente en aplicaciones especiales tales como repetidores de radioaficionados para sus protocolos de comunicación, los módems y circuitos de tonos al tacto (touch tone), que también tienen tendencia a incluir los pares de tonos A, B, C, y D. Estos no han sido usados para el servicio público en general, y podría tomar años antes de que pudieran ser incluidas en aplicaciones tales como líneas de información al cliente.

3.2.1 Codificación DTMF.

El esquema de marcado DTMF fue diseñado por los laboratorios BELL e introducido a los Estados Unidos a mediados de los años 60 como una alternativa para la marcación por pulsos o rotatoria. Ofreciendo incremento en la velocidad de marcado, mejorando la fiabilidad y la conveniencia de señalización de punto a punto.

Muchas aplicaciones en las telecomunicaciones requieren de transmisión de señales DTMF para el envío de datos y marcado. El estándar DTMF fue diseñado originalmente por los Laboratorios Bell para su uso en los sistemas telefónicos de AT&T.

Existen varias especificaciones que han sido resultado de el estándar original, las cuales parten de los estándares de AT&T, CEPT, NTT, CCITT y la ITU, etc. Las variaciones de un estándar a otro son típicamente tolerancias en las desviaciones de frecuencia, niveles de energía, diferencia de atenuación entre dos tonos e inmunidad al habla.

Tabla 3.Pares de frecuencias empleadas para la generación DTMF.

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

0= LOGIC LOW, 1= LOGIC HIGH

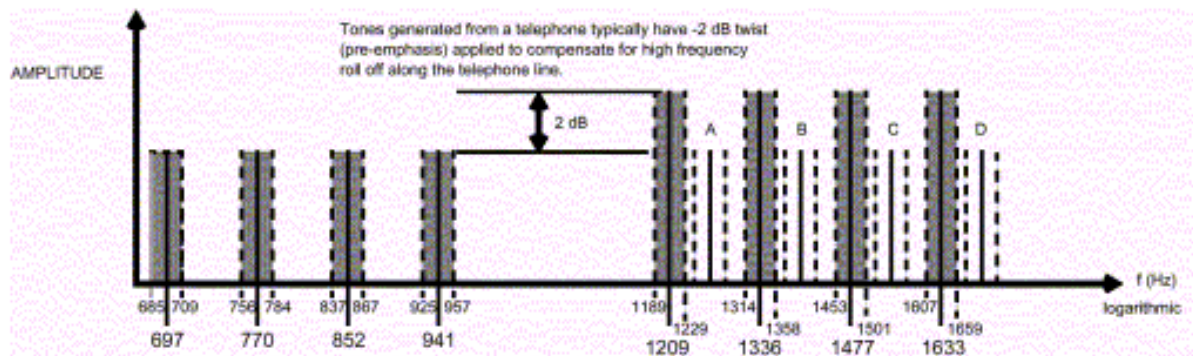
[Citado el 10 de febrero del 2008]. Disponible en Pdf: **MT8888C/MT8888C-1 Integrated DTMF Transceiver with Intel Micro Interface de MITEL.**

Los estándares CCITT se encuentran localizados en las recomendaciones Q.23 y Q.24 en la sección 4.3 del libro rojo de la CCITT, volumen VI, fascículo VI.1.

Las señales DTMF son generadas por un codificador, y son la suma algebraica en tiempo real de dos tonos; uno de baja frecuencia y otro de alta, el tono alto normalmente es de + 1.5 % (2db) con respecto del tono bajo (como se muestra en

la figura 10.) para compensar pérdidas de señal en las largas líneas de conexión con la central telefónica.

Figura 10. Espectro de las señales DTMF.



3.2.2 Decodificación DTMF.

Las especificaciones ITU Q.24 para la detección DTMF son las siguientes:

Tolerancia a la frecuencia: un símbolo válido DTMF debe tener una desviación en frecuencia dentro del 1.5% de tolerancia. Los símbolos con una desviación en frecuencia mayor al 3.5% deberán ser rechazados.

Duración de la señal: Un símbolo DTMF con una duración de 40ms debe ser considerado válido. La duración de la señal no debe ser menor de 23ms.

Atenuación de la señal: El detector debe trabajar con una relación señal-ruido (SNR) de 15db y en el peor caso con una atenuación de 26dB.

Interrupción de la señal: Una señal DTMF válida interrumpida por 10ms o menos no debe ser detectada como dos símbolos distintos.

Pausa en la señal: Una señal DTMF válida separada por una pausa de tiempo de al menos 40ms debe ser detectada como dos símbolos distintos.

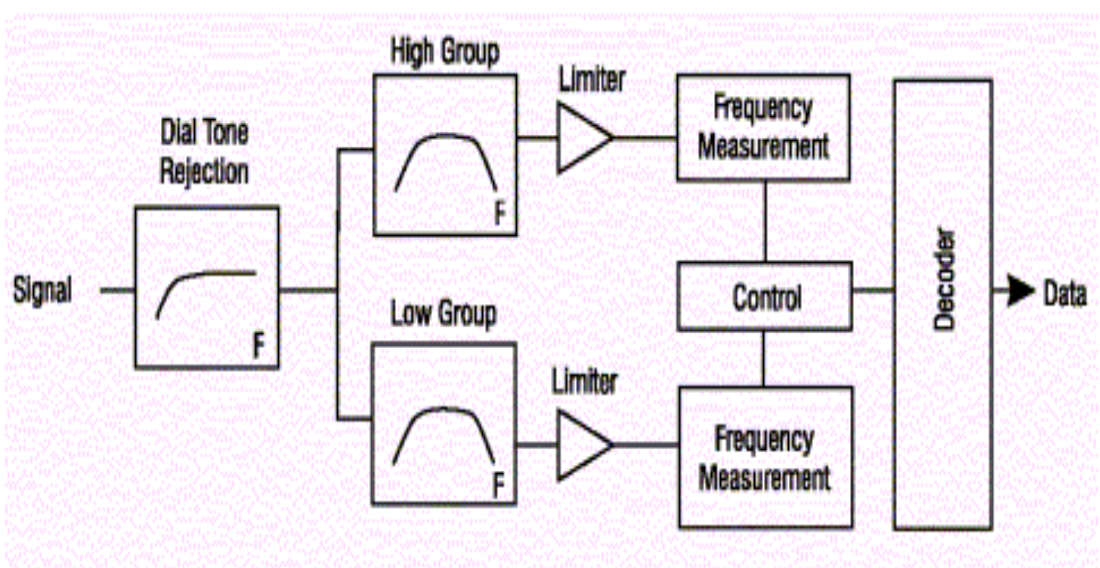
Fase: El detector debe operar con un máximo de 8dB en fase normal y 4dB en fase invertida.

Rechazo al habla: El detector debe operar en la presencia del habla rechazando la voz como un símbolo DTMF válido.

La división de frecuencias en los grupos alto y bajo simplifica el diseño de receptores DTMF como se muestra en la figura 11.

Este diseño particular incluye una aproximación estándar. Cuando se encuentra conectado a una línea telefónica, receptor de radio o cualquier otra fuente de señal DTMF, el receptor filtra el ruido del tono, separa la señal en los componentes de grupos de alta y baja frecuencia para luego medir el cruce por cero promediando los periodos para producir la decodificación de un dígito.

Figura 11. Arquitectura típica de un receptor DTMF

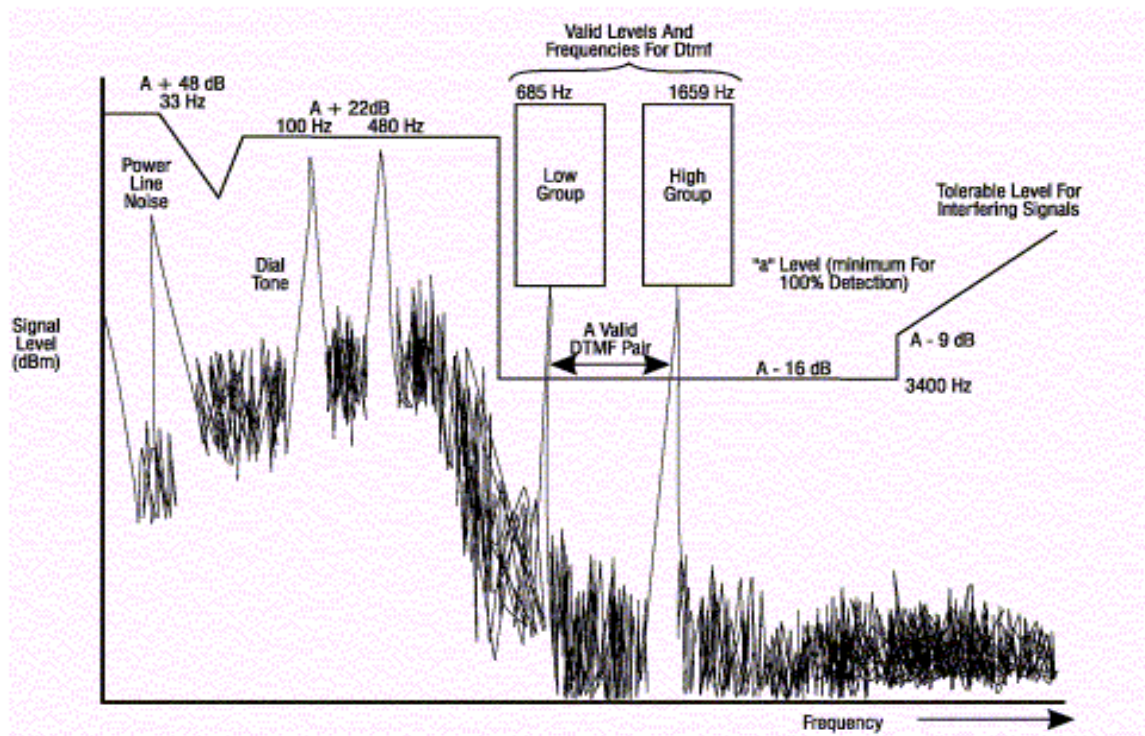


Como se muestra en la figura 11, la detección DTMF se puede ver complicada por la presencia de ruido de línea de 50/60 Hz, tonos de varias frecuencias, ruido aleatorio y otras fuentes de interferencia.

Tratar con estos problemas mientras permanece inmune a la simulación de tonos por voz presenta el más grande reto para los diseñadores de receptores DTMF.

La interferencia de línea tolerable mostrada en la figura 12 es la recomendada por CEPT y es considerada la meta de diseño por los fabricantes de receptores DTMF de calidad.

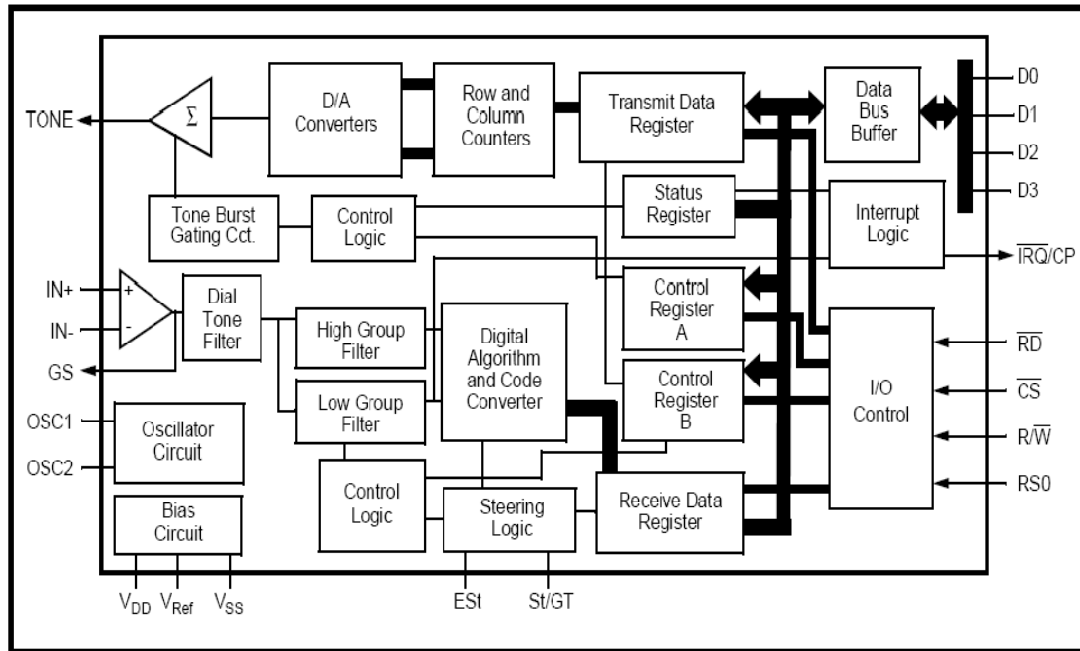
Figura 12. Entorno de la señalización DTMF. Sistema de recepción para las especificación 1151 de British Telecom.



El circuito mostrado en la figura 13. Ilustra el diagrama de bloques del uso de un dispositivo MT8888. Las especificaciones de British Telecom definen las señales de entrada menores de -34 dBm como niveles no operativos.

Esta condición puede ser evitada seleccionando valores adecuados de R1 y R2 para proporcionar una atenuación de 3 dB, de tal forma que la señal entrada de -34 dBm corresponderá a -37 dBm en la terminal de programación de ganancia (GS).

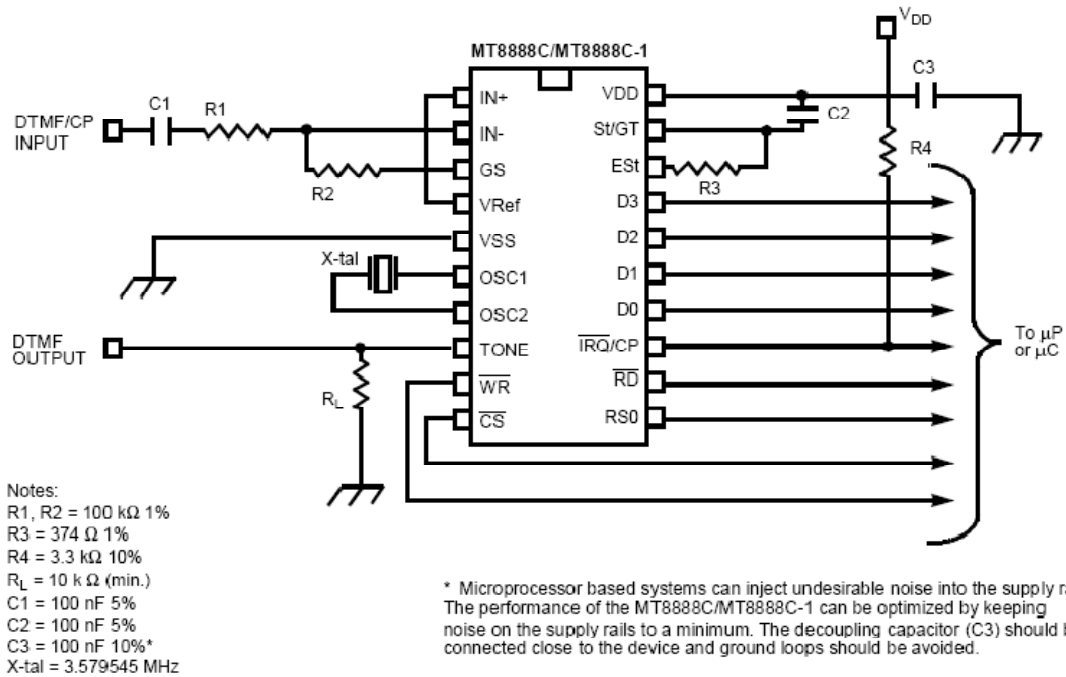
Figura 13. Diagrama de bloques del MT8888CE



[Citado el 10 de febrero del 2008]. Disponible en Pdf: **MT8888C/MT8888C-1 Integrated DTMF Transceiver with Intel Micro Interface de MITEL.**

En el Figura 14. Se muestra el circuito típico que recomienda el fabricante para detectar tonos DTMF los valores de los componentes de R3 y C2 para los requerimientos de tiempo de guarda cuando la tolerancia total de los componentes es del 6%.

Figura 14. Circuito de aplicación



[Citado el 10 de febrero del 2008]. Disponible en Pdf: **MT8888C/MT8888C-1 Integrated DTMF Transceiver with Intel Micro Interface de MITEL.**

3.3 INTEGRACIÓN DEL SISTEMA.

El sistema de control se encuentra conformado físicamente por los cuatro módulos principales indicados anteriormente. Cada uno de estos se compone a su vez de submódulos operativos que tienen funciones tan importantes como; acondicionamiento de señales, aislamiento físico de la línea telefónica con el sistema de control digital principal, descolgado / colgado de la línea y control de bajo voltaje de los módulos de potencia solo por mencionar algunos.

3.3.1 Interface con la línea telefónica.

El microcontrolador requiere de señalización que le indique cuando se levanta la bocina, dicha señalización necesariamente debe primero, ser aislada eléctricamente y acondicionada para después ser entregada a una terminal de entrada del microcontrolador programada previamente como entrada y sensible a cambios de estado (habilitada para provocar interrupciones por cambio de estado de la señal de entrada); esto con la finalidad de poder detectar la intención del usuario de realizar una llamada. Esta etapa es la de detección de llamada.

El sistema de control se encuentra permanentemente conectado a la línea telefónica, esta condición hace necesaria una etapa crucial para la prevención de daños accidentales debidos principalmente a fenómenos meteorológicos, ya que estos son la causa de la mayor parte de los estragos en los sistemas que emplean la infraestructura telefónica instalada, esta etapa es la de protección por sobrecarga.

Una vez descolgada, la línea telefónica el N35 informa al microcontrolador que se está realizando un evento y señaliza al MC8888 para que pueda recibir las señales DTMF del teléfono y enviarlas al sistema de control. Esta característica es necesaria en el sistema ya que la programación y consulta de eventos desde el Transceiver se hace por medio de dichas señales, que son las encargadas de transportar los tonos, que son codificados en información digital reconocible por el microcontrolador.

Luego de validar la información el microcontrolador direcciona al MC8888 con el circuito de salida para realizar la llamada.

Estas cuatro etapas conforman la interfaz física del sistema de control con la línea telefónica y se detallan a continuación:

3.3.2 Señales eléctricas en la línea telefónica

Este módulo es el responsable de acondicionar la señal de descolgado presente en el teléfono, su función es la de mantener un nivel lógico TTL alto cuando esta señal se encuentra presente en la entrada.

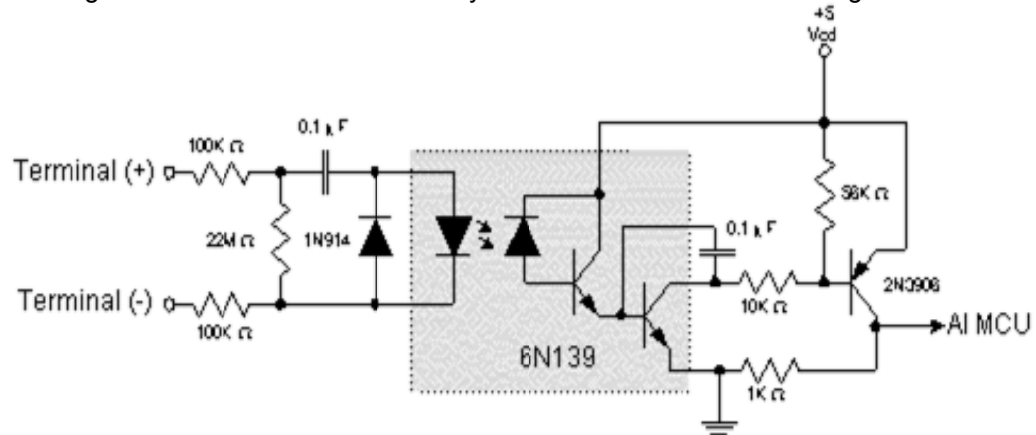
Los cambios de estado generados por este módulo indican que se requiere de respuesta a una petición remota de atención por parte del sistema de control local, este pulso se genera de forma tal que puedan ser reconocidos por el sistema de control dedicado y efectuar la codificación del MC8888 como dispositivo de recepción.

El nivel de voltaje presente antes de descolgar es de + 45 a + 55 voltios de corriente directa, mientras que el descuelgue se presenta como una señal TTL de aproximadamente 5 Voltios presente en la salida del 4N35 todo el tiempo de permanencia del estado.

Las características de las señales presentes en el teléfono dan como condición a seguir para el diseño del circuito de detección de tonos DTMF lo siguiente:

- Detectar el numero al cual se desea llamar ya se fijo local, fijo nacional o celular y guardarlo en memoria flash.
- Discar desde el microcontrolador el número 01800... y enviarlo al MC 8888CE para generar el enlace con la plataforma para luego enviar el número telefónico validad por el programa del microcontrolador.

Figura 15. Diagrama del sistema de detección y acondicionamiento de descuelgue.



[Citado el 10 de febrero del 2008]. Daniel Eduardo Navas Barajas, Luis Alfonso Castañeda Hernández.

3.3.3 Recepción de Datos

En la figura 16. Se puede observar el circuito típico para la recepción de datos con un integrado CM8870. Este circuito fue utilizado en la realización de pruebas de recepción de tonos directamente desde la línea telefónica, la cual se encargo de validar la información y activar o desactivar los circuitos de conmutación externa presentes en el diseño.

Este circuito es una aplicación de los equipos de seguridad que pueden activar sistemas completos o elementos dentro de los mismos a partir de tonos en la línea eléctrica, los cuales al ser validados generan tonos de confirmación y ejecutan una acción específica.

3.3.4 Rediscador DTMF (Fig. 17)

- La alimentación del circuito se obtiene de un adaptador de voltaje que proporcionará una tensión aproximada de entre 8.5V y 9V, dependiendo del

nivel de la red eléctrica. El circuito puede funcionar sin problemas en ese rango de tensiones de alimentación.

- No se utiliza ningún tipo de oscilador externo para el microcontrolador. Por el contrario, aprovechando una de las características innovadoras del PIC16F628, se utiliza su oscilador interno, configurado a 4MHz. La precisión de este oscilador ronda el 1%, perfectamente válido para esta aplicación.
- El relé3 se maneja mediante la salida RA6 del microcontrolador, a través de la etapa de conmutación formada por un transistor, y una resistencia en la base.
- Para evitar daños al transistor y reducir el ruido en las líneas de alimentación durante la conmutación, se utiliza un diodo en la bobina del relé.
- La función del relé, es ocupar o desocupar la línea telefónica, y a la vez, conectar o no el circuito a dicha línea. Cuando se activa el relé, por un lado una resistencia de 390Ω queda conectada entre los dos cables de la línea, lo cual provoca la ocupación de la línea telefónica, y por otro lado, el primario del transformador queda acoplado a dicha línea a través de un filtro de 4.7uF.
- El condensador de 4.7uF tiene por objeto impedir que la tensión continua presente en la línea circule por el transformador, dejando pasar sólo la componente alterna.
- En el secundario del transformador se conecta la señal de salida del MT888CE el cual genera los tonos telefónicos. Esta señal es amplificada

por un transistor NPN el cual desde su colector envía los tonos amplificados por medio de un filtro de 10uF para evitar ruidos o malas señales en el transformador y por ende en la línea telefónica.

- Nótese que este acoplamiento es bidireccional, es decir, permite tanto recibir la señal procedente de la central telefónica, como enviar una señal hacia dicha central.
- Como medida de precaución, dentro del diseño, al conectar el resto del circuito al secundario de TR1, nos aseguramos de que esté aislado galvánicamente de la línea telefónica.
- Para recibir los tonos del equipo telefónico, se diseñó, la etapa formada por el integrado 34062A, el cual actúa como elevador del voltaje de 9v a 45v aproximadamente es decir, ante una señal de voltaje a la entrada del dispositivo, este eleva el valor en una 5 parte, por lo que tendremos una señal de voltaje similar a la señal de voltaje de una línea telefónica normal.
- El estado de la señal proveniente de la etapa anterior es leído por el microcontrolador a través de la entrada RA5. Esta entrada está conectada al opto acoplador el cual cambia de estado de bajo a alto cuando se descuelga el equipo telefónico y así, midiendo el estado podemos discernir si corresponde al tono de línea desocupada o no.
- D1 y D2 actúan como un limitador, el cual está encargado de recortar cualquier señal de tensión excesiva.
- Para conformar la señal sonora que vamos a enviar, el circuito utiliza el pin RB4 del microcontrolador, que unido a unos filtros genera una frecuencia de

417 Hz la cual simula el tono presente en la línea y los tonos pulsantes de ocupado de la línea.

3.3.5 Firmware

- El equipo rediscador está siempre a la espera de un tono de descuelgue para iniciar la validación de los dígitos o del número telefónico que el usuario desea marcar.
- Si el numero es 09 + código de ciudad + número telefónico, acepta el ingreso de datos, redisca y es una llamada nacional.
- Si el numero es 009+código de país + código de área o código de celular + el número telefónico, acepta el ingreso de datos, redisca y es una llamada internacional.
- Si el numero es 03 + el operador+ el numero, acepta el ingreso de datos, redisca y es una llamada celular.
- Si el dato es *#* se trata de una programación del sistema, lo cual implica una validación con el sonido de 3 bips y el ingreso de datos.
- Todo esto es almacenado en el microcontrolador el cual después de validar la llamada realiza el enlace a la plataforma de acuerdo a los parámetros establecidos en la misma y luego envía los datos almacenados del número, todo esto se hace entre 1.5s y 2s. cuando la llamada termina el microcontrolador separa la línea telefónica del equipo telefónico y queda en espera de otra llamada.

- Se utilizó el simulador Proteus profesional, el cual acepta la simulación de dispositivos microcontrolados como los microcontroladores a partir de su archivo .Hex lo cual nos da una gran ventaja para realizar este procedimiento ya que cualquier ensamblador ya sea en assembler o en C genera este tipo de archivo.
- Se utilizó el MicroCode para programar el PIC 16f628 en lenguaje C el cual es más sencillo y rápido de utilizar. En la figura 3. Vemos el diagrama de bloques de la programación del dispositivo.

Figura 16. Circuito de aplicación de un detector de tonos DTMF.

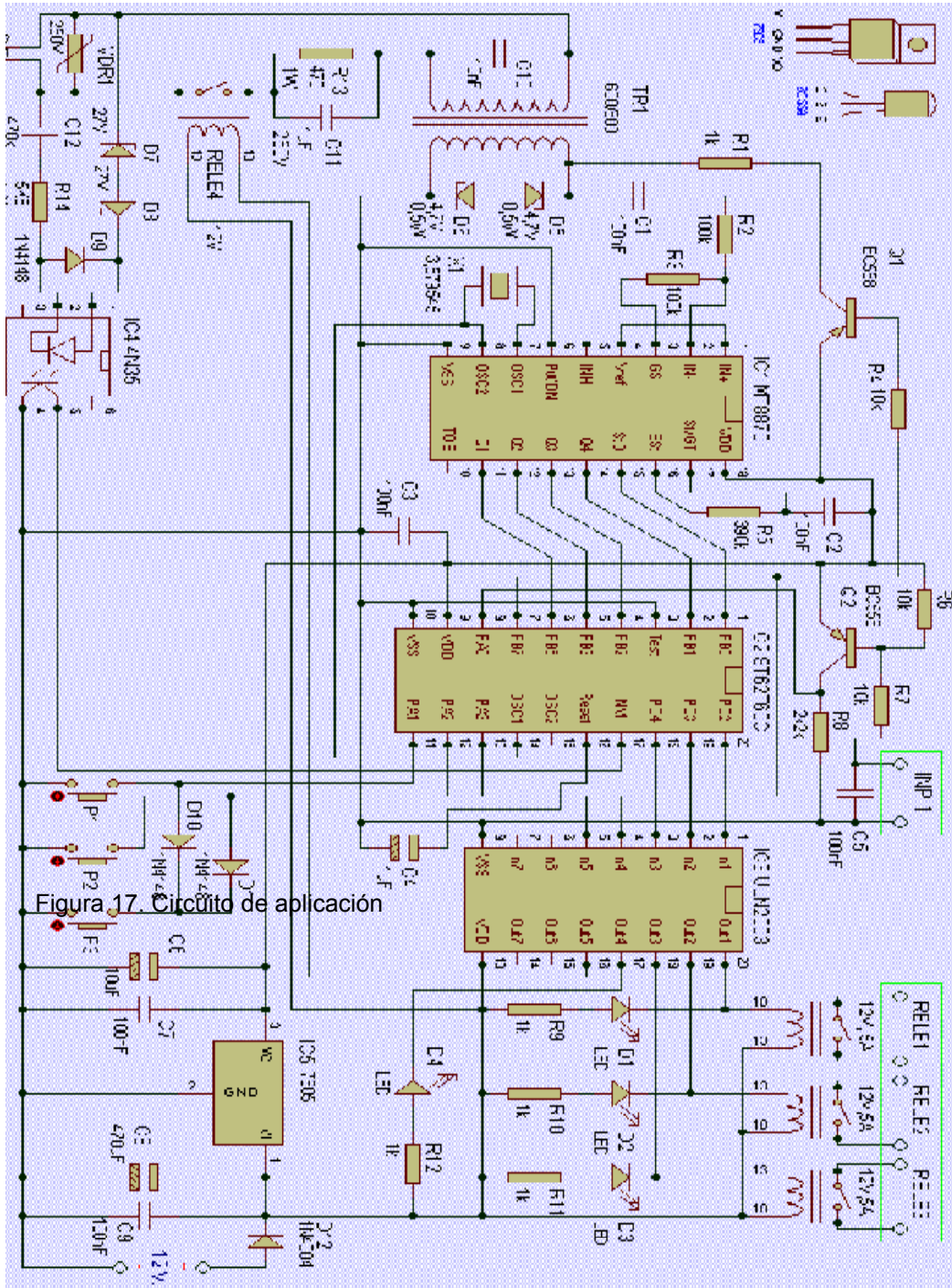
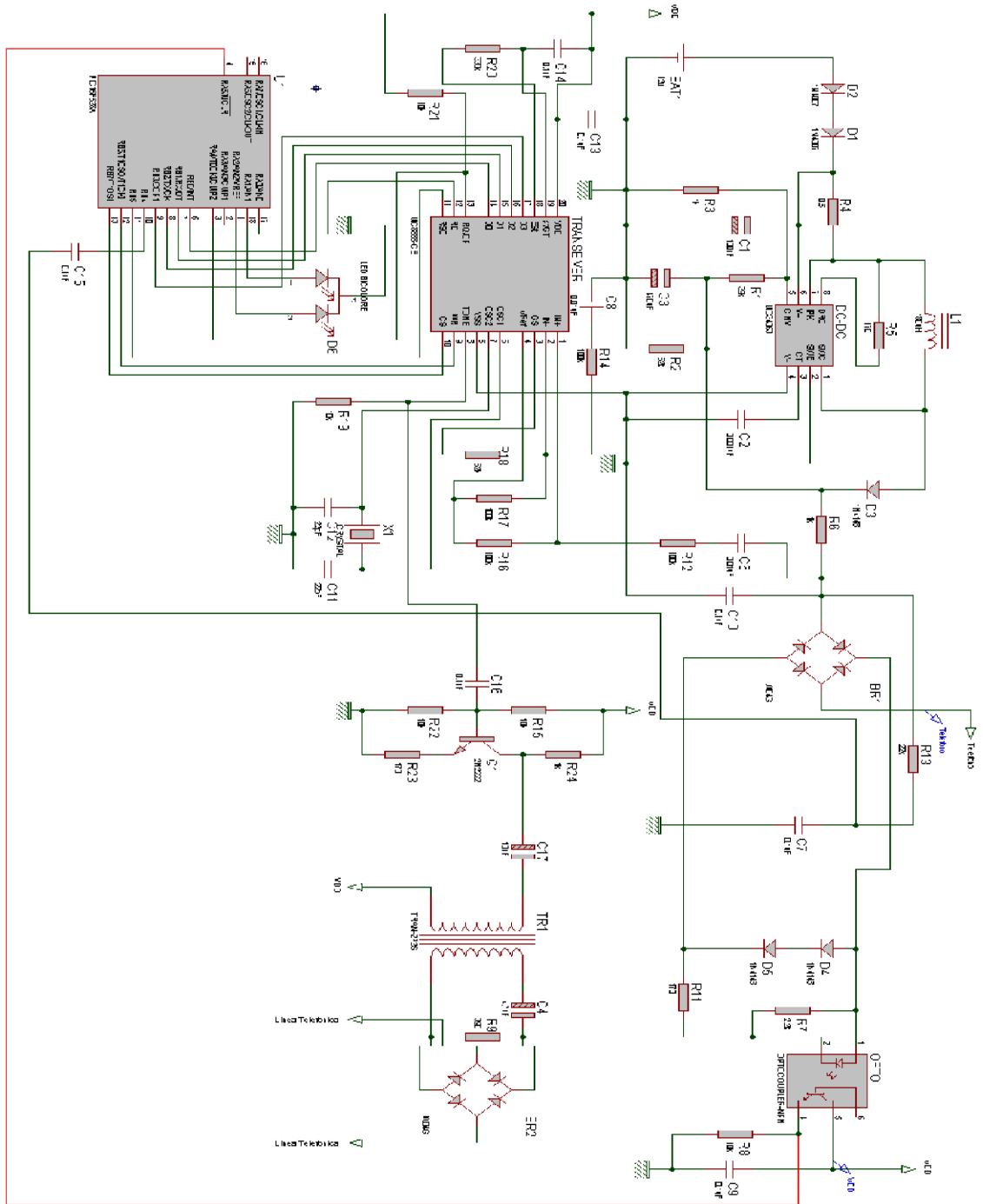


Figura 17. Circuito de aplicación

[Citado el 10 de febrero del 2008]. Daniel Eduardo Navas Barajas, Luis Alfonso Castañeda Hernández.

Figura 18. Diseño final del rediscador.



[Citado el 10 de febrero del 2008]. Daniel Eduardo Navas Barajas, Luis Alfonso Castañeda Hernández.

4. CONCLUSIONES

DTMF es el sistema de señales usado en los teléfonos para el marcado por tonos, estos son el resultado de la suma algebraica en tiempo real de dos senoides de diferentes frecuencias, la relación de teclas con su correspondiente par de frecuencias.

La arquitectura del sistema se ha presentado para controlar una llamada telefónica desde una línea telefónica fija local conmutada de tonos, que se ejecuta por medio de tarjetas prepago la cual almacena el número de PIN de la tarjeta y direcciona la llamada utilizando el microcontrolador 16f628 y el MC 8888CE.

El uso de simuladores facilita el trabajo de diseño ya que se puede estar corroborando constantemente la validez de los cambios que se van generando a medida que se avanza en el diseño. En este caso en particular el uso de la herramienta PROTEUS, la cual brinda ventajas especiales como lo fue compatibilidad en el trabajo con el software de los microcontroladores además la herramienta osciloscopio del software corrobora los datos que se esperaban del circuito.

Se diseñó una tarjeta apta para la creación de un Rediscador que permite optimizar los métodos de direccionamiento de llamadas mediante el uso de tarjetas prepagadas, superando los métodos de la telefonía convencional.

BIBLIOGRAFÍA

[1] ANGULO Usategui, José Maria, Angulo martines, Ignacio: "principios de los microcontroladores". Mc Graw Hill.

[2] A. OPPENHEIM, S. WILSKY "Señales y Sistemas". 2ª edic. Edit Prentice Hall.

[3] LATHI. "Introducción a la teoría y Sistemas de Comunicación". Edit. Limusa.

[4]S. SOLIMAN, D. SRINATH. "Señales y Sistemas Continuos y Discretos". 2ª edic. Edit. Prentice Hall.

[5] HERNANDO RABANOS. "Transmisión por Radio". Edit. Centro de Estudios Ramón Areces.

[6] L. VIDALLER, BRIERA, J. VIÑAS. "Transmisión de datos". Edit. ETSIT Madrid.

[7] WAYNE TOMASY. "Sistemas de Comunicación Electrónicas". 2ª edic. Edit. Prentice Hall.