

PROGRAMACIÓN EN ESCALERA¹ (Ladder)

Rodrigo A. Musalem M.²

1. Necesidad y usos del PLC

La gran mayoría de los procesos industriales requieren algún tipo de coordinación, supervisión o control. La necesaria automatización de estas funciones puede ser llevada a cabo de muy diferentes formas, pero hasta hace algunos años, la práctica común consistía en el control de secuencias de operación en base a cuadros de relés y la utilización de módulos especiales para control de variables continuas como la temperatura y tableros de indicadores (luminosos, por ejemplo) para proveer la interfaz con un operador supervisor.

Lamentablemente, cuando debía cambiarse el proceso, era necesario realizar modificaciones substanciales en el sistema de control del proceso lo cual implicaba grandes costos y demoras. Se requería algún tipo de reconfigurabilidad en el mismo diseño inicial.

Para llevar más allá la idea de la flexibilidad, se concibió la posibilidad de utilizar un computador especializado en el tipo de tareas que normalmente se requería de un control de un proceso industrial: sensar de contactos, actuación de relés, conteo, temporización, procesamiento de señales continuas, etc.

El hecho de utilizar un computador permite, en la mayoría de los casos cambiar la funcionalidad del control del proceso sin más que cambiar el programa, ya que en general todos los "componentes" necesarios como relés auxiliares, temporizadores, etc. se encuentran ya implementados en el software interno del mencionado computador que es ahora el control del proceso industrial. En los casos en que las modificaciones sean tantas que la capacidad de sistema inicial quede superada, por lo común será posible expandirlo con hardware adicional para cumplir con las nuevas exigencias.

La "especialización" del computador es básicamente de dos tipos: por un lado, y para facilitar su uso como control de proceso, debe ser programable con facilidad por técnicos habituados al funcionamiento de los controles más tradicionales y disponer de manera simple de todos los componentes de un sistema de control, a los que se hacía referencia, listos para ser utilizados. Por otra parte, el tipo de construcción y su tolerancia a condiciones ambientales y eléctricas extremas, debe permitirle desempeñarse con confiabilidad en todo tipo de montaje industrial.

Este computador fácilmente programable para tareas de control, y concebido para ser utilizado en un ambiente industrial, es lo que se conoce como PLC (Programmable Logic Controller), en español, controlador lógico programable.

¹ Este documento es un complemento a la clase expuesta por Rodrigo A. Musalem M. el día viernes 18 de mayo del 2001 acerca de Programación en Escalera.

² UTFSM, mayo del 2001.

2. Concepto de Programa

¿Cuál es la principal diferencia entre la implementación de un sistema de control de la forma tradicional (cuadro de relés, hardware especial, etc.) y la implementación con PLC?

La diferencia es la misma que cuando una tarea relativamente compleja es realizada por varias personas trabajando a la vez, pasa a ser realizada por una sola persona. Si cada persona se encargaba de una parte pequeña de la tarea total (por ejemplo: "Encienda el quemador si la temperatura es menor que 60°C y apáguelo si sube de 65°C") es posible considerar que no será necesario entrenamiento ni instrucciones especiales para ejecutar esta parte del trabajo. Por el contrario, cuando una sola persona se encarga de todo el trabajo requerirá una lista de todas las actividades a realizar, como hacerlas, y que hacer en caso que sea imposible cumplir con ellas. En el primer caso tenemos un equipo de personas trabajando simultáneamente o "en paralelo", en el segundo caso, tenemos una sola persona atendiendo secuencialmente las distintas subtareas que forman la tarea total. Esta única persona representa al PLC, y la lista de instrucciones que usa como recordatorio es el programa del PLC. De esta analogía, se puede decir que si la dinámica del proceso es tan rápida que cada una de las personas que lo atienden apenas alcanza a controlarlo, entonces no hay posibilidad de que una sola persona pueda hacer el trabajo de todas. Dicho de otra forma, el pasar de operación "en paralelo" o simultánea a operación serie o secuencial, impone condiciones a la velocidad de procesamiento del PLC.

3. Diferentes sistemas de programación

Con el fin de simplificar la tarea de programación, y de hacerla accesible a quienes no han tenido experiencia previa con computadores, se han concebido distintos métodos más o menos estándares de programación de PLC.

El primero de estos métodos, es la utilización de códigos de operación en la forma de listado que le indica al PLC la secuencia exacta de operaciones a realizar. Otro método consiste en la utilización de símbolos gráficos que representan determinadas operaciones básicas del PLC (Grafcet). La principal ventaja de este sistema es que está estandarizado y que no depende de la marca de PLC que se está programando. Además, existen programas para computadora personal que permiten contruir los programas de PLC de forma gráfica, por manipulación de estos símbolos. Finalmente, existe el método de programación Ladder, que dada su sencillez y similitud con un diagrama eléctrico es el más difundido.

4. Sistema de Programación Ladder

El nombre de este método de programación (que significa escalera en inglés) proviene de su semejanza con el diagrama del mismo nombre que se utiliza para la documentación de circuitos eléctricos de máquinas. Cabe mencionar que en estos diagramas la línea vertical a la izquierda representa un conductor con tensión, y la línea vertical a la derecha representa tierra.

Los contactos y bobinas básicas que se utilizan son:

Tipo de Contacto	Visualización	Pasa corriente cuando...
Normalmente abierto		La referencia está ON
Normalmente cerrado		La referencia está OFF

Tabla 1: Contactos típicos de Ladder

Tipo de Bobina	Visualización	¿Corriente a la bobina?	Resultado
Normalmente abierta		Si	Referencia ON
		No	Referencia OFF
Inversa		Si	Referencia OFF
		No	Referencia ON
Transición Positiva		No → Si	Ref. ON durante un barrido
Transición Negativa		Si → No	Ref. OFF durante un barrido
Set		Si	Ref. ON hasta que se apague con "R"
		No	Sigue igual
Reset		Si	Ref. OFF hasta que se active con "S"
		No	Sigue igual

Tabla 2: Bobinas típicas de Ladder

Con este tipo de diagramas se describe normalmente la operación eléctrica de distinto tipo de máquinas, y puede utilizarse para sintetizar un sistema de control y, con las herramientas de software adecuadas, realizar la programación del PLC.

Se debe recordar que mientras que en el diagrama eléctrico todas las acciones ocurren simultáneamente, en el programa se realizan en forma secuencial, siguiendo el orden en el que los rungs (escalones) fueron escritos, y que a diferencia de los relés y contactos reales (cuyo número está determinado por la implementación física de estos elementos), en el PLC podemos considerar que existen infinitos contactos auxiliares para cada entrada, salida, relé auxiliar o interno, etc.

Además, todo PLC cumple con un determinado ciclo de operaciones que consiste en leer las entradas, ejecutar todo el programa una vez, y actualizar las salidas tal como hayan resultado de la ejecución del programa. Como consecuencia, si una determinada salida toma dos valores diferentes durante una pasada por el programa, solo aparecerá a la salida el último de los valores calculados.

El tiempo empleado por el PLC para ejecutar determinado programa es lo que se conoce como "Tiempo de Scan" (scan = barrido en inglés). Los fabricantes de PLC especifican este tiempo de diversas formas, siendo las más comunes indicar el tiempo necesario para ejecutar una sola instrucción y el tiempo para ejecutar un programa de la máxima longitud

posible. Se debe tener en cuenta que cuando se habla del tiempo de ejecución de una sola instrucción, este no es el mismo tiempo que el necesario para ejecutar un programa de una sola instrucción. Esta aparente incoherencia, se aclara recordando que una "vuelta" de programa incluye la lectura de las entradas, la actualización de las salidas y una serie de procesos internos que son invisibles al usuario.

Hemos visto también, que los elementos a evaluar para decidir si activar o no las salidas en determinado rung, son variables lógicas o binarias, que pueden tomar solo dos estados: presente o ausente, abierto o cerrado, 1 ó 0, y que provienen de entradas al PLC o relés internos del mismo. En la programación ladder, estas variables se representan por contactos, que justamente pueden estar en solo dos estados: abierto o cerrado.

Consideremos ahora las salidas. Las salidas de un programa ladder son equivalentes a las cargas (bobinas de relés, lámparas, etc.) en un circuito eléctrico. Como indica esta analogía, dos o más salidas pueden programarse en paralelo siempre que queramos activarlas y desactivarlas a la vez. Como salidas en el programa del PLC tomamos no solo a las salidas que el equipo provee físicamente hacia el exterior, sino también las que se conocen como "Relés Internos". Los relés internos son simplemente variables lógicas que podemos usar, por ejemplo, para memorizar estados o como acumuladores de resultados que utilizaremos posteriormente en el programa.

Existen dos formas básicas de activar o desactivar las salidas: con retención y sin retención. La forma más común es la de salida no retenida, lo que significa que la salida es activada si se cumplen las condiciones del rung en el que está programada y se desactiva inmediatamente cuando las condiciones dejan de cumplirse.

Las salidas retenidas, por el contrario, se activan y desactivan en rungs diferentes y por instrucciones diferentes. Cuando se cumple el rung en el que la salida debe activarse, ésta lo hace y permanece así, aún cuando la condición de activación deje de cumplirse. El único modo de apagar o desactivar la salida retenida es programar un rung con la correspondiente instrucción de apagado de la salida en cuestión. Las instrucciones de retención y liberación de salidas se usan siempre por pares.

5. Timers

Otro elemento de los programas ladder tomado de los sistemas eléctricos es el timer. El timer más común tanto en la programación de PLC como en los cuadros de relés, es el de retardo a la conexión y desconexión instantánea. Cuando se activa la entrada el timer comienza su operación llevando la cuenta del tiempo que la entrada está cerrada. Cuando este tiempo supera al programado (por ejemplo con una perilla, en el caso de un timer electromecánico o un valor escrito en el programa, en el caso de un PLC) entonces el timer activa su salida. Si la entrada se abre, la salida se desactiva instantáneamente.

La operación de este tipo de sistemas suele describirse con la ayuda de un diagrama de tiempos, que no es más que una gráfica de el estado de entrada y salidas a lo largo del tiempo.

6. Contadores

Todos los PLCs incorporan funciones que reemplazan a la aplicación de contadores en el sistema de control. Además del obvio uso de estos contadores para contar, por ejemplo, piezas o ciclos de trabajo, la combinación de varios de ellos, quizás con el uso de algunas funciones de tipo aritmético, permite reemplazar programadores a leva y realizar funciones que de otra forma resultarían complicadas. Todos los contadores tienen una entrada de pulsos a contar, una entrada de reset, que cuando es activada lleva al contador a su estado inicial y una salida que se activa cuando la cuenta llega a su valor final. El tipo más común de contador es el ascendente, en el que el estado inicial es: cuenta cero con la salida desactivada. Al ir recibiendo pulsos en la entrada de conteo, la cuenta aumenta siempre manteniendo la salida desactivada, hasta el momento en que la cuenta llega al valor preseteado en el programa y el contador deja de contar. Podemos encontrarnos también con contadores descendentes, en los que se programa un valor inicial distinto de cero y la salida se activa cuando luego de realizar un conteo descendente la cuenta llega a cero.

7. Control de flujo del programa

Como hemos visto hasta ahora, el "Flujo" del programa, es decir la secuencia en la que todas las instrucciones del programa son ejecutadas es simple: se comienza por la primera instrucción del programa y se continua con la segunda, tercera, etc. hasta la última instrucción y se retoma la ejecución de la primera otra vez, repitiéndose el ciclo indefinidamente.

Existen casos en los que esto no es lo más deseable. Por ejemplo: si queremos que determinada parte del programa no se ejecute salvo que el usuario así lo pida; o nos encontramos con que dos actividades son mutuamente excluyentes, o simplemente queremos controlar el mismo sistema con dos programas diferentes. También podemos desear que no se haga nada hasta que no se reciba confirmación de una acción que acabamos de tomar (con un fin de carrera, por ejemplo).

Todos estos casos nos muestran que puede ser conveniente tener la posibilidad de modificar el flujo de ejecución tan rígido que normalmente sigue el PLC. Las formas más comunes de hacer esto son dos: con saltos controlados y relés de control maestro.

El salto controlado consiste en hacer que la próxima instrucción en ejecutarse no sea necesariamente la siguiente en el programa.

Algo similar sucede con el relé de control maestro, que desconecta las entradas al programa forzando a éste a no activar ninguna salida, lo que resulta equivalente a no ejecutarlo.

8. Módulos Especiales

Cuando es factible expandir la capacidad de un PLC con módulos especiales, tenemos la posibilidad de extraer la máxima funcionalidad posible a un sistema de este tipo.

Llamamos módulos especiales a todos aquellos que no son entradas o salidas lógicas. Los módulos especiales más conocidos son los de entradas y salidas ANALÓGICAS, a través de los cuales podemos manejar variables continuas como la velocidad, presión, etc. Indudablemente, para que tenga sentido operar con este tipo de magnitudes, el PLC deberá poseer una mínima capacidad de cálculo con variables no estrictamente binarias. A pesar de que nos referimos a variables continuas, el PLC, siendo a fin de cuentas un computador digital, discretizará el continuo de valores posibles en la magnitud física en un conjunto de valores que por lo general pertenecerán al conjunto de los números enteros. La fineza con que distinga dos valores muy cercanos, dependerá del PLC y del módulo en cuestión, pero generalmente se dividirá el rango de valores de entrada o salida entre 256 y 4096 partes (actualmente es muy factible encontrarse con 32767 partes). Esta resolución es, por lo general, suficiente para aplicaciones de control industrial.

Una variable continua cuyo control resulta muy común es la temperatura. Para este caso existen módulos especializados en lectura y linealización de la respuesta de termocuplas.

Está también muy difundida entre los fabricantes de sensores la técnica de transmitir la variable medida por medio de una corriente, escalada de tal modo que al valor mínimo de esta variable le corresponda una corriente de 4 mA, y al valor máximo 20 mA. Resulta sencillo determinar la integridad del cable y hasta del mismo sensor, ya que valores fuera del rango indicado no son posibles bajo condiciones de funcionamiento normal. Se han construido entonces módulos de PLC, tanto de entrada como de salida, capaces de reconocer y generar este tipo de señales.

Otro tipo de módulo especial permite interactuar con dispositivos que producen trenes de pulsos de salida de alta frecuencia. Son los llamados Módulos de Alta Velocidad. Resultan ideales como interfase entre el PLC y sensores del tipo utilizado para determinación de velocidad de giro o desplazamiento (generalmente sensores inductivos). Dada la gran difusión de los encoders incrementales como transductor de posición en ejes, etc, también se construyen módulos adecuados para funcionar como interfase con este tipo de sensor. La principal diferencia entre estos y los módulos de alta velocidad es que estos últimos no son capaces de detectar el sentido de giro o desplazamiento. Existen también módulos para interfase con motores paso a paso, y para aplicaciones en las que se requiera control de posición tal como se consigue con técnicas de control numérico, se obtienen módulos capaces de cerrar el lazo de control entre el encoder y el servomotor.

Bibliografía

- INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN DE PLC'S (Jorge M. Tirabasso).
- Manual PLC Fanuc GE, 90-30 Series.