

**CONSOLA DIGITAL DE CITOFONOS**

**EDINSON CAMPOS AVILA  
JORGE ALBERTO CURUBO MANTILLA**

**Monografía para optar el título de:  
Ingeniero Electrónico**

**Director:  
Mse. JORGE HERNANDO RAMÓN SUÁREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
Escuela de Ingenierías Eléctrica Electrónica y Telecomunicaciones  
Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas  
Bucaramanga  
2005**

**CONSOLA DIGITAL DE CITO FONOS**

**EDINSON CAMPOS AVILA  
JORGE ALBERTO CURUBO MANTILLA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
Escuela de Ingenierías Eléctrica Electrónica y Telecomunicaciones  
Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas  
Bucaramanga  
2005**

**AGRADECIMIENTOS**

**JORGE ALBERTO**

**DEDICATORIA**

**EDINSON**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus sinceros agradecimientos a:

- Ing. JORGE HERNANDO RAMÓN SUÁREZ, Docente de la Universidad Industrial de Santander, por su gran ayuda en la dirección del presente proyecto grado.

Cuerpo de docentes, personal administrativo y de secretaria de la Universidad Industrial de Santander, por su colaboración y acertada orientación educativa.

Y a todas aquellas personas y entidades que de una u otra forma nos colaboraron para llegar a la culminación de nuestro proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCION</b>	
<b>1. GENERALIDADES DE LA CONSOLA DE CITOFONOS</b>	<b>18</b>
<b>1.1 TIPOS DE INTERCOMUNICADORES</b>	<b>18</b>
1.1.1 Frentes de calle.	18
1.1.2 Video porteros	19
1.1.3 Consola de citófonos	19
<b>1.2 GENERALIDADES DE UNA CONSOLA DE CITOFONOS</b>	<b>20</b>
1.2.1 El citófono	20
1.2.11 Descripción	20
1.2.2 Partes del citófono	21
1.2.2.1 Sistema transmisor	21
1.2.2.2 Sistema receptor	21
1.2.2.3 Interruptor de cuelgue	22
1.2.2.4 Timbre	22
1.2.3 Funciones de una consola de citófonos	22
1.2.3.1 Generación de señales de tonos	23
1.2.3.2 Conmutación	23
1.2.3.3 Control de llamadas	23
<b>1.3 FUNCIONAMIENTO GENERAL DE UNA CONSOLA DE CITOFONOS</b>	<b>24</b>
1.3.1 Procesamiento de una llamada	24
1.3.1.1 Llamada portería – abonado	25
1.3.1.2 Llamada abonado – portería	25
1.3.2 Forma y medio de transmisión de voz	25
<b>1.4 TIPOS DE CONSOLAS DE CITOFONOS</b>	<b>26</b>
1.4.1 Consolas electro-mecánicas	26
1.4.1.1 Descripción y funcionamiento	26
1.4.1.2 Circuitos que la conforman	27
1.4.2 Consolas digitales	28

1.4.2.1	Generalidades	28
2.	<b>DISEÑO DEL HARDWARE DE LA CONSOLA DIGITAL DE CITOFONOS</b>	29
2.1	<b>LA FUENTE DE ALIMENTACION</b>	30
2.1.1	Características del sistema de alimentación	31
2.2	<b>SISTEMA DE CONTROL</b>	31
2.2.1	Detección de tonos DTMF	31
2.2.2	Direccionamiento y control de llamadas	38
2.2.3	Control de señales de tonos	38
2.2.4	Temporización de llamadas entre abonados	38
2.3	<b>SISTEMA DE TONOS</b>	39
2.3.1	Señal de ring del teléfono	39
2.3.2	Señal de ring de los citófonos	40
2.3.3	Señal de llamada	42
2.3.4	Señal de ocupado	43
2.4	<b>SISTEMA DE CUELQUE Y DESCUELQUE</b>	44
2.4.1	Sistema cuelque y descuelque del teléfono	44
2.4.2	Sistema cuelque y descuelque del citófono	46
2.5	<b>SISTEMA DE IDENTIFICACION</b>	47
2.5.1	Circuito codificador de abonado	48
2.5.2	Circuito codificador de matriz	49
2.5.3	Circuito codificador de buffer	50
2.6	<b>DIAGRAMA DE BLOQUES ESPECÍFICO DE LA CONSOLA DIGITAL DE CITOFONOS</b>	51
3.	<b>RUTINAS DE PROGRAMACION</b>	53
3.1	<b>DESCRIPCION GENERAL</b>	53
3.2	<b>RUTINAS MICROCONTROLADOR NUMERO 1: ATENCION CONSOLA</b>	56
3.2.1	Rutina principal	56
3.2.2	Subrutina comunicación	58
3.2.3	Subrutina transmisión	59

3.2.4	Subrutina recepción	60
3.2.5	Subrutina clave	61
3.2.6	Subrutina respuesta	63
3.2.7	Subrutina conversión	64
3.2.8	Subrutina código	71
3.2.9	Subrutina menú	72
3.2.10	Subrutina inicio LCD	73
3.2.11	Subrutina escritura LCD	73
3.2.11.1	Subrutina datos	73
3.2.11.2	Subrutina sprint LCD	75
3.2.12	Subrutinas timer2	76
3.2.13	Subrutinas timer1	78
3.2.13.1	Subrutina time1	78
3.2.13.2	Subrutina timer1	78
3.2.13.3	Subrutina tiempo1	79
3.2.13.4	Subrutina tiempo2	79
3.2.13.5	Subrutina tiempo3	80
3.2.14	Subrutina timbre	80
3.3	<b>RUTINAS MICROCONTROLADOR NUMERO 2: ATIENDE</b>	
	<b>ABONADOS</b>	82
3.3.1	Rutina principal	82
3.3.2	Subrutina inicio	84
3.3.3	Subrutina detección	84
3.3.4	Subrutina atención	86
3.3.5	Subrutina atiende	89
3.3.6	Subrutina respuesta	90
3.3.7	Subrutina desconexión	90
3.3.8	Subrutina transmisión	91
3.3.9	Subrutina recepción	91
3.3.10	Subrutina código	93
3.3.11	Subrutina tiempo	95

3.3.12	Subrutina timer1	96
3.3.12.1	Subrutina time1	96
3.3.12.2	Subrutina timer1	96
3.3.12.3	Subrutina tiempo11	97
3.3.13	Subrutina timer2	98
3.3.13.1	Subrutina time	98
3.3.13.2	Subrutina timer	98
3.3.13.3	Subrutina tiempo1	99
3.3.13.4	Subrutina intertime	99
3.3.14	Subrutina configuración	100
3.3.15	Subrutina intercomunicación	103
3.3.16	Subrutina cierre	105
3.3.17	Subrutina abre	106
4.	<b>CONCLUSIONES</b>	108
5.	<b>RECOMENDACIONES</b>	109
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	110

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>	
Figura 1.1	Frente de calle.	18
Figura 1.2	Video portero y video citófono.	19
Figura 1.3	Citófono.	20
Figura 1.4	Capsula transmisora.	21
Figura 1.5	Capsula receptora.	22
Figura 1.6	Conexión de citófonos y/o portería.	24
Figura 1.7	Consola electro-mecánica de citófonos.	26
Figura 1.8	Consola digital de citófonos Bticino.	28
Figura 2.1	Diagrama de bloques de los sistemas que conforman la consola.	29
Figura 2.2	Sistema de alimentación.	30
Figura 2.3	Señal DTMF tecla 2.	32
Figura 2.4	Filtro Antoniou.	33
Figura 2.5	Respuesta en frecuencia del filtro Antoniou.	33
Figura 2.6	Etapa amplificadora del filtro.	34
Figura 2.7	Circuito conversor de CA-CD.	35
Figura 2.8	Relación voltaje de salida-voltaje de entrada del circuito comparador.	36
Figura 2.9	Circuito comparador inversor de voltaje.	36
Figura 2.10	Circuito total detector de tonos.	37
Figura 2.11	Circuito de señal de ring del teléfono.	40
Figura 2.12	Señal de ring del teléfono.	40
Figura 2.13	Circuito señal de ring de los citófonos.	41
Figura 2.14	Señales que conforman el tono ring de los citófonos.	41
Figura 2.15	Circuito de tono de llamada.	42
Figura 2.16	Señales que conforman el tono de llamada.	43
Figura 2.17	Circuito de tono de ocupado.	43
Figura 2.18	Señales que conforman el tono de ocupado.	44
Figura 2.19	Circuito detector de cuelgue y descuelgue del teléfono a 9 Volts.	45
Figura 2.20	Circuito detector de cuelgue y descuelgue del teléfono ante la señal de timbre.	45

Figura 2.21	Circuito detector de cuelgue y descuelgue ante la señal de ring del citófono.	46
Figura 2.22	Circuito detector de cuelgue y descuelgue para llamar a portería.	47
Figura 2.23	Circuito codificador de abonado.	48
Figura 2.24	Circuito codificador de tarjeta de abonados.	49
Figura 2.25	Circuito codificador de buffer.	50
Figura 2.26	Diagrama de bloques específico.	51
Figura 3.1	Esquema de comunicación entre los microcontroladores.	55
Figura 3.2	Diagrama de flujo de la rutina principal del microcontrolador 1.	57
Figura 3.3	Diagrama de flujo de la subrutina comunicación del microcontrolador 1.	58
Figura 3.4	Diagrama de flujo de la subrutina transmisión del microcontrolador 1.	59
Figura 3.5	Esquema del proceso de transmisión de un byte.	60
Figura 3.6	Diagrama de flujo de la subrutina recepción del microcontrolador 1.	61
Figura 3.7	Diagrama de flujo de la subrutina clave del microcontrolador 1.	62
Figura 3.8	Diagrama de flujo de la subrutina respuesta del microcontrolador 1.	64
Figura 3.9	Diagrama de flujo de la subrutina conversión del microcontrolador 1.	68
Figura 3.10	Diagrama de flujo de la subrutina código del microcontrolador 1.	71
Figura 3.11	Diagrama de flujo de la subrutina menú del microcontrolador 1.	73
Figura 3.12	Diagrama de flujo de la subrutina inicio LCD del microcontrolador 1.	74
Figura 3.13	Diagrama de flujo de la subrutina impresión carácter del microcontrolador 1.	75
Figura 3.14	Diagrama de flujo de la subrutina impresión cadena del microcontrolador 1.	75
Figura 3.15	Diagrama de flujo de la subrutina time del microcontrolador 1.	76
Figura 3.16	Diagrama de flujo de la subrutina timer del microcontrolador 1.	77
Figura 3.17	Diagrama de flujo de la subrutina tiempo del microcontrolador 1.	77
Figura 3.18	Diagrama de flujo de la subrutina timer1 del microcontrolador 1.	78
Figura 3.19	Diagrama de flujo de la subrutina tiempo1 del microcontrolador 1.	79
Figura 3.20	Diagrama de flujo de la subrutina tiempo2 del microcontrolador 1.	80
Figura 3.21	Diagrama de flujo de la subrutina timbre del microcontrolador 1.	81

Figura 3.22	Diagrama de flujo de la rutina principal del microcontrolador 2.	83
Figura 3.23	Diagrama de flujo de la subrutina inicio del microcontrolador 2.	84
Figura 3.24	Diagrama de flujo de la subrutina detección del microcontrolador 2.	86
Figura 3.25	Diagrama de flujo de la subrutina atención del microcontrolador 2.	89
Figura 3.26	Diagrama de flujo de la subrutina atiende del microcontrolador 2.	89
Figura 3.27	Diagrama de flujo de la subrutina respuesta del microcontrolador 2.	90
Figura 3.28	Diagrama de flujo de la subrutina desconexión del microcontrolador 2.	91
Figura 3.29	Diagrama de flujo de la subrutina recepción del microcontrolador 2.	92
Figura 3.30	Diagrama de flujo de la subrutina código del microcontrolador 2.	94
Figura 3.31	Diagrama de flujo de la subrutina time1 del microcontrolador 2.	96
Figura 3.32	Diagrama de flujo de la subrutina timer1 del microcontrolador 2.	97
Figura 3.33	Diagrama de flujo de la subrutina tiempo11 del microcontrolador 2.	97
Figura 3.34	Diagrama de flujo de la subrutina timer del microcontrolador 2.	98
Figura 3.35	Diagrama de flujo de la subrutina tiempo1 del microcontrolador 2.	99
Figura 3.36	Diagrama de flujo de la subrutina intertime del microcontrolador 2.	100
Figura 3.37	Diagrama de flujo de la subrutina configuración del microcontrolador 2.	103
Figura 3.38	Diagrama de flujo de la subrutina intercomunicación del microcontrolador 2.	104
Figura 3.39	Diagrama de flujo de la subrutina cierre del microcontrolador 2.	106
Figura 3.40	Diagrama de flujo de la subrutina abre del microcontrolador 2.	107
Figura A1	Diagrama de bloques del microcontrolador MC68HC908GP32.	113
Figura A2	Distribución de pines en el encapsulado pdip40.	114
Figura A3	Recomendaciones de los pines de polarización del microcontrolador.	115
Figura A4	Diagrama de bloques de la matriz de conmutación.	119
Figura A5	Distribución de los pines de la matriz de conmutación.	120
Figura A6	Distribución de los pines del circuito integrado CD4532B.	122
Figura A7	Distribución de los pines del circuito integrado 74LS244.	124
Figura A8	Distribución de los pines del circuito integrado CD4094.	125
Figura A9	Distribución de los pines del circuito integrado CD4515.	126

## LISTA DE TABLAS

		Pág.
Tabla 2.1	Frecuencias del aparato telefónico.	32
Tabla 3.1	Tabla de funciones de los microcontroladores.	54
Tabla 3.2	Tabla de resultados del análisis de frecuencias.	66
Tabla 3.3	Tabla de valores de la equivalencia digital.	69
Tabla 3.4	Tabla de datos de la función coseno y su equivalencia digital.	70
Tabla 3.5	Tabla de datos de la función seno y su equivalencia digital.	70
Tabla A1	Tabla de las especificaciones eléctricas de la matriz de conmutación.	119
Tabla A2	Tabla de direccionamiento para los switches X.	121
Tabla A3	Tabla de direccionamiento para los switches Y.	122
Tabla A4	Ejemplo de direccionamiento de la matriz de conmutación.	122
Tabla A5	Tabla de la verdad del circuito integrado CD4532B.	123
Tabla A6	Tabla de la verdad del circuito integrado 74LS244.	124
Tabla A7	Tabla de la verdad del circuito integrado CD4094.	125
Tabla A8	Tabla de la verdad del circuito integrado CD4515.	12

## DISEÑO DE UNA CONSOLA DE CITOFONOS\*

**Autores:** Edinson Campos Avila  
Jorge Alberto Curubo Mantilla\*\*

La mayoría de los avances en el campo de la ingeniería han sido posibles, mediante la implementación de soluciones a los problemas cotidianos. La necesidad de desarrollar un sistema que permita controlar una red privada de comunicación fue el objetivo fundamental del proyecto. Para ello, se utilizó un dispositivo con la capacidad de realizar funciones de control de conmutación, detección de señales DTMF de un aparato telefónico universal y visualización de usuarios en un LCD, como el microcontrolador. El presente proyecto, muestra de manera general un diseño metodológico, del sistema digital de citofonia; basándose en la elaboración del análisis de teorías, diseño de estructuras o diagramas, programas y demás procesos del proyecto; en el cual nos permite solucionar los determinados problemas vigentes.

El diseño e implementación de la consola digital de citófonos, presenta una tarjeta de control; la cual se ocupa de realizar todas las funciones de la consola digital. Esta tarjeta esta constituida por dos microcontroladores MOTOROLA MC68HC908GP32 comunicados entre si de forma serial. La tarjeta de acondicionamiento telefónico es la encargada de generar los tonos para la señalización del funcionamiento de la consola y trabaja bajo las órdenes de la tarjeta de control. La identificación de los abonados se efectúa por medio de circuitos codificadores los cuales generan un código para el modulo de abonados y otro para el abonado del correspondiente modulo. Los módulos de abonados tienen una capacidad máxima de 16 abonados que sumados a los 31 módulos como numero máximo de la consola producen una capacidad total de 496 abonados.

La consola posee dos vías independientes de comunicación; una para la comunicación entre abonado y portería y la segunda entre abonado y abonado, cada una con temporización programable de 1 a 255 segundos por medio de un menú de configuración operado desde un teléfono universal.

---

\* Proyecto de grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones.

Director: Mse Jorge Hernando Ramón Suárez.

## DESIGN OF A DIGITAL CONSOLE OF HOME COMMUNICATION DEVICES\*

**Authors:** Edinson Campos Avila  
Jorge Alberto Curubo Mantilla\*\*

Most of the advances in the field of the engineering have been possible, by the implementation of solutions of the daily problems. The necessity to develop a system that allows the control of a communication private network was the fundamental objective of the project. For this, a device was used with the capacity to carry out functions of commutation control, detection of signs DTMF of a universal phone apparatus and visualization of users in a LCD, as the microcontroller. The present project, show in a general way a methodological design, of the digital system of citofonia; being based on the elaboration of the analysis of theories, design of structures or diagrams, programs and other processes of the project; in which allows us to solve the certain valid problems.

The design and implementation of the digital console of citofonia, present a control card; which is in charge of carrying out the whole execution of the mechanism of the digital console. The control card is compound for two microcontrollers MOTOROLA MC68HC908GP32 communicated by a routine of serial communication. The card of phone conditioning is the in charge one of generating the tones for the signaling of the operation of the console and works under the orders of the control card. The identification of the subscribers is made by means of codifiers' circuits which generate a code for a section of subscribers and another for the subscriber of the corresponding section. The sections of subscribers have a maximum capacity of 16 subscribers that added to the 31 sections as a number maximum of the console they produce a total capacity of 496 subscribers.

The console possesses two independent ways of communication; one for the communication between subscriber and reception and the second for the communication between subscriber and subscriber, each one with programmable Delay of 1 to 255 seconds by of a configuration menu operated from an universal telephone.

---

\* Grade project

\*\* Engineerings physique mechanics school. School of Ingeneerings Electric, Electronic and Telecommunications.

Director: Mse Jorge Hernando Ramon Suarez.

## INTRODUCCIÓN

Mediante los conceptos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Electrónica y su puesta en práctica, se implementó el proyecto “CONSOLA DIGITAL DE CITO FONOS” para la solución de problemas de tamaño y costos en comunicación interna en conjuntos residenciales.

Para ello, se utilizó un dispositivo con la capacidad de realizar funciones de control de conmutación, detección de señales DTMF de un aparato telefónico universal y visualización de usuarios en un LCD, como el microcontrolador. Al ser diseñada la consola con un microcontrolador se obtienen ventajas como velocidad de respuesta de las funciones, reducción de tamaño y costos, haciéndola comercialmente viable para el consumidor.

Además se implementaron tarjetas de interfaz que realizaran las órdenes dictadas por el microcontrolador con dispositivos de tecnología avanzada y aplicación especial para este proyecto, como lo es la matriz de conmutación la cual por ser un circuito integrado brinda menor espacio y conmutación más rápida que elementos electromecánicos como relés.

Este documento se realizó en tres partes. La primera parte se realizó a través de investigaciones sobre productos existentes en el mercado y la señalización que existe en una comunicación de voz a través de aparatos telefónicos. En una segunda parte se realizó el diseño de todos los circuitos electrónicos que conforman la consola digital. Por ultimo se explica las rutinas de programación que se emplearon para acoplar todos los sistemas que conforman la consola.

## 1. GENERALIDADES DE LAS CONSOLAS DE CITOFONOS

### 1.1 TIPOS DE INTERCOMUNICADORES.

Existen varias formas de establecer comunicación con habitantes de un conjunto residencial, entre ellas están:

- FRENTE DE CALLE.
- VIDEO PORTEROS.
- CONSOLAS DE CITOFONOS.

#### 1.1.1 FRENTE DE CALLE.

Estos intercomunicadores son usados en apartamentos ubicados en un solo edificio, este es colocado en la entrada del edificio y consta de un número determinado de teclas que indican cada una el apartamento a donde se desea hablar. Al oprimir la tecla del apartamento deseado se envía la señal de timbre al elemento receptor, que al descolgar u oprimir una tecla (citófono o viva voz) se establece la comunicación.



## FRENTE DE CALLE

### Figura 1.1

#### 1.1.2 VIDEO PORTEROS.

Este tipo de intercomunicadores cumplen con la misma función de un frente de calle con la diferencia que poseen una cámara que muestra quien esta llamando al apartamento y esta imagen se puede observar en un video citófono.



**Video portero y video citófono**  
**Figura 1.2**

#### 1.1.3 CONSOLAS DE CITO FONOS.

Este tipo de intercomunicadores es para conjuntos residenciales cerrados y de varias torres y consiste en una central que permite hacer la comunicación mediante la conmutación de un interruptor (consola electro-mecánica) o aparato telefónico (consola digital).

## 1.2 GENERALIDADES DE UNA CONSOLA DE CITOFONOS.

### 1.2.1 EL CITOFONO.

**1.2.1.1 Descripción.** Es un dispositivo de comunicación, implementado para la transmisión de voz por medio de la electricidad. Basado en el mismo principio del teléfono, el citófono contiene un diafragma que vibra con la presencia de ondas de sonido generadas por la voz humana, estas vibraciones se transforman en impulsos eléctricos y se transmiten a un receptor que las convierte de nuevo en sonido.

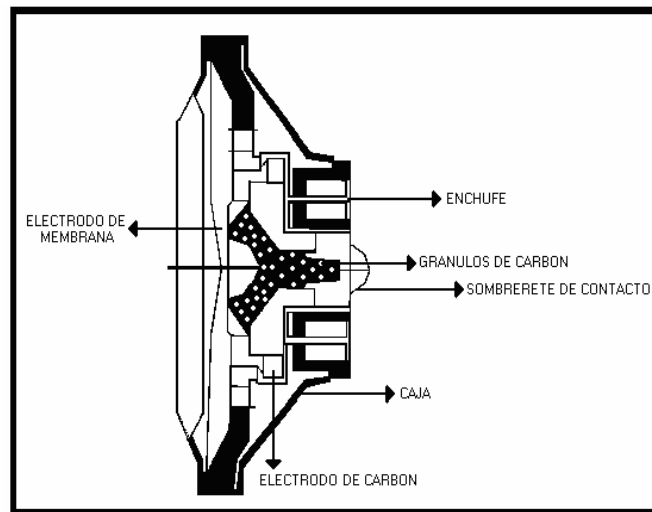
Su principal aplicación radica en la comunicación interna en conjuntos residenciales entre sus habitantes y la portería principal, aunque generalmente esta comunicación solo es posible tenerla entre un abonado y la portería, por lo cual no necesita un teclado para direccionar la llamada (figura 1.3) y se puede instalar varios de estos dispositivos en paralelo para recibir la llamada en cualquier lugar de la residencia.



**Citófono**  
**Figura 1.3**

**1.2.2 Partes del citófono.** El citófono posee cuatro sistemas principales:

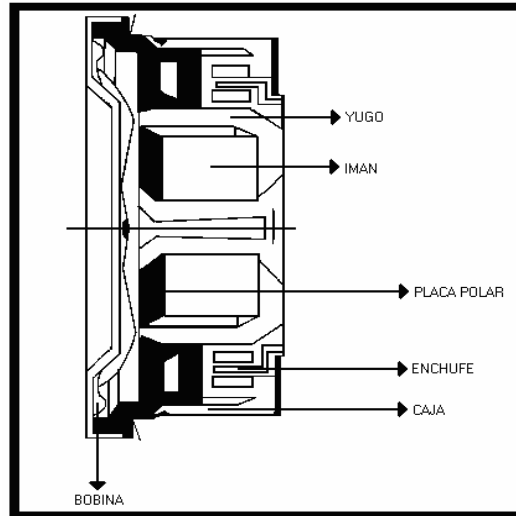
**1.2.2.1 Sistema transmisor:** Es un micrófono que convierte la voz del usuario en señales eléctricas a través de placas metálicas entre las cuales se encuentran unas pequeñas partículas de carbón, las cuales se comprimen dependiendo de la intensidad y frecuencia que tenga la voz (figura 1.4). Esta compresión cambia la corriente que pasa por el micrófono haciendo que la señal eléctrica varía de manera constante mientras se está hablando. Esta señal llega a la consola donde es recibida en el auricular de la misma.



**Capsula transmisor**  
**Figura 1.4**

**1.2.2.2 Sistema receptor:** Consta de un enrollado eléctrico en un núcleo de imán permanente, frente a el se halla una membrana metálica. La corriente que fluye por el auricular varía en frecuencia e intensidad según la voz del usuario, produciendo una fluctuación en la intensidad que a su vez hace cambiar el campo magnético del imán, atrayendo o alejando la membrana, la

cual convierte la señal eléctrica en señal acústica correspondiente a la voz del usuario que la originó



**Capsula receptora**  
**Figura 1.5**

**1.2.2.3 Interruptor de cuelgue:** Es un gancho conmutador que por su peso mantiene abierto el circuito del citófono y cerrado el circuito del timbre cuando este se encuentra colgado, al ser levantado el auricular del citófono dicho gancho cierra el circuito del citófono estableciendo el proceso de comunicación entre el abonado y la consola.

**1.2.2.4 Timbre:** Este dispositivo produce una señal sonora con una determinada frecuencia cuando se está estableciendo una comunicación de entrada al citófono.

### **1.2.3 Funciones de una consola de citófonos.**

Una consola cumple con tres funciones básicas:

- Generación de señales de tono.
- Conmutación.

➤ Control de llamadas.

**1.2.3.1 Generación de señales de tonos:** La consola debe estar equipada con circuitos que generan las diferentes señales que intervienen en una comunicación, según las normas de señalización telefónica como son los tonos PTT:

**Señal de tono ocupado:** Es la señal PTT IT1, que es interrumpida con una frecuencia de 1Hz, donde 0.5 segundos dura encendido y 0.5 apagado. Se escucha cuando el abonado o la consola están descolgados.

**Señal de tono de llamada:** Es la misma señal audible IT1 solo que permanece 3 segundos encendida y 2 segundos apagada, es decir es interrumpida con una frecuencia de 0.2 Hz. Esta señal se escucha desde el auricular del citófono o la consola cuando alguno se está comunicando con el otro y este se encuentra disponible.

**Señal de timbre del citófono:** Esta señal tiene una amplitud de 9 Volts con un tiempo en estado activo de 3 segundos y un tiempo desactivo de 2 segundos.

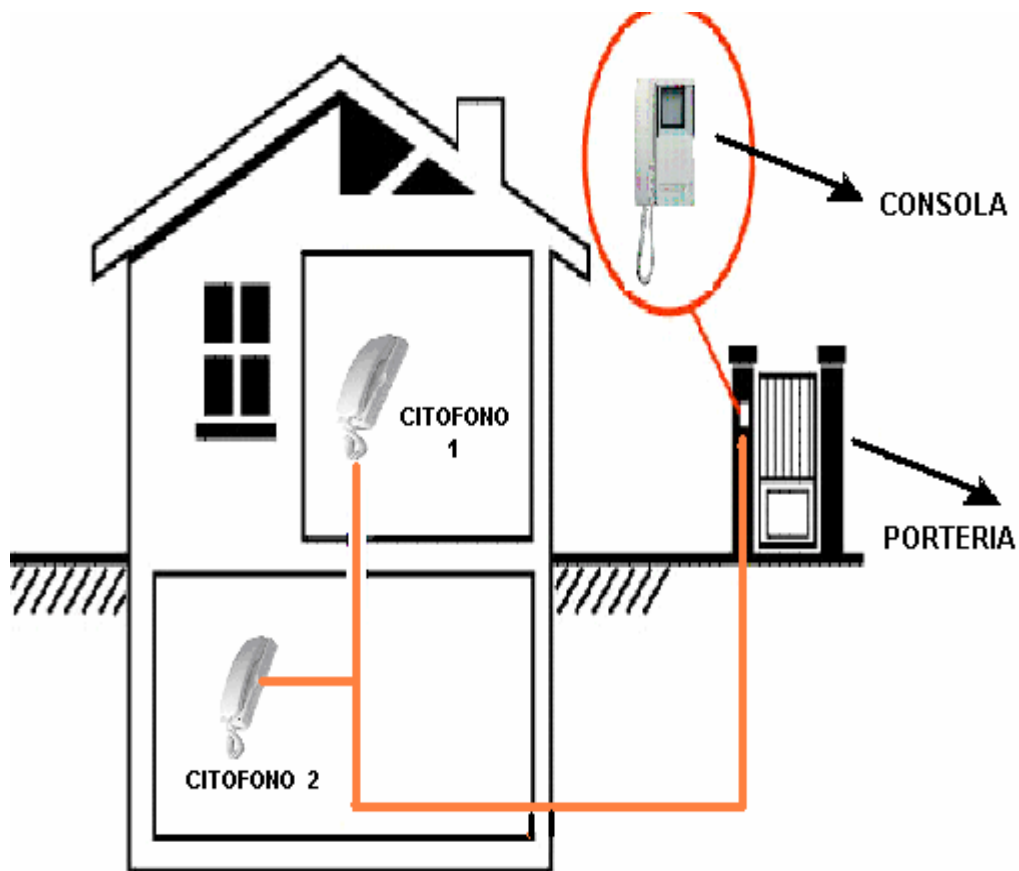
**1.2.3.2 Conmutación:** Este es el proceso mediante el cual se direcciona una llamada que sale de la consola a un abonado y viceversa, generalmente los circuitos de conmutación son hechos con base en relés (consolas electro-mecánicas) o circuitos integrados matrices de conmutación (consolas digitales).

**1.2.3.3 Control de llamadas:** Las consolas deben tener circuitos capaces de detectar la procedencia de una llamada hacia la consola así como ordenar la comunicación desde una consola a un abonado, en consolas electro-

mecánicas generalmente este circuito es diseñado en base a relés mientras que en consolas digitales se diseñan basados en un microcontrolador.

### 1.3 Funcionamiento General De Una Consola De Citófonos.

La consola de citófonos sirve para establecer una comunicación dentro de un conjunto residencial entre un abonado y la portería del conjunto, mediante uno o varios citófonos que pueden estar en paralelo para poder ser contestados en cualquier lugar de la residencia. (Ver Figura 1.6)



Conexiones de citófonos y/o portería  
Figura 1.6

**1.3.1 Procesamiento de una llamada:** Existen dos formas básicas de comunicación en una consola de citófonos como son:

- comunicación portería- abonado.
- comunicación abonado- portería.

**1.3.1.1 Llamada Portería- Abonado:** En este tipo de comunicación desde la consola se codifica ya sea de manera analógica o digital al abonado al que se desea comunicar. Al descolgar el auricular se escucha en este una señal de invitación a marcar, inmediatamente se procede a establecer la comunicación con el abonado, si el abonado está disponible (citófono colgado) entonces se envía la señal de timbre que también se escucha por el auricular de la consola, de lo contrario se escucha la señal de ocupado. Al descolgar el abonado se establece la comunicación.

**1.3.1.2 Llamada Abonado – Portería:** Esta comunicación se establece cuando el abonado descuelga el citófono, en ese momento se envía la señal de timbre a la consola y es escuchada por el auricular del citófono también. Cuando el auricular de la consola es levantado se inicia la comunicación.

### **1.3.2 Forma y Medio De Transmisión De Voz:**

Existen diversas formas de enviar las señales de voz entre receptor y emisor y viceversa, estas formas de transmisión denominadas técnicamente canales pueden ser de dos tipos:

- ❖ Canales que guían físicamente la señal desde la fuente hasta el destino como son el par de cobre aislado, la fibra óptica y los cables coaxiales.
- ❖ Canales de difusión, los cuales irradian la señal sin ningún tipo de guía física como son los canales de radio, las microondas y los enlaces satelitales.

Aunque en el mercado ya existen canales de transmisión inalámbrica y/o por la red eléctrica generalmente las consolas de citófonos trabajan con par de

cobre aislado ya que tienen un buen rendimiento y bajo costo para esta aplicación.

## 1.4 Tipos De Consolas De Citófonos.

### 1.4.1 Consolas Electromecánicas.

**1.4.1.1 Descripción y Funcionamiento:** Externamente la consola electro-mecánica está compuesta por un auricular telefónico para recibir y enviar las señales de voz desde y hacia el abonado. También contiene conmutadores tipo interruptores, los cuales permiten direccionar la llamada y existen tantos interruptores como abonados se tenga en el conjunto residencial, haciéndola muy grande en tamaño y con una presentación poco agradable a los usuarios (Figura 1.7).



**Consola electro-mecánica de citófonos.  
Figura 1.7**

Cada vez que se quiera realizar una comunicación con un abonado, se descuelga el auricular y se escuchará el tono de invitación a marcar, después se procede a conmutar el interruptor del abonado al cual se desea llamar, escuchándose enseguida el tono de llamada si y solo si el citófono está colgado, de lo contrario se escuchará el tono de ocupado. Si el citófono se encuentra colgado, una vez se descuelgue, después de escuchar la señal de timbre se establece la comunicación entre quien está a cargo de la consola y el abonado, esta comunicación se interrumpe cuando alguno de los dos cuelga el auricular.

En el sentido contrario la comunicación es similar. Cuando el abonado descuelga su citófono, escucha inmediatamente el tono de llamada mientras que en la consola se visualiza el encendido de una lámpara interna que trae el interruptor de donde proviene la llamada al tiempo que se escucha la señal de timbre; en el momento en que el encargado de la consola descuelga el auricular, se establece la comunicación; esta de nuevo es interrumpida cuando alguno de los dos cuelga su respectivo auricular.

- 1.4.1.2 Circuitos que la conforman:** Cuenta con una fuente de alimentación regulada a 12 volts (9 volts otros modelos). Además tiene un relé que es accionado con el switch de descuelgue del auricular de la consola y que activa los circuitos estables que generan los diferentes tonos que hacen parte de la comunicación, dependiendo de el estado del abonado. Otro relé es activado por el switch que genera la señal de timbre que es enviada hacia el citófono al cual se desea llamar. Finalmente se tiene un último relé para la conmutación de la llamada con el abonado y existe un relé de estos por cada abonado con que se cuenta.

## 1.4.2 Consolas Digitales

### 1.4.2.1 Generalidades.

La diferencia principal de estas consolas con respecto a las consolas electro-mecánicas es que utilizan un aparato telefónico para direccionar la llamada y cuenta con pantalla LCD o siete segmentos para la visualización del abonado a que se llama o del que se recibe la llamada reduciendo ostensiblemente el tamaño y mejorando su presentación.



**Consola Digital Bticino**  
**Figura 1.8**

## 2. DISEÑO DE HARDWARE DE LA CONSOLA DIGITAL DE CITÓFONOS

La consola digital de citófonos está compuesta por varios sistemas que hacen posible la realización en una forma óptima de todas las funciones para la cual es diseñada.

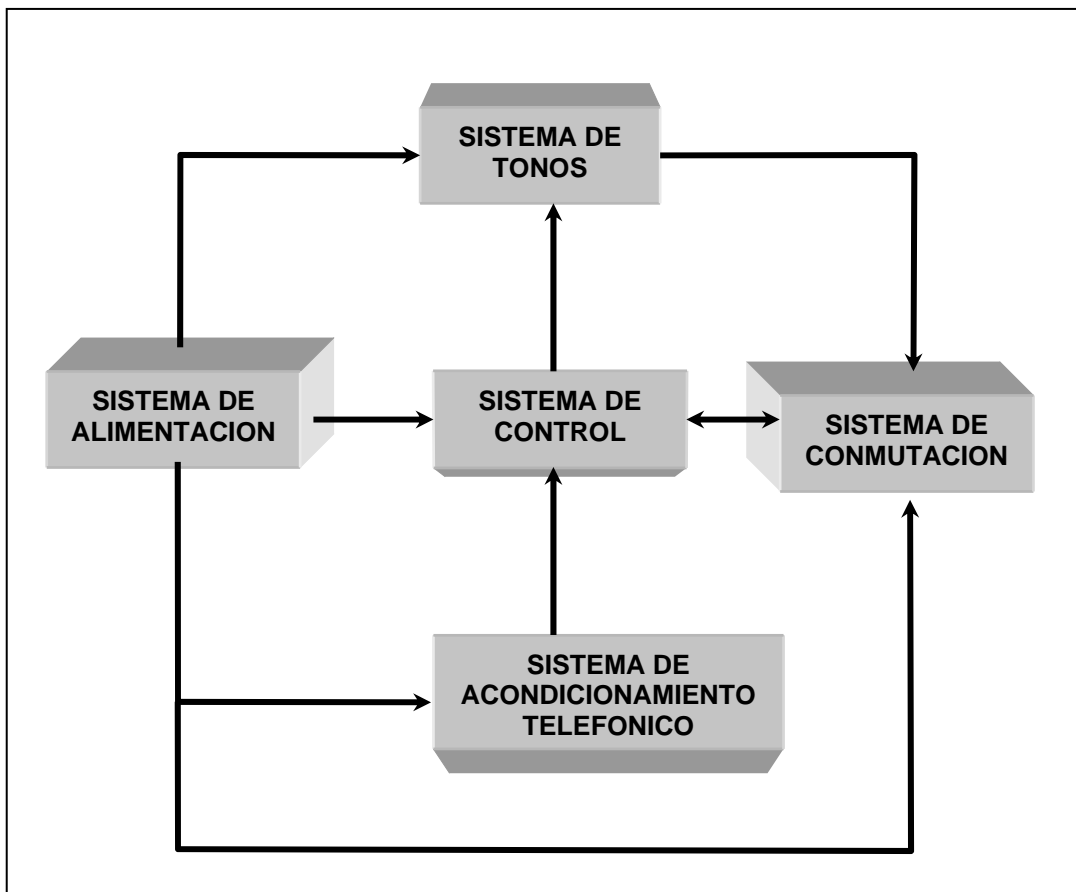
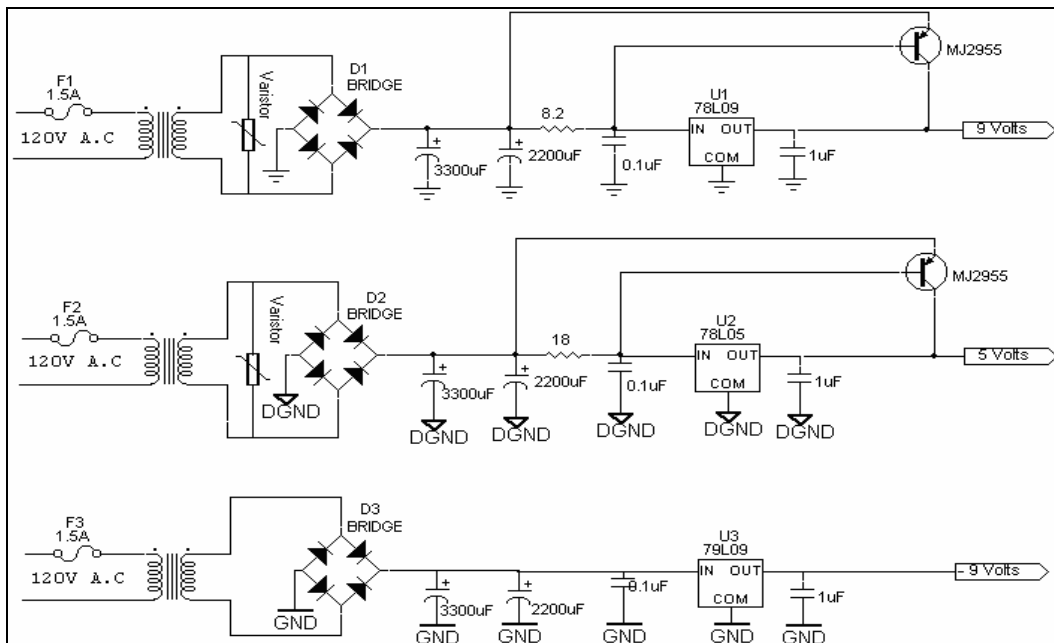


Diagrama de bloques de los sistemas que conforman la consola  
Figura 2.1

## 2.1 La fuente de alimentación.

El diseño de la fuente de alimentación se hizo teniendo en cuenta los niveles de tensión y corriente requeridos en la consola de citófonos para un óptimo funcionamiento. El sistema de alimentación consta de cinco fuentes DC independientes: dos de 9 Volts, dos de 5 Volts y una fuente de -9 Volts. Una fuente de 9 Volts junto con la de 5 Volts son las encargadas de alimentar todos los sistemas; Una fuente de 5 Volts es la encargada del sistema de control, la segunda fuente de 5 Volts es la encargada de alimentar los circuitos de tonos y los circuitos digitales; mientras que una fuente de 9 Volts es la que alimenta tanto el aparato telefónico como los citófonos, y permite llevar a cabo la comunicación principal (Abonado- teléfono), la segunda fuente de 9 Volts permite establecer la comunicación privada (Abonado-abonado). Finalmente la fuente de -9 Volts es utilizada para generar la señal de timbre de los citófonos.



**Sistema de Alimentación**  
**Figura 2.2**

### **2.1.1 Características del sistema de alimentación.**

Cinco fuentes con reguladores diferentes. Estas fuentes poseen una regulación de línea muy buena, pues por cada variación de 20 Volts a la entrada de los reguladores, se obtiene un cambio de 4 mili Volts a la salida de los mismos. La variación de carga, que indica que tanto cambia la tensión de salida cuando la corriente cambia de su valor mínimo al máximo es también muy buena, pues por una variación de 1,5 Amperes solo hay una variación de 10 mili Volts a la salida. Se colocó un transistor de potencia MJ2955 para obtener mayor corriente a la salida de cada fuente, debido a que la corriente que entrega cada regulador no es suficiente para alimentar todos los demás sistemas.

## **2.2 SISTEMA DE CONTROL**

El sistema de control está compuesto por dos microcontroladores MC68HC908GP32 de la casa Motorola comunicados entre si. Este sistema es el encargado de realizar las siguientes funciones:

- Detección de tonos DTMF.
- Direccionamiento y control de llamadas.
- Control de señales de tonos.
- Temporización de llamadas entre abonados.

### **2.2.1 Detección de tonos DTMF:**

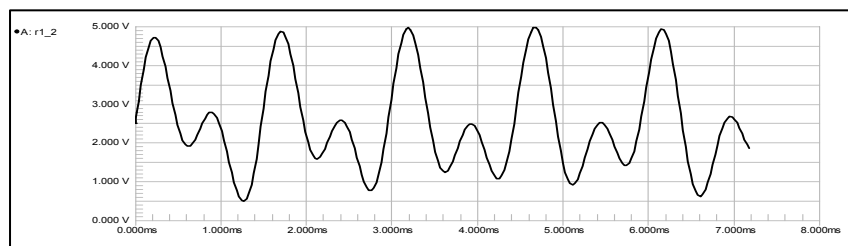
Este proceso hace parte del sistema de acondicionamiento telefónico. Los teléfonos poseen dos sistemas de marcación diferentes, por pulsos y por tonos, aunque en la actualidad es común encontrar teléfonos solo con el sistema de tonos. En el sistema de pulsos el teléfono emite una serie de pulsos de acuerdo con el número que se oprime. En el sistema de tonos el teléfono emite una señal

compuesta por la suma de dos senosoidales con frecuencias que varían según la tecla oprimida. El valor de estas frecuencias obedece a la interpretación del teclado telefónico como un arreglo matricial de 4 filas y 4 columnas, con valores de frecuencia para cada fila y columna por separado. Existen dos grupos de frecuencias, las frecuencias bajas para las filas y las frecuencias altas para las columnas y cada una de las cifras que identifica una tecla está compuesta por una frecuencia de cada grupo (ver Tabla 2.1).

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

Frecuencias del aparato telefónico  
Tabla 2.1

La suma de las dos señales produce la señal que va a ser decodificada para la interpretación del respectivo dígito, a continuación se muestra la forma de onda de la tecla número 2 compuesta por las frecuencias de 697 y 1336 Hz.

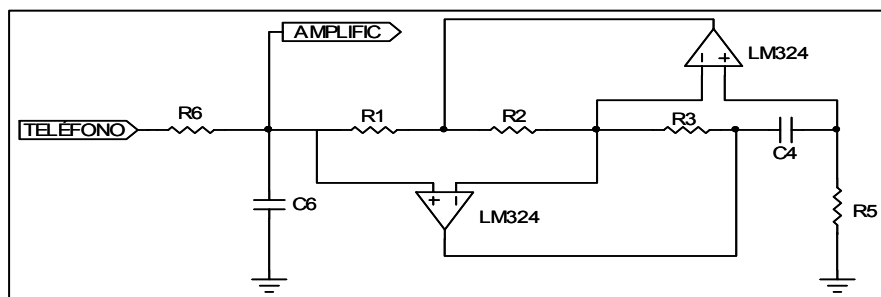


Señal DTMF tecla 2  
FIGURA 2.3

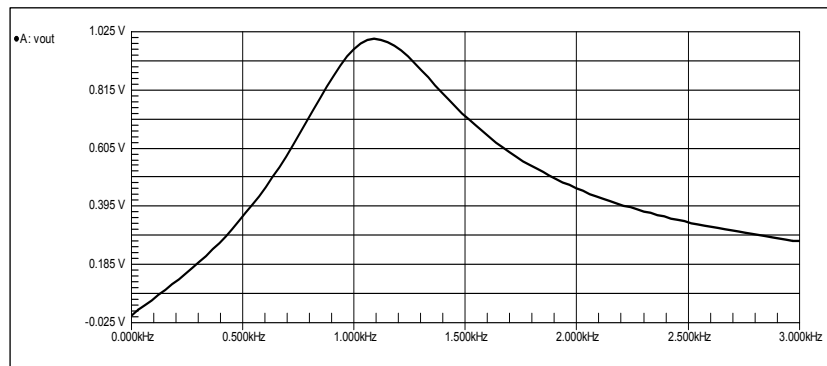
Actualmente en el comercio se puede conseguir circuitos integrados capaces de decodificar los diferentes tonos DTMF como por ejemplo el MT 8888C de la casa Mitel semiconductors o el MC 145436, cuya función es tomar la frecuencia dual

proveniente del teléfono y convertirla en un número hexadecimal. Uno de los objetivos en el diseño de la consola es hacer la detección de tonos DTMF mediante un microcontrolador y para ello es necesario hacer un tratamiento de la señal DTMF proveniente del teléfono para poder detectar la tecla que se está pulsando desde el teléfono.

Como primer paso para la detección de los tonos fue necesario diseñar un filtro pasa banda, cuya banda de paso tuviera un rango de [697-1633] Hz que son las frecuencias que nos interesa detectar. Para ello se implementó un filtro Antoniou<sup>1</sup> pasa banda con un factor de calidad  $Q=0.75$  aproximadamente con amplificadores operacionales LM324N, los cuales son de fácil adquisición en el mercado local.



**Filtro Antoniou  
FIGURA 2.4**



**Respuesta en frecuencia del filtro Antoniou  
FIGURA 2.5**

<sup>1</sup> Sedra / Smith Circuitos microelectrónicos Capitulo 11 Filtros y Amplificadores sintonizados Pagina 915.

La frecuencia central del filtro está dada por:

$$R1 = R2 = R3 = R5 = \frac{1}{\omega_0 C}$$

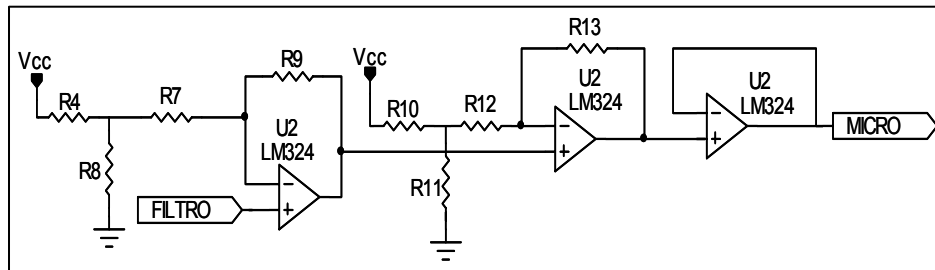
El factor de calidad del filtro está dado por:

$$R_6 = \frac{Q}{\omega_0 C}$$

Donde

$C=C4=C6$

Además del filtro se debe añadir una etapa de amplificación, pues la tensión de los tonos es pequeña y se debe lograr un rango de tensión dentro de los niveles TTL para que la señal pueda ser procesada correctamente por el conversor análogo digital del microprocesador, que es quien va a identificar la tecla que se pulsó.



**Etapa amplificadora del filtro**

**FIGURA 2.6**

El tipo de amplificador que se ha implementado es un amplificador no inversor<sup>2</sup> en cascada para obtener una señal DTMF óptima con un nivel de continua apropiado, y un seguidor de voltaje a la salida total del amplificador para posteriormente enviar esta señal al microcontrolador. Para la detección y captura de la señal DTMF en el microcontrolador se necesita un pulso que debe ser síncrono con la señal DTMF al oprimir una tecla, dicho pulso va al pin IRQ del microcontrolador debido a que es la interrupción de mayor prioridad con la que cuenta el

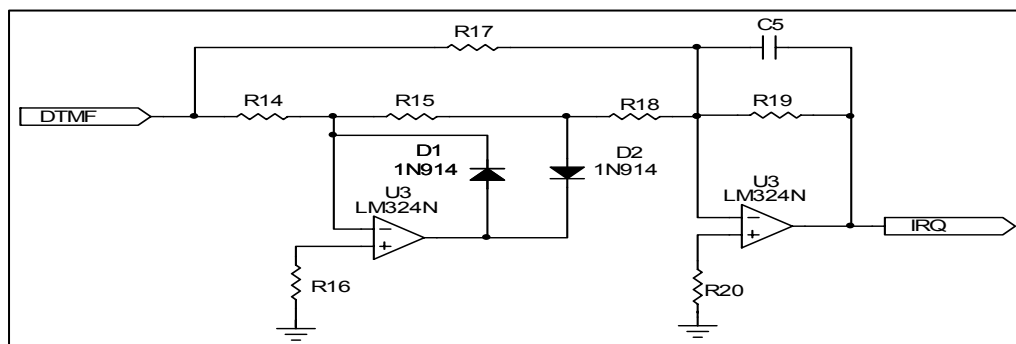
<sup>2</sup> Sedra / Smith Circuitos microelectrónicas Capítulo 2 Amplificadores operacionales Pág. 82

microcontrolador, y así capturar la señal DTMF justo en el momento en que se oprime la tecla para dar inicio al proceso de digitalización y poder asegurar que en el tiempo de muestreo la señal DTMF está presente en el pin de entrada del conversor. Este circuito consta de un convertidor de CA a CD<sup>3</sup> con amplificadores operacionales, en el cual a la salida se tiene el valor medio de la señal alterna de la entrada. Cuando se oprime la respectiva tecla, el valor medio cambia del nivel de referencia al valor medio de cada señal DTMF. Para este circuito se utilizaron diodos de conmutación rápida 1N914, un capacitor de tantalio y amplificadores operacionales LM324N, además los valores respectivos de las resistencias son:

$$R14=R15=R18=R17=R.$$

$$R16=R19=R/2.$$

$$R20=R/3$$



**Circuito conversor de CA - CD**  
**Figura 2.7**

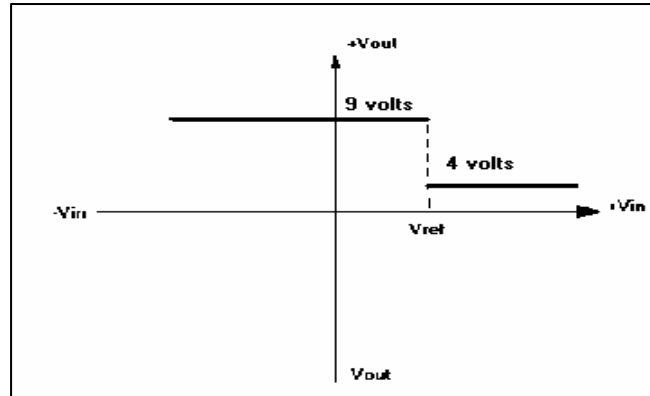
Para obtener el pulso para la captura y detección de la señal DTMF por parte del microcontrolador, se envía la señal de salida del circuito convertidor CA a CD a un comparador de voltaje que entrega a la salida un pulso en flanco descendente cada vez que se oprima una tecla del teléfono. A continuación se muestra la relación voltaje de entrada-salida del comparador.

<sup>3</sup> Sedra/Smith Circuitos microelectrónicos Capitulo 12 Generadores de señales y circuitos conformadores de ondas Pág. 1019.

Si:

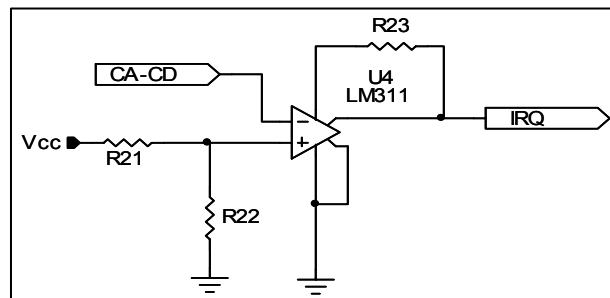
$$V_{in} < V_{ref} \Rightarrow V_{out} = 9 \text{ Volts}$$

$$V_{in} > V_{ref} \Rightarrow V_{out} = 4 \text{ Volts}$$



Relación voltaje de salida- voltaje de entrada del circuito comparador  
Figura 2.8

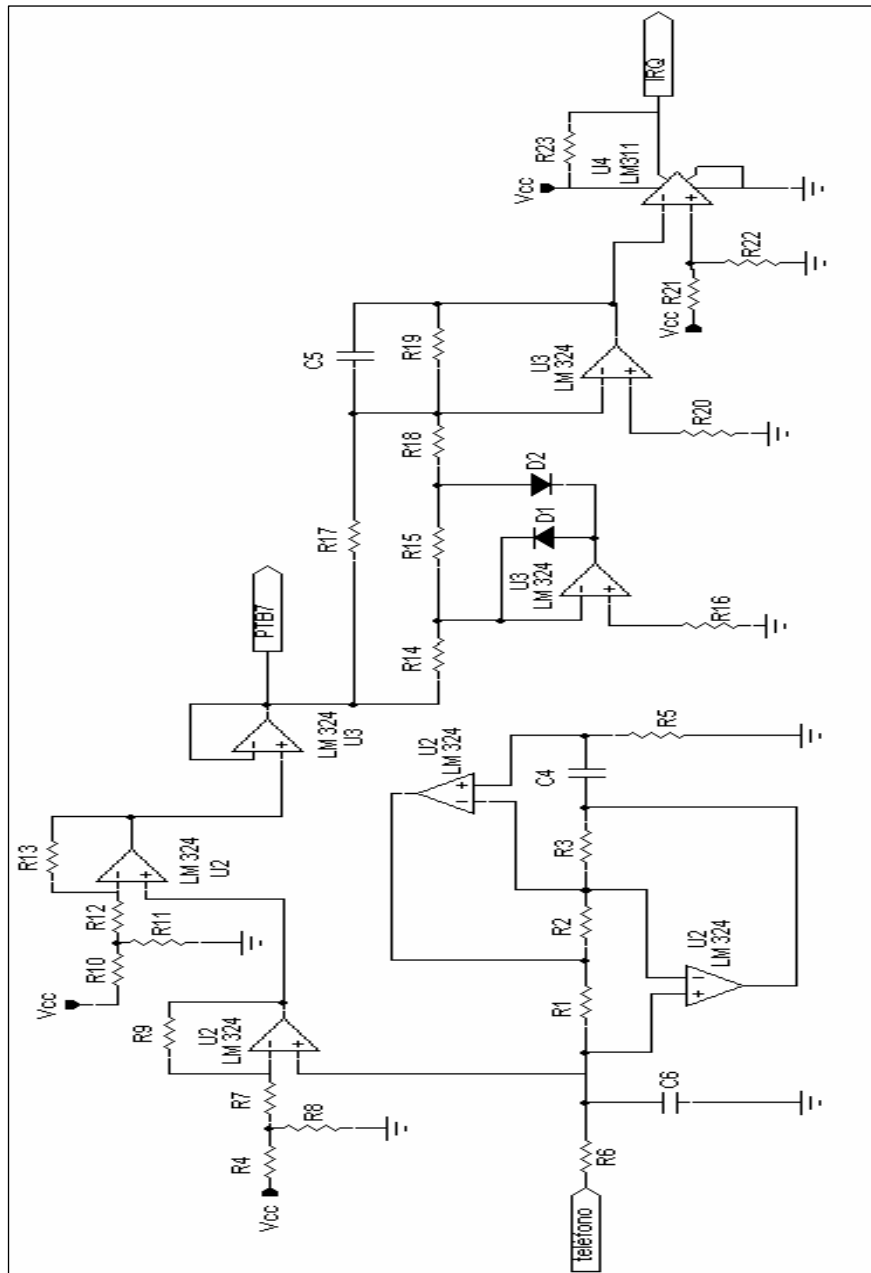
Para el diseño de este comparador<sup>4</sup> se utilizó el circuito integrado LM311N, como comparador de voltaje inversor. Cuando el voltaje de entrada sea menor que el voltaje de referencia se tiene a la salida del comparador un estado alto (9 Volts), si el voltaje de entrada es menor que el voltaje de referencia se tiene un estado bajo (4Volts). Estos estados cambian de alto a bajo únicamente cuando se oprime una tecla del teléfono y son enviados al pin IRQ del microcontrolador para hacer la captura de la señal DTMF que representa la tecla oprimida.



Circuito comparador inversor de voltaje  
Figura 2.9

<sup>4</sup> Hoja de datos del circuito integrado LM311N.

Finalmente la señal DTMF es enviada al conversor análogo-digital del microcontrolador para que mediante una rutina de programación, pueda detectar la tecla que se está pulsando en el teléfono.



**Circuito total detector de tonos DTMF**  
**Figura 2,10**

### **2.2.2 Direccionamiento y control de Llamadas.**

Este proceso es realizado entre los microcontroladores y el sistema de conmutación y tiene como función identificar el abonado que quiere comunicarse o con quien se quiere comunicar y establecer la comunicación a través del circuito integrado matriz de conmutación. Para ello se estableció un par de códigos que identifican a cada abonado de forma única, el primer código le indica al sistema de control la ubicación de la tarjeta donde se encuentra dicho abonado y el segundo código le indica la ubicación dentro de dicha tarjeta. Estos códigos son proporcionados por el circuito codificador de matriz y codificador de abonados. Así con este par de códigos el sistema se comunica específicamente con la tarjeta requerida y lleva a cabo la comunicación.

### **2.2.3 Control de señales de tonos.**

En este proceso intervienen la tarjeta de control, el circuito matriz de conmutación y el sistema de tonos y su función radica en activar los tonos que intervienen en una comunicación, dependiendo de la disponibilidad o no del abonado y/o portería. Esto se lleva a cabo mediante la configuración de cada matriz de conmutación que permite o evita el paso de dichas señales a los abonados. La duración de dichas señales son controlados por la tarjeta de control mediante los módulos temporizadores con los que cuenta el microcontrolador numero 1.

### **2.2.4 Temporización de Llamadas entre abonados.**

La función de este proceso es simplemente el corte de la comunicación entre abonados cuando haya transcurrido el tiempo límite de comunicación, el cual es fijado por portería mediante el teclado telefónico. Este corte se lleva a cabo mediante la configuración de la matriz de conmutación para evitar la conexión entre abonado y portería. Los tiempos también son controlados por la tarjeta de

control mediante los módulos de Temporización con los que cuenta el microcontrolador numero2.

La comunicación entre portería y abonado también tiene un tiempo límite y será interrumpida una vez concluido dicho tiempo, de nuevo este tiempo es configurado mediante el teclado del teléfono.

## **2.3 SISTEMAS DE TONOS.**

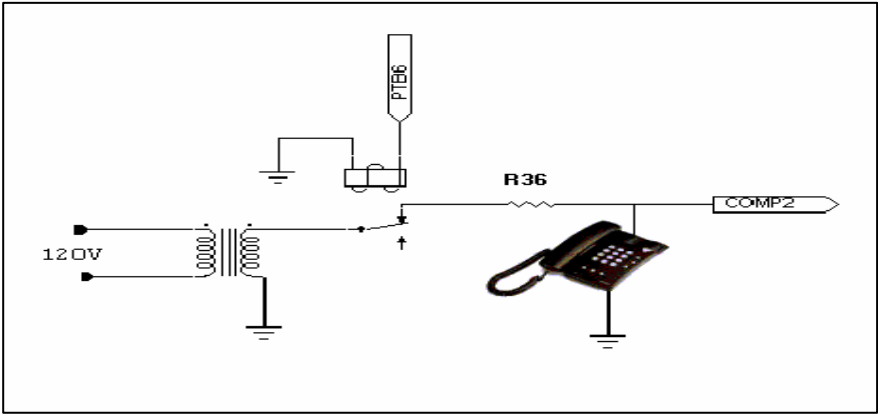
En cada tipo de comunicación de la consola, están presentes diversas señales de tono que le indican a los usuarios en cual etapa del proceso se encuentra. Como la consola digital de citófonos es una central de comunicación privada, las frecuencias y amplitudes de las señales de tonos son implementadas de acuerdo a los tonos estándares de señalización telefónica (tonos PTT). Este sistema es implementado a través de circuitos astables que generan frecuencias audibles y también por un transformador que genera la señal de ring del teléfono. Los tonos que están presentes en la consola de citófonos son los siguientes:

- Señal de ring del teléfono.
- Señal de ring de los citófonos.
- Señal de llamada.
- Señal de ocupado.

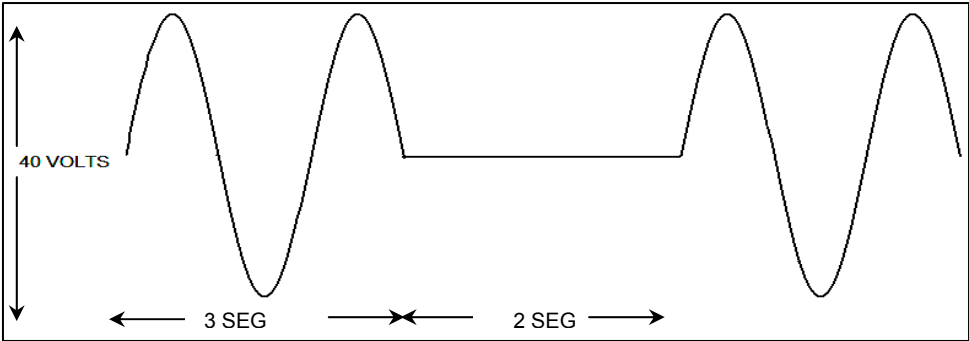
### **2.3.1 SEÑAL DE RING DEL TELÉFONO.**

Este tipo de señal siempre va a presentarse en el teléfono cada vez que un abonado desee comunicarse de forma directa con el teléfono. Para generar el tono de ring se necesita en el teléfono una señal senoidal de aproximadamente 40Volts pico a pico y una frecuencia de 60 Hz. Para la implementación de este circuito se necesita un transformador conectado al teléfono cada vez que se desee

que el teléfono suene. EL tiempo de interrupción de la señal de timbre lo realiza el microcontrolador abriendo y cerrando un relé, la duración de la señal en estado activo es de 3 segundos, mientras que en estado inactivo de 2 segundos.



**Circuito de señal de ring del teléfono.  
Figura 2.11**



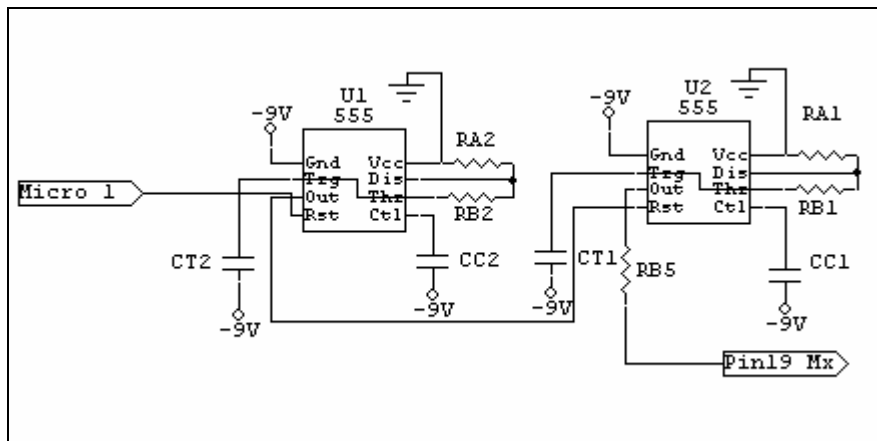
**Señal de ring del teléfono.  
Figura 2.12**

**2.3.2 SEÑAL DE RING DE LOS CITOFONOS.**

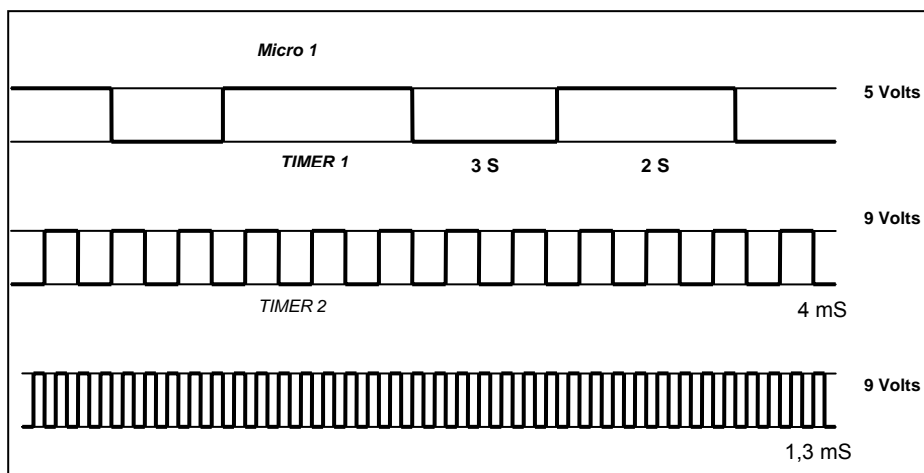
Esta señal se activa en los citófonos después que el portero marca el número del abonado con el que se desea comunicar o cuando otro abonado se está comunicando. Para generar esta señal se necesitan circuitos astables implementados con base en el circuito integrado NE 555. Al igual que la señal de ring del teléfono, el tiempo en estado activo es de 3 segundos, mientras que en estado desactivo es de 2 segundos, esta interrupción es dada por el

microcontrolador el cual activa el segundo astable (timer 2) que tiene una frecuencia de 240 Hz, y este a su vez es quien inhabilita el timer 1 el cual genera la frecuencia auditiva de 740 Hz (tono IT1).

Este circuito va a estar conectado a uno de los puntos de comunicación del circuito integrado matriz de conmutación, para poder conmutarlo con el abonado cuando esté recibiendo una llamada directamente de portería, o de otro abonado.



**Circuito señal de ring citófonos**  
**Figura 2.13**



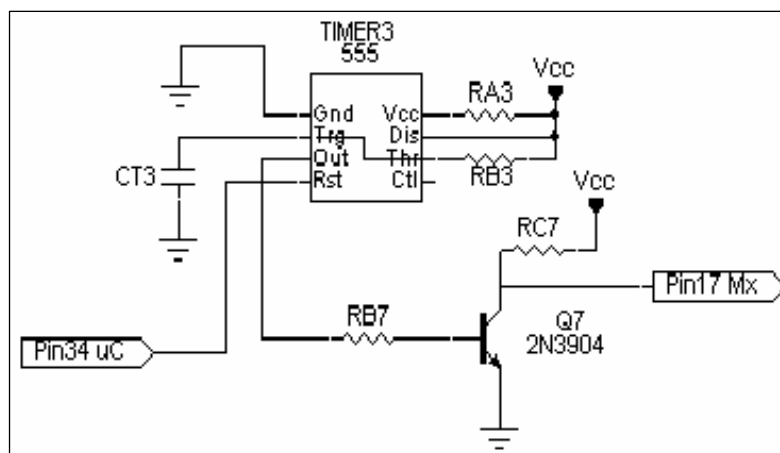
**Señales que conforman el tono ring de los citófonos**  
**Figura 2.14**

### 2.3.3 SEÑAL DE LLAMADA.

Este tono se escucha en la cápsula receptora del citófono cuando el abonado está llamando a portería o cuando está llamando a otro abonado. Aquí se aprovecha la función de temporización del microcontrolador para obtener el tiempo de inhabilitación del timer.

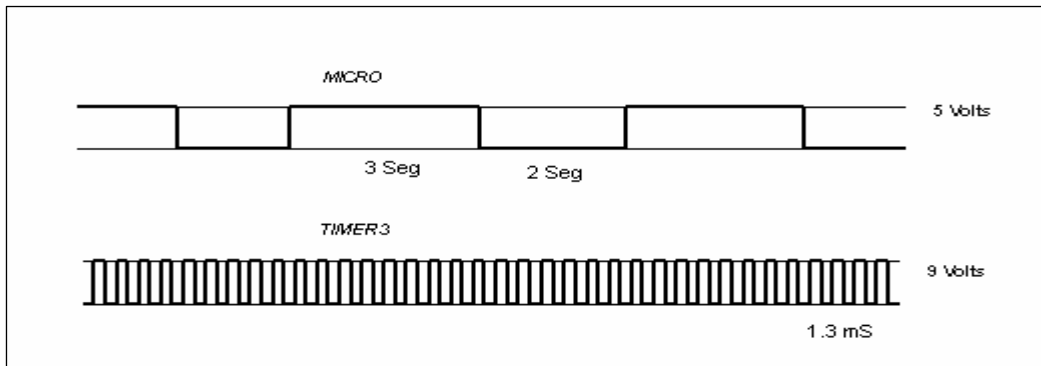
Este circuito se implementó con un circuito astable, que genera la frecuencia audible de 740Hz, y el cual es inhabilitado por el microcontrolador cada determinado tiempo. El tiempo de estado activo es de 3 Segundos mientras que el tiempo es de 2 segundos.

Una vez descuelga el interlocutor para recibir la llamada, el timer es desactivado por el microcontrolador.



Circuito de tono de llamada

Figura 2.15

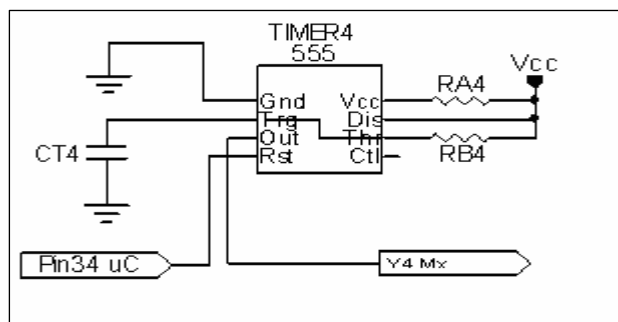


**Señales que conforman el tono de llamada**  
**Figura 2.16**

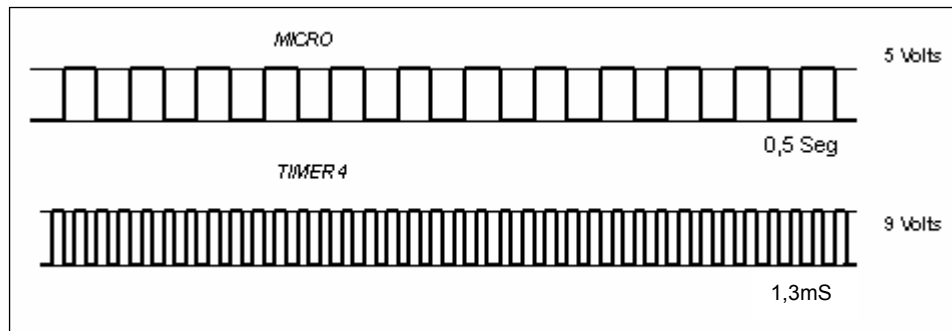
Para que en la cápsula receptora del teléfono también se escuche esta señal, se implementó otro timer con los mismos valores del anterior pero habilitado por otro pin del microcontrolador.

### 2.3.4 SEÑAL DE OCUPADO.

Esta señal también se escucha en la cápsula receptora del citófono cuando el teléfono de portería se encuentra ocupado atendiendo otra llamada, y se escucha en la cápsula receptora del teléfono cuando un abonado al que se está comunicando, se encuentra ocupado hablando con otro abonado. Para diseñar este circuito se implementó el mismo arreglo de la señal de llamada, la frecuencia de sonido es la misma (740 Hz) y es generada también por un astable, solo que el tiempo de inhabilitación del microcontrolador es de 0.5 segundos tanto para el estado activo como para el no activo.



**Circuito de tono de ocupado**  
**Figura 2.17**



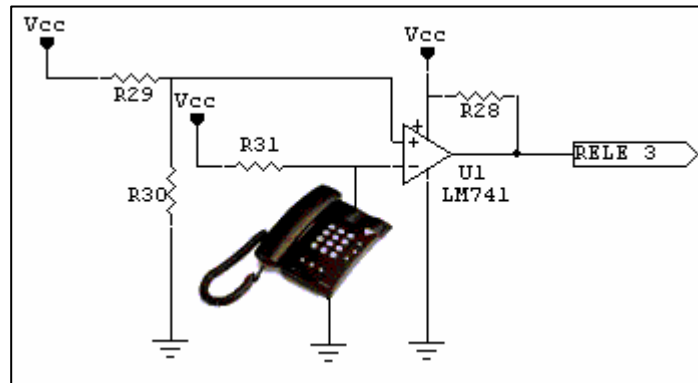
**Señales que conforman el tono de ocupado**  
**Figura 2.18**

## **2.4 SISTEMA DE CUELQUE Y DESCUELQUE.**

Para la detección de cuelgue y descuelgue tanto del teléfono como de los citófonos, se diseñaron circuitos comparadores de tensión. Al conectar directamente los terminales del teléfono o los citófonos al comparador, no se obtiene ninguna variación en el voltaje de entrada del comparador, manteniéndose a la salida del mismo un solo nivel de tensión. Para solucionar este problema, se conectó a las entradas de los comparadores un divisor de voltaje entre el teléfono o el citófono y una resistencia de valor pequeño, para poder obtener una variación a la entrada del comparador cuando se cuelga o se descuelga y así poder comparar dichas variaciones de entrada con el nivel de referencia, y obtener dos niveles de salida diferentes que puedan ser interpretados por el microcontrolador.

### **2.4.1 Sistema Cuelgue y Descuelgue del teléfono.**

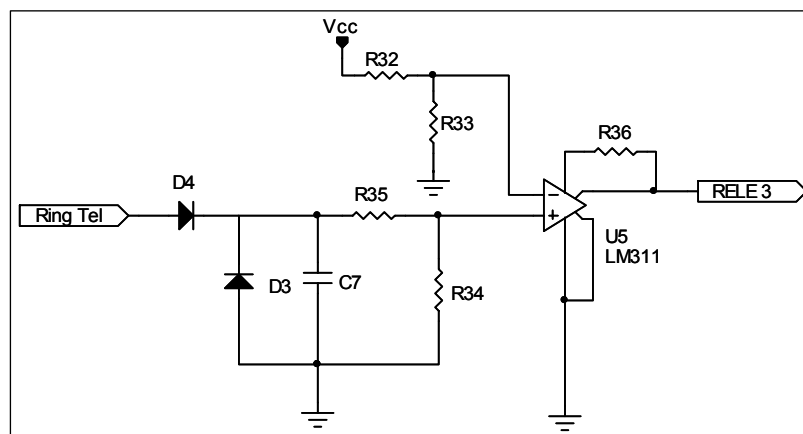
Este circuito fue desarrollado con un amplificador operacional (LM 741) configurado como un comparador inversor. En la entrada del comparador se coloca un divisor de voltaje entre el teléfono y una resistencia.



**Circuito detector de cuelgue y descuelgue del teléfono a 9 Volts**  
**Figura 2.19**

Cuando el teléfono está colgado se tiene a la salida del comparador 9 Volts, mientras que cuando está descolgado la tensión a la salida del comparador cae a 4 Volts (tierra digital), que en el microcontrolador van a ser interpretados como nivel alto o nivel bajo respectivamente, debido a que este se encuentra conectado a la tierra digital de la consola.

Para la detección del descuelgue cuando el teléfono está timbrando se adicióno un circuito detector de ring, que convierte la señal de ring en una señal continua que es llevada a otro circuito comparador.

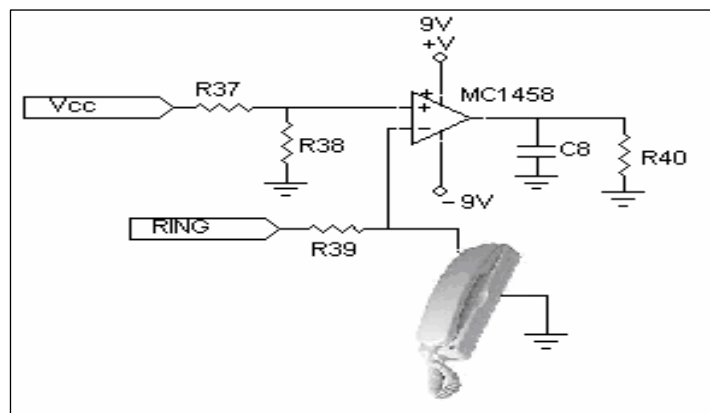


**Circuito detector de cuelgue y descuelgue del teléfono ante la señal de timbre**  
**Figura 2.20**

Las salidas de estos dos comparadores se conectan a un relé sencillo, para que cada una de estas sea enviada al pin 40 (PTA7) del microcontrolador 1 para la detección del descuelgue del teléfono ya sea cuando está timbrando o cuando se va a llamar a un abonado.

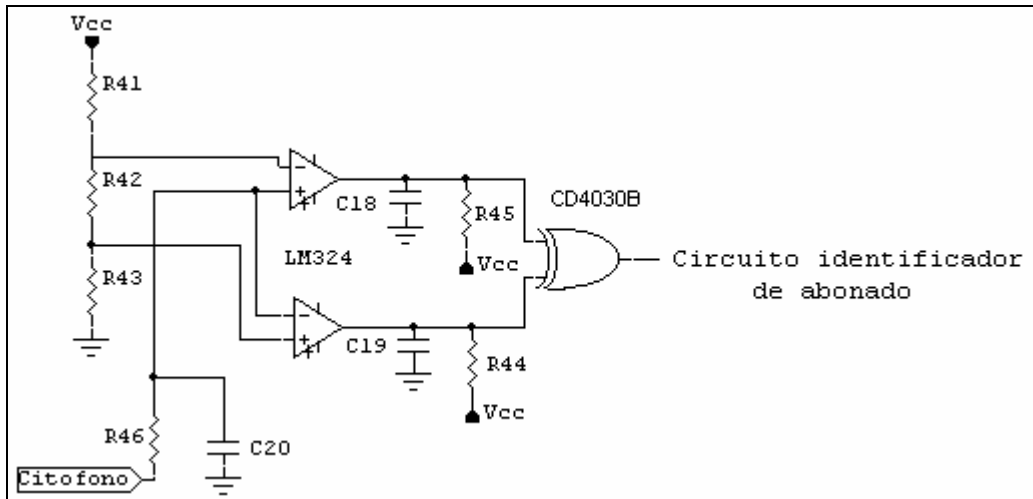
#### 2.4.2 Sistema Cuelgue y Descuelgue de los citófonos.

Los citófonos utilizados para la consola tienen un conjunto de contactos internos que actúan con el cuelgue y el descuelgue del aparato, que a su vez permiten realizar diversas formas de conexión dependiendo de la consola en la que vayan a ser utilizados. Para el caso de la consola digital se realizó una conexión en paralelo entre la cápsula transmisora y la cápsula receptora, la conexión entre citófonos también se realizó en paralelo. Al igual que el teléfono este circuito se desarrolla basándose en circuitos comparadores diseñados con amplificadores operacionales, para la detección del cuelgue cuando está timbrando el citófono, en su entrada debe haber un divisor de voltaje entre el citófono y una resistencia para poder obtener una señal variable y poder compararla con la señal de referencia del comparador. Cuando se descuelga para llamar a portería, se diseñó un comparador de ventana con un filtro pasivo a la entrada y una compuerta XOR para obtener los niveles de tensión adecuados y así poder identificar cada abonado en el circuito identificador.



Circuito detector de cuelgue-descuelgue ante la señal de ring del citófono

Figura 2.21



**Circuito detector de cuelgue y descuelgue para llamar a portería**  
**Figura 2.22**

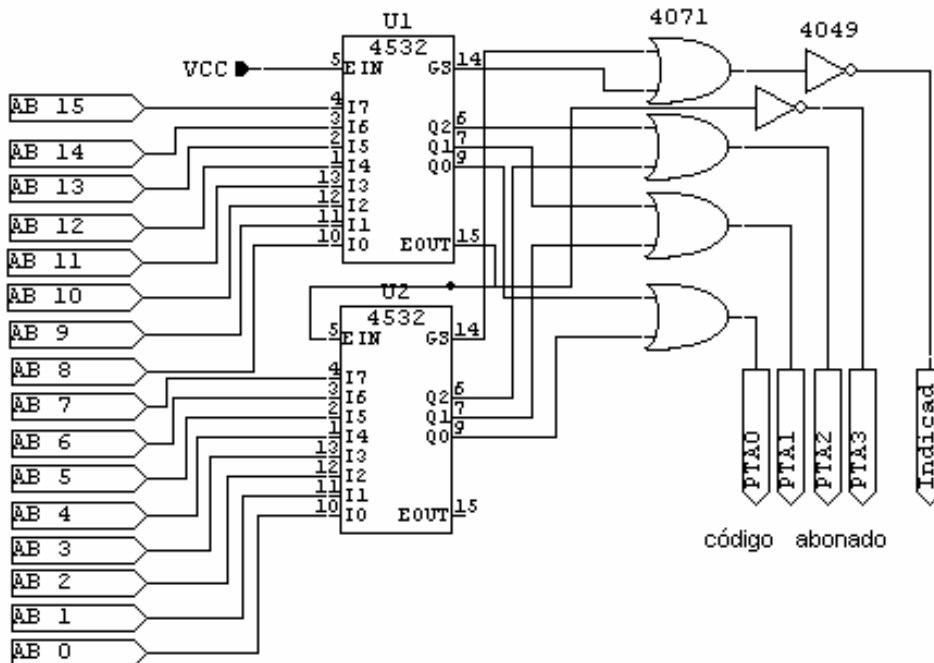
Cuando el citófono está timbrando, el voltaje de salida del comparador es de 9 Volts, mientras que cuando se descuelga para atender la llamada el nivel de voltaje es de 4 Volts. Los citófonos tienen la particularidad que al ser descolgado empiezan el proceso de comunicación, en el caso de la consola, al descolgarse empieza la comunicación con el portero. En la detección de descuelgue para iniciar una comunicación también se desarrolla con el anterior circuito comparador y los niveles de tensión que maneja a su salida son los mismos.

## 2.5 SISTEMA DE IDENTIFICACION.

Este sistema es el encargado de codificar los abonados que se están comunicando para ser identificado por el microcontrolador y posteriormente conmutarlo a través del circuito matriz de conmutación. EL sistema de identificación se implementó con circuitos integrados digitales de tecnología TTL y CMOS para obtener niveles adecuados de tensión para el microcontrolador. Se diseñaron tres circuitos principales para la codificación tanto del abonado como de la tarjeta a la cual pertenece dicho abonado.

## 2.5.1 CIRCUITO CODIFICADOR DE ABONADO.

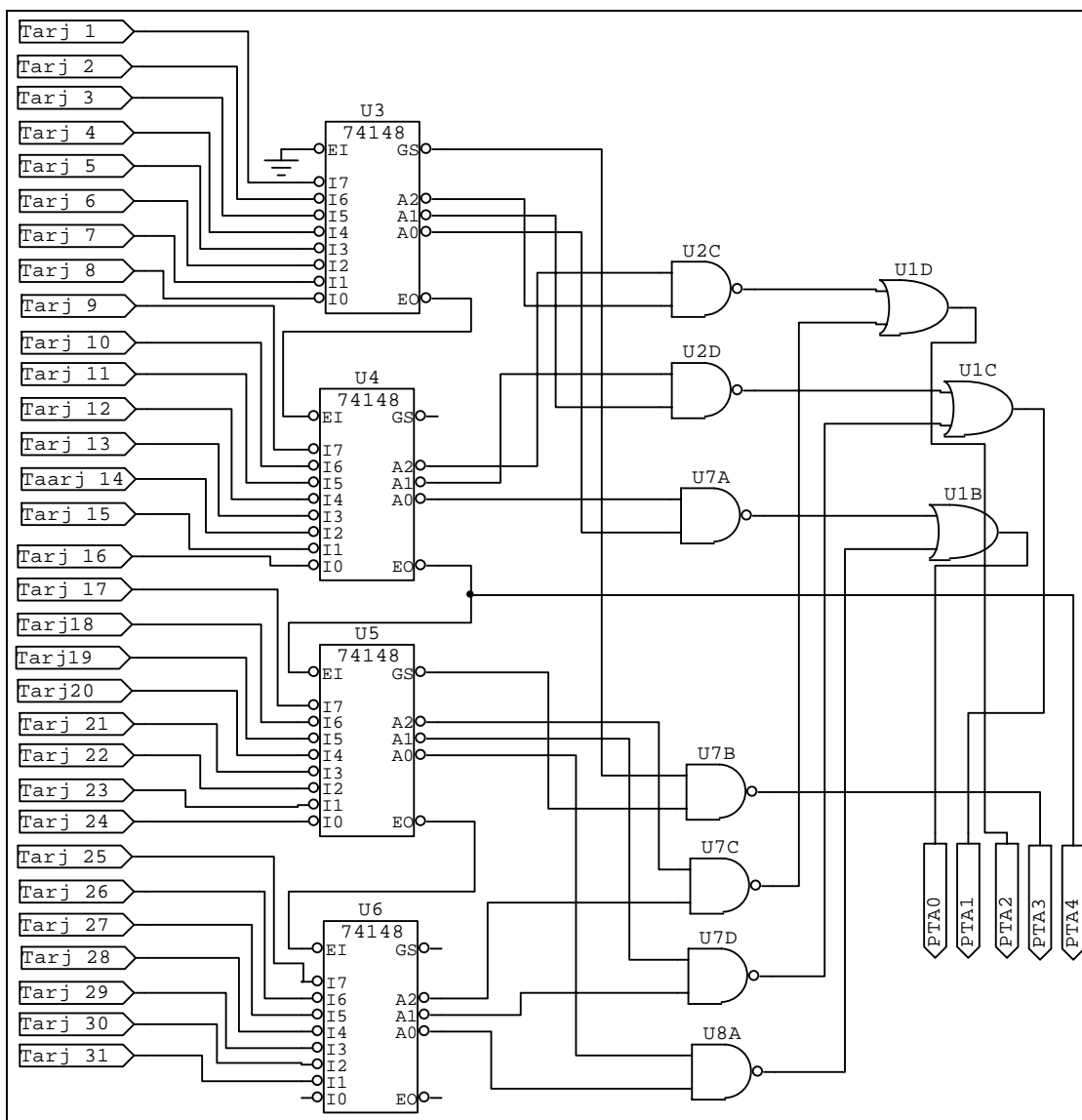
Para la detección del abonado que se está comunicando se implementó un circuito decodificador de 16 entradas y cuatro salidas por tarjeta. Las entradas son las salidas del sistema de cuelgue y descuelgue de los abonados que están conectados a dicha tarjeta, mientras que las salidas son un código de abonado que es enviado a un puerto del microcontrolador para que este identifique cual abonado ha descolgado para iniciar una comunicación, además cuenta con un bit indicador cuya función es mostrar si algún abonado de una tarjeta descolgó el citófono. Este circuito es diseñado con base a circuitos digitales como lo son el CD4532B que es un encoder de 8 entradas y 3 salidas con prioridad, además de un 74LS244 que son 8 buffers con habilitador inversor, y finalmente compuertas NAND.



Circuito codificador de abonado  
Figura 2.23

## 2.5.2 Circuito codificador de Matriz.

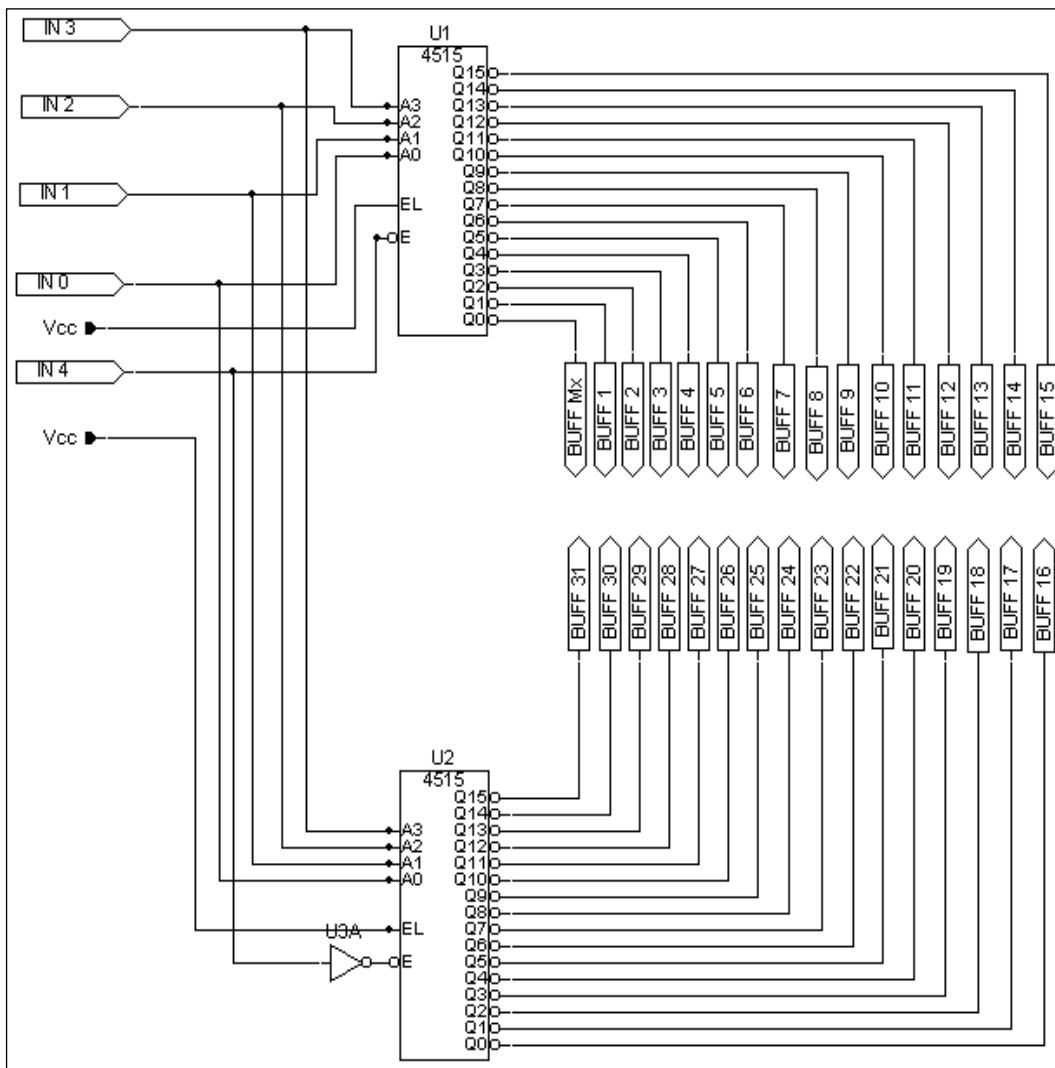
Este circuito está también conformado por circuitos TTL encoders 74LS148 compuertas NAND y OR, con 31 entradas y 6 salidas, y es el encargado de codificar cada uno de las 31 tarjetas de circuitos codificadores de abonado, y suministrar el código de tarjeta al mismo puerto del microcontrolador para ser identificado por este.



Circuito codificador de Tarjeta de Abonados  
Figura 2.24

### 2.5.3 Circuito codificador de Buffer.

El circuito codificador de buffer esta conformado por dos circuitos decodificadores de 4 a 16 líneas (4515) y un transistor NPN actuando como inversor lógico. Su función es asignar un código dependiendo del buffer de cada tarjeta de abonado que se haya activado o de la activación del buffer del circuito codificador de tarjeta.



Circuito codificador de Buffer  
Figura 2.25

2.6 Diagrama de bloques específico de la consola digital de citófonos.

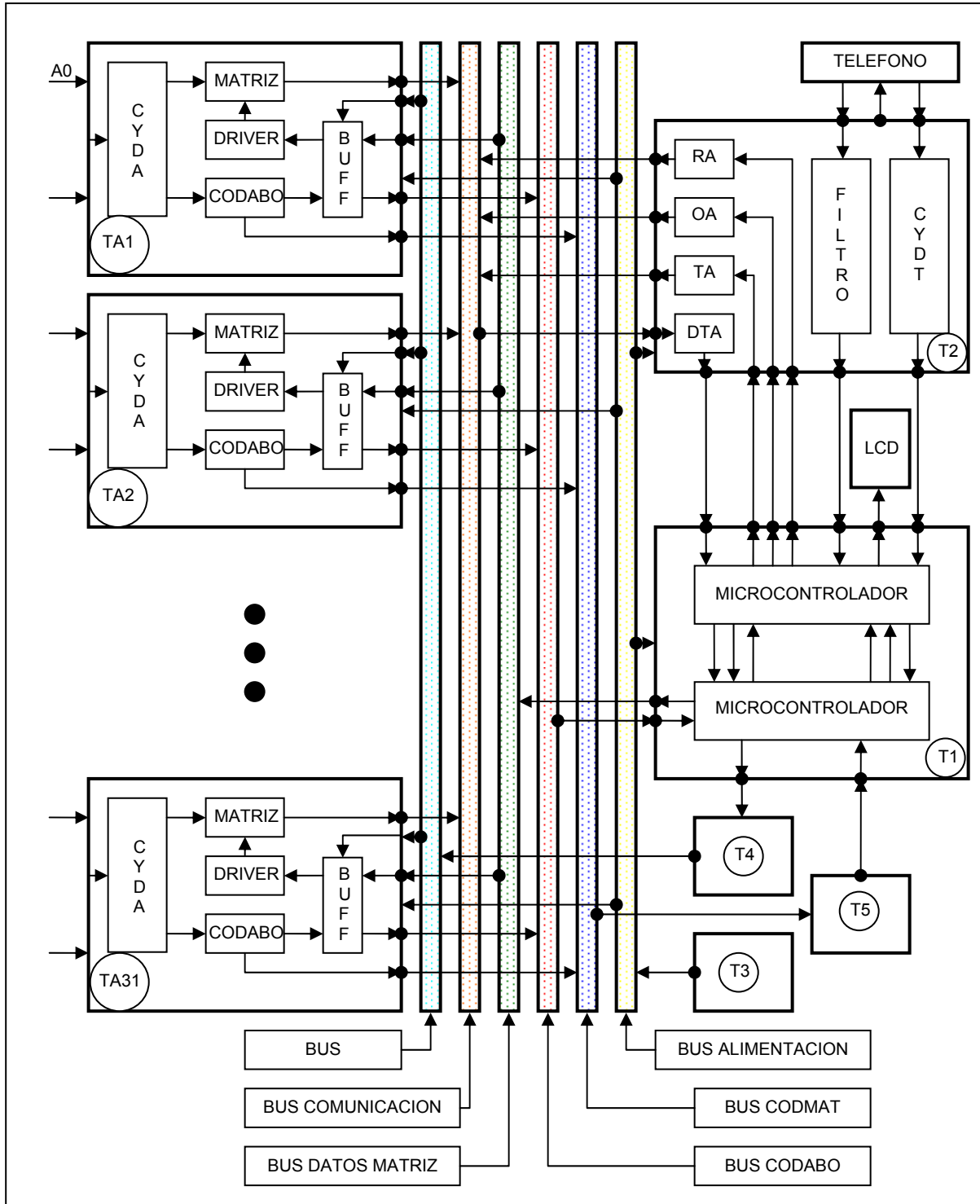


Diagrama de bloques específico  
Figura 2.26

El sistema consta de 5 tarjetas principales que están interconectadas por una sexta tarjeta la cual esta formada por líneas de buses; las tarjetas son:

- T1: TARJETA DE CONTROL.
- T2: TARJETA DE ACONDICIONAMIENTO TELEFONICO.
- T3: TARJETA DE ALIMENTACION.
- T4: TARJETA CODIGO BUFFER.
- T5: TARJETA CODIGO DE MATRIZ.

El sistema cuenta además con un tipo de tarjetas las cuales fueron diseñadas de forma idéntica para que se emplearan de forma modular, cada una cuenta con una capacidad máxima de albergar 16 abonados y con un número máximo de 31 tarjetas en el sistema completo.

Cada tarjeta de abonados contiene los siguientes circuitos:

- CYDA: Circuito de cuelgue y descuelgue de cada abonado el cual indica cuando un abonado se encuentra descolgado o colgado.
- CODABO: Circuito codificador de abonado cuya función es de proporcionar un código único de 4 bits para cada abonado cuando se descuelga alguno de ellos y un quinto que indica que al menos uno se encuentra descolgado.
- DRIVER: Circuito driver el cual recibe datos de la tarjeta de control en forma serial y los transforma en forma paralelo los cuales configuran la matriz de conmutación.
- MATRIZ: Circuito integrado que cumple las funciones de conmutación.
- BUFFER: Circuito buffer cuya función es discriminar los datos que corresponden a dicha tarjeta.

La tarjeta T1 o de control consta de dos microcontroladores; además se encuentra aislada de las otras tarjetas mediante la implementación de opto acopladores.

La tarjeta T2 o de acondicionamiento telefónico esta constituida por los siguientes circuitos:

- FILTRO: Circuito filtro cuya función como su nombre lo indica es filtrar la señal DTMF del teléfono para llevar a cabo la codificación mediante la aproximación de la Transformada de Fourier.
- CYDT: Circuito de cuelgue y descuelgue del aparato telefónico el cual indica el estado del teléfono en cualquier momento de la operación de la consola.
- RA: Circuito repique de abonado cuya función es generar la señal para los abonados que le indique la comunicación esta siendo solicitada.
- OA: Circuito ocupado abonado el cual genera la señal para los abonados que indica que la comunicación no se pudo llevar a cabo.
- TA: Circuito timbre de abonado cuya función es generar la señal requerida por el abonado para efectuar el timbrado de cada abonado.
- DTA: Circuito de descuelgue de un abonado timbrando el cual indica si el abonado descolgó cuando se encontraba timbrando.

La tarjeta T3 o de alimentación consta de 5 fuentes independientes; dos de 9 Volts para la comunicación principal y privada, una de -9 Volts para generarla señales de timbrado de abonado y dos de 5 Volts, una para polarizar los circuitos digitales y la segunda para la tarjeta de control. La tarjeta T4 o código buffer es la encargada de activar y desactivar los 31 buffer de las tarjetas de abonados de forma independiente mediante la tarjeta de control. La tarjeta T5 o código matriz es la encargada de generar un código único de 5 bits para cada tarjeta de abonados cuando algún abonado se descuelga. De esta forma cada abonado posee dos códigos que lo representan, el primero que le indica a la tarjeta de controlen que tarjeta abonado se encuentra y el segundo que le indica en cual de las 16 posiciones de la tarjeta de abonados representa.

### 3 RUTINAS DE PROGRAMACIÓN

Como parte fundamental del proyecto se encuentra la rutina de programación, con la cual se logra ajustar el funcionamiento óptimo, requerido de la consola, de acuerdo a las características deseadas como la detección de tonos DTMF, temporización de la comunicación, entre otras.

#### 3.1 DESCRIPCION GENERAL

La rutina de programación consta de dos programas diferentes debido a que la capacidad tanto de memoria como de puertos disponibles del microcontrolador no era suficiente, por lo tanto se utilizan dos microcontroladores. Cada rutina ejecuta funciones por separado:

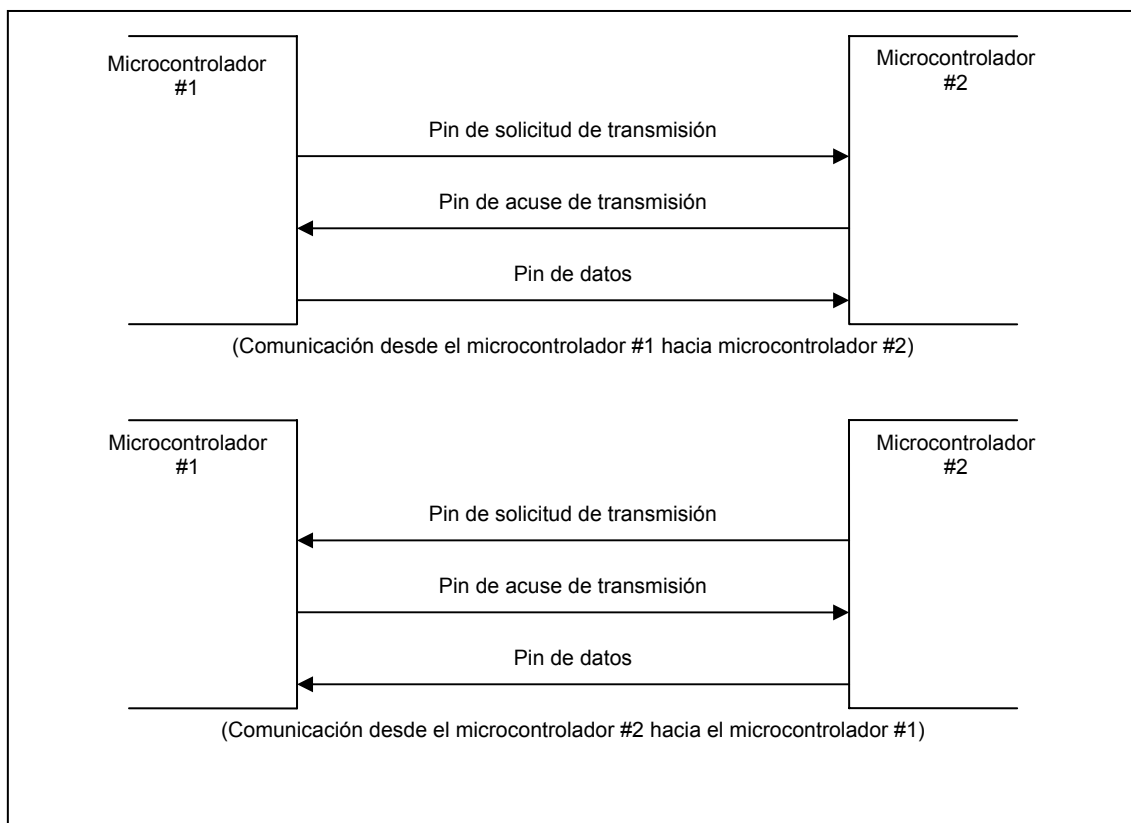
MICROCONTROLADOR # 1	MICROCONTROLADOR # 2
Manejo de la pantalla de visualización.	Temporizado de las comunicaciones.
Detección de tonos DTMF.	Direccionamiento de llamadas.
Control del sistema de acondicionamiento telefónico	Atiende extensiones.
Atiende consola.	

**Tabla de funciones de los microcontroladores**  
**Tabla 3.1**

Cada rutina posee una estructura la cual consta de una parte llamada rutina principal, cuya característica principal es estar en constante ejecución y desde donde se ejecutan las restante rutinas encargadas de funciones específicas de la consola en general.

El funcionamiento general de la consola se lleva a cabo mediante la combinación de las rutinas de los microcontroladores lo cual se logra mediante

la comunicación entre ellos. Esta comunicación ocurre en ambos sentidos y en cada proceso de comunicación intervienen dos rutinas, una por cada microcontrolador. Si la comunicación es del microcontrolador número 1 al microcontrolador número 2, en el primero se ejecuta una rutina de transmisión y en el segundo una rutina de recepción, utilizando un pin para los datos a transmitir y dos pines de solicitud y acuse de transmisión. Si la comunicación es en el otro sentido, el microcontrolador número 2 ejecuta la rutina de transmisión mientras que el número 1 ejecuta la rutina de recepción, utilizando el mismo numero de pines para llevar a cabo la comunicación pero diferentes a los utilizados en el caso de comunicación anterior, para asegurar el sentido de comunicación.



**Esquema de la comunicación entre los microcontroladores**  
**Figura 3.1**

Cada microcontrolador ejecuta la rutina de transmisión cada vez que se necesite comunicar con el otro microcontrolador. La rutina de transmisión esta diseñada para transmitir datos de tamaño un byte y transmite bit por bit

comenzando por el mas significativo y enviando una señal de solicitud de transmisión entre cada bit.

### **3.2 RUTINAS MICROCONTROLADOR NUMERO 1: ATENCION CONSOLA**

La rutina de este microcontrolador, consta de las instrucciones necesarias para llevar a cabo el control y funcionamiento de la pantalla LCD, la detección de tonos DTMF generados por el teléfono portero (consola), el cual va a ser el encargado de controlar el funcionamiento de la consola en general. También tiene como función la interacción con la tarjeta de acondicionamiento telefónico la cual indica el estado de cuelgue y descuelgue del teléfono portero como también produce las frecuencias necesarias para el timbrado de los citófonos abonados como del teléfono portero (consola). Los tiempos de activación de las señales de timbrado son contabilizados por los dos módulos TIMERS con los que cuenta el microcontrolador.

#### **3.2.1 RUTINA PRINCIPAL**

Por medio de la rutina principal del microcontrolador numero1, se maneja el mensaje de la pantalla LCD que indica el estado del teléfono portero así como el estado de la consola en general; además se mantiene una revisión constante al pin de solicitud de comunicación proveniente del microcontrolador numero 2, y así acudir a la subrutina de código la cual convierte el dato recibido en una tarea por realizar.

Si el teléfono portero se encuentra colgado, en la pantalla se visualizará un mensaje que le indicará al operario que se encuentra colgado y esta disponible a cualquier tipo de operación. Al momento de descolgar se borra el mensaje anterior y se imprime un mensaje de espera para ignorar los resaltos que se presenta en la señal telefónica debido al descuelgue, y seguidamente se deja la pantalla en blanco para visualizar la tecla que se oprima en el teléfono.

La rutina principal se encuentra constituida por un número de líneas de instrucciones las cuales permiten la ejecución de otras rutinas, llamadas

subrutinas, de acuerdo con las condiciones requeridas para su lógico funcionamiento. Para el microcontrolador numero 1 la rutina principal posee la siguiente estructura:

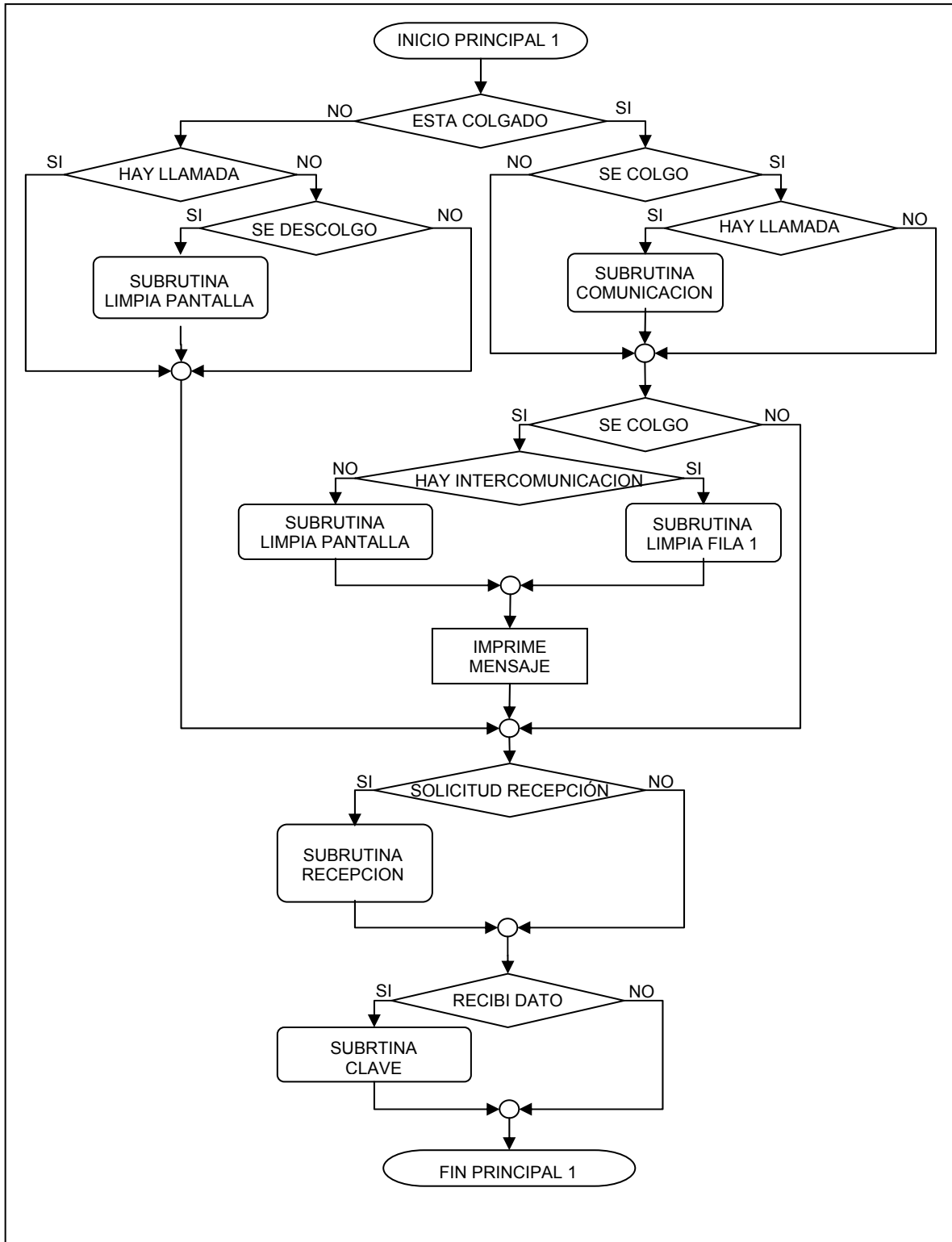


Diagrama de flujo de la rutina principal del microcontrolador 1  
Figura 3.2

Su principal función es la de interpretar el estado de cuelgue y descuelgue del teléfono portero (consola), dependiendo de las condiciones del funcionamiento general de la consola y así visualizar en la pantalla LCD en que estado de la operación se encuentra. Otra función que cumple esta rutina es la de atención a la comunicación generada por el otro microcontrolador. La rutina principal se ejecuta en un lazo infinito.

### 3.2.2 SUBROUTINA COMUNICACION

La visualización del estado de la comunicación se hace mediante la subrutina *comunicación*. La rutina inicia su ejecución después de que detecta la solicitud de llamada de un abonado y retorna de la subrutina *timbre* o cuando el teléfono portero inicia la comunicación hacia un abonado. La estructura de la subrutina es la siguiente:

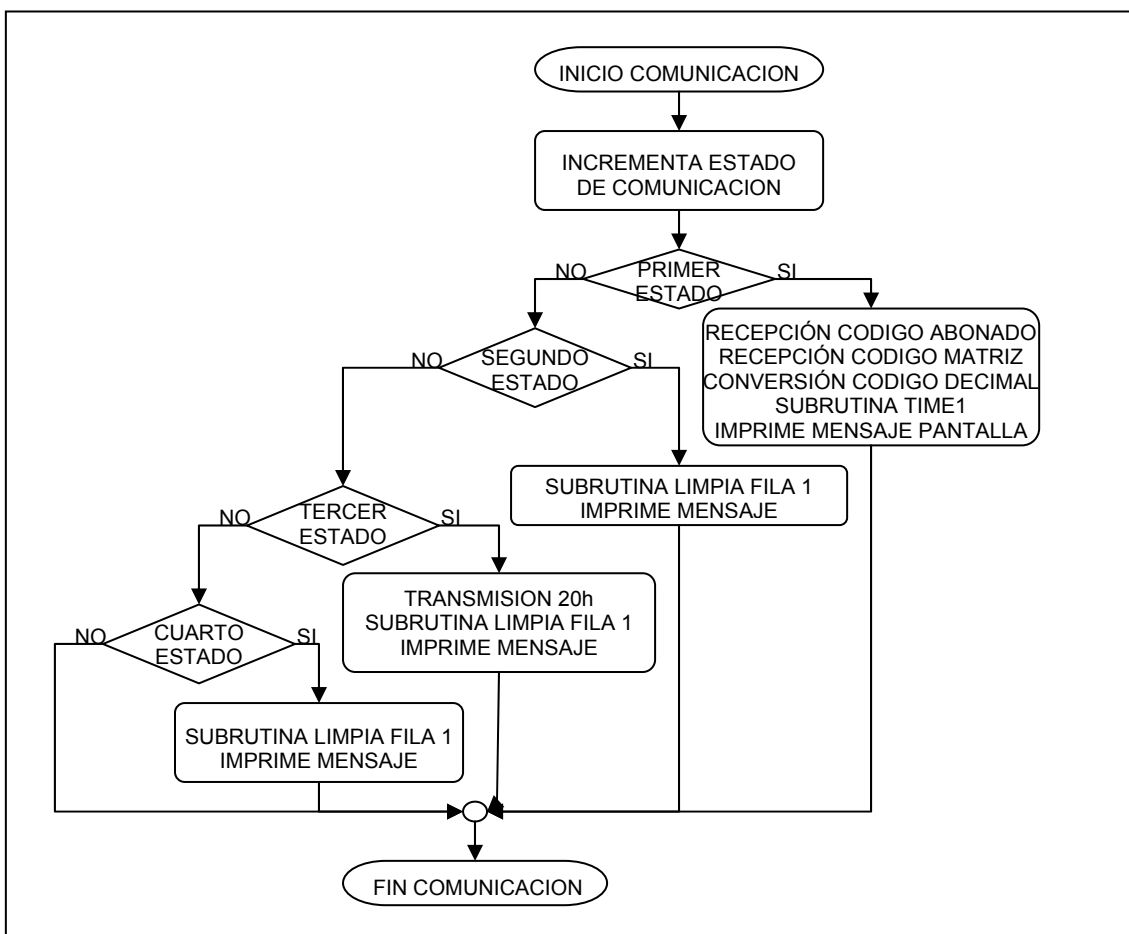


Diagrama de flujo de la subrutina comunicación del microcontrolador 1  
Figura 3.3

La subrutina se ejecuta cada vez que cambia el estado de la comunicación, cosa que se da cuando iniciando la comunicación contesta el abonado o el teléfono portero, cuando finaliza la comunicación si se cumple el tiempo, cuando cuelga el teléfono portero o el abonado.

### 3.2.3 SUBROUTINA TRANSMISIÓN

Esta subrutina tiene como función principal comunicar al microcontrolador numero 2 una orden o una condición de funcionamiento representada por un código o dato de tipo byte el cual va a ser posteriormente descifrado por otra subrutina encargada de interpretar los códigos transmitidos. El diagrama de flujo para la subrutina de transmisión es el siguiente:

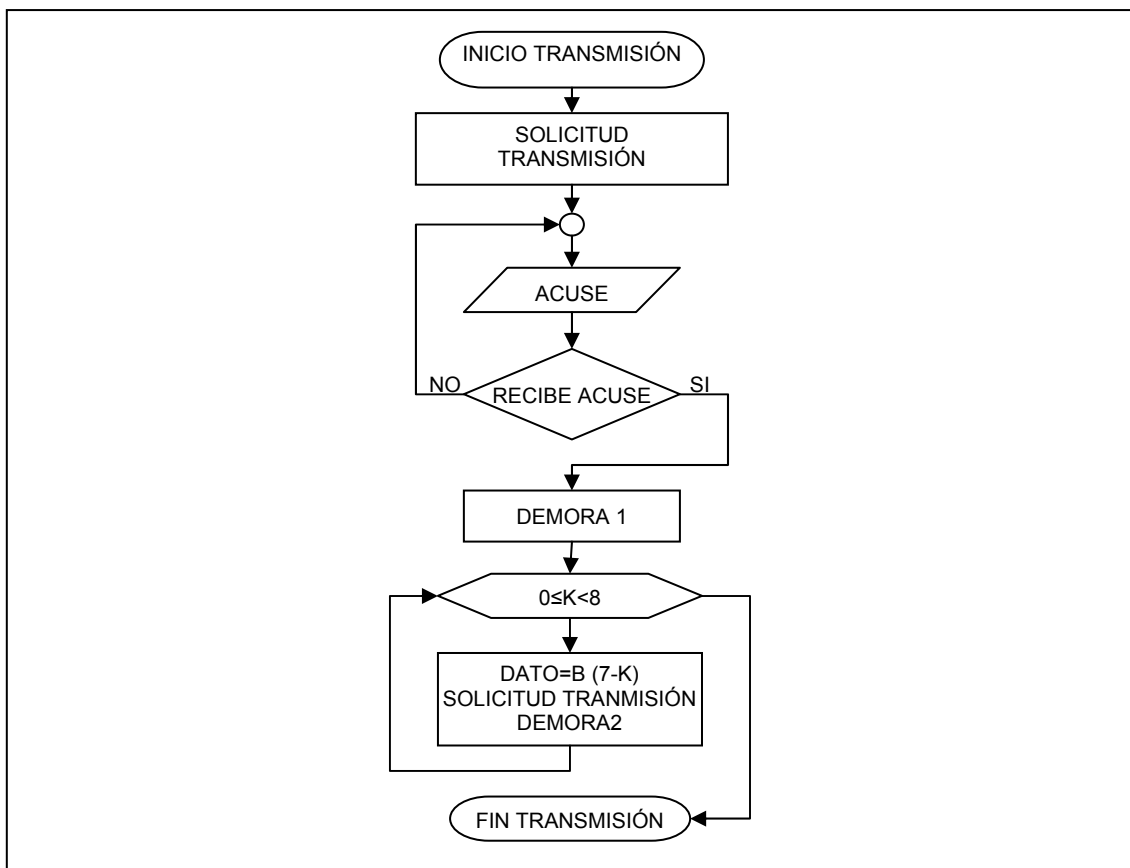
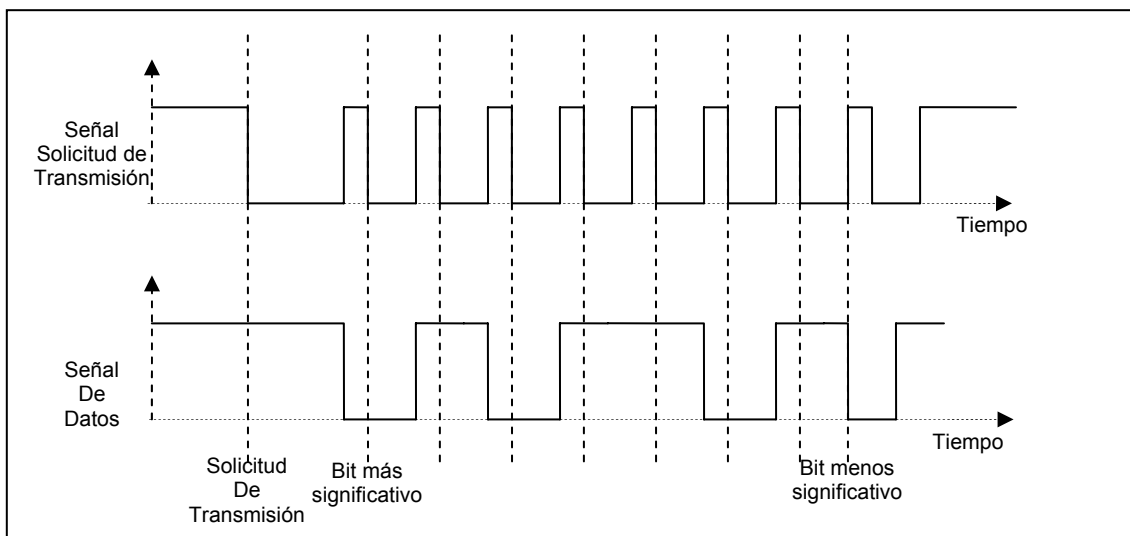


Diagrama de flujo de la subrutina transmisión del microcontrolador 1  
Figura 3.4

La demora 1 se emplea para sincronizar la transmisión; una vez es recibida la primera señal de acuse tanto el microcontrolador transmisor como el receptor

ejecutan esta demora que es de aproximadamente 2.5 microsegundos. La demora 2 se utiliza con el fin de permitir que durante este tiempo el microcontrolador que este recibiendo el dato lo almacene en una variable y que quede otra vez listo para recibir el siguiente bit y así no perder ningún bit durante la transmisión. La siguiente grafica ilustra la señal de solicitud de transmisión y la señal de datos cuando se transmite el dato 90 en decimal o 5A en hexagesimal o 01011010 en binario:

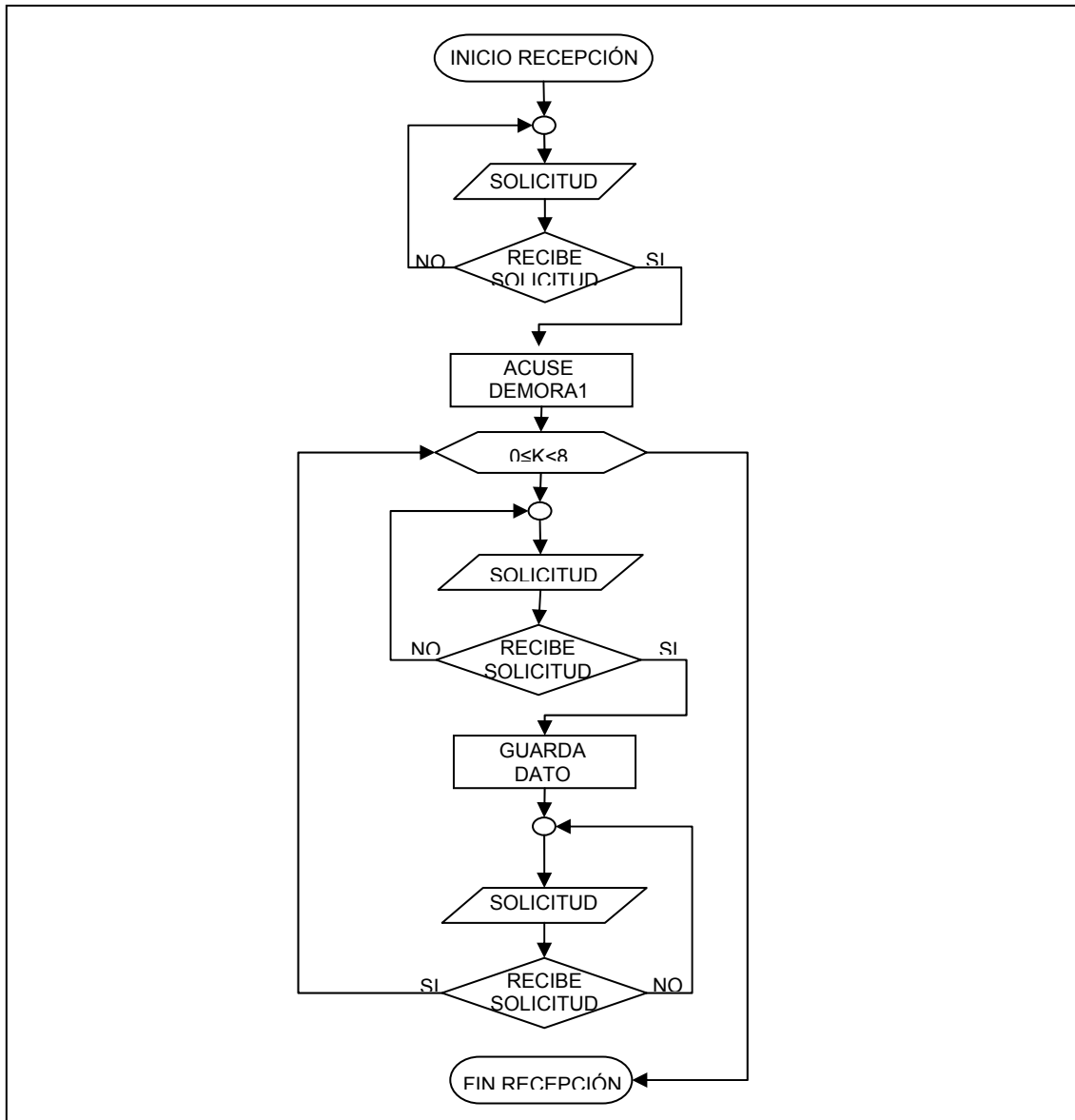


**Esquema del proceso de transmisión de un byte**  
**Figura 3.5**

### 3.2.4 SUBROUTINA DE RECEPCIÓN

La rutina de recepción posee una estructura similar a la de transmisión. Esta diseñada para recibir datos de tamaño de un byte y recibe bit por bit, almacenando en una variable cada vez que se recibe. Posee igual número de demoras que la subrutina de transmisión para asegurar la coordinación entre las dos subrutinas y así evitar la pérdida de bits.

El diagrama de flujo para la subrutina de recepción es el siguiente:



**Diagrama de flujo de la subrutina recepción del microcontrolador 1  
Figura 3.6**

La rutina de recepción es ejecutada cada vez que el programa necesita recibir un dato o código o cada vez que se solicita por el microcontrolador numero 2 mediante la solicitud de recepción.

### 3.2.5 SUBROUTINA CLAVE

La subrutina *clave* es al rutina que interpreta el código que resulta después de ejecutarse la rutina *recepción*. La estructura de esta subrutina es la siguiente:

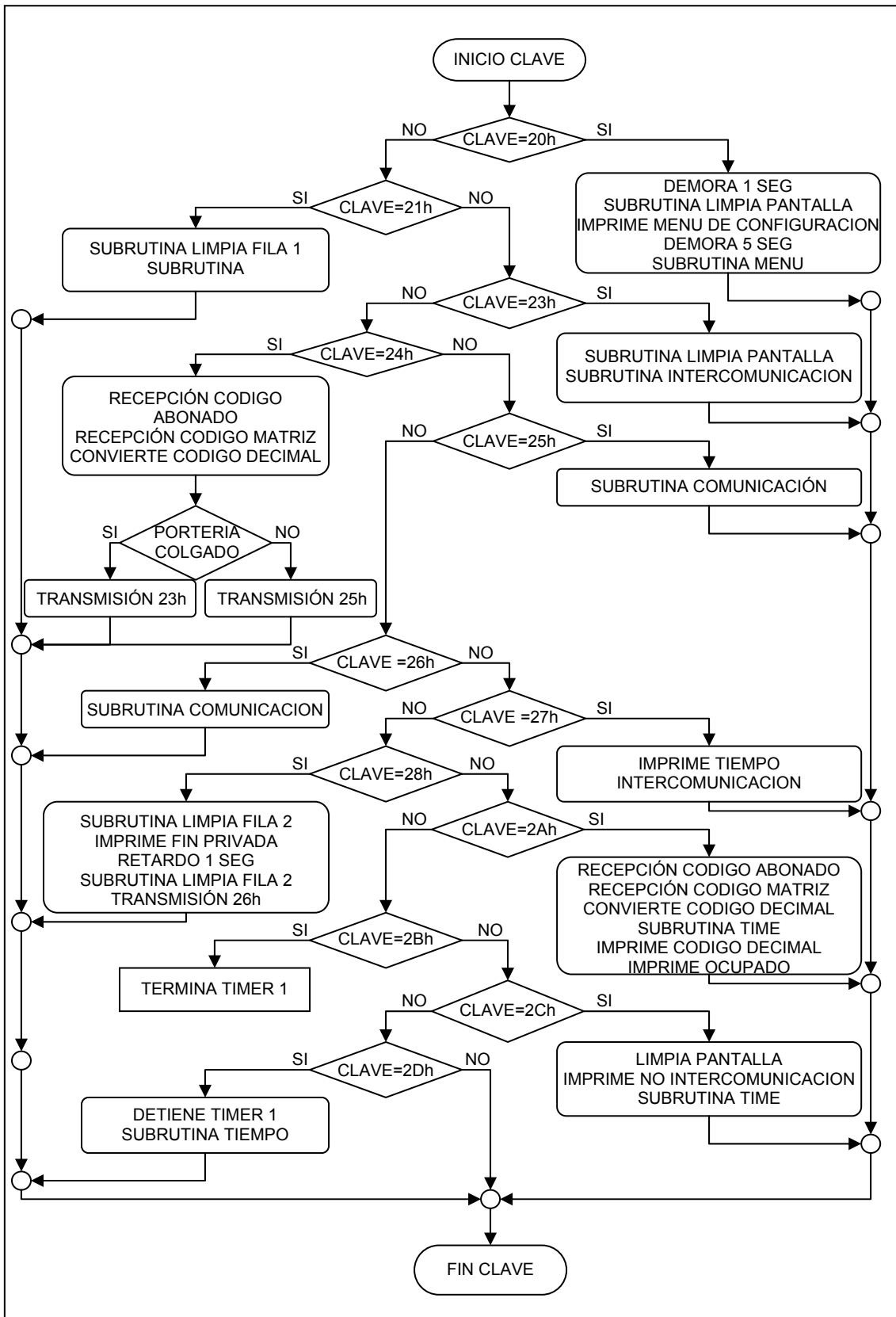


Diagrama de flujo de la subrutina clave del microcontrolador 1  
Figura 3.7

Cada código corresponde a una situación de operación a la cual debe responder el microcontrolador número 1 de acuerdo a lo dispuesto por el microcontrolador número 2. Cuando el microcontrolador número 1 recibe la clave 20h en el sistema hexagesimal su interpretación es ejecutar la subrutina *menú* que permite cambiar los tiempos de las comunicaciones. Si la clave es 21h ejecuta la subrutina *comunicación* pero con la condición de iniciar el timbrado del abonado. 23h como clave da paso a la subrutina *intercomunicación* que configura y da inicio a la comunicación entre abonados o privada. La comunicación principal entre el teléfono portero y un abonado, en sentido abonado-teléfono, se lleva a cabo después de recibir la clave 24h, la cual identifica primero el abonado que solicita la comunicación, lo visualiza en la pantalla LCD, ejecuta la subrutina *timbre* y dependiendo si el portero atiende la solicitud, transmite una clave diferente para cada ocasión. Cuando la clave es 25h y 26h, responde de la misma forma, ejecutando la subrutina *comunicación* en la condición de iniciar la conexión entre el teléfono portero y el abonado, 25h cuando el abonado solicita la comunicación y 26h cuando es el teléfono portero quien inicia la comunicación. En el caso que la clave sea 27h, es como indicación que va a recibir el tiempo restante de la comunicación privada. Un 28h como clave indica que la comunicación privada ha concluido, imprimiendo en la pantalla dicho mensaje. La clave 2Ah, es el indicador de una solicitud de llamada de un abonado, pero cuando el teléfono portero está ocupado en otra tarea, se recibe la identificación del abonado, se imprime en pantalla que indica la solicitud e inicia el proceso de generar el tono de ocupado para el abonado. Si la clave corresponde a 2Bh indica que el abonado solicitado en la comunicación privada ha atendido la solicitud y el proceso que se encarga de generar las señales de timbre debe terminar. En el caso que el abonado no atienda entonces recibirá la clave 2Ch lo que conlleva a que se imprima en la pantalla LCD el mensaje de NO INTERCOMUNICACIÓN. Cuando la clave es 2Dh, se interpreta que cuando existe un abonado en tono de ocupado, ha colgado y se debe terminar la generación de dicho tono.

### 3.2.6 SUBROUTINA RESPUESTA

Esta subrutina es ejecutada cada vez que la interrupción externa se presenta y su función es verificar las condiciones requeridas para llevar a cabo la detección de tonos DTMF, las cuales son que el teléfono portera este descolgado y que se haya estabilizado la señal a la entrada del modulo conversor análogo-digital del microcontrolador numero1. Si estos parámetros se cumplen, se puede iniciar la detección de la tecla oprimida.

La estructura de esta subrutina es la siguiente:

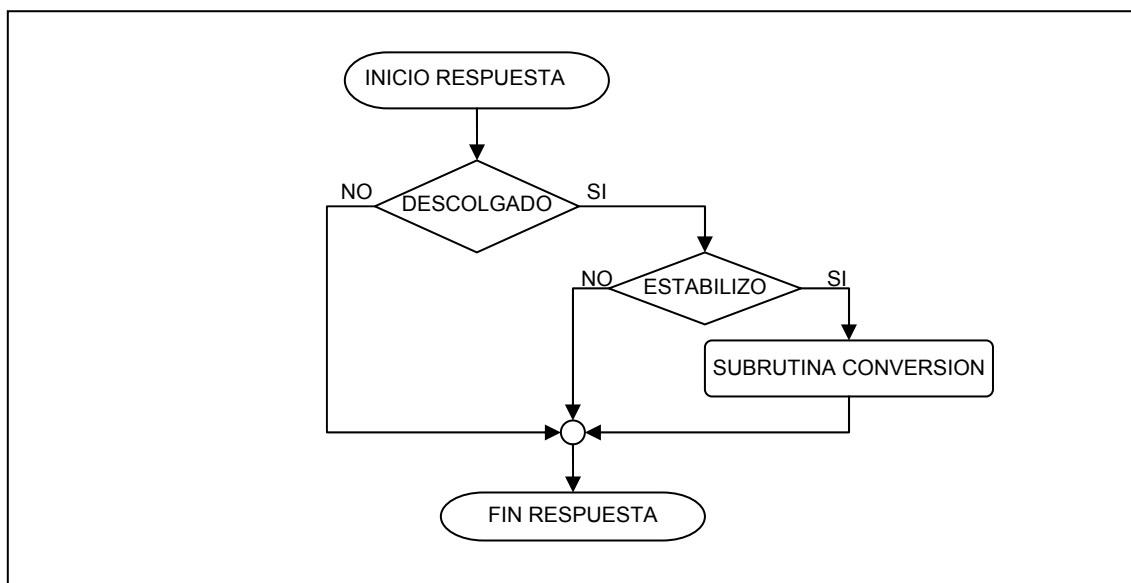


Diagrama de flujo de la subrutina respuesta del microcontrolador 1  
Figura 3.8

### 3.2.7 SUBROUTINA CONVERSIÓN

La identificación de la tecla oprimida se hace por medio de una rutina la cual ejecuta la digitalización de la señal proveniente del teléfono y respectivamente el análisis que se basa en una aproximación a la transformada de Fourier con el cual se identifica las dos frecuencias de cada señal y en consecuencia la tecla oprimida. Para la digitalización de la señal se empleo el conversor análogo-digital con el que cuenta el microcontrolador y de acuerdo al teorema de muestreo que recomienda que al momento de muestrear una señal se debe

hacer con una frecuencia de muestreo mayor o igual al doble de la frecuencia de la señal muestreada, se implemento una rutina que por medio del conversor análogo-digital, muestreara a una frecuencia cercana a los 4000 Hz. la cual es un poco mas del doble de 1633 Hz., que es la mayor frecuencia de las señales DTMF. El numero de muestras a tomar se determino en base de la diferencia que hay entre frecuencias ya que si no son suficientes muestras, cada resultado del análisis me pueden representar mas de una frecuencia. Se escogió tomar 64 muestras ya que esto asegura que el resultado del análisis permite la identificación de frecuencias que tengan una separación mayor a 62.5 Hz., además, es el mínimo valor ya que cada muestra representa un byte en la memoria RAM del microcontrolador y esto obliga a optimizar utilizando el menor espacio en memoria.

Esta rutina se ejecuta una vez que se presenta la interrupción externa IRQ ya que se necesita capturar 16ms de la señal y debido a que el tiempo que se mantiene una tecla oprimida no es mayor a un segundo, es prioridad para el microcontrolador atender esta rutina inmediatamente después que este presente la señal DTMF a la entrada del conversor análogo-digital y evitar la perdida de información por tomar muestras de la señal cuando ya no hay señal.

Esta rutina tiene la particularidad que la ejecución se hace si la interrupción externa IRQ se activa mediante un flanco de caída, si el teléfono portero esta descolgado, y si no hay alguna comunicación con el teléfono portero, ya que la señal de timbre para el teléfono como la comunicación puede generar variaciones en la señal de IRQ. Una vez se cumplan estas dos condiciones se ejecuta la rutina de conversión que en primer lugar efectúa la digitalización de la señal DTMF originada por el teléfono y que contiene las dos frecuencias a identificar. La digitalización se hace mediante el conversor análogo-digital configurado para que tome una muestra cada vez que se le ordene y almacene el dato en un vector de 64 posiciones.

Después de tener la señal almacenada en el vector se procede a calcular la magnitud de la componente de cada punto de la transformada de fourier mediante las siguientes ecuaciones:

$$X(2k) = \sum_{n=0}^{(N/2)-1} \left[ \chi(n) + \chi\left(n + \frac{N}{2}\right) \right] * e^{-\frac{j4\pi kn}{N}}$$

$$X(2k+1) = \sum_{n=0}^{(N/2)-1} \left[ \chi(n) - \chi\left(n + \frac{N}{2}\right) \right] * e^{-\frac{j2\pi n(2k+1)}{N}}$$

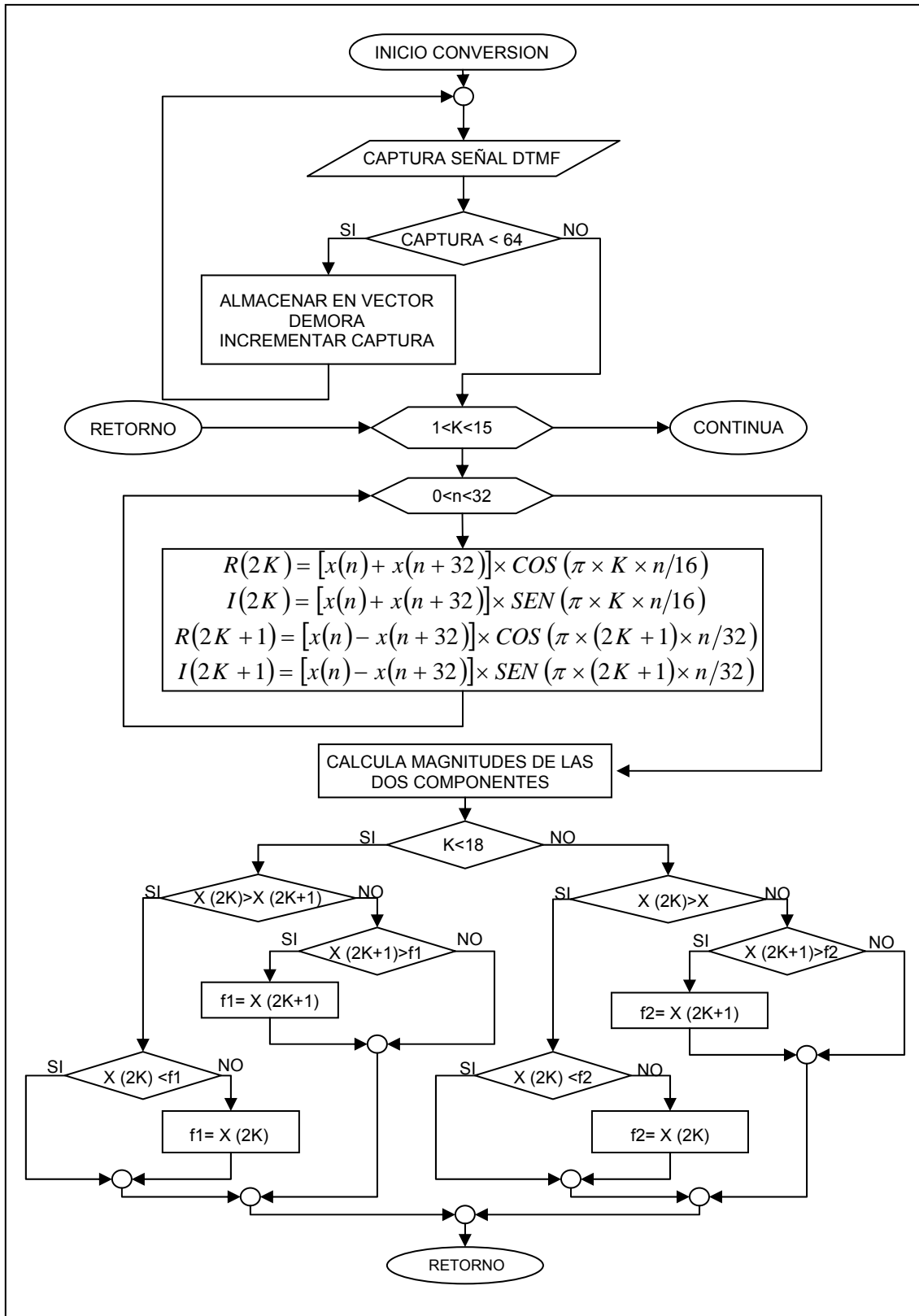
Estas dos ecuaciones permiten calcular los valores pares e impares de cada punto de la transformada de Fourier de N puntos. El resultado es un número imaginario ya que la segunda parte de la sumatoria es un número imaginario, así que se hacen los cálculos para la parte real e imaginaria por separado y al final se halla la magnitud que es el parámetro de comparación. Cada punto representa una frecuencia y los puntos de mayor magnitud son el par de frecuencias de la señal analizada. La rutina esta diseñada para que calcule los primeros 32 puntos ya que por la propiedad de simetría de la transformada de Fourier de señales digitales el resultado después del punto 32 se repiten.

Como cada señal tiene dos frecuencias, una alta y una baja, en la rutina se identifica el valor de mayor magnitud para los primeros 18 puntos y se determina el valor de la frecuencia baja y otro valor para los restantes y determinar el valor de la frecuencia alta. En la siguiente tabla se referencia el par de puntos correspondientes a cada tecla del teléfono:

1	2	3	A				
13	22	13	24	13	27	13	29
4	5	6	B				
14	22	14	24	14	27	14	29
7	8	9	C				
15	22	15	24	15	27	15	29
*	0	#	D				
17	22	17	24	17	27	17	29

**Tabla de resultados del análisis de frecuencias**  
**Tabla 3.2**

La estructura de la subrutina completa es la siguiente:



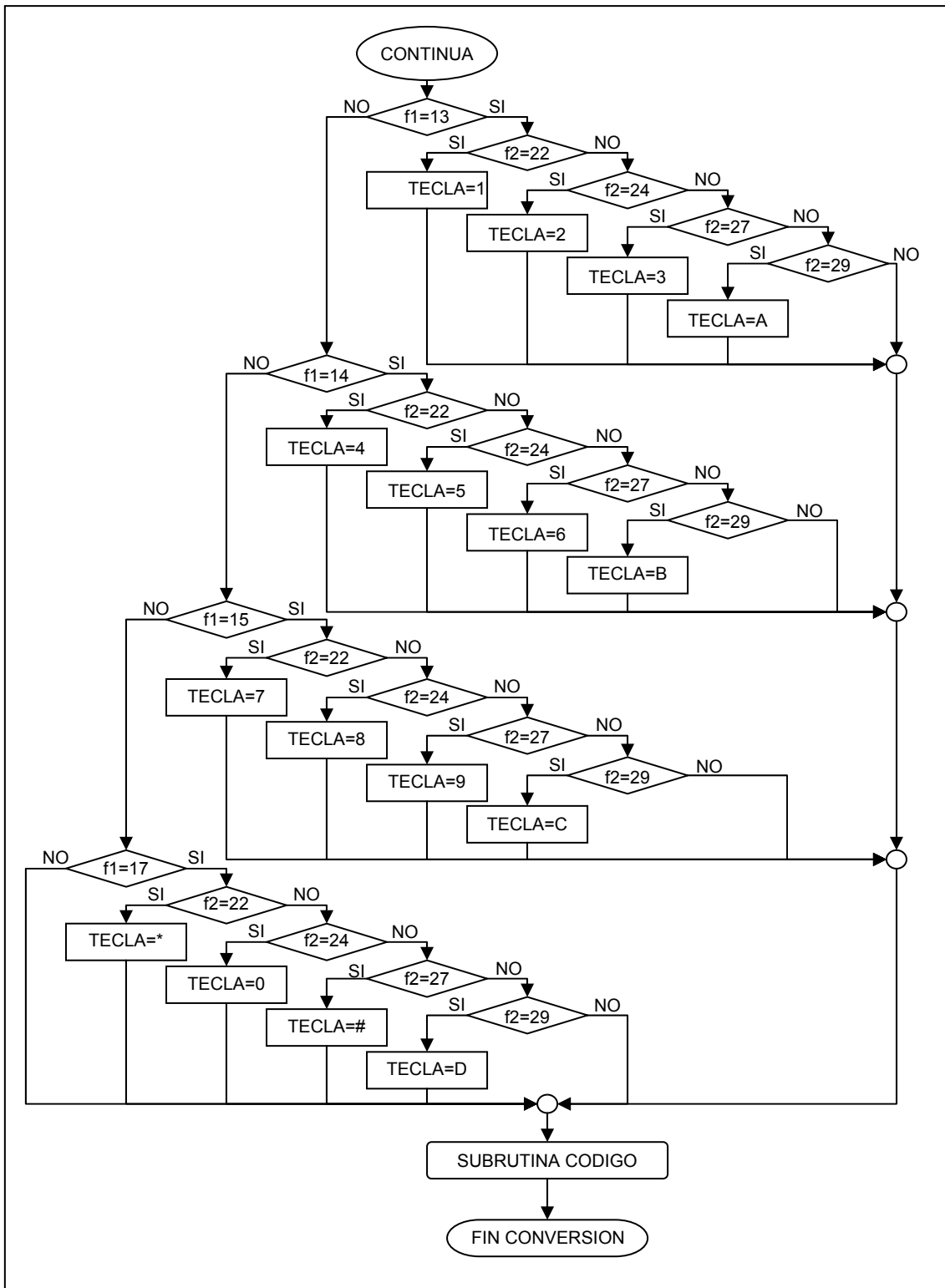


Diagrama de flujo de la subrutina conversión del microcontrolador 1  
 Figura 3.9

Para lograr una mejor implementación de la rutina en el aspecto de la velocidad de ejecución, se decidió omitir el uso de las funciones trigonométricas de las ecuaciones utilizadas, para usar un vector con los valores de dichas funciones

calculadas previamente. Como primer paso se utilizaron dos vectores; el primero para los valores de la función seno y el segundo para el coseno, con 64 datos cada uno debido a que en las ecuaciones el ángulo para cada función alcanza a tomar 64 valores diferentes en un periodo. Los valores de estos vectores corresponden a la evaluación de la función para cada valor de ángulo posible relacionados con el rango de la señal DTMF. Como la señal DTMF posee un rango de 0V a 5V y sus valores digitales están representados en una variable de longitud 1 byte con 255 valores posibles, los valores de las funciones son representados igualmente en variables de un byte de longitud para no tener problemas de incompatibilidad a la hora de efectuar las operaciones. Pero debido a que las funciones tiene valores positivos y negativos, el signo es representado por el primer bit del dato, así que para la magnitud solo quedan 7 bit para representarla, que corresponde a 128 posibles valores que abarcan también de 0V a 5V para guardar concordancia con la escala de la señal DTMF. Para la determinación de los valores se hizo una distribución lineal del rango permitido (0V a 5V) dentro del número de valores posibles (127). Los valores para las funciones van desde -1 hasta 1 y su equivalente en el formato entero con signo es el siguiente:

0,9843	25	0,3150	8	-0,3543	-9
0,9449	24	0,2756	7	-0,3937	-10
0,9055	23	0,2362	6	-0,4331	-11
0,8661	22	0,1969	5	-0,4724	-12
0,8268	21	0,1575	4	-0,5118	-13
0,7874	20	0,1181	3	-0,5512	-14
0,7480	19	0,0787	2	-0,5906	-15
0,7087	18	0,0394	1	-0,6299	-16
0,6693	17	0,0000	0	-0,6693	-17
0,6299	16	-0,0394	-1	-0,7087	-18
0,5906	15	-0,0787	-2	-0,7480	-19
0,5512	14	-0,1181	-3	-0,7874	-20
0,5118	13	-0,1575	-4	-0,8268	-21
0,4724	12	-0,1969	-5	-0,8661	-22
0,4331	11	-0,2362	-6	-0,9055	-23
0,3937	10	-0,2756	-7	-0,9449	-24
0,3543	9	-0,3150	-8	-0,9843	-25

**Tabla de valores de la equivalencia digital**  
**Tabla 3.3**

Así que para la función coseno los 64 valores de la función y su equivalencia en el formato entero con signo es el siguiente:

1,0000	25	0,0000	0	-1,0000	-25	0,0000	0
0,9952	25	-0,0980	-2	-0,9952	-25	0,0980	2
0,9808	24	-0,1951	-4	-0,9808	-24	0,1951	4
0,9569	24	-0,2903	-7	-0,9569	-24	0,2903	7
0,9239	23	-0,3827	-9	-0,9239	-23	0,3827	9
0,8819	22	-0,4714	-11	-0,8819	-22	0,4714	11
0,8315	22	-0,5556	-14	-0,8315	-22	0,5556	14
0,7730	19	-0,6344	-16	-0,7730	-19	0,6344	16
0,7071	17	-0,7071	-17	-0,7071	-17	0,7071	17
0,6344	16	-0,7730	-19	-0,6344	-16	0,7730	19
0,5556	14	-0,8315	-22	-0,5556	-14	0,8315	22
0,4714	11	-0,8819	-22	-0,4714	-11	0,8819	22
0,3827	9	-0,9239	-23	-0,3827	-9	0,9239	23
0,2903	7	-0,9569	-24	-0,2903	-7	0,9569	24
0,1951	4	-0,9808	-24	-0,1951	-4	0,9808	24
0,0980	2	-0,9952	-25	-0,0980	-2	0,9952	25

**Datos de la función coseno y su equivalente digital**  
**Tabla 3.4**

Para la función seno los valores son los siguientes:

0,0000	0	1,0000	25	0,0000	0	-1,0000	-25
0,0980	2	0,9952	25	-0,0980	-2	-0,9952	-25
0,1951	4	0,9808	24	-0,1951	-4	-0,9808	-24
0,2903	7	0,9569	24	-0,2903	-7	-0,9569	-24
0,3827	9	0,9239	23	-0,3827	-9	-0,9239	-23
0,4714	12	0,8819	22	-0,4714	-12	-0,8819	-22
0,5556	14	0,8315	22	-0,5556	-14	-0,8315	-22
0,6344	16	0,7730	19	-0,6344	-16	-0,7730	-19
0,7071	17	0,7071	17	-0,7071	-17	-0,7071	-17
0,7730	19	0,6344	16	-0,7730	-19	-0,6344	-16
0,8315	22	0,5556	14	-0,8315	-22	-0,5556	-14
0,8819	22	0,4714	12	-0,8819	-22	-0,4714	-12
0,9239	23	0,3827	9	-0,9239	-23	-0,3827	-9
0,9569	24	0,2903	7	-0,9569	-24	-0,2903	-7
0,9808	24	0,1951	4	-0,9808	-24	-0,1951	-4
0,9952	25	0,0980	2	-0,9952	-25	-0,0980	-2

**Datos de la función seno y su equivalente digital**  
**Tabla 3.5**

Con estos dos vectores se tendrían 128 bytes en la memoria, pero utilizando el desfase de las funciones se paso a un vector 64 bytes. Los valores de la función coseno van desde la posición 0 hasta la posición 63, mientras que los

valores de la función seno van desde 48 hasta la 63 y continua desde la 0 hasta la 47. Finalmente se ajustaron los valores en un vector de 33 datos donde la señal coseno va desde la posición 0 hasta la 33 y desde la posición 32 hasta la 1. Los valores de la función seno van desde la posición 16 hasta la 0, desde la posición 1 hasta la 33 y desde la posición 32 hasta la posición 17.

### 3.2.8 SUBROUTINA CODIGO

Una vez es identificada la tecla oprimida se ejecuta la subrutina *código*, la cual se encarga de transmitir, por medio de la subrutina de *transmisión*, la tecla detectada y confirmar la correcta transmisión mediante la *recepción* y comparándola con la transmitida para asegurar que en ambos microcontroladores la tecla fue la misma. Si el dato transmitido y el recibido no corresponden, se omite la tecla y sale de la subrutina, si ocurre lo contrario, convierte el dato a formato ASCII correspondiente a la tecla oprimida y lo imprime en la pantalla LCD mediante la subrutina *datos*. La estructura de la subrutina es la siguiente:

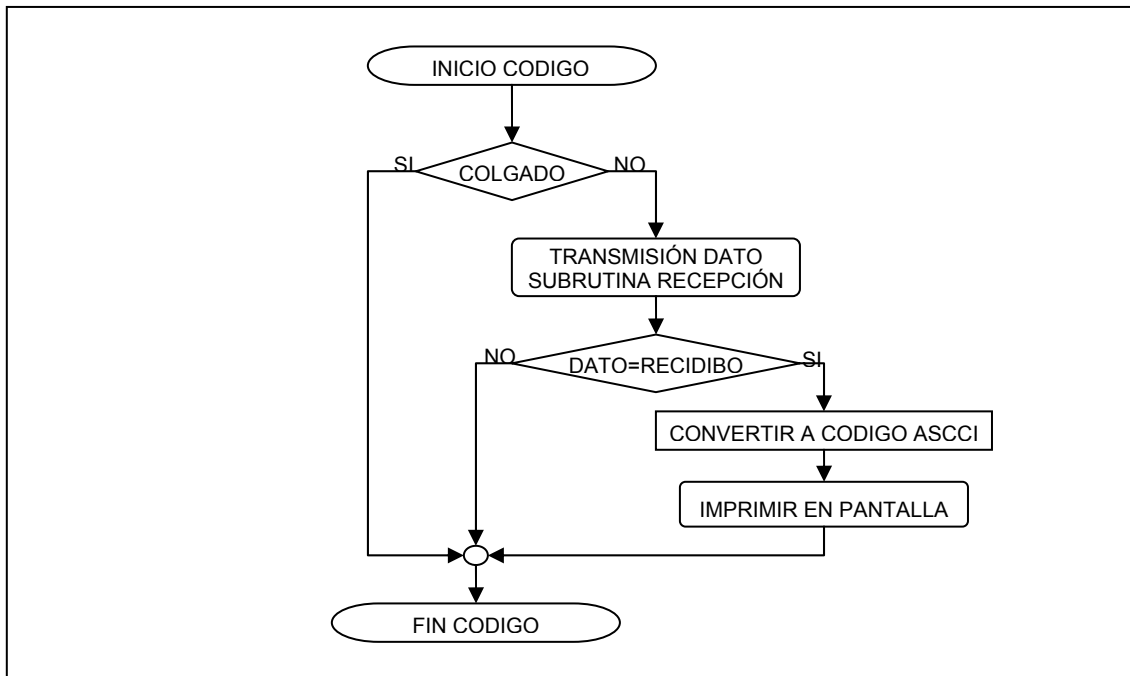
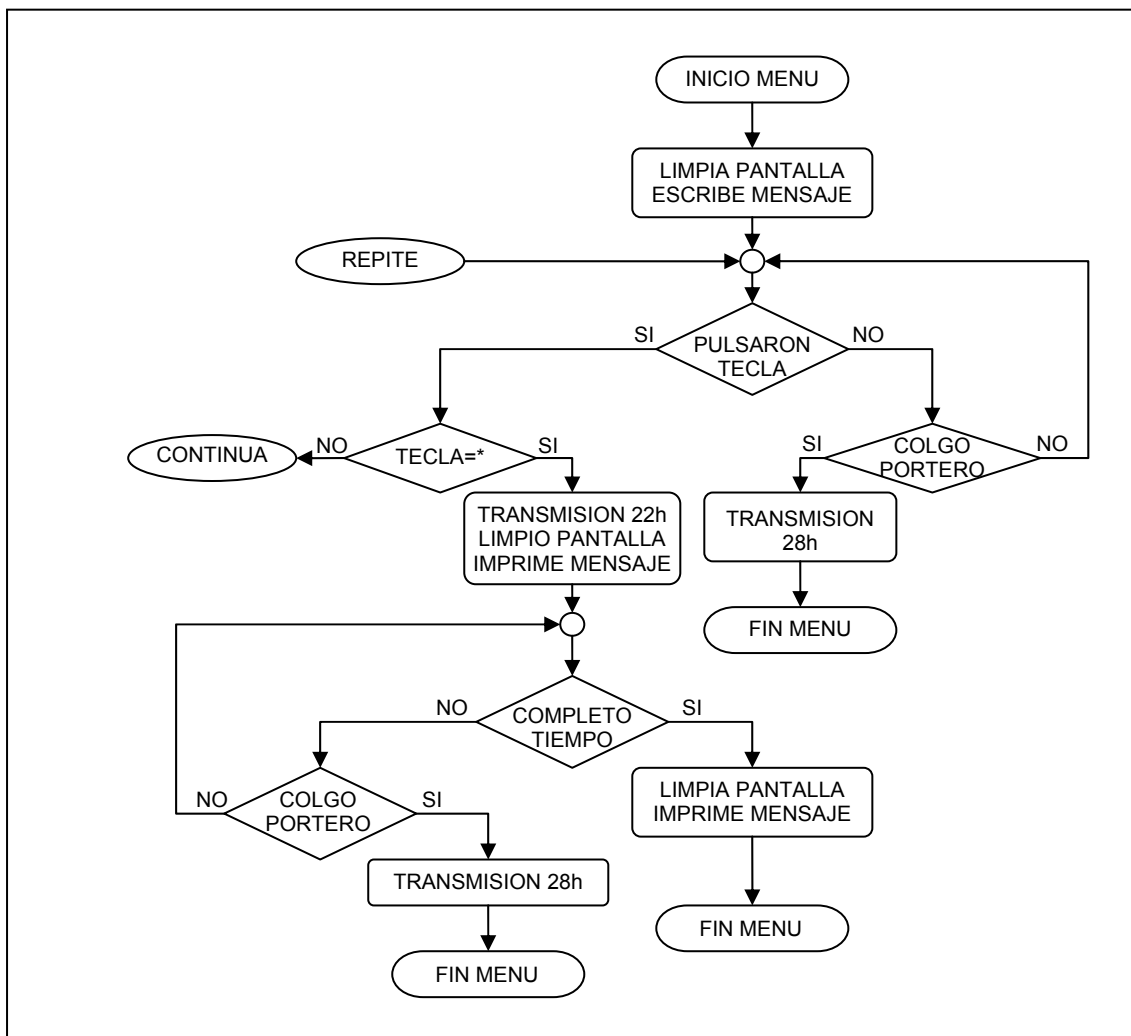


Diagrama de flujo de la subrutina código del microcontrolador 1  
Figura 3.10

### 3.2.9 SUBROUTINA MENU

La subrutina *menú*, es la que permite ajustar los tiempos de duración de la llamada principal y privada mediante el teclado telefónico. El tiempo se configura en segundos y tiene un rango de 1 a 255 segundos ya que en el programa se esta modificando una variable tipo byte y su máximo valor posible es de 255. A esta subrutina se llega mediante la pulsación seguida de la tecla asterisco (\*) por tres veces y recibir la clave 20h del microcontrolador numero 2. Para salir de la subrutina se puede hacer terminar el cambio del tiempo o colgando el teléfono.

La estructura de la subrutina es la siguiente:





resolución, número de caracteres por fila y número de filas así como la forma en que el recibe el carácter de longitud un byte a imprimir, ya que puede ser el dato por medio de una sola instrucción o por dos instrucciones recibiendo primero la parte alta seguida de la parte baja del dato. La estructura de esta subrutina es la siguiente:

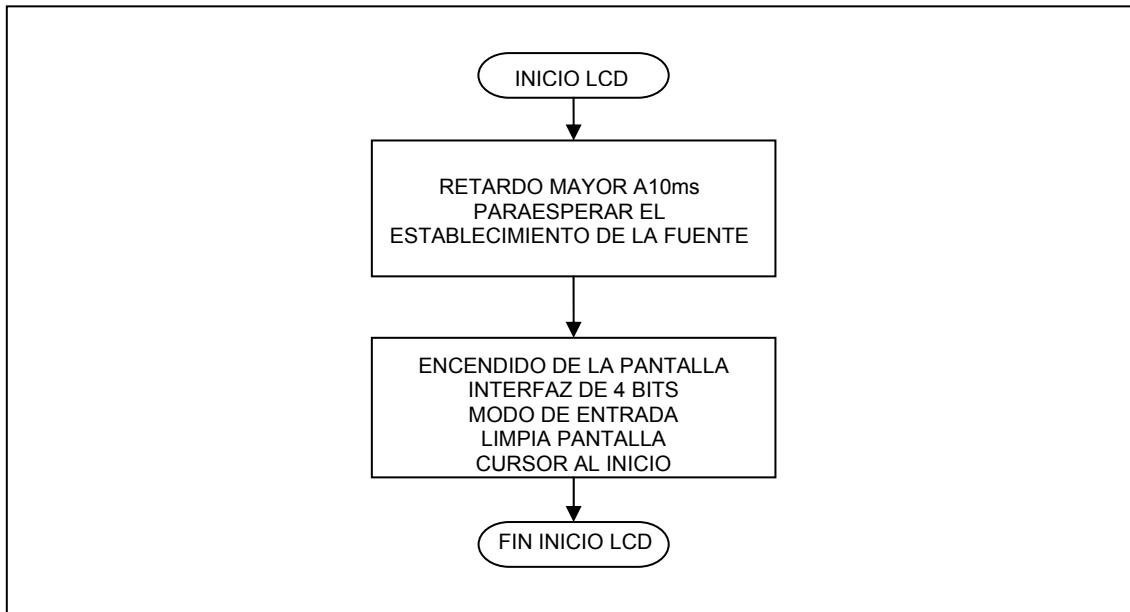


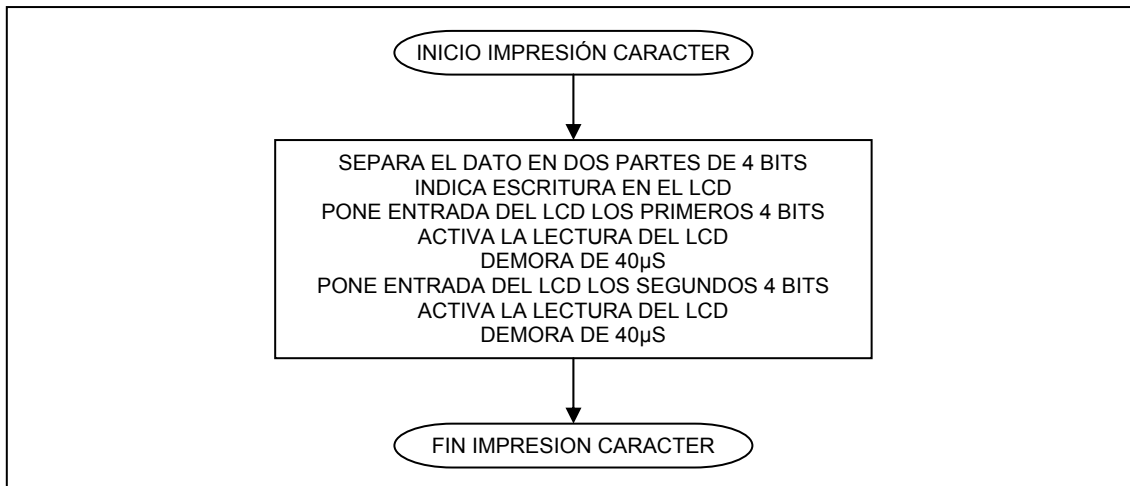
Diagrama de flujo de la subrutina inicio LCD del microcontrolador 1  
Figura 3.12

### 3.2.11 SUBRUTINAS DE ESCRITURA LCD

Para imprimir en la pantalla se puede hacer de dos formas: una frase o palabra completa y carácter por carácter.

#### 3.2.11.1 SUBRUTINA DATOS

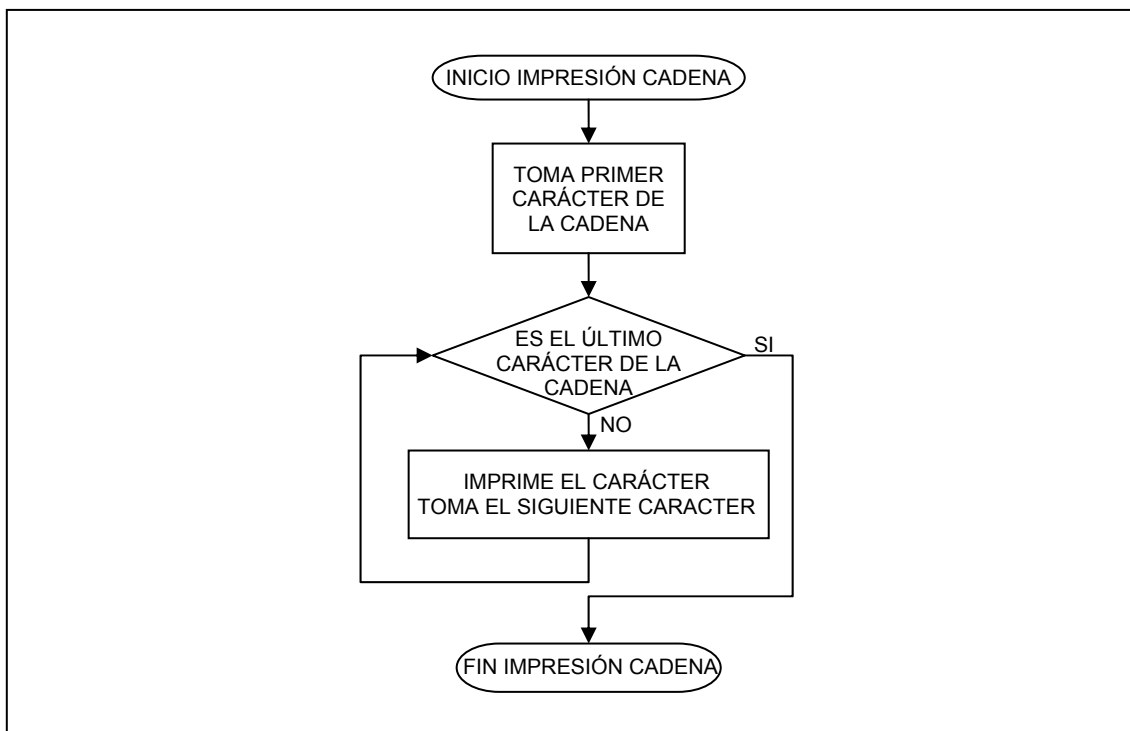
Esta subrutina imprime el carácter ASCII indicado en la siguiente posición de la pantalla LCD. La función de esta subrutina es fraccionar en dos el código que se va a imprimir y ejecutar las instrucciones necesarias para imprimir dicho carácter. La estructura de esta subrutina es la siguiente:



**Diagrama de flujo de la subrutina impresión carácter del microcontrolador 1  
Figura 3.13**

### 3.2.11.2 SUBROUTINA SPRINT LCD

Esta subrutina imprime una frase o varios caracteres de forma consecutiva. La interpretación de esta frase es como una secuencia o cadena de caracteres y separando cada uno de ellos utiliza la rutina de impresión de un carácter para visualizarlo en el LCD. La estructura de esta subrutina es la siguiente:



**Diagrama de flujo de la subrutina impresión cadena del microcontrolador 1  
Figura 3.14**

Los caracteres que se imprimen en el LCD permiten al operario identificar el abonado que solicita la comunicación, visualizar el menú de configuración así como las teclas oprimidas en el teléfono con el cual se hace el direccionamiento de la llamada que se quiera efectuar.

### 3.2.12 SUBROUTINAS TIMER 2

El Timer 2 es uno de los dos temporizadores con que cuenta el microcontrolador y es empleado como control de los tiempos de duración de la señal que le indica al abonado que solicita la comunicación, que el destino esta ocupado y no puede atender. El Timer esta configurado como contador de eventos (ciclos de reloj), y una vez es alcanzado el valor, genera una interrupción.

Consta de 3 subrutinas; la primera, subrutina *time*, configura el Timer 2 para empezar a trabajar y lo lanza a contar. La segunda, subrutina *timer*, es la que se ejecuta cada vez que se genera la interrupción. La tercera, subrutina *tiempo*, contiene los comandos que generan la señal. Cada vez que se genera la interrupción se incrementa una variable la cual da el tiempo de cada oscilación de la señal y cada vez que se cumple la oscilación se incrementa otra variable la cual da el número de repeticiones que tiene el proceso. Los esquemas de estas subrutinas son los siguientes:

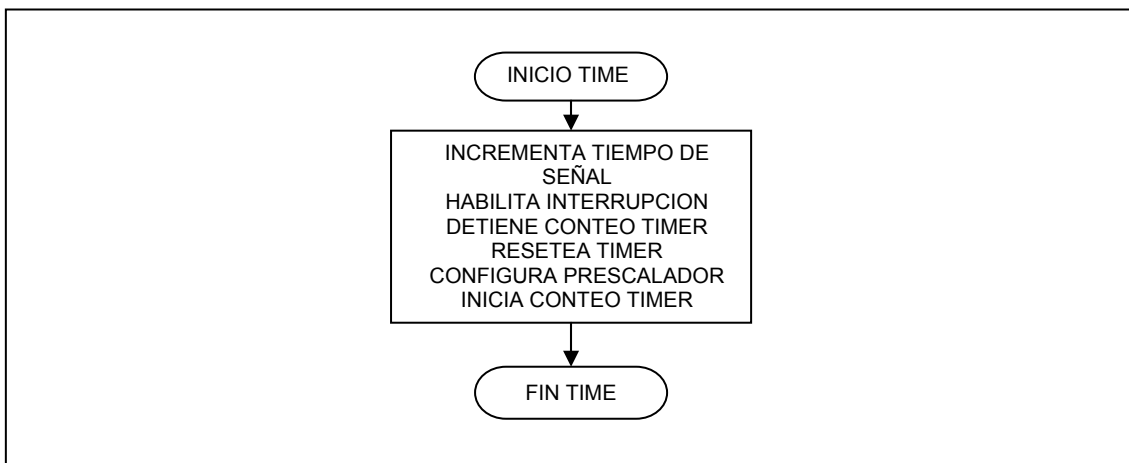


Diagrama de flujo de la subrutina *time* del microcontrolador 1  
Figura 3.15

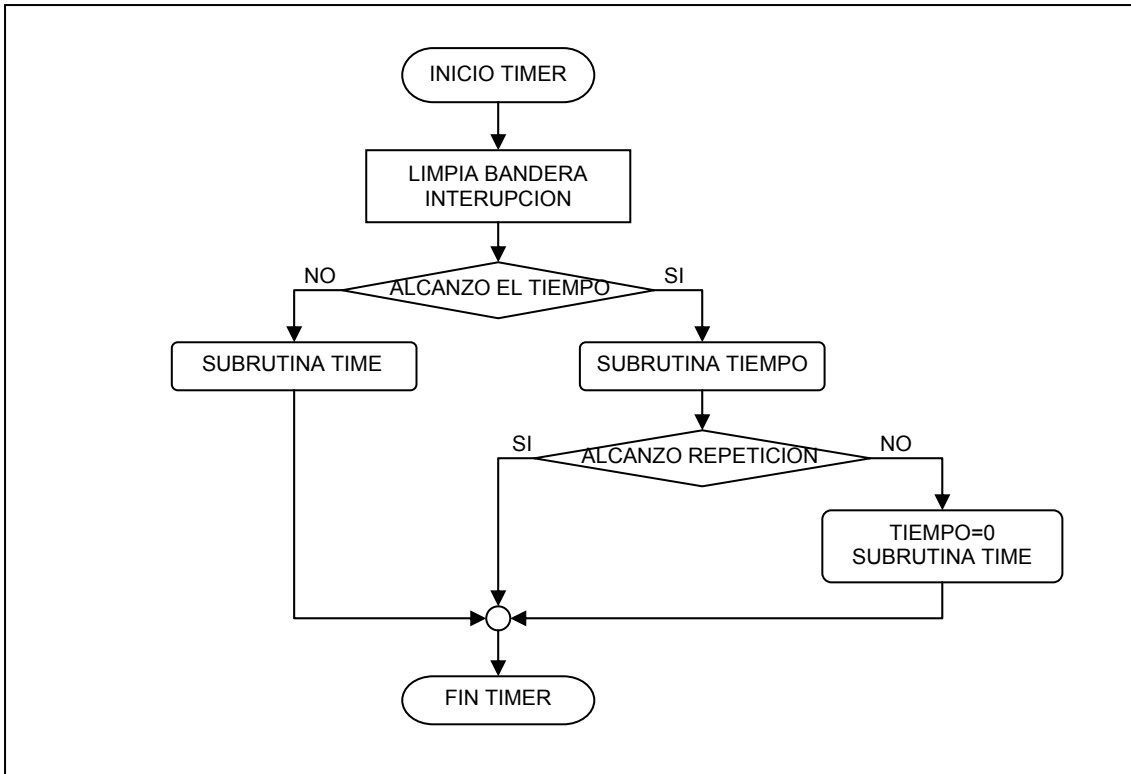


Diagrama de flujo de la subrutina timer del microcontrolador 1  
 Figura 3.16

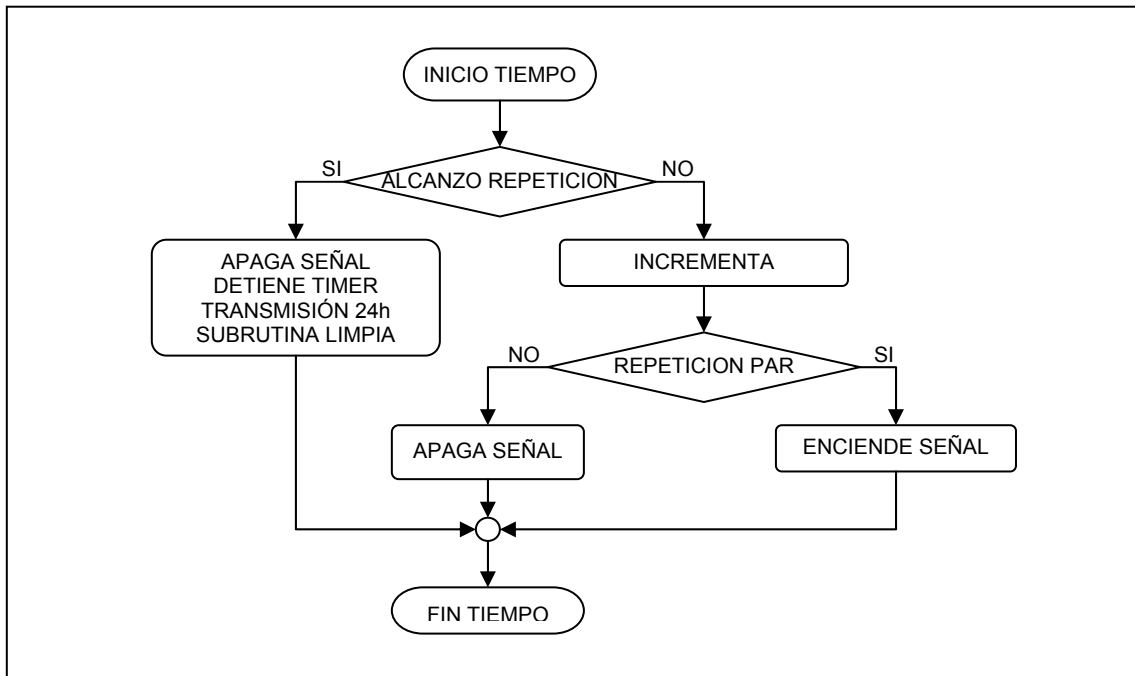


Diagrama de flujo de la subrutina tiempo del microcontrolador 1  
 Figura 3.17

### 3.2.13 SUBRUTINAS TIMER 1

El Timer 1 es el segundo de los temporizadores del microcontrolador, el cual es utilizado para controlar los tiempos de la señal que indican que se esta solicitando una comunicación y que se encuentra en estado de atenderla, ya sea en el sentido abonado-teléfono, teléfono-abonado y abonado-abonado. En general las rutinas que configuran el Timer funcionan de la misma manera.

#### 3.2.13.1 SUBRUTINA TIME1

Esta rutina cumple exactamente la misma función que en el Timer 2, configura el Timer 1 para empezar a trabajar y lo lanza a contar solo que con las instrucciones correspondientes al Timer 1.

#### 3.2.13.2 SUBRUTINA TIMER1

Al igual que en el Timer 2, esta rutina se ejecuta cada vez que se genera la interrupción por alcanzar el numero de eventos (ciclos de reloj), solo que en esta rutina se decide que subrutina se ejecuta, según los tres casos que controla. La estructura es la siguiente:

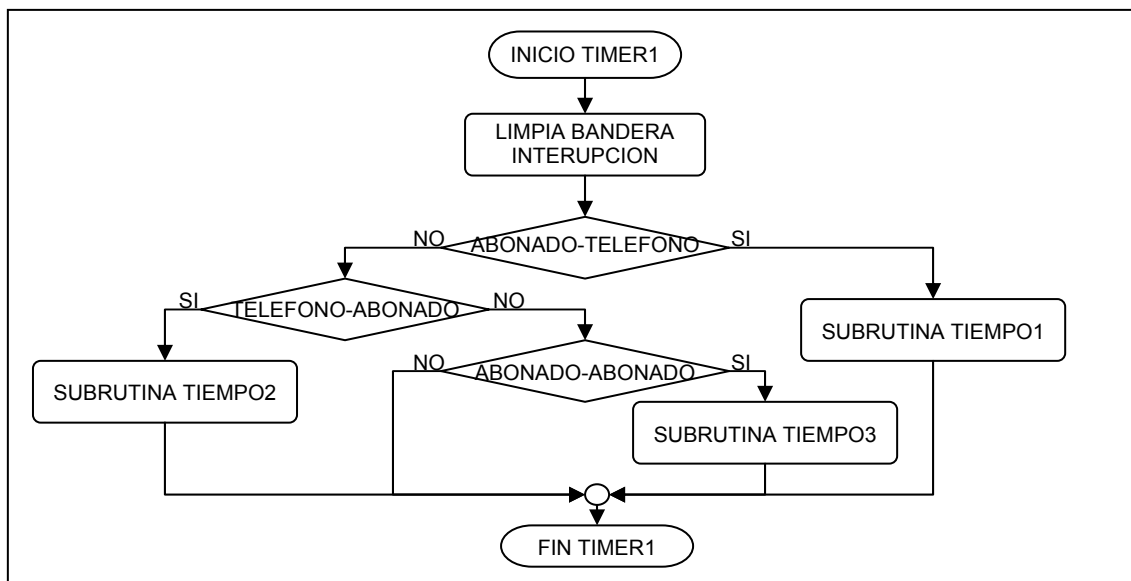


Diagrama de flujo de la subrutina timer1 del microcontrolador 1  
Figura 3.18

El primer caso es cuando el sentido de la comunicación es abonado-teléfono, y se emplea la subrutina *tiempo1*, si el sentido es teléfono-abonado, la subrutina es *tiempo2* y cuando es abonado-abonado, la subrutina es *tiempo3*.

### 3.2.13.3 SUBROUTINA TIEMPO1

Esta subrutina se encarga del caso abonado-teléfono generar la temporización para las señales de timbre para el teléfono y de repique para el abonado. La estructura es la siguiente:

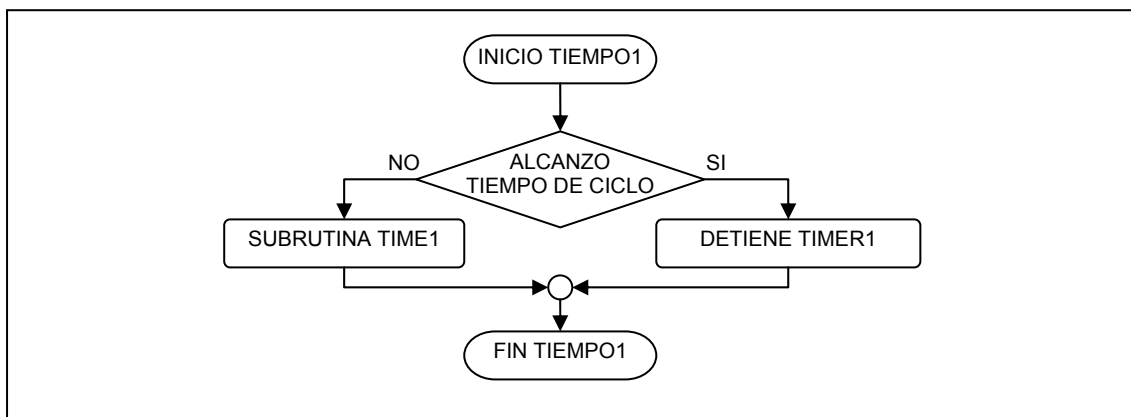


Diagrama de flujo de la subrutina tiempo1 del microcontrolador 1  
Figura 3.19

### 3.2.13.4 SUBROUTINA TIEMPO2

En esta subrutina se enciende y se apaga las señales que hacen timbrar el abonado; incrementando una variable se contabiliza el tiempo de ciclo de la señal y mediante otra se limita el número de repeticiones del proceso.

La estructura es la siguiente:

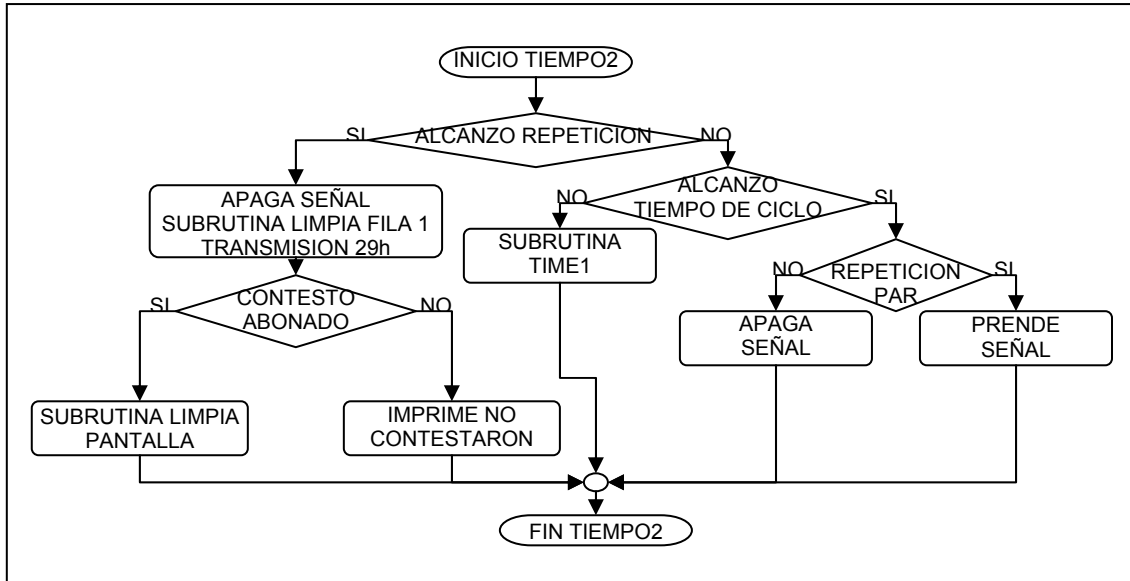


Diagrama de flujo de la subrutina tiempo2 del microcontrolador 1  
Figura 3.20

### 3.2.13.5 SUBROUTINA TIEMPO3

Esta subrutina tiene la misma configuración a la anterior; primero pregunta si se alcanzo el numero de repeticiones permitidas, luego si se alcanzo el tiempo dispuesto para cada ciclo y dependiendo se es par o impar la repetición se prende o apaga la señal de timbrado. Si se establece la comunicación (contesta el abonado), la forma de terminar esta subrutina antes de que alcance la repetición máxima es llevar la variable a un valor por encima del limite para que la próxima interrupción que se genere de por terminada la función de timbrado y visualizando en la pantalla que se ha logrado llevar a cabo la comunicación. En caso contrario, al momento de alcanzar el límite de las repeticiones se imprime en la pantalla LCD el mensaje de NO INTERCOMUNICACION.

### 3.2.14 SUBROUTINA TIMBRE

Es la encargada de generar la señal de timbre para el teléfono portero y de repique para el abonado que solicita la comunicación. Esta rutina se ejecuta después de recibir la clave 24h y se da por terminada si el teléfono portero atiende la solicitud o el numero de repeticiones alcanza su valor máximo o si el

abonado cuelga antes de haberse cumplido el limite de repeticiones. Si en el momento de ejecución de la subrutina un segundo abonado solicita una comunicación, se genera inmediatamente la orden de utilizar la subrutina *time* la cual genera la señal de ocupado. El diagrama de flujo es el siguiente:

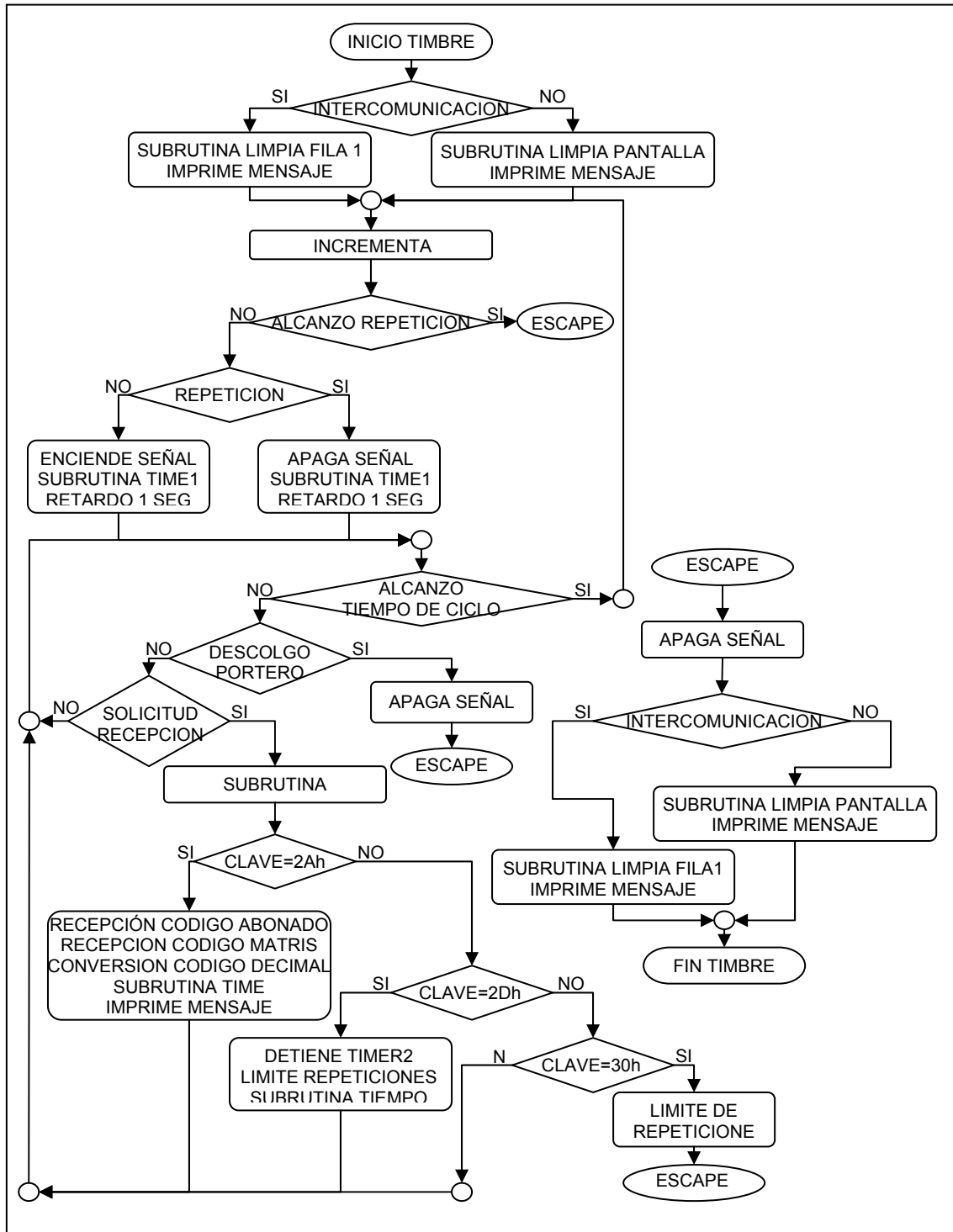


Diagrama de flujo de la subrutina timbre del microcontrolador 1  
Figura 3.21

### **3.3 RUTINAS MICROCONTROLADOR 2:ATIENDE ABONADOS**

El microcontrolador numero 2, es el responsable de la función de temporización de la comunicación privada como principal a través de los dos módulos temporizadores con los que cuenta el microcontrolador; también la detección del abonado que solicita la comunicación mediante la combinación de dos códigos: el primero generado por la tarjeta código matriz, la cual entrega una cifra de 5 bits con posibles valores desde 1 hasta 31 y corresponde al numero de la tarjeta de abonados a la cual pertenece el que solicita la llamada; el segundo código también de 5 bits con valores desde 0 hasta 15 y es dado por la tarjeta de abonados y corresponde al posición del abonado en cada tarjeta.

La conmutación de los abonados se logra mediante la configuración y operación de las matrices de conmutación que se encuentran en cada tarjeta de abonados, las cuales reciben las señales del microcontrolador 2 mediante la activación de un circuito buffer el cual discrimina a las restantes tarjetas de abonados. El circuito buffer correspondiente a cada tarjeta de abonados se activa por medio de la salida de la tarjeta código buffer el cual mediante la generación de un código por el microcontrolador 2 que corresponde al código matriz, esto activa uno por uno cada circuito buffer permitiendo la lectura del código abonado y la comunicación con el circuito integrado matriz de conmutación.

#### **3.3.1 RUTINA PRINCIPAL**

La rutina principal para el microcontrolador numero 2 vigila constantemente la solicitud de recepción así como la de comunicación que son tareas prioritarias en el funcionamiento general de la consola.

Las otras condiciones que se revisan dependen del estado de la consola; como el estado del teléfono portero, atención de llamada teléfono-abonado, atención de llamada abonado-teléfono, así como una subrutina que desactiva el abonado que se encuentre fallando o esté mal colgado. La estructura es la siguiente:

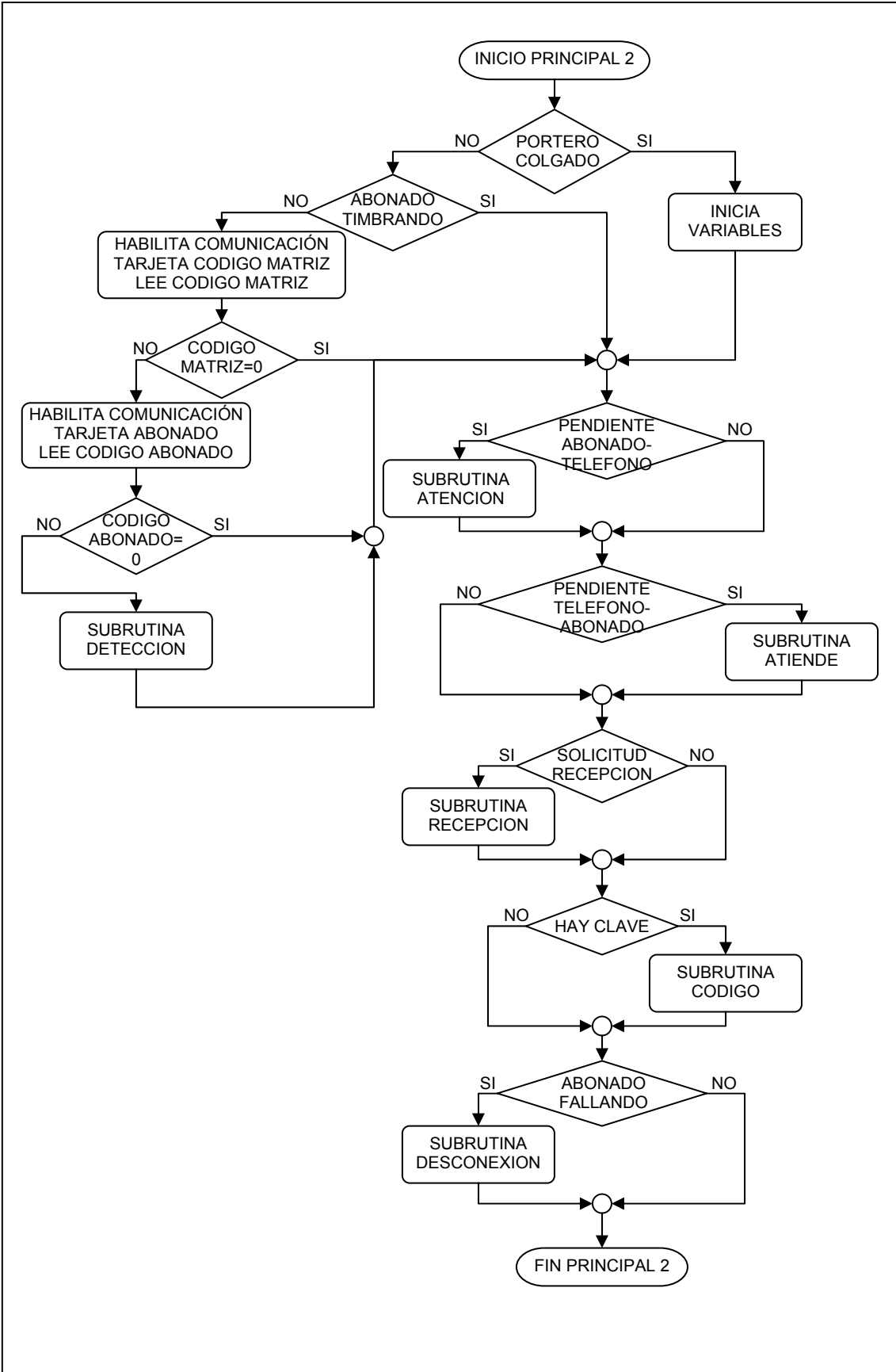


Diagrama de flujo de la rutina principal del microcontrolador 2  
 Figura 3.22

### 3.3.2 SUBROUTINA INICIO

La función de esta rutina es la de inicializar una por una por una las matrices de conmutación y ajustarlas a una posición inicial. Esta subrutina se emplea cada vez que se inicializa o resetea el funcionamiento de la consola para asegurar un estado inicial cada vez que se desee. La posición inicial es conectar todos los abonados, mediante el cierre de los 16 terminales X's al Y7 de todos los circuitos integrados. La estructura de la subrutina es la siguiente:

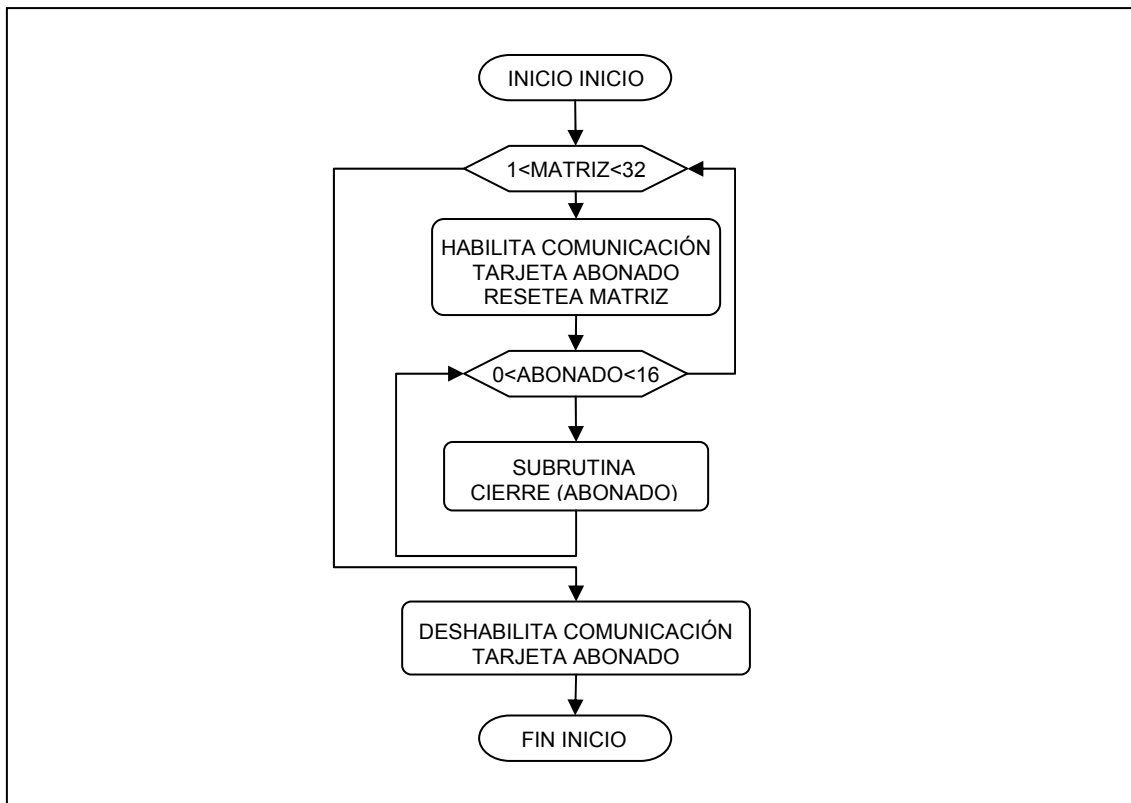


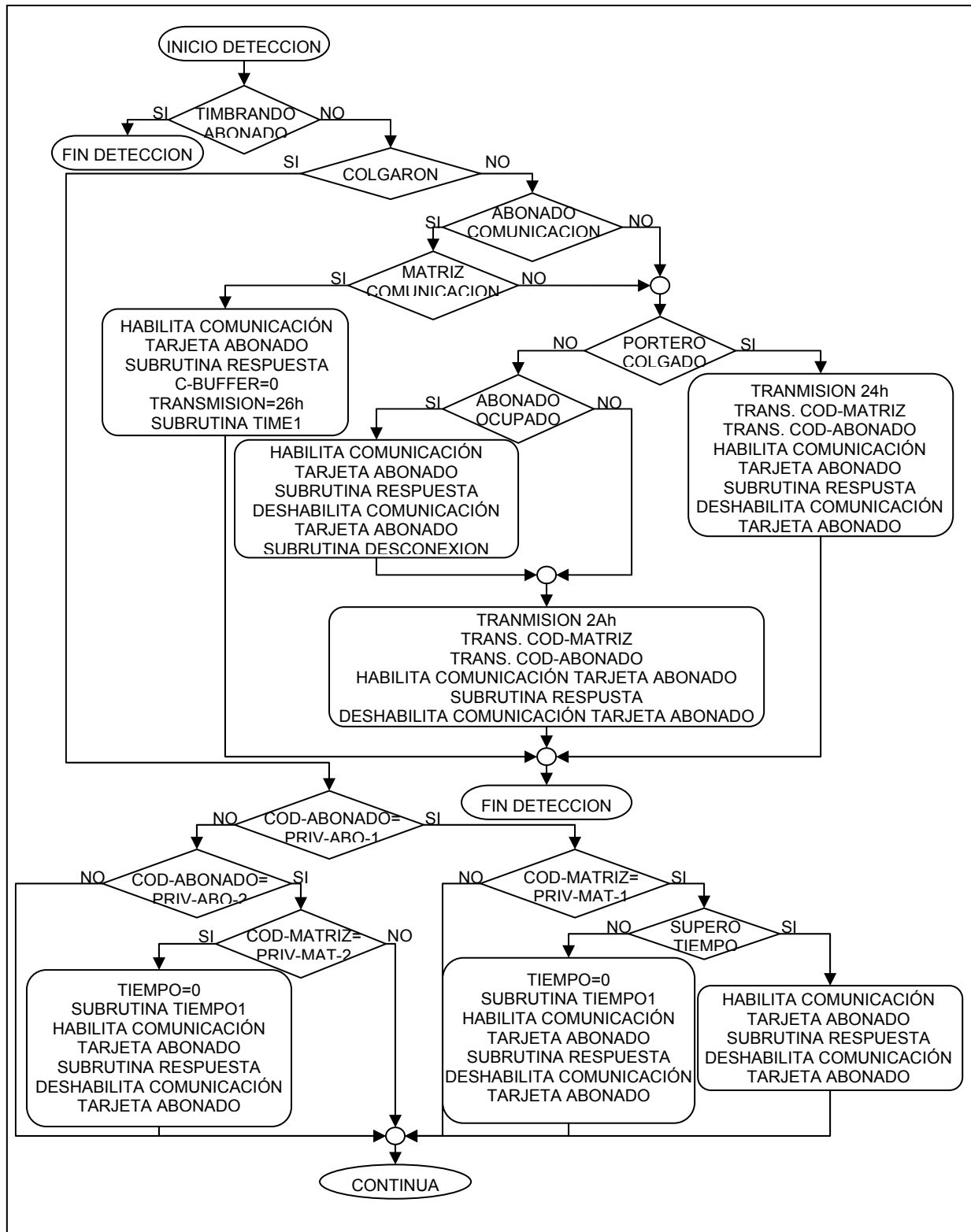
Diagrama de flujo de la subrutina inicio del microcontrolador 2

Figura 3.23

### 3.3.3 SUBROUTINA DETECCION

Esta rutina se emplea cada vez que se descuelga o cuelga un abonado y decide que hacer en cada uno de los casos que se puedan presentar. Un caso es cuando se descuelga el abonado si el teléfono portero está colgado y otro cuando se cuelga; si el teléfono portero está descolgado y se descuelga un abonado es otro caso y uno más cuando se cuelga. Cuando está en función la

comunicación privada, el cuelgue y descuelgue del par de abonados también está contemplado en esta subrutina. El diagrama de flujo es el siguiente:



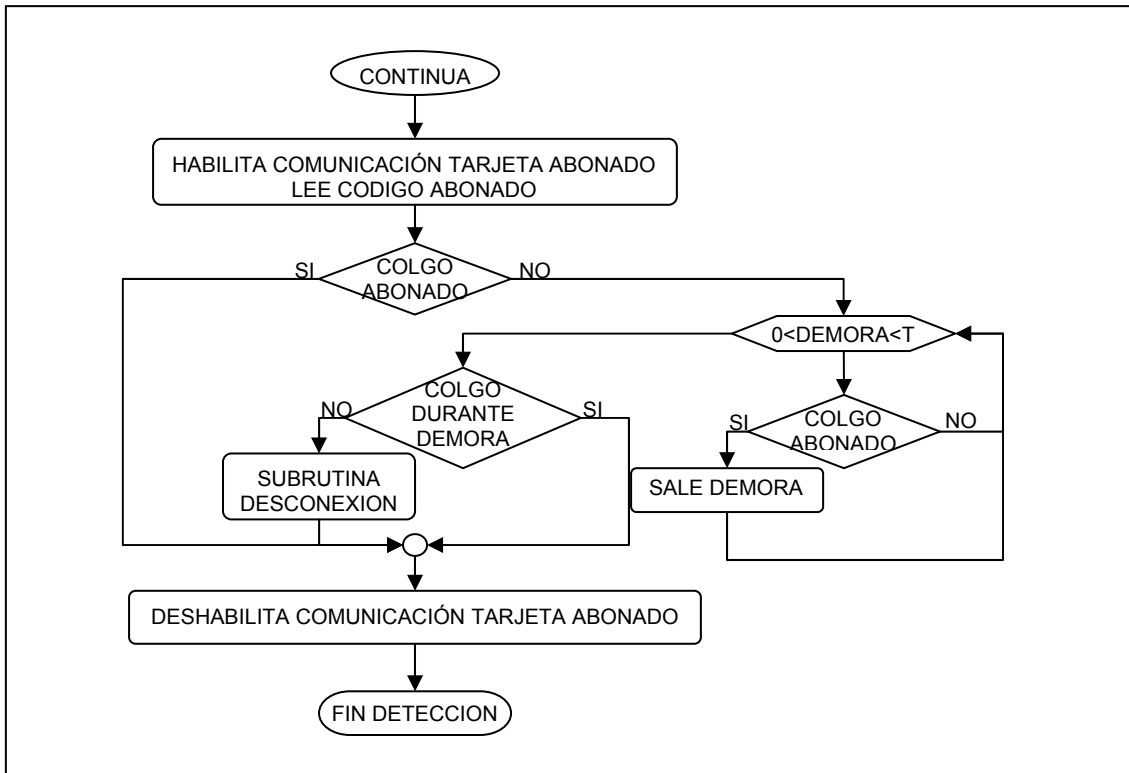


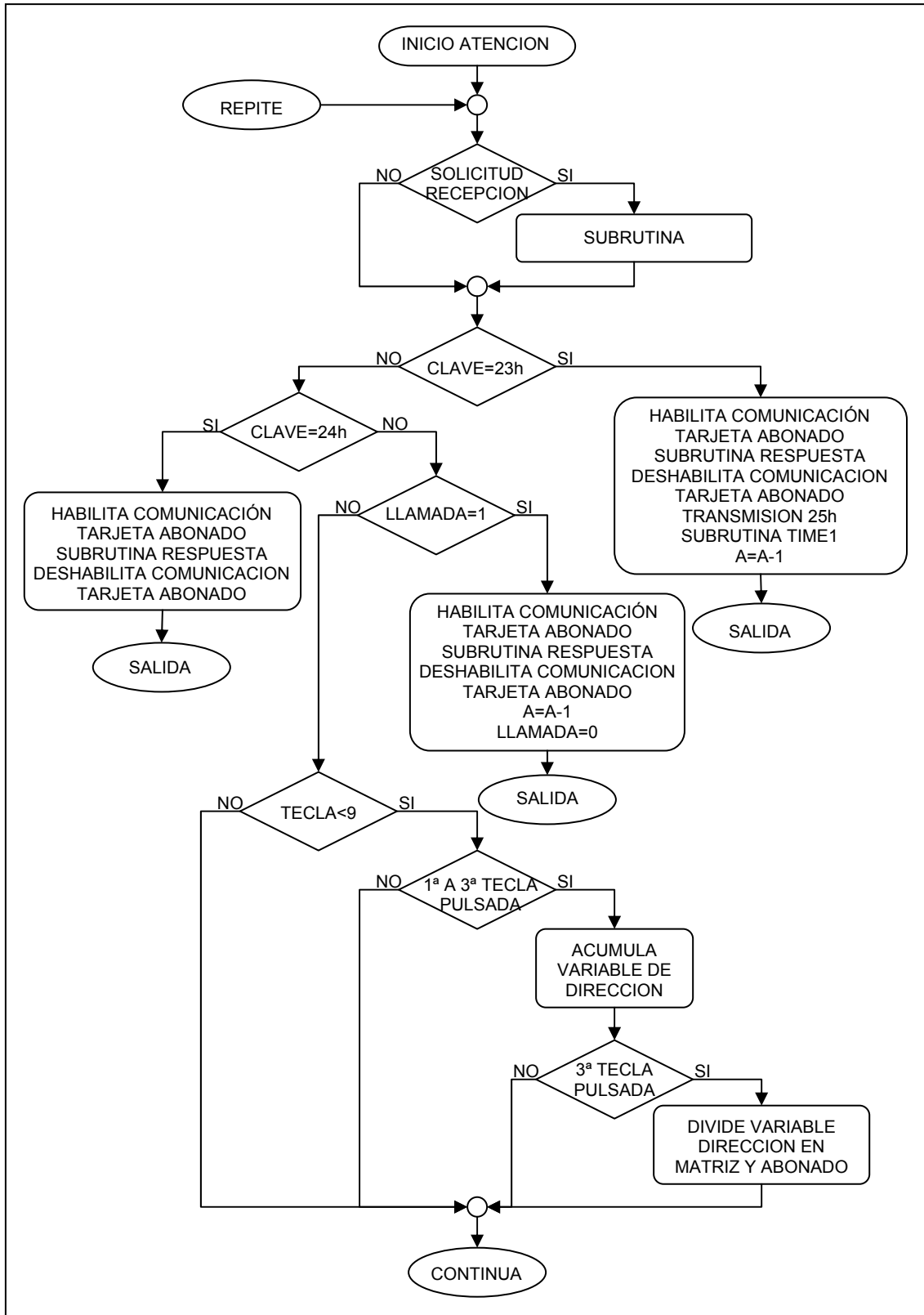
Diagrama de flujo de la subrutina detección del microcontrolador 2  
Figura 3.24

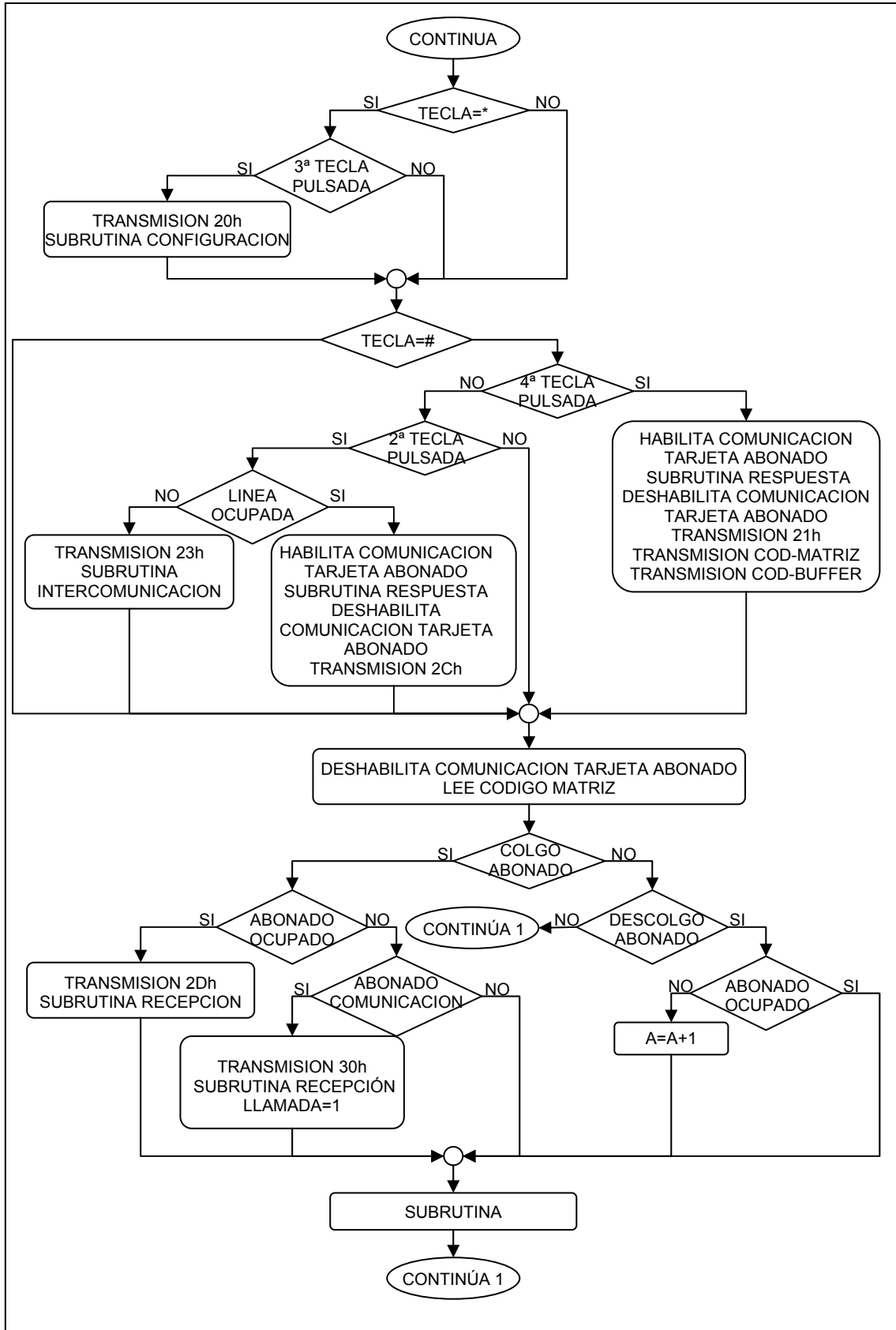
Debido a que la señal de descuelgue de un abonado es la misma a la de cuelgue, cada vez que se descuelga un abonado, sus códigos de identificación, código abonado y código matriz, son ingresados a dos listas, una para el código abonado y otro para el de matriz, para llevar un registro de los abonados que se descolgaron. Al momento de volver a recibir los códigos, se encuesta primero las listas para saber si colgó o descolgó.

### 3.3.4 SUBROUTINA ATENCION

Después de ejecutarse la subrutina *detección* debido a la solicitud de comunicación por el descuelgue de un abonado, se activa una condición que permite desde la rutina principal la ejecución de la subrutina *atención*. La función de esta subrutina es la de recibir una de las posibles respuestas al momento de atender la solicitud de la comunicación abonado-portero así como la renuncia a la solicitud de comunicación del abonado por el cuelgue antes de recibir alguna respuesta; si el teléfono portero esta disponible, las dos posibles respuestas es que atendió o no atendió la solicitud. Si el teléfono no esta

disponible, la respuesta es la superación de repeticiones de la señal de ocupado. También está pendiente del momento de la solicitud de recepción del microcontrolador numero1. El diagrama de flujo de la rutina es el siguiente:





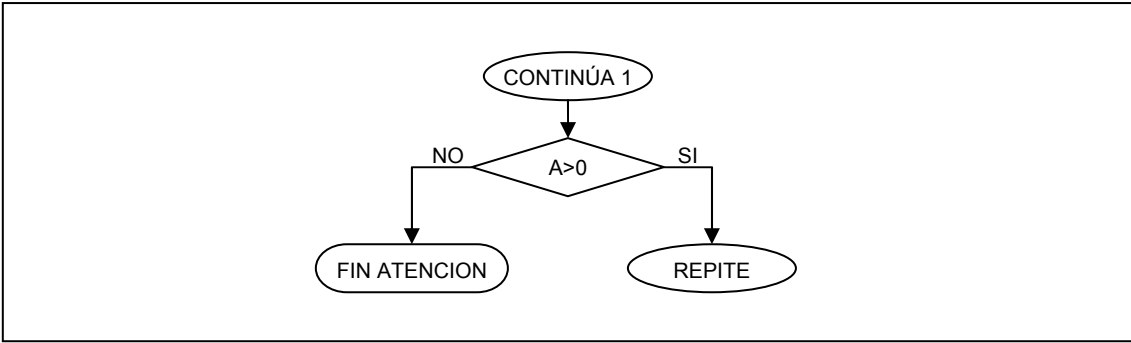


Diagrama de flujo de la subrutina atención del microcontrolador 2  
 Figura 3.25

**3.3.5 SUBROUTINA ATIENDE**

La subrutina *atiende* es la encargada de vigilar la secuencia lógica en el proceso de atender la solicitud de la comunicación privada entre dos abonados. Las dos opciones lógicas que se pueden dar es que el abonado atienda o no la solicitud de comunicación; en el caso de atenderla, se establece la comunicación, si sucede lo contrario, retorna los dos abonados a su estado inicial. La estructura de la subrutina es la siguiente:

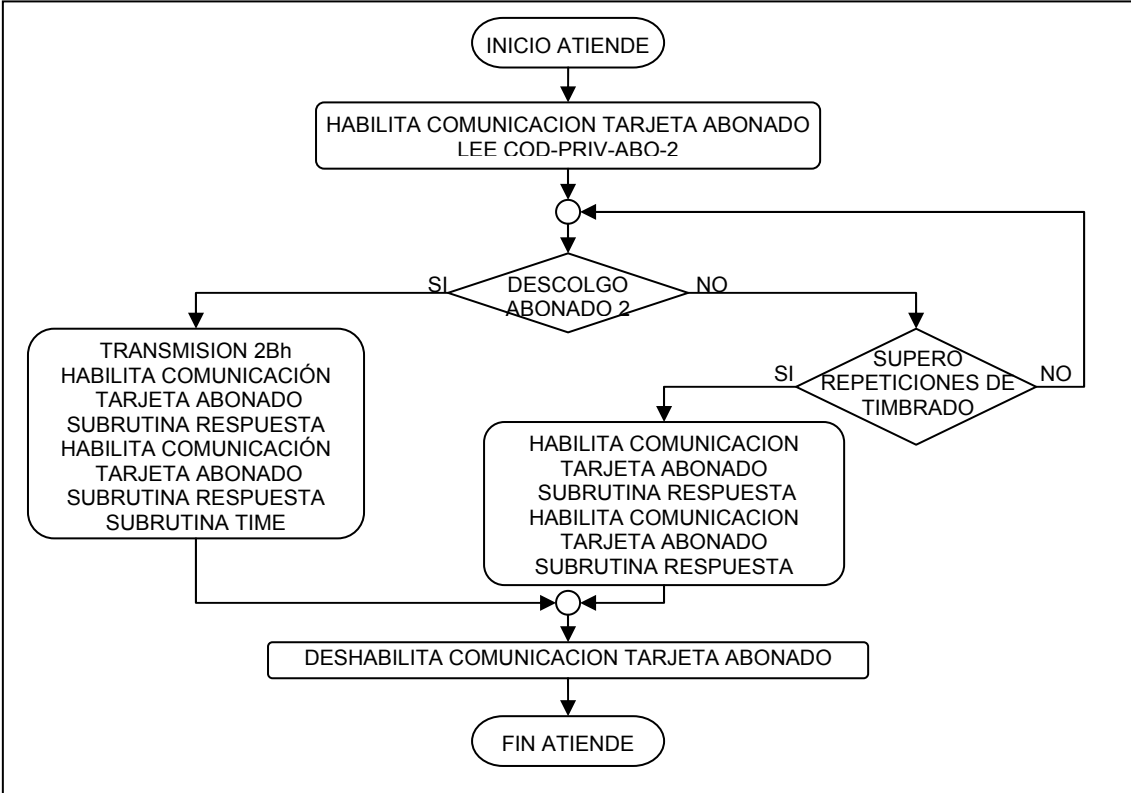


Diagrama de flujo de la subrutina atiende del microcontrolador 2  
 Figura 3.26

### 3.3.6 SUBROUTINA RESPUESTA

En la subrutina *respuesta* se lleva a cabo el establecimiento y el corte de la comunicación mediante las subrutinas *cierre* y *abre*. La subrutina lleva la condición de tres datos cada vez que se invoca su uso; el primero es el pin Y de la matriz al cual se quiere cerrar; el segundo es el pin X de la matriz que se quiere conmutar; el tercero es el pin Y de la matriz que se desea abrir.

El diagrama de flujo de la subrutina es el siguiente:

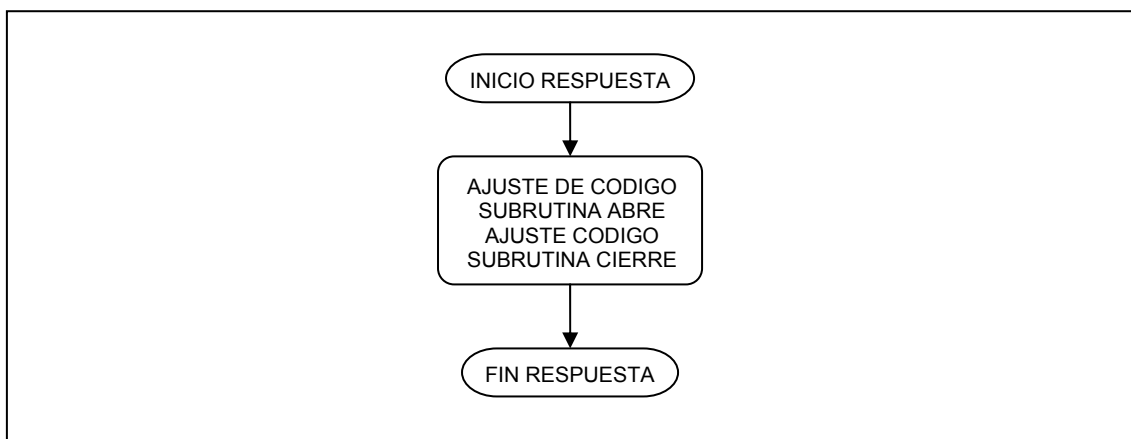


Diagrama de flujo de la subrutina respuesta del microcontrolador 2  
Figura 3.27

### 3.3.7 SUBROUTINA DESCONEXION

Es la encargada de conectar y desconectar el abonado que ha quedado mal colgado o que esta fallando su funcionamiento. Esta subrutina es empleada cada cierto tiempo si se presenta activa la condición de existir algún código de abonado en la lista de desconexión, en el momento de arreglar el abonado y detectar su correcto funcionamiento, es excluido de la lista y deja de ejecutarse la subrutina. La subrutina requiere dos parámetros para su ejecución; el código matriz y el código abonado del abonado que se encuentra en desconexión. Si se da el caso de haber más de un abonado en la lista, se turnan los parámetros para encuestar todos. La estructura de la subrutina es la siguiente:

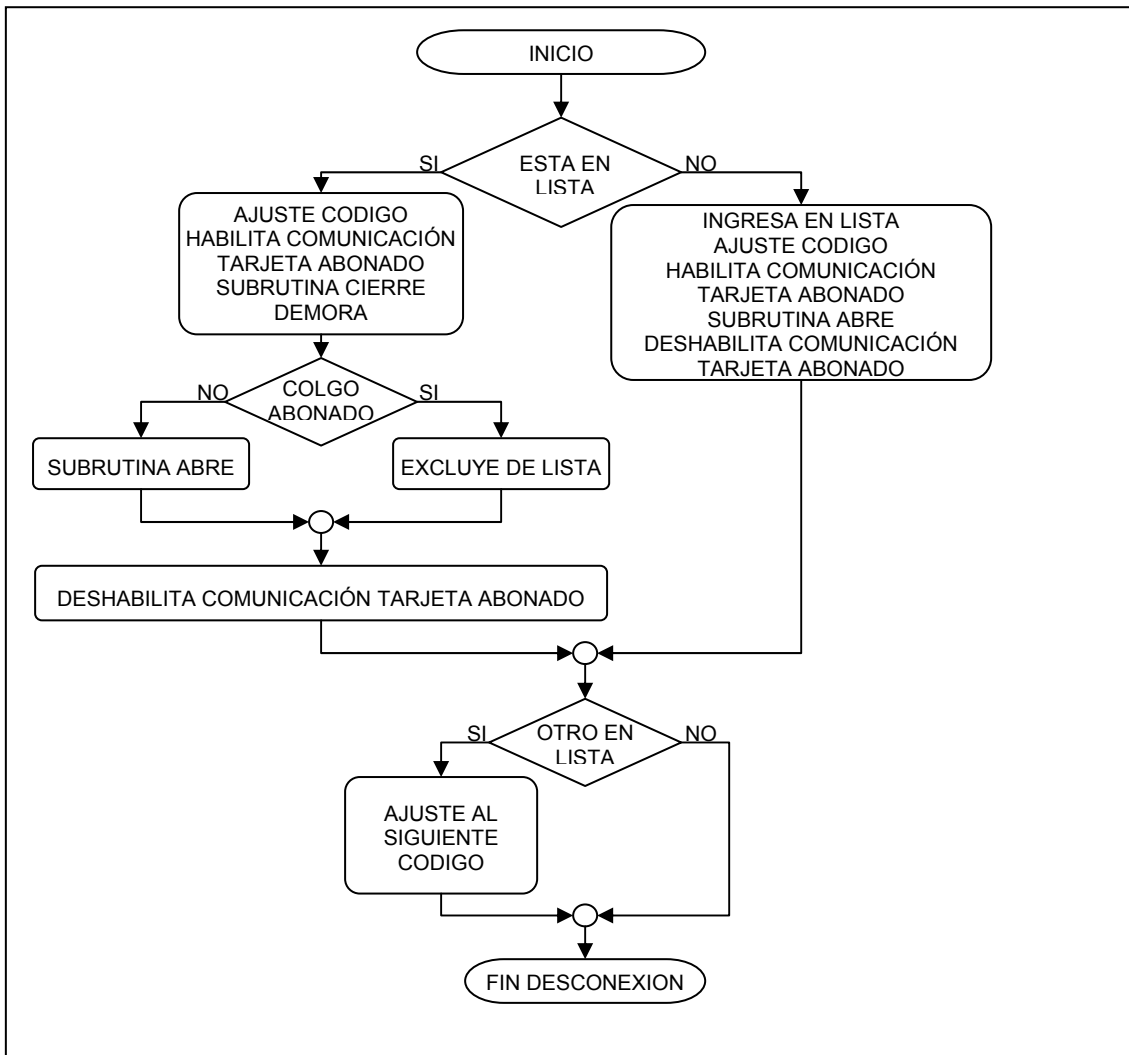


Diagrama de flujo de la subrutina desconexión del microcontrolador 2  
Figura 3.28

### 3.3.8 SUBROUTINA TRANSMISION

La subrutina de transmisión en el microcontrolador numero 2 es similar a la del microcontrolador numero 1, la diferencia esta en los pines de solicitud y de acuse de comunicación, para poder diferenciar la comunicación de un sentido a del otro.

### 3.3.9 SUBROUTINA RECEPCIÓN

La subrutina de recepción guarda similitud con la del microcontrolador numero1, la diferencia esta en el final; si se recibe una tecla pulsada por el

teléfono portero se retorna al microcontrolador número 1 para asegurar la sincronización de los datos en ambos microcontroladores y poder visualizarla en la pantalla LCD. Los pines de solicitud y acuse de recepción son diferentes, para asegurar el sentido de la recepción. La estructura de la subrutina es la siguiente:

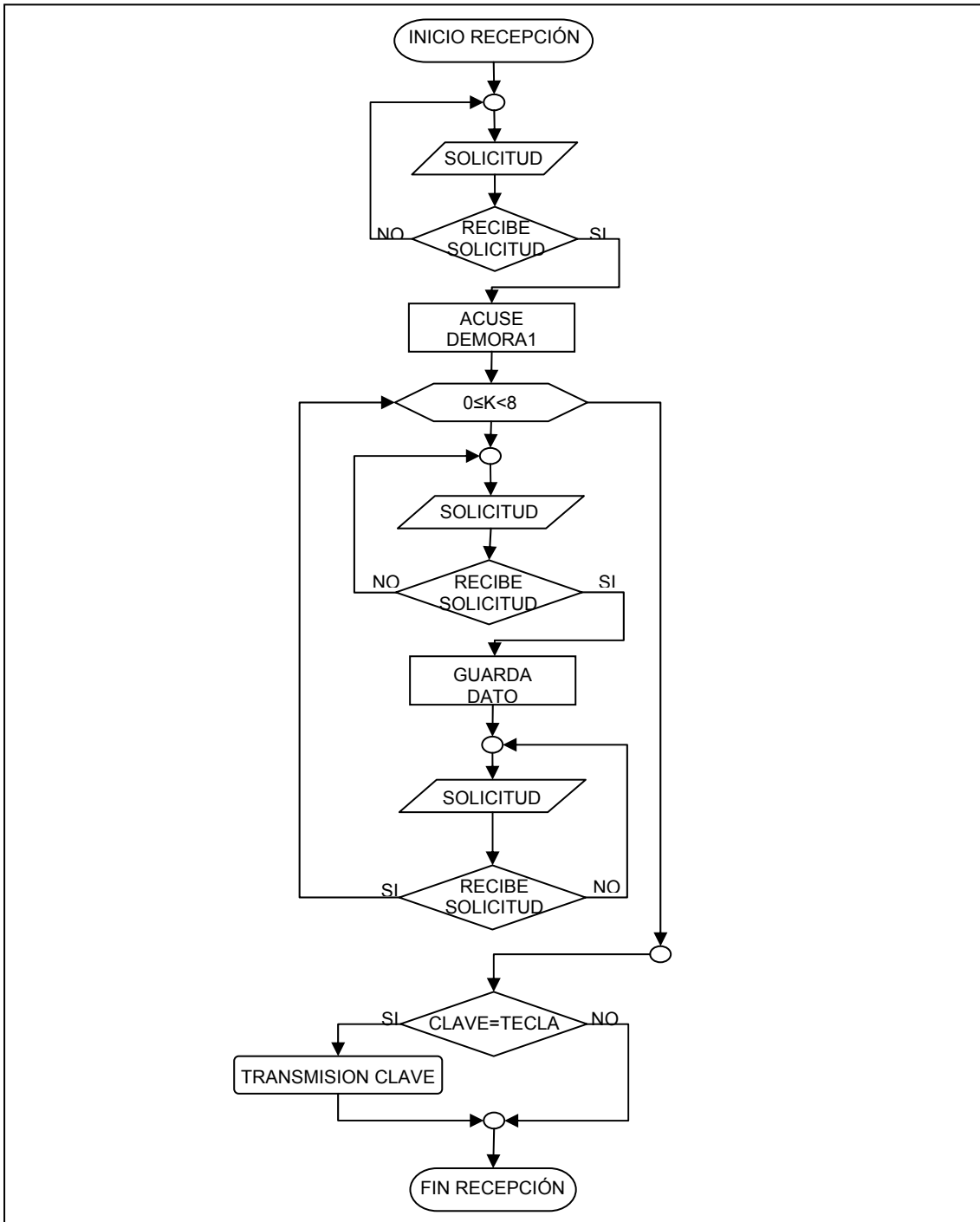
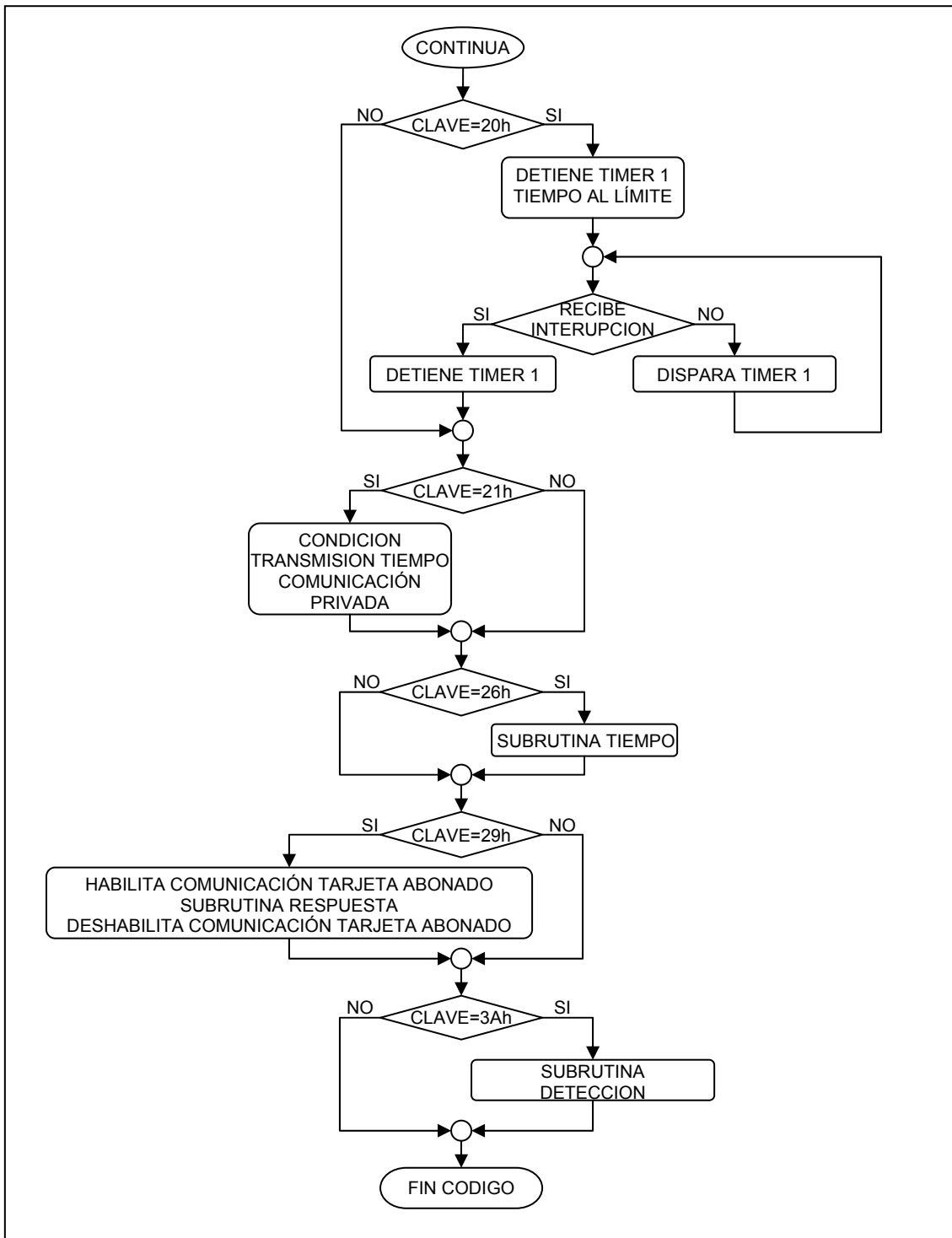


Diagrama de flujo de la subrutina recepción del microcontrolador 2  
Figura 3.29





**Diagrama de flujo de la subrutina código del microcontrolador 2**  
**Figura 3.30**

Si se recibe una clave que corresponde a una tecla del teléfono, su interpretación dependerá del tipo de tecla y del orden de la pulsación. Si es numérica, y su orden de pulsación es menor a cuatro, su interpretación será de la dirección del abonado con el cual se quiere iniciar una comunicación; si es la

primera tecla corresponderá a las centenas del código del abonado, la segunda a la decena y las terceras a las unidades. Después del tercer orden la tecla no tiene interpretación para la rutina. El orden se restablece cada vez que se cuelga el teléfono portero. Si la tecla es el asterisco, y si se pulsa tres veces seguidas, da paso a ejecutar la subrutina de configuración, la cual permite ajustar los tiempos de las comunicaciones privada y principal mediante el menú de configuración. Si no se logra este orden de pulsación, es descartada esta función.

Para la interpretación de la tecla numeral, depende de su orden de pulsación. Para que de paso a la subrutina de intercomunicación, la cual permite llevar a cabo la comunicación privada entre dos abonados debe pulsarse después de oprimir la tecla asterisco, y debe ser en el segundo orden. Para establecer la comunicación entre un abonado y el teléfono portero debe haberse recibido el código del abonado deseado, y oprimir la tecla numeral en el cuarto orden.

Las restantes claves son instrucciones del microcontrolador numero 1, que corresponde a si la clave es 20h, detiene el tiempo de la comunicación principal debido a ya sea que colgó el teléfono portero o el abonado, antes de que se cumpliera el tiempo permitido. La clave 21h permite ajustar la condición que transmite el tiempo restante de la comunicación privada para visualizarlo en la pantalla LCD. Para ejecutar la subrutina *tiempo*, debe recibirse la clave 26h. En el caso de la solicitud de comunicación con sentido teléfono portero-abonado y el abonado no atiende la solicitud, para retornar el abonado a su estado inicial se requiere recibir la clave 29h, si por el contrario el abonado atiende la solicitud, para establecer la comunicación se debe recibir la clave 3Ah, para ejecutar la subrutina *detección*.

### **3.3.11 SUBROUTINA TIEMPO**

Es la subrutina encargada de ajustar en tres variables, el tiempo de la comunicación privada, una para las centenas, otra para las decenas y por ultimo la de las unidades. Esto con el fin de tener los tres cifras por separado para transmitirlo hacia el microcontrolador y transmitir tres datos y no uno y

fraccionarlo cada vez que se transmita. La separación del tiempo sucede cada vez que se ajusta el tiempo mediante el menú de configuración o cada vez que se finaliza la comunicación privada.

### 3.3.12 SUBRUTINAS TIMER1

El Timer 1 del microcontrolador numero 2 es el encargado de temporizar la comunicación principal. Su funcionamiento consta en generar una interrupción cada vez que se alcance el valor del registro TMOD, en cada interrupción incrementar una variable hasta completar un segundo y en cada segundo decrementar el tiempo permitido de la comunicación. Todos estos pasos se implementaron en tres subrutinas.

#### 3.3.12.1 SUBRUTINA TIME1

Es la subrutina que agrupa las instrucciones necesarias para configurar el timer cada vez que se desee comenzar a contabilizar o después de una interrupción. La estructura es la siguiente:

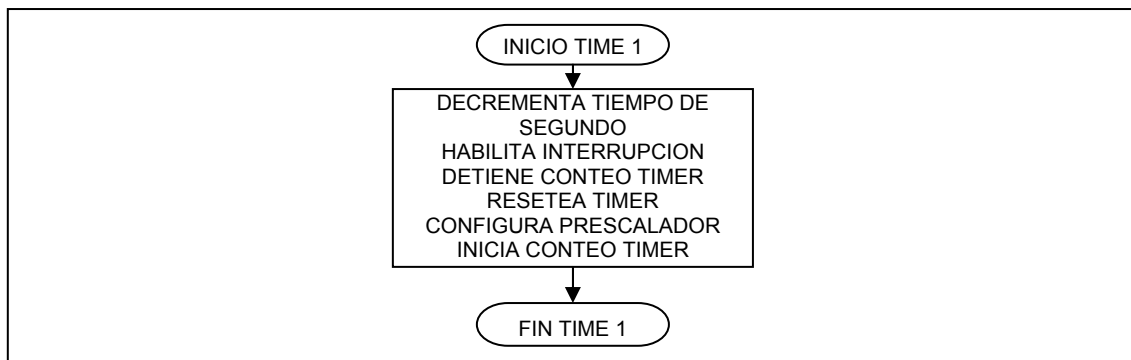
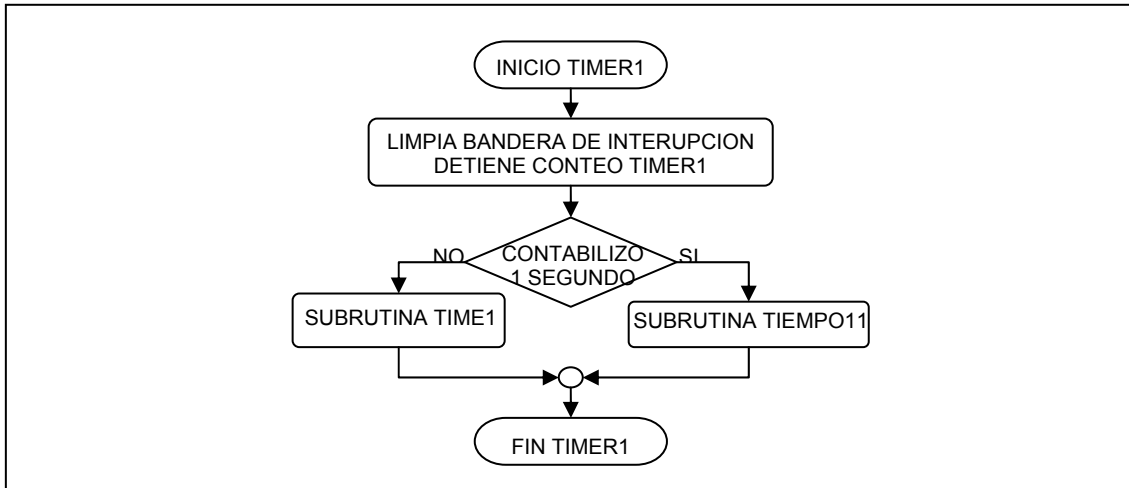


Diagrama de flujo de la subrutina time1 del microcontrolador 2  
Figura 3.31

#### 3.3.12.2 SUBRUTINA TIMER1

Es la subrutina que se ejecuta cada vez que se reciben una interrupción producto de haber alcanzado el valor en el registro TMOD. Allí se encarga de llevar la cuenta de las interrupciones necesarias para temporizar cada segundo

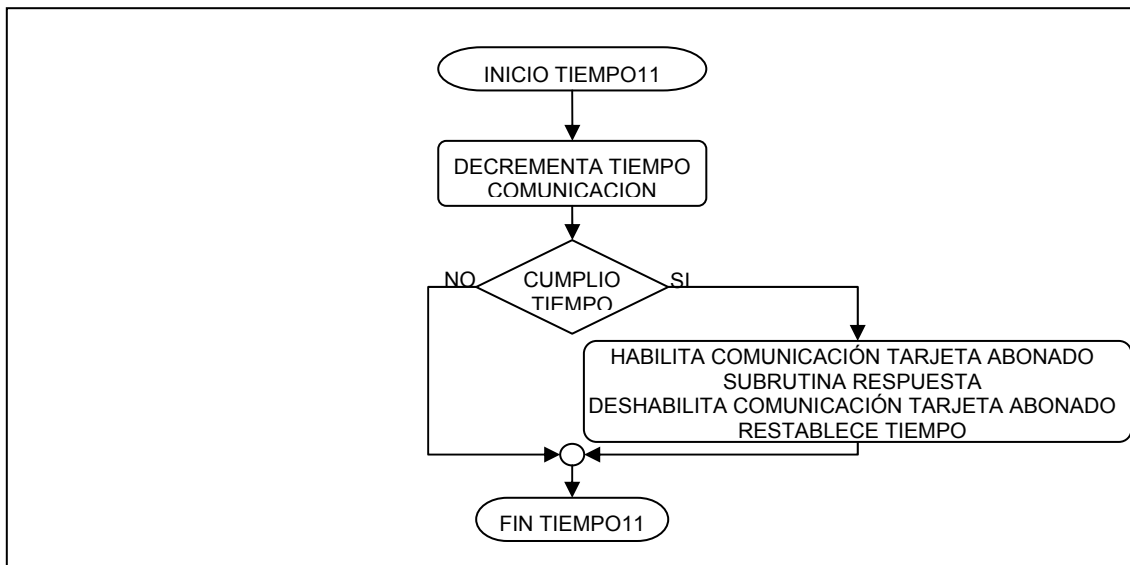
de comunicación; si no se ha llegado hasta este valor, vuelve y lanza a contar el Timer1 hasta que lo alcance e inmediatamente invocar la subrutina *tiempo11*. El diagrama de flujo de la subrutina es el siguiente:



**Diagrama de flujo de la subrutina timer1 del microcontrolador 2  
Figura 3.32**

### 3.3.12.3 SUBROUTINA TIEMPO 11

Esta subrutina contiene las instrucciones que decrementa el tiempo de comunicación cada segundo y al llegar al valor límite interrumpe la comunicación. El diagrama de flujo es el siguiente:



**Diagrama de flujo de la subrutina tiempo11 del microcontrolador 2  
Figura 3.33**

### 3.3.13 SUBROUTINA TIMER2

El Timer2 es el encargado de temporizar la comunicación entre abonados guardando la misma estructura del Timer1, configurado en tres subrutinas y una adicional la cual es la encargada de llevar el registro del tiempo restante en tres variables para la visualización en la pantalla LCD.

#### 3.3.13.1 SUBROUTINA TIME

Es la subrutina encargada de configurar el Timer2 del microcontrolador numero 2 cada vez que se desea iniciar la temporización o cada vez que se retorna de una interrupción. La estructura corresponde a la misma del Timer1.

#### 3.3.13.2 SUBROUTINA TIMER

La subrutina *timer* es la que se emplea cada vez que se presenta la interrupción del Timer2. En esta subrutina se detecta cada segundo transcurrido en la comunicación privada; si no ha llegado al segundo se reanuda el conteo del Timer2, si llega al segundo, invoca la subrutina *intertime*, para decrementar las variables correspondientes al tiempo restante e inmediatamente ejecutar la subrutina *tiempo1*. La estructura de la subrutina es la siguiente:

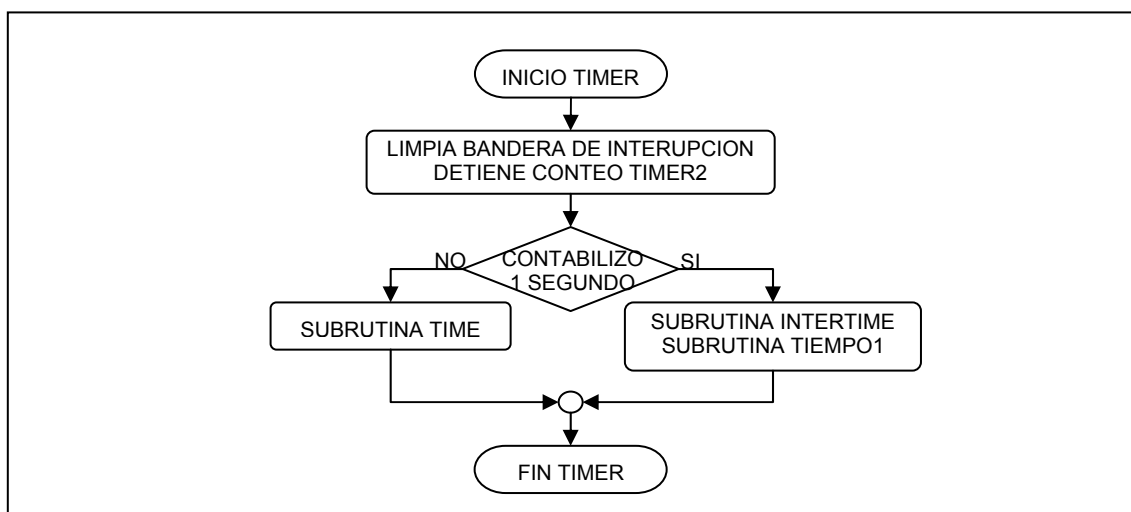


Diagrama de flujo de la subrutina timer del microcontrolador 2  
Figura 3.34

### 3.3.13.3 SUBROUTINA TIEMPO1

Es la subrutina encargada de decrementar el tiempo de comunicación cada vez que se contabiliza un segundo. Si el tiempo restante ha llegado a su limite, se interrumpe la comunicación privada y transmite una clave que le indica al microcontrolador numero 1 que la comunicación ha concluido. El diagrama de flujo de la subrutina es el siguiente:

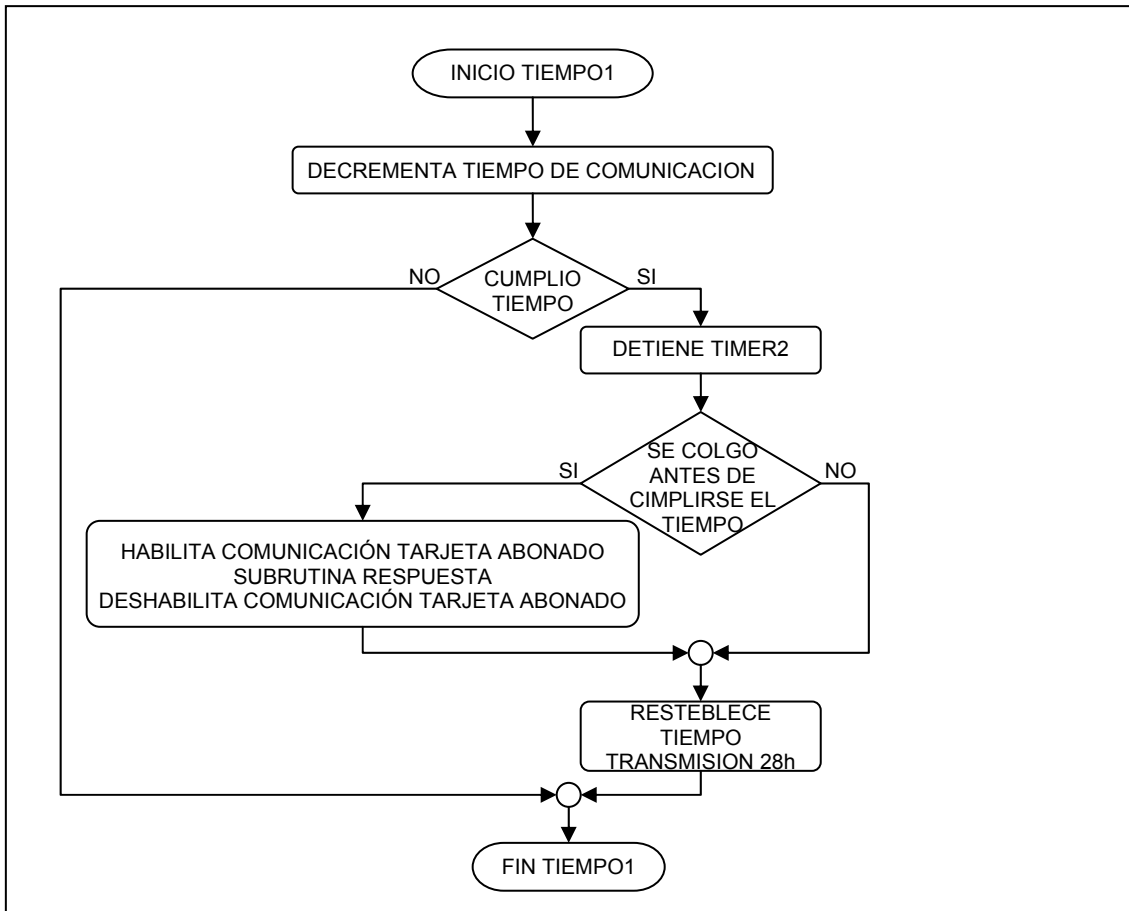


Diagrama de flujo de la subrutina tiempo1 del microcontrolador 2  
Figura 3.35

### 3.3.13.4 SUBROUTINA INTERTIME

La subrutina *intertime* es la última subrutina que durante el funcionamiento del temporizador Timer2 es utilizada. Es empleada para decrementar el tiempo restante en la comunicación entre abonados con la característica de hacerlo en variables separadas, una por cada cifra, para luego transmitirlo hacia el

microcontrolador numero 1 y posteriormente visualizarlo en la pantalla LCD. Estos tres datos van a ser transmitidos si el teléfono portero se encuentra colgado, ya que esto garantiza que la pantalla LCD esta libre de algún tipo de uso, si por el contrario se encuentra descolgado la transmisión no se cumple pero las variables si son decrementadas. La estructura de la subrutina es la siguiente:

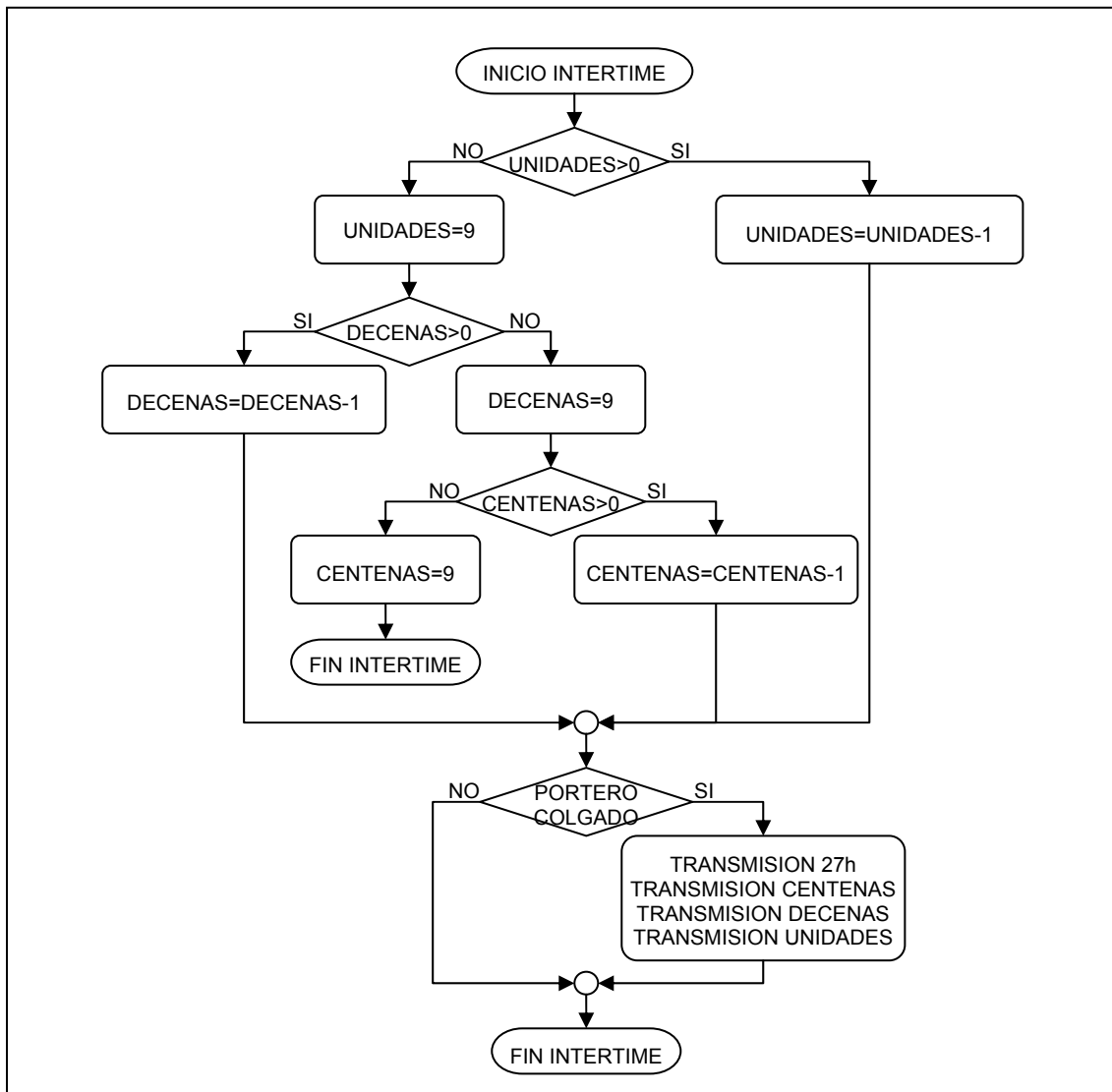
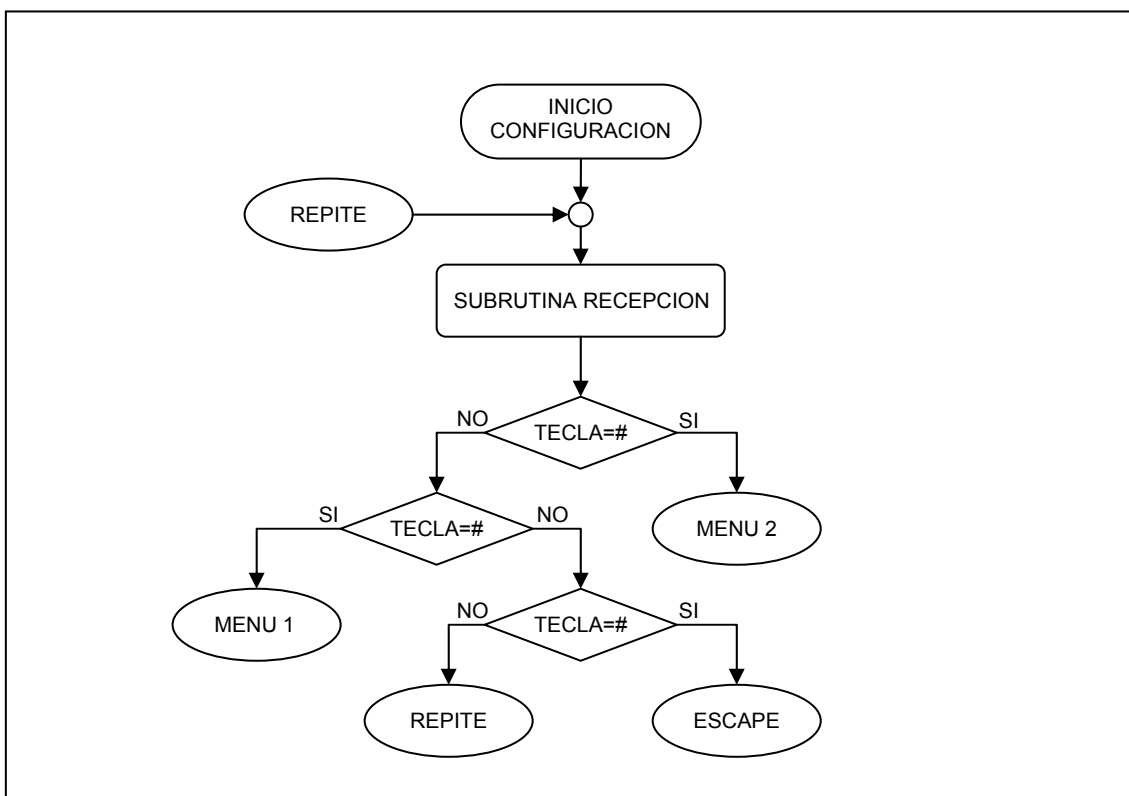


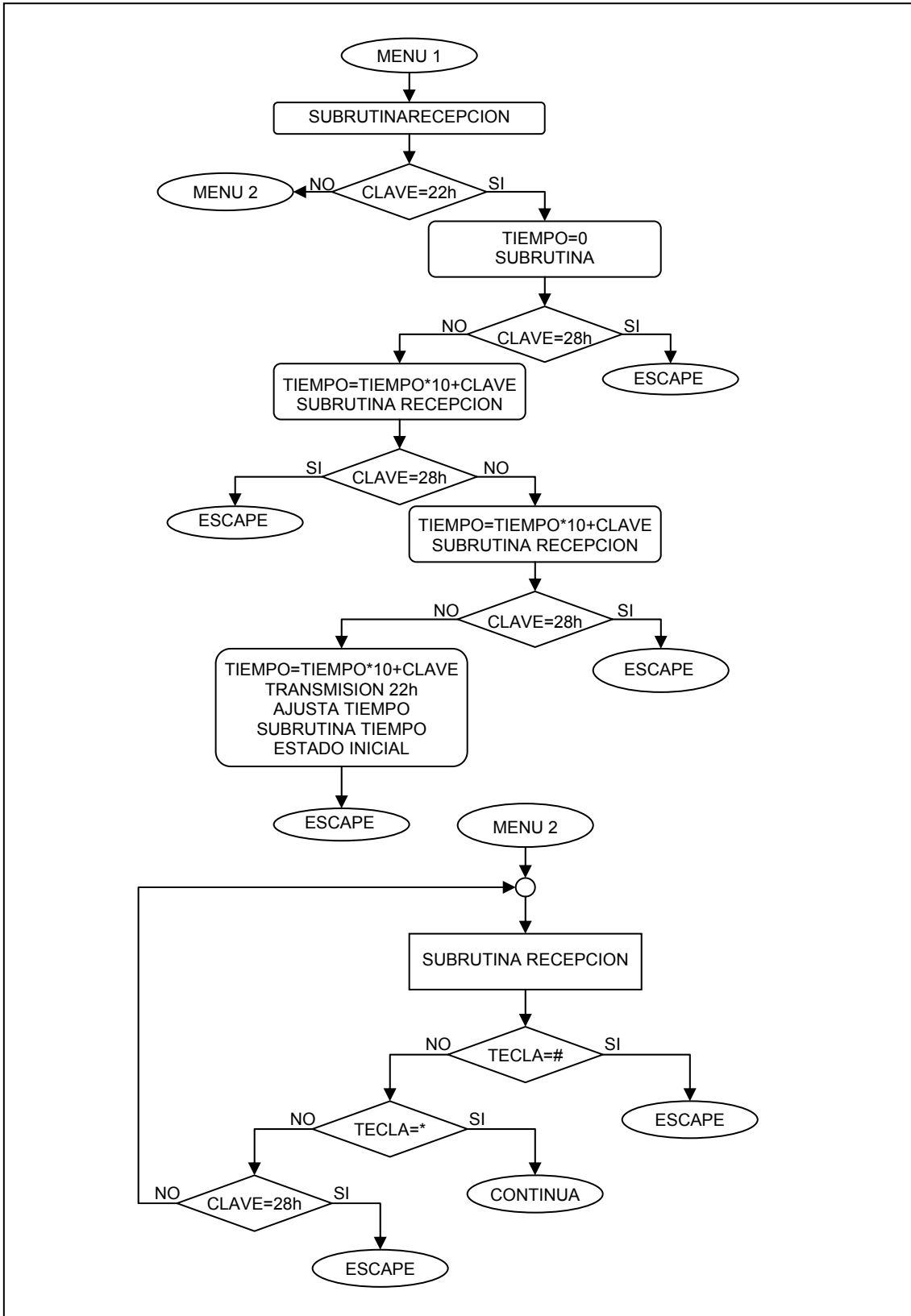
Diagrama de flujo de la subrutina intertime del microcontrolador 2  
Figura 3.36

### 3.3.14 SUBROUTINA CONFIGURACION

Es la subrutina encargada de desarrollar un menú de configuración mediante la comunicación con el microcontrolador numero 1. En este menú de

configuración se puede programar los tiempos tanto de la comunicación principal como el de la privada. A esta función de la consola se tiene acceso mediante la pulsación continua por tres veces de la tecla asterisco (\*). El inicio de la rutina consta de un estado de espera para que el usuario decida si desea cambiar el tiempo de la comunicación privada, para continuar la secuencia se debe recibir del microcontrolador numero1 una de tres posibles respuestas: la tecla asterisco que da paso a la parte de la subrutina que permite cambiar el tiempo de comunicación privada o si recibe la tecla numeral omite este paso y ejecuta un segundo estado de espera o por ultimo una clave que se interpreta que se ha renunciado a esta función mediante el cuelgue del teléfono portero. El segundo estado de espera es para que el usuario decida si desea cambiar el tiempo de la comunicación principal con otras tres posibles respuestas; la tecla asterisco cambia el tiempo, la tecla numeral da la salida de la subrutina o nuevamente la clave que indica que se ha colgado el teléfono portero. La parte de la subrutina que cambia los tiempos es la misma para los dos casos; permite la entrada de tres dígitos, el primero para las centenas, el segundo para las decenas y el último para las unidades y al colgar el teléfono portero entre cualquiera de estos pasos genera la salida de la subrutina. El diagrama de flujo de la subrutina es el siguiente:





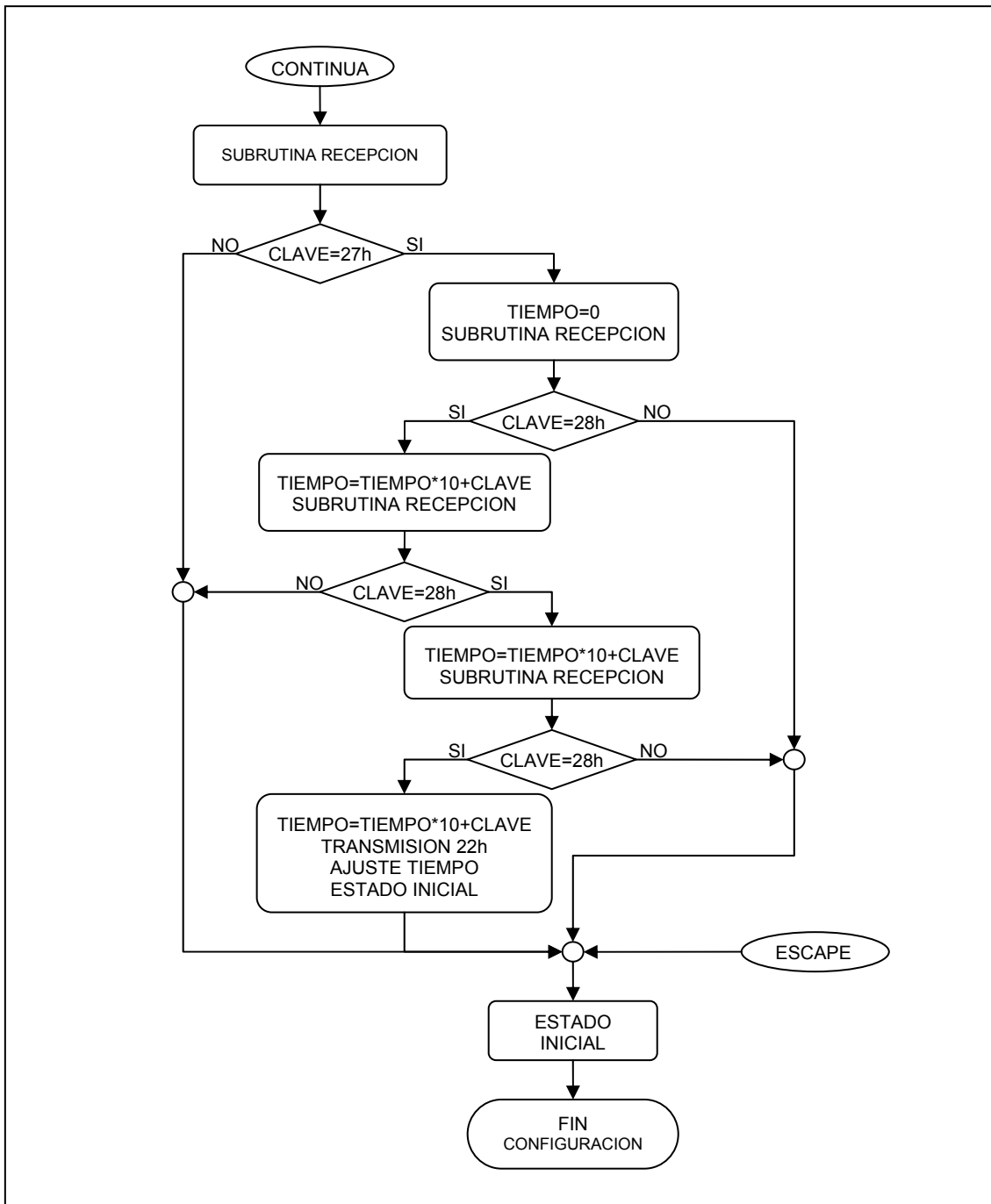
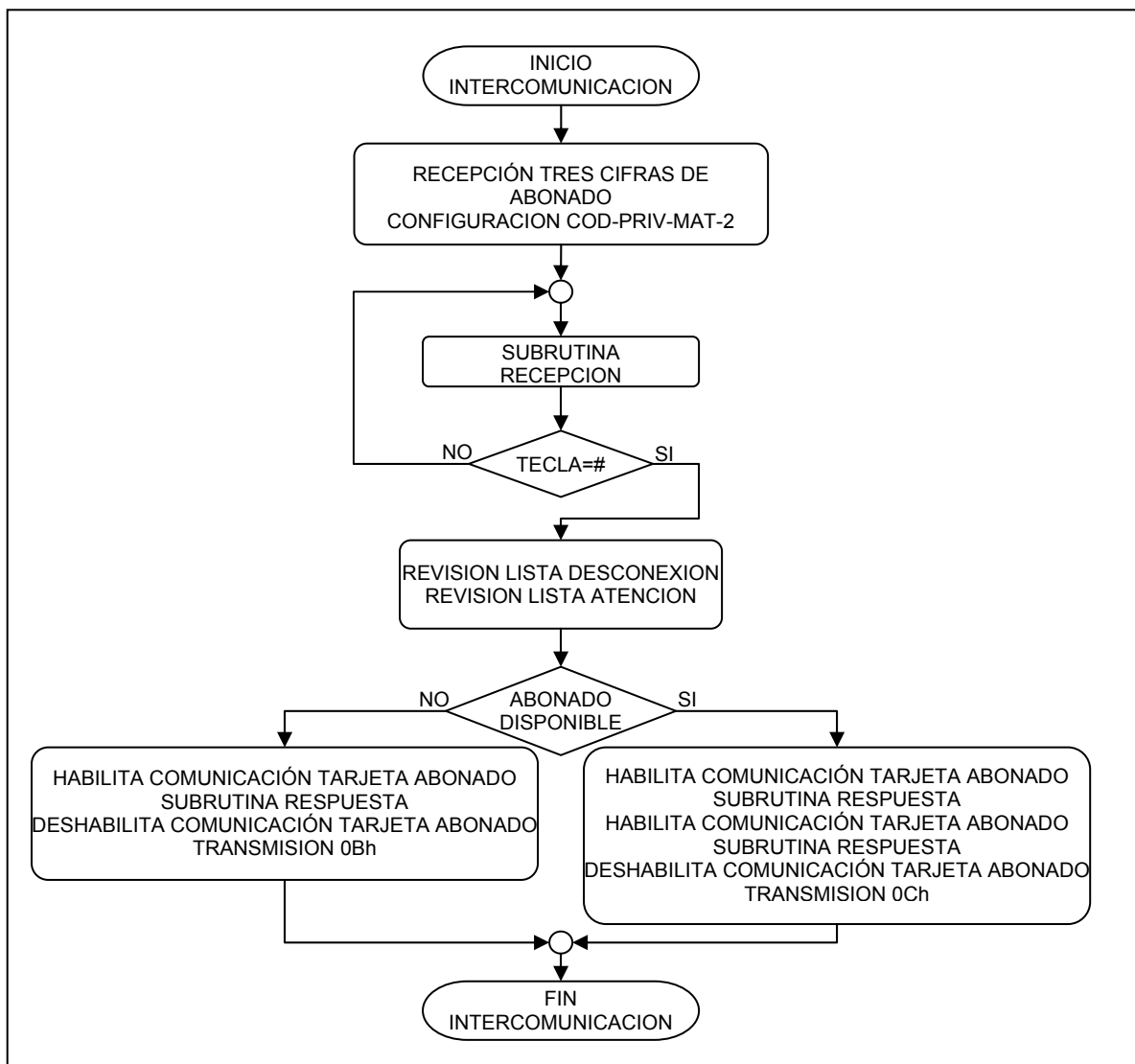


Diagrama de flujo de la subrutina configuración del microcontrolador 2  
Figura 3.37

### 3.3.15 SUBROUTINA INTERCOMUNICACION

La subrutina *intercomunicación* es la encargada de efectuar la conexión entre el par abonados que desean entablar una comunicación privada. Para llevar a cabo la intercomunicación, se debe recibir la solicitud de un abonado el cual se identifica como abonado privado 1 mediante una comunicación con el teléfono

portero la intercomunicación, seguido por la finalización de la comunicación y la pulsación de la clave que ejecuta la subrutina intercomunicación. La primera parte de la subrutina recibe las tres cifras del código del abonado con que se quiere comunicar seguido de la tecla numeral o que sirve de confirmación del proceso, si no se recibe la confirmación la subrutina se quedara en estado de espera hasta recibirla. La segunda parte es la de confirmar el estado disponible del segundo abonado por medio de la revisión de las listas de desconexión y de atención. La tercera parte es la que efectúa o no la conexión dependiendo de el estado del segundo abonado. El diagrama de flujo de la subrutina es la siguiente:



**Diagrama de flujo de la subrutina intercomunicación del microcontrolador 2**  
**Figura 3.38**

### 3.3.16 SUBROUTINA CIERRE

Las instrucciones que efectúan la función de cierre de los terminales del circuito integrado encargado de la conmutación se encuentran agrupadas en la subrutina *cierre*. Para llevar a cabo la función de cierre es necesario establecer los terminales los que se quiere accionar, un terminal X y un terminal Y. Debido a que se cuenta con 16 terminales Xs, el código para seleccionar alguno es de 4 bits de longitud mientras que los terminales Y son 8 y su código es de 3 bits.

Después de tener los códigos, se debe seguir la siguiente secuencia:

1. Ubicar los códigos de los terminales seleccionados en los pines de dirección correspondiente.
2. Establecer un nivel lógico bajo el pin *data*.
3. Activar la lectura de la dirección mediante el nivel alto en el pin *strobe*.
4. Cerrar los terminales de la matriz mediante el cambio de nivel en el pin *data*.
5. Desactivar la lectura por medio de un nivel lógico bajo en el pin *strobe*.

Un cero lógico en el pin *strobe* desactiva las funciones de conmutación del circuito integrado, así que antes de activar dicho pin se debe establecer las condiciones necesarias, como la dirección de los terminales y el estado de dichos terminales, al momento de iniciar la tarea deseada. El pin *data* establece el estado de abierto de los terminales seleccionados si se encuentra en un nivel bajo, y al cambiarlo a alto, cambia su estado a cerrado. Para finalizar el proceso se desactiva el pin *strobe* para desactivar los pines de dirección.

La subrutina requiere como condición de operación un dato de tipo byte en el cual se encuentra los dos terminales que se van a cerrar. La parte alta del byte corresponde al terminal Y y la parte baja al terminal X. El dato es puesto en los pines de dirección a través de un circuito driver que convierte el dato serial en paralelo.

La estructura de la subrutina es la siguiente:

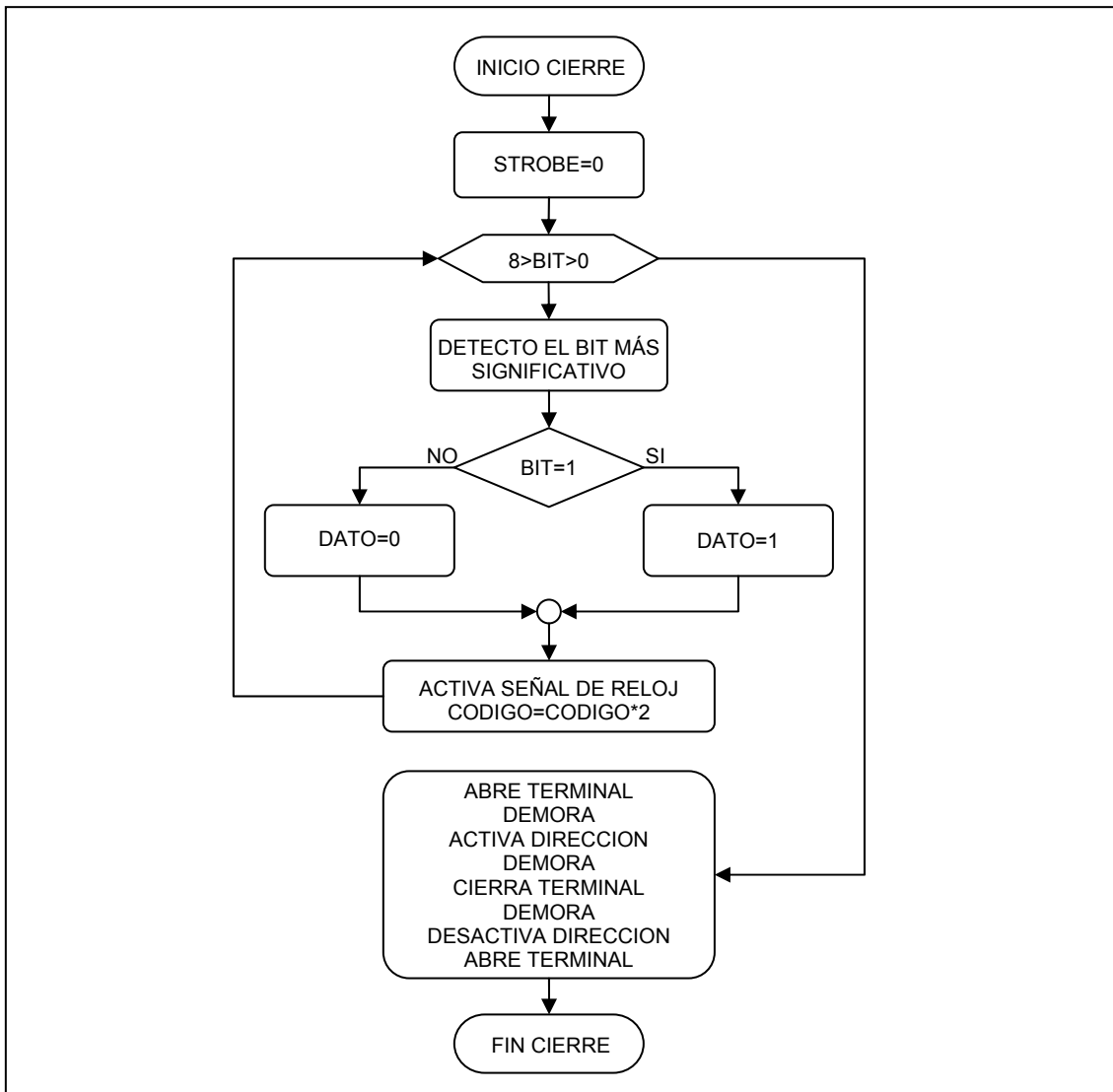


Diagrama de flujo de la subrutina cierre del microcontrolador 2  
Figura 3.39

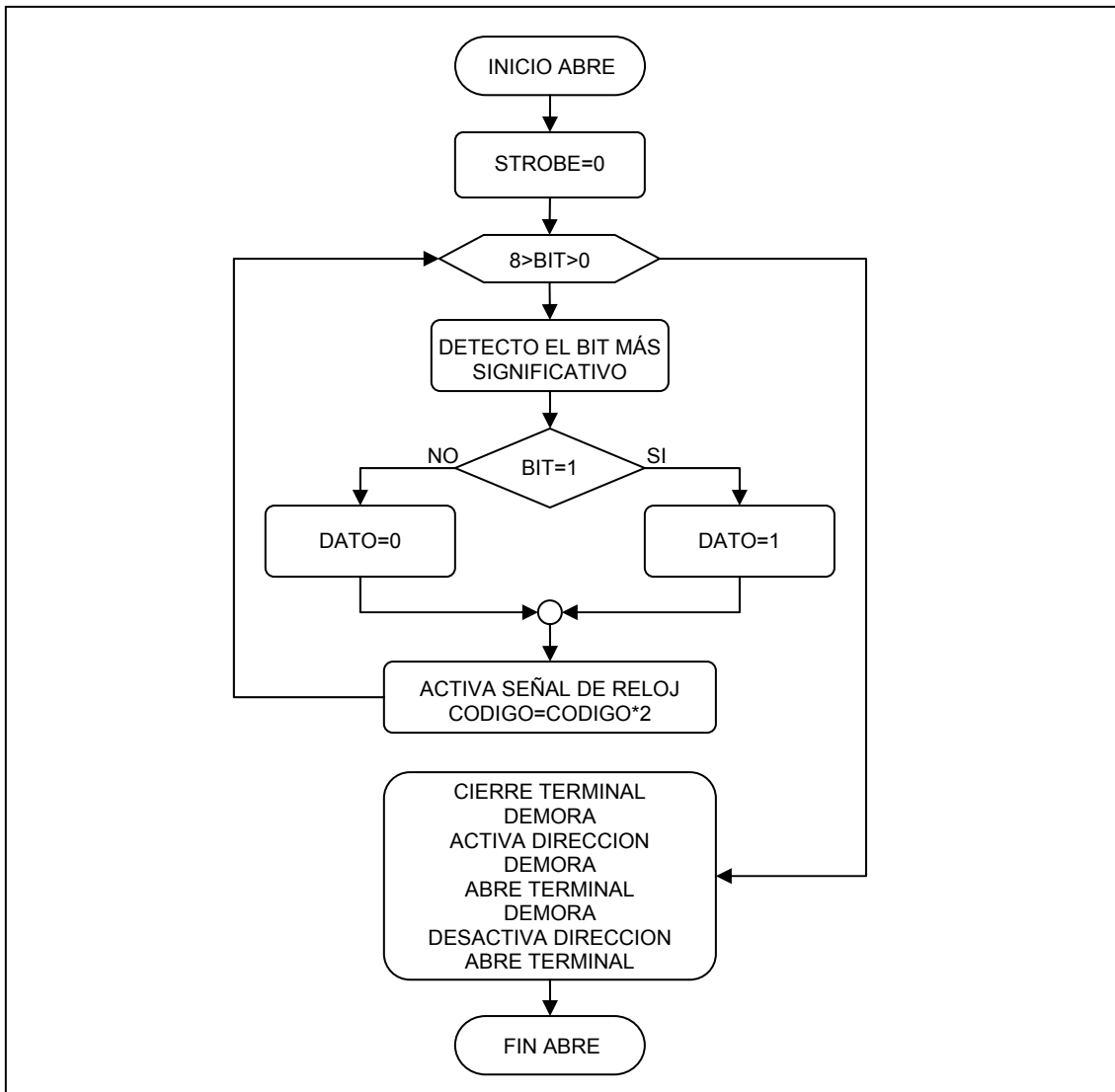
### 3.3.17 SUBROUTINA ABRE

La subrutina *abre* cumple la operación opuesta a la de *cierre*. La estructura es la misma, convertir la dirección de serie a paralelo, pero a la hora de activar los pines *strobe* y *data* los valores son diferentes. Los pasos son los siguientes:

1. Ubicar los códigos de los terminales seleccionados en los pines de dirección correspondiente.
2. Establecer un nivel lógico alto el pin *data*.

3. Activar la lectura de la dirección mediante el nivel alto en el pin *strobe*.
4. Abre los terminales de la matriz mediante el cambio de nivel en el pin *data*.
5. Desactivar la lectura por medio de un nivel lógico bajo en el pin *strobe*.

El diagrama de flujo de la subrutina es el siguiente:



**Diagrama de flujo de la subrutina abre del microcontrolador 2**  
**Figura 3.40**

## 4 CONCLUSIONES

La necesidad de sistemas de comunicación privados a bajo precio ha generado un desarrollo en este campo. En la actualidad se encuentran varias opciones que se diferencian por su tecnología de desarrollo. Por medio de este proyecto se presento otra opción con funciones básicas de un sistema de comunicación privada basado en la electrónica digital.

El diseño e implementación de la consola digital de citófonos, permitió conocer a fondo el sistema de comunicación interno, la forma como trabaja a través de citófonos en ubicaciones específicas y mejorando una parte del sistema de comunicación que se maneja a lo largo de switches de resorte, para la comunicación entre citófono – portería y entre citófonos.

Con el análisis de las frecuencias DTMF mediante el microcontrolador en lugar de los circuitos integrados que cumplen esta función específica, se abre una ventana para el estudio de otras señales de frecuencias no muy altas que pueden ser implementados en sistemas digitales.

Las protecciones contra descargas eléctricas de mayor confianza son dispositivos de altos costos y disponibles en el mercado extranjero; en el mercado local se encuentran varistores que también cumplen la función de protección pero no con la misma confiabilidad de los extranjeros, que fueron los utilizados en el diseño para no elevar demasiado los costos de fabricación y procurar tener la disponibilidad de la mayoría de los elementos en el mercado local.

## 5 RECOMENDACIONES

Son innumerables las recomendaciones que se pueden hacer a un primer prototipo, pero la principal sin duda debe ser la implementación de las funciones de control mediante un dispositivo que cuente con mayores y mejores prestaciones teniendo en cuenta las limitaciones de los microcontroladores utilizados en este proyecto.

En el circuito integrado en donde se realiza la función de conmutación solo se aprovecho sus prestaciones en el manejo de señales de voz; el manejo de señales de video también es posible con este mismo circuito integrado lo cual facilitaría implementar la operación de este mismo diseño con citófonos que contemplen la función de transmisión y recepción de señales de video.

La capacidad máxima de esta consola digital de citófonos es de 496 abonados, un número alto para los casos de construcciones que se encuentran en la actualidad, pero en el futuro posiblemente no cumpla dichos requisitos, por lo tanto una expansión en la capacidad máxima de la consola debe ser una de las recomendaciones a tener en cuenta en el futuro.

El diseño de una presentación final del proyecto como un producto comercial por parte del trabajo de un diseñador industrial complementa el desarrollo de la consola digital de citófonos con miras a darle un uso comercial.

## BIBLIOGRAFIA

[1] MOTOROLA, MC68HC908GP32 Technical Data.

[2] INTERESIL, CD22M3494E 16x8x1 Crosspoint Switch Technical Data.

[3] PROAKIS, JG and MANOLAKIS, DG. Digital Signal Processing Principles, Algorithms, And Applications. 3<sup>a</sup> Ed. Englewood Cliffs NJ: Prentice Hall 1996.

[4] ROJAS ESCOBAR, Ernesto. Estudio Básico De Los Sistemas De Comunicación Telefónica Y Su Aplicación En Nuestro Medio. Universidad Industrial de Santander 1980.

[5] INCONTEC, Normas para trabajos de Proyectos de Grado, Santa Fe de Bogota, 2001.

[6] <http://ing54.ing.unrc.edu.ar/electro/archivos/FILTROS.pdf>

[7] <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/2001603/lecciones/cap9/cap9lec4/cap9lec4.html>

[8] [http://www.iec.uia.mx/proy/titulacion/proy05/Teoria\\_de\\_filtros.html](http://www.iec.uia.mx/proy/titulacion/proy05/Teoria_de_filtros.html)

## ANEXOS

### A 1. EL MICROCONTROLADOR MC68HC908GP32 DE MOTOROLA

El MC68HC908GP32 hace parte de la familia de microcontroladores de 8Bits que tienen unidad central de procesamiento CPU08 y arquitectura MC68HC08.

#### **FUNCIONES ESTANDARES DEL MC68HC908GP32.**

- Arquitectura de alto desempeño MC68HC08 optimizada para compiladores C.
- Frecuencia de Bus interno de 8Mhz.
- Memoria FLASH de seguridad del programa.
- Características de protección del sistema:
  - Detección de baja tensión con Reset opcional para 3.0 y 5.0 Volts.
  - Detección ilegal de opcode con RESET.
  - Detección de direccionamiento ilegal con RESET.
- Diseño de baja potencia con modos estáticos de parada y espera.
- Modo de operación estándar de baja potencia.
- Modo de espera.
- Modo de parada.
- Pin de RESET maestro y RESET POWER-ON (POR).
- 32 Kbytes de memoria FLASH.
- 512 Bytes de memoria RAM.
- Modulo de interfaz periférico serial (SPI).
- Modulo de interfaz serial de comunicaciones (SCI).

- Dos módulos de TIMER de 16 BITS (TIM1 y TIM2) con captura seleccionable de entrada, salida comparada y capacidad PWM en cada canal.
- Conversor Análogo-digital de 8 Bits.
- PULLUP internos en IRQ y RESET.
- Modulo generador de reloj con cristal externo compatible con PLLs.
- Hasta 33 pines de uso general de entrada salida (I/O).
- Alta capacidad de corriente en todos los puertos 10mA.
- 5mA de inyección de corriente en la entrada de todos los puertos para protección de entrada.
- Encapsulado de 40 pines (PDIP).
- Las características específicas del MC68HC908GP32 en encapsulado PDIP40 son:
  - Puerto C de solo 5 Bits: Ptc0 – Ptc4.
  - Puerto D de solo 6Bits: Ptd0 – Ptd5.

### **Características de la CPU08.**

- Modelo de programación realizado HC05.
- Función de control de lazo extensa.
- 16 modos de direccionamiento.
- 16 Bits de registro de índice y puntero de pila.
- Rápida instrucción de multiplicación de 8x8.
- Rápida instrucción de división 16/8.
- Instrucciones decimales codificadas en binario (BCD).
- Soporte eficiente de lenguaje C.

## DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA CPU08.

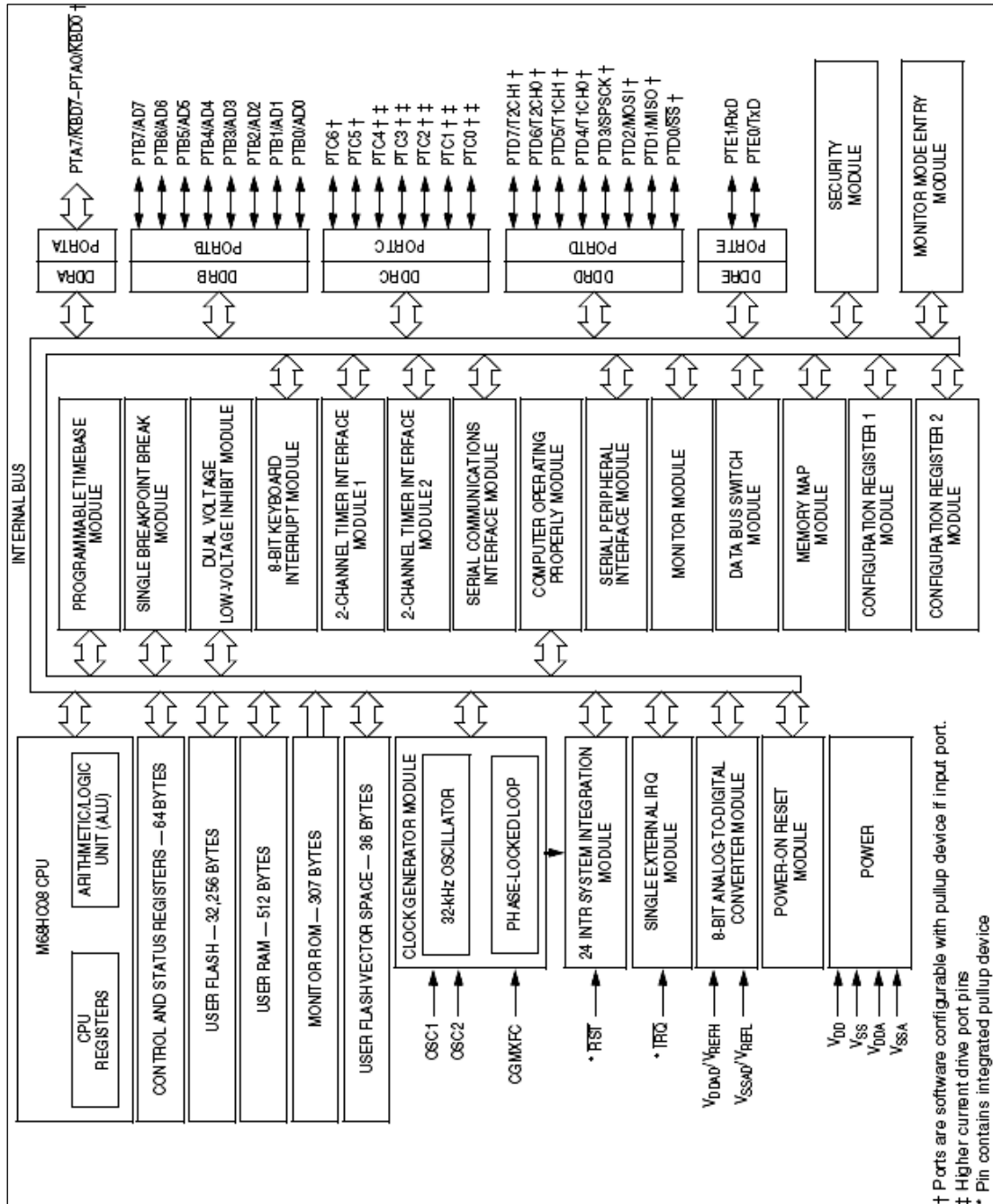
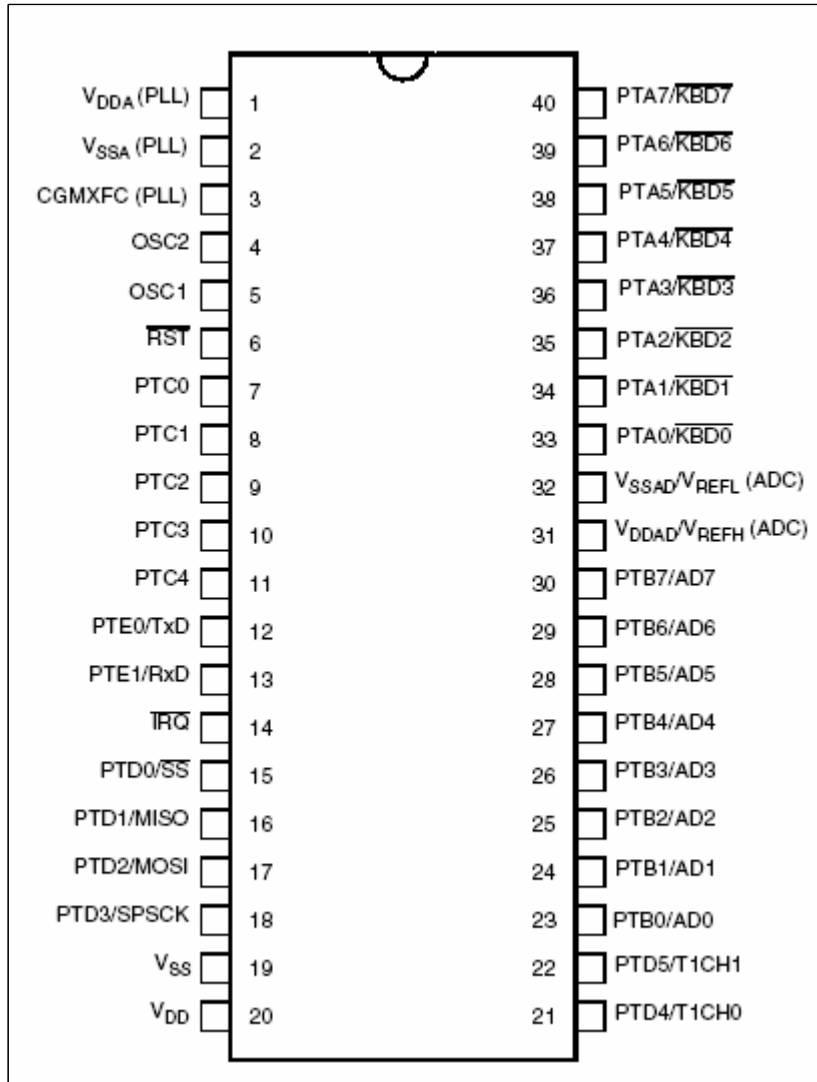


Diagrama de bloques del microcontrolador MC68HC908GP32.  
 Figura A1

## DISTRIBUCION DE PINES EN EL ENCAPSULADO PDIP40.



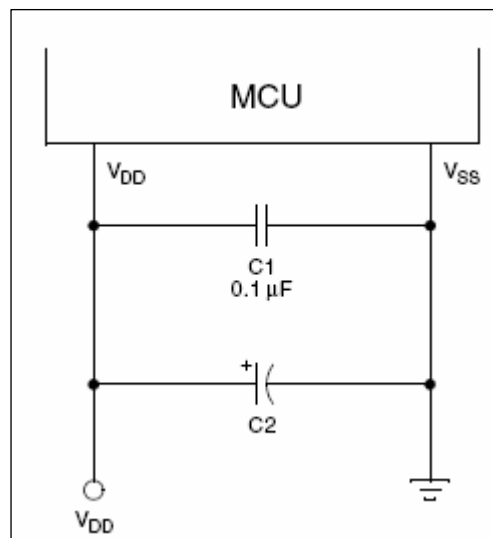
Distribución de pines en el encapsulado pdip40.  
Figura A2.

## Función de los pines:

### Pines de Alimentación VDD y VSS:

VDD es el pin de alimentación positivo (5Volts) y VSS es el pin de tierra del microcontrolador. El MCU funciona con una fuente de alimentación simple.

Para prevenir problemas de ruido se recomienda colocar un capacitor de bypass de 0,1 $\mu$ F entre VDD y VSS, el capacitor 2 es opcional y se coloca en aplicaciones donde los pines de los puertos están a altos niveles de corriente.



Recomendaciones de los pines de polarización del microcontrolador  
Figura A3.

### Pin de Osciladores (OSC1 y OSC2):

Estos pines son para la conexión de un circuito oscilador externo.

### Pin de RESET externo:

Un 0 lógico en el pin RESET fuerza al MCU a volver a su estado de inicio. RST es bidireccional y permite una restauración del sistema completo.

### **Pin de interrupción Externa IRQ:**

IRQ es un pin de interrupción asíncrona externa y contiene una resistencia de PULLUP interna.

### **Pines de alimentación del modulo generador de reloj (VDDA y VSSA).**

VDDA y VSSA son los pines del modulo CGM. Se conectan al mismo potencial de VDD y VSS respectivamente.

### **Pin del capacitor de filtro externo (CGMXFC):**

Es una conexión externa del condensador del filtro para el modulo generador de reloj.

### **Pines de alimentación del conversor análogo-digital (VDDAD/VREFH-VSSAD/VREFL):**

El pin VDDAD se conecta al mismo nivel de tensión de VDD y VSSAD se conecta al mismo nivel de VSS. VREFH es la fuente de referencia alta para el conversor análogo-digital y VREFL es la fuente de referencia baja y están conectados internamente a VDD y VSS respectivamente.

### **Pines del puerto A (PTA7/KBD7—PTA0/KBD0):**

PTA/PTA0 son pines de entrada y salida de propósito general. Algunos o todos los pines del puerto A pueden ser programados para servir como pines de teclado de interrupción.

**Pines del puerto B (PTB7/AD7—PTB0/AD0):**

Los pines del puerto B son pines de entrada y salida de propósito general y pueden además ser usados para la entrada del conversor análogo-digital.

**Pines del puerto C (PTC6—PTC0):**

Los pines del puerto C son de entrada y salida de propósito general. Los pines PTC5 y PTC6 solo están disponibles en el encapsulado de 44 pines QFP.

**Pines del puerto D (PTD7/T2CH1—PTD0/SS):**

Los pines del puerto D son de entrada general y función especial. PTD0-PTD3 pueden ser programados para la interfaz serial periférica (SPI), mientras que PTD4-PTD7 pueden ser individualmente programados para ser módulos de interfaz temporizador (TIM1 y TIM2). PTD6 y PTD7 solo están disponibles en encapsulados 42-SDIP y 44 QFP.

**Pines del puerto E (PTE1/RxD—PTE0/TxD):**

Son pines de entrada y salida de propósito general. Además pueden ser programados para ser interfaz de comunicación serial (SCI).

## **A 2. CIRCUITO MATRIZ DE CONMUTACION CD22M3494.**

El circuito CD22M3494 de la casa INTERSIL es un arreglo de 128 switches análogos, capaz de direccionar señales de DC hasta señales de video. Debido a la estructura de cada switch la señal de entrada puede abarcar el rango de voltaje de alimentación (VDD - VEE).

Cada uno de los 128 switches puede ser direccionado por la entrada del decodificador de 7 a 128 líneas. El estado del switch direccionado es establecido por la señal de entrada DATA. Cuando DATA es un cero o nivel bajo abrirá el switch, mientras que si es un estado alto se obtendrá el cierre del switch direccionado cuando la entrada STROBE pase de estado bajo a alto. Se puede activar cierto número de combinaciones de conexión pero una a la vez. Cada conexión además debe abrirse o cerrarse de la manera anteriormente mencionada. Todos los switches deben resetearse pasando la entrada RESET de estado bajo a estado alto y retornándola de nuevo a estado bajo. Mediante el pin CS se puede obtener una conexión en cascada de matrices.

### **CARACTERISTICAS:**

- 128 switches análogos.
- Resistencia de encendido (RON) baja.
- Voltaje de la señal de entrada igual al voltaje de alimentación.
- Rango de voltaje de operación alto (4Volts a 15 Volts).
- Entrada de direccionamiento paralelo.
- Muy baja interferencia.
- Pines y funcionalidad compatibles con: SGS3494 y Mitel MT8816.

## APLICACIONES:

- Sistemas PBX.
- Instrumentación.
- Multiplexores analógicos y digitales.
- Redes de video conmutadas.

## DIAGRAMA DE BLOQUES.

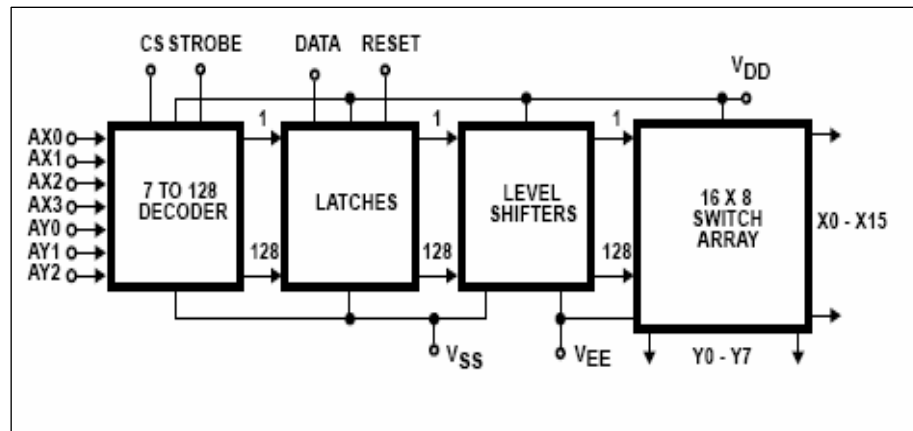


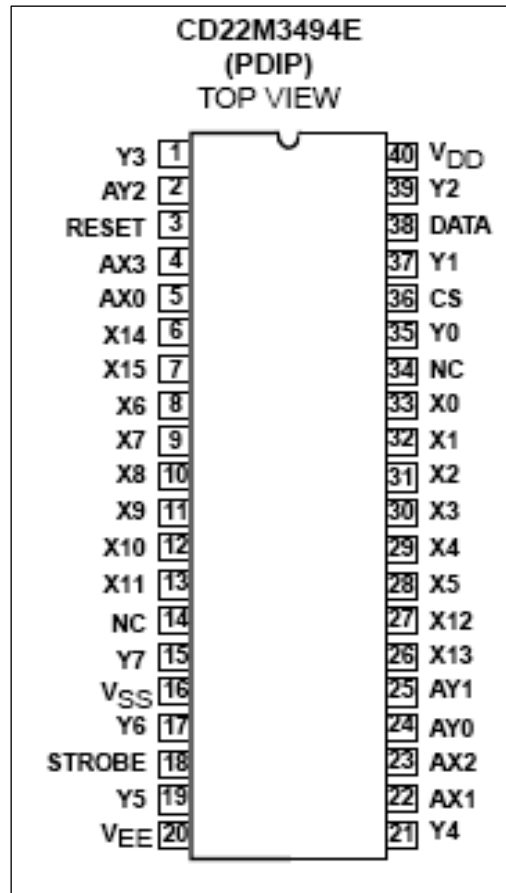
Diagrama de bloques de la matriz de conmutación  
Figura A4.

## ESPECIFICACIONES ELECTRICAS.

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>STATIC CONTROLS</b>						
Supply Current	$I_{DD}$	$V_{DD} = 5V$ , Logic Inputs = $V_{DD}$	-	-	2	mA
		$V_{DD} = 15V$ , Logic Inputs = $V_{DD}$	-	-	5	mA
High-Level Input Voltage	$V_{IH}$	$V_{DD} = 5V$	2.4 (Note 2)	-	-	V
Low-Level Input Voltage	$V_{IL}$		-	-	0.8 (Note 2)	V
Input Leakage Current, Digital	$I_{IN}$	Reset = Low (Note 3)	-	-	$\pm 10$ (Note 4)	$\mu A$

Tabla de las especificaciones eléctricas de la matriz de conmutación  
Tabla A1.

## DISTRIBUCION DE PINES.



Distribución de los pines de la matriz de conmutación.  
Figura A5.

## DESCRIPCION DE PINES.

**VDD:** Alimentación positiva.

**VSS:** Alimentación negativa (Digital).

**VEE:** Alimentación negativa (Análoga).

**AX0-AX3:** Líneas de dirección X. Estos pines seleccionan una de las 16 filas de switches.

**AY0-AY2:** Líneas de dirección Y. Estos pines seleccionan una de las 8 columnas de switches.

**DATA:** Determina el estado del switch direccionado. Un alto o uno lógico cierra el switch, mientras que un cero lógico lo abre.

**STROBE:** Habilita la acción definida por DATA y por la dirección de entrada. Con un bajo o cero lógico no hay acción.

**RESET:** Un alto o uno lógico abre todos los switches.

**CS:** El chip select es activo en uno lógico, y sirve para la expansión de matrices mediante un arreglo en cascada.

**X0-X15:** Entradas/salidas análogas o digitales. Estos pines son las filas X0-X15.

**Y0-Y7:** Entradas/salidas análogas o digitales. Estos pines son las columnas Y0-Y7.

## TABLAS DE DIRECCIONAMIENTO.

### Tabla de dirección X:

X ADDRESS				
AX3	AX2	AX1	AX0	X SWITCH
0	0	0	0	X0
0	0	0	1	X1
0	0	1	0	X2
0	0	1	1	X3
0	1	0	0	X4
0	1	0	1	X5
0	1	1	0	X12
0	1	1	1	X13
1	0	0	0	X6
1	0	0	1	X7
1	0	1	0	X8
1	0	1	1	X9
1	1	0	0	X10
1	1	0	1	X11
1	1	1	0	X14
1	1	1	1	X15

Tabla de direccionamiento para los switches X.

Tabla A2.

**Tabla de dirección Y:**

Y ADDRESS			
AY2	AY1	AY0	Y SWITCH
0	0	0	Y0
0	0	1	Y1
0	1	0	Y2
0	1	1	Y3
1	0	0	Y4
1	0	1	Y5
1	1	0	Y6
1	1	1	Y7

**Tabla de direccionamiento para los switches Y.  
Tabla A3.**

**Ejemplo de direccionamiento:**

Para hacer una conexión entre dos puntos se especifica una dirección en “X” y una dirección en “Y”, se coloca DATA en alto y se conmuta STROBE de bajo a alto. Para hacer una desconexión se hace el mismo procedimiento pero se coloca DATA en bajo.

DATA	X ADDRESS				Y ADDRESS		
	AX3	AX2	AX1	AX0	AY2	AY1	AY0
1	0	0	1	1	1	0	0
1	1	0	0	0	1	1	1
0	0	0	1	1	1	0	0

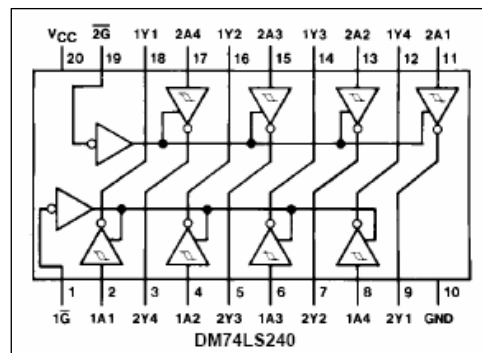
Conectar switch X3 con switch Y4 ←  
 Conectar switch X8 con switch Y7 ←  
 Desconectar switch X3 con switch Y4 ←

**Ejemplo de direccionamiento de la matriz de conmutación.  
Tabla A4.**



#### A 4. BUFFERS DE TRES ESTADOS 74LS244.

El 74LS240 es un circuito integrado TTL que contiene ocho buffers con habilitador negado y tres estados de salida. El 74LS244 colocará la salida en estado alto cuando tanto el habilitador como la entrada están en estado bajo, la salida estará en estado bajo cuando el habilitador está en estado bajo pero la entrada en estado alto, y cuando el habilitador está en estado alto sin importar en que estado esté la entrada, la salida estará en tercer estado o estado de alta impedancia.



Distribución de los pines del circuito integrado 74LS244.  
Figura A7.

#### TABLA DE VERDAD DEL 74LS244.

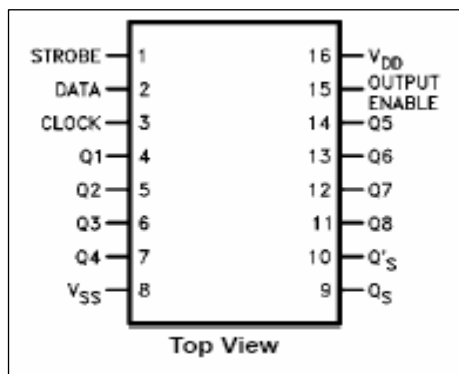
DM74LS244

Inputs		Output
$\bar{G}$	A	Y
L	L	H
L	H	L
H	X	Z

Tabla de la verdad del circuito integrado 74LS244  
Tabla A6.

## A 5. REGISTRO DE DESPLAZAMIENTO CD4094.

El CD4094 es un registro de desplazamiento de 8 bits con salida de tres estados. El dato es desplazado serialmente a través del registro de desplazamiento en el flanco ascendente de la señal de reloj. La salida de la última etapa (Qs) puede ser utilizada para hacer conexiones en cascada de estos dispositivos.



Distribución de los pines del circuito integrado CD4094.  
Figura A8.

### TABLA DE VERDAD DEL CD4094.

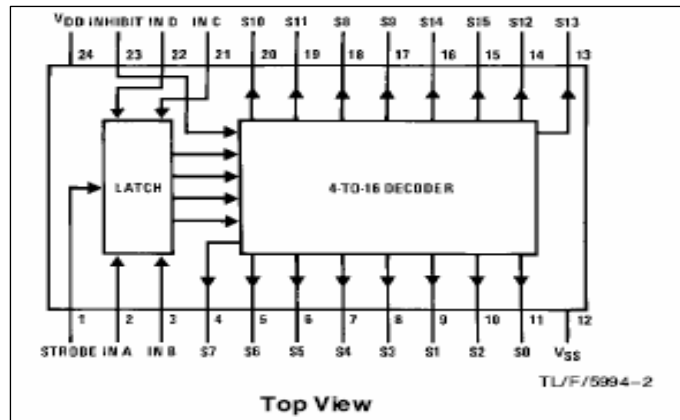
Clock	Output Enable	Strobe	Data	Parallel Outputs		Serial Outputs	
				Q1	Q <sub>N</sub>	Q <sub>s</sub> (Note 1)	Q' <sub>s</sub>
↗	0	X	X	Hi-Z	Hi-Z	Q7	No Change
↘	0	X	X	Hi-Z	Hi-Z	No Change	Q7
↗	1	0	X	No Change	No Change	Q7	No Change
↗	1	1	0	0	Q <sub>N</sub> -1	Q7	No Change
↗	1	1	1	1	Q <sub>N</sub> -1	Q7	No Change
↘	1	1	1	No Change	No Change	No Change	Q7

X = Don't Care  
↘ = HIGH-to-LOW  
↗ = LOW-to-HIGH

Tabla de la verdad del circuito integrado CD4094.  
Tabla A7.

## A 6. DECODIFICADOR DE 4 A 16 LINEAS DE 4 BITS CD4515.

El CD4515 presenta un “0” en la salida seleccionada. Las entradas son flip-flops tipo R-S, los cuales toman el último dato de entrada cuando el strobe pasa de “1” a “0”. Este dato es decodificado para activar su respectiva salida.



Distribución de los pines del circuito integrado CD4515.  
Figura A9.

## TABLA DE LA VERDAD DEL CD4515.

Decode Truth Table (Strobe = 1)

Inhibit	Data Inputs				Selected Output CD4514 = Logic "1" CD4515 = Logic "0"
	D	C	B	A	
0	0	0	0	0	S0
0	0	0	0	1	S1
0	0	0	1	0	S2
0	0	0	1	1	S3
0	0	1	0	0	S4
0	0	1	0	1	S5
0	0	1	1	0	S6
0	0	1	1	1	S7
0	1	0	0	0	S8
0	1	0	0	1	S9
0	1	0	1	0	S10
0	1	0	1	1	S11
0	1	1	0	0	S12
0	1	1	0	1	S13
0	1	1	1	0	S14
0	1	1	1	1	S15
1	X	X	X	X	All Outputs = 0, CD4514 All Outputs = 1, CD4515

X = Don't Care

Tabla de la verdad del circuito integrado CD4515.  
Tabla A8.