

# Aprendizaje de Sistemas Digitales utilizando tecnologías interactivas

Marta Prim Sabrià, Joan Oliver Malagelada, y Vicenç Soler Ruíz

**Title—** Interactive technologies in Digital Systems classes.

**Abstract—** In this paper, we describe a new methodology applied to solving in-class problems. The aim is to increase the student's participation and motivation, and, consequently, the acquisition of knowledge and skill in digital systems.

We present the use of an interactive docent tool, Educlick, which has been adapted to these problems' classes. Educlick is based on the use of electronic answer remote controls. The classes are wholly directed. The experience is done in the subject of Digital Systems of Computer Science at the Escola d'Informàtica Universitària of the Universitat Autònoma of Barcelona, which has around 160 students.

**Index Terms—** Electronics engineering education, Electronic Answer Remote Controls, European Space of Higher Education (ESHE)

## I. INTRODUCCIÓN

En el presente artículo se detalla como se han adaptado las clases de problemas de la asignatura Sistemas Digitales I al sistema de docencia presencial basada en la utilización de mandos electrónicos de respuesta, Educlick [1]. La experiencia se ha llevado a cabo en la asignatura de Sistemas Digitales I dentro de las titulaciones de ingeniería técnica en Informática tanto de gestión como de sistemas, en el primer cuatrimestre de dos cursos académicos 2007-2008 y 2008-2009. Sistemas Digitales I es una asignatura de 6 créditos, 3 de teoría, 1 de problemas y 2 de prácticas de laboratorio, que se imparte en la Escola Universitària d'Informàtica de la Universitat Autònoma de Barcelona (actualmente, dicha escuela y la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de la UAB, están en proceso de fusión, pasando a denominarse Escola

d'Enginyeria). En esta asignatura se matriculan unos 160 alumnos.

Casi siempre el punto débil en la enseñanza de Sistemas Digitales es la realimentación alumno-profesor, es decir, al profesor le resulta complicado conocer si el alumno ha asimilado los conceptos tratados en las clases de teoría. Esta realimentación se debería obtener en las clases de problemas de la asignatura. Sin embargo, la problemática que se encuentra el profesor, con un número elevado de alumnos, es que en las clases de problemas normalmente es el propio profesor el que desarrolla el problema en la pizarra o a partir de transparencias, y los alumnos se limitan a copiar dicha información, sin el correspondiente estudio, desarrollo o meditación sobre el ejercicio propuesto. Ello impide que el profesor determine en que puntos es necesario realizar especial énfasis en las siguientes clases para mejorar el seguimiento de la materia.

Cabe mencionar que en las asignaturas de diseño de circuitos digitales es muy importante que el alumno realice problemas o ejercicios de análisis y síntesis de circuitos para adquirir los conocimientos, así como sus habilidades (utilizar con facilidad un simulador de circuitos digitales, trabajar con *data-sheets*, identificar circuitos integrados digitales SSI/MSI comerciales, etc.) y competencias (capacidad de análisis, de síntesis, de abstracción, etc.).

Para mejorar tanto los resultados académicos como los conocimientos, las habilidades y las competencias de los alumnos respecto al diseño de circuitos digitales combinacionales y secuenciales de los últimos años, se ha fijado como objetivo principal buscar alternativas a la metodología aplicada durante estos últimos cursos, siempre teniendo presente las medidas encaminadas a la construcción del espacio europeo de enseñanza superior (EEES) [2-4]. Se constató la problemática en las clases de problemas de dicha asignatura y se consideró como posible punto de motivación incluir la interactividad en dichas clases. Esta interactividad se consigue cuando el alumno realice ejercicios en clase, individuales o en grupo, y comprueba la resolución del ejercicio mediante la utilización de los mandos electrónicos de respuesta. Esto permite al alumno interactuar con el profesor para conocer el porqué de la respuesta, esto es la realimentación que hemos comentado al inicio de este apartado.

El artículo consta de seis secciones. La primera es esta introducción a la situación a tratar y la solución adoptada. Una

Marta Prim pertenece al Departamento de Microelectrónica y Sistemas Electrónicos de la Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici Q, Campus de Bellaterra, 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), Barcelona, Spain. [Marta.prim@uab.es](mailto:Marta.prim@uab.es).

Joan Oliver pertenece al Departamento de Microelectrónica y Sistemas Electrónicos de la Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici Q, Campus de Bellaterra, 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), Barcelona, Spain. [Joan.oliver@uab.es](mailto:Joan.oliver@uab.es).

Vicenç Soler pertenece al Departamento de Microelectrónica y Sistemas Electrónicos de la Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici Q, Campus de Bellaterra, 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), Barcelona, Spain. [Vicenc.soler@uab.es](mailto:Vicenc.soler@uab.es).

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente

breve introducción a los mandos electrónicos de respuesta usados para llevar a cabo la metodología considerada, se presenta en la segunda sección. En la tercera sección, se detalla la metodología que se ha aplicado en las clases de problemas de la asignatura en estos dos cursos académicos. Se explica, en la cuarta sección, como se evalúan las clases de problemas, o también llamadas clases de actividades dirigidas utilizando los mandos electrónicos de respuesta. Los resultados de la experiencia se muestran en la sección cinco. Y por último, se exponen las conclusiones del uso de un sistema interactivo en la docencia presencial.

## II. MANDOS ELECTRÓNICOS DE RESPUESTA

### A. Estado del arte

Los mandos electrónicos de respuesta reciben distintas denominaciones como mandos de votación, dispositivos de respuesta remota, votadores inalámbricos, sistemas de respuesta personal,... (en inglés “clickers” o “interactive response system”), todos ellos tienen en común sus beneficios en el aprendizaje de la materia impartida. Existen distintas publicaciones que afirman dicha característica, desde la publicación [5] de Liu et al. en la cual presentaban la herramienta, Educlick y el artículo de Lin, [6], que detallaba su utilidad en las clases. A partir de ellos se han divulgado distintos artículos que exponen esta característica, de entre ellos se puede destacar el de Johnson [7] que describe como los mandos electrónicos de respuesta ayudan al profesor o instructor en tres puntos:

- Potenciar el grado de atención de los asistentes.
- Aumentar el grado de comprensión de la materia que se imparte.
- Permitir interactuar con los alumnos.

Igualmente, explica que para el alumno representa motivación, consolidación de conocimientos y participación activa en la clase.

Así mismo, otro artículo a mencionar es el de Martyn [8] que puntualiza dos particularidades de los mandos electrónicos de respuesta:

- Proporciona un mecanismo a los estudiantes para participar anónimamente.
- Integra un “juego” que anima más a los alumnos a la participación que una clase tradicional.

En concordancia con dichas publicaciones, muchas universidades españolas, entre ellas la Universitat Autònoma de Barcelona, apuestan por la implantación de tecnologías de la información y comunicación como herramientas de innovación en distintas materias. Dentro de estas herramientas se incluyen dichos mandos electrónicos de respuesta. Se utilizan en distintas áreas, principalmente en ciencias de la salud.

### B. Sistema interactivo

La Escola Universitària d'Informàtica optó por la compra del sistema interactivo, Educlick, de todos modos,

actualmente, en el mercado existen distintos productos con prestaciones similares al sistema que nosotros utilizamos y presentamos como herramienta utilizada en nuestra experiencia.

El sistema interactivo, Educlick, que se está utilizando en las sesiones o clases de problemas de la asignatura de Sistemas Digitales consta de:

- Un software compatible con Microsoft PowerPoint que permite introducir unos controles de sesión a las transparencias diseñadas.
- Unos mandos electrónicos de respuesta.
- Un receptor, conectado al ordenador por USB, con el cual se sincronizan por radio frecuencia los mandos electrónicos de respuesta.

Toda la información generada en cada sesión es almacenada en una base de datos, permitiendo posteriormente la generación de informes o la exportación a Microsoft Excel, donde los datos pueden ser consultados y/o manipulados para poner a disposición de los alumnos los resultados obtenidos en cada sesión. Esto permite al alumno ver donde ha fallado e incidir su estudio en los puntos débiles detectados en la prueba desarrollada en clase.

En la figura 1 se observa los mandos electrónicos de respuesta y el receptor que se conecta por USB al ordenador. Los mandos constan de diez teclas de respuesta que están indicadas por letras o números. También, dispone de tres teclas más que en una combinación determinada sirven para la sincronización del mando con el receptor.



Figura 1. Mandos electrónicos de respuesta y receptor.

La figura 2 muestra dos ejemplos de transparencias, uno corresponde a una pregunta tipo test y el otro, a una pregunta de encuesta. Se puede observar que las dos incluyen el control de sesión. En la primera transparencia no está activado el inicio de votación y en la segunda lleva 20 segundos activado el proceso de votación donde hay dos mandos que han enviado su respuesta de los 60 mandos de respuesta configurados en el sistema.

**1) Quina és l'equació característica d'aquest biestable AB:**

A)  $Q^* = \overline{B}Q + A\overline{Q}$   
 B)  $Q^* = \overline{A}\overline{Q} + AB$   
 C)  $Q^* = \overline{B}Q + AB$   
 D)  $Q^* = \overline{B}Q + \overline{AB}$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60

Participants: 60, Votats: 0, Temps: 0, Restants: 0, Fin Votacions, Cancel·lar Votacions

**3) Quin mètode docent prefereixes?**

A) Explicacions a la pissarra  
 B) Explicacions amb transparències  
 C) Explicacions combinades pissarra-transparències  
 D) Aprenentatge basat en problemes/pràctiques

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60

Participants: 60, Votats: 2, Temps: 20, Restants: 0, Fin Votacions, Cancel·lar Votacions

Figura 2. Ejemplos de transparencias que incluyen el control de sesión.

Este control consta de dos partes: por una parte, un panel de respuesta, donde se visualiza el estado de votación de los mandos electrónicos, y la parte de control de la votación (inicio/fin de la votación, tiempo de respuesta, gráfica,...). El alumno selecciona una de las posibles respuestas y realiza la votación. En el panel de respuesta, la casilla correspondiente a su mando cambia de color azul a color rojo, indicando que ha votado, como se puede observar en la figura 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60

Participants: 60, Votats: 2, Temps: 20, Restants: 0, Fin Votacions, Cancel·lar Votacions

Figura 3. Panel de control de sesión.

Al finalizar la clase, se guardan los datos de la sesión en una base de datos para su consulta posterior. También, se puede visualizar una gráfica que indica los porcentajes de acierto de los ejercicios realizados (figura 4).

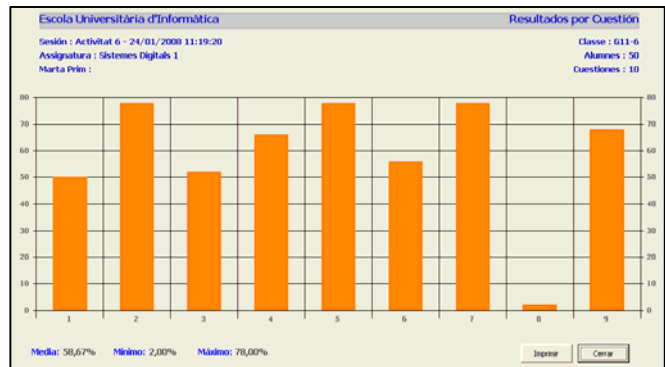


Figura 4. Gráfica de porcentajes de acierto de una sesión.

### III. METODOLOGÍA APLICADA

A partir del curso académico 2007-2008, todas las asignaturas que se imparten en la Escola Universitària d'Informàtica se han adaptado (en fase piloto) a las directrices de Bolonia. Para ello, se han creado las guías docentes donde el alumno tiene especificado, detalladamente, desde los objetivos a la forma de evaluación de cada asignatura [9]. En la asignatura de Sistemas Digitales I de segundo curso se ha considerado realizar evaluación continuada y una prueba final escrita. La evaluación continuada consiste en el desarrollo por parte del alumno de dos evidencias: la participación en las clases de problemas o de actividades dirigidas y el desarrollo del portfolio del alumno en un entorno wiki [10] (e-portfolio). En este artículo nos centramos en cómo se han estructurado y evaluado las clases de problemas.

En las clases de problemas se distinguen dos tipos de sesiones:

- Las clases de problemas donde el profesor, a partir de una lista propuesta de ejercicios, los resuelve con el correspondiente debate con los alumnos.
- Las clases de actividades dirigidas que se diferencian de una clase de problemas porque es el alumno quien resuelve el ejercicio de forma individual o en grupo, mediante el soporte de apuntes, libros,... o no y respondiendo con los mandos electrónicos de respuesta.

A las clases, de una duración de 50 minutos, asisten unos 35 alumnos y se asigna un mando a cada uno de ellos. La clase se inicia con el reparto de mandos a todos los asistentes, los cuales ya tienen un número asignado. Seguidamente, se presenta el PowerPoint, con los ejercicios a resolver. Son ejercicios tipo test. Cuando pasados unos minutos el profesor considera que todos los alumnos han tenido tiempo para determinar la solución, se inicia la votación con los mandos electrónicos. Al finalizar la votación, se puede visualizar una gráfica de resultados, donde el alumno observa cual es la respuesta correcta y si ésta ha coincidido con la suya. La visualización de la respuesta permite al profesor iniciar un pequeño debate sobre el ejercicio para que el alumno conozca la solución.

Se diferencian tres tipos de ejercicios: ejercicios de análisis, ejercicios de síntesis o diseño y ejercicios de conocimientos teóricos.

Los ejercicios de análisis son ejercicios donde se presenta un circuito digital, combinacional o secuencial, y el alumno debe determinar la función o funciones del circuito y seleccionar de las tres o cuatro posibles respuestas cual es la correcta.

Los ejercicios de síntesis o diseño son, por el contrario, ejercicios con un enunciado describiendo un problema y el alumno debe realizar todos los pasos de síntesis hasta obtener el circuito, el cual debe comparar con las posibles soluciones que se le presentan en la transparencia. En estos ejercicios se les pregunta desde el número de puertas necesarias para la implementación hasta el comportamiento del circuito en un diagrama de tiempo.

Los ejercicios de conocimientos teóricos corresponden a preguntas sobre conceptos teóricos del tema en cuestión. En estos ejercicios, el alumno no debe realizar ningún desarrollo.

Cabe destacar algunas consideraciones en la preparación de los ejercicios:

- Los tipos de ejercicios indicados se van alternando para que el alumno no pierda el interés, o encuentre monótona la clase.
- Los ejercicios de conocimientos teóricos se programan con un tiempo de respuesta, es decir, se considera un tiempo razonable para que el alumno pueda seleccionar la respuesta correcta, finalizado este tiempo, no se permite la votación.
- Los ejercicios propuestos deben permitir al alumno saber el grado de conocimiento de la materia sobre la cual se está realizando la actividad.
- Los ejercicios se plantean con distintos grados de dificultad.

#### IV. EVALUACIÓN

La evaluación de esta asignatura se ha llevado a cabo en base al trabajo desarrollado por el alumno en cuatro evidencias de evaluación especificadas en la metodología docente presentada en la guía docente al inicio del curso. Se han valorado los conocimientos de la materia científicos-técnicos conseguidos, el grado de implicación en las prácticas de laboratorio así como el trabajo y la participación en la elaboración del e-portafolio por parte del alumno, que consiste en un trabajo continuado presentado en un wiki de temas de ampliación, ejercicios en grupo y ejercicios individuales, [11].

Parte de la valoración de los conocimientos científicos-técnicos corresponde a la evaluación de las clases de problemas interactivas que en este artículo se presenta. Se imparten seis clases de actividades dirigidas, de éstas el alumno debe haber asistido como mínimo a cuatro de ellas. De todas las actividades en las que ha participado el alumno se consideraran las cuatro con mejor puntuación. La nota

obtenida representa un 15% de la nota final de la asignatura en la primera convocatoria.

Estas clases de actividades dirigidas no son obligatorias, si un alumno no puede asistir a ellas, para obtener el 15%, se le ofrece la posibilidad de realizar dos ejercicios adicionales en la prueba final escrita de la asignatura.

#### V. RESULTADOS

Los resultados de la experiencia que se presentan a continuación hacen referencia a la participación, la evaluación de las actividades y la valoración de los alumnos sobre la utilización de los mandos electrónicos de respuesta.

El grado de participación de los alumnos a las clases de actividades dirigidas ha sido de un 87%, considerando las 6 actividades realizadas, como se muestra en la siguiente Figura 4:

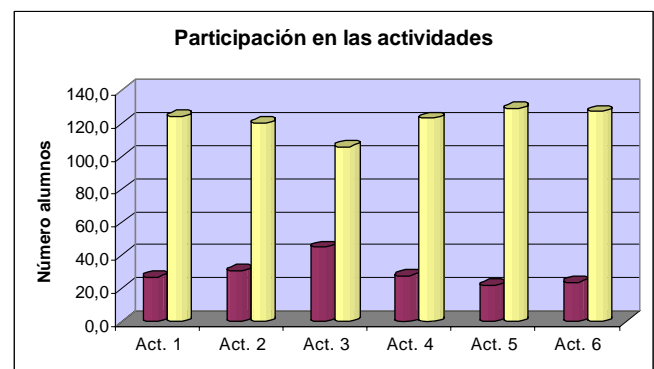


Figura 4. Grado de participación

En la figura 5 se presentan el rango de notas obtenidas por los alumnos al final del cuatrimestre después de realizar las seis actividades dirigidas programadas. Observando los resultados, se puede afirmar que la mayoría de los alumnos que asistieron a las actividades, las superaron con buena nota. La razón de este resultado puede ser la realización de los ejercicios con la ayuda de apuntes, libros, etc. además de poder resolver los ejercicios en grupo.

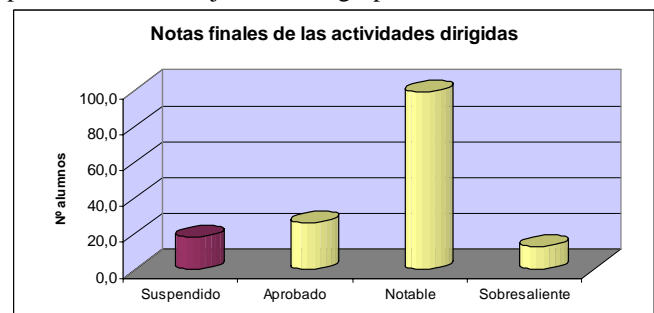


Figura 5. Resultados de la evaluación de las actividades dirigidas.

Si nos preguntamos como ha influenciado en el examen final la utilización de los mandos electrónicos de respuesta, se puede indicar que la diferencia más importante respecto a cursos anteriores es el porcentaje de alumnos que se presentaron a examen. Los dos cursos académicos que hemos utilizado los mandos electrónicos de respuesta el porcentaje ha



sido del 86% este curso y un 84% el curso 2007-2008 frente al 60% del curso 2006-2007; sin embargo, el porcentaje de alumnos que superaron el examen no se ha visto modificado, alrededor de un 45%. La Figura 6 muestra dichos porcentajes.

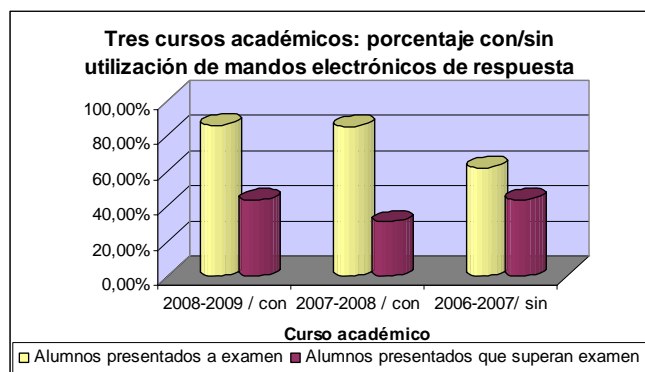


Figura 6. Relación de tres cursos académicos respecto a la utilización de los mandos y los alumnos presentados a examen y que superan el examen escrito.

En la última clase de actividades dirigidas se pasó una encuesta para saber el grado de satisfacción de la experiencia llevado a cabo. La valoración de los alumnos se puede observar en la siguiente figura 7, donde se preguntó a los alumnos si consideraban que la utilización de los mandos electrónicos de respuesta les ayudaba en el aprendizaje de la materia:

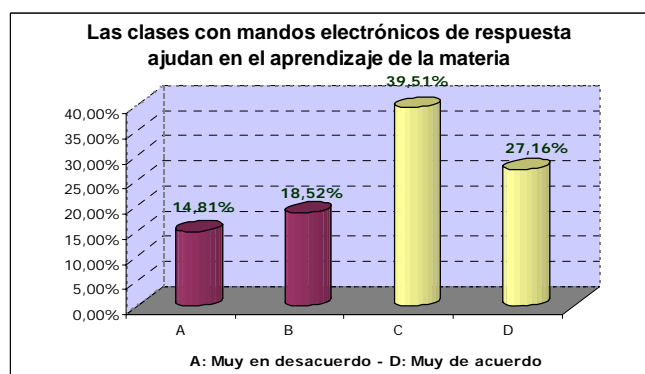


Figura 7. Valoración de los mandos electrónicos de respuesta respecto al aprendizaje de la materia.

También, se les preguntó la valoración global de la experiencia, el resultado se muestra en la figura 8. Los alumnos valoraron positivamente las clases de actividades dirigidas, principalmente porque permitían realizar problemas y posteriormente saber su solución, así como la puntuación obtenida. Ello, también, les ayudaba a esclarecer sus dudas sobre la materia que trataba la actividad.

## VI. CONCLUSIONES

Este artículo expone la reestructuración de la asignatura de Sistemas Digitales I de segundo curso de una ingeniería técnica, para incrementar la motivación, la participación, el

aprendizaje,..., en definitiva ayudar al alumno a superar la asignatura con un elevado grado de conocimientos sobre el análisis y el diseño de circuitos digitales. Para ello, se ha introducido interactividad en las clases de problemas mediante la utilización de un sistema de mandos electrónicos de respuesta ofrecido por la empresa Educlick.

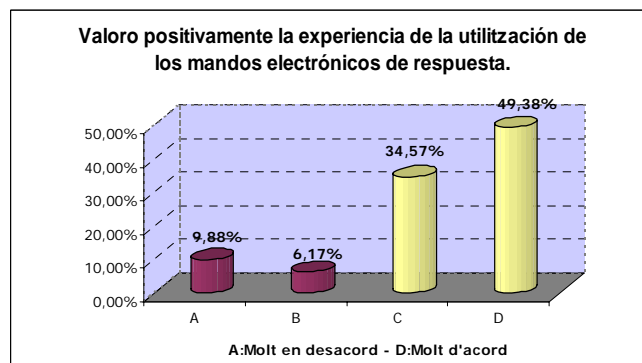


Figura 8. Valoración de los mandos electrónicos de respuesta respecto al aprendizaje de la materia.

Este sistema, al mismo tiempo, permite realizar una evaluación continuada, donde el profesor dedica más tiempo a la preparación de los ejercicios que a la corrección de éstos y los alumnos saben, al finalizar la sesión, el grado de conocimiento de la materia evaluada.

También, es importante mencionar los problemas técnicos surgidos en el planteamiento de estas clases dirigidas como son el tiempo perdido al inicio de la clase con el reparto de los mandos a los alumnos, muchos no se acuerdan del número de mando asignado, otros han cambiado el horario y asisten a otra sesión donde no tienen mando asignado, si hay varios grupos de clases de problemas si debe variar el repertorio de preguntas debido a que se pasan las soluciones entre grupos.

Sin embargo, podemos afirmar que las expectativas favorables depositadas inicialmente sobre la experiencia se han cumplido y los resultados obtenidos, en los dos cursos académicos, lo confirman.

## REFERENCIAS

- [1] Educlick, sistema de docencia presencial basado en mandos electrónicos de respuesta. [Online]. Disponible: <http://www.educlick.es/>. Último acceso: febrero 2009.
- [2] *Cap a l'EEES. Experiències docents innovadores a ciències experimentals i tecnologies i a ciències de la salut*, editado por la Unidad de Innovación Docente en Educación Superior (IDES) de la UAB. Nov. 2008.
- [3] La web de consulta de l'Espai Europeu d'Educació Superior de la Universitat Autònoma de Barcelona. Disponible: <http://www.uab.cat/bolonya/>. Último acceso: febrero 2009.
- [4] J. Rué. *Enseñar en la universidad: el EEES como reto para la Educación Superior*. Editorial Narcea, Madrid, 2007.
- [5] T. C. Liu, J. K. Liang, H. Y. Wang, T. W. Chan, L. H. Wei, "Embedding EduClick in Classroom to Enhance Interaction". *Proceedings of International Conference on Computers in Education (ICCE)*, pp. 117-125, 2003.
- [6] Lin, S., Teng, H., "A case study of the interactive evaluation system for Teacher-Centered Instruction and Student-Centered Instruction", *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia*,

*Hypermedia and Telecommunications* 2004, pp. 1438-1443. Chesapeake, VA, 2004.

- [7] C. Johnson, "Clickers in Your Classroom," *Wakonse-Arizona E-Newsletter*, Vol. 3, No. 1, 2004.
- [8] M. Martyn, "Clickers in the Classroom: An Active Learning Approach". *Educause Quarterly*, number 2, pp. 71-74, 2007.
- [9] Guías docentes de la Escola Universitària d'Informàtica de Sabadell. . [Online]. Disponible: <http://eui.uab.cat/>. Último acceso: febrero 2009.
- [10] M. Prim, J. Oliver, V. Soler y J. Roig, "Wiki para la mejora del aprendizaje en el diseño de circuitos digitales". *VII TAE 2006, Congreso sobre Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica*, Libro de resúmenes pp. 119-120, Madrid , 2006.
- [11] Wiki de la asignatura de Sistemas Dgitales I [Online]. Disponible: <https://wiki.uab.cat/0809-ETI-SD1>. Último acceso: marzo 2009.



**Marta Prim** es doctora en Informática 1996 por la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) y profesora Titular de Universidad en el departamento de Microelectrònica i Sistemes Electrònics (MISE) de la UAB desde 2002. Vinculada a la enseñanza de Sistemas Digitales y Metodología y Gestión de proyectos, en el ámbito docente, y en análisis de datos en el ámbito investigador. Desde el año 2000 ha

participado en diversos proyectos docentes y tiene publicados artículos sobre metodología docente aplicada a la enseñanza en el área de las TIC.



área de las TIC.

**Joan Oliver** es profesor de Universidad desde el año 1990 del área de Arquitectura y Tecnología de Computadores. Su línea de investigación está orientada al desarrollo de sistemas embebidos sobre FPGAs. Desarrolla su tarea docente en el diseño de sistemas digitales y encastados sobre FPGAs. Desde el año 2000 ha participado en diversos proyectos docentes y tiene publicados artículos sobre metodología docente aplicada a la enseñanza en el



docente, y en análisis de datos y comunicaciones inalámbricas en el ámbito investigador.

**Vicenç Soler.** Barcelona, España 1970. Doctor Ingeniero en Informática 2007, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). Investigador en el Centro CIBER-BBN (Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina) desde 2007 y Profesor Asociado en el Dept. de Microelectrònica i Sistemes Electrònics (MISE) de la UAB desde 1997. Vinculado a la enseñanza de Redes de ordenadores y comunicaciones inalámbricas en el ámbito