

UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA



**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN CONTROL
PROGRAMABLE**

Trabajo presentado por:
JOSE ROBERTO CUELLAR PARADA

Como requisito para optar al Título de
INGENIERO EN ELECTRONICA

Soyapango, octubre 1992.

UNIVERSIDAD DON BOSCO

PRESIDENTE DEL CONSEJO DIRECTIVO:

Reverendo Padre Luis Ricardo Chinchilla.

RECTOR:

Licenciado Gilberto Aguilar Avilés.

VICE DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA:

Ingeniero José Roberto Guzman.

SECRETARIO DE LA UNIVERSIDAD DON BOSCO:

Presbítero y Licenciado Pierre Muysbondt.

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE: Ingeniero Carlos Eduardo Fólgar Portillo.

MIEMBRO: Ingeniero Mario Antonio Martínez Ulloa.

MIEMBRO: Ingeniera María Josefa Bayona Ramírez.

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO:

Por haberme dado la salud, fortaleza y la perseverancia necesaria, para sobrellevar todos los obstáculos que se presentaron durante mis estudios, hasta finalizar con este trabajo y además por ser un amigo inseparable que me acompañó en todo momento.

A MIS FAMILIARES:

Que me brindaron su paciencia y apoyo durante todo el transcurso de mis estudios y trabajo de graduación.

A MIS AMIGOS Y PROFESORES:

Que de una u otra manera me apoyaron y contribuyeron a la realización de este trabajo.

JOSE ROBERTO CUELLAR PARADA

INDICE

| | Página |
|---|--------|
| INTRODUCCION..... | i |
| CAPITULO I: INTRODUCCION A LOS PLC | |
| 1.1 INTRODUCCION..... | 1 |
| 1.2 CONFIGURACION DE UN SISTEMA BASICO CON PLC..... | 4 |
| 1.2.1 La sección de control lógico..... | 5 |
| 1.2.1.1 El circuito de procesamiento..... | 5 |
| 1.2.1.2 Memoria del usuario..... | 11 |
| 1.2.1.3 Memoria ROM..... | 12 |
| 1.2.1.4 Memoria imagen de entrada/salida..... | 13 |
| 1.2.1.5 Circuitos de comunicación..... | 13 |
| 1.2.2 Módulos de entrada/salida..... | 15 |
| 1.2.3 Módulos de entrada..... | 16 |
| 1.2.3.1 Módulos de entrada discretos..... | 17 |
| 1.2.3.2 Módulos de entrada analógicos..... | 17 |
| 1.2.3.3 Módulos de entrada con registro..... | 18 |
| 1.2.4 Módulos de salida..... | 19 |
| 1.2.4.1 Módulos de salida discretos..... | 20 |
| 1.2.4.2 Módulos de salida analógicos..... | 20 |
| 1.2.4.3 Módulos de salida con registro..... | 21 |
| 1.3 TARJETAS PERIFERICAS INTELIGENTES..... | 22 |
| 1.4 TEORIA DE OPERACION..... | 23 |
| 1.4.1 Direccionamiento..... | 24 |

| | | |
|---------|--------------------------------|----|
| 1.4.1.1 | Direccionamiento fijo..... | 24 |
| 1.4.1.2 | Direccionamiento variable..... | 25 |
| 1.4.2 | Transferencia de datos..... | 26 |
| 1.4.3 | Proceso de exploración..... | 27 |

CAPITULO II: PROGRAMACION DE LOS PLC

| | | |
|-------|--|----|
| 2.1 | INTRODUCCION..... | 28 |
| 2.2 | FORMAS DE REPRESENTACION DE PROGRAMAS DE PLC..... | 29 |
| 2.2.1 | Esquema de funciones..... | 30 |
| 2.2.2 | Esquema de contactos..... | 30 |
| 2.2.3 | Lista de instrucciones..... | 30 |
| 2.3 | COMPARACION ENTRE LAS FORMAS DE REPRESENTACION DE PROGRAMAS..... | 31 |
| 2.4 | PROGRAMACION POR ESQUEMA DE CONTACTOS..... | 34 |
| 2.5 | CONSIDERACIONES EN EL PROCESO DE EXPLORACION..... | 39 |
| 2.6 | NORMAS PARA LA ELABORACION DE PROGRAMAS POR ESQUEMAS DE CONTACTOS..... | 41 |
| 2.6.1 | Regla 1..... | 42 |
| 2.6.2 | Regla 2..... | 43 |
| 2.6.3 | Regla 3..... | 44 |
| 2.6.4 | Regla 4 y 5..... | 45 |
| 2.7 | SIGNIFICADO DE LOS MEMBRETES..... | 47 |
| 2.7.1 | Tipo de designación..... | 47 |
| 2.7.2 | Número de referencia..... | 49 |
| 2.8 | FUNCIONES BASICAS DE PROGRAMACION..... | 49 |
| 2.8.1 | Contactos..... | 50 |

| | | |
|-------|------------------------------|----|
| 2.8.2 | Bobinas..... | 51 |
| 2.8.3 | Conector horizontal..... | 52 |
| 2.8.4 | Conector vertical..... | 52 |
| 2.8.5 | Temporizador..... | 52 |
| 2.8.6 | Contador..... | 53 |
| 2.8.7 | Operaciones aritméticas..... | 55 |

CAPITULO III: CRITERIOS DE SELECCION DE PLC

| | | |
|---------|---|----|
| 3.1 | INTRODUCCION..... | 57 |
| 3.2 | CARACTERISTICAS Y CAPACIDADES..... | 57 |
| 3.2.1 | Características..... | 58 |
| 3.2.1.1 | Lenguaje de programación..... | 58 |
| 3.2.1.2 | Tipo de memoria de programa..... | 59 |
| 3.2.1.3 | Tipo de direccionamiento..... | 59 |
| 3.2.1.4 | Medio de programación..... | 59 |
| 3.2.1.5 | Velocidad de procesamiento..... | 59 |
| 3.2.1.6 | Requerimientos energéticos..... | 59 |
| 3.2.1.7 | Requerimientos físicos y ambientales..... | 60 |
| 3.2.2 | Capacidades..... | 60 |
| 3.2.2.1 | Capacidad de memoria del usuario..... | 60 |
| 3.2.2.2 | Número máximo de entradas/salidas..... | 61 |
| 3.2.2.3 | Manejo de tarjetas inteligentes..... | 61 |
| 3.2.2.4 | Capacidad de interconexión..... | 61 |
| 3.2.2.5 | Funciones de programación..... | 61 |
| 3.3 | CRITERIOS DE SELECCION DE PLC..... | 61 |
| 3.4 | COMPARACION ENTRE DOS MODELOS DE PLC..... | 65 |

CAPITULO IV: DISEÑO DEL CIRCUITO Y PROGRAMA MONITOR

| | | |
|-----------|--|-----|
| 4.1 | INTRODUCCION..... | 69 |
| 4.2 | DESCRIPCION DEL CONTROL PROGRAMABLE..... | 70 |
| 4.3 | DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRONICO..... | 71 |
| 4.3.1 | Unidad central de proceso..... | 72 |
| 4.3.1.1 | El microprocesador R6502..... | 74 |
| 4.3.1.1.1 | Descripción de los registros internos de la CPU R6502..... | 75 |
| 4.3.1.1.2 | Descripción de las líneas de interconexión de la CPU R6502..... | 79 |
| 4.3.2 | Decodificador de direcciones..... | 82 |
| 4.3.3 | Memoria ROM..... | 88 |
| 4.3.4 | Memoria RAM..... | 90 |
| 4.3.5 | Circuito de RESET..... | 92 |
| 4.3.6 | Circuito de reloj..... | 95 |
| 4.3.7 | Circuito para el manejo de teclado y visualizador..... | 98 |
| 4.3.8 | Interfase adaptadora de periféricos, PIA..... | 99 |
| 4.3.8.1 | Descripción de los registros internos de la PIA..... | 100 |
| 4.3.8.2 | Descripción de las líneas de interconexión de la PIA..... | 102 |
| 4.3.9 | Justificación en la utilización de la PIA..... | 103 |
| 4.3.10 | Circuito para el manejo del teclado..... | 104 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 4.3.11 | Circuito de control de los visualizadores..... | 107 |
| 4.3.12 | Circuito para el manejo de los puertos de entrada/salida..... | 111 |
| 4.3.13 | Interfase adaptadora versátil, VIA..... | 112 |
| 4.3.13.1 | Descripción de los registros internos de la VIA..... | 113 |
| 4.3.13.2 | Líneas de interconexión de la VIA..... | 115 |
| 4.3.14. | Interfase de potencia..... | 116 |
| 4.3.14.1 | Interfase de entrada..... | 117 |
| 4.3.14.2 | Interfase de salida..... | 121 |
| 4.3.15 | Circuito de start..... | 123 |
| 4.3.16 | Fuente de alimentación..... | 126 |
| 4.4 | INTRODUCCION AL PROGRAMA MONITOR..... | 129 |
| 4.5 | RUTINA INI..... | 131 |
| 4.6 | RUTINA CLEAR..... | 134 |
| 4.7 | RUTINA CLEAR SELEC..... | 135 |
| 4.8 | RUTINA TEMPO..... | 135 |
| 4.9 | RUTINA CONTER..... | 137 |
| 4.10 | RUTINA TEVIS..... | 139 |
| 4.10.1 | Rutina para el manejo del teclado..... | 140 |
| 4.10.2 | Rutina de visualización..... | 143 |
| 4.11 | RUTINA PROGME..... | 146 |
| 4.12 | RUTINA PRODA..... | 148 |
| 4.13 | RUTINA SCAN..... | 149 |

CAPITULO V: MANUAL DEL USUARIO

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.1 | INTRODUCCION..... | 152 |
| 5.2 | DESCRIPCION Y APLICACIONES DEL CONTROL PROGRAMABLE..... | 153 |
| 5.3 | CONFIGURACION BASICA DEL SISTEMA..... | 154 |
| 5.3.1 | Unidad de procesamiento..... | 156 |
| 5.3.2 | Interfases de entrada..... | 156 |
| 5.3.3 | Interfases de salida..... | 156 |
| 5.3.4 | Sección de programación..... | 157 |
| 5.3.5 | Fuente de alimentación..... | 157 |
| 5.4 | TEORIA DE OPERACION..... | 157 |
| 5.4.1 | Proceso de exploración..... | 158 |
| 5.5 | PROGRAMACION..... | 159 |
| 5.5.1 | Teclas de función..... | 160 |
| 5.5.2 | Teclas numéricas..... | 163 |
| 5.5.3 | Significado de cada una de las instrucciones observadas durante la programación..... | 163 |
| 5.6 | FUNCIONES DE PROGRAMACION..... | 165 |
| 5.6.1 | Función inmediata..... | 165 |
| 5.6.2 | Función contador..... | 166 |
| 5.6.3 | Función retardo..... | 167 |
| 5.7 | PASOS DE PROGRAMACION..... | 167 |
| 5.8 | CONSIDERACIONES DE PROGRAMACION Y OPERACION..... | 170 |
| 5.9 | EJEMPLO DE PROGRAMACION..... | 172 |
| 5.10 | REQUERIMIENTOS DE INSTALACION..... | 175 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 5.10.1 | Requerimientos de energía..... | 175 |
| 5.10.2 | Requerimientos físicos y ambientales..... | 176 |
| 5.11 | PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO..... | 176 |
| 5.12 | MANUAL DE MANTENIMIENTO..... | 178 |
| 5.12 1 | Mantenimiento preventivo..... | 178 |
| 5.12.2 | Mantenimiento correctivo..... | 179 |
| 5.12.2.1 | Diagnóstico de fallas en los circuitos del control programable..... | 179 |
| | CONCLUSIONES..... | 184 |
| | RECOMENDACIONES..... | 187 |
| | APENDICES..... | 190 |
| | APENDICE A, DIAGRAMA GENERAL..... | 191 |
| | APENDICE B, PROGRAMA MONITOR..... | 194 |
| | APENDICE C, GUIA RAPIDA DE PROGRAMACION..... | 201 |
| | APENDICE D, ESPECIFICACIONES ELECTRICAS DE LOS DISPOSITIVOS..... | 204 |
| | BIBLIOGRAFIA..... | 226 |

INTRODUCCION

Actualmente en el país, gran parte de los procesos industriales para la manufactura y control de bienes, son realizados por maquinaria automatizada, la cual realiza una función específica de acuerdo a su circuito electrónico y/o sistema electromecánico de control.

La desventaja de estos tipos de sistemas es lo poco flexible que son, resultando difícil adaptar al sistema industrial a realizar funciones diferentes a las iniciales, teniendo muchas veces la necesidad de modificar gran parte del circuito de control, lo que conlleva a elevar los costos y tiempos de producción.

Por tal motivo se elaboró el presente documento, donde se proporciona toda la información necesaria para el diseño de un "Control Programable", similar a un Controlador Lógico Programable (PLC), pero adaptado al promedio de las necesidades del país; el equipo puede ser utilizado para sustituir los sistemas convencionales de control o en el diseño de nuevos sistemas industriales, teniendo como principal ventaja que su operación puede ser modificada a través de un programa.

Sin embargo, considerando que sobre este t3pico no existe mucha informaci3n bibliogr3fica y tomando en cuenta su gran utilidad, se ha realizado una investigaci3n sobre los PLC que complementa este documento.

El an3lisis se inicia con un estudio te3rico de las diferentes partes que componen un PLC, abarcando con profundidad cada uno de ellos; adem3s se expone el funcionamiento del PLC. Toda esta informaci3n corresponde al cap3tulo I.

En el cap3tulo II, se explica ampliamente la programaci3n de los PLC, sin embargo tomando en cuenta que la representaci3n por esquema de contactos o diagramas escalera es la m3s popular, se estudia detalladamente, exponiendo la simbolog3a, reglas, nomenclatura y funciones utilizadas para elaborar los programas por esquemas de contactos.

Otro aspecto que conviene mucho conocer es como diferenciar un PLC de otro, a partir del an3lisis de sus caracter3sticas y capacidades, as3 como que criterios se deben tomar en cuenta para elegir el PLC apropiado para utilizarlo en determinado sistema. Tomando en cuenta estas consideraciones se elabor3 el cap3tulo III.

El dise1o del control programable, corresponde al cuarto

capítulo, el cual describe de una forma detallada, el procedimiento seguido para el diseño de su circuito electrónico y programa monitor, además se explica el funcionamiento de cada circuito y la forma de operación de las rutinas.

El capítulo final comprende el manual del usuario, explicando la operación, programación, requerimientos energéticos, de instalación, y algunas pruebas de funcionamiento que se le pueden realizar al equipo; así como se proporciona un pequeño manual de mantenimiento que facilita la comprensión de las diferentes partes claves del sistema. Todo estos aspectos detallados pretenden que el usuario pueda sacar el máximo provecho del control programable.

El documento finaliza con una serie de apendices, donde se presenta el diagrama esquemático general del circuito, programa monitor, una guía rápida de programación y datos técnicos sobre los diferentes dispositivos utilizados.

Hay que recalcar, que este trabajo es un primer paso en la investigación sobre los Controladores Lógicos Programables, y por tanto es posible que varios tópicos no sean tratados en una forma exhaustiva. Sin embargo, los datos aportados serán de mucha ayuda para próximas investigaciones.

CAPITULO I: INTRODUCCION A LOS PLC

1.1 INTRODUCCION

En el medio industrial los dispositivos electrónicos de estado sólido y/o electromecánicos (relés, contactores, etc), son los dispositivos convencionales utilizados para proveer las señales de control necesarias para la operación de ciertos procesos industriales, los cuales realizan una función específica de acuerdo al diseño de su circuito de control, estos sistemas tienen como principales desventajas; la poca flexibilidad de adaptar el sistema industrial a realizar otras funciones diferentes para la que fue diseñado; además de aumentar la complejidad, los costos de diseño y operación del proceso industrial.

Por las anteriores desventajas se crearon los controladores lógicos programables (PLC), para el manejo y regulación de una máquina o proceso industrial a través de los módulos periféricos digitales y/o analógicos apropiados, el campo de aplicación de los PLC abarca desde la sustitución de unos pocos contactores auxiliares, hasta la realización de funciones específicas de computador de proceso.

Por la filosofía de diseño del PLC, que esta configurado como una pequeña computadora, ofrece una gran ventaja sobre

los sistemas convencionales de control, debido a que logra disminuir la complejidad y los costos de desarrollo de los sistemas industriales, aumenta la rapidez de ejecución de los procesos industriales, disminuye los costos de operación, mantenimiento y una de las más importantes, es permitir que el sistema industrial ejecute diferentes funciones, únicamente modificando el programa de operación del PLC, al cual tiene acceso el usuario a través del dispositivo de programación adecuado.

Para tener una mejor idea de las ventajas que ofrece el uso de los PLC con respecto a los sistemas convencionales de control, se presenta el siguiente ejemplo:

La figura 1-1 muestra la configuración que tendría el sistema gobernado por los sistemas convencionales de control, compuestos por dispositivos electromecánicos y/o electrónicos, distinguiéndose las siguientes secciones:

a) Dispositivos de Entrada, como dispositivos operados manualmente (interruptores, pulsadores, etc), operados automáticamente (interruptores conmutados por la operación del sistema industrial, etc.) y/o transductores analógicos de presión, temperatura, humedad, etc.

b) Lógica de Control, compuesta de contactores, temporizadores, dispositivos electrónicos discretos, etc.

Activados en respuesta a la señal proporcionada por los dispositivos de entrada, de acuerdo a la lógica de diseño del sistema.

c) Dispositivos de salida, compuestos de relevadores, solenoides, lámparas, etc y/o dispositivos analógicos. Los cuales controlan la operación de la máquina o proceso industrial.

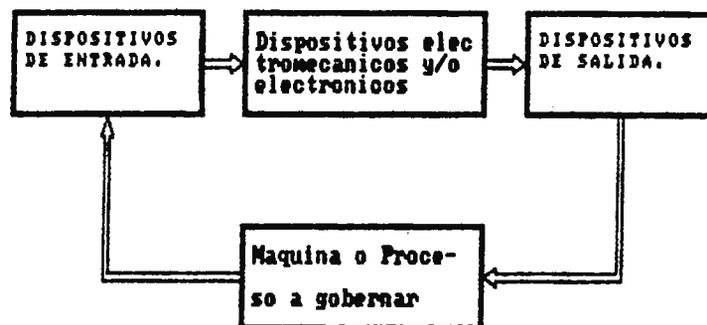


Figura 1-1. Sistema industrial gobernado por los sistemas convencionales de control.

Un sistema similar se muestra en la figura 1-2. En el cual la sección de control que gobierna al sistema es reemplazada por el PLC, que utiliza un programa de operación para ejecutar las funciones de control que anteriormente realizaban los dispositivos electrónicos discretos y/o electromecánicos que gobernaban al sistema industrial.

En lo referente a las secciones de entrada y salida no varían, únicamente se le deben de instalar al PLC los

módulos de entrada/salida adecuados, para establecer la comunicación con el resto del sistema a gobernar.

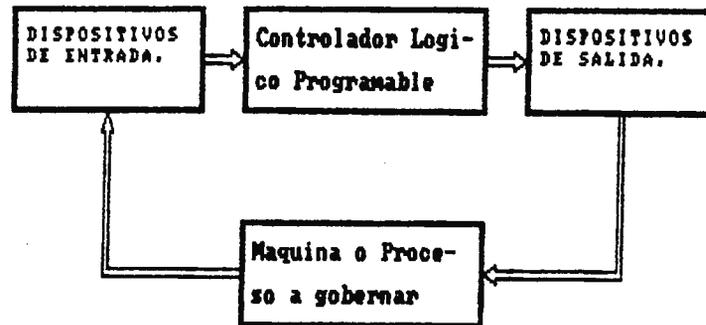


Figura 1-2. Sistema industrial gobernado por un controlador lógico programable.

1.2 CONFIGURACION DEL SISTEMA BASICO DE UN CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

Por lo general un controlador lógico programable está compuesto por tres secciones principales, como se muestra en la figura 1-3. Siendo estas secciones: La de control lógico, los módulos de entrada y los módulos de salida, los que interactúan mutuamente para controlar la operación del sistema industrial que este gobernando.



Figura 1-3. Configuración del sistema básico con PLC.

1.2.1 LA SECCION DE CONTROL LOGICO.

Esta sección esta compuesta por el procesador, siendo este bloque el más importante debido a que se encarga de coordinar todas las funciones del controlador lógico programable como: monitorea continuamente las entradas, controla los estados de las salidas, ejecuta las operaciones aritméticas, lógicas y de conversión, etc. Todo este bloque esta compuesto por diversas sub-secciones, en la cual cada uno de ellos realiza una función específica, que en conjunto ejecutan todas las operaciones atribuidas a la sección de control lógico. La configuración más general del procesador es mostrada en la figura 1-4, observandose las siguientes sub-secciones:

- a) El circuito de procesamiento.
- b) La memoria del usuario.
- c) La memoria imagen de entrada/salida.
- d) La memoria ROM.
- e) Los circuitos de comunicación.

1.2.1.1 EL CIRCUITO DE PROCESAMIENTO

Contiene un microprocesador, encargado de proveer la capacidad para el procesamiento de los programas, que determinan la operación del sistema industrial que esté gobernando, debido a que éste dispositivo interpreta y ejecuta cada una de las instrucciones contenidas en la memoria del usuario, debe de poseer la lógica necesaria para establecer la comunicación con el resto de los elementos de

su sistema, teniendo para ello una serie de terminales denominados buses de comunicación los cuales se catalogan como:

- a) Bus de datos.
- b) Bus de control.
- c) Bus de direcciones.

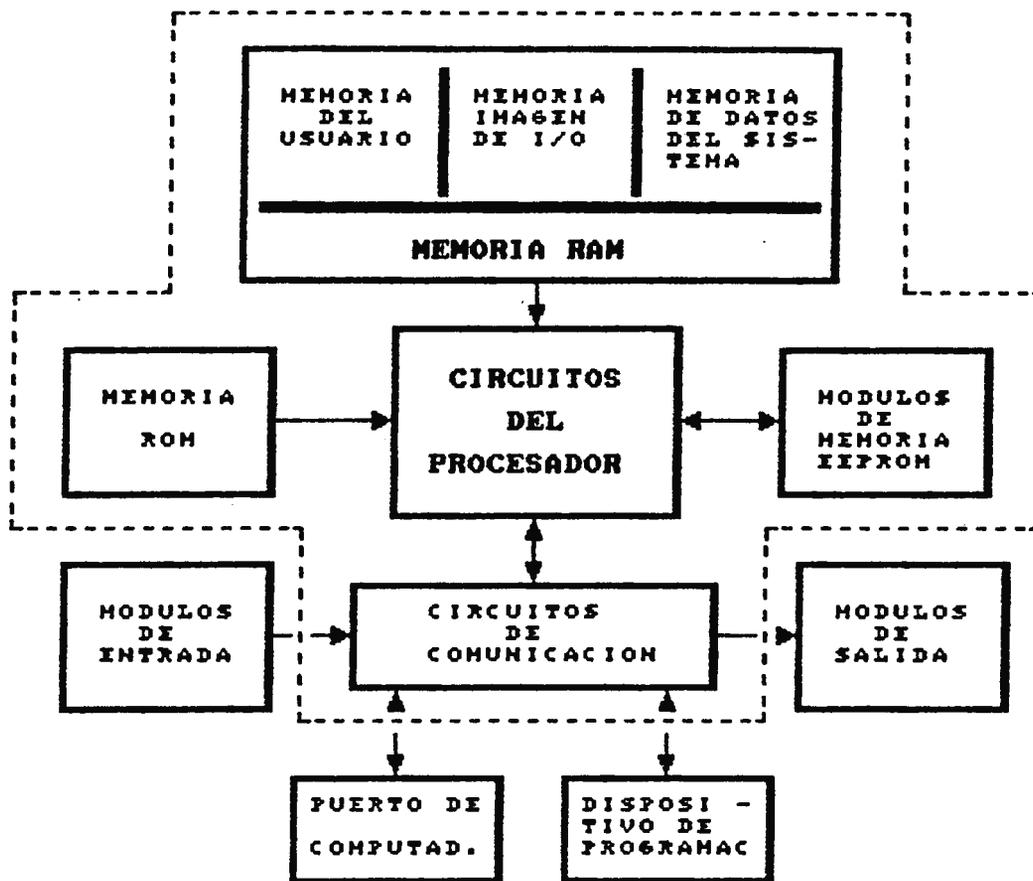


Figura 1-4. Configuración general de la sección lógica de control.

EL BUS DE DATOS: Es el camino para la transmisión de los datos e instrucciones, teniendo como principal característica que la información puede viajar en ambas

direcciones, ya sea desde el microprocesador hacia la memoria, dispositivo de entrada/salida o viceversa.

EL BUS DE DIRECCIONES: Es unidireccional este bus es usado para transmitir una dirección desde el microprocesador a la unidad de memoria, unidad de entrada o unidad de salida.

EL BUS DE CONTROL: Es el conjunto de líneas, sobre el cual viajan las señales para mantener la información de tiempo y estado, para sincronizar la transferencia de información. Algunas de estas líneas son bidireccionales, mientras que otras son unidireccionales.

Los buses antes descritos sólo sirven para establecer la comunicación con los elementos de su periferia, pero para ejecutar e interpretar una instrucción el microprocesador posee una serie de registros internos distribuidos en dos secciones principales como son:

- a) La unidad de control.
- b) La unidad operativa.

La estructura básica del microprocesador con estos dos registros es mostrada en la figura 1-5.

UNIDAD DE CONTROL: La misión prioritaria de la unidad de control consiste en interpretar y ejecutar las instrucciones recibidas desde la memoria. Así de acuerdo con la figura 1-6

el código binario de la instrucción en curso se recibe por el bus de datos y se registra en la entrada. Después el decodificador de instrucciones se encarga de seleccionar las posiciones correspondientes a esas instrucciones en una memoria ROM, donde se hallan grabados los códigos de operaciones elementales o microinstrucciones.

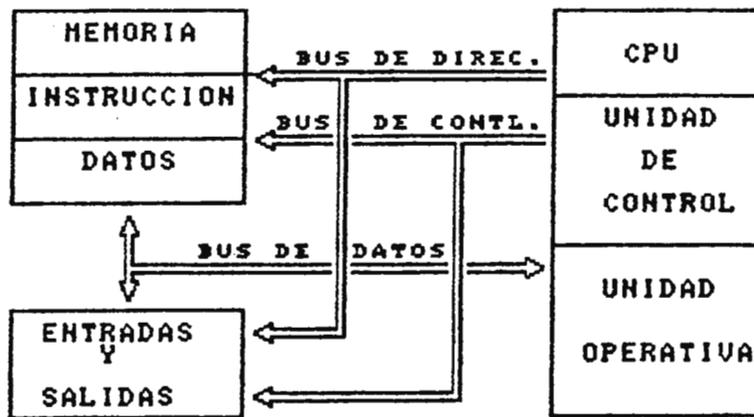


Figura 1-5. Estructura básica del microprocesador.

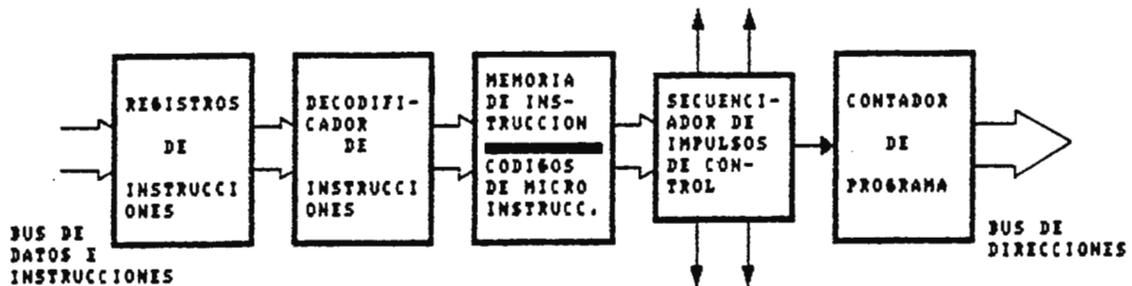


Figura 1-6. Estructura general de la unidad de control.

Las microinstrucciones hacen que el circuito secuenciador genere las señales que envía para gobernar los elementos del sistema y llevar a cabo cada instrucción.

La unidad de control posee también el contador de programa, que se encarga de enviar por el bus de direcciones, la posición de la memoria en donde la próxima instrucción que hay que realizar se encuentra o accesa al próximo dispositivo periférico involucrado en el proceso. Aunque normalmente este contador de programa se incrementa en una unidad en cuanto la memoria acepta la dirección anterior, existen instrucciones que le permiten variar su contenido de forma diferente, lo que autoriza la rotura del programa de forma diferente y la posibilidad de tomar decisiones según los resultados obtenidos.

UNIDAD OPERATIVA: Debe tenerse en cuenta que por lo general se comporta como una típica unidad lógica- Aritmética (ALU). En esta sección se pueden efectuar una serie de instrucciones que entrañan algunas operaciones aritméticas, lógicas, de transferencia, de rotación de bits, etc. En la figura 1-7, se expone el trabajo de la ALU presente en la unidad operativa, en conjunto con un registro de trabajo muy importante llamado "Acumulador", del que recibe siempre uno de los operandos que participan en la operación y donde finalmente se deposita el resultado.

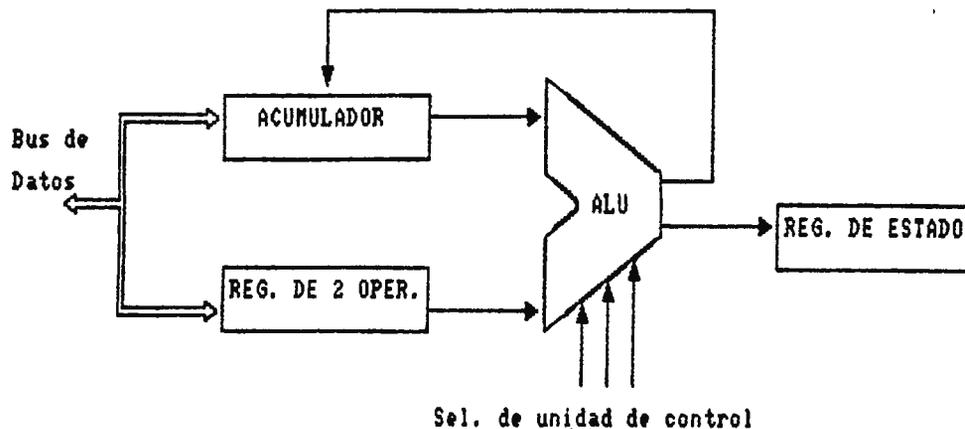


Figura 1-7. Estructura general de la unidad operativa.

Como se puede observar del análisis de la figura 1-7, la ALU recibe uno de los operandos desde el acumulador y el otro desde un registro auxiliar. La operación a realizar es seleccionada mediante las líneas que para este fin salen del secuenciador.

El resultado de la operación ejecutada por la ALU pasa de nuevo al acumulador y además afecta a los bits que componen el "Registro de Estado", que actúan como alarmas o señalizadores del microprocesador. Así, un bit del Registro de estado indica si la paridad es par o impar, otro si el resultado tiene signo negativo, un tercero si ha habido acarreo, etc.

Esta forma de trabajar permite que las instrucciones solo hagan referencia a una dirección de memoria, puesto que la ALU tiene fijada la entrada de un operando y la colocación

del resultado en el acumulador. La dirección a especificar, será aquella que contenga el segundo operando que habrá que trasladar hasta el registro auxiliar que alimenta a la otra entrada de la ALU.

1.2.1.2 MEMORIA DEL USUARIO

La memoria del usuario, es la parte del controlador lógico programable donde se almacenan los programas creados por el usuario, los cuales determinan la operación del sistema industrial que este operando el PLC, por lo general es una memoria de acceso aleatorio del tipo RAM, esto significa que el tiempo de acceso es el mismo para cualquier localización física de la memoria, independientemente que se desee leer o escribir información. La memoria al igual que el microprocesador posee los buses de datos, dirección y control por los cuales el microprocesador puede comunicarse con esta.

La principal desventaja de las memorias RAM, es que pierde su información en ausencia de energía, por tal motivo muchos PLC en el mercado disponen con módulos de almacenamiento fijo, que están fabricados a partir de memorias EPROM o EEPROM, las cuales no pierden su información en ausencia de energía, con los programas almacenados en estos módulos no puede operar el PLC, pero le sirven como programas de respaldo cuando se borra el que contiene la memoria RAM.

Cuando el programa de operación se a borrado del PLC por falta de energía, la mayoría de estos cargan automáticamente el programa de respaldo de los módulos de memoria EEPROM hacia la RAM, sin embargo los PLC poseen interruptores externos para que el usuario pueda transferir el programa desde la EEPROM hacia la RAM o viceversa.

1.2.1.3 MEMORIA ROM

La memoria ROM, es el dispositivo de almacenamiento donde se encuentra el * sistema operativo* del controlador lógico programable, que incluye programas del sistema que fijan la ejecución del programa del usuario, la gestión de entradas y salidas, la división de la memoria, la gestión de datos y similares.

Debido a que el sistema operativo posee todas las instrucciones necesarias para la operación del PLC, estas no deben ser modificadas por el usuario, por tal razón se graban en una memoria de solo lectura (ROM), a la cual no se le puede modificar su contenido sin el dispositivo de programación adecuado.

Al igual que el microprocesador, la memoria ROM posee los buses de dirección, datos y control para establecer la comunicación con este.

1.2.1.4 MEMORIA IMAGEN DE ENTRADA Y SALIDA.

La memoria imagen de entrada/salida sirve para almacenar los estados de los circuitos de entrada y salida, como consecuencia de la ejecución del programa del usuario.

Debido a que el PLC debe estar explorando continuamente las líneas de entrada al sistema, la memoria imagen mantiene el estado de los circuitos de entrada hasta que la nueva información resultante de la exploración se haya procesado. Comúnmente la memoria imagen son ciertas ubicaciones de la memoria del usuario, las cuales son delimitadas por el sistema operativo del sistema, almacenado en la memoria ROM, por tal motivo al igual que la memoria del usuario esta también es volátil.

1.2.1.5 CIRCUITOS DE COMUNICACION

Los circuitos de comunicación son interfases que adaptan al microprocesador (circuito de procesamiento), con sus diversos periféricos, como: computadoras, impresores, módulos de entrada/salida, sensores, etc.

Estos circuitos son necesarios debido a que la mayoría de los periféricos tienen requerimientos muy diversos, entre los que se destacan:

- 1) Tipo y Velocidad de la transferencia de datos, la transferencia puede ser sincrónica o asincrónica.
- 2) Tiempo de respuesta.

- 3) Códigos y formatos de datos.
- 4) Señales de control necesarias para sincronizar la transferencia de información y determinar los modos de operación.
- 5) Señales de estado, que muestran el progreso de la transferencia y estado de los periféricos.
- 6) Sistemas de detección y corrección de errores.

Debido a los muy diferentes requerimientos de los periféricos sería muy difícil diseñar una interfase específica por cada dispositivo de entrada/salida, para evitar este problema se han fabricado, circuitos integrados LSI de adaptación universal de periféricos, destacandose los siguientes cuatro tipos básicos de circuitos de comunicación:

a) INTERFASE PARALELA, se utiliza para transferir todos los bits de una palabra de datos, de formato en paralelo simultaneamente; para el caso si la palabra esta formada por ocho bits, estos son enviados al mismo tiempo ocupando cada uno de los bit una línea de transmisión.

Este tipo de interfase se encuentra entre las más veloces, pero conlleva en un elevado costo en el medio de transmisión.

b) INTERFASE SERIE, se utiliza para transferir un bit de datos por vez a un periférico, este tipo ocupa una sola línea de transmisión para enviar la información, para este caso si la palabra es de 8 bits habrá que enviar un bit a la vez por la línea de transmisión, hasta completar con el último. Este tipo es más lento pero se disminuye considerablemente los gastos en el medio de transmisión.

c) INTERFASE ANALOGICA, se utiliza para convertir señales analógicas de corriente o voltaje (CA o CD), en datos digitales equivalentes con un determinado código binario, también puede convertir datos digitales en formato binario, en señales analógicas equivalentes. Este tipo de interfase se utiliza para establecer la comunicación entre dispositivos analógicos (transductores de presión, temperatura, generadores de señal, etc.), y dispositivos digitales (computadores, plc, etc) o viceversa.

1.2.2 LOS MODULOS DE ENTRADA/SALIDA.

Los módulos de entrada/salida, sirven para establecer la comunicación entre el controlador lógico programable y la periferia; entendiéndose por periferia todo aquello que no está contenido en el PLC (las instalaciones a controlar, sus emisores, sensores del sistema, otros PLC, etc) se establece con las llamadas tarjetas de entrada/salida, que adaptan los niveles de señal de los dispositivos de entrada del sistema que se está gobernando, a los requerimientos del PLC o

viceversa. Para satisfacer la amplia variedad de señales de control de entrada y salida de los sistemas industriales, se tienen diversos tipos de tarjetas para la periferia, como: tarjetas digitales, analógicas, para la comunicación máquina-máquina (procesadores de comunicación para la comunicación serie o paralelo), para la comunicación hombre-máquina (aparatos de servicio, observación, etc).

Debido a la gran variedad de tarjetas de la periferia que puede manejar un solo PLC, a cada tarjeta específica se le asigna una dirección dentro del mapa de memoria del procesador a la cual responde cuando es accesada.

1.2.3 MODULOS DE ENTRADA.

Los módulos de entrada, contienen circuitos que convierten los niveles de señal de entrada, en los niveles lógicos de voltaje requeridos por el PLC, al mismo tiempo ofrecen un aislamiento entre el controlador y la periferia para evitar posibles daños en los circuitos del PLC, ocasionados por transitorios de voltaje en los dispositivos de entrada.

Debido a que en el medio industrial no se dispone de un estandar de niveles de voltaje para generar las señales de control hacia el PLC, se tiene que disponer de módulos de entrada para los diferentes requerimientos, encontrandose entre los de uso general:

a) Módulos de entrada discretos.

- b) Módulos de entrada analógicos.
- c) Módulos de entrada con registros.

1.2.3.1 MODULOS DE ENTRADA DISCRETOS

Cada circuito de entrada de un módulo discreto convierte una señal de entrada individual, al nivel de voltaje requerido por el PLC. Estas señales son típicamente generadas por interruptores, pulsadores, contactos de relevadores, interruptores de temperatura o presión, etc.

Por lo general, a cada entrada individual esta conectada una lámpara, que indica cuando una entrada se a activado, comunmente se dispone de módulos con las siguientes características:

| NUMERO DE CIRCUITOS | NIVELES DE ENTRADA |
|---------------------|--------------------|
| 8 | 12 - 48 VAC/DC. |
| 8 | 120 VAC/DC. |
| 8 | 240 VAC/DC. |

1.2.3.2 MODULOS DE ENTRADA ANALOGICOS

Convierten las señales de entrada analógicas de voltaje o corriente, al código binario y nivel lógico requerido por el PLC, el código generado es directamente proporcional al nivel de señal de entrada. Estas señales analógicas son típicamente generadas por transductores de presión,

temperatura, nivel, humedad, peso, posición y a través de procesos de instrumentación.

El código binario generado del módulo analógico es almacenado en sus registros de salida, los cuales son leídos por el PLC durante el proceso de exploración.

Comunmente se dispone de módulos de entrada analógicos con las siguientes características:

| NUMERO DE CANALES | NIVELES DE ENTRADA |
|-------------------|------------------------|
| 2, 4 o 8 | A/D de 0-5 VDC (8bit) |
| 2, 4 o 8 | A/D de 0-10 VDC (8bit) |
| 2, 4 o 8 | A/D de 4-20 mA (8bit) |

1.2.3.3 MODULO DE ENTRADA CON REGISTROS

Estos módulos convierten códigos binarios o BCD al código y nivel lógico requerido por el PLC, el código generado es directamente proporcional al de entrada al módulo.

Estos códigos de entrada son típicamente generados por detectores de proximidad, instrumentos de medición (voltímetros digitales, frecuencímetros, etc). Cada valor numérico generado puede controlar; temporizadores, contadores, registros de desplazamiento internos del PLC, etc.

Típicamente estos módulos son usados en aplicaciones de interfase entre los paneles de control del operador, con el controlador.

1.2.4 MODULOS DE SALIDA

Los módulos de salida, contienen circuitos que convierten los niveles lógicos generados por el PLC, a los niveles de corriente y voltaje requeridos para manejar los dispositivos de control y visualización del sistema industrial, como: contactores, solenoides, arranque de motores, lámparas, etc.

Cada circuito de salida esta electricamente aislado entre el PLC y la periferia, por medio de optocopladores que evitan posibles daños en el PLC, ocasionados por transitorios de voltaje en los dispositivos o equipos de control del sistema.

Debido a los diversos requerimientos de tensión y corriente de los elementos de control del sistema industrial, no es posible tener un estandar de módulos de salida por tal motivo existen tres grupos principales que son:

- a) Módulos discretos de salida.
- b) Módulos analógicos de salida.
- c) Módulos con registros de salida.

1.2.4.1 MODULOS DE SALIDA DISCRETOS

Cada circuito de salida del módulo convierte el nivel lógico de voltaje generado por el PLC, al nivel de corriente y voltaje requerido por el dispositivo de control o visualización del sistema industrial. Típicamente los voltajes de salida son usados para manejar relés, contactores, dispositivos de arranque de motores, lámparas, etc.

Al igual que los módulos de entrada, por lo general a cada salida individual del módulo esta conectada una lámpara que indica el estado de la salida, comunmente se dispone con módulos de las siguientes características:

| NUMERO DE CIRCUITOS | NIVEL DE SALIDA |
|---------------------|-----------------|
| 8 | 5 VDC |
| 8 | 24 VDC |
| 8 | 120 VAC |
| 8 | 240 VAC |

1.2.4.2 MODULOS DE SALIDA ANALOGICOS

Cada módulo esta provisto con convertidores digital-análogo (D/A), para proveer la capacidad al PLC de convertir códigos binarios con los niveles lógicos del PLC, a señales de salida analógicas de corriente o voltaje donde cada nivel generado es proporcional al código de entrada mandado por el controlador al módulo.

Típicamente estas señales de salida analógica son usadas para controlar la velocidad de motores, regular los niveles de cierre de válvulas, en procesos de instrumentación, etc.

Comunmente se dispone con módulos de salida analógicos con los siguientes rangos de señal de salida:

| NUMERO DE CANALES | NIVEL DE SALIDA |
|-------------------|-----------------------|
| 2 o 4 | D/A de 0-5 VDC (8bit) |
| 2 o 4 | D/A de 4-20 mA (8bit) |
| 2 o 4 | D/A de 0-10 VDC(8bit) |

1.2.4.3 MODULOS DE SALIDA CON REGISTRO

Estos módulos convierten el código binario enviado por el PLC, a un código BCD o binario que posea los niveles de tensión requeridos por los dispositivos de salida, comunmente los niveles generados son compatibles con las familias TTL o CMOS.

Típicamente estos módulos son utilizados en aplicaciones de interfase entre temporizadores, contadores o otros registros que operan con códigos binarios o BCD, también son muy utilizados para la presentación de datos en los paneles de control de los operadores, en el mercado comunmente se puede disponer de módulos con registros de 12 o 16 bits.

1.3 TARJETAS PERIFERICAS INTELIGENTES

Toda la gama de módulos antes descritos son los principales, para que a través de ellos el PLC pueda gobernar la gran mayoría de los sistemas industriales y son con los que están disponibles los diversos tipos de PLC, pero existen sistemas industriales donde los requerimientos de operación son muy críticos como:

- a) Regulación rápida y alta precisión.
- b) Posicionamiento de alta precisión.
- c) Conteo rápido.
- d) Dosificación.
- e) Tratamiento de señales y muchas más.

Cada uno de los procesos enumerados anteriormente requieren una elevada exactitud y velocidad al ser realizado. Por tal motivo algunos de los PLC más completos disponen con la capacidad de manejar módulos periféricos inteligentes, que ejecutan casi en su totalidad algunas de las tareas antes mencionadas, esto es posible gracias a que la mayoría están dotados de procesadores propios, realizando con autonomía ciertas tareas especiales, con ello alivian al procesador central de tareas suplementarias, así este puede resolver a su velocidad habitual las tareas de mando para las que ha sido diseñado.

1.4 TEORIA DE OPERACION

El controlador lógico programable para gobernar una máquina o proceso industrial, lo realiza a través de sus módulos de la periferia (entrada-salida), los que sirven de interfase entre el medio externo y él. Para comunicarse con los módulos de la periferia, la gran mayoría de fabricantes de PLC diseñan sistemas de bastidores para conectar el PLC y los módulos, tal como el mostrado en la figura 1-8, donde a cada dispositivo conectado tiene acceso a los buses de dirección, datos y control.

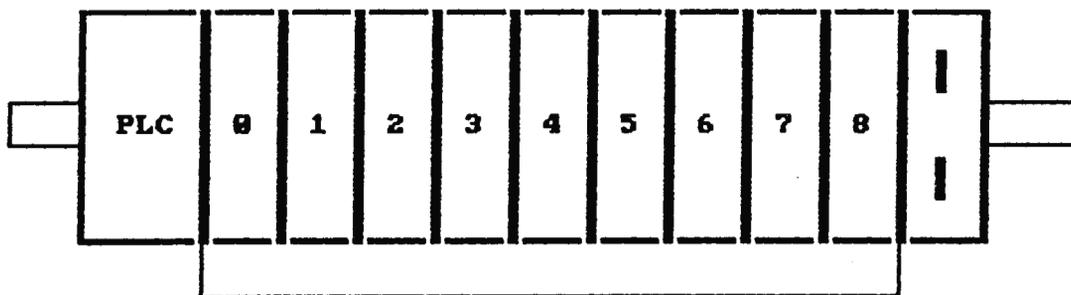


Figura 1-8. Configuración del sistema de bastidores.

Para que un PLC gobierne una máquina o proceso industrial eficazmente, están involucrado en este tres pasos principales como son:

- a) Direccionamiento del módulo periférico.
- b) Transferencia de datos.
- c) Ejecución del proceso de exploración.

1.4.1 DIRECCIONAMIENTO

El PLC para comunicarse con los módulos; primero habilita al dispositivo por medio de su bus de direcciones, cargando la dirección correspondiente a la ubicación del módulo dentro del bastidor, esto lo realiza durante la ejecución del programa del usuario.

Sin embargo existen dos diseños básicos de modos de direccionamiento, los cuales son determinados por los fabricantes, siendo estos:

- a) Direccionamiento Fijo.
- b) Direccionamiento variable.

1.4.1.1 DIRECCIONAMIENTO FIJO

En este sistema ya se encuentra fija la dirección correspondiente al módulo periférico dentro del bastidor, determinado por la ubicación de conexión, enumerándose en orden correlativo de izquierda a derecha donde la primera ubicación corresponde a la dirección cero, esta característica la toma de la clase de diseño del bastidor el cual tiene incorporado su propio decodificador de direcciones.

En sistemas donde el número de módulos conectado aun solo bastidor no es suficiente para manejar una máquina o proceso, se pueden interconectar bastidores para tener mayor disponibilidad de módulos periféricos, en este caso la

numeración de las filas de ampliación prosigue en la ubicación de conexión más a la izquierda, tal como lo mostrado en la figura 1-9.

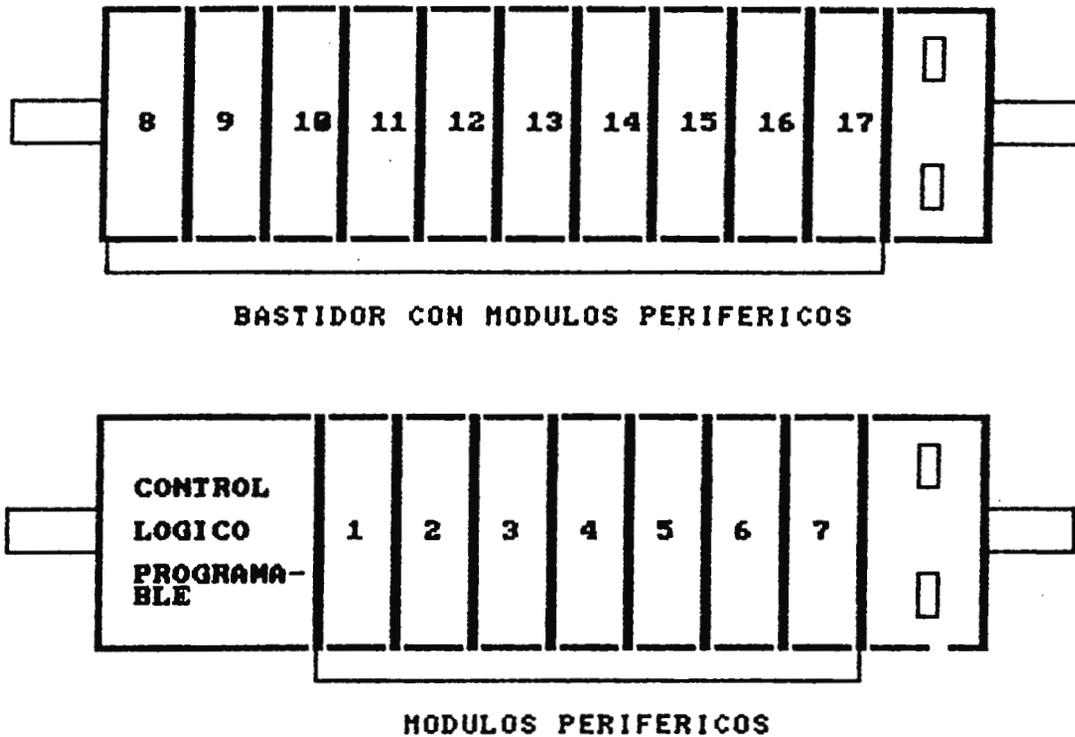


Figura 1-9. Numeración de puestos de conexión en caso de configuración de varias filas.

1.4.1.2 DIRECCIONAMIENTO VARIABLE

En este tipo de sistemas, los bastidores únicamente sirven para establecer la conexión física de los buses de dirección, datos y control, entre cada módulo y el PLC. Los módulos usados en este tipo de sistema disponen con un juego de interruptores de programación, en los cuales se puede asignar la dirección a la que respondera la tarjeta

periférica, esta misma regla se cumple para la interconexión de varios bastidores.

Un aspecto que se debe tomar muy en consideración son los rangos de dirección asignados a cada clase de módulo periférico, los cuales están determinadas para cada tipo de PLC, por lo general en los manuales de los fabricantes se especifican los rangos en que trabajan los diferentes módulos periféricos de entrada o salida. Como ejemplo consideremos el bastidor de la figura 1-9, del PLC SIMATIC 100U el cual trabaja con el tipo de direccionamiento fijo.

- Los módulos de entrada o salida discretos, sólo se pueden conectar entre los puestos 1 a 17.
- Los módulos analógicos de entrada o salida, sólo se pueden conectar entre los puestos 1 a 7.
- Los módulos de entrada o salida con registro, sólo se pueden conectar entre los puestos 1 a 4.

1.4.2 TRANSFERENCIA DE DATOS

Al igual que el procesador posee los circuitos de comunicación, donde están los registros de entrada y salida para transmitir o recibir datos de los módulos periféricos; cada uno de estos también posee sus registro de entrada o salida, donde se almacenan los niveles lógicos de las señales mandadas por el PLC o recibidas de los dispositivos del sistema industrial. El PLC para transmitir o recibir información desde un módulo de la periferia primero accesa

al dispositivo periférico deseado y luego se establece el flujo de información a través del bus de datos.

1.4.3 PROCESO DE EXPLORACION

Para ejecutar el ciclo de operación el PLC, primero examina los estados de los dispositivos de entrada, esta información es almacenada en ciertas localidades de la memoria RAM del sistema, luego ejecuta el programa del usuario comenzando en el orden que fue escrito el programa. En la ejecución del programa del usuario continuamente se revisa la información existente en los dispositivos de entrada, debido a que es la que determina la activación o desactivación de los dispositivos de salida; los nuevos estados de los módulos de entrada y salida son almacenados en las localidades para la memoria imagen del sistema, para permitir la ejecución de otro ciclo de operación al cual comunmente se le denomina proceso de exploración.

CAPITULO II: PROGRAMACION DE LOS PLC

2.1 INTRODUCCION

En los sistemas de mando por contactores, los diferentes elementos pulsadores, contactores, bobinas, interruptores, lámparas de señalización, etc; se interconectan usando cables. El tipo de unión serie o paralelo determina la función que debe ejecutar el sistema de mando.

Como ejemplo observemos el diagrama de contactos mostrado en la figura 2-1, en el cual cuando se cierra el pulsador S2, la corriente fluye desde la barra L+, pasando por los pulsadores S1 y S2, conectados en serie hasta la bobina del contactor K1. El contactor se excita con ello se cierra el contacto K1 que se encuentra en paralelo con el pulsador S2, la corriente sigue fluyendo a través del contacto cerrado K1, en lugar del pulsador S2, el contactor se mantiene excitado, este se desconecta si se interrumpe el circuito de alimentación accionando el pulsador S1.

Esta función de autoretención se materializa en un PLC por medio de un programa, a través del cual se pueden representar contactos de relé, interruptores, bobinas,

contadores, temporizadores, etc; y la interconexión a través de los cables se convierten en funciones lógicas AND o OR.

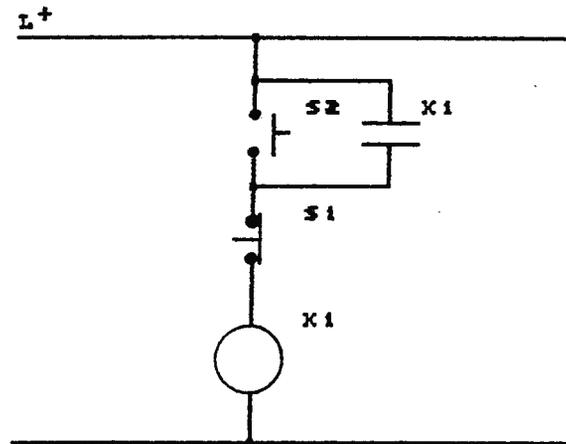


Figura 2-1. Configuración de un diagrama convencional eléctrico.

2.2 FORMAS DE REPRESENTACION DE PROGRAMAS DE PLC

Para representar por medio de programa la amplia variedad de funciones, el usuario puede disponer de tres formas de representación, siendo estas:

- a) Esquemas de funciones.
- b) Esquemas de contactos.
- c) Lista de instrucciones.

Estas tres representaciones diferentes están orientadas hacia el usuario, para facilitar la elaboración de los programas, ya que cada una de ellas se orienta a determinado grupo.

2.2.1 ESQUEMA DE FUNCIONES

Los símbolos representados bajo este tipo de norma son iguales, o similares a los que se utilizan en los esquemas de bloques de la electrónica digital. Por ello, el usuario que trabaje con dichos esquemas, prefiere emplear esta forma de representación.

2.2.2 EL ESQUEMA DE CONTACTOS

Se basa en los esquemas de circuitos, utilizados en electrotecnia. En esta forma de representación, las operaciones lógicas se realizan en forma de combinaciones en serie o paralelo de contactos, esto facilita el trabajo de los usuarios habituados a diseñar sistemas de mando con contactores y relés.

2.2.3 LISTA DE INSTRUCCIONES

Se compone de diversas instrucciones especificadas por los fabricantes, en donde cada una de ellas representa una orden para el procesador del PLC.

Esta es la forma de representación que permite una mayor libertad. Las diferentes instrucciones están compuestas de abreviaciones nemotécnicas que identifican la función a ejecutar; este tipo de representación, es la que más se le facilita a los usuarios familiarizados con la programación de microprocesadores o computadoras.

2.3 COMPARACION ENTRE LAS DISTINTAS FORMAS DE REPRESENTACION

Para tener una idea más clara de las distintas formas de representación de programas de PLC, se presenta el siguiente ejemplo sencillo, donde se muestra el esquema eléctrico de la figura 2-2, con sus tres formas de representación.

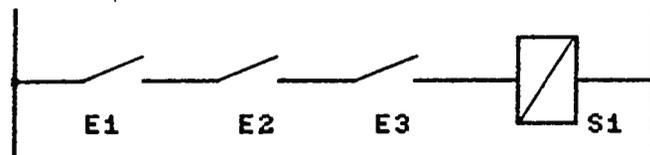
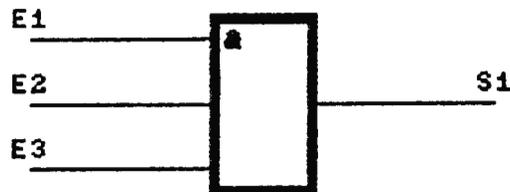


Figura 2-2. Esquema eléctrico de una función AND.

De la figura anterior se puede observar que básicamente es una función lógica AND, en la cual cuando los contactos E1, E2 y E3 se cierran enciende la lámpara (salida 1).

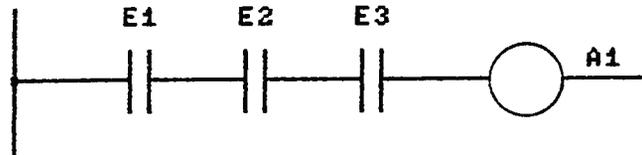
REPRESENTACION EN ESQUEMA DE FUNCIONES.



De la figura anterior se puede observar que la función AND queda representada gráficamente por el rectángulo con el símbolo &, las entradas a la función se realizan por la izquierda, siendo estas E1.0, E2.0, E3.0 y la marca M1.0 que funciona como un habilitador de la operación AND. Al igual

que el esquema de la figura 2-2, cuando los tres estados a la función presentan estados lógicos 1 se activa la salida.

REPRESENTACION EN PLANO DE CONTACTOS



La función se dibuja en un plano de contactos en forma de conexiones en serie. Las entradas a la función se representan como símbolos de contactos, donde el número de estos determina cuantas entradas tiene la función y la salida queda representada por la bobina A1.

REPRESENTACION EN LISTA DE INSTRUCCIONES.

| El programa sera: | Instrucción: |
|-------------------|--------------|
| AND Entrada 1 | AI1 |
| AND Entrada 2 | AI2 |
| AND Entrada 3 | AI3 |
| = Salida 1 | = Q1 |

En esta forma de representación, las entradas se consultan en fila y el resultado se combina según la función AND. En la primera instrucción, el procesador consulta la entrada AI1 y el resultado lo memoriza, en la siguiente instrucción

se consulta la salida Q1, este resultado lo combina con el resultado de la primera y lo memoriza según la combinación AND, obteniéndose un nuevo resultado. Este resultado de la combinación se memoriza y se combina con la siguiente consulta y así sucesivamente.

Como se observó del ejemplo anterior, cada forma de representación en la elaboración de programas tienen sus propias formas de representación, que guardan únicamente en común, que un mismo programa elaborado en esquema de contactos, lista de instrucciones o esquema de funciones, hacen que el PLC realice la misma operación de control sobre el sistema industrial que se gobierna.

Las diferentes formas de programación se han creado con el fin, de que la mayor parte de los usuarios puedan aprender y crear fácilmente programas de operación de PLC, optando por la representación que más se les facilite en la elaboración de estos. Sin embargo en la práctica son pocos los fabricantes de PLC, que disponen a sus sistemas con los aparatos y medios de programación para cada una de las representaciones mencionadas, estando entre la de mayor uso la de esquemas de contactos, debido a que esta forma es similar a los diagramas convencionales de control por contactores y relés.

Por el motivo anterior en los temas posteriores se abarca con detalle los pasos, consideraciones y reglas a seguir para elaborar programas de control para PLC, a través de esquemas de contactos.

2.4 PROGRAMACION POR ESQUEMA DE CONTACTOS O DIAGRAMAS ESCALERA

La programación por esquema de contactos describe las funciones de control en forma gráfica, como por ejemplo; las operaciones de combinaciones lógicas se realizan en forma de conexiones serie o paralelo de contactos; este tipo de representación tiene como característica principal que es muy similar a los diagramas de los sistemas de mando por contactores o relés. Con esta clase de configuración se muestra claramente en los circuitos de control del programa, las salidas o dispositivos que activa o deshabilita el PLC, en respuesta a la activación de un circuito de entrada al sistema de control.

La elaboración de programas por esquemas de contactos, difieren de los diagramas convencionales de contactores y relés en dos aspectos principales:

- 1) Los circuitos son redibujados cuando es necesario, para:
 - a) Estar seguro de la compatibilidad con los procesos de exploración del PLC.

b) Cuando es necesario, para facilitar que el PLC reconozca las conexiones de los dispositivos.

2) Los contactores, bobinas y funciones especiales les son asignados membretes apropiados.

Para elaborar programas por esquemas de contactos, el elemento básico de programación es el contacto normalmente abierto o cerrado, tal es el caso de los dispositivos de entrada como: pulsadores, interruptores de presión, temperatura, etc. Estos son mostrados como contactos de relé, la figura 2-3, ilustra esta diferencia básica entre el diagrama convencional de contactores y relés, y el programa en esquema de contactos.

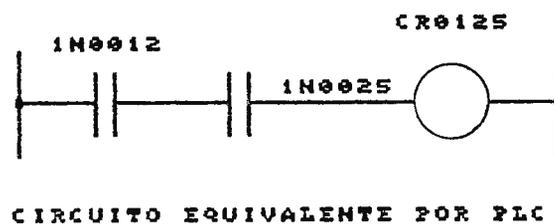
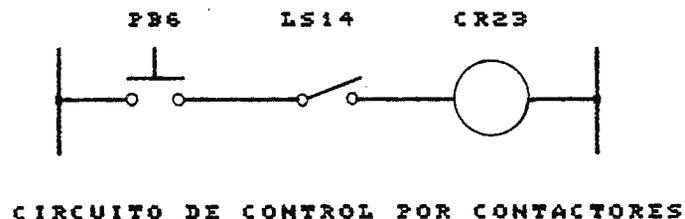


Figura 2-3. Dispositivos de entrada mostrados como contactos.

Como se muestra en la figura 2-3, el pulsador PB6 es reemplazado por IN0012 (entrada # 12) y el interruptor LS14 es reemplazado por IN0025 (entrada # 25).

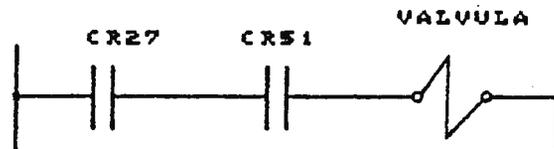
Otra diferencia básica entre los dos tipos de diagramas es que cada elemento en el esquema de contactos como bobinas, interruptores, funciones especiales, etc; son mostradas con un membrete como IN0012 o CR0125, el cual sirve para identificar el elemento dentro del PLC. Un membrete consiste de dos partes principales, uno es el que identifica el elemento tal como el mostrado en la figura 2-3, donde IN es un contacto controlado por un circuito de entrada al PLC, procedente del sistema industrial a través de los módulos de entrada. Y el número de referencia como 0012 indica la dirección del circuito de entrada.

En lo referente a los dispositivos de salida como solenoides, luces, arranque de motores, válvulas, etc; se muestran como bobinas tal como se observa en la figura 2-4.

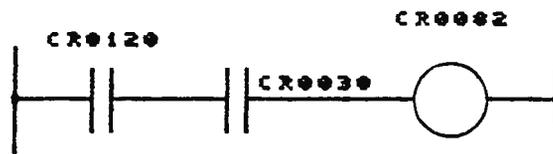
Sin embargo en la elaboración de programas por esquemas de contactos, se pueden distinguir dos clases de bobinas de salida, que son:

- a) Bobinas.
- b) Bobinas Lógicas.

BOBINAS: Estas son capaces de controlar contactos internos, pertenecientes al programa del PLC, así como también pueden manejar circuitos de salida que gobiernan el sistema industrial.



CIRCUITO DE CONTROL POR CONTACTORES.



CIRCUITO EQUIVALENTE POR PLC

Figura 2-4. Dispositivos de salida mostrados como bobinas.

BOBINAS LOGICAS: Esta segunda clase de bobinas, sólo pueden controlar contactos internos y no pueden controlar directamente dispositivos de salida.

Otra diferencia entre los esquemas de contactos y los diagramas convencionales de contactores y relés, es que muchas funciones especiales como temporizadores, contadores, de comparación, suma, resta, etc; son mostrados como simples bloques. Cada función especial tiene al menos un contacto al que controla su operación, tal es el caso mostrado en la

figura 2-5, donde se observa un temporizador, que es activado cuando el circuito de tiempo y de habilitación son energizados.

En general los membretes de las funciones especiales son similares a los usados con las bobinas, la parte del membrete en letras indica la operación que realiza la función especial, por ejemplo TS (timer second), indica un temporizador con una resolución de un segundo. El número de referencia indica cual contacto esta siendo controlado por la función.

Como sucede con las bobinas, CR es tanto para las bobinas de salida como lógicas, y estas son utilizadas como salidas de la función especial.

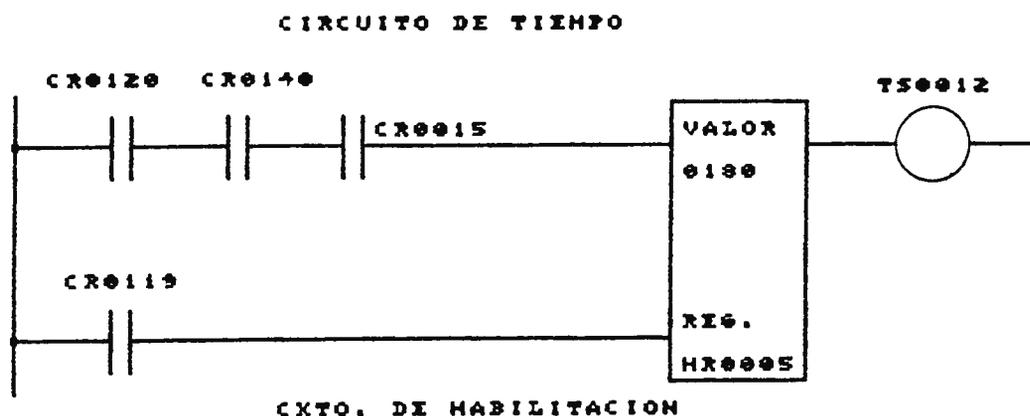


Figura 2-5. Funciones especiales mostradas como simples bloques.

Una función especial tiene como característica que puede responder a otras fuentes de información durante los procesos de programación, por ejemplo la figura 2-5, muestra un temporizador con un tiempo de 180 segundos; este temporizador cuenta hasta 180 segundos y entonces energiza la bobina que opera, pero esta operación no necesariamente debe ser constante, el temporizador puede recibir otras fuentes de información de localizaciones de memoria dentro del sistema, procedentes de otras funciones especiales o de los dispositivos de entrada a través de los módulos periféricos del PLC.

El ejemplo también ilustra, que las funciones especiales pueden operar con datos numéricos provenientes de registros, alimentados por datos como resultado de operaciones aritméticas o funciones realizadas por circuitos discretos de entrada o salida. Cuando un dato numérico es requerido por una función especial, la localización de almacenamiento del dato debe ser especificada dentro del bloque que representa la función, tal como el ejemplo de la figura 2-5. En lo referente a los registros estos pueden ser asociados con más de una función especial.

2.5 CONSIDERACIONES EN EL PROCESO DE EXPLORACION

Como se mencionó en el capítulo anterior el PLC explora continuamente los circuitos de entrada y ejecuta el programa

del usuario, para determinar que salida debe ser activada o desactivada.

Esto implica que el proceso de exploración ejecutado por el PLC, sobre el programa escrito por el usuario y los niveles de señal presentes en los circuitos de entrada, son los que determinan la operación del sistema.

Los programas en esquemas de contactos deben estar dibujados en el orden que se desea que conduzcan los circuitos para obtener la operación deseada.

Por los motivos antes expuestos la mayoría de fabricantes de PLC, establecen las normas y reglas a seguir para la elaboración de programas por esquemas de contactos, las que básicamente están determinados por la forma en que el procesador ejecuta el proceso de exploración sobre el programa y por la cantidad de elementos utilizados para formar una red de elementos lógicos dentro del programa, para ejecutar determinada función.

Para tener una mejor idea, de la forma en que se realiza el proceso de exploración sobre el programa, podemos observar el siguiente ejemplo; para el PLC de la marca Westinghouse (PC-1100), y tomando el diagrama en esquema de contactos de la figura 2-6.

Para esta clase de PLC, el proceso de exploración se inicia con los circuitos dibujados al inicio del programa, explorandolos de izquierda a derecha a través de las diferentes sendas de que consta el diagrama lógico y así sucesivamente hasta llegar al último elemento, para el caso de la figura 2-6, la bobina CRO062 es controlada por los estados de los contactos IN0018 y CRO053 durante la ejecución del proceso de exploración, y por el estado de CRO101 durante el previo proceso de exploración.

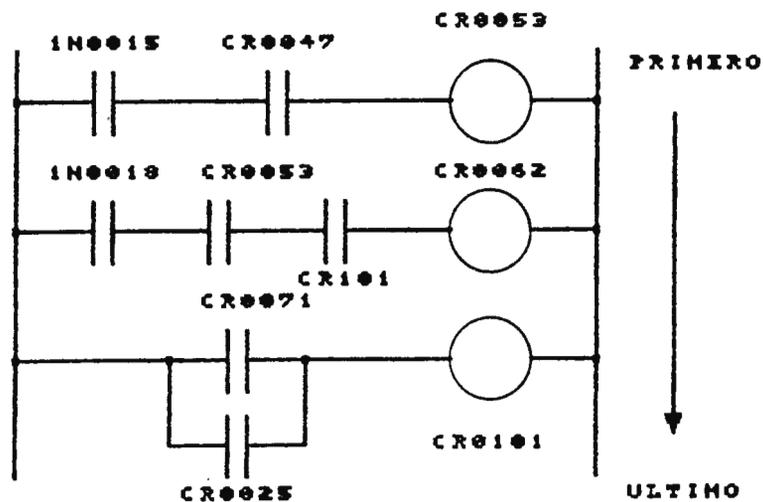


Figura 2-6. Proceso de exploración (Scan).

2.6 NORMAS PARA ELABORAR PROGRAMAS POR ESQUEMAS DE CONTACTOS

La mayoría de las reglas presentadas a continuación son generales para todos los tipos de PLC, estas dan una idea de las consideraciones que se deben tomar en cuenta al elaborar los programas.

Para dibujar programas por esquemas de contactos, existen cuatro reglas básicas:

- a) Regla 1: Siempre los contactos dibujados forman parte de ramas horizontales, no de ramas verticales.

- b) Regla 2: Los arreglos de las ramas que no contienen contactos se forman verticalmente, no horizontalmente.

- c) Regla 3: Los contactos conectados a la derecha de una rama vertical, deberían ser conectados lo más arriba posible de la unión de la rama.

- d) Regla 4: Para las bobinas que no son controladas por funciones especiales, el número máximo de contactos en una misma senda esta determinado por el fabricante, así como la cantidad de peldaños que componen la red lógica.

- e) Regla 5: Para bobinas que son controladas por funciones especiales; el número máximo de contactos por una senda y el total de peldaños de la red lógica, esta determinado por el fabricante.

2.6.1 REGLA 1

Para ilustrar la regla 1, consideremos la figura 2-7. En la parte superior del circuito; el contacto C esta dibujado verticalmente, asiendo que se dificulte identificar

correctamente el circuito asociado a este contacto, esto provoca que sea difícil determinar la dirección de conducción a través de este.

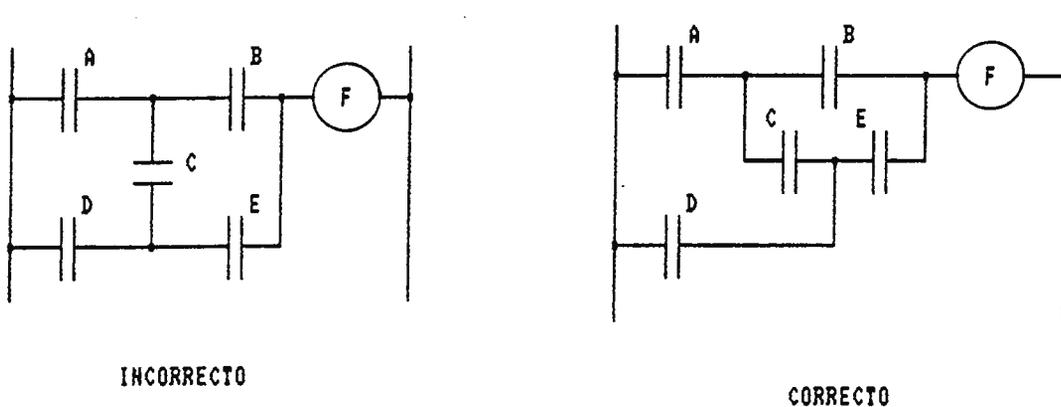


Figura 2-7. Regla 1, los contactos deben formar parte de las sendas horizontales.

En el circuito a la derecha de la figura 2-7, se muestra el circuito dibujado correctamente, note que la trayectoria D-C-B no energiza la bobina F. En la figura 2-8, se muestra el mismo circuito, pero se dibuja dos veces el contacto C para poder energizar la bobina a través de la trayectoria D-C-B.

2.6.2 REGLA 2.

La regla número 2 se ilustra en la figura 2-9. En la parte superior del circuito, se observa la rama conectada desde el contacto B y C hacia los contactos H e I, éste está dibujado horizontalmente, haciendo que se dificulte identificar los circuitos asociados con los contactos B, D y H, esto también

hace difícil identificar la trayectoria E-F-G-H-C, como una trayectoria habil para energizar la bobina J.

En el circuito dibujado a la derecha de la figura 2-9, los circuitos asociados son identificados fácilmente.

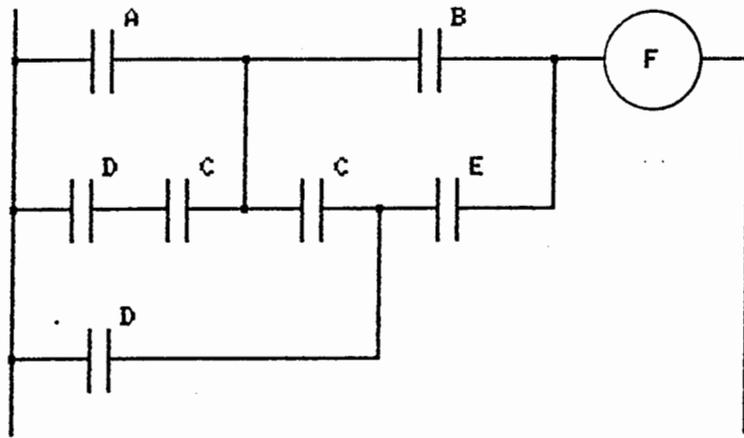


Figura 2-8. Adición de dos contactos, para formar la trayectoria D-C-B.

2.6.3 REGLA 3

La regla 3, se ilustra en la figura 2-10. En este esquema se observa que los contactos D y E son dibujados en la parte inferior de la rama, haciendo difícil identificar correctamente los circuitos asociados con los contactos B, C y D. En el esquema presentado a la derecha de la figura 2-10, los contactos D y E están dibujados en la parte superior de la rama, esto hace que se logren identificar fácilmente los circuitos asociados con los contactos B y C.

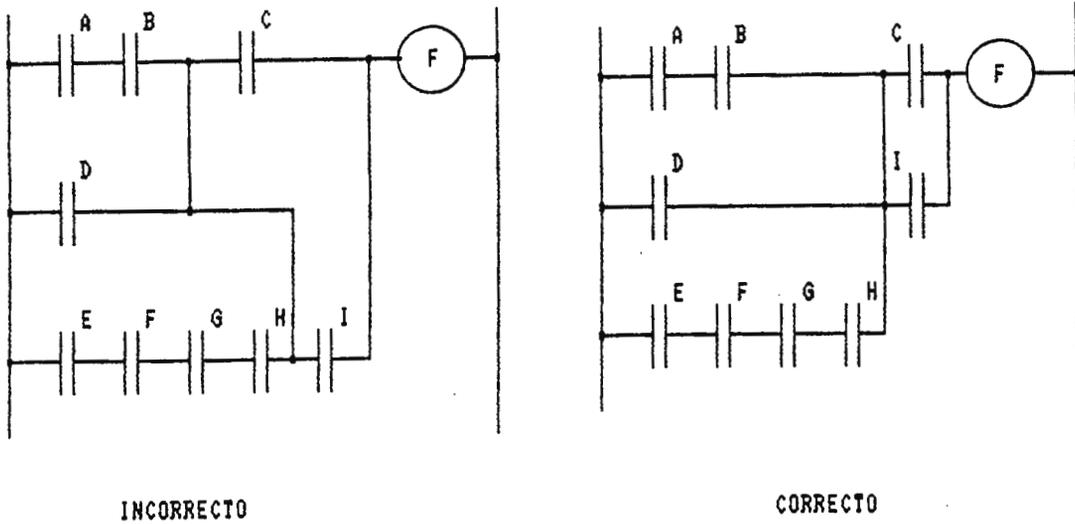


Figura 2-9. Regla 2, las ramas de un esquema deben correr verticalmente.

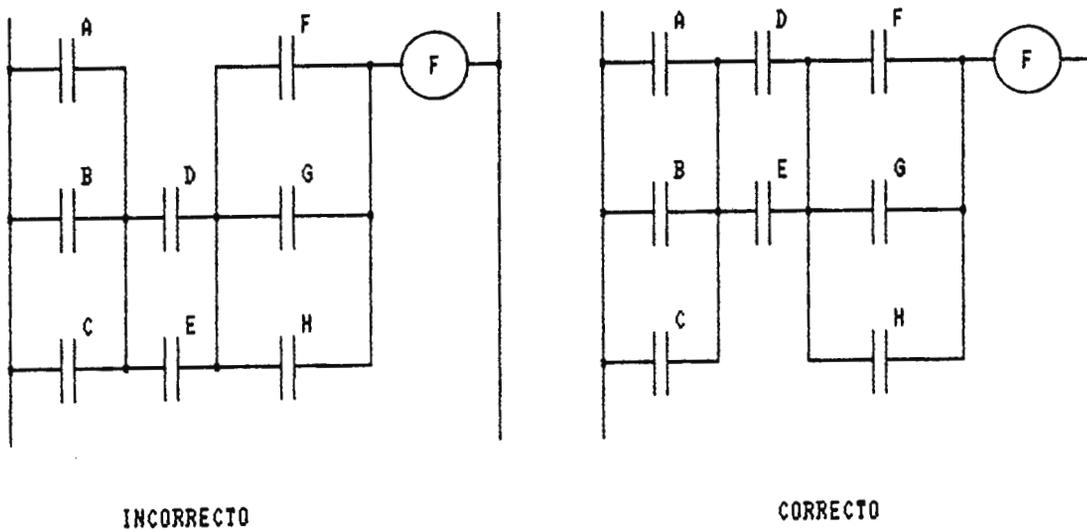


Figura 2-10. Regla 3, los contactos deben ser conectados en la parte superior del diagrama.

2.6.4 REGLAS 4 Y 5

Las reglas 4 y 5, limitan el tamaño de una red lógica de elementos, compuestos por contactos o funciones especiales.

La regla 4, limita el número máximo de contactos en una trayectoria, donde no se encuentran funciones especiales, el cual no puede exceder de 10 y de 7 peldaños, este caso se muestra en la figura 2-11. Y la regla 5, limita el número máximo de contactos donde si hay funciones especiales, no debiendo exceder el número de contactos de 8 en una misma trayectoria y el número máximo de peldaños de 7, este caso se muestra en la figura 2-12.



Figura 2-11. Regla 4, diez series de contactos máximo.

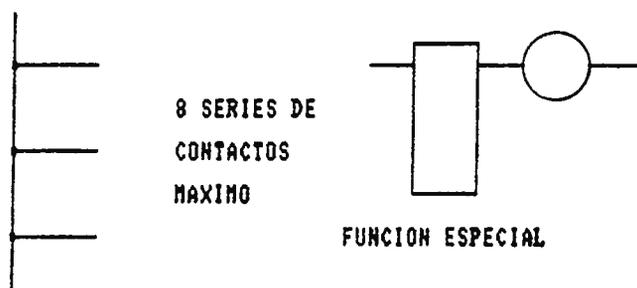


Figura 2-12. Regla 5, ocho series de contactos máximo.

Todas estas reglas tal como lo explicado son generales para la programación de PLC a través de esquemas de contactos, antes de poner en práctica cualquiera de ellas se debe

(temporizador, con una resolución de segundos), etc. Sin embargo no todos los tipos de PLC en el mercado utilizan el mismo tipo de nomenclatura; teniendo entre la nomenclatura más general, la siguiente:

- IN = Entrada discreta, (input).
- CR = Relé de control o salida discreta, (control relay).
- IR = Registro de entrada, (input register).
- OR = Registro de salida, (output register).
- HR = Registro de retención, (holding register).

Una explicación detallada de cada una de ellas es la siguiente:

CIRCUITOS DE ENTRADA DISCRETOS (IN): Son los que están constituidos por los dispositivos de entrada al PLC, procedentes del sistema industrial, como: pulsadores, contactos de relé, interruptores accionados por movimiento, presión o temperatura, etc.

CIRCUITOS DE SALIDA DISCRETOS (CR): Están constituidos, por los dispositivos de control y visualización de un sistema industrial, como: arranque de motores, solenoides, luces, etc.

REGISTROS DE ENTRADA (IR): Son entradas capaces de aceptar datos numéricos en código BCD o binario, desde el proceso industrial.

REGISTROS DE SALIDA (OR): Son salidas capaces de presentar datos numéricos hacia el sistema industrial, en código BCD o binario.

REGISTROS DE RETENCION (HR): Registros internos del PLC, usados para manejar datos.

2.7.2 NUMEROS DE REFERENCIA

Estos números son dados por los fabricantes, para cada tipo de elemento específico, como circuitos de entrada, salida, funciones especiales y registros internos. Determinando rangos para cada uno de ellos.

2.8 FUNCIONES BASICAS DE PROGRAMACION

La mayoría de los PLC, tienen la capacidad de ejecutar en un cien porciento las operaciones realizadas por los circuitos de control, compuestos por dispositivos electromecánicos y/o electrónicos. Para realizar estas operaciones el PLC debe poseer una serie de funciones, que le permitan realizar eficazmente el control de los diversos sistemas industriales existentes en el medio, para ello dispone de funciones de programación que realizan las operaciones de contactos de relé, bobinas, temporizadores, contadores, circuitos secuenciadores, operaciones aritméticas, lógicas, etc.

Entre los elementos básicos, utilizados en la programación del PLC, se encuentran los siguientes:

- a) Contactos.
- b) Bobinas.
- c) Conectores verticales y horizontales.
- d) Temporizadores.
- e) Contadores.
- d) Operaciones aritméticas de suma, resta, etc.

2.8.1 CONTACTOS

Para su programación se puede disponer de dos tipos básicos:

- Contactos de entrada.
- Contactos de relé.

CONTACTOS DE ENTRADA: Son usados para representar los contactos operados por pulsadores, interruptores convencionales o activados por movimiento y otros dispositivos de señalización del sistema.

CONTACTOS DE RELE: Son usados para representar los contactos activados por bobinas de relé y por funciones especiales, como temporizadores, contadores, etc.

De las clases anteriores de contactos, se pueden representar en dos condiciones.

CONTACTOS NORMALMENTE ABIERTOS (NO)



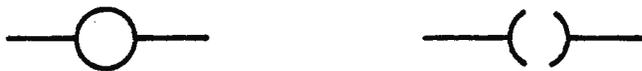
Normalmente abierto cuando su circuito asociado no ha sido energizado y se cierran cuando el circuito es energizado. Y los contactos normalmente abiertos de relé, están abiertos cuando su bobina asociada esta desenergizada.

CONTACTO NORMALMENTE CERRADO (NC)



Normalmente cerrado, cuando su circuito asociado no está energizado y se desconecta cuando se energiza su circuito. Y los contactos de entrada controlado por relé, están cerrados cuando la bobina asociada esta desenergizada, y se desconecta cuando se energiza dicha bobina.

2.8.2 BOBINAS



La figura anterior, presenta dos tipos básicos de esquemas usados por los fabricantes de PLC, para representar bobinas. Estas bobinas conforman las salidas en los esquemas de contactos y son usadas para proveer las señales de control

para un dispositivo de salida, como: solenoide, arranque de motores, lámparas indicadoras, etc. Y algunas clases como las bobinas lógicas pueden manejar contactos internos del programa.

2.8.3 CONECTOR HORIZONTAL



El conector horizontal, es una pequeña unión entre dos nodos de un peldaño del esquema de contactos

2.8.4 CONECTOR VERTICAL



El conector vertical, es una pequeña unión entre dos travesaños de un esquema de contactos.

2.8.5 TEMPORIZADORES.

Los temporizadores, son programados para operar como cualquier temporizador electromecánico o electrónico.

El temporizador es usado independientemente o con la participación de otras funciones especiales para generar complejos ciclos de operación, el tiempo mínimo de cambio está limitado por el reloj interno del microprocesador. Una función de temporización se muestra en la figura 2-13.

El circuito de tiempo y habilitación controlan la operación del temporizador, este opera cuando ambos circuitos son energizados, si el circuito de tiempo es desactivado, el temporizador para su operación, almacenando el dato acumulado en el registro indicado, pero si se desactiva el circuito de habilitación el temporizador se inicializa y el acumulado almacena en el registro 0000.

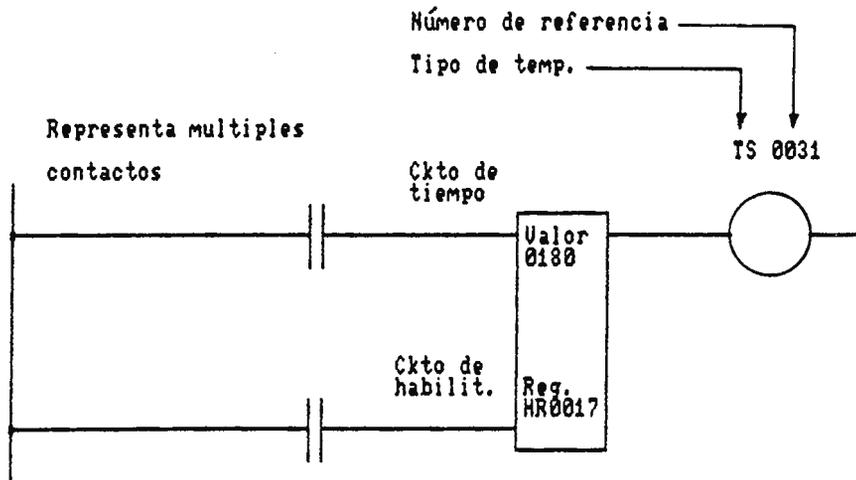


Figura 2-13. Temporizador.

2.8.6 CONTADOR

La operación del contador es similar a la de un temporizador, excepto que este no opera con un reloj interno de tiempo, si no que depende de los dispositivos programados externamente, los cuales estan conectados a su circuito de conteo y control. Comunmente se pueden disponer de

contadores ascendentes y descendentes. La configuración más general de esta función es mostrada en la figura 2-14.

CONTADOR ASCENDENTE: Este tipo de contador inicia su operación con 0000 y se incrementa hasta un valor máximo, que a sido programado por el usuario, cuando el circuito de habilitación esta energizado y el circuito de conteo esta cambiando del esta ON a OFF o viceversa, el contador incrementa su cuenta por cada transición, cuando se dejan de producir las transiciones y el circuito de habilitación esta activado el contador almacena el dato acumulado en el registro especificado, pero si, se desactiva el circuito de habilitación el contador se inicializa y almacena en su registro interno 0000.

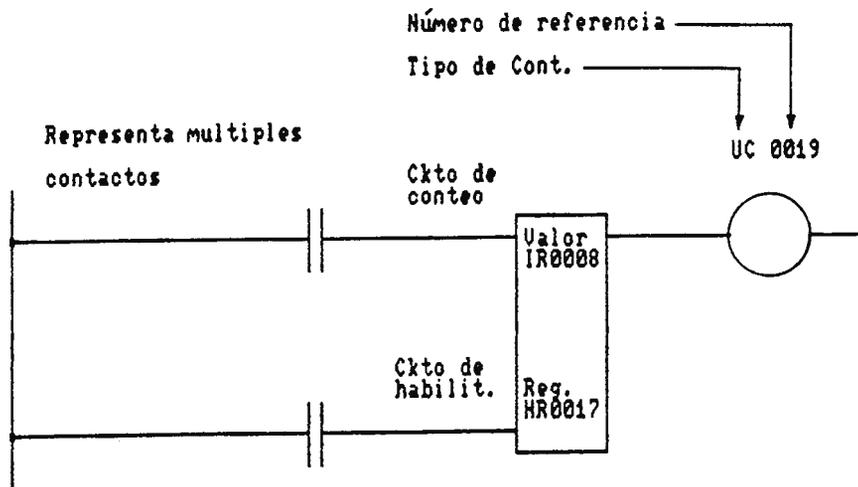


Figura 2-14. Contador.

CONTADOR DESCENDENTE: Su funcionamiento es básicamente el mismo del contador ascendente, diferenciándose únicamente que este decremента su cuenta desde cierto valor fijado como máximo.

2.8.7 OPERACIONES ARITMETICAS

Las operaciones aritméticas básicas la forman las funciones de la suma y resta, en la figura 2-15, se muestra la simbología utilizada para representar esta función en los esquemas de contactos.

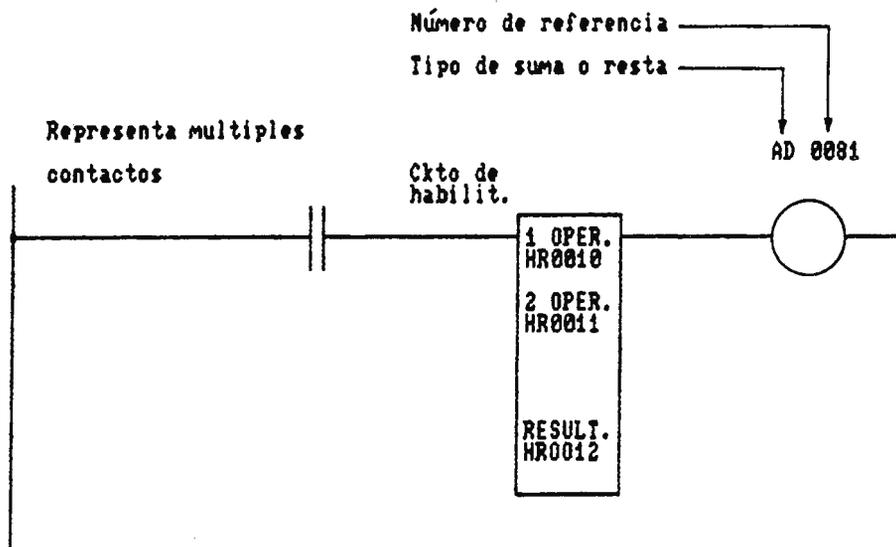


Figura 2-15. Suma o Resta.

Estas funciones suman y restan números decimales, produciendo también un resultado decimal, cuyos valores máximos son determinados por el fabricante del PLC en particular.

El operando 1 y 2 son sumados o restados, cuando el circuito de habilitación cambia, desde un estado de conducción a no conducción, en otros tipos de PLC la operación es ejecutada cuando se energiza el circuito de habilitación. El operando 1 puede ser proporcionado por una entrada, salida, o de un registro interno y el operando 2 puede ser proporcionado por un registro o puede ser una constante programada. El resultado obtenido de la operación aritmética es almacenada en un registro, el cual puede ser de salida o interno.

El estado de la salida de la función suma o resta esta determinada por las dos condiciones siguientes:

1) SUMA: Si el resultado de la operación es igual o excede del valor numérico máximo, por ejemplo 9999 la salida se activa.

2) RESTA: Si el resultado de la operación es menor de 0000 se activa la salida.

CAPITULO III: CRITERIOS DE SELECCION DE PLC

3.1 INTRODUCCION

En el mercado actual se pueden encontrar diferentes tipos de Controladores Lógicos Programables (PLC) de distintas marcas y modelos, dentro de las cuales existen una serie de características y capacidades que distinguen a cada tipo particular de PLC.

Tomar en cuenta estos aspectos se vuelve relevante cuando se quiere diseñar un sistema o modificar un control convencional, para que sea gobernado por un PLC.

En este capítulo se explican las principales características y capacidades de los PLC, y a la vez se enuncian algunos criterios que se deben tomar en cuenta cuando se elija un PLC para desempeñar una función en particular; por último se realiza una comparación entre dos PLC de diferentes marcas, lo cual pretende poner en práctica los criterios de selección.

3.2 PRINCIPALES CARACTERISTICAS Y CAPACIDADES DE LOS PLC

Como se mencionó anteriormente, dos son los aspectos principales que diferencian a cada tipo particular de PLC,

como son:

- a) Las características.
- b) Las capacidades.

3.2.1 CARACTERISTICAS

Las características son todos aquellos aspectos que distinguen a un PLC de otro, guardando algunas veces pocas diferencias entre una misma familia de PLC. Entendiendo por familia una gama de PLC de una misma marca, pero que un equipo se diferencia de otro únicamente por las capacidades que posee. Entre las características más relevantes se encuentran:

- a) Lenguaje de programación.
- b) Tipo de memoria de programa.
- c) Tipo de direccionamiento.
- d) Medio de programación.
- e) Velocidad de procesamiento.
- f) Requerimientos energéticos.
- g) Requerimientos físicos y ambientales.

3.2.1.1 LENGUAJE DE PROGRAMACION

Se refiere a las formas de representación de los programas utilizadas para programar el PLC, entre los que se encuentran los esquemas de contactos, esquemas de funciones o lista de instrucciones.

3.2.1.2 TIPO DE MEMORIA DE PROGRAMA

Especifica el tipo de memoria utilizada para almacenar los programas del usuario, las cuales pueden ser RAM, EPROM o EEPROM.

3.2.1.3 TIPO DE DIRECCIONAMIENTO

Se refiere a la forma utilizada por el PLC en particular, para acceder sus tarjetas periféricas de entradas/salida. Y puede ser direccionamiento fijo o variable, tal como lo explicado en el capítulo I.

3.2.1.4 MEDIO DE PROGRAMACION

Especifica la clase de equipos utilizados para programar el PLC, como puede ser a través de computadora o por medio del programador dado por el fabricante, algunos PLC están provistos con ambos medios de programación.

3.2.1.5 VELOCIDAD DE PROCESAMIENTO

Define el tiempo que requiere el procesador del PLC, para ejecutar las instrucciones; normalmente se especifica de acuerdo a 1 Kbyte de instrucciones binarias, las que forman el programa del usuario.

3.2.1.6 REQUERIMIENTOS ENERGETICOS

Define los niveles de voltaje y corriente, utilizados para alimentar el PLC y sus módulos periféricos, compuestos por

sus entradas/salidas digitales o analógicos.

3.2.1.7 REQUERIMIENTOS FISICOS Y AMBIENTALES

Especifica aspectos como: vibración mecánica máxima, condiciones de temperatura, grado de humedad, etc; bajo los cuales el PLC y sus módulos periféricos operan eficientemente.

3.2.2 CAPACIDADES

Estas definen funciones y capacidades suplementarias que tiene un PLC con respecto a otro. Estas diferencias se observan más claramente en una gama de equipos de una misma familia, donde se comienza con el más sencillo que tiene la capacidad de sustituir unos pocos contactores, hasta llegar al que tiene capacidades de computador de proceso.

Entre las capacidades se encuentran:

- a) Capacidad de memoria del usuario.
- b) Número máximo de entradas y salidas.
- c) Capacidad de manejo de tarjetas periféricas inteligentes.
- d) Capacidad de interconexión.
- e) Funciones de programación.

3.2.2.1 CAPACIDAD DE MEMORIA DEL USUARIO

Define el número máximo de bytes disponibles para crear los programas del usuario, comunmente se refiere a la memoria RAM del PLC.

3.2.2.2 NUMERO MAXIMO DE ENTRADAS/SALIDAS

Define el número máximo de tarjetas periféricas de entrada/salida, digitales o analógicas que puede manejar el PLC sin necesidad de otros equipos auxiliares de expansión.

3.2.2.3 MANEJO DE TARJETAS INTELIGENTES

Especifica si el PLC, tiene capacidad de manejar tarjetas periféricas inteligentes de entrada o salida. Como ya se menciono anteriormente estas tarjetas sirven para realizar tareas específicas que requiere una alta precisión y velocidad de ejecución.

3.2.2.4 CAPACIDAD DE INTERCONEXION

Especifica si el PLC esta provisto con puertos de comunicación, para interconectarse con otros PLC o computadoras.

3.2.2.5 FUNCIONES DE PROGRAMACION

Definen las funciones de programación y el número de éstas con que esta disponible el equipo, ellas pueden ser aritméticas, temporizadores, lógicas, contadores, etc.

3.3 CRITERIOS DE SELECCION DE PLC

Cuando se desea diseñar un nuevo sistema de control, o sustituir la circuiteria convencional por un PLC en un sistema industrial, surge la pregunta que tipo de PLC es el

más conveniente utilizar, dadas las diferentes marcas y modelos existentes en el mercado, los que poseen distintas características y capacidades.

Para facilitar su selección se enuncian a continuación una serie de criterios, que sirven como una guía para poder elegir el equipo más apropiado, entre estos tenemos los siguientes:

1 - Definir el número máximo de módulos de entrada/salida, digitales y analógicas a utilizar, así como los niveles de corriente y voltaje requeridos para estos.

El número de entradas o salidas, esta determinado por la cantidad de dispositivos a gobernar en el sistema industrial; sin embargo al definir la cantidad de estos, siempre es conveniente tomar un número mayor para poderlos utilizar en algunas aplicaciones futuras. En lo referente a los niveles energéticos lo definen los niveles de voltaje y corriente con los que operan los dispositivos auxiliares de control del sistema.

2 - Definir si el sistema industrial que gobierna el PLC, tiene posibilidades de crecer o de implementarse nuevas funciones de control o supervisión, si este fuera el caso se debe tomar en cuenta aspectos como:

a) La posibilidad de manejar un mayor número de entradas y salidas, debido a que el PLC debe ejecutar nuevas funciones de control.

b) La factibilidad de interconexión con otros PLC o computadoras, para expandir el sistema y aumentar la capacidad de supervisión y control.

c) La posibilidad de expansión de la memoria del usuario, lo que podrá ser utilizado para crear programas más complejos y potentes, etc.

3 - En tareas donde se requiera una regulación rápida, alta precisión, contaje rápido, posicionamiento, etc, hay que tomar en cuenta que existen ciertas marcas de PLC con la capacidad de manejar tarjetas periféricas inteligentes, que realizan autonomamente algunas de las tareas antes mencionadas.

4 - En sistemas industriales, donde la velocidad de operación es crítica, se debe tomar en cuenta los tiempos máximos requeridos para procesar las instrucciones el PLC, que comunmente estan definidas a 1 Kbyte.

5 - Se debe considerar la capacidad máxima de memoria del usuario, lo que delimita la complejidad de los programas creados. A la vez debe tomarse en cuenta los tipos de

memoria disponible para el equipo, siendo más completos los que están disponibles con módulos de memoria EPROM o EEPROM, en los que se puede almacenar los programas por períodos muy largos hasta que sea borrado a través del dispositivo adecuado.

6 - Debe considerarse la facilidad de programación, así, como los medios disponibles para ello.

Entre los más versátiles están los que disponen con las tres formas de programación existente, y que pueden ser programados por medio de PC y programadores dados por los fabricantes.

7 - Se tiene que tomar en cuenta la disponibilidad de funciones de programación, las cuales pueden ser lógicas, aritméticas, temporizadores, contadores, etc. Entre mayor sea su diversidad y número facilita al usuario crear programas más complejos y potentes.

8 - Definir los requerimientos energéticos del PLC, como también sus condiciones físicas y ambientales, así como de sus tarjetas periféricas. Estas dependen del medio donde este operando, en sitios con mucho polvo, contaminantes corrosivos o una elevada interferencia electromagnética hay que tomar en cuenta que ciertos tipos de PLC, disponen con

gabinetes especiales donde se puede instalar el equipo para ser protegido.

Los criterios antes presentados son los principales y son a los cuales se debe poner mayor énfasis en analizar al momento de elegir un PLC para desempeñar una tarea específica, sin embargo al momento de implementar un nuevo sistema de control por PLC se debe realizar un estudio muy detallado, para evitar problemas en su implementación o en el futuro.

3.4 COMPARACION ENTRE DOS MODELOS DE PLC

El análisis comparativo presentado a continuación, tiene como fin analizar las características y capacidades de dos marcas diferentes de PLC, pero considerados dentro del mismo nivel, para poder observar las ventajas y desventajas de uno respecto al otro. Ello pretende poner en práctica los criterios antes mencionados, eligiendo los PLC siguientes:

- a) Marca SIEMENS, modelo SIMATIC S5-100U.
- b) Marca AEG, modelo MODICON A120.

CARACTERISTICAS DEL SIMATIC S5-100U

- Memoria principal para programas y datos.....20Kbytes (RAM, EPROM, EEPROM).
- Tiempo de ciclo para 1K de instrucciones binarias.....2ms.
- Temporizadores y contadores128/128.
- Funciones aritméticas.....+,-,*,÷.

- Funciones especiales.....transferencia, comparación y fli-flop.
- Entradas/salidas digitales.....256.
- Entradas/salidas analógicas.....32.
- Tarjetas periféricas inteligentes.....si.
- Aparatos de operación y observación.....si.
- Equipo de programación.....programadores SIMATIC o PC.
- Lenguaje de programación.....lista de instrucciones, plano de contactos o plano funcional.
- Interfase de comunicación.....RS-232.
- Fuente de alimentación.....valor nominal 24 Vcc, margen admisible 18-34 Vcc.
- Condiciones de temperatura y humedad.....0 - 55°C/grado de humedad F, según DIN 40040.

CARACTERISTICAS DEL MODICON A120

- Memoria principal para programas y datos.....12 Kbytes (RAM, EPROM, EEPROM).
- Tiempo de ciclo para 1K de instrucciones binarias.....1.3ms.
- Temporizadores/contadores.....64/64.
- Funciones aritméticas.....+,-,*,÷.
- Funciones especiales.....transferencia, comparación y flip-flop.
- Entradas/salidas digitales.....256.
- Entradas/salidas analógicas.....72.
- Tarjetas perifericas inteligentes.....si.

- Aparatos de observación y operación.....si.
- Equipo de programación.....programadores MODICON o PC.
- Lenguaje de programación.....lista de instrucciones, plano de contactos o plano funcional.
- Interfase de comunicación.....RS-232.
- Fuente de alimentación.....valor nominal 24 Vcc, margen admisible 20 - 30 Vcc.
- Temperatura/humedad.....60°C sin ventilación, grado de humedad F, según DIN 40040.

Como podemos observar al analizar las características de ambos tipos de PLC, estos tienen muchas en común, pero si tienen algunos aspectos por los que se diferencian, entre estos tenemos:

VENTAJAS DEL SIMATIC.

- 1 - Mayor capacidad de memoria del usuario.
- 2 - Mayor número de temporizadores y contadores.
- 3 - Mayor margen en la variación del voltaje de entrada.

DESVENTAJAS DEL SIMATIC.

- 1 - Más lento en el procesamiento de las instrucciones.
- 2 - Menor capacidad de entradas/salidas analógicas.
- 3 - Menor margen permitido de la temperatura ambiente para su operación.

De lo anterior notamos que las ventajas del SIMATIC son las desventajas del MODICON y viceversa, con lo que concluimos que ciertas diferencias son algunas veces insignificantes, como la que resulta de comparar los márgenes de temperatura para cada PLC; sin embargo al seleccionar un PLC se tienen que tomar muy en cuenta cada característica o capacidad diferente para elegir el equipo más conveniente.

CAPITULO IV: DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRONICO Y PROGRAMA MONITOR

4.1 INTRODUCCION

Esta sección se dedica a todo lo relacionado con el diseño del "Control Programable", tanto de su circuito electrónico (Hardware), como de su programa de operación (Software).

En el diseño del circuito electrónico, se presenta el procedimiento y criterios de diseño utilizados para el cálculo de los dispositivos que conforma el control programable, así como se da la teoría de operación de cada uno de ellos; y además se proporciona en el apendice A y D, el diagrama esquemático general y las características eléctricas de algunos de los circuitos integrados utilizados.

En la parte de diseño del programa de operación se proporciona los flujogramas tanto general como específicos, de cada una de las rutinas utilizadas, donde a cada uno de ellas se le adjunta su documentación correspondiente, acerca de su forma de operación. El programa en ensamblador es presentado en el apendice B.

4.2 DESCRIPCION DEL CONTROL PROGRAMABLE

El Control Programable ha sido concebido para ser utilizado en el manejo y control de los sistemas industriales, tanto para el diseño de nuevos sistemas o para sustituir los antiguos sistemas de control automático.

La filosofía de diseño y funcionamiento de este, se ha creado de forma similar a la de un Controlador Lógico Programable (PLC), por tal motivo el Control Programable ofrece una gran ventaja sobre los sistemas de mando convencionales a partir de contactores y dispositivos electrónicos discretos, debido a que:

- 1) Logra disminuir la complejidad en el diseño de los nuevos sistemas industriales.
- 2) Aumenta la rapidez de ejecución de los procesos industriales.
- 3) Disminuye considerablemente los costos de operación, desarrollo y mantenimiento de los procesos industriales.
- 4) Permite que el sistema realice diferentes funciones, únicamente modificando su programa de operación.

El control programable está disponible con las siguientes

funciones:

- a) Capacidad de manejo de múltiples entradas y salidas.
- b) Temporizadores programables (Timer).
- c) Facilidad de programación por el usuario.

Las anteriores funciones son las básicas y necesarias para gobernar el promedio de nuestros sistemas industriales relativamente pequeños, dado que de utilizar un PLC resulta costosa su inversión, a la vez que la capacidad de estos es desperdiciada.

En lo referente a su forma de programación es donde guarda la única diferencia con un PLC, debido a que no utiliza ninguna de sus tres formas de representación de programas, tal como las mencionadas en el capítulo II para programarlo, sino que será realizada esta a través de un menú, donde el usuario podrá programar la rutina de operación deseada. Esto ha sido pensado con la idea de facilitarle a la mayoría de los usuarios del control programable, que logren modificar fácilmente la rutina de operación sobre determinado proceso industrial, sin necesidad de tener amplios conocimientos de programación de PLC, así como de sistemas de control automático, lo cual puede ser una limitante en nuestro país.

4.3 DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRONICO

Debido a las características de operación y flexibilidad que debe poseer el control programable, como las mencionadas

anteriormente y estando entre las más importantes permitir que el sistema pueda realizar diferentes secuencias de operación únicamente modificando su programa, se creó un sistema electrónico altamente flexible, por tal motivo este se desarrollo bajo la estructura de un microcomputador. En el diagrama a bloques de la figura 4-1, se encuentran representados cada uno de los circuitos que en conjunto forman el control programable, como son:

- a) La Unidad Central de Proceso (CPU).
- b) La Memoria ROM.
- c) La Memoria RAM.
- d) El Decodificador de Direcciones.
- e) El circuito de Reset.
- f) El circuito de Reloj.
- g) Dispositivos de entrada/salida, para el control del visualizador y teclado.
- h) Dispositivo para el control de las interfases de entrada/salida del control programable.
- i) La interfase de potencia.

4.3.1 UNIDAD CENTRAL DE PROCESO

Esta constituida por el microprocesador, siendo éste el cerebro del sistema que se encarga de controlar y gobernar toda la operación de la microcomputadora, además contiene todos los elementos electrónicos esenciales para el procesamiento de los datos e instrucciones del programa de operación.

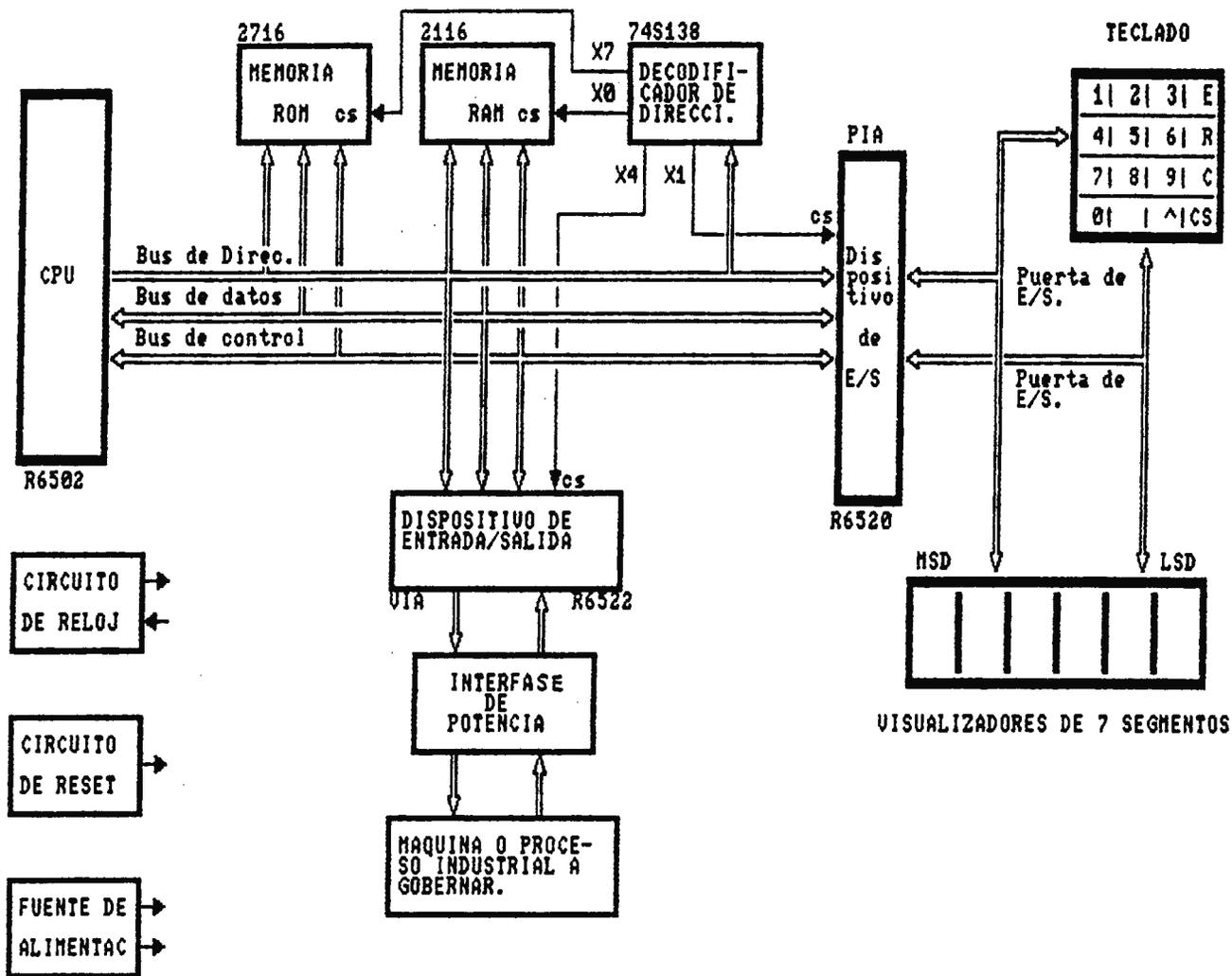


Figura 4-1. DIAGRAMA A BLOQUES GENERAL DEL CONTROL PROGRAMABLE.

Debido a que los requerimientos de velocidad no son muy críticos en el gobierno de los sistemas industriales, por la clase de dispositivos que se manejan relativamente lentos

como son los mecánicos; por ello se puede utilizar un microprocesador de baja velocidad para el caso se utiliza el R6502 fabricado por MOS TECHNOLOGY, ROCKWELL Y SYNERTEK.

Teniendo como principales características de operación las siguientes:

- a) Alimentación única de +5 V.
- b) Procesamiento Paralelo de palabras o datos de 8 bits.
- c) Juego de 56 instrucciones.
- d) 13 modos de direccionamiento para las instrucciones.
- e) Aritmética binaria o Decimal.
- f) Puntero de Pila programable de 8 bits.
- g) Generador interno de señal de Reloj.
- h) Capacidad de direccionamiento de memoria de hasta 64K bytes.
- i) Frecuencia de trabajo de 1Mhz. Ciclo de máquina de 1 μ s.
- j) La instrucción más rápida es de 2 ciclos de máquina, la más lenta de 7.

4.3.1.1 EL MICROPROCESADOR R6502.

La arquitectura general de este microprocesador se muestra en la figura 4-2, ofreciéndose además de su configuración de registros internos, el conjunto de líneas correspondientes que conforman el bus de datos, control y dirección, por medio de los cuales se comunica con los demás elementos del sistema.

4.3.1.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS REGISTROS INTERNOS DEL MICROPROCESADOR R6502

En el capítulo I se explicó detalladamente el funcionamiento básico del microprocesador, por tal motivo a continuación se explica brevemente la función de cada uno de sus registros.

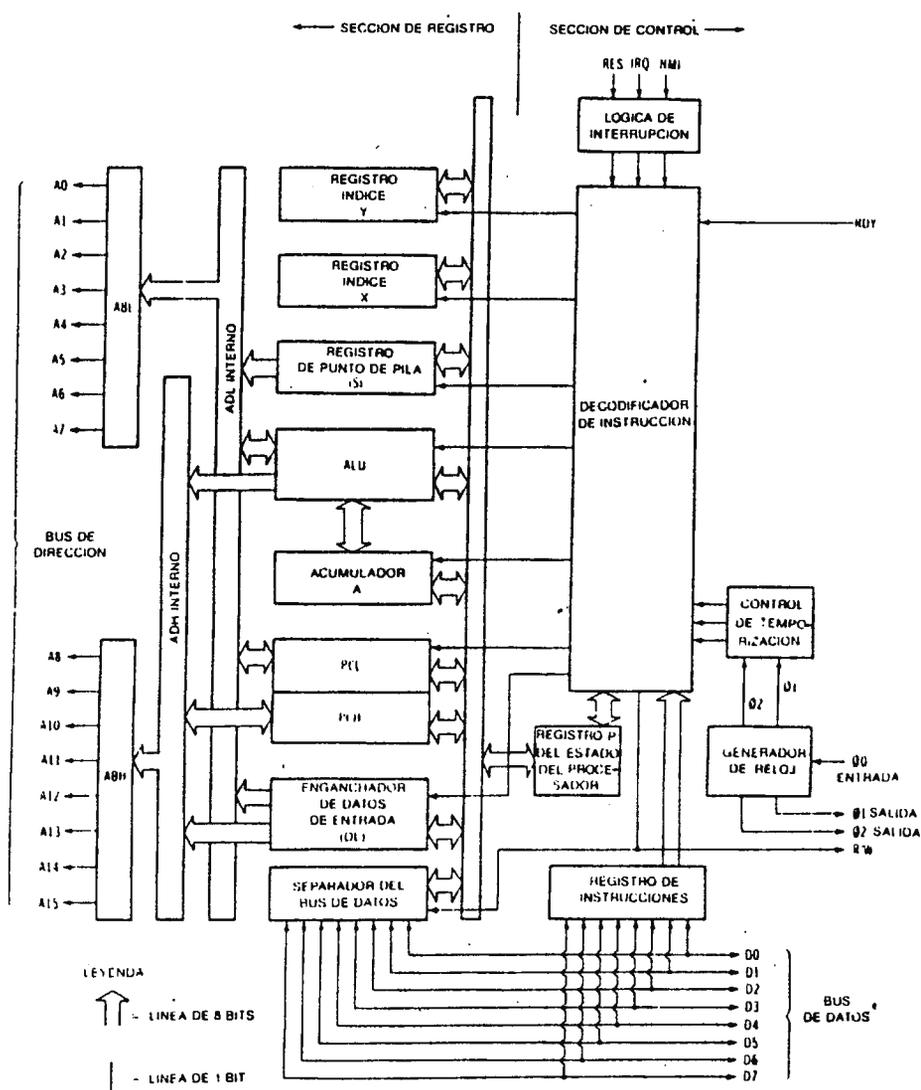


Figura 4-2. Arquitectura a bloques del microprocesador R6502.

DECODIFICADOR DE INSTRUCCIONES Y SECUENCIADOR: El decodificador recibe el código de 8 bits de la instrucción y lo decodifica. El secuenciador genera una serie de señales de control encaminadas a la ejecución de la instrucción en curso.

ALU y ACUMULADOR (A): La ALU es la sección encargada de realizar las operaciones lógicas y aritméticas en estrecha colaboración con el registro acumulador, el cual proporciona uno de los operandos y almacena el resultado de la operación.

REGISTROS INDICES (X e Y): Sirven para llevar a cabo un modo de direccionamiento, denominado "indexado", bajo este modo la localización del operando de una instrucción se busca en la memoria, sumando el contenido de éstos registros a la dirección específica en la instrucción.

REGISTRO DE ESTADO (P): Se trata de un registro de 8 bits, 7 de los cuales son significativos y sirven para "señalar" una situación provocada en la ejecución de la instrucción, que se acaba de realizar. La estructura de este registro se muestra en la figura 4-3.



Figura 4-3. Estructura del Registro de Estado.

Los bits del registro de estado presentan los siguientes significados:

N - Señalización de signo: Cuando se usa una aritmética con signo, este viene indicado por el 8 bit. Esta bandera representa el signo del resultado de la operación; 1: cuando el resultado es negativo y 0: positivo.

V - Señalización de sobrepasamiento: Sirve para conocer si se produce un acarreo en el 7 bit, este se activa como resultado de operaciones aritméticas que sobrepasan el valor máximo o al utilizar instrucciones de rotación de bits.

C - Señalización de acarreo: Pasa a 1 cuando hay acarreo en el 8 bit, es decir cuando el resultado de la operación en curso sobrepasa el valor FF en binario ó 99 en decimal.

Z - Señalización de Cero: Se activa (1), cuando el resultado de una operación da cero, ya sea una operación aritmética, lógica o de comparación.

D - Señalización para el tratamiento aritmético: Puesto en uno obliga a la ALU a realizar las operaciones en decimal. En cero, realiza las operaciones en binario o hexadecimal.

I - Señalización de enmascaramiento de interrupciones: Habilitadas (0) o deshabilitas (1), para la ejecución de una

interrupción IRQ. Esta bandera no afecta a las interrupciones RESET y NMI.

B - Señalizador de Parada: Este indicador se activa 1, cuando una interrupción mascarable admitida por la CPU ha sido provocada por la ejecución de un programa, mediante la instrucción BRK.

PUNTERO DE PILA (S): Se trata de un contador programable, que direcciona la página 1 de la memoria, como si se tratara de una memoria LIFO (primero en salir, último en entrar).

La misión de la Pila, es salvar en una zona de memoria propia los contenidos de los registros importantes de la CPU, para poderlos recuperar cuando sea preciso. Entre los casos típicos de la utilización de la Pila son los saltos a subrutinas o interrupciones, en los que la salida del programa principal exige el almacenamiento de la situación de partida para regresar de nuevo a ella una vez finalizado aquellas.

CONTADOR DE PROGRAMA (PC): Se trata de un contador de 16 bits, donde los 8 de más peso (PCH) seleccionan la página y los 8 de menos peso (PCL) la posición. La misión del PC es enviar a través del bus de direcciones, la dirección de la memoria donde se encuentra el código de la instrucción en curso.

4.3.1.1.2 DESCRIPCION DE LAS LINEAS DE INTERCONEXION DEL MICROPROCESADOR

BUS DE DIRECCIONES (AB0-AB15): Comprenden las 16 líneas del bus de direcciones de carácter unidireccional. Estas líneas funcionan con niveles TTL y a la frecuencia de 1MHz.

BUS DE DATOS (DB0-DB7): Consta de 8 líneas bidireccionales, por las que se transfieren los datos e instrucciones. En sus salidas existen buffer amplificadores capaces de soportar cargas TTL, estos permanecen en estado flotante a excepción del tiempo en que se transmiten datos.

SENALES DE RELOJ (ϕ_0 , ϕ_1 y ϕ_2): Este microprocesador dispone internamente de un generador de reloj, sin embargo para la estabilización correcta de su frecuencia requiere una señal ϕ_0 desde el exterior.

En lo que respecta a ϕ_1 y ϕ_2 determinan los tiempos de activación de los buses, en los ciclos de lectura y escritura.

LINEAS DE INTERRUPCION: Posee tres tipos de interrupciones activadas desde el exterior (IRQ, NMI y RES).

LA LINEA SO: Esta línea de nivel TTL, permite desde el exterior la activación de la bandera de sobrepasamiento V.

LINEA RDY: Sirve para adaptar a la CPU a trabajar con dispositivos más lentos. La activación de esta línea detiene a la CPU en todos los ciclos, excepto en los de escritura y deja en estado flotante a los buses de dirección y datos.

LINEA DE LECTURA/ESCRITURA (R/W): Pasa a nivel bajo para efectuar una operación de escritura de datos, ya sea en la memoria o en los periféricos exteriores.

LINEA SYNC: Es una línea de salida de la CPU, que identifica en el exterior los ciclos en que se realiza la búsqueda de un código de operación (OP). Pasa a nivel alto durante la fase ϕ_1 , de la búsqueda del código OP de la instrucción a ejecutar.

En la figura 4-4, se muestra las líneas de interconexión de la CPU con los elementos del sistema. Como se puede apreciar de la figura los únicos dispositivos discretos conectados externamente al microprocesador son; las resistencias de 4.7K Ω en las líneas NMI, IRQ, RDY y SYNC, que establecen un estado lógico uno, para deshabilitar estas interrupciones y evitar interferencias en la operación de la CPU. Para el cálculo de estas resistencias se toma en cuenta el nivel de voltaje V_{ih} y de corriente I_{ih} dados por el fabricante para asegurar el estado lógico uno, teniendo los siguientes niveles para la CPU R6502:

V_{ih} mínimo 3.2V

Iih máximo 100µA

Sin embargo se debe asegurar el estado lógico uno, por ello se toma en cuenta un Vih de 4.5V, entonces el valor de las resistencia queda determinado por:

$$R = (V_{cc} - V_{ih}) / I_{ih} = (5 - 4.5) / 100\mu A = 5K\Omega$$

Un valor comercial en el mercado es 4.7KΩ.

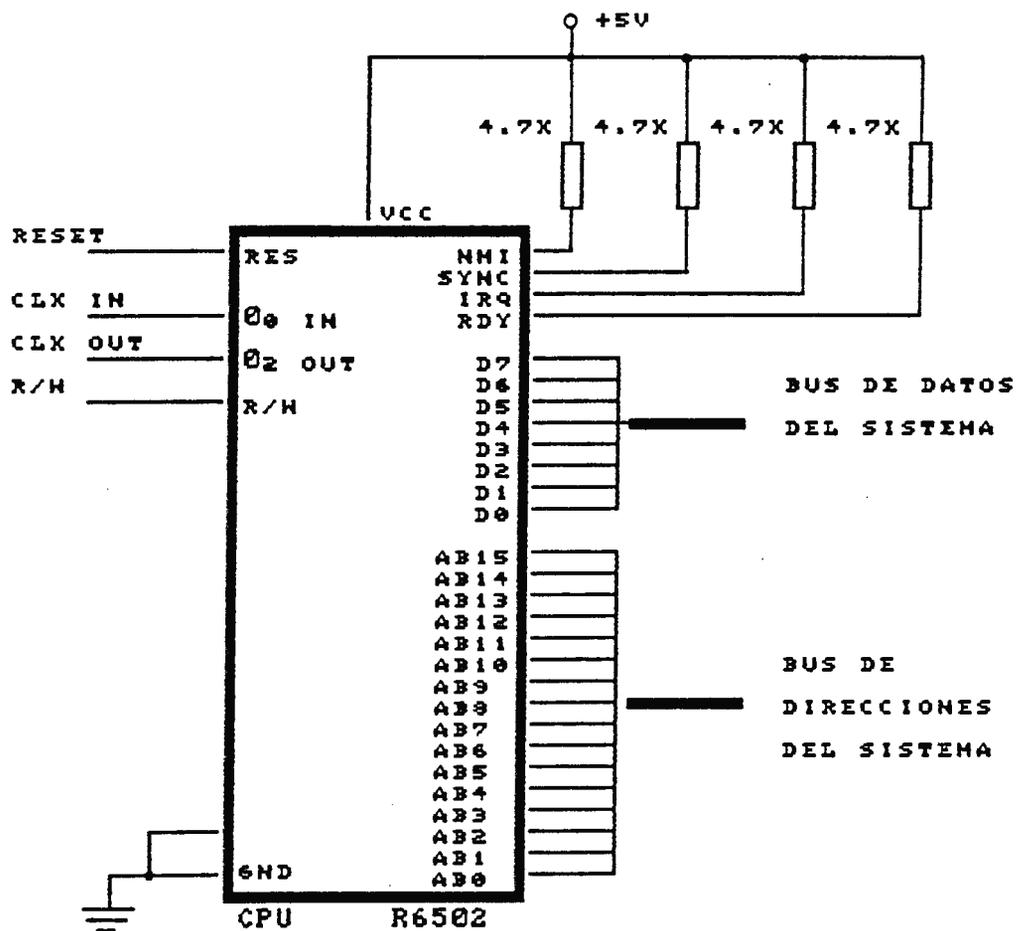


Figura 4-4. Líneas de interconexión de la CPU R6502 con los elementos del sistema

4.3.2 DECODIFICADOR DE DIRECCIONES.

El decodificador de direcciones forma parte de la lógica de control del microprocesador, su función es la de seleccionar un dispositivo de apoyo, cuando cierta dirección (o rango de direcciones) esta presente sobre el bus de direcciones, este es necesario debido a que asegura que un sólo dispositivo de apoyo este comunicandose con la CPU, evitando posibles cortocircuitos en los buses de datos o control.

Entre los dispositivos de apoyo que la CPU necesita para conformar el control programable, estan:

- a) Memoria RAM.
- b) Memoria ROM.
- c) Dispositivo de entrada/salida, PIA.
- d) Dispositivo de entrada/salida, VIA.

Los cuatro elementos han de seleccionarse desde la CPU a través del bus de direcciones, para lo que se eligió el decodificador 74S138, por ser un circuito capaz de seleccionar 8 elementos diferentes, variando únicamente las combinaciones binarias de sus 3 líneas de selección A, B y C; y ser un circuito lógico TTL con un tiempo de propagación muy corto (8ns), por lo que es totalmente compatible con la CPU y demás dispositivos del sistema.

Para determinar las direcciones a que deben responder los

dispositivos de apoyo, se tomó en cuenta las especificaciones del fabricante de la CPU, como son:

a) Al puntero de pila le corresponden las direcciones de memoria de la página 1 (0100 a 01FF).

b) Las direcciones de los vectores de interrupción (NMI, IRQ y RESET), están ubicados en ciertas direcciones de la página 15 (F000 a FFFF).

Como se explicó anteriormente, el puntero de pila son ciertas ubicaciones de memoria RAM, utilizadas para salvaguardar ciertos registros importantes para poderlos recuperar cuando sea preciso. En base a esto se establecieron las direcciones para la memoria RAM, de la 0000 a 03FF (páginas 0 a 3).

En lo que respecta a la memoria ROM se establecieron las direcciones de la F000 a FFFF (página 15), debido a que al activar cualquiera de las líneas de interrupción, la CPU irá a buscar el inicio del programa de la interrupción dentro de la ROM, la cual contiene el programa monitor.

Los demás dispositivos no tienen limitantes en cuanto a las direcciones de acceso a ellos, sin embargo se debe tener cuidado que sus direcciones no sean imágenes de cualquier otro dispositivo del sistema (RAM, ROM, PIA o VIA). Las

imágenes son ciertas direcciones no asignadas a los dispositivos, pero que existen a causa de decodificar las direcciones parcialmente.

Tomando en cuenta los criterios mencionados anteriormente se estableció el siguiente mapa de memoria (define las direcciones a las que responden los diferentes dispositivos del sistema):

RAM desde 0000 hasta 03FF
 PIA desde 0400 hasta 0402
 VIA desde 2000 hasta 200F
 ROM desde F000 hasta FFFF

Basados en las direcciones establecidas en el mapa de memoria se define el cuadro de la figura 4-5, que indica las líneas del bus de direcciones para la selección de los dispositivos.

| DECODIFICACION | | C B A | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------|-------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| DIRECCION | A15 | A14 | A13 | A12 | A11 | A10 | A9 | A8 | A7 | A6 | A5 | A4 | A3 | A2 | A1 | A0 |
| RAM | 0000-03FF | X | X | 0 | 0 | X | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| PIA | 0400-0402 | X | X | 0 | 0 | X | 1 | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| VIA | 2000-200F | X | X | 1 | 0 | X | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| ROM | F000-FFFF | X | X | 1 | 1 | X | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | | X | X | 1 | 1 | X | 1 | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

Figura 4-5. Cuadro de selección de elementos del sistema.

Como se puede observar del cuadro anterior, las líneas utilizadas para la selección son las A13, A12 y A10, las cuales se conectan a los terminales A, B y C del decodificador. Del mismo cuadro vemos que a la memoria ROM le corresponden dos combinaciones binarias diferentes, por lo tanto es necesario conectarle una compuerta AND entre los pines Y7 y Y6 del decodificador. El circuito decodificador, con sus líneas de interconexión con el resto del sistema es mostrado en la figura 4-6.

De la figura se puede observar que se han conectado resistencias externas de 470Ω , a la salida de cada línea de selección; estas son utilizadas para establecer el acople entre el decodificador y los dispositivos que controla.

El acople se refiere a los niveles de corriente drenados por cada circuito. En los circuitos integrados de la familia TTL los consumos de corriente en el estado lógico cero son los más altos, por lo que, el o los otros dispositivos conectados a su línea de salida deben suplir esa corriente para asegurar el estado lógico, para el caso el decodificador 74S138 tiene las siguientes características eléctricas de salida.

| | |
|------------|------|
| Vol máximo | 0.5V |
| Iol máximo | 20mA |
| Voh típico | 3.4V |

Ioh máximo

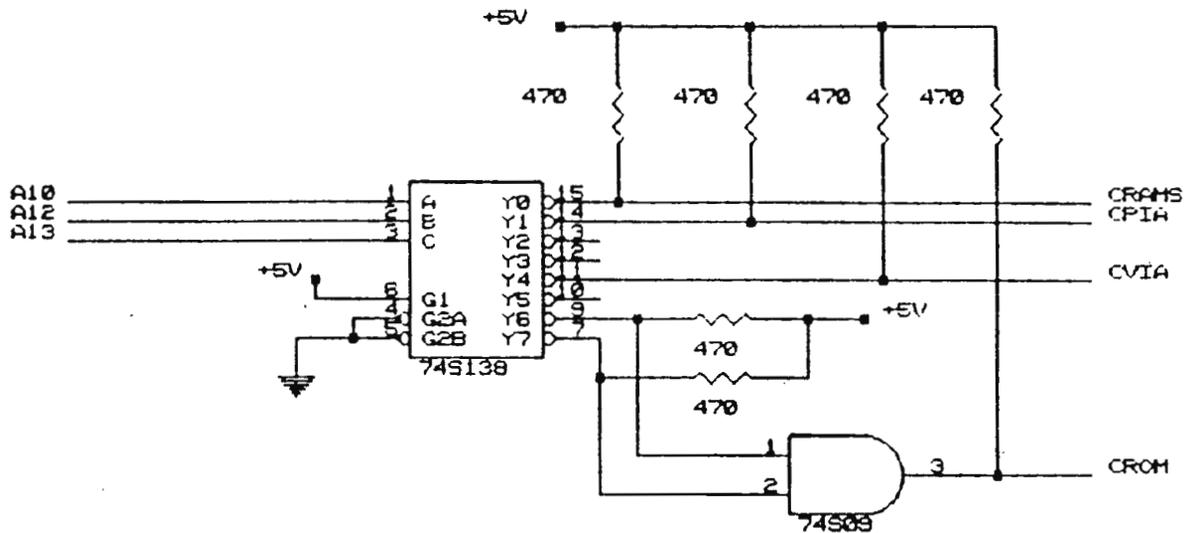
-1000 μ A

Figura 4-6. Circuito decodificador utilizado en el Control Programable.

Examinando ahora las características eléctricas de entrada de los dispositivos conectados a los terminales de selección del decodificador, tenemos los siguientes:

Compuerta AND 74S09

| | |
|------------|------------|
| Vil máximo | 0.8V |
| Iil máximo | -2mA |
| Vih mínimo | 2V |
| Iih máximo | 50 μ A |

Memoria ROM 2716

| | |
|------------|------------|
| Iil máximo | 10 μ A |
| Vil máximo | 0.8V |

Memoria RAM 2116

Iil típico 2 μ A
 Vil máximo 0.8V

PIA R6520 y VIA R6522

Vil máximo 0.8V
 Iil típico 10 μ A

Comparando los datos anteriores se observa que la corriente que pueden proporcionar los dispositivos conectados al decodificar es prácticamente insignificante, con el consumo de este en estado lógico cero, por lo que hay necesidad de conectar las resistencias de acoplo para asegurar el estado lógico; calculandose estas por la fórmula siguiente:

$$R = (V_{cc} - V_{il}) / (I_{ol} - I_{il})$$

Para el caso de la compuerta AND y la memoria ROM es igual a:

$$R = (5V - 0.8V) / (20mA - 2mA) = 233\Omega \text{ para la AND.}$$

$$R = (5V - 0.8V) / (20mA - 10\mu A) = 210\Omega \text{ para la ROM.}$$

Sin embargo de tomar un valor de resistencia de 230 Ω , se estaría en el límite por lo que es más conveniente una de 470 Ω , para los demás dispositivos el cálculo es similar, obteniendo prácticamente los mismos valores, por lo que no se ha realizado para ellos.

4.3.3 MEMORIA ROM

El microprocesador para poder gobernar y controlar la operación de todo el sistema, necesita de una guía de acción que gobierne su comportamiento, para el caso del control programable, como: la capacidad de ser programado por el usuario, ejecutar el programa del usuario para gobernar al sistema industrial, etc; para ello necesita de un programa monitor que le indique su actuación, éste está almacenado en una memoria no volátil de acceso aleatorio para disponer de él en cualquier momento una vez grabado en ella.

En el mercado existen cuatro diversos tipos de memorias no volátiles como son:

a) ROM programada con mascara: Este tipo es programada por el fabricante según las especificaciones del usuario, no pueden ser reprogramadas.

b) PROM: El usuario puede programar eléctricamente este tipo de memoria a través del dispositivo de programación adecuado, una vez programada no puede ser reprogramada.

c) EPROM: Es similar a una PROM excepto que puede ser borrada y reprogramada. Para borrar este tipo de memoria, se expone durante un determinado periodo de tiempo a luz ultravioleta.

d) EEPROM: Este tipo puede ser borrada y reprogramada eléctricamente, lograndose eliminar fácilmente ciertas localidades de memoria, su funcionamiento es similar a una RAM pero tienen como desventaja que sus voltajes de programación son muy elevados.

Para la elección de la memoria del control programable se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- Facilidad de programación.
- Capacidad máxima de almacenamiento.
- Compatibilidad con los niveles TTL.
- Tiempo de acceso.

De los diferentes tipos de memoria no-volátiles la más conveniente para nuestro propósito es la EPROM, utilizandose la NMC2732 con las características principales siguiente:

- Capacidad de almacenamiento 4096 localidades de 8 bits.
- Entradas/salidas compatibles con niveles TTL.
- Tiempo de acceso menor a 350ns.
- Una sola fuente de alimentación de 5 voltios.

Dichas características la hacen totalmente compatible con el microprocesador y demás dispositivos del sistema. En la figura 4-7, se muestra las líneas de interconexión de esta con el resto de los elementos que conforman al control programable.

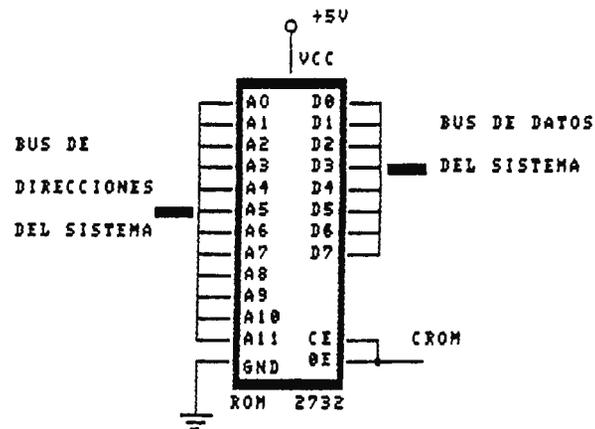


Figura 4-7. Líneas de interconexión de la memoria EPROM NMC2732, con los elementos del sistema.

4.3.4 MEMORIA RAM

Todo sistema configurado como una microcomputadora necesita de ciertas localidades de memoria, utilizadas para almacenar los programas escritos por el usuario y los datos temporales en la ejecución de un programa. Para ello se disponen con memorias volátiles de acceso aleatorio del tipo RAM, en las cuales puede grabar y leer información fácilmente y de manera aleatoria. En el mercado se disponen con dos tipos básicos de RAM:

a) RAM estática: Es aquella que puede almacenar datos mientras se aplica energía al circuito. Las celdas de la memoria RAM estática, son en esencia multivibradores biestables que permanecen en un estado determinado, (almacenan un bit).

b) RAM dinámica: Almacenan datos con cargas en capacitores, en este tipo los datos desaparecen gradualmente debido a la descarga del capacitor, de manera que se necesita de refrescarla en forma periódica.

Para la elección de ésta se toman en cuenta los siguientes aspectos:

- Capacidad de almacenamiento.
- Tiempo de acceso.
- Compatibilidad con los niveles TTL.

De los tipos mencionados anteriormente la más conveniente es la RAM estática, debido a que no requiere que se este refrescando su contenido constantemente únicamente basta con que esté energizada. Eligiéndose la NMC2116 con las siguientes características:

- Capacidad de almacenamiento 2048 localidades de 8 bits.
- Tiempo de acceso máximo 250ns.
- Entradas y salidas compatibles con niveles TTL.
- Una sola fuente de alimentación de 5 voltios.
- Voltaje de programación 12.5VDC.

Estas características la hacen totalmente compatible con todos los elementos del sistema y el microprocesador. En la figura 4-8, se muestra las líneas de interconexión de ésta con los demás elementos del sistema.

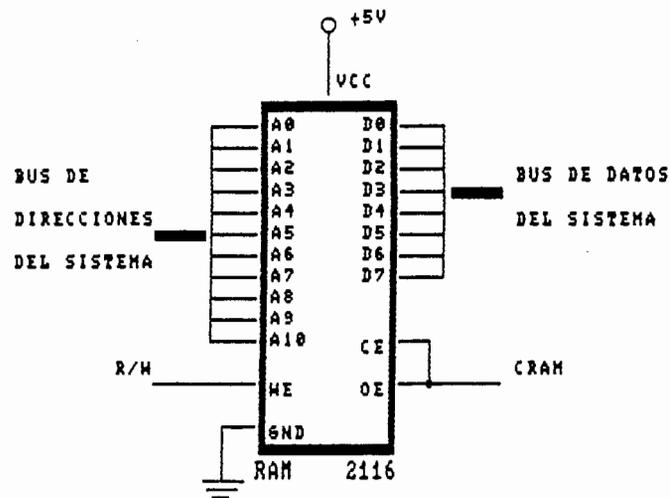


Figura 4-8. Líneas de interconexión de la memoria RAM NMC2116, con los elementos del sistema.

4.3.5 EL CIRCUITO DE RESET

El microprocesador para arrancar a partir de la condición de apagado o cuando se desee reinicializarlo, debido a que algún dispositivo no está operando correctamente, o hay problemas en la ejecución del programa, necesita de una señal que le indique la petición de ésta condición, para ello usa la línea RES que corresponde a su pin número 40.

Para el caso cuando se arranca el sistema la línea RES debe permanecer en estado lógico cero por un mínimo de dos ciclos de reloj (dos ciclos de 1MHz), después que el Vcc alcanza 4.75V, bajo esta condición el microprocesador está deshabilitado, ninguna información puede ser escrita o leída en el sistema. Cuando esta línea pasa a el estado lógico uno el microprocesador espera 6 ciclos de reloj y luego carga en

su contador de programa la dirección que le corresponde a la interrupción RESET. Las ubicaciones \$FFFC y \$FFFD contienen la dirección de inicio del programa monitor, este proceso se muestra en el diagrama de tiempo de la figura 4-9.

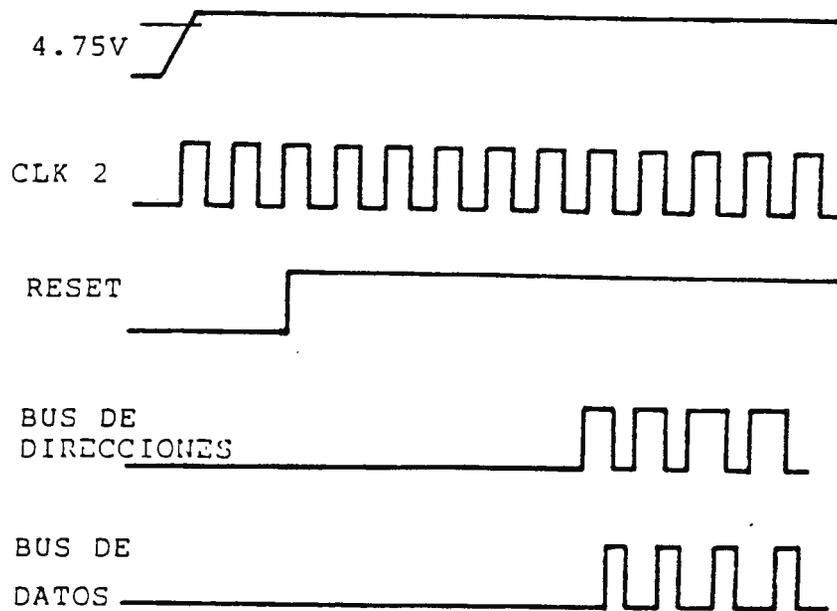


Figura 4-9. Ciclo de ejecución de la interrupción RESET.

Cuando se desee reinicializar al control programable, se puede generar el pulso de RESET, forzando al circuito de reset ha provocar la interrupción; ello se hace a través de un pulsador conectado al terminal de disparo.

Al mismo tiempo ésta señal es ocupada para inicilizar los registros (todos ellos pasan al estado lógico cero) de los dispositivos de entrada/salida programables, para estar

seguro que la condición de inicio al arrancar o reinicializar el sistema es siempre la misma.

En el control programable para generar este pulso de RESET se consigue por medio de un temporizador NE555, en configuración monoestable, ver figura 4-10.

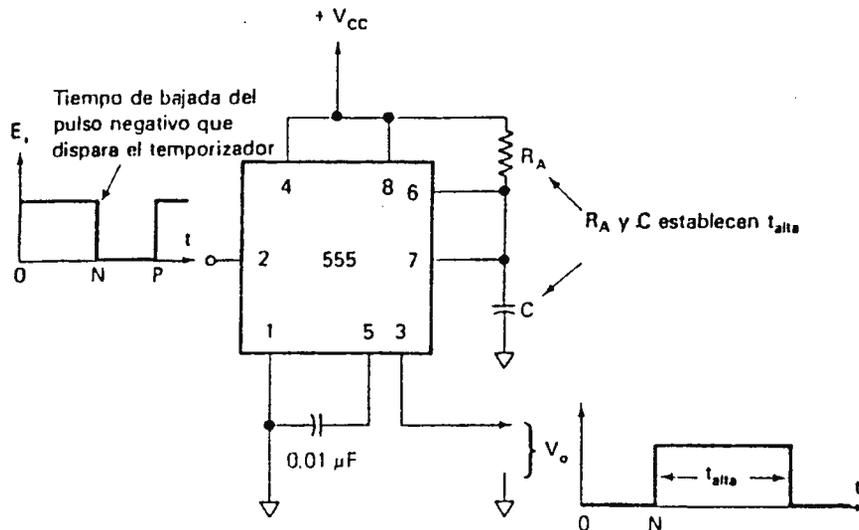


figura 4-10. Temporizador NE555, alambrado para operación monoestable.

Este tipo de circuito tiene como característica generar un pulso con una duración determinada por la constante R_A y C , cuando se aplica un pulso de disparo a través del pin 2 del NE555, como lo mostrado en la figura 4-10.

Como se mencionó anteriormente el fabricante establece como mínimo dos ciclos de $1\mu s$ para el reset. Considerando evitar cualquier tipo de ruido en la línea, se diseñó el pulso para

que dure 100ms. Los valores del capacitor (Ca) y la resistencia (R), quedan definidos por la siguiente fórmula:

$$t_1 = 1.1RaC$$

Así, conociendo t_1 y tomando un capacitor de 10 μ f:

$$Ra = t_1/1.1C = 100ms/1.1(10\mu f) = 9.0Kohms.$$

Para conseguir el pulso de disparo, al encender el sistema, se coloca una red RC en el pin 2 (trigger) del temporizador.

El tiempo de este pulso esta definido por la fórmula:

$$t = 3RC$$

Así, conociendo t y para un condensador de 1 μ f:

$$R = 100ms/3(1\mu f) = 33 Kohms.$$

Para generar manualmente este pulso cuando el sistema esta energizado se conecta un pulsador al terminal de trigger del NE555. El circuito de RESET queda configurado tal como el mostrado en la figura 4-11.

De la figura se puede observar que el pulso de salida es invertido, debido a que este debe ser aplicado en estado lógico cero a la CPU y elementos del sistema.

4.3.6 CIRCUITO DE RELOJ

Una de las señales de mayor importancia dentro del bus de control del microprocesador, es el reloj del sistema que

para el caso opera a una frecuencia de 1MHz; el reloj genera los intervalos de tiempo durante los cuales tienen lugar todas las operaciones. Esta CPU tiene un sistema de reloj que consta de dos fases, las cuales se obtienen por $\phi 1$ (pin 3) y $\phi 2$ (pin 39); $\phi 1$ tiene lugar durante la fase uno del reloj del sistema, mientras que $\phi 2$ tiene lugar durante la fase dos, tal como lo mostrado en la figura 4-12, donde se puede observar que $\phi 1$ antecede a $\phi 2$.

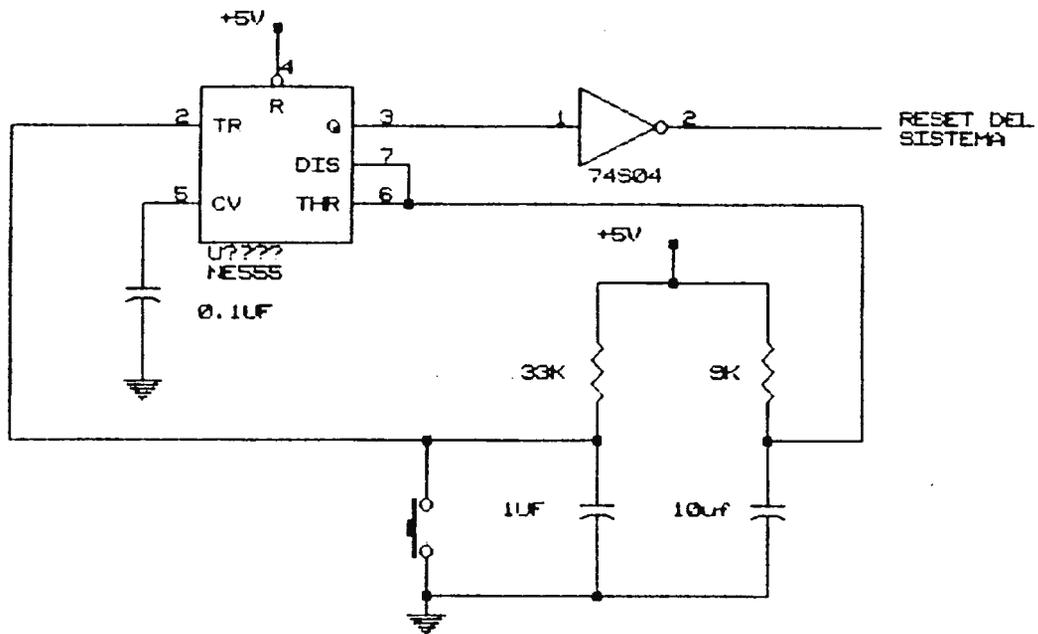


Figura 4-11. Circuito para generar el pulso de RESET.

Tanto $\phi 1$ como $\phi 2$ son importantes porque referencian otras señales de control; también se utilizan para definir el tiempo en que las direcciones y datos están disponibles.

El microprocesador R6502 dispone con su propio generador interno de reloj, para generar las dos señales antes

mencionadas. Sin embargo para su estabilización correcta de su frecuencia, requiere una señal ϕ_0 desde el exterior, ésta se conecta por el pin 37. Dicha señal se genera mediante una simple red RC, pero si se quiere un control muy estricto de los tiempos se utiliza un cristal.

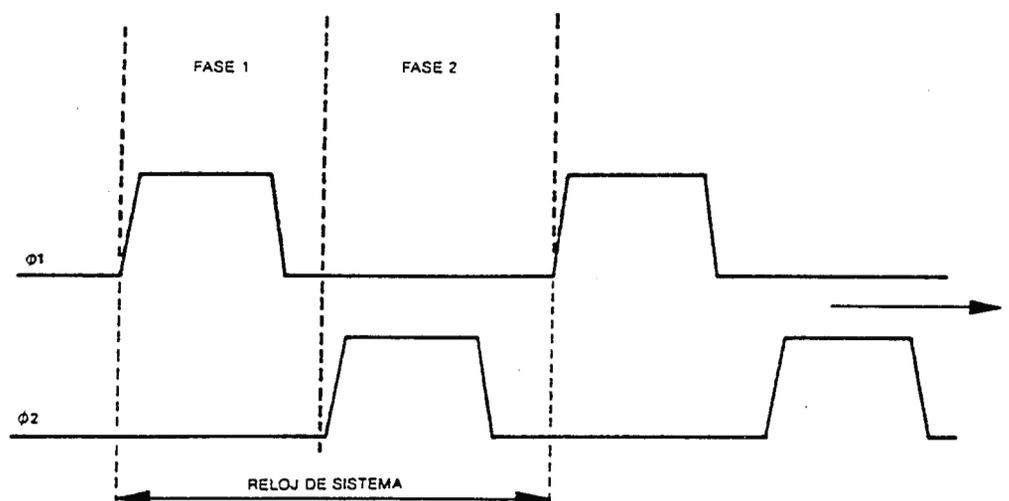


Figura 4-12. Reloj del sistema de la CPU R6502.

Los diferentes montajes de estos circuitos de estabilización son proporcionados en los manuales de los fabricantes de la CPU R6502. Para el control programable se eligió la configuración de oscilador controlado por cristal en modo paralelo, tal como el mostrado en la figura 4-13, por ser uno de los de mayor estabilidad.

Este tipo de montaje es general, los únicos elementos que varían son los valores de la resistencia y del condensador de retroalimentación, los cuales dependen de las

características del cristal. Los rangos para C_f estan entre 2 a 12 pf y R_f entre 0 a 500 K Ω , los cuales determinan la generación de la frecuencia correcta de operación.

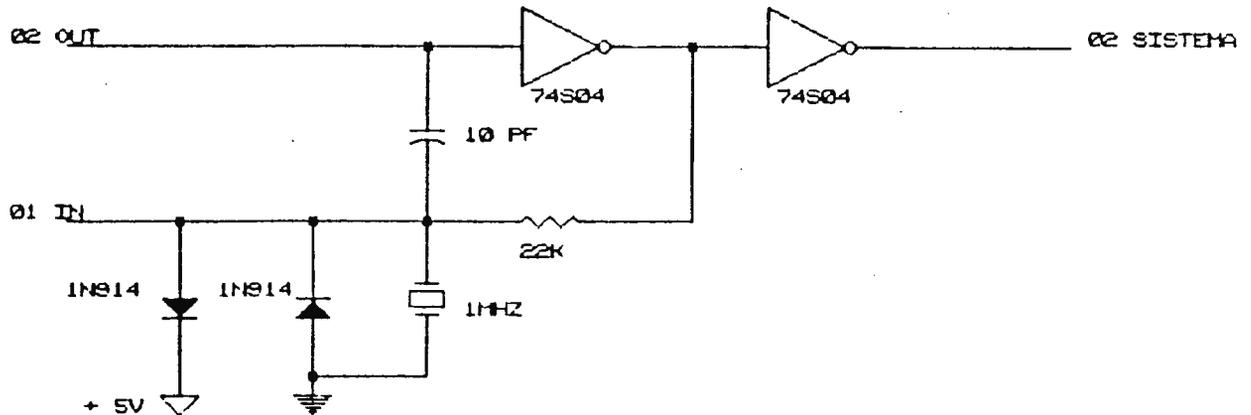


Figura 4-13. Circuito por cristal en modo paralelo para generar el reloj del sistema.

4.3.7 CIRCUITO PARA EL MANEJO, DEL TECLADO Y VISUALIZADOR.

Para que el usuario pueda tener acceso a la programación del control programable, necesita de un dispositivo o medio que le permita introducir a este las instrucciones que determinan la operación del sistema industrial. Para ello, dispone de un teclado y seis visualizadores led de 7 segmentos, por medio de los cuales el usuario puede programar la rutina deseada, a través del menú de programación.

Debido a que éstos dispositivos no pueden ser conectados directamente al microprocesador, por no poseer la circuitería

necesaria para su manejo; se utiliza para ello un dispositivo de entrada/salida denominado Interfase Adaptadora de Periféricos (PIA) R6520, la cual fue creada para trabajar como interfase de periféricos del microprocesador R6502.

4.3.8 INTERFASE ADAPTADORA DE PERIFERICOS (PIA)

Se trata de un módulo de carácter general, cuya misión consiste en poner en comunicación a la CPU con el mundo exterior a través de los periféricos como: teclados, visualizadores, impresores, medidores digitales, etc.

La figura 4-14 muestra el diagrama a bloques de esta interfase, en la que se puede apreciar que dispone con: dos puertas de ocho líneas bidireccionales, dos líneas auxiliares de control en cada puerta, un bus de datos de ocho bits, control y dos terminales para seleccionar sus registros internos.

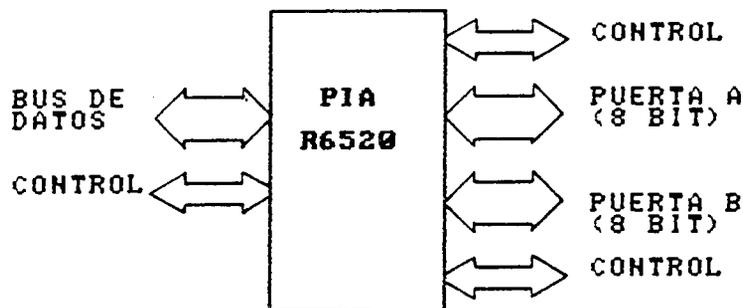


Figura 4-14. Diagrama a bloque de la PIA.

4.3.8.1 DESCRIPCION DE LOS REGISTROS INTERNOS DE LA PIA.

En la figura 4-15, se muestra el esquema general por bloques de los registros internos y también las líneas de interconexión de la PIA.

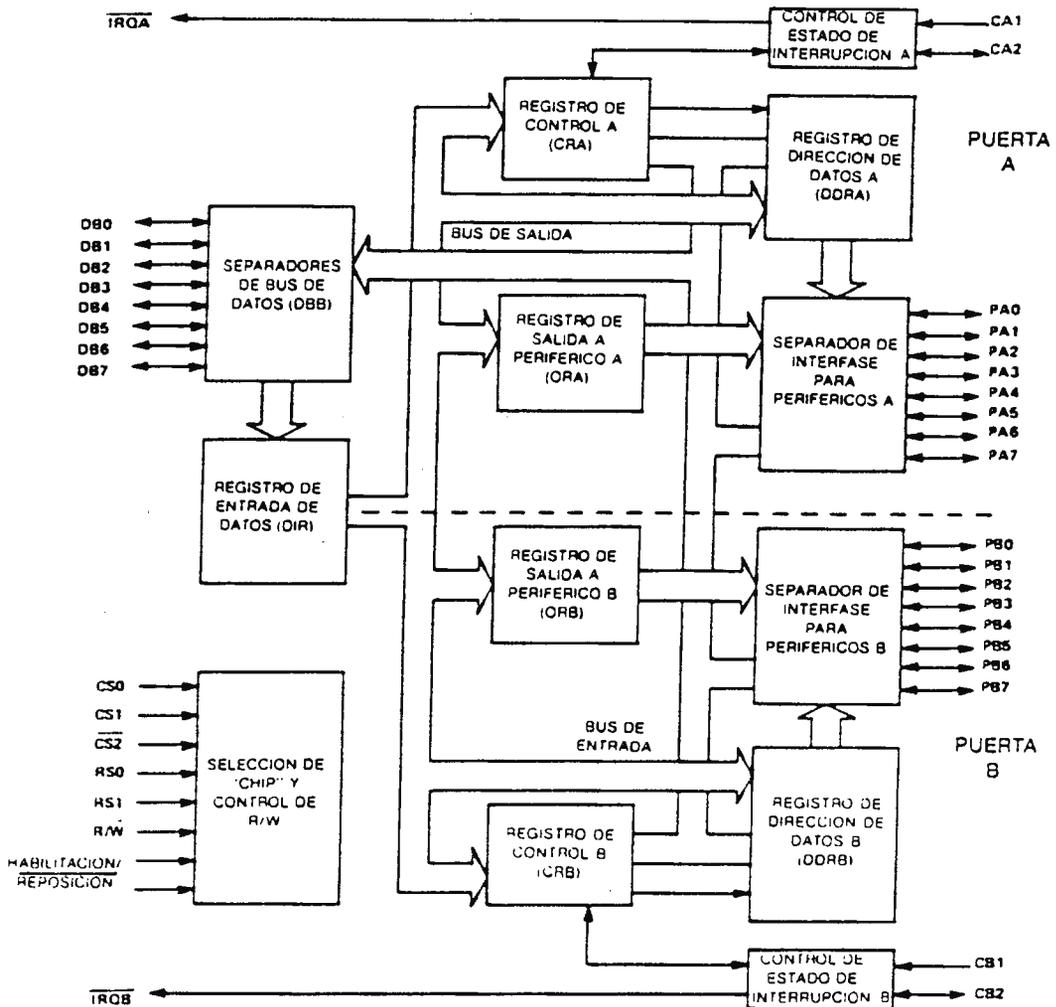


Figura 4-15. Arquitectura interna a bloques de la interfase R6520 (PIA).

Como se puede observar de la figura 4-15, tanto la puerta A y B son idénticas, excepto algunas pequeñas diferencias en

su funcionamiento, ambas poseen los siguientes registros principales:

- a) Registro de Control (CRA, CRB).
- b) Registro de dirección de Datos (DDRA, DDRB).
- c) Registro de salida (ORA, ORB), en conjunto con los buffer de interfase de periféricos.

Y tienen en común el Registro de Entrada de Datos, en conjunto con los buffer del bus de datos.

REGISTRO DE ENTRADA DE DATOS: Permite la transferencia bidireccional de datos entre la CPU y los periféricos.

REGISTRO DE DIRECCION DE DATOS (DDRA, DDRB): Permiten programar de forma individual cada una de las líneas de los puertos A y B. Si se coloca un 1 en este registro se consigue que la línea de entrada/salida correspondiente actúe como salida, mientras que un cero hace que actúe como entrada.

REGISTRO DE SALIDA (ORA, ORB): Estos almacenan los datos de salida que aparecen en las líneas de los puertos.

REGISTRO DE CONTROL (CRA, CRB): Permiten al microprocesador controlar la operación de las líneas de interrupción (CA1, CA2, CB1 y CB2).

LOS BUFFER DE INTERFASE DE PERIFERICOS Y DATOS: Proporcionan la corriente y voltaje necesario para manejar los dispositivos del sistema.

4.3.8.2 LINEAS DE INTERCONEXION DE LA PIA.

LINEAS DE SELECCION DE IC: Estas son CS1, CS2 y CS3 deben poseer un nivel activo para permitir el funcionamiento de la PIA, con estas tres líneas de selección se controla hasta 8 PIAS.

LINEAS DE SELECCION DE REGISTROS: Son RSO y RS1, con las cuales se accesa a los 6 registros internos, sin embargo una misma dirección corresponde a dos registros.

LINEA R/W: Determina si el ciclo es de lectura o escritura.

LINEA ENABLE: Activa a la PIA sincronizadamente por medio del flanco de la señal de reloj $\phi 2$.

LINEA RESET: Su activación desde la línea correspondiente del bus de control de la CPU, pone a cero todos sus registros internos.

LINEA IRQA y IRQB: De acuerdo con la programación de la PIA, permiten la provocación de señales de interrupción desde los periféricos a la CPU.

LINEAS DEL BUS DE DATOS: Son 8 líneas bidireccionales por las que se transfiere la información entre la CPU y los registros del PIA y los periféricos.

LINEAS DE LA PUERTA A: Son 8 líneas bidireccionales de Entrada/Salida, que se configuran como tales de forma independiente y mediante programa. Estas están acompañadas de dos líneas auxiliares de control de periféricos y de interrupción (CA1, CA2). Las líneas de la puerta B son similares a las de la puerta A.

En la figura 4-16 se muestran las líneas de interconexión de la PIA, con los elementos del sistema.

4.3.9 JUSTIFICACION EN LA UTILIZACION DE UNA PIA

Como se pudo concluir la PIA posee una serie de registros programables que le permiten operar de diversas formas, además de tener líneas auxiliares para el control de periféricos (CA1, CA2, CB1 y CB2). Esto permite que la PIA tenga la capacidad de manejar diversos dispositivos periféricos, únicamente programando adecuadamente cada uno de sus registros internos. Por tal razón se eligió para el manejo del teclado y visualizador del control programable, para ello se utiliza una sola, tomando en cuenta que el microprocesador sólo es capaz de realizar una operación o rutina a la vez; ejecutando primero el programa de manejo de los visualizadores y luego el del teclado, por lo que se

puede inicializar en cada rutina de ejecución de los programas, de acuerdo a las necesidades de cada una de las interfaces.

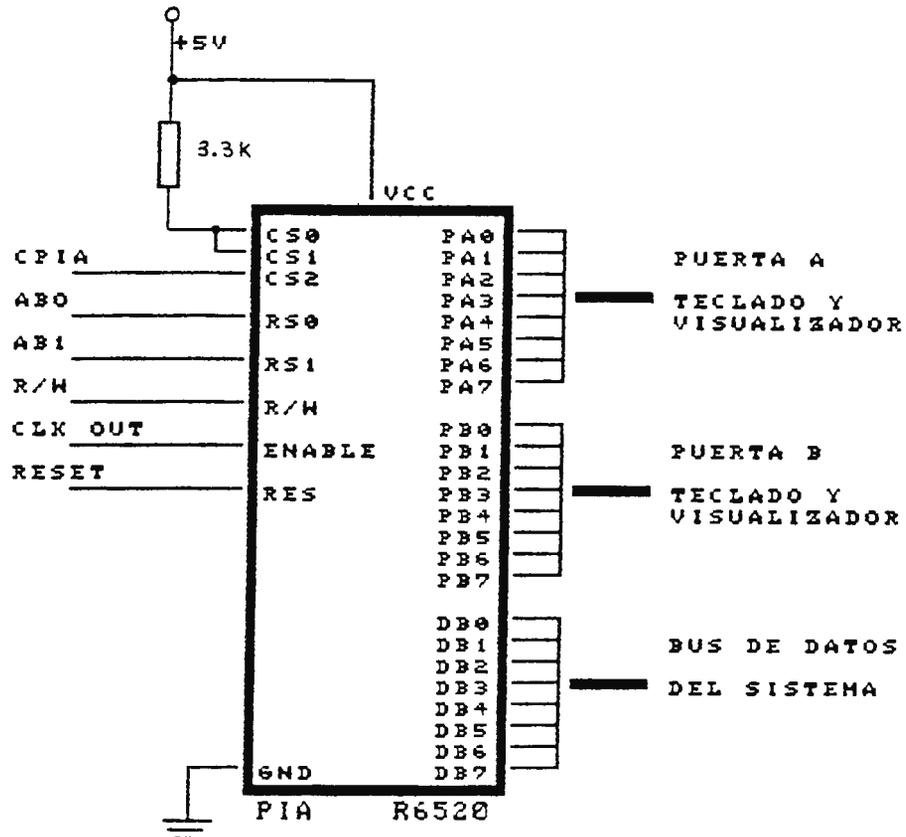


Figura 4-16. Líneas de interconexión de la PIA R6520 con los elementos del sistema.

4.3.10 CIRCUITO PARA EL MANEJO DEL TECLADO

Para el manejo y programación del control programable se utilizan 16 teclas. La manera más fácil de conseguir un teclado con este número, sería configurar ambos puertos de la PIA como entradas y conectar un conmutador a cada una de ellas, pero ya que se quiere utilizar la misma PIA para el control de los visualizadores, se debe maximizar el uso de

las entradas, aunque el programa de operación del teclado sea más complejo.

Para cumplir con esta limitante se diseñó el teclado tipo MATRIZ, ver figura 4-17, esto reduce el número de entradas de la PIA utilizadas, ya que se hace uso sólo de la puerta A para el manejo de las 16 teclas, estando dispuestos los conmutadores en 4 columnas y 4 filas. Donde las líneas PA0-PA3 son configuradas como salidas y de PA4 a PA7 son configuradas como entradas.

La filosofía de funcionamiento para el teclado es la siguiente.

Para detectar un cierre de tecla la CPU debe explorar continuamente el teclado, para ello primero la CPU carga en las líneas de salida secuencialmente las cuatro combinaciones binarias correspondientes a: 7, B, D y E. En cada una de ellas lee las líneas de entrada (PA4-PA7), si alguna de ellas presenta un cero lógico, es que se activó una tecla, luego a través de la combinación binaria resultante se decodifica la tecla presionada. En la sección del programa monitor se explica más detalladamente su operación.

Como se puede ver de la figura 4-17, la circuitería ocupada es relativamente sencilla, sólo requiere conectar los

conmutadores para formar la matriz, sin embargo el uso de las cuatro puertas tres estados 74LS367, conectadas en cada una de las líneas de salida (PA0-PA3), son necesarias por dos aspectos principales:

- a) Habilitadores del teclado.
- b) Amplificadores de corriente.

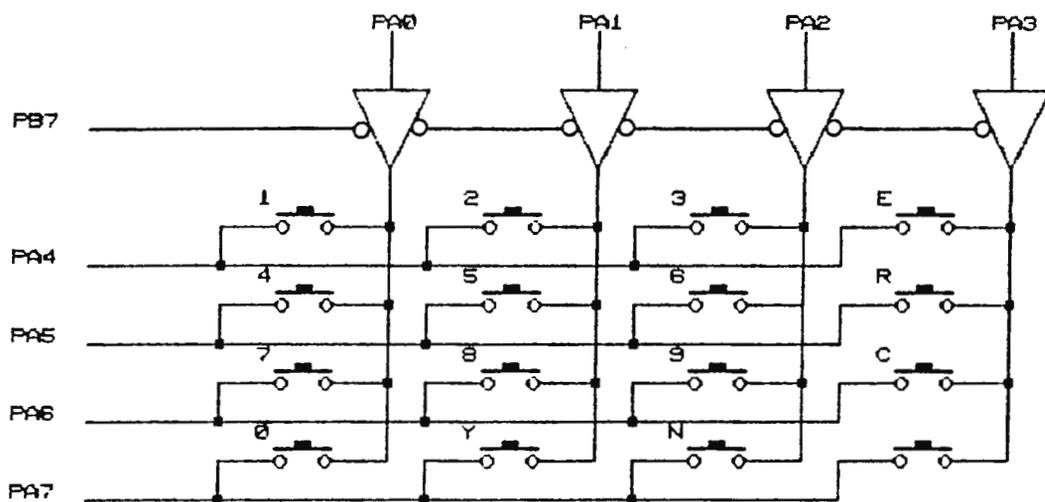


Figura 4-17. Circuito del teclado tipo matriz utilizado en el Control Programable.

HABILITADORES DEL TECLADO: Es su principal función, como se verá más adelante las líneas de la puerta A de la PIA son utilizadas también para manejar los presentadores led de 7 segmentos. Estas puertas tres estados evitan interferencias provocadas por la activación de una tecla, cuando la CPU este ejecutando el programa para el manejo de los visualizadores. Para ello se coloca un lógico uno en la

línea PB7 de la PIA, que obliga a las puertas a permanecer en alta impedancia.

AMPLIFICADOR DE CORRIENTE: Observando la figura 4-17, cada salida de la PIA se puede conectar a las cuatro entradas (PA4-PA7), por medio de los interruptores. Para el caso, si los conmutadores de la columna 1 (1, 4, 7 y 0) son activados por error simultaneamente, la salida de la PIA correspondiente podría sufrir daño por la demanda de un alto consumo de corriente, para evitar esto se conectan las puertas tres estados, a la vez asegura el nivel del estado.

4.3.11 CIRCUITO DE CONTROL DE LOS VISUALIZADORES

En el control programable se utilizan 6 presentadores led de 7 segmentos, a través de los cuales el usuario puede observar cada uno de los comandos solicitados en el menú de programación, y los datos introducidos por él. Para el control de los visualizadores se hace uso de la misma PIA utilizada en el teclado.

El diseño del circuito es el mostrado en la figura 4-18, cuya filosofía de funcionamiento es la siguiente:

Como se puede ver de la figura, todos los segmentos de cada presentador se han unido de acuerdo al segmento que representan y estando ambos lados de la PIA configurados como salida, el lado A (PA0-PA7) suministra el código de 7

segmentos y controla al punto decimal; los amplificadores de corriente 74LS367, conectados a cada línea de esta puerta, son necesarios para proporcionar la corriente requerida por cada segmento. Como se deben manejar 6 presentadores cada uno de ellos debe ser multiplexado, para colocar el dato en la unidad correspondiente, para ello se utiliza el lado B (PB0-PB5) que determina la unidad seleccionada. Los amplificadores de corriente 75492, conectados a cada línea de la puerta B, proporcionan la corriente necesaria para manejar cada presentador.

Para el cálculo de cada uno de los dispositivos se toman en cuenta las siguientes características eléctricas de los dispositivos y consideraciones de diseño.

La PIA utilizada tiene las siguientes características eléctricas:

| | |
|------------|---------------|
| Vih mínimo | 2.0 V |
| Vil máximo | 0.8 V |
| Iil mínimo | - 100 μ A |
| Voh mínimo | 2.4 V |
| Vol máximo | 0.4 V |
| Ioh máximo | - 10 mA |
| Iol mínimo | 1.6 mA |
| Iih mínimo | 1.6 mA |

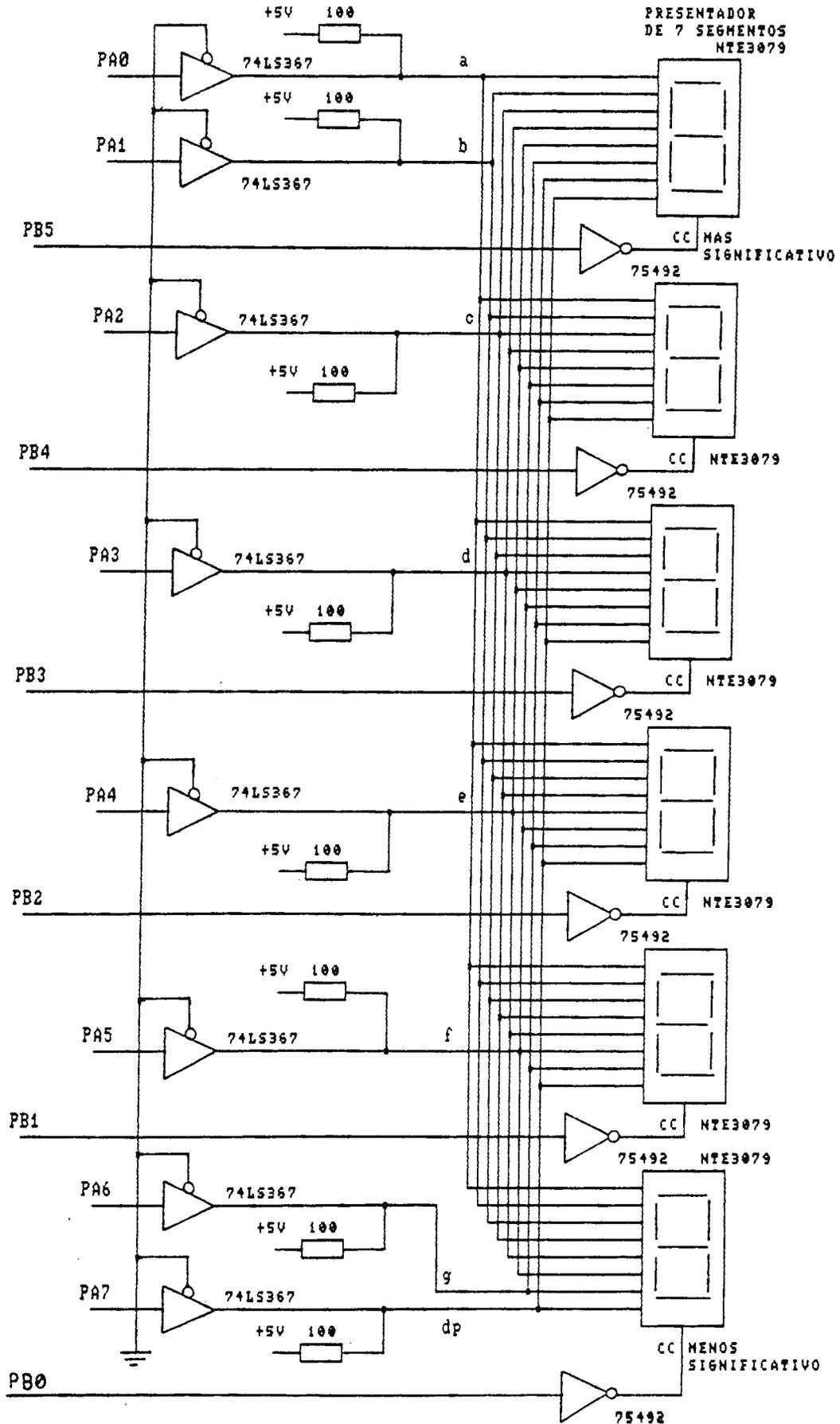


Figura 4-18. Circuito para el control de los visualizadores.

Los Presentadores son del tipo cátodo común NTE3079, con las siguientes características eléctricas:

| | |
|------------------------|-------|
| Corriente por segmento | 20 mA |
| Voltaje por segmento | 1.5 V |

Comparando estos valores con los parámetros de salida de la PIA para el lado A, es notable el hecho que no es capaz este de proporcionar la corriente que el segmento necesita, entonces es necesario la utilización de amplificadores de corriente (Buffer), eligiendo el circuito 74LS367 que posee las características eléctricas siguientes:

| | |
|------------------------|--------|
| I _{ol} máxima | 16 mA |
| I _{oh} máxima | -2.6mA |

Tomando el cuenta que los presentadores son de cátodo común, cada uno de ellos necesita un estado lógico uno para activarse. Comparando la corriente de consumo del led con la proporcionada por el buffer en alto (-2.6mA), observamos que no es suficiente a pesar que es uno de los dispositivos TTL que más corriente proporciona, para solucionar este problema se conectan las resistencias de 100Ω entre Vcc y la salida de cada buffer, por donde se podrá drenar la diferencia de corriente.

Entonces la corriente máxima disponible será:

$$I_{max} = I(\text{buffer}) + (V_{cc} - V(\text{led}) - V_{ol}(75492))/R$$

$$I_{max} = 2.6\text{mA} + (5 - 1.5 - 0.8)/100 = 29.6\text{mA}$$

Si una sola línea de salida de la PIA no es capaz de manejar un led, mucho menos la puerta B podrá proporcionar la corriente necesaria para encender todos los led de un presentador, para ello se eligió el circuito NTE75492 que puede drenar 250 mA máximo en estado lógico bajo, lo que es menos del consumo de los 8 led encendidos simultáneamente.

4.3.12 CIRCUITO PARA EL MANEJO DE LOS PUERTOS DE ENTRADA/SALIDA DEL CONTROL PROGRAMABLE.

El control Programable igual que el PLC, necesita de los puertos de entrada para conocer el estado de determinado sistema industrial y de los puertos de salida para gobernar el proceso. Para ello el control programable requiere el uso de dos tipos de interfases, una que comunique la CPU con el medio externo y otra que proporcione la corriente y voltaje necesario para el manejo de los dispositivos auxiliares de control del sistema industriales.

De los dos tipos la más importante es la primera, es la que básicamente determina la capacidad del controlador, para ello se ha elegido la Interfase Adaptadora Versátil (VIA) R6522, la que posee todas las características de la PIA y muchas más, debido a las exigencias de los puertos de entrada/salida.

4.3.13 INTERFASE ADAPTADORA VERSATIL (VIA)

La VIA puede catalogarse como una de las interfaces más completas y potentes pertenecientes a la familia de la CPU R6502. Esta interfase esta constituida por los elementos principales siguientes:

a) Dos puertas de 8 líneas cada una, denominadas puerta A y puerta B. Cada una de las líneas puede ser programada individualmente como entrada o salida.

b) Cuatro líneas de control de estado, dos para cada puerta. Denominadas CA1, CA2, CB1 y CB2.

c) Un registro de desplazamiento (SR) de 8 bits, encargado de la conversión de información serie a paralelo y viceversa.

d) Dos contadores/temporizadores de 16 bits, que pueden usarse para generar y contar impulsos. También puede producir impulsos simples o trenes de impulso.

e) Lógica de interrupción, en la que se incluye un registro de señalizadores de interrupción. Además dispone de la lógica necesaria para permitir o no interrupciones.

En la figura 4-19, se muestra un diagrama a bloque de los diferentes registros y líneas de interconexión de la VIA.

4.3.13.1 DESCRIPCION DE LOS REGISTROS INTERNOS DE LA VIA

REGISTRO DE ENTRADA DE DATOS: Permite la transferencia bidireccional de datos entre la CPU y los periféricos.

REGISTROS DE DIRECCION DE DATOS, (DDRA y DDRB): Permiten programar de forma individual cada una de las líneas de la puerta A o B. Un lógico uno hace que actúe como salida y un lógico cero como entrada.

REGISTROS DE ENTRADA (IRA y IRB): Almacenan los datos aplicados a las puertas desde los periféricos.

REGISTROS DE SALIDA (ORA y ORB): Almacenan los datos que deben aplicarse al periférico procedentes de la CPU.

REGISTRO DE CONTROL DE PERIFERICOS (PCR): Determina la polaridad de las tensiones activas sobre las líneas de entrada de estado CA1, CA2, CB1 y CB2.

REGISTRO AUXILIAR DE CONTROL (ACR): Habilita o deshabilita los enganches de entrada de las puertas A y B, determina la forma de trabajo de los contadores/temporizadores (T1 o T2) y del registro de desplazamiento (SR); programando adecuadamente cada uno de los bits del ACR que controla a cada registro.

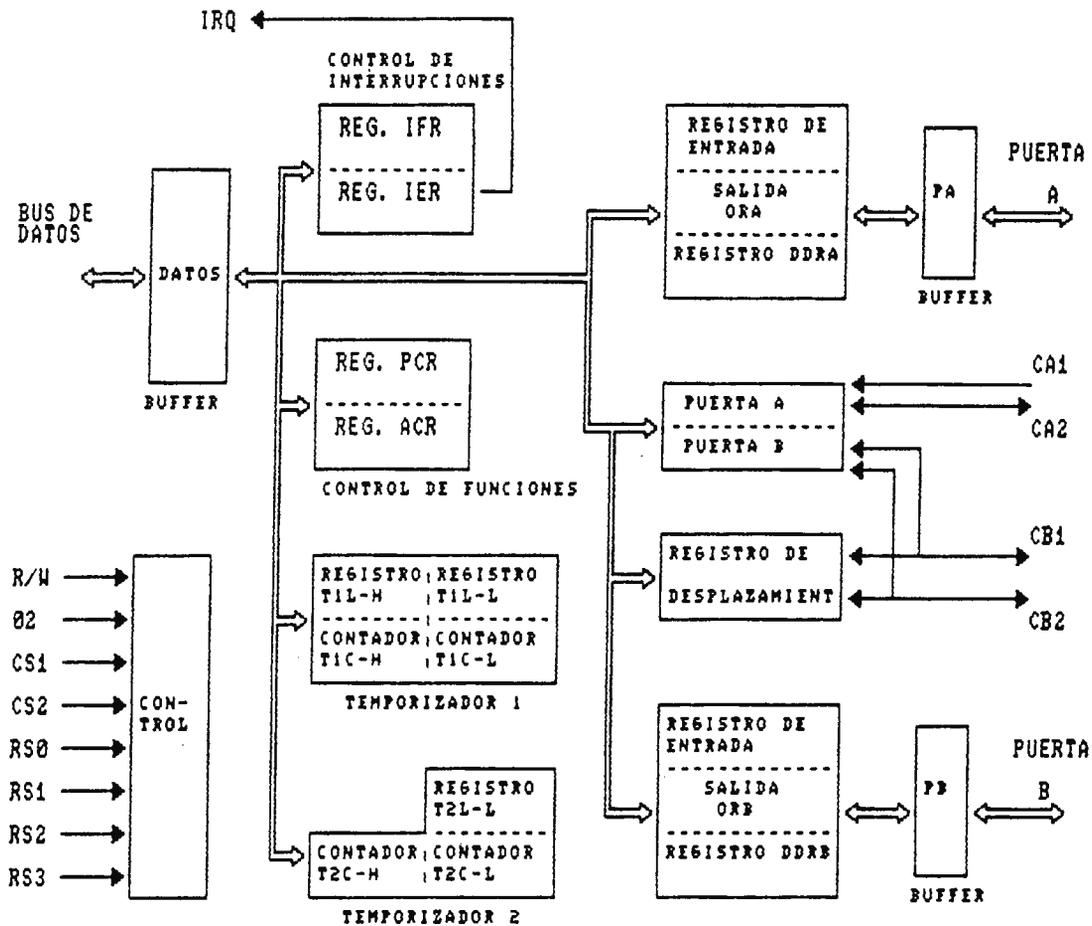


Figura 4-19. Arquitectura interna a bloques de la VIA.

REGISTRO DE ALARMAS DE INTERRUPCION (IFR): Cada uno de estos bit advierte la activación de una interrupción en los diversos elementos de la VIA, con ello se pueden detectar el dispositivo que genero la interrupción.

REGISTRO DE DESPLAZAMIENTO (SR): Su misión es transformar datos en serie a formato en paralelo o viceversa.

TEMPORIZADOR T1 y T2: Constan de 16 bits cada uno, pueden configurarse para trabajar como contadores o temporizadores, de diferente manera, de acuerdo a la programación del registro ACR.

4.3.13.2 LINEAS DE INTERCONEXION DE LA VIA

La función de cada una de las líneas de interconexión de la VIA, tienen un funcionamiento similar a las de la PIA.

En la figura 4-20, se muestran las líneas de interconexión de la VIA con los elementos del sistema. Como se observa el puerto A de la VIA es utilizado como salida y el B como entrada, esto se debe a que el lado A es capaz de proporcionar un nivel mayor de corriente cuando se utiliza como salida; sin embargo para no sobrecargar los circuitos de la VIA y deshabilitar las interfases de salida cuando se inicializa el sistema. Para ello es necesario la conexión de las cuatro puertas tres estados 74LS367, conectadas a cada una de las líneas de salida de la VIA, donde la línea de habilitación de las puertas es manejada por una de las líneas del puerto A no utilizadas, tal como se observa en la figura 4-20.

En lo que respecta a las entradas de la puerta B no utilizadas (PB4-PB7) están conectadas a tierra, ello asegura que el controlador al ejecutar el programa de exploración no las detecte como activadas.

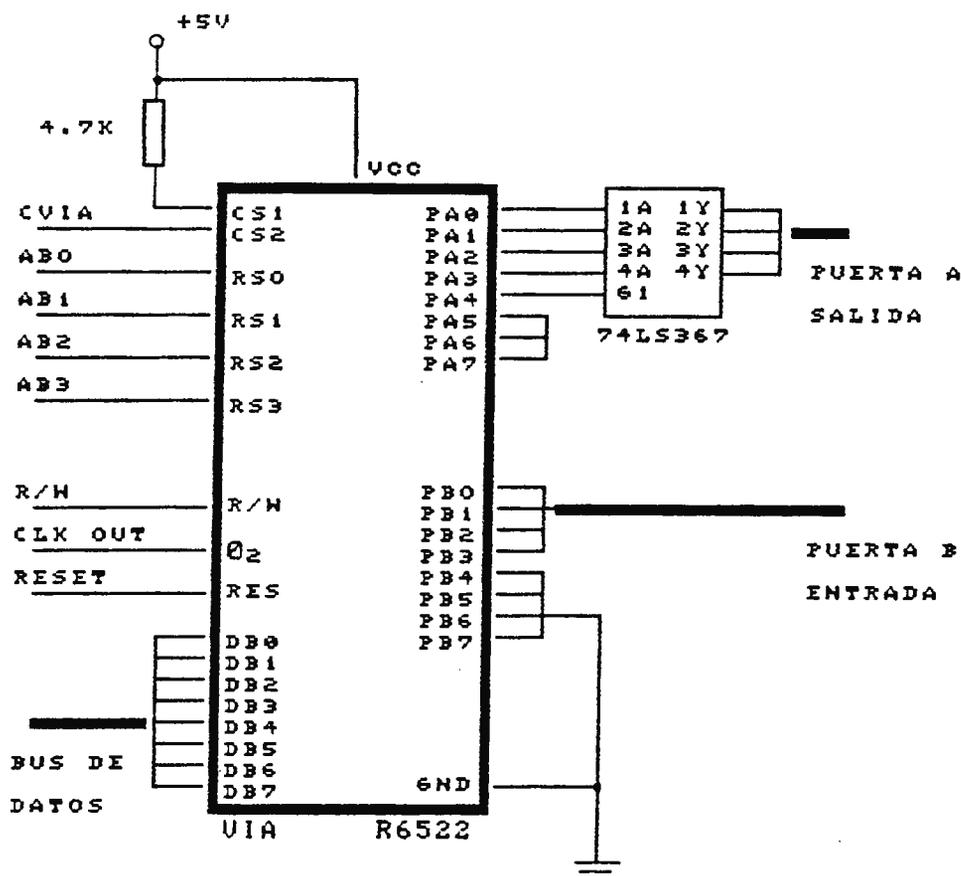


Figura 4-20. Líneas de interconexión de la VIA R6522 con los elementos del sistema.

4.3.14 INTERFASE DE POTENCIA

La interfase de potencia, es un circuito esencial dentro del control programable, debido a que sirve como complemento de la VIA, para establecer la comunicación entre el control programable y el sistema industrial que se esté gobernado.

Esta interfase se encarga de realizar las funciones siguientes:

a) Provee los niveles de corriente y voltaje adecuados, para manejar los dispositivos auxiliares de control del sistema industrial, como: relés, lámparas indicadoras, arranques de motores, solenoides, etc.

b) Convierte los niveles de señal de entrada a los niveles lógicos requeridos por el control programable.

c) Ofrece un aislamiento eléctrico entre la circuitería del sistema industrial y el control programable; para evitar daños o interferencias en la operación del controlador.

Para cumplir con los aspectos antes descritos se requieren las siguientes interfases de potencia:

a) Interfases de Entrada.

b) Interfases de Salida.

4.3.14.1 INTERFASE DE ENTRADA.

La interfase de entrada se encarga de convertir los niveles de voltaje de entrada, que para el caso son 12 VDC procedentes del sistema industrial, a los niveles lógicos requeridos por el control programable, a la vez provee un aislamiento eléctrico entre la circuitería de ambos sistemas.

El circuito diseñado con este fin se muestra en la figura 4-21. Debido a que el control programable posee cuatro líneas

de entrada, correspondientes entre los terminales de la VIA del puerto B de PBO-PB3, a cada línea de ellas se conecta una interfase de entrada, igual a la mostrada en la figura 4-21.

Como se observa del circuito, el voltaje de referencia proveniente del sistema industrial es aplicado al puerto de entrada de la VIA, por medio de la optocoupla IC1, el transistor Q1 y el circuito tres estados 74LS367 (buffer); la optocoupla se encarga de proveer el aislamiento entre ambos circuitos, Q1 es utilizado como conmutador electrónico para proveer los niveles lógicos de voltaje y el IC 74LS367 asegura estos a la entrada de la VIA.

En lo que respecta a la operación del circuito es relativamente sencilla. Cuando se aplican los 12V a la entrada de la optocoupla a través de R3, se provoca que su transistor interno pase de corte a saturación, bajo ésta condición se aplica el nivel suficiente de corriente a la base de Q1 para llevarlo a saturación, con ello los +5V presentes en su colector son aplicados casi en su totalidad a la R1, ya que el voltaje colector-emisor de un transistor en saturación es casi cero, esta caída de tensión en R1 obliga que el buffer 74LS367 pase de cero a uno lógico, logrando la CPU detectar la activación de una línea de entrada.

Como podemos ver de la figura, los elementos principales del circuito son; la optocoupla IC1, el transistor Q1 y el buffer 74LS367, los cuales requieren de ciertas resistencias externas para polarizar adecuadamente a cada dispositivo, para que operen en la zona de trabajo deseada.

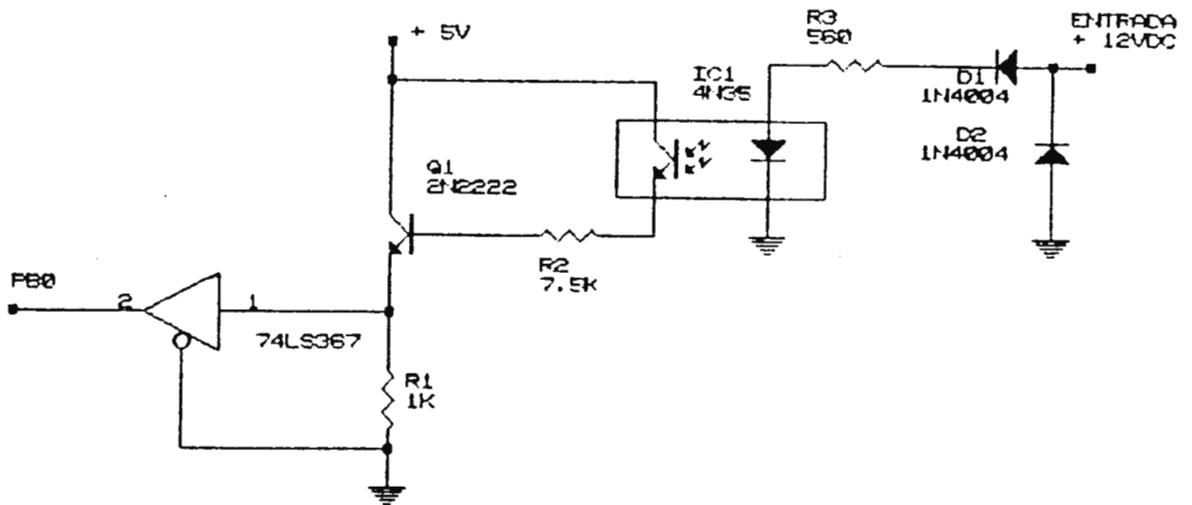


Figura 4-21. Interfase de entrada.

Para el cálculo de las resistencias partimos de las características del IC1, Q1 y el buffer 74LS367, las cuales son:

Optocoupla 4N35

Led

If max 60ma

Vf típico 1.5V

Fototransistor

Ic 100mA

Transistor 2N2222

| | |
|------------|---------|
| Ic max | 0.8Amps |
| Vbe típico | 0.7V |
| hfe típico | 200 |

Buffer 74LS367

| | |
|---------|------------|
| Vih min | 2V |
| Vil max | 0.8V |
| Iih max | 20 μ A |
| Iil max | -0.4mA |

La resistencia R3, es usada para asegurar el voltaje y corriente de operación del diodo led de la optocoupla, esta es definida por la fórmula:

$$R3 = (V_{cc} - V_f) / I_f$$

Conociendo $V_{cc} = 12V$, $V_f = 1.5$ y tomando una $I_f = 20mA$.

$$R3 = (12V - 1.5V) / 20mA = 525\Omega.$$

Un valor comercial es 560 Ω .

Para el cálculo de R2 partimos de la I de base necesaria para saturar al transistor Q1, la cual por regla general debe ser un décimo de la I de colector de saturación. La Ic, esta limitada por R1 de 1k Ω y la Iih del IC 74LS367, de ellas tenemos:

$$I_{c \text{ sat}} = V_{cc} / R1 + I_{ih} = 5V / 1K\Omega + 20\mu A = 5.02mA$$

entonces:

$$I_b = I_c \text{ sat}/10 = 5.02 \text{ mA}/10 = 502 \text{ } \mu\text{A}$$

Partiendo de ello, R2 es igual a:

$$R_2 = (V_{cc} - V_{be} - R_1(I_b))/I_b$$

$$R_2 = (5V - 0.7V - 1k\Omega(502\mu A))/502\mu A = 7565.7\Omega$$

Un valor comercial es 7.5K Ω

4.3.14.2 INTERFASE DE SALIDA

Esta se encarga de proveer el nivel de corriente y voltaje necesario para manejar los dispositivos auxiliares de control, a la vez provee un aislamiento eléctrico entre ambos circuitos. El circuito de esta interfase se muestra en la figura 4-22. Como el control programable posee cuatro salidas localizadas entre las líneas de PA0-PA3 de la puerta A de la VIA, se conecta una interfase de salida a cada una de ellas.

La interfase de salida posee también la optocoupla IC1, el transistor Q1 y el buffer 74LS368, los cuales operan de manera similar a los usados en la interfase de entrada.

La principal diferencia es que ahora la optocoupla es manejada por la salida de la VIA, a través del buffer 74LS367, que se utiliza para proveer la corriente que necesita su diodo led interno para encenderse, y la salida del circuito lo forman los contactos del relé RL1, éste es activado cuando se provoca la saturación de Q1.

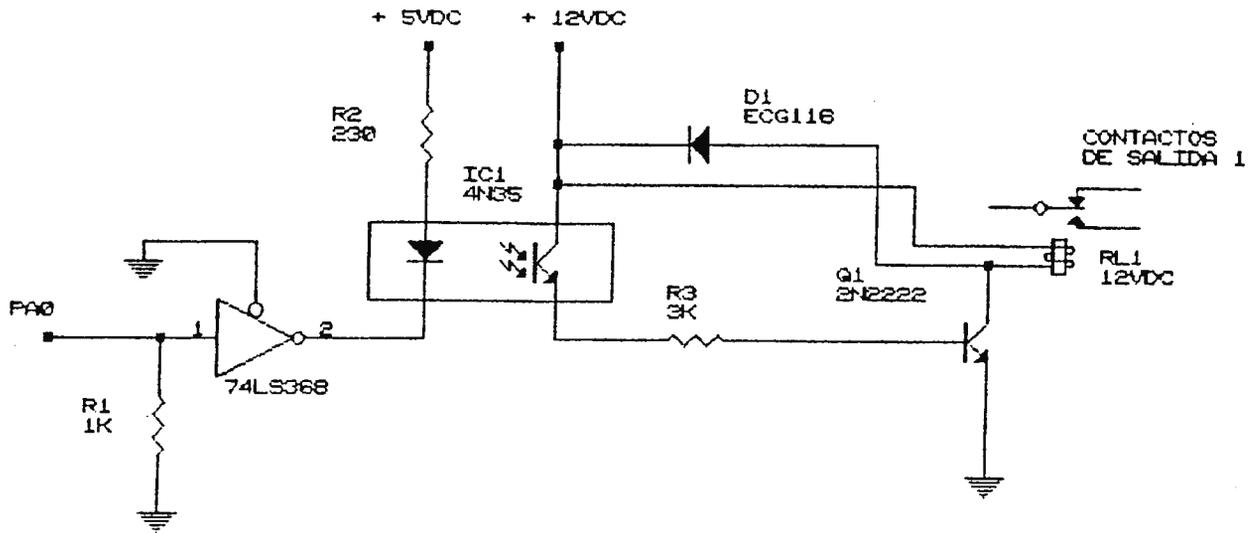


Figura 4-22. Interfase de salida.

Para el cálculo de las resistencias de polarización se realiza de manera similar a los de la interfase de entrada, el único elemento diferente es que en lugar del IC 74LS367, se usa el IC 74LS368, pero éste tiene las mismas características eléctricas; realizando el cálculo de los elementos de acuerdo al siguiente procedimiento:

R1 se a tomado de 1K Ω , esta es utilizada para fijar un estado lógico cero a la entrada del IC 74LS367, ello mantiene deshabilitada la interfase hasta que el procesador del controlador la active.

La resistencia limitadora R2, esta definida por la fórmula siguiente:

$$R2 = (5V - 1.5V)/15mA = 233\Omega$$

Un valor comercial es 230 Ω

Para el cálculo de R3 se debe tomar en cuenta la Ib de saturación de Q1, estando limitada esta por la Ic, que para el caso es la corriente de operación del réle RL1, el cual tiene las siguientes características:

V operación 12VDC y I operación 37.5mA

Entonces Ic sat es 37.5mA de donde Ib es:

$$I_b = 37.5\text{mA}/10 = 3.75\text{mA}$$

R3 es igual a:

$$R_3 = (12\text{V} - 0.7\text{V})/3.75\text{mA} = 3013.33\Omega$$

Un valor comercial para R3 es 3K Ω

D1, es un diodo del tipo 1N4004, que es utilizado como protección del transistor Q1.

4.3.15 CIRCUITO DE START

El circuito de start, se encarga de proveer el pulso de arranque para iniciar la secuencia de operación del sistema industrial, cada vez que este finalise y obligar al sistema a realizar el proceso continuamente. Para ello se conecta la entrada utilizada para arrancar el proceso con el terminal indicado Ex, y se elige una salida no utilizada del control programable, esta debe ser programada bajo la función

retardo en modo 1, conectandose esta con el terminal indicado con Sx.

Este circuito es necesario, debido a que a través de programa no se puede forzar la activación de una entrada controlada por una salida, a menos que se realice una interconexión entre ellas.

El circuito diseñado con este fin se muestra en la figura 4-23, que básicamente está compuesto por un circuito integrado NE555, montado en configuración monoestable. El circuito se dispara cuando detecta la transición de alto a bajo de la salida conectada a su terminal Sx, cuando esto sucede el monostable genera un pulso con una duración de 1 segundo, este tiempo es más que suficiente para que el control programable detecte la activación de la entrada, durante la ejecución del programa de exploración (Scan).

Sin embargo como las interfases de entrada operan con voltajes de 12VDC, es necesario usar el transistor Q1 que sirve como interruptor electrónico para proporcionar los 12V a la interfase.

El cálculo de los elementos se realiza de acuerdo al siguiente procedimiento:

Los valores de R2 y C2, determinan la duración del pulso generado, estando definidos por la fórmula siguiente:

$$t_1 = 1.1R_2C_2$$

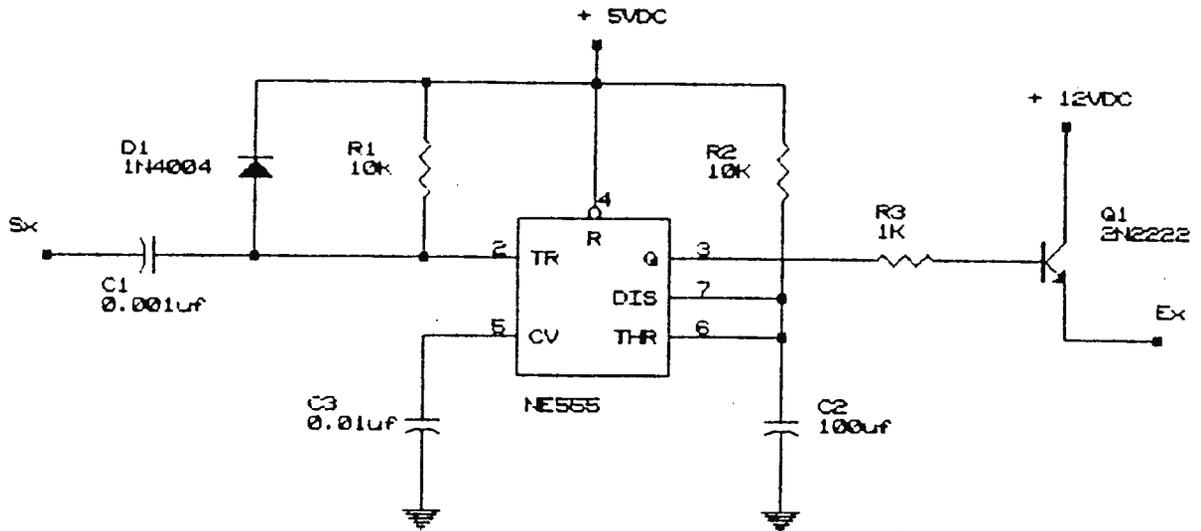


Figura 4-23. Circuito de Start.

Así, con $t_1 = 1$ seg y eligiendo un C2 de 100µf, tenemos:

$$R_2 = 1/1.1(100\mu f) = 9090\Omega$$

Un valor comercial es 9.2KΩ.

Para la elección de Q1, se tomó en cuenta la corriente máxima de consumo de las interfases de entrada, la que no excede de 20mA y el transistor 2N2222 es capaz de manejar una corriente de colector de 800mA.

R3, se elige de 1KΩ para limitar la corriente de base del transistor Q1.

En lo que respecta a la red formada por C1, R1 y D1, es utilizada para generar un pulso único de salida para una de las entradas, estos valores son proporcionados en los manuales de los fabricantes.

4.3.16 FUENTE DE ALIMENTACION

La fuente de alimentación, es la encargada de proporcionar el voltaje y corriente necesario para la operación de todos los dispositivos electrónicos que conforman el Control Programable, para ello se requiere de una fuente de +5VDC, para alimentar todos los circuitos integrados del sistema y de +12VDC, para alimentar la interfase de potencia, ya que se requiere de un nivel de voltaje capaz de controlar muchos de los dispositivos auxiliares de control del sistema industrial.

El voltaje de alimentación al control programable es de 12VDC, los cuales pueden ser obtenidos del sistema industrial o de una simple fuente de alimentación de onda completa.

Para obtener el voltaje de +5VDC, los +12V son aplicados a un regulador; para elegir el circuito apropiado se tomo en cuenta la corriente máxima de consumo de todos los circuitos integrados y dispositivos operados a +5V del sistema, calculandose una corriente máxima de 1.1285 amperios, sin embargo conviene dimensionar la capacidad de corriente que

puede proporcionar el regulador, para evitar sobrecalentamientos o daños al dispositivo, por ello se considera un 30% más, teniendo:

$$I \text{ de regulador} = 1.1285A + 0.3(1.1285A) = 1.47 \text{ Amps.}$$

Por lo que conviene utilizar un regulador de 1.5A, pero no se posee en el mercado, por lo que se utiliza el NTE1934 con las características eléctricas siguientes:

| | |
|--------------|-----|
| Vout (DC) | 5V |
| Io (DC) | 2A |
| Vin (DC) min | 8V |
| Vin (DC) max | 30V |

Otra consideración que se debe tomar en cuenta, es que el control programable debe poseer una fuente de respaldo para salvaguardar el programa del usuario contenido en la memoria RAM, cuando no hay alimentación de la fuente exterior; para ello se utiliza una batería de +3V, la cual alimenta exclusivamente a la memoria en ausencia de la energía externa.

Tomando en cuenta estas consideraciones, se diseñó la fuente de potencia mostrada en la figura 4-24.

Para diseñar la fuente a operar eficientemente, es necesario conectar otros elementos los cuales sirven para los siguientes propósitos.

Los capacitores C1 y C2, son utilizados como filtros; C1 filtra los transitorios de voltaje a la entrada y C2 se encarga de eliminar parte del rizado proveniente de la fuente de alimentación externa. Los diodos D1 y D2, son utilizados como protecciones contra la aplicación de voltajes con polaridad inversa, D1 es un zener que además protege cuando se aplican voltajes mayores a 13V.

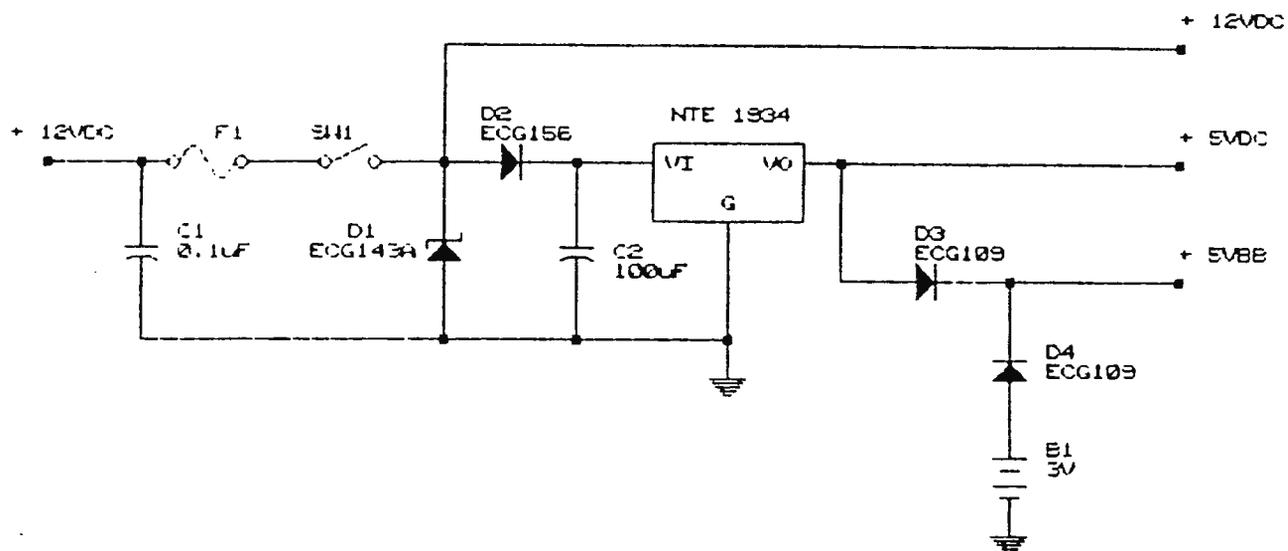


Figura 4-24. Fuente de alimentación.

Los diodos D3 y D4, evitan que el voltaje de la batería sea aplicado a la memoria RAM cuando este operando la fuente de alimentación o se aplique voltaje proveniente de la fuente a la batería.

PROGRAMA MONITOR

4.4 INTRODUCCION

Todo sistema microcomputador necesita instrucciones y datos que determinen su operación y las capacidades del sistema, para ello se cuenta con el programa monitor.

En el Control Programable, el programa monitor lo constituyen todas las instrucciones almacenadas en la memoria ROM del sistema, a partir de la dirección F000, siendo éstas las que determinan las funciones básicas de este, tales como:

a) Capacidad de programación por el usuario, lo que determina la rutina de operación deseada sobre el sistema industrial que esté gobernando el control programable. Las principales rutinas dentro del monitor para proveer esta capacidad son:

- 1) Rutina TEVIS.
- 2) Rutina PROGME.

b) Capacidad de procesamiento de los datos e instrucciones, proporcionadas al sistema para habilitar al control programable en la ejecución del programa de el usuario. La rutina principal que ejecuta este proceso se denomina:

- 1) Rutina PRODA.

c) Capacidad de ejecutar el programa del usuario, que gobierna al sistema industrial.

La principal rutina dentro del monitor para este propósito se denomina:

1) Rutina SCAN.

Cada una de las rutinas mencionadas anteriormente son las principales para el manejo del control programable. Sin embargo existen otras no tan complejas, pero que si son básicas para la operación optima del sistema. Entre las que podemos encontrar:

- 1) Rutina INI.
- 2) Rutina CLEAR.
- 3) Rutina CLEAR SELEC.
- 4) Rutina TEMPO.
- 5) Rutina CONTER.

Cada una de las rutinas mencionadas, tanto las principales como secundarias son explicadas detalladamente según su comportamiento paso a paso, definiendo los aspectos siguientes: Las variables que intervienen, dispositivos que controla, su accionar sobre el sistema y a la vez se adjuntan el diagrama de flujo correspondiente a cada una, para facilitar la explicación de su forma de operar.

Para conocer la secuencia de utilización de cada una de ellas se presenta el diagrama de flujo general en la figura 4-25.

4.5 RUTINA INI

Esta rutina es utilizada por la interrupción RESET del sistema, para inicializar los registros internos del microprocesador y configurar los registros de los dispositivos periféricos (VIA), a partir de una condición predefinida, con ello se esta seguro que la condición de arranque del sistema es siempre la misma. Esta rutina se ejecuta cada vez que se activa la línea de RESET, ya sea al momento de arrancar el sistema o que se force manualmente a través de un pulsador, la dirección dentro de la ROM que establece el inicio de ella esta en la \$FFFC y \$FFFD, las cuales son direcciones ya definidas para la interrupción RESET de la CPU R6502.

El flujograma de esta rutina se muestra en la figura 4-26. De la figura se observa que el primer paso es inicializar los registros internos de la CPU, configurando los siguiente:

a) Inicializa el Puntero de Pila, el cual tiene asignada la página 1 para la CPU R6502, cargando el valor de \$FF para asegurar que este se comience a decrementar a partir de la dirección \$01FF.

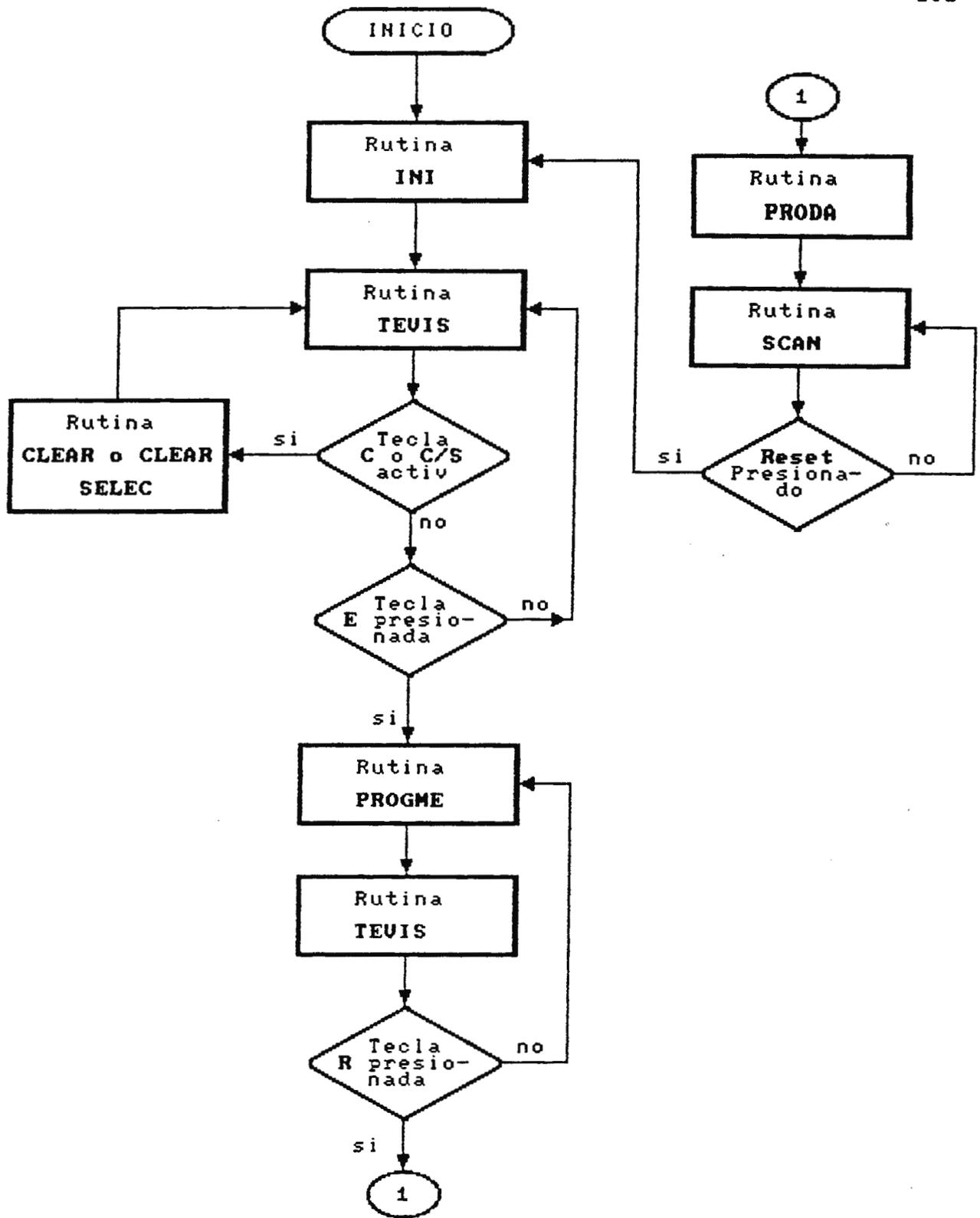


Figura 4-25. Flujoograma general del programa monitor del Control Programable.

b) Carga en el acumulador y los registros indices X y Y con cero.

c) Inicializa los puertos de la VIA, para que el lado B opere como entrada y el A como salida, con ello se asegura la configuración de los puertos de entrada/salida, a través de los cuales se controla la operación del sistema industrial.

d) Por último se carga en los registros del visualizador con el código de 7 segmentos correspondiente a las letras "C P", el que sirve como presentación del sistema cuando se encuentre en la condición de reposo. En éste estado se puede tener acceso a las diferentes funciones de operación del equipo.

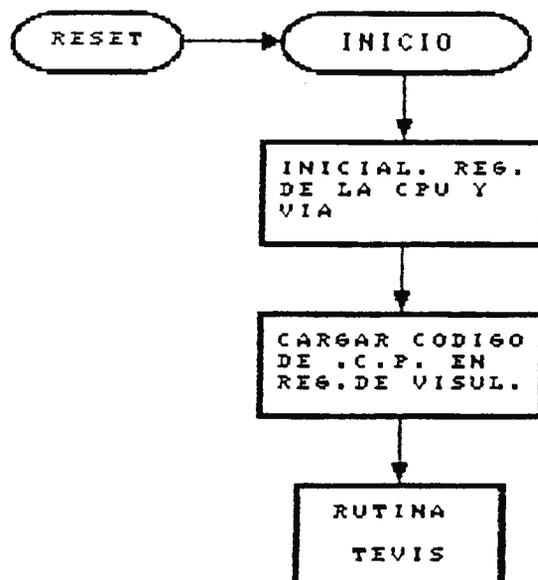


Figura 4-26. flujograma de rutina INI.

4.6 RUTINA CLEAR

Esta rutina es la más sencilla de todas, debido a que se encarga únicamente de cargar con el valor de cero, todas aquellas localidades de memoria RAM utilizadas por el usuario para escribir sus programas y las que usa la CPU para procesar y ejecutar el programa de operación que gobierna al sistema industrial, con ello se habilita al control programable para que pueda ser reprogramado a ejecutar otra rutina de operación sobre el sistema. El flujograma de esta rutina es mostrada en la figura 4-27.

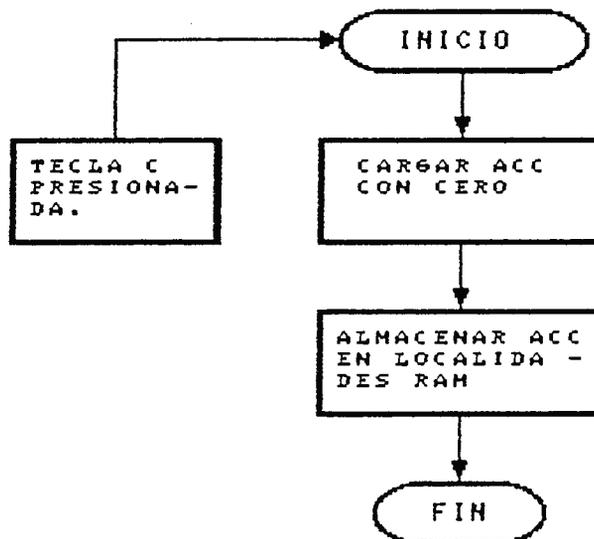


Figura 4-27. Flujograma de rutina CLEAR.

Para llamar a esta rutina se realiza únicamente presionando la tecla "C", cuando el controlador se encuentre en la condición de reposo (obtenida después de arrancar el sistema

o inicializarlo manualmente, observandose en los visualizadores, " C P ").

4.7 RUTINA CLEAR SELEC

La operación de esta rutina es similar a la ejecutada por la rutina CLEAR; sin embargo se utiliza cuando se quiere borrar las localidades de memoria RAM asignadas a una entrada en particular, siendo seleccionada a través del programa.

Esta rutina es de mucha utilidad cuando se quiere modificar parcialmente el programa creado por usuario, para ejecutar una nueva secuencia de operación sobre el sistema. Su flujograma es mostrado en la figura 4-28.

Para llamar a esta rutina se realiza presionando la tecla "C/S", cuando el control programable se encuentre en la condición de reposo.

4.8 RUTINA TEMPO

Esta es necesaria para generar los retardos de tiempo requeridos por el control programable, para el manejo del sistema industrial, estos tiempos determinan la activación o desactivación de una salida en respuesta a la línea de entrada que a sido habilitada. Debido a que en la práctica es necesario tener tiempos de control muy diferentes, se implementó una rutina que posee una resolución de 1 segundo, lograndose conseguir como máximo retardos de 99 segundos a

partir del patron anterior. En la figura 4-29, se muestra el flujograma general de operación para la rutina TEMPO.

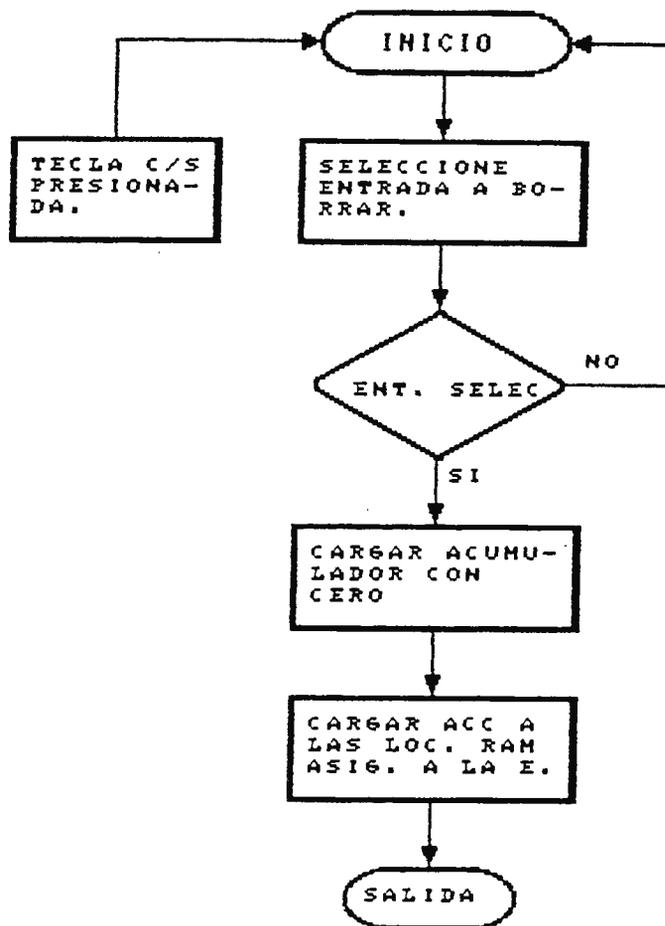


Figura 4-28. Flujoograma de la rutina CLEAR SELEC.

Para conseguir estos retardos a través de programa, se carga un registro utilizado como contador con un valor y luego se decrementa. El programa efectúa un lazo en si mismo y continúa decrementando hasta que el contador alcance el valor de cero.

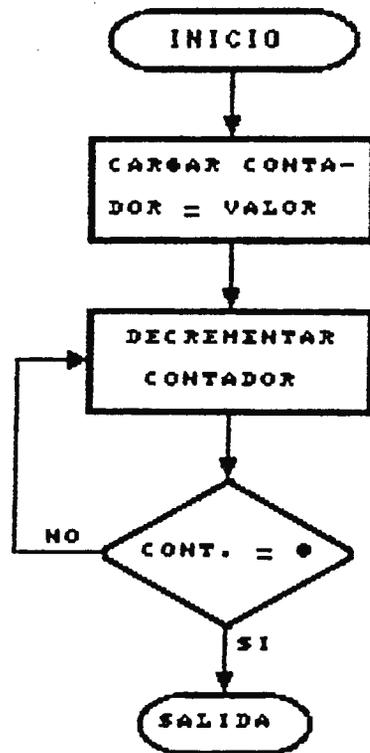


Figura 4-29. Flujoograma de rutina TEMPO.

El tiempo total requerido por este proceso, proporciona el retardo deseado. Sin embargo para conseguir retardos mayores a partir del patrón, sólo se debe hacer que la CPU ejecute la rutina el número de veces que sumadas cada una de ellas proporcionan el retardo requerido.

Esta es llamada en su momento por medio de la instrucción JSR TEMPO.

4.9 RUTINA CONTER

Esta rutina es necesaria para proveer al control programable con funciones de contador, que son utilizadas en el manejo

del sistema industrial, con ella se puede programar una entrada en particular para que cuente cierto número de artículos, como: envases, pastillas, cajas, etc; y de acuerdo a ello activar o desactivar las salidas que gobierna. Debido a que en la práctica es necesario tener la disponibilidad de contadores con resoluciones diferentes, se creó la rutina para que pueda ser programada a contar desde 1 hasta 99. En la figura 4-30, se muestra el flujograma general de la rutina CONTER, donde se puede observar su secuencia de operación.

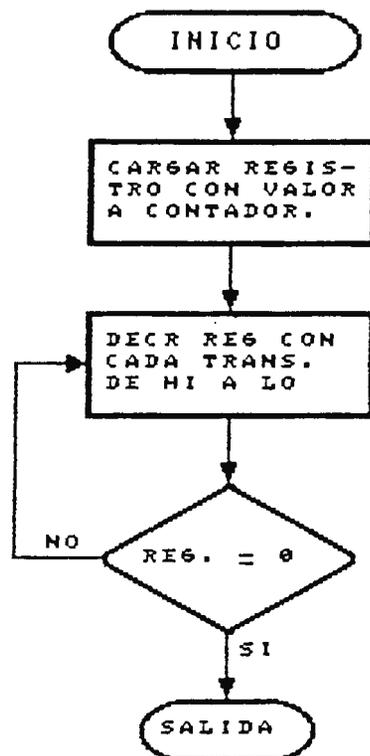


Figura 4-30. Flujograma de rutina CONTER.

Para obtener la función de contador, el programa; almacena inicialmente en una localidad de memoria RAM el número a contar, luego conforme se van detectando los cambios de estado de alto a bajo, en la entrada programada se decrementa la localidad de memoria, cuando esta alcance el valor de cero el procesador del controlador ejecuta la secuencia de operación programada a la entrada que ha sido activada.

Esta rutina es llamada en su momento por la instrucción JSR CONTER.

4.10 RUTINA TEVIS

La rutina TEVIS esta compuesta por dos rutinas principales, las cuales realizan operaciones totalmente diferentes pero que siempre se llevan a cabo una presedida de la otra, siendo estas:

- a) Rutina para el manejo del teclado.
- b) Rutina para el manejo de los Visualizadores.

Estas en conjunto con la rutina PROGME, proveen la capacidad al Control Programable para que pueda ser programado por el usuario.

La rutina TEVIS es cargada automáticamente por la CPU, cuando se inicializa el sistema a través de la línea RESET, o es llamada por la instrucción JSR TEVIS. Al ejecutar esta

rutina se habilita inmediatamente al teclado y los visualizadores, para que el usuario tenga acceso a los diferentes comandos de operación del equipo.

4.10.1 RUTINA PARA EL MANEJO DEL TECLADO

Por lo explicado en la sección de diseño del circuito del teclado, la configuración elegida para este es el tipo matriz como el de la figura 4-17, donde se usa únicamente el puerto A de la PIA, para el control de este.

Con este método la decodificación de la tecla se vuelve un tanto más complicada, teniendo el programa que realizar dos funciones básicas:

- a) Detectar si una tecla a sido presionada.
- b) Identificar la tecla de la columna y fila correspondiente que fué presionada.

El flujograma de la figura 4-31, muestra la secuencia de operación para ejecutar ambas funciones y con ayuda de la figura 4-17, se facilita entender su forma de operar.

Se inicia programando los registros de la PIA, DDRA y DDRB para configurar las líneas de PA (Puerta A) de PA0-PA3, como salidas y de PA4-PA7 como entradas y la línea de PB (Puerta B), PB7 como salida.

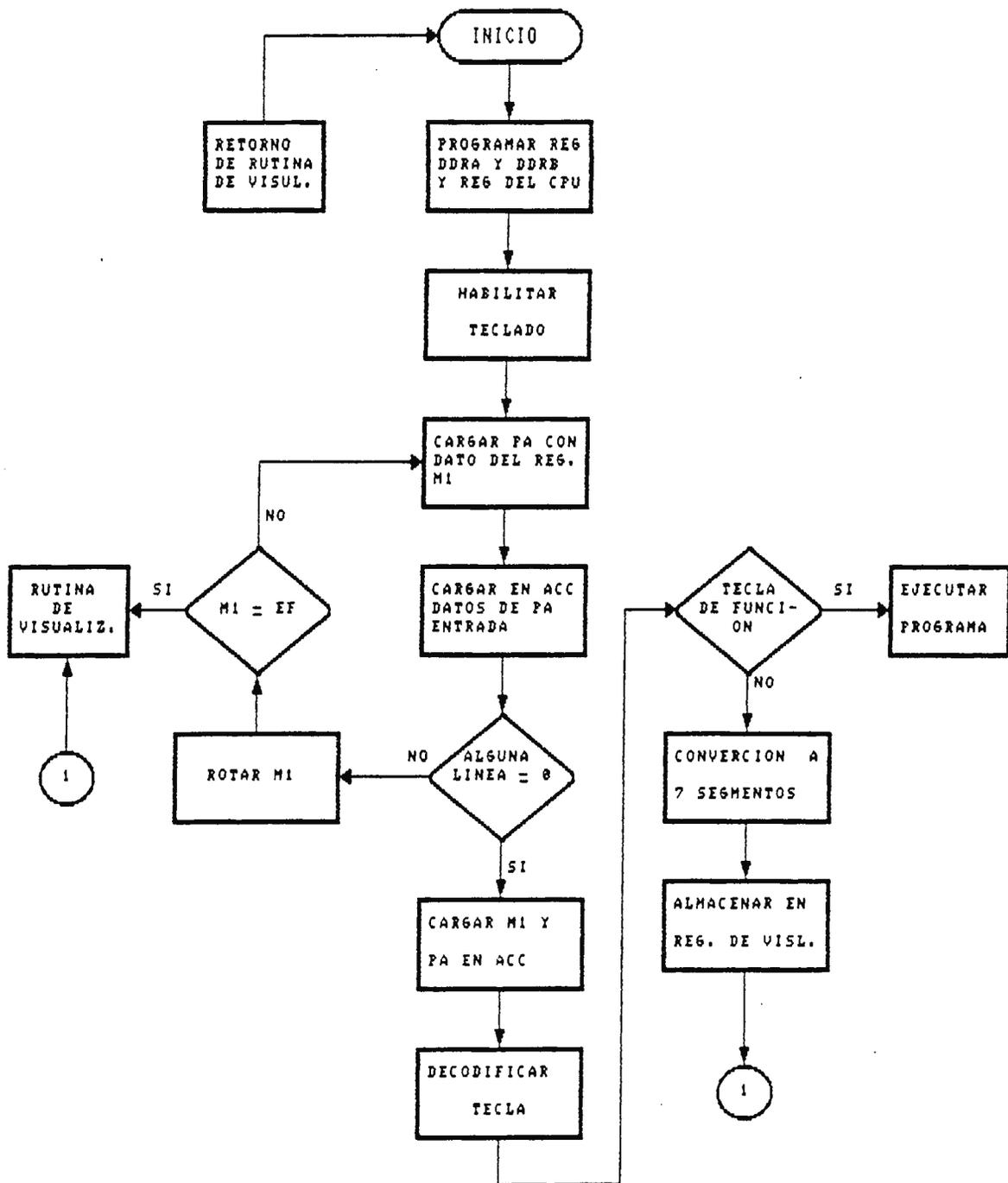


Figura 4-31. Flujoograma para el manejo del teclado.

Luego el teclado debe ser habilitado activando las puertas tres estado manejadas por PB7, para ello se carga PB con \$7F (01111111) lo que obliga a ser PB7 igual a cero.

Para detectar una tecla presionada la CPU debe explorar continuamente el teclado, bajo la siguiente secuencia:

Primero carga en PA el dato almacenado en M1, el cual inicialmente contiene \$FE (11111110), esto obliga a que la línea de salida PA0 que maneja la columna 1 compuesta por las teclas 1,4,7,0, presente un estado lógico cero, bajo esta condición la CPU carga en el acumulador el dato presente en las líneas de entrada de PA, si alguno de los bit presenta un estado lógico cero, es que se a presionado una tecla dentro de la columna 1. De no ser así, se explora la próxima columna, para ello se rota el dato almacenado en la localidad de memoria M1, esto provoca que su contenido pase a \$FD (11111101), luego se carga el nuevo contenido en las líneas de salida de PA, conteniendo ahora la columna 2 un estado lógico cero, nuevamente se carga el acumulador con el dato de las líneas de entrada, para detectar si se presionó una tecla. Este proceso de exploración continua hasta revisar la última columna o se detecte la activación de una tecla, después el contenido de M1 pasa a \$EF (11101111), bajo esta condición la CPU detecta la terminación del proceso y sale a ejecutar la rutina de visualización.

Si al realizar la exploración se detecta una tecla presionada se procede a decodificar la tecla, para ello se auxilia del contenido presente en M1 y el de las líneas de entrada de PA. El código resultante de ambos es comparado con una tabla de datos, con ello se puede decodificar la función a ejecutar o el código de tecla. Si es una tecla de función la CPU pasa a ejecutar el programa activado por esta tecla. De no ser tecla de función el dato decodificado se traslada a código de 7 segmentos, para almacenarlo en los registros de los visualizadores y poderlo observar en los presentadores LED de 7 segmentos, comenzando por el menos significativo.

4.10.2 RUTINA DE VISUALIZACION

El flujograma de esta rutina es el mostrado en la figura 4-32, este gobierna al circuito de la figura 4-18, para la manipulación de los visualizadores.

Esta rutina inicia programando los registros de la PIA, DDRA y DDRB, para configurar ambas puertas a funcionar como salidas, la puerta A (PA0-PA7) controla cada uno de los segmentos, incluyendo al punto decimal y la puerta B (PB0-PB5) gobierna la habilitación de cada presentador del tipo cátodo común, tal como lo mostrado en la figura 4-18. A la vez se programan los registros de trabajo de la CPU (Registros índices).

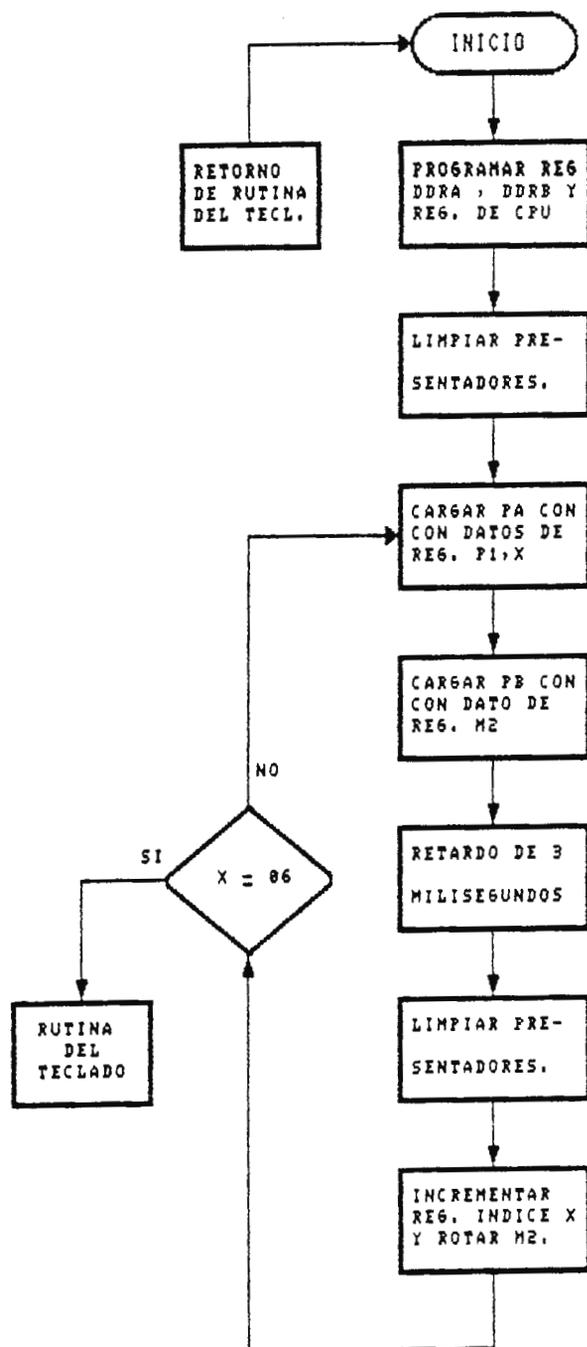


Figura 4-32. Flujoograma de rutina de los visualizadores.

Luego de haber configurado los puertos se limpian los visualizadores, para evitar que cualquier dato aleatorio pueda ser observado, para ello se deshabilitan todos los presentadores cargando PB con \$00 (00000000), posteriormente se carga en PA con el código de 7 segmentos correspondiente al presentador menos significativo, bajo el direccionamiento indexado, estos datos proceden de seis localidades de memoria, donde cada una de ellas está asociada a cada presentador comenzando por P1, luego a través de la puerta B, se habilita al primer presentador, cargando el contenido de M2, que contiene inicialmente \$01 (00000001), esto hace que la línea PBO presente un estado lógico 1, que al invertirlo por medio del IC 75492 habilita al dispositivo, esta condición es mantenida por 3 milisegundos, luego se limpian todos los visualizadores y se incrementa el registro índice para tener acceso al próximo dato que corresponde al segundo visualizador (P2), luego se rota el contenido de M2 que pasa a \$02 (00000010), ambos datos son cargados en las líneas de salida de la PIA para poder observar el contenido que corresponde al segundo visualizador, manteniéndose nuevamente esta condición por tres milisegundos. Este proceso de multiplexado continua hasta que se hayan barrido los seis visualizadores, detectando la CPU esta condición cuando el registro índice contenga \$06 (00000110), bajo esta condición se sale de esta rutina y pasa a ejecutar la rutina del teclado.

4.11 RUTINA PROGME

Básicamente esta rutina se encarga de manipular la presentación y la introducción de datos del menú de programación, auxiliándose de la rutina TEVIS.

Para la presentación de las instrucciones, posee en ciertas localidades de memoria los códigos 7 segmentos de cada una de las instrucciones que se van solicitando en el menú. El flujograma de esta rutina se muestra en la figura 4-33, como se puede observar se llama activando la tecla E (Enter), al activar esta carga en los registros de visualización el código de 7 segmentos correspondiente a la primera instrucción del menú, posteriormente hace uso de la rutina TEVIS para poder observar en los visualizadores, "SELEn" esto le indica al usuario que seleccione la entrada a programar, una vez habilitado el teclado a través de TEVIS, se puede seleccionar entre la entrada 1 a la 4, al seleccionar cualquiera de ellas, la CPU carga los códigos de 7 segmentos en los registros de visualización correspondientes a cada una de las instrucciones de la entrada que se esta programando, conforme se vayan introduciendo los datos se irá cargando los diferentes códigos de 7 segmentos de las instrucciones solicitadas, para ello hace uso de TEVIS tal como se puede observar del flujograma. Cada dato introducido se irá almacenando en las localidades de memoria asignadas a la entrada que esta siendo programada, al finalizar la

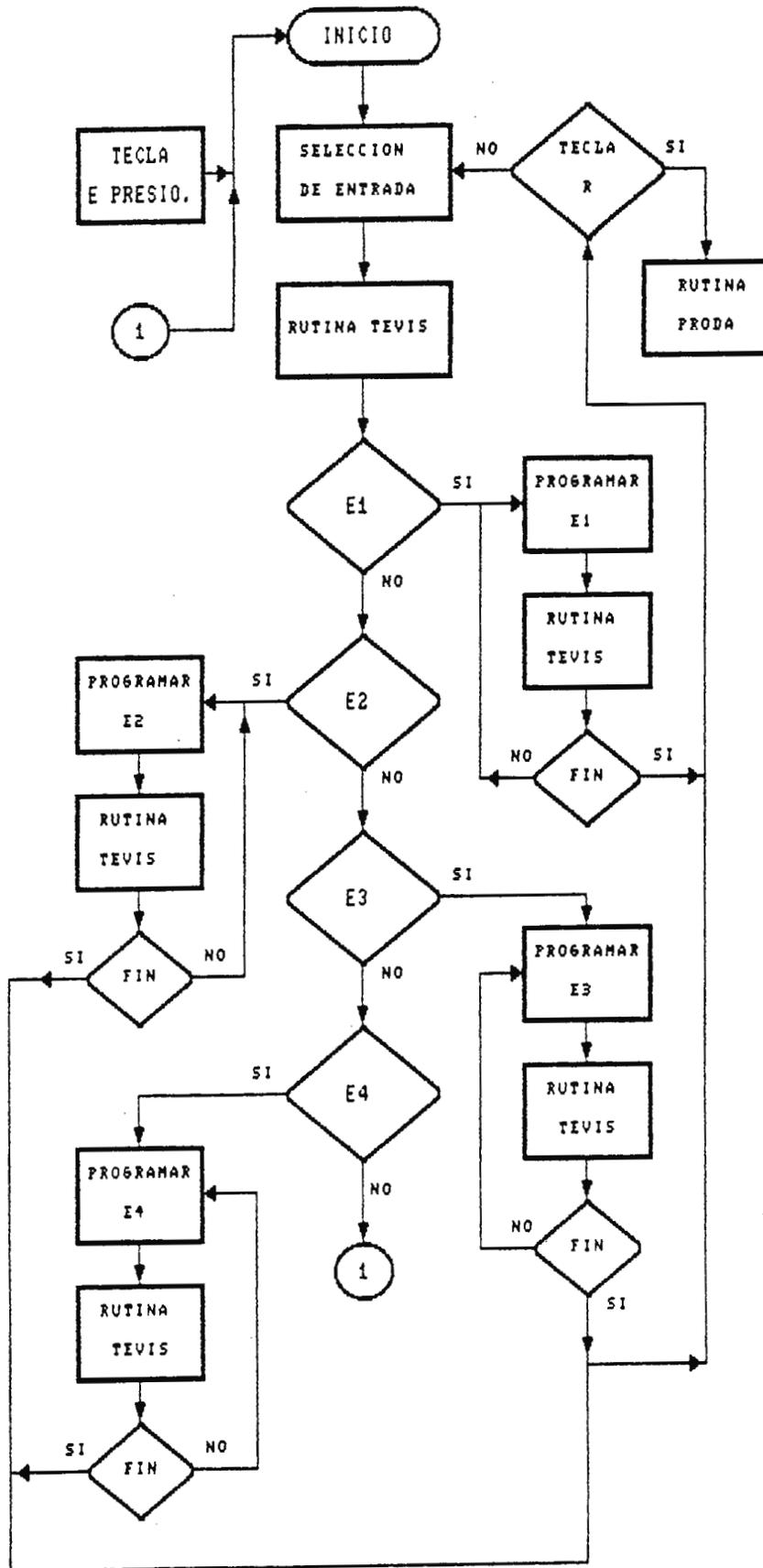


Figura 4-33. Flujoograma de rutina PROGME.

programación de esta pasa nuevamente a cargar el código de SELEn, para poder programar otra entrada, si ya se terminó la programación se puede ejecutar la rutina programada presionando la tecla R (RUN).

4.12 RUTINA PRODRA

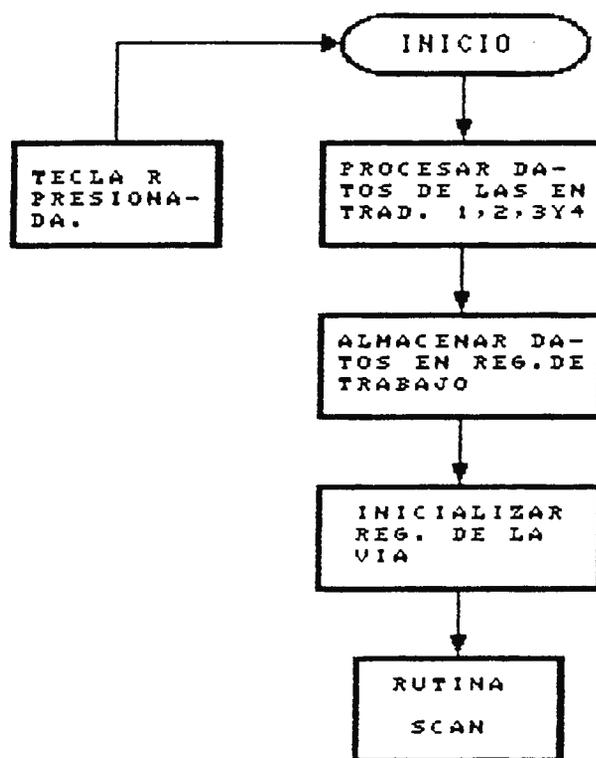


Figura 4-34. Flujoograma de rutina PRODRA.

El flujoograma de esta rutina es el mostrado en la figura 4-34, esta rutina es ejecutada posteriormente al presionar la tecla R (Run), como se puede ver de la figura es una de las más cortas pero esenciales, ya que se encarga de realizar

funciones tales como:

- a) Procesa los datos programados correspondientes a las entradas.
- b) Llama a rutinas auxiliares como TEMPO y CONTER.
- c) Transfiere el contenido de los datos de las entradas programadas a los registros asignados a esta rutina.

Todo esto para facilitar la ejecución de la rutina SCAN, por ejemplo; si se desea utilizar una entrada como contador, primeramente debe convertir el valor numérico introducido en código decimal a hexadecimal y luego trasladar el resultado a las localidades de memoria de trabajo de la rutina CONTER, para que esta pueda ser ejecutada.

4.13 RUTINA SCAN

Esta es la principal rutina encargada de ejecutar el programa del usuario, para el control del sistema industrial, ya que tiene como misión principal explorar continuamente las líneas de entrada al controlador, para poder monitorear las condiciones de operación del sistema industrial y de acuerdo al estado de estas, ejecutar la rutina programada por el usuario, activando o desactivando las líneas de salida asociadas a la entrada.

El flujograma de esta rutina se muestra en la figura 4-35, la cual se ejecuta posterior a la rutina PRODA.

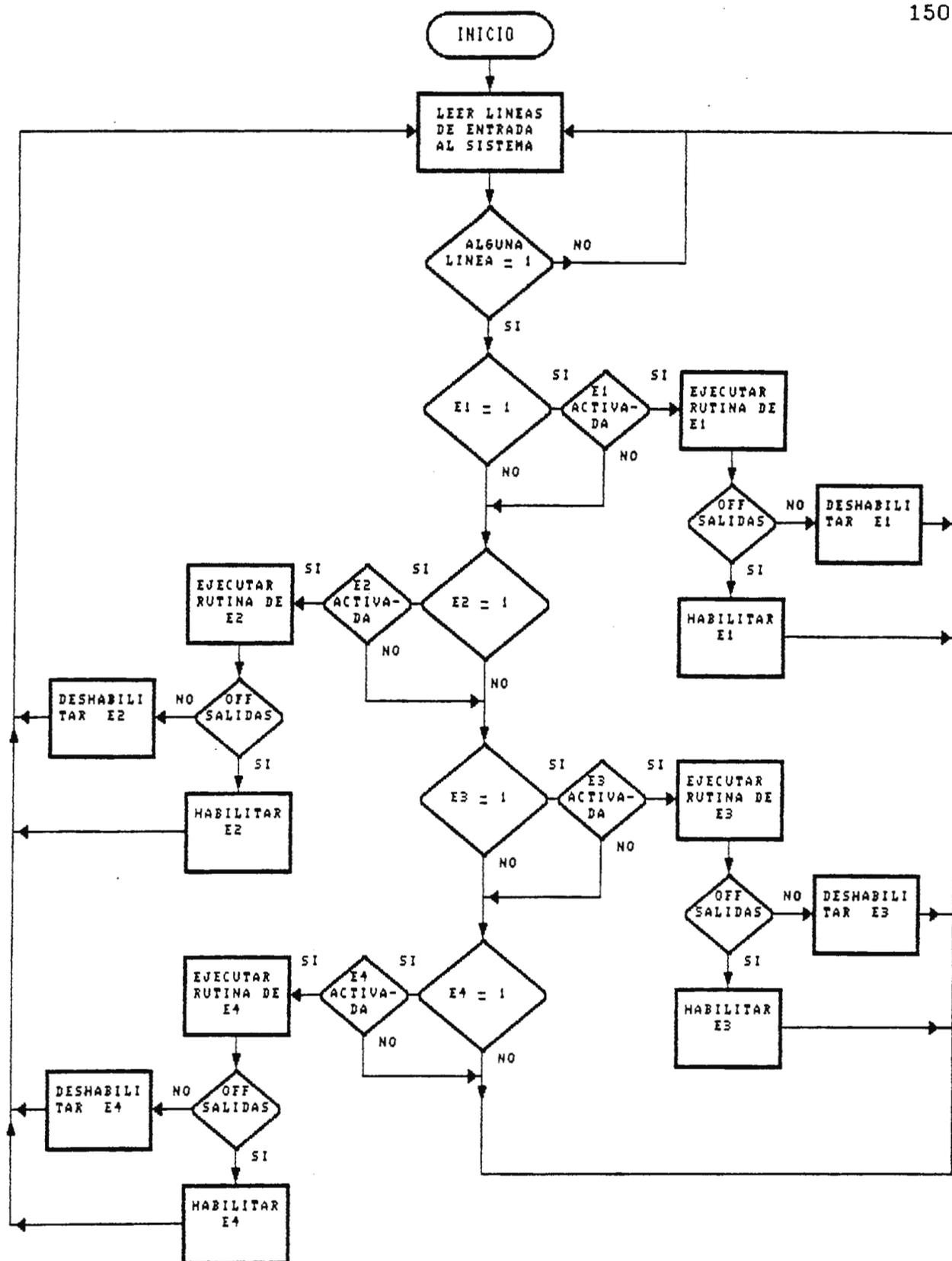


Figura 4-35. Flujoograma de rutina SCAN.

La rutina PRODA inicia cargando en el acumulador, el contenido de las líneas de entrada conectadas al proceso industrial que se esta gobernando, en este caso lo representa la puerta A de la VIA de PA0-PA3, si al examinar los bit, alguno de ellos presenta un estado lógico uno, es que una entrada a sido activada, luego la CPU debe detectar cual fue activada, para ello comienza examinando por la número uno, si encontró que esta ha sido activada, pasa a revizar los registros asociados con ella para determinar si a sido programada o no, si esta a sido habilitada ejecuta la CPU la secuencia programada; posteriormente examina si las salidas asociadas con esta entrada han sido activadas o desactivadas, de ser activadas, deshabilita la entrada hasta que haya otra entrada que deshabilite esta salida. Esto se hace con el fin de evitar que el controlador realice la misma operación dos veces.

Luego de procesar una entrada explora otra, de haber sido también programada ejecuta su rutina, si no pasa a examinar la siguiente. Todo este proceso lo realiza secuencialmente la CPU, examinando cada entrada a partir de la primera y finalizando con la última, esto lo mantiene por todo el tiempo que el control programable este gobernando al sistema industrial. Este proceso se puede parar presionando la tecla de RESET.

CAPITULO V: MANUAL DEL USUARIO

5.1 INTRODUCCION

Este capítulo está orientado al usuario, el estudio detallado de cada uno de los temas presentados ayudan a obtener el máximo provecho del Control Programable; inicialmente se describe su operación y se expone las principales aplicaciones que puede tener el equipo.

Como uno de los segundos temas de importancia, se explica cada uno de los pasos que son necesarios para su programación, en donde se define el significado de cada una de las instrucciones visualizadas en su menú de programación, la función de cada una de las teclas, las principales consideraciones de programación, etc. Con ello se pretende que el usuario este en la disponibilidad de crear fácilmente la rutina de operación deseada para determinado sistema industrial. En el apendice C se proporciona una guía rápida de programación.

Cuando el usuario pueda programar y operar el equipo hay que brindarle los requerimientos de instalación del equipo, para ello se describen aspectos como: condiciones físicas, ambientales y los requerimientos energéticos.

Por último en este capítulo, también se describen algunas pruebas de funcionamiento que se le pueden realizar al control programable, para asegurarse que esta operando correctamente, así como se proporciona un pequeño manual de mantenimiento.

5.2 DESCRIPCION Y APLICACIONES DEL CONTROL PROGRAMABLE

El Control Programable se ha diseñado para ser utilizado en el manejo y control de diversos sistemas industriales, existentes en los procesos de producción, siendo ideal su uso, tanto para el diseño de nuevos sistemas o para sustituir los sistemas convencionales de control a partir de dispositivos electromecánicos y eléctricos.

El uso del Control Programable ofrece una gran ventaja sobre los sistemas convencionales de control, ya que se obtienen los siguientes beneficios:

- a) Vuelve al sistema industrial flexible, para poder ejecutar diferentes operaciones.
- b) Disminuye la complejidad en el diseño de nuevos sistemas industriales.
- c) Aumenta la rapidez de ejecución del proceso.
- d) Logra disminuir los costos de operación, desarrollo y mantenimiento.

Sin embargo, tomando en cuenta la necesidad de mejorar la eficiencia del aparato productivo del país, el diseño del

Control Programable ha sido orientado a la realidad del medio, donde el promedio de los sistemas industriales son relativamente pequeños y su operación es secuencial, esto significa que cada proceso lo realiza uno precedido del otro, obteniéndose las siguientes características generales de operación del control programable:

a) Ideal para el control de pequeños sistemas industriales y de operación secuencial, entre los que podemos mencionar:

- 1) Máquinas empacadoras de polvos, líquidos o granos.
- 2) Máquina envasadoras de líquidos.
- 3) Máquinas inyectoras de plasticos.
- 4) Procesos de fabricación de pastillas.
- 5) Control en la transferencia de plantas de emergencia, etc.

b) Fácilmente programable a través de un menú, por medio del cual el usuario puede programar la rutina de operación deseada.

c) Bajo costo de operación, diseño y mantenimiento.

d) Fácil mantenimiento.

5.3 CONFIGURACION BASICA DEL SISTEMA

El Control Programable esta constituido esencialmente por dispositivos electrónicos de estado sólido, que son en su

mayoría, circuitos integrados pertenecientes a las familias LSI y MSI, y bajo el gobierno de un programa monitor logra ejecutar todas las funciones que se le encomiendan.

Un diagrama a bloques general de la constitución de todo el sistema se muestra en la figura 5-1, observandose que está compuesto por las siguientes secciones:

- a) La Unidad de Procesamiento.
- b) Las Interfases de Entrada.
- c) Las Interfases de Salida.
- d) Fuente de Alimentación.
- e) Sección de Programación.

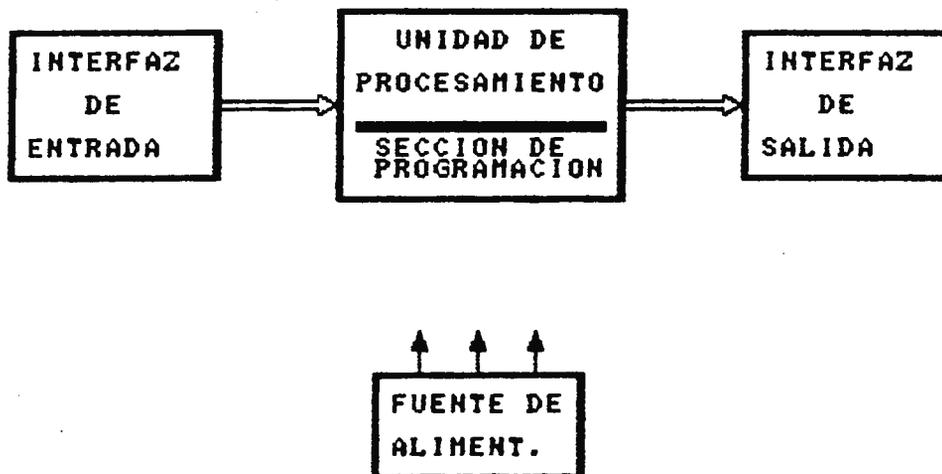


Figura 5-1. Diagrama a bloques general del Control Programable.

5.3.1 UNIDAD DE PROCESAMIENTO

Esta sección es la de mayor importancia en la operación del control programable, debido a que se encarga de coordinar todas sus funciones básicas de operación, siendo las principales; proveer la capacidad de programación y ejecución del programa del usuario.

Esta sección está compuesta básicamente por un microprocesador, memorias ROM y RAM, interfaces de entrada/salida y demás circuitos electrónicos que en conjunto configuran una pequeña microcomputadora capaz de ejecutar las funciones antes descritas.

5.3.2 INTERFASES DE ENTRADA

Contiene circuitos que se encargan de convertir los niveles de voltaje de entrada, procedentes del sistema industrial con un nivel de 12VDC, a los niveles lógicos requeridos por la unidad de procesamiento, a la vez provee un aislamiento eléctrico entre ambos circuitos. El equipo esta provisto con cuatro interfaces de entrada.

5.3.3 INTERFASES DE SALIDA

Esta posee circuitos que se encargan de convertir los niveles lógicos generados por la unidad de procesamiento, a los niveles de corriente y voltaje necesarios para gobernar el sistema industrial.

Para disponer de diferentes niveles de voltaje de salida, el control programable posee relés de salida a través de los cuales se pueden manejar diferentes voltajes, permitiendo como máximo cargas que consuman 50 Watt. El equipo está provisto con cuatro interfases de salida.

5.3.4 SECCION DE PROGRAMACION

Esta forma parte de la unidad de procesamiento, pero en ella se puede distinguir que está constituido por una interfase de entrada/salida, 6 presentadores led de 7 segmentos y un teclado formado por 16 teclas.

5.3.5 FUENTE DE ALIMENTACION

El nivel de voltaje de entrada a esta, debe ser 12 VDC y con un nivel de corriente como mínimo de 2 amperios, esta provee todos los voltajes requeridos para la operación de los circuitos del sistema.

5.4 TEORIA DE OPERACION

Al instante de encender el Control Programable o presionar su interruptor de reset, automáticamente es inicializado, obligando que éste desactive todas sus interfases de salida y luego pase a la condición de reposo visualizando "C P", ello asegura que el equipo a arrancado y esté en espera de introducir el comando de operación deseado, activando cualquiera de las teclas de función (E, R, C o C/S). Para ello requiere de una serie de circuitos y de un programa

monitor los cuales en conjunto configuran el control programable; sin embargo en este capítulo no se define la operación de cada circuito o la forma en que opera su programa monitor, ya que estos temas fueron ampliamente abordados en el capítulo anterior.

No obstante un tema que es muy importante definir, es la forma en que el control programable ejecuta el programa del usuario, debido a que si se conoce su operación facilitara al usuario a crear o modificar los programas, que deben de hacer que el equipo gobierne al sistema industrial de la manera que se espera.

5.4.1 PROCESO DE EXPLORACION

El proceso de exploración se lleva a cabo al momento de ejecutar el programa del usuario, éste se encarga de examinar secuencialmente el estado de cada una de las interfases de entrada y de acuerdo a ello ejecutar el programa del usuario, activando o desactivando sus salidas asociadas. Todo este proceso de exploración se realiza paso a paso de la manera siguiente.

Primero la unidad de procesamiento inicia explorando la entrada 1, si ésta ha sido activada examina si fué programada, de haber sido programada determina que salidas han sido asociadas a ella, para ello comienza explorando la salida 1, si ha sido programada ejecuta su rutina, al

finalizar su ejecución examina si la salida fué activada o desactivada, de ser activada termina su ejecución hasta que otra entrada la deshabilite, cuando se finaliza este proceso continúa explorando la salida 2 para detectar si no hay otra salida asociada a la entrada, cada vez que detecta una salida programada ejecuta su rutina y pasa a la siguiente hasta finalizar con la salida 4, cuando termina comienza de nuevo a explorar las entradas continuando con la número 2, sí detecta que esta fue activada y programada ejecuta su rutina realizando el mismo proceso explicado para la entrada 1, hasta llegar a la entrada 4, luego inicia nuevamente explorando la número 1, todo este proceso se mantiene mientras se está ejecutando el programa del usuario.

5.5 PROGRAMACION

La programación del control programable es relativamente sencilla comparada con la utilizada para otros equipos similares, para ello se hace uso de un menú, donde al usuario se le van solicitando secuencialmente los datos y funciones de operación deseadas.

Esta forma de programación a sido concebida con la idea de permitir a la mayoría de usuarios que logren crear o modificar fácilmente una rutina de operación, sin necesidad de tener amplios conocimientos de sistemas de control automático, lo que es una limitante en el uso de este tipo de equipos en el país.

El usuario puede tener acceso a programar el equipo, por medio de una sección de la unidad de procesamiento que consta de un teclado y seis visualizadores led de 7 segmentos. Por medio del teclado, el usuario puede introducir los diferentes datos requeridos en el menú de programación y lograr acceder sus diferentes funciones de operación. La distribución de teclas dentro del teclado de programación se muestra en la figura 5-2, las cuales están divididas en dos grupos principales como son:

- a) Teclas de función.
- b) Teclas numéricas.

5.5.1 TECLAS DE FUNCION

Estas son utilizadas para tener acceso a los diferentes modos de operación del equipo, y son las que están indicadas entre líneas punteadas en la figura 5-2. A cada una de ellas se puede tener acceso cuando el equipo se encuentre en la condición de reposo, que se observa cuando los visualizadores presentan "C P", excepto la tecla simbolizada por " ^ ", que es utilizada cuando se está en el modo de programación. Cada una de estas teclas tienen las siguientes funciones:

- Tecla E (Enter): Se usa para entrar al modo de programación, ya sea para modificar un programa ya elaborado o crear uno nuevo. Cuando se activa esta tecla se ejecuta la

rutina de manejo del menú, observándose en los visualizadores la primera instrucción de solicitud de datos.

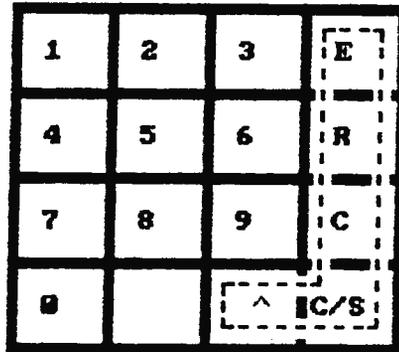


Figura 5-2. Distribución de teclas, dentro del teclado de programación.

- Tecla R (Run): Cuando se activa esta tecla el control programable pasa al modo de ejecución del programa del usuario, bajo esta condición explora continuamente las interfases de entrada, para detectar los estados del sistema industrial, y de acuerdo a ello y la rutina programada activa o desactiva sus salidas asociadas. Bajo esta condición los visualizadores están apagados.

- Tecla C (Clear): Esta tecla es usada para borrar los datos almacenados en la memoria RAM que componen el programa del usuario, con ello el control programable está disponible para ser reprogramado. En este modo no se observa en los

visualizadores ninguna instrucción especial, únicamente se observa que la visualización de C P destella momentaneamente durante el tiempo que ejecuta la rutina comandada por esta tecla.

- Tecla C/S (Clear Selec): Esta comanda una rutina que se encarga de borrar ciertas porciones del programa del usuario, las cuales estan asociadas a determinada entrada, con ello se puede modificar un programa ya elaborado, sin necesidad de tenerlo que introducir todo nuevamente.

Cuando esta tecla es activada, en los visualizadores apararece la intrucción " **borIn_** ", que indica al usuario que seleccione la entrada que desea borrar, pudiendo seleccinar entre cualquiera de la 1 a la 4, al introducir esta inmediatamente ejecuta esta función y retorna a la condición de reposo en espera de una nueva instrucción.

- Tecla ^ (Retorno): Se utiliza cuando el control programable está en el modo de programa y se desea retornar a la instrucción anterior solicitada en el menú de programación, esta puede ser utilizada para corregir datos mal introducidos o se desée retornar a la condición de reposo, para tener acceso a cualquiera de los otros modos de operación. La activación de esta tecla no presenta ninguna intrucción especial en los visualizadores.

5.5.2 TECLAS NUMERICAS

Estas son utilizadas para introducir los diferentes datos solicitados durante la programación, o en el modo de borrado selectivo. Estas teclas no se pueden utilizar cuando el Control Programable se encuentre en la condición de reposo.

5.5.3 SIGNIFICADO DE CADA UNA DE LAS INSTRUCCIONES OBSERVADAS DURANTE LA OPERACION Y PROGRAMACION.

- " C P " : Indica que el control programable se encuentra en la condición de reposo, obtenida después de encender el equipo o inicializarlo a través del interruptor de reset.

- " borIn_ " : Indica al usuario que seleccione el programa de la entrada que desee borrar entre la 1 a la 4, esta instrucción es visualizada posteriormente a la activación de la tecla C/S.

- " Error " : Al observar esta condición en los visualizadores, le indica al usuario que el dato introducido durante la programación o la tecla activada bajo la condición de reposo no es correcto.

- " SELEn_ " : Es la primera instrucción observada al entrar al modo de programa, que como ya se mencionó es activado por la tecla E, ésta instrucción le indica al usuario que

seleccione la entrada a programar, cualquiera entre la 1 a la 4.

- " **SELSA_** ": Es observado posteriormente al haber seleccionado la entrada a programar, ésta indica al usuario que seleccione la salida que controla la entrada, cualquiera entre la 1 a la 4.

- " **SELOP_** ": Se observa después de haber introducido el número de la salida deseada, e indica que se seleccione el tipo de función de operación que maneja la activación o desactivación de la salida, seleccionándose entre cualquiera de las tres funciones de operación disponibles, explicadas en detalle en el siguiente tema.

- " **InOP _** ": Se observa posteriormente de haber seleccionado la función de operación 1, e indica que se seleccione el modo de operación de la función inmediata, estando disponibles entre los modos 1 y 2.

- " **CoOP _** ": Se visualiza cuando se selecciona la función de operación 2, correspondiente a la función de contador, e indica se seleccione el modo de operación de esta función.

- " **Con _** ": Esta es observada posteriormente al haber seleccionado el modo de operación de la función contador, e

indica que se introduzca el dato correspondiente al contador.

- " rEOP _ ": Se observa cuando se selecciona la función de operación 3, correspondiente a la función de retardo, e indica que se seleccione el modo de operación de esta función, estando disponible entre los modos 1 y 2.

- " rE ___ ": Esta instrucción se observa posteriormente al haber seleccionado el modo de operación de la función de retardo, e indica que se introduzca el dato correspondiente al tiempo del retardo.

5.6 FUNCIONES DE PROGRAMACION

El Control Programable está provisto con la capacidad de simular a través de programa la operación de contactos de relé, contadores y temporizadores, estando agrupadas éstas en tres funciones de operación básicas; pudiendo ser seleccionadas cuando el control programable se encuentra en el modo de programa, siendo estas:

- a) Función Inmediata.
- b) Función de Contador.
- c) Función de Retardo.

5.6.1 FUNCION INMEDIATA.

Esta función es capaz de simular la operación de contactos de relé, cuando se programa activa o desactiva una salida

inmediatamente al detectar la activación de su entrada de control, esta función posee dos modos de operación los cuales son:

Modo 1: Activa la salida inmediatamente, al activarse su entrada de control.

Modo 2: Desactiva la salida inmediatamente, al activarse su entrada de control.

5.6.2 FUNCION DE CONTADOR

Esta se utiliza para simular a través de un programa la operación de contadores electrónicos, logrando crear contadores con un conteo mínimo de 1 y un máximo de 99. La operación de este tipo de función es idéntica a la de los contadores discretos, conforme la entrada programada va detectando los cambios de estado correspondientes de 0V a +VCC o viceversa se va decrementando el contador, cuando este llega al valor de cero activa o desactiva su salida asociada; sin embargo la duración máxima de los pulsos no debe exceder de 500mS en estado alto. Al igual que la función anterior posee dos modos de operación:

Modo 1: Activa la salida al finalizar la cuenta el contador.

Modo 2: Desactiva la salida al finalizar la cuenta el contador.

5.6.3 FUNCION DE RETARDO

Esta se utiliza para simular a través de programa la operación de los temporizadores, con este tipo de función se pueden conseguir retardos mínimos de 1 segundo y como máximo de 99 segundos.

Cuando una entrada ha sido programada para manejar una salida bajo este tipo de función, activa o desactiva la salida asociada a esta, cuando termine el tiempo programado al temporizador. Esta función posee dos modos básicos de operación:

Modo 1: Mantiene la salida activada durante dure el tiempo programado al retardo.

Modo 2: Activa la salida al finalizar el tiempo programado al retardo.

5.7 PASOS DE PROGRAMACION

Partiendo de la condición de reposo presione la tecla E (Enter), para entrar al modo de programación, una vez se encuentre en el modo de programa se presenta la secuencia que se muestra en el siguiente cuadro por el menú de programación, la que es mostrada paso a paso conforme se este programando el controlador.

| Paso | Instrucción visualizada. | Tecla o Dato a digitar. | Comentario |
|------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 1 | CP | E | Activa modo de programa. |
| 2 | SELEn_ | 1 a 4 | Selc. entrada |
| 3 | SELSA_ | 1 a 4 | Selc. salida. |
| 4 | SELOP_ | 1 a 3 | Selc. función de operación |
| | | 1 a 5.1, 2 a 5.2 y 3 a 5.3. | |
| 5.1 | InOP _ | 1 a 2 | Selc. modo Retorno a 3 |
| 5.2 | CoOP _ | 1 a 2 | Selc. modo. |
| 6.2 | Con _ | 01 a 99 | Dato de Cont. Retorno a 3 |
| 5.3 | rEOP _ | 1 a 2 | Selc. modo. |
| 6.3 | rE _ | 01 a 99 | Dato de Retr. Retorno a 3 |

Como se observa del cuadro anterior, cada vez que se selecciona una entrada se solicita que se programe la salida que la entrada controla, sin embargo siempre al finalizar la programación de esta, el menú retorna al paso 3, que le indica que seleccione otra salida, esto por si se desea que una misma entrada controle más de una salida, pero al programarla hay que tomar en cuenta que las rutinas programadas a las entradas no pueden operar simultaneamente, si no que se ejecutan secuencialmente. Si cuando el menú

retorna al paso 3, ya no se desea programar otra salida, se tiene que presionar la tecla indicada por " ^ ", para retornar al paso 2, el cual solicita al usuario si desea programar otra entrada.

Cuando ya se ha concluido con la programación y estando en el paso 2, se puede ejecutar la rutina programada retornando a la condición de reposo presionando nuevamente la tecla " ^ " y luego la tecla R (Run), una vez esté corriendo el programa del usuario y se desee detener su ejecución basta con activar el interruptor de reset, retornando el sistema a la condición de reposo en espera de una nueva instrucción de operación.

Una condición que se puede dar durante la programación es que en los visualizadores presenten "Error", este estado es provocado por haber introducido un dato incorrecto o haber activado una tecla que no es la adecuada. A continuación se enumeran las posibles condiciones que pueden provocar observar Error.

1) Cuando el control programable está en la condición de reposo y se presione cualquier tecla diferente a las de función.

2) Al seleccionar una entrada o salida que no esté comprendida entre 1 y 4.

3) Al seleccionar la función de operación, sólo es válido seleccionar entre 1 y 3.

4) Cuando es seleccionado el modo de operación de la función inmediata, contador o retardo, sólo son aceptados seleccionar entre 1 y 2.

5) Al programar con el valor de cero, los contadores o retardos.

5.8 CONSIDERACIONES DE PROGRAMACION Y OPERACION

Los aspectos detallados a continuación, tienen como fin proporcionar al usuario ciertas consideraciones que se deben tomar en cuenta cuando se programe y opere el control programable, con ello se pretende que las rutinas programadas funcionen eficientemente. Enunciándose las siguientes consideraciones principales:

a) Antes de programar una nueva rutina o modificar una ya elaborada, es necesario que el programa anterior o la porción de este haya sido completamente borrado, para ello se utilizan los modos de borrado o borrado selectivo, activado por las teclas C o C/S respectivamente.

b) El Control Programable ha sido diseñado para el gobierno de sistemas cuya operación es secuencial, por ello antes de elaborar un nuevo programa, se debe considerar la forma en

que este ejecuta el programa del usuario, lo que fue explicado en detalle en temas anteriores.

c) Cuando se esté gobernando un sistema industrial, la secuencia programada a su rutina de operación debe ser realizada de acuerdo a sus pasos definidos, de lo contrario causa que el sistema no funcione de la manera esperada. Si este caso se llega a dar habrá que inicializar el control programable a través del interruptor de reset, para iniciar el proceso nuevamente.

d) Para detener la ejecución de un programa, es más conveniente utilizar el interruptor de Reset, que programar una entrada para este fin, con ello se asegura que la operación del sistema industrial pare en el preciso instante en que se activo el reset y no tenga que esperar a que el controlador finalice con el proceso que esta ejecutando.

e) Por la forma de operación secuencial del control programable, algunas veces es necesario conectar una salida con una entrada, para forzar al equipo a repetir la secuencia de operación cada vez que esta finalice, esta conexión debe ser realizada a través del circuito de start; para ello se conecta la entrada utilizada para arrancar el sistema con el terminal indicado con Ex y la salida debe ser programada bajo la función retardo en modo 1, programando el

tiempo mínimo de 1 segundo; la salida debe conectarse con el terminal indicado con Sx del circuito de start.

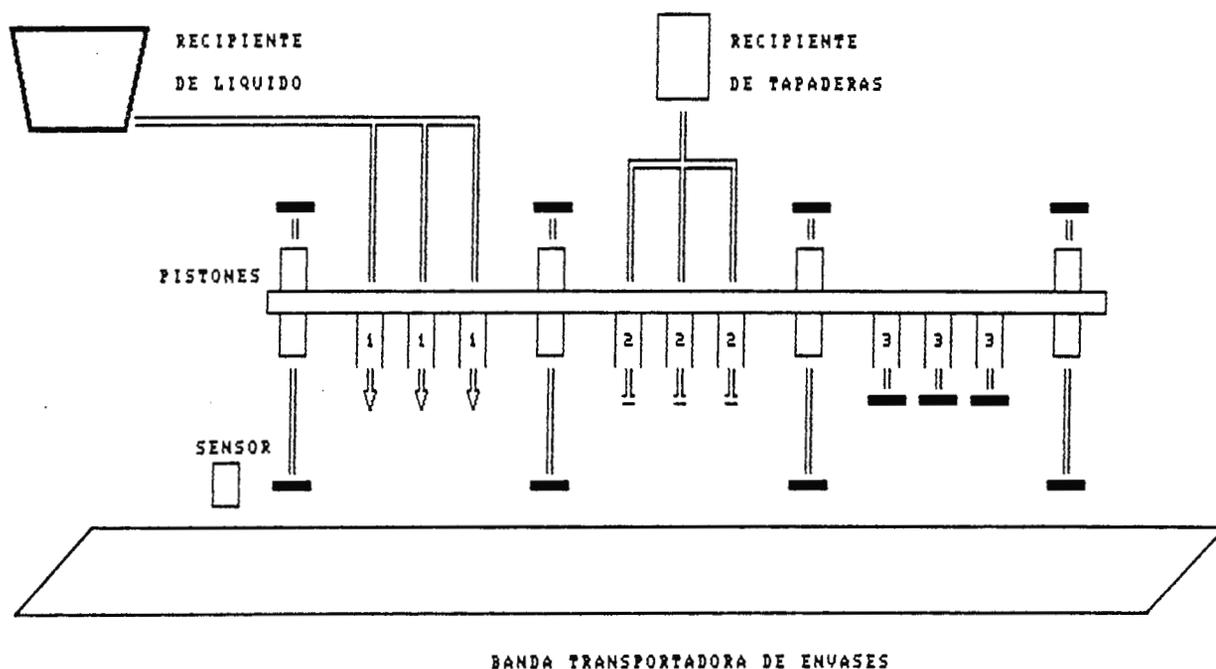
5.9 EJEMPLO DE PROGRAMACION

Consideremos como ejemplo que se desea automatizar la operación de una máquina envasadora de líquidos, un esquema general de esta máquina es mostrado en la figura 5-3, como se puede observar del esquema consta de una banda a través de la cual se transportan los envases, un sistema neumático que controla unos pistones para la operación de una barra donde están instalados los dispositivos de llenado, instalación de tapaderas y sellado.

La operación de la máquina es la siguiente; al accionar el interruptor de encendido SW1, se activa la salida 1 que controla el movimiento de la banda transportadora, una vez esté operando se irán colocando en ella los recipientes, un sensor S2 se encarga de contar el número de recipientes, cuando llega al valor programado desactiva la operación de la banda por medio de la salida 1; y acciona un tiempo después la salida 2, esta controla el sistema neumático para bajar la barra; ella debe ser mantenida en esta condición el tiempo máximo requerido para el llenado de los recipientes.

Cabe notar que al colocarse las boquillas en las bocas de los recipientes accionan el interruptor SW3, que es el que determina el tiempo máximo de llenado y a la vez controla la

operación de la banda para retornar a realizar el proceso nuevamente.



FUNCIONES DE LAS BOQUILLAS

- 1-BOQUILLAS DE LLENADO DE LIQUIDO.
- 2-BOQUILLAS PARA LA COLOCACION DE TAPADERAS.
- 3-BOQUILLAS DE SELLADO.

Figura 5-3. Esquema general de una maquina envasadora de liquidos.

En lo referente a la colocación de las tapaderas y sellado, es un proceso que se realiza simultáneamente con el llenado, sin embargo estos sistemas son accionados al presionar la boca del recipiente con estos dispositivos.

Para que el Control Programable pueda ejecutar la rutina de operación antes descrita debe ser programado de la siguiente manera y de acuerdo a la secuencia definida:

1) Primeramente estando en la condición de reposo active la tecla "C", para estar seguro que el programa anterior se a borrado completamente, posteriormente entre al modo de programa presionando la tecla "E".

2) Seleccione la entrada 1, esta ejecuta las funciones del interruptor SW1 y debe ser programada para que controle la salida 1, bajo la función inmediata en modo 1, esta gobierna la operación de la banda transportadora; luego retorne a la instrucción de selección de entrada.

3) Seleccione la entrada 2, para que ejecute las funciones del sensor S2, esta debe controlar la Salida 1, bajo la función de contador en modo 2 (el dato programado al contador depende del número de recipientes que se deseen llenar simultaneamente), y la salida 2 bajo la función retardo en modo 2, que se encarga de accionar el mecanismo neumático, el retardo programado depende del tiempo máximo requerido para que se pare completamente la banda, luego retorne a la intrucción de selección de entradas.

4) Seleccione la entrada 3, que realizará las funciones del interruptor SW3, esta debe controlar la salida 2 bajo la

función de retardo en modo 1 (el tiempo programado depende del tiempo máximo requerido de llenado), y la salida 3 bajo la función de retardo en modo 1, el tiempo programado tiene que ser el mínimo (1 segundo), esta se debe conectar a través del circuito de start con la entrada 1 para arrancar el proceso cada vez que finalice la secuencia de operación programada al sistema industrial.

5.10 REQUERIMIENTOS DE INSTALACION

El fin de esta sección es proporcionar una serie de requisitos de alimentación de energía del control programable, así como las condiciones físicas y ambientales, esenciales para asegurar que el equipo opere eficientemente, al mismo tiempo se persigue como fin evitar posibles daños ocasionados por una mala instalación.

5.10.1 REQUERIMIENTOS DE ALIMENTACION

El Control Programable ha sido diseñado para operar a +12 VDC, si bien la circuitería digital es alimentada por medio de un regulador de +5VDC, no así las interfaces de entrada y salida que operan a +5VDC y +12VDC, por tal razón las variaciones máximas y mínimas permitidas deben estar en el rango de +12 VDC $\pm 5\%$, con una corriente mínima de 2 Amps.

INTERFASES DE ENTRADA

Estas interfaces han sido diseñadas para operar con niveles de voltaje de +12VDC, por tal motivo las variaciones máximas

y mínimas permitidas no deben exceder de $\pm 10\%$, con un nivel mínimo de corriente de 50mA.

INTERFASES DE SALIDA

Como se mencionó en temas anteriores las salidas son obtenidas por medio de contactos de relé, para aumentar la flexibilidad en la utilización de niveles de voltaje de salida; sin embargo debe tenerse cuidado de no conectar cargas que consuman más de 50 Watts.

5.10.2 REQUERIMIENTOS FISICOS Y AMBIENTALES

En lo referente a las condiciones físicas no es recomendable instalar el control programable en maquinaria que ocasione una elevada vibración mecánica, si este caso se llega a dar se debe instalar en un sitio aparte.

En lo que respecta a los requerimientos ambientales debe ser instalado en lugares donde la temperatura se encuentre entre los 0 a 60 grados centígrados y con una humedad relativa del 90% o menor, al mismo tiempo debe ser protegido del polvo, aceites, humedad o cualquier contaminante químico presente en el aire, así como también tiene que evitarse, instalarse en lugares donde existan interferencias electromagnéticas.

5.11 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Las pruebas descritas a continuación tienen como fin determinar si el control programable está operando

correctamente, para ello se recomienda seguir los siguientes pasos. Estos deben realizarse de la manera establecida, si alguno de ellos presenta problemas debe desmontarse el equipo y aplicarle el mantenimiento correctivo:

1) Desconecte la energía al sistema industrial y asegúrese que sólo el control programable esté energizado.

2) Asegúrese que al encender el sistema o inicializarlo manualmente presente la condición de reposo.

3) Una vez en la condición de reposo, pruebe que todas las funciones comandadas por las teclas de función se estén realizando.

4) Si los pasos 2 y 3 son realizados sin ningún problema, desconecte todas las líneas de sus interfases de entrada y salida.

5) En el modo de programación programe la entrada 1 para controlar la salida 1, la entrada 2 que gobierne la salida 2, la entrada 3 que gobierne la salida 3 y la entrada 4 que gobierne la salida 4, todas ellas deben ser programadas bajo la función inmediata en modo 1.

6) Ejecute la rutina programada y active manualmente cada entrada aplicandole +12VDC y asegurese que su rutina programada se ejecuta.

5.12 MANUAL DE MANTENIMIENTO

Esta sección tiene como fin, brindar al usuario la información necesaria acerca de los requerimientos de mantenimiento preventivo del control programable, al mismo tiempo se proporciona una lista de las fallas más comunes que se pueden encontrar en sus diferentes circuitos proporcionando en cada una de ellas su posible solución.

5.12.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El control programable por ser un equipo compuesto básicamente por circuitos electrónicos digitales, no requiere de un mantenimiento preventivo muy riguroso, que involucre calibración de circuitos, sustitución de piezas, etc. Sin embargo para el caso dos son los aspectos básicos que comprende su mantenimiento preventivo:

- 1) Los circuitos del equipo deben permanecer siempre limpios, por lo cual éstos deben ser protegidos del polvo, aceites, humedad o cualquier contaminante químico presente en el aire que pudiera dañarlos.

Si hay necesidad de limpiar al equipo, se debe estar seguro que está totalmente desenergizado y en lugares donde su

manipulación es dificultosa preferentemente debe ser desinstalado. Su período de mantenimiento depende de las condiciones del medio donde está operando.

2) Por lo menos cada seis meses se tendran que sustituir las baterías de respaldo de la memoria RAM y se debe observar que sus contactos de conexión estén completamente limpios.

Al realizar este proceso se debe conocer exactamente la rutina programada al controlador, dado que al desconectar las baterías y desenergizar el equipo se borra completamente el programa.

5.12.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

A continuación se presenta una guía de localización y reparación de fallas, proporcionando para ello las fallas más comunes que se pueden encontrar en los diferentes circuitos del control programable.

5.12.2.1 DIAGNOSTICO DE FALLAS EN LOS CIRCUITOS DEL CONTROL PROGRAMABLE

1) FALLA: El sistema no arranca, los visualizadores estan completamente apagados.

COMENTARIO:

a) Compruebe si la fuente de alimentación esta proporcionando los voltajes de operación de +5VDC y +12VDC.

b) Compruebe si está operando el circuito de RESET, para ello se podrá auxiliar de un Osciloscopio a través del cual puede observar si se genera el pulso de reset.

c) Verifique si las señales de control; Reloj (1Mhz), NMI (Vcc) y IRQ (Vcc) en los pines del microprocesador son las adecuadas.

d) Verifique el estado y examine si el circuito decodificador 74S138 (U6), está operando adecuadamente.

e) Verifique el estado de la circuiteria de manejo de los visualizadores y teclado, formada por los circuitos; buffer U10, U11, U12 y la PIA U2.

2) FALLA: Todos los visualizadores estan encendidos o no encienden ciertos visualizadores.

COMENTARIO:

a) Examine el estado del circuito habilitador de los visualizadores, compuesto por el U12.

b) Verifique el estado de la puerta B de la PIA (U12).

3) FALLA: Ciertos segmentos de los visualizadores no encienden.

COMENTARIO:

a) Verifique el estado de los circuitos manejadores de los segmentos, formados por los buffer U10 y U11.

b) Compruebe el estado de la puerta A de la PIA (U2).

c) Verifique si algunos segmentos de los visualizadores estan quemados.

4) FALLA: Algunas teclas dentro del teclado de programación no estan funcionando.

COMENTARIO:

a) Compruebe el estado de los contactos del teclado, para ello se debe asegurar que al activar la tecla exista continuidad entre la columna y fila correspondiente.

b) Verifique el estado de la puerta A y B de la PIA, (U2).

5) FALLA: El programa del usuario se borra al perder la energía.

COMENTARIO:

a) Verifique si las baterías de respaldo de la memoria RAM tienen el nivel de voltaje correcto, debiendo medir aproximadamente +4.5VDC.

b) Compruebe el estado de los diodos del circuito de la baterías de respaldo.

6) FALLA: No se puede grabar el programa del usuario en la memoria RAM.

COMENTARIO:

a) Compruebe si el nivel de la señal CRAM es el adecuado y demás señales de control que llegan a la memoria RAM, (U5).

b) Verifique el estado de la memoria RAM, (U5).

7) FALLA: No se ejecuta el programa del usuario.

COMENTARIO:

a) Verifique si la fuente de alimentación está proporcionando los voltajes de operación de +5VDC y +12VDC, a los circuitos de las interfases de salida y entrada.

b) Compruebe si el programa ha sido grabado en la memoria RAM.

c) Verifique si está operando la señal CVIA y demás señales de control que llegan a la VIA (U3).

d) Compruebe el estado de la VIA (U3).

8) FALLA: Algunas interfases de entrada no operan.

COMENTARIO:

a) Verifique el estado de la optocupla, el transistor de conmutación y el buffer de salida de la interfase.

b) Compruebe el estado de la puerta B de la VIA.

9) FALLA: Algunas interfases de salida no operan.

COMENTARIO:

a) Compruebe el estado de los elementos de la interfase de salida, compuestos por el buffer de entrada, optocupla, transistor de conmutación y relé de salida. Así como la puerta A de la VIA.

CONCLUSIONES

1 - El uso de los PLC en el gobierno de los sistemas industriales, ofrece los siguientes beneficios principales:

- a) Aumenta la capacidad de producción.
- b) Disminuye el tiempo y costos de producción.

Debido a que el sistema industrial obtendría las capacidades siguientes:

- a) El sistema puede operar casi con completa autonomía.
- b) Vuelve al sistema altamente flexible.
- c) Aumenta la rapidez de ejecución de los procesos.
- d) Disminuye la complejidad en el diseño de nuevos sistemas.
- e) Disminuye los costos de operación, desarrollo y mantenimiento.

2 - Ya que el promedio de los sistemas industriales del país, son relativamente pequeños y de operación secuencial, se justifica que se puedan utilizar para su gobierno PLC de baja potencia, con las funciones básicas de programación siguientes:

- a) Funciones lógicas.
- b) Funciones de temporización.
- c) Funciones de contador.

3 - La principal desventaja en el uso de los PLC, es lo difícil que cualquier usuario pueda tener acceso a su programación, sin tener conocimientos de sistemas de control automático y diagramas eléctricos industriales, por ello al diseñar Controles Programables, se debe tomar en cuenta que su programación sea sencilla y fácilmente comprendida por cualquier usuario.

4 - Por ser la mayoría de los sistemas industriales del país, de operación secuencial, se pueden crear equipos de control secuenciales, esto implica que las funciones de control las realiza una a continuación de la otra.

5 - Para que un Control Programable, gobierne eficazmente el promedio de los sistemas industriales del país, necesita estar provisto como mínimo, con ocho interfases de entrada y ocho de salida.

6 - Al elaborar el programa monitor para un Control Programable, este debe ser provisto con rutinas que detecten la introducción de datos o comandos incorrectos por el usuario.

7 - Al disponer al equipo de control con funciones de temporización y contador, estas deben ser capaces de satisfacer los requerimientos del sistema, siendo necesario

que operen bajo los modos siguientes:

a) FUNCION TEMPORIZADOR

Modo 1: Mantiene la salida activada, durante dure el tiempo programado al temporizador.

Modo 2: Activa la salida, al finalizar el tiempo programado al temporizador.

b) FUNCION DE CONTADOR

Modo 1: Activa la salida al finalizar la cuenta el contador.

Modo 2: Desactiva la salida al finalizar la cuenta el contador.

8 - La forma de programación por menú, es una de las más sencillas, debido a que al usuario se le solicitan secuencialmente, cada una de los datos necesarios para su programación, conforme él vaya seleccionando los modos de operación deseados para el sistema industrial.

RECOMENDACIONES

- 1 - Debido a las ventajas y beneficios que ofrece el uso de los Controles Lógicos Programables (PLC), en la automatización de los sistemas industriales, es conveniente realizar estudios más detallados acerca de los tópicos expuestos en el presente documento, debido a que lo presentado es un primer paso en la investigación sobre los PLC, y el diseño de Controles Programables.

- 2 - Sería recomendable utilizar para la enseñanza sobre los PLC, el presente documento, ya que este engloba todos los aspectos básicos sobre estos equipos y el prototipo fabricado se puede utilizar para las prácticas de laboratorio.

- 3 - Un aspecto que se debe tomar muy en cuenta en la instalación de los PLC en los sistemas industriales, es que por ser equipos compuestos por dispositivos electrónicos, son sensibles al polvo, calor, humedad, interferencias electromagnéticas, etc. Por lo tanto es recomendable tomar las medidas apropiadas para protegerlos y con ello se asegura que operen eficientemente.

- 4 - Siempre es recomendable que la memoria del usuario RAM, de un Control Programable, este soportada por una fuente de

respaldo (batería), para evitar perder el programa de operación cuando haya ausencia de energía al equipo.

5 - La mayoría de los sistemas industriales del país, no requieren para su gobierno que el circuito de control sea muy veloz, por lo consiguiente en el diseño de Controles Programables no es conveniente utilizar microprocesadores de alta velocidad, debido a que la capacidad de estos sería desperdiciada, pero su velocidad mínima debe ser de 1MHz.

6 - Es imprescindible que el equipo de control este aislado del sistema de potencia, para evitar que los transitorios de voltaje en los dispositivos del sistema industrial puedan dañar a los circuitos del equipo de control; por lo tanto siempre es necesario disponer en el diseño de las interfases de entrada/salida, con circuitos aisladores como por ejemplo, optocopladores, transformadores de pulso, etc.

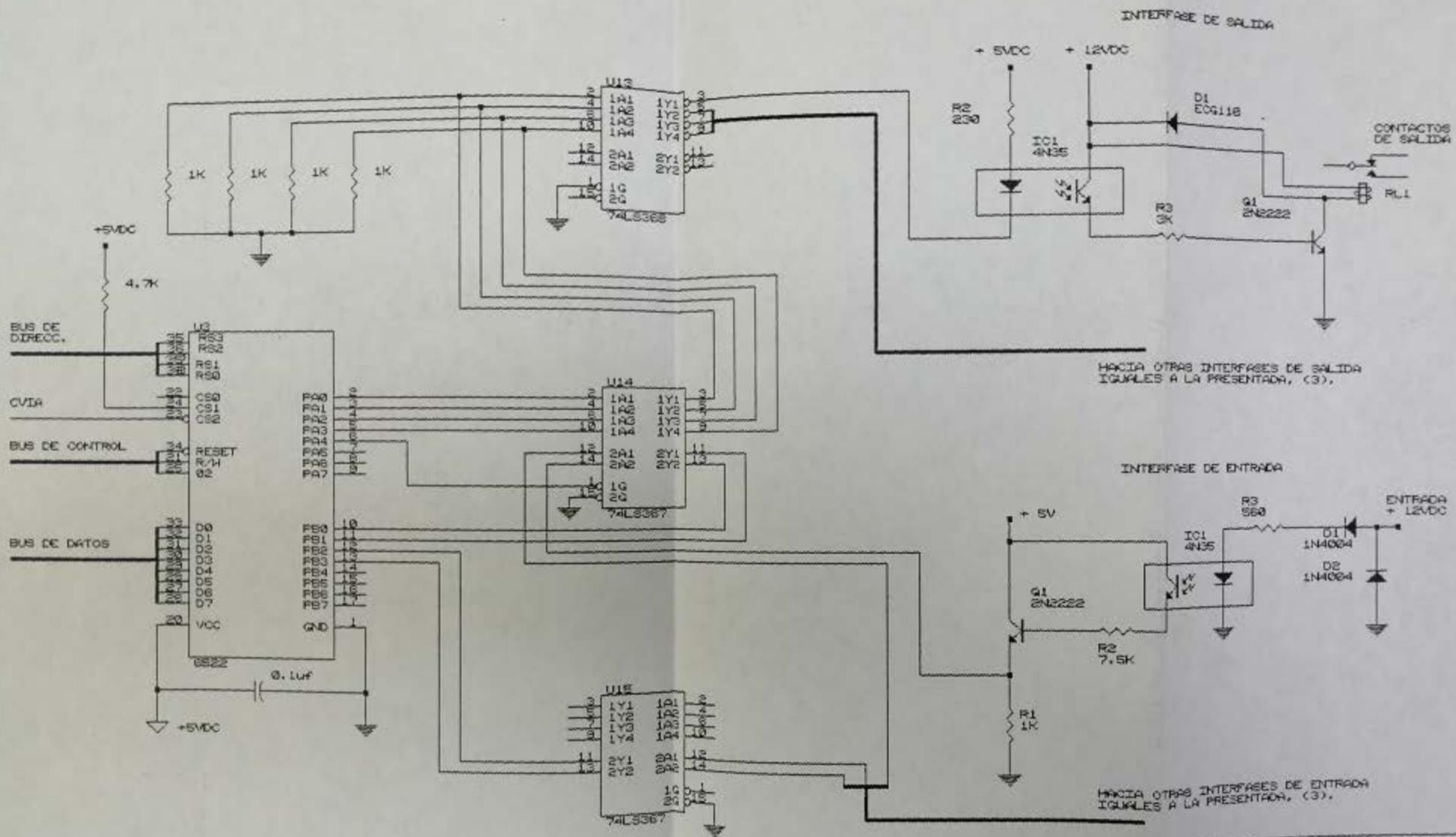
7 - Cuando la operación del Control Programable creado sea secuencial, siempre se debe utilizar el interruptor de RESET para detener la operación del sistema industrial, esto asegura, parar su funcionamiento en el preciso instante que es activado y no tenga que esperar que finalice la secuencia que estaba ejecutando.

8 - Es recomendable dejar como mínimo disponible, una cuarta parte de la memoria ROM que contiene el programa monitor del

equipo, para que el usuario puede expandir fácilmente las funciones de operación de este.

9 - Para facilitar el mantenimiento de sistemas con microprocesadores, es recomendable disponer al programa monitor, con programas de servicio, para que el mismo equipo se auto pruebe.

APENDICES



UNIVERSIDAD DON BOSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 JOSE ROBERTO CUELLAR PARADA

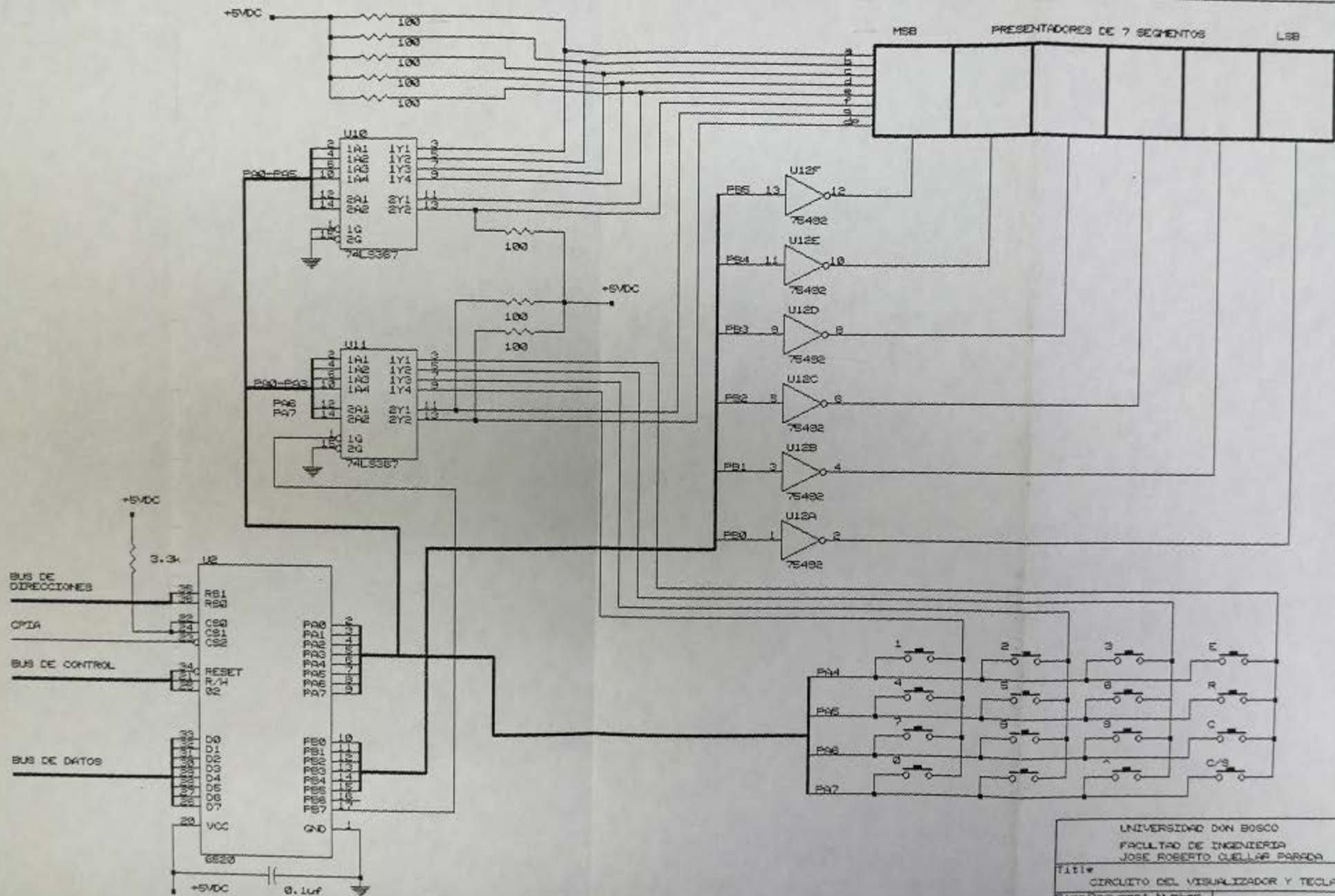
Title
 CIRCUITO DE LAS INTERFASES DE ENTRADA/SALIDA

Size Document Number
 B 3

APENDICE A

REV
 1

Date: October 30, 1992 Sheet 3 of 3



UNIVERSIDAD DON BOSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 JOSE ROBERTO QUELLA PARADA

| | | | |
|-------------------------------------|------------------|------------|--------|
| Título | | | |
| CIRCUITO DEL VISUALIZADOR Y TECLADO | | | |
| Size | Document Number | APENDICE A | REV |
| B | 2 | | 1 |
| Date | October 30, 1992 | Sheet | 2 of 3 |

APENDICE B

PROGRAMA MONITOR

A continuación se especifican las direcciones de cada una de las rutinas utilizadas en el programa monitor, que inician en la dirección F000, que corresponde a la memoria ROM del sistema. El programa esta escrito en lenguaje ensamblador del microprocesador R6502.

| RUTINA | DIRECCION |
|-------------------------|-----------|
| Rutina INI..... | F6BA |
| Rutina CLEAR..... | F19B |
| Rutina CLEAR SELEC..... | F1AB |
| Rutina TEMPO..... | F745 |
| Rutina CONTER..... | F711 |
| Rutina TEVIS..... | F078 |
| Rutina PROGME..... | F4C8 |
| Rutina PRODA..... | F47E |
| Rutina SCAN..... | F800 |

NOTA: El programa listado a continuación, se observa que inicia en la dirección 0000, esto es por que en la programación de la EPROM no se utilizan las direcciones altas (A12-A15), pero el decodificador de direcciones del control programable las accesa a partir de la F000.

PROGRAMA MONITOR EN ENSAMBLADOR DEL 6502

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|
| 0000 | AD | 03 | 04 | 29 | FB | 8D | 03 | 04 | AD | 01 | 04 | 29 | FB | 8D | 01 | 04 |).....)... |
| 0010 | 60 | AD | 03 | 04 | 09 | 04 | 8D | 03 | 04 | AD | 01 | 04 | 09 | 04 | 8D | 01 | ..... |
| 0020 | 04 | 60 | A9 | 02 | 85 | 00 | A0 | FF | 88 | D0 | FD | C6 | 00 | D0 | F7 | 60 | ..... |
| 0030 | 20 | 00 | F0 | A9 | FF | 8D | 00 | 04 | 8D | 02 | 04 | 20 | 11 | F0 | A9 | C0 | ..... |
| 0040 | 8D | 02 | 04 | A2 | 06 | A9 | 00 | 8D | 00 | 04 | 38 | 6E | 02 | 04 | AD | 02 |8n.. |
| 0050 | 04 | 29 | BF | 8D | 02 | 04 | B5 | A0 | 8D | 00 | 04 | 20 | 22 | F0 | CA | F0 |" |
| 0060 | 03 | 4C | 45 | F0 | 18 | 60 | A9 | 02 | 85 | 0B | A0 | FF | 88 | D0 | FD | C6 | ..LE..... |
| 0070 | 0B | D0 | F7 | A9 | 00 | 85 | 01 | 60 | A9 | 00 | 85 | 01 | 85 | 02 | 85 | 03 | ..... |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <80

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|
| 0080 | 85 | 04 | A9 | 06 | 85 | 05 | A9 | FE | 85 | 06 | 20 | 00 | F0 | A9 | 0F | 8D | ..... |
| 0090 | 00 | 04 | A9 | FF | 8D | 02 | 04 | 20 | 11 | F0 | A9 | 00 | 8D | 02 | 04 | A5 | ..... |
| 00A0 | 06 | 8D | 00 | 04 | AD | 00 | 04 | 29 | F0 | 85 | 07 | C9 | F0 | D0 | 13 | 20 |) |
| 00B0 | 66 | F0 | 38 | 26 | 06 | A5 | 06 | C9 | EF | D0 | E4 | 18 | 20 | 30 | F0 | 4C | f.8&..... 0 |
| 00C0 | 86 | F0 | A5 | 06 | 29 | 0F | 65 | 07 | 85 | 08 | A5 | 01 | C9 | 01 | F0 | 09 |)e..... |
| 00D0 | E6 | 01 | A5 | 08 | 85 | 02 | 4C | E3 | F0 | A5 | 08 | C5 | 02 | F0 | 29 | A9 |L..... |
| 00E0 | 00 | 85 | 01 | 4C | 55 | F1 | A5 | 0A | C9 | 00 | D0 | 25 | A5 | 04 | C9 | 01 | ...LU.....% |
| 00F0 | F0 | 0B | E6 | 04 | A2 | 06 | A9 | 00 | 95 | A0 | CA | D0 | FB | A6 | 05 | A5 | ..... |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <10

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|
| 0100 | 09 | 95 | A0 | CA | F0 | 08 | 86 | 05 | 20 | 30 | F0 | 4C | 8A | F0 | 4C | 33 | 0.L... |
| 0110 | F1 | A5 | 03 | C9 | 01 | F0 | 0B | E6 | 03 | A6 | 0A | A9 | 00 | 95 | A0 | CA | ..... |
| 0120 | D0 | FB | A6 | 0A | A5 | 09 | 95 | A0 | CA | F0 | 08 | 86 | 0A | 20 | 30 | F0 | ..... |
| 0130 | 4C | 8A | F0 | 60 | EA | EE | ED | EB | DE | DD | DB | BE | BD | BB | 7E | 7B | L..... |
| 0140 | E7 | D7 | B7 | 77 | 7D | 06 | 5B | 4F | 66 | 6D | 7D | 07 | 7F | 67 | 3F | 80 | ...w...[Ofm...g |
| 0150 | 0A | 0B | 0C | 0D | 0E | A2 | 00 | A5 | 08 | DD | 35 | F1 | F0 | 08 | E8 | E0 |5... |
| 0160 | 10 | F0 | 34 | 4C | 57 | F1 | BD | 45 | F1 | 85 | 0C | A5 | 0C | C9 | 0A | F0 | ..4LW...E..... |
| 0170 | 17 | C9 | 0B | F0 | 16 | C9 | 0C | F0 | 15 | C9 | 0D | F0 | 14 | C9 | 0E | F0 | ..... |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <18

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|
| 0180 | 13 | A5 | 0C | 85 | 09 | 4C | E6 | F0 | 4C | C8 | F4 | 4C | 00 | F8 | 4C | 9B |L..L..L... |
| 0190 | F1 | 4C | AB | F1 | 4C | 00 | 08 | 4C | 15 | F2 | EA | A0 | 00 | A9 | 00 | 99 | ..L..L..L..... |
| 01A0 | 00 | 02 | C8 | C0 | 74 | D0 | F6 | 4C | 47 | F2 | EA | 20 | 6E | F2 | EA | 20 | ...t..LG.. n. |
| 01B0 | 9A | F3 | A5 | 0D | C9 | AB | F0 | 1D | C9 | 01 | F0 | 1C | C9 | 02 | F0 | 27 | ..... |
| 01C0 | C9 | 03 | F0 | 32 | C9 | 04 | F0 | 3D | A9 | AB | 8D | 76 | 02 | A9 | F1 | 8D | ...2...=...v.. |
| 01D0 | 77 | 02 | 4C | 1F | F2 | 4C | 47 | F2 | A0 | 00 | A9 | 00 | 99 | 00 | 02 | C8 | w.L..LG..... |
| 01E0 | C0 | 1D | D0 | F6 | 4C | 47 | F2 | A0 | 00 | A9 | 00 | 99 | 1D | 02 | C8 | C0 | ...LG..... |
| 01F0 | 1D | D0 | F6 | 4C | 47 | F2 | A0 | 00 | A9 | 00 | 99 | 3A | 02 | C8 | C0 | 1D | ...LG..... |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <20

APENDICE "B"

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|
| 0200 | D0 | F6 | 4C | 47 | F2 | A0 | 00 | A9 | 00 | 99 | 57 | 02 | C8 | C0 | 1D | D0 | ..LG.....W... |
| 0210 | F6 | 4C | 47 | F2 | EA | A9 | 1F | 8D | 76 | 02 | A9 | F2 | 8D | 77 | 02 | A9 | .LG.....v....w |
| 0220 | 77 | 85 | F0 | A9 | 79 | 85 | A6 | A9 | 50 | 85 | A5 | 85 | A4 | 85 | A2 | A9 | w...y...P..... |
| 0230 | 5C | 85 | A3 | A9 | 00 | 85 | A1 | 20 | 30 | F0 | C6 | F0 | D0 | E5 | A9 | 4C | \.....0..... |
| 0240 | 8D | 75 | 02 | 4C | 75 | 02 | EA | A9 | 01 | 85 | 0A | A9 | 00 | 85 | A6 | 85 | .u.Lu..... |
| 0250 | A5 | 85 | A2 | 85 | A1 | A9 | 39 | 85 | A4 | A9 | 73 | 85 | A3 | 20 | 8A | F0 |9...s... |
| 0260 | A9 | 47 | 8D | 76 | 02 | A9 | F2 | 8D | 77 | 02 | 4C | 1F | F2 | EA | A9 | 01 | .G.v...w.L... |
| 0270 | 85 | 0A | A9 | 7C | 85 | A6 | A9 | 5C | 85 | A5 | A9 | 50 | 85 | A4 | A9 | 06 |\...P.. |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <28

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|
| 0280 | 85 | A3 | A9 | 54 | 85 | A2 | A9 | 08 | 85 | A1 | 20 | 8A | F0 | 60 | EA | A9 | ...T.....` |
| 0290 | 01 | 85 | 0A | A9 | 6D | 85 | A6 | A9 | 79 | 85 | A5 | 85 | A3 | A9 | 38 | 85 | ...m...y..... |
| 02A0 | A4 | A9 | 54 | 85 | A2 | A9 | 08 | 85 | A1 | 20 | 8A | F0 | 60 | EA | A9 | 01 | ..T.....` |
| 02B0 | 85 | 0A | A9 | 6D | 85 | A6 | 85 | A3 | A9 | 79 | 85 | A5 | A9 | 38 | 85 | A4 | ...m.....y...8 |
| 02C0 | A9 | 77 | 85 | A2 | A9 | 08 | 85 | A1 | 20 | 8A | F0 | 60 | EA | A9 | 01 | 85 | .w.....` |
| 02D0 | 0A | A9 | 6D | 85 | A6 | A9 | 79 | 85 | A5 | A9 | 38 | 85 | A4 | A9 | 3F | 85 | ..m...y...8... |
| 02E0 | A3 | A9 | 73 | 85 | A2 | A9 | 08 | 85 | A1 | 20 | 8A | F0 | 60 | EA | A9 | 01 | ..s.....` |
| 02F0 | 85 | 0A | A9 | 06 | 85 | A6 | A9 | 54 | 85 | A5 | A9 | 3F | 85 | A4 | A9 | 73 |T...?.. |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <30

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|
| 0300 | 85 | A3 | A9 | 00 | 85 | A2 | A9 | 08 | 85 | A1 | 20 | 8A | F0 | 60 | EA | A9 |` |
| 0310 | 01 | 85 | 0A | A9 | 39 | 85 | A6 | A9 | 5C | 85 | A5 | A9 | 3F | 85 | A4 | A9 |9...\...?. |
| 0320 | 73 | 85 | A3 | A9 | 00 | 85 | A2 | A9 | 08 | 85 | A1 | 20 | 8A | F0 | 60 | EA | s.....` |
| 0330 | A9 | 02 | 85 | 0A | A9 | 39 | 85 | A6 | A9 | 5C | 85 | A5 | A9 | 54 | 85 | A4 |9...\...T |
| 0340 | A9 | 00 | 85 | A3 | A9 | 08 | 85 | A2 | 85 | A1 | 20 | 8A | F0 | 60 | EA | A9 |` |
| 0350 | 01 | 85 | 0A | A9 | 50 | 85 | A6 | A9 | 79 | 85 | A5 | A9 | 3F | 85 | A4 | A9 |P...y...?. |
| 0360 | 73 | 85 | A3 | A9 | 00 | 85 | A2 | A9 | 08 | 85 | A1 | 20 | 8A | F0 | 60 | EA | s.....` |
| 0370 | A9 | 02 | 85 | 0A | A9 | 50 | 85 | A6 | A9 | 79 | 85 | A5 | A9 | 00 | 85 | A4 |P...y..... |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <38

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------------|
| 0380 | A9 | 00 | 85 | A3 | A9 | 08 | 85 | A2 | 85 | A1 | 20 | 8A | F0 | 60 | EA | 01 |` |
| 0390 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 00 | AB | A2 | 00 | A5 | A1 | DD | 45 |` |
| 03A0 | F1 | F0 | 08 | E8 | E0 | 0B | F0 | 09 | 4C | 9C | F3 | BD | 8F | F3 | 85 | 0D |L..... |
| 03B0 | 60 | 4C | 15 | F2 | EA | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | `L.....` |
| 03C0 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | (.....!"#\$ |
| 03D0 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | `()0123456789@ |
| 03E0 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | CDEFGHIPQRSTU |
| 03F0 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | Y`abcdefghijklmnopqr |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <40

APENDICE "B"

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|
| 0400 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | uvwxyz..... |
| 0410 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | ..... |
| 0420 | 07 | 08 | 09 | 0A | 0B | 0C | 0D | 0E | 0F | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | ..... |
| 0430 | 17 | 18 | 19 | 1A | 1B | 1C | 1D | 1E | 1F | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |!"#\$ |
| 0440 | 27 | 28 | 29 | 2A | 2B | 2C | 2D | 2E | 2F | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | ^()*+,-./01234 |
| 0450 | 37 | 38 | 39 | 3A | 3B | 3C | 3D | 3E | 3F | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 789:;<=>?@ABCD |
| 0460 | 47 | 48 | 49 | 4A | 4B | 4C | 4D | 4E | 4F | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | GHIJKLMNOPQRST |
| 0470 | 57 | 58 | 59 | 5A | 5B | 5C | 5D | 5E | 5F | 60 | 61 | 62 | 63 | EA | A2 | 00 | WXYZ[\]^_`abc. |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <48

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------|
| 0480 | A0 | 00 | B5 | A1 | D9 | 45 | F1 | F0 | 08 | C8 | C0 | 0B | F0 | 36 | 4C | 82 |E.....6 |
| 0490 | F4 | B9 | 8F | F3 | 95 | 0E | E8 | E0 | 02 | F0 | 03 | 4C | 80 | F4 | A2 | 04 |L.. |
| 04A0 | 18 | 06 | 0F | CA | 00 | FB | A5 | 0F | 18 | 65 | 0E | 85 | 10 | A2 | 00 | A5 |e.... |
| 04B0 | 10 | DD | B5 | F3 | F0 | 08 | E8 | E0 | 64 | F0 | 09 | 4C | AF | F4 | BD | 19 |d..L.. |
| 04C0 | F4 | 85 | 10 | 60 | 4C | 15 | F2 | EA | A9 | 00 | 85 | 11 | 20 | 8F | F2 | EA | ...`L..... |
| 04D0 | 20 | 9A | F3 | A5 | 0D | C9 | AB | F0 | 1D | C9 | 01 | F0 | 1C | C9 | 02 | F0 | ..... |
| 04E0 | 24 | C9 | 03 | F0 | 2C | C9 | 04 | F0 | 34 | A9 | C8 | 8D | 76 | 02 | A9 | F4 | \$.,...4...v. |
| 04F0 | 8D | 77 | 02 | 4C | 1F | F2 | 4C | 47 | F2 | A9 | 01 | 8D | 00 | 02 | A9 | 00 | .w.L..LG..... |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <50

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|
| 0500 | 85 | 11 | 4C | 26 | F5 | A9 | 01 | 8D | 1D | 02 | A9 | 1D | 85 | 11 | 4C | 26 | ..L&..... |
| 0510 | F5 | A9 | 01 | 8D | 3A | 02 | A9 | 3A | 85 | 11 | 4C | 26 | F5 | A9 | 01 | 8D |L&.. |
| 0520 | 57 | 02 | A9 | 57 | 85 | 11 | A5 | 11 | 85 | 12 | A5 | 12 | 85 | 11 | 20 | AE | W..W..... |
| 0530 | F2 | EA | 20 | 9A | F3 | A5 | 0D | C9 | AB | F0 | 1D | C9 | 01 | F0 | 1C | C9 | ..... |
| 0540 | 02 | F0 | 22 | C9 | 03 | F0 | 28 | C9 | 04 | F0 | 2E | A9 | 2A | 8D | 76 | 02 | ...".....* |
| 0550 | A9 | F5 | 8D | 77 | 02 | 4C | 1F | F2 | 4C | C8 | F4 | A9 | 00 | 18 | 65 | 11 | ...w.L..L..... |
| 0560 | 85 | 11 | 4C | 80 | F5 | A9 | 07 | 18 | 65 | 11 | 85 | 11 | 4C | 80 | F5 | A9 | ..L.....e...L. |
| 0570 | 0E | 18 | 65 | 11 | 85 | 11 | 4C | 80 | F5 | A9 | 15 | 18 | 65 | 11 | 85 | 11 | ..e...L.....e. |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <58

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|
| 0580 | A6 | 11 | A9 | 01 | 9D | 01 | 02 | 20 | CD | F2 | EA | 20 | 9A | F3 | A5 | 0D | ..... |
| 0590 | C9 | AB | F0 | 19 | C9 | 01 | F0 | 18 | C9 | 02 | F0 | 1E | C9 | 03 | F0 | 24 | ..... |
| 05A0 | A9 | 87 | 8D | 76 | 02 | A9 | F5 | 8D | 77 | 02 | 4C | 1F | F2 | 4C | 2A | F5 | ...v....w.L..L. |
| 05B0 | A6 | 11 | A9 | 01 | 9D | 02 | 02 | 4C | CE | F5 | A6 | 11 | A9 | 02 | 9D | 02 |L..... |
| 05C0 | 02 | 4C | 07 | F6 | A6 | 11 | A9 | 03 | 9D | 02 | 02 | 4C | 5F | F6 | 20 | EE | .L.....L.. |
| 05D0 | F2 | EA | 20 | 9A | F3 | A5 | 0D | C9 | AB | F0 | 15 | C9 | 01 | F0 | 14 | C9 | ..... |
| 05E0 | 02 | F0 | 1A | A9 | CE | 8D | 76 | 02 | A9 | F5 | 8D | 77 | 02 | 4C | 1F | F2 |v....w.L |
| 05F0 | 4C | 87 | F5 | A6 | 11 | A9 | 01 | 9D | 03 | 02 | 4C | 2A | F5 | A6 | 11 | A9 | L.....L*.. |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <60

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------|
| 0600 | 02 | 9D | 03 | 02 | 4C | 2A | F5 | 20 | 0F | F3 | EA | 20 | 9A | F3 | A5 | 0D |L*.. |
| 0610 | C9 | AB | F0 | 15 | C9 | 01 | F0 | 14 | C9 | 02 | F0 | 1A | A9 | 07 | 8D | 76 | ..... |
| 0620 | 02 | A9 | F6 | 8D | 77 | 02 | 4C | 1F | F2 | 4C | 87 | F5 | A6 | 11 | A9 | 01 |w.L..L.... |
| 0630 | 9D | 04 | 02 | 4C | 3D | F6 | A6 | 11 | A9 | 02 | 9D | 04 | 02 | 20 | 30 | F3 | ...L=..... |
| 0640 | EA | 20 | 7E | F4 | A5 | 10 | D0 | 0D | A9 | 3D | 8D | 76 | 02 | A9 | F6 | 8D | = . v . . |
| 0650 | 77 | 02 | 4C | 1F | F2 | A6 | 11 | A5 | 10 | 9D | 05 | 02 | 4C | 2A | F5 | 20 | w.L.....L* |
| 0660 | 4F | F3 | EA | 20 | 9A | F3 | A5 | 0D | C9 | AB | F0 | 15 | C9 | 01 | F0 | 14 | O.. |
| 0670 | C9 | 02 | F0 | 1A | A9 | 5F | 8D | 76 | 02 | A9 | F6 | 8D | 77 | 02 | 4C | 1F |_v....w. |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <68

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|
| 0680 | F2 | 4C | 87 | F5 | A6 | 11 | A9 | 01 | 9D | 06 | 02 | 4C | 95 | F6 | A6 | 11 | .L.....L.. |
| 0690 | A9 | 02 | 9D | 06 | 02 | 20 | 70 | F3 | EA | 20 | 7E | F4 | A5 | 10 | D0 | 0D | P.. |
| 06A0 | A9 | 95 | 8D | 76 | 02 | A9 | F6 | 8D | 77 | 02 | 4C | 1F | F2 | A6 | 11 | A5 | ...v....w.L... |
| 06B0 | 10 | 9D | 07 | 02 | 4C | 2A | F5 | EA | EA | EA | A2 | FF | 9A | A9 | 00 | AA |L*..... |
| 06C0 | A8 | D8 | 18 | 58 | B8 | A9 | 00 | 8D | 02 | 20 | A9 | FF | 8D | 03 | 20 | A9 | ...X..... |
| 06D0 | 00 | 8D | 01 | 20 | A9 | 00 | 85 | 01 | 85 | 02 | 85 | 03 | 85 | 04 | A9 | 06 | ..... |
| 06E0 | 85 | 05 | A9 | FE | 85 | 06 | 4C | 47 | F2 | EA | A9 | 0A | 85 | 30 | A0 | FF |LG.....0 |
| 06F0 | 88 | D0 | FD | C6 | 30 | D0 | F7 | 60 | A9 | 02 | 85 | 31 | A9 | F0 | 85 | 32 |0..`...1.. |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <70

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------------|
| 0700 | A9 | FF | 85 | 33 | C6 | 33 | D0 | FC | C6 | 32 | D0 | F4 | C6 | 31 | D0 | EC | ...3.3...2...1 |
| 0710 | 60 | A6 | 22 | BD | 05 | 02 | 85 | 27 | C6 | 27 | A5 | 27 | F0 | 1F | E6 | 28 | ..... |
| 0720 | AD | 00 | 20 | 25 | 21 | D0 | 0A | A9 | 00 | 85 | 28 | 20 | EA | F6 | 4C | 20 | ..%!(.....(....) |
| 0730 | F7 | 20 | EA | F6 | A5 | 28 | C9 | 01 | F0 | E6 | 4C | 18 | F7 | A9 | 00 | 85 |(.....L... |
| 0740 | 28 | 20 | 11 | FB | 60 | A6 | 22 | BD | 07 | 02 | 85 | 29 | 20 | F8 | F6 | C6 | (.....".....) |
| 0750 | 29 | D0 | F9 | 60 | EA | A5 | 20 | 09 | 01 | 8D | 01 | 20 | 85 | 20 | E6 | 23 |)..... |
| 0760 | 60 | EA | A9 | 00 | 85 | 23 | A5 | 20 | 29 | FE | 8D | 01 | 20 | 85 | 20 | 60 |#.)..... |
| 0770 | EA | A5 | 20 | 09 | 02 | 8D | 01 | 20 | 85 | 20 | E6 | 24 | 60 | EA | A9 | 00 |\$`. |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <78

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|
| 0780 | 85 | 24 | A5 | 20 | 29 | FD | 8D | 01 | 20 | 85 | 20 | 60 | EA | A5 | 22 | 18 | .\$.)..... |
| 0790 | 69 | 07 | 85 | 22 | 60 | EA | A5 | 22 | 38 | E9 | 07 | 85 | 22 | 60 | EA | A5 | i..""..8..." |
| 07A0 | 20 | 09 | 04 | 8D | 01 | 20 | 85 | 20 | E6 | 25 | 60 | EA | A9 | 00 | 85 | 25 |%`.... |
| 07B0 | A5 | 20 | 29 | FB | 8D | 01 | 20 | 85 | 20 | 60 | EA | A5 | 22 | 18 | 69 | 0E | .)..... |
| 07C0 | 85 | 22 | 60 | EA | A5 | 22 | 38 | E9 | 0E | 85 | 22 | 60 | EA | A5 | 20 | 09 | ""..8..."".. |
| 07D0 | 08 | 8D | 01 | 20 | 85 | 20 | E6 | 26 | 60 | EA | A9 | 00 | 85 | 26 | A5 | 20 |&`....& |
| 07E0 | 29 | F7 | 8D | 01 | 20 | 85 | 20 | 60 | EA | A5 | 22 | 18 | 69 | 15 | 85 | 22 |)....."i. |
| 07F0 | 60 | EA | A5 | 22 | 38 | E9 | 15 | 85 | 22 | 60 | EA | EA | BA | F6 | 00 | 03 | ""8..."".... |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <80

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|
| 0800 | A9 | 4C | 8D | 79 | 02 | A2 | 00 | A9 | 00 | 95 | 20 | E8 | E0 | 0F | D0 | F9 | .L.y..... |
| 0810 | A9 | 01 | 85 | 21 | AD | 00 | 20 | 25 | 21 | D0 | 0F | 18 | 26 | 21 | 20 | EA |!...%!.&! |
| 0820 | F6 | A5 | 21 | C9 | 10 | F0 | E9 | 4C | 14 | F8 | A5 | 21 | C9 | 01 | F0 | 0F | ..!....L...! |
| 0830 | C9 | 02 | F0 | 12 | C9 | 04 | F0 | 15 | C9 | 08 | F0 | 18 | 4C | 10 | F8 | A9 |L. |
| 0840 | 00 | 85 | 22 | 4C | 58 | F8 | A9 | 1D | 85 | 22 | 4C | 58 | F8 | A9 | 3A | 85 | .. "LX...."LX.. |
| 0850 | 22 | 4C | 58 | F8 | A9 | 57 | 85 | 22 | A6 | 22 | BD | 00 | 02 | C9 | 01 | F0 | "LX..W."..... |
| 0860 | 03 | 4C | 1C | F8 | A6 | 22 | BD | 01 | 02 | C9 | 01 | F0 | 27 | A6 | 22 | BD | .L...."..... |
| 0870 | 08 | 02 | C9 | 01 | F0 | 15 | A6 | 22 | BD | 0F | 02 | C9 | 01 | F0 | 0F | A6 |"..... |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <8E

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|
| 0880 | 22 | BD | 16 | 02 | C9 | 01 | F0 | 09 | 4C | 1C | F8 | 4C | 21 | F9 | 4C | C6 | ".....L..L!. |
| 0890 | F9 | 4C | 6B | FA | A9 | 6D | 8D | 7A | 02 | A9 | F8 | 8D | 7B | 02 | A6 | 22 | .Lk..m.z..... |
| 08A0 | BD | 02 | 02 | C9 | 01 | F0 | 0B | C9 | 02 | F0 | 26 | C9 | 03 | F0 | 47 | 4C |&... |
| 08B0 | 10 | F8 | A6 | 22 | BD | 03 | 02 | C9 | 01 | F0 | 04 | C9 | 02 | F0 | 0C | A5 |"..... |
| 08C0 | 23 | C9 | 01 | F0 | 03 | 20 | 55 | F7 | 4C | 79 | 02 | 20 | 62 | F7 | 4C | 79 | #.... U.Ly. b. |
| 08D0 | 02 | A6 | 22 | BD | 04 | 02 | C9 | 01 | F0 | 04 | C9 | 02 | F0 | 0F | A5 | 23 |"..... |
| 08E0 | C9 | 01 | F0 | 06 | 20 | 11 | F7 | 20 | 55 | F7 | 4C | 79 | 02 | 20 | 11 | F7 | U.Ly. |
| 08F0 | 20 | 62 | F7 | 4C | 79 | 02 | A6 | 22 | BD | 06 | 02 | C9 | 01 | F0 | 04 | C9 | b.Ly..."..... |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <90

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|
| 0900 | 02 | F0 | 12 | A5 | 23 | C9 | 01 | F0 | 03 | 20 | 55 | F7 | 20 | 45 | F7 | 20 |#.... U. E |
| 0910 | 62 | F7 | 4C | 79 | 02 | 20 | 62 | F7 | 20 | 45 | F7 | 20 | 55 | F7 | 4C | 79 | b.Ly. b. E. U. |
| 0920 | 02 | A9 | 76 | 8D | 7A | 02 | A9 | F8 | 8D | 7B | 02 | A6 | 22 | BD | 09 | 02 | ..v.z....." |
| 0930 | C9 | 01 | F0 | 0B | C9 | 02 | F0 | 26 | C9 | 03 | F0 | 53 | 4C | 10 | F8 | A6 |&...SL. |
| 0940 | 22 | BD | 0A | 02 | C9 | 01 | F0 | 04 | C9 | 02 | F0 | 0C | A5 | 24 | C9 | 01 | ".....\$ |
| 0950 | F0 | 03 | 20 | 71 | F7 | 4C | 79 | 02 | 20 | 7E | F7 | 4C | 79 | 02 | A6 | 22 | .. q.Ly. ..Ly. |
| 0960 | BD | 0B | 02 | C9 | 01 | F0 | 04 | C9 | 02 | F0 | 15 | 20 | 8D | F7 | A5 | 24 | ..... |
| 0970 | C9 | 01 | F0 | 06 | 20 | 11 | F7 | 20 | 71 | F7 | 20 | 96 | F7 | 4C | 79 | 02 | q. ..L |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <98

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------------|
| 0980 | 20 | 8D | F7 | 20 | 11 | F7 | 20 | 7E | F7 | 20 | 96 | F7 | 4C | 79 | 02 | A6 |Ly |
| 0990 | 22 | BD | 0D | 02 | C9 | 01 | F0 | 04 | C9 | 02 | F0 | 18 | 20 | 8D | F7 | A5 | "..... |
| 09A0 | 24 | C9 | 01 | F0 | 03 | 20 | 71 | F7 | 20 | 45 | F7 | 20 | 7E | F7 | 20 | 96 | \$.... q. E. ... |
| 09B0 | F7 | 4C | 79 | 02 | 20 | 8D | F7 | 20 | 7E | F7 | 20 | 45 | F7 | 20 | 71 | F7 | .Ly. ... E. |
| 09C0 | 20 | 96 | F7 | 4C | 79 | 02 | A9 | 7F | 8D | 7A | 02 | A9 | F8 | 8D | 7B | 02 | ..Ly....z.... |
| 09D0 | A6 | 22 | BD | 10 | 02 | C9 | 01 | F0 | 0B | C9 | 02 | F0 | 26 | C9 | 03 | F0 |&. |
| 09E0 | 53 | 4C | 10 | F8 | A6 | 22 | BD | 11 | 02 | C9 | 01 | F0 | 04 | C9 | 02 | F0 | SL..."..... |
| 09F0 | 0C | A5 | 25 | C9 | 01 | F0 | 03 | 20 | 9F | F7 | 4C | 79 | 02 | 20 | AC | F7 | ..%.... ..Ly. |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <A0

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|
| OA00 | 4C | 79 | 02 | A6 | 22 | BD | 12 | 02 | C9 | 01 | F0 | 04 | C9 | 02 | F0 | 15 | Ly.."..... |
| OA10 | 20 | BB | F7 | A5 | 25 | C9 | 01 | F0 | 06 | 20 | 11 | F7 | 20 | 9F | F7 | 20 | ...%..... |
| OA20 | C4 | F7 | 4C | 79 | 02 | 20 | BB | F7 | 20 | 11 | F7 | 20 | AC | F7 | 20 | C4 | ..Ly. |
| OA30 | F7 | 4C | 79 | 02 | A6 | 22 | BD | 14 | 02 | C9 | 01 | F0 | 04 | C9 | 02 | F0 | .Ly.."..... |
| OA40 | 18 | 20 | BB | F7 | A5 | 25 | C9 | 01 | F0 | 03 | 20 | 9F | F7 | 20 | 45 | F7 | ...%..... |
| OA50 | 20 | AC | F7 | 20 | C4 | F7 | 4C | 79 | 02 | 20 | BB | F7 | 20 | AC | F7 | 20 | ...Ly. |
| OA60 | 45 | F7 | 20 | 9F | F7 | 20 | C4 | F7 | 4C | 79 | 02 | A9 | 10 | 8D | 7A | 02 | E. ...Ly.... |
| OA70 | A9 | F8 | 8D | 7B | 02 | A6 | 22 | BD | 17 | 02 | C9 | 01 | F0 | 0B | C9 | 02 |"..... |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <A8

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|
| OA80 | F0 | 26 | C9 | 03 | F0 | 53 | 4C | 10 | F8 | A6 | 22 | BD | 18 | 02 | C9 | 01 | ..&...SL..."... |
| OA90 | F0 | 04 | C9 | 02 | F0 | 0C | A5 | 26 | C9 | 01 | F0 | 03 | 20 | CD | F7 | 4C |&..... |
| OAA0 | 79 | 02 | 20 | DA | F7 | 4C | 79 | 02 | A6 | 22 | BD | 19 | 02 | C9 | 01 | F0 | y. ..Ly.."..... |
| OAB0 | 04 | C9 | 02 | F0 | 15 | 20 | E9 | F7 | A5 | 26 | C9 | 01 | F0 | 06 | 20 | 11 |&..... |
| OAC0 | F7 | 20 | CD | F7 | 20 | F2 | F7 | 4C | 79 | 02 | 20 | E9 | F7 | 20 | 11 | F7 |Ly. ... |
| OAD0 | 20 | DA | F7 | 20 | F2 | F7 | 4C | 79 | 02 | A6 | 22 | BD | 1B | 02 | C9 | 01 |Ly..".... |
| OAEO | F0 | 04 | C9 | 02 | F0 | 18 | 20 | E9 | F7 | A5 | 26 | C9 | 01 | F0 | 03 | 20 |&.... |
| OAF0 | CD | F7 | 20 | 45 | F7 | 20 | DA | F7 | 20 | F2 | F7 | 4C | 79 | 02 | 20 | E9 | .. E. ...Ly. |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <B0

| ADDR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | ASCII |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|
| OB00 | F7 | 20 | DA | F7 | 20 | 45 | F7 | 20 | CD | F7 | 20 | F2 | F7 | 4C | 79 | 02 | ... E. ...L |
| OB10 | EA | A9 | 02 | 85 | 34 | A9 | FF | 85 | 35 | A9 | FF | 85 | 36 | C6 | 36 | D0 |4...5...6. |
| OB20 | FC | C6 | 35 | D0 | F4 | C6 | 34 | D0 | EC | 60 | EA | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | ..5...4...`.... |
| OB30 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | ..... |
| OB40 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | ..... |
| OB50 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | ..... |
| OB60 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | ..... |
| OB70 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | ..... |

Q Quit M Modify I Install Changes to Disk or Address to Display: <B8

APENCICE C**GUIA RAPIDA DE PROGRAMACION**

A continuación se proporciona una guía que puede ser utilizada para la programación fácil y rápido el "Control Programable", sin embargo para poder obtener el máximo provecho del equipo conviene conocer más acerca de su operación, programación, requerimientos de instalación y una de los temas más importantes son las consideraciones de operación y programación. Lo que fue explicado ampliamente en el manual del usuario que corresponde al capítulo cinco. Por ello, esta guía esta orientada al usuario que ya estudio con anterioridad este manual.

El cuadro presentado a continuación condensa los aspectos relacionados con la programación del control programable, constituyendo él la guía rápida de programación, ya que se muestra la secuencia proporcionada por el menú de programación, explicando cada instrucción visualizada; así como se define la función de cada una de las teclas dentro del teclado de programación.

La guía rápida de programación se compone por cinco secciones principales, que son:

- a) El Paso.
- b) La Secuencia.

APENDICE C

- c) La Tecla a activar.
- d) El Presentador.
- e) El Comentario.

PASO: Establece la secuencia ordenada que se debe llevar a cabo para programar.

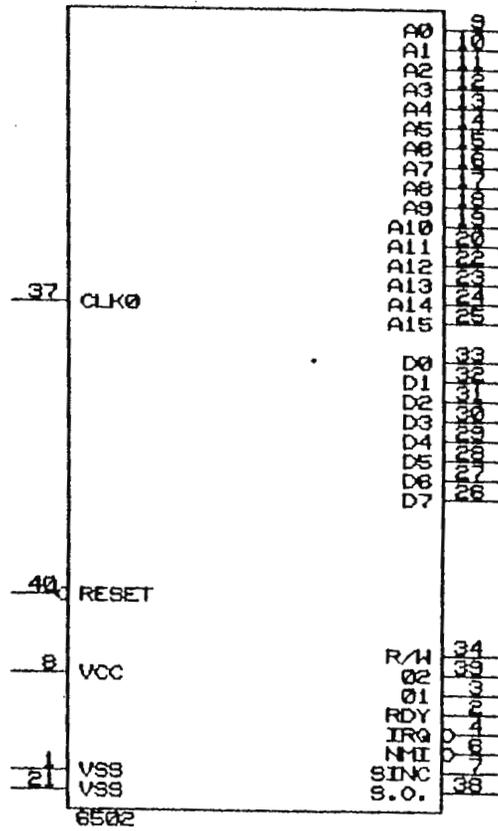
SECUENCIA: Define brevemente el porque el menú retorna al paso indicado.

TECLA A ACTIVAR: Define la tecla que debe ser activada, para ejecutar la instrucción definida en la secuencia.

PRESENTADOR: Define la instrucción observada en los visualizadores, provocada por la tecla activada o la secuencia de programación.

COMENTARIO: Explica la función de la tecla activada y a la vez define la operación de la instrucción visualizada. Así como también, los posibles datos a introducir en la programación.

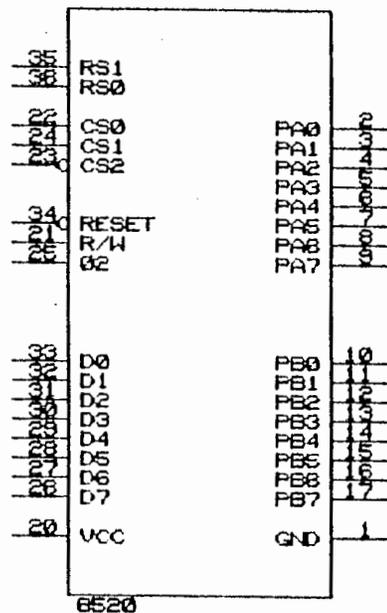
| Paso | Secuencia | Tecla a activar | Presentador | Comentario |
|------|---|-----------------|-------------|---|
| 1 | Desea programar completamente el control progr. | C | CP | Con la activacion de esta tecla se borra completamente el programa que contenia el control programable. |
| 2 | Desea modificar parcialmente el programa anter. | C/S | borIn_ | Indica, seleccione el programa de la entrada que dese borrrar. |
| 3 | Entre al modo de programacion. | E o ^ | CP | Aparece la instruccion SELEn_, si se presiona la tecla "E", e indica se seleccione la entrada a programar; si se desea retornar a la condicion de reposo (CP), se tiene que presionar la tecla "^". |
| | | | SELEn_ | |
| 4 | Programacion de salida | 1,2,3,4,^ | SELSA_ | Indica, seleccione la salida que controlara la entrada que se esta programando o retorne al paso 3 presionando la tecla "^", para selecc. otra entr. |
| 5 | Seleccion de funcion de operacion | 1,2,3,^ | SELOP_ | Indica, seleccione la funcion de operacion que controla la activacion o desactivacion de la salida, si desea retornar al paso 4 presione la tecla "^". |
| 6 | Si selecciono 1 en el paso 5 | 1 o 2 | InOP _ | Indica, seleccione el modo de operacion de la funcion inmediata. |
| 7 | Retorna a programacion de otra salida | 1,2,3,4,^ | SELSA_ | La visualizacion de esta instruccion despues del paso 6, indica, si se desea que la misma entrada controle otra salida si no, presione la tecla "^" para retornar al paso 3, si se desea ejecutar el programa presione "^", para saltar al paso 14. |
| 8 | Si selecciono 2 en el paso 5 | 1 o 2 | CoOP _ | Indica, seleccione el modo de operacion de la funcion contador. |
| 9 | Introducir dato de contador | 01 a 99 | Con _ | Indica, introduzca el valor del contador. |
| 10 | Retorna a programacion de otra salida | 1,2,3,4,^ | SELSA_ | La visualizacion de esta instruccion despues del paso 6, indica, si se desea que la misma entrada controle otra salida si no, presione la tecla "^" para retornar al paso 3, si se desea ejecutar el programa presione "^", para saltar al paso 14. |
| 11 | Si selecciono 3 en el paso 5 | 1 o 2 | rEOP _ | Indica, seleccione el modo de operacion de la funcion retardo. |
| 12 | Introducir dato del retardo | 01 a 99 | rE _ | Indica introduzca el valor de retardo. |
| 13 | Retorna a programacion de otra salida | 1,2,3,4,^ | SELSA_ | La visualizacion de esta instruccion despues del paso 6, indica, si se desea que la misma entrada controle otra salida si no, presione la tecla "^" para retornar al paso 3, si se desea ejecutar el programa presione "^", para saltar al paso 14. |
| 14 | Ejecucion del programa. | R | CP | Al presionar esta tecla el control programable pasa a ejecutar el programa escrito por el usuario. |



CARACTERISTICAS ELECTRICAS

| | |
|------------|------------|
| Ioh | -100µA |
| Voh | Vss + 2.4 |
| Iol | 1.6mA |
| Vol máximo | Vss + 0.4V |
| Vih mínimo | 2V |
| Vil máximo | 0.8V |

| | | | |
|------------------------|-----------------|------------|--------|
| MICROPROCESADOR R6602 | | | |
| Size | Document Number | REV | |
| A | 1 | APENDICE D | 1 |
| Date: October 30, 1982 | | Sheet | 1 of 1 |

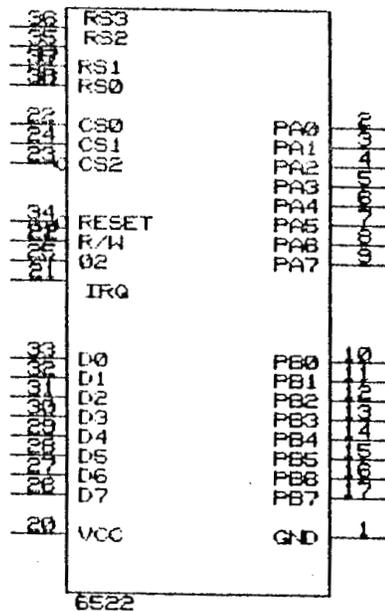


CARACTERISTICAS ELECTRICAS

| | |
|-----------------|-----------------|
| I_{oh} | -100 μ A |
| V_{oh} | $V_{ss} + 2.4$ |
| I_{ol} | 1.6mA |
| V_{ol} máximo | $V_{ss} + 0.4V$ |
| V_{ih} mínimo | 2V |
| V_{il} máximo | 0.8V |

INTERFASE DE ENTRADA/SALIDA, PIA

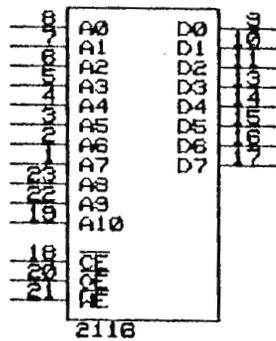
| | | |
|------------|-----------------|-----|
| Size | Document Number | REV |
| A | 1 | 1 |
| APENDICE D | | |



CARACTERISTICAS ELECTRICAS

| | |
|------------|------------|
| Ioh | -100µA |
| Voh | Vss + 2.4 |
| Iol | 1.6mA |
| Vol máximo | Vss + 0.4V |
| Vih mínimo | 2V |
| Vil máximo | 0.8V |

| INTERFASE DE ENTRADA/SALIDA, VIA | | | |
|----------------------------------|-----------------|------------|-----|
| Size | Document Number | | REV |
| A | 1 | APENDICE D | 1 |



CARACTERISTICAS ELECTRICAS

| | |
|----------------|------------|
| Ili máximo | 2 μ A |
| Ilo máximo | 2 μ A |
| Vol máximo | 0.4V |
| Voh mínimo | 2.4V |
| Vih mínimo | 2.2V |
| Vil máximo | 0.8V |
| Icc | 2mA |
| Tiempo de acc. | 120nS |
| Capacidad | 2048 bytes |

| | | | |
|------------------|------------------|------------|-----|
| MEMORIA RAM 2116 | | | |
| Size | Document Number | | REV |
| A | 1 | APENDICE D | 1 |
| Date: | October 30, 1992 | 1 of 1 | |



NMC27C32 32,768-Bit (4096 x 8) UV Erasable CMOS PROM

| Parameter/Order Number | NMC27C32-38 | NMC27C32-45 NMC27C32M-45 |
|------------------------------|-------------|-----------------------------|
| Access Time (ns) | 350 | 450 |
| V _{CC} Power Supply | 5V ± 5% | 5V ± 5% |

General Description

The NMC27C32 is a high speed 32k UV erasable and electrically reprogrammable CMOS EPROM, ideally suited for applications where fast turnaround, pattern experimentation and low power consumption are important requirements.

The NMC27C32 is packaged in a 24-pin dual-in-line package with transparent lid. The transparent lid allows the user to expose the chip to ultraviolet light to erase the bit pattern. A new pattern can then be written into the device by following the programming procedure.

This EPROM is fabricated with the reliable, high volume, time proven, microCMOS silicon gate technology.

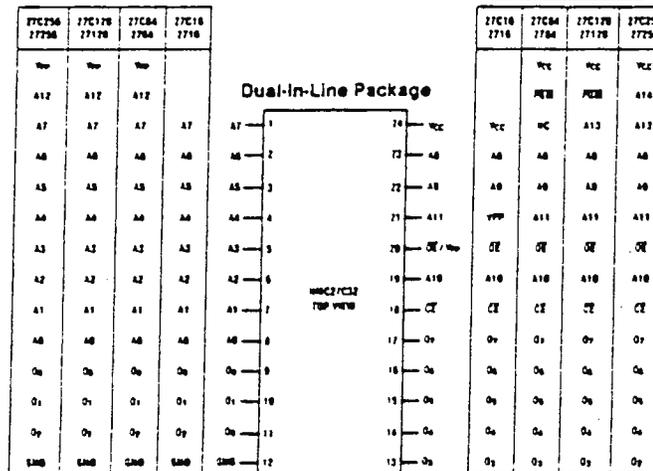
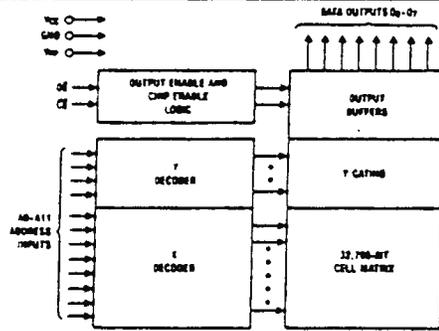
Features

- Access time: 350 ns, 450 ns
- Low CMOS power consumption
 - Active power: 26.25 mW max
 - Standby power: 0.53 mW max (98% savings)
- Performance compatible to NSC800™ CMOS microprocessor
- Single 5V power supply
- Extended temperature range available (NMC27C32E-45), - 40°C to + 85°C, 450 ns ± 5% power supply
- 10 ms programming available (NMC27C32H-45), an 80% time savings
- Pin compatible to NMC2732 and National's higher density EPROMs
- Static — no clocks required
- TTL compatible inputs/outputs
- Two-line control
- TRI-STATE® output

Block and Connection Diagrams

Pin Names

| Pin Name | Function |
|--------------------------------|---------------|
| A0-A14 | Addresses |
| CE | Chip Enable |
| OE | Output Enable |
| O ₀ -O ₇ | Outputs |
| PGM | Program |
| NC | No Connect |



NS Package Number J24A-Q

Note: National's socket compatible EPROM pin configurations are shown in the blocks adjacent to the NMC27C32 pins.

NMC27C32

NMC27C32

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

| | |
|---|---------------------------------|
| Temperature Under Bias | -10°C to +80°C |
| Storage Temperature | -65°C to +125°C |
| All Input Voltages with Respect to Ground | +6.5V to -0.3V |
| All Output Voltages with Respect to Ground | $V_{CC} + 0.3V$ to $GND - 0.3V$ |
| V_{PP} Supply Voltage with Respect to Ground During Programming | +26.5V to -0.3V |
| Power Dissipation | 1.0W |
| Lead Temperature (Soldering, 10 seconds) | 300°C |

Operating Conditions (Note 7)

| | | |
|-----------------------|---|--------------------------------|
| Temperature Range | NMC27C32-35, NMC27C32-45, NMC27C32H-45 NMC27C32E-45 | 0°C to +70°C -40°C to +85°C |
| V_{CC} Power Supply | | 5V ± 5% |

READ OPERATION**DC and Operating Characteristics**

| Symbol | Parameter | Conditions | Min | Typ (Note 2) | Max | Units |
|-------------|---|---|----------------|--------------|--------------|---------|
| I_{L1} | Input Load Current | $V_{IH} = V_{CC}$ or GND | | | 10 | μA |
| I_{L0} | Output Leakage Current | $V_{OUT} = V_{CC}$ or GND, $\overline{CE} = V_{IH}$ | | | 10 | μA |
| I_{CC1} | V_{CC} Current (Active) TTL Inputs | $\overline{OE} = \overline{CE} = V_{IL}$ Inputs = V_{IH} or V_{IL} , $f = 1$ MHz $I/O = 0$ mA | | 2 | 10 | mA |
| I_{CC2} | V_{CC} Current (Active) CMOS Inputs | $\overline{OE} = \overline{CE} = V_{IL}$ Inputs = V_{CC} or GND, $f = 1$ MHz $I/O = 0$ mA | | 1 | 5 | mA |
| I_{CCSB1} | V_{CC} Current (Standby) TTL Inputs | $\overline{CE} = V_{IH}$ | | 0.1 | 1 | mA |
| I_{CCSB2} | V_{CC} Current (Standby) CMOS Inputs | $\overline{CE} = V_{CC}$ | | 0.01 | 0.1 | mA |
| V_{IL} | Input Low Voltage | | -0.1 | | 0.8 | V |
| V_{IH} | Input High Voltage | | 2.0 | | $V_{CC} + 1$ | V |
| V_{OL1} | Output Low Voltage | $I_{OL} = 2.1$ mA | | | 0.45 | V |
| V_{OH1} | Output High Voltage | $I_{OH} = -400$ μA | 2.4 | | | V |
| V_{OL2} | Output Low Voltage | $I_{OL} = 0$ μA | | | 0.1 | V |
| V_{OH2} | Output High Voltage | $I_{OH} = 0$ μA | $V_{CC} - 0.1$ | | | V |

AC Characteristics

| Symbol | Parameter | Conditions | NMC27C32-35 | | NMC27C32E-45 NMC27C32-45 NMC27C32H-45 | | Units |
|-------------------|---|--|-------------|-----|---|-----|-------|
| | | | Min | Max | Min | Max | |
| t_{ACC} | Address to Output Delay | $\overline{CE} = \overline{OE} = V_{IL}$ | | 350 | | 450 | ns |
| t_{CE} | \overline{CE} to Output Delay | $\overline{OE} = V_{IL}$ | | 350 | | 450 | ns |
| t_{OE} | \overline{OE} to Output Delay | $\overline{CE} = V_{IL}$ | | 150 | | 150 | ns |
| t_{DF} | \overline{OE} High to Output Float | $\overline{CE} = V_{IL}$ | 0 | 130 | 0 | 130 | ns |
| t_{OH} (Note 3) | Output Hold from Addresses, \overline{CE} or \overline{OE} , Whichever Occurred First | $\overline{CE} = \overline{OE} = V_{IL}$ | 0 | | 0 | | ns |

APENDICE "D"

NMC27C32

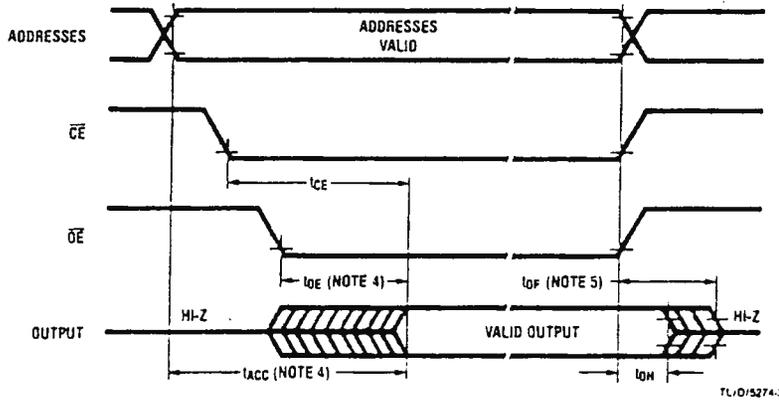
Capacitance (Note 3) ($T_A = +25^\circ\text{C}$, $f = 1\text{ MHz}$)

| Symbol | Parameter | Conditions | Typ | Max | Units |
|-----------|---|-----------------------|-----|-----|-------|
| C_{IN1} | Input Capacitance Except \overline{OE}/V_{PP} | $V_{IN} = 0\text{V}$ | 4 | 6 | pF |
| C_{IN2} | \overline{OE}/V_{PP} Input Capacitance | $V_{IN} = 0\text{V}$ | | 20 | pF |
| C_{OUT} | Output Capacitance | $V_{OUT} = 0\text{V}$ | 8 | 12 | pF |

AC Test Conditions

Output Load 1 TTL Gate and $C_L = 100\text{ pF}$
 Input Rise and Fall Times $\leq 20\text{ ns}$
 Input Pulse Levels 0.45V to 2.4V
 Timing Measurement Reference Level
 Inputs 1V and 2V
 Outputs 0.8V and 2V

AC Waveforms



- Note 1:** Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.
- Note 2:** Typical values are for $T_A = +25^\circ\text{C}$ and nominal supply voltages.
- Note 3:** This parameter is only sampled and is not 100% tested.
- Note 4:** \overline{OE} may be delayed up to $t_{ACC} - t_{OE}$ after the falling edge of \overline{CE} without impacting t_{ACC} .
- Note 5:** The t_{OF} compare level is determined as follows:
 High to TRI-STATE, the measured V_{OH1} (DC) - 0.10V
 Low to TRI-STATE, the measured V_{OL1} (DC) + 0.10V
- Note 6:** TRI-STATE may be attained using \overline{OE} or \overline{CE} .
- Note 7:** The power switching characteristics of EPROMs require careful device decoupling. It is recommended that a 0.1 μF ceramic capacitor be used on every device between V_{CC} and GND.
- Note 8:** The outputs must be restricted to $V_{CC} + 0.3\text{V}$ to avoid latch-up and device damage.

NMC27C32

PROGRAMMING (Note 1)**DC Programming Characteristics** (Notes 2 and 3) ($T_A = +25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 5\%$, $V_{PP} = 25\text{V} \pm 1\text{V}$)

| Symbol | Parameter | Conditions | Min | Typ | Max | Units |
|----------|--|---|------|-----|--------------|---------------|
| I_{LI} | Input Current (All Inputs) | $V_{IN} = V_{CC}$ or GND | | | 10 | μA |
| V_{OL} | Output Low Voltage During Verify | $I_{OL} = 2.1\text{mA}$ | | | 0.45 | V |
| V_{OH} | Output High Voltage During Verify | $I_{OH} = -400\mu\text{A}$ | 2.4 | | | V |
| I_{CC} | V_{CC} Supply Current | | | 2 | 10 | mA |
| V_{IL} | Input Low Level (All Inputs) | | -0.1 | | 0.8 | V |
| V_{IH} | Input High Level (All Inputs Except \overline{OE}/V_{PP}) | | 2.0 | | $V_{CC} + 1$ | V |
| I_{PP} | V_{PP} Supply Current | $\overline{CE} = V_{IL}$, $\overline{OE} = V_{PP}$ | | | 30 | mA |

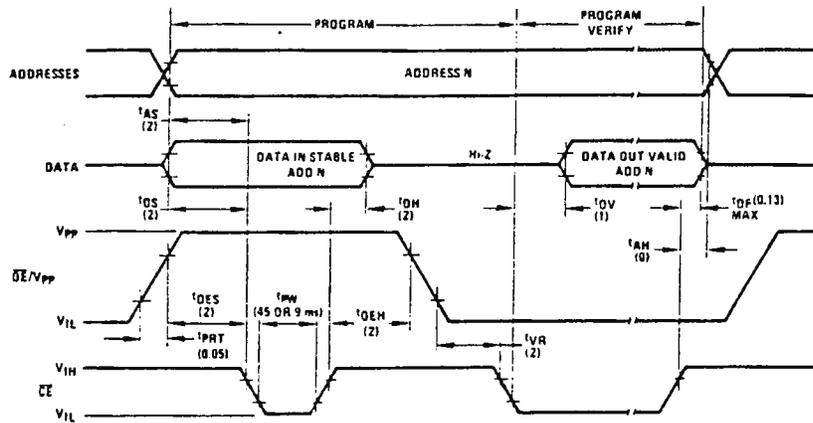
AC Programming Characteristics ($T_A = +25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 5\%$, $V_{PP} = 25\text{V} \pm 1\text{V}$)

| Symbol | Parameter | Conditions | NMC27C32 Devices | | | NMC27C32H-45 | | | Units |
|-----------|--|---|------------------|-----|-----|--------------|-----|-----|---------------|
| | | | Min | Typ | Max | Min | Typ | Max | |
| t_{AS} | Address Set-Up Time | | 2 | | | 2 | | | μs |
| t_{OES} | \overline{OE} Set-Up Time | | 2 | | | 2 | | | μs |
| t_{DS} | Data Set-Up Time | | 2 | | | 2 | | | μs |
| t_{AH} | Address Hold Time | | 0 | | | 0 | | | μs |
| t_{OEH} | \overline{OE} Hold Time | | 2 | | | 2 | | | μs |
| t_{DH} | Data Hold Time | | | | | 2 | | | μs |
| t_{DF} | Chip Enable to Output Float Delay | | 0 | | 130 | 0 | | 130 | ns |
| t_{DV} | Data Valid from \overline{CE} | $\overline{CE} = V_{IL}$, $\overline{OE} = V_{IL}$ | | | 1 | | | 1 | μs |
| t_{PW} | \overline{CE} Pulse Width During Programming | | 45 | 50 | 55 | 9 | 10 | 11 | ms |
| t_{PRT} | \overline{OE} Pulse Rise Time During Programming | | 50 | | | 50 | | | ns |
| t_{VR} | V_{PP} Recovery Time | | 2 | | | 2 | | | μs |

AC Test Conditions

| | |
|------------------------------------|----------------------------|
| V_{CC} | $5\text{V} \pm 5\%$ |
| V_{PP} | $25\text{V} \pm 1\text{V}$ |
| Input Rise and Fall Times | $\leq 20\text{ns}$ |
| Input Pulse Levels | 0.45V to 2.4V |
| Timing Measurement Reference Level | |
| Inputs | 1V and 2V |
| Outputs | 0.8V and 2V |

Programming Waveforms (Note 3)



TL/D/5274.4

Note: All times shown in parentheses are minimum and in μs unless otherwise specified. The input timing reference level is 1V for a V_{IL} and 2V for a V_{IH} .

Note 1: National's standard product warranty applies only to devices programmed to specifications described herein.

Note 2: V_{CC} must be applied simultaneously or before V_{pp} and removed simultaneously or after V_{pp} . The NMC27C32 must not be inserted into or removed from a board with V_{pp} at $25V \pm 1V$ to prevent damage to the device.

Note 3: The maximum allowable voltage which may be applied to the V_{pp} pin during programming is 26V. Care must be taken when switching the V_{pp} supply to prevent overshoot exceeding this 26V maximum specification. A $0.1 \mu F$ capacitor is required across V_{pp} , V_{CC} to GND to suppress spurious voltage transients which may damage the device.

ECG[®]

Semiconductors

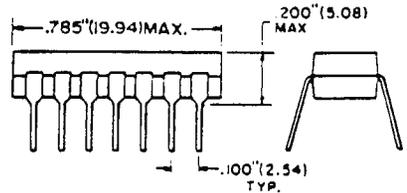
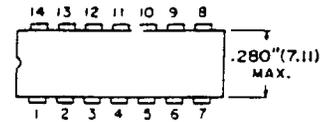
ECG7404, 74H04, 74LS04, 74S04

Hex Inverter

Max Ratings/Operating Conditions

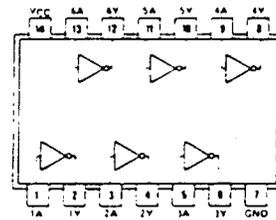
| RATINGS | 74LS SERIES | | | | UNITS |
|--|--------------|------------|--------------|----------------|-------|
| | 74 SERIES | 74H SERIES | DIODE INPUTS | EMITTER INPUTS | |
| Maximum Allowable Supply Voltage | 7 | 7 | 7 | 7 | V |
| Guaranteed Operating Supply Voltage Range | 4.75 to 5.25 | | | | V |
| Maximum Input Voltage | 5.5 | 5.5 | 7 | 5.5 | V |
| Maximum Voltage to Open Collector Outputs* | 7 | 7 | 7 | 7 | V |
| Operating Free Air Temperature Range | 0 to -70 | | | | C |
| Storage Temperature Range | -65 to +150 | | | | C |

* Except for selected high voltage types as specified in electrical tables



Supply Currents

| DEVICE ECG74 | I _{CC} H (mA) Total With Outputs High | | I _{CC} L (mA) Total With Outputs Low | |
|--------------|---|-----|--|-----|
| | TYP | MAX | TYP | MAX |
| 04 | 6 | 12 | 18 | 33 |
| H04 | 16 | 26 | 40 | 58 |
| LS04 | 1.2 | 2.4 | 3.6 | 6.6 |
| S04 | 15 | 24 | 30 | 54 |



Switching Characteristics at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C

| DEVICE ECG74 | CONDITIONS | t _{PLH} (ns) Propagation Delay Time, Low-To-High Level Output | | | t _{PHL} (ns) Propagation Delay Time, High-To-Low Level Output | | |
|--------------|---|--|---|-----|--|-----|-----|
| | | MIN | TYP | MAX | MIN | TYP | MAX |
| | | 04 | C _L = 15 pF, R _L = 400Ω | | 12 | 22 | 8 | 15 |
| H04 | C _L = 25 pF, R _L = 280Ω | | 6 | 10 | 6.5 | 10 | |
| LS04 | C _L = 15 pF, R _L = 2 kΩ | | 9 | 15 | 10 | 15 | |
| S04 | C _L = 15 pF, R _L = 280Ω | 2 | 3 | 4.5 | 2 | 3 | 5 |

Electrical Characteristics over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted).

| PARAMETER | | CONDITIONS | | ECG74 | | | | | | | | | | | | UNITS |
|-----------|--|--|-----------------|-----------|--------|-----|-----|--------|-----|------|--------|-----|------|--------|-----|---------|
| | | | | 04 | | | H04 | | | LS04 | | | S04 | | | |
| | | | | MIN | TYP(1) | MAX | MIN | TYP(1) | MAX | MIN | TYP(1) | MAX | MIN | TYP(1) | MAX | |
| V_{IH} | High Level Input Voltage | | | 2 | | | 2 | | | 2 | | | 2 | | | V |
| V_{IL} | Low Level Input Voltage | | | 0.8 | | | 0.8 | | | 0.8 | | | 0.8 | | | V |
| V_I | Input Clamp Voltage | $V_{CC} - Min$ | $I_I = 8 mA$ | | | | 1.5 | | | | | | | | | V |
| | | | $I_I = 12 mA$ | 1.5 | | | | | | | | | | | | |
| | | | $I_I = 18 mA$ | | | | | | | -1.5 | | | -1.2 | | | |
| I_{OH} | High Level Output Current | | | 400 | | | 500 | | | 400 | | | 1000 | | | μA |
| V_{OH} | High Level Output Voltage | $V_{CC} - Min, V_{IL} - Max$ $I_{OH} - Max$ | | 2.4 | 3.4 | | 2.4 | 3.5 | | 2.7 | 3.4 | | 2.7 | 3.4 | | V |
| I_{OL} | Low Level Output Current | | | 16 | | | 20 | | | 4 | | | N/A | | | mA |
| | | | | 16 | | | 20 | | | 8 | | | 20 | | | |
| V_{OL} | Low Level Output Voltage | $V_{CC} - Min$ $V_{OH} - 2V$ | $I_{OL} - Max$ | 0.2 | 0.4 | | 0.2 | 0.4 | | 0.35 | 0.5 | | 0.5 | | | V |
| | | | $I_{OL} = 4 mA$ | | | | | | | 0.4 | | | | | | |
| I_I | Input Current at Maximum Input Voltage | $V_{CC} - Max$ | | 1 | | | 1 | | | 0.1 | | | 1 | | | mA |
| I_{IH} | High Level Input Current | $V_{CC} - Max$ | | 40 | | | 50 | | | | | | | | | μA |
| | | $V_I = 2.7V$ | | | | | | | | 20 | | | 50 | | | |
| I_{IL} | Low Level Input Current | $V_{CC} - Max$ | | | | | | | | | | | | | | mA |
| | | $V_I = 0.3V$ | | | | | | | | | | | | | | |
| | | $V_I = 0.4V$ | | 1.6 | | | 2 | | | 0.36 | | | | | | |
| I_{OS} | Short Circuit Output Current | $V_{CC} - Max(2)$ | | 18 | 55 | | 40 | 100 | | 30 | 130 | | 40 | 100 | | mA |
| I_{CC} | Supply Current | $V_{CC} - Max$ | | See Table | | | | | | | | | | | | |

Notes

(1) All typical values are at $V_{CC} = 5V, T_A = 25^\circ C$.

(2) Not more than one output should be shorted at a time, and for ECG74H, ECG74LS and ECG74S, duration of a short circuit should not exceed one second.

ECG7404, 74H04, 74LS04, 74S04

ECG[®] Semiconductors

ECG7409, 74S09, 74LS15 74S15

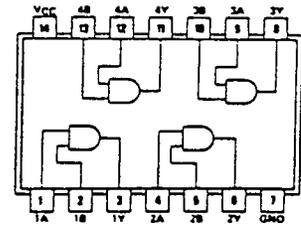
AND Gate with Open Collector Output

Max Ratings/Operating Conditions

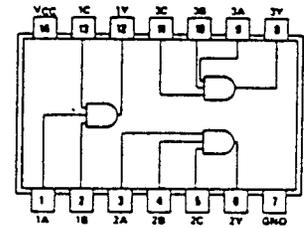
| RATINGS | 74 SERIES | 74H SERIES | 74LS SERIES | | 74S SERIES | UNITS |
|--|--------------|---------------|-----------------|-------------------|---------------|-------|
| | | | DIODE INPUTS | EMITTER INPUTS | | |
| Maximum Allowable Supply Voltage | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | V |
| Guaranteed Operating Supply Voltage Range | 4.75 to 5.25 | | | | | V |
| Maximum Input Voltage | 5.5 | 5.5 | 7 | 5.5 | 5.5 | V |
| Maximum Voltage to Open-Collector Outputs* | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | V |
| Operating Free-Air Temperature Range | 0 to +70 | | | | | °C |
| Storage Temperature Range | -65 to +150 | | | | | °C |

* Except for selected high voltage types, as specified in electrical tables.

ECG7409, ECG74S09-Quad 2-Input



ECG74S15, ECG74LS15-Triple 3-Input

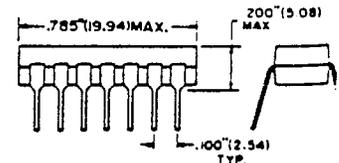
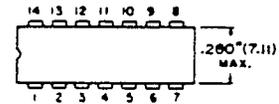


Supply Currents

| DEVICE | I _{CC} H (mA) Total With Outputs High | | I _{CC} L (mA) Total With Outputs Low | |
|--------|---|------|--|-----|
| | TYP | MAX | TYP | MAX |
| | 09 | 11 | 21 | 20 | 33 |
| LS15 | 1.8 | 3.6 | 3.3 | 6.6 |
| S15 | 10.5 | 19.5 | 24 | 42 |
| S09 | 18 | 32 | 32 | 57 |

Switching Characteristics at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C

| DEVICE | CONDITIONS | t _{PLH} (ns) Propagation Delay Time, Low-To-High Level Output | | | t _{PHL} (ns) Propagation Delay Time, High-To-Low Level Output | | |
|--------|---|--|---|-----|--|-----|-----|
| | | MIN | TYP | MAX | MIN | TYP | MAX |
| | | 09 | C _L = 15 pF R _L = 400Ω | | 21 | 32 |  | 16 | 24 |
| LS15 | C _L = 15 pF R _L = 2 kΩ | | 20 | 35 | | 20 | 35 |
| S15 | C _L = 15 pF R _L = 280Ω | 2.5 | 5.5 | 8.5 | 2.5 | 6 | 9 |
| | C _L = 50 pF R _L = 280Ω | | 8.5 | 13 | | 8 | 12 |
| S09 | C _L = 15 pF R _L = 280Ω | | 6.5 | 10 | | 6.5 | 10 |
| | C _L = 50 pF R _L = 280Ω | | 9 | | | 9 | |



Electrical Characteristics over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

| PARAMETER | | CONDITIONS | | ECG74 | | | ECG74 | | | ECG74 | | | UNITS | |
|-----------|--|---|-------------------------|--|--------|-----|------------|--------|-----|----------|--------|-----|---------------|---------------|
| | | | | 09 | | | LS09, LS15 | | | S09, S15 | | | | |
| | | | | MIN | TYP(1) | MAX | MIN | TYP(1) | MAX | MIN | TYP(1) | MAX | | |
| V_{IH} | High Level Input Voltage | | | 2 | | | 2 | | | 2 | | | V | |
| V_{IL} | Low Level Input Voltage | | | 0.8 | | | 0.8 | | | 0.8 | | | V | |
| V_I | Input Clamp Voltage | $V_{CC} = \text{Min}$ | $I_I = -12 \text{ mA}$ | -1.5 | | | | | | | | | V | |
| | | | $I_I = -18 \text{ mA}$ | | | | -1.5 | | | -1.2 | | | | |
| I_{OH} | High Level Output Current | $V_{CC} = \text{Min}, V_{IH} = 2V, V_{OH} = 5.5V$ | | 250 | | | 100 | | | 250 | | | μA | |
| V_{OH} | High Level Output Voltage | | | 5.5 | | | 5.5 | | | 5.5 | | | V | |
| I_{OL} | Low Level Output Current | | | 16 | | | 8 | | | 20 | | | mA | |
| V_{OL} | Low Level Output Voltage | $V_{CC} = \text{Min}$ $V_{IL} = \text{Max}$ | $I_{OL} = \text{Max}$ | 0.2 | | 0.4 | | 0.35 | | 0.5 | | 0.5 | | V |
| | | | $I_{OL} = 4 \text{ mA}$ | | | | | 0.4 | | | | | | |
| I_I | Input Current at Maximum Input Voltage | $V_{CC} = \text{Max}$ | | $V_I = 5.5V$ $V_I = 7V$ | | 1 | | | | 1 | | mA | | |
| I_{IH} | High Level Input Current | $V_{CC} = \text{Max}$ | | $V_I = 2.4V$ $V_I = 2.7V$ | | 40 | | | | 20 | | 50 | | μA |
| | | | | $V_I = 0.3V$ $V_I = 0.4V$ $V_I = 0.5V$ | | | | -1.6 | | -0.36 | | | | mA |
| I_{CC} | Supply Current | $V_{CC} = \text{Max}$ | | See Table | | | | | | | | | | |

Notes

(1) All typical values are at $V_{CC} = 5V, T_A = 25^\circ\text{C}$.

ECG7409, 74S09, 74LS15

ECG[®] Semiconductors

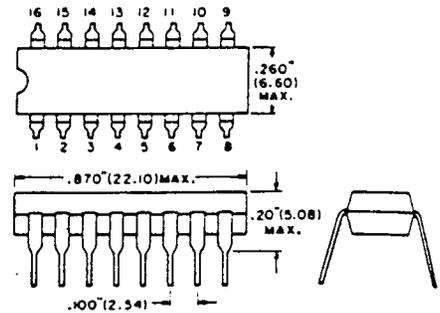
ECG74LS366A, 74LS367, 74LS368

Hex Buffer, 3-STATE

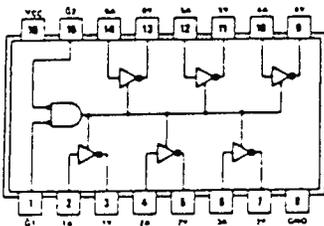
Max Ratings/Operating Conditions

| RATINGS | 74 SERIES | 74H SERIES | 74LS SERIES | | 74S SERIES | UNITS |
|--|--------------|------------|--------------|----------------|------------|-------|
| | | | DIODE INPUTS | EMITTER INPUTS | | |
| Maximum Allowable Supply Voltage | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | V |
| Guaranteed Operating Supply Voltage Range | 4.75 to 5.25 | | | | | V |
| Maximum Input Voltage | 5.5 | 5.5 | 7 | 5.5 | 5.5 | V |
| Maximum Voltage to Open Collector Outputs* | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | V |
| Operating Free-Air Temperature Range | 0 to +70 | | | | | °C |
| Storage Temperature Range | -65 to +150 | | | | | °C |

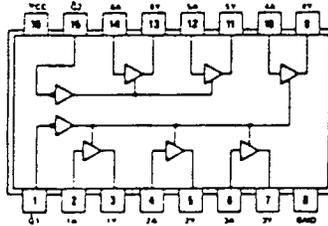
*Except for selected high-voltage types as specified on electrical tables.



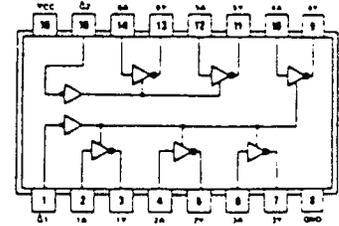
LS366A-Hex, 3-State Inverter/Buffer, with Common 2-Input NOR Enable



LS367-Hex, 3-State Buffer with Separate 2-Bit and 4-Bit Sections



LS368-Hex, 3-Input Inverter/Buffer with Separate 2-Bit and 4-Bit Sections



Switching Characteristics at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C

| PARAMETER | | CONDITIONS | ECG74 | | UNITS | | |
|------------------|--|---|-------|---------------|-------|-----|----|
| | | | | | | | |
| | | | LS367 | LS366A, LS368 | | | |
| | | | TYP | MAX | TYP | MAX | |
| t _{PLH} | Propagation Delay Time, Low-to-High Level Output | C _L = 15 pF, R _L = 2 kΩ | 16 | 17 | 16 | 17 | ns |
| t _{PHL} | Propagation Delay Time, High-to-Low Level Output | | 22 | 16 | 22 | 16 | ns |
| t _{ZH} | Output Enable Time to High Level | | 35 | 35 | 35 | 35 | ns |
| t _{ZL} | Output Enable Time to Low Level | | 37 | 37 | 37 | 37 | ns |
| t _{HZ} | Output Disable Time From High Level | C _L = 5 pF, R _L = 2 kΩ | 11 | 11 | 11 | 11 | ns |
| t _{LZ} | Output Disable Time From Low Level | | 27 | 27 | 27 | 27 | ns |

Notes

- (1) All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
- (2) Not more than one output should be shorted at a time, and duration of short circuit should not exceed one second.

Electrical Characteristics over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted).

| PARAMETER | | CONDITIONS | | ECG74 | | | UNITS |
|---------------------|---|---|--|------------------------|--------|------|-------|
| | | | | LS366A LS367, LS368 | | | |
| | | | | MIN | TYP(1) | MAX | |
| V _{IH} | High Level Input Voltage | | | | 2 | | V |
| V _{IL} | Low Level Input Voltage | | | | | 0.8 | V |
| V _I | Input Clamp Voltage | V _{CC} = Min | I _I = -12 mA | | | | V |
| | | | I _I = -18 mA | | | -1.5 | |
| I _{OH} | High Level Output Current | | | | | -2.6 | mA |
| V _{OH} | High Level Output Voltage | V _{CC} = Min, V _{IH} = 2V V _{IL} = Max, I _{OH} = Max | | | 2.4 | 3.1 | V |
| I _{OL} | Low Level Output Current | | | | | 16 | mA |
| V _{OL} | Low Level Output Voltage | V _{CC} = Min V _{IH} = 2V V _{IL} = Max | I _{OL} = 8 mA | | | 0.4 | V |
| | | | I _{OL} = 16 mA | | | 0.5 | |
| | | | I _{OL} = 32 mA | | | | |
| I _{O(OFF)} | Off State (High Impedance State) Output Current | V _{CC} = Max V _{IH} = 2V | V _O = 0.4V | | | -20 | μA |
| | | | V _O = 2.4V | | | | |
| | | | V _O = 2.7V | | | 20 | |
| I _I | Input Current at Maximum Input Voltage | V _{CC} = Max | V _I = 5.5V | | | | mA |
| | | | V _I = 7.0V | | | 0.1 | |
| I _{IH} | High Level Input Current | V _{CC} = Max | V _I = 2.4V | | | | μA |
| | | | V _I = 2.7V | | | 20 | |
| I _{IL} | Low Level Input Current | V _{CC} = Max | V _I = 0.5V, Both \bar{G} Inputs at 2V | | | -20 | μA |
| | | | V _I = 0.4V, Both \bar{G} Inputs at 0.4V | | | -0.4 | mA |
| | | | V _I = 0.4V | | | -0.4 | mA |
| I _{OS} | Short Circuit Output Current | V _{CC} = Max(2) | | | -30 | -130 | mA |
| I _{CC} | Supply Current | V _{CC} = Max | LS367 | | 22 | 28 | mA |
| | | | LS366A, LS368 | | 20 | 26 | |

ECG74LS366A, 74LS367

ECG[®] Semiconductors

ECG74LS138, 74S138, 74LS139

Decoders/Demultiplexers

These Schottky-clamped circuits are designed to be used in high-performance memory-decoding or data-routing applications, requiring very short propagation delay times. In high-performance memory systems these decoders can be used to minimize the effects of system decoding. When used with high-speed memories, the delay times of these decoders are usually less than the typical access time of the memory. This means that the effective system delay introduced by the decoder is negligible.

The LS138 and S138 decode one-of-eight lines, based upon the conditions at the three binary select inputs and the three enable inputs. Two active-low and one active-high enable inputs reduce the need for external gates or inverters when expanding. A 24-line decoder can be implemented with no external inverts, and a 32-line decoder requires only one inverter. An enable input can be used as a data input for demultiplexing applications.

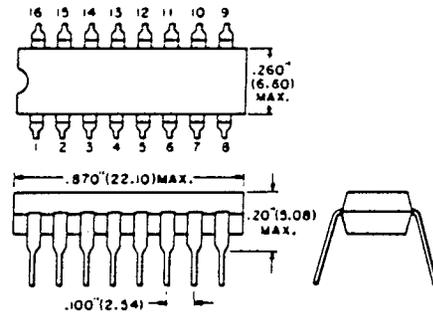
The LS139 comprises two separate two-line-to-four-line decoders in a single package. The active-low enable input can be used as a data line in demultiplexing applications.

All of these decoders/demultiplexers feature fully buffered inputs, presenting only one normalized load to its driving circuit. All inputs are clamped with high-performance Schottky diodes to suppress line-ringing and simplify system design.

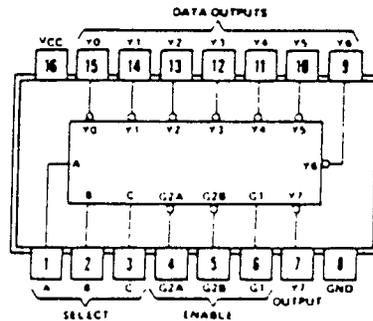
Features

- Designed specifically for high-speed:
 - Memory decoders
 - Data transmission systems
- S138 and LS138 3 to-8-line decoders incorporate 3 enable inputs to simplify cascading and/or data reception
- LS139 contains two fully independent 2-to-4-line decoders/demultiplexers
- Schottky clamped for high performance

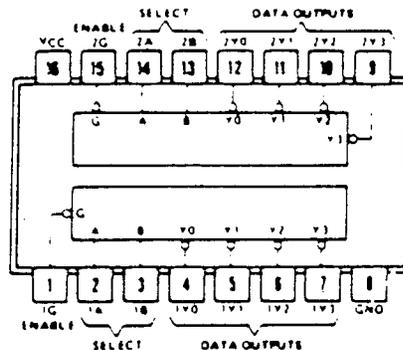
| TYPE | TYPICAL PROPAGATION DELAY (3 LEVELS OF LOGIC) | TYPICAL POWER DISSIPATION |
|-------|---|---------------------------|
| LS138 | 21 ns | 32 mW |
| S138 | 8 ns | 245 mW |
| LS139 | 21 ns | 34 mW |



ECG74LS138, ECG74S138 — Dual 1-of-8



ECG74LS139 — Dual 1-of-4



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

| PARAMETER | CONDITIONS | ECG74 LS138, LS139 | | | ECG74 S138 | | | UNITS | |
|-----------|--|---|--------------------------|-------------------------|---------------|--------|------|---------------|----|
| | | MIN | TYP(1) | MAX | MIN | TYP(1) | MAX | | |
| | | V_{IH} | High Level Input Voltage | 2 | | | 2 |  |  | V |
| V_{IL} | Low Level Input Voltage | 0.8 | | | 0.8 | | | V | |
| V_i | Input Clamp Voltage | $V_{CC} = \text{Min}, I_i = -18 \text{ mA}$ | | | | | | | |
| I_{OH} | High Level Output Current | -400 | | | -1000 | | | μA | |
| V_{OH} | High Level Output Voltage | $V_{CC} = \text{Min}, V_{IH} = 2\text{V}$ $V_{IL} = \text{Max}, I_{OH} = \text{Max}$ | | | | | | | |
| I_{OL} | Low Level Output Current | 8 | | | 20 | | | mA | |
| V_{OL} | Low Level Output Voltage | $V_{CC} = \text{Min}, V_{IH} = 2\text{V}$ $V_{IL} = \text{Max}$ | | $I_{OL} = \text{Max}$ | | 0.5 | | V | |
| | | | | $I_{OL} = 4 \text{ mA}$ | | 0.4 | | | |
| I_i | Input Current at Maximum Input Voltage | $V_{CC} = \text{Max}$ | $V_i = 5.5\text{V}$ | | 1 | | mA | | |
| | | | $V_i = 7\text{V}$ | | 0.1 | | | | |
| I_{IH} | High Level Input Current | $V_{CC} = \text{Max}$ | $V_i = 2.7\text{V}$ | | 20 | | 50 | μA | |
| I_{IL} | Low Level Input Current | $V_{CC} = \text{Max}$ | $V_i = 0.4\text{V}$ | | 0.36 | | mA | | |
| | | | $V_i = 0.5\text{V}$ | | -2 | | | | |
| I_{OS} | Short Circuit Output Current | $V_{CC} = \text{Max}(2)$ | | | | | | | |
| I_{CC} | Supply Current | $V_{CC} = \text{Max}$ Outputs Enabled and Open | LS138, S138 | | 6.3 | | 10 | | mA |
| | | | LS139 | | 6.8 | | 11 | | |
| | | | | | 40 | | -100 | mA | |

Notes

- (1) All typical values are at $V_{CC} = 5\text{V}, T_A = 25^\circ\text{C}$.
- (2) Not more than one output should be shorted at a time, and duration of short circuit should not exceed one second.

ECG74LS138, 74S138, 74LS139

Switching Characteristics $V_{CC} = 5V, T_A = 25^\circ C$

| PARAMETER | | FROM (INPUT) | TO (OUTPUT) | LEVELS OF DELAY | CONDITIONS | ECG74 | | | ECG74 | | | CONDITIONS | ECG74 | | | UNITS | |
|-----------|--|---------------|-------------|-----------------|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|------------|-------|-----|-----|-------|----|
| | | | | | | LS138 | | | LS139 | | | | S138 | | | | |
| | | | | | | MIN | TYP | MAX | MIN | TYP | MAX | | MIN | TYP | MAX | | |
| t_{PLH} | Propagation Delay Time, Low to High Level Output | Binary Select | Any | 2 | $C_L = 15 \text{ pF}$ $R_L = 2 \text{ k}\Omega$ | $C_L = 15 \text{ pF}$ $R_L = 280\Omega$ | | | 13 | 20 | 13 | 20 | | 4 | 5 | 7 | ns |
| t_{PHL} | Propagation Delay Time, High to Low Level Output | | | | | | | | 27 | 41 | 22 | 33 | | 7 | 10 | 5 | ns |
| t_{PLH} | Propagation Delay Time, Low to High Level Output | | | 3 | | | | | 18 | 27 | 18 | 29 | | 7 | 5 | 12 | ns |
| t_{PHL} | Propagation Delay Time, High to Low Level Output | | | | | | | | 26 | 39 | 25 | 38 | | 8 | 12 | ns | |
| t_{PLH} | Propagation Delay Time, Low to High Level Output | Enable | Any | 2 | | | | | 12 | 18 | 16 | 24 | | 5 | 8 | ns | |
| t_{PHL} | Propagation Delay Time, High to Low Level Output | | | | | | | | 21 | 32 | 21 | 32 | | 7 | 11 | ns | |
| t_{PLH} | Propagation Delay Time, Low to High Level Output | | | 3 | | | | | 17 | 26 | N/A | 7 | | 11 | ns | | |
| t_{PHL} | Propagation Delay Time, High to Low Level Output | | | | | | | | 25 | 38 | N/A | 7 | | 11 | ns | | |

Max Ratings/Operating Conditions

| RATINGS | 74 SERIES | 74H SERIES | 74LS SERIES | | 74S SERIES | UNITS |
|--|--------------|------------|--------------|----------------|------------|-------|
| | | | DIODE INPUTS | EMITTER INPUTS | | |
| Maximum Allowable Supply Voltage | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | V |
| Guaranteed Operating Supply Voltage Range | 4.75 to 5.25 | | | | | V |
| Maximum Input Voltage | 5.5 | 5.5 | 7 | 5.5 | 5.5 | V |
| Maximum Voltage to Open-Collector Outputs* | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | V |
| Operating Free Air Temperature Range | 0 to +70 | | | | | °C |
| Storage Temperature Range | -65 to +150 | | | | | °C |

*Except for selected high voltage types, as specified in electrical tables.

EC374LS138, 74S138, 74LS139

APENDICE "D"

TEMPORIZADOR NE555

CIRCUITOS INTEGRADOS LINEALES

DESCRIPCIÓN

El circuito temporizador NE/SE 555 monolítico es un controlador altamente estable capaz de producir retardos exactos de tiempo, u oscilaciones. Se proporcionan terminales adicionales para disparo o restablecido si se desea. En el modo de operación de retardo de tiempo, se controla con precisión mediante un resistor y un capacitor externos. Para operación estable como oscilador, la frecuencia de oscilación libre y el ciclo de circuito se controlan con exactitud con dos resistores y un capacitor externos. El circuito puede dispararse y restablecerse en formas de onda descendentes, y la estructura de la salida puede ser fuente o drenador hasta 200 mA o impulsar circuitos TTL.

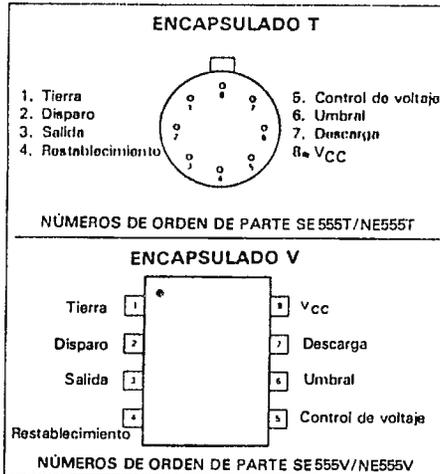
CARACTERÍSTICAS

- TEMPORIZADO DESDE MICROSEGUNDOS HASTA HORAS
- OPERA TANTO EN MODO ASTABLE COMO MONOESTABLE
- CICLO DE TRABAJO AJUSTABLE
- LA CORRIENTE ALTA DE SALIDA PUEDE SER FUENTE O DRENADOR DE 200 mA
- LA SALIDA PUEDE IMPULSAR CIRCUITOS TTL
- ESTABILIDAD DE TEMPERATURA DE 0.005% POR °C
- SALIDA NORMALMENTE ENCENDIDA Y NORMALMENTE APAGADA

APLICACIONES

- TEMPORIZADOR DE PRECISIÓN
- GENERACIÓN DE PULSO
- TEMPORIZADO SECUENCIAL
- GENERACIÓN DE RETARDO DE TIEMPO
- MODULACIÓN DE ANCHO DE PULSO
- MODULACIÓN DE POSICIÓN DE PULSO
- DETECTOR DE PULSO PERDIDO

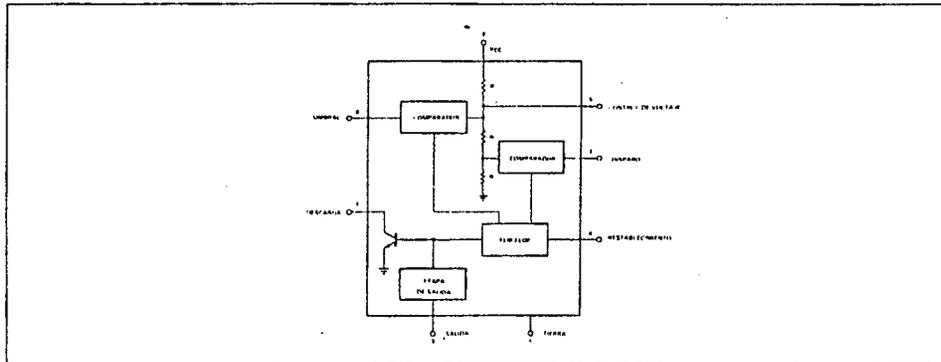
CONFIGURACIONES DE CLAVIJAS (Vista superior)



TASAS MÁXIMAS ABSOLUTAS

| | |
|--|----------------|
| Voltaje de suministro | +18V |
| Disipación de potencia | 600 mW |
| Amplitud de temperatura de operación | |
| NE555 | 0°C a +70°C |
| SE555 | -55°C a +125°C |
| Amplitud de temperatura de almacenamiento | -65°C a +150°C |
| Temperatura en terminal (Soldadura, 60 segundos) | +300°C |

DIAGRAMA DE BLOQUE



APENDICE "D"

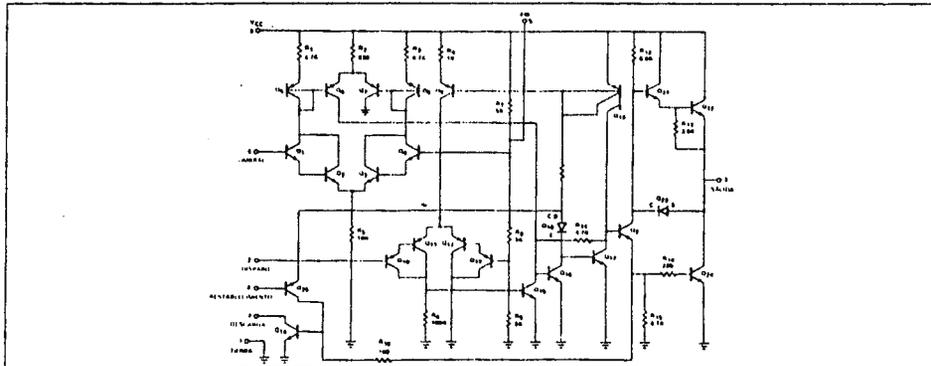
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +5\text{V}$ a $+15$ a menos que se especifique otra cosa

| PARÁMETRO | CONDICIONES DE PRUEBA | SE 555 | | | NE 555 | | | UNIDADES |
|-------------------------------------|--|------------|--------------------------|--------------------|------------|--------------------------|-------------------|-----------------------|
| | | MÍN | TIP. | MÁX | MÍN | TIP. | MÁX | |
| Voltaje de suministro | | 4.5 | | 18 | 4.5 | | 16 | V |
| Corriente de suministro | $V_{CC} = 5\text{V}$ $R_L = \infty$ $V_{CC} = 15\text{V}$ $R_L = \infty$ Estado bajo Nota 1 | | 3 10 | 5 12 | | 3 10 | 6 15 | mA mA |
| Error de tiempo (Monoestable) | $R_A, R_B = 1\text{K}\Omega$ a $100\text{K}\Omega$ $C = 0.1\ \mu\text{F}$ Nota 2 | | 0.5 | 2 | | 1 | | % |
| Exactitud inicial | | | 30 | 100 | | 50 | | ppm/ $^\circ\text{C}$ |
| Variación con temperatura | | | 0.05 | 0.2 | | 0.1 | | %/Volt |
| Variación con voltaje de suministro | | | 2/3 | | | 2/3 | | $\times V_{CC}$ |
| Voltaje de umbral | | | | | | | | V |
| Voltaje de disparo | $V_{CC} = 15\text{V}$ | 4.8 | 5 | 5.2 | | 5 | | V |
| Error de tiempo (Astable) | $V_{CC} = 5\text{V}$ | 1.45 | 1.67 | 1.9 | | 1.67 | | V |
| Corriente de disparo | | | 0.5 | | | 0.5 | | μA |
| Voltaje de restablecimiento | | 0.4 | 0.7 | 1.0 | 0.4 | 0.7 | 1.0 | V |
| Corriente de restablecimiento | | | 0.1 | | | 0.1 | | mA |
| Corriente de umbral | Nota 3 | | 0.1 | .25 | | 0.1 | .25 | μA |
| Control de nivel de voltaje | $V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$ $V_{CC} = 15\text{V}$ | 9.6 2.9 | 10 3.33 | 10.4 3.8 | 9.0 2.6 | 10 3.33 | 11 4 | V V |
| Voltaje de salida (bajo) | $I_{\text{Drenaje}} = 10\text{mA}$ $I_{\text{Drenaje}} = 50\text{mA}$ $I_{\text{Drenaje}} = 100\text{mA}$ $I_{\text{Drenaje}} = 200\text{mA}$ $V_{CC} = 5\text{V}$ $I_{\text{Drenaje}} = 8\text{mA}$ $I_{\text{Drenaje}} = 5\text{mA}$ | | 0.1 0.4 2.0 2.5 | 0.15 0.5 2.2 | | 0.1 0.4 2.0 2.5 | .25 .75 2.5 | V V V V |
| Caída del voltaje de salida (bajo) | $I_{\text{Fuente}} = 200\text{mA}$ $V_{CC} = 15\text{V}$ $I_{\text{Fuente}} = 5$ $V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$ | | 12.5 | | | 12.5 | | V V V |
| Tiempo de respuesta de la salida | | 13.0 | 13.3 | | 12.75 | 13.3 | | V |
| Tiempo de caída de la salida | | 3.0 | 3.3 | | 2.75 | 3.3 | | V |
| | | | 100 | | | 100 | | nsec |
| | | | 100 | | | 100 | | nsec |

NOTAS

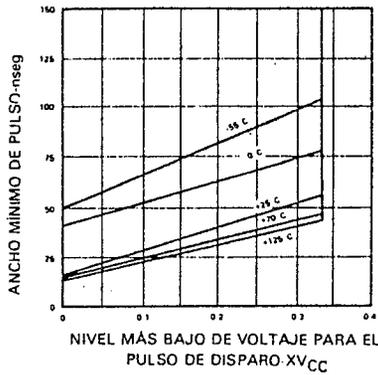
1. Corriente de suministro cuando la salida es alta en forma típica 1mA menos.
2. Probado a $V_{CC} = 5\text{V}$ y $V_{CC} = 15\text{V}$
3. Esto determinará el valor máximo de $R_A + R_B$. Para operación a 15V, la resistencia máxima total $R = 20$ megohm.

CIRCUITO EQUIVALENTE (Se muestra sólo un lado)

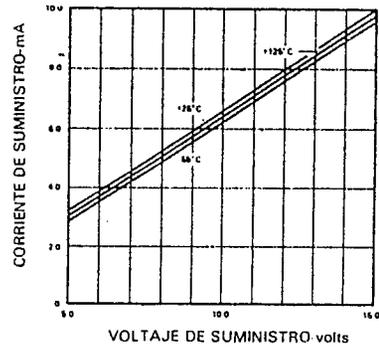


CARACTERÍSTICAS TÍPICAS

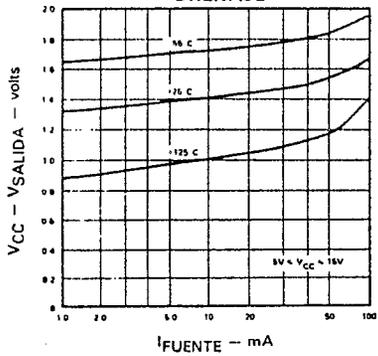
ANCHO MÍNIMO DE PULSO REQUERIDO PARA DISPARO



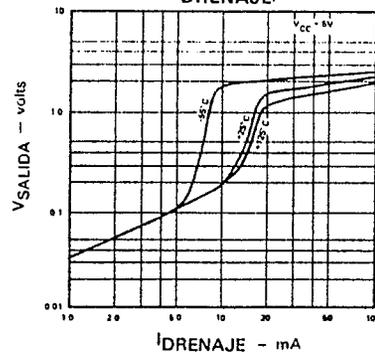
CORRIENTE DE SUMINISTRO COMPARADA CON EL VOLTAJE DE SUMINISTRO



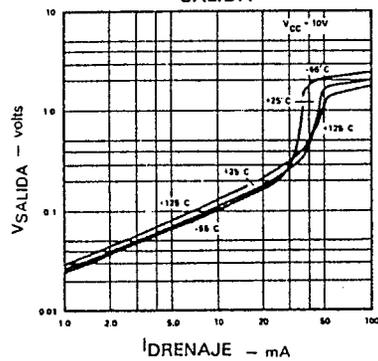
VOLTAJE BAJO DE SALIDA COMPARADO CON LA CORRIENTE DE SALIDA DE DRENAJE



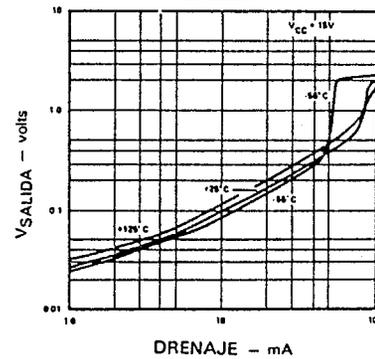
VOLTAJE BAJO DE SALIDA COMPARADO CON LA CORRIENTE DE SALIDA DE DRENAJE



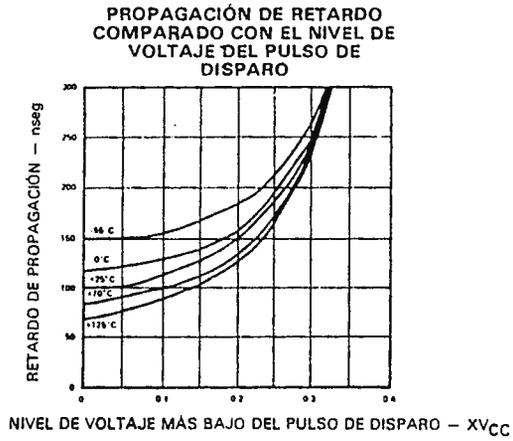
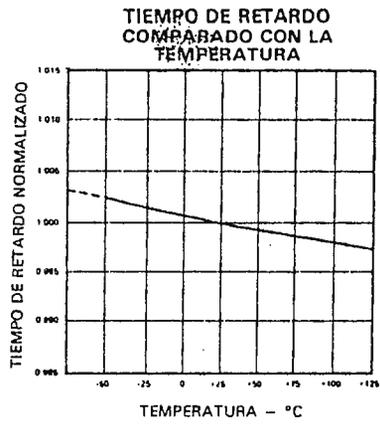
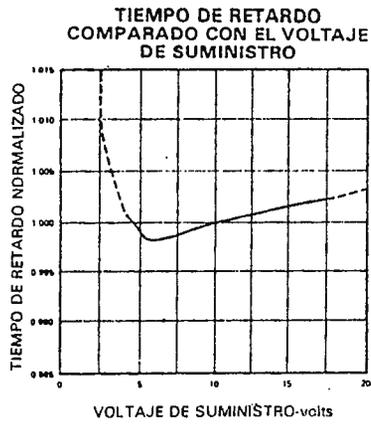
VOLTAJE ALTO DE SALIDA COMPARADO CON LA CORRIENTE DE LA FUENTE DE SALIDA



VOLTAJE BAJO DE SALIDA COMPARADO CON LA CORRIENTE DE SUMIDERO DE SALIDA



CARACTERÍSTICAS TÍPICAS (Continuación)



BIBLIOGRAFIA

1 - Westinghouse Electric Corporation, SYSTEMS MANUAL PC-1100, MICRO PROGRAMMABLE CONTROLLER.

Impreso en U.S.A, 1983.

2 - Gould Inc, USER'S MANUAL, MICRO 84 PROGRAMMABLE CONTROLLER.

Impreso en U.S.A., 1984.

3 - Siemens, MANUAL DEL USUARIO DEL AUTOMATA PROGRAMABLE SIMATIC S5-100U.

Editor e Impresor: Siemens A.G, 2° edición, 1988.

4 - Berger Hans, LA PROGRAMACION DEL APARATO DE AUTOMATIZACION SIMATIC S5-115U.

Editor e Impresor: Siemens A.G, 2° edición, 1987.

5 - Rockwell International Corporation, HARDWARE MANUAL R6502.

Impreso en U.S.A, 1978.

6 - Rockwell International Corporation, PROGRAMMING MANUAL R6500.

Impreso en U.S.A, 1979.

- 7 - Leo J. Scanlon, 6502 SOFTWARE DESIGN.
Impreso en U.S.A, 1980.
- 8 - Rodney Zaks, PROGRAMACION DEL R6502.
Editorial Marcombo, Barcelona 1986.
- 9 - Ronald J. Tocci, SISTEMAS DIGITALES
Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A, Mexico, 3°
edición 1988.
- 10 - Robert F. Coughlin y Frederick F. Driscoll, CIRCUITOS
INTEGRADOS LINEALES Y AMPLIFICADORES OPERACIONALES.
Editorial Prentice Hall, Hispanoamericana S.A. Mexico, 2°
edición 1987.
- 11 - Texas Instruments, TTL DATA BOOK.
Impreso en U.S.A, 1988.
- 12 - National Semiconductor Corporation, MOS MEMORY DATA
BOOK.
Impreso en U.S.A, 1984.
- 13 - ECG SEMICONDUCTOR MASTER REPLACEMENT GUIDE.
Impreso en U.S.A, 1986.