



94
2ij

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**"EL PLC EN EL CONTROL AUTOMATICO
INDUSTRIAL"**

T E S I S
Que para obtener el Título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
p r e s e n t a

CARLOS ROBERTO / ORTIZ MARTINEZ

ASESOR: ING. NICOLAS CALVA TAPIA

Cuatitlán Izcalli, Edo. de México

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"El PLC en el control automático industrial",

que presenta el pasante: Carlos Roberto Ortiz Martínez

con número de cuenta: 8707840-6 para obtener el TITULO de:

Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 29 de Enero de 1996

PRESIDENTE Ing. José Juan Contreras Espinosa

VOCAL Ing. Nicolás Calva Tapia

SECRETARIO Ing. Clotilde Villanueva Aguilar

PRIMER SUPLENTE Ing. Jorge Buendía Gómez

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Margarita López López

AGRADECIMIENTOS

Es imposible agradecer a todos aquellos que contribuyeron a esta investigación. Las ideas obtenidas de muchos libros, manuales, artículos, personas en el campo de control, así como la propia experiencia personal, fueron en cierta forma entrelazados en la formación de este trabajo. Sin embargo podemos hacerlo de una forma general.

A mi familia. Por el cariño y apoyo que he recibido de ustedes, con lo cual logre culminar mi carrera, que es la mejor de las herencias.

A mis escuelas y maestros. Por haberme transmitido sus conocimientos a través del imparable correr de los años.

A mis compañeros y amigos. Por haber compartido conmigo muchos momentos de duro trabajo y estudio, sin olvidar aquellos días de diversión que disfrutamos juntos.

A mi asesor. Por compartir su conocimiento y experiencia en esta etapa final de mi carrera.

A mis compañeros de trabajo. Por encaminarme dentro de mis actividades en el desempeño de mi trabajo, ayudándome a ejercer lo aprendido, corrigiendo mis errores y compartiendo sus experiencias.

A todos ustedes. Que de alguna manera contribuyeron a esta realidad, solo puedo decirles dos palabras:

MUCHAS GRACIAS

DEDICATORIA

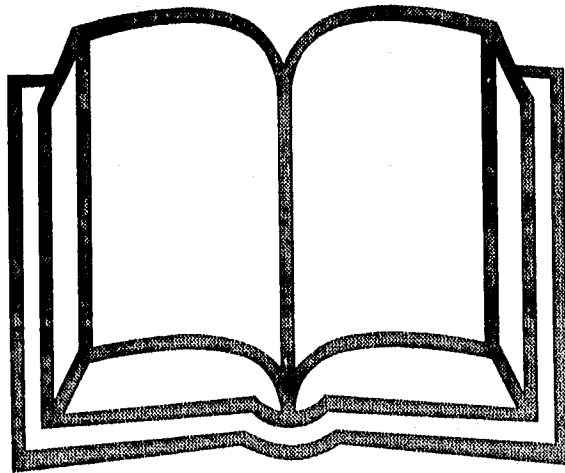
El presente trabajo se lo dedico a mis padres, que siempre me apoyaron en el desempeño de mi carrera profesional. Gracias a ellos he logrado llegar hasta este sitio en el que hoy me encuentro.



Carlos Roberto
Ortiz Martínez



INDICE



INDICE

<i>CONTENIDO</i>	<i>Pág</i>
INDICE	1
INTRODUCCION	7
CAPITULO I	
CONCEPTOS BASICOS DEL PLC	13
Diferencia entre control por cableado y control por programa	15
Ventajas del control por programa	17
Surgimiento del PLC	18
Estructura de un PLC	19
Tarjetas de entrada y salida	20
Unidad central de proceso	21
Memoria de programa y bus de datos	21
Fuente de alimentación	21
Señal binaria y estado de señal	21
Tipos de contactos y su estado de señal	23
Conceptos bit, byte y palabra	24
Identificación de señales	25
Designación de entradas y salidas	25
Designación de señales bit, byte y palabra	26
Designación de señales intermedias	27
Escritura de un programa	28
Procesamiento en el controlador	28
Procesamiento lineal	28
Elaboración cíclica	29
Tiempo de ciclo	29
Tiempo de reacción	30
Imagen del proceso	30
CAPITULO II	
ARQUITECTURA DEL PLC	33
Estructura modular	36

<i>CONTENIDO</i>	<i>Pág</i>
El bastidor	36
Fuente de alimentación	37
Tarjeta central CPU	39
Las tarjetas	44
Características de las tarjetas	45
Direccionamiento	46
Posibilidades de ampliación	48
Tarjetas inteligentes	49

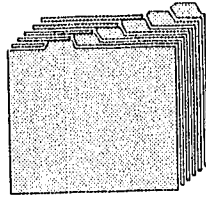
CAPITULO III

SIEMENS Y SU CONCEPTO DEL PLC

	51
La familia Simatic S5	53
Espectro de capacidad del Simatic S5	54
El simulador	55
La computadora	55
Lenguaje de programación STEP 5	56
Formas de representación	57
Programa	58
Bloques de procesamiento	59
Bloques de almacenamiento	61
Elaboración del programa de aplicación	62
Instrucción	63
Juego de operaciones	65
Parámetros de programación de los módulos	66
Operaciones binarias	66
Delimitación del resultado de una combinación (RLO)	67
Consulta a las salidas	69
Combinación "Y" delante de "O"	69
Combinación "O" delante de "Y"	71
Consulta al estado de señal "0"	72
Circuitos de automantenimiento (enclavamiento o candado)	73
Funciones de memoria R-S	74
Evaluación de flanco	75
Funciones de tiempo	76

<i>CONTENIDO</i>	<i>Pág</i>
<i>CAPITULO IV</i>	
EL PLC DE FESTO	81
¿Qué es un PLC de FESTO?	83
Controles lógicos programables FESTO	84
El bus de campo	86
La programación	88
Las funciones binarias principales	88
Un sistema controlado por un PLC	90
La documentación en el control	91
La seguridad de servicio	92
Interferencia	94
Inducción invertida	96
El paro de emergencia	97
Conexiones resistentes a la rotura	99
Detección de flancos	100
Los contadores	101
Contadores rápidos	105
El temporizador	106
Errores de tiempos	109
Funcionamiento automático y manual	109
Comunicación	111
Aplicaciones	112
 <i>CAPITULO V</i>	
INTRODUCCION A LOS ELEMENTOS NEUMATICOS Y SENSORES	125
Cilindros	129
Cilindros de simple efecto	130
Cilindros de doble efecto	131
Formas de fijación	133
Factores esenciales para la elección de un cilindro neumático	134
Carga de pandeo sobre el vástago	135
Cilindros especiales	136
Válvulas neumáticas	137

<i>CONTENIDO</i>	<i>Pág</i>
Número de vías	139
Designación	139
Válvula antirretorno	140
Características del dispositivo de mando	141
Mando accionable mediante órganos de máquinas (mecánico)	142
Mando accionable por el operador (muscular o humano)	143
Mando neumático	143
Mando electroneumático	144
Sensores	147
Sensor inductivo	150
Sensor capacitivo	152
Sensor fotoeléctrico	153
Sensor magnético	155
CAPITULO VI	
EL CONTROL MEDIANTE EL PLC	157
La automatización	159
La industria periodística	161
Recepción de información	162
Fotografía, digitalización y redacción	167
Fotocomposición y formación	168
Fotomecánica	169
Transporte de placas	169
La rotativa	170
El proceso de empaque	170
El empaquetado controlado por un PLC	178
Conclusiones	202
APENDICE	205
“Simbología”	207
BIBLIOGRAFIA	213



INTRODUCCION



INTRODUCCION

La ingeniería trata del conocimiento y control de los materiales y fuerzas que existen en la naturaleza para el beneficio de la humanidad. Los ingenieros de control están interesados en el conocimiento y control de una parte de su medio, denominado *sistema*, con el fin de proporcionar un producto económico y útil a nuestra sociedad. Los objetivos generales del conocimiento y del control deben ser complementarios ya que, para poder controlar más eficazmente, el sistema bajo nuestro control debe ser bien entendido y modelado. Además, en la ingeniería de control deben considerarse sistemas poco conocidos, como los procesos químicos. El desafío para los ingenieros de control es el modelado y control de todos los sistemas interrelacionados modernos y complejos. Simultáneamente, sin embargo, el ingeniero afortunado tiene la oportunidad de controlar muchos sistemas de automatización industrial útiles e interesantes.

Recordemos que la ingeniería de control se basa en los fundamentos de la teoría de la retroalimentación y el análisis de sistemas, e integrar los conceptos de las teorías de redes y de comunicación. Por tanto, la ingeniería de control no está limitada a ninguna disciplina de la ingeniería, sino que es aplicable a las ingenierías aeronáutica, química, mecánica, del medio ambiente, civil y eléctrica. Por ejemplo, un sistema de control incluye frecuentemente componentes eléctricos y mecánicos.

Un sistema de control es una interconexión de componentes que forman una configuración del sistema que proporcionará la respuesta requerida en nuestro sistema a controlar. La base para el análisis de un sistema es el fundamento proporcionado por la teoría de los sistemas lineales, la cual supone una relación de causa-efecto para los componentes de un sistema.

De una manera muy general, los sistemas de control pueden clasificarse en sistemas que tienen retroalimentación y aquellos que no la tienen, de circuito cerrado y circuito abierto respectivamente. En la actualidad, de estos dos tipos existen muchos sistemas en operación. Un sistema de control puede ser de circuito abierto, el cual utiliza un regulador o actuador de control a fin de obtener la respuesta que se desea. En contraste con un sistema de control de circuito abierto, el de circuito cerrado utiliza una medición adicional de la salida real, para poder compararla con la respuesta que se tiene a la salida deseada. En otras palabras, en un sistema de control con retroalimentación, la variable controlada (también llamada salida o respuesta) es comparada con la variable de referencia (también llamada entrada, mando u orden) y cualquier diferencia que exista entre ambas (el error) es usada para reducir esta última. En términos más simples, un sistema de control retroalimentado compara lo que se obtiene en nuestra salida con respecto a lo que necesitamos y se usa cualquier diferencia a fin de poner en correspondencia la entrada con la salida. La característica más importante de un sistema de control retroalimentado es que establece una comparación, y esto es lo que hace que el sistema sea tan efectivo para los propósitos de control.

Las primeras aplicaciones de control se basan en los mecanismos reguladores con flotador desarrollados en Grecia en el periodo 300 a 1 A.C. El reloj de agua de Ktesibios usaba un regulador con flotador. Una lámpara de aceite inventada por Filón aproximadamente en el año 250 A.C., usaba un regulador de flotador para mantener el nivel constante deseado de aceite. Herón de Alejandría, que vivió en el primer siglo D.C., publicó un libro titulado *Pneumatica*, en el que describe varias formas de mecanismos de nivel de agua con reguladores de flotador.

El primer sistema con retroalimentación inventado en la Europa moderna fue el regulador de temperatura de Cornelis Drebbel de Holanda. Posteriormente en el año de 1681 Dennis Papin inventó el primer regulador de presión para calderas de vapor. Este regulador de Papin es una especie de regulador de seguridad que se asemeja a la válvula de las ollas a presión usadas en la actualidad.

El primer regulador con retroalimentación automática usado en un proceso tipo industrial fue el regulador centrífugo inventado por James Watt, desarrollado en el año de 1769, usado para controlar la velocidad de una máquina que utilizaba vapor.

El periodo que precede a 1868 se caracteriza por el gran desarrollo de los sistemas de control automático inventados intuitivamente. Los esfuerzos para aumentar la exactitud de los sistemas de control condujeron a disminuir las oscilaciones transitorias. Por consiguiente, fue imperativo desarrollar una teoría de control automático. J. C. Maxwell formuló una teoría matemática relacionada con la teoría del control usando el modelo de ecuación diferencial de un regulador. Durante este mismo periodo, I. A. Vyshnegradskii formuló su teoría matemática de los reguladores.

Antes de la Segunda Guerra Mundial, la práctica y la teoría de control se desarrollaron en Estados Unidos y en Europa Occidental de diferente manera que en la U.R.S.S. y en Europa del Este. Un impulso importante para el uso de la retroalimentación en Estados Unidos fue el desarrollo del sistema telefónico y los amplificadores electrónicos con retroalimentación hechos por Bode, Nyquist y Black en los laboratorios de la compañía Bell Telephone.

Durante la Segunda Guerra Mundial, la práctica y la teoría de control automático recibieron un gran impulso, ya que fue necesario diseñar y construir pilotos automáticos para aviones, sistemas de puestos de tiro, sistemas de control por antenas de radar y otros sistemas similares basados en los métodos de control por retroalimentación. La complejidad y el funcionamiento esperado de estos sistemas militares necesitaron ampliar las técnicas de control disponibles y fomentaron el interés en los sistemas de control y en el desarrollo de nuevos métodos e ideas. Antes del año de 1940, en la mayoría de los casos, el diseño de los sistemas de control fue un arte que implicaba aproximaciones de prueba y error.

Después de la Segunda Guerra Mundial, con el mayor uso de la Transformada de Laplace y el plano de frecuencia compleja, las técnicas del dominio de la frecuencia continuaron dominando el campo del control. Durante la década de 1950, el énfasis en la teoría de la ingeniería de control se centró en el desarrollo y uso de los métodos en el plano s y, particularmente, en el enfoque de los lugares geométricos de las raíces. Además, durante esa época se hizo posible la utilización de las computadoras analógicas y digitales como componentes de control. Estos nuevos elementos de control proporcionaron una capacidad, para calcular con rapidez y exactitud, que no existía antes para el ingeniero de control.

Durante los años de la década de 1960 la aplicación de las computadoras digitales se ha extendido desde los sistemas de computación comerciales y científicos hasta instalaciones de control de plantas y procesos. Por el año de 1966, la aplicación de las computadoras digitales se había ya vuelto un enfoque normal de ciertos tipos de supervisión y control de las plantas. Algunas de las primeras e importantes aplicaciones incluyen computadoras para el control de arranque, apagado, regulación y control en línea de instalaciones energéticas que incluyen caldera-turbina-generador.

El control de un proceso industrial (fabricación, producción, etc.) por medios automáticos en vez de humanos se conoce frecuentemente como automatización. La automatización es frecuente en las industrias química, de generación de electricidad, papelería, automotriz y siderúrgica, por mencionar algunas. Los sistemas de control se emplean para conseguir:

- 1) Un incremento de la productividad.
- 2) Un mejor rendimiento de un aparato o sistema.

La automatización se emplea para mejorar la productividad y poder obtener productos de alta calidad. Podemos decir que la automatización es la operación o el control automático de un proceso, aparato o sistema. El control automático de las máquinas y los procesos se emplea para fabricar productos que se encuentran dentro de ciertas tolerancias específicas.

La implementación de control por computadora de una planta o proceso es un problema desafiante en la Ingeniería. Debe darse una detallada consideración al análisis de los costos, la definición del sistema, el control, el diseño y la estrategia, así como la instalación e implementación. Como ocurre en la mayoría de los sistemas bien diseñados, las instalaciones más eficientes han buscado la estrategia más simple y las técnicas que se ajustarán a las necesidades en el funcionamiento. Donde las instalaciones tienen suficiente respaldo financiero, competente personal técnico y dirección sensata, el control por computadora continúa y continuará siendo excepcionalmente productivo.

Aunque la dirección siempre está dirigida por las ganancias, los beneficios obtenidos de las instalaciones del control por medio de computadora deben medirse en términos más generales incluyendo un mayor conocimiento del proceso, guías más uniformes y consistentes para la manufactura y mejora en las capacidades tecnológicas del departamento de Ingeniería.

La regulación y el control del oxígeno de altos hornos es un ejemplo de la industria siderúrgica. En otras industrias, ejemplos de las aplicaciones de control por computadora de diferentes grados de elaboración, incluyen el control de hornos para cemento, máquinas para la fabricación de papel, hornos de vidrio, líneas de ensamble, trabajo de linotipo en periódicos, clasificaciones de carros de carga y regulación de ferrocarriles, control ambiental y acabado de textiles. En las industrias químicas y del petróleo, el control por computadora se ha aplicado a procesos de destilación fraccionada (cracking), manufactura del etileno y plantas de amoníaco.

Los controles automáticos tienen una intervención cada vez más importante en nuestra vida diaria, desde los simples controles que hacen funcionar un tostador hasta los complicados sistemas de control necesarios en las exploraciones espaciales. Por esta razón, casi todos los ingenieros tienen contacto con los sistemas de control, aun cuando únicamente los usen, sin profundizar en la teoría. Los sistemas de control automático son sistemas dinámicos y un conocimiento de la teoría de control proporcionará una base para entender el comportamiento de tales sistemas.

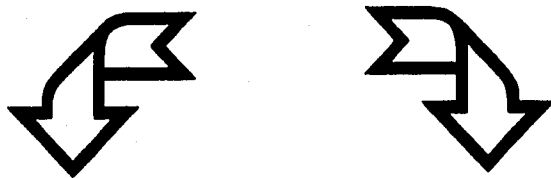
Actualmente existen variados y modernos dispositivos electrónicos que podemos utilizar en un sistema como unidad de control, entre los cuales se encuentran los contadores y temporizadores eléctricos, relevadores, controladores analógicos, los sistemas de control distribuido, etc.; además del conocido Controlador Lógico Programable (PLC por sus siglas en el idioma inglés).

Los controladores lógicos programables (PLC's) son dispositivos de control digital que han sido modernizados con nuevos componentes electrónicos tales como el microprocesador, que junto con una avanzada circuitería electrónica, hacen del PLC una de las más poderosas herramientas de control.

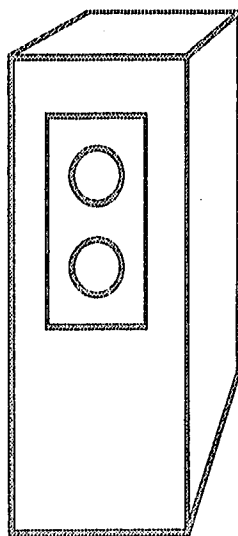
Los controladores lógicos programables frecuentemente dirigen sistemas con componentes de diferentes tipos, por ejemplo, componentes mecánicos, eléctricos, hidráulicos, neumáticos, químicos y combinaciones de éstos. El ingeniero que trabaje con este tipo de controles debe estar muy familiarizado con las leyes fundamentales que rigen a estos componentes.

El propósito de esta investigación es presentar las bases fundamentales del controlador lógico programable (PLC) de tal manera que puedan comprenderse y aplicarse fácilmente. Esto significa que haremos hincapié en los conceptos a lo largo de nuestro escrito, mientras que toda la complicación, que pudiera oscurecer las ideas básicas, se tratarán de mantener en un mínimo posible.

Para los estudiantes de Ingeniería, no es suficiente entender únicamente los principios fundamentales; de alguna manera la experiencia en su aplicación correcta es igualmente importante. Por esta razón se explica detalladamente la teoría tratando, si es posible, de ilustrarla de una manera clara y sencilla, para el completo entendimiento de la misma.



CAPITULO I
CONCEPTOS BASICOS
DEL PLC



CONCEPTOS BÁSICOS DEL PLC

Una tarea de automatización puede realizarse de dos maneras distintas, ya sea utilizando la técnica de control por cableado o la técnica de control por medio de la programación. Independientemente de la técnica que se utilice, con cualquiera de estas dos técnicas mencionadas nos es posible implementar varias secuencias de control necesarias para resolver nuestras tareas de automatización. Es aquí donde surgen varias preguntas, que quizás sean las primeras de muchas que surjan a lo largo de nuestro tema, ¿En que se diferencian las dos técnicas antes mencionadas? ¿Existen ventajas para poder usar una u otra?

En este capítulo trataremos de dar respuesta a estas preguntas. Y se explicará porque la técnica de control por programa y a su vez los controladores lógicos programables se han impuesto en los últimos años.

Diferencia entre control por cableado y control por programa

En la técnica de control por cableado, mejor conocida como control convencional, la unión física de los diferentes elementos de control tales como los botones pulsadores, reles, contactores, etc. es la que determina toda la lógica, o mejor dicho la secuencia, según la cual debe trabajar el control que nos interesa desarrollar.

Para su mejor entendimiento veamos un ejemplo que nos ayude a comprender claramente este tipo de control. En la figura 1.1 mostramos el circuito de control por cableado y el circuito principal de un motor. Observando detalladamente el circuito de control podemos ver las conexiones serie y paralelo realizadas entre elementos "Hardware" que permiten dirigir el motor y señalar su estado de operación.

A continuación detallaremos los pasos de la lógica de control, separando sus pasos básicos en el control que se desea obtener:

- **Conexión.-** Al pulsar el botón de arranque (S1) se acciona el contactor K1, el contacto de autoretenición K1 se cierra y nuestro motor queda conectado en este instante.
- **Desconexión.-** Para lograr detener el motor se puede pulsar el botón de paro (S0), o al accionarse el bimetalico (F2) se abre el contactor K1 y el motor queda totalmente desconectado.

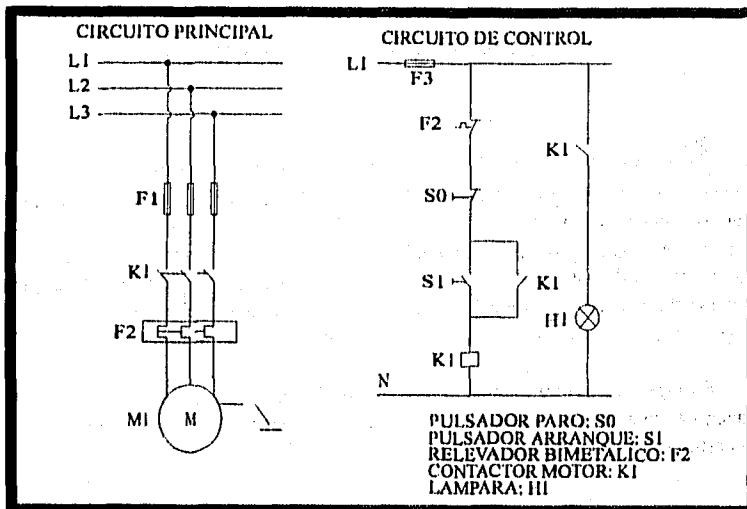


FIG. 1.1 Diagrama del control por cableado.

- **Señalización.-** Al accionarse el contacto auxiliar K1 se conecta la lámpara H1, señalando de tal manera el estado de operación "conectado" en que se encuentra el motor en ese preciso instante.

Supongamos que por motivos de modernización, o por implementación de más equipo, deseamos modificar la lógica de control, por este motivo necesitaríamos hacer cambios en el cableado, reorganizando los diversos elementos que participan en el circuito de control que se tiene.

Como se ha podido observar en la técnica de control por cableado o control convencional para poder modificar una secuencia implica descablear y volver a realizar el cableado para obtener lo que se desea o necesita. En un ejemplo tan sencillo como el mencionado anteriormente esto puede parecer un problema sin mucha importancia. Pero preguntémosnos ¿Que sucede cuando en el control están involucradas decenas o centenas de señales? En un caso así, realizar modificaciones al cableado resulta un problema relevante y muy complicado.

En la técnica de control por programa este inconveniente ha sido resuelto. El correspondiente cableado es muy independiente de la lógica o secuencia de control deseada.

Explicemos esto de una manera más sencilla. En el control por programa, los contactos de los emisores del proceso y los contactos de los elementos finales de control se conectan a los bornes de un dispositivo conocido como controlador lógico programable. Esto podemos verlo gráficamente en la figura 1.2.

La lógica o secuencia según la cual trabaja el control se escribe en forma de programa en la memoria del PLC con la ayuda de un aparato de programación (computadora). Este programa se compone de una serie de instrucciones equivalentes a las conexiones serie y paralelo que se tenían en el control convencional.

La unidad de control de nuestro PLC lee una tras otra, en forma ordenada, las instrucciones que se tienen almacenadas, interpreta su contenido y se encarga de su ejecución. Al hacerlo, el controlador consulta los estados de los emisores (que pueden ser los botones pulsadores, finales de carrera, fotoceldas, etc.) y produce resultados a las salidas, tales como conexión o desconexión de bobinas, lámparas, etc.

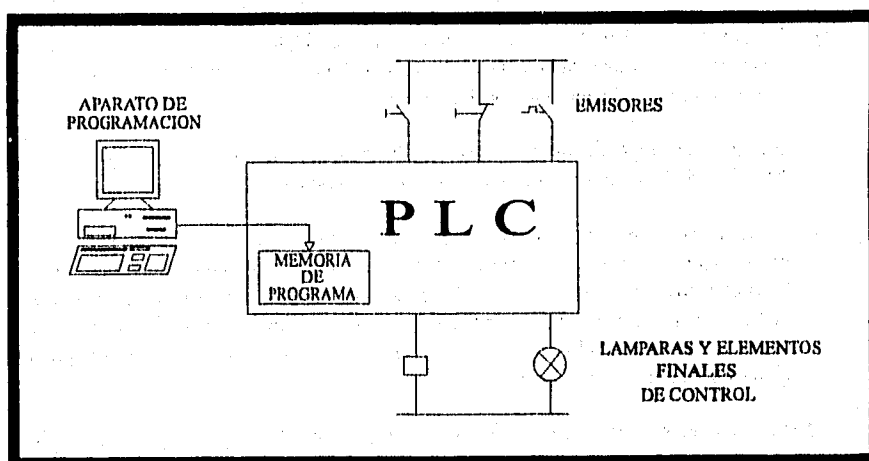


FIG. 1.2 Diagrama del control por programa.

En caso de querer realizar una variación a nuestra secuencia de control actual, no es necesario modificar el cableado existente, sino solamente el contenido de la memoria del controlador lógico programable. La independencia del cableado con la lógica o secuencia de control es una de las diferencias fundamentales entre el control por cableado y el control por programa; esto nos evita hacer demasiados gastos económicos y de tiempo. Tal diferencia establece una clara ventaja en el uso de los controladores lógicos programables para la implementación de las tareas de automatización.

Ventajas del control por programa

La independencia con respecto al cableado y la facilidad de modificación son algunas de las ventajas que nos ofrece la técnica de control por programa. A continuación se listan las ventajas fundamentales obtenidas por el uso de esta técnica.

- **Independencia con respecto al cableado.** La lógica o secuencia de control no depende de la conexión de elementos de Hardware.
- **Facilidad de modificación.** Para modificar una secuencia lógica de control no es necesario cablear y descablear, basta solamente reescribir el programa de control escrito en nuestro PLC.
- **Reducción de espacio.** Los diversos elementos hardware que intervienen en la lógica cableada como son los relevadores de tiempo, contactores auxiliares, etc. son sustituidos por estructuras de software dentro del PLC. Estas estructuras no requieren espacios especiales (gabinetes o tableros) como ocurre en el control convencional.
- **Facilidad en la prueba y puesta en marcha.** La lógica de control se prueba por secciones o en su totalidad con la ayuda de la computadora personal (PC), y ahí mismo se hacen las modificaciones que sean necesarias.
- **Rápida detección de fallas y averías.** Existen utilerías software que facilitan la detección de fallas, tanto del programa de control, como del controlador.
- **Independencia de voltajes.** Los voltajes de operación de los emisores pueden ser distintos a los voltajes de operación de los elementos finales de control, es decir, que la línea emisor/elemento de control es independiente, no está unida mediante conexiones como ocurriría en el control convencional; por lo tanto los elementos involucrados no necesitan ser demasiado robustos y soportar el mismo paso de corriente que el elemento final de nuestro control.

Todas las ventajas antes descritas son razones que nos pueden explicar porque la técnica de control por programa se han impuesto indiscutiblemente en los últimos años hasta la actualidad. La gran aceptación que, como recurso de automatización, han tenido los PLC's y la favorable evolución de los circuitos electrónicos han impulsado el desarrollo de esta técnica de control.

Surgimiento del PLC

No se cuenta con un antecedente preciso de cuando surgió el primer PLC; pero se conoce que en la década de los 60's se inició la inquietud, que principalmente se presentó en la industria automotriz.

Esto surgió a causa de los cambios continuos en sus líneas de producción debido a la fabricación de sus nuevos y variados modelos. Como consecuencia implicaba modificaciones en sus tableros de control por cableado los cuales estaban integrados por relevadores, temporizadores, contactos eléctricos, etc.

Estas modificaciones obligaban a las empresas automotrices a descablear y recablear, o la misma sustitución total de sus tableros de control. Lo que repercutía en muy elevados costos y tiempo muerto, es decir, sin que trabajara la maquinaria de la línea de producción que se fuera a modificar.

Debido a estas pérdidas se dio origen a tarjetas electrónicas las cuales a través de un programa fueron capaces de llevar a cabo la secuencia requerida por los procesos. En un principio las dimensiones de estos controles electrónicos, o tarjetas, eran demasiado robustas y con mucha complejidad para su manejo, por lo que se requería de un personal altamente especializado.

A partir de la década de los 80's se fueron perfeccionando estos controles electrónicos que se podían programar; los cuales fueron reducidos en sus dimensiones de tal manera que fueran modulares y de un fácil montaje.

Como consecuencia de esto se fueron diseñando más accesibles para su operación, y así poderlos explotar con la mayor información posible del proceso sin tener un contacto directo con el mismo equipo de control. En la actualidad gracias a los avances tecnológicos de la electrónica el PLC es fácil de operar.

Estructura de un PLC

Aquí es donde discutiremos los conceptos necesarios para poder entender "que es" y "como funciona" un PLC.

Un PLC se compone de las siguientes partes funcionales:

- Tarjetas de entrada.
- Tarjetas de salida.
- Unidad central de proceso (CPU).
- Memoria de programa.
- Bus de datos.
- Fuente de alimentación.

Estas unidades son fundamentales en un PLC, cada una de ellas realiza una función muy específica y diferente a las demás. Observemos la figura 1.3.

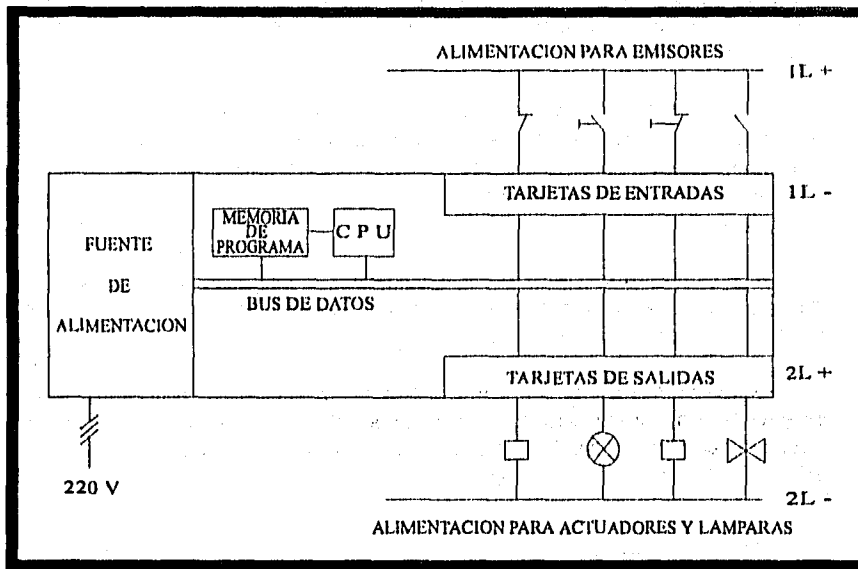


FIG. 1.3 Partes fundamentales del PLC.

Tarjetas de entrada y salida

Las tarjetas de entrada y salida constituyen, sin duda alguna, la interfase entre los emisores de señal y los actuadores de la máquina o proceso que se desea controlar.

Tarjetas de entrada. Reciben las señales del proceso y las adaptan a los niveles de señal internos del equipo. Estas señales ya acondicionadas viajan a través de un bus hasta llegar al CPU; el cual a su vez ejecuta el programa de control y en base a él se producen las señales de comando o de respuesta.

Tarjetas de salida. Toman las señales de respuestas que han sido ya elaboradas por el CPU y realizan la debida conversión en sentido contrario al de las tarjetas de entrada. Es decir, a partir del nivel de señal interno, las tarjetas producen el nivel adecuado para alimentar relés, electroválvulas, lámparas y en general a los elementos finales de control que se utilizan en nuestro sistema a controlar.

Unidad central de proceso

La unidad central de proceso, mejor conocido como CPU, es el cerebro del PLC; por llamarlo de alguna manera. Dependiendo de lo que el programa contenga, el CPU consulta si las entradas al aparato tienen o no tensión aplicada. En base a esto se elabora un resultado y le ordena a las tarjetas de salida la conexión o desconexión de determinados bornes. Con esto, los elementos de control, como accionamientos y lámparas, también son conectados o desconectados. En el capítulo II se describe de una manera mucho más detallada.

Memoria de programa y bus de datos

El programa de control, que ya este elaborado, se almacena en la memoria de programa. Con la ayuda de una computadora se escriben una a una las instrucciones del programa de control. Cuando se desean, o requieren, hacer algunos cambios en la lógica o secuencia de control, solamente basta con modificar el programa que se encuentra contenido en la memoria. El bus de datos es la vía por la que se intercambian todas las señales existentes entre el CPU y las tarjetas de entrada y salida. Este tema se ampliará en el siguiente capítulo.

Fuente de alimentación

La fuente de alimentación genera, a partir de la tensión de suministro, la tensión de operación necesaria para que todos los elementos electrónicos del PLC funcionen correctamente, tales como el CPU, tarjetas de entrada y salida, etc.

La tensión de operación normalmente es mucho menor que la tensión que se tiene en el suministro, del orden de 5 a 24 V. Sin embargo los circuitos de los emisores y los circuitos de los dispositivos de control requieren una tensión de trabajo superior (24 V, 115 V, 220 V, etc.). Esta tensión es suministrada por fuentes de alimentación externas, y no por la fuente de alimentación del PLC que se vaya a utilizar.

Señal binaria y estado de señal

Anteriormente explicamos que la CPU consulta si "existe tensión" o "no existe tensión" en las entradas, y según el programa ordena la "conexión" o "desconexión" de las salidas. Para el PLC las señales de entrada solo pueden adquirir los estados de: "existe tensión" o "no existe tensión", nunca un estado intermedio. De la misma manera la señales de salida solo pueden estar "conectadas" o "desconectadas". Este tipo de señales que solo pueden tomar dos estados

definidos se les conoce como señales binarias. En este sentido, las señales de entrada y salida del controlador lógico programable descritas hasta ahora, son señales binarias.

A los dos estados posibles de una señal binaria, se le asocia, para efectos de procesamiento, el estado de señal "0" y el estado de señal "1". El objeto de esta asociación es hacer corresponder los dos estados físicos de una señal binaria (por ejemplo: "si existe tensión" y "no existe tensión") a ciertos valores, en este caso 0 y 1, que sean independientes de la situación física que los produjo y resulten mucho más manejables y procesables que la señal que se tiene originalmente.

En el PLC, la correspondencia entre los estados físicos de las señales de entrada y salida y los estados de señales de entrada y salida y los estados de señal "0" y "1" es la que se ilustra en la figura 1.4.

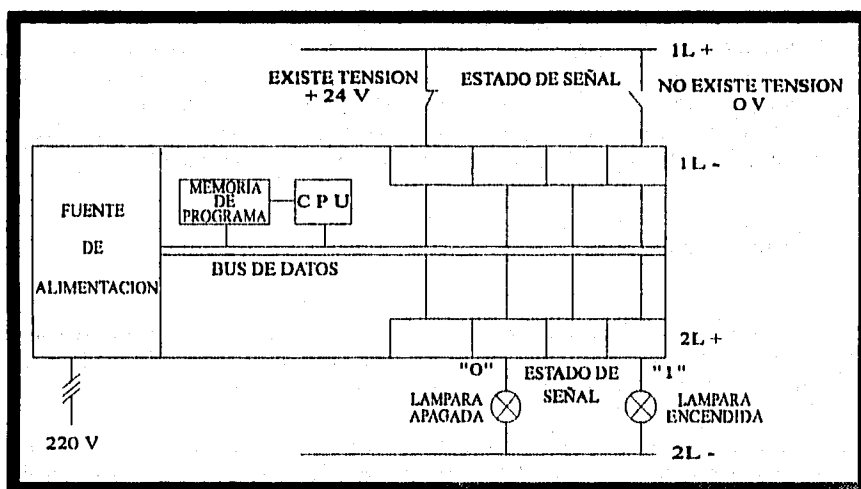


FIG. 1.4 Estados de señal "0" y "1".

Para una señal de entrada, por ejemplo, el estado de señal toma el valor de "1" cuando se detecta el 100% del voltaje en el canal de entrada. El estado de señal es "0" cuando existe el 0% del voltaje. El 0% y 100% del voltaje se determina según criterios de tolerancia.

El nivel de voltaje de dos señales de entrada puede ser muy distinto. La determinación del estado de señal se hace respecto a los valores del 0% y el 100% de voltaje que se maneja y no respecto a un nivel de voltaje determinado. Ver la figura 1.5.

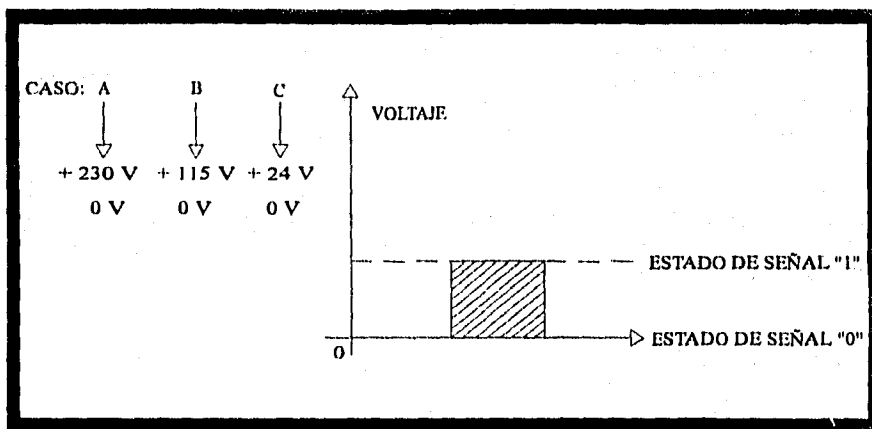


FIG. 1.5 Señal binaria.

Tipos de contactos y su estado de señal

Hemos visto que el PLC asocia el estado de señal "0" a las entradas donde "no existe tensión" y asocia el estado de señal "1" a las entradas donde "existe tensión". Sin embargo el PLC no es capaz de determinar de estos "unos" y "ceros" la situación física que los produce. Por ejemplo, tener una entrada con estado de señal "1" puede ser el resultado de dos situaciones físicas que son muy distintas. Analicemos la tabla de la figura 1.6, para entender mejor este concepto.

TIPO DE CONTACTO	ESTADO DEL CONTACTO	TENSIÓN A LA ENTRADA	ESTADO DE SEÑAL A LA ENTRADA
CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO	ACCIONADO	EXISTE	1
	NO ACCIONADO	NO EXISTE	0
CONTACTO NORMALMENTE CERRADO	ACCIONADO	NO EXISTE	0
	NO ACCIONADO	EXISTE	1

FIG. 1.6 Tipos de contactos y su estado de señal.

Vemos que un estado de señal "1" lo produce un contacto normalmente abierto accionado, o un contacto normalmente cerrado no accionado. De la misma manera el estado de señal "0" lo produce un contacto normalmente abierto no accionado o un contacto normalmente cerrado accionado. Es claro que el PLC no puede determinar, del estado que se tenga, el tipo de contacto asociado a la entrada, es decir, que lo produce.

Esta situación debe tomarse en cuenta, sobre todos en el momento de la programación. El que elabora el programa de control debe tener muy claro lo que los "1" y "0" que se manejan representan. Especialmente cuando se trata de señales relacionadas con la seguridad de la instalación (rotura de cableado, derivación a tierra, etc.).

Conceptos bit, byte y palabra

Antes de seguir describiendo el funcionamiento de nuestro PLC necesitamos definir los conceptos de Bit, Byte y Palabra (Word). Estos tres términos los usaremos constantemente a todo lo largo de nuestros temas que siguen más adelante.

Analicemos entonces las siguientes definiciones junto con la figura 1.7.

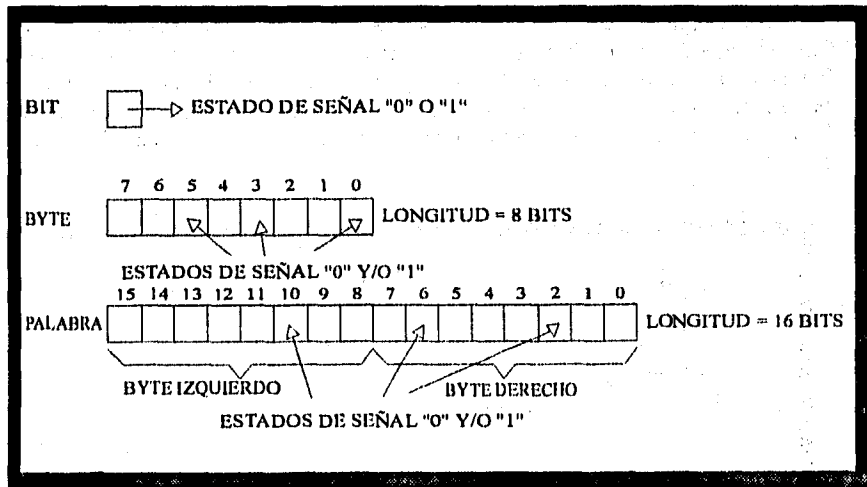


FIG. 1.7 Bit, byte y palabra.

El bit es la unidad de información más pequeña. Solo puede tomar los valores de "0" y "1". Un bit es suficiente para representar una señal binaria.

El **byte** es una unidad compuesta de 8 bits. Los bits se agrupan de derecha a izquierda tomando como número de bit del 0 al 7. En un byte se puede representar el estado de hasta 8 señales binarias (1 por cada bit).

La **palabra** es una unidad mayor, compuesta de 16 bits, o 2 bytes. Los bits se agrupan igual que el byte, es decir, de derecha a izquierda, tomando un número de bit del 0 al 15. En una palabra se pueden representar hasta 16 señales binarias.

Identificación de señales

Al PLC llegan diversas y muy variadas señales de campo procedentes de los emisores, y salen otras señales hacia lámparas y elementos finales de control. Asimismo, al ejecutarse el programa contenido en la memoria se generan una serie de señales internas auxiliares en la elaboración de la lógica o secuencia de control. ¿Cómo se manejan sin confusión todas estas señales?

Para identificar claramente las señales que se están manejando en el PLC es necesario darles algún nombre o designación. Cada vez que se hace referencia a una señal, se hace a través de este nombre o designación.

La designación de las señales puede hacerse considerando una única señal (1 bit) o un grupo de ellas (byte o palabra). Veamos como se lleva a cabo esta designación en cada caso.

Designación de entradas y salidas

Las señales de entrada y salida, llegan y salen físicamente de los bornes de conexión de las tarjetas de entrada y salida, ver la figura 1.8.

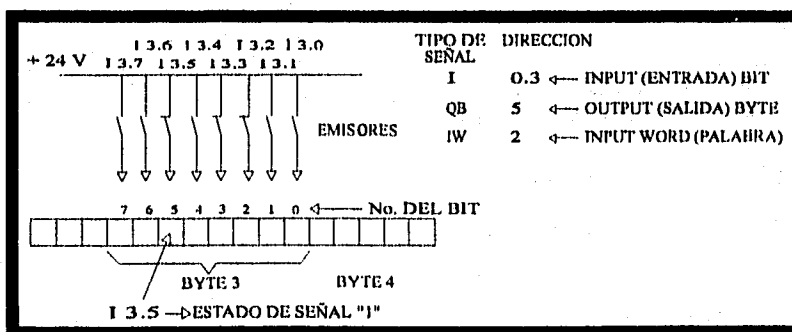


FIG. 1.8 Designación de entradas y salidas.

Para efectos de identificación, todas las señales que manejan las tarjetas se agrupan en conjuntos de ocho, es decir por bytes. Y se les asigna un número byte (0, ..., n). Cada byte contiene a su vez 8 elementos; una señal por cada uno de sus 8 bits.

Cualquier señal en las tarjetas queda definida mediante el número del grupo al que pertenecen (número byte) y el número de elemento en el grupo (número bit). A esta información se le conoce como dirección de la señal.

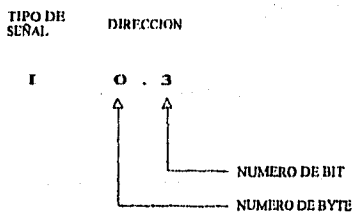
Designación de señales bit, byte y palabra

La designación de señales "bit" (una única señal) se hace como sigue:

- Se da un distintivo del tipo de señal:
 - I → Entrada
 - Q → Salida
- Y luego se indica la dirección de la señal, separando con un punto el número byte y el número bit:

No. BYTE . No. BIT

Así por ejemplo, la designación de la señal que llega a una tarjeta de entrada, en el grupo byte 0, elemento 3, es la siguiente:

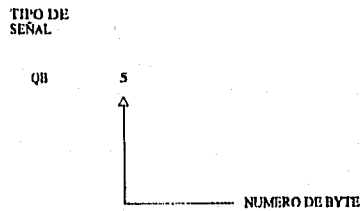


Para hacer referencia a un grupo de señales es necesario añadir al distintivo del tipo de señal, el tipo de grupo de que se trata: "B" para grupos byte (8 elementos) y "W" para grupos palabra (en inglés Word, 16 elementos). Esto es:

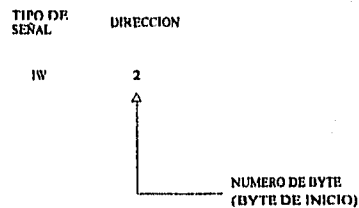
IB	→ Entrada Byte
QB	→ Salida Byte
IW	→ Entrada Word
QW	→ Salida Word

La dirección de un grupo de señales queda determinada por la dirección byte del byte de inicio del grupo. En este caso la dirección bit carece de sentido. Veámoslo a manera de ejemplo.

Al grupo de las 8 señales de salida pertenecientes al byte 5 se le designa:



A la palabra que contiene los bytes 2 y 3 de entrada se le designa:



Las señales I 0.0, I 0.1, ..., I 0.7 forman el grupo I B0.

Los grupos byte Q B4 y Q B5 forman el grupo palabra Q W4.

Designación de señales intermedias

Además de las señales de entrada y salida existen otro tipo de señales en el PLC. Tal es el caso de las señales bandera o "flag", que sirven para guardar resultados intermedios en las lógicas de control. Estas señales hacen las veces de los relevadores auxiliares en el control tipo convencional.

Las banderas son señales internas, no entran ni salen del PLC. Por tanto, no es posible asociarles el borne de conexión de alguna tarjeta. Estas señales se encuentran en una región especial de la memoria del CPU, reservada especialmente para ellas.

La designación de las banderas se hace en forma similar a la designación de entradas y salidas, con la diferencia de que estas señales no llegan ni salen de bornes de conexión, sino de localidades de memoria del PLC, y su distintivo de señal es "F" (Flag).

Para la designación de señales de bandera de tipo byte no se utiliza la letra "B" como distintivo del tipo de señal, sino la letra "Y". Es decir, el distintivo de las señales de bandera byte es: FY. Esto se hace con el fin de poder evitar una confusión con los FB (Bloques Funcionales).

Escritura de un programa

En un PLC, la tarea de automatización se formula mediante un programa que debe ser escrito en la memoria del controlador. En él, el usuario fija, mediante una serie de instrucciones, la forma en que el controlador debe mandar o regular la instalación.

Para que nuestro controlador pueda entender el programa, este debe estar escrito de una manera específica, es decir, siguiendo reglas y un lenguaje de programación. Cada fabricante ha diseñado una forma muy específica de programación para cada uno de sus equipos o familias de PLC's; con lo cual se logra una gran diferencia en el software de programación de cada equipo, sin descartar que la manera de programar es muy similar sin importar la marca de controlador que se este usando.

Procesamiento en el controlador

El programa escrito por el usuario se deposita en la memoria del controlador en forma de configuraciones binarias (denominadas código-máquina). El código-máquina contiene todas las funciones de control programadas por el usuario en forma de instrucciones de 16 bits de longitud (palabras), legibles e interpretables por el microprocesador del PLC. Una instrucción corresponde, con pocas excepciones, a una palabra en código-máquina de 16 bits.

La unidad central de procesamiento procesa sucesiva y cíclicamente las instrucciones contenidas en el programa elaborado. Existen dos tipos de procesamiento en el controlador: el procesamiento lineal y el procesamiento cíclico.

Procesamiento lineal

Existe un apuntador de programa que direcciona las diferentes posiciones de la memoria.

Al inicio del procesamiento, el apuntador direcciona la primera instrucción del programa. El procesador carga, en un registro interno, dicha instrucción, la interpreta y la ejecuta.

Una vez elaborada nuestra primera instrucción, el apuntador direcciona la siguiente instrucción, y lleva a cabo su procesamiento, es decir, la lee, la interpreta y posteriormente la ejecuta. Estas operaciones se llevan a cabo respectivamente hasta que todo nuestro programa ha sido totalmente procesado. A esto se le conoce con el nombre de procesamiento lineal.

El procesamiento lineal puede interrumpirse mediante saltos. El apuntador de programa se incrementa o decrementa según el parámetro indicado en la instrucción de salto. Posteriormente se restablece el procesamiento lineal.

Elaboración cíclica

Después de haberse procesado la última instrucción del programa la unidad de control empieza nuevamente con la primera instrucción y se repite la elaboración del programa. Este proceso se repite continuamente y se le conoce como una elaboración cíclica o procesamiento cíclico del programa de control. Ver la figura 1.9.

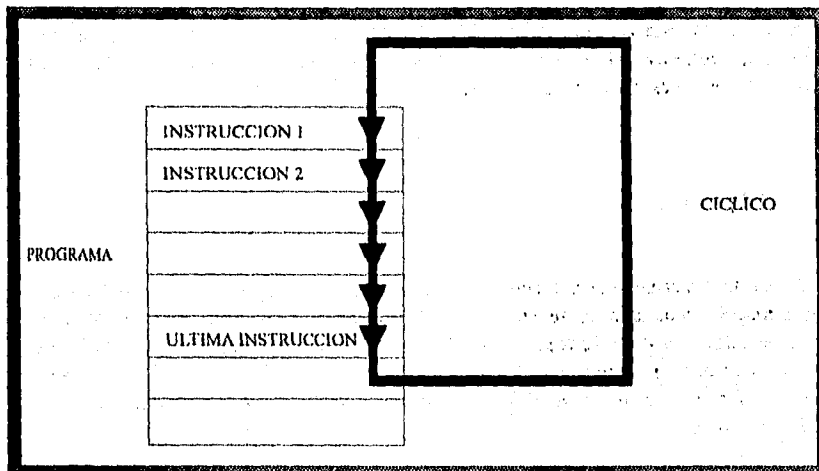


FIG. 1.9 Elaboración cíclica del programa.

Tiempo de ciclo

El tiempo de elaboración de todas las instrucciones contenidas en un programa se llama tiempo de ciclo. Este tiempo depende del número y complejidad de las instrucciones que componen el programa.

El tiempo de ciclo es una magnitud importante que determina el tiempo de reacción del sistema. Debido a su gran importancia existe un "vigilante de ciclo" a través del cual se controla su valor. Si el tiempo de ciclo sobrepasa un valor previamente ajustado, el controlador lógico programable detiene su procesamiento y deja de elaborar el programa de control.

Tiempo de reacción

En un PLC, debido a la elaboración cíclica de un programa, los comandos o salidas que se originan por la variación de una señal de entrada (reacción del sistema) no es tan rápida como en los equipos de control por cableado. En el PLC, el cambio de estado de una señal de entrada solo puede determinarse cuando la instrucción de consulta a dicha entrada es procesada. Así mismo, el estado de una salida solo se puede modificar cuando se elabora la instrucción de asignación correspondiente.

El tiempo de reacción de un sistema de control con PLC es igual, en el caso más simple, al retardo en la adquisición de las señales de entrada y salida más el tiempo de ciclo. En algunos controladores es necesario el aumento de otro tiempo de ciclo, debido a que usan la imagen de proceso.

Imagen del proceso

Antes de comenzar la elaboración propiamente del programa, y una vez que se ha iniciado la vigilancia del tiempo de ciclo, se realiza la carga de la imagen de proceso de las entradas. Esto consiste en vaciar el estado de todas las señales de entrada procedentes de las tarjetas, en una región de la memoria, especialmente destinada para ello, conocida como IPE (Imagen de Proceso de Entrada). Esto se entiende mejor observando la figura 1.10, donde se trata de detallar este concepto.

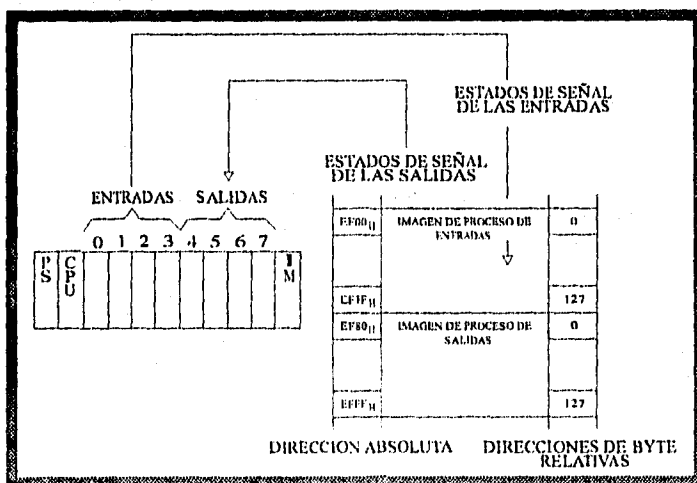


FIG. 1.10 Imágenes del proceso.

Durante la elaboración del programa, todas las consultas a los estados de señal de las entradas se hace de la imagen de proceso de entradas y no directamente de las tarjetas

Los resultados del programa, producidos por la asignación a las salidas, se escriben en otra región de la memoria conocida como Imagen de Proceso de Salidas (IPS). Al finalizar el programa después de la última instrucción, se transmiten los estados de señal contenidos en la IPS a las tarjetas de salida. Hasta entonces se actualiza físicamente el estado de conexión y desconexión de las salidas.

Un cambio en el estado de señal de una entrada no puede ser detectado durante la elaboración del programa. Ver la figura 1.11. Una vez iniciado el ciclo, los estados de señal con los que se trabaja son los estados "vacíos" inicialmente a la imagen del proceso. Estos no volverán a actualizarse respecto a las tarjetas, hasta el siguiente ciclo, en el que nuevamente los estados de las señales son "vacíos" a la imagen del proceso.

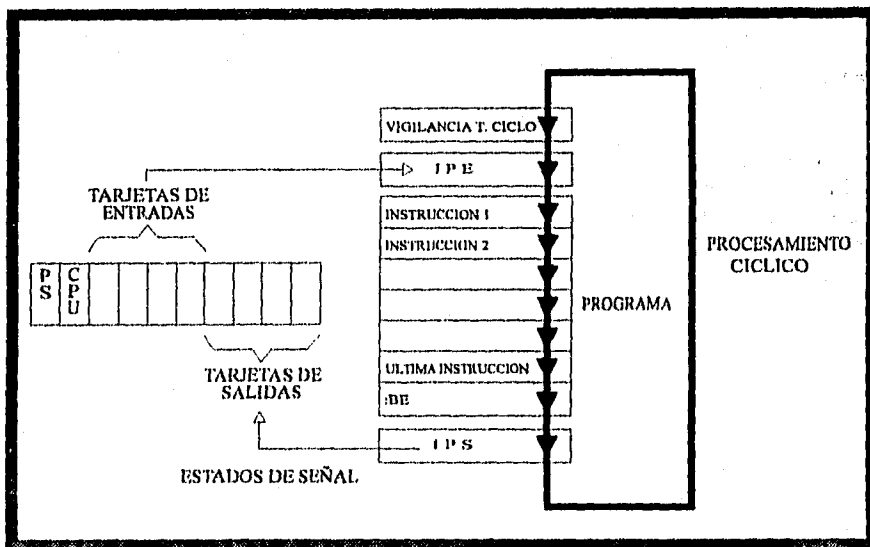
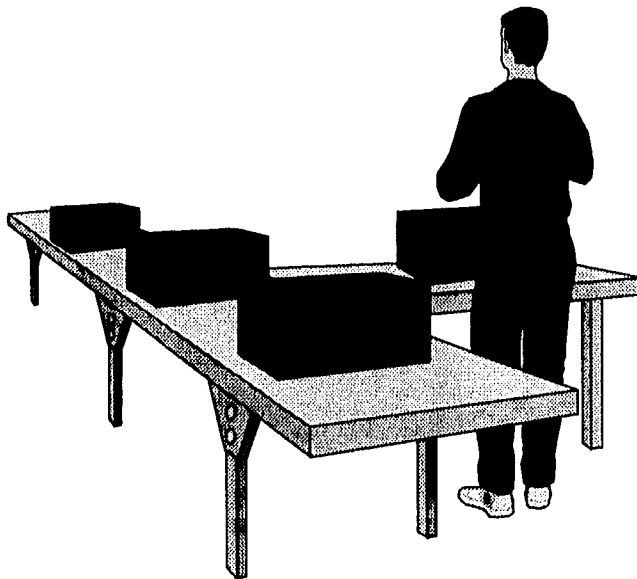


FIG. 1.11 Actualización de la imagen del proceso.

Mediante las ordenes de carga y transferencia es posible evitar el almacenamiento en la IPE e IPS. Y obtener o activar, en cualquier instante de la elaboración del programa, el estado de señal directamente de o en las tarjetas.

CAPITULO II

ESTRUCTURA DEL PLC



ESTRUCTURA DEL PLC

Todos los PLC's deben ser equipos adecuados para las diferentes tareas de automatización en el campo de la industria, debido a esto existen diversos fabricantes de este tipo de controladores. Cada fabricante tiene una determinada variedad de PLC's, sin importar mucho esto, cualquier PLC es apto para el mando de máquinas, automatización y vigilancia de muchos procesos.

Independientemente de su tamaño, complejidad o su costo, casi todos los PLC's de cualquier marca, tienen la misma estructura. Además debemos mencionar que el controlador debe permitirnos su utilización en servicios rudos y condiciones de trabajo extremas, es decir, condiciones ambientales muy variadas, por ejemplo: cerca de corrientes fuertes, grúas, astilleros, plataformas de perforación, químicos, etc.

Generalmente todos los PLC's cuentan con la siguiente estructura "básica":

1. Tarjetas de entrada y salida.
2. Unidad central de proceso.
3. Módulos de memoria.

En la figura 2.1 observamos con más detalle esta estructura básica.

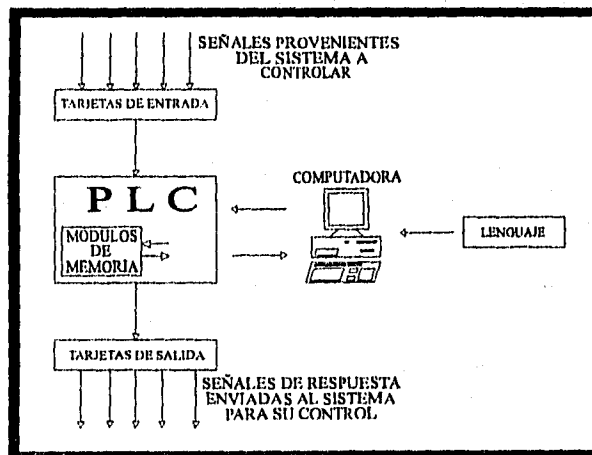


FIG. 2.1 Diagrama de la estructura básica de un PLC.

En este capítulo analizaremos en forma detallada las características básicas y capacidades de este equipo en general. Al hacerlo conoceremos más detalladamente al PLC, y a su vez obtendremos una justa referencia para comprender su funcionamiento.

Estructura modular

Casi todos los controladores lógicos programables son totalmente modulares, es decir, que cada una de sus partes es físicamente independiente. Basta insertar módulos para poder "armar" una configuración determinada o deseada. Esta característica de modularidad no solo permite responder a diversas necesidades de automatización, también facilita, entre otras cosas lo siguiente:

Instalación y mantenimiento. El montaje de bloques es sencillo. Se realiza mediante sujeción por resorte y tornillos (o simplemente tornillos), sobre un bastidor muy estable. Si uno de los módulos se daña, basta sustituirlo para rehabilitar el conjunto.

Actualización. Si se desea modernizar parte del equipo puede hacerse sin importar problemas. Las tarjetas son módulos enchufables que pueden insertarse, intercambiarse, o eliminarse fácilmente. Las nuevas tarjetas seguirán siendo compatibles con las anteriores.

Ampliación y versatilidad. Una configuración inicial puede "crecer", no solo en cuanto al número de señales que se lleguen a manejar, sino también en relación a la capacidad misma del sistema. Basta añadir más tarjetas de entrada y salida, tarjetas periféricas inteligentes o procesadores de comunicación para hacer más capaz o versátil una configuración inicial.

El bastidor

El bastidor central incluye siempre una fuente de alimentación y una tarjeta central (CPU), y de acuerdo con la tarea de automatización puede enchufarse en el controlador distintos tipos de tarjetas periféricas como son:

Tarjetas de entrada y salida digital. Para tareas de mando sencillas, en las que solo se presentan estados de señal "0" o "1".

Tarjetas de entrada y salida analógica. Para elaborar magnitudes que varían continuamente, como por ejemplo: las temperaturas o las presiones.

Tarjetas con procesamiento de señal. Para procesar señales especiales, tales como señales rápidas, de alta frecuencia, o con niveles muy particulares.

El bastidor es la base o sosten de una configuración. Se trata de un perfil sustentador de aluminio para fijar las tarjetas y una, o dos placas de bus, para interconectarles eléctricamente.

Dependiendo del tipo y el número de tarjetas con que se trabaje, el usuario puede elegir entre diferentes tipos de bastidores. Los bastidores pueden ser centrales o de ampliación, en los primeros siempre es necesario la fuente de alimentación y la tarjeta central CPU. Los segundos, como su nombre lo indica, son una ampliación del bastidor central. Los bastidores de ampliación necesitan o no de la fuente de alimentación, según se trate de una ampliación centralizada o descentralizada.

En todos los bastidores, ya sean centrales o de ampliación, los puestos de montaje o de enchufe de las tarjetas se encuentran numerados en sentido ascendente de izquierda a derecha empezando con el número "0". La posición o localización de las tarjetas depende de las posibilidades de equipamiento de cada bastidor.

Fuente de alimentación

Para que el CPU y demás tarjetas de una configuración trabaje es necesario una fuente de alimentación. Esta tarjeta, que ocupa el primer lugar de izquierda a derecha en el bastidor central, nos proporciona a partir de la tensión de red los voltajes regulados para el funcionamiento de nuestro controlador.

+ 5 V	Para alimentación de todas las tarjetas.
+ 5.2 V	Para alimentación del programador.
+ 24 V	Para los canales de lazo de corriente a 20 mA.

Existen fuentes de alimentación de muy variadas características. Se distinguen principalmente por la tensión de alimentación con la que trabajan y la corriente que manejan. La elección de una fuente determinada depende básicamente de estos parámetros mencionados, es decir, la tarjeta elegida debe ser apta para trabajar con la alimentación de diseño y responder a la carga y consumo de corriente de la configuración.

Partes y manejo. En la parte frontal de la fuente de alimentación pueden distinguirse los siguientes elementos:

- Conectores para la alimentación de red;
- Selectores de voltaje;
- Interruptor para suministro de tensión interna;
- Led's de señalización de tensión interna correcta;

- Receptáculo de batería y batería tampón;
- Led de señalización de fallo de batería;
- Conectores para tensión de respaldo externa;
- Switch para confirmación de cambio de batería.

Selector de voltaje y conectores para alimentación de red. La fuente de alimentación puede funcionar con diferentes tensiones de red: 24 Vcc, 115 Vca y 230 Vca. Para c.a. es necesario ajustar el selector de tensión al valor deseado. Existen tres bornes de tornillo en la fuente para conectar la red: Línea, neutro y tierra.

Interruptor int de power. Las tensiones internas (las que suministra nuestra fuente de alimentación al resto del controlador) se conectan o desconectan a través del interruptor para suministro de tensión interna, rotulado como "INT DC POWER", sin necesidad de interrumpir la tensión aplicada. La significación de las posiciones de este interruptor son: 1 = "conectado" y 0 = "desconectado".

Led's de señalización de tensión interna correcta. Estos tres led's indican el suministro correcto de las tensiones internas operativas: 5 V, 5.2 V y 24 V dc. El correcto suministro de energía se indica con el encendido del led correspondiente.

Receptáculo de batería y batería tampón. La fuente de alimentación cuenta con un depósito para batería tampón. Esta última se encarga de mantener el programa de aplicación y los datos contenidos en la memoria RAM del CPU cuando se interrumpe el suministro de energía. El tiempo de respaldo de una batería nueva es de aproximadamente unos 2 años.

Led de señalización de fallo de batería. El led se enciende cuando: no hay batería, o la tensión de la batería tiene la posición cambiada.

Conectores para tensión de respaldo externa. La fuente de alimentación cuenta con dos casquillos para aplicar desde el exterior una tensión de respaldo cuando se cambia a la batería y la fuente de alimentación se encuentra desconectada.

Switch para confirmación de cambio de batería. Al cambiar una batería es necesario avisar que la operación ha sido realizada. Este aviso se hace apretando el pulsador de RESET una vez que la batería vieja ha sido reemplazada por una batería nueva.

Tarjeta central CPU

La tarjeta central CPU es imprescindible para constituir una configuración. Se trata del "cerebro" del PLC.

La tarjeta CPU lee los estados de señal que se registran a las entradas, ejecuta el programa de control y designa las salidas correspondientes. Contiene una unidad de control (procesador); una memoria interna de programa "RAM"; banderas, temporizadores, contadores y módulos funcionales estándar integrados en el sistema operativo para multiplicación, división, conversión de códigos y elaboración de valores analógicos, entre otras operaciones.

Veamos ahora las partes y el manejo de la tarjeta central. Sigamos esta aplicación apoyándonos en la figura 2.2.

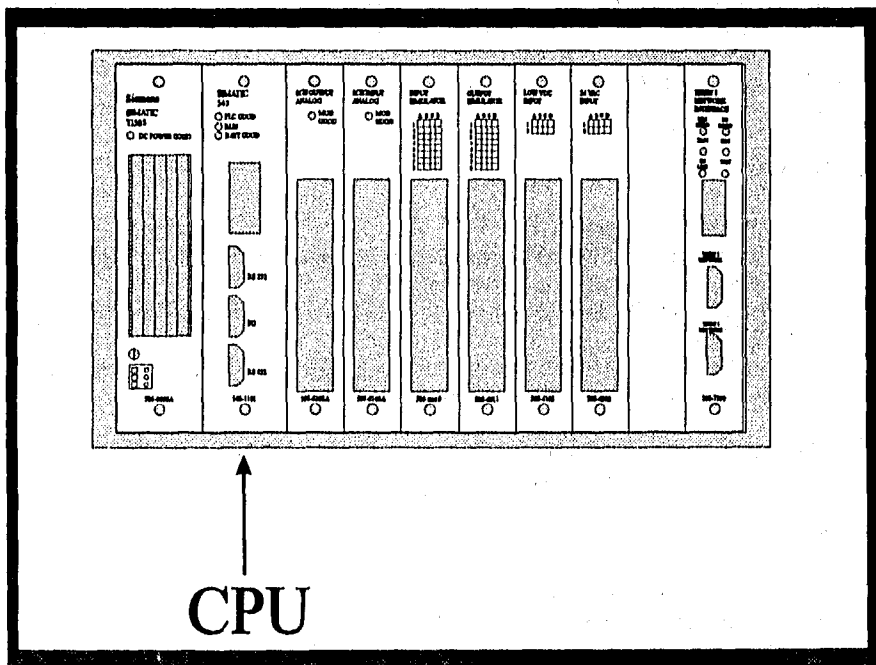


FIG. 2.2 Tarjeta central CPU.

Partes y manejo. En la parte frontal de la tarjeta CPU pueden distinguirse los siguientes elementos:

- Selector del modo de operación.
- Led's para indicación del modo de operación.
- Selector para elección de comportamiento de reinicio.
- Led's indicadores de error.
- Carta de información.
- Puesto de enchufe para módulos de memoria RAM, EPROM y EEPROM.
- Puerto de conexión.

Selector del modo de operación. Existe un selector del modo de operación que permite elegir entre los modos de operación RUN (RN) y STOP (ST). Existe un tercer modo llamado "ARRANQUE". El arranque es el paso de la CPU de stop a run. El arranque es ejecutado automáticamente por la CPU al encender el equipo, si el selector de modo de operación se encuentra en run.

Modo "stop":

- No se ejecuta el programa.
- Se mantienen los valores de los temporizadores, contadores, banderas e imágenes de proceso presentes al entrar en el estado stop.
- Quedan bloqueadas las tarjetas de salida (estado de señal "0"). Luce el indicador de error "BASP".
- Al pasar de stop a run se ponen a "cero" las imágenes de proceso y las banderas, temporizadores y contadores no remanentes.

Es de mucha importancia mencionar que al pasar del modo stop al modo run se ponen en "cero" las imágenes de proceso y las banderas, temporizadores y contadores no remanentes.

Modo "run":

- El programa se ejecuta cíclicamente.
- Se ejecutan las temporizaciones de nuestro programa.
- Se cargan los estados de señal de las tarjetas de salida.
- Se direccionan las tarjetas de salida.

Ahora bien el modo run puede también ajustarse tras el "borrado total", es decir, sin programa de control en la memoria.

Led's indicadores del modo de operación. Existen dos led's para poder señalar el modo de operación en el que se encuentra trabajando la unidad central de proceso; la siguiente figura resume y muestra la posible señalización que puede haber en estos led's indicadores.

LED rojo	LED verde	SIGNIFICADO
●	●	MODO ARRANQUE
●	○	MODO STOP
○	●	MODO RUN
○	○	CONTROL DEL PROCESAMIENTO

FIG. 2.3 Significación de los led's modo de operación.

Selector para elección del comportamiento de reinicio. La característica de remanencia (se puede continuar en el lugar en que se estaba procesando la información, del programa, en el instante en que ocurriera una interrupción inesperada) de las banderas, temporizadores y contadores se habilita mediante el selector para elección del comportamiento de reinicio. Cuando el selector se encuentra en posición RE, los temporizadores, contadores y banderas remanentes mantienen su valor o estado al efectuarse un "arranque". Cuando el selector se encuentra en posición NR, tales elementos se ponen a "cero". La tabla de la siguiente figura muestra cuales y como se ven afectadas las banderas, temporizadores y contadores al hacer el ajuste de remanencia en el selector para elección del comportamiento de reinicio.

	MARCAS	TEMPORIZADORES	CONTADORES
POSICION DEL SELECTOR RE (REMANENCIA)	F0.0 A F127.7 REMANENTES	T0 A T63 REMANENTES	c0 A c63 REMANENTES
	F128.0 A 255.7 NO REMANENTES	T64 A T127 NO REMANENTES	c64 A c127 NO REMANENTES
POSICION DEL SELECTOR NR (NO REMANENCIA)	NO HAY MARCAS REMANENTES	NO HAY TEMPORIZADORES REMANENTES	NO HAY CONTADORES REMANENTES

FIG. 2.4 Significación del ajuste de remanencia.

Rutina de prearranque. Antes de entrar al modo de arranque el CPU ejecuta la rutina de rearranque o prearranque. Los pasos de esta rutina dependen del evento que provoca el rearranque.

- Rearranque partiendo del estado stop.
- Rearranque tras restablecimiento de red.

Si se arranca el controlador partiendo del estado stop usando el selector del modo de operación, el sistema operativo ejecuta la siguiente rutina de rearranque (ver la figura 2.5):

1. Se borra la imagen del proceso.
2. Se borran los temporizadores y contadores no remanentes.
3. Se cargan con señal "0" las salidas digitales.
4. Se lee y memoriza la configuración de las tarjetas de entrada y salida.
5. Se comprueba el módulo de memoria.
6. Se crea la lista de direcciones para el programa de control.
7. El controlador pasa al modo arranque.

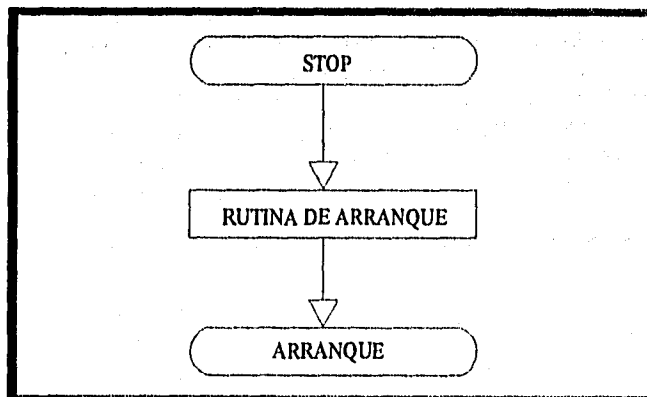


FIG. 2.5 Rutina de rearranque.

Con el procedimiento de rearranque tras el restablecimiento de red (conexión), la rutina de rearranque en este caso se ejecuta de la misma forma que la rutina de rearranque partiendo del estado stop, y además se controlan la batería, el módulo de memoria y el estado del modo de operación (RN, ST) en base al diagrama de la figura 2.6.

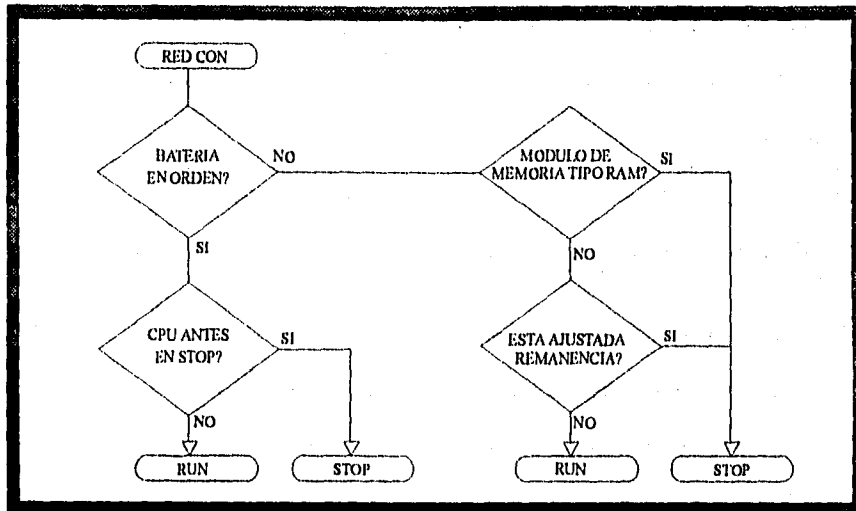


FIG. 2.6 Procedimiento de re arranque tras restablecimiento de red.

Led's indicadores de error y carta de información. Algunas tarjetas centrales cuentan con led's indicadores para un primer nivel de diagnóstico de fallas. En ellas se incluye una tablilla de plástico que resume todas las instrucciones más importantes para la fuente de alimentación, así como la significación de los led's de error.

Módulos de memoria. Es posible enclufar al CPU módulos de memoria RAM, ROM, PROM, EPROM o EEPROM de diferentes capacidades.

El módulo RAM (Memoria de acceso aleatorio) sirve para almacenar el programa de control durante la elaboración y prueba del programa. El contenido de la memoria RAM, ya sea la del módulo enchufable o la que posee el CPU, es volátil, es decir, su contenido se pierde si el suministro de energía, proporcionado por la fuente de alimentación, se pierde.

El módulo ROM (Memoria de solo lectura) esta diseñado para almacenar datos fijos, los cuales podrán ser leídos pero no modificados. La información aquí almacenada es determinada por la presencia o ausencia de conexión entre los elementos del circuito. Una vez realizado el patrón de conexión de esos elementos por el fabricante, no se puede cambiar por lo que es inmune a la pérdida de datos por ruido o por falta de energía. Los dispositivos ROM son usados para almacenar al sistema operativo.

En el módulo PROM (Memoria programable de solo lectura) generalmente la memoria está cargada con "unos" en todas sus localidades, así el usuario aplica pulsos de corriente con lo que se logran quemar las conexiones internas del circuito, produciendo el patrón requerido. Para su programación se requiere de equipo especial.

Los módulos EPROM y EEPROM (Memoria de solo lectura programable y borrrable, Memoria de solo lectura programable y borrrable eléctricamente) son módulos de memoria enchufables de tipo no volátil, es decir, que su contenido no se pierde por la falta del suministro de energía. Se utilizan normalmente para alojar programas definitivos, ya probados y debidamente depurados. El contenido de la memoria EPROM se borra utilizando luz ultravioleta. El contenido de la memoria EEPROM se borra eléctricamente. Ambos módulos (EPROM y EEPROM) se graban con ayuda de equipo especial de programación.

Borrado total. Antes de introducir un nuevo programa es muy recomendable ejecutar la función "Borrado Total". Con ello se borran:

1. La memoria de programa del controlador.
2. Todos los datos de banderas, temporizadores y contadores.
3. Todos los identificadores de error.

Para poderse lograr el borrado total se tienen que seguir los siguientes pasos:

1. Mantenga el selector de comportamiento de reinicio en la posición OR; tómese muy en cuenta que esta posición del selector no es permanente, si se suelta el selector, este regresa a su posición superior.
2. Pase dos veces de ST a RN el selector de modo de operación.

Durante la operación de borrado total se apaga brevemente el led indicador de color rojo. El borrado total puede activarse también a través de la computadora.

Puerto de conexión. Se tiene uno o dos puertos, según el modelo y la marca del CPU, para conectar aparatos de programación, aparatos de servicio (panel de operación), red local, impresora o teclado.

Las tarjetas

Las tarjetas de entrada y salida constituyen la interfase hacia los emisores y los actuadores de una máquina o de una instalación.

Las tarjetas de entrada. Reciben las señales de campo y las adaptan a los niveles internos de nuestro equipo de control. Estas señales viajan a través del bus hacia el CPU donde son procesadas.

Las tarjetas de salida. Toman las señales elaboradas por el CPU y a partir del nivel interno de esta señal producen el nivel adecuado para alimentar reles, electroválvulas, lámparas, y en general todos los elementos finales de control.

Dependiendo del tipo de señal de proceso se tienen tarjetas de dos tipos:

- Tarjetas digitales, y
- Tarjetas analógicas.

Tarjetas digitales. Para tareas de mando en las que solo se presentan estados de señal "0" y "1" se utilizan las tarjetas de entrada y salida del tipo digital. Existe una gran variedad de tarjetas de entrada y salida digitales, se distinguen fundamentalmente por el número de señales, el voltaje y la corriente que manejan.

Tarjetas analógicas. Para elaborar magnitudes que varían continuamente, como por ejemplo, las temperaturas o presiones, se cuenta con las tarjetas de entrada y salida analógicas. También es posible elegir entre varias opciones, distinguiéndose básicamente por el número y rango de señales que manejan.

Características de las tarjetas

Verifiquemos las características principales de las tarjetas de entrada y salida.

Led's indicadores del estado de señal. El estado de señal de las entradas y salidas se indican mediante diodos led's verdes. Los led's se encienden indicando estado de señal "1" y se apagan indicando el estado de señal "0".

Conector frontal. Los cables de señal para las tarjetas de entrada y salida se conectan a unos conectores frontales que se enganchan por la parte inferior en la tarjeta y se atornillan por la superior.

Cada conector frontal tiene un canal para los cables, de esta forma la tapa frontal de la tarjeta cubre completamente el conector. Todas las tarjetas admiten conexión por pinza elástica o por tornillo, según se desee. En caso de conexión por tornillo no son necesarios casquillos terminales. Para garantizar cierta movilidad a los conectores frontales deben utilizarse conductores flexibles.

Identificación de señales. Las señales que llegan al conector frontal y por lo tanto a la tarjeta se identifican rotulando la tira o etiqueta de rotulación que se encuentra para tal fin en los frontales de la tarjeta.

Esquema de conexión. En el interior de la puerta frontal de las tarjetas, se encuentra un esquema general de conexión de la fuente de alimentación, de los emisores de señal y de los actuadores.

Construcción mecánica. Todas las tarjetas se fijan en los bastidores correspondientes. Los bastidores pueden instalarse en armarios con dimensiones en sistema métrico o en pulgadas. También pueden fijarse en superficies inclinadas hasta 15 grados respecto a la vertical. Las tarjetas pueden tener forma constructiva en bloque y montarse directamente en el bastidor, o tener el formato Europa doble (la fuente de alimentación en el centro con ampliaciones hacia ambos costados) y necesitar una cápsula de adaptación para enchufarse en el bastidor.

Codificación mecánica del puesto de enchufe. Todas las tarjetas excepto la de la fuente de alimentación y las tarjetas centrales, disponen de un elemento codificador que tiene la forma de un dado de dos piezas. Este dispositivo garantiza que al sustituir una tarjeta solo pueda enchufarse una del mismo tipo. Así se reduce el peligro de destrucción por confusión del puesto de enchufe.

El dado codificador esta compuesto por dos piezas que encajan únicamente cuando la forma de la contraparte corresponde. Al montar la tarjeta, el dado codificador encaja en la contraparte del bastidor. Al volver a sacar la tarjeta, una de las dos piezas permanece en el bastidor y la otra en la tarjeta.

También es posible trabajar sin codificación de puesto de enchufe para ello basta sacar el elemento codificador de la tarjeta que se encuentra en el bastidor, antes de enchufarla.

Direccionamiento

Cada una de las señales de las tarjetas de entrada y salida tienen una dirección determinada. Las señales que maneja una tarjeta se agrupan en conjuntos de 8 (bytes) para efectos de direccionamiento. La dirección de una señal se hace dando el conjunto byte al que pertenece, y el número de elemento o número bit dentro de ese byte.

Existe la posibilidad de manejar:

1. Direccionamiento fijo, y
2. Direccionamiento variable.

Direccionamiento fijo. Cuando se trabaja con direccionamiento fijo, la dirección de cada señal depende de la posición o puesto de enchufe de la tarjeta a la que pertenece.

A cada puesto de enchufe se le asignan 4 direcciones byte, (se enchufen o no tarjetas en el puesto). Se reservan 4 direcciones bytes por puesto considerando que las tarjetas que manejan mayor número de señales son aquellas de 32 puntos (4 bytes). En el caso de insertar una tarjeta de 16 puntos, las 2 últimas direcciones bytes que le corresponden al puesto de enchufe se pierden. Así por ejemplo las señales que manejan la tarjeta en el puesto de enchufe "0" corresponden a los bytes "0", "1", "2", "3". Los bytes "4", "5", "6", "7" se encuentran en la tarjeta del puesto de enchufe "1" y así sucesivamente (obsérvese la figura 2.7).

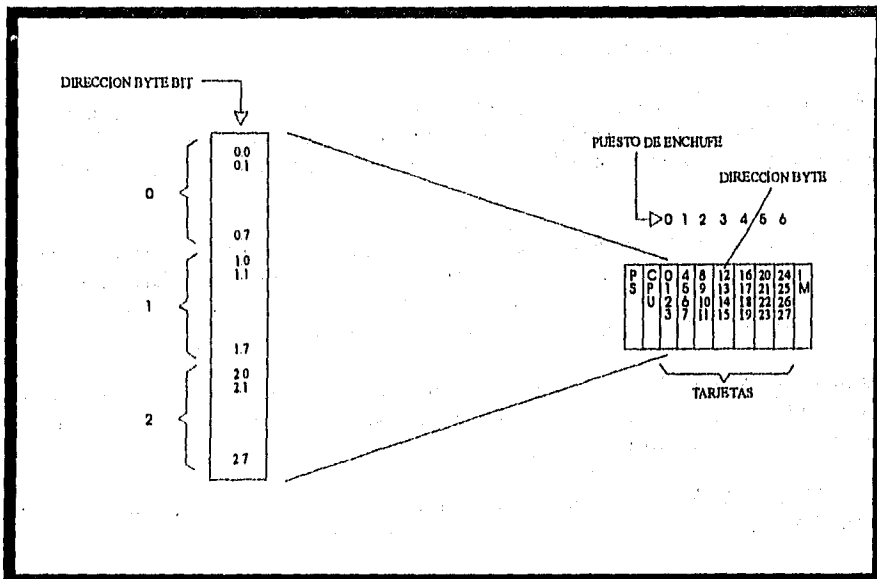


FIG. 2.7 Direccionamiento fijo.

Direccionamiento variable. La dirección de una señal puede ser independiente de la posición o puesto de enchufe de la tarjeta a la que pertenece. Así por ejemplo es posible hacer que los bytes "0", "1", "2" y "3" no correspondan a la tarjeta enchufada en el puesto "0", sino que correspondan a la tarjeta ubicada en el puesto de enchufe "3". A este tipo de direccionamiento se le conoce como direccionamiento variable.

Posibilidades de ampliación

Si el bastidor central de un controlador no tiene suficientes puestos de enchufe para conectar todas las tarjetas necesarias en una configuración de control, es posible aumentar el número de puestos añadiendo bastidores de ampliación.

La unión entre bastidores se establece a través de tarjetas interfase que se eligen según la configuración. Para esto existen dos maneras de ampliar un bastidor central, que son las siguientes:

- Ampliación centralizada, y
- Ampliación descentralizada o distribuida.

Ampliación centralizada. En la ampliación centralizada los bastidores de ampliación que se conectan al bastidor central quedan situados físicamente cerca del aparato central (2.5 m como máximo, aproximadamente, entre bastidor central y último de ampliación, para casi cualquier PLC).

En esta forma de acoplamiento no es necesario que los bastidores de ampliación tengan fuente de alimentación. Mediante las tarjetas de interfase y sus cables correspondientes se lleva la tensión de alimentación desde el bastidor central al resto de los bastidores. Los datos que intercambian el CPU y las tarjetas también viajan a través de esta vía.

Ampliación descentralizada. Este método de ampliación permite situar a pie del proceso, o sea, junto a los emisores y actuadores, partes del controlador, con ellos se reducen considerablemente el cableado de los emisores y de los actuadores.

En la ampliación descentralizada los bastidores de ampliación que se conectan al bastidor central pueden quedar situados hasta 600 m, o hasta los 1,000 m.

En el caso de la ampliación descentralizada hasta 600 m es posible conectar un máximo de 2 X 4 bastidores de ampliación. La distancia entre el bastidor central y el último de ampliación puede ser de 600 m. A cada uno de estos bastidores centrales y de ampliación pueden acoplárseles adicionalmente en forma centralizada otros tres bastidores de ampliación.

En el caso de la ampliación descentralizada hasta los 1,000 m es posible conectar hasta tres bastidores de ampliación. La distancia entre el bastidor central y el último de ampliación puede ser de hasta 1,000 m, en este caso también es posible conectar adicionalmente, en forma centralizada, hasta tres bastidores de ampliación en cada uno de los bastidores central y de ampliación de la configuración.

En la ampliación descentralizada es necesaria una fuente de alimentación en cada acoplamiento remoto. El acoplamiento entre bastidores se logra mediante tarjetas de interfase que llevan los hilos de la red local de datos.

Tarjetas inteligentes

Las tarjetas inteligentes pueden conectarse a nuestro equipo de control y son de dos tipos fundamentalmente:

- Tarjetas preprocesadoras de señal, y
- Tarjetas procesadoras de comunicaciones.

Tarjetas preprocesadoras de señal. Las tarjetas con preprocesamiento de señal, también conocidas como tarjetas IP, son tarjetas inteligentes que se utilizan para funciones cuya realización implica cierta "dificultad" o "grado de especialidad". Como por ejemplo para las tareas de automatización en las que aparecen señales para procesar rápida o frecuentemente, o cuyo nivel es de un tipo especial.

Actualmente se disponen de tarjetas preprocesadoras de señal para diversas funciones, como por ejemplo para lectura de recorrido, regulación de temperatura, computo rápido, etc. Este tipo de tarjetas disponen mayoritariamente de un procesador propio, lo que les permite afrontar autónomamente y con gran rapidez la tarea para la cual están diseñadas.

El uso de las tarjetas IP incrementa la eficiencia de una configuración mediante el principio de la división del trabajo; las IP son las "especialistas" entre las tarjetas, y desarrollan tareas que sobrecargarían o harían más lento al procesador central.

El computo rápido, la lectura y el procesamiento de datos de desplazamiento, la medida de velocidades y tiempos, son algunas de las tareas críticas en el tiempo que la unidad central de un PLC no puede realizar normalmente a la velocidad deseada, ya que tiene que ocuparse de todas las funciones de control propiamente dichas. En estos casos con las tarjetas IP's es posible procesar en paralelo, y con ello a mayor velocidad las tareas críticas del tiempo.

Tarjetas procesadoras de comunicaciones. Las tarjetas procesadoras de comunicaciones se utilizan para realizar el intercambio de datos entre el controlador y otros aparatos, como por ejemplo, impresoras, pantallas de video, computadoras u otros controladores. Al igual que las tarjetas IP's, los procesadores de comunicaciones descargan a la tarjeta central de tareas especiales, en este caso de las tareas de comunicación.

Existen tarjetas procesadoras de comunicación que permiten el intercambio de datos entre el controlador y un periférico determinado, por ejemplo, un monitor, un teclado, una computadora, una impresora. El intercambio de datos se realiza a través de una línea específica. El procesador de comunicaciones se encarga de gestionar este intercambio en forma rápida y segura.

Mediante este tipo de tarjeta es posible establecer una interfase hombre/máquina funcional y amable. Las indicaciones y avisos del proceso antes hechas con focos e indicadores digitales se sustituyen por un monitor donde se visualizan imágenes, gráficos y tablas relativas al proceso. Los valores de las variables de interés, tales como los valores de medición, valores de comparación, estados operativos, etc., se actualizan constantemente en pantalla. Por su parte, la operación del proceso se realiza a través de un teclado, con el que pueden alimentarse o modificarse valores de operación como set point, valores límite, comandos, etc.

Si hay que acoplar varias unidades, ya no tiene sentido realizarlo a través de acoplamientos punto a punto, descrito en los dos párrafos anteriores. En este caso conviene emplear una red local con topología de bus. En esta forma de comunicación, todas las unidades (los nodos) están acopladas a una línea de comunicación única y común a través de la cual se canaliza el intercambio de datos.

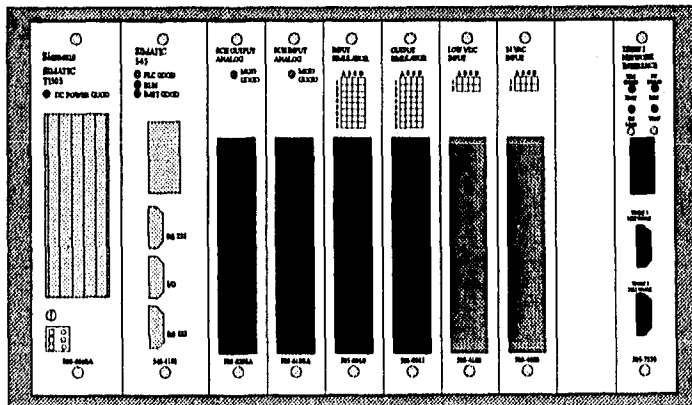
En comparación con la comunicación punto a punto, la comunicación por red ofrece las siguientes ventajas:

1. Menos cableado.
2. Ampliación más fácil.
3. Comunicación directa entre unidades.

La comunicación punto a punto y la comunicación por red habilita a un equipo a cubrir básicamente todos los niveles de automatización de un proceso industrial: desde el nivel de mando y regulación (muy cerca del proceso), hasta el nivel de gestión de una empresa.

CAPITULO III

SIEMENS Y SU CONCEPTO DEL PLC



SIEMENS Y SU CONCEPTO DEL PLC

La compañía Siemens ha participado mediante aportaciones tecnológicas propias en favor de la técnica de control por programa. Un ejemplo de ello lo constituyen sus equipos de la línea Simatic: el concepto del PLC de Siemens.

En este capítulo se obtendrán las bases para el entendimiento y manejo del equipo de Siemens, introduciéndonos así al uso de los controladores lógicos programables y por lo tanto a la técnica del control por programa.

Se dará inicio al uso del lenguaje de programación. Todas las definiciones y convenciones discutidas aquí, nos facilitarán el uso adecuado de esta herramienta de programación: el Step 5.

La familia Simatic S5

La familia Simatic S5 es el conjunto de equipos y productos creados por Siemens para realizar tareas de automatización con la técnica de control por programa. Desde este punto de vista, la familia Simatic S5 puede dividirse en 3 subconjuntos fundamentales, figura 3.1.

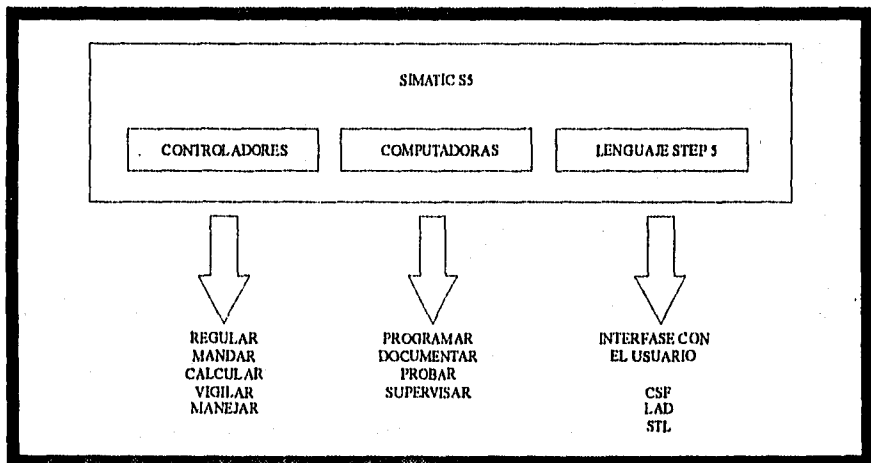


FIG. 3.1 La familia Simatic S5.

Los autómatas o controladores. Con los que se realizan propiamente las tareas de control, como son: regular, mandar, calcular, vigilar, comunicar, señalar, etc.

Los programadores o computadoras. Con los que se realizan la prueba y supervisión de los programas de control, así como la documentación de los sistemas desarrollados.

El lenguaje Step 5. Que constituye el lenguaje común de interfase entre los equipos de la línea Simatic S5 y el usuario.

Dentro del subconjunto de controladores la línea Simatic S5 ofrece una gran variedad de equipos, desde los que se ocupan para realizar tareas sencillas hasta los de tareas complejas que involucran un gran número de señales. A medida que el controlador es más poderoso, el número de señales que se manejan, y la capacidad de memoria para programa del usuario aumenta, mientras que la velocidad de procesamiento aumenta y por lo tanto el tiempo de reacción disminuye.

Espectro de capacidad del Simatic S5

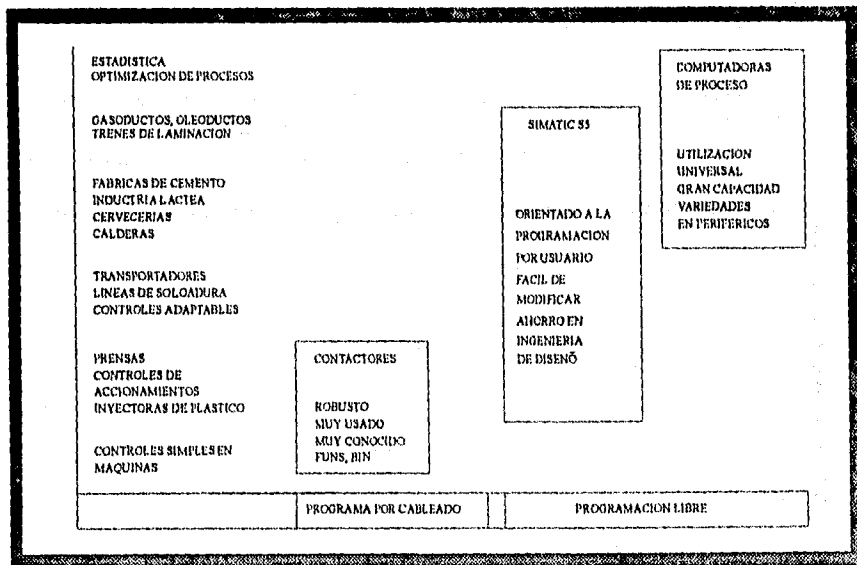


FIG. 3.2 Espectro de complejidad que abarca el equipo Simatic S5.

Hasta aquí, hemos visto las tarjetas necesarias para construir un PLC básico. Con tales tarjetas es posible sustituir, con las ventajas que ello implica, cualquier sistema de control implementado con la técnica convencional.

Sin embargo, la utilización de un equipo como este no está limitada a este punto. La capacidad del equipo Simatic S5 puede crecer para resolver tareas de automatización cuya complejidad es mayor a la de las tareas hasta ahora resueltas por el control convencional. Desde este punto de vista el Simatic S5 es algo más que un PLC en el sentido literal de la palabra. Se trata de un dispositivo capaz de sustituir con ventajas un control convencional y además realizar una gran variedad de funciones de control resueltas hasta ahora únicamente por computadoras de proceso (Obsérvese la figura 3.2).

La base para el aumento de capacidad del controlador programable Simatic S5 radica en la posibilidad de insertar tarjetas inteligentes en una configuración básica.

El simulador

Para simular el proceso y poder probar los programas de aplicación, contamos con un simulador en el que es posible simular señales digitales y analógicas. La constitución del simulador es muy sencilla.

Las señales digitales de los emisores se simulan utilizando el conjunto de los 16 interruptores localizados a la izquierda del simulador, y el interruptor hexadecimal ubicado en la parte derecha inferior. Por su parte, las salidas y actuadores digitales se simulan con las 16 lámparas localizadas frente a los interruptores digitales, y el display digital ubicado en la parte derecha del simulador. Las lámparas se iluminan siempre que la correspondiente salida tenga el estado de señal "1".

La computadora

Para la programación, prueba y servicio (búsqueda de averías) existe, como parte de la familia Simatic S5, una amplia gama de aparatos de programación. Estos van desde los aparatos de programación PG 605 y PG 615, tipo calculadora, hasta los aparatos de programación PG 685 y PG 750, que trabajan soportados por una pc y con los cuales se pueden realizar la visualización, prueba y documentación completa del programa, de forma automática en las diferentes formas de representación.

En la programación de un aparato de automatización se diferencian dos formas de servicio:

- Servicio Off-Line, y
- Servicio On-Line.

En el servicio Off-Line se puede realizar el programa de mando independientemente del aparato de automatización, es decir, sin conexión al controlador. El programa se escribe en la memoria de la computadora y, según necesidades, se traspasa automáticamente el contenido de la memoria en una memoria EPROM o en un diskette.

En el servicio On-Line el aparato de programación se acopla con el aparato de automatización por medio de un cable de interfase. El programa de aplicación puede leerse directamente de la tarjeta central CPU, transferirse en ambos sentidos, y modificarse en caso necesario. Estando en servicio On-Line se pueden ver los estados de señal de las entradas, salidas y banderas, así como seguir el flujo de señales del programa de aplicación que se este procesando en el CPU del controlador.

Lenguaje de programación STEP 5

El step 5 es un lenguaje de programación con el que se formulan las funciones de automatización en el controlador lógico programable. Es el medio de entendimiento entre el usuario y el sistema de automatización. Obsérvese la figura 3.3.

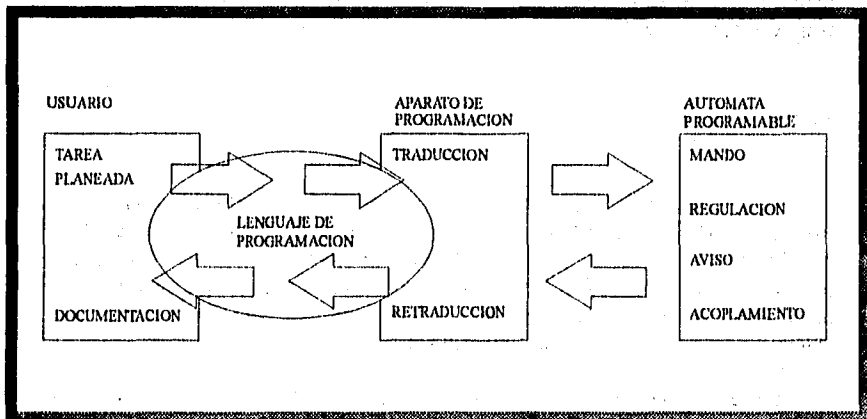


FIG. 3.3 El lenguaje de programación Step 5.

Formas de representación

Existen tres formas de representación del Step 5. Cada usuario puede elegir la forma de representación que le sea más comoda utilizar. Esto facilita considerablemente el uso y aprendizaje del lenguaje.

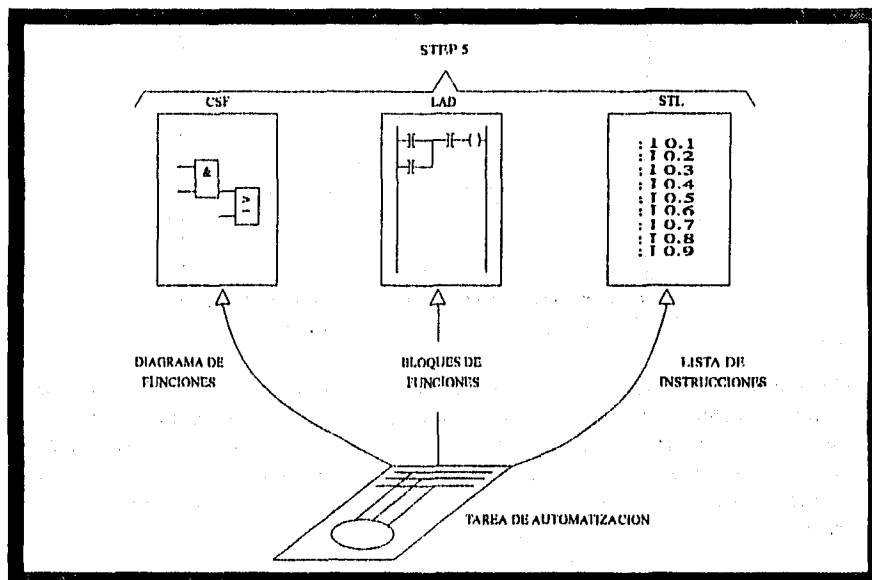


FIG. 3.4 Formas de representación del Step 5.

Diagrama de contactos o LAD (Ladder Diagram). Representación gráfica en forma de diagramas de circuito, similar a los esquemas de circuitos usados en el control convencional. Este tipo de programación es mejor conocida como programación por diagrama de escalera.

Bloques de funciones o CSF (Control System Flowchart). Representación gráfica mediante bloque de funciones utilizando los símbolos normalizados según DIN 40 700.

Lista de instrucciones o STL (Statement List). Representación por medio de instrucciones según DIN 19 239. Esta forma se aproxima al lenguaje máquina del controlador.

Programa

Un programa es una secuencia de instrucciones y declaraciones para la elaboración o realización de una tarea. Los programas escritos en el lenguaje Step 5 se clasifican en dos grandes grupos o categorías: Programas del sistema y Programas de aplicación (Figura 3.5).

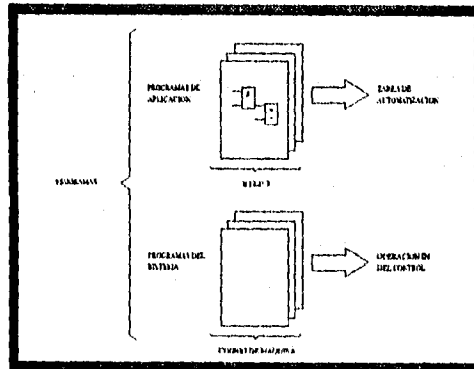


FIG. 3.5 Tipos de programas en el Step 5.

Programas del sistema. Es el conjunto de todas las instrucciones y declaraciones para realizar las funciones operativas internas del controlador. Por ejemplo: asegurar los datos en caso de caída de alimentación; organizar el procesamiento de los programas de aplicación, etc. Estos programas están almacenados en memoria EPROM dentro del CPU. No se pierden ni se alteran en caso de falta de alimentación al equipo. El usuario no tiene acceso a ellos.

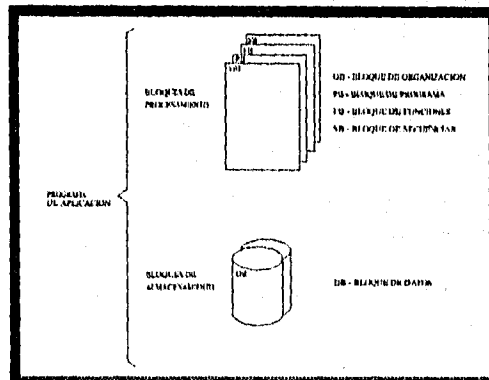


FIG. 3.6 Tipos de bloques en los programas de aplicación.

Programas de aplicación. Es el conjunto de instrucciones y declaraciones para elaborar las señales de control que resuelven una tarea de automatización específica. El usuario escribe estos programas usando el lenguaje de programación Step 5. En un programa de aplicación se pueden distinguir una serie de partes llamadas bloques. El número y tipo de bloques que componen un programa de aplicación depende de la tarea de automatización y los criterios de programación.

Bloque. Un bloque es una parte del programa de aplicación que se distingue por tener una función, estructura o finalidad específica. En Step 5 los bloques se clasifican en: bloques de procesamiento y bloques de almacenamiento (se puede observar en la figura 3.6).

Bloques de procesamiento

Los bloques de procesamiento contienen instrucciones para procesar o elaborar una tarea determinada, se subdividen a su vez en:

- Bloques {
 - Organización
 - Programa
 - Funciones
 - Secuencia

Bloque de organización (OB). Para administrar la elaboración del programa de aplicación. En él se listan todos los bloques de programa (PB) que se han de elaborar. Existen OB's que se procesan en forma cíclica, otros cuyo procesamiento se controla por alarmas o bien por tiempo. Se observa en la figura 3.7.

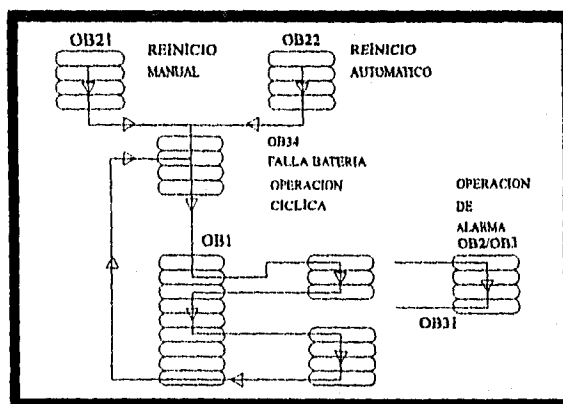


FIG. 3.7 Bloques de organización.

Bloque de programa (PB). Para implementar el programa de aplicación que resuelve la tarea de automatización específica. Un programa de aplicación puede estar formado por uno o varios bloques de programa. La división del programa de aplicación se hace siguiendo criterios de división funcional y/o tecnológica de la tarea de automatización, ver figura 3.8.

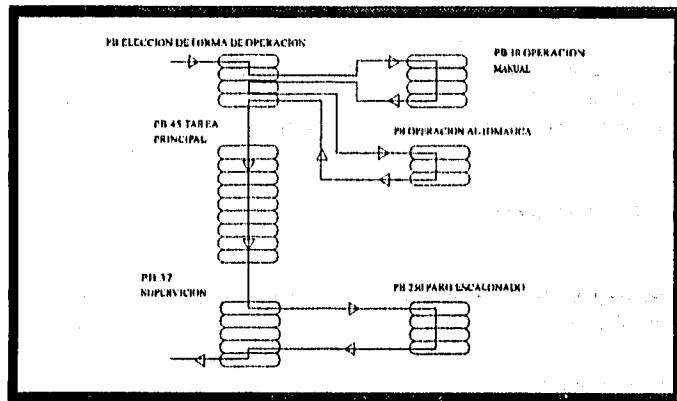


FIG. 3.8 Bloques de programa.

Bloque de funciones (FB). Para implementar las tareas o funciones que se repiten a menudo, o son muy complejas. La función que realiza un FB puede llevarse a cabo con diferentes parámetros. Esta capacidad constituye una manera efectiva de capitalizar esfuerzos de programación previamente realizados, ver figura 3.9.

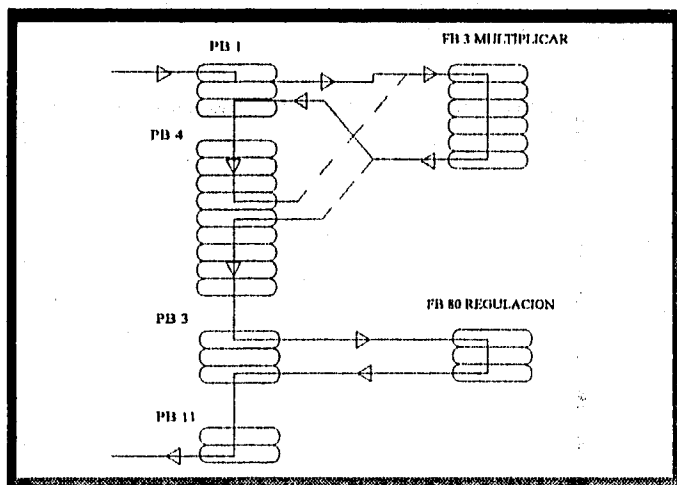


FIG. 3.9 Bloques de funciones.

Existen FB's estándar y FB's de usuario. Los primeros se suministran completos, listos para su utilización, y los segundos los crea el usuario en su totalidad.

Bloque de secuencia (SB). Para implementar funciones o tareas de tipo secuencia, se trata de bloques de funciones que organizan la ejecución de una secuencia.

Bloques de almacenamiento

Los bloques de almacenamiento NO contienen instrucciones, sirven únicamente para almacenar información. Existe un solo tipo de bloque de almacenamiento: el Bloque de datos (DB).

Bloque de datos (DB). Para almacenar información. A través de este tipo de bloque el usuario archiva datos fijos o variables, ver figura 3.10

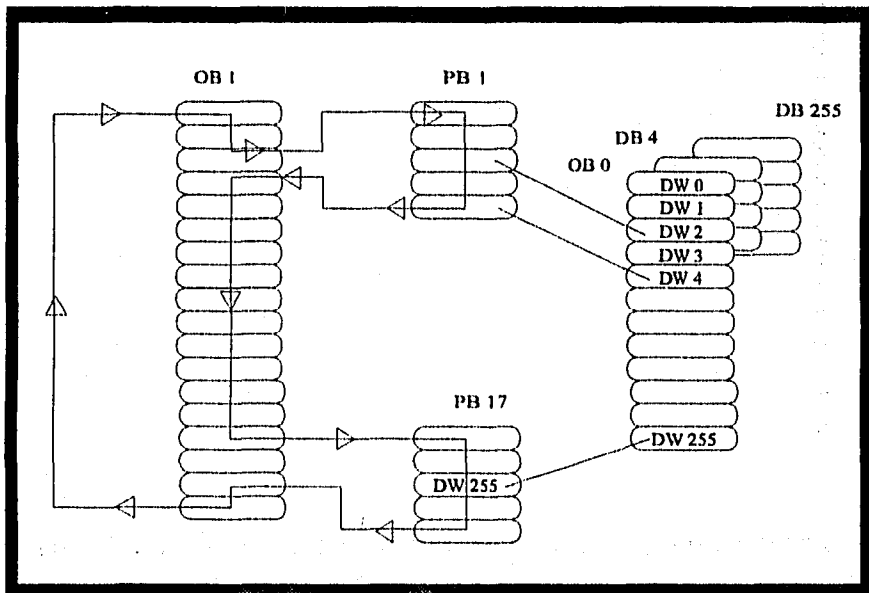


FIG. 3.10 Bloques de datos.

Elaboración del programa de aplicación

La elaboración de un programa de aplicación esta controlada en el PLC por los programas del sistema. El control se realiza a través de los bloques de organización (OB). Un bloque de organización como el OB1 es ejecutado cíclicamente por el sistema, independientemente del resto de los programas en el controlador. Los programas del sistema "buscan" al OB1 en la memoria del controlador: si el OB1 existe este será ejecutado. En el OB1 se programan instrucciones de "llamada" a los demás bloques del programa de aplicación (PB, FB), ver figura 3.11. Los bloques se ejecutan en el orden en que son llamados en el OB1.

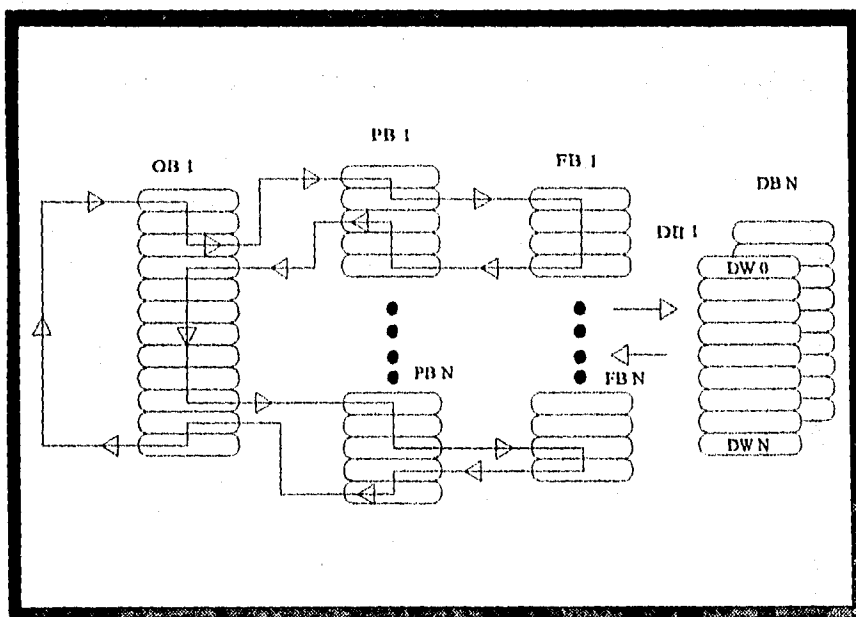


FIG. 3.11 Elaboración del programa de aplicación.

Si un bloque no es llamado en forma primaria por el OB1 o no pertenece a una línea de llamado que nace en el OB1, este no será procesado por el controlador, aun cuando se encuentre en la memoria.

Al llegar a una instrucción de llamada el procesamiento en el OB1 se detiene y continúa en el bloque indicado. Una vez elaborado dicho bloque el procesamiento regresa al OB1 y continúa en el punto donde fue suspendido. En los módulos distintos al OB1 también pueden programarse instrucciones de llamada a bloques del mismo o diferente tipo. Con cada llamada el procesamiento se aleja cada vez más de la elaboración del programa OB1. La distinta medida por el número de módulos a los que se "salta" desde el OB1 se le conoce como profundidad de encadenamiento. La forma en que los bloques son llamados entre sí da lugar a una organización y estructura definida del programa de aplicación.

Instrucción

Es la unidad automática más pequeña de un programa, y constituye una orden de trabajo para el procesador. Una instrucción se compone de una parte operacional y un operando. Ver figura 3.12.

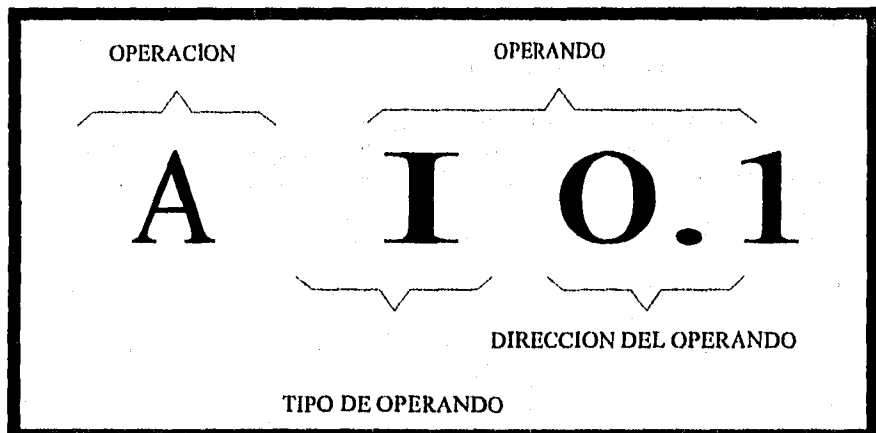


FIG. 3.12 Constitución de una instrucción.

La parte operacional describe el trabajo o función a realizar, es decir, indica al procesador "que hay que hacer". Por ejemplo:

- A Formar una combinación binaria "Y".
- OW Formar una combinación binaria "O".
- = Asignar un resultado.
- C Llamar a un bloque de datos.

- JU Saltar a un bloque determinado.
- SI Arrancar un reloj (timer) "On delay" etc.

La parte del operando indica "con que se ejecuta la operación". Por ejemplo:

- I 1.1 Señal bit de entrada en el byte 1, bit 1.
- FW 3 Bandera palabra con byte de inicio 3.
- Q 2.3 Señal bit de salida en el byte 2, bit 3.
- DB 3 Bloque de datos número 3.
- C 4 Contador número 4.
- T 5 Reloj (timer) número 5.
- PB 20 Bloque de programa número 20.

Un operando queda definido por dos informaciones, la identificación del tipo de operando o tipo de señal, y su dirección. En el lenguaje de programación Step 5 los operandos se hayan divididos por zonas, según la ubicación o procedencia de los mismos.

I	Entradas	Interfases del proceso al controlador.
Q	Salidas	Interfases del controlador al proceso.
F	Banderas	Memorias para resultados binarios intermedios.
D	Datos	Memorias para resultados digitales intermedios.
T	Temporizadores	Memorias para realización de temporizaciones.
C	Contadores	Memorias para la realización de contadores.
P	Periferia	Interfase del proceso al controlador.
K	Constantes	Valores numéricos fijos.
OB, PB, etc.		Módulos software auxiliares para estructurar el programa.

Juego de operaciones

En los controladores Simatic es posible programar una gran variedad de instrucciones. Entre más potente es un controlador, mayor número de instrucciones pueden ser realizadas. Al conjunto de instrucciones realizables por un controlador se le conoce como juego de operaciones. En cualquier juego de operaciones Step 5 se distinguen tres tipos de operaciones:

- Operaciones básicas.
- Operaciones complementarias.
- Operaciones del sistema.

Operaciones básicas. Las operaciones básicas comprenden funciones ejecutables en módulos de organización de programa, de paso y de funciones. Con excepción de la suma, resta y las operaciones organizativas, pueden programarse en las tres formas de representación (LAD, CSF o STL).

Operaciones complementarias. Las operaciones complementarias comprenden funciones complejas tales como: instrucciones de sustitución, funciones de prueba de bit, operaciones de desplazamiento y transformación. Solo pueden programarse en la forma de representación STL.

Operaciones del sistema. Las operaciones del sistema acceden directamente al sistema operativo. Solo deben utilizarlas los programadores expertos. La programación de operaciones del sistema solo es posible en forma de representación STL.

El juego de operaciones también puede dividirse por grupos funcionales. Según este criterio pueden distinguirse los siguientes grupos de operaciones:

- Funciones binarias.
- Funciones de organización.
- Funciones digitales.
- Instrucciones de sustitución.

En este documento explicaremos en su totalidad las funciones binarias, y parte de las funciones digitales y funciones de organización.

Parámetros de programación de los módulos

Cuando se programa cualquiera de los módulos OB, PB, SB, FB y DB, es necesario tomar en cuenta ciertos parámetros de programación tales como:

1. El conjunto de operaciones que pueden ser programadas en cada módulo.
2. Las formas de representación en las que puede programarse el módulo.
3. La longitud máxima por módulo.
4. Los números de módulos válidos, etc.

Operaciones binarias

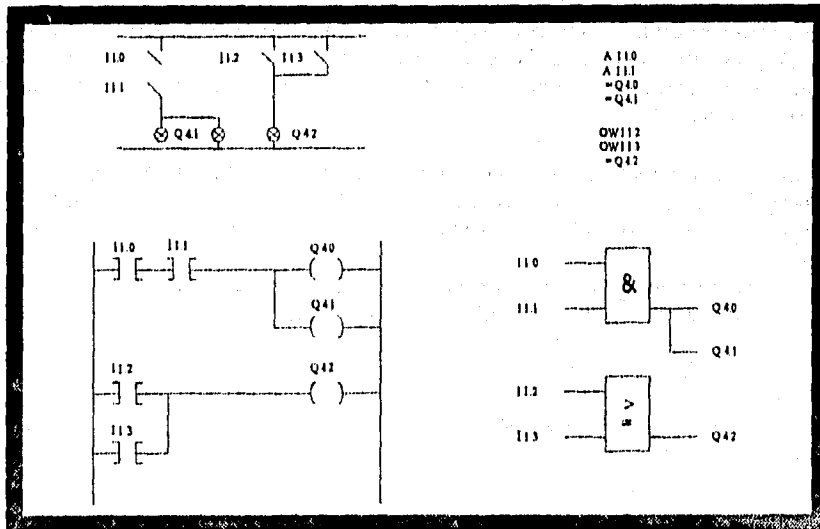


FIG. 3.13 Combinaciones "Y", "O" y asignación.

En este instante iniciaremos la programación en Step 5 de las operaciones binarias AND (Y), OR (O) que se muestran en la fig. 3.13.

La combinación "Y" corresponde a una conexión en serie de contactos, de un esquema de contacto. Las salidas Q4.0 y Q4.1 (figura 3.13) de la función "Y" toman solo el estado de señal "1" (están conectadas), si en todos los operandos consultados (I1.0 e I1.1) se verifica el resultado de la consulta "1". Si en uno de los operandos tiene asignado el resultado de la consulta "0", las salidas toman el estado de señal "0", es decir, están desconectadas.

La cantidad de operandos consultados no viene limitada por el controlador lógico programable sino por el ancho de la pantalla o del papel cuando se realiza la representación en LAD y CSF. Por ejemplo: la conexión en serie representada en LAD admite como máximo 6 contactos y una asignación; mientras que en la conexión mixta en CSF admite como máximo 6 símbolos colocados uno detrás de otro.

La combinación "O" corresponde a la conexión en paralelo de contactos (figura 3.13). Las salidas Q4.2 de la función "O" toma el estado de señal "1" (conectada), si en uno de los operandos consultados (I1.2 e I1.3) se verifica el resultado de la consulta "1". Cuando todos los operandos consultados tienen asignado el resultado de la consulta "0" originan en la salida el estado de señal "0" (desconectada).

Al resultado de la combinación se le puede asignar varios operandos al final de las operaciones de consulta, prueba de ello es que las dos asignaciones Q4.0 y Q4.1 se han programado sucesivamente. Con la siguiente consulta se genera un nuevo resultado de la combinación.

Delimitación del resultado de una combinación (RLO)

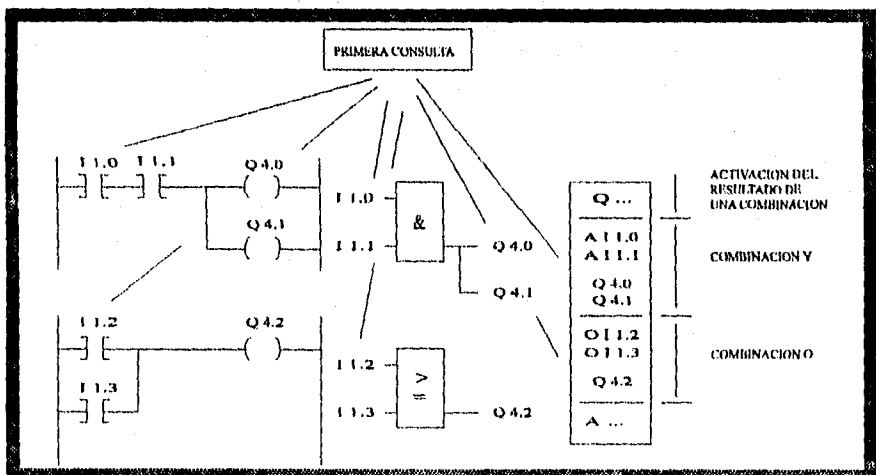


FIG. 3.14 Delimitación del resultado de una combinación (RLO).

Cada programa se compone de una secuencia de combinaciones que están organizadas sucesivamente en la memoria del programa. Una combinación tiene una o varias instrucciones para la "consulta" de entradas, salidas, tiempos, contadores o para el mando de salidas, banderas, tiempos y contadores (figura 3.14).

En la elaboración de las consultas se genera el resultado de la combinación (RLO). Si las consultas son cumplidas el RLO es "1" y si no lo son el RLO es "0". El RLO de la última operación de consulta determina el estado de las siguientes salidas, banderas, tiempos y/o contadores programados.

Después de la elaboración de la última consulta de una combinación, no se modifica su resultado pero, sin embargo, de él depende que se ejecuten o no las siguientes instrucciones. Con la elaboración de la última instrucción de esta combinación se anula el actual resultado de la misma. De este modo se finaliza el RLO. El límite del resultado válido de la combinación es el tránsito entre una operación delimitada por un RLO y una operación de consulta, Primera consulta.

Con la primera consulta se genera la unidad de control de un nuevo resultado (RLO). El resultado de una primera consulta se memoriza fuera de la combinación, en la unidad de control combinándose en la segunda consulta. Por tal motivo no tiene sentido en una primera consulta, la operación de combinación "O" o "Y" pero debe escribirse siempre para cumplir con todos los parámetros.

El resultado de una combinación RLO es "1" cuando las condiciones de las consultas han sido cumplidas y han sido ejecutadas las operaciones correspondientes. El resultado de una combinación RLO es "0" cuando las condiciones de las consultas no han sido cumplidas y por consiguiente no han sido ejecutadas las operaciones correspondientes.

La operación "=" asignación para un RLO "1" conecta la salida, bandera, etc., y para un RLO "0" las desconecta. El estado de señal es la representación mediante "unos" y "ceros" de los estados de una señal ("1" = existe tensión o conexión, "0" = no existe tensión o desconexión).

Consulta a las salidas

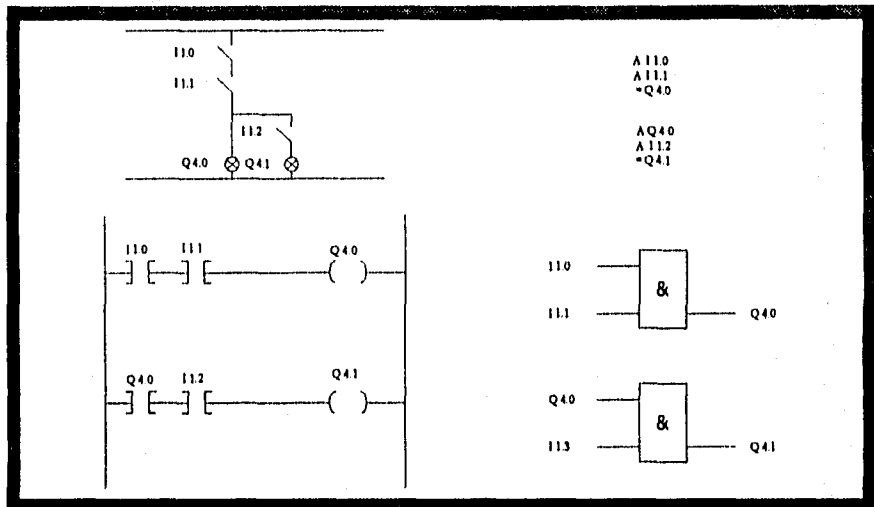


FIG. 3.15 Consulta a las salidas.

Para el encendido de las lámparas conectadas a las salidas Q 4.0 y Q 4.1 rigen diferentes condiciones, de manera que en ambos casos y para cada salida se deben proveer de un segmento propio o de un símbolo de combinación. Como el controlador lógico programable puede consultar no solo el estado de señal de las entradas sino también el de las salidas, etc., se consulta en la combinación "Y" para la salida Q 4.1 el estado de señal de la salida Q 4.0.

Esta consulta Q 4.0 corresponde a la combinación "Y" de las propias entradas I 1.0 e I 1.1, podemos observar esto con más detalle en la figura 3.15.

Combinación "Y" delante de "O"

La combinación "Y" delante de "O" (figura 3.16) consiste en una conexión en paralelo de varios contactos en serie. Estas derivaciones compuestas de conexiones en serie y en paralelo conducen en la salida Q 4.0 al estado de señal "1" (conectada), si al menos en una de ellas los contactos conectados en serie o el contacto individual I 1.5 están cerrados (es decir tienen el estado de señal "1").

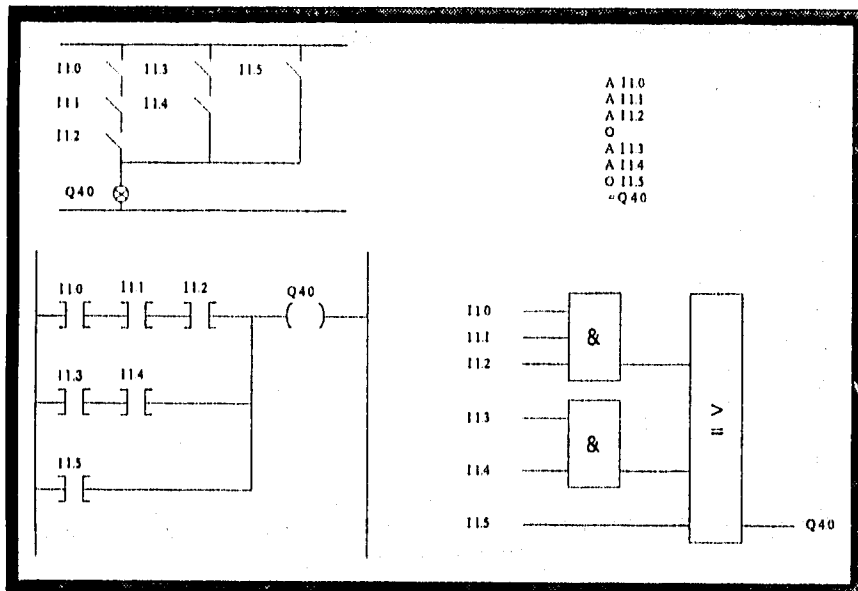


FIG. 3.16 Combinación Y delante de O.

Estas funciones "Y" delante de "O" se pueden programar sin utilizar los paréntesis en la lista de instrucciones, sin embargo, las derivaciones en paralelo, deben separarse introduciendo el símbolo "O" ("O" sin operando). Para ello se elaboran primero las funciones "Y" y de acuerdo a los resultados obtenidos se genera el resultado de la función "O". Mientras que la primera función "Y" (I 1.0, I 1.1, I 1.2) esta unida con la segunda función "Y" (I 1.3, I 1.4) a través del símbolo individual "O", el último operando (I 1.5) puede programarse al final de un módulo básico delante de la asignación directamente con el símbolo "O I 1.5".

Hay que tener presente lo siguiente:

- El símbolo individual "O" se precisa siempre que se sucedan después de una combinación "Y" otras combinaciones "Y", y que estén combinadas según una función "O".
- Si al término de una combinación "Y" delante de "O" se suceden solo operandos combinados según la función "O" se pueden programar con O I...

Combinación "O" delante de "Y"

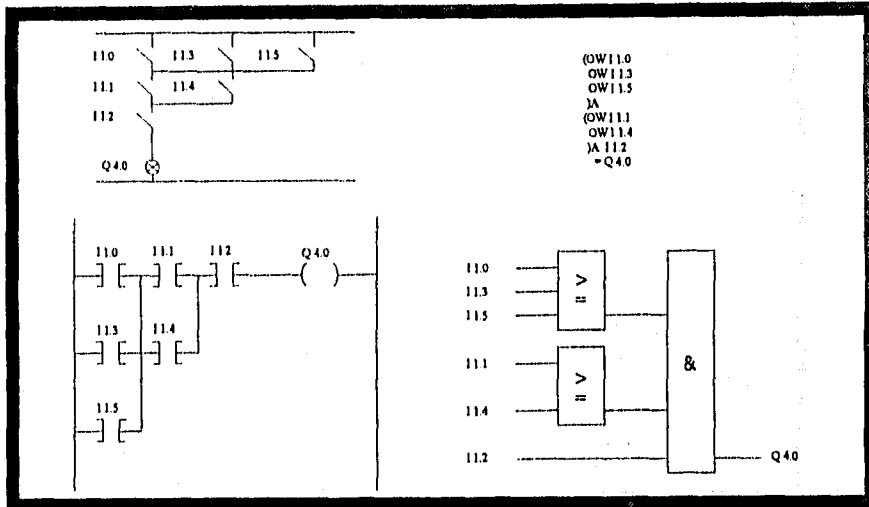


FIG. 3.17 Combinación O delante de Y.

La combinación "O" delante de "Y", observese detalladamente la figura 3.17, consiste de una conexión en serie de varios contactos en paralelo. Esta combinación compuesta de conexiones en serie y en paralelo tiene en la salida Q 4.0 el estado de señal "1" (conectada), si en cada una de las dos derivaciones en paralelo están cerrados al menos uno de los contactos y el contacto individual 11.2 tiene estado de señal "1".

En estas combinaciones "O" delante de "Y", las funciones "O" que pueden contener también una función "Y" delante de "O" pueden recopilarse por medio de los paréntesis siguiendo las reglas del álgebra de Boole.

Con esto se establece que se elaborarán las funciones "O" delante de "Y". Las operaciones "A"("Y") se programan independientemente. El número de las operaciones "abrir paréntesis" debe ser igual a las de "cerrar paréntesis".

Dentro de una expresión entre paréntesis "A"("...") puede haber una combinación "O" o una "Y" delante de "O" de cualquier extensión.

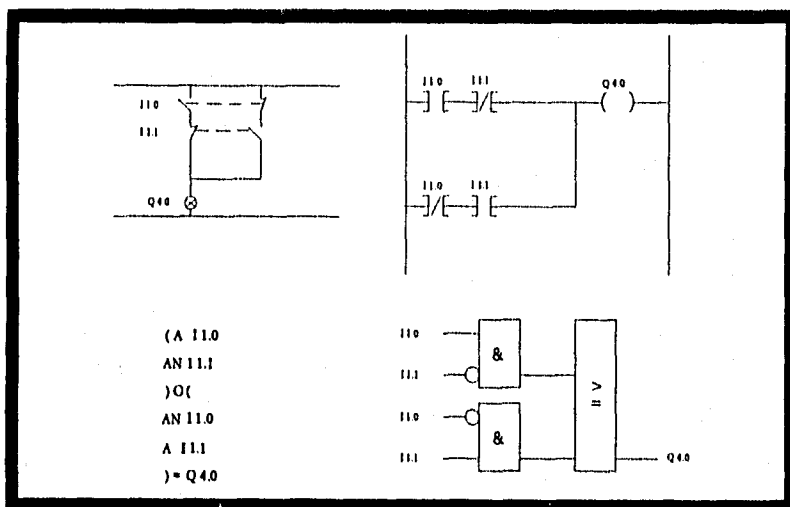
Consulta al estado de señal "0"

FIG. 3.18 Consulta al estado de señal 0.

El esquema anterior nos muestra una combinación OR-Exclusiva. La salida Q 4.0 se activará solamente si esta accionado el interruptor I 1.0 o el I 1.1. En una conexión por contactos se puede realizar con elementos de conexión que contengan tanto un contacto de cierre como uno de apertura unidos mecánicamente.

En la utilización de un controlador lógico programable en memoria solo se utiliza un interruptor con un contacto, ya sea normalmente abierto o normalmente cerrado. Aquí existe la posibilidad de consultar a los operandos tanto al estado de señal "1" como al estado de señal "0".

- A... Consulta al estado de señal "1" (la entrada esta con tensión, si el contacto normalmente abierto esta cerrado, es decir, esta accionado o si el contacto normalmente cerrado esta cerrado, es decir, no esta accionado).
- AN... Consulta al estado de señal "0" (la entrada esta sin tensión, si el contacto normalmente abierto esta abierto, es decir, no esta siendo accionado o el contacto normalmente cerrado esta abierto, es decir, accionado).

Circuitos de automantenimiento (enclavamiento o candado)

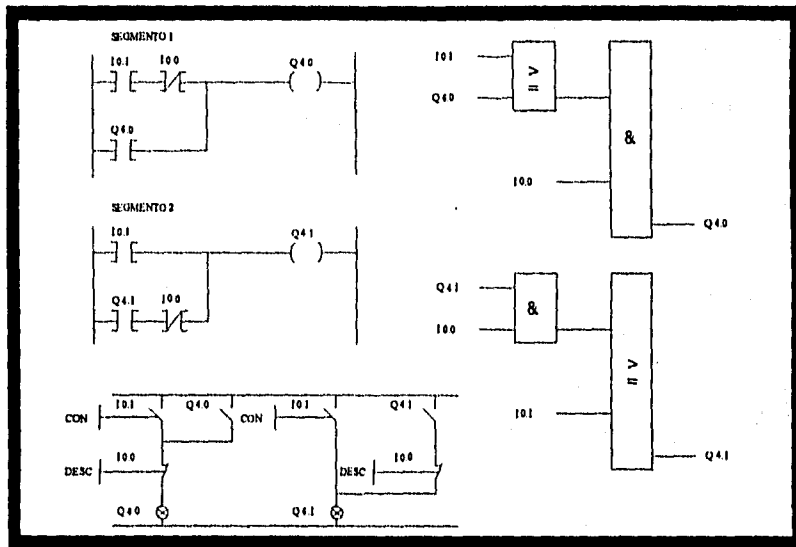


FIG. 3.19 Circuitos de automantenimiento.

La conexión tradicional para realizar una función de memoria en el control por contactores es el de un circuito de automantenimiento. Este se lleva a cabo a través de la conexión de un contacto (normalmente abierto) del contactor que esta en paralelo con el pulsador de marcha, y a través del cual circula corriente a la bobina del contactor una vez desactivado del pulsador de arranque. El circuito queda interrumpido y el contactor desconectado en el momento que se active el pulsador de paro (contacto normalmente cerrado).

Para la desconexión del contactor existen dos variantes, dependiendo estas, de si se quiere dar preferencia a la conexión o a la desconexión. Si se desea preferencia en la desconexión (A) de la figura 3.19, se dispondrán en serie el pulsador de paro con los posibles interruptores límite de desconexión detrás del circuito en paralelo del pulsador de arranque y del contacto de autoretencción. Si se desea preferencia a la conexión (B), se disponen en serie el contacto normalmente cerrado del pulsador de paro con el contacto de autoretencción y ellos a su vez en paralelo con el pulsador de arranque.

Estas dos variantes se pueden programar en el plano de contactos. Sin embargo hay que tener en cuenta que, en un control programable en memoria, el pulsador de paro debe ser un contacto normalmente cerrado por razones técnicas de seguridad y además consulte al estado de señal "I".

Tenga Ud. presente: El contacto normalmente cerrado para la desconexión debe ser consultado en el programa al estado de señal "1" (A I 0.0), puesto que por el "circula corriente" cuando no estan accionados los contactos normalmente cerrados.

Funciones de memoria R-S

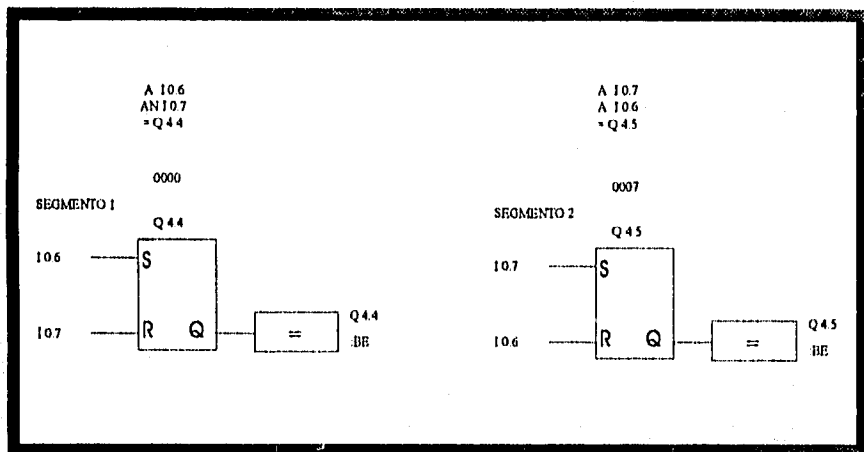


FIG. 3.20 Funciones de memoria R-S.

Una función de memoria R-S se representa con un rectángulo con la entrada de carga S y la entrada de borrado R. Un cambio de señal de "0" a "1" en la entrada S significa conexión. Por el contrario un cambio de señal de "0" a "1" en la entrada R significa desconexión. Si se aplica un estado de señal "0" en las entradas R y S no varía el estado de señal que hubiera con anterioridad.

Si las dos entradas R y S tienen simultáneamente el estado de señal "1" tiene preferencia:

Caso A: La desconexión (la salida Q tiene el estado "0").

Caso B: La conexión (la salida Q tiene el estado "1").

Esta circunstancia hay que tenerla muy en cuenta en la programación. Veamos la situación que acontece cuando ambas entradas tienen el estado "1". En una elaboración cíclica las últimas instrucciones son elaboradas en último lugar. En el caso A se ejecuta primero la operación de carga, la salida Q 4.4 se conecta. A continuación se ejecuta el borrado, la salida Q 4.4 es desconectada nuevamente.

La conexión y desconexión de la salida Q 4.4 se efectúa solamente en la imagen del proceso de salidas sin conectar las correspondientes tarjetas periféricas. Estas adquieren el estado de la imagen del proceso de salidas al final de la elaboración cíclica. De forma análoga sucede la conexión/desconexión en el caso B.

Evaluación de flanco

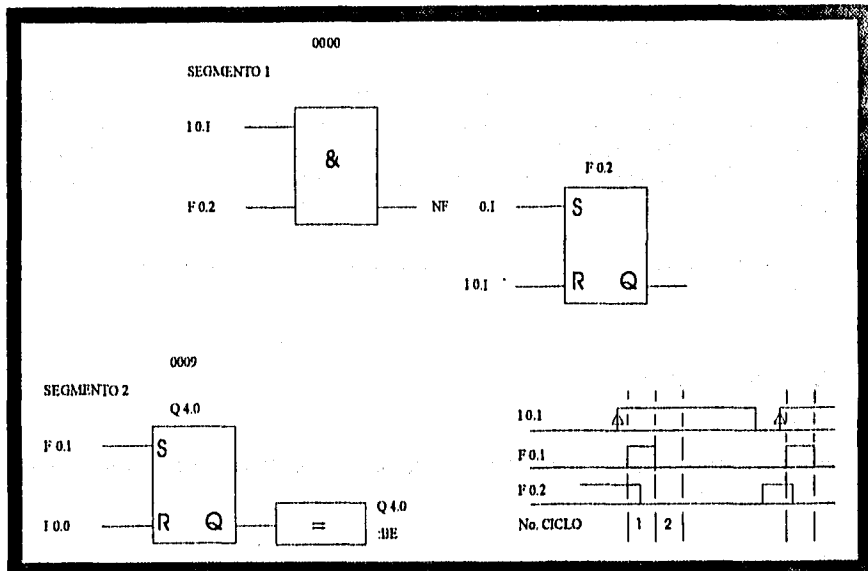


FIG. 3.21 Evaluación de flanco positivo.

En contraposición con un estado de señal estático "0" o "1" se capta y elabora la variación de la señal con una evaluación de flanco, por ejemplo en el caso de una entrada. El programa de una evaluación de flanco corresponde a la función que realiza un rele con un contacto de paso que a la conexión emite un impulso.

En cada ciclo se consulta al programa si se ha modificado el estado de señal de "0" a "1", es decir, un flanco positivo, (por ejemplo, la entrada I 0.1 de la figura 3.21) respecto del estado existente en el ciclo anterior. El último estado de señal de la entrada ha de memorizarse en una bandera conocida como bandera de flanco F 0.2. Si se presenta un flanco de señal de una segunda bandera, la bandera de impulso F 0.1 emite durante el tiempo de un ciclo un impulso de valor "1".

Con el objeto de que después de un borrado de todas las banderas, no todas las evaluaciones de un flanco existentes en el programa de un usuario emitan un impulso, se debe cargar la bandera de flanco F 0.2, si la entrada I 0.1 tiene el estado de señal "0" a "1" (flanco creciente o positivo) se cumple la combinación A I 0.1 AN F 0.2. La bandera de impulso F 0.1 conserva el estado "1" y borra la bandera de flanco F 0.2 a través de la entrada R.

En el próximo ciclo la bandera de flanco F 0.2 toma el estado "0", ya no se cumple la combinación "Y" y la bandera del impulso F 0.1 vuelve al estado "0", La bandera de impulso permanece activada o tiene señal "1" durante el tiempo de elaboración de un ciclo pudiendo ser consultada en cualquier lugar del programa.

Con la tecla de conector intermedio (#) se puede asignar y consultar una bandera o salida, y dentro de un segmento el resultado de la función ubicado antes del conector. Se puede programar símbolos gráficos en combinación con el conector. También y a través del conector pueden consultarse determinadas banderas o salidas dentro del ciclo y en cualquier puesto.

De manera muy similar ocurre la evaluación que se tiene con un flanco decreciente, es decir, un flanco negativo.

Funciones de tiempo

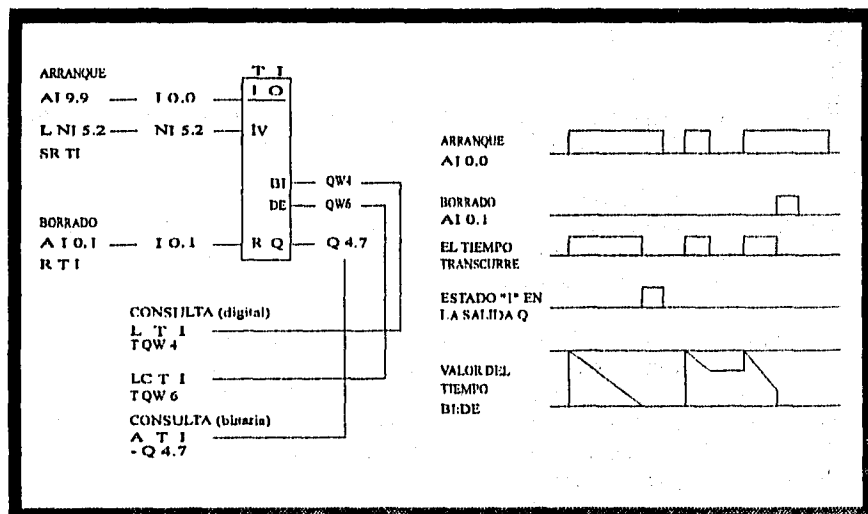


FIG. 3.22 Temporizadores.

Cada uno de los temporizadores estan contenidos en la memoria en forma de palabra de 16 bits (palabra de tiempo). La palabra de tiempo contiene entre otros datos el valor de tiempo real y la escala del tiempo, con la cual y a través de la unidad de control reduce el valor del tiempo a la unidad. Para la programación se debe respetar la secuencia de las instrucciones indicadas en la figura 3.22, las cuales indicamos a continuación:

- Un tiempo es arrancado cuando tiene lugar un cambio de señal de "0" a "1" en la entrada de arranque (evaluación de flanco positivo).
- Inmediatamente después de la operación de arranque se debe de programar los datos para la duración del temporizador (escala de tiempo, duración) y la función del tiempo (por ejemplo un retardo a la conexión).
- En el borrado se finaliza la elaboración del elemento del tiempo y se borra del mismo.
- Las consultas digitales a las salidas BI (= número Dual) o DE (= número Decimal) facilitan el valor del tiempo real. Los valores del tiempo pueden elaborarse posteriormente con las operaciones de carga y transferencia.
- Se elaboran las operaciones "SP T", "SE T", "SR T", "SS T" y "SF T" antes de que finalice el valor del tiempo ajustado según se elabore, al comienzo de la elaboración con un RLO = "0".

En este momento se memoriza el valor del tiempo real en la celda del tiempo hasta que sea borrada (celda de tiempo = "0") o se arranque de nuevo la elaboración del tiempo (la celda de tiempo comienza con el valor prescrito ajustado).

- Las consultas al estado de las señales binarias temporales "A T" y "O T" dependen de la función del tiempo. Las consultas negadas "AN T" y "ON T" proporcionan el resultado inverso a las consultas "A T" y "O T".

Recordemos que un temporizador es un elemento que realiza la función de un relevador de tiempo. A continuación se explican los tipos de temporizadores que se pueden usar en un PLC; observese la figura 3.23 para su mayor comprensión.

Impulso. En el caso de que el resultado de la combinación sea "1" y en la primera elaboración se pone en marcha el temporizador. Cuando el resultado es "0" se carga en el temporizador el valor "0", es decir, se borra. Las consultas "A T" y "O T" proporcionan un estado de señal "1" mientras este corriendo el tiempo y se siga cumpliendo la codificación de entrada.

Impulso prolongado. Con el resultado de la combinación igual a "1" y en la primera elaboración se pone en marcha el temporizador. Con un resultado de un valor "0" el temporizador no sufre variación alguna funcionando normalmente (automantenimiento). Si se produce un cambio del estado de la señal de "0" a "1" mientras esta corriendo el tiempo, se arranca otra vez desde el principio. Las consultas "A T" y "O T" proporcionan un estado de señal "1" mientras este corriendo el tiempo.

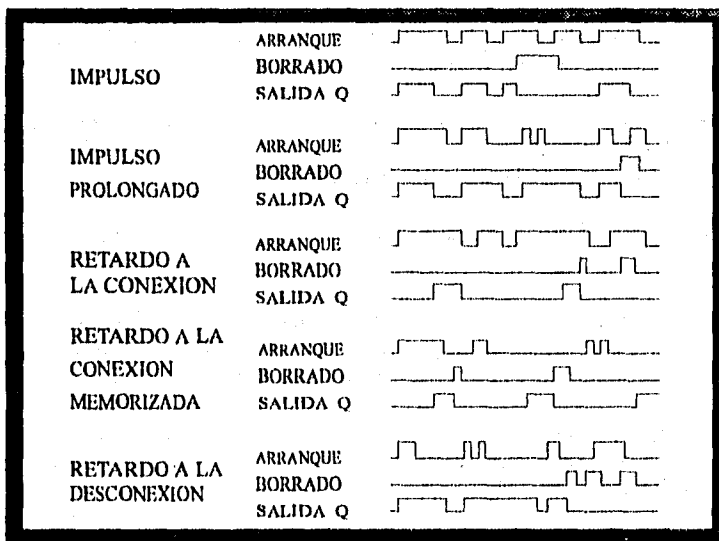


FIG. 3.23 Diagramas de tiempo.

Retardo a la conexión. Con un resultado de la combinación "1" y en la primera elaboración se pone en marcha el temporizador. Con un resultado "0" se borra el temporizador. Las consultas "A T" y "O T" proporcionan un estado de señal "1" cuando el tiempo ha transcurrido y todavía se mantiene en la entrada el resultado "1".

Retardo a la conexión memorizada. Con un resultado de la combinación "1" y en la primera elaboración se pone en marcha el temporizador. Las consultas "A T" y "O T" proporcionan un estado de señal "1", después de que el tiempo ha transcurrido. El estado de la señal en la entrada será "0" si se borra el temporizador con la función "R T".

Retardo a la desconexión. Con un resultado de la combinación "0" y en la primera elaboración se pone en marcha el temporizador. Si el resultado cambia a "1" las consultas "A T" y "O T" proporcionan el estado de señal "1", mientras esta corriendo el tiempo o el resultado de la combinación es "1" se borra el temporizador.

Ajuste del tiempo (carga). El tiempo TV se puede ajustar como una constante KT ..., palabra de datos DW ..., palabra de entrada IW ..., palabra de salida QW ... o palabra de bandera FW ..., y debe de corresponderse a la estructura de la palabra para el ajuste del tiempo (palabra del tiempo).

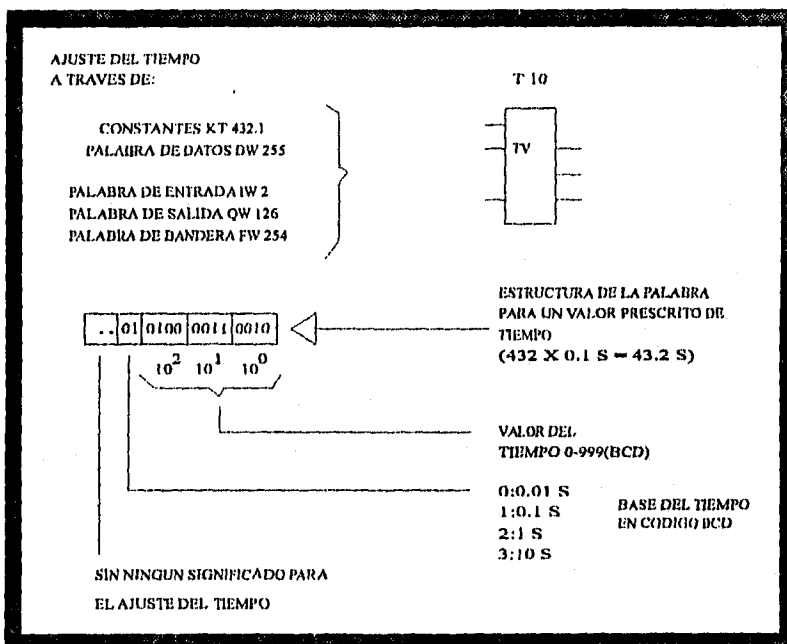


FIG. 3.24 Ajuste de tiempo.

Una palabra de tiempo esta compuesta, empezando por la izquierda, de dos bits de estado que son utilizados por el procesador para la elaboracion de la funcion de tiempo, sin embargo, no tiene ningun significado para el ajuste del tiempo. A continuacion vienen dos bits empleados para establecer la base del tiempo y cuatro bits más para indicar el valor numerico del tiempo en código BCD.

Después del arranque de una función de tiempo, el valor depende de la base del tiempo ajustada, va disminuyendo una unidad cada vez hasta que alcanza el valor "0".

Visualización de los valores de tiempo (carga y transferencia de palabras de tiempo). El contenido de la palabra puede cargarse en el acumulador y desde este transferirse para su posterior elaboracion a un módulo de datos, a una memoria de bandera y si se desea visualizar el valor del tiempo a la imagen del proceso de las salidas (QW) o directamente a las salidas.

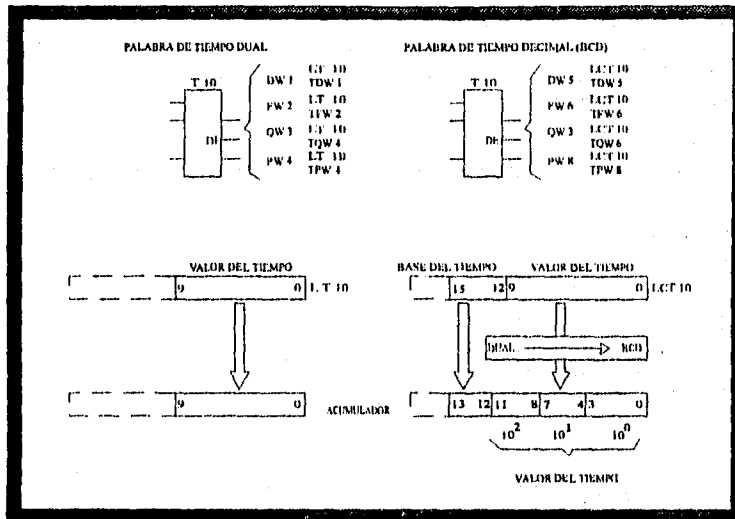
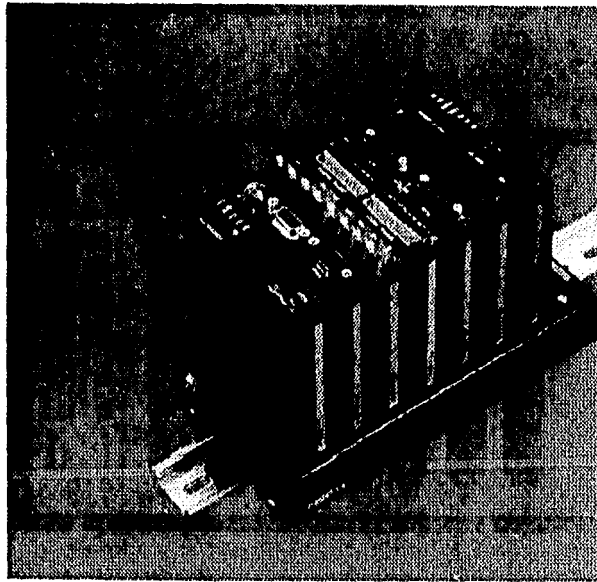


FIG. 3.25 Visualización de los valores de tiempo.

En la representación gráfica, así como en la del plano de contactos y de funciones se asigna a una salida para un valor del tiempo dual con "BI", en el caso de un valor del tiempo decimal con "DE".

CAPITULO IV

EL PLC DE FESTO



EL PLC DE FESTO

Actualmente existen varias compañías que se dedican a manufacturar una gran variedad de PLC's, una de ellas; además de Siemens, es la industria FESTO que cuenta con una gran variedad de productos para la automatización de la industria mexicana, ayudando a tener un mejor nivel de producción aplicando la tecnología de punta.

Además de contar con una variedad de PLC's, desde los más pequeños hasta los más grandes que manejan una gran cantidad de variables de control. En este capítulo encontraremos la forma de lograr programar un PLC, al igual que los de Siemens mostraremos que la programación es sencilla de realizar, pero no olvidemos que se necesita conocer con detalle el proceso de producción que se va a automatizar.

¿Qué es un PLC de FESTO?

Un PLC es un **Control Lógico Programable** que se distingue por estar constituido por componentes electrónicos, que operan en base a señales de dos niveles ó estados; nivel lógico (1) (ON, encendido ó 24 Vcd) y nivel lógico (0) (OFF apagado ó 0 Vcd), llamado sistema binario.

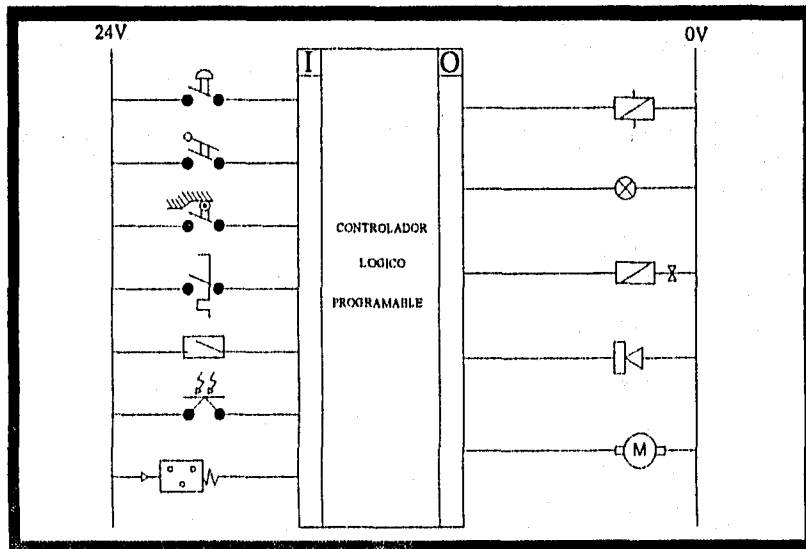


FIG. 4.1 El PLC de FESTO.

Sin embargo algunos controles lógicos programables además de manejar señales discretas ó lógicas nos permiten el manejo para programar señales continuas ó analógicas utilizando para ello un convertidor digital-analógico, así mismo otros PLC's nos permiten la comunicación en puerto serie ó RS232, así como paralelo para conectar diversos equipos como una PC, impresoras y displays para monitoreo e impresión de datos específicos del proceso en tiempo real.

Controles lógicos programables FESTO

La parte esencial de cualquier máquina son sus mandos. Los controles lógicos programables han revolucionado este sector. La amplia capacidad de memoria y la velocidad operativa de los circuitos integrados permiten las aplicaciones más variadas, incluso con mandos relativamente pequeños.

Los programas pueden ser modificados o ampliados, según se requiera, en cualquier momento; por lo que los mandos son ahora más flexibles, económicos y, sobre todo, mucho más sencillos. Siendo expertos en materia de PLC's esta compañía utiliza desde hace años sus propios controles lógicos programables en muchas y diversas fábricas, plantas de montajes y en departamentos de control de calidad. En consecuencia, sabemos perfectamente que es muy importante el disponer de una solución rentable y óptima técnicamente para una aplicación específica del PLC.

Con el propósito de cumplir con todos los requisitos planteados por los más diversos sectores industriales, aplicaciones y tamaños de empresas diferentes, FESTO ha concebido una familia de PLC's capaz de cubrir todas las necesidades planteadas en la práctica.

Al hacerlo, esta compañía recurre siempre a la tecnología más avanzada, procurando mantener abiertas las posibilidades de incorporar tecnologías nuevas. Estos sistemas crecerán al ritmo que dicte la demanda.

El FPC 101B/FPC 101 AF son controles lógicos programables adecuados para cualquier tarea de control a pequeña escala. Si la tarea debe cambiar, solamente el software es el que cambia y no es necesario intervenir en el hardware. Así estos controles son aptos para todo tipo de aplicación.

Las partes más importantes del control, son las señales de entrada, las de proceso del circuito y las señales de salida. El principio de funcionamiento es sencillo: EL FPC 101B/FPC 101 AF son conectados eléctricamente al proceso que debe controlarse a través de las entradas y salidas. En su estado operativo, las entradas reciben continuamente información sobre el proceso a controlar y relacionan esta información, junto con las instrucciones del programa, de tal forma que las salidas adopten la situación requerida (activada/desactivada).

Para ello la información necesaria debe ser suministrada por los sensores de la instalación a controlar, por ejemplo, finales de carrera o detectores, las salidas transfieren su estado a los actuadores tales como las válvulas, embragues, motores, los cuales afectarán al ciclo de la máquina tal como establezca el programa.

El programa puede ordenar por ejemplo que si se haya presente una señal en la entrada 3 y no se haya señal en las entradas 5 ó 7, entonces la salida 2 se haya desactivada. Para poder realizar éstas y otras conexiones lógicas el FPC tiene las siguientes funciones electrónicas a su disposición:

- Microprocesador para operaciones lógicas.
- Memoria de programa del sistema, que controla la organización interna del FPC.
- Memoria para el programa del usuario.

El microprocesador y la memoria son componentes electrónicos de alta escala de integración con una elevada velocidad de actuación y una gran capacidad de memoria en un reducido espacio. El tipo de memoria utilizable por el usuario es RAM y EPROM (memoria programable eléctricamente que puede borrarse por la acción de rayos ultravioleta).

El FPC 202/FPC 202C es la solución apropiada para funciones de control pequeñas y medianas. El funcionamiento del FPC 202 es igual al antes mencionado FPC 101B/FPC 101 AF.

Esta unidad de control incluye múltiples funciones, permite la ampliación mediante submódulos. El carácter funcional de su tecnología y su amplio abanico de aplicaciones ofrecen la posibilidad de aumentar su producción y elevar el nivel de la calidad del producto o de la producción.

El FPC 202 está equipado con 16 entradas y 16 salidas (8 salidas transistorizadas y 8 con relés). La ampliación máxima se logra mediante 3 submódulos (cada uno de 16 entradas/16 salidas) permitiéndonos alcanzar una capacidad de 128 entradas/salidas en total.

El FPC puede elegirse alternativamente en versión de compilador (FPC 202C) o de interpretador. La versión de interpretador lleva un panel de programación, ya sea en lenguaje señal "Steper" (según pasos) o en List (enlace paralelo).

La unidad puede memorizar hasta 8 programas por lo que es factible repartir las tareas de mando complejas en tareas parciales. Dos de ellas pueden ejecutarse paralelamente. Además es posible cargar adicionalmente 8 módulos de programas, los cuales pueden ejecutarse como subprogramas.

El FPC 202C se programa con una PC. Con ese fin FESTO ofrece diversos paquetes de software en listado de instrucciones (AWL) y diagrama de contactos (KOP). La unidad de control lleva incorporada una interfase serie. Los programas de esta sección son compilados, es decir, que son traducidos al lenguaje entendido por el microprocesador antes de ser incorporado al controlador lógico programable.

De este modo se consigue una ejecución veloz del programa, y, además se amplían las funciones. Los 32 contadores, 32 temporizadores, 256 recordadores y 64 registros ofrecen una gama de posibles aplicaciones poco común en unidades de este tamaño. El FPC 202C lleva integradas las funciones aritméticas de adición, sustracción, multiplicación, división y comparación, con lo que es posible ejecutar tareas de control complejas.

Muchas veces al escoger un sistema de mando, se pagan más funciones de las que se necesitan. Por otro lado, pueden ser que aumenten las funciones de control en el transcurso del tiempo, surgiendo el problema de que el sistema utilizado no puede ampliarse.

El FPC 404 es un sistema de control compuesto de módulos capaces de crecer según crezcan las tareas y necesidades de control. Simplemente agregando los módulos de entrada y salida es posible adaptar el sistema al volumen de las funciones de control hasta un máximo de 256 entradas y salidas.

El sistema de control puede adaptarse fácilmente a las tareas recurriendo a la cantidad necesaria de submódulos de procesamiento (en la línea modular). Las tareas más complejas son divididas en tareas parciales y sencillas. Estas tareas parciales son ejecutadas paralelamente por cada uno de los submódulos de procesamiento. Las características de cada uno de los submódulos de procesamiento son definidas a través de la configuración que se seleccione.

Las entradas veloces y la posibilidad de procesamiento con función de interrupción permite adaptar el sistema a la velocidad de la tarea de control. Después de la ejecución de la función de interrupción, el programa prosigue su ejecución en el lugar en el que se produjo la interrupción.

Al igual que los FPC antes mencionados el FPC 404 puede ser programado con los paquetes, en listado de instrucciones (AWL) y diagramas de contactos (KOP), o en Basic.

El bus de campo

El bus de campo es una conexión de una sola línea doble, que permite la conexión de una gran cantidad de pasos descentralizados de señales y que se puede implementar a cualquier tipo de PLC.

El bus de campo soluciona definitivamente el problema que significa la realización de un cableado individual con sus inevitables equivocaciones. Con el bus de campo pueden conectarse como máximo 93 usuarios, todos ellos son controlados permanentemente. El bus de campo permite ampliar el sistema hasta 1920 entradas/salidas.

Las ventajas del bus de campo radican en:

- Costo inferior de instalación.
- En una localización más rápida de errores gracias a una supervisión permanente del bus y de la periferia.
- Considerable disminución del tiempo y costo de montaje.
- Considerable disminución de los costos de montaje.
- No son posibles los errores debido a un cableado equivocado.
- Se entrega montado y verificado, sólo dos cables de alimentación para las electroválvulas independientemente del número.
- Encadenamiento sin problemas de hasta 30 terminales de válvulas.
- Rápida búsqueda de errores gracias a una indicación por LED's y denominación de las válvulas impresa en ellas.
- Fácil almacenamiento puesto que está completamente montado.
- Se necesitan menos entradas/salidas en PLC's puesto que el bus se encarga del tratamiento de las señales.
- El sistema del bus de campo trabaja con la interfase RS 485, la interfase más segura que se encuentra actualmente en el mercado.
- Pilotaje por medio del control PLC hasta unas distancias de 2,000 metros.

Es necesario apuntar nuestra atención con el hecho de que existen considerables diferencias entre el concepto del bus de campo y un sistema de comunicación. Ambos disponen de una conexión bifilar, es decir, de una sola línea doble; y en ambos casos se habla de una gran cuota de transmisión de datos.

Sin embargo a base de los datos transferidos se reconoce la siguiente diferencia. En el bus de campo se transmiten datos con un contenido de información fijamente predeterminado con respecto a la finalidad del mando de señales, en un sistema de comunicación tiene lugar una transmisión de datos con un contenido variable de informaciones.

La programación

Después de conocer un poco los equipos es el momento de ver la manera con que se logran programar estos, la cual como se apreciará es muy parecida a la del capítulo anterior, es decir, fácil de aplicar en cualquier proceso de producción.

Al igual que Siemens, FESTO nos proporciona las mismas características físicas de un PLC, es decir, que todos presentan: la fuente de alimentación, la tarjeta central, tarjetas de entrada y salida, etc.; por esta razón solamente nos dedicaremos a explicar ciertos parámetros de programación, ya que dichas características fueron explicadas en los capítulos anteriores.

FESTO cuenta con las siguientes lenguajes para poder programar un PLC:

- Listado de instrucciones (AWL).
- Diagrama de funciones (FUP).
- Diagrama de contactos o escalera (KOP).
- Lenguaje de programación Basic.

Como se habra notado FESTO cuenta también con las mismas formas de programación que la compañía Siemens, de esta manera aclaramos que casi cualquier empresa fabricante de este tipo de controles cuenta con algunas de estas formas de programación para este equipo. Hay que aclarar que cada compañía elabora su software para la programación de su equipo, pero las formas de programarlo son idénticas.

Las funciones binarias principales

Recordemos que las dos funciones principales para la programación son la función "Y" y la función "O" (AND y OR). Estas dos funciones son la base elemental para poder programar un PLC, pues de ellas se pueden realizar una variedad de combinaciones para poder generar una serie de instrucciones, para obtener el control que se requiera según las características que presente el proceso que se quiere automatizar.

La función "Y" se logra de una combinación de dos o más contactos, o condiciones, colocadas en serie, es decir, uno tras de otro; esto es refiriendonos a un diagrama de escalera. Mientras que para la lista de instrucciones y la programación basic lo tenemos que realizar con el enlace AND, en la manera habitual como se realizaría en basic. Para el diagrama de funciones se realiza utilizando el bloque &.

Para nuestra función "O" se ilustra como una combinación de contactos colocados en paralelo, con lo que logramos la conexión de un elemento final, si al menos uno de los contactos es accionado, o cerrado, en cualquier instante de tiempo; es decir, lo contrario a la función "Y" en la que se necesita que todos los contactos sean cerrados en un mismo instante de tiempo. Para basic y la lista de instrucciones se utiliza el enlace O.

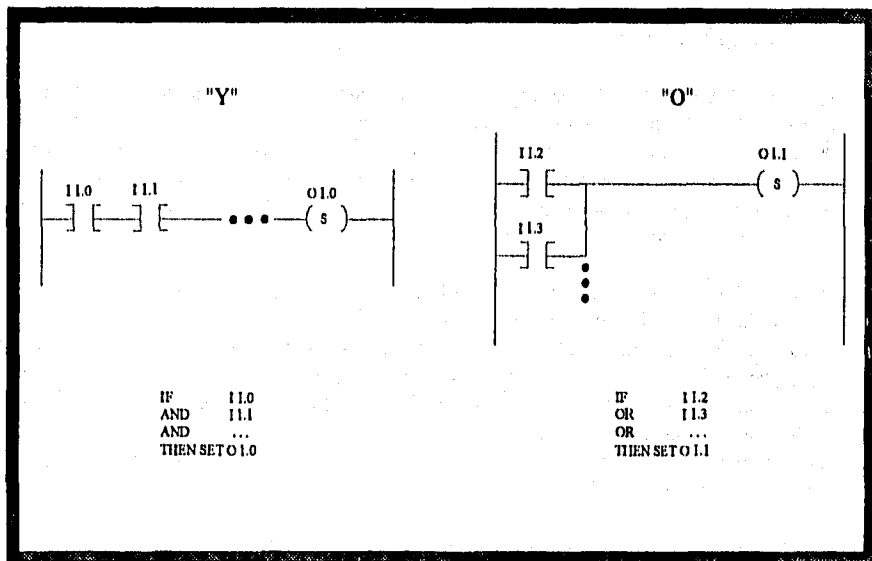


FIG. 4.2 Instrucciones principales.

Como se habra podido notar en la figura anterior la manera de programar un PLC de esta marca es muy sencilla. Nosotros nos enfocaremos a la programación en forma de diagrama de escalera y de lista de instrucciones, por ser estas las más utilizadas en la programación de PLC's.

Un sistema controlado por un PLC

Los programas de un PLC nunca son definitivos, es decir, que nos ofrecen siempre la posibilidad de realizar correcciones y adaptaciones posteriores de acuerdo a las necesidades que nos plantee el equipo o la producción. En algunas ocasiones al poner en marcha un equipo de control es necesario realizar ciertas modificaciones al programa. Tomando en cuenta esto podemos clasificar la puesta en marcha de cualquier equipo en cuatro fases bien definidas:

- Control del hardware.
- Introducción del programa y prueba.
- Configuración óptima del software.
- Puesta en marcha.

Control del hardware. La conexión del hardware es muy sencilla: cada sensor es conectado a una entrada determinada y cada actuador es conectado a una salida. Pero no olvidemos que es importante no confundir las direcciones. Por lo tanto, el primer paso siempre consiste en controlar el hardware en función de un listado de direcciones. Este trabajo es parte de la documentación que tiene que prepararse antes de la puesta en servicio de un programa, esto se hace para evitarnos posibles errores de conexiones.

Introducción del programa y prueba. El programa es copiado a la unidad central de proceso de nuestro PLC. Algunos de ellos nos ofrecen la posibilidad de una simulación, sin que se activen las entradas y salidas. Con esto no se corre el peligro de dañar las máquinas o partes del equipo, lo cual es muy importante en cualquier proceso, evitándonos tener que realizar gastos inoportunos e imprevistos. Al efectuar nuestro control es importante que se verifique el funcionamiento paso a paso, es decir, que la ejecución del programa residente en la memoria de nuestro PLC se realice línea por línea de la manera esperada. De esta manera nos es posible localizar cualquier error que se tenga en nuestro programa.

Configuración óptima del software. Después de haber realizado las primeras pruebas, siempre podremos realizar las correcciones necesarias para lograr mejorar el programa. Lo importante es apuntar debidamente todas las modificaciones que se realizarán posteriormente, mientras que las modificaciones que no se incluyan pueden considerarse como de menor trascendencia.

Puesta en marcha. Esta fase se inicia en el transcurso de la anterior, cuando aún estamos trabajando con el software. Una vez que se ha completado la fase anterior deberemos activar paso a paso nuevamente todas las funciones de nuestro control. Solo entonces puede procederse a efectuarse el control implementado.

La documentación en el control

La documentación no debe considerarse como un trabajo superficial, para poder trabajar sistemáticamente antes y después de la puesta en marcha del PLC, es necesario preparar la documentación necesaria relacionada a nuestro mismo controlador. Asimismo como registrar todas aquellas modificaciones que se realicen dentro del programa como resultado de la prueba. La preparación de toda esta documentación es muy necesaria por razones de organización: todos los operarios que se encuentren a cargo de estas máquinas dependen de la información completa que se les proporcionen sobre el programa.

Una proposición del contenido de la documentación es la siguiente:

- Índice.
- Estructura general de las máquinas o proceso.
- Lista de direcciones para nuestras entradas y salidas correspondientes.
- Listado de direcciones para las unidades funcionales.
- Programa para el PLC.
- Esquemas de distribución.
- Lista de referencias cruzadas.

Índice. El índice deberá tener una estructura bastante clara, de manera que se observe inmediatamente los temas que se tienen planteados.

Estructura general de las máquinas. Tratándose de proyectos de control de gran magnitud, se recomienda elaborar un esquema general que nos indique cuáles son las relaciones entre cada una de las diferentes partes del programa con respecto a la máquina.

Lista de direcciones de entradas y salidas. Este listado puede considerarse como de gran importancia de la documentación. Este deberá contar por lo menos con tres columnas:

Dirección o número. Es la identificación que se le da a un condición determinada dentro la estructura del programa de control.

Símbolo. Es la identificación abreviada que deberá estar en concordancia con el diagrama del hardware (esquema neumático, eléctrico, hidráulico, etc.).

Comentario. Descripción relacionada a la función que tiene cada entrada o salida (frenado, paro, retardo, etc.).

Listado de direcciones para las unidades funcionales. Este listado incluye un comentario, referido al significado de la unidad funcional, y la dirección respectiva que tiene en el PLC. Las unidades funcionales pueden ser:

- Recordadores o banderas.
- Contadores.
- Temporizadores (timer).
- Registro (memoria de datos).
- Procesadores y programas (tratándose de programas para PLC muy complejos, compuestos de varios programas parciales ejecutados por diversos procesadores).
- Unidades funcionales especiales.

Programa. Se sobreentiende que la documentación debe incluirse en el programa de control, es decir, que lo importante es que el programa esté provisto de los comentarios respectivos y suficientes.

Esquemas de distribución. Este es el esquema eléctrico, neumático, etc. o todos los diagramas que sean necesarios para describir nuestro proceso y las máquinas que lo involucran.

Referencias cruzadas. La lista de referencias cruzadas nos indica en qué partes de nuestro programa hay una entrada, una salida o cualquiera de la demás unidades funcionales. Un ejemplo de esto es una salida puede ser activada por el programa de funcionamiento automático y, además, con el programa de funcionamiento manual y con el de ajuste. Recurriendo a la lista se puede ver claramente en qué partes de nuestro programa se activa esta salida.

La seguridad de servicio

Primero debemos diferenciar entre tensión de mando (utilizada en las señales entre la máquina y el PLC) y la tensión de lógica (para la alimentación de la tensión interna de la unidad central de proceso).

Tensión de mando. La cual es conectada a los sensores y a los actuadores. Con ese fin, cualquier usuario debe conectar un equipo de alimentación de corriente eléctrica a la unidad de control. En algunos países, la tensión de mando utilizada por los controladores lógicos programables es por lo general de 24 Vcc o de 220 Vca, aunque por lo regular se utiliza la corriente continua. Esta tensión admite ciertas tolerancias. Los módulos de un PLC suelen estar asegurados contra sobretensiones que son imprevisibles, variando el tipo de seguridad de sobrecarga según el tipo de submódulo.

Tensión de lógica. Nuestro PLC necesita una tensión que se utiliza en la lógica interna. Esta señal le permite la formación de señales. Por lo que, es necesario que esta tensión no sea variable, específicamente; se utilizan 5 V (para TTL) o de 10 V (para el nivel de CMOS), esto depende del módulo que se adquiera.

La alimentación de la tensión puede realizarse de tres maneras distintas:

- Separación total de la alimentación de ambas tensiones.
- Inclusión de dos equipos de alimentación en uno solo.
- Obtención de la tensión de lógica a base de la tensión de mando, pero no de la tensión de la red.

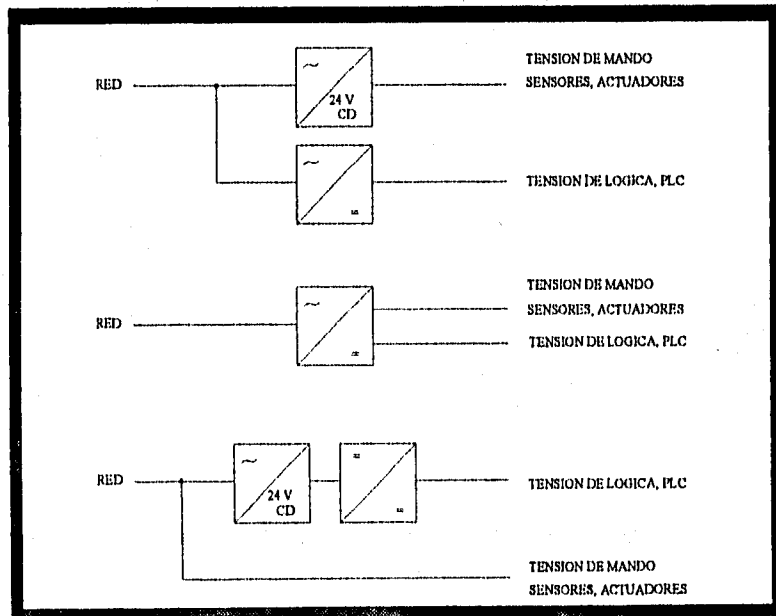


FIG. 4.3 Alimentación.

Interferencia

Un PLC es sumamente sensible a cualquier interferencia que provenga de la fuente de alimentación, a causa de esto tenemos dos casos diferentes:

- Que llega a la tensión de lógica a través del equipo de la red.
- En las líneas que se dirigen a los sensores y actuadores, y que, además, provienen de ellos mismos.

Interferencia en la tensión de lógica. Esta interferencia puede evitarse al colocar un filtro en la red y un condensador. Este filtro protege contra las sobrecargas y elimina todas las posibles interferencias que provengan de la fuente de alimentación de tensión. Mientras, el condensador acumula la energía eléctrica; con lo que aseguramos tener alimentación de tensión en nuestro control inclusive si se llegase a interrumpir la corriente de red por un pequeño intervalo de tiempo. Esto es importante ya que no todos los fabricantes de PLC's preveen estos problemas.

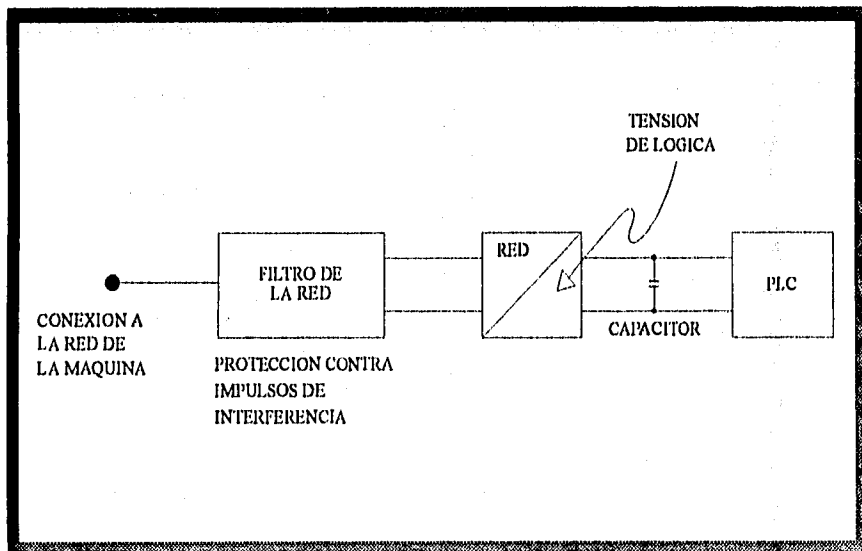


FIG. 4.4 Antiparasitaje de la tensión de lógica.

Interferencia en las líneas. Todos los impulsos provocados por interferencias en las líneas eléctricas tienen como consecuencia que el PLC reciba señales con valores 1 ó 0 que no provengan de los sensores, estas señales pueden provenir de otros cables.

Estas interferencias son bastante peligrosas, pues pueden llegar a provocar problemas en todo nuestro equipo a controlar. Por esta razón, todos los subsistemas de entradas del PLC tienen como sistema de seguridad un optocoplador antepuesto y un retardador de señales. El optocoplador ofrece una protección a las sobrecargas hasta de 5 KV. El retardador de señales retiene señales involuntarias, ya que éstas son de poca duración. Los módulos rápidos (sin retardo de señales) son provistos de un sistema mediante cables aislados.

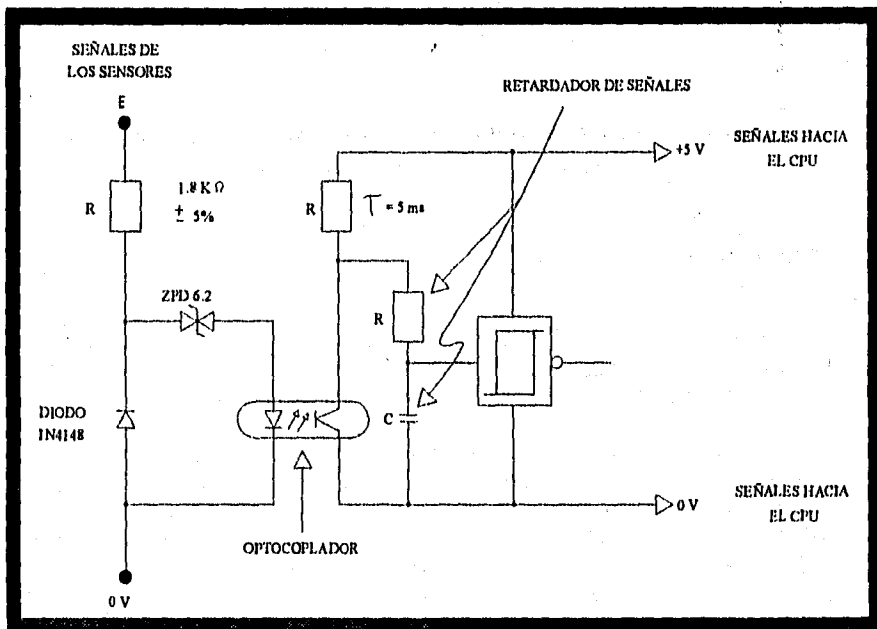


FIG. 4.5 Esquema del principio de una entrada.

Los módulos para nuestras salidas también cuentan con un optocoplador para las sobrecargas, además de contar con un sistema de anticortocircuitaje, pero esta protección no ofrece seguridad alguna cuando se presentan cortocircuitos de gran duración.

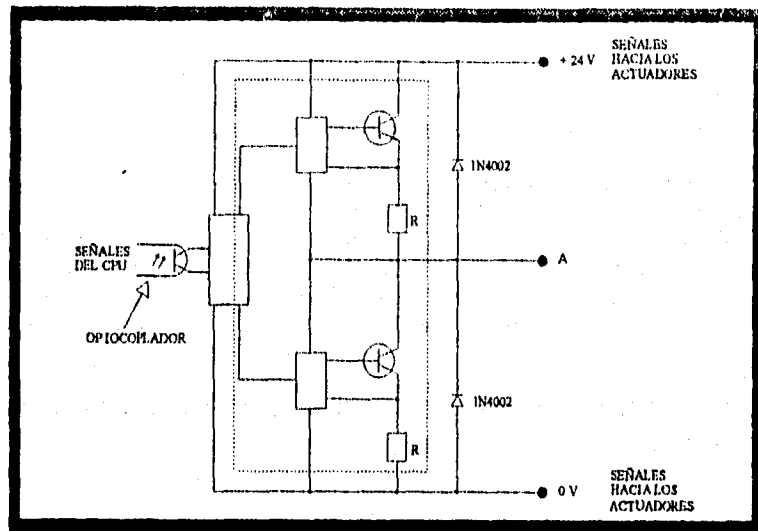


FIG. 4.6 Esquema del principio de una salida.

Inducción invertida

Este efecto se tiene al conectar actuadores inductivos, como son las bobinas magnéticas de protección; para proteger el módulo de salidas, es necesario que eliminemos dicha tensión de inducción invertida. Para evitarlo se utiliza un simple diodo.

Algunos PLC's ya se encuentran provistos con dicho diodo. Sin embargo, a pesar de ese diodo, la tensión invertida sigue presente en los cables de conexión. Por ello la protección se debe aplicar cerca de la fuente creadora de esta interferencia, es decir, un diodo cerca de la bobina, solo si se trata de corriente continua; o un varistor (resistencia en función de la tensión). Aquí también es muy posible utilizar dos diodos zener de polaridad opuesta, como se observa en la figura 4.7; pero si esta tensión es mayor a 50 V, hay que conectar más diodos en serie.

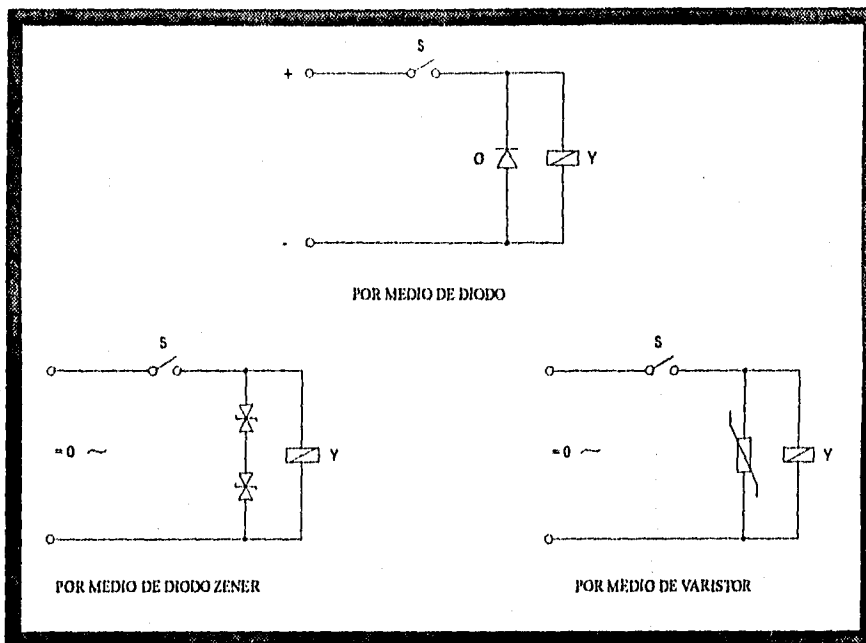


FIG. 4.7 Eliminación del efecto de inducción invertida.

El paro de emergencia

Cualquier equipo debe estar provisto de un sistema de paro de emergencia para poder detenerse en los casos de peligro, en el que se requiera salvar una vida. El sistema debe prever siempre la posibilidad de activar la función de paro de emergencia en cualquier instante de tiempo.

Por lo tanto, un control electrónico normal no debe asumir la función de paro de emergencia; la razón de esto es que si se produce un daño en el sistema de control, resultaría prácticamente imposible activar la función de paro de emergencia.

Para ejemplificar lo anterior tomemos el caso en el que un transistor de salida de un PLC se ha quemado, en la salida están puestos constantemente 24 V que hacen que un cilindro, de una prensa, avance a pesar de que no se ha puesto en marcha. ¿Cómo se lograría detener la máquina?

Si la instrucción de paro de emergencia estuviese a cargo del PLC, no haría efecto alguno ya que la falla se encuentra detrás del programa. Por lo tanto necesitamos que la función paro de emergencia actúe directamente sobre el cilindro rodeando al PLC. Se necesita conectar la función de paro a la alimentación de tensión para los módulos de salida (figura 4.8). Esta conexión debe hacerse con cables resistentes. Al darse el orden de emergencia, todas nuestras salidas emiten la señal 0, tengamos o no activada una salida del PLC.

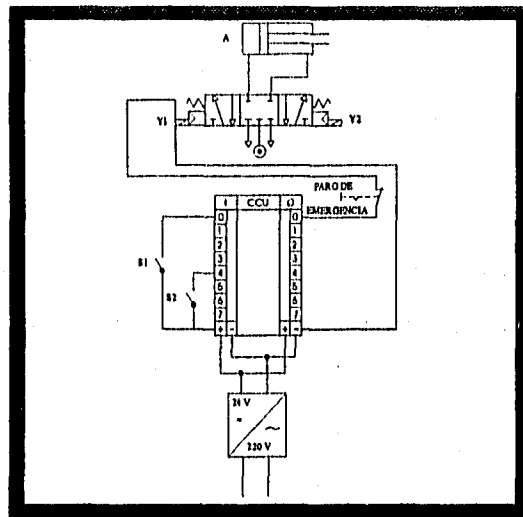


FIG. 4.8 Paro de emergencia.

Al utilizar un método como el anterior es necesario utilizar equipo que pueda pasar a una posición intermedia que no sea peligrosa y que inmovilice totalmente a la máquina.

La conexión del paro de emergencia en el hardware se encarga de la función de seguridad, propiamente dicha. Pero la instrucción de paro de emergencia también debe incluirse en el programa del PLC. Nuestro programa tiene que poder realizar lo que el hardware realiza fuera del alcance del PLC, es decir, la cancelación de todas las salidas. Esta función deberá incluirse en un programa paralelo; una vez activada la función, la máquina no puede ponerse en marcha por sí sola, es necesario hacerlo al pulsar un botón especial.

INSTRUCCION		COMENTARIO	
1	IF THEN	N LOAD TO RESET	I4 V0 CW1 PI.1
2	IF THEN	AND SET	N PI PI.1
<p>EXPLICACION:</p> <p>1.- CARGA CONSTANTE 0 HACIA LA PALABRA DE SALIDA I; SE DESACTIVAN TODAS LAS POSIBLES SALIDAS</p> <p>2.- PI.1 ES EL PROGRAMA (AUTOMATICO) PROPRIAMENTE DICHO</p>			

FIG. 4.9 Programa del paro de emergencia.

La reactivación de la máquina puede ser controlada por el PLC, teniendo dos casos posibles para activar nuevamente dicha máquina:

- Continuar en el mismo lugar donde se encontraba antes de la interrupción.
- Activación desde la posición inicial.

Conexiones resistentes a la rotura

Casi todas las máquinas se ponen en funcionamiento por medio de un botón pulsador de inicio; mientras que el botón pulsador de desactivación asume adicionalmente una función de seguridad, ya que con él se puede lograr interrumpir el funcionamiento de la máquina inmovilizándola en cualquier instante. Recordemos que la función de paro de emergencia significa la desconexión de todo nuestro equipo; a diferencia de esta función de emergencia, la función de desactivación si es controlada por medio del PLC.

Es necesario tomar en cuenta que la desactivación tiene que mantenerse activada en los casos en los que el cableado del pulsador respectivo esté averiado. Esto significa que en la conexión deben emplearse cables resistentes a la rotura. En consecuencia, el pulsador de desactivación debe conectarse y programarse como un contacto normalmente cerrado.

Detección de flancos.

En esta sección ampliaremos la información que se proporcionó en el capítulo anterior. Las señales que provienen de los sensores, es decir, las entradas del PLC; son interpretadas por la unidad central como "0" ó "1". La duración de estas señales son definidas por el sensor correspondiente. Sin embargo, en muchos de los casos carece de importancia la misma señal, sino que lo que nos interesa es el momento en que la señal cambia. Tal cambio de señal es denominado flanco.

Un PLC tiene que registrar el momento en el que la señal de entrada cambie de 0 a 1, puesto que cada vez que se actúa sobre un pulsador solo deberá activarse una única reacción, independientemente de la duración de la señal 1. Así, de esta manera, se evita una ejecución repetida de una orden controlada por nuestro PLC. Todas las señales binarias tienen flancos positivos y negativos.

Los flancos positivos o ascendentes marcan el momento en que se produce un cambio de 0 a 1, mientras tanto los flancos descendentes o negativos nos marcan el instante en el que se produce un cambio de señal de 1 a 0.

Tratándose de programas con enlaces lógicos, los flancos son evaluados mediante recordadores de flancos. En la figura 4.10a los flancos positivos son registrados por el recordador de flancos F 0.0. En el programa, todos los flancos son detectados en tres pasos:

- Recordador consultado.
- Recordador activado.
- Recordador cancelado.

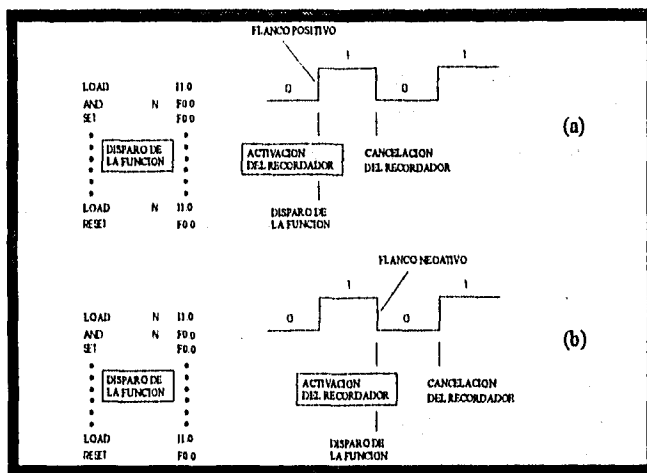


FIG. 4.10 Esquema de la detección de flancos.

Los contadores

Los contadores son ocupados para contar unidades o procesos; en la industria moderna es muy frecuente encontrar controles que trabajen con contadores. Así, por ejemplo, se necesita que un equipo clasifique y coloque un número determinado de productos sobre una banda transportadora, entonces se debe utilizar un contador. En todos los PLC's, los contadores son unidades electrónicas contenidas en el CPU. Los contadores se rigen por las tres magnitudes siguientes:

- Valor efectivo.
- Valor nominal.
- Estado.

Valor efectivo. Nos indica el estado momentáneo del contador, es cargado en la memoria.

Valor nominal. Corresponde al número límite hasta el cual se deberá contar, también es cargado en memoria.

Estado. Esta magnitud se constata sin importar si el contador ha alcanzado un número previamente definido o no lo ha hecho. Cuando el contador está en funcionamiento su estado es 1, pero si el contador ya no esta activado, entonces su estado toma el valor de 0.

Veamos dos ejemplos de contadores con los siguientes parámetros:

Estado 0 → Contador funcionando

Estado 1 → Contador detenido

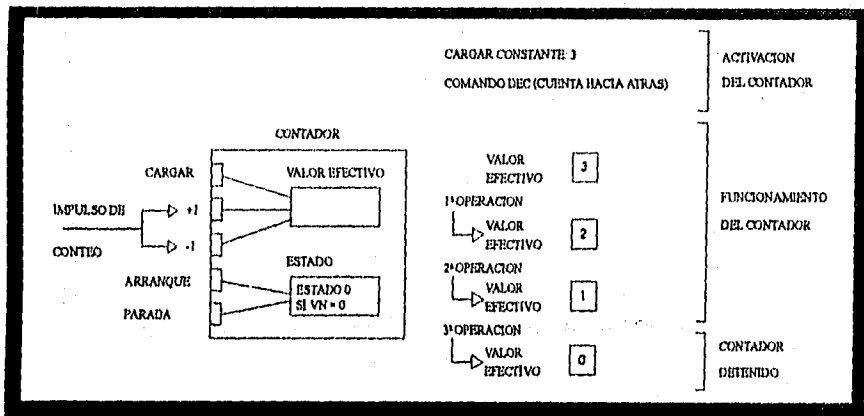


FIG. 4.11 Contador decreciente.

El valor inicial que tomaremos es un número entero positivo, el cual equivale al valor efectivo del contador. Este valor cambia en función de cada una de las operaciones que se producen y que deben contarse. Más específicamente se decrementa una unidad en cada operación. Nuestro contador se va a detener cuando alcanza el valor nominal 0, en este caso no es necesario definir el valor nominal.

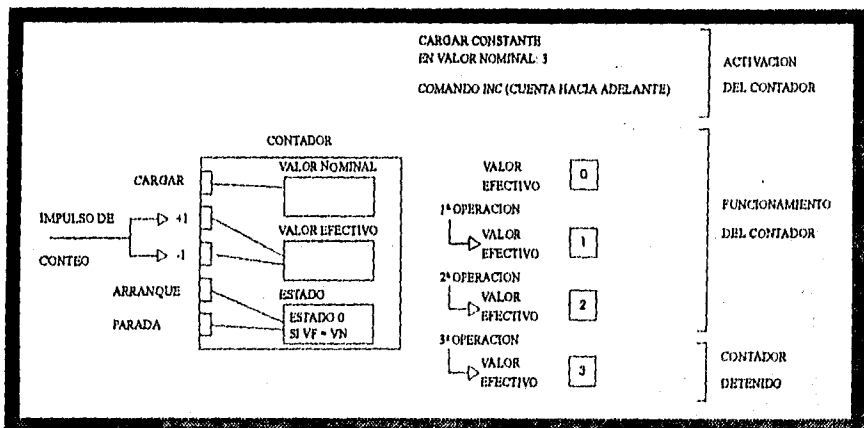


FIG. 4.12 Contador creciente.

Análogamente podemos utilizar un contador incremental. Para este caso el valor inicial es un entero, en cada operación se agrega una unidad al valor efectivo. Si el valor nominal es un número cualquiera n , entonces el contador cuenta desde el valor efectivo 0 hasta el valor nominal n ; esto significa que el contador se detiene cuando el valor efectivo y el valor nominal son iguales. Después de cada operación de conteo, es decir, cada vez que el contador agrega una unidad al valor efectivo, se efectúa una comparación entre el valor nominal y el valor efectivo.

Al definir los elementos del contador se utilizan las siguientes instrucciones:

Estado	C0 ... C15
Valor efectivo	CW0 ... CW15
Valor nominal	CP0 ... CP15

donde:

C es el contador (Counter).
CW es la palabra del contador (Counter Word).
CP es el preselector del contador (Counter Preselect).

Estas tres instrucciones van juntas y tienen la misma dirección, así por ejemplo, el contador número 3 tiene los elementos C3, CW3 y CP3.

La palabra del contador es el número que corresponde al valor vigente en ese momento, el valor efectivo. En cada operación cambia este valor efectivo agregando o restando en una unidad, según se declare el conteo. Con el preselector del contador se define un valor nominal para la palabra del contador. Mediante la consulta del contador (estado) nos es posible comprobar en el programa si aún se encuentra activado (señal 1) o si se ha detenido, o si aún no se ha puesto en marcha (señal 0). La consulta del contador puede realizarse también comprobando la palabra del contador con una constante.

La palabra y el preselector de un contador son unidades que ocupan 16 bits cada una, mientras que el contador (estado) es una unidad que ocupa un solo bit.

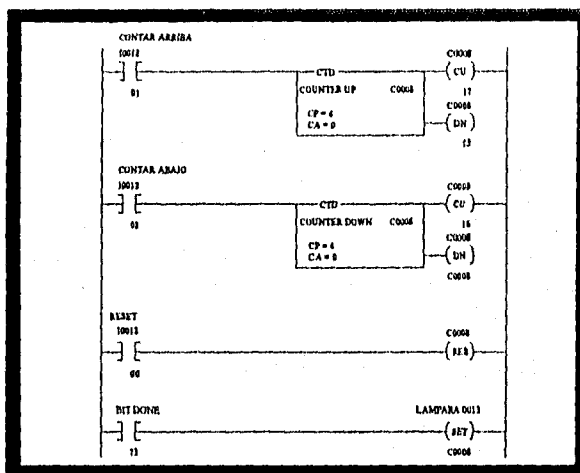


FIG. 4.13 Casilleros del contador.

Los casilleros ofrecen una alternativa para la aplicación. Estos casilleros poseen entradas y salidas de 1 bit, dentro de dichos casilleros se anotan los valores que corresponden al valor nominal (CP = Counter Preset) y del valor efectivo (CA = Counter Accumulated value), estos valores suelen ser números enteros de 16 bits. La entrada se encuentra activada por flancos, en la figura anterior la activación se produce por flancos positivos; consecuentemente, cada flanco positivo en la entrada produce un cambio del valor efectivo. Si el valor efectivo es idéntico al valor nominal, es activado el bit Done (DN). Cualquier contador puede ser repuesto al valor inicial, en este caso el valor efectivo CA marca 0.

Si se requiere un programa que contenga una función de contador simple, donde una salida denominada O 1.0 es activada cinco veces.

Cuando se efectúa la programación de las funciones de un contador, siempre deberán considerarse los pasos de la cadena siguiente:

Cargar el contador → Contar → Consultar

Tomando en consideración lo anterior, la solución posible a nuestro problema se describe con detalle (obsérvese la figura siguiente), a continuación, en el funcionamiento del programa.

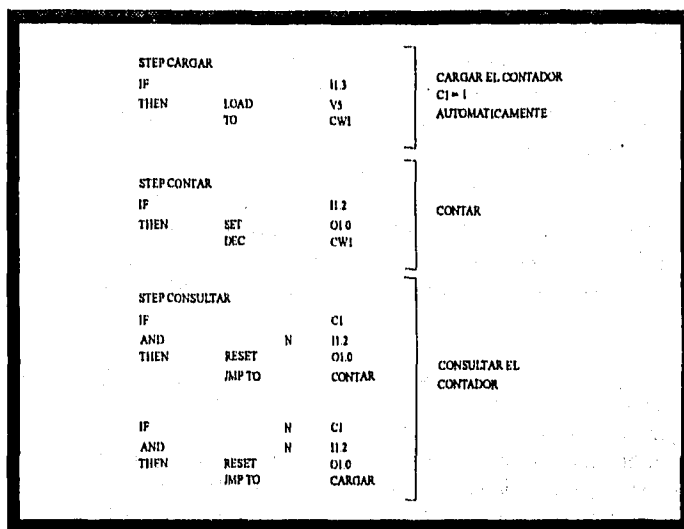


FIG. 4.14 El contador.

Cargar el contador. El contador es cargado por medio de la señal producida por I 1.3. La palabra del contador, CW1, es puesta en el valor efectivo igual a 5. En este caso utilizaremos un contador decreciente, por lo que el valor nominal es puesto automáticamente en 0 (por lo que no es necesario activar un preselector del contador, CP).

Contar. Cada operación que se cuenta equivale a una señal I de la entrada I 1.2. Al valor efectivo de la palabra del contador se resta 1 (DEC), al mismo tiempo se activa la salida O 1.0.

Consulta. Posteriormente se continua con la consulta del contador. Si el contador sigue activo, la operación se repite. En total, nuestra salida es activada y desactivada cinco veces; salta hacia el paso contar. Cuando el contador se para, se produce un salto hasta el paso inicial de cargar.

Contadores rápidos

En la mayoría de las operaciones de control se requiere utilizar contadores rápidos, esto significa que nuestra frecuencia de conteo debe ser superior a 50 Hz, lo que equivale a registrar un mínimo de 50 operaciones, o unidades, por segundo. Este tipo de conteo, por lo general, no lo realizan los contadores normales de un PLC.

La frecuencia de conteo en un PLC se encuentra limitada por el retardo de las señales de entrada, todas estas señales (incluyendo también el conteo) son retardadas por un tiempo determinado, de 1 hasta 20 ms, antes de ser procesadas en el CPU. Recordemos que con esto logramos evitar que interfieran otras señales.

Actualmente en el mercado podemos encontrar módulos adicionales de contadores rápidos para el PLC. Las entradas de dichos módulos no cuentan con el retardo de señales o, en cualquier caso, es muy pequeño, pues las interferencias son evitadas utilizando cables aislados. Estos módulos de contadores rápidos son incorporados y deben programarse adicionalmente.

Un ejemplo del uso de contadores rápidos es el posicionamiento de piezas en una máquina. La medición de esta operación puede realizarse de un modo directo o indirecto. Para el primer caso, la escala de medición se encuentra sobre una cinta emisora de los impulsos, mientras que para el segundo caso, nuestra escala está colocada en un disco de pulsos. La posición de cada una de las marcas de la escala se registra ópticamente y se transmite mediante una señal eléctrica a la unidad de control. Para asegurarnos que el posicionamiento sea exageradamente preciso y rápido, tendremos que utilizar un contador rápido. En este caso, se cuenta la cantidad de marcas que se encuentran en la escala en cada movimiento.

El temporizador

Algunas funciones de control exigen la programación de tiempos. Para lograr la programación de una temporización, es necesario recurrir a módulos temporizadores. Todos los controladores lógicos programables contienen estos módulos, y por lo general los tiempos son configurados de modo digital, lo que quiere decir que es un contador de cadencias. Nuestro PLC cuenta las cadencias con la misma exactitud con la que los relojes cuentan las oscilaciones del cuarzo; o, para ser más precisos: el PLC cuenta los flancos positivos o negativos de los pulsos secuenciales.

Como unidades básicas se define, o se selecciona, un determinado tiempo para las secuencias de los pulsos:

- Milisegundo.
- Centésima de segundo.
- Décima de segundo.
- Segundo.
- Minuto.

La amplitud de conteo de un temporizador define la cantidad máxima de cadencias. Multiplicando la amplitud de conteo con la cadencia más larga posible, se obtiene el tiempo máximo programable de un temporizador. Sin embargo, utilizando varios módulos extras de temporizadores (con un contador) es posible lograr prolongar el tiempo.

También existen temporizadores que son parte integrante del hardware del controlador y que son conocidos como relojes o temporizadores analógicos del hardware. Estos temporizadores están compuestos por condensadores y resistencias conformando los tiempos de manera analógica, además mediante un potenciómetro principal pueden ajustarse los tiempos requeridos. A pesar de esto, actualmente ya no se utilizan estos módulos, ya que la temporización por medio del software es mucho más flexible y menos costosa.

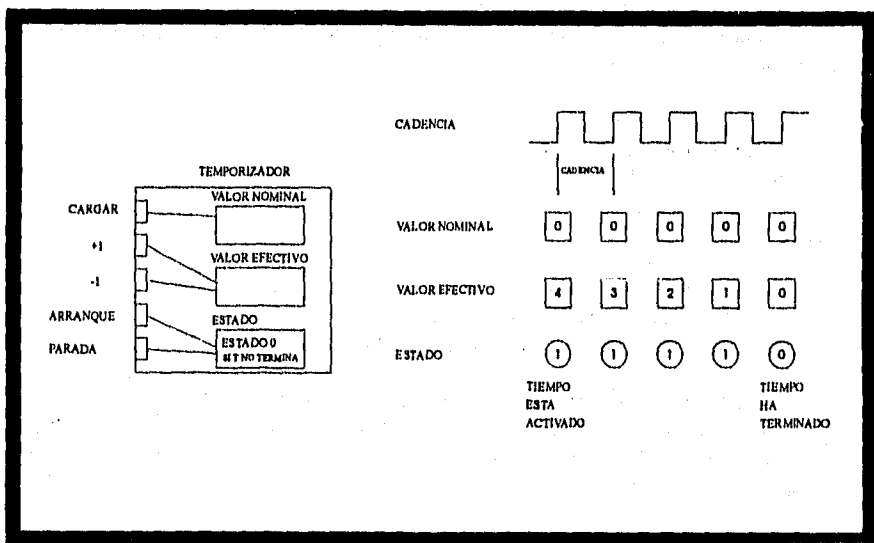


FIG. 4.15 Funcionamiento del temporizador.

Un temporizador está compuesto, al igual que un contador, de los elementos siguientes:

- Valor nominal.
- Valor efectivo.
- Estado.

El valor nominal indica el tiempo que deberá transcurrir en función del programa y expresado mediante un número que indica la cantidad de cadencia que se seleccionó. El valor nominal puede ser igual a 0; en ese caso, el tiempo que se ha ajustado es igual al valor efectivo.

El valor efectivo indica el valor instantáneo que toma el temporizador. Los temporizadores pueden contar hacia atrás o hacia adelante. El valor efectivo va cambiando respectivamente.

El estado del temporizador indica si ya ha transcurrido el tiempo que se ha preseleccionado o si aún se encuentra transcurriendo, pudiendo ser esta señal respectiva 0 ó 1.

La identificación de los elementos de cualquier temporizador es la misma que la de los contadores:

Estado	T0 ... T7
Valor efectivo	TW0 ... TW7
Valor nominal	TP0 ... TP7

donde:

T es el temporizador (Timer).
 TW es la palabra del temporizador (Timer Word).
 TP es el preselector del temporizador (Timer Preselect).

La palabra y el preselector del temporizador son unidades funcionales de 16 bits, mientras el estado, es decir, el temporizador es una unidad funcional de un bit. Para cargar cualquier temporizador deben indicarse la constante y la unidad, pudiendo utilizar alguna de las siguientes unidades:

HSC	-	Centésima de segundo
TSC	-	Décima de segundo
SEC	-	Segundo
MIN	-	Minuto

Consulta del bit de estado:

Señal 1- Temporizador activado
 Señal 0 - Temporizador ha terminado o no ha sido activado

La programación de tiempo es similar a la de los contadores; esto se observa con detalle en la siguiente figura.

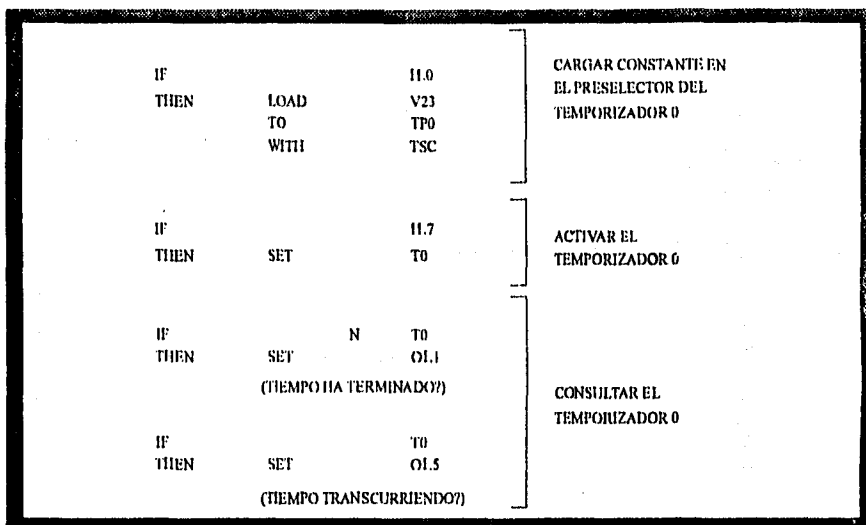


FIG. 4.16 El temporizador.

Errores de tiempos

Siempre que trabajamos con funciones de tiempo programadas tenemos que contar con un error intrínseco de los tiempos que se expresan de modo digital.

Recordemos que la cadencia del PLC siempre está en funcionamiento, independientemente del proceso; pero la operación que activa el temporizador surge de modo casual y en cualquier instante. De esta manera se obtiene un error, cuya medida depende del instante preciso en que ocurre la respectiva operación; mientras que el error máximo posible es de una cadencia en función del flanco registrado.

Funcionamiento automático y manual

Aquí introduciremos un nuevo concepto, el de multitarea, este se entiende como la ejecución concurrente, o simultánea, de varias tareas de un proceso.

Con este concepto es necesario tener un sistema apropiado que se pueda encargar de administrar y realizar programas con la técnica de programas parciales. Queremos decir que cualquier programa puede estar compuesto de varias partes, conformando cada una de estas partes un programa parcial.

Un programa complejo y detallado debe ejecutarse en funcionamiento automático y, también, en manual. Estos dos tipos de programas son bastante diferentes; siendo la principal que un programa automático es un programa de tipo secuencial, mientras que un programa manual es un programa del tipo de enlaces lógicos.

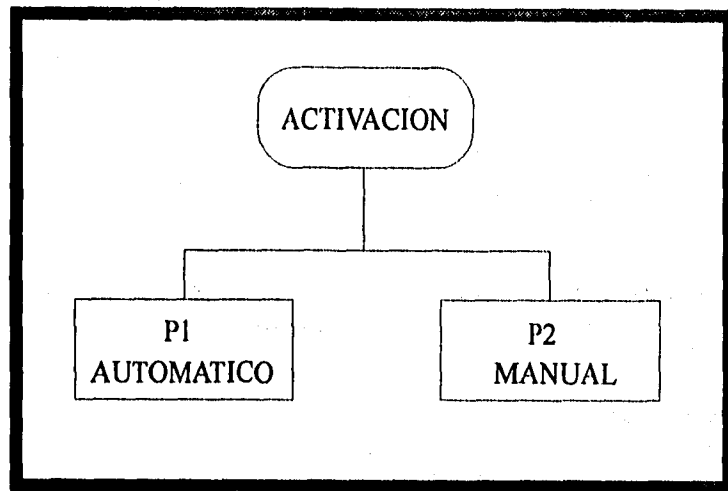


FIG. 4.17 Programas parciales.

En un funcionamiento manual las funciones y decisiones de mando son realizadas por el operario, sin embargo, deben de cumplirse determinadas condiciones; nuestro programa no es ejecutado de manera automática. Por el contrario un programa de funcionamiento automático, la ejecución de este es realizada sin que el operario intervenga en el una vez que éste lo haya activado inicialmente. Estos programas se encuentran unidos ya que deben ejecutar la misma función de control para el mismo proceso.

En este caso es claro la ventaja de utilizar la técnica de los programas parciales, aunque las dos funciones, automático y manual, no deben ejecutarse al mismo tiempo. Sin embargo, si se realizan ambas partes en un solo programa general, la ejecución de este sería demasiado lenta y además se tendría una estructura muy poco clara.

El método de multitarea nos permite la realización de la programación de varias funciones, tratándose de las funciones complicadas de control, además de ser indispensable por razones de seguridad.

Comunicación

La comunicación significa, para nosotros, poder transferir datos entre nuestro equipo de control; es decir, entre el PLC y las otras unidades procesadoras de datos. Dichas unidades tienen la función auxiliar de realizar determinadas operaciones de control, pero la función de control principal sigue estando a cargo de nuestro PLC. Entonces la comunicación es una manera de asistencia del control y no trata de sustituirlo.

Constantemente nos es necesario que varios departamentos de cualquier empresa dispongan de los datos provenientes de la sección de producción con el fin de tener un control sobre el estado de la producción y sobre la tramitación de cada uno de los pedidos que se realicen.

Actualmente todos los equipos automáticos están provistos de una serie de sistemas que registran fallas y errores. Toda la información sobre fallas, errores y advertencias tienen que ser confeccionadas, recopiladas y transferidas a los operarios de modo automático. Con este fin se puede conectar una impresora y un indicador electrónico (pantalla) a la unidad principal de nuestro control.

En otros casos también es necesario transmitir datos del proceso que se ejecuta al PLC por medio de una computadora, o también es posible reunir varias unidades de control para formar una red.

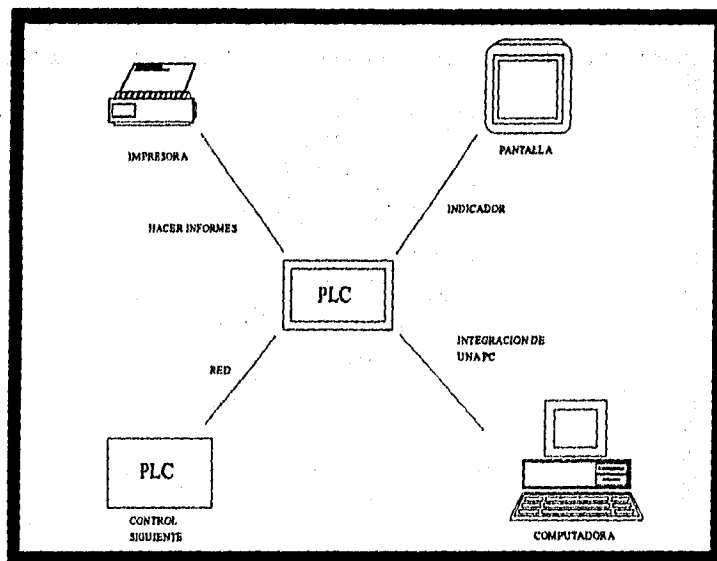


FIG. 4.18 La comunicación.

Aplicaciones

En esta sección veremos algunas aplicaciones prácticas del uso del PLC en la industria, para lo cual hemos seleccionado algunos procesos sencillos. Aquí mencionamos algunos elementos neumáticos, los cuales explicaremos de una manera más clara en el contexto del siguiente capítulo.

Ejemplo 1

Una compañía fundidora de metales, que fabrica pequeños cubos de aluminio, requiere programar un PLC que controla a una máquina que se encarga de estampar su nombre sobre dichos cubos de metal. El proceso debe iniciarse pulsando un botón para tal efecto, además de que la máquina utiliza los elementos neumáticos siguientes:

Cilindros A y B, ambos de doble efecto.

Cilindro C de simple efecto con retroceso por medio de resorte.

Electroválvulas A y B, 5/2 con mando por medio de dos bobinas cada una.

Electroválvula C 3/2 con un mando por bobina y otro por resorte.

La secuencia de funcionamiento comienza cuando se acciona el pulsador y la pieza es alimentada a nuestra máquina, para ser sujeta por el cilindro A. Posteriormente el cilindro B se encarga de realizar el estampado a la pieza y, finalmente, el cilindro C expulsa dicha pieza.

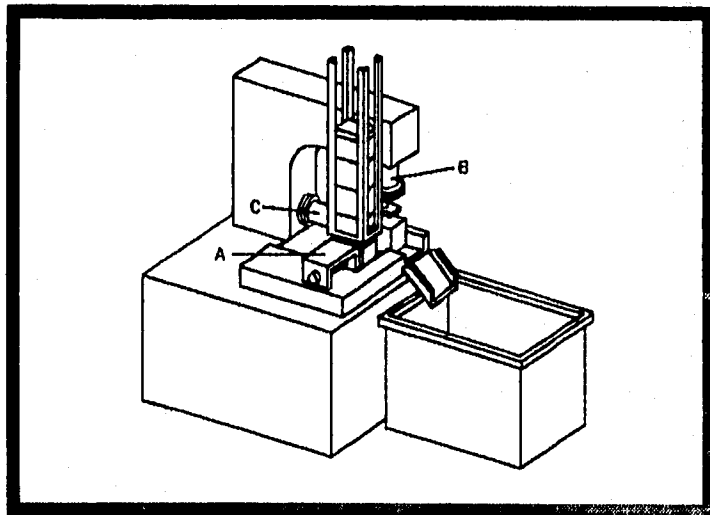
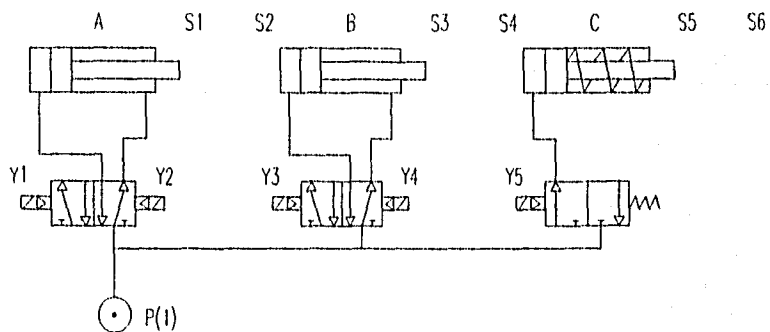
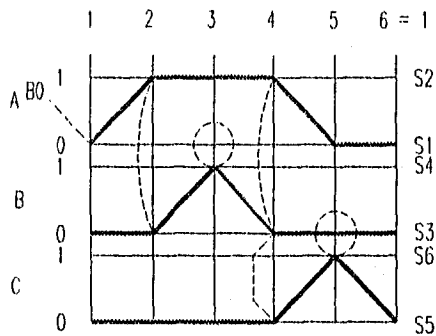


FIG. 4.19 Máquina estampadora.

La asignación de todas nuestras variables con las que vamos a tener que trabajar y encadenar son las siguientes:

Entradas		Salidas	
Operando absoluto	Operando simbolico	Operando absoluto	Operando simbolico
I1.0	Bo	O1.1	Val 1
I1.1	S1	O1.2	Val 2
I1.2	S2	O1.3	Val 3
I1.3	S3	O1.4	Val 4
I1.4	S4	O1.5	Val 5
I1.5	S5		
I1.6	S6		

La secuencia del proceso se ilustra en la figura siguiente, junto con la conexión neumática de los elementos.



Tomando como base con el diagrama espacio-fase realizaremos el programa en lista de instrucciones, el cual constará de seis pequeños bloques. En el primer bloque (Step 1) se unen las condiciones iniciales; es decir, las señales provenientes de los sensores S1, S3 y S5, además del pulsador de inicio B0; esto mediante la función Y. Al cumplirse estas condiciones en su totalidad se activa la bobina Y1 y se desactiva la Y2, ambas de la electroválvula A, provocando el avance del cilindro A.

Programa en lista de instrucciones

Step 1

```
If I1.0
And I1.1
And I1.3
And I1.5
Then set O1.1
      reset O1.2
```

Step 2

```
If I1.2
And I1.3
And I1.5
Then set O1.3
```

Step 3

```
If I1.2
And I1.4
And I1.5
Then reset O1.3
      set O1.4
```

Step 4

```
If I1.2
And I1.3
And I1.5
Then reset O1.1
      set O1.2
      set O1.5
```

Step 5

```
If I1.1
And I1.3
And I1.6
Then reset O1.5
```

```

Step 6
If I1.1
And I1.3
And I1.5
Then reset O1.2
      reset O1.4
      jmp to 1
    
```

Como se habrá notado todos los pasos siguientes se realizaron de forma analoga al primero, hay que señalar que en el último bloque debe tenerse como resultado el inicio de todo el proceso, es decir, deben esperarse recibir las condiciones iniciales para poder comenzar de nuevo el proceso desde el principio.

Ejemplo 2

Tomando la máquina del ejemplo anterior supongase que ha sufrido algunos desperfectos en algunos de los elementos neumáticos, pero además se requiere implementar dos compresores más y un pequeño sensor que nos confirme la presencia de una pieza. Al comprar las refacciones no se pudo adquirir elementos idénticos a los dañados, teniendo que cambiar por el siguiente equipo:

Cilindro C de doble efecto.

Electroválvulas B y C, 5/2 con mando por bobina y otro por resorte.

La implementación de este nuevo equipo se ilustra como sigue:

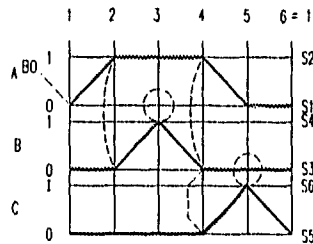


Diagrama espacio-fase

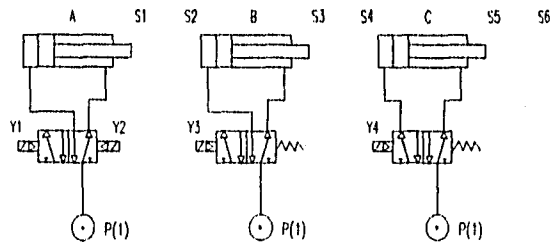
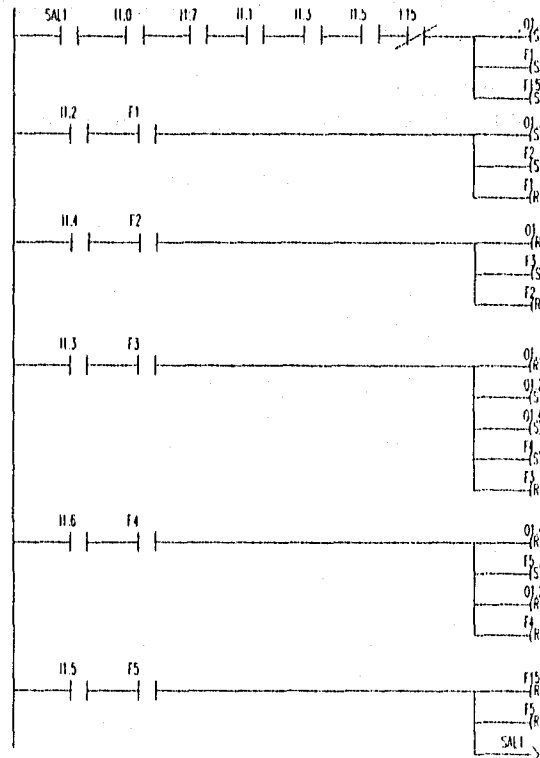


Diagrama neumático

La nueva asignación de nuestras variables se muestra en la tabla siguiente:

Entradas		Salidas	
Operando absoluto	Operando simbolico	Operando absoluto	Operando simbolico
I1.0	B0	O1.1	Val 1
I1.1	S1	O1.2	Val 2
I1.2	S2	O1.3	Val 3
I1.3	S3	O1.4	Val 4
I1.4	S4		
I1.5	S5		
I1.6	S6		
I1.7	S7		
Recordadores de pasos de F0 a F15			

Ahora ilustraremos un programa en diagrama de escalera e implementando además el uso de los recordadores de pasos, mejor conocidos como banderas.



Ejemplo 3

En el siguiente diagrama supongase que se observa la rutina de operación de una máquina determinada en un proceso de producción, el cual necesita un retardo de tiempo en dos de sus pasos.

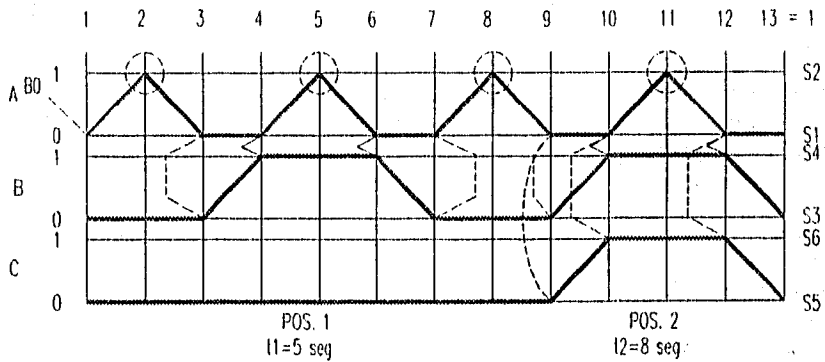


Diagrama espacio-fase

Observando el diagrama anterior notamos que se requiere de un pulsador de arranque, seis sensores limitadores de carrera, tres cilindros y sus tres electroválvulas correspondientes; debido a que esto se observa en dicho diagrama ya no ilustramos la conexión neumática de los elementos antes descritos. Mientras que la asignación de las variables es la siguiente:

Entradas		Salidas	
Operando absoluto	Operando simbolico	Operando absoluto	Operando simbolico
I1.0	Bo	O1.1	Val 1
I1.1	S1	O1.2	Val 2
I1.2	S2	O1.3	Val 3
I1.3	S3	O1.4	Val 4
I1.4	S4	O1.5	Val 5
I1.5	S5	O1.6	Val 6
I1.6	S6		

Programa en lista de instrucciones

Step 1

```
If I1.0
And I1.1
And I1.3
And I1.5
Then set O1.1
```

Step 2

```
If I1.2
And I1.3
And I1.5
Then reset O1.1
set O1.2
```

Step 3

```
If I1.1
And I1.3
And I1.5
Then set O1.3
```

Step 4

```
If I1.1
And I1.4
And I1.5
Then reset O1.2
set O1.1
load V5
to TP1
with sec
```

Step inter1

```
If I1.2
And I1.4
And I1.5
Then set T1
```

Step 5

```
If I1.2
And I1.4
And I1.5
And N T1
Then reset O1.1
set O1.2
```

Step 6

If I1.1
 And I1.4
 And I1.5
 Then reset O1.3
 set O1.4

Step 7

If I1.1
 And I1.3
 And I1.5
 Then reset O1.2
 set O1.1

Step 8

If I1.2
 And I1.3
 And I1.5
 Then reset O1.1
 set O1.2

Step 9

If I1.1
 And I1.3
 And I1.5
 Then reset O1.4
 set O1.3
 set O1.5

Step 10

If I1.1
 And I1.4
 And I1.6
 Then reset O1.2
 set O1.1
 load V8
 to TP2
 with sec

Step inter2

If I1.2
 And I1.4
 And I1.6
 Then set T2

Step 11

```
If    I1.2
And   I1.4
And   I1.6
And N T2
Then  reset O1.1
      set   O1.2
```

Step 12

```
If    I1.1
And   I1.4
And   I1.6
Then  reset O1.3
      reset O1.5
      set   O1.4
      set   O1.6
```

Step 13

```
If    I1.1
And   I1.3
And   I1.5
Then  reset O1.2
      reset O1.4
      reset O1.6
      jmp to 1
```

Ejemplo 4

Con el programa anterior realice las modificaciones necesarias para tener un conteo de 10 piezas a trabajar.

La solución en este caso particular es insertar los tres bloques de un contador dentro de nuestro programa ya realizado, aquí se observa una de las ventajas del control por medio del PLC, ya que no se necesita volver a cablear el equipo solamente se recurre a modificar el programa.

Dentro del programa inicial se insertan los pasos de la cadena:

Cargar el contador	Step cargar
Contar	Step 13
Consultar	Step 14

Programa en lista de instrucciones

Step cargar

```
If I1.0
And I1.7 (botón del contador)
Then load V10
      to CW3
```

Step 1

```
If I1.0
And I1.1
And I1.3
And I1.5
Then set O1.1
```

Step 2

```
If I1.2
And I1.3
And I1.5
Then reset O1.1
      set O1.2
```

Step 3

```
If I1.1
And I1.3
And I1.5
Then set O1.3
```

Step 4

```
If I1.1
And I1.4
And I1.5
Then reset O1.2
      set O1.1
      load V5
      to TP1
      with sec
```

Step inter1

```
If I1.2
And I1.4
And I1.5
Then set T1
```


Step 5

If I1.2
 And I1.4
 And I1.5
 And N T1
 Then reset O1.1
 set O1.2

Step 6

If I1.1
 And I1.4
 And I1.5
 Then reset O1.3
 set O1.4

Step 7

If I1.1
 And I1.3
 And I1.5
 Then reset O1.2
 set O1.1

Step 8

If I1.2
 And I1.3
 And I1.5
 Then reset O1.1
 set O1.2

Step 9

If I1.1
 And I1.3
 And I1.5
 Then reset O1.4
 set O1.3
 set O1.5

Step 10
If I1.1
And I1.4
And I1.6
Then reset O1.2
set O1.1
load V8
to TP2
with sec

Step inter2
If I1.2
And I1.4
And I1.6
Then set T2

Step 11
If I1.2
And I1.4
And I1.6
And N T2
Then reset O1.1
set O1.2

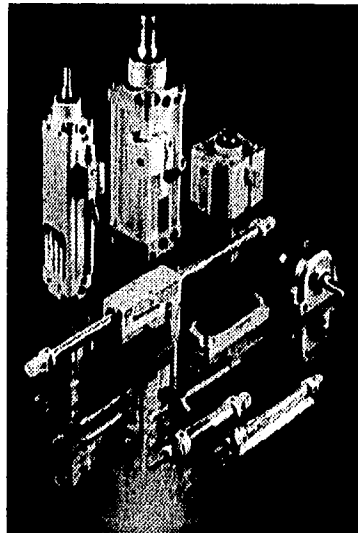
Step 12
If I1.1
And I1.4
And I1.6
Then reset O1.3
reset O1.5
set O1.4
set O1.6

Step 13
If I1.1
And I1.3
And I1.5
Then reset O1.2
reset O1.4
reset O1.6
Dec CW3

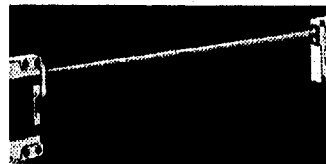
Step 14
If C3
And N I1.7
Then jmp to 1
If N C3
And N I1.7
Then jmp to cargar

CAPITULO V

INTRODUCCION A LOS



ELEMENTOS



NEUMATICOS Y SENSORES

INTRODUCCION A LOS ELEMENTOS NEUMATICOS Y SENSORES

Para nuestros propósitos de control utilizaremos el equipo neumático que se encuentra actualmente en el mercado, considerando que este equipo presenta muy buenas ventajas con respecto al hidráulico y el eléctrico; ya que no contamina y es fácil de manejar, además de que se puede deshechar en el medio ambiente sin peligro alguno.

El componente neumático constituye, quizás, el primer paso para transformar la mecanización en automatización. El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre y aprovecha para reforzar sus recursos físicos. El descubrimiento conciente del aire como medio se remonta a muchos siglos, lo mismo que un trabajo más o menos conciente con dicho medio.

Es causa de asombro el hecho de que la neumática se haya podido expandir en tan poco tiempo y con tanta rapidez. Esto se debe, entre otras cosas, a que en la solución de algunos problemas de automatización no puede disponerse de otro medio que sea más simple, más fácil de manejar y más económico.

La neumática se utiliza cada vez más para la automatización de los más diversos campos de la fabricación; el valor práctico de ello radica en la gran disminución de los costos de producción, aumento del rendimiento de las máquinas y la aminoración del esfuerzo del operario. Todo ello convierte a la neumática en el centro principal de la automatización de dispositivos, así como de máquinas pequeñas y medianas.

Un sistema de aire comprimido no sucede solo, sino es el resultado de una buena planeación. Un sistema eficiente asegura una mínima pérdida de presión y retira la mayoría de los contaminantes (agua, óxido, aceite del compresor, suciedad y otros materiales extraños).

Antes que se pueda utilizar el aire comprimido para operar un dispositivo operado por aire, deberá ser "preparado" apropiadamente. Esto es, deberá "secarse", "limpiarse" y regularse a una presión adecuada para la operación del dispositivo y en algunos casos "lubricarse" para reducir fricción en el dispositivo.

La neumática puede utilizarse:

- a) Directamente, como elemento de trabajo.
- b) Para accionamiento de motores, embragues, cilindros o herramientas.
- c) Regulado por medio de válvulas y elementos accesorios, para impulsar una gran variedad de movimientos mecánicos.

- d) En combinación con equipos oleohidráulicos, para obtener con un costo reducido ciclos de trabajo precisos y a base de grandes presiones.
- e) Con la electricidad, para accionamientos a larga distancia y, sobre todo, para los movimientos rotatorios.

Naturalmente, que cada uno de los tres sistemas; eléctricos, hidráulicos y neumáticos, tienen sus ventajas y desventajas específicas. No se sugiere que pueda o deba reemplazarse cualquier otro sistema por el de aire comprimido; lo que sí se aconseja, teniendo en cuenta y conociendo claramente sus ventajas y condiciones de servicio, es adoptar en todo caso el aire comprimido considerándolo:

- 1) fundamental.
- 2) como una alternativa.
- 3) como una posibilidad práctica con vistas a un campo más amplio de aplicaciones.

Las propiedades del aire comprimido que han contribuido a su popularidad son:

Abundante:	Está disponible para su compresión prácticamente en todo el mundo, en cantidades ilimitadas.
Transporte:	El aire comprimido puede ser fácilmente transportado por tuberías, incluso a grandes distancias. No es necesario disponer tuberías de retorno.
Almacenable:	No es preciso que un compresor permanezca continuamente en servicio. El aire comprimido puede almacenarse en depósitos y tomarse de éstos. Además, se puede transportar en recipientes (botellas).
Temperatura:	El aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura; garantiza un trabajo seguro incluso a temperaturas extremas.
Antideflagrante:	No existe ningún riesgo de explosión ni incendio; por lo tanto, no es necesario disponer de instalaciones antideflagrantes, que son caras.
Limpio:	El aire comprimido es limpio, y en caso de faltas de estanqueidad en tuberías o elementos, no produce ningún ensuciamiento. Esto es muy importante, por ejemplo, en las industrias alimenticias, de la madera, textiles y del cuero.

- Constitución de los elementos:** La concepción de los elementos de trabajo es simple y, por lo tanto, de precio económico.
- Velocidad:** Es un medio de trabajo muy rápido y, por eso, permite obtener velocidades de trabajo muy elevadas.
- Preparación:** El aire comprimido debe ser preparado, antes de su utilización. Es preciso eliminar impurezas y humedad (al objeto de evitar un desgaste prematuro de los componentes).
- Compresible:** Con aire comprimido no es posible obtener para los émbolos velocidades uniformes y constantes.
- Fuerza:** El aire comprimido es económico sólo hasta cierta fuerza. Condicionado por la presión de servicio normalmente usual de 700kPa (7 bar), el límite, también en función de la carrera y la velocidad, es de 20,000 a 30,000 N (2000 a 3000 kp).
- Escape:** El escape de aire produce ruido. No obstante, este problema ya se ha resuelto en gran parte, gracias al desarrollo de materiales insonorizantes.
- Costos:** El aire comprimido es una fuente de energía relativamente cara; este elevado costo se compensa en su mayor parte por los elementos de costo económico y el buen rendimiento.

Habrán algunos casos en los cuales la neumática no deberá utilizarse. Un análisis imparcial puede servir de orientación para la adopción de otros tipos de accionamiento.

Cilindros

Antes de proceder a la descripción de algunos de los componentes neumáticos, y a preocuparnos de las transformaciones que en el terreno de lo conceptual, mecánico y funcional pueden adoptar, debemos afrontar un preámbulo dedicado a recordar los conceptos fundamentales de los gases perfectos, cuya amplitud científica encontraremos en los libros de Termodinámica.

Las leyes de los gases perfectos enlazan íntimamente las tres magnitudes, presión, volumen y temperatura, que están implicadas en el cálculo de cilindros; debemos comprender las propiedades del estado gaseoso, que coinciden con las del aire comprimido, para poder interpretar los fenómenos que se originan cuando se alteran, dentro del cilindro, algunos de los parámetros que toman parte activa en el desarrollo de tales propiedades.

Para una masa dada, o sistema de un gas, la presión, la temperatura y el volumen que ocupa, se relacionan por medio de la ley de los gases, o sea, la ecuación apropiada para el estado del gas. Cada una de estas tres magnitudes puede cambiar, habiendo estudiado los físicos la evolución de dos de ellas cuando la otra se mantiene constante en un valor.

Así, se ha llevado a estudio:

La evolución a temperatura constante (ley de Mariotte). Es el estudio de la compresibilidad a temperatura constante.

La evolución a presión constante (ley de Gay-Lussac). Es el estudio de la dilatación a presión constante.

La evolución a volumen constante (ley de Charles). Es el estudio de la presión a volumen constante.

Existe un cuarto tipo muy importante de evolución, el cual se obtiene admitiendo que el sistema se desenvuelve en un recinto impermeable al calor, de modo que $Q = \text{Cte.}$ (a calor constante). Estas son las cuatro evoluciones adiabáticas cuya ecuación finita recibe el nombre de ecuación de Poisson o de Laplace.

Cilindros de simple efecto

En este modelo de cilindros el desplazamiento del émbolo, por la presión del aire comprimido, tiene lugar en un solo sentido, pues vuelve a su posición inicial por efecto de la acción de otra fuerza (interna o externa). El retroceso del émbolo se logra mediante:

- a) Resorte de retorno incorporado
- b) Por fuerzas exteriores:
 - b.1) Fuerza de gravedad de la carga
 - b.2) Por resorte exterior.

En la figura 5.1 se aprecia, esquemáticamente, la manera de comportarse un cilindro de simple efecto con resorte de retorno incorporado.

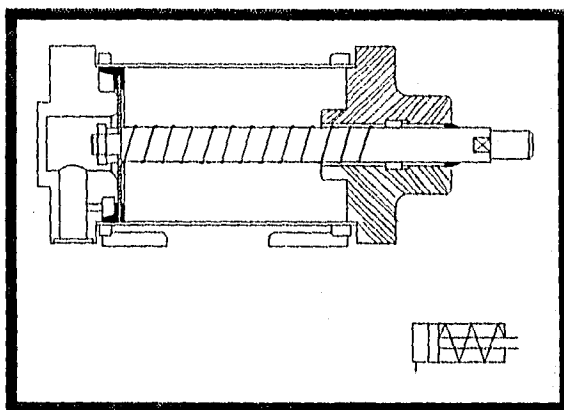


FIG. 5.1 Cilindro de simple efecto.

En la figura anterior se puede observar que una de las características que definen constructivamente a un cilindro de simple efecto, es que consta de una conexión para el aire comprimido que alimenta la cámara positiva del cilindro, moviendo al émbolo, precisamente, en el sentido de su carrera de avance o de trabajo; y de un orificio de escape en el fondo delantero. El aire comprimido efectúa el desplazamiento del émbolo y, al desaparecer la presión, el resorte hace que regrese a su posición de reposo. Por eso los cilindros de simple efecto se emplean cuando el trabajo debe ejecutarse en una sola dirección.

La única ventaja que aportan estos cilindros es su reducido consumo de aire; por razones prácticas, son de diámetro pequeño y de carrera corta (salvo algunas excepciones), por lo que su destino queda vinculado a servir como elementos auxiliares en las automatizaciones.

Cilindros de doble efecto

En este tipo de cilindro, las carreras de avance y retroceso se consiguen por medio de la presión de aire comprimido en cualquier lado del émbolo, es decir, el aire comprimido ejerce su acción en las dos cámaras del cilindro.

El cilindro de doble efecto es el tipo más comúnmente utilizado; incluso si no es necesario ejercer una fuerza en los dos sentidos, el cilindro de doble efecto es preferible al cilindro de simple efecto.

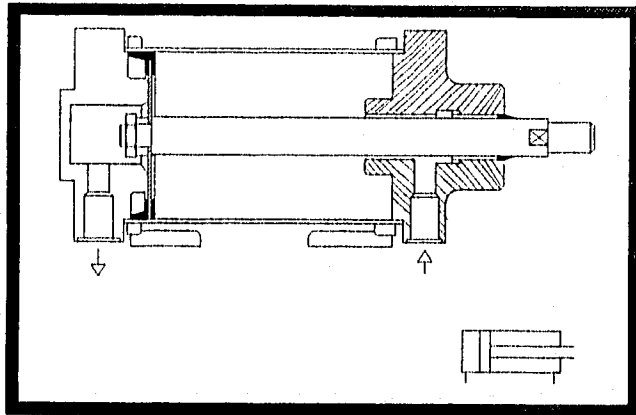


FIG. 5.2 Cilindro de doble efecto.

Los cilindros de doble efecto pueden ser:

- a) Sin amortiguación
- b) Con amortiguación.

Los cilindros sin amortiguación se fabrican con un orificio en el fondo delantero y otro en el fondo trasero para entrada y salida del aire. Los segundos, de igual manera, pero complementados con el dispositivo de amortiguación regulable. Los cilindros de doble efecto presentan las siguientes ventajas sobre los cilindros de simple efecto:

- Producen trabajo en los dos sentidos
- No hay pérdida de fuerza para comprimir el muelle
- El retorno es independiente de la carga
- Se puede ajustar con precisión su régimen de funcionamiento
- Se aprovecha como carrera útil toda la longitud del cuerpo del cilindro
- La carrera de retroceso no depende del factor carga ni de ningún otro elemento mecánico
- Por contra, tienen el inconveniente de que consumen doble cantidad de aire comprimido que un cilindro de simple efecto.

En ambos tipos de cilindros hay que hacer notar que los mismos darán su mejor rendimiento cuando reciben el aire comprimido con la presión correspondiente; por dicha razón, es necesario que funcionen siempre dentro del intervalo de presiones que indica el fabricante y nunca fuera de él, respetándose la presión nominal, que es la presión que debe aplicarse para que el cilindro se comporte según las condiciones de utilización previstas.

Formas de fijación

Con el objeto de facilitar la instalación del cilindro y evitar los esfuerzos laterales sobre el mismo, se dispone de formas de fijación apropiadas y ajustadas a las necesidades más comunes en la práctica, debiéndose hacer la salvedad de que, en principio, no todas son válidas para todos los tipos de cilindros, pues su elección va subordinada al tamaño del cilindro y a las prescripciones del fabricante.

Se establece dos modalidades: fija y oscilante. Dentro de la primera modalidad se encuentra cualquier sistema que fija el cilindro; y, dentro de la segunda, aquellos que permiten una oscilación del cilindro.

En el montaje por el sistema de modalidad fija, el cilindro debe estar firmemente unido a la máquina y, necesariamente, hay que centrarlo con respecto a la carga, a fin de que su esfuerzo se ejerza según un eje común. Por otra parte, debe procurarse que la alineación del cilindro tenga lugar de tal manera que no existan momentos de flexión ni esfuerzos laterales, ya que la expansión y contracción debidas a la carga, presión y temperatura, deforman la posición estable de aquél, concluyendo en un mal funcionamiento o en averías.

Los cilindros actúan produciendo movimientos de cargas no lineales, han de proveerse de fijaciones oscilantes, ya que ellas, de por sí, compensan la desalineación del cilindro; teniendo en cuenta que el movimiento del cilindro no debe quedar obstaculizado por los elementos que le rodean o por tuberías, es indicado, en este caso, montar tuberías flexibles para su unión.

En todo momento es de interés la utilización de fijaciones oscilantes aun cuando no existan giros, puesto que, de este modo, se reduce el riesgo de desalineación.

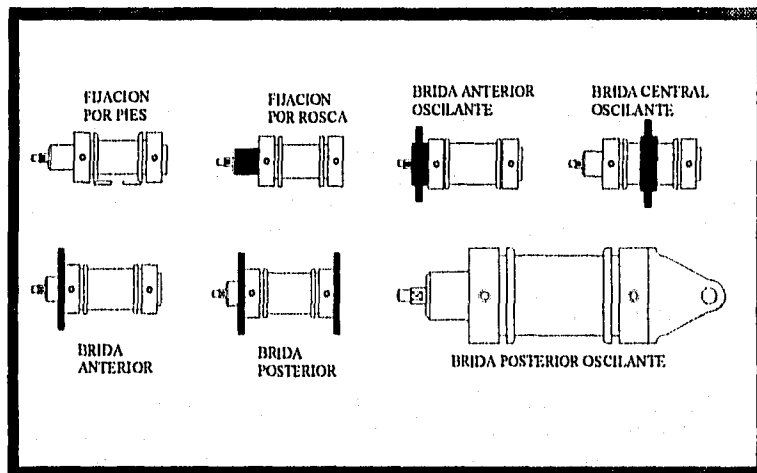


FIG. 5.3 Tipos de fijación.

Factores esenciales para la elección de un cilindro neumático

Indudablemente cuando a un cilindro se le fija un trabajo a realizar, significa que quedan determinadas la carrera y la fuerza, así como la masa que debe mover y la velocidad a la que tiene que desplazarse. Sin embargo, cuando se requieren datos de un fabricante de cilindros, y aún para nosotros mismos al intentar calcularlos, es preciso confeccionar un pequeño esquema con las premisas imprescindibles para una consulta eficaz.

Se hace necesario tener a la vista aquellos datos que nos permitan establecer las características mecánicas y neumáticas del cilindro que pretendemos, y que, a modo de resumen, podrían ser:

- Diámetro interior del cilindro en mm.
- Diámetro del vástago en mm.
- Velocidad del émbolo en cm/s o m/min.
- Fuerza del émbolo (empuje y tracción) en Newton.
- Tipo de cilindro (simple o doble efecto).
- Con amortiguación o sin ella.

- Forma de fijación (fija u oscilante).
- Fijación por el extremo del vástago.
- Temperatura de trabajo (ambiental) en ° C.
- Presión en la red de alimentación en bars.
- Presión de trabajo en bars.

A estos conceptos añadiremos todavía tres puntos esenciales:

- Forma de trabajo (carga estática o dinámica).
- Peso de la carga movida (en caso de trabajo dinámico).
- Posición del cilindro (vertical u horizontal).

Conviene hacer la distinción entre carga estática y carga dinámica de un cilindro. Para un trabajo estático (apriete de una pieza), no hay que tomar en consideración las pérdidas por rozamiento. Sin embargo, en el caso de una carga dinámica, es necesario tener presente tanto la aceleración como la velocidad a la que el cilindro debe trabajar.

Asimismo, hay que hacer hincapié en el dato de la presión de trabajo, puesto que ella es la que nos va a proporcionar la fuerza necesaria para que el cilindro cumpla satisfactoriamente con su cometido; por esta razón, debemos diferenciar entre presión en la red de alimentación y presión de trabajo.

Carga de pandeo sobre el vástago

Al elegir la fijación para el cilindro, deben extremarse las precauciones, sobre todo en el caso de cilindros de carrera muy larga, escogiendo aquella fijación que evite el pandeo del vástago. En determinados casos, debido a efectos de fijación, aparecen dificultades mecánicas en el cilindro, tales como:

- Cargas descentradas del vástago.
- Pandeo del vástago.
- Flexiones entre apoyos.
- Desgaste de la guía del eje.

- Pérdida de aire en el émbolo o en el vástago.

Se aprecia, por consiguiente, que cuanto mayor sea la carrera del cilindro tanto mayor debe ser la longitud del apoyo, estimándose, como valor de tanteo, un 15% a un 20% de la longitud de carrera. Los fabricantes construyen los cilindros teniendo en cuenta tal eventualidad; es por ello que la mayoría de los cilindros se pueden seleccionar con un vástago de mayor sección que la habitual.

Para el cálculo de la carga permitida por el pandeo debe tomarse como base la fórmula II de Euler, en la que la fuerza de rotura por flexión del vástago viene dada por:

$$P_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{L^2 \cdot S}$$

en donde

- P_k** = Carga admisible por el vástago del pistón.
E = Módulo de elasticidad.
J = Momento de inercia del vástago del pistón = $\frac{\pi \cdot d^4}{64}$
L = 2 X carrera = longitud total (del cilindro y del vástago salido).
S = Factor de seguridad = 5

Como fuerza de empuje (P_k) hay que aplicar, en cada caso, la máxima fuerza del émbolo que se pueda lograr, con una presión de servicio dada, con el cilindro elegido.

Para otra forma de fijación, como vástagos con guía adicional fuera del cilindro, el peligro de rotura por pandeo se reduce considerablemente. Por tanto, según el modelo de fijación del cilindro y vástago, es mejor el esfuerzo lateral, siendo por ello que existan factores de corrección aplicables, los cuales permitan solventar cuestiones relacionadas con la longitud de carrera, carga admisible y fijación apropiada.

Cilindros especiales

Al describir los cilindros especiales, consideremos aquellos que son de aplicación más común, dentro de su contexto de especialidades, y que pueden tener diferencias sensibles de construcción entre unos fabricantes y otros, además de que, para ciertos fabricantes, pueden no ser tan especiales al incluirlos en su catálogo normal de cilindros de doble efecto.

Los cilindros especiales son el resultado de modificaciones en el vástago, o bien en el cilindro propiamente dicho. En otros casos, se construyen con una idea preconcebida y, por tanto, son de fabricación única y carecen de antecedentes.

En los cilindros normales, los vástagos de pistón casi siempre son de acero y, por lo general, cromados. Esto asegura una capa superficial dura y una buena resistencia al desgaste, así como una protección muy buena contra la corrosión.

En los modelos especiales, los vástagos suelen ser de acero inoxidable. Sin embargo, para cilindros que trabajen en una atmósfera corrosiva o en ambientes particularmente contaminantes, los vástagos del pistón se elaboran a base de acero resistente a los ácidos, o, si se requieren condiciones específicas, partiendo de aleaciones particulares.

De una manera general podemos mencionar los siguientes cilindros especiales:

1. De movimiento angular.
2. Telescópicos.
3. De doble vástago.
4. Tándem y triples.
5. De tres posiciones.
6. Alternativos.
7. Amortiguador oleoneumático.
8. De impacto.
9. Con posicionadores.

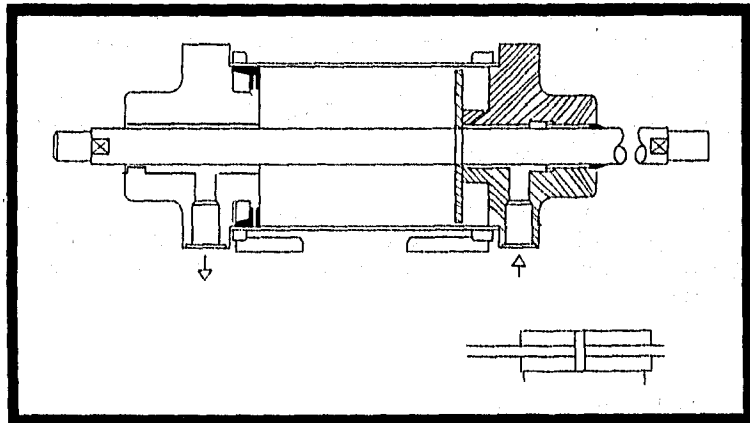


FIG. 5.4 Cilindro de doble vástago.

Válvulas neumáticas

Regularmente, se denomina válvula a una pieza que sirve para cerrar o abrir un orificio o conducto, o para interrumpir la comunicación entre dos de sus órganos.

En neumática, la válvula es el elemento de mando que determina las características del circuito, debiendo poseer cualidades decisivas para actuar sobre los elementos o parámetros que intervienen en el proceso operativo del circuito neumático. Por consiguiente, dentro de un circuito de automatización, la válvula desempeña la misión de mantener, o de cambiar, según unas órdenes o señales recibidas, las fases de trabajo entre los conductos a ellas enlazados, a fin de lograr respuestas de salida conforme al programa establecido.

Las válvulas neumáticas son los dispositivos que dirigen y regulan el aire comprimido; gobiernan la salida y entrada, el paro y la dirección, la presión y el caudal del aire comprimido. Simultáneamente, las válvulas actúan, a su vez, como transductores o como amplificadores, ya que regulan una potencia neumática con otra menor también neumática (amplificación), o de otra naturaleza, como eléctrica o mecánica (transducción y amplificación).

El cambio en las señales de respuesta dadas por una válvula, a través de elementos auxiliares, se proyecta sobre las dos magnitudes que definen al fluido neumático: la presión y el caudal. La presión del aire motriz puede amplificarse o reducirse; o permanecer en un valor convenido mediante una regulación.

Más en lo que atañe a caudal de aire, una disminución de su contenido origina un retardo en la señal de respuesta. Los componentes neumáticos que proporcionan estas modificaciones se conocen con el nombre de reguladores, existiendo tanto para el caudal como para la presión. Conviene dejar bien sentado que, salvo aplicaciones muy particulares, las válvulas o distribuidores neumáticos no trabajan de forma proporcional, puesto que se comportan de una manera absoluta: o todo o nada. Ello significa que permiten el paso del aire o lo impiden. No son progresivos.

Por lo tanto, los distribuidores proporcionan señales discretas. Según sus propiedades y la función que realizan dentro del sistema y atendiendo al orden establecido por CETOP para los equipos de control de energía neumática, las válvulas neumáticas se clasifican en los grupos siguientes:

1. Válvulas de control de dirección.
2. Válvulas de control de caudal.
3. Válvulas de control de presión.

La forma de construcción de una válvula es de importancia secundaria dentro del complejo que caracteriza a un equipo neumático, ya que lo más importante es la función que puede desarrollar, las características del dispositivo de mando accionable y el diámetro de la entrada de aire o conexión, condiciones con las cuales queda definida la válvula que podemos necesitar.

Número de vías

El número de vías corresponde al número de los orificios que, teniendo funciones precisas, se han efectuado en la misma válvula a fin de permitir el paso del aire comprimido; por consiguiente, cabe definirlo como el número máximo de conexiones que pueden interconectarse a través de la válvula y se designan por el número de vías.

De esta manera, se le llama válvula de "dos vías" a la que tiene un orificio para la entrada de aire y uno para la utilización. Ordinariamente, se emplean como válvulas de circulación (abren o cierran un conducto), o para el control remoto de válvulas accionadas por expulsión. A este grupo pertenecen todas las válvulas de circulación conocidas con el nombre de llaves, ya que poseen una vía de entrada y otra de salida, circulando libremente el aire por ellas cuando se encuentran en posición abierta.

En circuitos neumáticos, estas válvulas tienen una aplicación muy limitada; más bien se utilizan para el cierre o aislamiento entre zonas del circuito. En neumática, cuando se quiere tener un mayor número de vías que las especificadas por el fabricante, se recurre al ensamble de varias válvulas normales de dos, tres y cinco vías, las cuales forman un bloque distribuidor. Su destino está limitado a trabajos muy específicos y para circuitos que requieren comportamientos especiales.

Designación

Las válvulas se designan, o se especifican, en los catálogos de los fabricantes, por el número de las vías controladas y de las posiciones de maniobra estables que es posible conseguir. Así, una válvula de 2/2 vías, 3/2 vías, etc., quiere decir que la válvula posee 2 o 3 vías (recordemos que son orificios en la válvula) y 2 posiciones de maniobra. Por consiguiente, en una válvula de 5 vías con 2 posiciones, queda claramente señalado la posibilidad de su función y sus aplicaciones.

Observemos que la primera cifra es siempre indicativa del número de vías, señalando la segunda el número de posiciones.

La presión del aire de alimentación debe ser de 7 bars, a fin de que la presión de salida no baje de los 5 bars; por otra parte, la temperatura del aire de alimentación tiene que estar al rededor de los 20°C. Por lo tanto, la gama de funcionamiento es la zona comprendida entre la presión más baja necesaria para el servicio y la más elevada admisible.

Las distintas tablas confeccionadas por los fabricantes contienen características como: acoplamiento, presión de funcionamiento, diámetro de paso y caudal nominal. La temperatura admisible del medio y del ambiente está comprendida entre -10° y $+60^{\circ}$ C (temperatura del medio y del ambiente admisibles para electroválvulas: -10° hasta $+40^{\circ}$ C), si no hay otras indicaciones.

Para evitar errores durante el montaje y, además, para identificar, las conexiones u orificios se marcan con letras mayúsculas o números. Según la norma DIN 24300, se realiza así:


P	= Alimentación de aire comprimido.
A, B, C	= Salidas de trabajo.
R, S, T	= Escape de aire.
X, Y, Z	= Conexiones de mando.


Para los paises que siguen Normas CETOP o similares, es:

1	= Alimentación de aire comprimido.
2 y 4	= Salidas de trabajo.
3 y 5	= Escape de aire.
12 y 14	= Conexiones de mando.

Válvula antirretorno

Las válvulas antirretorno impiden el paso absolutamente en un sentido; en el sentido contrario, el aire circula con una pérdida de presión mínima. La obturación en un sentido puede obtenerse mediante un cono, una bola, un disco o una membrana.

Válvula antirretorno, que cierra por el efecto de una fuerza que actúa sobre la parte a bloquear. 

Válvula antirretorno por cierre por contrapresión, por ejemplo, por muelle. Cierra cuando la presión de salida es mayor o igual que la de entrada. 

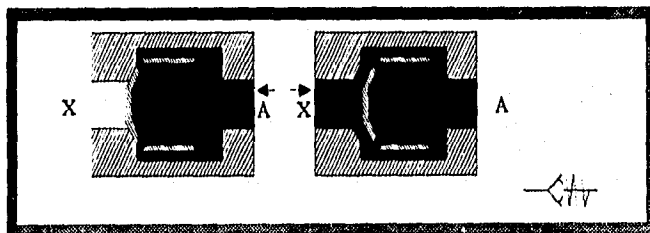


FIG. 5.5 Válvula antirretorno.

La válvula selectora de circuito, también llamada válvula antirretorno de doble mando o antirretorno doble, tiene dos entradas X y Y y una salida A. Cuando el aire comprimido entra por la entrada X, la bola obtura la entrada Y y el aire circula de X a A. Inversamente, el aire pasa de Y a A cuando la entrada X está cerrada. Cuando el aire regresa, es decir, cuando se desairea un cilindro o una válvula, la bola, por la relación de presiones, permanece en la posición en que se encuentra momentáneamente.

Esta válvula se denomina también «elemento OR»; debido a que aísla las señales emitidas por las válvulas de señalización de diversos lugares e impide que el aire escape por una segunda válvula de señalización. Si se desea mandar un cilindro o una válvula de mando desde dos o más puntos, será necesario montar ésta válvula.

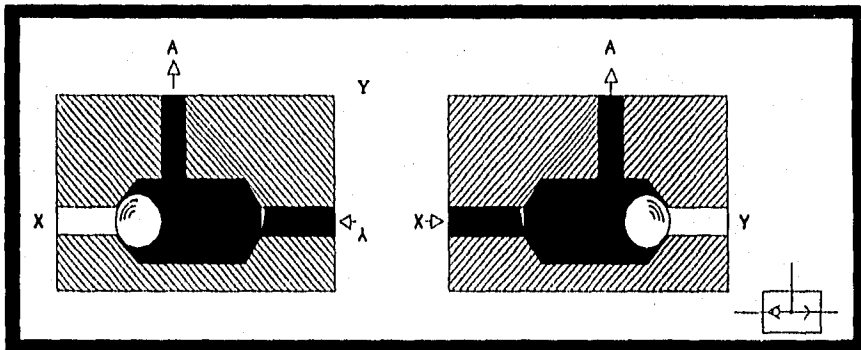


FIG. 5.6 Válvula selectora de circuito.

Características del dispositivo de mando

Estas características ponen en relación la válvula con la unidad exterior de mando. Los sistemas de accionamiento de las válvulas, o dispositivos de mando, pueden clasificarse en:

a) *Accionable mediante órganos de máquina (mecánico)*. A través de él es posible hacer depender una acción neumática del movimiento de un órgano mecánico. A veces, las válvulas con este dispositivo de mando actúan como "finales de carrera".

b) *Accionable por operador (muscular o humano)*. Por medio de este mando es posible supeditar una acción neumática a lo ordenado por el operario que se encarga de actuarla a voluntad.

c) *Neumático*. Con él, se disciplina una acción neumática por uno o más flujos neumáticos.

d) *Electroneumático*. Por medio de este mando se subordina una acción neumática por el paso de la corriente de un electroimán. Las válvulas provistas de este dispositivo de mando reciben el nombre de electroválvulas.

e) *Sin dispositivo de mando*. Válvulas automáticas en las cuales la dirección del flujo que se intercepta hace, él mismo, de piloto para la válvula.

También el accionamiento puede ser directo, que es cuando el órgano de mando está montado junto con la válvula; como ejemplo, cabe citar todas las clases de accionamiento manual y mecánico, así como los accionamientos a distancia (o telemandos).

Los accionamientos neumáticos toleran dos modalidades claramente diferenciadas para un mismo distribuidor, que son: *monoestable o biestable*. Diremos monoestable (amplificador), cuando un distribuidor puede tener una posición de reposo, o posición preferente, de tal manera que, si no actuamos sobre él, toma siempre dicha posición (por ejemplo, cuando vuelve automáticamente a la posición de reposo obligado por un muelle). Mientras que un distribuidor es biestable (o que tiene memoria) cuando, además de ejercer la función de amplificador, adopta una posición al recibir una señal y la mantiene aunque ésta desaparezca, no realizando cambio alguno hasta que, posteriormente, le llega otra señal que lo modifica de posición, siguiendo fijo en ella mientras no recibe otra nueva orden de conmutación.

Dentro de la clasificación establecida para las posiciones, éstas se dividen en estables e inestables. Una posición es estable cuando, cualquiera que sea el punto donde dejemos al distribuidor, continuará en tal posición hasta tanto no reciba una señal exterior que lo cambie. Por posición inestable entenderemos lo contrario.

Mando accionable mediante órganos de máquinas (mecánico)

Emplearemos estos accionamientos en todas aquellas aplicaciones donde la válvula deba accionarse por medio de un órgano mecánico componente de la máquina (por ejemplo, levas en el vástago de un cilindro, o, en el caso de instalación en máquinas herramientas, por mesas o dispositivos porta-pinzas, o por la pieza misma) que, en sus movimientos, opera sobre el accionador de la válvula, originando el cambio de posición.

Por lo general, estos accionamientos son monoestables.

Mando accionable por el operador (muscular o humano)

Destacan los accionados que deben maniobrarse con la mano o con el pie. El operador mueve directamente la palanca, el pulsador o el pedal. Por razones lógicas, su empleo queda prefijado a acciones individuales en circuitos sencillos y con bajas frecuencias de repetición del ciclo. En circuitos complejos, que implican el mando de más cilindros, suelen proporcionar el impulso o la alimentación para iniciar el ciclo.

En los sistemas de accionamiento manual, el retorno puede efectuarse por la misma palanca de accionamiento, si ésta es de dos posiciones, y por muelle en los casos restantes. El retorno por muelle es automático y actúa cuando cesa el accionamiento. Si el accionamiento es mecánico, no es normal que existan las dos posiciones; por consiguiente, el retorno se efectúa siempre por muelles. Si el accionamiento es neumático, los retornos pueden ser por muelle o por pilotaje de retorno.

Estos accionamientos tienen posiciones que pueden ser estables o, algunas de ellas, inestables, así como ser monoestables; sirven para enviar señales de información a otros distribuidores, o, con limitaciones, para accionar directamente cilindros. Los biestables se utilizan para paros de emergencia y para mandar directamente ciertos cilindros.

Cuando se dispone la instalación de válvulas de rodillo hay que tomar algunas precauciones para conseguir un accionamiento correcto de las mismas.

Mando neumático

Cuando una válvula debe mandarse a distancia por una señal neumática, o sea, debe accionarse a distancia con impulsión de presión suministrada por pequeñas válvulas piloto, hay que distinguir entre el accionamiento positivo y el negativo (pilotaje positivo y pilotaje negativo). Es positivo si la inversión de la válvula se logra por impulso de la presión neumática que lleva el aire comprimido que la alimenta; y es negativo, si hay una reducción de presión, es decir, cuando el equilibrio de presión existente en la válvula queda descompensada por dar salida al lado de la inversión. Las válvulas accionadas por medios neumáticos con posición de reposo automático, emplean, exclusivamente, el pilotaje positivo, debido a que debe vencerse la fuerza del muelle.

Cuando la válvula se opera mediante la entrada de aire piloto por su orificio superior, el cual comunica con una cara del émbolo; la presión del aire actúa sobre dicha cara y desplaza el émbolo hacia abajo venciendo la acción del muelle antagonista. Cuando cesa la presión del impulso piloto, el muelle retorna al émbolo a su posición inicial. Se dice, entonces, que la válvula es monoestable.

Cuando la válvula consta de dos entradas piloto, comunicándose cada una de ellas, respectivamente, con una cara del émbolo. La presión piloto actúa sobre una de las caras, desplazando el émbolo hacia el extremo opuesto, que debe estar exento de presión. El émbolo permanece en esta nueva posición aunque se suprima la presión piloto responsable del movimiento y no volverá a su posición primitiva hasta que se aplique un nuevo impulso en el otro orificio piloto. En este caso, la válvula es biestable.

Existe otro tipo de válvula que van provistas de cierre por émbolo diferencial, siendo mayor la superficie del piloto superior. A igualdad de presión neumática en los dos pilotos, el émbolo permanece siempre en su posición inferior.

En todas las válvulas con mando neumático debe tenerse presente que las tuberías de mando no deben ser demasiado largas, ya que los tiempos de respuesta pueden hacerse también largos y consumir demasiado aire. Como ejemplo, para una válvula de 1/8" gas a 5.5 bars, simple piloto/2, tendríamos, como tiempo mínimo de respuesta, 1/20 segundos con 5.8 m de tubo de 2.4 mm Ø.

Cuando los distribuidores se mandan por pilotos mecánicos, el tiempo de accionamiento, según la longitud del mismo y la velocidad de la leva, puede calcularse con una fórmula sencilla que expresa:

$$\text{Tiempo mínimo de accionamiento} = \frac{l(\text{longitud mínima en cm})}{V(\text{velocidad en cm / s})}$$

En las válvulas pilotadas, siempre hay que tener en cuenta los parámetros de respuesta, ya que, de otra forma, es posible que se obtengan desfases en los movimientos programados, por no haber calculado, o al menos considerado, el tiempo de respuesta que cada válvula distribuidora, integradora del conjunto, necesita para reaccionar ante la señal enviada.

Mando electroneumático

En este grupo se incluyen las electroválvulas, las cuales actúan como transductores entre un circuito eléctrico y uno neumático, pues convierten las señales eléctricas en neumáticas. La misión de las electroválvulas es la de intervenir como auxiliares en los circuitos neumáticos cuando resulta difícil emplear señales neumáticas para el mando de los distribuidores; también se hace uso de ellas en el caso de que las señales sean emitidas por elementos externos al circuito, o para mando a distancia.

Las electroválvulas no ejercen directamente su acción sobre el tirador de los distribuidores, sino que producen una señal de presión que es la que pilota sobre los mismos. El sistema neumático de las electroválvulas se basa en el mismo principio que los distribuidores de tres vías, pero con la diferencia de que, en el caso de las electroválvulas, el cierre se realiza mediante asiento plano para mando directo de cilindros de simple efecto o control de distribuidores 4/2 y 5/2. o por émbolo para utilización más generalizada.

En las electroválvulas se pueden contemplar una infinidad de modelos y versiones, las cuales satisfacen cualquier requisito técnico que se precise. Para dar una idea de la gran variedad existente, diremos que las hay a comando directo, por piloto, con comando piloto o neumático, en ejecuciones por bridas, para ensamblajes, etc., así como que se pueden adquirir operadores que son distribuidores incompletos, sin cuerpo, y que se han concebido como piloto de un distribuidor más grande, pudiéndose montar, como tal, en el cuerpo principal. Su finalidad estriba en servir el cuerpo de la electroválvula a talleres que se fabriquen su propio distribuidor.

Dentro de las electroválvulas, se distinguen las de electroimán y las de dos electroimanes. En el primer caso, el distribuidor lleva incorporada una electroválvula para efectuar su movimiento y, en el segundo caso, lleva dos que operan del siguiente modo: al accionar eléctricamente una de las electroválvulas, el émbolo de la válvula principal se desplaza hacia el otro extremo y permanece en esa nueva posición aunque se desconecte la electroválvula. Accionando la otra electroválvula, se invierte la operación.

Si se desea conseguir un número mayor de vías o de posiciones diferentes, se recurre al montaje de distribuidores individuales colocados en batería, los cuales permiten resolver situaciones que, de otro modo, no serían factibles.

La parte eléctrica de la mayoría de las electroválvulas está formada por una bobina y una caja protectora. Estos dos componentes pueden ser independientes (posibilidad de cambiar la caja guardando la misma bobina o inversamente), o bien "integrados" (la caja forma íntegramente parte de la bobina y no puede separarse).

La casi totalidad de los elementos eléctricos es separable, permitiendo la intercambiabilidad de las bobinas, tanto si son de corriente alterna como de corriente continua. La mayor parte de las electroválvulas funcionan con corriente continua. La caja es parte integrante del conjunto eléctrico, lo mismo que la bobina. Una bobina de corriente alterna no debe ponerse nunca bajo tensión sin la caja, ni tampoco montarse sobre una válvula, ya que se produciría un recalentamiento anormal.

La fuerza disponible en la bobina, o fuerza de atracción de una bobina de corriente continua, es proporcional al cuadrado de la corriente aplicada e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre los núcleos fijo y móvil.

Una fuerza de atracción de una bobina de corriente alterna, depende de la inductancia de la bobina, la cual, a su vez, depende de la permeabilidad magnética del material y del entrehierro. Para una tensión dada, la intensidad de corriente aumenta cuando el entrehierro aumenta, pues la inductancia disminuye, lo que no ocurre con corriente continua. Esta es la razón por la cual, para un entrehierro dado, la fuerza de atracción en corriente alterna es mayor que en corriente continua. En general, se elige el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión.

Las electroválvulas o válvulas electromagnéticas se dividen en válvulas de mando directo o indirecto. Las de mando directo solamente se utilizan para un diámetro muy pequeño, puesto que para diámetros mayores los electroimanes necesarios resultarían demasiado grandes.

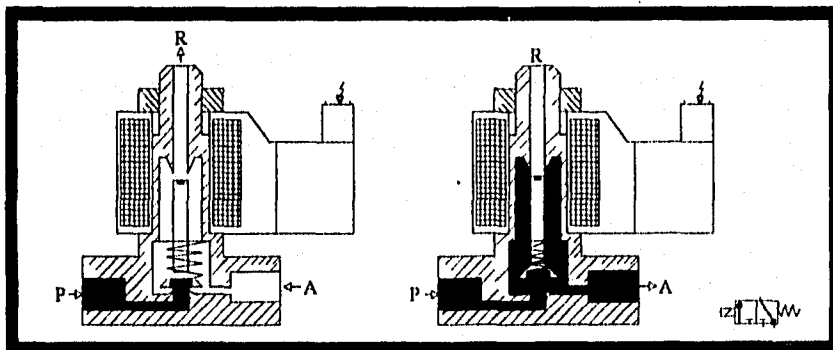


FIG. 5.7 Válvula distribuidora 3/2 (de mando electromagnético).

Al conectar el imán, figura 5.7, el núcleo (inducido) es atraído hacia arriba venciendo la resistencia del muelle. Se unen los empalmes P y A. El núcleo obtura, con su parte trasera, la salida R. Al desconectar el electroimán el muelle empuja el núcleo hasta su asiento inferior y cierra el paso de P hacia A. El aire de la tubería de trabajo A puede entonces escapar hacia R. Esta válvula tiene solapo; el tiempo de conexión es muy corto.

Para reducir al mínimo el tamaño de los electroimanes, se utilizan válvulas de mando indirecto, que se componen de dos válvulas: Una válvula electromagnética de servopilotaje (3/2, de diámetro nominal pequeño) y una válvula principal de mando neumático.

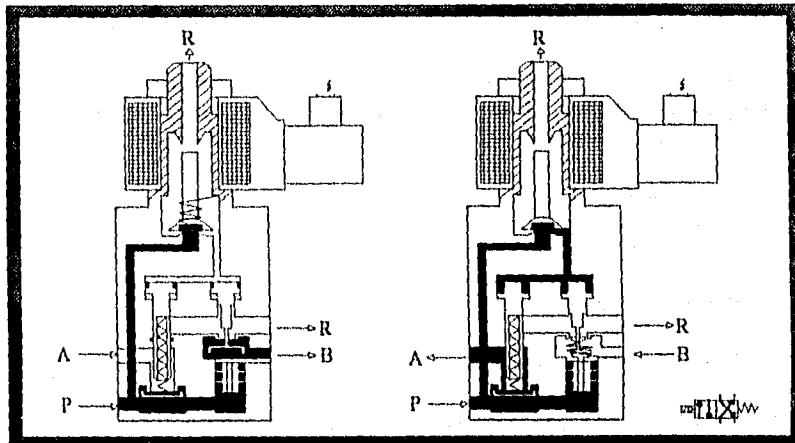


Fig. 5.8 Válvula distribuidora 4/2 (válvula electromagnética y de mando indirecto).

El conducto de alimentación P de la válvula principal tiene una derivación interna hacia el asiento de la válvula de mando indirecto. Un muelle empuja el núcleo contra el asiento de esta válvula. Al excitar el electroimán, el núcleo es atraído, y el aire fluye hacia el émbolo de mando de la válvula principal, empujándolo hacia abajo y levantando los discos de válvula de su asiento. Primeramente se cierra la unión entre P y R (la válvula no tiene solapo). Entonces, el aire puede fluir de P hacia A y escapar de B hacia R.

Al desconectar el electroimán, el muelle empuja el disco hacia su asiento y corta el paso del aire de mando. Los émbolos de mando en la válvula principal son empujados a su posición inicial por los muelles.

Sensores

Los automatismos son realizados con objeto de adoptar soluciones a los problemas de naturaleza técnica, económica o humana.

- Eliminar las tareas humanas peligrosas, indeseables o repetitivas, haciendo que las ejecuten las máquinas.
- Mejorar la productividad adaptando la máquina a los criterios de producción, de rendimiento o de calidad.
- Pilotar una producción variable, facilitando el cambio de una producción a otra.

- Reforzar la seguridad, vigilando y controlando las instalaciones y máquinas.

En todo sistema automatizado se distinguen dos partes; la máquina o instalación, y la parte de mando. La parte de mando es asegurada por los componentes de automatismos, respondiendo a cuatro funciones de base:

- La adquisición de datos.
- El tratamiento de datos.
- El mando de potencia.
- Y el diálogo hombre-máquina.

La adquisición de datos es realizada por los sensores o detectores que informan a la unidad de tratamiento del estado del sistema (variables de entrada). La elección de los aparatos es función de las condiciones de utilización:

- Interruptores de posición accionados mecánicamente.
- Interruptores de flotador para control de nivel.
- Selector de posición para seguir el desplazamiento de un móvil.
- Manostatos para detectar la presencia o regular una presión.
- Detectores de proximidad inductivos o capacitivos estáticos cuando la detección debe ser efectuada sin contacto con el móvil a controlar, o cuando la cadencia es muy elevada, o en ambientes particulares.
- Células fotoeléctricas para detectar a distancias importantes.
- Detectores de velocidad para controlar las velocidades de desplazamiento o de rotación, etc.

La adquisición de datos consiste pues en captar los fenómenos exteriores (físicos, eléctricos, electrónicos) a los cuales está ligado el equipo automático. El funcionamiento de aparellaje por contactores puede ser mandado por el desplazamiento de un móvil (interruptores de posición, detectores de proximidad inductivos o capacitivos), por una variación de nivel (interruptores de flotador) de temperatura (termostato), por una presión (presostato), una depresión (vacuostato), por el viento (anemómetro), etc.

Los detectores fotoeléctricos son utilizados frecuentemente. Los móviles en desplazamiento, al accionar las levas de los contactos, colocados en su recorrido, permiten el funcionamiento y el control de máquinas automáticas.

Para el mando y supervisión de un proceso técnico que deba poseer características de calidad (por ejemplo, un proceso de producción), debe captarse del mismo, la más variada información, procesarse seguidamente y retroalimentar los elementos de maniobra. Las diferentes magnitudes físicas de medición se transforman ahí en una señal captada y enviada por el sensor. Se extiende por la parte del detector que se halla en contacto directo con la magnitud física de medición más la parte de adaptación requerida o amplificador. En el sentido más amplio, debe pues entenderse por sensor el primer componente del mando cerrado en sí mismo a cuya entrada se halla enlazado directamente con la magnitud de medición.

Un sensor, o detector, es uno de los elementos más importantes de un automatismo. Transmite al sistema de tratamiento la información sobre las condiciones de funcionamiento de una máquina:

- presencia, paso, desfile de piezas
- fin de carrera
- rotación, contaje, etc.

En la siguiente figura se muestra un diagrama representativo de los componentes de un sensor en su forma general.

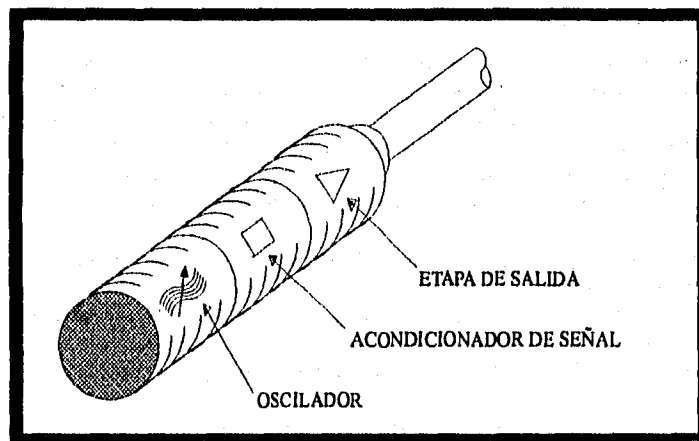


FIG. 5.9 Composición de un sensor.

Valores de uso	Ventajas
sin contacto físico con el objeto detectado	sin desgaste, posibilidad de detectar objetos frágiles, recién pintados, etc.
cadencias de funcionamiento elevadas	perfecta adaptación a los automatismos electrónicos
grandes velocidades de ataque	tiene en cuenta informaciones de corta duración
robustez, productos totalmente encapsulados en resina	muy buena resistencia a los entornos industriales
estático, sin piezas en movimiento dentro del detector	duración de vida independiente del número de maniobras

Tabla 5.1

Sensor inductivo

Un sensor inductivo consta esencialmente de un oscilador cuyos bobinados constituyen la capa sensible. En la parte frontal de esta última se crea un campo magnético alterno. Cuando se coloca una pantalla metálica en este campo, las corrientes inducidas constituyen una carga adicional que provoca la interrupción de las oscilaciones. Según el modelo, después de la etapa de transformación, se emite una señal de salida correspondiente a un contacto de cierre (NA), de apertura (NC) o complementario (NA + NC).

En la técnica del mando se instalan cada vez más detectores que trabajan sin contacto. Estos elementos contienen un componente sensor y un componente de proceso de la señal. Si en el componente de proceso de la señal se generan señales binarias, se habla entonces de iniciadores o detectores de proximidad. No menos significativos resultan los sensores que generan señales analógicas de salida dirigidas a la captación analógica del valor de medición.

Los palpadores de posición (iniciadores) que operan electrónicamente trabajan sin contacto, maniobran por consiguiente por proximidad, con ausencia de ruidos y de efectos de amortiguación y reacción, sin desgaste de contactos ni fuerza de accionamiento. Se instalan preferentemente estos palpadores de posición que operan sin contacto en los casos en que:

- No se disponga de fuerza de accionamiento alguna.
- Se precise una prolongada duración.
- Aparezcan fuertes sacudidas y movimientos vibratorios.
- Existan condiciones ambientales hostiles.
- Se requieran elevadas frecuencias de maniobra.

Sin embargo, debe tenerse presente lo siguiente:

- Los iniciadores precisan alimentación de corriente eléctrica (la alimentación de corriente se efectúa por lo general a través del circuito de corriente de mando).
- La distancia de maniobra, distancia con la que reacciona el iniciador, depende del material que "activa" el iniciador.
- Determinados tipos de iniciadores reaccionan únicamente con materiales metálicos.
- Para circuitos de mando de corriente continua y de corriente alterna deben instalarse iniciadores distintos.
- La humedad del aire y la temperatura ambiente influyen por lo general de forma insignificante en la distancia de maniobra, los detectores inductivos apenas quedan afectados.
- Pueden influenciarse mutuamente, debe mantenerse una distancia mínima entre los mismos.
- Deben observarse determinadas normas de montaje del fabricante, especialmente si se instalan los iniciadores empotrados.

El detector inductivo es un elemento cuyo principio de funcionamiento se fundamenta en la variación de un campo electromagnético, al acercarse un objeto metálico a su cara sensible.

Está compuesto esencialmente por un oscilador, en el cual un bobinado (cara sensible) crea un campo magnético alterno. Cuando un objeto metálico se coloca dentro de este campo, las corrientes inducidas constituyen una carga adicional que ocasiona la interrupción de las oscilaciones. En esas condiciones, un circuito de conmutación genera una señal de salida, equivalente a un contacto cerrado y/o abierto, que se usarán para controlar la bobina de un contactor, en forma parecida a los contactos de un pulsador o un interruptor de posición.

Existen detectores en variedad de formas y diversidad de alcances, así como detectores que deben trabajar necesariamente en serie con la bobina de un contactor auxiliar.

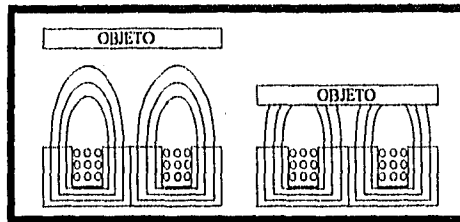


FIG. 5.10 Funcionamiento de un sensor inductivo.

Sensor capacitivo

Un sensor capacitivo consta básicamente de un oscilador, cuyos condensadores constituyen la cara sensible. Cuando un material conductor o aislante, de permitividad > 1 se introduce en este campo, modifica las capacidades de acoplamiento y provoca oscilaciones. Están basados en la variación de un campo electrostático que se produce cuando se acerca a ellos cualquier objeto. Se emplean especialmente para detectar cuerpos no metálicos.

Según el modelo, después de la etapa de transformación, se emite una señal de cierre (NA) o de apertura (NC).

Los aspectos referentes a su conexión son semejantes al de los detectores inductivos, pero su uso es más restringido.

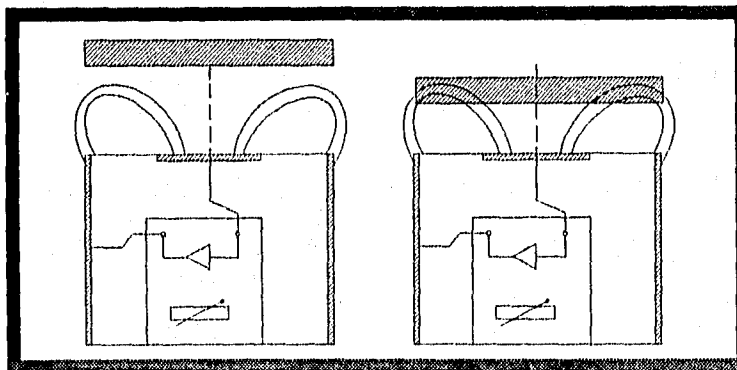


FIG. 5.11 Funcionamiento de un sensor capacitivo.

Los detectores de posición que trabajan en forma inductiva reaccionan únicamente si se aproximan objetos metálicos o que sean excelentes conductores eléctricos. Los iniciadores capacitivos reaccionan también si se aproximan materiales aislantes cuya constante dieléctrica sea mayor que 1. Por consiguiente, resultan idóneos como interruptores de valor límite para comunicación del nivel en recipientes que contienen granulados, harina, azúcar, cemento, yeso y líquidos como aceite, gasolina o agua. También pueden instalarse en tareas de computo para la captación de objetos metálicos y no metálicos, así como para la exploración de los bordes en cintas de plástico, bandas de papel y correas de transmisión.

Sensor fotoeléctrico

Los sensores fotoeléctricos detectan cualquier tipo de material (brillante, oscuro, transparente) y se utilizan en diversos sectores de actividad: industria, edificios, servicios, etc. Estos están disponibles en las versiones siguientes:

- Miniatura
- Compactos
- Con fibra óptica
- Para aplicaciones específicas

Los sensores fotoeléctricos tienen las siguientes ventajas:

- 2 tipos de salida.
- A transistor para cedencias de funcionamiento elevadas.
- A relevador para corriente de conmutación importante.
- Aparatos para aplicaciones especiales.
- Equipos con salida analógica.
- Detector de marcas.
- Barrera de seguridad.

Los detectores fotoeléctricos tienen una configuración muy parecida a la de los detectores inductivos y capacitivos, éste se muestra en la fig. 5.12.

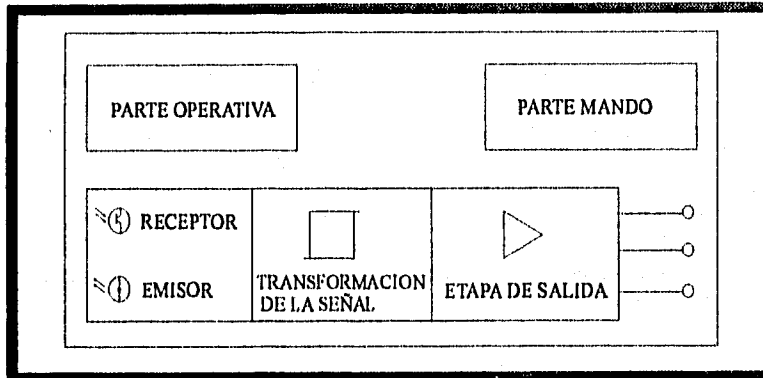


FIG. 5.12 Configuración de un sensor.

El detector fotoeléctrico se compone fundamentalmente de un emisor y un receptor:

El emisor. Tiene como objeto emitir un rayo de luz infrarrojo modulado (invisible al ojo humano), producido por un diodo electroluminiscente LED. La emisión modulada garantiza una gran inmunidad a las luces parásitas y ambientales, así como una vida prácticamente ilimitada.

El receptor. Está compuesto por un elemento sensible a la luz infrarroja (cuerpo fotosensible), tiene como función captar la luz del emisor. Cada vez que recibe dicho haz, entrega una señal de salida equivalente a un contacto abierto y/o cerrado, o bien acciona un pequeño relé con un contacto abierto y/o cerrado, que controla la bobina del contactor.

La detección de un objeto se realiza en la medida en que el haz de luz incide en el receptor con mayor o menor intensidad, por lo cual debe cuidarse:

- La contaminación de las lentes por el entorno (polvo, lluvia, humo, etc.) que se traducirá en una disminución del nivel de detección, pudiendo llegar incluso a anularlo completamente.

- El alcance útil, o sea la distancia máxima entre el emisor, receptor y objeto a detectar.

Los detectores fotoeléctricos se clasifican en tres sistemas:

- El sistema de barrera.
- El sistema de reflex.
- El sistema de proximidad.

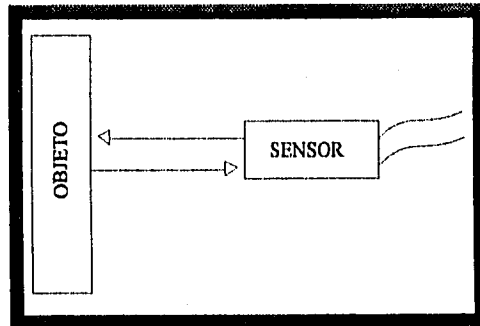


FIG. 5.13 Funcionamiento de un sensor fotoeléctrico de reflexión directa.

Sensor magnético

Los sensores magnéticos detectan la posición del pistón en cilindros neumáticos e hidráulicos y bombas de pistón. Esta tecnología de sensores reemplaza a los sensores Redd de contacto o detectores finales usuales.

En el anillo del pistón del cilindro neumático están montados imanes permanentes, que son reconocidos por el sensor magnético a través de la pared del cilindro. Cuando el pistón se aproxima al sensor, este conmuta.

Sus ventajas son:

- Detección de la posición del pistón sin contacto y sin desgaste
- A prueba de suciedad
- Detección de la posición del pistón a través de la pared del cilindro
- Montable en todos los tamaños de cilindros

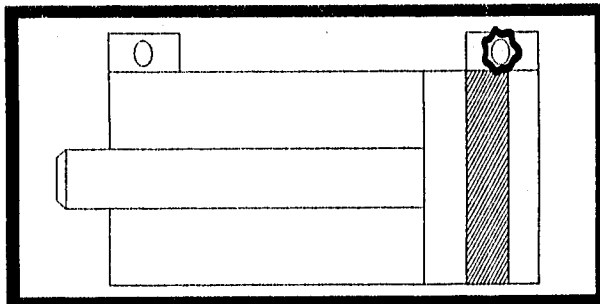
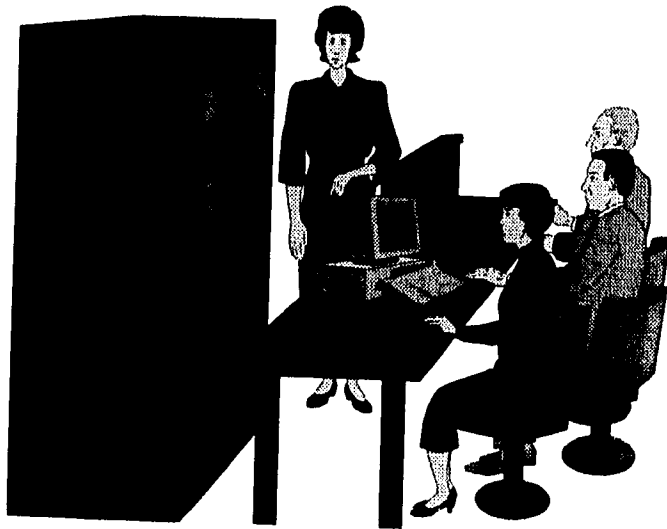


FIG. 5.14 Funcionamiento del sensor magnético.

CAPITULO VI

EL CONTROL MEDIANTE

EL PLC



EL CONTROL MEDIANTE EL PLC

Toda empresa industrial, como productora de bienes, se encuentra sometida a un entorno altamente competitivo no sólo en cuanto que sirve al mercado y a otras empresas, sino en cuanto a que extiende su actividad en el ámbito internacional. Para crecer, o aun más para subsistir, se ve en la necesidad de adaptarse con rapidez a las exigencias del mercado, intentando adelantarse a sus competidores; es un entorno cambiante en el que la planificación necesaria se hace tanto difícil cuanto más amplio es el horizonte temporal que se contempla.

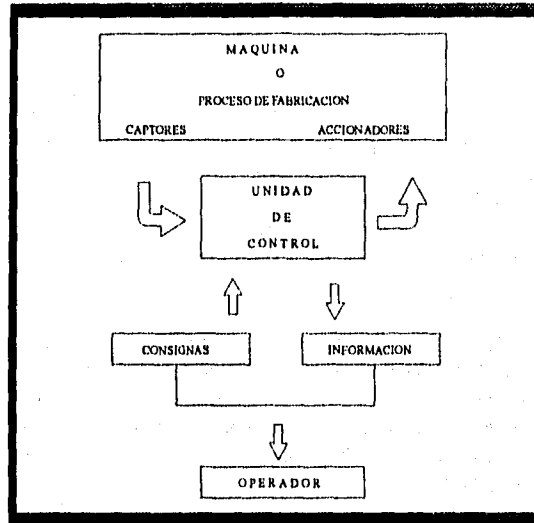
Hasta ahora la automatización de las máquinas y de los procesos ha permitido mejorar la productividad, la disminución de costos, y la mejora de la calidad de los productos. Pero esto no es suficiente cuando, por ejemplo, un producto determinado no obtiene el éxito que se esperaba o su ciclo de vida resulta acortado por la aparición de un nuevo producto que lo sustituye. De ello se derivan muchos costos que no han podido ser absorbidos por la automatización tradicional.

Un proyecto de automatización requiere una elaboración muy detallada que defina las necesidades actuales y los objetivos de la empresa. Si el proyecto está bien definido podrá entonces empezar por la automatización de áreas de producción bien determinadas para su posterior integración, lo que será de particular interés para las empresas ya establecidas que persiguen su modernización.

Para el éxito de cualquier proyecto, es muy importante que las personas que conozcan las distintas áreas del sistema de producción participen en su elaboración. Por esta razón, es interesante que aquellos que de alguna manera intervienen en las decisiones y acciones que afecten directamente el proceso productivo, adquieran un conocimiento sobre los equipos que la actual tecnología pone a disposición de la automatización. El PLC industrial es uno de esos equipos, y por ello, es un equipo que vale la pena conocer.

La automatización

La automatización de una máquina o proceso determinado consiste en la incorporación de un dispositivo tecnológico que se encargará de controlar y dirigir su funcionamiento. El sistema que se crea con la incorporación del dispositivo, denominado genéricamente automatismo, es capaz de reaccionar ante las situaciones que se presentan, ejerciendo directamente la función del control para la que ha sido proyectado.



.FIG. 6.1 Esquema funcional de la automatización.

Son factores fundamentales los que causan la aparición de los automatismos, e impulsan su gran desarrollo, apoyados en la evolución de la tecnología. En un entorno altamente competitivo se trata de conseguir:

- Alcanzar un nivel de calidad que sea constante.
- Producir las cantidades necesarias en el momento preciso y para satisfacer el mercado.
- Mejorar la productividad y disminuir los costos de producción.
- Adaptarse con gran facilidad y en muy poco tiempo a los cambios del mercado.

La rápida evolución tecnológica ha permitido la realización de automatismos cada vez más complejos. El nivel de automatización no ha dejado de elevarse, desde las primeras y elementales funciones de monitoreo o enlace en operaciones generalmente conducidas por el operador a nivel máquina, pasando por el control total de una máquina compleja, hasta llegar al completo control de un sistema productivo dentro de alguna industria.

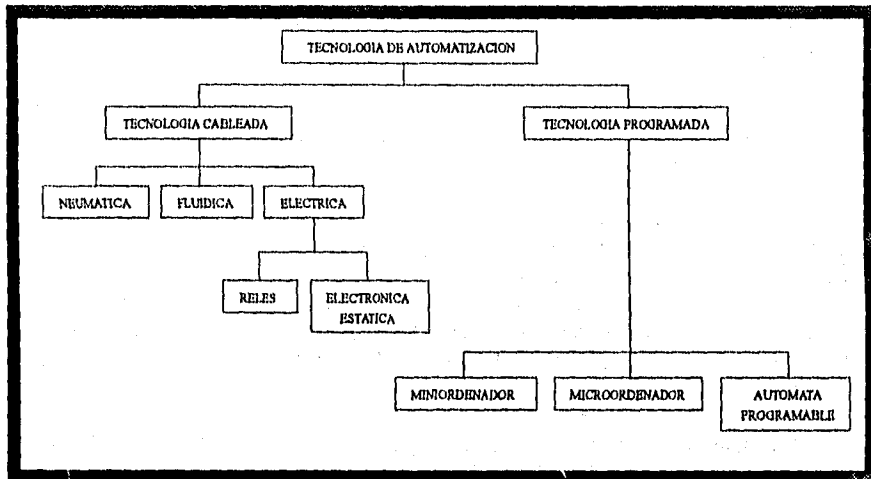


FIG. 6.2 Tecnología de automatización.

La industria periodística

La industria periodística es una de las empresas donde se utiliza al PLC en algunos procesos donde se requiere minimizar el tiempo.

Un periódico se clasifica por la materia de que trata o la clase de público al que se dirige. Así, puede ser político, religioso, científico, literario, teatral, deportivo, pedagógico, social, etc. Los periódicos de información actuales tratan de toda clase de materias para llegar a todos los ámbitos e interesar a la gran parte del público.

Corrientemente se reserva el nombre de periódico a las publicaciones diarias, llamadas también diarios, y el de revistas a los periódicos que se editan cada semana, mes, año, etc., en fecha fija.

La confección de un periódico o diario requiere trabajos de redacción, a cargo de un cuerpo de escritores y empleados, e información, facilitada por agencias que a menudo tienen ramificaciones en todo el mundo, o por corresponsales y gacetilleros a sueldo del propio periódico, y transmitida por correo, teletipo, teléfono, etc. Redactores especializados tienen a su cargo secciones fijas de crítica e informaciones (espectáculos, ciencia, deportes, etc.), mientras especialistas no afectos a la organización del periódico, llamados colaboradores, envían sus trabajos con mayor o menor asiduidad.

Suele encabezar el texto el artículo editorial o de fondo, que refleja el pensamiento de la dirección. Intercalados en el texto o en páginas especiales se incluyen los anuncios comerciales, y en sección aparte los avisos y comunicados de carácter oficial o particular.

Económicamente los periódicos se sostienen por la suscripción, la venta en puestos, los anuncios comerciales, etc.

Se distribuyen durante las primeras horas hábiles de la mañana, a mediodía o a la entrada de la tarde. Los más importantes lanzan varias ediciones a diferentes horas, y cuando las circunstancias lo requieren se hacen ediciones extraordinarias.

Antecedentes de los periódicos modernos fueron los escritos que los pontífices de la antigua Roma exponían en una tabla blanca; las actas que César hacía enviar a los funcionarios alejados de Roma; las informaciones de los comerciantes y viajeros de la Edad Media, etc. La primera publicación de carácter periódico fue la Gazette de France, fundada en 1631 por Théophraste Renaudot, protegido de Richelieu, quien la empleó como instrumento de su política, y lo mismo hicieron con ella los gobiernos sucesivos. La Gazette se publicó hasta 1915.

Con propósitos semejantes de dirección política, se fundaron el Post-och Inrikes Tidningar (1641), en Suecia; la London Gazette (1665), en Inglaterra, y la Gaceta de Madrid (1697), en España. Para algunos esta última fue fundada en 1624 por Andrés Almansa de Mendoza, hombre de confianza de Felipe IV. En Alemania el periódico más antiguo fue el Frankfurter Zeitung, con antecedentes en el periódico de Egonoff Emmel, de 1615, y en Italia I Succesi del Mondo, de 1645, precedente de la Gazzetta ufficiale del Regno d'Italia. Sin embargo, no todos los periódicos de aquella primera fase fueron órganos oficiales.

Los nacionalistas de los Países Bajos, en su lucha contra España, tuvieron sus periódicos de información, y también la burguesía francesa en su lucha contra la monarquía, o el partidowhig, en Inglaterra (The Spectator, 1711).

El primer periódico diario apareció en Inglaterra, el Daily Courant, publicado en 1702; The Times, uno de los de mayor tirada hoy en día, apareció en Londres en 1785. En América Latina, que publicó sus primeros periódicos en el siglo XVIII (Gazeta de México, 1722, y Gazeta de Lima, 1743), los principales actualmente son: La Nación, La Prensa y La Razón, en Argentina; El Mercurio y La Unión, en Chile; La Prensa, Excelsior, Novedades y El Universal, en México.

Recepción de información

El primer paso para la elaboración de un periódico es la recepción de la información que deberá crear la noticia escrita. Dicha información es generada por los reporteros y corresponsales, personal enviado al lugar donde ocurre el fenómeno noticioso, quienes reúnen los datos más importantes de un suceso. Ellos son los encargados de enviar la información necesaria a las instalaciones principales del periódico, mientras que en dichas instalaciones se recibe la información, todo este proceso se logra llevar a cabo con la ayuda de un equipo electrónico moderno de comunicaciones y redes de cómputo actuales.

Conversación telefónica. Esta forma de recibir la información se utiliza cuando los datos que se deben enviar son relativamente pequeños; con la ayuda de una red telefónica el enviado especial transfiere la noticia a la redacción general. Recordemos que esta forma de comunicación es la que ocupa el primer lugar, además de ser la que más se utiliza en todo nuestro país.

Fax. Se recurre a la utilización del fax cuando las noticias son proporcionadas por alguna dependencia oficial, pública o de gobierno, es decir, cuando dichas noticias son comunicados dirigidos a la población.

Módem telefónico. La nota debe ser redactada previamente en el editor de textos de una PC portátil (Lap-Top) antes de establecer la conexión, ya que de lo contrario la conferencia telefónica sería muy larga y de un alto costo, causando una pérdida innecesaria de tiempo, además de bloquear el sistema de recepción y el acceso de otros usuarios.

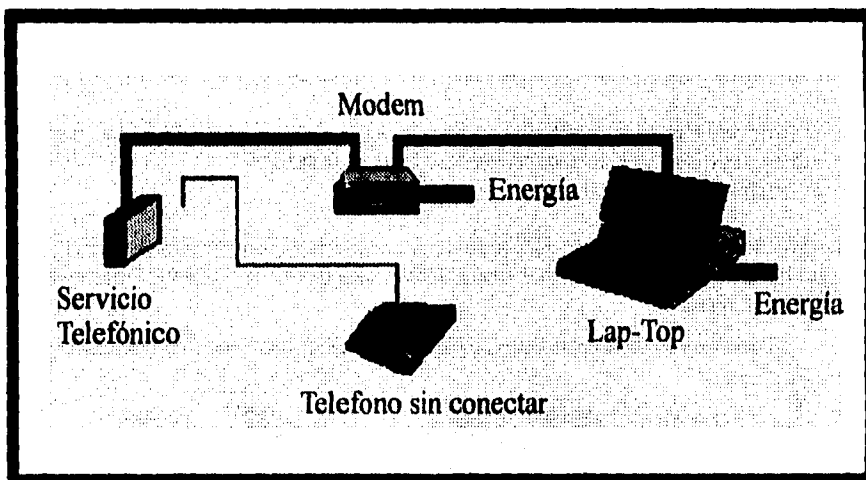


FIG. 6.3 Conexión de una Lap-Top.

Para lograr la transmisión de notas vía telefónica se cuenta con un equipo de comunicaciones moderno. La función de este equipo es permitir la conexión remota, haciendo uso de una Lap-Top, que poseen los corresponsales y reporteros foráneos, con la localidad del periódico más cercana, pudiendo con esto enviar sus notas al sistema de redacción; dicho envío de información puede ser directo a la localidad o a la Ciudad de México a través de la infraestructura satelital.

59

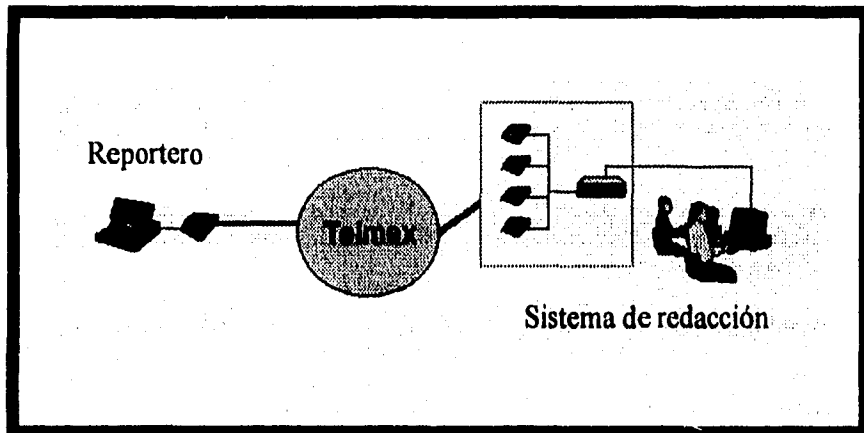


FIG. 6.4 Transmisión local.

Este tipo de transmisión tiene varios beneficios, dentro de los cuales podemos mencionar:

- El envío de información es eficiente, gracias a lo cual la conexión telefónica dura un corto tiempo, teniendo un ahorro considerable en el costo de la llamada.
- Es práctico y sencillo de utilizar.

Satélite. Se recurre a un enlace por medio de un satélite de comunicaciones cuando en el lugar donde ocurre la noticia no se cuenta con los medios de comunicación requeridos para enviar la información.

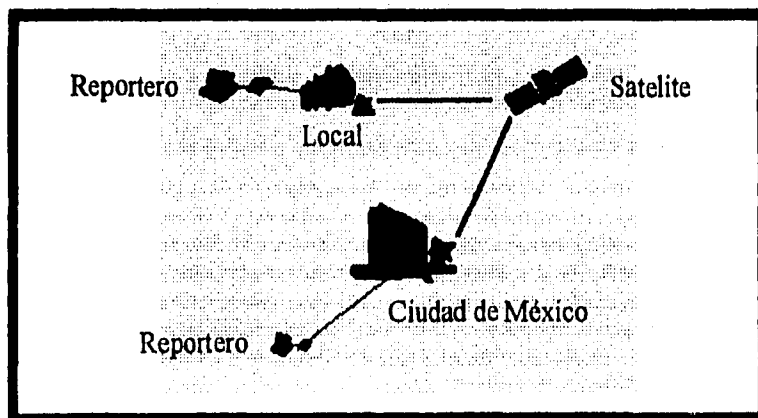


FIG. 6.5 Transmisión con la red satelital.

Se cuenta con una infraestructura de alto nivel tecnológico, el cual está estructurado por un equipo satelital que garantiza el tráfico de información a alta velocidad. Los servicios que están operando en esta estructura son voz, datos/imagen. Los servicios de datos son transmitidos vía satélite; los equipos por los que pasa la información son:

1. Antena maestra de 4.5 mts. de diámetro con sistema redundante de protección.
2. Antenas esclavas de 2.5 mts. de diámetro.
3. Equipo de radio frecuencia (RF).
4. Módem en la estación maestra por cada enlace.
5. Módem en cada estación remota.
6. Multiplexores para los servicios de voz con tarjetas de diferente algoritmo de comprensión para manejar el ancho de banda requerido.
7. En la parte de datos se manejan puertos RS-232 a 64 kbps, conectados a Ruteadores, los cuales son conectados a la red interna de el periódico; también los muxes pueden manejar puertos V.35 dependiendo de la conexión a la red.

La red fue implantada con el propósito de enlazar las oficinas corporativas de el periódico con sus localidades remotas, las cuales se encuentran geográficamente ubicadas en el área Metropolitana, en el interior del país y una más de tipo internacional. A través de la red satelital hay tráfico de servicios de voz, datos/imagen y también vídeo si así se desea.

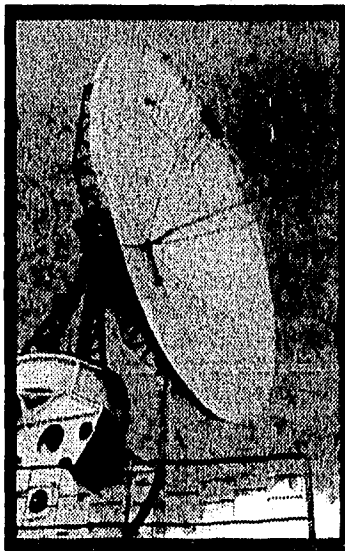


FIG. 6.6 Antena de transmisión maestra.

Las comunicaciones vía satélite ofrecen una solución adecuada para cubrir servicios de información con calidad, disponibilidad y eficiencia, permitiendo la integración de equipos digitales, los cuales hacen más completa una más completa red de comunicaciones como medio de conexión; se pueden integrar conmutadores digitales, fibra óptica, RDI (Telmex) y enlaces con microondas, permitiendo la integración de la red pública.

Los enlaces satelitales definidos que nosotros ocupamos están regidos por canales configurados a una velocidad de 128 kbps, multiplexando el ancho de banda para optimizar la velocidad de transmisión en voz y datos. Las ventajas y beneficios se ven reflejados de diferente manera; podemos decir que en servicios de comunicación por canales de voz, se genera un ahorro de costo en la intercomunicación Local-Remoto; por lo que se refiere a la comunicación por canales de datos, fundamentalmente se verá reflejado en tiempo y en gastos de envío de información, teniendo una mejor calidad y seguridad de trabajo. Además se cuenta con un sistema de monitoreo remoto, mediante este sistema se tiene el control centralizado de las estaciones remotas, así como los periféricos de radio frecuencia y comunicaciones; optimizando y explotando la infraestructura de telecomunicaciones.



FIG. 6.7 Antena de transmisión remota.

Agencias noticieras. También se recurre a las agencias de noticias, ya que estas cuentan con sus propios corresponsales situados en diferentes partes del mundo, ellos recolectan todo tipo de información referente a sucesos que producen noticias. Algunas de estas agencias son: APA, AFP, ANSA, REUTER, INMARSAT, UPI, y EFE.

Fotografía, digitalización y redacción

Al igual que en cualquier revista, para despertar el interés en el público, cualquier periódico debe incluir imágenes del suceso que se este convirtiendo en la noticia. Para tal propósito se inicia con el departamento de fotografía y se termina este proceso con el departamento de digitalización.

El departamento de fotografía se encarga de preparar todo el material fotográfico, el cual se obtiene de cada uno de sus enviados. Cada fotógrafo realiza el revelado de su propio material y la elaboración de las fotografías necesarias, para una noticia. De entre todo este material fotográfico se selecciona solo el mejor, el cual pasa al departamento de digitalización de imágenes.

La digitalización se refiere al hecho de introducir una imagen, de una fotografía, negativo o dibujo, a la red de computadoras para poder realizar un trabajo de mejoramiento y detallado de esta misma imagen. Además de realizar esta tarea, este mismo departamento se encarga de dar el acabado final de todas las imágenes que llevará el periódico. Para lograr este propósito se utilizan equipos especiales de alta resolución de imágenes, auxiliándose además de un software utilizado para este tipo de trabajo.

Una imagen que se ha trabajado por estos dos departamentos es depositada en un subdirectorio de la red de computo, para que posteriormente sea colocada en su posición que se le ha asignado dentro de cada plana, ya sea en el departamento de formación o redacción.

En redacción se cuenta con reporteros, ayudantes, capturistas, secretarios de redacción, diagramadores y editores; cada uno de ellos colabora en la preparación de la información que se va a incluir en un ejemplar.

Los reporteros se encargan de elaborar la información. Los capturistas y ayudantes son los encargados de introducir dicha información en la red de computo. Los secretarios de redacción elaboran los encabezados de cada noticia; mientras que los editores revisan toda la información recolectada y determinan cual de esta será la que se incluya en el periódico. Los diagramadores elaboran el diseño de las paginas que contiene cada ejemplar.

La redacción general se divide en las siguientes secciones:

- Espectáculos.
- Deportes.
- Finanzas.
- Cultura.
- Sociales.
- Estados.
- Universo joven.
- Información general (política, ciudad, policía, etc.).

Cada una de las secciones antes descritas trabajan de la misma manera. Se recibe la información de las maneras antes descritas, algunas de ellas se capturan en la red, algunas otras solamente se corrigen. Posteriormente se pasan a diagramación, en donde se prepara la nota que va a ser publicada, es decir, se le da la estructura de una columna.

Fotocomposición y formación

En el departamento de fotocomposición se elaboran los negativos, de cada una de las planas del periódico, en una película fotográfica, esto se logra mediante el empleo de un equipo moderno y sofisticado de fotocomposición.

La plana terminada que envía redacción es recibida por un equipo de cómputo especial el cual procesa esta información y la direcciona a una fotocomponedora. La fotocomponedora realiza la impresión de la plana, mediante un pequeño haz de rayo láser, en una película fotográfica de tamaño especial para este tipo de trabajo.

El negativo es retirado de nuestra fotocomponedora en una caja con una pequeña ranura, por donde se introdujo la película automáticamente, para posteriormente introducirlo en la máquina reveladora de película fotográfica. La reveladora hace pasar la película por el químico revelador, después por un fijador, y finalmente por una tina que contiene agua y antes de salir, de la reveladora, se realiza un proceso de secado. Al finalizar este proceso el negativo es enviado al departamento de fotomecánica.

El departamento de formación recibe material; llamado galeras, este material consta de pequeños recortes de las noticias ya redactadas. Auxiliándose de un boceto original se van colocando, cada una de las galeras, en una hoja de papel que tiene el tamaño de la plana completa. Al terminar de completar la plana esta es enviada también a fotomecánica.

Fotomecánica

Este departamento recibe el material que se ha trabajado por el departamento de formación, para de el realizar el negativo correspondiente, también recibe el material proveniente de fotocomposición.

El material que se recibe de formación se coloca dentro de una cámara de vacío, con esto se logra que la plana ya realizada no se mueva. Una vez que ha sido fijada la información se procede a sacar un negativo de ella, utilizando un equipo fotográfico. En este equipo se utiliza película fotográfica que tiene el tamaño de una plana de periódico.

Una vez que se tienen los negativos se le recortan las partes sobrantes de película, además de revisar que estos contengan toda la información. Una vez que se tiene el tamaño requerido se le hacen cuatro pequeños agujeros, dos en la parte superior y dos en la inferior. Con esto termina el trabajo de fotomecánica, los negativos se trasladan a transporte de placas.

Transporte de placas

Primeramente se realiza la sensibilización de laminas, de aluminio, utilizando un químico especial para tal efecto, dichas laminas tienen el tamaño de dos planas de periódico. Después de este tratamiento con químico que se le da a cada lamina; se introducen, una por una, en una máquina que le realiza cuatro agujeros superiores y cuatro inferiores.

En la plancha de la insoladora se coloca una lamina sensibilizada y sobre de ella dos negativos, al cerrar la tapa de cristal se crea un vacío dentro de la plancha, el cual fija el material que contiene. La plancha es introducida por completo en la insoladora donde por efecto de la intensidad de luz y la reacción del químico, sobre nuestra lamina, se imprime un positivo laminado.

Posteriormente, esta lamina trabajada se introduce en la reveladora, la cual mediante químicos y agua, limpia el positivo y antes de salir de ella un pequeño rodillo se encarga de cubrir la superficie del positivo con una delgada capa de goma suave; dicha capa de goma protege nuestro positivo laminado mientras transcurre el tiempo en el que se inicia el trabajo de la rotativa.

La rotativa

La primera actividad que se realiza en el departamento de rotativas es el de realizar un pequeño doblado en las partes superior e inferior de la lamina que contiene el positivo, el propósito de dicho doblado es que esta pestaña hecha en la lamina funcione como un soporte en el instante de colocarla en uno de los rodillos de la rotativa.

El método utilizado, en la rotativa, al realizar la impresión es el de la litografía. Este método se basa en el principio de que el agua y la grasa no se mezclan. Un cilindro lleva montado sobre él la lamina con el positivo, al cual mediante un pequeño chorro de agua se le ha retirado la capa protectora de goma, y que absorberá tinta solamente en sus partes grabadas. Luego, se imprime la tinta sobre un segundo cilindro hecho de hule. Este cilindro, a su vez, reproduce sobre el papel, que está adherido a un tercer cilindro, la impresión que ha recibido.

Mediante el acomodamiento correcto de todos los positivos y con los rodillos, de la rotativa, se logra realizar la paginación, de cada una de las planas, dentro de la misma maquinaria de la rotativa. Ahí mismo se realiza el doblamiento y corte de cada ejemplar. Es decir, el periódico sale debidamente cortado y doblado hacia una banda transportadora que lo envía al departamento de empaque.

El proceso de empaque

Este es el proceso que nos interesa analizar en particular, pues es aquí donde aplicaremos los conocimientos, antes descritos, sobre el control automático utilizando el controlador lógico programable. A manera muy general nuestro controlador debe realizar paquetes de periódicos, con un cierto número de ejemplares, además de realizar el amarre debido para que este producto sea más fácil de manejar en el momento que se realice la tarea de reparto a las diferentes zonas de venta al público.

Realicemos un primer análisis general de las principales partes que componen nuestro proceso:

1. Recepción de periódico.
2. Conteo del mismo.
3. Acomodamiento.
4. Amarrado o flejado.
5. Transporte final.

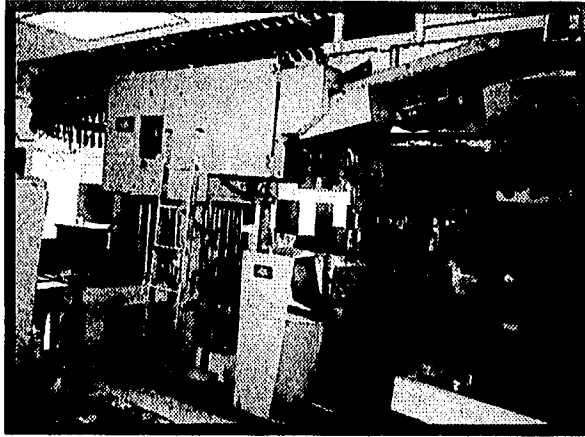


FIG. 6.8 Máquina empaquetadora de periódico.

Recepción de periódico. Debido a que el periódico proviene de las rotativas es muy importante tomar en consideración la manera en como se transporta hacia el departamento de empaquetamiento. Dicho tipo de transporte debe ser muy eficiente de lo contrario se podrían tener problemas que ocasionen pérdidas del producto, además de el tiempo. El transporte se realiza por medio de una banda mecánica situada en el techo, y que va desde la rotativa hasta la maquinaria de empaque, y viceversa; esta banda tiene un eje central y hacia sus extremos una serie de ganchos alineados por pares; los cuales van a cumplir la función de sujetar a los ejemplares, es decir, un par de estos ganchos sujetan un periódico por sus extremos.



FIG. 6.9 Banda transportadora de periódico.

Un cilindro neumático se encarga de abrir los ganchos, ocasionando que el periódico sea depositado en la parte superior de la máquina empaquetadora. Dicho cilindro es accionado de manera automática o desde el tablero de control, es decir, al encender la máquina.

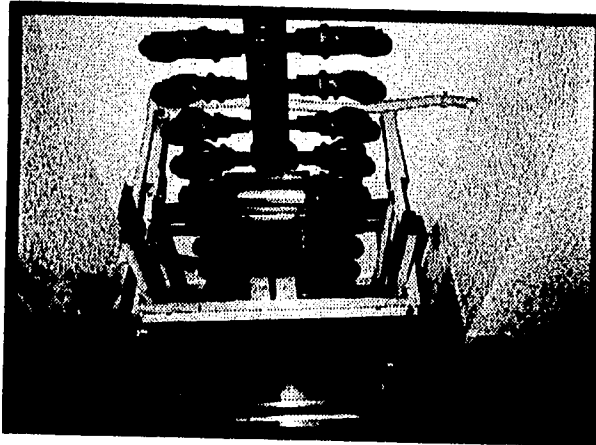


FIG. 6.10 Entrada de la banda a la empaquetadora.

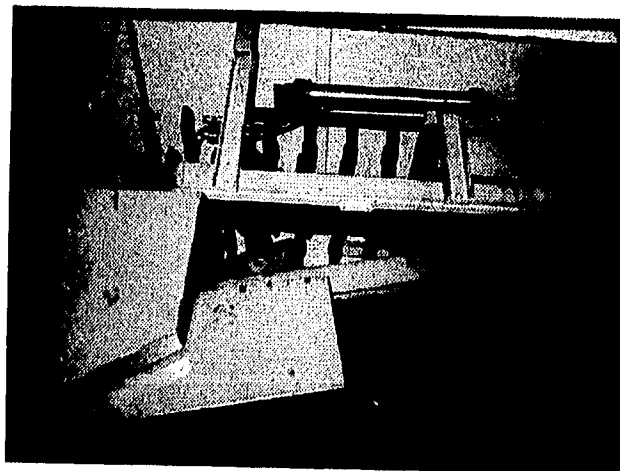


FIG. 6.11 Cilindro colocado en la parte superior.

Una vez que el periódico es depositado en la parte superior, de la empaquetadora, se pasa a la sección donde se realiza el conteo del mismo, en el interior de la misma máquina. Posteriormente el periódico cae en un contenedor, al desplazarse por la acción de la gravedad hacia dicho contenedor un sensor detecta su paso por esta zona; esto se realiza de una manera rápida y continua.



FIG. 6.12 Sensor que detecta el paso hacia el contenedor.

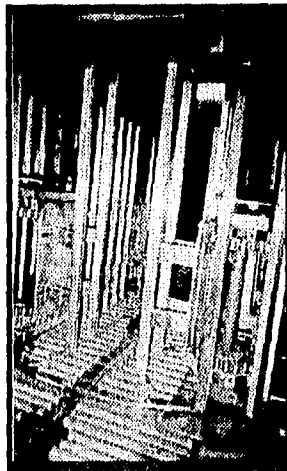


FIG. 6.13 Contenedor de periódico.

Después de haberse apilado una cantidad específica de ejemplares, o periódicos, este nuevo paquete es expulsado del contenedor hacia otra banda transportadora. La expulsión del paquete se logra mediante el movimiento de las barras laterales que forman el contenedor, las cuales se desplazan sobre dos cadenas.

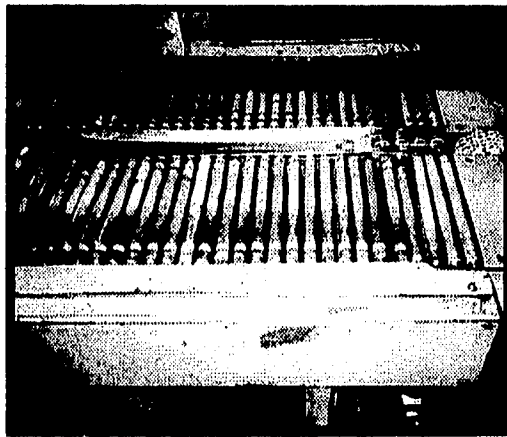


FIG. 6.14 Banda transportadora a la salida del contenedor.

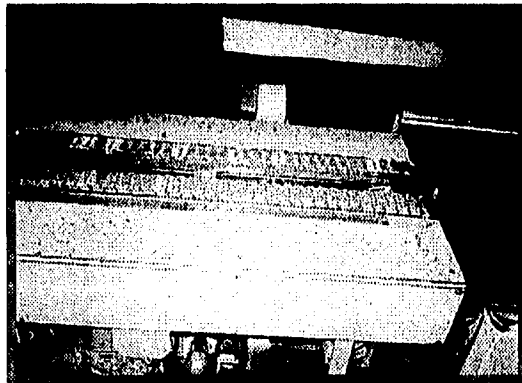


FIG. 6.15 Banda transportadora.

La banda transportadora lleva el paquete a la primera flejadora. Al entrar el paquete a la flejadora, este acciona un sensor de palanca, este sensor hace funcionar dos rodillos que prensan papel; mientras avanza nuestro paquete un pedazo de papel es colocado por debajo de él. Cuando se deja de accionar el sensor una cuchilla corta el papel y los rodillos dejan de funcionar.

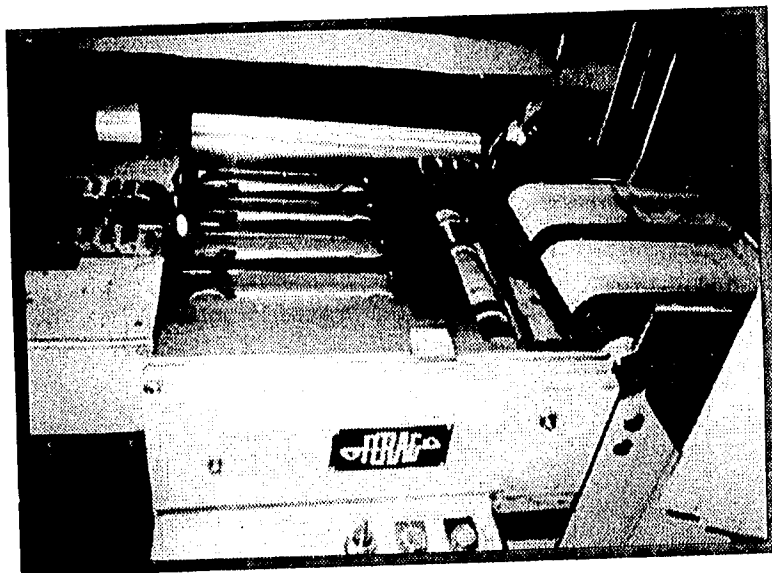


FIG. 6.16 Entrada a la flejadora.



FIG. 6.17 Colocación del papel.

Después de que se le ha colocado el papel al paquete, en la parte inferior, un sensor detecta su paso ocasionando que la banda transportadora, de la flejadora, se detenga y al mismo tiempo un brazo mecánico caiga sobre el mismo. Posteriormente la guía de fleje realiza un giro completo amarrando de esta manera al paquete por dos de sus caras laterales.

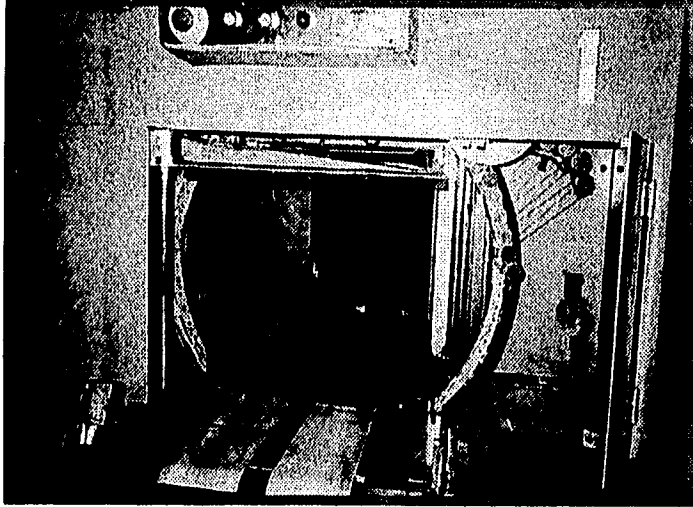


FIG. 6.18 Primera flejadora.

Al salir de esta flejadora el paquete es desplazado a una plataforma metálica que se levanta, al estar sobre ella nuestro paquete de periódico, para realizar un giro de 90 grados sobre su eje central; posteriormente vuelve a descender y el paquete es dirigido hacia una segunda flejadora.

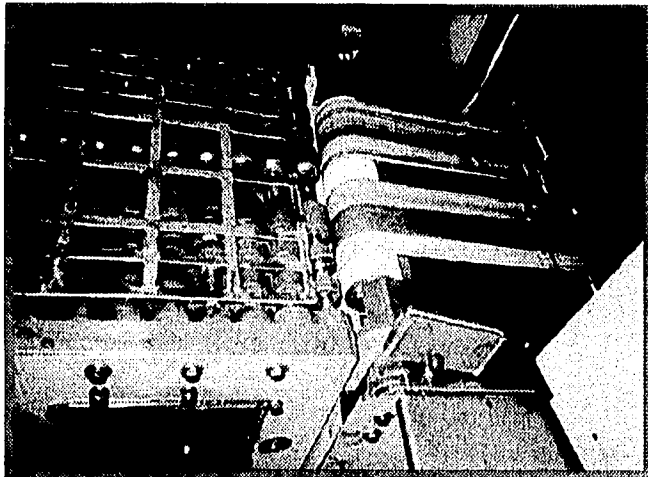


FIG. 6.19 Plataforma de giro.

El funcionamiento de la segunda flejadora es similar al de la primera, con la excepción de que ya no se realiza la colocación de el papel en la parte inferior. De esta manera un paquete de periódico es completamente amarrado, por sus 4 caras laterales, pudiéndose realizar un más fácil manejo de los ejemplares.

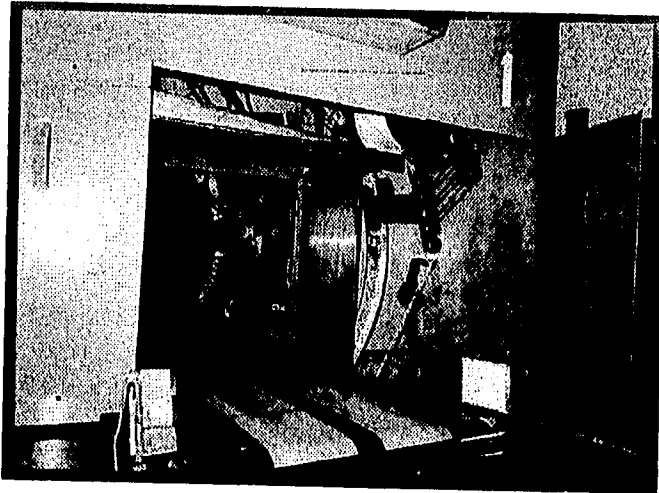


FIG. 6.20 Máquinas flejadoras.

Al salir de la última flejadora nuestro paquete es colocado en una banda transportadora que lo envía hacia el departamento de circulación, en este último departamento se realiza la distribución del periódico a todas las regiones de venta al público.

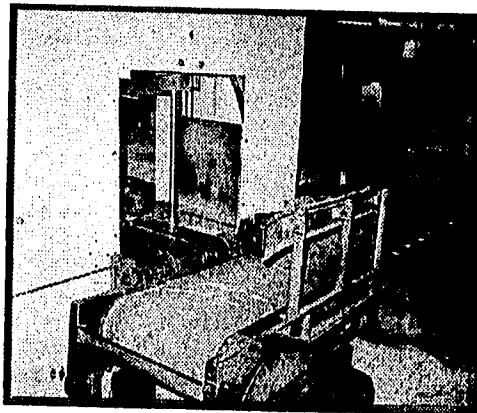


FIG. 6.21 Última banda transportadora.

El empaquetado controlado por un PLC

Ahora hablaremos con mejor detalle sobre este proceso, es muy necesario apoyarse en toda la información anterior a este capítulo, ya que los diagramas que ocuparemos para explicar el funcionamiento del programa son basados en dicha información.

Comenzaremos por explicar con detalle cada paso de nuestro proceso, aunque en la sección anterior ya lo hemos ilustrado de una manera clara y precisa, además de ser necesario agregar algunos diagramas de funcionamiento de nuestro equipo para poder comprender como debe trabajar nuestro elemento de control (PLC):

1. El periódico, proveniente de la rotativa, entra en la parte superior de la empaquetadora.
2. Se realiza el conteo de cada ejemplar.
3. Cae a una primera serie de ganchos.
4. Estos primeros ganchos bajan de posición debido al peso del periódico que están recibiendo.
5. Los ganchos realizan un giro liberando el periódico.
6. Dos ganchos desvían los ejemplares, evitando que caigan en los primeros ganchos.
7. El periódico ahora es depositado en una segunda serie de ganchos.
8. Cuando se llega al número de ejemplares seleccionado los ganchos que desvían los periódicos regresan a su posición y los ejemplares siguientes caen en nuestra primera serie de ganchos.
9. La segunda serie de ganchos gira liberando el paquete de periódico, este paquete cae dentro de un contenedor.
10. Cuando el paquete de periódico cae por completo en el contenedor, dicho contenedor realiza un giro de 180°.
11. El proceso anterior, desde el inicio hasta el punto anterior, se repite dos veces más; esto es para sacar un paquete completo de periódico.
12. Ahora el paquete completo es sacado del contenedor y dirigido a una banda transportadora.
13. La banda lo dirige a donde se le coloca un pedazo de papel rígido para evitar que el ejemplar que se encuentra abajo del paquete se maltrate.
14. Entra, el paquete completo, en la primera flejadora, donde se realiza un amarre.
15. Al salir de la primera flejadora pasa a un plataforma la cual se eleva y da un giro de 90°, para después descender y dirigirse nuestro paquete a la segunda flejadora.
16. En la segunda flejadora se vuelve a realizar otro amarre, posterior al salir de esta flejadora se coloca en una banda que lo transporta al departamento de circulación en donde se lleva a la venta.

Posiblemente nuestro lector se preguntará, ¿cómo se realizan los giros en nuestro equipo? Estos se realizan por medio de un colch accionado por un elemento o por medio de la transmisión de movimiento de un motor utilizando cadenas.

En la siguiente tabla se da una lista de los elementos que se emplean en nuestro equipo, es decir, los elementos que el PLC va a controlar de manera directa:

ELEMENTO	REPRESENTACION	FUNCION
Cilindro 1	C1	Acciona el mecanismo para abrir las pinzas que sujetan el periódico que proviene de la rotativa.
Cilindro 2	C2	Acoplado a dos ganchos realiza un cambio en la dirección de caída del periódico.
Cilindro 3	C3	Acciona un poco el cloch de la primera serie de ganchos.
Cilindro 4	C4	Acciona por completo el cloch de la primera serie de ganchos, dejando pasar el periódico.
Cilindro 5	C5	Acciona un cloch que hace girar la segunda serie de ganchos dejando caer un paquete de periódicos al contenedor.
Cilindro 6	C6	Acciona un cloch que hace girar un rodillo que coloca un pedazo de papel en la parte inferior del paquete.
Cilindro 7	C7	Acciona una cuchilla que corta el papel que ha sido colocado.
Cilindro 8	C8	Desactiva un cloch ocasionando que la banda, localizada a la entrada de la primera flejadora, se detenga y se realice el amarre.
Cilindro 9	C9	Desactiva un cloch que ocasiona el paro de los rodillos de la plataforma para poder realizar un giro.
Cilindro 10	C10	Desactiva un cloch ocasionando que la banda, localizada a la entrada de la segunda flejadora, se detenga y se realice el amarre.

Ahora analicemos los diagramas siguientes, en ellos encontraremos una valiosa información que nos ayudará a realizar la designación de nuestras variables. Observece que en estos diagramas tratamos de dar una información, de conexión neumática y de funcionamiento, lo más sencilla posible para que el lector pueda comprenderla completamente.

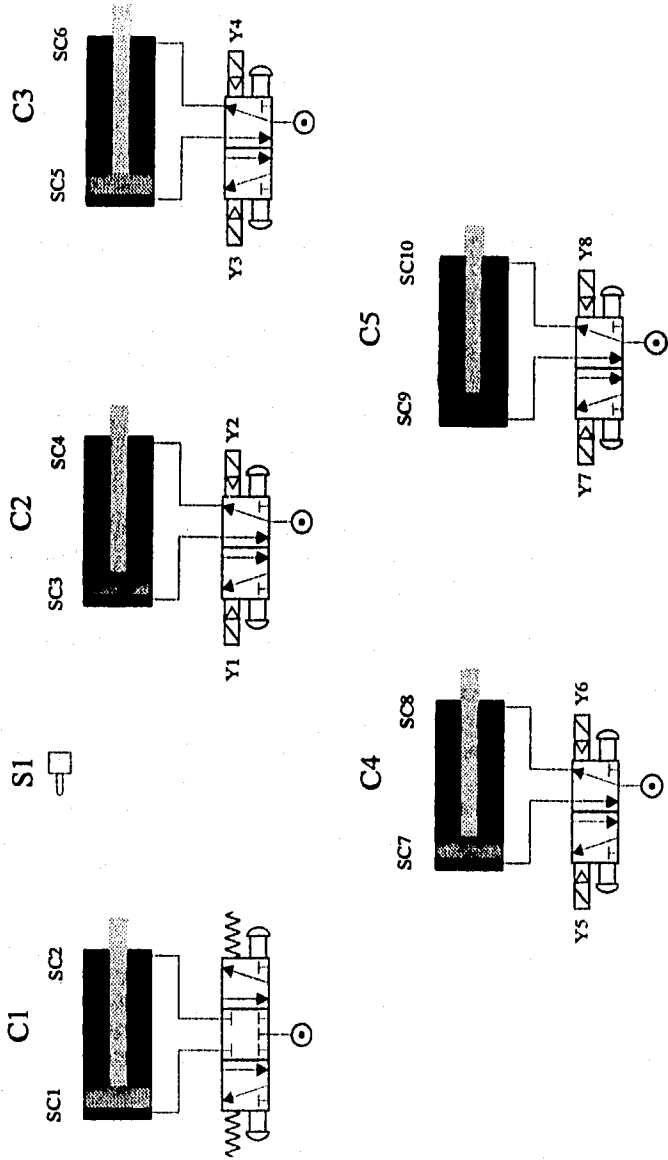
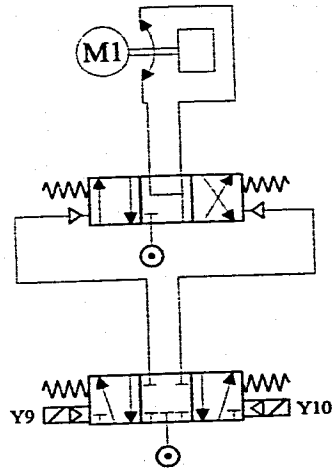


DIAGRAMA DE CONTEO

S2
□



S3
□

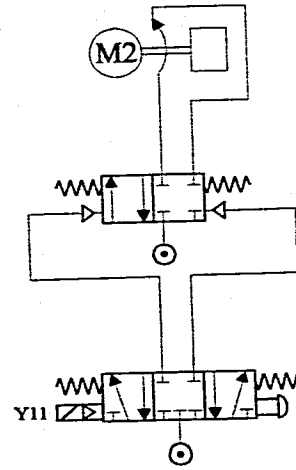
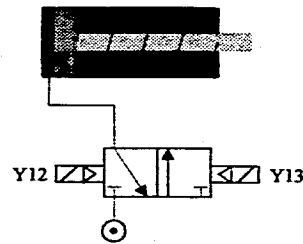


DIAGRAMA DEL CONTENEDOR

S4



C6



S5



C7

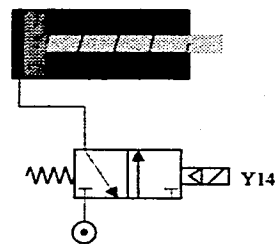


DIAGRAMA DE COLOCACION DE PAPEL

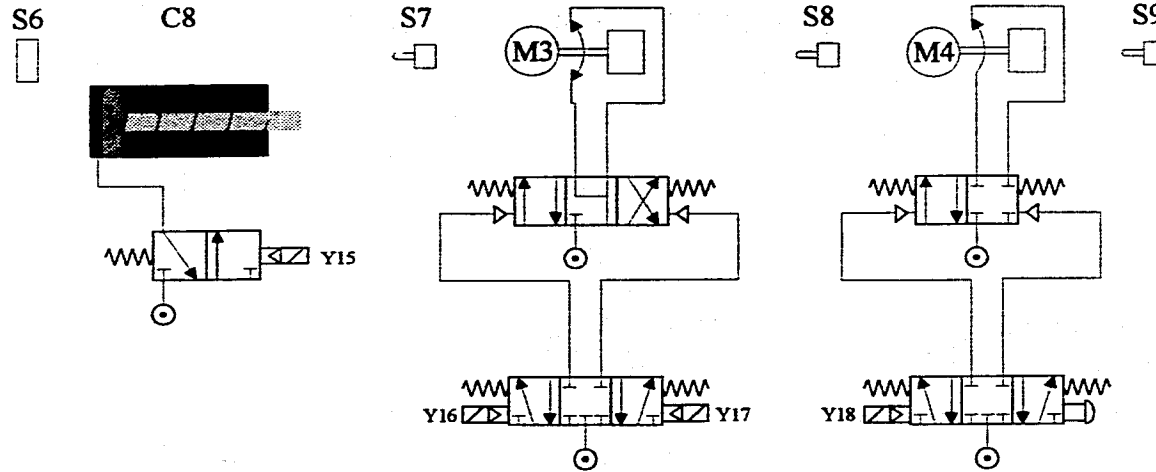


DIAGRAMA DE LA PRIMERA FLEJADORA Y PLATAFORMA

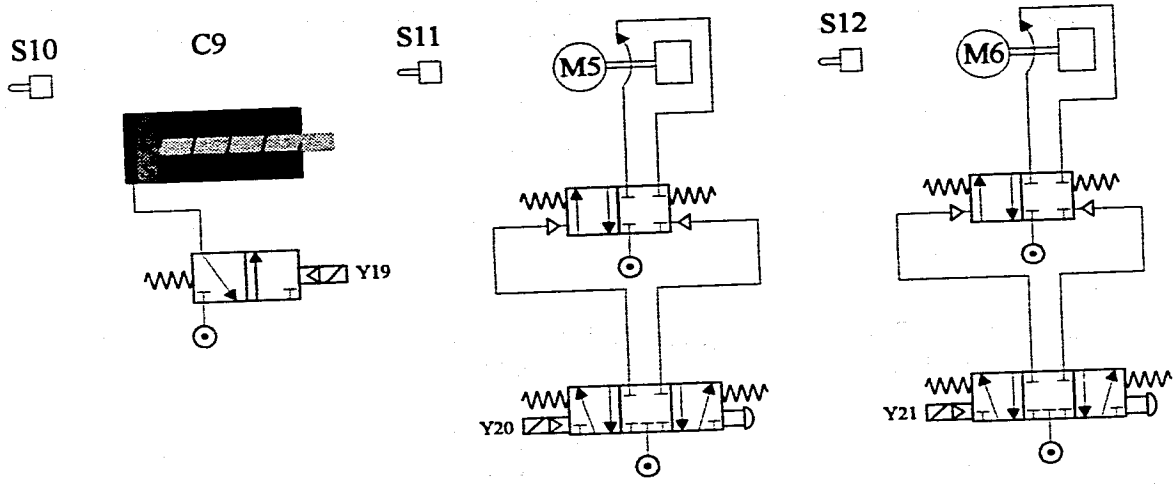


DIAGRAMA DE LA PRIMERA FLEJADORA Y PLATAFORMA (cont.)

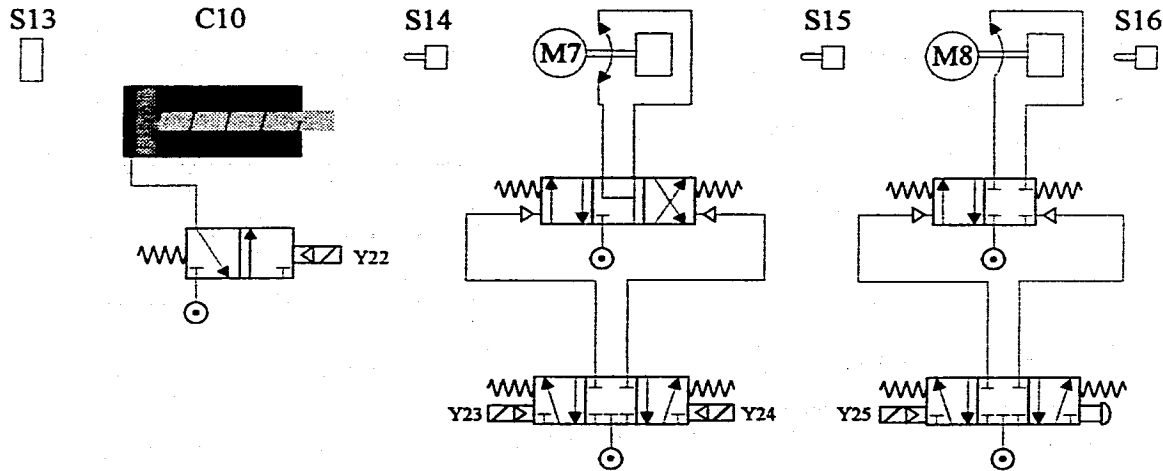
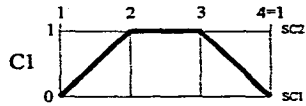
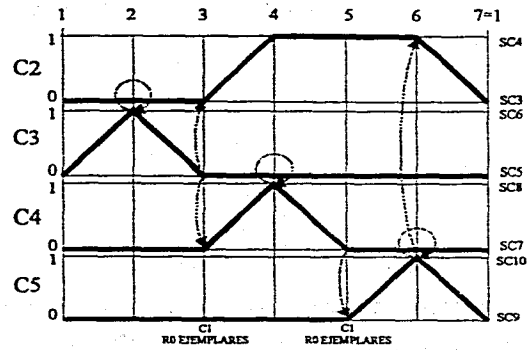


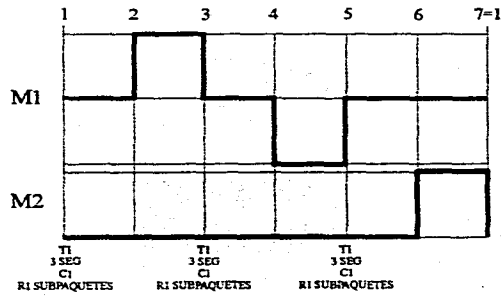
DIAGRAMA DE LA SEGUNDA FLEJADORA



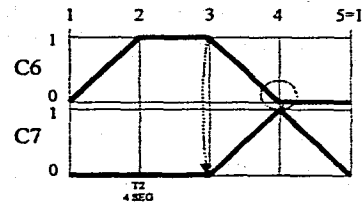
CONTEO



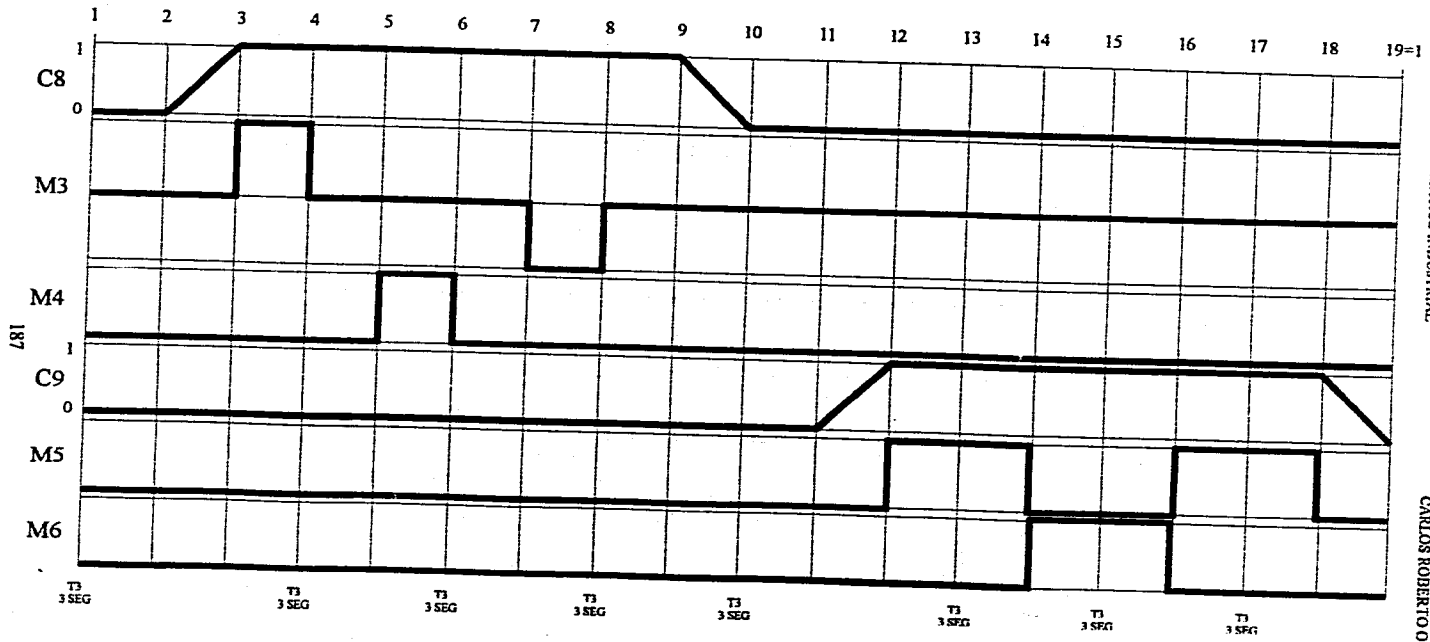
CONTEO



CONTENEDOR

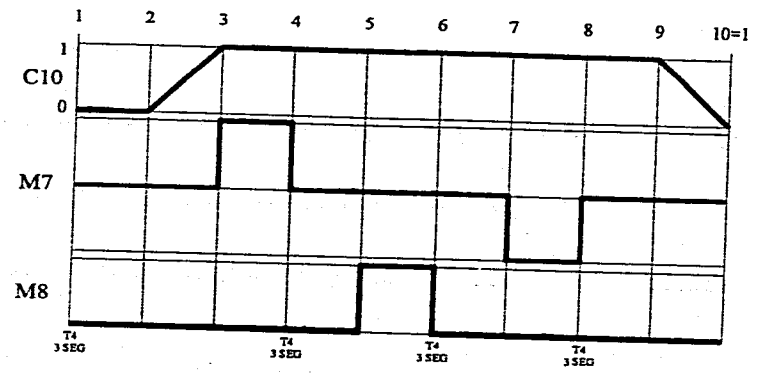


COLOCACION DE PAPEL



PRIMERA FLEJADORA Y PLATAFORMA

EL PIC EN EL CONTROL AUTOMATICO INDUSTRIAL
CARLOS ROBERTO ORTIZ MARTINEZ



SEGUNDA FLEJADORA

Una vez que se han comprendido los diagramas neumáticos y los de espacio-tiempo, mostrados anteriormente, el siguiente paso es asignar las variables de entrada y salida que están involucradas en el programa de control que se pretende realizar.

ASIGNACION DE VARIABLES DE ENTRADA

Operando Absoluto	Operando Simbólico	Descripción
I 0.0	Bo	Botón de inicio.
I 0.1	SC1	Sensor en el cilindro 1. Detecta si dicho cilindro esta retraído.
I 0.2	SC2	Sensor en el cilindro 1. Detecta si el cilindro esta extendido.
I 1.0	S1	Sensor que realiza el conteo de los ejemplares.
I 1.1	SC3	Sensor en el cilindro 2 retraído.
I 1.2	SC4	Sensor en el cilindro 2 extendido.
I 1.3	SC5	Sensor en el cilindro 3 retraído.
I 1.4	SC6	Sensor en el cilindro 3 extendido.
I 1.5	SC7	Sensor en el cilindro 4 retraído.
I 1.6	SC8	Sensor en el cilindro 4 extendido.
I 1.7	SC9	Sensor en el cilindro 5 retraído.
I 1.8	SC10	Sensor en el cilindro 5 extendido.
I 2.0	S2	Sensor que detecta el paso de las capas de periódico hacia el contenedor.
I 2.1	S3	Sensor que detecta la salida de un paquete de periódico, del contenedor hacia una banda transportadora.
I 3.0	S4	Sensor que detecta el paso del paquete en el lugar donde se le coloca papel por debajo de este mismo.
I 3.1	S5	Sensor que detecta que el paquete ha pasado por la colocación de papel.
I 4.0	S6	Sensor que detecta la entrada del paquete a la primera flejadora.
I 4.1	S7	Sensor que detecta la posición inicial del brazo mecánico que sujetará el paquete.
I 4.2	S8	Sensor que indica la posición inicial de la guía que realiza el flejado.
I 4.3	S9	Sensor que indica que la guía ha realizado un giro, flejando el paquete.
I 4.4	S10	Sensor que detecta la salida del paquete de la primera flejadora.
I 4.5	S11	Este sensor detecta la posición inicial del engranaje de elevación de la plataforma.
I 4.6	S12	Este detecta que la plataforma se ha elevado para poder realizar el giro.
I 5.0	S13	Sensor que detecta la entrada del paquete a la segunda flejadora.
I 5.1	S14	Sensor que detecta la posición inicial del brazo mecánico que sujeta al paquete.
I 5.2	S15	Sensor que indica la posición inicial de la guía que realiza el flejado.
I 5.3	S16	Sensor que indica que la guía ha realizado un giro, flejando por segunda vez el paquete.

ASIGNACION DE VARIABLES DE SALIDA

Operando Absoluto	Operando Simbólico	Descripción
O 1.0	Y1	Electroválvula del cilindro C2
O 1.1	Y2	Electroválvula del cilindro C2
O 1.2	Y3	Electroválvula del cilindro C3
O 1.3	Y4	Electroválvula del cilindro C3
O 1.4	Y5	Electroválvula del cilindro C4
O 1.5	Y6	Electroválvula del cilindro C4
O 1.6	Y7	Electroválvula del cilindro C5
O 1.7	Y8	Electroválvula del cilindro C5
O 2.0	Y9	Electroválvula del servopilotaje del motor hidráulico M1
O 2.1	Y10	Electroválvula del servopilotaje del motor hidráulico M1
O 2.2	Y11	Electroválvula del servopilotaje del motor hidráulico M2
O 3.0	Y12	Electroválvula del cilindro C6
O 3.1	Y13	Electroválvula del cilindro C6
O 3.2	Y14	Electroválvula del cilindro C7
O 4.0	Y15	Electroválvula del cilindro C8
O 4.1	Y16	Electroválvula del servopilotaje del motor hidráulico M3
O 4.2	Y17	Electroválvula del servopilotaje del motor hidráulico M3
O 4.3	Y18	Electroválvula del servopilotaje del motor hidráulico M4
O 4.4	Y19	Electroválvula del cilindro C9
O 4.5	Y20	Electroválvula del servopilotaje del motor hidráulico M5
O 4.6	Y21	Electroválvula del servopilotaje del motor hidráulico M6
O 5.0	Y22	Electroválvula del cilindro C10
O 5.1	Y23	Electroválvula del servopilotaje del motor hidráulico M7
O 5.2	Y24	Electroválvula del servopilotaje del motor hidráulico M7
O 5.3	Y25	Electroválvula del servopilotaje del motor hidráulico M8

Ahora el siguiente paso es la realización del programa de control que se implementará en el PLC. Es muy importante el entendimiento completo de todos los diagramas, pues en ellos se encuentra la base para el entendimiento del funcionamiento de el programa.

En nuestro programa utilizamos la técnica de la multitarea, además de utilizar la comunicación con una computadora para poder introducir los datos que en el programa son requeridos para la puesta en marcha del proceso de control; para este fin se utilizamos un programa que contiene la forma de lista de instrucciones, para el programa principal, y la programación BASIC, para la comunicación y la introducción de los valores.

A continuación se da el listado del programa de control, como se verá al final es un programa sencillo para una de las muchas utilidades que hay en la industria de nuestro país. Recomendamos que al observar el programa este se cotejado, paralelamente, con los diagramas de espacio tiempo anteriormente expuestos.

" PROGRAMA 0
" PROCESADOR 0

Programa de organización

IF		I 0.0
AND	N	I 0.1
AND		I 0.2
THEN	SET	P 1.1
	SET	P 2.2
	SET	P 3.3
	SET	P 4.4
	SET	P 5.5

" PROGRAMA 1
" PROCESADOR 1

Conteo de los ejemplares

Condiciones para activar el programa basic

STEP	A	
IF		I 1.1
AND		I 1.3
AND		I 1.5
AND		I 1.7
THEN	RESET	O 1.0
	RESET	O 1.1
	RESET	O 1.2
	RESET	O 1.3
	RESET	O 1.4
	RESET	O 1.5
	RESET	O 1.6
	RESET	O 1.7
	SET	P 6.6

STEP	1	
IF	N	P 6
AND		I 1.1
AND		I 1.3
AND		I 1.5
AND		I 1.7
THEN	SET	O 1.2

STEP	2	
IF		I 1.1
AND		I 1.4
AND		I 1.5
AND		I 1.7
THEN	RESET	O 1.2
	SET	O 1.3

Activación del programa de interrupción

STEP 3		
IF		I 1.1
AND		I 1.3
AND		I 1.5
AND		I 1.7
THEN	CFM2	
	WITH	V7
	WITH	V0
	WITH	R0
STEP 4		
IF		I 1.2
AND		I 1.3
AND		I 1.6
AND		I 1.7
THEN	RESET	O 1.4
	SET	O 1.5

Activación del programa de interrupción

STEP 5		
IF		I 1.2
AND		I 1.3
AND		I 1.5
AND		I 1.7
THEN	CFM2	
	WITH	V8
	WITH	V0
	WITH	R0
STEP 6		
IF		I 1.2
AND		I 1.3
AND		I 1.5
AND		I 1.8
THEN	RESET	O 1.0
	RESET	O 1.6
	SET	O 1.1
	SET	O 1.7
STEP 7		
IF		I 1.1
AND		I 1.3
AND		I 1.5
AND		I 1.7
THEN	RESET	O 1.1
	RESET	O 1.3
	RESET	O 1.5
	RESET	O 1.7
	JMP TO	A

" PROGRAMA 2
" PROCESADOR 2

STEP CARGAR
IF N 12.0
AND N 12.1
THEN RESET O2.0
RESET O2.1
RESET O2.2
LOAD V3
TO TP1
WITH SEC
LOAD VR1
TO CW1

STEP INTER1
IF N C1
AND N 12.0
AND N 12.1
THEN JMP TO 6

STEP 1
IF 12.0
AND N 12.1
THEN DEC CW1
RESET O2.1
SET T1

STEP INTER2
IF N C1
AND N 12.0
AND N 12.1
AND N T1
THEN JMP TO 6

STEP 2
IF C1
AND N 12.0
AND N 12.1
AND N T1
THEN SET O2.0

STEP 3
IF 12.0
AND N 12.1
THEN DEC CW1
RESET O2.0
SET T1

```

STEP INTER3
IF N C1
AND N I2.0
AND N I2.1
AND N T1
THEN JMP TO 6

STEP 4
IF C1
AND N I2.0
AND N I2.1
AND N T1
THEN SET O2.1

STEP 5
IF I2.0
AND I2.1
THEN DEC CW1
RESET O2.1
SET T1
JMP TO INTER1

STEP 6
IF N I2.0
AND N I2.1
THEN SET O2.2

STEP 7
IF N I2.0
AND I2.1
THEN JMP TO CARGAR

" PROGRAMA 3
" PROCESADOR 3

STEP CARGAR
IF N I3.0
AND N I3.1
THEN RESET O3.0
RESET O3.1
RESET O3.2
LOAD V4
TO TP2
WITH SEC

STEP 1
IF I3.0
AND N I3.1
THEN SET O3.1

STEP 2
IF I3.0
AND I3.1
THEN SET T2
    
```

```

STEP 3
IF N T2
AND N I3.0
AND I3.1
THEN RESET O3.1
      SET O3.0
      SET O3.2

STEP 4
IF N I3.0
AND N I3.1
THEN RESET O3.2

STEP 5
IF N I3.0
AND N I3.1
THEN JMP TO CARGAR

" PROGRAMA 4
" PROCESADOR 4

STEP CARGAR
IF I4.0
AND I4.1
AND I4.2
AND N I4.3
AND N I4.4
AND I4.5
AND N I4.6
THEN LOAD V3
      TO TP3
      WITH SEC

STEP 1
IF I4.0
AND I4.1
AND I4.2
AND N I4.3
AND N I4.4
AND I4.5
AND N I4.6
THEN RESET O4.0
      RESET O4.1
      RESET O4.2
      RESET O4.3
      RESET O4.4
      RESET O4.5
      RESET O4.6
      SET T3

```



```
STEP 2
IF N 14.0
AND 14.1
AND 14.2
AND N 14.3
AND N 14.4
AND 14.5
AND N 14.6
AND N T3
THEN SET O 4.0
```

```
STEP 3
IF N 14.0
AND 14.1
AND 14.2
AND N 14.3
AND N 14.4
AND 14.5
AND N 14.6
THEN SET O 4.1
```

```
STEP 4
IF N 14.0
AND N 14.1
AND 14.2
AND N 14.3
AND N 14.4
AND 14.5
AND N 14.6
THEN RESET O 4.1
SET T3
```

```
STEP 5
IF N 14.0
AND N 14.1
AND 14.2
AND N 14.3
AND N 14.4
AND 14.5
AND N 14.6
AND N T3
THEN SET O 4.3
```

```
STEP 6
IF N 14.0
AND N 14.1
AND N 14.2
AND 14.3
AND N 14.4
AND 14.5
AND N 14.6
THEN RESET O 4.3
SET T3
```

STEP	7	
IF	N	I4.0
AND	N	I4.1
AND		I4.2
AND	N	I4.3
AND	N	I4.4
AND		I4.5
AND	N	I4.6
AND	N	T3
THEN	SET	O4.2

STEP	8	
IF	N	I4.0
AND		I4.1
AND		I4.2
AND	N	I4.3
AND	N	I4.4
AND		I4.5
AND	N	I4.6
THEN	RESET	O4.2
	SET	T3

STEP	9	
IF	N	I4.0
AND		I4.1
AND		I4.2
AND	N	I4.3
AND	N	I4.4
AND		I4.5
AND	N	I4.6
AND	N	T3
THEN	RESET	O4.0

STEP	10	
IF	N	I4.0
AND		I4.1
AND		I4.2
AND	N	I4.3
AND		I4.4
AND		I4.5
AND	N	I4.6
THEN	SET	T3

STEP	11	
IF	N	I4.0
AND		I4.1
AND		I4.2
AND	N	I4.3
AND	N	I4.4
AND		I4.5
AND	N	I4.6
AND	N	T3
THEN	SET	O4.4

STEP 12
IF N 14.0
AND 14.1
AND 14.2
AND N 14.3
AND N 14.4
AND 14.5
AND N 14.6
THEN SET O 4.5

STEP 13
IF N 14.0
AND 14.1
AND 14.2
AND N 14.3
AND N 14.4
AND N 14.5
AND 14.6
THEN SET T3

STEP 14
IF N 14.0
AND 14.1
AND 14.2
AND N 14.3
AND N 14.4
AND N 14.5
AND 14.6
AND N T3
THEN RESET O 4.5
SET O 4.6

STEP 15
IF N 14.0
AND 14.1
AND 14.2
AND N 14.3
AND N 14.4
AND N 14.5
AND 14.6
THEN SET T3

STEP 16
IF N 14.0
AND 14.1
AND 14.2
AND N 14.3
AND N 14.4
AND N 14.5
AND 14.6
AND N T3
THEN RESET O 4.6
SET O 4.5

```

STEP 17
IF N 14.0
AND 14.1
AND 14.2
AND N 14.3
AND N 14.4
AND N 14.5
AND N 14.6
THEN SET T3

STEP 18
IF N 14.0
AND 14.1
AND 14.2
AND N 14.3
AND N 14.4
AND 14.5
AND N 14.6
AND N T3
THEN RESET O 4.5
      RESET O 4.4

STEP 19
IF N 14.0
AND 14.1
AND 14.2
AND N 14.3
AND N 14.4
AND 14.5
AND N 14.6
THEN JMP TO CARGAR

" PROGRAMA 5
" PROCESADOR 5

STEP CARGAR
IF 15.0
AND 15.1
AND 15.2
AND N 15.3
THEN RESET O 5.0
      RESET O 5.1
      RESET O 5.2
      RESET O 5.3
      LOAD V3
      TO TP4
      WITH SEC

STEP 1
IF 15.0
AND 15.1
AND 15.2
AND N 15.3
THEN SET T4

```

```
STEP 2
IF      I 5.0
AND     I 5.1
AND     I 5.2
AND N   I 5.3
AND N   T4
THEN SET O 5.0

STEP 3
IF N    I 5.0
AND     I 5.1
AND     I 5.2
AND N   I 5.3
THEN SET O 5.1

STEP 4
IF N    I 5.0
AND N   I 5.1
AND     I 5.2
AND N   I 5.3
THEN RESET O 5.1
      SET T4

STEP 5
IF N    I 5.0
AND N   I 5.1
AND     I 5.2
AND N   I 5.3
AND N   I T4
THEN SET O 5.3

STEP 6
IF N    I 5.0
AND N   I 5.1
AND N   I 5.2
AND     I 5.3
THEN RESET O 5.3
      SET T4

STEP 7
IF N    I 5.0
AND N   I 5.1
AND     I 5.2
AND N   I 5.3
AND N   T4
THEN SET O 5.2

STEP 8
IF N    I 5.0
AND     I 5.1
AND     I 5.2
AND N   I 5.3
THEN RESET O 5.2
      SET T4
```

```

STEP 9
IF N 15.0
AND 15.1
AND 15.2
AND N 15.3
AND N T4
THEN RESET O 5.0

STEP 10
IF N 15.0
AND 15.1
AND 15.2
AND N 15.3
THEN JMP TO CARGAR

10 | PROGRAMA 6
20 | PROCESADOR 6
30 | R0 = REGISTRO PARA VALOR NOMINAL
40 | R1 = REGISTRO PARA NUMERO DE SUBPAQUETES
50 INPUT "¿Cuántos ejemplares por subpaquete (múltiplo de 2, entre
30 y 60)?", TE
60 IF TE > 60 OR TE < 30
70 THEN GOTO 50
80 INPUT "¿Cuántos subpaquetes para formar un paquete completo
(entre 2 y 5)?", TO
90 TO > 5 OR TO < 2
100 THEN GOTO 80
110 PRINT "ACTIVACION DEL PROCESO"
120 @R0 = TE/2
130 @R1 = TO

" PROGRAMA 7
" PROCESADOR 7
THEN RESET O 1.1
RESET O 1.5
SET O 1.0
SET O 1.4
SET P 1.1

" PROGRAMA 8
" PROCESADOR 8
THEN RESET O 1.7
SET O 1.6
SET P 1.1

```

Conclusiones

En la actualidad los controladores lógicos programables o cualquier sistema programado, no cableado, se utiliza a la orden del día e incluso para poder lograr el control de pequeños automatismos. La excelente y gran capacidad de memoria y la elevada velocidad para procesar la información de los circuitos integrados, proporcionan una amplia y diversa gama de aplicaciones.

Incluso las grandes compañías que construyen estos equipos de control los utilizan en ciertos procesos de producción interna, como son montaje y control de calidad, por mencionar algunos. Por esta misma razón las empresas creadoras de PLC's saben que tan importante es tener una solución adecuada, en otras palabras, la menos costosa y técnicamente la más avanzada, a un determinado problema de control automático en la industria mexicana.

Además de tener que abarcar los más diversos sectores de la industria, se han logrado diseñar una gama de controles capaces de cubrir casi todas las necesidades que se requieren en los procesos de producción. Algunos ejemplos de ello son:

- Control de recorrido.
- Máquinas de montaje.
- Máquinas-herramienta.
- Distribución de la energía.
- Control de niveles de llenado.
- Baños galvánicos.
- Fundiciones industriales.
- Líneas de pintura.
- Carga y distribución.
- Prensas para imprimir.
- Paletizadores.
- Equipos de transporte.
- Máquinas de embalaje.

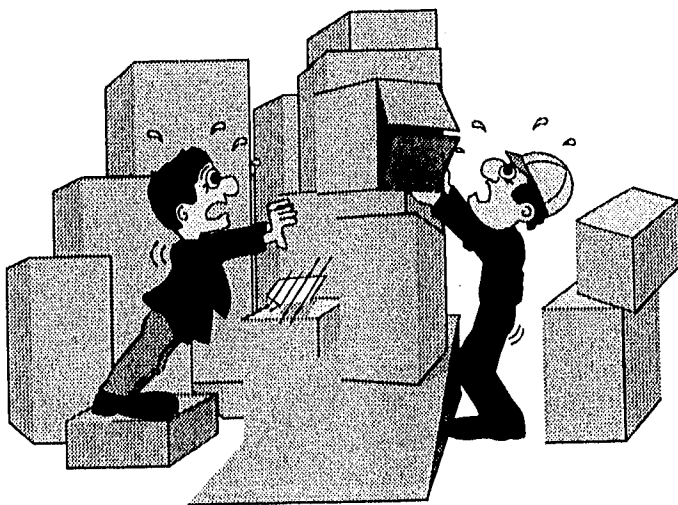
- Empaquetado de productos.
- Procesos de lavado, etc.

En casi todas estas aplicaciones se obtienen las siguientes ventajas al utilizar un controlador de este tipo:

- Disminución de costos directos.
- Incremento de la producción al reducir el tiempo en la elaboración de los productos.
- Aumento de la disposición de las máquinas mediante la reducción de los llamados tiempos muertos.
- Mejor nivel de servicio.
- Rápida introducción de nuevos procesos para la elaboración de productos de nueva manufactura.
- Mejorar el control de la calidad.
- Trabajo rápido y con poco errores.
- Reducción de los accidentes.
- Rápido cambio de las secuencias de operación a base de las modificaciones pertinentes dentro de la estructura de un programa de control.

Este es solo un ejemplo de las muchas aplicaciones, dentro de la industria, de este equipo de control. Además de que este mismo ejemplo puede ser modificado, debido a los grandes avances que se tienen dentro del campo de la electrónica.


APPENDICE




"Simbología"


En este apartado daremos la simbología básica de algunos elementos neumáticos para que el lector se familiarice con ella. El objetivo de la presente recomendación es definir los símbolos utilizados en los esquemas de representación de sistemas hidráulicos, neumáticos y accesorios empleados para la transmisión de la energía.


La utilización de estos símbolos no impide que también se empleen otros símbolos utilizados principalmente para las tuberías en otras técnicas.


Las posiciones de las válvulas distribuidoras se representan por medio de cuadrados. 

La cantidad de cuadrados yuxtapuestos indica el número de posiciones de la válvula distribuidora. 

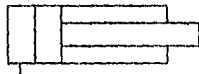
El funcionamiento se representa esquemáticamente en el interior de las casillas (cuadros).

Las líneas representan tuberías o conductos. Las flechas, el sentido de circulación del fluido. 

Las posiciones de cierre dentro de las casillas se representan mediante líneas transversales. 

La unión de conductos o tuberías se representa mediante un punto. 

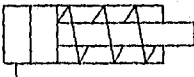
Transformación



Cilindro de simple efecto, regreso por fuerza exterior



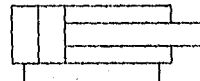
Motor neumático con dos sentidos de giro



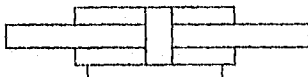
Cilindro de simple efecto, regreso por resorte interior



Motor neumático con un sentido de giro



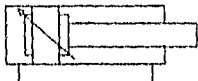
Cilindro de doble efecto



Cilindro de doble efecto con doble vástago



Cilindro diferencial

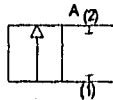


Cilindro de doble efecto con amortiguación regulable en ambos sentidos

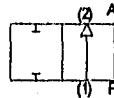


Convertidor de presión

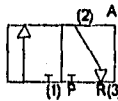
Válvulas de paso



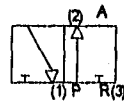
Válvula 2/2 vías
normalmente
cerrada



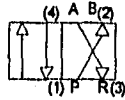
Válvula 2/2 vías
normalmente
abierta



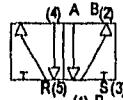
Válvula 3/2 vías
normalmente
cerrada



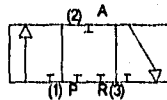
Válvula 3/2 vías
normalmente
abierta



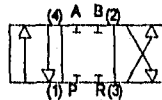
Válvula 4/2 vías



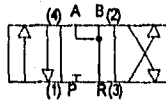
Válvula 5/2 vías



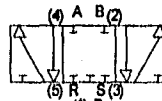
Válvula 3/2 vías
normalmente
cerrada



Válvula 4/3 vías
normalmente
cerrada



Válvula 4/3 vías
posición central
con ductos de
trabajo a escape



Válvula 5/3 vías
posición central
cerrada

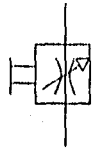
Válvulas de control de flujo y de bloqueo



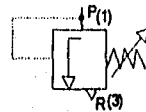
Estrangulación no regulable



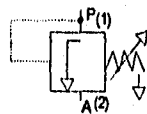
Regulador de fluido bidireccional



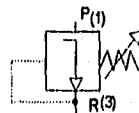
Regulador accionado manualmente



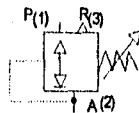
Limitador de presión



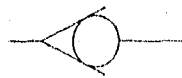
Distribuidor de secuencia



Regulador de presión sin escape



Regulador de presión con escape



Check antirretorno sin resorte

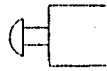


Check antirretorno con resorte

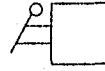
Elementos de mando y sensores



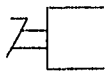
General



Botón-pulsador



Palanca



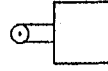
Pedal



Leva



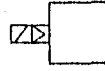
Resorte



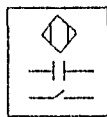
Rodillo



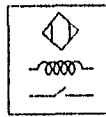
Bobina con 1
señal de
accionamiento



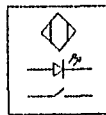
Bobina y
servopilotaje



Sensor
capacitivo

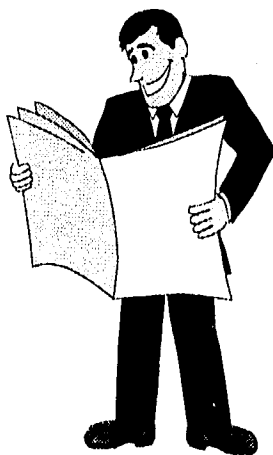


Sensor
inductivo



Sensor
óptico

BIBLIOGRAFIA



BIBLIOGRAFIA

La presente bibliografía es la que se consultó para la elaboración de este trabajo, por lo que recomendamos al lector, en caso de tener alguna duda o en caso de querer profundizar en el tema, lea alguno de estos textos.

- Aire comprimido, neumática convencional.
E. Carnicer Royo
Ed. Gustavo Gili.
- Aire comprimido, teoría y cálculo de las instalaciones.
E. Carnicer Royo
Ed. Gustavo Gili.
- Ciclo de conferencias.
FESTO Pneumatic
- Controles lógicos programables.
R. Ackermann, J. Franz, y otros.
Festo Didactic.
- Controladores programables y sistemas de control (automatización industrial).
Tomos I, II, III y IV.
Texas Instruments.
- Controles automáticos
Howard L. Harrison/John G. Bollinger
Ed. Trillas, México
2 Edición
- Curso introductorio de adiestramiento para el manejo de PLC's.
- Digital Computer Process Control.
Smith C. L.
Intex Educational Publisher (1972).
- Instrumentación industrial.
Antonio Creus Sole.
Publicaciones Marcombo S.A.
1980

- **Lógica y diseño de computadores**
M. Morris Mano
Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana, S. A.
- **Manual del usuario de los Controladores Programables Serie Uno y Serie Uno Plus.**
- **Siemens Industrial Automation, Inc.**
Brunello M. Salesi, Jr.
1992
- **Siemens Industrial Automation, Inc.**
Simatic TI505 Programming Reference User Manual.
1992
- **Siemens Industrial Automation, Inc.**
Simatic TI505/TI500 tisoft 2 release 4.3 User Manual.
1992
- **Sistemas modernos de control**
Richard C. Dorf
Ed. Addison-Wesley Iberoamericana, S. A.
2 Edición
- **Tiway I, Series 505 Network Interface Module, User's Manual.**
Texas Instruments.
1993

