

# Evaluación basada en Proyectos en una asignatura troncal de Sistemas Electrónicos

M. Perales Esteve, E. López Morillo, F. Muñoz Chavero, F. Barrero García, S. Toral Marín  
 Departamento de Ingeniería Electrónica.  
 Escuela Superior de Ingeniería. Universidad de Sevilla  
 mperales@us.es

**Abstract—** Con la aparición de los nuevos planes de estudio, y la creación de titulaciones novedosas, se generó un interés creciente por métodos de evaluación alternativos, centrados en valorar la adquisición de una serie de competencias más que en la capacidad de memorización, como puede ser la Evaluación basada en proyectos. El problema de este tipo de evaluación aparece cuando crece el número de alumnos. Se presenta la experiencia que se tiene en una asignatura troncal que ha pasado de 20 a más de 70 alumnos, qué problemas se han planteado y cómo se han ido solucionando.

**Keywords—** PBL, teaching process, Digital systems.

## I. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje y la evaluación basada en proyectos tiene un especial sentido en el contexto de la ingeniería [1]. Desde el punto de vista de la formación, se les exige una mayor destreza en una serie de competencias globales, no tanto en cuestiones particulares de la materia. Desde el punto de vista del alumnado, resulta normalmente mucho más motivante la realización de un proyecto, aunque sea desde un punto de vista meramente académico, que el estudio de una materia para un examen [2]. El problema suele aparecer cuando la asignatura crece de tamaño. A pesar de las buenas intenciones a la hora de redactar los nuevos planes de estudio, lo cierto es que al cabo de poco tiempo volvemos a tener grupos de 80 alumnos por clase, lo que dificulta bastante la realización de este tipo de labores docentes.

En concreto, en la asignatura Sistemas Electrónicos, de tercer curso de los estudios de Grado en Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica, se pasó de 21 alumnos el primer curso a 50 en el segundo año, y un total de 74 en el curso presente. Este incremento se ha producido a coste cero, en el sentido de que no se ha realizado ningún desdoble de grupos, por lo que toda la docencia teórica sigue recayendo en los mismos profesores. Es evidente que el grado de dedicación a la dirección o tutorización de los trabajos de los alumnos es decreciente. Por lo tanto, hay que intentar mejorar la autonomía de los alumnos en el proceso de aprendizaje y en el desarrollo de sus proyectos, para hacer viable el método docente y de evaluación basado en proyectos.

En este trabajo se expondrá el caso de esta asignatura, para lo que se empezará mostrando la organización docente de la misma, comentando sus bloques y la docencia impartida, para

mostrar a continuación los sistemas de evaluación usados para las diferentes partes. Se hará posteriormente un análisis de los diferentes problemas que se encuentran y cómo se han ido dando soluciones a los mismos, haciendo una lectura crítica de estas soluciones. Finalmente, se tratará de sacar alguna conclusión a futuro ante el previsible crecimiento que todavía puede experimentar la asignatura.

## II. CONTEXTO DOCENTE

Sistemas Electrónicos es una asignatura obligatoria de tercer curso del Grado de Ingeniería en Electrónica, Robótica y Mecatrónica, que se imparte en la Escuela Técnica Superior de Ingenierías de Sevilla y en la Universidad de Málaga, de manera coordinada, dentro del marco del Campus de Excelencia Internacional Andalucía Tech. Esta titulación oferta un total de 65 plazas (un grupo) en primer curso, siendo impartida desde el curso 2011-12, por lo que la asignatura en cuestión se lleva impartiendo desde el curso 2013-14. En la Tabla I se muestran las cifras de matriculación y aprobados (en porcentaje sobre matriculados). Es fácil comprobar el incremento constante de alumnos en la asignatura. Dado que el número de alumnos que entran en primer curso es fijo, el incremento de alumnos en la asignatura se puede deber al efecto *tapón* que generan algunas asignaturas básicas de electrónica. Así, por ejemplo, la asignatura Electrónica General (de segundo curso) ha ido creciendo de 41 alumnos a 123, con un índice del 53% de repetidores. Es previsible por tanto que el número de alumnos en la asignatura en estudio crezca todavía un poco más, hasta situarse en torno a 80-90 alumnos por curso.

Con estas cifras parece necesario realizar esta reflexión sobre los métodos de evaluación, y sobre si realmente es viable seguir evaluando exclusivamente con proyectos o si será necesario recurrir a otro tipo de sistemas más tradicionales de evaluación.

TABLE I. CIFRAS DE MATRICULACIÓN Y APROBADOS

	Año académico				
	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
Matriculados	22	52	51	60	74
Aprobados (%)	77	82	90	88	97

### III. ORGANIZACIÓN DE LA ASIGNATURA

La asignatura se organiza verticalmente en dos partes totalmente diferenciadas, y horizontalmente se articula en clases de teoría y prácticas. Ambas divisiones son al 50%. Respecto a la división *vertical*, esto es, a lo largo del cuatrimestre, las 7 primeras semanas se dedican a estudiar los sistemas basados en lógica programable, centrándose en el uso de una FPGA de Xilinx como herramienta del curso. La segunda parte del curso, hasta final del cuatrimestre, se dedica al estudio de sistemas basados en microprocesador, y más concretamente en el diseño de sistemas basados en microcontroladores. Como herramienta básica se utiliza un microcontrolador de Texas Instruments y su sistema de desarrollo nativo.

La división de la asignatura en dos mitades estancas lleva, de forma natural, a que la evaluación se haga también basada en dos notas separadas. Desde el inicio de esta materia se ha apostado por la evaluación basada en proyectos, lo que se traduce en que los alumnos deberán realizar dos proyectos bien distintos: uno basado en la FPGA estudiada en la primera parte, y otro basado en el microcontrolador de la segunda.

Por otro lado, el hecho de disponer de un 50% de créditos prácticos posibilita de alguna forma que la docencia sea mucho más cercana a la práctica, y en formatos más reducidos. Esto es debido a la existencia de un único grupo de teoría por cuatro grupos de prácticas. Así, en ambas partes de la asignatura, la explicación de una serie de conceptos más específicos (como puede ser alguna peculiaridad del lenguaje VHDL o la configuración de algún periférico especial del microcontrolador) se realiza en las clases de laboratorio, teniendo los alumnos disponibles los equipos para probar, sobre la marcha, los conceptos adquiridos.

### IV. EVALUACIÓN BASADA EN PROYECTOS

A pesar del incremento experimentado en la asignatura, la evaluación de la misma se sigue realizando fundamentalmente basada en proyectos. De manera general, aunque cada parte de la asignatura evalúa de forma ligeramente distinta, los alumnos deberán hacer un trabajo de diseño completo de un sistema, que servirá para acreditar la adquisición de las competencias que se pretenden desarrollar en la asignatura. Se detallan a continuación los métodos de evaluación seguidos en cada una de las dos partes de la asignatura.

#### A. Sistemas programables

En la primera parte de la asignatura se estudia el diseño e implementación de sistemas digitales mediante circuitos lógicos programables. Aunque en la parte teórica, concretamente en el tema dedicado a las tecnologías de fabricación, se da una visión general de todos los dispositivos lógicos programables existiendo detallando su arquitectura hardware, la parte práctica de la asignatura se centra en el diseño digital en FPGAs.

El sistema hardware sobre el que se desarrollan las sesiones prácticas y el proyecto de curso es la placa de desarrollo Basys 2 de Digilent [3]. En la figura 1 se muestra una fotografía de la placa de desarrollo empleada que cuenta con los siguientes recursos hardware:

- FPGA Spartan 3E de Xilinx con 100.000 puertas.
- Controlador USB Atmel AT90USB2 para la transferencia de datos y programación, además de poderse usar como conector de alimentación.
- Flash ROM Xilinx Platform para el almacenamiento de la configuración de la FPGA.
- 8 diodos LED, display de 7 segmentos de 4 dígitos, 4 botoneras y 8 interruptores.
- Conectores PS/2 y VGA de 8 bits.
- Reloj configurable por el usuario (25/50/100MHz) y zócalo para alojamiento de un reloj secundario.
- 4 conectores de expansión Pmod de 6 pines.
- Protección ESD en todas los puertos I/O.

Las clases teóricas están destinadas fundamentalmente a la exposición del lenguaje de descripción hardware VHDL y el flujo de diseño para síntesis de sistemas digitales en dispositivos lógicos programables. En cuanto el alumno adquiere una base conceptual suficiente, de forma entrelazada con las sesiones de teoría se van desarrollando tres sesiones prácticas evaluadas previas a la realización del proyecto de curso. Estas prácticas pueden catalogarse como “fase de entrenamiento” y consisten en el diseño de distintos bloques relativamente sencillos y su implementación en la placa de desarrollo que se utilizará en la “fase de desarrollo” del proyecto. Los objetivos generales de estas sesiones prácticas son los siguientes:

- Afianzar los conceptos del lenguaje VHDL expuestos en las clases teóricas.
- Familiarizarse con el flujo de diseño real en FPGA mediante el uso de la herramienta software (ISE Design Suite de Xilinx) que tendrán que usar para desarrollar el proyecto de curso.

Durante estas tres primeras prácticas los estudiantes diseñarán además una serie de bloques que podrán reutilizar en el proyecto de curso tras cierto grado de rediseño. Concretamente, contadores, decodificadores y bloques lógicos (primera



Fig. 1. Placa de desarrollo Basys 2 de Digilent utilizada en el bloque de diseño con circuitos lógicos programables de la asignatura.

práctica), control de un monitor VGA (segunda práctica) y diseño de un sistema de transmisión rs-232 (tercera práctica). Esta serie de tres prácticas que conforman la “fase de entrenamiento” suponen el 20% de la nota final en este bloque de la asignatura. Para evaluarlas se contemplan dos tipos de entrega:

- La versión básica, en la que el alumno presenta un bloque digital funcional que opera tal y como se especifica en el enunciado de la práctica y que se calificaría con 6 puntos sobre 10.
- Para conseguir la máxima nota el estudiante tiene que presentar una versión mejorada, que debe incluir alguna característica adicional que implique un paso más en cuanto a su preparación de cara al proyecto de curso. Como referencia se les proporciona diversos ejemplos del tipo de mejoras que suponen la máxima nota. Por ejemplo, hacer que la cuenta sea reversible al cambiar la posición de un interruptor de la placa en la practica 1 o conseguir movimiento a velocidad constante en los objetos representados en el monitor en la practica 2.

La evaluación de las 3 prácticas de entrenamiento se realiza en una misma sesión de prácticas que tiene lugar justo antes de comenzar a desarrollar el proyecto de curso. En esta sesión cada alumno se acerca al puesto del profesor, programa la placa de desarrollo y realiza una demostración del funcionamiento de cada uno de los bloques digitales diseñados.

Desde la clase de presentación de este bloque de la asignatura los alumnos saben que una parte importante de su evaluación se realizará mediante el desarrollo de un proyecto que tendrán que comenzar tras la finalización de las 3 sesiones de prácticas evaluadas. La calificación obtenida en el proyecto de curso supone un 80% de la nota final en este bloque de la asignatura. La temática del proyecto así como sus especificaciones básicas es común para todos los estudiantes a fin de conseguir la homogeneidad necesaria que haga factible la evaluación de un número tan elevado de alumnos. La temática propuesta desde el arranque de la asignatura en el curso 2013-14 es el desarrollo de un videojuego hardware. El objetivo es reproducir el funcionamiento de un videojuego conocido, aunque personalizado en cuanto a cambios en la mecánica de juego y la estética. La experiencia nos ha demostrado que esta temática motiva especialmente al alumnado al poder comprobar sus progresos de una forma 100% visual y además tiene la ventaja de que solo es necesario un monitor y una placa de desarrollo para su realización.

El trabajo se realiza en grupos de tres alumnos. Tras una sesión teórica de orientación para la realización del proyecto, los alumnos deben presentar un anteproyecto en el que se les anima a definir de forma precisa el número de bloques a desarrollar y la interfaz de cada uno de ellos, con el objetivo de poder realizar una división efectiva del trabajo siguiendo una metodología top-to-down.

Para la realización del trabajo los alumnos disponen de un sistema de préstamo de placas de desarrollo implementado a través de la biblioteca de la ETSI. Con este sistema se garantiza el acceso al material necesario a todos los alumnos durante un tiempo razonable (24 horas máximo) evitando su monopolización.

Para la evaluación del proyecto de curso los alumnos deben entregar antes de una fecha previamente acordada una memoria descriptiva del sistema digital que han diseñado y la librería resultante del proyecto en ISE Design Suite que incluya todos los ficheros con código VHDL correspondientes a los bloques diseñados y los test-benches de las simulaciones realizadas, además del .bit del sistema definitivo. Esta entrega se realiza a través de la plataforma de enseñanza virtual de la Universidad de Sevilla. Tras la entrega del proyecto los estudiantes realizan una presentación pública del mismo que incluye una demostración del juego diseñado. La calificación del proyecto se realiza mediante la valoración independiente de cuatro categorías:

- Resultados. Se valora el grado de complejidad alcanzado, relativo a las mejoras o variantes introducidas en el videojuego respecto al funcionamiento básico definido por especificaciones. En este apartado se valora el uso de elementos de la placa de desarrollo para controlar diferentes modos del juego, el uso extensivo y eficiente de memorias de bloque para enriquecer gráficamente el juego y la introducción de cambios relacionados con la dinámica del juego como diferentes grados de dificultad, aleatoriedad en la aparición de eventos o un registro histórico de puntuación.
- Código. En este apartado se valora que los alumnos hayan seguido algunas pautas de buenas prácticas para la síntesis de circuitos descritos en VHDL expuestas en las clases de teoría. Principalmente la realización de las máquinas de estado mediante una descripción basada en dos procesos síncrono y combinacional.
- Memoria. Entre otros aspectos generales como una estructura adecuada y calidad de redacción, se valora que incluya un análisis de los warnings aparecidos durante el proceso de síntesis y un análisis de la cantidad de recursos de la FPGA empleados.
- Presentación. Se valora la capacidad de los alumnos de defender el trabajo hecho. Esta presentación sirve también para detectar si el trabajo ha sido realizado efectivamente por todo el grupo o sólo por parte de él, pudiendo concederse notas distintas a los miembros del grupo.

El videojuego propuesto para el proyecto de curso del presente año académico ha sido Flappy Bird. En la figura 2 se muestra uno de los proyectos presentados. En total se han presentado 26 proyectos que han sido realizados por 70 alumnos (el 96% de los matriculados) y la nota media obtenida ha sido de 7.6 puntos sobre 10.

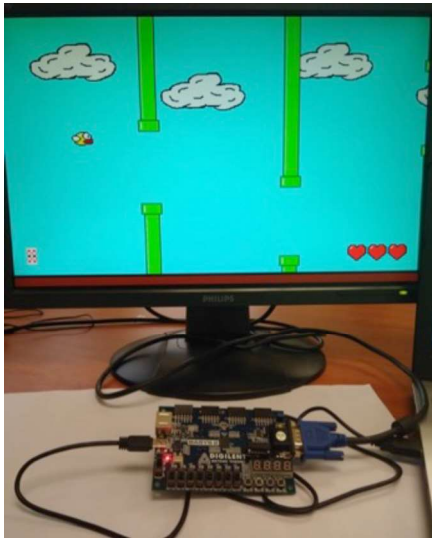


Fig. 2. Uno de los proyectos presentados durante el curso 2017-18.

### B. Sistemas microprocesados

En la segunda parte de la asignatura se estudian sistemas basados en microprocesador, particularizando para sistemas basados en microcontroladores por simplicidad y por el interés específico para áreas de automática y robótica. El sistema base que se utiliza para las prácticas, y sobre el que gira también la docencia teórica es el Launchpad MSP-EXP430G2, de Texas Instruments [4]. Este sistema es de muy bajo coste (menos de 10€ por sistema de desarrollo), y se dispone de gran cantidad de ellos por ser de uso en otros cursos. A lo largo de las clases de teoría se estudia el funcionamiento del microcontrolador, su programación, y el uso de los periféricos internos que posee:

- 16 pines de E/S con interrupciones
- 2 Timers de 16 bits con comparadores y modos de manejo como pwm, entre otros
- Convertidor A/D de 10 bits y 8 canales
- Puertos serie SPI, I2C, UART
- Módulo Watchdog
- Flash interna programable con una zona para guardar datos o parámetros de interés.

Por otro lado, en paralelo se desarrollan las sesiones prácticas en las que se utilizan los conocimientos adquiridos, manejando para ello un sistema (Educational BoosterPack MKII) [5] que, aunque originariamente no está diseñado para este microcontrolador, se ha adaptado para su uso con una placa intermedia de adaptación. Usando esta placa, los alumnos tienen a su disposición los siguientes periféricos externos:

- dos botones
- un led tricolor
- un joystick analógico de dos ejes
- un micrófono con circuito de adaptación

- un acelerómetro de 3 ejes con salidas analógicas
- un pequeño buzzer
- una pantalla lcd en color de 128x128 conectada por puerto spi
- sensores de luminosidad y de temperatura, conectados al bus i2c
- un conector para un servo pequeño

Desde el comienzo de la asignatura, a los alumnos se les informa que deberán hacer un trabajo, por grupos (de un máximo de 2 personas), para que vayan pensando desde el principio en dicho trabajo. A medida que van viendo en clase los diferentes periféricos internos y externos pueden ir variando la idea inicial que tenían del trabajo. Al ser alumnos de una titulación con un interés especial en la robótica, normalmente eligen trabajos relacionados con este campo, ya sean pequeños robots móviles o brazos articulados. Es necesario insistir en que una mayor complejidad mecánica no se evalúa y que se deben centrar en el diseño electrónico y la implementación en el microcontrolador.

Una vez que acaban las clases regladas de la asignatura, se les da un tiempo a los alumnos para que desarrollen el trabajo. Para intentar homogeneizar dichos trabajos y evitar una disparidad que puede dificultar la evaluación objetiva, se les insiste en que sería recomendable usar el hardware adicional usado en las prácticas. De hecho, se les ofrece la posibilidad de llevarse en préstamo un sistema completo (microcontrolador, placa de conexión y Boosterpack) durante las semanas que tienen para desarrollar el trabajo. Igualmente, se les proporcionan a los que lo solicitan otros elementos adicionales como interfaces Bluetooth, pantallas en modo texto, servos, pequeños motores de continua, etc. Con todos estos elementos es sencillo acometer el diseño de una serie de proyectos, como pueden ser entre otros:

- Juegos gráficos en la pantalla
- Sistemas de seguridad basados en los sensores

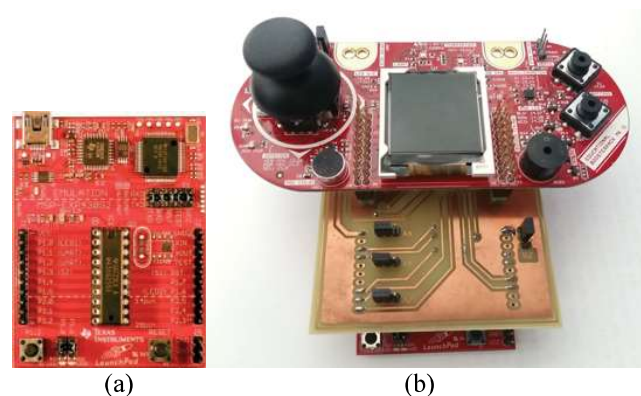


Fig. 3. Sistema empleado en las prácticas y trabajos de la asignatura. (a) Microcontrolador; (b) Sistema completo Launchpad+Boosterpack+ placa de interconexión

- Interfaces de control de sistemas complejos
- Sistemas de control inalámbricos basados en Bluetooth
- Pequeñas implementaciones de controles automáticos de luz y temperatura (domótica)

Un cierto número de alumnos opta por montar sus propios sistemas. Por otro lado, se les valora también si hacen algún montaje propio, desarrollando placas de circuito impreso con, por ejemplo, drivers para motores de continua, sensores de distancia o de condiciones ambientales (humedad, presión, temperatura) o cualquier otro elemento.

Finalmente, los alumnos deben entregar en un plazo fijado una memoria del trabajo realizado, así como los archivos de programas y documentación adicional necesaria, haciendo uso para ello de la plataforma de Enseñanza Virtual que la Universidad dispone. Tras la entrega del proyecto, se procede a la defensa del mismo de manera pública. Al ser tantos alumnos se les limita el tiempo de la exposición a 5 minutos por grupo, incluyendo el montaje de los equipos, la presentación propiamente dicha del trabajo y la demostración en directo, si la hacen.

La evaluación de la asignatura, en esta parte de la misma, se compone de una nota de prácticas, asignada a lo realizado en el laboratorio durante las sesiones prácticas, y una nota de *teoría*, que en realidad será la nota del trabajo. A su vez, la nota del trabajo se divide en tres epígrafes que se evalúan independientemente:

- El proyecto. Se tiene en cuenta la adecuación del proyecto al sistema usado (microcontrolador de capacidad reducida), así como el aprovechamiento que se hace de sus recursos internos (memoria y periféricos). También se procura
- La documentación presentada. Se valora la claridad de la redacción, así como que el proyecto quede completamente especificado. Es importante que los alumnos aprendan a redactar proyectos, y por tanto se valora bastante esta parte. También se tiene en cuenta que se hayan aportado otros materiales (videos, fotografías o cualquier materia adicional) que puedan ayudar a valorar el trabajo
- La presentación. Se evalúa que la presentación que hagan de su proyecto aborde los aspectos claves del mismo, que sea amena, así como el uso que hagan de los elementos multimedia disponibles. Puntúa realizar

la demostración del sistema en directo, por el riesgo que conlleva, o en todo caso mostrar un video del sistema funcionando.

Este curso en total se han presentado 37 trabajos. La defensa de los mismos llevó aproximadamente 4 horas, en las que los alumnos asistieron a todas las presentaciones, pudiendo preguntar en caso de necesitar aclaraciones. Aunque todavía no se ha cerrado la calificación de los mismos, el nivel encontrado en general es bastante bueno, comparable con el de otros cursos. Algunos trabajos interesantes presentados han sido:

- Juego Space Invaders. Usando la pantalla del sistema y los recursos del microcontrolador (16k de flash y 512 bytes de ram) se ha implementado el juego con diferentes fases, música, y almacenamiento permanente de la puntuación máxima.
- Control de brazo robótico con 5 grados de libertad. Han usado un brazo robótico de juguete al que le han implementado un nuevo control. Todo el sistema se monitoriza y se controla desde un móvil Android a través de Bluetooth, desarrollando una aplicación en Android para ello.
- Detección de obstáculos. Se ha implementado un sistema que funciona como un radar, haciendo un barrido angular y representando en la pantalla los obstáculos encontrados, dando su posición angular y distancia. Se detectan los obstáculos usando ultrasonidos.

#### V. PROBLEMAS ENCONTRADOS Y SOLUCIONES PROPUESTAS

A lo largo del desarrollo de esta asignatura, nos hemos ido encontrando con diferentes problemas, debidos en su mayoría al incremento del número de alumnos. Se enumeran a continuación algunos de ellos, así como las soluciones ensayadas.

##### A. Docencia en el aula.

Los primeros cursos, dado el reducido número de alumnos en el aula, se realizaban ejemplos de funcionamiento de los diferentes periféricos en el aula. Los alumnos disponían de equipos para seguir la explicación y reproducían el ejemplo a la vez, viendo el funcionamiento de cada uno de los periféricos internos del microcontrolador. Esto se hizo inviable a partir del tercer año, pasando a realizar los ejemplos exclusivamente el profesor. En cualquier caso, se intenta que las sesiones prácticas coincidan en el tiempo con las explicaciones teóricas, para que la aplicación de lo visto en clase sea lo más inmediata

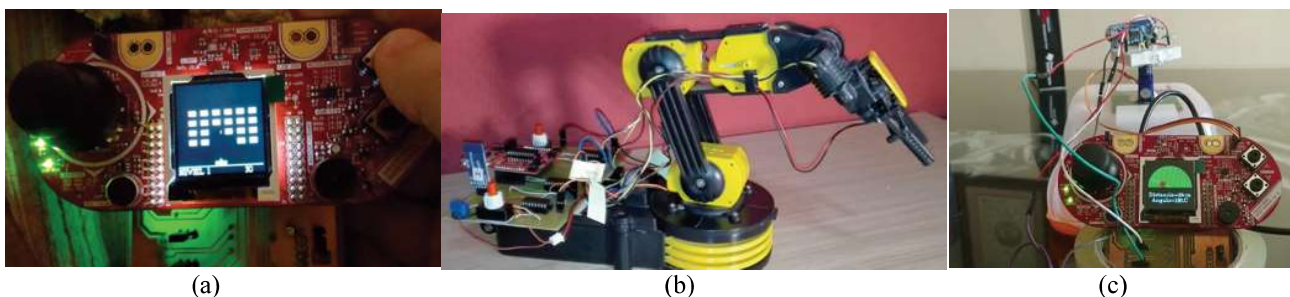


Fig. 4. Trabajos presentados en la parte de microcontroladores. (a) Juego Space Invaders; (b) Control brazo robótico; (c) Detección de obstáculos por ultrasonidos

posible.

### B. Tutorización de trabajos

Al ser un número creciente de alumnos, sin que ello conlleve un incremento de la dotación de profesorado, se hace cada vez más difícil realizar una tutorización real de los trabajos. Se han realizado las siguientes acciones para tratar de mitigar el problema:

- Trabajos en grupo. Al hacer grupos de trabajo de 2 ó 3 personas, se disminuye bastante el número de trabajos a tutorizar y corregir. Sin embargo, también se dificulta mucho la evaluación individualizada de los conocimientos, al no saber exactamente qué parte del trabajo ha desarrollado cada miembro del equipo.
- Homogeneizar los enunciados. En la parte de fpga, se ha optado por realizar un enunciado fijo para los trabajos, lo que facilita el seguimiento y la evaluación de los trabajos, al ser más similares tanto los problemas como las soluciones encontradas
- Concentrar horarios de tutoría. Dado que los alumnos no suelen acudir a tutoría durante el curso, se duplicaron los horarios de tutoría durante las semanas en las que estaban desarrollando el trabajo de microcontroladores, de manera que pudieran ser atendidos todos.

### C. Realización de trabajos

En los primeros cursos, dada la falta de material disponible y el número de alumnos, éstos hacían los trabajos en los laboratorios del departamento, turnándose los equipos a utilizar. Al aumentar el número de alumnos se hace inviable este modo de operación, para lo que se ha realizado un acopio de material extra para poder prestar a los alumnos todo el material necesario para el desarrollo del trabajo. De esta manera, los grupos de trabajo retiran el material (con control de fecha, por si fuese necesario hacer circular algunos equipos más escasos), pudiendo trabajar en su domicilio o en cualquier sala de estudio de la escuela.

### D. Corrección de trabajos

Un problema adicional asociado al número de trabajos es la dificultad de corregir esa cantidad de trabajos, sobre todo si son muy diferentes entre sí. Para tratar de mitigar el problema, se ha procurado disminuir en lo posible esta dispersión. Viendo los trabajos presentados este curso, un 40% de ellos han usado únicamente el hardware prestado para ello (Boosterpack), lo que facilita una corrección homogénea.

siempre han sido positivos, mostrando una gran aceptación de los alumnos.

- El perfil o la orientación de los alumnos de esta titulación, específicamente, aconseja un método de enseñanza basado en *aprender haciendo* más que en la adquisición de contenidos en memoria. Son alumnos muy vocacionados al diseño, montaje y prueba de proyectos de electrónica y materias afines.
- Los resultados académicos son muy buenos, con un índice de aprobados que roza siempre el 100%. Esto es normal en las asignaturas que evalúan basándose en proyectos, en parte por el hecho de que los trabajos sean en grupo: los alumnos que presentan a priori más dificultades o tienen menos capacidad (o realizan menos esfuerzo) ven suplidas sus carencias normalmente por el compañero o compañeros del grupo. Esta es, probablemente, la mayor debilidad del procedimiento de evaluación, aunque se estima que el número de *falsos positivos* (alumnos que aprueban sin haber adquirido unos conocimientos suficientes) es menor que con una prueba escrita.
- La formación adquirida por los alumnos en la asignatura es buena, como se comprueba en los que al año siguiente cursan la asignatura de cuarto curso (Sistemas Electrónicos para la Automatización). El comentario de los profesores de esta otra asignatura es favorable, en cuanto a que los alumnos vienen suficientemente preparados para afrontar el siguiente escalón en los procesos de diseño.

Por todo ello, la valoración que hacemos de la docencia y la evaluación de la asignatura es positiva. Esto nos lleva a que, mientras sea posible, seguiremos usando este método docente y de evaluación, basado en la realización de trabajos.

## REFERENCIAS

- [1] S. Gwen, "Project-based learning: a primer" Technology and Learning, vol. 23, no 6, pp 20-30, 2003
- [2] L. R. Mustoe and A. C. Croft, "Motivating engineering students by using modern case studies", European J. Eng. Educ., vol. 15, no 6, pp.469-476, 1999.
- [3] Digilent , "Basys 2 FPGA Board Reference Manual", revised April 8, 2016
- [4] <http://www.ti.com/tool/MSP-EXP430G2>
- [5] <http://www.ti.com/tool/boostxl-edumkii>

## VI. CONCLUSIONES

Año tras año, el número de alumnos en la asignatura se incrementa dificultando la realización de una evaluación basada fundamentalmente en trabajos. Sin embargo, aunque esto supone un sobreesfuerzo para el profesorado de la asignatura, hay indicadores que señalan que el método es correcto:

- Los resultados de las encuestas oficiales, que la Universidad realiza a los alumnos al finalizar el curso,