

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE INGENIERÍA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ALARMA  
MICROPROCESADA USANDO EL PROTOCOLO X-10**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**MILTON LÓPEZ GUERRA**

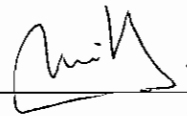
**DIRECTOR: Ing. OSWALDO BUITRÓN**

**Quito, Febrero 2002**

## DECLARACIÓN

Yo Milton López Guerra, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

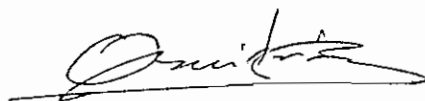


---

Milton López Guerra

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Milton López Guerra bajo mi supervisión.



---

**Ing. Oswaldo Buítrón**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres y hermanos que con su aliento ayudaron a formarme profesionalmente.

Al Ing. Oswaldo Buitrón por su magnífica dirección y oportunas sugerencias, y a todas las personas que de una u otra manera colaboraron para la realización del presente trabajo.

## CONTENIDO

Contenido.....	1
Introducción.....	3
CAPITULO 1. Generalidades.....	5
1.1 El protocolo X-10.....	5
1.1.1 Teoría de operación del protocolo X-10.....	8
1.2 Circuitos asociados al protocolo X-10.....	14
1.3 Características para operar con el protocolo X-10.....	15
1.4 Características generales del sistema propuesto.....	16
CAPITULO 2. El sistema de alarma.....	17
2.1 Plan del sistema de seguridad a instalarse.....	17
2.2 Explicación de su funcionamiento.....	17
2.2.1 Armado y desarmado de la alarma.....	18
2.2.2 Funcionamiento de las zonas X-10.....	19
2.2.3 Desactivación de zonas.....	19
2.2.4 Botón de emergencia.....	20
2.2.5 Visualización del estado de las zonas.....	20
2.3 Tipos de sensores requeridos.....	20
2.4 Circuitos asociados.....	21
CAPITULO 3. DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL	
3.1 Diagrama de bloques del circuito de control.....	26
3.2 Diseño de cada una de las etapas.....	27
3.3 Programa del circuito de control.....	31
3.3.1 Diagrama de Flujo del circuito de control.....	32
3.4 Subrutinas.....	37
CAPITULO 4. Construcción y pruebas	
4.1 Construcción del sistema de seguridad.....	47
4.1.1 Construcción del panel de control.....	48
4.1.2 Construcción de las zonas de vigilancia.....	48
4.1.3 Construcción de las zonas X-10.....	49
4.1.4 Construcción de la salida de indicadores.....	50
4.2 Pruebas y resultados.....	52

4.3 Análisis económico.....	53
4.4 Conclusiones y recomendaciones.....	53
4.4.1 Conclusiones.....	54
4.4.2 Recomendaciones.....	54

## **Apéndices**

### Bibliografía

Anexo 1 Diagrama del circuito de alarma

Anexo 2 Hojas de datos y referencias

Anexo 3 Manual de uso

Anexo 4 Programa fuente de control

## INTRODUCCIÓN.

La tecnología X-10 fue desarrollada entre 1976 y 1978 por ingenieros de Pico Electronics Ltd, en Glenrothes, Escocia; se consiguió una familia de chips, que son el resultado de los proyectos X (la serie X). Esta empresa comenzó a desarrollar el proyecto con la idea de obtener un circuito que pudiera controlar remotamente dispositivos. Conjuntamente con la empresa de sistemas de audio BSR, se comenzaron a fabricar este tipo de circuitos integrados.

Este fue el primer módulo que podía controlar cualquier dispositivo a través de la línea de corriente doméstica (120 ó 220 V. y 50 ó 60 Hz.), modulando impulsos digitales de 120 KHz. Con un protocolo sencillo de direccionamiento se podía identificar cualquier elemento de la red, en total 256 direcciones. El protocolo contempla 16 grupos de direcciones llamados "housecodes" y 16 direcciones individuales llamadas "unit codes".

A este protocolo se le añadieron "tiras" de comandos llamados "control strings", que no son sino ceros y unos agrupados formando comandos; en total eran 6: encendido, apagado, reducir, aumentar, todo encendido y todo apagado. Estas señales podían ser recibidas por todos los módulos, pero sólo actuaba sobre aquel al que iba dirigida ( los primeros bits de la señal eran el identificador del módulo). La frecuencia de transmisión era la de la corriente eléctrica (50 ó 60 Hz.), y la señal completa incluyendo dirección y función ocupaba 48 bits, o sea para mandar una señal a un dispositivo a una frecuencia a 50 Hz. (en informática hablaríamos de un ancho de banda de 50 bits por segundo) se tardaría casi un segundo.

Estos módulos se hicieron muy populares, siendo el principal distribuidor la empresa Radio Shack que vendió miles, hasta que en 1979 decidió fabricarlos por su cuenta y los llamó "Plug 'n' Power" y más tarde X-10.

Hoy en día, el X-10 es un estándar y existen fabricantes de estos módulos; así como fabricantes de productos compatibles con X-10, que pueden ser alarmas, contestadores, interfaces de computadores, etc.

La filosofía fundamental del diseño del X-10, es la de que los productos puedan interactuar entre ellos, y que exista compatibilidad con los productos anteriores de la misma gama; es decir, que equipos instalados hace 20 años sigan funcionando con la gama actual.

El sistema X-10 ha sido desarrollado con la filosofía de flexibilidad y fácil uso. Se puede empezar con un mando a distancia y luego ir expandiendo el sistema de acuerdo a las necesidades, con componentes fáciles de instalar y que no requieren cableados especiales, lo que puede incluir la seguridad o el control con un computador, siempre que se lo desee.

Los dispositivos que se basan en el protocolo X-10 han cambiado mucho a lo largo de los años y aunque han tenido sus altibajos, su futuro cada día se lo ve más prometedor.



## **CAPITULO 1. GENERALIDADES.**

### **1.1 EL PROTOCOLO X-10**

X-10 es un protocolo de comunicaciones que permite que dispositivos de control puedan actuar sobre otros equipos, utilizando como medio un alambrado eléctrico de 110 Voltios. Una casa es el medio más óptimo para controlar virtualmente cada carga existente en la misma y de esta manera automatizarla. Este protocolo permite tener una señal digital X-10 la cual es transmitida sobre la línea de fuerza con el propósito de comunicar al receptor la acción que debe tomar para controlar la carga eléctrica.

El Protocolo X-10 PLC (Power-line Carrier), también denominado así, es un sistema relativamente fácil de comprender y usar, comparado con otros protocolos para automatización que son mucho más complejos. La capacidad potencial de este protocolo es relativamente alta y con un bajo costo, sencillo de instalar y posteriormente realizar modificaciones en el sistema. Los componentes del sistema pueden fácilmente ser instalados en una nueva o ya existente construcción.

Aunque los componentes X-10 pueden controlar virtualmente cualquier tipo de carga eléctrica, algunos de los aparatos más comunes controlados son: luces incandescentes, fluorescentes, halógenas y luces de bajo voltaje localizadas en el interior y exterior de la casa. Otras cargas y equipos que son susceptibles de ser controlados son: ventiladores, aires acondicionados, sistemas de audio y video, calentadores de piscinas, sistemas de regadío, sistemas de circuitos cerrados de vigilancia, sistemas de seguridad, puertas de garajes entre otros. La figura 1.1 muestra un diagrama de las cargas eléctricas más comunes, que pueden ser controladas fácilmente usando la tecnología X-10.

Los componentes X-10 PLC para uso residencial, básicamente consisten de un receptor y un transmisor. Uno o más transmisores deben ser instalados

para controlar uno o más receptores, en dependencia como haya sido concebido el sistema.

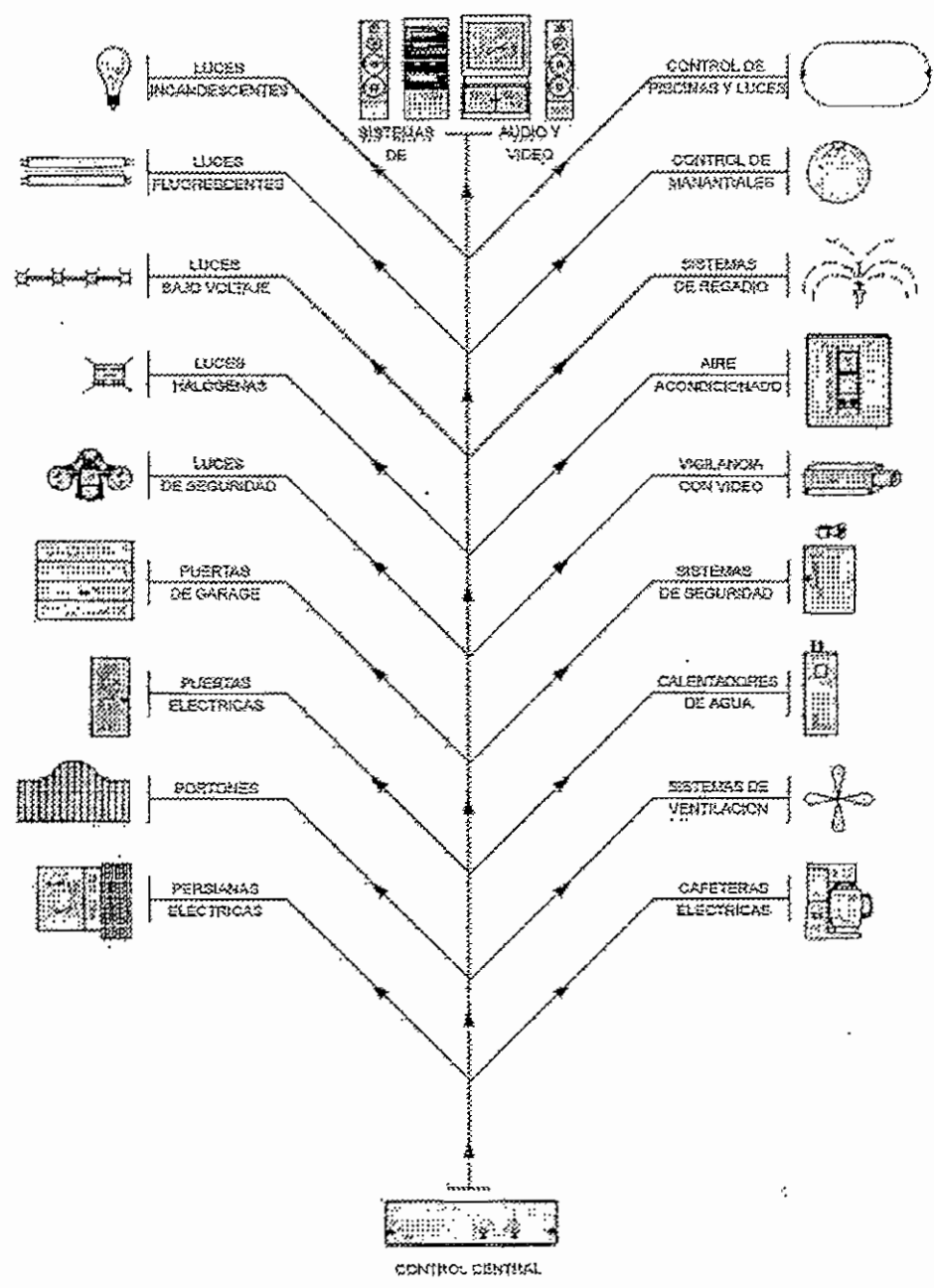


FIGURA 1.1

Cargas eléctricas que pueden ser controladas mediante el protocolo X-10.

Hay una gran variedad de receptores y transmisores que se encuentran disponibles para aplicaciones específicas de distintos tipos de cargas. Los sistemas controlados por el protocolo X-10 utilizan las líneas de alimentación eléctrica de 110 y 220 voltios de uso residencial para transportar las señales X-10 desde los transmisores hasta los receptores. Alambrados especiales no son necesarios cuando se usa este tipo de control, lo cual es una de las principales ventajas de las soluciones que utilizan este protocolo.

Las señales X-10 son transmitidas sobre las líneas de alimentación eléctrica superpuestas y transportadas por la onda sinusoidal de la corriente alterna a una frecuencia de 120 KHz. Estas señales viajan a lo largo del cruce por cero de la onda sinusoidal como se muestra en la figura 1.2

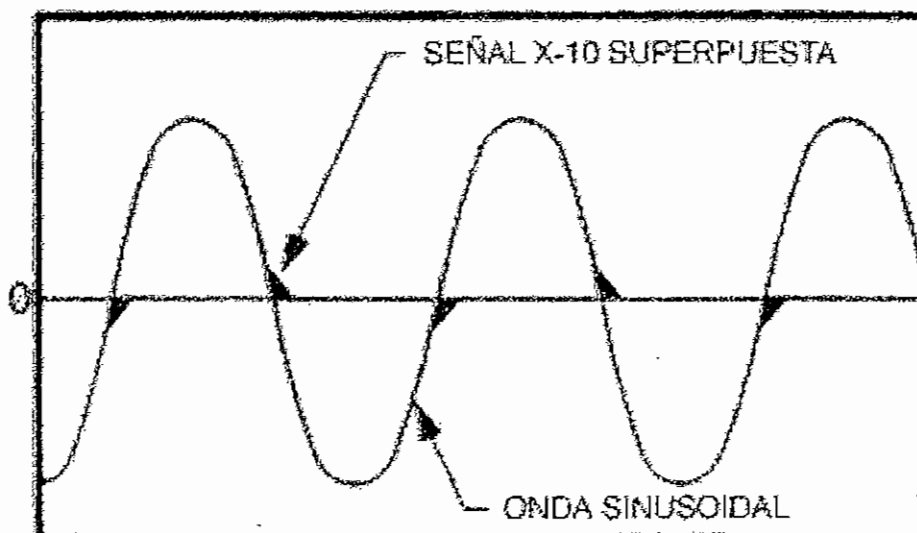
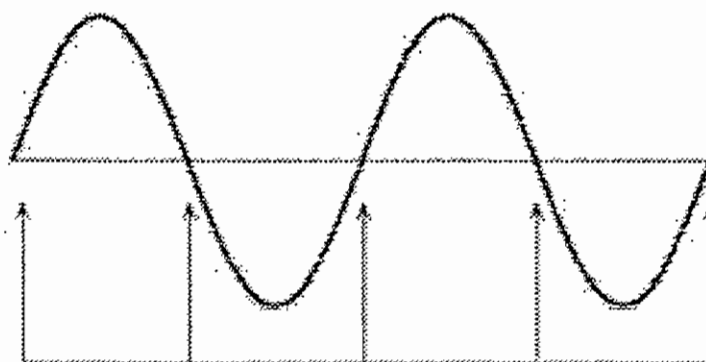


Figura 1.2 Señales X-10 que viajan en los cruces por cero.

### 1.1.1 TEORIA DE OPERACIÓN DEL PROTOCOLO X-10 PLC

El método usado por el protocolo X-10 esta basado en una trama de ocho bits de datos (un byte) precedido por un predeterminado código de inicio (start code).

La parte aparentemente complicada de esta tecnología es que no es un sistema binario de datos, pero este es el método por el cual se transmite las señales de control desde un equipo (transmisor) a otro equipo (receptor). El principio del X-10 está en la sincronización de los transmisores y receptores al "cruce por cero " de la onda sinusoidal de la línea de alimentación eléctrica, de esta manera los transmisores sabrán cuando enviar los datos y los receptores leer los datos, como se ilustra en la figura 1.3.



Los transmisores y receptores están sincronizados al cruce por cero.

Figura 1.3

Los datos binarios son transmitidos en ráfagas de pulsos de RF a 120 Khz., durante un milisegundo justo en el cruce por cero de la señal de red de 60 Hz.

Un "1" binario es definido como la presencia de un pulso, inmediatamente seguido por la ausencia de un pulso. Un "0" binario es definido como la ausencia

de un pulso, seguido inmediatamente por la presencia de un pulso, como puede observarse en la figura 1.4.

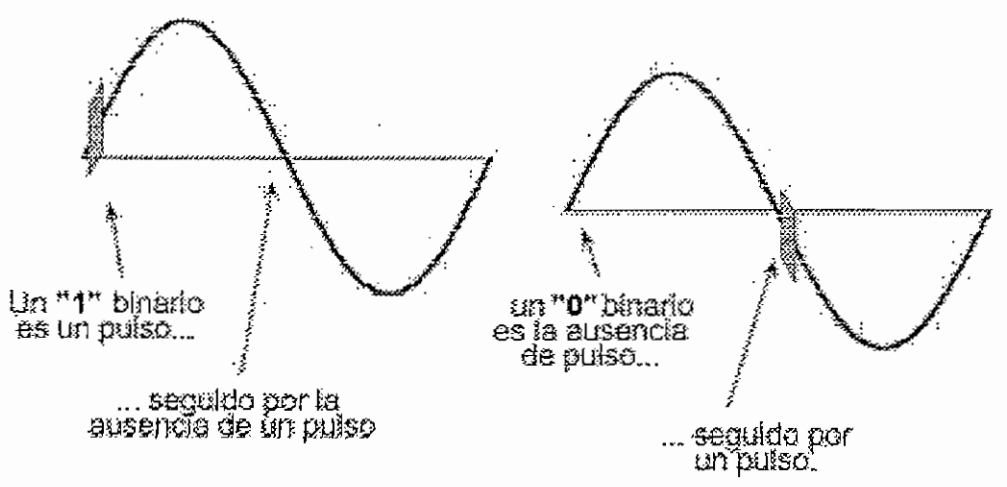


Figura 1.4

La ráfaga de pulsos siempre comienza con el código de inicio (start code) que es un "pulso", "pulso", "pulso", "ausencia de pulso" ó 1110 en binario de acuerdo a lo que se presenta en la figura 1.5; puede comenzar con un cruce por cero positivo o negativo.

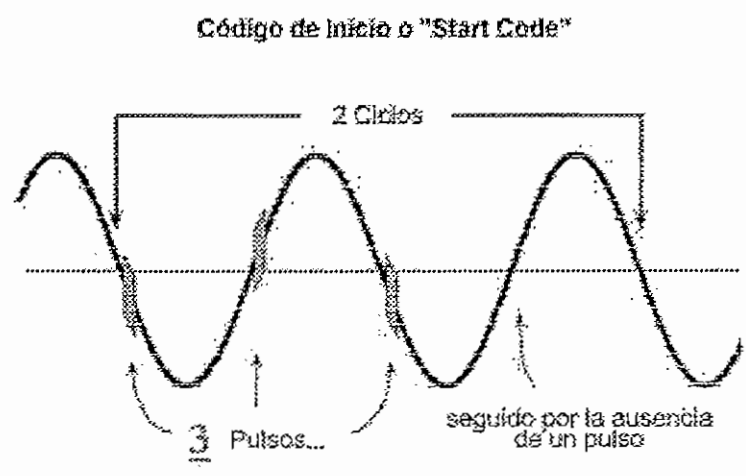


Figura 1.5

Una vez que el Start Code es transmitido, 4 bits o medio byte, determinan el "código de letra" (letter code). El patrón de estas letras (16) fueron decididas aleatoriamente "A", "B", "C",.... "P", que no siguen un patrón binario. Esto es fácil de ver en la realidad, ya que la letra "M" es la primera de las combinaciones binarias, de acuerdo a su valor de ponderación en binario estándar; esto se ilustra en el gráfico y cuadro de la figura 1.6.

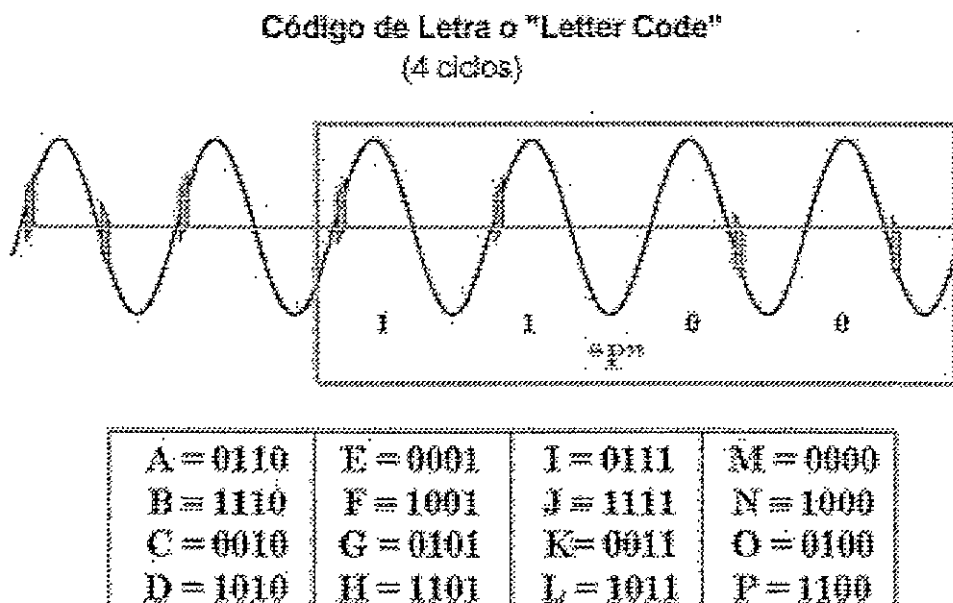


Figura 1.6

A continuación del "letter code" viene una cadena de 5 bits que proveen el código de número (number code) que direcciona un determinado módulo receptor. El último bit de estos 5, parece ser parte del número pero en realidad es un bit de función. Cuando el bit de función es un "0" este designa a los cuatro bits anteriores como un código de número y por consiguiente una parte de la dirección, y si es un "1", los cuatro bits anteriores representan un comando como puede verse en la figura 1.7; es decir, una ráfaga de pulsos está conformada por: código de inicio (start code), más el código de letra (letter code) y adicionalmente la función, a la ráfaga de pulsos se le llama también frame.

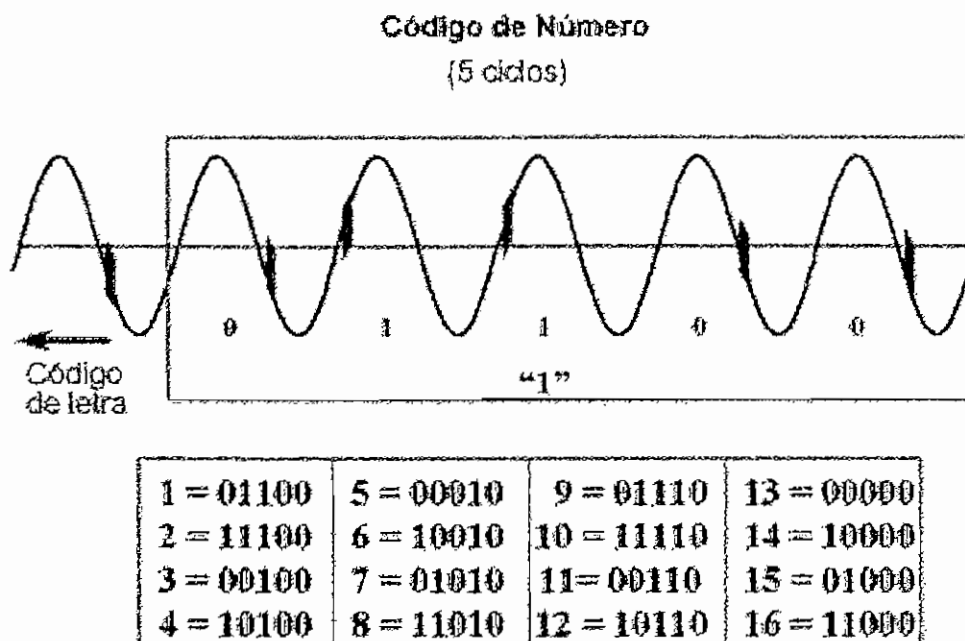


Figura 1.7

Por propósitos de redundancia y confiabilidad cada comando se transmite dos veces con lo cual se trata que la información transmitida sea confiable. De esta manera la comunicación es eficaz inclusive en líneas de tensión que tengan ruido. En la figura 1.8, se ilustran dos ráfagas de datos que constituyen la forma en que trabaja el protocolo X-10.

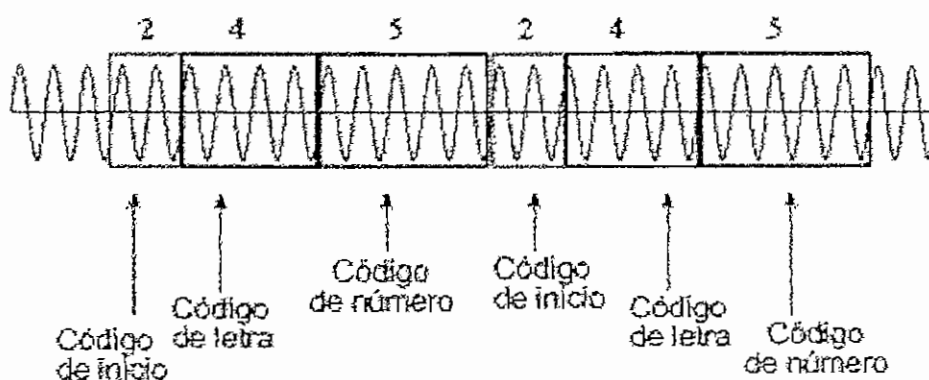


Figura 1.8 Ráfaga de datos del Protocolo X-10

Cuando los datos cambian de una dirección a otra dirección, de una dirección a un comando, de un comando a otro comando o desde un comando a otro comando la ráfaga de datos debe ser separada por lo menos por 6 cruces por cero (3 ciclos) en silencio o sea "000000", lo cual se ilustra en la figura 1.9.

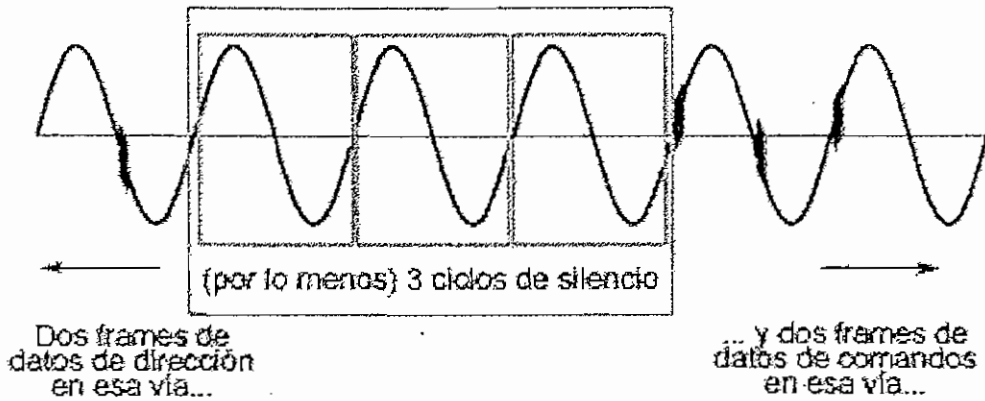


Figura 1.9 Silencio entre dos ráfagas de datos

Una vez que se ha recibido los datos de la dirección, el receptor está listo para aceptar el comando a ejecutarse. Como ya quedó establecido, todos los datos deben comenzar con un código de inicio (start code); a continuación deben ser recibidos los 4 dígitos del código de letra "letter code" seguido de 4 bits que corresponden al comando, más un bit de función (bf = 0 = número de dirección, bf = 1 = comando), todos los comandos terminan con un dato binario 1; parte de lo cual se muestra en la figura 1.10.

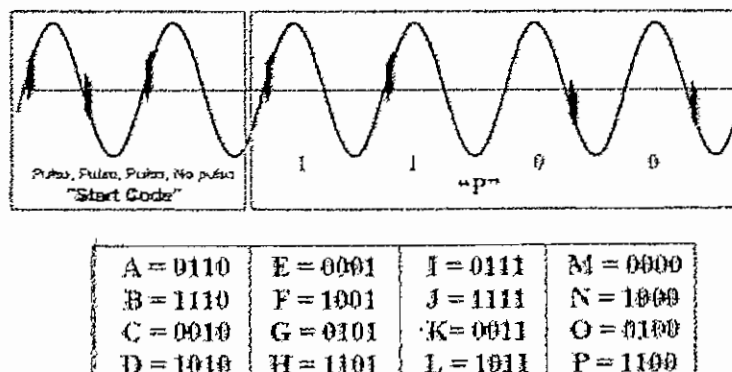
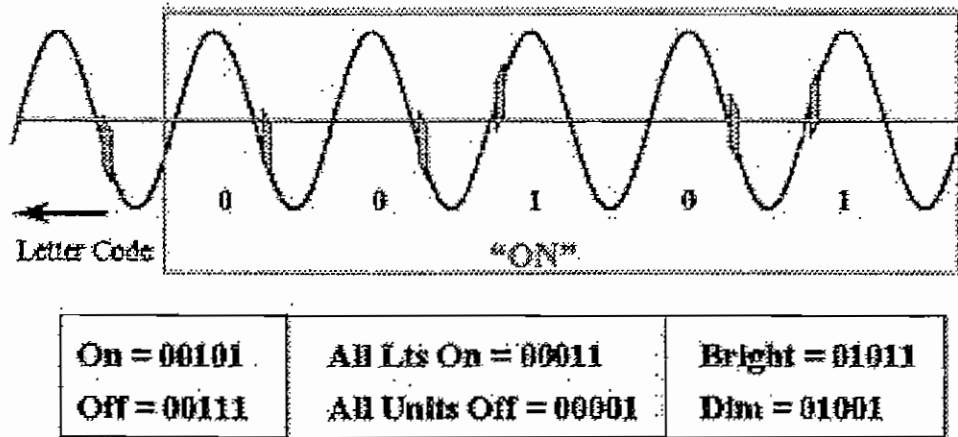


Figura 1.10



En la figura 1.11 se muestran los 6 comandos más usados y la representación gráfica de uno de ellos; cabe destacar que existen 9 comandos adicionales, pero que son raramente usados.



... y hay otros 9 comandos que son raramente usados.

Figura 1.11

En la figura 1.12 se muestra un ejemplo de transmisión de dos ráfagas de datos (A1 A1 A-ON A-ON por ejemplo) el cual tomará 47 ciclos de los 60 Hz de la onda de la frecuencia de la red. Esto será igual a 0.7833 segundos. Hay algunos comandos que tomarán menos tiempo como cuando se envía el comando "encender todas las luces" (All Lights-On), este no necesita enviar la dirección. Por lo tanto la secuencia de datos tomará solamente una tercera parte de un segundo (0.3666 segundos).

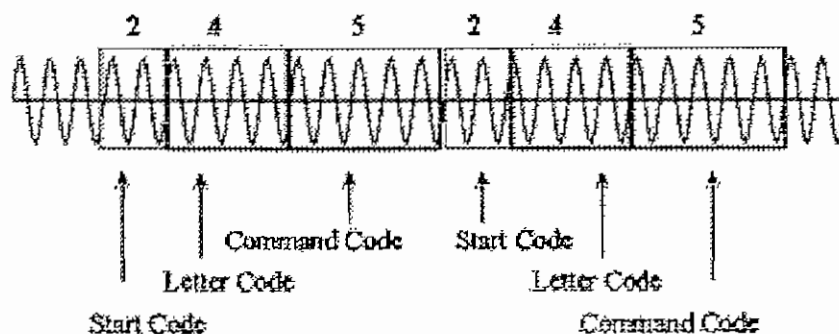


Figura 1.12

## 1.2 CIRCUITOS ASOCIADOS AL PROTOCOLO X-10

La mayoría de transmisores y receptores del Protocolo X-10 pueden ser conectados sobre un alambrado convencional de una instalación o casa sin que se requiera una preparación especial o diseño. Sin embargo, se puede dar el lujo de diseñar el alambrado en una instalación antes de ser construída; claro que se tiene que considerar varios aspectos antes de realizarla.

Hay numerosos equipos X-10 que son usados convencionalmente, de los cuales se los nombraran a los que más comúnmente se los usa y las aplicaciones que pueden tener.

Existen también componentes que reciben las señales de X-10 por encima de la instalación eléctrica y hacen que cualquier cosa que la señal les dicen que hagan. Para que el componente pueda trabajar, él simplemente debe conectarse al sistema de instalación eléctrica. Aquí nombramos algunos componentes X-10 básicos:

- El módulo del aparato ON/OFF, el cual enciende y apaga aparatos eléctricos, el estéreo, la televisión, el tanque de agua caliente, etc.
- El modulo de lámpara ON/OFF que actúa sobre las lámparas, encendiéndolas o apagándolas, obscureciendo o aclarándolas (DIM/BRIGHT).
- La toma eléctrica de pared ON/OFF/DIM que sirve para controlar cualquier dispositivo de encendido-apagado en dos posiciones.
- El módulo universal OPEN/CLOSE que controla sistemas de bajo voltaje como válvulas del rociador, puertas de garaje, etc.
- Los módulos de sirena, los cuales trabajan con los sistemas de seguridad X-10.

Entre los módulos más utilizados se encuentran los de control, como los sensores que están disponibles para descubrir movimiento, luz y cierre de puertas y ventanas. Algunos de estos son dispositivos inalámbricos que se comunican con su sistema X-10 por señales de radio. Estos módulos son bastante usados en los sistemas de seguridad.

Un módulo ampliamente usado para enviar y recibir señales X-10 llamado TW523 que es una interfase RS-232 y que sirve para comunicarse con un computador o microprocesador que esta haciendo el control de distintos equipos en una casa o un sistema de seguridad.

### **1.3 CARACTERISTICAS PARA OPERAR CON EL PROTOCOLO X-10.**

Para operar correctamente se deben considerar ciertos aspectos eléctricos y de datos básicos que permita desarrollar cualquier proyecto con el Protocolo X-10; a continuación se mencionan los más importantes, así como también aquellos tienen problemas en las instalaciones:

1. Tener un buen acoplamiento de fases
2. Eliminar el ruido eléctrico y otro tipo de interferencias que pueden presentarse en las líneas de poder.
3. Reducir la alta impedancia o resistencia entre las líneas de poder y los equipos X-10 instalados.
4. Instalar correctamente los componentes X-10.
5. Conectar componentes apropiados a cada aplicación.
6. Verificar que el hardware a conectarse este en buenas condiciones.

Una vez consideradas estas características y en dependencia de las condiciones que presente una red de alimentación eléctrica se debe incluir protecciones básicas que entre otros pueden ser dispositivos supresores de voltajes, fuentes de poder de respaldo o acondicionadores de potencia, los cuales

ayudarán a eliminar cualquier problema producido por transcientes de voltaje, cortes de energía e impedancias elevadas.

#### **1.4 CARACTERISTICAS GENERALES DEL SISTEMA PROPUESTO.**

Como una aplicación del protocolo X-10 en el presente proyecto se construirá una alarma usando elementos convencionales y dispositivos que cumplan con las características del protocolo indicado y que sean, controlados por un microcontrolador de la familia MSC-51, dicha alarma dispondrá de zonas de seguridad adecuadamente planificadas; sin embargo pueden ser modificadas sin mayor complicación de acuerdo a los requerimientos y necesidades del usuario.

El plan del sistema de seguridad a instalarse esta diseñado con la intención de usarlo conjuntamente con equipos X-10, los cuales podrán trabajar individualmente o con el sistema de alarma dándole una mayor versatilidad a la aplicación.

Con el programa de control del sistema de alarma implementado y los elementos utilizados, se podrá disponer de una alarma de fácil instalación y control, con una completa conectividad con módulos y equipos que usen el protocolo X-10.

## **CAPITULO 2. EL SISTEMA DE ALARMA**

### **2.1 PLAN DEL SISTEMA DE SEGURIDAD A INSTALARSE**

El sistema de alarma a implementarse usa un microcontrolador 8751, el cual interpretará los códigos transmitidos por los equipos X-10 y activará el sistema de señales y sirenas que están integradas a la alarma.

La alarma consta básicamente de 2 zonas con equipos X-10 y 8 zonas alambradas. Estas zonas podrán actuar algunas inmediatamente y otras con retardo, dependiendo de la función que esté cumpliendo cada una; la alarma se activa automáticamente cuando por ejemplo un sensor de puerta de un garaje o un sensor de vidrio roto son activados. Otras zonas serán activadas con retardo cuando sensores magnéticos de puerta o detectores de movimiento son activados.

Afortunadamente, el protocolo X-10 tiene numerosos equipos, bastante documentación, conectividad, y aprovechando también los timers e interrupciones del microcontrolador 8751, se puede obtener una alarma bastante funcional con muy pocas partes y piezas; con la cual se podrá cubrir una amplia gama de posibilidades tendientes a satisfacer los requerimientos de protección más diversos.

### **2.2 EXPLICACION DE SU FUNCIONAMIENTO**

Antes de comenzar a desarrollar el diseño del presente proyecto se efectuó un estudio del funcionamiento básico de las alarmas convencionales existentes en el mercado.

Como se señaló, el proyecto utiliza un microcontrolador Intel 8751H del cual se usan sus 32 entradas / salidas, las mismas que permiten la conectividad con los todos componentes que en conjunto contribuyen al funcionamiento de la

alarma. Estos componentes incluyen: El panel de control de seguridad, interruptores magnéticos, detectores de movimiento, sirenas, detectores de humo y equipos que utilizan el protocolo X-10.

### **2.2.1 ARMADO Y DESARMADO DE LA ALARMA.**

En cualquier alarma el primer paso para que entre en funcionamiento es, armarla o iniciarla para que todos los sensores comiencen a monitorear las zonas de vigilancia, para lo cual se dispone de un teclado que puede ser colocado en un sitio lo más estratégico, al cual se pueda manualmente acceder para armar y desarmar el sistema. Las funciones de armado y desarmado se ejecutan mediante el ingreso de 4 dígitos de seguridad que constituyen la clave, seguido de una tecla que confirma la acción antes mencionada. Un breve sonido fácil de reconocer y que es emitido por un pequeño parlante indicará que la alarma ha sido activada y que todas las zonas de vigilancia han entrado en funcionamiento, desde este momento se tendrá 25 segundos para salir del área de cobertura (salir de casa) antes de que la alarma se active y la sirena comience a sonar. Si los 4 dígitos introducidos son erróneos o alguna de las zonas están disparadas ( por ejemplo si una de las puertas esta abierta) dos sonidos largos indicarán que la alarma no puede ser armada mientras subsista el problema.

Para el desarmado de la alarma se seguirá el mismo procedimiento. Nótese que para entrar a desarmar la alarma, esta previamente debió haber sido disparada antes de llegar al panel de control (aunque no necesariamente) e introducir los 4 dígitos de la clave, para esta acción se ha previsto un retardo de 25 segundos de tiempo.

El sistema además de los sonidos emitidos para la indicación de armado y desarmado incluye un par de leds que indican el estado en que se encuentra la alarma. Se han definido 4 diferentes condiciones de prendido y apagado de los leds; las mismas que significan lo siguiente:

**Lento:** Los leds se prenden rápidamente una vez cada 4 segundos con el propósito de indicar que no está armada.

**Regular:** Los leds se prenden y apagan una vez por segundo con el propósito de indicar que está armada.

**Rápido:** Los leds se prenden y apagan 2 veces por segundo con el propósito de indicar que está en proceso de armado o desarmado.

**Alerta:** Los leds se prenden 3 veces rápidamente con una pausa cada 3 veces con el propósito de indicar que ha sido disparada.

Adicionalmente el sistema cuenta con 8 leds para cada una de las zonas, que nos indicaran el estado de las mismas, es decir si estas han sido disparadas o no.

### **2.2.2 FUNCIONAMIENTO DE LAS ZONAS X-10.**

A la alarma convencional se le añade la conectividad con los componentes X-10. Estos usan como se indicó en el capítulo 1 un código de letra, los cuales se definen en una tabla (códigos definidos aleatoriamente que no siguen un patrón binario), para que la alarma los detecte cuando estos sean activados.

Las señales X-10 son acopladas a la alarma con una interfase universal denominada TW523 que no es mas que un aparato que transmite y recibe datos digitales de los sensores remotos y que son compatibles con el sistema X-10.

### **2.2.3 DESACTIVACION DE ZONAS.**

Todas las zonas pueden ser omitidas (bypassing), es decir deshabilitadas, esto es necesario en ciertos casos como por ejemplo cuando alguien se queda dentro del sitio cubierto por la alarma, pero necesará tener vigilado otras áreas de dicho sitio. Esto se lo realiza simplemente oprimiendo el número de la zona que se desea desactivar y a continuación presionando la tecla, que en el sistema se le ha denominado B.

#### **2.2.4 BOTON DE EMERGENCIA.**

Para que una alarma sea completa debe disponer de un botón de emergencia, también llamado de pánico. Este botón al ser presionado hará sonar inmediatamente la sirena, si se presiona nuevamente se desactivará la sirena.

#### **2.2.5 VISUALIZACION DEL ESTADO DE LAS ZONAS**

El estado en que se encuentran las diferentes zonas se la puede ver utilizando una tecla designada para tal función, esta tecla se la ha denominado D.

Presionando una vez esta tecla, se muestra la zona que fue disparada con un encendido de alerta en el led de la zona correspondiente. Si la zona 9 (X-10) fue disparada los leds del 1 al 4 se encenderán también en modo de alerta. Si la zona 10, también X-10 es disparada igualmente se encenderán los leds pero en este caso del 5 al 8.

Presionando 2 veces la tecla D se visualizará las zonas que han sido disparadas, mediante un encendido intermitente de los leds respectivos.

Al presionar una tercera vez la tecla D se mostrará las zonas que están siendo vigiladas por medio de los respectivos leds.

Y finalmente al presionar una cuarta vez dicha tecla se saldrá de modo de visualización.

### **2.3 TIPOS DE SENSORES REQUERIDOS.**

Debido al gran desarrollo que ha tenido el protocolo X-10, numerosas empresas han desarrollado una variada gama de equipos que cumplen el estándar X-10, por lo que en el mercado existe una amplia variedad de estos dispositivos. Para el presente proyecto se utiliza los más comunes como son



sensores magnéticos normales, así como también sensores que envían señales X-10 en función del estado de ese contacto.

Otros tipos de sensores que se requieren son: un detector de movimiento para el interior o exterior de la vivienda, sensores de puerta y ventana, detector de humo, etc.; en realidad los dispositivos que se requieren dependen de la planificación de protección que se haya realizado.

Hay muchos otros productos que pueden ser considerados y que podrían ser conectados con el sistema de alarma y que además pueden ser utilizados en la automatización de una casa.

En nuestro medio el protocolo X-10 no está muy difundido, pero en el futuro se estima que se irá incrementando; una vez que se amplíe su uso, se tendría que utilizar un filtro acoplador de fases que prevenga que las señales X-10 puedan salir o entrar de la vivienda.

Para instalar estos sensores X-10 basta con conectarlos a la red eléctrica y asignarles una dirección lógica con el protocolo.

Las señales emitidas por los sensores serán detectadas a través de la interface TW523, que es un módulo que envía y recibe señales X-10 y que nos avisa cada vez que detecta una señal X-10 que viaje por la red eléctrica.

## **2.4 CIRCUITOS ASOCIADOS.**

El corazón del sistema de alarma es el microcontrolador 8751H, el cual en asociación con otros elementos electrónicos y equipos que utilizan el protocolo X-10 van a permitir la completa estructuración del sistema y su correcto funcionamiento.

A continuación se detallan los componentes que se utilizan para la construcción del sistema:

- INTERFACE TW523: Como se mencionó anteriormente este equipo es una interface que se conecta a la red eléctrica. Tres líneas de señales opto acoplables y una línea común salen de este módulo y son conectadas al microcontrolador a través de un jack telefónico RJ-11. El TW523 provee una onda cuadrada de 60 Hz., con un máximo retardo de 100 microsegundos desde el punto de cruce por cero de la línea de poder. El máximo retardo entre el requerimiento de transmisión del pulso y la generación de este a 120 KHz. en el TW523 es de 50 microsegundos como se puede ver en las hojas del anexo 3.

Un 1 binario es representado por un pulso de 1 milisegundo de 120 KHz. en el cruce por cero y un 0 binario por la ausencia de 120 KHz. El pulso de 1 milisegundo de duración debe ser transmitido de manera que asegura la coincidencia con el punto de cruce por cero de todas las tres fases en un sistema de distribución eléctrica a tres fases. En la figura 2.1 se muestra la de los tiempos de los pulsos con respecto al cruce por cero.

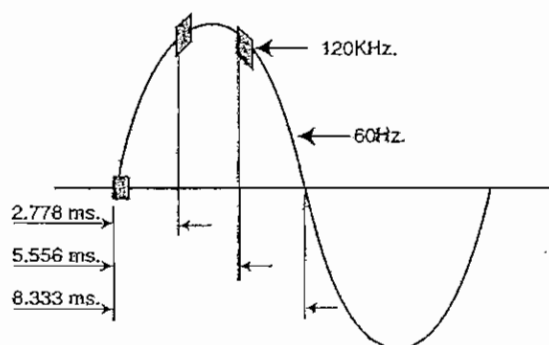


Fig 2.1 Tiempos de los pulsos con respecto al cruce por cero.

En el diagrama anterior se muestra solo una fase, pero en realidad la energía eléctrica es generada en tres fases como se muestra en la figura 2.2, y es así como también todos los transmisores X-10 deben enviar tres pulsos por cada medio ciclo de la onda sinusoidal de 60 Hz. como se muestra en la figura 2.3

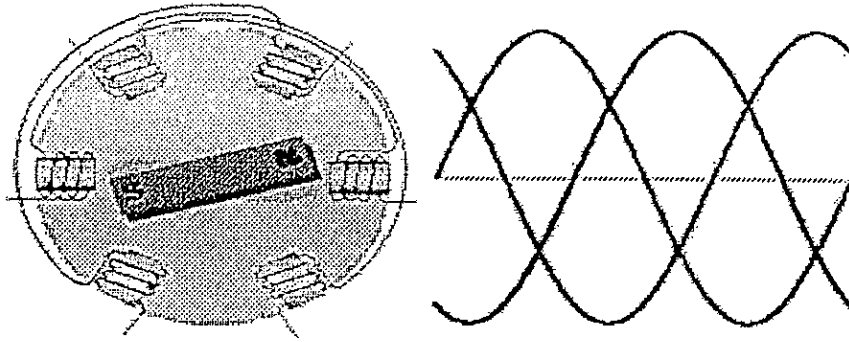


Figura 2.2

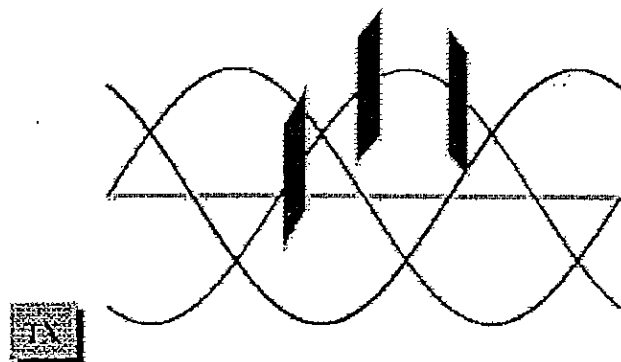


Figura 2.3 Pulsos enviados por cada medio ciclo de onda sinusoidal.

Un completo código transmitido abarca 11 ciclos de la línea de poder. Los primeros dos ciclos representan el código de inicio. Los siguientes 4 ciclos representan los códigos de letra y los últimos 5 ciclos representan el código de número o código de función (ON, OFF, etc.). Este bloque completo debe ser enviado en grupos de dos, con tres ciclos en blanco de la línea de poder entre ellos. Una sola excepción de esto son las funciones BRIGHT y DIM, las cuales deben ser transmitidas continuamente. El código de inicio no cumple esta regla ya que siempre debe ser 1110, la cual es usada para distinguir entre el código de letra y los códigos de funciones.

En la tabla de la figura 2.4 se muestra los códigos binarios transmitidos, el código de inicio seguido por el bloque de datos. El bloque de datos constituido por el código de letra y el código de número o función. En este último bloque cada bit es enviado por su complemento para dar mayor confiabilidad a la

transmisión. El código de inicio como se mencionó anteriormente es único y los bits de este no se lo complementa.

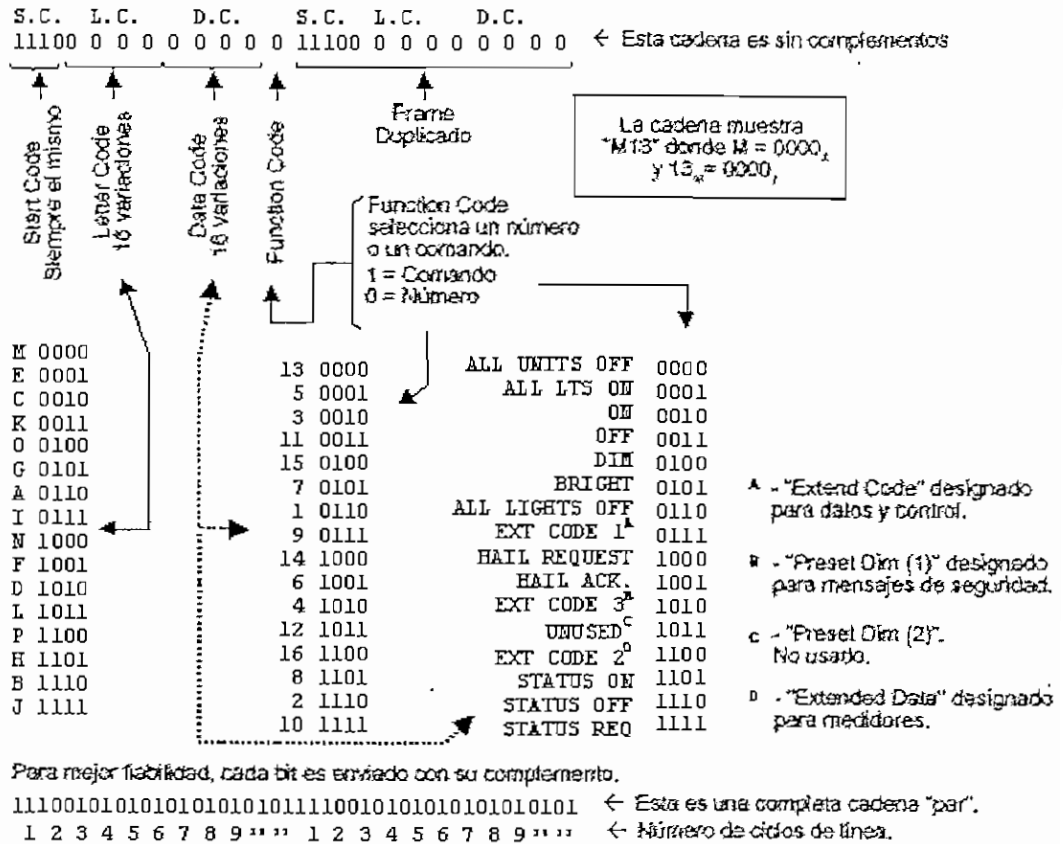


Figura 2.4 Códigos binarios transmitidos.

La interface TW523 no puede recibir Códigos Extendidos (Extended Code) o Datos Extendidos (Extended Data) porque estos códigos no envían ciclos de silencio entre ellos. El TW523 solo puede recibir pares estándar de códigos X-10 de 11 bits con 3 ciclos de silencio entre cada par.

Un optoacoplador de 60 Hz. es provisto por el TW523 tanto a la salida como a la entrada de este, para poner como referencia y sincronizar el cruce por cero.

- **TABLERO DE CONTROL X-10.** El sistema de alarma esta diseñado para interactuar con cualquier equipo que cumpla con el protocolo X-10 para lo cual se utiliza un tablero de comandos X-10, el mismo que tiene 16 teclas para controlar igual número de receptores X-10, adicionalmente tiene 6 teclas para realizar las funciones ON/Off, DIM/BRIGHT, todas las luces on y off. Para el control de los dispositivos X-10 conectados a la red es necesario presionar la tecla correspondiente a la unidad que se desea controlar y luego presionar la tecla de comando que se desee realizar. Este tablero funciona únicamente conectándolo directamente a la red electrica.

= **MODULO DE LAMPARA X-10.** Este módulo es usado para responder para a los comandos todas las luces ON y OFF así como también a los comandos DIM/BRIGHT, la potencia de consumo de este modulo no puede exceder de los 300 W.

= **MODULO DE AMPLIACIÓN X-10.** Este es un módulo utilizado para conectar equipos que tengan un consumo mayor de corriente (15 A máximo) y que responden a comandos ON/OFF. Igual que en el módulo anterior este debe ser puesto en el código de letra y código de número que se desee que trabaje.

- **SENSOR DE MOVIMIENTO X-10.** Este es un modulo que envía una señal X-10 ON cuando detecta un movimiento dentro del área de cobertura de este, después de 6 minutos que envió el comando ON y no detecta otro movimiento, envía un comando OFF. Es necesario también darle una dirección como en el caso de los dos módulos anteriormente mencionados.

= **DETECTOR INFRARROJO DE MOVIMIENTO.** Utilizado para detectar movimiento, contiene un contacto normalmente cerrado, utiliza 12 V.

= **SENSORES MAGNETICOS.** Sensores magnéticos sobrepuestos utilizado para puertas y ventanas y que son de fácil instalación.

## CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL

### 3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CIRCUITO DE CONTROL.

El control de la alarma se lo realiza a través de un microcontrolador de la familia MSC-51. el cual utiliza los cuatro puertos de entrada y salida, tanto como para el control, la recepción de señales de sensores comunes y transmisión de señales indicadoras y de mando hacia los dispositivos externos conectados a la alarma.

El puerto P0 del microcontrolador se lo usa como salida para activar los indicadores de estado de la alarma, así como para emitir la señal de la sirena cuando los sensores de esta hayan sido disparados. El puerto P1 es usado solo como entrada de datos como se puede observar en la figura 3.1, a este puerto se encuentra acoplado el panel de control y por tanto es por aquí que se ingresan los datos para realizar el control de todas las funciones que la alarma dispone. P2 también es utilizado sólo como un puerto de entrada, éste puerto recibirá las señales de las 8 zonas de vigilancia que dispone el sistema. Finalmente el puerto P3 se lo utiliza como entrante y saliente, puerto por el que se recibirá y enviará las señales que cumplen con el protocolo X-10.

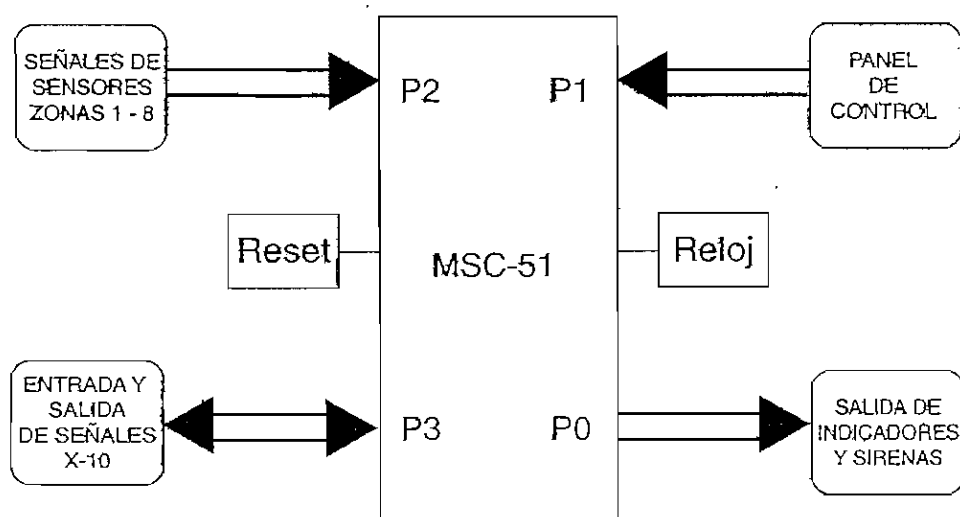


Figura 3.1 Puertos utilizados.

### 3.2 DISEÑO DE CADA UNA DE LAS ETAPAS.

Como se indica en el diagrama de bloques de la figura 3.1, el sistema consta básicamente del microcontrolador Intel 8751H y de 4 etapas de entrada y salida de datos. Se comenzará a explicar su diseño a partir del microcontrolador, se utiliza para la generación del reloj un cristal de frecuencia de oscilación de 11.0592 Mhz, la cual es escogida para posteriores proyectos aplicables a este sistema ya que esto permitiría ajustar las velocidades de transmisión cuando se utilice el pórtico serial de comunicaciones (velocidad de comunicación del puerto serial entre 137.5 KHz a 19.2 KHz.). Al cristal se le hace oscilar utilizando un circuito tanque constituido por dos capacitores de 30 de uF, los cuales están dentro del rango proporcionado por el fabricante; por otra parte el fabricante recomienda como el circuito de RESET, el que se muestra en la figura 3.2, con el mismo que se consigue el RESET automático al conectar Vcc a través del condensador de 10 microfaradios.

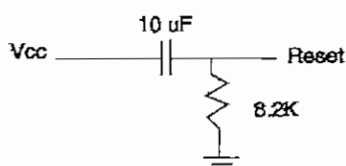


Figura 3.2 Circuito de RESET

La primera etapa diseñada fue la de ingreso de datos para el control de la alarma. Esto hace que a través de un teclado que contiene una matriz 4 por 4 teclas las mismas que son conectadas al puerto P1. Por medio de este teclado se ingresan los distintos comandos para armado, desarmado de la alarma, omitir zonas de vigilancia, monitorear las zonas que han sido disparadas y enviar señales X-10 para que los equipos que se encuentran conectados al sistema respondan a una acción designada a esa unidad. Todos estos comandos los ejecuta el microcontrolador por medio del programa de control que será explicado más adelante.

La segunda etapa esta diseñada también para el ingreso de datos de las 8 zonas de vigilancia comunes que tienen una alarma; es decir por el puerto P2 se reciben señales de sensores que utilizan contactos normalmente cerrados (normalmente referidos a tierra).

Las señales emitidas por estas 8 zonas son introducidas a través de optoacopladores MCA 255 o su equivalente en ECG 4N35. Estos circuitos son polarizados con 12 V a la entrada y 5V a la salida a través de resistencias cuyo propósito es constituirse en limitadores de corriente y que fueron calculadas de acuerdo con el voltaje que se les aplica por medio de la siguiente fórmula:

$$R = \frac{V_{cc} - V_{sat}}{I_d}$$

Para el caso de  $V_{cc} = 12V$ ;  $R = 12V - 1.4V / 10 \text{ mA} = 1.06 \text{ K}$

Para el caso de  $V_{cc} = 5V$ ;  $R = 5V - 1.4V / 10 \text{ mA} = 360 \text{ ohmios}$

Los valores más aproximados y que se los ha utilizado en el circuito son de 1K y 470 ohmios. Una vez acopladas las señales que vienen de los sensores; estas que ya son señales con niveles TTL, son introducidas a un buffer octal tri-state 74LS244 al puerto P1 desde el pin 21 al pin 28 como puede observarse en la figura 3.3. Los datos 0 o 1 que vienen de las 8 entradas son activas por una señal que sale del puerto P3.0 que es enviada por el programa de control.

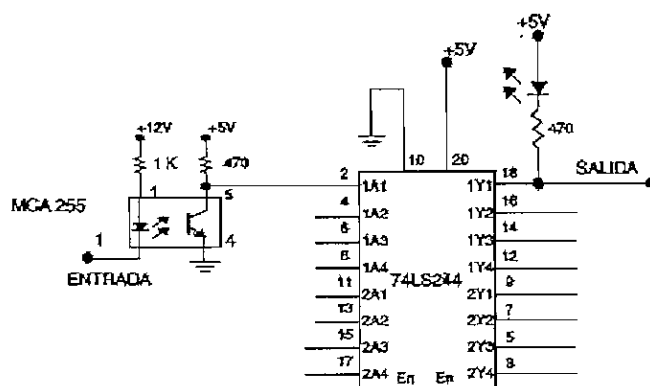


Figura 3.3 Circuito de Acoplamiento



El puerto P3 es utilizado en la tercera etapa de la construcción del proyecto. Este puerto es el que recibe las señales X-10 las cuales son procesadas por el microcontrolador.

Una de las salidas del puerto, la P3.0 (pin10) como se dijo en el párrafo anterior controla el paso de datos de las zonas 1 a la 8, esta señal es aplicada a los pines 1 y 19 del 74LS244.

Por el pin 11 del microcontrolador 8751 es decir el P3.1 recibe los datos que son enviados de cualquier equipo X-10, esta señal viene de la interface TW523 pin3. Esta entrada es habilitada cuando se recibe un cruce por cero en el P3.2 (pin12), el cual habilita una interrupción al microcontrolador y permite el ingreso de los datos. La señal que llega al pin P3.2 viene igualmente de la interface TW523. El pin P3.3 (pin13) es usado como salida de datos X-10 y se lo ocupa cuando se necesita enviar una señal X-10 a los equipos conectados a través del pin4 del TW523. El dato es aplicado a una resistencia de 2.2K un transistor PNP y una resistencia de 100 ohmios. Todo lo ilustrado se indica en la figura 3.4.

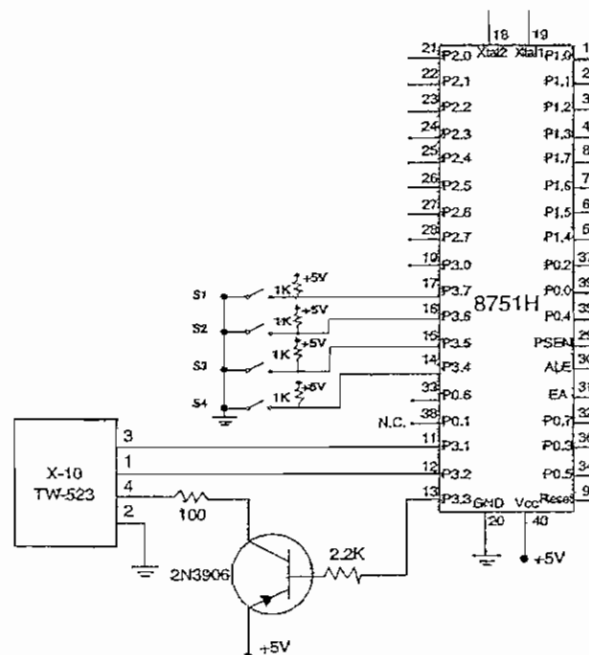


Figura 3.4 Circuito de entrada y salida de datos X-10

En los pines P3.4,5,6,7 se introducen los códigos de letra (Letter Code) de los cuales se habló en la introducción. Estos códigos se los predetermina a través de un Dip Switch, poniendo el código que se desee de acuerdo a lo que se indica en la tabla 3.5.

CODIGO DE LETRA X-10

CODIGO DE LETRA	S1	S2	S3	S4
A	ON	ON	ON	ON
B	ON	ON	ON	OFF
C	ON	ON	OFF	ON
D	ON	ON	OFF	OFF
E	ON	OFF	ON	ON
F	ON	OFF	ON	OFF
G	ON	OFF	OFF	ON
H	ON	OFF	OFF	OFF
I	OFF	ON	ON	ON
J	OFF	ON	ON	OFF
K	OFF	ON	OFF	ON
L	OFF	ON	OFF	OFF
M	OFF	OFF	ON	ON
N	OFF	OFF	ON	OFF
O	OFF	OFF	OFF	ON
P	OFF	OFF	OFF	OFF

Tabla 3.5

La última etapa del sistema de alarma se la realiza a través del puerto P0, por aquí el microcontrador envía señales que indican: por el pin37 que es el pin P0.2 habilita el pequeño parlante piezoeléctrico el cual genera sonidos que indican si la alarma esta en proceso de armado o desarmado o no se la puede armar el momento en que se esta introduciendo algún comando. La salida P0.0 (pin39) envía una señal que conectada a un transistor que trabaja como switch, es el encargado de habilitar el encendido y apagado del led que indica el estado de la alarma. La sirena principal de la alarma es manejada por la salida P0.3 (pin 36), esta sonará cuando cualquiera de las 10 zonas de vigilancia haya sido violada. El puerto P0.4 al igual que la salida anterior permite habilitar un led que indica el estado de las zonas vigiladas. La salida P0.5 (pin34) es la que envía una señal para habilitar la sirena en caso de que la alarma haya sido disparada en cualquier sitio de las zonas 1 a 8 por cualquier motivo. El pin P0.6 (pin33) esta

conectado a un botón de emergencia el cual al ser presionado activará inmediatamente la sirena.

Todas las funciones y la generación de señales que se mencionan en los incisos anteriores se encuentran desarrolladas en el programa de control y este es el que permite que el microcontrolador trabaje de acuerdo a lo previsto, como una alarma.

A continuación se detallan los elementos electrónicos utilizados para la construcción del presente proyecto.

- Fuente de poder voltaje continuo de 12V y 5V
- Diodos ECG 519, 116
- Condensadores de .1 MF, 30 pF, 10 MF a 12 V.
- Cristal de 11.0592 MHz
- Optoacoplador ECG 4N35
- Transistores ECG 2N3906 Y 2N3904
- Buffer Octal Tri-state 74LS244
- Resistencias de 470, 630,100 Ohmios, 1, 2.2,8.2, 4.7 Kohmios.
- Relés de 12 V normalmente abiertos
- Leds indicadores
- Teclado telefónico
- Sirena 12V, 15 W
- Parlante piezoeléctrico

La ubicación y función de cada uno de estos elementos se los muestra en el diagrama del circuito de control que se lo detalla en el siguiente capítulo.

### **3.3 PROGRAMA DE CIRCUITO DE CONTROL**

El programa del circuito de control, está realizado para usarse con el microcontrolador INTEL 8751H. Este usa las instrucciones disponibles, las mismas que el manejo de los puertos para enviar y recibir señales, y que conjuntamente con el hardware asociado pone en funcionamiento el sistema.

El programa empieza definiendo una tabla de datos en determinadas direcciones de la RAM interna del mismo controlador, en donde se almacenan cuatro tablas con valores fijos como son: los valores predefinidos por el protocolo X-10 para el código de letra, valores ASCII que se reciben y que deben ser convertidos a valores hexadecimales, valores ASCII que deben ser convertidos a códigos X-10 y valores que contienen el código o clave de armado y desarmado de la alarma.

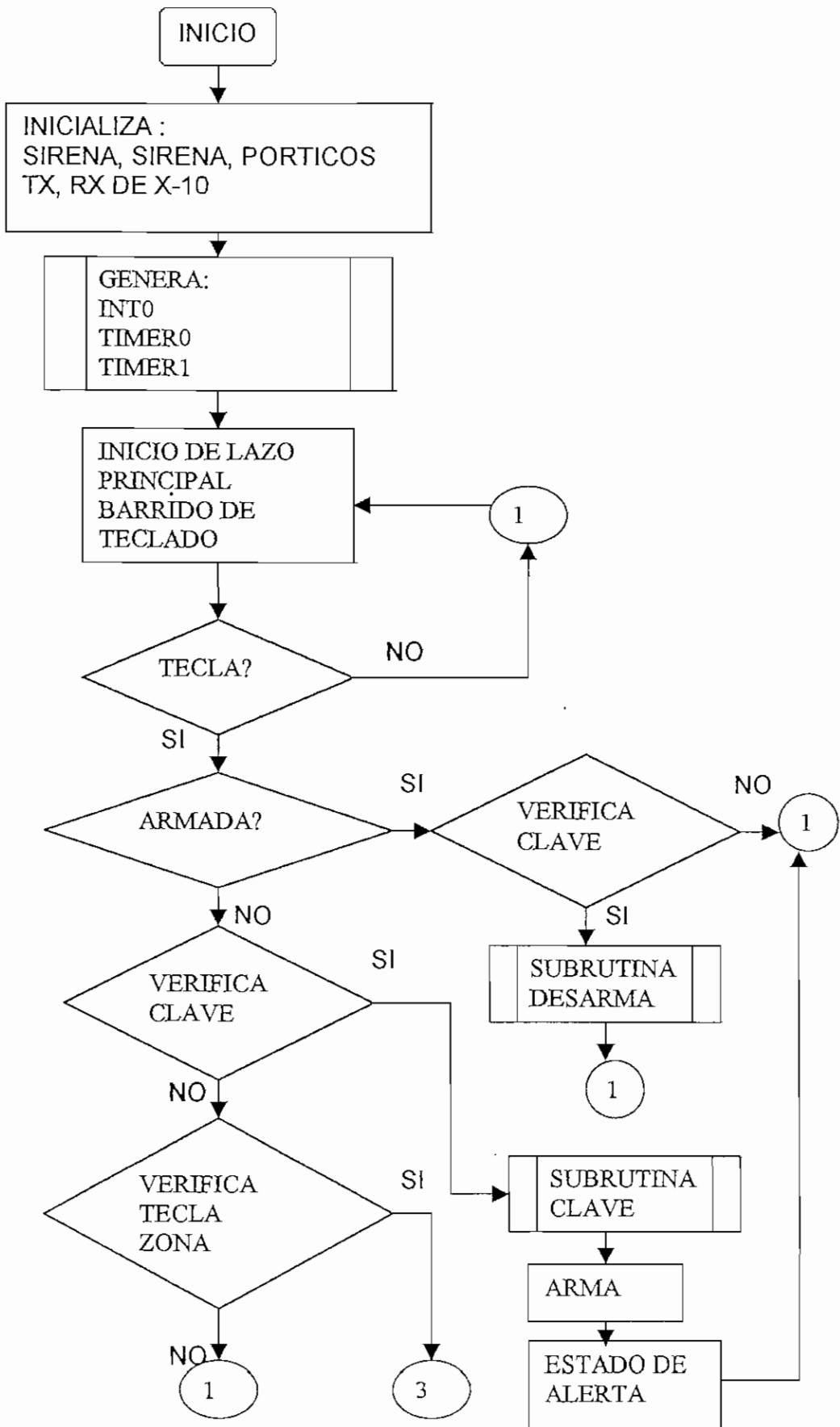
En la figura 3.6 se presenta el diagrama de flujo correspondiente al programa principal. El mismo que tiene lazos y rutinas internas que permiten el funcionamiento de la alarma.

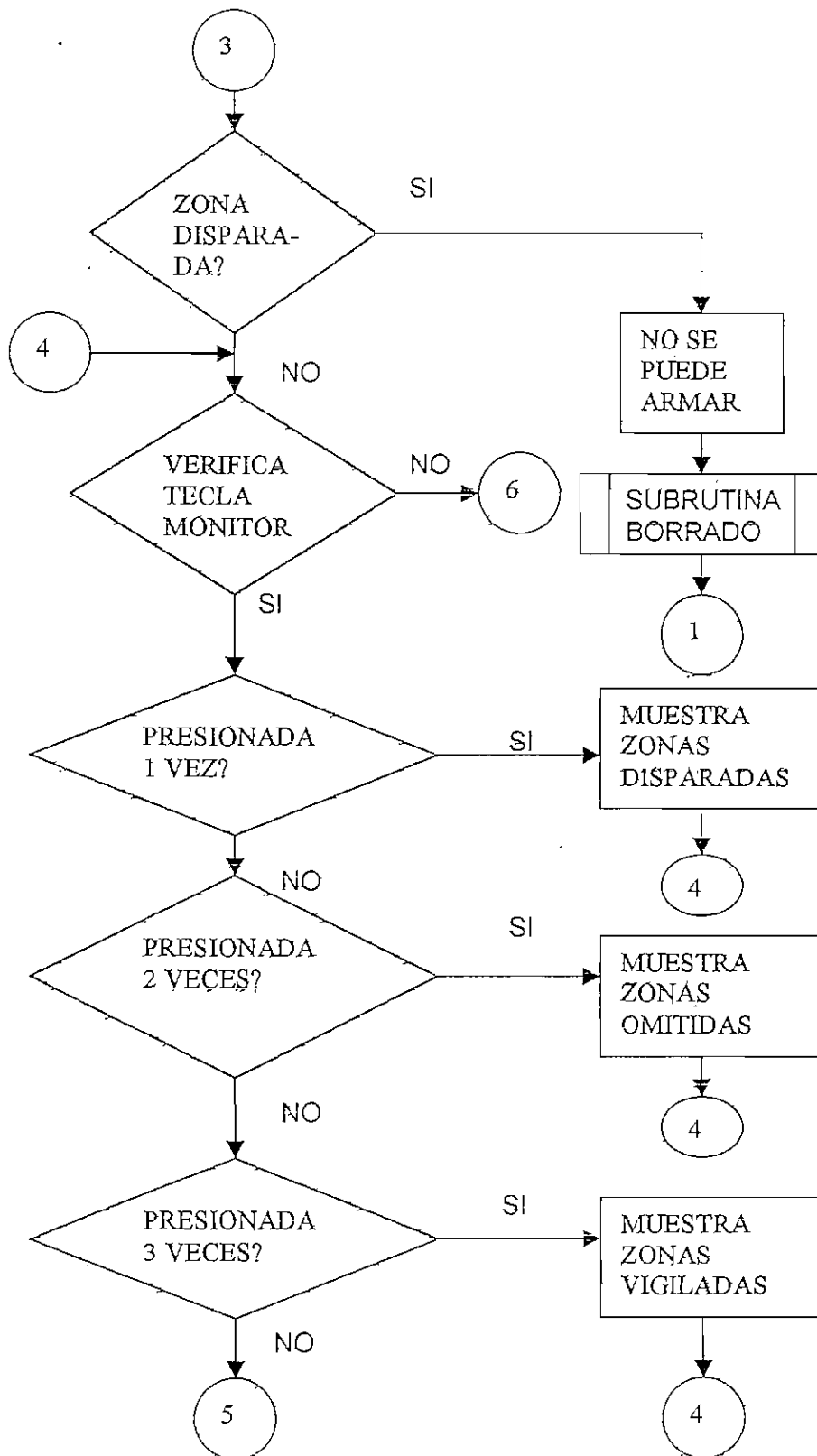
El programa fuente que se utiliza para el control del sistema de alarma y que es almacenado en el microcontrolador se lo puede observar en el anexo #2 del presente proyecto.

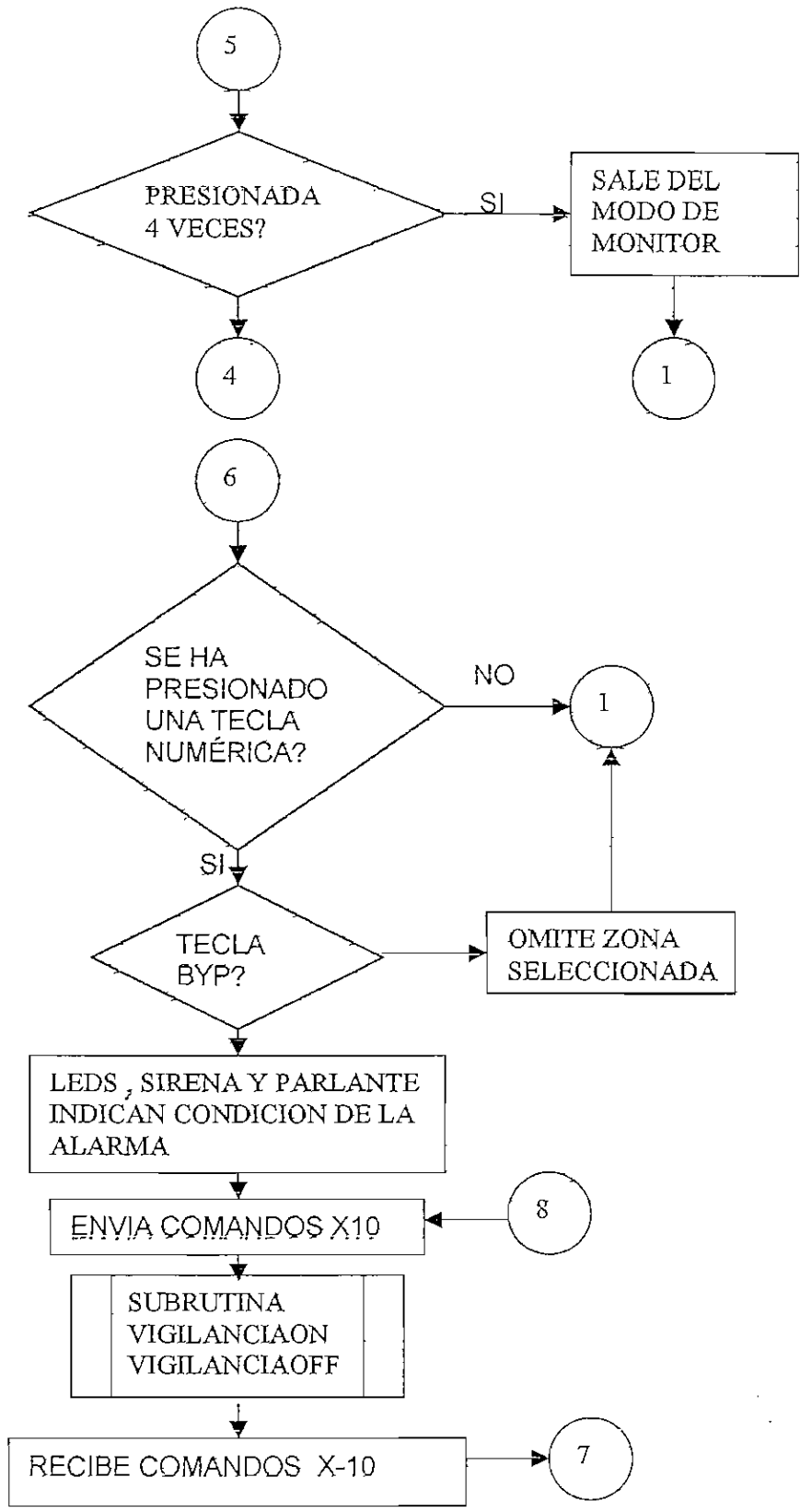
### **3.3.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL CIRCUITO DE CONTROL**

El programa principal como se indicó, empieza inicializando los registros internos para de ahí pasar a monitorear el teclado, luego si se ha introducido la clave correcta procede a armar o desarmar el sistema según la condición inicial. Durante este proceso se realiza llamados a las subrutinas CLAVE y DESARMA, las cuales completan este proceso inicial.

El programa esta siempre esperando la interrupción externa INT0 y monitoreando el teclado. Dentro del programa principal se ejecutan los procesos de armado, monitoreo de zonas disparadas, omisión de zonas, selección de zonas a ser vigiladas, envío y recepción de comandos X-10, verifica si el comando transmitido o recibido es valido, para lo cual hace llamadas a las subrutinas ZONAON, BORRADO, ZONAOF, VERCLAVE, ENVIOX10, VALX10, X10ON, X10OFF. También en el programa se ejecutan rutinas de interrupción externa INT0, así como también se usan las rutinas de interrupción de los timers T0 y T1, que generan los tiempos requeridos por el sistema.







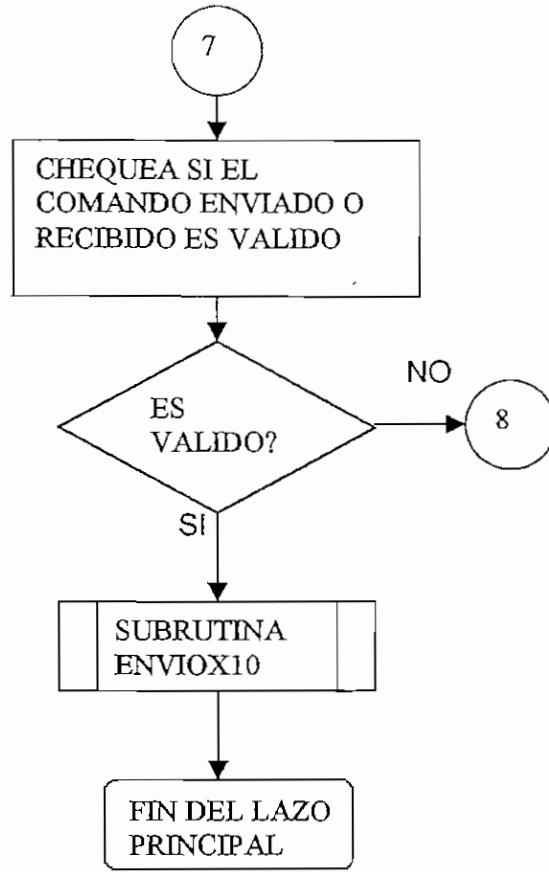


Figura 3.6 Diagrama de Flujo del Programa Principal.



### 3.4 SUBRUTINAS.

Desde el programa principal se ejecutan llamadas a varias subrutinas con las cuales se puede optimizar el trabajo del microcontrolador; en la figura 3.7, se presenta el diagrama de flujo de la subrutina denominada ZONAON cuyo propósito es mostrar las zonas vigiladas, además de añadir mas zonas ha ser vigiladas.

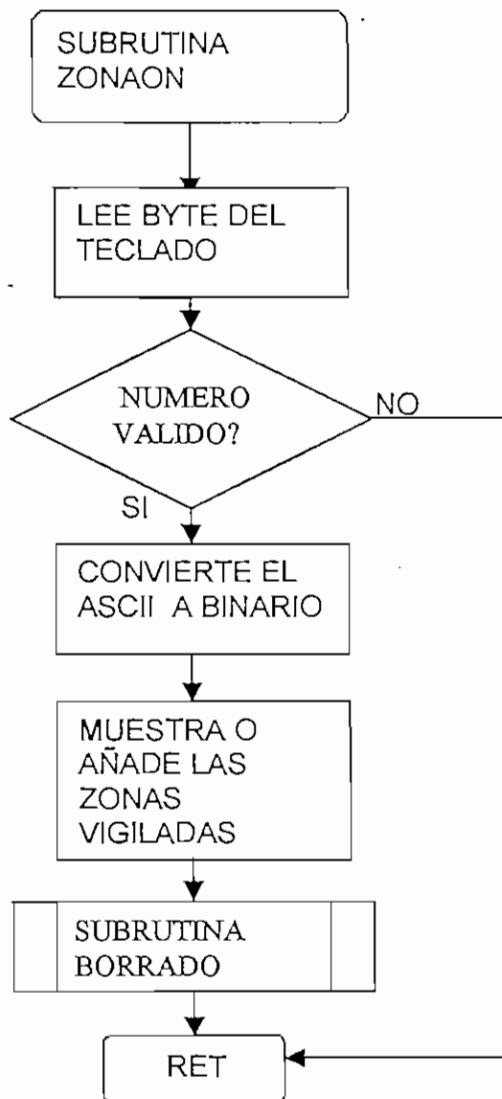


Figura 3.7 Subrutina ZONAON

En la figura 3.8, se presenta el diagrama de flujo de la subrutina denominada ZONAOFF cuyo propósito es mostrar las zonas que están siendo vigiladas y añadir o retira zonas que no van a ser vigiladas. Esta subrutina igual que la anterior se la ejecuta cuando el sistema esta desarmado.

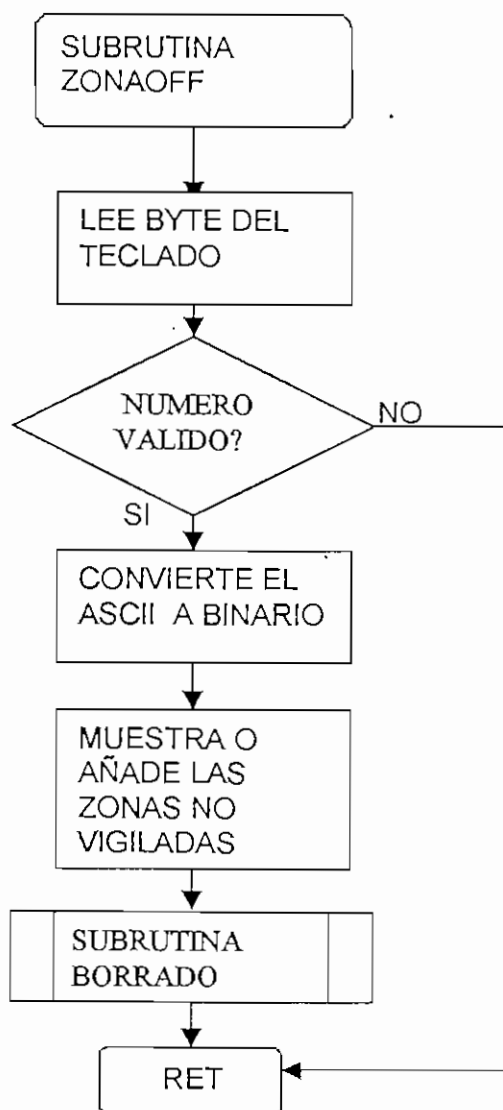


Figura 3.8 Subrutina ZONAOFF

La subrutina DESARMA que se presenta en el diagrama de flujo de la figura 3.9 es el encargado de verificar si la clave ingresada es correcta, ejecuta el proceso de desarmado del sistemas e inicializa los registros internos que tienen que ver con las zonas y dispositivos X-10, además guarda es estado de las zonas que fueron disparadas si ese fuera el caso.

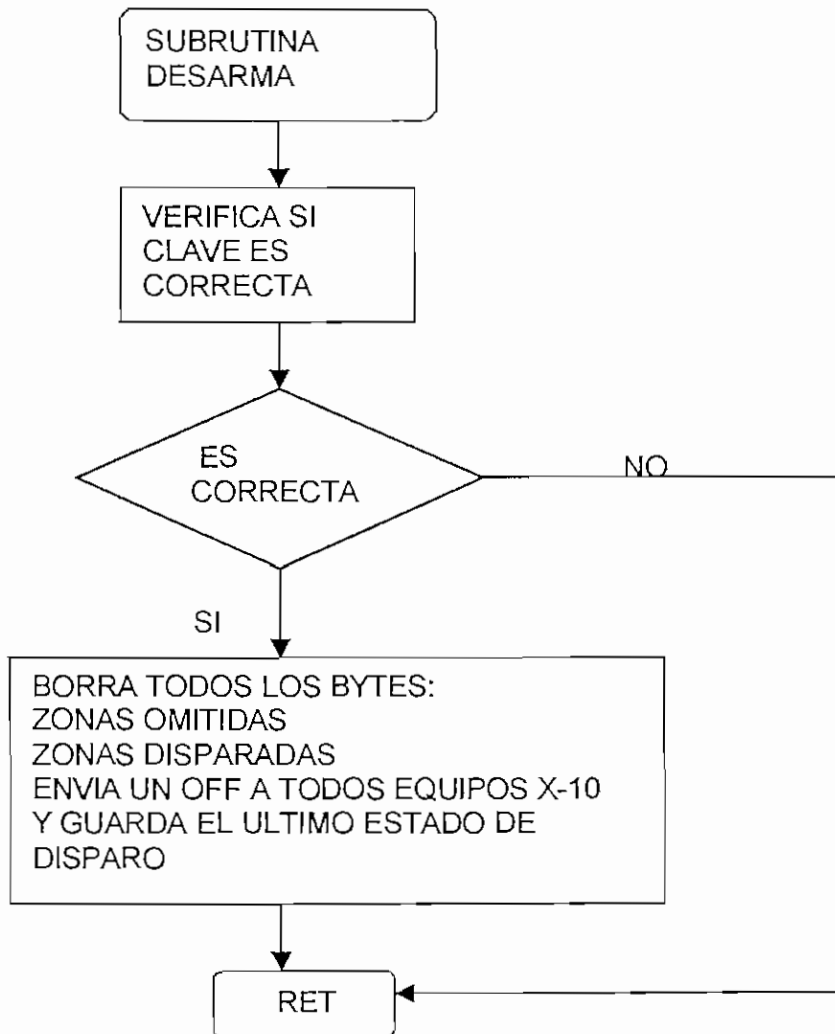


Figura 3.9 Subrutina DESARMA

En la rutina de interrupción TIMER0 del diagrama de flujo de la figura 3.10 se generan los tiempos para el encendido y apagado de los leds cuando se ejecuta los procesos de armado, desarmado, disparos de zonas y alertas que deben cambiar según su condición. Se genera también el tiempo de retardo en el que la alarma cambia a estado de armado y viceversa.

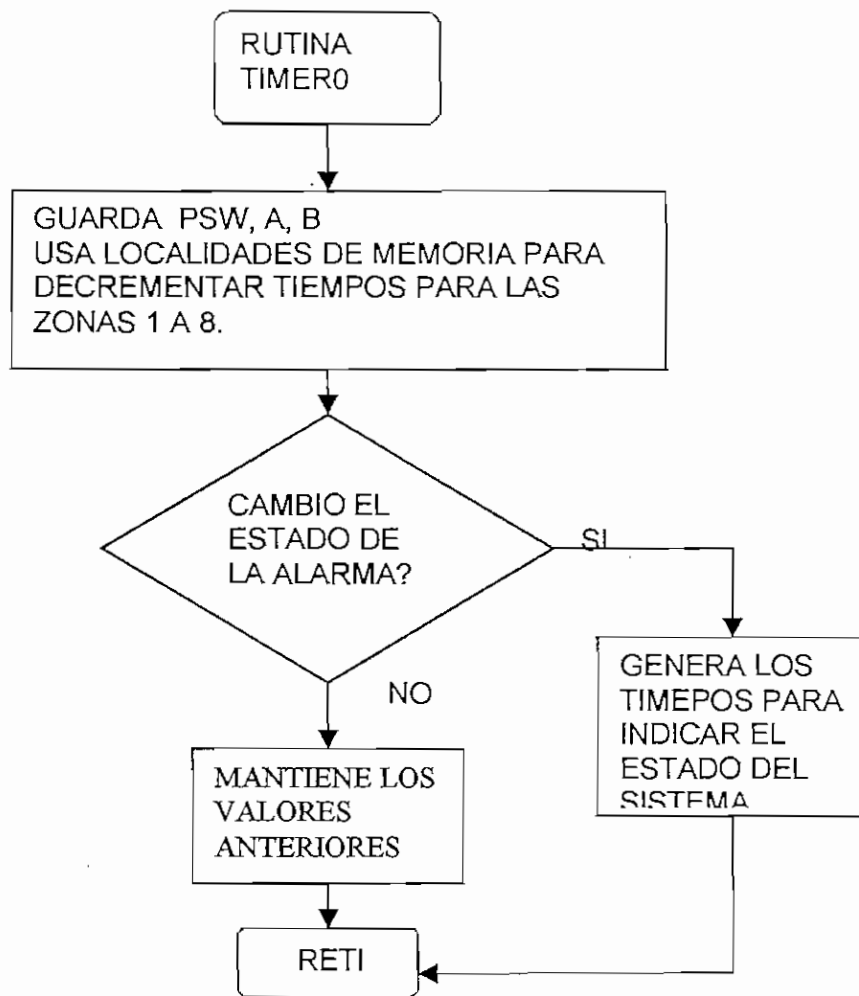


Figura 3.10 Rutina TIMER0

En la figura 3.11 se presenta el diagrama de flujo de la rutina de interrupción TIMER1 en la cual se generan los tiempos para la parte de transmisión y recepción de X-10. En esta rutina se verifica en que ciclo se comienza a recibir los datos y si estos comienzan con el código de inicio, si esto es positivo los contadores empiezan a generar los tiempos para recibir los 9 bits restantes para que la ráfaga.

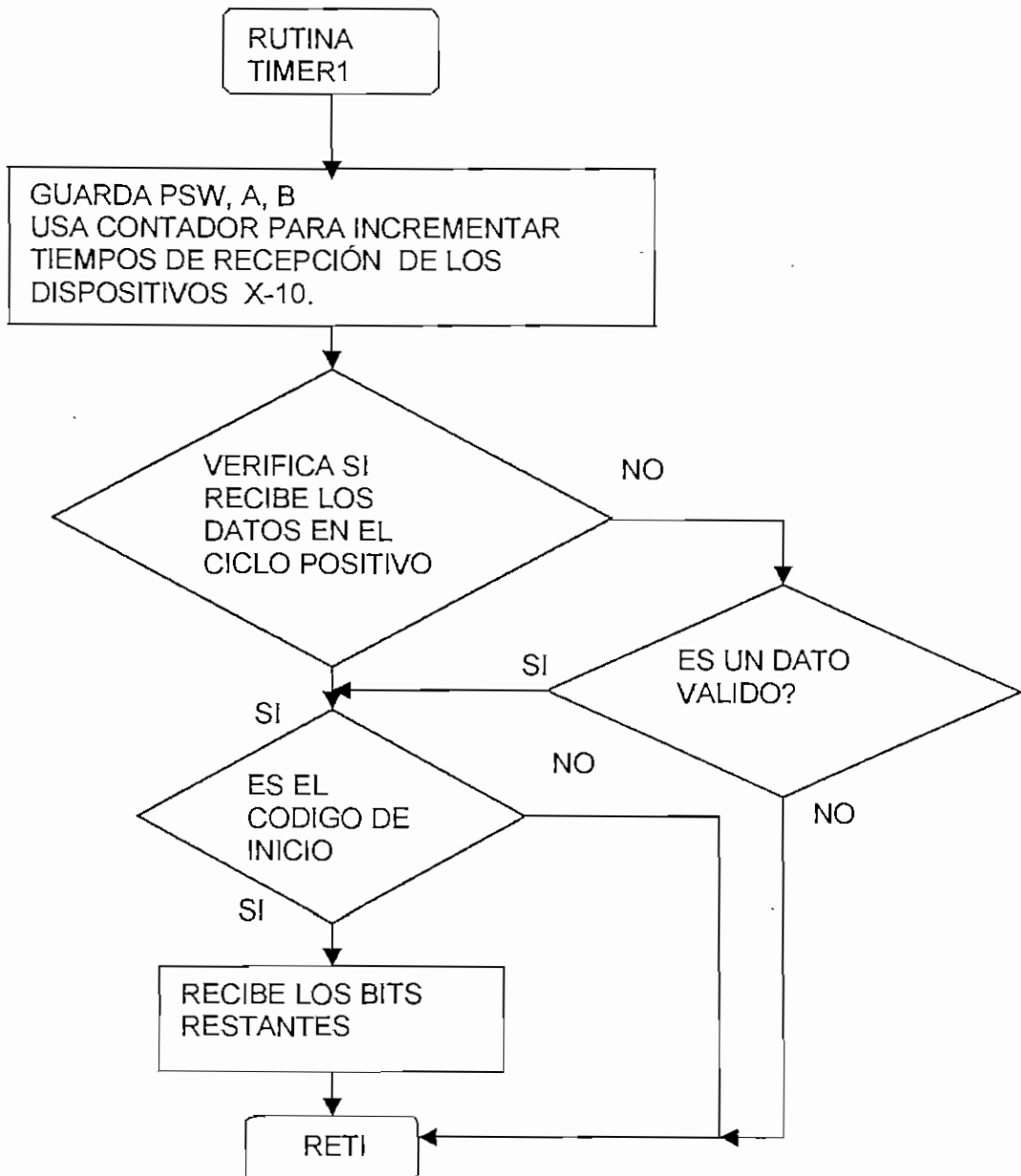


Figura 3.11 Rutina TIMER1

INT0 es una rutina de interrupción externa que se genera con el cruce por cero de la línea de poder y es la encargada de generar los tiempos necesarios en el timer1, para enviar los comandos a los dispositivos X-10 conectados en la red. Su diagrama de flujo se presenta en la figura 3.12

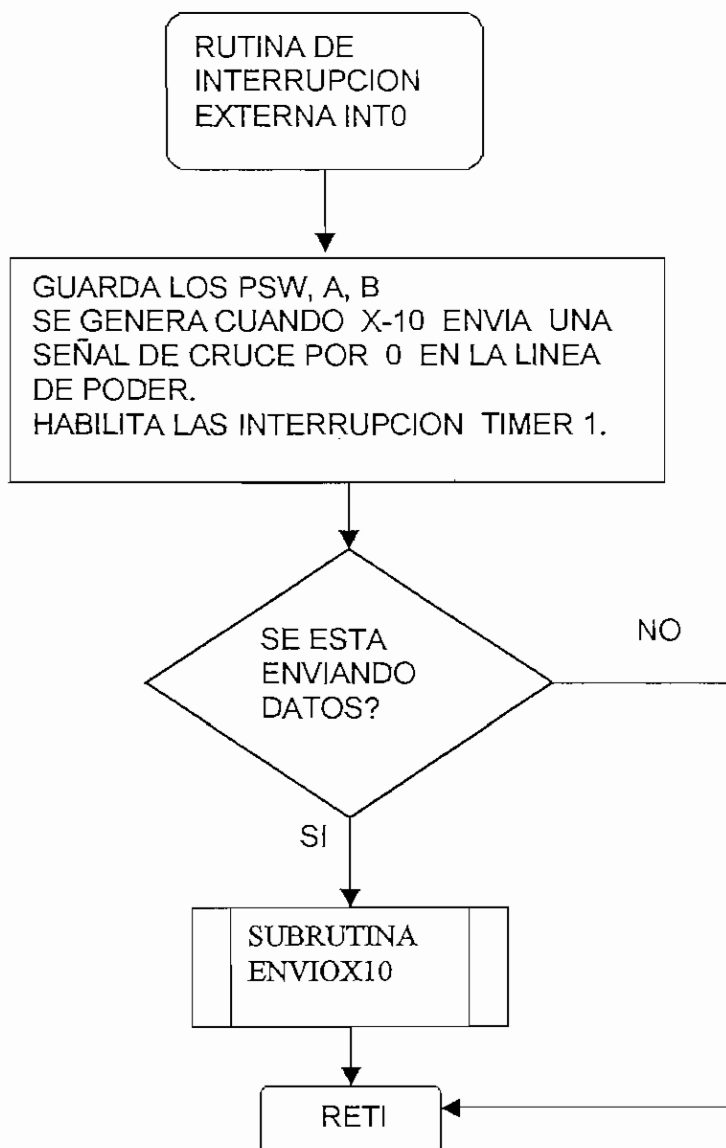


Figura 3.12 Rutina de Interrupción INT0

En la figura 3.13 se muestra la subrutina CLAVE que es la encargada de verificar si la clave ingresada es valida.

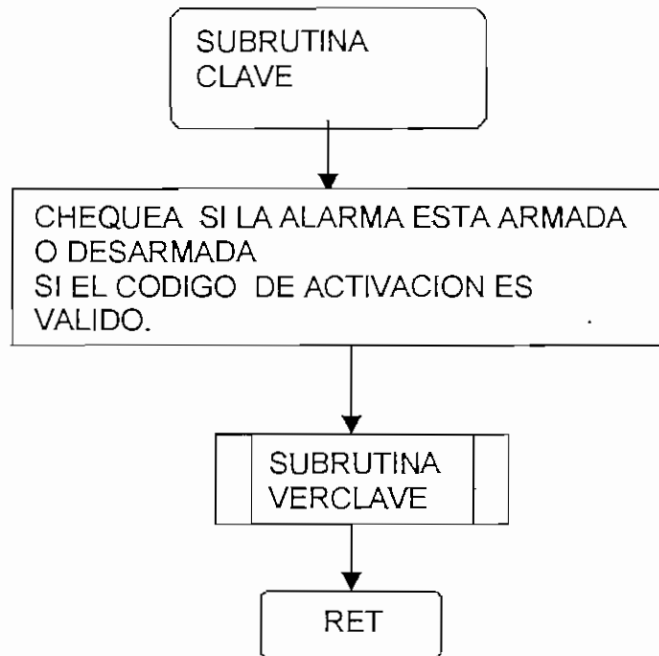


Figura 3.14 Subrutina CLAVE

La subrutina VERCLAVE es la encargada de verificar si la clave introducida corresponde con el la clave almacenada en el la tabla clave después de presionar la tecla enter. Figura 3.15

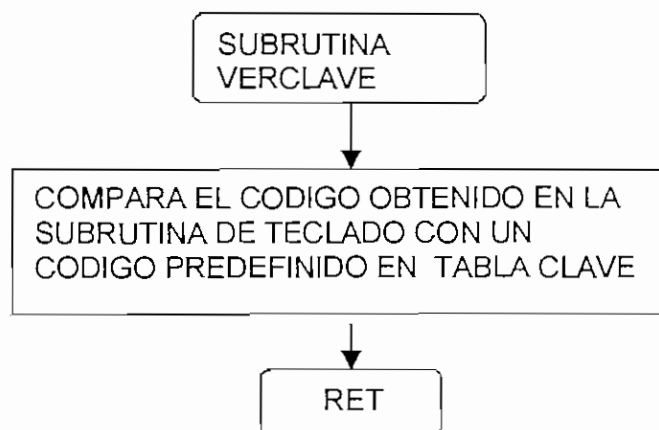


Figura 3.15 Subrutina VERCLAVE

En la figura 3.16 se presenta la subrutina BORRADO y que llamada cada vez que los datos del teclado hayan sido utilizados.

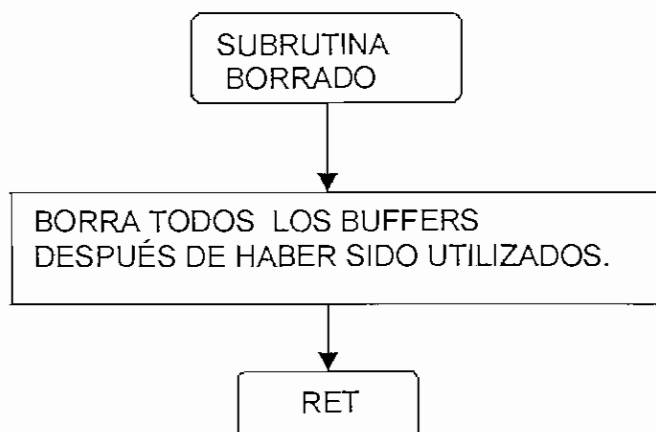


Figura 3.17 Subrutina BORRADO

En la subrutina ENVIOX10 de la figura 3.18 se almacena los registros A y B en localidades de memoria antes de ser transmitidos sobre la línea de poder. Esta subrutina es llamada desde el programa principal por los distintos procesos realizados ya sea por el panel de control del sistema o por la consola X-10.

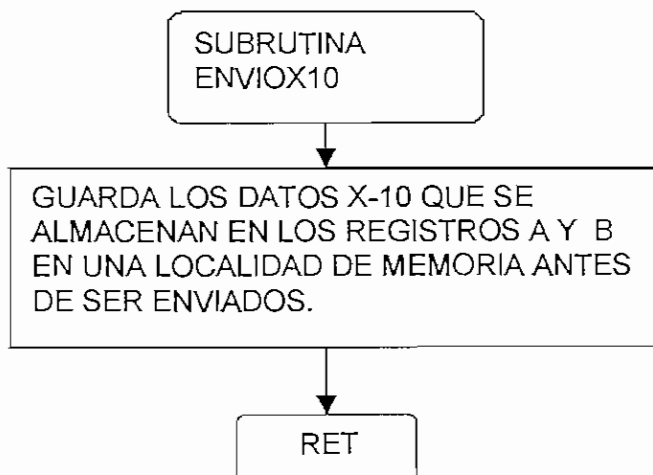


Figura 3.18 Subrutina ENVIOX10



La subrutina de la figura 3.19 VALX10 califica si el comando código X-10 recibido es válido. En el proceso de verificación el dato recibido es comparado con un valor de una tabla predefinida la cual contiene valores permitidos por el protocolo X-10. Retorna en el acumulador un 00 si el dato es válido y un FF si no lo es.

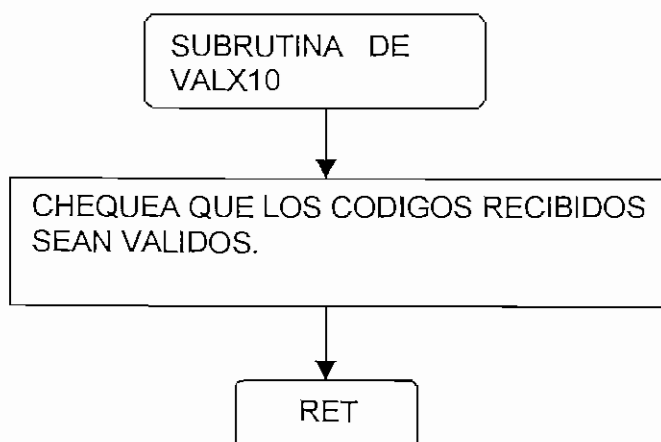


Figura 3.19 Subrutina VALX10

La subrutina x10ON de la figura 3.20 da la posibilidad de enviar un comando ON X-10 desde el teclado a cualquier dispositivo conectado en la red. Este comando se lo puede hacer desde el teclado del panel de control.

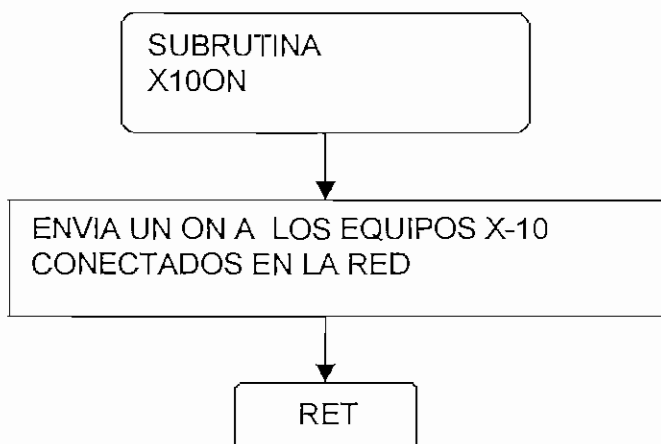


Figura 3.20 Subrutina X10ON

La figura 3.21 muestra el diagrama de flujo de la subrutina X10OFF la cual permite enviar un comando OFF a un dispositivo X-10 conectado a la red eléctrica. De igual manera que en la anterior subrutina también este comando se lo puede hacer desde el teclado del panel de control.

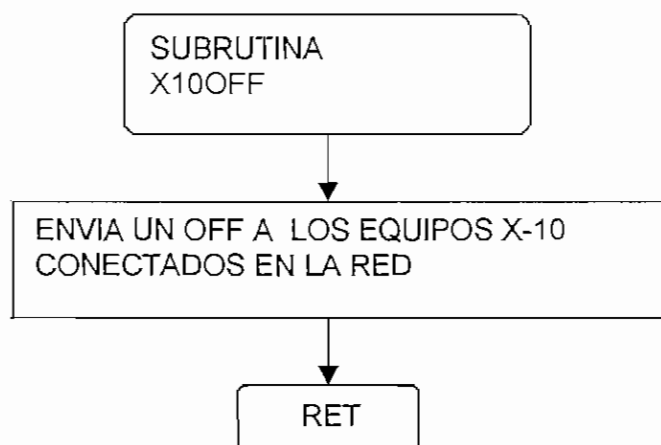


Figura 3.21 Subrutina X10OFF

## **CAPÍTULO 4. CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS**

Una vez seleccionados los elementos que se utilizan en el circuito de control diseñado el cual se presenta en la sección de anexos, se procede a la construcción del sistema de alarma.

### **4.1 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE SEGURIDAD**

Después de desarrollar el programa de control, este es grabado en el microcontrolador utilizando un grabador de EEPROMS, el cual permite también grabar este tipo de dispositivo. Se tomó muy en cuenta no confundir los voltajes utilizados de 5V y 12V positivos, los 5V necesarios para polarizar el microcontrolador y demás componentes digitales y los 12V para los transistores que realizan el manejo de salida de la sirena y la activación de los sensores.

Se comienza la construcción de la alarma ensamblando el circuito de control y luego polarizando el microcontrolador con un voltaje positivo de 5V. A continuación se instala el cristal de 11.0592 MHz. con dos condensadores de 30 picofaradios, elementos con los que se genera la señal del reloj.

#### **4.1.1 CONSTRUCCION DEL PANEL DE CONTROL.**

Seguidamente se procedió a instalar el primer bloque que esta constituido por el parlante que genera una señal auditiva cuando la alarma ha sido armada o desarmada, así como cuando se produce un error si una de las zonas esta disparada. Este bloque también esta constituido por el teclado que contiene conmutadores en un arreglo en forma matricial 4 por 4 y por medio del cual se ingresa la información requerida para la correcta operación del sistema de alarma. Todas las señales que llegan desde el teclado hacia el microcontrolador van conectadas al puerto P1.

En este primer bloque también se puede considerar como incluido al circuito de reset que es necesario para el caso que se tenga que reiniciar el sistema y que corresponde al que se puede observar en la figura 3.2.

#### 4.1.2 CONSTRUCCION DE LAS ZONAS DE VIGILANCIA.

Antes de comenzar la construcción de este segundo bloque es necesario entender que el sistema consta básicamente de 10 zonas de vigilancia de las cuales 8 son zonas que se las tiene que alambrear para llevar las señales al microcontrolador y las 2 restantes son X-10.

Todos los sensores conectados a las 8 zonas deben ser normalmente cerrados. El sistema no contempla el uso de sensores normalmente abiertos, pero en el caso de que se lo desee hacer se puede agregar un circuito inversor como el 74LS04 entre el optoacoplador y el 74LS244 que es el que genera las señales que van a las entradas al microcontrolador.

Como se mencionó anteriormente los sensores deben ser normalmente cerrados, por lo que un pin del lado de estos debe ser puesto a tierra y el otro conectado al pin 2 de la entrada del optoacoplador. La salida del optoacoplador MCA 255 (pin5) va a una de las entradas del circuito 74LS244. De igual manera la salida correspondiente a este integrado se conecta a una de las entradas del microcontrolador 8751H. En este mismo punto se le añade un led que permite ver en tiempo real si ese sensor o zona ha sido disparado. El circuito que se menciona se lo presenta en la figura 4.1.

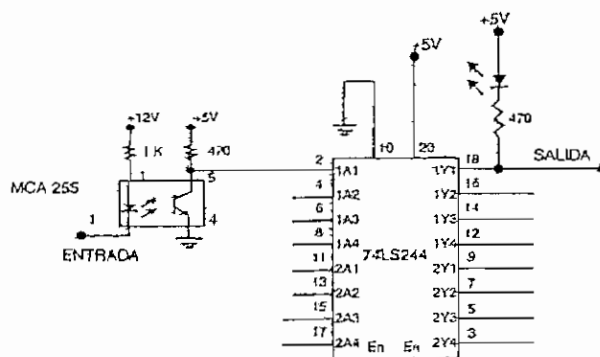


Figura 4.1 Circuito indicador de zonas.

Los valores de resistencia se los ha calculado con la siguiente formula; para la adecuada polarización del optoacoplador.

$$R = \frac{V_{cc} - V_d}{I_{polarizacion}}$$

Donde:  $V_{cc} = 12$  voltios  $R = \frac{12V - 1.4V}{10mA} = 1060 \Omega$

$V_d = 1.4$  voltios

$I_p = 10$  mA.

$V_{cc} = 5$  voltios  $R = \frac{5V - 0.4V}{10mA} = 460 \Omega$

$V_t = 1.4$  voltios

$I_p = 10$  mA.

De esta manera se obtuvo valores de 1060 y 460 ohmios, pero se los ha puesto resistencias de 1K y 470 ohmios que son valores existentes en el mercado.

Las demás zonas de esta etapa utilizan el mismo circuito de entrada.

#### 4.1.3 CONSTRUCCION DE LAS ZONAS X-10.

Se tomó la decisión de utilizar optoacopladores para manejar las señales de los sensores, en vista de que es conveniente aislar al circuito de control del exterior, ya que como se conoce lo que más afecta a la operación normal de los circuitos digitales es el ruido.

Por otra parte se incluyó el circuito 74LS244 en razón a que es necesario la indicación de que zona ha sido alterada o violada y que para este efecto se

utilizan diodos LEDs; como el microcontrolador no puede manejar la corriente que circula por los leds en polarización directa, fue necesario incluir a este circuito y que este sea el encargado de manejar la corriente indicada.

Para el cálculo de las resistencias de protección se los hace de la siguiente manera:

$$R = \frac{V_{cc} - V_d - V_{ol}}{I_d} = \frac{5V - 1V - 0.2V}{0.8mA} = 470\Omega$$

El tercer bloque que se construye, es el de las zonas X-10. Este bloque contiene 2 zonas. En la primera zona X-10 se instala un DIP switch (interruptores) de 4 unidades las cuales se las conecta en las entradas P3.4, P3.5, P3.6, P3.7 (pines 14,15,16,17) del microcontrolador. Estos interruptores sirven para configurar el código de letra que se desee que el sistema reconozca como una señal de disparo, las posibilidades de variación de los interruptores se muestra en la tabla de la figura 3.3.

La segunda zona X-10 se la habilita utilizando la interface TW523 de la cual ya se habló en el capítulo anterior, la misma que se le conecta al microcontrolador a través de los entradas P3.1, P3.2 y P3.3 (pines 11,12,13). En esta conexión es necesario tener mucho cuidado con el conector RJ11 pues si se usa un cable telefónico que normalmente tiene los terminales cruzados, podría haber algún problema. Entonces el cable RJ11 que se use debe ser punto a punto.

#### 4.1.4 CONSTRUCCION DE SALIDA DE INDICADORES.

La última etapa de la alarma esta constituida dispositivos que indican el estado del sistema. Todos estos dispositivos están manejados por el puerto P0 del microcontrolador. Son utilizados para este propósito los pines P0.0, P0.2, P0.3, P0.4, P0.5, P0.6.

El pin P0.0 ( pin39) se conecta a un transistor el que funciona como un switch que enciende o apaga el led de indicación de acuerdo al estado de la alarma. Este led nos indica si la alarma esta armada o desarmada, si esta en el

proceso de armado o desarmado ó si la alarma ha sido disparada. A este transistor se le agrega adicionalmente un led el cual debe estar situado a la entrada del sitio vigilado para observar la condición de la alarma antes de entrar al lugar vigilado, es decir cumple las mismas condiciones del led mencionado anteriormente.

El pin P0.2 (pin37) es conectado directamente a un parlante piezoeléctrico el cual es alimentado por 5 voltios y emitirá los sonidos que indiquen si la alarma esta en proceso de armado o si se ha cometido un error durante esta acción según sea el caso.

El pin P0.3 (pin3) es conectado a un transistor el cual maneja la sirena a través de un relé de 12 V el cual se encuentra en un estado normalmente abierto y que se activa cuando la alarma ha sido disparada.

El pin P0.4 (pin35) trabaja de igual que el puerto P0.0 activa a un led que se enciende y se apaga a un intervalo de 1 segundo y que sirve para verificar si alguna de las zonas esta disparada antes de realizar el proceso de armado del sistema. Esta verificación se la realiza volviendo a presionar la tecla Z, si alguna zona esta disparada el parlante piezoeléctrico emitirá un doble beep indicando esta condición de la alarma y no dejará que esta sea armada.

El pin P0.5 (pin35) actúa igual que el P0.3, es decir hace sonar la sirena, pero solo en el caso de que alguna de las 8 zonas ha sido disparada. En el presente proyecto este se lo conecta a la misma sirena principal, pero en caso de querer otro tipo de sonido para indicar el estado de estas zonas se puede separar el circuito y ponerlo a otro tipo de sirena.

Y el último pin utilizado es el P0.6 (pin33) que esta conectado a un botón de emergencia el que activará la sirena si este es presionado y la desactivará si se lo vuelva a presionar.

Todas estas señales son enviadas y controladas por el programa que se ejecuta en el microcontrolador.

## **4.2 PRUEBAS Y RESULTADOS.**

Como en todo proyecto, este no está terminado si no se realizan pruebas del funcionamiento para lo que fue desarrollado. Para la culminación del sistema de alarma, se realizaron numerosas pruebas por separado a las 4 etapas antes de ponerle en funcionamiento en conjunto,

Las primeras pruebas se las efectuó al microcontrolador, para verificar su correcto funcionamiento, es decir mirar si la oscilación y los tiempos de los elementos que controlan estén de acuerdo a lo programado.

El ingreso de datos y la verificación de la clave, así como el disparo de las 8 zonas alambradas fueron las siguientes pruebas a las que se le sometió al sistema.

Una particular atención se dio a las zonas X-10 pues es la parte fundamental en la que se basa el presente proyecto. Pruebas como las de envío y recepción de datos X-10 fueron realizadas ya en conjunto con las demás zonas instaladas. Cabe hacer notar que el sistema de alarma puede funcionar sin que las zonas X-10 estén conectadas, entonces la alarma tendrá funciones como las que tiene cualquier alarma común.

Una vez realizadas las pruebas a las diferentes etapas de la alarma, todas estas se las juntó, para hacer una prueba final al sistema en conjunto.

De igual manera cuando ya estuvo montado el sistema se procedió a verificar si el ingreso de la clave fue correcta. Se pudo establecer que si lo era pues el sistema aceptó del armado y desarmado de la alarma.



Una vez armada la alarma, se procedió a activar los diferentes sensores los cuales se comprobó que si cumplían su objetivo. Los sensores de las zonas X-10 transmiten y reciben comandos de acuerdo a lo programado en el circuito de control.

### 4.3 ANALISIS ECONÓMICO.

La seguridad hoy en día es un problema del que se lo habla muy seguido, todas las personas la exigen más y más. Aunque en nuestro medio el sistema X-10 no esta muy difundido, esta seria una buena opción para implementar este sistema sin mayor costo, comparado con una alarma convencional.

El sistema aumentaría su costo según se vaya incrementado las zonas de vigilancia X-10, es decir mientras más equipos se adicione a la red electrica y que actúen como sensores el área de cobertura de la red se haría más grande y el costo de esta también.

El presupuesto mínimo para la realización de este proyecto se lo presenta en el siguiente cuadro.

DESCRIPCION	VALOR DOLARES
Circuitos X-10	380
Círculo de control	120
Elementos sensores	180
Cables, conectores y elementos electrónicos	100
<b>TOTAL</b>	<b>780</b>

Este valor del prototipo comparado con el costo de una alarma convencional es muy bajo.

## **4.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **4.4.1 CONCLUSIONES**

El avance de las comunicaciones, hoy en día ha dado mayor facilidad para investigar y estar actualizado tecnológicamente, aspecto que hace algunos años no sucedía, esto ha permitido tener a mano mayores elementos y criterios que han ayudado a desarrollar de mejor manera este trabajo. A medida de que se fue avanzando en la investigación y construcción de este trabajo se fueron presentando algunas ideas que pueden ser aplicadas a otros proyectos de seguridad.

En los países desarrollados la tecnología X-10 se ha desarrollado muy rápidamente y ya es muy común el uso de estos equipos en la mayoría de construcciones modernas. En nuestro medio resulta un poco más complicado integrar este sistema debido a que las construcciones no cumplen satisfactoriamente los estándares requeridos por esta tecnología.

Al terminar el presente proyecto se puede concluir que se ha cumplido el objetivo principal del mismo que es el dar una aplicación práctica a los equipos X-10. El objetivo final de este trabajo es el de mostrar como se puede introducir en nuestro hogar y en nuestro entorno de trabajo los últimos avances tecnológicos para conseguir la seguridad, confort y eficiencia energética dando con esto paso a mejorar la vida de las personas.

### **4.4.2 RECOMENDACIONES**

En el presente trabajo el diseño electrónico se los ha hecho lo más simple posible, tratando de evitar en lo posible inducciones de ruidos de cualquier tipo que alteren el funcionamiento de la alarma.

Hay que tomar en cuenta que para la construcción de este circuito de debe usar el cristal de la frecuencia especificada en el proyecto, pues si se lo cambia por otra los tiempos serian erróneos y el sistema no podría funcionar.

Después de haber terminado el presente proyecto y mirar los avances tecnológicos que tiene el protocolo X-10 y en general la electrónica, se recomienda buscar otras aplicaciones a este prototipo ya que con nuevas ideas se podría equipar una vivienda y llegar a una idea que en la actualidad ya se esta haciendo realidad en otros sitios, la casa inteligente.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

Silent Servant Home Control Inc., Automated Home Control, 1998

David Gladdis, How to automate your home, 1991

Practical Home Automation Magazine

<ftp.digibd.com/pub/rick/x10.shar>

Yeralan S Ahluwalia A, Programing and Interfacing 8051 Microcontroller, Addison Wesley, 1994

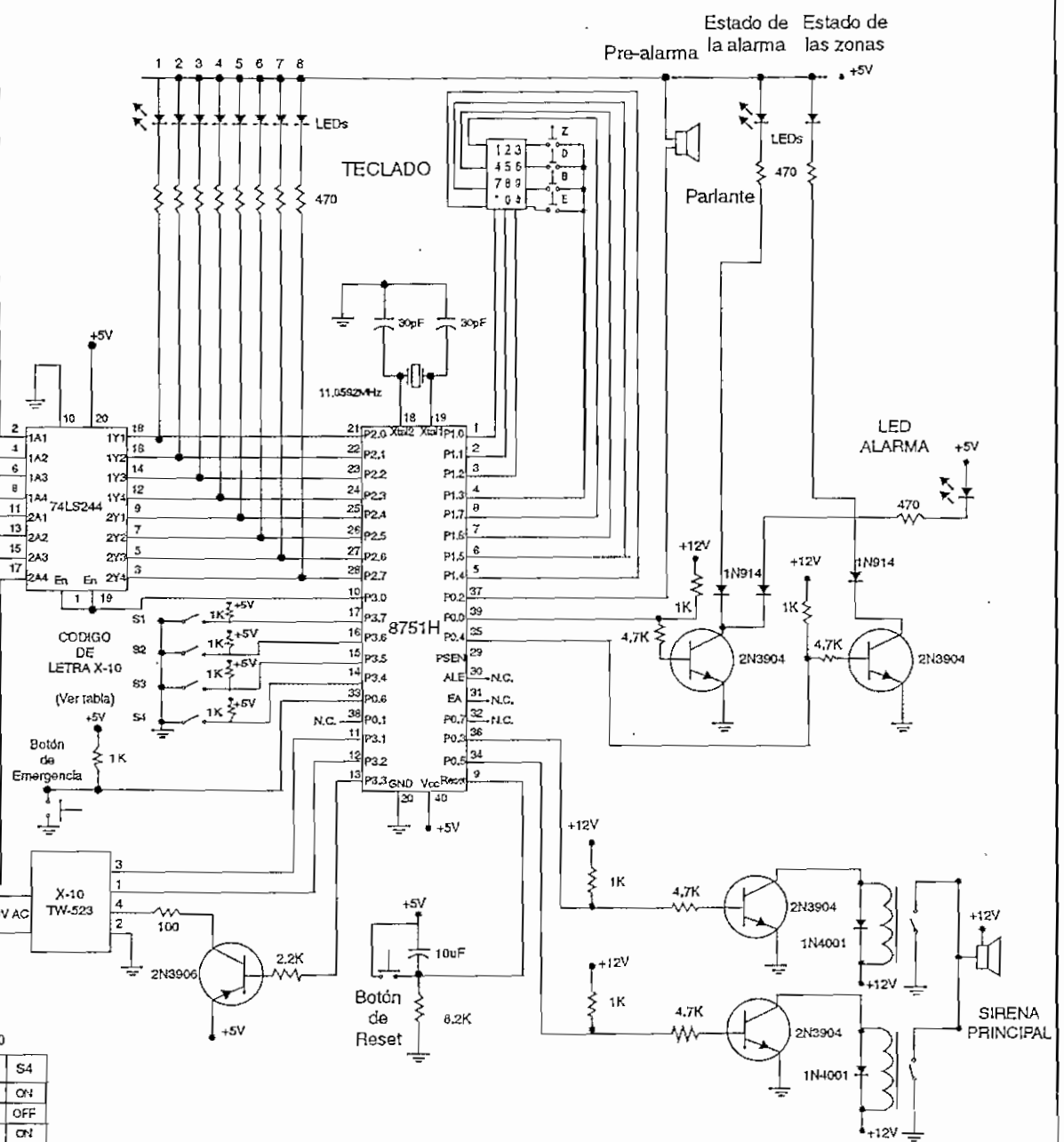
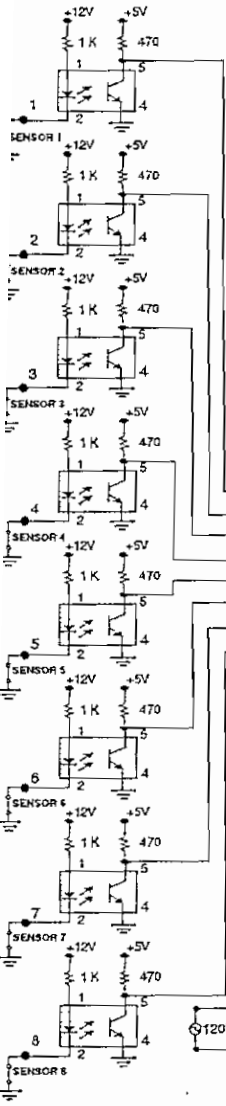
INTEL, Manuales de Microprocesadores MCS-51, 1999

ATMEL, Manuales y Referencias 80C51, 2000

Dominguez J, Flash Microcontroller, Internet 2001



### ZONAS



### CODIGO DE LETRA X-10

CODIGO DE LETRA	S1	S2	S3	S4
A	ON	ON	ON	ON
B	ON	ON	ON	OFF
C	ON	ON	OFF	ON
D	ON	ON	OFF	OFF
E	ON	OFF	ON	ON
F	ON	OFF	ON	OFF
G	ON	OFF	OFF	ON
H	ON	OFF	OFF	OFF
I	OFF	ON	ON	ON
J	OFF	ON	ON	OFF
K	OFF	ON	OFF	ON
L	OFF	ON	OFF	OFF
M	OFF	OFF	ON	ON
N	OFF	OFF	ON	OFF
O	OFF	OFF	OFF	ON
P	OFF	OFF	OFF	OFF

PROYECTO DE TESIS

CIRCUITO DE ALARMA

FECHA:  
2002-01-21

MILTON LOPEZ G.



# MCS<sup>®</sup> 51

## 8-BIT CONTROL-ORIENTED MICROCONTROLLERS

*Commercial/Express*

8031AH/8051AH/8051AHP

8032AH/8052AH

8751H/8751H-8

8751BH/8752BH

- High Performance HMOS Process
- Internal Timers/Event Counters
- 2-Level Interrupt Priority Structure
- 32 I/O Lines (Four 8-Bit Ports)
- 64K External Program Memory Space
- Security Feature Protects EPROM Parts Against Software Piracy
- Boolean Processor
- Bit-Addressable RAM
- Programmable Full Duplex Serial Channel
- 111 Instructions (64 Single-Cycle)
- 64K External Data Memory Space
- Extended Temperature Range (-40°C to +85°C)

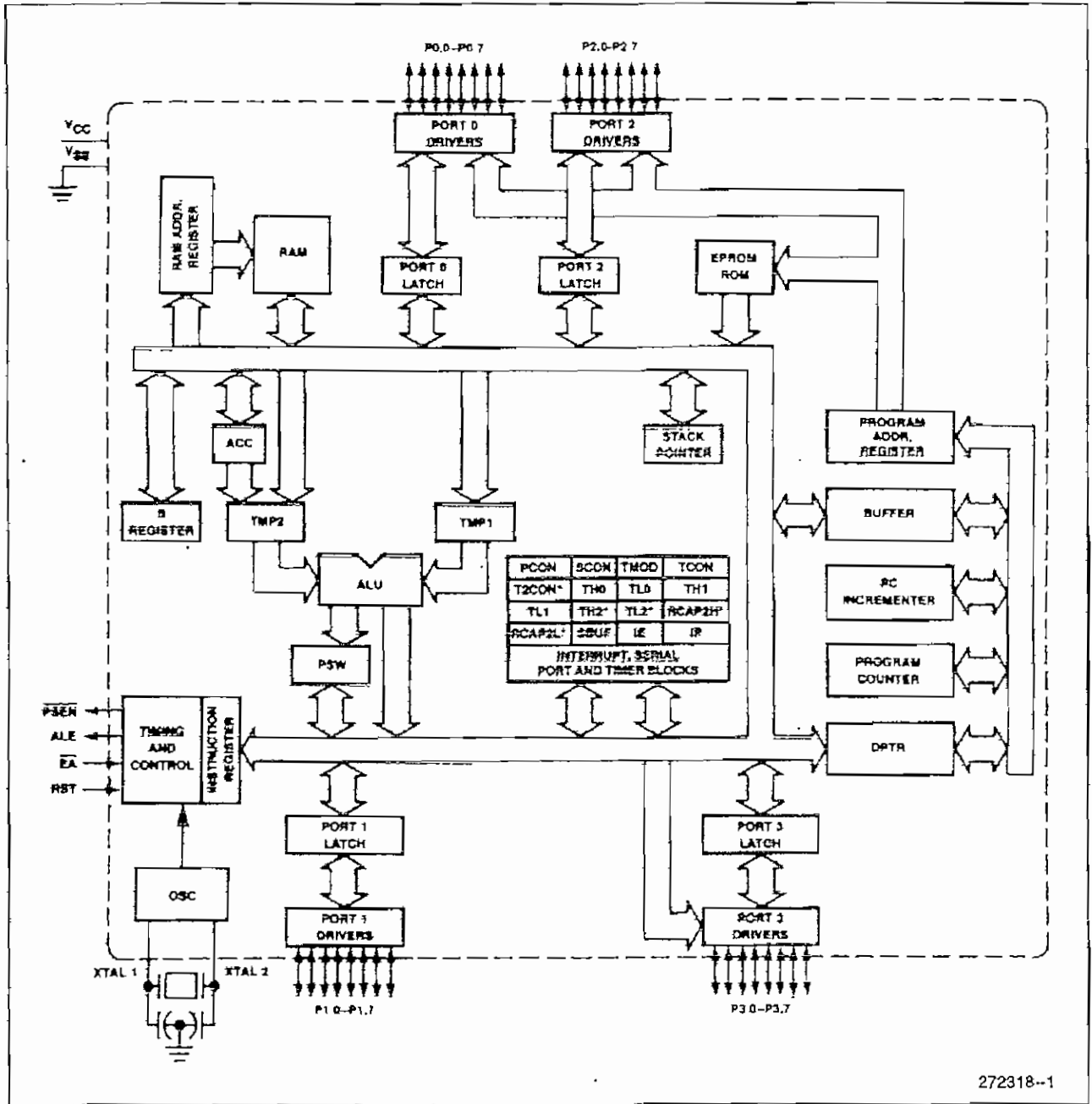
The MCS<sup>®</sup> 51 controllers are optimized for control applications. Byte-processing and numerical operations on small data structures are facilitated by a variety of fast addressing modes for accessing the internal RAM. The instruction set provides a convenient menu of 8-bit arithmetic instructions, including multiply and divide instructions. Extensive on-chip support is provided for one-bit variables as a separate data type, allowing direct bit manipulation and testing in control and logic systems that require Boolean processing.

The 8751H is an EPROM version of the 8051AH. It has 4 Kbytes of electrically programmable ROM which can be erased with ultraviolet light. It is fully compatible with the 8051AH but incorporates one additional feature: a Program Memory Security bit that can be used to protect the EPROM against unauthorized readout. The 8751H-8 is identical to the 8751H but only operates up to 8 MHz.

The 8051AHP is identical to the 8051AH with the exception of the Protection Feature. To incorporate this Protection Feature, program verification has been disabled and external memory accesses have been limited to 4K.

The 8052AH is an enhanced version of the 8051AH. It is backwards compatible with the 8051AH and is fabricated with HMOS II technology. The 8052AH enhancements are listed in the table below. Also refer to this table for the ROM, ROMless and EPROM versions of each product.

Device	Internal Memory		Timers/ Event Counters	Interrupts
	Program	Data		
8031AH	none	128 x 8 RAM	2 x 16-Bit	5
8051AH	4K x 8 ROM	128 x 8 RAM	2 x 16-Bit	5
8051AHP	4K x 8 ROM	128 x 8 RAM	2 x 16-Bit	5
8751H	4K x 8 EPROM	128 x 8 RAM	2 x 16-Bit	5
8751H-8	4K x 8 EPROM	128 x 8 RAM	2 x 16-Bit	5
8751BH	4K x 8 EPROM	128 x 8 RAM	2 x 16-Bit	5
8032AH	none	256 x 8 RAM	3 x 16-Bit	6
8052AH	8K x 8 ROM	256 x 8 RAM	3 x 16-Bit	6
8752BH	8K x 8 EPROM	256 x 8 RAM	3 x 16-Bit	6



272318--1

Figure 1. MCS® 51 Controller Block Diagram

**PROCESS INFORMATION**

The 8031AH/8051AH and 8032AH/8052AH devices are manufactured on P414.1, an HMOS II process. The 8751H/8751H-8 devices are manufactured on P421.X, an HMOS-E process. The 8751BH and 8752BH devices are manufactured on P422. Additional process and reliability information is available in Intel's *Components Quality and Reliability Handbook*, Order No. 210997.

PACKAGES

Part	Prefix	Package Type	$\theta_{ja}$	$\theta_{jc}$
8051AH	P	40-Pin Plastic DIP	45°C/W	16°C/W
8031AH	D	40-Pin CERDIP	45°C/W	15°C/W
8052AH	N	44-Pin PLCC	46°C/W	16°C/W
8032AH				
8752BH*				
8751H	D	40-Pin CERDIP	45°C/W	15°C/W
8751H-8				
8051AHP	P	40-Pin Plastic DIP	45°C/W	16°C/W
	D	40-Pin CERDIP	45°C/W	15°C/W
8751BH	P	40-Pin Plastic DIP	36°C/W	12°C/W
	N	44-Pin PLCC	47°C/W	16°C/W

NOTE:

\*8752BH is 36°/10° for D, and 38°/22° for N.

All thermal impedance data is approximate for static air conditions at 1W of power dissipation. Values will change depending on operating conditions and application. See the Intel *Packaging Handbook* (Order Number 240800) for a description of Intel's thermal impedance test methodology.

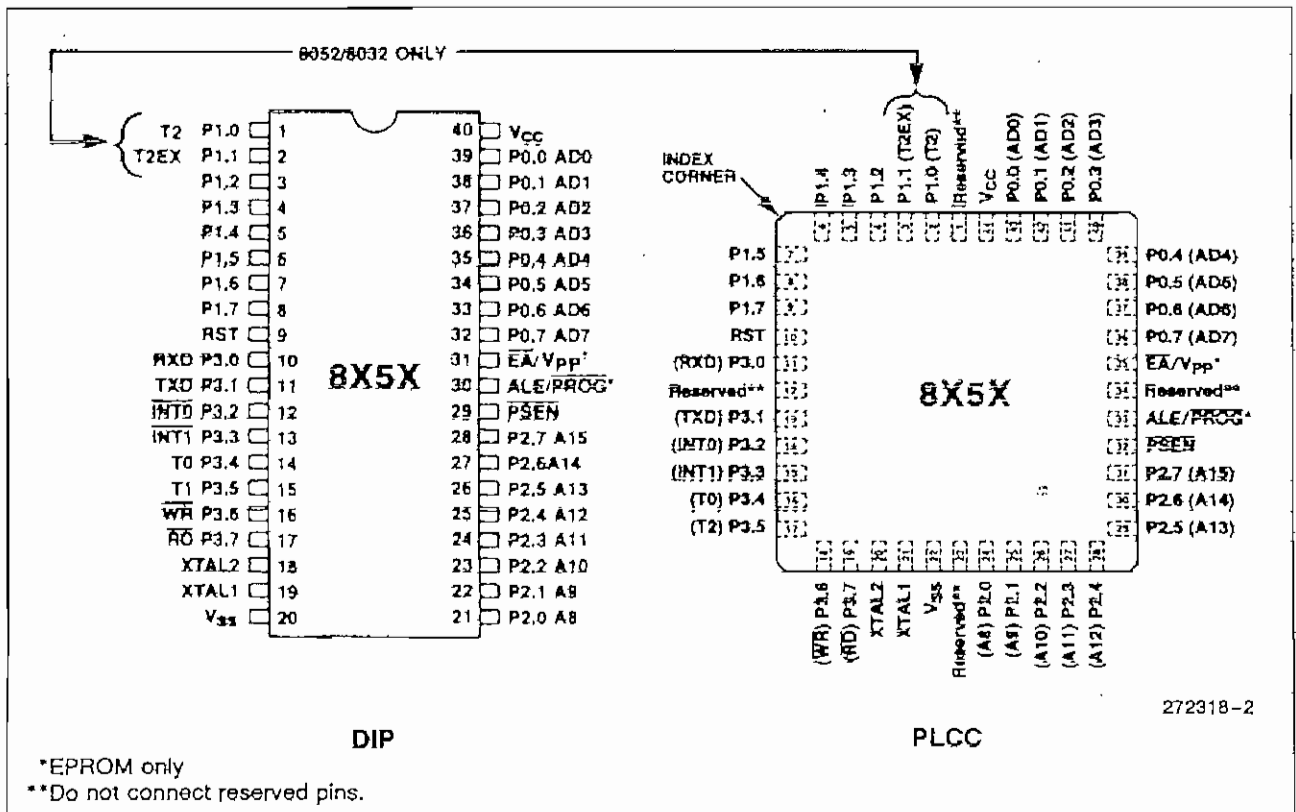


Figure 2. MCS® 51 Controller Connections



## PIN DESCRIPTIONS

**V<sub>CC</sub>**: Supply voltage.

**V<sub>SS</sub>**: Circuit ground.

**Port 0:** Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port each pin can sink 8 LS TTL inputs.

Port 0 pins that have 1's written to them float, and in that state can be used as high-impedance inputs.

Port 0 is also the multiplexed low-order address and data bus during accesses to external Program and Data Memory. In this application it uses strong internal pullups when emitting 1's and can source and sink 8 LS TTL inputs.

Port 0 also receives the code bytes during programming of the EPROM parts, and outputs the code bytes during program verification of the ROM and EPROM parts. External pullups are required during program verification.

**Port 1:** Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source 4 LS TTL inputs. Port 1 pins that have 1's written to them are pulled high by the internal pullups, and in that state can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally pulled low will source current ( $I_{IL}$  on the data sheet) because of the internal pullups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during programming of the EPROM parts and during program verification of the ROM and EPROM parts.

In the 8032AH, 8052AH and 8752BH, Port 1 pins P1.0 and P1.1 also serve the T2 and T2EX functions, respectively.

Port Pin	Alternative Function
P1.0 P1.1	T2 (Timer/Counter 2 External Input) T2EX (Timer/Counter 2 Capture/Reload Trigger)

**Port 2:** Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source 4 LS TTL inputs. Port 2 pins that have 1's written to them are pulled high by the internal pullups, and in that state can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally pulled low will source current ( $I_{IL}$  on the data sheet) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external Program Memory and during accesses to external Data Memory that use 16-bit addresses (MOVX @DPTR). In this application it uses strong internal pullups when emitting 1's. During accesses to external Data Memory that use 8-bit addresses (MOVX @Ri), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits during programming of the EPROM parts and during program verification of the ROM and EPROM parts.

The protection feature of the 8051AHP causes bits P2.4 through P2.7 to be forced to 0, effectively limiting external Data and Code space to 4K each during external accesses.

**Port 3:** Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source 4 LS TTL inputs. Port 3 pins that have 1's written to them are pulled high by the internal pullups, and in that state can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally pulled low will source current ( $I_{IL}$  on the data sheet) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the MCS 51 Family, as listed below:

Port Pin	Alternative Function
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (Timer 0 external input)
P3.5	T1 (Timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

**RST:** Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

**ALE/PROG:** Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (PROG) during programming of the EPROM parts.

In normal operation ALE is emitted at a constant rate of  $\frac{1}{6}$  the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external Data Memory.

**PSEN:** Program Store Enable is the read strobe to external Program Memory.

When the device is executing code from external Program Memory,  $\overline{\text{PSEN}}$  is activated twice each machine cycle, except that two  $\overline{\text{PSEN}}$  activations are skipped during each access to external Data Memory.

**$\overline{\text{EA}}/V_{pp}$ :** External Access enable  $\overline{\text{EA}}$  must be strapped to  $V_{SS}$  in order to enable any MCS 51 device to fetch code from external Program memory locations starting at 0000H up to FFFFH.  $\overline{\text{EA}}$  must be strapped to  $V_{CC}$  for internal program execution.

Note, however, that if the Security Bit in the EPROM devices is programmed, the device will not fetch code from any location in external Program Memory.

This pin also receives the programming supply voltage ( $V_{PP}$ ) during programming of the EPROM parts.

To drive the device from an external clock source, XTAL1 should be grounded, while XTAL2 is driven, as shown in Figure 4. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum high and low times specified on the data sheet must be observed.

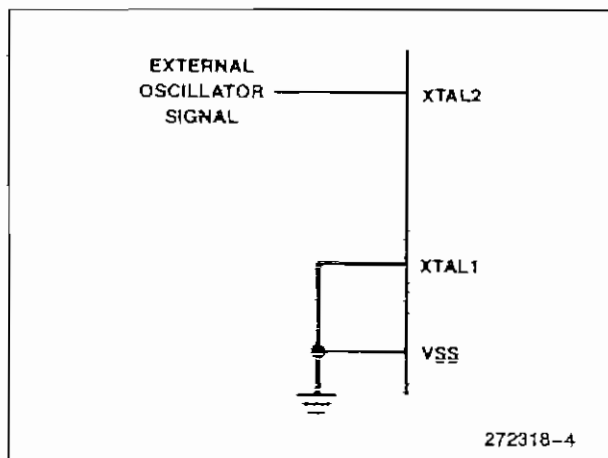


Figure 4. External Drive Configuration

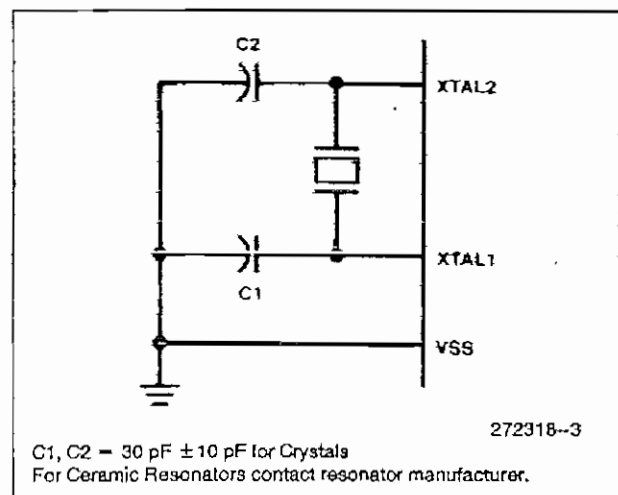


Figure 3. Oscillator Connections

**XTAL1:** Input to the inverting oscillator amplifier.

**XTAL2:** Output from the inverting oscillator amplifier.

### OSCILLATOR CHARACTERISTICS

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 3. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. More detailed information concerning the use of the on-chip oscillator is available in Application Note AP-155, "Oscillators for Microcontrollers," Order No. 230659.

### EXPRESS Version

The Intel EXPRESS system offers enhancements to the operational specifications of the MCS 51 family of microcontrollers. These EXPRESS products are designed to meet the needs of those applications whose operating requirements exceed commercial standards.

The EXPRESS program includes the commercial standard temperature range with burn-in, and an extended temperature range with or without burn-in.

With the commercial standard temperature range, operational characteristics are guaranteed over the temperature range of 0°C to +70°C. With the extended temperature range option, operational characteristics are guaranteed over a range of -40°C to +85°C.

The optional burn-in is dynamic, for a minimum time of 160 hours at 125°C with  $V_{CC} = 5.5V \pm 0.25V$ , following guidelines in MIL-STD-883, Method 1015.

Package types and EXPRESS versions are identified by a one- or two-letter prefix to the part number. The prefixes are listed in Table 1.

For the extended temperature range option, this data sheet specifies the parameters which deviate from their commercial temperature range limits.

Table 1. EXPRESS Prefix Identification

Prefix	Package Type	Temperature Range	Burn-In
P	Plastic	Commercial	No
D	Cerdip	Commercial	No
N	PLCC	Commercial	No
TD	Cerdip	Extended	No
TP	Plastic	Extended	No
TN	PLCC	Extended	No
LD	Cerdip	Extended	Yes
LP	Plastic	Extended	Yes

**NOTE:**

Contact distributor or local sales office to match EXPRESS prefix with proper device.

**DESIGN CONSIDERATIONS**

- If an 8751BH or 8752BH is replacing an 8751H in a future design, the user should carefully compare both data sheets for DC or AC Characteristic differences. Note that the  $V_{IH}$  and  $I_{IH}$  specifications for the  $\overline{EA}$  pin differ significantly between the devices.
- Exposure to light when the EPROM device is in operation may cause logic errors. For this reason, it is suggested that an opaque label be placed over the window when the die is exposed to ambient light.

- The 8051AHP cannot access external Program or Data memory above 4K. This means that the following Instructions that use the Data Pointer only read/write data at address locations below 0FFFH:

```
MOVX A,@DPTR
MOVX @DPTR, A
```

When the Data Pointer contains an address above the 4K limit, those locations will not be accessed.

To access Data Memory above 4K, the MOVX @Ri,A or MOVX A,@Ri instructions must be used.

**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS\***

Ambient Temperature Under Bias	-40°C to +85°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on $\overline{EA}/V_{PP}$ Pin to $V_{SS}$	
8751H	-0.5V to +21.5V
8751BH/8752BH	-0.5V to +13.0V
Voltage on Any Other Pin to $V_{SS}$	-0.5V to +7V
Power Dissipation	1.5W

NOTICE: This is a production data sheet. It is valid for the devices indicated in the revision history. The specifications are subject to change without notice.

*\*WARNING: Stressing the device beyond the "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage. These are stress ratings only. Operation beyond the "Operating Conditions" is not recommended and extended exposure beyond the "Operating Conditions" may affect device reliability.*

**OPERATING CONDITIONS**

Symbol	Description	Min	Max	Units
$T_A$	Ambient Temperature Under Bias			
	Commercial	0	+70	°C
	Express	-40	+85	°C
$V_{CC}$	Supply Voltage	4.5	5.5	V
$F_{OSC}$	Oscillator Frequency	3.5	12	MHz

**DC CHARACTERISTICS** (Over Operating Conditions)  
 All parameter values apply to all devices unless otherwise indicated

Symbol	Parameter	Min	Max	Units	Test Conditions
$V_{IL}$	Input Low Voltage (Except $\overline{EA}$ Pin of 8751H and 8751H-8)	-0.5	0.8	V	
$V_{IL1}$	Input Low Voltage to $\overline{EA}$ Pin of 8751H and 8751H-8	0	0.7	V	
$V_{IH}$	Input High Voltage (Except XTAL2, RST)	2.0	$V_{CC} + 0.5$	V	
$V_{IH1}$	Input High Voltage to XTAL2, RST	2.5	$V_{CC} + 0.5$	V	XTAL1 = $V_{SS}$
$V_{IH2}$	Input High Voltage to $\overline{EA}$ pin of 8751BH and 8752BH	4.5	5.5V	V	
$V_{OL}$	Output Low Voltage (Ports 1, 2, 3)*		0.45	V	$I_{OL} = 1.6$ mA
$V_{OL1}$	Output Low Voltage (Port 0, ALE, PSEN)*		0.60	V	$I_{OL} = 3.2$ mA
	8751H, 8751H-8		0.45	V	$I_{OL} = 2.4$ mA
	All Others		0.45	V	$I_{OL} = 3.2$ mA
$V_{OH}$	Output High Voltage (Ports 1, 2, 3, ALE, PSEN)	2.4		V	$I_{OH} = -80$ $\mu$ A
$V_{OH1}$	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	2.4		V	$I_{OH} = -400$ $\mu$ A
$I_{IL}$	Logical 0 Input Current (Ports 1, 2, 3, and RST)		-500	$\mu$ A	$V_{IN} = 0.45$ V
$I_{IL1}$	Logical 0 Input Current ( $\overline{EA}$ )		-15	mA	$V_{IN} = 0.45$ V
	8751H and 8751H-8		-10	mA	$V_{IN} = V_{SS}$
	8751BH			mA	$V_{IN} = V_{SS}$
	8752BH	-10	0.5	mA	$V_{IN} = V_{SS}$

## DC CHARACTERISTICS (Over Operating Conditions)

All parameter values apply to all devices unless otherwise indicated (Continued)

Symbol	Parameter	Min	Max	Units	Test Conditions
$I_{IL2}$	Logical 0 Input Current (XTAL2)		-3.2	mA	$V_{IN} = 0.45V$
$I_{LI}$	Input Leakage Current (Port 0) 8751H and 8751H-8 All Others		$\pm 100$ $\pm 10$	$\mu A$ $\mu A$	$0.45 \leq V_{IN} \leq V_{CC}$ $0.45 \leq V_{IN} \leq V_{CC}$
$I_{IH}$	Logical 1 Input Current ( $\overline{EA}$ ) 8751H and 8751H-8 8751BH/8752BH		500 1	$\mu A$ mA	$V_{IN} = 2.4V$ $4.5V < V_{IN} < 5.5V$
$I_{IH1}$	Input Current to RST to Activate Reset		500	$\mu A$	$V_{IN} < (V_{CC} - 1.5V)$
$I_{CC}$	Power Supply Current: 8031AH/8051AH/8051AHP 8032AH/8052AH/8751BH/8752BH 8751H/8751H-8		125 175 250	mA mA mA	All Outputs Disconnected; $\overline{EA} = V_{CC}$
$C_{IO}$	Pin Capacitance		10	pF	Test freq = 1 MHz

### NOTES:

1. Capacitive loading on Ports 0 and 2 may cause spurious noise pulses to be superimposed on the  $V_{OLs}$  of ALE/ $\overline{PROG}$  and Ports 1 and 3. The noise is due to external bus capacitance discharging into the Port 0 and Port 2 pins when these pins make 1-to-0 transitions during bus operations. In the worst cases (capacitive loading > 100 pF), the noise pulse on the ALE/ $\overline{PROG}$  pin may exceed 0.8V. In such cases it may be desirable to qualify ALE with a Schmitt Trigger, or use an address latch with a Schmitt Trigger STROBE input.

2. ALE/ $\overline{PROG}$  refers to a pin on the 8751BH. ALE refers to a timing signal that is output on the ALE/ $\overline{PROG}$  pin.

3. Under steady state (non-transient) conditions,  $I_{OL}$  must be externally limited as follows:

Maximum $I_{OL}$ per port pin:	10 mA
Maximum $I_{OL}$ per 8-bit port -	
Port 0:	26 mA
Ports 1, 2, and 3:	15 mA
Maximum total $I_{OL}$ for all output pins:	71 mA

If  $I_{OL}$  exceeds the test condition,  $V_{OL}$  may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

## EXPLANATION OF THE AC SYMBOLS

Each timing symbol has 5 characters. The first character is always a 'T' (stands for time). The other characters, depending on their positions, stand for the name of a signal or the logical status of that signal. The following is a list of all the characters and what they stand for.

- A: Address
- C: Clock
- D: Input Data
- H: Logic level HIGH
- I: Instruction (program memory contents)

- L: Logic level LOW, or ALE
- P: PSEN
- Q: Output data
- R:  $\overline{RD}$  signal
- T: Time
- V: Valid
- W:  $\overline{WR}$  signal
- X: No longer a valid logic level
- Z: Float

For example,

- TAVLL = Time from Address Valid to ALE Low.
- TLLPL = Time from ALE Low to PSEN Low.

**AC CHARACTERISTICS** (Under Operating Conditions; Load Capacitance for Port 0, ALE/ $\overline{PROG}$ , and PSEN = 100 pF; Load Capacitance for All Other Outputs = 80 pF)

## EXTERNAL PROGRAM MEMORY CHARACTERISTICS

Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
1/TCLCL	Oscillator Frequency			3.5	12.0	MHz
TLHLL	ALE Pulse Width	127		2TCLCL - 40		ns
TAVLL	Address Valid to ALE Low	43		TCLCL - 40		ns
TLLAX	Address Hold after ALE Low	48		TCLCL - 35		ns
TLLIV	ALE Low to Valid Instr In				4TCLCL - 150	ns
			8751H			183
	All Others		233			ns
TLLPL	ALE Low to $\overline{PSEN}$ Low	58		TCLCL - 25		ns
TPLPH	$\overline{PSEN}$ Pulse Width			3TCLCL - 60		ns
			8751H			190
	All Others		215			ns
TPLIV	$\overline{PSEN}$ Low to Valid Instr In				3TCLCL - 150	ns
			8751H			100
	All Others		125			ns
TPXIX	Input Instr Hold after $\overline{PSEN}$	0		0		ns
TPXIZ	Input Instr Float after $\overline{PSEN}$		63		TCLCL - 20	ns
TPXAV	$\overline{PSEN}$ to Address Valid	75		TCLCL - 8		ns
TAVIV	Address to Valid Instr In				5TCLCL - 150	ns
			8751H			267
	All Others		302			ns
TPLAZ	$\overline{PSEN}$ Low to Address Float		20		20	ns
TRLRH	$\overline{RD}$ Pulse Width	400		6TCLCL - 100		ns
TWLWH	$\overline{WR}$ Pulse Width	400		6TCLCL - 100		ns
TRLDV	$\overline{RD}$ Low to Valid Data In		252		5TCLCL = 165	ns
TRHDZ	Data Hold after $\overline{RD}$	0		0		ns
TRHDZ	Data Float after $\overline{RD}$		97		2TCLCL - 70	ns
TLLDV	ALE Low to Valid Data In		517		8TCLCL - 150	ns
TAVDV	Address to Valid Data In		585		9TCLCL - 165	ns

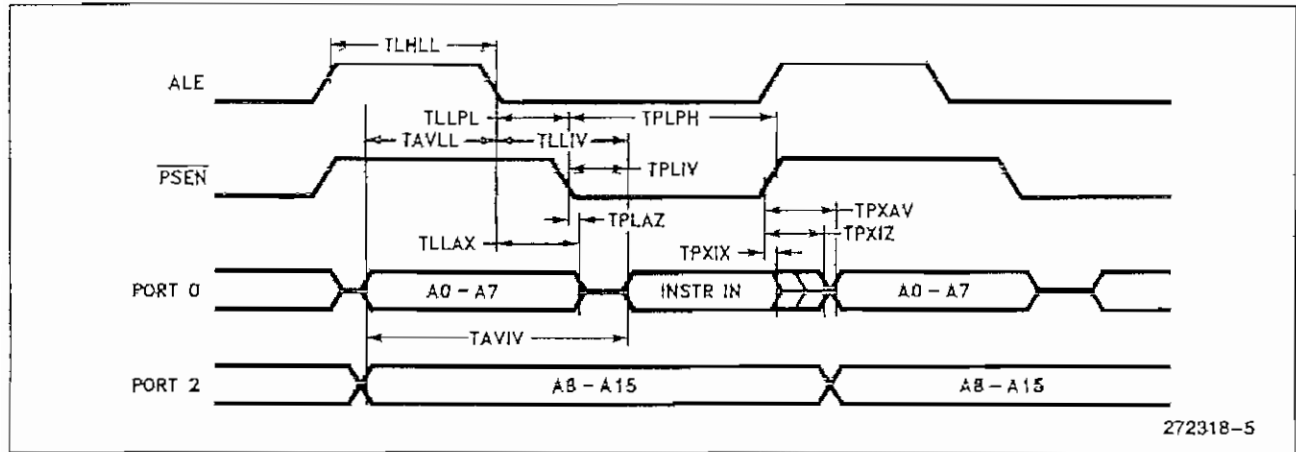
## EXTERNAL PROGRAM MEMORY CHARACTERISTICS (Continued)

Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
TLLWL	ALE Low to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	200	300	$3TCLCL - 50$	$3TCLCL + 50$	ns
TAVWL	Address to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	203		$4TCLCL - 130$		ns
TQVWX	Data Valid to $\overline{WR}$ Transition					
	8751H	13		$TCLCL - 70$		ns
	All Others	23		$TCLCL - 60$		ns
TQVWH	Data Valid to $\overline{WR}$ High	433		$7TCLCL - 150$		ns
TWHQX	Data Hold after $\overline{WR}$	33		$TCLCL - 50$		ns
TRLAZ	$\overline{RD}$ Low to Address Float		20		20	ns
TWHLH	$\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE High					
	8751H	33	133	$TCLCL - 50$	$TCLCL + 50$	ns
	All Others	43	123	$TCLCL - 40$	$TCLCL + 40$	ns

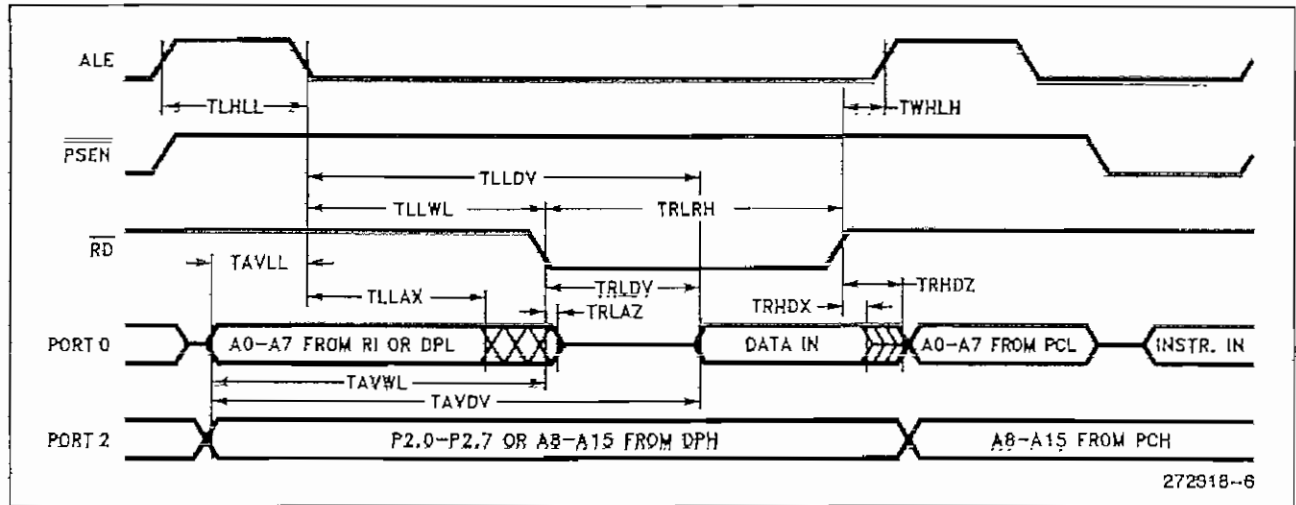
## NOTE:

\*The 8751H-8 is identical to the 8751H but only operates up to 8 MHz. When calculating the AC Characteristics for the 8751H-8, use the 8751H formula for variable oscillators.

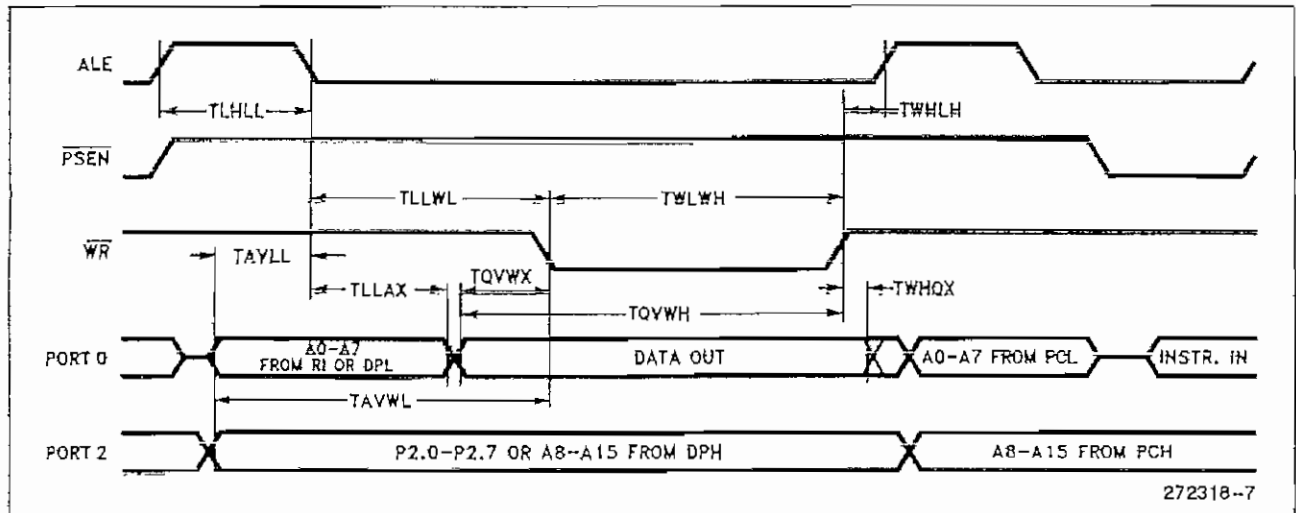
**EXTERNAL PROGRAM MEMORY READ CYCLE**



**EXTERNAL DATA MEMORY READ CYCLE**



**EXTERNAL DATA MEMORY WRITE CYCLE**



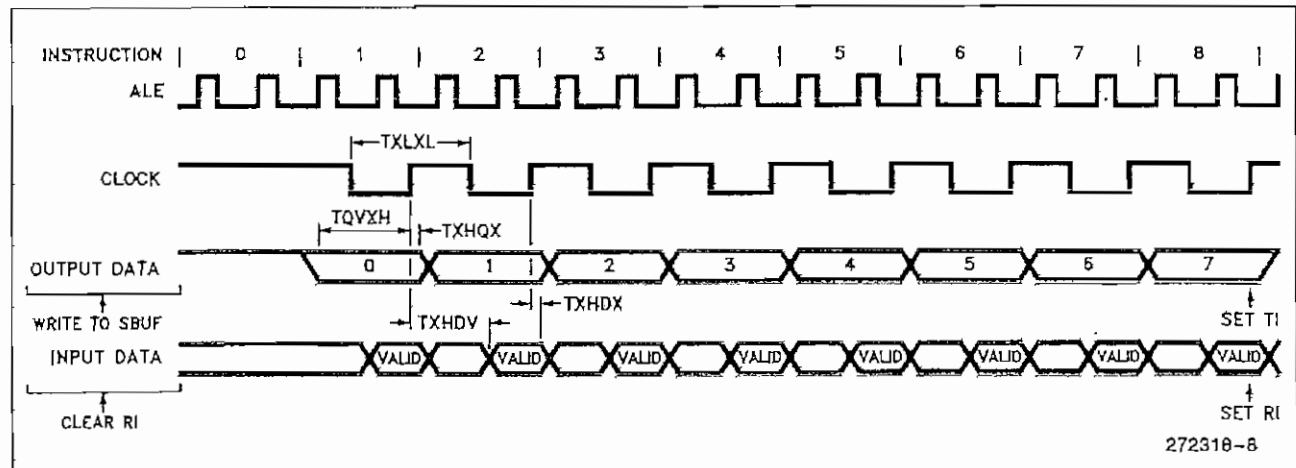


### SERIAL PORT TIMING—SHIFT REGISTER MODE

Test Conditions: Over Operating Conditions; Load Capacitance = 80 pF

Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
TXLXL	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		12TCLCL		μs
TQVXH	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		10TCLCL - 133		ns
TXHQX	Output Data Hold after Clock Rising Edge	50		2TCLCL - 117		ns
TXHDX	Input Data Hold after Clock Rising Edge	0		0		ns
TXHDV	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		10TCLCL - 133	ns

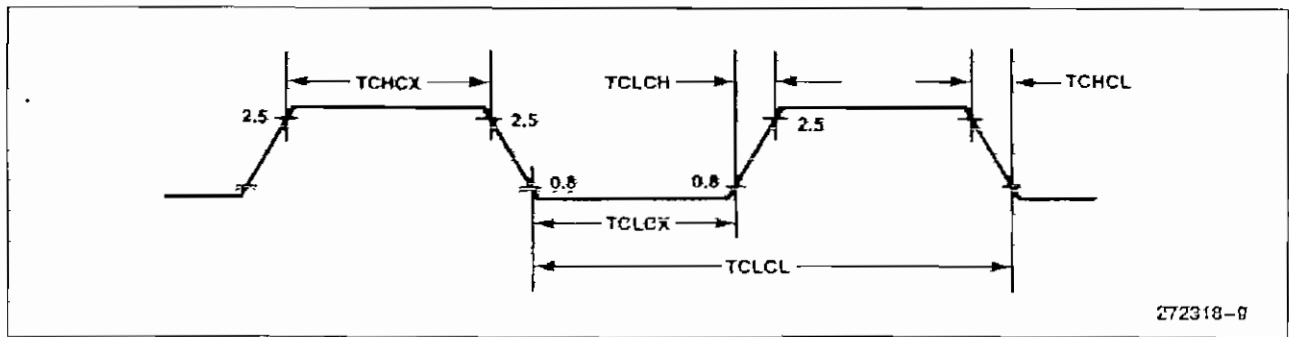
### SHIFT REGISTER MODE TIMING WAVEFORMS



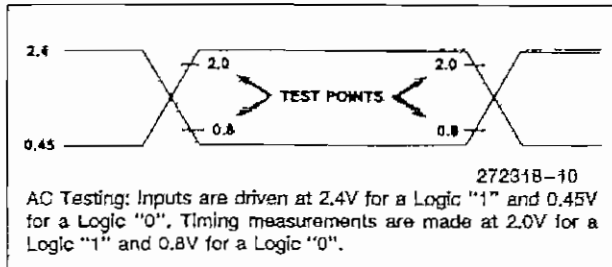
**EXTERNAL CLOCK DRIVE**

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
1/TCLCL	Oscillator Frequency (except 8751H-8) 8751H-8	3.5 3.5	12 8	MHz MHz
TCHCX	High Time	20		ns
TCLCX	Low Time	20		ns
TCLCH	Rise Time		20	ns
TCHCL	Fall Time		20	ns

**EXTERNAL CLOCK DRIVE WAVEFORM**



**AC TESTING INPUT, OUTPUT WAVEFORM**



EPROM CHARACTERISTICS

Table 3. EPROM Programming Modes

Mode	RST	PSEN	ALE	$\overline{EA}$	P2.7	P2.6	P2.5	P2.4
Program	1	0	0*	VPP	1	0	X	X
Verify	1	0	1	1	0	0	X	X
Security Set	1	0	0*	VPP	1	1	X	X

**NOTE:**  
 "1" = logic high for that pin  
 "0" = logic low for that pin  
 "X" = "don't care"

"VPP" = +21V ±0.5V  
 \*ALE is pulsed low for 50 ms.

PROGRAMMING THE 8751H

To be programmed, the part must be running with a 4 to 6 MHz oscillator. (The reason the oscillator needs to be running is that the internal bus is being used to transfer address and program data to appropriate internal registers.) The address of an EPROM location to be programmed is applied to Port 1 and pins P2.0–P2.3 of Port 2, while the code byte to be programmed into that location is applied to Port 0. The other Port 2 pins, and RST, PSEN, and  $\overline{EA}$ /Vpp should be held at the "Program" levels indicated in Table 3. ALE/PROG is pulsed low for 50 ms to program the code byte into the addressed EPROM location. The setup is shown in Figure 5.

Normally  $\overline{EA}$ /Vpp is held at a logic high until just before ALE/PROG is to be pulsed. Then  $\overline{EA}$ /Vpp is raised to +21V, ALE/PROG is pulsed, and then  $\overline{EA}$ /Vpp is returned to a logic high. Waveforms and detailed timing specifications are shown in later sections of this data sheet.

Note that the  $\overline{EA}$ /Vpp pin must not be allowed to go above the maximum specified Vpp level of 21.5V for any amount of time. Even a narrow glitch above that voltage level can cause permanent damage to the device. The Vpp source should be well regulated and free of glitches.

Program Verification

If the Security Bit has not been programmed, the on-chip Program Memory can be read out for verification purposes, if desired, either during or after the programming operation. The address of the Program Memory location to be read is applied to Port 1 and pins P2.0–P2.3. The other pins should be held at the "Verify" levels indicated in Table 3. The contents of the addressed location will come out on Port 0. External pullups are required on Port 0 for this operation.

The setup, which is shown in Figure 6, is the same as for programming the EPROM except that pin P2.7 is held at a logic low, or may be used as an active-low read strobe.

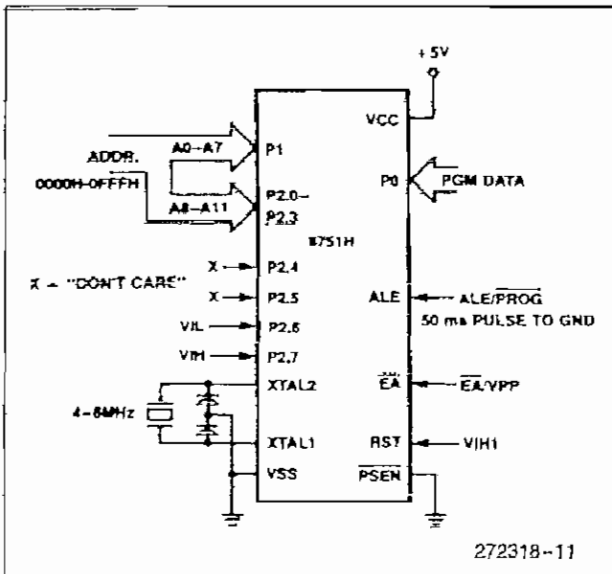


Figure 5. Programming Configuration

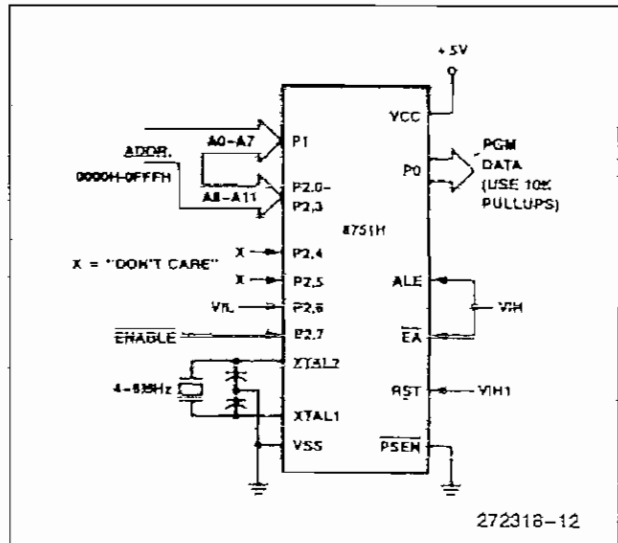


Figure 6. Program Verification

### EPROM Security

The security feature consists of a "locking" bit which when programmed denies electrical access by any external means to the on-chip Program Memory. The bit is programmed as shown in Figure 7. The setup and procedure are the same as for normal EPROM programming, except that P2.6 is held at a logic high. Port 0, Port 1 and pins P2.0–P2.3 may be in any state. The other pins should be held at the "Security" levels indicated in Table 3.

Once the Security Bit has been programmed, it can be cleared only by full erasure of the Program Memory. While it is programmed, the internal Program Memory can not be read out, the device can not be further programmed, and it **can not execute out of external program memory**. Erasing the EPROM, thus cleaning the Security Bit, restores the device's full functionality. It can then be reprogrammed.

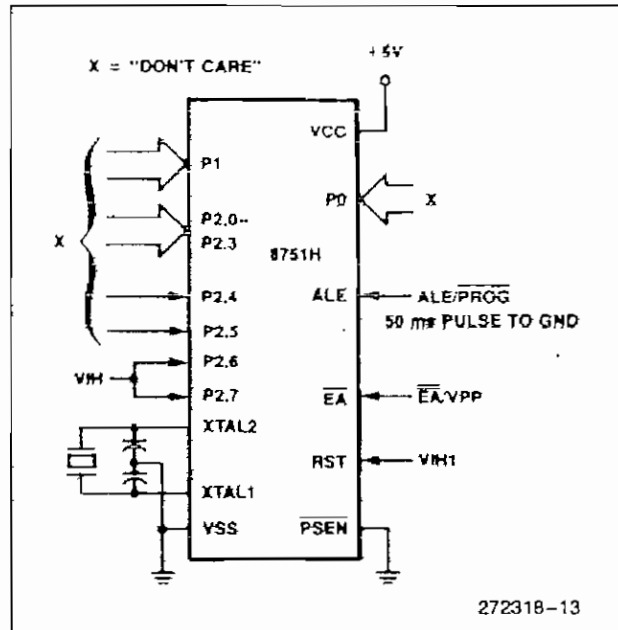


Figure 7. Programming the Security Bit

### Erasure Characteristics

Erasure of the EPROM begins to occur when the device is exposed to light with wavelengths shorter than approximately 4,000 Angstroms. Since sunlight and fluorescent lighting have wavelengths in this range, exposure to these light sources over an extended time (about 1 week in sunlight, or 3 years in room-level fluorescent lighting) could cause inadvertent erasure. If an application subjects the device to this type of exposure, it is suggested that an opaque label be placed over the window.

The recommended erasure procedure is exposure to ultraviolet light (at 2537 Angstroms) to an integrated dose of at least 15 W-sec/cm<sup>2</sup>. Exposing the EPROM to an ultraviolet lamp of 12,000 μW/cm<sup>2</sup> rating for 20 to 30 minutes, at a distance of about 1 inch, should be sufficient.

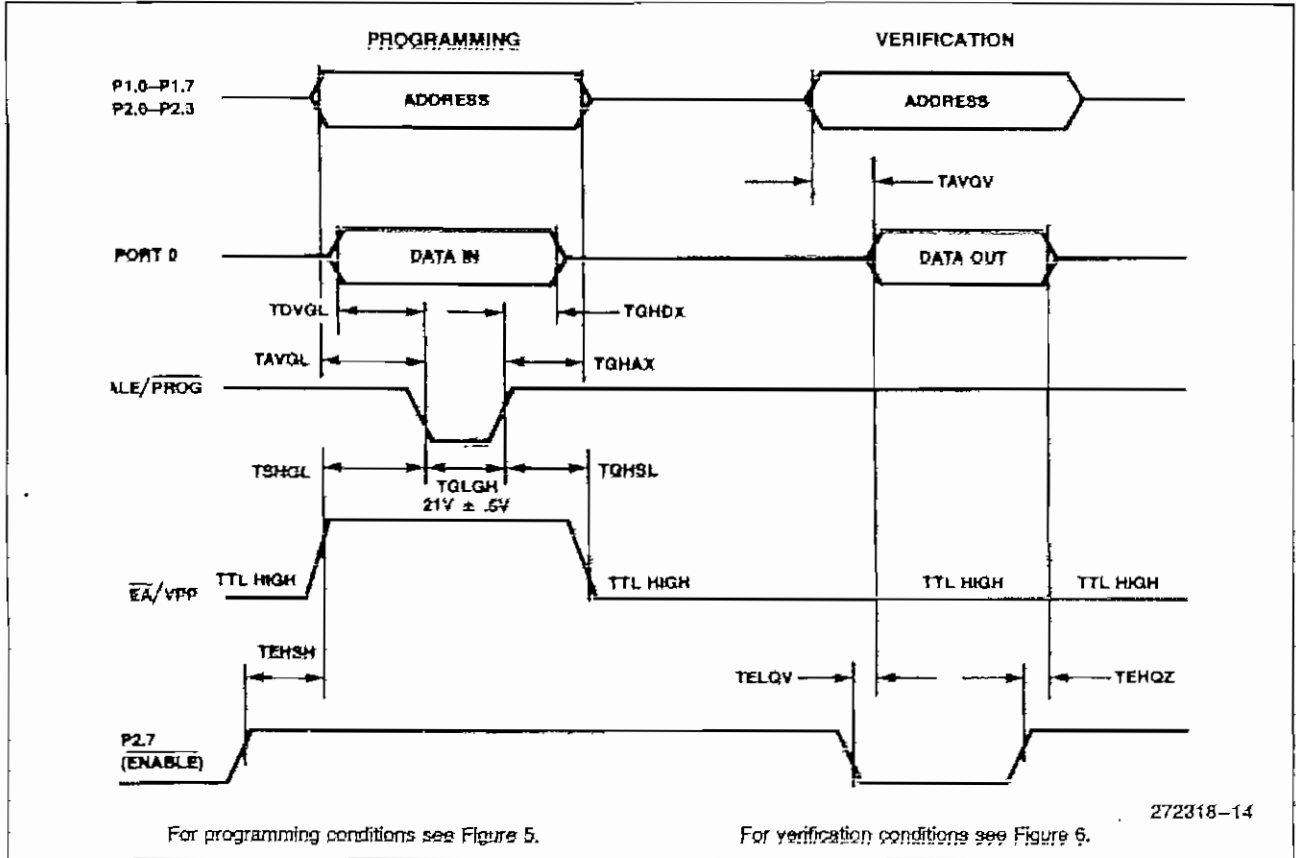
Erasure leaves the array in an all 1's state.

### EPROM PROGRAMMING AND VERIFICATION CHARACTERISTICS

T<sub>A</sub> = 21°C to 27°C; VCC = 5V ± 10%; VSS = 0V

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
VPP	Programming Supply Voltage	20.5	21.5	V
IPP	Programming Supply Current		30	mA
1/TCLCL	Oscillator Frequency	4	6	MHz
TAVGL	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	48TCLCL		
TGHAX	Address Hold after $\overline{\text{PROG}}$	48TCLCL		
TDVGL	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	48TCLCL		
TGHDX	Data Hold after $\overline{\text{PROG}}$	48TCLCL		
TEHSH	P2.7 (ENABLE) High to VPP	48TCLCL		
TSHGL	VPP Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		μs
TGHSL	VPP Hold after $\overline{\text{PROG}}$	10		μs
TGLGH	$\overline{\text{PROG}}$ Width	45	55	ms
TAVQV	Address to Data Valid		48TCLCL	
TELQV	$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		48TCLCL	
TEHQZ	Data Float after $\overline{\text{ENABLE}}$	0	48TCLCL	

EPROM PROGRAMMING AND VERIFICATION WAVEFORMS



## Programming the 8751BH/8752BH

To be programmed, the 875XBH must be running with a 4 to 6 MHz oscillator. (The reason the oscillator needs to be running is that the internal bus is being used to transfer address and program data to appropriate internal registers.) The address of an EPROM location to be programmed is applied to Port 1 and pins P2.0 - P2.4 of Port 2, while the code byte to be programmed into that location is applied to Port 0. The other Port 2 and 3 pins, and RST, PSEN, and  $\overline{EA}/V_{PP}$  should be held at the "Program" levels indicated in Table 1. ALE/ $\overline{PROG}$  is pulsed low to program the code byte into the addressed EPROM location. The setup is shown in Figure 8.

Normally  $\overline{EA}/V_{PP}$  is held at a logic high until just before ALE/ $\overline{PROG}$  is to be pulsed. Then  $\overline{EA}/V_{PP}$  is raised to  $V_{PP}$ , ALE/ $\overline{PROG}$  is pulsed low, and then  $\overline{EA}/V_{PP}$  is returned to a valid high voltage. The voltage on the  $\overline{EA}/V_{PP}$  pin must be at the valid  $\overline{EA}/V_{PP}$  high level before a verify is attempted. Waveforms and detailed timing specifications are shown in later sections of this data sheet.

Note that the  $\overline{EA}/V_{PP}$  pin must not be allowed to go above the maximum specified  $V_{PP}$  level for any amount of time. Even a narrow glitch above that voltage level can cause permanent damage to the device. The  $V_{PP}$  source should be well regulated and free of glitches.

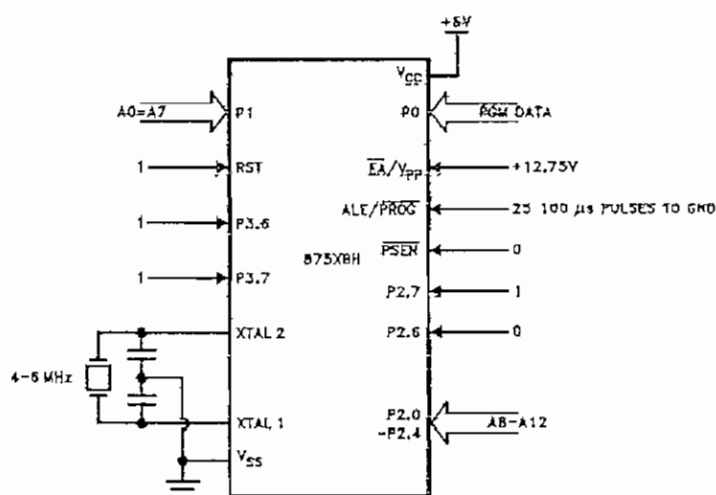


Figure 8. Programming the EPROM

Table 4. EPROM Programming Modes for 875XBH

MODE	RST	PSEN	ALE/ PROG	$\overline{EA}/$ $V_{PP}$	P2.7	P2.6	P3.6	P3.7
Program Code Data	1	0	0*	$V_{PP}$	1	0	1	1
Verify Code Data	1	0	1	1	0	0	1	1
Program Encryption Table Use Addresses 0-1FH	1	0	0*	$V_{PP}$	1	0	0	1
Program Lock    x=1	1	0	0*	$V_{PP}$	1	1	1	1
Bits (LBx)        x=2	1	0	0*	$V_{PP}$	1	1	0	0
Read Signature	1	0	1	1	0	0	0	0

### NOTES:

"1" = Valid high for that pin

"0" = Valid low for that pin

" $V_{PP}$ " = +12.75V  $\pm$  0.25V

\*ALE/ $\overline{PROG}$  is pulsed low for 100  $\mu$ s for programming. (Quick-Pulse Programming)

## QUICK-PULSE PROGRAMMING ALGORITHM

The 875XBH can be programmed using the Quick-Pulse Programming Algorithm for microcontrollers. The features of the new programming method are a lower  $V_{pp}$  (12.75 volts as compared to 21 volts) and a shorter programming pulse. For example, it is possible to program the entire 8 Kbytes of 875XBH EPROM memory in less than 25 seconds with this algorithm!

To program the part using the new algorithm,  $V_{pp}$  must be  $12.75 \pm 0.25$  Volts.  $\overline{\text{ALE/PROG}}$  is pulsed low for  $100 \mu\text{s}$ , 25 times as shown in Figure 9. Then, the byte just programmed may be verified. After programming, the entire array should be verified. The Program Lock features are programmed using the same method, but with the setup as shown in Table 4. The only difference in programming Lock features is that the Lock features cannot be directly verified. Instead, verification of programming is by observing that their features are enabled.

## PROGRAM VERIFICATION

If the Lock Bits have not been programmed, the on-chip Program Memory can be read out for verification purposes, if desired, either during or after the programming operation. The address of the Program Memory location to be read is applied to Port 1 and pins P2,0 - P2,4. The other pins should be held at the "Verify" levels indicated in Table 1. The contents of the addressed location will come out on Port 0. External pullups are required on Port 0 for this operation. (If the Encryption Array in the EPROM has been programmed, the data present at Port 0 will be Code Data XOR Encryption Data. The user must know the Encryption Array contents to manually "unencrypt" the data during verify.)

The setup, which is shown in Figure 10, is the same as for programming the EPROM except that pin P2,7 is held at a logic low, or may be used as an active low read strobe.

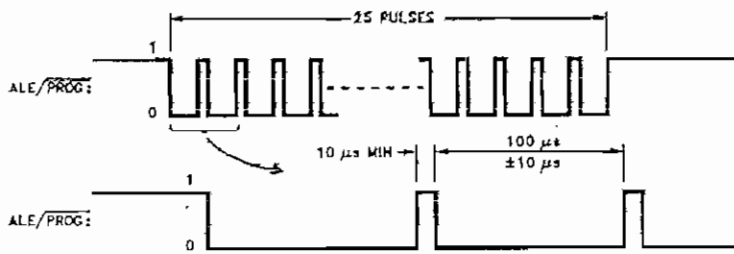
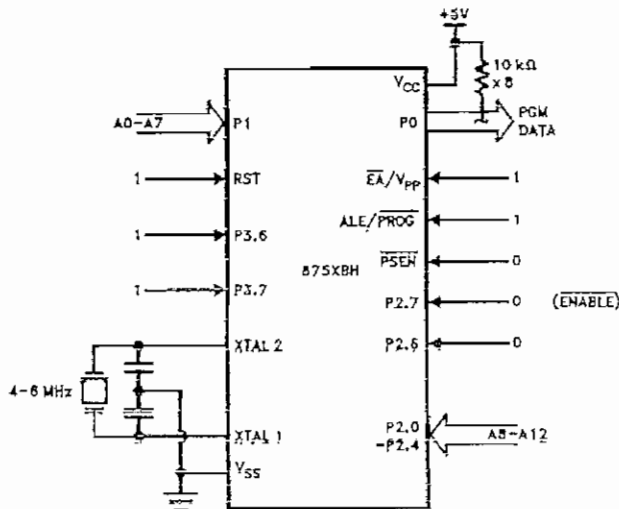


Figure 9. PROG Waveforms



272318-17

Figure 10. Verifying the EPROM

## PROGRAM MEMORY LOCK

The two-level Program Lock system consists of 2 Lock bits and a 32-byte Encryption Array which are used to protect the program memory against software piracy.

## ENCRYPTION ARRAY

Within the EPROM array are 32 bytes of Encryption Array that are initially unprogrammed (all 1s). Every time that a byte is addressed during a verify, 5 address lines are used to select a byte of the Encryption Array. This byte is then exclusive-NORed (XNOR) with the code byte, creating an Encrypted Verify byte. The algorithm, with the array in the unprogrammed state (all 1s), will return the code in its original, unmodified form.

It is recommended that whenever the Encryption Array is used, at least one of the Lock Bits be programmed as well.

## LOCK BITS

Also included in the EPROM Program Lock scheme are two Lock Bits which function as shown in Table 5.

Erasing the EPROM also erases the Encryption Array and the Lock Bits, returning the part to full unlocked functionality.

To ensure proper functionality of the chip, the internally latched value of the  $\bar{E}A$  pin must agree with its external state.

Table 5. Lock Bits and their Features

Lock Bits		Logic Enabled
LB1	LB2	
U	U	Minimum Program Lock features enabled. (Code Verify will still be encrypted by the Encryption Array)
P	U	MOV <sub>C</sub> instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, $\bar{E}A$ is sampled and latched on reset, and further programming of the EPROM is disabled
P	P	Same as above, but Verify is also disabled
U	P	Reserved for Future Definition

P = Programmed  
U = Unprogrammed

## READING THE SIGNATURE BYTES

The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H and 031H, except that P3.6 and P3.7 need to be pulled to a logic low. The values returned are:

- (030H) = 89H indicates manufactured by Intel
- (031H) = 51H indicates 8751BH
- 52H indicates 8752BH



## ERASURE CHARACTERISTICS

Erasure of the EPROM begins to occur when the 8752BH is exposed to light with wavelengths shorter than approximately 4,000 Angstroms. Since sunlight and fluorescent lighting have wavelengths in this range, exposure to these light sources over an extended time (about 1 week in sunlight, or 3 years in room-level fluorescent lighting) could cause inadvertent erasure. If an application subjects the device to

this type of exposure, it is suggested that an opaque label be placed over the window.

The recommended erasure procedure is exposure to ultraviolet light (at 2537 Angstroms) to an integrated dose of at least 15 W-sec/cm. Exposing the EPROM to an ultraviolet lamp of 12,000  $\mu\text{W}/\text{cm}$  rating for 30 minutes, at a distance of about 1 inch, should be sufficient.

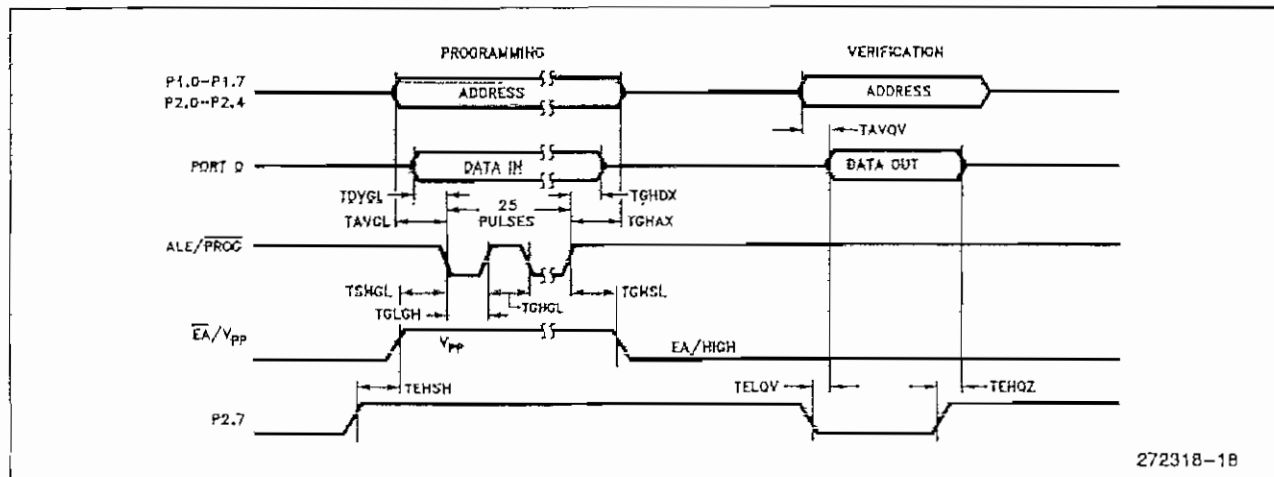
Erasure leaves the array in an all 1s state.

## EPROM PROGRAMMING AND VERIFICATION CHARACTERISTICS

( $T_A = 21^\circ\text{C}$  to  $27^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5.0\text{V} \pm 10\%$ ,  $V_{SS} = 0\text{V}$ )

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$V_{PP}$	Programming Supply Voltage	12.5	13.0	V
$I_{PP}$	Programming Supply Current		50	mA
1/TCLCL	Oscillator Frequency	4	6	MHz
TAVGL	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	48TCLCL		
TGHAX	Address Hold After $\overline{\text{PROG}}$	48TCLCL		
TDVGL	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	48TCLCL		
TGHDX	Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	48TCLCL		
TEHSH	P2.7 (ENABLE) High to $V_{PP}$	48TCLCL		
TSHGL	$V_{PP}$ Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		$\mu\text{s}$
TGHSL	$V_{PP}$ Hold After $\overline{\text{PROG}}$	10		$\mu\text{s}$
TGLGH	$\overline{\text{PROG}}$ Width	90	110	$\mu\text{s}$
TAVQV	Address to Data Valid		48TCLCL	
TELQV	$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		48TCLCL	
TEHQZ	Data Float After $\overline{\text{ENABLE}}$	0	48TCLCL	
TGHGL	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		$\mu\text{s}$

## EPROM PROGRAMMING AND VERIFICATION WAVEFORMS



272318-18



## DATA SHEET REVISION HISTORY

Datasheets are changed as new device information becomes available. Verify with your local Intel sales office that you have the latest version before finalizing a design or ordering devices.

The following differences exist between this datasheet (272318-002) and the previous version (272318-001):

1. Removed QP and QD (commercial with extended burn-in) from Table 1. EXPRESS Prefix Identification.

This datasheet (272318-001) replaces the following datasheets:

MCS® 51 Controllers (270048-007)

8051AHP (270279-004)

8751BH (270248-005)

8751BH EXPRESS (270708-001)

8752BH (270429-004)

8752BH EXPRESS (270650-002)

# **X-10<sup>®</sup> POWERHOUSE<sup>™</sup>**

**NUMBER ONE IN HOME AUTOMATION**

## **TECHNICAL NOTE**

***The X-10 POWERHOUSE  
Power Line Interface  
Model # PL513  
and  
Two-Way  
Power Line Interface  
Model # TW523***

*(for use with the RR501 Two-Way Transceiver Appliance Module)*

See exciting  
new additions  
to X-10 Code  
Structure on  
page 5

## PL513/TW523 Power Line Interfaces

### Introduction

The X-10 code format is the "De Facto" standard for Power Line Carrier (P.L.C.) transmission. The code format was first introduced in 1978 for the Sears Home Control System and the Radio Shack Plug 'n Power System. Since then, X-10 has developed and manufactured O.E.M.\* versions of its Home Control System for many companies including Leviton Manufacturing Co., General Electric, C & K Systems, Schlage Lock Co., Stanley and Heath/Zenith Co. We also distribute the system in Canada and have manufactured O.E.M. versions of the system for Germany, Holland, France, Switzerland, Japan and Australia.

All of these systems use the X-10 code format, all are compatible and virtually all P.L.C. Home Automation Systems currently available in the USA use *X-10 POWERHOUSE™* Modules developed and manufactured by X-10. It is therefore advantageous for any Home Automation System to be compatible with the X-10 standard. This enables any O.E.M. to take advantage of the very large installed base of X-10 customers as well as having access to the extensive array of different types of *X-10 POWERHOUSE* Modules available.

### The X-10 code format is patented

However, in order to encourage others to take advantage of the large installed base of *X-10 POWERHOUSE* Modules and develop their own systems to control these Modules, the PL513 and TW523 Power Line Interfaces are offered as cost effective ways of coupling X-10 compatible signals onto the AC power line. Permission to transmit the X-10 code format is granted to purchasers of the PL513 and TW523 Power Line Interfaces.

The PL513 is a transmitter and the TW523 is a transmitter-receiver. Both plug into regular AC outlets and connect to the O.E.M. product via a modular RJ11 telephone jack.

Both interfaces provide an opto-coupled 60Hz. square wave, synchronized to the zero crossing point of the AC line. The O.E.M. generates X-10 compatible codes synchronized to this zero crossing point. The PL513 and TW523 then couple the X-10 codes onto the AC line. Thus all patent related criteria are satisfied within the interfaces.

This also relieves the O.E.M. of any U.L. or C.S.A. considerations as all power line connections are taken care of by the interfaces and all connections between the interfaces and the O.E.M. product are opto-coupled.

### Two-Way transmission available

The TW523 is similar in concept and design to the PL513 but provides a means to transmit and receive X-10 codes. Any O.E.M. product designed to receive X-10 codes MUST use the TW523, X-10 will not grant permission to receive X-10 codes by any other method.

The TW523 enables an O.E.M. to develop a system to control X-10 Modules, and receive X-10 signals from remote sensors (P.I.R. motion detectors for example).

The TW523 lets the O.E.M. transmit a "polling" code to the RR501 2-Way Transceiver Appliance Module. The RR501 responds by transmitting a specific code to indicate its status (on or off). The TW523 then receives this code. When used with the RR501, the TW523 gives the O.E.M. the ability to implement a full 2-Way system with collision detection and contention resolution.

### X-10 Code Transmission (PL513 and TW523)

To transmit X-10 signals the O.E.M. must supply 1 ms "envelopes" to the TX input of the interface with respect to common. These envelopes must be as close as possible to the zero crossing point of the AC line (see timing diagrams). An opto-coupled output representing the zero crossing point of the power line is provided for the O.E.M. to which X-10 codes are to be synchronized.

\* O.E.M. = Original Equipment Manufacturer.

## X-10 Code Reception (TW523 only)

The TW523 uses a custom proprietary I.C. to read X-10 codes from the power line. This takes a lot of burden off the microprocessor in the O.E.M. product as the O.E.M. microprocessor does not have to continuously monitor the power line and check all incoming signals (and noise) for validity. Any signals applied to the O.E.M. product are error-checked, valid X-10 codes. When a valid X-10 code is received, it is stored in the custom I.C. and applied (in envelope form) to the O.E.M. product. This output is coincident with the second X-10 transmission. (X-10 codes are always transmitted in groups of two, except for Bright and Dim see note 3, page 5).

Data sent to the O.E.M. product is valid X-10 data. The Start Code (1110) can be used to alert the O.E.M. product that an X-10 code will follow. A "1" bit from the TW523 appears as a negative going pulse 1.1 ms long, beginning approximately 100  $\mu$ s after zero crossing. The O.E.M. should sample this data between 500 and 700  $\mu$ s after zero crossing.

The L.E.D. on the TW523 gives a visual indication that X-10 codes are being received. The L.E.D. is illuminated when AC power is applied to the TW523, and blinks off when X-10 codes are received. The TW523 will also receive the codes it transmits, therefore the L.E.D. will also give an indication of codes being transmitted.

The ability to read X-10 codes from its own output also allows the O.E.M. to incorporate data collision detection. If the code received differs from the code transmitted, the code can be assumed to have been corrupted by noise (or another transmission) on the power line.

The Line Monitor capability of the TW523 allows the O.E.M. to ensure that the power line is free from X-10 signals before starting a transmission. This means that in a multi-transmitter system the O.E.M. can minimize contention between transmitters. For example, if after detecting that the line is free, a transmitter waits for a random number of

power line half cycles before transmitting, the chance of collision is reduced. A different priority can be assigned to each transmitter by including a fixed delay before the random delay. The shorter the fixed delay, the higher the priority.

## Important Safety Notice

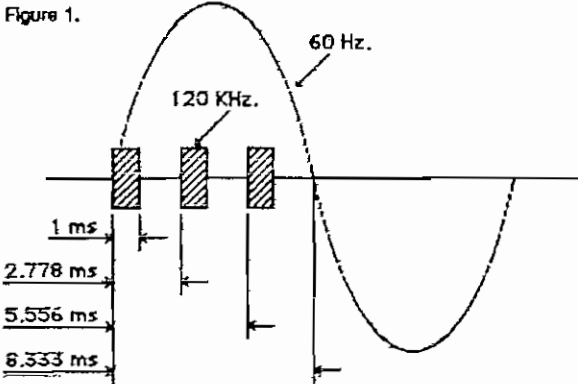
0V in this product is directly connected to one side of the AC line. Therefore, for safety, an ISOLATING power transformer MUST be used when attempting any internal measurements.

The power supplies in the PL513 and TW523 are capacitively derived from, and directly referenced to, the 120V AC power line. Care should be taken when monitoring any internal circuitry with an oscilloscope, as the 0V reference in the PL513 and TW523 are NOT isolated from 120 volts.

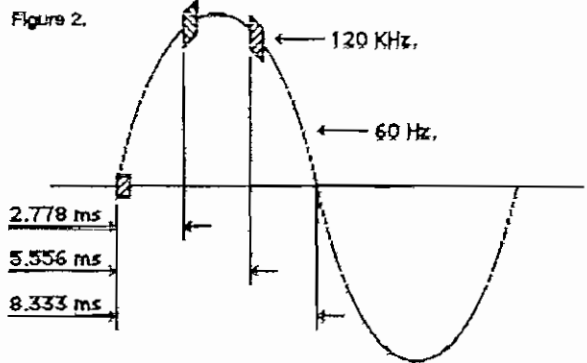
## Transmission Theory

X-10 transmissions are synchronized to the zero crossing point of the AC power line. The design goal should be to transmit as close to the zero crossing point as possible but certainly within 200 microseconds of the zero crossing point. The PL513 and TW523 provide a 60 Hz. square wave with a max. delay of 100  $\mu$ sec from the zero crossing point of the AC power line. The maximum delay between signal envelope input and 120 KHz. output bursts is 50  $\mu$ sec. Therefore, it should be arranged that outputs to the PL513 and TW523 be within 50  $\mu$ s of this 60 Hz. zero crossing reference square wave.

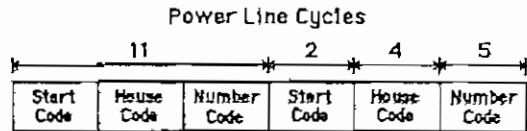
A Binary 1 is represented by a 1 millisecond burst of 120 KHz. at the zero crossing point and a Binary 0 by the absence of 120 KHz. The PL513 and TW523 modulate their inputs (from the O.E.M.) with 120KHz., therefore only the 1 ms "envelope" need be applied to their inputs. These 1 millisecond bursts should actually be transmitted three times to coincide with the zero crossing points of all three phases in a three phase distribution system. Figure 1 shows the timing relationship of these bursts relative to zero crossing.



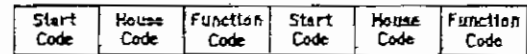
Note. - For clarity, the signals in figure 1 are shown as they would be seen through a high pass filter. The 60 Hz. waveform is only shown for reference. In reality the signals are actually superimposed on the 60Hz. waveform and look more like that shown in figure 2.



A complete code transmission encompasses eleven cycles of the power line. The first two cycles represent a Start Code. The next four cycles represent the House Code and the last five cycles represent either a Number Code (1 thru 16) or a Function Code (On, Off etc.). This complete block, (Start Code, House Code, Key Code) should always be transmitted in groups of 2 with 3 power line cycles between each group of 2 codes. Bright and dim are exceptions to this rule and should be transmitted continuously (at least twice) with NO gaps between codes. See figure 3.



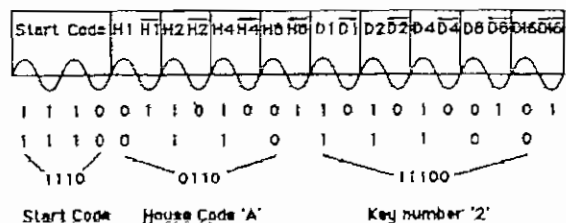
Code transmitted when a number button is pressed



Code transmitted when a Function button is pressed

Figure 3.

Within each block of data, each four or five bit code should be transmitted in true and complement form on alternate half cycles of the power line. I.E. if a 1 millisecond burst of signal is transmitted on one half cycle, (binary 1) then no signal should be transmitted on the next half cycle, (binary 0). See Figure 4 below.



The Tables in figure 5. show the Binary Codes to be transmitted for each House Code and Key Code. The Start Code is Always 1110 which is a unique code and is the only code which does not follow the true-complement relationship on alternate half cycles.

Figure 5.  
House Code and Key Code Tables.

	House Codes				Key Codes					
	H1	H2	H4	H8	D1	D2	D4	D8	D16	
A	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0
B	1	1	1	0	2	1	1	1	0	0
C	0	0	1	0	3	0	0	1	0	0
D	1	0	1	0	4	1	0	1	0	0
E	0	0	0	1	5	0	0	0	1	0
F	1	0	0	1	6	1	0	0	1	0
G	0	1	0	1	7	0	1	0	1	0
H	1	1	0	1	8	1	1	0	1	0
I	0	1	1	1	9	0	1	1	1	0
J	1	1	1	1	10	1	1	1	1	0
K	0	0	1	1	11	0	0	1	1	0
L	1	0	1	1	12	1	0	1	1	0
M	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0
N	1	0	0	0	14	1	0	0	0	0
O	0	1	0	0	15	0	1	0	0	0
P	1	1	0	0	16	1	1	0	0	0
			All Units Off		0	0	0	0	0	1
			All Lights On		0	0	0	1	1	
			On		0	0	1	0	1	
			Off		0	0	1	1	1	
			Dim		0	1	0	0	1	
			Bright		0	1	0	1	1	
			All Lights Off		0	1	1	0	1	
			Extended Code		0	1	1	1	1	
			Hail Request		1	0	0	0	1	ⓐ
			Hail Acknowledge		1	0	0	1	1	
			Pre-Set Dim		1	0	1	X	1	ⓑ
			Extended Data (analog)		1	1	0	0	1	ⓒ
			Status = on		1	1	0	1	1	
			Status = off		1	1	1	0	1	
			Status Request		1	1	1	1	1	

ⓐ Hail Request is transmitted to see if there are any other X-10 transmitters within listening range. This allows the O.E.M. to assign a different Housecode if a "Hail Acknowledge" is received.

ⓑ In a Pre-Set Dim instruction, the D8 bit represents the Most Significant Bit of the level and H1, H2, H4 and H8 bits represent the 4 Least Significant Bits.

ⓒ The Extended Data code is followed by 8 bit bytes which can represent Analog Data

(after A to D conversion). There should be no gaps between the Extended Data code and the actual data, and no gaps between data bytes. The first 8 bit byte can be used to say how many bytes of data will follow. If gaps are left between data bytes, these codes could be received by X-10 Modules causing erroneous operation.

Extended Code is similar to Extended Data: 8 Bit bytes which follow Extended Code (with no gaps) can represent additional codes. This allows the designer to expand beyond the 256 codes presently available.

### IMPORTANT NOTES

NOTE 1. X-10 Receiver Modules require a "silence" of at least 3 power line cycles between each pair of 11 bit code transmissions (no gaps between each pair). The one exception to this rule is **bright and dim** codes. These are transmitted continuously with no gaps between each 11 bit dim code or 11 bit bright code. A 3 cycle gap is necessary between different codes, i.e between bright and dim, or 1 and dim, or on and bright etc.

NOTE 2. The TW523 Two-Way Power Line Interface cannot receive Extended Code or Extended Data because these codes have no gaps between them. The TW523 can only receive standard "pairs" of 11 bit X-10 codes with 3 power line cycle gaps between each pair.

NOTE 3. The TW523 can receive dim and bright codes but the output will represent the first dim or bright code received, followed by every third code received. i.e. the output from the TW523 will not be a continuous stream of dim or bright codes like the codes which were transmitted.

### Transmission Timing Diagrams.

A square wave representing zero crossing detect is provided by the PL513/TW523 and is within 100  $\mu$ s of the zero crossing point of the AC power line. The output signal envelope from the O.E.M. should be within 50  $\mu$ s of this zero crossing detect. The signal envelope should be 1 ms (-50 $\mu$ s +100 $\mu$ s). See Figure 6.

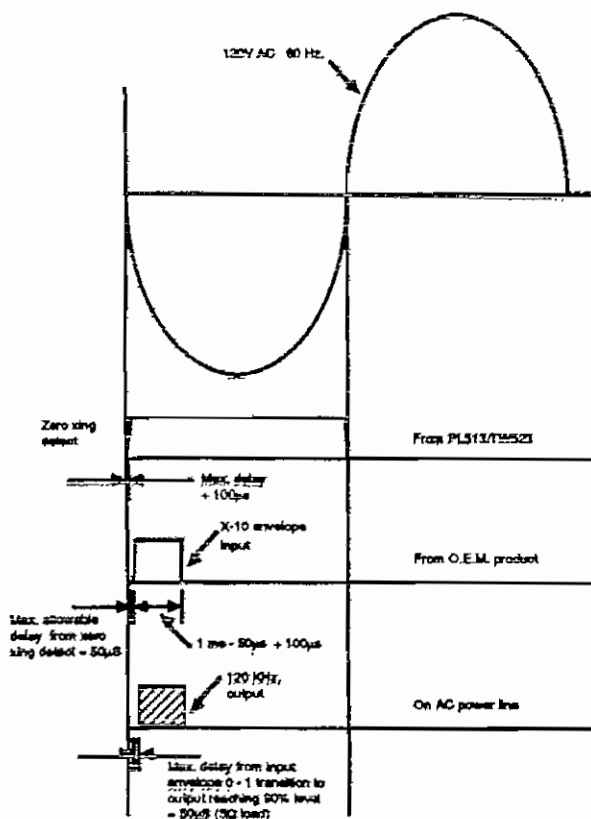


Figure 6. Transmit Timing Diagrams.

### Opto-Coupled 60 Hz. reference output (from the PL513/TW523)

Transmissions are to be synchronized to the zero crossing point of the AC power line and should be as close to true zero crossing as possible. The PL513 and TW523 are designed to be interfaced to other microprocessor circuitry which outputs X-10 codes synchronized to the zero crossing point of the AC power line. It is therefore necessary to provide a zero crossing reference for the O.E.M. microprocessor.

It is likely that this microprocessor will have its own "isolated" power supply. It is necessary to maintain this isolation, therefore the trigger circuit normally used in X-10 POWERHOUSE controllers is not desirable as this would reference the O.E.M. power supply to the AC power line. It is also not desirable to take the trigger from the secondary side of the power supply transformer as some phase shift is likely to occur. It is therefore neces-

sary to provide an opto-coupled 60 Hz. reference.

An opto-coupled 60 Hz. square wave is provided at the output of the PL513 and TW523. X-10 codes generated by the O.E.M. product are to be synchronized to this zero crossing reference. The X-10 code envelope generated by the O.E.M. is applied to the PL513 or TW523 which modulates the envelope with 120 KHz. and capacitively couples it to the AC power line.

### Opto-Coupled Signal Input (to the PL513/TW523)

The input signal required from the O.E.M. product is the signal "envelope" of the X-10 code format, i.e.

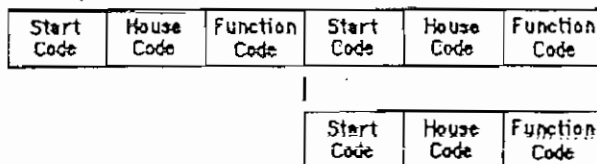
**High** for 1 ms. coincident with zero crossing represents a binary "1" and gates the 120 KHz. oscillator through to the output drive circuit thus transmitting 120 KHz. onto the AC power line for 1 ms.

**Low** for 1 ms. coincident with the zero crossing point represents a binary "0" and turns the 120 KHz. oscillator/output circuit off for the duration of the 1 ms input.

### Opto-Coupled Signal Output (from the TW523)

The "X-10 received" output from the TW523 coincides with the second half of each X-10 transmission. This output is the envelope of the bursts of 120 KHz. received. Only the envelope corresponding to the first burst of each group of 3 bursts is available at the output of the TW523. See figures 7, 8 and 9.

X-10 code received from the AC power line.



"X-10 received" output from TW523

Figure 7.



# Receive Timing Diagrams

Figure 8.

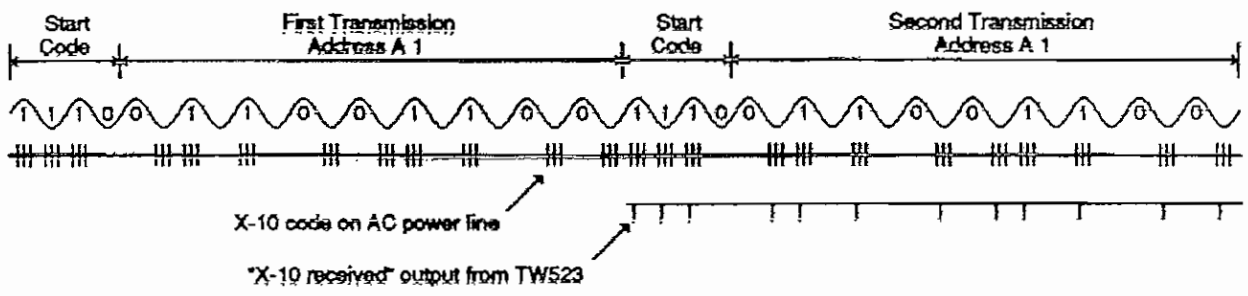
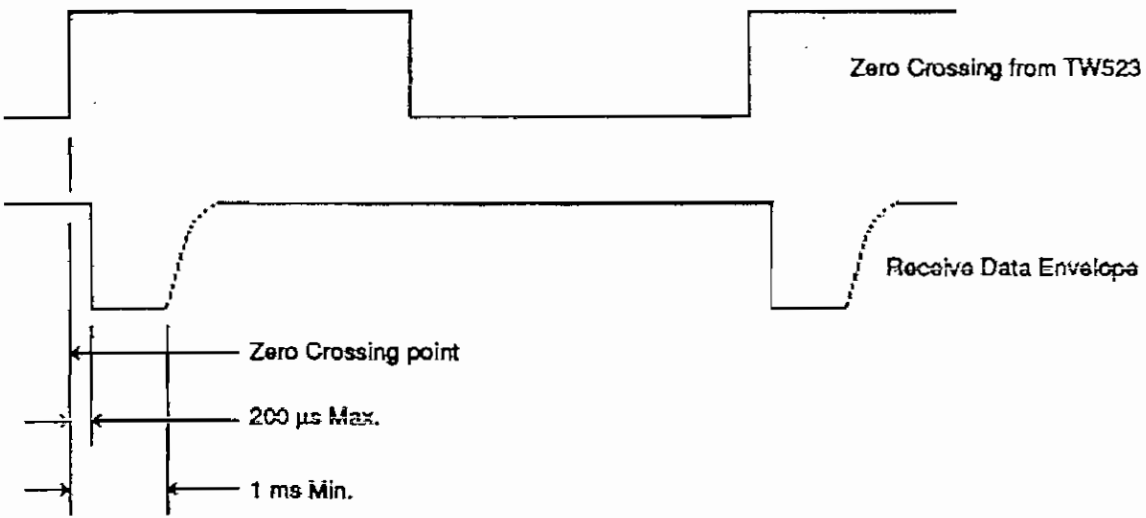


Figure 9.

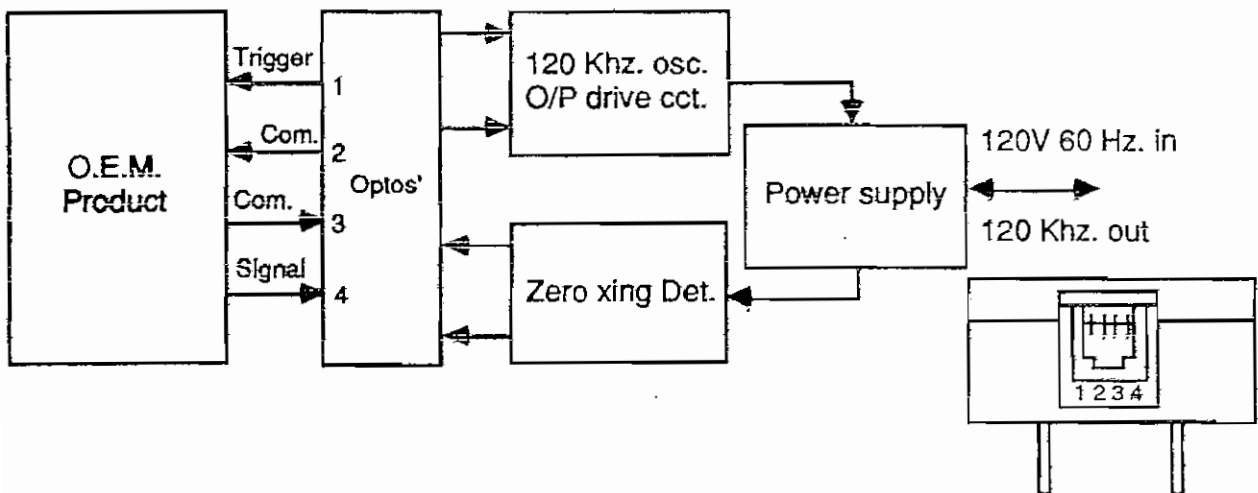


## PL513 Block Diagram

Connection between the O.E.M. product is via a standard modular phone jack, the connections for which are as follows:

1. B Zero crossing detect output (with respect to 2).
2. R Zero crossing detect common.
3. G X-10 transmit envelope common.
4. Y X-10 transmit envelope input (with respect to 3).

### PL513

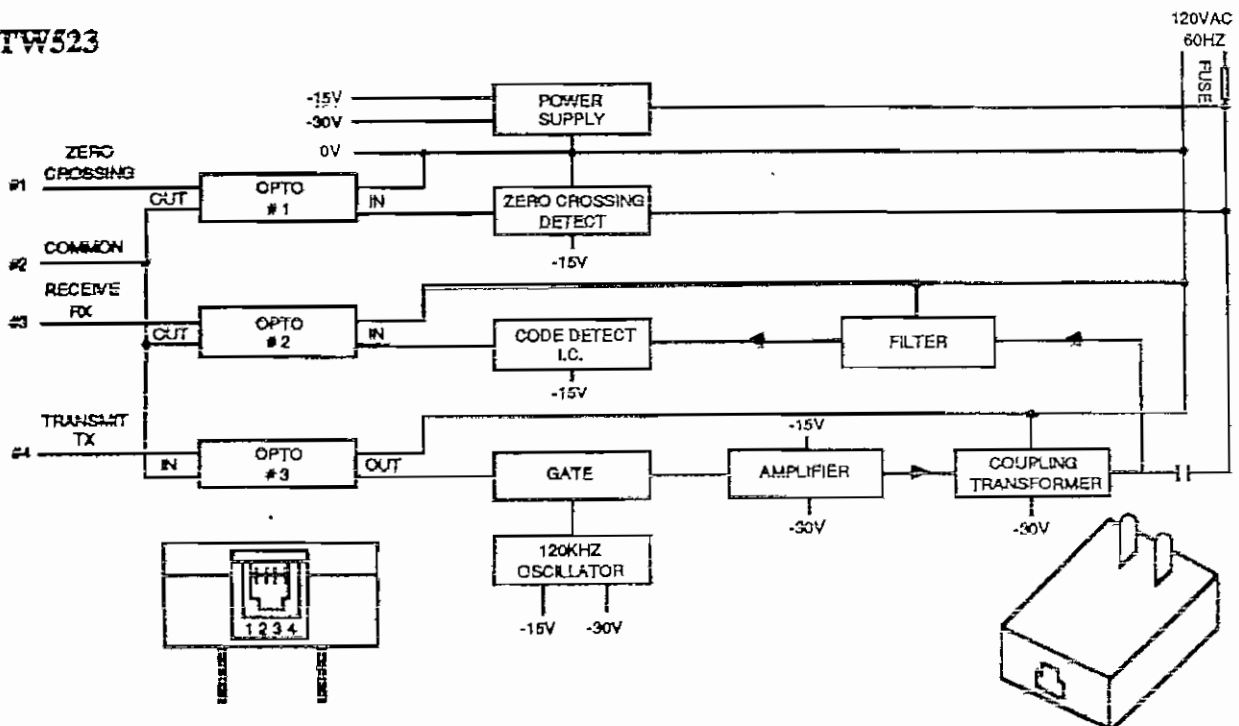


## TW523 Block Diagram

Connection between the O.E.M. product is via a standard modular phone jack, the connections for which are as follows:

1. B Zero crossing detect output (with respect to 2).
2. R Common.
3. G "X-10 received" envelope output (with respect to 2).
4. Y X-10 transmit envelope input (with respect to 2).

### TW523



## PL513 Electrical Characteristics at 25° C

AC input voltage.	100 - 130VAC 60Hz
Max. voltage between any terminals (1, 2, 3, and 4)	+/- 50V
Storage temperature.	- 40 to + 70 ° C
Operating temperature.	- 10 to + 50 ° C

### DC characteristics

#### Serial data input

Min. Logic '1'	4V input will sink approx 2.5 mA
Max. Logic '1'	20V input will sink approx 18 mA
Max. Logic '0'	0.8V input will sink approx 0.1 mA

(Voltages and currents with respect to terminal 3).

#### Zero crossing detect output.

Logic '1' Leakage output.	10 $\mu$ A max. at 5V
Logic '0' Sink current.	1 mA min. at 0.8V

(Voltages and currents with respect to terminal 2).

Note: This output is an open collector transistor. Therefore, the logic '1' voltage is quoted as a reference for defining the output leakage current. An output pullup resistor is required to generate a logic level. The pullup can be returned to any voltage up to + 20V with respect to terminal 2.

### AC characteristics

RF output to AC power line.	60 mW average into a 5 $\Omega$ load (5V pk-pk instantaneous).
Carrier frequency.	120 KHz. +/- 2 KHz.
Max. phase delay between zero crossing point of AC power line and zero crossing detect output (either transition).	100 $\mu$ sec.
Max. allowable delay between transitions on zero crossing detect output and serial data input '0' - '1' transition.	50 $\mu$ sec.
Max. delay between serial input envelope '0' - '1' transition and carrier burst reaching 90% level.	50 $\mu$ sec.
Width of X-10 envelope	1 ms + 100 $\mu$ s - 50 $\mu$ s
Isolation voltage	2500V r.m.s. 60 Hz. for 1 min.

## TW523 Electrical Characteristics at 25° C

AC input voltage.	100 - 130VAC 60Hz
Max. voltage between any terminals (1, 2, 3, and 4)	+/- 20V
Storage temperature.	- 40 to + 70 ° C
Operating temperature.	- 10 to + 50 ° C

### DC characteristics

#### Serial data input

Min. Logic '1'	4V input will sink approx 2.5 mA
Max. Logic '1'	20V input will sink approx 18 mA
Max. Logic '0'	0.8V input will sink approx 0.1 mA

(Voltages and currents with respect to terminal 2).

#### Zero crossing detect output and receive output.

Logic '1' Leakage output.	10 $\mu$ A max. at 5V
Logic '0' Sink current.	1 mA min. at 0.8V

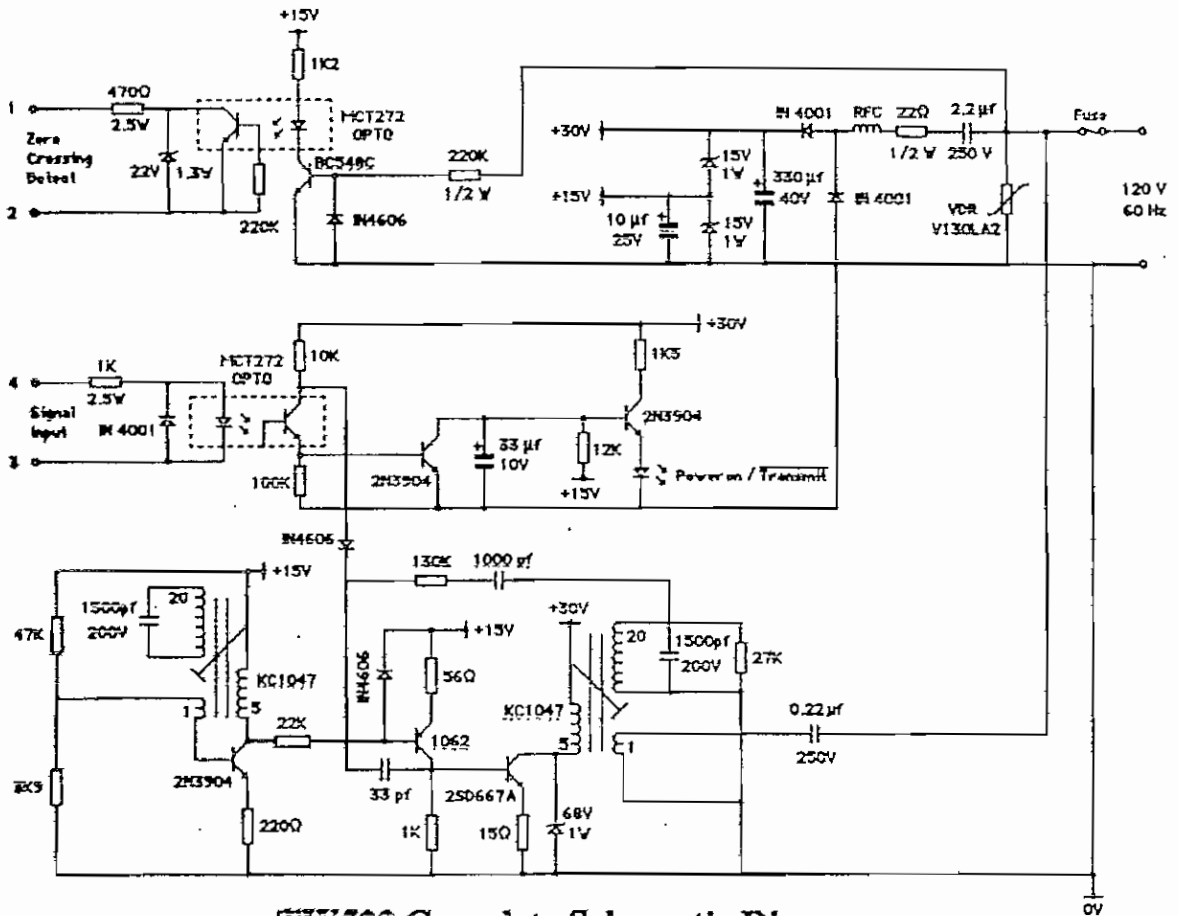
(Voltages and currents with respect to terminal 2).

Note: This output is an open collector transistor. Therefore, the logic '1' voltage is quoted as a reference for defining the output leakage current. An output pullup resistor is required to generate a logic level. The pullup can be returned to any voltage up to + 20V with respect to terminal 2.

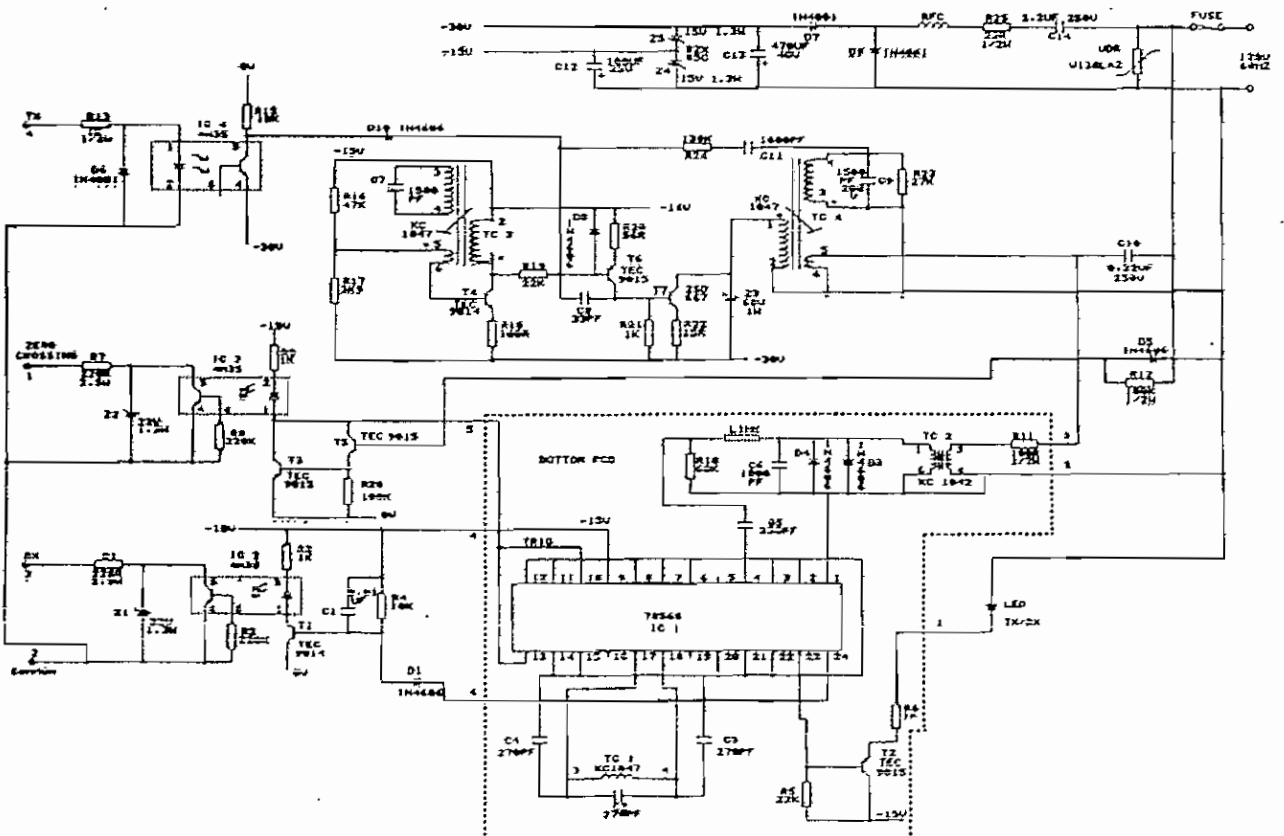
### AC characteristics

RF output to AC power line.	60 mW average into a 5 $\Omega$ load (5V pk-pk instantaneous).
Carrier frequency.	120 KHz. +/- 2 KHz.
Max. phase delay between zero crossing point of AC power line and zero crossing detect output (either transition).	100 $\mu$ sec.
Max. allowable delay between transitions on zero crossing detect output and serial data input '0' - '1' transition.	50 $\mu$ sec.
Max. delay between serial input envelope '0' - '1' transition and carrier burst reaching 90%.	50 $\mu$ sec.
Width of X-10 envelope	1 ms + 100 $\mu$ s - 50 $\mu$ s
Isolation voltage	2500V r.m.s. 60 Hz. for 1 min.

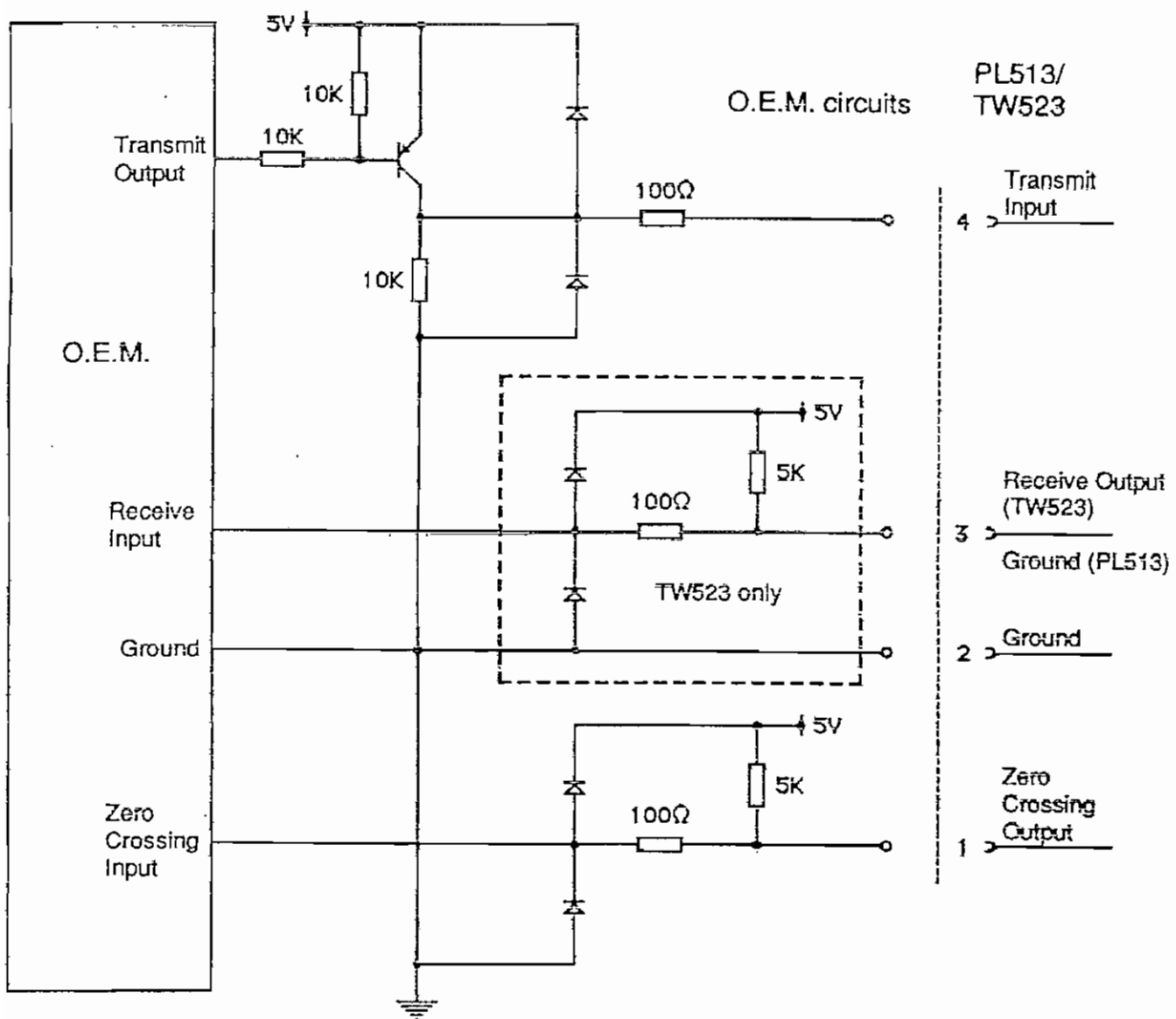
## PL513 Complete Schematic Diagram.



## TW523 Complete Schematic Diagram.



## Typical O.E.M. Connection Diagram



# Motion Detector, Model MS10A Set Up and Operating Instructions

## Installation

Install four AA alkaline batteries in the battery compartment on the MS10A. Observe polarity.

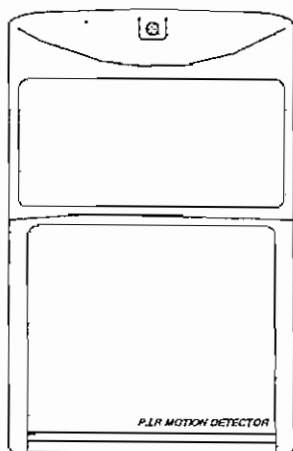
Set the slide switch on the back of the MS10A to 1 to trip the alarm if only one movement is detected (most sensitive). Set to 2 to trip the alarm only after 2 movements are detected (helps prevent false alarms). Press the **CODE** button on the back of the MS10A with the point of a pencil.

Set the **INSTALL/RUN** switch on the Security Console to **INSTALL**.

Press **TEST** on the MS10A. The Console emits a tone and the next unused zone indicator lights up.

Set the Console's slide switch back to **RUN1** or **RUN2**. To set up additional Motion Detectors (up to 16\*) repeat the above steps.

Note: you can install a total of 16 zones in the Console. This can be a combination of Door/Window Sensors and Motion Detectors. E.G. 8 Door/Window Sensors AND 8 Motion Detectors. See your Security System Owner's Manual for more information.



## Operation

When the Security System is armed using a Key Chain Remote the Motion Detector will always trip the alarm when it sees motion. When the system is armed using an X-10 624 Remote Control it can be armed in the Home or Away mode. When armed in the Home mode, Motion Detectors will NOT trip the alarm.

Place the Motion Detector on a bookshelf, or attach it to a wall about 6 feet off the ground, using the supplied mounting bracket. Wait about 45 seconds for the Motion Detector to settle then walk past it.

If the Console is NOT armed and in the RUN2 mode, you will hear a chime. If the Console IS armed the Motion Detector will trip the alarm and sound the siren.

After you walk past the Motion Detector, it will not see motion again for about a minute (conserves battery power).

## Replacing batteries

Slide the battery compartment cover off and replace the battery with a 9V alkaline type. After replacing the battery, the following steps are necessary to determine that the Console still recognizes the MS10A.

1. Place the Console's slide switch to **RUN2**.
2. Press **TEST** on the MS10A. If the Console chimes, it recognizes the MS10A and no further action is necessary.

## If the Console did not chime:

1. Place the Console's slide switch to **INSTALL**.
2. Press **TEST** on the MS10A. The MS10A's red indicator light flashes, and MS10A transmits a random code to the console. The Console acknowledges this with a beep and logs in the MS10A to the next available zone. To make sure the Console logs the MS10A back into the same zone it was allocated to before you changed the battery, wait 4 hours after removing the old battery before reinstalling (until the zone indicator on the Console starts flashing).

## X-10 (USA) INC. LIMITED 1-YEAR WARRANTY

X-10 (USA) Inc. warrants X-10 products to be free from defective material and workmanship for a period of one (1) year from the original date of purchase at retail. X-10 (USA) Inc. agrees to repair or replace, at its sole discretion, a defective X-10 product if returned to X-10 (USA) Inc. within the warranty period and with proof of purchase.

If service is required under this warranty:

1. Return the defective unit postage prepaid to X-10 (USA) Inc. at the address below.
2. Enclose a check for \$4.00 to cover postage and handling.
3. Enclose a dated proof of purchase.
4. X-10 is not responsible for shipping damage.

# SN54LS240, SN54LS241, SN54LS244, SN54S240, SN54S241, SN54S244 SN74LS240, SN74LS241, SN74LS244, SN74S240, SN74S241, SN74S244 OCTAL BUFFERS AND LINE DRIVERS WITH 3-STATE OUTPUTS

SDLS144--APRIL 1985--REVISED MARCH 1988

- 3-State Outputs Drive Bus Lines or Buffer Memory Address Registers
- PNP Inputs Reduce D-C Loading
- Hysteresis at Inputs Improves Noise Margins

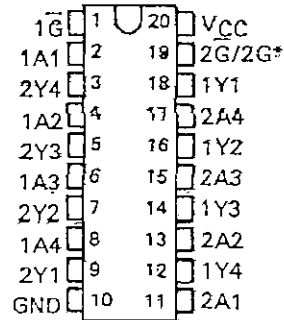
## description

These octal buffers and line drivers are designed specifically to improve both the performance and density of three-state memory address drivers, clock drivers, and bus-oriented receivers and transmitters. The designer has a choice of selected combinations of inverting and noninverting outputs, symmetrical  $\bar{G}$  (active-low output control) inputs, and complementary  $G$  and  $\bar{G}$  inputs. These devices feature high fan-out, improved fan-in, and 400-mV noise-margin. The SN74LS' and SN74S' can be used to drive terminated lines down to 133 ohms.

The SN54' family is characterized for operation over the full military temperature range of  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $125^{\circ}\text{C}$ . The SN74' family is characterized for operation from  $0^{\circ}\text{C}$  to  $70^{\circ}\text{C}$ .

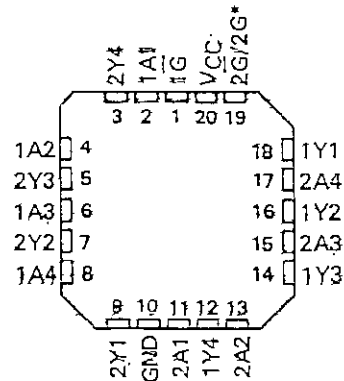
SN54LS', SN54S' . . . J OR W PACKAGE  
SN74LS', SN74S' . . . DW OR N PACKAGE

(TOP VIEW)



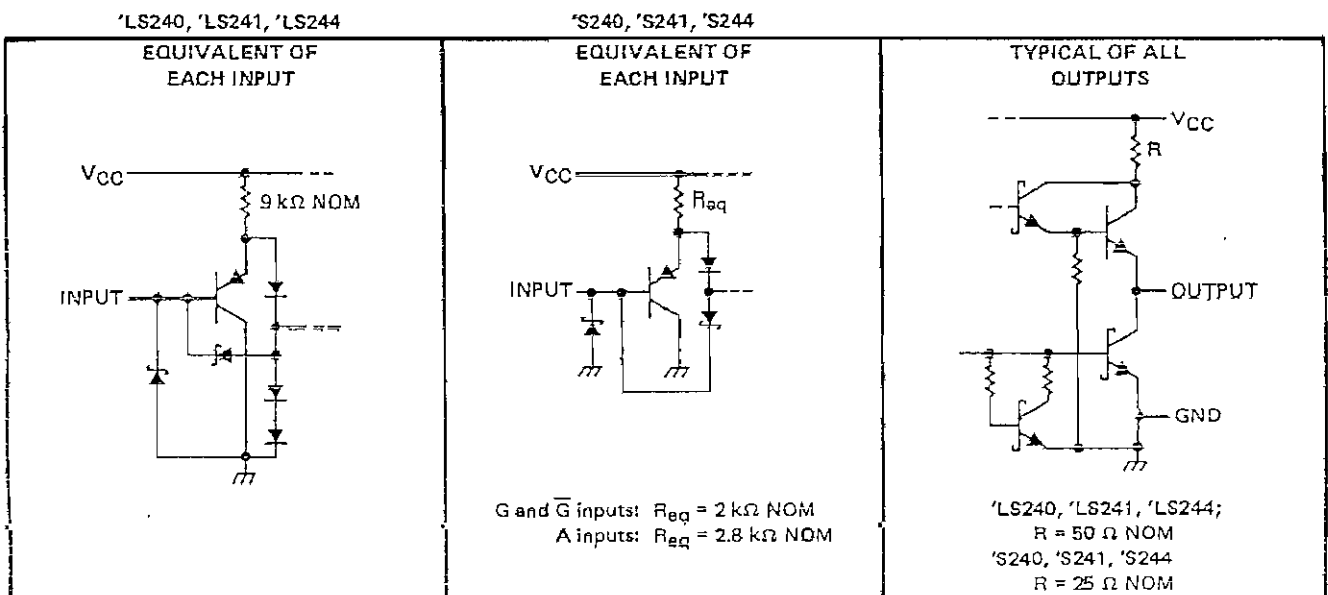
SN54LS', SN54S' . . . FK PACKAGE

(TOP VIEW)



\*2G for 'LS241 and 'S241 or 2G for all other drivers.

## schematics of inputs and outputs



PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

TEXAS INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 1988, Texas Instruments Incorporated





**SN54LS240, SN54LS241, SN54LS244, SN54S240, SN54S241, SN54S244  
SN74LS240, SN74LS241, SN74LS244, SN74S240, SN74S241, SN74S244  
OCTAL BUFFERS AND LINE DRIVERS WITH 3-STATE OUTPUTS**

SDLS144 - APRIL 1985 - REVISED MARCH 1988

**recommended operating conditions**

PARAMETER	SN54LS'			SN74LS'			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V <sub>CC</sub> Supply voltage (see Note 1)	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V <sub>IH</sub> High-level input voltage	2			2			V
V <sub>IL</sub> Low-level input voltage			0.7			0.8	V
I <sub>OH</sub> High-level output current			-12			-15	mA
I <sub>OL</sub> Low-level output current			12			24	mA
T <sub>A</sub> Operating free-air temperature	-65		125	0		70	°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to network ground terminal.

**electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)**

PARAMETER	TEST CONDITIONS†		SN54LS'			SN74LS'			UNIT		
			MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX			
V <sub>IK</sub>	V <sub>CC</sub> = MIN,	I <sub>I</sub> = -18 mA			-1.5			-1.5	V		
Hysteresis (V <sub>T+</sub> - V <sub>T-</sub> )	V <sub>CC</sub> = MIN		0.2	0.4		0.2	0.4		V		
V <sub>OH</sub>	V <sub>CC</sub> = MIN,	V <sub>IH</sub> = 2 V,	2.4		3.4		2.4		3.4		V
	I <sub>OH</sub> = -3 mA	V <sub>IL</sub> = MAX,									
V <sub>OL</sub>	V <sub>CC</sub> = MIN,	V <sub>IH</sub> = 2 V,			2		2				V
	I <sub>OH</sub> = MAX	V <sub>IL</sub> = 0.5 V,									
I <sub>OZH</sub>	V <sub>CC</sub> = MAX,	V <sub>IH</sub> = 2 V,			0.4				0.4		V
			I <sub>OL</sub> = 12 mA							0.5	
I <sub>OZL</sub>	V <sub>IL</sub> = MAX	V <sub>IH</sub> = 2 V,			20				20		μA
			I <sub>OL</sub> = 24 mA								
I <sub>I</sub>	V <sub>CC</sub> = MAX,	V <sub>I</sub> = 7 V			0.1				0.1		mA
I <sub>IH</sub>	V <sub>CC</sub> = MAX,	V <sub>I</sub> = 2.7 V			20				20		μA
I <sub>IL</sub>	V <sub>CC</sub> = MAX,	V <sub>IL</sub> = 0.4 V			-0.2				-0.2		mA
I <sub>OSS</sub> §	V <sub>CC</sub> = MAX		-40		-225	-40		-225		mA	
I <sub>CC</sub>	Outputs high	V <sub>CC</sub> = MAX, Output open	All	17	27	17	27			mA	
	Outputs low		'LS240	26	44	26	44				
	All outputs disabled		'LS241, 'LS244	27	46	27	46				
			'LS240	29	50	29	50				
	'LS241, 'LS244	32	54	32	54						

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5 V, T<sub>A</sub> = 25° C.

§ Not more than one output should be shorted at a time, and duration of the short-circuit should not exceed one second.

**switching characteristics, V<sub>CC</sub> = 5 V, T<sub>A</sub> = 25° C**

PARAMETER	TEST CONDITIONS		'LS240			'LS241, 'LS244			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
t <sub>PLH</sub>	R <sub>L</sub> = 667 Ω, See Note 2	C <sub>L</sub> = 45 pF,	9	14		12	18	ns	
t <sub>PHL</sub>			12	18		12	18	ns	
t <sub>PZL</sub>			20	30		20	30	ns	
t <sub>PZH</sub>			15	23		15	23	ns	
t <sub>PLZ</sub>	R <sub>L</sub> = 667 Ω, See Note 2	C <sub>L</sub> = 5 pF,	10	20		10	20	ns	
t <sub>PHZ</sub>			15	25		15	25	ns	

NOTE 2: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1.



**SN54LS240, SN54LS241, SN54LS244, SN54S240, SN54S241, SN54S244  
SN74LS240, SN74LS241, SN74LS244, SN74S240, SN74S241, SN74S244  
CMOS BUFFERS AND LINE DRIVERS WITH 3-STATE OUTPUTS**

LS144 -- APRIL 1985 -- REVISED MARCH 1988

**Recommended operating conditions**

PARAMETER	SN54S'			SN74S'			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V <sub>CC</sub> Supply voltage, (see Note 1)	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V <sub>IH</sub> High-level input voltage	2			2			V
V <sub>IL</sub> Low-level input voltage			0.8			0.8	V
I <sub>OH</sub> High-level output current			-12			-15	mA
I <sub>OL</sub> Low-level output current			48			64	mA
External resistance between any input and V <sub>CC</sub> or ground			40			40	k $\Omega$
T <sub>A</sub> Operating free-air temperature (see Note 3)	-55		125	0		70	°C

NOTES: 1. Voltage values are with respect to network ground terminal.

3. An SN54S241J operating at free-air temperature above 118°C requires a heat sink that provides a thermal resistance from case to free-air  $\theta_{CA}$  of not more than 40°C/W.

**Electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)**

PARAMETER	TEST CONDITIONS†		SN54S'			SN74S'			UNIT	
			MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX		
V <sub>IK</sub>	V <sub>CC</sub> = MIN.	I <sub>I</sub> = -18 mA			-1.2			-1.2	V	
Hysteresis (V <sub>T+</sub> - V <sub>T-</sub> )	V <sub>CC</sub> = MIN		0.2	0.4		0.2	0.4		V	
V <sub>OH</sub>	V <sub>CC</sub> = MIN,	V <sub>IH</sub> = 2 V,						2.7	V	
	I <sub>OH</sub> = -1 mA	V <sub>IL</sub> = 0.8 V,								
	V <sub>CC</sub> = MIN,	V <sub>IH</sub> = 2 V,			2.4	3.4		2.4		3.4
	I <sub>OH</sub> = -3 mA	V <sub>IL</sub> = 0.8 V,								
	V <sub>CC</sub> = MIN,	V <sub>IH</sub> = 2 V,			2			2		
	I <sub>OH</sub> = MAX	V <sub>IL</sub> = 0.5 V,								
V <sub>OL</sub>	V <sub>CC</sub> = MIN,	V <sub>IH</sub> = 2 V,						0.55	V	
	I <sub>OL</sub> = MAX	V <sub>IL</sub> = 0.8 V,						0.55		
I <sub>OZH</sub>	V <sub>CC</sub> = MAX,	V <sub>IH</sub> = 2 V,			50			50	$\mu$ A	
I <sub>OZL</sub>	V <sub>IL</sub> = 0.8 V,	V <sub>O</sub> = 2.4 V						-50		
		V <sub>O</sub> = 0.5 V			-50			-50		
I <sub>I</sub>	V <sub>CC</sub> = MAX,	V <sub>I</sub> = 5.5 V			1			1	mA	
I <sub>IH</sub>	V <sub>CC</sub> = MAX,	V <sub>I</sub> = 2.7 V			50			50	$\mu$ A	
I <sub>IL</sub>	Any A	V <sub>I</sub> = 0.5 V			-400			-400	$\mu$ A	
	Any G				-2			-2		
I <sub>OS§</sub>	V <sub>CC</sub> = MAX				-50	-225		-50	-225	mA
I <sub>CC</sub>	Outputs high	V <sub>CC</sub> = MAX,	Outputs open	'S240	80	123		80	135	mA
				'S241, 'S244	95	147		95	160	
	'S240			100	145		100	150		
				'S241, 'S244	120	170		120	180	
	Outputs disabled			'S240	100	145		100	150	
				'S241, 'S244	120	170		120	180	

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5 V, T<sub>A</sub> = 25°C.

§ Not more than one output should be shorted at a time, and duration of the short-circuit should not exceed one second.



SN54LS240, SN54LS241, SN54LS244, SN54S240, SN54S241, SN54S244  
 SN74LS240, SN74LS241, SN74LS244, SN74S240, SN74S241, SN74S244  
 OCTAL BUFFERS AND LINE DRIVERS WITH 3-STATE OUTPUTS

SDLS144 - APRIL 1985 - REVISED MARCH 1988

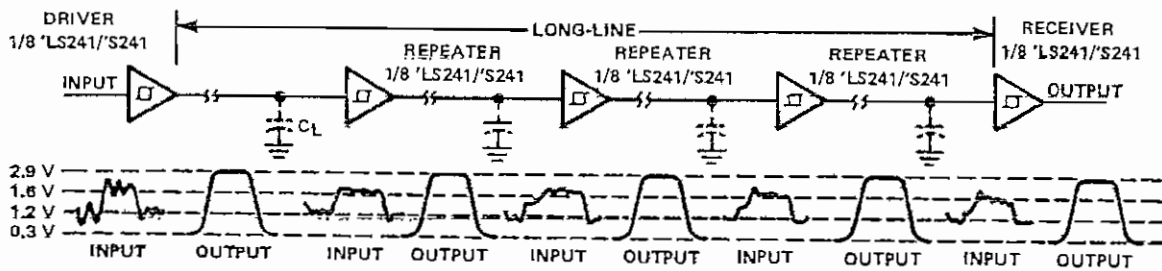
switching characteristics,  $V_{CC} = 5\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	'S240			'S241, 'S244			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$t_{PLH}$	$R_L = 90\ \Omega$ , See Note 4 $C_L = 50\ \text{pF}$	4.5		7	6		9	ns
$t_{PHL}$		4.5		7	6		9	ns
$t_{PZL}$		10		15	10		15	ns
$t_{PZH}$		5.5		10	8		12	ns
$t_{PLZ}$	$R_L = 90\ \Omega$ , See Note 4 $C_L = 5\ \text{pF}$	10		15	10		15	ns
$t_{PHZ}$		6		9	6		9	ns

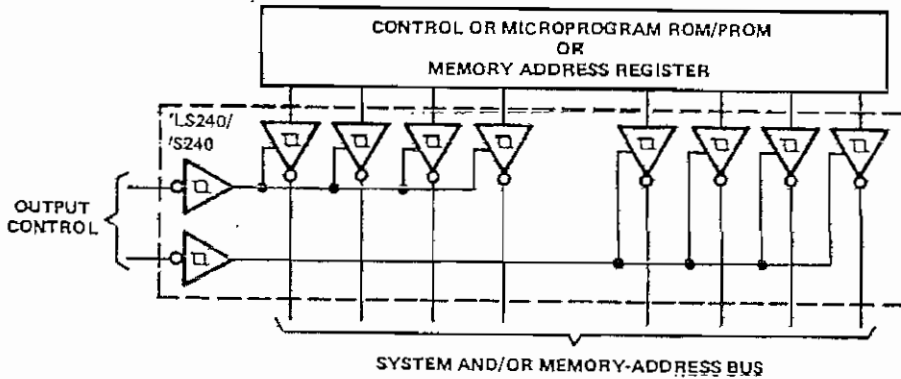
NOTE 4: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1.



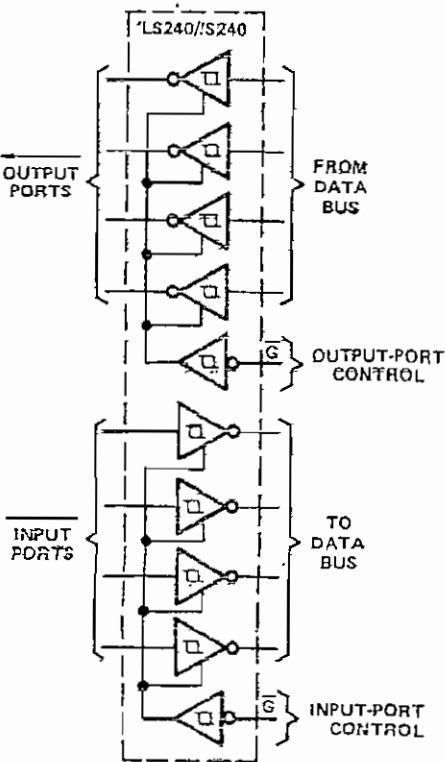
SN54LS240, SN54LS241, SN54LS244, SN54S240, SN54S241, SN54S244  
 SN74LS240, SN74LS241, SN74LS244, SN74S240, SN74S241, SN74S244  
**DIGITAL BUFFERS AND LINE DRIVERS WITH 3-STATE OUTPUTS**  
 DLS144 - APRIL 1985 - REVISED MARCH 1988



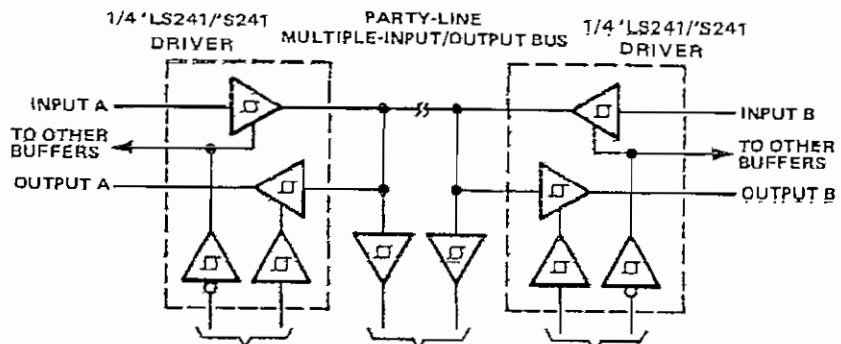
'LS241, 'S241 USED AS REPEATER/LEVEL RESTORER



'LS240/'S240 USED AS SYSTEM AND/OR MEMORY BUS DRIVER—4-BIT ORGANIZATION CAN BE APPLIED TO HANDLE BINARY OR BCD



INDEPENDENT 4-BIT BUS DRIVERS/RECEIVERS IN A SINGLE PACKAGE



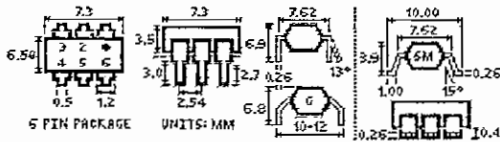
BUS CONTROL		RECEIVERS		BUS CONTROL	
	INPUT	INPUT	OUTPUT		
H	H	B	A	L	L
H	L	B	B	H	L
L	L	A	B	H	H
L	H	A	A	L	H
H	L	NONE	NONE	L	H

PARTY-LINE BUS SYSTEM WITH MULTIPLE INPUTS, OUTPUTS, AND RECEIVERS

# MCA230, MCA231, MCA255

## OPTICALLY COUPLED ISOLATORS

### Circuit



### Features

High Current Transfer Ratio 100% min (MCA231: 200% min).

55 volt  $BV_{ceo}$  for MCA255

### Description

The MCA230, MCA231 and MCA255 are photodarlington optically coupled isolators consisting of an infrared emitting diode with a silicon photodarlington transistor. Surface Mount Option Available.

All electrical parameters are 100% tested by manufacturing. Specifications are guaranteed to a cumulative 0.65% AQL.

### Absolute Maximum Ratings ( $T_a=25^\circ\text{C}$ )

Storage Temperature:	-55°C to +150°C
Operating Temperature:	-55°C to +100°C
Lead Soldering:	260°C for 10s, 1.6mm from case
Derate linearly from 25°C:	3.5mW/°C

### Input Diode

Forward DC Current:	60mA
Reverse DC Voltage:	6V
Peak Forward Current:	3A (1µs pulse, 300pps)
Power Dissipation 25°C ambient:	135mW
Derate Linearly:	1.83mW/°C above 25°C

## Detector

Collector-Emitter Breakdown Voltage  $BV_{CEO}$ : 30V (MCA255: 55V)  
 Collector-Base Breakdown Voltage  $BV_{CBO}$ : 30V (MCA255: 55V)  
 Emitter-Collector Breakdown Voltage  $BV_{ECO}$ : 7V  
 Power Dissipation: 210mW  
 Derate Linearly: 2.8mW/°C above 25°C

## Electro-optical Characteristics (Ta=25°C)

INPUT DIODE	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_F$	Forward Voltage	$I_F=20mA$		1.3	1.5	V
$V_F/T_A$	Forward Voltage Temp Coefficient			-1.8		mV/°C
$V_R$	Reverse Voltage	$I_R=10\mu A$	3	25		V
$C_J$	Junction Capacitance	$V_F=0V, f=1MHz$		50		pF
<b>OUTPUT DETECTOR</b>						
	Breakdown Voltage					
$BV_{CEO}$	Collector to Emitter					
	MCA230, 231	$I_C=100\mu A, I_F=0$	30			V
	MCA255		55			V
$BV_{CBO}$	Collector to Base					
	MCA230, 231	$I_C=10\mu A, I_F=0$	30			V
	MCA255		55			V
$BV_{EBO}$	Emitter to Base	$I_E=10\mu A, I_F=0$	5			V
$I_{CEO}$	Collector Dark Current	$V_{CE}=10V, I_F=0$			100	nA
<b>TRANSFER CHARACTERISTICS</b>			<b>MIN</b>	<b>TYP</b>	<b>MAX</b>	<b>UNIT</b>
CTR	DC Current Transfer Ratio (collector-emitter)					
	MCA230, MCA255	$I_F=10mA, V_{CE}=5V$	100			%
	MCA231		200			%

$V_{CE(SAT)}$	Saturation Voltage				
	MCA230, MCA255	$I_C=I_F=50mA$		1	V
	MCA231	$I_C=2mA, I_F=1mA$		1	V
		$I_C=10mA,$ $I_F=5mA$		1	V
		$I_C=50mA,$ $I_F=10mA$		1.2	V
<b>SWITCHING TIMES</b>					
	Non-Saturated				
$t_{ON}$	Turn-On Time		10		$\mu s$
$t_{OFF}$	Turn-Off Time		100		$\mu s$
$V_{ISO}$	Dielectric withstand test voltage	$I_{IO} \leq 10\mu A$	3150		Vdc
$V_{ISO}$	Surge Insulation Voltage		3550		Vdc
$R_{ISO}$	Isolation Resistance	V 1.0=500Vdc	100		Gohm
$C_{ISO}$	Isolation Capacitance	f=1MHz		0.5	$\mu s$

## MANUAL DE USO

1. Para armar el sistema de alarma ingresar los cuatro dígitos seguido de la tecla enter.
2. Para desarmar el sistema digitar la clave y enter, esta quedará desarmada.
3. Para monitorear las zonas, presionar la tecla D en modo desarmado:
  - Una vez, muestra las zonas disparadas.
  - Dos veces muestra las zonas omitidas.
  - Tres veces indica las zonas vigiladas.
4. Para omitir zonas: presionar el numero de la tecla de la zona que se desea omitir y luego la tecla B.
5. Para activar la sirena en caso de emergencia, presionar el botón de emergencia, para desactivarla volver a presionar el mismo botón.
6. Para agregar solo ciertas zonas al sistema de vigilancia presionar # número de Zona \*. **Ejemplo #1\***. Para quitar realizar la secuencia inversa.
7. Para enviar un comando ON a un dispositivo X-10 presionar el código de numero del equipo y luego presionar la tecla \*.
8. Para enviar un comando OFF, presionar el código número del equipo y luego presionar la tecla #.

### FUNCIONES X-10.

Desde la consola X-10 se pueden ejecutar las siguientes funciones:

- 16 ON Arma el sistema.
- 16 OFF Desarma el sistema.
- 12 ON Activa la sirena.
- 12 OFF Desactiva la sirena.
- DIMM 1 '- DIM 8 Omite las zonas 1 a 8
- DIMM 11 Borra todas las zonas omitidas.



La figura 3.21 muestra el diagrama de flujo de la subrutina X10OFF la cual permite enviar un comando OFF a un dispositivo X-10 conectado a la red eléctrica. De igual manera que en la anterior subrutina también este comando se lo puede hacer desde el teclado del panel de control.

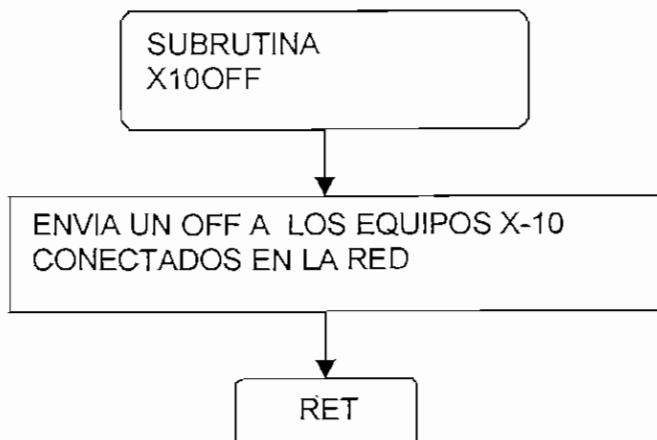


Figura 3.21 Subrutina X10OFF