

UN ROBOT PARA UN ABP EN LAS INGENIERÍAS INFORMÁTICAS

J. OLIVER¹, M. PRIM¹ Y R. TOLEDO²

¹*Departament de Microelectrònica i Sistemes Electrònics. Escola d'Enginyeria.
Universitat Autònoma de Barcelona.*

²*Departament de Ciències de la Computació. Escola d'Enginyeria.
Universitat Autònoma de Barcelona.*

Joan.Oliver@uab.cat, Marta.Prim@uab.cat, Ricardo.Toledo@uab.cat

La implantación de los nuevos planes de estudio ha introducido cambios metodológicos en la enseñanza de los estudios universitarios. En este sentido distintos centros están introduciendo metodologías de aprendizaje basadas en proyectos/problemas (ABP) como alternativa a la enseñanza tradicional para facilitar el desarrollo de las competencias exigidas en los nuevos grados.

Con este enfoque este artículo presenta el diseño de un robot como núcleo en el diseño de un buen ABP en los primeros cursos de titulaciones informáticas en las que se evalúan tanto competencias específicas como transversales de distintas materias. El diseño del robot surge de una experiencia previa exitosa sobre un ABP previo con asignaturas hardware y software.

1. Introducción¹

La implantación de las nuevas titulaciones de grado está suponiendo un esfuerzo considerable por parte de los docentes en lo que se refiere a innovación docente. Basándose en experiencias previas de otras universidades (principalmente extranjeras [1, 2, 3]) muchos centros universitarios están introduciendo cambios metodológicos en la enseñanza utilizando el ABP como herramientas de mejora docente que permite introducir de forma fácil la transversalidad entre materias. A pesar de ello, se hace patente la dificultad de encontrar mecanismos vertebradores en la introducción de dicha transversalidad entre materias. Con este espíritu, este artículo presenta un robot que se ha diseñado para la implementación de un ABP en materias hardware y software en las titulaciones informáticas de nuestra universidad.

El diseño del robot parte de una experiencia previa de los autores realizada en el curso académico pasado con un robot educativo comercial. Tal como se expone, los robots educativos comerciales son productos que permiten realizar de forma adecuada propuestas educativas a nivel software. Sin embargo, es difícil implementar en estos robots metodologías de aprendizaje ABP que incluyan competencias hardware.

Basándose en esta experiencia, el artículo presenta de forma breve en la sección 2 las competencias que debería contener un ABP para primer curso en ingeniería informática para, en el apartado 3, concretar las materias en las que se aborda inicialmente el ABP que se realiza con el robot educativo. La sección 4 presenta el desarrollo y el resultado de la experiencia docente del curso 2008/09 basada en un ABP con robots. Se exponen las dificultades principales que tuvieron los autores para su implementación empleando robots comerciales, lo que sirve para presentar, ya en el apartado 5, el robot que se ha diseñado para este curso académico. Unas conclusiones finales terminan con la presentación del artículo.

¹ Los autores agradecen la ayuda aportada para realizar la experiencia por el 2009MQD00127, l'Escola d'Enginyeria y el Institut de Ciències de l'Educació de la Universitat Autònoma de Barcelona.

2. Competencias en un ABP que agrupe hardware y software en ingeniería informática

Las materias de primer curso son prácticamente las mismas en todas las titulaciones informáticas: lenguajes de programación y estructura de datos, fundamentos de los computadores, conocimientos básicos de electricidad/electrónica y álgebra y/o cálculo. Cada una de estas materias suele tener contenidos propios y desligados de sus compañeras. Un ABP para el primer curso debe agrupar el máximo número de materias de forma que el esfuerzo que el estudiante realiza por la comprensión del problema global se vea recompensado con una disminución de la carga docente que debe asumir.

La robótica reúne, en su aplicación a la ingeniería informática, el compromiso de aglutinación de materias que se espera de un ABP. El conocimiento del computador y la programación son materias que se encuentran en la base del robot, sin olvidar el complemento que juegan la electrónica y los dispositivos electrónicos en la informática. La tabla 1 presenta una relación básica de contenidos de las asignaturas de primer curso de fundamentos del computador y de la programación que se pueden dar totalmente utilizando una metodología ABP basada en la robótica.

En un ABP basado en robótica se añaden, además, un conjunto importante de competencias en el aprendizaje:

- Multidisciplinariedad. Pocas disciplinas requieren en ingeniería del conocimiento sobre tantas materias distintas como la robótica.
- Distinción de los distintos niveles de abstracción.

Materia	Contenido
Fundamentos de ciencia de la computación	Lenguajes de programación Estructuras básicas Algoritmos Estructuras de datos: listas, árboles, etc Abstracción, modularidad, interfaces
Fundamentos de computadores	Máquina elemental: unidad de proceso, unidad de control Memoria Entrada/salida, interrupciones Periféricos Comunicaciones Sistemas operativos (introducción) Tiempo real (introducción)
Sistemas digitales	Lógica booleanas Circuitos combinacionales Circuitos secuenciales
Electrónica	Teoría de circuitos básica Dispositivos

Tabla 1. Materias y contenidos básicos en un primer curso de ingeniería informática²

² La tabla hace referencia más a materias que no a asignaturas. En nuestra titulación la materia de Fundamentos de ciencia de la computación se encuentra dividida en tres asignaturas, mientras que los Fundamentos de computadores y Sistemas digitales se encuentran en una misma asignatura.

Las materias matemáticas no se encuentran relacionadas en la tabla porque aún es objeto de la forma cómo pueden entrar a formar parte del ABP.

- Mejora de la comprensión del nivel de abstracción en los fundamentos de los lenguajes en los distintos niveles de programación, desde el ensamblador a alto nivel (C, Python, etc).
- Introducción y comprensión del concepto de interface, eje de comunicación entre capas de abstracción.
- Y como competencia transversal incluye el trabajo en equipo.

3. Requerimientos iniciales en un ABP hardware/software en primer curso de ingeniería informática

El desarrollo de un ABP en primer curso de informática debe cumplir con una serie de objetivos concretos que exigen minimizar la carga docente que el alumno soporta, más si ello lleva asociado un cambio de metodología docente. También se debe ser muy consciente que el estudiante llega a la universidad con unos conocimientos y una metodología docente distintos de los que va a recibir a partir de este momento. A ello se añade el hecho que la motivación inicial por los estudios que los estudiantes tienen a menudo se ve degradada por el mero hecho de encontrarse con unas materias que el estudiante no preveía. ¿No conocemos todos el típico comentario que el futuro estudiante de informática piensa que en las titulaciones de informática le enseñarán a implementar juegos? Claro que ésta puede ser una materia, pero no es la base del conocimiento de primer curso.

Este hecho incide directamente en que un ABP basado en la robótica en primer curso debe prepararse con mucho cuidado. Debe cumplir con el doble objetivo de ser elemento motivador de los estudios además de eje transmisor de conocimientos. Las competencias que con él se ejerciten deben ser concretas y suficientemente motivadoras para promover la iniciativa del alumno. Evidentemente, sólo la introducción del robot ya sobrepasa enormemente las capacidades y competencias que se prevén en una asignatura de la titulación.

Los requerimientos que se imponen en un primer ABP basado en la robótica para primer curso de informática son:

- i) El robot ha de permitir introducir y/o ejercitar los fundamentos teóricos de la asignatura de *Fundamentos de computadores*
- ii) El robot ha de permitir introducir y/o ejercitar los fundamentos teóricos de la asignatura de *Estructura de datos*
- iii) El robot es el nexo de unión de las materias en el ABP. El ABP común para ambas materias. La evaluación final del proyecto será la nota práctica de ambas asignaturas.
- iv) En próximos cursos se prevé la introducción del resto de materias de primer curso.

4. Experiencia previa

En el diseño del robot para un ABP en informática los autores parten de una experiencia previa realizada durante el curso 2008/09. Durante este curso, y como experiencia piloto, los autores desarrollaron un ABP [4] en el primer curso de ingeniería informática de la UAB en la que se unían en un

mismo proyecto las prácticas que los alumnos debían realizar de las asignaturas de Fundamentos de computadores y Estructura de datos.³

El ABP se basaba en el diseño de un proyecto conjunto que convalidaría las prácticas que los demás compañeros hacían de forma clásica y de forma independiente (lo normal hasta ahora) en cada asignatura. El grupo ABP debía trabajar a nivel hardware y software tomando como eje central un robot con el que, en el último día de clase, realizarían una demostración de las habilidades adquiridas (programadas), habilidades que demostrarían que los alumnos habían adquirido las competencias y conocimientos de ambas asignaturas. Los alumnos trabajaban en grupos de dos con un robot para cada grupo. El robot se les había entregado a principio de curso. Toda la materia de ambas asignaturas se enseñó enfocada a la arquitectura del robot (en lo que respecta a fundamentos de computadores) y al tratamiento de datos y generación de algoritmos (en lo que concierne a estructura de datos). La materia que estudiaban estos alumnos era totalmente complementaria a la que recibían los alumnos que realizaban ambas asignaturas de forma tradicional.

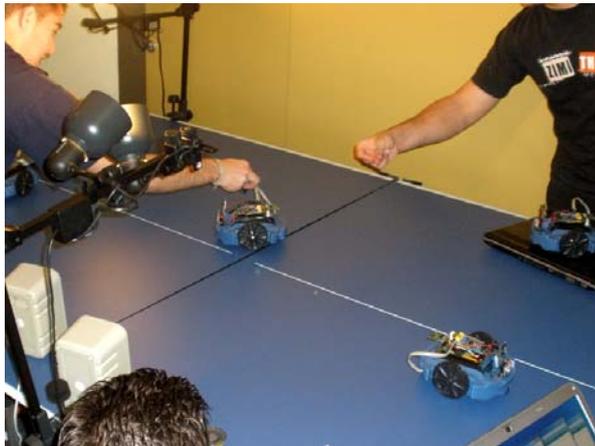
Para la realización de la experiencia se eligió el robot Scribbler [5, 6] del *Institute for Personal Robots in Education*. Este robot se basa en los robots del tipo BoeBot de Parallax y su núcleo hardware es el mismo que el de estos. Sobre el núcleo hardware Microsoft desarrolló un simulador software Myro [7] (basado en el paquete Pyro que está programado en Python). La figura 1 muestra la sesión final de demostración de los alumnos trabajando con el robot Scribbler.

La experiencia sirvió para corroborar las impresiones iniciales sobre el ABP. Scribbler demostró ser un buen robot para la implementación de proyectos/problemas a nivel software. Esto es, desde la programación a nivel alto y empleando simuladores del tipo Pyro/Myro pueden desarrollarse excelentes prácticas de algoritmos y programación y estructura de datos en las que los alumnos ejercitarán los conocimientos adquiridos en dichas materias.

Sin embargo, Scribbler no cumplió con los prerequisites básicos establecidos para las asignaturas hardware. Concretamente, en lo que se refiere a competencias hardware a desarrollar en primer curso. Los principales problemas están en que:

- Scribbler adolece del hecho que es un producto totalmente cerrado cuya programación sólo puede realizarse a nivel alto. El problema no radica en el robot en sí mismo sino en su núcleo hardware.
- La traducción de nivel alto a lenguaje máquina para el PIC pasa a través de un traductor PBasic, por lo que no es posible acceder al núcleo del microcontrolador.
- Por consiguiente es difícil implementar un ABP que comprenda competencias hardware basadas en lenguaje ensamblador, lenguaje que por otra parte forma parte del conocimiento básico en materias como Fundamentos de computadores

³ En el desarrollo inicial del ABP se utilizó como asignatura software (de la materia de Fundamentos de la computación) sólo la asignatura de Estructura de datos por ser la asignatura compatible en temporización con la de Fundamentos de computadores (ambas se imparten en segundo semestre). Actualmente se están introduciendo las demás asignaturas de primer curso en el ABP.



- **Figura 1.** Demostración final con los robots.

- Además, la propia arquitectura de los microcontroladores PIC (basada en un porcentaje muy alto de uso de instrucciones máquina del tipo MOV) es poco amigable a la introducción de la materia de fundamentos de computadores
- Finalmente, y como consecuencia de todo ello, tampoco existen simuladores ni ensambladores adecuados para la enseñanza de la máquina elemental o de este microcontrolador para los problemas/prácticas que tradicionalmente se realizan en fundamentos de computadores.

5. Un robot para un ABP en informática

A pesar de las deficiencias comentadas, el esfuerzo realizado por los autores en el ABP permitió culminar con éxito la experiencia, tanto a nivel hardware como software. Tanto alumnos como profesores disfrutaron en la realización del ABP.

Con ello también cuajó la idea que, para poder realizar un ABP simple y elegante en software y hardware, era deseable la construcción de un robot propio que se basara en una estructura amigable y fácilmente inteligible por alumnos de primer curso. Para ello era necesario un cambio en el núcleo del proyecto, el robot.

El nuevo robot tiene como núcleo un microcontrolador Atmel. Un análisis detallado sobre los microcontroladores ATmega permite observar que cumplen con una serie de prestaciones que los hacen muy adecuados para el desarrollo del robot que se propone:

- La programación de los microcontroladores puede realizarse tanto a bajo nivel (lenguaje máquina – ensamblador) como a alto nivel (C). Ello los hace adecuados para el desarrollo de problemas/proyectos tanto a nivel software como hardware
- En lo que concierne a fundamentos de computadores se basan en una arquitectura RISC que los hace amigables y adecuados para la exposición de las materias teóricas de los fundamentos de computadores. Permite exponer de forma fácil la máquina elemental, el lenguaje máquina, el concepto de direccionamiento, interrupciones, por descontador que entrada/salida, memoria y comunicaciones, como partes más importantes de la asignatura.



- **Figura 2.** Robot preparado para el ABP.

- El ensamblador es amigable y simple de usar. El número de instrucciones no es muy alto.
- Existen buenos simuladores (y gratuitos, lo que siempre es deseable) para el desarrollo de programas tanto a nivel ensamblador como en C, lo que es deseable en las asignaturas de software.
- Toda la experiencia desarrollada previamente con el Scribbler es fácilmente transportable al nuevo robot. Es más, la unión en el proyecto de las materias software (cuyo desarrollo se realiza en lenguaje de alto nivel) y materias hardware (basadas en ensamblador) se realiza de forma natural y simple.
- Finalmente, la familia ATmega dispone de diversos microcontroladores con arquitectura común y sólo con variaciones en los periféricos proporcionando mucho juego al profesor. Así, aunque el desarrollo del robot utilice una placa con el potente ATmega128, existen los ATmega8 que, con sólo 28 pines, ofrecen gran versatilidad para poder ser usados sobre placa de desarrollo.

Basándonos en este microcontrolador se ha desarrollado un robot adecuado para la enseñanza en titulaciones informáticas que consta de los siguientes componentes (figura 2):

- El núcleo se basa en una placa base con un ATmega128 que da acceso a todos los pines del microcontrolador. Además contiene la circuitería de generación de un reloj de 16MHz y pequeña circuitería de control de los puertos analógicos.
- Se ha desarrollado una placa de expansión para personalizar la conectividad del microcontrolador con los distintos componentes del robot
- Se han añadido las siguientes funcionalidades al robot:
 - o Seguidor de líneas.
 - o Detección de obstáculos de frente basado en un fotoreceptor con filtro a 38KHz
 - o Detección de obstáculos IR analógico hasta 9 cm a cada lado del robot.
 - o Piezobuzzer y micrófono.
 - o Leds de visualización de funcionamiento.
 - o Detector de luz (basado en LDR) a cada lado del robot con respuesta RC.

- Alimentación con baterías (pilas) con circuito de regulación *low-dropout* a 5V.
- La programación puede realizarse con conexión por puerto paralelo al ordenador o bien empleando un puerto USB (con programador JTAG).
- El microcontrolador contiene 2 puertos serie de comunicación con protocolo RS232. Se ha introducido el correspondiente circuito MAX232 de traslación de niveles para facilitar dichas tareas.
- También se ha introducido un conector de 20 pines para conectar al robot un módulo Bluetooth Eikon que permite la comunicación con el ordenador sin necesidad de utilizar cableado.
- A nivel de actuadores el robot puede funcionar con servomotores o con motores DC. Para los servomotores se ha introducido el correspondiente conector a cada lado del robot. Para el uso de motores DC la placa contiene un zócalo para conexión de un puente controlador de motores de continua L293D.

Actualmente el robot presentado se está utilizando para rediseñar el ABP realizado en el curso pasado para este curso académico. Toda la experiencia adquirida forma la base del nuevo ABP, por lo que los autores sólo deben rehacer la información técnica referente al robot.

6. Conclusiones

Este artículo ha presentado un robot para la implementación de un ABP en las titulaciones informáticas de nuestra universidad. La propia construcción del robot ha permitido desarrollar problemas/proyectos de forma fácil para las distintas materias que se imparten en el primer curso de informática.

Hasta el momento han participado en el proyecto asignaturas de hardware y software. Sin embargo, la implementación correcta del ABP y la satisfacción de los estudiantes permiten pensar en la extensión de la metodología docente introduciendo nuevas materias de la titulación. De hecho, es factible desarrollar un ABP incluyendo a todas las materias de primer curso e, incluso, es posible pensar en el desarrollo de problemas/proyectos para los cursos superiores.

La experiencia presentada es totalmente extrapolable a otras titulaciones TIC siempre que cuenten con un primer curso con materias parecidas a las implicadas en el ABP expuesto en este artículo.

En contrapartida debe comentarse que como toda experiencia docente, la satisfacción del éxito sólo se obtiene mediante un esfuerzo considerable por parte de los autores del proyecto.

Referencias

- [1] Burhans D.T. *A Robotics Introduction to Computer Science*. ACM SIGCSE Bulletin. v. 32 n. 3, p. 148-151.
- [2] Fagin B., Merkle L.. *Measuring the effectiveness of robots in teaching computer science*. SIGCSE Bulletin, vol 35. 2003 pp 307-311.
- [3] Gennert M.A. *A Robotics Engineering Major*. Workshop on Research in Robots for Education. Georgia Tech. June 2007.
- [4] J. Oliver, R. Toledo, J. Pujol, J. Sorribes, E. Valderrama. *Un ABP basado en la robótica para las ingenierías informáticas*. Jornadas JENUT'09 celebradas en Zaragoza. Julio 2009.
- [5] Scribbler. <http://www.parallax.com/tabid/455/Default.aspx>
- [6] Kumar D. *Learning Computing with Robotics*. Institute for Personal Robots in Education (IPRE - <http://www.roboteducation.org>). Fall 2008.
- [7] Myro. <http://wiki.roboteducation.org/Myro>

