

Opciones en el aprendizaje de programación de autómatas industriales

Por Miguel J. González Redondo, Lourdes Santos Romero, Antonio Moreno Muñoz, Juan J. Luna Rodríguez, Víctor Pallarés López

Escuela Politécnica Superior, Departamento de Electrotecnia y Electrónica. Universidad de Córdoba

El sector de la automatización industrial ha experimentado un fuerte crecimiento en los últimos años. Este ha sido motivado por la introducción de sistemas electrónicos de control tales como los controladores lógicos programables (PLC), también conocidos como autómatas programables industriales (API).

La aparición de estos dispositivos conlleva, al igual que cualquier tecnología nueva, la formación del personal que debe utilizarlos.

Hay que tener en cuenta que un API es un dispositivo físico capaz de realizar una función de control mediante unos elementos actuadores, en base a la información proporcionada por unos elementos sensores y una lógica de funcionamiento. Esta lógica de funcionamiento se define mediante una secuencia de instrucciones u órdenes que entiende el autómata.

Así, la formación necesaria en el ámbito de los autómatas programables presenta dos vertientes. Por un lado la familiarización con el hardware o sistema físico, que no presenta excesivas complicaciones y, por otro lado, el conocimiento de la forma de realizar dichos programas.

Existen diferentes formas y enfoques para abordar el aprendizaje de programación de los autómatas programables. El objetivo que se persigue con la realización de este artículo es informar de algunas de las alternativas que se pueden seguir para lograr el aprendizaje planteado. Además este es un objetivo prioritario en asignaturas de los nuevos planes de estudio de titulaciones de ingeniería, en las que se aborda el estudio de estos dispositivos.

Diferentes alternativas

A la hora de llevar a cabo el aprendizaje de programación de autómatas industriales existen diferentes posibilidades, caracterizada cada una de ellas por sus ventajas e inconvenientes. Algunas de las alternativas disponibles para satisfacer este objetivo son las siguientes:

- Automatización de procesos reales con elementos reales.
- Simulación de automatización de procesos utilizando elementos sensores y actuadores reales.
- Simulación de procesos utilizando maquetas de los mismos.
- Simulación de tipo físico em-

pleando interruptores y potenciómetros como elementos sensores.

– Simulación de las señales de los sensores utilizando un dispositivo de control.

– Simulación por software de las señales de los sensores.

– Simulación por software tanto de las señales como del propio autómata.

Como se puede ver, se distinguen dos líneas fundamentales. La primera de ellas es la que no se simula nada y todo lo que se lleva a cabo es totalmente real perteneciendo a esta línea sólo la primera opción, "Automatización de procesos reales con elementos reales", y la segunda, en la cual se realiza algún tipo de simulación para poder verificar el correcto funcionamiento de un programa de autómata. Dentro de esta segunda línea se agrupan todas las demás opciones.

A su vez, dentro de la línea de trabajo de simulación, puede establecerse una subdivisión. De esta forma los modos de simulación se pueden clasificar atendiendo a la naturaleza de la simulación que se realice, pudiendo ser de tipo físico o bien por hardware, y de tipo lógico o por software. La tabla 1 muestra esta posible clasificación.

Procesos reales

La automatización de procesos reales con elementos reales es la opción más deseable, tanto desde el punto de vista didáctico como desde el punto de vista profesional para el aprendizaje, no sólo de la programación de autómatas, sino también de su instalación y de su puesta a punto. Consiste en la instalación y programación de autómatas controlando máquinas y procesos reales.

Desgraciadamente, la puesta en marcha de un esquema de aprendizaje acorde con este sistema es inviable en la práctica por diversos motivos, tales como el coste económico y la necesidad de espacio que conlleva

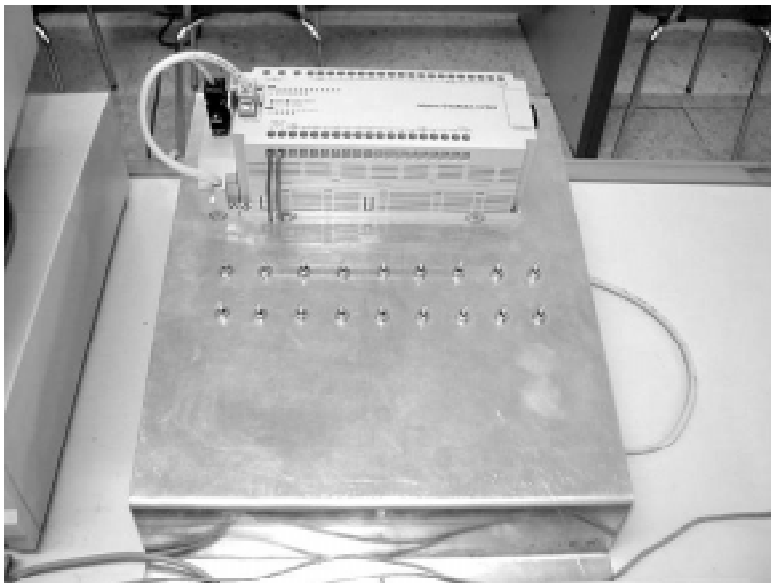


Figura 1. Bastidor con entradas digitales para Omron CPML.

varía el montaje de tan sólo una práctica.

Las ventajas son evidentes, pues lo que el alumno aprende es completamente real y su transcripción al ámbito profesional es directa.

Sensores y actuadores reales

La *simulación de automatización de procesos utilizando elementos sensores y actuadores reales* consiste en disponer de bancos de trabajo en los cuales se encuentra instalado el autómatas a programar, así como un conjunto de elementos sensores y actuadores que se encuentran cableados a las entradas y salidas del autómatas. Estos elementos pueden estar previamente cableados, pero también es interesante la posibilidad de que no lo estén y sea el alumno quien realice el cableado, adquiriendo de este modo algo de experiencia que puede serle útil en tareas de mantenimiento de instalaciones automatizadas.

Entre las ventajas de este tipo de simulación se encuentra el hecho de ser el sistema más parecido a una automatización real. Como inconvenientes puede mencionarse el coste que puede suponer equipar con sensores y actuadores un número de puestos de los que habitualmente se encuentran en un laboratorio de prácticas de automatización. Igualmente, la necesidad de controlar manualmente el estado de todos y cada uno de los sensores, supone una complicación para la implementación y verificación de una práctica algo elaborada.

Maquetas de procesos

La *simulación de automatización utilizando maquetas de procesos* es un método intermedio entre los dos anteriores. Se basa en la utilización de una maqueta que representa un proceso o máquina a la cual se le aplica un autómatas programable.

Programación real	Automatización de procesos reales con elementos reales	
Simulación	Física	Elementos sensores y actuadores reales Maquetas Interruptores y potenciómetros como sensores Simulación sensores mediante dispositivo de control
	Lógica	Simulación software de señales de sensores Simulación software de programa del PLC y de los sensores

Tabla 1. Diferentes formas de simulación.

Los elementos sensores y actuadores pueden ser de tipo real o simples interruptores, pulsadores, potenciómetros, pequeños motores, etc., en los que, aunque su control es similar al de los elementos reales, las magnitudes de las señales no tienen por qué serlo. Presenta la ventaja de poder comprobar el funcionamiento del programa del autómatas de un modo muy similar a la realidad, pues si la maqueta está bien diseñada, todos los elementos operan como si fueran reales y el proceso evoluciona por sí solo.

Entre los inconvenientes que presenta este tipo de simulación se encuentran los de tipo económico, por la necesidad de disponer de varias maquetas para realizar prácticas diferentes, de tipo espacial, por el sitio que ocupa cada maqueta, y de tipo temporal por el tiempo que supone la realización de una maqueta que refleje con fidelidad un proceso.

Sensores no reales

En la *simulación de tipo físico utilizando interruptores y potenciómetros como elementos sensores*, se emplean estos componentes, adecuadamente cableados, para simular sensores de tipo todo/nada (interruptores y pulsadores) y de tipo analógico (potenciómetros). Para ello se suele ubicar el autómatas sobre un soporte o bastidor en el cual se han cableado estos interruptores y potenciómetros convenientemente.

Como ventajas puede citarse el ahorro económico que supone respecto a las opciones anteriores, la versatilidad para simular un gran número de prácticas y la sencillez de montaje del sistema. Entre los inconvenientes que presenta se encuentra

el hecho de que el modo en que se alojan los interruptores y potenciómetros es fijo, con lo cual no se puede utilizar un sinóptico que represente el proceso.

Si se optara por hacer un sinóptico, colocando cada "sensor" en su sitio, no sería práctico disponer de un juego de sinópticos por cada práctica para cada puesto, por el esfuerzo que supondría su montaje, así como el coste económico que conllevaría. Otro inconveniente es la dificultad de verificar el funcionamiento de un programa de autómatas en el cual el número de señales de entrada a emplear fuera elevado.

Dispositivo de control

La *simulación de las señales de los sensores utilizando un dispositivo de control* se basa en controlar el estado de las entradas del autómatas mediante otro dispositivo de control que puede ser otro autómatas, un ordenador personal equipado con una tarjeta de adquisición de datos y control, o incluso una placa equipada con un microcontrolador e interfaces de entrada y salida. Las salidas y entradas de este segundo dispositivo se cablearían convenientemente a las entradas y salidas, respectivamente, del autómatas.

Para verificar el correcto funcionamiento del programa del autómatas se debería programar el dispositivo de control de modo que reaccionase igual que el proceso al que sustituye. La ventaja más evidente que presenta este método es la posibilidad de simular procesos con alto grado de complejidad, pues es el dispositivo de control el que se encarga

de hacer evolucionar las señales de los "sensores", de acuerdo a como lo harían en la realidad. Como inconvenientes pueden mencionarse el coste económico que supone la necesidad de disponer de uno de estos dispositivos de control por cada puesto en el laboratorio, así como el hecho de tener que diseñar un programa de control que permita verificar el correcto funcionamiento de cada práctica.

Simulación de sensores

El método de simulación por software de las señales de los sensores se basa en el hecho de que los interfaces de entrada del autómata vuelcan el estado de los elementos sensores a la memoria del autómata en cada ciclo de ejecución del mismo.

Cuando se ejecuta el programa, éste se basa en la información almacenada en las posiciones de memoria correspondientes a dichos módulos, con independencia de la forma en que esa información haya aparecido en las citadas posiciones de memoria. Aprovechando esta circunstancia, es posible diseñar un software a medida que permita la simulación de cada práctica, o incluso un software de tipo general que sirva para todas las prácticas.

La esencia de este sistema es la facilidad que poseen los autómatas para escribir en su memoria desde un ordenador personal, normalmente a través del mismo cable de comunicaciones con el cual se realiza la programación del autómata. De este modo, utilizando los comandos adecuados, se puede controlar el contenido de las posiciones de memoria del modo que interese, simulando así el estado de los sensores, tanto de tipo todo/nada, como de tipo analógico.

Este software puede ser desarrollado de diversas maneras, desde la más económica obtenida por medio de un software de programación estándar como es VisualBasic o Visual

C, hasta la menos económica, pero más rápida, que pasa por utilizar para ello un software de tipo SCADA, ya preparado para la lectura y escritura de posiciones de memoria del autómata.

Entre las ventajas que aporta este método de simulación se encuentra el ahorro económico, pues en el caso de desarrollar el software de simulación programándolo, el número de puestos que se pueden instalar sólo dependerá del número de ordenadores y autómatas que se posea en el laboratorio.

Otra ventaja es la facilidad de adaptación a casi cualquier tipo de práctica que se desee simular. Se pueden programar elementos en la pantalla del ordenador que actúen del modo que se desee, como interruptores o como pulsadores, etc. El principal inconveniente que presenta esta solución es la necesidad del desarrollo inicial del software de simulación. Además, el software diseñado no serviría para cualquier autómata, a diferencia de las soluciones que se basan en la simulación de tipo físico.

Simulación de autómata

La última opción propuesta es la simulación por software tanto de las señales como del propio autómata. Esta solución se basa en la utilización de simuladores de autómatas, los cuales suelen incluir un módulo editor en el que se introduce el programa del autómata y un módulo de simulación en el cual se puede controlar el estado de las señales de entrada.

Como principal ventaja se puede comentar la posibilidad de funcionamiento autónomo, sin necesidad de disponer de autómata conectado al ordenador. Como inconvenientes pueden mencionarse los siguientes: no siempre está disponible un simulador para el modelo de autómata que se desea, el software de calidad para simulación no suele ser

económico y por supuesto no es normal que sea de libre difusión. Sí es posible, en cambio, encontrar versiones de demostración de estos programas.

Experiencias

Existen diferentes experiencias en el campo de la formación con autómatas programables que pueden identificarse en mayor o menor grado con alguna de las opciones comentadas. No son pocos los departamentos de diferentes universidades españolas que ya han aportado su propia solución.

Por lo que respecta a la experiencia de los autores, en el departamento de Electrotecnia y Electrónica de la Universidad de Córdoba se ha trabajado con la simulación de tipo físico, utilizando interruptores y potenciómetros como elementos sensores, y simulación por software de las señales de los sensores. Últimamente se están desarrollando maquetas de procesos físicos para verificar su correcto funcionamiento antes de su implementación en la realidad.

En cuanto a la primera de estas tres opciones, se confirma lo comentado anteriormente: es un sistema cómodo y económico para simular pequeños programas y prácticas, pero no sucede así cuando el problema incluye un número considerable de señales de entrada. Para esta opción se utilizan autómatas Omron instalados sobre bastidores de aluminio con interruptores dispuestos en línea y cableados a las entradas del autómata.

Respecto a la segunda opción, esta fue la que se adoptó en un primer momento, fundamentalmente debido a la falta de tiempo y recursos humanos para fabricar los bastidores mencionados. En este caso se desarrolló una pequeña aplicación en VisualBasic que simulaba los sensores de entrada del autómata Omron. En la actualidad este programa permite incluso la simulación de señales

de entrada analógicas, aunque el autómatas no tenga instalado el módulo correspondiente.

Conviene resaltar que no se simula el programa del autómatas, sino solamente las señales de entrada. El programa que se pretende simular se ejecuta sobre el PLC al igual que sucedería en la realidad.

La simulación utilizando maquetas demuestra que es muy útil poder tomar una visión de conjunto del sistema, aunque sólo sea sobre una maqueta. Sin embargo, el tiempo dedicado al desarrollo de una de estas maquetas puede condicionar su viabilidad bajo ciertas circunstancias.

Conclusión

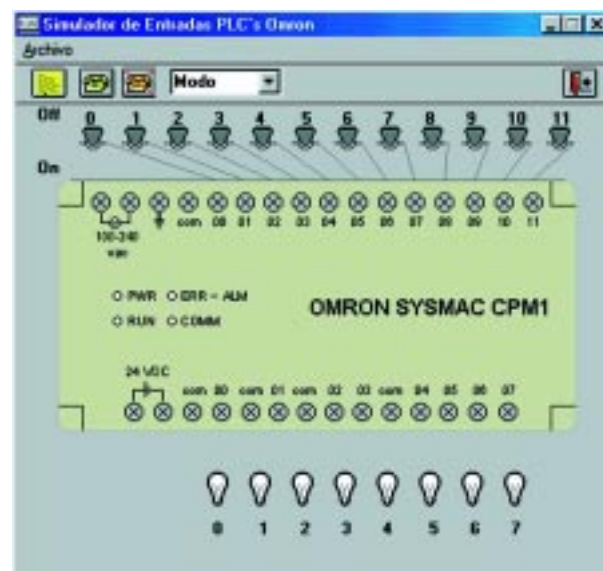
Cualquiera de las soluciones propuestas puede ser interesante, de cara a lograr el objetivo de formación en la programación de autómatas programables industriales. La aplicación de una u otra estará condicionada por factores de tipo económico y temporal, fundamental-

mente, aunque también hay que considerar el nivel de formación del alumnado.

Es debido a los condicionantes de tipo económico por lo que se suele recurrir a la simulación, cuando se trata de aprender a programar un autómatas, al igual que sucede con otras áreas de conocimiento. Sin embargo, en el ámbito universitario se debe tratar siempre de adoptar posturas intermedias. Así, debe intentarse montar en el laboratorio alguna máquina o maqueta de proceso de manera que, al margen de las simulaciones, los alumnos puedan comprobar cómo trabaja un sistema automatizado en la realidad. □

Bibliografía

[1] Omron Electronics (1996). «Sysmac CQM1/CPM1. Manual de programación». Omron Electronics Madrid.
 [2] Porras, A. y Montanero, A. P. (1990). «Autómatas Programables». McGraw-Hill. Madrid.



[3] Balcells, J. y Romeral, J. L. (1997). «Autómatas programables». Marcombo. Barcelona.
 [4] Campbell, J. (1987). «Comunicaciones serie». Anaya Multimedia. Madrid.

Figura 2. Simulador de entradas para autómatas Omron CPM1.