

AUTÓMATAS PROGRAMABLES Y SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

C.F.SILVA¹, J. MARCOS³, J. I. ARMESTO¹,
Y E. MANDADO^{2,3}

¹*Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática. Universidad de Vigo*

²*Instituto de Electrónica Aplicada. Universidad de Vigo*

³*Departamento de Tecnología Electrónica. Universidad de Vigo*

csilva@uvigo.es, acevedo@uvigo.es, armesto@uvigo.es, enriquemandado@gmail.com

El progreso que la Electrónica y la Automática han experimentado en esta primera década del siglo XXI hace que los técnicos especializados en la automatización de procesos y productos mediante sistemas electrónicos tengan que hacer un esfuerzo permanente para mantener al día sus conocimientos. Esto incentivó el trabajo en equipo de los autores para desarrollar un libro que utiliza las técnicas más modernas de autoaprendizaje, como son los mapas conceptuales y la presentación de ejemplos prácticos de diseño de sistemas electrónicos de control, con el principal objetivo de contribuir a la formación continua de los citados técnicos.

1. Introducción

El libro que se presenta en este artículo tiene como principal objetivo contribuir a facilitar las acciones que los técnicos especializados en la automatización de procesos y productos mediante sistemas electrónicos tienen que llevar a cabo para mantener al día sus conocimientos.

Para ello los cuatro autores, dos de ellos profesores del área de Tecnología Electrónica y los otros dos del área de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de Vigo han realizado un trabajo en equipo basado en las siguientes premisas establecidas por reconocidos expertos en la enseñanza de la Ingeniería:

- La complejidad alcanzada por la mayoría de las tecnologías hace que en la formación de los tecnólogos sea muy importante ir de lo particular a lo general [1].
- El conocimiento es idéntico a una sustancia material, es decir se puede separar en bloques independientes. El diseño de un método educativo en ingeniería debe basarse en la elección de los bloques adecuados y su presentación en la secuencia correcta [2].
- Es necesario lograr un adecuado equilibrio entre los conceptos abstractos (teorías, fórmulas matemáticas y modelos) y los concretos (hechos, observaciones, datos experimentales y aplicaciones). Para lograrlo es conveniente proporcionar al alumno tantas demostraciones e ilustraciones visuales como sea posible [3, 4].
- La tecnología se debe enseñar y aprender independientemente de los productos existentes en el mercado y utilizar éstos como ejemplos prácticos que ayuden a consolidar los conocimientos [5].
- El aprendizaje del diseño de sistemas debe estar basado en la resolución de casos prácticos (*Problem based learning*) [4].

En este artículo se describe el resultado del trabajo realizado que ha dado lugar al libro “Autómatas Programables y Sistemas de Automatización”, publicado por la editorial Marcombo en el año 2009.

2. Descripción del libro “Autómatas Programables y Sistemas de Automatización”

El libro consta de las cinco partes siguientes:

- *Fundamentos de los autómatas programables*
En ella se estudian los diferentes tipos de controladores lógicos (*Logic controllers*) y se describe su evolución para que el lector comprenda mejor los que se utilizan en la actualidad y que sea capaz de prever los nuevos desarrollos que se producirán en el futuro.

- *Sistemas de programación de los autómatas programables*
En ella se estudian los diferentes lenguajes de programación de los autómatas programables tanto propietarios como normalizados, que, combinados con herramientas de programación asistida por computador (*Programming tools*), dan lugar a los sistemas de programación (*Programming environments*) que facilitan tanto el diseño del programa, como su memorización y modificación.
- *Sistemas de control implementados con autómatas programables*
En ella se estudian los fundamentos de los sistemas electrónicos de control y se describen en primer lugar los diferentes tipos mediante un mapa conceptual. A continuación se describen los sistemas de control lógico o control secuencial (*Sequential control systems*), cuyas variables de entrada son del tipo todo-nada (*On-off variables*) y, a través de dieciséis ejemplos, se aprende a diseñarlos utilizando diferentes lenguajes. Finalmente se estudian los sistemas electrónicos de control de procesos continuos (*Continuous processes*) cuyas variables de entrada son analógicas (*Analog variables*). Dichos sistemas, que reciben en general el nombre de sistemas de control de procesos (*Process Control Systems*), se describen a través de tres ejemplos adecuadamente seleccionados, en los que se utilizan lenguajes de conexión de bloques, como por ejemplo el CFC (*Continuous Function Chart*), que forma parte del sistema de control distribuido (*Distributed Control System*) PCS7.
- *Entorno de los autómatas programables*
En esta cuarta parte se estudia el entorno de los autómatas programable en sus distintos aspectos:
 - En primer lugar se estudian los sensores industriales que suministran información del entorno a los sistemas electrónicos de control, se indican los parámetros comunes a los diferentes tipos de sensores y se hace especial énfasis en los sensores detectores de objetos y de medida de distancias, que se utilizan en los procesos de fabricación (*Manufacturing processes*).
 - A continuación se analizan los interfaces de entrada y salida, tanto de conexión de los sistemas electrónicos de control con los procesos como con los usuarios. Especial énfasis se hace en los equipos de interfaz usuario-máquina conocidos actualmente por las siglas inglesas HMI (*Human Machine Interface*) y los sistemas de supervisión y adquisición de datos conocidos por las siglas SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) [6], así como la metodología de interconexión entre programas informáticos y distintos tipos de sistemas de control de procesos conocida como OPC [*OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control*] [7, 8, 9], cuyo diagrama de bloques básico se representa en la figura 1.
 - Finalmente se describen los diferentes conceptos asociados con la automatización de los procesos productivos tanto continuos (*Processes*) como de fabricación (*Manufacturing processes*) y el papel que juega el computador en ellos. A partir de dichos conceptos se describe la pirámide de la fabricación integrada por computador (pirámide CIM) y se establecen sus necesidades de comunicación que han dado lugar al área de la tecnología conocida como “Comunicaciones Industriales”. Se analizan las “Comunicaciones Industriales” y, para facilitar su asimilación por parte del lector, se describen las Comunicaciones Digitales, el bus de campo AS-i, la familia de redes de campo PROFIBUS y la red industrial universal Profinet.
- *Garantía de funcionamiento de los sistemas electrónicos de control*
En esta parte se estudian los principales conceptos relacionados con la garantía de funcionamiento o confiabilidad (*Dependability*) de los sistemas electrónicos de control. Para ello se realizó una tarea de clasificación de todos ellos a partir de trabajos propios y otros publicados por diversos investigadores [10, 11].

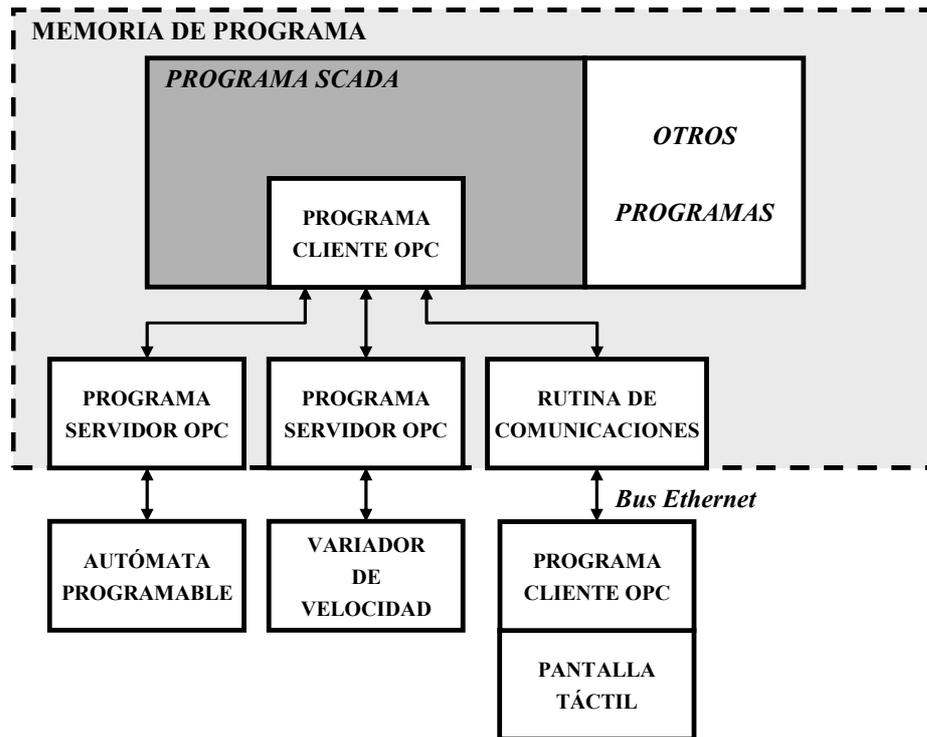


Figura 1 Intercomunicación mediante OPC entre un programa SCADA y diferentes subsistemas de control de Procesos.

Los aspectos más importantes que se deben resaltar desde el punto de vista de la utilidad del libro como herramienta de autoaprendizaje de los sistemas electrónicos de control son los siguientes:

- Además de estudiar los principales conceptos teóricos se presentan al lector casos prácticos basados en ellos. Un ejemplo es el concepto de familia que soluciona adecuadamente la automatización de procesos industriales de características diferentes. Se describen los principales conceptos a tener en cuenta al elegir un autómata programable y se muestran en la práctica, a través de la descripción de las familias de autómatas programables de Siemens representadas en la figura 2.



Figura 2 Familias de Autómatas Programables de Siemens.

- Mediante un conjunto de casos reales se transfieren al lector los métodos de diseño de sistemas electrónicos de control secuencial complejos desarrollados en las tesis doctorales de tres de los autores del libro [12, 13, 14]. Mención especial merecen el método de diseño de sistemas secuenciales de control basado en la partición del algoritmo en fases [15] y el método de diseño basado en el diagrama funcional de secuencias [16, 17] mediante el cual se automatiza, entre otros, el sistema de llenado y transporte de cajas representado en la figura 3.

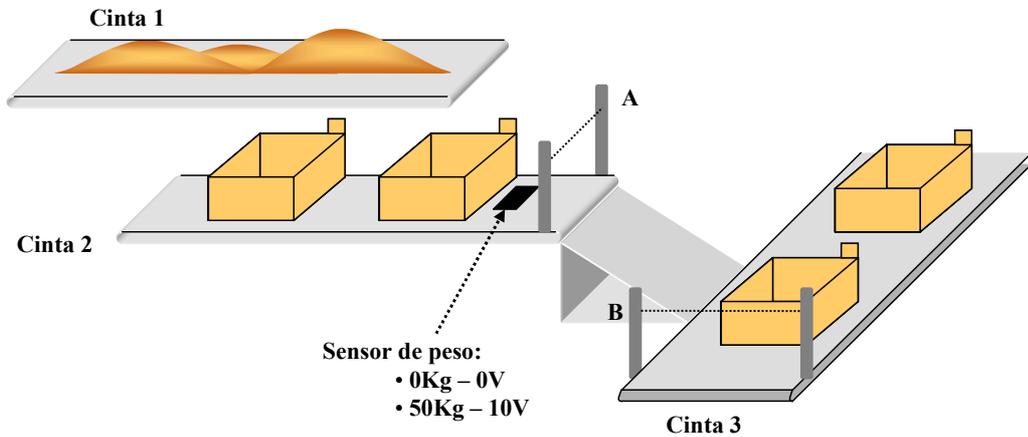


Figura 3 Sistema de llenado y transporte de cajas.

- Los controladores lineales continuos se estudian desde un punto de vista fundamentalmente práctico describiendo diversos métodos de sintonía de reguladores industriales. Mediante el lenguaje gráfico CFC se muestra la aplicación de los citados métodos al control de un intercambiador de calor con regulación continua de caudal de la figura 4.

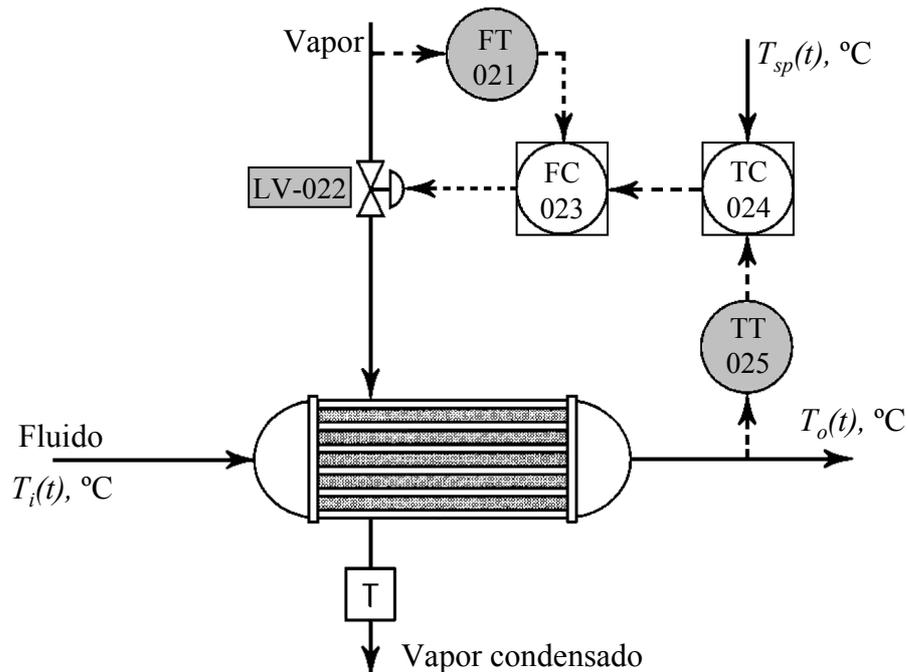


Figura 4 Sistema de control en cascada de un intercambiador de calor.

- Mediante mapas conceptuales se describen diferentes clasificaciones de áreas de los sistemas electrónicos de control que poseen conceptos interrelacionados. Un ejemplo de ello son los sensores detectores de presencia cuyo mapa conceptual se presenta en la figura 5.

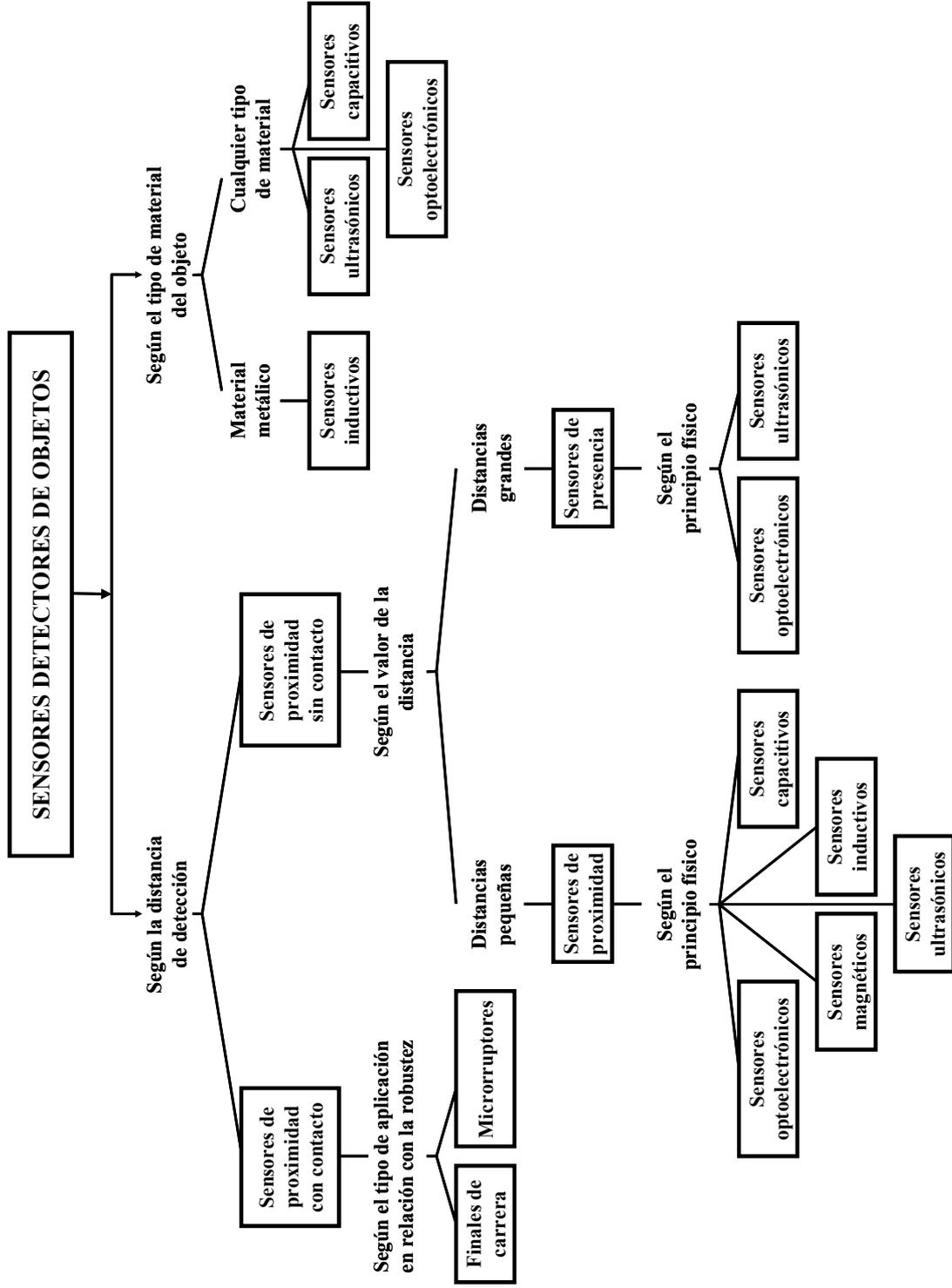


Figura 5 Mapa conceptual de los sensores detectores de objetos.

- En un apéndice se presenta una propuesta de equivalencias entre el inglés y el castellano de términos utilizados en Control Lógico, Control Automático, Comunicaciones Digitales, Comunicaciones Industriales y Seguridad con el objetivo de contribuir a la mentalización de los técnicos de habla hispana sobre la importancia económica del idioma que hablamos en España e Iberoamérica.

3. Conclusiones

El libro descrito en este artículo se considera un demostrador de la forma en la que hay que enseñar y aprender las tecnologías complejas, combinando los mapas conceptuales con la resolución de casos prácticos e innumerables dibujos e imágenes. En él se pretende transmitir al lector los conceptos tecnológicos ligados a los autómatas programables y su utilización para implementar sistemas de automatización.

El libro no solo va dirigido a los técnicos que se quieren especializar en el diseño de instalaciones de control industrial, sino también a los técnicos especializados en las diferentes áreas de la ingeniería, como por ejemplo la mecánica, la generación y distribución de energía eléctrica, la química, etc., que necesitan conocer los fundamentos de los sistemas electrónicos de control y sus aplicaciones.

El elevado número de casos prácticos convierten al libro en un ejemplo de las ventajas que para la formación de los técnicos presentan los métodos de aprendizaje basado en problemas (*Problem based learning*).

Referencias

- [1] A. Salaverría. *Nueva metodología para la enseñanza asistida por ordenador de la Electrónica Aplicada*. Tesis doctoral. Universidad del País Vasco. 2003.
- [2] L. L. Bucciarelli. *Engineering Philosophy*. Delft University Press. The Netherlands. 2003.
- [3] R. M. Felder & L. K. Silverman. *Learning and Teaching Styles in Engineering Education*. Engineering Education, 78 (7), 674.1988.
- [4] R. Felder et al. *The future of engineering education II. Teaching methods that work*. Chemical Engineering Education, 34, pp. 26-39. 2000.
- [5] E. Mandado & Y. Mandado. *Sistemas electrónicos digitales*. 9ª edición. Editorial Marcombo. 2008
- [6] IEEE Std 999-1992. *IEEE Recommended Practice for Master/Remote Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Communications*. 1993.
- [7] G. Booch. *Object oriented Analysis and Design with applications*. Addison Wisley. 2007.
- [8] OPCconnect. *History of OPC*. Incluida en Junio de 2008 en la página: www.opcconnect.com/history.com
- [9] OPC foundation. *Interoperability in automation*. Incluida en Junio de 2008 en la página: www.opcfoundation.org
- [10] A. Mahmood y E. J. McCluskey. *Concurrent error detection using a watchdog processor. A survey*. IEEE Transactions on Computers, Vol. 37, nº 2, pp. 160-174. Febrero 1988.
- [11] J. Marcos. *Tutorial: Las tecnologías RAMS aplicadas a la ingeniería electrónica. IV Jornada de fiabilidad*. Las Palmas de Gran Canaria, 25 - 27 de Septiembre de 2002.
- [12] E. Mandado. *Nuevos métodos sistemáticos de síntesis de autómatas asíncronos de control*. Tesis doctoral. E.T. Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona. 1976.
- [13] J. Marcos. *Métodos de diseño de controladores lógicos basados en técnicas de diseño asistido por computador*. Tesis doctoral. Universidad de Vigo. 1994
- [14] C. F. Silva. *Métodos de diseño de sistemas electrónicos de control secuencial mediante técnicas de realización física y de programación*. Tesis doctoral. En ejecución. UNED. 2010.
- [15] C. F. Silva, C. Quintans, y E. Mandado. *Método de diseño de sistemas secuenciales de control basado en la partición del algoritmo en fases*. SAAEI. 2006.
- [16] R. W. Lewis, *Programming industrial control systems using IEC 1131-3*. IEE Control Engineering Series. 1998.
- [17] Siemens. *Manual de programación en S7-GRAPH*. 2004.