

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA



CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN CONTROL Y COMPUTACION

PRESENTA

JOSE GPE. CAÑAMAR REYNOSA

ASESOR:

ING. DAVID CAVADA HERNANDEZ

MONTERREY, N. L.

ENERO DE 1997

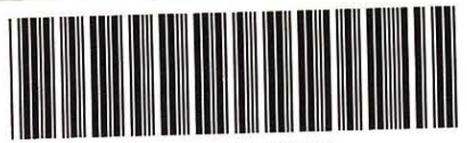
T

TJ223

.P76

C34

C.1



1080087020

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN CONTROL Y COMPUTACION

PRESENTA

JOSE GPE. CAÑAMAR REYNOSA

ASESOR:

ING. DAVID CAVADA HERNANDEZ

MONTERREY, N. L.

ENERO DE 1997

T
TJ 223
. P 76
C 34



CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES

CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES

Proyecto con opción a título

José Guadalupe Cañamar Reynosa

Mat. 681111

A mis padres...

Gracias, por el apoyo moral y económico que me brindaron para llegar al término de mis estudios profesionales.

Prólogo

Las empresas de todas partes del mundo enfrentan, actualmente, un gran desafío: competir en un mercado mundial donde la producción debe ser no sólo de calidad, sino eficiente y rápida.

Para poder lograr este nivel de competitividad es necesario mirar hacia las herramientas de automatización, que implementadas adecuadamente pueden cubrir una amplia gama de funciones orientadas al aumento de la productividad y calidad.

Una de las herramientas mayormente utilizadas para la automatización, son los Controladores Lógicos Programables o PLC's, que desde la década de los 60's han evolucionado gradualmente, hasta llegar ahora a contribuir enormemente a la automatización, siendo utilizados en todos los ramos de la industria.

CONTENIDO

I. INTRODUCCION.....	7
1. ANTECEDENTES HISTORICOS	7
2. SITUACION ACTUAL	7
3. DEFINICION DE UN CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE.....	7
4. OTROS TIPOS DE CONTROLES.....	7
5. VENTAJAS.....	8
6. SISTEMAS DE CONTROL.....	8
7. ESTRUCTURA DE UN PLC.....	8
8. DISPOSITIVOS DE ENTRADA Y DE SALIDA.....	10
9. APLICACIONES TIPICAS	11
10. BITS, BYTES Y REGISTROS.....	11
11. SISTEMAS NUMERICOS.....	12
<i>EL SISTEMA DECIMAL</i>	12
<i>EL SISTEMA BINARIO:</i>	12
<i>EL SISTEMA OCTAL:</i>	13
<i>EL SISTEMA HEXADECIMAL:</i>	14
<i>CODIGO BCD</i>	14
<i>CODIGO ASCII (American Standard Code for Information Interchange, Código Americano Standard para intercambio de información)</i>	14
II. PROCESADOR, FUENTE DEL SISTEMA Y DISPOSITIVOS DE PROGRAMACION.....	15
1. INTRODUCCION	15
2. PROCESADORES.....	16
3. BARRIDO DEL PROCESADOR.....	16
4. SUBSISTEMAS, DETECCION DE ERROR, DIAGNOSTICO DEL CPU.....	17
<i>DETECCION DE ERROR</i>	17
<i>DIAGNOSTICO DEL CPU</i>	17
5. FUENTE DEL SISTEMA.....	18
<i>VOLTAJE DE ENTRADA</i>	18
<i>CONSIDERACIONES DE CARGA</i>	18
6. DISPOSITIVOS DE PROGRAMACION.....	19
<i>TUBOS DE RAYOS CATODICOS (CRT's)</i>	19
<i>MINIPROGRAMADORES</i>	19
<i>COMPUTADORAS PERSONALES</i>	19
III. SISTEMAS DE MEMORIA E INTERACCION DE I/O	20
1. MEMORIA.....	20
<i>SECCIONES DE MEMORIA</i>	20
2. ESTRUCTURA Y CAPACIDAD DE MEMORIA	21
<i>CAPACIDAD Y UTILIZACION DE LA MEMORIA</i>	21
3. ORGANIZACION DE MEMORIA E INTERACCION DE I/O.....	23
<i>MEMORIA DE APLICACION</i>	24
<i>MEMORIA DE TABLA DEL AREA DE DATOS</i>	25
4. CONSIDERACIONES DE MEMORIA	27
IV. SISTEMA DE I/O DISCRETAS.....	28
1. INTRODUCCION	28
2. MAPEO Y RACKS DE I/O	28
<i>RACKS DE I/O Y TABLA DE MAPEO DE I/O</i>	29
3. SISTEMAS DE I/O REMOTAS	30
4. ENTRADAS DISCRETAS	31
<i>ENTRADAS CA/CD</i>	31
<i>ENTRADAS DE CD (SINK/SOURCE)</i>	33

<i>ENTRADAS DE CA/CD AISLADAS</i>	33
<i>ENTRADAS TTL</i>	33
<i>ENTRADAS DE REGISTRO O BCD</i>	34
5. SALIDAS DISCRETAS	35
<i>SALIDAS DE CA</i>	35
<i>SALIDAS DE CD (SINK/SOURCE)</i>	36
<i>SALIDAS AISLADAS DE CA/CD</i>	37
<i>SALIDAS TTL</i>	37
<i>SALIDAS DE REGISTRO O BCD</i>	38
V. SISTEMAS DE I/O ANALOGICAS	39
1. INTRODUCCION	39
2. ENTRADAS ANALOGICAS	39
3. REPRESENTACION DE ENTRADAS ANALOGICAS	39
4. MANEJO DE ENTRADA DE DATOS ANALOGICOS	40
5. CONEXION DE ENTRADAS ANALOGICAS	41
6. SALIDAS ANALOGICAS	42
7. REPRESENTACION DE DATOS DE SALIDA ANALOGICOS	42
8. MANEJO DE DATOS DE SALIDA ANALOGICOS	43
9. CONEXIONES DE SALIDAS ANALOGICAS	45
VI. PROGRAMACION	46
1. INTRODUCCION	46
2. FORMATO BASICO DEL DIAGRAMA ESCALERA	46
3. CONCEPTO DE FLUJO DE ENERGÍA	46
4. TIPOS DE INSTRUCCIONES	47
5. FUNCIONES DE LOS ELEMENTOS DE PROGRAMACION	47
6. USO ILIMITADO DE LAS REFERENCIAS	48
7. SIGNIFICADO DE LAS REFERENCIAS	48
8. SIGNIFICADO DE LAS REFERENCIAS DE I/O	48
PROYECTO ACCESO DIGITAL	50
DESCRIPCION	51
MATERIAL UTILIZADO	51
FUNCIONAMIENTO	51
DIAGRAMA ESCALERA Y CODIFICACION	52
<i>CONSIDERACIONES DE FUNCIONAMIENTO</i>	52
CONCLUSION	55

I. INTRODUCCION

1. ANTECEDENTES HISTORICOS

El gran desarrollo industrial y el acelerado crecimiento en la producción, trajo como consecuencia el problema de control de calidad, la solución a éste problema es tratar de tener un control sobre el sistema, con esto el surgimiento de control por relevación.

Por otro lado se desarrollaban las computadoras las cuales generaban grandes soluciones administrativas y de ahí se desarrolló la inquietud de crear un dispositivo de estado sólido con características de computadora que resista el ambiente industrial (PLC).

Los PLC fueron introducidos a principios de los setenta, resultado de una idea básica de General Motors, como remplazo para tableros alambrados con relevadores electromecánicos. La industria automotriz, sujeta a fuertes cambios de diseño en su producto cada año tenía que dedicar un considerable tiempo a realamburar sus tableros para modificar las secuencias de control, por lo que el equipo PLC fue aceptado de inmediato.

2. SITUACION ACTUAL

Actualmente los PLC son la herramienta estándar de la industria, para la automatización y control de sus procesos. Desde sus inicios, los PLC han estado fuertemente orientados hacia el llamado control secuencial, que comprende solamente el prender o apagar dispositivos (ON/OFF), bajo cierta secuencia de operación programada. Sin embargo, los modernos PLC son capaces también de efectuar control regulatorio de lazo cerrado con retroalimentación, control en varios ejes, etc., entrando en el campo del CNC y el DCS.

3. DEFINICION DE UN CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

Dispositivo de estado sólido que resiste el ambiente industrial capaz de controlar un sistema, ya sea por sí solo o en conjunto con otros PLC'S.

El controlador lógico programable, es conocido con las siglas "PLC", debido a su nombre en inglés "Programmable Logic Controller". Aunque las siglas PLC son marca registrada para uso exclusivo de Allen-Bradley Co., es de uso común para todas las marcas.

4. OTROS TIPOS DE CONTROLES

CNC (Computerized Numerica Control, Control Numérico Computarizado) - Equipo de control orientado a control de movimiento en ejes, para aplicaciones de corte y maquinado de piezas, común en tornos, fresadores, para la fabricación de moldes maquinadas. Ejemplo de ellos son los equipos Toshiba, Allen-Bradley, y FANUC.

DCS (Distributed Control System, Sistema de Control Distribuido). Equipo de alto costo y sofisticación, orientado a controles regulatorios de lazo cerrado con retroalimentación, encontrado en procesos de gran tamaño, como hornos cementeros y plantas químicas. Ejemplo de ellos son el TDC3000 de Honeywell, y el equipo Foxboro.

5. VENTAJAS

El diseño conceptual del PLC exigía lo siguiente:

- * Precio competitivo con sistema de relevación existentes.
- * Capaz de operar en ambiente industrial.
- * Interfaces de entrada y salida fácilmente intercambiables.
- * Diseño en forma modular, para fácil reemplazo o reparación.
- * Capacidad de pasar datos recolectados a un sistema central.
- * Método de programación simple.
- * Flexibilidad
- * Expansión
- * Uso Timers y Contadores
- * Operaciones matemáticas
- * Control de señales analógicas
- * Módulos inteligentes
- * Comunicación entre PLC<->PLC SISTEMAS<->PLC.

6. SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control básicamente consisten de tres secciones:

1. **ENTRADA**, que toma la información de los dispositivos de entrada.
2. **LOGICA**, que procesa la información recolectada por la sección de entrada, para determinar que función de salida debe ser activada, y
3. **SALIDA**, que activa los dispositivos correspondientes de salida, que efectúan alguna acción de control.

7. ESTRUCTURA DE UN PLC

Un PLC está formado de cinco componentes básicos, a saber:

1. **PROCESADOR** - Es el cerebro del sistema, toma decisiones, procesa, almacena y transfiere información.
2. **ENTRADAS** - Grupo de módulos electrónicos que están directamente alambradas a los dispositivos que generan información de entrada, como pueden ser interruptores de nivel, microswitches, botones, selectores.

3. **SALIDAS** - Grupo de módulos electrónicos que están directamente alambradas a los dispositivos de salida, como pueden ser lámparas piloto, electroválvulas, servoválvulas , servomotores.
 - **Nota:** Los módulos de interface de entrada y salida, generalmente comparten un chasis común, por lo que se agrupan en un solo conjunto y se les considera como la SECCION DE I/O (del inglés Input/Output, o sea Entrada/Salida).
4. **FUENTE DE PODER** - Convierte el voltaje que proporciona el usuario (corriente alterna en la mayoría directa de los casos), a los niveles de corriente directa que requieren los circuitos electrónicos del procesador, y las secciones de I/O.

- 5. PROGRAMADOR** - Permite crear o modificar un programa de escalera existente en el PLC. Recientemente, estos programadores son computadoras personales compatibles con IBM.

8. DISPOSITIVOS DE ENTRADA Y DE SALIDA

Entre los dispositivos de salida controlados por los PLC se encuentran:

- 1 Encendido/Apagado (ON/OFF)
 - Solenoides
 - Arrancadores de Motor
 - Lámparas indicadoras
 - indicadores "Displays"
- 2 Analógicos (variables)
 - Válvulas de control (transductores)
 - Controladores de Motor de c.d. (Drives)
 - Medición (Metering)

Entre los dispositivos de entrada monitoreados por los PLC se encuentran:

1. Encendido/Apagado (ON/OFF)
 - Interruptores:
 - Límite
 - Selectores
 - Botón de pulsador
 - Presión
 - Flujo
 - Proximidad
 - Interruptor Mecánico (thumbwheel).
2. Analógicos (variables)
 - Termoacopladores
 - Transductores que convierten:
 - Temperatura
 - Presión
 - Flujo
 - Nivel
 - Velocidad
 - Posición.

9. APLICACIONES TÍPICAS

1. **Manufactura:**
 - Máquinas de transferencia/indexado.
 - Máquinas ensambladoras.
 - Máquinas de prueba.
 - Trituradoras.
 - Perforación.
 - Transportadores.
 - Soldadoras.
 - Pintura.
 - Vaciado por inyección y soplado.
 - Vaciado de metales.
2. **Petroquímica:**
 - Proceso batch (por lotes)
 - Pesado
 - Mezclas
 - Manejo de materiales
3. **Maquinas, herramientas y transporte.**
 - Soldadura robot
 - Pintura
 - Formación de superficies de vuelo
 - Posicionamiento
 - Secuencia de máquinas
4. **Alimentos**
 - Procesamiento
 - Mezclas
 - Pesado
 - Elaboración de cerveza

10. BITS, BYTES Y REGISTROS

En la memoria de un PLC o una computadora, un BIT (Binary Digit) es el mínimo elemento de datos posible (algo así como un átomo en el sentido de información de computación), y puede tener dos valores posibles: cero o uno.

Los bits, en grupos de ocho, forman lo que se llama un BYTE.

Un REGISTRO (conocido también como PALABRA), está compuesto de dos bytes.

Dentro de un PLC, pueden encontrarse los datos en un registro, en formato binario, y pueden convertirse a decimal como se indicará posteriormente.

11. SISTEMAS NUMERICOS

En general, los PLC's trabajan con números binarios en una forma o en otra, para representar cantidades.

Los sistemas que se encuentran frecuentemente en los PLC's son:

- DECIMAL.
- BINARIO.
- OCTAL.
- HEXADECIMAL.

EL SISTEMA DECIMAL

Tiene como base el número 10, puede utilizar los números 0 al 9. Cada uno de los dígitos toma un valor representado por 10 elevado a una potencia, empezando por cero; así

10 a la cero = 1
 10 a la una = 10
 10 a la dos = $10 \times 10 = 100$
 10 a la tres = $10 \times 10 \times 10 = 1000$
 10 a la cuatro = $10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10000$
 etc.

Quedando:

$$\begin{array}{r} 10^4 \quad 10^3 \quad 10^2 \quad 10^1 \quad 10^0 \\ \hline 3 \quad 9 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 3 \times 10^4 = 30000 \\ 9 \times 10^3 = 9000 \\ 1 \times 10^2 = 100 \\ 1 \times 10^1 = 10 \\ 0 \times 10^0 = 0 \end{array}$$

 39110

EL SISTEMA BINARIO:

Tiene como base el número 2, solamente puede utilizar los números 0 o 1. Para convertirse a decimal, cada uno de los dígitos toma un valor representado por 2 elevado a una potencia, empezando por cero; así:

$$\begin{array}{l} 2 \text{ a la cero} = 1 \\ 2 \text{ a la una} = 2 \\ 2 \text{ a la dos} = 2 \times 2 = 4 \\ 2 \text{ a la tres} = 2 \times 2 \times 2 = 8 \\ 2 \text{ a la cuatro} = 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 16 \end{array}$$

Quedando:

$$\begin{array}{r} 2^6 \quad 2^5 \quad 2^4 \quad 2^3 \quad 2^2 \quad 2^1 \quad 2^0 \\ \hline 0 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \end{array}$$

$$\begin{aligned} 0 \times 2^6 &= 0 \\ 0 \times 2^5 &= 0 \\ 1 \times 2^4 &= 16 \\ 0 \times 2^3 &= 0 \\ 1 \times 2^2 &= 4 \\ 1 \times 2^1 &= 2 \\ 0 \times 2^0 &= 0 \end{aligned}$$

22 EN SISTEMA DECIMAL

EL SISTEMA OCTAL:

Tiene como base el número 8, solamente puede utilizar los números 1,2,3,4,5,6,7. Para convertirse a decimal, cada uno de los dígitos toma un valor representado por 8 elevado a una potencia, empezando por cero; así:

$$\begin{aligned} 8 \text{ a la cero} &= 1 \\ 8 \text{ a la una} &= 8 \\ 8 \text{ a la dos} &= 8 \times 8 = 64 \\ 8 \text{ a la tres} &= 8 \times 8 \times 8 = 512 \\ 8 \text{ a la cuatro} &= 8 \times 8 \times 8 \times 8 = 4096 \end{aligned}$$

Quedando:

$$\begin{array}{r} 8^4 \quad 8^3 \quad 8^2 \quad 8^1 \quad 8^0 \\ \hline 2 \quad 0 \quad 2 \quad 0 \quad 5 \end{array}$$

$$\begin{aligned} 2 \times 8^4 &= 8192 \\ 0 \times 8^3 &= 0 \\ 2 \times 8^2 &= 128 \\ 0 \times 8^1 &= 0 \\ 5 \times 8^0 &= 5 \end{aligned}$$

8325 EN SISTEMA DECIMAL

EL SISTEMA HEXADECIMAL:

Tiene como base el número 16, puede utilizar los números 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F. Para convertirse a decimal, cada uno de los dígitos toma un valor representado por 16 elevado a una potencia, empezando por cero; así

- 16 a la cero = 1
- 16 a la una = 16
- 16 a la dos = 16 x 16 = 641
- 16 a la tres = 16 x 16 x 16 = 512
- 16 a la cuatro = 16 x 16 x 16 x 16 = n4096

Quedando:

$$\frac{16^4}{1} \frac{16^3}{3} \frac{16^2}{F} \frac{16^1}{0} \frac{16^0}{1}$$

(La letra A vale 10, B vale 11, etc.)

- 1 x 16⁴ = 65536
- 2 x 16³ = 12288
- F x 16² = 3840
- 0 x 16¹ = 0
- 1 x 16⁰ = 1

81665 EN SISTEMA DECIMAL

CODIGO BCD

También pueden encontrarse en formato BCD (Binary-Coded- Decimal), (Decimal Codificado en binario) Bajo esta forma, se usan 4 bits para representar un dígito. Ejemplo:

$$\frac{1001}{9} \frac{0001}{1} \frac{0101}{5} \frac{0010}{2} = 9152$$

CODIGO ASCII (American Standard Code for Information Interchange, Código Americano Standard para intercambio de información)

Se utiliza para representar letras mayúsculas, minúsculas, y números

Ejemplo:

- Letra A 0 1 1 0 0 1 0 1
- Número 2 0 0 1 1 0 0 1 0

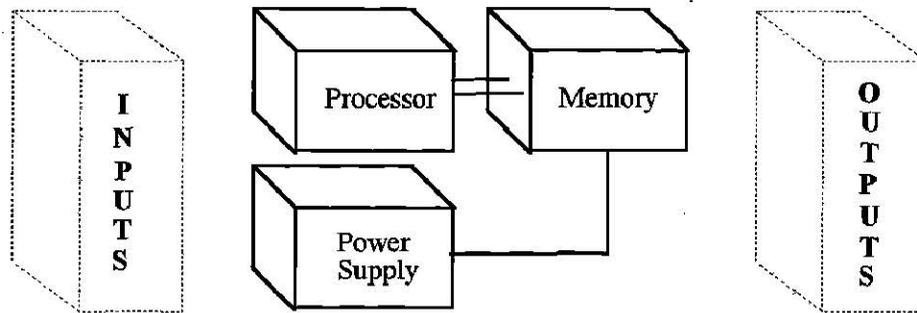
II. PROCESADOR, FUENTE DEL SISTEMA Y DISPOSITIVOS DE PROGRAMACION

1. INTRODUCCION

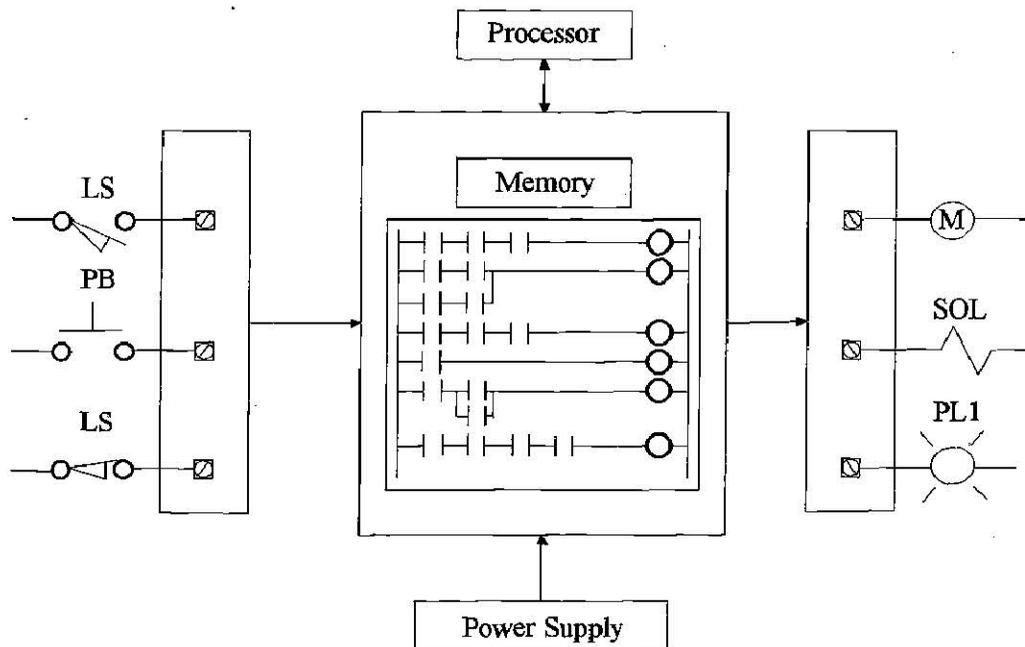
El CPU es indudablemente la parte mas importante del PLC. Los tres componentes que forman el CPU son:

- El procesador
- La memoria
- La fuente

La figura a continuación muestra un diagrama simplificado del CPU, En general la arquitectura del CPU difiere de un fabricante a otro pero la mayoría presentan estos tres componentes.



El término CPU frecuentemente se intercambia por procesador, sin embargo, el término CPU encierra todos los elementos necesarios para formar la inteligencia del sistema. Hay una interacción funcional definida del CPU con los demás componentes. La figura siguiente muestra la interacción entre el CPU y sus componentes básicos. El procesador ejecuta el programa almacenado en la memoria en forma de diagrama escalera, mientras que la fuente proporciona los voltajes necesarios para la operación apropiada de todos los componentes.



2. PROCESADORES

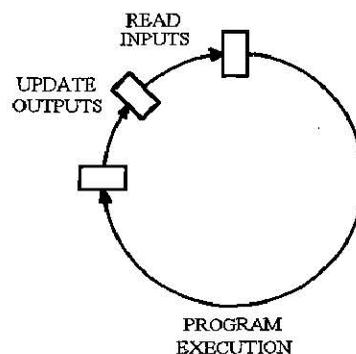
La inteligencia de los controladores actuales está formada por microprocesadores, los cuales ejecutan todas las operaciones matemáticas, manejo de datos y rutinas de diagnóstico que no son posibles de llevarse a cabo con relevadores.

La principal función del procesador es comandar y gobernar las actividades del sistema completo, las cuales realiza interpretando y ejecutando una colección programas conocido como ejecutivo y que está permanentemente almacenado ya que es una parte del mismo controlador.

El PLC puede tener mas de un procesador (o micro) para ejecutar las tareas y/o comunicaciones del sistema. La razón básica de este arreglo es la velocidad de operación que se puede alcanzar. Este tipo de configuración es conocida como multiprocesamiento.

3. BARRIDO DEL PROCESADOR

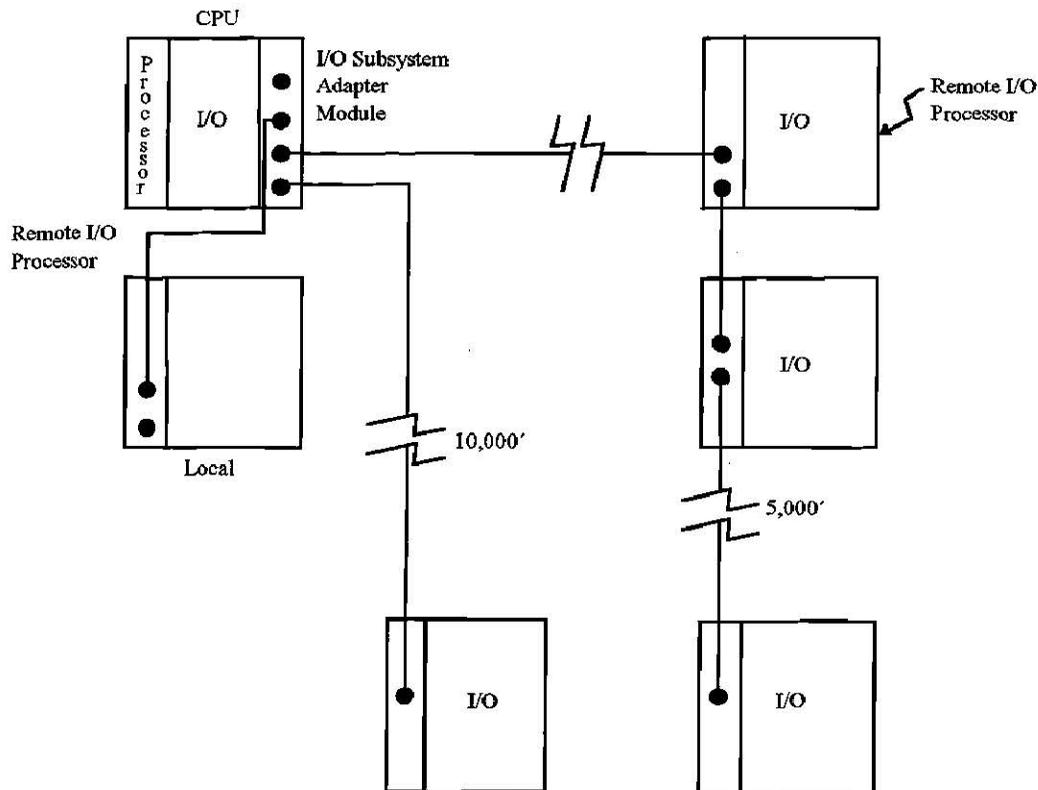
La función básica del controlador programable es leer todos los dispositivos de entrada y ejecutar el programa, el cual de acuerdo a la lógica programada, ajustará los dispositivos de salida a ON u OFF. Este último suceso ocurre en dos pasos. Cuando el procesador ejecuta el programa, cambiará cada una de sus bobinas de salida internas que se han programado a ON y OFF. La energización o desenergización de estas bobinas internas no ajustará, en este instante, los dispositivos de salida ON y OFF. Cuando el procesador haya terminado de evaluar el programa, cambiará sus bobinas internas a ON y OFF, este realizará una actualización de los módulos de interface de salida, ajustando por lo tanto los dispositivos conectados a cada terminal del módulo a ON o a OFF. Este proceso de lectura de entradas, ejecución del programa y actualización de las salidas es conocido como scan (Barrido). L Fig. 4-3 muestra la representación gráfica del scan.



El tiempo que tarda el PLC para implementar el scan se le conoce como tiempo de scan. Este tiempo está compuesto por el tiempo del scan del programa y el tiempo de actualización de I/O. Este tiempo depende de la cantidad de memoria del programa y el tipo de instrucción usada en el programa. Generalmente este tiempo se especifica en base a la cantidad de memoria programada de la aplicación, ejemplo: 10mseg/1k de memoria programada. Este tiempo es afectado por otros factores, subsistemas remotos de I/O, monitoreo del programa son algunos ejemplos.

4. SUBSISTEMAS, DETECCION DE ERROR, DIAGNOSTICO DEL CPU

El procesador del PLC constantemente se comunica con subsistemas locales y remotos a los que también se les llama racks. Estos subsistemas se conectan a interfaces I/O a los dispositivos de campo localizados cerca del CPU o en alguna localización remota. La Fig. 4-4 muestra una configuración típica del PLC.



La razón de transmisión de datos es a muy alta velocidad, pero varía dependiendo del controlador usado. La forma del dato también varía, pero normalmente es un formato binario compuesto de un número fijo de bits datos (estatus I/O), bits de inicio y paro y códigos de detección de error.

DETECCION DE ERROR

El procesador usa técnicas de detección de error para monitorear el estatus funcional de la memoria, enlaces de comunicación entre subsistemas y periféricos, y a su propia operación. Las técnicas de detección de error más comunes son paridad y checksum.

DIAGNOSTICO DEL CPU

El procesador es responsable de detectar fallas en la comunicación así como otras fallas que sean encontradas en la operación del sistema. Diagnósticos típicos incluyen memoria OK, procesador OK, batería OK. Dependiendo del controlador, pueden estar disponibles otros conjuntos de diagnóstico del CPU.

5. FUENTE DEL SISTEMA

La fuente tiene la función de suministrar voltaje bien regulado y protección a otros componentes del sistema.

VOLTAJE DE ENTRADA

El requerimiento más común de voltaje de entrada es de 120 VCA o 220 VCA, aunque pocos controladores aceptarán 24VCD.

Puesto que es normal que las industrias tengan fluctuaciones de voltaje y frecuencia en la línea, el PLC tiene una especificación importante para que la fuente tolere una variación del 10 al 15 % de condiciones de línea. Sin embargo, las variaciones de voltaje en algunas plantas podría eventualmente ser destructiva para pérdidas frecuentes en la producción en tales casos, puede instalarse un transformador de potencial constante para estabilizar las condiciones de la línea.

Las condiciones que causan que el voltaje de línea caiga depende de las aplicaciones, y aún de la localización de la planta. Un transformador de potencial constante compensa los cambios de voltaje en su entrada (primario) para mantener un voltaje estable en su salida (secundario).

Transformadores de aislamiento.

Con frecuencia el controlador programable se instalará en un área donde la línea de CA es estable, sin embargo, el equipo circundante podría generar cantidad considerable de interferencia electromagnética (EMI). En tales instalaciones podría presentarse mala operación intermitente del controlador, especialmente si este no está aislado eléctricamente (con una alimentación separada de CA) del equipo generando la EMI. Instalando el controlador con un transformador de aislamiento separado incrementará la confiabilidad del sistema.

CONSIDERACIONES DE CARGA

La fuente proporciona el voltaje de CD para los circuitos lógicos del CPU y los circuitos de I/O. Cada fuente tiene una máxima cantidad de corriente que puede proporcionar a un voltaje dado (ej. 10 amps. a 5V). Esta cantidad no siempre es suficiente para una mezcla particular de módulos de I/O. Esto generalmente es inusual puesto que la mayoría de las fuentes están diseñadas para cualquier combinación de módulos de I/O. Esta situación normalmente se presenta con el uso de módulos de propósitos especiales. Asegúrese de obtener del fabricante los requerimientos de carga punto por punto (entrada y salida) así como los requerimientos de corriente de los estados de ON y OFF.

6. DISPOSITIVOS DE PROGRAMACION

Nuevos y mejores métodos de entrada, recuperación y monitoreo de las actividades del PLC han proporcionado grandes beneficios del controlador virtualmente en todas las industrias. Debido a esto, medios simples para entrada de programas a significado ahorro de tiempo para el usuario en el aprendizaje de como meter un programa.

TUBOS DE RAYOS CATODICOS (CRT's)

Fueron quizá los dispositivos de programación mas comunes. El programa se despliega en la terminal en forma de diagrama escalera o en el lenguaje usado por el controlador.

Los CRT's se clasifican en dos grupos:

“Tonto”, no está basado en microprocesador, por lo que el software necesario para su manejo está contenido en la memoria ejecutiva del controlador.

“Inteligente”, es un dispositivo basado en microprocesador y cuyas tareas y funciones las ejecuta en forma independiente al CPU del controlador.

MINIPROGRAMADORES

Los miniprogramadores también conocidos como hand-held o programadores manuales son un medio caro y portable de programar PLC's físicamente pequeños están diseñados para programar controladores de la misma familia y es fácil de transportar sobre todo en el ambiente industrial. Su desventaja es que puede verse sólo un renglón del programa a la vez.

COMPUTADORAS PERSONALES

El uso común de las computadoras personales en la vida diaria a producido un nuevo dispositivo de programación. Debido a su arquitectura los fabricantes de PLC's y otros distribuidores independientes proporcionan el software necesario para implementar entrada, edición y monitoreo de programas de PLC's en forma de diagramas escalera.

Las computadoras personales serán los dispositivos de programación no tanto por la capacidad de programación del PLC, sino porque puede estar siempre presente en el lugar donde el usuario ejecuta la programación.

III. SISTEMAS DE MEMORIA E INTERACCION DE I/O

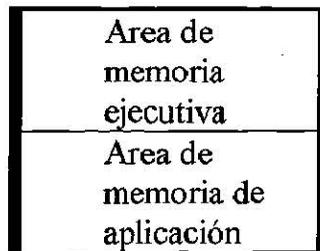
1. MEMORIA

La característica mas importante de un controlador programable es la habilidad del usuario de realizar cambios al programa de control rápida y fácilmente. El sistema de memoria se encuentra en el área del CPU donde se encuentra toda la secuencia de instrucciones o programas, estos son almacenados y ejecutados por el procesador para suministrar las necesidades de los dispositivos de campo. La sección de memoria que contiene los programas de control puede ser cambiado, o reprogramado, para corregir los cambios del proceso en una línea de manufactura o durante el arranque de un nuevo sistema.

Una composición de lo que se almacena en la memoria de un PLC ayudará a entender porque algunas cosas son almacenadas, y que consideraciones deben tomarse en cuenta, durante la asignación de I/O, direccionamiento de I/O y métodos de direccionamiento, y los requerimientos de la capacidad de memoria para aplicaciones particulares.

SECCIONES DE MEMORIA

El sistema total de memoria en un PLC está compuesto de dos memorias virtuales, la primera es llamada EJECUTIVA, la segunda es referida como memoria de aplicación. el sistema de memoria ejecutiva está compuesta de una colección de programas permanentemente almacenados y estos son considerados como parte del sistema PLC mismo. Estos programas son los que dirigen todas las actividades del sistema como las ejecuciones del control del programa, comunicación con dispositivos periféricos, y otras actividades del sistema. La sección ejecutiva es la parte de la memoria donde las instrucciones del sistema son almacenadas por software, por ejemplo las instrucciones de relevación, transferencias de blocs, instrucciones matemáticas, etc. Esta área de memoria no es accesible al usuario.

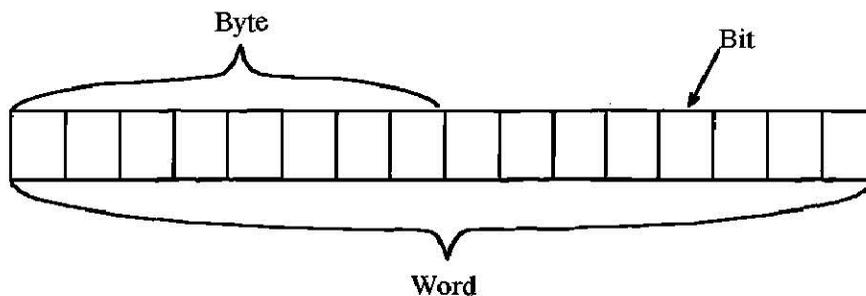


La memoria de aplicación provee el área de almacenamiento para las instrucciones de programación que el usuario introduzca para formar el programa de aplicación.

2. ESTRUCTURA Y CAPACIDAD DE MEMORIA

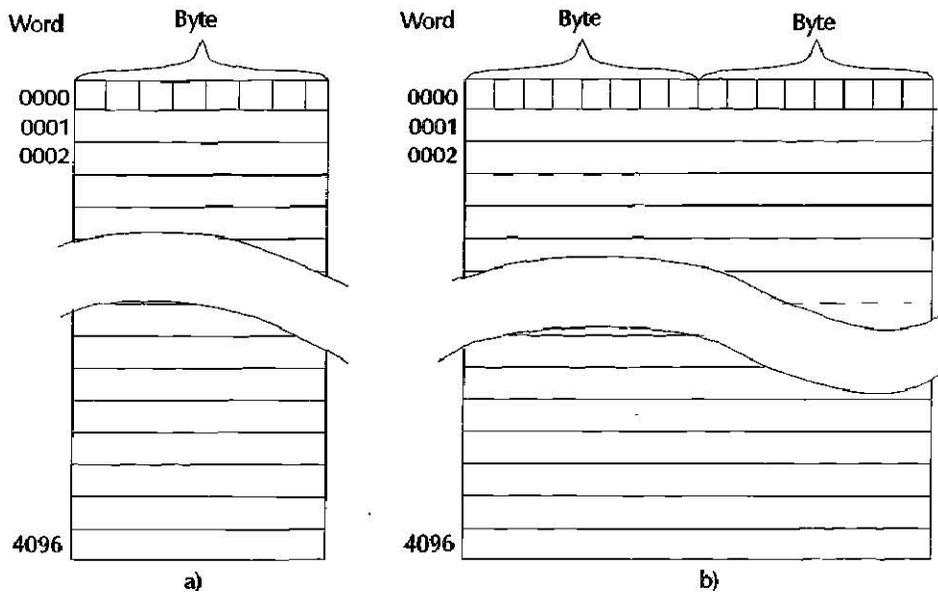
La memoria de un controlador programable puede verse como un arreglo dimensional sencillo de almacenamiento en celdas unitarias, en donde cada celda pueda almacenar "1" o "0". Un bit es la unidad de mas pequeña de memoria almacena la información en la forma de "1" y/o "0". La información es entonces ON/OFF, dependiendo del estado del bit (1, ON y 0, OFF).

En ocasiones es necesario para el procesador manejar mas de un bit. Por ejemplo, es mas eficiente manejar un grupo de bits para transferencia de datos para y desde la memoria. Un grupo de bits manejado simultáneamente es conocido como byte es definido como el grupo mas pequeño de bits que puede manejar el procesador a la vez. La estructura final de unidad de información usada en el controlador programable es llamada palabra. Una palabra es también un grupo fijo de bits que varía de acuerdo con el controlador. En general, una palabra es la unidad que usará el procesador cuando los datos sean operados, o cuando las instrucciones van a ser ejecutadas. La fig. 5-2 ilustra las unidades estructurales de memoria de un controlador programable típico.



CAPACIDAD Y UTILIZACION DE LA MEMORIA

La capacidad de memoria es vital cuando se considera la aplicación de un controlador programable. Las especificaciones de la cantidad correcta de memoria puede significar un ahorro en tiempo y hardware cuando la capacidad de memoria sea requerida. La capacidad de memoria en general no es expandible en algunos controladores pequeños, y en controladores grandes si es expandible. Los pequeños controladores tienen una cantidad fija de memoria porque la memoria disponible es usualmente lo suficiente para suministrar almacenamiento para muchas pequeñas aplicaciones. La memoria de aplicación disponible se especifica en términos de unidades K, donde cada unidad K representa 1024 localidades de palabras. La capacidad de memoria en un controlador en unidades K es solamente la indicación del total de números de localidades disponibles de almacenamiento. Un solo número no es suficiente para determinar las necesidades de memoria. Es necesario tener información adicional para tomar una mejor decisión. El término utilización de memoria se refiere a la cantidad de datos que pueden ser almacenados en una localidad, o mas específicamente, el número total de localidades de memoria requeridas para almacenar cada tipo de instrucción. Un K de memoria contiene 1024 localidades de almacenamiento, 2K 2048 localidades, 4K 4096, etc. La fig. 5-3 ilustra dos arreglos de memoria de 4K cada uno, sin embargo, una tiene un byte de palabra (8 bits) y la otra dos byte de palabra (16 bits).



Supongamos que se requieren de 16 bits para almacenar instrucciones de cada contacto normalmente abierto y normalmente cerrado. Con esta información, vemos claramente que el área efectiva de almacenamiento del sistema de memoria en la figura de la izquierda es la mitad que la mostrada en la figura de la derecha.

Después de familiarizarse con la utilización de la memoria de un controlador, el usuario puede empezar a determinar los máximos requerimientos de memoria para su aplicación. Conociendo el número de salidas, alguna idea del número necesario de contactos del programa para manejar, la lógica de cada una de sus salidas y la información concerniente de la utilización de la memoria, una aproximación puede ser reducida a una multiplicación simple. Como ejemplo, si tomamos como aplicación los requerimientos de 70 salidas, donde cada salida puede manejar componentes lógicos en un promedio de 10 elementos de contactos. Además de estas salidas, sabemos que se requieren 11 timers y 3 contadores, y cada uno necesita aproximadamente de 8 y 5 elementos de contactos, respectivamente. Estimamos que estas sean 20 instrucciones aproximadamente, y que incluyen sumas, restas y comparaciones, y cada uno maneja cerca de 5 elementos de contactos. Para este ejemplo, tomaremos la información del uso de la memoria de utilización mostrada en la siguiente tabla.

INSTRUCCION	PALABRAS DE MEMORIA
Examinar ON/OFF (contactos)	1
Bobinas de salida	1
Sumas/Restas/Comparaciones	1
Timers/contadores	3

El primer paso será estimar la memoria.

- a) Control lógico = 10 elementos de contactos/salida.
Número de salidas = 70
- b) Control lógico = 8 elementos de contacto/timer.
Número de timers = 11
- c) Control lógico = 5 elementos de contacto/contador.
Número de contadores = 3
- d) Control lógico = 5 elementos de contacto/suma, resta, comparador.
Número de suma, resta, comparador = 20

Basándonos en la memoria de utilización el número total de palabras puede ser:

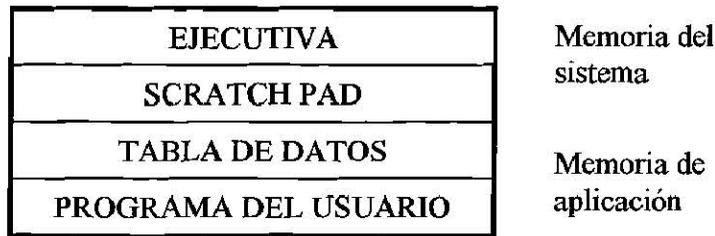
a) Total de elementos de contactos	(10 x 70)	700
Total de salidas	(1 x 70)	70

Total de palabras		770
b) Total de elementos de contratos (11 x 8)		88
Total de timers	(11 x 3)	33
Total de palabras		121
c) Total de elementos contactos	(3 x 5)	15
Total de contadores	(3 x 3)	9
Total de palabras		24
d) Total de elementos de contactos	(5 x 20)	100
Total de sumas, restas y comparaciones	(1 x 20)	20
Total de palabras		120

El total de palabras de memoria requerida para almacenar estas instrucciones son 1035, un poco mas de 1K de memoria. Después de determinar el mínimo de la memoria requerida para su aplicación sería inteligente agregar de un 25% a un 50% de memoria adicional. Esto permitirá incrementar las posibilidades para cambios, modificaciones, o futuras expansiones.

3. ORGANIZACION DE MEMORIA E INTERACCION DE I/O

El sistema de memoria, como ya se ha mencionado anteriormente, está compuesta de dos grandes secciones, el sistema de memoria y la memoria de aplicación y cada una de ellas formada por otras áreas. Esta organización de memoria es conocida como mapa de memoria y es ilustrada como se muestra en la figura. Aunque las dos secciones principales, memoria del sistema y memoria de aplicación, son mostradas una después de la otra, no necesariamente debe ser así.



Mapa de memoria simplificado

En general, todos los controladores programables pueden tener localidades de memoria para cuatro grupos descritos de la siguiente manera:

EJECUTIVA: Conjunto de programas almacenados permanentemente y que son considerados como parte del sistema en sí.

SCRATCH PAD: Usado por el CPU para almacenar temporalmente cantidades relativamente pequeñas de datos para cálculos o control. Los datos que sean requeridos rápidamente son almacenados en esta área para evitar tiempo de acceso ya que podría complicarse si estuvieran almacenados en la memoria principal.

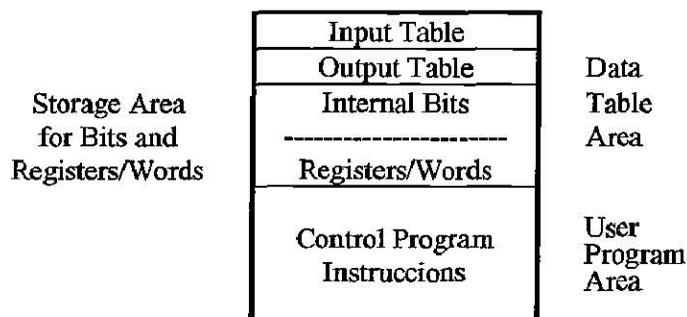
TABLA DE DATOS: En ésta área es almacenado cualquier dato asociado con el programa de control, como lo son los valores preestablecidos en timer y contadores y cualquier otra constante o variable almacenada para ser usada por el programa de control o el CPU.

PROGRAMA DEL USUARIO: Esta área provee el almacenamiento para cualquier instrucción de programa introducida por el usuario. El programa de control es almacenado en esta área.

La memoria **EJECUTIVA Y SCRATCH PAD** son transparentes al usuario y estas pueden ser consideradas como un área sencilla de memoria para sus propósitos es conocida como memoria del sistema. Por otra parte, las memorias de tabla de datos y programa del usuario son áreas totalmente accesibles y requeridas por el usuario para la aplicación de control y de esta forma es llamada memoria de aplicación.

MEMORIA DE APLICACION

La memoria de aplicación almacena instrucciones programadas y cualquier dato que vaya ha ser utilizado por el procesador para ejecutar las funciones de control. Un mapa de los elementos típicos de esta área es mostrado en la figura.

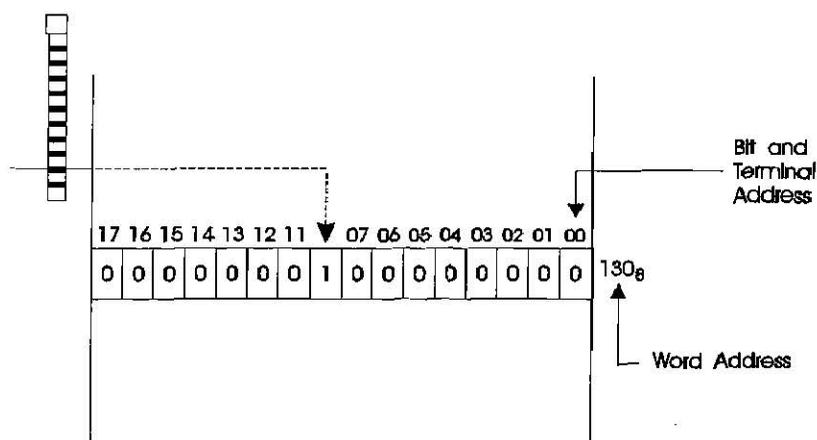


MEMORIA DE TABLA DEL AREA DE DATOS

El área de la tabla de datos de la memoria de aplicación del PLC está compuesta de varias secciones (ver fig. 5.5.) y que son:

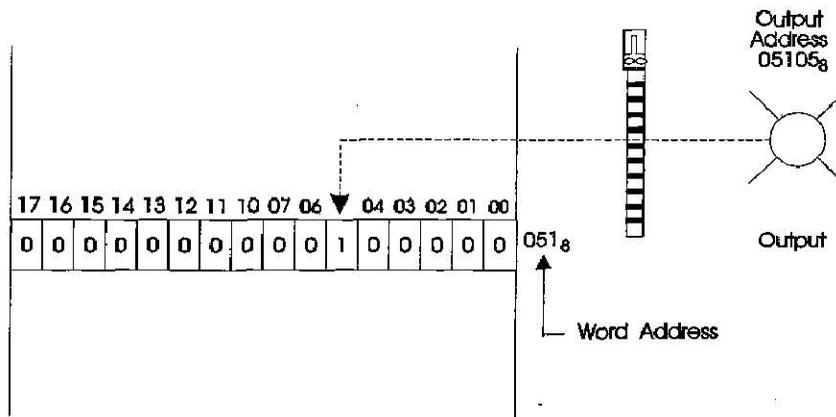
- Area de tablas de entrada
- Area de tablas de salida
- Area de almacenamiento

TABLA DE ENTRADAS: Esta tabla de entradas es un arreglo de bits que almacena la condición de entradas digitales o discretas cada una es conectada por los circuitos de interfaces de entrada. El número máximo de bits en la tabla de entradas es igual al número máximo de entradas de campo que pueden ser conectadas hacia el PLC. Cada entrada a conectar tiene un bit en la tabla de entradas que corresponde directamente a la terminal que conecte. Haciendo referencia a la figura anterior el interruptor límite conectado hacia la interface de entrada direccionando como 13010 como su bit correspondiente en la tabla de entradas. Este direccionamiento viene de la localidad de palabra 130 y el bit de entrada 10.

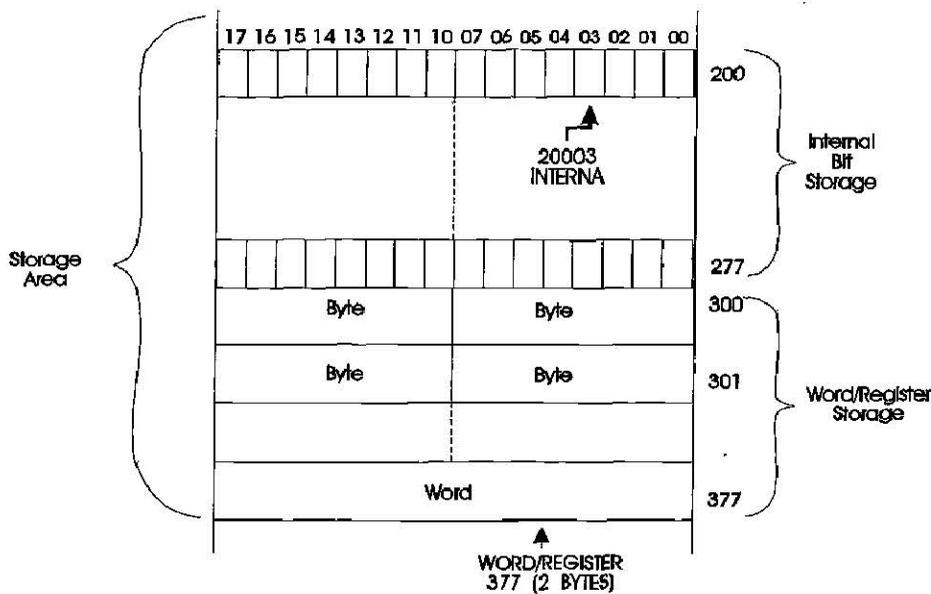


Durante la operación del PLC, el procesador leerá la condición de entrada del módulo y el valor de su valor (1 o 0) en la dirección correspondiente en la tabla de entradas. La tabla de entradas está cambiando constantemente para reflejar los cambios del módulo de entrada y estos conectarlos a los dispositivos de campo. Estos cambios en la tabla de entradas toman su lugar durante la actualización de I/O.

TABLA DE SALIDAS: La tabla de salidas es un arreglo de bits que controla el estatus del dispositivo de salida digital, los cuales son conectados a la interface de salida. Cada salida conectada tiene un bit en la tabla de salida que corresponde exactamente a la terminal que se conectó. Los bits en la tabla son controlados por el procesador cuando el interpreta la lógica del programa cambia los módulos de I/O, ON u OFF durante el scan de actualización de I/O. Si un bit está en ON (1 lógico), entonces la salida conectada es switchheada a ON. Si un bit está OFF (0 lógico), entonces la salida estará en OFF. (Ver la siguiente fig.).



AREA DE ALMACENAMIENTO: Esta sección de la tabla de datos puede ser subdividida en dos partes, un bit interno de almacenamiento y un área de almacenamiento de registro de palabra (ver fig. 5-8). El propósito de esta sección de la tabla de datos, como su nombre lo indica, es almacenar datos que cambien sea éste un bit o una palabra (16 bits).



El bit de almacenamiento también es conocido como salida interna, bobina interna, relevador interno (control), o simplemente como bit interno. La salida interna no tiene control directo en el dispositivo de salida.

El área de almacenamiento registro/palabra es usado para almacenar grupos de bits a la vez (bytes, palabras). Esta información está en binario y representa cantidades o códigos.

Los valores colocados en esta área de almacenamiento de registro puede representar datos de thumbwheels switches, codificadores dispositivos de entrada analógica y otros tipos de variables. Los datos almacenados también pueden representar constantes que se usan en el programa de control.

Los registros almacenados también son usados para mantener información, aunque estas sean constantes, de manera que predeterminen el valor de un timer/contador, o cambiando el valor de los resultados acumulados o aritméticos del timer/contador.

AREA DE MEMORIA DEL USUARIO: La memoria de programa del usuario esta reservada a la memoria de aplicación para el almacenamiento de la lógica de control . Todas las instrucciones del PLC que controlan máquinas o procesos son almacenadas aquí.

4. CONSIDERACIONES DE MEMORIA

El tipo de memoria es una consideración que debemos tomar en cuenta, puesto que ciertas aplicaciones requieren frecuentes cambios, mientras que otras requieren almacenamientos permanentes una vez que el programa es DEBUGGED. Un RAM con soporte de baterías puede ser adecuado en muchos casos, pero en otros un RAM y un tipo de memoria no volátil puede ser requerida.

Es importante recordar que la capacidad de memoria para un controlador particular puede no estar totalmente disponible para aplicaciones de programación.

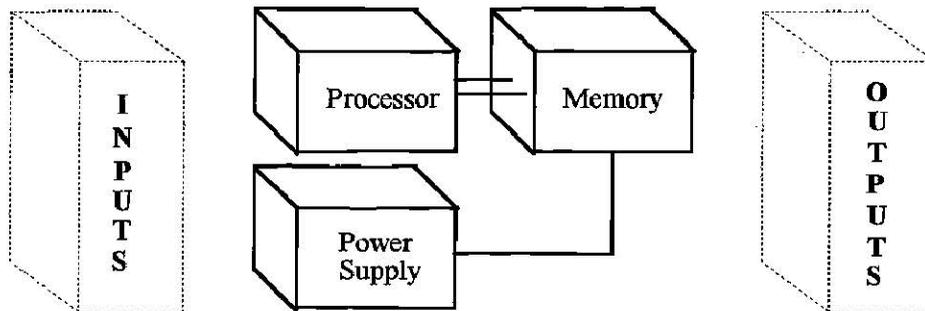
Cuando seleccionemos un controlador, debemos ser cuidadosos en tomar en cuenta cualquier limitación que pueda ser determinante en el uso de la memoria de aplicación disponible. Un controlador, en primer instancia puede tener un máximo de 256 salidas internas sin restricciones en el número usado de timers, contadores, o varios tipos de salidas internas. Otro controlador, sin embargo puede tener 256 salidas internas disponibles las cuales están restringidas a 50 timers, 50 contadores, y 156 combinaciones de cualquier otro tipo de salidas internas. Un tipo similar de restricción podría ser también en los registros de almacenamiento de datos.

Una manera satisfactoria de asegurar los requerimientos de memoria es primero entender las necesidades para programación, almacenamiento de datos y la flexibilidad requerida para cambios en el programa o las entradas de datos en línea. Comprender esto nos permitirá tomar la decisión para seleccionar el tipo de memoria adecuada. Elaborar primero el programa, de manera escrita, nos ayudará cuando evaluemos los requerimientos de capacidad. Con el uso de mapas de memoria, el usuario sabría que esta disponible para la aplicación y entonces, y entonces sabría como la memoria de aplicación debe configurarse para su uso. Es bueno saber también si la memoria de aplicación es expandible.

IV. SISTEMA DE I/O DISCRETAS

1. INTRODUCCION

El sistema de Entradas/Salidas (I/O) discretas proporciona la conexión física entre la palabra digital de salida (equipo del campo) y la unidad central de procesamiento (Fig. 6-1). Esta es la única conexión real entre el CPU del PLC y los dispositivos del campo. En pocas palabras las interfaces de I/O son las habilidades sensoras y motoras requeridas por el CPU para efectuar el control sobre una máquina o proceso.



2. MAPEO Y RACKS DE I/O

Sin importar el tipo de interface usada, los módulos deben ser colocados o insertados en un rack. La localización donde se insertan es lo que determina la dirección de referencia de cada dispositivo conectado. Algunos fabricantes permiten que el usuario seleccionar o ajustar la dirección de cada módulo por medio de switches internos. En general un rack reconoce el tipo de módulo conectado a el, si es entrada o salida y la clase de interface (discreta, análoga, numérica, etc.) Este reconocimiento del módulo está codificado en la parte posterior de rack.

Los racks se pueden clasificar en tres categorías: Rack maestro, local y remoto. Un rack maestro es aquél que contiene el CPU o módulo del procesador. Un rack local es aquél que está colocado en la misma localización o área del rack maestro. En general, un rack local (si no es maestro) contiene un procesador de I/O local el cual recibe y envía datos de y para el CPU.

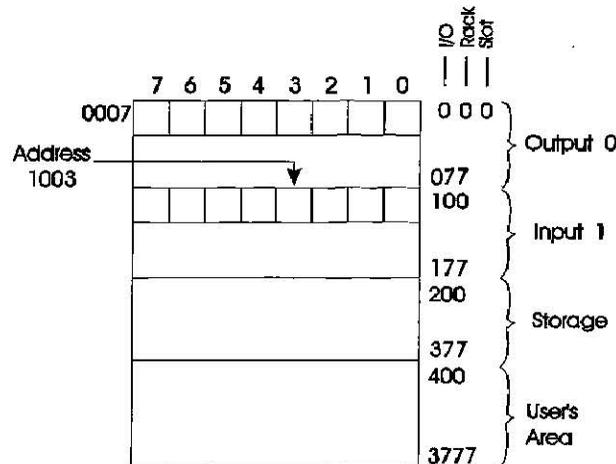
Como su nombre lo implica, un rack remoto es un compartimiento que contiene módulos de I/O alejados del CPU. Este rack contiene un procesador de I/O (conocido como procesador de I/O remoto) el cual comunica la información de las I/O y el estatus de diagnóstico al igual que un rack local. Las direcciones de las I/O también son mapeadas en la tabla de I/O.

El concepto de rack enfatiza realmente la localización física y el tipo de procesador (local, remoto o principal) que será usado en cada rack en particular.

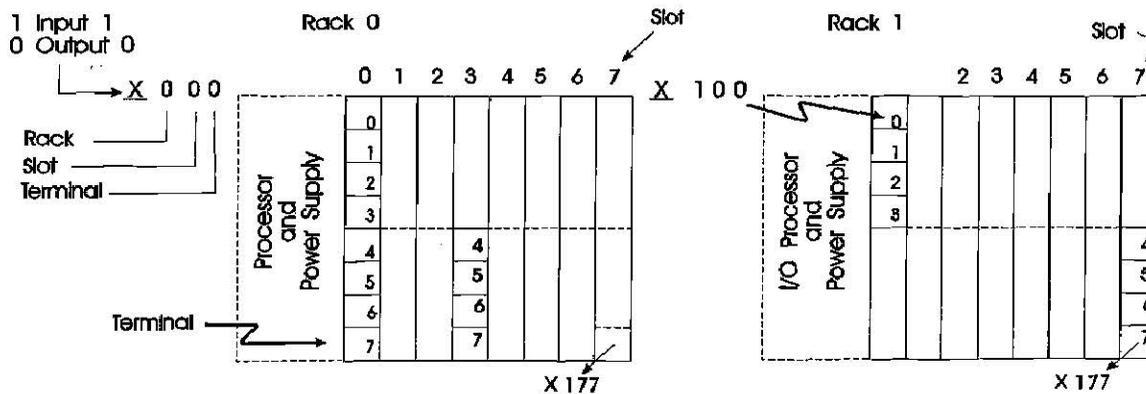
RACKS DE I/O Y TABLA DE MAPEO DE I/O

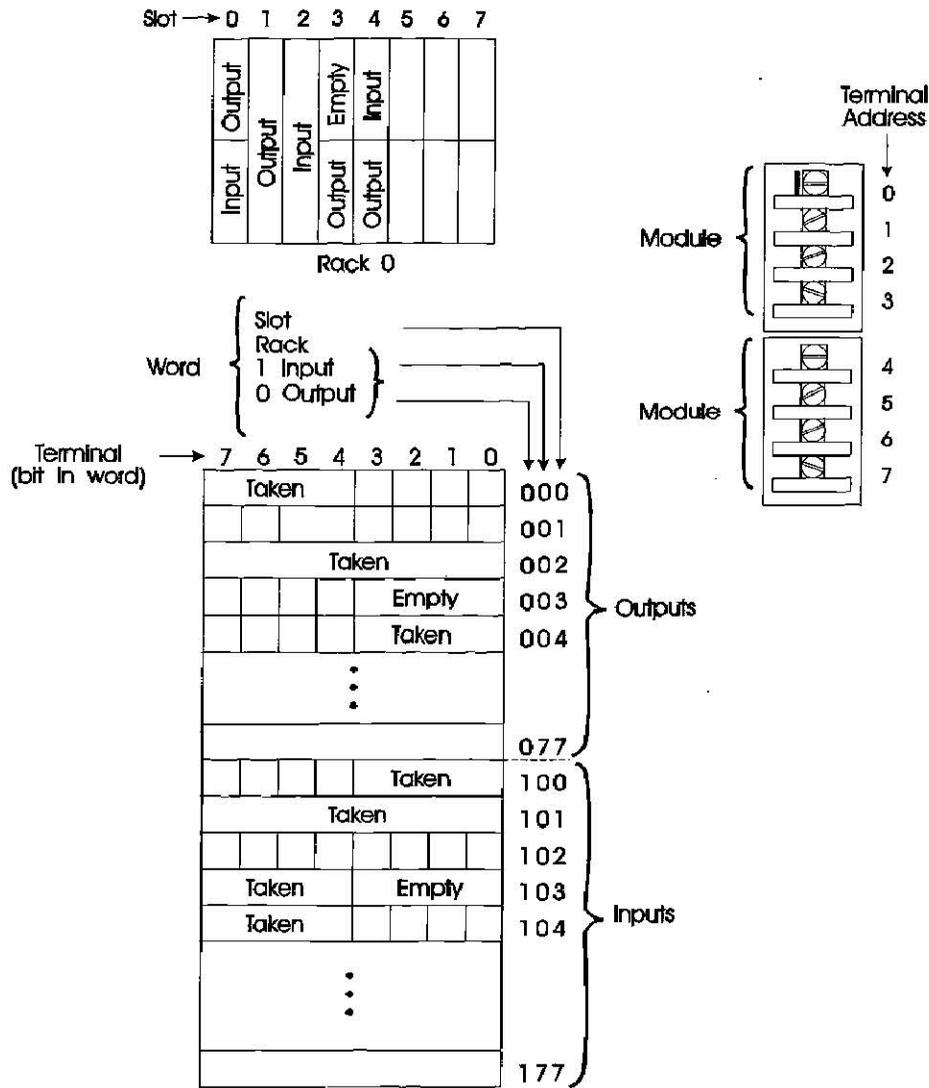
Cada fabricante de PLC especifica las reglas que el usuario debe seguir para colocar los módulos de I/O. Esto asegurará un direccionamiento adecuado. No intentamos cubrir las reglas de todos los fabricantes; pero daremos una forma genérica de mapeo de I/O. Consideraremos los datos siguientes como las especificaciones para nuestro PLC.

- Puede haber hasta 7 racks de I/O; el primer rack (0) es el maestro. Del 1 al 7 pueden ser locales o remotos. Cada rack tiene 8 slots disponibles para módulos de I/O.
- Los módulos discretos están disponibles en 4 u 8 puntos (conexiones) por módulo. Máxima capacidad 512 puntos (cualquier combinación).
- La tabla imagen de I/O es de 8 bits (ver figura).
- El tipo de módulo, entrada o salida, se detecta por circuiteria en la parte posterior del rack. Si el módulo es una entrada, se coloca un 1 enfrente de la dirección de tres bits. Si es una salida, un 0.
- El sistema numérico es octal.



Como puede verse en la figura siguiente existen varios factores que determinan la dirección de cada módulo. El tipo de módulo, entrada o salida, se determina por el primer dígito de izquierda a derecha (0, salida; 1, entrada). Los siguientes dos números de la dirección determinan el número de rack y la localización del slot donde se coloca el módulo. El último dígito representa la terminal conectada al módulo de I/O (0 de I/O y los módulos

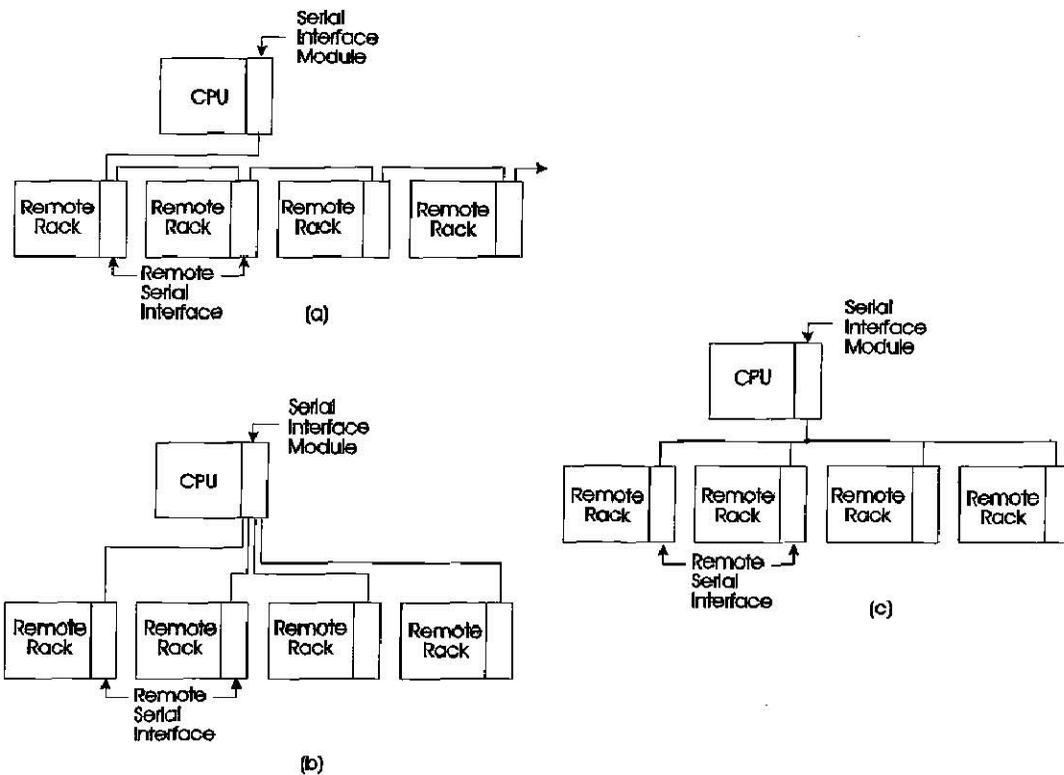




3. SISTEMAS DE I/O REMOTAS

Un subsistema es un compartimiento tipo rack en el cual se instalan los módulos de I/O. El rack normalmente incluye una fuente para manejar la circuitería de las interfaces y un adaptador de I/O remoto o módulo procesador el cual permite la comunicación con el procesador principal.

La comunicación entre el módulo adaptador de I/O remoto y el CPU se realiza en serie en forma binaria, y alcanza velocidades hasta de un Mbaud (1,000,000 bits transmitidos por seg.). Los racks se conectan al CPU usando cualquiera de las siguientes configuraciones: Daisy chain, star y multidrop. La siguiente figura muestra estas configuraciones.



4. ENTRADAS DISCRETAS

La clase mas común de interface de entrada es la digital o tipo discreta. Esta conecta los dispositivos de entrada del campo, los cuales proporcionan una señal de entrada separada y de naturaleza distinta al módulo de entrada y por lo tanto al controlador programable. Esta característica limita a la interface a sensar señales ON/OFF, ABIERTO/CERRADO o equivalente a una acción de switcheo. La siguiente tabla muestra varios dispositivos de entrada.

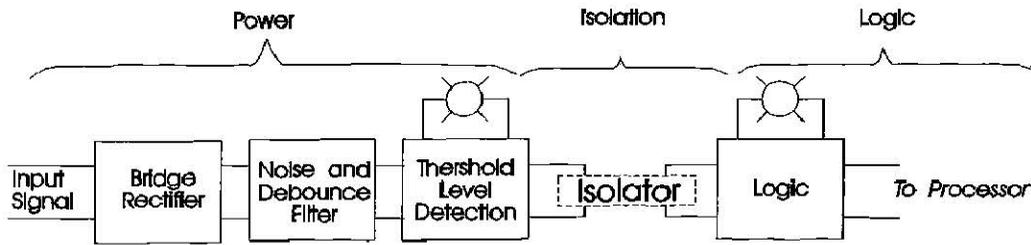
DISPOSITIVOS DE ENTRADA
Selectores
Pushbuttons
Celdas fotoeléctricas
Limit Switch
Switches de proximidad
Switches de nivel
Contactos de relevadores

Las interfaces de entrada reciben sus voltajes y corrientes para operación apropiada del slot del rack al que están conectados. Las señales que reciben de los dispositivos del campo pueden ser de diferente tipo o magnitud. Por esta razón las interfaces están disponibles en varios rangos de voltaje de CA y CD.

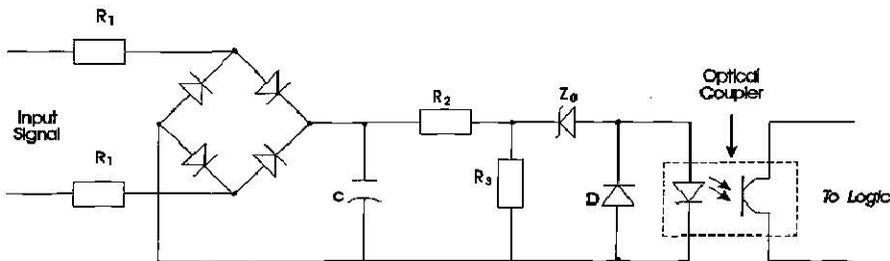
ENTRADAS CA/CD

Un diagrama a bloc de una interface de entrada CA/CD se muestra en la figura. Estas varían ampliamente dependiendo de l fabricante, pero en general tienen el mismo principio de

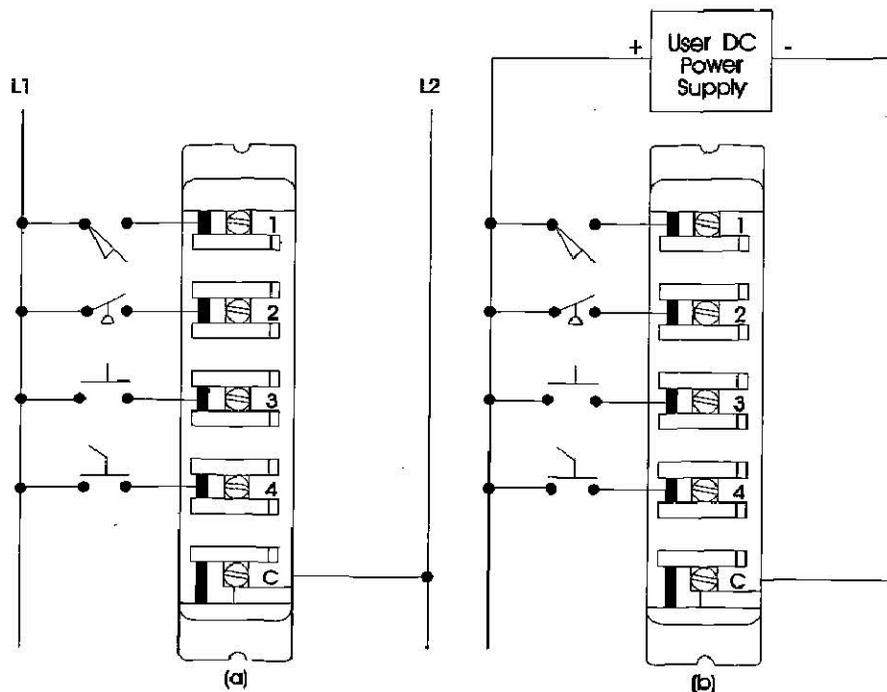
funcionamiento que se describe. El circuito está compuesto de dos partes: la sección de potencia y la sección lógica. Normalmente, pero no siempre, están acopladas por un circuito que las separa eléctricamente proporcionando aislamiento.



La sección de potencia básicamente convierte el voltaje de entrada (230 VCA, 115 VCA, etc.) de un dispositivo a una señal de nivel lógico de CD para que sea usada por el procesador durante la lectura de entradas scan. La figura a continuación muestra un circuito típico de entrada.



La mayoría de los circuitos tienen un LED indicador que muestra que el nivel de voltaje presente es el apropiado. En la figura siguiente podemos ver el diagrama de conexión de un dispositivo.



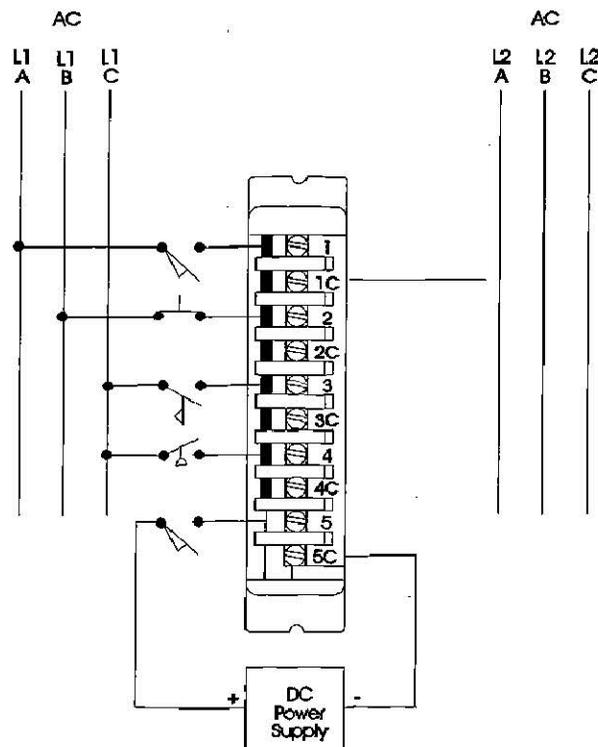
ENTRADAS DE CD (SINK/SOURCE)

El módulo de entrada de CD es la interface de un dispositivo que proporciona un voltaje de CD en su salida. La diferencia entre éste módulo y el anterior es que no se tiene el módulo rectificador. El rango del voltaje de entrada varia entre 5 y 3 VCD.

El módulo se puede encontrar en configuraciones de Sink y Source que indica la configuración eléctrica de un dispositivo electrónico el cual durante su condición de ON, recibe o proporciona corriente respectivamente.

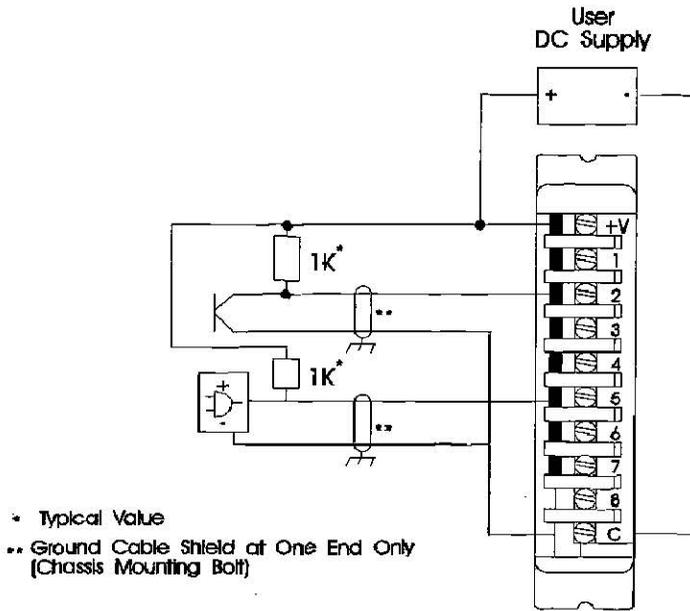
ENTRADAS DE CA/CD AISLADAS

Estas interfaces operan en la misma forma que los módulos estándar de CA/CD; la única diferencia es que cada entrada tiene un común o una línea de retorno individual. La siguiente figura muestra la conexión de un dispositivo a una interface de entrada de CA/CD con aislamiento.



ENTRADAS TTL

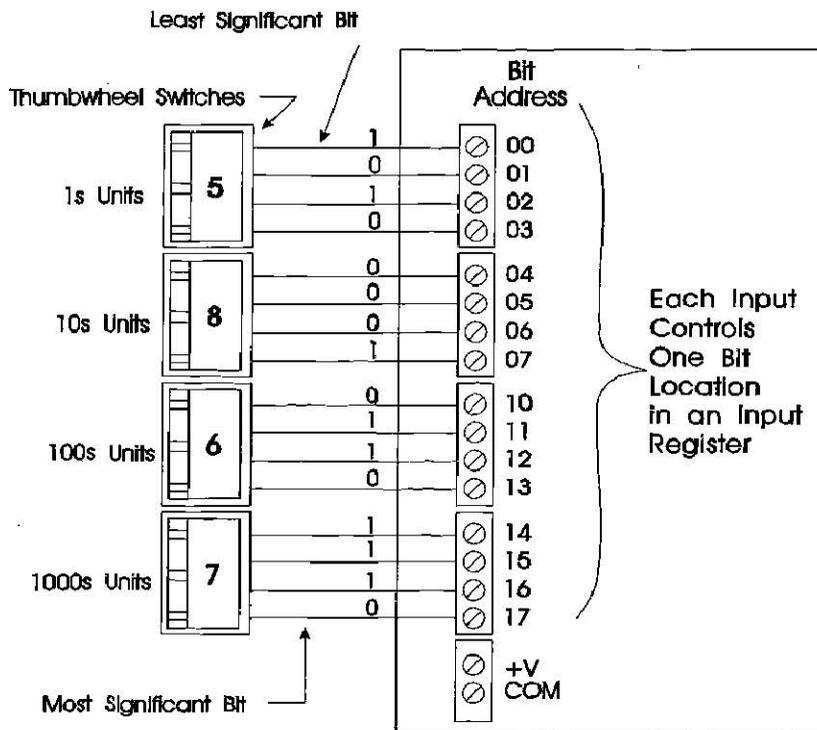
Las interfaces TTL de entrada permiten que el controlador acepte señales de dispositivos TTL, incluyendo controles de estado sólido y de instrumentos de sensado. Las entradas TTL son usadas también para interface de algunos dispositivos de 5 VCD y de varios sensores fotoeléctricos. Esta interface tiene una configuración similar a la de entradas CA/CD; sin embargo, el retardo de tiempo de la entrada causado por el filtrado es mucho más corto. En la figura podemos ver el diagrama de conexión de una entrada TTL.



ENTRADAS DE REGISTRO O BCD

Estos módulos multi-bit existen debido a la necesidad del operador para interfasear al controlador usando thumbwheel switches. Esta configuración de BCD agrupa bits de entrada como una unidad para acomodar dispositivos que requieren que los bits sean manejados en forma paralela.

Esta interface se usa generalmente en parámetros de entrada para registros específicos o palabras localizadas en memoria para ser usadas por el control del programa. Parámetros típicos son el preset de timers, contadores y valores de set point. La figura muestra una conexión de entrada registro.



5. SALIDAS DISCRETAS

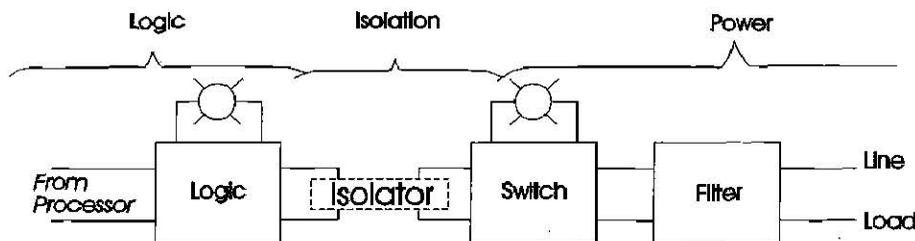
Al igual que las interfaces de entrada discretas, las interfaces de salida discretas son los tipos más comúnmente usadas por los PLC's. Estas salidas proporcionan conexión entre el controlador programable y los dispositivos instalados en el campo. Los dispositivos controlados son de naturaleza discreta o digital, que tienen uno de dos estados tales como ON/OFF o ABIERTO/CERRADO. La tabla muestra algunos tipos de dispositivos que caen en esta categoría.

DISPOSITIVOS DE SALIDA
Alarmas
Contactos de relevadores
Ventiladores
Luces indicadoras
Válvulas
Solenoides
Arrancadores

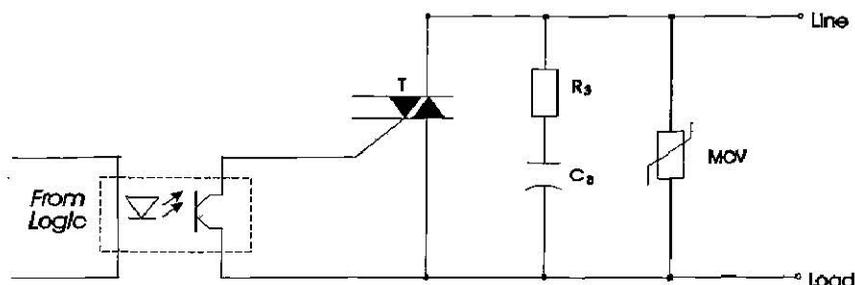
Los módulos de salida discreta reciben su voltaje y corriente del rack al que están conectados. Los dispositivos a los cuales se van a conectar pueden diferir, por lo tanto existen varios tipos de módulos.

SALIDAS DE CA

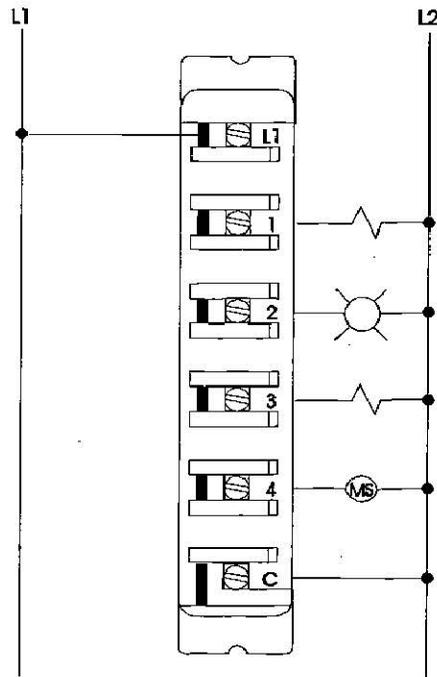
los circuitos de salida de CA varían ampliamente con cada fabricante de PLC pero podemos generalizarlo por el diagrama que se muestra a continuación.



La configuración describe las secciones principales que conforman al módulo de salida y lo usaremos para describir la operación del módulo. El circuito consiste de las secciones de Lógica y Potencia acoplados por un circuito de acoplamiento. La sig. figura muestra un circuito típico de salida CA.

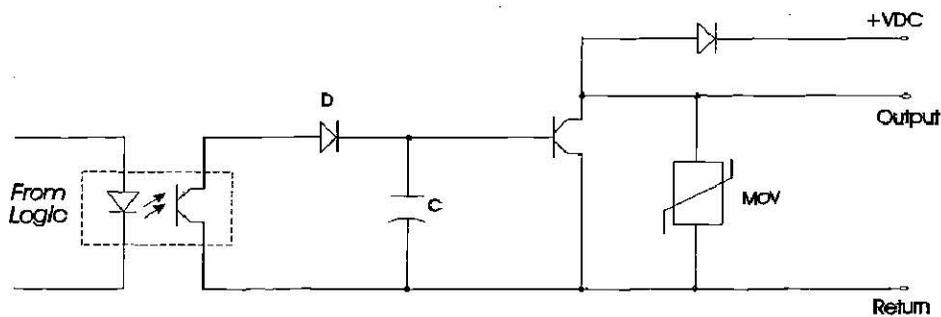


La interface puede proporcionar LED para indicar operación y energización. Si se tiene un fusible, puede tener también indicador del estado del fusible. La conexión de un dispositivo se muestra a continuación.

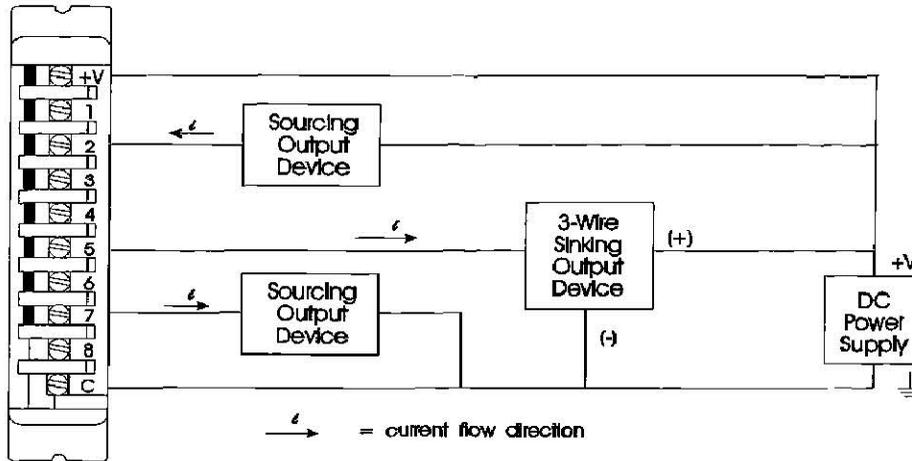


SALIDAS DE CD (SINK/SOURCE)

La interface de CD se usa para controlar salidas cargas de CD discretas por switcheo ON y OFF. La operación funcional es similar a la de CA; sin embargo, el circuito de fuerza normalmente usa un transistor de potencia para switchar la carga. La figura muestra un circuito típico de salida de CD.

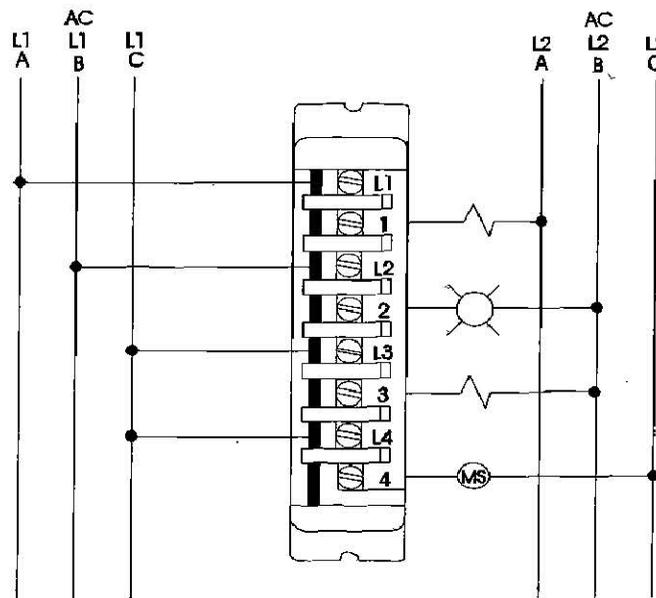


Los módulos pueden ser fabricados en configuración Sink o Source. Si se usa la configuración Sink, la corriente fluye de la carga a la terminal del módulo. Si el módulo tiene la configuración Source, la corriente fluirá del módulo a la carga. La figura siguiente muestra la conexión de dispositivos en las dos configuraciones.



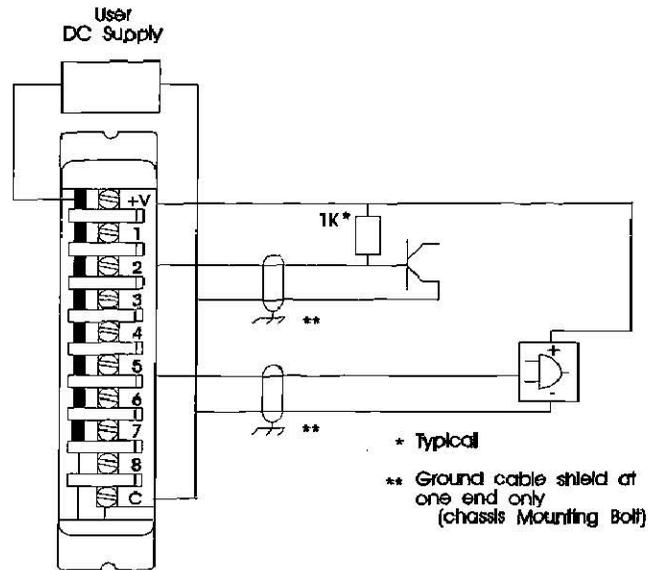
SALIDAS AISLADAS DE CA/CD

Las salidas aisladas operan igual que las interfaces de salida estándar de CA y CD. La única diferencia es que cada salida tiene su propio común o aislada de otras salidas. Esta configuración permite controlar dispositivos que tienen diferentes fuentes, por lo que pueden estar a diferentes niveles de tierra. La figura muestra esta configuración.



SALIDAS TTL

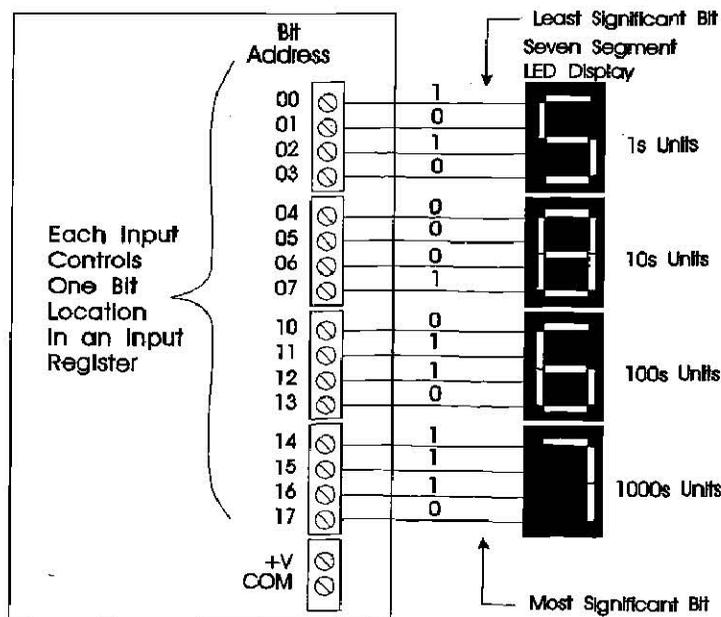
Las interfaces de salida TTL permiten controlar dispositivos que son compatibles con nivel TTL, tales como dispositivos de siete segmentos, circuitos integrados y varios dispositivos de 5 VCD. Generalmente estos módulos requieren una fuente externa de +5VCD con corrientes específicas. La figura siguiente nos muestra el diagrama de conexión de éste tipo.



SALIDAS DE REGISTRO O BCD

Esta interface multi-bit proporciona comunicación en paralelo entre el procesador y un dispositivo de salida, tal como un display de siete segmentos o un display BCD alfanumérico.

Esta interface proporciona generalmente rangos de voltaje de 5 VCD a 30 VCD y tienen de 16 a 32 líneas (uno o dos registros de I/O). La operación de cada salida es muy similar a la del módulo de salidas TTL o de CD. La figura nos muestra una interface típica.



V. SISTEMAS DE I/O ANALOGICAS

1. INTRODUCCION

Aún cuando las interfaces de I/O discretas están en la mayoría de las aplicaciones de los PLC's, las interfaces de I/O analógicas son también extensamente usadas para realizar tareas específicas.

La medición y el control analógico son usados generalmente en aplicaciones relacionadas con procesos continuos tales como control de temperatura y monitoreo de sensores instrumentos de procesos.

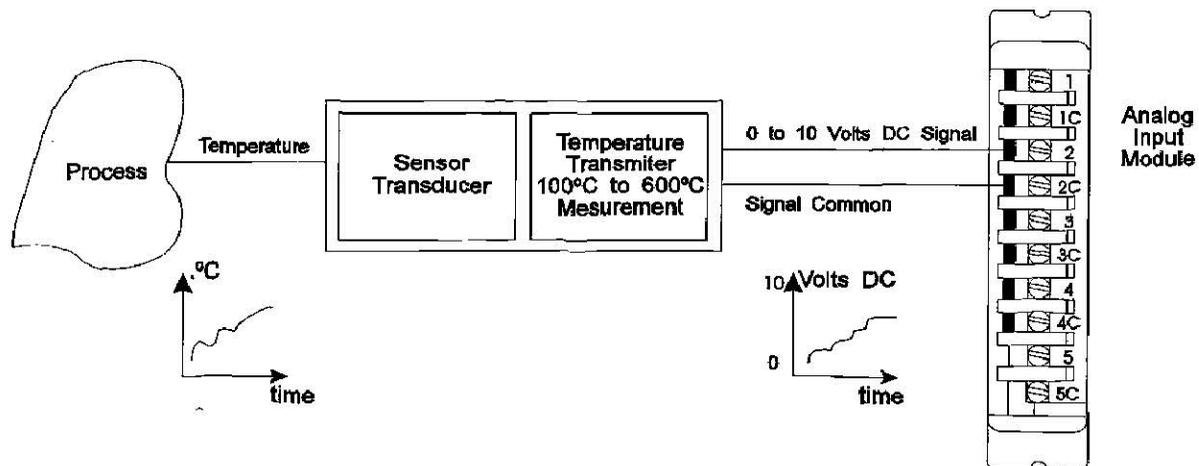
2. ENTRADAS ANALOGICAS

Los módulos de entrada analógica son usados en aplicaciones donde la señal alimentada por el dispositivo es en forma continua. A diferencia de las señales discretas (ON u OFF), Las señales analógicas están presentes en forma continua. La siguiente tabla muestra algunos dispositivos típicos que son interfaseados con módulos analógicos de entrada.

ENTRADAS ANALOGICAS
Transductores de temperatura
Transductores de presión
Celdas de carga
Transductores de humedad
Transductores de flujo
Potenciómetros

3. REPRESENTACION DE ENTRADAS ANALOGICAS

Cuando hablamos de un dispositivo que proporciona una salida analógica en su salida, nos encontraremos que es un dispositivo que está conectado a un transductor o transmisor el cual a su vez proporcionará la señal para el módulo.



Las interfaces analógicas están disponibles en rangos de voltaje unipolares (sólo voltaje positivo, ej. 5 VCD) y bipolares (voltaje positivo y negativo, +5 y -5 VCD).

Como mencionamos anteriormente, el módulo de entrada analógico es el responsable de transformar la señal de entrada en un valor que sea entendible por hombre y máquina. Esta transformación es proporcional a la señal variable que está siendo medida por el dispositivo (por ejemplo presión en psi) y llega al módulo de entrada por el transductor o el transmisor, como una corriente o voltaje. La entrada al módulo es después digitalizada convirtiendo la corriente o voltaje en un número binario el cual es proporcional a la corriente o voltaje llegando al módulo.

La conversión numérica realizada por el módulo se lleva a cabo usando un convertidor analógico-digital (A/D o ADC). La señal de entrada se divide o digitaliza en varios conteos digitales que representan la magnitud de la corriente o del voltaje. A esta división generalmente se le conoce como resolución.

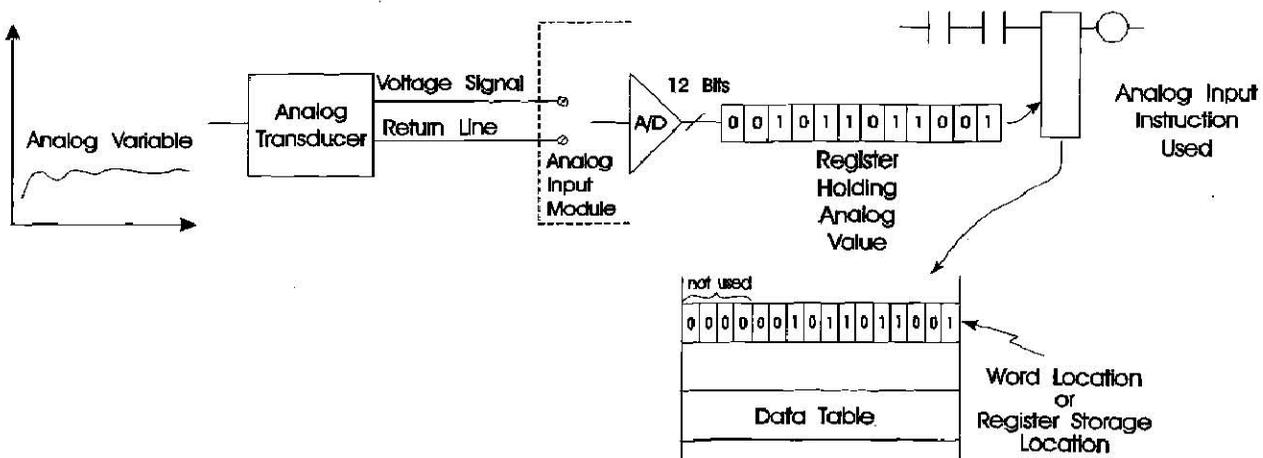
Los valores dados por el ADC son transferidos al procesador para uso en un registro o localidad de palabra. Dependiendo del fabricante, los valores dados por el módulo pueden variar basados en el formato usado. Los más usados son el binario y el BCD.

4. MANEJO DE ENTRADA DE DATOS ANALOGICOS

Una vez que la señal se ha digitalizado o transformado en conteos binarios el valor está disponible en el procesador.

Durante la sección de lectura del scan, el procesador lee los valores del módulo y transfiere la información a una localidad específica por el usuario. Esta localidad es generalmente una palabra o registro de almacenamiento o un registro de entrada.

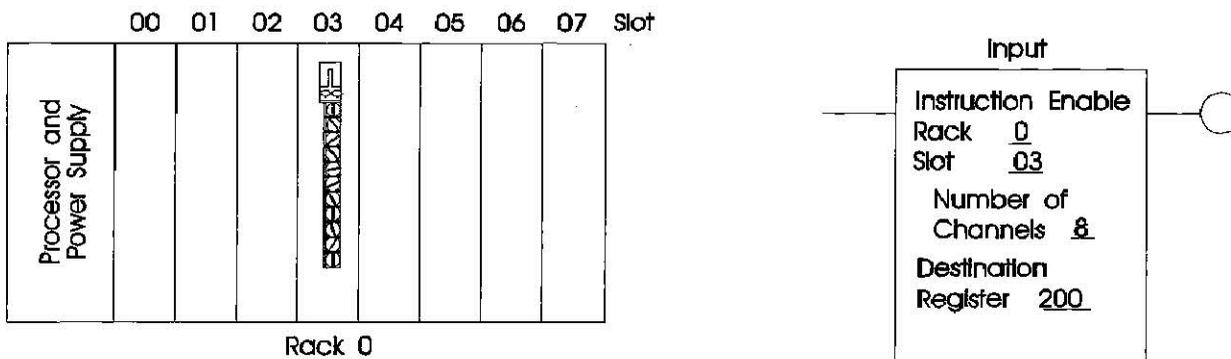
En general, los módulos analógicas tienen más de un canal de entrada por interface, y se pueden conectar por lo tanto varias señales. Las instrucciones usadas por el PLC sacan ventaja de estos canales y generalmente se obtienen varios valores en los registros o palabras.



Las instrucciones usadas son llamadas blocs de transferencia, entrada analógica, bloc de entrada o localización de entrada.

Cuando el procesador ejecute las instrucciones que leen las entradas analógicas, obtendrá los datos del módulo durante el siguiente scan de I/O y coloca los valores en el registro destino especificado. Si se leen múltiples canales, el procesador igualmente lee y almacena un canal en cada scan; esto no causa ningún retraso en el procesamiento de señal.

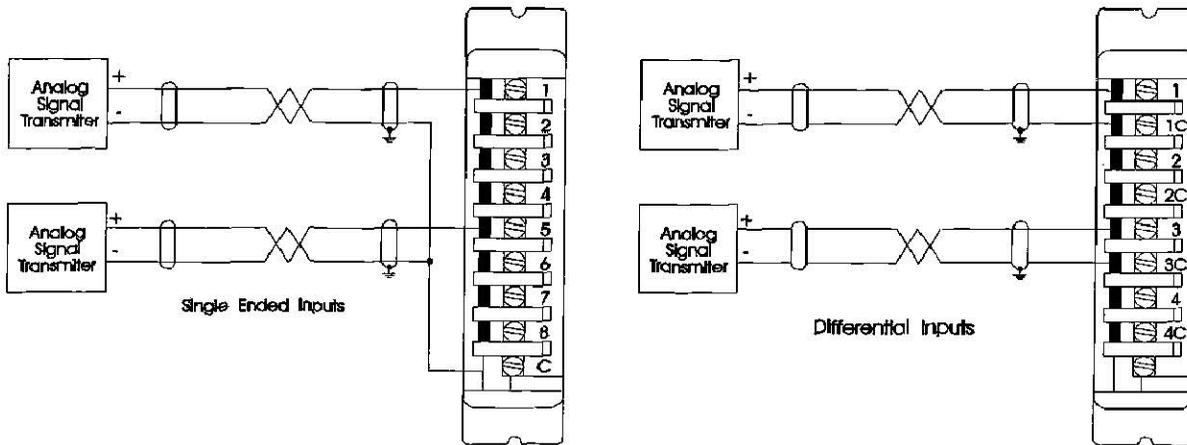
Dependiendo del fabricante, la dirección del módulo generalmente se define por la ubicación física del módulo en el rack. La figura a continuación ilustra un ejemplo de la dirección de un módulo analógico. Una instrucción típica dará la dirección del módulo especificando el número del rack, el slot donde está el módulo, el número de canal o entrada analógica usada y el registro inicial de la dirección destino. Si se usan ocho canales y el registro inicia en la dirección 200, el último registro será el 207.



5. CONEXION DE ENTRADAS ANALOGICAS

Los módulos de entrada analógica, normalmente tienen una alta impedancia de entrada (rango de Megaohms) para señales tipo voltaje por lo que pueden interfasear dispositivos sensores de entrada con alta resistencia en la salida. Los módulos del tipo corriente tienen baja impedancia de entrada (entre 250 y 500 ohms).

Las interfaces se pueden obtener para manejar datos de entrada diferencial o terminal sencilla. La diferencia es que la entrada de terminal sencilla tiene todas las entradas unidas eléctricamente a un sólo punto común, mientras que el de entrada diferencial acepta líneas comunes por cada canal. La figura muestra la conexión de ambas configuraciones.



Cada canal de la interface proporciona circuitos para filtrado de señal y de aislamiento para protección del módulo contra el ruido. Raramente requieren fuentes externas, pero toman más corriente que los módulos de entrada discreta.

6. SALIDAS ANALOGICAS

Las interfaces de salida analógicas se usan en aplicaciones requiriendo capacidad de control de dispositivos de campo que responden a voltajes o corrientes continuos. La tabla siguiente muestra dispositivos de salida analógicos típicos.

SALIDAS ANALOGICAS
Válvulas analógicas
Actuadores
Graficadores
Drives de Motores
Medidores Analógicos
Transductores de Presión

7. REPRESENTACION DE DATOS DE SALIDA ANALOGICOS

Igual que las entradas analógicas, las interfaces de salida generalmente se conectan para controlar vía transductores. Estos transductores toman la señal de voltaje y pueden amplificarla, reducirla o cambiarla en otra señal, la cual podría controlar el dispositivo de salida.

La tabla siguiente lista algunos de los rangos estándar que se usan normalmente en controladores es salidas analógicas.

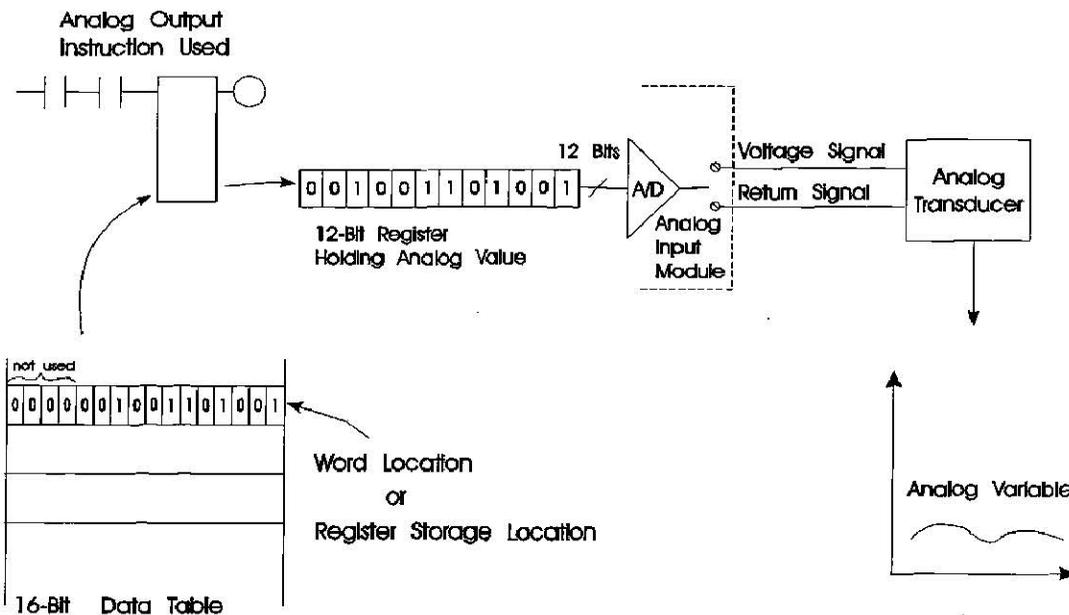
INTERFASES DE SALIDA
4 - 20 mA
10 - 50 mA
0 a +5 VCD
0 a +10 VCD
+2.5 VCD
-5 a +5 VCD
-10 a +10 VCD

Las interfaces analógicas de salida operan en forma similar a los módulos de entrada, excepto que la dirección de los datos esta invertida. Como hemos mencionado, el procesador del PLC sólo puede interpretar números binarios, y asume que el mundo externo también opera de la misma forma. Por lo tanto es responsabilidad del módulo de salida analógico cambiar los datos de formato binario a señal analógica, de tal forma que los dispositivos del campo puedan ser entendidos.

La transformación de los datos, que ocurre en la interface, es exactamente lo contrario a la entrada analógica. Los datos numéricos recibidos en el módulo, ya sea en binario o BCD, son convertidos a señales analógicas usando un convertidor digital análogo (D/A o DAC). La salida es proporcional al valor numérico recibido por el módulo. En lugar de digitalizar la señal, el D/A crea una señal analógica continua cuya magnitud es proporcional al mínimo y máximo valor corriente o voltaje. La resolución del DAC está definida por el número de bits que usa para la conversión.

8. MANEJO DE DATOS DE SALIDA ANALOGICOS

El dato a enviarse al módulo de salida digital puede localizarse en la sección de almacenamiento de I/O de la tabla de datos del área de memoria del PLC (ver la figura). Este dato generalmente es el resultado de un programa, el cual, cuando lo envíe al módulo, controlará un dispositivo de salida.

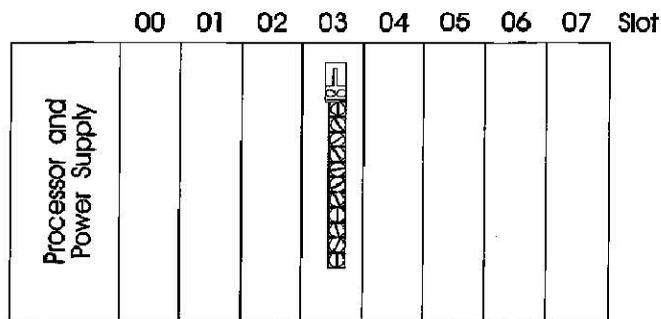


Durante la ejecución de la actualización de la salida, el procesador envía los contenidos de los registros o palabras al módulo análogo especificado por una dirección en la instrucción ejecutada durante el scan. El contenido del registro o palabra es el valor en binario o BCD que será usado por el módulo para transformarlo en una salida de voltaje o corriente. Puesto que el valor es calculado por el usuario (en el programa) debe tenerse mucho cuidado para evitar que el cálculo del programa envíe rangos no válidos al módulo.

Al igual que su contraparte, los módulos de salida generalmente manejan más de un canal a un tiempo para que más dispositivos puedan controlarse con un módulo. Las instrucciones usadas con estas interfaces tienen capacidad para transferir varias palabras o registros. Estas instrucciones son conocidas como bloc de transferencia de salida, bloc de salida o localización de salida.

La transferencia de datos a módulos con múltiples canales de salida son ejecutadas o actualizadas generalmente en forma de un canal por scan. Al igual que en las entradas, esto no genera ningún retardo notable por la naturaleza de las señales, las cuales son lentas.

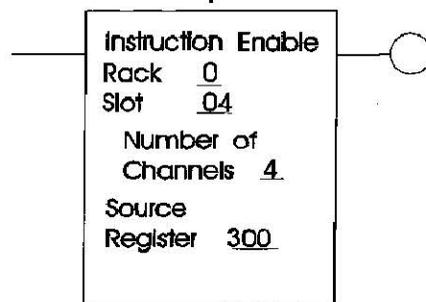
La figura a continuación muestra un ejemplo de un módulo de salida en un rack con su correspondiente dirección. Una instrucción típica de salida puede referirse al módulo por la localización del slot y rack de la interface y el número de canales disponibles o en uso. El dato a transferirse es almacenado en un registro, el cual se describe como el registro fuente. La dirección del registro fuente inicial es especificada en la instrucción y el número especificado de canales de datos se envían desde el registro fuente inicial.



Rack 0

a)

Output

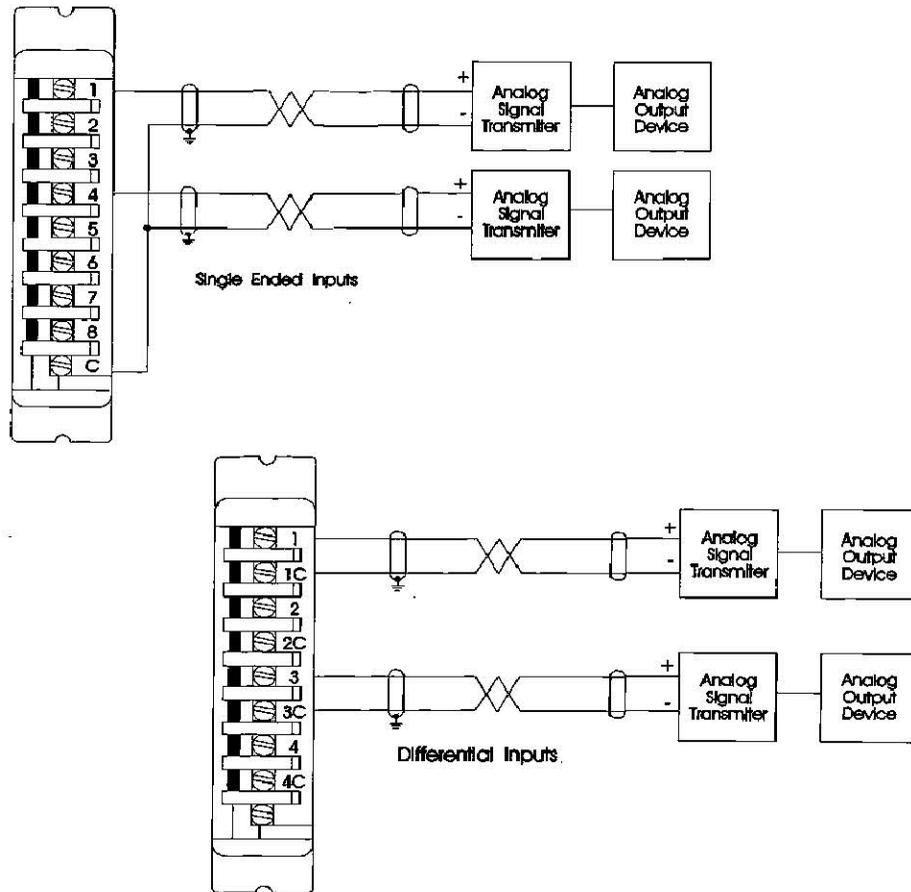


b)

9. CONECCIONES DE SALIDAS ANALOGICAS

Las interfaces de salida analógica vienen en configuraciones cuyos rangos son de 6 a 8 salidas por módulo; sin embargo, el promedio encontrado es de cuatro canales de salida por módulo. Estos canales pueden configurarse como salida sencilla o salida diferencial. La diferencial es la más comúnmente usada.

Cada salida está eléctricamente aislada de otro canal y del PLC mismo, lo cual protege al sistema de daños por sobrevoltaje en los módulos de salida. La figura muestra las dos conexiones, sencilla y diferencial, en módulos de salida analógica.



VI. PROGRAMACION

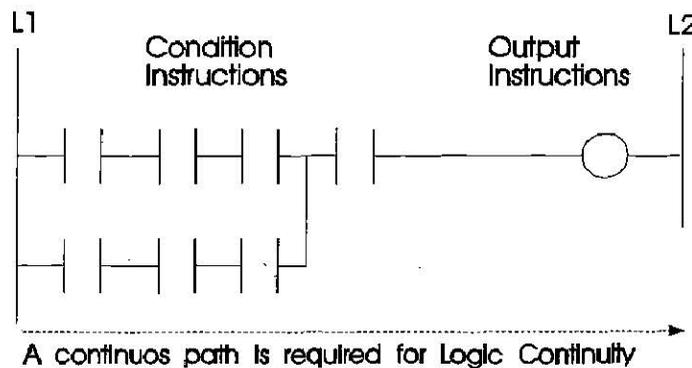
1. INTRODUCCION

Los lenguajes de programación para los PLC's han estado ligados con estos desde su concepción a finales de los 60's. El primer lenguaje utilizado, y que continua siendo el más común, es el llamado diagrama escalera. Esto debido a que la primera aplicación de los PLC's fue para la sustitución de los relevadores. Desde entonces se le han agregado gran cantidad de instrucciones mucho más poderosas.

En esta sección se presentan varias instrucciones para programar los PLC's haciendo énfasis en las instrucciones básicas utilizadas por el controlador SERIES ONE PLUS de GENERAL ELECTRIC. Se encontrará que, en los diferentes equipos, las instrucciones de programación son muy similares.

2. FORMATO BASICO DEL DIAGRAMA ESCALERA

La figura ilustra un diagrama escalera típico. Los contactos son colocados en arreglos horizontales entre dos líneas verticales que representan las líneas de energía. El izquierdo o L1 representa el vivo (125 VCA o 24 VCD) y el de la derecha o L2 es el neutro. Los arreglos horizontales de contactos son equivalentes a AND's. Líneas adyacentes de contactos en serie pueden ser conectados entre sí por una línea vertical para permitir que la lógica sea resuelta en paralelo (OR's).



3. CONCEPTO DE FLUJO DE ENERGÍA

El concepto de flujo de energía es muy importante en los PLC's. Se usa para visualizar la operación de los contactos, timers, contadores, bobinas, etc. Los elementos de salida (bobinas, timers, contadores, etc.) estarán energizados si existe un camino para el flujo de energía de L1 hacia L2. En caso contrario, estarán desenergizados y no habrá ninguna acción.

Existirá un flujo de energía L1 a L2 a través de contactos normalmente abiertos si su referencia es 1 (ON) y a través de contactos normalmente cerrados si su referencia es (OFF).

El flujo de energía se permite hacia arriba o hacia abajo entre líneas adyacentes donde se han programado conexiones en paralelo. Sin embargo la energía no deberá fluir de derecha a izquierda en ninguna condición.

4. TIPOS DE INSTRUCCIONES

Las instrucciones disponibles en los PLC's se pueden dividir en dos grupos, aunque no hay un acuerdo general en esto. Algunos ejemplos son:

INSTRUCCIONES BASICAS: Contactos y bobinas, timers y contadores, bobinas de control maestro y retentivas, operaciones aritméticas (+, -, *, /), de comparación (=, <, >).

INSTRUCCIONES AVANZADAS: Aritmética de doble precisión, raíz cuadrada, movimiento de registro a tabla de registros de corrimiento, rotación de registros secuenciados y PID.

A continuación se indican las instrucciones básicas para la programación de los PLC's con diagramas escalera: contactos, bobinas, timers, contadores y registros de datos.

Contactos en serie (AND): Efectúan la operación lógica AND. Las condiciones especificadas deben cumplirse para que la salida sea verdadera.

Contactos en paralelo (OR): Efectúan la función lógica OR. Si una o más de las condiciones son verdaderas, la salida también lo es.

Contactos normalmente cerrados (NOT): Se usan en combinación con los anteriores para indicar que la condición no debe estar presente.

Bobinas internas (OUT): Se usan para efectuar las acciones de la lógica del programa. No tienen salida hacia los dispositivos del campo.

Bobinas de salida (OUT): Se usan para permitir que se envíen las señales a los dispositivos de campo. Pueden usarse como referencia en la lógica interna.

Timers: Se usan para efectuar cierta acción en un tiempo determinado.

Contadores: Su aplicación es el conteo de eventos.

Registro de corrimiento: Almacena información (ON/OFF) que se desplaza una localidad cada vez que se recibe un nuevo dato. Con estos pocos símbolos básicos se puede representar nuestro programa, pero siempre es necesario agregarles una identificación para indicar a que elemento de la lógica interna o a que entrada o salida se refiere.

5. FUNCIONES DE LOS ELEMENTOS DE PROGRAMACION

- * Las bobinas internas son usadas para efectuar la lógica del programa de todos aquellos elementos que no requieren tener una salida a los dispositivos de campo. Se les llama así precisamente porque son usados sólo internamente en el programa.
- * Las bobinas retentivas son bobinas especiales que mantienen su estado (ON/OFF) aun cuando existe una falla de energía.

- * Las bobinas para funciones especiales realizan funciones específicas internas, por ejemplo: indicación de arranque del sistema, pulso de 1.0 seg., inhibir todas las salidas de estado de la batería de respaldo.
- * Registros de corrimiento en este caso de 128 etapas que pueden darse en uno o varios registros de corrimiento, pero sin que el total rebase esta cantidad.
- * Se pueden tener hasta 64 contadores y timers en total. Los contadores con capacidad hasta 9999 y los timers de 0.1 seg. hasta 999.9 seg. Los contadores son retentivos en caso de falla de energía y se usan además para controlar un secuenciador hasta con 1000 pasos.
- * Registros de datos de 16 bits. En estos se pueden almacenar datos numéricos que después podemos leer o usar para realizar algunas operaciones.

6. USO ILIMITADO DE LAS REFERENCIAS

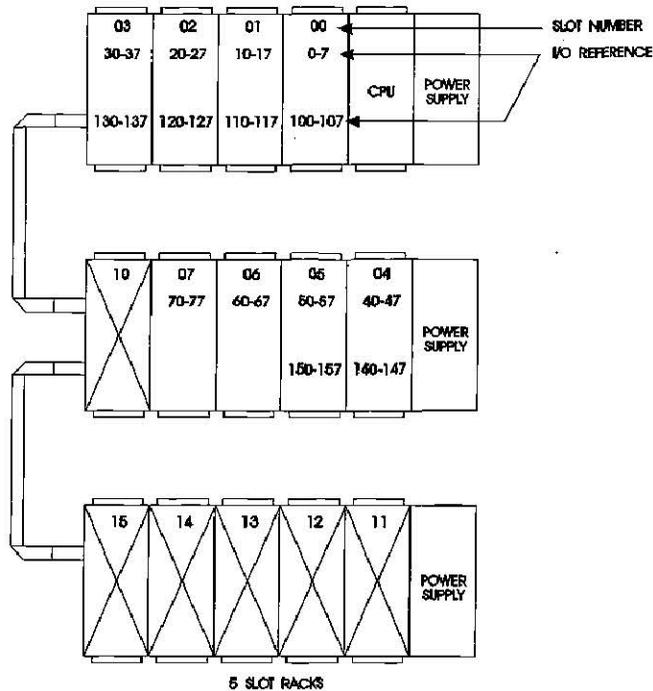
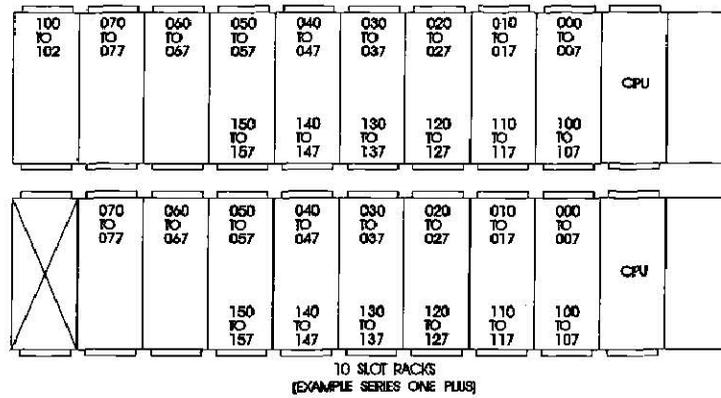
Ya que las referencias son sólo una serie de bits en una palabra de memoria, pueden ser usadas cuando y donde quiera que sean necesarias. No existe una cantidad determinada de veces en la que se pueda usar una referencia, la única limitación es la cantidad de memoria, asignada al usuario de que dispone el PLC. Sin embargo, para que el programa no resulte complicado, se recomienda no utilizar más de 4 contactos en cada línea y no más de 7 líneas de contactos en paralelo. Existe además cierta flexibilidad en el uso de referencias, por ejemplo: las bobinas de salida, las bobinas retentivas y los registros de corrimiento que no sean usados como salida, pueden ser usados para efectuar la lógica interna solamente.

7. SIGNIFICADO DE LAS REFERENCIAS

Siempre que se introduzca un programa en el PLC, debe ser acompañado por los números de referencia. Estas referencias nos permiten decirle al PLC que función se está especificando así como en cual módulo y en que terminal se tendrá la señal de entrada o salida.

8. SIGNIFICADO DE LAS REFERENCIAS DE I/O

Los módulos de I/O pueden ser colocados en cualquier combinación deseada; sin embargo, una vez colocados, su referencia se establece de acuerdo a su posición física. En otras palabras, las referencias son asignadas para cada posición por el sistema operativo del CPU, y por lo tanto son fijas para cada posición. Como se muestra en la siguiente figura, los módulos son numerados desde cero (adyacente al CPU) de izquierda a derecha y en base octal. El número completo de la referencia se forma con el número del módulo y el número de la terminal del módulo de entrada o salida donde se encuentra conectado el dispositivo. En algunos PLC's existen ciertos números de referencia dependiendo del elemento programado.



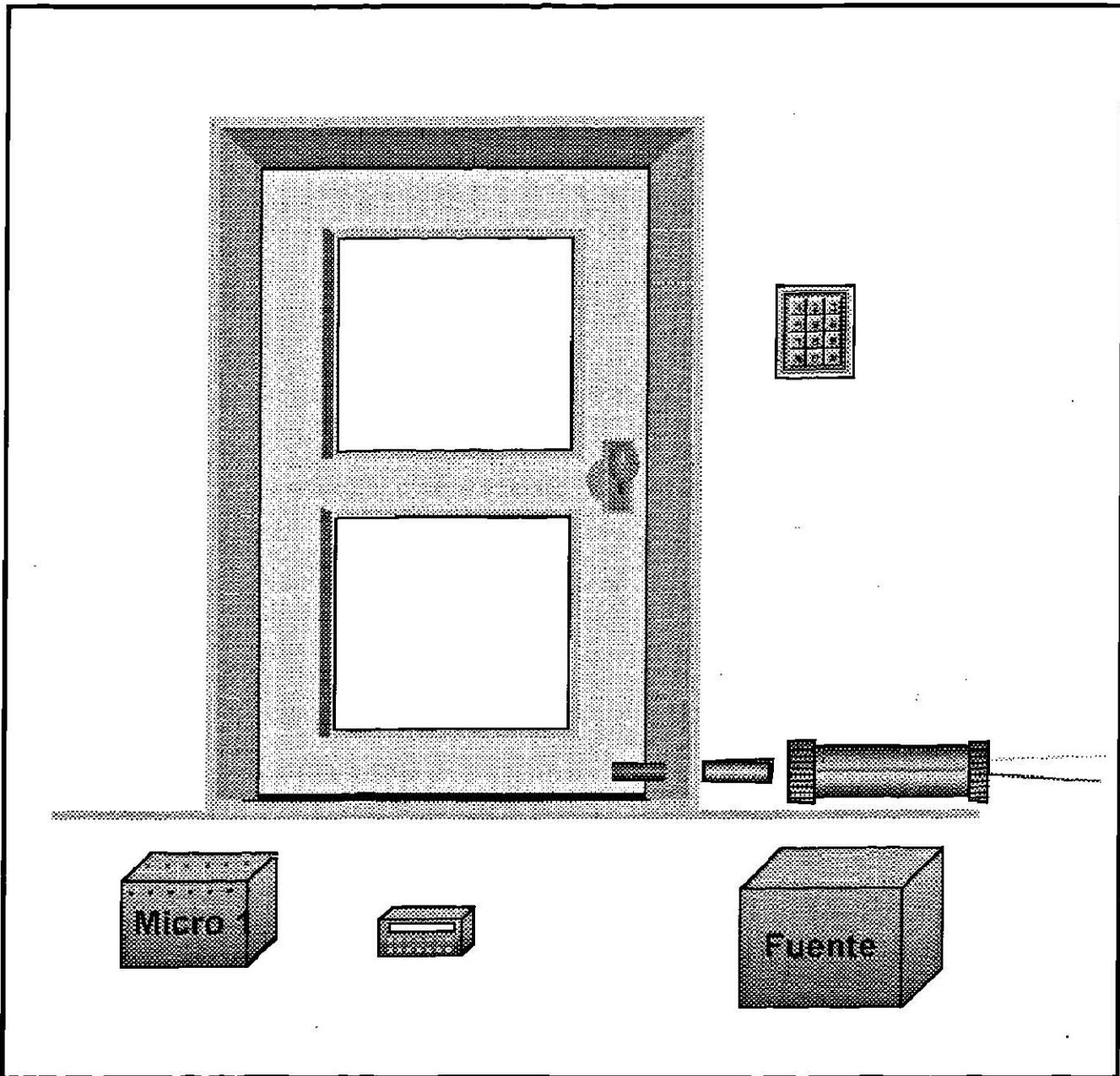
Por ejemplo para el PLC SERIES UNO PLUS de GENERAL ELECTRIC:

VALOR (OCTAL)	TIPO DE ELEMENTO
000-157	Puntos de I/O
700-767	Puntos de I/O
770-777	Bobinas de función especial
160-337	Bobinas internas
340-373	Bobinas retentivas
374-377	Funciones especiales
400-577	Registros de corrimiento
600-677	* Timers y/o contadores
400-577	** Registros de datos de 16 bits

* Las referencias de estos T/C pueden ser usadas como registros de datos si no son usados como timers o contadores.

** Los registros de corrimiento y los registros de datos tienen los mismos números de referencia. La diferencia está en que los registros de corrimiento operan en base a bits y los registros de datos lo hacen en base a bytes.

PROYECTO ACCESO DIGITAL



DESCRIPCION

La función de el proyecto consiste básicamente en controlar varios dispositivos para proporcionar un control de acceso mediante una clave.

MATERIAL UTILIZADO

- PLC Micro 1
- Fuente de poder $\pm 5\text{VCD}$ y 12VCD .
- Solenoide.
- Panel de control
- Led's
- Puerta de madera.

FUNCIONAMIENTO

Se introduce la clave, si es correcta, se activa un solenoide que libera la puerta permitiendo que se abra.

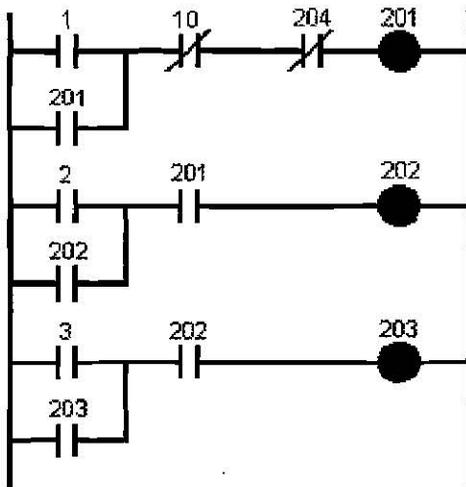
En caso de que la clave no sea la correcta se activa una alarma silenciosa. Los casos en que la clave no es correcta pueden ser:

- Teclar números pertenecientes a la clave, pero en desorden.
- Teclar números pertenecientes a la clave más de una vez (número repetido).
- Tardar más de 2 segundos en teclar el siguiente número.
- Teclar un número que no pertenezca a la clave.

DIAGRAMA ESCALERA Y CODIFICACION

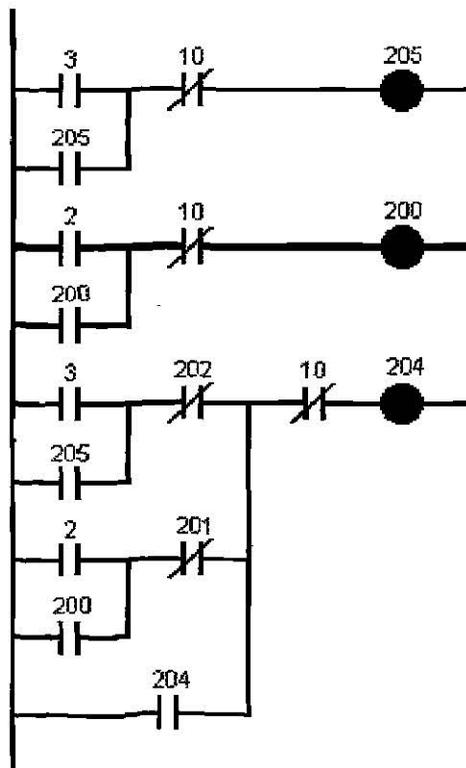
CONSIDERACIONES DE FUNCIONAMIENTO

Clave correcta



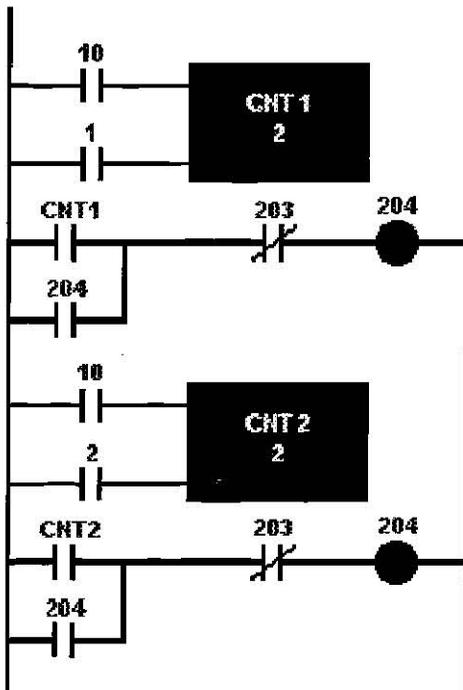
- 0.- LOD 1
- 1.- OR 201
- 2.- AND NOT 10
- 3.- AND NOT 204
- 4.- OUT 201
- 5.- LOD 2
- 6.- OR 202
- 7.- AND 201
- 8.- OUT 202
- 9.- LOD 3
- 10.- OR 203
- 11.- AND 202
- 12.- OUT 203

Clave Incorrecta (Números en desorden)



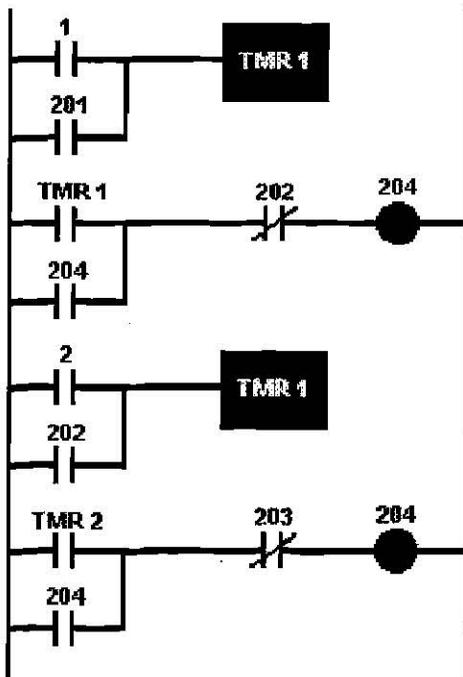
- 13.- LOD 3
- 14.- OR 205
- 15.- AND NOT 10
- 16.- OUT 205
- 17.- LOD 2
- 18.- OR 200
- 19.- AND NOT 10
- 20.- OUT 200
- 21.- LOD 3
- 22.- OR 205
- 23.- AND NOT 202
- 24.- LOD 2
- 25.- OR 200
- 26.- AND NOT 201
- 27.- OR SHF LOD
- 28.- OR 204
- 29.- OR SHF LOD
- 30.- AND NOT 10
- 31.- OUT 204

Clave incorrecta Número de la clave repetido



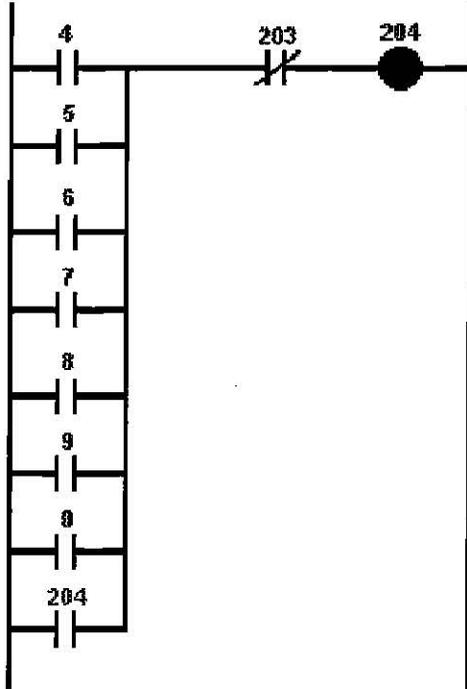
- 32.- LOD 10
- 33.- LOD 1
- 34.- CNT 1
- 35.- 2
- 36.- LOD SHF CNT 1
- 37.- OR 204
- 38.- AND NOT 203
- 39.- OUT 204
- 40.- LOD 10
- 41.- LOD 2
- 42.- CNT 2
- 43.- 2
- 44.- LOD SHF CNT 2
- 45.- OR 204
- 46.- AND NOT 203
- 47.- OUT 204

Situación incorrecta (Demasiado tiempo para marcar)



- 48.- LOD 1
- 49.- OR 201
- 50.- TMR1
- 51.- 10
- 52.- LOD SHF TMR 1
- 53.- OR 204
- 54.- AND NOT 202
- 55.- OUT 204
- 56.- LOD 2
- 57.- OR 202
- 58.- TMR 2
- 59.- 10
- 60.- LOD SHF TMR 2
- 61.- OR 204
- 62.- AND NOT 205
- 63.- OUT 204

Situación incorrecto (Número no de la clave)



- 64.- LOD 4
- 65.- OR 5
- 66.- OR 6
- 67.- OR 7
- 68.-OR 11 (8)
- 69.- OR 12 (9)
- 70.- OR 0
- 71.- OR 204
- 72.- AND NOT 203
- 73.- OUT 204
- 74.- END

CONCLUSION

Los PLC's son dispositivos que pueden ser utilizados tanto para sistemas sencillos como para sistemas complejos (que no son otra cosa mas que muchos procesos sencillos controlados por un mismo PLC).

Actualmente hay varios tipos de controladores que pueden ser utilizados en la industria, el controlador que decida utilizarse para determinados propósitos dependerá de la complejidad del sistema a controlar, del medio que lo rodea, los recursos disponibles y las características requeridas.

Por lo tanto podemos decir que el proyecto actualmente presentado no es mas que una pequeña muestra de lo que se podría hacer mediante el uso de Controladores Lógicos Programables.

