

# Sistema Inteligente de Supervisión de Alarmas Basado en Microcontroladores PIC, SISAP

B. Y. León<sup>1</sup>, I Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Sancti Spiritus «José Martí Pérez», Departamento de Tecnología Educativa [bernardo@suss.co.cu](mailto:bernardo@suss.co.cu)

<sup>2</sup>Empresa Eléctrica Provincial Sancti Spiritus, Departamento de Informática y Comunicaciones, [ioslan@elecsp.une.cu](mailto:ioslan@elecsp.une.cu)

## RESUMEN / ABSTRACT

En este artículo se describe hasta la etapa presente de desarrollo del prototipo SISAP (Sistema Inteligente de Supervisión de Alarmas basado en Microcontroladores PICs) desarrollado a partir de una propuesta de la Dirección Territorial de ETECSA de Sancti Spiritus con el fin de incrementar las prestaciones de los sistemas instalados para la supervisión de alarmas tecnológicas en centros no atendidos del territorio. El dispositivo SISAP se encuentra en la versión de desarrollo 0.5 en estado “no concluido”. Hasta este punto es capaz de manejar hasta 40 eventos, que pueden ser on/off o niveles de voltaje y transmitirlos a través de una interfaz telefónica utilizando un protocolo de tonos DTMF.

Palabras Clave: Alarmas, Microcontrolador PIC, Voltajes, Eventos on/off, Tonos DTMF.

## ABSTRACT

*Sistema inteligente de supervisión de alarmas basado en microcontroladores PIC, SISAP: In this article it is described until the present stage of development of the prototype SISAP (Intelligent System of Supervision of Alarms based on Microcontrollers PICs) developed starting from a proposal of the Territorial Manage of ETECSA of Sancti Spiritus with the purpose of increasing the benefits of the systems installed for the supervision of technological alarms in not assisted centres of the territory. The device SISAP is in the version of development 0.5 in having “not been concluded”. Until this point, can take until 40 events that can be on/off or even of voltage and to transmit them through a phone interface using a protocol of tones DTMF.*

*Key words: Alarms, Microcontroller PIC, Voltages, on/off Events, DTMF Tones.*

## INTRODUCCIÓN

La supervisión y seguridad en centros autónomos donde los operadores no llegan con frecuencia se hace un punto de vital atención en cualquier lugar del mundo. Son variadas las empresas que brindan medios de seguridad que van desde alarmas domésticas en casas y vehículos hasta en complicadas redes industriales.

Securitas Direct define el funcionamiento de una alarma en los siguientes pasos

- Detección.
- Transmisión.
- Verificación.
- Intervención.<sup>1</sup>

En el presente artículo se describe el desarrollo alcanzado hasta la fecha del prototipo SISAP, que se pretende sea una variante tecnológica del actual sistema que suple los autómatas en los centros no atendidos pertenecientes a Dirección Territo-

rial de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. (ETECSA) de Sancti Spiritus. Este sistema debe ser capaz recoger las señales de alarma (eventos on/off), así como niveles de voltajes, almacenarlos con la fecha y la hora, y transmitirlo a la Gerencia para poder así tener un control más efectivo de estos centros.

El objetivo principal es llevar inteligencia al centro no atendido con un sistema que se gestione así mismo en caso de alguna dificultad, logrando flexibilidad y robustez en un punto tan delicado para cualquier empresa como lo es la supervisión de cualquiera de sus unidades. Además, el nuevo sistema debe ser compatible con el anteriormente desarrollado, constituyendo un salto en el desarrollo y no un divorcio definitivo con la anterior tecnología.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 1.1 Sistemas que actualmente supervisa las alarmas tecnológicas y sus limitaciones

El sistema que actualmente atiende y controla las alarmas en

los centros no atendidos forma parte de una estrategia generalizada en todo el país hace algunos años, Está basada en autómatas programables Omron que capturan y transmiten, mediante módems, las alarmas que se generan.

En un principio, estos sistemas confrontaron dificultades, sobretodo con las condiciones de las líneas, habiendo puntos donde la comunicación se hacía totalmente ilegible. Otra situación que persiste es que los módems instalados se alimentan con corriente alterna y al existir fallas eléctricas o desconexiones, la comunicación se interrumpe.

### **1.1.1 Variante al sistema basado en autómatas Omron, el ESTIL@E.**

Para solucionar estos problemas, la Dirección Territorial de ETECSA de Sancti Spíritus, desarrolló un nuevo sistema basado tonos DTMF que suple en alguna medida las deficiencias del generalizado a nivel nacional.

Se trata de un sistema utilizado en los centros no atendidos donde, por una u otra razón, no hay autómatas. Es un simple generador “tonto” de tonos DTMF, el integrado TCM5087<sup>2</sup> cableado directamente a los eventos on/off (alarmas) que genera el tono correspondiente a la alarma que se activa de forma intermitente y repetitiva. Así solo puede enviar hasta 15 eventos (el ‘1111’ no es información)<sup>3</sup> limitando considerable al sistema.

A cada “central extremo” le corresponde un canal telefónico, los cuales son multiplexados en la Dirección Territorial, previa descodificación de los tonos, por el ESTIL@E (Equipo de Supervisión y Transferencia de Información por Línea de Arquitectura Escalar<sup>3</sup>) que está compuesto por 5 multiplexores/demultiplexores analógico-digitales de 8 bits en paralelo, CD4051<sup>4</sup>, controlados por una aplicación de escritorio orientada al puerto paralelo de un ordenador. Para la aplicación descrita hasta el momento, este dispositivo puede conmutar tanto eventos on/off como tonos DTMF. En la figura 1 se muestra un diagrama en bloques del ESTIL@E. Por sus prestaciones será utilizado por el SISAP como elemento de conmutación.

La aplicación de escritorio determina que alarma representa y se guarda con la fecha y la hora. Toda la inteligencia y registros se encuentran en Dirección Territorial, por lo que si la comunicación se interrumpiera, se perderían los eventos.

Además de la limitación en el número de eventos, existen otras como la no poder controlar el estado de las líneas, carga de las baterías, control de errores, autogestión, pérdidas frente a fallas de conexión y unidireccionalidad en la comunicación.

Hoy en día, si bien el estado de las líneas tiene una mejora progresiva para los PLC, en el territorio de Sancti-Spíritus ambos sistemas conviven con las ya descritas dificultades. A los PLC se les suma la dificultad de sus altos precios en el mercado, además de los costos de mantenimiento y reparación, ya que estos dispositivos tienen años de explotación y las piezas de repuesto son caras y escasas. Por ejemplo, una oferta técnica de la empresa de Servicios Especializados de Protección S.A. a SEPSA a ETECSA certifica el precio de un módulo de control de acceso Kantech en \$2 225,89 USD en equipos, \$391,09 USD en materiales y accesorios y \$972,98 USD

en instalación, puesta y marcha, adiestramiento y garantía.

## **1.2 Estado actual del Prototipo SISAP.**

El prototipo SISAP está orientado a llevar inteligencia a los centros no atendidos ampliando las potencialidades del sistema. La comunicación con la Dirección Territorial en su primera etapa de desarrollo se mantiene por tonos DTMF con el fin de conservar toda la electrónica del sistema de muestreo y recepción en la Dirección Territorial basado en el ESTIL@E. La aplicación de escritorio deberá ser renovada, acorde con las prestaciones del sistema y la política de migración a software libre.

SISAP se encuentra en la versión de desarrollo 0.5, a consideración de sus autores en estado “no concluido”. El mismo es capaz de recolectar por vía ESTIL@E hasta 40 eventos, distribuidos en 35 eventos on/of y medir 5 voltajes en rangos de 0 a 5 V. Para el censo de voltajes de batería, que se encuentran en valores cercanos a los 54 V, es necesario introducir una red resistiva calibrada para ajustar los niveles a la entrada del SISAP, de 0 a 5 V.

Puede generar la fecha y la hora mediante el reloj de tiempo real DS1307<sup>5</sup>, conteo que continúa aun en caso de desconexiones de la alimentación, pues el reloj cuenta con una batería de Litio de 3 V, dado el bajo consumo del integrado, puede durar hasta 10 años.

Cuenta con una memoria EEPROM, 24LC256<sup>6</sup>, en la cual es capaz de guardar hasta 1598 eventos, incluida la fecha, la hora y el estado de las baterías en el momento de ocurrencia de los mismos.

La transmisión se realiza mediante un protocolo de bitonos DTMF. Aunque se prevé que la comunicación sea bidireccional, hasta el momento se ha completa hacia un solo sentido, desde el SISAP hasta el extremo receptor, siendo consecuente con el sistema instalado basado en el ESTIL@E, que aun no es capaz de generar respuesta hacia el extremo transmisor, el SISAP para este caso. Es necesaria la implementación de un nuevo software que sea capaz de detectar e interpretar la trama transmitida por el SISAP en ráfaga de 1 bitono cada 50 ms. Hasta el momento las pruebas realizadas con éxito fueron a través de la red conmutada desde un teléfono común.

El próximo paso de desarrollo está destinado a completar el protocolo bidireccional y orientado a la conexión pues la probabilidad de errores aumenta con la incapacidad del SISAP de la no confirmación de entrega libre de errores.

## **1.3 Descripción del prototipo SISAP**

El prototipo SISAP es un sistema basado en microcontroladores PIC. “Explicado mediante términos sencillos, podemos definir a un microcontrolador como un circuito integrado (chip) que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, memoria y unidades de E/S, es decir, se trata de una computadora completa en un solo circuito integrado. Aunque por supuesto sus prestaciones son limitadas si las comparamos con las de cualquier ordenador personal, además de dicha integración, su característica principal es

su alto nivel de especialización<sup>7</sup>.

Los 'PIC' son una familia de microcontroladores tipo RISC (Reduced Instruction Set Computer) fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de General Instruments

### 1.3.1 El PIC 16F73

El PIC utilizado como elemento de control del SISAP es el 16F73. Es un PIC de la gama media, la más variada y completa. El repertorio cuenta con 35 instrucciones de 14 bits cada una y compatible con el de la gama baja. Disponen de interrupciones y una pila de 8 niveles que permiten el anidamiento de subrutinas. La figura 2 muestra al PIC 16F73 con su diagrama de pines.

Entre otras, este integrado posee las siguientes características:

- Memoria de Programa tipo Flash 8Kx14).
- Memoria Datos (RAM) 192 bytes
- Soporta hasta 20MHz de oscilador de cristal.
- Voltaje de Operación: 2.0 hasta 5.5VDC. [8].
- 3 Puertos. Puerto A con 6 bits y Puerto B y C de 8 bits.

Entre las prestaciones que brinda se utiliza:

- Timer 0: 8 bits timer/counter, con preescalador de 8 bits.
- Conversor analógico/digital de 8 bits por 8 canales.

### 1.3.2 Recolección de Datos

La recolección de los datos se efectúa a través del ESTIL@E. Básicamente, se está sustituyendo el ordenador que lo controla por un PIC.

El ESTIL@E, para su conexión con el ordenador cuenta con un conector DB25 por el cual pasan 5 líneas de datos (una por cada salida de los CD4051) y 3 de control, para un total de 8 hilos. Al SISAP se le incorporó a la entrada de datos un conector DB9, más pequeño y barato, suficiente para atender el ESTIL@E. Fue necesario construir el cable adaptador con las dos normas.

Cada CD4051 tiene 8 bits de entrada/salida. Contando con 5 multiplexores, el ESTIL@E es capaz de conmutar hasta 40 eventos analógicos y digitales en rangos hasta de 20 V P-P. Estos eventos son seleccionados de 5 en 5 hasta completar los 40.

Los 5 bit menos significativos del Puerto A del PIC 16F73 cuentan con un conversor análogo/digital (CAD) que, en el caso del SISAP, obtiene la referencia de los 5 V de alimentación. Aprovechando esta prestación, el bus de datos del ES-

TIL@E es atendido por el Puerto A, quien, en un primer barrido ('000'), activará los CAD para obtener 5 entradas de 0 V a 5 V, los bits 0 de cada multiplexor. El resto de los barridos serán un total de 35 señales digitales para atender los eventos on/off.

### 1.3.3 Otras Utilidades.

El SISAP cuenta con un reloj de tiempo real DS1307<sup>5</sup>. La fig. 3 muestra su diagrama de pines.

El DS1307 es capaz de contar los segundos, los minutos, la hora, el día, el día de la semana, el mes y el año que se incrementa hasta el 2100.

Como forma primaria de energía se alimenta con +5V (entre VCC y GND) y puede conectarse una batería de respaldo de 3V. Su consumo no supera los 500nA por lo que su carga es despreciable para el resto del circuito y una batería en buen estado mantendría hasta de 10 años el conteo.

Para guardar la información antes de transmitirla el SISAP cuenta con la memoria 24LC256 que se muestra en la figura 4.

La 24LC256 es una memoria CMOS EEPROM de 32K X 8 (256K). Su voltaje de operación (VCC) va desde 2,5V a 5,5V por lo que se puede usar en aplicaciones avanzadas, desde comunicación personal hasta adquisición de datos. La corriente máxima en la escritura es de 3mA y la de lectura de 400µA, siendo de bajo consumo. Su frecuencia máxima de reloj es de 400kHz<sup>6</sup>.

Ambos integrados se comunican utilizando el bus serie I2C. El PIC 16F73 no posee la función para trabajar en modo master, por lo que fue necesario desarrollar el protocolo a nivel de software.

Al dispositivo se le ha incorporado un display común de los utilizados en los teléfonos públicos, el SD1602H, para poder visualizar las respuestas a los distintos eventos que se generan y él debe atender.

Con un consumo menor de 5mA no constituye una carga apreciable al circuito y compartirá todo el Puerto B con la MT8885 para el bus de datos.

## 2.1 Comunicación.

El SISAP es capaz de comunicarse a través de la red telefónica conmutada, pero carece de una interfaz telefónica. Para ello cuenta con 2 hilos de entrada y 2 de salida, ambas líneas desbalanceadas, dispuestos en un conector RJ45. Estos pares coinciden, tanto en orden de pines como niveles de entrada y salida, con el conector de auricular de un teléfono común, como se muestra a la figura 5.

Los canales PCM a 4 hilos de las tarjetas de las tarjetas E&M son configurables<sup>9</sup>. Para conectar el SISAP directamente a un PCM debemos establecer los niveles de entrada y salida a -5 dBm.

### 2.2.1 La MT8885.

La comunicación se establece a través de un protocolo de bitonos DTMF. Para generar y decodificar estos tonos, el SISAP cuenta con el integrado MT8885<sup>10</sup>.

El MT8885 es un codificador/decodificador DTMF de tecnología CMOS y bajo consumo que se observa en la figura 6.

Podemos encontrar también en una variante de bajo voltaje de alimentación, de 2,7 V a 3,6 V, la MT88L85<sup>11</sup> cuyas características, exceptuando algunos rangos eléctricos, son idénticas a la MT8885, que tiene como voltaje de suministro 5 V.

Posee una interfaz de adaptación con microprocesadores que puede trabajar en modo Motorola o Intel. Esta se maneja en la forma en que tomemos los pines, pues con el PIC podemos emular cualquiera de las dos. Hemos decidido trabajar con la configuración para Motorola. Cuenta con un bus de datos de entrada/salida de 4 bit para los 16 valores de DTMF y acceso a los registros de control y datos

### 2.1.2 Protocolo de comunicación.

La comunicación es bidireccional, asíncrona y orientada a conexión. Los datos son codificados/decodificados en tonos DTMF con valores decimales para su envío (bitono entre 0 y 9, los valores de '\*', '#', 'A', 'B', 'C' y 'D' son utilizados para comandos y encabezados de datos), usando la MT8885 como "modem".

Se prevé para el SISAP el uso de una línea dedicada, con la cual ya queda el dispositivo identificado con la línea y no necesitamos que estos contengan un identificador propio; como un teléfono común, este adquiriría el número de la línea asignada.

El protocolo se iniciará con un '\*', que es la petición de atención de cualquiera de los dos extremos. Se espera un tiempo límite por una respuesta o confirmación que es también un '\*' para abrir la conexión. Al llegar la confirmación de atención es enviada la trama completa que puede contener tanto datos como comandos y un fin de cadena. El extremo responderá con un '\*' y una suma chequeo en 3 tonos, seguida de un cierre de cadena, el cual será respondido como "satisfactorio" o "error". Una respuesta "satisfactoria" implica un cierre de conexión, un "error" implica el reenvío de la trama.

Las respuestas tienen un tiempo límite de espera. De vencerse este tiempo, se intentará dos veces más, que, de resultar infructuosas, será interpretado como canal caído y se generará el reporte correspondiente.

Un tiempo prolongado sin peticiones de atención puede ser también consecuencia de problemas tanto del canal como del extremo. El dispositivo que se encuentra en la Dirección Territorial debe hacer cada cierto un "chequeo de extremo y canal" para confirmar de que todo está bien.

Para ello se envía una petición de atención y se espera respuesta. Si la respuesta llega se manda un fin de cadena para cerrar la conexión y la suma chequeo recibida será '0'. El dispositivo se encuentra atento y funcionando. De lo contrario se activará la alarma correspondiente.

La secuencia de envío es rígida y cada tipo de dato cuenta con un encabezamiento. En este caso solo cambiará en el contenido del mensaje las alarmas, los voltajes, la fecha y la hora, no así su orden en el mensaje. Un chequeo de seguimiento que prevé qué tipo de carácter será el próximo en arribar y detectará cualquier carácter que no se corresponda con su posición. De encontrarlo, lo reportará como un error. En este caso toda la secuencia será desechada y se enviará una señal de error y una petición de reenvío.

Cuando la transmisión se termina, el que recibe envía una suma chequeo que, de resultar falsa, el será reportada al extremo que la envió y se solicitará la trama completa.

Una ráfaga promedio contiene 31 tonos, que se traducen en caracteres. Cada tono demora unos 50 ms en ser generado y recibido. Una trama promedio puede durar unos 1550 ms. Si se tiene en cuenta que las alarmas ocurren eventualmente y son eventos lentos en comparación con cualquier otro sistema de comunicación, el tiempo es aceptable.

### 3.1 Análisis Económico.

En la Tabla 1 se expone el precio de los componentes para el SISAP.

## CONCLUSIONES

Se logró el desarrollo del prototipo solicitado por la Gerencia Territorial de forma viable que puede ser una variante para supervisión de alarmas en centrales aparatadas extensible a todos los territorios.

Los autores no lo consideran como un dispositivo definitivo, es solo un prototipo que aunque ya cuente con autonomía y eficiencia como para ponerse en marcha creemos que se debiera continuar su desarrollo, para lo cual señalamos que aun se deben:

- Realizar las pruebas de campo para los canales PCM.
- Manejar otras vías de comunicación más rápidas y eficientes como módems integrados mediante la interfaz USART.
- El empleo de un PIC más grande, con más puertos, que permita el manejo de más alarmas ampliando las aplicaciones del mismo para sistemas de seguridad y otros.

Dada la cantidad de eventos que puede manejar, el dispositivo puede ser de uso extensible para otras aplicaciones fuera de la concepción original solicitada por la empresa.

## RECONOCIMIENTOS

Agradecemos especialmente a Rosbel Martínez que ha sido un excelente tutor. Además no podemos pasar por alto a los compañeros que nos atendieron en la Dirección Territorial de ETECSA de Sancti Spiritus por su ayuda para dar vida al SISAP.

## REFERENCIAS

1. Direct, S. *Web oficial Securitas Direct* 2008 [cited 2008; Available from: [www.securitasdirect.es](http://www.securitasdirect.es).
2. Instrument, T., *TCM5087 Tone Encoder*. 1990.
3. Peñarroche, J.O., D. Pérez, and L. Antigua (2007) *Sistemas de Supervisión para Eventos Tecnológicos*. CD-ROM Ponencias Seleccionadas del XV Forum de Ciencia y Técnica **Volume**,
4. Instrument, T., *CD4051B, CD4052B, CD4053B Datasheet*. 2000.
5. Semiconductor, D., *DS1307, 64 X 8 Serial Real Time Clock*. 2007.
6. Microchip, *24AA256/24LC256 256K I2C™ CMOS Serial EEPROM*. 1998.
7. Palazzesi, A., *Tesis de Microcontroladores*. 2006.
8. Microchip, *PIC16F87XA Data Sheet: 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers*, Microchip, Editor. 2003.
9. Alcatel, *User Manual 2Mbits/S PCM Multiplexer System*. 2005.
10. Mitel, *MT8885 Advances Information*. 1995.
11. Mitel, *MT88L85 Advances Information*. 1995.

## AUTORES

**Bernardo Yaser León Ávila**, Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica, Máster en Nuevas Tecnologías para la Educación, Profesor Instructor.

Centro de trabajo: Universidad de Sancti Spíritus «José Martí Pérez».

Dirección postal: Edificio 18, apartamento 26, Olivos I, Sancti Spíritus, Sancti Spíritus.

Teléfonos: Casa: (041)322519, Oficina: (041)327724, Móvil: 53561042.

Email: [bernardo@suss.co.cu](mailto:bernardo@suss.co.cu)

Actualmente se desempeña como profesor en la Universidad de Sancti Spíritus «José Martí Pérez» (UNISS), en el departamento de Tecnología Educativa, donde se desempeña como responsable de audiovisuales y servicios web. Además suplente como web máster temporal en la UNISS, donde ha migrado todos los servicios web a plataformas libres.

**Ioslán Sánchez Martínez**, Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica, Especialista en comunicaciones y telecontrol.

Centro de trabajo: Empresa Eléctrica Provincial, Sancti Spíritus.

Dirección Postal: Edificio 1, apartamento 3, El Bosque, Sancti Spíritus, Sancti Spíritus.

Teléfonos: Casa (041)325656, Oficina (041)337616 ext. 3840 y 3841.

Email: [ioslan@elecsp.une.cu](mailto:ioslan@elecsp.une.cu)

Actualmente se desempeña como trabajador en la UEB de Informática y Comunicaciones en la Empresa Eléctrica de Sancti Spíritus con el cargo de Especialista en comunicaciones y telecontrol.

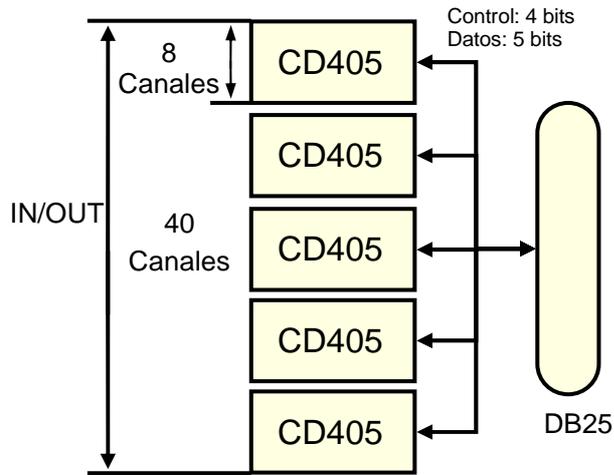


Figura 1. Esquema en bloques del ESTIL@E.

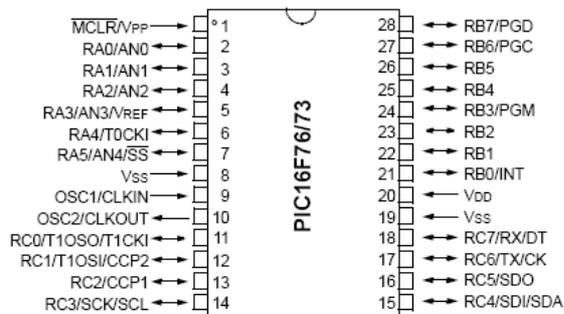


Figura 2. El PIC 16F73.

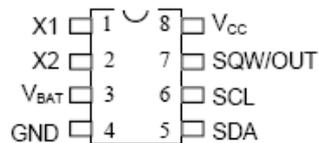


Figura 3. Reloj de tiempo real DS1307.

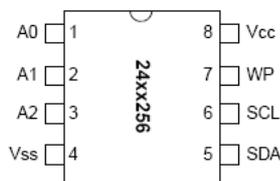


Figura 4. Memoria 24LC256.

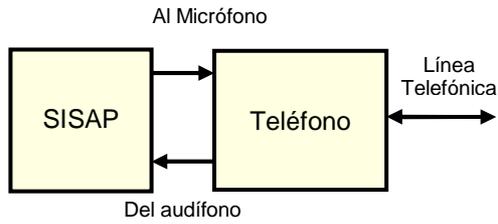


Figura 5. Conexión con un teléfono.

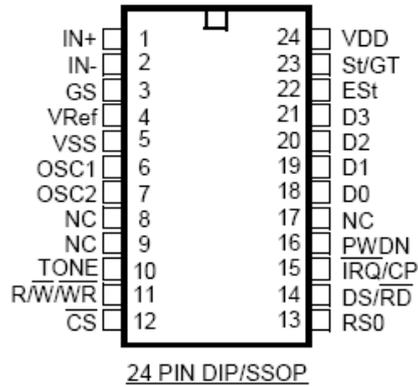


Figura 6. La MT8885

Tabla 1: Precio de las componentes de SISAP

Componente	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
PIC16F73	1	\$3.75	\$3.75
24LC265	1	\$0.33	\$0.33
LM7805	1	\$0.35	\$0.35
DS1307	1	\$1.25	\$1.25
1N4004	2	\$0.13	\$0.26
Xtal	3	\$0.88	\$7.04
Display LCD	1	\$26.95	\$26.95
Capacitor 15 pF	2	\$0.85	\$1.26
Led rojo	1	\$0.09**	\$0.09
Conector DB9	1	\$0.10**	\$0.10
Resistencias	10	\$0.10**	\$1.00
Transformador 110/12 V 6.5 W	1	\$5.30***** *	\$5.30
Capacitor 470 uF	2	\$0.08*****	\$0.08
Canaleta	100X40	\$21.30 (5 m)	\$0.08
Placa de circuito impreso	60X80 mm	\$4.00	\$4.00

(\*)Precios de la Microchip

(\*\*)Precio del almacén central de ETECSA, El Naranjito, Ciudad de la Habana.

(\*\*\*)Precio de Ebay

(\*\*\*\*)Precio de Golden Time Electrónica Components Co.

(\*\*\*\*\*) Precio Pololu, Robotics & Electronics  
(\*\*\*\*\*) Tiendas Recaudadoras de Divisa DITA.