

Automatismo con Controladores Lógicos Programables (PLC)

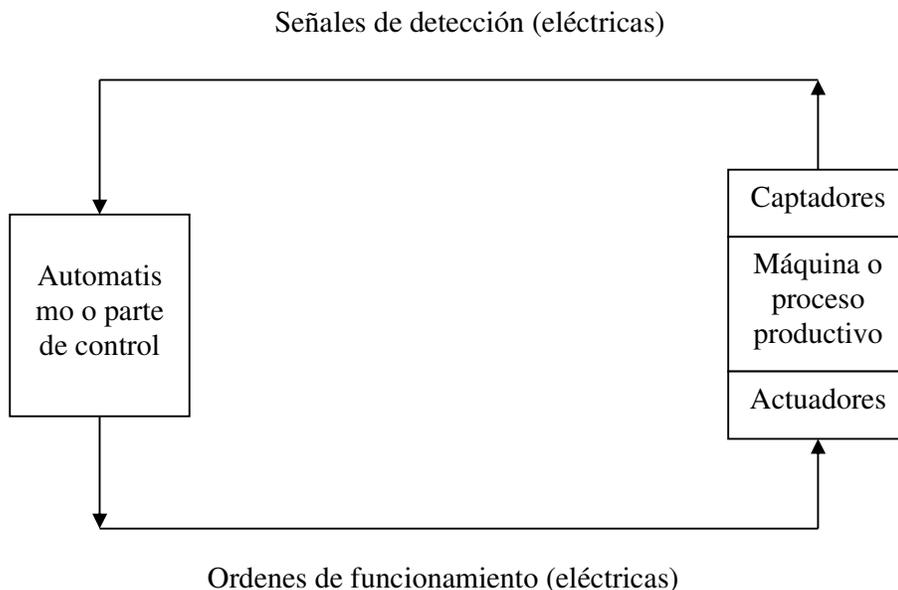
Introducción a los automatismos

La automatización de una máquina o proceso productivo simple, tiene como consecuencia la liberación física y mental del hombre de dicha labor.

Se denomina automatismo al dispositivo físico que realiza esta función controlando su funcionamiento.

Principio de un sistema automático

Todo sistema automático por simple que éste sea se basa en el concepto de bucle o lazo, tal y como se representa en la siguiente figura.



Fases de estudio en la elaboración de un automatismo

Para el desarrollo y elaboración de un automatismo se deben seguir los siguientes pasos:

Instrumentación y Control Automático



Automatismos con Controladores Lógicos Programables (PLC)

- **Estudio previo:** Es importante conocer con el mayor detalle posible las características, el funcionamiento, las distintas funciones, etc., de la máquina o proceso a automatizar. Se debe saber también de los materiales, aparatos, etc., existentes en el mercado, para lo que se debe evaluar la calidad de la información técnica de los equipos y cual es la disponibilidad, rapidez de recambios y asistencia técnica.
- **Estudio técnico – económico:** En este punto se tiene en cuenta las distintas opciones posibles (lógica cableada o lógica programada), la adaptación de los dispositivos seleccionados al sistema a automatizar y al entorno en el que se haya inscripto; se valora la parte operativa como mantenimiento y fiabilidad, etc.. La importancia de la evaluación desde el punto de vista técnico y económico radica en que a veces la mejor solución técnica resulta ser totalmente antieconómica.
- **Decisión final:** Los parámetros que se deben valorar para una decisión correcta pueden ser muchos y variados, algunos de los cuales serán específicos en función del problema concreto que se va a resolver, pero otros serán comunes, tales como la posibilidad de ampliación y de aprovechamiento de lo existente en cada caso, el ahorro desde el punto de vista de necesidades para su manejo y mantenimiento, etc.

Opciones tecnológicas

El siguiente cuadro muestra las opciones tecnológicas posibles derivadas de las dos generales: lógica cableada y lógica programada.

| Tipo | Familia tecnológica | Subfamilia específica | |
|-------------------|---------------------|------------------------------|------------------|
| Lógica cableada | Eléctrica | Relés electromagnéticos | |
| | | Electro neumática | |
| | | Electro hidráulica | |
| | Electrónica | Electrónica estática | |
| Lógica programada | Electrónica | Sistemas informáticos | Microordenadores |
| | | | Mini ordenadores |
| | | Microsistemas tipo PIC | |
| | | Autómatas Programables (PLC) | |

Autómatas programables (PLC)

Se entiende por controlador lógico programable (PLC), o autómeta programable, a toda máquina electrónica, basada en microprocesador, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales. Su manejo y programación puede ser realizada por personal eléctrico o electrónico sin conocimientos informáticos. Realiza funciones lógicas: series, paralelos, temporizaciones, contajes y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc.

También se le puede definir como una “caja negra” en la que existen unos terminales de entrada a los que se conectarán pulsadores, fines de carreras, detectores de posición, etc., conectándose a los terminales de salida, dispositivos tales como contactores, relés, electroválvulas, lámparas, etc., de tal forma que la actuación de estos últimos está en función de las señales de entrada que están activadas en cada momento y según el programa almacenado.

Muchos de los dispositivos físicos tradicionales como, temporizadores, contadores, etc., son internos, esto es que son bloques de software disponibles por el programador. La tarea del usuario se reduce a realizar el “programa”, que no es más que la relación entre señales de entrada que se tienen que cumplir para activar cada salida.

Campo de aplicación

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware amplía continuamente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario realizar procesos de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industrial de cualquier tipo hasta el control de instalaciones de edificios (domótica), agroindustria (viveros), tránsito (semáforos) , etc..

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación sencilla de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos con requerimientos tales como:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Ejemplos de aplicaciones generales podrían ser los siguientes:

Maniobra de máquinas

- Maquinaria industrial del mueble y madera.
- Maquinaria en procesos de grava, arena y cemento.
- Maquinaria en la industria del plástico.
- Máquinas-herramientas complejas (CNC)
- Maquinaria en procesos textiles y de confección.
- Maquinaria de ensamblaje.
- Maquinaria agroalimentaria

Maniobra de instalaciones

- Instalaciones de aire acondicionado, calefacción, etc.
- Instalaciones de seguridad.
- Instalaciones de frío industrial.
- Instalaciones de almacenamiento y trasvase de cereales.
- Instalaciones de plantas embotelladoras.
- Instalaciones de la industria de automoción.
- Instalaciones de tratamientos térmicos.
- Instalaciones de plantas depuradoras de residuos.
- Instalaciones de cerámica.

Ventajas e inconvenientes del PLC

Ventajas:

1. Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
 - No es necesario dibujar el esquema de contactos.
 - No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general. La capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
 - La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminamos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega, etc...
2. Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
3. Mínimo espacio de operación.
4. Menor coste de mano de obra de la instalación.
5. Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden detectar e indicar averías.
6. Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
7. Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
8. Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.
9. Comunicaciones digitales con otros PLC's y computadores, por ejemplo tipo PC para conformar sistema SCADA (HMI /MMI).

Inconvenientes

Como inconvenientes podríamos hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido.

Pero hay otro factor importante, como el costo inicial, que puede o no ser un inconveniente, según las características del automatismo en cuestión. Dado que el PLC cubre ventajosamente un amplio espectro de aplicaciones y de reemplazo de la lógica cableada, es preciso que el proyectista lo conozca tanto en su amplitud como en sus limitaciones. Por tanto, aunque el coste inicial debe ser tenido en cuenta a la hora de

decidirnos por uno u otro sistema, conviene analizar todos los demás factores para asegurarnos una decisión acertada.

Elementos de hardware

Estructura externa

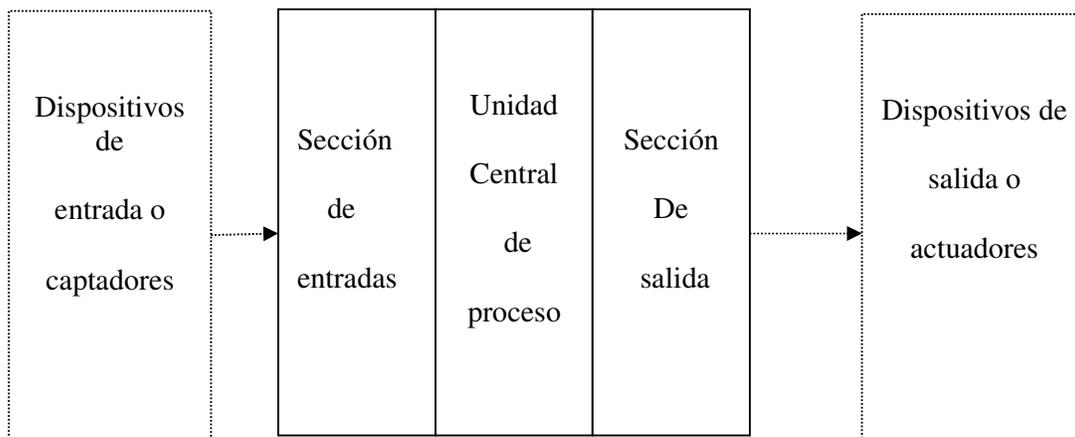
El término estructura externa o configuración externa de un autómata programable se refiere al aspecto físico del mismo, bloques o elementos en que está dividido, etc... Desde su nacimiento y hasta nuestros días han sido varias las estructuras y configuraciones que han salido al mercado condicionadas no sólo por el fabricante del mismo, sino por la tendencia existente en el área al que perteneciese: europea o norteamericana. Actualmente son dos las estructuras más significativas que existen en el mercado:

- Estructura compacta: Este tipo de autómata se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos, esto es, fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas / salidas, etc... En cuanto a su unidad de programación, existen tres versiones: unidad fija o enchufable directamente en el autómata; enchufable mediante cable y conector, o la posibilidad de ambas conexiones. Si la unidad de programación es sustituida por un PC, nos encontramos que la posibilidad de conexión del mismo será mediante cable y conector. El montaje del autómata al armario que ha de conectarlo se realiza por cualquiera de los sistemas conocidos: riel DIN, placa perforada, etc...
- Estructura modular: Como su nombre lo indica, la estructura de este tipo de autómata se divide en módulos o partes del mismo que realizan funciones específicas. Aquí caben hacer dos divisiones:
 1. Estructura americana: Se caracteriza por separar las E/S del resto del autómata, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación, y separadamente las unidades de E/S en los bloques o tarjetas necesarias.
 2. Estructura europea: Su característica principal es la de que existe un módulo para cada función: fuente de alimentación, CPU, E/S, etc... La unidad de programación se une mediante cable y conector. La sujeción de los mismos se hace bien sobre

Riel DIN o placa perforada, bien sobre RACK, en donde va alojado el BUS externo de unión de los distintos módulos que lo componen.

Estructura interna

Los autómatas programables se componen esencialmente de tres bloques, tal y como se representa a continuación.

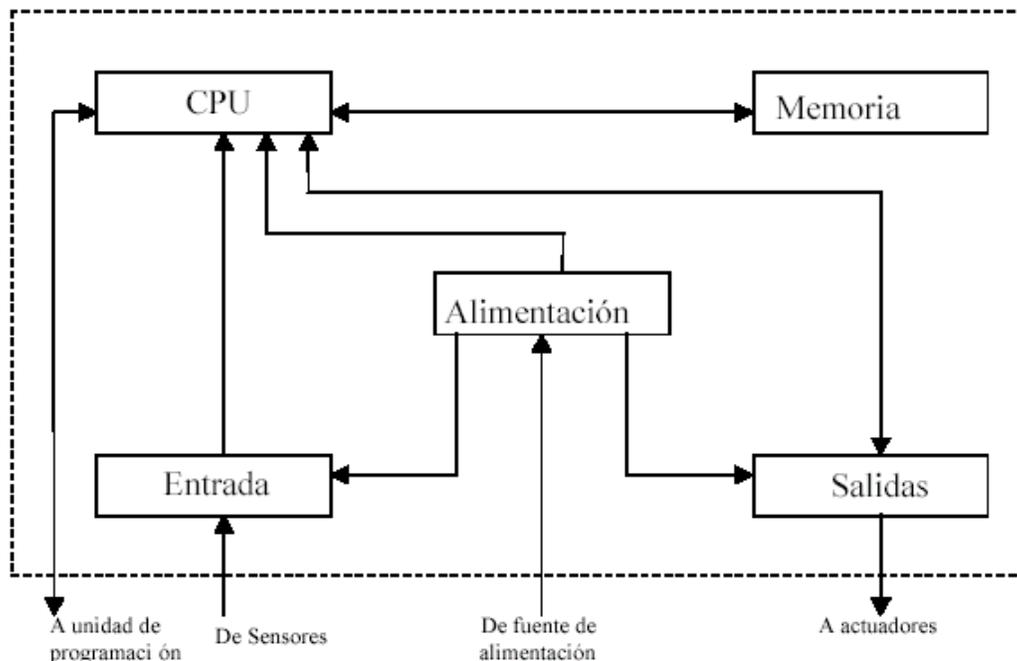


- Sección de entradas: Mediante la interfaz, adapta y codifica de forma comprensible por la CPU las señales procedentes de los dispositivos de entrada o captadores, esto es, pulsadores, finales de carrera, sensores, etc.; también tiene una misión de protección de los circuitos electrónicos internos del autómata, realizando una separación eléctrica entre éstos y los captadores.
- Unidad central de procesos (CPU): Es, por decirlo así, la inteligencia del sistema, ya que mediante la interpretación de las instrucciones del programa de usuario y en función de los valores de las entradas, activa las salidas deseadas.
- La sección de salidas: Mediante la interfaz, trabaja de forma inversa a la de entradas, es decir, decodifica las señales procedentes de la CPU, la amplifica y manda con ellas los dispositivos de salida o actuadores, como lámparas, relés, contactores, arrancadores, electroválvulas, etc., aquí también existen unas interfaces de adaptación a las salidas y de protección de circuitos internos.

Para que este autómeta sea operativo son necesarios otros elementos tales como:

- La unidad de alimentación: Esta adapta la tensión de red de 220V y 50Hz a la de funcionamiento de los circuitos electrónicos internos del autómeta, así como a los dispositivos de entrada, 24Vcc, por ejemplo.
- La unidad de programación: Esta es la que le permite al usuario ingresar al interior del PLC con un programa determinado, que establece que salidas se deben habilitar de acuerdo al estado de las entradas. Los PLC's pueden programarse desde una PC o con una unidad de programación portátil consistente en un teclado con un display similar a una calculadora, ambas opciones se comunican con el autómeta mediante un cable y un conector.

A continuación se representa en bloques separados, pero interrelacionados entre sí los últimos puntos mencionados con el CPU.



Memorias

Llamamos memorias a cualquier dispositivo que nos permita almacenar información en forma de bits (ceros y unos). En nuestro caso nos referimos a las memorias que utilizan como soporte elementos semiconductores.

Instrumentación y Control Automático



Automatismos con Controladores Lógicos Programables (PLC)

No todas las memorias son iguales; se distinguen dos tipos fundamentales de memorias fabricadas con semiconductores:

- **RAM (Random Access Memory):** Esta es una memoria de acceso aleatorio o memoria de lectura – escritura. En este tipo de memorias se pueden realizar los procesos de lectura y escritura por procedimientos eléctricos, pero su información desaparece al faltarle la corriente.
- **ROM (Read Only Memory):** Esta es una memoria de sólo lectura. En estas memorias se puede leer su contenido, pero no se puede escribir en ellas; los datos e instrucciones los graba el fabricante y el usuario no puede alterar su contenido. Aquí la información se mantiene ante la falta de corriente.

Pero estas no son todas las memorias disponibles, pues como se observa en el siguiente cuadro existen otros tipos en las que los sistemas de programarlas, su borrado y su volatilidad o permanencia de la información marcan sus diferencias.

| Tipo de memoria | Sistema de programación | Sistema de borrado | Ante el corte de tensión la memoria |
|---|--------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| RAM Memoria de lectura- escritura | Eléctrica | Eléctrica | Se pierde, es volátil |
| ROM Memoria de solo escritura | Durante su proceso de fabricación | Es imposible su borrado | Se mantiene |
| PROM Memoria programable | Eléctrica | Es imposible su borrado | Se mantiene |
| EPROM Memoria modificable | Eléctrica | Por rayos UV | Se mantiene |
| EEPROM Memoria modificable | Eléctrica | Eléctrico | Se mantiene |

La utilización de una memoria depende de las funciones asignadas, así se utilizará un tipo de memoria u otra.

- **Memoria de usuario:** El programa de usuario normalmente se graba en memoria RAM, ya que no sólo ha de ser leído por el

microprocesador, sino que ha de poder ser variado cuando el usuario lo desee, utilizando la unidad de programación. En algunos autómatas, la memoria RAM se auxilia de una memoria de back-up o respaldo del tipo EEPROM. La desconexión de la alimentación o un fallo de la misma borrarían esta memoria, ya que al ser la RAM una memoria volátil necesita estar constantemente alimentada y es por ello que los autómatas que la utilizan llevan incorporada una batería tampón que impide su borrado.

- Memoria de la tabla de datos: La memoria de esta área también es de tipo RAM, y en ella se encuentra, por un lado, la imagen de los estados de las entradas y salidas y, por otro, los datos numéricos y variables internas, como contadores, temporizadores, marcas, etc..
- Memoria y programa del sistema: Esta memoria, que junto con el procesador componen la CPU, se encuentra dividida en dos áreas: la llamada “memoria del sistema”, que utiliza memoria RAM, y la que corresponde al “programa del sistema o firmware”, que lógicamente es un programa fijo grabado por el fabricante y, por tanto, el tipo de memoria utilizado es ROM. En algunos autómatas se utiliza únicamente la EPROM, de tal forma que se puede modificar el programa memoria del sistema previo borrado del anterior con UV.
- Memoria EPROM y EEPROM: Independientemente de otras aplicaciones, algunas ya mencionadas, este tipo de memorias tiene gran aplicación como memorias copias para grabación y archivo de programas de usuarios.

Unidad central de procesos (CPU)

La CPU está constituida por los elementos siguientes: procesador, memoria y circuitos auxiliares asociados.

A continuación hablaremos del procesador: Está constituido por el microprocesador, el generador de impulsos de onda cuadrada o reloj y algún chip auxiliar. El procesador se monta sobre una placa de circuito impreso, en ella y junto al chip del microprocesador se sitúan todos aquellos circuitos integrados que lo componen, principalmente memorias ROM del sistema. En algunos tipos de autómatas aquí se sitúan también los chips de comunicación con periféricos o de interconexión con el sistema de entradas / salidas.

El microprocesador (μP) es un circuito integrado (chip) a gran escala de integración que realiza una gran cantidad de operaciones, que se

agrupan en: de tipo lógicas, de tipo aritmético y de control de la transferencia de la información dentro del autómata.

Los circuitos internos del μP son de los siguientes tipos:

1. Circuito de la unidad aritmética y lógica o ALU: Es la parte del μp donde se realizan los cálculos y las decisiones lógicas para controlar el autómata.
2. Circuitos de la unidad de control o UC: Organiza todas las tareas del μp . Así, por ejemplo, cuando una instrucción del programa codificada en código máquina (ceros y unos) llega al μp , la UC sabe, mediante una pequeña memoria ROM que incluye, qué secuencia de señales tiene que emitir para que se ejecute la instrucción.
3. Registros: Los registros del μp son memorias en las que se almacenan temporalmente datos, instrucciones o direcciones mientras necesitan ser utilizados por el μp . Los registros más importantes de un μp son los de instrucciones, datos, direcciones, acumulador, contador de programa, de trabajo y el de bandera o estado.
4. Buses: No son circuitos en sí, sino zonas conductoras en paralelo que transmiten datos, direcciones, instrucciones, y señales de control entre las diferentes partes del μp . Se puede hacer una diferencia entre buses internos y externos; los primeros unen entre sí las diferentes partes del μp , mientras que los segundos son pistas de circuitos impresos que unen chips independientes. Los buses internos y externos son continuación unos de los otros.
La CPU se pondrá en comunicación con la tarjeta cuya dirección coincida con la combinación del bus.

En la memoria ROM del sistema, el fabricante ha grabado una serie de programas ejecutivos fijos, firmware o software del sistema y es a estos programas a los que accederá el μP para realizar las funciones ejecutivas que correspondan en función del tiempo en que trabaje.

El software de sistema de cualquier autómata consta de una serie de funciones básicas que realiza en determinados tiempos de cada ciclo: en el inicio o conexión, durante el ciclo o ejecución del programa y a la

desconexión. Este software o programa del sistema es ligeramente variable para cada autómeta, pero, en general, contiene las siguientes funciones:

- Supervisión y control de tiempo de ciclo (watchdog), tabla de datos, alimentación, baterías, etc.
- Auto test en la conexión y durante la ejecución del programa.
- Inicio del ciclo de exploración de programa y de la configuración del conjunto.
- Generación del ciclo base de tiempo.
- Comunicación con periféricos y unidad de programación.

Hasta que el programa del sistema no ha ejecutado todas las acciones necesarias que le corresponden, no se inicia el ciclo de programa de usuario.

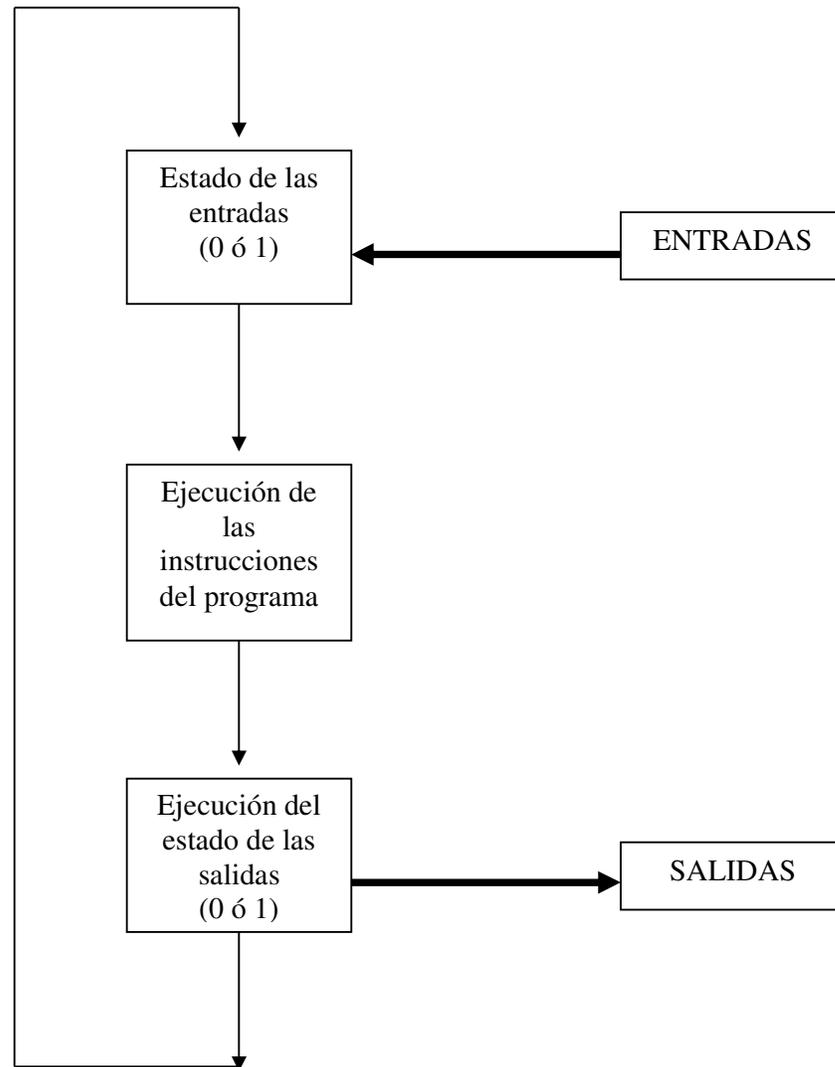
El ciclo básico de trabajo en la elaboración del programa por parte de la CPU es el siguiente: antes de iniciar el ciclo de ejecución, el procesador, a través del bus de datos, consulta el estado 0 ó 1 de la señal de cada una de las entradas y las almacena en los registros de la memoria de entradas, esto es, en la zona de entradas de la memoria de la tabla de datos.

Esta situación se mantiene durante todo el ciclo del programa. A continuación, el procesador accede y elabora las sucesivas instrucciones del programa, realizando las concatenaciones correspondientes de los operandos de estas instrucciones. Seguidamente asigna el estado de la señal a los registros de las salidas de acuerdo a la concatenación anterior, indicando si dicha salida ha o no de activarse, situándola en la zona de salida de la tabla de datos.

Al fin del ciclo, una vez concluida la elaboración del programa, asigna los estados de las señales de entrada a los terminales de entrada y los de salida a las salidas, ejecutando el estado 0 ó 1 en estas últimas. Esta asignación se mantiene hasta el final del siguiente ciclo, en el que se actualizan las mismas.

Dada la velocidad con que se realiza cada ciclo, el orden de 5 a 10 ms / 1K instrucciones, se puede decir que las salidas se ejecutan en función de las variables de entrada prácticamente en tiempo real.

La figura siguiente representa el ciclo básico de trabajo de un autómeta programable.



Unidades de entradas-salidas (E/S)

Son los dispositivos básicos por donde se toma la información de los captadores, en el caso de las entradas, y por donde se realiza la activación de los actuadores, en las salidas.

En los autómatas compactos, las E/S están situadas en un solo bloque junto con el resto del autómata.

En los modulares, las E/S son módulos o tarjetas independientes con varias E/S, y que se acoplan al bus de datos por medio de su conductor y conector correspondiente, o bien a un bastidor o rack, que le proporciona dicha conexión al bus y su soporte mecánico.

Las funciones principales de las E/S son el adaptar las tensiones e intensidades de trabajo de los captadores y actuadores a las de trabajo de los circuitos electrónicos del autómeta; realizar una separación eléctrica entre los circuitos lógicos de los de potencia, generalmente a través de opto acopladores, y proporcionar el medio de identificación de los captadores y actuadores ante el procesador.

Entradas: Estas son fácilmente identificables, ya que se caracterizan físicamente por sus bornes para acoplar los dispositivos de entrada o captadores, por su numeración, y por su identificación INPUT o ENTRADA; llevan además una indicación luminosa de activado por medio de un diodo LED.

En cuanto a su tensión, las entradas pueden ser de tres tipos:

- Libres de tensión
- A corriente continua
- A corriente alterna

En cuanto al tipo de señal que reciben, éstas pueden ser:

a) Analógicas:

Cuando la magnitud que se acopla a la entrada corresponde a una medida de, por ejemplo, presión, temperatura, velocidad, etc., esto es, analógica, es necesario disponer de este tipo de módulo de entrada. Su principio de funcionamiento se basa en la conversión de la señal analógica a código binario mediante un convertidor analógico-digital (A/D).

b) Digital:

Son las más usadas y corresponden a una señal de entrada todo o nada, esto es, a un nivel de tensión o a la ausencia de la misma. Ejemplo de elementos de este tipo son los finales de carreras, interruptores, pulsadores, etc.

Salidas: La identificación de estas se realiza igual que en las entradas, figurando en este caso la identificación de OUTPUT o SALIDA. Es en las salidas donde se conectan o acoplan los dispositivos de salida o actuadores, e incluye un indicador luminoso LED de activado.

Tres son los tipos de salidas que se pueden dar:

- A relé: Este tipo de salida suele utilizarse cuando el consumo tiene cierto valor (del orden de amperio) y donde las conmutaciones no son demasiado rápidas. Son usadas en cargas de contactores, electro válvulas, etc.
- A triac: En comunicaciones muy rápidas en donde el relé no es capaz de realizarlas o su vida se hace corta, se utiliza el triac. Su vida es más larga que la del relé. En cuanto al valor de intensidad, suele tener valores similares al relé.
- A transistor: Cuando las cargas sean del tipo de poco consumo, rápida respuesta y alto número de operaciones, como es el caso de circuitos eléctricos, se debe utilizar estos tipos de salidas. Su vida es superior a la del relé.

Mientras que la salida a transistor se utiliza cuando los actuadores son a c.c., las de relés y triac suelen utilizarse para actuadores a c.a.

En cuanto a las intensidades que soportan cada una de las salidas, esta es variable, pero suele oscilar entre 0.5 y 2 A.

Al igual que en las entradas, las salidas pueden ser analógicas y digitales, si bien esta última es la más utilizada. En las analógicas es necesario un convertidor digital-analógico (D/A) que nos realice la función inversa a la de la entrada.

A continuación se muestra una clasificación de captadores y actuadores:

| | Captadores | Actuadores |
|-----------|---|--|
| Digital | Pulsadores (l.t.) Finales de carrera (l.t.) Llaves interruptoras (l.t.) Termostatos (l.t.) Presostatos (l.t.) Detectores de proximidad (b.t.) Sensores fotoeléctricos (b.t.) Células fotoeléctricas (b.t.) Nivel de líquidos (b.t.) | Solenoides Relés Contactores Electro válvulas |
| Analógico | Transmisores de temperatura Transmisores de presión Transmisores de caudal, etc. | Válvula de control, Variadores de frecuencia |

(l.t.): Libres de tensión
 (b.t.): baja tensión

Interfaces

Son circuitos que permiten la comunicación de la CPU con el exterior llevando la información acerca del estado de las entradas y transmitiendo de las entradas y transmitiendo las órdenes de activación de las salidas.

Constan de enlaces del tipo RS-232 o RS-485, y efectúan la comunicación mediante el código ASCII.

Asimismo, permite la introducción, verificación y depuración del programa mediante la consola de programación, así como la grabación del programa a soporte magnético, en memoria EPROM, comunicación con TRC (monitor), impresora, etc..

Equipos o unidades de programación

La unidad de programación es el medio material del que se auxilia el programador para grabar o introducir en la memoria de usuario las instrucciones del programa. Pero esta unidad realiza otras tareas fundamentales. La gama de funciones que son capaces de ejecutar los equipos de programación son múltiples y variados, aumentando el tipo de éstas e razón directa a la complejidad del equipo. Las funciones básicas de estos son:

a. Programación:

- Introducción de instrucciones (programa)
- Búsqueda de instrucciones o posiciones de memoria
- Modificación del programa (borrado de instrucciones, Inserción de instrucciones, modificación de instrucciones)
- Detección de errores de sintaxis o formato
- Visualización del programa de usuario o parte del mismo, contenido en la memoria de usuario
- Forzamiento del estado de marcas, registros, contadores, temporizadores, etc.

b. Grabado de programas

- En soporte magnético
- En chip de memoria EPROM o EEPROM
- En papel mediante impresora

c. Visualización y verificación dinámica del programa

- Del programa o parte del él
- De entradas y salidas
- De temporizadores, contadores, registros, etc.

d. Modos de servicios

- STOP (off-line), o salidas en reposo
- RUN (on-line), o ejecutando el programa
- Otros medios intermedios como MONITOR, etc.

Desde el punto de vista constructivo, podemos distinguir tres tipos principales:

- Unidades tipo calculadora: Son las más comúnmente utilizadas en los autómatas de la gama baja; constan del correspondiente teclado, conmutador de modos, display de cristal líquido o siete segmentos de dos o más líneas, así como de las entradas para la grabación del programa de usuario. Puede ser totalmente independiente, ser enchufada directamente en la CPU, o con ambas posibilidades.

En las de pocas líneas (2, 4) sólo es posible escribir nemónicos, pero en las de pantallas llamadas de programación gráfica pueden visualizarse algunas líneas de programa de lenguajes gráficos, datos del programa, etc.

- Consola de programación: Está en una posición intermedia entre la unidad tipo calculadora y la PC. Consta de pantalla de plasma o tipo similar y tamaño suficiente para 20-30 líneas y 60-80 caracteres por línea, así como teclado. Al igual que el PC utiliza el software de programación preciso para los lenguajes utilizados en el PLC, almacenando los programas en disquete.

- Unidad con PC: Esta unidad que se adapta al autómata mediante la interfaz correspondiente y realizan la misma función que la unidad de programación normal, pero con mayor prestaciones, permitiendo visualizar los esquemas o diagramas completos o partes importantes de los mismos. Este equipo incorpora el software necesario para poder trabajar en más de un lenguaje de programación, incluso realizar la transformación de

lenguajes. La grabación se puede realizar en el disco duro de la PC o en disquete o CD.

Las instrucciones que se introducen en la unidad de programación no son directamente interpretables por el procesador, que se ha de auxiliar de un circuito intermedio llamado Compiler. Es, por tanto, el Compiler el elemento de unión entre el autómata y la unidad de programación.

Su misión es la de traducir la información textual de la unidad de programación a lenguaje de máquina y viceversa mediante unos códigos intermedios que son interpretados por un programa residente en el firmware.

Tamaño de los autómatas programables

La clasificación de los PLC en cuanto a su tamaño se realiza en función del número de sus entradas-salidas; son admitidos los tres grupos siguientes:

- Gama baja: Hasta un máximo de 128 entradas-salidas. La memoria de usuario de que disponen suele alcanzar un valor máximo de 4K instrucciones.
- Gama media: De 128 a 512 entradas-salidas. La memoria de usuario de que disponen suele alcanzar un valor máximo de hasta 16K instrucciones.
- Gama alta: Más de 512 entradas-salidas. Su memoria de usuario supera en algunos de ellos los 100K instrucciones.

Elementos de software: Instrucciones y programas

Un programa es una sucesión o lista de distintas órdenes de trabajo también llamadas instrucciones y capaz de hacer ejecutar al autómata la secuencia de trabajo pretendida. La pregunta que vamos a tratar de responder, por tanto, va a ser: ¿Qué es una instrucción?

Una instrucción u orden de trabajo es la parte más pequeña de un programa y consta de dos partes principales: operación y operando; a su vez el operando está dividido en símbolo y parámetro.

Instrumentación y Control Automático



Automatismos con Controladores Lógicos Programables (PLC)

| Instrucción | | |
|--------------------|---------------------|-----------|
| Operación ¿Qué? | Operando ¿Dónde? | |
| | Símbolo | Parámetro |

La operación es el código (CODE) de la instrucción. Puede venir dado como código numérico o cifra por ejemplo: 08 o código nemónico, por ejemplo: AND

El operando es el complemento al código u operación. Mediante el operando indicamos la dirección del elemento de que se trate (contadores, temporizadores, E/S, marcas internas, etc

La operación le indica a la CPU qué tiene que hacer, o lo que es lo mismo, la clase de instrucción que ha de ejecutar.

El operando le indica a la CPU dónde debe de hacerlo, o lo que es lo mismo, dónde debe realizarse esa instrucción.

Cuando se programa, cada instrucción del programa se aloja en una celda, posición o dirección de memoria que está numeradas en orden creciente y en función de la capacidad de la memoria en cuestión; en el caso de una memoria de usuario 1K palabras, las direcciones disponibles serían de la 0000 a la 1023. Se ha supuesto que cada instrucción ocupe una palabra que, en general, es de 16 bits o 2 bytes, si la instrucción ocupa más de 2 bytes como ocurre en algunos casos, el número de direcciones disponibles se reduce.

Otro concepto a tener en cuenta es el de línea o línea de programa. Una línea contiene dirección o paso, operación y operando, por tanto, se puede decir que una línea de programa consta de una instrucción, salvo algunos casos en el que son necesarias dos líneas para alojar una sola instrucción.

Ejecución de programas

Como ya se comentó, cuando el autómatas se sitúa en el ciclo de ejecución o ejecución cíclica, la CPU realiza, entre otras funciones, el barrido del programa contenido en la memoria del usuario, desde la casilla, dirección o línea 0000 hasta la última posible, según la capacidad de la misma, esto es, efectúa lo que se denomina ciclo de scanning.

En función de cómo se efectúa la ejecución o barrido del programa, se distinguen los siguientes sistemas, modos o estructuras de programación:

- **Ejecución cíclica lineal:** Cuando el ciclo de barrido de la memoria de usuario se realiza línea tras línea sin solución de continuidad, se dice que la programación es lineal, y la CPU consulta las instrucciones contenidas en la memoria secuencialmente, sin alterar este orden.
- **Salto condicional:** Cuando el ciclo de ejecución de un programa tiene la posibilidad, previa condición establecida, de alterar la secuencia línea a línea del mismo y dar un salto a otras líneas de programa, dejando líneas sin ejecutar.
- **Salto o subrutina:** En algunos casos ocurre que en un programa hay uno o más grupos de secuencias de instrucciones idénticas que se repiten y que habrá que rescribir tantas veces como éstas se repitan en dicho programa principal. En estos casos es muy útil escribir una sola vez esta secuencia o subrutina, e ir a ella cuando se requiera.
- **Programas paralelos:** En este sistema, utilizado por algunos fabricantes y denominado de programas paralelos, el procesamiento se realiza paralelamente y de forma asíncrona. En aquellos casos en que con un único autómatas queremos controlar varios procesos totalmente independientes, este sistema es muy útil, aunque también se utiliza controlando funciones de un proceso único. En este tipo de ejecución es posible el uso de subrutinas en cada programa paralelo.

Sistemas o lenguajes de programación

Varios son los lenguajes o sistemas de programación posibles en los autómatas programables, aunque su utilización no se puede dar en todos los autómatas; por esto cada fabricante indica en las características generales de sus equipos el lenguaje o los lenguajes con los que puede operar. En general, se podría decir que los lenguajes de programación más usuales son

aquellos que transfieren directamente el esquema de contactos y las ecuaciones lógicas o los logaritmos, pero éstos no son los únicos.

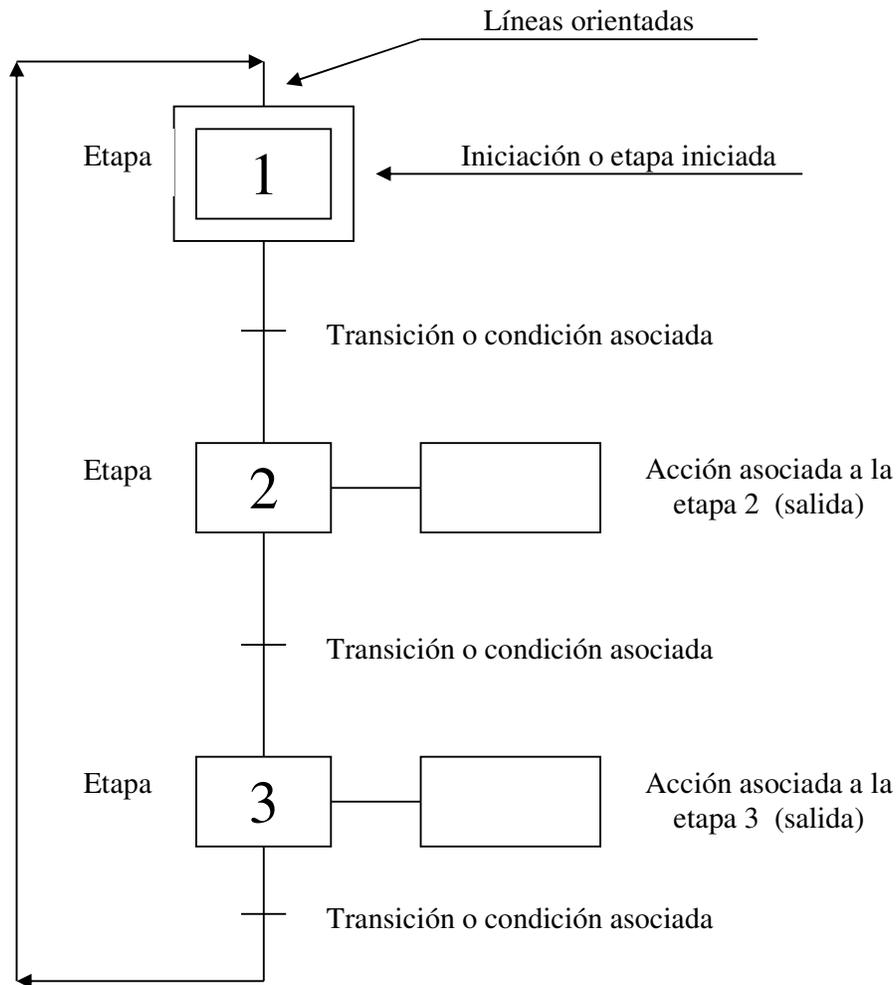
A continuación figura una relación de los lenguajes y métodos gráficos más utilizados:

- Nemónico o booleano (AWL): Es un lenguaje en el cual cada instrucción se basa en las definiciones del álgebra de Boole o álgebra lógica. A continuación figura una relación de nemónicos, con indicación de lo que representan:

STD: Operación contacto abierto
STR NOT: operación inicio contacto cerrado
AND (Y): Contacto serie abierto
OR (O): Contacto paralelo abierto
AND NOT: Contacto serie cerrado
OR NOT: Contacto paralelo cerrado

OUT: Bobina de relé de salida
TMR: Temporizador
CNT: Contador
MCS: Conexión de una función a un grupo de salidas
MCR: Fin de la conexión del grupo de salidas
SFR: Registro de desplazamiento
Etcétera

- GRAF CET: El Gráfico de Orden Etapa Transición (Graphe de Comande Etape Transition), es un método por el cual se describen en una forma gráfica perfectamente inteligible las especificaciones de cualquier automatismo, es decir, es un método de análisis que consiste en descomponer todo mecanismo secuencial en una sucesión de etapas, las cuales están asociadas a la acción, transición y receptividad. La siguiente figura nos da una idea simplificada de este sistema.



- **Diagrama de contactos o lógica escalera (ladder logic):** La mayoría de los fabricantes incorporan este lenguaje, ello es debido a la semejanza con los esquemas de relés utilizados en los autómatas eléctricos de lógica cableada, lo que facilita la labor a los técnicos habituados a trabajar con dichos automatismos. Este lenguaje tiene como base su representación gráfica, pero debe ir acompañado del correspondiente cuadro o lista de programación, esto es, la relación de líneas de programa que configuran el mismo.

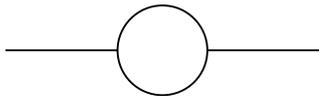
Debido a que este lenguaje será el que se utilizará en las prácticas de laboratorio, profundizaremos en el uso y significado de los principales símbolos utilizados:

Contactos en general:



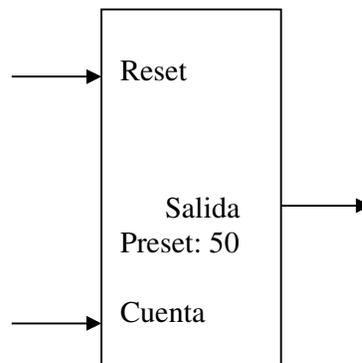
Estos representarían físicamente a un pulsador, tecla, golpe de puño, etc., presentes generalmente en el tablero de comandos.

Bobinas:



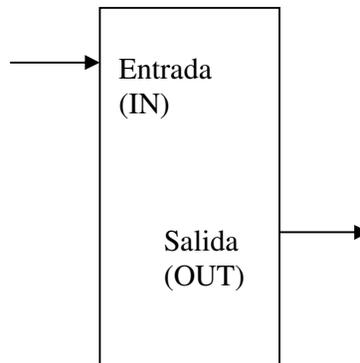
Este representaría a una bobina de relé en general, de salida, auxiliares, etc.

Contadores:



El contador, en su forma más simple, tiene 2 entradas, la de Cuenta, que es por donde entran los pulsos a ser contados y Reset que permite la puesta a cero del mismo. Contiene también un valor interno, definido por el programador, denominado Preset, que como ejemplo, en este caso, se le ha dado el valor de 50. La salida se activa cuando ha contado, a través de la entrada Cuenta, 50 pulsos.

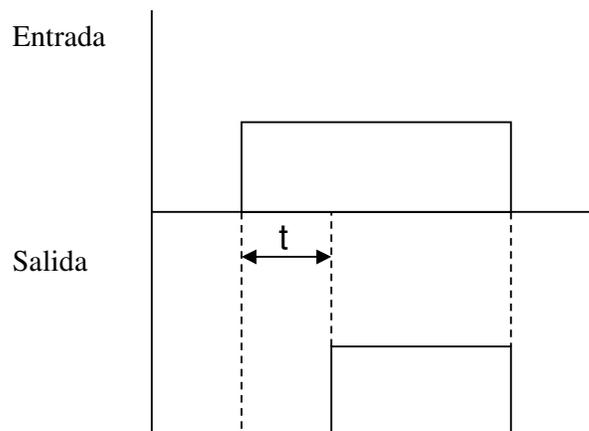
Temporizadores



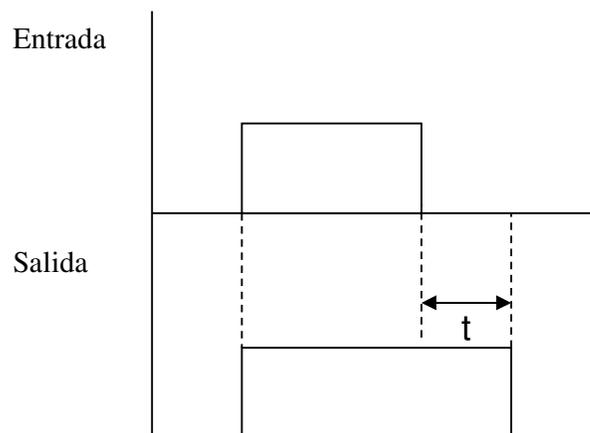
Se puede programar un temporizador con un rango de tiempos variables desde 10 milisegundos hasta 9999 minutos. Para obtener tiempos más largos se programan dos temporizadores en serie.

Un temporizador puede funcionar de tres formas diferentes:

- TON: Permite generar un retardo a la conexión, esto es, que ingresado un uno lógico en la entrada, un tiempo después, se emite por la salida otro uno lógico. Al caer la entrada, cae también la salida.

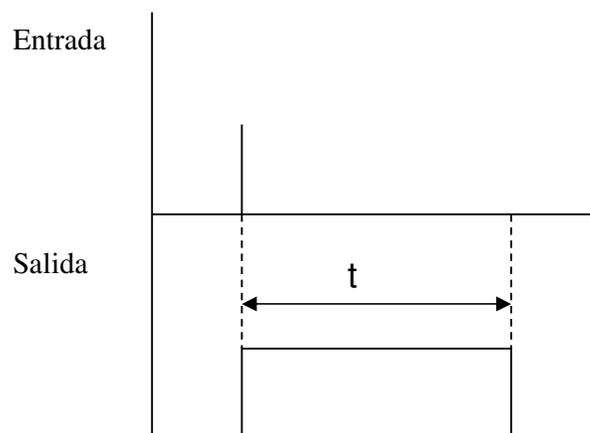


- TOF: Permite generar un retardo a la desconexión, es decir, que ingresada la señal de entrada, simultáneamente hay una señal de salida, la cual cesa un tiempo "t" después de quitada la señal de entrada, como se observa en el gráfico a continuación:



- TP (monoestable o temporizado al pulso): Permite generar una salida de duración precisa. Ingresada la señal de entrada, sin importar lo que suceda después con esta (normalmente un pulso de duración muy breve), se produce una señal a la salida la cual dura un cierto tiempo “t”.

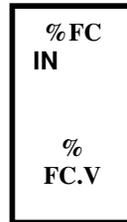
Gráficamente:



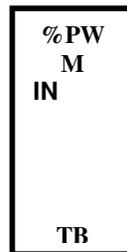
Por lo dicho anteriormente el temporizador debe ser configurado eligiendo el tipo de temporizador y la duración del tiempo “t” deseado).

Frecuencímetro: tiene por misión medir los pulsos que entran por IN, la frecuencia puede ser leída mediante la palabra %FC.V, como veremos en el

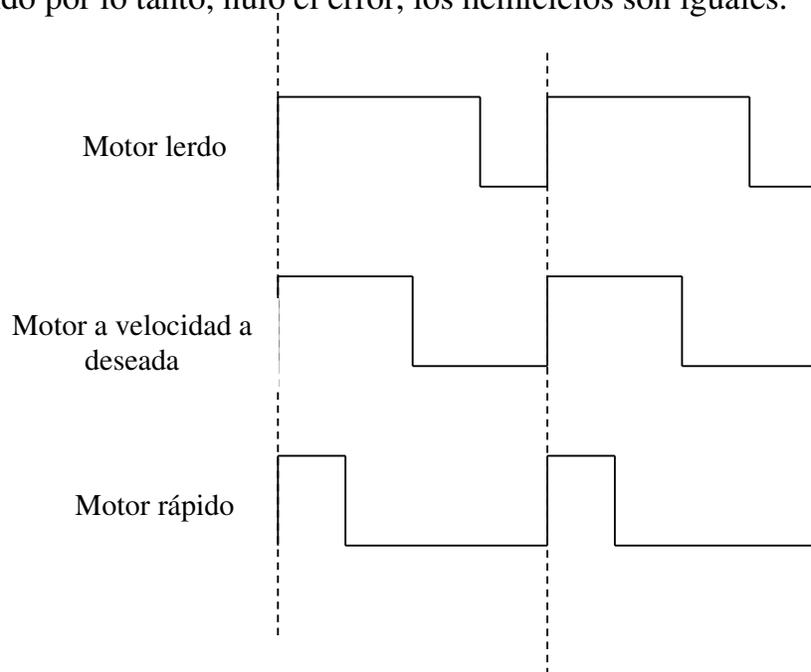
ejemplo más adelante. La frecuencia, para este PLC es un valor numérico entero positivo que puede estar comprendido entre 0 y 256.



Modulador por ancho de pulso (PWM): estando habilitada la entrada IN con un 1 lógico, tiene una palabra interna, denominada %PWM.R, la cual puede ser escrita con un valor numérico entero positivo comprendido entre 0 y un valor Máximo (depende de la resolución del PLC).



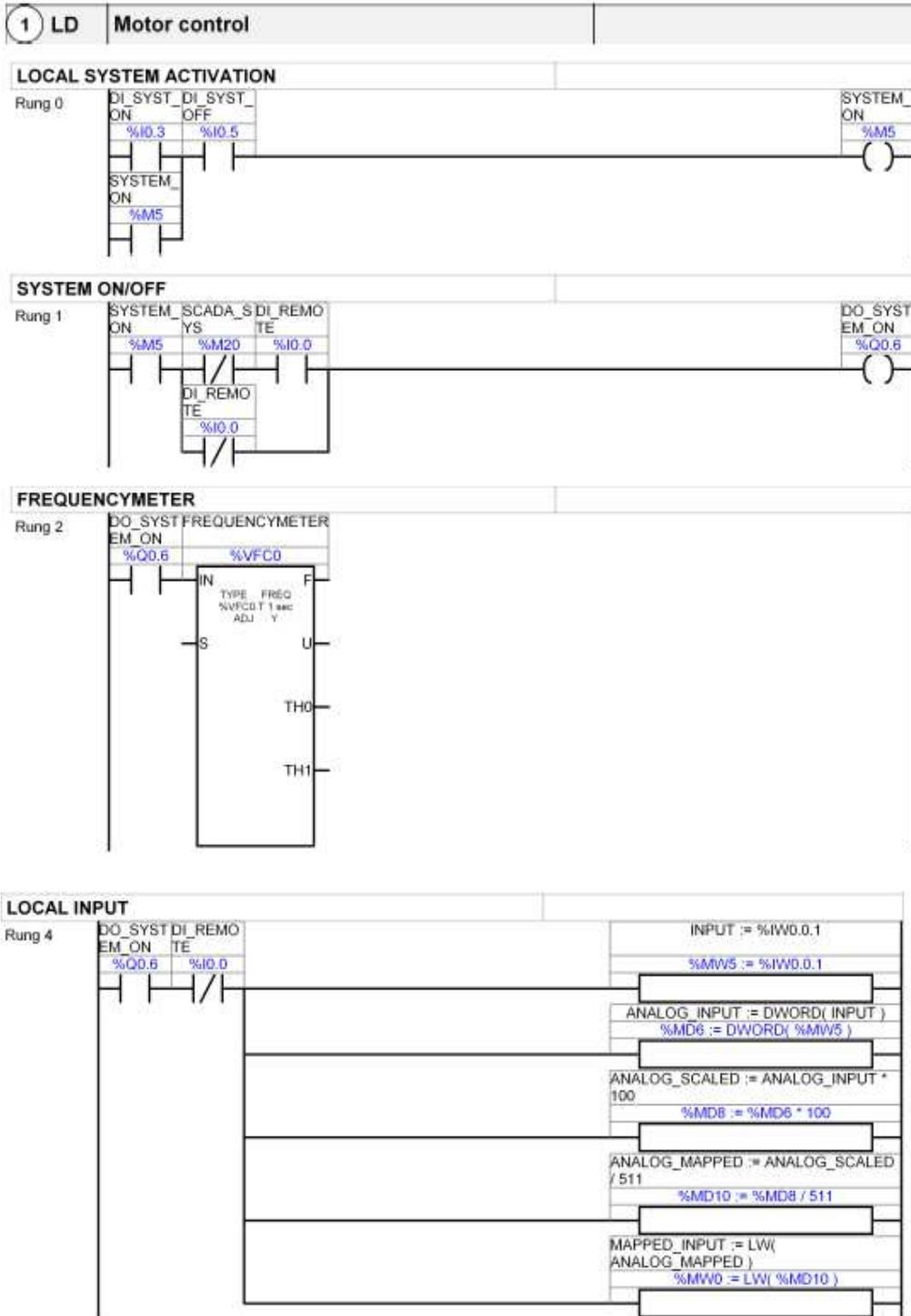
Para entender mejor esto recordemos que la modulación por ancho de pulso es generar una onda de período constante pero de hemiciclos variables. Esto es, que si, un motor de CC, bajo la acción de un “controlador” queda lermo en frecuencia respecto de lo que se desea, dentro del período constante, permanece en alto más tiempo que en bajo y viceversa, cuando el motor está rápido respecto de lo pretendido, dentro del período constante, está más tiempo en bajo que en alto, cuando coincide $c(t)$ con $r(t)$, siendo por lo tanto, nulo el error, los hemiciclos son iguales.



Los bloques descritos no son exhaustivos de todos los disponibles en la biblioteca de funciones almacenadas en la ROM de un PLC, dependiendo de sus capacidades, puede contar, entre otras, con las siguientes funciones:

- Programadores cíclicos
- Registros FIFO / LIFO
- Algoritmos PID, etc.

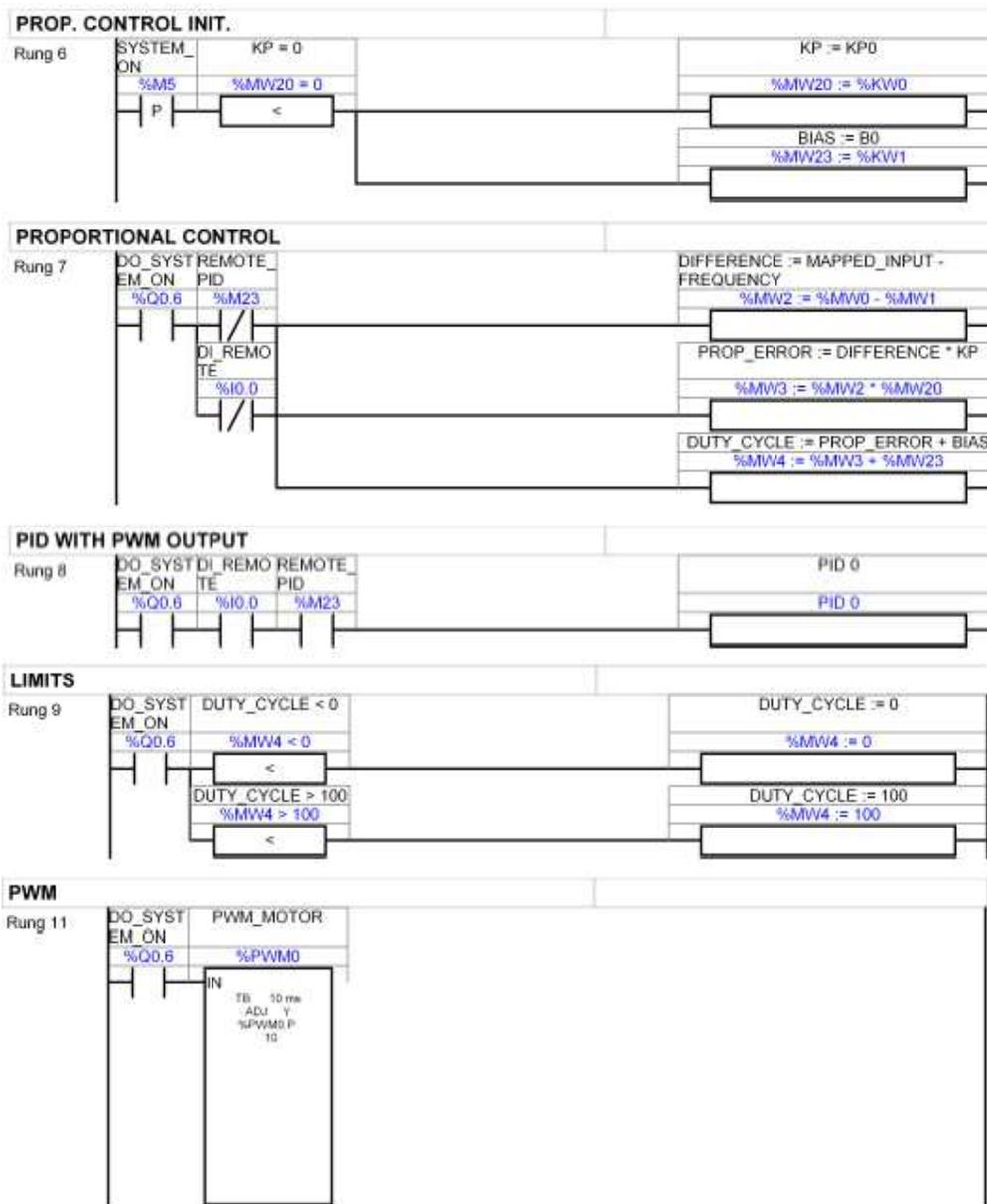
Ejemplo de Aplicación



Instrumentación y Control Automático



Automatismos con Controladores Lógicos Programables (PLC)



Profesor Titular: Ing. María Susana Bernasconi
JTP: Ing. Fernando Geli