

Coordinación e Integración de Prácticas de Electrónica en Asignaturas de Grado en Ingeniería

Rafael Jesús Navas-González
Departamento de Electrónica,
Universidad de Málaga,
Andalucía Tech, Málaga, España.
e-mail: rjnavas@uma.es

Raquel Fernández Ramos
Departamento de Electrónica,
Universidad de Málaga,
Andalucía Tech, Málaga, España.
e-mail: nemo@ctima.uma.es

Alberto Daza-Mázquez
Departamento de Electrónica,
Universidad de Málaga,
Andalucía Tech, Málaga, España.
e-mail: alma@uma.es

Resumen—Esta ponencia presenta una experiencia docente en marcha en la que se realiza un ejercicio de coordinación e integración de las prácticas de tres asignaturas de electrónica de diferentes cursos, en una misma titulación de grado. El objetivo es, por una parte, elaborar enunciados de prácticas globales que integren diseños basados en bloques funcionales que puedan ser abordados parcialmente desde cada asignatura, y que supongan una continuidad y un aprovechamiento del trabajo que el alumno va desarrollando a lo largo de su proceso formativo; y por otra, evaluar su impacto sobre la satisfacción y el éxito académico de los estudiantes. Dado que el horizonte de la experiencia abarca varios cursos académicos, en esta ponencia se presenta el planteamiento general de la propuesta y la metodología que se va a emplear para su implantación. Se ofrecen ejemplos concretos de las prácticas propuestas, y en la medida de lo posible, un avance de su efecto sobre la docencia durante este curso académico.

Palabras clave—Mejora de la calidad docente; coordinación de prácticas; aprendizaje basado en proyectos; sistemas basados en FPGA.

I. INTRODUCCION

La experiencia docente que aquí se presenta involucra inicialmente tres asignaturas: (1) “*Electrónica Digital*”, (2) “*Sistemas Electrónicos*” y (3) “*Instrumentación y Acondicionamiento de Señal*”, que forman parte del plan de estudios de la titulación de Grado en Ingeniería Electrónica Robótica y Mecatrónica que se oferta en el Campus de Excelencia Internacional Andalucía Tech. [1], y que se imparten en la Universidad de Málaga conjuntamente con la Universidad de Sevilla. Estas asignaturas se cursan en el 4º, 5º y 8º semestre respectivamente, que corresponden al 2º, 3º y 4º Curso. En ellas se desarrolla un itinerario de electrónica que va desde el diseño lógico básico, pasando por la integración de bloques funcionales más complejos, incluyendo los microcontroladores y bloques propios de sistemas basados en ellos, hasta los sistemas de acondicionamiento de señales para instrumentación y control [2]. La idea básica de esta experiencia es organizar las prácticas de todas estas asignaturas desde una perspectiva global, en torno a proyectos de diseño que puedan ser divididos en bloques funcionales, de diferente complejidad y nivel de abstracción, de modo que su implementación pueda realizarse de forma parcial y progresiva, desde la perspectiva y técnicas presentadas en cada asignatura. Como soporte común para la implantación de los

diseños se utiliza la plataforma Nexys3, basada en la FPGA Spartan6 de Xilinx [3].

La experiencia se desarrolla en diferentes fases: En una primera fase se analizan las prácticas hasta ahora propuestas en cada asignatura con el propósito de seleccionar las más adecuadas para los fines de la experiencia. A continuación, para cada proyecto seleccionado se establece una división funcional y se concreta qué bloques son los más adecuados para ser abordados por los alumnos en cada una de las asignaturas, y qué bloques se les proporcionarán como bloques ya definidos. En una segunda etapa se ponen en práctica las propuestas en cada asignatura, según su distribución temporal en el plan de estudios. Para la evaluación experiencia se utilizarán encuestas de satisfacción basadas en el modelo SEEQ (Students’ Evaluation of Educational Quality) [4] y modelos de rúbricas [5]. Las encuestas se presentarán a los alumnos al principio y al final del periodo de sesiones de prácticas y se analizarán a final de curso, junto con los índices habituales de evaluación de la calidad docente.

Esta ponencia se organiza de la siguiente manera: En primer lugar se presenta la motivación y los objetivos de la propuesta. A continuación se presenta el contexto en el que se desarrolla y alguno de los proyectos de prácticas seleccionados para este curso académico. Seguidamente, se concreta cómo se integra la propuesta en cada una de las asignaturas. Finalmente se proporcionan los resultados hasta ahora disponibles. Estos resultados tienen necesariamente un carácter parcial puesto que, al tiempo de la redacción de esta ponencia, sólo se dispone un avance del impacto de la experiencia en una de las asignaturas involucradas.

II. MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

A. Motivación

En su apuesta por la mejora en la calidad docente, el Departamento de Electrónica de la Universidad de Málaga ha optado, desde hace ya varios cursos académicos, por el uso en sus prácticas de plataformas de desarrollo de sistemas electrónicos basadas bien en FPGA (Field Programmable Gate Array), o bien en PSoC (Programmable Systems on Chip). La principal ventaja de estos sistemas es que permiten proponer y desarrollar proyectos atractivos y motivadores para el estudiante, de una complejidad difícilmente abordable con elementos discretos, y que se pueden realizar de manera

incremental, partiendo de módulos simples e introduciendo mejoras paulatinamente. Estos sistemas comerciales proporcionan suficiente flexibilidad y capacidad de diseño, así como la posibilidad de integración de bloques de alto nivel (microcontroladores) y la posibilidad de interacción con sensores y periféricos. De esta forma es posible ejercitar y evaluar las competencias que ha de adquirir el alumno en entornos próximos a los profesionales.

El uso de estas plataformas en las prácticas de diferentes asignaturas de la titulación del Grado en Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica, impartidas en Málaga, ha dado ya buenos resultados y ha sido bien acogida por los estudiantes. Sin embargo, desde una visión de conjunto de la formación recibida por el estudiante y de la carga de trabajo que supone, se ha observado algunas deficiencias o disfunciones que se debería subsanar.

Hasta ahora, cada profesor en su asignatura ha organizado las prácticas de forma independiente, proponiendo sus propios enunciados y proyectos. Esta estrategia, que permite abordar una gran diversidad de propuestas, tiene como efecto negativo la sensación en el estudiante de falta de conexión y continuidad en los procedimientos y objetivos de asignaturas que, al menos sobre el papel, desarrollan contenidos que, en gran medida, son continuación unos de otros, en el sentido de que son asignaturas en las que se asciende de nivel jerárquico en la descripción de un sistema electrónico, proponiendo conceptos y herramientas de diseño cada vez más avanzadas y próximas al diseño profesional.

Además, esto provoca una exigencia creciente en el trabajo que los estudiantes deben desarrollar, sobre todo en asignaturas de cursos superiores donde se aborda una visión más de sistema y, lógicamente, se desarrollan proyectos de mayor complejidad. Este mayor esfuerzo se debe muchas veces, no a la complejidad del diseño que desarrolla los contenidos propios de la asignatura, sino al incremento en el número de primitivas o bloques a implementar consecuencia de las necesidades de interfaz y/o control y preprocesado de la información intercambiada con elementos periféricos. El desarrollo de estos bloques supone, en muchos casos, una sobrecarga de trabajo que, en general, no aporta conocimiento nuevo al nivel considerado en esa asignatura. Sin embargo, muchos de estos bloques funcionales más simples, necesarios para el funcionamiento del sistema completo, corresponden en cuanto a dificultad a sistemas más básicos, abordables en asignaturas de cursos anteriores.

Así, en este sentido, cabe esperar que un ejercicio de coordinación e integración de las prácticas de todas estas asignaturas que establezca una conexión entre ellas, permita ofrecer una imagen de continuidad en el proceso de formación, así como una mejor distribución y aprovechamiento del trabajo realizado.

B. Objetivos

Así pues, los principales objetivos son conseguir:

- Un desarrollo progresivo y sostenible de las prácticas de electrónica en su conjunto, mejorando el reparto de la carga de trabajo de diseño de los alumnos entre las distintas

asignaturas, desarrollando en cada una de ellas los módulos adecuados para dicho nivel.

- Un aumento de la motivación del alumno y de la calidad global de la enseñanza de la electrónica, de manera que abordando un proyecto completo, desde lo más básico hasta las partes más complejas, el alumno experimente el mismo proceso que en un entorno profesional, partiendo las especificaciones de un proyecto, repartiendo el trabajo entre distintos grupos y niveles de complejidad, e integrando sus soluciones para llegar a la solución final del problema propuesto.

III. CONTEXTO Y EJEMPLO DE PROPUESTAS DE INTEGRACIÓN

A. Contexto

La puesta en práctica de este ejercicio de coordinación se ve favorecido por el hecho de que todas las asignaturas implicadas son impartidas por profesores del mismo departamento. Como núcleo de la experiencia se ha considerado la asignatura "Sistemas Electrónicos". Ésta es una asignatura obligatoria de 4,5 créditos ECTS (de los cuales 2,5 corresponden a laboratorio y actividades de diseño), que forma parte de la materia Electrónica e Instrumentación. En ella se presentan los dispositivos digitales programables más utilizados en la actualidad, centrándose en las FPGA como dispositivos más modernos donde es posible implementar arquitecturas hardware tipo microcontrolador y DSP. En ella se utilizan técnicas de diseño digital más avanzadas que las presentadas en la asignatura de "Electrónica Digital", así como programación software, lo que permite plantear a los alumnos proyectos de cierta complejidad y más atractivos. En las prácticas de laboratorio se profundiza en el uso del entorno de diseño "ISE" para FPGA de Xilinx (que se ha introducido en la asignatura "Electrónica Digital"); se introduce el uso del entorno de diseño "SDK" para microcontroladores MicroBlaze de Xilinx [6]. Se proponen proyectos de diseño que involucran un circuito digital básico sobre una plataforma "soft processor" (como MicroBlaze) así como sobre una FPGA directamente; y diseño de circuitos digitales avanzados combinando diseño sobre FPGA (esquemáticos y VHDL) y sobre MicroBlaze. Como ejemplos de proyectos que han sido desarrollados por los alumnos cabe citar: una calculadora básica/avanzada con raíces cuadradas, porcentajes, factorial; cálculo de la media aritmética; un control domótico de una vivienda; un sistema de riego automático; un juego de eliminación de números; un generador de señales. Todos estos proyectos responden a un esquema básico, como el representado en la Fig. 1.

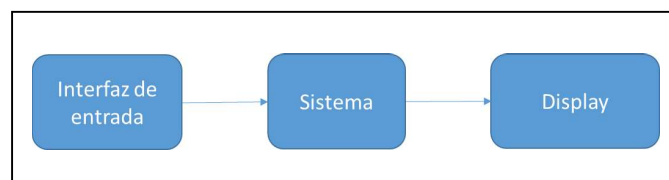


Fig. 1. Estructura general de los proyectos de prácticas propuestos en la asignatura Sistemas Electrónicos.

A un nivel más avanzado se sitúa la asignatura “Instrumentación y Acondicionamiento de Señal”. Ésta es una asignatura optativa, de 4,5 créditos ECTS (de los cuales 2,5 corresponden a laboratorio y actividades de diseño), que se orienta hacia el estudio y diseño de sistemas de instrumentación. Los contenidos se organizan en torno a los Sistemas de Instrumentación para Test y Medida (presentando arquitecturas de los sistemas de instrumentación, la interconexión de equipos electrónicos e instrumentación virtual) y a los Circuitos Electrónicos de Acondicionamiento de Señal (incluyendo amplificación y filtrado, y conversión A/D y D/A). Esta materia permite al alumno ampliar los conceptos presentados en las asignaturas de “Instrumentación Electrónica” y “Sistemas Electrónicos para la Automatización”, y emplea los conocimientos adquiridos por el alumno en las asignaturas básicas de electrónica, ya cursadas, incluidas “Electrónica Digital” y “Sistemas Electrónicos”. Para cubrir la parte práctica de la asignatura los alumnos han de realizar un proyecto. Básicamente, todos los proyectos propuestos tienen como objetivo el diseño de un instrumento, que se organiza en tres bloques funcionales según ilustra la Fig. 2(a): (1) presentación (interfaz de usuario) en Labview (driver del instrumento); (2) procesamiento básico con la FPGA (usando MicroBlaze) y periféricos generados en VHDL (Fig. 2(b)); (3) periféricos y acondicionamiento externo a la FPGA. De estos bloques, es el bloque de periféricos generados en VHDL (o lógica discreta) el más directamente relacionado con el resto de las asignaturas implicadas en esta experiencia. Como ejemplos de proyectos que han sido desarrollados por los alumnos cabe citar: un escáner sonar y una balanza electrónica.

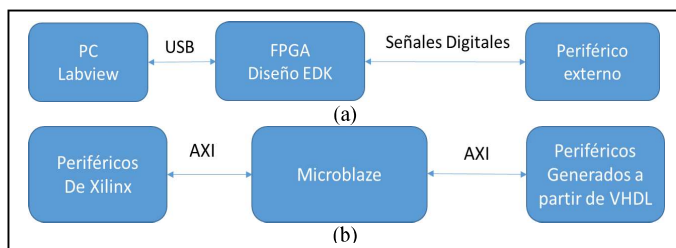


Fig. 2. Estructura de un proyecto en Instrumentación y Acondicionamiento de la señal a); diseño dentro de la FPGA b).

Por su parte, a un nivel más fundamental, se sitúa la asignatura “Electrónica Digital”. Ésta es una asignatura obligatoria de 6 créditos ECTS (de los cuales 1,8 corresponden a prácticas de laboratorio), que desarrolla la parte más básica de la materia Electrónica e Instrumentación. En ella se introducen los fundamentos de los sistemas digitales y del diseño lógico, incluyendo las técnicas de análisis y diseño de sistemas combinatoriales y secuenciales, partiendo desde las primitivas básicas, hasta los bloques de pequeña y media escala de integración. En las prácticas de laboratorio de esta asignatura se utiliza también como soporte la plataforma Nexys3, que permite la implementación del hardware y proporciona los elementos de interfaz. Las prácticas se dividen en dos tipos: (1) *prácticas básicas guiadas*, en las que se introduce el entorno de diseño “ISE” para FPGA de Xilinx y se proponen diseños básicos con los que todos los alumnos se familiarizan con las primitivas, bloques funcionales y técnicas

básicas de diseño: funciones booleanas, codificadores, multiplexores, bloques aritméticos, registros, contadores etc.; y (2) *proyectos de diseño* en los que el alumno debe dar respuesta a unas especificaciones, y en los que, además de los elementos anteriores, se incluye un sistema de control secuencial básico. A este nivel, los diseños se introducen principalmente mediante captura de esquemáticos, dejando para asignaturas de cursos superiores el uso de lenguajes como VHDL. Como interfaz de usuario, en todos los proyectos se emplean los elementos que proporciona la placa Nexys3, esto es, interruptores y botones para las entradas, y displays 7 segmentos y ledes para las salidas. Como ejemplo de proyectos a los que debe enfrentarse el alumno cabe citar: un sistema de cómputo de voto: votación electrónica; un sistema de alarma y control de motores de bombeo en caso de inundación; un control de ciclo de trabajo de un sistema de molinos de café; un control de potencia de un sistema de aire acondicionado; un juego dado electrónico; cerradura electrónica con clave de acceso; un monedero de máquina expendedora.

B. Propuestas de Integración

Como se ha mencionado, las tres asignaturas organizan sus prácticas en torno a proyectos de diseño, desarrollados en parejas o individualmente, y emplean como soporte básico la plataforma Nexys3. Los proyectos propuestos en asignaturas avanzadas integran bloques funcionales complejos junto a otros más simples (habitualmente para tareas de interfaz, o como elementos de control primario de elementos periféricos). El diseño de estos bloques constituye en muchas ocasiones una carga de trabajo que distrae al alumno de los contenidos propios de la asignatura, sobre todo si se trata de diseños que, aunque básicos, resultan novedosos para el alumno. Esta situación podía aliviarse si, mediante un esfuerzo de coordinación entre asignatura, estos bloques pudieran ser presentados y diseñados con mayor detalle en asignaturas más básicas, y con vista a ser reutilizados e integrados en los proyectos de asignaturas más avanzadas. Esta es la idea central de esta experiencia.

De la revisión de los proyectos de prácticas actualmente utilizados en las asignaturas de más alto nivel, para esta experiencia se han escogido los siguientes:

- *Generador de señales por SDD*: En este proyecto se genera una señal con distintas formas de onda mediante el método de Síntesis Digital Directa (SDD).
- *Sistema de control de riego*. En este proyecto el sistema determina la potencia aplicada al motor de bombeo, a partir de la información de sensores de humedad, temperatura y nivel de agua en el depósito de almacenamiento.
- *Escáner s3nar*. En este proyecto los alumnos construyen un sensor que mide la distancia a la que se encuentra un objeto en una posición angular concreta, lo que permite obtener un mapa polar de distancias.
- *Balanza electrónica*. En este proyecto los alumnos construyen una balanza con un rango de medida entre 0 y 1Kg.

Como bloques comunes empleados en todos ellos y susceptibles de ser diseñados en detalle en alguna de las asignaturas involucradas en la experiencia se han seleccionado.

- Sistema de *control de teclado numérico*. Utilizado como interfaz de entrada de datos en varios proyectos, en particular en el *generador de señales* y el *sistema de control de riego*.
- *Controlador de display LCD*. Utilizado en diversos proyectos y en particular como periférico de salida en la *balanza electrónica* y el *sistema de control de riego*.
- *Conversor secuencial BIN-BCD y BCD-BIN de n dígitos*. Utilizado para procesar datos intercambiados en el interfaz con periféricos externos; y en particular en el *generador de señales*.
- *Generador de señal PWM, con ciclo de trabajo programable*. Utilizado en el *generador de señales* y en el periférico del *escáner sónico*, como bloque de control de servomotores.
- *Contador binario up/down con limitación de cuenta*. Utilizado en el *generador de señales*, en el *sistema de control de riego*, emulando en la práctica el papel de los sensores, y en el periférico del escáner sónico.

Los tres primeros corresponden a bloques de interfaz que facilitan la entrada y salida de datos al sistema, mientras que los segundos corresponden a bloques de control y procesamiento, próximos a periféricos.

IV. DESPLIEGUE DE LA PROPUESTA EN CADA ASIGNATURA

En este apartado se describen de forma genérica los proyectos seleccionados en cada asignatura.

A. Integración en las prácticas de Sistemas Electrónicos

Los proyectos seleccionados para la experiencia correspondientes a esta asignatura son: (1) *generador de señales por SDD* y (2) *control de riego*. Para ambos, a continuación se describe brevemente en qué consisten, qué bloques se diseñan, qué bloques se ofrecen y cómo se incorporan e integran en cada proyecto los bloques generados en las otras asignaturas.

Generador de señales por SDD. En este proyecto, junto a la FPGA de la placa Nexys3, se utiliza un teclado hexadecimal para seleccionar la frecuencia y la forma de onda de la señal generada, así como el conjunto de diodos led de dicha placa para su visualización. La forma de onda de la señal se representa mediante cambios de luminosidad en cada uno de los ledes, de manera que el nivel de luminosidad se interpreta como la amplitud de la señal generada. Este efecto se consigue variando, en tiempo real, el ciclo de trabajo de un generador PWM.

En concreto, el sistema propuesto debe generar una señal periódica, con una de las cuatro formas de onda posibles (senoidal, triangular, diente de sierra o cuadrada) mediante el método de Síntesis Digital Directa (SDD). La frecuencia de la señal se selecciona incrementando o decrementando el valor

de la frecuencia base, mostrada en un display 7 segmentos, pulsando las teclas designadas a tal efecto. De la misma forma se selecciona la forma de onda de la señal. Estos datos se pasan al módulo generador de señales, que es el encargado de configurar el bloque *Generador de señal PWM*, que controla la luminosidad del led. La velocidad en los cambios de luminosidad depende de la frecuencia seleccionada. Se puede extender la salida PWM a los 8 ledes de la placa Nexys3, desfasados en el tiempo 45° cada uno, de manera que se obtiene un efecto visual que represente la forma de onda generada, como se aprecia en la Fig. 3. Además, esta forma de onda se irá desplazando de led a led dependiendo de la frecuencia seleccionada, creando un efecto visual como de una “ola”.

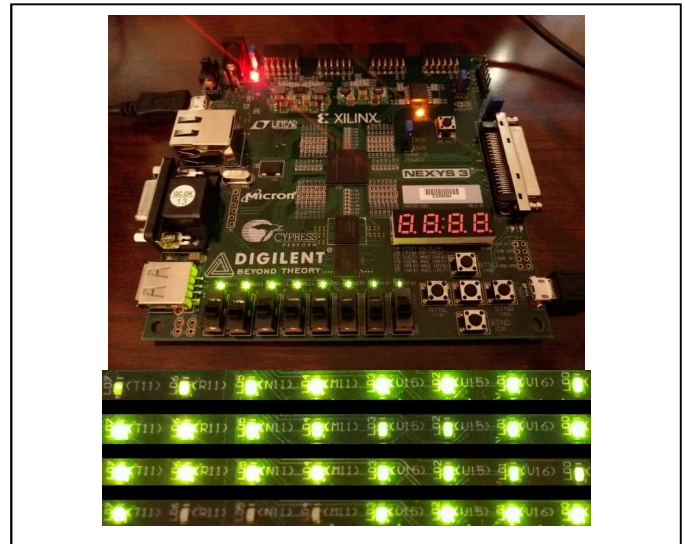


Fig. 3. Proyecto Generador de señales por SDD: Visualización de las cuatro formas de onda (de arriba a abajo): senoidal, triangular, diente de sierra y señal cuadrada.

En este diseño se integran varios módulos introducidos en la asignatura de “*Electrónica Digital*”, como por ejemplo el *Control del Teclado*, *Contador UP/Down Limitado* y el *Generador PWM*, así como otros que se utilizan en los proyectos de la asignatura de “*Instrumentación y Acondicionamiento de Señal*”, en concreto el *Control de Displays 7 Segmentos*, o el *Conversor Binario/BCD*.

La Fig. 4 resume el diagrama de bloques del sistema completo e ilustra el flujo de datos y control. El módulo de *Control del Teclado* registra e identifica las pulsaciones de las teclas. El *bloque Detector de Teclas* valida las que interesan, y genera las señales de control del módulo *Contador UP/Down con limitación de cuenta*, encargado de generar el valor de frecuencia deseada por el usuario. Igualmente, el *bloque Detector de Teclas* también genera las señales que indican la forma de onda seleccionada. En este punto, el camino se divide en dos vías paralelas: 1) La frecuencia seleccionada se introduce en el módulo *Conversor de Binario a BCD*, y su salida quedará conectada al *Control de los Displays de 7 Segmentos* (ambos bloques se diseñan en la asignatura de “*Sistemas Electrónicos*” y se reutilizan en “*Instrumentación y Acondicionamiento de Señal*”); 2) La frecuencia seleccionada, junto con la forma de onda a crear, se

llevan al módulo *Generador de Señales*. Éste es el bloque central de la práctica, que diseñan los alumnos y proporciona en todo momento el ciclo de trabajo con que se programa el *Generador PWM* (bloque este último que el alumno ya conoce puesto que fue realizado con anterioridad en la asignatura “*Electrónica Digital*”).

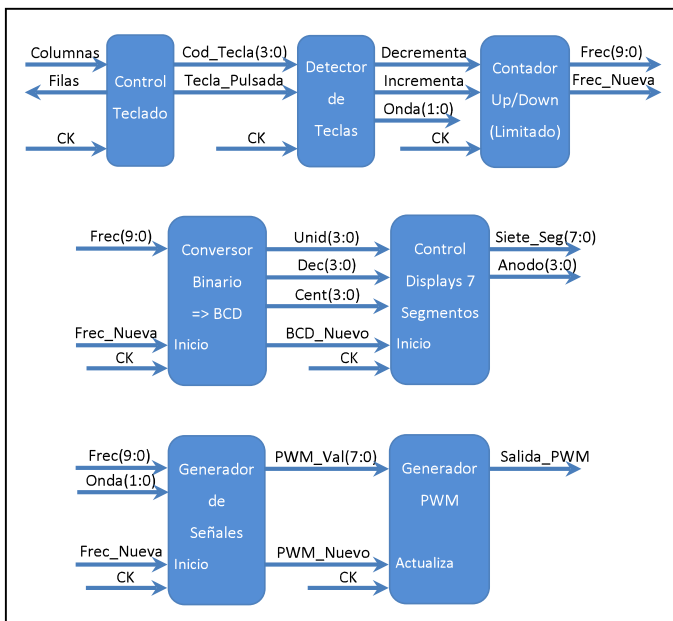


Fig. 4. Proyecto Generador de señales por SDD. Diagrama de bloques

De esta manera vemos cómo los alumnos centran sus esfuerzos en realizar el módulo principal de la práctica, encargado de generar la señal en sí, y casi toda la etapa de entrada y salida de datos se realizaría aprovechando módulos ya existentes o que se realizarían en la misma asignatura de “*Sistemas Electrónicos*” con la asistencia del profesor siguiendo un esquema predeterminado.

Sistema de control de riego. Este proyecto es un ejemplo típico de un sistema en el que un bloque de control actúa sobre una carga, para fijar una estrategia de funcionamiento, a partir de la información registrada por un sistema de sensores. En general el bloque de sensores establece una realimentación entre el objetivo de control perseguido a la salida del sistema consecuencia de la acción de control. En este proyecto, el bloque de control, que establece en todo momento la potencia de funcionamiento aplicada a motor de bombeo, se implementa sobre la FPGA de la placa Nexys3; la información proporcionada por los sensores se introduce manualmente desde un teclado hexadecimal, mientras que la potencia seleccionada en todo momento, junto con la información de los sensores, se muestra en una pantalla LCD.

En concreto, en el sistema propuesto, los sensores miden la humedad y temperatura ambiental, así como el porcentaje de llenado de un depósito de agua. En esta práctica todos estos valores serán proporcionados manualmente, siguiendo el esquema de entrada de datos del proyecto descrito anteriormente. Esto es, su valor se establece a través de un teclado hexadecimal, incrementando o decrementando los

valores predeterminados para cada uno de ellos. El sistema de control comprueba constantemente si se cumplen las condiciones preestablecidas para efectuar un riego, y si es así, acciona un motor de salida, calculando mediante una ecuación la potencia necesaria para extraer más o menos agua del depósito y, por tanto, efectuar un riego de más o menos envergadura. Los datos de entrada de los sensores, expresados como porcentajes de humedad o de llenado del depósito, así como la temperatura en grados, se mostrarán en todo momento en una pantalla LCD de manera que el usuario esté informado constantemente. Así mismo, la pantalla indica el régimen de revoluciones del motor, expresado en rpm. La Fig. 5 resume el diagrama de bloques del sistema completo e ilustra el flujo de datos y control.

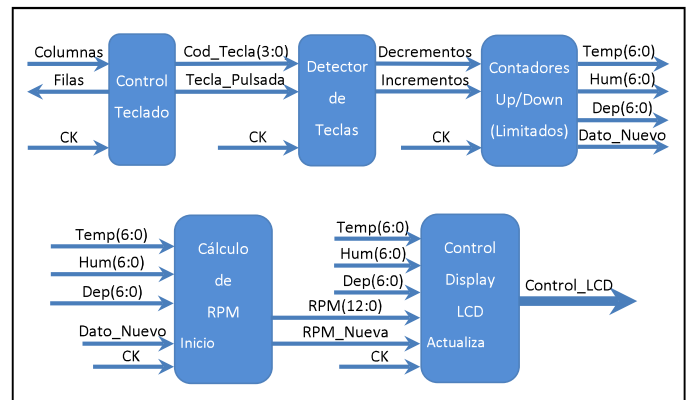


Fig. 5. Proyecto Sistema de Riego. Diagrama de bloques

En este diseño se integran distintos módulos introducidos en la asignatura “*Electrónica Digital*”, como por ejemplo el *Control del Teclado*, *Contador UP/Down* y otros módulos de menos entidad que no están detallados en el diagrama de bloques pero que son fundamentales, como *Registros de Desplazamiento*, *Detectores de Flanco*, *Comparadores* o *Circuitos Aritméticos* básicos. De la misma forma, tenemos bloques diseñados en la asignatura “*Sistemas Electrónicos*” y que servirán también como base para “*Instrumentación y Acondicionamiento de Señal*”, como por ejemplo el *Control del Display LCD*.

El flujo de información a lo largo del diagrama de bloques es el siguiente: El módulo de *Control del Teclado* registra las pulsaciones de las teclas, que se procesan a continuación en un bloque que selecciona las que interesan; de este bloque se obtienen las señales que controlan el módulo del *Contador UP/Down Limitado*, encargado de generar los valores de temperatura, humedad y ocupación del depósito. Estos valores son la entrada del bloque *Cálculo de RPM* que es el bloque principal de la práctica, que tendrían que diseñar los alumnos, y cuya salida, la potencia del motor expresada en RPM, se llevará, junto con los valores de los sensores, al bloque encargado del *Control del Display LCD*, cuyo diseño se realiza en esta asignatura y que, como se ha comentado, se reutiliza en “*Instrumentación y Acondicionamiento de Señal*”.

En esta práctica los alumnos centran sus esfuerzos en diseñar el módulo principal de la práctica, encargado del cálculo matemático que depende de los datos de entrada.

Mientras que para la implementación de los módulos de interfaz entrada/salida de datos se aprovechan módulos ya existentes, o que se realizarían en la misma asignatura de “Sistemas Electrónicos” con la asistencia del profesor siguiendo un esquema predeterminado. La Fig. 6 muestra los elementos que configuran el sistema.

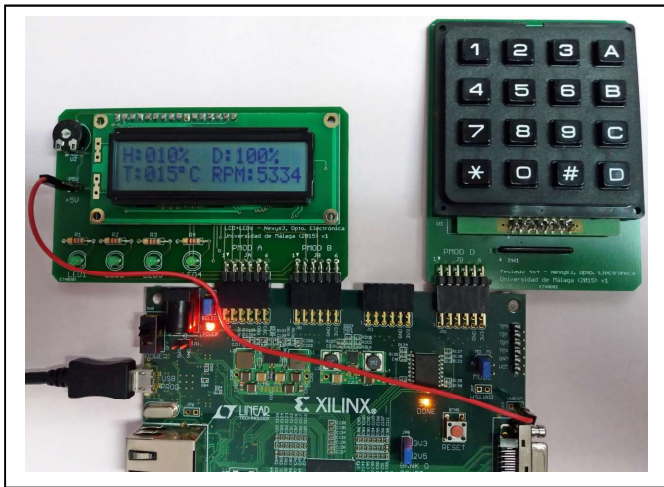


Fig. 6. Proyecto Sistema de control de riego.

B. Integración en las prácticas de Instrumentación y acondicionamiento de señal

A continuación se describe los proyectos seleccionados para la experiencia en esta asignatura: (1) *escáner sónico* y (2) *balanza electrónica*. Se describe brevemente en qué consiste cada proyecto y cómo se incorporan e integran en ellos los bloques generados en las otras asignaturas.

Escáner sónico. En este proyecto se utilizan los siguientes elementos: *Sónico*, servomotor, sistema de aislamiento, FPGA y PC. El sónico utilizado es el SR04, cubre un rango de 180° y distancias entre 2cm - 400cm. La medida de la distancia al objeto se obtiene por tiempo de vuelo. La FPGA se encarga de mover el servomotor generando una señal PWM, iniciar la adquisición de la medida generando un pulso de 10us y tomar la medida de distancia calculando la duración de la señal de eco. También procesa la información de las medidas y las envía al PC. El PC muestra el escáner y configura el sistema con diferentes modos de funcionamiento. Para mover el motor se hace uso del generador de señales PWM. La señal PWM que hay que generar tiene un periodo de 20ms y un ancho de pulso que oscila entre 1 y 2 ms. Para la generación del pulso de disparo del sónico y el cálculo de la distancia se usan dos módulos contadores. La Fig. 7(a) ilustra el diagrama de bloques del periférico externo que incorpora el bloque generador de señales PWM, mientras que la Fig. 7(b) muestra una fotografía del escáner sónico completo.

Balanza electrónica. En este proyecto hay dos periféricos. El sensor de fuerza junto con su acondicionamiento, y la pantalla LCD, junto con su circuito de control. Como sensor de fuerza se utiliza una célula de carga YZC-131, que presenta una estructura en puente de Wheatstone. El sistema de acondicionamiento está formado por un amplificador y un

filtro. La pantalla LCD junto con su circuito de control se incorpora como bloque previamente diseñado.

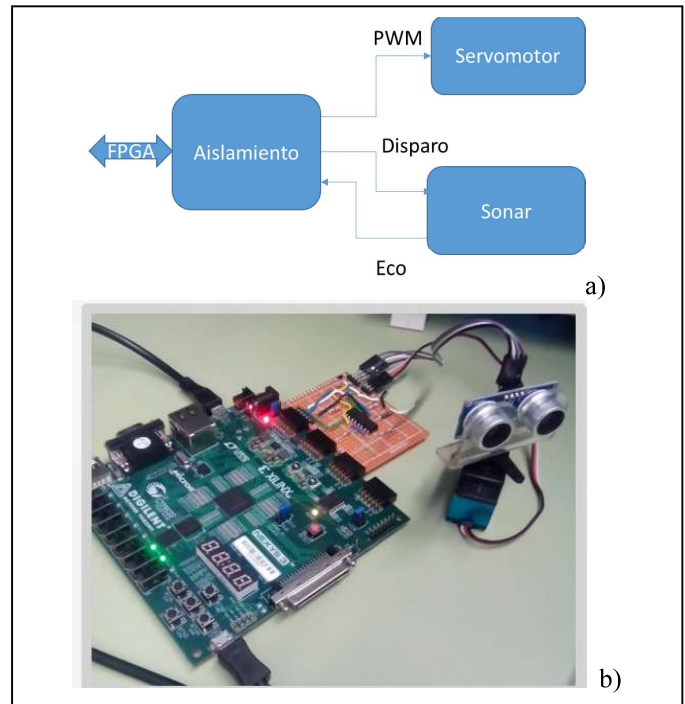


Fig. 7. Proyecto Escáner sónico: Diagrama de bloques del periférico a); fotografía de bloques FPGA y periférico.

La Fig. 8(a) muestra el diagrama de bloques de los periféricos externos, mientras que la Fig. 8(b) muestra una fotografía de la Balanza electrónica completa.

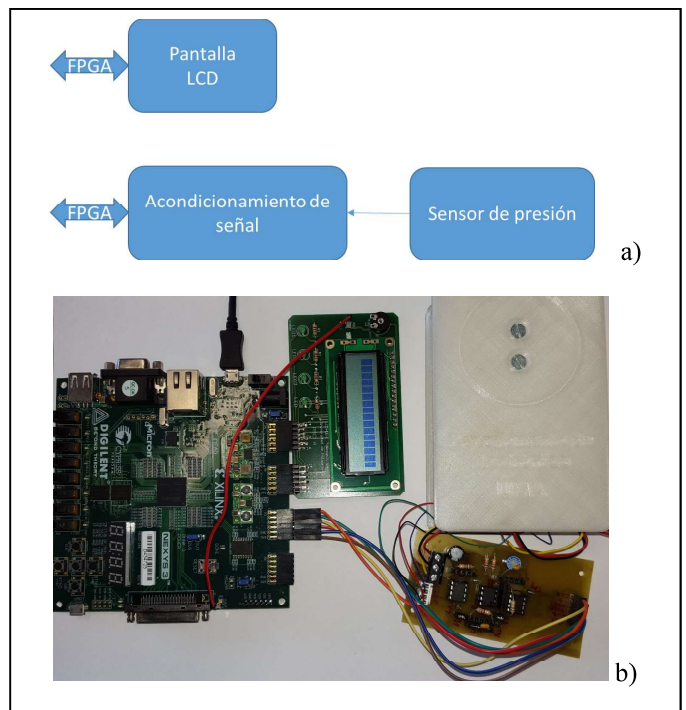


Fig. 8. Proyecto balanza electrónica: Diagrama de bloques de periféricos a); fotografía de bloques FPGA y periféricos b).

C. Integración en las prácticas de Electrónica Digital

A esta asignatura se ha encomendado el diseño de tres de los bloques principales que serán compartidos por las otras asignaturas: (1) *Control de Teclado*, (2) *Generador de Señales PWM* y (3) *Contador Binario Up/Down con Limitación de Cuenta*.

Todos ellos se pueden diseñar sin excesivo esfuerzo a partir de las primitivas de diseño que se introducen a este nivel: lógica discreta, codificadores/decodificadores, comparadores, bloques aritméticos, registros, contadores, etc. La principal dificultad a la hora de su integración en las prácticas está en adecuar el progreso en su diseño con el cronograma de presentación de los contenidos de la asignatura a lo largo del semestre. Habitualmente, en esta asignatura se introducen inicialmente los conceptos básicos del Álgebra de Boole y las Funciones Booleanas, para pasar después a los sistemas digitales combinacionales, desde el diseño con puertas lógicas hasta los bloques funcionales (codificadores, multiplexores, sumadores, etc.). A continuación se introducen los sistemas secuenciales, partiendo de los elementos básicos de memoria y su temporización, pasando por los bloques funcionales secuenciales (registros y contadores) hasta el diseño de máquinas de estados. Está claro que, aunque sencillos, todos los diseños seleccionados incluyen elementos que no serán presentados en detalle hasta casi mediado el semestre. La opción para poder avanzar, e ir trabajando las prácticas desde un principio, pasa por incorporar estos diseños en el grupo de *prácticas guiadas* de la asignatura, en las que de forma incremental y en paralelo al desarrollo de la teoría se incluyan pinceladas de bloques cuya descripción completa y diseño será abordado posteriormente con mayor profundidad. El bloque más complejo a este nivel lo constituye el *Control de Teclado*. La Fig. 9 muestra un diagrama de bloques simple de este sistema.

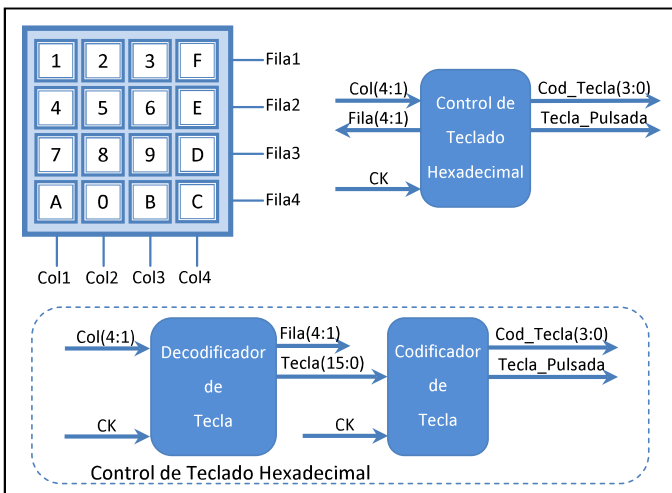


Fig. 9. Proyecto Control de teclado. Diagrama de bloques.

Este diseño puede ser presentado a los alumnos en varias de las *prácticas guiadas*, abordando la estrategia de detección y codificación de tecla pulsada, en sus aspectos puramente combinacionales, e incorporando posteriormente los bloques secuenciales, básicamente registros y contadores, una vez que estos hayan sido presentados en la correspondiente *práctica*

guiada dedicada a los bloques funcionales secuenciales. El bloque *Contador Binario Up/Down con Limitación de Cuenta*, puede ser introducido como ejemplo de aplicación del contador básico presentado en la *práctica guiada* de bloques secuenciales, antes mencionada, que se complementa con los elementos necesarios para detener la cuenta en caso de desbordamiento. Por último, a este nivel, antes de introducir el bloque *Generador de Señales PWM*, habrá que introducir y desarrollar el concepto y su aplicación al control de transferencia de potencia, que es novedoso a este nivel. Su diseño es fácil de abordar partiendo también de bloques básicos secuenciales y combinacionales: contadores y comparadores. Estas prácticas podrían consumir la mitad de las sesiones de prácticas planificadas, y serían realizadas por todos los alumnos. Además, estos bloques serán reutilizados en los *proyectos de diseño* también propuestos en esta asignatura.

V. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado la motivación y objetivos, el contexto y el planteamiento general de despliegue de una experiencia docente de coordinación e integración de las prácticas de diferentes asignaturas de electrónica impartidas en una misma titulación de grado. Con ella se persigue organizar las prácticas de las asignaturas en torno a proyectos de diseño globales, parte de cuyos bloques funcionales pueden ser abordados desde la perspectiva y nivel de conocimiento de cada una de las asignaturas involucradas.

El principal propósito de esta ponencia es compartir y difundir el planteamiento inicial y la puesta en marcha de la propuesta en un foro docente específicamente dedicado a la enseñanza de la electrónica y abierto al diálogo e intercambio de ideas y experiencias, como es, desde hace tiempo, este congreso TAAE.

El horizonte de la experiencia abarca necesariamente varios cursos académicos, al final de los cuales el alumno habrá cursado al menos dos de las asignaturas seleccionadas. Por tanto, sólo en ese momento se podrá realizar una evaluación de conjunto, presentar resultados globales y extraer conclusiones acerca del éxito de la experiencia. Mientras tanto sólo será posible apuntar resultados y reflexiones parciales de su puesta en práctica.

A la hora de redactar estas conclusiones sólo se dispone de resultados concretos de los alumnos que han cursado la asignatura “*Sistemas Electrónicos*” en el primer semestre del curso 2015/2016. Aunque se trata de alumnos que han cursado “*Electrónica Digital*”, todos lo hicieron el pasado curso académico, por lo que no han tenido oportunidad de realizar las prácticas según el enfoque que aquí se propone. Por tanto, para poder poner en marcha la experiencia, para este curso se les ha proporcionado alguno de los bloques básicos de entrada y salida, así como algunos de los más avanzados como son los *Convertidores BCD-Binario-BCD de N dígitos*, o *Controladores de 7 Segmentos y Display LCD*, de manera que su tarea de diseño se ha descargado en comparación con la que tuvieron que realizar los alumnos que cursaron “*Sistema Electrónicos*” en el curso 2014/2015.

Este hecho ha permitido mejorar los índices de resultados de los alumnos en la Convocatoria de Febrero, dado que el porcentaje más importante de su calificación final proviene del trabajo de prácticas. En la primera convocatoria del presente curso 2015/2016, ha superado la asignatura el 23% de los alumnos matriculados (14 de un total de 61 matriculados). Este dato contrasta con el dato del curso 2014/2015 en el que este índice tomaba la cifra del 8% (3 de 36 matriculados), lo que supone triplicar su valor.

Por otra parte, el índice de alumnos que superaron la asignatura entre las Convocatorias de Febrero y Septiembre en el curso 2014/2015 fue del 53% (19 de 36 matriculados). Por tanto, y dado que para superar la asignatura en cualquiera de las dos convocatorias los alumnos tenían que completar su proyecto de prácticas, cabe atribuir el bajo porcentaje de la Convocatoria de Febrero en el curso pasado, no tanto a la dificultad conceptual de la práctica, sino a su abandono o postergación, debido a la carga de trabajo que en su momento les suponía. Por esta razón, cabe esperar que en este curso académico el índice de alumnos que superan la asignatura sea al menos el mismo, sino superior, al del pasado curso. Además, es razonable pensar que estos datos mejorarán para el próximo curso académico, cuando los alumnos ya hayan adquirido una mayor experiencia en el diseño de sus propios bloques de interfaz en la asignatura “*Electrónica Digital*”.

Aunque no se dispone de datos de encuestas, de las conversaciones que el profesor ha mantenido con los alumnos y del seguimiento de su trabajo en el día a día, se desprende que, en general, en este curso el trabajo de prácticas ha resultado más eficiente y satisfactorio. Los alumnos han valorado positivamente la idea de integración y coordinación de las prácticas, sobre todo en lo relativo al establecimiento de un interfaz de entrada/salida común, y poder centrar su atención y esfuerzo en los aspectos propios del diseño a este nivel: diseño de la arquitectura del camino de datos y del bloque de control adecuados para el procesamiento de la información según los requerimientos del proyecto asignado.

Algunos de estos alumnos están cursando “*Instrumentación y Acondicionamiento de Señal*” en el actual semestre, con lo que al final de este curso académico se podrán recoger y evaluar los resultados sobre este grupo de

alumnos en el contexto de las dos asignaturas, y en comparación con el curso anterior.

También en este segundo semestre se ha iniciado la experiencia en “*Electrónica Digital*”. La marcha actual del curso muestra que, aunque los alumnos están motivados con la experiencia, la carga de trabajo en las *prácticas básicas* ha aumentado ligeramente respecto a la del pasado curso, lo que ha redundado en una reducción del tiempo disponible para la realización de los *proyectos de diseño*, actividad ésta que ha venido siendo muy valorada por los estudiantes de cursos anteriores.

Los actuales alumnos de “*Electrónica Digital*” cursarán obligatoriamente “*Sistemas Electrónicos*” en el primer semestre del próximo curso académico, por tanto, será entonces cuando se podrá evaluar la influencia del planteamiento aquí propuesto en estas dos asignaturas.

Esperamos tener ocasión de ofrecer resultados más concretos de la marcha de la experiencia en la presentación oral de este trabajo.

Agradecimientos

Esta experiencia está financiada y se realiza en el marco del proyecto de innovación educativa PIE15-95 de la convocatoria de proyectos de innovación educativa PIE2015/2017 de la Universidad de Málaga.

Referencias

- [1] <http://www.andaluciatech.org/estudios-y-acceso/grados-conjuntos>
- [2] <http://www.uma.es/grado-en-ingenieria-electronica-robotica-y-mecatronica>
- [3] <http://www.xilinx.com/products/boards-and-kits/1-27b7nm.html>
- [4] Valero-García, M y otros. *¿Se puede hacer algo más con las encuestas docentes?* 2º. Congreso Internacional: Docencia universitaria e innovación. Tarragona 2002.
- [5] Fernandez-March, Amparo. La Evaluación Orientada al Aprendizaje en un Modelo de Formación por Competencias en la Educación Universitaria. Revista de Docencia Universitaria; Vol.8 nº1 (2010). Monográfico: "La evaluación de competencias"
- [6] <http://www.xilinx.com/products/design-tools/microblaze.html>